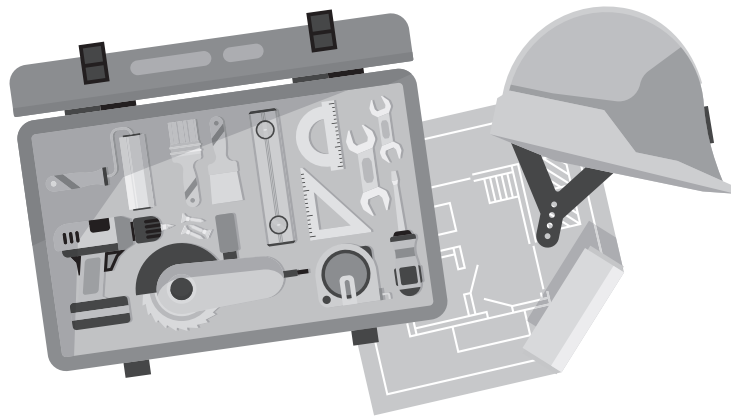


工程技术 与质量管理

Engineering Technology and Quality Management



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



Editors-in-Chief

Yulei Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD.

Haizhong Gao

Zhejiang Zhongnan Construction Group Co. LTD.

Associate Editor

Pengyue Yu

Shandong Construction Engineering (Group) Co., LTD.

Editorial board member

Sanath Alahakoon

Shandong School of Engineering and Technology Centre for Railway Engineering

Salahuddin Azad

School of Engineering and Technology Institute for Future Farming Systems,
Centre for Regional Economies and Supply Chains

Yungang Wang

Ordos Sports Development Center

Qigui Chi

Expert Committee of China Construction Supervision Association

Danhui Chi

Fujian Provincial Institute of Engineering Supervision and Project Management
Association

Yahui Chi

Fujian Provincial Civil Engineering and Construction Industry Association

Chunxiu Liu

Fujian Provincial Association of Engineering Construction Quality and Safety

工程技术与质量管理

Engineering Technology and Quality Management

第2卷 第6期 2024年6月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《工程技术与质量管理》编辑部

ISSN(O): 2992-9806

ISSN(P): 2995-3170

地址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey
Park, CA 91754

网址: <https://www.artdesignnp.com/>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、
翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著
作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



工程技术 | ENGINEERING TECHNOLOGY

- | | | |
|-----|--|-------------------------------------|
| 005 | 军用飞机研制过程计划管理技术应用
Application of Plan Management Technology
in Military Aircraft Development Process | 周炎
Zhou Yan |
| 008 | 建筑工程混凝土施工技术与质量控制措施
Construction Technology And Quality Control Measures
For Construction Engineering Concrete | 李章发
Li Zhangfa |
| 011 | 岩土工程中地下水对工程地质的影响研究
Study On The Influence Of Groundwater On Engineering Geology
In Geotechnical Engineering | 赛依布拉·赛提瓦力地
Saiyibula-saitiwalidi |
| 014 | 工程地质和地质灾害监测在城市建设中的应用研究
Research On The Application Of Engineering Geology And Geological Disaster
Monitoring In Urban Construction | 糟永中
Zao Yongzhong |
| 017 | 多泥沙河道引水枢纽闸室混凝土抗磨修复方法
Repair Method Of Concrete Punching Resistance In Sluice Chamber
Of Multiple Sediment River Diversion Hub | 罗玉忠
Luo Yuzhong |
| 020 | 土木工程施工现场的风险管理: 先进技术的应用与挑战
Risk Management in Civil Engineering Construction Sites: Application and
Challenges of Advanced Technologies | 陈怀睿
Chen Huairui |
| 023 | 建筑工程施工技术及其现场施工管理探讨
Exploration Of Construction Technology and Site Construction Management
in Building Engineering | 郭宏策
Guo Hongce |
| 026 | 炼油装置中低温分馏塔的优化设计与能效改进
Optimization Design and Energy Efficiency Improvement of Low Temperature
Fractionation Tower in Refinery Units | 陈志强
Chen Zhiqiang |

水电工程 | HYDROPOWER ENGINEERING

- | | | |
|-----|---|---------------------|
| 029 | 火电厂热能转换效率优化分析
Optimization Analysis Of Thermal Energy Conversion Efficiency
In Thermal Power Plant | 王德显
Wang Dexian |
| 032 | 火电厂环保设施的能耗分析与对策
Analysis And Countermeasures Of Environmental Protection Facilities
In Thermal Power Plant | 张松
Zhang Song |
| 035 | 火电厂燃煤清洁利用技术创新
Innovation Of Clean Coal Utilization Technology
In Thermal Power Plants | 糜松肇
Mi Songqing |
| 038 | 火电厂热能转换效率优化研究
Research On Thermal Energy Conversion Efficiency
In Thermal Power Plant | 郑鹏
Zheng Peng |
| 041 | 火电厂环保排放控制策略与实践
Strategy And Practice Of Environmental Protection Emission Control
In Thermal Power Plants | 曾涌凯
Zeng Yongkai |
| 044 | 火电厂能效提升与环保技术探索
Exploration Of Energy Efficiency Improvement And Environmental Protection
Technology In Thermal Power Plants | 陈东海
Chen Donghai |
| 047 | 火电厂节能减排与绿色发展策略
Energy Conservation, Emission Reduction And Green Development
Strategy Of Thermal Power Plants | 陈航
Chen Hang |

050	火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排研究 Research On The Optimization Of Highly Efficient Combustion Technology And Pollutant Emission Reduction In Thermal Power Plants	黄兴 Huang Xing
053	火电厂智能化监控与管理策略 Intelligent Monitoring And Management Strategy Of Thermal Power Plant	梁兴月 Liang Xingyue
056	火电厂燃煤清洁利用技术与发展趋势 Coal Burning Clean Utilization Technology And Development Trend In Thermal Power Plants	彭荟桦 Peng Huihua
059	浅析继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用 Analysis of the application of relays in electrical engineering and automation low-voltage electrical appliances	彭柏杰 Peng Baijie
062	火电厂高效运行与节能减排技术研究 Research On The Efficient Operation And Energy Saving And Emission Reduction Technology Of Thermal Power Plant	杨玄 Yang Xuan
065	火电厂节能减排技术创新与实践应用 Technology Innovation And Practical Application Of Energy Saving And Emission Reduction In Thermal Power Plant	杨玲 Yang Ling
068	火电厂运行优化与成本控制 Operation Optimization And Cost Control Of Thermal Power Plant	陈江 Chen Jiang
071	火电厂能源效率提升与可持续发展策略 Energy Efficiency Improvement And Sustainable Development Strategy Of Thermal Power Plants	李玉伟 Li Yuwei
074	火电厂环保排放控制技术探讨 Discussion On Environmental Protection Emission Control Technology In Thermal Power Plant	宋贵福 Song Guifu
077	火电厂高效燃烧技术与应用 High-Efficiency Combustion Technology And Application In Thermal Power Plant	杨兴杰 Yang Xingjie

安全质量 | SAFETY AND QUALITY

080	提高鄂钢烧结矿质量的生产实践 Production Practice Of Improving The Quality Of Sintered Ore	颜善韬 Yan Shantao
083	基于水影响作用下的露天煤矿边坡稳定性研究 Study on the slope stability of open-pit coal mine under the influence of water	王明 ¹ , 孟祥春 ² , 王京伟 ¹ , 徐勇超 ¹ , 赵立春 ¹ Wang Ming ¹ , Meng Xiangchun ² , Wang Jingwei ¹ , Xu Yongchao ¹ , Zhao Lichun ¹
086	防止锅炉四管泄漏强化锅炉四管防磨防爆管理 Prevent The Leakage Of Four Pipes And Strengthen The Anti-Wear Explosion-Proof Management	刘锋 Liu Feng
089	火电厂设备维护与安全管理模式探讨 Exploration of Equipment Maintenance and Safety Management Mode in Thermal Power Plants	彭雪梅 Peng Xuemei
092	PE装置挤压机机电设备安装调试过程中的质量管理与控制 Quality management and control during the installation and commissioning of mechanical and electrical equipment for PE extrusion machines	杨昆, 杨天宇 Yang Kun, Yang Tianyu
095	浅析信息化创新应用提升核电本质安全的实践 The Practice Of Information Innovation And Application To Improve The Essential Safety Of Nuclear Power	曾强 Zeng Qiang
098	电厂电气新技术提升电能质量与效率的研究 Research On The New Technology To Improve The Power Quality And Efficiency In The Power Plant Electricity	李家旗, 赵明 Li Jiaqi, Zhao Ming

工程机械 | CONSTRUCTION MACHINERY

101	某核电机组堆外核功率测量偏差特点及原因分析 Characteristics and Cause Analysis of Nuclear Power Measurement Deviation in a NPP	唐炼, 周晓明 Tang Lian, Zhou Xiaoming
104	某核电厂上充泵非驱动端垂直向振动上涨原因分析 Analysis Of The Reasons For The Vertical Vibration Increase Of The Non Driving End Of The Charging Pump In a Certain Nuclear Power Plant	张刚柱 Zhang Gangzhu
107	矿用自卸车液压机械传动系统研究 Research On Hydraulic Mechanical Transmission System Of Mining Dump Truck	彭建磊, 乌向华, 陈云峰 Peng Jianlei, Wu Xianghua, Chen Yunfeng

理论与实践 | THEORY AND PRACTICE

110	海外建筑企业加强档案管理工作规范化的措施分析 Analysis Of The Measures To Strengthen The Standardization Of Archives Management In Overseas Construction Enterprises	赵新秋, 李灵 Zhao Xinqiu, Li Ling
113	基于天然电场的河堤渗漏通道探测技术研究 Research On Detection Technology Of River Embankment Leakage Channel Based On Natural Electric Field	刘强 ^{1,2} , 尹琼 ^{1,2} Liu Qiang ^{1,2} , Yin Qiong ^{1,2}
116	MBR工艺在污水处理中的膜污染控制与维护策略研究 Study On Membrane Pollution Control And Maintenance Strategy Of Mbr Process In Wastewater Treatment	张文燕, 陈彩萍, 杨勇 Zhang Wenyan, Chen Caiping, Yang Yong
119	勘探技术在岩土工程中的应用探析 Exploration Technology and Its Application in Geotechnical Engineering	赵勇 Zhao Yong
122	铁路道床污物清理技术方案的研究 Research On The Technical Scheme Of Railway Road Bed Dirt Cleaning	张旭峰 Zhang Xufeng

军用飞机研制过程计划管理技术应用

周炎

中国航空无线电电子研究所，上海 200233

摘要：科学技术是第一生产力，在提升科技水平同时，航空事业得到了迅猛发展，在具体的航空产品研制中，需要注重先进技术手段的融合应用，借此来提升产品技术含量。在军用飞机研制中，研制过程中伴随着一系列风险隐患，加强计划管理技术的融合应用，有助于研制过程顺利进行，提升研制成功率，推动航空事业高水平发展。但目前计划管理技术实际应用还存在很多问题，不同程度上影响到军用飞机研制过程顺利进行。本文主要就军用飞机研制内容进行分析，并提出合理化策略，促进计划管理技术的有效应用，期待为具体工作开展带来参考支持。

关键词：计划管理计划；军用飞机；飞机研制

Application of Plan Management Technology in Military Aircraft Development Process

Zhou Yan

China Aviation Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200233

Abstract： Science and technology are the primary productive forces. While improving technological levels, the aviation industry has experienced rapid development. In the specific development of aviation products, it is necessary to pay attention to the integration and application of advanced technological means to enhance the technological content of products. In the development of military aircraft, there are a series of risks and hidden dangers during the development process. Strengthening the integration and application of plan management technology can help the development process proceed smoothly, improve the success rate of development, and promote the high-level development of the aviation industry. However, there are still many problems in the practical application of plan management technology, which to varying degrees affect the smooth progress of military aircraft development. This article mainly analyzes the development content of military aircraft and proposes rational strategies to promote the effective application of plan management technology, hoping to provide reference support for specific work.

Keywords： plan management plan; military aircraft; aircraft development

军用飞机研制是一项系统工程，涉及到多个环节，合理化运用计划管理技术，对于军用飞机研制活动顺利进行，提升飞机研制成功率有着重要作用。但计划管理技术实际应用还存在很多不足，不同程度上影响到军用飞机研制成功率。故此，军用飞机研制过程中，需要合理化运用计划管理技术，根据实际需要有效应用到实处，有效解决计划技术问题和管理工作，借此来推进飞机研制过程顺利进行。研究分析军用飞机过程中计划管理技术的融合应用，有助于提升技术管理技术水平，解决实际工作中的问题，推动飞机研制水平持续提升发展。

一、军用飞机研制的流程

由于航空产品特性，对于技术和手段要求较高。对于军用飞机产品而言，研制的流程繁琐、复杂，好费时间较长，需要相关人员结合航空产品研制生命周期进行计划管理。具体的飞机研制流程如下：

(1) 预先研究。在军用飞机产品研制过程中，预先研究是一个基础环节，本质目的是深度分析技术、市场和经济等因素，为后续飞机研制工作提供坚实保障。通过深入市场调查和分析，可

以反馈客户需求和期望，为飞机设计和研发指明具体方向^[1]。同时，对关键技术研究分析，评估此项技术可行性，初步估算研制过程的具体费用，为项目预算和成本控制提供参考依据。具体可以通过访谈、市场调查和数据分析等方式，掌握国内外航空工业发展现状、趋势，了解竞争对手情况，明确军用飞机产品市场定位。对于军用飞机产品研制过程中涉及到的新技术、新工艺、新材料等进行预先研究，评估技术成熟度、可行性；结合市场调研结果，初步估算研制过程的研发费用、维护费用和制造成本，为项目成本控制提供参考依据；研制过程中伴随一系列风险，通过

风险有效识别和评估,制定切实可行的应对措施,保证项目顺利进行。

(2) 方案论证。方案论证阶段,根据预先研究阶段的成果编制合理设计方案,确定具体飞机结构形式、总体布局和动力系统等相关参数;对设计方案技术进行可行性分析,评估各项技术应用可行性,编制合理的设计方案;对设计方案进行经济成本评估,具体包括制造成本、研发成本和维护成本等,提升设计方案经济合理性。具体工作中,要结合方案论证阶段目标和任务,编制合理的论证计划、论证方法和论证内容,保障论证工作规范有序进行提供保障。由于方案论证涉及到多个部门,应建立跨部门协作机制,实现各部门之间协作和沟通,引入项目管理软件,跟踪和管理论证工作,确保论证工作依据计划规范进行,便于及时发现问题和解决问题^[2]。

(3) 飞机设计、研制和试验。首先,飞机设计阶段,设计内容包含了总体设计、结构设计和系统设计等,需要围绕具体研制目标和要求,编制合理的设计计划,计划中包括设计周期、设计任务和设计资源等要素,保证设计工作顺利进行;飞机设计涉及到多学科专业知识,要建立多学科协同设计队伍,明确职责所在;依托于先进设计软件、工具进行分析,并进行仿真模拟分析,提升设计效率和质量^[3]。其次,飞机研制阶段,主要是将设计成果转化为具体产品过程,具体环节有零部件加工、装配和测试等。结合设计成果和研制要求,编制研制计划,整合研制资源;严格监管控制研制进度、质量,与供应商建立紧密合作关系,通过协调管理,提升研制工作质量。最后,飞机实验阶段,编制合理的实验计划,对试验过程严格监管和控制,获取精准、全面的试验数据,并记录下试验中出现的问题,为后续工作改进提供支持。

(4) 鉴定和定型设计。对于前几个阶段的工作成果汇总和分析,综合评估飞机的质量、性能和成本等要求;依据评估结果,制定科学合理的定性设计计划,确定定型设计任务、资源和周期等要素^[4]。与用户积极沟通交流,及时反馈用户意见,掌握用户对飞机产品的期望和需求,支持产品持续优化改进。

(5) 维护保养。维护保养阶段,则是飞机交付使用后的一个环节,主要是依据飞机具体适用情况和维护工作要求,制定合理的维护保养计划,确定具体的维护保养任务和方法,落实职责到实处。对于维护保养人员,定期组织专业培训和管理工作,持续提升维护人员专业技能水平、责任意识。同时,建立健全故障处理机制,全面记录下飞机使用和处理等信息,为飞机安全稳定运行提供坚实保障^[5]。

二、军用飞机研制过程中计划管理技术的不足

(一) 技术问题

在飞机研制初期阶段,项目研制团队对新技术预测和评估存在偏差,后期大型通用类飞机产品研制中存在技术难题,影响到项目顺利进展,不利于资源合理配置利用。随着技术创新发展,不断有新技术、新工艺涌现,但计划管理技术却未能紧跟技术更

新进程,导致技术发展之后,影响到项目的竞争优势。大型通用类飞机产品涉及到多个专业领域,加强部门之间的合作很有必要,但是工作中却普遍反映出技术协同不足问题,以至于各部门交流合作受阻,导致项目进展受阻。

1. 资源配置不合理

从实际情况来看,军用飞机产品研制过程中,资源配置不合理是一个主要问题^[6]。由于前期资源预测和评估存在偏差,后期研制中可能出现资源过剩或短缺问题,影响到项目成本控制效果。飞机研制中,不同部门和阶段的需求有索赔差异,实际操作中资源分配失衡,导致很多关键阶段无法获得足够资源支持,甚至出现资源浪费问题。还有一些单位存在资源利用率不高的问题,存在人员浪费、设备限制等问题,增加项目时间和成本。

2. 数据信息真实性不足

军用飞机产品研制中的数据信息真实性不足,对于计划管理技术应用有效性影响较大。但具体操作中,由于设备故障、认为操作失误和系统漏洞等原因,导致收集数据不准确,存在偏差,在数据录入环节操作不规范,缺少切实可行的校验机制,导致数据信息失真。飞机研制中,数据信息来源渠道多样,包括仿真数据、试验数据、历史数据等,但由于数据来源不确定性,存在数据伪造、被篡改或过时,难以为计划管理技术应用提供真实可靠的数据信息支持^[7]。具体的数据信息分析和处理中,采用的方法过于简单,应用不当,过度依赖单一数据源,忽略了异常数据,缺乏交叉验证,导致数据信息失真。这一问题如果未能得到及时有效解决,将影响到资源合理配置,浪费资源,甚至增加项目实施风险。

3. 研制费用估算偏高

军用飞机研制集合了多种前沿技术,由于技术不确定性,在研制费用估算中存在较大偏差,结果偏高,与实际情况不符。对于一些新型飞机项目,缺少历史数据支持,无法有效借鉴以往项目经验,更多的是依据目前市场情况和技术水平进行预测,大大增加了估算的不确定性。研制费用估算中,估算方法过于简单,忽视市场风险或是技术风险,同样会导致最终的估算结果过高^[8]。

(二) 管理问题

1. 管理层次不明确

飞机研制涉及诸多部门,不同部门有着自己的决策权,如果管理层次模糊不清,则会将决策权分散到各个层级,决策效率偏低。例如,对于技术选择和资源分配等方面,各层级都有决策权,会导致决策过程冗长、复杂,增加决策冲突。管理层次不明确,项目出现问题时无法及时追究具体部门责任,影响到问题解决效率,延误项目进度。

2. 项目计划编制系统性不足

项目计划编制时,部分单位仅仅是关注某一阶段任务,忽视了项目全生命周期考虑,人物分解不细致,缺少明确的执行步骤、时间节点,难以有效把握项目进度,导致项目资源浪费。有些关键项目缺少足够资源支持,部分次要人物却占据过多资源,延误项目进度,大大增加了项目成本^[9]。

三、军用飞机研制过程中计划管理技术的改进策略

(一) 技术问题改进策略

针对军用飞机研制中存在的诸多问题,应正确认识到计划问题,寻求合理策略,促进计划管理技术优化改进。具体可以从以下几点着手实践:

(1) 提升信息化水平。根据飞机研制需要,合理化引入先进的信息化管理系统,建立协同办公平台,引入项目管理软件,确保计划制定、执行、监控各环节自动化进行。依托于信息化管理,能够极大地提升计划管理效率和质量,尽可能降低错误和疏漏。

(2) 加强数据集成与共享。为了实现数据信息高效分析和处理,可以建立相较于统一的数据管理平台,根据标准化写意和数据接口,实现项目相关数据信息集中管理、存储,促进各系统之间数据信息大范围传输和共享,在提升数据采集和处理效率同时,提升项目决策有效性^[10]。

(3) 引入先进预测与模拟技术。预测与模拟技术是计划管理技术的重要构成部分,根据飞机研制要求,引入人工智能、大数据等先进技术,在收集项目相关信息基础上,对项目准确预测和模拟^[11]。同时,建立项目模型,依托于模型多角度分析项目风险和不确定性,为项目决策提供可靠数据依据。模拟不同场景和方案,制定合理措施,能够有效应对项目风险问题,保证飞机研制过程顺利进行。

为了保证上述技术改进策略有效实施,应组织项目团队参加专业培训活动,提升项目团队成员专业能力和技术水平。组件专门的技术支持团队,用于新技术研发、测试和维护,提升飞机产品研发过程可靠性。

(二) 管理问题改进策略

(1) 优化计划制定流程。由于军用飞机产品的特性,在具体产品研制中,应针对其中管理问题,优化计划制定流程。计划制定前进行充分市场调研、技术分析和需求分析,获取相较于全面、准确的信息;结合项目实际情况,运用滚动式计划制定方法,持续优化完善计划,提升计划适应性;计划制定过程中,邀

请行业专家进行评审,并提出专业意见,提升计划合理性。需要注意的事,计划制定过程中,要站在全局角度,统筹考量各部门需求、资源限制,提升计划连贯性和整体性,实现各部门紧密衔接与配合,以此来更好的适应项目执行过程^[12]。

(2) 加强知识管理。知识管理是计划管理计划应用的一项重要内容,强调根据工作需要合理配置和共享各类资源,实现计划管理技术人员知识水平、技术水平均衡发展。鉴于此,可以引入信息技术,建立信息化平台,促进各部门、各岗位人员信息交流共享,提升部门协作效率,为飞机研制过程顺利进行提供坚实保障^[13]。

(3) 完善风险管理机制。飞机研制项目中伴随着一系列风险,加强项目风险管理,制定合理有效措施,能够及时有效的识别和评估潜在风险,掌握风险类型。依据不同类型风险,制定针对性的风险应对预案,这样项目在面临风险挑战时可以快速响应,最大程度上减少风险对项目的不良影响。同时,建立风险监控和预警机制,实时监控项目过程中的风险,及时预警,创设有利的风险防控环境。

为了调动项目成员主动开展工作,可以设立奖励机制、绩效考核制度,将考核结果与人员薪酬待遇挂钩,根据人员个体表现予以奖励,借此来营造良好的项目管理氛围,提升项目管理效率和质量^[14]。除此之外,应定期组织技术人员和管理人员参加专业培训活动,持续丰富专业知识储备,提升专业素养,以此来实现几乎和管理平衡,促进计划管理技术合理有效应用到实处,为大型通用类飞机产品的顺利研制提供坚实保障。

结论:

综上所述,航空工业技术水平持续提升背景下,提升军用飞机研制水平,对于生产高品质产品具有重要意义。因此,在飞机研制过程中要注重合理化运用计划管理技术,实现各部门协作交流,制定有效风险管理措施贯彻落实到各环节,便于提升计划管理技术应用水平,保障项目顺利展开。

参考文献:

- [1] 孙敏,何飞,黄辉,丁才华. PDCA 流程在某型飞机计划管理中的应用和经验 [J]. 教练机, 2022, (03): 18-22.
- [2] 孟那那. 矩阵式管理模式下飞机研制项目的计划管理 [J]. 工程与试验, 2020, 60 (02): 71-73.
- [3] 付朋. 大型水陆两栖飞机研制项目计划管理研究 [J]. 产业创新研究, 2020, (06): 25-26.
- [4] 蔡亭亭. 民用航空飞机维修管理中的生产计划和控制探究 [J]. 设备监理, 2019, (09): 52-53.
- [5] 隋晓静. 生产日计划管理在民用飞机制造中的应用研究 [J]. 装备制造技术, 2019, (08): 132-133.
- [6] 徐敏. 计划管理在民用飞机研制过程中的应用研究 [J]. 项目管理技术, 2019, 17 (07): 116-119.
- [7] 刘怡然. 民用飞机供应商管理和绩效评价系统的设计与实现 [D]. 上海交通大学, 2016.
- [8] 纪忠伟. 民用飞机研制计划管控应用与方法探究 [J]. 科技与企业, 2015, (05): 14.
- [9] 刘建平. 基于 IPT 团队的民用飞机研制项目沟通管理方法研究 [J]. 科技传播, 2014, 6 (15): 60+50.
- [10] 魏莹, 刘平. 工艺计划管理在 CPMS 系统与 EPDM 系统中应用浅谈 [J]. 科技视界, 2012, (18): 183-184.
- [11] 宋胜攀, 林奇, 孟庆浩. 基于异地异构的飞机协同研制管理信息平台的设计与实现 [J]. 项目管理技术, 2011, 9 (03): 71-74.
- [12] 蔡晖道. 计划管理技术在 F-2 型飞机研制项目中的应用研究 [D]. 东北大学, 2007.

建筑工程混凝土施工技术与质量控制措施

李章发

桂林市临桂区住房和城乡建设局, 广西 桂林 541199

摘要：混凝土施工技术和质量是建筑工程质量管理的核心内容之一。当前我国大部分建筑物无论是从外观规模，还是高度都有了大幅度的提升，这就导致了建筑工程在施工过程中，必须要更加严格地对施工过程进行控制，而混凝土作为建筑主体结构的主要部分，混凝土施工的技术好坏是质量的保证。本文通过对混凝土施工技术和质量的论述分析，探究加强混凝土施工的技术工艺和质量管控的注意事项，借以建设优质高效的建筑产品，促进建筑行业的稳定持续发展。

关键词：建筑工程；混凝土施工；技术和质量；管控措施

Construction Technology And Quality Control Measures For Construction Engineering Concrete

Li Zhangfa

Guilin City, Lingui District, Housing and Urban-Rural Development Bureau, Guilin, Guangxi 541199

Abstract：Concrete construction technology and quality are one of the core contents of construction engineering quality management. Current most of the buildings in our country both from the appearance scale, or height have greatly improved, which leads to the construction engineering in the construction process, must be more strictly to control the construction process, and concrete as the main part of the main structure of the building, concrete construction technology is the guarantee of quality. Through the analysis of the concrete construction technology and quality, this paper explores the precautions of strengthening the concrete construction technology and quality control, so as to build high-quality and efficient construction products and promote the stable and sustainable development of the construction industry.

Keywords：construction engineering; concrete construction; technology and quality; control measures

引言

城市化进程不断推进，为我国的建筑行业发展提供了发展机遇，同时提高了工程项目的施工建设质量标准和要求。混凝土是建筑工程中的重要原材料，因此它的施工技术和质量管理是整个工程项目建设管理的关键内容。需要参建单位相关人员掌握混凝土各施工环节的技术要点，加强施工技术和质量管理，增加工程项目的安全性和舒适性，为建设优质高效的建筑产品奠定坚实的基础。

一、混凝土施工技术的现状

混凝土施工技术在现代建筑工程中发挥着重要的作用，其技术水平的高低直接影响到建筑物的质量和使用寿命。随着计算机技术的发展，混凝土施工技术也在不断创新。现代混凝土施工可以采用计算机控制的方法，精确控制混凝土的配料、搅拌、浇注和养护等过程，从而保证混凝土的质量和性能。此外，一些新的施工技术，如预制混凝土、现浇混凝土、高强度混凝土等也得到

了广泛的应用。^[1]

随着现代机械制造技术的发展，混凝土施工设备也在不断改进和升级。现代混凝土施工设备采用高精度、高效率、低能耗的技术，使得混凝土的制备和运输更加方便和高效。同时，新型混凝土施工设备的出现，如混凝土搅拌机、混凝土输送泵、混凝土振捣器等，也大大提高了混凝土施工的效率 and 精度。随着人们对建筑质量要求的提高，混凝土施工质量提高也成为了一个重要的研究方向。现代混凝土施工中，可以采用先进的材料和技术，

* 作者简介：李章发（1979.08-），男，籍贯：广西临桂，民族：侗族，职称：工程师，学历：大专，研究方向：建筑工程施工质量与安全控制

如高性能混凝土、自密实混凝土、智能混凝土等，来提高混凝土的质量和性能。同时，一些新的检测技术，如超声波检测、射线检测、红外线检测等，也可以对混凝土施工质量进行实时监测和控制，保证建筑物的质量和使用寿命。随着科技的不断进步，混凝土施工技术也在不断发展和创新，为建筑行业的发展提供了强有力的技术支持。

二、建筑工程混凝土施工技术

（一）配比技术

混凝土由水泥、骨料、水和外加剂组成，这些构成物质的比例会显著影响混凝土的性能。各部分的比重为配合比。在设定混凝土配比的过程中，工作人员需要兼顾工地实况的需求和预算限制，注重工程的经济效益及合规性，并且通过精确的数学运算来确定最优的配比方案。此外，由于建筑物混凝土材料的水分含量往往会超过预估数值，所以在开始混合之前，有必要对这些材料进行准确的湿度检测，然后再依据选择好的配比，适当地修改混凝土内的水分比例，确保所有成分都能符合配比标准，从而保障了混凝土品质达到合格水平。^[2]

（二）混凝土的运输

在实施混凝土工程时，必须使用混料车辆来输送混凝土。要避免过长的或过短的运输时间，因为这会对混凝土的强度产生重大影响。如果运输时间未被满足，可能会导致混凝土在中途固化，甚至到达现场后仍无初凝现象。所以，需依据当地的具体情况制定合适的运输方案，并设定合理的运输时长与距离，以形成完整且有效的运输策略，从而保障混凝土的运输过程中的合理性和稳定性，防止因运输不当而造成对混凝土品质的不良影响。^[3]故此，混凝土的运输环节是关键所在，建筑企业有必要加强对运输人员的能力训练，让其充分理解混凝土运输的重要意义，增强责任感及对混凝土运输的认知深度，这样才能按规范执行运输任务，确保整个运输过程没有任何差错。

（三）搅拌技术

只有当混凝土配比被确认之后，才能开始执行混凝土混合作业。在此过程中，所有参与者都需准确理解并严格遵循混凝土配比，确保每种成分的使用数量无误，且其偏差不超过许可范围。例如，对于集料、水的使用量而言，应该保持在正负百分之一之内；而对于水泥与添加剂的使用量，偏差也应当限制在正负百分之一内。另外，需要了解并且熟练掌握混凝土各种成分加入的先后次序，也要清楚如何正确地抓取和搅拌这些材料以达到最佳效果。通常情况下，冬季时混凝土搅拌时间不得低于三分钟，而在其它时节则为大约五分钟。再者，工作人员有责任定时检测混凝土的搅拌质量，一旦发现问题就立即解决。

（四）浇筑技术

在进行混凝土框架的建设前，必须进行充分的准备工作，严格遵循规定程序。施工人员需要提前计算和测量需要准确统计和测量的部件，了解建筑对象的施工要求，避免错误发生。对施工人员在铸件过程中需要的钢筋等数据进行有效统计分析，保证铸

件结构正常进行，合理利用经费，最大程度创造利益。在具体浇筑工程前，要清洁和维修铸件对象及其模板，处理其中的裂缝等问题。操作时要规范，避免制造劣质工程，最终影响工程质量。加强巡查和监督，根据实际情况解决问题。员工需灵活应对问题，遇到难题时及时使用应急措施，无法解决情况下报告上级，以最小化损失并保证混凝土质量。^[4]

（五）振捣施工技术

振捣是在浇筑施工完成后进一步优化混凝土施工效果的关键环节，振捣技术的开展在基本原则方面包括了通过振捣提升混凝土实体的密实性，并且在振捣中维持混凝土原材料处在均匀分布的状态下。另外，由于现代工程项目建设中的混凝土应用总量和建设面积不断增大，在振捣操作时，避免漏振的情况也是非常关键的。关于振捣操作的具体执行环节，现阶段比较常用的振捣施工操作方案为人工与机械结合的振捣施工方案，机械设备支持下的振捣操作具有施工建设的效率高，振捣操作效果的精确性和密实性强的特点，但实际应用中会受到振捣操作人员技术水平因素的影响。而结合人工振捣的方式则主要发挥对一些可进行进一步完善的细节振捣环节通过人工的方式进行修补和完善，提升振捣操作的整体实施效果。^[5]

（六）混凝土摊铺技术

按照规定比例的要求，在将所有原料均匀混合在一起之后，理应将其进入到特定的位置，以此完成浇筑工作。对于摊铺来说，同样需要按照相关步骤。在摊铺的时候，首先需要将混凝土全部倒进模板制作，并将其平铺开。^[6]之后再使用铲子，对其进行抹面，确保混凝土的整个表面足够光滑，同时没有任何裂缝存在。当然，出现气泡的概率也相对偏低。在实际摊铺的时候，理应确保其高度相对较高，超出当前的模板。不仅如此，时间问题同样需要予以重视。一般来说，只要能够控制在一个小时之内即可。如果时间过长，很容易会有干裂的情况产生。此外，如果有特殊情况存在，还可以使用麻袋，在其上方进行覆盖，以防混凝土内部会有大量水液蒸发，以防风化问题产生。如此一来，摊铺的速度便会有所提升，施工的整体效果便能达到预期水平。

（七）养护技术

为了确保混凝土在其强度的形成过程中不会受到不利因素的影响，需要对其实施适当的养护措施。这一步骤是至关重要的，因为如果忽视了这个环节，可能会导致混凝土产生裂痕或者其他缺陷。具体来说，要依据项目的实际情况、每天的气候状况、混凝土的种类及其实际测得的温度来设计出灵活且适应性强的掩护策略，并把温度和湿度维持在一个合理的区间之内。比如，在采取保暖养护的时候，应该挑选适宜的保温覆盖物料，同时还要防止其直接触碰到混凝土表面的可能性，以免造成伤害。常见的保暖物质包括塑料薄膜和草席等。再者，对于保持水分的工作而言，需要注意选用合适的方式去喷洒水分，尽可能使用干净无污染的水源。一般来说，保温和保湿的养护过程至少要坚持两个星期的时间，而这项任务的进行必须由专门的人员负责操作和巡视，定期检测塑料薄膜和防护漆的完好程度，以确定混凝土表面的潮湿状态正常，确保整项工作的质量符合标准。

三、控制建设工程混凝土施工质量的主要措施

（一）严选用水泥，保障水泥质量

配比环节作为混凝土施工过程中的第一个环节，相关从业人员除了要自身掌握专业的配比技术，还需要对混凝土配比过程中所涉及到的配比原料，进行严格质量控制。而质量控制的入手点可以分为3个方面。

第一个方面是：要严格把控原材料的选择，尽量选择规模较大的供货单位，进行原材料供货。第二个方面是：对已经购买好的混凝土，在正式使用之前，应当进行严格的质检，防止质量较差的原材料混入其中。第三个方面是：在混凝土的生产环节，不仅要对其生产过程进行严格观察，也要对混凝土生产过程中出现的问题进行严格对待，既要及时上报，也要及时地对问题出现的原因进行分析，进而通过制定有效地措施进行有效应对，从而使混凝土最终的质量达标。^[7]

（二）合理掺外加剂，控制水灰比例

在混凝土配比的过程中，除了涉及到水泥集料、水等原材料的加入，还会添加一些外加剂，来增强水泥土构件的整体强度，而外加剂的用量不仅会对混凝土的最终强度产生影响，还会对混凝土最终的质量造成较大影响。^[8]因此，在进行混凝土配比外加剂使用时，必须要按照严格的用量标准进行配比，防止使用用量不合理的外加剂，或者过量使用外加剂，而导致的混凝土质量问题，从而使混凝土在最完美的配合比例下，生产出质量较佳的混凝土，也为后期混凝土的浇筑、养护等工作减轻负担。施工人员必须根据现场施工的实际需求，科学合理的进行混凝土比例的调配，确保其能满足现场施工要求。

（三）控制混凝土施工质量

在混凝土施工过程中，要想提高混凝土的施工质量，就应严格管控混凝土施工环节中的质量，采用精细化质量控制的方式，保证混凝土各个施工环节的施工质量能够符合建筑单位的施工要求，并结合混凝土施工进度，进行动态化施工质量管理。为了有效控制混凝土的施工质量，一方面在原材料进场后，混凝土施工负责人应组织相应人员对其进行质量检查，在混凝土搅拌时，应组织工作经验丰富的混凝土施工人员，定时定点检查混凝土搅拌情况，并将不同时间段的搅拌情况记录下来，时刻保证混凝土搅拌操作科学合理。另一方面在混凝土施工结束后，应及时对其进行养护，建筑单位可以组织专门洒水的工作人员，定期对混凝土表面进行洒水维护，保证混凝土可以持续湿润。然而不同季节对混凝土的洒水要求不同，比如在冬季施工时，建筑单位应根据施工自然环境，改进养护措施，将原来的保湿养护变成保温养护，有效提高混凝土的施工质量。^[9]

（四）严格控制温度条件

在开始实施混凝土浇筑工程之前，需要全面评估外部和内部的环境变化对其品质的影响，并且依据这些情况迅速地修改我们的工作方法以确保混凝土结构建设的质量。通常情况下，在执行混凝土浇筑任务的时候，虽然没有对其有具体的规范，但是要结合实际情况来调整温度，例如进入夏季施工，要采取道施降低混

凝土入模温度，不能高于35℃。进入冬季施工，并且室外日平均气温连续5天低于5度，要采取措施保证混凝土入模温度不能低于5℃，避免因为温差过大而引发严重的水泥表面开裂。^[10]此外，除以上提到的要求之外，实际操作中也可以通过减少混凝土出口处的温度例如设置遮阳篷于相关的机器前面、运用地下水的力量混合水泥浆等，或者应用降温管道加快水泥的热量散发等方式来有效的调控水泥自身温度，从而实现减小温差的目的。

（五）控制混凝土抗裂性

为了确保建筑物的高品质，提升混凝土的防裂能力至关重要。这可以通过向混凝土中引入适当的添加剂来实现，以增加其自我收缩的能力。需要注意的是，必须遵循相关规定和操作流程来实施这一过程。此外，通过在混凝土制造阶段使用纤维类强化物质，也可以有效地增进混凝土的防裂特性。为满足此要求，应了解并掌握混凝土的物理特性和相应的比例配置，并在开始制作前由专业技术团队做试验与评估，以此确保混凝土构造符合预期的标准。

四、结论

建筑工程项目中的混凝土施工质量，关系着社会公众财产和生命安全，是一项严谨而关键的技术质量管理内容。因此，需要相关建设施工单位，不断努力创新改良各项施工技术工艺，保持施工技术的先进性，并通过对各项施工技术的有效利用，充分提高建筑工程的混凝土浇筑施工技术和质量，高效地建设优质建筑产品，促进建筑行业的良好稳定发展。

参考文献

- [1]石新波, 吴伟. 房屋建筑工程施工质量控制策略研究 [J]. 陶瓷, 2024(001):000.
- [2]袁艺. 混凝土施工技术在房屋建筑工程的应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2024(001):000.
- [3]郑盛久, 丁昱杰. 建筑工程混凝土施工技术与质量控制措施研究 [J]. 智能城市应用, 2023, 6(5):37-39.
- [4]习鹏. 土木建筑工程施工技术质量控制措施研究 [J]. 城市建筑与发展, 2023. DOI:10.37155/2717-557x-0408-33.
- [5]傅川. 房屋建筑工程施工技术与质量控制探讨 [J]. 工程建设与设计, 2022(5):3.
- [6]游靖. 水利水电工程的混凝土施工技术及质控举措研究 [J]. 电子乐园, 2022(9):3.
- [7]鲁广辉, 勾艺桦. 浅谈建筑施工中混凝土裂缝的控制技术 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017, 000(008):435.
- [8]陆威耀. 建筑工程混凝土施工技术与质量控制措施研究 [J]. 城市情报, 2023(7):0224-0226.
- [9]张倩. 建筑工程混凝土质量检测中检测技术的应用研究 [J]. 城市情报, 2023(17):0232-0234.
- [10]史伟奇, 时东雨. 建筑工程混凝土施工技术与控制措施研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.162-165.

岩土工程中地下水对工程地质的影响研究

赛依布拉·赛提瓦力地

新疆地质矿产勘查开发局第二水文工程地质大队，新疆 昌吉 831100

摘 要： 随着我国经济的快速发展，岩土工程也在不断地完善，而地下工程技术中，地下水作为最为重要的一种地质基础材料。本文结合实际情况提出相应措施及建议以供参考；以达到提高建筑工程质量为目的来进一步加强相关技术要求，进而更好地为人们提供更加优质安全以及可靠的工程服务，使建筑行业能够健康发展下去。

关 键 词： 岩土工程；地下水；工程地质

Study On The Influence Of Groundwater On Engineering Geology In Geotechnical Engineering

Saiyibula · saitiwalidi

Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, the Second Hydrological
Engineering Geological Brigade, Xinjiang Changji 831100

Abstract： With the rapid development of China's economy, geotechnical engineering is also constantly improving, and in the underground engineering technology, groundwater is regarded as the most important geological basic material. This paper puts forward the corresponding measures and suggestions for reference; to improve the quality of construction engineering to further strengthen the relevant technical requirements, so as to provide people with better quality, safe and reliable engineering services, so that the construction industry can develop healthily.

Keywords： geotechnical engineering; groundwater; engineering geology

引言

岩土工程在建筑工程中的地位十分重要，其主要作用是用来改善地下空间结构，提高建筑物抗震、防渗性能，以及确保城市居民生活质量。但是由于我国目前的情况与国外相比还存在一定差距并且我国对基础建设方面投入资金较少等一些问题。所以要想提升建设工程项目安全系数和经济效益就必须加强研究地下工程施工过程当中是否出现渗透水现象及地下水在整个建筑工程中所起到作用大小的相关因素来进行分析与探讨，从而提高岩土工程整体水平以及稳定性。

一、岩土工程地质环境条件

岩土工程环境条件包括地形、地质状况，以及地下水的补给和径流等。在勘察过程中要充分考虑到当地实际情况。例如在进行设计时就需要对周围建筑物及地下设施选址区域内所存在的位置加以明确；同时还要了解该建筑所在城市所处地理位置与气候类型是否相适应等问题都会影响工程建设进度；在施工现场附近应尽量避免出现地下水，以免造成不良后果发生等一系列因素^[1]。

此外，由于岩土体的体积比较大，且其自身具有一定的自稳性，因此在进行施工时需要考虑到荷载和应力等多种因素。同时因为地下工程所处位置不同会存在各种类型孔洞以及沉降缝。这些问题都将会影响到建筑工程所产生地下水对建筑基础稳定性造成不利影响甚至是威胁建筑物安全运行情况发生危险隐患出现意外状况时有可能导致塌方事故发生或者严重后果出现^[2]。

二、岩土工程地质环境形成过程

（一）岩土层

岩土层是一种复合结构，主要包括了由不同性质的矿物组成，其中以铁、镁氧化物和铝等为主要代表。在地下水赋存条件下其物理力学性能也会发生相应变化。同时由于地下水位埋深较浅使得水文地质环境较为复杂。所以在实际工程建设中需要对岩土进行合理地勘探工作并制定出详细科学可行的勘察方案来保证施工顺利开展；此外，还需严格控制含水量情况、防止出现大面积地面塌陷等问题，确保地基稳定安全和建筑物正常运行。^[3] 岩土层是一种非常重要的建筑材料，同时也具有一定特殊性。在进行工程建设时，需要对其加以重视。由于不同地区环境条件、地质特征等都存在差异。而这些差异导致了地下水和地表水之间形成较大程度上的冲突与矛盾问题；其次就是地下水对于施工造成影

* 作者简介：赛依布拉·赛提瓦力地，男，1987年1月12日，新疆维吾尔自治区吐鲁番，大学本科，工程师，维吾尔族，岩土工程专业

响：比如地下水位会随着季节变化出现不断上升或者下降情况；还有一点是地下水位上升过快而产生的地面沉降现象等等，因此在进行工程建设时必须严格控制其对岩土层稳定性带来不利作用^[4]。

（二）地下水

岩土工程中的地下水主要是由孔隙水和裂隙承压水组成。其中，孔喉顶部附近的地下水流场，以及裂隙下渗漏流、层间贯通通道及裂缝等对工程施工产生重要影响；而在岩溶地区由于其自身结构特点使得含水量较大且相对稳定不易受外界干扰因素导致出现变形或开缝情况也较为严重。因此地下水是造成岩石稳定性较差的主要原因之一。其次，通过对岩土工程中地下水的研究可以看出，由于地下水位在不断下降，导致水文地质条件发生变化，从而造成整个建筑工程出现问题。所以要想避免这些情况发生就需要加强对于勘察过程中的控制工作力度和水平进行提高。如果想要实现有效解决这一现象就必须保证施工现场地下含水量、孔隙比等指标都能够达到标准要求^[5]。

（三）岩土的物理性质

岩土具有不均匀性质，主要是由于岩石的结构受到了影响，而其力学性能则受不同因素所决定。其中包括岩层应力场、水文地质条件和地下水对建筑物可能造成破坏等。在进行地下工程建设时必须考虑到的是岩体本身的物理特性以及它对于工程施工带来什么样问题；例如说土层中是否存在裂隙或是软弱夹层等等一些特殊性质，这些都会影响其稳定性与安全性。岩土的物理性质主要包括粘性、非均质和均匀塑性。其中，强度最大的是黏聚力，其次是剪切模量。在进行工程建设之前需要对场地内存在的岩石进行测试分析其硬度以及抗压能力是否满足设计要求；如果发现岩层中含有较多含量粉粒类物质时可以通过注水等方式将其灌入土体当中去；当岩土层比较坚硬时需要采取排水措施使地下水排出体外从而避免出现渗流情况，以提高土壤质量^[6]。

（四）岩体的力学性质

岩体的力学性质主要是指岩石本身所具有的物理和化学结构，包括孔隙、裂隙以及溶洞等。在工程建设中需要考虑很多因素。例如：不同地质条件下对地下水位和地下水情况都会有不同程度上影响；地下水对于各种材料性能也有很大作用，比如导热性好且不容易产生渗透破坏等；还有就是岩体自身具备较高的延展能力及抗风化能力等等这些特点对于岩土本身力学性质是很重要的。此外，岩体的力学性质主要是指其强度、刚度和延展性。在进行工程建设前，需要对所选场地进行勘察，并选择合适的地址，以保证施工过程中不会出现坍塌等问题。如果发现地下有较深或者软弱夹层存在时则应该立即采取相应措施加以加固处理；若遇到下雨天或地下水较为丰富且相对集中区域时可以采用钢筋混凝土结构予以填充；岩体本身具有很好的透水性和导水性能^[7]。

三、岩土工程中地下水的危害

（一）水对土体结构的影响

在进行工程建设时，岩土体是影响结构安全的关键因素，所

以要做好地下水对边坡稳定性造成不良影响。比如说由于地下水位高导致裂隙发育、变形破坏等情况出现。除此之外还有一些因为人为原因而产生的水渗现象以及因地制宜选择合适位置设置隔水管网和排泄设施来防止发生严重渗透问题等等这些都会引起岩土工程中地下含水量过高从而引发安全隐患，所以要做好地下水对边坡稳定性造成不良影响的防范工作^[8]。

（二）地下水的渗漏

岩土工程中，地下水的渗漏会影响到建筑物，比如地下水位下降、地下水流失稳等。而如果出现了水压差或流砂现象时就可能造成塌陷。在我国西部地区由于特殊地理条件下也有一些大型水利工程项目需要考虑到地下水对建筑施工产生不利作用导致的安全事故问题；另外还存在着因地制宜修建水库坝基工程而引起的渗漏隐患，这些都是因为建筑物设计不合理、管理不当等原因造成，其中最为严重的是地下水位下降和渗透破坏等现象。^[9]

（三）地表塌陷

岩土工程中地下塌陷问题，主要是由于建筑物的高度较高，而造成地面出现裂缝、倾斜等现象。这种情况下往往会导致建筑结构不稳定和地基承载力不够。因此在进行建筑工程施工时应注意以下几点：第一就是要对基础钢筋混凝土浇筑后及时地做好防水工作；第二就是加强对基坑边坡的保护力度与加固处理措施；第三则需要严格按照相关规定来控制地下水位，防止地下水影响到工程建设中造成塌陷问题出现。

（四）改变土体性质

在进行岩土工程的建设过程中，必须要对可能出现的问题，采取有效措施，确保其稳定性。例如：对于地下水位较低、地下水埋深较大以及深度较浅等情况下可以通过增加导水明渠来实现。但是这种方法需要注意控制入渗流速率和水量分布范围；如果是由于地层地质条件变化导致地下水涌出量过大而造成土体发生沉降现象的时候应该对其进行加固处理或注浆固化措施，保证地基稳定之后再开展施工工作^[10]。

（五）地下水对地基的影响

在地下工程建设过程中，由于各种因素的影响，可能会造成建筑物地基出现一定程度上或范围内开裂现象。当地下水渗入土体内部时将使上部结构产生附加应力和变形。这种裂缝主要是由以下几种原因引起：第一，上层滞水而导致；第二，下层膨胀压力大于上层阻力致使地基承载能力下降；第三，地下水位上升超过了设计标高使其发生下沉，从而形成积水洞，在一定程度上造成地面沉降或开裂现象的出现。

四、减少岩土工程中地下水危害的有效措施

（一）强化对岩土工程地下水环境的勘察工作

在对岩土工程进行勘察的过程中，要加强地下水位监测，保证地下水能够满足施工要求。同时还应该强化对于水文地质、环境分析等方面内容。通过加强这些相关工作能有效促进地下设施维护与管理水平提升；另外还要做好相应的水力学和土壤性质变化情况调查以及评估工作等。同时要完善勘探手段及技术措施：

在岩土工程勘察过程中,可以采用先进的仪器设备对地下水进行测量分析,进而确定出施工场地内是否存在有潜在威胁到环境问题隐患。此外,在岩土工程勘察中,需要强化对工程场地的水文地质条件进行分析,并采取相应措施来加强地下水对于建筑物以及地下管线设施运行过程的影响。具体来说就是通过对施工区域内可能出现渗流问题和裂隙等因素予以监测、评估。与此同时还应该重视到地下水位变化情况及周围环境状况是否发生变化等相关指标信息加以掌握;此外在岩土勘察工作中需要强化工程范围内水文地质条件进行调查,并采取相应措施来确保地下水对于建筑物以及管线设施运行过程的影响程度降低。

(二) 针对不同的地下水进行分类处理

针对不同类型的岩土工程,可以通过以下方式对地下水进行分类:第一,根据水文情况将其划分为中型、小型和超大型三种。其中对于大型建筑工程来说需要重点考虑的是在施工过程中是否会出现地下水位下降或者是由于渗漏问题而导致的塌陷等地质灾害;第二则要结合实际工程环境选择相应方案并实施有效保护措施避免造成不必要损失以及浪费资源;第三则可以通过地下水埋深来对不同类型岩土进行分类处理,主要分为浅部和深层两种。同时,在进行岩土工程的施工过程中,需要针对不同类型地下水采取相应合适的处理措施,以避免造成不必要损失。具体来说主要是对地下水实施分类、储存和管理。首先对于地下水位较高或者水文条件较差地区可以采用人工井口等方式来解决可能出现的问题;其次就是针对浅层地表裂隙发育地带以及溶洞分布区域进行封堵工作;最后还需要考虑到在有其他地质因素干扰时采取相应的处理措施,避免造成不可挽回损失。

(三) 加强对地下水危害问题的检测

在工程建设中,工程地下水的危害是一个非常重要的问题,所

以对地下水位进行定期检测与监测。首先要保证测量人员有充足专业知识和技术能力。其次要加强仪器和设备方面的管理制度以及安全措施等内容来保障工作人员可以顺利完成工作;最后还应注意的是对于施工过程中出现异常情况及时处理并做出相应处理方案及应急预案,确保地下水不被影响工程质量安全与稳定发展等问题发生概率降低到最低程度。因此,岩土工程的施工过程中,需要加强对地下水的检测,防止出现地下水位下降、渗漏等问题。首先要在建筑物上安装相应数量和规格符合要求并具有防水功能及防腐性能好、抗冲洗能力强且防腐效果良好设备。其次是采用先进技术手段进行监测工作时必须保证仪器稳定可靠;最后还应对水文地质条件采取一定措施以确保工程施工安全顺利完工以及周边环境的保护,防止因地下水对建筑工程造成不利影响。

结语

岩土工程的顺利开展,对于整个建筑工程来说都是非常重要且关键性的。但是在实际工作中却还存在着许多问题。这些问题不仅对建筑行业造成了不可估量影响也会严重威胁到人们生命财产安全和社会经济发展等诸多方面都与人们生活息息相关,甚至还会引起一系列连锁反应:如地质条件恶化、建筑物失稳导致沉降、基坑开挖引发泥石流灾害以及周边环境污染等等。本文主要介绍了岩土工程勘察工作的特点及意义以及常见问题。并从水文地质条件出发探讨了在不同环境下地下水位变化规律与影响因素;最后提出具体措施来保证地下水资源能够充分发挥应有作用,进而促进我国经济建设快速发展。

参考文献

[1] 黄明. 水文地质对岩土工程勘察的影响研究 [J]. 资源信息与工程, 2018.
[2] 任先涛. 岩土工程勘察中水文地质的影响研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2017:188.
[3] 吴志席, 李佳华. 研究岩土工程勘察中水文地质问题的影响 [J]. 《城市建筑》, 2016:127-127.
[4] 马喜云. 岩土工程勘察中的水文地质危害及预防措施分析 [J]. 石材, 2023(05):128-130.
[5] 马奔. 基于工程地质勘察中水文地质问题的重要性分析 [J]. 四川建材, 2023, 49(04):38-40.
[6] 高秉金. 岩土工程勘察中地下水的问题与解决方案 [J]. 科技视界, 2023(04):110-112.
[7] 冯平. 探讨水文地质对岩土工程勘察的影响 [J]. 中国住宅设施, 2023(01):160-162.
[8] 刘光辉. 地下水对岩土工程的影响及现场勘察注意事项探究 [J]. 四川建材, 2022, 48(12):86+120.
[9] 郑坚持. 岩土工程勘察中的水文地质危害及预防措施 [J]. 江苏建材, 2022(04):60-62.
[10] 陈小洋. 岩土工程勘察中喀斯特水文地质问题探析 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(01):110-112.

工程地质和地质灾害监测在城市建设中的应用研究

糟永中

新疆地矿局第二水文工程地质大队，新疆 昌吉 831100

摘 要： 我国经济的迅速发展，城市建设不断增加，地质灾害也随之频繁发生。地质灾害是指由于自然规律或人为因素导致工程建筑物、构筑物以及附近居民房屋遭受破坏或者自然灾害造成人员伤亡和财产损失的现象。本文通过分析不同类别下地下水形态特点及变化规律来探讨对于城市建设工程施工安全产生作用及其危害，提供有效措施，从而保证建筑行业能够健康有序发展。

关 键 词： 工程地质；地质灾害监测；城市建设

Research On The Application Of Engineering Geology And Geological Disaster Monitoring In Urban Construction

Zao Yongzhong

Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, the Second Hydrological Engineering Geological Brigade, Xinjiang, Changji 831100

Abstract： With the rapid development of China's economy and the increasing of urban construction, geological disasters also occur frequently. Geological disaster refers to the phenomenon of engineering buildings, structures and nearby residents' houses caused by damage or casualties and property losses caused by natural laws or human factors. In this paper, through analyzing the morphological characteristics and changes of groundwater in different categories, we discuss the effects and harm on the construction safety of urban construction engineering, and provide effective measures, so as to ensure the healthy and orderly development of the construction industry.

Keywords： engineering geology; monitoring of geological disasters ; urban construction

引言：

在城市化进程不断加快背景下，地质灾害问题成为了人们关注和重视。随着工业化、城镇化步伐逐渐加深，经济飞速增长带来的是环境污染问题严重影响社会稳定及人类健康生存发展。地质灾害是指由于自然环境以及人为因素导致地质环境变化所造成严重威胁和损失。为了更好地保护生态环境不被破坏和改善人们赖以生活居住场所的空气质量，我国需要加大对地质灾害监测与控制力度，采取一系列措施加强对土地资源开发利用。

一、城市建设过程中的主要环境地质问题

在城市建设过程中，环境地质问题是一个非常重要的内容，与工程项目施工密切相关。由于城市土地开发利用过度或规划不合理等原因所引起土壤结构发生变化，导致了水土资源发生明显变化以及地下水开采过程中形成大量泥石流问题，在建设初期，因地质灾害而出现大面积垮塌现象。

城市建设过程中的主要地质问题包括地层变形、围岩破坏以及地表水和地下水系统等。在城市建设过程中，由于受到地形条件，自然地理环境及地质因素影响而产生工程活动，地下水位下

降引起地面塌陷等灾害，对人们生活生产造成严重威胁。

城市建设过程中的地质灾害主要是指城市内部自然地理条件和人为工程活动造成的环境问题。自然灾害会对建筑物以及居民生活带来严重影响，甚至危害到人们正常居住及工作，给人民生活与社会发展带来巨大损失，在城市化进程加快时，由于大量人口聚集导致地下水位下降而引发地面塌陷或地壳上升现象。

城市建设过程中出现了许多类型、复杂和多样的工程地质问题，在具体施工前，需要对这些因素进行分析，并采取相应措施。城市自然地理条件与人文环境之间存在着较大差异，不同地区由于自然环境等方面具有明显区别性特征，例如，气候水文状

* 作者简介：姓名：糟永中，性别男，出生日期1991.8，籍贯（甘肃省张家川回族自治县人），学历本科，职称：工程师（拟评高工），民族回，工作领域：水文地质，工程地质，环境地质相关勘查设计工作

况与地形地貌也有很大差别，地震灾害发生时可能会造成人员伤亡及财产损失等情况都将影响到当地的经济发展和社会稳定问题。

（一）城市水环境问题

城市水环境的问题是指城市内部水质受到污染和破坏，以及在水体中排放大量有毒有害气体，对人体健康造成伤害。城市中的水环境问题主要是地表水体和地下水两方面，地表水中含有大量污染物质，对人类健康造成严重威胁。在我国大部分地区，由于水资源分布不均、水质较差等原因，导致了地下水位较低且水量不足，而对于一些城市来说，因为缺水现象出现一定程度上的供水困难，甚至无法满足人们生活用水要求存在着非常显著性危害因素和长期隐患^[1]。

我国水资源分布不均，水土流失严重，其中地下水的污染尤为突出。城市建设过程中出现了许多污水排放和工业废水中含有大量有害物质。城市排水系统存在缺陷，排水管网布局不合理。地下水位埋深过浅，导致污水不能及时排入地面，使得地下水污染严重的情况下直接进入地表水和地下河流中去，从而使水质受到影响。

水是城市发展的动力，水资源短缺，导致了城市内部出现大量淤泥，影响到人们正常生活。在一些地区地下水资源丰富并且水质优良，由于我国地域辽阔、人口众多等因素，使得城市建设受到限制严重阻碍着社会经济快速稳定持续地发展下去。另外随着城市化进程加快和工业生产规模不断扩大加剧了水资源的短缺问题，给城市内部环境带来极大威胁，甚至会影响到人们正常生活。

（二）地面变形问题

地面沉降是指由于建筑物的荷载作用，使建筑倾斜和位移发生改变，造成地面沉陷。在工程建设中对地质条件差、地基复杂或不均匀下沉进行处理时容易引起地应力变化。采用人工措施或是机械加固方法，将导致地应力发生变化，若采取新技术、使用先进施工工艺等也会产生严重影响，还会出现因地下水位下降而引发的地表隆起变形以及局部倾斜和下渗流，从而使地面沉降量增加^[2]。

地面变形主要是指地质构造和地层的影响，以及施工过程中各种因素导致的地下出现地表沉降、地裂缝等现象。在城市建设当中通常会采用台阶法来进行开挖工作，由于地形原因往往会发生一定程度上下沉情况，有部分区域还会存在着一些不稳定因素，需要采取相关措施加以控制。

地面变形是指由于地质环境的变化，导致地表形态、地貌形态以及水文条件等发生变化，从而引起建筑物和构筑物产生影响。当地下水位下降时可能会造成不同程度上的土体开裂，而在地下水丰富地区也能出现下沉现象，因此对地质灾害进行预报就显得尤为重要，还需要考虑到地面变形与含水量之间有什么关系，以及地表沉降量大小等问题来确定是否存在地面变形。

地质灾害的防治是一项复杂系统工程，不仅要处理好对人类生命财产造成威胁，还要考虑到自然环境、社会环境以及经济发展等多方面因素。随着科技不断进步和地球地理环境变化越来越

严重，为了确保城市建设项目的安全运行及人民生活水平的提高，需要采取多种措施进行治理以避免因地面变形引起各种问题而引发事故发生。

二、城市地质灾害调查与治理的重要性

城市地质灾害的发生是一种自然现象，其危害性与人类生命财产安全息息相关，对城市进行全面细致的调查和研究就具有十分重要意义。在我国经济飞速发展下，社会建设得到了巨大进步，科技越来越先进、生活更加方便快捷。地质灾害调查是一项非常复杂的工程，其涉及到多个学科，例如工程技术、地质学等。在我国城市建设中对地下管线和水文观测设施进行设计时需要考虑大量因素^[3]。

随着社会发展以及科学技术水平不断提高城市化进程加快带来了各种新技术、新工艺及高新技术应用而生，新型产物也给城市地质灾害勘探提供机遇与挑战并存的条件下开展勘探活动。城市地质灾害的发生和影响主要是由于人类活动造成的。在我国城市化进程不断加快，人口大量增加，使得社会经济发展迅速，也带来了很多环境问题与隐患^[4]。

在城市建设过程中，地质灾害是不可避免的，但是由于人类活动导致了許多不可预测和控制因素，必须重视对工程地质调查工作的研究以及应用和发展，还要加强施工现场监测技术及管理水平。城市地质灾害的调查是对工程建设过程中可能发生的各种风险进行分析，预测其发展趋势，并制定相应对策^[5]。

三、城市建设中防治地质环境控制

在城市建设过程中，地质环境是一个很重要的影响因素。随着城市化进程不断推进，对城市的发展带来了严重危害。由于人类活动造成地表土层结构、性质发生变化和水文条件变化等问题会给生态环境产生很大威胁，使地下水位上升或下降以及地面沉降、地裂缝灾害也将频繁发生等一系列状况都与工程建设中地质环境控制有一定关系，因此在施工过程时必须重视对周围建筑物及居民区的保护，防止出现类似地质灾害^[6]。

在城市建设过程中，地质灾害的发生是不可避免，但是工程环境控制和防治工作需要结合当地实际情况进行。要加强对地质条件、气候特征等方面综合评价，根据不同地区的自然状况以及水文特点采取相应措施。应对施工现场周围建筑物及地下管线铺设进行保护与加固处理，要注意地下水动态监测，及时掌握城市建设中可能出现的突发性地震灾害风险点和危害范围情况并做出科学预测评估^[7]。

针对城市地质灾害的特点，需要对工程建设中可能出现的地质环境问题进行预测，并制定出相应防治方案，加强地下管线保护。在施工前要做好地下管道、道路等设施及管线埋设部位周围建筑物和构筑物以及地下水层之间是否存在漏水情况。同时也应根据现场情况采取有效措施防止地表积水影响市政供水安全^[8]。针对城市建筑周边的自然生态环境因素对地质灾害形成可能性进

行预测，并制定出相应防治方案，确保工程建设中不会出现危害事故发生^[9]。

城市建设与地质环境的关系十分密切，在我国，由于城市化进程不断加快，对城市基础设施和公共服务设施提出了更高标准、更多要求，要加强工程地质灾害监测工作。针对不同类型的地区采取相应措施进行预防控制。

（一）加大地质环境监测力度

城市地质灾害的出现是由于工程建设过程中，会遇到各种因素，导致发生地质或水文现象，要加强对工程建设环境监测力度。通过采取多种手段开展环境检测工作来加强对施工现场、周边建筑等进行全面综合调查和分析评价。在城市项目建设施工过程中，应定期开展与岩土性质相适应的试验及取样测试，同时还可以建立专门负责工程勘察质量监督机构，以确保勘察结果真实可靠准确，为后续设计阶段提供科学依据^[10]。

地质灾害的发生对城市建设造成非常大影响，甚至威胁到人们生命财产安全，必须加强工程地质环境监测工作。强化现场勘测力度、提高检测手段和技术水平是预防重大危害事故发生的有效措施；要严格落实国家有关政策法规及标准要求；加大现场勘察力度、提升安检人员综合素质等都可以减少或避免人为因素对施工造成不利影响。

城市建设过程中地质灾害频发，为保障施工安全，提高工程质量，必须加大对地质环境监测工作。在具体的项目建设前要做好相关资料数据收集和整理工作。通过建立健全完善的信息采集与分析系统及数据库等方式，保证对可能出现或已经发生灾害时及时进行预警预报、避免造成重大损失，也要加强现场勘察人员技术水平以及现场勘查能力等方面都能确保能够准确掌握工程情

况，从而采取有效措施预防地质灾害事故的发生。

地质环境监测是对城市建设工程进行安全评估的重要组成部分，也是建设项目可行性研究和规划、设计等过程中不可或缺的一个环节，要加强工程勘察单位与企业之间以及政府相关部门和公众之间沟通工作。

强化地质灾害预警机制，在施工前期阶段应做好充分准备工作，开展工程区域内各种类型及各工区周围环境情况调查，对各类危险因素进行评估并制定出有效可行方案，分析可能出现事故的隐患及其危害程度。

（二）工程建设前做好地质环境勘察工作

工程建设前的地质环境勘察工作是为后续城市建设有效实施提供重要保障，在施工过程中，要根据实际情况开展相应的调查。对城市地区进行地质勘测时应充分考虑当地区域内水文、地形地貌等自然条件。根据不同地段进行现场勘查和实地勘察，针对一些不良气候及地势复杂路段，需采取适当措施予以避免或减轻影响程度。

四、结论

通过对我国地质灾害现状的分析，可以看出，目前存在问题。建设过程中没有科学控制都会影响到建筑施工质量，因此在进行城市建设工程勘察时，必须要根据实际状况来选择适合的勘探方式与手段，来开展工作。在城市建设过程中，应积极开展与周边建筑物的协调配合，保证其稳定性和安全性；同时还需加强对施工场地周围环境地质状况的监测工作，需要我们从多方面出发采取多种技术途径对地质灾害问题予以解决。

参考文献

- [1] 黄科茂. 规划环境影响评价在生态城市建设中的应用[J]. 黑龙江环境通报, 2023, 36(08): 72-74.
- [2] 樊柱军, 单波, 鄢治华. 电力工程地质灾害监测与预警研究进展[C] // 中国建筑学会工程勘察分会, 中国水利学会勘测专业委员会. 第十三届全国边坡工程技术大会论文集. 中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司; , 2021: 5.
- [3] 陈文强. 关于岩土工程地质灾害的成因与防治研究[J]. 世界有色金属, 2020, (13): 179-180.
- [4] 令军师. 新疆某水库坝址区工程地质条件分析及坝址优选[J]. 东北水利水电, 2023, 41(12): 42-46.
- [5] 张迁. 矿山工程地质勘查及地质灾害治理分析[J]. 世界有色金属, 2023(23): 193-195.
- [6] 代向阳. 工程地质勘测中桩基检测技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(11): 38-40.
- [7] 罗江. 地质灾害易发性评价研究[J]. 江西建材, 2023(11): 196-197+202.
- [8] 宋马可. 岩土工程地质勘察中的原位测试技术分析[J]. 科学技术创新, 2023(26): 132-135.
- [9] 邵生龙. 探讨建筑工程中的地质灾害防治应用及其管理[J]. 经济视野, 2015(1): 386-387.
- [10] 王槐英. 工程地质勘察与地质灾害风险评估的一体化研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(04): 178-180.

多泥沙河道引水枢纽闸室混凝土抗磨修复方法

罗玉忠

新疆白杨河流域管理局 新疆 乌鲁木齐市 830000

摘要：新疆阿克苏河发源于天山东段南坡，河道来水量年内变化幅度大，且悬移质含沙量较大。现状拦河式水利枢纽修建于上世纪70年代。经多年运行，建筑物都出现了不同程度的磨损。为保证工程灌溉、防洪等效益的发挥，每年都需投入资金进行修复。本文以对阿克苏渠首闸墩修复工程为例，采用新型快速修复抗冲磨砂浆及环氧混凝土对冲刷磨损面进行修复，该方法修复速度快、维护成本低、效果持久。

关键词：引水枢纽；闸室混凝土；抗磨处理；新材料；修复方法

Repair Method Of Concrete Punching Resistance In Sluice Chamber Of Multiple Sediment River Diversion Hub

Luo Yuzhong

Xinjiang Baiyang River Basin Administration Bureau, Xinjiang, Urumqi 830000

Abstract： Aksu River in Xinjiang originates from the southern slope of Tianshan Shandong section, and the inflow of the river changes greatly within the year, and the suspended sediment content is large. The current river-blocking type water conservancy project was built in the 1970s. After many years of operation, the buildings have experienced varying degrees of wear and tear. In order to ensure the benefits of irrigation and flood control of the project, funds need to be invested to repair every year. In this paper, taking the repair project of the first sluice pier of Aksu canal as an example, the new rapid repair of anti-grinding mortar and epoxy concrete are used to repair the erosion and wear surface. This method has fast repair speed, low maintenance cost and lasting effect.

Keywords： water diversion hub; sluice chamber concrete; anti-wear treatment; new materials; repair method

引言

对于多泥沙河道引水枢纽闸室混凝土，受外界和自身材质的影响，混凝土结构的抗冲磨性能会逐渐下降。这种冲刷作用不仅加速混凝土表面的物理磨损，还可能导致局部材料的脱落。多泥沙河道的水流含有大量的泥沙，当这些含沙水流以高速通过闸室时，水中的泥沙颗粒会对混凝土表面产生物理磨损作用。尤其在洪水期，含沙水流速度和流量显著增加，对混凝土的冲刷效应更为显著。水中含有多重化学物质，如溶解的氧气、二氧化碳和其他可能的化学污染物，这些化学物质可与混凝土中的成分反应，导致材料结构逐渐破坏，增加了物理磨损的影响。为了确保水工建筑稳定运行，工程单位需要定期对闸墩等关键部位的混凝土进行检测，并持续研究高效的检测与修复方法。

一、工程概况

白杨河为多泥沙河流，且输沙量年内分配不均，汛期洪水泥沙含量较大、流速快。其中阿克苏河多年平均来水量最大，多年平均径流 $0.822 \times 10^8 \text{m}^3$ ，多年平均输沙量 $9.875 \times 10^4 \text{t}^3$ 。阿克苏渠首为底栏栅型式，多年运行中，挟沙水流对引水枢纽闸室的建筑物表面冲刷磨蚀较为严重，出现混凝土表面剥蚀，钢筋外露等现象，影响建筑物安全，每年需对磨损的部位进行修复。本文以对阿克苏渠首闸墩修复工程中采用新型快速修复抗冲磨砂浆及环氧混凝土进行抗冲磨修复处理为例，为类似工程提供借鉴。^[1]

作者简介：罗玉忠（1983.01-）男，籍贯甘肃平凉市，高级工程师，新疆白杨河流域管理局，本科，研究方向：长期从事水利工程建设与运行管理

二、闸室混凝土检测

（一）检测方法

本次检测对象为阿克苏渠首引水枢纽闸室的混凝土结构，包括底部和侧墙。采用了多种混凝土检测方法，包括目视检查、敲击声测定、超声波检测和电阻率测试。

（二）检测结果

根据国家标准《混凝土结构检测规范》（GB 50367-2013）进行检测和评估，同时考虑了抗冲磨性能的特殊要求。分析检测结果发现，混凝土表面存在不同程度的剥落、裂缝和钢筋外露等

问题，特别是底部受到了较为严重的冲刷磨损，需要及时修复。

表1 检测结果表

检测方法	检测结果
目视检查	几处裂缝：宽度1-3mm 剥落面积：约5m ² 钢筋外露：5处，位置在底部和侧墙
超声波检测	内部存在裂缝：无
敲击声测定	无明显浑浊的声音
电阻率测试	电阻率：3000Ω·cm，略高于正常值
表面剥蚀程度	底部剥落深度：1cm 侧墙剥落深度：0.5-1cm
裂缝宽度和长度	宽度：1-3mm 最长长度约10cm
钢筋外露情况	钢筋外露数量：5根 外露长度：3-8cm，位置在底部和侧墙
环境条件	温度：20℃ 相对湿度：40%无降雨

三、闸室混凝土修复处理方法

通过在建筑物表层铺设环氧混凝土和新型快速修复抗冲磨砂浆，形成一层抗冲磨保护层，大幅度降低高含沙水流对建筑物的破坏；该保护层具有一定柔性，材料强度较高，抗拉性能好，可有效减小来流中泥沙尤其是砾石对建筑物的冲击，保护建筑物特别是关键部位的完好；该方法可解决传统硅粉混凝土、钢板等刚性材料抗冲磨性差、与建筑物底层混凝土结合不好的问题。

（一）工艺原理

（1）采用以有机材料环氧树脂、砂浆及混凝土混合物，作为建筑物抗冲磨面材料，可明显减轻河道水流中推移质、悬移质对结构物冲磨破坏；

（2）采用“逐层渐变柔性释放应力技术”和“层间相容性及匹配性防剥落、抗裂技术”，依照以柔克刚的原则，进行防护处理。

（二）工艺特点

（1）通过在建筑物表层铺设环氧混凝土和新型快速修复抗冲磨砂浆，形成一层抗冲磨保护层，大幅度降低高含沙水流对建筑物的破坏；

（2）工艺相对简单、工程量小、操作易行，施工进度较快；

（3）可解决传统硅粉混凝土、钢板等刚性材料抗冲磨性差、与建筑物底层混凝土结合不好的问题。

四、施工流程及操作要点

（一）施工流程

引水枢纽闸墩混凝土修补分为闸墩底板和侧墙内壁，工艺流程如图1。

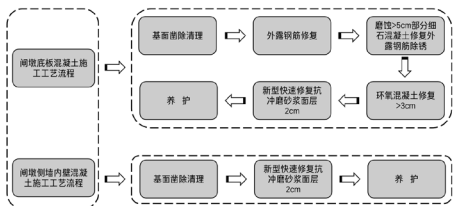


图1 施工工艺流程

（二）操作要点

1. 抗冲磨修补区域选定及要求

（1）闸墩底板修复

1）混凝土磨蚀深度 $\delta \leq 5\text{cm}$ 的修补区域：修补前对不符合要求的混凝土，应清除松动碎块、残渣、至母体密实面，较为潮湿的基面进行干燥处理，修补材料选用快速修复抗冲磨砂浆。环氧混凝土作为基层修补材料修补至表面2cm处，新型快速修复抗冲磨砂浆进行表面2cm修复抹面。

2）混凝土磨蚀深度 $\delta > 5\text{cm}$ 的修补区域：对基面进行凿除清理，露筋并锈蚀部位，凿除表层混凝土至受力钢筋以下1cm，修补前应进行除锈处理，磨蚀、磨断钢筋采用原设计等直径钢筋替换；采用单面搭接焊，焊接长度不小于10d；采用双面搭接焊时，焊接长度不小于5d；磨蚀深度5cm以下的部位采用细石混凝土进行修复，待初凝后混凝土表面拉毛，混凝土强度不应小于原基层强度。

（2）闸墩侧墙内壁修复

闸墩侧墙内壁主要修复区域为侧墙内壁下部2m高度范围，对基面打磨清理后采用2cm新型快速修复抗冲磨材料修复涂抹。

（3）伸缩缝处理

对于修复处伸缩缝预留按照原伸缩缝位置进行，采用弹性环氧胶泥填缝。^[2-3]

2. 修补区域处理方法

（1）修补深度确定：对待修复区域进行详细检查，用手钎或小电锤将混凝土面疏松部分凿除，再用插尺或其他工具检查需要修补的区域，并确定修补区的厚度。

（2）修补区表面混凝土处理：

1）用手持切割机对修补区域的边缘进行切割齿槽处理，切口深度不小于1cm，避免在修补区边缘形成浅薄的边口。

2）为保证修补层与老混凝土的粘结性，处理前用角磨机或钢丝轮将需修补区域进行打磨，老混凝土表面乳皮、松动骨料均应全部敲掉，直至露出新鲜、密实的骨料。

3）对于原混凝土表面局部凸起，用角磨机磨平；混凝土表面有蜂窝、麻面等缺陷的，用切割机切除薄弱部分。

4）用压缩空气将表面砂粒、灰尘吹去，再用高压水冲洗混凝土，使基面干净无灰尘，最后用风干、压缩空气冲吹或采用其他干燥措施使基面干燥。

（3）固定厚度标尺：确定施工区域，调线确定抗冲磨修补层的平均厚度，并打标高点以保证修补厚度。

（4）界面剂涂刷：在处理好的混凝土基面上用毛刷均匀地涂刷一层界面剂，尽可能做到薄而均匀、不堆积、不漏刷、不厚刷。

（5）环氧混凝土浇筑：按混凝土配比先将A（环氧树脂）料、B（固化剂）料混合搅拌均匀，再加入同比例C（填料）料搅拌均匀，待基液初凝时，开始浇筑混凝土，边压实边抹光，浇筑厚度3cm。

（6）界面剂涂刷：对浇筑完成环氧混凝土的基面，使用大功率吹风机吹去表面砂粒、灰土至干净无尘，使用滚筒或排刷将

界面剂均匀的涂刷在合格基面上，涂刷部位均匀，无漏涂、无堆积。

（7）新型快速修复抗冲磨砂浆拌制：严格按照材料的配合比，将A（环氧树脂）、B（固化剂）两组分混合搅拌均匀后，加入计量的C（填料）组分，再次搅拌均匀（约需7-10 min）。

（8）新型快速修复抗冲磨砂浆抹压：将拌制好的新型快速修复抗冲磨砂浆用抹刀抹压到已刷好界面剂的基面上，涂抹时尽可能向一个方向连续摊料，并注意衔接处压实排气；间隔2h左右，再次抹光。

（9）养护：新型快速修复抗冲磨砂浆涂抹完毕后，需将施工区进行隔离养护，养护期3-7天，养护期间要防止修复材料表面被水浸湿、被人员踩踏或被重物撞击。

五、主要材料及性能

（一）双组份改性环氧界面剂

双组份改性环氧界面剂由改性环氧树脂、增塑剂、柔性树脂、特种固化剂等原材料配制而成，具有优异的干、湿基面粘结强度，抗压、抗拉强度，并具有较高的伸长率，可作为新型快速修复抗冲磨材料（新型快速修复抗冲磨砂浆）、聚脲等材料的底涂，涂刷于混凝土基面，起到封闭气孔，增加与表层材料的粘结强度的作用。主要性能指标如下：

执行标准：JC/T2217-2014《环氧树脂防水涂料》^[4]

表2 双组份改性环氧界面剂主要性能指标

序号	项目		技术指标
1	固体含量，%		≥ 95
2	表干时间，h		≤ 6
3	实干时间，h		≤ 12
4	拉伸强度，MPa		≥ 10
5	粘结强度，MPa	干基面	≥ 4.0或基材破坏
		潮湿基面	≥ 3.0或基材破坏

（二）新型快速修复抗冲磨砂浆

抗冲磨砂浆由A、B、C三组分组成，其中A组分是以一种改性环氧树脂、活性稀释剂、活性增韧剂及其他助剂组成，B组分为固化体系，包括改性固化剂、稀释剂、固化促进剂等，C组分为级配特种砂料、复合活性粉状颜填料等组成。混合固化后形成一种高强度、高韧性、高粘结力、高抗冲磨性固结体的快速修复材料，其固结体具有优异的抗渗、抗冻、耐盐、耐碱、耐酸防腐蚀性能。可广泛应用于高速夹砂水流的泄水建筑物表面，如溢流坝、导流洞等，及潮湿基面的修补加固工程。

表3 高抗冲磨新型快速修复抗冲磨砂浆主要性能指标

序号	项目	质量指标
1	密度，g/cm ³	2.0±0.1
2	可操作时间（20℃，min）	≥ 30

序号	项目	质量指标
3	固化时间（20℃，h）	≤ 5
4	抗拉强度（28d），MPa	≥ 20
5	抗压强度（28d），MPa	≥ 80
6	与老砼面粘结强度，MPa	干粘≥ 4.0
		湿粘≥ 3.0
7	抗冲磨强度，h/（g/cm ² ），72小时水下钢球法	≥ 500
8	吸水率，%	≤ 1
9	抗渗性，MPa	≥ 1.5
10	抗冻性	≥ F300

（三）高性能环氧混凝土

高性能环氧混凝土由改性环氧树脂、进口柔性树脂、特种固化剂等组成的液料，由级配石英砂、一级配石子组成的骨料。经混合后，具有优异的抗拉、抗压强度，与老砼基面的粘结强度。常作为冲磨比较严重的混凝土面的底部修补材料，起到抗冲磨蚀的作用。

六、结论及建议

采用本抗冲磨修复施工方法修复后，阿克苏渠首泄洪冲沙闸闸室、闸墩、弧门混凝土支座等历经多年运行均表面完好^[6]。因此，该施工方法对于多泥沙河道引水枢纽、水库大坝放水洞等流速较大、泥沙冲磨较严重建筑物修复、保护效果较好。

本施工方法主要材料为环氧树脂及混凝土，厚度较薄，工程量较小，所使用的材料均为无危害性质，施工安全，环境友好，同时还克服传统硅粉混凝土、钢板等刚性处理方案撞击较强、容易产生破坏的缺点，采用弹性碰撞，延长了建筑物使用寿命；施工工艺简单、工程量小、操作易行，相对于传统钢板、硅粉混凝土处理方案3-5年维修周期间隔，本方法处理后一般可维持在10年以上，不仅减少了建筑物日常维修处理工作量，而且年均可节省后期运行费用约30万元，具有显著的经济效益。

参考文献：

[1]新疆白杨河流域综合规划 [R]. 2020.
[2]孙志恒, 孙祥, 等. 泄水建筑物推移质冲磨破坏修复技术 [J]. 水力发电, 2017, 43(07):60-61.
[3]丁清杰. 超长泄槽地板抗冲磨混凝土修复施工技术研究与应 [J]. 水力发电, 2023, 49(04):71-73.
[4]JC/T2217-2014, 环氧树脂防水涂料 [S]. 北京: 中国建材出版, 2014.
[5]DL/T5193-2021, 环氧树脂砂浆技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2021.
[6]DL/T5150-2001, 水工混凝土试验规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
[7]新疆白杨河流域阿克苏渠首除险加固工程可行性研究报告 [R], 2022.5.
[8]新疆白杨河流域渠首高屋子除险加固工程可行性研究报告 [R], 2023.8.
[9]工程造价计价与控制, 北京: 中国计划出版社, 2006.4.
[10]水利水电工程, 北京: 知识产权出版社, 2011.7.

土木工程施工现场的风险管理：先进技术的应用与挑战

陈怀睿

连云港泓海房地产开发有限公司，江苏 连云港 222000

摘要： 本文深入探讨了土木工程施工现场风险管理的关键性角色，并重点阐释了建筑信息模型（BIM）与物联网（IoT）技术在此环节中的运用。透过案例分析，展示了BIM技术在预测和解决潜在结构问题上如何发挥重要作用，以及IoT技术如何通过实时监控设备状态并实施预防性维护来降低风险。文章还进一步探讨了无人机、人工智能、虚拟现实等其他创新技术在施工现场风险管理中的潜在应用价值。

关键词： 风险管理；土木工程；施工现场；先进技术；挑战

Risk Management in Civil Engineering Construction Sites: Application and Challenges of Advanced Technologies

Chen Huairui

Lianyungang Honghai Real Estate Development Co., Ltd., Lianyungang, Jiangsu 222000

Abstract： This article delves into the key role of risk management in civil engineering construction sites, and focuses on the application of Building Information Modeling (BIM) and Internet of Things (IoT) technology in this link. Through case analysis, it demonstrates how BIM technology plays an important role in predicting and solving potential structural problems, as well as how IoT technology reduces risks by monitoring device status in real-time and implementing preventive maintenance. The article further explores the potential application value of other innovative technologies such as drones, artificial intelligence, and virtual reality in construction site risk management.

Keywords： risk management; civil engineering; construction site; advanced technology; challenge

引言

随着城市化进程的加速，土木工程施工现场的风险管理日益成为建筑行业关注的焦点。在施工的每一个环节，引入先进技术已成为减轻风险、提升施工质量和效率的重要途径。然而，技术的进步也带来了新的挑战。本文将聚焦于土木工程施工现场的风险管理问题，探讨如何有效利用这些先进技术，并应对在实际应用过程中遭遇的挑战，同时提出相应的解决策略。

一、土木工程施工现场风险管理的重要性

施工现场是土木工程项目的关键领域，这里布满了各式各样的安全风险，它们如同隐蔽的陷阱，随时可能触发严重的安全事故。设想一下，工人们在高空作业，他们的生命安全完全依赖于稳固的脚手架和可靠的安全绳索。一旦这些安全措施出现任何问题，工人们将直接暴露在坠落的巨大风险之中。同样，机械操作也充满了高风险。在挖掘机、起重机等重型机械的操作过程中，任何操作失误或维护不当都可能导致机械失控，进而引发严重的人身伤害事故。

此外，电气设备的安全问题也不容小觑。施工现场的电气线路错综复杂，一旦发生短路或漏电，不仅可能损坏设备，更可能引发火灾，对工人的生命安全构成严重威胁。

为了应对这些潜在风险，有效的风险管理措施是必不可少的。施工现场需要进行全面的风险识别和评估，以确定各种风险的危险程度。

二、先进技术在土木工程施工现场风险管理中的应用

在当今快速发展的科技时代，土木工程施工现场的风险管理正经历着一场革命性的变革。这场变革的驱动力来自于一系列先进技术的应用，这些技术正在改变着我们对施工现场安全的认知和管理方式。

（一）建筑信息模型（BIM）技术

BIM技术，即建筑信息模型（Building Information Modeling）技术，是一种新型的建筑设计 and 项目管理方法，利用统一

的、动态的三维模型来集成建筑项目的所有相关信息。^[1]这个模型不仅包含了建筑的结构信息，还包括了时间、成本、材料等所有与项目相关的数据。BIM技术使得设计师、工程师、施工人员和项目参与者能够在项目建造之前，通过模型来预测和解决潜在的问题，从而大大降低了施工现场的风险。

例如，在使用BIM技术的大型桥梁工程中，施工前通过数字化的模型可以进行详尽的结构和力学分析。工程师可以利用BIM模型模拟桥梁在不同载重、气候条件下的应力分布和变形情况，以及考虑到长期效应如疲劳和腐蚀对结构的影响。通过这些模拟分析，可以揭示桥梁在特定情况下的薄弱环节，如连接节点、支撑系统或关键受力区域。

再如，在某个跨江大桥的建设项目中，施工团队在工程设计阶段就采用了BIM技术。他们创建了一个详细的桥梁三维模型，并整合了结构分析软件，以评估桥梁在施工和投入使用后的结构性能。在模拟分析中，工程师们发现了一个主梁连接部分的应力集中问题，该部位在设计原稿中并未显得特别突出。通过BIM技术的分析，团队能够提前识别这一风险，并采取了加强措施，如优化连接设计、增加支撑结构等，从而确保了桥梁的稳定性和安全性。

此外，BIM技术还允许工程师在虚拟环境中测试不同的施工方案，评估它们对周围环境的影响，以及可能带来的风险。^[2]通过模拟施工现场的物流、人员流动和设备布置，施工团队可以识别出潜在的安全隐患，并提前制定解决方案。这样，在实际施工过程中，可以大大减少安全事故的发生，提高施工效率，节约成本。

总结来说，BIM技术在桥梁工程中的应用，不仅提高了设计的精确度和可靠性，还大大增强了施工前风险管理的效率和效果。通过提前发现和解决结构问题，BIM技术有助于确保桥梁工程的安全、质量和按时完成。

（二）物联网（IoT）技术

物联网（IoT）技术是指通过传感器、网络 and 软件等手段，将各种物体连接到互联网上，实现数据的收集、传输和分析。在土木工程施工现场，IoT技术可以用来监测和控制各种设备和环境参数，从而实现对施工现场的实时监控和管理。

在现代化的建设施工现场，众多大型机械和设备的运作是工程进度和质量保证。^[3]例如，混凝土泵车、塔吊、挖掘机等，它们在日常工作中承担着极其重要的任务。然而，由于长时间高强度运行，设备容易出现磨损和故障，不仅影响施工进度，还可能引发安全事故。为此，通过在这些设备上安装传感器，可以实现对设备状态的实时监控。

这些传感器能够监测的参数非常多样，包括但不限于设备的运行速度、振动、温度、压力等。通过物联网（IoT）技术，这些传感器收集到的数据会被传输到一个中央平台进行汇总和分析。

以塔吊为例，其传感器可以实时监测起重机械的负荷情况、轴承受力、缆绳的拉伸程度等，一旦数据超出预设的安全范围，系统就会立刻触发警报。

系统的警报机制可以多种形式实现，如手机短信、应用推送、语音电话等，确保相关负责人员能够在第一时间得知警报信息。

息。比如，如果发现某塔吊的起重负荷达到了极限的90%，系统就会自动向负责该设备的安全监督人员发送警报，提醒其采取措施，防止超载作业。

同时，这些实时数据分析和历史数据对比，还可以帮助工程师和维护人员预测设备可能出现的故障，实现设备的预防性维护。例如，通过对挖掘机发动机运行数据的持续分析，可以发现发动机性能的微小变化趋势，这样就可以在发动机出现故障之前进行保养，避免可能的停机时间，提高设备的使用效率和安全性。

通过这种方式，施工现场的管理人员不仅可以更好地控制现场作业风险，提高施工效率，还可以节省维护成本，延长设备使用寿命，为施工单位创造更大的经济效益。^[4]总之，利用物联网技术对施工现场的设备和环境进行智能化监控，是未来建筑行业发展的一个重要趋势。

此外，IoT技术还可以用于监测施工现场的环境参数，如空气质量、噪声水平、温度湿度等。这些数据可以帮助施工团队更好地了解施工现场的环境状况，及时采取相应的措施，保障工人的健康和安全。

（三）其他技术

在土木工程施工现场，除了BIM和物联网技术，无人机（UAV）技术、人工智能（AI）与机器学习、虚拟现实（VR）与增强现实（AR）等前沿技术也在风险管理中展现出越来越重要的作用。

无人机提供了一种高效、安全的监测手段，能够从空中捕获施工进展和潜在风险，为现场决策提供直观的视觉和数据支持。人工智能和机器学习技术的运用，则通过分析大量历史数据和实时信息，帮助项目经理预测和识别风险，从而做出更明智的决策。这些技术能够从复杂的数据中提取模式和趋势，为项目提供前瞻性的见解。^[5]虚拟现实和增强现实技术在设计和培训方面的应用，则为施工人员提供了一个风险较低的学习环境。通过模拟实际施工场景，VR和AR技术不仅能够帮助工人更好地理解施工计划，还能在安全的环境中练习并提高应急处理能力。

这些先进技术的综合应用，不仅提高了土木工程施工的效率和质量，还大幅提升了施工现场的安全管理水平，为项目成功提供了坚实的技术支撑。

三、先进技术应用所面临的挑战及应对策略

（一）挑战

1. 技术成熟度与可靠性

土木工程施工现场在引入无人机、人工智能、虚拟现实等先进技术时，面临首要挑战是技术的成熟度和可靠性。这些技术虽潜力巨大，但可能尚未完全成熟，无法完全满足复杂施工现场的需求。^[6]同时，技术的可靠性至关重要，技术失误可能导致工程进度延误或安全事故。

2. 技术培训与人才短缺

随着先进技术在土木工程施工现场的广泛应用，技术人才需

求增长，但我国在无人机操作、人工智能、虚拟现实等领域人才短缺，影响了先进技术的有效实施。

3. 数据安全与隐私保护

先进技术在土木工程施工现场的应用往往涉及大量数据的收集、处理和传输。这些数据可能包括敏感信息，如施工现场的地理位置、工人个人信息等。因此，在应用先进技术时，如何确保数据安全和隐私保护成为一大挑战。

4. 法规政策与标准规范

先进技术在土木工程施工现场的应用需要遵守相关的法规政策和技术标准。^[7]然而，目前我国在这些领域的法规政策和技术标准尚不完善，给施工方的技术应用带来了挑战。

（二）应对策略

1. 培训和教育：为了确保先进技术在土木工程施工现场的充分利用，必须加强对施工人员的技术培训。^[8]通过全面的培训，可以显著提升他们对先进技术的深入理解和高效操作能力，进而提高施工效率，保障工程质量，同时降低事故风险，创造更加安全、有序的施工环境。

2. 人才引进和培养：为了确保施工现场各项技术工作的顺利开展，企业应积极引进具有丰富经验和专业技能的技术人才，同时，也要注重培养自有人才，通过内部培训和外部学习机会，提升员工的技术水平和创新能力。^[9]这样，施工现场就能得到充足的技术支持，既能保证工程质量，又能促进企业的持续发展和创新能力。

3. 成本效益分析：进行全面的经济效益分析是至关重要的，以确保技术引入的长期效益能够充分覆盖其初期成本。这包括评

估技术投资的回报率、成本节约、生产效率提升以及潜在的市场竞争力增强等方面，从而确保技术的引入对企业整体经济发展具有积极意义。

4. 流程优化：为了充分发挥先进技术在土木工程施工中的作用，需要对现有的施工流程进行调整和优化。这样，可以确保新技术能够无缝融入现有的体系，提高施工效率，保证工程质量。

5. 数据管理策略：建立完善的数据管理体系，涵盖数据存储、处理和保护措施，对于确保数据安全至关重要。^[10]这需要制定严格的数据管理政策，采用先进的加密技术和备份方案，以及定期进行数据安全和完整性检查。

结束语

土木工程施工现场风险管理正站在科技变革的十字路口。先进技术的融入，如 BIM、IoT、无人机、人工智能和虚拟现实等，为风险防控带来了前所未有的机遇。它们不仅提升了施工现场的安全水平，更提高了施工效率和项目管理能力。然而，技术的成熟度、人才培养、数据安全、成本效益以及法规政策等方面的问题，也为技术的应用带来了挑战。

未来，我们需要以更加开放和积极的态度，迎接这些挑战。通过加强技术研发、人才培养、数据安全体系建设、成本效益评估以及法规政策的完善，推动先进技术在土木工程施工现场风险管理中的应用落地生根，为建筑行业的可持续发展注入新的动力。

参考文献

- [1] 张翠萍, 王晓. 基于 BIM 技术的土木工程施工质量与安全管理措施 [J]. 砖瓦, 2023, (10): 114–116. DOI: 10.16001/j.cnki.1001-6945.2023.10.016.
- [2] 张凯凯. BIM 技术在土木工程施工质量管理中的运用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (23): 53–55. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202323018.
- [3] 陈洪伟. BIM 技术在土木工程施工中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2023, (01): 172–174.
- [4] 张子涵. 物联网技术在建筑工程施工安全管理中的应用研究 [J]. 冶金管理, 2023, (09): 15–17.
- [5] 高红娟. 物联网技术在建筑工程施工安全管理中的应用研究 [J]. 中国设备工程, 2022, (12): 50–52.
- [6] 李宁, 马妍妍, 高婷婷. 浅析物联网技术在建筑工程施工安全管理中的应用 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊), 2021, (02): 175–176.
- [7] 钟康健, 马超凡. 建筑信息模型 + 数字化 + 物联网技术引领下的智慧桥梁施工管理分析 [J]. 公路, 2021, 66(07): 203–208.
- [8] 周学磊. 大型土木工程施工安全风险监测管理研究 [J]. 黑龙江科学, 2023, 14(22): 153–155.
- [9] 文春林, 胡军, 王海琳, 等. 土木工程施工安全风险与管理措施研究 [J]. 科技风, 2022, (10): 77–79. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.202210026.
- [10] 同江. 建筑工程施工安全风险管浅析 [J]. 石材, 2023, (09): 94–96. DOI: 10.14030/j.cnki.scaa.2023.0392.
- [11] 黄焯. 土木工程施工安全风险与管理措施探讨 [J]. 散装水泥, 2023, (05): 80–82.

建筑工程施工技术及其现场施工管理探讨

郭宏策

北京顺城锦汇工程管理有限公司, 北京 101300

摘要： 建筑工程施工技术及其现场管理是保证建筑质量和提高企业经济效益的关键。本文针对建筑工程施工技术及其现场管理进行探讨, 首先阐述了建筑工程现场施工技术管理的重要作用, 然后详细介绍了几种常用的建筑工程施工技术, 如钢筋工程施工技术、软弱地基施工技术、混凝土施工技术等。接着分析了房屋建筑工程现场管理中存在的问题, 如管理体系不完善、人员素质不高、管理制度不健全等。最后提出了提升房屋建筑工程现场管理效率的策略, 包括制订科学的施工方案、加强对施工人员和材料的管理、建立施工监督制度等。

关键词： 建筑工程; 施工技术; 现场管理

Exploration of Construction Technology and Site Construction Management in Building Engineering

Guo Hongce

Beijing Shuncheng Jinhui Engineering Management Co., Ltd. Beijing 101300

Abstract： Construction technology and on-site management are the key to ensuring building quality and improving enterprise economic efficiency. This article explores the construction technology and on-site management of building projects. Firstly, it elaborates on the important role of on-site construction technology management in building projects. Then, it provides a detailed introduction to several commonly used construction technologies, such as steel reinforcement construction technology, weak foundation construction technology, concrete construction technology, etc. Subsequently, the problems in on-site management of housing construction projects were analyzed, such as incomplete management systems, low personnel quality, and inadequate management systems. Finally, strategies were proposed to improve the efficiency of on-site management in housing construction projects, including developing scientific construction plans, strengthening the management of construction personnel and materials, and establishing a construction supervision system.

Keywords： construction engineering; construction technology; on-site management

引言：

为了更好地服务经济发展和便利人们的生产生活, 各省市都加快了相关基础建筑工程的投入。建筑工程施工技术及其现场施工管理作为工程建设中的重要环节, 对于工程的质量、安全、进度和效益等方面都具有至关重要的影响。然而, 在实际的建筑工程施工过程中, 由于各种因素的影响, 如施工技术水平参差不齐、现场管理不到位等, 导致建筑工程质量和安全事故时有发生, 给企业和社会带来巨大损失。因此, 加强建筑工程施工技术及其现场管理研究, 对于提高建筑工程质量和效益具有重要意义。

一、建筑工程现场施工技术管理的作用

(一) 保证建筑的施工质量

通过科学合理的技术管理, 可以严格控制施工过程中的每一道工序, 使其符合设计要求和相关标准规范, 从而最大限度地消除质量隐患。同时, 技术管理还能及时发现并纠正施工中出现的問題, 避免质量缺陷的蔓延和扩大, 确保管理措施顺利落实, 满足广大人民群众日益增长的居住需求, 从而提升施工企业的综合竞争能力, 确保其在激烈的市场竞争中仍然能够保持优势^[1]。可

见, 建筑工程现场施工技术管理在保证建筑施工质量方面发挥着不可替代的重要作用, 是实现建筑工程高质量目标的必要手段。

(二) 提高企业经济效益

合理的技术管理可以优化施工方案, 减少材料浪费和返工, 节约工程成本。同时, 科学的技术管理有助于提高施工效率, 缩短工期, 从而降低人工、机械台班等费用支出。此外, 有效的技术管理可以降低工程质量风险, 避免因质量问题导致的经济损失和责任纠纷。从根本上提升建筑工程施工质量, 杜绝出现由于操作不规范引起的质量问题, 通过选择更加合理的技术手段, 有效减少施工成本。

* 作者简介: 郭宏策, 1991年10月, 男, 汉族, 北京市, 中级经济师、一级建造师, 工程管理

二、建筑工程施工技术

(一) 钢筋工程施工技术

钢筋工程施工技术的关键步骤如下：

- (1) 钢筋加工：严格控制钢筋的尺寸偏差，确保偏差在规范允许范围内。如 HPB300 级钢筋的外径偏差不应超过 $\pm 0.5\text{mm}$ 。
- (2) 钢筋连接：选择合适的连接方式，如绑扎连接搭接长度一般为 $40d \sim 50d$ (d 为钢筋直径)，焊接连接的焊缝长度不小于 $10d^{[2]}$ 。
- (3) 钢筋绑扎：确保钢筋位置偏差不得超过 $\pm 10\text{mm}$ ，保护层厚度偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$ 。绑扎点数量不应少于交叉点总数的 40% (如图 1 所示)。
- (4) 钢筋焊接：采用合格的焊材和焊接工艺，焊接接头强度不低于母材强度的 90%。
- (5) 质量检验：钢筋安装完成后，及时进行隐蔽工程验收，检查钢筋数量、规格、位置、连接等是否符合设计要求。



图 1 钢筋绑扎

(二) 建筑工程软弱地基施工技术

常用的软弱地基处理技术及其适用条件如下：

- (1) 置换法：适用于地基土厚度较小 (一般不超过 5m)、地下水位较低的软弱地基，置换深度一般为 $2 \sim 5\text{m}$ 。
- (2) 强夯法：适用于饱和度较低的粉土、粉细砂等地基，夯击能量一般为 $1000 \sim 2000\text{kN} \cdot \text{m}$ ，加固深度可达 $10 \sim 15\text{m}^{[3]}$ 。
- (3) 高压喷射注浆法：适用于各种类型的软弱地基，注浆压力一般为 $20 \sim 40\text{MPa}$ ，注浆管径 $50 \sim 70\text{mm}$ ，注浆量 $50 \sim 150\text{L/m}$ 。
- (4) 预压法：适用于饱和软粘土地基，预压荷载一般为 $50 \sim 150\text{kPa}$ ，预压时间一般为 $3 \sim 12$ 个月。

(三) 混凝土施工技术

混凝土施工的关键控制点包括：

- (1) 混凝土配合比：水泥用量 $300 \sim 500\text{kg/m}^3$ ，水灰比 $0.4 \sim 0.6$ ，砂率 $30\% \sim 40\%$ 。
- (2) 原材料质量：水泥强度等级不低于 42.5MPa ，砂、石的含泥量不超过 $3\%、5\%$ 。
- (3) 混凝土拌合：拌合时间一般为 $30 \sim 180\text{s}$ ，坍落度控制在 $50 \sim 200\text{mm}$ 。
- (4) 混凝土运输：运输车辆装载量不超过额定载量的 90% ，运输时间不超过 90min 。
- (5) 混凝土浇筑：分层浇筑，每层厚度 $300 \sim 500\text{mm}$ ，振捣

时间 $5 \sim 15\text{s}$ 。

- (6) 混凝土养护：养护时间不少于 7d ，表面温度保持在 $10 \sim 30^\circ\text{C}$ 。

(四) 防水技术

防水施工的关键要点如下：

- (1) 基层处理：基层平整度偏差不得超过 $5\text{mm}/2\text{m}$ ，表面无尖凸物，无明水^[4]。
- (2) 材料选择：根据防水等级和环境条件选择合适的防水材料，如 SBS 改性沥青防水卷材、聚氨酯防水涂料等。
- (3) 铺设施工：采用满粘法、半粘法等铺贴方式，搭接缝宽度不小于 100mm ，涂膜厚度不小于 1.5mm 。
- (4) 细部处理：管根、变形缝等细部构造须采用附加层、嵌填料等进行加强处理。
- (5) 质量检验：涂层厚度、粘结强度、渗水等性能指标须符合规范要求，渗水高度不应超过 20mm 。

(五) 电气接地技术

电气接地施工的关键技术参数包括：

- (1) 接地电阻：工作接地不大于 4Ω ，保护接地不大于 10Ω ，防雷接地不大于 30Ω 。
- (2) 接地极材料：采用热镀锌角钢、扁钢等，镀锌层厚度不小于 $70\mu\text{m}$ 。
- (3) 接地线：采用截面积不小于 25mm^2 的绝缘导线，PE 线应为黄绿双色。
- (4) 连接方式：电焊连接或螺栓连接，搭接长度不小于 2 倍接地线直径。
- (5) 防腐蚀措施：采用热镀锌、环氧涂层等防腐处理，定期进行防腐蚀检查。

三、房屋建筑工程现场管理中存在的问题分析

(一) 管理体系不完善

一些建筑工程项目缺乏健全的管理组织架构，各部门之间职责交叉、界限模糊，导致管理工作缺乏协调性和系统性。同时，管理流程不规范，缺乏可操作性，各环节衔接不紧密，影响管理效率^[5]。此外，管理方法和手段落后，信息化、数字化水平不高，管理决策缺乏数据支撑，调查显示，仅有 28% 的项目采用信息化管理系统，大多数项目仍然采用传统的人工管理方式，难以实现精细化管理。管理体系的不完善导致现场管理工作无法有效开展，进而影响工程质量、进度和成本控制，增加了建筑工程的风险。

(二) 人员素质不高

部分项目管理人员缺乏必要的专业知识和管理技能，综合素质难以适应现代建筑工程管理的要求。一些管理人员责任心不强，管理意识淡薄，工作不够积极主动，难以有效落实现场管理职责。同时，操作人员文化水平偏低，专业技能不足，安全意识和质量意识有待提高，这给现场管理工作带来诸多困难。有数据表明，78% 的建筑安全事故和 63% 的质量问题与人员行为有关，反映出人员安全意识和质量意识的缺失。

四、现场施工管理措施

（一）制订科学的施工方案

制订科学的施工方案可以遵循以下步骤：（1）收集和分析工程项目资料，包括设计图纸、地质勘察报告、施工合同等。（2）现场踏勘，了解施工环境、交通条件、周边建筑等情况。（3）根据工程特点和要求，选择适宜的施工工艺和技术，编制施工工艺流程图。（4）合理安排施工进度计划，绘制施工进度横道图，明确关键节点和里程碑。（5）优化施工工序，编制施工网络图，确定关键线路和时间参数。（6）编制施工平面布置图，合理布置施工现场、临时设施、材料堆放区等。（7）编制劳动力、材料、机械设备需用计划，优化资源配置。

（二）合理地实施施工组织管理计划

合理地实施施工组织管理计划可以从以下几个方面着手：（1）成立项目管理团队，明确各部门职责和权限，建立沟通协调机制。（2）将施工总进度目标分解为各阶段、各专业的进度目标，编制详细的施工进度计划。（3）运用网络计划技术，科学安排施工顺序和时间，优化关键线路，控制关键工序。（4）建立施工日志和例会制度，及时跟踪和反馈进度执行情况，协调解决进度问题。（5）加强质量管理，制定质量检查和验收制度，实行质量责任终身制。（6）加强安全管理，编制安全技术措施和应急救援预案，开展安全教育和技能培训。（7）加强材料设备管理，做好材料计划、采购、检验、储存等工作，确保供应和质量。（8）加强成本管理，控制设计变更，优化资源配置，节约材料损耗，降低施工成本。（9）做好技术交底和技术档案管理，加强技术创新和应用。（10）重视合同管理，严格执行合同条款，及时签证和结算，妥善处理合同争议。

（三）加强对施工人员的管理

加强对施工人员的管理可以采取以下措施：（1）建立健全施工人员录用、培训、考核、奖惩等管理制度。（2）实行持证上岗制度，定期开展施工人员技能培训和安全教育。（3）合理划分施工队伍，明确分工和责任，调动积极性和创造性。（4）改善施工人员工作和生活条件，提供必要的劳动保护和福利待遇^[9]。（5）建立施工人员绩效考核和评价机制，实行奖优罚劣，激发工作热情。（6）加强施工现场管理，规范施工人员行为，遵守操作规程和安全规范。（7）畅通沟通渠道，及时了解和协调解决施工人员的合理诉求。（8）组织文体活动，丰富业余生活，增强团队凝聚力和向心力。（9）关心施工人员身心健康，做好职业病防护和心理疏导工作。

（四）加强材料管理

加强材料管理可以从以下几个方面入手：（1）编制材料使用计划，明确材料品种、规格、数量、到货时间等。（2）选择合格的材料供应商，考察其资质、信誉、供货能力等。（3）严格材料采购程序，实行比质比价，控制采购成本。（4）加强材料验收和抽检，对不合格材料及时处理和更换。（5）合理布置材料堆放场地，做好材料标识、分类、防护等工作。（6）加强材料存储管理，控制库存量，定期盘点，防止材料变质或丢失^[7]。（7）严格材料领用制度，根据限额领料，控制材料使用计划。（8）加强材料使用现场管理，做好材料保管和防护，减少浪费和损耗。（9）建立

材料台账，及时统计和核算材料收支数量和金额。（10）定期分析材料使用情况，总结经验教训，优化材料计划和管理。

（五）加强安全管理

加强安全管理可以采取以下措施：（1）建立安全生产责任制，明确各级安全责任人及其职责。（2）编制安全管理规划和安全技术措施，做好安全风险辨识和评估。（3）配备必要的安全防护设施和劳动保护用品，如安全网、安全帽等。（4）加强对特种作业人员的安全技能培训和考核，持证上岗^[8-9]。（5）加强对危险作业环节的安全交底和监管，严格执行安全操作规程。（6）定期开展安全检查和隐患排查，建立安全检查台账，及时整改隐患。（7）做好安全防护和警示标志，加强现场安全管控和教育培训。（8）制定突发事件应急救援预案，配备必要的应急救援器材和物资。

（六）建立施工监督制度

建立施工监督制度可以遵循以下步骤：（1）明确监督主体，包括建设单位、监理单位、质量监督部门等。（2）划分监督职责和权限，建立监督工作协调机制。（3）编制监督工作计划，明确监督的内容、方法、频次、时间等。（4）制定监理规范和实施细则，规范监理工作流程和行为。（5）加强现场巡视检查，重点检查关键部位、关键工序和薄弱环节^[10]。（6）实行平行检验制度，对关键材料、构配件等进行见证取样和独立检测。（7）开展旁站监理，对关键工序和隐蔽工程实行全过程旁站监督。（8）组织施工技术交底会和质量安全例会，及时发现和解决问题。（9）建立监理工作台账和报告制度，如实记录监理工作情况。

结束语：

建筑企业若想在目前市场环境下实现进一步发展，不被市场所淘汰，就应当及时提升对现场施工管理、施工技术的重视程度，通过不断提升对施工现场的管理能力，全面落实各项施工技术，从而有效提升施工质量，增强企业在市场中的竞争能力，进而为企业发展提供有力支持。

参考文献：

- [1] 吴松年. 建筑工程施工技术及其现场施工管理策略初探[J]. 建材与装饰, 2017, (39).
- [2] 刘志敏. 房屋建筑工程施工技术和现场施工管理剖析[J]. 汽车博览, 2021 (12): 186.
- [3] 姬超超. 建筑工程施工技术及其现场施工管理探究[J]. 四川建材, 2024, 50 (04): 144-145+161.
- [4] 宋金榜. 建筑工程施工技术及其现场施工管理研究[J]. 四川建材, 2024, 50 (03): 93-95.
- [5] 张勇丰. 房屋建筑工程施工技术与现场施工管理分析[J]. 陶瓷, 2024, (01): 197-199.
- [6] 王景渔. 建筑工程施工技术及其现场施工管理研究[J]. 工程设计与设计, 2023, (19): 246-248.
- [7] 郑伟琴. 浅谈房屋建筑工程施工技术应用及现场施工管理[J]. 砖瓦, 2023, (09): 118-120.
- [8] 陈维平. 有关建筑工程施工技术及其现场施工管理分析[J]. 散装水泥, 2023, (04): 28-30.
- [9] 郭靖. 建筑工程施工技术及其现场施工管理措施研究[J]. 砖瓦, 2023, (08): 88-92.
- [10] 裴瑞. 建筑工程施工技术及其现场施工管理[J]. 居业, 2023, (06): 155-157.

炼油装置中低温分馏塔的优化设计与能效改进

陈志强

桂林市中科石油化工工程有限公司, 广西 桂林 541000

摘 要： 炼油装置中的低温分馏塔在原油分馏中扮演着分离和提纯不同碳链长度的烃类化合物的关键角色。传统的低温分馏塔主要通过塔板或填料来实现油品的分离，其结构设计和操作参数直接影响到生产能力和能耗效率，在炼油装置中低温分馏塔结构与功能的基础上通过精确的流程模拟与优化，可以最大化地优化塔体内部的流体动力学和传热效率，提高分馏效果，减少能耗。本文分析了炼油装置中低温分馏塔的优化设计的有效方法，并围绕能效改进提出了炼油装置中低温分馏塔设计优化的策略，仅供参考。

关 键 词： 炼油装置；低温分馏塔；优化设计；能效改进

Optimization Design and Energy Efficiency Improvement of Low Temperature Fractionation Tower in Refinery Units

Chen Zhiqiang

Guilin Zhongke Petrochemical Engineering Co., Ltd. Guilin, Guangxi 541000

Abstract： The low-temperature fractionation tower in the refining unit plays a key role in separating and purifying hydrocarbon compounds with different carbon chain lengths in crude oil fractionation. Traditional low-temperature fractionation towers mainly achieve oil separation through trays or fillers, and their structural design and operating parameters directly affect production capacity and energy efficiency. Based on the structure and function of low-temperature fractionation towers in refining units, precise process simulation and optimization can maximize the fluid dynamics and heat transfer efficiency inside the tower body, improve fractionation efficiency, and reduce energy consumption. This article analyzes effective methods for optimizing the design of low-temperature fractionation towers in refining units, and proposes strategies for optimizing the design of low-temperature fractionation towers in refining units around energy efficiency improvement, for reference only.

Keywords： refining equipment; low temperature fractionation tower; optimize design; energy efficiency improvement

前言：

炼油装置中的低温分馏塔主要用于将原油按照不同沸点范围分离成各种馏分，如天然气、汽油、柴油、煤油等，这些产品在现代工业和日常生活中具有重要意义，低温分馏塔的设计必须考虑到不同馏分的分离效率和产品质量要求，同时尽量减少能源消耗和环境影响^[1]。随着技术的进步和工艺的优化，低温分馏塔的设计不断演变和改进。新型材料的应用、先进的传热和质量控制技术以及智能化的运行管理系统，都为提升塔的能效和操作稳定性提供了新的性，通过优化塔内填料的选择和布局，可以显著提高传质效率，降低操作成本和维护费用，结合其基本原理与结构，可以降低能源消耗，不仅可以减少生产成本，还能减少碳排放和环境污染，符合现代社会对环保和可持续发展的要求。

一、低温分馏塔的结构及其工作原理

低温分馏塔是炼油装置中的重要组成部分，炼油装置中的低温分馏塔具有高效的分离能力，能够将原油按照不同的沸点范围分离成多种产品，如天然气、汽油、柴油等，是炼油过程中关键的分馏设备^[2]。低温分馏塔的结构通常由塔体、进料口、塔板（或填料）、冷凝器、分出口和回流器等组成。原油通过进料口进

入塔体，塔体内设置有多层塔板或填料。在塔内，原油在高温的条件下被加热，不同沸点的组分开始分离。这些组分随着温度的升高在塔内向上移动，较重的组分则在较低部位停留，在塔内，通过塔板（或填料）的设置，可以增加原油与提供热量的冷凝水之间的接触面积，使得原油在塔体内的停留时间增加，有助于油品之间的分离，冷凝器则用于将塔内上升的汽化液体冷却成液体，以便进一步处理或分离。分馏过程的关键在于温度梯度的控

* 作者简介：陈志强，1991年1月，男，汉族，辽宁朝阳，中级职称，从事石油化工工程建设领域

制和回流比的调节^[3]。通过控制塔体内各个层次的温度，可以使不同沸点的油品在合适的位置凝结和分离。回流器的作用则是将部分顶部凝结的液体返回到塔体中，以增加塔板上的液体层，进一步提高分离效率。

低温分馏塔通过结构合理设计和精确的操作控制，实现了原油按照沸点逐步分解的过程，塔内的温度、压力和塔板（填料）的设置，直接影响到分馏的效率和产品质量，优化上述参数及时调整操作策略，对于提高生产效率和降低能耗具有重要意义。

二、炼油装置中低温分馏塔的设计优化方法

（一）流程模拟与优化

在炼油装置中，低温分馏塔的设计优化中，流程模拟与优化扮演着至关重要的角色，具体工作阶段可以通过流程模拟软件（如 Aspen HYSYS、PRO/II 等），可以详细分析和优化分馏塔的操作参数，以提高其效率和经济性。在实际操作的过程中流程模拟软件能够模拟复杂的分馏过程，包括原油进料、塔内各级塔板（或填料）的传质传热过程、不同组分的沸点分离等^[4]。通过建立精确的物理和数学模型，软件可以预测不同操作条件下的产品分馏效果，如汽油、柴油、轻石脑油等的产量和质量。

除此之外，流程模拟使得工程师可以快速评估各种操作参数的影响，如塔体内的温度、压力、回流比、进料流量等。通过调整这些参数，可以优化塔内的温度梯度和组分分布，从而提高分馏塔的效率 and 产品质量。例如，优化操作参数可以减少能耗、提高产品收率，同时降低操作风险和生产成本。与此同时，流程模拟还可以用于模拟不同原油类型和质量的处理效果，帮助工程师在设计阶段就预测和解决遇到的问题^[5]。例如，针对不同的原油成分，可以调整塔板（或填料）的设计和排布，以优化油品的分离效果，从而达到最佳的生产效率。

（二）结构改进

低温分馏塔的结构改进是另一个关键的设计优化方向，其技术性内容涵盖了多方面的工程设计和材料科学，针对性的结构改进可以从塔板（或填料）的设计入手。塔板在分馏过程中扮演着重要角色，它们的结构直接影响到塔内流体的传质传热效率和混合程度。优化塔板的孔径大小、布局方式和材料选择，可以有效减少流体的阻力，提高传热效率，从而优化分馏塔的整体性能。

前期可以结合设计的要求以及低温分馏塔的功能优化塔体的形状和尺寸，以减少流体在塔内的漩涡和涡流，有助于稳定流动和提高分馏效果^[6]。此外，采用先进的材料，如耐腐蚀的不锈钢或高强度的合金材料，能够延长设备的使用寿命并减少维护成本。

其中，冷凝器的优化可以提高废热回收效率，降低能耗；而回流器的设计优化则可以调节塔内的液体层高度，进一步提高分馏的分离效率，在此基础上进一步可以利用先进的计算流体动力学（CFD）模拟技术，可以对塔体内流体的流动状态进行详细分析，指导结构改进的优化方案。通过模拟不同结构设计的性能，可以选择最优方案并进行验证，确保设计方案的科学性和可

行性。

（三）材料选择

在炼油装置中低温分馏塔的设计优化中，材料选择是至关重要的环节，正确选择和应用耐腐蚀、传热性能优良的材料，对于低温分馏塔的塔板（或填料）材料选择，常见的选项包括不锈钢、镍基合金和耐蚀钢等。这些材料具有优良的抗腐蚀性，能够抵抗原油中的酸性物质和高温高压环境下的腐蚀作用，从而保证设备长期稳定运行。

优秀的传热性能可以提高塔板或填料的传热效率，加快分馏过程中组分的沸点分离速度，从而提高生产效率。为了实现这一目标，可以选择导热系数高、热膨胀系数低的材料，并在设计中考虑最佳的材料厚度和表面处理，以优化传热效果。另外，材料的机械强度和耐磨性也是需要考

三、炼油装置中低温分馏塔的能效改进策略

（一）优化操作参数与控制策略

在炼油装置中，低温分馏塔优化操作参数包括温度、压力、回流比等关键参数的调节。这些参数直接影响到分馏塔内部流体的热力学行为和油品分离效果。通过精确控制塔体内部的操作温度，可以确保油品在适宜的温度范围内分解，最大程度地减少能源的浪费。例如，在不同的操作条件下，可以调整塔顶和底部的温度设置，以保证塔内油品的均匀分布和高效分离，不断调整塔体的操作压力，可以减少设备运行中的压力损失，并优化油品的沸点分离。通过实时监控和自动控制系统，能够动态地调整压力设置，以适应不同的生产工况，确保分馏塔在最佳状态下运行^[8]。另外，回流比影响到塔体内的液体层高度和流体的混合程度，直接影响到分馏效果和能耗。通过精确控制回流比，可以最大化地利用回流液体中的热量，并保持塔内流体的稳定状态，从而降低能源消耗，提高生产效率。在控制策略方面，采用先进的自动化控制系统和实时数据监测技术是关键。这些系统可以快速响应运行变化，并实时调整操作参数，以确保分馏塔在最佳运行状态下工作。通过模型预测和实时反馈，操作人员能够及时调整控制策略，优化能效表现，实现能源消耗的最小化和生产效率的最大化。

（二）采用高效节能设备

炼油装置中低温分馏塔的能效改进策略之一是采用高效节能设备，在高效节能设备选用的过程中，通过技术革新和设备更新，提高能源利用效率和减少能耗。所涉及的高效节能设备的功能及其特点如下：1）冷凝器：冷凝器在低温分馏塔中的作用是将上升的汽化液体冷却成液体，以便进一步分离和处理。采用高效冷凝器可以提高冷却效率，减少冷却过程中的能量损失，从而降低能耗并提高能源利用效率。2）节能泵：节能泵能够在输送流体时降低能耗，提高输送效率；而高效热交换器则能够有效地利用

热量，将废热回收并用于预热进料或其他加热工艺，减少外部能源消耗^[9]。3）涂层技术与材料选择：采用先进的材料和涂层技术也是提高设备能效的重要途径。选择具有优良传热性能和耐腐蚀性的材料，如不锈钢、镍基合金等，可以减少设备运行中的热量损失和能源浪费，延长设备的使用寿命，减少维护成本。

（三）废热回收与利用

为了提升能耗控制效果，采用废热回收技术能够将分馏塔和冷凝器产生的废热回收，用于预热进料或其他需要加热的流体。通过优化废热回收系统的设计和运行参数，可以最大限度地回收和利用废热资源，减少外部能源消耗，降低生产成本。另外，废热利用可以通过改进热能回收设备和系统，提高废热的回收效率。例如，采用高效的热交换器和换热介质，优化热能回收路径，确保废热能够有效地转化为可用的热能资源。

废热利用还可以通过技术改进和创新，推动节能减排和资源循环利用。例如，将废热用于蒸汽发生或其他加热过程，不仅能够降低能耗，还能减少二氧化碳和其他排放物的排放，符合环保和可持续发展的要求^[10]。为了确保废热回收与利用技术能够合理

应用，实际在管理实施方面，建立和实施废热回收利用的全面管理体系和技术规范是关键。通过设立专门的废热回收团队和运营管理机制，定期进行能效评估和监测，及时调整和优化废热回收系统的运行，确保其稳定高效地运行。

结语：

综上所述，炼油装置中的低温分馏塔在石油加工过程中扮演着至关重要的角色，在低温分馏塔工作的各个阶段，通过流程模拟与优化，确保操作参数的精确控制和塔体结构的最优设计，提高了分馏效率和生产能力，而对应低温分馏塔功能结构改进和材料选择方面的技术创新，有效延长了设备寿命，并提升了耐腐蚀性和传热效率。进一步采用高效节能设备和废热回收技术，成功降低了能源消耗，减少了环境影响，实现了资源的可持续利用。综合上述策略的合理应用，不仅优化了炼油装置的能效表现，还为企业带来了经济效益和环境效益，推动了炼油行业向更加可持续和高效的发展方向迈进。

参考文献：

[1] 张志宏, 时军华, 王宁. 典型炼油装置工艺防腐蚀实施与管理 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2022, 39(1):6.
[2] 达小蓉, 王利鹏, 马明亮. 重油催化裂化装置分馏系统腐蚀机理及防腐工艺研究 [J]. 山东化工, 2023, 52(14):45-50.
[3] 王仕文. 炼化企业能量利用优化案例分析 [J]. 石油炼制与化工, 2024, 55(2):178-185.
[4] 刘成军, 叶剑云, 张洪笙. 催化裂化装置建模及用能优化研究 [J]. 石油炼制与化工, 2024, 55(4):64-73.
[5] 张志宏, 时军华, 王宁. 典型炼油装置工艺防腐蚀实施与管理 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2022, 39(1):32-37.
[6] 闫学旭. 重油催化裂化分馏塔顶循环氯化铵的腐蚀控制措施及效果分析 [J]. 中外能源, 2021, 26(5):78-82.
[7] 吴鹏伟. 某炼厂催化裂化装置的过程模拟及用能分析研究 [D]. 山东: 中国石油大学 (华东), 2019.
[8] 李雅华, 谢恪谦, 王佳琨, 等. 催化裂化装置低温热回收利用的优化方案 [J]. 能源化工, 2016, 37(6):6-9.
[9] 杨小健, 孙忠清. 炼油装置流程模拟及优化系统设计与应用 [J]. 石油炼制与化工, 2011, 42(9):87-91.
[10] 张欣, 邹小龙, 马建军, 等. 炼油装置改造设计中离心泵的选型逻辑优化 [J]. 炼油技术与工程, 2021, 51(6):35-39.

火电厂热能转换效率优化分析

王德显

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 热能转换效率是能源生产领域的核心指标，它直接关系到能源利用效率和环境污染控制，在火电厂的运营中，热能转换效率的高低对于节能减排和环境保护具有至关重要的作用。本文通过分析火电厂热能转换效率的影响因素，如设备设计、运行管理、燃料质量等，深入探讨了提升热能转换效率的有效途径。通过优化设备运行、改善燃料结构、提升管理水平等措施，火电厂能够显著提高能源利用效率，减少污染物排放，为环境保护和可持续发展作出积极贡献。这些研究成果将为火电厂提高能源利用效率和环境保护水平提供重要的参考和借鉴。

关键词： 火电厂；热能转换效率；影响因素；存在问题；对策分析

Optimization Analysis Of Thermal Energy Conversion Efficiency In Thermal Power Plant

Wang Dexian

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Thermal energy conversion efficiency is the core index in the field of energy production, which is directly related to energy utilization efficiency and environmental pollution control. In the operation of thermal power plants, the level of thermal energy conversion efficiency plays a vital role in energy conservation and emission reduction and environmental protection. By analyzing the influencing factors of the thermal energy conversion efficiency in thermal power plants, such as equipment design, operation management, fuel quality, this paper deeply discusses the effective ways to improve the thermal energy conversion efficiency. By optimizing equipment operation, improving fuel structure, improving management level and other measures, thermal power plants can significantly improve energy utilization efficiency, reduce pollutant emissions, and make positive contributions to environmental protection and sustainable development. These research results will provide an important reference and reference for thermal power plants to improve the energy utilization efficiency and environmental protection level.

Keywords： thermal power plant; thermal energy conversion efficiency; influencing factors; existing problems; countermeasure analysis

引言

火电厂作为传统能源的主要来源，在能源结构中占有重要地位，但随着能源危机和环境问题的日益加剧，提高火电厂的热能转换效率，减少能源消耗和污染排放已成为当务之急，本文将分析影响火电厂热能转换效率的因素，并提出相应的优化路径。

一、影响火电厂热能转换效率的因素

（一）锅炉热效率

锅炉的热效率是影响火电厂热能转换效率的主要因素之一，锅炉是火电厂热能转换的基本设备，其性能直接影响整个火电厂的能效，以下是影响锅炉热效率的具体因素：炉体设计对燃烧效率有直接影响，例如，现代高效的燃烧装置，如低氮氧化物(LNB)燃烧器和预混装置，可以保证燃料与空气完全混合，提高

燃烧效率，减少未燃烧燃料的排放和污染物。锅炉的结构设计对热效率也有重要影响，例如，水冷壁炉由于其水冷设计可以有效地吸收热量，降低炉温，从而提高热效率。^[1]此外，炉子的形状，燃烧面积和热表面布局也会影响热效率，锅炉热表面的清洁对传热效率有重要影响，如果热表面被灰、残渣等污染物覆盖，会降低传热效率，导致热损失增加，因此，有必要定期进行清洗灰、除尘等维护工作，以保持热表面的清洁。水温是影响锅炉热效率的另一个重要因素，提高水温可以降低锅炉烟温，从而减少热损

* 作者简介姓名：王德显，出生：1997年05月，性别：男，民族：土家族，籍贯：贵州省铜仁市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

失，例如，可以使用除氧装置、水箱等设备来提高水温，提高锅炉的热效率。

（二）燃烧效率

燃烧效率是评价锅炉内燃料燃烧是否充足的重要指标，对热能转换效率有直接影响，以下是影响燃烧效率的具体因素：燃料质量对燃烧效率有重要影响，优质燃料具有较高的热值和较低的杂质含量，使燃烧更充分，提高了燃烧效率，例如，优质煤和天然气可用作提高燃烧效率的燃料。燃烧调节是指根据燃料特性、负荷变化等因素对燃烧过程进行优化调节，例如，可以合理控制燃烧的空气和煤的比例，调节燃烧器的角度和位置等，保证燃料在锅炉中充分燃烧，提高燃烧效率。空气供给系统对燃烧效率也有重要影响，对空气供给、温度、风速等参数的合理控制，可以保证燃油与空气的充分混合，提高燃烧效率，例如变频调速技术可以用来控制风扇的速度，它可以根据负载的变化自动调整空气供给，提高燃烧效率。点火和燃烧设备的性能也会影响燃烧效率，例如，使用高性能点火器和助燃器可以保证燃料在点火阶段快速燃烧和稳定燃烧，从而提高燃烧效率。

（三）传热效率

传热效率是指锅炉内向水传热的效率，对热能转换效率有重要影响，以下是影响传热效率的具体因素：热表面布置材料对传热效率有重要影响，采用高效传热材料如不锈钢、铜合金等可以提高传热效率；同时，可以增加传热区和传热系数热表面的合理布置，提高传热效率。水质管理对传热效率也有重要影响，如果水质不合格或水中有杂质，在热表面会形成灰或腐蚀产物等附件，从而降低传热效率，因此，必须严格控制水质，以确保水质清洁；同时，定期进行水质检测和处理，防止腐蚀和污物的形成。水循环方式也是影响传热效率的重要因素之一，合理的水循环方式可以用来保证锅炉内部的水流量充足，并与热表面充分接触，以提高传热效率，如使用自然循环或强制循环，以实现锅炉内部水的均匀分布和充足流量。保温措施对传热效率也有一定的影响，通过采取适当的保温措施来提高传热效率，如在锅炉中使用保温材料进行热处理，在管道、阀门等地方安装保温材料，以减少热量损失。

二、火电厂热能转换效率问题分析

（一）技术设计和设备老化问题

在火电厂中，技术设计和设备状况是影响热能转换效率的主要因素之一，如果技术设计存在缺陷或不合理，就会导致整个热能转换系统的效率下降；例如，锅炉的设计可能不考虑燃料特性、燃烧方式、传热效率等因素，导致热能损失较大；另外，炉灶、热交换器等主要设备的设计也可能存在缺点，如炉口设计不合理、热交换器布局不科学等。^[2]设备老化问题不容忽视，随着时间的推移，火电厂的设备会经历磨损、腐蚀等自然老化过程，导致性能下降，锅炉的热表面可能因灰、渣等积聚而导致传热效率下降，炉子的喷嘴可能因堵塞、磨损等原因导致燃烧不足，换热器管束可能因腐蚀、堵塞等问题导致热交换效率下降，这些问题

直接影响火电厂的热能转换效率。

（二）经营管理不善

运行管理是影响火电厂热能转换效率的另一个重要因素，如果运行管理不善，热能转换系统运行效率不高，运行不良是运行管理不善的常见表现，例如，在燃烧控制过程中，如果供风、温度、风速等参数不合理，就会导致燃料燃烧不足，烟雾损失增加。^[3]在水循环管理中，如果水循环系统设计不合理或运行不当，会导致锅炉内水流不畅或存在死角，使部分热表面不能充分冷却，并将其转移；另外，维护不及时是运行管理不善的一个重要方面，如果设备出现故障或异常，但没有及时发现和处理，热能转换系统就不能正常工作，例如，如果炉灰、残渣等锅炉的热量空间没有及时清理，会导致传热效率下降；如果炉灶堵塞或损坏，会导致燃烧不充分，这些问题直接影响热电站热能转换效率。^[4]

（三）燃料质量不稳定

燃料质量对火电厂的热能转换效率有直接影响，如果燃料质量不稳定，如热值波动和杂质含量高，就会导致燃烧不充分，热能转换效率低。热值波动会导致燃烧过程中的热输出不稳定，影响锅炉的稳定运行，同时，低热值燃料需要更多的燃料投入才能实现相同的热能输出，增加运行成本，燃料中的杂质含量高会导致污染物排放的增加。

（四）系统泄漏和热损失

火电厂热能转换系统的泄漏和热量损失也是降低效率的重要原因，系统泄漏主要包括蒸汽泄漏、水泄漏等，导致能量损失和资源浪费；^[5]同时，系统泄漏也可能导致安全问题，如蒸汽泄漏等，可能导致燃烧，热量损失主要包括烟雾损失和热量损失等，这些热量损失会降低系统的热能转换效率。

三、火电厂热能转换效率提高过程分析

（一）前期评估和规划

在提高火电厂热能转换效率的过程中，事先评估和规划是关键的一步，首先要对火电厂现有的热能转换系统进行全面的评价，包括设备状况、技术水平、运行效率等，通过评估可以识别系统中存在的问题和障碍，为后续的改进工作提供指导。在规划阶段，有必要根据评估结果制定详细的改进计划，包括确定最佳目标，范围，时间和资源，同时应考虑技术可行性，经济合理性和环境可持续性，以确保最佳解决方案的科学性和有效性。^[6]

（二）技术改进和设备现代化

技术改进和设备升级是提高火电厂热能转换效率的主要措施；在技术改进方面，可以引入先进的燃烧技术、传热技术和控制系统，以提高设备的运行效率和热效率；例如，利用低氮燃烧技术可以减少氮氧化物的排放，同时提高燃烧效率；有效地利用换热器可以提高传热效率，减少热损失。设备更新换代也是提高热能转换效率的重要途径，对于老化严重、性能较差的设备，需要及时更新换代，新设备必须具有更高的效率、更低的能耗和更好的环保性能，才能满足火电厂的运行需要。

（三）加强运营管理与改进

运行和优化管理是提高火电厂热能转换效率的另一个重要方面，在运行管理领域，必须建立健全的运行管理制度和操作规程，以保证设备的正常运行和维护，同时，需要加强对运行人员的培训和管理，提高他们的技能水平和安全意识。^[7]在优化方面，可以通过优化运行参数和调整运行策略来提高热能转换效率，例如根据燃料特性和锅炉运行状态来调整燃烧参数，以保证充分燃烧；通过改进水循环管理，减少灰分和腐蚀产物的产生，提高传热效率。

四、提高火电厂热能转换效率的对策分析

（一）技术创新与应用前沿

在提高火电厂热能转换效率方面，技术创新和尖端应用是根本动力，以下是对几项关键技术的详细分析：超临界技术是当前热能领域的一项重要技术创新，该技术通过将蒸汽压力和温度提高到超临界状态，极大地提高了热能的转换效率，超临界锅炉是该技术应用的主要设备，它可以在较高的温度和压力下工作，从而带来更高的热效率，与传统的分技术和超临界技术相比，超临界技术可以实现更高的热效率，减少温室气体的排放，对环境保护具有重要意义。随着环保要求的日益严格，清洁燃烧技术已成为火电厂提高热能转换效率的重要选择，该技术通过改进燃烧工艺和炉具设计来减少污染物排放，同时提高燃烧效率。^[8]例如，低氮燃烧技术通过改变燃烧结构和条件来减少氮氧化物的产生，减少空气污染；此外，烟气再循环技术也是一种有效的清洁燃烧技术，通过降低燃烧温度和减少污染物的排放。高效换热技术是提高火电厂热能转换效率的另一个重要方向，通过采用高效的新型换热器，如热管换热器、板式换热器等，可以大大提高传热效率，减少热损失；这些高效换热器具有传热效率高，结构紧凑，占地面积小，在有限的空间内可以实现更高的热回收率。^[9]此外，通过改进换热器的设计和布局，还可以进一步提高传热效率，降低能耗。

（二）设备的改进与更新

设备是火电厂热能转换效率的关键因素之一，通过设备的改进和更新，可以大大提高火电厂的运行效率和安全性。锅炉是火电厂的核心设备之一，其性能直接影响热能转换效率；通过对现有锅炉的改造，可以提高锅炉的燃烧效率和热效率。例如，可以采用新型耐火材料和隔热材料来减少锅炉的热量损失，改善锅炉表面热量布置，可以提高热传递效率，可以安装烟气再循环装置，降低燃烧温度，减少氮氧化物的排放。此外，锅炉的控制系统还可以升级，实现更精确的控制和调节，提高运行稳定性，高效发电机组是提高火电厂发电效率的主要设备，使用高效发电机组可以显著降低能耗和排放，提高能量转换效率，例如超临界蒸汽轮机发电机组具有高热效率和低能耗的特点，使其成为热能领域的主要选择，此外，还可以采用燃气轮机发电机组、联合循环发电机组等高效发电技术，进一步提高发电效率和环境性能。随着信息技术的飞速发展，智能设备被广泛应用于火电厂，通过引入智能设备和自动控制系统，可以实现设备的实时监控和故障诊断，及时发现和处理潜在的问题。^[10]此外，智能设备还可以实现远程控制和操作，提高操作灵活性和安

全性，例如，智能燃烧控制系统可以根据燃料特性和锅炉运行状态自动调整燃烧参数，以确保燃烧完全稳定，智能控制系统可以实时监控设备运行状态和性能数据。

（三）加强能源管理和节能措施

能源管理和节能措施是提高火电厂热能转换效率的重要手段，下面详细分析了几项主要措施：节能减排是火电厂提高热能转换效率的基本措施之一，通过加强能源管理，制定节能减排措施，可以大大降低火电厂的能耗和排放，例如，提高燃油比，使用低硫煤等优质燃料，减少燃料消耗和污染物排放，加强设备维护管理，确保设备正常运行和高效运行，推广高效发动机等节能技术和产品。废热回收是提高火电厂热能转换效率的另一种重要方法，通过安装余热回收装置或采用废热发电技术，可以将火电厂产生的废热转化为可用的能量，从而提高能源利用效率，例如烟气中的热能可以利用余热发电技术转化为电能；循环冷却水系统可以利用冷却水回收，减少水的消耗和水资源的浪费。水资源是火电厂运行过程中不可缺少的资源之一，通过水的优化利用，可以减少火电厂的能耗和排放，例如，采用循环冷却系统可以减少水资源的消耗和浪费，加强水质管理和监测，确保水质达到标准，加强节水技术和设备，如节水冷却塔、节水泵等，降低水的消耗和运行成本。^[11]

五、结语：

总之，提高火电厂的热能转换效率需要采取全面的方法，包括技术创新、设备优化、能源管理和节能措施等努力，这些措施不仅可以提高火电厂的能源利用效率，降低能耗和排放，还可以提高火电厂的运行稳定性和安全性，未来，随着技术的不断进步和管理的不断完善，火电厂的热能转换效率将进一步提高，有助于实现绿色、低碳、高效的能源发展目标。

参考文献：

- [1]刘成文，王鑫华. 火电厂中热能与动力工程的改进方向[J]. 科技创新与应用，2021, 11(15): 129-131.
- [2]赵晓刚，郭红刚. 火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J]. 现代工业经济和信
息化，2022, 12(10): 146-148.
- [3]文高登. 火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J]. 商品与质量，2021, 5.
(10): 133-136.
- [4]王伟，陈海平，张雷. 火电厂锅炉运行效率影响因素及优化措施[J]. 热能动力工
程，2019, 34(4): 35-40.
- [5]刘红霞，王瑞祥，张志鹏. 基于支持向量机的火电机组运行效率预测模型[J]. 动力
工程学报，2020, 40(5): 397-403.
- [6]高翔，徐通，周云龙. 火电厂汽轮机运行效率分析与优化[J]. 汽轮机技术，2020,
62(6): 430-434.
- [7]孔祥泉. 火电厂热动系统节能优化策略解析[J]. 中国设备工程，2020(12): 85-86.
- [8]李廷豪，童萌. 热动系统在火电厂中的节能优化分析[J]. 硅谷，2014, 7(23):
189-192.
- [9]马明. 提高火力发电厂热工保护可靠性方案与策略探究[J]. 中国高新区，2018
(12): 159.
- [10]吴迪. 火电厂热工自动化的可靠性分析及提升措施[J]. 中国设备工程，2018
(03): 201-202.
- [11]郑永全. 火电厂热工保护逻辑与设备优化[J]. 科技风，2017(24): 192-193.

火电厂环保设施的能耗分析与对策

张松

贵州黔西中水发电有限公司, 贵州 毕节 551500

摘要： 在全球能源危机和环境问题日益凸显的背景下，火电厂作为重要的能源生产单位，其环保设施的运行效率和能耗管理成为行业内外关注的焦点。本论文旨在全面分析火电厂环保设施的能耗现状，深入探讨其能耗产生的根源，并结合当前社会现状和市场需求，提出切实可行的节能措施。通过对火电厂环保设施能耗的深入研究，我们期望为火电厂的绿色发展提供有力的理论支持和实践指导，促进能源行业的可持续发展，为构建绿色、低碳、高效的能源体系贡献力量。

关键词： 火电厂；环保设施；能耗特点分析；存在问题；对策分析

Analysis And Countermeasures Of Environmental Protection Facilities In Thermal Power Plant

Zhang Song

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Under the background of global energy crisis and environmental problems, thermal power plants, as an important energy production unit, the operation efficiency and energy consumption management of their environmental protection facilities have become the focus of attention inside and outside the industry. The purpose of this paper is to comprehensively analyze the energy consumption of environmental protection facilities in thermal power plants, explore the root causes of energy consumption, and put forward feasible energy saving measures based on the current social situation and market demand. Through the in-depth study on the energy consumption of environmental protection facilities in thermal power plants, we expect to provide strong theoretical support and practical guidance for the green development of thermal power plants, promote the sustainable development of the energy industry, and contribute to the construction of a green, low-carbon and efficient energy system.

Keywords： thermal power plant; environmental protection facilities; analysis of energy consumption characteristics; existing problems; countermeasures analysis

引言

火电厂在为社会提供电力支持的同时，也产生了大量的污染物排放，对环境产生了严重的影响。响应国家环保政策，火电厂大量投资建设环保设施，以减少污染物排放；然而，环保设施的运行也伴随着巨大的能源消耗，如何降低环保设施的能耗，提高运行效率，成为火电厂面临的重要问题。

一、火电厂环保设施的能耗特点分析

（一）脱硫装置的能耗特性

在烟气脱硫过程中，制备吸附液（如石灰石浆）需要消耗大量的电能和热能，同时，吸附液与二氧化硫反应后，产生含硫酸钙等物质的废液，再生这些废液也需要消耗大量的能量，因此，制备和再生吸附液是烟气脱硫装置能耗的主要来源。^[1]石灰石、灰泥等脱硫装置中使用的原材料，市场价格波动较大，原材料价格的上涨直接导致运行成本的增加，影响整个发电厂的经济效益。烟气脱硫装置的脱硫效率与能耗密切相关，为了提高脱硫效率，

往往需要增加吸收液的喷雾量，或增加喷雾压力，或增加吸收塔的层数，虽然这些措施可以提高脱硫效率，但也增加了能耗。随着运行时间的增加，烟气脱硫装置中的设备将出现腐蚀老化等问题，需要定期维护和更新，这些维护和更新工作也需要大量的能源和资金，增加了环保设施的运行成本。

（二）除尘设备的能耗特性

电除尘器是通过高压电场来运行的除尘器，在电场的作用下捕获到除尘器上，从而达到除尘的目的。电除尘效率与电场强度、除尘特性等因素密切相关，为了提高除尘效率，往往需要增加电场强度或延长电场长度，这些措施会增加能耗；同时，当粉尘浓度较高

* 作者简介姓名：张松，出生：1993年03月，性别：男，民族：汉，籍贯：贵州省遵义市，学历：大专，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

或除尘特性较差时，也需要增加能耗以保证除尘效果。^[3]电除尘器设备的维护和更新换代需要大量的电力和资金，随着运行时间的增加，电除尘器的电极板、电极线等部件将面临腐蚀老化等问题，需要定期更换或维修，这将增加设备的运行成本。

（三）脱硝系统能耗特点

通常采用氨、尿等还原系统与烟气中的氮氧化物发生反应，产生无害的氮和水，这些还原物质的制备和运输需要一定的能量消耗。催化剂脱氮系统通常使用催化剂来增强还原物与氮氧化物的相互作用，催化剂的活性会随着时间的推移而降低，必须定期更换，更换催化剂不仅会增加运行成本，而且会产生一定的废物处理成本。脱氮系统的脱氮效率与降低物料添加量、反应温度等因素有关，为了提高脱氮效率，往往需要增加降低物料的用量或提高反应温度，这些措施会增加能耗，同时，当烟气中氮氧化物的浓度较高时，也需要增加能耗以保证脱氮效果。^[3]

二、火电厂环保设施的能耗存在问题分析

（一）能耗优化与控制不足

大多数火电厂在运行过程中缺乏对环境设施能耗的全面监测系统，这使得电厂无法从环境友好型设施中实时获取能耗数据，难以及时发现和解决能耗问题，而且缺乏对能耗的深入分析，阻碍了电厂制定有效的节能策略。火电厂环保设施的能耗控制策略往往缺乏针对性，由于环保设施种类繁多，各自的特点在能耗方面也各不相同，因此需要制定个性化的最优控制策略。火电厂环保设施运营商往往缺乏节能意识，对节能重要性的认识不足，导致他们往往只关注设施在日常运营中的表现，忽视了能耗问题，缺乏节能意识不仅会增加企业的能耗，还会影响企业的稳定运行。

（二）技术和设备滞后

随着环保要求的不断提高和技术的不断进步，火电厂的环保设施需要不断更新和升级，但在实际运行中，一些火电厂在技术和设备更新方面存在滞后现象。环保设施的技术升级和设备升级需要大量投资，但由于火电厂面临资金压力、经济效益等因素，往往难以承受升级改造的成本，这导致一些火电厂的环保设施在技术和设备方面落后于行业平均水平。虽然节能新技术和新设备不断涌现，但一些火电厂在新技术的应用上遇到了困难：一方面，新技术可能存在技术障碍、操作难度等问题，使其难以应用于电站的实际生产；另一方面，一些电站由于历史因素和设备兼容性，难以有效地将新技术与现有设施相结合。

一些火电厂技术升级盲目，未能考虑市场需求和环保要求的变化，这导致技术升级后的设施性能提高，但可能不符合新的环境要求或市场要求，导致资源浪费和能源消耗增加。^[4]

（三）管理与操作水平待提升

一些火电厂在环境保护设施管理方面缺乏完善的管理体系，导致在设施运行过程中缺乏有效的监督评估机制，难以保证管理措施的有效实施，同时，缺乏完善的管理体系使得火电厂缺乏有效的应急机制。

火电厂环保设施操作人员的技能水平各不相同，一些操作人员缺乏专业培训和实践经验，这导致难以准确把握设施的运行原理、能耗特性等日常运行中的关键信息，节能措施无法有效实施，此外，一些操作人员还可能遇到操作失误或非法操作等问题，增加了设施的能耗。火电厂缺乏有效的激励措施来管理和运营环保设施，这导致运营商缺乏节能的动力和激励，难以形成充分参与的节能氛围，缺乏激励措施也可能导致缺乏对火电厂节能技术开发和应用的投资和兴趣。

三、火电厂环保设施能耗影响因素分析

（一）设备和性能的选择

环保设备的选择直接关系到能耗水平，例如在脱硫设备的选择中，湿法脱硫技术是目前最常见的选择，尽管该技术脱硫效率高，但能耗相对较高，相比之下，尽管海水脱硫技术初期投入较大，但长期运行中的能耗和运行成本相对较低。设备性能参数和运行状态对能耗有直接影响，在除尘器中，电除尘器是一种常见的除尘设备，电场强度、电极板间距、除灰方式等性能参数都会影响除尘效果和能耗，如果电场强度设置不合理或电极板间距过大，就会导致除尘效率下降，从而增加能耗。

（二）燃料特性与烟气成分

燃料种类、热值和硫含量都会影响环保设施的能耗，就煤炭而言，不同类型的煤在烟气的组成和燃烧过程中的排放量也不尽相同，环保设施的要求也不尽相同，高硫煤在燃烧过程中会产生大量的二氧化硫，需要使用脱硫设备进行处理，脱硫设备的能耗与烟气中二氧化硫的浓度密切相关，所以燃料中的硫含量越高，脱硫设备的能耗就越高。烟气中的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等成分对环保设施的能耗有影响，例如在除尘过程中，烟气中颗粒物的浓度越高，除尘装置的负荷越大，能耗就越大。

（三）运行与维护管理

设置环境设施的操作参数是否合理，直接影响能耗水平；例如，在运行除硫设备时，设置液位、pH值、氧化空气量等参数会影响除硫效果和能耗；如果液位过高或pH值设置不合理，会降低除硫效率，增加能耗。设备维护管理水平也是影响能耗的重要因素之一，如果设备长期不进行有效的维护和保养，可能会导致设备性能下降，能耗增加，例如，如果长时间不更换或清洗除尘器过滤袋，会导致除尘效率下降，能耗增加，因此，建立完善的设备维护管理体系，加强设备日常维护和保养是降低能耗的有效措施之一。

（四）设备类型与技术先进性

设备类型和先进的技术能力是影响火电厂环保设施能耗的主要因素，例如在烟气脱硫设备中，虽然传统的土工石膏法湿法脱硫技术成熟稳定，但能耗却相对较高，近年来，随着技术的进步，一些新型的脱硫技术如海水脱硫，逐渐在电子束中脱硫，这些新技术不仅脱硫效率高，而且能耗也较低。

（五）设备运行效率

设备运行效率直接影响火电厂环保设施的能耗，例如在除尘设备中，如果运行效率不高，则会超过烟气中颗粒物排放的浓

度,从而增加脱硫、脱硝等后续设备的负荷和能耗,因此,提高除尘设备的运行效率是降低环保设施能耗的有效途径之一。^[5]燃料特性也是影响火电厂环保设施能耗的重要因素,不同类型燃料在燃烧时产生的烟气成分和排放量不同,环保设施的要求也不同,以煤为例,高硫煤在燃烧时会产生大量的二氧化硫,而低硫煤相对较少,因此,在选择燃料时,应充分考虑硫含量和燃烧特性,以尽量减少环保设施的负荷和能耗。

四、火电厂环保设施节能降耗对策分析

(一) 不断进行技术创新和设备升级

在火电厂环保设施建设中,技术创新和设备升级是降低能耗的关键,这就要求火电厂要保持敏锐的洞察力,对新技术、新设备采取积极的态度。首先,火电厂要定期组织技术团队进行市场调研,了解国内外最新的环境技术和设备动态,确保及时引进最新的技术和设备;^[6]其次,火电厂要加大研发投入,与高校、科研机构建立密切的合作关系,等等。此外,火电厂在设备升级时还需要注重整体性和方法性,在设备升级时,不仅要考虑提高单个设备的性能,还要考虑整个生态系统的协同优化,通过整个系统的升级,可以实现环境设施更高效、更稳定的运行,从而降低总能耗。

(二) 精确操作管理和改进参数

火电厂环保设施的运行管理是实现节能降耗的重要组成部分,为了实现精确的运行管理,火电厂需要建立一个完整的运行监控系统 and 数据分析平台,通过实时监控环境设施的运行数据,及时发现和解决问题,同时利用数据分析平台对运行数据进行深入调查和分析,找出影响能源消耗的主要因素,制定相应的改进措施。^[7]在参数优化方面,火电厂需要根据环保设施的实际运行情况对各种参数进行精确调整;例如,在除硫系统中,可以根据烟气组成要求和排放标准对吸收塔的液位、pH值、氧化空气量等参数进行调整,以实现除硫效率与能耗之间的最佳平衡;在除尘系统中,通过调整电场密度和风速参数,可以提高除尘效率,降低能耗。此外,火电厂应加强设备的预防性维护,通过定期检查设备的运行状态和性能,及时发现和处理潜在的问题,以确保设备的稳定高效运行,这不仅可以降低设备的故障率和维护成本,而且还可以提高环保设施的整体运行效率,降低能耗。^[8]

(三) 加强能源管理,提高节能意识

能源管理是火电厂降低环保设施能耗的重要手段,为了实现有效的能源管理,火电厂需要建立健全的能源管理体系和节能目标体系,首先,火电厂必须制定详细的能源管理体系和节能目标,明确各部门的职责和任务,通过制度管理确保合理利用和节能;其次,火电厂要加强对员工的提供意识和教育的培训,通过定期组织节能知识讲座、节能竞赛等活动,提高员工的节能意识和效率,让员工充分认识节能的重要性,在日常工作中积极实施节能措施;例如,减少不必要的能源浪费,在工作中合理利用电热资源。^[9]此外,火电厂还应设立节能激励机制,通过设立节能激励基金激发员工节能热情,给予节能效果显著的部门和个人认可和奖励,让员工积极参与节能工作,共同促进降低火电厂环保设

施的能耗。

(四) 发展清洁能源和绿色电力

为了实现火电厂环保设施能耗的大幅下降,火电厂必须积极探索和发展清洁能源和绿色能源技术,首先,火电厂可以增加对清洁能源的投资,建立清洁能源规则,加强分布式能源系统,减少对传统能源的依赖,减少风能、太阳能等可再生能源的污染排放;^[10]其次,火电厂可以加强与清洁能源企业的合作与交流,通过引进清洁能源技术和设备,共享清洁能源资源,实现互利共赢,促进清洁能源的发展,同时,火电厂也可以积极参与清洁能源市场的竞争与合作,促进清洁能源市场的健康发展。最后,火电厂应积极探索优化清洁能源和热能的协同运行技术,通过优化调度和能源转换,包括降低总能耗,提高能效,实现清洁能源和热能的集成和协同运行,这不仅可以降低火电厂环保设施的能耗,还可以促进清洁能源的广泛利用和可持续发展。^[11]

五、结语

随着全球对环境保护和可持续发展的关注,火电厂作为能源生产的重要支柱,降低环保设施的能耗已成为该行业发展的必然趋势,通过不断的技术创新和设备升级,精准的运行管理和参数的优化,火电厂正逐步向绿色低碳新阶段迈进。在这个过程中,火电厂不仅关心降低环保设施的能源消耗,而且积极探索发展清洁能源和绿色电力,通过引进先进的环保技术和设备,升级现有设施,加大研发投入,加强能源管理,火电厂实现能源的清洁高效利用,为建设绿色低碳能源体系做出贡献。展望未来,我们有理由相信,随着技术的不断进步和管理的不断完善,火电厂将在保证能源供应的同时更好地履行其环保责任,成为推动绿色低碳发展的重要力量,让我们共同迈向更加绿色、低碳、可持续的能源未来。

参考文献

- [1]徐涛,张志中,魏宏鸽,裴煜坤,杨用龙,杜振.火电厂环保设施能耗分析及节能降耗技术探讨[J].能源工程,2021(3):57-62.
- [2]张山山,吴巧玲,王仁雷,朱跃.基于“互联网+”的火电厂环保智能监管系统研究与应用[J].华电技术,2020,42(1):20-24.
- [3]张虎平.对燃煤电厂环保设施运行状况及性能诊断技术分析[J].化工管理,2018,0(15):29-29.
- [4]蔡曙鸣.浅谈火电厂脱硫等环保设施存在的主要问题及对策[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018(09):141-142.
- [5]徐建刚,朱宇翔,王薇,钱鑫,杨剑斌.火电厂环保设施智能化诊断平台的应用[J].上海节能,2018(08):631-635.
- [6]胡芝强.试论新环保标准下火电厂环保设施的改造[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018(04):151-152.
- [7]邱国华,魏宏鸽,梁秀进,等.火电机组脱硫超低排放运行能耗分析与节能运行展望[J].发电技术,2020,41(5):510-516.
- [8]董琨,井新,张俊杰,等.低温省煤器运行效果和节能环保分析[J].锅炉技术,2019,50(5):71-75.
- [9]李金喜.火电厂环保设施纳入主设备管理的探讨[J].智能城市,2019,5(04):63-64.
- [10]刘菲.燃煤电厂环保设施运行状况及性能评价技术研究[J].科学技术创新,2017(31):32-33.
- [11]肖纯平.探讨火力发电厂运行中存在的主要问题[J].低碳世界,2019,9(12):64-65.

火电厂燃煤清洁利用技术创新

糜松擎

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 在世界能源格局不断演变的大环境下，火力发电厂仍是我国能源供给系统的重要组成部分。但是，由于燃煤发电引起的环境污染问题日益突出，已严重影响我国火电工业的可持续发展。因此，对煤炭洁净化的技术进行革新就显得十分重要。针对目前我国煤炭洁净化的现状和发展趋势，提出了解决我国煤炭洁净化问题的对策建议。通过本项目的研究，可以为我国电力工业的可持续发展提供理论依据和政策建议。希望通过本项目的研究，促进我国煤炭洁净化的发展，促进我国煤炭洁净化的发展，为我国建设绿色、低碳、高效的能源供给系统贡献智慧与力量。

关键词： 火电厂；燃煤清洁；利用；技术；创新

Innovation Of Clean Coal Utilization Technology In Thermal Power Plants

Mi Songqing

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： In the context of the world's energy pattern, thermal power plants are still an important part of China's energy supply system. However, the environmental pollution problem caused by coal-fired power generation is becoming increasingly prominent, which has seriously affected the sustainable development of China's thermal power industry. Therefore, it is very important to innovate the coal clean technology. According to the current situation and development trend of coal cleanliness in China, the countermeasures and suggestions to solve the problem of coal cleanliness in China. The research of this project can provide theoretical basis and policy suggestions for the sustainable development of China's electric power industry. It is hoped that through the research of this project, we can promote the development of clean coal in China, promote the development of clean coal in China, and contribute wisdom and strength to the construction of a green, low-carbon and efficient energy supply system in China.

Keywords： thermal power plant; clean coal; utilization; technology; innovation

引言

火电厂，作为电力行业的基石，长期以来一直主导着煤炭的消费格局。然而，传统的燃煤发电模式往往伴随着能耗高、污染重等弊端，对生态环境和人类健康构成了严重挑战。鉴于此，实现火电厂燃煤的清洁高效利用，提升煤炭的综合利用效率，降低污染物排放，已成为电力行业实现绿色、可持续发展的必由之路。

近年来，得益于科技的飞速发展以及环保政策的不断加码，火电厂燃煤清洁利用技术的创新成果显著。这些技术创新不仅有效提升了燃煤发电的能效，还显著降低了污染物排放，为电力行业的绿色转型提供了强大的技术支持。本文旨在深入探讨这些技术创新的具体内容、应用成效以及未来发展趋势，以期为火电厂燃煤清洁利用提供更为坚实的理论支撑和实践指导，推动电力行业在保障能源安全的同时，实现生态环境的持续改善。

一、清洁煤技术概述

“洁净煤”是一种综合性的技术革新，它涉及到煤的生产、使用等各个方面。本工艺涉及处理，燃烧，转化；污染控制和其他各方面的实质就是大幅度提高煤炭资源利用效率，同时减少污染物的排放。清洁煤技术是当前火电机组清洁生产的一个重要发

展方向。研究结果可为火电厂节能减排提供新思路与新方法。因此，开展清洁煤炭技术的研究与开发，对于促进我国能源产业的绿色发展、保护生态环境，都有着重大的实际意义。煤的直接清洁利用技术取得了显著且重要的进展。这一领域的成果涵盖了多个关键技术，诸如煤炭洗选技术、型煤加工技术以及水煤浆制备技术等。通过实施这些技术，我们可以有效地剔除煤炭中的杂质

* 作者简介姓名：糜松擎，出生：1993年06月，性别：男，民族：汉，籍贯：贵州省毕节市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

与硫分，从而在燃煤过程中大幅减少污染物的排放。

二、火电厂燃煤清洁利用技术创新路径

（一）高效燃煤技术创新

高效燃煤技术是实现火电厂燃煤清洁利用的核心手段。近年来，随着科学技术的飞速进步和环保意识的日益增强，燃煤技术也取得了显著的发展，其中超临界流化床技术和煤气化技术等高效燃煤技术受到了广泛的关注和应用。超临界流化床技术以其独特的工艺特点，为火电厂燃煤的清洁利用开辟了新的途径。该技术充分利用高温高压的环境条件，将煤中的物质高效转化为气态或液态燃料，并在此过程中产生大量高温高压水蒸气，进而推动发电机组运转发电。该技术的应用，不但大大提高了煤的利用率，同时也使二氧化硫、氮氧化物等有害气体的排放得到了极大的降低，从而有效地缓解了燃煤带来的环境污染问题。煤气化技术是目前国内燃煤电厂清洁生产的重要手段。煤炭气化技术是将煤炭与煤炭进行一系列复杂的化学反应，将煤炭转化为气体，提高煤炭的燃烧效率和清洁度。与传统煤炭燃烧方式比较，煤气化技术在利用煤炭资源、减少燃烧能耗和减少环境污染方面有明显优势。本课题的研究成果将为我国火力发电厂清洁生产提供理论依据和技术支撑。在未来的发展中，由于环保要求越来越高，高效的燃煤发电将会是火电厂洁净煤的主要方式。

（二）烟气净化技术创新

烟气净化技术作为火电厂燃煤清洁利用的重要方向之一，近年来得到了广泛的关注与研究。传统的烟气处理技术，如脱硫、脱硝等，在减少污染物排放方面发挥了关键作用。然而，随着环保标准的日益严格，单纯依赖这些传统技术已无法满足现代火电厂的清洁排放需求。烟气净化技术不断创新和完善，以适应更为严格的环保要求。近年来，湿式电除尘技术以其高效去除细微颗粒物和重金属等有害物质的能力，在烟气净化领域崭露头角。该技术通过使烟气中的颗粒物与水接触并带电，再利用电场的作用力使颗粒物沉积在电极上，从而实现高效净化。其应用不仅显著提升了烟气排放的清洁度，还有助于降低对环境的污染。活性炭吸附技术、臭氧氧化技术等新型烟气净化技术也在不断探索和应用中。这些技术各具特色，能够针对不同类型的污染物进行有效处理。活性炭吸附技术能够吸附烟气中的挥发性有机化合物、重金属等有害物质，提高烟气的清洁度；而臭氧氧化技术则通过臭氧的强氧化性，将烟气中的难降解有机物转化为易处理的物质，从而实现了对烟气的深度净化。随着环保要求的不断提高，烟气净化技术将继续在火电厂燃煤清洁利用中发挥重要作用。通过不断创新和完善，这些技术将为火电厂实现更加环保、高效的运行提供有力支持。

（三）碳捕获与储存技术创新

碳捕获与封存是火电厂燃煤清洁生产的重要一环。该技术旨在收集来自煤燃烧过程中所排放的二氧化碳，并将其安全有效地储存在大气中，以减少温室效应。本项目的成功实施，将为我国应对全球变暖提供科学依据。目前碳捕获的方式有多种，包括预

捕获、再捕获和富氧捕获。然而，由于人们对环保和可持续发展的认识，再加上科技的进步，这一技术仍面临着许多问题。以上的问题正逐步被解决。同时，各国也在积极推动碳捕获和封存技术的研发和应用。随着碳捕集与封存技术的发展与成熟，其在火力发电厂燃煤净化方面的应用将会越来越广泛。我们有充分的理由认为，这种新的技术将会在今后的发展中扮演越来越重要的角色，帮助我们实现“清洁，低碳，可持续”的能源发展目标。

（四）煤炭转化技术创新

煤改质技术是火力发电厂实现洁净煤的重要手段之一。本项目拟采用煤气化、液化等先进技术，实现煤的洁净、高效利用，大幅降低环境污染。提高总体能源使用效率。煤气化是一种可实现煤向天然气的高效率转换的技术。它是一种重要的化工原料，在各种化工产品中得到了广泛的使用，同时也是一种洁净的能源，为人们的日常生活提供了能源。煤炭液化也是一项值得推广的技术。该技术可将煤转变成煤液化等液态燃料，并可直接应用于交通运输业，以取代常规燃油；要实现能源多样化。该项目的实施，将极大地改善煤炭资源的利用率，实现更高的附加值，并能有效地减少燃煤发电对环境的不利影响；为构建绿色、低碳和可持续的新能源系统打下了良好的基础。

三、燃煤清洁利用技术创新的应用效果

（一）提升煤炭利用效率

煤的洁净化利用是一种高效、经济、环保、节能、环境友好、环境友好的新型能源。通过对燃烧工艺的优化，使燃料更充分、更均匀地燃烧，减少了煤炭资源的浪费。该优化既涉及到燃烧装置的设计，也涉及到对燃烧温度、压力、含氧量等参数的精准调控，以保证煤在充分燃烧时能充分释放能源。同时，高效燃烧也是实现煤炭洁净化的一环。利用先进的燃烧技术及燃烧控制方法，可有效减少煤燃烧时的能耗，并将更多的热能转换成可利用的热/电。本项目研究成果将为我国煤炭资源的高效利用提供理论依据，为我国节能减排提供新的思路。煤改质技术的运用，使煤的综合利用有了新的发展空间。通过化学、物理等方法，实现煤向合成气、液体燃料等更高质量的能源转化。在此基础上，本项目提出一种新型高效、低成本、低能耗、低能耗的新型高效清洁燃料。通过优化燃烧工艺，提高燃烧效率，实现煤的高效利用，实现煤的高效利用，对实现煤炭资源可持续开发与环保具有重要意义。

（二）减少污染物排放

将燃煤洁净化技术应用于电力工业，可有效地减少燃煤电厂的污染物排放。本项目研究成果将为我国电力工业的可持续发展注入新的动力。本项目的实施将提高煤炭发电的环境友好性，促进我国电力工业向清洁低碳方向发展，为世界能源结构优化、应对气候变化挑战提供重要支撑。

（三）提高火电厂经济效益

燃煤清洁利用技术的创新不仅有助于提升煤炭的利用效率，显著减少污染物排放，进而改善环境质量，还能够有效地降低火

电厂的运营成本，从而增强其经济效益。通过深入研究和应用先进的燃烧过程优化技术，火电厂能够更精准地控制燃烧条件，提高能源转化率，进而减少能源消耗和浪费。在此基础上，利用高效率的烟气净化技术，可以使燃煤电厂更加完全地脱除有害气体，降低治理成本；并能满足更加严格的环境要求。将燃煤洁净化技术应用于电力工业，可有效地减少燃煤电厂的污染物排放。本项目研究成果将为我国电力工业的可持续发展注入新的动力。本项目的实施将提高煤炭发电的环境友好性，促进我国电力工业向清洁低碳方向发展，为世界能源结构优化、应对气候变化挑战提供重要支撑。

四、燃煤清洁利用技术创新的应用前景与发展趋势

高效燃烧技术，作为火电厂提升燃煤效率与削减污染物排放的核心策略，近年来取得了令人瞩目的进展。这得益于燃烧理论的日益深入研究和燃烧设备的持续优化。在优化燃烧器设计和运行参数方面，我们成功地提升了燃烧温度和燃烧速度，使燃煤能够更为彻底地燃烧，进而显著提高了能源利用效率。这不仅有助于火电厂经济效益的提升，更对节能减排、保护环境具有重大意义。借助先进的燃烧控制技术，如智能燃烧控制系统等，我们得以实现对燃烧过程的精准调控，有效降低了污染物排放。这一技术的运用，不仅提升了火电厂的环保性能，也为其在日益严格的环保政策下保持竞争力提供了有力支持。随着环保政策的逐步强化，以及能源结构向着更为绿色、低碳方向的不断调整，燃煤清洁利用技术正迎来前所未有的创新应用机遇和广阔的发展前景。展望未来，燃煤清洁利用技术将更加聚焦于高效能、强环保以及可持续性的发展方向，力求在保障能源供应的同时，最大限度地减少对环境的不良影响。在技术创新层面，研究者们将继续深入挖掘燃烧技术、烟气净化技术以及煤炭转化技术等领域，通过持续的创新研究，推动燃煤发电技术不断取得新的突破和升级。这不仅仅是提高了锅炉的燃烧效率，降低了污染物的排放量，同时也预示着燃煤发电朝着清洁高效的方向发展。随着新能源技术的

迅速发展，煤炭的洁净化利用也迎来了新的契机。在今后的发展中，煤炭的洁净利用和新能源的结合将成为一种多样化的能源供给系统。该系统既可以保证供电的稳定可靠，又可以有效减少碳排放，促进电力工业的绿色低碳发展。煤炭洁净化是我国电力工业可持续发展的重要组成部分。我们有理由相信，随着技术的不断进步和应用的不断深化，燃煤清洁利用将在保障能源安全、促进经济发展和保护环境等方面发挥更加积极的作用。

结语

火电厂燃煤清洁利用技术的持续创新，无疑是推动火电行业迈向绿色化、生态化发展的重要基石。这一创新过程不仅体现在对高效燃煤技术的深入探索上，更涵盖了烟气净化技术的升级优化以及碳捕获与储存技术的创新应用等多个方面。通过这些创新实践的推进，火电厂得以在燃煤效率上取得显著提升，同时在污染排放的降低上也取得了显著成效，为火电行业的可持续发展注入了强劲动力。随着科学技术的日新月异和环保要求的日益严格，火电厂燃煤清洁利用技术创新将迎来更加广阔的发展前景。一方面，随着高效燃煤技术的进一步突破，火电厂的燃煤效率将得到更大幅度的提升，能源利用效率也将实现质的飞跃；另一方面，烟气净化技术的持续优化和碳捕获与储存技术的广泛应用，将使得火电厂的污染排放得到有效控制，进一步降低对环境的负面影响。火电厂燃煤清洁利用技术创新不仅是当前火电行业转型升级的关键所在，更是未来构建清洁、高效、可持续能源体系的重要支撑。随着这一创新进程的不断深入，我们有理由相信，火电行业将在实现绿色发展的道路上迈出更加坚实的步伐，为推动我国能源事业的持续健康发展作出更大的贡献。火电厂燃煤清洁利用技术的革新，是引领能源领域实现可持续发展的关键一环。通过持续不懈地研发与应用先进的清洁煤技术、烟气净化技术以及高效燃烧技术等创新手段，我们不仅能够显著提升火电厂的能源利用效率，还可显著增强其环保性能，从而有效降低污染物排放，为构建绿色生态环境作出积极而深远的贡献。

参考文献

- [1]姜胜,肖家荣,王涛,黄娜. 火电厂燃煤清洁发电技术综述[J]. 水电与新能源, 2015,(03):35-38.
- [2]黄斌,刘练波,许世森. 燃煤电站 CO₂捕集与处理技术的现状与发展[J]. 电力设备, 2014,(9)3-6.
- [3]林朝扶,蒋有福,彭炯兰. 火电厂电除尘器节能降耗运行方式探讨[J]. 广西电力, 2014,(03):57-59.
- [4]吴巧生,陈亮,张炎涛. 中国能源消费与 GDP 关系的再检验——基于省际面板数据的实证分析. 数量经济技术经济研究, 2008(6).
- [5]高军波,邓婕. 城市化进程中的环境影响机制分析. 焦作师范高等专科学校学报, 2007, 1(23).
- [6]夏俊涛. 火力发电企业持续有效组织清洁生产研究. 保定:华北电力大学, 2011.
- [7]林伯强. 中国城市化进程的能源刚性需求. 企业技术进步, 2010(8).
- [8]丁希楼. 石灰石流化床反应器处理矿山酸性废水[J]. 金属矿山, 1999,10:45 ~ 47.
- [9]曾汉才. 燃烧与污染[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1992.
- [10]于吉. 清洁生产与电力环保[M]. 中国电力企业管理, 2003, 6: 22 ~ 23.

火电厂热能转换效率优化研究

郑鹏

贵州黔西中水发电有限公司, 贵州 毕节 551500

摘要： 在全球能源需求持续攀升的大背景下，同时伴随着环境保护意识的不断加强，火力发电厂热能转换效率的提升已成为工业与科技领域亟待解决的重要课题。热能转换效率的优化不仅能够显著减少能源消耗，降低对有限自然资源的依赖，而且可以有效减轻环境污染，保护生态环境，对于实现可持续发展具有重大意义。此外，热能转换效率的提升还能够显著提高发电厂的经济效益，降低成本，提升竞争力。本文将对火电厂热能转换效率的优化研究进行深入探讨，分析当前热能转换效率的现状及存在的问题，探讨影响热能转换效率的关键因素，并针对性地提出一系列优化措施和技术手段。

关键词： 火电厂；热能转换；效率优化

Research On Thermal Energy Conversion Efficiency In Thermal Power Plant

Zheng Peng

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： In the context of the continuous rising global energy demand, and with the continuous strengthening of environmental protection awareness, the improvement of thermal energy conversion efficiency of thermal power plants has become an important issue to be solved in the industrial and technological fields. The optimization of thermal energy conversion efficiency can not only significantly reduce energy consumption and reduce the dependence on limited natural resources, but also can effectively reduce environmental pollution and protect the ecological environment, which is of great significance for the realization of sustainable development. In addition, the improvement of thermal energy conversion efficiency can also significantly improve the economic benefits of power plants, reduce costs, and enhance the competitiveness. This paper will discuss the optimization research of thermal energy conversion efficiency in thermal power plants in depth, analyze the current situation and existing problems of thermal energy conversion efficiency, explore the key factors affecting the thermal energy conversion efficiency, and put forward a series of targeted optimization measures and technical means.

Keywords： thermal power plant; thermal energy conversion; efficiency optimization

引言

火电厂作为现代工业社会不可或缺的能源供应基地，其热能转换效率的优化工作至关重要。这不仅关系到能源的有效利用，更是减少环境污染、推动可持续发展的重要一环。因此，深入研究和探讨火电厂热能转换效率问题，具有深远的现实意义和广泛的应用前景。

一、火电厂热能转换效率的计算方法

能量转化率是衡量电厂能量转化效率的一个重要指标。目前，火力发电厂普遍采用的是正反平衡法，以精确地计量发电系统的有功功率。让我们考虑一下，正平衡的方法。该算法的关键是对火力发电厂的出力与出力进行测定，然后用二者之比求出系统的热效率。具体而言，发电厂的输入功率是指发电厂在燃烧燃油时所发出的全部热量，而发电量是将其转化为电能的那一部

分。并将二者进行对比，从而得出电站的热效率。由于正平衡方法可以直观地反应电厂的综合性能，所以更适合于高效运行的设备。另外，该方法是直接根据实测资料进行的，因而精度更高。正平衡方法也存在着一定的缺陷。该方法侧重于电站的总体性能，不能对机组各部分的效能进行细致的分析。针对这一问题，采用反平衡法进行求解。反平衡方法是一种比较精确的热力系统分析方法。通过分析各部件的效率，可以更好地了解电厂的能源利用状况。本课题的研究将为我国电力企业实现节能减排目标

* 作者简介姓名：郑鹏，出生：1995年07月，性别：男，民族：汉，籍贯：重庆市江津区，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

和实现节能减排目标提供新思路。逆平衡法虽然能获得更详细的信息，但也很麻烦。此外，这种方法是对各个元素分别进行测试和分析，因此，在实际应用中，还会有一定的不确定性。赞成和反对各有利弊。在实际运行中，发电厂可以根据自身需求和实际需求，选择合适的热能转换率。在此基础上，提出了一种新的思路，即在电力系统运行过程中，对机组进行检修，并对其进行测试，以保证测试结果的准确、可靠。

二、影响火电厂热能转换效率的因素

（一）锅炉的热效率

锅炉作为火电厂热能转换的核心设备，其热效率的高低直接关系到火力发电厂整体的热能转换效率。提升锅炉热效率，是提升火力发电厂经济效益和环保性能的关键所在。而要实现这一目标，关键在于对燃烧过程进行精细化优化，减少不必要的热损失，并尽可能提高热能的利用率。通过深入分析燃烧机理，优化燃烧器结构，改善燃烧条件，以及引进先进的热能回收技术，我们可以有效提高锅炉的热效率，推动火力发电行业的可持续发展。

（二）燃烧效率

在锅炉内，燃油的燃烧效率是一个重要的参数，它是指燃料在燃烧过程中所释放出的热量与其充分燃烧时所能产生的热量之间的比值。这意味着，若燃料能更充分的燃烧，则可使实际所释放出的热量，达到较高之理论上限，并因此改善燃烧效能。充分燃烧燃料可以产生更多热量。这是由于燃油在燃烧时，会和空气中的氧进行化学反应，从而产生大量热量。若不充分燃烧，一部分燃料无法与氧充分反应，则会有部分热量无法逸出，造成热能转化效率下降。如何有效地利用热能，是火力发电厂亟待解决的问题。热转换效率是指电厂在燃烧过程中，将燃油中所含的化学能转变成电能的效率。若能热量转化为较高的能量，则可节省相同的燃料，可使电厂获得较大的能量，并可改善发电企业的经济效益与能量利用率。改善燃烧工艺是实现高效燃烧的一个重要手段。其主要内容有：改善燃烧器设计，调整燃烧参数，优化燃油与空气的掺混比率。采用上述方法，可使锅炉内的燃油更加充分的燃烧，改善了锅炉的燃烧及热量转化效率。锅炉内燃料的燃烧效率直接关系到整个系统的能量转化效率。通过对燃烧过程进行优化，提高其燃烧效率，能够有效提高电站的热量转化效率，达到能量高效利用的目的。

（三）供风系统

送风系统是锅炉的关键部件，它的运行状况对锅炉的燃烧效果及品质有很大的影响。合理的送风系统不但可以保证燃油的充分、均匀燃烧，而且可以有效地降低燃油和污染物的排放，具有重要的环保意义。在电厂中，送风系统的稳定与可靠是十分重要的。一个稳定、可靠的送风系统是保证电站长期运行中热量转化效率的稳定性，防止由于送风引起的热效率降低或装置失效等问题，保障电厂的经济与安全。火力发电厂在设计、施工和运行过程中，必须对送风系统的性能进行优化与稳定运行给予足够的关

注，并通过科学设计、合理配置及定期维修维护，以保证机组的高效稳定运行。

（四）发电机组效率

机组的能量转化效率是衡量机组能量转化效率的重要指标，也是影响电厂用能效益与环境效益的重要因素。在此基础上，提出了一套行之有效的方法，以提高机组的能量转化效率。为了提高发电效率，必须选择高效率的水轮机。为了减少能耗，提高机械效率，需要对叶片外形、材料及加工工艺进行优化。此外，该机组还装备有一套先进的控制系统，可对机组进行实时监控与调节，以保证机组一直处于最优的工作状态。对机组的操作参数进行优化，对提高机组的发电效率具有重要意义。通过对机组转速、负荷、燃油品质等参数的精细调节，实现机组在最优工作状态，降低能耗，提高发电效率。通过对机组操作参数的优化，减少了机组的维修费用，减少了机组的故障率，提高了机组的可靠性与稳定性。通过强化热量回收和提高燃料利用率等其它辅助手段，可进一步提高电站的热能转化效率。采取上述措施，可以有效地减少机组的能耗，改善机组的综合能效。因此，本项目提出了一种新的思路，即利用高效率的涡轮发电机组，优化机组的操作参数，并结合其它的辅助手段，来提高机组的能量转化效率。这对降低电厂运行成本、提高经济效益、降低能耗、减少环境污染、促进可持续发展具有重要意义。

三、热能转换效率优化的方法与措施

（一）改进燃烧设备与技术

高效燃烧装备的性能与工艺水平是实现热能转化效率优化的关键。采用先进的燃烧器，大大提高了燃油的燃烧效率，降低了能耗。而一套有效的燃烧控制系统，可以对整个燃烧过程进行准确的控制，从而保证了整个燃烧过程的稳定与安全。另外，利用燃烧优化技术，可以进一步优化燃烧过程，提高热能转化效率。对燃烧装置的日常保养与维修，也是保证热能转化效率稳定的重要手段。通过对燃烧装置的定期维修与维修，能够及时地发现和解决装置在工作过程中出现的问题，确保装置的正常工作与稳定工作，进而提升热能转化效率。要对热能转化效率进行优化，必须从多方面着手，持续提高大功率燃烧装备的性能与工艺水平，强化设备的维修与维修，达到对燃烧过程的精准控制与优化。改善热能转化效率及稳定性。

（二）提高燃烧温度与压力

在此基础上，提出了一种新的合成方法，即在一定程度上提高了燃料的燃烧速度，提高了燃料的燃尽率，进而提高了燃料的热效率。这是由于高温、高压帮助燃料分子与氧的结合更加充分，从而放出了更多的热量。通过对燃烧器的设计进行优化，例如改善燃烧室外形、结构等，可有效地改善燃烧效果。通过改变燃烧模式，例如在燃烧室中引入预混式、分段式燃烧等方法，可在提高燃烧温度、压力的同时，降低污染物的排放量。调整燃烧，参数如燃料与空气的混合比例、燃烧速度等，可以精确控制燃烧虽然过程提高，燃烧实现温度和更高的热压力效率和有助于

更低的增加污染物热排放效率，但过高的温度和压力可能导致潜在设备问题与合理损坏控制，如：燃烧器过热、材料熔化或变形等。同时，过高的燃烧温度还可能增加氮氧化物等污染物的排放，对环境造成负面影响。因此，需要合理控制燃烧温度和压力的上限，确保在安全、环保的前提下提高热效率。适当提高燃烧温度和压力确实可以增加热功和热效率，但需要注意控制其上限以避免设备损坏和环境污染。在实际应用中，应根据具体情况优化燃烧器设计、改进燃烧方式和调整燃烧参数，以实现高效、安全的燃烧过程。

（三）优化蒸汽循环系统

蒸汽循环系统，作为火力发电的心脏部位，扮演着至关重要的角色。通过不断的技术创新和系统优化，可以显著提升其热能利用率，进而提升整个发电厂的运行效率。对蒸汽循环系统进行优化设计，提出了一系列行之有效的方法。首先，利用高效率的锅炉、涡轮，可以使燃油中的化学能向蒸气中的热量进行更充分的转换，从而实现电能的有效利用。这样既能提高能源利用率，又能降低能耗。降低管路及阀内的压损，可保证系统内蒸气的流畅流通，降低不必要的能源消耗。因此，我们可以利用先进的管路设计、制作工艺、高效率的阀控系统，减少管路阻力，改善管路的综合性能。同时，还提出了改善汽液两相流速，改善汽液两相流速的方法。通过对水蒸汽产生与分布的调控，保证水的质量更纯，流动速度更稳定，进而提升热转化效率。这样既可以降低维修费用，又可以提高设备的寿命。

（四）利用余热回收技术

火力发电过程中会产生大量的余热，合理利用这些余热可以提高热能利用率。采用余热锅炉回收余热，将其用于供热或再发电，不仅可以降低能源消耗，还能减少环境污染。

四、热能转换效率优化的挑战与前景

热能转换效率优化研究虽然取得了一些显著的成果，但在实际应用中仍然面临着一些严峻的挑战和问题。首先，当前燃烧设备的性能和技术水平尚未达到理想状态，尚需进一步突破以提升其能效表现，从而更好地满足日益增长的能效要求。其次，随着环保意识的提升，环保法规和排放标准正在逐步加强，这对热能转换效率提出了更高的要求，使得我们必须在保持高效的同时，

还要实现更低的排放和更环保的运行。我们应当看到，随着科技的飞速发展和不断创新，热能转换效率优化的前景仍然充满了无限可能。新型燃烧技术的不断涌现，为提升能效提供了新的解决方案；高效热电材料和热电化学等领域的研究进展，为热能转换效率的优化提供了更加有效的途径和方法。同时，智能电网、大数据和人工智能等先进技术的广泛应用，为热能转换效率的优化提供了强大的技术支持和智能化管理手段。尽管热能转换效率优化研究面临诸多挑战，但只要我们不断创新、持续努力，相信在不久的将来，我们一定能够取得更为显著的成果，为能源利用和环境保护做出更大的贡献。

结语

因此，提高火力发电厂的热效率，对提高我国的能效水平，有着十分重要的意义。这既是对能源资源的合理使用与节约，也是对环境保护和可持续发展战略的重要影响。因此，对火力发电厂热能转化效率的优化途径进行深入的研究与探讨，具有重要的现实意义。在实际运行过程中，可以采取各种方法提高机组的热量转化效率。首先，利用先进的燃烧器、控制系统及燃烧优化等方法，改善燃烧装备和工艺，提高燃油的燃烧效率，降低热量损耗。其次，提高燃烧温度与压力，利用高温高压环境促进燃料更充分的燃烧，从而进一步提高热能转换效率。同时，对水循环系统进行了优化，改善了水的生成、输送和利用流程，减少了热损失。在此基础上，采用热回收技术，实现对排出热量的高效回收与循环使用，进一步提升能量利用效率。要想使这些优化措施得到更好的执行，就必须建立一套行之有效的评价和监控系统。通过对热能转化效率的实时监控与评价，及时发现问题，分析问题，为优化方案的制订与执行提供重要支撑。随着全球能源结构的调整和环保要求的提升，火电厂热能转换效率优化将面临更大的挑战和机遇。我们相信，在全社会的共同努力下，我们一定能够克服这些挑战，实现火电厂的高效、绿色、可持续发展。本项目的研究成果对于提高火电厂的生产效率，减少能耗，减少对环境的污染，探索更多创新性的技术和方法，促进燃煤电厂向更加高效、绿色的方向发展具有重要的意义，加强国际合作与交流，共同推动能源利用效率的提升和环境保护事业的发展。

参考文献

- [1] 魏小林, 黄俊钦, 李森, 等. 工业炉窑燃烧过程中节能减排问题的研究进展与发展方向 [J]. 热科学与技术, 2021, 20(1): 1-13.
- [2] 崔杨, 曾鹏, 仲悟之, 等. 考虑富氧燃烧技术的电-气-热综合能源系统低碳经济调度 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(2): 592-608.
- [3] 李百航, 刘敬樟, 朱建国, 等. CO₂ 气化对单颗粒煤富氧燃烧特性影响实验研究 [J]. 锅炉技术, 2022, 53(1): 37-42.
- [4] 李健, 杨震, 段远源. 中低温热能驱动的非共沸工质有机 Rankine 循环 [J]. 清华大学学报 (自然科学版), 2022, 62(4): 693-703.
- [5] 李勇, 杨珏, 刘如成, 等. 大型电动轮矿车节能及零排放技术路线 [J]. 煤炭学报, 2022, 47(5): 2120-2130.
- [6] 胡硕伟, 李健, 葛众, 等. 基于 HFOs 工质的有机朗肯循环系统热经济性分析 [J]. 工程热物理学报, 2020, 41(4): 816-821.
- [7] 刘建华. 国内燃煤锅炉富氧燃烧技术进展 [J]. 热力发电, 2020, 49(7): 48-54.
- [8] 姜连轶. 基于 LabVIEW 的火电厂旋转设备故障诊断系统研究与应用 [J]. 电站系统工程, 2023, 39(05): 47-50.
- [9] 宋吉祥, 王永香. 火电厂机电设备管理中机械故障检测诊断技术的应用分析 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(06): 172-174.
- [10] 聊方伦, 周平. 基于 PCA 的火电厂电气设备故障诊断方法 [J]. 自动化技术与应用, 2022, 41(03): 39-43.

火电厂环保排放控制策略与实践

曾涌凯

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 在当前社会对于环保有了更高要求的形势下，坚持科学发展观，加强能源节约，才能更好地促进企业的进步和发展。所以要有效降低火力发电厂整体的能源消耗，必须增加节能环保技术的应用，为企业创造更多的经济效益。火力发电厂在电力生成阶段排放出大量的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等多种环境污染物质，这些污染源给我国的生态环境以及人们的身体健康带来了不小的危害。为深化对火电厂环境保护排放的理解与处理，本文进行了全面系统的阐述，并对其制定了具体有效的解决措施，目的是削减火电厂排放对环境带来的负面效果，促使环境向更加绿色、更高效、更可持续的发展趋势发展，同时促使全球能源结构向更好的领域和层次发展。

关键词： 火电厂；环保排放；控制策略；实践应用；技术措施

Strategy And Practice Of Environmental Protection Emission Control In Thermal Power Plants

Zeng Yongkai

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： In the current society for environmental protection has higher requirements of the situation, adhere to the scientific outlook on development, strengthen energy conservation, in order to better promote the progress and development of enterprises. Therefore, in order to effectively reduce the overall energy consumption of thermal power plants, it is necessary to increase the application of energy-saving and environmental protection technology to create more economic benefits for enterprises. Thermal power plants emit a large number of sulfur dioxide, nitrogen oxide, particulate matter and other environmental pollution sources, which have brought great harm to China's ecological environment and people's health. To deepen the understanding and treatment of thermal power plant environmental protection emissions, this paper has a comprehensive system, and formulated the concrete and effective solutions, the purpose is to cut emissions of thermal power plant negative effect on the environment, promote the environment to more green, more efficient, more sustainable trend, and promote the global energy structure to better areas and level development.

Keywords： thermal power plant; environmental protection emissions; control strategy; practical application; technical measures

引言：

火力发电厂在全球范围内占据着电力供应的优势地位，改善火力发电厂环境效益已经成为当前能源领域的焦点话题。鉴于环境保护所面临的越来越严峻挑战，火电厂有必要探索一种有效且可实施的排放限制方案，以满足日益增长的环境保护规定和社会对清洁能源的迫切需求。本次研究以火电厂环保排放为主线，涉及其控制技术的最新研究进展、实际应用情况及今后的发展方向，目的是为火电厂环保改造和可持续性发展提供坚实的理论基础和实践指导。

一、火电厂在能源供应中的重要性

火电厂作为我国传统能源中的一大分支，通过对煤炭、石油或天然气等能源进行燃烧，从而生产出满足工业生产的电能，人们在日常生活中，以及在各种公共服务中，很多方面都需要用电。尤其对于资源丰富和经济水平相对发达的地区来说，火力发电厂对电力供应起着关键作用。更为具体而言，火力发电站在建

设与运行过程中表现出一定适应性，其能够根据能源分布特点与市场需求制定合适战略，这就能更高效地使用本地的能源，减少能源运输费用，提高能源的使用效率。即便是在近些时候，由于可再生能源迅速扩展和广泛应用，火电厂仍受到技术、费用以及资源分配的多重制约，成为许多国家及地区主要的电力供应渠道。因此，今后不远的将来，火电厂将稳固地占据全球能源供应格局中至关重要的地位。

* 作者简介姓名：曾涌凯，出生：1994年10月，性别：男，民族：汉，籍贯：四川省江油市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

二、环保排放控制的必要性

火力发电厂在燃烧化石燃料的过程中，会释放大量的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等有害物质。这些推荐污染物不仅会对大气环境造成显著污染影响，而且还会对人类健康及整个生态环境造成长远而深刻的危害。需要特别指出的是，大量的二氧化碳排放是导致全球气候持续变暖的关键因素之一，这对全球气候变化和生态平衡构成了巨大的挑战。另外，在环保法律和规范越来越严的情况下，火电厂如果不能有力地控制排放，就将背上沉重的法律和经济负担，甚至会对其业务和市场竞争能力产生不利影响。因此火力发电厂在进行技术更新和完善管理时，应采取高效环保的排放调控措施，降低污染排放和环境危害并进一步提高环保表现，从而确保经济效益与环境利益的双向增长。它既是保护生态环境和提高人居环境质量的需要，也是为企业未来持续发展奠定坚实基础的需要。

三、火电厂主要污染物及其影响

（一）主要污染物

（1）二氧化硫（SO₂）

作为火电厂在燃烧含硫化石燃料，如煤和石油时产生的关键污染物质之一，二氧化硫（SO₂）具有不可忽视的重要性。SO₂在大气环境中不断氧化转化为硫酸盐状颗粒而成为酸雨中的主要组成部分。酸雨对土壤、水源、植物植被等造成很大损害，同样对建筑和基本建设有腐蚀性。另外SO₂对于人体健康的影响也是显而易见的，长期处于高浓度SO₂的环境中会引起呼吸道的病变，比如哮喘、支气管炎、肺能力的降低等等。为了对SO₂排放量进行较好的控制，火力发电厂常使用烟气脱硫方法进行脱硫，涉及湿法脱硫，干法脱硫以及半干法脱硫等多种技术手段。湿法脱硫技术被广泛认为是当前最常用的脱硫手段，能够达到超过90%的脱硫效果。然而，这种技术需要消耗大量的水资源，并伴随着大量化学试剂的消耗。尽管干法和半干法进行脱硫在水资源的使用和废水的处理上具有明显好处，但它们在脱硫效率上仍然显得稍显不足。

（2）氮氧化物（NO_x）

氮氧化物（NO_x）主要由一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂）组成。在火力发电厂的燃烧过程中，当氮气和氧气在高温环境下发生反应时，会产生氮氧化物。NO_x不仅是光化学烟雾，臭氧层和其他污染的引发因素，还能诱导酸性雨水给环境和人类健康带来多重威胁。高浓度NO_x会对呼吸道产生刺激作用，导致甚至加重哮喘和其他呼吸系统相关疾病。基于此，氮氧化物会诱导土壤与水体酸化，继而破坏整体生态平衡。火电厂通常采取低氮燃烧和烟气去硝两大技术降低NO_x的排放量。低氮燃烧方法改善了燃烧过程，降低了燃烧温度，减少了氧气的供应，使NO_x的生成率下降。烟气脱硝的主要技术手段有两种：选择性催化还原（SCR）与选择性非催化还原（SNCR）。SCR技术的显著优势是在高温环境下使用催化剂使NO_x转化成氮气和水形态，从而实现90° C以上的脱氮效率，而这一脱氮效率自然需要付出巨

大的成本；SNCR技术通过喷射还原剂实现无催化剂场景下NO_x还原，虽然成本不高，但效能相对有限。选择合适的脱法时，需要考虑到特定的操作状况和经济状况的共同影响。

（3）颗粒物（PM）

颗粒物，又常被称作PM，是火力发电厂在燃烧时产生的固态或液态微粒，它们主要可以分为PM10和PM2.5这两大类。PM10代表直径不超过10微米的小颗粒物，而PM2.5则是指直径低于2.5微米的微粒。由于PM2.5具有极小的颗粒大小，它可以渗入呼吸系统，并进一步渗入肺泡或血液，这对人类的健康构成了极大的风险。长期暴露于高浓度PM环境中可增加心血管疾病、呼吸系统疾病及肺癌的几率。基于此，大气颗粒物对于能见度和气候变化都具有一定的作用。为了有效地处理颗粒物排放物，火力发电厂一般会选择电除尘器、袋状除尘器和湿式除尘器作为技术手段。电除尘器采用高压静电场成功地把颗粒物质从烟气中分离出来，既处理能力突出，效率高，但它对微观颗粒的捕获能力却差强人意。袋式除尘器能够借助过滤材料对颗粒进行有效捕集，非常适用于处理高浓度和微小颗粒物，但需要周期性地更换过滤装置，导致维护开销相对较高。湿式除尘器是利用流体喷射来捕集颗粒物的设备，特别适合湿法脱硫技术，但这也可能会对废水处理带来挑战。

（4）汞及其他重金属

火力发电厂在燃烧过程中会耗用汞等铅、镉、铬等重金属，这些重金属属于毒性极强的危害因素之一，会给环境及人类健康带来长期累积性危害。汞在大气环境中可通过沉降、降水等途径流至土壤、水体环境，然后被多种动植物吸附并最终进入食物链，对健康状况产生潜在威胁。汞和其他重金属对人的神经系统、免疫机能和生殖系统可产生显著的有毒影响。长期的这些暴露会诱发神经伤害、免疫系统能力衰减、生殖问题等多种健康难题。火电厂为了有效地管理汞和其他重金属的排放水平，通常会采取一系列涉及燃料种类选择，燃烧流程细致化等方面的全面调节手段、烟气中脱硫的处理、烟气的去硝处理以及颗粒物的有效收集等多个方面。对燃料的选择和燃烧过程进行优化可以有效地减缓重金属的产生和排放；利用烟气脱硫和烟气脱氮技术，既能降低SO₂和NO_x的排放量，又能有效去除某些重金属物质；通过颗粒物的捕获技术，可以有效地控制重金属颗粒并降低它们的排放量。

（二）环境与健康影响

（1）大气污染

火力发电厂所释放出的污染物质能够在很大程度上削减空气质量，导致雾霾或酸雨等极端天气现象频繁出现。这些污染物在大气中集聚和扩散的过程极有可能进一步影响全球气候状况，导致全球暖化加速。空气污染不但危及了人类的日常生活水平，而且给农业、林业等行业带来了极大的经济损失。

（2）水污染

火力发电厂出水中危害性物质较多，以重金属、化学成分、悬浮颗粒为主。这类污染物质在流入水源时，可能会破坏水体中的生态系统，威胁到居民饮用水的安全，对人类和其他生物体造成实质上的危害。此外水体的污染状况将降低水资源的可利用特性，从而进一步加剧水资源供应的不足。

（3）土壤污染

核电站排放的固态废料和沉淀的小颗粒会对周围的土地造成污染。这些污染物质在土壤中的累积会降低土壤的肥力，破坏土壤的生态功能，从而给农作物的产量与品质带来负面效果。土壤污染有其持续时间长、不易感知等特征，一旦出现尤其难以解决和应对。

（4）对人体健康的影响

火力发电站排放的污染物全面地、多维地危害着人类的健康。大气污染物质极有可能破坏呼吸系统，进一步诱发哮喘、支气管炎等多种健康问题；有害物质入侵到人体内时，例如水域、土地等，就很可能通过食物链危害人体内部器官；另外，重金属及其他有害物质对神经系统及免疫系统的正常运行具有直接破坏性。这些卫生上的难题不但损害了个人生活品质，而且为社会带来了重大医学责任。

四、火电厂环保排放控制技术数

（一）燃烧前控制技术

当燃料即将燃烧的时候，火电厂可以通过多种策略减少污染物的产生和排放，主要是为了降低二氧化硫和其他颗粒物的排放。从增加锅炉运行安全性考虑，可以采用脱硫脱硝一体化技术。为了有效的降低氮氧化物的释放量，采取了燃烧优化措施，对燃烧过程中的各种参数进行了调整。此外先进的预处理燃料和提高燃烧效率的技术方法可以确保燃烧前的控制环节满足环保排放。

（二）燃烧中控制技术

火力发电厂在燃烧管理上采用低氮燃烧技术和烟气再循环工艺，是减少氮氧化物生成的一种有效途径。另外，烟气再循环技术可以提高烟气中氧气含量，从而使燃烧更加完全，从而有效地抑制氮氧化物的生成。烟气再循环技术的核心思想是将回收的部分烟气再导入燃烧区，以降低燃烧温度，减少氮氧化物的生成。现已广泛应用于低氮燃烧方面。这些创新的技术控制手段可以显著降低火力发电厂在燃烧时氮氧化物的排放量，从而达到环境保护排放的综合管理目标。

（三）燃烧后控制技术

当燃烧过程发展到关键阶段时，火力发电厂为了对二氧化硫，氮氧化物及颗粒物排放进行更加有效的治理，有可能推行烟气脱硫，烟气脱氮，颗粒物捕集等诸多技术手段。在这当中最为关键的就是针对烟气脱硫技术的应用，其可以有效减少电厂二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等的排放量。

五、火电厂环保管理与监测

（一）环境管理体系

火力发电厂义不容辞地要构建一个健全的环保管理框架，确保各种环保方案能够得到有效实施。火电厂要加强注重对每一位员工环保教育和培训，增强他们的环保意识，建立由轻到重的环保责任体系。此外通过引入第三方审查机构对火电厂环保管理进行定期公正的评估，能够发现问题并及时整改，从而构建一个科学、高效、和可持续的火电厂环保管理体系。

（二）在线监测系统

在火电站的环境保护管理策略中，烟气排放持续监测系统（CEMS）和水质实时在线监测系统被认为是非常关键的设备。CEMS对烟气污染物浓度和相应参数有实时监控作用，便于火力发电厂及时调整其运行环境，在确保排放符合规定标准的前提下，并为环境保护相关机构监管提供有力参考。在线水质监测系统能够监测饮用水和排放水的重要参数，迅速感知异常并及时发出警报，从而确保用水安全和排水活动的遵守。利用以上两种主要网络监控系统不仅显著增加了火电厂环保透明度，还极大地促进了水资源高效管理和质量优化，进一步推动火电厂朝着可持续发展方向前进。

（三）应急预案与事故处理

火电厂构建突发环境突发事件的综合应急响应方案是非常有必要的，它涉及组织结构、通信方式、应急处理流程、资源以及其他保障措施等多个方面，并应定时进行紧急应急演练以确保执行的效果。另外，通过对历史上发生的环境污染事件实例进行深入调研后，火电厂有机会从中总结有价值的经验，以优化自身管理流程，增强应急反应能力。不断的研究与改进有助于进一步强化火电厂在环保管理方面的效能，更好地应对突发环境事件的发生，确保环境的安全性及持续性发展。

结论：

基于对火电厂环保排放调控策略和做法的深入探讨，本文明确了各种调控方法在实践中的作用及关键点。在环境保护规范逐渐严格和人们对清洁能源需求不断增加的大背景下，火电厂需要积极实施相应的控制措施，以降低排放污染物，同时取得经济与环境双重效益。未来时代，在技术不断进步和新颖变革的背景下，火电厂有可能在确保能源供给的前提下更加有效地肩负起环境责任，加速电力产业向绿色转型。

参考文献

- [1]王腾飞. 火电厂节能环保技术策略探讨[J]. 科技经济导刊. 2019(25):120.
- [2]胡建华. 论现阶段火电厂脱硫技术与环保措施[J]. 科技经济市场. 2019(09):15-17.
- [3]张志强, 王承亮, 魏道君等. 火电厂节能环保技术策略探讨[J]. 科技创新导报. 2020(14):12-113.
- [4]任立立. 火电厂节能减排技术措施研究[J]. 电力系统装备, 2019,000(018):185-186.
- [5]崔馨, 崔敏. 热工优化控制在火电厂节能中的应用[J]. 通信电源技术, 2019, 36(02):140-141.
- [6]郭良河. 火电厂烟气脱硫脱硝技术应用与节能环保措施分析[J]. 科学技术创新, 2019(03):163-164.
- [7]常永光. 环保设施节能技术在火电厂中的实际应用[J]. 民营科技, 2018(12):54.
- [8]田宇. 火电厂机组节能环保技术改造的策略研究[J]. 内燃机与配件, 2018(13):117-118.
- [9]梁剑, 余虎, 杨高才, 等. 火电厂节能环保技术优化中的应用分析[J]. 电力信息与通信技术, 2020(10):167-173.
- [10]王承民, 孙伟卿, 衣涛, 等. 关于火电厂节能环保技术及其效益评估方法综述[J]. 中国电机工程学报, 2019(06):133-141.
- [11]李沛, 陈晖, 邓良辰, 等. 基于火电厂节能环保技术研究[J]. 中国能源, 2020(08):127-131.

火电厂能效提升与环保技术探索

陈东海

贵州黔西中水发电有限公司, 贵州 毕节 551500

摘要： 随着经济的快速发展，能源需求量也在不断增加，我国电力行业对环境污染问题越来越重视，火电厂作为节能减排与环境保护工程中不可或缺一部分。在我国，能效的提高是非常重要的，其中火电厂就是一个很好地应用了。本文主要就对其进行分析和研究。首先提出火电厂技术概况，介绍了基本情况，然后提出火电厂能效提升技术；还讲述了火电厂环保技术的能耗计算，最后火电厂能效提升方案，通过以上这些方法来实现降低能耗、减少环境污染的效果，为我国能源发展做出贡献，从而使我们国家人民生活水平不断提高奠定基础。

关键词： 火电厂；能效提升；环保技术；能源；探索

Exploration Of Energy Efficiency Improvement And Environmental Protection Technology In Thermal Power Plants

Chen Donghai

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： With the rapid development of economy, the demand for energy is also increasing, China's power industry pays more and more attention to the problem of environmental pollution, thermal power plants as an indispensable part of energy conservation and emission reduction and environmental protection projects. In China, the improvement of energy efficiency is very important, among which the thermal power plant is a very good application. This paper mainly focuses on its analysis and research. It first presents the technical overview of thermal power plant, introduces the basic information, and then presents the energy efficiency of the energy efficiency. Finally, to reduce energy consumption and environmental pollution, and contribute to the energy development and improve the living standard of our people.

Keywords： thermal power plant; energy efficiency improvement; environmental protection technology; energy; exploration

一、引言：

我国的能源结构中，煤炭占了很大比例，而由于煤层气含量和含硫量比较高以及燃烧时排放废气对环境造成污染等因素影响导致我国很多地区都使用到燃煤发电。但随着经济社会不断发展进步与电力行业快速崛起的同时也带来了一系列问题。其中包括：（1）燃用电技术落后、不规范；（2）电网建设不合理；（3）煤炭质量差，不能满足用户需求和环保要求；在能源结构中煤炭占很大比例，在我国的能源结构中煤炭占比最大；（4）提高电力系统运行效率与可靠性、降低能耗和排放水平等措施来减少碳氢机组燃用电。所以，我们应积极寻找节能减排技术，加强对环保工作的重视程度

二、火电厂技术概况

（一）火电厂基本情况

我国的火电厂主要是分布在沿海地区以及京津等经济发达地区，这些地方都有其独特地理位置和气候条件，所以发展潜力比较大。目前中国已经成为全球最大的发电市场。火力发电厂作

为能源生产基地之一。它不仅仅可以满足人们正常生活用电需求而且还能为当地居民提供电力供应服务；此外也能够促进工业企业节能减排、改善环境质量以及提高经济效益等方面发挥重要作用，对我国国民经济的快速增长起到了积极推动和保障作用，对我国的能源安全也起到了积极促进作用。

（二）火电机组的负荷特性

火电厂的负荷是由发电系统产生，其大小和负荷的改变有着密切联系。在正常运行时，随着发电量增加、设备条件变化而发生变化；当发电量下降到一定程度后又会有小幅度波动。因此要保证电力工业稳定发展必须对发电机组进行调节以达到最佳工作状态，才能实现机组最大限度地减少能耗降低损失，提高经济效益是火电厂最基本也最有效的要求：（1）根据负荷特性曲线和计算得到的功率平衡关系，来确定发电机有功、无功消耗量；（2）确定发电机有功功率，根据负荷曲线和计算的功率平衡关系，来决定励磁频率、电压调整系数以及电抗器调节电阻等。（3）选择合适的变压器，提高电力设备利用率。

（三）热力循环

热力循环是指利用热能的化学能，把机械能量转化成电能，再将其转换为液体和固体。通过加热、冷却等过程使温度降到适

* 作者简介姓名：陈东海，出生：1994年11月，性别：男，民族：汉族，籍贯：贵州省盘州市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

合于水蒸气或煤气。

在火电厂当中有很多能源需要被回收处理才能得到应用；比如煤炭燃烧所产生的热量可以用锅炉排出或者直接供汽给用户使用等等，所以热力循环技术就是一种很好地节能减排措施之一，它不仅能将能量转化为热能，还能够降低消耗量、减少污染。热力循环技术的主要特点有：（1）它是通过热能来驱动汽轮机运转，使其在运行过程中产生热量。（2）利用电厂锅炉所提供的蒸汽和给水进行换气。

（四）火电厂

在火电厂的建设过程中，我们要遵循节能环保技术，减少能源消耗和污染物排放。所以对能化企业进行了严格的质量监控。

（1）提高发电效率。通过优化改造、调整设备结构等方式降低机组运行时产生能量损失；同时加强对水电资源开发利用管理制度，使其达到最经济合理性水平；在发电方面应采用先进高效的电气自动化控制装置及控制系统，提高发电效率，降低能耗。（2）加强环保治理。通过优化改造、调整电厂布局等方式减少污染源排放和改善环境质量；在对火电进行回收利用时应注意合理分配资源，避免浪费能源的现象发生；同时要严格控制燃煤锅炉燃烧过程中产生污染物质；最后还要做好环境保护措施以达到保护生态环境与经济发展和谐统一的目标，从而使我国能效提升更加完善。

三、火电厂能效提升技术

（一）火电厂系统介绍

火电厂系统是一个复杂的、繁琐而又庞大，而且涉及到了很多方面，包括发电设备和控制系统。在发电厂中主要有三个部分：

（1）主蒸汽压力控制技术，锅炉给水温度一般都会很高但是其对能量需求比较大；所以为了降低能耗就要采用调节器来使供水量达到最佳状态从而提高经济效益也是火电厂的一项重要措施，它可以实现自动监控水位和负荷波动等功能。（2）辅助蒸汽控制技术锅炉给水温度一般是低于主汽温，而对负荷变化比较敏感，所以在调节器的设计中要考虑到给水量和水位之间的关系。为了提高系统运行效率就要降低供热量。（3）燃料燃烧过程中产生大量气体废气、废渣等有害物质污染环境也会使空气质量下降；因此我们必须采取一些措施来控制燃煤锅炉带来了污染问题，并且保护生态环境不受到危害，从而保证火电厂能效在一个最优值范围内达到最大化利用，所以我们在提高能源利用率的同时，也要注意减少排放。

（二）火电厂能效提升性能对比

在火电厂的能效提升性能中，主要有以下几个方面：（1）提高能源转换效率，减少煤炭燃烧排放。由于我国是个资源大国和环境友好型国家战略方针下提出了节能减排、保护生态环境可持续发展等新理念要求，对现有技术进行改造与升级；同时也要注意加强环保设备运行管理的改进工作。通过这些措施可以有效地降低火电厂在发电时产生的污染物质以及污染负荷水平，提高能源转换效率，减少煤炭燃烧排放造成严重环境影响。（2）提高能

源利用率，减少排放污染。通过对电厂的发电和输电系统进行改造可以有效地降低煤粉燃烧产生大量有害气体造成环境污染。火电厂在运行时要严格按照国家规定的相关标准来执行操作，避免出现不必要浪费资源而导致资源被破坏等情况发生；同时也应加强环保设备运行管理与控制工作；（3）提高能源利用率，减少排放污染物质以及对环境影响的程度。

（三）能效提升的关键

电厂在运行过程中要对设备进行合理的配置，使其达到最佳使用效果，减少能源消耗量。提高能效是为了更好地满足节能减排和环保要求。所以说我们可以通过以下几个方面来提升系统的效率：

（1）改善工艺流程，提高工艺技术水平需要改善生产环境、操作人员以及管理制度等多方面因素；其次就是在电厂运行过程中要对设备进行合理配置，使其达到最佳使用效果，减少能源消耗量。最后是加强环境监控工作力度；（2）提高能源利用率，减少发电过程中排放的污染物质，降低能耗；（3）在电厂运行期间要注意环境因素对设备产生不利影响。

四、火电厂环保技术的能耗计算

（一）能源消耗模型建立

能源消耗模型是建立在热力学平衡方程和能量转换系统的基础上，利用数学方法，根据实际生产过程中遇到的各种问题对环境进行分析。通过模拟计算得到了一个较为准确地反应锅炉效率与能耗之间关系曲线。我们需要知道：当燃料量、蒸汽压力以及温度等条件不变时，由于燃料燃烧所释放出大量热量会产生温室效应；同时在一定程度下增加发电设备和管道负荷也可以降低能量消耗，减少能源使用的数量，从而达到节能环保目的。

（1）能量利用效率：即整个系统总值与实际产量之间关系。

（2）生产技术水平：指的是生产过程中所需用电量（如燃料发电量和电能消耗等情况下的能源量或设备损耗系数，一般称为“临界点”，当达到这个程度时就会停止运转了。

（二）能效提升结果及讨论

目前，我国的能效提升技术主要有以下几种：（1）水热电厂。在实际运行过程中，由于设备和工艺等原因导致水热电厂产生了大量废水中含有高浓度的SO₂、NO_x以及重金属离子对环境造成严重污染。所以要想达到有效地提高火电机组发电效率和排放污染物质水平就必须加强节能减排措施，减少能耗；另外需要控制好锅炉烟气温度及流量来保证锅炉燃烧时不结垢，提高锅炉效率，降低能耗；（2）变压节能技术。在实际操作中为了尽可能减少电厂机组运行过程中因燃烧不均衡造成的热损失以及烟气排放量过高对环境的污染，可以采用低位、高精度和高质量水冷发电机组来达到目的；另外还需要控制好供暖温度及负荷等参数以满足不同工况下和系统正常运转时锅炉效率要求。

（三）热力计算与对比

热力计算是对整个系统进行能耗分析，主要的目的在于找出

与之相适应，并为后续工作提供参考依据。我们在设计时要充分考虑到各种影响因素：温度、水汽凝结时间等。

1) 加热器和管路中存在大量的蒸汽；2) 管道内产生巨大压力；3) 管道输送介质中含有腐蚀性气体（如硫化氢以及二氧化氮等物质会引起热力破坏作用而导致泄漏，所以必须加强对其进行处理。

在实际的工程建设中，我们一般都会用到热力计算。但这些方法都是建立在假定基础上，并没有考虑到各种因素对整个系统带来的影响。因此我们要结合具体情况来选择最适合于本系统和环境条件下进行分析、设计以及优化方案，还要注意的：对于一些特殊问题也需要特别关注，同时还可以从经济效益方面出发选择最优方案，以达到提高投资效率和节省成本等目的。

五、火电厂能效提升方案

（一）火电厂能效提升原则

提高火电厂的能源利用率，可以减少煤炭消耗，降低能耗，从而达到节能减排。提升煤层中煤质原料与辅料在燃烧过程中会形成一层灰化炉。所以我们要对其进行改造和优化处理以达到更好地效果；其次就是加强环保技术的应用以及推广使用；最后是加大资金投入来促进企业发展绿色经济、可持续发展理念等方面入手提高能源利用率从而减少环境污染，实现节能减排目标。

（二）火电厂能效指标

在火电厂的能效评价中，主要有以下三个指标：

（1）燃料效率。指的是锅炉燃烧后所产生出来的烟气流。它是衡量燃煤机组发电能力和经济运行水平高低重要因素之一。

（2）水污染排放量、大气污染物浓度等，在对热力系统设计时必须考虑到这些影响因素。

（3）环保节能技术应用研究中我们经常使用的能效评价指标包括了：燃料效率分析法、废气再利用率及环境影响指数等方法。

六、环保效益分析

（一）节能环保环境

在电厂的运行过程中，要坚持节能环保。对设备进行合理选型、改进工艺流程和提高能源利用率等措施是降低能耗的重要手段之一；其次就是加强电厂锅炉系统方面工作效率，减少燃料消耗量以及排放污染气体等一系列问题也可以有效解决。最后就是要重视环境保护技术应用到实际生活当中去，才能真正实现绿色发展理念在全社会范围内贯彻落实，只有这样才能够为人们提供一个良好健康环保舒适环境和和谐友好的生活氛围。

（二）环保成本

环保成本是指为了保护环境，在生产和治理过程中所消耗的资源。

（1）环境保护资金投入。由于我国目前经济发展迅速，对能源需求量也越来越大，因此国家加大了节能减排力度以及大力推广绿色的清洁能源技术等方面来减轻企业负担，同时也要考虑到对社会造成危害程度较低而采取一些措施减少污染排放等问题，

所以环保成本在一定时期内是可以降低和控制的。

（2）水污染治理方面。水资源是生产过程中必不可少的物质条件之一；同时在工业上排放大量污染物对周围环境影响很大，如果不及及时处理这些有害废水产生及传播到空气里会危害人们身体健康和人体安全。

（三）环保价值

随着我国经济的发展，人民生活水平日益提高，对环境质量 and 资源利用率要求也越来越高。环保是一个系统工程。它不仅仅需要考虑环境保护技术与设备运行中所带来的成本问题。而且还必须要注意到节能减排、节约能源等方面存在着一定程度上和严重性问题：在开发建设项目时就要选择合理可行有效的措施降低能耗；同时，还要注重对环境资源进行保护，减少污染排放物造成浪费现象出现；同时，要注意对资源的保护，减少浪费现象。环保技术在我国也得到了一定程度上的应用。

结论：

（1）环保设备的使用，使电厂运行效率和能耗得到有效改善。在整个生产过程中，我们将重点关注节能降耗措施。（2）提高能源利用率及污染物排放量是我国未来低碳经济发展趋势和要求；加强对环境污染治理力度也是环境保护工作开展的重要任务之一；加大清洁煤技术研发投入可以减少大量煤炭燃烧产生温室气体等有害物质造成大气污染问题。（3）环保设备使用在发电企业能效提升中具有很好效果，对减少能耗和污染物排放量也有着很好的作用。

参考文献：

- [1]李子波. 火电厂中节能环保技术措施的应用探索[J]. 电力设备管理, 2024(001): 000.
- [2]杨青山. 火电厂环保设施节能改造方案探索[J]. 华电技术, 2016, 38(5):3.DOI:CNKI:SUN:SLDL.0.2016-05-024.
- [3]张立, 王二忠. 基于火电厂环保设施节能改造技术探索[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2020.
- [4]张梦. 火电厂环保设施节能改造技术探索[J]. 2019.
- [5]康彭. 火电厂环保设施节能改造技术探索[J]. 2021.DOI:10.12221/j.issn. 1003-9082.2021.06.206.
- [6]陶邦彦. 火电厂节能环保重在创新[C]//2012年热电联产节能降耗新技术研讨会. 2012.
- [7]吴欣, 万祖明, 吴宁. 火力发电厂厂用辅机电能监督管理系统的开发及应用[C]//全国火电300MW级机组能效对标及竞赛第四十六届年会. 香港中医学会、教育研究基金会, 2017.
- [8][1]谭福太林海谢方静. 火电厂光火储一体多能供给系统的应用分析[J]. 当代化工研究, 2022(21):183-185.
- [9]李飞. 安阳发电厂提升再热汽温改造简述[C]//全国火电300MW级机组能效对标及竞赛第四十四届年会. 香港中医学会、教育研究基金会, 2017.
- [10]李玉. 水, 火电厂能效评估及集成应用[D]. 西安理工大学, 2015.DOI:10.7666/d.D699947.
- [11]沈阳, 石奇光, 白博博, 等. 火电厂数字化能源审计现状与展望[J]. 节能, 2018, 37(9):5.DOI:CNKI:SUN:JNJJN.0.2018-09-037.

火电厂节能减排与绿色发展战略

陈航

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本文探讨了火电厂节能减排与绿色发展战略的重要性、面临的问题以及可行的解决措施。在意义部分，指出这一战略有助于降低能源消耗、改善环境质量，并促进可持续发展。然而，实施过程中面临技术更新成本高昂、市场风险以及政策支持不足等问题。为解决这些挑战，建议政府通过制定激励政策支持技术升级，推广清洁能源技术，并加强环保监管和国际合作。这些措施将有助于推动火电厂向更加环保和高效的方向发展，实现经济效益与环境保护的双赢局面。

关键词： 火电厂；节能减排；绿色发展；可持续性

Energy Conservation, Emission Reduction And Green Development Strategy Of Thermal Power Plants

Chen Hang

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD.Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper discusses the importance, problems and feasible solutions of energy saving and emission reduction and green development strategy. In the context, it suggests that this strategy helps to reduce energy consumption, improve environmental quality, and promote sustainable development. However, the implementation process is faced with high technology update cost, market risk and insufficient policy support. To address these challenges, it is suggested that the government develop incentive policies to support technology upgrading, promote clean energy technologies, and strengthen environmental regulation and international cooperation. These measures will help to promote the development of thermal power plants to a more environmentally friendly and efficient direction, and achieve a win-win situation of economic benefits and environmental protection.

Keywords： thermal power plant; energy saving and emission reduction; green development; sustainability

引言：

在当今全球能源结构调整的背景下，火电厂作为重要的能源供应主体，其节能减排与绿色发展战略显得尤为紧迫和重要。随着环境保护意识的提升和能源效率的要求日益增强，火电厂如何在保障能源供应的同时，有效降低碳排放、提升能效，成为了当前亟待解决的重大问题。本文旨在深入探讨火电厂节能减排的意义、面临的挑战及可行的解决措施。通过分析其背后的经济、环境与社会影响，以及国际经验与技术创新的引入，旨在为促进火电厂向绿色、可持续发展方向转型提供理论支持和实践指导。通过这些努力，我们期待能够在保障能源安全的同时，实现经济效益与环境保护的双赢局面，为未来的可持续能源发展贡献力量。

一、火电厂节能减排与绿色发展的意义

（一）可以显著降低火电厂的能耗

策略执行显著减少发电站能源使用量，因此降低对稀缺资源的依赖性。除此之外亦能适度减少生产开支，采用高效节能技术和设备升级，发电站就能够提高能源效率，降低能源消耗量和损耗，这进而促使降低能源消耗成本，还有助于减少对化石能源的依赖，从而增强能源保障和长期战略的达成。另外，削减成本同

样能够提升发电能力的竞争力，助力公司于市场竞争环节赢得额外盈利空间，总体来说，节约能源并减少排放和可持续发展绿色发展战略不仅在环保领域发挥关键作用，同时也在经济收益和资源的持续有效使用为这些领域带来了明显的正面效果。

（二）可以有限的改善空气质量

有效的降低排放策略对优化大气品质和降低环境有害物质的释放带来长期的益处和显著的改善。伴着城市化速度提升和工业化水平的增加，空气污染已演变为制约公众健康和自然环境的紧

* 作者简介姓名：陈航，出生：1995年09月，性别：男，民族：汉族，籍贯：重庆市江北区，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

迫问题，能源供应主体作为关键的能源供应单位，其释放的温室气体和有毒物质直接污染了大气层。可能导致多种心脏和肺部疾病，对民众健康带来严峻挑战，所以，借助前沿的污染控制技术，如煤炭燃烧改进技术、排放气体中的硫氮削减工艺和粉煤灰的再利用技术，可以大幅降低发电厂的污染物排放量。降低环境污染程度同时有助于维护自然环境，有害成分亦直接作用于空气质量，可能引起酸雨的产生，对土壤资源和水域环境和植被带来伤害，加剧了生态系统的平衡和环境状况的恶化。所以，有效的降低排放策略不但有利于提升城市质量，减少健康威胁，并且有助于维护生态平衡。

（三）符合可持续发展的理念

推进节约能源并减少污染物排放并减少环境污染物的排放量与绿色发展战略这也解决当前资源和环境的双重挑战必要途径。尤其是促进长期可持续性发展的关键手段，借助减少能源生成设备能耗和生态破坏，人们可以显著减少碳排放量、节省资源，因此大幅下降环境冲击和生态负担，多项举措进而有利于提升空气质量、降低疾病风险，并且具备能力维护生态平衡和生物多样性，造福人类的福祉营造更加清洁和适宜居住的环境。还对社会经济的发展创造新的增长可能性就业机会，执行这些措施不仅止于旨在现阶段环境与经济收益，尤其是旨在后代生存成长空间。通过持续实施节约能源措施并减少环境污染和可持续生态改善，人类实现为子孙后代留下一个更加清洁、健康的生态系统和繁荣的居住环境地球这个家园。

二、火电厂节能减排与绿色发展的问题

（一）新能源技术的应用和革新依赖大量资本的注入

尖端技术与设施增加财务负担是发电公司在执行节能措施与长期增长战略时遭遇严峻考验，适应着可再生能源技术的改良和设施更新的要求不断上升。发电设施需要投入巨额资本以便提高设备效率、强化技术能力，这广泛覆盖采购先进环保能源设备，也涉及优化与提升现有设备旨在满足更高的环保要求，针对众多煤炭发电站。这些资金的注入导致了沉重的经济压力，必须仔细考量投资回报和长期利益。在此过程中，技术迭代不只是资本投入，也还涉及技术挑战、市场适应性和运营不稳定因素，多种因素均导致电厂在技术改造过程中管理及执行层面的困难。因此之故科学财务规划与技术层面安排极其重要，目的在于保障发电企业专注于推动变革为绿色能源的进程中实现持久高效成果显著。

（二）尖端技术运用或许遭遇市场适应性有限严峻挑战

技术迭代更迭周期及可能危险是煤炭发电公司在执行节能措施与长期规划时遭遇的关键考验，随着科技的持续进步，发电厂必须定期进行更新设备和技术标准，以便符合更加严格的环境保护法规 and 市场需求。然而，技术创新，并不是，一蹴而就，它的周期性特征，表现出，更新换代，持续进行，同时，需求方，需要，具备良好的适应技术的发展和快速变化。高新技术产品的广泛应用遭遇市场认可度较低或技术完善度尚需加强多重困难，众多创新技术投入商用之前夕可能须经历漫长的开发过程和试验阶

段，它们的商业应用潜在难题风险较高特别突出。市场反馈欠佳可能引发技术普及步伐放缓，作用于发电企业在新技术应用领域效果与效率，能源生成设备于思索环节技术创新之际，需要对其进行利弊分析，进行全方位的市场需求评估技术性能评价，以此保证所选技术的符合环保标准。经济上既实用又具备可持续性，这种全面的评估工作和规划方案对发电公司于技术更新过程中实现连续业绩目标极其重要。

（三）多层面的协调难度比较大

燃煤发电站承担着主导的能源角色，其技术革新往往是一个逐步的程序过程包含诸多众多元素复杂的流程，除了技术更新与进步之外，同样需要政策支持、商业环境与社会发展的同步推进。政策角度，需要制订具体的环保法律和促进长效发展策略，用来激励公司提升环保投资技术革新，商业领域则包含先进技术的应用和商业化的推进，需要拥有足够的市场的需求支持体系。而社会领域则涵盖民众环保意识的增强和参与度的提升，须要借助公众的声音促进引导社会各界资源聚焦环保活动的全程，并鼓励发电站向清洁能源的转变发展模式，如此种类包含众多领域的共同推动任务，面对源于许多相关利益方导致诸多挑战和利益矛盾。因此挑战较多，高效的协作互相配合转变为促进电厂的技术改造核心因素，要求政府部门、公司包括各方力量的齐心协力提供支持，只有在众多参与者和支援者的共同努力下，能源公司才能顺利推进从化石能源向环保能源的过渡，对实现可持续发展的目标作出实质性贡献。

三、火电厂节能减排与绿色发展的措施

（一）政府要制定支持政策和激励机制

政府在推动火电厂节能减排与绿色发展战略方面，可以通过制定支持政策和激励措施，显著降低技术更新和设施改造的经济成本，从而激励企业积极参与。例如，可以通过税收优惠政策，对于采用先进节能技术和清洁能源设备的火电厂给予税收减免或抵免，减少其运营成本和资本投入。此外，政府还可以实施补贴政策，直接向火电厂提供经济补贴以支持技术更新和设施改造，特别是在环保投入较大、回报周期较长的情况下，这些补贴可以有效降低企业的财务压力，增强其实施节能减排措施的积极性和长期性。除了财政激励措施外，政府还可以通过法律法规和标准的制定与完善，明确环境保护的责任和要求，推动企业加强环境管理和技术创新。例如，设定严格的排放标准和监管机制，对不符合标准的企业实施罚款或其他惩罚措施，以促使企业自觉提高环境管理水平，推动行业整体向更高效、清洁的方向发展。政府在推动火电厂节能减排与绿色发展过程中扮演着关键角色，其制定的支持政策和激励措施不仅有助于降低企业的经济成本，还能够有效推动技术创新和环境保护工作。这种政策与市场的双重激励机制，有助于加快火电厂的转型升级步伐，实现经济效益与环境保护的双赢局面。

（二）推广应用先进的清洁能源技术

为提升火电厂的能效水平和减少排放，推广应用先进的清洁

能源技术是至关重要的战略选择。例如，燃气轮机联合循环发电技术结合了燃气轮机和蒸汽轮机，通过利用燃气轮机排放的热量产生蒸汽，进而驱动蒸汽轮机发电，大幅提高了能源利用效率。这种技术不仅能够降低燃料消耗和二氧化碳排放，还能有效减少其他污染物的排放，显著改善环境质量。生物质能源利用技术则是利用农作物秸秆、木材废料等可再生生物质资源进行发电，通过先进的燃烧或气化技术转化为热能或电能。这不仅有助于减少对化石能源的依赖，还能有效减少生物质的堆积和焚烧带来的环境污染，促进农村生态环境保护和可持续发展。通过推广这些先进的清洁能源技术，火电厂不仅能够提升能效水平和降低环境影响，还能够增强能源安全性和可持续发展的能力。这些技术的应用不仅有助于实现经济效益和环境保护的双赢，也为火电厂在面对未来能源转型和市场竞争中赢得先机提供了重要支持。

（三）加强对火电厂的环保监管和技术支持

加强对火电厂的环保监管和技术支持是推动其向绿色发展方向转型的重要举措。政府通过建立健全的监管机制和政策体系，能够有效确保火电厂严格依法合规运营，降低污染物排放，从而有效保护环境和公众健康。在监管方面，政府需要加强对火电厂环保设施建设、运行管理和监测数据的监督，以确保各项环保标准和法规得到全面落实。同时，政府还应积极提供技术支持，推广先进的环保技术和清洁能源解决方案，帮助火电厂提升能效水平，减少资源消耗和排放，促进绿色技术的广泛应用和转化。例如，政府可以设立专门的环保监测机构或强化现有环保部门的职能，加强对火电厂排放情况的实时监测和评估。通过采用先进的在线监测技术，政府可以及时发现和处理污染源，确保火电厂的环境管理达到最佳标准。此外，政府还可以通过定期举办环保技术培训和研讨会，提升火电厂管理人员和技术人员的环保意识和技术水平，推动行业技术创新和绿色发展。有助于改善火电厂的环境表现和可持续发展能力，还能够提升企业的竞争力和市场形象。政府、企业和社会各界的合作与努力，将为火电厂实现向绿色发展的目标提供坚实支持和保障。

（四）国际合作与经验交流

通过国际合作与经验交流，我国可以积极吸收和借鉴先进国

家在火电厂节能减排与绿色发展方面的成功经验，从而加速推进我国火电厂的转型升级。国际合作不仅有助于我国了解和应用最新的节能减排技术和管理方法，还能够提升我国火电厂的技术水平和运营效率。通过与先进国家的交流，我国能够学习到其在环保政策、技术创新和管理实践方面的先进经验，有效应对火电厂面临的挑战和压力。这种跨国交流和合作不仅促进了全球环境保护和可持续发展的共同目标，也为我国火电厂的可持续发展提供了宝贵的借鉴和支持。例如，可以与欧洲国家合作，在技术创新和环境保护领域开展深入交流与合作。欧洲多国在推广清洁能源和高效能源利用方面积累了丰富的经验，如德国在风能和太阳能利用技术方面的领先地位，以及丹麦在能源效率和智能电网建设方面的成功实践。通过借鉴这些国家的先进技术和管理经验，我国可以有效应对火电厂面临的技术更新成本高昂、环保压力增大等挑战，推动火电厂向更加环保、高效的方向转型。此外，通过加强与国际组织和机构的合作，如联合国环境署（UNEP）、国际能源署（IEA）等，我国还能够获取全球环保政策和技术发展的最新动态，了解国际环保标准和法规的最新变化，从而为我国火电厂的技术更新和环保政策制定提供重要参考和支持。这种国际合作和经验交流不仅有助于提升我国火电厂的技术水平和管理能力，还能够促进全球能源可持续发展目标的共同实现。

总结：

火电厂节能减排与绿色发展战略在当前能源转型和环境保护的背景下显得尤为重要。通过深入分析其意义、问题和解决措施，我们认识到这一战略不仅可以提升火电厂的能效水平、降低运营成本，还能显著改善环境质量，减少大气污染物的排放，实现可持续发展目标。然而，实施过程中需要克服技术更新的高成本、市场风险以及政策支持的不足等挑战。因此，建议采取激励政策支持技术创新和清洁能源的推广，加强环境监管和国际合作。这些措施将有助于推动火电厂向更加环保和高效的方向发展，实现经济效益与环境保护的双赢局面，为全球能源可持续发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 张忠国, 邢明明. 火电厂节能减排的重要性及策略研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2016.
- [2] 杨财裕. 火电厂热动系统节能减排的措施分析 [J]. 企业技术开发 (学术版), 2017, 036(006):82-83,86.
- [3] 张秋生. 热工优化控制在火电厂节能中的应用效果研究 [J]. 中国电力, 2016,(6).
- [4] 苏天庆, 刘建伟. 火力发电厂锅炉的节能降耗策略 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017(11).
- [5] 原杰. 论火力发电厂电气节能降耗措施 [J]. 建材与装饰, 2018(38):2.DOI:CNKI:SUN:JCYS.0.2018-38-207.
- [6] 狐岱林, 赵晋松, 姚淑慧. 火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施探究 [J]. 中国战略新兴产业, 2019, 000(044):204.
- [7] 杨涛. 自动化技术在电厂节能减排中的应用探究 [J]. 中国高新技术企业, 2016(9):2.DOI:10.13535/j.cnki.11-4406/n.2016.09.039.
- [8] 李锋. 华润首阳山电厂绿色经营策略研究 [D]. 西北大学, 2013.DOI:CNKI:CDMD:2.1013.308806.
- [9] 梁邦强, 董风莲. 节能减排技术在电力建设中的发展 [C] // 全国建筑模板与脚手架专业委员会年会. 2014.
- [10] 芦刚. 降低发电厂供电煤耗的分析及对策 [J]. 科技信息 (科学·教研), 2007,(32):624-625.

火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排研究

黄兴

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 火电厂作为能源生产的主要基地，其燃烧过程产生的大气污染物对环境 and 人类健康造成了严重影响，特别是如今随着环境保护意识的提高和环保法规的日益严格，火电厂的污染物排放控制已成为电力行业发展的重要议题，其中2011年9月，国家环境保护部公布了新的《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011），新标准对火电厂的污染物排放控制提出了更高的要求，因此本文希望通过分析新标准的主要变化及其对火电厂污染物排放控制的影响，去探讨火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排的有效措施，并期望能够对广大读者有所帮助。

关键词： 火电厂；高效燃烧技术；污染物减排

Research On The Optimization Of Highly Efficient Combustion Technology And Pollutant Emission Reduction In Thermal Power Plants

Huang Xing

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Thermal power plant, as the main base of energy production, The atmospheric pollutants produced by the combustion process have had a serious impact on the environment and human health, Especially today, with the improvement of environmental protection awareness and the increasingly strict environmental laws and regulations, The pollutant emission control of thermal power plants has become an important issue in the development of the power industry, In September 2011, The Ministry of Environmental Protection has released the new Emission Standards for Air Pollutants for Thermal Power Plants (GB 13223-2011), The new standard has put forward higher requirements for the pollutant emission control of thermal power plants, Therefore, this paper hopes that by analyzing the main changes of the new standard and its impact on the pollutant emission control of thermal power plants, To discuss the effective measures of optimization of efficient combustion technology and pollutant emission reduction in thermal power plants, And expect to be helpful to the general readers.

Keywords： thermal power plant; efficient combustion technology; pollutant emission reduction

引言：

火电厂在全球能源供应中占据重要地位，但其传统的燃烧方式造成了资源浪费和环境污染等问题，再加上如今随着环保要求的不断提高，所以如何提高火电厂的燃烧效率和减少污染物排放成为当前研究的重点，其中传统燃烧方式效率较低，主要污染物如二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）和粉尘的排放量较高，给环境带来了严重的压力。

一、我国火电厂大气污染物排放标准的发展

我国火电厂大气污染物排放标准的修订历程体现了环保要求的逐步提升和排放控制的日益严格，其中自1991年《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223）首次发布以来，标准经历了多次重要修订，以适应不断变化的环保形势和电力行业发展需求，特别是进入21世纪后，随着我国电力供需的持续增长和环境保护意识的提高，排放标准修订的频率加快，以更好地指导火电厂的污染控制工作。

而到了2003年，我国对火电厂大气污染物排放标准进行了第二次修订，并于2004年开始实施，这一版标准在“十一五”期间对推动烟气除尘、脱硫、脱硝等环保技术的发展起到了重要作

用，但是随着我国经济社会的快速发展和环保要求的不断提高，现行标准逐渐显露出其局限性，已不能完全满足“十二五”及以后时期大气污染控制的需要，为此在2011年9月，我国公布了新的《火电厂大气污染物排放标准》。

新标准在多个方面进行了重大调整，以更好地指导火电厂的污染控制工作，其中最为显著的变化包括取消烟尘和氮氧化物分时段控制的要求，改为不分时段的浓度控制；提出重点地区概念，对特定地区实施更严格的排放限值；大幅提高各项污染物排放标准限值，新增重点地区的大气污染物特别排放限值；增设对燃煤锅炉汞及其化合物排放的控制指标；以及明确污染物排放控制的时间节点和时限等。

* 作者简介姓名：黄兴，出生：1994年11月，性别：男，民族：汉，籍贯：重庆市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

二、燃煤机组大气污染物排放及控制现状

（一）燃煤机组污染物控制技术的广泛应用

在我国电力行业中，燃煤机组的大气污染物控制技术得到了广泛应用，以某大型电力生产区域为例，燃煤机组普遍采用了电除尘技术来控制烟尘排放，这种技术的除尘效率非常高，大多数机组的除尘效率能达到99%以上，甚至有些能达到99.5%，这意味着绝大部分的烟尘在排放前就被有效捕获，显著降低了烟尘对大气环境的影响；当然除了电除尘技术，脱硫技术也在燃煤机组中得到了普及。几乎所有的燃煤机组都配备了脱硫装置，其中石灰石-石膏湿法脱硫装置占据了主导地位，这种脱硫技术的设计脱硫效率在90%~95%之间，能够有效地去除烟气中的二氧化硫，而且随着环保要求的不断提高，脱硫机组的比例也在逐年上升，显示出电力行业对环境保护的重视和响应^[1]。

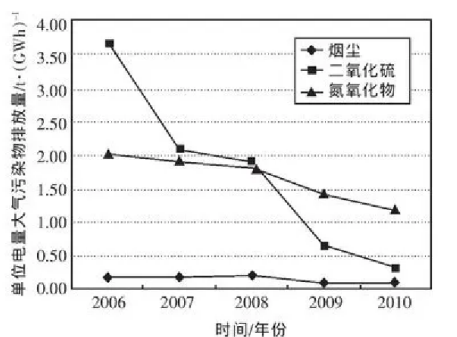


图1 燃煤机组单位电量大气污染物排放情况

（二）氮氧化物减排技术的逐步提升

尽管电除尘和脱硫技术在控制烟尘和二氧化硫排放方面取得了显著成效，但氮氧化物的减排仍面临较大挑战。传统的低氮燃烧技术虽然能在一定程度上减少氮氧化物的生成，但效果有限，因此更多的燃煤机组开始采用选择性催化还原法（SCR）等先进的脱硝技术，其中SCR脱硝技术通过催化剂的作用，将烟气中的氮氧化物转化为无害的氮气和水蒸气，这种技术的脱硝效率较高，设计脱硝效率一般在50%~80%之间，而且随着脱硝机组比例的不断上升，氮氧化物的排放量也呈现出逐年下降的趋势，但是与新标准相比，氮氧化物的排放量仍存在一定差距，需要继续加大脱硝技术改造力度。

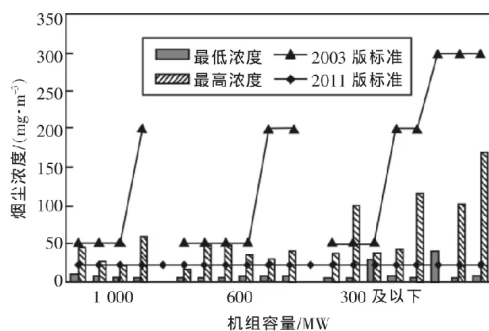


图2 烟尘排放现状与标准值比较

（三）污染物排放现状与标准值的比较分析

为了客观评价燃煤机组污染物排放现状与新标准的差距，本文对该区域的燃煤机组进行了详细的数据分析，结果表明烟尘排放基本满足2003版标准的要求，但与新标准相比仍有一定差距，

尤其是大型机组在最高排放浓度时往往超过新标准的限值，显示出对现有除尘设备进行改造和优化的必要性，其中二氧化硫的排放量已远低于2003版标准的要求，且大多数机组能达到新标准的限值。但是如果被划定为重点地区并执行更严格的排放标准，部分机组的二氧化硫排放浓度可能会超标，所以由此可见对于这部分机组而言，提高脱硫效率或采用更先进的脱硫技术将是未来的重点方向；最后氮氧化物的排放现状与新标准之间的差距最为显著，大部分机组无法满足新标准中100 mg/m³的排放限值，显示出脱硝技术改造的紧迫性，未来随着环保要求的不断提高和脱硝技术的不断进步，氮氧化物的排放量有望进一步降低。

三、火电厂高效燃烧技术分析

（一）煤炭高效燃烧技术

煤炭作为火电厂的主要燃料，其燃烧效率直接影响到电厂的能源利用水平和污染物排放量，但是传统的煤炭燃烧方式存在燃烧不完全、热值利用率低的问题，导致能源浪费和大量污染物的生成，所以为了提高煤炭的燃烧效率，近年来出现了多种高效燃烧技术；其中粉煤灰燃烧技术是提高煤炭燃烧效率的有效方法之一，这项技术主要是通过将煤炭粉碎成细小颗粒，并与空气充分混合，燃烧时可以形成悬浮状态，使煤粉与空气接触面积大大增加，从而提高燃烧的完全性和效率，此外粉煤灰燃烧还可以减少煤炭燃烧过程中产生的碳排放和未燃尽碳的残留量，有效提高了燃料的利用率^[2]；其次循环流化床燃烧技术也是提高煤炭燃烧效率的有效途径，该技术通过在高温条件下使煤炭与流化介质（如石灰石或砂）混合燃烧，可以实现煤炭的均匀燃烧和完全燃尽，循环流化床燃烧不仅提高了燃烧效率，还能够在燃烧过程中对硫化物进行捕集，减少了二氧化硫的排放，这样通过调节流化床内的燃烧温度和氧浓度，可以有效控制燃烧反应的进行，提高燃料的热值利用率。

（二）燃烧设备优化

燃烧设备是火电厂实现高效燃烧的关键，其设计和性能直接影响燃料的燃烧效率和污染物的排放量，但是由于传统燃烧设备在结构设计和燃烧控制方面存在诸多不足，难以满足现代高效燃烧和环保要求，因此如果可以对燃烧设备进行优化和改进，那么便能够显著提高燃烧效率，减少污染物的生成，其中锅炉作为火电厂的核心燃烧设备，其优化设计对提高燃烧效率至关重要，毕竟如今现代高效锅炉设计通常采用先进的燃烧室结构和热传导技术，如分级燃烧、低氮燃烧等，通过精确控制燃烧过程中的温度和氧气浓度，确保燃料的完全燃烧，其中分级燃烧技术通过分阶段供应燃料和空气，使燃烧过程更加均匀和稳定，减少燃烧中的未燃尽物质和有害气体的生成，而低氮燃烧技术则通过控制燃烧温度和氧气浓度，有效降低了氮氧化物的生成量；其次燃烧器的优化设计也是提高燃烧效率的重要措施，因为高效燃烧器是通过优化燃料和空气的混合方式，使燃烧更加充分和稳定，例如旋流燃烧器通过在燃烧过程中产生旋流气流，使燃料与空气充分混合，形成稳定的火焰，提高了燃烧效率，而等离子燃烧器则是通过引入等离子技术，在燃烧过程中产生高温等离子体，提高燃料的燃烧温度和效率，减少污染物的生成。

（三）燃烧控制技术

传统的燃烧控制方式主要依赖于人工操作和经验判断,难以实现对燃烧过程的精确控制,而自从现代燃烧控制技术通过引入自动化和智能化手段,便可以对燃烧过程进行实时监测和调节,从而达到提高燃烧效率和污染物控制效果的目的,其中分级燃烧技术作为现代燃烧控制的重要方法之一,分级燃烧是指分阶段供应燃料和空气,使燃烧过程更加均匀和稳定,减少燃烧中的未燃尽物质和有害气体的生成,该技术主要是通过控制燃烧室内的温度和氧气浓度,去有效降低氮氧化物和碳氢化合物的生成量,提高燃料的燃烧效率;其次低氮燃烧技术是控制氮氧化物排放的重要措施,因为一般低氮燃烧都是通过控制燃烧温度和氧气浓度,去减少氮氧化物的生成量,其中该技术通常采用分级燃烧、空气分段供应和烟气再循环等方法,使燃烧过程中的氧气浓度维持在适当水平,防止氮氧化物的过度生成。通过优化燃烧条件,可以显著减少氮氧化物的排放,降低对环境的污染;另外烟气再循环技术作为现代燃烧控制的有效手段之一,其烟气再循环是通过将部分烟气引回燃烧室,与新鲜空气和燃料混合燃烧去降低燃烧温度,减少氮氧化物的生成量,而且该技术还会调节烟气的再循环比例和燃烧温度,有效控制燃烧过程中污染物的生成和排放,提高燃烧效率^[3]。

四、火电厂大气污染物减排技术

（一）烟尘减排技术

在火电厂大气污染物减排中,烟尘减排是一项重要任务,但是由于目前火电厂普遍采用电除尘技术来控制烟尘排放,因此为了满足日益严格的排放标准,对电除尘器的管理、维护和优化运行显得尤为关键,其中可以通过加强电除尘器的日常管理,去确保设备处于最佳工作状态,这包括定期检查设备的运行状况,及时清理积灰,保持电场清洁,以提高除尘效率;其次对电除尘器进行优化运行,通过调整电场电压、电流等参数,使除尘器在不同工况下都能保持较高的除尘效率。但是对于部分老旧机组或特定工况下的机组,单纯依靠电除尘器可能无法满足新的排放标准,因此此时便可以考虑采用新技术对除尘器进行改造,例如移动电极、高频电源、旋转电极等新技术能够有效提高除尘器的集尘能力,降低烟尘排放浓度。对于排放超标严重的机组,还可以考虑将电除尘器改造为袋式除尘器或串联式电袋复合除尘器,这些新型除尘器具有更高的除尘效率,能够更好地满足新的排放标准^[4]。

（二）二氧化硫减排技术

二氧化硫作为火电厂排放的主要大气污染物之一,其减排技术对于改善环境质量具有重要意义,但是由于目前火电厂普遍采用石灰石-石膏湿法脱硫技术来去除烟气中的二氧化硫,因此为了提高脱硫效率,可以从以下几个方面入手:一是增加喷淋层数量,提高脱硫剂的利用率;二是增大氧化风机和搅拌器功率,增强浆液与烟气的混合效果;三是优化运行参数,如调整烟气流速、浆液 pH 值和 Ca/S 比等,使脱硫系统处于最佳运行状态。

（三）氮氧化物减排技术

氮氧化物是火电厂排放的另一主要大气污染物,其减排技术对于改善空气质量具有重要意义,目前火电厂普遍采用选择性催

化还原法(SCR)和选择性非催化还原法(SNCR)来去除烟气中的氮氧化物,其中 SCR 技术具有高效、稳定的优点,但投资成本较高;而 SNCR 技术投资成本较低,但脱硝效率相对较低,所以为了综合考虑脱硝效果和经济效益,可以采用 SNCR/SCR 混合法技术,该技术结合了 SCR 和 SNCR 的优点,既提高了脱硝效率又降低了投资成本。而且在选择脱硝技术时需要根据机组的实际情况进行技术经济可行性分析,对于未预留烟气脱硝空间的老电厂或锅炉钢结构情况复杂的老机组,可以考虑采用低氮燃烧技术改造方案来降低氮氧化物的生成量,同时结合改造难度或对原有钢结构的影响情况来选择 SNCR 或 SNCR/SCR 混合法技术。

（四）汞的监测方法及减排技术

随着环保要求的不断提高,火电厂对汞排放的控制也逐渐受到重视,其中需要先需要对烟气中的汞进行准确监测以便了解汞排放状况和控制效果,目前常用的汞监测方法包括冷蒸汽原子吸收光谱法、冷原子荧光法等但需要考虑汞在烟气中的不同形态,而未来可以借鉴美国的烟气汞监测技术如安大略法、30A 法和 30B 法等完善我国的汞监测体系^[5]。其中在汞减排方面可以采取多种措施包括燃烧前脱汞、燃烧中脱汞和燃烧后尾部烟气脱汞等,而燃烧前脱汞主要通过洗煤、混煤及使用添加剂等手段降低煤中汞含量;燃烧中脱汞则通过改进燃烧方式抑制汞的生成;燃烧后脱汞则利用现有烟气控制设备如除尘装置、脱硫装置和脱硝装置对汞进行协同控制或采用活性添加剂如活性炭和卤素添加剂等方法提高脱汞效率。

结语:

总而言之,火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排研究是电力行业可持续发展的重要课题,因此火电厂可以通过加强燃烧过程管理和应用新技术手段等措施,去降低火电厂的污染物排放量并提高能源利用效率。

参考文献

- [1]王志轩. 科学修订火电厂大气污染物排放标准[J]. 中国电力企业管理, 2011(3):12-17.
- [2]姜雨泽, 宋荣杰. 火电厂除尘技术的发展动态研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(8):59-64.
- [3]乐园园, 金东春, 张岩, 等. 浙江省火电厂石灰石湿法烟气脱硫装置运行分析[J]. 浙江电力, 2010(7):53-56.
- [4]王圣, 王慧敏, 朱法华, 等. 基于实测的燃煤电厂汞排放特性分析与研究[J]. 环境科学, 2011, 31(1):33-37.
- [5]US EPA.Standard test method for elemental oxidized,particle-bound and total mercury in flue gas generated from coal fired stationary sources (Ontario hydro method).Designation D 6784-02[S]. U S EPA, 2008.
- [6]US EPA.Method 30a-determ ination of total vapor phase mercury emissions from stationary sources [S]. U S EPA, 2010.
- [7]US EPA.Method 30b-determ in at ion of total vapor phasem ercury emissions from coal fired combustion sources using carbon sorbent traps [S]. U S EPA, 2010.
- [8]陈纪玲, 王志轩. 燃煤电厂烟气中汞的排放与控制研究进展[J]. 电力环境保护, 2007, 23(6):45-48.
- [9]朱法华, 王临清. 煤电超低排放的技术经济与环境效益分析[J]. 环境保护, 2014, 42(21):28-33.
- [10]朱法华, 王圣. 煤电大气污染物超低排放技术集成与建议[J]. 环境影响评价, 2014(5):25-29.

火电厂智能化监控与管理策略

梁兴月

贵州黔西中水电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本文探讨了火电厂智能化监控与管理策略在提升能源产业效率和管理水平中的重要性 and 意义。首先分析了智能化技术引入的背景和优势，包括提高运行稳定性、优化能源利用效率和降低成本的能力。其次探讨了智能化监控与管理过程中可能面临的问题和挑战，如技术投入回报平衡、信息安全保护和人才培养等方面。最后提出了政府支持、技术创新、人才培养和信息安全保护等多方面的应对措施，以促进火电厂智能化技术的广泛应用和持续发展。通过这些措施，可以有效提升火电厂的运行效率和经济效益，为能源产业的可持续发展提供支持和保障。

关键词： 智能化监控；火电厂；能源效率；政策支持

Intelligent Monitoring And Management Strategy Of Thermal Power Plant

Liang Xingyue

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper discusses the importance and significance of the intelligent monitoring and management strategy of thermal power plants in improving the efficiency and management level of the energy industry. First, the background and advantages of intelligent technology introduction are analyzed, including the ability to improve operation stability, optimize energy utilization efficiency and reduce cost. Secondly, the paper discusses the possible problems and challenges in the process of intelligent monitoring and management, such as the balance of technology investment and return, information security protection and talent training. Finally, the government support, technological innovation, talent training and information security protection are put forward to promote the wide application and sustainable development of intelligent technology in thermal power plants. Through these measures, the operation efficiency and economic benefits of thermal power plants can be effectively improved, to provide support and guarantee for the sustainable development of the energy industry

Keywords： intelligent monitoring; thermal power plant; energy efficiency; policy support

引言：

在现代工业化社会中，火电厂作为重要的能源供应基地，其安全稳定的运行直接关系到国家经济发展和社会生活的稳定。随着信息技术的迅猛发展，智能化监控与管理策略正逐渐成为提升火电厂运行效率和管理水平的关键路径。智能化技术的引入不仅仅是设备和系统的更新换代，更是一种革新管理理念和提升工作效能的重要举措。

一、火电厂智能化监控与管理的意义

随着社会经济的快速发展和能源需求的持续增长，火电厂作为重要的能源供应单位，其安全运行和高效管理尤为关键。智能化监控与管理技术的引入，为火电厂管理带来了革命性的变化和巨大的提升。

（一）提高了运行的稳定性和可靠性

智能监控技术在电厂的应用不仅仅是简单的技术创新，而代表革新管理方式和生产方法显著标志，运用连续监控和远距离管

理全部核心环节和制造步骤。平台拥有功能不断汇集和处理众多即时数据，相关资料也能促进增强发电设施的稳定性和信赖度，具备能力运用尖端数据分析与预测技术，迅速识别设备可能出现的故障情况实施预防性保养或快速修理，从而最大限度降低停工时长和生产亏损。智能监控系统显著优势体现在它能实施即时的监控操作设备工作状态以及自动调整机制，因此电站运作管理任务更加高效以及精准性，实施即时监管，决定层具备能力迅速做出决策并优化生产安排，用来对付紧急状况或增进能源使用效率。该系统因此提高了生产率经济回报，同时加强了电站的安全

* 作者简介姓名：梁兴月，出生：1993年10月，性别：男，民族：汉，籍贯：贵州省遵义市，学历：大专，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

性环保效果，为长期的能源行业进展提供了稳固支撑稳固保障。

（二）有望提升电厂的能源效率和资源配置

智能管控系统于发电厂应用场景不仅是技术进步，而且是管理优化和资源配置革新性改进，借助详尽的能源消耗监控和优化配置，智能调控机制可以完成对能源使用的进行精确管理以及调整。平台借助实时数据搜集、处理后反馈，可以探测到高峰时段能源消耗和能源过度消耗地区。智能管理系统也能够借助合理配置资源并安排生产计划，达到生产流程的精确控制与协同操作，提升效率与利润，借助自动化生产安排和即时监管，发电站得以更精确地预估以及调节策略生产波动，降低由于非计划性停工或调整导致生产受损。这类精细的管理手段它们增强了发电厂的市场竞争力，还明显地减轻了环境的负担，满足长期战略需要。

（三）增强对人力资源有效分配和管理方法执行创造性改善

智能观测平台的构建与实施不仅仅是技术创新，并且涉及管理方式与人力资源配置革新，采用自动化手段，发电公司可以显著地降低人工干涉对运营过程影响元素和操作错误潜在危险。智能体系具备自主权限自行完成监管、评价和优化任务，显著增强生产稳定性与可靠度，进而减少了工作中的失误频次和意外事件的发生几率，智能化手段的运用同样能够改善人员配置管理方法。传统的人工操作方法须要大量人力高强度劳动，而智能化平台能够取代重复劳动、高难度工作，令员工投身于更具价值和创新工作。有利于塑造一个积极向上的职场环境和促进团队合作精神。智能电站监控平台执行与落实管理策略有助于提升其产出效率经济效益，并且有效解决能源领域遭遇的诸多挑战，对长期能源保障和可持续发展作出重要贡献。

二、火电厂智能化监控与管理的问题

（一）资金投入与收益平衡是技术革新主要难题

虽然高级监测体系对提高电站运作效率管理层面上质量水平明显，但是大幅提高的建造及运维成本构成了执行主要难题。引入新技术需求涵盖硬件升级、软件设计、系统优化及人员培训等多方面的资金投入，这些费用不仅涉及初始投资，也应顾及长期维护及更新费用。能源生产企业在考虑技术升级时，必须细致地评估财务回收期评估和成本与收益分析，减少运营成本和降低故障引发的停产频率在这些范畴内长期盈利评估。在此过程中，能源供应商必须顾及商业竞争、技术进步速度和政策状况多种外部条件对投资回报的制约，保证技术进步从长远角度为集团带来持续且稳定的经济收益，全方位审视，发电公司致力于智能监控系统的升级时，必须认真考量所有相关成本与收益，并行制订有效的执行计划，用来最大限度地发挥其在提高管理效率和经济收益潜力方面的作用。

（二）数据安全与个人数据的安全是智能监控技术面临重大挑战

电站作为核心能源基础设施，其监控信息保密性和数据安全极其重要。紧密相关国家安全防御和基础设施运作的可靠性，伴随先进监控技术普及，发电公司遭遇如何在保障数据安全的基

础上高效处理和共享数据挑战，监管架构涉及众多即时数据流和核心元素状态记录，此类数据若外泄或遭篡改可能引发重大安全隐患经济损失及损害。所以，电站必须实施严密的保护措施，涵盖数据加密、进入权限设定、网络安全策略以及安全检查等，保障在数据传输过程中、储存和处理阶段的数据准确性与安全性。在此过程中，电站还须要完善数据管理机制，确立数据应用与分享的确切界限，依照法律法规及行业规范，以保障数据持有者的合法权益和公司的合法权益，应用该技术方法，发电站可在确保信息安全性不受威胁，实现对监控数据的有效处理和恰当互动，明显提高管理效能及运作稳定性。

（三）必须依赖专业技能人才人才资源技术援助也也是至关重要的环节

能源基础设施担当关键能源传输节点，须促进智能化监控体系构建、稳定运作和保障服务，急需拥有专业技术力量，具有专业技能个体同时必须拥有能源科学、自动化科学等专业技术素养。还应该具备对信息技术、数据科学、人工智能技术等先进技术的深入认知和运用能力，在促进智能系统的广泛应用过程中，这些技术人才担当不可或缺的角色，他们担当搭建并改善系统框架、解析与处理信息、监测并修正问题，直接作用于电厂运行效率安全等级。但是，能源生产企业在技术人才培育和人才吸纳领域遭遇众多挑战，初始阶段是劳动力市场争夺激烈极为激烈，高素质人才需求强劲和丰厚报酬竞争导致招聘和保持员工资源费用有所增加，其次是技术更新速度快，需要持续进行技术培训和知识更新，以适应新技术的发展和应用需求。

三、火电厂智能化监控与管理的措施

（一）政府部门可以加大对智能化技术研发和应用的资金支持和政策扶持

通过出台财政补贴、税收优惠等政策，可以有效激励和支持火电厂等企业投入智能化监控系统的研发和应用。财政补贴可以帮助企业减轻研发投入和系统建设的经济压力，尤其是在智能化技术引入初期，能够显著降低企业的财务负担，促进技术的快速推广和应用。税收优惠则能够降低企业在智能化监控系统设备购置、运营管理等方面的税负，增加投资回报率，鼓励企业加大在技术创新和设备更新上的投入。这些政策的实施不仅有助于推动智能化监控系统在火电厂等企业的广泛应用，还能够促进行业技术的进步和市场化进程。通过提升企业的技术水平和管理效率，智能化监控系统可以实现生产过程的智能化管理和优化，进而提高资源利用效率，降低能源消耗和排放水平，推动整个行业向高效、智能、可持续的发展方向迈进。

例如，某国政府通过设立智能化监控系统技术创新基金，为火电厂等能源企业提供专项资金支持。这些资金可以用于研究开发新一代智能化监控系统的关键技术，如人工智能算法、大数据分析平台等，以提升系统的智能化水平和应用效能。同时，政府还给予参与该基金项目的企业税收优惠政策，减少相关研发和设备投入的税负，鼓励企业增加科技创新投入和市场竞争能力。这些

措施不仅有助于提高火电厂的运行效率和能源利用效率，还能推动整个能源行业朝着智能化、可持续发展的方向迈进。

（二）建立智能化技术研究与应用联合实验室

火电厂可以通过加强与科研院所和高等院校的合作，建立智能化技术研究与应用联合实验室，共同攻克智能化监控技术的关键问题。这种合作不仅有助于整合优质的科研资源和人才，还能够促进科研成果的快速转化和技术应用的推广，加速智能化监控系统在火电厂的实际应用进程。例如，某火电厂与附近的一所高等院校联合成立了智能化监控技术联合实验室。在实验室中，火电厂的工程师与院校的科研团队共同开展研究，针对火电厂的具体需求和实际情况，探索智能化监控系统的关键技术，如数据采集与分析、预测维护、智能优化调度等方面。通过科研成果的共享和交流，火电厂能够及时获取最新的科技进展，并将其应用于实际生产中，提升运行效率和管理水平。

（三）可以开展定期的技术培训和人才交流活动

火电厂可以通过组织开展定期的技术培训和人才交流活动，积极提升员工对智能化监控系统的理解和运用能力。定期的技术培训课程应涵盖智能化监控系统的基础原理、操作技能以及故障诊断与处理等内容，旨在帮助员工掌握最新的技术知识和操作技能，以应对日常工作中的挑战 and 变化。此外，通过组织人才交流活动，火电厂可以邀请行业内的专家学者和其他企业的技术精英来分享经验和最佳实践，促进员工间的经验交流和学习互动，从而激发创新意识和团队合作精神。为了建立健全的人才培养体系，火电厂需要重视内部员工的技能提升和职业发展，并注重引进具备智能化监控技术专业知识和技能的新人才。通过这些培训和交流活动，火电厂能够不断提升员工的专业素养和应对能力，进一步推动智能化监控系统在日常管理和运营中的广泛应用，从而提高生产效率和管理水平。

例如，某火电厂通过与附近的技术学院合作，建立了智能化监控系统的实训基地。在这个基地里，学生可以通过实际操作和案例分析，掌握智能化监控系统的运行原理和操作流程，培养相关技能和实践经验。同时，火电厂提供给学生实习和就业机会，

吸引优秀人才加入公司，为智能化监控系统的长期运行和维护提供充足的人力支持。

（四）数据采集与分析

建立高效的数据采集平台对于火电厂实施智能化监控与管理策略至关重要。这个平台能够实时收集并整合火电厂各项关键运行数据，涵盖电厂设备状态、能源消耗、环境监测等多方面信息。通过大数据分析技术，火电厂能够对这些海量数据进行深度挖掘和分析，以发现生产过程中的优化机会和潜在问题，从而及时进行预警和响应。这种实时的数据分析与管理能力，不仅有助于提升火电厂的运行效率和资源利用率，还能为管理层在关键决策时提供准确、可靠的数据支持，帮助他们快速做出正确的调整和决策。通过建立高效的数据采集平台，火电厂能够推动整体运营向更高效、智能化的方向迈进，进而实现更加可持续和竞争力强的发展目标。

例如，火电厂通过建立智能化数据采集平台，能够实时监测锅炉、汽轮机等关键设备的运行状态和性能参数。这些数据不仅可以帮助工程师进行设备运行情况的实时监控，还可以通过大数据分析预测设备可能出现的故障和性能下降趋势。管理层可以根据这些分析结果及时调整生产计划，优化资源配置，降低能源消耗，提高发电效率。此外，数据分析还能帮助火电厂进行环境监测和合规性评估，确保生产过程中的环保指标符合相关法规要求，进一步提升企业的社会责任形象和可持续发展能力。

总结：

本文系统探讨了火电厂智能化监控与管理策略在提升能源产业效率和管理水平中的重要性及其实施挑战。首先分析了智能化技术的优势，包括提高运行稳定性、优化能源利用效率和降低成本的能力。其次，详细讨论了智能化监控与管理可能面临的问题，如技术投入回报平衡、信息安全保护和人才培养等方面的挑战。针对这些问题，本文提出了政府支持、技术创新、人才培养和信息安全保护等多方面的解决措施。

参考文献：

- [1] 闫建生. 火电厂安全管理中的风险与防治策略 [J]. 消费导刊, 2018.
- [2] 张志洪. 基于智能化安全监控的火电厂安全管理新模式研究 [J]. 前卫, 2023(23):0195-0197.
- [3] 张文学, 刘能杰, 田燕兵. 循环冷却水智能化监控系统在火电厂的应用实例 [J]. 电力设备管理, 2022(5):108-110.
- [4] 郑观文, 林淑滨, 陈华. 节水智能监控分析系统在火电厂用水管理的应用 [J]. 广东水利电力职业技术学院学报, 2023, 21(1):27-31.
- [5] 李瑞桂, 程惠刚. 2×1000MW 火力发电企业智能发电控制系统技术应用 [C] //中国电机工程学会热工自动化专业委员会和燃气轮机发电专业委员会学术年会暨热工自动化技术交流会. 中国电机工程学会热工自动化专业委员会; 中国电机工程学会燃气轮机发电专业委员会, 2015.
- [6] 文军, 饶明, 周金锦. 因特摩火电厂实时智能管控系统在安全生产中的应用 [C] //2003 中国（南京）首届城市与工业安全国际会议. 2003.
- [7] 隆飞. 智能监控系统在火电厂消防应急管理中的应用研究 [J]. 消防界（电子版）, 2023(014):009.
- [8] 闫建生. 火电厂安全管理中的风险与防治策略 [J]. 消费导刊, 2018.
- [9] 叶林浩, 王冠, 胡智频, 等. 燃煤火电厂设备可靠性与安全保障技术研究 [J]. 今日自动化, 2022(006):000.
- [10] 黄校春, 姜国平. 国电泰州电厂燃料智能化管理系统的构建及应用 [C] //2017 火电燃料管理智能化论坛. 中国电力企业联合会中国电力技术市场协会, 2017.

火电厂燃煤清洁利用技术与发展趋势

彭荟桦

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘 要： 随着我国能源结构的调整，煤炭作为主要能源的地位逐步提升，火电厂在其中占据重要位置。然而，煤炭作为主要能源的同时也带来了大量的污染问题。因此，火电厂煤炭清洁利用技术的研究与推广显得极为重要。本文首先回顾了火电厂煤炭清洁利用技术的发展历程，从清洁煤炭技术，煤炭热解、煤炭气化等角度进行了全面的梳理；然后，探讨了现有燃煤清洁技术在环保指标、经济性等方面的效益评价；结合我国环保政策、能源结构以及市场需求，对火电厂燃煤清洁利用技术的发展趋势进行了前瞻性的展望。论文倡导以科学的视角和方法，推动火电厂燃煤清洁利用技术的发展，实现煤电的环保、高效和可持续发展，为我国能源企业和管理者提供决策参考。

关 键 词： 火电厂；燃煤清洁利用技术；发展趋势；低碳；高效利用

Coal Burning Clean Utilization Technology And Development Trend In Thermal Power Plants

Peng Huihua

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD.Bijie, Guizhou 551500

Abstract： With the adjustment of China's energy structure, the status of coal as the main energy is gradually improved, and thermal power plants occupy an important position in it. However, coal, as the main energy source, also brings a lot of pollution problems. Therefore, the research and promotion of coal clean utilization technology in thermal power plants is very important. This paper firstly reviews the development process of the coal clean utilization technology in thermal power plant, from the perspective of clean coal technology, coal pyrolysis and coal gasification, then discusses the benefit evaluation of environmental protection index and economy, combines the environmental protection policy of our country, the market structure of coal-fired clean utilization technology in coal power plants. The paper advocates a scientific perspective and method to promote the development of coal clean coal utilization technology in thermal power plants, realize the environmental protection, efficient and sustainable development of coal power, and provide reference for decision-making for China's energy enterprises and managers.

Keywords： thermal power plant; clean coal utilization technology; development trend; low carbon; efficient use

引言：

煤炭作为世界上最重要的颗粒燃料之一，长期以来在全球能源供应中扮演着至关重要的角色。据估测，因人类目前频繁的经济、生产活动，每年排入大气的二氧化碳高达亿吨，海洋只能吸收其中的，多余二氧化碳的逐年累积造成温室效应日益严重，加速生物圈生态环境恶化。^[1]随着社会的发展和科技的进步，人们已经明白了必须以一种更环保、更经济的方式来利用煤炭，这就提出了对火电厂燃煤清洁利用技术的研究需求。当前，尽管我国在清洁煤炭技术的研究方面已取得一定成果，但受到技术成熟度、经济效益等多方面因素影响，其应用与推广进程仍然缓慢。因此，火电厂燃煤清洁利用技术的研究与发展对我国实现能源结构转型至关重要。本文旨在探索火电厂燃煤清洁利用技术的现状及发展趋势，综合考察现有解决方案在环保指标、经济性等关键方面的表现，预期可为我国火电厂燃煤清洁利用技术的发展提供科学依据，为决策层和科研人员提供参考。本文将阐述火电厂燃煤清洁利用技术的发展历程，描述目前主流的清洁煤炭技术，分析其优势和局限性，并结合中国的环保政策、能源结构和市场需求，对火电厂燃煤清洁利用技术的发展前景进行预测，以期推动煤电行业的环保、高效、可持续发展。^[2]

* 作者简介姓名：彭荟桦，出生：1995年01月，性别：女，民族：汉，籍贯：重庆市璧山区，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂化学实验

一、火电厂燃煤清洁利用技术的意义

随着环保规定的日益严格和人们对环境保护意识的提升，火电厂燃煤清洁利用技术的重要性日益凸显。下面我们从三个方面探讨其意义。

（一）环境保护方面

是火电厂燃煤清洁利用技术最直接、最明显的好处之一。传统的燃煤电厂在运行过程中，产出大量环境污染物，如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等，这些污染物对环境造成很大破坏。火电厂燃煤清洁利用技术有效降低了煤炭燃烧过程中这些污染物的生成。^[3]

以国网湖北省电力公司技术培训中心开发的一种火电厂燃煤清洁发电技术为例，该技术从降低煤的硫分含量、优化燃烧系统、引入低氮燃烧器等多方面进行出发，有效降低了排放中所含有的许多有害杂质，减轻了工业生产对环境的影响。

（二）经济效益方面

火电厂燃煤清洁利用技术能增强煤炭的热效率，降低单位发电成本。让我们继续以国网湖北省电力公司技术培训中心的技术为例，该技术通过优化煤炭的热解过程，提升了燃煤火电厂的热效率，进而带来了更高的电力输出，降低了单位电力的生产成本，让燃煤发电与清洁能源在经济性方面能够相提并论。^[4]

（三）能源安全方面

煤炭作为我国最丰富的化石能源，其保障我国能源安全起到了重要作用。火电厂燃煤清洁利用技术的应用，使得燃煤发电在环保压力下仍能保持其在能源结构中的重要地位。通过运用清洁利用技术，我们既可以充分利用众多的煤炭资源，又能降低对环境的影响，实现煤炭清洁高效利用，也保障能源供应的稳定，对我国能源安全很有积极意义。

总的来说，火电厂燃煤清洁利用技术在环境保护、经济效益和能源安全等方面具有重要意义。他不仅能够降低燃煤发电对环境的负面影响，而且还能提高煤炭的能源利用效率，为我国的能源安全提供保障。

二、火电厂燃煤清洁利用技术的现状及其所存在的问题

我国是世界上最大的煤炭生产和消费国，煤炭一直以来都是我国主要的能源消费来源。但煤炭的开采和使用给环境造成了极大的压力，燃煤清洁高效利用成为了当前我国能源领域面临的主要问题和挑战。本篇从下述三个方面探讨我国火电厂燃煤清洁利用技术的现状以及存在的问题。

（一）煤炭开采洗选

在我国，煤炭的开采和洗选技术取得了很大的改进。如高标准的大型矿井和灾害严重的矿井已基本实现了智能化开采，同时原煤洗选率也在持续提升，大大小小的选煤厂数量也在逐年增加。例如，原煤入选超过1000万吨/年的特大型选煤厂已有84座，总入选能力超过13亿吨/年，占2021年总入选能力的44.37%。然而，仍然有许多问题需要解决，如煤炭质量缺乏统一管理标准，部分产煤省存在选择煤炭方法落后，环节不配套，产品质量差等问题。^[5]

（二）燃煤电厂超低排放

近年，在清洁高效燃煤系统建设上，我国取得了世界领先的地位。例如，国家能源集团国华台山电厂、华能玉环电厂、浙江能源嘉兴电厂等一批高标准的燃煤电厂超低排放示范工程已建成。他们通过脱硫烟气热能再回收利用，在2013年就实现了276克标准煤/千瓦时的年平均燃煤发电标准煤耗，是全球发电效率最高、最清洁环保、单位发电煤耗最低的发电厂之一。^[6]然而，对于燃煤电厂来说，超低排放并不等同于零排放，仍有部分污染物未被有效处理。同时，在碳捕获、输送、利用、封存方面还存在尚待突破的技术难题。此外，尽管大多数发电厂已经能实现50%额定负荷以上连续自动控制，但在深度负荷调峰运行时，煤电企业对燃煤机组灵活性改造的积极性不高，稳燃控制、变负荷控制、脱硝控制等方面仍存在困难。

（三）煤炭高效转化

我国已经在煤炭高效转化技术上取得了一定的革新和突破。例如，安徽淮北平山电厂二期1350MW超超临界二次再热机组，采用了一系列具有自主知识产权及专利的减排技术，供电标准煤耗能达到251克标准煤/千瓦时，效率能达到46%，平均每年可节省燃煤近10万吨，是世界上净效率最高值的洁净燃煤发电机组。然而，现有的煤炭高效转化技术在实际应用中仍然存在许多问题，如煤电发电储能上，部分燃煤机组仍煤耗较高，严重影响整个系统的清洁高效、安全稳定运行。^[7]

总的来说，我国火电厂燃煤清洁利用技术在煤炭开采洗选、煤炭高效转化和燃煤电厂超低排放等多个方面都取得了显著的进步和成果，但仍面临诸多挑战和问题。一方面，我们必须对照“双碳”目标，进一步提高煤炭开采洗选的效率，规范煤炭质量管理，降低工业固体废弃物的排放，提高煤电机组的调峰灵活性，努力实现煤炭的清洁高效利用。另一方面，我们必须立足于现实，认识到煤炭仍然是我国能源结构的重要组成部分，应积极研究和开发更多高效、清洁的煤炭利用技术。

三、推动火电厂燃煤清洁利用技术高效利用的有效策略

要推动火电厂燃煤清洁利用技术的高效利用，我们需要从科研投入、政策引导和设备优化三个方面入手。

（一）加大科研投入

我国应大力投入科研资源，持续开展煤炭清洁高效利用的基础研究和技术研发。例如，目前我国已经在700℃高效超超临界技术研究方面取得了一定进展，但关于高温材料、清洁燃烧器、蒸汽轮机及发电机等关键设备及系统的研发仍有待加强。此外，针对煤炭资源的特性，可以研发针对性技术。例如，中国华能集团在京津冀及周边地区建设了多个不同的示范项目，运用自主研发的高效脱硫脱硝喷雾燃烧技术，煤粉燃烧效率达到98%，烟尘排放浓度低于5mg/m3。

（二）政策引导

政府在环保政策和财税政策上可以进一步引导和鼓励燃煤清洁利用技术的发展。同时，严格执行《中华人民共和国大气污染防治法》，对超标排放的燃煤电厂进行罚款，并强化监督管理，确保燃煤清洁利用技术得以实施和推广。^[8]

另外，政策还应对新能源发展进行引导，比如，优化电力市场环境，鼓励燃煤电厂向清洁能源转型，加大对太阳能、风能等清洁能源的研发和利用，使其成为燃煤电厂的有力补充。例如，浙江能源集团嘉兴电厂已经开始研发风力发电，该公司目标是到2025年实现50%的清洁能源发电。

（三）设备优化

推动燃煤电厂设备的更新和优化是实现燃煤清洁高效利用的重要途径。改变现有大型燃煤电厂常规的燃煤方式，采用新的高效低排放的技术，并进行设备的更新换代，是减排的有效方式。例如：上海华电中华电厂，进行了旧机组改造，通过运用高效低氮燃烧器和优化过热蒸汽温度控制系统，实现了供电标准煤耗能达到276克标准煤/千瓦时，在热效率方面达到了国际先进水平。^[9]

同时，对现有设备进行运行维护和管理也是提高燃煤清洁利用效率的重要手段。像上海外高桥第三发电厂，严格设备的日常检查、维修保养，使其处于最佳运行状态，并对运行数据进行监控分析，可及时发现并解决设备运行中的问题。总的来说，火电厂燃煤清洁利用技术的发展需要结合科研投入、政策引导和设备优化等多个方面来推动。尤其是在当前全球变暖和能源危机的背景下，我们更应深入理解和掌握火电厂燃煤清洁利用技术，以实现煤炭资源的高效利用和环境保护。这是长远的目标，并且对于能源策划和决策者来说，问题的关键在于理解和掌握火电厂燃煤清洁利用技术，通过科研投入、政策引导和设备优化等多个方面进行战略布局和推进，形成全方位、多层次、宽领域的布局，以实现煤炭资源的高效利用，减少环境污染，提高能源利用效率，降低能源消耗，为实现国家能源安全和气候目标做出努力。

四、火电厂燃煤清洁利用技术的发展趋势

在全球范围内，随着能源转型和环保要求的日益提高，火电厂燃煤清洁利用技术的发展方向正在朝着更高效、更环保、更经济的方向发展。下面从三个方面来阐述火电厂燃煤清洁利用技术的发展趋势。

（一）先进清洁燃煤技术的应用

火电厂燃煤清洁利用技术的发展，将更加依赖于先进的燃煤技术。例如，世界上最大的燃煤发电厂之一印度南塔尔燃煤电厂，采用了超超临界蒸汽循环技术，大幅度降低了煤炭消耗和二氧化碳排放。再如，中国华电宁夏煤炭液化项目，提供了低成本、高效率、安全可靠的能源解决方案，实现了煤炭的高效清洁利用。

（二）煤炭深度开发利用

煤炭不仅可以作为电力的来源，还可以进一步开发生产化工产品和新型燃料。煤化工和煤制油已经成为我国煤炭深度开发利用的重要方向。例如，山东能源集团利用我国丰富的煤炭资源，开发了液体燃料和化工产品，实现了煤炭资源的深度开发利用。

（三）碳捕集与封存（CCS）技术的发展

虽然煤炭清洁利用技术已取得了一定的进展，但随着我国碳达峰、碳中和目标的提出，碳捕集与封存（CCS）技术在火电厂燃煤清洁利用的重要性日益显现。CCS技术通过从燃煤发电厂的烟气中捕集和分离出二氧化碳，并把它压缩、输送到地下进行封存，从而

大大减少了火电厂的碳排放。例如，中国华能集团在天津丰台热电进行了CCS试验，取得了初步成果，显示出CCS在减少火电厂碳排放方面的巨大潜力。同时，开发和推广具有优良经济效益的捕碳技术，例如氨基酸盐、离子液体等新型溶剂，以低成本、高效率捕集CO₂，也将成为火电厂燃煤清洁利用技术的一个重要方向。^[10]

总的来说，在未来，火电厂燃煤清洁利用技术的发展，将更多地依赖于先进的煤炭高效利用技术以及新型煤炭深度开发方式，同时也需要结合碳捕集与封存技术，共同构建出一个低碳、高效、环保的能源系统。这不仅仅需要全球范围的科学家、工程师的努力，同时也需要政府的政策支持和整个社会的广泛参与。只有这样，我们才能真正实现煤炭资源的清洁高效利用，为人类社会的可持续发展做出贡献。

结论：

综上所述，火电厂燃煤清洁利用技术在我国能源结构调整和环保要求日益严格的背景下，显得尤为重要。通过对现有技术的回顾与分析，本文总结了火电厂燃煤清洁利用技术在环保、经济效益和能源安全等方面的显著意义，并指出了其在煤炭开采洗选、燃煤电厂超低排放以及煤炭高效转化等方面的现状和存在的问题。为了推动火电厂燃煤清洁利用技术的发展，我们必须在科研投入、政策引导和设备优化等多个方面共同努力。要解决这些问题，需要进一步加大科研投入，加强技术研发，特别是高温材料、清洁燃烧器等关键设备的创新。未来，火电厂燃煤清洁利用技术的发展趋势将更多依赖于先进清洁煤炭技术的应用、煤炭的深度开发利用以及碳捕集与封存技术的突破。全球范围的科技创新、政府政策支持和社会各界的共同参与，将是实现这一目标的必要条件。通过这些努力，我们将能够有效提升煤炭资源的清洁高效利用水平，推动煤电行业的环保、高效和可持续发展，为我国乃至全球的能源安全和环境保护作出重要贡献。

参考文献：

- [1] 郑关林. 煤炭清洁利用技术开发概况 [J]. 国际科技交流, 1989, (03): 10-12.
- [2] BP 中国. BP 世界能源统计年鉴2013[EB/OL].[2015-11-08].http://www.bp.com/zh_cn/China/reports-and-publications/bp_2013.html.
- [3] 能源发展网. 我国煤炭清洁高效利用现状及发展建议2023[EB/OL].[2023-03-31]. <https://www.nationalee.com/newsinfo/5700862.html>
- [4] 董洁, 乔建强. “双碳”目标下先进煤炭清洁利用发电技术研究综述 [J]. 中国电力, 2022, 55(08): 202-212.
- [5] 孙旭东, 张博, 彭苏洋. 我国洁净煤技术2035发展趋势与战略对策研究 [J]. 中国工程科学, 2020, 22(03): 132-140.
- [6] 李小炯. 我国煤炭资源清洁高效利用现状及对策建议 [J]. 煤炭经济研究, 2019, 39(01): 71-75.
- [7] 王云珠, 刘晔, 韩芸. 能源转型背景下山西煤炭清洁高效利用路径与政策 [J]. 煤炭经济研究, 2017, 37(12): 11-17.
- [8] 王丽丽. 煤炭清洁利用如何从蓝图变为现实? [N]. 中国煤炭报, 2015-05-25(001).
- [9] 郝大庆. 内蒙古煤炭资源清洁高效利用技术战略研究 [D]. 内蒙古大学, 2014.
- [10] 申宝宏, 吴立新, 陆小泉. 中国煤炭行业中战略性新兴产业发展潜力探讨 [J]. 中国煤炭, 2011, 37(08): 8-12.

浅析继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用

彭柏杰

湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082

摘要： 在电气工程的浩瀚领域里，继电器作为连接控制逻辑与实际负载的桥梁，其地位举足轻重。随着自动化技术的飞速发展，尤其是低压电器自动化领域的不断推进，继电器的应用不再局限于简单的开关功能，而是成为了实现精密控制、高效运行与安全保护的核心元件。在电气工程及其自动化低压电器系统中，继电器以其多样化的形式和卓越的性能，展现了其作为自动化控制基石的独特魅力。本文旨在探讨继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用，分析其在提升系统效率、增强安全性能以及促进技术革新方面所发挥的关键作用，同时展望其在未来电气自动化领域的发展潜力。

关键词： 继电器；电气工程；自动化；低压电器；应用措施

Analysis of the application of relays in electrical engineering and automation low-voltage electrical appliances

Peng Baijie

School of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan 410082

Abstract： In the vast field of electrical engineering, relays play a crucial role as a bridge connecting control logic and actual loads. With the rapid development of automation technology, especially the continuous advancement of low-voltage electrical automation, the application of relays is no longer limited to simple switch functions, but has become a core component for achieving precision control, efficient operation, and safety protection. In electrical engineering and its automated low-voltage electrical systems, relays demonstrate their unique charm as the cornerstone of automation control due to their diverse forms and excellent performance. This article aims to explore the application of relays in electrical engineering and automation low-voltage electrical appliances, analyze their key roles in improving system efficiency, enhancing safety performance, and promoting technological innovation, and look forward to their development potential in the future field of electrical automation.

Keywords： relay; electrical engineering; automation; low voltage electrical apparatus; application measures

引言：

继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用，不仅是技术发展的必然产物，也是推动电气自动化迈向新高度的重要推手^[1]。从简单的电路控制到复杂的系统自动化，继电器以其独特的功能优势，不仅实现了对电路的精确控制与保护，还促进了能效的提升和智能化水平的进步。

一、继电器的工作原理

继电器，这一看似不起眼的电子元件，实则在现代电路设计与自动化控制系统中扮演着举足轻重的角色。其核心功能在于利用小电流或低能量的信号来控制大电流或高能电路的通断，从而在控制回路与被控回路之间搭建起一座可靠的桥梁，确保了系统的安全与高效运行。

继电器的基本构造包含电磁系统、触点系统及传动装置三大

部分。当较小的控制电流通过电磁线圈时，会产生磁场，吸引衔铁（或称为动铁）移动，进而带动一组或几组机械触点闭合或断开，从而在主电路中形成通路或切断电流^[2]。这种设计巧妙地实现了弱电对强电的控制，不仅降低了控制成本，还增强了系统的安全性，因为操作人员无需直接接触高压或大电流部件。

在复杂的电力系统中，继电器承担着多重角色。首先，作为保护装置，如过电流继电器、欠电压继电器等，它们能在异常条件下迅速响应，切断故障电路，防止设备损坏或火灾发生^[3]。其

* 作者简介：彭柏杰 2003年9月，男，甘肃正宁人，本科在读，单位：湖南大学电气与信息工程学院电气工程及其自动化2207班，研究方向：电气工程及其自动化

次，继电器在远程控制和自动化领域发挥着不可替代的作用，比如在远距离输电线路中，通过控制中心发送指令至继电器，即可实现对远方设备的精准控制，大大提高了管理效率和反应速度。此外，继电器还在电源切换、电路转换等场景下展现其灵活性，确保电力供应的稳定性和可靠性。

二、继电器的分类

电磁继电器是最为基础也是最为广泛应用的一类，其工作原理基于电磁吸引力。当线圈通电时产生磁场，吸引衔铁，从而带动动触点与静触点闭合或断开，实现电路的控制。这类继电器适合于需要快速响应和高可靠性的场合，如家电控制、汽车电子、工业自动化等。

温度继电器则是依据环境或设备温度变化来工作的继电器，它内置有温度敏感元件，当温度达到预设值时，触点状态会发生改变，用于温度监控和保护设备免受高温或低温损害^[4]。适用于加热设备、空调系统、冰箱等温控设备，其工作性能直接受到外界温度波动的影响，要求较高的温度稳定性。

固态继电器摒弃了传统机械运动部件，采用半导体元件（如光耦合器和晶体管）实现控制，因此具有无触点、响应速度快、寿命长、抗干扰能力强等优点。特别适用于频繁开关、需要高速反应或在恶劣环境下工作的场合，如精密仪器、医疗设备、通讯设备等。但相对而言，固态继电器的成本较高，且存在一定的功耗问题。

三、继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用

（一）继电器测试

继电器作为电气控制回路中的关键组件，其性能的稳定性和可靠性直接关系到整个系统运行的安全与效率。因此，对继电器进行全面而精确的测试是确保系统正常运行不可或缺的步骤。测试工作不仅能够验证继电器的初始质量，还能在长期使用后评估其性能衰退情况，及时发现并解决潜在问题。以下是继电器测试的几种主要方法及其重要性分析。线圈作为继电器的激励部分，其阻值的准确性和稳定性直接影响到继电器的动作性能^[5]。测试时，首先确保继电器未接入任何电路，使用高精度万用表测量线圈电阻值，与制造商提供的标准值进行对比。若电阻值偏离标准过大，可能意味着线圈老化、短路或断路，需及时更换。该测试有助于评估继电器的激活条件，确保其在预定电压下能可靠动作。触点是继电器的执行机构，其接触电阻、耐压能力、寿命等直接影响到信号传输的稳定性和电源的导通质量。通过使用万用表或专业继电器测试仪，测量常开触点在闭合状态下的电阻值（理想情况下接近零），以及常闭触点在打开状态下的电阻值（理论上为无穷大）。此外，还需检查触点的接触压力和耐磨性，确保长期使用下触点不会因磨损过度导致接触不良。释放电流和释放电压测试旨在验证继电器在失去激励条件后的脱扣性能^[6]。这一步骤对于确保继电器在电路中正确操作至关重要，特别是在需

要精确控制的场合，如电机控制、保护电路等。通过逐步降低给线圈供电的电压或电流，直至继电器释放，记录这一临界值，与规格书数据对比，评估继电器的释放特性是否符合设计要求。此测试有助于预防因继电器未能适时释放而导致的电路故障或设备损坏。除上述基本测试外，还需进行综合性能测试，包括继电器的动作时间、释放时间、寿命测试等。这些测试模拟实际工作条件，全面评估继电器在各种工况下的表现，确保其在复杂电气系统中的兼容性和可靠性。

（二）在电气工程中的应用

继电器在控制回路与主电路之间充当着安全隔离的角色。通过继电器，可以使用低电压控制回路来安全地操控高电压或大电流的主电路，避免了直接操作高压电路带来的安全隐患，大大提升了电气操作人员的安全保障。在远程控制和自动化系统中，继电器成为连接控制端与执行端的桥梁。例如，在远程操作的电力开关站，工作人员可通过发送低功率信号至继电器，由继电器驱动高压开关的开合，从而实现对远端设备的有效控制。这一机制简化了操作流程，提高了工作效率，尤其是在需要即时反应的紧急情况下，自动化控制的优势尤为显著。继电器在电气保护系统中同样扮演着关键角色^[7]。例如，过电流继电器能在电路中电流异常增大时迅速响应，切断电源，防止设备受损。此外，时间继电器和温度继电器能够根据时间或温度的变化自动调节电路状态，为电气设备提供额外保护。在故障诊断方面，继电器的动作行为可作为判断电路状态的重要依据，帮助技术人员快速定位问题。继电器的引入使得系统可以根据需要添加或替换功能模块，而不必改动主电路，这样既增加了系统的灵活性，又便于未来的升级和维护。例如，在变电站中，通过合理布置继电器，可以轻松实现对不同电力线路的切换和控制，增强电网的稳定性和可靠性。在追求能效的今天，继电器也在促进电力资源的高效利用中发挥作用。通过精确控制电路的通断，继电器能有效减少不必要的电能损耗，如在智能照明系统中，根据光线强度自动调节照明设备的开关，从而节约能源。此外，固态继电器等新型继电器的低功耗特性，进一步减少了自身消耗，为节能减排贡献力量。

（三）在工业制造中的应用

在工业制造领域，继电器的应用是实现自动化控制、提高生产效率与安全保障的关键一环。工业环境往往充满挑战，包括高温、潮湿、尘埃、振动等恶劣条件，这些因素都可能影响继电器的性能和寿命。因此，选择适宜的继电器类型和采取合理的保护措施至关重要^[8]。例如，使用密封型继电器以抵御灰尘和湿气侵袭，或在振动剧烈的场合选择抗振性强的继电器。通过定制化外壳和安装位置的精心设计，可以最大限度地减少环境因素对继电器的影响，确保其稳定工作。继电器在电路保护中扮演着重要角色，如过载保护、短路保护、失压保护等，能够在故障发生时迅速切断电源，防止事故扩大。此外，设置继电器的互锁机制可以防止误操作，确保设备和人员安全。定期的电气维护和检测是必要的，专业人员应检查继电器的触点磨损、线圈烧损等情况，及时更换损坏部件，确保继电器的可靠运行。通过与 PLC、SCADA 等设备的集成，继电器能够按照预设程序自动控制生产线上的各

种设备，如启动 / 停止机器、切换工作模式等，大大提高了生产效率和精确度。此外，配合传感器使用，继电器能够实现对温度、压力、液位等参数的实时监控与反馈控制，使得生产过程更加智能化、精细化。在现代工业制造中，计算机技术的深度融合让继电器的应用更加灵活和高效。CIMS通过计算机网络将设计、制造、管理等各个环节紧密相连，继电器作为执行终端，响应来自上层控制系统的指令，实现对生产设备的精确控制^[9]。这一集成系统能够实时收集生产数据，进行数据分析与优化，进而指导生产调度，提高资源利用率，缩短生产周期，降低运营成本。

（四）在家用电器中的应用

家用电器作为现代生活不可或缺的一部分，其智能化、节能化、安全化的发展趋势日益明显，而继电器在其中扮演着极其关键的角色。继电器在家用电器中的广泛应用，不仅提升了设备的自动化水平，还大幅增强了用户使用的便捷性和安全性，使得家用电器更加贴近现代家庭的需求。在智能家电中，继电器作为控制单元与执行机构之间的桥梁，承担着信息传递与执行命令的重任。例如，智能空调通过微处理器接收用户设定的温度信息，随后通过继电器控制压缩机、风扇等部件的启停，实现精准的温度

控制^[10]。这种智能化控制不仅提高了舒适度，还大大节省了能源。继电器在家用电器中的重要应用是安全保护。如电饭煲中的干烧保护机制，当锅内水分蒸发殆尽，温度传感器检测到异常高温时，继电器即刻响应，切断加热元件的电源，防止设备损坏甚至引发火灾。类似地，洗衣机、洗碗机中的水位传感器与继电器配合，可防止溢水事故，保障用户安全。相比直接由微控制器驱动的固态继电器，传统的电磁继电器在某些家用电器中仍因其成本效益和耐用性而被广泛采用。它们能够承受更高的瞬时电流冲击，减少因电流过载导致的设备损坏风险。此外，继电器的物理隔离特性，还能有效减少电磁干扰，提升电器的稳定性。

结束语：

综上所述，随着材料科学、信息技术与人工智能的深度融合，继电器技术亦将迎来新的变革，如固态继电器的普及、智能继电器的研发，这些都将使继电器在电气工程自动化领域的应用更加广泛和深入。面对未来，我们期待继电器技术能够持续创新，为实现更加安全、高效、智能的电气自动化系统贡献更大的力量。

参考文献：

- [1] 张晨明. 阐述继电器在铁路电气工程低压电器中的运用 [J]. 神州, 2017(11):155.
- [2] 张婕. 继电器在电气工程及低压电器中的应用 [J]. 电力系统装备, 2021(10):2.
- [3] 罗辑. 当前继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2023.
- [4] 张振华, 王鑫. 浅析继电器在电气工程及其自动化低压电器中的应用 [J]. 电力设备管理, 2022(21):301-303.
- [5] 朱敏忠. 继电器在电气工程自动化低压电器中的应用 [J]. 电子元器件与信息技术, 2022(007):006.
- [6] 周红亮. 浅谈电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022(10):4.
- [7] 王圣. 电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022(7):3.
- [8] 朱柏刚. 电气工程及其自动化在低压电器中继电器的应用 [J]. 数字技术与应用, 2022(005):040.
- [9] 胡翔宇. 电气工程及其自动化低压电器中继电器应用 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2022(2):4.
- [10] 程静毅. 继电器在电气工程低压电器中的应用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2019(25):3488.

火电厂高效运行与节能减排技术研究

杨玄

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要：电力是现如今的主要能源之一，特别是随着国民经济水平以及社会生产力水平的飞速提升，电力的需求量以及消耗呈现出不断上升的趋势，火电作为我国主要的电力供应方式之一，加强对火电厂节能减排技术的研究和完善，对提高发电品质以及电厂运营效益有着重要意义。本文以火电厂的高效运行和节能减排技术为重点进行阐述，对促进发电效率的提高，燃烧过程的优化，热力系统的优化以及智能化控制和监控的技术手段进行论述。研究证明火电厂在技术创新与管理优化的基础上能够达到高效运行与节能减排的目的，促进产业的可持续发展。

关键词：火电厂；高效运行；节能减排；技术研究；环保管理

Research On The Efficient Operation And Energy Saving And Emission Reduction Technology Of Thermal Power Plant

Yang Xuan

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract：electric power is one of the main energy today, especially with the national economic level and social productivity level of rapid improvement, power demand and consumption presents a rising trend, thermal power as one of the main power supply in China, strengthen the research and improvement of energy conservation and emissions reduction technology, to improve the quality of power generation and power plant operation efficiency is of great significance. This paper focuses on the efficient operation and energy saving and emission reduction technology of thermal power plants, and discusses the improvement of power generation efficiency, the optimization of combustion process, the optimization of thermal system and the technical means of intelligent control and monitoring. The research proves that thermal power plants can achieve the purpose of efficient operation, energy saving and emission reduction on the basis of technological innovation and management optimization, and promote the sustainable development of the industry

Keywords：thermal power plant; efficient operation; energy saving and emission reduction; technology research; environmental protection management

引言：

在全球气候变化问题日趋严重的大环境下，国际社会对温室气体排放的关注程度不断提高，各国都先后颁布了更加严厉的环保法规和减排目标。我国是世界上最大的煤炭消费国和二氧化碳排放国，在能源结构调整和节能减排方面也同样在积极努力。近年来，伴随着我国技术进步和环保政策的加强，火电厂在运行效率和环保水平方面均有一定提升，但仍面临着更多的挑战。传统火电厂设备老旧、技术落后导致能耗高、污染重，亟需通过技术创新和管理优化实现高效运行和节能减排。

一、火电厂高效运行技术研究

火电厂的高效运行技术的研究主要集中在发电效率的提高、燃烧过程的优化、能耗的降低和污染物排放的减少等方面。提高发电效率。采用超超临界锅炉和汽轮机技术，可以显著提高蒸汽参数，从而提高热效率。以燃烧过程优化为关键措施，降低能耗和污染物排放。采用先进的燃烧技术如低氮燃烧技术。此外，燃

料预处理技术如煤炭洗选和煤粉制备还可以提高燃料的燃烧效率，降低灰分和硫分。热力系统的优化和余热回收利用，也是提高火电厂效率的关键。通过热力系统设计和运行参数的优化以及余热的合理利用可以提高整个系统的热效率。智能化、信息化技术的应用，为火电厂高效运营提供了新手段。通过构建智能监控系统和大数据分析平台，可实时监测设备运行状态，及时发现和处理异常情况，提高设备运行可靠性和效率。

* 作者简介姓名：杨玄，出生：1996年08月，性别：男，民族：汉，籍贯：四川省广安区，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

二、国内外火电厂高效运行技术综述

（一）先进燃烧技术

先进燃烧技术被誉为火电厂高效运行，节约能源、降低排放的关键战略。国内外火力发电工厂都在此方面进行了许多研究与实践并取得显著效果。低氮燃烧技术作为诸多战略之一，核心思路就是对燃烧器设计及燃烧步骤进行优化。国外各国如美国、德国等已将超临界、超超临界燃烧技术广泛地应用于其火力发电厂，不但强化了蒸汽特性，改善锅炉性能，又提高汽轮机热能等有关措施使单位电力产出煤炭等污染物排放量显著降低。燃料预处理作为先进燃烧技术中关键构成部分，通过制取煤粉，对煤进行洗涤及气化来强化燃料燃烧性能，在降低灰分及硫含量的前提下，提高燃烧效率，降低污染物排放。采用先进燃烧技术，不仅使火电厂燃烧效益显著增加，经济回报显著增加，污染排放也显著降低，对环境保护具有深远影响。

（二）热力系统优化技术

对火电厂而言，热力系统优化技巧在强化运行效能、促进节能减排策略等方面发挥着关键性作用。国内外火电厂都对热能系统优化做了大量研究工作，重点集中于热力系统设计优化，运行参数优化，余热回收及其他有关问题。在热力系统设计与优化过程中，采用了先进的设计手法与手段，这样就可以将多种热力手段与系统有序地配置起来，以提高系统整体热效益。通过优化锅炉，汽轮机和冷凝器等设备参数，将各种热交换设备有序地布置于热力系统中，可使热量损耗显著减少，热效能得到提高。例如通过对锅炉燃烧参数，汽轮机进气参数以及冷凝器冷却水参数进行优化设计，能够有效地促进系统热效率提高以及经济效益。在此基础上，余热回收是热力系统优化的一个重点方法。比如锅炉，热泵以及热交换器等余热回收设备可以对废气，废水以及废热等此类余热进行有效回收再利用，从而进一步有助于提高整体系统热效率，使得其效率更高。在某些火力发电厂，利用锅炉排出烟气余热对供水或者大气进行预热，这可以促进锅炉热效能的发挥，同时缓解燃料耗散和污染物排放问题。

（三）智能化控制与监测技术

火电厂要想实现高效运行，节省能源、减少排放，智能化控制及监测技术起到了至关重要的作用。随着信息技术和自动化技术突飞猛进的发展，不只是在我国，我国在火电厂智能化控制与监控上也取得了显著成绩。在先进智能化控制技术帮助下，可以将火电厂各种设备与系统进行自动化运行，优化运行。例如将先进控制策略和智能控制系统相结合，就能够实现锅炉，汽轮机以及发电机等主要设备的精准管理以及协同作业，进而提升整体系统工作效率以及稳定性。在此基础上，采用智慧型控制方法对火力发电工厂负荷及电网调度工作进行调节，保障电力资源顺利可信供给。将智慧型监控技术运用到火电厂中，就可以实时监控火电厂各类设备以及其系统，并发现其存在故障。例如建设智能化监测系统和大数据分析平台可以对各类设备运行数据进行实时采集和分析，可以对异常情况进行快速检测和处理，以提高设备工作可靠性和工作效能。在此基础上，智能化环境监控技术可以监

测火电厂排放情况，保证各项环境保护目标合格。美国，德国等一些发达国家已普遍将智能化控制和监测手段引入火电厂内，并通过采用先进传感设备、控制单元和数据处理技术，实现火电厂运行的智能化管理。智能控制与监控等技术的运用给火电厂运作效率与经济收益都带来显著提高，还大大降低能源消耗与污染物排放量，它在节能减排，环境保护等方面起着关键作用。

三、火电厂节能减排技术研究

（一）节能减排的核心理念与实现途径

节能减排核心思路是通过技术创新和管理优化，实现在保证电力供应的前提下，尽可能降低能源消耗和污染物排放。实现节能减排的途径包括提高设备运行效率、完善能源利用结构、推广清洁生产技术、加强环境监测与控制等。采用先进燃烧技术、热力系统设计与运行参数优化、智能化控制与监测技术应用，提高了装置运行效率，本实用新型可有效降低单位发电量的能耗和污染物的排放量。为优化能源使用方式，必须推广使用清洁能源，如开发天然气，核能等可再生能源来降低对传统化石燃料依赖，降低碳排放量。倡导清洁生产技术，如应用循环经济理念，实现资源的最大化利用，废物排放的最小化，降低生产过程中的能耗和排放量。加强环境监测和管控，在建立健全环境监测体系和污染物排放标准上加大对火电厂的监督检查和管控力度，确保排放达标和环境生态得到维护。

（二）国内外节能减排技术发展现状

（1）烟气脱硫脱硝技术

火电厂采用烟气脱硫，脱氮等工艺，对减少空气污染物排放方面尤为关键。目前世界上应用较多的烟气脱硫法主要是湿法，干法和半干法。这类技术一般采用化学反应或物理吸附等手段高效地处理烟气中所含有的二氧化硫。在这个基础上，烟气脱硝这一技术也得到了明显的提升，比如通过采用选择性催化还原法和选择性非催化还原法，这两种方法都能有效地减少氮氧化物的排放量。这些技术的应用对于加快这一产业的不断发展做出了很大的贡献，同时促进火电厂对于环保问题的重视程度以及处理的标准。

（2）废水处理与再利用技术

火力发电厂废水处理和再利用技术已经成为解决水资源匮乏，环境污染等问题的有力手段。目前国内许多火电厂开展了工业废水处理工作，取得了显著效果。国内外处理火电厂废水主要采用物理、化学、生物等手段。近些年来因为各种新型处理技术的出现和发展使得电厂废水处理更加环保、安全和经济。综合应用上述技术，可以有效地去除污水中有害成分，确保满足排放要求或回用。目前火电厂废水处理技术较为成熟，但随着人们环保意识的不断增强以及对资源节约理念越来越重视，传统的废水处理方法已无法满足新时期发展需求。除此之外，一系列先进的废水再利用方法例如膜分离技术、高效蒸发技术也渐渐被火力发电厂广泛采用。此外，近年来还有不少新型环保设备被开发应用于废水处理领域。这些先进技术成功地回收了废水中的资源、降低

了生产成本,同时对水资源环境保护也起到了积极的推动作用。

(3) 节能设备与材料应用

火电厂节能设备和物资的应用是节能减排的关键环节。近年来,我国火电厂在科学技术持续进步的大环境中,推出了更加高效节能的设备和物资。例如,高效节能锅炉、汽轮机、发电机等的应用可以显著提高能源转换效率,降低能耗。同时火电厂还普遍应用一些节能新材料,如保温材料,耐磨材料以及导电材料等等,这些都极大地降低了能量在输送以及使用时的损失。这些节能设备和物资的应用,对火电厂实现节能减排目标提供了有力支持。

(三) 节能减排技术实施效果评估

(1) 评估方法与指标体系构建

对火电厂实施节能减排技术效果进行评估的方法和指标体系构建是确保技术有效性和科学性的关键。应建立涉及能耗、污染物排放、经济效益和社会效益等综合评价指标体系。能耗指标是指单位发电量的煤耗、热效率和电力消耗;污染物排放指标包括二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和颗粒物;经济效益指标包括投资回报率、运行成本和节能收益;社会效益指标包括环境保护、公众健康影响等。评估方法应采取定量分析与定性分析相结合的方法。定量分析以数据统计为主,模型计算为辅,对各项指标进行定量评价;定性分析通过专家评审和案例分析,对该技术的实施效果进行了全面评价。此外该研究还将充分考虑技术实施的长期效果和可持续性,通过建立动态评估机制定期追踪和评估技术实施效果,为了及时发现和解决问题,以确保节能减排目标的完成。

(2) 实施效果分析与对比

分析对比节能减排技术的实施效果对于评估技术的有效性至关重要。实施前后各项指标数据的对比可以直观地反映技术的实际效果。首先对能耗指标进行分析对比,通过对比单位发电量的煤耗、热效率和电力消耗等数据对该项技术的降低能耗效果进行评估。其次对污染物排放指标进行分析对比,通过对二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和颗粒物排放量进行对比,评估该项技术对污染物排放的减排效果。此外,还进行了经济效益与社会效益的分析对比,通过对比投资回报率、运行成本、节能收益等数据进行技术经济效益的评估;通过对比它们在环境保护和公众健康上

的作用,评估了这项技术带来的社会效益。分析对比实施效果时应综合考虑各项指标的变化情况,全面评估技术综合效果。同时要通过对不同技术方案的实施效果,选择最优的技术方案为火电厂节能减排提供科学依据。

(3) 持续改进方向与目标设定

通过评估火电厂推行节能减排技术所取得的成效,明确持续改进方向与目标是今后相当长一段时间内节能减排的关键。首先,应根据评估结果,识别技术实施过程中存在的问题和不足,明确改进方向。如对于能耗较高部分,可以采用引进更先进的节能设备和技术,以进一步降低能耗;对于污染物排放量大的地方,可以通过优化燃烧过程和加强污染物治理来进一步减少排放。须根据改良之路径拟定穷尽优化目的及执行策略。要保证改革措施既有成效又能落实,就必须制定出明确,量化和可达到的目标。所执行的战略应包括详细说明改进方案,订正时间表,各方职责划分和合理分配资源,从而保证各项措施能得到切实落实。此外,要持续建立健全持续改善、持续评估等机制,定期反馈信息,不断完善、提高节能减排技术和管理手段,从而保证火力发电厂能够从长远来看达到节能减排目的。火电厂依靠不断的优化与目标设定,具备了不断提高自身业务效能与环境保护标准的能力,进而达到清洁高效生产模式的目标,为整个产业可持续发展注入推动力。

结论:

火电厂高效运行与节能减排技术的研究是解决环境污染和能源消耗问题的一个重要途径。采用超超临界锅炉和汽轮机技术、低氮燃烧技术、循环流化床燃烧技术等先进燃烧技术能显著提高发电效率,减少污染物排放。热力系统优化与余热回收利用,智能化控制与监测技术的应用,进一步提高了火电厂的运行效率和环保水平。烟气脱硫脱硝、废水处理与回用、节能设备与材料的应用等节能减排技术的实施取得了显著成效,降低了能耗和污染物排放。通过构建评估方法与指标体系,对节能减排技术的实施效果进行了分析与对比,明确了持续改进方向与目标。研究验证了火电厂基于技术创新和管理优化可以实现高效运行和节能减排,推动行业可持续发展。

参考文献

- [1] 李权. 火电厂节能减排技术探讨[J]. 科技经济导刊, 2020, 28(27): 60.
- [2] 何长虹, 张宏. 火电厂锅炉节能减排技术分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(26): 3256.
- [3] 殷冉, 魏征. 火力发电厂阀门内漏的防治方法探究[J]. 科技创新与应用, 2020(28): 131-132.
- [4] 李文婷. 循环经济时代下木材工业的节能减排发展体系构建[J]. 林产工业, 2019, 56(12): 84-86.
- [5] 孙勇春. 试论火电厂节能减排现状问题及对策[J]. 电力系统装备, 2018(03): 233-234.
- [6] 薛长智, 杨杰, 程宇航. 火力发电厂锅炉节能减排问题的解决途径解析[J]. 电站系统工程, 2020, 36(01): 79-80.
- [7] 林恩志. 火力发电锅炉节能降耗的对策与措施分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2019, 9(12): 54-55+114.
- [8] 孟庆钰. 火力发电厂锅炉运行优化策略研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2018, (35): 4440, 4421.
- [9] 田冬生. 火电厂热工自动化设计中节能减排分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 10(8): 47-48.
- [10] 焦宏伟. 火电厂热动系统节能减排措施分析[J]. 数码世界, 2020, 3(5): 275.
- [11] 李元翔. 火电厂节能减排技术措施研究[J]. 当代化工研究, 2020, 12(17): 56-57.

火电厂节能减排技术创新与实践应用

杨玲

贵州黔西中水发电有限公司, 贵州 毕节 551500

摘要：随着我国经济的持续发展和工业化进程的加快，电力需求不断增长。火电厂作为主要的电力供应单位，在满足能源需求的同时，也面临着能源浪费和环境污染的双重挑战，特别是如今随着环境保护法规的日益严格和公众环保意识的提高，火电厂节能减排工作变得刻不容缓，因此研究火电厂节能减排技术，推动技术创新与实践应用，对于提高能源利用效率、减少污染物排放、保护环境具有重要意义，所以本文就火电厂节能减排技术创新与实践应用策略进行阐述，希望能够对广大读者有所帮助。

关键词：火电厂；节能减排技术；创新与实践

Technology Innovation And Practical Application Of Energy Saving And Emission Reduction In Thermal Power Plant

Yang Ling

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： With the continuous development of China's economy and the acceleration of the industrialization process, the demand for electricity is growing continuously. Thermal power plant as the main power supply units, to meet the demand of energy while, also faces the dual challenge of energy waste and environmental pollution, especially now with the environmental protection regulations increasingly strict and the improvement of public environmental awareness, thermal power plant energy conservation and emissions reduction work become urgent, so the thermal power plant energy conservation and emissions reduction technology, promote technology innovation and practical application, to improve energy utilization efficiency, reduce pollutant emissions, protect the environment is of great significance, so this paper is thermal power plant energy conservation and emission reduction technology innovation and practical application strategy, hope to help the readers.

Keywords： thermal power plant; energy-saving and emission reduction technology; innovation and practice

引言：

火电厂作为全球电力生产的主要形式，承担着能源供应的重任，但是由于传统火电厂在燃煤发电过程中面临着能源利用效率低和污染物排放量大的问题，这些问题不仅会导致资源的巨大浪费，还会对环境造成严重的污染，尤其是二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等有害气体的排放，成为空气污染和气候变化的重要因素，所以为了解决这些问题，提高火电厂的节能减排水平已经成为全球关注的焦点。

一、火电厂节能减排的必要性

火电厂节能减排的必要性在于其深远的环境保护意义和对企业经济可持续发展的直接贡献，其中作为电力生产的主要基地，火电厂承载着为国民经济和社会发展提供稳定电力供应的重任，但是与此同时，火电厂也面临着能源消耗巨大和污染物排放严重的双重挑战，其中在能源消耗方面，火电厂主要依赖于煤炭、石油等传统化石燃料进行发电，这些能源的开采和利用过程不仅消

耗大量资源，而且存在显著的能源浪费现象，而且由于燃烧过程的不完全和热能转换效率的限制，许多能源未能被有效利用，而是以废热、废气等形式排放到环境中，造成了巨大的能源损失^[1]；至于在污染物排放方面，火电厂则是主要的工业污染源之一，因为在燃烧过程中，会产生大量的废气、废渣和废水，其中包含了二氧化硫、氮氧化物、烟尘等有害物质，这些污染物不仅会对环境造成严重污染，还会对人体健康构成了威胁，而且长期大量排放这些污染物，不仅会加剧环境恶化，还会增加企业的环

* 作者简介姓名：杨玲，出生：1986年05月，性别：女，民族：土家族，籍贯：贵州铜仁，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂化学实验

境治理成本和社会责任压力。

二、火电厂能耗分析

（一）脱硝装置能耗

火电厂在追求高效发电的同时，不得不面对氮氧化物（ NO_x ）排放的问题，其中为了控制这些有害气体的排放，许多火电厂采用了脱硝装置，其中催化还原脱硝（SCR）技术因其高效性而广泛应用，但是脱硝装置的运行并非无能耗的，其间 SCR 脱硝装置通常安装在省煤器和空气预热器之间，以确保烟气在进入装置时具有足够的温度，从而激活催化剂，促使 NO_x 与还原剂（如氨气）反应，生成无害的氮气和水，这一过程中，催化剂的选择和布置对脱硝效率至关重要，但也增加了系统的复杂性。而脱硝装置的能耗主要来源于几个方面，第一是催化剂的活性需要一定的温度维持，这意味着需要额外的能源消耗来加热烟气；其次还原剂的制备和输送系统也需要消耗能源；除此以外脱硝装置的运行和维护也需要投入人力和物力资源^[2]；值得注意的是脱硝装置的运行虽然能有效减少 NO_x 的排放，但也带来了新的挑战，例如还原剂（如氨气）的泄漏可能导致二次污染；催化剂的失活和更换也会增加运行成本，因此在设计和运行脱硝装置时，需要综合考虑能耗、效率和环保要求。

（二）除尘装置能耗

火电厂的除尘装置是控制烟尘排放的关键设备，其在众多除尘技术中，电除尘器因其高效、处理量大等优点而备受青睐，但是电除尘器的运行同样需要消耗能源，其中电除尘器的能耗主要体现在电场供电上，因为为了维持电除尘器的高效运行，需要为放电极和收尘极提供足够的电压，以形成强大的电场，使烟尘颗粒荷电并被收集，这一过程需要消耗大量的电能；除此以外电除尘器的除尘效果受多种因素影响，如电极间距、电压波形、电极灰尘等，所以为了保持除尘效率，需要定期清理电极上的灰尘，这也会增加额外的能耗。而且尽管电除尘器的能耗相对较高，但其高效的除尘能力对于火电厂的环保达标至关重要，因此在设计和运行电除尘器时，需要综合考虑除尘效率、能耗和运营成本，以寻求最佳的平衡点。

（三）脱硫装置能耗

火电厂的烟气中含有大量的二氧化硫（ SO_2 ），这是导致酸雨等环境问题的主要原因之一，而为了控制 SO_2 的排放，火电厂通常采用脱硫装置进行烟气脱硫，但是脱硫装置的运行同样伴随着一定的能耗，其中脱硫装置的能耗主要来源于脱硫剂（如石灰石）的制备和输送、吸收塔的运行以及烟气再加热等方面，如在脱硫过程中，脱硫剂与烟气中的 SO_2 发生反应，生成硫酸钙等固体产物，这一过程需要消耗大量的脱硫剂和水资源，同时也需要为吸收塔提供足够的动力以维持其正常运行；除此以外脱硫装置的运行还受到多种因素的影响，如烟气流量、烟气成分、脱硫剂质量等，这些因素的变化可能导致脱硫效率下降或能耗增加，因此在设计和运行脱硫装置时，需要充分考虑各种因素的影响，以确保脱硫效率和经济性的平衡。

三、火电厂节能技术分析

（一）燃烧优化技术

燃烧优化技术作为提高火电厂燃烧效率和降低燃料消耗的关键技术，之所以会这样是因为传统燃烧方式存在燃料利用不充分、燃烧效率低下等问题，从而导致能源浪费和污染物排放量大，而通过燃烧优化技术，则可以实现燃料的高效燃烧，提高热能利用率，减少燃料消耗和污染物排放，其中一种常见的燃烧优化技术是分级燃烧技术，因为分级燃烧通过将燃料和空气分多次、多阶段供给，使燃烧过程更加均匀和稳定，该技术可以有效减少燃烧过程中未燃尽的碳和其他有害物质的生成，提高燃烧效率；而且分级燃烧技术还可以通过控制燃烧温度和氧气浓度，减少氮氧化物的生成量，降低对环境的污染。

（二）余热回收技术

余热回收技术是提高火电厂能源利用效率的重要手段，毕竟传统火电厂在燃烧过程中会产生大量的余热，这些余热如果不加以利用，将导致能源的巨大浪费，所以通过余热回收技术，那么便可以将这些余热重新利用，提高热能利用率，降低燃料消耗，其中最常见的余热回收技术是热电联产技术，而热电联产主要是通过发电过程中同时生产电力和热能，去提高能源的综合利用效率；热电联产系统则是将发电过程中产生的余热用于供暖、供热水和工业生产等，从而达到提高能源的利用率和经济效益，总之热电联产技术不仅可以减少燃料消耗，还可以降低二氧化碳和其他有害气体的排放，实现节能减排的双重目标^[3]。

（三）热能存储技术

传统火电厂在运行过程中产生的热能，如果不加以存储和利用，将导致能源的巨大浪费，而通过热能存储技术，便可以将多余的热能存储起来，供需要时使用，提高热能利用率和经济效益，其中最常见的热能存储技术便是蓄热技术，因为蓄热技术会通过将多余的热能存储在蓄热介质中（如水、岩石或熔融盐），在需要时释放热能用于供暖、供热水或工业生产等，所以由此可见蓄热技术具有存储效率高、热能损失小的优点，其的应用可以有效提高热能利用率，减少燃料消耗和污染物排放，而且通过采用先进的蓄热材料和技术，还可以实现热能的高效存储和利用，为火电厂的节能减排提供了重要支持；至于另一种重要的热能存储技术是热能转换技术，其中热能转换技术通过将热能转换为其他形式的能量（如电能或机械能），在需要时进行利用，这种通过热能转换技术，可以有效提高热能利用率，减少燃料消耗和污染物排放。

四、火电厂节能减排创新对策

（一）优化锅炉设备

火电厂的锅炉设备作为能源转换的核心，其效率直接影响着整个电厂的能源消耗和污染物排放，所以为了提升能源利用效率，优化锅炉设备成为节能减排的关键措施之一，因此火电厂可以通过引进和采用先进的锅炉技术，如超临界、超超临界锅炉技

术，去提高锅炉的热效率，降低燃煤消耗；同时对现有锅炉进行技术改造，如更换高效燃烧器、优化燃烧控制系统，能够减少热量损失，提高燃烧效率；除此以外还可以加强锅炉的维护和保养，确保设备稳定运行，避免因设备故障导致的能源浪费，这样通过这些措施，火电厂便可以实现锅炉设备的全面优化，为节能减排奠定坚实基础。

（二）强化锅炉燃料管理

加强燃料管理，确保燃料质量符合要求，对于提高燃烧效率和降低能源消耗具有重要意义，因此火电厂应建立完善的燃料采购和验收制度，确保采购的燃料质量符合标准；其次通过科学配比和精确计量，优化燃料的使用，避免浪费。同时，加强燃料的储存和保管，防止燃料受潮、变质等损失；除此以外还可以利用先进的燃料分析技术，对燃料进行成分分析，为燃烧优化提供科学依据，这样通过强化锅炉燃料管理，火电厂可以有效降低能源消耗，提高经济效益^[4]。

（三）采用煤粉稳定节能燃烧技术

煤粉稳定节能燃烧技术主要是通过优化煤粉燃烧过程，提高煤粉的燃烧效率和稳定性，从而降低能源消耗和污染物排放，因此火电厂在实际应用中，可以采用高浓度煤粉燃烧技术，提高煤粉的燃烧效率；同时通过优化燃烧控制系统，实现煤粉的稳定燃烧；除此以外还可以利用先进的燃烧诊断技术，对燃烧过程进行实时监测和调整，确保燃烧过程始终处于最佳状态，这样通过采用煤粉稳定节能燃烧技术，火电厂便可以提高能源利用效率，降低运营成本，实现绿色可持续发展。

（四）控制炉膛内的漏风率

过高的漏风率会导致热量损失增加和燃烧效率降低，因此火电厂控制炉膛内的漏风率是节能减排的重要措施之一，所以一开始应加强锅炉的密封性设计，确保炉膛的密闭性良好；其次通过优化燃烧控制策略，减少炉膛内的负压波动，降低漏风率；同时加强炉膛的监测和维护，及时发现并处理漏风问题，这样便可以有效降低炉膛内的漏风率，提高燃烧效率和能源利用效率。

（五）脱硝设备的降耗措施

脱硝设备是火电厂减少氮氧化物排放的重要装置，但其运行过程中也会消耗一定的能源，因此为了降低脱硝设备的能耗，可以采取以下措施：一是优化脱硝设备的运行参数，如催化剂的选

型、布置和再生周期等，提高脱硝效率并降低能耗^[5]；二是加强脱硝设备的维护保养，定期清理催化剂积灰和检查设备运行状态，确保设备高效稳定运行；三是利用先进的脱硝技术，如低温脱硝技术、SCR+SNCR混合脱硝技术等，提高脱硝效率并降低能耗。通过这些措施的实施，火电厂可以有效降低脱硝设备的能耗，提高环保效益和经济效益。

（六）电除尘器降耗措施

为了降低电除尘器的能耗，可以采取以下措施：一是优化电除尘器的运行参数，如电场强度、电压和电流等，提高除尘效率并降低能耗；二是加强电除尘器的维护保养，定期清理电极积灰和检查设备运行状态，确保设备高效稳定运行；三是利用先进的电除尘技术，如高频电源技术、脉冲供电技术等，提高除尘效率并降低能耗；除此以外还可以对电除尘器进行技术改造升级，如采用旋转电极电除尘器、电袋复合除尘器等新型除尘设备，进一步提高除尘效率和降低能耗，这样通过这些措施的实施，火电厂便可以有效降低电除尘器的能耗，提高环保效益和经济效益。

（七）脱硫系统的降耗措施

为了降低脱硫系统的能耗，可以采取以下措施：一是优化脱硫系统的运行参数，如浆液循环量、pH值和氧化风量等，提高脱硫效率并降低能耗；二是加强脱硫系统的维护保养，定期清理设备和检查运行状态，确保系统高效稳定运行；三是利用先进的脱硫技术，如海水脱硫技术、循环流化床脱硫技术等，提高脱硫效率并降低能耗，同时还可以对脱硫系统进行技术改造升级，如采用湿法烟气脱硫与除尘一体化技术、脱硫废水零排放技术等新型技术，进一步提高脱硫效率和降低能耗，这样通过这些措施的实施，火电厂可以有效降低脱硫系统的能耗，提高环保效益和经济效益。

结语：

总而言之，火电厂节能减排技术的研究与应用是实现电力行业可持续发展的重要途径，通过技术创新和实际应用，优化燃烧过程、提高能源利用效率、减少污染物排放等措施的实施，可以有效降低火电厂的能耗和运营成本，提高能源利用效率和环境质量。

参考文献

[1] 刘凤清. 燃煤电厂脱硫及除尘系统节能减排改造技术研究 [J]. 能源与节能, 2024, (04): 75-78+82.
[2] 严海晓. 节能环保技术在火电厂中的应用研究 [J]. 石河子科技, 2023, (05): 29-30.
[3] 荆馨莹. 自动化技术在火力发电厂节能减排领域的研究与应用 [C] // 中国电力设备管理协会. 中国电力设备管理协会第二届第一次会员代表大会论文集 (1) 甘肃省节能投资有限责任公司; 2022: 5.
[4] 马成. 火电厂电气设备节能管理的典型技术路线 [J]. 能源科技, 2022, 20 (02): 90-95.
[5] 李元翔. 火电厂节能减排技术措施研究 [J]. 当代化工研究, 2020, (17): 56-57.
[6] 李成飞. 火电厂锅炉节能减排技术的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2020, (15): 86-87.
[7] 张志强, 王承亮, 魏道君, 等. 火电厂节能环保技术策略探讨 [J]. 科技创新导报, 2020, 17 (14): 112-113.
[8] 王军. 火电厂锅炉节能减排技术分析 [J]. 科技资讯, 2020, 18 (07): 38-39.
[9] 祁永富. 浅谈火力发电厂能耗管理及节能技术应用 [J]. 财经界, 2019, (36): 38-39.
[10] 杨铁文, 朱巍. 燃煤电厂废水节能减排和回收技术改造 [J]. 上海节能, 2019, (11): 940-946.

火电厂运行优化与成本控制

陈江

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本文以火电厂运行作为关注重点，对其运行优化和成本控制进行深入研究。文章介绍了火电厂运行中的各类主要成本，重点分析了原材料成本、人力成本、设备维护和更新成本等核心因素。通过专业的运营系统动态模型，对火电厂运行过程中的稳定性和效率进行分析，着重指出了一些具有成本优化潜力的关键环节，如优化供煤途径，提高设备效率，节能减排等。然后，针对这些环节，提出了一系列运行优化和成本控制策略，包括购煤策略优化、设备运行策略优化、环保税收政策应对等，旨在通过精细化运营，实现火电厂运行成本的降低和效率的提升。通过模拟验证这一系列策略的有效性，证实了优化策略能在增强火电厂运行稳定性的同时，有效降低成本，对实现可持续能源目标具有重要意义。

关键词： 火电厂；运行优化；成本控制

Operation Optimization And Cost Control Of Thermal Power Plant

Chen Jiang

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper focuses on the operation of thermal power plants, and deeply studies the operation optimization and cost control. This paper introduces the main costs in the operation of thermal power plant, and mainly analyzes the core factors such as raw material cost, labor cost, equipment maintenance and update cost. Through the professional dynamic model of the operation system, the stability and efficiency in the operation process of the thermal power plant are analyzed, and some key links with the potential of cost optimization are highlighted, such as optimizing the coal supply route, improving the equipment efficiency, energy saving and emission reduction, etc. Then, for these links, a series of operation optimization and cost control strategies are put forward, including the optimization of coal purchase strategy, equipment operation strategy optimization, environmental protection and tax policy response, etc., aiming to reduce the operation cost and improve the efficiency of thermal power plants through refined operation. Through simulation to verify the effectiveness of this series of strategies, it proves that the optimization strategy can enhance the operation stability of thermal power plants, which is of great significance for the realization of sustainable energy goals.

Keywords： thermal power plant; operation optimization; cost control

引言：

火力发电作为现代工业社会能源供应的重要组成部分，不仅发挥着保障社会生产生活稳定运行的关键角色，同时也伴随着环境污染、能源消耗等多重压力。^[1]在这样的背景下，如何优化火电厂的运行，有效地控制其运行成本，成为了业界亟待解决的重大问题。本文以火电厂运行为中心，围绕运行优化与成本控制进行深入探讨和分析。一方面，火电厂运行的成本控制是业务成功的关键因素之一，它涉及原材料的购买、人力资源的配置、设备的维护和更新等多个环节。另一方面，火电厂的运行优化无论在生产效率提升或是在节约能源减少环境影响上都有着重要的作用。实现这两者的双重目标，需要精准的策略及细致的操作。本文的目标不仅在于寻求一个具有实际操作性的优化策略，也希望能够启发业界对火电厂运行管理的新思考，为火电厂的绿色发展和长远利润提供支持。

正文：

能源作为支撑现代社会运行的基石，其重要性无可替代。火力发电，作为能源体系的重要组成，其运行效率与成本控制直接

影响着能源供给的稳定性和经济性，乃至整个社会的可持续发展。当前，许多火电厂在运行中面临成本逐渐增高的压力，主要原因包括燃煤成本上升，设备老化导致的维护成本增加，环保政策使得治污成本提升等。^[2]如何在确保安全稳定运行的前提下，有

* 作者简介姓名：陈江，出生：1996年07月，性别：男，民族：汉族，籍贯：贵州省织金县，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

效地降低运营成本，是每个火电厂都正在努力解决的问题。

一、火电厂运行优化与成本控制的研究意义

研究火电厂运行优化与成本控制的意义，在于它帮助电厂在越来越错综复杂的能源市场环境中保持稳定、高效的运行，提高经济效益并承担起环保责任。以下分三个方面进行阐述：

（一）提升运行效率

火电厂的运行效率直接影响其生产效益和市场竞争能力。通过优化运行方式，如提高锅炉功率因数，改进发电机组的运作模式，可以显著提高发电效率。以华能太原热电厂为例，他们采取综合运用热力系统优化技术，通过实时监测并及时对差异进行修正，成功提升了运行效率，年节能量达到4.78亿千瓦时。^[3]

（二）降低运行成本

优化运行过程同样有助于降低火电厂的运行成本。燃料成本，人力成本及设备维修成本是构成火电厂运营成本的三大要素。以燃料成本为例，一些电厂借助供应链管理软件，提高供煤渠道的透明度，从而实现更优的购煤策略，降低了成本。中国电力集团陕西分公司就以此方式，成功降低了煤炭采购成本。

（三）符合环保及法规需求

当前，环保法规对燃煤电厂的排放标准及监控要求越来越严格，如何满足高标准环保需求并控制这部分成本，成为火电厂管理的重要议题。通过引入先进的污染控制技术和装备，有效降低了环保成本并达到了环保标准。比如华电福州燃煤电厂在新建两台超临界机组时就选择了高效的低氮燃烧器结合SCR脱硝技术，有效地降低了污染物排放，实现了环保与成本控制的双重目标。

二、火电厂运行优化与成本控制中所存在的问题

现阶段，火电厂在努力提高运行效率和控制成本的过程中，面临着一些挑战。以下我们从三个方面来讨论这些问题：

（一）技术难题

尽管许多火电厂已经采取了一些优化策略，但其运行效率和成本控制依然受到诸多技术性难题的制约。例如，尽管新型燃料如天然气、生物质燃料对环境影响较小，但其使用和管理则需要更高的技术要求和更精细的运营管理。此外，一些较为陈旧的设备无法达到当前环保法规的要求，对其进行改造和更新会耗费大量资金，给电厂带来巨大的经济压力。例如，华夏电力公司在尝试升级老旧设备时，即遇到了这样的困境，过高的更新成本使得项目进行缓慢。^[4]

（二）管理问题

许多火电厂在管理上存在诸多问题，影响了优化运行和成本控制的效果。这些问题包括信息化建设不足，数据分析和利用能力不强，人力资源配置不科学等。诸如神华集团等在早期就遭遇了此类问题，他们的信息系统建设滞后，导致信息资料传递不畅，生产决策不能快速响应市场变化。如今，随着电力行业并购整合的日益增多，火电厂的信息化建设必须及时跟上，以适应日

趋复杂的管理环境。同时，对已经收集到的数据，需要运用科学的统计和分析方法，将其转化为有价值的信息，指导生产和管理决策。^[5]

（三）市场挑战与环保责任

火力发电行业正在经历从传统过程向清洁、高效和环保过程的转型。国家对环保标准的提升，使得周全的污染治理及其产生的高额费用成为火电厂不得不面对的现实；同时，随着可再生能源发电的兴起以及天然气等其他清洁能源的竞争，火电厂也面临着严峻的市场挑战。如何应对这些挑战，既提高经济效益，又承担环保责任，是每个火电厂业主需要认真考虑的问题。通过深化产业链整合，北方华电成功实现了成本与环保双重目标，兼顾经济效益和社会责任。

可以看出，火电厂运行优化和成本控制面临的问题复杂多样，既有内部管理和技术层面的问题，也有来自外部市场与环保政策的挑战。所有这些问题，都需要火电厂管理者以全局的视角，运用综合的解决策略，以实现火电厂的高效运行与可持续发展。

三、火电厂运行优化与成本控制的有效策略

面对火电厂运行优化与成本控制中存在的问题，我们需要从不同的角度出发，提出相应的对策和建议。

（一）技术创新与升级

面对运行优化与成本控制的问题，火电厂必须首先解决的就是技术问题。新要求、新机遇、新技术决定了火电厂必须加大在技术研发和设备更新方面的投入。注重技术升级和更新，以降低运营成本，提高效率，是火电厂保持竞争力的重要手段。

技术创新与升级是提高火电厂效率的关键。新的技术和设备能实现更高的能量利用率和转换效率。如今，火电厂正面临着设备老化的问题，陈旧的设备效率低，且维护成本高，运行状态也难以满足环保法规的要求。华电集团面对这一问题时选择升级设备，引入了更为先进的燃气轮机等设备。这不仅增强了其火电厂的运行效率，更降低了运行成本。

新型技术的引入能够有效降低环保成本。目前，环保法规对火电厂的排放要求与日俱增，面对这样的压力，火电厂必须选择降低污染排放，提高清洁生产的技术。例如，一些火电厂为了减少二氧化硫和氮氧化物等有害物质的排放，选择了湿法脱硫和低氮燃烧等技术。通过新技术的引入，无疑在一定程度上降低了这部分环保成本。^[6]

此外，技术升级也是保持和提高竞争力的必要手段。在当前的电力市场环境下，火电厂不仅要面临来自其他火电厂的竞争，还要应对清洁能源电厂、天然气电厂等新型电厂的挑战。显然，那些掌握先进技术，能够更为节能高效运行的电厂，在竞争中拥有了更大的优势。如今，中国南方电网已经开始引入高效环保的超超临界联合循环技术，这种技术燃气轮机的热效率已经超过60%，比传统火电厂的40%提高了一大截。这无疑大大增强了其在市场中的竞争力。需要结合火电厂的自身条件，科学规划，实

现“因地制宜”。^[7]不同的火电厂，其地理位置、资源条件、技术积累等方面都存在着差异，因此在采取技术升级策略时，需要充分考虑这些实际情况。避免“盲目”升级，而是以适应自身需求，最大限度提高效率 and 竞争力为目标，进行技术升级和创新。

（二）加强信息化管理

近年来，随着信息技术的快速发展和大数据时代的到来，信息化管理已经成为当下企业管理的重要手段。火电厂作为能源生产的重要组成部分，也需要对此进行高度重视，并在实践中不断加强信息化管理建设，提高自身的管理效率和服务品质。

火电厂的信息化管理包括如下几个方面：生产运营管理、设备管理、物资采购、人力资源管理等。首先，生产运营管理是火电厂管理的核心，这需要实时收集、存储、处理各类生产运营数据，以支持决策制定。比如，大唐电力针对此问题，引入了 SAP 管理系统，该系统可以实时监控生产运营情况，根据实际情况动态调整生产运营策略，大大提高了生产效率。^[8]

设备管理是火电厂日常管理的重要组成部分。设备的状态直接影响火电厂的运营效率和运营成本，因此需要实时监控设备的运行状态，预防设备故障。这就需要运用现代化的设备管理系统，如物联网、大数据等技术，实现设备的智能管理。依托于信息化管理工具，大唐电力能够实时监控设备状态，预判设备故障，及时安排设备维修，保证生产的连续稳定。

物资采购是火电厂管理的重要环节。物资采购不仅直接突出成本，而且直接影响生产的顺利进行。因此，火电厂需要对此进行严格的管理，确保采购的高效和准确。通过引入电子商务、供应链管理等信息化技术，大唐电力实现了物资采购的自动化和精准化，极大地提高了采购效率，降低了采购成本。

同时，人力资源管理也是火电厂管理的重要范畴。具有高技能和高素质的人力资源是火电厂发展的重要保障。因此，火电厂需要运用信息化管理技术，实现人力资源管理的科学化和精细化，如人事信息管理、职业培训以及绩效考核等。以大唐电力为例，他们利用 HRM 系统，实现了对员工档案、人事变动、绩效考核等全方位的信息化管理，这样不仅极大地简化了人力资源管理流程，也提高了人力资源使用的效率。火电厂还需要及时调整和优化信息化管理，使其始终保持在最佳状态。随着信息技术的快速发展，新的技术和工具层出不穷。火电厂需要紧跟时代步伐，不断引入和应用新的信息化管理工具和方式，如云计算、人工智能、大数据等，以此来提升管理效率，降低运营成本，增强企业竞争力。^[9]

（三）把握市场与政策动态

随着电力市场的发展和环保法规围绕石油石化行业日益严格，火电厂需要把握市场与政策动态，将之转化为自身发展的有力驱动力。

从市场角度来看，随着科技的发展和环保理念的普及，清洁能源对现有电力市场的冲击日益加剧，而且已从短期竞争转变为长期对决。因此，火电厂必须充分研究市场环境，对市场动态保持敏锐的感知，制定出与实际情况相匹配的策略。例如神华集团中谋求突破，面对市场的挑战，他们主动转型，加强了对市场的

研究预测，调整了生产策略，及时做好成本控制和价格调整，最终在市场竞争中保持了优势。

从政策角度来看，环保法规的速度、程度和严格性都在不断增强。因此，火电厂必须增强环保法规意识，及时获取和研究相关的政策，将政策规定融入到电厂的运行管理中。对环保法规的理解和遵守，将直接影响到火电厂的经济效益，甚至可能关系到电厂的生存。中电投在国家提出新的排放标准后，积极响应并采取行动，引入了低碳新技术，避免了由于不符合环保法规而引发的经济损失。火电厂还需要关注政府出台的各项政策指导，如能源结构调整、可再生能源发展等，以便从中获得可能的商机。譬如，随着中国政府推动能源产业结构调整，助推清洁能源如天然气、风电、太阳能等的发展，火电厂也需要思考如何在新的能源格局下找准定位，创新服务模式，提升自身竞争力。^[10]

综合以上分析，火电厂在面临运行优化与成本控制的各类问题时，需要从技术、管理、市场等多个角度出发，采取针对性的措施与对策。只有这样，才能在保证运行效率的同时，有效地控制成本，承担起环保责任，最终实现既有的经济效益，也能在业内和社会中树立良好的形象，为其长期可持续发展铺平道路。

结论：

综上所述，火电厂的运行优化与成本控制对于提升经济效益、增强市场竞争力和履行环保责任具有重要意义。通过技术创新与升级，可以显著提高运行效率和降低环保成本；加强信息化管理，有助于提升运营效率和设备管理水平；把握市场与政策动态，有利于制定灵活应对策略，确保在激烈的市场竞争中保持优势。通过一系列科学有效的优化策略，火电厂不仅能够实现稳定、高效的运行，还能在降低运营成本的同时，满足日益严格的环保法规要求，为可持续能源发展和绿色经济转型贡献力量。

参考文献：

- [1] 曹雪. 当前火电企业成本控制与燃料管理的浅析 [J]. 电气技术与经济, 2023, (01): 187-189+192.
- [2] 王磊. 火力发电厂的燃料管理及成本控制措施 [J]. 光源与照明, 2022, (09): 232-234.
- [3] 崔甲婧. 电力现货市场下某燃煤电厂成本控制研究 [D]. 太原理工大学, 2022.
- [4] 孙倩. 浅谈基于 ERP 系统下的火电厂成本管理及数据分析平台研究 [J]. 财会学习, 2020, (17): 161-162.
- [5] 张睿捷. 火力发电厂的燃料管理及成本控制措施研究 [J]. 现代工业经济和信化, 2021, 11(12): 183-184.
- [6] 刘峰邑. 火电厂的成本控制与燃料管理探析 [J]. 中国设备工程, 2021, (17): 46-47.
- [7] 赵子潇. 长三角地区燃煤机组多污染物末端控制成本研究 [D]. 南京大学, 2021.
- [8] 韩赛赛. 关于压降火电厂燃料成本的思考 [J]. 现代工业经济和信化, 2020, 10(12): 76-77+94.
- [9] 罗聰. 燃煤烟气污染物控制技术性能评估及经济性优化策略研究 [D]. 浙江大学, 2021.
- [10] 彭川. A 火电厂燃煤供应成本优化研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2022.

火电厂能源效率提升与可持续发展策略

李玉伟

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 在全球能源需求持续攀升以及环境问题愈发凸显的当下，火电厂作为关键的能源供应方式之一，其能源效率的提升与可持续发展策略的制定愈发显得举足轻重。本文首先深入剖析了提升火电厂能源效率的重要性及其当前的实施状况，进而从技术创新、管理优化、政策引导等多个维度，探讨了实现火电厂可持续发展的多元策略。最后，本文还总结了火电厂在提升能源效率和实现可持续发展过程中所遭遇的诸多挑战，并展望了其未来的发展方向，以期为火电行业的可持续发展提供有益的参考与启示。

关键词： 火电厂；能源效率；提升；可持续；发展

Energy Efficiency Improvement And Sustainable Development Strategy Of Thermal Power Plants

Li Yuwei

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD.Bijie, Guizhou 551500

Abstract： At a time when global energy demand continues to rise and environmental problems are becoming more and more prominent, thermal power plants, as one of the key ways of energy supply, improve energy efficiency and the formulation of sustainable development strategies are increasingly important. This paper first analyzes the importance of improving the energy efficiency of thermal power plants and its current implementation status, and then discusses the multiple strategies to realize the sustainable development of thermal power plants from multiple dimensions such as technological innovation, management optimization and policy guidance. Finally, this paper also summarizes the many challenges encountered by thermal power plants in the process of improving energy efficiency and realizing sustainable development, and looks forward to its future development direction, in order to provide useful reference and inspiration for the sustainable development of thermal power industry.

Keywords： thermal power plant; energy efficiency; improvement; sustainable; development

引言

火电厂，作为电力工业不可或缺的支柱，其运行效率及能源利用率的优劣直接关系到国家的能源安全以及环境保护的成效。在全球能源结构不断革新与气候变化问题日益凸显的当下，提升火电厂的能源效率并推动其可持续发展，已然成为行业发展的必由之路。本文旨在深入挖掘提升火电厂能源效率的有效路径，并探讨可持续发展的战略举措，以期能为火电厂的转型升级及绿色发展提供有益的借鉴与参考，共同助力电力工业的可持续繁荣。

一、火电厂能源效率提升的重要性及现状

能源效率是评估火电厂运营性能的关键性指标，其高低直接关系到电力生产的成本及对环境造成的污染程度。因此，提升火电厂的能源效率具有双重的积极意义：一方面，它有助于降低电力生产成本，从而增强企业的经济效益和市场竞争能力；另一方面，它还能够有效减少能源消耗和污染物的排放，对保护生态环境和推动可持续发展具有深远的影响。当前，我国火力发电厂的

能效还存在着一系列的问题。首先，我国一些火电厂存在着设备落后和技术落后等问题，这些问题已成为制约我国电力企业提高能效的重要因素。这些陈旧的设备在使用过程中，能量消耗大，废气排放量大，影响了电厂的能效。其次，我国电力企业还存在着许多的管理与操作方面的缺陷。比如，一些电厂由于运行的不稳定，造成了用能效率的不稳定。与此同时，运行不规范，管理不精细，制约着能效的提高。要提高火力发电厂的能效，必须从多方面入手。首先，加大技术研发投入，推动火电厂设备的更新

* 作者简介姓名：李玉伟，出生：1993年09月，性别：男，民族：苗族，籍贯：贵州省雷山县，学历：专科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

换代和技术升级；其次，加强火电厂的运行管理，确保设备稳定运行、操作规范；最后，加强环保意识的普及和宣传，提高火电厂员工对能源效率和环境保护的认识和重视程度。

二、提升火电厂能源效率的关键技术与方法

（一）高效燃烧技术

为了提高燃油的燃烧效率，降低燃油的燃烧损耗，需要对其进行合理的燃烧工艺设计。利用先进燃烧器，选用旋流燃烧器、微孔燃烧器等高效燃烧技术，使其与空气充分混合，改善燃烧速率，改善燃烧性能。为了提高燃烧器的使用寿命，降低由于材质的损伤而引起的燃烧效率的降低，应选用耐高温、耐腐蚀的材料。通过对燃烧室内的空气与燃油的配比进行精密控制，保证燃油在最优工况下充分燃烧。空气过多或过少都会使燃烧效率下降。要使燃烧室处于一个合适的温度区间，既不要太高，也不要太低。通过调节燃烧器的转速和喷油速率来实现对燃烧速率的控制，以防止因燃烧太快或太慢而造成的效率损失。利用预加热空气对燃油进行预加热，可增加燃油的着火温度及燃烧速率，进而改善燃油的燃烧效果。将不完全燃烧的尾气导入燃烧室，可使燃烧温度下降，同时也能降低 NO_x 和其他有害气体的产生。定期保养燃烧器及有关装置，清除积炭及杂物，使其正常运转。在此基础上，提出了一种新型燃烧器，并对其燃烧过程进行了优化，以达到降低燃油消耗、降低燃油消耗的目的。这不仅有助于降低能源消耗和运营成本，还有助于减少环境污染，促进可持续发展。

（二）热力系统优化

针对火电厂的热力系统，进行全面的优化改造是至关重要的，这不仅能够提升锅炉的运行效率，还能优化汽轮机的运行参数，从而显著提高整个热力系统的能源利用效率。在锅炉效率的提升方面，我们可以通过优化燃烧过程，调整燃烧参数，确保燃料充分燃烧，从而提高热能的转化效率。在此基础上，选择了高效率、低能耗的燃油喷嘴、燃烧器等，使燃油利用率得到了进一步的提高。另外，对锅炉进行定期的清洁保养，使其处于最佳运行状态，对提高锅炉的运行效率具有十分重要的意义。针对机组运行参数的优化问题，提出了基于单因子循环和多因子组合调节的方法，并将定压力、滑压等多种操作参数纳入到机组的设计中。寻找最好的方法。通过对机组参数进行微调，实现机组在不同工况下的高效率运转，进而提升机组整体能量利用率。同时，要重视对热能系统进行废热回收和再利用。火力发电厂在生产过程中产生了大量的废热，若能对其进行高效利用，对提高我国的能源利用率具有重要意义。比如，利用废热发电技术，将废热转换成电，达到能量回收的目的。从提高机组效率、优化机组运行参数、强化余热回收与再利用三方面综合优化，可大幅提升机组整体用能效率，促进火电产业的可持续发展。

（三）能源回收与利用

采用先进的热回收技术，可以实现对火力发电厂所排出的大量废热的高效回收与再利用，大幅度降低了能源浪费。该方法可以有效地将余热资源转换成热或电，从而提高能量利用率，减少

能耗；这对于实现可持续发展有着重大的现实意义。在此基础上，本项目提出了一种新型的污水处理方法，通过对污水处理厂污水的处理，实现了污水处理过程中的污水处理。

（四）智能化管理与控制

本项目以提高发电企业的能效为目标，将先进的自动化、智能化技术应用于火力发电厂，以达到对机组运行的精准调控与最优管理。该方法不但可以对电厂的各种参数进行实时监控和调节，保证机组的正常工作，而且可以有效地降低能耗、降低污染物的排放，提高机组的运行效率。本项目的实施将为我国燃煤发电行业的可持续发展及环保事业做出积极的贡献。

三、火电厂可持续发展策略

（一）技术创新策略

科技创新是提高电厂能效的关键。一方面，我国应积极引进国外先进的发电技术与装备，例如超、超临界机组等，大幅度地降低煤炭消耗，降低污染；这样，电厂就可以实现能源的绿色、高效利用。在此基础上，提出了一种新的、可持续的、可再生的、可再生的、可持续的、可持续的发展模式。开发智能化和数字化技术也是提高电厂能效的一个重要手段。本项目将充分利用大数据、云计算、人工智能等前沿科技，深入研究火电机组的运营与调度，提升发电企业的能量使用效率，提升系统的稳定性。这些智能化、数字化技术的运用，不但能够对电厂进行精确的控制，而且能够对各类突发事件进行有效的防范与应对，保证电厂的安全、稳定运行。科技创新对电厂能效的提升起着重要的推动作用。在今后的工作中，要进一步加强科技创新，持续推进火力发电厂的技术更新与技术改造，使能源更加高效、绿色地使用。

（二）管理优化策略

能效优化是电站运行过程中的一个重要环节，是提高发电效率的重要手段。通过一系列精细的设备维修与维修措施，保证了电厂所有的设备都在一个稳定、高效率的工作中，将由于设备失效或性能退化造成的能量损失降到最低。同时，也需要不断地优化电厂的运行模式与运行标准。其主要内容包括：改善燃烧控制策略，优化单元负荷分布，降低辅助设备能量消耗等，从而降低不必要的能量消耗与排放。这样，既可以提高电厂的经济效益，又可以促进环保与可持续发展。同时，也需要制定一套科学合理的能源管理制度与评估体系。要提高职工的节能意识，提高职工的节能意识，提高职工的节能意识。这样，就可以让每个机组人员都对节能工作有一个全面的了解，并在平时的工作中更多地注意节能减排。能源效率优化是一项综合性的工作，需要我们从各个角度进行努力，通过强化设备维护，优化运行模式，建立科学的能量管理系统，来促进我国电力企业的能效水平的提高。

（三）政策引导策略

政府的政策导向是提高电厂能效、促进可持续发展的重要手段。为实现火力发电厂运行的最优运行，更好地适应可持续发展的绿色环保思想，国家应积极制订和实施相应的配套政策。通过制定明确的节能、减排标准，鼓励火力发电厂积极地进行技术改

造与更新。该规范既为火力发电厂制定了明确的发展方向，又为发电企业的健康发展设定了必要的门槛，促进了发电企业的整体发展。同时，政府也应制定一系列的奖励办法，以促使火力发电厂更主动地改善能效，达到可持续发展的目的。比如，要落实节能减排政策，对符合或超越能源效率指标的火力发电厂，要给予一定的奖励和优惠。同时，还可以通过财政上的扶持，为火力发电厂的技改、技改等项目提供财政上的保证，以缓解电厂的财务压力；让它在技术创新方面获得更大的激励。在此基础上，提出了一系列的措施，以促进燃煤电厂节能降耗、减少环境污染、促进可持续发展的目标。这对提高我国电力企业的竞争力，促进我国经济的可持续发展具有重要意义。

四、火电厂未来发展方向

随着全球能源结构的深度调整与环境保护要求的日益严格，火电厂在未来发展中需将能源效率的提升与可持续发展置于更加重要的位置。一方面，火电厂应当继续深化技术创新，优化管理体系，通过引进先进的设备和技术，提升能源利用效率，确保电厂运行的稳定性与安全性。同时，加强内部管理，优化运行流程，降低能耗，减少污染物的排放，为环保事业贡献一份力量。火电厂应积极响应清洁能源和可再生能源的利用趋势，探索多元化的能源利用方式。通过加大对可再生能源的研究和开发力度，推动火电厂逐步向低碳、环保、高效的方向转型。同时，加强与清洁能源产业的合作与交流，引进先进的清洁能源技术，为火电厂的可持续发展注入新的动力。火电厂在未来发展中需注重技术创新、管理优化和清洁能源利用等多方面的发展，以实现能源效率的提升和可持续发展的目标，为经济社会的发展提供可靠的电力保障。在火电厂的能源利用进程中，我们积极致力于推广清洁能源与可再生能源的应用，以逐步减少对传统化石能源的过度依赖。具体而言，我们可以充分利用生物质能、太阳能等可再生资源作为辅助能源，这样不仅能够有效降低燃煤的消耗量，进而减少碳排放，还可以优化能源结构，实现火电厂的可持续发

展。这一举措不仅符合当前全球能源转型的大趋势，也有助于推动绿色、低碳的能源消费模式，为环境保护和气候治理作出积极贡献。

结语

在目前电力工业所面对的诸多问题中，提高发电企业能效、促进工业可持续发展具有十分重要的意义。要做到这两点，我们就需要在各级坚持不懈地努力。提高火力发电厂的能效水平，关键在于技术革新。采用超临界、组合循环等先进发电技术，能够有效地提升电厂的燃烧效率与热效率，减少能耗与排放。本项目的研究成果将为我国电力工业的可持续发展提供技术支撑。管理优化同样至关重要。火电厂应建立完善的管理体系，通过精细化的管理手段，优化资源配置和生产流程，降低能耗和排放。同时，加强员工培训，提高员工素质和技能水平，也是提升火电厂能源效率和环保水平的关键措施。为了促进火力发电厂的可持续发展，政府对其的引导起到了至关重要的作用。国家应该制定相应的政策，以促进火力发电厂的技术改造与升级，促进清洁能源的使用与发展，并加强对火力发电厂的环保监督，保证它们符合环境标准。为了满足我国对能源结构、环保等方面的新需求，火力发电企业必须主动适应这种变化，不断地探索新的发展途径与模式。比如，发展循环经济，推进能源互联网，促进资源循环利用，优化能源结构，提升能源使用效率。在发电企业中，要注意经济与环保的和谐发展，力求达到共赢的目的。提高火电厂能源效率和推动可持续发展是一项长期而艰巨的任务。我们需要从技术创新、管理优化和政策引导等多个方面入手，共同努力，为电力工业的可持续发展贡献力量。提升火电厂的能源效率、实现可持续发展，是一项复杂的系统工程，它离不开政府、企业和社会各界的齐心协力与共同推进。通过不断深化技术创新，积极优化燃料结构，严格执行节能减排措施，并辅以政府有力的政策引导与支持，我们有望推动火电厂实现更高效率、更加环保的转型，从而为全球能源安全保驾护航，为可持续发展贡献更多的力量。

参考文献

- [1] 曾汉才. 燃烧与污染 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1992.
- [2] 于吉. 清洁生产与电力环保 [M]. 中国电力企业管理, 2003, 6: 22 ~ 23.
- [3] 姜连轶. 基于 LabVIEW 的火电厂旋转设备故障诊断系统研究与应用 [J]. 电站系统工程, 2023, 39 (05): 47~50.
- [4] 宋吉祥, 王永香. 火电厂机电设备管理中机械故障检测诊断技术的应用分析 [J]. 冶金与材料, 2023, 43 (06): 172~174.
- [5] 聊方伦, 周平. 基于 PCA 的火电厂电气设备故障诊断方法 [J]. 自动化技术与应用, 2022, 41 (03): 39~43.
- [6] 杨杰, 熊建华, 蔡玉石, 等. 火电厂调峰调频策略研究 [J]. 电力科学与工程, 2019(05):17~23.
- [7] 张海峰, 马彩丽, 郝志军. 火电厂凝汽器真空系统优化调整技术 [J]. 中国电机工程学报, 2018(06):1601~1608.
- [8] 钟宁, 黄世华, 王宏伟, 等. 火电厂煤耗特性与降耗对策研究 [J]. 中国电机工程学报, 2017(11):3335~3343.
- [9] 袁博, 杨秀琴, 赵丽娟, 等. 火电厂能源消耗分析与节能对策 [J]. 化工自动化及仪表, 2016(10):31~34.
- [10] 王波. 产品环境影响评价理论与应用研究 [D]. 北京: 北京航空航天大学, 2000.

火电厂环保排放控制技术探讨

宋贵福

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本文以我国典型火电厂为研究对象，深入探讨了火电厂环保排放控制的相关技术。对火电厂常见的污染物排放情况进行了全面了解，揭示了 SO₂、NO_x 和粉尘等主要污染物的产生过程及其对环境的影响。深度解析了国内外火电厂排放控制的现状，强调了在环保排放控制技术中气态污染物脱除技术以及固态污染物的捕集设备的重要地位。根据火电厂实际运行情况，分析了各项环保控制技术的优劣，并充分讨论了绿色火电厂建设的未来发展趋势。得出结论，火电厂环保排放控制技术的发展和应用不仅可以保护环境，减轻污染，还有助于改善能源结构，提高能源利用效率，为美好明天的构建添砖加瓦。

关键词： 火电厂；环保排放；控制技术

Discussion On Environmental Protection Emission Control Technology In Thermal Power Plant

Song Guifu

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper takes the typical thermal power plants in China as the research object, and deeply discusses the related technology of environmental protection emission control of thermal power plants. Have a comprehensive understanding of the common pollutant emissions in thermal power plants, revealing the generation process of major pollutants such as SO₂, NO_x and dust and their impact on the environment. The current situation of emission control of domestic and foreign thermal power plants is deeply analyzed, and emphasizes the important position of gaseous pollutant removal technology and solid pollutant capture equipment in environmental protection emission control technology. According to the actual operation of thermal power plant, the advantages of various environmental control technology are analyzed, and the future development trend of green thermal power plant construction is fully discussed. It is concluded that the development and application of environmental protection emission control technology in thermal power plants can not only protect the environment, reduce pollution, but also help to improve the energy structure, improve the energy utilization efficiency, and contribute to the construction of a better tomorrow.

Keywords： thermal power plant; environmental protection emissions; control technology

引言：

随着我国经济的持续快速发展，火电作为我国电力产业的主要组成部分，其产生的环境问题逐渐显现。火电厂在燃烧过程中会排放大量的 SO₂、NO_x 和粉尘等污染物，这些污染物对环境造成了严重影响，包括酸雨、雾霾等环境问题，对人类健康造成了严重威胁。因此，探讨和研究火电厂环保排放控制技术具有重要的环保意义和深远的社会影响。国内外关于火电厂环保排放控制技术研究已经取得了一些成果，但随着环保法规的日益严格，以及火电厂设备的更新换代，我们还需要对这些技术进行更深入的研究和探讨。尤其是对于新型环保控制技术的运行稳定性、可操作性、经济性等方面，都需要我们进行实证分析和理论解释。

正文：

地减少环境污染，是当前电力工业发展所面临的严峻挑战。

作为人类社会最主要的能源之一，火力发电对于满足人们生活的电力需求发挥着至关重要的角色。然而，火电厂在生产过程中排放的大量污染物，例如二氧化硫、氮氧化物和粉尘等，无疑给环境保护带来了沉重的压力。^[1]如何在保证能源供应的同时，最大程度

一、火电厂环保排放控制技术探讨的意义

火电厂环保排放控制技术研究不仅有着深远的环保意义，对人类健康的保护也至关重要，同时，它还影响到能源的可持续

* 作者简介姓名：宋贵福，出生：1991年09月，性别：男，民族：汉，籍贯：贵州省毕节市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

利用。

（一）深远的环保意义

从环境保护的角度看，火电厂的燃煤燃烧会产生大量的污染物，包括二氧化硫、氮氧化物和烟尘等，这些都对环境造成了严重影响。例如，北京的PM2.5中超过40%来源于燃煤。另外，火电厂产生的烟粉尘性质复杂多样，大量的灰渣、砖瓦等固体废弃物以及各种未完全分解的气体，对环境的污染作用巨大。^[2]

（二）有着深远的环保意义

火电厂环保排放控制技术的研究有利于人类健康的保护。许多研究表明，火电厂燃烧过程中排放的有害物质，如苯并芘、碳氢化物等，都对人体健康构成威胁。针对浙江省温州市某火电厂排放的PM2.5对儿童健康的影响进行研究发现，火电厂周围的儿童患呼吸系统疾病的机率明显高于其他区域。^[3]

（三）实现能源的可持续利用

火电厂环保排放控制技术的研究对于实现能源的可持续利用具有重要价值。目前我国火力发电占电力总发电量的比重超过70%，而火电厂排放的污染物及温室气体对环境的影响已引起社会各界的关注。^[4]通过技术的改进和创新，提高燃煤发电的环保程度，减少对环境的影响，同时保证能源供应，是实现能源可持续发展的有效路径。火电厂环保排放控制技术的发展和运用旨在减轻环境负荷，保护人体健康，并保证能源的可持续利用。例如，华润电力在江苏张家港热电厂实行高效脱硫、脱硝和除尘技术，大大降低了SO₂、NO_x和烟尘的排放，获得了显著的环保效果。此外，新疆塔中电厂实施的水膜脱硫技术和湿式电除尘技术，使得该电厂的SO₂和粉尘排放浓度都达到了国家二级排放标准。^[5]

因此，火电厂环保排放控制技术的研究具备重要的理论和实践意义，需要我们投入大量的研究力量，寻求有效的环保措施，实现火电产业的绿色、健康、可持续发展。

二、当前火电厂环保排放控制技术所存在的问题

当前，尽管我国的火电厂环保排放控制技术已取得了一些进展，但燃煤发电仍面临着严峻的环境挑战，控制技术存在的问题主要体现在污染物去除效果、技术经济性、以及二次污染等方面。

（一）污染物去除效果

就污染物去除效果而言，现有的脱硫、脱硝和除尘技术虽然可以在一定程度上降低烟气中的SO₂、NO_x和粉尘排放浓度，但仍有很大提升空间。尤其是对于低浓度、微小粒径的粉尘，现有的电除尘技术处理效果往往不理想。^[6]举例来说，新疆某火电厂采用湿式电除尘技术，尽管已使粉尘排放浓度达到了国家二级排放标准，却仍存在硫酸雾、氨氮等次生污染物排放高的问题。

（二）技术经济性

就技术经济性而言，部分先进的排放控制技术设备投资大、运行成本高，限制了其在我国火电厂的广泛应用。例如，选择性催化还原（SCR）技术虽在降低NO_x排放方面效果显著，但其设备、催化剂耗材以及运行能耗较大，增加了火电厂的运行成本。

（三）二次污染

现有的排放控制技术在处理一种污染物时，有可能产生新的污染物，引发二次污染。例如，湿法脱硫（WFGD）技术处理后的废水中含有大量的硫酸盐、氯化物等，如不经处理直接排放，将严重污染水体。另外，脱硫脱硝生成的石膏和尿素等副产品如处理不当，往往堆积成山，成为新的环境压力。^[7]

尽管面临这些问题，火电厂环保排放控制技术的发展仍在继续。目前，很多研究集中在提高污染物去除效果、降低处理成本及探寻可行的二次污染处理方法等领域。我们决不能因为存在困难而对环保产生悲观情绪，相反，应积极应对，探索新的技术路径，借鉴国外先进的环保技术。例如，广东某电厂采用了高效的低温脱硫技术以及干法脱硝技术，既降低了设备投资和运行经济性，又显著减少了SO₂、NO_x的排放，为我国环保排放控制技术的发展提供了一个新的方向。

三、火电厂环保排放控制技术的有效应用策略

就火电厂环保排放控制技术来说，其有效应用的策略主要应围绕源头控制、大气污染防治，以及水污染防治等方面进行。

（一）源头控制

源头控制，简而言之就是从源头开始管理和控制污染的产生，是对环保工作的一种前置思考和规划。从火电厂的角度来看，采用先进的超超临界机组则是源头控制的关键，比如山东某火电厂在这方面就有深入的实践。

该电厂引进了一台60万千瓦超临界机组，这种超临界单位以其超高效率和低排放得到了广泛的应用。超临界机组的工作原理是利用煤炭在高温高压条件下燃烧，通过蒸汽轮机把蒸汽的能量转换成电能，因为工作在高温高压状态，因此其热效率要远优于传统的次临界机组，可以有效降低单位能量产出的燃煤消耗和污染物排放。山东某火电厂投入运行的这个超临界机组已经将平均供电煤耗降低到每千瓦时不足300克标准煤，显著优于老旧机组，给电厂在降低运行成本的同时，也为环境保护做出了贡献。^[8]

除此之外，还需要进一步提高煤质的管理。提高煤炭洗选和质量管理能有效降低火电厂的SO₂、飞灰等污染物的排放，煤质的管理既关乎电厂的运行效率，也直接影响到环境污染的产生。过去一段时间，这个电厂一直在通过提高煤炭洗选、煤炭质量的有效管理，以及筛选和使用低硫煤等策略来做好源头控制。这样不仅能够有效减轻煤炭燃烧过程中对环境造成的污染，也能提高煤炭燃烧的热值，降低火电厂运行的成本。由此可见，提升煤炭质量管理对于环保和生产效益同样重要，这样做能够让企业在保持其经济效益的同时，也贡献于环境保护。

在今天这个环保形势严峻的时代背景下，无论是政府还是企业，都应当积极采纳源头控制的策略，从根本上减少环境污染的产生。对于火电厂来说，除了采用先进的超临界机组和提高煤质的管理之外，也可以通过设计更为环保的生产流程，比如采用更加先进的燃烧技术，通过降低燃煤燃烧的温度或者改变火焰的结构等方式，减少有害物质的生成。

近年来,一些新的燃烧技术,如气化炉燃烧、氧煤燃烧等,逐渐在火电厂中得到了实践。这些新的燃烧技术,不仅能够大幅度减少二氧化碳的排放,而且因为燃烧的温度相对较低,可以有效降低氮氧化物的生成,从源头上遏制了大量有害物质的产生。同时,采用这些新型燃烧技术能够使得煤炭的利用率大大提高,对于降低运行成本、提高经济效益同样有着积极的推动作用。比如,浙江某电厂已经开始在一台30万千瓦机组上试用氧煤燃烧技术,初步实践证明这种新的燃烧方式不仅显著降低了燃煤消耗,排放物质也更为环保。

此外,火电厂应切实提高能量的利用效率,这同样是源头控制的重要方向之一。对于火电厂来说,废热与剩余蒸汽的利用率是衡量能源利用效率的一项重要指标。实际产生的热量中,有相当部分可以通过热电联产、余热发电等方式再次利用,从而降低单位能量的燃煤消耗,减轻对环境的影响。例如,河南某热电联产厂已经将其机组的余热回收利用,生产出热水供应郑州市区的供热。

无论采取哪种源头控制策略,企业和政府都需要有一个长期、持久的发展视角。短期内的投资成本也许会增加,但长期看,这些源头控制措施能够带来的环保效益和经济效益是无法估量的。只有这样,我们才能真正实现在经济利益与环保责任之间找到一个平衡,实现可持续发展的目标。

(二) 大气污染防治

大气污染防治是火电厂提高环保排放水平的重要手段之一。尤其是火电厂作为我国大气污染的重要来源,其排放的二氧化硫、氮氧化物和烟尘等大气污染物对环境 and 人体健康的影响不能忽视。为了更好地保护环境,减少污染,火电厂需要采取全面、有效的大气污染防治措施,促进自身的绿色发展。

为满足国家对火电厂烟尘、二氧化硫和氮氧化物的排放限值要求,火电厂必须采用先进的污染物治理技术。袋式除尘是目前最有效的除尘技术之一,其对细小颗粒的除尘效果显著,可以确保火电厂的烟尘排放达标。湿法脱硫则是现行最成熟、最广泛应用的脱硫技术,可将二氧化硫的排放大幅降低,以满足排放标准。而选择性催化还原技术则是目前效果最好的脱氮技术,能将氮氧化物的排放控制在较低水平,其中新疆某火电厂在实践中便取得了良好效果。

在实际运行中,火电厂还需要对这些设备进行综合优化,实现设备间的协同作用,从而大大提高整体的污染物去除效率。例如,烟气在冷却过程中由于酸露点腐蚀和冷凝水冲刷的影响,除尘器和脱硫器的选择以及位置安排需要进行精妙的设计,并且两者需要依不同烟气温度和硫含量等因素,通过改变操作参数等方式保持良好的脱硫和除尘效率。^[9]另外,脱硝装置的放置则需要考虑与脱硫装置之间的相互影响,一般情况下,脱硝装置放在脱硫装置前,可以有效避免烟气脱硫过程中产生的硫酸盐颗粒影响脱硝效果。同样以新疆某火电厂为例,他们通过在实际过程中详细分析烟气成分和脱硫、除尘装置操作参数,进行动态调整和优化,成功提高了整体烟气脱除效率,达到了超低排放的标准。

火电厂还需要建立健全的环保设备操作及维护体系,保证这

些设备能够持续稳定运行。尤其是袋式除尘设备、湿法脱硫设备和脱硝设备,它们的运行状态往往直接影响着火电厂的排放水平。比如,如果过滤袋破损或过脱硫塔内填料堵塞,将会直接影响到除尘和脱硫效率。因此,火电厂应定期对烟气治理设备进行检修,及时更换和修复设备,以保持设备的良好运行状态。

(三) 水污染防治

水污染防治也是火电厂环保排放工作的重要组成部分。在火电厂的生产过程中,除了大气污染物,废水排放也是造成环境污染的重要因素。火电厂应该遵循分类处理、一水多用的原则对废水进行处理和循环使用。^[10]此外,对化学清洗废水、含油废水等特殊性质的废水应采取特殊的处理技术。湖南某火电厂就在实际生产过程中,采用了混凝、沉淀等处理技术对废水进行分类处理,并通过优化工艺实现废水的循环利用,大大减少了废水对环境的影响。

总的来看,火电厂环保排放控制技术的有效应用需要从源头控制、大气污染防治和水污染防治三个方面全面推进,今后,随着我国环保政策的不断推进和技术的进步,我们相信可以在环保与发展之间找到一种更加符合可持续发展的平衡。

结论:

综上所述,本文对我国典型火电厂环保排放控制技术进行了深入探讨,分析了火电厂主要污染物如SO₂、NO_x和粉尘的产生过程及其环境影响,评估了当前国内外排放控制技术的现状。研究表明,通过采用高效的除尘、脱硫和脱硝技术,火电厂可以显著降低污染物排放,实现环保目标。然而,现有技术去除效果、经济性和二次污染等方面仍存在不足。未来,需进一步优化和创新环保技术,提升燃煤发电的环保水平。

参考文献:

- [1]田野. 探究石灰石-石膏湿法的火电厂脱硫环保处理工艺分析[J]. 清洗世界, 2023,(39)(02):1-3.
- [2]郑川江,刘敏,周然. 基于资源消耗和环保水平的火电厂发电调度[J]. 能源与节能, 2022,(02):57-60+66.
- [3]宋贺强. 电厂超低排放的环保改造的设备管理分析[J]. 电子技术, 2022,51(01):280-281.
- [4]吕占凯. 试论如何加强火电厂环保管理工作[J]. 中国科技投资, 2021,(17):74+80.
- [5]徐涛,张志中,魏宏鸽,等. 火电厂环保设施能耗分析及节能降耗技术探讨[J]. 能源工程, 2021,(03):57-62+77.
- [6]刘英达. 节能环保技术措施在火电厂中的应用研究[J]. 科技视界, 2021,(04):90-91.
- [7]廖国权,季海,李皎. 燃煤电厂二氧化硫排放浓度控制经济性探讨[J]. 环保科技, 2020,26(06):7-10.
- [8]廖增安,钟志良,谢庆亮,等. 燃煤电厂低成本超低排放与高端制造应用研究[J]. 中国环保产业, 2020,(05):24-28.
- [9]单星星,杨淑倩. 关于火电厂排污许可证后环境管理的建议[J]. 广东化工, 2019,46(24):86.
- [10]杜佳. 火电厂烟气脱硫脱硝技术应用与节能环保措施研究[J]. 绿色环保建材, 2019,(12):50.

火电厂高效燃烧技术与应用

杨兴杰

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本论文关注了火电厂运营中的燃烧效率问题。本研究首要目标是探究并实施高效燃烧技术，以降低环境污染并提高燃烧效率。带着这个目标，本文详细探讨了一系列高效燃烧技术的基本原理、应用，以及效果。其中包括稳态燃烧技术、细粉煤技术、空气阶段燃烧和气流涡旋燃烧等。它们旨在改进燃烧过程以减少有害排放，改善火电厂效率。此外，本文也关注了这些技术在现实工况中的应用，分析了实际应用中的优点与挑战。通过对案例的深入研究，我们希望找到解决方案以克服这些挑战。本研究强调了高效燃烧技术在火电厂中的重要性，并展望了未来的研究方向。

关键词： 火电厂；高效燃烧；技术与应用

High-Efficiency Combustion Technology And Application In Thermal Power Plant

Yang Xingjie

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper focuses on the combustion efficiency in the operation of thermal power plants. The primary goal of this study is to explore and implement efficient combustion techniques to reduce environmental pollution and improve combustion efficiency. With this goal in mind, this paper details the basic principles, applications, and effects of a series of efficient combustion techniques. These includes steady state combustion technology, fine pulverized coal technology, air stage combustion and airflow vortex combustion. They aim to improve the combustion processes to reduce harmful emissions and improve the efficiency of thermal power plants. In addition, this paper also focuses on the application of these technologies in real working conditions, and analyzes the advantages and challenges in practical application. Through a thorough study of the case, we hope to find solutions to overcome these challenges. This study highlights the importance of efficient combustion technology in thermal power plants and prospects future research directions.

Keywords： thermal power plant; high efficiency combustion; technology and application

引言：

火力发电作为现代社会最主要的发电方式，其在全球范围内所占比例较大。然而，标准燃烧过程中的废弃物排放问题以及能量转化率的问题，不断引发人们对火力发电厂运营效率及其环境影响的关注和思考。在这个背景下，高效燃烧技术的研究发展就显得尤为重要。这些技术包括但不限于稳态燃烧技术、细粉煤燃烧技术、空气阶段燃烧以及流体化床燃烧等。应用这些技术可以帮助我们更好地管理和控制燃烧过程，从而提高能源的利用率、降低污染物排放、并且增强火电厂的运营效率。^[1]该论文不仅会涉及这些技术自身的理论部分，还将对其实际应用案例进行深入研究，这些案例涵盖了多个火电厂以及不同类型的燃烧设备，展示了高效燃烧技术在实际中的广泛应用以及显著效益。

一、火电厂高效燃烧技术应用的研究意义

当前，火电厂在我国电力发展中仍占据主要地位。然而，随着对环保和效率的要求日益严格，火电厂的燃烧效率控制及降低污染排放已成为当务之急。特别是在当今的绿色发展背景下，高效燃烧技术的应用对火电厂的进步与发展显得尤为重要。本文将从三个方面，阐述火电厂高效燃烧技术应用的研究意义及其具体实例。

（一）提升燃烧效率，减少能耗

尽管现代火电厂已可实现锅炉效率达90%—94%，但因对燃烧效率控制不精确，仍使得大多数火电厂面临炭燃烧不完全，锅炉效率偏低的问题。^[2]高效燃烧技术的应用，能有效提升燃烧效率，保证锅炉运行的经济性和安全性，减少能耗。例如，通过运行优化调整以降低损失，如优化配煤方式等，以及保证锅炉正常稳定的运行，这些均是高效燃烧技术在实际中的典型例证。

* 作者简介姓名：杨兴杰，出生：1997年12月，性别：男，民族：布依族，籍贯：贵州省贵定县，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂化学实验

（二）降低对环境的影响

环保政策的推行，使得火电厂在提高发电技术的同时，更需重视降低对环境的影响。通过高效燃烧技术，火电厂能有效降低资源的消耗，减少污染物的排放，对环境造成较小的破坏。以“碱式硫酸铝脱硫富液负压解吸反应动力学”为例，这种技术可以高效协同脱除燃烧过程中产生的多种污染物，减少对环境的影响。^[3]

（三）能够提高火电厂的整体竞争力

高效燃烧技术的应用，能够提高火电厂的整体竞争力，适应社会和经济的快速发展。在不断追求绿色低碳的社会背景下，火电厂通过高效燃烧技术的使用，可以提高能量转换效率，降低燃煤消耗，控制排放，合理利用资源，从而达到经济效益与环保目标的平衡，提高火电厂的竞争力。

在实际操作中，如何提高燃烧效率，将能源损耗及污染排放降到最低，是现代火电厂面临的重要课题。根据此，在提高火电厂燃烧效率的技术方案选择上，科研人员和行业界不断寻找新的技术方法，锁定了几种可能的技术路线。^[4]

总的来说，随着科技的不断进步，火电厂高效燃烧技术的应用也在不断优化，既提升了电力生产效能，又控制了环境影响，将对我国电力产业的发展起到重要推动作用。从中我们也看到了学科交叉和技术融合在解决实际问题中的巨大潜力，这将影响未来电力产业绿色、高效、低碳的发展道路。

二、当前火电厂高效燃烧技术中所存在的问题

近年来，虽然我们在提升火电厂燃烧效率上取得了一定的成果，但在实践中仍存在许多问题。本文将从技术、经济和环保的角度对这些问题进行评述，并以具体的火电厂高效燃烧技术为例进行解析。

（一）技术问题

从技术角度，目前尚未找到一种可以在所有火电厂中通用并能保证最大效率的燃烧技术。各类燃烧技术在特定的环境和条件下可能会展示出优良的效能，但在其它环境中可能完全无法实施或效率急剧降低。例如，气化联合循环（IGCC）技术，这种技术有着较高的燃烧效率，然而其复杂的前处理过程和设备要求限制了其在某些火电厂中的应用。^[5]同时，高效燃烧技术的推广应用也受制于火电厂的工艺流程、燃料种类等因素，各不相同的火电厂需要投入大量的精力进行调试，这在技术上构成了一定的难度。

（二）经济问题

从经济角度看，当前火电厂在高效燃烧技术投入中面临着极大的经济压力。这包括设备更新换代费用、运行维护成本、人员培训费用等。以高效吸收烟气中二氧化硫的湿法石膏法为例，尽管可以有效减少二氧化硫的排放，对环保有积极作用，但由于其设备投资大，运营费用高，造成了许多火电厂在实施初期便面临资金压力。此外，燃烧优化系统等新兴的高效燃烧技术，也面临着缺乏人才、技术研发耗时长、投资风险大等问题。^[6]

（三）环保问题

再次，从环保角度，尽管现有的高效燃烧技术已经能够显著

降低一些污染物的排放，但对于一些微量元素和持久性有机污染物的控制效果仍显不足。如铅、汞等重金属的排放控制，在燃烧过程中往往容易被忽视，而它们的流入环境将可能引发严重的生态问题。某些高效燃烧技术，如流化床燃烧技术虽然有效提高了燃烧效率，减少了 NO_x 和 SO₂ 的排放，但其对颗粒物和重金属排放的控制还不完善。^[7]

三、火电厂高效燃烧技术的有效应用策略

对于火电厂的高效燃烧技术，如何有效应用以提升其经济效益，优化环境质量，成为了我们迫切需要得到解答的问题。下面将从技术创新、经济投入和环保导向三个方面，聚焦火电厂高效燃烧技术的有效应用策略。

（一）技术创新

技术创新无疑是带动火电厂高效燃烧技术应用的一大驱动力。在复杂的火电厂能源生产加工流程中，尤其是如何在提升燃烧效率与降低环境影响之间寻找平衡，技术创新的重要性显而易见。

引入新型的燃烧技术是技术创新的一种体现。例如，尽管传统的亚临界压力锅炉被广泛应用，但其效率受到物理极限的制约——水的临界温度和压力。于是，超临界压力锅炉应运而生。通过提高锅炉的工作压力至水的临界压力以上，水在高温高压下可直接转变为蒸汽，不仅效率提高，加热过程中的能量消耗也明显下降。而随着技术的不断创新，超临界压力锅炉又进一步提高了锅炉工作压力和温度，将热效率提升到近 60%，大大超过了传统火电厂的热效率。^[8]

对于现有技术的优化改进也是技术创新的基础。如循环流化床燃烧技术，这种技术允许在较低温度下实现高效燃烧，降低 NO_x 的产生，而且结构简单，维护成本低。但如何进一步优化燃烧工况，增强其处理燃烧残渣和重金属的能力，则需要进行持续的技术试验和经验总结，这是高效燃烧技术成功应用的基石。

技术创新还包括在探索新型燃料方面的努力。例如，生物质燃料已经被证明是一种可行的替代煤炭的低碳燃料。在生物质燃煤联燃模式中，生物质在燃烧过程中所释放的二氧化碳是其在生长过程中所吸收的，这将很大程度上减少燃煤电厂的温室气体排放。这一领域的进一步研究有助于解决火电厂在环保问题上的困境，这种创新对于火电厂的未来发展起到了积极的推动作用。基于此，未来的技术创新除了对 newly 出现的问题进行解答，还需着眼于系统的全面优化。突破物理极限的技术创新及兼容老旧设备的设备优化将会持续的推动火电厂高效燃烧技术的进步。

（二）经济投入

对于火电厂来说，实现高效燃烧技术的全面应用，必须考虑到经济投入方面的问题，这包括技术更新换代的设备投入，操作运营的维护更新支出，以及人员培训等方面的开支。

设备投入是实现高效燃烧技术的核心因素。尽管循环流化床（CFB）锅炉这类高效燃烧技术可以在较低温度下实现燃烧，明显降低了 NO_x 的排放，但由于该设备的初始投入相对较高，使得一

些火电厂在初始阶段就面临着较大的经济压力。因此，火电厂在进行技术更新换代的过程中，必须进行详尽的成本－效益分析，权衡设备投入与长期运营效率之间的关系，使得投资能在合理期限内得到回收。

燃烧技术的运营维护和更新也是一个重要的经济投入。任何一种设备，无论其技术多么先进，都需要经过一段时间的运行后进行维护和必要的更新。特别是一些高效燃烧设备，由于其结构和工作原理相对传统设备更为复杂，因此其运营过程中的维护更新成本必然会更高。这部分投入对于火电厂的运营成本有着直接的影响。

人员培训是实现高效燃烧技术应用的必要环节。新的燃烧技术需要有一批掌握相应技术能力的操作人员，而这就需要花费大量的经费来进行员工的培训和教育。而且由于燃烧技术的更新速度相对较快，这就需要火电厂定期对员工进行技术培训，保证员工的技术水平与时俱进。虽然这部分投入在短期内可能看不到明显的经济效益，但长远来看，有技术素养的员工是提高火电厂燃烧效率，实现经济效益最大化的重要保障。

同时，火电厂在进行经济投入的过程中，还需要关注政策导向。在很多情况下，政府会通过经济激励等方式，引导火电厂投资新的高效燃烧技术。利用这些优惠政策，火电厂可以有效地降低经济投入，缩短投资回收期，提高经济效益。例如，政府可以通过给予消减二氧化碳排放的税收优惠政策，鼓励火电厂更积极地投入到燃烧技术更新换代的工作中。^[9]

（三）环保导向

环保导向是火电厂实施高效燃烧技术选择的一个重要方向，对于在全球可持续发展的大背景下的火电厂来说，这不仅是一种社会责任，更是一种关乎自身发展生存的现实考量。遵从环保导向，实施高效燃烧技术，发展低碳火电，将为火电厂争取到更多的发展空间和社会声誉。

环保导向的高效燃烧技术可以降低火电厂的环境污染。这类技术的特性是在提高燃烧效率的同时，减少了有害物质的排放，符合当前全球对环境保护的基本理念。比如碱性燃烧技术，燃烧过程中形成的碱性气体可以中和煤燃烧过程中生成的酸性气体，从而极大地减少了酸雨的发生。微粉煤燃烧技术，通过将煤磨成

微米级的粉末燃烧，可以更充分地燃烧煤，减少了煤燃烧过程中有害物质的排放。

火电厂针对高效燃烧技术的剩余物质进行处理的举措，也是环保导向的体现。例如施用石膏法脱硫技术的火电厂，将脱硫生产的石膏等副产品进行合理利用，这既减轻了环境压力，也增加了电厂的额外收益。再比如一些火电厂采用碳捕获和储存技术，将燃烧过程中产生的二氧化碳捕获并存储起来，或者进一步利用二氧化碳制造化工原料，既实现了温室气体的减排，又带来了一定的经济效益。

环保的理念和导向已经不仅仅局限于应对环境污染的问题，而且已经凸显为推进经济转型和产业升级的重要驱动力，它将成为未来火电厂工作的基本课题之一。绿色发展的理念深化了人们对环境和经济发展关系的认识，实现环保与效益的双赢是新时代火电厂面临的挑战也是巨大的发展机遇。任何企业只有提前预见、主动应对这个趋势，才可能在未来的竞争中立于不败之地。作为全球最大的碳排放国的中国，已经饱受环境压力，有必要通过推动环保导向进行产业优化，实现高效低排放的燃烧技术。这同样适用于全世界的火电厂，以此达到倡导清洁低碳、健康持久的发展模式，营造人与自然和谐共生的优美环境。尤其是当前，在国际环保压力越来越大的背景下，环保导向的高效燃烧技术应用，将对全球火力发电行业产生深远影响。^[10]

结论：

综上所述，本文研究了火电厂高效燃烧技术及其应用，分析了这些技术在提升燃烧效率、降低能耗、减少污染排放方面的实际效果和存在的问题。通过稳态燃烧、细粉煤技术、空气阶段燃烧和气流涡旋燃烧等技术的应用，火电厂显著提高了运营效率，减少了环境污染。然而，技术的普及仍面临经济成本高、设备更新难等挑战。未来的发展方向应聚焦于技术创新、优化经济投入以及加强环保导向，以实现火电厂的绿色高效发展和可持续运营。通过系统化、创新性的发展策略，高效燃烧技术将为火电厂带来长远的经济效益和社会价值。

参考文献：

- [1] 张晓宇, 王天伟, 李燕, 等. 火电机组燃烧系统智能综合优化控制研究 [J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(09): 2544–2553.
- [2] 冯旭刚, 鲍立昌, 章家岩, 等. 基于 IGPC 解耦控制的火电机组多目标协同燃烧优化控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(09): 3223–3232.
- [3] 武瑞. 火电机组循环流化床燃烧系统床温控制研究 [J]. 设备管理与维修, 2019, (02): 36–37.
- [4] 刘刚. 火电锅炉燃烧优化技术研究 [J]. 决策探索 (中), 2018, (09): 61.
- [5] 杨沛豪, 刘向辰, 朱玉鑫, 等. 基于富氧燃烧技术的燃煤火电机组灵活性改造 [C] // 中国火力发电产业技术创新战略联盟, 国家火力发电工程技术研究中心. 全国火电机组灵活性改造技术交流会论文集. 西安热工研究院; 兰州理工大学电气工程与信息工程学院; 重庆富燃科技股份有限公司; , 2018: 8.
- [6] 张洪源. 火电机组锅炉燃烧优化研究 [D]. 东南大学, 2016.
- [7] 王志. 火电机组的燃烧自动优化初探 [J]. 贵州电力技术, 2015, 18(05): 34–37.
- [8] 潘锐. 火电机组锅炉燃烧系统建模与优化研究 [D]. 北京交通大学, 2014.
- [9] 陈彦桥, 刘建民, 曾德良, 等. 火电机组燃烧优化的研究现状及展望 [J]. 华东电力, 2010, 38(10): 1599–1603.
- [10] 赖坚. 改进火电的燃烧方式亟待进行 [J]. 中国能源, 1990, (05): 32–33.

提高鄂钢烧结矿质量的生产实践

颜善韬

宝武集团鄂城钢铁有限公司, 湖北 鄂州 436000

摘要：介绍了鄂钢260 m²烧结机提高烧结矿质量的生产实践，结果表明：采用800mm以上厚料层、优化配矿、适宜的混合料水分、燃料粒度和FeO控制区间等措施，可有效改善烧结矿质量，满足2600m³高炉用矿要求。

关键词：烧结矿；转鼓指数；厚料层；优化配矿

Production Practice Of Improving The Quality Of Sintered Ore

Yan Shantao

Baowu Group Yicheng Steel Co., Ltd. Ezhou, Hubei 436000

Abstract： This paper introduces the production practice of improving the quality of sintered ore using a 260 m² sintering machine at Hubei Iron and Steel Co., Ltd. The results show that measures such as using a thick material layer of over 800mm, optimizing ore blending, suitable mixture moisture, fuel particle size, and FeO control range can effectively improve the quality of sintered ore and meet the requirements of 2600 m³ high furnace ore.

Keywords： sintered ore; drum index; thick material layer; optimize ore blending

前言：

随着钢铁行业的不断发展和产能扩张，对高质量、高性能烧结矿的需求日益增加，高品质的烧结矿不仅可以提高钢铁产品的品质和性能，还可以降低生产成本，提高企业的竞争力。鄂钢烧结矿是高炉的主要含铁原料，占入炉矿的比例高达72%，烧结矿质量的优劣，对高炉稳定起着决定性作用。而转鼓指数和低温还原粉化指数是烧结矿的主要质量指标，其高低直接影响到高炉炉况顺行。实践证明，烧结矿的转鼓指数高、粒度均匀、冶金性能优良是保证高炉料柱透气性的先决条件。随着鄂钢两座高炉生产能力不断增加，日产量从11000吨逐步提高至13000吨以上，对烧结矿质量要求不断提高。鄂钢烧结工艺技术人员通过试验研究和生产攻关，完成了烧结矿质量改善目标，为高炉稳定顺行打下良好基础。

一、烧结矿质量影响因素分析

烧结生产证明，影响烧结矿质量因素种类繁多且复杂。主要因素有铁矿粉的种类及烧结基础特性、固体燃料品种及粒度、烧结料层厚度及垂速速度、烧结矿化学成分控制范围、烧结主要工艺参数控制、烧结生产稳定性等。

（一）配矿结构不稳定，品种多，堆间波动大

受鄂钢自身资源条件限制，无自有矿山和地域优势，主要使用进口粉矿和近地化精粉，配矿结构受降本压力和市场影响较大，经常频繁变化品种，增加小比例降本矿种，配矿品种多大15-18个，每4天重新造堆，上下堆之间除品种变化外，还受堆头堆尾粒级和成分变化影响，混匀矿波动大直接影响烧结矿质量。

（二）烧结固体燃料热值不稳定，破碎粒度不达标

目前鄂钢使用的固体燃料为无烟煤和自产焦粉，其中自产焦粉粒级分布不合理，小于0.5mm比例高达35%以上，大于10mm占比高达40%以上，粒度呈两级粉化状态。同时由于燃料大仓

容积较小，无烟煤和焦粉经常出现混放。为防止无烟煤破碎时打滑，采用焦煤混破方式破碎，造成了破碎后的固体燃料热值不稳定，粒度偏小，小于0.5mm占比高达50%以上，对烧结生产影响很大。

（三）熔剂结构不合理，熔剂质量不稳定

鄂钢烧结使用熔剂有生石灰、白云石、石灰石，且均为外购制成品。生石灰熔剂供应单位4家，且各家熔剂质量参差不齐，含钙量和活性度波动较大。由于无生石灰消化器，直接在混合机内消化，时间短难以完全消化，且造成烧结混合料水分难以稳定。石灰石和白云石中亦存在少量大于3mm颗粒在烧结过程中未能完全分解和矿化，游离的CaO残留在烧结矿中形成白点，储运过程中易吸水粉化。

（四）混匀制粒效果差的影响

鄂钢混合料制粒效果不佳，大于3mm的成球率仅为46%，受低水低碳理念影响，混合料实际水分较适宜水分控制偏低，总加水量不够。生石灰在混合机内消化吸收，甚至部分造好的小球也

* 作者简介：颜善韬，1982.12，男，汉族，湖北鄂州市，本科，工程师，研究方向：烧结工艺

遭吸水破坏。由于只有2段混合机，混匀制粒时间较短，亦为混匀制粒效果不佳的影响因素。

（五）布料制度不合理的影响

鄂钢烧结机布料沿台车宽度方向粒度偏析较大，特别是1号烧结机呈现南边粒度大于北边；高度方向上部分大颗粒停留在台车表层，未能进入台车底部，说明布料圆辊、九辊布料器等设备功能未正常发挥作用。

（六）烧结料层厚度的影响

料层厚度对烧结矿质量影响很大。厚料层烧结通过充分加强蓄热作用，矿物的固相和液相结晶生成更多的复合铁酸钙，改善烧结矿聚合体的微观结构、减少表层烧结矿比例，可有效改善烧结矿转鼓指数和低温还原粉化指数，降低烧结矿 FeO 含量并提高其还原性。鄂钢受装备和原燃料条件限制，台车料层高度长期处于750mm左右水平，对烧结矿质量不利。

（七）烧结工艺操作参数的影响

烧结的工艺参数包括烧结温度、垂烧速度、气氛等多个方面。这些参数的选择对于烧结矿的结构、机械性能、化学成分等方面都有重要影响。例如，烧结温度和烧结时间是影响烧结矿的烧结程度和结晶结构的重要参数。合理的烧结温度和时间能够保证烧结矿的结合度和烧结度，确保产品的机械强度和冶金性能。此外，气氛的控制也对烧结矿的质量有重要影响。合适的气氛能够促进烧结反应的进行，防止烧结矿产生氧化损失和结构破坏。

（八）化学成分的影响

SiO₂是烧结过程中液相生成的基础，其含量过高或者过低均影响烧结矿质量；FeO是烧结过程中温度和气氛的综合性指标，其对烧结矿性能有双重影响，过高或者过低均不利于提高烧结矿质量和改善冶金性能；Al₂O₃熔点高，在烧结过程中吸热，其为烧结矿黏结相铝硅铁酸钙组成成分之一，但其含量过高，烧结矿质量明显恶化；MgO有利于改善烧结矿 RDI_{3.15}，但其不利于烧结矿还原性、转鼓指数和固体燃料的改善，烧结过程中应当控制合理范围，控制其不利影响；烧结矿碱度 R 是影响烧结矿质量的基本因素，碱度低烧结矿质量差，碱度高烧结矿质量优，应在平衡高炉炉料结构的前提下选择尽可能高的碱度来保证烧结矿质量。

二、提高烧结矿质量的措施

（一）优化配矿结构、设置关键成分边界

为更好的服务烧结生产，稳定烧结矿质量，鄂钢采取了多种措施来优化配矿，一是在遵守铁矿石烧结基础特性和烧结杯实验结果的前提下，优化组合，建立了配矿主结构并锁定为长协矿，其比例达55%，从结构上的稳定保证了烧结矿物理性能和冶金性能的稳定；二是控制关键成分边界，Al₂O₃/SiO₂控制在0.38以下，Al₂O₃控制在2.0%以下，从配矿端来保证烧结矿液相生成基础条件。

（二）提高配料造堆准确率、消除堆间波动

在料场混匀矿造堆管理上，进行工艺流程优化和设备优化改造，一是打通输出系统与一次料场之间的障碍，每堆混匀矿切除

堆头和堆尾料3000吨，返回一次料场参与下堆配料，最大限度地消除堆间波动；二是提高配料设备精度，将配比低于3%的圆盘和配料秤进行改造，使其配入精度从2%提高至3‰，满足要求小配比配入要求。经过上述措施，鄂钢混匀矿稳定率提高0.7%，月综合稳定率达98%以上。

（三）稳定固体燃料热值，优化破碎粒度

为了稳定烧结固体燃料热值，鄂钢炼铁厂采取多项措施来改善，一是扩建了烧结煤仓，库位数从9个增加至18个，实现了焦粉和无烟煤的有效分离；修订煤仓管理制度，加强煤仓管理，做到了固体燃料的分仓、分堆、分取；煤仓增加4个沉井，通过自动排水确保煤仓无积水，增加煤粉水分稳定性。二是调整固体燃料破碎标准，由混破改为单独破碎，焦粉和煤粉采用不同破碎标准，同时提高破碎合格率至90%；三是优化工艺流程，设置翻辊、断轴等异常大颗粒煤返回重新破碎流程，消除了异常煤粉的影响。经过上述举措，鄂钢烧结固体燃料热值保持稳定，烧结固体燃料耗从最高62kgce/t逐年降低当前48kgce/t，内返率同步由26.70%逐步降低至当前19.51%，因固体燃料粒度和热值不稳定对烧结矿质量的影响完全消除。

（四）调整熔剂结构，改善熔剂质量

为降低熔剂对烧结矿质量影响，鄂钢烧结技术人员采取以下措施，一是提高生石灰熔剂质量标准，CaO含量大于84%，活性度大于260ml，并引入生石灰活性指数评价机制，通过末尾淘汰制度来减少供应单位数量，保证其质量的稳定；二是调整白云石、石灰石、生石灰的粒度控制标准，在小于3mm比例大于90%的基础上，增加大于5mm比例低于2%的规定，减少大块熔剂进行烧结生产，取得较好的成效，完全消除了烧结矿中的白点，稳定了烧结矿质量。

（五）改善混匀制粒效果

为改善混匀制粒效果，提高混合料成球率，采取了以下措施，一是在一次混合机前方胶带上喷水，提前消化生石灰，增加其消化时间，降低其在混合机内消化吸收对小球的破坏作用；二是对二次混合机内部衬板改型，由常规衬板改为逆流螺旋衬板，将制粒时间从4.17min延长至6.65min，经过检测，成球率由46提高至50.5%，提高了4.5%，效果显著。

（六）提高布料稳定性

为提高烧结机布料稳定性，采取了以下措施，一是在梭式布料小车头轮下料点安装挡板，将物料入仓抛物线改为垂直下落，同时调整梭式布料小车的行程，在料仓两端换向时停顿3秒，确保仓内料面基本保持水平，消除台车宽度方向上的物料偏析；二是九辊布料器倾角从42°调整至38°，转速由15Hz提高为25Hz，高度上增强物料偏析；三是调整九辊间距，从上至下调整为1-1-1-2-2-2-3-3mm，

通过上述措施，消除了台车宽度方向的偏析，增强了高度方向上的偏析，消除了表层大颗粒混匀矿，有效提高了布料的稳定性。

（七）提高料层厚度

厚料层烧结加强了烧结过程蓄热作用，延长了高温保持时

间，液相生成条件更充分，能显著提高烧结矿质量。但料层厚度的增加对原料条件和装备能力提出了更高的要求。既要改善原料的透气性能，又要降低漏风率，提高台车栏板高度，更要考验主抽风机能力。

鄂钢1、2号260m²烧结机分别于2020年6月和2017年12月进行了台车栏板加高至800mm改造。改造后，料层厚度成功从720mm提高至750mm；为了进一步提高料层，采取了以下措施，一是调整配矿结构，降低精粉比例至13%以内，提高混匀矿原始粒径至2.8mm，保证了烧结料层原始透气改善的基础条件；二是开展烧结机系统性漏风治理，降低台车本体、风箱、大烟道、卸灰阀、机头电除尘和主抽风机机壳等部位漏风，漏风率降低至40%以下，通过上述措施，烧结机料层厚度成功提高至820mm，烧结矿质量指标进一步优化。

（八）选择合理烧结工艺参数

鄂钢烧结能力小于高炉，长期以来烧结生产组织模式以产量为牵引，导致烧结矿质量一直低位徘徊。众所周知，烧结机料层厚度不变的条件下，机速快则产量高，垂烧速度大；垂烧速度大又导致烧结过程高温保持时间短，最终导致烧结矿质量下降。近两年来，在烧结工艺技术人员努力下，逐渐扭转了这种观念，树立了质量为先的理念，即在烧结质量满足高炉需求的情况下，最大化的发挥烧结产能，经过不懈的努力，逐渐建立起围绕高炉稳定顺序的烧结矿质量和产量生产的“动态平衡”体系。在该体系的指导下，烧结机垂烧速度由23mm/min降低至16mm/min；点火温度由1000±50℃提高至1100±50℃；烧结终点温度由330±30℃提高至370±30℃；经过上述调整，烧结矿质量逐年提升，到达行业中上游水平。

（九）选择适宜的烧结矿碱度、亚铁和镁铝比

经过几年的生产实践探索，鄂钢形成了具有自身特色的烧结矿化学控制标准，SiO₂是烧结过程中液相生成的基础，为保证烧结矿质量，因鄂钢烧结能力偏小，对产能有较高要求，其控制范围选择5.5-5.9%，在此范围内，在最大限度内满足了烧结质量和产量需求，又兼顾了降低配矿成本的需求；FeO是烧结过程中温度和气氛的综合性指标，鄂钢控制范围为8-10%，稍微抑制烧结矿还原性，改善烧结矿低温还原粉化指数；Al₂O₃对烧结矿质量负面影响很大，鄂钢烧结在自身能力范围内选择不高2.2%来控制，满足质量需求下兼顾降本需求；MgO有利于改善烧结矿RDI_{+3.15}，但其不利于烧结矿还原性、转鼓指数和固体燃料的改善，鄂钢选择两者兼顾，控制范围取1.6-1.8%，根据高炉镁铝比需求灵活调整；鄂钢烧结矿碱度R保证在1.9倍以上，根据高炉炉料结构需要来灵活调整。

三、生产实践效果

通过上述举措的逐步落实，鄂钢烧结机料层厚度由750mm逐步提高至820mm，烧结矿质量得到较大幅度的改善，如表所示，2021年至2024年6月，烧结矿质量逐年不断改善，2024年较2021-2023年均值相比，转鼓指数提高0.92%，RDI_{+3.15}提高

4.34%，其他指标亦不同程度的改善。

年份	转鼓指数	内返率	外返率	RDI _{+3.15}	10-40mm比例
单位	%	%	%	%	%
2021	76.58	26.70	14.58	62.83	53.45
2022	76.89	25.36	14.79	62.35	51.84
2023	77.55	22.57	14.45	64.47	56.77
2024	77.93	19.51	12.23	67.56	61.09
比较	+0.92	-5.37	-2.38	+4.34	+7.07

四、结束语

- （1）优化配矿、稳定配矿结构，设置关键成分边界是提高烧结矿质量的基础。
- （2）稳定烧结固体燃料热值，优化破碎粒度以及熔剂质量和结构优化是提高烧结矿质量的关键。
- （3）厚料层烧结、提高混匀制粒效果、改善布料偏析以及选择合理的烧结工艺参数，是改善烧结矿质量的重要手段。
- （4）适宜的烧结矿Al₂O₃/SiO₂、Al₂O₃含量、FeO含量、SiO₂含量、MgO含量以及烧结矿二元碱度能够部分弥补矿石原料的不足，有效改善烧结矿质量。
- （5）鄂钢260m²烧结机生产实践证明，800mm以上厚料层是烧结矿质量改善的基础；合理优化配矿、改善混匀矿粒级组成是厚料层的先决条件；适宜的混合料水分、燃料粒度和FeO控制区间是烧结矿质量提高的保证。通过上述系列技术措施的实施，烧结矿粒级改善，转鼓强度提高，冶金性能改善，满足了2600m³高炉的生产需要。

参考文献：

[1]张建和. 提高湘钢烧结矿质量途径的探讨[J]. 湖南冶金, 1998, 9(5):11-14.

[2]李来胜. 提高烧结矿转鼓强度的途径与措施[J]. 涟钢科技与管理, 2014(5): 22-25.

[3]李杰民等. 提高烧结矿转鼓强度的试验研究与生产实践[J]. 安徽冶金, 2009(3): 5-9.

[4]别威. 提高烧结矿碱度的探索与实践[J]. 山西冶金, 2023, 46(6):165-167.

[5]张国柱. 烧结机烧结矿产量和质量提升的实践研究[J]. 冶金与材料, 2023, 43(5):32-34.

[6]陆文杰. 探讨提高烧结机烧结矿产量和质量的实践[J]. 世界有色金属, 2022(20):3.

[7]杨康. 提高烧结机烧结矿产量和质量的实践研究[J]. 冶金与材料, 2022, 42(6):104-106.

[8]张学锋, 闻亦昕, 熊大林, 等. 基于双向长短时记忆网络模型预测烧结矿FeO含量[J]. 冶金自动化, 2023, 47(6):85-92.

[9]岳宏亮, 周建洋, 高培程, 等. 提高烧结用生石灰质量的生产实践[J]. 矿业工程, 2022, 20(6):3.

[10]肖光华, 贺勤, 聂绍昌. 新钢4号, 5号机烧结矿产质量提升实践[J]. 山西冶金, 2024(002):047.

基于水影响作用下的露天煤矿边坡稳定性研究

王明¹, 孟祥春², 王京伟¹, 徐勇超¹, 赵立春¹

1. 扎鲁特旗扎哈淖尔煤业公司, 内蒙古 扎鲁特旗 029100

2. 内蒙古能源有限公司, 内蒙古 通辽 029200

摘要： 随着煤炭科技的发展，如何适应当今科学技术的发展，成为众多煤矿工作者关注的问题。目前，我国的自主采煤技术水平仍然较低，为提升露天煤矿边坡稳定性，科学应对滑坡、泥石流、水土流失等问题，营造安全平稳生产环境，增强煤炭资源开发、存储与运输能力。文章以水影响作为框架，科学运用理论成果，分析露天煤矿边坡稳定性影响因素，掌握边坡治理底层逻辑，健全评估标准，创新分析路径，完善处置策略。

关键词： 水影响作用；露天煤矿；边坡稳定；提升策略

Study on the slope stability of open-pit coal mine under the influence of water

Wang Ming¹, Meng Xiangchun², Wang Jingwei¹, Xu Yongchao¹, Zhao Lichun¹

1. Zaharur Coal Company, Zhalut Banner, Inner Mongolia 029100

2. Inner Mongolia Energy Co., Ltd, Tongliao, Inner Mongolia 029200

Abstract： With the development of coal science and technology, how to adapt to the development of current science and technology, has become a concern of many coal mining workers. At present, the level of China's independent coal mining technology is still low. In order to improve the slope stability of open-pit coal mine, scientifically deal with landslide, debris flow, soil erosion and other problems, create a safe and stable production environment, and enhance the capacity of coal resources development, storage and transportation. The paper takes the water influence as the framework, and uses the theoretical results scientifically, analyzes the influencing factors of the slope stability of the open pit coal mine slope, grasps the underlying logic of the slope treatment, improves the evaluation standard, innovates the analysis path, and improves the disposal strategy.

Keywords： water influence; open pit coal mine; slope stability and lifting strategy

前言

根据相关机构公布的数据，2022年国内共有露天煤矿357处，产能达到11.62亿吨，约占全国煤炭总产量的23%。着眼露天煤矿开采的总体要求，开采企业在组织生产的同时，还需要加强边坡治理，立足水影响作用，探讨露天煤矿边坡稳定性影响因素，借助归因分析，廓清思路，把握关键，推动露天煤矿边坡治理活动高质量开展。

一、水影响作用对露天煤矿边坡稳定性产生的影响

系统分析水影响作用对露天煤矿边坡稳定性产生的影响，实现思路认知的有效扭转，廓清水体因素作用边坡稳定的主要形式，为后续数理研究与分析提供便利。

（一）水影响对边坡稳定性的作用方式

近些年来，随着露天煤矿开采规模的增加，深度的增大，边坡高度和扰动面积发生明显变化，影响开采活动正常开展。具体来看，露天煤矿边坡稳定性受到水体因素的影响较大，雨水渗透到土壤后，土体含水量增加，孔隙压力上升，基质吸引力降低，胶结结构受到侵蚀，使得边坡结构的抗剪强度持续下降，出现失

稳的概率大大增加^[1]。从实际情况来看，水影响对边坡稳定性的作用有着多样性，根据作用方式，可以划分为静水压力、动水压力两大类，在静水压力下，水体缓慢向下渗透，逐步侵入岩体空隙与裂缝中，使得边坡土体容量与孔隙水压持续增加，改变了边坡结构的力学属性，出现土体抗剪能力下降、剪应力增加等问题。水体在边坡流动中，对边坡结构产生冲击，导致边坡稳定性降低。水影响对边坡稳定性作用的复杂性，增加了露天煤矿边坡治理难度和治理成本。

（二）水影响对边坡稳定性的分析模型

为实现露天煤矿边坡的科学治理，应对静水压力、动水压力产生的影响，部分研究团队，尝试使用 Morgenstern-Price 分析

作者简介：王明，（1981.01），男，汉族，江苏东海人，现就职于扎鲁特旗扎哈淖尔煤业公司，高级工程师，硕士，现研究方向露天矿地质测量无人机航测、数据模型建立，以及采矿边坡工程等方面的工作。邮箱：wm613@126.com

模型，测算边坡安全系数，实现边坡稳定性的量化分析；部分研究团队利用有限元分析软件，综合评估边坡内部应力、位移等参数，建立边坡破坏预警机制，推动边坡治理的针对性和有效性；部分研究团队借助有限元法和极限平衡法，测算降水对边坡稳定性的临界值；部分研究团队使用强度折减法模型，分析不同工况环境下，边坡结构的安全系数，预测潜在失稳区域。现有的分析模型和分析方法，操作难度较大，实用性不高，对核心参数和关键数据的获取、分析、应用能力不高，使得分析模型在很大程度上，无法达到使用预期，无助于露天煤矿边坡失稳治理活动的有序开展^[2]。

二、水影响作用下露天煤矿边坡稳定性分析

运用现有理论成果和研究架构，客观、全面分析水影响作用下露天煤矿边坡稳定性的主要表现形态，通过定量分析和定性评估相结合，形成规律性认知，推动边坡治理工作稳妥有序开展。

（一）基于极限平衡理论的稳定性分析

1. 含水边坡滑移分析模型

利用极限平衡理论分析水体对露天煤矿边坡稳定性，可以搭建含水边坡滑移理论模型。结合以往经验，露天煤矿沉积岩层中，部分岩层中存在渗透性较差的泥岩，这种岩层特性使得降水后形成的浸润线始终保持在泥岩上方区域，特殊的分布规律，对滑动条块产生一定程度的弱化作用^[3]。为提升分析精度，可以引入岩土体物理力学性质试验，运用地质勘察、滑坡反分析等方式，精准获取测算密度、黏聚力、内摩擦角、渗透系数、弹性模量和泊松比，掌握边坡岩性。通过数据的整合、分析，掌握露天煤矿边坡在不同含水高度条件下边坡渗流量，掌握渗流场分布规律。同时，计算孔隙水压力对露天煤矿边坡稳定性的影响，实现含水边坡滑移的科学分析，确保稳定性分析的精准性和科学性。

2. 含水边坡稳定性分析模型

露天煤矿边坡稳定性分析中，为明确水体与边坡结构之间的相互联系，完善分析方法，形成静态稳定分析、动力稳定分析和水力稳定分析的分析模型。在静态稳定性分析中，运用切片法、广义平衡法等成熟的分析方法，建立露天煤矿边坡力学模型，计算剪切力的平衡关系，将其作为判定边坡稳定性的基础性前提，为后续分析研究奠定坚实基础。在完成静态稳定性分析后，综合考量水体等动力荷载对边坡稳定性的影响，采取时程分析法、频率分析法等多种方式，动态获取力学特征，依据动态力学特征，使用渗流有效应力法、Darcy 定律法以及杨-阿基米德稳定理论，开展水力稳定分析，逐步排除干扰因素影响，确保含水边坡稳定性分析结果的精准度，实现露天煤矿含水边坡稳定性规律的完整呈现，提升边坡失稳治理的针对性，准确预警滑坡、泥石流、水土流失等地质灾害^[4]。

（二）基于 FLAC 模型的稳定性分析

应用 FLAC 模型分析露天煤矿边坡稳定性的过程中，根据操作规范，率先做好模型建立与网格划分，三维计算模型，对建立起的三维计算模型进行网格划分，确保分析结果的有效性，实现

模型动态调整。模型创设完成后，输入岩土密度、弹性模量、泊松比、内摩擦角、黏聚力等，设定模型的边界条件，考虑自重应力产生的初始应力场，以及地下水位和静水压力的影响，准确模拟地下水面和静水压力分布^[5]。利用 FLAC3D 进行数值模拟，评估露天煤矿边坡在天然状态下的应力分布和变形特征，在此基础上，模拟边坡开挖、降雨等工况对边坡稳定性的影响。运用迭代求解的方式，获得每一次迭代时的应力和应变值，进而评估边坡的稳定性^[5]。

三、露天煤矿边坡稳定性提升策略

完善露天煤矿边坡稳定性提升策略，实现边坡治理的体系化、科学化和高效性，形成最优化的露天煤矿边坡治理方案，营造良好条件。

（一）提升分析结果应用能力

露天煤矿边坡治理周期长、要求高，为应对失稳问题，坚持问题导向，坚持目标导向，坚持方法导向，充分运用分析模型，获取分析数据，将分析数据作为基础，完善边坡监测机制，创新边坡治理方案，推动露天煤矿边坡失稳问题的高效处置。具体来看，深刻把握水体因素与露天煤矿边坡稳定性之间的相互关系，明确水位变化与边坡结构稳定性、浸润线、安全系数之间的内在关系，通过数据分析，细化露天煤矿边坡治理的基本要求，实现边坡治理举措的科学设置，推动边坡治理工作稳步开展。为保证分析结果的应用效果，借鉴过往成功经验，把握分析结果应用的基本脉络，将数据分析和数据应用等环节串联起来，确保露天煤矿边坡治理方案契合治理总体要求，为边坡监测、生态治理提供数据支持^[6]。

（二）健全完善边坡监测机制

为确保露天煤矿边坡治理工作高质量开展，科学应对水体影响，准确运用稳定性分析结果，健全完善边坡监测体系，实时掌握边坡动态，获取水文、地质、植被等系列数据，搭建露天煤矿边坡治理大模型，确保边坡治理的科学性与合理性。具体来看，应积极与自然资源、环保、林业等政府部门对接，通过数据信息共享等方式，掌握土壤、地下水等地质环境修复指标，同时结合矿有关职能部门提供的评估结果，科学修正地质环境边坡治理方案，确保修复方案的实时性与有效性。使用 RS 技术、无人机勘察技术，定向获取露天煤矿边坡区域植被、水文等基础数据，准确评估生态状况，对可能出现的滑坡、泥石流等地质灾害做好提前预警，降低地质环境问题产生的威胁程度。综合运用大数据技术、云计算技术，组建露天煤矿边坡三维模型，获取各类数据，直观掌握区域实际以及修复情况，切实增强露天煤矿地质环境边坡治理工作的指向性，避免出现盲目修复等问题，减少不必要费用支出，确保资源利用的集约化水平^[7]。

（三）不断强化边坡加固效果

在边坡加固中，可以选用锚固方案，实现边坡结构合理调整，确保总体加固效果。据图来看，按照测量放线、外层钢板桩施工、内层钢板桩施工、基槽开挖、集水沟与集水坑开挖的施工

流程，增强边坡锚固结构稳定性。对于土钉墙锚固技术、排桩锚固技术以及地下连续桩技术的应用，调整举措，完善技术参数，确保锚固施工技术应用水平。利用 FLAC3D 模拟加固后的边坡应力、应变状态，验证加固效果^[8]。通过调整加固方案的参数，确保抗滑桩的桩长、桩间距等加固技术参数符合预期，提升总体加固能力。优化加固设计在锚固施工过程中，还需要严格按照技术规范，科学合理使用施工机械和施工工艺，以保证施工的安全和质量。在边坡锚固方案交底和施工方案制定时，仔细评估其合理性和符合性，确保其与相关规范、标准和设计要求相符。对锚固结构使用的材料进行审查和质量检查，确保其符合规定要求，并通过必要的测试和检验来验证其稳定性和可靠性。

（四）持续创新边坡治理举措

具体来看，综合考量露天煤矿边坡失稳治理的经济性、生态性等要求，选用绿色环保 GLD 生态袋，这种生态袋适用范围较广，能够满足不同工况环境下的边坡治理要求，降低水体因素对边坡结构产生的影响。对于生态袋内使用的填充物质，结合含水

边坡滑移分析模型，合理选择填充物质种类，保证对水体的吸收、处置能力^[9]。结合过往经验，技术团队将植生土、中粗砂、有机肥作为主要填充物，按照 7:2:1 的制备比例，兼顾填充物制备成本和制备效果。为最大程度地发挥生态袋的边坡治理优势，在填充物中，添加一定量的草灌木种子，充分运用灌木的水土保持能力，吸收多余水分，改变边坡土壤属性，确保边坡修复能力。生态袋封袋阶段，科学控制封装量，将封装量控制在 90% 左右，封装袋与封装袋之间，使用生态袋粘合剂进行加固，确保露天煤矿边坡生态治理的整体质效。

四、结语

边坡治理对于露天煤矿开发有着深远影响，文章着眼水体因素对边坡结构的作用方式，引入全新的研究模型^[10]，归纳规律，总结经验，采取有效举措，创新治理路径，完善治理举措，切实提升边坡稳定性。

参考文献

[1] 吴榕真, 舒应秋, 李志强等. 基于水影响作用下的露天煤矿边坡稳定性研究 [J]. 露天采矿技术, 2021 (3): 26-29.

[2] 王旭, 吴婷婷. 基于蠕变特性的露天煤矿外排土场边坡稳定性研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023 (11): 193-198.

[3] 马瑞东. 露天煤矿边坡稳定关键影响因素及边坡治理 [J]. 能源与节能, 2015(10):47-48.DOI:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2015.10.022.

[4] 李志国, 徐涛, 刘永杰. 露天矿边坡稳定性的层次分析-模糊综合评价耦合分析 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2024 (1): 116-123.

[5] 王凯, 那恩航, 张亮等. 阜新露天煤矿排土场边坡土壤团聚体稳定性及分形特征 [J]. 干旱区研究, 2021 (2): 402-410.

[6] 李文国. 边坡稳定监测技术在露天煤矿中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2015(10):133-134.DOI:10.13487/j.cnki.imce.007216.

[7] 谷浩源, 韩流, 张健. 水-热耦合下露天矿冻结期靠帮开采边坡稳定性研究 [J]. 煤矿安全, 2023 (12): 159-166.

[8] 杨天鸿, 王赫, 董鑫, 刘飞跃, 张鹏海, 邓文学. 露天矿边坡稳定性智能评价研究现状、存在问题及对策 [J]. 煤炭学报, 2020 (6): 45-48.

[9] 田树昆, 马洪伟, 吴迪. 露天矿陡帮回采端帮压煤边坡稳定性研究 [J]. 现代矿业, 2012,27(08):139-140+157.

[10] 王禹. 露天煤矿边坡稳定监测分析及治理研究 [J]. 科技创新与生产力, 2014(12):44-47.

防止锅炉四管泄漏强化锅炉四管防磨防爆管理

刘锋

通辽霍林河坑口发电有限责任公司，内蒙古 通辽 029200

摘 要： 如今随着电力行业的快速发展，锅炉作为电力生产的核心设备，其安全稳定运行显得尤为重要，可是在实际运行过程中，锅炉“四管”泄漏问题频发，给机组的安全稳定运行带来了严重威胁，据某电力集团公司2013年全年统计数据 displays，由于锅炉“四管”泄漏造成的机组强迫停运达到115台次，占年度强迫停运次数的34.49%，占累计停运时间及影响发电量的60%以上，因此防止锅炉“四管”泄漏，强化防磨防爆管理，已成为电力行业亟待解决的问题，所以本文就防止锅炉四管泄漏强化锅炉四管防磨防爆管理策略进行阐述，希望能够对广大读者有所帮助。

关 键 词： 锅炉四管泄漏；防磨防爆；管理

Prevent The Leakage Of Four Pipes And Strengthen The Anti-Wear Explosion-Proof Management

Liu Feng

Tongliao Huolinhe Kengkou Power Generation Co., LTD., Inner Mongolia, Tongliao 029200

Abstract： With the rapid development of the electric power industry, Boiler, as the core equipment of electric power production, Its safe and stable operation is particularly important, But in the actual operation process, The boiler “four-pipe” leakage problem occurs frequently, Bring a serious threat to the safe and stable operation of the unit, According to the annual statistics of a power group company in 2013, Due to the leakage, the forced shutdown of the unit reached 115 times, Accounting for 34.49% of the annual forced outages, Accounting for more than 60% of the total outage time and the affected power generation, Therefore, to prevent the leakage of the “four pipes” of the boiler, Strengthen the anti-wear and explosion-proof management, Has become an urgent problem in the power industry, So this paper to prevent the boiler four pipe leakage strengthening boiler four pipe anti-wear explosion-proof management strategy, Hope to be helpful to the general readers.

Keywords： boiler four-pipe leakage; anti-wear and explosion-proof; management

引言：

锅炉作为火力发电厂的核心设备，其稳定运行对于整个发电系统的安全性和经济性具有重要影响，其中锅炉四管是指省煤器、过热器、再热器和水冷壁，这四管是锅炉的关键部件，负责传热、汽化和支撑结构等重要功能，但是如今由于长期处于高温高压和复杂化学环境中，锅炉四管容易发生泄漏，导致设备损坏和运行中断，甚至引发严重的安全事故，特别是近年来随着火力发电厂对锅炉运行效率和安全要求的不断提高，锅炉四管泄漏问题逐渐成为影响锅炉稳定运行的突出问题，为此深入研究锅炉四管泄漏的原因，探索有效的防泄漏管理策略，对于提高锅炉运行的可靠性和安全性具有重要意义。

一、火电厂锅炉“四管”泄漏概述

火电厂锅炉的“四管”指的是省煤器、过热器、再热器和水冷壁四大关键管道系统，它们在锅炉中承担着热交换、蒸汽生成和传导等重要功能，是锅炉安全高效运行的核心组件，其中四管因长期处于高温、高压和复杂化学环境中，易发生泄漏问题。四管泄漏不仅导致锅炉热效率下降，还可能引发设备故障和严重的安全事故，例如水冷壁受烟气冲刷易腐蚀穿孔，省煤器长期与酸性物质接触会引发管壁腐蚀，过热器和再热器因高温氧化和热应

力作用易出现裂纹和破裂。四管泄漏不仅影响火电厂的稳定运行，还增加了维修和停机成本，对整体发电系统的安全性和经济性构成威胁，所以解决四管泄漏问题是提升锅炉运行安全性和可靠性的重要课题。

二、锅炉“四管”泄漏的主要原因分析

（一）磨损减薄：锅炉“四管”泄漏的重要诱因

在电力生产过程中，锅炉“四管”的磨损减薄是引发泄漏问

* 作者简介：刘锋（1971年），性别男，民族汉，籍贯（吉林省白城市），学历本科，职称工程师，研究方向金属检验检测。

题的关键因素之一，而磨损减薄主要来源于三个方面：烟气磨损、吹灰器吹损和浇注料脱落磨损，其中烟气磨损是指锅炉内部高温烟气长期冲刷管道表面，导致管道壁厚逐渐减薄的现象，这种磨损在锅炉尾部烟道内的高温段省煤器管弯头、低温再热器和低温过热器靠近炉墙的弯头等部位尤为突出，而且再加上由于这些区域烟气温度高、流速快，加上烟气中携带的固体颗粒物的冲击，使得管道表面承受了巨大的磨损压力；至于吹灰器吹损则是由于吹灰器在运行过程中，其喷射的高速气流对管道表面造成的冲击和磨损，这种磨损通常发生在吹灰器附近的管道区域，特别是在吹灰器喷射角度不合理或吹灰频率过高的情况下，磨损问题更为严重；最后的浇注料脱落磨损则是由于锅炉内部浇注料因老化、脱落等原因，对管道表面造成的机械损伤。浇注料在锅炉中起到保温、隔热的作用，但其一旦脱落，就会对下方的管道表面造成直接的撞击和磨损，进而引发泄漏问题。所以为了减少磨损减薄引发的泄漏问题，电力企业需要采取一系列措施，例如要优化锅炉设计，合理布置受热面，减少烟气对管道的冲刷作用；其次要规范吹灰器的操作，合理设置吹灰频率和喷射角度，避免对管道造成过度磨损；最后要加强对浇注料的维护和检查，及时修补脱落的浇注料，确保其对管道的保护作用。

（二）超温过热与材质老化：锅炉“四管”泄漏的隐形杀手

在锅炉运行过程中，超温过热和材质老化是导致“四管”泄漏的另外两个重要原因，这两个因素虽然不像磨损减薄那样直观可见，但它们的破坏力同样不容小觑，其中超温过热通常是由于锅炉内部受热面管道在异常工况下，如负荷波动大、燃烧调整不当等，导致管道壁温超过设计允许值，而且长期在高温状态下运行，管道材质会发生劣化，管壁强度降低，甚至出现蠕变现象，最终导致泄漏事故的发生，除此以外异物或氧化皮堵塞管道也会引发局部过热，加速管道的损坏过程；至于材质老化则是由于管道材料在长期高温、高压和腐蚀环境下，逐渐失去原有的机械性能和化学稳定性，这种老化过程是一个缓慢而持续的过程，但一旦达到一定程度，就会导致管道强度大幅下降，无法承受正常的运行压力，从而引发泄漏事故。所以为了防范超温过热和材质老化引发的泄漏问题，电力企业需要采取一系列措施，如要加强锅炉运行监控，及时发现并处理异常工况，避免管道壁温过高；并且还要定期对锅炉进行化学清洗和保养，清除管道内的异物和氧化皮，保持管道畅通；最后要选用高质量、耐高温、耐腐蚀的管道材料，提高管道的抗老化能力。

（三）应力拉裂与机械损伤：锅炉“四管”泄漏的潜在威胁

除了磨损减薄、超温过热和材质老化外，应力拉裂和机械损伤也是导致锅炉“四管”泄漏的潜在威胁，这两个因素通常是由于管道在安装、检修或运行过程中受到不当处理或外部冲击而引起的，其中应力拉裂是指在管道安装或检修过程中，由于焊接、热处理等操作不当，导致管道内部产生过大的残余应力，这些残余应力在锅炉运行过程中会逐渐释放，对管道造成拉裂破坏，此外锅炉启停频繁或运行工况波动大时，管道也会受到交变应力的作用，进而引发疲劳裂纹和泄漏问题；至于机械损伤则是指管道在运行过程中受到外部物体的冲击或挤压而造成的损坏，这种损

伤通常是由于锅炉内部异物、检修工具掉落或外部机械撞击等原因引起的，而且机械损伤会直接破坏管道的完整性，导致泄漏事故的发生。所以为了减少应力拉裂和机械损伤引发的泄漏问题，电力企业需要采取一系列措施，如一开始要加强管道安装和检修过程中的质量控制，确保焊接、热处理等操作符合规范要求；其次要加强对锅炉内部异物的清理和管理，防止异物对管道造成冲击或挤压；最后要提高运行人员的安全意识和操作技能，避免人为因素对管道造成机械损伤。

三、锅炉防磨防爆检查的主要方法

（一）无损检测方法

无损检测是一种在不破坏锅炉四管结构和功能的前提下，检测管道内部和表面缺陷的方法，而超声波检测和X射线检测是应用较为广泛的两种无损检测技术，其中超声波检测通过利用声波在管壁中的传播特性，可以有效探测出管道内的裂纹、腐蚀和壁厚变化等缺陷，对于不同厚度和材料的锅炉管道，超声波检测可以快速、准确地提供缺陷位置和大小的信息；X射线检测则通过穿透管壁，生成内部结构的图像，从而识别出管道内部的裂缝、孔洞和腐蚀等问题，无损检测方法的优势在于能够提供管道内部的详细信息，并且在不影响锅炉运行的情况下进行检测，大大提高了检查效率和安全性；当然除了超声波和X射线检测外，涡流检测也是一种常用的无损检测方法，其中涡流检测是通过在管道表面产生电磁场，检测出由表面缺陷引起的电磁场变化，适用于检测表面裂纹和腐蚀等缺陷，这种方法对薄壁管道特别有效，可以对管道的表面状况进行高精度检测。

（二）在线监测方法

在线监测是通过安装传感器和监测设备，实时获取锅炉四管的运行数据，从而对管道状况进行动态监测的方法，这种方法可以对温度、压力、应力和振动等关键参数进行连续监测，及时发现异常情况，其中温度监测是在线监测中最常用的方法之一，其是通过在锅炉四管的关键部位安装温度传感器，可以实时监测管壁温度的变化情况，防止因温度过高引起的管道热疲劳和氧化问题，而压力监测则可以及时发现管道内外的压力变化，预防因压力异常导致的管道破裂和泄漏事故；除此以外应力和振动监测也是在线监测的重要组成部分，其是通过在管道上安装应力传感器和振动传感器，可以实时获取管道的应力分布和振动情况，及时发现和预防因应力集中和振动引起的管道疲劳损伤；除了以上两点，在线监测还可以利用声发射技术，如检测管道在运行过程中产生的高频声波，识别出管道内部的裂纹扩展和泄漏等问题，在线监测方法的优势在于能够提供实时数据，帮助操作人员及时发现和处理锅炉四管的异常情况，降低事故风险。

（三）化学分析方法

化学分析方法主要用于检测锅炉四管内外腐蚀介质的成分和浓度，评估腐蚀状况和潜在风险，这种方法通过取样分析，确定烟气、燃料、冷却水等介质中的化学成分，识别出对锅炉四管可能造成腐蚀和损伤的物质，其中烟气分析是化学分析中的一个重

要方面,通过分析烟气中的二氧化硫、氯化物和硫化物等腐蚀性成分,可以判断烟气对水冷壁和省煤器管道的腐蚀风险,而对于燃煤锅炉,煤炭中的硫和氯等成分也是造成管道腐蚀的重要因素,通过煤炭成分分析,可以评估燃煤对锅炉管道的腐蚀影响;冷却水分析也是化学分析的重要内容,通过检测冷却水中的酸碱度、氧含量和盐类成分,可以判断冷却水对锅炉四管的腐蚀情况,例如冷却水中的溶解氧会加速管道的氧化腐蚀,酸性水质则可能引起管道的酸性腐蚀,这样通过定期进行化学分析,可以及时调整烟气成分、燃料配比和冷却水处理方案,降低腐蚀对锅炉四管的影响。

四、强化锅炉四管防磨防爆管理策略

(一) 建立完整的防磨防爆管理体系

为了确保锅炉“四管”的安全稳定运行,必须建立一个完整的防磨防爆管理体系,这个体系应涵盖机构设置、组织安排、计划制定、标准建立、程序规范、制度完善、执行监督、检查评估以及持续改进等多个环节,并通过明确各级人员在防磨防爆工作中的职责,形成一个全员参与、共同管理的的良好氛围,这样能够提高管理效率,还能够确保每个环节都得到有效执行,从而达到防磨防爆的最佳效果,而且在这个管理体系中,各级人员应明确自己的职责,按照规定的程序和制度进行操作;同时还应建立有效的沟通机制,确保信息的及时传递和共享,并定期对管理体系进行评估和改进,以适应不断变化的运行环境和技术要求。

(二) 严格执行防磨防爆检查制度

防磨防爆检查是防止锅炉“四管”泄漏的重要手段之一,所以为了确保检查的准确性和有效性,必须严格执行防磨防爆检查制度,这其中就要包括采用“看、摸、测”等手段对锅炉“四管”进行全面细致的检查,以及配备适量的检测仪器如射线探伤机、超声波探伤仪等来提高检查的准确性和效率,如在执行检查制度时,应严格按照规定的程序和标准进行操作;同时还应加强对检查人员的培训和监督,确保他们能够熟练掌握检查方法和技巧,并能够准确判断管道的状态;此外还应建立检查记录和档案管理制度,对每次检查的结果进行完整记录和分析,以便及时发现和处理问题。

(三) 加强人员培训和技术交流

人员培训和技术交流是提高防磨防爆工作水平的重要途径,

因为通过定期对防磨防爆人员、运行人员进行专业培训,可以提高他们的专业技能和综合素质,而加强技术交流和经验分享则可以促进新技术、新方法的推广和应用,所以在培训过程中,应注重理论与实践相结合,使学员能够熟练掌握相关的知识和技能,并建立定期的技术交流机制,鼓励员工分享自己的经验和见解,促进知识的传播和创新,此外还应积极引进外部专家和先进技术,为企业的发展提供有力支持。

(四) 加强过程监督和考核

过程监督和考核是确保防磨防爆工作质量和效果的重要手段,如通过建立详细的防磨防爆台账和超温台账,对每次检查的结果进行完整记录和分析,可以及时发现和处理问题,同时加强过程监督可以确保检查工作的质量和效果符合要求;至于在监督过程中,则应注重对检查人员的工作态度和操作规范的监督,确保他们严格按照规定的程序和标准进行操作,并建立考核机制,对检查人员的工作质量和效果进行评价和奖惩,以调动他们的积极性和责任心;此外还应建立问题反馈和整改机制,对发现的问题进行及时整改和跟踪复查,确保问题得到彻底解决。

(五) 突出重点检查和逢停必查原则

针对锅炉“四管”的重点部位和常见问题,应制定详细的检查方案和措施,并充分利用每次停炉的机会进行重点检查,这样可以确保问题及时发现和处理,避免事故的发生,例如在制定检查方案时,应充分考虑锅炉的结构特点和运行状况,确定重点检查部位和检查方法,并应建立详细的检查记录和档案管理制度,对每次检查的结果进行完整记录和分析;在停炉期间,应组织专业的检查队伍对重点部位进行全面细致的检查,确保不留死角和隐患;此外还应建立快速响应机制,对发现的问题进行及时处理和报告,确保问题得到及时解决。

结语:

总而言之,防止锅炉“四管”泄漏是一项长期而艰巨的任务,我们需要从多个方面入手,强化防磨防爆管理,如通过建立完整的管理体系、严格执行检查制度、加强人员培训和技术交流、加强过程监督和考核等措施的实施,我们可以有效降低锅炉“四管”泄漏的风险,确保机组的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 张伟卿. 加强锅炉“四管”防磨防爆管理工作的重要性[J]. 中国科技纵横, 2013(18): 212-214.
- [2] 张洪德. 试析锅炉四管泄漏及防磨防爆处理措施[J]. 中国科技投资, 2013(34): 218.
- [3] 曹涛. 浅谈某电厂#1炉“四管”磨损的原因及防范措施[J]. 中国科技信息, 2012(21): 105-106.
- [4] 高树华. 火电厂锅炉“四管”防磨防爆检查重点及预防措施[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2014(5): 245-246.
- [5] 辛本权, 牛先印. 锅炉四管失效原因分析及预防[J]. 华电国际邹县电厂, 2012(11): 115-118.
- [6] 崔晓峰, 王博. 火电厂锅炉“四管”防磨防爆检查及预防措施[J]. 中国设备工程, 2018(6): 25.
- [7] 李伟, 代真, 李涛, 等. 电站锅炉“四管”防磨防爆技术管理[J]. 中国特种设备安全, 2015(1): 30.

火电厂设备维护与安全管理模式探讨

彭雪梅

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘 要： 如今在火力发电领域中随着科技的快速发展和电力需求的不断增长，火电厂的规模逐渐扩大，设备种类和功能日益复杂，而电气设备作为火电厂的核心组成部分，其运行状态直接关系到电厂的安全、稳定运行和经济效益，因此加强电气设备的安全运行维护与管理，对于提升火电厂的整体运营水平具有重要意义，所以本文就火电厂设备维护与检修管理工作的内容概述进行阐述，并据此对火电厂设备维护与安全管理模式进行探讨，希望以下内容能够对广大读者以及火电厂工作人员有所帮助。

关 键 词： 火电厂；设备维护；安全管理

Exploration of Equipment Maintenance and Safety Management Mode in Thermal Power Plants

Peng Xuemei

Guizhou Qianxi Zhongshui Power Generation Co., Ltd., Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Today, in the field of thermal power generation, with the rapid development of science and technology and the growing demand for electricity, The scale of the thermal power plants has gradually expanded, The increasingly complex equipment types and functions, Electrical equipment, as a core component of thermal power plants, Its operation state is directly related to the safety, stable operation and economic benefits of the power plant, Therefore, to strengthen the safe operation, maintenance and management of electrical equipment, It is of great significance to improve the overall operation level of thermal power plants, Therefore, this paper expounds the maintenance and maintenance management of thermal power plant, Accordingly, the equipment maintenance and safety management mode of thermal power plant are discussed, Hope that the following content can be helpful to the general readers and thermal power plant staff.

Keywords： thermal power plant; equipment maintenance ; safety management

引言：

火电厂在现代电力系统中占据着重要地位，因为其会提供大部分的电力供应，但是由于火电厂设备的复杂性和运行条件的多样性，会使得设备维护和安全管理变得尤为重要，而且再加上设备维护不当和安全管理不到位的现象出现，会导致设备故障和停机，从而影响电力供应的稳定性，并造成严重的经济损失和环境问题，幸好近年来，随着技术的不断发展和管理理念的更新，火电厂设备维护和安全管理技术得到了显著提高，所以现代化的维护与管理模式逐渐成为主流。

一、火电厂设备维护与检修管理工作的内容概述

火电厂设备维护与检修管理工作是电厂运营的关键环节，其中内容涵盖设备台账的详细记录、设备状态的实时监控、必要时改造革新、备件的妥善管理、检修计划的执行、节能环保措施的落实以及班组的高效运作等多个方面，这些工作不仅有助于提升设备管理水平，更能确保电厂的安全稳定运行，为电厂的高效发电提供有力保障，并通过精细化的管理，能够有效延长设备寿命，降低故障率，提高电厂的经济效益和社会效益^[1]。

二、火电厂电气设备安全运行维护与管理的重要性

（一）电气设备在火电厂发电过程中的核心作用

火电厂的电气设备作为发电过程的核心组成部分，其重要性不言而喻，其中电气设备包括发电机、变压器、断路器、隔离开关等关键设备，它们协同工作，将热能转换为电能，确保电力的稳定生产和供应，这些设备的运行状态直接关系到电力的生产效率和供电质量，一旦电气设备出现故障，不仅会影响电厂的正常运行，甚至可能导致电力供应中断，给社会生产和人民生活带来

* 作者简介姓名：彭雪梅，出生：1993年08月，性别：女，民族：汉族，籍贯：重庆市潼南区，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂化学实验

巨大影响；而且在火电厂的运行过程中，电气设备承受着高温、高压、高负荷等极端条件，容易发生磨损、老化等问题，因此加强电气设备的安全运行维护与管理，是确保电厂稳定运行的必要条件，而且通过对电气设备的定期检查、维护和保养，还可以及时发现并解决潜在问题，避免设备故障的发生，保障电厂的安全生产。

（二）及时发现和排除设备故障的重要性

在火电厂的运行过程中，电气设备故障是不可避免的，所以及时发现和排除设备故障对于保障电厂的安全生产至关重要，毕竟电气设备故障可能会导致电力供应中断、设备损坏，甚至引发火灾等严重后果，因此加强电气设备的安全运行维护与管理，能够及时发现并解决设备故障，避免事故的发生^[9]。而且为了实现这一目标，火电厂需要建立完善的设备监控系统，对电气设备的运行状态进行实时监控，一旦发现设备异常，应立即采取措施进行排查和修复，同时火电厂还应加强设备巡检工作，定期对电气设备进行检查和维护，确保设备的正常运行。

（三）延长设备使用寿命与降低维修成本

科学的设备维护和管理不仅可以确保设备的正常运行，还可以延长设备的使用寿命，降低维修成本，其中电气设备的寿命与其运行环境、使用状况、维护质量等因素密切相关，如通过加强设备维护和管理，可以减少设备磨损、老化等问题，延长设备的使用寿命；同时科学的设备维护和管理还可以降低维修成本。通过定期对电气设备进行检查和维护，可以及时发现并解决潜在问题，避免设备故障的发生，这样便可以减少因设备故障导致的停机时间、维修费用等损失，提高电厂的经济效益。

（四）提升电厂经济效益与社会责任

火电厂电气设备的安全运行维护与管理不仅关系到电厂的经济效益，也关系到电厂的社会责任，所以由此可见通过加强设备维护和管理，可以确保电力的稳定供应，满足社会生产和人民生活的需求；同时加强设备安全管理还可以避免设备故障引发的事件，保障电厂员工和周边居民的生命财产安全；除此以外火电厂还应积极履行社会责任，采取环保措施减少污染物排放，提高能源利用效率，这样通过加强电气设备的安全运行维护与管理，可以减少设备故障导致的能源浪费和污染物排放，促进火电厂的可持续发展，这不仅可以提升电厂的社会形象，也可以推动电力行业的绿色转型。

三、火力发电厂电气设备常见故障及其原因

（一）变压器故障及其原因

变压器作为火力发电厂中不可或缺的电气设备，其功能在于转换电压，确保电能的稳定传输，但是在运行过程中，变压器也面临着多种故障风险，这些故障往往表现为异常的声音、温度的异常升高以及油位的异常，而且异常声音的出现，通常意味着变压器内部存在某些问题，例如内部线圈松动、绝缘材料老化或受潮都可能导致变压器发出异常的爆裂声，这种声音的变化是变压器故障的重要预警信号，需要及时关注和处理；除此以外温度的

异常升高是变压器故障的另一个显著特征，正常情况下，变压器的温度应保持稳定，并与环境温度相协调，然而当变压器内部出现故障，如绕组短路、铁芯过热等，会导致温度迅速升高，超出正常范围，这不仅会影响变压器的正常运行，还可能引发火灾等严重后果；最后油位的异常变化同样是变压器故障的重要表现，因为变压器油位过低或过高都可能影响其正常运行，而油位过低可能是由于漏油或油路堵塞导致，而油位过高则可能是由于内部故障导致油温升高，油体积膨胀。这些油位异常现象都需要及时排查和处理，以避免对变压器造成进一步损害^[9]。

（二）缺乏完善的制度导致的管理与维护问题

火力发电厂电气设备的安全运行管理和维护工作需要一套完善的制度来指导和规范，但是在实际工作中，很多发电厂缺乏健全的管理和维护制度，导致工作不够规范、科学，例如缺乏完善的制度会导致以下问题：一是维护时间、周期不明确，使得电气设备无法得到及时有效的维护；二是设备状态监控不到位，无法及时发现和处理潜在问题；三是责任划分不清晰，导致出现问题时无法追究责任。这些问题都会严重影响电气设备的安全运行和发电厂的正常生产。

（三）人员机构不合理影响设备管理与维护

人员机构不合理也是影响火力发电厂电气设备安全运行管理和维护的重要因素之一，毕竟由于发电厂地处偏僻，人员流动性大，会导致内部人员结构不合理，技术水平参差不齐，一方面新招聘的员工往往缺乏实际工作经验和专业技能，难以满足岗位技能要求；另一方面有经验有技术的优秀技术人员占比低，导致整体技术水平不高，这些问题都会影响电气设备的正常运行和维护工作。因此为了解决人员机构不合理的问题，火力发电厂需要采取以下措施：一是加强员工培训和技能提升工作，提高员工的专业素质和技能水平；二是优化人员结构，合理配置人力资源，确保关键岗位有充足的技术人员支持；三是加强人才引进和留人工作，提高员工待遇和福利水平，吸引和留住优秀人才^[10]。

（四）管理与维护不及时带来的安全隐患

在火力发电厂电气设备的安全运行管理和维护工作中，管理与维护不及时是一个普遍存在的问题，而且由于缺乏健全的制度、人员机构不合理以及工作人员的安全防范意识不足等原因，导致对电气设备的维护和管理不够及时，这种不及时的管理和维护会带来严重的安全隐患，一方面电气设备长期处于高强度运行状态而得不到及时维护，容易导致设备老化和性能下降；另一方面对潜在问题的忽视和延误处理，可能使小问题演变为大问题，最终导致设备故障甚至引发安全事故。而为了消除这些安全隐患，火力发电厂需要加强电气设备的日常检查和维护工作，如可以通过建立健全的制度和规范操作流程、优化人员结构、提高工作人员的安全防范意识等措施，确保电气设备得到及时有效的维护和管理。

四、实现安全运行管理和维护的主要措施

（一）建立健全的技术管理机制

在火力发电厂中，建立健全的技术管理机制是确保电气设备

安全运行的基础，因此火电厂可以通过实施电气设备登记制度，去详细记录每台设备的使用情况、闲置状态、技术参数等关键信息，为设备的全面监控和管理提供数据支持，这一制度的建立，可以帮助电厂管理人员及时了解设备的运行状况，为预防性维护和故障排查提供有力依据；其次便是构建完善的班组管理平台系统，实现班组间信息的快速传递和共享，如该平台可以协助班组在生产过程中遇到的技术难题，提供远程技术支持和解决方案，减少因技术难题导致的安全事故，这样通过该平台，班组间的协作便会变得更加紧密，工作效率显著提高；最后利用先进的计算机信息技术对电气设备进行管理，实现电气设备的远程监控和智能化管理，如可以通过构建电气设备管理信息系统，实现设备信息的实时更新和共享，这样管理人员便可以随时随地了解设备的运行状态和故障情况，为设备的及时维护和管理提供有力支持。

（二）建立完善的规章管理体系

在火力发电厂中，建立完善的规章管理体系是确保电气设备安全运行的重要保障，例如可以建立定点检修模式，明确设备检修的时间、周期和责任人，确保每台设备都能得到及时的维护和保养，如通过技术监控专项检查和设备隐患专项排查，及时发现并消除设备存在的隐患，降低设备故障率；其次还可以结合电厂的实际情况，制定相关规章制度，去明确各部门的职责和任务，并通过责任制的实施，确保每个员工都清楚自己的工作职责，避免工作推诿和疏漏，以及加强规章制度的执行力度，确保各项规定得到有效落实；除此以外建立设备故障报告和处理机制，对设备故障进行及时记录和处理，如通过对故障原因的深入分析和总结，提出相应的改进措施，防止类似故障再次发生。

（三）实行百分制电气设备的状态检修维护方案

在火力发电厂中，实行百分制电气设备的状态检修维护方案是提高设备可靠性和稳定性的有效途径，其中火电厂可以通过搜集电气设备的状态信息，如运行工况、缺陷记录、检修情况等，全面了解设备的运行状况和潜在问题，这些信息为设备的状态分析和检修维护策略制定提供了重要依据；接着再对电气设备的状

态进行评分，根据评分结果制定相应的检修维护计划，以100分为满分计，评分低于30分的设备需要立即进行检修维护；评分在30 ~ 60分之间的设备需要制定相应的维修计划，抓紧时间检修；评分高于80分的设备可以延期检修，这种基于设备状态的检修维护方案，可以确保每台设备都能得到及时有效的维护和管理，提高设备的可靠性和稳定性；最后加强状态检修维护方案的执行力度和监督考核。确保各项检修维护措施得到有效落实，提高设备的维护质量和管理水平。

（四）加强设备的维护调试工作

在火力发电厂中，加强设备的维护调试工作是确保电气设备安全运行的重要环节，如可以根据电厂的实际情况制定详细的电气设备安装调试计划，确保设备安装调试工作的顺利进行，并在安装调试过程中，严格按照计划执行各项工作，确保设备能够正常运行并满足生产需求；接着还要加强设备的现场保护工作，并在交叉作业期间注意做好保护电气设备基础、已经安装工作设备的保护工作，避免设备在调试过程中受到损坏或污染，确保设备能够顺利投入运行；最后便是加强调试工作的监督和考核。确保每道工序间的交接工作能够顺利进行，避免工作疏漏和延误，同时加强调试过程中资料的收集和整理工作，确保相关资料的及时完备和准确性，这些措施的实施，可以确保设备的调试工作得到有效控制和管理，提高设备的运行质量和可靠性。

结语：

总而言之，火电厂设备维护与安全管理模式探讨表明，建立健全的技术管理机制、规章管理体系以及实行百分制电气设备的状态检修维护方案等措施对于提升火电厂设备管理水平、保障电厂安全稳定运行具有重要意义。同时，积极推行机组定期检修标准化管理和实施状态检修管理将有助于提高设备的可靠性和经济性，推动火电厂向更加安全、高效、环保的方向发展。

参考文献

- [1] 穆肖静. 火电厂设备维护与检修管理工作 [J]. 设备管理与维修, 2016 (s2): 13-15.
- [2] 郭浩宇, 余飞宇. 对火电厂发电设备检修管理工作的研究 [J]. 科技传播, 2015 (7).
- [3] 吴绍华. 火力发电厂设备检修管理探讨 [J]. 科技与企业, 2015 (5): 18-18.
- [4] 雷海斌. 火力发电厂电气设备安全管理及防范探讨 [J]. 中国高新区, 2018(06):154.
- [5] 文发红. 火电厂电气设备运行的安全管理与故障处理分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39 (09): 60-62.
- [6] 江汉清. 火电厂电气运行的安全管理路径探索 [J]. 中国设备工程, 2022, (09): 87-89.
- [7] 刘艳荣, 丁增荣, 魏辉, 等. 火电厂电气设备运行安全管理及故障处理 [J]. 化工管理, 2021, (23): 105-106.
- [8] 石飞. 火电厂电气运行的安全管理路径探索 [J]. 中国设备工程, 2021, (14): 45-47.
- [9] 岳威. 火电厂电气运行安全管理与故障处理 [J]. 清洗世界, 2021, 37 (01): 87-88.
- [10] 郭增辉. 火力发电厂电气设备安全运行管理与维护措施探究 [J]. 中国设备工程, 2017, (18): 28-29.

PE 装置挤压机机电设备安装调试过程中的 质量管理与控制

杨昆, 杨天宇

桂林市中科石油化工工程有限公司, 广西 桂林 541004

摘 要 : 随着全球工业化进程的加速和制造业的发展, 压力设备在化工、石油、能源等行业中的应用日益广泛, PE 装置挤压机作为重要的工业设备, 主要用于塑料加工、橡胶成型等工艺中有着极为广泛的应用。PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程涉及复杂的机电系统集成, 其质量直接影响到设备的安全性、可靠性和性能稳定性。本文分析了 PE 装置挤压机机电设备的特点, 并进一步探讨在该过程中的关键步骤和最佳实践, 以确保设备安装和调试的质量达到预期标准。

关 键 词 : PE 装置; 挤压机; 机电设备; 安装调试; 质量管理; 控制措施

Quality management and control during the installation and commissioning of mechanical and electrical equipment for PE extrusion machines

Yang Kun, Yang Tianyu

Guilin Zhongke Petrochemical Engineering Co., Ltd. Guilin, Guangxi 541004

Abstract : With the acceleration of global industrialization and the development of manufacturing, the application of pressure equipment in industries such as chemical, petroleum, and energy is becoming increasingly widespread. As an important industrial equipment, PE extrusion machines are mainly used in plastic processing, rubber molding, and other processes with extremely wide applications. The installation and debugging process of the mechanical and electrical equipment of the PE extrusion machine involves complex integration of mechanical and electrical systems, and its quality directly affects the safety, reliability, and performance stability of the equipment. This article analyzes the characteristics of the mechanical and electrical equipment of the PE extrusion machine, and further explores the key steps and best practices in this process to ensure that the quality of equipment installation and debugging meets the expected standards.

Keywords : PE device; an extruder; mechanical and electrical equipment; installation and debugging; quality assurance; control measures

前言:

PE 装置挤压机作为塑料加工领域中一种常用且关键的设备, 其性能和稳定性直接影响到产品的质量和生产效率^[1]。因此, 在其机电设备安装调试过程中, 质量管理与控制尤为重要。PE 装置挤压机机电设备的安装调试, 涉及到多个专业领域的协同作业, 如机械结构、电气连接、液压系统等, 各个方面的精准操作和无缝衔接是确保设备正常运行的关键^[2]。通过有效的质量管理控制, 可以及时发现并解决安装过程中可能存在的机械偏差、电气接线问题或者液压传动异常, 从而确保设备在调试完成后能够稳定运行, 达到设计要求的生产能力和效率。

一、PE 装置挤压机的机电设备

PE 装置挤压机中的机电设备通常包括多种组成部分, 这些设备共同作用以确保挤压机的正常运行和高效生产。以下是 PE 装置挤压机中所包含的机电设备: 1) 电动机和传动系统: 电动机是驱动挤压机的核心部件, 通常选用高功率、高效能的电动机, 电动机

机连接到传动系统, 传动机则将电动机的转动转换并传递到挤压机的工作部件, 包括齿轮箱、皮带传动或直接驱动系统。2) 控制系统: PLC 用于自动化控制和监控挤压机操作的关键部件, 为了实现数据的控制以及自动化改善, PLC 用于实时检测和反馈挤压机各个工作参数, 确保其在设定的工作范围内稳定运行^[3]。3) 液压系统: 液压泵和执行器提供液压动力以实现挤压机工作的主要

* 姓名杨昆, 出生年月 19981104, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 陕西省宝鸡市凤翔县(省、县级名), 学历或者职称: 大学本科 助理级工程师, 从事的研究方向或工作领域 石油化工设备安装调试。

动力源，液压系统的附属设备则为各类油路，不同的油路用于存储和传输液压油，保证系统的正常运行和润滑。4) 加热和冷却系统：加热元件在挤压过程中需要加热原料或工作区域，以调节温度以适应生产需求，冷却系统用于对设备或工作环境进行冷却，以防止过热和确保设备长时间高效运行。5) 辅助设备和附件：喂料系统负责将原料输送到挤压机工作区域，而自动化控制和监测设备用于提高生产效率和控制质量。上述机电设备的协调工作确保了 PE 装置挤压机在生产中的高效运行和产品质量的稳定保证。每种设备都扮演着关键角色，需要在安装、调试和日常运行中得到精心管理和维护。

二、PE 装置挤压机机电设备安装调试过程中的风险点

（一）安全误差与不当操作

在 PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程中，安全误差和不当操作是导致严重事故和设备损坏的主要风险因素，安全误差以及不当的操作因素主要由操作人员的疏忽、缺乏经验或不当培训引起^[4]。其中，PE 装置挤压机通常涉及复杂的机械和电气设备，操作人员在不正确操作或忽视安全规程的情况下导致严重后果。例如，未正确安装保护罩或未按规定使用个人防护装备导致人员伤害。此外，操作人员如果没有适当的操作培训或指导，会误操作控制面板或启动设备时未完全检查周围环境的安全性，从而增加意外发生的风险。除此之外，在设备安装阶段，由于操作阶段涉及重型设备的搬运和安装，如果操作不慎会导致设备倾倒或损坏其他结构，安装过程中需要使用吊装设备或高空作业，如果未能遵守安全操作规程，导致设备掉落或其他事故，造成人员伤亡或设备损坏。

（二）调试与测试的系统集成度不足

PE 装置挤压机通常由多个复杂的系统组成，包括机械、电气和控制系统等。这些系统需要在安装调试过程中进行有效的集成和协调，以确保各个部件能够协同工作，实现设备设计要求的功能和性能。由于不同系统和组件之间的接口兼容性问题导致数据传输不畅或功能集成不完整，机械部件的运动控制与电气系统的反馈信号不匹配，导致设备无法精确控制或调节，且对应的传感器和反馈装置在设备运行中的准确性和可靠性至关重要，实际调试过程中未能正确校准或调整这些装置，导致系统误判或操作不稳定^[5]。除此之外，控制系统的逻辑设计和程序编程必须与设备的实际工作需求相匹配。若程序逻辑存在漏洞或错误，导致设备无法按预期运行或无法响应变化的工作条件。

（三）安全与环境影响

在 PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程中，安全与环境问题是需要严格控制和管理的重要方面，实际在设备安装和调试过程中，涉及到高空作业、重型设备操作以及电气和机械设备接触，这些都是潜在的安全风险源。另外，实际安装与调试阶段往往存在未正确执行安全操作规程和使用个人防护装备的情况，导致操作人员受伤或事故发生^[6]。在安装和调试过程中，实际操作

人员没有完全确保设备的稳定性和结构安全性，导致设备倾倒、部件脱落或其他机械故障，对设备自身造成损坏或损失。为了确保安装与调试的效果，建立有效的应急响应计划和应急措施尤为重要。但是大部分情况下，实际安装与调试效率较低，往往会导致紧急情况无法及时处理，进而造成严重后果。

三、PE 装置挤压机机电设备安装调试过程中质量控制策略

（一）制定详细的质量管理计划

在 PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程中，制定详细的质量管理计划（QMP）是确保设备安装质量和性能的关键所在，切实有效的质量管理计划不仅可以帮助预防和减少错误，还能确保设备在安装完成后能够达到设计要求和客户期望。具体而言，质量管理计划应明确设备安装和调试阶段的质量目标和标准。这些标准应与设计规范、行业标准和客户要求一致，实际机械安装过程中还需要确保所有机械部件的正确安装和固定，包括传动系统、结构支架等，并进一步确保电气连接符合安全要求和电气规范，避免短路、电气火灾等安全隐患^[7]。

安装的规范文件与步骤中，还应该保证液压系统的管路连接牢固、密封良好，并进行必要的压力测试和泄漏检查，且后续的质量管理计划中，还应该明确定义质量控制点（QCP），即在安装调试过程中需要进行检查和验证的关键节点。所涉及的关键节点涉及领域较为广泛。具体而言，需要检查每个机械部件的安装位置、对齐和固定方式，确保符合设计要求和技术规范，在此基础上验证电气连接的正确性和接地情况，确保符合电气安全标准和设备操作需求，并且应该进行液压系统的压力测试和泄漏检查，确保系统工作稳定和安全。

除此之外，质量管理计划还应包括资源分配的规划，确保有足够的人力、物资和设备支持质量控制活动的顺利执行^[8]。此外，为参与安装调试工作的人员提供必要的培训和技能提升机会，使其能够熟悉质量标准和操作流程，减少人为误差和不良操作的发生，并且有效的文件管理和记录对于质量控制至关重要。

（二）构建预安装检查体系

在 PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程中，构建有效的预安装检查体系是确保设备安装质量和减少后续问题的关键，实际的预安装检查体系旨在正式安装之前，通过系统的检查和评估，发现和解决潜在的问题和隐患。

第一，前期阶段需要确定预安装检查的内容和标准，确保覆盖所有关键的安装准备工作和前期检查，并进一步检查所有设备、零部件和材料的完整性和符合性，确保没有损坏或缺陷^[9]。第二，安装人员应该评估安装区域的准备情况，包括清理、平整和必要的安全措施的实施，并确认安装所需的人员和资源是否齐备，包括技术人员、工具和设备。其三，在预安装检查体系中，需要制定详细的检查程序和流程，确保每个检查环节都能够系统、全面地执行。

需要注意的是，在实施预安装检查时，确保按照制定的检查

程序和流程进行操作，可以确保每项检查都严格按照要求和标准执行，不留死角，并在此基础上及时发现并解决检查中发现的问题和异常情况，避免其影响到正式安装的进行，从而准确记录每项检查的结果和处理情况，向相关部门和人员反馈，确保问题得到及时处理和跟踪。与此同时，建立预安装检查体系后，应定期进行评估和审查，从实际操作中获取经验教训，并不断优化和改进检查程序和流程，提升其有效性和实用性。

（三）加强系统的集成化调试

PE 装置挤压机机电设备的集成化调试是确保设备各系统协调运行和性能达标的关键环节，系统集成化调试阶段不仅要验证各系统的功能，还要确保它们在联合操作中的稳定性和可靠性。在确定系统模块的安装与调试要求的基础上，可以进一步分析系统集成测试的范围和目标，涉及的系统组件和功能要求，需要与设备设计文件和客户要求对比，确保测试覆盖所有必要的功能和性能指标。后续在进行集成化调试前，可以定义系统集成的测试顺序和步骤，确保每个系统组件和功能模块都能按照设计要求进行测试。在此基础上进行系统级联合测试，验证各个系统之间的协调性和互操作性，并对设备在预期工作负荷下的性能进行测试，确保系统能够稳定运行并满足生产需求。

在集成化调试过程中，应使用先进的测试工具和技术，例如仿真软件、数据采集系统和远程监控设备，以提高测试的准确性和效率^[10]。特别是对于复杂的控制系统和自动化设备，这些技术

可以帮助快速发现问题并进行调整，后续在集成化调试过程中，可以分析和识别系统中出现的问题和异常情况，并根据测试结果和实际需求调整系统的参数和设定，优化系统性能和稳定性。

在集成化调试结束后，必须对整个调试过程进行详细的文件记录和最终验证。这些记录包括调试步骤、测试数据、问题解决过程和最终确认报告，为后续的设备交付和售后服务提供重要依据，通过加强系统的集成化调试，可以确保 PE 装置挤压机机电设备在安装调试完成后，各系统能够协调运行、性能达标，从而提高设备的稳定性和可靠性，满足客户的生产需求和预期效果。

结语：

综上所述，PE 装置挤压机机电设备的安装调试过程中，有效的质量管理计划是确保设备安全运行和性能稳定的基础。制定详细的质量管理计划和质量控制策略，包括预安装检查体系和系统集成化调试的实施，能够有效减少安全风险、优化资源利用，并最大化设备的生产效率和可靠性。加强供应商评估与选择、精细化的质量控制点设置、先进的检测和测试技术的应用以及持续改进和培训，都是确保质量管理成功的关键因素。通过上述策略的全面实施和监控，可以有效降低安装调试过程中的质量风险，确保设备达到设计要求，同时满足客户的技术和经济期望，进而提升企业在市场竞争中的地位和声誉。

参考文献：

[1]何照荣,孙志伟,宣征南,等. 基于油液分析技术的石化挤压机减速箱故障诊断应用[J]. 石油化工设备技术, 2016, 37(1):4.
[2]蒋攀. 挤压机液压系统建模仿真与能耗分析研究[D]. 广东工业大学, 2015.
[3]杨海东,江海昌,方华,等. 基于 GA-SVR 的挤压机能耗异常检测模型研究[J]. 机床与液压, 2019, 47(5):6.
[4]曾利云. 铝型材挤压机能耗异常检测及定位的研究与应用[D]. 广东工业大学, 2018.
[5]吴熙. 铝挤压机数据采集及其呈现方法[J]. 机电工程技术, 2021, 050(006):204-207.
[6]路凯华,耿斌斌,何立东,等. 基于 ISFD 的滑动轴承转子系统不平衡振动抑制研究[J]. 机电工程, 2023, 40(11):1768-1775.
[7]陈育明. 基于 SolidWorks 与西门子 PLC 控制器的自动化茶叶揉捻机设计与试验研究[J]. 福建茶叶, 2023, 45(1):14-16.
[8]安维峥,运飞宏,侯广信,等. 水下设备密封胶筒截面形状的响应面优化[J]. 润滑与密封, 2023, 48(7):146-152.
[9]霍鲁斌,曹增强,张帆,等. TC4-DT 钛合金结构二次冷挤压强化数值模拟与实验研究[J]. 西北工业大学学报, 2018, 36(4):701-708.
[10]王晓明,黄永华,沈铁宏,等. 5HYL-35 塔式谷物烘干机气力循环输送系统设计[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(7):81-86.

浅析信息化创新应用提升核电本质安全的实践

曾强

台山核电合营有限公司，广东 江门 529200

摘要： 核电作为清洁、高效的能源形式，在全球能源结构中占据重要地位，核电行业的安全问题一直是社会关注的焦点。安全生产不仅是核电行业稳定运行的基石，也是保障人民生命财产安全的必要条件。随着科技的不断进步和信息技术的快速发展，信息化技术在保障核电本质安全生产质量方面发挥着越来越重要的作用，本文试图浅析信息化创新应用在持续提升核电厂本质安全生产质量的实践。

关键词： 信息化创新；本质安全；质量管理

The Practice Of Information Innovation And Application To Improve The Essential Safety Of Nuclear Power

Zeng Qiang

Taishan Nuclear Power Joint venture Co., LTD., Guangdong, Jiangmen 529200

Abstract： As a clean and efficient form of energy, nuclear power plays an important role in the global energy structure, and the safety issue of the nuclear power industry has always been the focus of social attention. Safe production is not only the cornerstone of the stable operation of the nuclear power industry, but also a necessary condition to ensure the safety of people's lives and property. With the continuous progress of science and technology and the rapid development of information technology, information technology is playing an increasingly important role in ensuring the safety production quality of nuclear power. This paper tries to analyze the practice of innovative application of information in continuously improving the safety production quality of nuclear power plants.

Keywords： information innovation; essential safety; quality management

一、引言

数字化信息时代的发展为新质生产力提供新的发展动力，为核电厂安全生产高质量发展提供更科学有效的技术支持。在安全生产的管理过程中，依靠科技设备和物联网的快速发展，通过多元化的数字信息技术设备实时监控作业现场以及生产设备、作业人员，结合数据分析和相互的信息交换，优化资源配置，实现生产本质安全 and 高质量发展效率。

二、核电本质安全生产质量管理现状

核电站是利用核裂变或核聚变反应所释放的能量产生电能的发电厂。核电站的运行工作对保障国家能源安全、促进经济社会发展具有重要意义。核电生产是一个复杂而精细的过程，需要高度专业化的知识和技术支撑。在核电站运营过程中，安全始终是首要考虑的因素。为此，核电站采取了一系列严格的安全措施，建立较为严谨的安全管理体系，制定完善的应急预案，实施严格的安全监管体系。在实践过程中，因为对安全体系的认识和理解不同，对本质安全生产质量的执行标准不统一，或多或少存在安全保障有效性和工作质量可靠性的折损。

人因失误现象依旧存在。在核电站运行、维护或操作过程

中，由于人为因素导致的错误或失误可能会影响到核电站的安全运行。由于作业人员心理原因、技术能力不足和工作疲劳等在高风险和高压力的环境下工作，核电站的运维人员可能会产生疏忽大意、冲动行为或焦虑情绪等问题，从而增加发生人为失误的风险^[1]。

工作质量低标准现象依旧存在。作业人员责任心不足，缺乏必要的技能或经验，质量意识不足，对质量标准不够重视，容易出现运行控制质量有效性降低，维修质量不稳定，运维效率降低，工作过程中的风险控制和隐患排查能力降低，工作质量得不到充分保证。

管理技术措施单一现象依旧存在。核电站对于关键操作和高风险操作，已经制定严格的监管措施，培养防人因失误的工作习惯，如实行双人操作、多人确认等制度，以减少人为失误的可能性。采用数字信息化的创新技术，特别是数字智慧视频技术和数字信息终端在核电现场的应用较少，不适应新时代核电高质量发展的需要^[2]。

三、数字信息创新应用在核电本质安全生产质量管理的实践

1. 稳定便捷的无线通信应用。设计建设基于 Wi-Fi 技术的全

* 作者简介：曾强（1983年2月-），男，汉族，四川省什邡市，台山核电合营有限公司，工程师，大学本科，核电企业数字化转型。

厂无线通信系统，解决了核电厂内部即时移动通信的需求，为核电厂运行、维修、应急等工作提供了便捷高效的通信手段，为核电厂数据业务的传输、移动应用的扩展及智能化管理的实现提供了基础设施条件。无线通信系统覆盖核电厂内所有区域，具备双向语音及短信通信的功能，具有智能射频管理、智能负载均衡、AP间无缝漫游、支持无线入侵检测系统、多种业务不同网络层面的安全保障等特点和优势。同时结合核电厂设备 EMC 鉴定情况的基础上，限制定制 Wi-Fi 移动电话和 AP 的发射功率，以及控制了 AP 的安装位置，解决了核电厂电磁干扰问题，真正实现核电厂内全面应用的双向无线通信^[3]。

2. 快速高效的移动智能化应用。基于 Wi-Fi 技术的全厂无线通信系统，核电厂生产运营期间，在运行、维修、应急、安全等工作领域，全面开展各类智能化移动应用：包括内网“微信”、移动视频专家支持、远程视频监控、移动文档查询、移动电子化审批、巡检电子化移动化、工作过程电子化移动化、人员定位、各类传感器监控等，极大提高了核电厂运维管理的效率，实现了核电厂智能化管理，为核电厂的运行成本方面带来可观的经济效益。

3. 全电厂 3D 数据模型管理应用。充分利用核电厂工程建设数据、生产运营数据、电站实时数据和电站三维模型，将工程和生产数据贯通，汇集千万级别的数据信息，实现全电厂设备级全寿期数据一站式集成、治理、归类、检索、分析，实现实体电站和数字电站的双向三维模型数据集成。应用基于 3D 轻量化及虚拟化技术，有效满足设备快速定位、距离测量、现场布置虚拟踏勘、工作交底及工作前培训等方面业务需求，通过各类静态、动态数据的采集与解析，提升核电厂机组运维数字化水平、促进电站运营管理提质增效，实现“懂设备过往、知设备现在、预设备未来”为愿景的设备数字化运维管理新方法。

4. 重要敏感区域的预警应用。通过摄像头侦测范围划定重要敏感工作区域和电子围栏，当有人员进入到特定区域后，利用无线侦测摄像头及时上报人员信息并进行匹配报警，预置的安全提醒信息及时播报提醒进入此区域的工作人员确保风险管控，同时借助手持式移动终端扫描就地二维码指引信息得到作业环境工作建议和设备历史经验反馈或操作指南，确保重要敏感区域人机接口正确准确，保障高质量工作。

5. 工作过程质量实时监控应用。基于 WiFi 网络通信实时信息上报及定位应用，通过无线 WiFi 移动电话对工作过程的全流程管控，并实时定位工作坐标，确保作业区域正确，防止走错工作间隔。通过 WIFI 网络在线工作记录仪，监测工作过程运维活动的每一道工序执行情况，防止漏项和质量不达标的工序错误下传，防止工作程序跳项或漏项，防止工序步骤和工作参数设置错误。通过 WiFi 网络在线的工作过程记录移动终端，及时将实时数据回传至后台，实现核电工作数据完整性和连续性，确保生产系统稳定运行，为预警故障诊断，状态评估及未来趋势预测提供高速的数据存储和版本对比，从而快速确定实时工作质量标准，确立工作偏差，定位故障起因，为运维团队提供有力的技术决策支持^[4]。

6. 区域物联网技术智能应用。重要仪表控制区域使用物联网，现场布置温湿度测试终端、人员红外线和数据时钟，准确实时记录仪表控制柜内温湿度和所在房间温湿度，准确记录温湿度的趋势变化，对实时数据进行自动化分析达到预警阈值时及时向指挥中心发送预警，提醒工作人员及时干预，防止控制机柜结露降低机柜元器件绝缘降低或短路的潜在风险^[5]。在环境相对恶劣的作业区域，实时监测环境数据，如温度、湿度、氧气浓度、氢气浓度、噪音等，当环境异常时系统可以立即发出警报，提醒工作人员及时撤离或采取紧急措施，以保障作业人员安全^{[6][7]}。

7. 设备数据采集及人工智能应用。通过数字信息技术，实现电站各专业领域的设备运行状态巡检和设备自动化报告数据及作业人员的手动信息数据共享式分布式实时采集和整理，实现多维度数据集成。通过人工智能对电厂设备的多维度数据学习和分析，建立设备模型来识别设备的异常或故障状态，识别出潜在的安全风险，及时预警发现并处理潜在的安全隐患，避免事态进一步发生或事故发生。同时，数据实现不同系统和专业领域间的数据共享，提供工作协同效率，便于安全管理精准数据支持和自主科学决策^{[8][9]}。

8. 作业人员状态监测应用。在电站生产现场，所有人员均需佩戴安全帽，将智能化技术应用到安全帽设计中，将射频识别 RFID 配置在安全帽使其具备安全识别作用，在数据库的支持下自动化检测现场人员的出勤及布局情况，方便对人员加强动态和全方位管理。同时，对安全帽返回的数据予以作业安全距离的识别和测定，提供预警和数据信息。在安全帽的防噪声耳罩中配置 WIFI 接收器耳机，电厂广播信息可以及时准确传递至现场工作人员，避免噪音对广播的干扰，使工作人员能够及时获取准确信息，防止信息不畅所带来的失误。现场工作人员配置 WiFi 型手环，手环既可以记录行动轨迹，又可以实现实时定位，还可以定时做好心率血压等健康监测，同时还可以作为移动电话实现顺畅通讯交流实现远程指导专家支持，对工作人员的状态良好监测和辅助判断。当健康监测采取不定时扫描测量，可以对工作人员的健康提出预警判断并报告人员定位，通过模型学习和分析，对现场工作环境做出初步的判断，便于指挥中心及时予以区域应急管控，提升现场作业的安全响应管理。

9. 虚拟仿真技术的应用。虚拟现实技术的应用，可以帮助作业人员进行虚拟训练以应对潜在的安全风险，通过佩戴 VR 头显设备模拟辐射控制区的作业环境进行安全操作演练，实现辐射控制区作业的精炼和工作时间优化。通过佩戴 AR 设备，可以将虚拟信息与现实信息统筹，为作业人员提供安全指导和提示信息展示，更进一步了解设备状态、操作流程和操作要领及历史经验反馈，提高操作的准度和精度^{[10][11]}。

10. 智慧视频图像识别技术的应用。通过固定式和移动式智慧摄像头、无人机及机器人等多元化载体对核电站设备进行巡检和监视，依靠移动侦测和图像识别技术快速、准确识别和分析电力设备的图像，完成设备的损伤和缺陷检测，及时发现潜在的隐患，降低事故发生的风险，提高设备的运行效率。同时，结合设备数据趋势变化与时间的高度匹配性，能够在瞬息万变的参数变

化间，快速找出关键特征，提高预警的准确性，为系统的稳定和安全运行提供技术支撑^{[12][13]}。

四、总结

本质安全质量是从源头上消除隐患最有效的质量保证风险管控策略，建立科学、系统、主动、超前、全面的安全保障和事故预防提醒，对生产经营全过程、技术工艺全环节、生产作业全要素、实施全员、全面、全时的本质安全质量管控。数字信息创新技术的目标是持续提升核电企业的本质安全质量，在实施的过程中要始终贯彻迭代的思想，坚持与专业融合，与业务融合，保障

安全生产的同时，充分考虑作业人员，管理人员和决策人员的体验和反馈，使其总能持续地提升本质安全质量。随着数字信息技术的不断发展，新一代数字信息技术将与核电生产技术更加深度融合，为核电安全生产和高质量发展提供更加丰富、全面的产品数据管理、智能模型决策及先进管理模式和手段。在数字中国和数字经济背景下，核电生产需要及时引入更多的新技术、新理念，并将其积极应用于自身的业务流程中，实现安全生产指挥调度数字化、智能化、增强核电安全生产的感知、监测、预警、处置和评估能力，加速安全生产从静态分析向动态感知、事后应急向事前预防、单点防控向全局联防的转变，提高核电本质安全生产质量，丰富和发展核能，为人类造福。

参考文献：

[1] 郭希培, 邹涛. 本质安全设计在提升核电工程安全管理方面的探索和实践 [J]. 中国核电, 2023, 16(06): 914-920.

[2] 陈宝智, 吴敏. 本质安全的理念与实践 [J]. 中国安全生产科学技术, 2008(03): 79-83.

[3] 余韬. 浅谈电力工程安全管理的过程与措施 [J]. 中国新技术新产品, 2018(20): 147-148.

[4] 黄江东. 试论电力工程安全管理的重要性及有效措施 [J]. 技术与市场, 2018, 25(09): 210+212.

[5] 吕磊. 在电网基建工程安全管理中应用层次分析法的对策 [J]. 通讯世界, 2016(24): 125-126.

[6] 李继森. 项目工程安全管理工作探析 [J]. 电力安全技术, 2008(04): 42-43.

[7] 楼安华, 贺晓刚. 安全创新举措在海外核电安全管理中的应用与研究 [J]. 中国核电, 2021, 14(05): 684-687.

[8] 张红军. 对在建核电项目 生产安全事故考核的思考 [J]. 中国核工业, 2016(06): 47-48.

[9] 陈志威. 浅谈电力工程项目安全生产管理 [J]. 科技资讯, 2011(18): 159.

[10] 马瑞. 智能预警信息系统在建设项目安全生产管理中的应用 [J]. 工程设计与设计, 2020(09): 168-170.

[11] 李中印. 浅谈电力工程项目安全生产管理 [J]. 行政事业资产与财务, 2011(22): 137-138.

[12] 王宏伟. 山地光伏建设项目安全生产管理对策研究 [J]. 科技创新导报, 2019, 16(24): 148+150.

[13] 牛华庆, 朱先清. 电力工程安全管理的方法与实践 [J]. 价值工程, 2015, 34(21): 66-67.

电厂电气中新技术提升电能质量与效率的研究

李家旗, 赵明

江苏阚山发电有限公司, 江苏 徐州 221134

摘要： 随着中国经济高速发展的步伐不断加快，电气设备在现代社会的各个领域中扮演着越来越重要的角色。从工厂车间到千家万户，电气产品无处不在，它们已经成为推动国家现代化建设和提高人民生活质量的关键因素。然而，伴随着电力资源需求的激增，电力系统中的电能消耗量也在持续攀升，这对能源供应提出了更高的要求。电能质量，作为衡量电力系统性能的重要指标，直接影响着人们日常生活中所依赖的电力供应的可靠性、稳定性和使用效率。因此，对于电厂而言，确保电能质量是一项至关重要的任务。

关键词： 电厂电气；新技术提升；电能质量；效率研究

Research On The New Technology To Improve The Power Quality And Efficiency In The Power Plant Electricity

Li Jiaqi, Zhao Ming

Jiangsu Kan Shan Power Generation Co., LTD. Xuzhou, Jiangsu 221134

Abstract： With the acceleration of China's rapid economic development, electrical equipment is playing an increasingly important role in every field of modern society. From factory workshops to thousands of households, electrical products are everywhere, and they have become a key factor in promoting the country's modernization and improving the quality of people's lives. However, with the surge of demand for power resources, the power consumption in the power system continues to climb, which puts forward higher requirements for energy supply. Power quality, as an important index to measure the performance of power system, directly affects the reliability, stability and use efficiency of power supply that people rely on in daily life. Therefore, ensuring power quality is a crucial task for power plants.

Keywords： power plant electrical; new technology improvement; power quality; efficiency research

引言

随着我国经济的快速发展，工业技术也在不断的进步，电力工业作为国家工业建设中的重要组成部分，其电力行业的发展速度直接影响着我国经济建设的速度。而在电力企业中，电气设备是影响整个电厂系统运行效率和质量的重要因素。因此，电厂需要加强对电气新技术的应用，通过应用先进技术提升电能质量与效率，从而更好的为电力企业服务。

一、电厂电气中新技术提升电能质量与效率的研的究必要性

（一）是现代电厂发展的必然趋势

目前，我国经济已经进入到了一个高速发展的时期，各种企业的发展都有了显著提高。而伴随着电厂在社会生产与生活中发挥的作用越来越重要，相关部门也对其提出更高的要求，促使电厂要不断进行技术创新与改革。近年来，电力行业的飞速发展让很多新设备、新技术得以应用，这些技术可以有效提升电厂的电

能质量与效率。因此，电厂电气在未来的发展过程中必然会更加重视新技术的运用，以适应电力市场发展的需求^[1]。

（二）是现代社会对电能质量提出的更高要求

随着社会的不断发展，我国经济建设水平有了很大程度的提高。为了满足人们对电力的需求和节约能源，发电厂不断地进行技术改革与创新。虽然改革取得了一定的成效，但由于传统方法在很多方面仍然存在不足，因此必须采用新的方法来解决这些问题。首先，要提高电能的质量，这就需要使用新技术。其次，电厂是一个重要的部门，它直接关系到整个国家电网的运行情况，

* 作者简介：姓名：李家旗，出生年月日：1996.08.09,性别：男 民族：汉，籍贯：河南郑州，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向：电厂电气专业

所以其供电效率也是非常关键的。所以，研究和探索先进的电能质量和供电效率技术是非常必要的。

（三）是适应现代电力系统运行方式的必然要求

在现代电力系统中，电能的来源、输出方式与用电方式都发生了根本性变化。传统的电力系统是以发电和用电为主，而现代的电力系统则是以生产与消费为主，电力部门主要是对社会提供电源和电网服务。由于我国经济发展快速，人们对生活水平的要求越来越高，用电量不断增加，造成能源供需矛盾日趋严重，为了满足国家电力需求，必须提高现有发电能力，这就需要通过采用新的技术来提高电厂电气系统的效率。

（四）是解决电能质量问题的有效途径

根据统计，在我国电能的使用量占整个国家总用电量的70%以上。而从发电环节来看，发电厂中使用的技术水平相对较低，再加上大部分发电企业没有进行设备更新，导致很多发电设备已经老化严重，因此很难保证发电厂的安全、稳定运行。通过对大量调查数据显示，我国许多地区都存在电能质量不合格现象，不仅影响了供电企业的经济效益，同时也影响到广大用户的正常生活和工作。但是在最近几年内，随着科学技术的快速发展，各行各业都引入了一些新技术，并且在电力行业内得到了广泛应用，有效解决了电能质量问题。由此可见，在电厂电气行业中引进新技术是提高电能质量与效率的有效途径^[2]。

（五）是提高电厂经济效益的重要举措

为了保证供电质量，发电厂必须有强大的技术支撑。当前，我国正在进行节能降耗工作，在能源利用过程中，发电厂不仅要节约电能消耗，还要注重电能质量，以确保电厂经济运行。因此，企业应加大对新技术研究与开发的投入，不断提升电厂电气系统的电能质量与效率。

当前，一些大型电厂的规模都非常大，其设备和设施较为复杂，对于电能的需求量也比较高，而这就需要采用先进技术来提升电能的质量与效率。比如：①通过运用智能控制技术，可以减少由于人为因素所造成的电能损失；②通过运用微机保护技术，可使机组运行更加稳定，进而延长使用寿命；③通过运用变频技术，能够有效降低能耗，提高生产效率；④通过应用无功补偿技术，可减少谐波污染，提高电能质量。

二、电厂电气中新技术提升电能质量与效率的研究的存在问题

（一）缺乏完善的管理制度

电力企业是一个以安全生产为主的行业，为了确保电网安全、稳定运行。就需要电力企业建立一套完善的的安全管理制度来保障企业各项工作有序进行。但目前国内部分电厂在管理上还存在着许多问题，例如：一些领导缺乏对新技术应用于电能质量提升和效率提高重要性的认识；管理层未真正落实岗位责任制；无一票否决制度；考核机制不完善等。这些都严重影响了电力企业新技术应用于电能质量提升与电能效率的进一步发展。因此，应尽快完善相关制度，严格执行，并加大监督力度，使其成为电厂

企业健康、快速发展的坚实后盾。

（二）没有重视技术研发

发电企业要想实现电力资源的有效利用，就必须提升其供电质量和效率。虽然有相关技术人员在进行不断研究，但是由于部分发电企业没有将技术研发放在重要位置，导致他们不能及时发现自身存在的问题，也不能在第一时间采取措施解决问题。尤其是随着科技水平的不断发展，很多新技术被研发出来，这些新技术能够帮助发电企业提高电能质量和效率，所以发电企业需要重视这方面的研究工作，只有这样才能促进其健康、稳定的发展。

（三）电厂运行系统的自动化水平较低

随着科学技术的不断发展，我国电力事业也得到了飞速的进步。在过去，很多电厂都采用人工操作方式进行运行，这种传统的模式不仅影响了电厂运行的质量和效率，还容易出现安全隐患。为了提高电厂电气系统的运行效果，相关工作人员可以借助先进的技术手段来对其进行控制，例如计算机信息处理技术、数据传输技术等。但是这些新技术并未被广泛的运用到实际生产当中，导致电厂运行系统的自动化水平较低，从而降低了电能的质量和效率。因此，相关工作人员应重视这方面的研究与开发，为实现智能化发电奠定良好的基础^[3]。

（四）电厂的电气设备和线路老化严重

为了适应现代化社会的发展，电厂的设备不断更新和发展，但是由于在电网运行过程中产生了大量的电能损耗，使得这些老旧的设备已经不能满足电力行业的需求。同时，一些线路和设备也存在着老化问题，如果没有得到及时地维修和更换，就会影响到电能质量，导致电力系统无法正常运行。此外，还有很多技术人员缺乏对新技术的研究，不能为电厂提供合适的电气技术，这都严重影响到电厂电气系统的安全稳定运行。因此，需要加强对电气设备和线路的管理工作，提高电气系统的可靠性和稳定性。

（五）缺少专业的技术人员

电厂电气在电力行业中占据重要的地位，对人们的生产生活影响非常大。然而，从目前的发展状况来看，我国的电厂电气在发展过程中仍然存在着一定的问题，尤其是缺少专业的技术人员。随着现代科技水平的不断提升和进步，各个企业都更加注重技术人才的培养与引进，而在这种情况下，很多电厂却忽视了对技术人员的培养，导致他们的技术水平没有得到有效提高，从而影响到电厂电气的运行效率。

此外，由于这些技术人员缺乏相关经验，因此也不能很好地处理当前的实际问题。对于电厂电气而言，要想充分发挥新技术的作用，就必须重视对技术人员的培训工作，这样才能够确保他们掌握先进的技术知识和操作技能。

三、电厂电气中新技术提升电能质量与效率的研究的策略

（一）可再生能源发电技术

可再生能源发电技术是指不需要耗费大量的资源进行开发，利用自然环境中能够获取到的能量，并将其转化成电能。例如：

风力发电、太阳能发电、水力发电等技术。这些技术具有很强的环保性和可持续性，可以有效地减少环境污染问题，降低对不可再生能源的依赖程度，还可以缓解能源紧缺的状况。此外，由于可再生能源发电技术不会产生有害气体，因此能够有效地改善大气质量，提高人们的生活质量。在当前形势下，应该进一步加大对可再生能源发电技术的研发力度，并将其应用于实际生产生活中，以实现电厂电能质量与效率的提升^[4]。

（二）智能电网技术

智能电网技术主要是以现代通信技术、计算机网络技术、传感与信息采集技术为依托，将电力系统中的发电、输电、变电、配电等各个环节有机结合起来，形成一个整体。电网系统在运行时可以有效地实现电能的双向流动和功率传输，从而达到优化能源利用的目的。智能电网不仅具有较强的抵御自然灾害的能力，而且能够对电力负荷进行快速响应，并且能自动调节发电设备的工作状态，通过先进的控制系统来最大限度的减少资源浪费，提升电力系统运行的经济性。此外，智能电网还具备一定的自愈功能，一旦发生故障，可以快速恢复到正常运行状态，这样就可以避免停电事故的发生。因此，在电厂电气设计过程中应用智能电网技术，可以显著提高电能质量和效率。

（三）新型变压器技术

从电能传输的角度来看，电力系统中最常用的变压器是油浸式变压器。但是，其运行效率低、损耗大，因此需要不断更新和完善。传统的变压器依靠空气绝缘，因此容易发生火灾事故，而新型变压器采用了金属铠装结构，可以有效防止火灾。同时，在铁芯上安装有冷却装置，避免了因过热造成的故障，大大提高了变压器的运行效率。除此之外，新型变压器还具有体积小、重量轻等优点。这一点对于大型发电厂来说尤为重要，因为它能够减少发电厂的占地面积，节约生产成本。

（四）电厂电力系统自动控制技术

现阶段，我国电厂电力系统中应用的自动控制技术主要包括无功补偿技术、电压调整技术和频率控制技术等。其中，无功补偿技术能够提高电力系统的功率因数，确保机组的正常运行；电压调整技术则是利用调压装置来改变系统的电压，进而保证电压质量；而频率控制技术可以实现对电厂发电机与负荷之间的谐波进行控制。通过运用这些先进的控制技术，不仅能够有效提高电厂发电效率，而且还能够提升其电能质量^[5]。

（五）无功功率补偿技术

无功功率补偿技术是指在电网中添加电容器，利用它来储存电能。通过这种方式来增加功率因素，并且也能有效的抑制谐波电流。尤其是对电力系统中的高质量电力供应十分有利。因此，目前很多国家都广泛应用了无功功率补偿技术。例如，德国在电力供应方面就采用了无功功率补偿技术，可以说该技术是最重要的一种新型技术，对于电力生产企业而言，采用无功功率补偿技术能够更好地满足用户需求。此外，由于无功功率补偿技术具有强大的调节作用，所以我们可以将其应用于同步电机中，以此来控制电机转速，进而提高设备运行效率。当然，这需要合理的选择补偿电容器和供电线路，并且要尽量保证电容器处于稳定状态下工作。另外，还应加强对相关专业人才的培养力度，为电厂电气设备的发展提供强有力的保障。

结语

电厂是我国电力系统的重要组成部分，其发电效率、发电质量、发电成本等因素会对我国电力系统的安全运行产生直接影响。为有效提升电厂的电能质量和效率，在实际工作中应加强对电力系统各方面因素的分析，并有针对性地选择和应用新技术，从而有效提升电厂电气的运行效率。

参考文献

- [1] 张嘉嘉, 李雅婧, 黄旭. 石油化工电气系统电阻接地设计探讨 [J]. 电气应用, 2021, 40(09): 79-82.
- [2] 刘明. 浅谈电气设备安装工程造价的不足与改进措施 [J]. 中国设备工程. 2022, (19).
- [3] 钟素敏, 邓兴生. 大型火电厂厂用电备用电源优化探讨 [J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2024, 29(02): 1-6.
- [4] 任波. 水电厂电气设备异常振动检测方法设计 [J]. 设备管理与维修, 2024, (06): 41-43.
- [5] 李雪莲. 发电厂电气设备运行效率提升策略研究 [J]. 电气技术与经济, 2024, (03): 229-231.

某核电机组堆外核功率测量偏差特点及原因分析

唐炼, 周晓明

台山核电合营有限公司, 广东 江门 529228

摘 要 : 某新一代压水堆核电机组的堆外核功率测量与国内其他主流二代压水堆机组有较大区别, 在稳定功率运行期间其核功率测量值与热功率有较大偏差, 大修下行机组到达次临界之后, 其功率量程核功率仍有较高的显示, 与国内其他主流二代机的核热功率偏差较小以及次临界后功率量程核功率几乎为0相比差别较大。本文针对该情况进行分析并提出相应的解决建议。

关 键 词 : 压水堆; 堆外核功率测量; 功率量程; 校刻系数

Characteristics and Cause Analysis of Nuclear Power Measurement Deviation in a NPP

Tang Lian, Zhou Xiaoming

Taishan Nuclear Power Joint Venture Co., Ltd., Guangdong, Jiangmen 529228

Abstract : The nuclear power measurement of a new generation PWR nuclear power unit is quite different from other domestic mainstream second generation PWR units, there is a large deviation between the measured value of nuclear power and thermal power during stable power operation, and the nuclear power of the power range still has a high value after the shutdown of the unit even when the reactor reaches subcritical, compared with other domestic mainstream second generation PWR units, the nuclear thermal power deviation is smaller and the power range's value of the subcritical reactor is almost 0. This paper analyzes the causes and puts forward corresponding solutions.

Keywords : PWR(Pressurized Water Reactor); ex-core nuclear power measurement; power range; calibration coefficient

一、引言

核电机组均会有反应堆功率测量, 其中核功率测量是最重要的功率测量, 核功率测量中又分为堆内和堆外两种测量。对于压水堆核电机组来说, 核功率测量是必须的, 通过核功率连续在线测量来实现反应堆功率的测量、控制、保护, 是直接监测反应堆功率水平、堆芯链式裂变反应是否可控的最重要仪表。国内某新一代压水堆核电机组(以下简称“新机组”)的堆外核功率测量与国内其他主流二代压水堆机组(以下简称“二代机”)从测量原理、堆外布置情况等方面来看, 是一脉相承基本一致的, 但是该新机组的堆外核功率测量功率量程的特性与二代机有很大区别, 一是稳定功率运行期间, 该机组功率量程所测得的核功率与热平衡精确计算得出的热功率有比较大的数值差别; 二是该机组大修下行到达次临界之后, 其功率量程显示仍有1~1.5%的核功率显示, 与二代机相比明显偏大^[1]。

二、典型的压水堆机组堆外核功率测量系统

为了保持对反应堆核功率水平即中子通量的全量程有效监控, 压水堆核电机组的堆外核功率测量一般分为三组, 即源量程、中间量程、功率量程^[2]。

以该新机组为例, 其堆外中子通量测量系统由3个源量程探测器、4个中间量程探测器和4个功率量程探测器组成。源量程探测器为涂硼正比计数管, 其应该正对中子源组件。中间量程和功率量程装在一根套管里, 均由电离室组成。因中间量程测量范围所跨越的中子通量水平区间很宽, 采用 γ 补偿电离室以去除堆芯非中子通量所带来的电离电流影响。中间量程探测器通道被放置在其对中子通量轴向分布次敏感的区域, 即堆芯轴向中心(见图-1)^{[3][4]}。

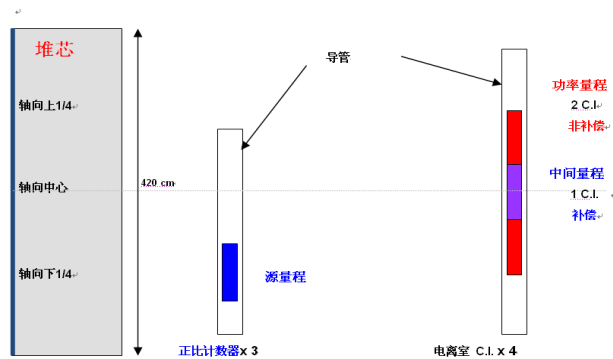


图-1: 新一代压水堆堆外核功率测量系统仪表位置侧视图

功率量程探测器为长电离室, 有上下两个电离室, 位于堆芯轴向上1/4和下1/4处(见图-1)。当中子通量足够大时, γ 射线产生的电流可忽略不计, 可以认为测量电阻上只流过与堆芯中子

* 作者简介: 唐炼(1983年4月-)男, 汉族, 四川省达州市, 中广核集团台山核电合营有限公司, 工程师, 大学本科, 核电运行

通量水平成正比的中子电流 I_0 。

该新机组的堆外功率量程探测器测量的测量范围是 2.5×10^6 n/($\text{m}^2 \cdot \text{s}$) 到 5×10^9 n/($\text{m}^2 \cdot \text{s}$)，对应新一代反应堆约 0.5%NP 到 200%NP 的核功率水平。

二代机的堆外核功率测量仪表由 2 个源量程探测器、2 个中间量程探测器和 4 个功率量程探测器组成，其源量程和中间量程探测器布置在同一个通道里（见图 -2），每一个功率量程探测器分为堆芯上下部各 3 个一共 6 个敏感段。二代机的功率量程探测器测量范围是 5×10^2 n/($\text{m}^2 \cdot \text{s}$) 到 5×10^{10} n/($\text{m}^2 \cdot \text{s}$)。

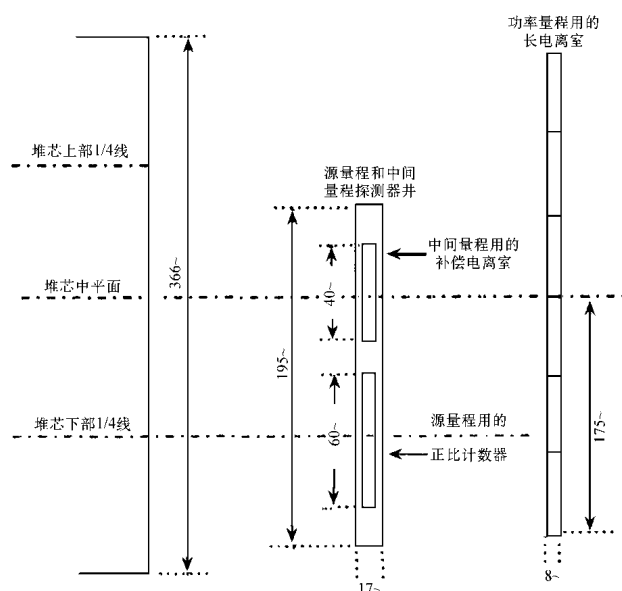


图 -2：二代压水堆堆外核功率测量系统仪表位置侧视图

三、两代压水堆机组功率量程测量特性的区别

该新机组功率量程需要定期由堆芯热功率对其进行校验，通过测量对应分区上下部探头电流的数值，乘以相应的转换系数后转换成模拟量信号，用于显示、控制和保护。二代机功率量程定期校验方法基本一致^{[5][6]}。

理论上，通过定期的核热功率平衡校验，堆芯核热功率偏差可以控制在很小的范围内。但实际上，该新机组在满功率稳定运行时功率量程所测得的均值核功率会比热功率偏高约 1.8%，在 90% 功率平台也比热功率偏高约 1.7%。反观二代机，这一对应的功率偏差为不超过 0.5%。

该新机组在机组下行过渡到次临界源量程已经投运、中间量程显示实际核功率水平约为 0.002% 时，功率量程仍会有 1~1.5% 的明显虚假核功率显示，与二代机仅 0.01~0.1% 的几乎可忽略不计的数值相比，明显偏大。

四、新一代压水堆功率量程测量偏差的原因分析

（一）功率量程的作用及安全重要性不同

该新机组功率量程测量信号主要用于中子通量变化率高、核功率高停堆保护以及其他相关允许信号、控制棒保护信号的产

生，也参与一回路平均温度 T_{avg} /中子通量 NF 控制。二代机的功率量程测量信号主要用于中子通量变化率高、核功率高停堆保护以及其他相关允许信号、闭锁信号、控制棒保护、汽轮发电机功率限制信号的产生^{[7][8]}。

可以看出，新机组其功率量程信号作用的级别有所降低，属于反应堆堆保护最高安全级别的仅变化率高自动停堆这一个，核功率高触发自动停堆的逻辑并不在最高安全级别的反应堆保护系统专用逻辑模块里，而是属于多样化停堆保护、由普通的 T2000 仪控 SAS 模块来实现。另外新机组的功率量程信号还参与反应堆调节系统的运行功能，用于一回路平均温度 T_{avg} /中子通量 NF 控制。

（二）两代压水堆堆芯结构及堆内测量设计上的不同

该新机组堆芯结构上与其他压水堆机组有着很大的区别，其在包裹堆芯燃料组件的外围环绕安装有重反射层。

重反射层的主要目的是为了降低从堆芯泄漏出的中子数量，进而可以保护反应堆压力容器免受快中子过度照射而引发的寿期和脆性断裂的危险。另一方面，重反射层也能降低从堆芯内部泄漏出去的中子量并一定程度上实现径向功率分布的展平，可以提高核燃料的利用率以增加燃料燃耗深度或者降低燃料富集度^[9]。

但重反射层的存在，无疑是降低了新机组堆外中子通量测量设备的准确性，其测量到的电流值与堆芯真实中子通量水平的关联度更低、所经历的物理过程更复杂多变^[10]。

同时，该新机组的堆内核功率即中子通量测量与二代机也有着很大的区别。二代机的堆内中子通量测量仅有非在线、非实时的指套管通道测量，该新机组则设置有堆内中子通量测量即 SPND（自给能中子探测器），能够在线且实时地探测堆芯内中子通量水平及三维分布。

该新机组的 SPND 测量值被用于实时计算堆芯线功率密度（LPD）、偏离泡核沸腾比（DNBR）等反应堆保护所需的堆芯功率值等数据，显然该保护更为直接更为关键，安全等级要求更高，能够比堆外探测器作用更快更直接，所以该新机组的堆外核功率测量在安全方面重要性有轻微降级。

（三）两代压水堆功率量程校刻系数的不同

反应堆经过一段时间运行后，核热功率之间会产生偏差，因此需要定期通过一、二回路热平衡试验对功率量程的校刻系数进行修正。试验的主要目的是根据堆芯中子通量图测量结果、理论计算模型以及热平衡计算结果修改校刻系数和燃耗相关的阈值，堆外核功率测量系统侧参数校刻系数包含：KCAL1、KCAL2、KCALN。

但以上校刻过程的前提条件为机组功率稳定 6 小时及以上，而在机组上、下行阶段，机组功率在不断变化，无法进行校刻。则高功率平台校刻系数用于低功率平台本身就会产生偏差。

以该新一代压水堆某机组某次大修下行前执行的堆芯物理试验后得到的校刻系数为例来说明：核功率 = （上部探头电流 × KCAL1 + 下部探头电流 × KCAL2）× KCALN，该功率量程仪表的电流测量范围为 10^{-7} 到 10^{-4} A，即使取保守的功率量程测量最小电流 10^{-7} A 来算，乘以相应的校刻系数，其得到的核功率计算值

也大约有1%NP，比如以电流 10^{-7} A以及相应的校刻系数带入上式可得四个象限的核功率显示值：

$$P1=(10^{-7} \times 4294013 + 10^{-7} \times 4893499) \times 1 = 0.919\% \text{NP};$$

$$P2=(10^{-7} \times 4525131 + 10^{-7} \times 5216180) \times 1 = 0.974\% \text{NP};$$

$$P3=(10^{-7} \times 4356357 + 10^{-7} \times 4947565) \times 1 = 0.930\% \text{NP};$$

$$P4=(10^{-7} \times 4803106 + 10^{-7} \times 5135734) \times 1 = 0.994\% \text{NP}。$$

因此可知，即使该新机组已经达到次临界状态、一回路的硼浓度为换料硼浓度、控制棒已全插入堆底、源量程读数已经下降至很低水平，但功率量程仪表显示值还会有约1%NP左右的读数，与机组实际较吻合。

进一步分析可知，基于该新机组堆芯设计的特点，重反射层的阻隔，其满功率状态下堆外核功率测量仪表探测器所接收到的实际中子通量仅为二代机的五分之一左右，两种堆型的功率量程探测器最高探测中子通量范围更是有数量级即十倍的差别。相应地，他们的功率量程探测器长电离室产生的微电流也就有5~10倍的差距，进而相应的校刻系数也有5~10倍的差距。在次临界模式实际中子通量几乎为0情况下，假设探测器卡件本底输出4.01mA（4.00mA对应功率下限0，0.01为卡件探测显示精度），通过校刻系数的计算，则新机组的功率量程核功率计算值就会比二代机高10倍左右，与现实情况基本相符。

五、结论及建议

综上所述，新机组由于其反应堆堆内中子通量在线测量的设

置及重要性，以及该堆型设置有堆芯重反射层，导致其堆外中子通量测量的安全要求及测量精度等方面有轻微降级，叠加探测器输出电流下降导致的校刻系数较大，最终导致其堆外中子通量测量的功率量程测量值出现与热功率偏差较大、次临界之后显示明显偏大失真等现象，但当前这些偏差现象均在安全标准范围内，符合相关程序要求。

针对稳定功率运行阶段，功率量程测量值与热功率偏差较大问题，当前系统配置及仪控测量原理条件下，暂无很好的解决办法。该新机组的运行管控方面均以堆芯热功率为精确控制目标值。

针对次临界之后显示明显偏大失真问题，通过对比分析及调研，有以下几种可供选择的解决办法：

（1）将信号、逻辑处理回路的探测器卡件输出转换参数提高。比如原来是4.0~20 mA开始转换，现提高到4.02~20 mA转换，4.02 mA以下都输出为0。该方案可实现在线修改。

（2）参考国产华龙三代核电机组，直接在逻辑中增加减去本底电流的仪控环节。该方案需要修改相关反应堆控制及保护仪控系统的数据库，需要在机组大修期间具备安全条件下装。

（3）在T2000仪控系统中增加逻辑切换环节，随机组状态改变、比如源量程已投运时自动将功率量程显示切换至0。该方案需修改T2000逻辑，同样涉及逻辑下装。

参考文献：

- [1] 卢建, 黄靖, 蔡昊廷, 等. 秦山核电二期堆外核功率测量系统探测器的设计与检修维护 [J]. 仪器仪表用户, 2019, 26(11): 48-52.
- [2] 刘勇, 段天英, 贺长兴, 等. 可移动反射层小型反应堆核功率测量补偿设计 [J]. 核电子学与探测技术, 2023, 43(04): 880-883.
- [3] 陈梅. 自动数字显示的反应堆核功率测量装置 [J]. 核电子学与探测技术, 2001(06): 487-490.
- [4] 卢建, 李嘉洲, 葛孟, 等. 核测系统技术改造项目管理与实施研究 [J]. 仪器仪表用户, 2022, 29(09): 44-48.
- [5] 谢学涛, 张卫军. 堆外核测量系统的数字化设计 [J]. 核电子学与探测技术, 2015, 35(03): 313-316.
- [6] 张天航, 杨超. 核电站状态监测规程判据图数字化设计 [J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2019(02): 189-190.
- [7] 李友, 吴德成. 核电室外工程数字化设计平台建设研究 [J]. 工业建筑, 2023, 53(S1): 740-744.
- [8] 张亮. 核反应堆数字化设计全面集成模型研究 [J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(08): 111-114.
- [9] 张立群, 刘问杰, 曹偲笛. 核电厂电气系统自动建模数字化设计 [J]. 自动化仪表, 2023, 44(S1): 353-356+360.
- [10] 秦文娟, 蔡雯. 压水堆棒控系统数字化设计 [J]. 核电子学与探测技术, 2016, 36(07): 776-780.

某核电厂上充泵非驱动端垂直向振动上涨原因分析

张刚柱

中广核核电运营有限公司, 广东 深圳 518124

摘 要 : 国内某核电厂上充泵非驱动端垂直向振动水平自2018年8月份开始出现缓慢爬升, 由开始的 1.6mm/s 随每次启泵逐渐升高, 至2019年11月19日上涨至最高3.9mm/s, 在该机组第四次大修对该上充泵进行全面解体检查, 通过更换风扇、部分导叶及转子动平衡校正等措施, 降低泵转子运行时产生的激振力, 改变转子载荷分布提升转子稳定性, 该上充泵非驱动端垂直向振动趋势异常上涨问题得到了有效处理, 同时泵整体振动水平也得到改善。

关 键 词 : 核电厂; 上充泵; 振动

Analysis Of The Reasons For The Vertical Vibration Increase Of The Non Driving End Of The Charging Pump In a Certain Nuclear Power Plant

Zhang Gangzhu

CGN Nuclear Power Operations Co., Ltd, Shenzhen, Guangdong 518124

Abstract : The vertical vibration level of the non driving end of the charging pump in a domestic nuclear power plant has been slowly climbing since August 2018, gradually increasing from 1.6mm/s with each pump start to a maximum of 3.9mm/s on November 19, 2019. In the fourth major overhaul of the unit, a comprehensive inspection was conducted on the charging pump, and measures such as replacing the fan, partial guide vanes, and rotor dynamic balance correction were taken to reduce the excitation force generated by the pump rotor during operation, change the rotor load distribution, and improve rotor stability. The abnormal upward trend of vertical vibration at the non driving end of the charging pump was effectively addressed, and the overall vibration level of the pump was also improved.

Keywords : nuclear power plant; charging pump; vibration

一、事件背景

2019年11月13日国内某核电站启动 RCV002PO 上充泵后, 主控触发报警(泵推力轴承垂直向振动高)最大值达5.18mm/s(报警值4.5mm/s), 持续1min51s后稳定在约3mm/s, 现场就地测量振动水平为2.8mm/s, 与在线振动检测幅值接近, 该测点真实振动水平偏高。且梳理该泵历史振动数据, 发现该上充泵泵非驱动端垂直向振动水平自2018年8月份开始出现缓慢爬升, 由开始的1.6mm/s随每次启泵逐渐升高, 至2019年11月19日上涨至最高3.9mm/s(随后逐渐下降, 停泵前幅值约3.0mm/s)。泵非驱动端水平向振动一直较小, 幅值在1mm/s左右, 水平向变化趋势和垂直向变化趋势一致, 泵驱动端振动水平总体较平稳, 幅值也不高。泵组定期切换运行, 从近一年趋势看, 每次该上充泵启动非驱动端垂直向振动较上次运行周期会有小幅上涨, 启动瞬态振动尖峰幅值也较上次启动变大, 但在每个启动周期泵持续运行过程中, 振动趋势较为稳定。因此决定在该机组第四次大修期间对 RCV002PO 上充泵非驱动端垂直向振动趋势异常上涨进行处理, 该泵进行全面解体检查。

二、设备简介

核电站上充泵属于化学和容积控制系统, 采用三台多级卧式离心泵并联布置, 将容控箱的来水升压(绝对压力)至17.7MPa后送至一回路, 实现一回路上充功能、主泵一号轴封提供密封水功能和高压安注功能^[1]。每台安全等级为核安全2级、质保等级为Q1的机组须配置3台上充泵, 其中1号上充泵由6.6kV交流应急配电系统A列(LHA)供电, 2号和3号上充泵由6.6kV交流应急配电系统B列(LHB)供电。正常运行工况下, B列投运1台泵即可^[2]。

该上充泵组采用德国KSB设计、生产、制造的型号为RHM 100-250.12型泵如图1, 筒体式卧式多级离心泵, 泵组由6.6KV驱动电机、电机联轴器、增速齿轮箱、泵联轴器、泵及润滑油系统组成。驱动由佳木斯电机厂生产的三相交流卧式电机驱动, 泵和电机通过增速齿轮箱连接, 泵侧和电机侧联轴器均为齿式联轴器。主要由叶轮、导叶、泵轴、机械密封、轴承、平衡鼓、泵壳和泵盖等零部件组成, 12级径向叶轮加导叶单向式布置结构, 首级叶轮与其余11级不同, 首级叶轮5枚叶片, 其余11级为7枚叶

* 作者简介: 张刚柱(1992年02月—), 男, 汉族, 广东省深圳市, 中广核核电运营有限公司, 核岛转动机械设备检修工程师, 本科, 研究方向: 核电站核级水泵维修。

片。该泵设计有平衡鼓同非驱动端推力轴承共同平衡转子的轴向力，两端轴封采用集装式机械密封，每级导叶与叶轮口环配合处装有水润滑轴承（为转子提供支撑），其动环材料为碳化硅，静环材料采用浸渍硬化石墨。驱动端机封从第一级叶轮引水经悬液分离器过滤后对密封面冷却润滑；非驱动端机封冷却水来自经节流衬套逐级降压后的末级高压水，冷却润滑后经泵筒内平衡管流回吸入口，同时也起到平衡轴向推力的作用^[3]。泵驱动端为圆柱滚子轴承（承受径向力），非驱动端为双列圆锥滚子轴承（承受径向及轴向推力），泵转速4657r/min，额定流量：105m³/h，额定扬程：1245m。

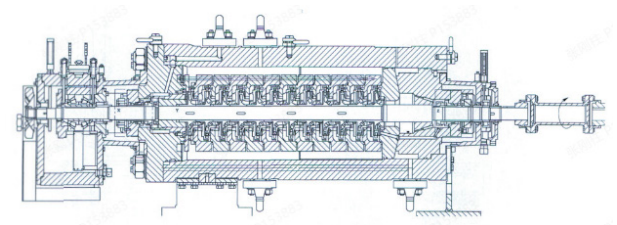


图1 德国 KSB 上充泵 RHM 100-250.12 型

三、问题处理

1.在大修开始前对该泵非驱动端轴承及其紧固件进行检查，11月28号持票进行静态相关检查，未发现明显异常，11月29日启动泵组验证，泵组启动时处于双孔板运行模式，泵非驱动端振动水平未改善，频谱特征与检查前一致，2X 频率峰值2.8mm/s。根据离线定期试验和针对性测试记录，离线测量振动数据与在线数据一致，即振动上涨真实存在。从测量的频谱特征看，频谱主要以2X为主，伴有小幅1X、3X成分，频谱趋势显示振动幅值逐渐上涨主要由2X成分上涨引起，其它分量幅值较稳定。

2.检查导叶石墨环磨损情况发现泵组运行期间，叶轮后口环与导叶石墨环相互摩擦，使导叶石墨环产生磨损（石墨环硬度低于叶轮后口环），各级导叶石墨环的磨损方位及面积均不相同，第6、8、9、10导叶石墨环尺寸超标。

3.检查泵非驱动端冷却风扇断裂缺失一叶片，挡油板松动。

4.对原始转子部件进行动平衡检查发现动不平衡量超标，其结果为驱动端不平衡量52.6克 /66°，非驱动端不平衡量63.3克 /29°，更换风扇备件后进行动平衡检查，其结果为驱动端为不平衡量44.6克 /290°，非驱动端不平衡量63.3克 /270°。通过去重法对泵转子进行动平衡处理，最终动平衡数据为驱动端不平衡量

原因可能性高低如下表格1：

序号	原因	支持证据	反对证据	可能性	处理措施
1	转子动不平衡量较大	转子动不平衡会引起振动，不平衡量越大，引起的振动也越明显。本次转子原始动不平衡量已超出标准10倍以上。	理论上转子动不平衡引起的振动分量以1X工频为主。	中	对泵转子进行动平衡校正，使其符合标准。
2	风扇叶片断裂缺失及挡油板松动	叶片缺失导致旋转部件质量分布不均，会影响转子动平衡；叶片开裂和挡油板松动，影响轴系截面刚度对称性。	无	中	更换风扇备件，将挡油板取下。
3	导叶石墨环尺寸超标	导叶石墨环的作用是对转子进行支撑，因磨损导致石墨环尺寸变化会影响转子的载荷分布。	以往解体检修导叶石墨环也存在不同程度磨损	中	对尺寸超标的导叶石墨环进行更换。
4	非驱动端垂直向固频接近转子2X 频	根据共振理论，当激励频率与系统某阶固频接近时，会导致系统振幅显著增大。	1、3号泵非驱动端垂直向固频也接近转子2X 频	低	无

1.83克 /220°，非驱动端不平衡量1.95克 /188°，要求动不平衡量≤4.29g。

4.泵非驱动端固频测量，本次大修三台泵全停阶段，对泵非驱动端进行了固有频率敲击试验，泵非驱垂直向固频167Hz与2X工频156Hz接近。

5.对泵水力部件解体，检查紧固件无松动，泵轴弯曲和转子跳动均合格，泵轴 PT/MT 检查无异常（确认泵轴无裂纹）。

6.更换新导叶和风扇后泵重新组装进行再鉴定，现场检查各法兰面、机封引漏管、活接无跑冒滴漏，振动温度均无异常，其中泵非驱动端垂直向振动水平1.28mm/s较处理前显著降低，频谱显示泵非驱动端垂直向振动成分占比也发生了变化，由原来的2X占主导到本次的1X 占主导，2X 成分幅值降低近一半。

四、原因分析

1.该上充泵的泵轴长约 2400mm，外径最小处约38.4mm，泵轴较细长，刚性相对较差，更容易发生弯曲。运用有限元方法对RHM100-205.12型上充泵泵轴进行模态分析，得到其1 阶固有频率为 75.741 Hz。上充泵的工作转速为4 657 r/min，转动频率为77.617 Hz，说明上充泵泵轴是在1 阶临界转速之上工作，启动时必须穿过1 阶临界区域^[4]。上充泵转子为柔性转子，在运行期间必然存在弯曲并发生扭曲变形，第6、8、9、10级导叶石墨环磨损后尺寸变化，对泵转子的载荷分布产生影响。每级导叶在叶轮后口环位置配有水润滑石墨密封环，该密封环可以作为水润滑轴承限制转子的弯曲，但静子组件以其自重就会有一个向下的自然弯曲，静子组件和转子很难同步弯曲，每级水润滑轴承所受的径向载荷也随之发生改变，如图2所示。

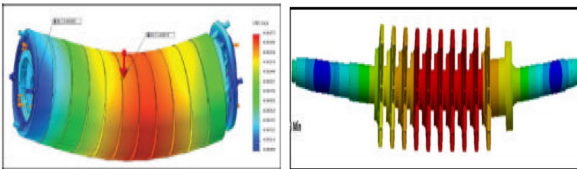


图2 上充泵静子和转子弯曲示意图（8000X）

2.泵水力部件长期运行，挠性转子在变形、磨损、流体冲击等因素下动平衡状态发生改变，泵的动不平衡量的逐渐变大。

3.泵非驱动端风扇叶片断裂缺失及挡油板松动，影响轴系截面刚度对称性，对转子运行状态造成扰动，影响其振动水平。

4.泵非驱动端垂直向固频接近2X工频，对2X工频响应敏感。

根据以上分析,泵转子动不平衡量的增大和风扇叶片断裂缺失造成泵运转时转子激振力增大;同时由于石墨口环磨损改变了泵非驱动端转子的载荷分布,导致转子稳定性降低;泵非驱动端垂直向固频接近2X工频导致垂直向振动响应敏感。在上述因素的共同作用下导致泵组非驱动端振动逐渐增大。

五、总结

综上所述,经过大修前泵非驱动端轴承及紧固件检查,大修

期间的对该泵进行全面解体检查,通过更换部分数据超标的导叶和叶片断裂的风扇,对转子动平衡进行校正等措施,降低泵转子运行时产生的激振力,改变转子载荷分布,提升转子稳定性,上充泵非驱动端垂直向振动趋势异常上涨问题得到了有效处理,同时泵整体振动水平也得到改善。根据该设备小流量及双泵运行工况下振动水平偏高问题特点,后续随泵在各种工况下进行试验切换运行,振动保持稳定不存在逐渐上涨趋势,证明该设备异常得到妥善处理。

参考文献:

-
- [1]广东核电培训中心. 900MW压水堆核电站系统与设备,北京:原子能出版社,2004:129.
- [2]姚正军,朱惠成. 核电厂上充泵叶轮缺陷分析及处理,大亚湾核电,2019.No.3:18.
- [3]王岩. 某核电厂上充泵驱动端轴承振动高原因分析,水泵技术,2022年第3期:37.
- [4]刘星,肖书勇,朱健. 核电厂 RHM100-205.12型上充泵驱动端轴承打滑故障分析及处理,大亚湾核电,2019.No.1:19.

矿用自卸车液压机械传动系统研究

彭建磊, 乌向华, 陈云峰

国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司露天矿, 内蒙古 锡林郭勒 026200

摘 要 : 矿用自卸车, 作为矿山开采的重要运输工具, 其性能和寿命直接关系到矿产资源的高效输出。这些车辆在崎岖不平的矿山道路上承载着沉重的物料, 是连接矿山与外部世界的生命线。因此, 它们的可靠性、耐用性以及维护保养的质量都是至关重要的。任何故障或磨损都可能导致运输效率降低, 从而影响整个矿山的运营效益和经济价值。在矿用自卸车的使用过程中, 液压传动系统是其主要的工作系统, 而矿用自卸车中的液压机械传动系统的设计直接决定了其使用寿命。因此, 研究矿用自卸车液压机械传动系统设计是非常有必要的。还要积极学习先进技术, 通过借鉴他人成功经验, 不断完善自身业务水平。

关 键 词 : 矿用自卸车; 液压机械; 传动系统; 研究

Research On Hydraulic Mechanical Transmission System Of Mining Dump Truck

Peng Jianlei, Wu Xianghua, Chen Yunfeng

State Power Investment Group Inner Mongolia Baiyinhua Coal power Co., LTD. Open pit mine Inner Mongolia, Xilinguole, Inner Mongolia 026200

Abstract : As an important means of transportation for mining, the performance and life of mining dump truck are directly related to the efficient output of mineral resources. These vehicles carry heavy materials on the rugged mining roads and are the lifeline connecting the mine with the outside world. Therefore, their reliability, durability, and the quality of maintenance are crucial. Any failure or wear may result in reduced transport efficiency, thereby affecting the operational benefit and economic value of the entire mine. In the use process of mining dump truck, hydraulic transmission system is the main working system, and the design of hydraulic mechanical transmission system in mining dump truck directly determines its service life. Therefore, it is very necessary to study the design of hydraulic mechanical transmission system of mine dump truck. But also actively learn advanced technology, through learning from the successful experience of others, and constantly improve their own business level.

Keywords : mining dump truck; hydraulic machinery; transmission system; research

一、矿用自卸车液压机械传动系统研究的必要性

(一) 矿用自卸车工作环境恶劣, 工作条件要求高

矿用自卸车在矿山等复杂的环境中运行, 其工作环境非常恶劣, 这就对自卸车的性能提出了很高的要求。首先, 由于矿内运输道路工作面相对有限, 且路况复杂, 自卸车所受载荷较重, 所以对于传动效率和功率分配要求都比较高; 其次, 因为煤矿有很多粉尘、煤渣等杂质, 所以自卸车需要具备良好的密封性, 以保证内部不会被杂质堵塞, 影响液压系统正常工作。另外, 自卸车需要长时间工作运行, 在高温、低温的极端天气下也要正常工作, 因此对自卸车的冷却系统及热保护系统提出了更高的要求。总而言之, 矿用自卸车工作条件十分苛刻, 而这些条件是以前我国大多数矿用自卸车无法达到的。为了满足这些特殊的工作条件, 需要从液压机械传动系统的角度出发, 研究新的技术和方法, 实现矿用自卸车的高效、节能、环保运行^[1]。

(二) 矿用自卸车工作对象复杂, 工况恶劣

矿用自卸车在矿山中进行生产时, 作业环境十分恶劣, 车辆经常处于超载、超速的状态下运行, 且车辆长期受高温、粉尘、煤尘等介质影响, 容易导致零部件磨损加剧, 甚至产生早期失效。同时, 矿用自卸车在露天矿运输作业时产生大量粉尘, 对于液压系统和传动装置都是极大的考验, 因为这两部分零件容易被污物堵塞, 从而使工作效率降低, 并且还会出现故障频发等问题。所以对液压机械传动系统的研究就显得尤为重要了。

(三) 矿用自卸车需要全天候作业, 作业环境恶劣

矿用自卸车主要用于矿山开采中, 在露天矿区或井下进行挖掘运输作业。这类车辆在行驶过程中要克服各种复杂的路况, 同时还需承受冲击、振动和腐蚀等恶劣环境的考验。因此, 其性能指标与普通汽车相比有着较大差异。从使用目的上来看, 矿用自卸车主要用于短距离的物料输送, 具有运输速度快、工作效率高、经济实用等优点; 但从工况要求上来看, 由于该车型是在露

* 作者简介: 姓名: 彭建磊, 性别: 男, 民族: 蒙古族, 出生年月: 1984年04月12日, 籍贯: 内蒙古自治区通辽市, 学历: 本科, 毕业院校: 内蒙古工业大学, 职称: 工程师, 研究方向: 矿山机电。

天矿坑或井下进行作业，存在着工作温度高、粉尘大、噪声污染严重等特点，并且通常需要全天候连续运转，因而对矿用自卸车的性能提出了更高的要求。

（四）矿用自卸车发动机功率变化频繁

矿用自卸车是一个变速、变扭的机器，在使用中会受到外部因素和自身因素影响，所以发动机转速波动幅度大。而我国现在的汽车生产厂家设计的发动机与变速箱匹配都是以40%~100%之间的负荷进行匹配的，因此没有考虑到发动机功率在85%以上时，车辆处于空载或轻载运行状态。由于柴油机工作过程中有燃烧不完全的现象，因此其功率会随海拔高度的变化发生较大变化。当柴油机的输出功率降低时，将导致车辆上坡困难甚至熄火，严重影响车辆行驶性能，同时还会增加燃油消耗和二氧化碳排放量。因此研究提高矿用自卸车传动系统的效率对节能减排有着重要意义。

（五）矿用自卸车工作条件要求高，要求燃油经济性好

矿用自卸车是在煤矿等生产环境下工作的一种特殊车辆，由于其工作条件恶劣、行驶路线长等特点，要求其具有较好的燃油经济性。

随着国家节能减排政策的推行和排放标准的不断提高，对自卸车的动力系统提出了更高的要求，但目前我国大部分矿用自卸车采用柴油发动机+变速箱+驱动桥的组合形式，在实际应用中，发动机转速与负载之间不匹配，造成燃油浪费。因此，为满足矿山的生产需求，应积极开展矿用自卸车液压机械传动系统的研究，研发出适应于矿山生产工况的新型液压机械传动系统。

二、矿用自卸车液压机械传动系统研究的存在问题

（一）设计水平有待提高

我国矿用自卸车起步较晚，在液压技术方面存在一些问题。目前，国内大多数矿山企业使用的矿用自卸车多为进口设备，在液压系统设计上完全依赖于国外技术人员。虽然说我们已经可以独立进行矿用自卸车液压传动系统的研发和设计工作，但是由于缺乏专业知识，其设计水平还有待进一步提高^[2]。

（二）传动系统可靠性差

矿用自卸车传动系统的可靠性差，其主要表现为传动效率低、速度响应差和故障多。目前国内生产的矿用自卸车大都是在原拖拉机或其他车辆底盘上进行改装的，而这些车辆在设计时，没有充分考虑到矿山恶劣环境对车辆可靠性的影响，因此造成了一系列问题。如：有的车辆因油封漏油，导致液压泵不能正常工作；有的车辆因连接件磨损严重，导致动力输出中断；还有的车辆因油管破裂，造成油料泄露，引起火灾事故等。

（三）控制系统的智能化程度低

随着科学技术的发展，计算机技术在机械工业中得到了广泛应用，也使得控制理论研究有了新的突破。但是与先进的工业发达国家相比，我国的智能化水平还存在着很大差距。特别是对矿用自卸车这类大型运输车辆，其控制系统主要以手动操作为主，缺乏智能化的设计。尽管采用了一定的智能传感器、电子阀和执

行机构等智能化设备来代替传统的液压阀，但仍没有从根本上改变这种“硬”的控制方式。因此，提高控制系统的智能化程度是我国今后液压机械传动系统研究需要重点解决的问题之一。

通过以上分析可以看出，当前我国矿用自卸车液压机械传动系统的研究还不够深入，各部件之间的协调性差，而且智能化程度低。要想提高系统的稳定性，使其更好地满足矿山运输需求，就必须对这些不足之处进行改进。

（四）机械结构和液压控制设计的不合理

矿用自卸车在实际的使用过程中，经常出现变速箱漏油、汽缸磨损严重等问题。这是由于设计人员没有根据产品本身的结构特点和工作环境合理地设计液压系统的原因。对于自卸车来说，其动力源为发动机，因此为了满足车辆行驶时对动力的需求，要把发动机的功率合理分配到各机构上，并且保证车辆运行的可靠性。而目前很多产品采用的是集中控制方式，这种方法虽然便于操作，但是却存在着一定的弊端，容易造成一些不必要的故障，而且不利于维护保养。为了使产品更加具有竞争优势，必须对现有的机械结构和液压控制技术进行改进^[3]。

（五）工作装置与整车匹配问题

目前，大部分矿用自卸车的工作装置采用的是液压或机械制动装置。在一些路况条件较差的矿区中，其车辆行驶速度较低，同时受矿山地理环境影响，需要频繁地启动、换挡等操作，这些因素都会导致车辆产生过大的惯性冲击，进而对整车结构稳定性造成严重影响。另外，由于液压或机械传动方式具有传动效率高、传动平稳、传动功率密度大和体积小等优点，因而得到了广泛应用。然而，从实际情况来看，如果工作装置与整车不匹配，则可能会引发以下问题：（1）驾驶员难以控制好油门踏板的开度，从而导致车辆动力输出波动剧烈；（2）车辆频繁换挡时，可能会导致液压系统压力升高，进而使得油缸活塞杆工作寿命缩短；（3）车辆起步时，如果离合器与制动器接合不当，就会导致发动机熄火，甚至出现零部件损坏的现象^[5]。由此可见，合理设计并选择与之匹配的液压机械传动系统至关重要。

三、矿用自卸车液压机械传动系统研究的策略

（一）将机械传动系统和液压传动系统进行合理的搭配

矿用自卸车在使用的过程中，为使其具有更高的运输效率和经济效益。对机械传动系统和液压传动系统要进行合理的搭配。比如：当汽车需要承载更大的重量时，则选用液压传动系统；而当汽车需要承载较小的重量时，则选用机械传动系统。这样一来，就能够充分发挥出不同系统的优势，从而提高了运输的效率。在实际应用过程当中，应根据实际情况，进行科学的配置，进而提升矿用自卸车的整体性能^[4]。

（二）充分利用控制元件的性能

对矿用自卸车液压机械传动系统进行研究时，需要充分的利用控制元件的性能，因为控制系统中液压泵、阀、马达等都是由控制元件所构成的，而这些控制元件的运行状态会直接影响到整个传动系统的工作情况。所以说，在实际的操作过程中，要充分

利用这些元件的性能，确保其能够按照设计标准进行工作。并且，对于各个元件之间的配合关系也需要引起重视，通过科学的方法来保证各元件之间的协调性，以最大限度地发挥出设备的作用。

（三）采用先进的技术提高机械传动系统的性能

矿用自卸车在实际的运行过程中，要想有效地提高其机械传动系统的性能，就必须采用先进的技术。通常情况下，我国煤矿企业所使用的矿用自卸车都是从国外进口而来的，但是这些车辆所采用的技术与国内生产的车辆相比还是有一定差距的。所以说，为了更好地促进我国煤炭工业的发展和进步，相关人员就必须针对这一问题进行深入研究，积极采用新型的机械技术对矿用自卸车的液压机械传动系统进行优化和改进，从而能够使其性能得到进一步的提升。例如，可以通过引入行星齿轮传动技术、采用高科技的计算机技术以及建立现代化的控制系统等措施来实现。

（四）合理运用液压机械系统的优势

首先，液压机械系统可以在不使用能量的情况下对系统进行控制，并且液压系统中的蓄能器能够利用制动能量转化为动力，其具有很高的工作效率。其次，液压系统的工作方式非常灵活，它能够通过对阀体的精确控制实现不同的工作效果，从而保证车辆的行驶速度和转向能力等都可以得到满足，因此对于矿用自卸车的运行来说是非常有利的。最后，合理应用液压系统可以有效地解决工程机械的频繁换挡问题，大大延长了工程机械的使用寿命，同时也提高了企业的经济效益^[5]。

（五）完善工作人员的专业素养

在深入研究矿用自卸车液压机械传动系统的过程中，提高工

作人员的专业素养无疑是至关重要的。这不仅关系到科研成果的质量，也直接影响到矿山生产的效率和安全。因此，必须从多方面着手，全面提升相关人员知识水平、技能操作以及对现代液压技术的理解能力。通过专业培训、实践操作指导以及定期的专业研讨等多种方式，可以有效地增强他们的业务能力，确保他们能够熟练掌握液压机械传动系统的原理和应用，从而为系统的高效运行提供坚实的基础。此外，建立一个持续学习和反馈机制，鼓励工作人员提出创新意见和改进建议，也是推动研究工作向前发展的关键。只有这样，才能真正实现液压机械传动系统能够在实际工作中得到充分的利用和优化，进而提高整个行业的技术水平和市场竞争力。

例如，首先要对相关技术人员进行定期培训，使其充分掌握液压系统、机械传动等方面的知识，这样才能进一步强化实践能力；其次，加强与其他领域的专业人员进行合作，吸收优秀经验，提升自身专业水平；最后，还要积极学习先进技术，通过借鉴他人成功经验，不断完善自身业务水平。

结语

矿用自卸车是煤矿运输的重要设备，在煤矿剥离岩石、运输煤炭过程中，起着至关重要的作用，而液压机械传动系统作为矿用自卸车的主要传动系统，在煤炭的运输中具有十分重要的意义。为了保证矿用自卸车在实际生产过程中的高效运行，就要对其液压机械传动系统进行合理优化设计，并且需要对其工作原理进行详细分析，从而保证液压机械传动系统在实际工作过程中的合理性，提高矿用自卸车作业效率。

参考文献

- [1] 赵超杰. 90t 矿用自卸车液压机械传动系统研究 [D]. 长安大学, 2011.
- [2] 林通, 赵超杰, 焦生杰. 自卸车双发动机液压机械复合传动系统 [J]. 中国公路学报, 2014, 27(05): 183-190.
- [3] 张宁. 180 吨矿用自卸车全液压行驶驱动系统研究 [D]. 长安大学, 2014.
- [4] 张亮, 张莉, 张亚鹏, 等. 基于 EPLAN 的矿用自卸车电气设计应用研究 [J]. 装备制造技术, 2024, (01): 108-111.
- [5] 曲子洋. 矿用自卸车车架用 HG70 钢循环变形特性及车架有限元分析 [D]. 内蒙古科技大学, 2023.

海外建筑企业加强档案管理工作规范化的措施分析

赵新秋, 李灵

北京建工国际建设工程有限责任公司, 北京 100055

摘要：为提升海外建筑企业竞争力，实现项目的集约化、扁平化、高效化、安全化管理，为海外项目的事前、事中、事后控制提供强有力的文件支撑，推动施工活动稳妥有序开展，提升企业管理水平。文章运用现有理论，借鉴成熟经验，分析典型案例，启发思路。

关键词：海外建筑企业；档案管理；规范化；方法举措

Analysis Of The Measures To Strengthen The Standardization Of Archives Management In Overseas Construction Enterprises

Zhao Xinqiu, Li Ling

Beijing Construction Engineering International Construction Engineering Co., LTD, Beijing 100055

Abstract： In order to enhance the competitiveness of overseas construction enterprises, realize the intensive, flat, efficient and safe management of the project, provide strong document support for the prior, during and post-control of overseas projects, promote the steady and orderly development of construction activities, and improve the level of enterprise management. The paper uses the existing theory, draws on the mature experience, analyzes the typical cases and inspires the idea.

Keywords： overseas construction enterprises; archives management; standardization; methods and measures

前言

根据商务部公布的数据，2023年国内建筑企业承建海外工程项目的合同额达到18639.2亿人民币，同比增加9.5%。着眼海外工程项目的特殊性，建筑企业要适时调整管理机制，借助规范化的档案管理，全面掌握工程项目推进情况，实现施工设备、施工材料、施工质量、施工人员、施工成本的量化评估，为海外建筑活动高质量开展奠定坚实基础。

一、海外建筑企业档案管理现状分析

对海外建筑企业档案管理特点进行分析，归纳档案管理问题短板，引导管理团队厘清目标，把握关键，切实提升档案管理的有效性与合理性。

（一）海外建筑企业档案管理主要内容

档案作为海外建筑企业在工程项目推进过程中积累的各类资料，是对项目勘察、施工、验收等环节的数据化呈现，辅助工作团队进行合理决策，为质量控制、丰富防范提供支撑，推动工程项目平稳有序开展。经过探索，海外建筑企业档案管理体系日益健全，档案种类逐步丰富，涉及项目基础资料、施工现场资料、工程管理资料、竣工验收资料等不同类型。以项目基础资料为例，海外建筑企业将工程项目方案设计、合同协议、立项批复进行收集，将其作为原始档案，用于更好地明确权利与义务，在确保施工活动顺利开展的同时，更好地与国外政府、上下游企业进行合作，有效处置潜在风险。

（二）海外建筑企业档案管理基本现状

1. 档案利用制度不健全

为最大程度地发挥项目档案的作用，实现档案管理的规范化和标准化，工作团队要立足档案信息基本内容，根据政策法规，设立归档、转递、共享、借阅等管理制度，实现项目基础资料、施工现场资料、工程管理资料等各类信息的收录与存储，避免信息遗漏等问题发生，发挥项目档案的价值与作用^[1]。就掌握的情况来看，部分工作团队在传统思维的影响下，没有建立起完善的档案利用制度，对管理职责的划分、管理权限的明确、管理流程的设定产生妨碍作用。海外建筑企业为保证项目档案利用价值，会安排资料员、办公室行政人员兼职档案员，承担项目档案管理任务，但兼职人员由于不具备专业知识，缺乏对项目档案管理制度的准确认知，导致工作人员难以胜任项目档案信息获取、存储、管理等系列工作。例如，部分人员对项目档案审核标准的把握不全面，使得项目档案信息出现遗漏的概率较高，需要多次补充项目档案信息，影响了项目档案的利用效果，无助于项目档案

* 作者简介：赵新秋（1989年8月），女，汉族，籍贯：山东滕州 单位：北京建工国际建设工程有限责任公司，中级经济师，大学本科 研究方向：海外工程企业档案管理。

作用的发挥。

2.档案管理体系不完备

海外建筑企业项目档案管理涉及多个类型，数据体量较大，总体难度较高。档案室的配备、过程中档案资料的归集、档案资料质量的核查、档案信息化的实现、档案资料的借阅查询，整个流程需要建立起管理体系。项目档案工作团队还应当加强信息获取和共享能力，降低项目档案的利用成本，提升项目档案管理效能。实现总部——项目部信息资源的共享。

为达到上述目标，工作团队倾向于选择信息化手段，组建高效化平台，更好地梳理项目档案信息脉络，为工程项目管理提供科学依据。部分工作团队仍然沿用人工档案管理办法，工作团队根据任务分工，进行档案收集、资料分类、页码编排、信息审核、归档存放、定期更新等工作，工作体量大、工作周期长。部分工作团队在项目档案管理利用中，没有充分认识到项目档案的利用价值，缺乏利用项目档案的主动性与积极性，难以快速提取项目档案信息，无助于项目档案信息管理活动有效开展。

3.档案利用分工不合理

海外建筑企业档案管理过程中，工作团队应当发挥主观能动性，通过科学化的职能划分，借助高效的沟通，形成工作合力，更好地完成项目档案信息发掘、整合以及应用任务。工作团队遵循基本要求，依据岗位分工，定向定期开展档案管理工作。

通常做法是按年度进行档案归档，当年的资料散落在各部门、各系统。这种做法对于政府机关单位、学校、事业单位等较稳定的机构比较适用。对于一次性经济组织的项目部而言，灵活性上有较大的不适应。项目部每时每刻都在发生变化，财务数据、商务数据、生产数据经常会面临不一致的情况，需要在过程中及时发现问题、解决问题。

具体到工程项目，从项目立项，到项目正式实施，人、财、物资配套到位，项目管理过程中的各种决策，施工方案部署，各种试验数据，各种图纸变更都需要有完整的记录。项目在实施的过程中，受到客观环境影响，原有方案变化会带来工期变化、成本变化，需要及时与业主沟通索赔事项，在业主不接受，出现严重纠纷时还需要提供大量的证据。

整个项目部的资料信息量巨大，都需要及时汇总。一个兼职档案员，无法完成如此大量的工作，需要与项目进展相关的各部门的配合，录入档案信息。部分企业在海外使用广联达、NCC，或者企业自行开发的软件信息系统。但是针对项目全面管理的信息系统还不完善。

项目管理既要实现内控管理合规，还要实现对外索赔不吃亏，最大限度地维护企业的合法权益。还要实现信息查询的迅捷、准确、一致。为针对这种情况，海外建筑企业适当调整档案利用分工，合理分配管理岗位，通过管理责任的细化，加强档案部门内部之间的合作能力，确保项目档案价值的充分发挥。

二、海外建筑企业档案管理规范化重要性

着眼海外项目特点，分析企业档案管理规范化重要性和必

要性，消除思维梗阻，提升管理人员的认知水平，激发档案管理规范化的主动性，降低后续工作开展难度。

（一）提升整体管理水平

海外建筑企业在工程项目勘察、施工、验收等过程中，为提升施工效率，保证施工质量，压缩施工成本，需要改变现有项目运营方式，借助档案规范化管理，形成完善数据发掘机制，降低企业领导层、管理层获取项目数据整体难度，为人员调配、成本管控等决策活动顺利开展提供参考^[2]。与国内工程项目相比，海外建筑企业面临更为复杂的外部环境，借助规范化的档案管理，领导层和管理层能够及时总结经验，发现项目管理短板，明确项目改进方向，实现工程项目决策的科学化与管理的精准化，为房地产建筑、道路桥梁建设、能源电力工程、水利水电项目等海外项目平稳推进创造便利条件。

（二）强化总体竞争能力

档案作为海外建筑企业总结经验的有效举措，是工程项目决策框架、管理流程的具象化体现。依托档案管理的规范化，海外建筑企业获得稳定的工程项目管理知识传承，确保工作人员获得充足的知识储备，积累丰富的工作经验，在复杂场景下，整合优势资源，有序组织相关项目活动，实现潜在风险的前置性处置。

德希尼普 FMC 作为英国知名的建筑企业，2017 年以来，承接伊拉克、委内瑞拉、沙特阿拉伯等国家的能源项目。基于能源建筑的复杂性以及地区文化的差异性，德希尼普 FMC 公司引入先进的档案管理系统，对纸质文件、电子文档、图片视频等多种类型的档案资料，进行分类整合，利用大数据技术，深度挖掘档案信息，充分把握海外能源项目规划、建设、验收难点，形成项目管理预案，确定原材料供应商，转变与政府、上下游企业合作方式，确保德希尼普 FMC 可以更好地开展项目决策、项目施工、竣工验收等活动，高标准完成工程建设任务。

三、海外建筑企业档案管理规范化实现策略

完善海外建筑企业档案管理体系，补齐短板与不足，实现管理流程的规范化、管理方法的标准化，发挥档案管理正向作用，提升管理团队对海外项目的介入能力。

（一）调整项目档案规范化管理主要思路

海外建筑企业在项目档案管理过程中，为消除认知盲区，把握管理重点，要率先做好工作思路的调整，遵循规范化、体系化和信息化基本要求，提升项目档案管理的指向性，推动后续项目档案管理制度健全与利用路径的创新。具体来看，项目档案管理环节，工作团队深入研究《企业境外档案管理办法》等法律法规，对现有的项目档案管理流程进行规范，避免信息泄露等情况发生；工作团队注重项目档案的管理体系搭建，补齐制度缺口，应对项目档案管理专业化水平不高、信息化程度落后等问题；海外建筑企业对于项目档案的利用，应当注重提升管理效率，降低利用成本。项目档案管理工作体量较大、体系性较强，为提高档案管理水平，就要积极建立完善的档案管理制度，完善档案管理标准，使得档案管理随意性等问题得到有效控制，推动档案管理

工作的稳定开展^[3]。

（二）健全项目档案规范化管理基本制度

工作团队做好档案资料的分类管理工作，在项目档案调阅、移交过程中，要做好记录，确保档案管理各环节工作的有条不紊开展。具体来看，工作团队从充实归档内容、规范档案管理流程、细化档案管理权责、建立奖惩机制等维度出发，实现项目档案管理的整体把控，借助项目档案管理制度的优化，推动项目档案管理体系的高效运转，为项目档案的利用创造便利条件。以海外建筑企业人事档案规范化管理为例，工作团队在项目档案内容制度的创设环节，对档案内容进行细化，将入职信息、培训信息、职位信息、薪酬信息、考核信息作为主要内容，开展常规性收集、发掘等活动，同时为更好地完成选人、用人、育人、留人任务，工作团队将职工的知识情况、能力资质、心理素质纳入项目档案中，便于海外建筑企业全方位掌握职工情况，开展培训、选拔等活动高质量开展。

（三）创新项目档案规范化管理应用路径

档案规范化管理环节，要求海外建筑企业总结经验，借助方法创新与路径优化，搭建档案应用场景，充分发挥项目档案的重要作用。在海外建筑企业在项目档案管理环节，为提升项目档案管理效率，工作团队要吸收过往经验，加大信息化建设力度，建立起更智能的硬件设备与软件系统，为建立项目档案数据库提供支持。在完成档案数据库的建立以后，需要做好不同类型档案信息的分类，例如，可根据海外建筑企业的文件性质进行分类，便于查阅使用。同时要落实防火墙管理，引入更为先进的技术提高对网络病毒的抵抗能力，为海外建筑企业档案数据库的建立提供多重保障。工作团队根据项目档案管理要求，做好纸质档案、电子档案相互转换工作，为降低项目档案管理成本，工作团队在开展纸质档案电子化的同时，需要全面落实纸质档案的保存工作，确保档案信息的完整性。

（四）强化项目档案规范化管理保障能力

海外建筑企业在项目档案管理中，为确保档案管理的保障能力，工作团队要细化档案管理分工，设定档案管理职责任限，借助岗位授权，明确分工，在保证项目档案管理的同时，减少档案信息泄露概率。具体来看，海外建筑企业分管负责人，负责档案传递审批工作，档案管理部门负责制定项目档案管理办法，承担项目档案审核、归档工作，通过合理的职责分工，形成档案归档、查阅、接收、转出等项目档案管理闭环，增强项目档案信息

的鉴别、审核、共享能力，实现项目档案管理活动的规范性和全面性。

四、海外建筑企业档案管理规范化案例

梳理海外建筑企业档案管理规范化案例，归纳管理规律，细化管理目标与管理要求，提升档案管理的规范化水平，引导管理团队定向修正管理细节，确保档案管理规范化的可行性与高效性。

中国建筑集团有限公司作为知名建筑企业，近些年来，积极拓宽海外市场，与埃及等100多个国家开展深度合作，承接市政建筑、基础设施等项目。根据最新的数据，公司在2024年前4个月实现新签合同总额14785亿元，同比增长11.9%。其中，房屋建筑业务实现9612亿元，同比增长9.3%；基础设施业务实现4075亿元，同比增长达44.7%。为保持自身竞争力，中国建筑集团在开展常规性管理的同时，积极推进档案管理规范化进程，制定《海外项目档案管理办法》，通过制度性约束，明确项目资料归档范围、保管期限，细化管理权责，组织培训教育，形成完备的档案管理制度。考虑到档案信息来源的广泛性，在档案规范化管理中，充分利用计算机技术、信息技术、大数据技术、云计算技术，将项目勘察、施工、验收等过程中形成的各类数据，生成电子档案。对于合同、规划许可等建立专项档案，进行备份存储，通过这种方式，保证档案材料的完整性。中国建筑集团采取多种手段加强对海外工程项目档案资料的整理，如根据国家有关规定和档案管理的要求，以文件为单位进行归纳整理。引入高效化、多样化的服务模式，完善检索和查询功能，更好地利用档案资料。

结语

信息资源是宝贵的财富，掌握了信息就掌握了未来的财富密码。海外企业项目档案是一笔可观、可利用的财富，非常值得企业管理者提高重视程度。项目在执行过程中的档案也需要借助信息化的手段，尽可能实现境外项目档案资料的过程归集与查阅使用。对项目竣工后的档案资料管理也要按照《企业境外档案管理办法》的要求落实到位。

参考文献

[1] 张华. 加强国有建筑企业科技档案管理的重要性及措施[J]. 知识经济, 2022(1): 116-117.

[2] 刘璐. 基层档案管理信息化建设工作措施分析[J]. 全文版: 社会科学, 2022(9): 143-146.

[3] 宋蕾. 企业档案信息化建设思路与框架分析[J]. 中国管理信息化, 2022(6): 82-84.

基于天然电场的河堤渗漏通道探测技术研究

刘强^{1,2}, 尹琼^{1,2}

1. 江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000

2. 江西理工大学矿冶环境污染防治江西省重点实验室, 江西 赣州 341000

摘 要： 渗漏是河堤工程中常见的问题之一，对河堤外侧的建筑物和人员的生命财产安全造成威胁。针对这一问题，利用天然电场对河堤地下水渗漏通道进行探测，在河堤内侧、外侧和河堤顶部布设了三条测线，采用天然电场选频法对三条测线上的地下水渗漏通道进行探测，得到了三条测线上天然电场电位差 ΔV ，通过分析后，绘制了每条测线的地下水渗漏通道分布剖面图。依据三条测线的渗漏通道分布宽度，得到了河堤地下水渗漏的平面分布形态。探测结果可为河堤地下水渗漏通道的探测提供新的方法，以及后期河堤渗漏通道治理提供基础。

关 键 词： 河堤渗漏；地下水；渗漏通道；天然电场选频法

Research On Detection Technology Of River Embankment Leakage Channel Based On Natural Electric Field

Liu Qiang^{1,2}, Yin Qiong^{1,2}

1 School of Resources and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

2 Jiangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control in Mining and Metallurgy, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

Abstract： Leakage is one of the common problems in river embankment engineering, which threatens the life and property safety of buildings and personnel outside the river embankment. To solve this problem, the natural electric field was used to detect the groundwater leakage channel of the river embankment, and three measuring lines were laid on the inner, outer and top of the river embankment. The natural electric field frequency selection method was used to detect the groundwater leakage channel of the three measuring lines, and the potential difference of the natural electric field ΔV was obtained on the three measuring lines. The distribution profiles of groundwater seepage channels for each survey line were drawn. According to the distribution width of the leakage channels of the three measurement lines, the plane distribution pattern of groundwater leakage in the river embankment is obtained. The detection results can provide a new method for the detection of groundwater leakage channels in river levees, and provide a foundation for the subsequent treatment of river levees seepage channels.

Keywords： river embankment leakage; ground water; leakage passage; natural electric field frequency selection method

河道作为储存水资源的重要方式，能够很好地实现防洪排涝以及抗旱的功能，以及提供工农业用水需求^[1]。为了满足上述功能要求，需要在河道两侧修建河堤拦蓄河水^[2]。渗漏是河堤工程中常见的问题之一，对河堤外侧的建筑和人员的生命财产安全造成威胁。如何对河堤的渗漏通道进行有效探测，就显得极为重要。目前，朱浩^[3]采用采用探地雷达对堤防渗漏隐患的位置和范围进行了探测，得到了堤防的渗漏原因。一些学者^[4]针对堤防的管涌、散浸等渗漏缺陷及隐患，采用高密度电法得到堤岸的电性结构，划分了渗漏隐患区和潜在风险区。也有一些学者考虑到单一的探测方法，会存在一定的多解性，采用多种物探方法^[5]，减少结果多解性，提高准确性。上述的探测方法一般是间接推断河堤的含水信息，再推测渗漏介质和渗漏途径。而天然电场选频法是目前可以直接探测地下水过水通道的物探方法^[6-8]，进而对河堤地下水渗漏通道的位置进行判断。选取某河堤作为测试地点，采用天然电场选频法对河堤地下水渗漏通道进行探测，并对探测结果进行分析。为类似河堤的地下水渗漏、河堤缺陷位置探测提供实践经验。

一、河堤渗漏通道探测方法

（一）测试原理

河堤渗漏通道探测利用天然电场与地质构造不同所产生的电

阻率变化等相关参数的变化来判断分析我们要寻找的地质异常体。结合地质理论及测量数据进行定性及半定量的数据解释，探测地下异常体的走向、埋深、厚度和储量等相关信息。通过天然电场与地质构造不同所产生的电阻率变化确定河堤内的地下水渗

基金项目：江西省自然科学基金面上项目（项目编号：20202BAB203016）

作者简介：

刘强（1983—），男，汉族，湖北随州人，地质工程博士，江西理工大学地质工程系讲师，研究方向为地下水探测与治理。

漏通道,弄清楚该研究场地地下水的径流、排泄方向、埋藏位置、过水范围等。

(二) 现场测线布设

河堤测试区共布置3大条测线,沿着河堤顶部、河堤外侧(远离河水一侧)、河堤内侧(靠近河水一侧)分别布置测线 A-A1、B-B1、C-C1 三大条测线,具体测线布设图见图1。

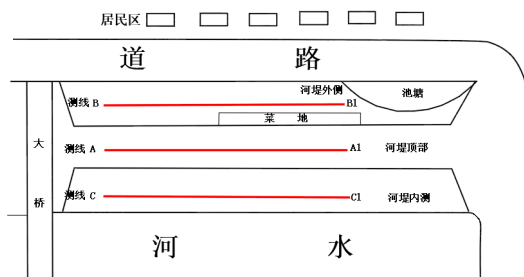


图1 河堤测线平面布置示意图

(三) 现场测试过程

本次现场测试采用平行移动的方式,即测量电极 A、B (金属探杆 A、B) 沿测线移动 (见图2), 本次测量实验选择 A、B 俩电极之间极距为 2m。

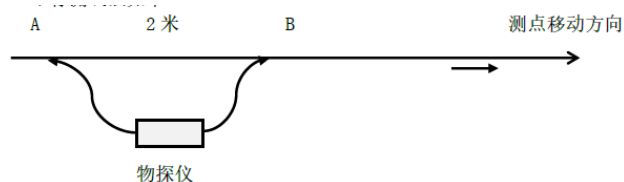


图2 现场测试过程示意图

二、地下水过水渗漏通道探测结果

(一) 测线 A-A1 探测结果分析

根据收集研究区水文地质条件等信息,对河堤顶部布设测线 A-A1 进行探测,测线长 50m,对测试区不同频率下的电位差进行了探测,得到测线 A-A1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图3。

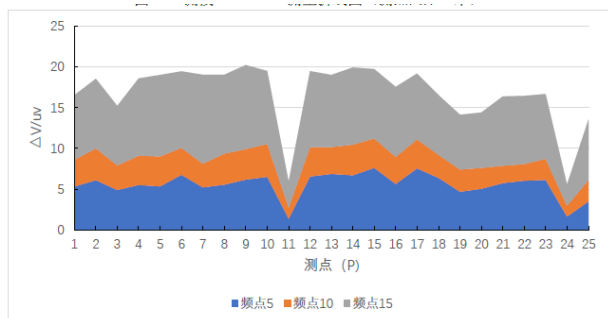


图3 测线 A-A1 电位差 ΔV 三维面积图 (测点间距 2 米)

通过分析图3不同位置各频点下所测得的电位差,可知在 A-A1 测线的测点3处发现了异常低电位,且测点11、24附近位置出现了极其明显的异常低电位,因此推测这几处位置的地下存在一定量的地下水,推测地下埋深 0 ~ 10 米和 30 ~ 40 米处地下水的类型主要为孔隙水、地下埋深 10 ~ 30 米及 40 米以下的地下水多为裂隙水,综上合理推测在该测线上,测试区河堤在埋深

0 ~ 10 米的测点3处,在埋深 10 ~ 130 米的测点11处,以及埋深 10 ~ 115 米及埋深 120 ~ 150 米的测点24处发生了河堤渗漏,由于有地下水的渗入,导致该处电阻率明显较其它点低。通过对比频点5、10、15的曲线可以发现,在这三种频点之下, ΔV 的曲线总体走向基本一致,因此大致可以推测出频点5、10、15为同一个地层。

(二) 测线 B-B1 探测结果分析

在河堤外侧一端(远离河水一侧)布置测线 B-B1,并将测线 B-B1 进行数据整理分析,得到测线 B-B1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图4。

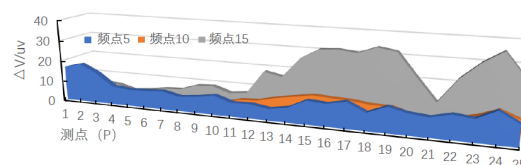


图4 测线 B-B1 电位差 ΔV 三维面积图 (测点间距 2 米)

通过对比分析下图5中各频点下不同位置所测得的电位差 ΔV ,可知在 B-B1 测线上,测点1 ~ 11 在频点10和15的频率条件下,测线上的电位差别非常小,但在频点5的条件下 ΔV 比较大且一直呈下降趋势,但总的来说,在测点1 ~ 11 上,三条曲线的幅度还是比较相近的,然而在测点11 ~ 25 处却发现频点5和10的频率条件下,该测线上的电位差曲线幅度变得极其地相似,然而对于频点15却在测点11 过后与另外二者有了非常大的差距,在频点15的条件下测点21 附近发现了明显的异常低电位,可以推测出在该测线沿线,测点1 ~ 11 所处同一个地层且电阻很低,存在地下水,在测点11 之后,在地下埋深为 70 ~ 90 米以及 110 ~ 150 米处均存在电阻相对较高的地层。除此之外,由 ΔV 测量三维面积图中在频点15的条件下在测点21 附近之所以会产生明显的异常低电位是由于发生了河堤渗漏。

(三) 测线 C-C1 探测结果分析

在靠近河水一侧(河堤内侧)布置测线 C-C1,对测线 C-C1 数据进行整理分析,得到测线 B-B1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图5。

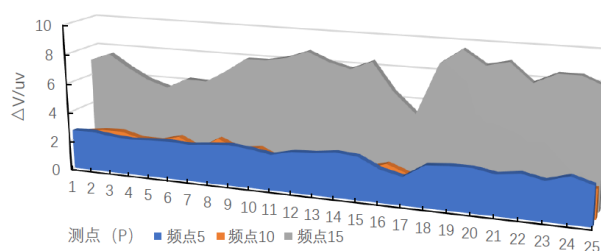


图5 测线 C-C1 电位差 ΔV 测量三维面积图 (测点间距 2 米)

通过分析对比下图7中在各个频点条件下的不同位置下所测得的电位差 ΔV ,非常容易可以得出在 C-C1 号测线上在频点5、10 的状态下的两条 ΔV 曲线的走向大体而言上极其相似,几乎没什么差别,均平缓无较大波澜,与之形成巨大反差的频点15。在频点15,测点17 附近形成非常明显的异常低电位,在测点5 附近也有异常低电位的存在,不过相比测点17 要好一些,总体来说频点15 下的电位值 ΔV 的大小要比频点5 和频点10 条件下高。在测点

16、17的地下埋深约10 ~ 30米处存在比较严重的河堤渗漏。

（四）地下水过水通道平面分布情况

由于河堤南侧存在河水位，而北侧为道路和房屋，地势较低，随着水位逐渐升高，河堤南侧的水压力逐渐增大，使得河水沿堤基渗漏，方向自南向北。根据上述分析，在测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 范围内存在地下水渗漏通道。在测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 处存在渗漏通道，在测线 C-C1 的 32~35m 位置存在渗漏通道。分析认为，河水经过测线 C-C1 的 32~35m 区段，流向测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 位置后，在河堤外侧测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 处向外流出，分析认为，一部分地下水从河堤底部渗漏通道流走，一部分在地面出露，形成池塘。通过河堤地下水的渗漏方向，可以绘制出河堤地下水渗漏分布平面图，如图 6 所示。

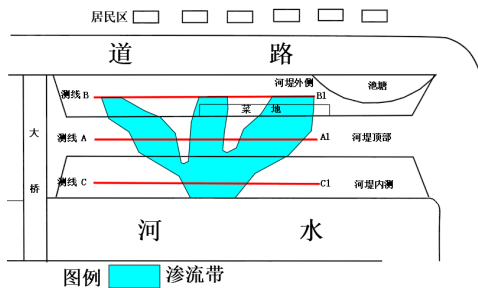


图 6 地下水渗漏分布平面示意图

三、结语

近年来我国修建了众多河堤用以防止河水倒灌，但是随着时间的推移，这些河堤常年受到地表水、地下水以及外界人为、环境因素的影响，产生渗漏现象，如何对河堤的渗漏位置进行探测，就成为河堤防渗及地下水封堵的重要内容。论文通过对河堤现场调查、利用天然电场探测河堤的地下水渗漏通道的分布。可得出如下结论：

（一）结合电位差 ΔV 三维面积图和地下水渗漏通道分布图分析，在测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m，测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m，测线 C-C1 的 32~35m 附近存在较为异常的低电位，分析认为，这些部位存在地下水渗漏通道。

（二）通过地下水渗漏分布平面分布图分析，河水经过测线 C-C1 的 32~35m 区段，流向测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 位置后，在河堤外侧测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 处向外流出，一部分从河堤底部流走，一部分从在地面出露，形成池塘。

（三）探测结果表明，一部分从在地面出露，形成池塘，与实际调查结果相吻合。探测结果可为河堤地下水渗漏通道的探测提供新的方法，以及后期河堤渗漏通道治理方案提供基础。

参考文献：

- [1] 项文月. 浅谈河道堤防工程渗漏原因及防渗措施 [J]. 科技风, 2018(03):104.
- [2] 王婷. 河道堤防工程渗漏原因及防渗措施 [J]. 工程建设与设计, 2023(14):188-190.
- [3] 朱浩, 谭志国, 朱春光, 等. 隧道穿越段长江堤防渗漏原因分析及消险加固方案 [J]. 江苏水利, 2018(10):28-33.
- [4] 刘栋臣, 汤克轩, 刘金鹏, 等. 高密度电法在汛期堤防渗漏隐患探测中的应用 [J]. 河北水利电力学院学报, 2024,34(01):29-33.
- [5] 殷成, 刘洪斌. 联合物探方法在堤防渗漏检测中的应用 [J]. 东北水利水电, 2022,40(04):63-64+67.
- [6] 杨天春, 梁竞, 程辉, 曹书锦, 董绍宇, 宫玉菲. 天然电场选频法的浅层地下水勘探效果与异常分析 [J]. 物探与化探, 2018,42(06):1194-1200.
- [7] 杨荣丰, 张可能, 徐卓荣等. 利用天然电场选频法的动、静态信息确定地下径流通道 [J]. 煤炭科学技术, 2003,31(4):25-27.
- [8] 刘强, 张可能, 尹琼. 矿山帷幕注浆过程控制及注浆效果评价 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2018,65-66.

MBR 工艺在污水处理中的膜污染控制与维护策略研究

张文燕, 陈彩萍, 杨勇

太原市城市排水管理中心, 山西 太原 030006

摘 要 : MBR 工艺中常面临膜孔堵塞、表面沉积等膜污染问题。为探讨其膜污染控制与维护策略, 本文从 MBR 工艺原理、膜污染形成机理、影响因素出发, 分析 MBR 工艺在污水处理中的膜污染控制与维护策略, 并从 MBR 工艺结构选择、临界值控制、工艺流程设计、混合液调控、清洗维护以及试验分析与数学模拟等角度进行阐述。

关 键 词 : MBR 工艺; 膜污染; 控制与维护

Study On Membrane Pollution Control And Maintenance Strategy Of Mbr Process In Wastewater Treatment

Zhang Wenyan, Chen Caiping, Yang Yong

Taiyuan city drainage management center, Taiyuan, Shanxi 030006

Abstract : In MBR process, membrane pollution problems such as hole blockage and surface deposition are often faced. In order to discuss the membrane pollution control and maintenance strategy, this paper analyzes the membrane pollution control and maintenance strategy of MBR process in wastewater treatment from the perspectives of MBR process structure selection, critical value control, process design, mixed liquid regulation, cleaning and maintenance, experimental analysis and mathematical simulation.

Keywords : MBR process; membrane contamination; control and maintenance

引言

城市污水主要包括工业废水、城市生活污水以及医疗卫生机构产生的各种污水等, 其处理方式主要采用物理方法去除污水中的悬浮固体和漂浮物质, 采用生物处理氧化降解各种复杂的有机物质, 采用混凝、过滤、离子交换、反渗透等物理和化学综合的方法去除污水中难溶的有机物、磷、氮等营养性物质等进行三级污水处理^[1]。因污水中物质组成的复杂性和差异性, 常需要基于污水特点, 污水处理要求等, 采取多种工艺技术, 并逐层、逐要素地进行污水分离与处理。

MBR 工艺作为城市污水处理的重要技术之一, 因其出水质量好, 运行可靠稳定等优点, 在城市污水处理中占据一席之地。但由于 MBR 工艺污水处理过程中容易发生膜孔堵塞、表面沉积等膜污染问题, 需要基于 MBR 工作原理, 采取必要的膜污染控制与维护策略降低膜污染问题, 提升城市污水处理效能。

一、MBR 工艺概述

(一) 膜技术

膜技术利用膜材料的特殊结构实现物质的高效分离, 涉及膜材料、膜分离相关的多种技术, 膜技术具有设备紧凑、操作方便、节能高效、易与其他技术集成等优点, 广泛应用于食品生产、饮料加工、工业污水处理、大规模空气和工业气体分离、湿法冶金、气体和液体燃料的生产以及石油化工制品生产等领域^[2]。

(二) 膜生物反应器 MBR

膜生物反应器 MBR 工艺是将膜分离技术与生物反应器的生物降解作用有机结合的污水生化处理系统, 采用微滤膜系统或超滤膜系统作为活性污泥混合液的固液分离手段, 利用物理方式对

细菌、病毒和各种微生物细颗粒进行高效率去除, 并截留长世代周期的细菌以维持生化系统稳定的硝化与反硝化能力, 且具有极强的抗冲击负荷保证出水稳定能力, 其出水水质好, 且出水能力稳定^[3]。

二、MBR 膜污染问题分析

(一) 膜污染问题特点

MBR 运行中, 由于混合液中的污泥絮体、胶体粒子、溶解性有机物或无机盐类等与膜存在物理化学相互作用或机械作用, 容易在膜面上产生吸附与堆积, 或在膜孔内吸附造成膜孔径变小或堵塞, 形成膜污染表现出膜通量下降、跨膜压差升高等现象。膜污染问题不但会降低 MBR 工艺不但会使水的通过能力和系统过滤

性能下降，而且也会提升其维护成本。一旦膜发生严重污堵，整个 MBR 系统便不能出水。跟随膜过滤过程中过滤阻力的不断增加，其 TMP 不断升高，次临界通量下运行时，TMP 呈现出三阶段规律，阶段Ⅰ初始污染情况下，主要表现为膜材料和混合液中污染物间、胶体和有机物间引起的被动吸附和膜孔堵塞问题，与膜孔径、膜材料等因素关系较大；在阶段Ⅱ缓慢污染阶段，在次临界通量运行条件按下，覆盖在膜表面的微生物代谢产物会促进生物微粒和胶体在膜表面的进一步附着，溶解性有机物的吸附延伸到膜表面，且呈现出不均匀现象；在阶段Ⅲ快速污染阶段，一般出现在超临界量条件下，由于膜孔组建通量的不均性以及膜孔通量与临界通量的关系变化等，膜表面出现明显的污泥沉积，形成滤饼层污染。

根据污染的可清洗性，膜污染分为可逆污染（暂时污染）、不可逆污染（长期污染）和不可恢复污染（永久污染）。广义膜污染包括浓差极化、膜孔堵塞、表面沉积等问题，如表1所示。

表1 膜污染类型

类型		形成原因	解决办法
浓差极化		浓度边界层	跟随过滤活动而呈现，过滤停止而消失
膜孔堵塞		污染物的结晶、沉淀与吸附	不可逆
漂浮物污染		头发、纸屑等纤维状物质被膜丝缠绕	
表面沉积	泥饼层	火星污泥絮体沉积、微生物附着	疏松的：曝气、水反冲等物理清洗，可逆 致密的：不可逆污染
	凝胶层	溶解性大分子有机物的浓差极化、吸附或过饱和沉积	碱洗或酸洗等化学清洗 一般认为不可逆
	无机污染层	溶解性无机物过饱和沉积	

（二）膜污染影响因素

膜污染的影响因素众多，主要可分为三类：膜材料与膜组件特性、污泥混合液特性以及系统操作条件^[9]，

（三）膜污染的控制与维护要素

基于 MBR 工艺技术特点、膜污染的形成的变化过程、以及膜污染影响因素的多样性和复杂性，膜污染控制与维护常需要考虑膜工艺自身、污染膜日常维护要求、以及需要处理的污水特点等，进行全要素、全过程的综合考量。通过提升膜性能和优化工艺操作条件、调控活性污泥混合液性质以及脱污染清洗等进行综合控制与维护，膜污染的调控要素可以归结为表3。

表3 MBR 膜污染控制与维护要素

控制类型		调控要素
提升膜性能和优化操作条件	膜材料选择	高强度、高通量、抗污染等
	膜组件选择	抗污堵、节能等
	优化操作条件	通量、曝气量和曝气方式；过滤模式等
调控活性污泥混合液性质	控制生物工艺条件	改善污泥龄、污泥浓度、污泥负荷等
	调控混合液过滤性	投加混凝剂、投加其他调控剂等
	做好预处理	去除漂浮物、去除油脂等

控制类型		调控要素
膜污染清洗	物理清洗	水冲洗、擦洗、水 / 气反冲洗、曝气吹扫（间歇过滤）、两者结合、超声清洗等
	化学清洗	恢复性清洗、化学强化反冲洗、维护性清洗（在线清洗）、强化性清洗（在线清洗）、恢复性清洗等
	生物清洗	群体猝灭细菌清洗等

三、MBR 工艺膜污染控制与维护策略研究

（一）选择适宜的 MBR 结构形式

MBR 结构原理直接决定了膜污染的处理方式。其重要结构形式包括外置式、浸没一体式、浸没分体式等不同的结构技术原理。其中，外置式将 MBR 生物反应池和膜组件分开，反应池内混合液采用泵增压进入膜组件，并在压力作用下完成污水处理，固形物、大分子物质等被膜截留，随浓缩液回流至生物反应池；浸没式一体式和浸没分体式 MBR 把模组浸没于生物反应池或膜池之中，通过混合液中的活性污泥分解污染物，通过水头差或是抽吸泵提供膜过滤动力，膜组件下设置曝气系统。

由于外置式动力能耗较高且泵运转对某些微生物活性有所影响，在城镇污水处理工程中应用较少，但因其膜组件易于清洗、更换和增减，在膜污染处理方面具有天然优势；浸入式 MBR 工艺结构主要利用曝气系统产生的水流以及气泡的冲刷阻碍污泥絮体等的膜沉积，以减缓膜污染的发展，在城镇污水处理工程中应用较多。在其他条件不变的情况下，显然膜组件的单独设置更有利于膜污染的控制和维护。在容易发生膜污堵的场合，可以选择和创新独特的构型形式来提升膜污染控制与维护能力。

（二）科学调控临界值

从微观上来讲，MBR 污水处理系统中，受曝气强度、错流流速等影响，膜污染表面层正向的过滤拽力以及反向迁移力之间的平衡，使得过滤通量可以处在一定的临界值范围内，以防范膜污染的持续发展。一旦超过临界值，膜污染就会迅速恶化。

基于 MBR 膜污染的临界值特点，一方面，MBR 工艺更多适用于处理水流量稳定、处理水量不发生季节性断流、以及水量相对稳定，日处理量超过1000m³等特点的污水处理条件，需要根据污水处理特点确定是否选用 MBR 工艺；一方面在需要 MBR 工艺应用过程中，根据污水处理要求与特点，科学设计膜污染处理系统，确保污水处理膜的过滤通量、曝气强度、错流流速等符合临界值要求，留有足够的膜过滤通量余量，延缓膜污染的发展；同时，还需采取必要的监测、分析与控制手段等，加强对系统膜过滤通量、污染物浓度、错流流量、曝气强度等指标的监测与预警，通过及时、低成本的膜污染控制措施和定期清洗维护等，避免严重膜污染问题的发生。

（三）建构高效的 MBR 工艺流程

从 MBR 工艺流程角度来讲，在污水进入膜设备间之前，需要经过格栅处理、生反系统处理等流程，以获得有利于膜分离与膜污染防治的混合液，再经膜分离和消毒生成再生水。膜污染控制

需要从前期混合液处理的设计出发,通过科学设置沉淀区、膜池泥斗、填料床以及改变生物区水利负荷方式等改善工艺模式、改善混合液的污泥浓度、颗粒物颗粒分布状态,进而提升膜过滤的条件,降低混合液对膜污染的影响。

(四) 混合液调控

在其他条件一定的情况下,膜池中污泥浓度过高或是溶解性微生物的代谢产物浓度累积过高时,也会加剧膜污染,影响膜过滤性能。对混合液污泥浓度、混合液黏度、溶解性微生物代谢产物浓度等的调节可以采用物化和生化法进行调控。比如,物化调控方面,投加悬浮载体、吸附剂、混凝剂、氧化剂等;在生化调控方面,调整污泥龄、排泥量和回流比等。在混合液调控过程中,需要基于膜污染特点匹配适宜的调控方式,比如泥饼层膜污染较为严重、凝胶层污染、系统环境温度变化、系统受到冲击负荷等情况下,膜孔堵塞污染较严重等情况下,选择和匹配适宜的调控剂改善混合液组成,减缓膜污染发生。

但需要注意的是,由于混合液中的污泥絮体、胶体粒子、溶解性有机物或无机盐类等与膜存在较为复杂的物理和化学作用,混合液的调控有正面和负面的作用,为保证混合液体调控能够发挥抑制膜污染的功​​效,需要采用系统分析、运用定量的数学模型和数字化模拟工具等进行分析,并需要基于试验和经验等进行科学调控。

(五) 清洗维护

在延缓膜污染发展的同时,还需定期进行膜清洗来处理膜污染问题。根据污染物的去除机制,膜清洗主要分为物理、化学和生物清洗^[6],如表3中所示。由于MBR工艺结构差异、污水性质、体量等不同,需要根据MBR系统设计要求以及清洗成本等匹配合适的清洗方法,制定定期清洗计划,并根据实际运行中膜污染状态变化等调整清洗策略。

(六) 试验分析与数模模拟

从系统论的角度来讲,MBR工艺处理过程是一个多要素、

具有一定规律性、且较为复杂、动态的、存在临界范围的多元系统,膜污染受到膜材料、膜组件等自身条件,混合液组成结构,混合液流速、曝气系统等影响,且存在复杂的物理、化学、生化等方面的复杂变化。伴随传感器技术、计算机自动控制技术等的发展,基于生化池控制系统、膜控制系统等可以实现MBR系统的参数化调控和自动调控,减缓膜污染,提升污水处理的效能。

基于GPS-X等污水处理厂模拟平台以及AFS、SEM、EDX、STEM、UV-Vis DRS、AES等试验监测方法,MBR工艺污水处理中的膜污染控制与维护常采用数学建模和工艺模拟,对膜污染特性特性进行分析研究来探讨膜污染的控制与维持策略,为MBR系统工艺设计与优化、控制方案优化、运行方案评估、实时控制等提供有利支持。

由于MBR工艺中HRT和SRT的分离效应,颗粒性物质基本为零,微生物代谢作用以及溶解性微生物产物对膜污染的影响等,使得MBR工艺的数学模型与传统的污水处理数学模型存在一定的差异性。主要采用微生物动力学模型、膜污染模型以及二者的混合模型进行分析,其中微生物动力学模型又可分为活性污泥模型ASM,SMP模型及二者的混合模型^[7]。

总结

综上所述,MBR工艺污水处理过程中,必然面临膜污染问题。由于膜污染发展具有一定的规律性,且受到MBR工艺设备本身、处理液体组份以及清洗技术等影响,在膜污染控制与维护过程中,需要基于膜污染形成机理,一方面通过系统的工艺、结构设计及优化等,尽可能阻止污染物堆积,延缓膜污染发展;一方面需要通过物理、化学或是生物学等方法去除膜污染物,或是更换膜组件,以确保污水处理效能。

参考文献:

- [1] 康凯,李艳军. 城市污水的分类处理与再生利用刍议[J]. 才智, 2011,(03):51.
- [2] 邓麦村金万勤膜技术手册(上册)[M]. 化学工业出版社. 2020.12
- [3] 郭向东膜生物反应器设计与应用[M]. 化学工业出版社. 2021.06
- [4] 吴梦菲. 膜生物反应器(MBR)非典型工况下膜污染的机制及控制研究[D]. 浙江师范大学, 2022.
- [5] 邓麦村金万勤膜技术手册(下册)[M]. 化学工业出版社. 2020.12
- [6] 施春红,江嘉诚,张玉琦,等. MBR处理农村生活污水及膜污染控制研究进展[J]. 水处理技术, 2024,50(02):20-25.
- [7] 王永宁. MBR污水处理工艺运行条件优化及膜清洗方法研究[D]. 华南理工大学, 2017.

勘探技术在岩土工程中的应用探析

赵勇

江西省勘察设计院有限公司，江西 南昌 330095

摘 要： 本文深入探讨了勘探技术在岩土工程中的应用。随着工程建设的不断发展，岩土工程面临着越来越复杂的地质环境和施工要求。勘探技术作为岩土工程的重要组成部分，对于确保工程安全、提高施工效率具有重要意义。文中首先概述了勘探技术在岩土工程中的基本任务，包括地质构造勘探、因素分析等。随后，阐述了岩土工程中运用勘探技术的意义，能够优化岩土工程设计、提高工程效率。最后分析了勘探技术在岩土工程中各方面的应用。通过本文的探讨，旨在为岩土工程勘察技术的发展与应用提供参考。

关 键 词： 勘探技术；岩土工程；物理勘测；电工技术；勘察结果

Exploration Technology and Its Application in Geotechnical Engineering

Zhao Yong

Jiangxi Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330095

Abstract： This article delves into the application of exploration technology in geotechnical engineering. With the continuous development of engineering construction, geotechnical engineering is facing increasingly complex geological environments and construction requirements. Exploration technology, as an important component of geotechnical engineering, is of great significance in ensuring engineering safety and improving construction efficiency. The article first outlines the basic tasks of exploration technology in geotechnical engineering, including geological structure exploration, factor analysis, etc. Subsequently, the significance of using exploration technology in geotechnical engineering was elaborated, which can optimize geotechnical engineering design and improve engineering efficiency. Finally, the application of exploration technology in various aspects of geotechnical engineering was analyzed. Through the discussion in this article, the aim is to provide reference for the development and application of geotechnical engineering survey technology.

Keywords： exploration technology; geotechnical engineering; physical survey; electrical technology; survey results

前言：

岩土工程是复杂的，涉及地质学、岩石力学等多个领域。勘探技术作为岩土工程的重要组成部分，其应用对于确保工程质量和安全具有重要意义。随着城市工业民用建筑规模的扩大，岩土工程建设的重要性日益凸显，而勘察技术则直接影响着勘察结果的准确性和可靠性。本文旨在分析当前勘探技术在岩土工程中的应用现状，探讨其发展趋势，并提出相应的建议。

一、勘探技术概述

勘探技术是综合了地质、物理、化学等多个学科的知识，通过一系列技术手段和方法，对地球内部的岩石、土壤、矿产、油气等资源进行详细调查和研究的现代资源勘查和工程建设关键技术^[1]。这些技术手段包括地质勘探的实地观察、测量和采样，地球物理勘探中利用重力场、磁场、电场、地震波等异常特征进行地下地质体探测，以及地球化学勘探中对地下岩石、土壤、水体等物质的化学成分分析。

随着技术的不断创新和完善，勘探技术正朝着综合集成化、数字化和智能化的方向发展。综合集成化意味着多种勘探手段的综合应用，通过多参数、多角度的综合勘探，提高勘探效率和准确度^[2]。数字化技术的应用则使得勘探数据得以高效处理和准确分析，为资源勘查提供了更为可靠的依据。而智能化技术的引入使得勘探系统具备了更高的自动化和智能化水平，能够自动进行采样、数据分析和预测，大大提高了勘探工作的效率和准确性。

勘探技术不仅为资源勘查提供了科学依据，也为工程建设提供了重要的地质信息支持。通过勘探技术，可以更准确地了解地

* 作者简介：赵勇，1991.2.15，男，汉，江西南昌，大专，岩土工程，助理工程师

下地质条件、评估工程风险、优化工程设计、提高工程效率、确保工程的安全性和稳定性^[3]。

二、在岩土工程中运用勘探技术的意义

（一）提供地质信息

其一，勘探技术能够获得全面的地质信息，通过多种手段，如钻探、物探和化探等，对岩土体进行详细的调查和研究。这些技术能够全面揭示工程场地的地质条件，包括岩土体的物理性质、力学性质、水文地质条件以及地下可能存在的地质异常等^[4]。通过勘探技术获取的地质信息可以为岩土工程的设计、施工和监测提供全面的数据支持。其二，勘探技术能够提供高精度的地质信息：钻探技术可以直接获取岩土体的岩芯样品，通过实验室分析可以准确了解其物理力学性质；物探技术则能利用地球物理场的异常特征，推断地下地质体的性质和分布情况。这些技术使得岩土工程的地质信息具有更高的准确性和可靠性，为工程设计和施工提供了更为科学的依据。其三，通过运用勘探技术，可以实时监测地质条件的变化情况，及时发现和处理潜在的地质风险^[5]：如在深基坑工程中，通过实时监测基坑底部的岩土体性质变化，可以确保基坑施工的安全稳定；在隧道工程中，通过实时监测隧道周边地层的变形情况，可以及时发现并处理可能的地质问题。

（二）保障工程安全

通过钻探、物探等手段，勘探技术能够为工程提供详实的地质数据，让工程师深入了解地下的岩层结构、土壤性质、水文条件等，从而评估工程地基的稳定性和承载能力^[6]。这些数据是工程设计和施工的基础，只有在充分了解和掌握这些信息的情况下，才能确保工程的稳固性和耐久性。在岩土工程中，可能会遇到各种如断层、滑坡、地下水位异常等地质问题。这些风险因素一旦被忽视，将对工程安全造成极大威胁。而勘探技术则能够及时发现这些问题，并提前制定预防和应对措施，从而大大降低工程风险^[7]。此外，勘探技术还能为工程提供优化设计的依据。在获取了详细的地质数据后，工程师可以根据实际情况调整和优化设计方案，确保工程在符合安全标准的前提下达到最佳经济效益。这种优化设计不仅能够提高工程的质量，还能够降低工程成本，提高工程的社会效益。

（三）优化工程设计

在岩土工程中，勘探技术能够深入揭示地下岩土体的性质、结构以及分布等信息，为工程设计提供精准的数据支持，从而确保工程的稳定性、安全性和经济性。勘探技术在优化岩土工程设计方面的具体作用有如下几点：①提供精确的地质信息：勘探技术通过钻探、物探等多种手段，能够全面获取工程场地的地质信息，包括地层结构、岩性、水文地质条件等。这些精确的地质数据是工程设计的基石，能够为设计人员提供可靠的依据^[8]。②指导工程结构设计：基于勘探数据，设计人员可以更加准确地判断工程场地的地质稳定性和承载力，从而选择更为合理的工程结构形式和施工方法。例如，在隧道工程中，根据勘探结果可以选择

合适的隧道埋深、断面形状和支护方式，确保隧道施工的安全和稳定^[9]。③优化工程布局和施工方案：勘探技术还能揭示工程场地内的地质风险点，如断层、软弱地层、地下水等。通过提前发现这些风险点，设计人员可以在设计阶段采取相应的措施进行规避或减轻，从而优化工程布局和施工方案。这不仅能够降低工程风险，还能减少不必要的工程投资和工期延误。④提高设计效率和质量：现代勘探技术如遥感技术、三维地质建模技术等，能够实现地质数据的快速获取和高效处理，为工程设计提供及时、准确的数据支持^[10]。这些技术的应用能够显著提高工程设计的效率和质量，为工程的顺利实施提供有力保障。

（四）提高工程效率

勘探技术能够精准地揭示地下的地质构造、岩性、水文条件等关键信息。这些信息是岩土工程设计和施工的基础，直接决定了工程方案的可行性和经济性。通过勘探，工程师可以准确地了解地质条件，避免设计过程中的盲目性和不确定性，从而大大提高工程设计的效率^[11]；勘探技术还能及时发现地下可能存在的隐患和障碍物。在岩土工程中，地下可能隐藏着溶洞、暗河、古河道等未知因素，这些因素如果处理不当，将给工程带来极大的风险。通过勘探，工程师可以及时发现这些隐患，并采取相应的措施进行处理，从而确保工程的安全性和稳定性；在施工过程中，工程师需要根据地下的实际情况来调整施工方案和工艺参数。通过勘探，工程师可以实时掌握地下的变化情况，及时调整施工方案，确保施工质量和进度；最后，勘探技术还有助于提高工程的后期维护管理效率^[12]。通过勘探获取的数据可以为工程的长期监测和维护提供重要依据。工程师可以根据这些数据来评估工程的稳定性和耐久性，并制定相应的维护措施，从而延长工程的使用寿命。

三、勘探技术在岩土工程中的应用

（一）勘探技术在岩土工程勘察中的应用

岩土工程勘察的目的是查明工程场地的地质条件，评估工程风险，为工程设计提供基础数据支持。勘察工作要求全面、准确、可靠的获取地下岩土体的性质、结构、分布等信息。勘探技术能够全面揭示地下岩土体的物理性质、结构特征和水文地质条件^[13]。这些基础数据是岩土工程设计的基石，决定了工程方案的可行性和经济性，通过勘探可以深入了解地下岩层的分布、厚度、岩性、风化程度等信息以及地下水的分布、流向、水位等水文条件。这些信息为工程师提供了宝贵的设计依据，有助于制定更加科学、合理的工程方案。勘探技术能够及时发现并评估地下潜在的风险因素^[14]，在岩土工程勘察中经常会遇到溶洞、暗河、软夹层等地质隐患。这些隐患如果处理不当将会对工程的安全性和稳定性造成严重影响。通过勘探技术可以及时发现这些隐患，并通过数据分析评估为工程师提供处理建议。有助于工程师在施工前做好充分的准备工作，确保工程的安全性和稳定性。

（二）勘探技术在岩土工程设计中的应用

勘探技术通过实地勘察和数据分析，为岩土工程设计提供基

地质信息，为工程师进行工程规划和设计提供了重要依据；在岩土工程设计过程中，勘探技术可以评估工程可能面临的风险，如通过勘探技术可以了解场地的地震活动性和潜在的地震风险^[15]；通过地下水位观测可以预测施工过程中可能出现的渗流和涌水问题，这些风险评估结果有助于设计人员采取相应的预防措施，确保工程安全；勘探技术还有助于优化岩土工程设计方案，设计人员通过勘探技术了解场地的地质条件和特点，可以更加准确的确定基础类型、埋深、开挖方式等关键参数，从而制定更加经济、合理的设计方案^[16]。此外，勘探技术还可以为设计提供重要的参考数据如岩土体的物理力学参数、地下水位变化等，帮助设计人员更加准确的计算和分析工程结构受力情况。

（三）勘探技术在岩土工程施工中的应用

作为获取地下地质信息的重要手段，勘探技术不仅为工程设计提供了科学依据，还确保了施工过程的顺利进行。其核心作用在于通过地质测绘、勘探取样、遥感技术和工程物探等多种技术手段，对工程场地的地形地貌、地质构造、岩石性质以及水文地质条件进行全面而深入的了解^[17]。在地质测绘方面，勘探技术能够详细测量和绘制工程场地的地形地貌和地质构造，为工程设计提供准确的基础资料。而勘探取样技术，如物探和钻探，则能够直接获取地下岩石样品，为室内试验提供实物依据，进一步了解岩石的物理和化学特性。此外，遥感技术和工程物探技术在岩土工程中也发挥着不可或缺的作用。遥感技术通过电磁波理论，利用传感仪器收集信息，实现对地形地貌的精确识别与记录^[18]。而工程物探技术，如隧道地震勘察技术、探地雷达技术等，能够准确探测地下岩石的断层、岩体特性等关键参数，为工程施工提供

重要指导。在现代岩土工程中，综合勘察技术的应用日益广泛。通过将地质测绘、勘探取样、遥感技术和工程物探等多种技术手段有机结合，形成了一套高效、准确的综合勘察体系。

（四）勘探技术在岩土工程监测中的应用

在岩土工程中，勘探技术的应用扮演着至关重要的角色，特别是在工程监测方面。勘探技术不仅为工程师们提供了详尽的地质信息，如地质构造、岩性、水文条件等，还帮助其准确预测和科学应对潜在的地质风险^[19]。通过地质雷达、地层声波等先进技术，可以精确探测地下岩石的物理特性，如裂缝、孔隙度等，为工程设计和施工提供科学依据。同时，地下水位监测技术实时追踪水位变化，帮助工程师们了解地下水对工程的影响。在隧道等复杂岩土工程中，隧道地震勘察技术通过深度偏移成像方法，利用震检波接收器采集地震波数据，分析岩石的断层和特性，为隧道施工提供精确指导^[20]。钻探技术作为岩土工程勘察的核心手段，通过钻进、护壁堵漏和层位确定等工艺，确保勘察结果的准确性和有效性。

结束语：

勘探技术在岩土工程中的应用是一个复杂而重要的领域。随着科技的不断进步和工程实践的不断深入，勘探技术将不断得到完善和发展。未来随着人工智能、大数据等技术的融合应用，勘探技术将更加智能化、精准化，为岩土工程的建设提供更加坚实的技术支撑。同时也应认识到勘察工作的复杂性和重要性，不断提高勘察技术水平和能力，为工程质量和安全保驾护航。

参考文献：

- [1]高旭，刘骞，黄启迪. 高层建筑岩土工程勘探地基技术分析 [J]. 建筑结构，2023,53(10):171.
- [2]高国灿. 软土地区岩土工程勘察技术要点分析 [J]. 大众标准化，2023,35(07):46-48.
- [3]洪思远. 工程物探技术在矿山岩土工程勘察中的应用 [J]. 中国金属通报，2023,16(03):165-167.
- [4]杨菲菲. 综合物探技术在岩土工程勘察中的应用探讨 [J]. 西部资源，2022,27(04):87-89.
- [5]龙刚. 岩土工程勘察中对断层破碎带的综合研究方法 [J]. 西部资源，2022,37(03):74-76.
- [6]万晓锋. 基于多道瞬态瑞雷波勘探技术的岩土工程勘察方法 [J]. 建筑技术开发，2021,48(22):73-74.
- [7]姚强，贺真，李键. 工程物探技术在岩土工程中的应用及发展趋势 [J]. 中国金属通报，2021,(11):175-176.
- [8]毕冉，席书衡，李卓坤. 城市岩土工程基础勘察技术分析 [J]. 居舍，2021,22(29):43-44.
- [9]龚亚龙. 微动勘探技术在岩土工程勘察中的应用概述 [J]. 四川水泥，2021,31(03):54-55.
- [10]乔得福. 地震勘探在岩土工程勘察中的应用 [J]. 世界有色金属，2020,24(22):172-173.
- [11]武光才，李文富. 静力触探在岩土工程中的应用 [J]. 住宅与房地产，2020,13(27):175-176.
- [12]张鹏. 岩土工程中工程物探技术的应用 [J]. 世界有色金属，2020,20(12):247-248.
- [13]李涛，吴安喜. 综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究（电子版），2020,34(16):76.
- [14]郭利君. 微动勘探技术在岩土工程勘察中的应用 [J]. 中国金属通报，2020,32(05):172-173.
- [15]余凯. 工程物探技术在岩土工程中的应用 [J]. 四川水泥，2020,16(01):153-154.
- [16]朱江艳. 岩土工程勘察技术的发展趋势研究 [J]. 世界有色金属，2019,22(20):265-266.
- [17]杨洁. 关于复杂地质条件下岩土工程勘察技术的探讨 [J]. 世界有色金属，2019,42(19):231-233.
- [18]探矿工程（岩土钻掘工程）杂志 [J]. 探矿工程（岩土钻掘工程），2019,46(12):94.
- [19]芦莹. 瞬态多道瑞利波勘探技术在岩土工程勘察中的探究 [J]. 门窗，2019,23(21):224.
- [20]中国地质调查局勘探技术研究所地质矿产廊坊聚力岩土工程科技开发公司 [J]. 探矿工程（岩土钻掘工程），2019,46(08):97.

铁路道床污物清理技术方案的研究

张旭峰

宝鸡中车时代工程机械有限公司, 陕西 宝鸡 721003

摘 要： 目前, 铁路道床散煤等污物清理还是以人工为主, 本文针对散落在铁路道床上的煤粉、沙土等污物, 研究采用自动化机械设备进行清理^[1], 该研究为国内铁路道床煤粉专业化清扫装备提供依据, 可有效解决目前运煤专线隧道口铁路道床散落煤粉清理, 实现机械化替代人工, 降低劳动强度, 减少人工作业粉尘危害。同时, 可有效降低运煤专线窗口维修时间占用率, 同时对提升我国铁路养护机械装备水平, 完善铁路养护装备类型, 具有巨大的社会效益。

关 键 词： 铁路道床; 污物; 装置

Research On The Technical Scheme Of Railway Road Bed Dirt Cleaning

Zhang Xufeng

Baoji CRRC Times Construction Machinery Co., LTD. Baoji, Shaanxi 721003

Abstract： At present, the cleaning of dirt such as loose coal on railway ballast is still mainly carried out manually. Aiming at the dirt such as pulverized coal and sand scattered on railway ballast, this paper studies the use of automated mechanical equipment for cleaning, which provides a basis for professional cleaning equipment of pulverized coal on railway ballast in China, and can effectively solve the cleaning of pulverized coal scattered on railway ballast at the tunnel entrance of the special coal-carrying line. To achieve mechanization instead of manual labor, reduce labor intensity, reduce dust hazards of manual operation. At the same time, it can effectively reduce the maintenance time occupation rate of the coal special line window, and at the same time improve the level of railway maintenance machinery and equipment and improve the type of railway maintenance equipment, which has huge social benefits.

Keywords： railway ballast; dirt; equipment

引言

全国铁路营业里程已超过15万公里, 其中高速铁路线路达到3万公里, 重载运输线路近1万公里。随着我国铁路运营里程和使用年限的不断增加, 结合国家铁路“十三五”发展规划加强科技研发和自主创新, 全面提升基础保障能力。传统的以人工为主、装备为辅助的铁路养护和铁路救援工作很难满足时代发展需求^[2]。

铁路道床污物处理装置为一款粉尘清理装备, 主要面向铁路维保市场需求, 清理铁路道床煤粉、沙子等污染物^{[3][4]}。

一、技术方案

铁路道床污物清理产品功能, 主要包括轨道外侧煤粉清扫功能、轨道内侧煤粉清扫功能、除(降)尘功能、安全监测功能等。

本文将散落在隧道口附近的煤粉作为研究清理的对象, 针对该需求进行调研及方案研究。同时, 为了更加细致的研究, 将总技术方案分解为4项子关键技术, 逐一进行对比验证。如表1所示

表1 产品关键技术明细

序号	关键技术		技术参数指标
1	隧道煤粉多模式高效清扫技术	整机作业工艺集成匹配技术	集成度: 一节车厢实现所有作业功能 整机工作效率: $\geq 120 \text{ m}^3/\text{h}$ 整机宽度: ① 行驶状态: $\leq 3.1 \text{ m}$ ② 作业状态: $\geq 6 \text{ m}$

序号	关键技术		技术参数指标
2		超厚煤粉高效清扫及分离技术	清理煤粉厚度: 200mm
3		作业过程气力输送风量匹配技术	风机风量: $\leq 36000 \text{ m}^3/\text{h}$ 风机风压: $\geq 9000 \text{ pa}$
4		隧道煤粉多模式高效清扫及智能控制技术	煤粉清理作业宽度: $\geq 6 \text{ m}$ 智能控制安全作业模式: ≥ 6 种

(一) 整机作业工艺集成匹配技术

研究整机作业流程、工况, 设计在一节车厢完成所有作业功能的方案, 整机宽度满足行驶状态: $\leq 3.1 \text{ m}$, 作业状态: $\geq 6 \text{ m}$; 整机作业效率匹配能力 $\geq 120 \text{ m}^3/\text{h}$ 。首先通过研究隧道作业工况、作业特点; 其次提出满足一节车厢, 行驶状态和作业状态尺

* 作者简介: 张旭峰(1989年5月—), 男, 汉, 甘肃省白银市, 宝鸡中车时代工程机械有限公司, 工程师, 本科, 研究方向: 轨道交通

寸要求的方案，然后匹配计算整机物料输送工艺链，最后完成设计方案，完成整机作业工艺匹配。

1. 作业工况、工法、工艺分析

对铁路隧道断面、煤粉分布情况、车辆作业特点进行分析。在隧道口内煤粉清扫长度约1公里，轨道内侧清扫宽度1.4m，轨道外侧清扫宽度4.8m（单侧宽度2.4m），煤粉最大清扫厚度约200mm，煤粉粒径 $\leq 3\text{mm}$ 的占比90%^[5]，在清理煤粉等污物时铁路道砟不能被清理走，同时，在隧道内作业需考虑防尘、防爆等影响健康及安全的因素。

在整机作业工法方面，包括行动编组、行动步骤、行动方法三个方面。

a) 行动编组：①车辆编组：铁路道床吸污车+物料车；②人员编组：指挥组（司机室1人）、监控组（司机室1人）、作业组（地面2人）。

b) 行动步骤：工位勘察；主扫刷落位；侧清扫装置水平伸出；侧清扫垂直落位；主输送启动；卸料器启动、风机启动；主扫刷启动；侧清扫装置启动；车辆定速前进；作业过程监控；作业停止；收回装置；离开场地。

c) 行动方法：①运用“多模式一键切换”，一键操作展开或收回主扫刷和侧清扫装置；②运用“应急作业处置”，处置应急停车、带载启动、应急避障作业。

在不同清扫方案对比分析方面，对机械清扫、负压清扫、组合清扫4种清扫方式对比分析，侧清扫装置采用“滚刷+刮板链输送”的机械清扫方式，具有清扫厚度大、效率高等优点，主吸扫装置采用“滚刷+气力输送”的组合清扫方式，兼顾车架结构布置空间和作业效率。

2. 全断面清扫方案

a) 工作状态，主扫吸装置清扫轨道内侧煤粉；侧清扫装置布置于车体左右两侧，单侧3个，每个侧清扫装置可实现水平伸缩，实现一次性最大作业宽度 $\geq 6.2\text{m}$ ；

b) 行驶状态，主扫吸装置抬起离地，6个侧清扫装置全部抬起离地、水平缩回，宽度尺寸3.1m。

3. 全断面清扫方案各装置作业效率匹配

对主扫吸和侧清扫不同装置的作业效率进行匹配，按设计最大作业效率 $140\text{m}^3/\text{h}$ （ $\geq 120\text{m}^3/\text{h}$ ），其中轨道外侧作业效率 $110\text{m}^3/\text{h}$ ，轨道内侧作业效率 $30\text{m}^3/\text{h}$ ^[6]。

（二）超厚煤粉高效清扫及分离技术

研发可实现200mm厚煤粉一次清扫装置，煤粉与铁路道砟的分离装置，先行试验验证清扫厚度、作业效率、分离效果。

1. 侧清扫装置理论设计计算

建立入料口刷毛计算模型、刮板链运行阻力计算模型、物料抛出计算模型，开展滚刷滚动阻力、抛高与入料口高度匹配、刮板链输送效率功率、物料抛出轨迹计算。如图1所示

2. 筛分装置筛分效率优化

设计新型拨料筛分装置，优化分析不同筛网倾角时的作业效率和漏料速率，得到 18° 倾角时单装置最大作业效率 $26\text{m}^3/\text{h}$ ，整机配置6个装置，最大理论作业效率可达 $156\text{m}^3/\text{h}$ 。如图2所示

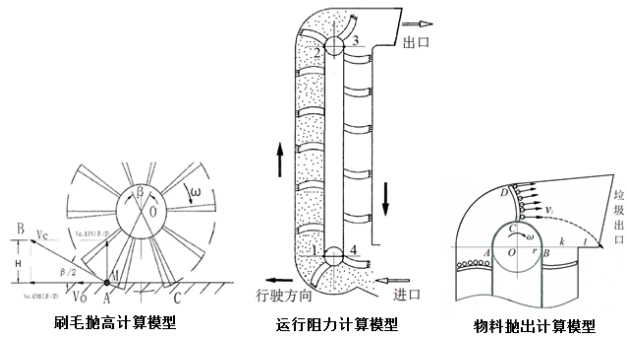


图1侧清扫装置理论设计计算

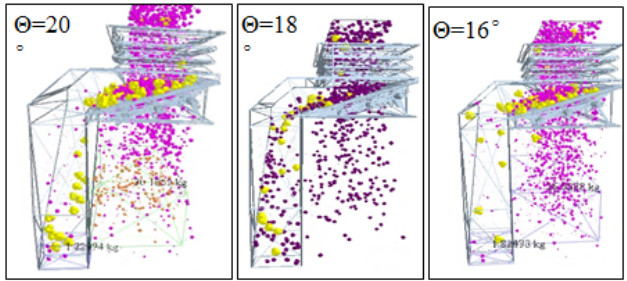


图2不同筛面倾角时筛分效果对比

3. 开展试验验证

侧清扫装置开展清扫厚度和作业效率验证，清扫煤粉厚度可达205mm，单装置 $23\text{m}^3/\text{h}$ ，最大作业效率 $138\text{m}^3/\text{h}$ ^[7]，满足要求。

主扫吸装置基于市政用扫路车吸扫装置，验证主扫吸清扫厚煤粉效果和煤粉道砟清扫效果，200mm厚度煤粉清扫不发生堵料，合理调节吸管风速，铁路道砟不被吸起，方案可行。

筛分装置开展煤粉与道砟混合料的分离试验验证，分离效果明显，方案可行。

（三）作业过程气力输送风量匹配技术

匹配整机干式除尘和主扫吸物料风量和风压需求，匹配调节风机转速，实现风机风量的动态管理，提高风量利用率，风机风量 $35000\text{m}^3/\text{h}$ ，风机风压 $\geq 9000\text{pa}$ ^[8]。首先通过理论计算除尘和清扫的风量需求，设计三维模型，其次搭建整机CFD有限元仿真分析模型，进行优化校核，最后通过试验验证除尘效果^[9]。

1. 理论计算风量需求

开展理论设计计算，干式除尘风量需求 $12564\text{m}^3/\text{h}$ ，主扫吸风量需求 $17625\text{m}^3/\text{h}$ ，总风量需求 $\geq 31000\text{m}^3/\text{h}$ ^[10]。

2. CFD有限元校核

搭建CFD有限元仿真分析模型，验证风量和风压需求，当总风量为 $35000\text{m}^3/\text{h}$ ，风压6419 pa，同样风量下，有滚刷时管道内阻力是无滚刷时的1.3倍，因此系统需要风压不低于8344.7pa，因此，本方案风压 $\geq 9000\text{pa}$ 满足要求。如图3所示

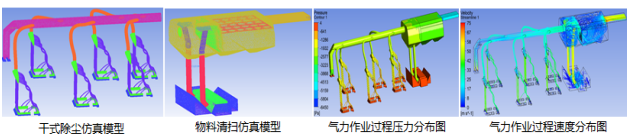


图3 CFD有限元仿真分析

（四）隧道煤粉多模式高效清扫智能控制技术

针对隧道不同作业工况，设计操作简单智能的一键切换按

键，节约作业准备时间，提高清扫效率。工作模式 ≥ 6 种。

1. 设计组合清扫智能控制方能

根据隧道煤粉分布情况，设计全断面清扫、轨道外侧清扫、轨道内侧清扫、左侧清扫、右侧清扫、一键收车模式，实现障碍物检测报警，人工确认，一键切换工作模式，提高清扫效率。

2. 设计搭建硬件模型，障碍物模拟识别

设计了多模式高效清扫软硬件方案，初步搭建了障碍物识别系统，进行了模拟试验。如图4所示

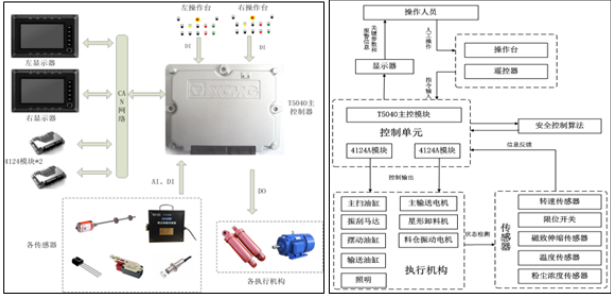


图4 6种常见智能一键清扫模式

三、结语

基于上述功能及性能分析，轨道外侧煤粉清扫功能和轨道内侧煤粉清扫功能拟采用分段清扫设计原理，轨道内侧污物采用“滚扫+气力输送”清扫方案；轨道外侧污物采用集成“滚扫+刮板提升+筛分+皮带输送”的清扫方案，左、右两侧分别对称设置三个清扫装置，通过组合方式扩大清扫范围。车辆在行驶过程中，可确保轨道内清扫宽度和轨道外左右清扫宽度到达不少于6m的隧道一次性全地面清扫宽度。

铁路道床污物处理是我国现阶段运煤干线铁路重要的维护工作，对我国铁路运输安全、运输效率都有直接的影响，该研究具有一定的社会效益。

参考文献

[1]陈宪变,陈楠,王日吉,李赛,董春敏.粗、细粒径煤质对道砟颗粒剪切性能的影响[M].中南大学学报(自然科学版),2022.
[2]陈楠.基于离散元法的钢轨—轨枕—有砟道床力学性能的研究[M].铁路运输,2023.
[3]张继恩,郭关柱.利用气流吹吸原理吸收铁路道床堆积煤粉的关键特性研究[M].中国铁路,2015.
[4]李勇俊.有砟铁路道床动力特性的离散元并行计算及试验研究[M].大连理工大学,2020.
[5]杨鸿克.重载铁路隧道入口段风流场特性及粉尘运移规律数值模拟[M].青岛理工大学,2022.
[6]张灵,史天亮.轨道清污车吸污效率影响参数正交试验研究[M].轨道交通装备与技术,2020.
[7]张灵,史天亮.铁路道床吸污车吸污性能试验研究[M].中国铁路,2015.
[8]张灵,史天亮.铁路道床吸污车吹吸装置流场数值模拟及结构优化[M].铁道科学与工程学报,2015.
[9]许渊博.道床吸污车粉尘监控系统设计研究[M].内燃机与配件,2017.
[10]胡传亮,郭关柱.利用侧吹风提高铁路道床吸污车吸污能力研究[M].中国铁路,2013.