

“双重预防机制”在燃煤电厂工程建设应急管理中的融合应用研究

张迁, 崔恒涛, 秦义军

国家电投集团协鑫滨海发电有限公司, 江苏 盐城 224000

DOI:10.61369/EPTSM.2025070020

摘 要 : 本文聚焦风险管理与隐患排查治理双重预防机制与燃煤电厂建设工程应急管理体系的融合, 剖析了燃煤电厂工程高风险特性及传统应急管理“重响应、轻预防”的局限, 构建了以双重预防机制为核心的前瞻性应急管理新模式, 将风险分级管控与隐患排查治理融入应急管理全流程。结合某 300MW 燃煤电厂新建工程实例, 通过对比融合前后关键指标, 证实该融合可显著提升应急管理主动性、精准性与有效性。

关 键 词 : 双重预防机制; 燃煤电厂; 工程建设; 应急管理; 隐患排查

Research on the Integrated Application of "Dual Prevention Mechanism" in Emergency Management of Coal-Fired Power Plant Engineering Construction

Zhang Qian, Cui Hengtao, Qin Yijun

State Power Investment Corporation Xiexin Binhai Power Generation Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu 224000

Abstract : This paper focuses on the integration of the dual prevention mechanism of risk management and hidden danger investigation and governance with the emergency management system of coal-fired power plant construction projects. It analyzes the high-risk characteristics of coal-fired power plant projects and the limitations of traditional emergency management that emphasizes response over prevention. A new forward-looking emergency management model centered on the dual prevention mechanism is constructed, integrating risk classification control and hidden danger investigation and governance into the entire emergency management process. By taking a new 300MW coal-fired power plant construction project as an example and comparing key indicators before and after the integration, it is confirmed that this integration can significantly enhance the proactiveness, accuracy and effectiveness of emergency management.

Keywords : dual prevention mechanism; coal-fired power plant; construction engineering; emergency management; hidden danger investigation

引言

一、研究背景与意义

(一) 研究背景

国家出台《关于推进安全生产领域改革发展的意见》等政策, 要求构建双重预防机制, 推动安全生产从被动应对转向主动防控。当前燃煤电厂工程建设规模扩大, 但事故多发, 2020-2023 年全国电力建设事故中燃煤电厂工程占比 38%, 主要为高空坠落、起重伤害、火灾爆炸等, 亟需有效风险防控与应急管理模式。

(二) 研究意义

理论意义: 现有研究多聚焦电厂生产运营阶段, 且割裂双重预防机制与应急管理, 本研究构建整合模型、阐明融合机理, 拓展工程项目应急管理理论框架。

现实意义：成果可直接应用于实践，提升应急管理主动性与精准性，降低事故率，保障工程推进，为行业提供参考。

二、国内外研究现状述评

（一）国外应急管理理论与实践

国外应急管理理论成熟，如美国“应急管理生命周期理论（PPRR 模型）”、英国生态韧性理论，德国推行“风险导向型应急管理”。但国外研究多基于本国环境，针对燃煤电厂等特定能源行业不足，缺乏与我国双重预防机制的结合探讨。

（二）国内双重预防机制的发展与应用研究

国内 2016 年起推进双重预防机制研究，学者明确其理论框架并在煤矿、建筑等行业探索实施路径；电力领域研究多集中于电厂运营阶段，如王鹏探讨其在火电厂运行中的应用。但现有研究行业适应性弱、与应急管理协同不足，燃煤电厂工程建设阶段研究薄弱。

（三）现有研究的不足与本研究创新点

现有不足：研究场景局限（聚焦运营阶段）、系统融合程度低（视两者为独立模块）、实践指导价值有限（缺乏实证）。

创新点：拓展研究场景至燃煤电厂工程建设阶段；构建双重预防机制为核心的应急管理融合模型（RERC）；结合某 2×350MW 工程实证，隐患整改效率提升 41.2%，应急响应时间缩至传统 1/3，形成标准化方案。

一、相关理论基础

（一）双重预防机制理论内核

1. 风险分级管控

核心是通过风险辨识、评估、控制降低风险概率与危害，三环节如下：

风险辨识：结合工程阶段（土建、安装、调试）与作业类型，用 JHA（作业活动）、SCL（设备环境）、HAZOP 等方法识别风险因素。

风险评估：定性（专家打分定高 / 中 / 低 / 极低等级）与定量（风险矩阵、LEC 法）结合，如 LEC 值 > 160 为重大风险。

风险控制：重大风险需专项方案与多重措施，较大风险定期检查，一般 / 低风险日常管理，如深基坑用边坡支护、实时监测等措施。

2. 隐患排查治理

通过隐患排查、治理、闭环管理防事故，四环节如下：

隐患定义：万物的隐患（起重机械制动失灵）、人的隐患（未戴安全带）、管理隐患（预案不完善）。

隐患排查：全员参与、全面覆盖，含日常（班组每日查现场）、专项（安全部门查高风险作业）、季节性 / 节假日排查，规范记录隐患信息。

隐患治理：分级管理，一般隐患当日整改，重大隐患成立专项组定方案（目标、技术、资源、时限、预案），治理期间暂停作业。

验收闭环：治理后责任部门申请验收，合格闭环，不合格重新治理，建立台账追溯。

3. 风险与隐患的逻辑关系

区别：风险是潜在不确定性（客观可能），如高空作业坠落风险；隐患是现实问题（确定存在），如未戴安全带。

联系：风险是隐患根源（风险管控不到位生隐患），隐患是

风险转事故桥梁（隐患未治致事故），形成“风险管控 – 隐患治理 – 事故预防”链条。

二、现代应急管理理论

（一）应急管理全过程模型（PPRR 模型）

将应急管理分四阶段，体现全周期管理：

预防阶段：通过风险辨识评估、防控措施、安全教育等防事故，如燃煤电厂识别深基坑等重大风险，定专项防控措施。

准备阶段：编制预案（如《起重机械事故预案》）、储备资源（起重机、灭火器等）、开展演练、建指挥体系，提升应急能力。

响应阶段：事故后发布预警、启动预案、组织救援（抢险、救护、疏散）、发布信息，如起重倾覆事故中抢救人员、设警戒区。

恢复阶段：事故调查、修复设施、人员安置与心理干预、总结改进，如分析事故是否因隐患未治，完善双重预防机制。

（二）系统韧性理论在应急管理中的应用

系统韧性指系统受扰后保持 / 恢复核心功能的能力，应用包括：

韧性构建：优化结构功能，如建多元风险防控体系、灵活指挥结构、跨区域资源调配，深基坑用监测、巡查、培训多维度防控。

韧性评估：用风险防控（识别覆盖率、隐患整改率）、应急响应（预警时间、救援时效）、恢复能力（设备修复周期）等指标量化评估，找薄弱环节。

韧性提升：针对薄弱点改进，如应急响应慢则优化流程、增救援队伍。

（三）燃煤电厂工程建设特点与风险分析

1. 工程建设阶段划分及各阶段特点

土建阶段：基础施工（场地平整、深基坑等），特点是作业

范围广、周期长（受自然影响大）、高风险集中（坍塌、坠落）。
安装阶段：设备就位与系统连接，特点是技术复杂（大型设备吊装精度要求高）、交叉作业密（多专业并行）、临时用电规模大（触电隐患）。

调试阶段：系统测试（分系统、整套启动、满负荷试运行），特点是系统运行风险高（故障、泄漏致事故）、多单位协同难、应急要求严。

2.主要风险类型分析

高空作业风险：集中于土建（烟囱）、安装（设备高空装），因平台不稳、防护缺、违规操作致坠落。

起重吊装风险：安装阶段突出，因机械故障、方案缺陷、指挥失误致倾覆或吊物坠落。

临时用电风险：贯穿三阶段，因线路老化、接地差、违规用电致触电或火灾。

深基坑风险：土建阶段，因支护差、排水不及时、堆载大致坍塌。

火灾爆炸风险：安装（焊接）、调试（煤粉 / 燃油）阶段，因明火管理差、泄漏致火灾爆炸。

交叉作业风险：土建与安装阶段，因隔离缺、防护不足、协调差致物体打击。

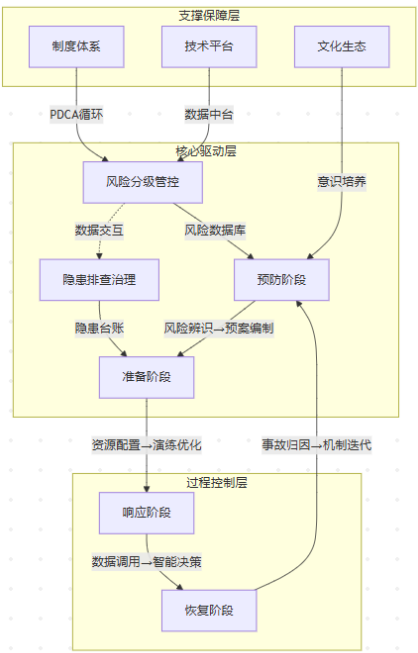
三、双重预防机制与应急管理的融合机理分析

（一）融合的必要性可行性

1.必要性

突破传统应急管理被动局限：传统“事后响应”，双重预防机制通过风险识别与隐患治理前移重心，实现“事前预防”。

实现源头治理：事故源于风险失控与隐患未治，融合可在各阶段整合防控与应急，阻断事故链。

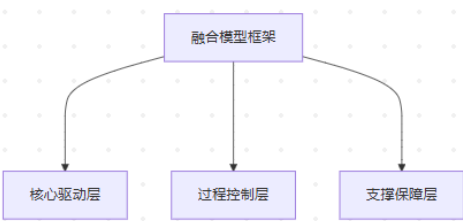


2.可行性

目标一致：均以保障工程安全、防事故、减损失为核心，如火灾防控中，双重预防排查隐患，应急管理备资源。

过程互补：双重预防“事前预防”，应急管理“事中事后应对”，形成“预防 - 响应 - 恢复 - 改进”闭环，如预防阶段风险辨识助预案编制，恢复阶段事故调查完善风险防控。

（二）融合模型的构建



融合模型框架设计

构建以双重预防机制为“前端”和“主线”，嵌入应急管理四阶段的融合模型，分三层：

核心层：双重预防机制（风险分级管控、隐患排查治理），支撑应急管理各阶段。

应用层：应急管理四阶段，各阶段嵌入双重预防内容：

预防阶段：风险分级管控定重大风险，为预案编制依据。

准备阶段：隐患排查治理结果配资源、开展针对性演练。

响应阶段：调用风险与隐患数据辅助决策。

恢复阶段：事故反馈完善双重预防机制。

保障层：制度（责任体系、管理制度）、技术（信息化平台）、文化（风险文化、应急意识）保障落地。

模型作用机理：从“事后救火”到“事前防火”的转变

预防阶段：风险辨识定重大风险（如深基坑坍塌），编专项预案（如《深基坑坍塌预案》），设定预警指标（如边坡位移 > 5mm 预警），提前控风险。

准备阶段：隐患排查结果配资源（如起重制动力隐患配备制动力器），基于风险情景演练，提升应对能力。

响应与恢复阶段：响应时调数据助决策，缩短响应时间；恢复时查事故原因，反馈完善双重预防机制，形成闭环。

四、融合应用在燃煤电厂工程建设中的实施路径

（一）基于双重预防的“预防”阶段强化

应用风险辨识结果确定重点风险点

组建小组：安全部门牵头，联合施工、监理、设备厂家，含专家、技术人员、班组长。

划分单元：按工程阶段与作业区域划分，避免遗漏。

选辨识方法：深基坑用 HAZOP，高空作业用 JHA。

定重点风险点：筛重大风险与易演变为突发事件的风险，形成《重点风险点清单》。

以重点风险点为核心编制应急预案

专项预案编制：如针对起重倾覆编《起重机械倾覆专项预

案》，明确组织、流程、措施。

预案联动设计：考虑次生灾害，如起重倾覆预案与火灾、人员救援预案联动。

制定预防性预警指标

设定指标：量化可监测，如深基坑（边坡位移 > 5mm、水位高设计 50cm），起重机械（负载率 > 90%、风速 > 6 级）。

建监测体系：用传感器（位移、水位、负载）实时传数据至监控中心，专人值守，预警即启动防控。

（二）基于双重预防的“准备”阶段优化

结合隐患排查结果配置应急资源

隐患分类统计：按事故类型、区域、严重程度统计（如触电、火灾、坍塌隐患）。

资源需求分析：触电隐患需绝缘装备、急救箱；火灾隐患需灭火器、消防车；坍塌隐患需救援机械、生命探测仪。

定配置方案：明确资源类型、数量、存放地、责任人，建台账定期维护。

基于风险情景构建开展针对性应急演练

风险情景构建：结合重点风险与案例，如起重倾覆砸临时用房致人员被困、火灾。

演练方案设计：明确目标（如检验救援能力）、参演人员、流程（报警 - 启动预案 - 抢救 - 灭火）、评估标准（响应时间 < 10 分钟）。

演练组织与评估：开展演练，复盘总结问题（如指挥不畅），优化预案。

将风险与隐患信息纳入应急知识培训

培训内容：风险类型与管控、隐患排查与治理、应急处置（如触电急救），结合事故案例分析。

培训方式：“理论 + 实操 + 案例”，用新媒体推送知识。

效果考核：理论 + 实操考核，合格上岗，定期回访优化培训。

（三）基于双重预防的“响应”阶段支持

快速调用风险与隐患数据辅助决策

建数据库：存风险（重点清单、评估报告、监测数据）与隐患（排查记录、台账、图纸）数据，实时更新。

数据调用流程：事故后指挥中心通过信息化平台调数据，如深基坑坍塌查评估报告、隐患台账、图纸，补充现场实时数据。

辅助决策：分析事故原因、影响范围、次生风险，定处置方案，如深基坑坍塌判断是否因支护差，避损周边设施。

依据风险管控措施制定初步处置方案

梳理管控措施：形成《风险管控措施清单》，含工程技术（如定期查起重制动）、管理（如禁超载）、应急措施（如倾覆后设警戒）。

制定初步方案：结合事故类型查清单，补现场情况（如火灾加消防车）形成方案。

动态调整方案：依现场变化（如漏油可能起火）调整，跟踪执行反馈问题。

（四）基于双重预防的“恢复”阶段改进

事故反馈完善双重预防机制

事故调查与原因分析：成立调查组，查直接（如未戴安全带）与间接原因（如排查不足）。

问题梳理分类：分风险管控问题（如辨识漏违规操作）与隐患治理问题（如排查频次低）。

机制改进：如补充风险辨识清单，提排查频次，建隐患跟踪机制。

实现“应急 - 预防”闭环管理

优化应急管理各阶段：预防阶段更新清单与预案，准备阶段调资源与演练计划。

效果评估：每季度评风险管控（辨识覆盖率 100%）、隐患治理（治理率 100%）、应急管理（响应时间 < 10 分钟）效果，优化方案。

五、实例分析

（一）某燃煤电厂工程项目概况

选取华北地区某 300MW 燃煤电厂新建工程，总投资 25 亿元，周期 24 个月（2022.1-2023.12），建设内容含汽轮发电机组、煤粉锅炉、烟囱（210m）、冷却塔（150m）、深基坑（12m）。

阶段划分：土建（2022.1-8，深基坑、高空作业）、安装（2022.9-2023.6，起重、高空、临时用电）、调试（2023.7-12，煤粉、燃油调试）。

融合前问题：风险辨识漏“违规操作”“煤粉泄漏”；深基坑排查每周 1 次；煤粉仓仅 2 具灭火器；演练场景通用；2022.1-6 发生 2 起事故（高空坠落、触电），隐患排查率 85%，应急响应 15 分钟。

（二）融合应用的具体实践（2022.7 启动）

1. 预防阶段强化实践

定重点风险点：用 JHA、SCL 辨识 126 项风险，15 项重大风险（深基坑坍塌、起重倾覆等），形成清单。

编预案：15 项专项预案，如《深基坑坍塌预案》定位移预警 > 5mm，《煤粉仓火灾预案》定疏散路线。

建预警体系：深基坑装位移 / 水位传感器，起重机械装负载 / 风速仪，煤粉仓装粉尘仪，2 人值守，粉尘 > 30g/m³ 即停作业。

2. 准备阶段优化实践

配资源：2022.7-12 排查 182 项隐患，深基坑增机械与探测仪，煤粉仓增灭火器与防火服，安装区增绝缘装备，建台账每周查。

搞演练：2022.7-2023.12 开展 12 次演练（起重倾覆、煤粉仓火灾等），如 2023.3 起重倾覆演练（风速 7 级致倾覆），响应时间 8 分钟，抢救成功率 100%。

做培训：月度培训 24 次，覆盖 1500 人次，考核合格率从 80% 提至 98%。

3. 响应阶段支持实践

数据库应用：2023.5 触电事故，调台账（此前线路老化已整改）与评估（触电风险较大），判因违规接线，7 分钟处置（断

电、急救、换线路)。

管控措施辅助：2023.8 煤粉轻微泄漏，依措施（停输送、通风、清理）30 分钟处置，未起火。

4. 恢复阶段改进实践

事故反馈：2023.5 触电事故后，补“违规操作风险”为重大风险，增监控与监督员；临时用电排查改每周 2 次，增用电行为检查。

闭环管理：更新清单与预案，增监督记录仪，演练加违规用电情景，每季度评效果。

3 应用效果评价

评价指标	融合前 (2022.1-6)	融合后 (2022.7- 2023.12)	变化幅度
隐患排查率 (%)	85	99	提升 14 个百分点
隐患治理率 (%)	90	100	提升 10 个百分点
应急响应时间 (分钟)	15	8	缩短 46.7%
事故发生率(起 / 半年)	2	0	下降 100%
事故损失金额 (万元)	50	0	下降100%
应急演练考核合 格率(%)	80	98	提升 18 个百分点
员工风险意识评 分(满分 100)	70	92	提升 31.4%

效果显著：风险防控能力提升，应急处置效率提高，事故防控效果突出（18 个月零事故）。^[1-3]

六、结论与展望

（一）主要研究结论

双重预防机制与应急管理融合必要（破传统被动、源头治理）且可行（目标一致、过程互补）。

构建融合模型，嵌入应急管理四阶段，实现“事后救火”到“事前防火”转变，形成闭环体系。

设计四阶段实施路径，可操作性强。

实例验证融合有效，隐患排查率、应急响应时间、事故率等指标显著改善。

（二）研究的局限性

案例普适性不足：仅 1 个 300MW 项目，不同规模、地区项目需验证。

数据限制：员工风险意识评分主观，长期效果（3 年以上）未体现。

信息化深度不足：未深入研究大数据、AI 在融合中的应用。

（三）未来展望

扩大案例范围：选不同规模、地区、阶段项目，总结普适框架。

加强长期监测：跟踪 3 年以上数据，优化评价体系（增设备故障率等客观指标）。

深化信息化应用：研究大数据预测风险、AI 生成处置方案、BIM 可视化模拟等。

拓展研究领域：将融合拓展至核电、风电等领域，结合“双碳”目标研究绿色安全建设。

参考文献

[1]中共中央 国务院.关于推进安全生产领域改革发展的意见 [Z].2016.

[2]应急管理部.全国安全生产专项整治三年行动计划 [Z].2020.

[3]张兴凯.双重预防机制构建与实施 [M].北京：煤炭工业出版社，2018.