

高压变频调速在火力发电厂中的应用

高攀

西北电力设计院有限公司, 陕西 西安 710075

DOI:10.61369/ME.2025080024

摘要：高压变频调速技术作为一种先进的节能调速手段, 近年来在工业领域得到了广泛的应用和发展。该技术能够根据设备实际运行需求精确调节电机转速, 实现高效节能, 同时还能改善设备的运行性能, 延长设备使用寿命。将高压变频调速技术应用于火力发电厂, 有望解决传统设备存在的问题, 降低厂用电率, 提高发电效率, 增强火力发电厂的经济效益和环境效益。因此, 深入研究高压变频调速在火力发电厂中的应用具有重要的现实意义和广阔的发展前景。

关键词：高压变频; 变频调速; 火力发电厂

Application of High Voltage Variable Frequency Speed Control in Thermal Power Plants

Gao Pan

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710075

Abstract : High voltage variable frequency speed regulation technology, as an advanced energy-saving speed regulation method, has been widely applied and developed in the industrial field in recent years. This technology can accurately adjust the motor speed according to the actual operating needs of the equipment, achieving high efficiency and energy saving, while also improving the operational performance of the equipment and extending its service life. Applying high-voltage variable frequency speed regulation technology to thermal power plants is expected to solve the problems of traditional equipment, reduce plant electricity consumption, improve power generation efficiency, and enhance the economic and environmental benefits of thermal power plants. Therefore, in-depth research on the application of high-voltage variable frequency speed regulation in thermal power plants has important practical significance and broad development prospects.

Keywords : high voltage frequency conversion; variable frequency speed regulation; thermal power plant

前言

在当今全球能源形势日益严峻的大背景下, 节能减排已成为各个行业发展的关键目标, 火力发电厂作为能源消耗大户, 其节能工作显得尤为重要。火力发电厂自身消耗的电能在全国消耗电能中占据相当大的比例, 约达 30% 左右, 这意味着大量生产出的电能被自身消耗, 造成了严重的能源浪费。传统的火力发电设备, 如鼓风机、引风机、给水泵、供油泵、桥式起重机、发电厂列车卸煤重牛变频调速系统以及给煤机等, 在运行过程中存在着诸多问题, 如电能浪费、设备磨损严重、调速性能不佳、工作效率低下等。为此本文针对高压变频调速在火力发电厂中的应用进行研究。^[1]

一、火力发电厂设备应用存在的不足

火电厂自身节电是节能工作的关键部分。有关资料表明火电厂自身所消耗的电量消耗了我国总消耗电量的 30%, 也就是说火电厂所生产的电能有三分之一被自身消耗。

1. 鼓风机、引风机。火电厂传统的风量调节, 依靠交流电动执行器改变风机引风机挡板开口度, 即通过改变风阻来调节引风量, 从而达到燃烧的目的。实践证明, 在使用时引风挡板的开口

度都在 70% ~ 80%, 相当一部分电量消耗在引风挡板的阻力降上, 电阻大, 浪费大。另外, 挡板的机械联接机构, 在挡板的调节过程中有滞后、线性度差、调节性能差等缺点。

2. 给水泵。传统的锅炉水位控制系统中, 给水泵是始终保持恒定工作的。给水泵的流量是通过调节阀或回流支路来调节的。存在着浪费能源、给水泵振动磨损大、泵使用寿命短的缺点。

3. 供油泵。一般是两台机组共用, 有三台供油泵。通常供油泵在两台机组运行时, 其中一台供油泵带负荷运行, 两台备用。

作者简介: 高攀 (1990.10—), 男, 汉族, 甘肃陇南人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 发电厂高压电技术。

而规程要求一台泵要长时期运行，以保证燃油正常循环。其缺点是：浪费能源；燃油长期以高速流动，储油罐温度高，有重大安全隐患；供油管路一直处于高压状态，管道阀门，活结等管件容易出现渗漏，加大了设备维护的工作量。

4. 桥式起重机。用于堆煤场，把煤从煤场抓取后放到运煤皮带或者从轮船抓取后放到运煤皮带上。其电气传动系统的电机一般是交流绕线转子异步电动机。由于工作环境灰尘大，有害气体对电动机的集电环、电刷以及接触器腐蚀较为严重；转子串电阻调速启动、机械特性软，调速效果不理想，并且能耗大、效率低。

5. 发电厂列车卸煤重牛变频调速系统。重牛传动系统是由两台绕线电机共同驱动一台绞车，牵引牵车机械将车皮拖到规定的停车位，以便送入翻车机内卸煤。由于该系统速度无法调节、起停时间无法控制，造成在接、牵车过程中起停过于猛烈，对设备冲击大，无法准确停车，系统工作效率低，无法实现自动运行。

6. 给煤机问题。由于煤种和磨煤机工况随时发生变化，给煤量也会随之改变。原给煤机存在：调速不稳定、下煤不均匀的问题。这样会造成磨煤机存煤量频繁变化，导致磨煤机入口负压、出口温度大幅波动；跑粉、堵煤现象严重。

二、高压变频调速节能原理

变频器的节能原理主要基于电机的调速特性和负载特性之间的匹配。在工业生产和日常生活中，许多设备的电机往往是按照最大负载工况来选型的，但实际运行中，负载常常处于变化状态，并非始终处于满负荷运行。传统的定速电机无法根据负载变化调整转速，导致大量电能浪费。变频器通过改变电机的供电频率来调节电机的转速。根据电机的转速公式（1）：

$$n = \frac{60f(1-s)}{p}$$

（其中 n 为转速， f 为频率， s 为转差率， p 为磁极对数）

当降低频率时，电机转速随之降低。对于风机、水泵这类负载，其功率与转速的三次方成正比。例如，当电机转速降低 20% 时，功率可降低约 50%，节能效果显著。此外，变频器还能实现软启动和软停止，避免了传统启动方式带来的大电流冲击，减少了设备的机械磨损和维护成本。而且，它可以根据负载的实时需求精确调整电机的运行参数，使电机始终运行在高效区，提高了电能的利用效率。总之，变频器通过灵活调速、降低启动冲击和优化运行参数等方式，有效实现了节能降耗，提高效益。根据运行报表数据，直接效益分析（以一台为例）如表 1 所示。

表1 直接效益分析

机组负荷 /MW	改造前平均单耗	改造后平均单耗	改造后降耗	节电率 (%)
50	0.7325	0.2867	0.4458	60.8
85	0.6419	0.3589	0.283	44.1
125	0.485	0.4317	0.0533	10.99

三、高压变频调速在火力发电厂中的应用

（一）高压变频调速在给粉机和给煤机中的应用

1. 传统给粉机和给煤机存在的问题

传统给粉机、给煤机只是简单的机械组织，一直以定速运行，如图 1，无法根据锅炉的燃烧情况变化给粉、给煤，改变不了固定给粉、给煤的速度。需要给粉、给煤少时，只能通过调节挡板或阀门改变流量，调节挡板或阀门是极其笼统的调节，就好比用大锤绣花，不能精确的满足燃烧需要。而且在调节时，消耗大量能量，相当于向能源的道路上撒钱。定速运行，设备总是处于重载运行，始终处于磨损状态，犹如不停高速行驶的汽车，使用寿命大为缩短。

2. 高压变频调速的应用原理及优势

高压变频调速接入到给粉机、给煤机后，如图 2，就像给组织装了一个大脑，根据锅炉的负荷信号，精确的调节电机的频率，改变电机的转速，锅炉负荷降低时，降低电机频率，转速降低，给粉、给煤量减少，放慢脚步；锅炉负荷升高时，提高电机频率，加快速度，加大给粉、给煤量。这样燃料能够充分燃烧，化学反应极好，锅炉热效率提高，煤炭消耗降低。电机转速降低，设备磨损降低，延长了设备寿命，犹如对设备进行了保养。

3. 实际应用效果

某火力发电厂将给粉机和给煤机采用高压变频调速后，效果非常突出，给粉、给煤像从模糊的照片变成了清晰的图片，燃烧更加稳定，锅炉燃烧率提高了约 5%，也就多利用了能源，降低了煤炭消耗约 3%，节省了大量的煤炭费用，同时，也减少了设备维修的人力、物力，延长了设备周期，减少了开销，这样不仅得到了经济的回报，而且减少了煤炭燃烧对环境的污染，效果非常突出。

（二）高压变频调速在燃油系统中的应用

1. 传统燃油系统的弊端

传统燃油系统中，供油泵采用定速运行，只有通过调节阀门来改变燃油的流量和压力。阀门存在较大的节流损失，阀门调节的线性度差，也像在水管上开一个很小的阀门，大部分能量消耗在阀门的阻力上，阀门调节时燃油的供应不稳定，使得火焰忽大忽小，影响发电质量，就像一辆发动机运转不稳定的汽车，行驶起来颠簸不堪。

2. 高压变频调速的工作方式及优点

高压变频调速应用于燃油系统，其重要意义在于，通过实施供油泵高压变频调速，能够更好地满足燃油系统负荷对供油泵的要求。传统的供油泵，其运行方式不能满足燃油系统负荷变化的状况。而通过实施供油泵高压变频调速后，供油泵的电机转速能够随着燃油系统的负荷变化，在线调整。燃油系统需要的燃油越少，电机转速越慢，就好像加快燃油水流速度越慢，多供了多余的燃油，浪费了能源。燃油系统需要的燃油越多，电机转速越快，及时满足燃油供给。这样少供的这部分油，避免了传统供油泵模式下的节流损失，极大地提高了系统的经济性，如对水管实施改造，水就流动得更加顺畅，损失的阻力就大大降低。另外，

供油泵实施高压变频调速后，还具有方便的流量、压力管理功能。使得燃油的供给更合理，实施科学供油，好比给发动机实施科学供油管理，科学供油，实施精准供油，在科学的供油管理下，燃烧更稳定，实施发电后，提供的电量更稳定、质量更好，保证了供电商的稳定供电。^[2]

3. 应用实例及效益分析

某火力发电厂燃油系统采用高压变频调速后，效果明显。燃油系统的能源消耗下降约 15%，相当于客户节约了大量燃油费用。燃油的稳定性大大提高，发电质量明显提高，仿佛发电厂换了一个稳定的心脏。同时由于电机运行更加平稳，设备的故障率下降，维护费用也下降。不仅提高了发电厂的直接经济效益，也使设备的可靠性和稳定性得到了提高。^[3]

（三）高压变频调速在送风机和引风机中的应用

1. 传统送风机和引风机的运行问题

传统的送风机和引风机采用挡板调节风量，大量的电能消耗在挡板的阻力上，就像一辆汽车在行驶过程中不断受到逆风的阻碍，能源浪费极其严重。而且挡板调节的响应速度慢，挡板不能及时的适应锅炉的变化。当锅炉负荷突然增加或减少时，不能及时的调整，燃烧工况会不稳定，燃烧不稳定时火焰强度会时强时弱，影响发电量和质量。

2. 高压变频调速的节能原理及效果

高压变频调速技术在风机风量调节的应用 随着科技的进步和人们对节能环保要求的不断提高，变频调速技术得到了广泛应用，特别是在风机风量调节方面，高压变频调速技术更是具有重要的作用。高压变频调速是利用改变电机供电频率的方法来改变风机转速，进而达到调节风机风量的目的。风机的功率随着风机转速的三次方而增加，风机转速降低，风机的功率也大幅降低。例如风机转速降低一半，则风机的功率降低到原来的八分之一。其节电效果非常明显。高压变频调速方式具有良好的控制性能，能够方便地根据锅炉的实际负荷变化及时调整风量。风机负荷增加时，高压变频调速系统能及时提高风机转速，增加风量，有利于燃料的燃烧；风机负荷降低时，高压变频调速系统能及时降低风机转速，减少风量，避免造成浪费。采用变频调速技术能实现对风量的精准调节，使燃烧更加充分，提高锅炉的热效率，降低用煤量，可为企业节省大量的资金，同时还有利于节能环保，实现节能减排。^[4]

3. 实际应用案例

某火力发电厂将送风机、引风机改成高压变频调速后，其效果非常令人惊喜。风机的节电率大约在30%左右，这是一个非

常显著的节电率，大大降低了发电厂的燃煤成本。锅炉的燃烧稳定性大大提高，火焰不易熄灭，平均每台机组发电量大约提高约4%。而且，由于风机的运行稳定性提高，设备的振动、噪音也大大降低。

（四）高压变频调速在给水泵、复水泵和疏水泵中的应用

1. 传统水泵系统的不足

传统的给水泵、复水泵和疏水泵，一般都采用定速运行，靠调节阀来调节流量、压力。存在严重的节流损失，消耗大量的能量用于克服阀门阻力。而且，调节阀的调节精度不高，难以使水泵的流量、压力精确调节，往往使水泵长时间在低效区运行。

2. 高压变频调速的应用优势

高压变频调速技术应用于水泵后，可以根据系统实际用能情况，动态改变水泵的转速，用能减少时，泵的转速低，耗能少；用能增加时，泵的转速提高，满足用能要求。这样就避免了节流损失，提高了泵的利用效率，如对汽车的发动机进行了优化改造。变频调速还可以实现水泵的软启动和软停止，对水泵的冲击小，设备使用寿命提高，如给汽车安装了一个缓冲器，避免了突然的冲击力。^[5]

3. 应用效果及推广价值

火力发电厂对给水泵、复水泵和疏水泵采用高压变频调速技术进行改造后，效果明显。水泵耗能降低约 25%，显著降低了火力发电厂的能源成本。同时，发电设备运行稳定，故障率降低，维修成本降低。该技术在火力发电厂具有广泛的推广应用意义，能有效提高发电厂的经济效益，降低能耗，推动其向更加节能、高效的方向发展。

四、结束语

高压变频调速技术在火力发电厂中的应用展现出了巨大的优势和潜力。通过在鼓风机、引风机、给水泵、供油泵、桥式起重机、发电厂列车卸煤重牛变频调速系统以及给煤机等设备上的应用，有效解决了传统设备存在的电能浪费、设备磨损、调速性能差等问题，显著降低了火力发电厂的自身电能消耗，提高了设备的运行效率和稳定性。从经济效益来看，高压变频调速技术的应用减少了设备的维护成本和能源消耗成本，增加了火力发电厂的利润空间。从环境效益方面考虑，降低能源消耗有助于减少煤炭等化石能源的使用，从而减少污染物的排放，对环境保护起到积极的推动作用。

参考文献

- [1] 吴晓明. 浅谈高压交流变频调速技术在火力发电厂的应用 [J]. 科学中国人, 2015, (08): 39.
- [2] 谢秀明. 高压变频调速技术在火力发电厂节能中的应用 [J]. 科技与企业, 2013, (21): 339.
- [3] 秦凤龙. 高压变频调速控制节能原理分析 [J]. 黑龙江科技信息, 2013, (19): 98.
- [4] 付志峰. 火力发电厂采用高压变频调速技术降低厂用电率节能研究 [J]. 科技信息, 2010, (31): 353-354.
- [5] 刘英肖. 高压交流变频调速技术在火力发电厂的应用 [J]. 华北电力技术, 2005, (09): 24-27+48.