

Coal bunker connectivity transformation technology-an innovative solution to improve the flexibility and economy of thermal power units

Yi Guo Li Yuan Zhipeng Men Yijun Zhou Jian Deng

Guangzhou Zhuhai Power Generation Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong, 519000, China

Abstract

With the deepening of energy structure adjustment, thermal power generation units face multiple challenges including deep peak regulation, rapid response to load fluctuations, and increasing the proportion of economical coal blending. This paper addresses the issues of slow coal switching in coal bins and poor flexibility in boiler coal supply systems during peak periods under multi-coal blending conditions. Through a case study of Guangzhou Pearl River Power Generation, we explore the advantages and practical effects of innovative coal bin interconnection technology. The research demonstrates that this technology enables dual-bin connectivity, allowing flexible coal blending ratios based on load demands. This significantly enhances peak regulation capabilities and stable combustion performance while effectively increasing economical coal blending ratios to reduce fuel costs. The paper also analyzes differences between traditional separate-bin retrofitting and coal bin interconnection technologies, and discusses the technology's potential for broader application. Results indicate that coal bin interconnection technology positively impacts boiler safety, peak regulation during high-load periods, stable combustion performance under low-load conditions, and economic benefits.

Keywords

Coal bunker; connectivity retrofit; compartmentalization retrofit; peak shaving; stable combustion; co-firing; flexibility retrofit

煤仓连通改造技术——提升火电机组灵活性与经济性的创新解决方案

郭翊 袁力 门智鹏 周义军 邓坚

珠海经济特区广珠发电责任有限公司, 中国·广东 珠海 519000

摘要

随着能源结构调整的深入, 火力发电机组面临着深度调峰、快速响应负荷变化和提提高经济煤种掺烧比例的多重挑战。本文针对多煤种条件下顶峰时煤仓不能快速切换煤种、锅炉供煤系统灵活性较差的问题, 结合广珠发电的实际案例, 探讨了煤仓连通改造创新技术的优势和运用效果。研究表明, 该技术能够实现双仓连通, 可以根据负荷需求灵活调配配煤比例, 显著提升机组调峰能力和稳燃性能, 同时有效提高经济煤种掺烧比例, 降低燃料成本。文章也分析了传统分仓式改造与煤仓连通改造技术的差异, 并对该技术的推广应用前景进行了展望。结果表明, 煤仓连通改造技术对提高锅炉安全性、高负荷时段顶峰能力、低负荷时段稳燃性能以及经济效益都具有积极意义。

关键词

煤仓; 连通改造; 分仓改造; 调峰; 稳燃; 掺烧; 灵活性改造

1 引言

随着我国能源转型的深入推进, 电力系统对灵活调节资源的需求日益迫切。根据国家发展改革委和国家能源局联合发布的《关于开展全国煤电机组改造升级的通知》(发改运行〔2021〕1519号), "十四五"期间需完成2亿千瓦煤电机组灵活性改造, 增加系统调节能力3000-4000万千瓦,

以促进清洁能源消纳。在这一背景下, 火电机组需要不断提升快速响应负荷变化的能力, 特别是在多煤种条件下, 如何实现煤种的快速切换成为提升锅炉供煤系统灵活性的关键挑战。

大部分火电厂采用在原煤仓中间加装分隔板的分仓改造方案, 该方案原理简单, 存在一些缺陷: 响应速度慢、切换不灵活、易堵煤; 分隔板加装之后, 煤仓出口的横截面流通面积变小, 掺烧劣质煤的煤泥颗粒增多, 同时含水粘性大, 容易堵煤, 造成改造失败; 存在严重的安全隐患: 在原煤仓内加装分隔板之后, 运行中, 分隔板两侧煤位高度很难保持

【作者简介】郭翊(1976-), 男, 中国广东珠海人, 本科, 工程师, 从事热动力工程研究。

一致,隔板两侧受力不均匀、失衡,存在变形、开裂的风险,严重时造成原煤仓焊缝撕裂,存在坍塌风险^[1]。

为解决以上问题,广珠公司与长弓公司联合研发的原煤仓连通装置,可以实现相邻煤仓内——不同品质燃料快速替换和掺配的功能,同时规避上述方案的堵煤问题和安全隐患。

表 1: 传统分仓改造与互联互通技术对比

特性	传统分仓改造	煤仓互联互通装置
改造方式	原煤仓内增加隔板分隔	煤仓间增加防堵连通管道
煤种切换	通过闸板阀切换,响应速度慢	通过煤质切换器,响应速度快
改造工期	较长	15天
停炉要求	停炉	无需停炉
投资成本	较高	较低
负载影响	煤仓结构改变较大,有安全隐患	外部连通,无安全隐患

该技术通过物理连接和控制系统设计,实现不同原煤仓之间的燃煤切换,能够根据机组负荷变化快速调整入炉煤质,显著提升机组的运行灵活性和经济性。本文结合广珠电厂成功落地的原煤仓双仓连接通技术实例,深入分析该技术的原理、优势特征及应用效果,以期为火电机组灵活性改造提供新的技术路径和实践参考。

2 煤仓连通改造技术原理与设计

2.1 技术原理

煤仓连通改造技术是一种创新性的供煤系统设计,其核心在于通过煤仓连通改造装置,将两个原煤仓连接成一个可灵活调配的供煤系统。

2.1.1 结构特点

该装置主要通过舌型取煤、防堵连通管道、煤质转换器和防堵装置连接。

2.1.2 工作原理

当启动煤仓连通改造装置时,气动插板阀 1、2 依次打开,连通管各刮刀驱动电机依次打开,此时煤流从 B 仓腰部的舌型取煤器,流入连通落煤管,当煤流到达下部三通出口时,关闭 C 仓插板阀,此时储存高热值煤种的 B 仓向 C 仓给煤机进行供煤。

2.1.3 主要技术性能和参数

根据煤仓参数和供煤需求量可灵活定制连通装置的尺寸,电控单体设备能实现就地和远方(DCS)启停操作,设备动作准确可靠,状态反馈准确可靠;整套设备能实现就地 and 远方(DCS)的一键启停功能,设备动作准确可靠。

3 工程案例

广珠公司 2 号炉煤仓 B 至 C 连通改造项目

3.1 广珠公司现场条件和运行现状

广珠公司 2 号锅炉是日本三菱重工生产的亚临界参数控制循环汽包锅炉,单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧

方式、平衡通风、全钢架悬吊结构 II 型露天布置、固态排渣。锅炉设置 A、B、C、D、E、F 共 6 个原煤仓并排布置,相邻原煤仓中心距约 8.1 米。原煤仓为钢制圆柱加圆锥筒体,位于锅炉房标高 21 米至 55.16 米之间,原煤仓圆筒直径为 $\Phi 7.47$ 米,锥斗与圆筒段焊接相连,锥斗下口直径为 $\Phi 0.64$ 米,圆筒段身长为 24.27 米,锥斗高度 9.89 米。锥斗内壁全覆盖厚度 2.5mm 不锈钢衬板。

给煤机平台位于锅炉房标高 16.5 米处,给煤机基座至原煤仓落煤闸板高度 4.5 米。落煤闸板出口用直径 $\Phi 0.64$ 米圆管排煤至给煤机。目前使用的落煤闸板为电动插板式,具备手动机械式开闭功能,开度可调节。

运行现状:以 2# 炉为例,6 个原煤仓,其中 45 个仓储存优质煤(接近设计煤种,高热值),2 个仓储存经济煤种(低热值)。现有条件下,不能增加经济煤种比例。若增加经济煤种比例,6 台给煤机全开的情况下,机组不能顶满负荷。因煤仓储量 900 多吨,将经济煤换成优质煤有数小时的滞后时间,不能满足调峰要求。增加经济煤种掺烧量的需要和调峰的需要相互矛盾。

3.2 煤仓 B 至 C 连通改造连通改造技术介绍

结合广珠公司现场条件和运行需要,公司对 2#B 仓和 C 仓进行了连通改造。

本次改造具体实施情况为:C 仓储存经济煤种,B 仓储存优质煤。首先在 B 仓腰部开设取煤口,通过连通管道连接至 C 仓给煤机入口,并在该管道上端和下端分别设置 1 个插板阀,管道底部布置煤流活化装置。广珠公司为露天煤场,含水量大,为防止三通出口处堵煤,广珠公司建议三通出口下方增加布置旋转清堵机。

通过插板阀的控制,来实现 C 仓自供煤和 B to C 供煤两种方式的切换。B to C 供煤时,连通管道内煤流靠自身重力压力流动,自适应匹配 C 仓给煤机出力^[2]。

3.3 煤仓连通改造装置运行情况

改造完成后,通过对控制方式和运行方式的不断摸索调整,目前该系统切换动作准确,供煤稳定,完全实现了 C 给煤机可以选择使用 B 仓和 C 仓两种不同的煤种。

广珠公司一般运行情况为:C 仓经济煤种,B 仓高热值煤种。在低负荷段时,C 仓向 C 给煤机供煤,使用经济煤种;高负荷段时,B 仓向 C 给煤机供煤,使用高热值煤种。上煤方式由原来的 4 个仓优质煤 2 个仓经济煤,转变为 3 个仓优质煤 3 个仓经济煤。

通过上述改造,增加了经济煤种的掺烧量,不仅增加了公司的经济效益,同时也满足调峰的需要,还能满足容量电价的考核。

4 技术优势与经济效益分析

4.1 技术优势

4.1.1 提升负荷响应速度

通过双仓连通设计,能够快速切换煤种,显著提高机

组负荷响应能力。在广珠电厂的实践中,连通的煤仓系统使机组能够根据电网需求快速调整出力,满足了电力现货市场对快速调节资源的需求。

4.1.2 增强调峰稳定性

连通改造技术使电厂能够更灵活地应对煤种的变化与机组负载的波动,特别是在深度调峰工况下,通过精确配煤保证稳燃性能。广珠发电公司的实践证明,连通改造后锅炉的低负荷稳燃能力明显提高,为深度调峰创造了条件。

4.1.3 提高配煤精准性

通过调整给煤机的运行速度和配煤阀的开启幅度,可实现对不同热值煤种掺烧比例的精确控制,显著提升能源利用效率。某流化床锅炉改造项目应用表明,这种精准配煤功能可降低燃料成本3-5%。

4.1.4 降低改造成本与工期

相比传统分仓改造,连通改造技术改造费用更低,工期仅需15天左右,工程量小,且无需停炉,保证了电厂的正常运行。

4.1.5 增强安全性与可靠性

施工过程安全无风险,仓外改造,改造后不改变原煤仓的结构,不改变原有给煤逻辑,无安全隐患,同时,系统具有防堵功能,有效减少了原煤仓堵煤蓬煤的风险。

4.2 经济效益主要体现在以下几个方面:

4.2.1 降低燃料成本

通过提高经济煤种掺烧比例,直接降低燃料成本。以广珠电厂660MW机组为例,实施连通改造改造后,劣质煤掺烧比例提高15-20%,年节约燃料成本约500万元左右。

4.2.2 提高发电收益

快速负荷响应能力使电厂能够在电价高峰时段及时提升出力,获得更高的发电收益。特别是在电力现货市场环境下,这种快速调节能力能够带来显著的边际收益。

4.2.3 减少运维成本

系统的防堵设计和智能控制功能减少了人工干预和清理工作量,降低了运维成本。广珠发电公司的实践表明,改造后堵煤故障率下降80%以上。

4.2.4 节省改造投资

相比传统分仓改造,连通改造技术投资节省20%,且改造工期短,不影响机组发电计划,间接效益显著。

5 应用前景

煤仓连通改造技术具有广阔的应用前景。随着电力市场化改革的深入和新能源比例的不断提高,火电机组的调峰作用和收益模式将发生根本性变化。在电力现货市场环境下,快速响应负荷变化的能力将成为火电厂的核心竞争力之一。煤仓连通改造技术能够有效提升火电厂的运行灵活性,适应新型电力系统对灵活调节资源的需求。

此外,国家政策也大力支持火电机组灵活性改造。国家发展改革委、国家能源局在《关于开展全国煤电机组改造升级的通知》中明确要求,"十四五"期间完成2亿千瓦煤电机组灵活性改造,实现煤电机组灵活制造规模1.5亿千瓦^[1]。这为煤仓连通改造技术的推广应用提供了政策支持和市场空间。

从技术发展趋势看,煤仓连通改造技术不仅可以应用于新建机组,也更适用于现役机组的改造。该技术不仅适用于常规煤粉炉,也可应用于流化床锅炉;不仅适用于300MW等级机组,也可应用于600MW及以上大容量机组。随着技术的不断完善和工程经验的积累,其应用范围将进一步扩大^[4]。

6 结论与展望

首先,通过对原煤仓连通改造技术改造,能够根据负荷需求快速调整入炉煤质,显著提高机组的负荷响应速度和调峰能力^[5]。广珠电厂的实践证明,该技术可使机组在高峰负荷时段及时提升出力,在低谷时段保证稳燃性能,有效适应电力现货市场和深度调峰的需求。

其次,该技术能够有效提高经济煤种掺烧比例,降低燃料成本。广珠发电公司的改造案例表明,合理配煤掺烧可显著提高电厂经济效益,年节约燃料成本数百万元。

第三,相比传统分仓改造,连通改造技术具有投资省、工期短、不停炉等,无安全隐患等优势。

展望未来,随着人工智能、大数据等技术的发展,煤仓连通改造技术将向更加智能化的方向发展。

总之,煤仓连通改造技术作为火电机组灵活性改造的重要手段,能够有效解决多煤种条件下快速切换煤种的难题,提高锅炉供煤系统的灵活性,对保障电力系统安全稳定运行、促进清洁能源消纳、实现碳达峰碳中和目标都具有积极意义。建议相关企业、科研机构和政府部门共同努力,加快推进该技术的研发和应用,为我国能源电力行业的清洁低碳转型提供技术支持。

参考文献

- [1] 刘鹏,缪易良,马宏伟,等.刚柔混联式煤仓清理机器人耦合运动学与工作空间研究[J/OL].煤炭学报,1-19[2025-09-17].<https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2025.0542>.
- [2] 赵东京.原煤仓分仓改造的研究与实施[J].中国设备工程,2025,(15):246-248.
- [3] 李琪.2025全国发电机组低碳及灵活性改造技术研讨会在京召开[J].中国设备工程,2025,(16):3-5.
- [4] 苏南.煤电机组灵活性改造迈向系统协同[N].中国能源报,2025-08-11(009).DOI:10.28693/n.cnki.nshca.2025.000816.
- [5] 谢鑫,武茂松,陆刚,等.新型电力系统下煤电机组“三改联动”改造问题及实施路径研究[J].节能,2025,44(07):153-156.