

基于环保自动化的火电联合技术探讨

叶晖

华电伊犁煤电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i7.6475

[摘要] 在全球化背景下,生态环境问题已成为世界各国面临的严峻问题,绿色化、低碳化与环保自动化成为了各行各业转型发展的主要方向。尤其是对于污染产生较大的火电厂来说,基于环保自动化对火电联合技术进行创新优化具有重要意义,对此,本文从当前我国环保自动化发展的现状入手,深入探讨了火电联合技术在火电厂环保自动化中的应用实践,分析了基于环保自动化的火电联合技术系统的设计要点,同时探究了基于环保自动化的火电联合技术在生产实际中应用效能。研究表明,在火电厂的生产中,相比较于传统火电生产技术,基于环保自动化的火电联合技术的成本虽然较高,但技术相对成熟,安全性高,且灵活性较强,能源利用性与发电稳定性较高,值得推广应用。

[关键词] 环保自动化; 火电联合技术; 节能降耗; 应用研究

中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Discussion on thermal power joint technology based on environmental protection automation

Hui Ye

Huadian Yili Coal and Power Co., Ltd

[Abstract] In the context of globalization, ecological and environmental problems have become serious problems faced by all countries in the world, and greening, low-carbon and environmental automation have become the main directions of transformation and development of all walks of life. In this regard, starting from the current situation of the development of environmental protection automation in our country, this paper deeply discusses the application practice of thermal power combined technology in thermal power plant environmental protection automation, analyzes the design points of the thermal power joint technology system based on environmental protection automation, and explores the application efficiency of thermal power combined technology based on environmental protection automation in production practice. The results show that in the production of thermal power plants, compared with traditional thermal power production technology, although the cost of thermal power combined technology based on environmental protection automation is higher, the technology is relatively mature, the safety is high, and the flexibility of the discovery mode is strong, and the energy utilization and power generation stability are high, which is worthy of popularization and application.

[Key words] environmental protection automation; thermal power joint technology; energy saving and consumption reduction; Applied research

引言

受工业化发展的影响,传统火力发电技术存在着能源消耗偏高、设备运行效率低以及污染排放大等问题,对火电厂火电生产技术进行节能降耗创新研究,提高其环保性能,推动火电厂生产能效提升、加快能源结构的调整具有重要意义。目前,以风力、水力等主要发电来源的环保自动化技术发展迅猛,与传统火电技术相比,已逐步替代部分传统化石能源发电技术在生产实践中的应用,虽然取得了较高的应用效益,但就实际而言,仍然面临着技术成熟度不足、稳定性较差等问题,因此,在“双碳”理

念下,本文对基于环保自动化的火电联合技术展开了研究,旨在为火电厂的绿色发展提供新的思路和技术支持。

1 环保自动化技术的发展现状

为有效缓解当前各国能源资源逐渐减少,而环境污染问题日渐严重的问题,联合国环境保护组织提出了“碳达峰与碳中和”(简称“双碳”)的发展理念与目标,基于此,以再生能源为主要原料的环保自动化技术得到了有效发展,主要体现在以下结构方面:第一数字化技术的赋能,使得环保自动化技术实现了火电生产从能源采集、应用、生产到排放的全流程自动化监控

与管理,极大的提高了能源的利用效率,降低了环境污染。第二人工智能、大数据、云计算、5G等新一代智能化技术在环保自动化火电联合技术系统构建的应用,有效提升了火电联合技术在应用实践中的自我学习与优化能力,在具体应用实践中,主要根据火电厂的实际生产状况,自动调整生产参数,从而尽可能的实现火电厂生产节能降耗的目标。第三物联网技术与基于环保自动化的火电联合技术的融合,使得火电联合技术能够在火电生产过程中与其他生产设备实现信息共享,进而形成一体化的环保自动化生产系统,有效提升火电厂生产的绿色化、低碳化与节能性^[1]。

2 基于环保自动化的火电联合技术体系的构建

“双碳”背景下,环保自动化技术为火电厂火电联合技术的赋能,对提高能源资源的利用率,降低环境污染具有显著优势,因此,构建基于环保自动化的火电联合技术体系是十分有必要的,具体如下。

2.1 整体架构

基于环保自动化的火电联合技术体系的构建,主要依托于智能实时传感器与先进的环保自动化技术,以期实现能源利用效率的提高以及火电运行系统运行的优化,系统具体架构如图1所示。

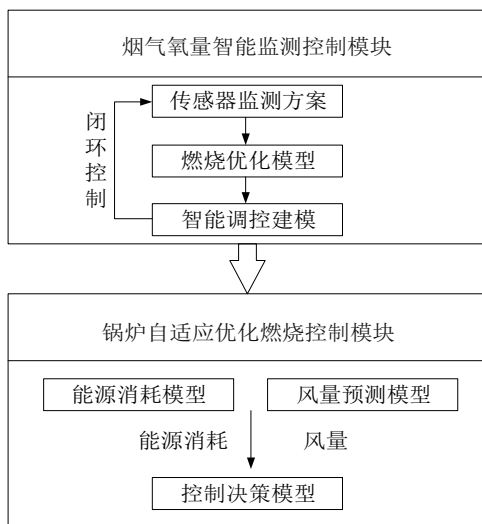


图1 基于环保自动化的火电联合技术体系架构示意图

在具体设计中,该系统主要包括烟气氧量智能检测控制、锅炉自适应优化燃烧控制与精准喷氨自动优化控制三大关键技术功能模块,其中烟气氧量智能检测控制模块的主要任务为实时监测火电厂生产过程中烟气的含氧量、温度、湿度等指标参数,以便于能够通过环保自动化火电联合技术在烟气氧量闭环控制的前提下,对能源燃烧的空气量进行优化,促进能源的充分燃烧。其次锅炉自适应优化燃烧控制功能模块主要承担对火电厂生产过程中,锅炉运行时能源消耗量与风量比例的自适应优化控制^[2]。然后是精准喷氨自动优化控制模块,旨在有效保证NOx能够达到标准排放浓度的同时降低氨用量,减少氨逃逸,实现SCR脱销自动化控制。

2.2 功能模块设计

2.2.1 烟气氧量智能监测控制模块

在火电厂的生产实践中,该模块的设计旨在实现能源燃烧中烟气中含氧量的实时监测与控制优化,从而促进火电厂能源充分燃烧所需空气含氧量以及锅炉燃烧效率的提升,在实际应用中,对后续锅炉运行中能源的自适应燃烧控制奠定了有效的优化基础。一般情况下,对于烟气含氧量的智能监测控制可采用激光式测氧分析器作为主要监测智能传感器,其监测原理主要通过利用激光测氧仪产生的激光照射分子O₂,在光解反应条件下分解为两个氧原子O,并测量其光吸收强度I,当氧原子数浓度[O]与光吸收强度I呈正相关关系,且氧原子O与氧原子氧浓度[O₂]也呈正相关的情况下,可对烟气的含氧量进行计算^[3],在实践中,其测量原理可用下列公式进行表示:

$$O_2 + h\nu \rightarrow O + O \quad (1)$$

与此同时,基于烟气能源含氧量,为进一步优化能源燃烧优化模型,需建立优化目标优化函数,以便于计算出能源充分燃烧所需空气量的最优解L*,从而优化燃烧设备与风机的效率,提高烟含氧量闭环管理的质量与效率,进而提高能源燃烧的有效性。优化目标如下:

$$\min f(x, L) = \omega_1(x - x_0)^2 + \omega_2(L - L_0)^2 \quad (2)$$

$$s.t. \quad x_{\min} \leq x \leq x_{\max}, \quad L_{\min} \leq L \leq L_{\max}$$

式中, x表示烟气含氧量; x₀表示最佳含量; L₀表示理论空气量; L表示实际空气量; ω₁、ω₂表示权重系数^[4]。

2.2.2 锅炉自适应优化燃烧控制模块

基于上述烟气氧量智能监测控制优化模型的基础上,锅炉自适应优化燃烧控制模块主要采用模型驱动方式对能源燃烧进行优化控制,以便于更好的确定能源消耗量与风量之间的最佳比例,从而实现火电厂生产过程中能源燃烧的全面控制优化^[5],在具体实践中,一般包括能源消耗模型、风量预测模型以及控制决策模型三个部分的设计。

首先是源消耗模型,主要依据锅炉燃烧的热平衡原理,计算能源消耗量与负荷之间的关系,具体公式如下:

$$m_c = aP + b \quad (3)$$

式中, m_c表示锅炉的能源消耗量; P表示锅炉汽轮机的运行负荷; a、b消耗系数。

其次是风量预测模型,其构建原理主要基于三层神经网络技术进行,其结构用公式表示如下:

$$x = [P, Q_v]^T \quad (4)$$

$$h = \varphi(W^{hx} + b^h) \quad (5)$$

$$\hat{V}_a = f(L, Q_v) = W^{yh}h + b^h \quad (6)$$

式中, x表示特征向量; P表示负荷; Q表示能源燃烧热值; h表示隐层输出; $\hat{V}_a$ 表示预测风量; φ表示激活sigmoid; W^{h x}表示输入层到隐层的权重; W^{yh}表示隐层到输出层的权重^[6]。

最后是控制决策模型, 主要根据负荷 P 与预测风量 $\hat{V}_a$ 。对当前能源燃烧的控制决策进行优化, 以提高锅炉燃烧效率的提高, 实现节能减排的目的, 具体优化目标函数如下:

$$L(m_c, V_a) = \omega_1 |m_c - m_c^*|^2 + \omega_2 |V_a - \hat{V}_a|^2 \tag{7}$$

式中, m_c^* 表示锅炉理想能源消耗值; ω_1 、 ω_2 表示权重系数^[7]。

2. 3精准喷氨自动优化控制模块

基于现代智能化技术, 对SCR脱硝反应区精准喷氨自动优化系统进行构建是当前环保政策下, 提高火电厂污染控制, 实现环保自动化的有效途径。因此, 精准喷氨自动优化控制模块设计的基本原理主要是根据SCR脱硝出口NO_x的实时含量来调整喷氨量, 以达到控制SCR脱硝出口NO_x值的目的。一般情况下, NO_x值的计算主要应用下列公式进行计算:

$$NO\ X\text{折算值} = NO\ X\text{实际值} \times 15 / (21 - O_2\text{实际值}) \times 1.53$$

此外, 针对SCR脱硝口NO_x浓度波动大、喷氨不均匀等问题, 主要采用串级PID喷氨控制系统来进行优化, 该系统主要由两级PID控制回路组成, 主线路负责控制喷氨流速, 副线路负责喷氨阀门开关的控制, 具体控制原理如图2所示。

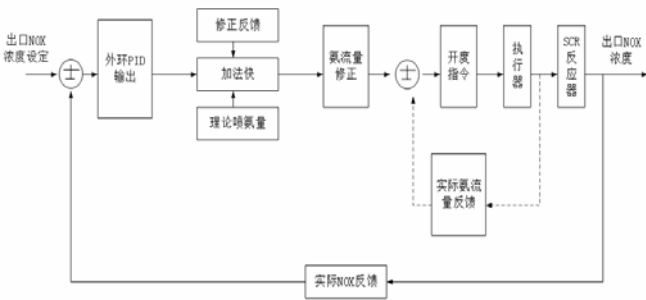


图2 脱硝精准喷氨优化控制原理

3 基于环保自动化的火电联合技术的应用实践

表1 试验对比结果

对比指标	传统火电技术	IGCC 机组
锅炉气温/℃	542	547
锅炉气压/MPa	20	20.5
能源消耗量/(t/h)	320	295
能源消耗率/(g/kWh)	312	304
烟气氧量/%	6.2	2.8
用氨量(Nm ³)	2908	1842
净烟气 NO _x 波动范围(Nm ³ /h)	30~103	26~61
投入成本	高	高
技术可行性	技术成熟	技术相对成熟
安全性	一般	高
运行灵活性	差	高
能源利用率	低	高
发电稳定性	一般	高

为进一步探究基于环保自动化的火电联合技术在火电厂实际生产中的应用实践效果, 构建了一个300MW燃煤发电机组的仿

真试验平台, 对传统火电技术与基于环保自动化的火电联合技术进行对比试验研究, 其中基于环保自动化的火电联合技术主要采用煤电发电中最为清洁的发电模式IGCC机组进行试验, 具体对比结果如表1所示。

根据上表分析可得, 在火电厂的实际生产中, 与传统火电技术相比, 基于环保的火电联合技术IGCC机组的应用, 使得锅炉的出口汽温与汽压均得到了有效提升, 一定程度上, 促进了锅炉运行系统的发电效率与规模的增加。同时能源消耗量与能源消耗率的下降, 以及烟气氧量的下降, 此外, NO_x控制效果明显得到改善, 氨用量明显减少, 说明IGCC机组可以有效提高能源的利用率, 实现节能减排的目标。此外, 在实际应用中, IGCC机组在安全性、运行灵活性、能源利用率以及发电稳定性等方面具有优势, 即基于环保自动化的火电联合技术具有较高的经济效益与社会效益, 能够为火电厂的绿色发展提供了有力的技术支持, 值得推广应用^[8]。

4 结语

综上所述, 在“双碳”目标的驱动下, 基于环保自动化的火电联合技术不仅顺应了绿色化、低碳化的发展趋势, 而且为火电厂的节能降耗提供了新的解决方案。通过对基于环保自动化的火电联合技术体系的构建以及应用实践的深入研究, 发现基于环保自动化的火电联合技术在提高能源利用效率、降低环境污染、优化火电生产流程等方面具有显著的优势, 对推动我国甚至世界火电行业绿色、环保、低碳转型发展具有重要意义。

[参考文献]

[1] AlKassem A, Haddad A K, Komljenovic D, et al. The Strategic Selection of Concentrated Solar Thermal Power Technologies in Developing Countries Using a Fuzzy Decision Framework [J]. Energies, 2025, 18(8): 1957–1957.

[2] T D, P R, Y O, et al. Experimental analysis on solar powered mobile robot as the prototype for environmentally friendly automated transportation [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1450(1): 012034.

[3] 白凤灵. 基于电气工程自动化的火电厂智能化技术应用分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(06): 106–107+110.

[4] 方真. 火电厂电气综合自动化系统设计研究 [J]. 中国科技投资, 2021, (10): 76+80.

[5] 邓雨佳. 电气工程自动化节能环保技术研究 [J]. 通讯世界, 2024, 31(04): 88–90.

[6] 周范晗. 火电厂热控自动化保护装置故障与控制系统优化的研究 [J]. 家电维修, 2025, (06): 146–148.

[7] 杜仁伟, 罗鹏, 鲁豪, 等. 火电行业低碳发展技术路线研究及建议 [J]. 中外能源, 2025, 30(04): 89–94.

[8] 马骛. 火电行业技术改造中的创新技术及其应用前景分析 [J]. 科技资讯, 2024, 22(24): 189–191.

作者简介:

叶晖(1988—), 男, 汉族, 河南商丘人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 生态环保自动化。