

# 热工仪表及自动控制对火电设备机组节能降耗的影响分析

刘晓宁

华电国际电力股份有限公司朔州热电分公司, 中国·山西 朔州 036012

**摘要:** 随着全球能源需求的持续增长与环境保护意识的不断提升, 节能减排已成为电力行业亟待解决的关键问题。火电设备机组, 作为电力生产的核心设备, 其能耗与排放水平备受瞩目。为应对这一挑战, 电力行业积极探索并应用新技术, 以期实现更高效、更环保的电力生产。其中, 热工仪表及自动控制系统的应用尤为关键。这些技术不仅显著提升了火电设备机组的运行效率, 还有效降低了能耗与排放水平。通过实时监测与控制, 热工仪表及自动控制系统为火电设备机组的节能减排提供了有力支持, 推动了电力行业的可持续发展。

**关键词:** 热工仪表; 自动控制; 火电设备; 机组节能降耗; 影响

## Analysis of the Impact of Thermal Instruments and Automatic Control on Energy Conservation and Consumption Reduction of Thermal Power Equipment Units

Xiaoning Liu

Shuozhou Thermal Power Branch of Huadian International Power Co., Ltd., Shuozhou, Shanxi, 036012, China

**Abstract:** With the continuous growth of global energy demand and the increasing awareness of environmental protection, energy conservation and emission reduction have become key issues that urgently need to be addressed in the power industry. Thermal power equipment units, as the core equipment of power production, have attracted much attention for their energy consumption and emission levels. To address this challenge, the power industry actively explores and applies new technologies in order to achieve more efficient and environmentally friendly power production. Among them, the application of thermal instruments and automatic control systems is particularly critical. These technologies not only significantly improve the operational efficiency of thermal power equipment units, but also effectively reduce energy consumption and emission levels. Through real-time monitoring and control, thermal instruments and automatic control systems provide strong support for energy conservation and emission reduction of thermal power equipment units, promoting the sustainable development of the power industry.

**Keywords:** thermal instruments; auto-control; thermal power equipment; energy conservation and consumption reduction of the unit; influence

## 0 前言

火电设备机组的能耗受到多种因素的影响, 包括电网负载情况、设备状态、机组负荷等。传统的火电设备机组运行方式往往依赖于人工操作和经验判断, 难以实现精确控制和优化运行。而热工仪表及自动控制系统的引入, 为火电设备机组的节能降耗提供了新的解决方案。

## 1 热工仪表及自动控制系统的基本原理

热工仪表主要基于物理原理实现对热工参数的测量。例如, 温度测量仪表, 热电偶利用热电效应, 不同金属两端温度差产生热电势, 其大小与温度相关; 热电阻则基于金属电阻随温度变化的特性。压力仪表依据弹性元件受压变形(如弹簧管压力表)或压敏元件的电学特性变化(如压阻式压力传感器)来测量压力。

自动控制系统原理是基于反馈控制。通过热工仪表测量被控对象(如锅炉、汽轮机等)的参数, 将测量值与设定值比较, 若存在偏差, 控制器根据偏差信号按照预定的控制规律(如比例、积分、微分控制等)计算出控制信号, 作用于执行机构(如调节阀、变频器等), 调整被控对象的输入量, 从而使被控参数稳定在设定值附近, 实现自动控制过程。锅炉跟随控制方式如图 1 所示。

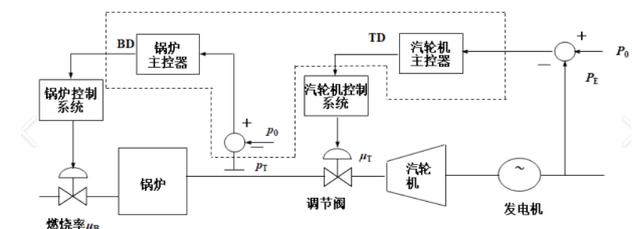


图 1 锅炉跟随控制方式

## 2 火电设备机组能耗的关键因素分析

### 2.1 锅炉效率及其相关因素

锅炉效率是衡量其能耗性能的重要指标,它直接反映了锅炉在将燃料化学能转化为蒸汽热能过程中的效率。锅炉效率的高低受到多种因素的影响,其中排烟热损失、化学不完全燃烧热损失和机械不完全燃烧热损失是主要因素。排烟温度的高低和排烟中氧含量的多少,直接影响到排烟热损失的大小。当排烟温度过高或排烟中氧含量过高时,会导致大量的热能随烟气排入大气,从而降低锅炉效率。此外,燃料性质、一次风速、二次风速等参数也会影响化学不完全燃烧热损失。而飞灰可燃物则是影响机械不完全燃烧热损失的关键因素,飞灰中可燃物含量越高,锅炉效率越低。

### 2.2 汽轮机效率及其影响因素

汽轮机效率是反映汽轮机在将蒸汽热能转化为机械能过程中的效率。汽轮机效率的高低取决于多个因素,包括热端效率、冷端效率、通流效率和回热效率等。其中,高、中、低压缸效率是影响汽轮机本体效率的关键因素。各加热器参数则直接影响循环效率,如加热器的传热性能和加热蒸汽的参数等。此外,汽机冷端状态也会对运行效率产生较大影响,如凝汽器的真空度和冷却水流量等。同时,锅炉主(再)热蒸汽、过(再)热蒸汽减温水流量的控制也对机组经济运行产生重要影响。

### 2.3 厂用电率及其控制

厂用电率是衡量火电厂用电设备能耗的重要指标。厂用电率的高低直接影响到火电厂的整体能耗水平。厂用电率的控制受到多种因素的影响,包括发电机的效率、用电设备的运行效率以及电力网络的负荷情况等。当发电机的效率降低时,会导致工厂用电率上升。同时,用电设备的运行效率也会影响厂用电率,如磨煤机、排粉机、吸风机和送风机等设备的能耗情况。此外,电力网络的负荷波动也会对厂用电率产生影响,当负荷波动较大时,需要频繁调整机组运行参数以适应负荷变化,从而增加能耗。

## 3 热工仪表及自动控制对火电设备机组节能降耗的影响

### 3.1 强化数据监测,提升运行精准度

热工仪表在火电设备机组中扮演着至关重要的角色,其强化数据监测的能力对于提升机组运行精准度具有深远影响。这些仪表能够实时捕捉并精确测量机组运行过程中的关键热工参数,如温度、压力、流量等,这些数据如同机组健康状况的晴雨表,直接反映了机组的运行状况和能耗水平。通过热工仪表的精确测量,控制系统得以获取详尽且准确的数据支持,进而对机组运行状态进行更为精细的调整。这种基于数据的精准控制策略,不仅有效避免了因参数波动过大而导致的能耗增加,还显著提升了机组的运行稳定性和安全性。在实际操作中,这意味着机组能够在更加稳定的状

态下运行,减少了因参数偏离最佳范围而产生的额外能耗。此外,热工仪表的实时监测功能还具备预警和故障诊断的能力。通过连续监测关键参数的变化趋势,仪表能够及时发现潜在的故障迹象,为维修人员提供宝贵的时间窗口,以便在故障发生前进行干预,从而避免了故障扩大导致的能耗增加和维修成本上升。

### 3.2 智能调节负荷,优化能源利用

在电网负载与机组状态的双重依据下,火电设备机组通过智能调节负荷策略,实现了能源利用的优化。这种调节不仅基于实时的电网需求,还充分考虑了机组的实际运行状态,确保了机组出力与电网负载之间的动态平衡。当电网负载较低时,机组能够自动削减出力,通过减少燃料供给量等手段,有效降低了燃料消耗和能耗水平。而在电网负载高峰时段,机组则能迅速提升出力,确保电力供应的稳定性和可靠性。这种智能调节策略不仅提高了机组的运行效率,还显著降低了不必要的能源消耗。此外,启停策略的优化也是智能调节负荷的重要组成部分。在机组启动过程中,控制系统通过合理规划操作流程,减少了启动过程中的能源消耗和污染物排放。

### 3.3 推动技术创新,引领节能减排

热工仪表及自动控制系统的应用推动了火电设备机组的技术创新和发展。随着技术的不断进步,新的热工仪表和控制系统不断涌现,它们能够更高效地监测和控制机组运行,实现更精确的能耗管理。这些新技术的应用不仅提高了机组的运行效率和稳定性,还促进了其他节能减排技术的研发和推广。例如,通过燃烧优化技术,可以提高燃料的燃烧效率,减少污染物排放;通过余热回收技术,可以将机组运行过程中产生的余热进行回收和利用,进一步提高能源利用效率。这些技术的综合应用,使得火电设备机组的整体能耗和排放水平得到了显著降低,为电力行业的可持续发展做出了重要贡献。

## 4 热工仪表及自动控制在火电设备机组中的具体应用

### 4.1 参数监测方面的应用

热工仪表在火电设备机组的参数监测中发挥关键作用。温度仪表用于测量锅炉内蒸汽温度、炉膛温度等。例如,热电偶和热电阻温度计能精确感知温度变化,确保蒸汽达到合适温度进入汽轮机,提高发电效率。压力仪表对锅炉汽包压力、蒸汽管道压力等进行监测,像弹簧管压力表等可实时显示压力数值,防止压力过高引发安全事故。流量仪表精确测量燃料、水、蒸汽的流量,如孔板流量计准确计量燃料流量,保证燃料供应与机组负荷匹配。液位仪表监测水箱、汽包液位,避免液位过高或过低影响机组运行。这些热工仪表提供的准确参数,为机组稳定运行奠定基础。

### 4.2 燃烧过程自动控制的应用

在火电设备机组的燃烧过程中,自动控制至关重要。

自动控制系统依据热工仪表反馈的信息来控制燃烧。氧含量分析仪测量燃烧废气中的氧含量，控制系统根据此数据调整送风量，确保燃料与空气的最佳配比，实现充分燃烧。根据燃料流量仪表的数据，控制系统精确调节燃料供给量，适应机组不同负荷需求。在燃烧过程中，温度传感器监测炉膛温度，当温度偏离设定值时，自动控制系统调节燃烧强度，如调整喷燃器的喷油量或喷气量，维持稳定的炉膛温度，减少不完全燃烧带来的能量损失，提高燃烧效率，降低污染物排放。燃烧自动调节系统的组合示意图如图 2 所示。

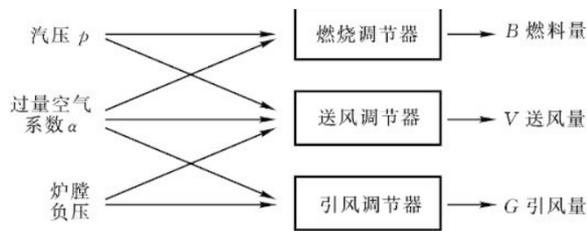


图 2 燃烧自动调节系统的组合示意图

### 4.3 负荷调节中的应用

热工仪表和自动控制在火电设备机组的负荷调节方面有重要应用。功率表等热工仪表测量机组的发电功率，当电网负荷需求变化时，自动控制系统根据功率测量值进行调节。在负荷降低时，控制系统根据蒸汽流量仪表等的的数据，减少汽轮机的进汽量，同时降低锅炉的燃烧量，使机组平稳运行在低负荷状态，避免效率大幅下降。在负荷增加时，自动控制系统迅速增加燃料供给和蒸汽流量，提高机组的发电功率。通过热工仪表和自动控制系统的协同作用，机组能够快速、准确地响应负荷变化，在不同负荷工况下保持较高的能源利用效率，保障电力供应的稳定性和可靠性。

## 5 未来火电设备机组节能降耗中热工仪表及自动控制技术的发展方向

### 5.1 智能化与集成化提升

在未来的火电设备机组节能降耗领域，热工仪表及自动控制系统的智能化与集成化将成为重要的发展方向。智能化意味着系统能够利用先进的算法和模型，对火电设备机组的运行数据进行深度学习和分析，从而实现了对能耗的精准预测和优化控制。这不仅能够提高系统的响应速度和准确性，还能够降低人为干预的频率和成本。同时，集成化也是未来热工仪表及自动控制系统的重要趋势。通过整合多个独立的仪表和控制系统，可以形成一个综合性的系统平台，实现数据共享、信息互通和统一调度。这种集成化的系统平台将极大地提升火电设备机组的运行效率，降低能耗和排放。智能化与集成化的提升将使得热工仪表及自动控制系统更加智能、高效和便捷，为火电设备机组的节能降耗提供有力的技术支持。

### 5.2 高精度与高可靠性保障

在未来的火电设备机组节能降耗中，热工仪表及自动控制系统的精度和可靠性将成为衡量其性能的重要标准。高

精度意味着系统能够更准确地监测和控制火电设备机组的各项运行参数，从而实现对能耗的精细化管理。这要求热工仪表具备更高的测量精度和稳定性，以确保数据的准确性和可靠性。同时，高可靠性也是热工仪表及自动控制系统不可或缺的要求。在恶劣的工业环境中，系统需要保持稳定运行，减少故障率和停机时间，以确保火电设备机组的安全运行。为了实现这一目标，需要采用更先进的传感器技术、信号处理技术和故障诊断技术，提高系统的整体性能和稳定性。高精度与高可靠性的保障将使得热工仪表及自动控制系统在火电设备机组节能降耗中发挥更加重要的作用。

### 5.3 自适应与远程监控强化

在未来的火电设备机组节能降耗领域，自适应与远程监控将成为热工仪表及自动控制系统的两大创新方向。自适应能力意味着系统能够根据火电设备机组的实际运行状态和外部环境变化，自动调整控制策略和参数，以实现最优化的能耗控制。这要求系统具备强大的数据分析和学习能力，能够实时感知和预测设备机组的运行状态，并作出相应的调整。同时，远程监控功能也是未来热工仪表及自动控制系统的重要创新点。通过互联网技术，可以实现对火电设备机组的远程监测和控制，提高运维效率和安全性。这种远程监控功能将使得运维人员能够随时随地掌握设备机组的运行状况，及时发现和解决问题，降低能耗和排放。自适应与远程监控的强化将使得热工仪表及自动控制系统更加智能、灵活和便捷，为火电设备机组的节能降耗提供更加全面的技术支持。

## 6 结语

热工仪表和自动控制在火电设备机组节能降耗中发挥着不可替代的作用。热工仪表的精确测量和可靠运行能够为机组运行提供准确的参数依据，而自动控制技术通过优化控制策略和减少人为操作误差，可以使机组在高效、稳定的状态下运行。两者的协同作用更是进一步提高了机组的能源利用效率，降低了能耗。未来，应进一步加强热工仪表技术的研发，提高其精度、稳定性和适应恶劣环境的能力。

### 参考文献：

- [1] 梁振.热工仪表及自动控制对火电设备机组节能降耗的影响分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(10):26-27+30.
- [2] 张向伟.自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J].设备管理与维修,2022(8):41-42.
- [3] 李泽栋.热工仪表中的自动化控制及其应用[J].数字技术与应用,2021,39(4):16-18.
- [4] 薛占良.自动化控制技术在火电厂热工仪表中的应用[J].电气传动自动化,2020,42(2):47-49.
- [5] 王静,孙开元.热工仪表与自动控制对火电设备机组节能降耗的影响分析[J].冶金与材料,2019,39(1):155-156.

作者简介: 刘晓宁(1994-),男,中国山西朔州人,本科,助理工程师,从事能源与动力工程(火电机组热工控制方向)研究。