

关于火电厂节能及优化控制技术的相关思考

李 拓

华电库车发电有限公司 新疆 阿克苏 842000

摘 要：本文聚焦火电厂节能及优化控制技术。先评估能耗现状，构建涵盖燃料、设备、系统能耗的指标体系，并强调数据统计与分析的重要性。接着剖析影响能耗的设备性能、运行工况、控制系统和管理因素。随后探讨燃烧系统优化、汽轮机节能改造、余热回收利用、厂用电系统节能等关键节能技术，以及智能控制系统架构设计、先进控制算法应用、多能源协同优化控制等优化控制技术，为火电厂节能降耗提供参考。

关键词：火电厂；能耗现状；优化控制

1 火电厂能耗现状评估

1.1 能耗指标体系构建

在火电厂的运营与管理中，构建科学合理的能耗指标体系是准确评估能耗现状、发现节能潜力以及制定有效节能措施的基础。首先，燃料消耗指标是能耗体系的核心，以标准煤为基准，统计单位发电量所消耗的标准煤量，这一指标直观反映了火电厂在能量转换过程中的效率。还需考虑不同煤种的热值差异，计算实际入炉煤的消耗量，以便更精准地评估燃料成本与消耗情况。其次，设备能耗指标至关重要，对于锅炉、汽轮机、发电机等主要设备，分别建立能耗指标。这些指标有助于精准定位设备能耗高的环节，为设备优化与改造提供依据。另外，系统能耗指标也不可或缺。包括全厂热效率，综合反映火电厂从燃料到电能的整个能量转换过程的效率；供电煤耗，扣除厂用电后，单位供电量所消耗的标准煤量，是衡量火电厂经济性的重要指标。通过这些系统能耗指标，能够从整体上把握火电厂的能耗水平，为制定全厂节能策略提供宏观指导^[1]。构建能耗指标体系时，还需注重指标的量化与可比性。确保每个指标都有明确的定义、计算方法和数据来源，以便在不同时间段、不同机组之间进行对比分析。随着技术进步和管理要求的提高，能耗指标体系应不断优化和完善，以适应火电厂发展的需求。

1.2 能耗数据统计与分析

准确、全面的能耗数据统计与分析是火电厂能耗现状评估的关键环节。在数据统计方面，火电厂应建立完善的能耗数据采集系统。利用先进的传感器、计量仪表和自动化控制系统，实时采集燃料消耗、设备运行参数、电力输出等关键数据。确保数据的准确性和完整性，对采集到的数据进行初步筛选和校验，剔除异常数据和错误记录。数据整理是数据分析的前提，将采集到

的原始数据按照时间、机组、设备等维度进行分类和汇总，建立能耗数据库。利用数据库管理系统，对数据进行高效存储和管理，方便后续查询和分析。数据分析是能耗数据统计的核心。运用统计学方法和数据分析工具，对能耗数据进行深入挖掘。在数据分析过程中，还需注重数据的可视化展示，利用图表、报表等形式，将复杂的能耗数据以直观、易懂的方式呈现出来，便于管理人员和技术人员快速了解能耗现状和问题所在。定期生成能耗分析报告，对能耗情况进行全面总结和评估，提出针对性的节能建议和措施。

2 影响火电厂能耗的主要因素

2.1 设备性能因素

火电厂的主要设备，如锅炉、汽轮机、发电机等，其性能优劣直接影响着能耗水平。锅炉是火电厂的核心设备之一，其性能主要受燃烧效率、传热效率等因素影响。燃烧效率不高会导致燃料未完全燃烧，造成能源浪费。传热效率低下则会使热量在传递过程中损失增大，锅炉排烟温度升高，降低锅炉效率。汽轮机的性能关键在于通流部分的设计和制造质量。通流部分的气动设计不合理，会导致蒸汽在汽轮机内流动损失增大，降低汽轮机效率。汽轮机叶片的磨损、结垢等问题，也会影响汽轮机的性能，导致热耗率增加。发电机的效率主要取决于其设计和制造工艺，定子、转子绕组的电阻损耗、铁芯的涡流损耗和磁滞损耗等，都会影响发电机的效率。发电机的冷却系统性能不佳，会导致发电机温度升高，增加损耗，降低效率。

2.2 运行工况因素

火电厂的运行工况对能耗有着重要影响。不同的负荷水平、运行参数和环境条件，都会导致能耗发生变化。在负荷水平方面，火电厂通常存在一个经济负荷区间。当机组负荷低于经济负荷时，设备的效率会降低，

能耗增加。例如,锅炉在低负荷运行时,燃烧稳定性变差,燃烧效率降低,排烟温度升高;汽轮机在低负荷下,通流部分的气动损失增大,效率下降。相反,当机组负荷过高时,设备可能会超出设计工况运行,导致设备磨损加剧,寿命缩短,同时能耗也会增加。运行参数的调整对能耗也有显著影响。合理的运行参数调整能够提高设备的效率,降低能耗。但在实际运行中,由于各种原因,运行参数可能无法达到最佳值,导致能耗增加。环境条件也是影响火电厂能耗的重要因素。环境温度、湿度、大气压力等的变化,会影响设备的散热性能和空气动力性能。

2.3 控制系统因素

火电厂的控制系统在调节设备运行、保证机组安全稳定运行的同时,也对能耗有着重要影响。控制系统的性能和策略直接决定了设备的运行效率和能耗水平。先进的控制系统能够实现设备的精确控制和优化运行。例如,采用分布式控制系统(DCS)和先进的控制算法,能够实时监测设备的运行参数,根据负荷变化和环境条件自动调整设备的运行状态,使设备始终处于最佳工况^[2]。但若控制系统存在故障或控制策略不合理,会导致设备运行不稳定,能耗增加。在燃烧控制方面,若燃烧控制系统不能准确调节燃料与空气的比例,会导致燃烧不完全或过量空气系数过大,增加排烟热损失和引风机功耗,降低锅炉效率。在汽轮机控制方面,若汽轮机调节系统响应速度慢或调节精度不高,会导致汽轮机进汽参数波动,影响汽轮机效率。控制系统的自动化程度也会影响能耗。自动化程度高的控制系统能够减少人工干预,提高运行的稳定性和效率。而自动化程度低的控制系统,需要人工频繁调整设备运行参数,容易出现操作失误,导致能耗增加。

2.4 管理因素

火电厂的管理水平对能耗有着不可忽视的影响。科学合理的管理能够优化资源配置,提高设备运行效率,降低能耗。在燃料管理方面,若燃料采购、储存和配送环节管理不善,会导致燃料质量不稳定、供应不及时等问题,影响燃烧效率和能耗。在设备管理方面,若设备维护计划不合理、维修不及时,会导致设备故障频发,性能下降,能耗增加。设备备品备件管理不善,会导致设备维修时间延长,影响机组正常运行,增加能耗。在运行管理方面,若运行人员操作不规范、缺乏节能意识,会导致设备运行参数偏离最佳值,增加能耗。

3 火电厂节能关键技术研究

3.1 燃烧系统优化技术

燃烧系统优化技术是火电厂节能的关键技术之一。通过优化燃烧过程,提高燃烧效率,降低燃料消耗和污染物排放。燃烧器改造是燃烧系统优化的重要手段,采用低氮燃烧器、旋流燃烧器等先进燃烧器,能够改善燃料与空气的混合效果,提高燃烧稳定性,降低氮氧化物等污染物的生成。例如,低氮燃烧器通过调整燃料与空气的混合比例和燃烧方式,使燃料在较低的温度下燃烧,减少氮氧化物的生成。燃烧调整也是燃烧系统优化的重要环节,通过优化一次风、二次风的风量和风速,调整燃烧器的配风方式,能够使燃料在炉膛内充分燃烧,提高燃烧效率。合理控制炉膛温度和过量空气系数,能够降低排烟热损失和化学不完全燃烧热损失。采用燃料预处理技术,如煤粉干燥、磨细等,能够提高燃料的燃烧性能,降低燃料消耗。

3.2 汽轮机节能改造技术

汽轮机节能改造技术旨在提高汽轮机的效率,降低热耗率,实现节能目标。

汽轮机通流部分改造是提高汽轮机效率的重要措施。通过采用先进的气动设计技术,对汽轮机的通流部分进行优化改造,如更换新型叶片、调整叶片角度等,能够减少蒸汽在汽轮机内的流动损失,提高汽轮机效率。汽轮机密封系统改造也是节能改造的重要内容。汽轮机的轴封、汽封等密封系统若存在泄漏问题,会导致蒸汽泄漏,降低汽轮机效率^[3]。采用先进的密封技术,如刷式密封、蜂窝密封等,能够减少蒸汽泄漏,提高汽轮机效率。汽轮机调节系统改造能够提高汽轮机的调节性能和响应速度,使汽轮机能够更好地适应负荷变化,提高运行效率。

3.3 余热回收利用技术

余热回收利用技术是火电厂节能的重要途径。通过回收火电厂生产过程中产生的余热,将其转化为有用的能源,实现能源的梯级利用,降低能耗。锅炉排烟余热回收是余热回收利用的重点。采用烟气余热锅炉、省煤器、空气预热器等设备,能够回收锅炉排烟中的余热,加热给水或空气,提高锅炉效率。例如,烟气余热锅炉能够将排烟中的热量转化为蒸汽,用于供热或发电;省煤器能够利用排烟余热加热给水,减少燃料消耗。汽轮机排汽余热回收也具有重要意义,采用低温余热发电技术,如有机朗肯循环(ORC)技术,能够回收汽轮机排汽中的余热,将其转化为电能。ORC技术利用低沸点有机工质,在较低的温度下蒸发、膨胀做功,实现余热发电。火电厂的其他余热,如冷却水余热、设备散热余热等,也可以通过相应的技术进行回收利用,提高能源利

用效率。

3.4 厂用电系统节能技术

厂用电系统节能技术旨在降低火电厂厂用电率,提高全厂发电效率。电动机节能改造是厂用电系统节能的重要措施。采用高效电动机、变频调速技术等,能够降低电动机的能耗。高效电动机具有较高的效率和功率因数,能够减少电能损耗;变频调速技术能够根据负载变化自动调整电动机的转速,使电动机始终处于最佳运行状态,降低能耗。照明系统节能也是厂用电系统节能的重要内容,采用节能灯具、智能照明控制系统等,能够降低照明能耗。节能灯具如LED灯具具有高效、长寿、节能等优点;智能照明控制系统能够根据环境光线和人员活动情况自动调节照明亮度,实现节能。另外,优化厂用电系统的运行方式,合理分配厂用电负荷,减少厂用电设备的空载运行和轻载运行,也能够降低厂用电率。

4 火电厂优化控制技术研究

4.1 智能控制系统架构设计

智能控制系统架构设计是火电厂优化控制的基础。通过构建先进的智能控制系统架构,能够实现火电厂生产过程的自动化、智能化控制,提高控制精度和效率,降低能耗。智能控制系统架构通常采用分层分布式结构,包括现场控制层、监控层和管理层。现场控制层负责实时采集设备的运行参数,执行控制指令,实现对设备的精确控制;监控层对现场控制层的数据进行汇总和分析,实时监测设备的运行状态,进行故障诊断和预警;管理层根据监控层提供的信息,制定生产计划和调度策略,实现全厂的优化管理。在智能控制系统架构设计中,还需注重系统的开放性和兼容性。采用标准的通信协议和接口,使系统能够与其他系统进行数据交互和集成,实现全厂的信息共享和协同控制。系统应具备良好的可扩展性和灵活性,能够适应火电厂生产规模的变化和技术升级的需求。

4.2 先进控制算法应用

先进控制算法的应用能够提高火电厂控制系统的性能,实现设备的优化运行和节能控制。模型预测控制(MPC)算法是一种先进的控制算法,它能够根据系统的数学模型和历史数据,预测系统的未来输出,并通过优化算法计算出最优的控制输入,使系统的输出尽可能接近设定值。在火电厂中,MPC算法可用于锅炉燃烧控制、汽轮机调节等过程,提高控制精度和稳定性,降低能耗。神经

网络控制算法具有强大的非线性映射能力和自学习能力,能够处理复杂的非线性系统。在火电厂中,神经网络控制算法可用于设备故障诊断、负荷预测等方面,提高系统的可靠性和运行效率^[4]。遗传算法、粒子群算法等智能优化算法也可用于火电厂的优化控制,如设备参数优化、调度策略优化等,实现全厂的节能降耗。

4.3 多能源协同优化控制

随着能源结构的多元化和可再生能源的大规模接入,火电厂面临着多能源协同优化控制的挑战。多能源协同优化控制旨在实现不同能源之间的互补和协同,提高能源利用效率,降低能耗和污染物排放。在多能源协同优化控制中,需要建立多能源系统的数学模型,考虑不同能源之间的耦合关系和约束条件。通过优化算法,制定合理的能源调度策略,实现不同能源之间的优化分配和协同运行。例如,在火电厂与可再生能源(如风能、太阳能)联合发电系统中,根据可再生能源的发电功率和负荷需求,合理调整火电厂的发电功率,实现能源的互补和稳定供应。多能源协同优化控制还需考虑储能系统的应用。储能系统能够在能源过剩时储存能量,在能源不足时释放能量,起到平衡能源供需、提高能源利用效率的作用。通过优化储能系统的充放电策略,实现多能源系统的优化运行。

结束语

火电厂节能及优化控制技术的应用,对提高能源利用效率、降低能耗和污染物排放意义重大。通过构建科学能耗指标体系、剖析能耗影响因素、研究关键节能与优化控制技术,火电厂可实现生产过程的精细化管理。未来,随着技术不断进步,应持续优化节能与控制技术,推动火电厂向绿色、高效、可持续方向发展,为能源领域节能减排贡献力量。

参考文献

- [1]钱鑫.火电厂节能技术分析及优化控制探析[J].当代化工研究,2023,(18):185-187.
- [2]严海晓.节能环保技术在火电厂中的应用研究[J].石河子科技,2023,(05):29-30.
- [3]王兴邦.浅析火电厂节能技术及优化控制[J].节能与环保,2024,(03):44-49.
- [4]钱鑫.火电厂节能技术分析及优化控制探析[J].当代化工研究,2023,(18):185-187.