

燃煤电厂锅炉运行调试与优化技术研究

王存军

马鞍山当涂发电有限公司 安徽马鞍山 243000

摘要: 燃煤电厂锅炉技术发展正朝向高效化与清洁化转型。当前 600MW 超超临界机组已实现国产化并广泛应用, 1000MW 超超临界机组已成为新建燃煤电厂的主流选择。设备升级中, 四角切圆燃烧、对冲燃烧等技术应用显著提升燃烧效率与能源利用率。面对煤炭资源紧张, 低品质燃料的利用成为趋势, 但其高含水量、低热值特性需配合烟气净化技术以保障环保达标。锅炉运行调试与优化通过提升设备可靠性、降低能耗与排放, 成为增强电厂市场竞争力、保障电力供应安全及实现绿色发展的核心路径。

关键词: 燃煤电厂; 锅炉; 运行调试; 优化

我国能源结构以煤炭为主导, 燃煤发电占比超 60%, 但资源枯竭与煤价上涨迫使电厂探索低质燃料应用。同时, 环保政策趋严要求污染物排放深度控制, 如 SO_2 限值 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、 NO_x 限值 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 。大型燃煤机组正向高参数化发展, 600MW 超临界机组普及与 1000MW 超超临界机组建设标志着技术升级需求迫切。然而, 锅炉运行中风机失速、烟道振动等故障频发, 且低负荷调峰能力不足, 亟需通过调试优化提升系统稳定性与适应性, 以平衡电力供应安全、经济效益与环保目标。

1 燃煤电厂锅炉发展现状分析

目前, 1000MW 超超临界机组已成为新建燃煤电厂的主流选择, 为了更好地适应市场发展需求, 燃煤电厂需要加快推进设备升级改造相关工作, 按照锅炉结构形式的不同差异, 可把燃煤锅炉划分为塔式结构锅炉与“ π ”型结构锅炉两大类, 重点推广应用四角切圆燃烧技术和对冲燃烧技术, 不仅能够保障电厂燃煤实现充分燃烧, 还可以降低能源浪费情况的发生, 进而持续提升燃煤电厂运行的效能, 保障电力供应的安全与稳定。虽然燃煤电厂所使用的煤种相对较为多样, 不过在煤炭资源日益枯竭以及煤价持续走高的背景之下, 部分煤炭资源匮乏的地区已经开始尝试采用低品质燃料。现阶段褐煤是我国重要煤炭资源在火力发电领域起关键作用, 这类燃料普遍具有高水分、易自燃、热值偏低等特性, 其规模化利用对锅炉运行安全与环保达标提出全新挑战。伴随国内技术水平不断持续提升, 为确保燃煤锅炉稳定运行并提高环保排放标准, 需要合理采用创新技术手段来实现烟气

净化处理, 不仅能够降低对周边环境所造成的污染, 还可以推动能源节约与环境保护工作协同发展。当前我国燃煤电厂正逐步朝着多元化模式进行转型, 燃煤锅炉运行方式也在不断持续进行创新, 深入开展锅炉运行调试与性能优化方面的研究, 将有利于引导燃煤电厂达成可持续发展目标。

2 燃煤电厂锅炉运行调试和优化的意义

2.1 市场竞争力

在经济社会和城镇化进程快速推进的大背景下, 我国重工业企业数量呈现持续增长态势, 行业竞争也变得日趋白热化。企业只有通过提高设备运行可靠性和生产效率, 才能够增强自身核心竞争力以及优化能源利用效率, 进而实现生态环境保护与资源可持续利用的协调发展。水资源和电力资源属于现代社会重要的基础能源, 因此亟需对相关工艺技术进行持续改进。燃煤电厂锅炉技术是核心工艺环节, 其运行调试与性能优化作为关键技术突破点, 能够显著增强燃煤发电企业的市场竞争力。

2.2 供应量

电力供应能力是决定燃煤电厂可持续发展的关键指标, 随着国民经济对电力需求不断持续攀升, 电厂生产过程中的排放问题与能耗矛盾日益突出, 作为典型的高耗能且高排放的行业, 燃煤电厂必须对现有生产工艺开展系统性优化, 提高运行效率并降低生产带来的环境负荷, 在确保电力能够稳定供应的前提下, 提升燃煤电厂经济效益与环保性能以助力企业, 实现绿色转型升级达成可持续发展目标。

2.3 安全性

燃煤电厂作业环境存在较高职业风险,操作不当易引发火灾爆炸等重大安全事故,为全面提升发电生产安全水平,保障从业人员职业健康并消除潜在安全隐患,需建立健全安全监管体系,完善安全燃烧运行机制,强化员工安全教育培训,及时排查治理各类安全隐患。此外,燃煤锅炉设备本身有固有安全风险,如锅炉配套安全阀可能失效,燃烧产生热应力会致锅炉受热面开裂进而引发泄漏爆炸事故,所以必须强化全过程安全管理,科学实施燃煤锅炉的运行调试与优化改造。

3 燃煤电厂锅炉运行影响因素

3.1 风机失速

锅炉正常运行时风机一般维持较低流量输出,要是系统风压出现异常升高情况就极易诱发风机失速现象,这会对整个锅炉系统的稳定运行产生不良影响。为了预防这类故障的出现,常规的处理办法是采用增大风道流量的方式进行调节。不过要是这个问题发生在跳闸保护区域,制动叶片的转速就会急剧上升,可能会引发严重的异常失速故障。所以在锅炉运行管理的过程当中,必须采取有效的措施对风机出口压力进行精确调控,通过降低风母管压力来预防失速现象发生。

3.2 烟道振动

在锅炉调试阶段时随着负荷参数不断提升,锅炉尾部烟道区域经常会出现明显振动,情况严重时甚至会导致集控室产生共振现象,出现此类情况技术人员应立即开展故障诊断工作,工程实践表明此类振动多由锅炉尾部烟道内卡门涡流引起,这种流体力学现象会激发烟道结构产生同频共振,目前主要解决方案是在驻波节点位置加装平行导流板,基于驻波振动频率和波长参数精确计算安装间距,以此来有效隔离振动传递的相关路径。此外在锅炉长期运行过程中受热面积灰程度加剧,也会引发不同程度的振动需采取相应控制措施治理。

4 燃煤电厂锅炉的调试技术

4.1 锅炉点火与点火控制技术

锅炉燃烧系统要安全可靠启动对整个锅炉正常运行很重要,严格遵循标准化操作规程是达成此目标的关键所在。在正式开始点火操作之前对点火系统进行全面细致检测必不可少,其中点火装置、燃料输送系统以及电气控制单元等

关键设备运行状态是检测重点。点火装置作为直接点燃燃料工具其性能好坏直接关系点火能否成功,燃料输送系统负责把燃料准确稳定输送到燃烧区域影响燃料供应量和稳定性,电气控制单元如同整个点火系统大脑精确控制各设备动作和参数确保点火有序进行。

点火调试工作包含两个关键步骤即初始引燃阶段和稳定燃烧阶段,在初始引燃阶段需借助专用点火装置产生足够初始热源以点燃燃料,推荐采用高压电弧点火或辅助火焰点火等先进点火技术,高压电弧点火靠高压放电产生温度极高的电弧能迅速点燃燃料,辅助火焰点火利用已有稳定火焰引燃新燃料具备点火可靠性高的优点。

4.2 燃烧系统调试与优化技术

燃烧系统的参数调整和性能优化是锅炉调试工作核心,目标是多方面提升锅炉的运行实际效果,一方面要提高热能转化效率让燃料化学能多转化为热能,另一方面要严格控制污染物质排放以减少对环境的影响,同时还要保障设备运行安全性和经济性来降低运行成本。

在调试的时候保证燃料供给系统稳定运行和燃烧均匀很关键,燃料输送系统主要由储煤仓、制粉设备以及气化装置等构成,储煤仓的作用是储存燃料来确保燃料能持续供应,制粉设备要把煤炭磨成合适粒径的煤粉以满足燃烧需求,气化装置会对燃料进行气化处理从而提高燃料的燃烧性能。要实现燃烧器内煤粉均匀分布需精确调控煤粉颗粒细度和输送浓度,煤粉粒径超出标准范围或者浓度分布不均匀,就会导致燃烧不充分产生未燃尽碳颗粒降低热效率,同时还会出现局部高温现象对锅炉设备造成损害影响运行稳定性。

4.3 锅炉热效率与排放控制技术

在系统调试阶段,要统筹分析热力特性、燃料特性以及环保标准等关键参数,以此实现锅炉热效率和环保指标的双重优化。为提升烟气跟水蒸气之间的热交换效率,调试过程当中需要对烟气流路径进行精细化调整,通过改进燃烧控制相关策略,能够有效抑制氮氧化物的生成,同时精确调控炉膛工作温度和过量空气系数,避免因局部高温造成NO_x排放超标。在污染物治理方面,可采用湿法脱硫装置和选择性催化还原(SCR)系统协同运行的工艺方案,通过优化设备运行参数,显著降低SO₂和NO_x的排放浓度,确保各项污染物排放指标达到国家环保标准

5 燃煤电厂锅炉日常运行优化策略

5.1 主蒸汽压力监控要点

主蒸汽压力是锅炉运行当中的核心参数,其稳定性会直接影响整个系统运行品质,只有维持主蒸汽压力处于稳定状态,才能够确保其他运行参数实现正常波动,当主蒸汽压力出现波动这种情况时,会直接导致煤水比动态失衡和主蒸汽温度等关键参数产生连锁反应。因此在进行压力调节工作的时候,必须要优先保证压力参数维持稳定状态,主蒸汽压力波动主要分为外源扰动和内源扰动这两种类型,外源扰动主要指的是电网负荷需求发生变化,这类扰动通常情况下波动幅度比较小,而在实际的运行过程当中,压力波动大多是由内源扰动所引发的,这就要求必须保证炉膛燃烧工况具备稳定性,当燃烧状态出现变化的时候,应当及时调整燃料供给和配风相关参数,让燃烧系统能够平稳过渡到全新的稳定工况。

5.2 烟气含氧量监测要点

烟气含氧量作为反映炉膛过量空气系数重要指标,与燃烧工况存在着直接关联,在外部负荷、引送风量及燃烧方式保持恒定情况下,烟气含氧量和燃烧放热量呈现对应关系,在稳定工况当中,燃烧放热量和送风量保持着平衡状态,此时含氧量会保持稳定且主蒸汽压力也维持恒定,当含氧量出现升高的时候,表明燃烧放热量低于送风量的数值,此时应当适当增加燃料供给来维持压力稳定。由于汽包蓄热特性和燃烧系统惯性产生的影响,主蒸汽压力对含氧量变化的响应存在滞后现象,所以监测含氧量变化能够预判压力变化趋势并实现超前调节,含氧量变化并非完全由燃料放热量所引起,在某些燃烧工况异常的情况下也会出现含氧量突变。总体来说,实时监测含氧量变化不仅能优化燃烧效率,还可以确保系统参数实现稳定控制,在事故处理或者燃烧不稳定的期间,含氧量波动的情况尤为明显,特别是当出现含氧量骤升的状况时,往往预示着炉内燃烧出现恶化现象,此时应立即投运燃油系统进行稳燃避免处理延误。

5.3 粗调与细调的协同控制

当运行参数出现特别明显的波动情况时,采取快速响应和渐进调节相结合的控制策略,以此确保参数能够及时回归到正常的范围之内,在出现事故的工况之下,尤其要重视水位调节方面的应急处置工作,当发生锅炉灭火、机组甩负荷这类突发状况时,水位波动的幅度会明显增大,再叠加

虚假水位现象所产生的影响,水位变化的速率会显著加快,这时就要求运行人员实施快速干预调节的操作。对于采用母管制给水系统的机组而言,各锅炉之间存在着水力耦合的效应,在给水平压力处于偏低状态时,各炉水位会呈现出同步波动的特征,很容易产生“水力争夺”的现象。因此在进行粗调操作的时候,必须要做好协调控制方面的工作,避免因为人为调节不当而加剧事故的发展态势,汽轮机甩负荷时要是锅炉调节不当就可能引发灭火的情况,而在灭火处理的过程当中,要是水位控制失当又可能导致满水事故的发生,完成粗调操作之后,等参数逐渐趋于稳定状态,应该切换至精细调节的模式,逐步进行调整直到参数达到完全稳定的状态。

在汽压调节的过程中,过度调节会带来额外热损失,特别是在给粉机转速出现波动,并且氧含量处于不稳定状态的时候,炉内的燃烧工况会发生明显变化,部分燃料没办法充分进行燃烧,这会导致燃烧效率持续不断下降,最终对机组整体热效率产生影响。所以应当尽量避免采用此类运行方式,在使用燃烧自动控制系统期间,需要密切监控给粉机转速波动具体情况,波动幅度超出允许范围,就应及时解除自动模式转为手动干预,通过精细调节操作来提升机组运行效率。

5.4 把握调节核心要点

在日常运行管理中,参数调节的核心目标在于维持系统稳定运行并提高机组经济性能,这要求运行人员必须进行精细化操作和严密监控。当机组出现异常工况时,应根据实际情况及时调整运行策略。例如在燃用易结焦煤种时,鉴于其挥发分含量高、水分大的特性,必须优先确保运行安全性,采取针对性的防范措施。在事故处理过程中,尤其要注意控制事故影响范围,防止引发次生故障。

6 结语

综上所述,燃煤电厂锅炉技术的升级与优化是应对能源安全与环保双重挑战的关键举措。通过燃烧技术革新与深度调峰能力建设,电厂在保障电力稳定供应的同时,显著降低资源消耗与污染物排放。调试与优化实践不仅强化了设备运行可靠性,更推动了煤炭高效清洁利用的进程,为火电行业可持续发展提供了技术支撑。

参考文献:

[1] 褚聪慧. 燃煤电厂锅炉运行调试与优化措施研究 [J]. 四川水泥, 2019,(07):284.

[2] 谭静. 煤粉锅炉超低负荷运行的技术问题和应对措施[J]. 全面腐蚀控制, 2024,38(11):57-59.

[3] 赵扶起, 王鹏, 周浩, 等. 火电厂燃煤锅炉引风机主轴开裂的原因分析[J]. 电力学报, 2024,39(05):469-475.

[4] 祝朝阳, 师蕴慧, 陈栓俊, 等. 某燃煤电厂空预器堵塞原因分析及治理措施研究[J]. 化学工程师, 2024,38(05):89-93.

[5] 杨志恺, 卢红书, 杨晓明, 等. 燃煤电厂锅炉吹灰系统的优化策略及应用[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2023,26(05):40-44.

作者简介: 王存军, 男, 汉族, 安徽六安人, 本科, 身份证: 310110196807210454, 单位: 马鞍山当涂发电有限公司, 研究方向: 火力发电厂锅炉管理方向