

环保约束下的机组灵活性改造

——马鞍山当涂 1 号机组 NO_x 排放控制策略

韦之军

马鞍山当涂发电有限公司 安徽马鞍山 243000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11670

[摘要] 本文深入探讨了马鞍山当涂发电有限公司 1 号机组灵活性提升改造工程的全面背景、详尽改造方案、严谨性能测试以及显著的经济与环保效益。在响应国家提升能源利用效率与环保标准的号召下, 该工程旨在通过实施烟气旁路方案、新增关键设备及装置以及细致的改造实施步骤, 使 1 号机组能够在纯凝工况下以最低 198MW 的发电出力稳定运行, 从而增强其调峰能力。性能测试结果显示机组负荷响应迅速且稳定, SCR 脱硝系统性能卓越, NO_x 排放浓度远低于国家标准。经济分析揭示, 改造工程显著提升了机组的上网竞争力和盈利能力, 降低了燃料消耗与运维成本。环保效益方面, 工程有效减少了 NO_x 与温室气体排放, 对推动节能减排与可持续发展具有深远影响。

[关键词] 1 号机组; 灵活性提升; 烟气旁路; SCR 脱硝系统

引言

在能源转型与环保要求日益严格的背景下, 提升燃煤机组的灵活性与环保性能成为电力行业的重要课题。马鞍山当涂发电有限公司积极响应国家号召, 针对 1 号机组实施灵活性提升改造工程, 旨在通过技术创新与设备升级, 实现机组在更宽负荷范围内的稳定运行, 同时满足严格的环保排放标准。本文将从工程背景、改造方案、性能测试及结果分析、经济效益及环保效益分析四个方面, 全面阐述这一改造工程的实施过程与取得的成效。

一、工程背景

马鞍山当涂发电有限公司位于安徽省马鞍山市当涂县, 其 1 号机组为燃煤发电机组。为响应国家节能减排政策, 提高机组运行灵活性和竞争力, 公司决定对 1 号机组进行灵活性改造。改造目标是在纯凝工况下将机组最低发电出力降至 198MW (30%额定负荷, 无助燃), 并在相应工况下连续安全稳定运行。同时, 为确保环保达标, 需对 NO_x 排放控制策略进行优化。

二、改造方案

(一) 烟气旁路方案

烟气旁路方案是本次 1 号机组灵活性提升改造中的核心策略之一, 旨在解决机组在低负荷运行时 SCR 脱硝系统难以有效投运的问题。在常规工况下燃煤锅炉产生的烟气会直接进入 SCR 脱硝反应器进行脱硝处理, 以降低 NO_x 排放。但当机组负荷降低至某一临界值时由于烟气温度和流量的变化, SCR 脱硝系统的运行效率和脱硝效果会大幅下降, 甚至无法正常工作^[1]。为了解决这一难题设计了烟气旁路方案。该方案的核心思想是在锅炉尾部烟道增设一条旁路烟道, 当机组负荷降低至设定值时通过调节烟气挡板门的开度将部分烟气从主烟道中引出, 绕过 SCR 脱硝反应器, 直接进入后续的烟气处理系统。这样既可以保证 SCR 脱硝系统在较高负荷下的正常运行, 又可以在低负荷下通过调节烟气流量, 维持 SCR 脱硝系统的必要运行条件。

烟气旁路方案的具体实施包括以下几个步骤, 具体如表 1 所示:

表 1 烟气旁路方案的具体实施

烟气旁路方案实施步骤	描述	目的
切割开口并安装旁路烟道	在锅炉尾部烟道合适的位置切割开口, 并安装旁路烟道	为烟气提供旁路通道, 避免低负荷时 SCR 脱硝系统难以投运
安装烟气挡板门	在旁路烟道的入口和出口处分别安装烟气挡板门	调节进入旁路烟道的烟气量, 以适应不同负荷下的需求
设置烟气调节装置	在旁路烟道上设置烟气调节装置	进一步调节烟气的流量和压力, 确保与 SCR 脱硝系统的匹配性
达成效果	通过实施烟气旁路方案	解决低负荷时 SCR 脱硝系统难以投运的问题, 保证 NO _x 排放浓度满足环保要求

(二) 新增设备及装置

为了确保烟气旁路方案的顺利实施和机组在深度调峰工

况下的稳定运行新增了一系列设备和装置, 具体如表 2 所示:

表 2 新增设备及装置

设备/装置名称	描述与功能
旁路烟道	作为烟气旁路方案的核心部分, 确保耐腐蚀性和耐高温性; 严格按照施工图纸和技术要求施工, 与主烟道连接处密封良好, 无烟气泄漏
烟气挡板门	调节进入旁路烟道和 SCR 脱硝反应器的烟气量; 具有高密封性和耐磨损性, 配备电动执行机构, 实现远程控制; 满足不同负荷下的脱硝需求
烟气调节装置	进一步调节烟气的流量和压力; 根据 SCR 脱硝系统的运行需求进行精确调节, 确保与 SCR 脱硝系统的匹配性; 稳定烟气流量和压力, 提高 SCR 脱硝系统的运行稳定性和脱硝效率
检修平台、上下步道	为检修人员提供安全的作业环境; 方便对旁路烟道和 SCR 脱硝系统进行维护和检修; 确保改造后的机组能够长期稳定运行

(三) 改造实施

在确定了改造方案和新增设备及装置后开始了具体的改造实施工作。改造过程中严格按照施工图纸和技术要求进行施工, 并加强了现场安全管理, 确保了改造工作的顺利进行。一是对锅炉尾部烟道进行了切割和焊接工作, 安装了旁路烟道和烟气挡板门。在切割和焊接过程中采取了严格的防护措施, 防止了火花飞溅和烟尘污染。还对焊接质量进行了严格的检验和测试, 确保了焊缝的强度和密封性。二是安装了烟气调节装置和检修平台、上下步道等设施^[2]。在安装过程中

注重细节处理, 确保了设备的稳定性和安全性。还对安装质量进行了全面的检查和测试, 确保了设备的正常运行和可靠性。三是对改造后的机组进行了全面的调试和性能测试。通过调试和测试验证了烟气旁路方案的可行性和有效性, 并优化了相关参数和控制系统。还对 SCR 脱硝系统的运行性能和 NO_x 排放浓度进行了监测和分析, 确保了改造后的机组能够满足环保要求。

三、性能测试及结果分析

(一) 负荷响应能力测试

负荷响应能力是衡量机组灵活性改造效果的重要指标之一。本次1号机组灵活性提升改造的主要目标之一,就是实现机组在纯凝工况下最低发电出力降至198MW(30%额定负荷,无助燃),并在该工况下连续安全稳定运行。为了验证这一目标是否达成,我们进行了负荷响应能力测试。测试过程中先将机组负荷逐渐降低至198MW,并观察机组运行状态的稳定性。在连续运行数小时后记录下了机组的各项运行参数,包括主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度、发电机功率等。测试结果显示,机组在198MW负荷下运行平稳,各项参数均保持在正常范围内,没有出现异常波动或报警情况。为了进一步验证机组的负荷响应能力还进行了负荷升降测试。在测试过程中快速调整机组负荷,观察其响应速度和稳定性。测试结果显示,机组负荷响应迅速,调整过程中没有出现明显的波动或延迟,表现出了良好的负荷响应能力^[3]。还对机组在不同负荷下的热效率进行了测试。测试结果显示,随着负荷的降低,机组热效率有所下降,但在198MW负荷下,机组热效率仍然保持在较高水平,满足设计要求。通过负荷响应能力测试可以得出结论:1号机组灵活性提升改造后,在198MW负荷下能够连续安全稳定运行,表现出了良好的负荷响应能力和热效率。

(二) SCR 脱硝系统性能测试

SCR脱硝系统是机组环保性能的重要组成部分。本次改造中采用了烟气旁路方案,以实现机组在宽负荷范围内的脱硝投运。为了验证SCR脱硝系统的性能是否满足设计要求进行了性能测试。测试过程中先在不同负荷下对SCR脱硝系统的入口和出口NO_x浓度进行了测量。测量结果显示在机组负荷降低至198MW时,SCR脱硝系统的入口NO_x浓度有所增加,但出口NO_x浓度仍然保持在较低水平,满足环保要求。还对SCR脱硝系统的氨逃逸率进行了测试。氨逃逸率是指未参与脱硝反应的氨气逃逸到大气中的比例。测试结果显示,在不同负荷下SCR脱硝系统的氨逃逸率均保持在较低水平,没有出现明显的异常。为了验证SCR脱硝系统的长期稳定运行能力还对其进行了连续运行测试。测试结果显示,在连续运行数天后SCR脱硝系统的性能仍然稳定可靠,没有出现明显的性能下降或故障情况。通过SCR脱硝系统性能测试可以得出结论:1号机组灵活性提升改造后,SCR脱硝系统能够在宽负荷范围内正常投运且性能稳定可靠,满足环保要求。

(三) NO_x 排放浓度测试

NO_x排放浓度是衡量机组环保性能的重要指标之一。本次改造中采用了烟气旁路方案和SCR脱硝系统,以降低机组的NO_x排放浓度。为了验证改造效果是否满足设计要求进行了NO_x排放浓度测试。测试过程中先在不同负荷下对机组的NO_x排放浓度进行了测量。测量结果显示在机组负荷降低至198MW时,由于采用了烟气旁路方案和SCR脱硝系统,机组的NO_x排放浓度仍然保持在较低水平,远低于国家环保标准限值。还对机组在不同工况下的NO_x排放浓度进行了测量。测量结果显示,在不同工况下机组的NO_x排放浓度均保持稳定,没有出现明显的波动或超标情况。为了验证NO_x排放浓度的长期稳定性还对其进行了连续监测。监测结果显示,在连续监测数天后机组的NO_x排放浓度仍然保持在较低水平,没有出现明显的异常或超标情况。通过NO_x排放浓度测试可以得出结论:1号机组灵活性提升改造后,机组的NO_x排放浓度得到了有效控制,远低于国家环保标准限值且长期稳定性良好。

四、经济效益及环保效益分析

(一) 经济效益分析

1. 提升机组上网竞争力和盈利能力

改造后的1号机组能够在纯凝工况下以最低发电出力198MW(30%额定负荷,无助燃)连续安全稳定运行,这一能力的提升显著增强了机组的调峰能力。在电网负荷波动较大的情况下,机组能够更灵活地调整出力,更好地适应电网的调峰需求。这不仅提高了机组的利用率,还增加了机组的上网电量,从而提升了机组的上网竞争力和盈利能力。根据市场调研和数据分析,改造后的机组在电网中的竞争力显著提升,上网电价也有所提高。由于机组能够在更低的负荷下稳定运行,减少了因负荷波动而导致的停机次数和时长,进一步提高了机组的可靠性和稳定性,为电站带来了更多的收益。

2. 降低燃料消耗和运维成本

改造过程中通过对锅炉和SCR脱硝系统的优化升级,提高了机组的热效率和脱硝效率。这不仅减少了燃料的消耗,还降低了运维成本。改造后的锅炉能够更高效地利用燃料,减少了燃料的浪费和排放^[4]。SCR脱硝系统的优化升级使得脱硝效率显著提高,减少了氨气的逃逸和NO_x的排放,从而降低了运维成本。新增的烟气旁路方案和烟气调节装置等设备也提高了机组的自动化水平和运行效率,进一步降低了运维成本。

3. 延长机组使用寿命和减少维修费用

改造工程的实施还延长了机组的使用寿命和减少了维修费用。通过对锅炉和SCR脱硝系统的全面检查和维修,及时发现并处理了潜在的故障和隐患,避免了因故障而导致的停机时间和维修费用。新增的检修平台和上下步道等设备也为检修人员提供了更好的作业环境和安全保障,进一步降低了维修费用和安全风险。

(二) 环保效益分析

1. 降低NO_x排放浓度

改造后的1号机组采用了烟气旁路方案和SCR脱硝系统,实现了宽负荷脱硝投运。在机组负荷降低至198MW时,SCR脱硝系统仍然能够正常投运,有效降低了NO_x的排放浓度。根据监测数据显示了改造后的机组NO_x排放浓度远低于国家环保标准限值,达到了超低排放水平^[5]。这一环保效益的取得不仅有利于改善大气环境质量,减少雾霾天气的发生,还有利于降低酸雨等环境污染事件的发生频率。降低NO_x排放浓度还能够减少大气中的氮氧化物含量,保护生态环境和人体健康。

2. 减少温室气体排放

改造后的机组由于提高了热效率和脱硝效率,减少了燃料的消耗和排放。这不仅有利的降低温室气体的排放量,还有利于减少碳排放强度和碳足迹。根据估算数据显示,改造后的机组每年可减少二氧化碳排放量数千吨,对于推动能源绿色低碳转型和应对气候变化具有重要意义。

3. 促进节能减排和可持续发展

改造工程的实施不仅带来了直接的环保效益,还促进了节能减排和可持续发展。通过对锅炉和SCR脱硝系统的优化升级,提高了机组的能效水平和环保性能。新增的烟气旁路方案和烟气调节装置等设备也提高了机组的自动化水平和智能化水平,为电站的节能减排和可持续发展提供了有力支撑。改造工程的实施还提高了电站的环保意识和环保管理水平。电站加强了环保监测和管理工作,建立了完善的环保管理制度和监测体系,确保了机组的环保性能稳定可靠。这不仅有利于电站的可持续发展,还有利于推动整个能源行业的环保进步和可持续发展。

总结

马鞍山当涂发电有限公司1号机组灵活性提升改造工程的实施不仅显著提升了机组的运行灵活性与调峰能力,还带来了显著的经济与环保效益。通过采用烟气旁路方案、新增关键设备及装置以及细致的改造实施步骤,改造后的机组在负荷响应能力、SCR脱硝系统性能以及NO_x排放浓度等方面均表现出色。改造工程还降低了燃料消耗与运维成本,提升了机组的上网竞争力和盈利能力。在环保方面,改造工程有效减少了NO_x与温室气体排放,对推动节能减排与可持续发展具有深远影响。这一工程的成功实施不仅为马鞍山当涂发电有限公司带来了显著的竞争优势,也为燃煤机组灵活性提升改造提供了宝贵的经验与借鉴。

[参考文献]

- [1]王志轩,张晶杰,董博,等."双碳"目标下燃煤电厂灵活性改造及政策建议[J].电力科技与环保,2024,40(3):213-220.
- [2]李星梅,钟志鸣,阎洁.大规模风电接入下的火电机组灵活性改造规划[J].电力系统自动化,2019,43(3):7.
- [3]王琮瑜.燃煤热电联产机组灵活性改造效果评价及优化调度[D].山东大学,2023.
- [4]LI Xingmei, ZHONG Zhiming, YAN Jie.大规模风电接入下的火电机组灵活性改造规划[J].电力系统自动化,2019,043(003):51-57.
- [5]岳腾.火电机组灵活性改造形势及技术应用[J].2021.

作者简介:韦之军(1993.2—),男,汉,安徽巢湖人,本科,工程师,研究方向:运行控制优化策略技术研究。