

电厂锅炉水质常规化验策略分析

史 记

内蒙古自治区特种设备检验研究院通辽分院 内蒙古 通辽 028000

摘 要：电厂锅炉作为电力生产的关键设备，其稳定、高效运行离不开优质的水质。锅炉水质常规化验是保障锅炉安全运行、延长设备使用寿命、提高能源利用效率的重要手段。本文详细阐述了电厂锅炉水质常规化验的项目、方法、质量控制措施，分析了常见问题及应对策略，并探讨了化验数据在锅炉运行优化中的应用，旨在为电厂提高锅炉水质管理水平提供全面的理论与实践指导。

关键词：电厂；锅炉水质；常规化验；策略分析

引言：在电厂运行过程中，锅炉将水加热转化为高温高压蒸汽，驱动汽轮机发电。若锅炉水质不佳，水中的杂质、溶解盐类等会在锅炉受热面上结垢、腐蚀，不仅降低锅炉热传递效率，增加燃料消耗，还可能引发爆管等严重安全事故，导致停机停产，造成巨大的经济损失。因此，通过科学、精准的水质常规化验，实时监测锅炉水质状况，及时采取相应处理措施，对电厂的稳定运营具有举足轻重的意义。

1 电厂锅炉水质常规化验项目

1.1 硬度测定

水的硬度，即水中钙、镁离子的总浓度，是衡量水质软硬程度的重要指标。对于电厂锅炉而言，硬度过高会导致锅炉内部结垢，这不仅会降低锅炉的热效率，增加能耗，还可能因垢层导热不良引发局部过热，加速锅炉金属材料的腐蚀和老化，甚至引发安全事故。因此，硬度测定是锅炉水质管理的首要任务。采用络合滴定法，以乙二胺四乙酸二钠（EDTA）为滴定剂，通过精确控制反应条件和指示剂的使用，可以准确测定水中的钙、镁离子含量，为锅炉水处理方案的制定提供科学依据。

1.2 溶解氧测定

溶解氧是水中溶解的气态氧，它是锅炉金属腐蚀的主要诱因之一。当溶解氧含量过高时，会加速锅炉金属表面的电化学腐蚀过程，导致锅炉壁厚减薄，甚至穿孔泄漏。因此，严格控制锅炉水中的溶解氧含量至关重要。碘量法和电化学法是两种常用的溶解氧测定方法。碘量法通过化学反应将溶解氧转化为可计量的碘，再用硫代硫酸钠标准溶液滴定，从而计算出溶解氧的含量。电化学法则利用氧传感器直接测量水中的溶解氧浓度，具有响应速度快、操作简便的优点。通过定期监测溶解氧含量，及时调整锅炉水处理工艺，可以有效防止锅炉

金属的腐蚀。

1.3 酸碱度（pH值）测定

pH值是衡量水酸碱性的指标，对锅炉水质的影响不容忽视。适宜的pH值范围能够抑制水中杂质的水解反应，减少酸性或碱性腐蚀产物的生成，同时降低钙、镁离子的溶解度，减少水垢的形成。玻璃电极法是目前测定pH值的常用方法，它利用玻璃电极对氢离子的选择性响应，通过测量原电池的电动势来间接确定水的pH值。对于不同类型的锅炉材质，如碳钢、不锈钢等，其适宜的pH值范围有所不同。因此，在实际操作中，应根据锅炉材质和运行条件，合理调整锅炉水的pH值，以达到最佳的防腐防垢效果^[1]。

1.4 电导率测定

电导率是衡量水中离子总浓度的物理量，它间接反映了水质的纯度。电厂锅炉给水的电导率通常要求控制在较低水平，以确保水质良好，减少杂质对锅炉运行的不利影响。通过电导率仪的实时监测，可以迅速了解水质的变化趋势，及时发现并处理异常杂质混入的问题。此外，电导率还与锅炉水中的溶解盐类含量密切相关，是评估锅炉水处理效果的重要指标之一。

1.5 磷酸根测定

为防止锅炉结垢，电厂常采用向水中添加磷酸盐的方法。磷酸根离子能与水中的钙、镁离子反应生成难溶的磷酸钙、磷酸镁沉淀，从而有效抑制水垢的形成。钼钼蓝比色法是测定磷酸根含量的常用方法，它利用磷酸根与钼酸铵反应生成的有色络合物，在特定波长下测定其吸光度，通过与标准曲线对比，即可得出磷酸根的浓度。通过定期监测磷酸根含量，并根据实际情况调整磷酸盐的投加量，可以确保锅炉水质处于最佳状态。

1.6 二氧化硅测定

二氧化硅是水中常见的无机物之一，在高温高压条

件下,它易与锅炉水中的钙、镁离子反应生成硅酸盐垢,严重影响锅炉的运行效率和安全性。硅钼黄或硅钼蓝比色法是测定水中二氧化硅含量的有效方法,其原理与磷酸根测定相似,都是通过生成有色络合物并测定其吸光度来计算二氧化硅的浓度。严格控制锅炉水中的二氧化硅含量,是减少硅酸盐垢生成、保障锅炉稳定运行的重要措施。

2 电厂锅炉水质常规化验方法

2.1 化学分析法

化学分析法作为传统的水质化验手段,以其高精度和可靠性在电厂锅炉水质管理中占据了重要地位。该方法基于化学反应原理,通过精确控制反应条件和指示剂的使用,可以准确测定水中的各种离子和化合物含量。例如,硬度测定中的络合滴定法、磷酸根和二氧化硅测定中的比色法,都是化学分析法的典型应用。化学分析法虽然操作相对复杂,耗时较长,且需要化验人员具备较高的专业技能,但其能够提供准确、可靠的化验结果,为电厂锅炉水处理方案的制定提供了科学依据。然而,化学分析法也存在一些局限性。一方面,该方法需要使用大量的化学试剂,不仅增加了化验成本,还可能产生化学废弃物,对环境造成潜在威胁。另一方面,化学分析法的操作过程较为繁琐,需要化验人员具备较高的操作技能和经验,否则可能影响化验结果的准确性。因此,在实际应用中,电厂需要综合考虑化验成本、环境保护以及化验人员的专业技能等因素,合理选择化学分析法的应用范围^[2]。

2.2 仪器分析法

随着科技的进步,仪器分析法在电厂锅炉水质化验中逐渐普及。该方法利用先进的仪器设备,如电化学传感器、玻璃电极、电导率仪等,对水质进行实时监测和离线化验。仪器分析法具有操作简便、快速、准确度高、数据可自动采集记录等优点,能够实时反映水质的变化情况,为电厂锅炉水处理提供及时、有效的数据支持。然而,仪器分析法也存在一些挑战。一方面,仪器设备价格昂贵,且需要定期校准和维护,增加了化验成本。另一方面,仪器分析法对使用环境有一定要求,如温度、湿度等,一旦环境条件不满足要求,可能影响仪器设备的准确性和稳定性。

2.3 在线监测与离线化验结合

为充分发挥化学分析法和仪器分析法的优势,电厂多采用在线监测与离线化验相结合的模式。在线监测系统能够实时跟踪水质关键参数,如电导率、pH值、溶解氧等,一旦发现参数异常,及时报警,操作人员可迅

速采取初步措施,避免水质恶化对锅炉运行造成不利影响。同时,定期进行离线全面化验,对更多指标进行深入分析,如硬度、磷酸根、二氧化硅等,校准在线监测数据,确保水质监测的准确性与可靠性。

3 电厂锅炉水质常规化验质量控制措施

3.1 标准溶液配制与标定

标准溶液作为化验的基准,其浓度的准确性直接关系到化验结果的准确性。因此,在标准溶液的配制与标定过程中,必须严格遵守标准操作规程,确保每一步操作都精准无误。在配制标准溶液时,应使用纯度高的基准物质或已知准确浓度的标准溶液,按照规定的比例和步骤进行配制。例如,EDTA标准溶液和硫代硫酸钠标准溶液的配制,需要严格控制溶剂的纯度、溶液的pH值以及加热、冷却等条件,以确保配制出的标准溶液浓度准确、稳定。标准溶液的标定是确保其浓度准确性的关键步骤。标定过程中,应采用精度更高的基准物质或已知准确浓度的标准溶液进行比对验证,通过滴定等化学方法,精确测定标准溶液的浓度。标定结果应与标准值进行比对,确保误差在允许范围内。

3.2 仪器设备校准与维护

化验仪器设备的精度和稳定性对化验结果具有重要影响。因此,定期对仪器设备进行校准和维护,是确保化验结果准确性的重要措施。仪器设备的校准应依据制造商提供的校准方法和周期进行。校准过程中,应使用标准物质或校准模块对仪器进行精确调整,记录校准数据,并评估校准结果的准确性。对于精度要求较高的仪器设备,如分光光度计、电导率仪等,还应进行多点校准,以确保其在不同测量范围内的准确性。仪器设备的日常维护同样重要。应保持仪器清洁、干燥,避免灰尘、水分等污染物对仪器造成影响。同时,应定期检查仪器电极、管路等部件的完整性,及时更换老化、损坏的部件。对于需要定期更换的耗材。

3.3 样品采集与保存

样品的采集与保存是化验工作的重要环节,直接关系到化验结果的可靠性。因此,在样品采集与保存过程中,必须严格遵守操作规程,确保样品不受污染、不变质。在采集样品时,应根据锅炉系统的不同采样点,如给水、锅水、凝结水等,选择合适的采样容器和采样方法。采样容器应清洁无污染,避免使用可能释放污染物的容器。采样时,应严格控制采样流速和采样量,避免水样扰动混入空气或杂质。同时,应记录采样时间、地点、温度等关键信息,以便后续分析。样品的保存同样重要。应根据不同化验项目的需求,添加相应的保存

剂,如测定溶解氧时需加硫酸锰和碱性碘化钾等。同时,应在规定时间内完成化验,防止水样变质影响结果。对于需要长期保存的样品,应妥善保存于低温、避光的环境中,以减少样品变质的可能性^[3]。

3.4 人员培训与考核

化验人员是水质化验工作的核心执行者,其专业素养直接关系到化验结果的准确性和可靠性。因此,加强化验人员的培训与考核,是提升化验工作质量的重要措施。培训内容应涵盖化验理论知识、操作规程、质量控制要点、安全防护等多个方面。通过理论学习、实际操作演示、案例分析等多种形式,帮助化验人员掌握化验工作的基本技能和关键要点。同时,应定期组织技能竞赛和交流活动,激发化验人员的学习热情和创新能力。

4 电厂锅炉水质常规化验常见问题及应对策略

4.1 化验结果偏差较大

(1) 原因分析。可能是样品采集不规范,混入杂质或发生变质;标准溶液浓度不准确;仪器设备未校准或故障;化验人员操作失误,如滴定终点判断错误、比色操作不当等。(2) 应对策略。加强样品采集管理,严格执行采样流程;重新配制、标定标准溶液;立即校准或维修仪器设备;对化验人员进行针对性培训与考核,规范操作流程,必要时安排经验丰富人员进行复核。

4.2 在线监测数据异常波动

(1) 原因分析。传感器污染、损坏或老化,导致灵敏度下降;水样流量不稳定,影响测量准确性;电磁干扰等外界环境因素;在线监测系统软件故障或参数设置错误。(2) 应对策略。定期清洗、维护传感器,及时更换损坏部件;优化水样采集与输送系统,确保流量稳定;采取屏蔽、接地等措施消除电磁干扰;检查软件系统,重新设置参数,必要时升级系统版本,同时结合离线化验数据进行对比分析,判断异常真实性。

4.3 水质处理效果不佳,化验指标难达标

(1) 原因分析。水处理工艺不合理或设备故障,无法有效去除杂质、调节水质;加药量不准确,如磷酸盐添加量过多或过少;锅炉运行工况不稳定,负荷变化大,导致水质波动加剧。(2) 应对策略。评估、优化水处理工艺,及时维修或更换故障设备;安装精准计量装置,根据化验结果动态调整加药量;与锅炉运行部门协同,稳定锅炉负荷,建立水质与运行工况联动调节机制,通过加强水质化验反馈,持续改进水处理效果。

5 电厂锅炉水质常规化验数据在锅炉运行优化中的应用

5.1 指导水处理工艺调整

根据水质化验数据,如硬度、溶解氧、二氧化硅等指标超标情况,针对性地调整水处理工艺参数。若硬度高,可增加离子交换树脂再生频率或优化软化水设备运行;溶解氧超标则强化除氧措施,如调节热力除氧器温度、压力或检查除氧剂投加系统。通过精准调整,确保进水水质符合锅炉要求。

5.2 优化锅炉排污策略

化验数据反映锅水水质变化,依据磷酸根、pH值、电导率等指标,合理确定锅炉排污量与排污时间间隔。当锅水中杂质离子浓度升高,通过适当增加排污量,及时排除浓缩的有害物质,维持锅水水质稳定,同时避免过度排污造成热量与水资源浪费,实现节能减排。

5.3 预测锅炉结垢与腐蚀风险

长期积累的水质化验数据可构建趋势模型,预测锅炉结垢、腐蚀趋势。例如,持续监测硬度、二氧化硅含量变化,结合锅炉运行时间、热负荷等参数,预估结垢速率;通过溶解氧、pH值波动分析腐蚀可能性。提前采取预防措施,如安排化学清洗、调整水质调节剂添加量,保障锅炉安全运行。

结论:电厂锅炉水质常规化验是一项系统且精细的工作,涵盖化验项目选择、方法运用、质量控制、问题解决以及数据应用等多个环节。通过精准测定各项水质指标,采用科学化验方法,严格落实质量控制措施,及时处理常见问题,充分利用化验数据优化锅炉运行,能够有效保障锅炉水质优良,降低结垢、腐蚀风险,提高电厂运行的安全性、稳定性与经济性。在未来电力行业发展中,随着环保要求提升、新技术涌现,电厂应持续优化水质化验策略,加强专业人才培养,为锅炉的长期可靠运行注入源源不断的动力,推动电力事业绿色、高效发展。

参考文献

- [1]陈静.基于大数据的电厂锅炉水质化验数据分析与决策优化[J].能源研究与管理,2024,49(2):78-82.
- [2]刘峰.新能源接入下电厂锅炉水质变化特征及化验应对策略[J].热力发电,2024,53(4):110-114.
- [3]张华.电厂锅炉水质精细化化验技术创新与实践[J].电力科技与环保,2024,40(3):56-59.