

Practice of improving the accuracy of online pH table measurement based on electrode maintenance optimization

Xiaona Ma

Huadian Laizhou Power Generation Co., Ltd., Yantai, Shandong, 261400, China

Abstract

This paper focuses on the accuracy of online pH table measurement in power plants, and carries out a practical research based on electrode maintenance optimization. Firstly, the application of online pH table in power plants and the accuracy of measurement are investigated, and the analysis shows that electrode aging, pollution and damage are the main reasons for inaccurate measurement. Based on this, according to the water quality monitoring requirements of the power plant and the industry standards, the proportion of inaccurate measurement is reduced from 30% to less than 5%. Analyze the causes, covering electrode defects, measurement environment, measurement system and personnel operation, and determine the main causes through the confirmation plan and process. Subsequently, activation electrode, KCl titration device and electrode protective cover were formulated and implemented. After the effect inspection, through the manual measurement comparison analysis, online pH table qualified rate statistics, not only the measurement accuracy is improved, but also achieved good economic and social benefits, achieve the expected goal, and provide reliable guarantee for the water quality monitoring of the power plant.

Keywords

electrode maintenance optimization; online pH table; measurement accuracy; improvement practice

基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性提升实践

马晓娜

华电莱州发电有限公司, 中国 · 山东 烟台 261400

摘 要

本文聚焦电厂在线pH表测量准确性问题,展开基于电极维护优化的实践研究。首先对在线pH表在电厂的应用、测量准确性现状进行调查,分析得出电极老化、污染、破损等是导致测量不准的主要原因。基于此,依据电厂水质监测要求与行业标准设定目标,将测量不准确比例从30%降至5%以内。深入剖析原因,涵盖电极缺陷、测量环境、测量系统及人员操作等多方面,并通过要因确认计划和过程确定主要原因。随后制定并实施活化电极、安装KCl滴定装置、加装电极保护罩等对策。经效果检查,通过手工测量比对分析、在线pH表合格率统计,不仅提升了测量准确性,还取得良好经济效益与社会效益,达成预期目标,为电厂水质监测提供可靠保障。

关键词

电极维护优化; 在线pH表; 测量准确性; 提升实践

1 引言

在电厂运行中,水质的精确把控是保障机组安全稳定运转的关键。其中,水样的 pH 值作为化学监督的重要指标,直接影响着热力系统的运行效率与安全。在线 pH 表作为实时监测 pH 值的关键设备,其测量准确性至关重要。然而,当前部分电厂的在线 pH 表受电极老化、液接电位干扰、废水杂质侵蚀等问题影响,测量准确率低,难以满足《化学监督导则》要求^[1]。本文将详细阐述通过优化电极维护,提升在线 pH 表测量准确性的实践过程,为电厂化学监督工作提

供有效参考。

2 基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性现状调查

2.1 在线 pH 表在电厂中的应用

在电厂的生产过程中,水化学的监测与控制至关重要,而在线 pH 表作为监测水质酸碱度的关键仪表,广泛应用于多个环节。例如,在锅炉补给水处理系统中,需精确控制水的 pH 值,以防止水中的酸性或碱性物质对后续设备造成腐蚀或结垢。在循环冷却水系统中,合适的 pH 值能有效抑制微生物的生长,保证循环水的水质稳定,提高冷却效率,在废水处理环节,准确测量 pH 值有助于判断废水是否达到排放标准,以及指导废水处理药剂的投加量。

【作者简介】马晓娜(1984-),女,中国山东临沂人,本科,助理工程师,从事电厂化学研究。

2.2 在线 pH 表测量准确性现状分析

通过对电厂多个在线 pH 表的测量数据进行长期收集和分析,发现部分表计存在测量不准确的问题。将在线 pH 表的测量数据与实验室高精度 pH 测量仪器的测量结果进行对比,发现部分在线 pH 表测量值与实验室测量值偏差超过允许范围。例如,在某一段时间内,对同一水样,在线 pH 表测量值为 7.5,而实验室测量值为 7.8,偏差达到了 0.3。进一步分析不同测量点的在线 pH 表数据,发现靠近水源入口和水处理设备出口的测量点偏差更为明显,这可能与水样的流速、水质成分变化等因素有关。

2.3 电极缺陷原因统计分析

对出现测量不准确问题的在线 pH 表电极进行检查和统计分析,发现主要存在以下几种缺陷原因。一是电极老化,随着使用时间的增加,电极的敏感膜性能逐渐下降,导致对氢离子的响应能力减弱,从而影响测量准确性。经统计,约 40% 的电极缺陷是由于老化引起的。二是电极污染,电厂中的水样中含有各种杂质、有机物和微生物,这些物质容易附着在电极表面,形成一层污染膜,阻碍氢离子的交换,使测量结果出现偏差,此类原因占比约 35%。三是电极破损,在安装、维护或水样冲击等情况下,电极可能会出现破损,导致内部电解液泄漏,影响测量,这部分原因占比约 15%。还有其他一些诸如电极校准不准确、接线松动等原因,占比约 10%。

2.4 现状调查结论

综合以上分析,当前电厂在线 pH 表测量准确性存在一定问题,主要受电极缺陷的影响。电极老化、污染和破损是导致测量不准确的主要因素,其中电极老化和污染占比比较大。这些问题不仅影响了电厂对水质的实时监测和控制,还可能对设备的安全运行和生产效率造成潜在威胁,因此,迫切需要采取措施优化电极维护,提高在线 pH 表的测量准确性。

3 基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性设定目标与原因分析

3.1 目标设定依据与目标值

目标设定的依据主要来源于电厂对水质监测的严格要求以及相关行业标准。根据电厂的生产工艺和设备运行要求,在线 pH 表测量值与实验室测量值的偏差需控制在 ± 0.1 范围内。因此,本次优化的目标值设定为将在线 pH 表测量不准确的比例从当前的 30% 降低至 5% 以内,确保测量值的准确性满足生产需求。

3.2 原因分析概述

为了解析在线 pH 表测量不准确的问题,除了电极缺陷,对环境、系统和人员操作因素进行了排查。温度变化,尤其是波动超过 5℃ 时,会显著增加测量偏差,因为温度影响电极的能斯特响应斜率。信号传输线路的屏蔽层破损可能导致电磁干扰,影响测量信号。在人员操作方面,电极校准不规

范和维护不及时也是测量不准确的原因,检查发现操作步骤错误和校准液使用不当等问题。

针对这些问题,实施以下措施:在不同温度下进行多次测量,以验证温度对准确性的影响;全面检查并修复信号传输线路,更换破损屏蔽层,以消除干扰;加强操作人员培训,规范电极校准和维护流程,并定期考核,确保操作准确性。预期这些措施将有效提升在线 pH 表的测量精度,满足目标值,为电厂提供可靠的水质监测,保障安全稳定运行。

3.3 电极缺陷原因分析

通过头脑风暴,制作思维导图对造成电极产生缺陷的原因进行总结,得到包括维护经验不足、pH 电极老化影响、静电荷的影响、液接电位的影响、标定误差的影响、校验周期过长、温度的影响、取样装置问题、废水杂质损坏电极等 9 项末端因素。对每个因素都进行了详细的原理分析和潜在影响评估。

3.4 主要原因确定

3.4.1 要因确认计划

针对九个末端因素,小组制定了严谨的要因确认计划表。对于维护经验不足,规定小组成员维护理论考试成绩合格率需达到 100%,在 2024.03.05 确认;pH 电极老化影响,需确认电极在使用期限内,于 2024.03.11 进行现场勘察;静电荷的影响,要求电极在不锈钢流通池与绝缘流通池误差小于 0.2pH 以内,在 2024.03.08 完成确认等,每个因素都明确了确认方法、标准、负责人和时间。

3.4.2 要因确认过程

小组成员经《DLT677-2018》规程培训,pH 表维护知识考核平均 92.5 分,维护知识掌握良好,对表计准确性影响小,非主要问题。电极老化影响显著,表现为响应滞后、灵敏度下降、零点漂移^[2]。现场处理老化电极,浸入稀盐酸和氯化钾溶液后,电极性能提升。如电极 1 使用 7 个月,活化前后性能对比明显,证实电极半年以上老化影响准确性及灵敏度,为主要因素。

表 1 电极老化影响

电极名称	使用时间	活化前		活化后	
		响应时间	校验斜率	响应时间	校验斜率
电极 1	7 个月	12s	80%	6s	91%
电极 2	10 个月	15s	75%	8s	85%
电极 3	12 个月	17s	72%	9s	83%

静电荷影响小,通过接地和降流速减少电极摩擦产生的静电荷,偏差仅 0.05-0.1pH,非主要因素。液接电位影响大,因纯水离子浓度低导致盐桥损耗和隔膜堵塞,清洁隔膜并加 KCl 溶液稳定电位,测量值接近实验室,为主要因素。标定误差影响小,斜率值显示静态误差小,但流通池测量误差大,非主要因素。校验周期严格执行,但效果不明显,影响小,非主要因素。

温度影响较小,通过恒温装置控制水样温度在

25±1℃,消除温度偏差,非主要因素。取样装置问题亦小,调整流速至20~40L/h并稳定,pH值与化验室接近,非主要因素。废水杂质损坏对电极影响大,脱硫废水中的杂质导致电极损坏率高,测量不准确,为主要因素。综上,电极缺陷主要原因为电极老化、液接电位影响和废水杂质损坏。

4 基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性的制定对策与实施

4.1 对策制定原则与方法

对策制定遵循可靠性、经济性、有效性原则。小组成员通过头脑风暴,从多个角度提出解决方案,并对每个方案从可靠性、经济性、优缺点等方面进行综合分析讨论,最终确定最佳实施方案。

4.2 对策一:活化电极的实施

针对 pH 电极老化,比较了更换新电极与活化处理两种方案。更换新电极成本高、周期长,不延长寿命;而活化处理省时省力、成本低。故采用活化方案:电极在 0.1mol/L 盐酸中浸泡 30 分钟,纯水清洗后,再浸入 3.5mol/L 氯化钾溶液 6 小时。经 6 个月老化电极活化,灵敏度和准确度显著提高,使用寿命延长 6 个月以上。孙文喆于 2024.4.10 完成实验,建议每月活化一次以提升性能和寿命。

4.3 对策二:安装 KCl 滴定装置的实施

对比消除液接电位影响的两种方案:定期用 0.1mol/L 盐酸清洁隔膜并加 KCl 溶液,与安装 KCl 滴定装置。前者操作中断、酸腐蚀风险、更换耗时长,后者连续稳定、成本低、无需清洗。故选择安装 KCl 滴定装置。实施中,在原电极上加装装置,灌注 3.5mol/L KCl 溶液。检查显示液位稳定,表明 KCl 稳定渗透。高妍于 2024.04.17 完成,结论为 KCl 滴定装置维持稳定电位差,有效保持 KCl 浓度。

4.4 对策三:加装电极保护罩的实施

针对废水杂质损电极,比较了更换新电极与加装保护罩两种方案。更换新电极成本高、周期长,不延长寿命;加装保护罩成本低、操作简便。故选择加装保护罩方案:自制防护罩固定于电极外侧。三个月后,电极无磨损,使用寿命显著提高。于 2024.04.11 完成,结论为加装防护罩有效阻挡杂质,提升电极寿命和监测准确性。

5 基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性的效果检查与评价

5.1 手工测量比对分析

经过改造后,分时段手工测量了 #3 机高混 pH 表与二期脱硫废水 A 三联箱 pH 表,并与在线 pH 表计进行结果比对。以 #3 机高混 pH 表为例,7 月在线 pH 表示值为 8.36,手工测量 pH 值为 8.42;8 月在线 pH 表示值 8.39,手工测量 pH 值 8.40 等,从 7-12 月数据来看,在线 pH 表示值和手工测量值的平均值相差小于 0.05,误差在合格范围内。二期脱硫废水 A 三联箱 pH 表也呈现类似结果,由此判断改造取得了

预期的效果。

5.2 在线 pH 表合格率统计

对 2024 年下半年各区域在线 pH 表合格率进行统计,海水淡化区域、一期机组精处理区域、二期机组精处理区域、脱硫废水区域月度综合准确率均有显著提升。7 月月度综合准确率为 95.5%,8 月达到 97.7%,9-11 月维持在 97.7%,12 月更是达到 100%,平均准确率为 97.7%,自 8 月起合格率达到预定目标 97.7%,从折线图可清晰看出 pH 表准确性有了显著提高,改善成果显著。

5.3 经济效益与社会效益评价

提升在线 pH 表准确性使电极寿命延长,2024 年节约 30 支电极,总计 15 万元。投入仅 580 元,经济效益显著。提高电厂化学仪表测量精准度与可靠性,确保化学监督连续性,及时发现问题,保障机组安全经济运行,提升电厂稳定性,为社会提供稳定电力^[3]。

5.4 效果检查与评价结论

通过手工测量比对和在线 pH 表合格率统计,以及经济效益和社会效益评价,可以得出结论:通过对在线 pH 表电极维护优化,采取活化电极、安装 KCl 滴定装置、加装电极保护罩等措施,显著提高了在线 pH 表的测量准确性,达到了预期目标,取得了良好的经济效益和社会效益,为电厂化学监督工作提供了有力支持。

6 结论

本次基于电极维护优化的在线 pH 表测量准确性提升实践,对电厂生产有着重要意义。在前期调查中,明确了在线 pH 表在电厂多个关键环节的应用,以及测量不准确的现状,发现电极老化、污染、破损是主要影响因素。依据行业标准和电厂需求,设定将测量不准确比例从 30% 降至 5% 以内的目标,并深入分析包括测量环境、系统及人员操作等多方面原因。通过要因确认计划和过程,确定电极老化、液接电位影响和废水杂质损坏为主要原因。针对这些原因,遵循可靠性、经济性、有效性原则,制定并实施了活化电极、安装 KCl 滴定装置、加装电极保护罩等对策。从效果检查来看,手工测量比对分析显示在线 pH 表示值和手工测量值误差在合格范围内;在线 pH 表合格率统计表明,自 8 月起合格率达到预定目标 97.7%,平均准确率为 97.7%,准确性显著提高,经济效益上,2024 年节约 30 支电极,总计节约成本 15 万元;社会效益方面,提升了电厂化学仪表测量精准度与可靠性,保障机组安全经济运行,为社会提供稳定电力。

参考文献

- [1] 王飞丽.火力发电厂常见化学仪表测量准确性与误差来源统计及分析[J].电力设备管理,2023(6):257-259.
- [2] 常梅.pH计检定过程中电极的维护和使用[J].分析仪器,2023(6):90-92.
- [3] 习苏芸,黄河笑,李显芳,万巧玲,张继蓉.电极法测定污水中pH的方法验证报告[J].环球市场,2021(20):362-363.