

电厂化学水处理系统现存问题及技术创新应用探索

张静

陕西榆林能源集团杨伙盘煤电有限公司，陕西榆林，719300；

摘要：随着电力需求的增长及对环境保护意识的提升，电厂化学水处理系统面临着一系列技术革新与管理改进的需求。本文旨在通过探讨现有电厂化学水处理系统中设备维护不善、传统工艺落后、分散管理问题以及操作人员技能滞后等问题，提出基于最新科技成果的技术创新方案，如膜分离技术、智能化控制系统、新型除氧防腐技术和废水零排放策略的应用等。研究发现，实施这些新技术不仅有助于提高水处理效率，还能显著减少环境污染，推动能源行业向绿色可持续方向发展。

关键词：电厂化学水处理；技术创新；环境保护；智能化控

DOI：10.64216/3080-1508.25.05.030

引言

电厂化学水处理系统（如图 1 所示）是电厂运行过程中至关重要的组成部分，其主要作用是对进入电厂的原水进行处理，去除其中的杂质、盐分和有害物质，以满足电厂发电过程中对水质的严格要求。然而，传统的电厂化学水处理方式在面对日益严格的环保要求时显得力不从心。设备的老化和腐蚀加剧了运行成本，并威胁到设备的安全稳定性。同时，许多电厂仍然采用陈旧的处理工艺，未能达到现行的技术标准，导致水质难以保证。此外，管理模式上的分散性和监测技术的局限性进一步阻碍了系统的优化升级。为应对上述挑战，探索适应新时代发展的技术创新路径成为必然选择。本研究聚焦于如何运用先进的膜分离技术、自动化控制系统、新型防腐手段以及水资源高效利用技术来改善电厂化学水处理系统的性能表现，以期为行业提供新的解决方案。



图 1 电厂化学水处理系统

1 电厂化学水处理系统的现存问题分析

1.1 设备维护与腐蚀问题

1.1.1 设备维护问题

对于化学水处理系统来说，及时的设备维护是保障设备长期稳定运行的重要条件。但在设备维护中，由于很多电厂缺乏科学合理的维护措施，维护缺乏针对性和针对性，使设备维护缺乏合理性；一些电厂缺乏主动维护的意识，仅仅按照设备生产厂商的意见进行设备维护，未能根据本单位的设备实际制定维护措施；还有一些电厂由于缺乏设备维护的人才或者技术，导致设备维护无法更好地展开。合理的维护周期是保障设备持续良好运行的先决条件。但在实际应用中，一些电厂忽略了维护周期的设定，导致设备在运行中发生过度损耗或者设备损坏问题。在实际设备维护中，缺乏足够的检查措施，不能根据实际的设备运行情况监控设备运行状态和工作性能，使设备不能长期保持良好的运行状态。

1.1.2 设备腐蚀问题

化学水处理系统内设备长期处于不同化学介质作用下容易受电化学腐蚀、化学试剂腐蚀等因素的影响。最常见的就是电化学腐蚀，水中存在的氧、离子等与设备金属材料发生氧化还原反应会引起腐蚀。另外，部分化学试剂与设备作用也有可能引起化学反应而使设备材料受到破坏。设备腐蚀一方面会导致设备的机械性变形以及寿命降低，另一方面对于化学水处理系统的稳定性和安全性具有重要影响。第一，腐蚀引起设备泄漏，使化学水处理系统水质变差，影响电力生产的质量、安全。第二，腐蚀的金属微粒及化学物质进入循环水系统，引起其它设备腐蚀而损坏形成一个不良的循环过程。第三，设备腐蚀严重，严重时候会影响生产，对企业的成

本及名声造成较大的伤害。

1.2 工艺落后与技术标准执行不足

1.2.1 传统工艺弊端

有些电厂仍旧采用较为落后的化学处理水工艺,其中包括混凝过滤、离子交换等,在使用时会造成处理效率低、酸碱废液排放量大等诸多问题。在使用混凝过滤进行处理的过程中,水中杂质去除的效果有限,不能够达到严格要求;在使用离子交换工艺的过程中,经常需要进行再生,会产生大量酸碱废液,如果直接排放将会对环境造成严重污染。部分电厂没有严格执行标准要求将排污指标进行严格的把关,直接将未检测的污水进行排放,在对设备造成严重腐蚀的同时,还会对周边环境造成恶劣的污染。

1.2.2 预处理不达标

如果原水预处理达不到标准要求,例如胶体杂质没有得到充分去除,就容易导致超滤膜被污染或树脂中毒。当超滤膜被污染后,其净水能力就会出现下降的情况,使通量变小,还需要对膜经常清洗或更换,提高了运行成本。树脂中毒导致离子交换树脂的交换容量减小,水质处理效果变差,相应提高成本。因此,增加了电厂化学水处理系统运行的效率降低及运行的成本,对经济效益造成了极大冲击。

1.3 系统集中化与监控不足

1.3.1 分散管理弊端

化学水处理设备分散布置,无统一监控平台,导致设备运行效率低、故障响应慢。如循环水系统,由于没有集中控制,无法及时动态调节浓缩倍数,对运行的实际状况不能及时优化处理水质,造成循环水系统运行效果差。突发问题由于缺少集中监控,无法及时发现、及时处理,使得问题升级,造成更大的损失。

1.3.2 监测技术缺陷

对于水质参数(pH、离子浓度)的在线监测不够,目前仍然是靠手工进行监测,导致误差产生,人工的监测无法实现连续、实时监测,无法及时捕捉水质微变化。水质的实时准确监测对于保证化学水处理系统稳定运行有至关重要的作用,如果水质参数出现异常,但是未能及时发现,未及时调整,后续势必会引发一连串的问题,会影响整个电厂的生产安全。

1.4 人员专业性与管理缺陷

1.4.1 操作人员技能滞后

操作人员技能水平低,对新设备(EDI制水、膜分离技术)掌握不够,缺乏定期的培训,从而造成先进设备的利用率不高,不能使其充分起作用。例如EDI制水技术,具有高效、环保等特点,但由于操作人员没有掌握该项技术,对设备操作不熟造成设备运行不稳定,处理效果不够理想。缺乏定期的培训,使操作人员无法跟上本行业技术发展进程,工作要求不断更新的情况下难以及时作出调整。

1.4.2 管理体系不完善

未制定出水水质数据动态分析体系,无法及时准确分析水质变化趋势,影响工艺优化。水质数据动态分析对化学水处理工艺参数调整、提高处理效果具有十分重要的意义。没有完善的分析体系,就不能根据水质变化对加药量、设备运行参数等及时进行调整,处理工艺得不到最佳状态,就会影响水质处理效果和电厂的经济效益。

2 技术创新与应用方向

2.1 膜分离技术的广泛应用

如今,膜分离技术在电厂化学水处理中有着越来越广泛的应用。反渗透(RO)、电除盐(EDI)、超滤(UF)等膜分离技术因其具有独特的优势,在优化水处理方式的方面有着新的机会,使水处理的流程得到有效简练,使酸碱的耗量可以大大减少,并能有效减少废液的排放,在环保和经济方面都具有积极的贡献。以“预处理+反渗透+EDI”组合工艺为例,该工艺在对高参数机组的锅炉补给水处理中具有很好的运用。传统锅炉的补给水处理流程繁琐,需要许多的化学药剂进行水质净化,在进行“预处理+反渗透+EDI”组合工艺的过程中,超滤对原水进行预处理,能够有效的去除水中悬浮物、胶体等杂质,为后续的反渗透以及电除盐提供优质进水,反渗透膜可以将水中大部分的离子、有机物等截留,从而进一步减少水中含盐量,而最后通过EDI,就可以将水中的离子连续进行去除,能够制备超纯水,满足高参数机组对于水质较高的要求。这种先进的处理工艺,不但有更高的水品质,且能够有效的节约运行成本,减少对环境的污染。

2.2 智能化与自动化控制

2.2.1 现场总线控制系统(FCS)

FCS在电厂化学水处理系统中应用,是化学水处理

系统智能化的主要特征之一。由于采用了新型数字通信技术,能够实现对系统设备的集中监控管理,大大提高了系统的响应速度、故障诊断水平等。在传统的水处理系统中,其设备的通信和控制大多是独立运行的,信息传递不够及时,导致系统对异常现象无法快速响应,故障诊断存在很大的难度。而通过采用 FCS,将分散的现场设备通过现场总线串联成一个有机的整体,设备之间的数据共享和协同工作,从而能够实现一些很难协调的问题。

2.2.2 智慧水务平台

智慧水务平台是物联网的创新性产物,把智慧应用于电厂化学水处理系统,为化学水处理注入智慧的灵魂。通过在化学水处理各个重要环节设置传感器采集各个重要节点的水质数据、设备运行参数等,并传输到集控中心平台。针对收集到的数据通过大数据处理,分析、挖掘海量的信息数据,以便确定科学合理的水处理运行模式,如运用大数据分析化学水处理运行周期内的水质变化规律,分析出水质的变化趋势,并预先将水处理工艺的调节参数进行预设,减少化学水水质不稳定现象的发生;通过大数据分析化学水处理过程中各主要设备运行参数,分析出设备的运行状态、故障趋势,并预先将需维修部位进行检修等。智慧水务平台从根本上将人的因素减少到最低,从而减少人力成本投入,有利于水处理工作的高智能化。

2.3 新型除氧与防腐技术

2.3.1 新型除氧技术

传统的热力除氧方式由于能耗较大被广泛应用于电厂化学水的处理上。为了达到节能降耗、提高除氧效果的目的,解析除氧、电化学除氧等新型除氧方式也逐渐被应用。解析除氧是利用亨利定律,将没有氧的气态流体与待除氧的液态水充分接触,水中的溶解氧进入气态流体中,从而达到除氧的目的。解析除氧方式不需要像热力除氧方式那样消耗大量蒸汽进行加热,可以节省很多能耗。电化学除氧是以电化学的原理为基础,通过电解发生的电化学反应来去除水体中的溶解氧,除氧效率较高,设备简单实用。加氧钝化是近些年出现的一种新型防腐措施,即在金属体表面构建致密且稳定的氧化膜以保护金属。在电厂热力系统中,金属体长期接触水,容易造成金属腐蚀,加氧钝化技术在条件适合的情况下向水中添加一定量的氧,使金属体表面生成一层均匀而

且致密的氧化膜,该氧化膜能够隔绝水中的溶解氧以及其他具有腐蚀作用的物质与金属体接触,从而对金属体起保护作用,延长设备的使用时间。

2.3.2 电子—化学协合处理技术

电子—化学协合处理技术是在电厂循环水处理工程中较为常用的电场与化学药剂结合的创新性处理方法。循环水系统中微生物繁殖和结垢现象较为普遍,容易造成设备损伤、循环水运行失败等情况发生,本方法则是通过给循环水施加电场,影响微生物细胞膜的电位,从而破坏其生理活动,提高化学药剂杀灭微生物的效果。另外,本方法中的电场也可以改变水中离子的流动状态,抑制形成水垢,提高循环水的浓缩倍率。传统循环水处理过程中的化学药剂大多是为了解决循环水中微生物和结垢问题而加投的,造成循环水化学药剂的浪费,而电子—化学协合处理技术则可以在一定程度上减少化学药剂的使用量,节约运行成本,而且对环境的污染也得以进一步减少,满足了绿色环保的要求。

2.4 废水零排放与资源化利用

2.4.1 分级处理实现工业废水全回收

工业废水处理回收零排放目标。结合电厂化学水处理主要设备设施,应用不同工艺分级处理,如反渗透、蒸发结晶等工艺,达到工业废水全回收、尽量减少淡水用量目的。在分级处理过程中,主要通过反渗透工艺去除工业废水中的大部分盐类和有机物,对工业废水进行预处理达到初步回收利用的目的;经反渗透处理的浓水进入蒸发结晶系统,采用蒸发的方式,将其中的水分分离出来,再由加热析出的盐结晶进行水盐分离,分离出的水再回用到电厂其他系统,如冷却补充用水、脱硫工艺用水、回用水等;析出的结晶盐可进行进一步处理利用,如化工原料等。例如,电厂生活污水经深度处理达到绿化、消防等用水指标,根据需要,按照一定的回用目标进行相应污水处理设施和回用管网建设,将处理后的回水用于生活污水回用到厂区绿化灌溉、消防用水,一方面节约了大量新的水资源,另一方面减少污水处理过程中造成的环境污染、对环境的破坏,达到循环利用和可持续发展目的。

2.4.2 光伏驱动水处理

光伏发电设备随着光伏发电技术的逐渐完善,对电厂化学水处理系统的应用,给低碳工艺变革创新提供了一个途径。某电厂对光伏驱动水处理系统进行集成,在

太阳能提供的电量驱动下完成水处理单元的运作，光伏驱动水处理系统不仅能够实现水处理单元所需的电能，而且还节约了大量的化石燃料。在该电厂运行的实际案例中发现，水处理单元减少 45% 的碳排放，响应了全球

的低碳政策号召，也给电厂树立了良好的环保形象，又可以在一定程度上减少电厂的用电量，提高了电厂的竞争力。详细如表 1 所示。

表 1 技术创新应用研究

技术方向	技术名称/方法	核心原理与优势	应用效果/案例
膜分离技术优化	全膜法工艺	UF、RO、EDI 三级处理，实现深度脱盐；超滤预处理提升进水质量，RO 高效脱盐，EDI 精处理产水。	显著提高脱盐效率，降低后续膜污染风险。
智能控制系统应用	FCS 与 PLC 集成控制	FCS 实时监测水质，PLC 自动调节加药量；实现水质参数（pH、电导率等）动态控制。	提高加药精准性，减少人工干预误差
	AI 预测维护	基于机器学习算法分析历史数据，预测膜污染周期及程度。	某电厂维护成本降低 30%，停机时间减少 40%。
绿色催化与资源化技术	电催化还原硝酸盐	利用 Co_4Fe_6 催化剂，在中性废水中将硝酸盐转化为氨；氨选择性 100%，电能利用率 98.6%。	实现硝酸盐高效去除与资源回收（氨）。
	高盐废水分质结晶	基于盐类溶解度差异分离回收 NaCl 、 Na_2SO_4 等。	某煤化工项目年回收盐类 2 万吨，废水排放减少 60%。
低碳工艺革新	低温多效蒸发（LT-MED）	多效蒸发器串联利用蒸汽潜热，实现低温（ $<70^\circ\text{C}$ ）废水浓缩；能耗较传统蒸发技术降低 35%。	显著降低高盐废水处理能耗，符合低碳要求。
	光伏驱动水处理	集成光伏发电系统为水处理设备供电。	某电厂水处理单元碳排放减少 45%，实现清洁能源替代。

3 结束语

本文通过对电厂化学水处理系统现存问题的深入剖析，可以看出，当前面临的主要障碍包括设备老化、工艺落后、管理体系不完善等方面。针对这些问题，引入现代化技术手段如膜分离技术、智能化监控体系、先进防腐措施以及废水零排放技术具有重要意义。这些创新不仅提升了水处理过程的经济性和环境友好性，也促进了电力行业的可持续发展。

参考文献

[1]段丽璇. 关于电厂化学水处理中反渗透膜技术的运用研究[J]. 清洗世界, 2023 (11): 13-15.

[2]张平. 发电厂化学水处理系统中的控制技术应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40 (6): 204-205.

作者简介：张静（1997—），女，汉族，陕西榆林人，硕士学历，研究方向为化学。