

锅炉水（介）质检验质量控制体系的构建与实践

赵玮琦

内蒙古自治区特种设备检验研究院满洲里分院 内蒙古 满洲里 021400

摘要：作为现代工业生产体系中的关键热能转换装置，工业锅炉的广泛应用已成为工业领域的重要特征。研究表明，水质状况是制约锅炉设备运行效能与服役周期的核心要素之一。因此，通过科学规范的水质检测与优化处理措施，不仅能够有效延长设备使用寿命，还能显著提升热传导效率，实现能源消耗的合理化控制，从而达到节能减排的工业环保目标。

关键词：水质；检验质量；工业锅炉；重要性

1 前言

近年来，我国政府高度重视安全生产工作，其中特种设备监管成为关键环节。作为典型的高温高压特种设备，锅炉通过燃料化学能或其他能源将介质加热至特定参数，实现热能转换功能。该设备主要由热水系统（锅体）和燃烧系统（炉体）两大部分构成。在此过程中，水质作为关键要素，其理化指标直接影响锅炉运行效能。未经处理的给水或水质不达标可能导致受热面结垢，进而引发多重危害：一方面降低热传导效率，造成能源损耗和运行成本上升；另一方面加速金属腐蚀，长期积累可能诱发爆管甚至爆炸等重大安全事故，严重危及公共安全^[1]。因此，实施科学规范的锅炉水处理工艺，确保给水质量达标，既是保障设备稳定运行的基础条件，也是实现节能减排、预防事故的重要技术手段。近年来，我国相继颁布实施了《TSGG5002-2010锅炉水（介）质处理检验规则》、《TSGG5001-2010锅炉水（介）质处理监督管理规则》以及《GB1576-2018工业锅炉水质》等系列标准规范，对锅炉水（介）质处理的检验规程及定期检测要求作出了明确规定。然而在实际监管过程中发现，部分企业存在水处理设备缺失、加药操作不规范、水质检测不到位、操作人员无证上岗等违规现象，这种不规范操作模式极易引发重大安全隐患。为此，监管部门、检测机构及企业主体必须高度重视这一问题。开展工业锅炉定期检验工作具有重要的现实意义，相关职能部门在提升社会生产力水平的同时，更应强化质量监管意识，通过实施严格的检验制度来确保工业锅炉运行安全，切实保障人民群众的生命财产安全。

2 检验锅炉水质的关键方法

在明确水质检验和处理目的的基础上，为确保目的得以顺利实现，就必须加强水质检验与处理方法的应用。

2.1 样品复检技术

工业锅炉原水检测前需严格遵循取样规范，重点做好样品采集与保存工作。具体操作包括：1）采集过程中需同时保留备份样品，确保样品独立存放；2）对备份样品实施规范的编号登记制度；3）按标准流程及时将样品移交复检部门；4）最终需对初检与复检数据进行比对分析。特别需要强调的是，备份样品的保存条件必须符合标准要求，保存时限需严格控制，以最大限度减少环境因素干扰，从而保证复检结果的准确性。

2.2 样品平行分析法

在样品检测过程中，必须遵循平行检测原则，不得仅对单一或少量样本进行测试。根据实验规范要求，检测样本量应占总体样本的10%-20%，当样本总量较少时需适当提高检测比例。研究数据表明，由于原水水质存在差异性，平行测定结果的相对标准偏差临界值呈现显著波动^[2]。进一步分析发现，水样的稳定性和均匀性程度与相对标准偏差临界值呈显著正相关，即水样稳定性越高、均匀性越好，其相对标准偏差的临界值要求就越为严格。因此，在确保检测仪器具备足够准确度和精密度的前提下，需根据水样的具体特性科学设定限值标准，以便更准确地把握样品的本质特征。

2.3 对比分析法

本研究采用对比实验法对数据结果进行系统分析，具体实施过程包含实验室内部与实验室间两个层面的对比验证。在实验室内部验证环节，重点开展人员间比对、方法学比对以及仪器设备比对，以此评估检测人员操作过程中产生的随机误差。实验室间比对则着重考察系统误差，通过多实验室协同实验来验证分析过程中可能存在的系统性偏差。为确保比对结果的可靠性与科学性，必须持续提升检测人员的专业技术能力。

2.4 曲线校控技术

该技术实施的核心步骤涉及对计算数据的线性回归

分析。为确保分析结果的精确性,有必要对曲线绘制及校准进行周期性强化。具体而言,每批样品的检测过程中均需精心绘制校准曲线,并在特殊情况下无法绘制时,使用标准溶液对校准曲线的零点和中间点进行验证,确保相对偏差在5%至10%之间。此外,校准曲线的相关系数必须超过0.999,若不达标,则必须重新绘制曲线,并严格禁止将校准曲线应用于其适用范围之外。

2.5 注意事项

在工业锅炉水质检测实践中,除前述四种常规检测方法外,还涉及密码样分析、质量控制图分析以及加标回收实验等多种水质分析技术。然而,并非检测技术种类越多越好,必须根据实际工况灵活选用适宜的水质检测方法,以确保软化水质量达到规定标准。检测报告出具后,技术人员需对数据进行严格复核,确保检测结果的准确性和可靠性,各项指标均应符合相关规范要求^[3]。值得注意的是,同一指标的检测结果必须具有唯一性,对于未达到最低检测限值的数据,不得作为最终判定依据。

3 工业锅炉水质检验质量中常见问题

3.1 忽视锅炉水质检验工作重要性

工业锅炉运行过程中,水处理环节的重要性常被忽视,对水质保障构成潜在威胁,可能导致严重的安全隐患。部分企业为降低运营成本,未能严格按照规范配备必要的水处理设备,或仅采用炉内加药方式替代规范的炉外水处理流程。此外,即便已安装水处理设备,部分企业也未能按期进行维护、保养及更新,直接影响锅炉给水水质,进而危及锅炉运行的安全性。

3.2 检验人员专业技能偏低

工业锅炉作为工业企业生产过程中的关键特种设备,其运行安全状况在很大程度上取决于检验人员的专业素质与工作效能。然而,部分企业出于降低检验成本或管理意识淡薄等原因,往往存在检验人员配置不足或专业资质欠缺等问题,这将对锅炉安全管理体系造成显著负面影响。随着社会对特种设备安全运行要求的不断提高,相关法规已明确规定锅炉管理人员必须持证上岗,但仍有部分企业存在违规操作现象,包括任用非专业人员从事检验工作,甚至临时借用他人资质应付检查等不规范行为。此类专业能力不足的检验人员在实际工作中易出现违规添加药剂、不按标准流程操作等问题,不仅影响检验数据的准确性,更会导致对锅炉水质状况的误判,从而延误必要的处理措施,最终可能酿成严重的安全事故。

3.3 水质检验不当引起设备腐蚀及水垢问题

现阶段,我国工业锅炉运行管理中存在诸多亟待解

决的问题。首先,相当比例的企业对锅炉水处理工作缺乏足够重视,相关操作人员专业素养不足,难以准确完成水质检测与处理工作,特别是未能及时将锅水碱度、给水硬度等关键参数上报管理层,致使水处理与排污工作无法科学开展,最终造成锅炉结垢现象^[4]。其次,水质检测数据失准及处理滞后会引发排污不彻底,促使污垢持续沉积,随着时间推移将显著降低锅炉运行效率并威胁其安全性。此外,工业锅炉普遍处于恶劣的作业环境中,化工等行业使用的强酸强碱类原料具有极强的腐蚀性,会对锅炉本体及附属设备造成严重损害。在具体操作层面,部分企业存在违规作业现象,如碱煮药剂配比不当、无资质单位进行清洗作业或酸洗药剂配比不合理等,这些不规范操作都会加剧锅炉腐蚀程度。值得注意的是,除氧措施不到位、软水箱容量与锅炉不匹配等因素还会引发锅炉氧腐蚀问题,进一步影响设备运行质量。

4 工业锅炉水质检验质量中的解决措施

4.1 加强锅炉水质监测

在工业锅炉水质监测体系的构建过程中,应当以锅炉定期检验工作为基础环节。具体而言,需要从以下几个方面着手:首先,要建立健全锅炉管理制度体系,重点加强对检验人员专业技能的系统性考核;其次,要全面核查锅炉运行日志,重点检查司炉人员交接班记录的完整性;再次,必须严格审查锅炉维修保养档案,确保日常生产过程中锅炉管理的规范化运作。检验人员应当重点核查操作人员从业资质证书、水质检测原始数据及正式检验报告,促使使用单位充分认识水处理工作的关键性,从而提升锅炉水质常规管理水平。同时,要定期组织检验人员进行专业技能培训 and 考核评估,并强化职业道德教育,确保其严格按照标准规范开展水质检测和水处理作业,切实提高检测数据的精确度,准确掌握锅炉给水的硬度、碱度及pH值等关键参数。从企业管理层面,建议建立针对锅炉管理人员和检验人员的绩效考核与奖惩制度,以激发其参与水质监测工作的主动性。此外,必须完善设备维修保养档案管理制度,必要时可制定专门的水处理设备维保规程,明确责任主体,将水处理设备的日常维护纳入企业标准化管理体系。在锅炉系统的离子交换设备管理中,维护作业包括对以下环节的定期审查与处理:对阀门进行定期的功能性检查,以尽早识别潜在渗透风险,防止未处理的原水进入软水箱;对树脂进行周期性状态监测,发现老化迹象后立即更换;对排水帽进行检查,发现损坏情况则须及时替换;对布水装置及盐液分配装置进行定期评估,并执行给水管道的金属防腐措施,以减少原水中铁离子的

含量,防止这些离子通过树脂层导致树脂中毒,最终引发树脂性能下降。

4.2 建立完善水质检验机制

在锅炉水质检测过程中,各项指标若未能达到规定标准,将对锅炉系统的安全运行产生显著影响。为此,亟需构建科学规范的水质检测体系,其具体实施要点包括:(1)在检测人员资质方面,操作人员必须取得相应等级的锅炉水(介)质处理资格证书方可从事相关检测工作。其次,在试剂配制环节,所有标准溶液及其他试剂的制备均需严格遵循GB/T601-2016《化学试剂标准滴定溶液的制备》的技术规范。再次,取样过程应完全按照GB/T6907-2022《锅炉用水和冷却水分析方法水样的采集方法》的要求执行,包括取样量、取样点及取样装置的确定。最后,检测操作必须规范进行,所用仪器设备应符合标准要求,以保证检测结果的可靠性。以硬度检测为例,具体操作流程为:取100mL澄清试样置于250mL锥形瓶中,加入5mL氨-氯化铵缓冲溶液及2-3滴铬黑T指示剂,边振荡边用EDTA标准溶液滴定至溶液呈现纯蓝色,通过计算EDTA标准溶液的消耗量即可得出检测结果。(2)单纯锅内加药方法。锅炉内部化学药剂处理的主要功能体现在两个方面:一是预防钙镁离子在受热面上形成难以清除的硬质水垢;二是在金属表面形成保护性钝化膜,从而有效抑制腐蚀现象的发生。若药剂投加量控制不当,不仅会降低防垢效能,还会导致锅炉排污量显著增加。因此,必须严格遵循操作规程进行药剂投加,以确保水质调控效果。工业锅炉内部化学处理的技术要点包括:1)根据锅炉型号、运行参数及给水水质特性科学配制药剂,严格控制药剂杂质含量,通常采用碳酸钠和磷酸三钠的复合配方,以调节锅水pH值和磷酸根浓度;2)投药后需建立定期排污制度,通过监测锅水碱度和pH值等指标来优化排污控制策略。

4.3 注重水垢问题

工业锅炉在运行过程中若产生水垢沉积现象,将显著干扰其热传导效能,进而影响设备的稳定运转,热阻

效应可能导致炉体局部温度异常升高,最终诱发重大安全事故。为确保设备安全运行,在水质检测环节应重点监测水垢形成指标,通过建立完善的预防性检测机制,从根本上杜绝结垢现象的发生,从而提升锅炉系统的整体安全性能。

4.4 妥善处理设备腐蚀问题

锅炉腐蚀现象主要受介质性质及运行温度的双重影响,而腐蚀倾向显著的区域通常集中在承受过度水压或低温区域。因此,在锅炉水质检测过程中,务必确认腐蚀性介质的存否,并对其予以及时清除;同时,应定期监控锅炉的工作温度,对于超标情况应即刻采取整改措施;对于易受腐蚀影响的敏感区域,应实施早期发现和早期干预的策略,以最大限度地减少潜在损失。

5 结语

锅炉的运行性能深受水质状况的制约,故而对水质进行检测是至关重要的工作环节。若水质检测未能达到标准,使用不合格的水质进行锅炉操作,将引发锅炉内部的严重腐蚀,这不仅会降低锅炉的传热效率,还可能造成结垢现象的加剧。这些问题的产生均源于水质的不达标,对锅炉的运行安全构成直接影响。因此,必须严格实施水质检测措施,以确保锅炉运行的稳定性和安全性。此外,通过引入先进的检测技术和理论,提高水质检测工作的质量,对于保障锅炉的运行安全性和稳定性具有重要意义。

参考文献

- [1]刘嘉庆.工业锅炉水质检测问题及处理方法分析[J].技术与市场,2021,28(5):107-108.
- [2]孔妍,张全伟,曹颖.济宁市部分地区工业锅炉水质情况调查分析[J].清洗世界,2021,37(12):92-93.
- [3]王加庆,平苏丰,丛旭阳,等.工业锅炉水质常规化验的方法分析[J].化工管理,2020(26):90-91.
- [4]赵浩生,范广英,张合明.工业锅炉水质不良的危害及水质控制环节研究[J].百科论坛电子杂志,2020(16):99-100.