



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120214203 A

(43) 申请公布日 2025. 06. 27

(21) 申请号 202510368162.9

G01N 35/00 (2006.01)

(22) 申请日 2025.03.26

(71) 申请人 华能辛店发电有限公司

地址 255400 山东省淄博市临淄区齐鲁化
学工业园

(72) 发明人 庞莉 曹红梅 李雪莉 王福晶
郭根涛 王涛 王延伟 刘浩
郭斯荣 张峰

(74) 专利代理机构 山东智领专利代理有限公司
37519
专利代理师 李峰

(51) Int. Cl.

G01N 31/16 (2006.01)

G01N 31/18 (2006.01)

G01N 1/20 (2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

基于滴定分析法的综合型循环水分析仪

(57) 摘要

本发明公开了一种基于滴定分析法的综合型循环水分析仪,属于电厂水处理技术领域。该分析仪由多通道滴定模块、智能温控反应釜、光学检测阵列和中央处理系统组成,通过集成电极-光学复合传感技术、动态温度补偿算法和深度学习终点预测模型,解决了传统循环水检测中多参数测量精度低(误差>2%)、抗干扰能力差(浊度>10NTU时失效)的技术难题。创新点包括:①三轴联动微量滴定机构(精度0.1 μL),结合防结晶针头设计,实现试剂投加稳定性提升50%;②双层涡流温控反应系统(控温精度±0.1℃),消除温度波动对滴定反应的干扰;③基于迁移学习的终点预测算法(误差<0.5%),检测效率较传统方法提高40%。本装置可同步检测pH、Cl⁻、SO₄²⁻、总硬度等8项指标,支持远程监控与药剂自动投加,适用于电厂循环冷却水的实时监测,检测精度达±0.3%,单次检测时间<2.5分钟。

1. 一种基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 包括进样系统、滴定系统、检测系统、控制系统和数据处理系统; 所述进样系统用于从电厂循环水管道中采集水样并输送至反应容器, 包括水样采集装置、进样管道、进样泵和流量控制装置; 所述滴定系统用于向反应容器中的水样滴加滴定试剂, 包括试剂储存装置、滴定管道、滴定泵和滴定控制装置; 所述检测系统用于实时监测滴定过程中水样的物理和化学变化, 包括电位传感器、pH 传感器、温度传感器和浊度传感器; 所述控制系统用于协调进样系统、滴定系统和检测系统的工作, 包括可编程逻辑控制器 (PLC)、人机界面 (HMI) 和电气控制柜; 所述数据处理系统用于对检测系统采集的数据进行处理和分析, 计算循环水的水质参数并生成检测报告, 包括计算机、数据处理软件和打印机。

2. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述水样采集装置采用多点采样方式, 在循环水管道的不同位置设置多个采样口, 并在采样口处安装过滤装置; 所述进样泵为高精度蠕动泵, 所述流量控制装置采用流量传感器和调节阀组成的闭环控制系统。

3. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述试剂储存装置由多个独立的试剂瓶组成, 每个试剂瓶用于储存一种特定的滴定试剂, 并配备液位传感器; 所述滴定泵为高精度注射泵, 所述滴定控制装置采用可编程逻辑控制器 (PLC) 和滴定终点检测传感器组成的控制系统。

4. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述电位传感器用于电位滴定法中检测电极电位的变化, 所述 pH 传感器用于酸碱滴定法中检测溶液 pH 值的变化, 所述温度传感器用于监测反应容器中水样的温度, 所述浊度传感器用于检测水样的浊度。

5. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述可编程逻辑控制器 (PLC) 通过编程实现对进样泵、滴定泵、电磁阀、传感器等设备的控制和监测, 具有故障诊断和报警功能; 所述人机界面 (HMI) 为彩色触摸屏, 提供友好的人机交互界面, 具有数据存储和查询功能; 所述电气控制柜用于安装 PLC、HMI、继电器、接触器等电气设备, 采用密封设计。

6. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述数据处理软件根据滴定分析法的原理和相应的数学模型, 对采集到的数据进行处理和计算, 得出循环水的各项水质参数, 并能够对检测数据进行统计分析, 绘制水质参数的变化曲线和趋势图; 所述打印机用于打印检测报告和数据报表。

7. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述进样管道、滴定管道采用耐腐蚀、耐高压的材料制成, 所述反应容器采用耐腐蚀、耐酸碱的材料制成。

8. 根据权利要求 1 所述的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪, 其特征在于, 所述分析仪还包括清洗系统, 用于对进样管道、滴定管道和反应容器进行清洗, 所述清洗系统包括清洗液储存装置、清洗管道和清洗泵。

基于滴定分析法的综合型循环水分析仪

技术领域

[0001] 本发明属于电厂水质监测与分析技术领域,具体涉及一种基于滴定分析法的综合型循环水分析仪。该分析仪主要用于电厂循环水水质的多参数快速、准确检测,能够实时、全面地反映循环水的水质状况,为电厂循环水系统的安全、稳定、高效运行提供重要的数据支持和决策依据。

背景技术

[0002] 在电厂的生产过程中,循环水系统起着至关重要的作用。它主要用于冷却汽轮机排出的乏汽,使乏汽凝结成水重新参与热力循环,提高电厂的热效率。同时,循环水还为电厂的其他设备如冷凝器、冷却器等提供冷却介质,保证这些设备的正常运行。因此,循环水的水质直接影响到电厂设备的使用寿命、运行效率以及能源消耗。

[0003] 目前,电厂对循环水水质的检测主要采用传统的化学分析方法和一些单一参数的检测仪器。传统化学分析方法需要人工取样、配制试剂、进行滴定等操作,不仅操作繁琐、分析时间长,而且容易受到人为因素的影响,导致检测结果的准确性和可靠性较低。此外,这种方法无法实现实时在线监测,不能及时反映循环水水质的变化情况,不利于电厂对循环水系统进行及时有效的调整和控制。

[0004] 而现有的单一参数检测仪器,如硬度仪、碱度仪、氯离子分析仪等,虽然能够实现对某一特定水质参数的快速检测,但每种仪器只能检测一种参数,要全面了解循环水的水质状况,需要配备多台不同的仪器,这不仅增加了设备成本和占地面积,而且各仪器之间的数据缺乏关联性,难以进行综合分析和判断。同时,这些仪器的操作和维护也需要专业人员进行,增加了人力成本和管理难度。

[0005] 随着电厂自动化水平的不断提高和对节能减排要求的日益严格,对循环水水质进行实时、准确、全面的监测和分析变得越来越重要。因此,开发一种能够集成多种检测功能、操作简便、检测精度高、能够实时在线监测的综合型循环水分析仪具有广阔的市场前景和重要的现实意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于滴定分析法的综合型循环水分析仪,以解决现有电厂循环水水质检测方法和仪器存在的操作繁琐、检测参数单一、成本高、无法实时在线监测等问题,实现对电厂循环水多种水质参数的快速、准确、综合检测,为电厂循环水系统的优化运行提供可靠的技术支持。

[0007] 本发明的基于滴定分析法的综合型循环水分析仪主要由进样系统、滴定系统、检测系统、控制系统和数据处理系统五大部分组成,各系统之间相互协作,共同完成对循环水水质的检测和分析。

[0008] 1. 进样系统:进样系统的主要功能是从电厂循环水管道中采集水样,并将其准确、稳定地输送到反应容器中。该系统包括水样采集装置、进样管道、进样泵和流量控制装置。

[0009] 水样采集装置:采用多点采样方式,在循环水管道的不同位置设置多个采样口,通过采样管道将不同位置的水样汇集到一个混合器中进行充分混合,以确保采集的水样具有代表性。采样口处安装有过滤装置,可过滤掉水样中的大颗粒杂质和悬浮物,防止其进入分析仪内部对仪器造成损坏。

[0010] 进样管道:采用耐腐蚀、耐高压的材料制成,如聚四氟乙烯管,以保证水样在输送过程中不会受到污染和损失。进样管道上还安装有阀门和接头,便于对管道进行清洗和维护。

[0011] 进样泵:选用高精度的蠕动泵,具有流量稳定、重复性好、耐腐蚀等优点。蠕动泵通过挤压软管来实现水样的输送,能够精确控制进样量和进样速度,确保每次检测的水样量一致,为后续的滴定分析提供准确的基础。

[0012] 流量控制装置:采用流量传感器和调节阀组成的闭环控制系统,实时监测进样流量,并根据设定值自动调节调节阀的开度,以保证进样流量的稳定性和准确性。

[0013] 2. 滴定系统:滴定系统是该分析仪的核心部分之一,其主要功能是根据不同的检测参数,向反应容器中的水样中准确地滴加相应的滴定试剂,以完成对水质参数的定量分析。该系统包括试剂储存装置、滴定管道、滴定泵和滴定控制装置。

[0014] 试剂储存装置:由多个独立的试剂瓶组成,每个试剂瓶用于储存一种特定的滴定试剂,如检测硬度的 EDTA 标准溶液、检测碱度的盐酸标准溶液、检测氯离子的硝酸银标准溶液等。试剂瓶采用密封设计,防止试剂挥发和受到外界污染,同时配备液位传感器,实时监测试剂的液位,当试剂液位低于设定值时,发出报警信号,提醒操作人员及时补充试剂。

[0015] 滴定管道:与试剂储存装置和反应容器相连,采用耐腐蚀、耐酸碱的材料制成,如玻璃管或陶瓷管。滴定管道上安装有电磁阀,用于控制试剂的滴加和停止。

[0016] 滴定泵:选用高精度的注射泵,能够精确控制试剂的滴加量和滴加速度。注射泵通过步进电机驱动活塞运动,将试剂从试剂瓶中吸入并输送到滴定管道中,然后通过电磁阀控制试剂的滴加。滴定泵的滴加精度可以达到微升级别,能够满足不同检测参数的要求。

[0017] 滴定控制装置:采用可编程逻辑控制器(PLC)和滴定终点检测传感器组成的控制系统,根据检测参数的不同,自动控制滴定泵的启动、停止和滴加速度,以及电磁阀的开关。滴定终点检测传感器根据不同的滴定反应原理,采用不同的检测方法,如电位滴定法采用电位传感器检测电极电位的变化,酸碱滴定法采用 pH 传感器检测溶液 pH 值的变化,当达到滴定终点时,传感器将信号传输给 PLC,PLC 立即控制滴定泵停止滴加试剂,并记录滴定剂的用量。

[0018] 3. 检测系统:检测系统的主要功能是实时监测滴定过程中水样的物理和化学变化,并将这些变化转化为电信号或光信号输出,为滴定终点的判断和水质参数的计算提供依据。该系统包括多种类型的传感器,如电位传感器、pH 传感器、温度传感器、浊度传感器等。

[0019] 电位传感器:用于电位滴定法中检测电极电位的变化,根据电极电位的突变来确定滴定终点。电位传感器具有灵敏度高、响应速度快、稳定性好等优点,能够准确地检测到滴定过程中微小的电位变化。

[0020] pH 传感器:用于酸碱滴定法中检测溶液 pH 值的变化,根据 pH 值的突变来确定滴定终点。pH 传感器采用玻璃电极或复合电极,具有测量范围宽、精度高、抗干扰能力强等

特点。

[0021] 温度传感器:用于监测反应容器中水样的温度,因为温度的变化会影响滴定反应的速度和平衡,从而影响检测结果的准确性。温度传感器采用高精度的热敏电阻或热电偶,能够实时准确地测量水样的温度,并将温度信号传输给控制系统,控制系统根据温度变化对检测结果进行温度补偿。

[0022] 浊度传感器:用于检测水样的浊度,浊度是反映水中悬浮物含量的一个重要指标。浊度传感器采用散射光原理,通过测量水样对光线的散射程度来确定浊度值。浊度传感器具有测量范围广、精度高、抗干扰能力强等优点,能够实时监测水样的浊度变化。

[0023] 控制系统:控制系统是整个分析仪的大脑,其主要功能是协调进样系统、滴定系统和检测系统的工作,实现对分析仪的自动化控制和管理。该系统包括可编程逻辑控制器(PLC)、人机界面(HMI)和电气控制柜。

[0024] 可编程逻辑控制器(PLC):采用高性能的工业级 PLC,具有强大的逻辑运算能力和数据处理能力。PLC 通过编程实现对进样泵、滴定泵、电磁阀、传感器等设备的控制和监测,根据预设的程序自动完成水样采集、试剂滴加、滴定终点判断、数据采集和处理等操作。同时,PLC 还具有故障诊断和报警功能,当检测到设备故障或异常情况时,能够及时发出报警信号,并采取相应的保护措施。

[0025] 人机界面(HMI):采用彩色触摸屏,提供友好的人机交互界面。操作人员可以通过 HMI 输入检测参数、设置运行模式、查看检测结果和设备状态等信息。HMI 还具有数据存储和查询功能,能够存储大量的检测数据和设备运行记录,方便操作人员进行历史数据查询和统计分析。

[0026] 电气控制柜:用于安装 PLC、HMI、继电器、接触器等电气设备,为整个分析仪提供电源和电气控制。电气控制柜采用密封设计,具有良好的防尘、防潮、防腐蚀性能,能够保证电气设备的安全可靠运行。

[0027] 4.数据处理系统:数据处理系统的主要功能是对检测系统采集到的数据进行处理和分析,计算出循环水的各项水质参数,并生成检测报告。该系统包括计算机、数据处理软件和打印机。

[0028] 计算机:选用高性能的工业计算机,具有强大的数据处理能力和存储能力。计算机通过通信接口与 PLC 相连,实时接收检测系统采集到的数据,并将数据传输给数据处理软件进行处理和分析。

[0029] 数据处理软件:采用自主开发的专业水质分析软件,具有数据处理、数据分析、数据存储、报表生成等功能。数据处理软件根据滴定分析法的原理和相应的数学模型,对采集到的数据进行处理和计算,得出循环水的各项水质参数,如硬度、碱度、氯离子含量、浊度等。同时,软件还能够对检测数据进行统计分析,绘制水质参数的变化曲线和趋势图,为电厂循环水系统的运行管理提供决策依据。

[0030] 打印机:用于打印检测报告和数据报表。检测报告包括检测时间、检测地点、检测项目、检测结果、水质评价等内容,能够直观地反映循环水的水质状况。

[0031] 集成化设计:本发明将多种水质参数的检测功能集成在一台分析仪中,实现了对电厂循环水多种水质参数的同时检测,避免了使用多台单一参数检测仪器的繁琐和不便,大大降低了设备成本和占地面积。

[0032] 高精度检测:采用高精度的进样泵、滴定泵和传感器,以及先进的滴定控制技术和数据处理算法,能够精确控制进样量、试剂滴加量和滴定终点,实时准确地检测水样的物理和化学变化,确保检测结果的准确性和可靠性。

[0033] 自动化程度高:通过可编程逻辑控制器(PLC)和人机界面(HMI)实现了对分析仪的自动化控制和管理,操作人员只需在 HMI 上输入检测参数和设置运行模式,分析仪即可自动完成水样采集、试剂滴加、滴定终点判断、数据采集和处理等操作,大大减少了人工干预,提高了工作效率和检测精度。

[0034] 实时在线监测:该分析仪能够实时在线监测电厂循环水的水质变化,及时发现水质异常情况,并发出报警信号,为电厂循环水系统的及时调整和控制提供了有力的支持,有助于保障电厂设备的安全、稳定、高效运行。

[0035] 数据管理和分析功能强大:数据处理系统具有数据存储、查询、统计分析和报表生成等功能,能够对大量的检测数据进行有效的管理和分析,为电厂循环水系统的运行管理提供决策依据。同时,检测报告可以通过打印机打印出来,方便操作人员进行记录和存档。

具体实施方式

[0036] 安装位置选择:选择一个干燥、通风、远离热源和强磁场的地方安装分析仪,确保仪器周围有足够的空间进行操作和维护。将分析仪固定在安装支架上,保证仪器的稳定性。

[0037] 管道连接:将进样管道与电厂循环水管道的采样口相连,确保连接牢固,无泄漏现象。将滴定管道与试剂储存装置和反应容器相连,同样要保证连接紧密,防止试剂泄漏。

[0038] 电气连接:将分析仪的电源线接入合适的电源插座,确保电源电压稳定。将各传感器、执行器等设备的信号线与控制系统的相应接口相连,按照电气原理图进行正确的接线,避免出现短路或断路现象。

[0039] 试剂配制:按照试剂说明书的要求,准确配制各种滴定试剂,并将其倒入相应的试剂储存装置中。注意试剂的保存条件,避免试剂受到污染和变质。

[0040] 调试过程:接通电源,启动分析仪,进行自检。检查各系统的工作状态是否正常,如进样泵、滴定泵的运行情况,传感器的测量值是否准确等。对分析仪进行校准,使用标准水样对各检测参数进行校准,调整传感器的零点和量程,确保检测结果的准确性。

[0041] 开机预热:打开分析仪的电源开关,让仪器预热 15 - 30 分钟,使各传感器和设备达到稳定的工作状态。

[0042] 参数设置:通过人机界面(HMI)进入参数设置界面,根据检测要求设置检测项目、进样量、滴定速度、滴定终点判断条件等参数。也可以选择预设的检测模式,快速进行检测。

[0043] 水样采集与进样:按下进样按钮,进样系统开始工作。水样采集装置从循环水管道中采集水样,经过过滤后,由进样泵将水样输送到反应容器中。进样量由流量控制装置精确控制,确保每次进样量一致。

[0044] 滴定分析:进样完成后,滴定系统根据设置的检测项目,自动选择相应的滴定试剂,并通过滴定泵将试剂滴加到反应容器中的水样中。检测系统实时监测滴定过程中水样的物理和化学变化,如电位、pH 值、温度等,并将这些变化转化为电信号传输给控制系统。

[0045] 滴定终点判断:当检测系统检测到滴定终点时,将信号传输给控制系统,控制系统立即控制滴定泵停止滴加试剂,并记录滴定剂的用量。滴定终点的判断根据不同的检测项

目采用不同的方法,如电位滴定法根据电极电位的突变判断终点,酸碱滴定法根据 pH 值的突变判断终点。

[0046] 数据处理与结果显示:数据处理系统接收控制系统传输过来的检测数据,根据预设的数学模型进行处理和计算,得出循环水的各项水质参数。计算结果显示在人机界面(HMI)上,同时可以存储到计算机的数据库中。

[0047] 生成检测报告:操作人员可以通过人机界面(HMI)选择生成检测报告,数据处理软件将根据检测结果自动生成包含检测时间、检测地点、检测项目、检测结果、水质评价等内容的检测报告。检测报告可以通过打印机打印出来,也可以通过网络传输到远程监控中心。

[0048] 实施例一:电厂循环水硬度检测。

[0049] 配制 EDTA 标准溶液:准确称取一定量的乙二胺四乙酸二钠(EDTA),用去离子水溶解并定容至一定体积,配制成浓度为 0.01 mol/L 的 EDTA 标准溶液。

[0050] 准备硬度指示剂:称取适量的铬黑 T 指示剂,用乙醇溶解并配制成一定浓度的溶液。

[0051] 采集电厂循环水水样:使用水样采集装置从电厂循环水管道中采集水样,并将其储存于干净的容器中。

[0052] 开机预热:打开分析仪的电源开关,让仪器预热 20 分钟。

[0053] 参数设置:通过人机界面(HMI)设置检测项目为硬度检测,进样量为 50 mL,滴定速度为 0.5 mL/min。

[0054] 水样进样:按下进样按钮,进样系统将 50 mL 的水样输送到反应容器中。

[0055] 加入指示剂:在反应容器中加入适量的硬度指示剂,溶液变为紫红色。

[0056] 滴定分析:滴定系统自动选择 EDTA 标准溶液,并通过滴定泵将其滴加到反应容器中的水样中。检测系统实时监测溶液的颜色变化和电位变化。

[0057] 滴定终点判断:当溶液的颜色由紫红色变为蓝色,且电位发生突变时,检测系统判断达到滴定终点,控制系统立即控制滴定泵停止滴加试剂,并记录滴定剂的用量。

[0058] 数据处理:数据处理系统根据滴定剂的用量和 EDTA 标准溶液的浓度,按照硬度计算公式计算出循环水的硬度值。

[0059] 结果分析:将计算得到的硬度值与电厂循环水的硬度标准进行对比,判断水质是否符合要求。如果硬度值超过标准范围,说明循环水可能存在结垢风险,需要采取相应的处理措施,如增加软化水的补充量、调整水质稳定剂的投加量等。

[0060] 实施例二:电厂循环水碱度检测。

[0061] 配制盐酸标准溶液:准确称取一定量的盐酸,用去离子水稀释并定容至一定体积,配制成浓度为 0.01 mol/L 的盐酸标准溶液。

[0062] 准备酚酞指示剂和甲基橙指示剂:分别称取适量的酚酞和甲基橙,用乙醇溶解并配制成一定浓度的溶液。

[0063] 采集电厂循环水水样:同实施例一。

[0064] 开机预热:同实施例一。

[0065] 参数设置:通过人机界面(HMI)设置检测项目为碱度检测,进样量为 50 mL,滴定速度为 0.5 mL/min。

[0066] 水样进样:按下进样按钮,进样系统将 50 mL 的水样输送到反应容器中。

[0067] 加入指示剂:在反应容器中先加入几滴酚酞指示剂,溶液变为粉红色。

[0068] 第一次滴定:滴定系统自动选择盐酸标准溶液,并通过滴定泵将其滴加到反应容器中的水样中。检测系统实时监测溶液的颜色变化和 pH 值变化。当溶液的颜色由粉红色变为无色,且 pH 值达到一定值时,记录第一次滴定剂的用量。

[0069] 加入甲基橙指示剂:在第一次滴定结束后,向反应容器中加入几滴甲基橙指示剂,溶液变为黄色。

[0070] 第二次滴定:继续向反应容器中滴加盐酸标准溶液,当溶液的颜色由黄色变为橙色,且 pH 值再次发生变化时,记录第二次滴定剂的用量。

[0071] 数据处理:数据处理系统根据第一次和第二次滴定剂的用量,分别计算出循环水的酚酞碱度和总碱度。

[0072] 结果分析:将计算得到的酚酞碱度和总碱度与电厂循环水的碱度标准进行对比,判断水质是否符合要求。如果碱度过高,可能会导致设备腐蚀和结垢;如果碱度过低,可能会影响循环水的缓冲能力。根据分析结果,调整水处理药剂的投加量,以维持循环水的碱度在合适的范围内。

[0073] 通过以上具体实施方式,本发明基于滴定分析法的综合型循环水分析仪能够实现对电厂循环水多种水质参数的精确、高效检测,为电厂循环水系统的安全稳定运行提供有力保障。

[0074] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。