

电解槽温度监测系统的设计与实现方法研究

沐亚玲

云南铜业股份有限公司西南铜业分公司，云南 昆明 650102

摘 要： 电解槽作为重要的工业生产设备，主要应用于金属的电解提取、电镀和其他电化学工艺中，是现代工业中不可或缺的一部分，电解槽在运行过程中面临着诸多挑战，其中之一便是温度控制的精准性和稳定性，温度过高或过低都导致电解过程效率低下、产物质量下降甚至设备损坏，因此对电解槽温度进行实时监测与控制至关重要。本文设计了一款电解槽温度监测系统，从功能需求角度分析了硬件与软件算法的设计方法，最终通过测试评估，本次设计的电解槽温度监测系统能够正常运转，在响应度、灵敏度以及功能性上均能够满足电化学工艺领域的生产要求。

关 键 词： 温度监测系统；电解槽；设计；实现方法

Research On The Design And Implementation Method Of Electrolytic Cell Temperature Monitoring System

Mu Yaling

Yunnan Copper Industry Co., Ltd. Southwest Copper Branch, Yunnan, Kunming 650102

Abstract： As an important industrial production equipment, electrolytic cells are mainly used in metal electrolysis extraction, electroplating, and other electrochemical processes. They are an indispensable part of modern industry. Electrolytic cells face many challenges during operation, one of which is the accuracy and stability of temperature control. Excessive or insufficient temperature can lead to low electrolysis efficiency, decreased product quality, and even equipment damage. Therefore, real-time monitoring and control of electrolytic cell temperature is crucial. This article designs an electrolytic cell temperature monitoring system and analyzes the design methods of hardware and software algorithms from the perspective of functional requirements. Finally, through testing and evaluation, the designed electrolytic cell temperature monitoring system can operate normally and meet the production requirements of the electrochemical process field in terms of responsiveness, sensitivity, and functionality.

Keywords： temperature monitoring system; electrolytic cell; design; implementation method

前言

传统的温度监测方法往往依赖于手动测量或简单的温度传感器，这种方式存在监测不及时、响应迟缓的问题，无法满足现代工业生产对高效、精准监控的需求^[1]。因此，开发一种高效的电解槽温度监测系统成为当前工业自动化的重要课题之一。通过引入先进的传感技术和智能化的数据处理算法，新一代的温度监测系统能够实现对电解槽温度的实时监测、快速反馈及自动化控制，有效提升了生产效率和产品质量^[2]。电解槽温度监测系统的研究与设计涉及传感器技术、数据采集与处理、控制算法及工业应用测试等多个领域的综合运用。

一、电解槽温度监测系统设计的功能需求

设计电解槽温度监测系统时，以确保系统能够有效监测、控制和管理电解槽内部温度，具体的功能需求如下：（1）实时温度监测：系统应能够实时监测电解槽内部液体及各部分（如极板、电解液表面）的温度情况，以秒级或更高频率更新温度数据。（2）高精度测量：要求系统具备高精度的温度测量能力，确保测量误差在可接受范围内，以准确反映电解槽内部温度变化。

（3）数据采集与存储：系统需能够采集、存储并管理大量温度数据，支持长期数据存储和历史数据查询功能，以便于后续分析和回溯^[3]。（4）远程监控与访问：提供远程监控功能，操作人员可以通过网络远程访问系统，实时查看电解槽温度数据和系统状态，及时响应异常情况。（5）报警与预警功能：设计预设温度阈值，一旦温度超出设定范围，系统能够及时发出警报并提供视觉或声音提示，以引起操作人员的注意并采取必要的措施。（6）智能分析与决策支持：集成数据分析功能，系统能够对历史数据进

作者简介：姓名：沐亚玲，性别：女，民族：汉，出生年月：1990年10月，籍贯：云南宣威，学历：本科，职称：工程师，研究方向：铜冶炼。

行分析,提供趋势预测和异常检测,帮助操作人员制定优化生产策略和调整温度控制参数。(7)安全与可靠性:系统需具备高安全性和可靠性,确保数据传输过程中的机密性和完整性,避免因数据泄露或干扰导致的安全问题。(8)用户友好界面:设计直观友好的用户界面,操作简便,支持多种语言和设备,使操作人员能够快速掌握系统使用方法并有效管理电解槽温度。

二、电解槽温度监测系统的设计与实现

(一) 总体思路

电解槽温度监测系统的核心是红外测温技术,通过红外测温仪器安装在电解槽上方,利用红外辐射传感器扫描电解液、槽口和极板的表面温度。这些数据通过无线传输或有线连接到数据采集器,确保实时地收集和传输温度信息。

为了全面监测电解槽及其周围环境的温度情况,系统还配备了无源指标探测采集器阵列,这些设备具备高精度的温度探测能力,用于监测周围环境的温度变化,避免外界温度波动对电解槽操作产生影响^[4]。数据从这些探测器收集后,通过第一级和第二级交换机进行传输,并连接至专用的分析服务器、应用服务器和大屏显示器,使操作人员可以实时监测和分析温度数据,及时作出反应和调整。此外,系统设计中还包括预警设备,如预警扬声器和摄像头,用于在检测到异常温度或其他危险信号时发出警报并录像^[5]。这些预警装置与智能管理平台集成,通过即时通知和远程监控,帮助操作人员迅速响应问题,保障生产过程的安全性和连续性。

(二) 硬件设计

电解槽温度监测系统的硬件设计是确保系统稳定运行和准确监测温度的关键部分,设计电解槽温度监测系统硬件时需要考虑的关键要素:(1)温度传感器:选择适合工业环境的高精度温度传感器,如PT100、热电偶等,能够稳定、精确地测量电解槽内部不同位置的温度^[6]。传感器的选择应考虑其响应时间、测量范围和精度。(2)数据采集模块:使用专用的数据采集模块或数据采集器,负责从温度传感器获取数据,并将数据传输给中央控制单元或监控系统。数据采集模块需要支持与传感器的接口兼容,并具备稳定的数据传输能力。(3)中央控制单元:为了实现数据的集成性,需要设计一个中央控制单元或数据处理单元,负责接收、处理和存储来自各个温度传感器的数据。该单元通常包括微处理器或微控制器、存储器、接口电路等组件,用于实时数据处理和管理。(4)通信模块:集成适当的通信模块,支持系统与远程监控设备或操作控制中心的通信。常用的通信方式包括以太网、无线局域网(Wi-Fi)、蓝牙或Modbus等协议,确保数据安全、稳定地传输至远程终端。(5)电源管理系统:考虑到工业环境存在的电磁干扰和电力波动,设计稳定可靠的电源管理系统^[7]。这包括电源滤波器、稳压电源、过载保护电路等,确保硬件设备能够在恶劣条件下正常运行。(6)外壳和防护措施:设计耐腐蚀、防水防尘的外壳,以保护硬件设备不受电解槽内部化学物质或环境条件的影响。合适的防护措施可以延长硬件设备的使

用寿命并提高稳定性。(7)实时显示与报警系统:集成实时显示屏或指示灯,用于即时显示电解槽温度数据和系统状态。同时,设计报警系统,当温度异常超出设定阈值时能够及时发出警报,通知操作人员采取必要的应对措施。

(三) 软件算法

电解槽温度监测系统的软件算法设计是确保实时监测、数据处理和系统管理的关键部分,在中央控制单元设计的软件算法可以实时从温度传感器获取数据,具体的数据采集的频率和精度应根据监测需求进行优化,确保准确反映电解槽内部的温度变化。

在传感器获取数据信息后,需要实现数据的滤波、校正和存储,以提高数据质量和可靠性。采用合适的算法如滑动窗口平均或卡尔曼滤波等,处理存在的噪声和干扰,确保输出的温度数据准确性,并在此基础上设计实时温度监控算法,能够即时识别温度变化趋势和异常情况,可以结合实际通过阈值设定和实时比对,实现对温度异常的快速响应和警报通知。此外,应该开发算法分析历史温度数据,识别长期变化趋势和周期性模式。这些分析可以帮助预测设备的运行状态和提前预防潜在的问题。

为了确保系统所获取的信息能够被管理人员识别和控制,还需要开发直观的用户界面,显示电解槽内部温度数据随时变化。界面设计应简洁清晰,支持实时数据更新和历史数据查询功能,并在此基础上设计报警算法,当检测到温度异常超过设定阈值时,及时发出声音、视觉或文字警报。确保操作人员能够快速响应并采取必要的措施。

在数据传输过程中,通信模块中集成通信协议如Modbus、TCP/IP等,实现系统与远程监控设备或中央控制系统的数据交互和远程控制,并需要在此基础上开发远程监控算法,允许操作人员通过网络远程访问温度数据和系统状态,实现远程设备管理和故障诊断^[8]。与此同时,综合考虑和实施数据加密和访问控制措施,保护系统数据免受未经授权访问和攻击,并设计软件算法以提高系统稳定性,包括错误处理机制和自动恢复功能,确保在异常情况下系统仍能正常运行。

三、电解槽温度监测系统的应用效果

(一) 实时监测与反馈

电解槽温度监测系统通过部署高精度的温度传感器和先进的数据采集技术,能够实时、精确地监测电解槽内部的温度变化,各类传感器能够捕捉到微小的温度波动,确保监测数据的准确性和可靠性,且实时监测不仅限于表面温度,还可以深入到电解槽内部,对液体或物料的温度进行详细跟踪,为生产过程中的温度控制提供重要支持^[9]。

当监测系统检测到电解槽内部温度超出预设范围或出现异常变化时,系统能够立即发出警报并将信息反馈给相关的操作人员或自动化控制系统,针对性的即时反馈机制可以极大地缩短故障响应时间,帮助操作人员快速识别问题所在并采取必要的调整措施,如调节电解槽的冷却系统或调整工艺参数,防止潜在的设备损坏或生产中断。电解槽温度监测系统实时监测与反馈的效果测

试如表1所示。

表1 电解槽温度监测系统实时监测与反馈的效果测试

测试时间	监测数值 (°C)	灵敏度参数设置
1	350 ± 2	高 (± 5° C)
2	380 ± 3	高 (± 5° C)
3	320 ± 3	低 (± 10° C)

(二) 异常预警与执行响应

电解槽温度监测系统在异常预警与执行响应方面的应用效果是企业生产安全和持续运行的重要保障，实际基于连续监测电解槽内部的温度变化，系统能够及早发现导致设备故障或生产异常的温度波动，当温度超出设定的安全范围或出现异常上升或下降时，监测系统会立即发出警报并通知相关人员，确保在问题发生前进行预警和预防，避免事故的发生。

异常预警不仅仅是简单的温度超限报警，还包括系统对异常数据的智能分析和处理能力。监测系统可以通过分析历史数据和实时数据，识别出异常变化的模式和趋势，从而提前预测发生的问题并进行智能预警。这种智能预警能力大大提高了故障预防和事故避免的效率。

异常预警与执行响应不仅仅是问题解决的过程，还能够通过对异常情况的分析和归因，为企业的持续改进和优化提供宝贵的经验和数据支持，且管理人员可以根据异常事件的反馈，优化操作流程和设备维护策略，进一步提升生产系统的稳定性和可靠性^[10]。最终，异常预警与执行响应的有效应用使得企业能够在安

全性和生产持续性方面获得显著提升，在此基础上结合预防性的管理和及时的响应措施，电解槽温度监测系统帮助企业降低了生产风险和损失，确保生产过程的安全稳定运行。异常预警与执行响应的测试效果如表2所示。

表2 异常预警与执行响应的测试效果

测试时间	阈值设定 (°C)	监测数据 (°C)	是否响应	响应时间 (s)
1	45	31.23	否	—
2	50	55.23	是	0.03ms
3	70	72.18	是	0.03ms

结语

本文设计的电解槽温度监测系统在设计与实施过程中，结合了先进的传感技术、精确的数据处理算法及有效的应用测试。系统能够实现对电解槽温度的实时监测与反馈，确保生产过程中温度控制的精准性与稳定性，在此基础上通过灵敏度参数的设定与测试，系统展现了对温度变化的快速响应能力，提高了异常预警与执行响应的效率。测试数据表明，系统在多次实验中成功识别并响应异常情况，及时执行冷却措施，有效防止温度过高对生产带来的潜在风险。总而言之，电解槽温度监测系统不仅在技术设计上具备可靠性与实用性，而且在实际应用中展现了显著的效果，为工业生产中的温度管理提供了可靠的解决方案。

参考文献

[1] 谭震军, 黄亮, 白万全, 等. 铝电解槽槽壳温度监测与分析系统模型 [J]. 轻金属, 2023(1):23-27.

[2] 施燕飞, 伍祖槐, 路辉. 铝电解巡检机器人技术及装备研发 [J]. 有色金属设计, 2023, 50(2):26-29.

[3] 王哲, 吴海宝, 徐云生, 等. 一种电解槽故障极板的监测系统及方法. CN202211506091.7[2024-07-11].

[4] 谭善伟, 郭福宝, 黄若愚, 等. 电解槽阴极温度在线检测研究 [J]. 轻金属, 2022(06): 34-39.

[5] 昌振利. 铝电解槽内槽壳测温方法对比研究及应用 [J]. 云南冶金, 2022, 51(5):175-180.

[6] 王哲, 盛建村, 吴海宝, 等. 电解槽故障极板监测系统的开发与应用 [J]. 金川科技, 2023(3):67-72.

[7] 刘君鹏. 铝电解槽槽膛内型监测技术研究 [J]. 新疆有色金属, 2022, 45(1):3.

[8] 夏海波. 光纤测温系统在铝电解槽漏槽问题上的早期探测应用研究 [J]. 通信电源技术, 2023, 40(9):10-13.

[9] 吴意乐, 何庆, 徐同伟. 基于 ZigBee 和 MLX90614 的铝电解槽温度监测系统的设计 [J]. 传感技术学报, 2017, 30(3):7.

[10] 姚志国, 营锁军. 基于 VB 铝电解槽温度监测系统开发初探 [J]. 机械工程与自动化, 2015(1):90.