

温度测量在焊接绝热气瓶制造中的应用

刘 静

内蒙古自治区特种设备检验研究院通辽分院 内蒙古 通辽 028000

摘 要：温度测量贯穿焊接绝热气瓶制造全流程，对保障产品质量与性能意义深远。材料热处理需精准控温以优化金相组织，焊接过程中温度监测可规避缺陷，绝热层制造与装配、气瓶性能测试同样依赖温度测量获取关键数据。当前，测量精度、实时性及系统兼容性问题制约发展，通过引入先进传感器、搭建智能监测系统解决方案，可有效提升温度测量水平，推动焊接绝热气瓶制造技术革新。

关键词：温度测量；焊接绝热；气瓶制造；应用

引言

随着低温存储与运输行业的快速发展，焊接绝热气瓶作为关键装备，其制造质量直接影响应用安全与效率。温度作为焊接绝热气瓶制造中的核心工艺参数，对材料性能、焊接质量及绝热效果等方面起着决定性作用。本文深入探讨温度测量在焊接绝热气瓶制造各环节的具体应用，分析现存问题，并针对性提出解决方案，旨在为提升焊接绝热气瓶制造技术水平提供理论与实践参考。

1 温度测量在焊接绝热气瓶制造中的重要性

焊接绝热气瓶作为低温液体储存与运输的核心设备，其性能和安全性直接受制造过程中温度控制的影响。温度测量在焊接绝热气瓶制造中起着关键作用，关乎气瓶质量与使用安全。焊接绝热气瓶由内外双层容器构成，中间抽真空形成绝热层，制造过程涉及材料成型、焊接、抽真空等多个环节，每个环节的温度变化都对最终产品性能产生重要影响。材料成型阶段，无论是内胆还是外壳的加工，板材需在合适温度范围内塑形。温度过高，材料会出现晶粒粗大、强度下降的问题，影响气瓶整体结构强度；温度过低，则板材塑性不足，易产生裂纹，埋下安全隐患。焊接环节是决定气瓶质量的关键工序，温度测量更是重中之重。不同材质的焊接需要精确匹配焊接温度，过高的温度会导致焊缝金属烧损、热影响区组织恶化，降低焊缝韧性和抗疲劳性能；温度不足又会造或未焊透、未熔合等缺陷，使气瓶在使用承受压力时，焊接部位成为泄漏或破裂的风险点。通过精确的温度测量，能够实时监控焊接过程，确保焊缝质量均匀、可靠，增强气瓶的密封性和承压能力。在抽真空与吸附剂活化过程中，温度控制同样不可或缺。对吸附剂进行加热活化时，温度需严格控制特定范围，若温度达不到要求，吸附剂无法充分激活，无

法有效吸附气瓶夹层内的残余气体，导致真空度难以维持；温度过高则会破坏吸附剂结构，使其失去吸附能力。精确的温度测量能保证吸附剂活化充分，维持气瓶夹层的高真空状态，从而实现良好的绝热性能，确保低温液体在储存和运输过程中的安全性与稳定性。温度测量贯穿焊接绝热气瓶制造的全流程，是保障产品质量和性能的重要技术手段。

2 温度测量在焊接绝热气瓶制造中的具体应用

2.1 材料热处理过程中的温度测量

(1) 在焊接绝热气瓶制造中，材料热处理是关键环节。例如气瓶用的金属材料，需通过热处理改善性能。在淬火过程中，利用热电偶精准测量温度，将其插入材料特定位置，实时反馈温度数据。因为不同合金成分的材料，其奥氏体化温度不同，如某合金钢需加热到850℃-900℃，若温度过低，奥氏体化不充分，淬火后硬度不足；温度过高，晶粒会粗大，降低材料韧性。(2) 回火处理时同样依赖温度测量。通过高精度的温度传感器，控制回火温度在合适区间，一般在500℃-650℃。若回火温度偏差大，会使材料内应力消除不彻底，影响气瓶长期使用的稳定性。在整个热处理过程中，采用多点测量方式，确保材料各部位温度均匀，避免局部过热或过冷。(3) 利用智能化温度测量系统，可对温度数据进行实时记录与分析，绘制温度-时间曲线。一旦温度出现异常波动，系统能及时报警，操作人员可迅速调整加热或冷却参数，保证热处理质量，使材料性能符合气瓶制造标准，提升气瓶安全性与可靠性。

2.2 焊接过程中的温度测量

(1) 焊接绝热气瓶的焊接部位众多，焊缝质量直接关系到气瓶安全性。焊接前，需对焊接区域进行预热，此时使用红外测温仪测量工件表面温度，确保预热温度达到工艺要求，如对于一些铝合金材料，预热温度通常在

100°C-150°C。合适的预热温度能降低焊接接头的冷却速度，防止产生裂纹。（2）焊接过程中，采用接触式测温仪测量道间温度。以多层多道焊为例，每焊完一道，需测量道间温度，保证其处于规定范围，一般不超过250°C。若道间温度过高，焊缝组织会过热，降低力学性能；温度过低，易产生未熔合等缺陷。通过精确控制道间温度，可优化焊缝的金相组织，提高焊缝强度与韧性。（3）利用智能焊接设备中的温度闭环控制系统，将测量的实时温度反馈给焊接电源，自动调节焊接电流、电压等参数。当温度偏离设定值时，系统及时调整，维持焊接过程的热输入稳定，确保焊接质量的一致性，减少人为因素对焊接质量的影响，满足焊接绝热气瓶对焊缝高质量的要求^[1]。

2.3 绝热层制造与装配过程中的温度测量

（1）焊接绝热气瓶的绝热层制造时，对于一些发泡型绝热材料，发泡过程的温度控制极为关键。在发泡模具内安装温度传感器，实时监测材料发泡时的温度变化。例如某聚氨酯发泡材料，发泡反应温度需控制在50°C-70°C，在此温度区间内，材料能充分发泡且形成均匀稳定的泡孔结构，保证绝热性能。（2）在绝热层与气瓶内胆装配过程中，由于摩擦等因素，可能会导致局部温度升高，影响绝热材料性能。使用非接触式测温仪监测装配过程中的温度，若发现局部温度异常升高，及时调整装配工艺或采取降温措施，避免绝热材料因过热而老化、性能下降。（3）在绝热层包扎固定后，对整体进行温度均匀性测试。通过在绝热层表面布置多个温度测点，测量不同位置温度，计算温度偏差。确保整个绝热层温度均匀，防止出现局部热点，保证绝热层在不同部位都能发挥良好的绝热效果，降低气瓶在使用过程中的热量泄漏，提高气瓶的保温性能。

2.4 气瓶性能测试过程中的温度测量

（1）焊接绝热气瓶在完成制造后，需进行性能测试。在压力循环测试中，将气瓶置于温度可控的环境舱内，利用环境舱内的温度控制系统精确调节温度，模拟气瓶在不同使用环境下的温度条件，如-40°C-60°C。在气瓶表面安装高精度温度传感器，实时测量气瓶在压力循环过程中的温度变化，监测温度对气瓶结构完整性和密封性能的影响。（2）在真空度测试环节，测量气瓶内部温度变化。随着真空度的变化，气瓶内部气体分子的热传递特性改变，温度也会相应变化。通过测量温度，可间接评估气瓶的真空绝热性能。若温度变化异常，说明真空度可能未达到要求，需进一步检查处理，确保气瓶的真空绝热性能符合标准。（3）在低温冲击测试时，将

气瓶快速冷却到规定的低温，如-196°C，使用快速响应的温度传感器测量气瓶表面温度，确保降温速率和低温保持时间符合测试要求。观察在低温冲击下，气瓶的材料性能和结构完整性，依据温度测量数据准确分析气瓶在极端低温环境下的性能表现，保障气瓶在实际使用中的安全性^[2]。

3 温度测量在焊接绝热气瓶制造应用中存在的问题与解决方案

3.1 存在的问题

3.1.1 测量精度不足

焊接绝热气瓶制造过程涉及复杂热工环境，高温、强电磁干扰及剧烈振动等因素对温度测量精度形成挑战。传统测温传感器在极端条件下易出现零点漂移与非线性误差，传感器材料热膨胀系数与被测对象的不匹配，导致接触式测量时产生传热误差，尤其在多层绝热结构焊接的温度梯度测量中，误差不断累积放大。辐射式测温设备受发射率不确定度、环境反射辐射干扰影响，无法精准捕捉表面温度。测量系统的信号调理电路存在噪声干扰，模数转换环节分辨率不足，进一步降低测量精度，难以满足气瓶制造中对温度精确控制的严苛要求。

3.1.2 温度测量的实时性和连续性难以保证

焊接绝热气瓶制造工序繁多，焊接、热处理等关键环节温度变化迅速且持续时间短，现有测量系统采样频率与数据处理速度难以满足实时监测需求。传感器响应延迟使测量数据滞后于实际温度变化，在快速焊接过程中无法及时反馈温度波动。有线测量系统存在布线复杂、易受机械损伤问题，导致信号传输中断，无线传输又面临信号衰减、丢包现象，无法保障温度数据连续采集。测量设备长时间运行后，因散热不良、元件老化等问题出现间歇性故障，难以对气瓶制造全过程进行不间断温度监测，影响工艺参数的动态调整与质量控制^[3]。

3.1.3 测量系统的兼容性和集成性差

焊接绝热气瓶制造车间常配备多种品牌、型号的设备与系统。在实际生产场景中，各设备通信协议、数据格式的差异犹如横亘在不同系统间的沟壑，难以跨越。不同测温传感器输出信号类型多样，模拟信号与数字信号并存，使得测量系统在数据采集、处理和传输时状况频出，难以与自动化生产线、质量追溯系统等实现无缝对接。测量设备接口标准不统一，进一步增加了系统集成难度，导致无法构建统一的数据管理平台，数据难以高效整合与利用。部分新型智能测温设备与传统控制系统存在技术代差，二者难以协同工作，造成信息孤岛，温

度测量数据的价值无法在工艺优化、质量分析等方面充分发挥,限制了焊接绝热气瓶制造智能化水平提升。

3.2 解决方案

3.2.1 提高测量精度

采用高精度温度传感器是提升测量精度的关键,如铂电阻传感器因其高稳定性和线性度,在中低温测量中表现优异;红外焦平面阵列传感器可实现非接触式高精度表面温度测量,避免接触误差。对传感器进行定期校准与补偿,通过建立温度-误差修正模型,补偿因环境因素和自身特性引起的测量偏差。优化信号调理电路设计,增加滤波模块抑制噪声干扰,选用高分辨率模数转换器提高数据采集精度。在多层绝热结构焊接测温中,采用分布式光纤测温技术,利用光纤的传感特性实现温度场高精度测量,同时结合有限元仿真分析,对测量结果进行验证与修正,确保测量数据准确可靠。

3.2.2 提升温度测量的实时性和连续性

选用高速响应的温度传感器,缩短测量延迟,例如采用MEMS温度传感器,其具有响应速度快、体积小等优势。构建基于物联网的无线测温网络,利用LoRa、5G等通信技术,实现温度数据实时、稳定传输,避免信号中断。在数据处理环节,采用边缘计算技术,将部分数据处理任务下沉至测量节点,减少数据传输量与云端处理压力,实现数据快速分析与决策。为测量设备配备冗余备份系统,当主设备出现故障时,备用设备自动切换,确保温度数据采集的连续性。通过优化设备散热结构、选用高可靠性电子元件,延长设备使用寿命,保障长时间稳定运行,实现对焊接绝热气瓶制造过程温度的实时、连续监测。

3.2.3 增强测量系统的兼容性和集成性

制定统一的数据接口标准与通信协议,采用OPC

UA、Modbus TCP等开放性协议,实现不同品牌、型号测量设备与系统间的数据交互。开发数据转换与协议适配模块,将各类传感器输出信号转换为统一格式,便于系统集成。搭建基于工业互联网平台的温度测量数据管理系统,整合测量设备、自动化生产线、质量分析系统等数据资源,实现数据的集中存储、管理与共享。利用人工智能与大数据分析技术,挖掘温度测量数据潜在价值,为工艺优化、质量预测提供支持。加强新型智能测温设备与传统控制系统的技术融合,通过软件升级、硬件改造等方式,消除技术壁垒,实现测量系统与制造全流程的深度集成,提升焊接绝热气瓶制造的智能化、自动化水平^[4]。

结语

综上所述,温度测量是焊接绝热气瓶制造不可或缺的关键环节。其在材料热处理、焊接、绝热层制造与装配及性能测试等过程中的应用,有效保障了气瓶的质量与性能。尽管目前在测量精度、实时性及系统兼容性方面存在挑战,但通过采用新型传感器、优化监测技术及完善系统集成,可显著提升温度测量水平。未来,随着技术发展,温度测量将在焊接绝热气瓶制造中发挥更重要的作用,助力行业迈向智能化与高质量发展。

参考文献

- [1]杨鸿滢,翁婉莹,王云峰,等.基于磁场耦合的非接触式金属温度测量系统[J].仪器仪表学报,2025,46(1):193-202.
- [2]付友,全刘辉,龚其斌.非接触式温度测量与身份识别系统[J].电子质量,2025(2):38-41.
- [3]杨宁祥,黄谦虎,高立柱.公交车用LNG焊接绝热气瓶检验探讨[J].中国质量与标准导报,2021(5):41-43,46.
- [4]古海波,刘岩,宋薛思.焊接绝热气瓶充装系数取值探讨[J].低温与特气,2021,39(3):52-54.