

热处理设备系统精度提升研究与应用

江智轩, 刘水明

昌河飞机工业(集团)有限责任公司 江西景德镇 333002

摘要: 热处理设备系统精度作为设备重要加工性能指标之一, 需定期检测指标数据, 用于保证产品的热处理质量及生产数据记录的真空度可靠性。但目前热处理设备在日常使用过程中容易出现各类问题, 导致系统精度指标数据超差, 无法满足相关标准使用要求。详细阐述一例立式真空气淬炉系统精度超差案例解决过程, 理论分析系统精度误差组成, 现场测量各方面精度误差数据, 开展电气系统改造及仪表精度校准等工作, 提高设备系统精度, 满足设备使用要求。

关键词: 热处理设备; 系统精度; 电气系统; 仪表校准

Research and application on system accuracy improvement of heat treatment equipment

JIANG Zhixuan, LIU Shuiming

Changhe Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Jingdezhen 333002, Jiangxi, China

Abstract: As one of the important processing performance indicators of the equipment, the system accuracy of the heat treatment equipment needs to be regularly tested to ensure the quality of the product's heat treatment and the reliability of the vacuum recorded in the production data. However, the current heat treatment equipment is prone to various problems in the daily use process, resulting in the system accuracy index data being out of whack and unable to meet the requirements of the relevant standards. This paper describes in detail the process of solving a case of precision error of a vertical real air quenching furnace system, analyzes the composition of the system accuracy error theoretically, measures the accuracy error data in all aspects on site, carries out electrical system transformation and instrument accuracy calibration, and improves the system accuracy of the equipment to meet the requirements of equipment use.

Keywords: heat treatment; system accuracy; electrical system; instrument calibration

1 序言

热处理设备系统精度主要包含控制系统精度与记录系统精度两部分, 系统精度测试是将设备仪表/导线/传感器的读数显示值, 与已经校准的测试仪表/导线/传感器的读数显示值进行比较(见图1), 判定测量的温度偏差是否在规定的范围内。

HB5354、CPS8100、AMS2750等高温测量

标准制定了热处理设备等级及对应的系统精度测试指标要求、测试周期, 各生产单位可根据执行的相关标准进行系统精度测试工作。如按照AMS2750高温测量标准要求, 一类炉系统精度要求 $\leq \pm 1.1^\circ\text{C} / \pm 0.2\%T$ (读数的百分比, T 为检测温度), 正常测试周期为两周; 二类炉系统精度要求 $\leq \pm 1.7^\circ\text{C} / \pm 0.3\%T$ (读数的百分比), 正常测试周

第一作者: 江智轩, 工程师, 主要从事自动化设备的研究, E-mail: 138798616@163.com。

期为一个半月。系统精度与设备控制/记录仪表自身精度、热电偶及补偿导线精度有直接影响关系，有上位机的热处理设备，上位机设定信号误差也会对系统精度指标造成影响^[1]。

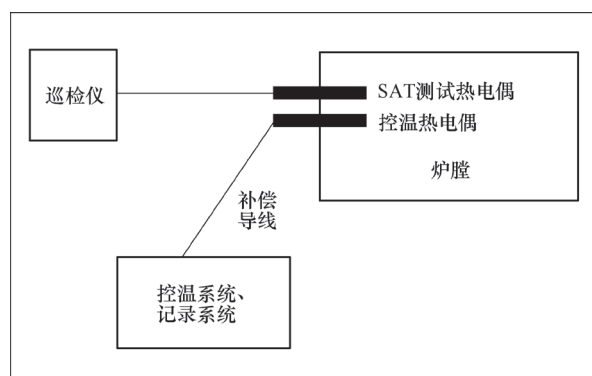


图1 热处理设备系统精度测试原理

2 系统精度故障现象与分析

某型立式真空气淬炉长期存在系统精度测量数据不稳定的现象，容易造成测量数据不合格，设备无法使用。该真空炉使用3块霍尼韦尔UDC3300型温度控制仪表进行上、中、下3区控温，自带触摸屏进行控制温度点设定，记录仪采用欧陆6180A型无纸记录仪。由于系统精度误差主要是由热电偶本身精度误差、补偿导线精度误差、仪表精度误差及控温准确度等几部分因素组成^[2]，故针对这些因素进行相关检查，现场检查情况如下。

1) 现场观察发现，该设备控温不准确，触摸屏设定温度值后，控温仪表上显示设定值存在一定的误差，且3块仪表误差不一致，同时各温度点误差也不一致，偏差数据见表1。

表1 三区设定值偏差数据 (℃)

触摸屏设定值	上区控温仪表设定值	中区控温仪表设定值	下区控温仪表设定值
500	500.5	501.6	501.3
800	800.7	802.1	801.5

进一步检查发现，导致温度设定值信号偏差存在的原因，是由于触摸屏与控温仪表设定值信号传输未使用通信方式，如图2所示。温度设定值信号传输过程具体为：触摸屏与PLC进行通信后，设定数值信号在PLC内部进行数模转换为4~20mA的电流信号，然后接入炉膛上区控温仪表（仪表1）的输入

端，加装250Ω电阻后转换为1~5V的电压信号，对应设定值0~1400℃的温度信号，电压信号并联至炉膛中区控温仪表（仪表2）以及炉膛下区控温仪表（仪表3）的输入端。此信号传输过程必然存在信号转换误差、并联误差，导致3块控温表设定信号与触摸屏设定信号不一致，且不稳定。

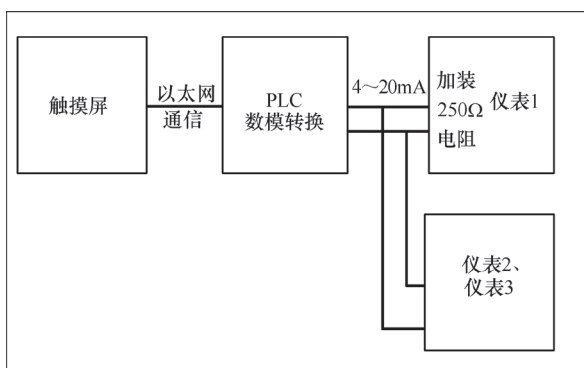


图2 温度设定值信号传输过程

2) 现场对控温表实际温度接收信号进行标定发现同样存在较大偏差。断开控温热电偶连接，输出标准温度信号通过补偿导线至控温仪表。现场控温仪表标定数据见表2。

表2 温度测量值现场标定数据 (℃)

标定值	上区温度实测值	中区温度实测值	下区温度实测值
0	-0.5	0.3	-0.4
500	497.5	499.0	498.2
800	797.5	800.3	798.3
1100	1098	1101	1099
1400	1398	1401	1399

再进一步检查发现，控温仪表测量信号存在同样的信号转换误差问题，具体传输过程为：炉内控温热电偶温度信号通过补偿导线到电气柜一接线排后分为两路，一路接PLC温度采集模块，另一路接记录仪，PLC内部将温度信号转换为4~20mA电流信号输出至控温仪表INPUT1端子，对应0~1400℃的温度信号，如图3所示。

3) 检查无纸记录仪测量精度。使用标定仪器输出标准温度信号，发现无纸记录仪中区、下区温度测量通道同样存在一定的偏差，偏差数值为±0.6~±0.8℃，同样对记录系统精度造成较大影响。

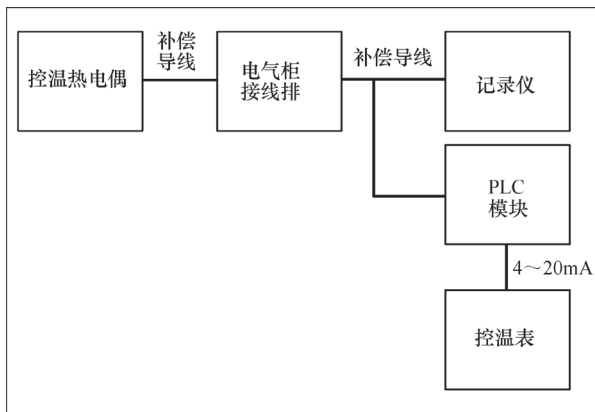


图3 温度测量值信号传输过程

3 故障处理

3.1 线路改造

1) 针对信号传输误差问题，对控温仪表温度测量信号线路、温度设定信号线路进行更改。

2) 针对温度测量信号线路，取消PLC内部信号转换，在记录仪后端直接使用热电偶补偿导线进行连接，如图4所示。由于输入信号类型更改，需在控温仪表端进行输入参数对应修改，由原来的4~20mA电流信号修改为S型热电偶信号，同时需额外加装一个高精度CJC 500Ω冷端补偿电阻。完成线路更改及参数修改后，现场对仪表进行标定，发现仍存在较大线性误差，最大值达到±5℃以上，检测数据见表3。因此，还需进行仪表现场校准工作。

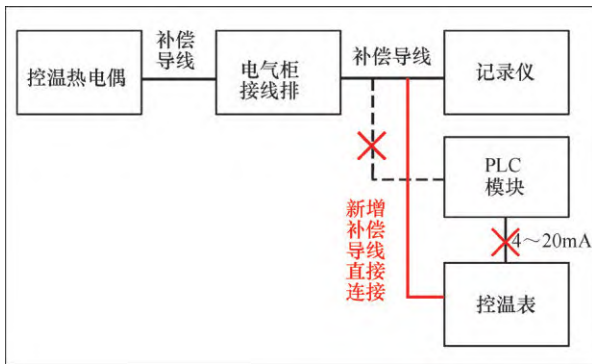


图4 温度测量信号线路更改

表3 线路更改后温度测量值现场标定数据(℃)

标定值	上区温度实测值	中区温度实测值	下区温度实测值
0	5.3	4.1	3.8
500	505.2	503.8	503.6
800	805.0	803.8	803.3
1100	1105	1104	1103

3) 针对温度设定信号，在PLC至控温仪表线路中加装一进三出4~20mA电流信号隔离器，精度转化误差可达到±0.1%，同时在仪表信号接入端加装250Ω精密电阻，如图5所示。通过此线路改造，现场查看500℃、650℃、800℃温度设定值偏差，可由原来的±2.5℃减小至±0.5℃以内，且误差在各个温度点比较稳定。另外，通过在控温仪表内部进行设定值参数偏差设定，可进一步将误差修正至±0.2℃以内。

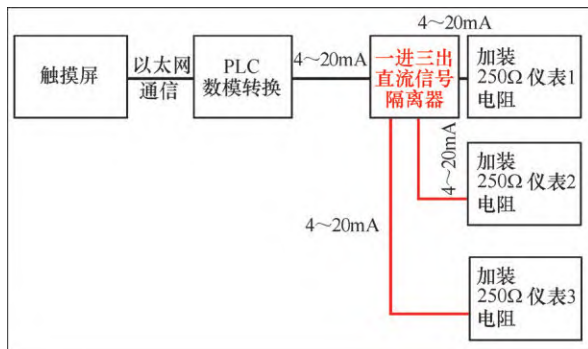


图5 温度设定信号线路更改

3.2 仪表现场校准

使用标准信号发生器，同时校准控温表及记录仪，断开控温热电偶与系统的信号连接（见图6），标定信号通过现场补偿导线输出至控温/记录仪。同时标定2个仪表，不仅可以减小控温表与记录仪测量精度误差，还能保证控温表信号与记录仪信号基本一致（对比误差≤±0.2℃）^[2]。

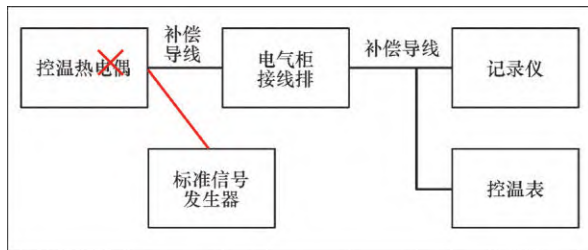


图6 仪表现场校准示意

(1) 霍尼韦尔控温仪表测量精度校准

1) 仪表操作解锁，进入TUNING菜单，LOCK参数修改为NONE（前提：现场标定仪表、温控仪表需现场通电30min以上，以保持稳定）。

2) 按下“SET UP”键，直到仪表显示面板下排显示INPUT1、上排显示CAL。

3) 按下“Function”键，直到显示面板上排显

示DIS、下排显示CAL IN1。

4) 按下“↑”方向键，当显示面板上排显示BEGN、下排显示CAL IN1时，开始校准。

5) 校准0%：按下“Function”键，显示面板上排显示APLY，下排显示INI ZERO，仪表INPUT1端输入0%的标准信号，保持15s以上。按下“Function”键进入100%信号校准。

6) 校准100%：此时仪表显示面板上排显示APLY，下排显示INI SPN，仪表INPUT1端输入100%的标准信号，保持15s以上。按下“Function”键，结束100%量程校准。例如，S型热电偶输入对应的0%信号为“-17.17℃”，100%信号为“1704℃”。

7) DISPLAY返回操作界面，LOCK参数恢复，进行参数修改限制。

(2) 欧陆6180A无纸记录仪通道校准

1) 左上角点击“Logged Out”登入Enginerr等级，密码为“100”。

2) 点击屏幕右下角菜单选择按钮，进入操作-菜单选择界面。

3) 进入屏幕上方SYSTEM-INPUT ADJUST菜单。

4) 选择需要校准的通道，开始校准通道。“Select Channels”选择需要校准的通道，“Adjust Channels”开始校准通道，如图7所示。

5) Low Point对应输入该通道0%量程数值，High Point对应输入该通道100%量程数值。依次输入该通道信号的0%量程数值，点击应用；输入100%量程数值，点击应用，如图8所示。

(3) 仪表校准结果 通过使用标准信号发生器同时校准控温表及记录仪后，仪表测量精度大幅提升，校准结果见表4、表5。

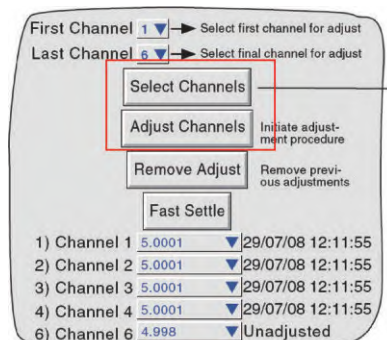


图7 记录仪校准界面

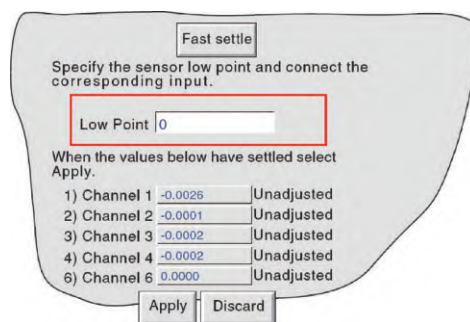


图8 记录仪校准信号输入

表4 控温仪表现场校准结果 (℃)

标定值	上区温度实测值 (校准前→校准后)	中区温度实测值 (校准前→校准后)	下区温度实测值 (校准前→校准后)
0	5.3→0.1	4.1→0.0	3.8→0.1
500	505.2→500.0	503.8→500.1	503.6→500.0
800	805.0→800.1	803.8→800.1	803.3→800.0

表5 记录仪现场校准结果 (℃)

标定值	上区温度实测值 (校准前→校准后)	中区温度实测值 (校准前→校准后)	下区温度实测值 (校准前→校准后)
500	500.1	500.8→500.1	500.7→500.0
800	800.0	800.8→800.1	800.6→800.1

经过线路改造、仪表现场标定校准后，设备试运行观察效果。以650℃设定温度时为例，上、中、下3块控温表设定值分别为649.9℃、650.2℃、650.0℃，实际温度为649.9℃、650.3℃、650.2℃，对应的无纸记录仪通道温度为650.1℃、650.3℃、650.3℃，效果良好，系统精度测试数据稳定，在工艺要求范围内。

4 结束语

本文通过设备电气系统改造及仪表校准，解决了该真空炉长期存在的设计缺陷问题，同时可以发现仪表及补偿导线精度误差也是影响系统精度的重要因素，相关单位应定期进行现场仪表精度检测，定期带补偿导线校准控制仪表与记录仪，才能很好地保证热处理设备系统精度长期稳定可靠。

参考文献：

- [1] 高伟. 基于AMS2750E《高温测量》解决航空热加工设备系统精度超差的方法探讨[J]. 计量与测试技术, 2019 (9) : 66-69.
- [2] 李琨. AMS2750F系统精度测试关键点解读[J]. 工业加热, 2021 (5) : 12-15.

MW 20240606