电厂热工控制柜安装接线与回路校验技术研究

李逸群

（中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司，广西 南宁 530007）

摘 要 电厂热工控制柜连接现场测量设备、执行机构与控制系统。柜体的安装精度、二次接线的质量及回路校验结果会直接影响就地温度、压力、流量、液位等数据采集的正确性，并直接影响控制系统的控制精度。本文结合热工控制柜的施工特点，对机柜就位、保护及信号地接线、电缆接入、端子压接等关键工序进行说明，并重点分析 4 mA ~ 20 mA 模拟量、开关量、热电阻信号的校验方法，以及如何测量控制信号回路的导通及绝缘。并针对可能产生的信号偏差、数值波动、状态相反及执行机构不动作等常见的调试问题，提出逐级排查的方法，旨在通过把控安装、接线、回路校验与调试过程中的质量，尽可能减少施工阶段产生的缺陷对整套系统运行的影响，提高热工控制系统的稳定性和可靠性。

关键词 电厂；热工控制柜；安装接线；回路校验；控制系统

中图分类号：TM621 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.29.039

0 引言

在电厂热工控制系统中，各种变送器、被控设备数量众多，各类测量和控制信号需要通过电缆、接线箱和控制柜进入控制系统。控制柜是信号传输链路的关键环节，因此柜体安装偏斜、接线端子松动、电缆线芯错接、屏蔽层处理不当等情况，均可能导致在机组调试或运行期间，发生测量信号漂移、信号跳变、状态不一致或控制指令失效等问题。部分问题通过静态监测可能无法发现，只有经过给定信号校验和逻辑联调后才会暴露[1]。热工控制柜施工不能只完成柜体就位和导线连接，还需要将机械安装、电气接线、仪表回路和控制逻辑联系起来，对信号传输全过程进行逐级确认，使安装质量能够满足机组运行状态下的测量和控制要求。

1 电厂热工控制柜安装与定位技术

1.1 控制柜基础定位与安装条件检查

热工控制柜安装前应依据基础施工图、设备布置图和盘柜排列图，核对基础尺寸、安装位置、机柜朝向等信息。成列摆放的控制柜需按照图纸设计确定安装基准线，检查基础槽钢中心位置、标高、平直度，对局部凸起及变形提前修整，避免单柜安装偏差影响隔壁机柜，形成累计错位。控制柜到货前应按照厂家要求，放置于室内阴凉干燥处。临近安装前，应对控制柜进行开箱检查，应重点检查打包木箱是否有腐烂，木箱内隔湿包装是否有破损，控制柜柜体框架、柜门、柜内端子排、继电器、隔离器、电源模块及接地铜排有无变形、松动和损伤。控制柜安装就位前，还需核实现场是否具备施工条件，如设备间或控制室内尚存在未完工的土建工作，或未完全做完清洁，地面或墙面仍存在积水、粉尘等，则不宜安装，需待整体环境条件满足要求后再进行正式就位，可减少温、湿度或粉尘环境对柜内电子设备造成影响。

1.2 控制柜就位固定与垂直度控制

控制柜的运输应全程保持竖直，严禁放倒。就位时应使用规定吊点或专用搬运设备，不得以柜门、仪表支架和内部横梁作为受力点[2]。柜体落位后先粗调，再以基准柜进行精确找正，可采用水平尺或激光测量设备检查垂直度，通常单柜垂直度偏差控制在 1.5 mm/m 以内，具体按设计及厂家文件执行。柜底局部悬空可采用金属垫片调整，相邻柜体依次检查柜顶高差、柜面错差和柜间缝隙。固定完成后再次检查柜门开合、门锁等机械结构是否卡涩，发现错位应判断是柜体垂直度不满足要求导致，或柜体本身存在形变导致，不可仅调整门铰链处理。确认无问题后，应按设计要求采用螺栓或焊接方式固定，焊接时应注意焊接形变控制。

1.3 控制柜接地与安装质量检测

热工控制柜内同时设置有交流动力电源、直流控制电源、测量及控制信号回路，接地不规范容易引起

作者简介：李逸群（1994-），男，本科，初级工程师，研究方向：火电厂热工控制。

安全隐患和信号干扰。保护接地应可靠接入控制室接地系统，柜门与柜体之间采用软铜导线跨接，接地连接面需清除漆层、锈蚀和氧化物并做好防松处理。工作接地、保护接地和信号屏蔽接地应按设计分别处理，避免混接或屏蔽层接地点不合理形成环流，影响热电偶、热电阻及小信号变送器回路稳定性[3]。

柜体安装完成后应检查柜体、柜门和接地铜排的电气连续性，确认端子排、线槽、继电器及电源模块安装牢固、编号正确、操作灵活。施工产生的金属屑等杂物应彻底清除，避免送电后造成端子短接。完成接地、清洁和元件复查后再进入电缆接线，可提前消除影响后续调试的安装缺陷。

2 电厂热工控制柜安装接线与回路校验技术

2.1 控制柜电缆敷设与端子接线

电缆敷设时，针对交流电源、直流控制和仪表信号电缆应分类整理，避免强电线路与弱电信号线路长距离并行，柜底固定点应支撑电缆自重，防止拉力直接作用于端子。电缆进入线槽前按端子位置预留长度，剥除护层时避免损伤芯线绝缘和屏蔽层，多股铜芯导线应选用匹配的冷压端头，压接后检查散股、铜丝外露和端头松脱情况。热工控制柜电缆接入前应按照电缆清册、端子接线图和I/O清单核对电缆编号、规格、起点及终点。线号与端子图保持一致，使现场端、控制柜端和中间接线箱连续对应。端子压接后还需进行轻拉和紧固复查，防止绝缘层压入端头后形成间歇性接触。不同测量回路的接线要求有所差异。4 mA～20 mA信号应注意极性和供电方式，热电偶补偿导线需与分度号匹配并保持极性正确，Pt100三线制回路应区分同侧引线和测量端。三线制热电阻芯线错接时可能表现为稳定温度偏差，仅靠导通测试难以识别。屏蔽电缆应保持屏蔽层连续，并按设计设置接地点，避免现场端和控制柜端重复接地。强弱电回路在线槽内合理分隔，可减少电源线路对模拟量信号的电磁干扰。

2.2 控制回路导通与绝缘性能校验

控制柜接线完成后应先进行电缆导通检查，不仅确认线路是否接通，还需核实电缆芯号、端子号和对应设备是否一致。现场可在仪表端短接指定芯线，在控制柜端用万用表确认线路；存在中间接线箱时，应分别检查现场仪表—接线箱、接线箱—控制柜，避免交叉错接后仍形成首尾导通。导通检查完成后进行绝缘测试，测试前必须断开DCS输入输出模块、变送器、隔离器和智能定位器等电子设备，防止测试电压损伤元件。测试电压及合格标准应按设计文件、设备技术文件和验收要求执行[4]。绝缘值异常时可分段测量，接入设备后下降应检查端子受潮和污染，电缆本体偏低则重点检查桥架转弯、穿管出口及柜底进线等易受损位置。测试结束后按记录恢复公共端、屏蔽线和模块连接，并再次确认导通状态。

2.3 模拟量及开关量回路功能校验

模拟量回路应从现场信号输入端验证整个传输链路。以4 mA～20 mA压力变送器为例，可按0%、25%、50%、75%和100%量程点输入标准电流并检查DCS显示。若量程为0 MPa～10 MPa，则4 mA、8 mA、12 mA、16 mA、20 mA分别对应0 MPa、2.5 MPa、5 MPa、7.5 MPa、10 MPa。各点出现相同比例偏差时，应检查DCS量程或隔离器参数；零点正常而高量程误差增大时，应检查变送器量程和转换模块线性；信号持续跳动则重点检查端子、电源和屏蔽接地。Pt100回路可模拟标准电阻值检查DCS显示和三线补偿，热电偶回路应按分度号输入标准毫伏信号，并核对补偿导线极性和冷端补偿设置。

开关量输入校验可模拟阀门开关到位、电机运行、故障及压力开关动作等状态，确认DCS显示和报警与现场一致。状态反向时应同时检查常开、常闭接点及DCS逻辑组态。输出回路可从DCS发出控制命令，依次检查I/O输出、继电器线圈、继电器接点和执行机构输入状态。联锁保护回路还需组合模拟不同条件，验证输入、逻辑和输出之间的对应关系，形成完整控制闭环。

3 控制柜安装接线与回路校验质量控制

3.1 安装接线关键质量参数控制

热工控制柜的施工具有明显的连续性，机柜安装、电缆敷设以及端子接线留下的问题往往在后续调试阶段才会表现出来。柜体基础偏斜可能导致柜门和模块框架受力异常，接地不良会转化为信号干扰，端子压接缺陷则可能在设备振动和长期运行后形成间歇故障。施工过程中宜以每台控制柜为单元建立检查记录，将柜体垂直度、接地状态、电缆编号、端子接线和回路校验结果对应起来，使调试问题能够向前追溯。端子排、电源公共端、联锁保护回路和频繁动作继电器属于重点检查位置，施工完成后应进行二次紧固，但不能通过过大扭矩提高所谓可靠性，紧固力矩应符合端子制造厂家的技术要求。过小容易增加接触电阻，过大则可能损伤螺纹或导线端头。备用芯线需整理并完成绝

缘处理，不能散落在带电端子附近；屏蔽线接地应按照系统设计统一执行，不得因柜内空间或施工方便随意改变接地点。通过对这些安装接线参数和细节持续控制，可减少回路调试时出现端子松动、信号干扰或接地异常的情况。

3.2 回路异常定位与接线故障处理

热工回路调试中出现无信号、信号偏差和数值波动时，可采用分界测量方法逐步缩小故障范围。DCS 画面无显示时先确认 I/O 模块通道状态，再测量控制柜端子处信号，若柜内端子已有正常 4 mA ～ 20 mA 电流而系统仍无正确显示，故障范围可缩小至模块输入、端子短接片或 DCS 组态；控制柜端没有信号时，再向接线箱和现场变送器方向检查。以压力信号周期性波动为例，若变送器现场输出稳定，可在控制柜端测量电流并与系统显示同步比较。端子处电流同样变化时，问题通常位于现场设备、回路电源或传输线路；端子处电流稳定而 DCS 显示波动，则应重点检查隔离模块、I/O 通道及系统组态。屏蔽层在现场与控制柜两端重复接地后可能形成干扰电流，应按照设计及规范要求进行连接，再观察趋势画面是否恢复稳定。

开关量和控制输出故障需要按照信号传递顺序进行检查。现场阀门已经全开而 DCS 仍显示“未开到位”时，可依次检查限位开关、现场端子、控制电缆和 DI 模块；如果 DI 模块状态已经改变而画面显示仍无变化，则应进一步核对逻辑组态和画面数据库。DCS 已经发出阀门开启命令但执行机构没有动作时，可从 DO 模块输出开始检查继电器线圈、控制电源、继电器接点及执行机构输入端。故障排除后不能只确认单个状态恢复，还应再次完成输入、输出和反馈全过程校验，避免维修过程中出现新的端子错接或逻辑关系变化。

3.3 系统联调与运行可靠性验证

单个回路校验合格后仍需开展系统联调，因为现场仪表、控制柜和 DCS 分别正常并不能完全代表整个控制逻辑能够正确执行。联调前应清除调试期间使用的临时短接线、强制信号和模拟输入，逐项恢复正式接线[5]。调节阀等连续控制设备可按照 0%、25%、50%、75% 和 100% 给定开度进行动作检查，对比 DCS 指令、阀门实际位置和位置反馈信号。若给定 50% 而现场阀杆位置明显偏离中位，应检查定位器行程设定、反馈机构和模拟输出回路，不宜直接通过修改 DCS 显示值掩盖机械或电气问题。联锁保护回路应按照设计条件模拟各输入状态，对高温、高压、低流量等保护信号分别验证报警值、联锁动作值及状态恢复后的逻辑变化。多条件联锁不能只同时给出全部动作条件，而应分别改变单个条件，检查“与”“或”逻辑关系是否符合设计。例如：两个条件均满足才允许设备启动时，应分别模拟只满足条件 A、只满足条件 B 以及 A、B 同时满足三种状态，确认输出逻辑完整。

系统联调结束后还需观察控制柜连续带电状态，检查电源模块、继电器和隔离器有无异常升温，模拟量趋势是否存在无规律波动，通信和开关量状态是否稳定。部分端子松动在静态测量时不容易发现，设备动作和柜内继电器频繁切换后更容易暴露，因此正式移交前进行连续运行观察具有实际意义。发现异常后按照回路编号查找相应端子、电缆和 I/O 通道，形成“发现—定位—处理—复验”的闭环记录，使控制柜安装和调试结果真正满足后续机组运行要求。

4 结束语

电厂热工控制柜处于现场仪表与控制系统之间，柜体安装、二次接线和回路校验任何一个环节存在缺陷，都可能最终表现为测量数据失真、控制状态异常或联锁动作不可靠。提高施工质量的关键不只是完成规定工序，而是保持基础定位、接地、电缆连接、信号校验和逻辑联调之间的连续性，对每个回路从现场设备到控制系统再到执行机构进行完整确认。安装阶段控制机械偏差，接线阶段保证导线与端子关系准确，调试阶段利用标准信号和分界测量定位异常，可将多数施工问题限制在机组投运之前。随着电厂热工系统回路数量和控制功能不断增加，施工质量控制还应更加重视调试记录与故障信息积累，通过现场数据反向检查安装薄弱点，使热工控制柜由单纯满足接线正确逐步转向满足长期稳定运行要求。

参考文献：

[1] 白永胜.发电厂热工自动化仪表的安装与故障分析[J].仪器仪表用户,2025,32(05):118-120.
[2] 欧再星.火力发电厂热工自动化仪表安装及常见故障[J].机械管理开发,2024,39(12):258-259,273.
[3] 李亚超.火电厂热控保护系统故障分析与预防措施研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(05):15-17.
[4] 贾静,孙龙,刘昭,等.浅析发电厂热工仪表自动化技术及故障排除措施[J].家电维修,2023(12):41-43.
[5] 贾志杰.关于火电厂热工自动化系统检修存在的问题及解决对策研究[J].中国设备工程,2023(16):130-132.