

电气仪表自动化安装技术

林昌盛¹ 白杨杨¹ 续中华² 冯维会²

1. 中国电建集团核电工程有限公司 广东 湛江 524000

2. 北京龙泓电力咨询有限公司 山东 济南 250000

摘要：电气仪表自动化安装技术是现代工业生产的关键支撑，通过精准选型、科学规划安装流程及严格调试，实现温度、压力、流量等参数的实时监测与闭环控制。技术涵盖传感器与执行机构协同、信号抗干扰处理、防爆防雷设计等环节，需遵循标准化施工规范，结合物联网、边缘计算等新兴技术提升系统稳定性，最终通过功能测试、安全性验证及长期稳定性评估确保工程达产后高效运行。

关键词：电气仪表；自动化；安装技术

引言：在工业自动化浪潮的推动下，电气仪表作为生产过程监测与控制的核心装备，其安装质量直接关系到系统运行的稳定性与生产效率。从高精度传感器的信号采集到智能执行机构的闭环控制，从抗干扰布线设计到防爆防雷安全防护，每一环节的技术实施均需严格遵循工艺规范。本文聚焦电气仪表自动化安装的关键技术体系，结合行业标准化要求与新兴技术趋势，系统阐述安装工艺优化及质量控制策略，为工业智能化升级提供实践指导。

1 电气仪表自动化技术基础

1.1 电气仪表分类与功能

（1）测量仪表是生产参数监测的核心，能精准采集关键数据，如温度仪表可实时监控反应釜内温度波动，压力仪表保障管道压力稳定，流量仪表则精准计量流体输送量，为生产调控提供基础数据支撑。（2）控制仪表是系统的“大脑”，PLC（可编程逻辑控制器）适用于离散控制场景，可实现设备启停、顺序控制等功能；DCS（集散控制系统）则在大规模、多变量的连续生产过程中发挥优势，实现集中管理、分散控制。（3）执行机构是指令的“执行者”，电动阀根据控制信号调节阀门开度，控制流体通断与流量；变频器通过改变电机供电频率，实现电机转速的平滑调节，达到节能与精准控制的目的。

1.2 自动化技术核心原理

（1）传感器与数据采集技术是基础，传感器将温度、压力等物理量转化为电信号，再通过采集模块进行信号转换与初步处理，确保数据准确获取。（2）信号传输与处理技术保障数据稳定传递，RS485总线适合短距离、多设备组网，抗干扰能力较强；工业以太网则满足长距离、高速率的数据传输需求，适配复杂工业场景。

（3）控制算法与反馈机制是控制精度的关键，PID控制通过比例、积分、微分调节，快速消除偏差；模糊控制则适用于非线性、难建模的系统，提升控制灵活性。

1.3 安装技术对系统性能的影响

（1）安装精度与测量误差呈正相关，若传感器安装倾斜、与被测介质接触不良，会导致测量数据偏差，如压力仪表安装位置不当，会引入静压力误差，影响生产判断。（2）电磁干扰会破坏信号稳定性，仪表线缆与动力电缆平行敷设、接地不良等，会使信号受电磁辐射干扰，出现数据波动，甚至导致控制指令错误，引发设备故障。

2 电气仪表自动化安装关键技术

2.1 安装前准备工作

（1）施工图纸审核与设备选型：需组织技术团队对施工图纸进行多层级审核，重点核查仪表安装位置与工艺管道、设备的匹配性，确认信号线路走向是否避开强电磁干扰源，同时核对图纸标注的仪表型号、规格与设计规范的一致性。设备选型时，要结合工况参数（如介质温度、压力、腐蚀性）选择适配仪表，例如在高温环境下优先选用耐高温型热电偶，在易燃易爆区域选用防爆等级不低于Exd II BT4的仪表，确保设备性能满足现场运行要求。（2）安装环境评估（温湿度、振动、防爆要求）：通过专业仪器对安装区域进行环境参数检测，温度需控制在-10℃-55℃（常规仪表），相对湿度不超过85%，若超出范围需配置恒温恒湿装置；振动评估需测量现场振动频率与振幅，当振动值超过仪表允许范围时，需加装减震支架或选用抗振动仪表；防爆区域需严格按照爆炸危险区域划分（0区、1区、2区），选用对应防爆级别的仪表及配件，同时检查现场通风条件，避免可燃气体聚集^[1]。

2.2 安装工艺流程

(1) 机械固定与布线规范(电缆桥架、屏蔽层处理): 仪表固定需采用专用支架, 支架安装水平偏差不超过3mm/m, 垂直偏差不超过2mm/m; 电缆桥架安装时, 需保持与动力电缆桥架间距不小于0.5m, 避免电磁干扰, 桥架连接部位需做好接地处理。布线过程中, 信号电缆需单独穿管, 屏蔽层需单端接地(接地电阻不大于4 Ω), 避免多点接地形成环流, 影响信号传输。

(2) 接地与防雷设计: 仪表系统需设置独立接地网, 接地电阻不大于1 Ω , 其中安全接地、信号接地、屏蔽接地需分开设置, 严禁共用接地极; 防雷设计需在仪表电源线、信号线入口处安装浪涌保护器(SPD), SPD选型需匹配系统电压等级, 同时在户外仪表安装区域设置避雷针或避雷带, 确保仪表设备免受雷击损坏^[2]。(3) 仪表调校与标定(零点校准、量程设置): 调校前需准备标准信号发生器、高精度万用表等校准设备, 且校准设备精度需高于被校仪表3个等级以上。零点校准需将仪表接入标准零信号, 调整仪表零点电位器, 使显示值与标准零值一致; 量程设置需输入满量程标准信号, 调整量程电位器, 确保仪表显示值误差在允许范围内(通常不超过 $\pm 0.5\%FS$), 校准完成后需填写校准记录并粘贴合格标识。

2.3 自动化系统集成技术

(1) PLC与上位机通信配置: 首先确认PLC与上位机的通信协议(如TCP/IP、MPI), 在PLC编程软件中设置通信地址、波特率、数据位等参数, 确保与上位机参数一致; 上位机需安装对应的通信驱动程序, 通过组态软件(如WinCC、Intouch)建立与PLC的通信连接, 测试数据读写功能, 确保实时数据传输稳定, 无丢包、延迟现象。(2) 现场总线技术(Profibus、Modbus)应用: 采用Profibus总线时, 需合理规划总线拓扑结构, 总线长度超过100m时需加装中继器, 终端设备需安装终端电阻(通常为120 Ω); 采用Modbus总线时, 需为每个从站分配唯一地址, 避免地址冲突, 同时设置总线通信速率(常用9600bps、19200bps), 确保总线网络中各仪表设备通信正常, 数据交互准确。(3) 人机界面(HMI)调试与交互设计: HMI调试需先测试界面按钮、指示灯、数值显示等元素的响应速度, 确保操作指令能实时反馈; 交互设计需遵循人性化原则, 重要参数(如压力、温度)采用大字体显示, 报警信息需以声光报警形式提示, 同时设置操作权限分级(如操作员级、工程师级), 防止误操作^[3]。

2.4 典型问题与解决方案

(1) 信号干扰的抑制方法(滤波、隔离): 针对电磁干扰, 可在仪表信号线路中串联RC滤波器或采用磁环滤波, 滤除高频干扰信号; 针对接地干扰, 可采用信号隔离器(如光电隔离、电磁隔离), 实现输入、输出、电源三者之间的电气隔离, 切断干扰传导路径, 隔离器选型需匹配信号类型(如4-20mA、0-10V)。(2) 仪表漂移的补偿策略: 对于零点漂移, 可采用定期校准的方式, 建立校准周期(如每月1次), 通过标准信号重新校准零点; 对于温度漂移, 可选用带有温度补偿功能的仪表, 或在仪表安装区域控制温度波动范围, 减少温度变化对仪表精度的影响; 若漂移量较大, 需检查仪表内部元件(如电容、电阻)是否老化, 及时更换损坏部件。

(3) 模块化安装的标准化实践: 制定模块化安装标准, 将仪表、支架、接线端子等组件预制成标准模块, 模块尺寸、接口规格需统一, 便于批量生产与现场组装; 安装过程中需严格按照标准流程操作, 模块之间的连接采用快速接头, 减少现场焊接、接线工作量, 同时建立模块质量检验标准, 确保每个模块安装完成后性能达标, 提升安装效率与工程质量。

3 电气仪表自动化安装质量控制与验收标准

3.1 质量管理体系

(1) ISO9001在安装工程中的应用: 需依据ISO9001标准建立安装工程质量管控流程, 明确各环节责任主体, 从设备采购、施工安装到调试验收均设置质量控制点。例如设备入场时需按标准进行外观检查、参数核验, 确保符合采购要求; 安装过程中实施“三检制”(自检、互检、专检), 每道工序合格后方可进入下一环节, 保障安装质量符合ISO9001的持续改进与过程管控要求。(2) 安装过程文档管理(记录表、校验报告): 建立完整文档管理体系, 详细记录安装全流程信息。记录表需包含设备安装位置、布线走向、接地电阻测试值等关键数据, 校准报告需注明校准设备型号、标准信号值、仪表误差等内容, 所有文档需编号归档, 确保可追溯。同时, 文档需由专人保管, 定期核查完整性, 为后续验收与维护提供依据。

3.2 验收规范与测试方法

(1) 功能测试(响应时间、精度验证): 功能测试时, 通过模拟现场工况输入信号, 测量仪表响应时间, 要求常规仪表响应时间不超过1秒; 精度验证需采用标准设备比对, 如对压力变送器输入0%、50%、100%量程信号, 其显示值与标准值误差需 $\leq \pm 0.5\%FS$, 不合格仪表需重新调校。(2) 安全性测试(绝缘电阻、耐压试验): 绝缘电阻测试使用500V兆欧表, 测量仪表电源线

与外壳间绝缘电阻,需 $\geq 10\text{M}\Omega$;耐压试验需在仪表电源端施加1.5倍额定电压(持续1分钟),无击穿、闪络现象为合格,确保设备用电安全。(3)长期稳定性评估(72小时连续运行测试):将仪表接入实际工况系统,连续运行72小时,每2小时记录一次关键参数(如测量值、报警状态),要求参数波动范围 $\leq \pm 1\%\text{FS}$,无异常停机、数据丢失情况,验证仪表长期运行稳定性^[4]。

3.3 常见质量缺陷与改进措施

(1)接触不良导致的信号中断:排查接线端子是否松动、氧化,改进措施为采用镀锡端子增强导电性,安装时使用扭矩扳手按规定力矩紧固(通常为 $0.8\sim 1.2\text{N}\cdot\text{m}$),并在端子处涂抹抗氧化剂,减少接触不良风险。(2)布局不合理引发的维护困难:若仪表安装过密或靠近障碍物,需重新规划布局,确保相邻仪表间距 $\geq 30\text{cm}$,维护通道宽度 $\geq 80\text{cm}$,同时在仪表旁标注设备编号与维护要点,提升后期维护便利性。

4 电气仪表自动化安装技术发展趋势与挑战

4.1 新兴技术的影响

(1)物联网(IoT)与边缘计算在安装中的应用:IoT技术可实现仪表设备互联互通,安装时通过嵌入式传感器实时采集设备温度、振动等数据,上传至云端平台实现远程监控;边缘计算则将数据处理环节前置,在安装现场快速分析设备运行状态,如提前预警接线松动等隐患,减少数据传输延迟,提升安装调试效率与后期运维响应速度。(2)人工智能辅助故障诊断:AI技术可通过学习历史故障数据,建立故障诊断模型,在安装验收阶段自动识别仪表信号异常、接地不良等问题;例如通过图像识别技术检测接线端子安装规范度,通过数据分析预判仪表漂移趋势,降低人工诊断的主观性与误差率,提升安装质量管控精准度。

4.2 行业标准化进展

(1)国际标准(IEC61131)与国内规范对比:IEC61131作为工业控制编程标准,强调软件模块化与兼容性;国内规范(如GB/T50093)更注重安装施工细节,如仪表接地电阻要求更严格(国内部分场景需 $\leq 0.5\Omega$)。目前行业正推动两者融合,在遵循国际标准兼

容性要求的同时,结合国内工况优化安装技术参数,提升标准适配性。(2)绿色安装与可持续发展要求:行业逐步推行绿色安装理念,要求选用低功耗仪表(如功耗 $\leq 5\text{W}$ 的智能变送器),减少线缆浪费(采用总线技术减少布线量),安装过程中避免有害物质排放;同时鼓励废旧仪表回收利用,推动安装材料循环使用,符合“双碳”目标下的可持续发展需求。

4.3 未来研究方向

(1)无线仪表的可靠性提升:当前无线仪表存在信号干扰、续航短等问题,未来需研发抗干扰能力更强的无线通信技术(如LoRaWAN增强版),优化电池续航(如采用能量收集技术),同时建立无线仪表安装校准标准,确保其在复杂工业环境中稳定运行。(2)虚拟调试与数字孪生技术应用:通过数字孪生构建安装场景虚拟模型,提前模拟仪表安装流程与系统运行状态,预判布局冲突、信号干扰等问题;虚拟调试可在实体安装前验证控制逻辑,减少现场返工,未来需进一步提升虚拟模型与实体设备的同步精度,推动全流程数字化安装。

结束语

电气仪表自动化安装技术是现代工业实现精准控制与高效生产的关键保障。通过科学规范的安装流程、严格的质量检测体系以及与新兴技术的深度融合,不仅提升了系统运行的稳定性与安全性,更为工业智能化转型奠定了坚实基础。面向未来,随着人工智能、5G通信等技术的持续创新,电气仪表安装将朝着更智能、更集成、更低碳的方向迈进,为推动制造业高质量发展注入源源不断的动力。

参考文献

- [1]王祥刚.电气自动化仪表与自动化控制技术研究[J].科学与信息化,2024,(05):64-66.
- [2]陈昌俊.电气自动化仪表与自动化控制技术的创新与发展[J].科技创新与应用,2024,(07):88-89.
- [3]张伟.电气自动化仪表与自动化控制技术的现状与发展趋势[J].电气技术,2024,(05):34-35.
- [4]胡德林,岳军,杨金永.电气自动化仪表与自动化控制技术研究[J].仪器仪表用户,2024,(04):57-59.