

电气自动化仪器仪表的选型安装及故障研究

赵梦媛

天津中交石油工程技术有限公司 天津 300450

摘要: 电气自动化仪器仪表是工业过程控制系统的感知层与执行层,其选型合理性与安装规范性直接决定系统运行的可靠性与测量精度。本文系统梳理了仪器仪表选型的基本原则与技术经济评价方法,分析了安装过程中的关键控制要点与常见质量缺陷,并建立了基于故障模式与影响分析的仪表故障分类体系与诊断策略。研究表明,选型环节应综合考量工艺条件、环境因素与系统兼容性,安装阶段需重点把控信号干扰抑制与接地保护,故障处理则应建立分级响应机制。本文为电气自动化仪表全生命周期管理提供了系统的技术参考。

关键词: 电气自动化;仪器仪表;选型原则

引言: 随着工业自动化水平的持续提升,电气自动化仪器仪表在流程工业、能源电力、智能制造等领域的应用日益广泛,其种类涵盖压力变送器、温度传感器、流量计、执行机构及分析仪器等数十个门类。然而,在实际工程中,因选型不当导致的测量偏差、因安装不规范引发的信号干扰、因维护不及时造成的突发故障频繁发生,严重制约了自动化系统的整体效能。本文从全生命周期管理视角出发,对电气自动化仪器仪表的选型原则、安装要点及故障分析方法进行系统研究,旨在为工程技术人员提供兼具理论深度与实践价值的系统化指导。

1 电气自动化仪器仪表概述

1.1 仪器仪表的分类与功能定位

电气自动化仪器仪表按功能可分为检测仪表、显示仪表、控制仪表和执行仪表四大类。检测仪表负责将物理量(压力、温度、流量、物位等)转换为标准化电信号,是信息采集的源头;显示仪表完成信号的本地或远程可视化呈现;控制仪表(如调节器、PLC)对信号进行运算处理并输出控制指令;执行仪表(如调节阀、开关阀、变频器)则将控制指令转化为对被控对象的实际操作。从信号类型看,又可区分为模拟仪表与智能仪表,后者以微处理器为核心,具备自诊断、数字通信与参数自适应能力,代表了仪表技术的前沿方向。不同类别仪表的功能定位决定了选型与安装的差异化要求^[1]。

1.2 电气自动化仪表的发展趋势

当前电气自动化仪表正经历从“单一功能”向“智能互联”的深刻转型。智能化方面,现代仪表普遍集成自校准、自补偿与自诊断功能,可实时评估自身健康状

态并预警潜在故障。数字化方面,HART、Profibus、FF等现场总线技术的普及使仪表从孤立的测量节点升级为工业物联网的智能终端,实现了设备层与管理层的信息无缝贯通。无线化方面,WirelessHART、ISA100.11a等无线标准的成熟为布线困难或移动场景下的仪表部署提供了灵活方案。微型化与低功耗设计使仪表的适用范围不断拓展。上述趋势对选型决策与安装维护提出了新的能力要求,工程人员需要从系统集成的视角审视仪表选型问题。

2 仪器仪表的选型研究

2.1 选型的基本原则与决策流程

仪器仪表的选型是一项需要综合考量的系统决策,其基本原则可归纳为“四性”准则。首先是适用性——仪表量程、精度、响应时间等关键参数必须满足工艺测量与控制的核心要求,精度过剩造成浪费、精度不足导致失控,量程设计则需兼顾正常工况与极端工况。其次是环境适应性——仪表必须能够承受安装场所的温度、湿度、振动、腐蚀性气体、电磁干扰等环境因素,例如石油化工现场需选用防爆型仪表,强电磁场区域需采取屏蔽措施或选用抗干扰型号。第三是可靠性——在满足性能的前提下,优先选用成熟可靠的定型产品,并考察其平均无故障时间和使用寿命。第四是经济性——综合考虑采购成本、安装费用、运维成本与使用寿命,进行全生命周期成本分析,避免片面追求低价。选型决策应遵循“工艺需求分析→技术参数确定→候选产品筛选→技术经济比选→选型确认”的标准流程。

2.2 主要类型仪表的选型要点

不同物理量的测量对仪表选型有特殊要求,需要分

别把握其关键控制点。压力仪表选型需重点关注被测介质的性质（是否腐蚀、是否结晶、是否粘稠），腐蚀性介质宜选用隔膜式压力变送器，粘稠或含固体颗粒介质需考虑防堵结构；量程选择以正常压力落在量程的 1/3 至 2/3 区间为佳。温度仪表选型的热电偶适用于中高温场景，热电阻则在中低温范围具有更高精度，二者需根据测温范围与精度要求权衡选择；保护套管材质须与工艺介质相容。流量仪表选型最为复杂，电磁流量计适用于导电液体且无压损但价格较高，涡街流量计适用蒸汽与气体但受管道振动影响大，孔板流量计成本低但压损大且维护量大，超声波流量计可实现非接触测量但对介质纯净度有要求，需综合流体特性、精度要求与安装条件进行比选。物位仪表选型则需根据介质特性与容器条件在雷达、超声波、导波雷达、静压式之间做出合理选择^[2]。

2.3 选型中的技术经济评价方法

选型决策不能仅凭经验，需要建立科学的技术经济评价方法。单项指标加权评分法是实用性强且便于操作的工具：首先确定评价指标体系，包含技术性能、可靠性、可维护性、供货周期、价格、备件保障等维度，以层次分析法确定各指标权重，再由评审组对各候选方案逐项打分，最终计算加权总分作为决策依据。对于大型项目的批量仪表采购，建议引入全生命周期成本分析，将采购成本、安装调试费、运行能耗、备件费用、维修人工费用等纳入统一计算框架，以设备设计寿命为周期进行折算对比，从而真实反映不同方案的长期经济性。实践表明，采用规范化评价方法有助于在保证技术质量的同时优化投资决策，避免片面追求低价导致的隐性成本增加。

3 仪器仪表的安装研究

3.1 安装前准备与条件确认

安装质量的好坏，一半取决于安装前的准备工作是否充分，这一环节常因工期压力而被忽视，却是决定安装一次成功率的关键所在。安装前须完成三项核心确认。一是技术文件确认，包括仪表安装图册、接线图、校准证书、防爆合格证等资料是否齐全有效，施工人员应仔细阅读设计文件，确保对安装方位、管路连接方式及信号接线关系有准确理解，避免因图纸理解偏差造成返工。二是仪表本体确认，开箱后应核对型号、规格、量程、精度等级等关键参数是否与设计一致，细致检查外观有无运输损伤，观察铭牌参数是否与设计要求完全吻合，随机附件与备品备件需逐项清点登记。三是安装条件确认，现场环境温度、湿度、振动及供电供气条件

是否满足仪表运行要求，安装基础与支撑支架是否已按图施工完毕且具备足够承载刚度。对于防爆仪表，还需在送电前完成防爆结合面间隙检查与引入装置密封性能验证，确保防爆等级完整性。准备阶段的质量把关是安装一次成功的首要保障，任何疏漏都可能引发后续工序的连锁返工。

3.2 安装过程的规范要求与关键控制点

仪表安装应严格遵循相关规范，并针对不同类型仪表把握关键控制要点。取源部件安装是测量准确性的基础，压力取源应避免流速变化剧烈的部位，温度取源应确保保护套管插入深度达到管道直径的 1/3 至 1/2 且迎流安装，流量取源的前后直管段长度须满足设计规范，取源焊缝应无泄漏且内部光滑。信号线路敷设须严格区分强电与弱电回路，动力线与信号线分开敷设于不同桥架或穿管，模拟信号与数字信号也宜分开以避免串扰，电缆屏蔽层须在控制室侧单端接地，现场接线箱内备用芯线应可靠绝缘。

3.3 接地、屏蔽与干扰抑制技术

接地与屏蔽是确保仪表信号质量的核心技术环节，接地系统的正确设计与施工直接决定了控制系统能否长期稳定运行。仪表接地从功能上可分为保护接地与工作接地两大类——保护接地的作用在于保障人身安全与设备绝缘，当仪表外壳意外带电时提供安全泄放路径；工作接地则为各类模拟和数字信号提供稳定的参考电位，确保测量信号的准确传输。在工程实践中应始终坚持单点接地基本原则，即在控制室侧设置唯一系统接地参考点，所有信号回路均以此为基准，避免因多点接地形成地环路引入附加干扰电流。信号电缆屏蔽层的接地策略需根据信号类型区别对待：模拟信号电缆屏蔽层应在控制室侧单端接地，数字通信电缆则按相应通信协议要求执行，高频同轴电缆宜采用两端接地方式^[3]。强电设备与弱电仪表的接地系统应独立设置，最后在总接地排处汇接。来自变频器等大功率设备的谐波干扰可通过加装隔离变压器或专用电源滤波器加以抑制，仪表供电宜采用隔离变压器配合稳压电源的组合方案，确保供电品质满足仪表对电源纹波和电压稳定性的严格要求。

3.4 安装后的检查、校准与验收

安装完成后的检查校准是验证安装质量的最终环节，也是投入运行前的必要把关。检查内容涵盖线路检查（回路通断、绝缘电阻、极性正确性）、气路检查（管路密封性与供气压力）、机械检查（紧固件力矩、可动部件灵活性）等方面。校准工作应按量程的 0%、

25%、50%、75%、100%五个点进行上行与下行测试,记录各点偏差值,偏差超出允许范围时应进行零点与量程调整,调整后须重新测试全量程。对智能仪表还需利用手操器完成参数组态,包括量程设定、阻尼时间、故障安全模式、通信地址等信息的写入。验收阶段应组织设计方、施工方、监理方共同参加,对照验收标准逐项确认,签署验收文件后方可交付使用,全套技术资料需完整归档。

4 仪器仪表的故障研究

4.1 故障分类与失效模式分析

仪器仪表的故障可按多种维度进行分类,不同分类方式服务于不同的分析目的。按故障性质可分为偏差故障(测量值与真实值之间存在固定偏差或非线性偏差)与完全失效故障(仪表无输出或输出异常),前者往往难以被操作人员及时发现,后者则易于察觉但影响更为严重。按故障根源可分为硬件故障(元器件老化、机械磨损、接插件接触不良等)、软件故障(智能仪表的程序跑飞、参数丢失、通信中断等)与外部因素故障(供电异常、环境超限、介质堵塞等)。按失效模式,参照FMEA分析方法,可将仪表失效归纳为示值偏高、示值偏低、示值波动、无示值、示值跳跃、响应迟缓等六类典型模式,每一类模式对应特定的故障机理,为后续诊断提供了方向性指引。

4.2 典型故障现象、成因与诊断方法

针对工程中常见的几类典型故障,掌握其成因机理与诊断方法是技术人员的核心能力。压力变送器故障中,示值异常偏高或偏低多由导压管堵塞(粘稠介质凝固或杂质沉积)或零点漂移引起,示值波动剧烈则通常为被测介质压力本身脉动或安装位置靠近振动源所致,诊断时可使用手操器读取传感器原始值并与现场压力表比对,判断是传感器问题还是导压管路问题。温度仪表故障中,热电偶示值偏低常因连接处氧化或接触电阻增大,热电阻示值偏高则可能是导线电阻变化引起,通过测量输入端电阻值可初步判断传感器完好性,控制室侧输入端短接后显示环境温度值则是快速检查回路完整性的有效方法^[4]。流量仪表故障中,电磁流量计常见空管报警或示值偏低(多由电极结垢或衬里破损导致),涡街流量计在低流量时示值丢失则多为流体流速低于下限

或管道振动干扰,观察工艺运行状态并结合上下游仪表比对是快速定位的有效手段。

4.3 故障预防策略与快速处理措施

故障处理应当“防重于治”,建立完善的预防体系可显著降低突发故障频率。预防策略应从日常巡检与定期维护两端发力:日常巡检关注仪表指示是否处于正常区间、供电状态是否稳定、接线有无松动、导压管有无泄漏、防爆填料有无老化等外观状态;定期维护按设备类型制定差异化计划,包括排污、清洗、紧固、零点校验、绝缘测试等操作,对长期运行的关键仪表建议每季度全面检查一次。故障快速处理方面,应建立分级响应机制——一般故障(如指示偏差)由当班仪表工限时处理,重大故障(如联锁仪表失效)需启动专项应急方案并由专业团队处置。关键部位的仪表应配置备用件或冗余方案,备件库存储应覆盖常用型号且动态更新。每起故障处理后须编制分析报告,追溯根本原因并纳入经验数据库,通过持续积累使故障诊断能力螺旋式上升。

结束语

电气自动化仪器仪表的选型、安装与故障管理是一个贯穿设备全生命周期的系统性工程。选型环节应以适用性与可靠性为优先原则,辅以规范的技术经济评价方法科学决策;安装阶段应严格执行工艺标准,重点把控信号干扰抑制与接地保护等关键环节;故障管理则应从被动维修向主动预防转变,通过分类诊断与分级响应提升处理效率。三者相互关联——规范的选型降低安装难度,标准的安装减少故障隐患,系统的故障分析又能反馈优化选型决策。随着智能仪表与工业互联网技术的深度应用,仪表管理正迈向数字化与智能化,相关技术标准与管理理念的持续更新值得工程技术人员密切关注。

参考文献

- [1] 赵国利. 电气自动化仪器仪表的选型安装及故障分析[J]. 今日自动化, 2021(8): 192-194.
- [2] 张颖. 探讨电气自动化仪表工程安装与调试[J]. 汽车博览, 2024(24): 31-33.
- [3] 邹香鹏. 试析电气自动化仪器仪表的选型安装与故障[J]. 大科技, 2023(30): 142-144.
- [4] 郑磊, 刘丙利. 探讨电气自动化仪器仪表的选型安装与故障[J]. 百科论坛电子杂志, 2021(16): 550-551.