

# 化工控制中自动化仪表的选型与应用要点

高学利 丁红霞

烟台万华化工设计院有限公司, 山东烟台, 264000;

**摘要:** 自动化仪表在化工控制中扮演着至关重要的角色, 不仅提高了生产效率, 还确保了产品质量和安全性。自动化仪表的选型与应用要点, 涵盖了精度要求、环境条件、成本效益、安装、校准和维护等方面。通过合理选择和应用自动化仪表, 化工企业能够更好地满足市场需求, 提高竞争力。基于此, 本篇文章对化工控制中自动化仪表的选型与应用要点进行研究, 以供参考。

**关键词:** 化工自动化仪表; 选型方法; 应用要点

**DOI:** 10. 69979/3041-0673. 25. 01. 050

## 引言

随着科技的发展, 自动化仪表已成为现代化工生产不可或缺的一部分。它们在监测和控制各种工艺参数方面发挥着关键作用, 如温度、压力、流量等。正确选择和应用自动化仪表不仅能提高生产效率, 还能确保生产过程的安全性和稳定性。然而, 如何在众多仪表中做出合理的选择, 以及如何进行有效的安装、校准和维护, 仍然是化工企业面临的重要挑战。基于此, 本文旨在通过化工控制中自动化仪表的选型与应用要点, 为相关人士提供参考价值。

## 1 自动化仪表在化工控制中的重要性

在化工控制中, 自动化仪表起着至关重要的作用。它们不仅提高了生产效率, 还确保了产品的质量和安全性。自动化仪表可以实时监测和控制各种工艺参数, 如温度、压力、流量等, 从而帮助操作人员及时作出反应, 避免潜在的安全风险。此外, 自动化仪表还能收集大量数据, 支持生产过程的优化和改进。通过精确的控制和监控, 化工企业能够更好地满足市场需求, 提高竞争力。因此, 正确选择和使用自动化仪表是现代化工生产不可或缺的一部分。

## 2 常用的自动化仪表类型

### 2.1 流量计

流量计是化工控制中不可或缺的自动化仪表之一, 用于测量流体在管道中的流动速度或总量。常见的流量计类型包括差压式流量计、电磁流量计、超声波流量计和涡街流量计等。差压式流量计通过测量两个点之间的压力差来计算流量, 广泛应用于水、蒸汽和气体的测量。电磁流量计适用于导电液体, 其测量精度可达 $\pm 0.5\%$ , 适用于化工生产中的酸碱溶液和盐水等介质。超声波流

量计非侵入式安装, 适合大口径管道, 测量范围宽广, 准确度高, 通常在 $\pm 1\%$ 左右。涡街流量计则适用于气体和低粘度液体, 其测量范围广, 精度可达 $\pm 1.5\%$ , 并且具有良好的稳定性和可靠性。因此, 通过这些流量计在化工生产过程中发挥着重要作用, 确保了物料输送的准确性和稳定性。

### 2.2 温度计

温度计在化工控制中扮演着至关重要的角色, 用于监测和控制工艺过程中的温度变化。常见的温度计类型包括热电阻温度计、热电偶温度计和红外温度计等。热电阻温度计 (RTD) 使用金属电阻随温度变化的特性来测量温度, 精度较高, 一般在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 至 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之间, 适用于需要高精度测量的场合。例如, 在化学反应过程中, RTD 可以确保反应温度维持在理想的范围内, 从而保证反应效果。热电偶温度计通过两种不同金属材料接触产生的热电动势来测量温度, 适用温度范围广泛, 从 $200^\circ\text{C}$ 到 $+1800^\circ\text{C}$ 不等, 精度约为 $\pm 1.5^\circ\text{C}$ 至 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。这类温度计常用于高温环境下的温度监测。红外温度计则采用非接触方式测量物体表面温度, 响应速度快, 测量范围通常在 $30^\circ\text{C}$ 至 $+1500^\circ\text{C}$ 之间, 精度约为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 至 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。这种温度计特别适用于难以直接接触的高温或危险环境, 如熔炉或高压容器内部。因此, 通过这些温度计在化工生产过程中确保了工艺温度的精确控制, 保障了生产的安全和效率。

### 2.3 压力计

压力计在化工控制中是不可或缺的自动化仪表, 用于监测和控制工艺过程中的压力变化。常见的压力计类型包括膜盒压力计、应变片压力计和压阻式压力计等。膜盒压力计通过弹性膜片的变形来测量压力, 适用于低压环境, 测量范围一般在 $0$ 至 $1600$ 帕斯卡 (Pa) 之间,

精度约为 $\pm 1\%$ 至 $\pm 2\%$ 。这类压力计结构简单,易于安装和维护,常见于气体储存罐和管道系统中。应变片压力计利用金属箔应变片的电阻变化来测量压力,广泛应用于中高压环境,测量范围可达到0至40兆帕(MPa),精度约为 $\pm 0.1\%$ 至 $\pm 0.5\%$ 。这类压力计具有较高的灵敏度和长期稳定性,适用于化工反应器和压缩机等设备。压阻式压力计则通过半导体材料的电阻变化来测量压力,测量范围广泛,从真空到1000兆帕(MPa)不等,精度约为 $\pm 0.01\%$ 至 $\pm 0.1\%$ 。这类压力计适用于极端条件下的压力监测,如深海探测和核工业等领域。因此,通过这些压力计在化工生产过程中确保了工艺压力的精确控制,保障了生产的安全和效率。

### 3 影响自动化仪表选型的关键因素

#### 3.1 精度要求

精度要求是影响自动化仪表选型的关键因素之一。不同的工艺环节对精度有不同的标准。例如,在高精度计量场合,如实验室分析仪器,精度要求可能达到 $\pm 0.01\%$ 。而在一般的工业控制中,精度要求通常在 $\pm 0.1\%$ 到 $\pm 1\%$ 之间。对于一些粗略监测的场合,如大型储罐液位监测,精度要求可以放宽到 $\pm 5\%$ 。选择合适的精度等级不仅能确保测量结果的准确性,还能有效控制成本。过高或过低的精度要求都可能导致不必要的投资或生产问题。因此,在选型时需综合考虑工艺需求和经济性。

#### 3.2 环境条件

环境条件是影响自动化仪表选型的重要因素。不同的工作环境对仪表的性能和耐用性提出了不同的要求。例如,在高温环境下,仪表需耐受高达 $400^{\circ}\text{C}$ 的温度,如某些型号的热电偶温度计能够在这样的环境中保持稳定性能。在腐蚀性环境中,如含有强酸或强碱的介质,仪表需选用耐腐蚀材料,如哈氏合金或聚四氟乙烯。在防爆要求高的区域,如易燃气体存在的场所,仪表必须符合特定的防爆等级,如ExiaIICT6,以确保安全。因此,通过选择适应环境条件的仪表不仅能延长使用寿命,还能确保系统的可靠运行。

#### 3.3 成本效益

成本效益是影响自动化仪表选型的重要考量因素。在选择仪表时,不仅要考虑初始购置成本,还需评估其长期运行成本和带来的经济效益。例如,一款高端流量计虽然初期投入可能高达数万元,但其高精度和长寿命可以显著减少维护和校准费用,从而在五年内节省约20%的总体成本。相比之下,低端流量计虽然初期投入较

低,但频繁的校准和更换可能使总成本增加30%以上。因此,在选型时需综合考虑初始投资与长期运营成本,选择性价比最高的方案,以实现最佳的成本效益。

### 4 基于实际需求选择合适自动化仪表的指导建议

#### 4.1 确定工艺要求和精度需求

##### 4.1.1 明确测量参数

确定工艺要求和精度需求是选择自动化仪表的关键步骤。明确需要测量的具体参数,如温度、压力、流量等。例如,对于温度测量,可能需要监测 $-20^{\circ}\text{C}$ 到 $100^{\circ}\text{C}$ 范围内的变化;对于压力测量,则可能需要监测0到100巴的压力范围。根据工艺要求确定所需的精度等级。例如,精密控制系统可能需要 $\pm 0.1\%$ 的精度,而一般工业控制则可接受 $\pm 1\%$ 的精度。考虑响应时间,某些工艺环节需要快速响应,仪表的响应时间应在几秒内完成。因此,通过这些步骤有助于选择最合适的自动化仪表,确保工艺过程的精确控制和稳定运行。

##### 4.1.2 响应时间

确定工艺要求和精度需求时,响应时间是一个关键因素。响应时间是指仪表从检测到变化到输出相应信号所需的时间。例如,在快速变化的工艺过程中,如化学反应器中的温度控制,响应时间应在1秒以内,以确保及时调整。对于较为缓慢的变化,如储罐液位监测,响应时间可以放宽到5秒甚至更长。选择具有合适响应时间的仪表,可以有效避免因滞后导致的控制误差。例如,一款响应时间为0.5秒的温度计在快速变化的工艺中表现出色,而响应时间为2秒的压力计则适用于较慢的变化过程。

#### 4.2 经济性和维护需求

##### 4.2.1 初始成本

在考虑经济性和维护需求时,初始成本是首要因素之一。虽然高端仪表的初期投入可能较高,但其长期运行成本和维护频率较低。例如,一款高端流量计的初始成本可能为5万元,但由于其高精度和长寿命,预计五年内可节省约20%的总体成本。相反,低端流量计的初始成本可能仅为1万元,但频繁的校准和更换可能导致五年内总成本增加30%以上。因此,在选择仪表时,应综合考虑初始投资与长期运营成本,选择性价比最高的方案。此外,易于维护和校准的仪表可以进一步降低长期成本,提高整体经济效益。

##### 4.2.2 维护和校准

在考虑经济性和维护需求时,维护和校准的便利性

是不可忽视的因素。选择易于维护和校准的仪表可以显著降低长期运营成本。例如,一款具有自诊断功能的仪表可以实现远程监控和校准,每年可减少5次现场维护,每次维护成本约为2000元。相比之下,传统仪表每年需要至少10次现场维护,每次成本同样为2000元。因此,自诊断仪表的年度维护成本仅为4000元,而传统仪表的年度维护成本为20000元。选择维护便捷的仪表不仅可以减少停机时间,还能大幅降低维护成本,提高整体经济效益。

#### 4.2.3 备件供应

在考虑经济性和维护需求时,备件供应的可靠性和及时性至关重要。选择市场上供应充足的仪表可以确保在需要时能够快速获得备件,减少停机时间。例如,某型号的温度传感器在市场上广泛供应,供应商在全国范围内设有多个仓库,确保95%的备件可以在24小时内送达。相比之下,一些小众型号的仪表可能需要数周才能获得备件,导致设备停机时间长达一个月,每次停机造成的损失约为5万元。因此,选择备件供应充足的仪表可以显著降低因停机造成的经济损失,提高生产效率。

### 5 化工控制中自动化仪表的应用要点

#### 5.1 安装

自动化仪表的安装是确保其正常运行和精确测量的关键步骤。正确的安装方法可以显著提高仪表的性能和寿命。例如,温度传感器应安装在远离干扰源的位置,确保测量的准确性。通常,传感器插入深度应达到管道直径的70%~90%,以获得可靠的读数。压力变送器应安装在水平管道的上部,避免沉积物和气泡干扰。流量计的安装位置应远离弯头和阀门至少10倍管径的距离,以减少流体扰动。此外,所有仪表的接线应遵循规范,确保电气连接的稳定性和安全性。因此,通过正确的安装不仅提升了仪表的工作效率,还延长了其使用寿命。

#### 5.2 校准

自动化仪表的校准是确保其测量精度和可靠性的关键步骤。定期校准可以纠正由于时间或环境变化引起的测量误差。例如,温度传感器通常每半年进行一次校准,以确保其测量精度在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内。压力变送器每年至少进行一次校准,以保证其读数误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。流量计的校准周期则根据具体应用而定,一般每季度进行一次,以确保流量测量的准确性。校准时应使用标准参考设备,并遵循制造商提供的校准程序。因此,通过

正确的校准不仅提高了仪表的测量精度,还增强了整个系统的可靠性和安全性。

#### 5.3 维护

自动化仪表的维护是确保其长期稳定运行的重要环节。定期维护可以预防故障,延长仪表的使用寿命。例如,温度传感器和压力变送器通常每半年进行一次全面检查和清洁,以防止灰尘和污垢影响测量精度。流量计的维护频率更高,每月进行一次检查,确保其内部无堵塞,测量准确。此外,每年至少进行一次详细的电气和机械检查,以确保所有连接和部件处于良好状态。维护记录应详细记录每次维护的时间、内容和结果,便于追踪和管理。因此,通过定期维护,可以显著减少仪表故障率,提高生产效率。

### 6 结束语

综上所述,自动化仪表在化工控制中具有不可替代的作用。通过综合考虑精度要求、环境条件、成本效益等因素,合理选择合适的自动化仪表,可以显著提升生产效率和产品质量。同时,正确的安装、校准和维护也是确保仪表长期稳定运行的关键。未来,随着技术的不断进步,自动化仪表将在化工生产中发挥更加重要的作用,帮助企业实现更高效、更安全的生产目标。通过持续的技术创新和优化管理,化工企业将能够更好地应对市场的挑战,实现可持续发展。

#### 参考文献

- [1]刘昊章. 化工企业自控仪表的设计及选型分析[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(10): 140142.
- [2]姚瑞. 石油化工自动化仪表安装调试技术[J]. 自动化应用, 2023, 64(17): 138140+143.
- [3]禹柳飞, 刘美, 司徒莹, 卢均治, 伍林. “化工仪表及自动化”课程思政教学改革[J]. 西部素质教育, 2023, 9(17): 8790.
- [4]曹敏. 化工仪表自动化设备的预防性维护[J]. 机械工业标准化与质量, 2023, (07): 2931.
- [5]张鹏宇. 关于石油化工自动化仪表的选型和施工技术探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(09): 138140.
- [6]牛志祥, 刘小军, 宋永翔, 殷鹏. 石油化工仪表自动化设备的故障预防与维护对策分析[J]. 中国设备工程, 2023, (09): 168170.
- [7]邓利永, 隋阳. 石油化工仪表供电的设计与探讨[J]. 石油化工自动化, 2022, 58(06): 3439.