

自动化仪表在石油化工罐区中的应用研究

慕 瑜 (陕西延长石油(集团)有限责任公司油田气化工科技公司, 陕西 延安 716000)

摘要: 由于石化企业生产的特殊性, 时常伴有高温、高压、腐蚀、易燃易爆等危害, 因此在实际生产中对温度、压力的检测控制有着极高的要求, 自动化仪表就显得尤为重要。本文以自动化仪表在石油化工罐区的应用为研究对象, 并提出石油化工罐区中如何科学选择温度仪表、液位仪表, 通过优化自动化仪表的设计要点, 以此保证储罐参数的准确测算, 利用自动化仪表识别潜在的安全隐患, 实现数据的自动传输、整理、分析, 推动石油化工企业的稳定运营。

关键词: 安全设计; 自动化仪表; 储罐管理; 石油化工

0 引言

近年来随着我国经济发展愈发成熟, 石油化工的生产工艺不断升级, 虽然能够在一定程度上提高企业经济效益, 但愈发复杂的生产流程也在加大企业的安全风险。一旦原料加工或是储运阶段出现误差, 很容易造成生产介质爆炸、毒气泄漏等事故。为此, 急需石油化工企业依托自动化仪表, 强化储罐存储量的动态调控, 实现罐区库存量的有效管理。

1 自动化仪表分析

自动化仪表是指由多个自动化元件组成, 具备测量、显示、记录等多种功能的自动化工具, 也能进行信息转换, 依照时间域或频率域进行表达。将其运用在石油化工罐区中既能凭借温度仪表确定储罐的温度大小, 进行温度补偿计算, 依靠压力仪表测算储罐液体密度补偿差压, 也能通过液位仪表测算储罐的液压换算高度, 以此检测、记录储罐运行参数, 实现简易控制。

2 自动化仪表在石油化工罐区中的应用优化路径

2.1 仪表选型

2.1.1 温度仪表

表 1 温度仪表允许误差

精度类型	允许误差	
	以体积为基准的交接计量	以质量为基准的交接计量
原有精度	0.3℃	0.4℃
安装后精度	0.4℃	1℃

温度仪表的作用在于确定储罐温度, 能够帮助技术人员获取温度数据, 为物料安全储运提供参考依据。在实际使用时需要做好设备选型, 优先采用铂热电阻作为温度信号的测量元件, 也可将铜电阻作为交接计量, 确保相关元件在完成误差校准后, 才可投入使用, 具体情况如表 1 所示。

温度仪表还要具备温度补偿计算功能, 能够对输出结果进行修正, 消除温度变化对元件信号输出的影响, 并搭配温度变送器, 可进一步减少测量元件与信号处理仪表的距离, 从而大幅度增加测量精确性。此外, 温度仪表在使用时, 还需要技术人员将设备生产温度设定在 -220~1600℃之间。

2.1.2 压力测量仪表

对于油品储罐来说, 可依照压力等级划分为以下几种类型: 压力储罐, 是指一种储存液体或气体的封闭容器, 设计压力在 0.1MPa 以下; 常压储罐, 是指设计压力不超过 1/3 大气压的焊接储罐; 低压储罐, 是指设计压力在 6kPa 以下的, 用于储存气体燃料的装置。石油化工企业需要结合油品储罐类型, 选择具有针对性与适用性的压力测量仪表, 保证测量结果准确, 具有应用价值。比如对于压力储罐, 更适合使用压力变送器, 对于低压储罐更适合使用差压变送器, 并保证相关设备在满足允许误差后才可投入使用, 具体情况如表 2 所示。

表 2 压力仪表允许误差

精度类型	允许误差	
	以体积为基准的交接计量	以质量为基准的交接计量
罐底压力变送器的零点误差与线性误差度	90pa 读数的 0.1%	60pa 读数的 0.08%
罐顶压力变送器的零点误差与线性误差度	50pa 读数的 0.6%	25pa 读数的 0.3%

要求压力仪表能够进行密度补偿计算, 根据物质密度差异与分布状况, 结合数学公式, 调整原始数据, 实现准确测量的目标。

2.1.3 液位仪表

对于石油化工罐区, 雷达液位仪表如图 1 所示, 其是最重要的监控装置, 通过搭配液位开关, 能够进

行液位报警，也能利用连续监测过程变量，使工作人员根据观测信号，进一步评定仪表的工作状态。在实际使用时需要根据不同的储罐类型，确定安装条件，具体的液位仪表类型可分为以下几种。



图 1 雷达液位仪表

第一，雷达液位计这一装置更适合运用在轻质油品以及烃类物料等介质的储罐液位测量中，并依照测量范围以及介质特性，合理使用雷达天线。比如：平面天线，能够与导波管一同组装，适用于外浮顶罐、球罐；抛物面天线，当油罐介质为燃料油、沥青等容易在高温环境下产生结焦的介质时，需要使用该天线，并优先安装在固定顶罐，用以实现无障碍测量；喇叭天线，适用于无导波管的浮顶罐；杆式天线，当出现冷凝等工况时，可采用杆式天线，需要固定在卧罐上，进行无障碍测量。当雷达液位计显示储罐内液体介电常数始终维持在较低值域，造成雷达反射波持续衰减，则要第一时间在储罐内布置导波管，并在管内部署雷达天线。

第二，伺服液位计与磁致伸缩液位计，伺服液位计适用于非腐蚀性轻质油品的储罐液位测量，并配备标定腔、缩径腔以及切断球阀，保证测量结果准确，信号稳定传输。后者则适用于轻质油品储罐的液位测量，相较于伺服液位计来说，该装置能够将输出信号接入通信单元，具有多变量集成式特点，可搭配差压变送器，进行混合法计量。通过结合浮盘密封组件，能够大幅度降低在测量时，因油气挥发而造成的原料损失，也能避免环境污染。

第三，配套仪表与液位开关对于液位仪表来说，在使用时可配置集成式电涌防护器，用以保护电子装置免受瞬时电涌冲击，防止因过电压造成的损害。该装置能够依靠内部的非结构元件，包括气体放电管、压敏电阻，在电压超出限定值时，第一时间导通，将电压转变为电流，并泄放至大地，达到限制设备端电压峰值的目的。同时该设备也具有降低电磁辐射、抑制谐波等作用，有助于延长设备使用寿命。

而液位开关的作用在于通过液位控制线路通断，常见类型可分为以下两种：音叉液位开关，采用晶体激励发生振动，当音叉被液体浸没时，振动频率会产生改变，并被电子线路检测到，完成输出。在安装时，需要将音叉设置在设备壁内，保证与检测物质接触，并防止与管内部件发生磕碰，适用于运动粘度在 $1800\text{mm}^2/\text{s}$ 以内的介质测量；超声波液位开关，是指依靠超声波完成液位检测，能够及时获取液体液位高度，由发射器、接收器、电路板组成。无需接触液面，可以基于内部压电晶体的叉形探头，将信号传至空气间隙，当晶体与液位耦合后，开关便会改变状态，完成对液位的控制。

第四，油水界位测量：在计量储罐介质过程中，可能会面临含水分层的现象，此时在应用自动化仪表时，应凭借多点温度计以及油水界位传感器，保证信号能够准确接入液位仪表。并依靠仪表的计算功能，计量储罐的真实油水界位，且测量结果精确性应控制在 $-2\sim+2\text{mm}$ 之间。通常来说，油水界位测量所使用的自动化仪表，应以电容式、射频导纳式为主。前者是依靠电容变化来获取各类物理量，基于电容器电容值随压力、液位的变化而变化的原理，利用电信号输出，进行数值监控与计算。而后者则是依靠射频导纳技术进行物位测量，原理表现为检测物质的介电常数和电导率，确认是否达到检测液位，当介质电导率较高，电容产品会因被测介质粘附在传感器产生误差。而导纳式产品可通过获取电位、电阻数值消除此类误差，相较于前者来说，射频导纳仪表的测量精确性更高。在实际使用时需要结合适当的射频信号，将频率范围设定在 400kHz 以内。

2.2 优化设计

2.2.1 安全设计

石油化工企业属于高危行业，自动化仪表在应用时需要安装在危险场所，因此在设计时应满足危险场所的防爆标准，并优先取得由检验机构颁发的合格证。一般来说，在储罐区的自动化仪表，其外壳防护等级需要达到 IP65。考虑到石油化工罐区运行相对稳定，对工艺条件无过多要求，但运行周期较长，因此需要针对潜在的风险隐患，以降低工艺事故为目标，结合工艺需要设置报警功能以及联锁系统。严格遵循仪表系统设计规范中提出的可操作性评估要求，进一步确定安全等级，并探讨仪表系统的安装方式。根据调查显示，罐区事故主要反应为火灾，大多因人员违规操

作引发，为此不仅要注重罐区液位变动，还要防范介质泄漏以及违章操作，做好人员的专业培训。此外，在罐区还需要将可燃气体、有害气体作为重点检测对象，通过检测装置判断气体含量是否超标^[1]。

2.2.2 接口规格

技术人员需要明确自动化仪表的结构特点，考虑到储罐上部署自动化仪表，由于类型不一，取源过程接口存在一定的差异性。具体情况表现为：温度仪表，包括热电阻温度计、双金属温度计，在使用时需要搭配油水界位传感器，采用 DN50 法兰构成接口，安装在罐顶，要求法兰密封面形式能够与设备法兰高度契合；压力仪表，包括压力变送器、差压变送器，应采用 DN20 法兰以及 DN50 法兰，安装在密闭罐顶或者常压罐下部，实现密度测量。要求仪表连接法兰的压力等级能够与装置压力等级一致，或是超过设备等级；液位仪表与开关，包括雷达、伺服液位计，超声波、音叉液位开关，采用 DN100、DN150、DN200 法兰等过程接口，安装在罐壁或者储罐氮气入口管线。由于大部分液位计专门为储罐液位测量而生产，且生产品牌有限，若法兰压力等级得不到有效控制，很容易造成采购价格的大幅度上涨，造成不必要的经济损失。因此在仪表法兰材质选购时需要严格遵循管道材料等级规定中提出的各项标准^[2]。

2.2.3 电缆敷设

对于石油化工罐区的自动化仪表电缆，更多的通过地上电缆槽完成安装与敷设，同时也可结合实际情况，选用埋地式电缆敷设，站在防火安全层面来看，后者应用价值更高，能够借助电缆沟，电缆保护管等多种形式完成地下安装。在实际操作时，需要严格遵循仪表管道路线设计中提出的操作要求，而对于无法有效在地下完成电缆安装的位置，则更适合采用镀锌钢保护管或是金属电缆槽，此类材料的强度远超于铝材，且具备一定的电磁防护功能，能够有效减少环境干扰。但在沿海地区也难以避免的因气候条件造成材料腐蚀，因此在使用时还要刷涂防腐涂料，而对于非接触材料来说，则不具备电磁防护效果，为避免受到雷击影响，石油化工罐区不可采取非金属材料的电缆槽。若遇到特殊情况，需要使用桥架，则应保证电缆为铠装，并尽可能选用价格低廉的铠装电缆，节省成本资金^[3]。

2.2.4 供电

第一，控制系统供电，石油化工罐区需要实现自动化管理，依托数字化设备、人工智能程序，降低人

员操作干预。要求控制系统供配电以及仪表直流、交流供电均满足 SH/T 3082 供电设计规范中提出的相关要求，包括：供电系统设计应采用多 UPS 多输出回路供电方案；仪表辅助设施应做到独立设置；直流稳压电源质量标准应表现为输入电压 $220V \pm 11V$ ，输入频率 $50Hz \pm 1Hz$ ，瞬时电压降不超过 10%。且开关电源要进行冗余配置，保证一只开关电源失效时，另一只冗余模块能够正常使用，维持直流供电回路的有效工作。

第二，交流仪表供电，罐区采用的自动化仪表，需要使用 380V、220V 电源，为避免出现安全事故，保证用电顺畅，需要根据电气专业规范，完成交流供电、配电的设计。对于涉及到工业建筑的交流供配电，还要配备专业的技术人员，保证人员的操作行为准确规范，不可从控制室仪表配电柜直接向现场进行供电。而是要考虑到罐区仪表相对分散，与机柜室间隔距离较长，部分仪表的用电负荷较高，一旦实现远距离供配电，很容易引发安全事故，风险较大。因此，更适合采用现场交流供配电的方式，至于电动执行机构，则更适合使用 380V 电源，不采用 UPS 供电。而罐区的雷达液位计、磁致伸缩液位计，在操作时需要经历较长的工艺时间，且时间常数较高，应保证交流电源的瞬时中断不会对测量作业产生较大影响，因此同样可省略 UPS 供电。除此之外，为防止仪表从机柜式实现远距离供配电时产生的风险，还要由电气专业提供现场用电。当采用直流供电时，应保证低于仪表的 24V 供电距离。在供气方面，罐区应以分散供气为主，保证供气点配有空气过滤器以及减压阀，采用镀锌钢管作为供风管^[4]。

3 结论

通过对自动化仪表的特点以及原理开展分析讨论，阐述现阶段自动化仪表在石油化工罐区中应用要点，以及一系列切实可行的优化措施，包括科学选型、安全设计等，以此提高石油化工罐区的自动化管理水平，准确获取储罐的运行参数，消除潜在的安全隐患。

参考文献：

- [1] 牛文台. 工业控制过程中电气及自动化仪表的优化设计及应用实例 [J]. 今日制造与升级, 2024(07):84-86.
- [2] 张宝龙. 基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统研究 [J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(07):25-27.
- [3] 王玉岐. 炼化装置仪表自动化控制系统设计与优化 [J]. 设备管理与维修, 2024(10):165-167.
- [4] 唐君成. 油气储存过程中仪表自动化技术的应用探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(08):156-158.