

石油化工油品储罐自动化仪表及工程设计研究

班亚伟 林颖轩

洛阳智达石化工程有限公司

摘要：本文主要研究了石油化工油品储罐的自动化仪表及其工程设计的方法和策略。首先，对当前石油化工油品储罐的自动化仪表进行了全面概述，识别了现有的挑战问题。然后，通过采用现代仪表和控制系统技术，详细地描述了一个新型储罐自动化仪表的工程设计过程，这种工程设计方法考虑到了储罐的安全、经济效益和操作性。研究还对比了不同的仪表选型，以及基于实际场景的工程设计策略。最后，将新设备进行了工程实证，结果表明新型自动化仪表可以有效提高储罐的测量和控制精度，并可以减少人工差错和提高行业的整体生产效率。所以本研究结果为石油化工行业储罐的自动化设计提供了参考与实证，具有一定的实用价值。

关键词：石油化工油品储罐；自动化仪表；工程设计

石油化工行业作为国家经济的重要支撑，其中的油品储罐是保障该行业顺利运转的关键设施之一。储罐的测量控制精度和稳定性直接影响到行业的生产连续性和经济效益，因此，提高储罐的测量和控制精度，以及保证其稳定性的重要性不言而喻。然而，当前石油化工油品储罐的自动化仪表存在诸多的挑战和问题，这些问题在一定程度上制约了行业的健康发展。

为此，本论文结合现代仪表和控制系统技术，全面研究了针对石油化工油品储罐的自动化仪表及其工程设计的方法和策略，旨在提出创新的解决方案，以推动石油化工自动化发展，提高其整体生产效率，减少人工差错，进一步保障工业的生产连续性和提高经济效益。

本文还将对不同的仪表选型进行对比，并进一步基于实际场景研究工程设计策略，并提供实证。此研究既具有理论意义，也具有实践指导价值，

对于推动石油化工行业的储罐自动化设计有着实际的推动作用。

1 石油化工油品储罐自动化仪表的现状和问题

1.1 石油化工油品储罐自动化仪表的概述

石油化工油品储罐自动化仪表在现代石油化工业中摒弃了传统的人工检测方式，采用自动化技术进行液位、压力、温度等参数的实时监控和控制，从而提高了生产效率和产品质量稳定性，降低了生产成本，保障了生产安全，具有广泛的应用和重要的现实意义。

自动化仪表的基本组成部分包括传感器、执行器和控制器等设备，其中，传感器主要用于转换工业现场的物理量（如温度、压力、流量以及液位等）为可以处理的电信号；执行器根据控制器发出的命令进行动作；控制器根据设定的控制程序，对传感器的信号进行处理和分析，对执行器进行控制。与

传统的储存和运输方式相比，自动化仪表技术代表了现代化、智能化的技术方向，提供了更高效、精确和安全的运行保障^[1]。

尤其在石油化工行业，对于易燃易爆的储罐液体，采用自动化仪表技术可以方便地进行测量和控制，从而将安全隐患降到最低。由于化工生产过程中原料和产品的状态、性质各异，需要对多种不同参数进行测量和控制，自动化仪表也需要具有高度的适应性和灵活性。

虽然自动化仪表技术在许多方面已经得到了良好的应用效果，但伴随着化工生产规模的持续扩大和自动化技术的不断发展，石油化工油品储罐自动化仪表需求也不断变化和升级，仅凭当前的自动化仪表技术水平对于满足这些新的需求仍然面临诸多挑战。

在石油化工油品储罐自动化仪表的现状中，主要存在的问题有：数据采集和处理设备的更新换代速度不够快，

导致应用中的自动化仪表技术和新的研究成果脱节；自动化仪表的操作复杂，从而需要更高的技术人员素质与专业知识；自动化控制系统的建设和维护成本较高，需要大量的投入，这对许多企业来说仍然是个不小的负担；以及自动化仪表在遥远、环境恶劣的工业现场的应用仍然面临诸多困难等。

自动化仪表不仅改变了人们对于工作环境的认知，也彻底改变了人们的工作方式。随着科技力量的持续引领，自动化技术与仪器仪表工程将会更加完美地结合，为石油化工油品储罐的自动化管理提供持久的发展动力。

1.2 当前自动化仪表面临的挑战和问题

随着科技的进步和石油化工需求的日益增长，石油化工储罐对自动化仪表技术的要求越来越高。当前的自动化仪表应用在石油化工储罐中，不仅要求可以准确、快捷地控制油品的存储情况，也要求具有良好的稳定性与可靠性^[2]。但目前应用于石油化工储罐的自动化仪表依然存在着不少挑战和问题。

1) 自动化仪表的精度：石油化工产品的质量标准的十分严格，精确的测量尤为重要。目前的自动化仪表尽管已经在测量精度上有所提升，但是在一些实际应用中的误差依然值得关注，有的甚至达到标准限制的边缘，这对生产过程的影响显而易见。

2) 仪表的稳定性：在储罐的运行过程中，由于环境条件、设备老化、维护疏忽等多种原因，都可能对自动化仪表的稳定性构成威胁。无论是突发性的故障还是长期性的偏差，都可能导致测量结果的误判，影响生产效率和产品质量。如何提高自动化仪表的稳定性和耐用性，也是一大挑战。

3) 安全问题：石油化工产品的储存和运输具有强大的安全风险，任何一个控制失效或者错误地操作，都可能带来严重的后果^[3]。目前的自动化仪

表在设计和选型上，尽管已经对安全因素做了考虑，但对各种可能出现的危险情况的识别和防范仍然需要进一步加强。

4) 经济效益问题^[4]：对于石油化工企业来说，自动化仪表设备的采购和运行维护是一笔不小的投资。如何在保证自动化仪表技术性能的前提下，尽可能降低投入成本和运营成本，是当前亟待解决的问题。

1.3 自动化仪表的测量控制精度和稳定性对生产的影响

在石油化工油品储罐自动化仪表系统中，测量控制精度和稳定性的优越性，直接影响到生产过程中的准确性和产品的质量。试着深入讨论一下，理解这个重要问题的深远影响。石油化工行业是一个非常精细和复杂的领域，生产过程中涉及的液体和气体种类繁多，对每一个参数的控制和测量都需要达到极其精细的程度，才能确保产品的品质。自动化仪表的测量控制精度，就是在这一背景下受到了高度的关注。

测量控制精度直接关系到生产中的效率和质量。在油品储罐系统中，仪表的主要任务是对储罐内的液体或气体进行精确测量和控制，以便于运行人员准确掌握储罐的工作状态。由于液体和气体种类繁多，每种物质都有自己独特的性质，如果因为仪表的测量控制精度不足，导致对物质性质的误判，那么就可能引发生产效率低下，甚至产品质量低劣的问题。测量控制精度还影响到工作人员的安全。由于石油化工行业的特殊性，一旦工作环境中出现误差，就可能引发安全事故^[5]。仪表的测量控制精度，事关生产者的人身安全。

自动化仪表的稳定性也是一个不容忽视的要素。在自动化系统中，稳定性是保证系统高效运行的重要因素。对于石油化工油品储罐来说，由于其

承受的环境压力大、温度变化多等诸多因素，需要有一个能够长期稳定工作的仪表系统，才能保证生产的顺利进行，避免因为仪表系统的故障，导致整个生产链的中断。对仪表系统稳定性的追求，对于设备寿命的延长，也有着重要的影响。

如果仪表系统工作不稳定，那么就意味着需要更频繁地维护和更早地更换，这无疑会增加整个生产系统的维护成本，降低生产的经济效益。从这个角度看，投资于更好的仪表系统，提高其测量控制精度和稳定性，实际上是保证生产效益的重要手段。从以上分析可以看出，自动化仪表的测量控制精度和稳定性对于石油化工油品储罐的生产有着重要的影响，不仅关系到生产效率和产品质量，还直接影响到工作人员的安全。探寻提高自动化仪表测量控制精度和稳定性的途径，对于不断提高生产效率、保障产品质量和提高安全性具有显著的意义。

2 石油化工油品储罐新型自动化仪表的工程设计方法与策略

自动化仪表在石油化工油品储罐中的应用，显著提升了设备的效率与安全性。其中，新型自动化仪表的工程设计方法与策略对其具有重要影响。所谓新型自动化仪表，其主要特点在于高度的精密、自动化，并且具有强大的数据处理能力。现代仪表和控制系统技术在储罐设计中的应用尤其突出^[6]。例如传感器技术、无线通信技术、信息处理技术等，都为自动化仪表设计提供了前所未有的可能。传感器技术可以准确快速地获取储罐中的参数信息，无线通信技术使得信息传递不再受到空间的限制，而信息处理技术则可以高效处理大量数据，赋予自动化仪表强大的数据处理能力。

对于储罐自动化仪表的工程设计而言，首要考虑的因素是安全性。设

计过程中，必须细心考虑所有可能引发灾难的因素，并尽可能将这些风险降到最低。高强度的设计和材料选择也在最大化安全性方面起着至关重要的作用。经济效益也是需要重点考虑，这包括了设备本身的成本和运行维护成本，实际应用效果和机械故障产生的维修成本，这些都需要在设计之初充分考虑。操作性也是一项重要考虑因素，易操作的设计不仅可以减少操作过程中的错误，也可以提高工作效率。

针对不同的仪表选型以及基于实际情况的工程设计策略进行对比，可以发现，正确的仪表选型和设计策略对于提高设备的运行效率和安全性具有重大影响。具体选择哪种类型的仪表，需要根据储罐的形状、大小、存储物料类型以及环境因素等多个因素进行综合考虑。而在工程设计策略上，应在实用性、可行性和经济性相统一的前提下，选择具有高精度、高稳定性的测量和控制装置，以满足石油化工油品储罐的需求。新型自动化仪表的实证研究表明，通过精心的工程设计，不仅可以有效提升设备的测量和控制精度，还可以显著减少由人为因素引发的错误。新型自动化仪表的应用也能进一步提升生产的效率。

3 新型自动化仪表的研究及作用

3.1 新型自动化仪表的研究过程与结果

新型自动化仪表的研究主要包括设计原理研究、仿真模拟、试验测试和工业试验四个阶段。设计原理研究阶段，主要是通过深入理解新型自动化仪表的工作原理，及其在石油化工储罐测量和控制中的应用，来设计出满足工程需求的新型自动化仪表。

仿真模拟阶段，主要是通过计算机软件模拟新型自动化仪表的工作过程，评估其性能和可靠性。试验测试阶段，主要是通过试验验证仿真模拟

的结果，找出可能存在的问题并进行修正。工业试验阶段，主要是在实际的石油化工生产线上安装使用新型自动化仪表，观察其在实际运行中的表现，验证其性能和可靠性。在研究过程中，工作者们发现新型自动化仪表在设计原理、性能、稳定性和可靠性上得到了显著的提升。具体表现在点对点的实时数据传输，增强了仪表的控制精度和稳定性。

3.2 新型自动化仪表对提高储罐的测量和控制精度的贡献

新型自动化仪表（如超声波外测液位开关、声呐式外测液位计、调频连续波雷达物位计及罐容计算仪等）注重内部的精细设计和优化配置，筛选出对提高石油化工储罐测量控制精度最具影响力的因素，在测量准确度和控制精确度方面具有显著优势。

通过对新型自动化仪表的科学计算评价，能够对储罐的体积、容量、压力以及液位等参数进行高精度的测量。并且，其内置自校准系统，可以自动对设备进行校正，以保持其测量的持续准确。新型自动化仪表拥有极高的响应速度和强大的适应性，如超声波外测液位开关、声呐式外测液位计可减少设备开口，可有效避免有毒

有害介质的泄漏，并可适应各种安装要求，快捷地进行安装，可以实时响应各种突发（标准规范的新增需求等）情况进行快速调整。

3.3 新型自动化仪表如何减少人工差错和提高生产效率

通过使用新型自动化仪表，不仅可以提高测量和控制精度，降低生产成本，也能最大限度减少人为误操作带来的影响。一方面，通过对新型自动化仪表的人机交互设计优化，可大大降低操作者的工作强度和操作难度，减少操作误差。另一方面，新型自动化仪表内置智能化故障诊断功能，能够实时监控设备运行状态，自动报警和处理故障，从而降低故障发生的可能性。这种自动化控制能大大提高生产效率，减少停机时间，有效提高了石油化工储罐的生产效率。以上是新型自动化仪表的实证研究及其在石油化工储罐中的实际应用效果分析。新型自动化仪表通过准确测量和稳定控制，确保了生产过程的安全性和经济效益，减少了人为误操作，提高了生产效率。

3.4 新型自动化仪表的工程应用

在实际工程应用中，新型自动化仪表的部署需要采用系统化的方法和

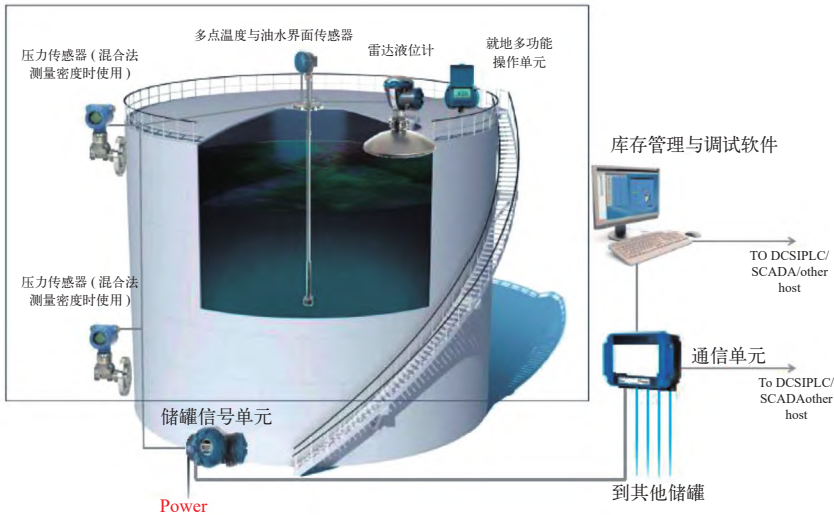


图 1 储罐测量系统工程实例应用

策略,以同时兼顾安全性、稳定性、精确性和经济性。通过图1所示的储罐测量系统工程实例应用,可逐步分析新型自动化仪表在储罐计量中的作用。

该储罐计量系统选用基于质量的混合式计量法,其计量数据均由新型自动化仪表测得,通过系统内置的符合相关计量规范的算法自动计算、补偿罐容,计量精度高、人工操作少,适用于该项目中的常压储罐计量。

为满足混合式计量方法的需求采用新型的高精度调频雷达液位计,精度可达 $\pm 0.5\text{ mm}$,石化行业规范中要求基于质量的交接计量液位计精度为 $\pm 3\text{ mm}$,本实例中选取的液位计精度较规范要求提高6倍,保证储罐计量的基本精度。通过搭配密度测量仪表、平均温度计、油水界面计等仪表,可自动计算及补偿罐内标准体积和表现质量,实现储罐精确计量。

本计量系统各个仪表之间采用TANKBUS通信总线接入现场HUB实现信号传输和仪表供电。现场HUB接入控制的信号处理单元,由信号处理单元统一处理后输出至上位机或DCS系统。TANKBUS总线符合本质安全要求,可与现场仪表构成本质安全系统。由于现场仪表通过总线连接,较常规罐组设计节约电缆50%以上,有效减少投资。

由于计量系统信号采用了总线连接,为提高计量系统的安全性及稳定性,设计中采用了现场仪表线路并联,信号处理单元热备冗余的配置方法。即现场仪表虽然采用一根电缆总线连接,但仪表内部实际为并联接线,单台仪表的掉线不会影响总线中其他仪表的运行。信号处理单元热备冗余则如图2所示,同时设置A、B两个信号处理单元,A为主信号处理单元处于工作模式,B为辅助信号处理单元处于半休眠模式。当主要单元停止运行时,

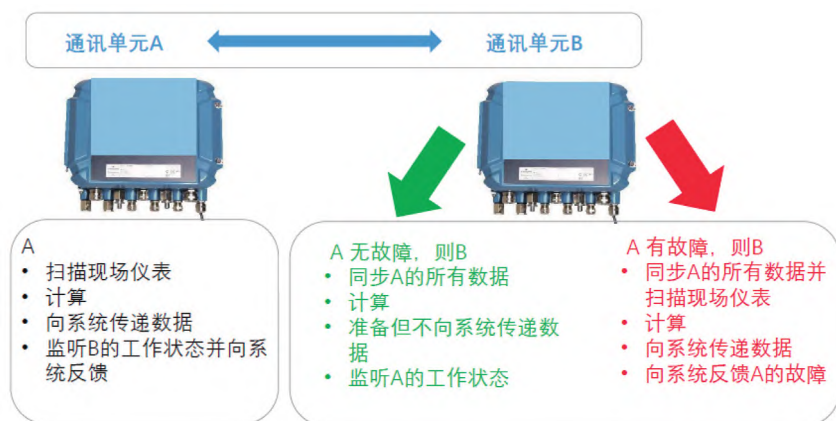


图2 信号处理单元热备冗余

辅助单元将激活,并向储罐计量系统上位机或DCS系统发送一条故障消息。通过现场仪表接线装置及信号处理单元的冗余有效地提高了整个储罐计量系统的安全性和稳定性。

通过新型液位计、通信总线、数据处理单元及通信构架的配置,该项目罐区具备了储罐自动计量功能,同时控制了投资成本。既保证了计量系统的可靠性又消除了计量过程中人员参与的误差,实现了罐区高精度自动计量的需求。

4 结语

本研究聚焦于石油化工行业的关键设施——石油化工油品储罐的自动化仪表及其工程设计问题。通过对当前石油化工油品储罐自动化仪表的全面审查,研究识别了其中存在的主要问题与挑战,并提出了一套新型自动化仪表设计方案。该设计方案在确保储罐安全性的同时,兼顾了经济效益与操作便捷性,其工程实证结果行业提供了重要的实践参考与理论指导。

此外,本研究为储罐自动化仪表设计提供了创新性解决方案,尽管已取得积极成果,但仍存在一定的局限性。例如,实际工况中的复杂因素可能对石油化工油品储罐的自动化控制精度产生显著影响,这一问题仍需进

一步深入探讨。基于当前研究成果,未来的研究方向可从以下两方面展开:一是从理论层面深化石油化工油品储罐自动化仪表的设计理念,持续优化设计策略;二是进一步拓展工程实证的广度与深度,以验证并改进自动化仪表设计的实际效果。本研究期望能为石油化工行业的技术进步与可持续发展提供有益借鉴。

参考文献:

- [1] 郑康迪.石油化工油品储罐自动化仪表与工程设计分析[J].中国石油和化工标准与质量, 2020(07):255-256.
- [2] 林洪俊.石油化工油品储罐罐根控制阀工程设计[J].石油化工自动化, 2020, 56(05):21.
- [3] 朱翔舒.石油化工仪表自动化[J].中国化工贸易, 2019, 11(20):186.
- [4] 张付军.石油化工自动化仪表设计及安装调试[J].科技资讯, 2021, 19(02):59-60.
- [5] 李运玉.石油化工工程自动化仪表安装要点[J].当代化工研究, 2022(05):9.
- [6] 张兵.浅析石油化工仪表自动化[J].化工管理, 2019(02):214.