

油品储罐静态计量系统的设计

张鹏飞 (北京石油化工工程有限公司西安分公司, 陕西 西安 710075)

摘要: 本文介绍了 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 汽油储罐静态计量的方式, 着重介绍了计量系统的组成方式, 计量仪表的工作原理以及仪表信号的传输方式。

关键词: 储罐静态计量系统; 伺服液位计; 平均温度计; 压力变送器; 罐区巡检仪; 网关; DCS; SIS; GDS

1 项目概述

随着自动化仪表技术的发展, 石油化工企业对罐区的管理工作日益精细化, 对罐区的自动化控制要求也越来越高, 传统的人工方式已经不能满足罐区复杂的工艺流程和管理需求。本论文以某炼化公司汽油罐区 (14 具 $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 汽油储罐) 为例, 主要介绍储罐计量系统的自控仪表选型、设计以及应用。整套方案经济、实用、高效, 大大提高了罐区管理的自动化水平, 为企业创造了一定经济效益。

2 自动化控制系统配置

罐区自动化的目的是保障安全, 杜绝跑、冒、漏、窜, 提高管理水平和储罐利用率, 强化管理以及为全局管理提供可靠的数据和信息, 提高企业的经济效益, 实现储罐存储油品的统一管理。此项目罐区过程控制系统采用集散控制系统 DCS, 实现对储罐液位、温度、阀门阀位状态的检测和液位高低限报警及监控。安全系统采用仪表安全系统 SIS, 实现储罐液位高高、低低联锁关断储罐根部阀的功能。可燃气体检测报警采用可燃气体检测报警系统 GDS, 实现现场可燃气体检测报警。为了提高储罐库存管理能力, 此项目设置罐区计量系统, 目的是为了能够实时、自动对储罐的液位、温度进行检测, 并按照标准程序计算出储罐的库存量和转运量。罐区设置现场控制室一座, 控制室机柜间内放置 DCS 机柜、SIS 机柜、GDS 机柜和储罐计量机柜, 控制室操作室放置 DCS 操作站、SIS 操作站、GDS 操作站以及储罐计量管理操作站。

3 罐区计量系统的配置

油品计量按照性质划分, 分为贸易交接计量、各装置进出原料之间的计量以及内部控制计量。油品计量从计量方法上划分, 分别为静态计量和动态计量。

3.1 储罐静态计量

为了得到储罐油品库存的准确结果, 应首先保证计算油量的基础数据 (如液位、温度和密度等), 同时还应具备一份由储罐计量部门提供的储罐容积表 (储罐制作安装完成后由专业计量部门通过实测标定的油高与体积的关系表), 通过储罐的液位、温度和密度并结合罐容表, 就能计算出储罐内的实际储量。储罐的静态计量一般分为三种, 分别为液位计量法 (LTG)、静压计量法 (HTG) 以及混合计量法 (HIMS)。

液位计量法 (LTG) 通过准确测量储罐内油品液位、油水界位和平均温度, 根据已标定的罐容表计算出罐内油品的视体积。油品的密度需要手工测量, 通过查询“原油体积修正系数表”, 得出 20°C 时储罐的体积修正系数, 从而可以求出储罐的标准体积。再通过查询“原油标准密度表”, 得出 20°C 油品的标准密度, 最后可以得出储罐内油

品的质量。

静压计量法 (HTG) 通过高精度的压力变送器测量液体静压力, 计算油品密度以及液位, 再通过储罐容积表计算液位区间的储罐平均截面积, 最终由液体静压和截面积直接计算出油品质量。此方法实现了油品液位、密度、质量等参数的自动测量。

混合计量法 (HIMS) 是将上述方法结合在一起, 利用 HTG 法质量精度高、LTG 法液位测量精度高的特点, 仪表计量系统中液位测量和质量测量能达到较高的精度。HIMS 采用高精度液位计, 高精度压力变送器和平均温度计。液位计准确测量液位, 压力变送器通过测量储罐压强, 结合测量液位, 从而计算出油品密度。平均温度计测量油品的各层温度, 并计算出平均温度, 最后结合“原油体积修正系数表”和“原油标准密度表”, 计算出储罐内油品的质量。

3.2 储罐静态计量 - 混合计量法 (HIMS)

由于混合计量法 (HIMS) 测量误差小、自控水平高, 其优点便于贸易交接结算, 所以此项目采用混合计量法 (HIMS)。混合计量法 (HIMS) 需要的仪表为: 高精度液位计 LT、罐底高精度压力变送器 P1、罐顶高精度压力变送器 P3 (常压罐可取消), 以及罐顶平均温度计 TT。混合计量法 (HIMS) 的计算方法如下: ①油品液位 H 由高精度液位计直接测得; ②储罐总计量体积 V_{10} , 根据液位 H, 通过查询“储罐罐容表”得到; ③油品密度 $\rho = (P1 - P3) / (H - Z) * g$; ④油品平均温度 T 由平均温度计 TT 测得; ⑤体积修正系数 VCF: 首先根据平均温度 T 和油品密度 ρ , 通过查询“原油标准密度表”, 得出油品标准密度 ρ_{20} ; 再根据平均温度 T 和油品标准密度 ρ_{20} , 通过查询“原油体积修正系数表”, 得出体积修正系数 VCF; ⑥总计算体积: $V_{1c} = V_{10} * VCF$; ⑦油品质量: $M = V_{1c} * \rho_{20}$ 。

3.3 混合计量法 (HIMS) 仪表选型

3.3.1 储罐液位计

储罐液位计应采用高精度液位计, 精度应满足贸易交接计量的要求。液位计精度: 体积交接: 固有: $\pm 1\text{mm}$; 安装后: $\pm 4\text{mm}$ 。质量交接: 固有: $\pm 3\text{mm}$; 安装后: $\pm 12\text{mm}$ 。此项目液位计采用 NMS5 伺服液位计, 测量误差为 $\pm 0.7\text{mm}$ 。液位计采用防爆仪表, 防爆等级为 Exd (ia) IIBT4, 220VAC 50Hz 电源供电。

液位计输入信号接口为以下: 非本安信号接口 (端子 4、5): HART 协议、两线制, 接入罐旁指示仪; 本安信号接口 (端子 24、25): HART 协议 (HART 总线), 两线制, 接入平均温度计和压力变送器组成的 HART 总线信号。

液位计输出信号接口为以下: 数字信号接口 (端子 6、

7) : RS485 串口、MODBUS-RTU 协议, 与现场其余储罐伺服液位计组成总线回路。

3.3.2 平均温度计

平均温度计精度: 体积交接: 固有: $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$; 安装后: 0.5°C 。质量交接: 固有: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 安装后: 1.0°C 。此项目采用 NMT539 平均温度计, 测量误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 采用防爆仪表, 防爆等级为 Exia IIBT4。本安信号接口(端子 H2+、H2-): HART 协议, 两线制, 接入压力变送器信号, 与压力变送器组成 HART 总线回路。本安信号接口(端子 H1+、H1-): HART 协议, 两线制, 至 NMS5 伺服液位计 24、25 端子。

3.3.3 压力变送器

压力变送器精度: 体积交接: P1, 读数的 0.1%, P3, 读数的 0.5%。质量交接: P1, 读数的 0.07%, P3, 读数的 0.2%。此项目采用 PMP71 压力变送器, 测量误差为 $\pm 0.075\%FS$, 采用防爆仪表, 防爆等级为 Exia IIBT4。压力变送器信号接入平均温度计, 组成 HART 总线回路。

3.3.4 罐旁指示仪

此项目采用 NRF560 罐旁指示仪, 采用防爆仪表, 防爆等级为 Exd IIBT4, 220VAC 50Hz 电源供电。NRF560 罐旁指示仪信号接入 NMS5 伺服液位计非本安信号接口(端子 4、5)。

综合上述仪表内容, 储罐油品的平均温度、静压信号都已经传送到伺服液位计, 伺服液位计作为储罐计量仪表的核心, 能将平均温度、密度、液位这些数据传送给罐旁指示仪, 并在罐旁指示仪上显示。伺服液位计能通过

RS485 端口, 与其余储罐上的伺服液位计组成 RS485 总线回路, 将平均温度、密度、液位这些数据传送给中心控制室的储罐巡检仪。

3.4 储罐计量系统的网络构成

在罐区控制室机柜间内设置 1 面储罐计量机柜, 机柜内放置罐区巡检仪 NXA820 和网关 NXA822, 柜内配置相应的供电回路和接线端子。罐区巡检仪能够连接 15 具储罐的 RS485 总线回路, 同时支持 RS485 MODBUS-RTU 总线协议。罐区巡检仪集成了库存计算功能, 能够实现对储罐内油品介质的体积计量和质量计量。罐区巡检仪通过 RJ45 接口, 接入交换机, 与储罐管理操作站和网关组网, 操作站安装储罐监控软件, 对储罐计量数据实时监控。网关通过 RS485 端口, 与 DCS 系统通讯, 能够在 DCS 操作站上对储罐油品的质量进行实时监控。

4 结束语

项目投产后, 由于储罐设置了高精度检测仪表, 在收发油时, 能够实时反应收发油的动态量, 并能及时向上级管理部门报告库区库存、收发油数据, 便于管理部门掌握工况, 合理科学调度。同时, 位于控制室的操作人员, 通过 DCS 操作站设置液位、温度、压力的高低限值, 当检测出现异常时, 及时报警, 提醒操作人员进行收、发油的切换操作, 避免收发油时冒油、抽空等。随着科学技术的发展, 储罐计量系统的应用也越来越成熟, 能够实现油品计量的高精度, 有望实现超过人工的计量精度, 能够显著提高罐区贸易交接计量的自动化水平, 降低成本, 提高营业利润。

(上接第 16 页) 用而下降。原料的使用增加了圆顶罐内平均蒸汽空间的高度, 加速了小呼吸。另一方面, 浮顶的天花板会随着液位的下降而下降。平均水汽空间的平均高度并没有根本改变。因此, 用浮顶罐代替圆顶罐储存甲醇是降低甲醇储存损失的有效措施之一。为了对油罐进行更新改造, 首先必须考虑采用浮顶油罐。为了验证浮顶罐代替拱顶罐的效果, 将甲醇储罐区中 8 个 2000m^3 的拱顶罐和 1 个 4000m^3 的拱顶罐全面改造为内浮顶罐。如果改为内浮顶罐则蒸发损耗总量为: $5.07 \times 8 + 6.08 \times 1 = 47.41\text{Va}$, 可降低蒸发损耗量 89.38Va , 减少率达到 65.34%。

3.2 采取措施降低储存温度

储罐外表面涂刷胶隔热涂料。通过对储罐外表面涂刷胶隔热涂料来降低储罐内储存液体的温度, 从而降低甲醇损耗。我国储罐外表面的防护涂料大多为醇酸银粉面漆、氯磺化聚乙烯面漆及氯化橡胶面漆, 外防护用底漆: 是环氧富锌底漆和环氧云铁中间漆。这样虽然解决了一些罐壁的防腐蚀问题, 但综合性能和效果不太理想。尤其是对储存低沸点和低闪点的液化产品储罐。夏天为降低温度采用外喷淋水冷却, 不仅需要消耗大量的水资源, 且污染环境、腐蚀设备, 一般隔 3~4 年就要对储罐进行一次新的涂料涂装。

对储罐外表面涂刷胶隔热涂料, 例如涂刷凉凉隔热胶, 将日光等热量隔绝、反射, 降低储罐内液体温度, 使涂层表面和储罐内部有明显温差, 从而达到隔热降温效果, 尤

其对夏季高温环境中的低沸点和低闪点化学品及化工原料的储罐等设备, 既可减少物料损耗, 减少原降温措施所需的能源消耗, 又能提高其安全性能。根据公司的实验测试, 当气温为 37°C 时, 银粉漆储罐(固定罐)表面温度为 59°C 左右, 普通白漆为 43°C 左右, 凉凉隔热胶为 38°C 左右。

4 结束语

由上可知, 在当前我国社会经济不断发展的背景下, 石油行业市场竞争也在日益激烈, 企业想要在当前市场中占据一席之地, 就应当从根本上有效解决到油品储运中存在的问题, 有效抑制油品蒸发量, 促进企业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 赵玉龙. 油品储运过程中蒸发损耗问题分析 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(11): 25-26.
- [2] 赵宁, 赵志明. 油品储运蒸发损耗的原因及降耗措施 [J]. 内蒙古石油化工, 2020, 46(03): 55-56.
- [3] 谢松豪. 炼油厂储运系统油品损耗原因及降低措施探讨 [J]. 化工管理, 2020(08): 146-147.
- [4] 矫洪涛. 油品储运损耗的原因及降耗对策 [J]. 湖北农机化, 2020(05): 21.
- [5] 方浩, 黄维秋, 吕爱华. 油罐承压能力对油品蒸发损耗的影响 [J]. 油气储运, 2020, 39(12): 108-115.
- [6] 孙文刚. 油品储运安全管理的常见问题与措施 [J]. 信息周刊, 2020(07): 1-1.