

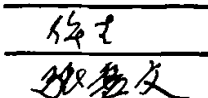
论文题目：长庆石化罐区自动化数据采集综合分析与应用研究

专 业：测试计量技术及仪器

硕 士 生：王 茜 (签名)

指导教师：作 杰 (签名)

张喜文 (签名)



摘 要

随着全球炼油企业呈现数量下降、炼油能力增加的趋势，炼油企业罐区管理在生产管理中的地位日益重要，炼油企业对罐区管理自动化的要求也越来越高，传统人工的方式已经满足不了日趋复杂的罐区收付作业与管理的需求。

为了解决罐区管理落后的问题，本论文以长庆石化公司罐区为例，从罐区以储量计算有关的仪表设计选型方案入手，采用大罐计量法，在深入研究国内外测量仪器的性能指标，综合考虑影响油品储量的众多因素，科学合理选取采样点，同时考虑到今后软件系统的需求，确立长庆石化公司罐区仪表的设计选型方案。

本文依据长庆石化公司手工核算储量的方法，提出一套不同油罐、不同油品的即时储量和历史储量的自动核算方案，并在仪表设计和储量自动核算方案基础上，结合当今先进的仪表技术、数据采集技术、计算机技术，设计开发长庆石化罐区管理系统，最终实现现场数据自动采集、处理、传输和存储；对各标号油品实时库存以及各油罐的温度、液位、储量等动态信息进行汇总统计的功能。

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，为企业创造了一定的经济效益。

关键词：罐区,管理,数据采集,仪表选型,核算方案

论文类型：应用基础

Subject : Automatic data gathering and application in tank area of ChangQing Petrochemical Company

Speciality: Technology & instrument of test and measurement

Name : Wang Qian (signature) _____

Instructor: Wu Jie (signature) Wu Jie

Zhang Xiwen (signature) Zhang Xiwen

ABSTRACT

Along with the number of global refinery enterprises descending and the ability of refinery produce increasing, tank area management in the refinery enterprise has played an increasing important role in the production management. The requirement to the management automation in tank area is more and more high. And the traditional man-made methods have already been not met the demands of complicated tank area loading and unloading work and management which is complicated with each passing day.

For solving the problem of backward management in the tank area, this thesis takes the tank area of the Chang Qing Petrochemical Company as an example. It proceeds with instrument design proposal of the tank area that related with reserve calculation, adopts measure method for the big tank to study deeply the capability targets of domestic and foreign measure instruments, evaluates the multi-factors of influencing oil reserves to select scientifically and reasonably the sampling point, and considering simultaneously demands of the future software system to establish the instrument design project of tank area in Chang Qing Petrochemical Company.

According as the method of actual manual reserve calculation, this article proposes a plan for calculating immediate reserve and historical reserve for the different oil tanks and the different oil product. At the same time it bases on the plan of instrument design and reserve calculation and combines with the advanced instrument technology, the data acquisition technology and the computer technology to design and develop the tank area management system in Chang Qing Petrochemical Company, which in order to realize that the field data can be automatically collected, processed, transmitted and stored, the information of post connection, oil tank connection, and dynamic information can be collected and counted, such as the real-time stock of various marking oil, the temperature in each oil tanks and the level of each oil tanks.

The whole plan is economical, practical and highly effective so that automatically level of

the tank area management has been greatly raised and it has been created certainly economical efficiency to the enterprise.

**Key Words: Oil Tank Area Management Data Collect Instrument Selection
Business Account Plan**

Thesis Type: Application Foundation

学位论文创新性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果；也不包含为获得西安石油大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已论文中做了明确的说明并表示了谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

论文作者签名：王茜

日期：2006.10.25

学位论文使用授权的说明

本人完全了解西安石油大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属西安石油大学。学校享有以任何方法发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为西安石油大学。

论文作者签名：王茜

日期：2006.10.25

导师签名：侯文

日期：2006年10月26日

第一章 绪论

1.1 论文研究的背景

1.1.1 炼化企业罐区管理的重要性及研究价值

炼油企业是典型的流程型企业，生产过程是连续进行的，原材料按照一定的工艺流程连续不断地通过一系列设备和装置，被加工处理成产品^[1]。罐区管理是生产过程的中间环节。

近年来，全球炼油企业呈现数量下降、炼油能力增加的趋势。全球 25 家最大炼油公司占全球炼油总能力的比例已从 1997 年的 49.3%提高至 2005 年的 61.8%。据统计，全球炼厂数目 1998 年为 755 座，2005 年已减至 662 座，但炼油能力却比 1998 年增加了 2.4 亿吨/年^[2]。中国的炼油企业的虽然规模不大，但是平均年生产能力也达到 363 万吨/年。这种趋势表明，随着单个炼油厂生产能力的增加，油罐区的总容量就会相应的增长，罐区内油品涉及的资金量加大，生产调度的难度提高，进而对炼油企业经济效益指标的影响也越大，所以炼化企业的罐区管理在生产中的地位日益重要，并且成为摆在管理者面前的一大课题。

目前，国内炼化企业罐区管理很大程度上依赖人工管理，管理人员按照生产计划部门所制订的生产计划对罐区进行调度，油品储量的精细管理、自动化水平还比较薄弱。随着罐区规模的逐渐扩大，人工管理方式逐渐显示出效率不高、准确性差的缺点。随着社会发展与科学技术的进步，对产品质量规格的要求、环境保护的规范越来越严格，就炼油厂而言这些无疑都将引起投入增加，造成生产成本的提高。加之国际范围竞争机制的引入，致使炼油厂面临更严峻的挑战和考验，要求炼油厂不断地提高生产效率、降低成本、增加应变能力，以适应不断变化的新的环境。因此，使用先进的测量技术和计算机软件对准确测量油品的数量，并对测量数据进行采集和综合分析已变得十分必要。

研究炼油企业罐区管理的价值在于：第一，炼油企业罐区管理的实质是油品的计量，国际石油价格日趋增长，油品计量就是计量效益。罐区管理直接关系到油品的炼制加工、储运销售等各个环节，提高炼油企业的罐区计量手段，就能提高油品计量的准确性，使企业在激烈的市场竞争中具备一定的优势；第二，炼油企业的生产过程具有连续性，罐区管理水平直接关系到生产和经营过程。油品库存量是生产与销售环节的缓冲区，加强罐区油品管理，不但可以加快原料、半成品、成品在多装置、多储罐间流动速度，使企业生产出更多的产品，实现生产资源合理调配与利用；而且使销售部门能尽快尽早的掌握库存情况，避免由于满库存（憋库）问题使企业承担装置停工的巨大损失，同时也可以提高企业资金的周转速度和资金使用率；第三、随着社会发展与科学技术的进步，社会对安全生产、环境保护的要求越来越高，加强罐区管理可以有效避免跑冒滴漏，减少

储运过程中的事故和损失，对安全生产和保护环境意义重大。

1.1.2 计量技术、自动化技术发展在罐区管理的作用

计量工作是企业生产经营活动的一个重要组成部分。做好计量工作，对于保证产品质量、提高劳动生产率、保障安全生产、节约能源、加强经济核算具有重要作用^[3]。

国外炼油企业采用的油罐内油品的计量方法主要有三种：检尺法、静压法和液位法。检尺法是全球通用的测量方法；静压法是利用压力传感器（变送器）测量罐内液体的静压力，根据储罐几何参数计算出容量和质量；液位法是通过测量罐内液体的液位高度及密度等参数，来获得罐内储液的容量及质量。欧美油罐储量测量仪表不但品种齐全、方法多、技术先进而且性能优良。他们在发展高精度、多功能测量仪表的同时，着重考虑性能可靠、价格便宜，适应不同目的和用途。尤其强调使用周期长，减少维护费用以及时间浪费。他们重视尖端技术、先进技术和工艺的应用，及时引入各种现代化技术和各种新型测量仪表^[4]，这些方法都便利罐区管理水平得到极大提高。

工业控制自动化技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其它信息技术，对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策，达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合技术，主要包括工业自动化软件、硬件和系统三大部分，主要解决生产效率与一致性问题。虽然自动化系统本身并不直接创造效益，但它对企业生产过程有明显的提升作用^[5]。

近些年，国外大型流程型企业，特别是石油化工企业均重视信息集成技术的应用，推动了流程工业综合自动化技术在实际生产中的应用。综合自动化系统又称现代集成制造系统，简称 CIMS（Contemporary Integrated Manufacturing Systems），它是将先进的工艺装备技术、现代管理技术和以先进控制与优化技术为代表的信息技术相结合，将企业的生产过程控制、优化、运行、计划与管理作为一个整体进行控制与管理，提供整体解决方案，以实现企业的优化运行、优化控制与优化管理，从而成为提高企业竞争力的核心高技术。

根据国内外综合自动化和网络技术的发展现状,流程工业综合自动化的总体结构被分为三层^[6],这使得流程工业 CIMS 中原本难以处理的具有生产与管理双重性质的信息问题得到了解决。采用 BPS/MES/PCS 三层结构的 CIMS 将流程工业综合自动化系统分为以设备综合控制为核心的过程控制系统 (PCS),以财务分析/决策为核心的经营计划系统 (BPS) 和以优化管理、优化运行为核心的制造执行系统 (MES), 如图 1-1。



图 1-1 CIMS 三层体系结构

这一结构将流程工业综合自动化系统分为单纯考虑生产过程问题的 PCS，单纯考虑

企业经营管问题的 BPS，以及考虑生产与管理结合问题的中间层 MES。

流程工业综合自动化技术三层结构中的制造执行系统（MES）是处于计划层和控制层之间的执行层，主要负责生产管理和调度执行。在整个 CIMS 中起到承上启下的作用^[7]。它通过控制包括物料、设备、人员、流程指令和设施在内的所有工厂资源来提高制造竞争力，它提供了一个统一的平台，系统的集成诸如产量控制、文档管理、生产调度等功能。炼油企业 CIMS 体系结构大致相同，如图 1-2。MES 层由生产监控系统、能耗管理、罐区管理系统和物资管理系统等构成，由图 1-2 可以得出，本论文中研究的罐区管理系统是 MES 的重要组成部分，通过它可以采集生产过程中罐区的液位、温度等实时数据，并以此计算出每个油罐的储量，油品产量等数值，所以罐区管理系统使具有生产和管理双重性质的信息问题得到解决。罐区储量计算过程中油罐的液位、温度等实时数据是通过现场测量仪表测量得到的，本论文还将对罐区与储量计算有关的测量仪表进行设计。

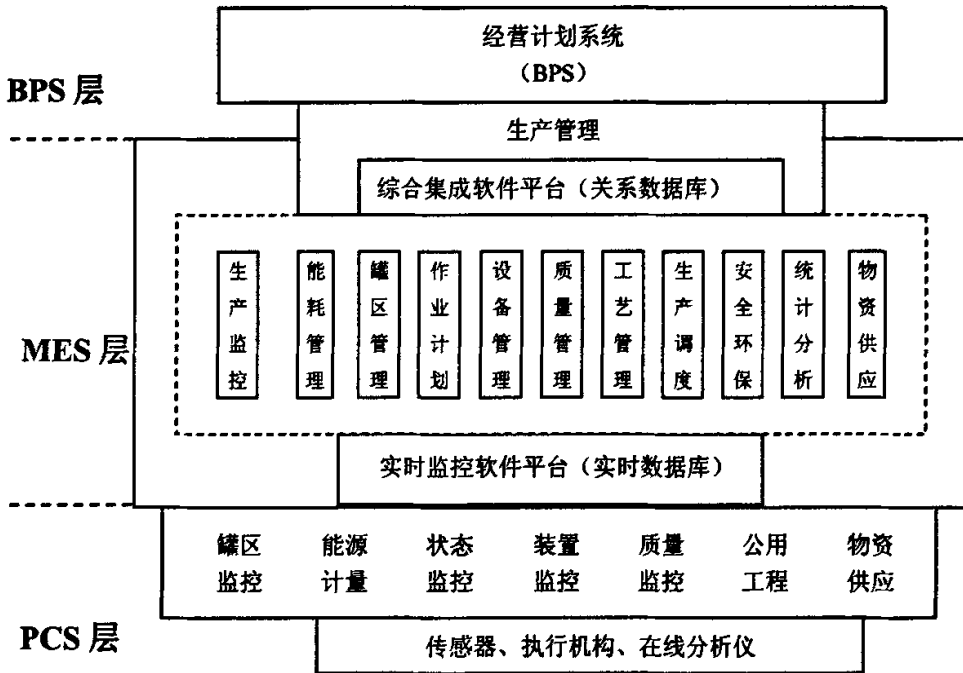


图 1-2 炼油企业 CIMS 结构图

1.2 国内外状况

1.2.1 罐区储量仪表在国内外炼厂应用的研究

随着计算机、微电子、光纤、超声波、雷达、传感器等高新技术的迅猛发展，仪表技术也随之发展。用于油罐计量的仪表类型包括浮力式、压力式、雷达式、电容式等^[8]。

我国 80 年代中期大部分油库引进了浮子钢带液位仪，比较典型的有兰州东升仪表厂

生产的 HIC-B 型和 YZJ-1 型恒力弹簧液位仪, 当时几乎装备了所有储罐, 目前在小容量储罐上还有一定的占有量。这种液位仪表利用了重力平衡式原理和弹簧平衡式原理, 编码采用码盘编码。该表优点是精度较高, 维护简单, 现场一次表指示清楚, 价格低。缺点是对安装要求较高, 机械结构过于复杂, 机械摩擦力、安装精度和钢带线性膨胀等都会影响测量精度, 特别是一次表内传动机构复杂如同钟表一般, 任何一个零件失效将直接影响仪表运行。该表还有一个缺点是钢带容易卡带脱槽, 导致仪表不能运行。由于二次表码盘制造比较粗糙, 铜制电路板转动时间较长容易磨损和受到油气腐蚀, 使得触点接触失效、二次表显示错误, 很容易形成安全隐患。该类仪表目前已经淘汰停产, 油库也在陆续淘汰。

上世纪 90 年代初各油库引进安装了一批差压液位仪, 比如某油库引进了兰炼仪表厂生产的 FPA35WB1 型差压表。这种仪表属静压式储罐计量仪表, 是利用帕斯卡定理进行测量的。该表优点是无需安装罐内仪表, 具有性能稳定可靠, 便于操作、易于计算机网络化等优点。根据该表的原理及理论计算公式($P=gh$)可知, 理论误差几乎是不存在的, 但是实际使用过程中并非如此, 该仪表的误差主要是从测量仪表(如压力、温度变送器)的测量误差引入的。还有一个最重要的影响因素就是密度, 就目前大部分油库使用情况来看, 密度是在每次质检分析部门测得后才输入的, 然而由于收发油的影响, 密度变化很大, 与同实际情况多有不同, 因此导致计算机计算值误差也很大, 一般在 30mm~500mm 之间。该表要求安装条件也比较高, 首先压力变送器取压孔应位于储罐上油品相对静止的地方, 以防止进油或发油时产生油品扰动, 而可能产生附加压力。其次压力变送器的固定支架应与罐壁成一体, 以防止外力施加与变送器上使变送器受力从而增大测量误差。该表还有一个缺点就是一次表校验比较麻烦, 必须倒掉罐内油品并拆下仪表进行校验, 在生产紧张时仪表将长时间得不到维修和标定。从某些油库的使用情况来看, 只能作为监测目的使用。

近年来随着变送器和计算机技术的发展, 人们将静压测量仪表的变送器增加到 2~3 个, 从而消除影响仪表精度的一些不确定因素, 比如可以通过带有两个压力变送器的差压表测出的压力值联立方程组得出密度, 从而消除认为测量密度产生的误差对仪表精度的影响。该种改进表称为 HTG 系列静压测量系统。比单变送器静压测量仪表准确度高了很多, 但是也有不足之处, 比如由于实际存在的储液温度和密度的分层, 是影响该表精度的主要原因, 当然也存在压力变送器的测量误差, 但较之单变送器静压液位仪来说已经相当精确了。另外, 该表还可实现对储罐内介质密度、液位、温度、体积、质量等变量的测量。

从 95 年起某些油库开始引进内存码多功能液位仪, 代表产品比如温州达达仪表厂生产的型号为 ZD-B10 型液位仪表。该表一次表是钢带浮子式外部钢带为信息码带, 刻有读数和大小一样的信息码孔, 当钢带产生位移时变送器将移过探头的信息码孔数量进行累加统计, 然后换算成长度后加上初始值即得到液位。该表优点是一次表精度很高, 缺

点是由于初始值必须在仪表加电后输入(即输入人工检尺值或相应信息码孔边的读数),所以每次在掉电后都必须重新输入初始值。再一个就是该表一次表变送器防潮功能较差,某油库共引进了4台安装于柴油罐上,由于柴油罐冬天加温后内外温度相差大,冷凝水沿仪表钢带槽盒流下来后直接损坏变送器,导致二次表失效,此类型的仪表短暂的存在后即迅速淘汰。

在引进内存码多功能液位仪后不久,光导液位仪表就出现了,比较具有代表性的是由航天部三院三部智控所研制的UBG系列光导液位仪。这种仪表从根本上解决了东升表内存码多功能液位仪存在的问题,UBG系列光导液位仪一次表同钢带浮子式液位仪一样采用重力平衡方式,但是它的变送器采用了光导测量原理。该表的信息码带信息码孔不同于多功能液位仪,每一种孔型代表一种数字编码,并且采用多排并列,码带的任一位置代表唯一的液位读数,因此不需要再输入初始值,当仪表加电后变送器即刻读出码带上的液位信息,不需要再进行别的运算。当然信息码带上也印有刻度值,可供肉眼读取。该表的信息码值是利用光电原理直接从码带上读取并以数字信号方式直接传给二次表,信息的读取变送没有经过任何机械类机构转换或电流电压转换,码带同变送器间无摩擦,不同于东升表那样复杂的传动和码盘编码,因此传取速度快,无变送误差,信息准确,表不容易出故障,该表的测量精度可达 $2\text{mm}^{[9]}$ 。从油库应用情况来看,反映较好。该种仪表应是油库中小型油罐液位仪表的首选类型。

近些年来,部分炼化企业开始引进了由瑞典SAAB公司生产的雷达液位仪,应用于容量较大的储罐,比如长庆石化公司罐区 1万 m^3 储罐采用的就是该公司生产的雷达液位仪。雷达液位仪采用的是非接触式测量方法,利用安装在罐顶的雷达波发射和接收传感器,测量雷达波在液面处反射回来的频率的变化,来计算出液位的高低。这类仪表不仅能用于烃类介质的测量,而且可用于腐蚀性介质和料位的测量,应用范围极广。雷达液位仪具有测量精度高、安装使用方便、使用范围广、便于实现计算机管理等优点,对本论文中数据采集和相关软件的开发应用十分有利。

1.2.2 综合自动化技术和罐区管理软件在国内外炼厂应用的研究

国外大型制造业企业,特别是石油化工企业均重视包括综合自动化技术的信息集成技术的应用,纷纷以极大的热情和精力构架工厂级、公司级甚至超级公司级的信息集成系统。1995年美国、日本、西欧等国已有100多家炼油、化工企业实施计算机集成制造系统(CIMS)计划,推动了工业综合自动化技术在实际生产中的应用,如日本三井石油化学工业公司、美国德曹达公司、高尔公司等化工企业都相继建立了综合自动化系统^[10]。

国外从60年代中期开始发展计算机监控与数据采集(SCADA)技术,到了70年代,大型石油公司如BP、Shell等开始采用SCADA系统来推进罐区自动化管理,并在使用过程中不断完善和发展,到了80年代,国外石油公司已普遍采用这种管理方法^[11]。近几年,SCADA技术的已经应用到跨国输气管线和国内长输管道的计量管理等许多领域。

日本炼油厂储运自动化水平也较高,已普遍采用计算机和显示设备进行集中监测控制与数据处理工作,储运系统中所使用的计算机台数比生产中的计算机台数还要多,效果也好。日本名古屋炼钢厂和丸善千叶炼油厂的储运系统采用计算机三级管理:第一级为过程控制,计算机直接控制阀门、机泵等,与储运过程发生联系。第二级为数据处理和过程监控。第三级的任务是全厂生产过程调度,计算机制出各种报表,通过通讯线路定期与总公司(总社)的计算机保持联系,进行企业经营管理、计划调度等工作^[12],美国、加拿大的油品储运自动化情况,有关资料介绍也大致如此。同时,国内外专家对库存管理的理论方面也作了深入的研究。各种不同的理论方法与技术如模糊理论^[13]、最优控制理论^[14]、零库存理论、安全控制理论等被引入到库存管理研究中,使得库存管理分类更科学、建模更方便。由于生产作业计划和调度的优化可以产生显著的效益,国外专家在这方面也进行了深入研究,文献[15]是较早的研究讨论加工生产作业计划问题的文献资料,其目标是每个油罐输出油后,如何使其残留量最小,以降低不同类型原油混合加工的损失。文献[16]考虑了一次加工的生产作业计划问题,目标函数包括卸油费用、库存费用等。Reeves CR^[17]基于遗传算法研究了流程工业的调度问题。

我国从80年代开始了炼油厂生产排产支持系统的研究,其中对罐区的油品储量的掌握是支持生产排产的重要环节,但由于当时仪表技术的落后,使得许多炼油厂仍采用人工录入的方法管理罐区,仅有几家较为先进的工厂使用了排产优化模型,取得了一定的成果。近几年来,国内一些炼油厂如镇海炼化公司、中石化天津公司等实现了油罐的自动化管理,特别是镇海炼化公司的自控技术和自控设备全部国产化,实现了罐区油品收付、调和、储存、出厂等环节的自动化,对于探索罐区自动化管理的发展方向,缩小与发达国家之间的水平差距,具有重要的意义。

但是,对于罐区从仪表设计到数据采集再到单罐和不同种类油品库存量的实时核算问题没有完整的方案,它的实现将使炼厂的班组产量核算、不同装置产量核算、计划和排产问题变得易于解决,本论文的研究工作已经取得了阶段性成果^[18]。

1.3 本课题完成的主要工作

本课题以长庆石化公司罐区为研究对象,主要研究以下两个方面的内容:

(1) 长庆石化公司罐区储量测量仪表选型设计。采用大罐计量法,综合考虑影响油品储量的众多因素,如液位、温度、密度、含水和含杂等。科学合理选取采样点,同时考虑到今后软件系统的需求和经济性,确立罐区仪表的选型设计方案,对罐区相关参数进行测量。

(2) 提出罐区数据采集与核算方法,在此基础上进行罐区管理系统的开发与应用研究。首先,提出适合炼油企业罐区实际生产情况的储量计算方法;其次,进行数据采集与核算系统的设计,将先进的测量技术、数据采集技术和计算机技术结合起来,使生产数据按需求展现,达到数据共享、辅助决策的目的,在企业发挥其实际应用价值。

1.4 课题来源及意义

长庆石化公司于 2001 年着手于管理控制一体化网络项目建设,罐区管理系统是管控一体化项目的重要组成部分,2004 年 9 月开始进行罐区储量与核算系统的开发。本论文研究内容主要来源于该项目中罐区管理系统开发与应用部分。

本论文将对与计算罐区储量相关的仪表进行选型,并在此基础上开发罐区管理软件,以解决上述问题。整套方案的实施将使公司各部门及时准确地获得每个油罐、各种物料的收付存情况;提高生产调度对油品移动情况的统筹管理能力;同时,在储运设施不变的情况下提高储运能力;正确的加工安排,减少储运损失,提高的生产效率。

第二章 罐区管理

炼油厂的罐区主要由油罐、管道与阀门等构成，用于贮存原油、成品或半成品油。罐区油品从生产的角度来分主要分为三类：成品、半成品和原料；从油品种类来分有原油、汽油、柴油、航空煤油、尾油等油品。

罐区管理是炼油厂储运管理的核心。罐区的管理的工艺流程主要包括从输入设备(如油轮、管道等)接收原油，存储至原料油罐区，然后向加工装置传送，原油进入生产装置经过一系列物理、化学反应后生产出产品，从装置产出的产品油进入成品油罐区，然后装车(或船)运出。本论文研究的罐区管理主要指罐区以储量为主生产数据的采集、计算、分析和应用的研究。

2.1 炼化企业罐区管理的特点

一般意义上讲，库存指企业在生产和物流渠道中各点堆积的原材料、供给品、零部件、半成品和成品。炼化企业的库存管理不同于一般企业，它属于流程型企业，生产过程具有连续性，库存量直接参与生产过程，是生产与销售环节的缓冲区，也是生产过程的中间环节。生产过程中能量流交错使用，原料和半成品需循环、反复加工，生产装置间存在紧密的耦合作用^[1]。油品生产流动过程如图 2-1 所示。

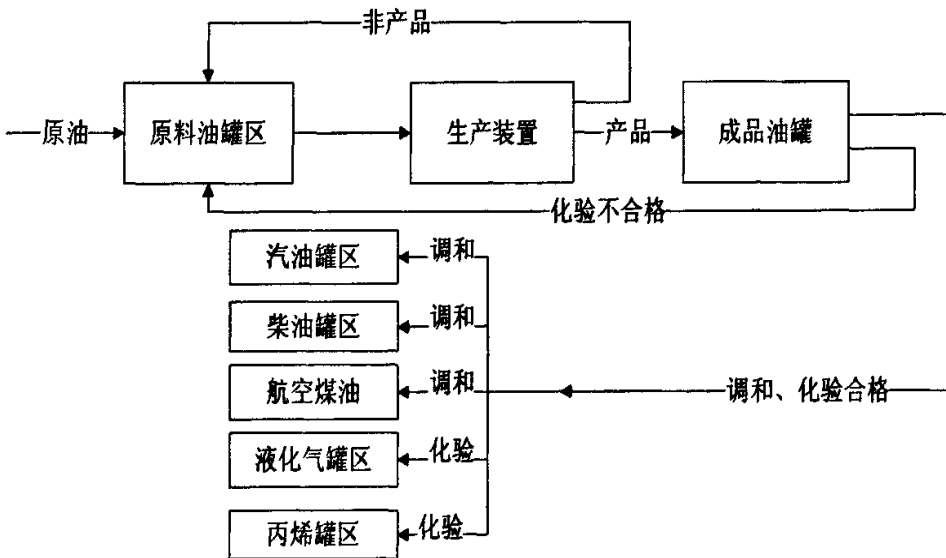


图 2-1 油品流动过程示意图

由上图得知，原料的来源除了由厂外进入罐区的原油外，还有来自装置的中间产品(如石脑油、常压渣油、油浆等)和成品油罐区的不合格产品；成品油罐区的油品经过调和(加入降凝剂、抗爆剂等)后才转变为产品，然后经过化验，合格产品从成品油罐区销售出厂。整个过程中，原料油未能及时供应、成品油罐区无空库存容量都可能造成生产装置

无法正常运行甚至停工，给企业带来巨大损失。因此，炼油的生产过程与罐区管理密不可分，同时又相互制约。

2.2 罐区管理存在的问题

国内大部分炼化企业油品调度和罐区管理自动化程度相对较低，没有采用先进的仪表设备和信息技术改进管理，存在很多问题，主要表现在：

(1) 油品计量工作效率低。油罐液位计量很大程度上依靠人工操作，储量数据换算也主要由人工查表换算得出。仅有的单板油罐计量软件，也只能完成油品从油罐的液位高度换算成质量，采用人工记账，没有综合性的台帐。

(2) 油品流动状态下收付量无法计算。在目前手工计量状况下，油罐单进、单出的作业（某时刻单个油罐仅处于进油或出油状态）情况比较容易计算出油品收付量，但边收边付（某时刻单个油罐处于一边进油一边出油状态）、多收及多付（多收指某时刻多个管线同时向一个罐进油；多付指某时刻一个罐同时向多个管线供油）等作业情况时，需要在油品移动模型基础上由管道内油品流量和油罐收付量推算得出产量。由于计量手段不齐全和手工数据处理，很难得到各个流向准确的收付数据，所以无法进行合理的计算，经常只能靠人工估算得出。

(3) 统计数据不及时准确。各炼化企业的油品储运车间都设有专门的统计人员每天进行罐区收付存的汇总统计。人工统计时间通常比交接班检尺时间滞后，同时，一些流向数据在上报过程中已经失真，为达到各油品收付存数据的平衡，经常人为调整数据。

(4) 不能有效的进行油品调度。计量和统计数据不准确、及时，造成生产管理人员无法掌握的各装置物料收付数量和罐区油品库存等精确数据，使生产调度很难制定出合理、准确、及时的油品调度方案，对生产中存在的问题也无法准确把握，造成生产和储运资源的浪费。

(5) 无法把握油品储运过程中的损耗。由于计量工作的繁琐及统计数据的失真，无法准确得到罐区实际收付情况和进出厂收付数量，各物料的盈亏数据也不准确，更无法确切判断盈亏是储运过程中的合理损耗还是人为事故损耗，甚至有错误记账的现象；对进出厂的油品数量与罐区油品数量不一致和装置与罐区油品数量不一致问题无法查找原因。

首先，本论文将通过先进的测量仪表设计方案、数据采集方案、合理的储量计算方法解决油品计量工作效率低和罐区储量统计不准确及时的问题；其次，通过计算机系统自动计算出装置产量、各类油品实时储量等数值，将帮助管理人员制定有效的调度方案，在一定程度上实现优化生产的目标。对于油品流动状态下收付量无法计算的问题，其中油品单进单出、边收边付状态下的收付量计算也将得到解决，但多收多付情况下，需增加流量计才能计算出收付量，本论文中不做讨论。准确计算储运过程中的损耗量问题，本论文和其它文献目前都尚未解决。

2.3 罐区管理的难点

2.3.1 罐区管理对生产过程的约束

炼化企业生产过程规模大、流程连续、过程复杂，对生产控制要求高，需要克服非线性、纯滞后、多变量的影响。罐区管理作为炼油生产过程的中间环节，对炼油生产具有一定的约束作用，主要体现在以下几个方面：

(1) 原料（包括原油、半成品油等）要求连续、及时、可靠供给，否则可能引起生产过程中断；

(2) 原油通过管线或汽车进入原油罐区，油管输油速度有限，对生产有一定制约；

(3) 原料库存要考虑死库存（不能抽出来加工的库存量），这取决于原料罐的数量和油罐的最低库存；

(4) 产品结构复杂，除主产品外，还会产生副产品和中间产品，都需要进入罐区缓冲；例如原料油罐区不仅负责接收原油供装置作为原料，并兼接收各种不合格油品重新进入装置回炼，也就是说不合格的油品也要进入原料油罐区临时存储，对生产有一定的影响；

(5) 产品种类较多，不同产品不能混装，必需进入单独油罐，油罐数量有限，所以在生产排产时要保证油罐的容量；

(6) 中间产品的库存量要在上游装置操作变化时保证下游装置能在计划能力下运行，或是在下游装置操作变化时，保证上游装置的稳定运行；

(7) 调和组分的库存储量取决于所加工原油的灵活性；

(8) 产品的库存不仅仅取决于生产，而且取决于运输批量大小、运输计划、销售计划、产品运输的不确定性、产品的准备时间和加工的运行模式；

(9) 产品存储环境要求较高，不同种类油罐对装入产品的种类有一定限制，例如浮顶罐严禁充装芳烃类及重质油品；

(10) 注入油罐的油量要有一定限制，以防止发生冒顶等事故。要宏观考虑油罐的使用，既要满足生产安全、稳定、长周期、高质、低耗运行，又要提高罐区的利用率和安全性。

2.3.2 生产过程对罐区管理的要求

根据炼化企业的生产特点，生产管理对罐区管理的要求主要有以下几个方面：

(1) 能随时提供各罐即时储量、各种产品、半产品、原料的储量包括体积、质量以及占所在罐容量的百分比。这些数据是保障生产过程连续、正常地运行，在储运设施不变的情况下提高储运能力，减少储运损失、装置能耗，并保障原料和成品的安全库存的重要因素之一。

(2) 能提供原油入厂，产品进出、倒罐等各种油品运行的状态过程和运行情况。能

为生产调度和计划等部门提供准确、及时的物料管理信息，以便于生产过程中决定油罐的使用和管理部门生产计划的安排。

(3) 对各个收付作业过程统一管理，明确反映油品通过罐区移动过程的收付情况和损耗情况，特别是要自动记录操作过程，这不仅可以全面、翔实的反映各个装置、罐区和部门的物料往来情况，同时也这有将有利于生产收率的分析 and 生产运行方案的调整。

(4) 能提供完整可靠的统计报表，统计汇总油罐和班组收付数据，并能反映出各罐的空量和库存分布的特点，有利于生产、销售计划的调整。

2.3.3 罐区管理的难点

由 2.3.1 和 2.3.2 分析可以得出,炼化企业生产过程的罐区管理难点主要有三方面:

(1) 罐区储量数据的实时性

实时储量数据指的是在任何时刻点(精确到秒)的库存量。比如在进行生产调度时,任何一个时刻都可能需要知道库存的信息。这要求库存管理系统实时地观测每一个时间点的库存状态。事实上,手工测量状态下根本无法实现,因为这需要有人不断地在观测库存量,不停地输入数据。同时,还存在海量的数据存贮和处理的问题。

(2) 炼油生产连续过程中的油品转运过程

油品通过输油管道或生产装置的管道输送的过程,实际上是物料的转运过程,称之为转运。

一般的物料是成批进行运输,出库、入库和在途等有明显的界限。因此,其管理还是相对容易。生产过程中油品转运是一种连续的过程,从转运的意义上说,它什么时候都在出库,什么时候都在入库,在途的部分也是在连续不断地变化,这也给原油的库存管理带来极大的困难。

(3) 油量计算过程涉及参数繁多,涉及知识面广

计算油罐储量的过程中,不仅要用到油罐液位、平均温度、化验密度、化验温度、标准密度、标准体积等数值,还要用到罐内油品种类、油罐状态(静态、进油状态、出油状态、边进边出状态)、调和事件等描述油罐和油品的参数。任何一种参数缺失或发生改变都会影响计算结果,整个计算过程复杂,涉及的知识面广,不仅要具备一定的计量知识,还要了解、掌握炼油生产、仪表自动化、计算机等方面的有关知识。

第三章 长庆石化罐区储量测量仪表选型设计

罐区储量的测量是一个企业掌握库存量的基本手段,是指导生产和销售的重要数据。因此,通过测量仪表的合理选用,将为石化企业罐区自动化目标提供基础,从而提高企业油品计量精度,节约成本,创造效益。

3.1 罐区管理对仪表选型的要求

仪表的设计选型应遵守以下几个基本原则:

(1)准确性

准确性是测量的基本特点,严格地讲,只有量值而无准确程度的结果,不是计量结果。也就是说,计量不仅应明确地给出被计量的值,而且还应给出该值的误差范围,否则,量值便不具备明确的社会实用价值。

(2)一致性

无论在任何时间、地点,利用任何方法、器具,以及任何人进行计量,只要符合有关计量所要求的条件,计量结果就应在给定的误差范围内一致,否则,计量将失去社会意义。计量的一致性,不仅限于国内,而且也适用于国际。

(3)溯源性

所有量值都必需由相同的基准(或标准)来传递,所有的量值应根据要求溯源于国家标准或国际标准^[3]。

通过上章分析可知,罐区管理是物流、能量流、资金流的集合,它对炼油企业的生产运作过程起到至关重要的作用。就炼化企业的罐区管理的实际情况而言,仪表的选型还应遵循以下原则:

(1) 根据工艺流程的不同而定

不同的炼油工艺加工流程的设备不同,离开工艺流程的设计方案将失去实际价值和意义。

(2) 根据油罐的大小和特点而定

较大尺寸的油罐一般选用精度较高的液位计,中、小罐可以选用一般液位计。

(3) 根据油罐的种类而定

直接参与贸易的油罐选用高精度液位计,中间罐和一般储料罐可以采用一般仪表。

(4) 根据介质的特性而定

重油尽量采用与被测介质不接触或少接触类型的仪表,轻油可选取一般仪表^[19]。

(5) 根据管理人员习惯和贸易双方的约定而定

贸易罐的计量方法如果贸易一方有特殊要求,在符合国家、国际标准的情况下予以考虑,同时,要考虑管理人员的计量习惯。

(6) 有利于今后软件开发

在信息技术和计量技术飞速发展的今天,仪表的设计需有利于今后实现信息化管理,所选取的仪表必需配备相应的接口,或者直接配备相应的监控系统。

(7) 有利于用户操作和维护

在仪表的上应考虑用户的使用和维护,尽量统一选型,用户使用方面,并减少维护人员的负担。

3.2 罐区储量计量分析

3.2.1 油品的计量方法

油品的计量按计量性质划分,可分为贸易交接计量、厂内装置之间产品及原料的交接计量和作为过程控制而进行的计量,对贸易交接计量的仪表要求较严格,计量精度应达到 0.2 级以上,工作性能稳定、可靠,厂内装置之间的产品和原料交接计量的仪表,一般精度在 0.5 级以上即可,而对于为过程控制进行计量的仪表的精度没有统一的精度要求,可根据控制过程的需要进行选用,不必追求高精度。

油品的计量从计量方法上划分,可分为储罐计量和流量计量两种。

(1) 储罐计量

用储罐对油品进行计量所需检测的参数包括储液的液位、温度和密度,同时还必须有一份由容器计量部门提供的储罐容积表,通过储罐的液位、温度(或密度)及罐容积表就可计算出油罐内实际储量^[20]。

前些年,我国立式圆筒型油罐内油品库存和输转的监测及计量仍主要采用传统的手工检尺法。即手工测量油品的高度、温度和密度,再根据油罐容积表计算出罐内油品的标准体积和质量。近年来,随着仪表和计算机技术的发展,国际上出现的三种油罐自动计量方法,在国内炼厂也逐步开始使用。主要是:液位计量法(LTG)、静压计量法(HTG)和混合式计量法(HIMS)。

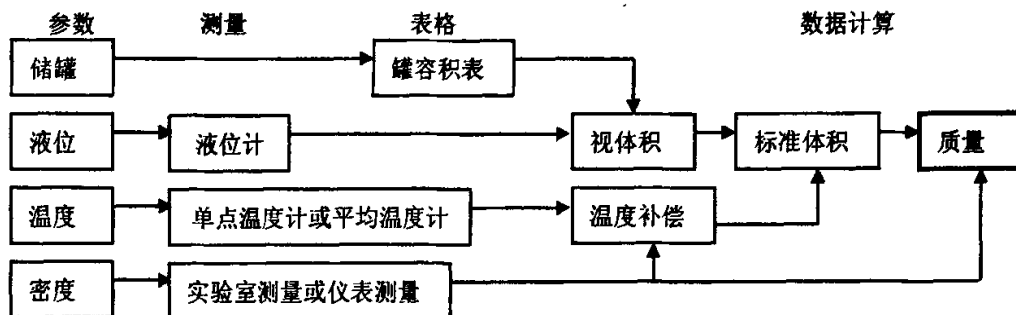


图 3-1 液位计量法流程图

液位计量法(LTG)通过准确测量罐内油品的液位、油水界面和平均温度,根据已标定的容积表计算出罐内油品的体积,根据手工测量的温度和密度,查“石油密度换算表”,得出标准密度,从而算出标准体积和质量。计量、计算方法如图 3-1。这种方法通过获

得高精度液位，从而获得高精度体积。对质量计量的误差主要来自温度及密度的测量。

静压计量法(HTG)通过高精度的压力传感器精确测量液体静压力，计算油品密度及液位高度，在通过油罐容积表计算液位区间的油罐平均截面积，最终由液体静压和截面积直接计算出油品质量。实现了油品质量、体积、液位、温度及密度的自动测量，其测量原理决定了其质量测量的高精度，其它变量也可以满足监测目的的需要。此方法适用于压力传感器参考端通向大气的静压式油罐测量系统，适用于常压下带呼吸圈的密封立式圆筒固定顶或浮顶罐上使用的静压式油罐测量系统。这种方法可以获得高精度质量计量，温度测量误差不影响质量计量精度，但液位计算及显示的误差较大。测量、计算流程图见 3-2。

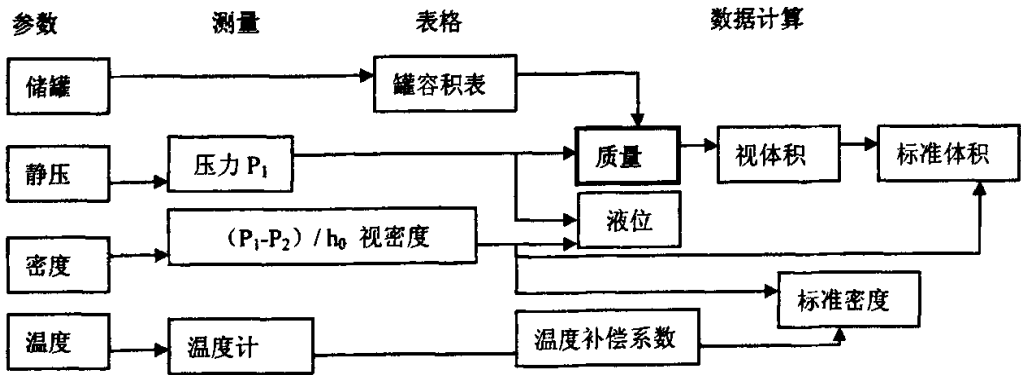


图 3-2 静压计量法流程图

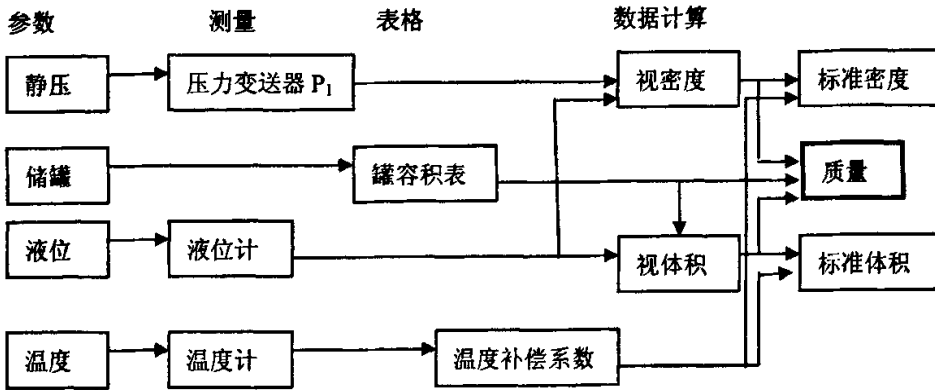


图 3-3 混合式检测方法流程图

混合式计量法(HIMS)将 HTG 静压法和 LTG 液位计法集成在一起，利用 HTG 法质量精度高、LTG 法液位测量精度高的特点，使得质量和液位的计量在一个系统中都能达到较高精度。HIMS 多采用高精度液位计，高精度压力变送器和平均温度计构成。液位

计精确测量液位，通过计算获得高精度的储液体积。压力变送器测量总的储液压强后，得到从上到下整个储液的平均密度，然后计算出储液质量。HIMS 能获得储罐计量所需的各种高精度参数如液位及界位测量，所以得到高精度体积，同时，又能实现高精度平均密度的测量，这样就获得高精度质量的计量，但是这种计量方法所需测量仪表较多，成本较高。计量、计算流程图见 3-3。

(2) 流量计计量

流量计是测量流经管道或明渠截（断）面流体流量的计量器具。流量测量按测量目的分为累积测量和瞬时测量，其仪表分为累积流量计和瞬时流量计。累积式流量计用于测量一段时间内流过管道的流体总量，在数值上等于瞬时流量对时间的积分。采用流量计计量要根据被测介质特性（流量范围、流速、温度、压力、粘度、腐蚀、杂质、导电等）及应用场合（防爆、防腐及价格影响）条件，选择合适的流量计，对贸易交接、厂内装置之间的产品及原料交接过程控制进行计量。

3.2.2 油罐储量测量仪表及性能分析

a. 液位计量法

根据 3.2.1 节可知，液位计量法中涉及的参数主要有液位、温度和密度，所以需要使用的仪表主要有液位计和温度计，目前炼化企业的油品密度一般由根据要求手工化验取得。用于液位计量的主要仪表及性能分析如下：

(1) 人工检尺

利用浸入式刻度钢皮尺测量液位、取样测量油温和比重，通过计算而得到储液体积和质量。目前一般用作现场检验其它测量仪表的参考手段，人工液位测量的精确度一般认为是使用的刻度钢皮尺精度加上 $\pm 2\text{mm}$ 的人为误差^[21]。

(2) 力平衡式浮标液位计

浮标式液位计从 30 年代就开始使用，结构不断改善，至今仍大量使用，这种液位计采用一个又大又重的浮标，由一个多孔钢带将浮标连接至一个恒转矩装置或平衡锤，浮标的重量足以带动多孔钢带通过齿轮装置推动机械计数器作现场显示。同时带动电子变送器以便获得远距离显示，由于滑轮机械装置的摩擦力和钢带重量，这类液位计的误差一般在 $\pm 4\text{mm}$ 至 $\pm 10\text{mm}$ 。由于存在多个传动部件，可靠性较差，而且罐内安装，维护困难。

(3) 伺服液位计

伺服式液位计用一个很小的平衡浮子代替大浮标，悬挂在一根仅零点几毫米的合金钢丝上，安装在罐顶上的变送器中的一个十分灵敏的重力敏感装置测量浮子的重量（在液面、液内、界面上有相应不同的浮力），并控制伺服电动机动作升降浮子，同时带动信号变送机构发出远传信号。伺服液位计可测量液位、界位、液体比重几个计量参数。由

于不存在滑轮、齿轮等磨擦力，钢丝重量几乎可以忽略不计，因而测量精度很高，液位误差可达到 $\pm 1\text{mm}$ 。由于几乎没有传动部件，因此仪表可靠性高。新型伺服液位计已微机化，具有很强的数据处理能力，其变送器可以把多点或平均温度计的数据也采集进来，经运算可给出储罐计量所需要的各种数据，包括液位、界位、温度、密度、体积和质量等^[22]。

(4) 雷达液位计

雷达液位计按精度可分为工业级和计量级两大类。工业级雷达液位计的精度一般为 $10\text{mm}-20\text{mm}$ ，适用于生产过程中的液位测量和控制，不宜用于贸易交接计量。这类产品有德国 E+H 公司生产的 FMR130，德国 KROHNE 公司生产的 BM70 等。计量级雷达液位计的精度在 1mm 以内。它既可以用于工业生产，也可以用于贸易交接计量，这类产品有瑞典 SAAB 公司的 RTG3900 系列。

雷达液位计的基本测量原理是雷达波由天线发出，抵达液面后反射，被同一天线接收，雷达波往返的时间正比于天线到液面的距离^[23]。其运行时间与物位距离关系见图 3-4。

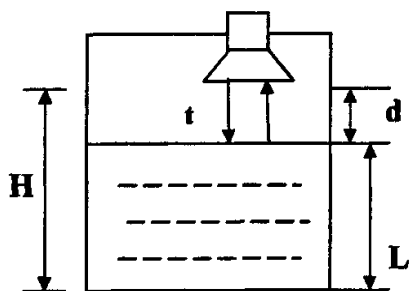


图 3-4 雷达液位计基本测量原理

计算关系式为

$$t = 2 \cdot d / C \quad (3-1)$$

$$d = C \cdot t / 2 \quad (3-2)$$

$$L = H - d = H - C \cdot t / 2 \quad (3-3)$$

式中 C---电磁波传播速度， $300,000\text{km/s}$

d---被测介质与天线之间的距离

t---天线发射与接收到反射波的时间差

H---天线距罐底高度

L---液位高度

雷达液位计作为液位测量仪表，具有与测量介质不接触、可工作于恶劣环境下，被测介质可以是易燃、易爆、腐蚀性强的高温、液态物质和有安全防爆性能等特点。

在实际应用中，由于雷达液位计发射的微波沿直线传播，在液面处产生反射和折射时微波有效的反射和折射时微波有效的反射信号强度被衰减，当相对介电常数小到一定值时，会使微波有效信号衰减过大，导致雷达液位计无法正常工作。为避免上述情况的发生，被测介质的相对介电常数必须大于产品所要求的最小介值，否则要用导波管。

(5) 磁致伸缩液位计

磁致伸缩液位计由一根测杆和套在杆上可滑动的浮子组成，测杆上端是电子部件。测量时由测杆头部产生一个“询问”脉冲，与浮子内置的一组磁钢产生的磁场相遇后产生“波导扭曲”脉冲（或称“返回”脉冲），检测从询问脉冲发出到返回脉冲收到的周期，这个周期与液体的液位相对应。这种液位计精度较高，但仅适合于测量非腐蚀性介质。

表 3-1 (a) (b)为各种液位仪表性能和适用介质的对比。

表 3-1(a) 各种液位仪表应用范围比较

仪表类型	白色产品（轻油）	黑色产品（重油）	原油	沥青	腐蚀性化工品
力平衡	+	+	+	-	-
伺服	+	+/-	+	-	-
雷达	+	+	+	+	+
磁伸缩	+	+/-	+	-	+/-

表 3-1(b) 各种液位仪表性能比较

仪表	液位测量	温度测量	密度测量	界位测量	体积测量	质量计量	安装	价格
力平衡	误差大	重要	无法测量	无法测量	误差中	误差大	复杂	低
伺服	精度高	重要	误差中	误差小	误差小	决定于密度 温度测量	一般	较高
雷达	精度高	重要	无法测量	无法测量	误差小	决定于密度 温度测量	简单	高
磁伸缩	精度高	重要	无法测量		误差小	决定于密度 温度测量	一般	较高

b. 静压计量法

静压计量法中需要得到储罐上下的压差和温度的测量值，所以使用压力变送器或差压变送器及温度计，或仅使用静压储罐计量仪（HTG）。

最简单的 HTG 只用一个压力变送器，将测量的压强乘以储罐的面积就可以得到储液的质量。如果用两个变送器，就可以从二者的压差（ P_1-P_2 ）和二变送器的距离（ h ）计算出储液密度（ D ），其公式为 $D=h \backslash (P_1-P_2)$ ，然后由密度（ D ）和（ P_1 ）计算出储液液位。但是，由于液位是通过二变送器的间的密度（ D ）与（ P_1 ）计算得到的，储液密度的分层将使 HTG 获得的液位参数不准确，此外，大风引起的气压变化将影响 HTG 的

测量精度^[24]。在实际炼化企业实际生产中有许多大容量的储罐，油品密度变化较大，而且北方地区易受大风天气的影响，导致计量准确度不高，所以一般极少使用 HTG。

c. 混合式计量法

混合式计量法需选用液位计、压力变送器和温度计。一般使用 HIMS 方法计量时，同时选用高精度液位计（伺服式或雷达式）和 HTG。即在一个罐上安装一台高精度液位计（伺服式或雷达式），在罐底部安装压力变送器。这种方法使用的仪表数量较多，并且成本过高，出于经济、实用的考虑，本设计方案中不使用 HIMS 方法计量。

流量计计量法选用流量计，这种方法不需要考虑温度、压力、密度和粘度的影响。国内用于石油及液体石油产品的计量主要采用三大类流量计量仪表：容积式流量计、速度式流量计和近几年推广使用的质量流量计。三大流量计的技术性能差异见表 3-2^[3]。

表 3-2 容积、速度、质量流量计技术性能指标

容积式流量计	速度式流量计	质量式流量计
受计量介质的物性、流态影响小	计量介质物性，尤其粘度对其精度影响大	不受被测介质物性，流态等参数影响
适用性强，耐用	适用性差，不十分耐用	适用轻质油品，耐用
测量范围宽，为 0.1 m ³ /h -2500m ³ /h	测量范围大，为 0.01 m ³ /h -1000 m ³ /h	测量范围窄，最大 360 m ³ /h
安装条件对计量精度影响小	安装条件要求高，如果达不到要求，计量误差大	安装条件要求不严格，但应防止管道振动
容易做到就地指示和远传	就地指示困难	能就地指示
运转中压降较大	运转中压降小	运行中压降大
体积较大，笨重	体积小，结构简单	结构简单，没有可动部件，重量较速度式流量计重
口径为 0.02 m -0.5m	口径为 0.004 m -1.0m	口径为 0.01 m -0.36m
基本误差为±0.1%±0.2%	基本误差为±0.5%±0.2%	准确度：直接式为基本误差为±1.0%±0.2%；推导式为±0.5%

容积式流量计适用范围较广，不仅广泛地应用于原油、汽油、柴油、低压天然气及煤气的体积流量计量，而且也用于酒类、食用油及水的计量。速度式流量计一般只适合轻质油品的计量。质量流量计也主要用于轻质油品的计量。

3.2.3 小结

在测量方法的选取方面分析，混合式计量方法虽然具备质量计量精确的特点，但从炼油厂实际应用的角度出发，该方法选用的仪表数量较多，对安装、使用、维护的要求和成本过高，一般不被采用。在静压计量法中，如果选用智能压力变送器，测量精度也

可达到 0.03%~0.01%的水平,误差主要由于油罐中储液密度分层现象将导致液位参数不准确和大风引起的气压变化对 HTG 的测量精度的影响。液位测量法对质量的计量主要来自温度和密度测量值。液位测量法和静压测量法的选取主要是依据从被测介质、经济实用性及测量习惯等方面考虑,液位测量法较为适合长庆石化公司罐区储量测量选用。

在仪表的选取方面,力平衡式浮标液位计可靠性较差,罐内安装,难度较大,维护困难,磁致伸缩式液位计对介质要求较高,所以不考虑使用;雷达液位计和伺服液位计精度和可靠性高,又具备良好的通讯能力,通过变送器或其它通讯单元可以把多点或平均温度计的数据采集到上位机,通过上位的计算得到储量计量所需的各种数据,包括液位、温度、密度、体积、质量等,所以雷达液位计和伺服液位计是炼油厂罐区管理理想的选择对象。

由于质量流量计近年来的技术日趋成熟,且可就地直接显示产品的质量,精度较高,特别适合应用在公司对外贸易的交接中,也越来越广泛的被油品买卖的双方所认可,所很多石化企业轻质油对外贸易出口选取用质量流量计。本论文中仪表选型计量方法选择油罐计量法,所以不考虑流量计的选型。

3.3 长庆石化罐区情况

3.3.1 罐区工艺流程简介

a. 原料油部分

(1) 原油系统:长庆石化公司的原油走两条管线进入原油罐区,一是经过靖咸末站原油罐输送至我公司原油罐区,二是直接通过火车卸油至公司原油罐区。

(2) 渣油系统:①热渣部分主要为装置直接热进料。常减压装置热渣油部分直接输送至 140 万吨重油催化裂化装置热进料。②冷渣油部分全部改进新渣油蜡油罐区或旧渣油罐区。

(3) 柴油系统:催化装置重柴油直接输送至罐区 601#~603#柴油罐储存,通过供料线输送至加氢精制装置提供原料。催化装置柴油也可直接通过装置附线直接进入成品 4 字头油罐储存。

(4) 汽油系统:常减压装置初顶、常顶汽油在装置出口合进后直接输送至罐区 501#~503#汽油罐储存,通过供料线输送至重整装置原料。常减压装置初顶、常顶汽油也可直接改进 208#石脑油罐。

(5) 油浆系统:自重油催化裂化装置通过油浆常甩线、油浆急甩线进入油浆罐。

b. 成品部分

(1)石脑油:经 501#、502#、503#、208#罐石脑油外输,直接输送至火车栈桥;

(2)油浆:由油浆 802#罐经油浆泵,通过渣油进罐线窜至油浆罐转油线转至 701#、

702#油浆外发罐储存,经油浆发车泵送至油浆栈桥装汽车出厂。

3.3.2 罐区情况简介

长庆石化公司罐区整体上分为两大部分:原料油罐区和成品油罐区。

a. 成品油罐区情况

表 3-3 成品油罐区情况表

编号	容量 (m ³)	数量 (具)	介质	类型	用途
205—208	10000	4	汽油	内浮顶	负责汽油的接收和发放。
201—204	5000	4			
401—406	10000	6	柴油	拱顶	负责柴油的接收和发放。
301—306	2000	6	航空煤油	拱顶	负责航空煤油的接收和发放。
合计		20			

b. 原料油罐区情况

表 3-4 原料油罐区情况表

编号	容量(m ³)	数量(具)	介质	类型	用途
101—108	10000	8	原油	外浮顶	常压装置原料
801—804	3000	4	渣油	拱顶	催化装置原料
903—908	1000	6	燃料油	拱顶	接收次品、中间过程产品供装置回炼。
901—902	1000	2		内浮顶	
701-704、 909-912	200	8		拱顶	
501—503	3000	3	石脑油	内浮顶	负责重整加氢联合装置原料的接收和供应
601	3000	1	重柴油	拱顶	
602—603	1000	2		内浮顶	
504—505	1000	2	精制石脑油	拱顶	负责催化和加氢裂化装置原料供应
805-808	10000	4	蜡油尾油	拱顶	
合计		40			

3.4 罐区仪表选型设计方案

根据 3.1 节所述的罐区仪表选型原则和液位计量法采用的仪表对罐区储量仪表进行设计。由于长庆石化公司油罐数量较多,这里只选取典型罐进行仪表设计的分析,以 101-108 号原油罐为例。

3.4.1 101-108 号油罐油品计量方法的选择和液位仪表选型设计

首先,从计量性质分析,101-108号原油罐用于原油入厂交接,属于贸易罐,应选取计量精度0.2级以上的高性能仪表。

其次,根据3.1节罐区管理对仪表设计的要求和3.2.3小结和可知,101-108号罐可选取的液位仪表有雷达液位计和伺服液位计。由于原油特性较为粘稠,伺服液位计属于接触型仪表,从现场使用经验来看,这种液位计维护量较大,且可靠性和稳定性较雷达液位计差。而且,原油罐属于贸易罐,需要高精度测量数据,以得到准确的贸易数额,所以在原油罐101-108号罐选取雷达液位计。

国内炼油厂罐区使用较为普遍的雷达液位计主要有萨博(SAAB)、E+H、西门子等主要品牌,其中只有罗斯蒙特公司的SAAB雷达液位计中REX系列的RTG3900系列雷达液位计能达到计量级测量标准,它采用FMCW法(频率调制连续波),利用反射波频率与发射波频率的不同,其差异与罐的“空高”(自罐顶计量参照点到液面的距离)成正比,由此可精确的计算出液面高度,是专门为炼油厂和仓储公司设计的储罐库存管理和计量用的仪表,符合长庆石化原油罐区计量的要求。另外,101-108号罐内介质为原油,介电常数较低,需要使用导波管,导波管尺寸依据油罐设计的导波管尺寸选取,在此选取15毫米导波管。

SAAB REX系列中RTG3900系列雷达液位计的特性如下:

- (1) 计量精度: $\pm 0.5\text{mm}$;
- (2) 标准通信,如Field Bus, Profibus, Foundation等;
- (3) 数字HART (Highway Addressable Remote Transducer, 可寻址远程传感器高速通道的开放通信协议)输入;
- (4) 温度传感器可直接接入雷达头;
- (5) 雷达头内配置强功能处理器可实现混合式计算功能,使雷达头本身能够计算体积、质量等数据;
- (6) 数字化的基准和恒温控制,确保没有温度的漂移。

技术参数及特点见表3-5、3-6。

表3-5 RTG3900系列技术参数表

型号	天线类型	仪表精度	测量范围	工作压力	环境温度
RTG3920	喇叭形	$\pm 0.5\text{mm}$	0.3m~30m	0.2bar~2.0bar	-40℃~70℃
RTG3930	抛物面	$\pm 0.5\text{mm}$	0.85m~40m	0.2bar~2.0bar	-40℃~70℃
RTG3940	导波管	$\pm 0.5\text{mm}$	0m~40m	-0.5bar~2.0bar 或 -0.5bar~10bar	-40℃~70℃
RTG3950	导波管	$\pm 0.5\text{mm}$	0.8m~40m	0.2bar~2.0bar	-40℃~120℃
RTG3960	导波管	$\pm 0.5\text{mm}$	0.5m~60m	0bar~20bar	-55℃~90℃

表 3-6 RTG3900 系列特点及适用范围

型号	适用介质	特点
RTG3920	所有液体介质	适用大测量范围的应用场合, 固定顶储罐
RTG3930	各种介质, 特别适用与沥青、重油等易污染产品	适合拱顶罐
RTG3940	除液化石油气和液化天然气外的产品	通常适用于各种有导波管的内、外浮顶罐
RTG3950	各种介质	通常适用于各种有导波管的内、外浮顶罐或不带浮顶的罐
RTG3960	液化石油气或液化天然气	适用于液化石油气和液化天然气罐

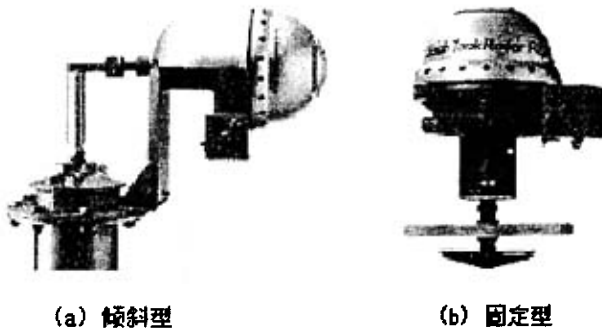


图 3-5 Saab RTG3950 雷达液位计

根据 3900 系列雷达液位计技术参数和特点分析, 喇叭型天线液位计 RTG3920 和抛物面型天线液位计 RTG3930 不能用于浮顶罐液位测量, 不适合选用; (LPG/LNG) RTG3960 用于液化石油气和液化天然气储罐液位的测量, 不适选用; 导波管阵列天线液位计

RTG3950 各项技术参数均能满足 101-108 号储罐的要求, 因此选用 RTG3950 液位计。

RTG3950 液位计分为倾斜型和固定型两种, 如图 3-5。倾斜型配备铰接盖, 便于抽样和人工检尺的投放与测量, 因此选取 RTG3950 倾斜型液位计。液位计辐射率低, 对周围环境及人员没有危害, 具有防爆功能。

正确安装雷达液位计表头, 可以减少安装方式对雷达液位计计量精度的影响。雷达液位计安装方式可选择螺纹或法兰直接安装在罐顶部, 也可安装在导波管或旁通管顶部^[25]。同时, 要考虑到浮顶罐计量表中存在一段计量避免使用区域, 即浮顶底接触液面处到浮顶起浮液面处。长庆石化公司 101-108 与罐液位计用法兰直接安装在罐顶部。

3.4.2 101-108 号油罐温度测量仪表选型设计

油品温度的测量分三种场合, 即输油管道(或流量计前后管理段)、储油计量容器(油罐、油轮舱、油罐车等)以及化验室。本论文中仅讨论油罐中的温度测量。测量标准符合 GB8927-88《石油及液体石油新产品温度测量法》。

油品温度测量中温度计选择的主要原则有:

- (1) 按照油品计量的性质选择温度计

油品计量分为企业内部计量和商品贸易计量两种。对于企业内部计量，可酌情选择精度等级低、价格便宜的温度计；贸易计量中所使用的温度计必须符合油品交接计量规程规定，精度等级要高于企业内部计量用的温度计。

(2) 符合油品测量精度的要求

在石油计量过程中，可使用精度较高（0.2℃）的温度计，但对于用于检定工作计量器具（如油罐、流量计）的标准计量装置（如体积管、标准金属罐），在检定过程中使用标准温度计。

(3) 温度计的测量范围应符合被测量油品温度变化范围

在石油计量中，在各个测温场合温度变化较大。如烘箱，其测温范围为 0℃~150℃，而对原油罐、原油管道，其油温变化相对较小，一般在 30℃~50℃（大庆原油），温度计范围在 20℃~70℃即可满足需要。

(4) 温度计的长度适合使用的场合

由于使用温度计的场合复杂，所以选择温度计必须与之相适应。如用于烘箱内测温的温度计，必须有一定长度，而且测量范围很宽。用于管道内油品温度测量，由于管径差异很大，在同样的精度条件下，相似的油品温度变化范围下，选择合适长度的温度计是至关重要的。例如较小管径的管线，长度太长的温度计很难做到全浸，而且露出部分过长容易损坏^[3]。

对任何一种液位的测量结果而言，液位是相对于一定温度下的液位。在大型储罐中，油品具有较大的纵向温差，液体的温度通常随液位高度而变化，尤其是安装了加热器而无搅拌设施的原油储罐，靠近加热器处的油品温度最高，而远离加热器的油品温度则较低。原油罐单点插入式温度计的测温点在加热器附近，由它确定的平均温度显然偏高。不论油罐大小，1℃温差将会使测量的净容积产生 0.07% 的误差^[30]，国内经验数据为 0.06%~0.18%^[30]。一般来说，原油罐纵向温差高达 3℃是正常的，由此导致的计量误差达到 0.21%。由于油罐自动温度计不能提供较精确的平均温度，因此，应采用自动油罐平均温度测量系统取代单点温度计，或使用多点式温度计，可以有效减少温度分层对平均温度测量结果的影响。所以，在选定液位测量仪表的前提下，同时考虑上述原则，选择与 SAAB 3950 雷达液位计配套使用的多点温度计（MST）可满足要求。其优点在于：

(1) 采用铂热电阻温度元件 Pt100，具有输出信号大，测量准确的特点，适用于测量 -200℃~500℃ 范围内液体、气体、蒸汽及固体表面的温度^[26]。

(2) 采用公用回线直接接入 RTG 3950 雷达液位计表头对应端子，每个表头最多可接入 6 台温度元件，通过数据采集单元可连接 14 台温度元件。

油罐及管道内油品温度测量位置中规定，立式金属罐测温位置有如下要求：

(1) 油高 3 米以下，在油品高中部测一点；油高 3 米~5 米，上液面下 1 米处，下液面上 1 米处，取二点平均值；

(2) 油高 5 米以上，上液面下 1 米处，
下液面上 1 米处及中部处取三点平均值。

美国石油学会(API)建议油品密闭输送过程中，根据油罐高度每 10 英尺设置一台温度测量元件。

长庆石化公司 101-108 号罐罐高 17.5 米~17.7 米，综合以上要求，选取 SAAB SMT (5 台 Pt100 温度元件) 测量油罐 101-108 罐温。雷达液位计、多点温度计安装如图 3-6。

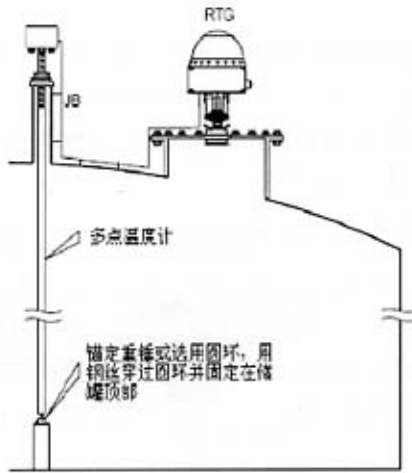


图 3-6 SAAB 雷达液位计、温度计安装示意图

3.4.3 测量结果样例

表 3-7 为 2006 年 7 月 10 日 9: 45 分 101-108 号罐的测量数据在 SAAB 上位机 TankMaster 监控系统 (论文 5.3.1 介绍) 中数值显示。图 3-7 为 102 号罐液位和温度值显示图。

表 3-7 101-108 号罐液位温度测量值表

	Level	Level Rate	Avg Temp
G-0	2.485 m CFail	3.28 m/h CFail ↑	27.4 °C CFail
G-101	2.970 m CFail	0.00 m/h CFail	9.6 °C CFail
G-102	13.951 m CFail	0.00 m/h CFail	42.8 °C CFail
G-103	7.230 m CFail	-0.31 m/h CFail ↓	35.9 °C CFail
G-104	3.356 m CFail	0.00 m/h CFail	39.9 °C CFail
G-105	9.890 m CFail	1.46 m/h CFail ↑	35.6 °C CFail
G-106	14.213 m CFail	0.00 m/h CFail	41.3 °C CFail
G-107	14.107 m CFail	0.00 m/h CFail	42.2 °C CFail
G-108	6.842 m CFail	-0.30 m/h CFail ↓	6.8 °C CFail

注: Level 为液位测量值; Level Rate 为液体进罐流速; Avg Temp 为多点液位计测量的平均温度值。

CFail 是指该通道的通讯曾经发生过故障, 打开与通讯总线画面可查看故障时间, 按 F9 确认后不显示。

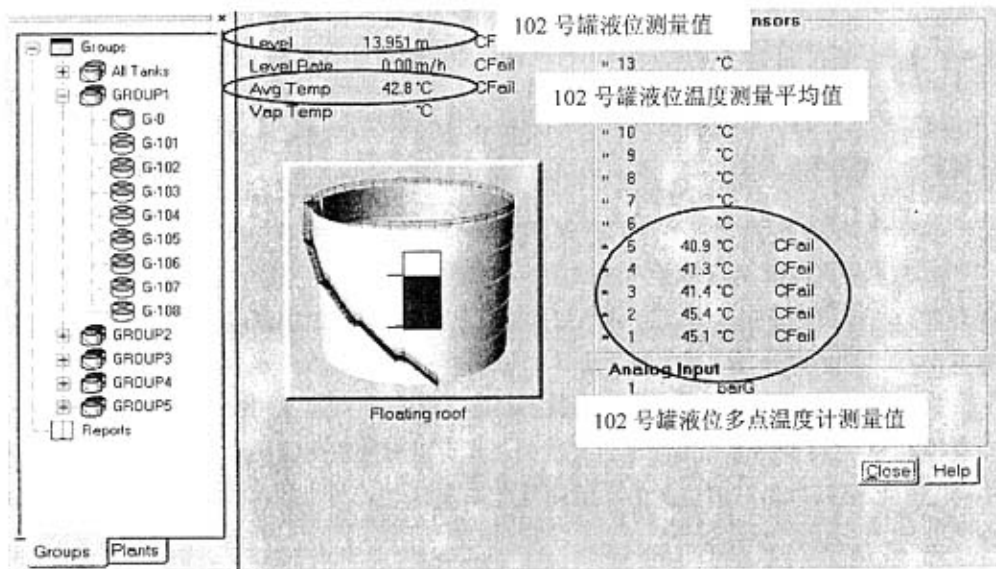


图 3-7 102 号罐液位和温度值

表 3-7 为 2006 年 7 月 10 日 9:45 分 102 号罐的测量数据在 SAAB 上位机 TankMaster 监控系统中数值显示。

表 3-8 为 2006 年 7 月 10 日 9:45 分 101-108 号罐的人工检尺测量值。

表 3-8 人工检尺与测量仪表测量值对比表

罐号	仪表显示 (m)	人工检尺 (m)	误差 (mm)
101	2.976	2.980	-4
102	13.951	13.957	+4
103	7.230	7.233	+3
104	3.356	3.361	+5
105	9.890	9.895	+5
106	14.213	14.216	+3
107	14.107	14.111	+4
108	6.842	6.845	-3

待雷达液位计安装调试完成后，由仪表人员与油品车间工艺人员经过为期 30 天，60 次人工检尺和仪表测量对比得出，SAAB RTG3950 雷达液位计最大误差 5mm，最小误差 3mm。油罐液位变化时，仪表反应速度快，灵敏度高。SAAB RTG3950 雷达液位计在储罐测量中完全能满足现场要求。

3.5 误差分析

3.5.1 雷达液位计的系统误差

雷达液位计自身的精确度可能很高,但是受其测量方法、安装校正过程及储罐自身特性的影响,系统误差是不可避免的。

a. 校正的过程传递了人工检尺的系统误差

根据 GB/T13894-92《石油和液体石油产品液位测量法(手工法)》规定,人工检尺的系统误差包括油尺测量的基本误差、估读误差、重复性误差和油尺温度在 $20^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 间未修正误差等。

采用雷达液位计,必须采用人工测量的参照高度。尽管雷达液位计本身测得的空高的精度很高,人工测量的参照高度通过几次修正后可以有效避免随机误差,但人工检尺过程中存在的系统误差仍对液位计的系统误差产生影响,使计算出的液位高度与实际精确度产生偏差。

b. 参照高度随机变化引起液位误差

温度的改变会引起参照高度的随机变化,导致无法预料的液位测量误差,这种误差是测空法所特有的,也是人工检尺和基于测空法原理的雷达液位计所无法克服的。

(1)液体静压力作用引起参照高度的变化。受液体静压力作用,当罐体径向向外膨胀时,罐壁会产生垂直方向的收缩。尽管在计量中考虑了静压力修正值,但没有修正由静压力导致的罐壁纵向位移使参照高度发生改变的量。由静压力引起罐体高度发生变化,或因稳定管(拱顶罐的雷达液位计必须安装在稳定管上)安装不当导致雷达液位计参照高度发生位移时,会引起通过测空法计算出的储罐液位产生 $\pm 0.2\%$ 的误差^[30]。

(2)温度引起油罐参照高度的变化。钢板具有热胀冷缩的特性,用钢板包围的油罐及稳定管也具有同样的特性,其径向和纵向量度因气温或油温的变化而发生改变。尽管在计量中考虑了钢板热膨胀系数,但并没有修正因热膨胀引起的油罐罐壁及浮顶罐稳定管在垂直方向的变化,即参照高度的变化。油罐罐壁及浮顶罐稳定管因热膨胀导致的计量误差为 $\pm 0.030\% \sim \pm 0.130\%$ ^[3],这种变化对计量结果的影响随罐高及油罐直径的增大而增大。

(3)罐底板升降引起罐底计量零点的位移。新建罐在试水期要求油罐整体下沉趋于均匀,但并不表示油罐各处底板在充液后对软基础产生的压力下陷是均匀的。受液体静压力的作用和底板变形的影响,油罐在试水期和投用后,原来具有一定锥度的规则状底板变成不规则的凹凸状表面。空罐状态下,底板和基础间会出现分布不均、高度不等的空隙,当罐内充液后,这些空隙不断发生变化,在不同液位,罐底板有不同的稳定状态。罐底板的这种随机变化显然会使下部计量零点产生位移,所引起的参照高度的变化约为 $\pm 0.1\%$ ^[30],同时还会引起罐容积的变化。

c. 浮顶静摩擦力造成计量管内液位虚差

雷达液位计或手工法对浮顶罐液位的检测是利用稳定管或计量管进行的。在计量过程中,认为液位高度反映的是实际液位与浮顶重量的当量液位,而实际上,当浮盘上升或下降时,罐壁作用于橡胶密封圈上一个摩擦力,其作用表现在浮盘浸没深度在收油或付油过程中是不相同的,在计算油品质量时则不考虑浮盘所受摩擦力对稳定管(计量管)内液位的影响,只是对浮顶的质量取一定值。在浮顶油罐检定中,如果浮盘质量是按容量比较法得到的,那么计量结果必然包括了罐壁对浮盘的单向摩擦力,对于浮盘向相反方向运动的油品作业,其计量结果受摩擦力的影响将是加倍的。即便是通过一定静置时间,消除了本次收付作业中罐壁摩擦力对液位测量的影响,但该摩擦力在油罐检定中已经对浮盘质量产生了影响。对浮顶罐而言,这项误差并不会因为液位测量方法或测量手段的改进而改善^[30]。

3.5.2 其它误差

除了测量仪表本身的测量误差以外,还有以下几种难以定量的误差,分析如下:

(1) 油罐储油后液面高度的变化对液位测量高度的影响

油罐储油后,随着所储油品液位的升高,产生的液体静压力也不断增大,在金属罐壁内产生环向应力,使罐水平直径增大,造成油罐总高度缩小,液位测量值下降。

(2) 原油罐内壁结蜡

原油罐通常会存在罐内壁结蜡的现象。由于原油大都属于高凝点、高含蜡,因此在储存过程中,必须予以加热。由于加热盘管安装在底部,使罐底部温度较高,随液面增加而渐低。一般原油罐加热温度在 $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$,为防止轻质油挥发损耗,很少超过 60°C 。而 40°C 左右正是析蜡高峰期,使蜡在罐壁上形成厚度不一的蜡层,导致罐直径缩小,相应的有效容积缩小,而罐容积表无法按照结蜡情况编制,所以造成计量误差。

(3) 罐底变形造成的影响

油罐罐底设计有一个斜度,约 0.15% ^[3],由于工程施工质量、土质等原因,罐的基础存在差异。油罐竣工装油后,罐底发生不同程度的变形。施工质量、地质条件好的油罐底板变形后,可以恢复的好一些,而施工质量差、地质条件又不理想的罐基础,装油后罐底产生永久变形(一般是凹陷),在两个检定周期内,对计量准确性有一定的影响。

第四章 罐区储量自动核算方案

罐区储量管理的实质是对储量计量的管理，计量值是计算的依据。由于炼油厂油罐的储量随时间变化，因此，油罐储量的计量被称为动态计量，储量管理也称为储量动态管理或动态储量管理。根据炼油厂的实际工作需要，罐区的库存管理的重点和难点是对单个油罐油品储量的动态计算和不同种类油品储量的计算两部分，其它计算值如全厂产量、班组产量、单套装置产量、能耗等都可以能过单个油罐的油品储量来计算。本章重点介绍单个油罐油品动态储量、不同油品储量和历史储量的自动计算方案。

4.1 单个油罐油品动态储量自动计算方案

4.1.1 问题描述

要实现单个油罐储量的动态管理，系统需要得到的参数有：油罐的液位、温度、罐内油品化验密度（即视密度）、含水、含杂；系统所需的初始值包括油罐液位、收付状态、温度、视密度。储量（油品质量，简称油量）的计算还需要油罐视密度和标准密度换算关系表、油品在油罐中液位对应的体积表（简称罐表）和体积修正值表，体积修正系数表，以上所有数据和数据表可以通过数据采集和人工输入的方式采集。

4.1.2 实现思路

根据国家标准局 1980 年颁布 GB1884-80《石油和液体石油产品密度测定法》（密度计法）和 GB1885-80《石油密度计量换算表》规定的油量（油品在空气中的重量）计算公式，可计算油品重量。

a. 系统进行初始化工作

(1) 根据 GB/T1885-1998“石油计量表”中的标准密度表（即表 59A---原油标准密度表、表 59B---产品标准密度表），配置油罐视密度和标准密度换算关系表，见表 4-1。

表 4-1 油品标准密度视密度对应表

序号	名称	标识	类型	备注
1	油品编号	ypbh	Varchar(50)	不同油品进行编号，每种油品对应唯一标识
2	油品名称	yPMC	Varchar(50)	油品名称及标号(如 90#汽油)
3	视密度上限	smd	Float	石油计量表中视密度所在区间的上限
4	视密度下限	nsmd	Float	石油计量表中视密度所在区间的下限
5	标准密度上限	bzmd	Float	石油计量表中标准密度所在区间的上限
6	标准密度下限	nbzmd	Float	石油计量表中标准密度所在区间的下限
7	温度	wd	Float	实验室化验时温度值

注:数据存储时按油品编号分组，同一分组数据按照视密度值升序进行排序。

(2) 根据有关计量检验部门检测后给定的每具罐的罐表配置相应的罐表和体积修正值表, 见表 4-2、4-3。

(3) 根据 GB/T1885-1998“石油计量表”中的体积修正系数表(即 60A—原油体积修正系数表、60B—产品体积修正系数表), 见表 4-4。

表 4-2 油罐液位与体积对应关系表

序号	名称	标识	类型	备注
1	罐号	gh	Varchar(20)	对全厂油罐进行编号,作为唯一标识
2	液位	ypyw	Float	整数后保留两位小数.按从小到大排序
3	油罐温度	ygwd	Float	油罐平均温度值
4	体积	ygri	Float	存储液位对应的油品体积

注: 按照罐号分组, 同一分组按照液位升序排列

表 4-3 体积修正值表

序号	名称	标识	类型	备注
1	罐号	gh	Varchar(20)	对油罐进行编号,作为唯一标识
2	液位上限	qsc	Float	罐表中液位所在区间的上限, 整数后保留两位小数
3	液位下限	zzcc	Float	罐表中液位所在区间的下限, 整数后保留两位小数
4	液位值第三位小数 (毫米数)	mgd	Int	整数,且 $mgd \geq 1$ and $mgd \leq 9$
5	修正值	value	Float	

注: 按照罐号,罐高,下限,上限进行分组,同一分组按照毫米数升序进行排序。

表 4-4 体积修正系数表

序号	名称	标识	类型	备注
1	油品编号	ypbh	Varchar(20)	不同油品进行编号存储
2	油品名称	ypmc	Varchar(30)	油品名称及标号(如 90#汽油)
3	油罐温度	ygwd	Float	油罐平均温度值
4	修正系数上限	xzz	Float	修正系数表中修正系数所在区间的上限
5	修正系数下限	nxzxs	Float	修正系数表中修正系数所在区间的下限
6	标准密度上限	bzmd	Float	修正系数表中标准密度所在区间的上限
7	标准密度下限	nbzmd	Float	修正系数表中标准密度所在区间的下限

注: 数据存储时按油品分组, 同一分组数据按照视密度进行排序。

(4) 配置油罐数据表, 包括罐号、油品名称、油品标号、液位、收付状态、油罐类型, 见表 4-5。

表 4-5 油品与油罐的对应关系表

序号	名称	标识	类型	备注
1	油罐号	gh	Varchar(10)	设计时的油罐编号, 每罐对应唯一标识 (如 101)
2	油罐名称	ygmC	Varchar(50)	与油罐号一一对应的系统显示名称, 一般由油品名称和标号组成(如 90#汽油罐 1)
3	油罐类型	yglx	Varchar(20)	油罐的扩展信息 (如外浮顶罐)
4	油品编号	ypbh	Varchar(20)	不同种类油品唯一标识 (如 qy01)
5	油品名称	ypmc	Varchar(50)	与油品编号一一对应 (如 93#)
6	最高尺寸	zgcc	Float	记录油罐安全液位上限
7	最小尺寸	zxcc	Float	记录油罐安全液位下限

(5)初始化油罐状态及计量信息表, 包括液位、进出油状态、密度、含水、含杂, 见表 4-6。

表 4-6 油品计量信息表

序号	名称	标识	类型	备注
1	ID 标识	jl_ID	varchar (10)	油品计量信息表的唯一标识, 由油品罐号和计量日期和时间组合而成
2	计量日期和时间	jlrq	Datetime	记录计量数据的日期和时间。(24 小时制)
3	油罐编号	gh	Varchar(20)	不同油罐的标识
4	油品编号	ypbh	Varchar(20)	油品唯一标识
5	尺寸	ypmc	Float	与计量日期和时间对应的油罐液位
6	盘库温度	pkwd	Float	与计量日期和时间对应的油罐温度
7	历史视密度	hysm	Float	记录计量日期和时间对应的视密度
8	实际比重	sjbz	Float	油罐盘库的标准密度
9	体积	tjs	Float	油罐对应计量日期和时间的体积数
10	含水	lshs	Float	油罐在计量日期和时间处的含水量
11	含杂	lshz	Float	油罐在计量日期和时间处的含杂量
12	库存量	kcl	Float	油罐在计量日期和时间处的库存量

(6)配置油品信息表, 包括油品编号、油品名称、油品别名、油品标号、油品类型, 见表 4-7。

表 4-7 油品信息表

序号	名称	标识	类型	备注
1	油品编号	ypbh	Varchar(20)	油品标识唯一
2	油品名称	ypmc	Varchar(20)	
3	油品类型	yplx	Varchar(20)	如汽油
4	油品标号	bh	Varchar(20)	如 93#汽油

(7) 初始化初期库存数值，包括油品的编号、油品名称、日期时间、库存量。

各种参数列表存储至关系型数据库 SQLServer。通过的初始化操作，系统记录了当前企业实际的生产情况。在此基础上，系统通过实时数据自动采集和手工填报的方式模拟生产运行和罐区储量动态变化，通过跟踪油罐参数变化所触发的事件，实时计算动态罐（罐的液位随时间变化）的油品储量。当油罐状态转变为静态罐（罐的液位不随时间变化）时，系统存储油罐的储量数值，停止对油罐液位数据的实时采集和储量计算，以提高系统运行效率。

b. 油罐储量算法规则

为了方便油罐储量算法的描述，确定一些基本规则：

(1) 描述对象是企业所有油罐。

(2) 油罐状态包括：静态、进油、出油、边进边出，每种状态可以用标识符代表。

例如静态标识符为 0，进油标识符为 1，出油标识符为 2，边进边出标识符为 3。

(3) 油罐计量数据的采集采用自动采集和手工录入两种方式，两种方式也可以标识符代表。例如自动采集标识符为 0，人工录入标识符为 1。

(4) 调和事件改变石油产品的种类，例如半成品汽油调和为 93#汽油。

(5) 油品计量数据包括：油罐液位、油罐温度、化验密度、含水、含杂、油罐状态。其中油品视密度、含水和含杂数据均由化验室人员按照规定时间采样化验后，填报到系统中，未填报新数据时，系统默认使用前次填报数据，到达规定的新采样时刻时，化验室人员采样，化验后将数据再次填报到系统中，系统自动对化验采样时间到当前化验数据录入时刻的计量数据中的化验数据进行更新，直至新的采样的时刻。例如：系统中初始化验密度为 ρ_0 ，取样时间为上午 8:00，得到化验密度 ρ_1 ，并于上午 10:00 填报到系统中，此时系统将 8:00 到 10:00 的计量数据中的化验密度由 ρ_0 更新为 ρ_1 ，直至下次化验取样时刻再重新更新系统中化验密度。

c. 数据来源

表 4-8 油品计量数据来源表

系统所需数据及参数	来源	方式
油罐液位	从现场仪表中读取	自动
油罐温度	从现场仪表中读取	自动
化验密度	录入	人工
化验温度	录入	人工
含水	录入	人工
含杂	录入	人工
油罐状态	手动选择	人工

d. 单个油罐内油品储量计算方法

(1) 油罐储量（油品重量， M ）的计算方法

根据国标 GB1885-83“石油计量表”，油品油量计算公式：

$$M = V_{20} \times (\rho_{20}) \times F \quad (4-1)$$

M --- 油品在空气中的重量 (kg)

V_{20} --- 油品的标准体积 (m^3)

ρ_{20} --- 油品标准密度 (kg/m^3)

F --- 空气浮力的修正系数

根据油量计算公式可知，油品在空气中的重量 M 可通过求解油品标准密和标准体积得知。

其中空气浮力的修正系数 F ，也称为真空中质量换算到空气中重量换算系数。若以不同的 ρ_{20} 值代入 F 值计算公式，即可得到一系列的 F 值。 F 在 $20^\circ C$ 时的密度 ρ_{20} 从 $0.5000 \sim 1.1000 g/cm^3$ 变化时， F 的值在 $0.99770 \sim 0.99900$ 范围内变化。由于 F 值接近 1，所以往往忽略，只有对外贸易交接双方有要求时才参与计算。在实际应用中，油品的重量还应减掉油罐中含水含杂量得到油品净储量。计算公式为：

$$M = V_{20} \times (\rho_{20}) - M_{\text{含水含杂}} \quad (4-2)$$

(2) 系统实现算法如下

① 标准密度的计算

化验人员从容器内取得油品代表性试样后，在实验室内按国标 GB/T1884-2000《石油和液体石油密度测定法（密度计法）》或 GB2540-88《石油产品密度测定法（比重瓶法）》进行的密度测定得到油品视密度 ρ' ，查 GB/T1885-1998“石油计量表”中的标准密度表（即表 59A---原油标准密度表、表 59B---产品标准密度表），换算成该油品的标准密度。计算步骤如下，计算流程图如 4-1 所示。

第一步，化验人员录入 ρ' 数值、油品种类、系统自动采集该油品所在油罐液位。

第二步，系统根据油品种类、试验温度（即化验温度）、视密度，查表 4-2，视密度值与试验温度值的交叉数即为油品的标准密度。如果视密度值介于两个相邻的密度值之间，则可以采用内插法确定标准密度，温度值不内插，用较接近的温度值查表。由此，系统得到视密度上限 (smd)、视密度下限 (nsmd)、标准密度上限 (bzmd)、标准密度下限 (nbzmd)。

第三步，通过如下内插值法来计算标准密度

$$\rho_{20} = bzmd + \frac{(\rho' - smd) \times (nbzmd - bzmd)}{nsmd - smd} \quad (4-3)$$

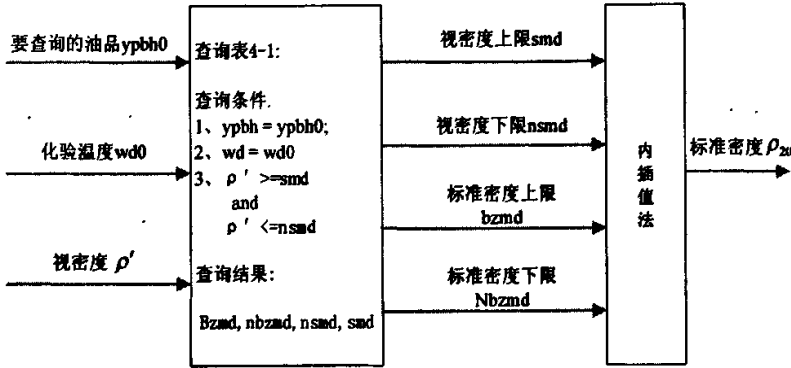


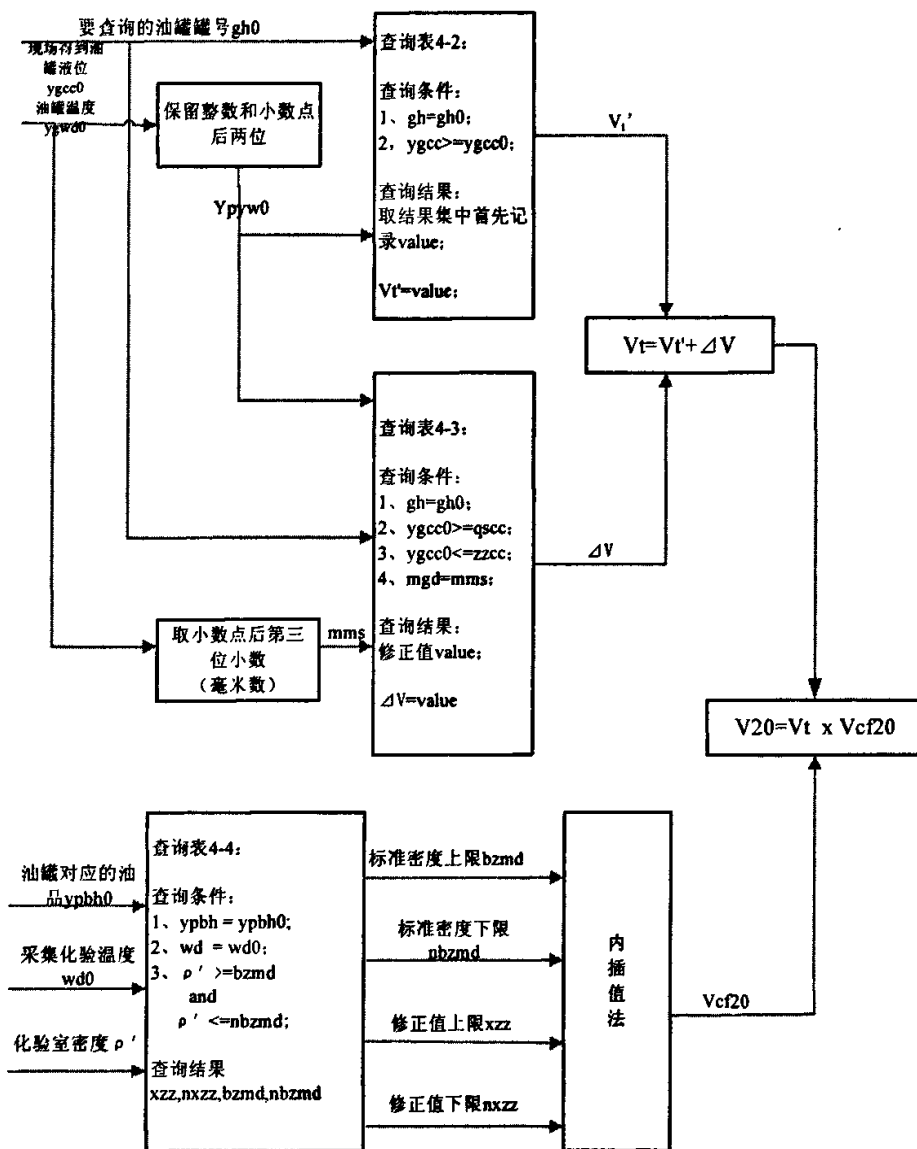
图 4-1 计算标准密度 ρ_{20} 的流程图

② 标准体积的计算

计算石油及液体石油产品的重量时，必须将油品在计量温度（油罐温度）下的体积换算成标准体积 V_{20} 。油品的标准体积用计量温度下的体积（ V_t' ）加液位值的第三位小数即毫米数（mgd）的修正值（ ΔV ），再乘以计量温度下的体积修正系数（ V_{cf20} ）：标准体积 V_{20} 的计算流程见图 4-2, 计算公式如下：

$$V_{20} = V_t' \times V_{cf20} \quad (4-4)$$

$$V_t' = V_t + \Delta V \quad (4-5)$$

图 4-2 标准体积 V_{20} 的计算流程图

第一步，根据油罐号(gh)和系统自动从现场仪表中采集的油罐液位(ypyw)和油罐温度(ygw0)，查询表 4-2，得到对应的体积数 V_t' 。

第二步，根据油罐号(gh)和油罐液位的毫米数(mgd),查询表 4-3,得到修正值 ΔV 。

第三步，根据式 (4-5) 计算油品体积 V_t 。

第四步，系统根据油品种类(ypbh)、油罐温度(ygw0)、标准密度，查表 4-4，标准

密度值与油罐温度值的交叉数即为油品的体积修正系数。如果标准密度值介于两个相邻的密度值之间，则可以采用内插法确定修正系数，温度值不内插，用较接近的温度值查表。系统得到修正系数上限(xzz)、修正系数下限(nxzz)、标准密度上限(bzmd)、标准密度下限(nbzmd)。

第五步，系统根据标准密度、温度，通过内插值法来计算体积修正系数。

$$V_{\rho 20} = xzz + \frac{(\rho' - bzmd) \times (nxzz - xzz)}{nbzmd - bzmd} \quad (4-6)$$

第六步，计算标准体积

$$V_{20} = V_1 \times V_{\rho 20} \quad (4-7)$$

③ 油品储量的计算

由化验人员录入 $M_{\text{含水含杂}}$ 后，根据公式 (4-2) 可计算出油罐内的油品储量。

4.1.3 单个油罐储量计算过程实例

以原油罐 t324-01(gh51)在 2006 年 05 月 27 日 14:30 时刻油量的计算方法过程为例说明上述算法：

(1) 标准密度(ρ_{20})的计算

第一步，系统查表 4-7 得到‘gh51’对应的油品编号 ypbh=005。

第二步，系统得到手工录入的 gh51 在 2005 年 05 月 27 日 14:30 的在 40.00℃ 化验温度下，即 wd=40.00℃，用玻璃石油密度计测得的视密度为 805.7kg/m³，查表 4-1，根据温度查询表 4-1，得到 smd=804.0，nsmd=806.0，bzmd=818.7，nbzmd=820.6。

第三步，计算

$$\begin{aligned} \rho_{20} &= bzmd + \frac{(\rho' - smd) \times (nbzmd - bzmd)}{nsmd - smd} \\ &= 818.7 + \frac{(805.7 - 804.0) \times (820.6 - 818.7)}{806.0 - 804.0} \\ &= 820.3(\text{kg/m}^3) \end{aligned}$$

(2) 标准体积的计算

第一步，要查询的油罐罐号 gh，罐号为 gh51；读取 gh51 油罐液位 4.429，单位 m，液位 ypyw=4.429(m)，油罐温度 38.00，单位℃，ygdw=38.00；

第二步，分解液位为

$$L1 = \frac{((INT)(4.429 \times 100))}{100.0} = 4.42 \text{ (m)}$$

$$L2 = ((INT)(4.429 \times 1000)) \text{MOD} 10 = 9 \text{ (m)}$$

第三步，查表 4-2，

$$y_{pyw} \geq 4.42 \text{ 且 } y_{pyw} \leq \{U(y_{pyw}), y_{pyw} > 4.42\},$$

$$\text{取对应体积 } V_i' = 2741.558 \text{ (m}^3\text{)}$$

第四步, 查表 4-3,

$$4.42 \geq q_{sc} \text{ 且 } 4.42 \leq z_{sc}$$

$$9 \geq mgd[i] \text{ 且 } mgd[i] \leq \{U(mgd), mgd > 9\}$$

得到对应修正值 value=5.736, 即 $\Delta V = 5.736(\text{m}^3)$

第五步, 根据油品的标准密度值 820.3 和温度值 38.00, 查询表 4-4, 得到油罐体积修正系数: $V_{CF20} = 1$ 。

第六步, 计算油罐 gh51 内原油标准体积 V_{20} 。

$$V_{20} = (V_i' + \Delta V) \times V_{CF20} = 2741.558 + 5.736 = 2747.294(\text{m}^3).$$

(3) 油品质量的计算

第一步, 通过化验系统读取 gh51 在 2005 年 05 月 27 日 14:30 时刻含水为 2.5 吨, 含杂为 3.1 吨。

$$M_{\text{含水含杂}} = 3.1 + 2.5 = 5.6 \text{ (t)}。$$

第二步, 计算标准质量

$$M = V_{20} \times \rho_{20} = 2747.294 \times 0.8203 = 2253.605(\text{t})$$

第三步, 由标准质量减掉含水及含杂后和得到实际质量。

$$M_{\text{实际质量}} = M - M_{\text{含水含杂}} = 2253.605 - 5.6 = 2248.005(\text{t})$$

根据上述计算 2006 年 05 月 27 日 14:30 时原油罐 t324-01 的原油储量为 2248.005 吨。该算法通过系统自动采集的罐的液位值、手工录入的化验温度值、化验密度值自动计算出储量值, 经手工计算验证, 计算正确。

4.2 不同种类油品动态储量自动计算方案

4.2.1 问题描述

在生产过程中, 需要以不同种类的油品(如 93#汽油、90#汽油)为计算对象统计油品储量; 同时, 根据油品的不同类型(如汽油、柴油)为计算对象统计油品储量, 以便对油品储量进行动态的跟踪, 然后根据库存量和生产计划及时对加工过程进行调整和调度。

4.2.2 实现思路

在系统中创建油品与油罐信息表, 记录和存储每具油罐的油罐号、罐内油品的名称、

油品编号等信息, 由于每种油品数量较多, 分装在多个罐中, 所以油品与油罐是一对多的关系, 通过油品编号可以查询该油品所在油罐的集合; 创建油品信息表, 记录和存储每一种油品的名称、类型和标号等信息。

计算某种类型油品的库存量时, 首先根据类型查询油品与油罐信息表, 得到该油品所在的油罐集合, 然后遍历(读取集合中的每一个元素)油罐集合, 计算每个油罐实时动态储量并累加即可计算油品的储量。

计算某类油品的储量, 首先根据油品类型查询油品信息表, 得到此类油品的集合(如汽油由 97#汽油、93#汽油、90#汽油组成), 遍历油品集合中的每种类型的油品, 再查询油品与油罐信息表, 得到油品对应的油罐集合, 将每种油品对应的油罐集合合并, 遍历得到每个油罐的储量后进行累加, 即可计算出此类油品的动态储量。

a. 初始化

见 4.1.2 a 节。

b. 算法规则

为了方便油品储量算法的描述, 确定一些基本规则:

(1) 描述对象是炼油厂所有油罐及各类油品;

(2) 同一类油品的不同标号油品算作不同类型油品, 如汽油油品中的 90#汽油与 93#汽油是不同油品;

(3) 调和事件改变油品的类型, 例如半成品汽油调和为 93#汽油, 将会影响相应种类油品的储量;

(4) 油品的库存数据分为当前库存和历史库存。当前库存计算方法是计算历史库存的基础, 历史某一时刻的库存量(快照)需要根据油品信息和历史计量数据来计算。

c. 数值来源

表 4-9 数值来源表

系统所需数据及参数	来源	组成	备注
油品种类	数据库表	油品按种类分类(汽油、柴油等)	初始化时输入
油品信息	数据库表	油品编号、类型、名称、标号	初始化时输入
油罐信息	数据库表	罐号、名称、油品编号、状态	初始化时输入
计量数据	系统从现场仪表读取存入关系数据库	油罐温度、液位	
化验数据	手工录入后存于关系数据库中	视密度、含水、含杂	

d. 计算方法

A、油品库存储量的计算

油品库存量由油品对应的油罐的库存量累加得到。油品对应的油罐集合

$\{G_0, G_1, G_2, \dots, G_{\max}\}$

$$M_{\text{油品}} = \sum_{i=0}^{i=\max} M_{G_i} \quad (4-8)$$

其中： $M_{\text{油品}}$ 为某种油品的储量；变量 i 为此油品对应的油罐集合中的油罐元素从 0 到 \max ； M_{G_i} 表示油罐 G_i 的储量。

B、油罐集合列表的获得

(1) 数据存储

通过关系型数据库存储表 4-5、4-7。

(2) 算法

① 输入油品编号 $ypbh_0$ ，查询表 4-7，得到相应的油品编号。

② 查询表 4-7

查询条件： $ypbh = ypbh_0$ 。

③ 得到结果集列表。

④ 解析结果集，遍历列表封装生成油罐集合。

C、计算每个油罐对应的储量 M_{G_i}

具体计算方法见“4.1.2 d 库存储量计算方法”。

4.2.3 不同种类油品储量计算过程实例

下面以原油在 2006 年 05 月 27 日 14:30 时刻即时油品总量的计算方法为例进行举例说明：

(1) 根据油品的名称和标号得到油品的编号。

查询表 4-7，得到油品编号 $ypbh=005$ 。

(2) 查询表 4-5，得到油品编号 $ypbh=005$ 对应的油罐列表：

$\{t324-01(gh51)、t324-02(gh52)、t324-03(gh53)\}$ ，原油在 2005 年 05 月 27 日 14:30 时刻对应的油罐集合 $\{gh51, gh52, gh53\}$

(3) 得到 t324-01 罐的即时储量 $M_{gr324-01}$ ，油罐的即时储量计算方法见 4.1.2 d，

$$M_{gr324-01} = 2248.005 \text{ (t)} ;$$

(4) 得到 t324-02 罐的即时储量 $M_{gr324-02}$ ，油罐的即时储量计算方法见 4.1.2 d，

$$M_{\text{t324-02}} = 1102.668 \text{ (t)}$$

(5) 得到 t324-03 罐的即时储量 $M_{\text{t324-03}}$ ，油罐的即时储量计算方法见 4.1.2 d,

$$M_{\text{t324-03}} = 2627.103 \text{ (t)}$$

(6) 将 t324-01, t324-02, t324-03 的储量相加，即得到原油的即时油品总量。

$$M_{\text{液化气}} = M_{\text{t324-01}} + M_{\text{t324-02}} + M_{\text{t324-03}} = 2248.005 + 1102.668 + 2627.103 = 5977.776 \text{ (t)}$$

根据上述计算，2006 年 05 月 27 日 14:30 的原油总储量为 5977.776 吨，通过上述算法，实现了不同种类油品储量的自动计算，与手工计算值比较，计算正确。

4.3 历史储量自动计算方案

4.3.1 问题描述

在炼油企业生产排产过程中，需要以不同类型或不同类油品为计算对象，计算历史某一时刻该油品的储量。

4.3.2 实现思路

在系统中创建油品计量表来存储油罐液位、油罐温度（计量温度）等计量信息，对应的化验的密度、化验温度、含水、含杂数据以及油罐对应的油品编号，油品类型等历史信息。

查询某类型或某类油品的某一刻历史库存储量时，首先要查询油品计量表，得到油品对应的原始油罐的计量数据，然后计算得出单个油罐的历史储量，然后根据油品所在的油罐列表累加计算出该油品的历史的储量。

a. 初始化

见 4.1.2 a 节。

b. 算法规则

- (1) 描述对象是炼油厂所有油罐及各类油品；
- (2) 同一类油品的不同标号油品算作不同类型油品,如汽油油品中的 90#汽油与 93#汽油是不同油品；
- (3) 日期时间采用 24 小时制。

c. 数据来源

表 4-10 数据来源表

系统所需数据 及参数	来源	组成	备注
油品种类	数据库表	油品分类类型(如汽油、柴油等)	初始化时输入
油品信息	数据库表	油品编号、类型、名称、标号	初始化时输入
油罐信息	数据库表	罐号、名称、油品编号、状态	初始化时输入
计量数据	系统从现场仪表读取存入关系数据库	油罐温度、液位	
化验数据	手工录入后存于关系数据库中	视密度、含水、含杂	

d. 计算过程如下

(1) 数据存储

通过关系型数据库存储表 4-6。

(2) 某类或种类型油品库存储量的计算

具体计算方法同 4.2 节。

(3) 历史计量数据的生成

- ① 计量日期和时间 (jlrq)；
- ② 遍历表 4-5、4-7 得到所有的油品编号 (ypbh) 和油罐编号 (gh)；
- ③ 根据查询时间从历史数据库 (INSQL, 第五章中介绍) 中提取油罐该历史时刻对应的液位 (gd)、温度 (pkwd)；
- ④ 集成油罐对应的化验密度 (hysm)、含水 (lshs)、含杂 (lshz)；
- ⑤ 根据油罐液位查表得到油罐体积数 (tjs)；
- ⑥ 根据化验密度查表计算得到标准密度 (sjbz)；
- ⑦ 根据 4.1 节公式计算得到库存量 (kcl)；
- ⑧ 将以上数据添加到表 4-6 中。

(4) 油罐集合的获得

- ① 输入油品编号 ypbh0；
- ② 查询表 4-5, 查询条件: $ypbh = ypbh0$ ；
- ③ 得到结果集列表；
- ④ 解析结果集, 遍历列表封装生成油罐集合。

(5) 油品历史储量的计算

- ① 系统输入查询的历史日期时间和油品编号；
- ② 查询油品计量信息表得到油品对应的油罐集合；
- ③ 根据罐号, 日期时间查询油品计量信息得到油罐历史储量；

④ 将集中油罐的储量累加得到油品在指定日期时间点的历史储量。

4.3.3 历史储量计算过程实例

下面以某原油罐 2006 年 6 月 10 日 8:30 的历史储存总量的计算方法为例予以说明:

(1) 根据油品的名称和标号得到油品的编号, 查询表 4-7 得到油品编号 $ypbh=005$;

(2) 根据原油的编号 005 和时期时间 2006 年 6 月 10 日 2:30, 查询表 4-5 得到对应的油罐列表, 封装生成油罐名称集合: {t324-01、t324-02、t324-03}, 即原油在 2005 年 05 月 27 日 14:30 时刻对应的油罐号集合为: {gh51, gh52, gh53}

(3) 系统根据所查询的历史时间和油品编号, 查询表 4-6,

得到 t324-01 罐的历史储量 $M_{gr324-01} = 3681.652$ (t)

得到 t324-02 罐的历史储量 $M_{gr324-02} = 2361.210$ (t)

得到 t324-03 罐的历史储量 $M_{gr324-03} = 3421.512$ (t)

(4) 将 t324-01, t324-02, t324-03 的储量相加, 即得到原油的实时储量。

$$M_{\text{液化气}} = M_{gr324-01} + M_{gr324-02} + M_{gr324-03} = 3681.652 + 2361.210 + 3421.512 = 8030.727(t)$$

根据上述计算, 2006 年 6 月 10 日 8:30 的原油总储量为 8030.727 吨。通过上述计算过程, 实现了历史储量的自动计算, 与手工计算结果比较, 计算正确。

第五章 罐区管理系统设计与实现

在第三章和第四章提出方案的基础上,长庆石化公司开发罐区管理系统 PROMIS base V2.0。系统投运后,实现了罐区数据的自动采集、班组产量、库存自动统计、能耗累计统计和报表自动生成等功能,达到了提高生产装置经济运行能力,减少生产事故,提升管理水平,加大经济效益的目的。

5.1 罐区管理对软件系统设计的要求

(1) 实用性。从生产管理人员的具体应用角度出发,兼顾已有的计算机系统的应用,满足罐区管理的日常工作需要,使用方便、界面友好,做到边实施、边使用、边收效、边完善。

(2) 先进性。软件设计采用先进和成熟的协议和平台,同时考虑未来发展需要。

(3) 可靠性。可靠性是系统真正得到应用的必要条件,尤其是与生产相关的系统,要保障长周期、稳定运行。

(4) 开放性。采用开放和标准的网络、操作系统、数据库系统和应用软件系统平台,力求集成系统的各个层次之间相互独立,通过标准的接口进行连接,这是实现网络互连、应用互操作、资源共享和统一管理的前提。

5.2 系统功能及组成

PROMIS base V2.0 主要有以下功能:现场数据自动采集、处理、传输和存储;岗位交接、油罐交接、油品化验数据网上存取和计算机管理;自动统计与显示各班组、部门的生产情况,如产量、能耗等信息;动态模拟显示油罐即时库存;对各标号油品实时库存以及各油罐的温度、液位等动态信息进行汇总统计。

PROMIS base V2.0 采用 java 语言, J2EE 体系结构,使用 Struts 框架。系统利用 J2EE 的诸多优点,为搭建具有可伸缩性、灵活性、易维护性的系统提供了良好的机制。Struts 是一种优秀的 J2EE MVC 架构方式,实现了系统导航的集中控制,增强了开发者对系统的整体把握,为系统的维护和可扩展性做出了贡献。

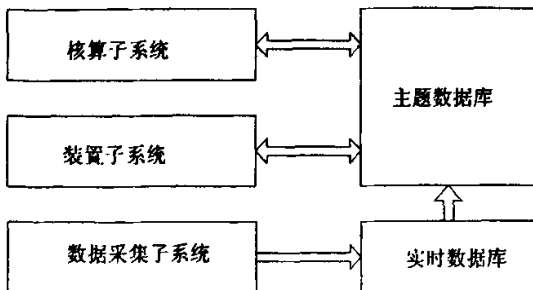


图 5-1 罐区管理系统组成结构图

PROMIS base V2.0 由数据采集系统、装置操作子系统和生产核算系统组成,其组成结构如图 5-1 所示。

数据采集系统将现场采集到的实时数据存储在实际数据库(INSQL)中,罐区管理系统通过 ODBC 源远程建立对 INSQL 的连接,定时通过 SQL 语言提取生产现场数据,整合全厂生产相关数据

(如化验数据, 岗位交接信息、油罐收付数据) 等, 存储至主题数据库, 然后进入装置操作子系统与核算系统计算和分类显示。

5.3 数据采集子系统

PROMIS base V2.0 中的数据采集系统的功能主要是从现场仪表提取油罐的各种参数 (包括液位、温度等), 并进行存储和处理和应用, 实现对油罐的科学管理。

5.3.1 罐区现场仪表测量数据采集硬件实现过程

以原油罐为例。将油罐上的 SAAB 雷达液位计和多点温度计(MST)的信号输出线接入 SAAB 通讯单元(FCU)中。FCU 是一种数据集中器, 可连续从现场仪表(如雷达液位计、多点温度计、数据采集单元)中轮询数据, 并且将数据存储于数据缓冲器中, 一旦接收到数据请求, FCU 会立即从更新的数据缓冲器中发送一批现场测量数据。一台 FCU 配备 6 个通讯端口, 分别可设置成分组总线端口和现场总线端口。FCU 通讯端口可与不同的接口板相连, 使用 FCM 接口板可与 TRL/2 总线 (TRL/2 是 SAAB 专用总线, 与 MODBUS 总线类似, 但其通讯距离更长, 可达到 4KM, 每条 TRL/2 总线最多可连接 8 台雷达液位计) 通讯, 使用 FCI 接口板可与 RS485 (一般在控制系统中较为多用) 通讯, 另外, 使用 RS232 跨接器后可取代接口板与 RS232 通讯。例如, 在分组总线端使用 FCI 接口板或 RS232 跨接连接时, 可直接与具备使用 RS485 通讯端口或 RS232 端口的计算机、服务器或控制系统相互通讯。现场总线采用 TRL/2 总线方式与测量仪表连接。

通过以上接口板和连接器, 使 FCU 实现测量仪表和其它设备 (如计算机、服务器或 SAAB 调制解调器等) 的连接, 见图 5-3, 根据现场的实际需要确定通讯端口的分配方案, 分配方案见表 5-1。长庆石化公司选用方案 1。

表 5-1 FCU 端口分配方案

方案编号	现场总线 端口数量	分组总线 端口数量
1	4	2
2	3	3
3	2	4

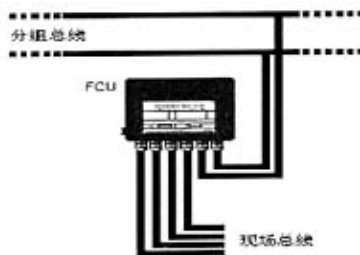


图 5-3 FCU 通讯端口示意图

由于使用 RS232 接口连接计算机时距离不能超过 15 米, 实际情况中, 服务器和计算机通常距离现场仪表通常较远, 所以, 一般无法采用 FCU 一端连接现场仪表, 另一端直接连接计算机的方案。如果分组总线也采用 TRL/2 总线形式, 通过另一个 SAAB 设备—现场总线调制解调器 (FBM) 来连接计算机或服务器等设备。FBM 可以实现 TRL/2 总线与由 RS232 转换, 见图 5-4。所以, 由 FCU 一端连接现场仪表, 另一端连接到 FBM, 再通过 FBM 与计算机或服务器连接。见图 5-5。



图 5-4 FBM 连接示意图



图 5-5 FBM、FCU 和计算机连接图

5.3.2 罐区现场仪表测量数据采集软件实现过程

在计算机或服务器中安装与 SAAB 仪表配套的 TankMaster 软件，就可以对现场雷达液位计、多点温度计等仪表的组态、控制、实时测量数据提取和存储。TankMaster 软件，符合 OPC 技术标准。安装有 TankMaster 软件的服务器可直接做为 OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) 服务器使用。OPC 是用于过程控制的 OLE (OBJECT LINKING AND EMBEDDING) 技术。它是世界上多个自动化公司、软硬件供应商与微软合作开发的一套工业标准，是专为在现场设备、自控应用、企业管理应用软件之间实现系统无缝集成而设计的接口规范^[27]。OPC 技术的实现由两部分组成，OPC 服务器和 OPC 客户应用部分，OPC 服务器通过标准的 OPC 技术给 OPC 客户端传送数据。OPC 服务器的功能类似于 I/O 驱动器。它负责与作为数据供应方的现场设备通讯，将来自数据供应方的数据通过标准的 OPC“接口”“暴露”给数据使用方。数据使用方充当了 OPC 客户的角色^[28]。OPC 技术的应用使得采集和管理罐区测量数据的工作变得简单而易于实现。图 5-6 为从现场测量仪表采集、存储、提取数据的过程。

Tankmaster 服务器完成现场设备数据信息的采集后，存储到专有实时数据库，利用 Tankmaster 监控系统同时可作为一个可供访问该数据库的 OPC 服务器—DA (DATA ACCESS) 数据访问服务器的特性，可以将数据从 Tankmaster 监控系统中的专用数据库中提取出来，那么 OPC 客户端只需按照 OPC 规范的要求编写程序，就可以提取数据了。为了存储海量生产数据和提取数据需要，OPC 客户端将生产数据存储至 InSQL server (Industrial SQL Server) 实时数据库中。引入 InSQL server 的原因主要是由于 InSQL Server 是微软 SQL Server 的扩展，它将 SQL 语言的能力的强大能力与自己的过滤、联合和处理能力进行结合，为所有数据类型在时间域中增加了过滤能力。InSQL Server 的事件系统可以检测过程事件并做出相应的反应，支持数据的后期处理。例如对关键过程变

量的快照以及数据合并，这种能力扩展了信息的内容。IndustrialSQL 收集生产数

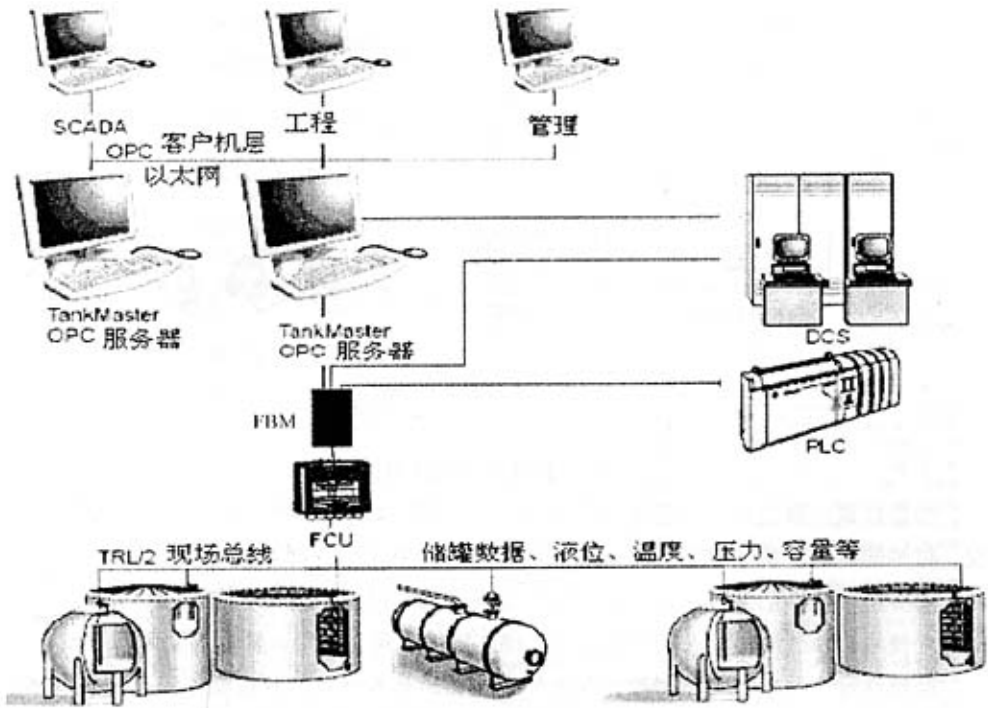


图 5-6 测量数据采集存储提取过程图

据的速度要比关系型数据库的速度快几百倍，数据的存储空间要求也大大降低，它所需要的存储空间仅仅是传统关系型数据库所占空间的 2%。InSQL server 把关系型数据库的强大能力引入到工业环境中，所有收集到的生产数据和事件、概要、生产和配置信息一起被集成为工厂数据^[29]，这是其它数据库无法完成的。

罐区生产管理系统 PROMIS base V2.0 通过 ODBC(Open DataBase Connectivity)建立与 InSQL server 数据库的链接,使用 InSQL 查询数据接口调用来完成采集罐区温度和液位的需要。数据提取应用过程如图 5-7 所示。在长庆石化罐区管理应用中,只在 InSQL 中提取油罐液位、温度参数参与储量的计算,每两小时将计算的数值存储于 SQL Server 数据库中。由于 InSQL Server 设置为每 10ms 采集数据一次,数据量非常庞大,所以对油罐的实时储量不进行存储,如果用户需要查询某一历史时刻(精确到秒)的储量数值时,PROMIS base V2.0 将直接从 InSQL 中提取该时刻的历史数据进行计算。

5.4 装置操作子系统

装置操作子系统主要实现各班组、部门间的考核;包括现场仪表测量原始数据的采集、岗位交接、油品计量、油罐交接、能耗计量等功能模块。

岗位交接:记录各装置、各岗位值班信息及交接班信息,并对各装置值班人员进行考勤。当班用户填写本班记要和交班记要,记录本班值班情况和需要通知接班人的信息。

交班后，交班信息自动转为接班人的接班信息。

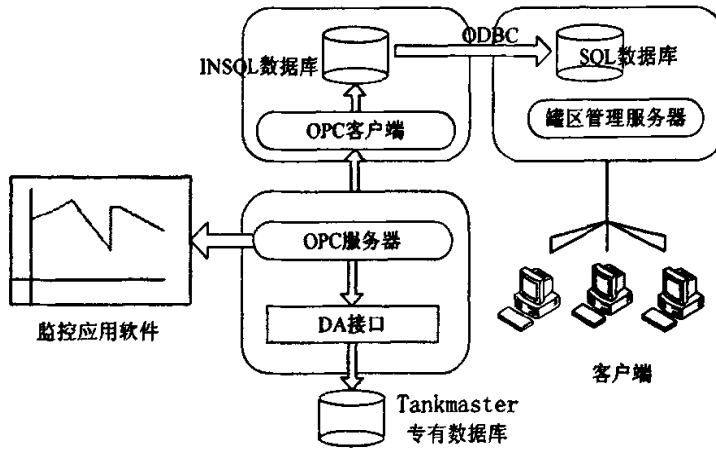


图 5-7 罐区数据提取应用过程

油品计量：液位计与其它现场仪表可以实时或定时计量罐的温度、密度、液位以及收、付油的状态，根据这些信息，通过罐表的自动换算，管理人员可以随时了解油罐内油品的存量和油罐的当前状态信息，如进油，出油，静态，或是边进边出。同时，为方便用户使用，系统采用动态的图形展示，使之更加直观、形象，软件界面见图 5-8、5-9。

能耗计量：用户在环境参数设置里配置能耗的基本信息，并在交班前定时填写本班能耗，并对其进行分类汇总，用户可随时查看历史能耗信息。

油罐交接：完成油罐数据的自动提取，油量的自动运算，油品交接单生成、编辑、确认、审核和油品交接单的打印功能，软件界面见图 5-10 所示。

5.5 核算子系统

核算系统能对生产数据进行分析汇总，自动生成各种数据报表、数据分析图表；即时显示各类生产数据（如汽油量、柴油量等），并可随时调用历史信息，为管理人员决策、控制、协调、指挥提供及时、准确、直观的数据依据，并为企业生产情况效益核算和对比提供了数据支持。核算系统主要包括：调度信息、产量统计、库存管理、即时库存查询等功能模块。

调度信息：展示各班组、各装置及全厂的即时加工量和油品产量，并自动计算收率和加工损失。

产量统计：自动核算各班组、各装置加工量、各类油品产量、收率等信息，并累计生成日产、月产及年产数据，用户对核算信息审核后生成报表，同时，系统可提供历史数据查询与报表打印功能。

库存管理：每日交班时，系统自动对油罐的油量及各类油品的总量进行自动结转，生成库存报表并打印。

5.6 系统运行效果

(1) 减小事故发生概率

由于各岗位均可通过图形化、数字化界面查看油罐状态，相当于增加了油罐监控点和监控人员，有效减少了冒顶事故的发生。图 5-8、5-9 分别系统以列表方式和图形方式显示的油罐内油品的油量、状态以及每具罐相关的信息。

罐号	油品名称	期初尺寸	尺寸	来油单位	出油单位	动态	日期	班次	实际比重	体积	油量	计量员
003	冲渣	6.48	6.48			静态	2006年03月29日 15:55	1	0.906	0.000	0.000	赵俊卿
003	冲渣	6.48	6.48			静态	2006年03月29日 15:55	1	0.906	0.000	0.000	赵俊卿
003	冲渣	6.48	6.48			静态	2006年03月29日 15:55	1	0.906	0.000	0.000	赵俊卿
003	冲渣	6.48	6.48			静态	2006年03月29日 15:55	1	0.906	0.000	0.000	赵俊卿
101	原油	1.331	1.331	105		进油	2006年03月23日 16:28	1	0.831	847.087	703.845	赵俊卿
101	原油	1.331	1.331	105		静态	2006年03月23日 16:28	1	0.831	847.087	703.845	赵俊卿
101	原油	14.150	14.150			静态	2006年03月23日 16:18	1	0.831	8954.854	7443.596	赵俊卿
101	原油	1.331	14.150			进油	2006年03月23日 16:18	1	0.831	8954.854	7443.596	赵俊卿
101	原油	13.20	1.331			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.831	847.087	703.845	赵俊卿
103	冲渣	14.041	3.212			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.000	1971.846	0.000	赵俊卿
104	原油	13.648	11.163			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.832	7053.837	5973.909	赵俊卿
105	原油	8.028	9.749			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.844	6145.050	5198.687	赵俊卿
106	原油	14.014	3.212			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.832	1973.209	1641.315	赵俊卿
106	原油	10.302	13.482			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.832	8523.121	7098.907	赵俊卿
501	石脑油	3.7	3.7			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.717	1033.850	740.857	赵俊卿
503	石脑油	5.73	5.73			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.717	1601.783	1147.838	赵俊卿
504	石脑油	7.43	7.43			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.735	765.387	562.559	赵俊卿
505	石脑油	7.47	7.47			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.735	768.718	565.008	赵俊卿
601	柴油	7.93	7.93			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.845	2312.501	1970.440	赵俊卿
603	柴油	1.33	1.33			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.845	137.589	116.292	赵俊卿
702	柴油	4.1	4.1			静态	2006年03月23日 15:55	1	0.860	138.415	124.574	赵俊卿

图 5-8 油品计量界面图



图 5-9 油罐油量显示图

(2) 提高数据共享与交换能力

生产实时数据被充分利用，信息传递速度与获取速度大幅提升，取代手工填写报表和电话交换信息。图 5-10 是系统实现自动打印油品交接凭证的样例之一。

精丙烯油品交接凭证

采油单位：油品运行部

2008年07月08日

项 目		交接时间		交接卷					计量人员签名	
月	日	时:分	罐号	温度(℃)	尺寸(m)	体积(m ³)	总质量(m ³)	交接量(m ³)	交方	接方
06	20	15:3	L324-05	22.79999237080547	12.0	0.0	473.85669453125	473.85669453125	刘涛	刘涛
05	23	23:3	L324-05	22.79999237080547	3.86100004196187	0.0	115.00969996044922	115.00969996044922	刘涛	刘涛

化验计算栏						
化验数据			罐内比重	按交混合量(%)	含水量(%)	实交油量
比重	含硫(mg/l)	含水(%)	罐内 0.0	358.84696486328125	罐内 0.0	358.847
0.0	0.0	0.0	罐内 0.0		罐内 0.0	
			备注		本班合计	本月合计

说明：1. 化验比重是指在化验温度下的比重。
2. 罐内比重是折为交接温度下的比重。

图 5-10 油罐交接量凭证界面

(3) 降低企业运营成本

数据的采集、处理、汇总、计算、报表等由电脑处理，将人从繁杂的工作中解放出来，降低了人工成本。系统使企业平均工作效率得到提高，同时，增强了统计的准确性，降低了企业运作成本。图 5-11 是系统自动统计的产量和库存的情况。图 5-12 是系统自动计算的 93#汽油、97#汽油、粗汽油、5#柴油、0#柴油、-10#柴油的即时库存（系统计算的当前时刻的库存量）和汽油、柴油等产品的即时库存量。

罐号	油品名称	日期	期初尺寸	期末尺寸	密度	温度	日产量(吨)	库存量(吨)
101	97#	20050527	0.0	14.158	0.8309	41.0	7377.0	7377.0
102	97#	20050527	0.0	13.697	0.8636	41.5	7476.0	7476.0
103	97#	20050527	0.0	9.212	0.9000	31.8	0.0	0.0
104	97#	20050527	0.0	11.163	0.8323	38.8	5871.0	5871.0
105	97#	20050527	0.0	9.749	0.8444	38.4	5189.0	5189.0
106	97#	20050527	0.0	9.212	0.8316	38.5	1841.0	1841.0
107	97#	20050527	0.0	13.946	0.8324	37.6	7328.0	7328.0
108	97#	20050527	0.0	13.482	0.8329	37.1	7099.0	7099.0
201	97#	20050527	0.0	11.969	0.7390	25.7	3064.0	3064.0
202	97#	20050527	0.0	13.637	0.7390	0.0	3492.0	3492.0
203	97#	20050527	0.0	13.510	0.7690	35.6	3590.0	3590.0
204	97#	20050527	0.0	13.60	0.7390	25.4	3504.0	3504.0
205	97#	20050527	0.0	2.757	0.7390	0.0	1435.0	1435.0
206	97#	20050527	0.0	9.447	0.7390	32.1	1797.0	1797.0
207	97#	20050527	0.0	10.506	0.7280	26.4	5400.0	5400.0
208	97#	20050527	0.0	0.263	0.0000	0.0	0.0	0.0
301	97#	20050527	0.0	0.66	0.7801	31.2	65.0	65.0
302	97#	20050527	0.0	0.835	0.0000	48.6	0.0	0.0
303	97#	20050527	0.0	0.715	0.0000	35.6	0.0	0.0
304	97#	20050527	0.0	9.68	0.7801	35.6	1272.0	1272.0

图 5-11 盘库界面图



生产管理 -> 即时库存	
原油	34505.0 (吨)
精制汽油	0.0 (吨)
汽油	10795.0 (吨)
汽油97#	0.0 (吨)
汽油90#	10060.0 (吨)
汽油93#	1435.0 (吨)
粗汽油	0.0 (吨)
汽油(合计)	22290.0 (吨)
柴油5#	0.0 (吨)
柴油20#	0.0 (吨)
柴油-10#	0.0 (吨)
重柴油	125.0 (吨)
煤油	11262.0 (吨)
柴油(合计)	11387.0 (吨)
冷渣	12261.0 (吨)
热渣	0.0 (吨)
渣油(合计)	12261.0 (吨)
硫煤	05.0 (吨)
精制硫煤	1371.0 (吨)
硫煤(合计)	1456.0 (吨)
滴浆	695.0 (吨)
石油油	3241.0 (吨)

图 5-12 即时库存界面图

(4) 提高管理水平

解决了一般炼油企业生产、库存数据统计难的问题，为全厂考核、决策提供准确依据。

第六章 总结与展望

本论文以典型的流程型工业石油炼化企业为研究对象,分析了炼化企业的油品储运和炼油生产过程具有连续性的特点,针对炼化企业罐区储量计量落后,其过程对象特性复杂、信息处理过程复杂、数据量和计算量大并且有诸多不确定因素等实际问题,对储罐计量仪表进行了选型设计,提出了罐区动态管理方法和储量核算系统的具体的计算方法和设计思路。

要实现炼化企业罐区库存的动态管理,首先,在大罐计量为计量方式的基础上,确定描述油罐的参数,并在大量的参数中选取关键参数参与计算,论文选取了油罐液位、温度、化验密度、含水含杂、动态罐、静态罐、油品类型等参数,同时将各种参数和计算数值以表的形式存入数据库,以上参数通过数据自动采集、存储和人工录入的方式进入系统;其次,根据国标和贸易双方的约定,科学地选取油罐内油量的计算方法;第三,确定所有参数的来源可靠,数据自动采集的方法切实可行、经济实效。

将论文中的这些方法应用在长庆石化公司罐区管理系统软件 PROMIS base V2.0 上,取得了较好的应用实效。

本文的创新和特点体现在两个方面。

(1) 从企业实际情况出发,提出了一套从仪表选型设计到数据采集的完整方案,保证了生产实时数据信息采集的完整性、准确性、实时性,同时又兼顾经济、方便、高效。

随着自动化仪器仪表技术和信息技术的发展,企业生产过程数字化的数据采集、生产管理和经营决策等过程,将通过一体化的网络通讯平台统一起来。本论文中的设计方案,克服了传统炼化企业装置投运后,再设计开发数据采集应用系统以满足管理要求的缺点,将现代测量技术与信息技术有机的结合起来,全面利用生产数据资源,真正意义上达到指导生产的目的。

(2) 针对炼油连续生产过程,提出了罐区动态管理以及储量核算方法。该方法有效利用系统采集的生产实时数据,解决了单个油罐和不同种类油品即时储量的自动计算问题。

炼化企业油品储运过程和炼油生产过程是一个连续的动态过程,通过本论文中的核算方法,可以准确、快速地得到任意时刻库存状态,为优化企业生产运行与管理,提高企业竞争能力打好基础。

对今后工作的展望。

从罐区管理角度来看,长庆石化仪表选型设计方案与罐区管理系统实施效果良好,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,为企业创造了一定的经济效益。特别是论文里罐区动态管理和产量核算方案详细阐述了单个油罐油品动态储量、不同种类油品动态储量的计算以及历史储量的计算方法,这些计算方法是不同装置、

不同班组产量、能耗计算的基础，所以在该系统的基础上，还可以扩展出多种核算方法。但是，由于罐区管理工作过程涉及知识面广、专业性较强的多学科技术领域，它包括了油品储运、计量工艺、机械电气、仪表自动化、化验、计算机以及计量设备运行、操作、维护管理等知识，所以本论文也存在不足之处。如手工化验数据的准确度很大程度决定了储量计算结果的准确性，下一步的目标是采用密度、含水、馏程、粘度等在线分析仪表，在原有系统的基础上自动采集化验数据，提高计算的准确性。

从生产管理角度来看，这一阶段我们工作的重点还放在加强管理、节约人力和减轻劳动强度方面，通过以上方案的实施也起到了一定的作用，但这远远不够。生产实时数据集成的目的是生产过程的优化。因此，如何从反映生产过程状态的实时海量数据中抽取关键信息，对生产过程进行分析和评价，最终达到降低油品生产和储运中的能量消耗、提高产品收率的目的，是我们今后工作的重点和难点。

致 谢

本文是在西安石油大学电子工程学院件杰教授和长庆石化公司张喜文教授级高工共同精心指导下完成的。课题研究的每一个阶段，两位老师都给予我极大地支持，鼓励 and 关键性的指导。而论文完成的每一进展，也都倾注了两位老师的高度关切和心血。不仅如此，老师们渊博的知识、开阔的视野、严谨的治学、积极的人生观和勤奋的工作精神，都给了我深刻的影响，并将影响我的一生。在此，我对他们致以深厚的谢意。

在研究过程中，我也并不是孤军奋斗，我们公司同一项目组的人和相关专业技术人员也经常讨论问题，在与他们的讨论中，我获取了许多知识。在这里，我也对他们致以诚挚的谢意。

在这里还要感谢我的父母家人，是他们给予了我各方面的支持。

最后，感谢百忙之中审稿各位老师，谢谢你们！

参考文献

- [1] 褚健、荣冈. 流程工业自动化技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.7: 4-5.
- [2] 朱和. 国外成品油分销行业呈现新趋势[N]. 中国石化报, 2006.6.28: 3.
- [3] 潘丕武. 石油计量技术基础[M]. 北京:海洋出版社, 2001.5: 105, 9, 299, 730.
- [4] 张金林. 罐区自动计量技术国内外发展综述[J]. 浙江化工, 2004,(35):28-30.
- [5] 北京中科泛华测控技术有限公司.我国工业控制自动化技术的现状与发展趋势 [EB/OL]. :http://www.ck365.cn/cyjj/show_479_5.html,2006-7-13.
- [6] “十五”国家 863 计划 CIMS 主题专家组. 国家“十五”863 计划 CIMS 主题战略研究报告[R].2002.
- [7] 徐用懋, 张猛. 流程工业的综合自动化技术[J].数字化工, 2004, (1): 38-40.
- [8] 蓝康孟. 油罐计量技术发展回顾与展望[J]. 油气储运, 1995, (06): 34-37.
- [9] 郑卫东. 储罐液位仪表的应用及发展[J].甘肃科技, 2005,(5):46-47.
- [10] 柴天佑. 基于 ERP / MES / PCS 三级结构的流程工业现代集成制造系统[J].金川科技,2001(3):7-9.
- [11] 费德亮. 计算机监控及数据采集系统在油罐区中的应用[J].石油库与加油站, 2004, 01: 36-37
- [12] 庄兴稼, 沈桂焱.油品储运系统自动化[M].北京:烃加工出版社,1989.8:2.
- [13] Dongsheng Ni,Jinhai Lei.Application Of Fuzzy Set Theory In Stock Management[J].China Business & Market,1999.3:21-25.
- [14] Peiming Dong,Xudong Song,Hui Xiao.The Study Of Stock Management Based On Building Model Tool UNIFACE.Application Research of Computer[J].2001.1:36-50.
- [15] N.Shah,Mathematical Programming Techniques For Crude Oil Scheduling, Computers And Chemical Engineering[J].1996,vol(20):1227-1232.
- [16] H.Lee,J.M.Pinto,I.E.Grossmann,S.Park.Mixed Integer Linear Programming Model For Refinery Short-Term Scheduling Of Crude Oil Unloading With Inventory Management.Industrail And Engineering Chemical Research [J].1996,vol(35):1630-1641.
- [17] Reeves CR.agennetic algorithm for flow shop sequencing[J].computers ops.1995,vol(22):5-13.
- [18] 王茜,张喜文,仵杰.数据采集与核算系统在生产中的应用[J].油气田地面工程, 2005, 20(12): 55.
- [19] 刘树仁. 如何选择油罐液位计[J].上海师范大学学报(自然科学版), 1998-5,卷(27):102-103.
- [20] 贾学志, 黄梦钊. 油品计量及流量仪表的选择[J].上海师范大学学报(自然科学版),

1998-5,卷(27):127-129.

- [21] 王鹏飞、李著信、方雪.几种常见油罐液位计的性能特点及选用[J].重庆工业高等专科学校学报, 2004-2, 19(1).
- [22] 李新表、尚柏鑫、石利琴.油罐液位仪表的设计及应用[J].自动化博览,2003,02:42-44.
- [23] 彭晶. 雷达液位计及其应用[J].化肥设计,2000,(38):23-25.
- [24] 张功钺.储罐计量测量仪表的发展和应用[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 1998.5,27:94-101.
- [25] 杨军发, 王文飞, 周爱辉.雷达液位计在炼油厂罐区测量系统中的应用[J].基础自动化, 2000,7(2):52-54
- [26] 厉玉鸣. 化工仪表与自动化[M].第三版.北京:化学工业出版社, 2005.5 68.
- [27] OPC Foundation.What is OPC [EB/OL].
http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_whatis.asp.
- [28] 阳宪惠.开放工控系统的中间件—OPC 技术[J].自动化博览,2002,02:6-8.
- [29] Wonderware . IndustrialSQL Server 8.0 工业智能的基础[EB/OL].
<http://wonderware.gongkong.com/indust.htm>.
- [30] 储昭文. 油罐雷达液位计液位测量系统误差分析[J]. 油气储运, 2003,22(6):56-59.

攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] 王茜, 张喜文, 仵杰. 数据采集与核算系统在生产中的应用. 油气田地面工程, 2005, 20(12).