

# 基于组态技术的膜法油气回收装置测控系统设计

张宝生, 陈家庆, 曹建树, 王建宏  
(北京石油化工学院 机械工程学院, 北京 102617)

**摘要:** 针对加油站第二阶段油气回收问题, 自主研发了膜法油气回收处理装置. 测控系统采用三层控制结构, 利用“MCGS”组态软件开发了现场和远程监控软件, 实现了对装置运行过程的自动控制、现场和远程监测, 过程参数的实时显示和历史数据处理等功能, 提高了油气回收处理的自动化水平, 有效保证了油气回收处理装置的可靠运行.

**关键词:** 膜分离; 油气回收; 测控系统; 组态技术

**中图分类号:** TP273    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-855X(2008)06-0027-05

## Design of Measure and Control System for Oil Vapor Recovery Unit Adopting Membrane Method Based on Configuration Technology

ZHANG Bao-sheng, CHEN Jia-qing, CAO Jian-shu, WANG Jian-hong  
(Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China)

**Abstract:** Aiming at the phase II oil vapor recovery problem in gasoline station, the oil vapor recovery unit adopting membrane method is developed. A three-level structure is proposed in the measure and control system. With the adoption of the MCGS configuration software, a monitoring-control software is designed to realize automatic process control, industrial field and telnet monitoring, real-time data display and history data management, which can improve the automation level and ensure the reliability of oil vapor recovery unit.

**Key words:** membrane separation; oil vapor recovery; measure and control system; configuration technology

## 0 引言

在油库、加油站等油品收发场所不可避免地存在油气蒸发损耗问题, 所产生的烃类 VOCs 与空气的混合物(俗称油气)不仅危害健康、污染环境、浪费能源、影响安全生活与生产, 而且还降低了油品质量<sup>[1]</sup>. 根据欧美发达国家的实践, 一般将加油站的油气回收过程分为两个阶段, 第一阶段的油气回收针对地下储油罐的收油阶段. 第二阶段的油气回收是指当车辆加油时, 利用加油枪上的特殊装置, 将原本由车辆油箱逸散于空气中的油气经加油枪、抽气泵进行回收, 并将回收的油气储存在地下储油罐内不做排放. 为提高有效回收率, 必须对地下储油罐的压力进行有效管理, 将回收到地下储油罐的烃类 VOCs/空气混合物实施分离处理, 以避免油气通过压力/真空阀排放到大气中<sup>[2, 3]</sup>. 油气回收处理的方法有吸收法、吸附法、冷凝法及膜分离法等, 其中膜分离法具有环保、高效、占地小、简单易用等优点, 因此在面向加油站的油气回收过程中具有较大的技术优势<sup>[4]</sup>. 国外已研制成功的膜法油气回收处理装置主要有德国 BORSIG 公司与德国 GKSS 研究中心联合研发的 VACONOVENT™ 和美国 Arid Technologies 公司与德国 GKSS 研究中心合作研发的 PERMEATOR™、美国 OPW 公司与美国 MTR 公司合作研发的 VaporSaver™ 等<sup>[5]</sup>. 随着新的国家标准《加油站大气污染物排放标准》(GB 20952-2007)的颁布实施, 北京、上海等地的加油站陆续引进了国外

**收稿日期:** 2008-05-12. **基金项目:** 北京市科技新星计划项目(项目编号: 2005B25); 北京市教委科技发展计划项目(项目编号: KM200610017003).

**第一作者简介:** 张宝生(1971-), 男, 工学硕士, 副教授. 主要研究方向: 石油机械设计、机电控制系统设计等.

**E-mail:** zhangbaosheng@bipt.edu.cn

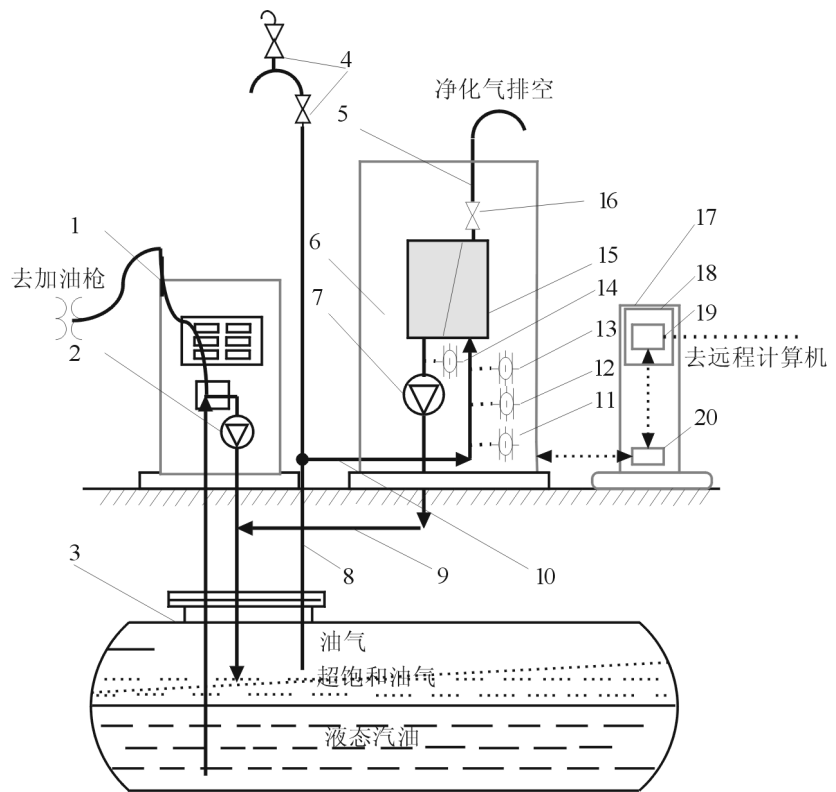
的一些膜法油气回收装置,目前多数处于试点运行阶段.但由于引进设备投资较大,对于国内量大面广的加油站来说负担较重,因此迫切需要国产化<sup>[6]</sup>.

## 1 膜法油气回收装置概述

### 1.1 工作原理

膜分离法是利用烃类 VOCs 与空气在膜内扩散性能的不同来实现分离,即让烃类 VOCs 空气混合物在一定压差推动下经过膜的“过滤作用”,使混合气中的烃类 VOCs 优先通过膜得以分离回收,而空气则被选择性截留.采用膜分离技术作为尾气排放处理设备可将油气回收泵抽进油罐内的多余的空气经膜回收装置排掉,维持油罐的压力平衡,可使系统的油气回收效率增至 93% 以上.从西方发达国家商业化运营的经验来看,加油站第二阶段膜法油气回收装置的关键技术在于高效的膜分离组件和灵敏可靠的实时监控系统.工业中常用的气体膜组件形式有板框式、螺旋卷式、中空纤维式 3 种,气体分离膜材料可分为高分子有机材料、无机材料和有机-无机杂化材料等 3 大类,理想的气体膜分离材料应该同时具有高的渗透性和良好的透气选择性、高的机械强度、优良的热和化学稳定性以及良好的成膜加工性能<sup>[3]</sup>.

如图 1 所示,所设计研发的膜法油气回收处理装置分为主机和控制箱两部分,主机主要由真空泵、膜组件、电磁阀、过程参数测量变送器和管线组成,完成对油气的分离和数据测量功能;控制箱主要由操作面板、可编程控制器、工控机、接触器等组成,完成对装置的监控功能.运行过程为:(1)加油机的内置式小型真空泵将机动车加油过程中产生的油气通过油气回收型加油枪吸入地下储油罐;(2)当油气回收集气管入口压力即地下油罐内的油气压力大于设定值时,真空泵启动,抽取地下储油罐内的油气,油气通过膜组件后被分离为空气和富集油气;当分离出的富集油气侧达到一定压力(真空度)后,空气排放电磁阀打开使分离出的空气排入大气,富集油气则在真空泵的抽吸下回收到地下油罐;(3)当油气回收集气管处的入口压力小于设定值时,真空泵停止运行,空气排放电磁阀关闭.可编程控制器(PLC)根据设定的参数对装置进行自动控制,压力变送器、流量变送器、温度变送器对运行过程中的压力、流量、温度进行测量并通过 PLC 传给现场的工控机,工控机对数据进行存储、分析、显示,并通过网络与远程计算机通信.



1-加油机; 2-真空泵; 3-地下油罐; 4-压力真空阀; 5-空气排放管; 6-主机; 7-真空泵; 8-呼吸管; 9-富集油气回流管; 10-油气收集管; 11-压力变送器一; 12-温度变送器; 13-流量变送器; 14-膜组件; 15-压力变送器二; 16-电磁阀; 17-控制箱; 18-操作界面; 19-工控机; 20-可编程控制器

图1 基于膜法的加油站第二阶段油气回收装置示意图

Fig. 1 Membrane-based gas station sketch of the second phase of the oil and gas recovery unit

1.2 对测控系统的要求

根据加油站油气回收的要求,该测控系统应该实现以下功能:(1)对膜分离过程进行控制,可根据设定压力和时间条件控制真空泵的开启和停止,电磁阀的开启和闭合;(2)手动/自动切换控制功能;(3)压

力上下限的上位机设定;(4)现场实时显示膜分离的工况;(5)对过程参数趋势曲线的现场实时显示;(6)对过程参数数据及历史曲线的显示及打印;(7)对过程参数历史数据的报表生成和查寻;(8)真空泵运行时间记录及显示;(9)压力超限报警的记录、显示和打印;(10)远程过程监控功能。

## 2 测控系统的实现

### 2.1 构成与配置

如图2所示,针对膜法油气回收装置的运行特点,测控系统采用三层控制结构,即底层可编程控制器(PLC) - 中间层现场工控机 - 上层远程监控计算机结构. PLC 作为底层控制核心,选用西门子公司的小型 PLC S7 - 200 系列 CPU224 型可编程控制器,主要完成对真空泵、电磁阀的控制. CPU224 有 14 点数字量输入和 10 点数字量输出. PLC 通过 PPI 电缆与现场的工控机串口相连,使用串行协议进行通信,该方法连接简单、硬件投资少,可以读写 S7 - 200 系列 PLC 中所有存储区域. PLC 所带的 A/D 模块 EM231 有 4 路模拟量输入,能将来自现场过程参数(压力、温度、流量)变送器的 4 ~ 20 mA 标准电流信号进行 A/D 转换,并将转换结果送给嵌入式工控机处理。

中间层选用北京昆仑通态公司的 TPC1063E 型嵌入式工控机,与普通工控机相比,该机自带触摸屏和 WinCE 操作系统,可实现数据的现场存储、处理和显示,因而结构更加紧凑、使用更加方便,非常适合工业现场应用. 嵌入式工控机采用 modbus 协议通过网络接口与上层的监控计算机相连,能够实现测控系统的远程监控. 在以上三层控制结构的基础上,监控计算机还可通过 TCP/IP 协议与处于局域网或广域网内的其他计算机相联,实现网络监控。

### 2.2 过程控制

膜分离控制由可编程控制器(PLC)控制完成,可根据需要实现手动/自动控制,程序框图见图3. PLC 首先判断系统的控制方式,若选择手动方式,则系统可完成压力的重新设定;若系统选择自动方式,PLC 就按照设定压力自动控制装置运行,包括控制真空泵启动和停止、电磁阀的启动和闭合,以及对现场过程参数进行采集. 监测的数据包括:地下储油罐油气入口压力  $P_1$ 、地下储油罐油气入口温度  $T_1$ 、地下储油罐油气入口流量  $F_1$ 、膜组件渗透油气泵后压力  $P_2$ . 工作过程中,主机根据压力变送器  $P_1$  的信号输出(与预先设定值

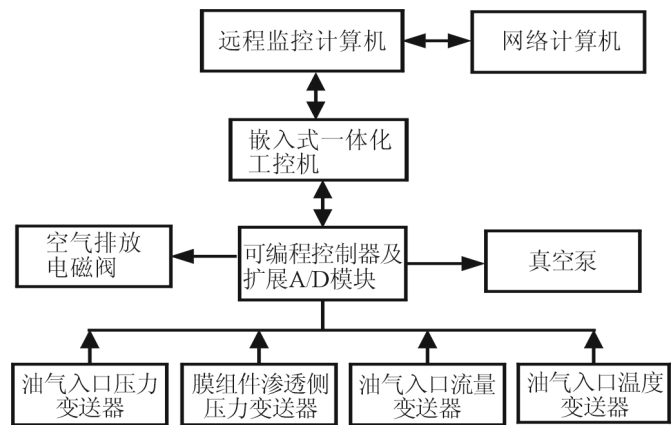


图2 测控系统的构成与配置

Fig.2 Measurement and control system components and configuration control procedures

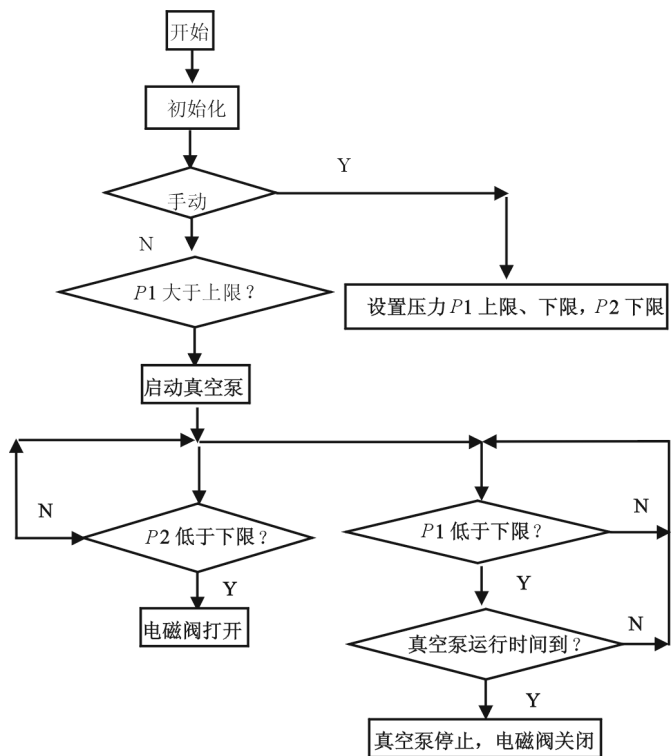


图3 PLC控制程序框图

Fig. 3 PLC control diagram

对比)去控制真空泵的开启和停止,  $P_2$  的信号输出用于控制排气电磁阀的开启和关闭, 以确保膜组件前后的压力差.

### 2.3 监控系统软件设计

计算机监控软件是计算机对系统的管理命令集, 其主要作用为: ①对被监控对象的物理参数进行采集、处理和记录; ②以数字、图表和图像等方式显示测量和处理结果; ③对被监控对象进行控制. 采用组态软件可根据运行装置的各自特点设计不同的监控软件. 目前, 我国已成功自主开发出了多种组态软件, 与国际水平相差不大. 在油气回收测控系统的嵌入式工控机、监控计算机上运行的监控软件, 使用北京昆仑通态公司的工控组态软件 MCGS 进行设计.

#### (1) MCGS 组态软件

MCGS 是运行在 Windows 环境下的一种优秀国产组态软件, 该软件功能全面、性能稳定, 与国外同类产品相比具有很高的性价比. 它有通用版、嵌入版和网络版三种版本, 能为嵌入式工控机、监控计算机以及网络计算机开发不同的监控软件, 提供良好的交互界面, 实现用户管理、参数设定、数据存储、实时数据动态显示、远程控制、打印和报警功能, 使 MCGS 用户可以方便地构造适应用户需要的监控系统.

#### (2) 交互式图形用户界面设计

在油气回收监控软件的设计中, 采用菜单、窗口结构设计了如图 4 所示的膜法油气回收装置运行过程监控操作界面, 主要包括登录窗口、主菜单、过程显示窗口、实时曲线和历史曲线显示窗口、报表窗口、压力参数设置窗口、报警窗口等, 实现了膜法油气回收装置运行过程中现场实时数据的采集与储存、实时趋势和历史趋势的显示和打印、历史数据记录的报表生成和查询、工艺过程参数的设置、故障的报警显示和存储等功能. 通过对界面上所需改变或显示的参数(压力、温度、流量、时间)在数据库中定义相应变量, 建立画面的形与数据库变量的对应关系, 这样根据数据库中变量的变化, 图形对象可以按动画连接的要求进行改变, 反之图形对象的改变也可改变数据库中的变量. 在设备窗口中, 建立数据库变量与 PLC 接口数据的映射关系, 这样在油气回收过程中, 数据库中变量会随着过程参数的改变而改变, 使过程显示窗口、实时曲线和历史曲线显示窗口、报表窗口中数据和图形随之变化. 压力参数设置窗口所设定的值只有在手动方式下才有效. 报警窗口主要对压力的超限进行报警, 既可以显示当前报警, 也可以显示历史报警事件. 报警信息还可以用文件的形式进行历史记录或实时打印报警信息. 该测控系统中压力、温度、流量等历史数据可以曲线图或数据报告的形式显示并进行打印. 为了满足用户对历史数据二次开发的要求, 该控制系统中的历史数据还可转化为 Excel 文件, 以供进一步处理.

#### (3) 运行策略与脚本语言

对于较为复杂的过程控制, 监控系统必须设计成多分支、多层循环嵌套式结构, 按照预定条件对系统的运行流程和设备的运行状况进行有针对性的精确控制. 为了解决上述问题, MCGS 引入了运行策略的概念. 所谓“运行策略”, 就是用户为实现对系统运行流程自由控制所组态生成的一系列功能块的总称. MCGS 的运行策略由启动策略、退出策略、循环策略、用户策略、报警策略、事件策略、热键策略及中断策略八种类型的策略组成, 每种策略都由一系列功能模块组成, 每一项功能的实现又以满足指定的条件为前提. 每一个“条件—功能”实体即策略条件部件和策略构件构成策略中的一行, 称为策略行, 每种策略由多个策略行构成. 图 5 所示为油气回收监控软件中循环策略窗口, 该循环策略能够实现过程采集参数的单位转换、真空泵运行时间计算和压力超限报警的实现, 在策略构件采用了定时器和脚本构件. 脚本构件是通

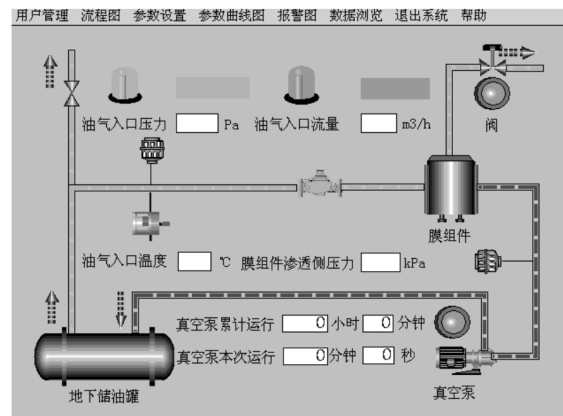


图4 膜法油气回收装置运行过程监控软件界面  
Fig. 4 Membrane run oil and gas recovery process monitoring software interface

过使用脚本程序实现功能的一种策略构件,而脚本程序则是组态软件中的一种内置编程语言引擎。当某些控制和计算任务通过常规组态方法难以实现时,通过使用 MCGS 脚本语言,能够增强整个系统的灵活性,解决其常规组态方法难以解决的问题,为有效地编制各种特定的流程控制程序和操作处理程序提供了方便的途径。脚本语言是一种语法上类似 Basic 的编程语言,可以应用在运行策略中,以下是采用脚本语言编制的对计算真空泵运行时间的脚本程序,程序中使用了 MCGS 脚本语言函数。

```

If Q0_0 = 1 Then
time_curent = ! TimeGetCurrentTime( )
time_run_current = ! TimeGetSpan( time_curent,
time_start)
time_run_minute = ! TimeSpanGetTotalMinutes( time_run_current)
time_run_secend = ! TimeSpanGetTotalSeconds( time_run_current) - time_run_minute * 60
time_run_minute_send = time_run_minute
time_run_secend_send = time_run_secend
EndIF

```

### 3 结束语

采用三层控制结构并应用 MCGS 组态技术设计的膜法油气回收装置实时测控系统,不但能可靠地完成油气回收过程的自动控制,还可对过程参数数据进行现场设置、显示、记录、打印,并方便地实现远程监控。运行实践表明,该系统操作简捷直观、功能完善、性能可靠、维修方便、运行安全稳定、性价比高,对于在我国数量众多的加油站推广使用膜法油气回收处理装置具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 陈家庆. 石油石化工业环保技术概论[M]. 北京:中国石化出版社,2005.
- [2] 陈家庆,曹建树,王建宏,等. 面向加油站的油气回收处理装置及其关键技术[J]. 环境工程,2007,25(1):41-47.
- [3] 陈家庆,王建宏,曹建树,等. 加油站的烃类 VOCs 污染及其治理技术[J]. 环境工程学报,2007,1(3):84-91.
- [4] 王连军,马艳勋,张鑫巍,等. 膜技术在加油站油气回收过程的应用[J]. 膜科学与技术,2007,27(3):91-94.
- [5] Suzana Pereira Nunes, Klaus - Viktor Peinemann. Membrane Technology[M]. Wiley - VCH Verlag GmbH, 2001.
- [6] 李辉,王树立,赵会军,等. 膜分离技术在油气回收中的应用[J]. 污染防治技术,2007,20(2):61-63.
- [7] 北京昆仑通态自动化软件科技有限公司. MCGS 用户指南[Z],2005.
- [8] 西门子(中国)有限公司. S7-200 型可编程控制器系统手册[Z],2001.
- [9] 江秀汉,李萍,薄报中,等. 可编程序控制器原理及应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999.



图5 油气回收装置监控软件循环策略窗口  
Fig.5 Oil and gas recovery cycle monitoring software strategy window