

# 石化码头油罐区监控管理系统的设计与开发

黄 珍, 汪 娟, 陈 琦, 刘 清

(武汉理工大学, 湖北 武汉 430063)

**摘 要:** 通过对石化码头油罐区监控系统信息、功能需求的分析, 提出了一套基于 PLC 控制网络、工控组态软件 Citect 的油罐区监控系统设计方案, 并介绍了上位监控软件关键功能的实现方法。该系统已投入使用, 运行稳定可靠, 界面友好, 操作方便, 功能完善, 其方案具有推广价值。

**关键词:** 罐区监控系统; Citect 组态软件; 流程优化

**中图分类号:** TP237

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1673-9833(2007)06-0071-05

## Design and Development of Petrochemical Tank Farm Supervision System

Huang Zhen, Wang Juan, Chen Qi, Liu Qing

(Wuhan University of Technology, WuHan 430063, China)

**Abstract:** Base on the analysis of the information and the functional requirement, a framework of the petrochemical tank farm supervision system and the key method of the monitoring software are put forward which included the technology of the PLC control net and the industrial configuration software-Citect. The application shows that this system runs reliable, and the HMI is friendly and is easy to operation, in other words, the system is a full functioning system and can be used in the similar petrochemical terminal.

**Key words:** Tank Farm supervision system; Citect configuration software; process optimization

## 0 引言

液罐区的计算机监控及数据采集 (Supervisory Control and Data Acquisition, 简称 SCADA) 系统, 是于 20 世纪 60 年代中期发展起来的。20 世纪 70 年代, BP、Shell、Exxon 等大型石油公司开始采用 SCADA 系统来推进油罐区自动化, 并在使用过程中不断地加以完善和发展。到 20 世纪 80 年代, 国外的石油公司已普遍采用 SCADA 系统。

目前, 国内大型石油公司多在石化码头前场建有自己的油罐区, 利用港口物流链, 就地卸船、装船、装车或输转。长期以来, 由于罐群的特性和罐区工艺的特殊性, 大多数罐区采用专用的罐群数据采集及计量系统, 如 EMERSON 公司的 SAAB-ROSEMOUNT 雷达

液位计及其配套的 TankMaster 软件。为实现罐区设备运行状态实时监视和远程操作, 罐区各自设计了专用的设备监控系统<sup>[1-3]</sup>, 同时, 码头企业都配置了各自的设备监控与信息管理系统, 这些系统各自独立, 无法实现信息共享, 因此形成了一个信息孤岛。

随着工业自动化技术的不断发展, 现代的企业迫切需要开发出功能完善、性能稳定与操作方便的油罐区 SCADA 系统, 真正实现管、控一体化。这同时对油罐区监控系统提出了新的功能需求, 如基于 Web 的客户端浏览、开放性的外部程序接口、工艺流程优化等。

本文在分析了油罐区监控系统功能需求的基础上, 结合一个工程应用实践, 给出了一套基于 PLC 控制网络、工控组态软件 Citect 的油罐区监控系统设计方案, 并介绍了上位监控软件关键功能的实现方法。

收稿日期: 2007-08-21

作者简介: 黄 珍 (1974-), 女, 湖北武汉人, 武汉理工大学讲师, 华中科技大学博士研究生, 主要研究方向为工控网络, 智能控制理论与应用。

## 1 油罐区监控系统需求分析

某石化码头技改项目的一期建设项目,包括新建一座处理能力为 500 m<sup>3</sup>/h 的污水处理场及其配套设施,新建 2 万 m<sup>3</sup> 外浮顶油罐 12 座及其配套的设备设施。其中,配套设施主要包括 7 个油泵、101 个点动阀门及相应的输油管道等。

### 1.1 信息需求

1) 测控信息及其类型:现场分布 16 个油品储罐,每个储罐带有雷达液位计(TRL/2 总线),液位高低报警开关(DI),储罐介质温度检测 TC(T 型),输油管道双电动闸阀控制(DO)及回讯(DI),可燃气体监测(AI)及报警开关(DI)。油泵设置出口压力检测(AI),启停控制(DO)。装卸船和装车管道设置流量计(AI)等信号。

2) 诊断信息:包括油品储罐运行情况分析和报警,根据液位的变化情况,分析得出储罐当前的运行状态是“静状态”或是“动状态”,它是罐区监控的重要参数之一。

3) 计算及统计信息:根据储罐当前介质的液位、温度和密度计算其体积与质量、单罐收付油数量和库存量统计等。并提供自定义报表生成、导出和打印。

### 1.2 功能要求

油罐区计算机监控系统,实现数据采集→数据处理→动态监控→数据归档、分析、打印等功能。其基本功能包括:

1) 流程图工艺参数实时显示和记录功能。如储罐信息(包括液位、温度、体积、质量、运行状态)显示,油泵工作状态显示,电控闸阀状态显示,可燃气体浓度显示,管网运行状态显示。所有模拟量参数需设有历史趋势。

2) 实时控制和操作记录功能。包括所有电控闸阀远程点动控制、油泵远程点动控制,储罐运行状态设定,以及完整的操作历史记录功能。

3) 各类报警的显示和记录功能。包括储罐高低液位开关报警、温度报警,油泵压力报警,罐区可燃气体监测报警,电控闸阀过力矩报警等,可分类型查看,并设置报警信息和确认情况的历史记录。

4) 统计与数据管理功能。实时提供储罐当前介质的体积与质量计算,并可对特定时间段进出油品的数据以及库存量进行统计,归档历史数据并形成各种类型的统计报表打印输出。

除了以上的基本功能需求之外,本系统还有一些特殊功能需求,包括:

1) 提供开放性的外部程序接口,方便与其他应用程序系统,如罐群计量系统、码头监控系统、港区管理信息系统(MIS)等链接。

2) 提供 Web 浏览功能,方便管理部门授权用户直接通过 IE 浏览器实时监视现场设备运行状态、查看

统计信息等。

3) 提供工艺流程优化功能,根据流程参数设置自动生成流程优化方案,并能自动启、停对应流程,实现对应设备的联动启停控制。

## 2 油罐区监控系统总体设计方案

### 2.1 体系结构设计

油罐区监控系统的体系结构如图 1 所示。

1) PLC 网络系统采用 Citect 公司的 PLC 和 MoxBus 总线,以分布式 I/O 采集现场数据,通过工业以太网与上位监控系统通讯。

2) 罐群数据采集及计量系统,采用 EMERSON 公司 SAAB-ROSEMOUNT 雷达液位计,以 TRL/2 总线采集液位、温度数据。并提供 RS-485 接口与 PLC 系统通讯。配置专用的 TankMaster 计量软件进行油品体积、质量计算,提供 OPC(OLE for Progress Control)数据接口与监控系统共享信息。

3) 上位监控系统设置数据服务器、工程师站和罐群监控服务器 3 台工业控制计算机,实现现场信息的实时显示和数据管理功能。

可以看出,整个系统基于工业以太网络和现场总线构成多层体系结构。工业以太网络的通用性与可扩充性非常好,可以很好地与管理信息网络相连。采用现场总线技术把自动控制系统和设备带进了信息网络之中,形成企业信息网络的底层,从而为实现企业信息集成和企业综合自动化提供了可行的基础。

### 2.2 软件功能设计

工业组态软件是近年来在工业自动化领域兴起的一种新型的开发技术软件,开发人员通常不需要编制具体的指令和代码,只要利用组态软件包中的工具,通过硬件组态(硬件配置)、数据组态、图形图像组态等工作即可完成所需应用软件的开发工作,它具有一次开发简便、开发周期短、通用性强、可靠性高等优点<sup>[2]</sup>。

本系统的计算机监控与管理软件平台为 Microsoft 公司中文 Windows 2000 Server,数据库管理采用专业的 SQL Server 数据平台设计软件,人机接口(HMI)软件是澳大利亚悉雅特公司的工业组态软件 Citect 6.0。Citect 软件是基于 Windows 平台上的工业系统软件,从 OEMS HMI 解决方案到以 PC 为基础的 SCADA 系统,都得到了广泛的应用,目前,在工业自动化领域获得了好评,从而越来越成为系统集成商和用户的第一选择<sup>[4]</sup>。

根据系统功能需求分析,软件由多个功能模块和丰富的监控画面组成。功能模块包括:数据通讯模块、数据处理模块、数据存储模块、流程控制模块等。监控界面功能结构如图 2 所示。

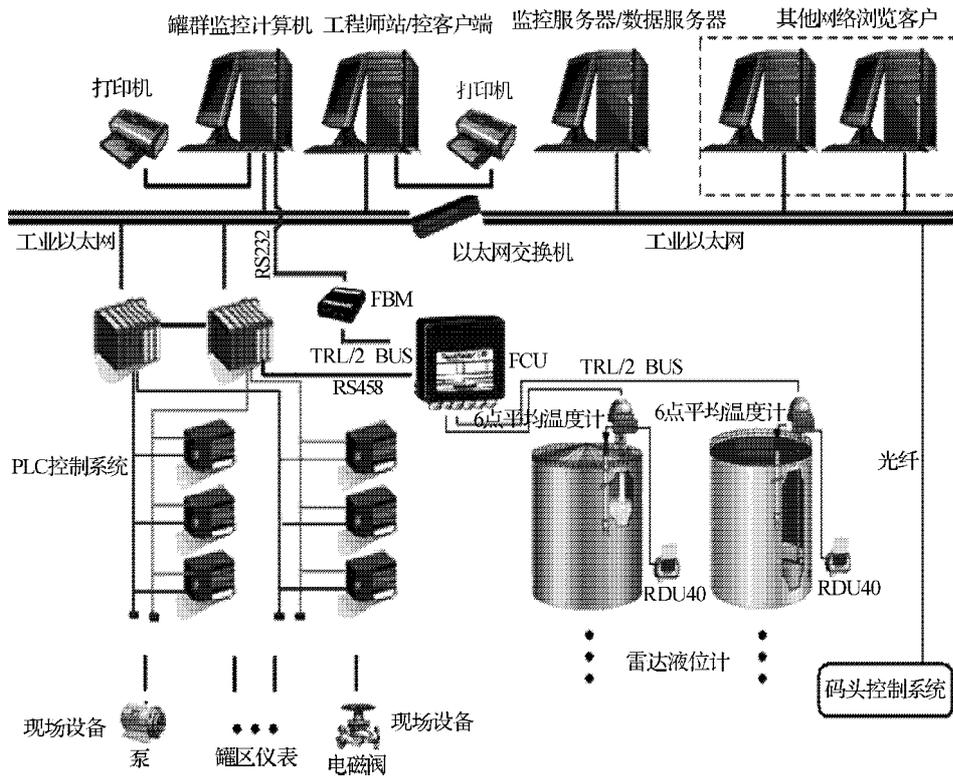


图1 油罐区监控系统体系结构示意图

Fig. 1 The architecture of the fuels tank monitoring system

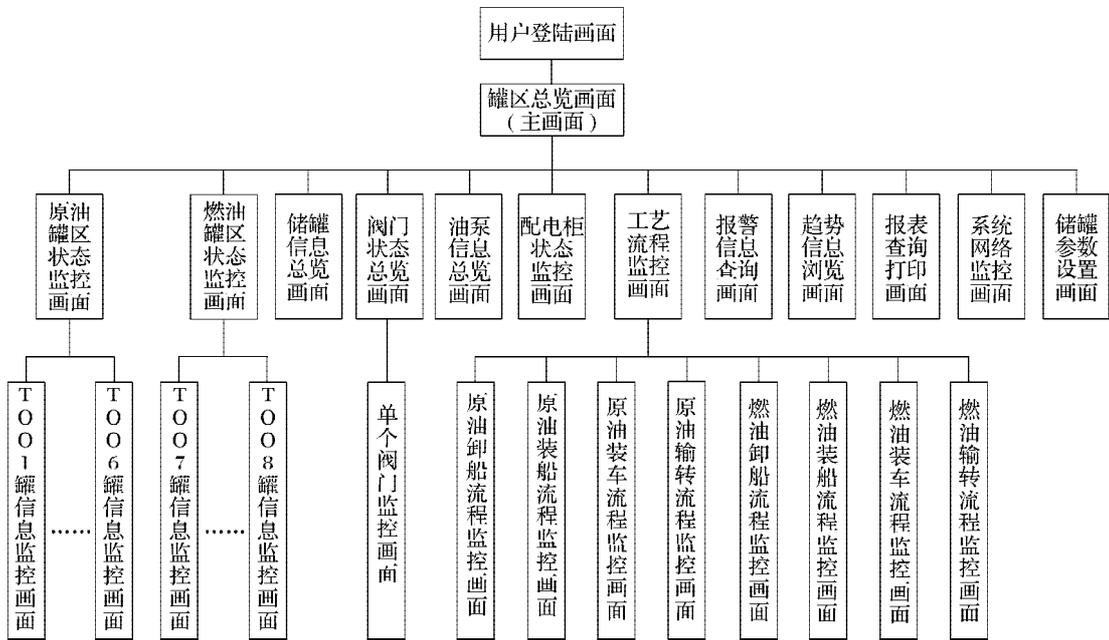


图2 计算机监控与管理软件功能界面框图

Fig. 2 The frame of the human-machine interface

### 3 监控软件关键功能的实现

#### 3.1 与其他系统的功能接口

OPC的概念是由Fisher Rosemount公司于1995年首

次提出的，其中文含义是“过程控制中的对象连接和嵌入技术”。它借用了Microsoft的OLE（Object Linking and Embedding 对象的连接和嵌入技术）和COM（Component Object Model 部件对象模型）/DCOM（分布式部件对象模型）技术，并且应用于过程控制之中。

它为过程控制以及工业自动化领域提供了一套较为标准的接口、属性和方法,是实现控制系统现场设备级与过程管理级进行信息交换,实现控制系统开放性的关键技术<sup>[5]</sup>。

本系统中的储罐液位、温度信息通过罐群数据采集系统采集,罐群计量软件 TankMaster 精确计算储罐体积、质量。TankMaster 软件支持 OPC 技术,可作为 OPC 服务器向其他应用程序提供标准的 OPC 数据源。工业组态软件 Citect 也支持 OPC 技术,基于它开发的上位监控软件既可作为 OPC 客户端,实时接收 TankMaster 的储罐实时检测数据和计量数据,又可作为 OPC 服务器为码头其他数据服务器提供本罐区的各类参数。

基于 OPC 技术,本系统为自身扩容、石化码头实时监控和信息管理系统中的其他应用程序提供了一个标准的、开放的、统一的功能接口。

### 3.2 工艺流程优化功能

传统的油罐区操作管理模式中,操作人员根据每天的工作计划,人工制定工艺流程来完成油品的装/卸船、装车 and 输转任务。人工制定的工艺流程受到操作人员的工作经验、现场信息掌握程度等多种因素的限制,不一定是当前条件下最优的工艺流程。

Citect 软件提供了专用的编程语言——Cicode 语言。本系统设计了实现工艺流程优化功能的多个功能模块,用 Cicode 语言编写了专用功能函数,包括流程优选、流程预演、流程启停控制。

流程优选函数为系统提供优化算法。优化约束条件包括各储罐参数,如介质、液位、库存量等;闸阀开关状态;油泵运行状态以及操作人员输入的相关参数,如操作类型(装船、卸船、装车、输转)、油品介质。优化目标函数为路径最小。

流程预演函数负责将待选的流程用不同的颜色在对应的罐区监控界面上显示,以方便操作人员确认。

流程启停控制函数负责现场设备(闸阀/油泵)的启停控制。根据操作人员对待选流程的确认结果,给该流程中对应的设备(闸阀/油泵)动作指令赋值,并通过 OPC 接口方式发送至 PLC 控制网络执行动作。

操作人员在流程运行过程中,可对工艺流程进行人工干预,随时添加、删除或修改某条工艺流程计划。

### 3.3 Web 浏览功能

随着 Internet/Intranet 的普及以及 Web 技术的发展,工业监控系统由传统的 C/S 模式向 B/S 模式转化。基于 Web 浏览方式在客户端不需要安装监控系统应用程序,高层管理者通过 IE 就可随时随地掌握现场的生产情况。目前,很多工业组态软件公司推出了支持 Web 功能的组件,如西门子 WinCC 的 Web Navigator、悉亚特 Citect 的 WebServer 组件等。

本系统利用 Citect 的 WebServer 组件,通过如下设置步骤,将应用程序的监控界面进行 Web 发布,实现远程 Web 浏览功能。

1) 在网络服务器上以管理员身份登陆,选择创建新配置,进入如图 3 所示的配置页面。



图 3 应用程序网络配置页面

Fig. 3 The configuration interface of the Web share

2) 在“配置”输入框中输入一个新的用户名,并可添加描述说明。该用户名即为显示客户端登陆用的用户名。

3) 根据网络服务器信息,分别填写服务器名称、IP 地址、端口信息。

4) 在项目地址中填写项目应用程序地址。

在显示客户端仅需安装有 IE 浏览器,输入网络服务器地址(IP 地址或服务器名称),利用配置的用户名即可登陆浏览监控界面。

### 3.4 自定义报表功能

多数组态软件在现场数据监控方面功能强大,但在报表生成、处理方面能力有限,一般格式比较固定,灵活性较差。如果只进行简单的数据分析,报表变化不是很复杂,组态软件可以实现,一旦涉及到复杂的数据处理,组态软件大多显得力不从心<sup>[6]</sup>。

油罐区信息管理涉及到历史报警报表、统计数据报表(如日报、月报等)、操作日志报表等,类型多样,格式不统一,直接利用 Citect 的报表设计器无法满足需要。Citect 组态软件提供通过 DDE (动态数据交换: Dynamic Data Exchange) 方式与外部应用程序交换数据,但该方式数据通讯时需建立连接,通讯完毕需释放连接通道,数据通讯速度不快。而且受到编程语言的限制,直接利用 Cicode 语言很难编写灵活多样的 SQL 数据查询和报表生成程序。

为此,本系统利用 Visual Basic 程序语言为平台,设计了一个独立的油罐区报表系统应用程序(\*.exe),实现对 SQL 数据库的组合条件查询。

在 Citect 组态工程中点击按钮调用程序执行函数调用报表应用程序,弹出如图 4 所示界面。操作人员根据需求设置查询条件,生成不同类型的统计报表,并将浏览结果以 EXCEL 文件格式导出。

## 4 结论

基于 OPC 的数据通信接口,为工业监控系统与其他应用系统提供了一个标准的、开放的、统一的功能

接口,可以很好地解决异构网络信息共享问题。基于组态软件的油罐区监控软件的设计,充分利用了组态软件的数据采集接口、界面组态的优势,以及强大的二次开发能力,使应用程序开发人员的精力集中于特殊功能的开发实现上。

日期	时间	油罐号	油品	参考流量	流量	平均流量	高低液位	重量	备注
2007-1-15	10:50:40	005		880	909	19.3	11.701	10.985	
2007-1-15	10:50:40	006		880	0	19.3	2.114	1.858	
2007-1-15	10:50:40	007		880	0	19.3	10.471	9.241	
2007-1-15	10:50:40	008		880	0	19.3	10.471	9.241	
2007-1-15	10:50:40	009		880	0	19.3	4003.987	3494.43	
2007-1-15	10:50:40	010		880	0	19.3	4003.987	3503.589	
2007-1-15	10:50:40	011		880	0	19.3	3.558	3.371	
2007-1-15	10:50:40	012		880	0	19.3	3.795	3.535	
2007-1-15	10:50:50	001		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	002		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	003		880	0	19.3	3.366	3.195	
2007-1-15	10:50:50	004		880	0	19.3	3.401	3.239	
2007-1-15	10:50:50	005		880	0	19.3	2.431	2.181	
2007-1-15	10:50:50	006		880	0	19.3	11.791	10.560	
2007-1-15	10:50:50	008		880	0	19.3	2.114	1.858	
2007-1-15	10:50:50	007		880	0	19.3	1024.571	894.867	
2007-1-15	10:50:50	009		880	0	19.3	4003.987	3494.43	
2007-1-15	10:50:50	010		880	0	19.3	4003.987	3503.589	
2007-1-15	10:50:50	011		880	0	19.3	3.558	3.371	
2007-1-15	10:50:50	012		880	0	19.3	3.795	3.535	
2007-1-15	10:50:50	001		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	002		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	003		880	0	19.3	3.366	3.195	
2007-1-15	10:50:50	004		880	0	19.3	3.401	3.239	
2007-1-15	10:50:50	005		880	0	19.3	2.431	2.181	
2007-1-15	10:50:50	006		880	0	19.3	11.791	10.560	
2007-1-15	10:50:50	008		880	0	19.3	2.114	1.858	
2007-1-15	10:50:50	007		880	0	19.3	1024.571	894.867	
2007-1-15	10:50:50	009		880	0	19.3	4003.987	3494.43	
2007-1-15	10:50:50	010		880	0	19.3	4003.987	3503.589	
2007-1-15	10:50:50	011		880	0	19.3	3.558	3.371	
2007-1-15	10:50:50	012		880	0	19.3	3.795	3.535	
2007-1-15	10:50:50	001		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	002		0	0	19.4	0	0	
2007-1-15	10:50:50	003		880	0	19.3	3.366	3.195	
2007-1-15	10:50:50	004		880	0	19.3	3.401	3.239	
2007-1-15	10:50:50	005		880	0	19.3	2.431	2.181	
2007-1-15	10:50:50	006		880	0	19.3	11.791	10.560	
2007-1-15	10:50:50	008		880	0	19.3	2.114	1.858	
2007-1-15	10:50:50	007		880	0	19.3	1024.571	894.867	
2007-1-15	10:50:50	009		880	0	19.3	4003.987	3494.43	
2007-1-15	10:50:50	010		880	0	19.3	4003.987	3503.589	
2007-1-15	10:50:50	011		880	0	19.3	3.558	3.371	
2007-1-15	10:50:50	012		880	0	19.3	3.795	3.535	

图 4 报表查询及统计信息显示界面  
Fig. 4 The inquiry and display interface of the report system

本系统提出的工艺流程优化功能,提高了整个油

罐区自动化监控水平,为提高作业效率、节约储运成本提供了一种有效的途径。

本系统已在实际工程中运行一年,软硬件均未出现技术故障,这充分证明了本文所提出的系统设计方案是切实可行的,其设计思想和实现方法在同类型系统应用和开发上具有借鉴价值。

参考文献:

- [1] 奉小军. 石油油品罐区监控系统的开发[J]. 自动化博览, 2005 (S2): 45-48.
- [2] 张丹, 于朝民, 李东. 基于工控组态软件MCGS的某罐区监控系统的设计与应用[J]. 计控系统, 2003 (5): 23-25.
- [3] 钟志辉, 俞新, 杨增良, 等. 罐区及泊位综合监控管理系统设计与实现[J]. 石油化工自动化, 2004 (4): 17-21.
- [4] 澳大利亚悉雅特(中国)有限公司. Citect6.0组态手册[M]. 上海: 悉雅特(中国)有限公司, 2006.
- [5] Holley D W. Understanding and using OPC for maintenance and reliability applications[J]. Computing & Control Engineering Journal, 2004, 15 (1): 28-31.
- [6] 郭建明, 邢晨, 刘清. WinCC组态软件自定义复杂报表的实现[J]. 工业控制计算机, 2007 (2): 1-2.

## 湖南工业大学成功举办 2007 软件新技术研讨会

9月22日,由湖南工业大学计算机与通信学院主办,湖南工业大学学报编辑部协办的2007软件新技术研讨会,暨计算机与通信学院第二届学术活动周拉开帷幕。

研讨会特别邀请了浙江大学、上海大学、浙江理工大学、华侨大学和杭州电子科技大学的专家来校讲学。计算机与通信学院的全体教师和部分在校学生聆听了专家们的报告。来自浙江大学的廖备水博士、李石坚博士、上海大学的姚远博士以及浙江理工大学的刘雁飞博士先后做了关于“支持自主计算的基于可废止逻辑的柔性Agent研究”、“虚拟现实技术”、“骨缺损的重建方法”以及“驾驶认识行为建模”的专题报告。专家们结合计算机技术在现实生活中的应用情况,形象地阐述了他们的学术观点。通过研讨会的系列活动,激发了大家开展自主创新科学研究的积极性,营造了浓厚的学术氛围。