



当代石油和石化工业技术普及读本

石化仪表与控制系统

中国石油和石化工程研究会 组织编写
解怀仁 执笔



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

图书在版编目 (CIP) 数据

石化仪表与控制系统 / 中国石油和石化工程研究会组织编写; 解怀仁执笔. —北京: 中国石化出版社, 2008
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 978 - 7 - 80229 - 773 - 9

I. 石… II. ①中… ②解… III. 石油化工 - 化工仪表 - 自动控制系统 - 普及读物 IV. TE967 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 171950 号

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 5.5 印张 103 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

定价: 14.00 元

《当代石油和石化工业技术普及读本》

(第三版)

编委会

主任：曹湘洪

编委：(按姓氏笔画为序)

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪璘	庞名立	赵怡
宫敬	贺伟	郭其孝	贾映萱
徐嗶东	翁维琬	龚旭辉	黄志华
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

前 言

《当代石油石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版共包括了11个分册,2000年出版发行;2005年起根据石油石化工业的新发展和广大读者的要求,对第一版的11个分册进行了修订,并补充编写了8个新的分册,于2007年出版发行。这样,《普及读本》第二版共出版了19个分册,涵盖了陆上石油、海洋石油勘探、开采与储运,天然气开发与利用,石油炼制,石油化工和绿色石油化工等相关领域。

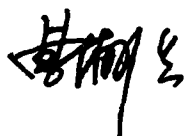
《普及读本》以企业经营管理人员和非本专业技术人员为读者对象,强调科普性、可阅读性、实用性、知识及技术的先进性,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业的各个技术领域的概貌有一个基本了解,能利用通过阅读掌握的知识更好地参与或负责石油石化业的管理工作。这套丛书作为新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版项目,从开始组织编写到最后出版,我们在题材的选择、大纲的审定、作者的选择、稿件的审查以及技术内容的把关等方面,都坚持了高标准、严要求,力求做到通俗易懂、深入浅出、由点及面、注重实用。《普及读本》出版后,在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响,受到了广泛好评。为了满足读者的需求,其中部分分册还

多次重印。《普及读本》的出版发行，对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用，并荣获 2000 年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

为了进一步补充、完善《普及读本》系列读物，根据近年来石油石化工业的发展状况，按照可持续发展的要求，在征求各方面专家意见的基础上，我们决定补充编写乙醇汽油、煤制油、页岩油以及污染治理、信息化等方面的内容；同时对先前出版的分册再次进行修订、更新，组织第三版的出版发行。对于新增补的分册，我们邀请了中国石油、中国石化、中国石油和石化工程研究会以及国内石油和石化高等院校的有关专家进行编写。原有分册的修订工作原则上请原作者负责。

《普及读本》第三版的组织编写、修订和增补工作得到了中国石油、中国石化、中国海油、中国神华和中化集团的大力支持。参与丛书编写、修订工作的专家、教授精益求精、甘于奉献，精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士
美国国家工程院外籍院士



二〇〇九年二月六日

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 自动化仪表智能化	(1)
第二节 信息管理与控制系统一体化	(2)
第二章 测量仪表	(5)
第一节 温度测量仪表	(5)
第二节 压力测量仪表	(8)
第三节 物位测量仪表	(12)
第四节 流量测量仪表	(20)
第五节 调节阀	(37)
第三章 控制系统	(56)
第一节 集散控制系统(DCS)	(56)
第二节 可编程序控制器 (PLC)	(76)
第三节 现场总线控制系统(FCS)	(83)
第四节 监督控制与数据采集系统(SCADA)	(92)
第四章 安全仪表系统	(105)
第一节 可燃气报警系统	(105)
第二节 火灾报警系统	(107)
第三节 扩音对讲系统	(109)
第四节 SIS 智能安全仪表	(110)
第五节 紧急停车系统	(111)

第五章 在线分析仪	(114)
第一节 在线质量分析仪	(114)
第二节 在线近红外线分析仪	(118)
第三节 环境监测分析仪	(126)
第四节 在线色谱分析仪	(129)
第六章 先进控制	(136)
第一节 概述	(136)
第二节 先进控制方法	(137)
第三节 先进控制应用	(141)
第七章 计算机网络技术	(150)
第一节 网络组成和功能	(150)
第二节 网络技术	(151)
第三节 网络安全	(158)
第八章 企业综合自动化系统	(160)
第一节 ERP 基本概念	(161)
第二节 ERP 系统功能	(162)
第三节 MES 系统功能	(164)
参考文献	(168)

第一章 概 述

第一节 自动化仪表智能化

近期国内外仪表自动化系统发展方向是仪表智能化、先进控制软件技术实用化，发展计算机网络技术以及综合自动化控制系统，以适应石油化工工业发展的需要，取得更大的经济效益。

近年来，计算机技术和微电子技术的迅速发展和普及，使工业自动化仪表实现了智能化。现代自动化仪表的智能化是指采用大规模集成电路技术、微处理器技术、接口通信技术，配有软件协调内部操作，使仪表具有智能化处理的功能，并具有非线性处理、温度与压力的补偿、量程刻度标尺的变换、零点的漂移与修正、故障诊断等功能。

例如，过去当流量仪表需要进行温度、压力的补偿时，需要分别测量流量、温度和压力的三台变送器，还需要运算器来计算，而现在一台智能化的流量变送器就可以完成这一任务；又如一台智能化执行器，由于具有多种的自诊断功能，使维修预报成为可能。当执行器调节阀的阀杆行程累计超过一定长度时，就会发出信号通知维修人员进行密封填料的更换；当阀门的动作过于频

繁时也可通知工作人员进行干预，以免发生事故；一体化孔板流量计、在线近红外线分析仪以及安全仪表等均已智能化。

对现场总线仪表，过去控制的算法，只能由调节器或 DCS 来完成，如今一台智能化的变送器或者执行器，只要植入 PID 模块，就可以与有关的现场仪表一起，在现场实现自主调节，从而实现控制的彻底分散，减轻了 DCS 主机的负担，使调节更加及时，并提高了整个系统的可靠性。

总线技术产品正在形成我国自动化仪表结构体系中新的组成部分，部分产品接近或达到国外产品的水平，销售额也占到国产仪表销售额的 30%，加快推进了自动化仪表与工业过程控制系统的智能化、数字化和网络化。

第二节 信息管理和控制系统一体化

随着经济体制的改革，国内企业已从单纯的生产型转变为生产经营型，需要企业审时度势，及时获取信息，预测技术发展及市场动态，减少生产库存成本，把握资金的融通流向。为此，加强信息资源的采集和开发，在此基础上进行处理加工、分析，用以不断加强经营策略和新技术的研究，已成为刻不容缓的工程。由于石化流程工业生产、经营的内外环境联系十分紧密，在生产过程中，生产过程自动化和管理信息化是两个核心环节，数字化和网络化是相关的核心技术，二者有机结合建成信息管理与控制系统一体化企业系统是非常必要的。

信息管理与控制系统一体化就是要建立一个全公司统一的信息管理体系，打破以前分散的系统模式，将销售、供应、生产、科研等环节都结合在一起，通过计算机网络统一数据源，将生产信息与管理信息结合在网上，将企业的职能管理和生产过程控制综合为一体，包括生产经营、计划优化、生产调度、物料平衡、生产成本管理、原料运输、产品分配、工艺过程优化与控制在内的综合管理与控制。

石化企业的管控一体化企业系统即综合自动化控制系统(ERP/MES/PCS)分为三层结构：

第一层是以 PCS(Process Control System, 过程控制系统)为代表的生产过程基础自动化层，有 DCS、FCS、SCADA 等控制系统，在本书中介绍了新型 DCS 系统，它是开放的，多采用容错工业网络，可组成大规模的网络系统和高可靠性的控制系统；现场总线控制系统(FCS)的推出和应用，将会给我国石化企业仪表和控制系统应用带来很大的变化和效益；监控和数据采集系统(SCADA)是一个分级控制系统，在国内外的应用取得了明显的经济效益。

由于计算机技术与通信技术的结合，产生并发展了计算机网络技术，虽然时间不长，但发展很快。从单机与终端之间的通信，到今天世界上成千上万台计算机互联；计算机网络技术也大大促进了自动控制系统与计算机管理系统的发展。

第二层是以 MES(Manufacturing Execution System,

制造执行系统)为代表的生产过程运行优化层, MES 是企业综合自动化系统的中心环节, 在 ERP/MES/PCS 整个系统中起到承上启下的作用。石化企业积极开展 MES 技术的应用, 并推广实时数据库系统、物料平衡系统、炼油生产动态调度系统、实验室管理信息系统等, 为企业 ERP 建设打下良好的数据基础; 先进控制是用来处理那些采用常规控制效果不好, 甚至无法控制的复杂工业过程控制的问题。通过实施先进控制, 达到增强装置运行的稳定性和安全性、提高产品的质量和收率、增加装置处理量, 带来显著的经济效益。

第三层是以 ERP (Enterprise Resource Planning, 企业资源计划) 为代表的生产过程经营优化层。由于市场经济和信息网络技术的发展出现了 ERP 技术。ERP 着眼于企业内部资源的优化整合, 实施 ERP 系统极大地有助于新体制的建立, 推动从以计划、调度为中心的经营模式向以市场为导向、财务为核心的经营模式转化, 以提高企业的核心竞争力。

由于石化工业的大型化、复杂化、信息化和集成化, 仪表与控制系统在现代石化工业中起着越来越重要的作用。仪表已经从过去所说的“五官”, 上升到现在的“神经中枢”。仪表恰恰是头脑的“神经中枢”, 因为信息化是和控制系统连在一起的, 也就是石化企业的管控一体化, 操作员坐在控制室里就能够操作和了解整个现场生产情况。因此, 选好用好仪表与控制系统对提高石化企业生产和经营管理水平至关重要。

第二章 测量仪表

第一节 温度测量仪表

温度是表示物体或系统冷热程度的物理量。为了对物体或系统的冷热程度进行测量，需要确定温标。目前国际上用得较多的温标有摄氏温标、华氏温标、热力学温标和国际实用温标。

温度测量仪表的种类很多，主要有接触式和非接触式两大类。接触式测量是用温度计检出元件与被测对象良好地热接触，通过传导、对流达到热平衡，温度计的示值代表被测对象的真实温度。非接触式测量是指温度计检测部分与被测对象互不接触，而是通过辐射换热达到热平衡，温度计的示值代表被测对象的表观温度。

石化企业生产过程都是在一定温度范围内进行的。温度范围约从 $-200 \sim +1800^{\circ}\text{C}$ ，重要的温度参数需要严格控制在很小范围内，以保证石化产品的质量、收率和生产安全。因此在石化生产中温度及其检测是十分重要的。大多数场合都采用接触式测量仪表，如双金属温度计、热电偶、热电阻等。它们具有简单、可靠、价低、测量精度较高的特点，能够测量到真实的温度。温度变送器和一体化温度变送器、智能温度变送器应用也

比较普遍。它们可将输出信号送到 DCS 或调节仪表中实现温度的自动控制。

一、液体膨胀式温度计

液体膨胀式温度计在炼油、化工厂常用的有有机液玻璃温度计和电接点温度计。有机液温度计，一般用于取数据的场合。在工艺过程操作压力较高及有易燃、易爆的危险性时，一般使用温度计套管而不选用带金属保护管的温度计。电接点温度计，适用于温度位式控制及报警，特别是恒温控制。

二、双金属温度计

双金属温度计在炼油、化工厂已取代大部分水银玻璃温度计。使用双金属温度计表壳直径多数为 $\phi 100$ 和 $\phi 150$ ，结构型式为径向式、轴向式或万向式，安装方式为固定式。

三、压力式温度计

压力式温度计有充气体和充液体两种。适宜近距离集中测量，在有振动、辐射热的场合更有优越性。毛细管机械强度较差，敷设时应避免遭受机械损伤，并注意毛细管不要沿冷热介质的管道和设备外壳敷设。

四、辐射高温计

可用于测微小物体和运动物体的温度以及由于振动、冲击而不能安装其他测温元件的场合。在石油化工厂中有时用于临时检测炉膛或炉管的温度。

五、热电偶、热电阻

热电偶和热电阻是石油、化工厂应用最广的测温元

件。根据工艺介质和测温范围，采用不同材质的保护管。非一般场合应用的称为特殊热电偶、特殊热电阻。

1. 特殊热电阻

(1) 室温热电阻。用于指示和控制室内温度，主要用于恒温室、恒温车间或冷藏库等。

(2) 高压热电阻。用于高压管道或容器，适于测水蒸气、气体或其他介质的温度。

(3) 油罐平均温度计。感温部分可随油面高低而变化，测温范围， $-30 \sim +100^{\circ}\text{C}$ ，与热电偶相比，测量精度高，但易出故障。一般炼油厂油罐测温要求较高时，可用油罐平均温度计。

(4) 超小型热电阻。用于测量轴承、轴瓦等物体的表面温度，测温范围 $-50 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 。

2. 特殊热电偶

(1) 铠缆热电偶。铠缆热电偶外面套管是耐酸不锈钢管，内装由电熔氧化镁绝缘的一对热电偶丝，一起拉制而成。精度 0.75 级或更高，管径 $\phi 1 \sim \phi 5\text{mm}$ ，最小弯屈半径 $2.5D$ 。

主要特点：

① 热惰性小，反应速度快。

② 耐腐蚀性好，寿命长。

③ 机械强度高，可耐强烈振动和冲击，适宜各种高压装置。

④ 容易做成各种特殊用途的形式，如多点热电偶、表面热电偶、微型热电偶等。长短可根据需要而定。

(2) 耐磨热电偶。用硬质合金堆焊的保护管做成耐磨热电偶，适用于高温及高速流动状态的温度测量(如乙烯裂解炉、催化裂化及丙烯腈装置等)，已有定型产品。

(3) 表面热电偶。感温元件有弓形、凸形、针形和固定式四种形状。适用于各种形状固体表面温度的测量，使用时需根据测量物体表面形状来选用。

(4) 多点式热电偶。以负极作为公用电极，多个正极根据各测量点的位置，分别焊在公用电极上做成多点式热电偶。也可由长度不等热电偶在多孔绝缘瓷珠中组成。在石化装置中反应器、合成塔、转化炉应用较多。

(5) 防爆热电偶。接线盒为隔爆结构，用于爆炸危险场所。

第二节 压力测量仪表

垂直均匀地作用于单位面积上的力称为压力，亦称压强。物体上所有压力的和称为绝对压力。空气柱形成的压力称为大气压力。当绝对压力大于大气压力时，两者的差为正，称为表压。反之，差值为负，称为负压。测量绝对压力的仪表称为绝对压力表。普通压力仪表测得的压力为表压。测量负压的仪表一般称为真空表。既能测量表压又能测量负压的仪表称为压力真空表。随着电子技术和半导体技术的发展，以及为了适应大型工业生产流程和计算机控制的要求，陆续出现了多种原理的

压力传感器、变送器(如电阻、电感、电容、压电、压阻、振频等)和特种压力仪表,使压力测量技术进入新的阶段。目前,对量值数毫米汞柱至 250MPa 以上的流体压力以及高温介质、脉动介质、腐蚀介质、黏稠状、粉状及易结晶介质的压力均有压力仪表可以测量,精度可达 0.1 级以上。仪表在可靠性、寿命、精确度、频率响应、信号传送距离、耐环境条件及抗电磁干扰等指标方面,均有很大提高。

1960 年第十四届国际权度大会规定以 Pa(Pascal, 帕)作为国际制压力单位。它等于每 1 平方米的面积上垂直作用 1 牛顿的力产生的压力, $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ (1 帕 = 1 牛顿/米²)。

在石化装置生产中,压力的检测和控制占有非常重要的地位。它是产品质量和安全生产的重要保证。测量范围从负压(减压塔)到 300MPa(高压聚乙烯反应器),从就地检测压力表到压力变送器、压力传感器,都得到了广泛的应用。

一、压力仪表量程和精度

1. 量程

在测稳定压力时,最大量程应选择接近而又大于正常值的 1.5 倍;在测交变压力时,则最大量程应选择接近而又大于正常值的 2 倍;往复泵出口压力测量的最大量程应选择接近而又大于往复泵出口的最大压力;真空表不受此限。因为在测量时,稳定压力常使用在分度上限值的 $1/3 \sim 2/3$ 处;交变压力不大于分度上限的 $1/2$,

对于瞬间测量，允许使用至分度上限的 $3/4$ ，这样可保持弹簧管长时期的弹性不变形。

2. 精度

精度的选择要以经济、实用为原则。一般工业用 1.5 级、2.5 级已足够，在科研、精密测量和校验压力表时，则需用 0.4 级或 0.25 级以上的精密压力表和标准压力表。校验测量上限为 0.25MPa 以内的 0.16 级、0.25 级标准压力表和真空表或其他类似仪器可用双活塞真空压力计，校验 0.25MPa 以上的同样精度的标准压力表可用活塞式压力计校验。

二、使用环境和介质性能

(1) 腐蚀性稀硝酸、乙酸、氨类及其他一般腐蚀介质，用耐酸压力表、精密压力表、氨用压力表、不锈钢为膜片的膜片压力表。

(2) 易结晶、黏性强的介质、用膜片压力表。

(3) 爆炸性环境、远传和带调节采用气动仪表，用电动仪表时需用防爆型。

(4) 机械振动强的场合，需用船用压力表。测脉动压力时需装螺旋形减振器和阻尼阀。

(5) 带粉尘气体的测量需安装除尘器。

(6) 强腐蚀性含固体颗粒、黏稠液的介质、稀盐酸、盐酸气、重油类及其类似介质可用吹气法、冲液法或制造隔离膜盒和充隔离液测量。隔离膜盒中的膜片材质为四氟橡胶或四氟塑料。隔离测量又可采用将隔离液直接注入测量管或隔离罐两种方法，前者多用于平稳压