

石油化工仪表 自控系统应用手册

SHIYOU HUAGONG YIBIAO
ZIKONG XITONG
YINGYONG SHOUC

中国石油和石化工程研究会 组织编写

解怀仁 王成林 主编



化学工业出版社

石油化工仪表 自控系统应用手册

中国石油和石化工程研究会 组织编写

解怀仁 王成林 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《石油化工仪表自控系统应用手册》介绍了石油化工行业自动控制最新的理念、技术和装备,对不同类生产装置的仪表与自控系统进行了详细的介绍。分为两篇,第1篇仪表与控制系统,共16章,内容包括温度、压力、物位、流量等测量仪表;在线分析仪、调节阀和安全仪表系统;过程控制系统,包括无线网络系统、集散控制系统(DCS)、可编程控制器(PLC)、现场总线控制系统(FCS)、监督控制与数采系统(SCADA)、先进过程控制(APC)以及企业综合控制系统;最后还介绍了防爆电气设备的选用和自控工程设计软件(INTOOLS)等。第2篇典型炼化装置仪表与控制应用,共27章,主要介绍炼油装置自动化仪表应用、乙烯裂解、聚乙烯等装置仪表控制系统应用、煤制油自动化仪表应用、化肥仪表控制系统应用、海洋石油仪表控制系统和油气田仪表控制系统等应用。

本手册内容丰富、案例实用,可作为石油化工设计院、工程公司和企业仪表自控技术人员的工程设计和应用手册,也可供相关行业如电力、冶金、钢铁、造纸及水泥等的仪表自控人员参考,还可以作为大专院校自动化、仪表专业师生的参考书。



图书在版编目(CIP)数据
石油化工仪表自控系统应用手册/解怀仁,王成林主编. —北京:
化学工业出版社, 2014.6

ISBN 978-7-122-20473-8

I. ①石… II. ①解… ②王… III. ①石油化工-化工仪表-自动控制系统-手册 IV. ①TE967-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 079831 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 孙 科

责任校对: 边 涛

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张31 字数811千字 2014年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 148.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2014—19 号



技术领先 功能强大

过程分析仪器

siemens.com.cn/analytics

西门子公司拥有过程分析领域40多年的丰富经验和不断创新的技术，为您提供技术领先、功能强大的各种过程分析仪器，并根据您的工艺条件和特定要求量身定做，为您提供优化的系统配置、集成和现场服务。

MAXUM Edition II 过程气相色谱仪

- 并行色谱技术
- 空气浴、电加热、模块化多种柱箱选择
- 全新中文触屏操作面板

STRANS CV 天然气计量专用色谱仪

- 采用MEMS技术，模块化设计
- 天然气专用，可同时输出组成、热值、密度、韦伯指数等参数
- 多检测器结合毛细柱，分析周期短至100秒

LDS 6 激光分析仪

- 原位测量，适用于脱硫脱硝、排放监测、过程控制等领域。
- 测量组分： O_2 、 NH_3 、 HCl 、 HF 、 H_2O 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 等
- 内置标定系统，无需维护

6系列连续分析仪

- 西门子6系列的连续过程气体分析仪凭借其外壳设计、防爆保护、抗腐蚀性以及通讯能力等方面的灵活配置，能为各种应用找到最优的解决方案。

西门子（中国）有限公司工业业务领域工业自动化集团
咨询热线：021-3889 3507



一起·探索



新颖结构 优越性能

质量流量计TS系列



CMF-CNG



CMF-US



CMF-单管



EMF-SX



MSM-100



OAM-800



WADT-100-II



FS-100

www.walsn.com.cn

TS系列科氏质量流量计是WALSN公司新一代 α 型双测量管科氏质量流量计，配有基于数字信号处理器(DSP)的电子转换装置，集传感器的数字闭环振动控制、信号处理、计算和诊断功能于一身，具有测量精度高、量程比宽、可靠性好的优点。可与手操器通过HART,或与PC通过MODBUS通讯，直接对其进行在线节点配置、故障诊断和数据记录。

Walsn

世界级的流量测量和分析检测解决方案

加拿大沃森实业有限公司北京代表处

免费热线：400 800 3658 传真：010-8231 9251 北京市海淀区北四环中路238号柏彦大厦1301

此为试读，需要完整PDF请访问：www.eitongbook.com

《石油化工仪表自控系统应用手册》

编委会

主任：阎三忠 刘根元

副主任：刘均安 王成林 刘彦波 范忠琪 解怀仁 蔡善华

编委（按姓名汉语拼音排列）：

蔡善华	陈 鹏	范忠琪	纪 红	金 阳	瞿国栋
李永康	梁杰灿	林鸿俊	林祖汉	刘春宾	刘根元
刘均安	刘 伟	刘秀琴	刘彦波	罗海涛	马维迁
聂中文	潘 峰	邱华云	邱彤宇	师 平	石彦秋
斯可克	王成林	王大正	王为华	王雪梅	魏钦志
吴朝晖	吴锦荣	解怀仁	阎三忠	余海斌	张殿文
赵文生	周贵田	周 人			

《石油化工仪表自控系统应用手册》

编写人员

主 编：解怀仁 王成林

副 主 编：刘彦波 吴锦荣 范忠琪 蔡善华

编写人员（按姓名汉语拼音排列）：

安岁芹	蔡善华	陈凤梅	陈海生	池晓嘉	董仲芸
范忠琪	方 亮	高 峰	高 原	高志斌	耿立军
关 力	郭 玲	韩明星	何世胜	黄懿雪	郎小平
李 果	李 浩	李俊峰	李文胜	李晓鹏	梁 平
刘昊阳	刘宏奎	刘 健	刘彦波	刘艳刚	刘燕珍
刘 媛	隆亚新	吕东风	马 吉	丘 昕	邵海龙
石 玮	宋 爽	孙 鹏	孙明光	孙 颖	谭 阳
王爱军	王成林	王 浩	王良瑾	王 林	王 茜
王毅彪	王雨辰	魏剑萍	吴建民	吴锦荣	夏嘉桦
解怀仁	邢建芬	徐景新	许 宁	杨丽英	杨振鹏
于 波	张爱丽	张奥博	张 斌	张洪涛	张 平
赵弘远	赵 娜	赵 远	甄殿文	郑丽菊	郑智明

前言 FOREWORD

我国石油化工工业高速发展,取得了令人瞩目的伟大成就,我国已经成为全球石油化工生产大国。我国炼油、石化工业正沿着大型化、基地化、一体化以及智能化和清洁化方向发展,这也对石油化工仪表与控制系统提出了更高要求。同时,石油化工仪表与控制系统的技术水平也相应得到了快速提升。如今石化企业全过程努力实现智能化生产及管理,大大提高了石油化工生产的现代化控制水平。为了反映石油化工仪表与控制系统最新发展及石油化工工业化应用的实践成果,总结国内现代化大型炼化一体化项目以及千万吨级炼油、百万吨级乙烯,以及化工、油田、煤制油、海上石油等工程项目使用先进的仪表与控制系统的经验,为广大石油化工仪表自控设计和企业技术人员提供有益的学习和借鉴资料,中国石油和石化工程研究会组织长期从事石油石化仪表自控专业工作并在该领域中积累了丰富的丰富经验的专家、高级工程师编写了《石油化工仪表自控系统应用手册》(以下简称《手册》)。

本《手册》介绍了石油化工行业自动控制最新的理念、技术和装备,代表着当前仪表自控应用的较高水平;同时,对不同生产装置(如炼油、乙烯、化工、化肥、油田、海洋石油等)的仪表与自动控制分别进行介绍,有利于石油化工仪表自控人员从新知识、新技术的学习中不断提高知识水平和技术水平。

本《手册》的特点如下。

1. 反映石化仪表自动化的先进技术水平,实用性强。根据国内外仪表控制系统的最新发展,编写了最新仪表装备的应用,网络安全和无线网络系统、最新的 DCS、现场总线控制系统的应用;先进控制技术的实施,ERP-MES 系统和 INTOOLS 软件的应用以及安全仪表系统功能安全等,以适应现代化大型石化工程发展的需求。

2. 总结典型的现代化大型工程项目仪表控制系统的工业应用,指导性强。《手册》介绍了近几年国内新建并投产的千万吨级炼油、百万吨级乙烯以及大型化肥、油田、煤制油、海洋石油控制等工程项目仪表与控制系统应用的经验。对仪表自控工程设计与企业仪表人员具有一定的指导作用。

本《手册》内容共分为两篇,第 1 篇仪表与控制系统共 16 章。第 1~4 章介绍温度、压力、物位、流量四大测量仪表;第 5~7 章介绍在线分析仪表、调节阀和安全仪表系统;第 8~14 章介绍过程控制系统,包括工业控制网络与无线网络、集散控制系统(DCS)、可编程控制器(PLC)、现场总线控制系统(FCS)、监督控制和数据采集系统(SCADA)、先进过

程控制（APC）以及企业管理控制系统；第15和16章分别介绍防爆电气设备的选用和自控工程设计软件（INTOOLS）等。

第2篇典型炼化装置仪表与控制应用共有27章：主要有炼油厂自动化仪表应用常减压装置仪表控制系统，催化裂化DCS控制、电液滑阀的控制，加氢裂化装置、连续重整装置、气体分馏装置、延迟焦化装置的仪表控制，加氢裂装置和制硫装置的控制系统，乙烯裂解、聚乙烯聚丙烯、丙烯、顺丁橡胶、制苯等装置仪表控制系统应用，化肥自动化仪表控制、海洋石油仪自动化表控制和油气田自动化仪表控制系统等应用，还介绍了石化电站锅炉、热电站锅炉烟气脱硫的控制。

本《手册》是石油化工各设计院、工程公司和企业仪表自控技术人员所需的工程设计和应用手册，也可供其他行业如电力、冶金、钢铁、造纸及水泥等仪表自控人员以及大专院校自动化、仪表专业师生、科研院所专业技术人员作参考书。

本《手册》的编写、校审和出版用了近两年的时间，我们对支持本《手册》出版以及所有撰稿人、审稿人、编委和出版人员为《手册》付出的辛勤劳动和贡献表示由衷的感谢。

周旭 刘振元

目录

CONTENTS

第1篇 仪表与控制系统

001

Chapter 1	第1章 温度测量仪表	002
1.1	温度测量仪表原理	002
1.2	温度测量仪表选型原则	003
1.3	温度测量仪表的应用	003
Chapter 2	第2章 压力测量仪表	006
2.1	压力测量仪表的分类	006
2.2	压力测量仪表的选用原则	008
Chapter 3	第3章 物位测量仪表	010
3.1	物位测量仪表选型	010
3.1.1	物位仪表选型原则	010
3.1.2	物位仪表的分类及技术指标	010
3.2	伺服式液位计	012
3.2.1	工作原理	012
3.2.2	伺服式液位计特点	012
3.2.3	伺服液位计在原油储罐中的应用	013
3.2.4	如何使用好伺服液位计	014
3.3	磁致伸缩液位计	014
3.3.1	工作原理	015
3.3.2	技术参数	015
3.3.3	仪表的安装	015
3.4	雷达液位计	018
3.4.1	工作原理	018
3.4.2	雷达液位计组成	018
3.4.3	应用的介质	018
3.4.4	主要技术指标	018
3.5	矩阵式液位测量仪	019
3.5.1	工作原理	019
3.5.2	性能参数	019

3.5.3 应用范围	020
3.6 自动油罐切水器	020
3.6.1 工作原理	020
3.6.2 油罐自动切水器的使用	022

Chapter 4

第4章 流量测量仪表	025
4.1 流量测量仪表特点	025
4.2 流量仪表的选用原则	026
4.2.1 流量仪表的选用	026
4.2.2 节流装置的选用	026
4.3 智能型一体化孔板流量计	028
4.3.1 工作原理	028
4.3.2 一体化孔板流量计特点	029
4.3.3 智能演算器的特点	029
4.3.4 应用范围	029
4.3.5 孔板计算应注意的问题	029
4.4 楔形流量计	031
4.4.1 工作原理	031
4.4.2 结构和基本特点	032
4.5 平衡流量计	033
4.5.1 工作原理	033
4.5.2 平衡流量计的计算公式	034
4.5.3 平衡流量计特点	035
4.6 锥形流量计	037
4.6.1 工作原理	037
4.6.2 锥形流量计特点	038
4.7 气体超声流量计	039
4.7.1 工作原理	039
4.7.2 影响测量准确度的因素	040
4.7.3 现场应用	041
4.7.4 在线检定与核查	042
4.8 涡街流量计	043
4.8.1 工作原理	043
4.8.2 防振措施	044
4.8.3 测量液体时压损及能耗计算	045
4.8.4 测量气体时压损及能耗分析计算	045
4.8.5 举例计算	046
4.9 质量流量仪表	046
4.9.1 工作原理与结构	046
4.9.2 技术特性和技术参数	047
4.9.3 安装要求	048

4.9.4	质量流量计用于腐蚀介质	048
4.10	双向体积管检定设备	049
4.10.1	工作原理	050
4.10.2	双向体积管的特点	050
4.10.3	双向体积管检定系统	051
Chapter 5	第 5 章 在线分析仪表	053
5.1	在线质量分析仪	053
5.1.1	炼化在线质量分析仪表	053
5.1.2	在线近红外线分析仪	054
5.1.3	工业核磁共振仪	055
5.2	在线全馏程分析仪	056
5.2.1	工作原理和系统结构	056
5.2.2	主要技术指标和工作条件	058
5.3	在线倾点分析仪	059
5.3.1	工作原理	059
5.3.2	仪表特点	061
5.3.3	主要技术指标	061
5.4	在线闪点分析仪	061
5.4.1	工作原理	061
5.4.2	电路结构	062
5.4.3	有关防爆问题	062
5.4.4	分析仪主要特点	063
5.4.5	技术指标	063
5.5	氧化锆氧分析仪	063
5.5.1	工作原理	063
5.5.2	仪表结构及种类	064
5.5.3	直插检测式氧探头	064
5.6	在线气相色谱分析仪	065
5.6.1	色谱分析仪的定义	065
5.6.2	设计选型要点	065
5.6.3	全新在线气相色谱仪	066
5.7	石化在线水质分析仪	067
5.7.1	在线水质分析仪选型的原则	067
5.7.2	污水处理与监测	069
5.8	常规电化学分析仪	070
5.8.1	pH/ORP 分析仪	070
5.8.2	电导率分析仪	077
5.8.3	钠离子分析仪	080
5.9	溶解氧分析仪	081
5.9.1	电化学式溶解氧测量原理	081

5.9.2	荧光淬灭式溶解氧测量原理	082
5.9.3	一些特殊样品的溶解氧检测	084
5.10	浊度分析仪	084
5.10.1	浊度测量原理与影响因素	084
5.10.2	浊度/悬浮物浓度单位	085
5.10.3	浊度/悬浮物浓度分析仪	086
5.10.4	污染密度指数 SDI 分析仪	088
5.11	在线总有机碳分析仪 (TOC)	089
5.11.1	TOC 的定义与测定原理	089
5.11.2	在线 TOC 的分析流程	091
5.11.3	主要的 TOC 分析方法	092
5.11.4	总有机碳 (TOC) 分析的应用	094
5.12	在线化学需氧量分析仪	095
5.12.1	COD 的分析方法	095
5.12.2	在线 COD 分析仪的应用	097
5.12.3	其他在线 COD 检测方法	097
5.13	水中油分析仪	098
5.13.1	水中油存在的重要形式	098
5.13.2	水中油测量方法	099
5.13.3	在线水中油分析仪选择	101
5.13.4	水面油膜监测仪介绍	102
5.14	水中污染物分析仪	103
5.14.1	氨氮/硝氮/总氮分析仪	103
5.14.2	磷酸根/总磷分析仪	106
5.14.3	在线总氮/总磷/COD 分析仪	108
5.15	水中消毒剂 and 联氨分析仪	110
5.15.1	在线水中余氯分析仪	110
5.15.2	在线水中臭氧分析仪	113
5.15.3	在线联氨分析仪	115
Chapter 6	第 6 章 调节阀	117
6.1	调节阀的选用	117
6.2	调节阀的应用	122
6.2.1	直通单双座调节阀	122
6.2.2	角形和三通调节阀	122
6.2.3	隔膜调节阀和软管阀	123
6.2.4	蝶阀与球阀等调节阀	123
6.2.5	其他阀	125
6.3	各种调节阀及参数	125
6.3.1	直通阀	125
6.3.2	套筒阀	125

6.3.3	角形阀	126
6.3.4	高压阀	126
6.3.5	高压差阀	126
6.3.6	球阀	127
6.3.7	执行机构	127
6.4	智能电气阀门定位器	129
6.4.1	工作原理	129
6.4.2	通信和互操作性能	130
6.4.3	组态功能	130
6.4.4	诊断功能	131
Chapter 7	第 7 章 安全仪表系统 (SIS)	132
7.1	石化安全仪表系统设计	132
7.1.1	功能安全标准体系	132
7.1.2	安全仪表系统设计原则	133
7.1.3	安全仪表系统设备选用	134
7.1.4	工程实施时可参考的经验	135
7.2	成品油管道安全仪表系统	135
7.2.1	安全仪表系统的设计原则	135
7.2.2	系统整体介绍	136
7.2.3	安全仪表系统实现的功能	138
7.3	ICS 安全系统在焦化的应用	139
7.3.1	ICS 系统配置	139
7.3.2	主要控制回路	139
7.3.3	维护经验	141
7.3.4	关键仪表应用	141
7.4	DeltaV 安全仪表系统应用	142
7.4.1	DeltaV 安全仪表系统简介	142
7.4.2	SIS 系统在苯乙烯装置的应用	142
7.5	乙烯压缩机油系统联锁控制	144
7.5.1	停车故障分析及解决措施	145
7.5.2	油系统联锁仪表三取二	145
7.6	石化工艺危险性分析	146
7.6.1	PHA 概念及分析方法	146
7.6.2	多晶硅项目 PHA 工作描述	147
7.6.3	PHA 仪表设计实施策略	148
7.7	可燃气体检测	149
7.7.1	火灾报警系统组成	149
7.7.2	可燃气体探头类型	150
7.7.3	可燃气体探头选型	152

Chapter 8	第 8 章 工业控制网络与无线网络	153
8.1	工业控制网络安全	153
8.1.1	工业控制系统	153
8.1.2	工业控制系统安全分析	154
8.1.3	工业控制系统安全防护策略	157
8.2	油田网络安全设计案例	160
8.2.1	油田网络系统	160
8.2.2	安全风险分析	161
8.2.3	解决方案	161
8.2.4	可行性评估	162
8.2.5	应用设备	162
8.3	PIMS 隔离网关应用	162
8.3.1	应用背景	162
8.3.2	系统说明	163
8.3.3	解决方案	163
8.4	多协议网关的应用	164
8.4.1	应用软件的设计	164
8.4.2	软件工作流程	166
8.5	工业无线国际标准和应用	168
8.5.1	无线网技术介绍	168
8.5.2	应用介绍	169

Chapter 9	第 9 章 集散控制系统	171
9.1	DCS 的选用	171
9.1.1	DCS 软硬件技术特点	171
9.1.2	DCS 的选用	173
9.1.3	石化对 DCS 的要求	176
9.2	LN2000 控制系统	176
9.2.1	LN2000 DCS 特点	176
9.2.2	LN2000 DCS 技术指标	177
9.2.3	LN2000 系统的应用	178
9.3	PKS 过程知识系统	180
9.3.1	Experion PKS 系统	181
9.3.2	Experion PKS 组态工具	184
9.3.3	控制策略组态	185
9.3.4	用户画面组态	185
9.3.5	全局数据库	185
9.4	PKS 在硝酸装置中的应用	186
9.4.1	PKS 系统概述	186
9.4.2	系统组态	186

9.4.3	安装调试	189
9.5	PCS7 系统在锅炉的应用	189
9.5.1	控制系统介绍	189
9.5.2	人机界面开发	192
9.5.3	主要控制功能	193
9.5.4	存在问题及解决方法	194
9.6	MACS 在石化的应用	196
9.6.1	工艺装置简介	196
9.6.2	项目特点	196
9.6.3	项目的设计	197
Chapter 10	第 10 章 可编程序控制器	198
10.1	PLC 的选型原则	198
10.2	PLC 在高压聚乙烯上的应用	200
10.2.1	LDPE 装置简介	200
10.2.2	控制系统配置	201
10.3	站控系统 PLC 设计	204
10.3.1	站控系统 PLC 设计步骤	204
10.3.2	PLC 系统设计	204
Chapter 11	第 11 章 现场总线控制系统	206
11.1	现场总线技术特点及产品	206
11.2	FCS 体系结构	208
11.2.1	系统层	208
11.2.2	网络层	208
11.2.3	网关桥路控制器和 I/O 层	209
11.2.4	软件	210
11.3	FCS 的设计	211
11.3.1	系统设计注意事项	211
11.3.2	现场总线网络的建立	213
11.3.3	现场总线拓扑结构	216
11.3.4	系统投运注意事项	216
11.4	System302 控制系统设计实例	218
11.4.1	系统规划	218
11.4.2	H1 总线设计和设备选型	218
11.4.3	安装施工设计	220
11.4.4	组态编程	220
11.4.5	对 FFFCS 的评价	221
11.4.6	FCS 怎样将控制下放到现场	221

Chapter 12	第 12 章 监督控制和数据采集系统	224
12.1	SCADA 的选型	224
12.1.1	SCADA 系统的主要功能	224
12.1.2	SCADA 选型要点	224
12.2	长输管道 SCADA 系统设计	225
12.2.1	长输管道的特点	225
12.2.2	长输管道 SCADA 系统的构成	225
12.2.3	调度控制中心功能	225
12.2.4	站控制系统的功能	227
12.2.5	阀室控制系统功能	229
12.3	长输天然气管线 SCADA 系统	229
12.3.1	输气管线主要流程	229
12.3.2	输气管线自动化系统	230
12.3.3	SCADA 系统的配置	232
12.3.4	仪表设备选型	235
12.4	原油管线 SCADA 系统	236
12.4.1	工艺简介	236
12.4.2	原油管线 SCADA 系统组成	237
12.4.3	SCADA 系统结构	237
12.4.4	硬件配置	239
Chapter 13	第 13 章 先进过程控制	240
13.1	催化裂化装置先进控制	240
13.1.1	系统构成	240
13.1.2	优化控制要求	241
13.1.3	目标函数与优化变量	241
13.1.4	优化方法和优化软件	242
13.1.5	优化协调先进控制系统	243
13.1.6	应用效果	244
13.2	常减压装置先进控制	246
13.2.1	工艺装置简介	246
13.2.2	先进控制系统的设计	246
13.2.3	系统硬件、软件环境	247
13.2.4	关键技术	247
13.2.5	应用效果	248
13.3	汽油调和控制与优化	248
13.3.1	汽油调和自动控制	248
13.3.2	管道调和优化技术	250
13.3.3	优化系统总体设计	251
13.3.4	Invensys 调和优化系统	254