

黄宋魏 等编著

GONGYE GUOCHENG KONGZHI XITONG  
JI GONGCHENG YINGYONG

# 工业过程控制系统 及工程应用

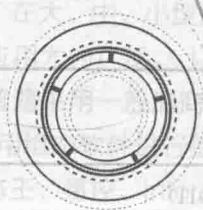
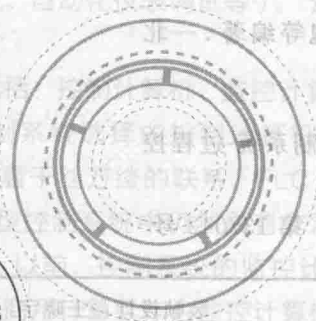
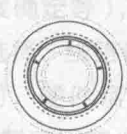


化学工业出版社

黄宋魏 等编著

GONGYE GUOCHENG KONGZHI XITONG  
JI GONGCHENG YINGYONG

# 工业过程控制系统 及工程应用



化学工业出版社

北京

《工业过程控制系统及工程应用》以工业过程控制系统的设计开发及工程应用为主线,从当前工业过程控制的实际需要和过程控制的最新发展出发,结合编著者控制系统工程应用的研究成果,系统地介绍了控制系统设计开发与工程应用需要具备的基础知识和基本技术方法。并在全书最后详细介绍了底吹熔炼炉控制系统的设计开发及工程应用案例。

本书共9章,第1章介绍控制系统的基本概念和基本原理;第2章介绍控制系统的设计开发及工程应用规划;第3章为控制系统的最新设计规范;第4章介绍控制系统现场检测仪表和执行仪表的应用选型及设计;第5章介绍控制计算机的硬件技术及系统设计方法;第6章介绍控制编程软件的功能及用法;第7章介绍监控组态软件的功能及用法;第8章介绍控制系统调试与维护方法;第9章介绍底吹熔炼炉生产过程控制系统的设计开发与工程应用案例。

本书主要面向自控类专业的读者编写,涉及的内容基本涵盖了构建一般工业过程控制系统所必需的基础知识和基本技术方法,内容较为系统全面,叙述简明扼要、通俗易懂、循序渐进、方便自学。可作为工程技术人员、相关专业的师生以及刚步入工作岗位的大学毕业生的教材和参考书,可以作为高等学校的研究生和高年级本科生的专业教材。

# 工业过程控制系统及工程应用

## 图书在版编目(CIP)数据

工业过程控制系统及工程应用/黄宋魏等编著. —北京:化学工业出版社, 2015. 8  
ISBN 978-7-122-24494-9

I. ①工… II. ①黄… III. ①工业控制系统-过程控制 IV. ①TB114. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 137042 号

责任编辑:袁海燕  
责任校对:蒋宇

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23 字数607千字 2015年9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: 68.00 元

版权所有 违者必究

## 前言 FOREWORD

目前，控制系统在工业生产中的应用发展很快，已经深入到了工业过程的各个方面，在工业生产中发挥了巨大的作用。控制新技术和控制新装备的不断涌现，急需大量的掌握相关技术知识和具有较强动手能力的技术人员。然而，目前我国的实际状况是：许多自控专业的高年级本科生、研究生、刚步入工作岗位的毕业生、没有参加过工程实践或者工程经验不足的技术人员，对工业过程控制系统的设计开发和应用缺乏整体的了解，也不太清楚实际控制系统的设计开发具体需要掌握什么样的知识和技术，不太了解如何综合运用这些知识和技术进行控制系统的设计开发和应用调试等。为此结合作者的工程实践经验撰写了这本书。

典型工业过程控制系统实施的整个过程主要包括：控制任务的提出、控制系统规划（包括初步方案提出、方案论证、方案确定等），控制系统设计（包括结构设计、自动化仪表选型、控制主机选型、组态软件的选择、线路设计、安装设计、供电与供气设计、报警及联锁设计、控制室设计、接地设计等），硬件系统的安装组建（包括主机安装、自动化仪表安装、配管配线、布线接线等），控制应用软件与监控应用软件的开发（包括控制计算机的控制软件、监控计算机的监控软件等），控制系统调试（包括控制计算机硬件及软件调试、监控计算机硬件及软件调试、自动化仪表调试等）。这些过程工作联系紧密，共同决定着控制系统的质量和性能。

控制系统组成主要包括：控制计算机、监控计算机、控制及监控软件、检测仪表、执行机构等。目前，可供控制系统选择的控制计算机类型很多，主要有 PLC、DCS 和 FCS 等，这三种控制计算机有着千丝万缕的联系，PLC 因价格较低、性能接近 DCS、易于组建控制系统，在大、中、小型控制系统中仍然具有非常重要的地位，其中西门子 PLC 在我国工业过程应用尤为广泛。以前，控制系统的监控计算机主要采用专门的工控机，近年来，控制系统普遍采用一般的商用计算机作为监控计算机，并且其安全性与工控机性能相当甚至更好。采用组态软件进行监控系统开发已是控制系统惯用的手段，可供选择的组态软件主要有：组态王、易控、Intouch、Wincc、iFix 等，组态王属国产组态软件，因价格低廉、性能已达到国际先进水平，在我国得到了广泛的应用。控制系统的总体可靠性往往由自动化仪表决定，自动化仪表的类型和品牌很多，主要有 DCS 和 FCS 两大类型，FCS 仪表因技术先进、性能优越，是自动化仪表发展的方向，因种种原因，DCS 类型的自动化仪表仍然占主导地位，可以预见，DCS 类和 FCS 类型的自动化仪表将长期共存。

目前，各种类型的控制计算机、自动化仪表层出不穷，采用什么规范进行自控项目设计成为困惑自控设计人员的问题，“HG/T 自控设计规定—2000”提出了 PLC 控制系统与 DCS

的设计规范，而没有 FCS 的设计规范，而实际上，自控设计人员在进行具有模拟量和数字量控制系统设计时，不管采用的控制计算机是 PLC、DCS 还是 FCS，往往采用 DCS 的设计规范。为了适应新形势、新发展的需要，2014 年 10 月，我国工业与信息化部发布了“HG/T 自控设计规定—2014”，与 2000 年发布的“HG/T 自控设计规定—2000”比较，新版本大部分还沿用以前的规范，但对一些图形符号及含义进行了修改，增加了“术语”、仪表回路号、信号处理功能图形符号、二进制逻辑图形符号等新内容。基本上统一了不同控制系统类型的设计规范，在自动化仪表和控制主机方面，新规范与 2000 版 DCS 规范大致相同。本书及时介绍了这种新变化。

《工业过程控制系统及工程应用》以工业过程控制系统的设计开发及工程应用为主线，从当前工业过程控制的实际需要和过程控制的最新发展出发，结合编著者控制系统工程应用的研究新成果，系统深入地介绍了控制系统设计开发与工程应用需要具备的基础知识和基本技术方法。本书共 9 章，第 1 章介绍控制系统的基本概念和基本原理；第 2 章介绍控制系统的工程规划，包括设计步骤、硬件配置、软件配置、监控系统设计开发和工程实践等；第 3 章结合 2014 版自控设计规范，简要介绍了工业过程控制系统的相关设计规范；第 4 章介绍控制系统现场检测仪表和执行仪表的设计选型方法；第 5 章以最常用的西门子 S7-300/400PLC 为应用机型，简要介绍了 CPU、I/O 模块等的技术性能，以及 PLC 控制系统的设计和构建方法；第 6 章介绍西门子 S7-300/400PLC 的编程软件 STEP7 的功能及编程方法；第 7 章介绍最为常用的国产组态软件——组态王 V6.55 的主要功能和使用方法；第 8 章介绍控制系统的应用调试和运行维护方法；第 9 章较为详细地介绍了底吹炉熔炼生产过程控制系统的设计开发及实际应用案例，包括生产工艺过程，测控内容及要求，现场测控点的确定，测控仪表的选型，控制系统硬件及软件配置，底吹炉监控界面的设计开发等，以便于读者学习实际工业过程控制系统的设计方法。

本书既是初学者的教材又是自控工程技术人员的参考书，是一本理论紧密联系实际的控制系统设计开发及工程应用的著作。本书较为系统地介绍了工业过程控制系统设计开发和工程应用所具备的基础知识和基本技术方法，面向的是非常广大的自动化专业的工科师生和工程技术人员，学术性、技术性、实践性都很强。内容叙述简明扼要、通俗易懂、循序渐进、方便自学，十分适合工程技术人员的自学，也可作为高校的自动化类专业的高年级本科生、研究生的理论和实践教材。

本书由黄宋魏、张博亚、童雄、和丽芳共同撰写。本书共 9 章，第 1 章由和丽芳、黄宋魏撰写，第 2、3、5、6、7、8 章由黄宋魏撰写，第 4 章由童雄、黄宋魏撰写，第 9 章由张博亚、黄宋魏撰写，全书由黄宋魏统稿。本书撰写过程中得到了昆明理工大学以及云南铜业股份有限公司的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于本书内容涉及多种学科技术前沿，内容丰富、实践性强，且知识面广，加上作者学识有限，因此，难免存在不妥之处，殷切期待广大同行、读者给予批评指正。

编著者

2015 年 6 月

# 目 录 CONTENTS

2.5.3 工程设计阶段应完成的工作	50	全册书籍总目录	1.0.1
2.6.4 应用软件安装与调试完成的工作	50	第1章 绪论	1.0.1
<b>第1章 控制系统概论</b>		书籍目录	1.0.1
1.1 控制系统的基本组成	1	第2章 工业控制系统的组成	1.0.1
1.1.1 控制主机	1	第3章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.2 检测仪表	2	第4章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.3 执行机构	2	第5章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.4 通信设备	2	第6章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.5 操作器件	2	第7章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.6 人机界面	2	第8章 控制系统的组成	1.0.1
1.1.7 系统软件	2	第9章 控制系统的组成	1.0.1
1.2 分布式控制系统	2	第10章 控制系统的组成	1.0.1
1.2.1 分布式控制系统的结构	2	第11章 控制系统的组成	1.0.1
1.2.2 分布式控制系统的功能层次	2	第12章 控制系统的组成	1.0.1
1.3 控制系统的常用通信技术	2	第13章 控制系统的组成	1.0.1
1.3.1 串行通信	2	第14章 控制系统的组成	1.0.1
1.3.2 USB 通信	2	第15章 控制系统的组成	1.0.1
1.3.3 工业以太网通信	2	第16章 控制系统的组成	1.0.1
1.3.4 现场总线通信技术	2	第17章 控制系统的组成	1.0.1
1.4 常用控制计算机	2	第18章 控制系统的组成	1.0.1
1.4.1 控制计算机的硬件组成	2	第19章 控制系统的组成	1.0.1
1.4.2 控制计算机的功能特点	2	第20章 控制系统的组成	1.0.1
1.4.3 控制系统的规模	2	第21章 控制系统的组成	1.0.1
1.5 国内外主要 PLC 产品	2	第22章 控制系统的组成	1.0.1
1.5.1 美国 PLC 产品	2	第23章 控制系统的组成	1.0.1
1.5.2 欧洲 PLC 产品	2	第24章 控制系统的组成	1.0.1
1.5.3 日本 PLC 产品	2	第25章 控制系统的组成	1.0.1
1.5.4 国产 PLC 产品	2	第26章 控制系统的组成	1.0.1
1.6 主要 DCS 产品	2	第27章 控制系统的组成	1.0.1
1.6.1 国外主要 DCS 产品	2	第28章 控制系统的组成	1.0.1
1.6.2 国产 DCS 产品	2	第29章 控制系统的组成	1.0.1
1.7 主要现场总线技术	2	第30章 控制系统的组成	1.0.1
1.7.1 典型现场总线结构	2	第31章 控制系统的组成	1.0.1
1.7.2 FF 现场总线	2	第32章 控制系统的组成	1.0.1

1.7.3 Profibus 现场总线	22
1.7.4 Profinet 现场总线	23
1.8 控制系统的发展趋势	24
1.8.1 PLC 在向微型化、网络化、PC 化和开放性方向发展	24
1.8.2 DCS 面向测控管一体化设计发展	24
1.8.3 控制系统正在向现场总线(FCS)方向发展	25
1.8.4 PLC、DCS、FCS 将长期共存	25
1.9 控制系统监控组态软件	25
1.9.1 组态软件概念	25
1.9.2 组态软件的功能	26
1.9.3 国内外主要组态软件	27
1.9.4 组态软件的发展趋势	27

## 第2章 控制系统工程规划

2.1 控制系统设计的基本原则与步骤	30
2.1.1 控制系统设计的基本原则	30
2.1.2 控制系统的设计要求	30
2.1.3 控制系统设计的一般步骤	31
2.1.4 控制主机总体设计	34
2.1.5 工业防爆危险区的防爆等级	35
2.2 控制系统的硬件配置	36
2.2.1 人-机接口(操作站)	36
2.2.2 中央处理器(CPU)	37
2.2.3 通信网络及过程接口	38
2.2.4 编程终端及工程师站	38
2.3 控制系统软件配置及编程语言	39
2.3.1 控制系统软件层次	39
2.3.2 控制层软件	41
2.3.3 控制计算机编程语言	45
2.4 下位控制软件的设计规划	47
2.4.1 下位控制软件的基本规划	47
2.4.2 将过程划分为任务和区域	48
2.4.3 单个功能区域的描述	48
2.4.4 列出仪表 I/O 和创建 I/O 图	49
2.4.5 建立安全要求	50
2.4.6 描述所要求的操作界面显示和控制	51
2.4.7 创建组态图	52
2.5 控制系统的监控画面设计	52
2.5.1 主要显示内容	52
2.5.2 概貌显示画面	53
2.5.3 过程显示画面	54
2.5.4 仪表面板显示画面	55

2.5.5	操作点显示画面	55
2.5.6	趋势显示画面	55
2.5.7	报警显示画面	57
2.5.8	电子表格	58
2.5.9	系统显示画面	58
2.6	控制系统工程设计	59
2.6.1	基础设计/初步设计	59
2.6.2	工程设计/施工图设计	59
2.6.3	工程设计阶段应完成的工作	60
2.6.4	应用软件编程阶段应完成的工作	60
2.7	控制系统询价、报价	60
2.7.1	询价	60
2.7.2	报价及比较	61

### 第3章 控制系统设计规范

3.1	管道及仪表流程图(P&ID)的设计	63
3.1.1	控制方案的确定	63
3.1.2	管道及仪表流程图(P&ID)的设计内容	64
3.1.3	管道及仪表流程图(P&ID)的绘制	66
3.2	仪表功能标志	67
3.2.1	功能标志组成	67
3.2.2	仪表的位号	67
3.3	文字符号	68
3.3.1	基本文字符号	68
3.3.2	典型的仪表回路号和仪表位号示例	71
3.3.3	仪表常用缩写字母	72
3.3.4	缩写字母的应用	74
3.4	图形符号	74
3.4.1	基本图形符号	74
3.4.2	图形符号	76
3.5	测量点与连接线的图形符号	81
3.5.1	测量点的表示	81
3.5.2	仪表的各种连接线规定	81
3.6	自控系统图形符号示例	82
3.6.1	单一参数控制系统图形符号示例	82
3.6.2	常规仪表复杂控制系统图形符号示例	83
3.6.3	复杂控制系统图形符号示例	84
3.6.4	合成氨装置 H <sub>2</sub> O/C 控制系统(超前/滞后系统)图形符号示例	84
3.7	控制室设计规定	86
3.7.1	总图位置的选择	86
3.7.2	布置和面积	86



3.7.3	操作站	87
3.7.4	建筑、结构设计要求	87
3.7.5	采光与照明	88
3.7.6	采暖、通风和空气调节	88
3.7.7	进线方式和室内电缆敷设	89
3.7.8	接地及安全保护	89
3.7.9	通信	89
3.8	仪表供电设计规定	89
3.8.1	仪表供电范围、负荷等级与电源类型	89
3.8.2	仪表电源质量与容量	90
3.8.3	供电系统设计与设计条件	91
3.8.4	供电器材的选择	91
3.8.5	供电系统的配线	91
3.9	信号报警、安全连锁系统设计规定	91
3.9.1	信号报警系统	92
3.9.2	安全连锁系统	93
3.10	仪表配线设计规定	95
3.10.1	电线、电缆的选用	95
3.10.2	电线、电缆的敷设	96
3.10.3	仪表盘(箱、柜)内配管、配线	98
3.11	仪表系统接地设计规定	99
3.11.1	仪表系统接地原则	99
3.11.2	接地系统的构建	100
3.11.3	接地连接方法	100
3.11.4	接地连接的规格及结构要求	104
3.11.5	仪表系统接地注意事项	104

## 第4章 控制系统仪表设计选型

4.1	温度检测仪表的设计选型	105
4.1.1	仪表设计选型的总原则	105
4.1.2	就地温度仪表	105
4.1.3	集中温度仪表	106
4.1.4	温度变送器	106
4.2	压力检测仪表的设计选型	106
4.2.1	压力检测仪表选型总则	106
4.2.2	根据应用条件选择压力表	107
4.2.3	主要性能选择	107
4.2.4	变送器的选择	108
4.2.5	压力测量仪表的分类和特点	108
4.3	流量检测仪表的设计选型	108
4.3.1	流量检测仪表选型总则	108
4.3.2	一般流体、液体、蒸汽流量测量仪表的选型	109

4.3.3	腐蚀、导电或带固体微粒流量测量仪表的选型	111
4.3.4	高黏度流体流量测量仪表的选型	112
4.3.5	粉粒及块状固体流量测量仪表的选型	112
4.3.6	流量测量仪表的选型	112
4.4	物位仪表的设计选型	115
4.4.1	物位仪表选型总则	115
4.4.2	液面和界面测量仪表	115
4.4.3	料面测量仪表	117
4.5	过程分析仪表选型	118
4.5.1	过程分析仪表选型总则	118
4.5.2	分析气相混合物组分的仪表选型	118
4.5.3	分析液相混合物组分的仪表选型	123
4.6	控制阀的设计选型	126
4.6.1	控制阀组成及流量特性的选择	126
4.6.2	控制阀类型的选择	127
4.6.3	阀材料的选择	128
4.6.4	控制阀口径的确定原则	129
4.6.5	执行机构的选择	130
4.6.6	控制阀附件的选择	132

## 第5章 控制计算机

5.1	西门子系列 PLC 产品介绍	134
5.1.1	LOGO!	134
5.1.2	SIMATIC S7-200 系列 PLC	135
5.1.3	SIMATIC S7-1200 系列 PLC	136
5.1.4	SIMATIC S7-1500 系列 PLC	138
5.1.5	SIMATIC S7-300 PLC	139
5.1.6	SIMATIC S7-400 PLC	141
5.1.7	分布式 IO—ET200	143
5.2	S7-300PLC 的硬件配置	144
5.2.1	S7-300PLC 的组装	144
5.2.2	S7-300PLC 的组成及结构	145
5.2.3	S7-300PLC 的扩展	147
5.3	S7-300 的 CPU	148
5.3.1	紧凑型 S7-300CPU	148
5.3.2	标准型 CPU	149
5.3.3	故障安全型 CPU	151
5.4	S7-300 的数字量输入/输出模块	152
5.4.1	SM321 数字量输入模块	153
5.4.2	SM322 数字量输出模块	154
5.5	S7-300 模拟量模块	156
5.5.1	SM331 的模拟量输入模块	156

5.5.2	SM332 模拟量输出模块	156
5.6	S7-300 的其他常用模块	164
5.6.1	电源模块	164
5.6.2	接口模块	164
5.6.3	常用 CP 通讯产品	165
5.6.4	S7-300 常用配件	166
5.7	S7-400 PLC 系统	167
5.7.1	S7-400 概述	167
5.7.2	S7-400 PLC 系统	169
5.8	S7-400 的 CPU 模块	171
5.8.1	CPU 412 模块	171
5.8.2	CPU 414 模块	172
5.8.3	CPU 416 模块	174
5.8.4	CPU 417 模块	176
5.9	S7-400H 冗余系统	176
5.9.1	S7-400H 概述	176
5.9.2	S7-400H 冗余系统结构	177
5.9.3	S7-400H 冗余系统组成	177
5.9.4	S7-400H 冗余方式及组态编程	180
5.9.5	S7-400H 冗余系统的 CPU 模块	181
5.10	S7-400 的 I/O 模块	182
5.10.1	S7-400 数字量模块	182
5.10.2	S7-400 的接口模块	187
5.11	ET 200 分布式 I/O 系统	187
5.11.1	ET 200 概述	187
5.11.2	ET 200M 分布式 I/O 站	188

## 第 6 章 控制编程软件

6.1	控制编程软件概述	191
6.1.1	STEP 7 软件版本	191
6.1.2	STEP 7 的安装	191
6.1.3	PC 与 PLC 通信方式	193
6.1.4	程序的下载	193
6.1.5	程序的上传	194
6.1.6	S7-300/400 PLC 仿真	196
6.1.7	STEP 7 的应用步骤	197
6.1.8	如何获得帮助	197
6.2	项目创建及硬件组态	197
6.2.1	项目的产生	197
6.2.2	硬件组态的基本步骤	199
6.2.3	组态中央机架	199
6.2.4	组态分布式 I/O 站	201

6.2.5	组态 PROFINET IO 站	201
6.2.6	组态 SIMATIC PC 站	203
6.2.7	组态冗余系统	204
6.2.8	模块参数设置	205
6.3	STEP 7 的程序结构及编程	208
6.3.1	STEP 7 程序的组成及调用	208
6.3.2	数据类型及表示方法	211
6.3.3	编程语言	213
6.3.4	程序编辑器	213
6.3.5	创建块的方法	214
6.3.6	使用库编程	214
6.3.7	逻辑块的编程	215
6.3.8	创建数据块	217
6.4	STEP 7 指令系统	218
6.4.1	指令及其结构	218
6.4.2	位逻辑指令	219
6.4.3	数据比较指令	220
6.4.4	常用数据类型转换指令	221
6.4.5	整形数计算函数	222
6.4.6	浮点数计算函数	223
6.4.7	移位、循环指令	224
6.4.8	计数器	225
6.4.9	定时器	226
6.5	模拟量输入/输出与 PID 控制	227
6.5.1	模拟量输入/输出	227
6.5.2	连续型 PID 控制器 SFD41	230

## 第 7 章 监控组态软件

7.1	组态王软件简介	233
7.1.1	组态王软件版本	233
7.1.2	安装组态王软件	235
7.1.3	组态王支持的 I/O 设备	235
7.2	创建监控工程	236
7.2.1	工程的开发步骤	236
7.2.2	创建一个工程	236
7.3	定义外部设备和数据变量	238
7.3.1	外部设备定义	238
7.3.2	I/O 变量定义	238
7.3.3	变量的管理	242
7.4	创建组态画面	243
7.4.1	画面设计	243
7.4.2	动画连接	244

7.4.3 命令语言	247
7.4.4 画面的切换	248
7.4.5 运行系统设置	249
7.5 报警和事件	249
7.5.1 建立报警和事件窗口	249
7.5.2 报警和事件的输出	251
7.6 趋势曲线	252
7.6.1 实时趋势曲线	252
7.6.2 历史趋势曲线	252
7.7 控件	254
7.7.1 组态王内置控件	254
7.7.2 Active X 控件	255
7.8 报表系统	256
7.8.1 创建报表	256
7.8.2 报表函数	257
7.9 组态王历史库	259
7.9.1 组态王历史库概述	259
7.9.2 组态王变量的历史记录属性	259
7.9.3 历史记录存储及文件的格式	260
7.9.4 历史数据的查询、备份和合并	262
7.10 组态王与其他应用程序的动态数据交换(DDE)	263
7.10.1 动态数据交换的概念	263
7.10.2 组态王访问 Excel 的数据	264
7.10.3 Excel 访问组态王的数据	265
7.10.4 组态王与 VB 间的数据交换	266
7.10.5 重新建立 DDE 连接菜单命令	267
7.11 组态王数据库访问(SQL)	267
7.11.1 组态王 SQL 访问管理器	268
7.11.2 配置 SQL 数据库	269
7.11.3 组态王使用 SQL 数据库	269
7.12 组态王与 OPC 设备连接	272
7.12.1 OPC 简介	272
7.12.2 组态王与 OPC 的连接	272
7.13 组态王的网络功能	275
7.13.1 组态王网络结构概述	275
7.13.2 网络配置简介	276
7.13.3 网络变量使用	280
7.13.4 网络精灵	280
7.14 冗余系统	280
7.14.1 双设备冗余	280
7.14.2 双机热备	281
7.14.3 双机热备配置	282
7.15 组态王 For Internet 应用	283

7.15.1	Web 功能介绍	283
7.15.2	画面发布	285
7.15.3	在 IE 浏览器端浏览发布的画面	286
7.16	无线数据通信在组态王上的使用	288
7.16.1	组态王的无线通信过程	288
7.16.2	组态王用到的文件、功能及通信过程	288
7.16.3	GPRS 通信的组态	289

## 第 8 章 控制系统调试与维护

8.1	控制系统的调试方法	290
8.1.1	控制系统的调试步骤	290
8.1.2	调试前的准备工作	290
8.2	控制计算机的检查与测试	294
8.2.1	控制计算机的现场验收	294
8.2.2	控制计算机的安全要求	294
8.2.3	控制计算机上电测试	295
8.2.4	控制计算机通信的检验与调试	296
8.3	控制系统现场调试	297
8.3.1	离线调试	297
8.3.2	在线调试	301
8.4	PID 控制参数的工程整定方法	302
8.4.1	临界比例度法	303
8.4.2	衰减曲线法	303
8.4.3	经验凑试法	304
8.4.4	动态特性参数法	306
8.4.5	整定方法的比较	307
8.5	控制系统验收	307
8.5.1	控制系统验收步骤	307
8.5.2	控制系统验收的竣工资料	308
8.6	控制系统运行维护	311
8.6.1	控制系统常见故障	311
8.6.2	防止干扰和设备损坏的一般方法	312
8.6.3	系统现场维护常见问题	313
8.6.4	控制系统日常管理和维护	314

## 第 9 章 底吹炉熔炼生产过程控制系统

9.1	底吹炉熔炼生产过程简介	317
9.1.1	铜熔炼生产过程流程	317
9.1.2	底吹炉结构	317

9.1.3	底吹炉工艺	318
9.2	主要测控内容及设计要求	319
9.2.1	原料工段主要测控内容	319
9.2.2	熔炼炉主要测控内容	319
9.2.3	循环水系统主要测控内容	320
9.2.4	阀站主要测控内容	320
9.2.5	电热前床主要测控内容	320
9.2.6	控制系统要求	320
9.2.7	采用的设计规范及标准	321
9.3	控制系统的测控点设计	321
9.3.1	原料工段的 P&ID 图	321
9.3.2	底吹炉本体的 P&ID 图	323
9.3.3	阀站的 P&ID 图	323
9.3.4	循环水系统的 P&ID 图	323
9.3.5	电热前床的 P&ID 图	323
9.4	现场测控仪表及选型	328
9.4.1	概述	328
9.4.2	原料工段测控仪表选型	329
9.4.3	底吹炉本体测控仪表选型	330
9.4.4	阀站测控仪表选型	331
9.4.5	循环水系统测控仪表选型	336
9.5	底吹熔炼炉控制系统硬件及软件配置	338
9.5.1	控制系统结构	338
9.5.2	控制系统 I/O 配置	338
9.5.3	分布式 PLC 硬件配置	342
9.5.4	控制系统上位站的配置	344
9.6	监控系统设计开发	345
9.6.1	模拟工艺流程图	345
9.6.2	操作面板	346
9.6.3	报警窗口	347
9.6.4	历史数据显示	348
9.6.5	数据报表	350
9.6.6	PID 控制回路参数调试界面	351

## 参考文献

# 第1章 控制系统概论

## 1.1 控制系统的基本组成

计算机控制系统是利用计算机来实现工业生产过程自动控制的系统，是在常规仪表控制系统的基础上发展起来的，将常规自动控制系统中的模拟调节器由计算机来实现，就组成了一个典型的计算机控制系统。控制技术综合应用控制理论、仪器仪表、计算机和其他信息技术，对工业生产过程实现检测、控制、优化、管理和决策，以达到增加生产量，提高生产率，确保生产安全的高新技术。

目前，控制系统几乎离不开计算机，因此，将计算机控制系统简称为控制系统。尽管控制系统的模式多种多样，但其基本组成大致相同。如图 1.1 所示，控制系统由控制主机和外围设备组成。控制主机包括中央处理器（CPU）、存储器、A/D 转换接口、D/A 转换接口、开关量输入接口、开关量输出接口等部件；外围设备包括检测仪表、执行机构、人机界面、操作器件、通信设备等。尽管控制主机的类型、型号等多种多样，但本质上说都属于计算机，都包含 CPU、存储器、I/O 电路等。由于工业过程的应用场合和目的各不相同，控制系统中的控制计算机的类别和型号也千差万别，控制系统的组成也各不相同，但是，控制系统的基本组成大同小异，主要由两大部分组成：硬件和软件。其中硬件包括主机、输入/输出模块、通信设备、现场设备、操作器件；软件包括系统软件和应用软件等。

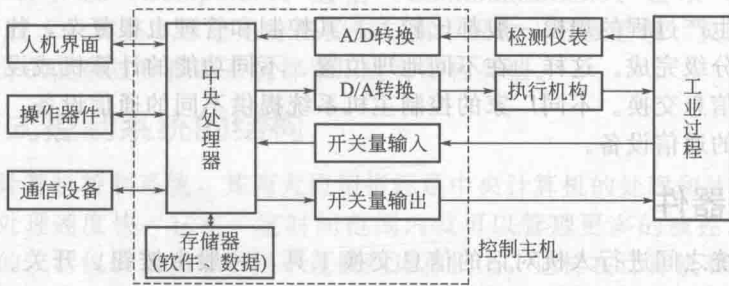


图 1.1 典型控制系统组成

### 1.1.1 控制主机

控制主机由中央处理器、存储器和接口电路等组成，是计算机控制系统的核心。根据输入设备采集到的反映生产过程工作状况的信息，按存储器中预先存储的程序，选择相应的控制算法，自动地进行信息处理和运算，实时地通过输出设备向生产过程发送控制命令，从而达到预定的控制目标。控制系统主机分为控制计算机（下位机）和管理计算机（上位机），下位机负责过程控制，上位机负责监控管理。下位机一般采用 PLC、DCS、FCS 等控制主机，上位机一般采用工业计算机。



## 1.1.2 检测仪表

用来检测过程各个参数的技术工具称为检测仪表。也称测量仪表。是指能正确感受和反映被测量大小的仪表。确定被测变量的量值变化或量值特性、状态、成分的仪表。工业生产中有压力、流量、温度、液位等物理仪表，有气体分析、水分分析、微量元素分析等分析仪表。

检测仪表一般由传感器和变送器组成。传感器能感受规定的被测量，并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置；变送器将传感器的信号转换为规定的标准信号输出或进行显示。

检测仪表的输出信号通常为  $4\sim 20\text{mA}$ ，该信号与检测仪表的量程相对应。检测仪表也可以直接是传感器（如热电阻、热电偶等）。常用的检测仪表主要有：热电阻、热电偶、压力变送器、差压变送器、雷达物位计、电磁流量计、pH 计等。

## 1.1.3 执行机构

执行机构使用电力、气体、液体或其他能源并通过电机、汽缸或其他装置将其转化成驱动作用。基本的执行机构用于把阀门驱动至全开或全关的位置。用于控制阀的执行机构能够精确地使阀门走到任何位置。尽管大部分执行机构都是用于开关阀门，但是如今执行机构的设计远远超出了简单的开关功能，它们包含了位置感应装置，力矩感应装置，电极保护装置，逻辑控制装置，数字通讯模块及 PID 控制模块等，而这些装置全部安装在一个紧凑的外壳内。

执行机构通常由执行装置和控制器组成，根据给定的模拟量信号（如  $4\sim 20\text{mA}$ ）的大小来调节工作状态（如阀门的开度、变频电机转速等）。执行机构主要有电动、气动、液动三种类型，分别以电力、气体、液体为动力源。常用的执行机构主要有：电动执行器、电动调节阀、气动执行器、气动调节阀、液动执行器、液动调节阀等。

## 1.1.4 通信设备

现代化工业生产过程的规模一般都比较大大，其控制和管理也很复杂，往往需要几台或几十台计算机才能分级完成。这样，在不同地理位置、不同功能的计算机或设备之间就需要通过通信设备进行信息交换。不同厂家的控制主机系统提供不同的通信设备，以太网通信网卡及交换机是常用的通信设备。

## 1.1.5 操作器件

操作员与系统之间进行人机对话的信息交换工具，一般由按钮、开关、指示灯等构成，操作员通过操作器件可以了解与控制整个系统的运行状态。对于某些重要设备的启动/停止操作控制，有时操作器件是必需的。目前，操作器件已经多为虚拟器件所替代，即操作器件已经不是有型的实物，而是计算机软件的模拟功能画面，通过监控计算机的虚拟操作器件，可以启动/停止设备、设定控制量、显示数据和状态等。

## 1.1.6 人机界面

人机界面是指人和机器在信息交换和功能上接触的结合面，它实现信息的内部形式与人类可以接受形式之间的转换。一般来说，凡是人-机信息交流的领域都存在着人机界面。以前，人机界面主要指人与计算机进行信息交换的操作界面，如开关、字符显示仪、拨码开关等。目前，人机界面主要指触摸屏式的计算机或工业计算机，提供更为丰富的显示和操作功