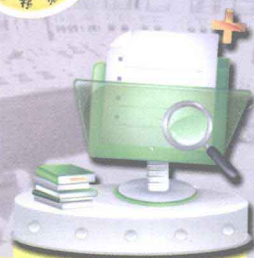


第2版

# 控制装置与仪表

KONGZHI ZHUANGZHI YU YIBIAO

陆会明 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本书配课件  
含习题及解答

# 控制装置与仪表

第2版

陆会明 编著



机械工业出版社

本书从实用角度出发,对目前电站、冶金和化工等过程自动化领域正在使用及将要使用的控制装置与仪表进行了全面系统的阐述。本书的特点是立足于现有技术应用,紧跟国际最新技术发展,增加了较多的新型的数字化控制装置与仪表等内容,全面系统地阐述了典型控制装置与仪表的结构、原理、设计及使用方面的内容,不仅力图反映控制装置与仪表的最新发展,而且尽可能将控制装置与仪表与实际控制过程相结合,从硬件平台与软件系统的综合应用角度对自动控制系统予以阐述。其中,变送器、执行机构、转速控制装置、数字控制器、现场总线控制仪表等设计应用内容为全书重点。

本书适合作为大专院校自动化专业和测控技术及仪器专业的教学用书,亦可供从事过程控制系统设计与维护的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

控制装置与仪表/陆会明编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2011.5

ISBN 978-7-111-33940-3

I. ①控… II. ①陆… III. ①火电厂-自动控制装置②火电厂-热工仪表 IV. ①TM621

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第054956号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:张俊红 版式设计:霍永明

责任校对:樊钟英 封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2011年7月第2版第1次印刷

184mm×260mm·24.5印张·607千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-33940-3

定价:68.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

控制装置与仪表是与生产过程自动化关系十分密切的软件、硬件综合平台。自动化与信息技术的发展对控制装置与仪表提出了更高的要求,前者又推动着后者的发展。控制装置与仪表技术的发展十分迅速,新技术应用非常活跃,产品更新日新月异,种类更加繁杂。

本书大量引入新知识、新技术,具有内容新、起点高、实用性强及信息量大的特点;知识点循序渐进,可读性强,其中对原理、结构、应用及操作安排比例适中,主要章节附有习题及答案,既可作为过程自动化专业人员的参考教材,也适于自学。

全书共分九章。第一章概论,主要介绍了控制装置与仪表的分类、控制装置与仪表的发展和全数字控制装置与仪表的通信方式等;第二章控制装置与仪表的基础知识,主要介绍了控制装置与仪表基本概念及仪表性能,控制装置与仪表模拟信号的标准化,控制装置与仪表抗干扰等;第三章变送器,主要介绍了差压及压力变送器、温度变送器、智能压力变送器的原理及其应用等;第四章防爆安全栅,主要介绍了控制装置与仪表防爆安全的基本概念和防爆安全栅的工作原理;第五章数字式调节器,主要介绍了数字调节器的构造、算法实现模块及使用方法的等;第六章执行机构,主要介绍了普通气动、电动执行机构,调节阀的特性,手操器、智能执行机构工作原理与使用,以及电/气转换器和阀门定位器等内容;第七章 DEH 液动执行机构,主要介绍了 DEH-III 液动执行机构,着重分析了电液伺服阀的结构与工作原理;第八章转速控制机构,主要介绍了滑差电机、液力偶合器和变频调速等技术原理;第九章现场总线控制仪表,主要介绍了 FF 现场总线仪表的概念、现场总线通信协议、控制策略与组态等,主要针对适合过程自动化控制、符合 FF 标准的美国 Smar System302 系统作了较全面的介绍。

本书作者多年来一直从事电站过程自动化控制领域的教学与科研,书中内容尽可能反映国内外自动控制装置与仪表的最新技术发展,并力图反映教学实践与科研成果的积淀,具有一定的行业特色。

本书的完成是集体合作的结果,白焰教授、刘禾教授和杨国田教授都提出了很多有价值的意见及建议,在此一并表示感谢。本书获得北京市教委共建项目支持,在此表示感谢!同时,为便于广大师生选用本书,本书配套了电子课件及习题与思考题并在附录中给出了部分习题与思考题的参考答案,读者可通过电子邮件 [buptzjh@163.com](mailto:buptzjh@163.com) 与我们联系索取配套电子课件。

由于作者工作在教学、科研一线,在有限的的时间里匆匆成稿,加之相关参考资料众多,最后整理时难免挂一漏万,致使参考文献中可能没有一一列举;另外,由于控制装置与仪表和信息技术紧密联系,其发展十分迅速,鉴于作者水平有限,书中缺点与错误在所难免,敬请广大专家和读者朋友不吝指教。

# 目 录

前言	
第一章 概论	1
第一节 控制装置与仪表的分类	1
一、概述	1
二、模拟控制装置与仪表	1
三、数字控制装置与仪表	2
四、连续生产过程控制的数字控制装置	3
五、火电厂热工控制装置与仪表的分类	8
第二节 控制装置与仪表的发展	12
一、发展概况	12
二、发展趋势	13
第三节 模拟信号制及供电方式	13
一、信号制	14
二、变送器信号传输方式	16
三、控制装置与仪表的供电方式	17
第四节 全数字控制装置与仪表间的通信方式	18
一、数字通信的优点	18
二、HART 通信协议	18
三、现场总线通信	21
习题与思考题	24
第二章 控制装置与仪表的基础知识	25
第一节 控制装置与仪表的基本概念与性能	25
一、基本概念	25
二、控制装置与仪表的性能	27
第二节 控制装置与仪表信号的标准化	28
一、模拟气动信号	29
二、模拟直流电流信号	29
三、直流电流信号的优点	29
四、电压信号的辅助作用	30
五、活零点的含义	30
六、四线制与二线制	31
七、数字控制装置与仪表信号的标准化	32
第三节 控制装置与仪表的干扰及抑制	33
一、干扰的来源与形式	33
二、硬件抗干扰措施	37
三、常用的软件抗干扰措施	42
四、数字控制仪表的标度变换	46
习题与思考题	48
第三章 变送器	49
第一节 概述	49
一、零点与量程定义	49
二、零点迁移和量程调整	50
三、量程比	51
第二节 电容式差压/压力变送器	53
一、概述	53
二、变送器敏感部件的结构	54
三、变送器工作原理	54
四、电容式压力/绝对压力变送器使用安装	58
第三节 扩散硅式压力/差压变送器	62
一、概述	62
二、压阻传感器原理	62
三、压阻传感器的技术特点	63
四、扩散硅式压力/差压变送器的不同测量方法	64
第四节 差压/压力变送器的零点迁移	66
一、液面的迁移	66
二、测量范围、量程范围和迁移量的关系	68
三、差压变送器的零点迁移实例分析——锅炉汽包液位测量中的零点迁移	68
四、差压变送器的零点迁移实例分析——开口容器内液位测量	70
五、差压/压力变送器的选择方法	70
第五节 温度变送器	71
一、DDZ-Ⅲ型温度变送器	71
二、一体化温度变送器	71
三、智能式温度变送器	73
第六节 智能压力变送器	74
一、概述	74
二、ST3000 智能压力变送器	75

三、3051C 智能压力变送器 .....	78	二、小结 .....	113
四、通用智能变送器 .....	79	习题与思考题 .....	114
五、手持式 HART 通信器 .....	80	<b>第五章 数字调节器</b> .....	115
第七节 其他变送器简介 .....	83	第一节 概述 .....	115
一、浮球式液位变送器 .....	83	一、数字调节器的硬件构成 .....	115
二、浮筒式液位变送器 .....	83	二、数字调节器的软件构成 .....	116
三、静压式液位变送器 .....	84	第二节 模拟量输入/输出通道 .....	116
四、电容式物位变送器 .....	84	一、模拟量输入通道 .....	116
第八节 变送器的计量标定 .....	85	二、模拟量输出通道 .....	120
一、模拟压力变送器的计量标定 .....	85	第三节 数字 PID 调节器 .....	121
二、智能压力变送器的计量标定 .....	86	一、PID 控制算式 .....	121
习题与思考题 .....	88	二、PID 控制程序 .....	125
<b>第四章 防爆安全栅</b> .....	89	三、数字 PID 调节器的手、自动跟踪	
第一节 概述 .....	89	控制方式 .....	127
一、仪表防爆的基本原理 .....	89	四、数字 PID 调节器的正、反作用	
二、仪表本安防爆技术 .....	90	方式 .....	128
第二节 防爆安全的基本概念 .....	90	第四节 数字 PID 调节器参数的整定 .....	130
一、危险场所的划分 .....	91	一、常规 PID 参数设置一般经验 .....	130
二、爆炸性物质的分类、分级与分组 .....	91	二、常规 PID 参数工程整定经验	
三、防爆仪表的分类、分级和分组 .....	92	数据法 .....	132
第三节 本安防爆系统 .....	93	三、基于优化算法整定 PID 参数 .....	133
一、本安防爆系统概况 .....	93	习题与思考题 .....	140
二、本安防爆系统构成 .....	94	<b>第六章 执行机构</b> .....	141
三、本安系统安全性评定和安全栅的		第一节 概述 .....	141
选取 .....	95	第二节 气动执行器 .....	142
四、防爆安全栅的基本限能原理 .....	96	一、气动执行机构简介 .....	143
第四节 齐纳式安全栅 .....	98	二、调节机构简介 .....	144
一、电路结构与工作原理 .....	98	三、电/气转换器及阀门定位器简介 .....	145
二、齐纳式安全栅结构原理 .....	98	第三节 调节阀 .....	148
三、齐纳式安全栅安装方式 .....	100	一、概述 .....	148
四、齐纳式安全栅的最大允许负载		二、调节阀结构 .....	149
参数 .....	101	三、调节阀的分类 .....	150
五、齐纳式安全栅的防爆取证 .....	101	四、电/气转换器 .....	152
六、齐纳式安全栅选用步骤 .....	101	五、气动薄膜执行机构 .....	153
七、齐纳式安全栅的实际应用 .....	102	六、气动活塞执行机构 .....	155
八、改进型齐纳式安全栅 .....	107	第四节 电/气转换器及阀门定位器 .....	158
第五节 隔离式安全栅 .....	109	一、定位器、转换器的工作原理 .....	158
一、隔离式安全栅结构原理 .....	109	二、阀门定位器 E/P 转换单元及其	
二、输入端用隔离式安全栅 .....	110	工作原理 .....	161
三、输出端用隔离式安全栅 .....	111	三、智能型电气阀门定位器 .....	164
四、使用注意事项 .....	112	四、过程控制应用中阀门定位器的	
第六节 本安系统的安装、维护与小结 .....	112	选型 .....	170
一、本安系统的安装与维护 .....	112	第五节 电动执行机构 .....	171

一、电动执行机构的用途	171	四、液力偶合器的型式和基本参数	242
二、电动执行机构分类及主要技术性能	171	五、各种液力偶合器调速传动方案	244
三、电动执行机构组成及工作原理	171	第三节 变频调速装置	245
四、电动执行机构的输出方式	184	一、概述	245
第六节 手动操作器	185	二、变频器	246
一、Q型操作器	186	三、变频调速系统原理	248
二、D型电动操作器	187	四、变频调速系统在电站控制中的应用	259
三、操作器工作原理	187	五、变频调速系统设计中的问题分析	261
第七节 智能执行机构	190	六、变频器基本参数的调试	266
一、智能电动执行机构	191	七、变频器容量的计算与选择	268
二、智能调节阀	194	八、正确使用变频器注意事项	272
三、智能电动执行机构的发展趋势	196	九、变频器常用参数功能及设置	274
第八节 控制系统中气动执行机构应用实例分析	196	十、变频器维修检测常用方法	275
习题与思考题	198	十一、液力调速与变频调速的特点	276
小结	276	习题与思考题	277
<b>第七章 DEH 液动执行机构</b>	199	<b>第九章 现场总线控制仪表</b>	279
第一节 概述	199	第一节 概述	279
一、数字电液控制系统介绍	199	一、现场总线	279
二、DEH控制系统的构成	200	二、现场总线控制系统	284
三、DEH控制系统的功能	201	第二节 现场总线控制仪表	287
第二节 DEH控制系统液动执行机构	202	一、现场总线压力变送控制器	287
一、高压主汽阀和高压控制阀的执行机构	203	二、现场总线温度变送控制器	292
二、再热主汽阀的执行机构	210	三、电流到现场总线转换器	297
三、再热控制阀的执行机构	211	四、现场总线到电流转换器	297
四、油动机的结构及工作原理	212	五、现场总线到气压转换器	299
第三节 DEH控制系统电/液转换接口装置	218	六、现场总线阀门定位器	300
一、伺服控制器	218	七、过程控制接口卡	303
二、电液伺服阀的组成	219	第三节 控制策略与组态	304
三、电液伺服阀的分类	219	一、现场总线功能模块基本知识	304
四、伺服阀的工作原理	220	二、常用功能模块	311
习题与思考题	225	三、控制策略构成特点	324
<b>第八章 转速控制装置</b>	226	四、控制策略组态实现	327
第一节 转差电动机调速机构	226	五、常用控制策略及 SYSCON 组态	340
一、电气传动基础	226	六、现场总线仪表的计量标定方法	350
二、转差电动机调速系统	227	七、现场总线仪表的本机调整方法	352
三、转差电动机的结构及工作原理	228	第四节 OPC 服务器与现场总线控制系统的联系及作用	354
第二节 液力偶合器调速机构	230	一、概述	354
一、概述	230	二、OPC 技术规范	360
二、调速型液力偶合器	231	三、OPC 服务器应用	362
三、限矩型液力偶合器	240	第五节 FF 现场总线控制系统在链条炉	

## 目 录

---

综合自动化中的应用 .....	365	五、现场总线控制系统成功投入运行	
一、现场总线控制系统设计背景 .....	365	后实现控制功能一览 .....	373
二、现场总线控制系统设计原则与		六、结束语 .....	374
基本思路 .....	366	习题与思考题 .....	374
三、现场总线控制系统设计的主要		<b>附录 部分习题与思考题参考答案</b> .....	376
内容 .....	366	<b>参考文献</b> .....	380
四、控制方案的设计与实施 .....	368		



# 第一章 概 论

控制装置与仪表是生产过程自动化的重要工具，是实现自动控制理论中各种控制原则和控制规律的手段，是实现工业过程自动化的基础平台。通俗地讲，就是在自动化控制系统中，由检测仪表将生产过程物理参数转换为电信号或气压信号后，不仅要由显示仪表显示、记录和报警等，还需将信号标准化并传送给控制装置和仪表，对生产过程进行自动控制，使工艺参数符合预期要求。

## 第一节 控制装置与仪表的分类

### 一、概述

按控制装置与仪表所用能源的不同，可以将其分为电动、气动、液动和混合式等几大类。其中，气动和液动控制装置与仪表发展最早，但电动控制装置与仪表发展异常迅速，现在已经占绝对统治地位。

气动控制装置与仪表已经有几十年的历史，其特点是性能稳定及可靠性高，具有本质安全防爆性能，不受电磁场干扰。随着电子技术和计算机技术的快速发展，气动控制装置与仪表所占领地虽然已十分狭小，但在一些大型装置的主体设备周围，仍有采用基地式气动控制装置与仪表对单一的工艺参数进行就地单回路调节。尤其是气动执行器，具有安全、可靠及工作平稳等优点，应用仍十分广阔，在许多由电动控制装置与仪表构成的系统中，执行器仍采用气动式的。因此，我国及世界上一些大型自动控制装置与仪表生产公司仍在生产气动控制装置与仪表。

随着生产过程自动化的发展，远距离集中控制日益增多，控制系统规模和复杂程度不断增加，气动和液动控制装置与仪表在许多场合已不能满足要求，而电动控制装置与仪表则得到越来越广泛的应用和飞速的发展。尤其是随着微电子技术的发展，过去被认为影响电动控制装置与仪表发展的一些技术问题已经得到解决，品种规格更趋完善，质量不断提高。如过去认为影响电动控制装置与仪表广泛使用的防爆问题，现在采用防爆结构、直流低电压、小电流的本质安全型防爆电路及防爆栅等措施，得到了很好的解决。

从功能实现原理的不同，控制装置与仪表又可分为模拟控制装置与仪表和数字控制装置与仪表。

### 二、模拟控制装置与仪表

模拟控制装置与仪表按结构形式主要有基地式、单元组合式、组件组装式三大类。

#### 1. 基地式

以指示仪表及记录仪表为中心，附加一些线路或器件来完成控制任务。这些指示和记录仪表有电子电位差计、电子式平衡电桥以及动圈式仪表等。基地式控制装置与仪表结构比较

简单，它不仅完成控制功能，同时还具有指示、记录功能。因此，适用于小型企业的单机自动控制系统，其缺点在于其专用性，无法与其他装置通用或不具备互操作性。

### 2. 单元组合式

根据自动检测与控制系统中各组成环节的不同功能和使用要求，将整套仪表划分为能独立实现一定功能的若干单元。各单元之间的联系采用统一标准信号。由这些少量的单元经过不同的组合，就可构成多种多样的、复杂程度不同的自动检测和控制装置。图 1-1-1 为单元组合式控制装置与仪表的组成结构。

单元组合式控制装置与仪表应用灵活、通用性强，便于控制装置与仪表的生产、维护及备品库存等。

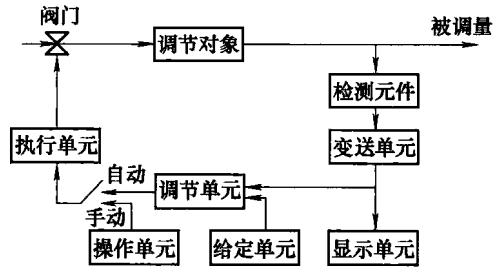


图 1-1-1 单元组合式控制装置与仪表的组成结构

### 3. 组件组装式

组件组装式控制装置是在单元组合式仪表基础上发展起来的成套仪表装置，它的基本组成是一块块功能分离的组件。

由于现代化的大型企业要求各种复杂的控制系统及集中的显示操作，这就需要将控制功能及显示、操作功能分离开来。因此，组件组装式控制装置在结构上可分为控制柜和显示操作盘两大部分。控制柜内插入若干个组件箱，而若干块组件板又插入组件箱中。显示操作盘则只需占用很小的地方，更可用一台电子显示屏幕（图像显示）集中显示操作，从而大大改善了人一机联系。在控制柜中各个组件之间的信息联系，采用矩阵端子接线方式，接线工作都集中在矩阵端子接线箱里进行。

基于上述结构特点，组件组装式装置可由仪表制造厂预先根据用户要求，组装好整套自控系统，再以成套装置形式提供给用户，从而使自控系统的现场施工、系统安装和调试工作量大大减小，也使维护、检修和系统改组工作大大简化。图 1-1-2 为组件组装式控制装置与仪表的组成结构。

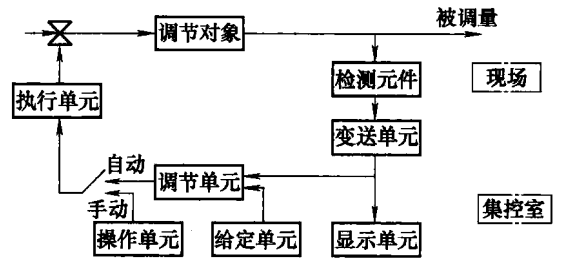


图 1-1-2 组件组装式控制装置与仪表的组成结构

## 三、数字控制装置与仪表

数字控制装置与仪表以微处理器为核心，实现工业自动化控制的装置。根据不同工业生产过程的特点，数字控制装置可分为以下三类。

### 1. 连续生产过程的控制装置

连续生产过程的特征是以稳定运行为正常工况。即使设定值可能根据工艺要求而变化，其变化也是相当缓慢的，而且两次停车的时间间隔是很长的。连续生产过程自动化是生产过程自动化的重要部分，如温度、压力、流量、液位及成分等连续量的闭环自动控制，在各个工业部门都随处可见。

连续生产过程的控制由过去以模拟控制装置为主，逐步过渡为以数字控制装置为主。后者完全可以取代多种模拟调节仪表和运算仪表，并增加了许多新功能，只是由于价格和使用

习惯的因素，两者还是同时并存的。但是，数字控制装置的发展十分迅速，应用领域已越来越宽，现已占有统治地位。

## 2. 断续生产过程的控制装置

断续生产过程的特点是生产过程周期短，一般以小时或天计，甚至以分、秒计，基本为单件生产；由一个状态变化到另一个状态为快速过程，常以毫秒计，且停止、起动频繁。如机械零件加工、设备的装配、搬运、检验、包装、入库等都是典型的断续过程，它们是按照一定的时间顺序或逻辑条件一步一步对电气设备实现一系列通断控制（二值控制），即实现的是逻辑控制、顺序控制和条件控制。

自 20 世纪 70 年代中期出现了以微处理器为核心的可编程序逻辑控制器（PLC）以来，发展十分迅速，现在已经基本取代了传统的继电器逻辑控制装置。

## 3. 批量生产过程的控制装置

批量生产过程的特征是在每个生产周期同时兼备连续和断续两种生产过程。在批量生产中，原料（或被加工件）或是一次投入或是分批投入，有时也以工艺条件连续投入，但成品或半成品都一定是分批生产出来的。这类生产过程要求典型的顺序控制或逻辑控制，工序间的转换是按时间条件或逻辑条件或这两种条件的组合进行的。但在某一个或某几个工序中，又有连续生产过程的特点，要求实现回路闭环控制，有的是对一个或几个参数进行控制，有的则是进行时间程序给定控制。在机械行业中的各种热处理及冶金、石油、化工、制药、轻工等工业中都存在大量典型的批量生产过程。对批量生产过程进行控制的装置既不同于连续生产控制装置，也不同于断续生产控制装置，因而形成了一种批量生产控制装置。

批量控制装置可由 PLC 中加入 PID 等控制功能来实现，也可由连续生产控制装置中加入逻辑控制功能来实现。前者已不单纯实现逻辑和顺序控制，还能实现回路闭环控制。PLC 这一名称已不能代表其所具有的功能，故已改称为 PC（可编程序控制器），为避免与 PC（个人计算机）相混淆，习惯上仍称其为 PLC。

实际上，一个典型的生产过程往往包括连续过程、断续过程和批量过程这三种过程。过去是用不同的装置分别实施控制不仅使得控制系统复杂化，并且将一些相关过程分隔开来，不能达到高效的要求。随着微电子技术、计算机技术、通信技术及控制技术的高速发展，各类控制装置都正向着互相渗透的方向发展。如原主要用于连续过程控制的分散控制系统（DCS），扩充了 PLC 功能和批量控制功能，而 PLC 也由单纯进行逻辑和顺序控制增加了回路控制功能和批量控制功能。

# 四、连续生产过程控制的数字控制装置

## 1. 数字调节器

数字调节器按控制回路数目分为：

1) 单回路调节器——可用以构成一个简单的控制回路，或一个串级控制回路，或一个比值控制回路等。

2) 多回路调节器——可以对多个回路（2 个、4 个或 8 个）进行分时控制。

数字调节器按控制规律分为：

1) PID 调节器；

2) PID 参数自整定调节器；

- 3) 自适应调节器;
- 4) 模糊控制器;
- 5) 智能调节器等。

## 2. 工业控制计算机

工业控制计算机,也叫工业个人计算机 (Industrial Personal Computer, IPC),简称 IPC。是专门为工业现场而设计的计算机。

工控机是一种加固的增强型个人计算机,它可以作为一个工业控制器在工业环境中可靠运行。由于 IPC 具有性能可靠、软件丰富、价格低廉的特点,在工控机中异军突起,应用日趋广泛。

目前在我国应用最广泛的有 STD 总线工业控制机及 IPC。它们都采用模块化结构,由主机板和系统支持板组成。支持板种类很多,如 A/D 转换板、内存扩展板、开关量输入输出板、CRT 接口板、打印机接口板、串并行通信板等几百种功能模板。这些模板通过标准总线相互连接进行信息交换。总线中包含电源线、数据线、地址线及控制线,每根线都有严格的定义。实现使用时,所选用的功能模板都插在一个专用机架的总线插槽内,选择所需模板即可组成各种不同的数据处理及控制系统。

由于这种总线结构的工业控制机具有模板种类多、组合灵活、使用方便、可靠性高、抗干扰能力强及价格低廉等特点,并有丰富的应用软件及良好的开发环境,因此在中小规模的控制系统中得到广泛的应用。尤其是 IPC 是利用了普通 PC 的一些优点,采用了适应工业现场环境的一系列加强措施而制成的,发展十分迅速。

### (1) 工业控制计算机的构成

用于工业控制的计算机称为工业控制计算机,简称工控机。它由计算机和过程输入输出 (I/O) 通道两大部分组成。

计算机是由主机、输入输出设备和外部磁盘机、磁带机等组成。在计算机外部又增加一部分过程输入/输出通道,通过该通道将工业生产过程的检测数据送入计算机进行处理;另外将计算机要行使对生产过程控制的命令、信息转换成工业控制对象的控制变量的信号,再送往工业控制对象的控制器中。由控制器行使对生产设备运行控制。

### (2) 工业控制计算机的特点

工控机与一般通用计算机相比较,有如下特点:

1) 具有较完善的过程通道,便于将各种形式的信息变换,并完成检测数据输入和控制信息输出。

输入生产过程检测信号有两大类:一类是电压或电流模拟信号;另一类是开关量或数字脉冲量。开关量、脉冲量都属于数字信号。通常检测出的生产过程信号若是模拟量,已由一次检测信号经放大、变换后(二次仪表)变为电压  $0 \sim 10V$  或变为电流  $0 \sim 10mA$ 。这些模拟量必须经过模/数转换器 (Analog-Digital Converter, ADC) 转换成数字量,才能被计算机所接收。

同样输出控制量是数字信号,也得经过数/模转换器 (Digital-Analog Converter, DAC),将数字信号转换成模拟信号  $0 \sim 10V$  或 ( $0 \sim 5V$ ) 或变为电流  $0 \sim 10mA$ ,再送入到控制器去控制生产设备的运行。

通道中设置 ADC 和 DAC 完成模拟量转换成数字量和数字量转换成模拟量。

如果检测生产过程的状态信号是数字量时,进入通道一般采用隔离(光偶合器、变压器、开关)的数字量信号,只要耦合电位合适,就能被计算机接收。

2) 要有比较完善的中断系统和高速数据通道,以使其能迅速响应生产过程发出的中断请求,并能与生产过程实时交换信息。

对来自过程输入/输出通道的中断请求,分成中断优先级别(有的复杂系统分成0~3型,其中3型为过程通道中断,又把它分为0~7级),使来自生产过程的信息处理分轻重缓急,对那些现场保存时间短的信号,优先级别就高,以便先进行处理。如炼钢过程中测钢水温度的信号,在请求输入(请求中断)后,2s之内得将测温的热电偶信号取进,并转换成数字量送入计算机,这样急于处理的信号走高速通道,并把中断级别定高,使之在2s之内能将信号取进计算机。又如由大型光电光谱仪测得钢的成分,每种成分(如Mn、P、S、C等)在向计算机送出时,请求计算机接收,限定计算机必须在此330ms之内取走,不然就送下一种成分了,这要求将光谱仪送计算机数据的中断级别定高,便于优先处理,免得在规定时间内没有取到该取到的数据。将来自生产过程检测信号按着要求响应时间的长短来定出优先级别,再由完善的中断功能保证控制机能协调工作。

3) 具有高可靠性。工业生产常常是连续(昼夜)生产,这就要求控制计算机具有高度可靠性,不能中途停机,不能发生故障。目前的计算机都能作到几千小时不出一次故障。就是出了故障由于检查故障程序比较完善也能在几分钟之内修复。

为了使工控机防止外界干扰,除了供电系统采用隔离变压器以外,在生产过程与过程通道之间也采取隔离方法,使其计算机系统与外界的过程控制器和检查仪表之间没有公共地线。用如下三种方法:①用继电器隔离;②用变压器隔离;③用光偶合器隔离。

4) 具有人机联系功能,以便实现人机对话,及时地对生产过程进行必要的干预。生产过程常常会发生意外事故,或生产设备出现问题,控制失灵等,都需要人工停止计算机控制,或发现控制发生偏差,人工可修正控制。

5) 具有能正确反映生产规律的数学模型,其数学模型只能近似反映出生产规律,其近似误差越小,或者说近似程度越接近,就越容易实现生产过程最佳控制,达到增加产量、提高产品质量、降低消耗、降低成本的目的。因此,实现计算机控制以后,要不断地改善、修正数学模型,提高数学模型近似程度是一项不可缺少的工作。

6) 具有适于控制用的软件系统。包括操作系统的系统软件和应用软件,用以提高控制质量,如适用于生产在线控制的实时操作系统、各种过程输入/输出通道的中断处理程序,过程I/O数据传输过程出现错误的处理程序和实现过程控制应用程序。

### (3) 高性能特点的 PC/104 总线工控机

在20世纪80年代末,Ampro Computers发明了PC/104总线。1992年3月PC/104总线联合会发布了PC/104规范1.0版,几经修改,于1996年6月公布了PC/104规范3.2版。

PC/104是一种带有PC的PC兼容模块(电路板),它是一种标准。这种带有PC的电路板即PC/104,因为它的标准化、精确化,所以可以被堆叠在一起,从而建立起一种嵌入式计算机系统,这种类型的系统经常可以在工厂、实验室、被编程控制的复杂系统的机器上见到。PC/104系统非常类似于PC主板,但是两者之间又有很大不同。

PC/104不同于其他PC系统主要有以下几个方面:①小尺寸:长90mm(3.6in),宽96mm(3.8in);②堆叠式的针孔/插针连接器:去除开发底板和机笼,从而提高可靠性;

③减少总线信号驱动器：减少能量的消耗，每个模块功耗为 1~2W。

PC/104 的名字起源于一些与它类似的和一些特殊的可堆叠在一起的总线连接器，它们共有 104 根插针，这种系统能够被一些特殊的工具编程，使用这种集成化的 PC 系统能够大大缩减开发商的费用和时间。虽然仅仅只有 4in 长，4in 宽，但是它已经是嵌入式系统设计工程师最基础的需求。PC/104 总线采用自层叠互连方式和 3.6in × 3.8in 的小板结构，抛弃了 PC 的大母板，使其更适合在尺寸和空间受到限制的嵌入式环境中使用，如消费类电子产品：洗衣机、烘干机、洗碗机、收款机等。近来，由于紧凑加固性设计 PC/104 工控机已在军工产品（如火箭、导弹和战斗机等）中开始采用。

现在几乎能想到的各种模块都可以和 PC/104 连接。PC/104 总线上有各种接口，其中有 CPU、显示、网口、音频、CRT、串行口、并行口、IDE、软驱接口、EL/LCD、多功能口、USB 等，全世界多于 200 家卖方提供着 PC/104 硬件、软件和系统工程，从而支持和推动 PC/104 的发展。

虽然 PC/104 总线工控机的功耗低，但其驱动能力差（4mA），扩展能力和维护性也受到限制，使其在工业过程控制和自动化领域的应用范围受到局限。

为了兼容 PCI 总线技术，1997 年 2 月 PC/104 总线联合会推出了 PC/104-Plus 规范 1.0 版，在 PC/104 规范 3.2 版的基础上，增加了 30 × 4 根信号线的 J2 插座，支持 PCI 局部总线规范 2.1 版。今天，许多单板计算机（SBC）都设计有 PC/104 总线接口，以便通过 PC/104 总线丰富的 I/O 模块扩展功能，满足不同的嵌入式应用要求。

使用 PC/104 的方法：①一个单独的 PC/104 模块可以作为一个独立的系统使用；②PC/104 模块能够作为一个成员被嵌入到一个更大的系统中去；③各种类的 PC/104 模块能够被堆叠在一起组成一个系统。

PC/104 总线工控机主流产品是 486DX 和 586，如 Winsystems 公司 486DX4—100MHz 的 SAT—DX、5x86—133MHz 的 PCM—586。VersaLogic 公司的 VSBC—6，支持 Pentium 133 ~ 266MHz 和 AMD K6—2 200 ~ 366MHz 处理器。

#### (4) PC\_ Based 控制

在工业过程控制领域，正在兴起一股发展基于 PC 的控制系统的热潮。基于 PC 的控制系统是国际上继 PLC 和 DCS 之后，推出的工业现场控制系统。

1) 基于 PC 的控制系统的相关标准 为了增强系统的兼容性能，基于 PC 的控制系统必须遵循 PLC 的国际标准（IEC 61131-3）和 DCS 的国际标准（IEC 61804）以及关于功能图的标准（IEC 61499）。图 1-1-3 为三大国际标准的关系。

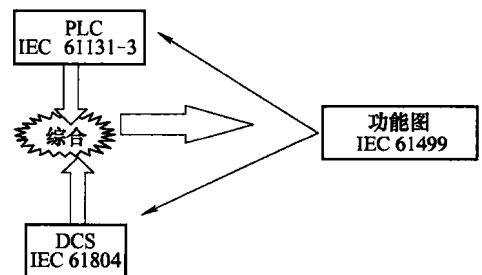


图 1-1-3 三大国际标准的关系

#### 2) 国际上基于 PC 的控制系统发展情况

世界上主要的工业控制系统开发商正在如火如荼地发展基于 PC 的控制系统，大都推出了比较成熟的控制软件，并且极力进行推广。在国内市场上，常见的基于 PC 的控制系统包括：法国 CJ International 公司的 isaGRAF PRO、德国 Siemens 公司的 WINAC、美国 Wonderware 公司的 InControl、俄罗斯 ADASTRA 公司的 TRACE MODE 监控一体化方案等。

基于 PC 的控制系统作为一个新兴的控制方案也在世界上不少大型的控制系统中得到应用。世界上第二大的水电站——600MW 克拉斯诺雅尔斯克水电站中的中央调度控制系统、温度监控系统和机组控制系统均采用基于 PC 的控制。SARAS 公司是意大利最大的石化企业。在它的环保监测系统、流程控制系统、输送控制系统中均采用基于 PC 的控制系统。世界上最大的铝厂——布拉茨克铝厂的气体净化设备控制系统和氟化盐生产车间控制系统、气体干燥提纯设备控制系统也均采用基于 PC 的控制系统。

3) 基于 PC 的控制系统的特点 基于 PC 的控制系统具有良好的开放性, 全面支持 PC 和 Windows 标准, 通过 OPC (相关内容见第九章) 方便与第三方控制产品建立通信, 便于与其他产品集成。

基于 PC 的控制系统简单易用。PC + 现场总线 + 分布式 I/O 与传统的 PC + PLC 的体系相比, 其优点表现为简化了系统的网络结构和设备设计、简化了复杂的通信接口、提高了系统的通信效率、降低了硬件和备件投资、易于调试和维护。熟悉的 PC 和操作系统、简单的系统和网络结构、方便的编程和组态软件, 使用户能在短时间内轻松掌握技术要领。

基于 PC 的控制系统具有很强的兼容性, 采用与 PLC 相同的编程工具, 轻松保留工程师的编程经验, 具有很强的兼容性。系统独立于制造商的标准, 采用通用的标准, 用户可以在各种系统之间灵活组合。

### 3. 分散控制系统 (DCS)

DCS 是继 1969 年 PLC 问世后, 由 HONEYWELL 公司在 1975 年首先推出的系统, 其代表产品为 TDC2000。随后世界上相继有几十家仪表公司也推出自己的 DCS。相继出现的 DCS 有美国的 MAX—1、RS3、MOD III、N—90、D/3、WDPF、MICRO、ECS—1200; 日本横河的 YEPARK MARK II, 东芝的 TOSDIC; 英国的 P4000; 德国的 TELEPERM、PROCONTROL P; 瑞典的 AC210 等。

从不同方向发展起来的 DCS, 在结构上、软件方面有很大区别。仪表公司开发的 DCS 的控制器软件部分比较符合工程人员应用的习惯, 特别是组态方式比较方便。计算机公司设计的 DCS 人机界面比较友好。

在硬件结构、软件应用和网络协议方面, 随着计算机技术的发展, 有三次比较大的变革。表现在操作站、DCS 网络、现场总线的出现三个方面。20 世纪 70 年代操作站的硬件、操作系统、监控软件都是专用的, 由各 DCS 厂家自己开发的操作站也没有动态流程图, 只有文本显示。通信网络的协议基本上都是采用轮询方式的, 在网络上设交通指挥器。80 年代发生较大变化, 通信网络较多地使用令牌方式。90 年代操作站出现了通用操作站, 打开了 DCS 形成的自动化“孤岛”。自动化“孤岛”的形成, 既有历史原因, 也有商业原因, 而更重要的是商业原因。90 年代末, DCS 通信网络有部分开始采用以太网。21 世纪初 DCS 和管理信息系统 (MIS) 相结合, 组成综合管理信息系统, DCS 的信号送到全厂和存入工厂数据库, 供管理人员查询。MIS 的数据传输, 载体采用光纤网和电话线网相结合的方式。传输数据多的地方采用光纤, 数据少的地方用电话线, 很像公共交通中的高速公路和国道联合使用一样, 称为对称数字用户线 (SDSL) 技术。国内已有非对称数字用户线 (ADSL) 技术。

DCS 本身的 I/O 板变化主要体现在 I/O 板上 A/D 的转换位数。操作站的变化体现在软、硬件的改变, 通信网络结构、协议的改进。控制器相对来讲变化要小得多, 它只是由于芯片

水平的提高而作一些调整，功能块的算法和组态方式是不变的。操作站主要表现在由专用机变化到通用机，监控软件由专用逐渐变化到通用。如普通微机（PC）和小型机、FIX 和 IN-TOUCH 用于操作站。专用操作站的硬件在 20 世纪 90 年代初就被淘汰，后来专用操作系统也被淘汰。目前许多 DCS 的操作系统的操作系统采用 UNIX 或其变种，也有中、小系统采用 NT。相比较来看，UNIX 系统的稳定性要好一些，采用 NT 系统死机现象发生较多。

DCS 的另一个重要发展是利用现场总线作为控制器的输入、输出。把现场总线作为 DCS 的输入、输出板，目的是解决远程信号的数据传输问题。如把 HART 总线做成 DCS 的一种输入板，可以有 16 个变送器连接在 HART 总线上。变送器、执行机构和 DCS 的控制器的距离可达 1km 以上。不仅解决了远程信号的数据传输问题，还节省了连接电缆。

从理论上讲，一个 DCS 可以应用于各种行业。但由于各行业有它的特殊性，所以 DCS 也就出现了型号与应用行业是否匹配的问题。有时也由于 DCS 厂家和用户的技术人员的工艺知识的局限性而引起的。例如：HONEYWELL 公司对石化行业比较熟悉，其产品石化行业应用较多，它缺少其他行业的特殊模块，如事件记录的快速模块。而 BAILEY 公司的产品则在电力行业应用比较普遍，这些特殊模块都已经有了。用户在选择 DCS 的时候主要是要注意其技术人员对自己生产工艺的熟悉程度，然后选择符合自己要求的 DCS，并应注意行业应用的特殊性。

国产的 DCS 在技术上可能不如进口的，但也能满足基本要求。其价格比进口的 DCS 至少要低一半，算上备品备件、现场服务费用，它的成本则要低很多。

DCS 由四部分组成（也可以说成三部分）：I/O 板、控制器、操作站和通信网络。I/O 板主要完成模拟和数字的转换（A/D 和 D/A 转换），最初用得最多的是 8 位，后来是 12 位加 1 位符号位。控制器是 DCS 的核心部件，任务是完成以 PID 为主要功能的过程控制。在国际上各 DCS 厂家在模拟量的算法上的技术水平都相差不远，用户编写应用程序都采用很方便的组态方式（填写若干个参数）。如果说有些差别的话是各种控制器内的算法有多有少，算法的组合和组态方式有些不一样。在开关量的处理方面区别很大。有的 DCS 在开关量的处理方面不很方便，甚至要用语言来编写。模拟量和开关量的结合也不十分理想。模拟量和开关量结合得是否好也成为评价 DCS 的指标。标签量的多少与操作站的软、硬件有关。

控制器从结构、软件等方面各 DCS 差别很大。一个控制器不管完成多少个 PID 的运算，但是完成 PID 运算必须在 1s 内完成一个循环。操作站差别比较大，主要差别是选用 PC 还是选用小型机、采用 UNIX 还是采用 NT 操作系统、采用专用的还是通用的监控软件，操作系统和监控软件配合比较好时，可以减少死机现象；在通信网络方面，最差的是轮询方式，在网络上设有交通指挥器。较好的是令牌广播、例外报告方式，能够满足实时控制的要求。

DCS 是集计算机技术、控制技术、网络技术和 CRT 显示技术为一体的高新技术产品，具有控制功能强、操作简便和可靠性高等特点，可以方便地用于工业装置的生产控制和经营管理，在电力、化工、冶金等流程自动化领域的应用已经十分普及。

## 五、火电厂热工控制装置与仪表的分类

### 1. 按能源形式可分为以下五类

#### (1) 自力控制仪表

自力控制仪表的动力来自于仪表本身或所控制的对象，如膨胀式温度计、弹簧管式压力



计、飞球式调速器和浮球式调节器等。

## (2) 液动控制仪表

液动控制仪表以高压油或水为能源，它也是发展得比较早的一类自动控制仪表，具有结构简单、工作可靠的特点，多用于功率较大的场合。液动控制仪表的缺点是油容易渗漏，有产生火灾的危险，而且油的黏滞性使液动控制仪表不能远距离传送信号，加上体积大，难以实现快速控制、远距离控制和集中控制。目前火电厂中的汽轮机调速系统和汽轮机数字电液控制系统（DEH）的执行机构（液动执行机构，简称EH），仍采用液动控制仪表。

## (3) 气动控制仪表

气动控制仪表以压缩空气为能源，它具有结构简单、直观、易于掌握、性能稳定、可靠性高、天然防爆及使用范围广等特点，特别适用于石油、化工等有易燃易爆的生产现场。气动控制仪表已有几十年的历史，在20世纪60年代以前，它是工业自动化系统的主流控制仪表。因为气动信号的传输速度的极限是声速，其传输距离短，所以，如果仪表过于大型化，中央控制室所发出的控制指令抵达被控对象附近有较大的时间延迟。气动控制仪表传输距离有限，并且对气源供气的可靠性和纯净度要求比较严格，需设置专用的气源，多个气动信号的叠加和处理也比较麻烦，这些是气动控制仪表的主要缺点。在火电厂中，气动执行机构仍被广泛使用。

## (4) 电动控制仪表

电动控制仪表以电力作为能源。它是20世纪60年代才迅速发展起来的一种控制仪表，电动控制仪表采用电信号，其传输速度的极限是光速，这样一来，无论是中央控制室将信号送到被控对象，还是被控对象的被控参数送到中央控制室，都可以看成没有时间滞后，操作人员可以在中央控制室观察和操作。控制器、显示器、记录仪器（这些仪表现在已经被控制站和操作员站所取代）都可以安装在中央控制室，还能实现复杂的控制规律，并组成各种复杂的控制系统。但是，电动控制仪表也存在问题，这就是电噪声的问题比较严重，为克服电噪声干扰，不得不采用极为复杂的电子线路。目前，电动控制仪表已成为工业生产过程实现自动控制的主流仪表，广泛地应用于电力、石油、化工、冶金、建材、轻工和交通等工业部门。

## (5) 混合式控制仪表

混合式控制仪表同时使用上述两种或两种以上的能源进行工作。混合式控制仪表在火电厂的典型应用，就是汽轮机数字电液控制系统。在这个控制系统中，既具有电动控制仪表易于实现各种复杂控制规律的特点，又具有液动控制仪表输出功率大的特点。

## 2. 按结构不同可分为以下六类

### (1) 基地式控制仪表

基地式控制仪表的特点是，其测量、显示、控制和执行等部件组合成一个整体，放在一个表壳里，并安装在生产设备附近。但多数情况下是把这一整体分成两部分：测量、显示和控制部件安装在一起；控制、显示和执行部件安装在一起。一个基地式仪表就能完成一个简单控制系统的测量、指示、记录、控制和执行等全部任务，具有结构简单、使用方便、可靠和经济等优点。

一个控制电路的构成需要有传感器、控制器和执行器，俗称控制三要素。20世纪50年