



“十二五”江苏省高等学校重点教材

化工检测与控制技术

主 编 王永红 钱 静

第三版



南京大学出版社



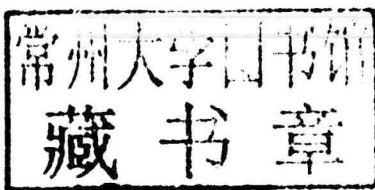
“十二五”江苏省高等学校重点教材 (教材编号 2014-1-062)

化工检测与控制技术

第三版

主 编 王永红 钱 静

副主编 张 泉 王恒强



内容提要

《化工检测与控制技术(第三版)》是高等职业技术学院石油化工类专业的教学用书。全书共分五部分,对化工过程检测与控制技术进行了系统叙述。第一部分,介绍了化工检测和仪表的工作原理、结构性能、基本技术参数及产品的使用。第二、三、四部分,分别介绍了简单控制系统、复杂控制系统、计算机控制系统。第五部分通过典型生产过程的控制方法的介绍,使学习者从工艺生产过程出发,明确化工检测与控制技术及各种控制方案的应用,对石化企业安全联锁保护系统进行了介绍。

本书除作为专业教材外,也可供从事其他相关类型行业(石油化工、轻工、林业、电厂等)专业技术工作的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工检测与控制技术 / 王永红, 钱静主编. — 3 版

. — 南京: 南京大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-305-16216-9

I. ①化… II. ①王… ②钱… III. ①化工仪表—检测仪表—高等教育—教材②化工过程—过程控制—高等教育—教材 IV. ①TQ056②TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 277861 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

书 名 化工检测与控制技术(第三版)

主 编 王永红 钱 静

责任编辑 吴 华 编辑热线 025-83596997

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 宜兴市盛世文化印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 335 千

版 次 2015 年 12 月第 3 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-16216-9

定 价 30.00 元

网址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信号: njupress

销售咨询热线: (025) 83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

第三版前言

《化工检测与控制技术(第一版)》2009年评为江苏省高校精品教材。经过不断的教学实践与总结,《化工检测与控制技术(第二版)》又于2014年被确定为江苏省高校重点教材建设项目。结合石油化工检测与控制技术更新快、科技含量高的特点,从高等职业技术学院培养高端技能型工程人才的前提出发,在体现先进性的同时,注重实用性、典型性及针对性,介绍国内石油化工检测与控制技术的基本内容及新概念、新方法。

在内容组织上,本书注重体现“理论与操作、普适与特殊、系统与典型”的特色,教材结构力争符合学生的认知规律和学习规律,更关注以学习者为主体,教学设计贴近“理实一体”的实施。在每个环节开始的部分都给学习者留下预习思考提问的空间。在每个单元的最后都提出了思考与分析的要求,预留了供学习者讨论交流的空间。

《化工检测与控制技术(第三版)》将操作训练融入每一个学习单元,将知识学习与实践操作有机结合,更可以帮助读者学习时参考,提升了学习者对化工检测与控制技术的应用能力。

本书第三版由王永红、钱静担任主编,张泉、王恒强担任副主编。编写修订分工如下:王永红绪论、第三单元、第五单元第一至四部分,钱静第一单元,王恒强第二单元,张泉第四单元,李剑第五单元第五、六部分,朱玉奇第一、二单元训练部分。全书由王永红统稿,王长军对书稿内容提出宝贵意见。

本书的完成,得到了参加编写人员所在南京科技职业学院(原南京化工职业技术学院)、扬州工业职业技术学院、扬子石化电仪公司的大力支持,这些单位提供了很多便利条件,在此表示谢意。同时在第三版的编写过程中,参考和引用了大量的文献,对这些参考文献的作者和单位表示感谢,对使用过本书并提出修改意见的教师、工程技术人员表示感谢。

本书有多种教学媒体有机结合的教学辅助资源,融入最新的教学成果,方便本课程的教学与实施,便于学生学习与操作。教学内容已制作成相关PowerPoint课件,可提供给采用本书作为教材的院校使用。

编 者

2015年8月

第二版前言

《化工检测与控制技术》于 2009 年被评为江苏省高等院校精品教材。在此基础上,本书从高等职业技术学院培养高端技能型工程人才的前提出发,根据石油化工检测与控制技术更新快、科技含量高的特点,在体现先进性的同时,注重实用性、典型性及针对性,介绍国内石油化工检测与控制技术的基本内容及更多的新概念、新系统、新方法,融入了化工高职院校最新的教学成果。

在内容组织上,本书力求深入浅出,着眼于为实际应用服务,叙述简明,易懂易操作易掌握,以满足高等职业技术学院石油化工类专业及其他相关类型行业专业技术人员的培养和教学需要。

为便于学习,每章开始部分增加了学习指导,明确学习难点,提出学习要求。每章末有丰富的习题与相关图表,并辅以实验指导,将知识学习与实践操作有机结合,更可以帮助读者学习时参考、操作与训练,提升了学习者对化工检测与控制技术的应用能力。

本书的完成得到了参加编写人员所在的南京化工职业技术学院、扬州工业职业技术学院、徐州工业职业技术学院的大力支持,这些院校提供了很多便利条件,在此表示谢意。同时在第二版的编写过程中,参考和引用了大量的文献,对这些参考文献的作者和单位表示感谢,对使用过本书并提出修改意见的教师、工程技术人员表示感谢。

本书内容已制作成用于多媒体教学的 PowerPoint 课件,并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。

编 者

2011 年 10 月

第一版前言

随着电子技术、信息技术和网络技术的发展,化工检测与控制技术也不断得到日新月异的发展。特别是近年来检测控制技术与信息网络技术的紧密结合,使其在传统产业和新兴产业中的应用范围不断扩大。

本教材从高等职业技术学院培养生产第一线的工程技术应用型专门人才的前提出发,根据石油化工检测与控制技术更新快、科技含量高的特点,以反映先进性、实用性、典型性及针对性为原则,介绍国内石油化工检测与控制技术的基本内容及更多的新概念、新系统、新方法等,以满足高等职业技术学院石油化工类专业及其他相关类型行业专业技术人员培养和教学的需要。

本教材内容力求深入浅出,着眼于为实际应用服务,叙述简明易懂。为便于学习,每个环节都附有丰富的习题,并列有相关图表;同时书后的附录一为实验指导,附录二为仿真实训指导,以帮助读者学习时练习与参考。

本书的完成,得到了参编人员所在学校提供的诸多便利条件和大力支持,在此表示谢意。同时在编写过程中,参考和引用了大量的文献,对这些参考文献的作者和单位表示感谢。

本教材的编写,得到了“南京化工职业技术学院精品教材建设基金”的资助。

编 者

2007年1月

目 录

绪 论	1
训练任务一 化工自动化系统的认识	10
1 化工过程变量检测	11
1.1 化工检测技术	11
1.2 压力检测系统	17
1.3 流量检测系统	26
1.4 物位检测	37
1.5 温度检测系统	46
1.6 其他参数检测	63
1.7 工艺参数的显示	68
训练任务二 弹簧管压力表的认识及使用	73
训练任务三 差压变送器的校验	75
训练任务四 温度检测系统的构成与联校	78
2 简单控制系统	80
2.1 工艺管道与仪表流程图识读	80
2.2 化工控制技术	87
2.3 控制规律与控制仪表	99
2.4 简单控制系统	120
训练任务五 可编程控制器的认识及使用	133
训练任务六 气动执行器及转换单元的认识及使用	134
训练任务七 简单控制系统认识	138
3 复杂控制系统	140
3.1 串级控制系统	140
3.2 其他常用复杂控制系统	148
训练任务八 串级控制系统的认识及运行	163

4 计算机控制系统	166
4.1 计算机控制系统	166
4.2 DeltaV 系统	174
4.3 其他 DCS 简介	182
训练任务九 计算机控制系统(DeltaV 系统)的仿真操作	186
5 典型化工过程的控制	189
5.1 精馏过程控制	189
5.2 反应过程的控制	193
5.3 流体输送过程的控制	196
5.4 间歇生产过程控制	200
5.5 信号报警与联锁保护系统	204
5.6 现场自动化装备的防护	214
参考文献	222

绪 论

石化工业指以石油和天然气为原料,生产石油产品和石油化工产品的加工工业。它在国民经济的发展中有重要作用,是我国的支柱产业之一。

获得石化工业产品的第一步,就是以石油和天然气为原料,通过炼油过程提供生产石油化工产品的“原料油”(汽油、煤油、柴油等)和润滑油以及液化石油气、石油焦炭、石蜡、沥青等。生产石化工业产品的第二步是对原料油和气(如丙烷、汽油、柴油等)进行裂解,生成以乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯为代表的基本化工原料。第三步是利用基本化工原料生产多种有机化工原料(约 200 种)及合成材料(塑料、合成纤维、合成橡胶)。

由石化工业提供原料的建筑、汽车、机械、电子信息、轻工、纺织、农业等相关产业的快速发展,带动了合成材料、压缩天然气(CNG)和液化石油气(LPG)等石化工业产品的需求,这也促使石化技术快速发展,因而也促进了石化工业自动化技术的快速发展。

在上述石化工业生产过程三个环节中,原料均在密闭的塔、釜、炉、器、罐等装置中,在一定的温度压力等条件下,进行相应的化学物理反应分解过程,原料与产品的输送也多在密闭的管道中进行。原料转化为基本化工原料的过程,根据目标要求不同,反应分解的工作条件也差异极大。为了保证生产处于最佳工作状态和优质、高产、低耗、安全、高效的工作过程,就需要通过自动化的方式来实现。

目前,石化工业企业的发展规模越来越大,技术水平也越来越高,新材料、新工艺、新技术的采用范围越来越广,再加上自动化控制技术的实践及业界对自动化控制技术重视程度的提高,化工行业的自动化控制显得越来越重要。化工自动化控制的发展趋势一是自动化技术水平越来越高,二是化工企业规模越来越大,因此,化工自动化控制的发展必须服从和服务于化工企业发展的大局,不断适应化工企业发展的需要,不断提高化工自动化控制水平。

自动化技术是提高社会生产力的工具之一,它包含了检测控制技术、计算机技术、通信技术、图形显示技术等四大要素。当前生产设备不断向大型化、高效化方向发展,大规模综合型自动化系统不断建立,工业生产过程和企业管理调度一体化的要求促进了自动化技术不断发展。因此,自动化技术的高低是衡量企业现代化水平的一个重要标志。

化工自动化控制是指在化工企业的整个生产管理过程中,以化工过程为控制对象,运用自动化控制技术,采用独特的控制算法和控制方案,实现控制理论和工程技术的有机协调,从原料的加工到成品的产出整个过程纳入自动化控制系统,完成化工过程中对温度、压力、流量、液位等被控变量的检测、分析、判断和控制工作。

可见,对化工过程的自动化控制,不仅包含着成套的自动化控制系统,还需要最优的过程控制,通过高质量的科学管理和技术操作,才能确保企业降低能耗和生产成本,提高产品质量,确保化工企业安全生产。

一、自动化系统的分类构成

自动化系统构成如图 0-1 所示。

- ① 生产装置:工艺对象。自动化装置:检测变送器、控制器、执行器。
- ② 现场仪表:检测变送器、执行器。控制室仪表:控制器。
- ③ 控制装置:控制器、比较环节(完成输入测量值与设定值比较,其偏差信号作为控制器的输入)。广义对象:工艺对象、检测变送器、执行器。

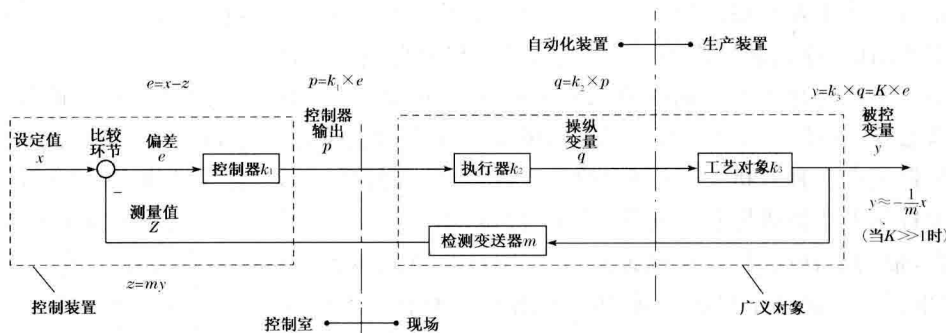


图 0-1 控制系统组成方框图

1. 根据生产过程的要求不同,自动化系统分为四种类型

(1) 自动控制系统

用过程控制仪表对生产过程中的某些重要变量进行自动控制,能将因受到外界干扰影响而偏离正常工作状态的工艺变量调回到规定的数值范围内的系统称为自动控制系统。它至少应包括工艺对象、检测变送、控制、执行等基本环节,如图 0-1 所示。

(2) 自动检测系统

利用各种检测变送仪表对工艺过程中的变量进行自动检测、指示或记录的系统,称为自动检测系统。它包括工艺对象、检测变送以及显示等环节,如图 0-2 所示。

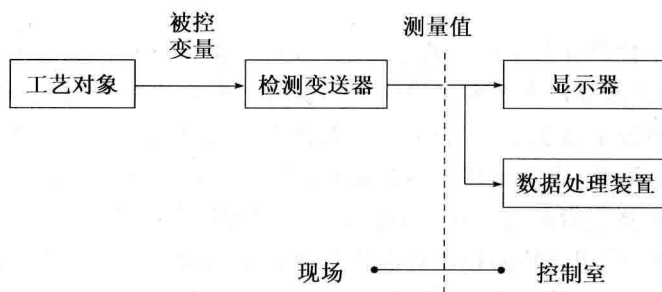


图 0-2 自动检测系统方框图

(3) 自动报警与联锁保护系统

在工业生产过程中,有时由于一些偶然因素的影响,导致工艺变量超出允许的变化范围时,就有引发事故的可能,所以对一些关键的工艺变量,要设有自动信号报警与联锁保护系统。当变量接近临界数值时,系统会发出声、光报警,提醒操作人员注意。如果变量

进一步接近临界值、工况接近危险状态时,联锁系统立即采取紧急措施,自动打开安全阀或切断某些通路,必要时,紧急停车,以防止事故的发生和扩大。它是生产过程中的一种安全装置,如图 0-3 所示。

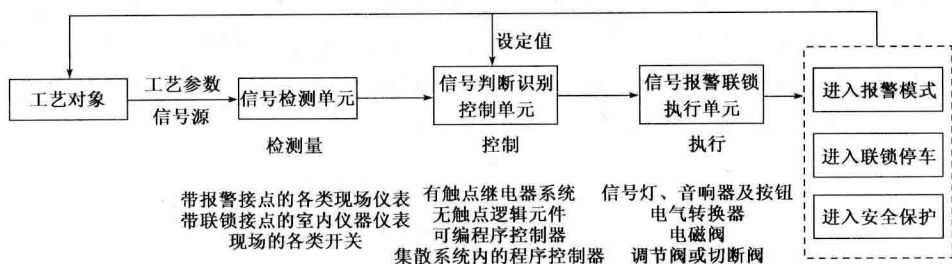


图 0-3 自动报警与联锁保护系统

(4) 自动操纵系统

按预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作的系统。例如合成氨造气车间的煤气发生炉,通过自动操纵系统,同期性地接通空气和水蒸气,完成对煤气发生炉进行吹风、上吹、下吹制气、吹净等工作步骤。

2. 按控制系统的结构不同,自动化系统可分为两种类型

(1) 闭环控制系统

闭环控制系统是按反馈的原理工作的。控制器与被控对象之间既有正向作用又有反向联系。在自动控制系统中均采用负反馈,以达到控制的目的。

① 定值控制系统。其基本任务是克服扰动对被控变量的影响,使被控变量保持在设定值。工业生产中的大部分控制系统都属于这种类型,如图 0-4 所示。



图 0-4 定值控制系统方框图

② 随动控制系统。若由于生产过程的原因而使出口温度设定值经常处于未知的随时间变化之中,出料温度始终跟随设定值的变化而变化,则整个系统成为随动控制系统,如图 0-5 所示。随动系统的主要任务是使被控变量能尽快地、准确地跟踪设定值的变

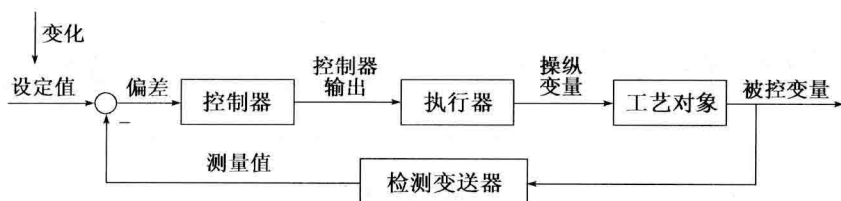


图 0-5 随动控制系统方框图

化。如在航空中的导航雷达系统就是一个典型的随动控制系统。在化工自动化生产中,比值控制系统、串级控制系统中的副环等都属于随动控制系统。

(2) 开环控制系统

开环控制,控制器与被控对象之间只有正向作用没有反向联系。从信号传递关系上看,未构成闭合回路。在图 0-6(a)所示的蒸汽加热器工作的过程中,蒸汽压力的变化同样也会引起出料温度的波动,可采用直接根据扰动进行控制来达到出口物料温度的稳定,如图 0-6(b)所示。这种开环控制称为前馈控制系统。

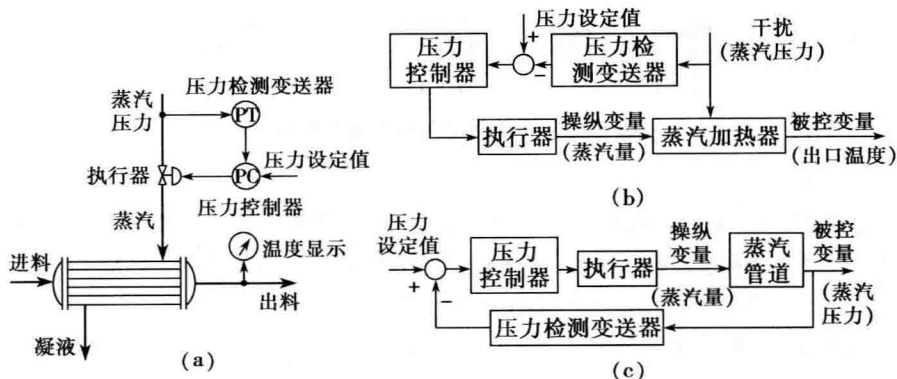


图 0-6 蒸汽加热器控制系统

由于没有被控变量的反馈,控制结束以后,很难保证被控变量等于工艺设定值。因此,前馈控制系统是不单独使用的,经常与反馈控制系统组合构成复合控制系统,实现快速与准确的调节。

需要指出的是,如果图 0-6(a)中工艺的被控制变量为管道蒸汽压力本身,则该控制系统为闭环定值控制系统。此时的控制系统系统方框图为图 0-6(c)。

程序控制系统也是一种开环控制系统。控制装置输出的是“时间的已知函数”,执行机构按控制装置设定的信号进行动作。如在间歇生产过程中应用比较普遍的多种液体自动混合加热控制、发电厂锅炉汽轮机的自启停控制、数控机床对工件的加工生产等就属于此类。程序自动控制的功能,就是要按照预定的程序来控制被控变量,如图 0-7 所示。

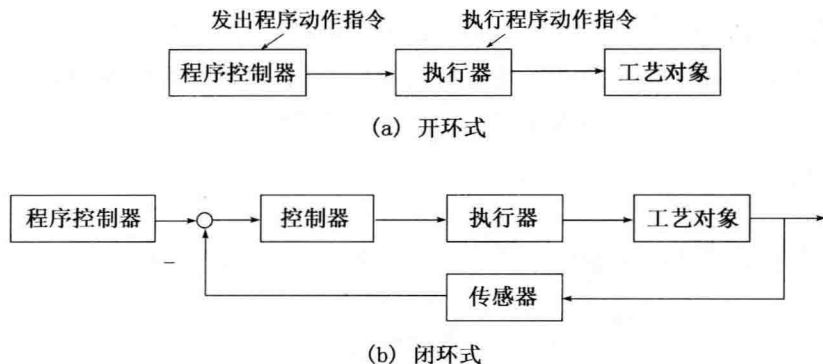


图 0-7 程序控制系统

程序控制也可以用反馈来消除控制过程的误差,提高控制质量。如数控机床工件的加工过程中,通过反馈环节减少工件产生的误差,提高了加工工件的精度。

3. 根据生产过程的变量数不同,自动化系统又分为两种类型

(1) 单输入单输出系统

单输入单输出系统只有一个输入输出信号,系统结构比较简单,系统中主反馈只有一个,如图 0-4 或 0-5 所示。有时为了改善系统的性能,还可能加局部反馈,故单输入单输出反馈系统可以是单回路的,也可能是多回路的,如图 0-8 所示。对单输入单输出控制系统的分析研究通常采用经典控制理论进行。

(2) 多输入多输出系统

多输入多输出系统如图 0-9 所示。由于系统的输入输出信号多,回路也多,而且相互之间有耦合,所以是一个复杂的系统。必须采用现代控制理论分析研究这类系统,并需要借助于计算机来解决。

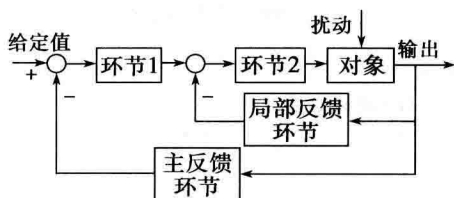


图 0-8 单输入单输出系统的多回路情况

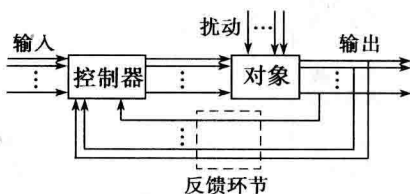


图 0-9 多输入多输出系统

4. 反馈与反馈控制

反馈是指将系统的输出返回到输入端并以某种方式改变运行输入,进而影响系统状态的过程。或者说,将系统的输出量通过检测装置检测后,返回到输入端并与输入量进行比较后再进入系统的过程。在这个运行过程中,系统通过输出变化的信息来进行控制,即通过比较系统行为(输出)与期望行为之间的偏差,并消除偏差以获得预期的系统性能。系统中,既存在由输入到输出的信号前向通路,也包含从输出端到输入端的信号反馈通路,两者组成一个闭合的回路。因此,反馈控制系统又称为闭环控制系统,可用图 0-1 所示。当测量环节的 m 设定为 1 时,表示测量值 z 等于被控变量 y ,根据控制过程分析得到,此时有 $y \approx x$,表示当系统稳定时,控制系统的被控变量 y 等于这个控制系统的设定值 x ,因此,达到了自动控制的目标要求。

凡反馈信息的作用与控制信息的作用方向相反,对控制部分的活动起制约或纠正作用的,称为负反馈。方框图中,反馈信号 z 旁边必须强调用“-”号表示。此时,控制器输入的偏差信号为设定值这种工作方式具有抑制干扰的能力,能改善系统的响应特性,保持系统稳态,但控制过程会有滞后、波动。

凡反馈信息的作用与控制信息的作用方向相同,对控制部分的活动起增强作用的,称为正反馈。方框图中,反馈信号 z 旁边用“+”号表示,也可以不表示出来。正反馈工作方式会使系统状态向某个极端发展,可加速系统运行,使系统发挥活力效应,但无法抑制干扰对系统的影响。

二、化工自动化的进展

自动化的发展,通常指自动化仪表和自动控制技术两个方面。20 世纪 40 年代以前,化工生产还处于手工操作。四十年代开始,过程控制技术取得突破,自动化仪表获得广泛应用。随着现代化工业生产的不断发展和计算机技术的开发应用,以及光纤传感技术的日益成熟,过程检测控制和通信信息处理技术的发展达到了一个新的水平。而如今,智能现场仪表、分析仪表、DCS、SIS、ERP 等,构成了当今石化工业企业的自动化解决方案,如图 0-10 所示。

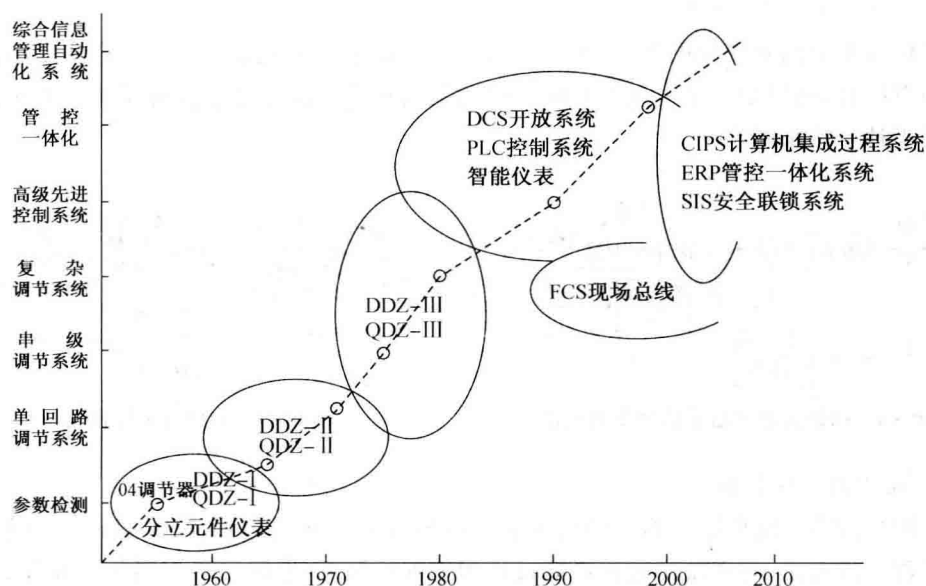


图 0-10 化工自动化及仪表的发展

1. 自动化仪表的发展

自动化仪表综合了测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、材料科学等众多学科的相互交叉性。其发展方向是微型化、多功能化、数字化、智能化、网络化、集成化。重点对现场检测仪表和执行器进行研究,拓展的主要功能包括:

- ① 具有自校零、自标定、自校正功能;
- ② 具有自动补偿功能;
- ③ 能够自动采集数据,并对数据进行预处理;
- ④ 能够自动进行检验、自选量程、自寻故障;
- ⑤ 具有数据存储、记忆与信息处理功能;
- ⑥ 具有双向通信、标准化数字输出或者符号输出功能。

2. 自动控制技术的发展

由于石化工业生产的特点,使得化工自动化起到相当重要的作用。在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使生产过程(被控对象)的某个工作状态或参数(即被控制量)

自动地按照预定的规律运行。支撑石化生产运行的就是自动控制技术。

基于“经典控制理论”控制技术,解决了反馈控制系统中控制器的分析与设计的问题。从 20 世纪 40 年代起,整个世界的科学水平出现了巨大的飞跃,几乎在工业、农业、交通运输及国防建设的各个领域都广泛采用了自动化控制技术。

60 年代产生的“现代控制理论”,以状态变量概念为基础,利用现代数学方法和计算机对复杂控制系统进行分析、综合,从理论上解决了系统的“能控性、能观测性、稳定性”等许多复杂系统的控制问题,寻求最优控制规律。在这种理论支持下成功开发了智能控制、集散控制、模糊控制、预测控制等多种控制技术,在现代空间技术、现代军事、现代工业、现代经济研究实践等多方面取得了重要的成功。

(1) 常规控制持续应用

从气动单元组合仪表、电动单元组合仪表、常规 DCS 到新一代 DCS 应用,石化工业自动化的基本控制仍然以 PID 调节为基础。部分回路已采用现场总线控制,但调节功能主要还是在 DCS 控制站内实现。新一代的 DCS 的发展,从技术层面上,主要体现在系统的开放性与现场传感器、变送器、执行器的通信接线等方面。

(2) 可编程控制系统快速发展

PLC 的技术从诞生之日起,就不停地发展。这些发展不仅改进了 PLC 的设计,也改变了控制系统的设计理念。过去,PLC 适用于离散过程控制,如开关、顺序动作执行等场所,但随着 PLC 的功能越来越强大,PLC 也开始进入过程自动化领域。PLC 的未来发展不仅取决于产品本身的发展,还取决于 PLC 与其他控制系统和工厂管理设备的集成情况。

PLC 通过网络,被集成到安全连锁系统(SIS)、计算机集成制造系统(CIMS)、计算机集成生产系统(CIPS)中,超级 PLC 将在需要复杂运算、网络通信和对小型 PLC 和机器控制器的监控的应用中获得使用。今天的多功能的 PLC 与 30 年前的 PLC 一样那么容易操作,甚至更为简单。

(3) 先进控制和优化控制正在实践

在现代控制论的推动下,各种智能化算法应运而生,其中除智能 PID 控制器外,多变量预测控制、软测量技术已在炼油、石化行业开始进入生产实践阶段。

(4) 人机界面不断优化提升

目前石化企业正在由一个装置一个控制室逐步过渡成为数个装置一个控制室或全厂一个中央控制室,而且最终是以 CRT 或 LCD 屏幕显示为主,辅以少数显示仪表和指示灯,以鼠标、键盘操作为主,辅以触摸屏及少数旋钮和按钮,工业电视摄像头摄取的画面也由专用屏幕逐步纳入 DCS 操作站的屏幕。把 DCS、HMI 的能力在相应工艺装置中充分发挥出来,让工艺操作人员能轻松操作,一目了然。

(5) 安全连锁系统重点运用

石化装置由于大型化、连续化及工艺过程复杂、易燃、易爆、对环境保护要求高等原因,安全性要求日益提高,由 DCS 等设备完成安全连锁保护的方法,已经不能满足要求,独立于 DCS 之外的生产安全系统得以开发应用。如紧急停车系统(ESD)、火灾和可燃气体检测系统(FGS)、转动设备管理系统(MMS)、压缩机组综合控制系统(ITCC)、安全联

锁系统(SIS)等。

(6) 管控一体化系统逐步推进

石化行业在原来计算机管理信息系统(MIS)的基础上建立的管控一体化系统,如图0-11所示。在实施管控一体化系统中,一方面是建立计算机网络、建立数据库等一系列基本软、硬件体系,另一方面就是建立以市场为导向、财务为核心的企业经营管理模式。

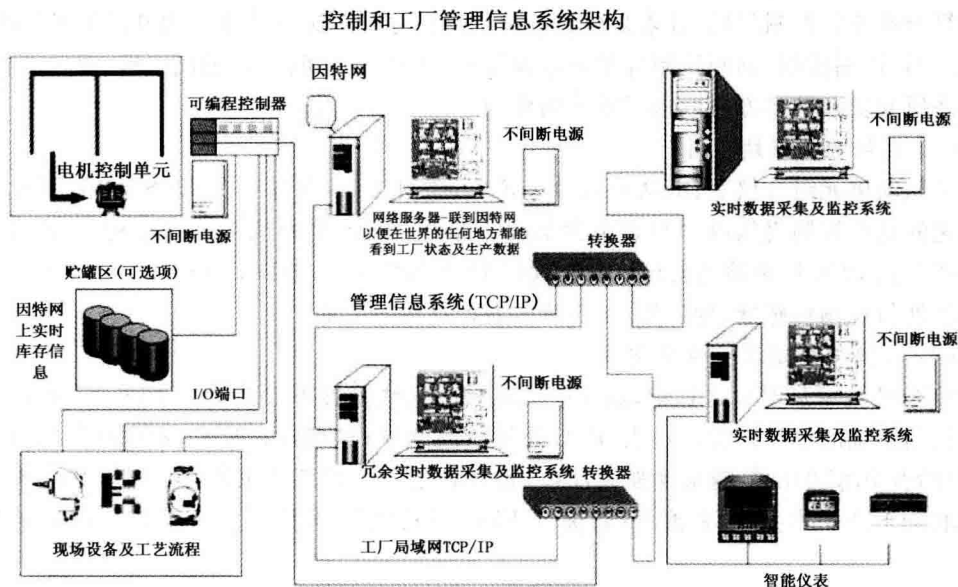


图 0-11 生产控制与工厂信息管理系统架构

① 美国普渡大学的 PURDUE 企业参数体系的 5 层结构:经营决策层、企业管理层、生产调度层、过程优化层或过程监测层、过程控制层。

②“ERP-MES-PCS”3层结构:称“管理层—生产层—控制层”或称“企业资源计划—制造执行系统—过程控制系统”。ERP层是以财务分析/决策为核心的整体资源优化的技术,MES是以生产综合指标为目标的生产过程优化控制、生产运行优化操作与优化管理的技术,PCS是以生产质量、数量满足工艺要求的设备综合管理控制为核心的技术,如图0-12所示。

最下层的 PCS 控制系统聚焦于生产过程的设备,以秒(s)为单位监控生产设备的运行状况,控制整个生产过程。中间层的 MES 制造执行系统着眼于整个生产过程管理,考虑生产过程的整体平衡,注重生产过程的运行管理,注重产品和批次,以分(min)、小时(h)为单位跟踪产品的制造过程。最上层的 ERP 经营计划系统以产品的生产和销售为处理对象,聚焦于订货、交货期、成本和顾客的关系等,以月、周、日为单位。

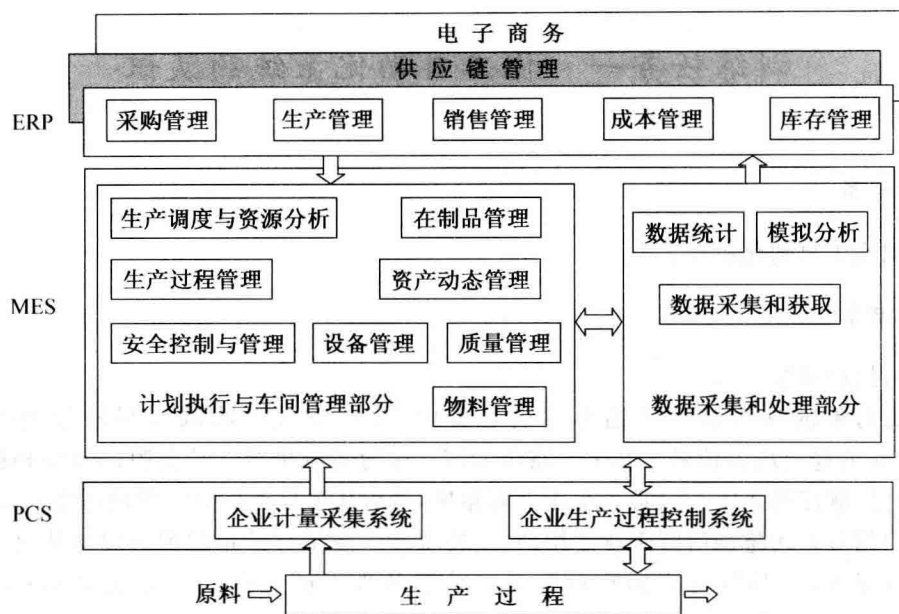


图 0-12 “ERP-MES-PCS”3 层结构图

❖ 思考与分析 ❖

1. 什么是化工自动化？主要包括哪些内容？
2. 说明自动控制系统的分类并举例。
3. 谈谈对自动控制技术发展应用的认识。

❖ 讨论交流笔记 ❖