

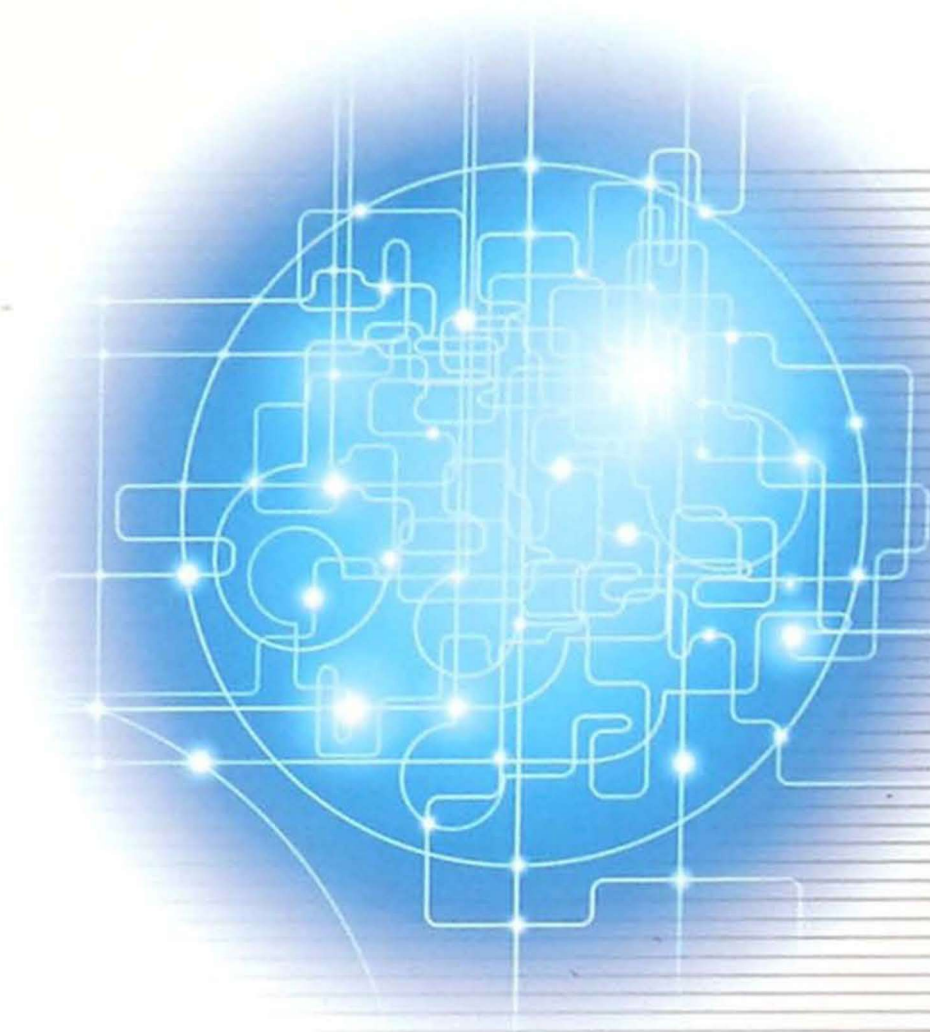


“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

过程控制及仪表

主 编 金文兵 刘哲纬

.....



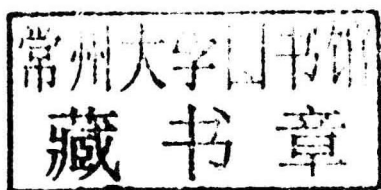
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

过程控制及仪表

主 编 金文兵 刘哲纬



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

过程控制及仪表 / 金文兵, 刘哲纬主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2015. 12
ISBN 978-7-308-15061-3

I. ①过… II. ①金… ②刘… III. ①过程控制—高等职业教育—教材②自动化仪表—高等职业教育—教材
IV. ①TP273②TH86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 202654 号

过程控制及仪表

主 编 金文兵 刘哲纬

责任编辑 杜希武
责任校对 余梦洁 丁佳雯 王文舟
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州好友排版工作室
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 20
字 数 499 千
版 印 次 2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-15061-3
定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>



前言

本教材适合高职高专的“生产过程自动化技术”、“电气自动化技术”、“计算机控制技术”等专业,也可作为自动化类其他专业学习的参考书。它是编者在讲授该课程 10 多年的基础上编写而成的,浓缩了其多年的教学经验。

在编写过程中,力求对各传感器、执行器等设备的工作原理的阐述简明扼要,重点分析其性能特性、结构组成及安装使用。对自动控制系统的组成和性能指标、控制规律等的阐述循序渐进、深入浅出。本教材有以下特点:

(1)以解决实际生产过程中的问题为基础,通过理论联系实际,提高学生职业技能。

(2)符合高职学生的职业发展规律,突出实际应用,在理论上注重适度,对一些复杂的理论内容进行了精炼和整合,少分析一些控制理论的数学推导和计算。

(3)突出了自动化技术专业核心能力——过程控制系统的应用、安装、调试等能力的培养,并加强了高新技术应用能力的培养,提高学生的就业能力。

(4)与以前的教材相比增加了“自控系统工程设计”内容,这一部分内容主要由著名自动化高新技术企业——浙江中控技术股份有限公司的高级工程师撰写,更加符合企业岗位实际的需求。

具体内容如下:

第一章:自控系统的组成与分类、方块图、流程图、自控系统的过渡过程和性能指标、基本控制规律;简单控制系统的组成、操纵变量与被控变量的选择、PID 调节器控制规律的选择。

第二章:温度传感器的基本原理和安装应用。

第三章:流量计的基本原理和安装。

第四章:压力表与压力传感器的基本原理、性能指标和安装应用。

第五章:物位传感器的基本原理和安装。

第六章:阀的结构形式、流量特性、可调比,气动执行机构、电动执行机构、执行器的安装。

第七章:控制参数的整定。

第八章:串级控制系统的组成,副回路副变量的选择,主副控制规律的选择,正反作用的选择,串级控制系统的调试。

第九章:复杂典型控制系统——锅炉三冲量控制系统的分析。

第十章:均匀控制系统,选择控制系统,分程控制系统。

第十一章:自控系统工程设计。

由于各院校及学生专业方向有所不同,教师在教学过程中可根据实际情况对教材内容进行删减,另外每章附有习题供学生进一步思考和练习。

过程控制及仪表

本书由浙江机电职业技术学院金文兵、刘哲纬主编。第一、二、五、八、九、十章由金文兵、颜建军、胡维庆编写；第三、六、七章由刘哲纬编写；第四章由程文锋编写；第十一章由俞文光编写。张索、张方军、吴起行、汤皎平等老师参加了教材校对。本书在编写过程中得到浙江机电职业技术学院电气电子工程学院其他老师的帮助和支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者
2014 年 3 月



目 录

第一章 自动控制系统预备知识	1
第一节 过程控制的基本概念	1
1.1.1 工业自动化的主要内容	1
1.1.2 自动控制系统的组成和分类	2
1.1.3 自动控制系统方块图	6
1.1.4 工艺管道及控制流程图	8
1.1.5 自动控制系统的过渡过程和品质指标	10
1.1.6 自动控制系统基本控制规律	15
第二节 简单控制系统的基本知识	25
1.2.1 简单控制系统的结构与组成	25
1.2.2 简单控制系统的设计	26
1.2.3 简单控制系统的故障与处理	39
1.2.4 控制系统间的关联与解耦	42
思考与练习一	44
第二章 温度传感器	50
第一节 温度传感器的基本原理	50
2.1.1 膨胀式温度计	52
2.1.2 压力式温度计	54
2.1.3 辐射式高温计	55
2.1.4 热电偶温度计	55
2.1.5 金属热电阻温度计	66
2.1.6 一体化温度变送器	69
2.1.7 温度测量仪表选型原则	69
第二节 温度传感器的安装	70
2.2.1 温度仪表的安装	70
2.2.2 热电阻安装	70
2.2.3 热电偶安装	73
2.2.4 热电偶的应用	74
2.2.5 热电阻的应用	76
思考与练习二	76

第三章 流量计	79
第一节 流量计的基本知识	79
3.1.1 流量测量仪表的分类	79
3.1.2 各种典型的流量传感器	81
第二节 流量计的安装	94
3.2.1 流量计的接线与安装	94
3.2.2 容积式流量计安装	96
3.2.3 浮子流量计安装	98
3.2.4 涡轮流量计安装	99
3.2.5 电磁流量计安装	101
3.2.6 差压流量计安装	104
思考与练习三	108
第四章 压力表与压力传感器	109
第一节 压力表和压力传感器	109
4.1.1 压力的概念及单位	109
4.1.2 压力测量仪表的分类	110
4.1.3 液柱式压力计	111
4.1.4 弹性压力表	112
4.1.5 负荷式压力计	115
4.1.6 压力传感器	118
第二节 压力表安装	137
4.2.1 压力表的主要技术指标	137
4.2.2 仪表种类和型号的选择	137
4.2.3 压力表的校验	139
4.2.4 压力表的安装	140
思考与练习四	142
第五章 物位传感器	144
第一节 物位传感器的基本原理	144
5.1.1 物位检测概论	144
5.1.2 浮力式液位测量仪表	145
5.1.3 压力式液位测量仪表	150
5.1.4 电容式物位测量仪表	154
5.1.5 超声式物位测量仪表	160
5.1.6 射线式物位测量仪表	164
5.1.7 雷达式物位测量仪表	167
5.1.8 磁致伸缩物位测量仪表	171



5.1.9 光纤式液位计	174
5.1.10 称重式液罐计量仪	177
5.1.11 物位开关	178
5.1.12 物位测量仪表的选型	181
第二节 物位传感器的安装	183
5.2.1 浮力式液位计安装	183
5.2.2 差压式液位计安装	185
5.2.3 电容式物位测量仪表安装	185
5.2.4 超声波物位测量仪表安装	186
思考与练习五	188
第六章 执行器	190
第一节 阀的基本知识	190
6.1.1 阀的结构形式	190
6.1.2 流量特性	194
6.1.3 调节阀的可调比	198
第二节 气动执行机构	199
6.2.1 气动执行器的用途与特点	199
6.2.2 气动执行器的组成	199
6.2.3 气动执行机构的用途与结构特点	201
第三节 电动执行器	208
6.3.1 电动执行器的用途和分类	208
6.3.2 电动执行器的要求	208
第四节 执行器的安装	209
6.4.1 气动薄膜调节阀的安装	209
6.4.2 气缸式气动执行器的安装	212
6.4.3 电磁阀的安装	212
思考与练习六	213
第七章 简单控制系统	215
第一节 控制系统引入	215
第二节 控制器参数整定	216
7.2.1 整定的方法	216
7.2.2 看曲线调参数	220
7.2.3 三种控制器参数整定方法的比较	220
7.2.4 负荷变化对整定结果的影响	221
思考与练习七	221

第八章 串级控制系统	222
第一节 串级控制系统的组成与工作原理	222
8.1.1 串级控制系统的概念	222
8.1.2 方块图及常用名词	225
8.1.3 串级控制系统的控制过程	225
第二节 串级控制系统副回路、副变量的选择方法	232
8.2.1 串级控制系统中副回路的确定	232
8.2.2 串级控制系统中副变量的选择原则	234
第三节 主、副控制器控制规律及正、反作用的选择	236
8.3.1 控制规律的选择	236
8.3.2 控制器正、反作用的选择	237
第四节 串级控制系统调试	238
8.4.1 串级控制系统的实施	238
8.4.2 串级控制系统的投运	239
思考与练习八	241
第九章 锅炉三冲量控制系统	245
第一节 汽包水位控制	245
9.1.1 汽包水位的动态特性	245
9.1.2 汽包水位的控制方案	246
第二节 锅炉燃烧系统控制	260
9.2.1 蒸汽压力控制和燃料与空气比值控制系统	260
9.2.2 燃烧过程的烟气氧含量闭环控制	261
9.2.3 炉膛负压控制与有关安全保护系统	261
第三节 蒸汽过热系统控制	262
思考与练习九	263
第十章 其他控制系统	265
第一节 均匀控制系统	265
10.1.1 均匀控制系统的基本原理和结构	265
10.1.2 均匀控制方案	266
10.1.3 均匀控制系统的控制规律的选择及参数整定	269
第二节 选择性控制系统	270
10.2.1 基本原理	270
10.2.2 选择性控制系统的类型	271
10.2.3 选择性控制系统设计和工程应用中的问题	276
第三节 分程控制系统	277
10.3.1 分程控制系统的组成及工作原理	277



10.3.2 分程控制的应用场合·····	278
10.3.3 分程控制系统的实施·····	281
思考与练习十·····	282
第十一章 自控工程设计 ·····	284
第一节 概 述·····	284
第二节 自控工程设计的任务和方法·····	284
11.2.1 自控工程设计的任务·····	284
11.2.2 自控工程设计阶段划分·····	285
11.2.3 自控工程设计的方法·····	286
第三节 自控方案的确定·····	288
11.3.1 控制方案的确定·····	288
11.3.2 图例符号的统一规定·····	289
第四节 控制设备的确定·····	292
11.4.1 控制仪表的选择·····	293
11.4.2 检测仪表及控制阀的选型·····	293
11.4.3 仪表数据表(或自控设备表)·····	293
第五节 仪表连接的表达·····	294
11.5.1 系统的整体连接·····	294
11.5.2 电缆连接·····	303
第六节 电缆敷设与仪表安装·····	304
11.6.1 电缆的敷设·····	304
11.6.2 电缆敷设原则·····	304
11.6.3 控制室内仪表的安装·····	305
11.6.4 现场仪表的安装·····	305
思考与练习十一·····	308
参考文献 ·····	309



第一章 自动控制系统预备知识

第一节 过程控制的基本概念

1.1.1 工业自动化的主要内容

实现工业生产过程自动化,一般要包括自动检测、自动保护、自动操纵和自动控制等方面的内容,现分别予以介绍。

1.1.1.1 自动检测系统

利用各种检测仪表对主要工艺参数进行测量、指示或记录,称为自动检测系统。它代替了操作人员对工艺参数的不断观察与记录,因此起到人的眼睛的作用。

1.1.1.2 自动信号和联锁保护系统

生产过程中,由于一些偶然因素的影响,导致工艺参数超出允许的变化范围而出现不正常情况时,就有引起事故的可能。为此,常对某些关键性参数设有自动信号联锁装置。当工艺参数超过了允许范围,在事故即将发生以前,信号系统就自动地发出声光报警信号,告诫操作人员注意,并及时采取措施。如工况已到达危险状态时,联锁系统立即自动采取紧急措施,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。例如某反应器的反应温度超过了允许极限值,自动信号系统就会发出声光信号,报警给工艺操作人员以及及时处理生产事故。由于生产过程的强化,仅靠操作人员处理事故已成为不可能,因为在一个强化的生产过程中,事故常常会在几秒钟内发生,由操作人员直接处理是根本来不及的。自动联锁保护系统可以圆满地解决这类问题,如当反应器的温度或压力达到危险限值时,联锁系统可立即采取应急措施,加大冷却剂量或关闭进料阀门,减缓或停止反应,从而可避免引起爆炸等生产事故。

1.1.1.3 自动操纵及自动开停车系统

自动操纵系统可以根据预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作。例如合成氨造气车间的煤气发生炉,要求按照吹风,上吹、下吹制气,吹净等步骤周期性地接通空气和水蒸气,利用自动操纵可以代替人工自动地按照一定的时间程序扳动空气和水蒸气的阀门,使它们交替地接通煤气发生炉,从而极大地减轻了操作工人的重复性体力劳动。自动开停车系统可以按照预先规定的步骤,将生产过程自动地投入运行或自动停车。

1.1.1.4 自动控制系统

生产过程中各种工艺条件不可能是一成不变的,特别是石油、化工生产等连续性生产过程,各设备相互关联。当其中某一设备的工艺条件发生变化时,都可能引起其他设备中某些参数或多或少地波动,偏离正常的工艺条件。为此,就需要用一些自动控制装置,对生产中

某些关键性参数进行自动控制,使它们在受到外界干扰(扰动)的影响而偏离正常状态时,能自动地被控制而回到规定的数值范围内,为此目的而设置的系统就是自动控制系统。

由以上所述可以看出,自动检测系统只能完成“了解”生产过程进行情况的任务;信号连锁保护系统只能在工艺条件进入某种极限状态时,采取安全措施以避免生产事故的发生;自动操纵系统只能按照预先规定好的步骤进行某种周期性操纵;只有自动控制系统才能自动地排除各种干扰因素对工艺参数的影响,使它们始终保持在预先规定的数值上,保证生产维持在正常或最佳的工艺操作状态。因此,自动控制系统是自动化生产中的核心部分,是学习的重点。

1.1.2 自动控制系统的组成和分类

自动控制系统是在人工控制的基础上产生和发展起来的,下面通过分析人工操作,并与自动控制比较,从而了解和分析一般的自动控制系统,掌握其在生产中的应用。

1.1.2.1 人工控制与自动控制

图 1-1 所示是一个液体贮槽,生产要求液位控制在某一高度 h_0 。当流入量 Q_i (或流出量 Q_o) 波动时会引起槽内液位的波动,严重时会造成溢流或抽空,解决这个问题的最简单办法就是以贮槽液位为操作指标,以改变出口阀门开度为控制手段,如图 1-1(a) 所示。当流入量 Q_i 等于流出量 Q_o 时,整个系统处于平衡状态,液位 $h=h_0$ 。如 Q_i 发生变化,液位 h 也变化。当 Q_i 增大使液位 h 上升时,超过要求的液位值 h_0 ,操作人员应将出口阀门开大,液位上升越多,出口阀门开得越大;反之,当 Q_i 减小使液位 h 下降时,应将出口阀门关小,液位下降越多,出口阀门关得越小。为了使贮槽液位上升和下降都有足够的余地,选择玻璃管液位计中间的某一点为正常工作时的液位高度,通过控制出口阀门开度而使液位保持在这一高度上,这样就不会出现事故。

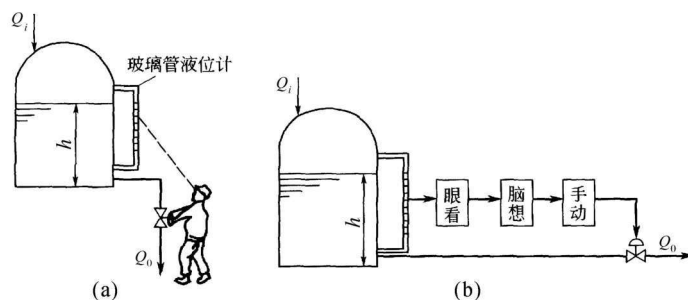


图 1-1 液位人工控制

1. 人工控制

上述控制过程如果由人工来完成,则图 1-1 是液位人工控制的过程。在贮槽上可装一只玻璃管液位计,随时指示贮槽的液位。当贮槽受到外界的某些扰动,液位发生变化时,操作人员实施的人工控制的步骤如下。

(1) 观察(检测) 用眼睛观察玻璃液位计中液位高度,并将信息通过神经系统传递给大脑中枢。

(2) 思考(运算)、命令 大脑将观测到的液位与工艺要求的液位加以比较,计算出偏差;然后根据此偏差的大小和正负以及操作经验,经思考、决策后发出操作指令。



(3) 执行 根据大脑发出的指令,通过手去改变出口阀门的开度,以改变出口流量,进而改变液位。

上述过程不断重复,直到液位回到所规定的高度为止。以上这个过程叫作人工控制过程。在上述控制过程中,控制的指标是液位,所以也称为液位控制。在人工控制中,操作人员的眼、脑、手三个器官分别担负了检测、运算和执行三个任务,完成了控制全过程。但由于受到生理上的限制,人工控制满足不了现代化生产的需要,为了减轻劳动强度和提高控制精度,可以用自动化装置来代替上述人工操作,从而使人工控制变为自动控制。

2. 自动控制

为了完成人工控制过程中操作人员的眼、脑、手三个器官的任务,自动化装置主要包括三部分,分别用来模拟人的眼、脑、手功能,如图1-2所示。

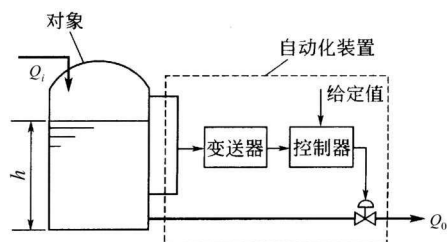


图 1-2 液位自动控制系统

(1) 测量元件与变送器 用于测量液位,并将测得的液位转化成统一的标准信号(气压信号或电流、电压信号)输出。

(2) 控制器 接收测量变送器送来的信号,并与工艺要求的液位高度进行比较,计算出偏差的大小,并按某种运算规律算出结果,再将此结果用标准信号(即操作指令信号)发送至执行器。

(3) 执行器 通常指控制阀。它接收控制器传来的操作指令信号,改变阀门的开度以改变物料或能量的大小,从而起到控制作用。

在自动控制过程中,贮槽液位可以在没有人参与的情况下自动地维持在规定值。这样自动化装置在一定程度上代替了人的劳动,但在自动控制过程中,自动化装置只能按照人们预先的安排来动作,而不能代替人的全部劳动。

1.1.2.2 自动控制系统的组成

图1-2所示的贮槽、液位变送器、控制器及执行器构成了一个完整的自动控制系统。从图中可以看出,一个自动控制系统主要是由两大部分组成:一部分是起控制作用的全套仪表,称为自动化装置,包括测量元件及变送器、控制器、执行器等;另一部分是自动化装置所控制的生产设备。在自动控制系统中,将需要控制其工艺参数的生产设备或生产过程称为被控对象,简称对象。图1-2所示的贮槽就是这个液位控制系统的被控对象。石油、化工生产中,各种分离器、换热器、塔器、泵与压缩机以及各种容器、贮罐都是常见的被控对象,甚至一段被控制流量的管道也是一个被控对象。一个复杂的生产设备上可能有好几个控制系统,这时确定的被控对象,就不一定是整个生产设备。例如,一个精馏塔、吸收塔往往塔顶需要控制温度、压力等,塔底又需要控制温度、塔釜液位等,有时中部还需要控制进料流量,在这种情况下,就只有塔的某一与控制有关的相应部分才是该控制系统的被控对象。

在一个自动控制系统中,以上两部分是必不可少的,除此之外,还有一些附属(辅助)装置,如给定装置、转换装置、显示仪表等。

图1-3是石油天然气生产过程中,进行油、水或气、液分离的分离器液位控制系统结构示意图。

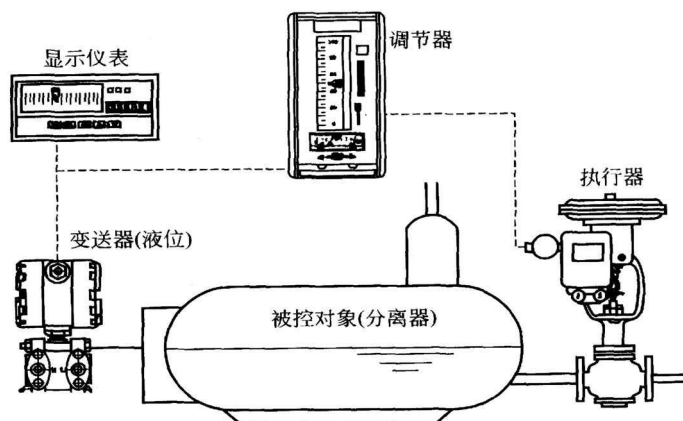


图 1-3 简单液位控制系统组成示意图

1.1.2.3 自动控制系统的分类

自动控制系统种类很多,其分类方法主要有:按被控变量来分类,如温度、流量、压力、液位等控制系统;按控制规律来分类,如比例、比例积分、比例微分、比例积分微分等控制系统;按基本结构分类,有开环、闭环等控制系统;在分析自动控制系统特性时,最常用的是将控制系统按照工艺过程需要控制的参数(即给定值)是否变化和如何变化来分类,有定值控制系统、随动控制系统和程序控制系统三类。

1. 定值控制系统

所谓“定值”就是给定值恒定的简称。工艺生产中,如果要求控制系统使被控制的工艺参数保持在一个生产技术指标上不变,或者说要求工艺参数的给定值不变,那么就需要采用定值控制系统。图 1-2 所讨论的贮罐液位控制系统就是定值控制系统的例子,这个控制系统的目的是使贮罐的液位保持在给定值上不变。在石油、化工生产自动控制系统中要求的大都是这种类型的控制系统。因此后面所讨论的,如果未加特别说明,都是指定值控制系统。

2. 随动控制系统(自动跟踪系统)

这类系统的特点是给定值不断地变化,而且这种变化不是预先规定好的,也就是说,给定值是随机变化的。随动控制系统的目的就是使所控制的工艺参数准确而快速地跟随给定值的变化而变化。在油田自动化中,有些比值控制系统就属于随动控制系统。例如要求甲流体的流量和乙流体的流量保持一定的比值,当乙流体的流量变化时,要求甲流体的流量能快速而准确地随之变化。原油破乳剂是油田和炼油厂必不可少的化学药剂之一,通过表面活性作用,降低乳状液的油水界面张力,使水滴脱离乳状液束缚,再经聚结过程,达到破乳、脱水的目的。为了取得好的脱水效果,在确定最佳加药比之后,破乳剂的用量就与处理液的量成比例,处理量越大,加入的破乳剂就相应成比例地增加。由于生产中原油处理量可能是随机变化的,所以相对于破乳剂用量的给定值也是随机的,故属于随动控制系统。

3. 程序控制系统(顺序控制系统)

这类系统的给定值也是变化的,但它是一个已知的时间函数,即生产技术指标需按一定的时间序列变化。这类系统在间歇生产过程中应用比较普遍,如冶金工业上金属热处理温



度的控制。近年来,程序控制系统应用日益广泛,一些定型的或非定型的程序装置越来越多地被应用到生产中,微型计算机的广泛应用也为程序控制系统提供了良好的技术工具与有利条件。

1.1.2.4 工业自动化仪表的分类

工业自动化仪表是生产过程自动化必要的物质技术基础——自动化装置。工业自动化仪表种类繁多,一般分类如下。

1. 按仪表使用的能源分类

(1)电动仪表(电能);(2)气动仪表(压缩空气);(3)液动仪表(少用)。

2. 按信息的获得、传递、反映和处理的过程分类

(1)检测仪表;(2)显示仪表;(3)集中控制装置;(4)控制仪表;(5)执行器。

3. 按仪表的组成形式分类

(1)基地式仪表 基地式仪表集变送、显示、控制各部分功能于一体,单独构成一个固定的控制系统。

(2)单元组合仪表 单元组合仪表将变送、控制、显示等功能制成各自独立的仪表单元,各单元间用统一的输入、输出信号相联系,可以根据实际需要选择某些单元进行适当的组合、搭配,组成各种测量系统或控制系统,因此单元组合仪表使用方便、灵活。单元组合仪表按工作能源的不同,可分为气动单元组合仪表和电动单元组合仪表两大类。单元组合仪表命名与性能:

① QDZ(“气”、“单”、“组”)-气动单元组合仪表。统一标准气源压力:0.14MPa。统一标准信号:0.02~0.10MPa(20~100kPa)。气路导管: $\phi 6 \times 1$ 紫铜管、塑料管、尼龙单管和管缆。精度:1.0级、1.5级。

② DDZ(“电”、“单”、“组”)-II型电动单元组合仪表。统一标准电源:交流220V。统一标准信号:现场传输信号0~10mA;控制室联络信号0~2V。精度:0.5级、1.0级、1.5级。

③ DDZ(“电”、“单”、“组”)-III型电动单元组合仪表。统一标准电源:24V直流。统一标准信号:现场传输信号4~20mA;控制室联络信号1~5V。精度:0.2级、0.5级、1.0级、1.5级。

④ DDZ-S第四代电动单元组合仪表,是带CPU芯片的智能仪表。统一标准电源:24V直流。统一标准信号:现场传输信号4~20mA;控制室联络信号1~5V。精度:0.2级、0.5级、1.0级、1.5级。

4. 按防爆能力分类

在石油、化工生产过程中,广泛存在着各种易燃、易爆物质,这些生产环境对仪表的防爆能力尤为重视,现场仪表的防爆能力已成为仪表性能的重要指标。除气动仪表已应用在易燃、易爆场合外,电动仪表的设计者也考虑了各种防爆措施。按防爆能力分类,有普通型、隔爆型和安全火花型等仪表。

(1)普通型 凡是未采取防爆措施的仪表,只能应用在非危险场所。

(2)隔爆型 采取隔离措施以防止引燃引爆事故的仪表。

(3)安全火花型 这类仪表采用低压直流小功率电源供电,并且对电路中的储能元件(例如电容、电感)严加限制,使电路在故障下所产生的火花微弱到不足以点燃周围的易燃气体。安全火花型仪表是电动仪表中防爆性能最好的一类。

1.1.3 自动控制系统方块图

在研究自动控制系统时,为了能更清楚地表示出一个自动控制系统中各个组成环节之间的相互影响和信号联系,便于对系统分析研究,一般都用方块图来表示控制系统的组成和作用。例如图 1-2 所示的液位自动控制系统可以用图 1-4 的方块图来表示。每个方块表示组成系统的一个部分,称为“环节”。两个方块之间用一条带有箭头的线条表示其信号的相互关系,箭头指向方块表示这个环节的输入,箭头离开方块表示这个环节的输出。线旁的字母表示相互间的作用信号。图 1-2 的贮槽在图 1-4 中用一个“被控对象”方块来表示,其液位就是生产过程中所要保持恒定的变量,在自动控制系统中称为被控变量(被调参数),用 y 来表示。在方块图中,被控变量 y 就是对象的输出。影响被控变量 y 的因素来自进料流量的改变,这种引起被控变量波动的外来因素,在自动控制系统中称为干扰作用(扰动作用),用 f 表示。

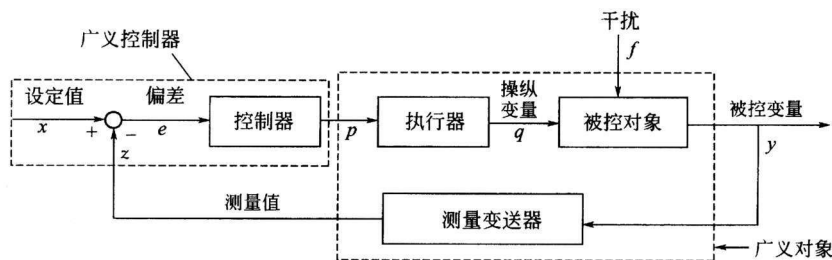


图 1-4 自动控制系统方块图

干扰作用是作用于对象的输入信号。与此同时,出料流量的改变是由于执行器(控制阀、调节阀)动作所致,如果用一方块表示控制阀,那么,出料流量即“控制阀”方块的输出信号。出料流量 q 的变化是影响液位变化的因素,所以其也是作用对象的输入信号。出料流量信号 q 在方块图中把控制阀和对象连接在一起。

贮槽液位信号 y 是测量变送器的输入信号,而变送器的输出信号 z 进入比较机构与工艺上希望保持的被控变量数值[即给定值(设定值) x]进行比较,得出偏差信号($e = x - z$),并被送往控制器。比较机构实际上只是控制器的一个组成部分,不是一个独立的仪表,在图中把它单独画出来(一般方块图中是以 $\bigcirc$ 或 $\otimes$ 表示),为的是能更清楚地说明其比较作用。控制器(调节器)根据偏差信号的大小,按一定的规律运算后,发出信号 p 送至控制阀,使控制阀的开度发生变化,从而改变出料流量以克服干扰对被控变量(液位)的影响。控制阀的开度变化起着控制作用。具体实现控制作用的变量叫作操纵变量,如图 1-4 中流过控制阀的出料流量就是操纵变量。用来实现控制作用的物料一般称为操纵介质或操纵剂,如上述流过控制阀的流体就是操纵介质。

用同一种形式的方块图可以代表不同的控制系统。例如图 1-5 所示的蒸汽加热器温度控制系统,当进料流量或温度变化等因素引起出口物料温度变化时,可以将该温度变化测量后送至温度控制器 TC。温度控制器的输出送至控制阀,以改变加热蒸汽量来维持出口物料的温度不变。这个控制系统同样可以用图 1-4 的方块图来表示。这时被控对象是加热器,被控变量 y 是出口物料的温度。干扰作用可能是进料流量、进料温度的变化,加热蒸汽压力的变化,加热器内部传热系数或环境温度的变化等。而控制阀的输出信号即操纵变量 q 是加热蒸汽量的变化,在这里,加热蒸汽是操纵介质或操纵剂。



必须指出,方块图中的每一个方块都代表一个具体的装置。方块与方块之间的连接线,只是代表方块之间的信号联系,并不代表方块之间的物料联系。方块之间连接线的箭头也只是代表信号作用的方向,与工艺流程图上的物料线是不同的。工艺流程图上的物料线是代表物料从一个设备进入另一个设备,而方块图上的线条及箭头方向有时并不与流体流向相一致。例如对于控制阀来说,它控制着操纵介质的流量(即操纵变量),从而把控制作用施加于被控对象去克服干扰的影响,以维持被控变量在给定值。所以控制阀的输出信号 q ,任何情

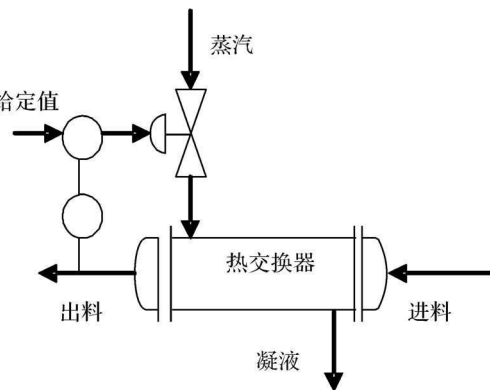


图 1-5 蒸汽加热器温度控制系统

况下都是指向被控对象的。然而控制阀所控制的操纵介质却可以是流入对象的(例如图 1-5 中的加热蒸汽),也可以是由对象流出的(例如图 1-4 中的出口流量)。这说明方块图上控制阀的引出线只是代表施加到对象的控制作用,并不是具体流入或流出对象的流体。如果这个物料确实是流入对象的,那么信号与流体的方向才是一致的。

对于任何一个简单的自动控制系统,只要按照上面的原则去作它们的方块图,就会发现,不论它们在表面上有多大差别,它们的各个组成部分在信号传递关系上都形成一个闭合的环路。其中任何一个信号,只要沿着箭头方向前进,通过若干个环节后,最终又会回到原来的起点。所以,自动控制系统是一个闭环系统。

再看图 1-4 中,系统的输出变量是被控变量,但是它经过测量元件和变送器后,又返回到系统的输入端,与给定值进行比较。这种把系统(或环节)的输出信号直接或经过一些环节重新返回到输入端的做法叫作反馈。从图 1-4 还可以看到,在反馈信号 z 旁有一个负号“ $-$ ”,而在给定值 x 旁有一个正号“ $+$ ”(正号可以省略)。这里正和负的意思是在比较时,以 x 作为正值,以 z 作为负值,也就是到控制器的偏差信号 $e = x - z$ 。因为图 1-4 中的反馈信号 z 取负值,所以叫负反馈,负反馈的信号能够使原来的信号减弱。如果反馈信号取正值,反馈信号使原来的信号加强,那么就叫作正反馈。在这种情况下,方块图中反馈信号 z 旁则要用正号“ $+$ ”,此时偏差 $e = x + z$ 。在自动控制系统中都采用负反馈。因为当被控变量 y 受到干扰的影响而升高时,测量值 z 也升高,只有负反馈才能使经过比较到控制器去的偏差信号 e 降低,此时控制器将发出信号而使控制阀的开度发生变化,变化的方向为负,从而使被控变量降回到给定值,这样就达到了控制的目的。如果采用正反馈,那么控制作用不仅不能克服干扰的影响,反而是推波助澜,即当被控变量 y 受到干扰而升高时, z 亦升高,控制阀的动作方向是使被控变量进一步升高,而且只要有一点微小的偏差,控制作用就会使偏差越来越大,直至被控变量超出了安全范围而破坏生产。所以控制系统绝对不能单独采用正反馈。

综上所述,自动控制系统是具有被控变量负反馈的闭环系统。它与自动检测、自动操纵等开环系统比较,最本质的区别,就在于自动控制系统有负反馈。它可以随时了解被控对象的情况,有针对性地根据被控变量的变化情况而改变控制作用的大小和方向,从而使系统的工作状态始终等于或接近于所希望的状态,这是闭环系统的优点。开环系统中,被控(工艺)变量是不反馈到输入端的。