

高等学校教材

生产过程检测 与控制技术

孙洪程 曹曦 魏杰 主编

高等教育出版社

高 等 学 校 教 材

生产过程检测 与控制技术

Shengchan Guocheng Jiance yu Kongzhi Jishu

孙洪程 曹曦 魏杰 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

生产过程检测与控制技术是一门综合性较强的课程,涉及的内容较多,需要具有一定的控制理论、检测技术、自动化装置、计算机等相关方面的知识。读者可参考学习相关的书籍。本书的知识内容大体上分为四个部分:自动检测技术、自动化装置、过程控制系统、自动化工程设计基础。自动检测技术以介绍基本测量原理为主,重点介绍常见的传感器与变送器的外特性,常见传感器与变送器的基本结构、使用方法与选用原则。自动化装置介绍 DCS 系统、PLC 系统、自动控制器,主要介绍这些系统的网络结构与组成。同时还介绍过程工业中常见的自动控制阀,主要介绍控制阀的基本结构、理想流量特性与实际流量特性、基本计算公式、选用原则等内容。过程控制系统以介绍基本控制方案为主。自动化工程设计基础部分重点介绍设计标准、图例符号,同时介绍设计过程中与相关专业(工艺、设备、电气等)的知识、相关专业设计文件交换等内容。

本书可作为具有初级水平的自控技术人员、非自动化专业技术人员的参考书,也可作为化学工程、环境工程、生物工程等专业的本科生教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生产过程检测与控制技术 / 孙洪程, 曹曦, 魏杰

主编. --北京:高等教育出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-04-041687-9

I. ①生… II. ①孙…②曹…③魏… III. ①生产过程-自动检测-高等学校-教材②生产过程-过程控制-高等学校-教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 297169 号

策划编辑 王耀锋

责任编辑 王耀锋

封面设计 于文燕

版式设计 马敬茹

插图绘制 杜晓丹

责任校对 杨凤玲

责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印刷 秦皇岛市昌黎文苑印刷有限公司

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 21.75

字数 480 千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版次 2015 年 3 月第 1 版

印次 2015 年 3 月第 1 次印刷

定价 34.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 41687-00

前 言

随着工业技术的进步,生产过程变得越来越复杂,专业交叉、知识融合越来越重要。单一的专业知识已经不能很好地完成工程项目的设计与实施。大工业概念的提出,要求技术人员应具有更丰富的知识、多方面的能力,这样才能满足工业技术的需要。现代工业生产过程中的各种参数随时间不断地变化,要掌握这些参数的变化,显然离不开检测技术,通过某些传感器和变送器,将这些参数变为可观察、可处理的信号,便于生产操作人员了解生产情况。

生产过程的基本要求是安全、平稳地生产出符合一定质量要求的产品,由于生产过程是由许多生产环节组成的,各个环节相互协调、相互关联,生产过程中某个局部变化,往往影响其上、下游其他生产环节。现代生产的高速度、大负荷,靠手工操作显然不能满足生产需要,因此就需要采用自动控制技术对生产过程进行控制。作为工程技术人员,需要了解一定的控制理论、检测技术、自动化装置、计算机技术。

本书编写的出发点是给非自动化专业人员讲解一些关于自动检测与控制的基本知识。本书的知识内容大体上分为四个部分:自动检测技术、自动化装置、过程控制系统、自动化工程设计基础。

自动检测部分重点讲解检测的基本知识,讲解典型传感器与变送器的基本原理和外特性,不过多涉及内部电路及内部信号处理;自动控制部分重点讲解一些典型控制回路和典型控制方案。自动化装置中介绍自动控制器、DCS 系统和 PLC 系统,同时还介绍过程工业中常见的自动控制阀;自动化工程设计部分重点介绍设计标准、图例符号,同时介绍设计过程中与相关专业(工艺、设备、电气等)的知识、相关专业设计文件交换等内容。

全书共 11 章,曹曦编写了 1~3 章,魏杰编写了 4~6 章,孙洪程编写了 7~11 章。本书可作为环境工程、生物工程、能源工程、机械设备等专业的本科生教学参考书,也可作为具有初级水平的自控技术人员的参考书。

编 者
2014 年 10 月

目 录

第1章 概述	1	第3章 自动检测技术	42
1.1 典型过程工业流程举例	1	3.1 概述	42
1.2 过程自动化概述	5	3.2 温度检测与仪表	44
1.2.1 被控过程与被控对象	6	3.2.1 热电偶	46
1.2.2 信息提取与测量	6	3.2.2 热电阻	50
1.2.3 模拟量与数字量	7	3.2.3 温度变送器	52
1.3 过程自动检测技术概述	7	3.2.4 其他测温元件及技术	53
1.3.1 测量基本关系	8	3.2.5 测温仪表的选择	55
1.3.2 测量误差	9	3.3 压力检测与仪表	55
1.3.3 测量时间响应	10	3.3.1 弹性敏感元件	55
1.3.4 测量装置性能指标	11	3.3.2 弹性形变测压	57
1.4 过程自动控制概述	12	3.3.3 弹簧管压力表	57
1.4.1 过程自动控制学科的特点	12	3.3.4 应变式压力传感器	58
1.4.2 自动控制系统分类	12	3.3.5 霍尔压力传感器	61
1.5 思考题与习题	13	3.3.6 电容式压力传感器	62
第2章 自动控制基本原理	15	3.3.7 压力仪表的选择	63
2.1 基本概念	15	3.4 物位检测与仪表	64
2.1.1 系统的概念	15	3.4.1 差压法测量液位	65
2.1.2 开环与闭环	16	3.4.2 电容式液位计	68
2.2 自动控制系统组成	17	3.4.3 超声波物位计	69
2.3 对象特性与数学模型	19	3.4.4 雷达物位计	71
2.3.1 被控对象特性	19	3.4.5 物位仪表的选择	72
2.3.2 被控对象数学模型	20	3.5 流量检测与仪表	73
2.4 传递函数与方块图	28	3.5.1 节流差压法	74
2.4.1 传递函数	28	3.5.2 转子流量计	77
2.4.2 方块图	30	3.5.3 容积式流量计	78
2.5 控制系统稳定性分析及评价		3.5.4 电磁流量计	80
指标	33	3.5.5 涡街流量计	81
2.5.1 控制系统稳定性分析	34	3.5.6 质量流量计	83
2.5.2 控制系统的评价指标	36	3.5.7 流量仪表的选择	86
2.6 思考题与习题	41	3.6 成分分析仪表	88
		3.7 机械量检测	92

II 目录

3.7.1 长度测量	92	5.3.1 可编程控制器基本结构	137
3.7.2 转速测量	93	5.3.2 可编程控制器网络系统	140
3.7.3 加速度传感器	94	5.3.3 可编程控制器软件系统	142
3.7.4 速度传感器	95	5.3.4 PLC 系统选择	143
3.7.5 位移传感器	97	5.4 自动控制器	145
3.8 思考题与习题	99	5.4.1 模拟型控制器	145
第4章 指示记录仪表	101	5.4.2 智能化数字控制器	147
4.1 动圈式显示仪表	101	5.4.3 控制器的选择	150
4.1.1 外部电阻与调整电阻	102	5.5 思考题与习题	151
4.1.2 温度补偿	103	第6章 自动控制阀	152
4.1.3 测量电路	104	6.1 控制阀结构与流量特性	152
4.1.4 动圈式仪表的选用原则	105	6.1.1 控制阀结构及选择	152
4.2 自动电子电位差计	105	6.1.2 控制阀流量特性	155
4.2.1 平衡测量原理	105	6.1.3 控制阀开闭形式及其选择	159
4.2.2 电子自动平衡电位差计	106	6.2 气动控制阀	162
4.3 自动电子平衡电桥	108	6.3 电动控制阀	164
4.3.1 平衡电桥测量原理	108	6.3.1 电动控制阀	164
4.3.2 电子自动平衡电桥	109	6.3.2 电磁阀	165
4.4 电子自动平衡电位差计与电子 自动平衡电桥的选用	110	6.4 电-气阀门定位器与电-气转 换器	166
4.5 单元组合式显示记录仪表	110	6.4.1 电-气阀门定位器	166
4.5.1 YS 系列 SRVD 记录仪	110	6.4.2 电-气转换器	167
4.5.2 光柱报警指示仪	113	6.5 变频与调速	168
4.6 新型显示记录仪表	115	6.5.1 变频调速	168
4.6.1 新型指示仪表	115	6.5.2 磁耦合调速	168
4.6.2 新型记录仪表	117	6.5.3 液力耦合调速	169
4.7 思考题与习题	119	6.6 思考题与习题	170
第5章 自动化装置	120	第7章 简单控制系统	171
5.1 基本控制规律	120	7.1 简单控制系统的结构与组成	171
5.1.1 开关规律	120	7.2 被控变量的选择	174
5.1.2 比例控制	124	7.3 操纵变量的选择	176
5.1.3 积分控制	126	7.3.1 对象特性对控制质量的影响	176
5.1.4 微分控制	126	7.3.2 操纵变量的选择	180
5.1.5 基本控制规律对比及组合	128	7.4 测量变送装置与控制阀的选择	180
5.2 集散控制系统(DCS 系统)	129	7.4.1 测量变送装置选择	180
5.2.1 集散控制系统的组成	130	7.4.2 控制阀选择	183
5.2.2 集散控制系统的选择	136	7.5 控制器参数对系统控制质量的 影响及控制规律的选择	186
5.3 可编程控制器	137		

7.5.1 控制器参数对系统控制质量的影响	186	9.2.3 联锁系统工程实现	239
7.5.2 控制规律的选择	190	9.3 思考题与习题	244
7.5.3 控制器正反作用的确定	190	第10章 典型化工单元的控制方案	245
7.6 控制器参数的工程整定	192	10.1 流体输送设备的控制方案	245
7.6.1 临界比例度法	192	10.1.1 离心泵的控制方案	245
7.6.2 衰减曲线法	193	10.1.2 容积式泵的控制方案	249
7.6.3 反应曲线法	194	10.1.3 压缩机的常规控制方案	249
7.7 思考题与习题	196	10.2 传热设备的自动控制	256
第8章 复杂控制系统	197	10.2.1 概述	256
8.1 串级控制系统	197	10.2.2 传热设备的特性	258
8.1.1 串级控制与串级控制系统	197	10.2.3 一般传热设备的控制	261
8.1.2 串级控制系统的特点	199	10.2.4 锅炉及加热炉控制	264
8.1.3 串级控制系统设计	201	10.3 精馏塔的自动控制	273
8.2 比值控制系统	206	10.3.1 精馏塔的静态特性	273
8.2.1 比值控制系统的类型	207	10.3.2 精馏塔的动态特性	275
8.2.2 比值控制系统中的信号关系	209	10.3.3 精馏塔的整体控制方案	275
8.3 前馈控制系统	212	10.3.4 精馏塔的塔压控制	279
8.3.1 前馈控制系统基本概念与特点	212	10.4 化学反应器的自动控制	281
8.3.2 前馈控制系统主要结构形式	214	10.4.1 化学反应的一些基本概念	282
8.4 均匀控制系统	218	10.4.2 化学反应器的类型	283
8.4.1 均匀控制问题	218	10.4.3 化学反应器的控制要求	284
8.4.2 均匀控制方案	220	10.4.4 反应器的特性	286
8.4.3 参数整定	222	10.4.5 反应器的热稳定性分析	287
8.5 选择性控制系统	223	10.4.6 反应器的基本控制方案	288
8.5.1 选择性控制系统功能	223	10.5 思考题与习题	293
8.5.2 选择性控制系统的类型及应用	224	第11章 自动化工程设计基础	297
8.6 分程控制系统	229	11.1 工程设计的基本概念	297
8.6.1 分程控制系统概述	229	11.2 自控工程设计的任务	299
8.6.2 分程控制的应用场合	230	11.3 自控工程设计的方法和程序	300
8.7 思考题与习题	233	11.4 图例符号的统一规定	307
第9章 报警与安全联锁系统	234	11.5 管道仪表流程图	310
9.1 报警系统	235	11.6 控制方案的确定	311
9.1.1 报警系统组成	235	11.7 与相关专业有关的设计文件	312
9.1.2 报警系统功能	237	11.8 思考题与习题	321
9.2 安全联锁系统	238	附录	323
9.2.1 联锁信号	238	附录1 拉普拉斯变换简介	323
9.2.2 联锁逻辑关系	239	附录2 常见热电阻分度表	327
		附录3 常见热电偶分度表	329

IV 目录

附录 4 防爆等级划分	332	参考文献	337
附录 5 外壳防护等级	334		

1.1 典型过程工业流程举例

过程工业是社会工业生产中的一大类,例如石油、化工、化肥、农药等工业。这一类工业的特点是生产物料都是以流体方式在密闭管道设备中进行各种物理的、化学的变化,随着生产的进行,物质组分发生变化,能量也发生变化。这一类生产过程的特点是生产过程中的各种参数(温度、压力、物位、流量、组分、物性等)随时间延续进行连续不断地变化。由于温度、压力参数等不会出现跳跃变化,所以当某一点受到扰动后,这种变化会缓慢地影响上游、下游生产过程。同样道理,控制调整作用也会缓慢影响生产过程,且某一点的控制调整也会缓慢发生作用。这又是过程工业的一大特点,即生产过程的滞后与关联。基于这些原因,现代过程工业中的自动检测与控制是不可缺少的十分重要的技术手段。

下面举一些典型过程工业的例子。

例 1:原油的常减压蒸馏

原油的常减压蒸馏流程如图 1.1 所示。

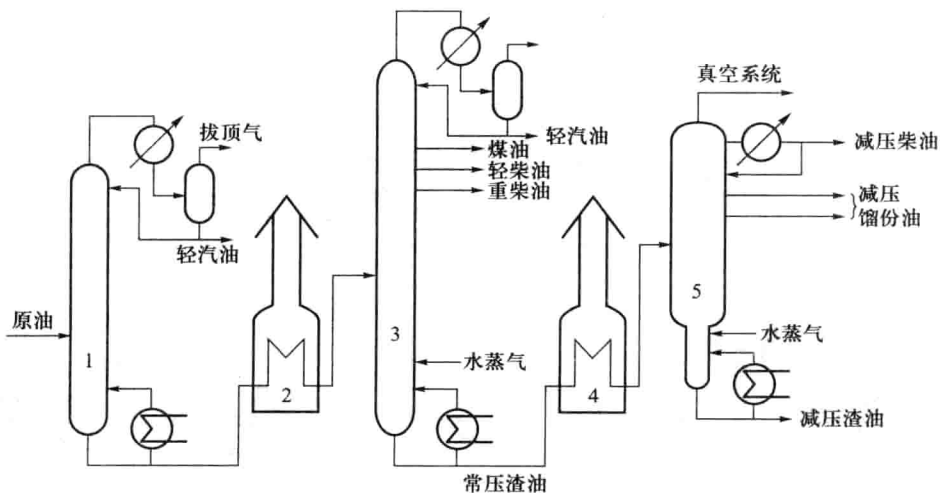


图 1.1 原油常减压蒸馏流程图

1—初馏塔; 2—常压加热炉; 3—常压塔; 4—减压加热炉; 5—减压塔

石油经预热至 $200^{\circ}\text{C} \sim 240^{\circ}\text{C}$ 后,入初馏塔。轻汽油和水蒸气由塔顶蒸出,冷却到常温后,入分离器分离掉水和未凝气体,得轻汽油(国外称“石脑油”)。未凝气体称为“原油拔顶气”,占原油重量的 $0.15\% \sim 0.4\%$,其中乙烷占 $2\% \sim 4\%$,丙烷约占 30% ,丁烷约占 50% ,其余为 C5 及 C5 以上组分,可用作燃料或生产烯烃的裂解原料。初馏塔底油料,经加热炉加热至 $360^{\circ}\text{C} \sim 370^{\circ}\text{C}$,进入常压塔,塔顶出汽油,第一侧线出煤油,第二侧线出柴油。为与油品二次加工所得汽油、煤油和柴油区分开来,在它们前面冠以“直馏”两字,以表示它们是由原油直接蒸馏得到的。将常压塔重油在加热炉中加热至 $380^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$,进入减压蒸馏塔。采用减压操作是为了避免在高温下重组分的分解(裂解)。减压塔侧线油和常压塔三、四线油,总称“常减压馏分油”,用作炼油厂的催化裂化等装置的原料。常压蒸馏塔切割的馏分如表 1.1 所示。

表 1.1 常压蒸馏塔切割的馏分

控制点位置	所在塔板层数	指标/ $^{\circ}\text{C}$	油品种类	产率/%
常压塔顶	40	95 ~ 100	汽 油	5.0
常压一线	29 ~ 31	145 ~ 150	煤 油	9.1
常压二线	17 ~ 19	267 ~ 270	轻柴油	6 ~ 7
常压三线	13 ~ 15	330 ~ 335	重柴油	6 ~ 7
常压塔底	0	345 ~ 350	重 油	65 ~ 75

某些炼油厂减压塔切割的油品常用来生产润滑油,此时该塔塔顶出柴油馏分,减压一线出轻质润滑油馏分,减压二线出中质润滑油馏分,减压三线出重质润滑油馏分,塔底为减压渣油。

例 2:合成氨生产工艺

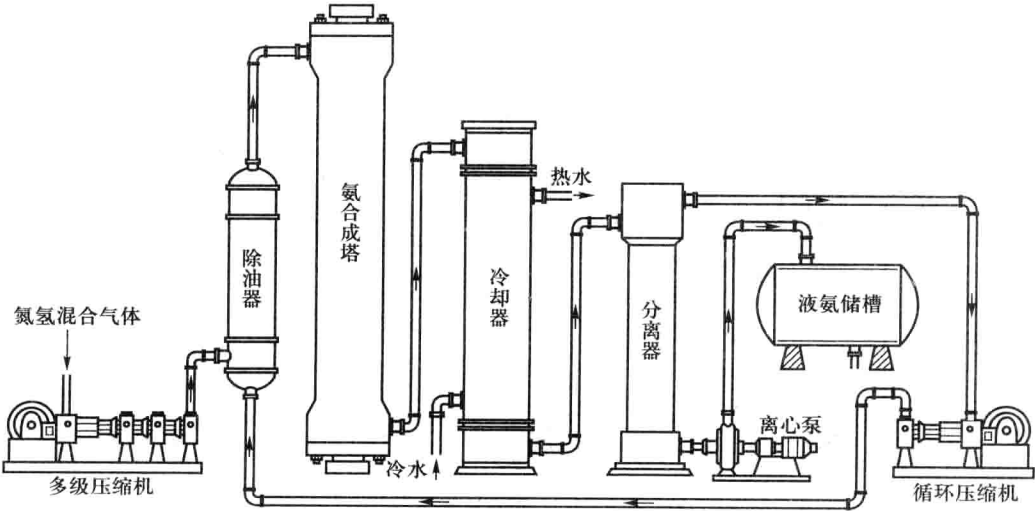


图 1.2 合成氨工艺流程图

合成氨工艺包括原料气制备、原料气净化、氨合成等。图 1.2 是合成氨总流程中的氨合成

连续操作,故采用两平行装置。

通过浓硫酸的酸洗作用,使杂质沉淀分离。酸洗釜的操作条件为温度 50°C ,在裂解冷却油中加入约 6% 的浓硫酸,维持搅拌 1 小时,然后静置使油中的酸渣沉降,待沉降稳定后由釜底分出。酸洗后的油品送去脱色处理。

脱色工艺是用活性白土吸附去除未被酸洗掉的沥青、胶质、环烷烃、多环芳香烃等杂质,起进一步脱水、脱色作用。这时油品中所含杂质以分散杂质为主,使用的活性白土应保证其活性。活性白土加入量为油品的 10%,温度在 50°C 、维持搅拌 1 小时,待吸附作用完成后静置,待其沉降分离。随后将油品送入分离阶段进行馏分分割。

处理后的油品粗分为轻质油、中性油、基础油三种。通过填料精馏塔将其按照馏分分割。

分离设备包括两个分离塔。第一分离塔塔顶温度在 160°C 、压力保持在 -0.8 MPa ,塔顶组分为蒸馏脱水阶段未被得到的轻质油。塔底油品送入第二分离塔,再分离出中性油和基础油。第二分离塔塔顶温度在 220°C 、压力保持在 -0.8 MPa ,塔顶组分为中性油,基础油由塔底分出。

上面三个生产流程具有这样的特点:首先生产是连续进行的,这体现在原料是连续进入该流程,产品是连续流出该流程;生产参数(温度、压力、液位、流量、组分等)是连续变化的。某些流程中会有物料的循环(例 2 的合成氨流程),某些流程是连续与间歇的混杂系统(例 3 的工业废油回收,其中的酸洗与脱色是间歇过程)。可用图 1.4 表示生产过程中的物料流。

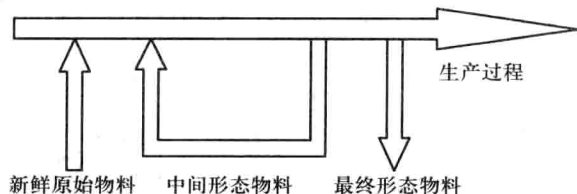


图 1.4 生产过程中的物料流

伴随生产过程的继续会消耗一些能量,例如物相态的改变需要消耗能量;放热反应过程会生成反应热;生产过程中还会有能量的传递、转换、回收。为了使生产过程按照人们的意愿进行,就需要对生产过程物料流、能量流进行管理,这就是对生产过程的信息进行实时在线管理,这也就是生产过程信息流管理。

可用图 1.5 表示生产过程中的信息流。

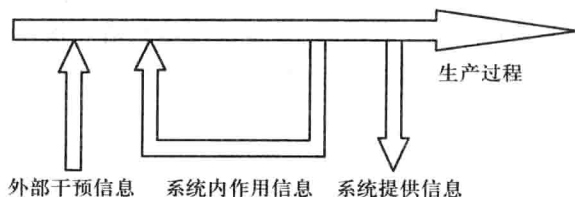


图 1.5 生产过程中的信息流

要实现生产信息的实时、在线管理,就需要实时地获得信息、实时地处理信息、实时地干预生产过程。要想实现自动化,首先要实时地获得生产信息,这就离不开自动检测问题。自动检测实际上是通过一定的技术手段,使得生产过程信息转化为便于处理的信号,这些信号可进一步被其他自动化装置采用,或者被操作人员阅读。

1.2 过程自动化概述

生产活动中人们总希望对生产过程有详尽的了解掌握,对生产过程及时可靠地进行控制。最早是通过人们对生产过程的直接观察,由人对生产过程直接进行干预。随着科学技术的发展,生产技术的提高,生产强度的加大,生产过程的变化越来越复杂,变化速度越来越快,变化幅度越来越大,面对这些情况,单凭人的力量是很难掌握、控制生产过程的。所以可以说自动化是科学技术发展的必然。

所谓自动化是指机器或装置在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动地进行操作或运行。例如使导弹命中目标;宇宙飞船能够准确地登上月球,并按预定的时间与地点返回地球;机床能够自动加工出符合一定形状与精度的零件;机器人能够按照一定的规律进行某种操作;化学反应器在一定的压力、温度下反应并生产出合格的产品等;这些都离不开自动控制理论的发展。广义地讲,自动化还包括学习与模拟人的智能活动。自动化技术是一门新兴的科学技术,它是与控制论、信息论和系统论为理论基础,以现代工业技术为依托的综合技术。

自动化技术的广泛应用,不仅可以提高生产效率,减轻劳动强度,改善工作条件,节省能源等,而且对国家的经济发展、社会进步乃至人民生活水平的提高都将起着越来越重要的作用。

经典控制理论在 20 世纪 30~40 年代初步形成,以频率理论、根轨迹法为基础体系,研究对象为单输入单输出(SISO)线性定常系统,以拉氏变换为工具,以传递函数为基础,在频率域中分析与设计。经典控制理论具有一定的局限性:难以有效地应用于时变系统、多变量系统;难以有效地应用于非线性系统。

20 世纪 50 年代,以动态规划法、极大值原理、卡尔曼滤波为代表的现代控制理论开始形成和发展,到上世纪 60 年代末,在非线性系统、大系统与智能系统领域得到了迅猛发展。现代控制理论以多输入多输出(MIMO: Multi-Input/Multi-Output)系统、线性/非线性、时变/非时变系统为主要研究对象;以线性代数 and 微分方程为工具,以状态空间法为基础。近年来,由于计算机技术的迅猛发展和应用数学研究的发展,特别是一些新兴控制技术,诸如最优控制、自适应控制、预测控制、模糊控制、人工神经网络控制、鲁棒控制等技术的出现,自动化理论得到了日新月异的发展。目前,主要是在研究庞大的系统工程的基础上发展起来的大系统理论得到了重大的进展。

过程工业(Process Industries)是现代工业的一大分支,是指随时间的延续,连续不断地发生变化的生产过程,以改变原料的物理化学性质为目的的一大类连续加工工业,包括化学工业、冶金工业、炼油工业、能源工业、食品工业、纸浆工业等。过程自动化是现代过程工业不可缺少的组成部分,有其自身的特点,其自动化工程必须要配合这些特点。

过程工业的生产过程中,物料通常是以流体形态(气态、液态、多相混合流体)在密闭的管路和容器中,进行物质的、能量的传递与交换。这样的工业过程具有下面一些特点。

(1) 物质形态与能量形态的改变是不可见的,因此自动检测就成为过程工业中不可或缺的技术手段。

(2) 生产环节之间关联很强。生产过程中一点的变化可向上游、下游扩散,如果不能及时调整,其影响范围会扩大,有可能使得整个生产变得不正常。

(3) 由流体形态下物质、能量的传递与交换的特点所决定,过程工业具有时间滞后特点。

(4) 生产过程状态具有多样性。例如化学反应过程,主反应进行的同时还伴随有若干副反应。例如换热过程,根据温差的不同,热量会有不同的流动方向。

(5) 现代过程工业常常在大负荷、高强度条件下生产,加上过程工业的时间滞后特性,所以正常状况的反映既有不及时的特点,同时又有变化剧烈、人力难以控制的特点。

根据过程工业,特别是现代过程工业的这些特点,靠人为观察、手工操作是难以控制生产过程的。所以自动检测与自动控制已经变成了现代过程工业的一个不可缺少的组成部分。

1.2.1 被控过程与被控对象

被控过程(Process)是指工艺参数需要控制的生产过程、设备或机器等。常见的种类有:换热器、锅炉、精馏塔、化学反应器、贮液槽罐、加热炉等。这些需要控制的生产过程、设备或机器称为被控对象(Controlled Object)。所谓控制,一般是指采取某种手段使被控制的对象或者过程的某一物理量按照一定的规律运行。

被控对象又称对象。在自动控制系统中,一般指被控制的设备或过程为对象,如反应器、精馏设备的控制,或传热过程、燃烧过程的控制等。从定量分析和设计角度,被控对象只是部分生产设备或部分生产过程,并不是设备的全部。例如:在精馏过程控制中,定回流控制系统的控制对象,只涉及设备的回流管道;塔釜液位控制系统的对象,只与塔釜有关。控制系统分析当中,为了分析方便,将除控制器之外的其他环节合并在一起,称为广义的被控对象。

1.2.2 信息提取与测量

信息提取(Information Extraction)是从观测数据中获得有用信息的过程,实际上是一个测量过程。按照信息论和控制论观点,在通信和控制系统中传送的本质是信息,系统中实际流通的则是可测量的信号。信息包含在信号之中,信号是信息的载体。电信号到了接收端,经过处理可最终转换成语音、文字或图像。收信人从语音、文字或图像中可以得到各种信息。一般地说,在接收端将带有噪声的信号经过多次变换,以取得有用信息的过程就是信息提取。

假定用一个装置进行测量,将测量装置看作一个环节,该装置的输入是被测取的物理量,输出是信号。用 x 表示被测变量,用 y 表示测量信号,则可用图 1.6 来表示信息提取过程。

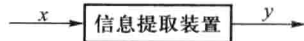


图 1.6 信息提取装置

被测变量 x 是生产过程中需要关注的量,例如温度、压力、位移、速度等。测量信号 y 是能够表征被测量的,能够方便地进行处理、记录、阅读的另外一种物理量,例如电压、电流、电阻、气压、

指针偏转、液柱高度、电位、开关等。这里需要注意,信号不仅仅指一些物理信号,一些可由人感官观察到的量也是信号。

测量过程可以是连续的,也可以是断续的。断续测量过程通常是定时采样测量,或是不定时采样测量。这种测量方式通常是离线的,所获得的信息也是非实时信息。例如实验室对产品质量的定时采样分析、产品的抽检等。连续测量通常是在线的,实时测量。例如加热炉温度测量、反应釜压力测量等。

1.2.3 模拟量与数字量

数字量:在时间上和数量上都是离散的物理量称为数字量。把表示数字量的信号叫数字信号。把工作在数字信号下的电子电路叫数字电路。例如:用电子电路记录从自动生产线上输出的零件数目时,每送出一个零件便给电子电路一个信号,使之记为 **1**,没有零件送出时电子电路未获得信号使之记为 **0**。可见,零件数目这个信号无论在时间上还是在数量上都是不连续的,因此它是一个数字信号。最小的数量单位就是 **1** 个。

模拟量:在时间上或数值上都是连续的物理量称为模拟量。表示模拟量的信号称为模拟信号。工作在模拟信号下的电子电路称为模拟电路。例如:热电偶在工作时输出的电压信号就属于模拟信号,因为在任何情况下被测温度都不可能发生突跳,所以测得的电压信号无论在时间上还是在数量上都是连续的。而且,这个电压信号在连续变化过程中的任何一个取值都有具体的物理意义,即表示一个相应的温度。

所谓标准信号,是物理量的形式和数值范围都符合国际标准的信号值。仪表上使用的标准信号分为两类。

1. 电信号

(1) DDZ-Ⅲ标准信号:是指 $4 \sim 20$ mADC 的电流信号、 $1 \sim 5$ VDC 的电压信号。

(2) DDZ-Ⅱ标准信号:是指 $0 \sim 10$ mADC 的电流信号、 $0 \sim 10$ VDC 的电压信号。

现在 DDZ-Ⅱ 仪表几乎被淘汰了,多采用 DDZ-Ⅲ 的仪表。

2. 气信号

即压力信号, $20 \sim 100$ kPa($0.02 \sim 0.1$ MPa)。

1.3 过程自动检测技术概述

为了掌握生产过程的各种参数,了解生产过程的状况,就必须对生产过程中的参数、状态进行检测,其方法可以是人工检测,包括目测,利用简单的测量工具,采取采样方式检测。例如需要检测时用温度计、双金属温度计、红外温度计、温包温度计等进行一次性的检测。但是如果需要不间断地连续检测,则需要采用自动检测系统进行自动检测。

自动检测就是在测量和检验过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动进行并完成的。实现自动检测可以提高自动化水平和程度,减少人为干扰因素和人为差错,可以提高生产过

程或设备的可靠性及运行效率。其性能的好坏将直接影响控制系统的精度和其他指标。

自动检测的任务主要有两种:一是将被测参数直接测量并显示出来,以告诉人们或其他系统有关被测对象的变化情况,即通常而言的自动检测或自动测试;二是用作自动控制系统的前端系统,以便根据参数的变化情况做出相应的控制决策,实施自动控制。

图 1.7 是换热器的自动检测系统。为了了解掌握换热器的工作状态、工艺介质的生产参数是否满足生产要求,就需要对换热器的生产参数进行自动测量指示或记录。

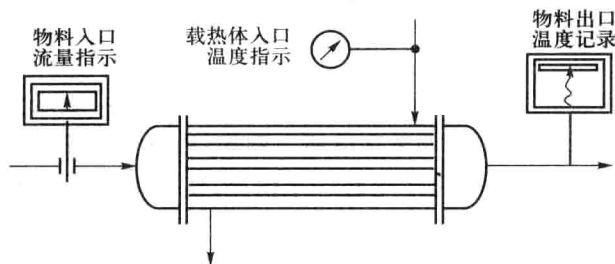


图 1.7 换热器自动检测系统

为了掌握换热器的工作情况,图 1.7 中检测记录了物料出口温度,这是换热器的生产指标;检测指示了载热体入口温度,了解为换热器提供热源的情况;检测指示了物料入口流量,这是换热器的生产负荷情况。

1.3.1 测量基本关系

被测变量的变化范围叫做测量范围,与之相对应的信号变化范围叫做信号范围。信号变化范围所对应的被测变量变化范围也叫做测量装置的量程。被测变量的最小数值叫做量程下限,被测变量的最大数值叫做量程上限。信号的最小数值叫做信号的下限(或零点),信号的最大数值叫做信号的上限(或满度)。显然,测量的基本要求是输出信号与被测变量在测量范围内有单值对应关系,即一点测量信号数值有一点被测变量数值对应。这种对应关系可以是线性的也可以是非线性的某种函数关系。测量的基本关系可用图 1.8 来表示。

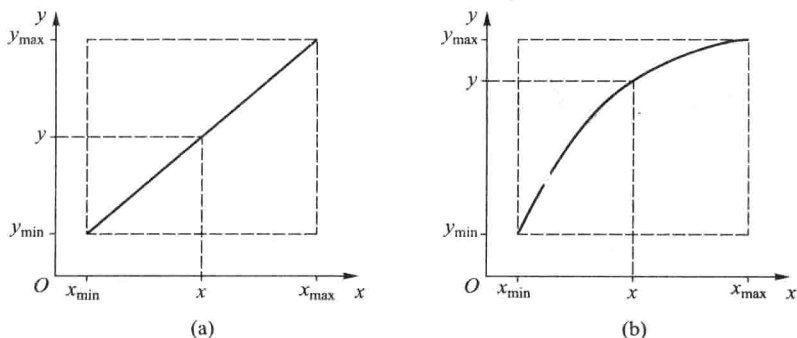


图 1.8 测量基本关系

测量关系一般是指被测变量的相对变化与信号相对变化之间的关系,即变化量相对于全量程的比例。

对于图 1.8(a) 中所示线性关系,则有

$$\frac{y-y_{\min}}{y_{\max}-y_{\min}}=\frac{x-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}} \quad (1-1)$$

经整理可得

$$y=(y_{\max}-y_{\min}) \cdot \frac{x-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}+y_{\min} \quad (1-2)$$

对于图 1.8(b) 中所示非线性函数关系,则有

$$\frac{y-y_{\min}}{y_{\max}-y_{\min}}=f\left(\frac{x-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}\right) \quad (1-3)$$

经整理可得

$$y=(y_{\max}-y_{\min}) \cdot f\left(\frac{x-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}}\right)+y_{\min} \quad (1-4)$$

公式(1-2)和公式(1-4)是分析测量关系的两个重要公式。工业上所用的测量装置大部分是线性关系的,所以公式(1-2)用得最多。

例 1:已知热电偶测量范围为 $0 \sim 1700^{\circ}\text{C}$, 对应毫伏信号为 $0 \sim 20.222 \text{ mV}$ 。忽略热电偶测量的非线性,写出毫伏与温度之间的表达式。

解:根据线性测量关系,则有

$$V=\frac{V_{\max}-V_{\min}}{T_{\max}-T_{\min}}(T-T_{\min})+V_{\min}=\frac{20.222}{1700}T=0.0119T$$

1.3.2 测量误差

测量是通过一定的技术手段对某个变量进行量化描述并进行信号转换,测量过程不可避免地会产生一些误差。表示测量误差有几种常用的方法。

1. 绝对误差

测量误差是指测量获得数值与真实数值之差,如果用 x_0 表示真实数值, x 表示测量数值,则误差的定义为

$$\Delta=x-x_0 \quad (1-5)$$

生产过程中变量的真实数值是多少? 怎么能获得真实数值呢? 生产过程中真实数值是无法知道的。要获得真实数值还必须进行测量。公式(1-5)是无法实现的,那只是误差的概念性定义。为此,将公式(1-5)进行修改,用标准测量数值^[1] x_s 来代替真实数值 x_0 , 则公式(1-5)变为

$$\Delta=x-x_s \quad (1-6)$$

2. 相对误差

[1] 注:标准测量数值是指在规定的标准条件下,使用标准的测量工具,采用标准的测量方法所获得的数值。