

油气储运 自动化

第二版

吴明 邓淑贤 编著

YOUQI CHUYUN ZIDONGHUA



化学工业出版社

油气储运 自动化

第二版

吴明 邓淑贤 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

油气储运系统是连接油气生产、加工、分配、销售诸环节的纽带,主要包括油气集输、长距离管道输送、储存与装卸等,在保障国家能源供应、维护能源安全中具有重要意义。本书主要介绍了油气产品的计量及储运系统自动控制方案和发展趋势,包括自动控制系统的概念、被控对象的特性分析、测量仪表、控制仪表、执行仪表、自动控制系统、油气储运常见的控制方案、油气田及管道自动化、油气长输管道 SCADA 系统及数字化管道发展趋势、管道在线泄漏检测等内容。全书力求概念清晰,贴近工程应用背景,相关案例均来源于实际工程应用,有助于提高读者兴趣。

本书可供广大从事油气和其他介质管道输送及其自动化的工程技术人员使用和参考,也可作为高校相关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油气储运自动化/吴明,邓淑贤编著. —2版. —北京:化学工业出版社,2013. 7

ISBN 978-7-122-17400-0

I. ①油… II. ①吴…②邓… III. ①石油与天然气储运-自动化系统 IV. ①TEB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 104778 号

责任编辑:朱 彤

文字编辑:冯国庆

责任校对:边 涛

装帧设计:关 飞

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 22 字数 557 千字 2013 年 9 月北京第 2 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:59.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

油气储运系统是连接油气生产、加工、分配、销售诸环节的纽带，主要包括油气集输、长距离管道输送、储存与装卸等。该系统在保障国家能源供应、维护能源安全中具有重要意义。为了保证安全生产，提高经济效益，达到节能、降耗、改善环境和增加效益的目的，必须实现油气储运系统自动化。

《油气储运自动化》第一版自 2005 年 10 月出版以来，受到广大读者的关注和欢迎，还被列入辽宁省首批“十二五”规划教材深感欣慰，在此表示深深谢意。本书在第一版的基础上，不仅根据测量仪表系统和自动控制系统的发展及实际应用的需要，对已有的内容进行补充，而且着眼于油气储运自动化的过程，在体系结构方面也进行重建，使本书结构更加明确、富有层次。此外，在每章后面增加了习题与思考题，对相应内容进行练习，加深对内容的理解和掌握。

在本书第二版编写过程中，编著者继续坚持突出系统概念，注重理论分析与实例解剖，强调技术和系统的模块化与模型化等原则；同时，在内容叙述上，力求由浅入深、循序渐进，达到概念清楚、文字叙述确切等编写目的。总之，编著者希望能满足相关领域工程技术人员的工作需要，也能更好地满足油气储运及相关专业本科生和研究生的学习需要。

本书共 10 章，主要讲述自动控制系统的基本概念、被控对象的特性分析、测量仪表、控制仪表、执行仪表、自动控制系统、油气储运常见的系统控制方案、油气田及管道自动化、油气长输管道 SCADA 系统及数字化管道发展趋势、管道在线泄漏检测等内容，并力图反映油气储运技术最新成就和发展趋势。

本书由吴明、邓淑贤编著。周诗崇、王卫强参加部分章节编写。主要分工如下：第 1 章～第 5 章由吴明、邓淑贤、王卫强编著；第 6 章～第 10 章由吴明、邓淑贤、周诗崇编著。在第二版修订过程中，还得到化学工业出版社的热情支持和帮助，在此表示感谢！

由于编著者水平有限，时间仓促，书中疏漏之处在所难免，诚恳希望同行和读者批评指正。

编著者
2013 年 4 月

第一版前言

油气储运系统是连接油气生产、加工、分配、销售诸环节的纽带，它主要包括油气集输、长距离管道输送、储存与装卸等，在保障国家能源供应、维护能源安全中具有重要意义。为了保证安全生产，提高经济效益，达到节能、降耗、改善环境和增加效益的目的，必须实现油气储运系统自动化。

本书是作者在多年从事储运仪表与自动化实际工作并结合近年来研究成果的基础上撰写而成，集中反映国内外在油气储运自动化方面的先进技术和先进经验。本书在内容叙述上，力求做到由浅入深、循序渐进，强调概念清楚、文字叙述确切。

全书共 13 章，主要讲述测量仪表基本知识、压力测量、流量测量、温度测量、液位测量、含水分析及密度测量、静电的测量方法和测量仪器、油气田及管道自动化、执行器、自动调节系统介绍、油气长输管道 SCADA 系统及数字化管道发展趋势、泵房自动化、管道在线泄漏检测等内容，并力图反映技术的新成就和发展趋势。

本书由吴明、孙万富和周诗崇编著。其中，第 1 章和第 6～第 11 章由吴明编著；第 2～第 5 章由孙万富编著；第 12、第 13 章由周诗崇编著。

由于编者水平有限，时间仓促，不足之处在所难免，诚恳希望同行和读者批评指正。

编 者
2005 年 10 月

目 录

第 1 章 自动控制系统的基本概念	1
1.1 油气储运自动化的基本内容	1
1.2 实现油气储运自动化的意义	2
1.3 自动控制系统的组成及方块图	3
1.3.1 自动控制系统的组成	3
1.3.2 自动控制系统的方块图	5
1.4 自动控制系统的分类	7
1.5 自动控制系统的过渡过程和性能指标	7
1.5.1 控制系统的静态与动态	7
1.5.2 控制系统的过渡过程	8
1.5.3 控制系统的性能指标	9
1.6 管道及仪表流程图	12
1.6.1 图形符号	12
1.6.2 文字符号	13
1.6.3 管道及仪表流程图实例	14
习题与思考题	15
第 2 章 被控对象的特性分析	17
2.1 被控对象特性	17
2.1.1 对象的负荷	18
2.1.2 对象的自衡	18
2.2 对象数学模型的建立	19
2.2.1 机理建模	19
2.2.2 实验建模	21
2.3 对象特性的参数及其对过渡过程的影响	24
2.3.1 放大系数 K 及其对控制过程的影响	24
2.3.2 时间常数 T 及其对控制过程的影响	25
2.3.3 滞后时间 τ 及其对控制过程的影响	26
习题与思考题	28
第 3 章 测量仪表	30
3.1 测量仪表的基本知识	30
3.1.1 测量的定义和测量误差	30

3.1.2	测量仪表的基本构成与分类	33
3.1.3	测量仪表的性能指标	35
3.1.4	油气储运测量仪表的选用要求	37
3.2	压力测量仪表	38
3.2.1	压力测量的基本概念	38
3.2.2	弹性式压力计	40
3.2.3	电气式压力计	43
3.2.4	活塞式压力计	46
3.2.5	智能型压力变送器	48
3.2.6	压力计选用及安装	49
3.3	流量测量仪表	51
3.3.1	流量测量的基本概念	52
3.3.2	差压式流量计	53
3.3.3	转子流量计	57
3.3.4	电磁流量计	61
3.3.5	超声波流量计	62
3.3.6	流量测量仪表的选用	62
3.4	温度测量仪表	65
3.4.1	温度测量的基本概念	65
3.4.2	膨胀式温度计	66
3.4.3	热电偶温度计	67
3.4.4	热电阻温度计	74
3.4.5	一体化温度变送器	75
3.4.6	测温仪表的选用与安装	76
3.5	液位测量仪表	77
3.5.1	液位测量的基本概念	77
3.5.2	直读式液位计	78
3.5.3	浮力式液位计	80
3.5.4	静压式液位计	82
3.5.5	雷达式液位计	85
3.5.6	伺服式液位计	86
3.5.7	其他液位计简介	87
3.5.8	常用油罐液位计的选用原则	87
3.6	含水分分析及密度测量仪表	88
3.6.1	在线密度计	89
3.6.2	含水分分析仪在原油含水测量中的应用	94
3.7	静电测量仪表	96
3.7.1	静电电位的测量	97
3.7.2	放电电荷量的测量	101
3.7.3	绝缘电阻的测量	102
3.7.4	电荷密度的测量	106
3.7.5	金属管线流动电流的测量	108

3.7.6 逸散时间、半值时间的测量	110
3.7.7 静电电容和介电常数的测量	110
3.7.8 油品静止电导率的测量	113
3.7.9 油罐内空间电场强度的测量	118
3.7.10 静电测量仪器	118
习题与思考题	129

第4章 控制仪表

4.1 概述	131
4.2 模拟式控制器	132
4.2.1 模拟式控制器的构成	132
4.2.2 基本控制规律	132
4.2.3 DDZ-III型控制器	139
4.3 数字式控制器	140
4.3.1 数字式控制器的特点	141
4.3.2 数字式控制器的基本组成	141
4.4 可编程序控制器	143
4.4.1 概述	143
4.4.2 可编程序控制器的构成及工作过程	144
4.4.3 可编程序控制器的编程语言	147
4.4.4 可编程序控制器的应用场合	148
习题与思考题	148

第5章 执行仪表

5.1 概述	149
5.2 执行机构	150
5.2.1 气动执行机构	150
5.2.2 电动执行机构	151
5.3 控制机构	152
5.3.1 控制阀的结构和类型	152
5.3.2 控制阀的流量特性	153
5.3.3 控制阀口径的确定	156
5.4 电-气转换器及阀门定位器	157
5.4.1 电-气转换器	157
5.4.2 阀门定位器	158
5.5 执行器的选择、安装与校验	161
5.5.1 执行器的选择	161
5.5.2 执行器的安装	162
5.5.3 控制阀主要性能的现场检测	163
习题与思考题	164

第 6 章 自动控制系统	165
6.1 概述	165
6.2 简单控制系统	166
6.2.1 简单控制系统的组成	166
6.2.2 控制方案的设计	167
6.2.3 控制器参数的工程整定	172
6.2.4 控制系统的投运	174
6.3 复杂控制系统	176
6.3.1 串级控制系统	176
6.3.2 均匀控制系统	182
6.3.3 比值控制系统	184
6.3.4 前馈控制系统	186
6.4 计算机控制系统	191
6.4.1 概述	191
6.4.2 计算机控制系统的组成和特点	191
6.4.3 计算机控制系统的典型形式	193
习题与思考题	202
第 7 章 油气储运常见的系统控制方案	204
7.1 流体输送设备的自动控制	204
7.1.1 离心泵的控制方案	204
7.1.2 压缩机的控制方案	206
7.1.3 离心式压缩机的防喘振控制	207
7.1.4 机泵组的控制	208
7.2 储存设备的自动控制	211
7.2.1 储油罐、缓冲罐的液位控制方案	211
7.2.2 储气罐、分离器的压力控制方案	213
7.3 加热装置的自动控制	214
7.3.1 概述	214
7.3.2 加热炉的控制方案	215
7.3.3 换热器的控制方案	218
7.3.4 锅炉的控制方案	219
7.4 油品管道自动调和控制	222
7.4.1 油品自动调和控制方案	222
7.4.2 调和控制系统的应用实例	224
7.5 原油稳定装置的控制方案	226
7.5.1 工艺流程	226
7.5.2 自动检测部分	226
7.5.3 自动控制部分	228
7.6 联合站的自动化	228
习题与思考题	230

第 8 章 油气田及管道自动化	232
8.1 概述	232
8.1.1 油气田及管道自动化的基本内容	232
8.1.2 主要应用领域和实例	232
8.1.3 油气田及管道自动化的作用	237
8.2 油气田及管道自动化系统与其他信息系统的结合	237
8.2.1 与油藏研究和机采井诊断系统的结合	237
8.2.2 与地面生产设施运行优化系统的结合	239
8.2.3 与生产销售管理信息系统的结合	241
8.3 油气田及管道自动化工程建设	241
8.3.1 工程可行性研究及设计中应注意的事项	242
8.3.2 工程设备采购中应注意的事项	242
8.3.3 工程施工中应注意的事项	243
8.3.4 油气田及管道自动化生产准备中应注意的事项	244
习题与思考题	244
 第 9 章 油气长输管道 SCADA 系统及数字化管道发展趋势	 245
9.1 油气长输管道 SCADA 系统概述	245
9.1.1 SCADA 系统的基本概念	245
9.1.2 SCADA 系统的构成方式	247
9.1.3 SCADA 系统的功能	248
9.2 SCADA 自动监控系统软件	249
9.2.1 软件构成	249
9.2.2 软件介绍	250
9.3 SCADA 在我国油气管道的应用	254
9.3.1 SCADA 系统在陕京输气管道工程的应用	254
9.3.2 SCADA 系统在克拉玛依—独山子输油管道中的应用	259
9.3.3 SCADA 系统在陕银输气管道工程中的应用	265
9.3.4 SCADA 系统在东营—临邑输油管线中的应用	271
9.4 油气管道 SCADA 系统的设计与实施	274
9.4.1 设计思想	274
9.4.2 管道 SCADA 系统的实施	277
9.5 SCADA 系统的数据通信	279
9.5.1 SCADA 系统通讯	279
9.5.2 网络配置	280
9.5.3 扫描方式	281
9.5.4 通信协议	282
9.5.5 扫描时间	284
9.6 长输管道 SCADA 系统冗余技术	284
9.6.1 长输管道 SCADA 系统冗余结构分类	284
9.6.2 SCADA 系统控制中心冗余结构	286

9.7 油气管道 SCADA 系统发展动态	288
9.7.1 RTU 技术的发展	288
9.7.2 软件的发展	288
9.7.3 SCADA 系统功能与结构的发展	289
9.8 数字化管道现状及发展趋势	290
9.8.1 数字管道的背景	290
9.8.2 数字化管道的基本含义	290
9.8.3 数字化管道的关键技术	291
9.8.4 数字化管道的理论意义	292
9.8.5 数字管道的建设现状及应用前景	293
习题与思考题	294

第 10 章 管道在线泄漏检测 295

10.1 管道泄漏检测技术概述	295
10.1.1 管道检测的重要性与必要性	295
10.1.2 国内外管道检测现状	295
10.1.3 常用管道泄漏检测方法	296
10.2 原油管道泄漏仿真	299
10.2.1 管道水击概念	300
10.2.2 水击微分方程求解	300
10.2.3 原油管道泄漏仿真边界条件的确定	302
10.2.4 原油管道泄漏仿真	304
10.3 原油管道泄漏点定位模型	307
10.3.1 温度对负压波传播速度的影响	307
10.3.2 原油管道泄漏定位公式	311
10.4 小波变换在管道泄漏检测中的应用	312
10.4.1 引言	312
10.4.2 小波分析理论基础	313
10.4.3 基于小波变换的管道压力信号去噪	319
10.5 统计模式识别在长输管道泄漏监测中的应用	321
10.5.1 特征向量的确定	322
10.5.2 分类方法的确定	323
10.6 管道在线泄漏检测系统的性能评价	324
10.6.1 故障诊断系统的性能评价	324
10.6.2 管道泄漏检测系统的性能指标	325
习题与思考题	330

附录 331

附录 1 常用压力表规格及型号	331
附录 2 铂铑 ₁₀ -铂热电偶分度表	331

附录 3	镍铬-铜镍热电偶分度表	334
附录 4	镍铬-镍硅热电偶分度表	334
附录 5	铂电阻分度表	337
附录 6	铜电阻分度表	339

参考文献	340
------------	-----

第 1 章

自动控制系统的基本概念

1.1 油气储运自动化的基本内容

利用各种仪表和设备代替人的一些复杂性、重复性的劳动，按照人们所预定的要求，自动地进行生产和操作，这种管理生产的办法，称为工业自动化。

自动化技术具有实时监控、智能控制和集中管理等特点，在现代化工业生产中的应用越来越广泛。同其他工业生产一样，在石油和天然气开采及储运工艺过程中，也可以广泛地采用自动化技术。油气储运过程一般包括油气处理净化、储存、加热和输送等环节。比如，在采输工艺管线和各类站库上装有各种自动化仪表，对原油及天然气的压力、温度、流量、液位等参数进行自动测量和控制。也可采用“三遥”装置：对远距离泵站的单井的油气压力和温度进行遥测；对井口电动球阀进行遥控；对其阀位状态进行遥讯。

按照功能不同，油气储运自动化系统可分为若干类型，一般包括自动检测、开环控制、逻辑控制、自动切断、自动控制、火灾消防等方面的内容。下面对其中的 6 种主要类型分别予以介绍，在实际应用中它们常常组合使用。

(1) 自动检测系统 自动检测系统主要用于对生产过程运行参数（如压力、温度、液位、流量等）和工艺设备状态参数（如阀的开关、泵的启停，环境中可燃气体的浓度等）进行检测，并集中在值班室或中控室显示。显示有两种方式：一种是选择式，即根据需要显示某一参数；另一种是轮询式，即按规定的時間间隔自动轮流显示各种参数。检测的数据还可以储存和打印出来。当超过高、低限时还可通过声光屏幕报警，大港水电厂供电网监测自动化用的就是这种系统。

(2) 开环控制系统 开环控制系统主要用于由人工在值班室或中控室通过开关和控制器对阀门的开关及开度与电机的启停和转速进行操作控制。之所以称为开环控制系统，是强调这种控制没有自动形成信息的检测、分析判断、反馈控制的闭合回路。目前油田上大量机泵变频调速采用的就是这种开环控制系统。开环控制系统经常和自动检测系统结合起来使用，分析判断工作由人工完成。

(3) 逻辑控制系统 逻辑控制系统主要用于根据仪表传感器检测的数据，利用事先编好的逻辑控制程序对阀门的开关及电机的启停进行控制。这是一种闭环控制，整个过程是自动进行的。大庆供水公司杏二水源过滤罐自动化系统用的就是这种系统。

(4) 自动切断系统 自动切断系统是一种专门用于生产安全保护的系統，它通过仪表传

感器不断检测到与安全生产有关的运行参数（如压力、温度、液位、流量）和设备的状态参数（如机泵的负载、振动、轴位移、电机绕组的温升、电流和电压），利用事先编好的故障和事故诊断程序分析生产系统的安全状况，当系统处于危险状况时，它发出警报提醒值班操作人员采取措施；当系统即将发生事故时，利用事先编好的紧急停车程序使各台设备有序地停止运行，或将有事故的部分设备隔离。由于它是用于生产安全保护的，所以对它采用的自动化设备的可靠性的要求比一般用于生产过程控制的要高，尽管它的功能也可通过一般的生产过程控制系统来实现，但是对于生产安全保护有较高要求的地方，它是单独设置并独立于生产过程控制系统之外的。在大庆天然气公司杏九站的自动化系统中就设有这种系统。

(5) 自动控制系统 自动控制系统主要用于根据仪表传感器检测的数据，利用事先编好的控制程序对阀门的开度及电机的转速进行控制，使被控制量保持在预定值上。这也是一种闭环控制，是为保证产品质量而大量使用的一种控制系统，它能使生产过程中的各种工艺参数（如压力、温度、液位、流量）保持在规定值附近。大庆天然气公司杏九站原油稳定系统和轻油回收自动化系统中就大量采用了这种系统。

(6) 火灾消防系统 火灾消防系统是一种专门用于扑灭火灾的系统，它根据测温、测烟等设备检测到数据，当分析判断火灾发生时，立即通过泵、管道、喷嘴进行喷淋和喷泡沫等。喷淋是用于降低已燃的设备和相邻未燃烧设备的温度；喷泡沫则是用于扑灭已燃设备的火。它是单独设置、自成系统的，一般油田及管道油库的罐区都设有这种系统。

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；开环控制系统和逻辑控制系统只能按照预先规定好的步骤进行某种周期性操纵；自动切断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；火灾消防系统只能在火灾发生后进行灭火，起到保护作用；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，自动控制系统是油气储运自动化的核心部分，也是需要了解和学习的重点。

1.2 实现油气储运自动化的意义

自动化技术的进步极大地推动了工业生产的飞速发展，随着生产过程的大型化、复杂化，各种类型的自动控制系统已经成为现代工业生产实现安全、高效、优质、低耗的基本条件和重要保证。

目前来看，一些油厂已经建设或者正在应用自动化技术，并在此基础上逐渐建成了一系列的自动化控制体系。就该自动化技术控制体系而言，它主要包括原油的分水器自动控制、污水处理自动控制以及加热系统自动控制等重要内容，而且还有效地利用了现代计算机网络技术的优势。该系统通过对数据信息进行自动化的采集，从而建成一个信息发布系统，并在此基础上逐渐实现相关数据报表的自动化生成，以及生产成本的管理与办公系统网络化控制。

实践证明，自动化是提高社会生产力的有力工具之一，实现油气储运自动化的意义如下。

(1) 优化油气储运参数，进一步提高储运效率 据调查显示，油气储运基本上都是采用管线输送的方式，而在实际储运过程中经常存在能量损失，即散热损失与摩擦阻力损失。

基于此,实践中必须从这两方面为其提供所需的能量,即加热站上提供所需的热能,泵站上提供所需的压力能。在油气管输管理过程中,一定要正确的处理两者的供求关系,原因在于两者的能量损失在很大程度上是互相影响的。从实践来看,散热损失在整个系统能量损失中起着决定性的作用,而摩擦阻力损失的大小主要取决于油气的黏度,其黏度大小又取决于实际储运过程中的温度控制。由此可见,提高加热站出站温度,可以使油气在较高温度下进行储运。这种做法虽然可以有效地降低原油的黏度,减小摩擦阻力损失,但是需要注意的是其散热损失将会增大。因此,在油气管输过程中,存在着能耗最小及其储运方式选择的问题。

基于以上分析,认为可采用自动化技术和计算机信息技术,不断地优化油气储运参数,并进一步提高油气储运的效率。运用计算机技术和自动化控制技术,对管线进行实时监控,同时可以采集首端和末端压力、流量、温度以及黏度等各项参数,利用双向微波将其数据信息传送到首、末站的控制室之中;并在此基础上编写和优化参数程序。计算机系统以及自动化技术根据所收集到的参数可以对输油参数进一步优化,调节加热炉的温度,同时控制其流量。

(2) 提高油气储运设备运行效率 对于油气储运等泵类设备来说,其运行效率的高低在很大程度上决定着生产单位电能耗损指标,因此通过技术的引进来提高运行效率对生产单位的发展至关重要。实践中可以对大型油气外输泵的运行效率进行自动化监控和管理来提高其运行效率,其监控原理主要表现为:通过能耗计量仪表来测算电机的实际耗电量,通过泵的进出口压力及流量来确定泵的输出功率,现场测量仪表可将相关的参数传至中央处理机,经过计算后得出泵的实时泵效。工作人员可通过对这一实时泵效的变化情况进行研究,从而找出能够引起泵效变化的原因。

在油气储运过程中加强自动化技术的运用,可以有效地避免泵口过滤器的摩阻损失,增加出口阀组节流,同时还能提高原油温度、黏度及电机运行效率。这种自动控制技术的应用,比没有实施自动监控之前的运行效率大约提高了五个百分点,其中单台 220kW 的外输泵每年可节约将近两千万千瓦·时的能量。作为燃料的主要消耗设备,加热炉的控制也非常重要。传统生产过程中所使用的加热炉都是炼油厂自己研发的高效三回程水套炉,再配上燃烧器,其运行效率并不高。通过自动化改造以后,改变了原有的加热炉所必需的人工控制火力的运行方式,同时还增加了一些安全检测联锁保护系统以及能耗参数的测量。通过自动控制系统将所采集到的全部数据实施累积计算,从而可以分析出该系统的实时能耗量。在自动化控制系统中,可以设定一个出口介质的加热温度,再根据实际油温的变化情况来改变系统中的燃烧器大小火,并对其进行有效的切换;通过对供风系统进行有效的调整,可以提高燃烧器设备的燃烧效率,从而实现提高水套炉运行效率的目的。

1.3 自动控制系统的组成及方块图

自动化系统由自动检测系统、逻辑控制系统、自动切断系统、自动控制系统、火灾消防系统等组成。自动控制系统在石油、天然气开采和储运中应用最多,也是最主要的系统。

1.3.1 自动控制系统的组成

工业生产过程中,对各个工艺过程的工艺参数(比如压力、温度、流量、物位等)有一定的控制要求,这些工艺参数对产品的数量和质量起着决定性的作用。例如,精馏塔在运行

中会受到各种干扰因素的影响,使得工艺参数经常偏离所希望的数值,为了保证生产安全、优质地平稳运行,必须对生产过程实施有效的控制。尽管人工操作也能控制生产,但由于受到生理上的限制,人工控制满足不了大型、现代化生产的需要。因此,在人工控制的基础上发展起来的自动控制系统,可以借助于一整套自动化装置,自动地克服各种干扰因素对工艺生产过程的影响,使生产能够正常运行。

如图 1-1(a) 所示是工业生产中常见的锅炉汽包示意,在锅炉正常运行中,汽包水位是一个重要的参数,它的高低直接影响着蒸汽的品质及锅炉的安全。水位过低,当负荷很大时,汽化速率很快,汽包内的液体将全部汽化,导致锅炉烧干甚至会引起爆炸;水位过高会影响汽包的汽、水分离,产生蒸汽带液现象,降低了蒸汽的质量和产量,严重时损坏后续设备。因此,对汽包水位应严加控制。

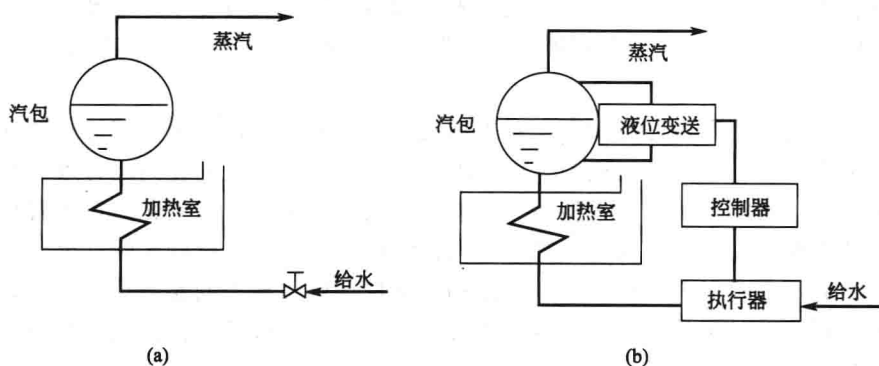


图 1-1 锅炉汽包水位控制示意

如果一切条件(包括蒸汽量、给水流量等)都近乎恒定不变,只要将进水阀门置于某一适当开度,则汽包水位能保持在一定高度。但实际生产过程中这些条件都是变化的,例如蒸汽流量的变化,进水阀前的压力变化等。此时若不进行控制,则水位将偏离规定高度。因此为保持汽包水位恒定,操作人员应根据水位高度的变化情况,改变进水阀的开度,控制进水量。

首先分析一下人工操作控制汽包水位,为了保持水位为定值,人工操作控制主要有三方面。

眼——观察汽包水位的高低,随时掌握水位的变化情况,并通过神经系统告诉大脑。

脑——大脑根据眼睛看到的水位高度,加以思考后与规定值相比较,得出偏差,然后根据操作经验发出命令。

手——根据大脑发出的命令,改变阀门的开度,以改变进水量,从而使水位回到规定值。

眼、脑、手三个器官完成测量、求偏差、操纵阀门纠正偏差的全过程,由于人工控制受到人的生理上的限制,因此在控制精度和速度上都满足不了大型现代化生产的需要。为了提高控制精度和减轻劳动强度,用一套自动化装置代替上述人工操作,人工控制就变成了自动控制,锅炉和自动化装置一起构成了一个自动控制系统,如图 1-1(b) 所示。

图 1-1(b) 中的液位变送器、控制器和执行器分别用来代替人的眼、脑和手的功能。自动化装置的两个部分如下。

(1) 测量元件与变送器 作用是测量汽包水位信号,并将其转换为一种特定的、统一的输出信号(气压信号或电压、电流信号等)。

(2) 控制器 作用是接受变送器送来的信号, 与工艺上的设定信号相比较得出偏差, 并按某种运算规律算出结果, 然后将此结果以气压信号或电信号的方式发送出去。

(3) 执行器 通常指控制阀, 它能自动地根据控制器送来的信号值改变阀门的开启度。从而使进入锅炉的水量发生变化, 达到控制锅炉汽包水位的目的。

上述汽包水位的人工控制和自动控制的工作原理是相似的, 因此这套自动化装置能代替人的眼睛、大脑和手完成自动控制锅炉汽包水位高低的任务。

在自动控制系统中, 除了必须具有的自动化装置外, 还必须具有控制装置所控制的生产设备即被控对象。在自动控制系统中, 将需要控制其工艺参数的生产设备或机器叫做被控对象, 简称对象。锅炉汽包水位控制系统中的锅炉就是被控对象。化工生产中的各种塔器、换热器、反应器、泵和压缩机以及各种容器、储槽都是常见的被控对象。

1.3.2 自动控制系统的方块图

在研究自动控制系统时, 为了便于对系统进行分析研究, 一般都用方块图来表示控制系统的组成。图 1-1 的水位自动控制系统可以用如图 1-2 所示的方块图来表示。

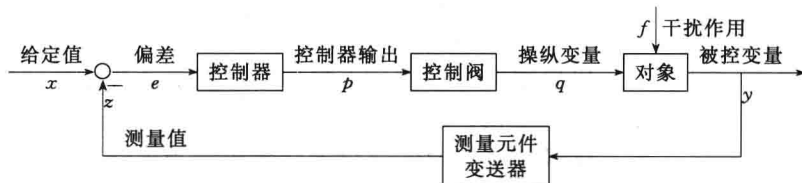


图 1-2 锅炉汽包水位控制系统方块图

方框图中每个环节表示组成系统的一个部分, 称为“环节”。系统中的每一个环节用一个方框来表示, 四个方框分别表示对象 (锅炉汽包)、测量变送装置、控制器和控制阀。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, 箭头指向方块表示为这个环节的输入, 箭头离开方块表示为这个环节的输出。每个方框都分别标出各自的输入、输出变量, 线旁的字母表示相互间的作用信号。如被控对象环节, 给水流量变化会引起汽包水位的变化, 因此给水流量 (操纵变量) 作为输入信号作用于被控对象, 而汽包水位 (被控变量) 则作为被控对象的输出信号; 引起被控变量 (汽包水位) 偏离设定值的因素还包括蒸汽负荷的变化和给水管压力的变化等扰动量, 它们也作为输入信号作用于被控对象。

汽包水位信号 (被控变量) y 是测量元件及变送器的输入信号, 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, 即设定值 x 进行比较, 得出偏差信号 $e(e=x-z)$, 并送往控制器。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 $\bigcirc$ 表示), 为的是能更清楚地说明其比较作用。控制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, 从而改变进水流量以克服干扰对被控变量 (水位) 的影响。用来实现控制作用的物料一般称为操纵介质或操纵剂, 如上述中流过控制阀的流体就是操纵介质。

根据自动控制系统的方块图, 介绍自动控制系统中常用的几个术语。

(1) 被控对象 需要实现控制的设备、机械或生产过程称为被控对象, 简称对象, 如图 1-1 中所示的锅炉。

(2) 被控变量 对象内要求保持一定数值 (或按某一规律变化) 的物理量称为被控变