高等院校自动化新编系列教材

自动控制系统工程设计

编著　汪晋宽　罗云林　于丁文等

北京邮电大学出版社
·北京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书是为了帮助自动化专业及相关专业学生系统理解本专业知识，培养通过应用知识学习新知识的能力而新规划的教材。内容取舍上尽可能选择了有利于加深理解自动化专业思想的，具有实际工程背景的实例。通过实例分析，系统归纳了自动控制系统工程设计方法；以常见的过程控制系统、逻辑控制系统、随动系统的设计为例，系统地介绍了方案选择、可行性分析、系统结构设计、经济性能分析、系统组成要素选择、系统集成、现场调试评价、特殊系统要求对策等自动控制系统设计的完整流程，以帮助读者形成专业知识链条，提高获取知识的能力。

本书不仅可作为大学本科在校学生的教材，而且对自动化系统有一定研究的读者，在阅读本教材后也会有新的收获。

图书在版编目（CIP）数据

自动控制系统工程设计／汪晋宽，罗云林，于丁文等编著. —北京：北京邮电大学出版社，2005
ISBN 7-5635-1123-7

Ⅰ. 自… Ⅱ. ①汪…②罗…③于… Ⅲ. ①自动控制系统—系统设计—高等学校—教材
Ⅳ. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 157116 号

出版发行：北京邮电大学出版社
社　　址：北京市海淀区西土城路 10 号（100876）
北方营销中心：电话 010-62282185　传真 010-62283578
南方营销中心：电话 010-62282902　传真 010-62282735
E - mail：publish@bupt.edu.cn
经　　销：各地新华书店
印　　刷：
开　　本：787 mm×1 092 mm　1/16
印　　张：10.25
字　　数：235 千字
印　　数：1—3 000 册
版　　次：2006 年 9 月第 1 版　2006 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-1123-7／TP·207　　定价：18.00 元

·如有印装质量问题，请与北京邮电大学出版社营销中心联系·

前　言

自动控制系统是自动化技术应用的解决方案，而自动控制系统的设计是自动控制系统实用化的解决方案。

随着现代科学技术，尤其是计算机、电子、通信为代表的信息技术的发展，自动控制系统也从单一对象闭环控制系统发展到多变量控制系统、集散控制系统、综合自动化系统以及大规模复杂控制系统；而计算机网络和现场总线技术的发展，使控制系统的解决方案有了更多的选择。同样的被控对象，同样的生产过程，选择什么样的控制方案最有效，采用什么样的系统结构最合适，选择什么样的装置构成的系统综合性能最好，所有这些是自动控制系统的设计者必须回答的问题，是自动控制系统使用者最关心的问题。学习自动化专业的目的之一是为了解决这些问题。因此，什么样的课程设置和课程内容能够最有效地解决这些问题是从事自动化专业的教育工作者最关心同时又不得不回答的问题。

为了帮助读者系统地理解和掌握自动化专业知识，从实际应用的层面理解自动化专业的专业思想，我们规划了适用于大学本科自动化专业的教材——《自动控制系统工程设计》。以具有实际工程背景的设计实例，系统地介绍了自动控制系统的设计流程、方案选择、可行性分析、系统构成要素及其选择方法、系统评价方案等。

全书共分 5 章，第 1 章和第 2 章简单回顾了自动控制系统的分析方法及主要性能指标；第 3 章以电梯为例，介绍了逻辑控制系统的分析设计方法；第 4 章以无水氯化镁生产过程为例，介绍了工程控制系统的分析设计方法；第 5 章以飞机飞行自动控制系统为例，介绍了随动系统的分析设计方法。

全书由汪晋宽、罗云林、于丁文主持编写，参加编写工作的还有东北大学的赵强、闫晓。全书由汪晋宽统稿。

在本书编写过程中，参考了大量相关文献和著作，在此向这些文献的作者表示感谢；此外，北京金奥特曼科技有限责任公司提供了工程背景和大量的自动控制系统的实际运行资料，东北大学、中国民航学院、郑州轻工业学院领导和同志们给予了诸多鼓励与支持，在此一并致以诚挚的谢意。

期望各位专家、学者对书中的错误及不足之处提出宝贵意见。

编　者

2005 年 12 月

高等院校自动化新编系列教材

编委会

主　任　汪晋宽

副主任　金海明　罗云林　张美金　崔光照

委　员　(排名不分先后)

于丁文　王凤文　王建国　马淑华　石云霞

齐世清　任彦硕　张家生　张　健　杨建忠

柳明丽　罗长杰　金　伟　赵宏才　赵一丁

顾德英　舒冬梅　藏小杰　郑安平

秘　书　顾德英(兼)　马淑华(兼)

编 写 说 明

一本好的教材和一本好的书不同，一本好的书在于其内容的吸引力和情节的魅力，而一本好的教材不仅要对所介绍的科学知识表达清楚、准确，更重要的是在写作手法上能站在读者的立场上，帮助读者对教材的理解，形成知识链条，进而学会举一反三。基于这种考虑在充分理解自动化专业培养目标和人才需求的前提下，我们规划了这套《高等院校自动化新编系列教材》。

本套系列教材共包括 21 册，在内容取舍划分上，认真分析了各门课程内容的相互关系和衔接，避免了不必要的重复，增加了一些新的内容。在知识结构设计上，保证专业知识完整性的同时，考虑了学生综合能力的培养，并为学生继续学习留有空间。在课程体系规划上，注意了前后知识的贯通，尽可能做到先开的课程为后续的课程提供基础和帮助，后续的课程为先开的课程提供应用的案例，以便于学生对自动化专业的理解。

《高等院校自动化新编系列教材》编委会

2005 年 8 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第 1 章　绪　论

1.1　自动控制系统的发展及技术现状 …… 1
1.1.1　自动控制技术的早期发展 …… 1
1.1.2　自动控制理论的早期发展 …… 2
1.1.3　控制理论的形成 …… 3
1.2　自动控制系统设计的基本知识 …… 4
1.2.1　设计的主要任务和解决的问题 …… 5
1.2.2　自动控制系统的工程设计流程 …… 6

第 2 章　工程设计方法

2.1　控制系统的分析方法 …… 9
2.1.1　控制系统的时域分析方法 …… 9
2.1.2　控制系统的频域分析方法 …… 10
2.2　应用 MATLAB 软件分析控制系统的稳定性 …… 12
2.3　被控参数和控制参数的选取 …… 17
2.3.1　被控参数的选取 …… 17
2.3.2　控制参数的选取 …… 18
2.4　测量变送单元和执行机构的选取 …… 19
2.4.1　测量变送单元的选取 …… 19
2.4.2　执行机构的选取 …… 20
2.5　控制方案和控制规律的选取 …… 21
2.5.1　控制方案的选取 …… 21
2.5.2　控制规律的选取 …… 22
2.5.3　增量型 PID 算法 …… 23
2.6　系统校正方法 …… 24
2.6.1　串联校正方法 …… 24

2.6.2 并联校正方法…… 28
2.7 控制器参数的整定方法…… 29
2.7.1 临界比例度法…… 29
2.7.2 反应曲线法…… 30
2.8 典型控制系统及其基本构成…… 31

第 3 章 电梯逻辑控制系统设计

3.1 结构及控制要求…… 38
3.1.1 基本结构…… 38
3.1.2 工作过程…… 40
3.1.3 控制要求…… 41
3.2 系统总体设计…… 43
3.2.1 设计流程…… 43
3.2.2 方案选择…… 43
3.2.3 系统结构…… 45
3.3 系统硬件设计…… 46
3.3.1 电力拖动系统设计…… 46
3.3.2 电气控制系统设计…… 47
3.3.3 系统供电和接地设计…… 48
3.3.4 系统组成…… 48
3.4 程序设计…… 49
3.4.1 程序设计步骤…… 49
3.4.2 电梯集选控制方式…… 50
3.4.3 电梯控制程序的模块化设计…… 50
3.4.4 单台电梯逻辑控制程序设计…… 51
3.4.5 电梯群控调度策略…… 61
3.5 监控系统设计…… 66
3.5.1 监控要求…… 66
3.5.2 RSView32 监控软件简介 …… 67
3.5.3 软件组态设计…… 67
3.6 系统调试…… 68

第 4 章　无水氯化镁生产过程的控制系统设计

4.1　工艺流程及控制要求…… 71
4.1.1　工艺流程…… 71
4.1.2　控制要求…… 72
4.2　系统总体设计…… 73
4.2.1　系统设计流程…… 73
4.2.2　控制方案设计…… 74
4.2.3　系统可靠性设计…… 75
4.3　系统硬件设计…… 75
4.3.1　系统结构…… 76
4.3.2　系统功能划分…… 76
4.3.3　设备选型及硬件配置…… 78
4.3.4　主要硬件设备…… 79
4.3.5　系统供电设计和接地设计…… 81
4.4　系统的软件设计及调试…… 82
4.4.1　软件设计流程…… 82
4.4.2　电机启停和正反转控制程序…… 82
4.4.3　控制规律设计…… 84
4.4.4　监控系统设计…… 87
4.4.5　系统调试…… 89
4.5　系统冗余设计…… 90
4.5.1　冗余系统结构…… 90
4.5.2　硬件冗余与软件冗余方式的比较…… 91
4.6　本安防爆系统设计…… 92
4.6.1　传统本安防爆系统…… 93
4.6.2　现场总线本安防爆系统…… 94

第 5 章　飞机飞行自动控制系统的设计

5.1　飞行自动控制系统设计综述…… 97
5.2　飞行控制系统设计要求…… 98
5.2.1　研制阶段的划分及各阶段的主要工作内容…… 98
5.2.2　飞行自动控制系统的基本要求 …… 100
5.3　自动驾驶仪系统概述 …… 101
5.3.1　主要功能 …… 101

5.3.2 结构分析 …… 102
5.3.3 工作原理 …… 102
5.3.4 飞行品质设计要求 …… 104
5.4 纵向自动驾驶仪控制律设计 …… 109
5.4.1 俯仰姿态保持/控制模态控制律设计 …… 109
5.4.2 俯仰自动改平与低高度拉起模态控制律设计 …… 116
5.4.3 高度保持/控制模态的控制律设计 …… 119
5.4.4 空速的保持与控制 …… 124
5.5 横侧向自动驾驶仪模态控制律设计 …… 126
5.5.1 横侧向自动驾驶仪基本功能要求 …… 126
5.5.2 横侧向自动驾驶仪基本性能要求 …… 126
5.5.3 横侧向自动驾驶仪的内回路 …… 127
5.5.4 倾斜姿态保持/控制模态 …… 127
5.5.5 倾斜姿态自动改平和航向保持/控制模态控制律的设计 …… 129
5.6 自动着陆模态控制律设计 …… 133
5.6.1 下滑坡度截获与保持模态设计 …… 133
5.6.2 自动拉平着陆控制模态设计 …… 139
5.6.3 侧向波束导引模态 …… 142

参考文献 …… 147

第 1 章　绪　　论

随着科学技术的飞速发展，自动控制系统在工业和国防的科研、生产中逐渐起着越来越重要的作用，计算机的广泛应用给自动控制系统的发展提供了更广泛的前景。各种控制系统在不断提高的应用要求之下逐渐被设计得越来越有特色，有些随着要求的不同变得越来越复杂，有些随着要求的不同变得越来越简单，其基本规律是逐渐变得更加实用和优化。那么控制系统在过去经历了怎样的发展过程？当前的技术现状如何？自动控制系统设计的任务是什么？需要解决什么问题？有什么特点、区别和关键技术？本章分别介绍这些内容。

1.1　自动控制系统的发展及技术现状

人类在掌握了简单的制造技术之后，就有了创造自动装置的想法，以图减轻或代替人类自身的劳动，这就是自动控制思想的最初来源。自动控制技术的发展过程大体经过了四个阶段，即古代阶段、17～19 世纪阶段、19 世纪到“二战”阶段和“二战”以后阶段。这期间，古典控制理论、现代控制理论等也从无到有地发展起来。

1.1.1　自动控制技术的早期发展

在古代，大约公元前 14 世纪到公元前 11 世纪，世界上包括中国、埃及和巴比伦等文明古国由于生产发展对计量时间的需要，都出现了能够自动计时的漏壶。汉朝科学家张衡发明了浑天仪和地动仪，把自动控制思想应用到了天文观测仪器和地震观测仪器。三国时期出现了指南车，它是确定方位仪器中利用自动控制思想的成功示例。公元 1090 年左右中国古代的苏颂等人发明了水运仪象台，它是将用于天文观测的浑天仪和用于天文演示的浑象仪及自动计时装置结为一体的仪器。古埃及和古希腊出现了半自动的简单机器，如教堂庙门自动开启装置、自动洒圣水的铜祭司、投币式圣水箱和在教堂门口自动鸣叫的青铜小鸟等自动装置，这些都是一些互不相关的原始的自动装置，是一些个别的发明。17 世纪以后，随着生产的发展和科学的进步，在欧洲出现了多种自动装置，其中包括：1642 年法国物理学家帕斯卡发明了能自动进位的加法器；1657 年荷兰机械师惠更斯发明了钟表；1745 年英国机械师 E. 李发明了带有风向控制的风磨，这种风磨可以利用尾翼的调向作用使主翼对准风向；1765 年俄国机械师波尔祖诺夫发明了浮子阀门式水位调节器，可以自动控制蒸汽锅炉的水位。这一时期，自动控制技术都是由于生产发展的需求而产生的。1788 年英国科学家瓦特发明了离心式节速器（也叫做飞球调速器），用它来控制蒸汽机的蒸汽阀门，构成蒸汽机转速的闭环自动控制系统，从而实现了离心式节速器对蒸汽机转速的控制。瓦特的这项发明促进了近代自动调节装置的广泛应用，对由蒸汽机带来的第一次工业革命及以后的控制理论的发展都有重要的影响。在其他国家的各种发

明还有 1854 年俄国机械学家和电工学家康斯坦丁诺夫发明的电磁调速器。1868 年法国工程师法尔科发明了反馈调节器,通过它来调节蒸汽阀,操纵蒸汽船的舵,这就是后来得到广泛应用的伺服机构。在 1868 年以前,自动化技术只是一些个别的发明和简单的应用,所以把它叫做第一阶段。在 1868 年之后,逐渐开始了对自动控制系统的理论分析和大规模的广泛应用,所以把它叫做第二阶段。

1.1.2 自动控制理论的早期发展

各种简单的自动控制装置都可以改进生产技术,提高生产效率。虽然这种技术的发明在 18 世纪以前经历了漫长的历史过程,但是它们对自动化技术的形成起到了先导作用;它们都是从实际经验中总结出来的,但是还没有理论分析和数学描述。17～18 世纪是自动化技术的逐渐形成时期,接下来是近代自动化技术的发展时期,数学描述和理论分析起到了至关重要的作用。人们最初遇到的是自动调节器的稳定性问题,由于瓦特发明的离心式调速器有时会造成系统的不稳定,使蒸汽机产生剧烈的振荡;到 19 世纪又发现了船舶上自动操舵机的稳定性问题。这些问题引起了人们的广泛关注,一些数学家尝试用微分方程来描述和分析系统的稳定性问题。对自动控制系统最初的数学描述是英国物理学家麦克斯韦,他在 1868 年发表了《论调速器》的文章,该文章总结了无静差调速器的理论。

1876 年在法国科学院院报上,俄国机械学家 И. А. 维什涅格拉茨基发表了题为《论调节器的一般理论》的文章,进一步总结了调节器的理论。维什涅格拉茨基用摄动理论使调节问题大为简化。他用线性微分方程描述了整个系统,包括控制器也包括被控对象,把稳定性问题简化成对齐次微分方程的通解的研究,使控制系统的动态特性仅决定于两个参量。由此推得系统的稳定条件,把参量平面划分成稳定区域和不稳定区域,这种划分又称为维什涅格拉茨基图。

1877 年英国数学家劳斯(E. J. Routh)提出了著名的劳斯稳定判据,它是一种代数稳定判据,可以根据微分方程的系数来判定控制系统的稳定性。1895 年德国数学家 A. 胡尔维茨提出著名的胡尔维茨稳定判据,它是另一种形式的代数稳定判据。劳斯-胡尔维茨稳定判据是能预先根据传递函数或微分方程判定调节器稳定性的重要判据。1892 年俄国数学家李雅普诺夫发表了《论运动稳定性的一般问题》的专著,以数学语言形式给运动稳定性的概念下了严格的定义,给出了判别系统稳定的两种方法。李雅普诺夫第一法又称为一次近似法,明确了用线性微分方程分析稳定性的确切适用范围。李雅普诺夫第二法又称为直接法,不仅可以用来研究无穷小偏移时的稳定性,即小范围内的稳定性,而且可以用来研究一定限度偏移下的稳定性,即大范围内的稳定性。李雅普诺夫稳定性理论至今仍是分析自动控制系统稳定性的重要方法。

进入 20 世纪以后,由于工业革命的需要,人们开始采用自动控制装置,来解决工业生产中提出的控制问题。自动控制器的应用标志着自动化技术进入新的历史时期。在这一时期中,这些控制器都是一些跟踪给定值的装置,使一些物理量保持在给定值附近。工业生产中广泛应用各种自动控制装置,促进了对调节系统进行分析和综合的研究工作。到了 20 世纪 20 年代以后,美国开始采用比例、积分、微分调节器,简称 PID 调节器。PID 调节器是一种模拟式调节器,现在还有许多工厂采用这种调节器。在 20 世纪最初的 20 年

需要上本书的可 www.ertongbook.com

里，在自动控制器中已广泛应用反馈控制的结构。从20世纪20年代开始，越来越多的人开始致力于从理论上研究反馈控制和频率法。

1925年英国电气工程师O.亥维赛把拉普拉斯变换应用到求解电网络的问题上，提出了运算微积分，求得瞬态过程。之后，拉普拉斯变换就被应用到分析自动调节系统，并取得了显著成效。把拉普拉斯变换引入到描述线性定常系统或线性元件的输入输出关系，人们建立了传递函数，为分析自动控制系统提供了重要工具。在传递函数基础上，发展起来的是频率响应法即频率特性法，这种方法已成为经典控制理论中分析和综合自动控制系统的重要方法。再接下来发展的是反馈控制，1927年美国贝尔电话实验室在解决电子管放大器失真问题时，电气工程师H.S.布莱克从电信号的角度引入了反馈的概念。1932年美国电信工程师奈奎斯特提出了著名的奈奎斯特稳定判据，可以直接根据系统的传递函数画出奈奎斯特图，所以可以判定反馈系统的稳定性。他还研究了PID控制器并提出了确定PID参数的方法。1938年前苏联电气工程师A.B.米哈伊洛夫应用频率法研究自动控制系统的稳定性，提出著名的米哈伊洛夫稳定判据。

随着自动控制理论的发展，程序控制、逻辑控制和自动机的思想得到了发展。1833年英国数学家C.巴贝奇在设计分析机时首先提出程序控制的概念，他尝试用法国发明家J.M.雅卡尔设计的编织地毯花样用的穿孔卡方法实现分析机的程序控制。1936年英国数学家图灵研制了著名的图灵机，成为现代数字电子计算机的雏形。他用图灵机定义可计算函数类，并建立了算法理论和自动机理论。1938年美国电气工程师香农和日本数学家中岛，以及1941年前苏联科学家В.И.舍斯塔科夫，分别独立地建立了逻辑自动机理论，用仅有两种工作状态的继电器组成了逻辑自动机，实现了逻辑控制。此外，香农还建立了信息论。

1922年N.米诺尔斯基发表了《关于船舶自动操舵的稳定性》，1934年前苏联科学家И.Н.沃兹涅先斯基发表了《自动调节理论》，1934年美国科学家H.L.黑发表了《关于伺服机构理论》，1938年前苏联电气工程师A.B.米哈伊洛夫提出了《频率法》。通过理论的发展和积累，经典控制理论逐渐形成，这些论文的发表标志着经典控制理论的诞生。经典控制理论主要是研究单变量单回路控制系统，它包括了对单变量单回路控制系统的一系列分析方法。1939年美国麻省理工学院建立了伺服机构实验室，同年前苏联科学院成立了自动学和运动学研究所。这是世界上第一批系统与控制的专业研究机构，他们为20世纪40年代形成经典控制理论和发展局部自动化积累了理论和人才，也做了理论上和组织上的准备。

1.1.3 控制理论的形成

自动化技术的发展历史是一部人类以自己的聪明才智延伸和扩展器官功能的历史。自动化是现代科学技术和现代工业的结晶，它的发展充分体现了科学技术的综合应用。自动化技术是随着社会的需要而发展起来的，尤其是随着生产设备和军事设备的控制，以及航空航天工业的需要而发展起来的。自动化技术的实际应用大致可以划分为自动化技术形成、局部自动化和综合自动化三个阶段。自动化技术形成时期为18世纪末至20世纪30年代。局部自动化时期是在20世纪40～50年代，第二次世界大战时期形成的经典

控制理论对战后发展局部自动化起了重要的促进作用。在第二次世界大战期间,德国的空军优势和英国的防御地位,迫使美国、英国和西欧各国科学家集中精力解决了防空火力控制系统和飞机自动导航系统等军事技术问题。在解决这些问题的过程中形成了经典控制理论,设计出了各种精密的自动控制装置,开创了自动控制这一新的科学领域。

经典控制理论是在 20 世纪 40～60 年代完善的,这一新的学科当时在美国称为伺服机构理论,在前苏联称为自动调节理论,主要是解决单变量的控制问题。经典控制理论这个名称是 1960 年在第一届全美联合自动控制会议上提出的。此次会议上把系统与控制领域中研究单变量控制问题的学科称为经典控制理论,研究多变量控制问题的学科称为现代控制理论。从某种角度来说,经典控制理论是现代控制理论的特例,现代控制理论则是经典控制理论的扩充。当时在分析和设计反馈伺服系统时广泛采用了传递函数和频率响应的概念。最常用的方法是奈奎斯特法 (1932 年)、伯德法 (1945 年) 和埃文斯法 (1948 年)。埃文斯法又称为根轨迹法,是美国电信工程师 W. R. 埃文斯于 1948 年提出的。在 20 世纪 30～40 年代为适应单变量调节和随动系统的设计而发展起来的频率法奠定了经典控制理论的基础,后来频率法成为分析和设计线性自动控制系统的主要方法。这种方法不仅能定性地判明设计方向,而且它本身也具有近似计算的性质。因此,对于在很大程度上仍然需要依靠经验和尝试的控制系统的工程设计问题来说,频率法是特别有效和特别受欢迎的。从 20 世纪 40 年代末开始在美国和西欧的一些大学给工科专业的大学生和研究生开设伺服机构理论的课程,在前苏联的工科大学里则开设自动调节理论的课程。到了 50 年代在世界上一些主要工科大学的电气工程系里都设有自动化方面的专业,专门培养系统与控制方面的人才。1945 年美国数学家维纳,把反馈的概念推广到一切控制系统。1948 年维纳出版《控制论》一书,为控制理论奠定了基础。同年,美国电信工程师香农发表了《通信的数学理论》,为信息论奠定了基础。维纳和香农从控制和信息这两个侧面研究系统的运动,维纳还从信息的观点研究反馈控制的本质。从此人们对反馈和信息有了较深刻的理解。

自动化技术经过经典控制和现代控制两个阶段的发展,产生了 PID 算法、自适应控制、模糊控制、最优控制、多变量控制、智能控制等适用于不同对象环境的控制算法,而控制系统的结构也从单一对象闭环控制系统,逐步发展到单一对象多环控制系统、多变量控制系统、分级控制系统、集散控制系统及综合自动化系统和复杂控制系统。虽然不同的系统设计思想和设计方法不同,但最基本的设计流程是不变的,每一个设计环节所要完成的工作也有一定的规律。

1.2 自动控制系统设计的基本知识

自动控制系统都是应用在生产过程中对工业设备的控制,它的运行必须和所控制的过程或设备相适应。根据不同的控制对象所设计的控制系统要能够良好地工作,最好是各具特色 要求设计者要熟悉各种设计的基本知识和基本技能,了解各种常用控制系统的特性和区别,掌握自动控制系统设计的关键技术。这就是本节的主要内容。

1.2.1 设计的主要任务和解决的问题

自动控制系统设计的任务主要包括3个方面。

⑴ 方案设计。控制方案的设计是最重要的,它要求所设计的控制系统要能具有符合要求的静态特性和动态特性。这就要求系统在稳态时是稳定的,动态特性上要使系统具有合适的阻尼;系统要对外部干扰和内部噪声具有一定的抗干扰能力;当对象系统中参数变化时,对控制系统性能的影响要尽量的小。

⑵ 工程设计。工程设计是在方案设计正确的基础上进行的。它包括仪表系列选型和计算机系统选型、传感器选型、执行器选型、各种零配件选型、控制室仪表盘及操作台设计、计算机控制软件及组态设计、越限报警和联锁保护系统设计等。

⑶ 参数整定。对每个调节器的比例系数、积分时间和微分时间都要做出初步整定,到系统投运时再对这些调节器参数做进一步的整定。

工业生产对控制系统的要求是多方面的,其中首要的要求是保证生产的安全性、稳定性和经济性,所以在设计中主要解决的就是安全性、稳定性和经济性的问题。安全性是指在生产过程中,要保证人员的安全、设备的安全,以及生态平衡和环境卫生的安全,这些都是最基本的要求,也是首要的要求。一般这些都是由越限报警和联锁保护系统来保证的,但对某些高温、高压、易燃、易爆的设备,如果经常有危险性存在,就需要设置视频监视系统或远程监控系统。稳定性主要指系统的抗干扰能力,在出现各种可预见干扰的情况下,系统都要保留一定的稳定裕度。另外,系统还要有合适的过渡过程和合适的过渡时间。经济性是指节省投资,提高产品产量和质量,节能降耗,提高经济效益和社会效益等。通过优化控制可以提高生产过程的经济性,所以在控制系统的设计阶段就要考虑到各种优化控制的方案,以利于提高生产的经济性。这些要求是相互制约的,所以在设计时要统筹兼顾,协调各方面的要求以保证最佳的效益。通常生产过程中各个部分都是相互联系的,它们之间存在着一定的相互影响。所以在设计各个局部控制系统时,必须考虑对全局的影响。

控制系统的精度和响应速度受测量元件和执行机构性能影响,它们的精度和时间常数对控制系统的影响尤其明显。所以要设计高质量的控制系统,所选择的元件就必须达到一定的性能指标。在实际设计过程中,既要继承前人的设计经验,又要大胆创新,采用新技术、新设备,这样才能使被控系统既具有很好的先进性,又具有高度的稳定性。如果条件允许并且能够获得对象较为准确的数学模型时,有必要在设计阶段对部分系统或整个控制系统做动态仿真测试,这样能够观察到动态仿真的结果曲线,从而看清系统的反应速度和误差情况。在仿真过程中也可以适当地加一些干扰,然后观察系统的抗干扰能力。对于动态仿真过程中暴露的问题,可以反复修改设计,最后得到满意的结果。这种方法也可用于控制器参数的整定,通过仿真观察获得较好的控制器参数。

在设计自动控制系统时,需要深入了解被控对象的工作原理,就是要清楚生产过程的基本情况。了解了被控对象的各个细节,才能明确哪些参数需要被控制,哪些参数对被控制参数有直接影响,这样才能正确的选择控制参数,进而才能对被控对象进行有效的控制。所以说,选择出正确的被控参数和控制参数是设计控制系统的关键技术。自动控制系统的设计是以系统分析方法,即控制系统稳定性理论为基础。整个设计过程既包括根

据客户或委托方的设计要求进行综合的过程,也包括根据理论分析对设计进行验证的过程,所以对系统的时域和频域分析是设计过程的基础。在设计时要先提出初步设计,由权威部门进行审核。设计过程还包括被调参数和控制回路的选取,测量变送单元和执行机构的选取,控制规律和算法的确定,系统参数的整定和系统的校正等。

1.2.2 自动控制系统的工程设计流程

如图 1.1 所示,一个实用的自动控制系统的设计要经过 5 个阶段,每个阶段所要完成的具体工作归纳如下所述。

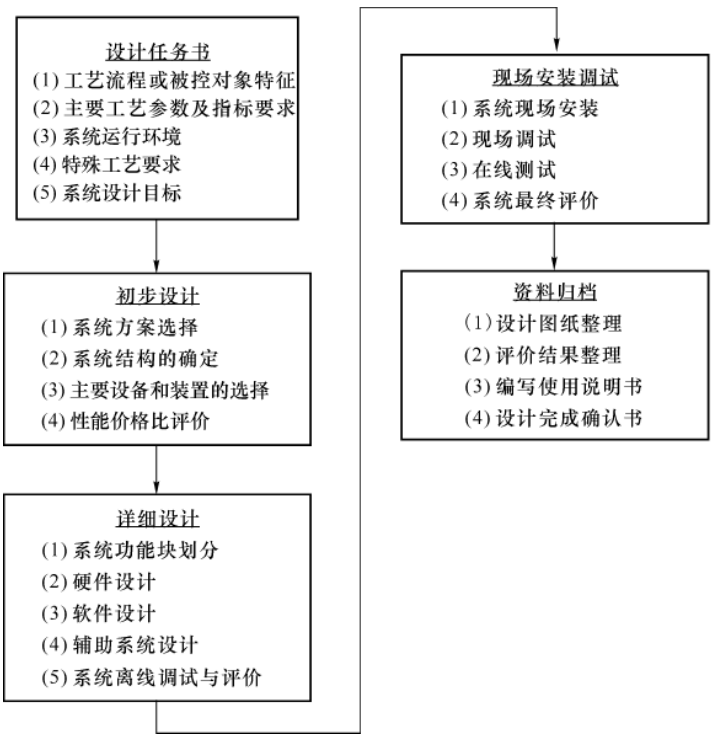


图 1.1 系统设计流程图

1. 设计任务书

设计任务书是控制系统设计、评价的主要依据,在设计任务书中要明确:

⑴ 工艺流程或被控对象特征。控制系统的目的是为了最有效地保证工艺流程的顺利进行,所以了解工艺流程是设计自动控制系统的前提。

⑵ 主要工艺参数及指标要求。任何一个生产过程中,影响产品质量和生产速度的因素很多,所以要了解作为控制对象的主要工艺参数及其性能指标的要求,根据工艺参数的性能要求不同构建不同种类的控制系统。

⑶ 系统运行环境。工业生产环境是复杂的,任何一种控制装置或仪器都不可能百分之百地适用于所有的工作环境,为了保证控制系统的正常运行及所有性能指标符合设

计要求,需要对系统的运行环境包括温度变化范围、湿度变化范围、电磁干扰环境、粉尘、噪音、电网变化、静电场等有充分的了解并在系统设计中采取有效措施。

⑷ 特殊工艺要求。某些特殊的生产环境,对控制系统提出了特殊的要求,如化工过程一般要求防火、防爆,载人电梯要求系统能故障自锁,大部分冶金、化工、电力控制系统要求有安全热备系统等。只有针对特殊工艺要求采取相应的设计措施,才能保证控制系统的实用性和有效性。

⑸ 系统设计目标。同样的生产工艺,可以有不同的控制系统,而且系统性能指标一般来说也是越高越好。如何决定系统的设计方案和评价指标,在系统的性能、造价、复杂度、可靠性、可扩展性、可维护性等诸多约束条件中确定最佳平衡点,这就是规定系统设计目标的目的。

2. 初步设计

根据系统设计任务书,以及市场可入手的设备、装置和设计者自身所掌握的技术,对可能满足设计任务书的各类系统及其特征进行分析后,选择有限条件下的最合理方案,并进行有限实验评价,以便确定系统的最终结构。

⑴ 系统方案选择。满足同一种生产工艺要求的系统设计方案可能不只一种,必须根据设计任务书规定的其他指标,如性能价格比、操作的方便程度、可扩展性等确定一种比较合理的设计方案。

⑵ 系统结构的确定。系统结构除了依存于生产工艺要求外,还取决于系统运行环境、生产管理者的要求、可入手设备及装置的性能等。

⑶ 主要设备和装置的选择。控制系统是由一系列的装置和元器件组成的。从某种意义上讲,构成系统的元器件和装置的性能决定了系统的性能。

⑷ 性能价格比评价。根据技术指标选择了系统的方案后,要对系统技术指标以外的各种指标,主要是性能价格比进行比较评价,才能设计出有限条件下最好的控制系统。

3. 详细设计

根据初步设计所确定的系统方案和系统结构,对系统的软硬件系统进行具体详细的设计。

⑴ 系统功能块划分。一个控制系统根据设计要求不同,可以划分为多个不同的功能块,合理地划分系统功能块并对各功能块分别设计,可有效地提高系统设计效率,提高系统的可维护性。

⑵ 硬件设计。针对各个不同功能块合理选择硬件实现方案及元器件和装置。

⑶ 软件设计。对系统及各功能块有效运行所必须的程序和指令系统进行设计、编程。

⑷ 辅助系统设计。为了保证控制系统可靠、稳定运行需要为系统设计一些诸如保护系统、热备系统等辅助系统。

⑸ 系统离线调试与评价。系统设计完成后,需要在实验室或现场进行实验评价,以确认系统是否按设计期望正常运转、各项性能是否符合设计要求。

4. 现场安装调试

⑴ 系统现场安装。经过实验评价的系统最终要在生产现场进行安装。

⑵ 现场调试。由于实验室环境和现场生产环境一般是不一样的,所以尽管系统经过实验室调试评价,但在现场安装完成后还要进行各项参数的调整才能保证系统正常运行。

⑶ 在线测试。经过现场调试的控制系统,在正式投入使用前还要测试各项控制指标,以保证系统安全投入使用。

⑷ 系统最终评价。系统投入使用初期,要按照设计任务书所规定的各项指标,逐一进行评价,必要时对系统进行微调,最终使系统完全按照设计任务书的要求正常可靠运转。

5. 资料归档

⑴ 设计图纸整理。经过现场调试投入使用后,要对安装调试的依据即设计图纸整理归档,不可漏掉一张图纸,包括调试过程中图纸变化记录,因为这些资料是系统今后维护、维修必不可少的依据。

⑵ 评价结果整理。对系统评价的方法、环境、所使用的仪器、评价的依据、实验者及评价人和责任人等数据、资料在系统投入使用前必须系统整理归档,以备为日后系统分析、责任区分等提供原始资料和数据。

⑶ 编写使用说明书。系统设计完成投入使用后,设计者的基本义务是为系统使用者提供完整的使用说明,并保证具体使用操作者能够正确熟练地操作系统。

⑷ 设计完成确认书。系统设计任务书是系统使用单位根据实际需要给设计者提供的设计依据和约束条件,设计完成确认书是使用者为系统设计者提供设计合格及设计终了证明,只有拿到设计完成确认书,系统设计者才算最终完成系统设计任务。

需要全本请访问 www.ertongbook.com