



普通高等教育规划教材

数控系统综合实践

邵群涛 主编



普通高等教育规划教材

数控系统综合实践

主编 邵群涛

参编 曹锦江 王 坤 高世平

主审 孙 宇



机械工业出版社

本书从培养数控、自动化(数控)类专业学生对数控原理、数控系统和伺服系统的应用能力出发,着重通过有关的课程设计、实验和实习加强学生对目前广泛应用的、有代表性的数控系统、伺服系统的实际结构与功能的了解,提高学生操作、调试与设计的能力。本书主要内容包括伺服系统课程设计、伺服系统实验、数控原理与系统课程设计、数控原理与系统实验,以及各典型数控系统实习等“数控原理与系统”、“伺服系统”课程的各主要实践性环节。本书及所配的光盘中有大量的数控系统、伺服系统的设计、接线、操作、仿真和调试的实例和图例,对数控系统和伺服系统的设计、应用、调试和维护具有一定的指导意义。

本书可用作高等学校数控、自动化(数控)类专业及相关专业的本科教材,也可用作高职、大、中专及成人教育的相关专业教学参考书以及数控系统和伺服系统的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控系统综合实践/邵群涛主编. —北京:机械工业出版社,2004.7

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14650-6

I. 数... II. 邵... III. 数控系统—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第055057号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王小东 王玉鑫

责任编辑:王小东 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年7月第1版第1次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·12.25印张·301千字

定价:22.50元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材 编审委员会名单

主 任：刘国荣 湖南工程学院

副主任：左健民 南京工程学院

陈力华 上海工程技术大学

鲍 泓 北京联合大学

王文斌 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院

任淑淳 上海应用技术学院

何一鸣 常州工学院

陈文哲 福建工程学院

陈 箪 扬州大学

苏 群 黑龙江工程学院

娄炳林 湖南工程学院

梁景凯 哈尔滨工业大学(威海)

童幸生 江汉大学

数控技术应用专业分委员会委员名单

主 任：朱晓春 南京工程学院

副主任：赵先仲 华北航天工业学院

龚仲华 常州工学院

委 员：(按姓氏笔画排序)

卜云峰 淮阴工学院

汤以范 上海工程技术大学

朱志宏 福建工程学院

李洪智 黑龙江工程学院

吴 祥 盐城工学院

宋德玉 浙江科技学院

钱 平 上海应用技术学院

谢 骐 湖南工程学院

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于2001年、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息学科的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人才,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此深表衷心感谢!

编 委 会 主 任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

本书是根据普通高等教育应用型本科系列规划教材编审委员会的数控技术应用专业规划教材编写大纲审定会通过的数控系统综合实践教学大纲编写的,系普通高等教育应用型本科的数控技术应用专业及自动化(数控)专业使用的实训教材。本书也适用于高职高专、中等专业学校、成人教育的相关专业的实训教材以及数控原理与系统和伺服系统的培训教材。

全书主要包括伺服系统课程设计、伺服系统实验,数控原理与系统课程设计、数控原理与系统实验,数控系统实习等涵盖数控原理与系统、伺服系统课程的各主要实践性环节。

近20年以来,随着计算机技术、控制技术、电动机技术和电力电子技术的发展,代表数控机床技术水平的数控系统和伺服系统也得到了很大的发展。当前数控机床已在我国得到普遍使用,但既具有较高的理论水平又具有较强的实践动手能力的工程技术人员还相当缺乏,编写本教材的目的就是希望能以此提高数控专业学生的实践动手能力。由于参加编写的作者都是多年来一直在第一线从事数控原理与系统及伺服系统课程的理论和实践教学的老师,因此本书的特点是:与理论教学紧密配合,实践范围全面,实践内容典型,有很好的可操作性。书中有大量的数控系统、伺服系统的设计、接线、操作、仿真和调试的实例和图例,对学生设计、应用数控系统和伺服系统具有一定的指导意义。为了方便学生的实践和教师的指导,配合本书的文字部分,本教材还附有原程序、各种图表、演示程序和多媒体演示文件等光盘一张。实例中的原程序都经精心调试并通过,读者可以直接调用。

本书由邵群涛任主编。书中绪论、第一~三章由邵群涛编写,第四章及第七章由高世平编写,第五章由曹锦江编写,第六章由王坤编写。全书由邵群涛统稿和定稿。

本书由南京理工大学的孙宇教授主审,并主持了审稿会。

本书在编写过程中,得到了很多高校教师和程序员的大力帮助。其中汪木兰提供了数控原理与系统课程设计、实验的原始资料和程序,赵伟军和栾阳将他们编写的VC++程序无偿献出并仔细修订,逐一调试。本书编写过程中还参考了大量的参考资料,也在此一并感谢。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2003年8月于南京

目 录

序

前言

绪论	1
----------	---

第一章 伺服系统课程设计	7
--------------------	---

第一节 MATLAB/SIMULINK 在伺服系统中的应用	7
-------------------------------------	---

第二节 伺服系统课程设计的要求和步骤	14
--------------------------	----

第三节 V-M 双闭环直流调速系统的设计	15
----------------------------	----

第四节 双极式 PWM 双闭环直流调速系统的设计	17
--------------------------------	----

第五节 单极式 PWM 双闭环直流调速系统的设计	20
--------------------------------	----

第六节 三环直流位置伺服系统的设计	23
-------------------------	----

第七节 异步电动机的矢量控制变频调速系统的设计	26
-------------------------------	----

第八节 三相永磁同步电动机变频调速系统的设计	30
------------------------------	----

第九节 交流位置伺服系统的设计	34
-----------------------	----

第二章 伺服系统实验	39
------------------	----

第一节 直流双闭环 PWM 调速系统实验	40
----------------------------	----

第二节 三相异步电动机变频调速实验	45
-------------------------	----

第三节 永磁同步电动机调速系统实验	47
-------------------------	----

第四节 交流位置伺服系统实验	58
----------------------	----

第三章 数控原理与系统课程设计	65
-----------------------	----

第一节 数控原理与系统课程设计概述	65
-------------------------	----

第二节 “数控加工程序的译码与诊断”功能的设计	67
-------------------------------	----

第三节 刀具半径补偿计算程序的设计	70
-------------------------	----

第四节 开环数控系统的驱动与控制设计	71
--------------------------	----

第五节 数控机床的点位控制设计	72
-----------------------	----

第六节 逐点比较法插补的连续轨迹控制设计	73
----------------------------	----

第七节 数字积分法插补的连续轨迹

控制设计	74
------------	----

第八节 数据采样法插补的连续轨迹控制设计	75
----------------------------	----

第九节 数控机床主轴控制	77
--------------------	----

第十节 数控机床开关量信号处理	78
-----------------------	----

第十一节 闭环位置控制数控系统的位 置环设计	79
---------------------------------	----

第四章 数控原理与系统实验	82
---------------------	----

第一节 实验装置简介	82
------------------	----

第二节 刀具半径补偿实验	87
--------------------	----

第三节 逐点比较法插补实验	88
---------------------	----

第四节 数字积分法插补实验	90
---------------------	----

第五节 数据采样法插补实验	93
---------------------	----

第六节 步进电动机软件环分试验	96
-----------------------	----

第七节 自动换刀演示实验	98
--------------------	----

第五章 数控系统实习 (一) ——FANUC 数控系统	100
--------------------------------------	-----

第一节 FANUC 数控系统概述	100
------------------------	-----

第二节 FANUC PM0 数控系统控制器硬件 结构	102
-------------------------------------	-----

第三节 FANUC PM0 数控系统与外围设备 的连接	104
--------------------------------------	-----

第四节 FANUC PM0 数控系统 CNC 与 PMC 接口	117
--	-----

第五节 FANUC PM0 数控系统 PMC 与机床 信号接口	123
--	-----

第六节 FANUC PM0 数控系统 PMC 编程	124
------------------------------------	-----

第七节 FANUC PM0 系统参数设置和 调试	132
-----------------------------------	-----

第八节 FANUC PM0 数控系统实习	139
----------------------------	-----

第六章 数控系统实习 (二) ——SIEMENS 数控系统	144
--	-----

第一节 西门子数控系统介绍	144
---------------------	-----

第二节 802S/C 的背景与特点	147
-------------------------	-----

第三节 802S 的硬件接口	150
----------------------	-----

第四节 系统的参数设置	155
-------------------	-----

第五节 数控系统的 PLC	158	第二节 数控系统的接口	173
第六节 西门子数控系统调试实习	163	第三节 系统的参数设置	178
第七章 数控系统实习（三）		第四节 经济型数控系统的调试实习	183
——经济型数控系统	170	参考文献	186
第一节 控制面板	170		

绪 论

一、数控机床与数控系统、伺服系统

数控机床这一机械制造技术进步的标志，它既是经济发展对制造业提出的高新技术要求，又是计算机时代的一个产物。以计算机技术为基础的数控技术把自动控制技术、电力电子技术、传感检测技术、机械加工技术、信息处理技术和网络通信技术等有机结合在数控机床上，使它成为当今先进制造技术的基础和核心。近二、三十年以来，随着国民经济的突飞猛进，数控机床在我国的制造业中得到了越来越普及的应用，足有成效地解决了复杂、精密、小批生产、周期短的零件的加工问题，其高精密度、高可靠性、高生产率和柔性加工的市场能力主要是由数控系统的功能、效率和价格来决定的。

数控机床与数控系统的关系如图 0-1 所示。数控机床由数控系统和机床两部分组成。其中数控系统本身相当复杂，它主要由加工程序 I/O、数控装置、伺服系统和可编程逻辑控制器（PLC）四部分组成。这四部分中数控装置即 CNC 装置是数控系统的核心，它实质上是一个微型计算机组成的一个控制器，其主要作用是在正确识别和解释输入的数控加工程序基础上进行数据计算和逻辑运算，完成对伺服系统、可编程控制器等的控制（包括反馈信号的检测）。数控系统向伺服系统输出的是连续控制量，向可编程控制器输出的是离散的开关控制量。

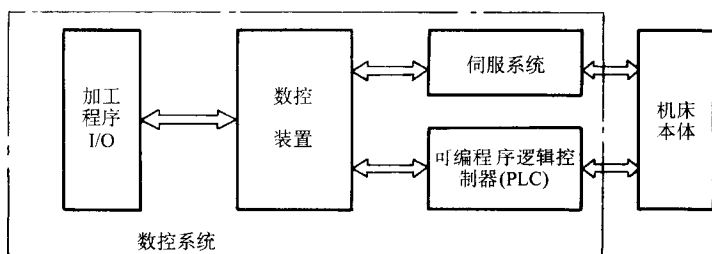


图 0-1 数控机床与数控系统的关系

本书中数控系统实习所用的数控系统是目前我国数控机床中所使用较广的 FANUC 系统、SIEMENS 系统及经济型数控系统。

二、数控系统与伺服系统

伺服系统是数控系统的主要控制对象，要求控制精度高、控制速度快，它包括位置进给和主轴调速两种驱动装置。伺服系统本义为“按位置、方位、姿态等作为被控量，使之能跟踪目标值任意变化的控制系统”，“伺服”一词译自英语 servo，因此伺服系统应该仅指位置驱动系统。但由于习惯，数控机床伺服系统中把两种驱动系统，即位置进给和主轴调速两类驱动系统都包含到伺服系统中了。

除了重型数控机床外，数控机床中使用的位置进给伺服系统有半闭环位置进给伺服系统、全闭环位置进给伺服系统和开环位置进给伺服系统。

1. 半闭环位置进给伺服系统与数控装置关系

半闭环系统是在数控机床中使用最普遍的一种伺服系统。图 0-2 示出了两者之间的关系。其特点是位置反馈信号取自与电动机同轴的反馈检测元件（如光电编码器、旋转变压器

等), 位置闭环中非线性单元少、系统稳定性好, 且由于半闭环的系统结构使它与执行机械部分又相对独立, 系统的通用性好。本书伺服系统课程设计及实验所涉及的位置伺服系统均为半闭环位置伺服系统。图中位置反馈信号的虚线指向表示位置控制器可选择的地点: 当指向数控装置时, 位置控制器在数控装置内; 当指向比较器时, 位置控制器在位置调节器内。图中的 PMSM 为永磁同步电动机。

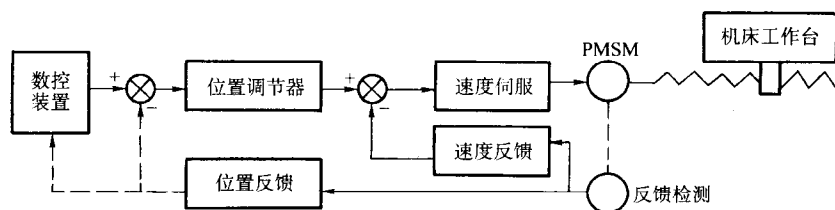


图 0-2 半闭环位置进给伺服系统与数控装置关系

2. 全闭环位置进给伺服系统与数控装置关系

图 0-3 示出了两者之间的关系。

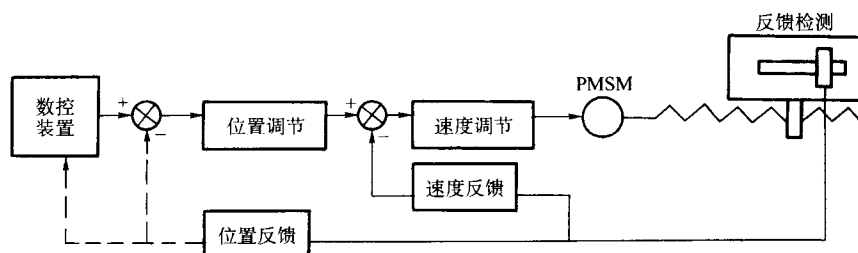


图 0-3 全闭环位置进给伺服系统与数控装置的关系

全闭环系统是对工作台实际位置直接进行反馈闭环控制的伺服系统。理论上讲这是一种最理想的位置控制方式, 因为它把反馈检测元件 (为直线式感应同步器) 直接安装在工作台上, 从而测得工作台实际位置的精确信息。但由于全闭环时, 机床本身的机械传动链被包在位置闭环中, 其传动间隙、非线性摩擦、部件刚度等都对系统的稳定性产生影响, 容易产生机电共振和低速爬行, 再加上系统整定和适用性设计困难等, 所以在实际的数控系统中较少采用全闭环系统。

3. 开环位置进给伺服系统与数控系统的关系

两者之间的关系最简单, 如图 0-4 所示。

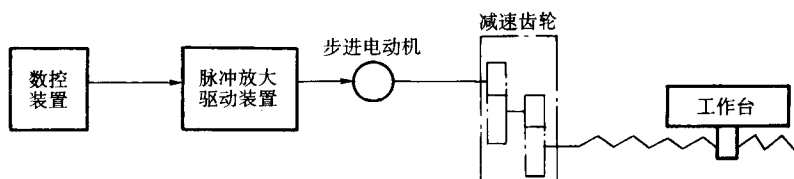


图 0-4 开环位置进给伺服系统与数控装置的关系

开环位置进给伺服系统没有位置反馈。步进电动机按照数控装置发出的位置进给指令

驱动工作台作相应的位移。由于它不对实际位置进行检测,所以位置检测精度和运动速度受步进电动机和传动链误差的影响,只适用于对位置检测精度要求不高、运动速度不高的简易型经济数控机床。

数控机床所采用的半闭环和全闭环位置伺服系统中,其电动机一般均采用永磁同步电动机(PMSM),这种电动机低速性能好、力矩惯性比大、动态性能好,很适合有高精度位置控制要求的负载。而数控机床的主轴驱动一般均采用三相异步电动机。当采用变频调速方式时,这种电动机能很好的满足主轴调速要求,且价格较低。

三、数控系统实践的重要性

数控系统在现代化先进制造技术中的地位已日趋重要。机床行业的计算机数控化已成为制造技术进步的大趋势。由数字控制的数控机床以其高精度、高效率、加工高质量、高柔性和低成本为基础特点在各制造部门得到广泛使用,并且也是发展智能化、集成化制造业的基础。不断发展中的数控系统也是现代制造企业在激烈竞争的市场条件下求得生存和发展的要求。随着信息化的到来,数控技术的发展必将进一步推动现代化制造技术的发展。培养能够适应现代制造技术发展的数控专业应用型人才是一项重要和迫切的任务。数控专业作为高新技术,其应用型本科的教学计划既不同于自动化专业,又与一般的机电一体化专业有较大的区别。它不但有电,又要有机,更重要的是加强机与电的结合,加强电对机的数字控制能力的培养。表0-1~表0-3给出了一个含理论、实验、实践和实习各环节的数控专业应用型本科的数控课群(不包括公共基础课和公共选修课)教学计划的实例,从这个教学计划中可以看到,“数控原理与系统”和“伺服系统”这两门数控专业的主要专业课是建立在已经学好有关机、电和计算机等方面的各课程基础之上的,因此只有在学完了这些课程后才能进行这两门课程的学习,从而使这两门主课只能安排在最后一学期(第八学期为毕业设计)。而包括这两门课程各实践性环节的“数控系统综合实践”是与这两门课程紧密相连的,其实验、课程设计和实习等各环节一般应在相应的理论教学之后进行,但由于受教学时间安排的限制,这两门课程已安排在最后一学期,故两周的数控系统实习只能放在理论教学中或之前进行。应该说,这种先认知后理论的方式也是一种可行的方法,对这种理论和实践要求都很高的课程,这样做可使学生先有感性认识,在一定程度上可能更容易理解数控的本质。

表 0-1 数控专业专业基础课一览表

类 别	课 程 名 称	总学时	讲 课	实 验
专 业 基 础 课	电 路	120	100	20
	模拟电路	64	56	8
	数字电路	72	64	8
	微机原理	64	52	12
	单片机及应用	32	24	8
	电机与拖动	72	62	10
	自控原理	72	60	8
	电力电子技术	48	42	6
	现代控制理论	48	44	
	机械基础	64	58	6
	电气制图与电子线路 CAD	32	20	
	电气与 PLC	48	40	8

表 0-2 数控专业专业课和选修课一览表

类 别	课 程 名 称	总学时	讲 课	实 验
专 业 课	专业英语	32	32	
	机械制造技术	64	60	4
	数控编程与 CAM	48	32	16
	检测技术与自动化仪表	64	56	8
	伺服系统	64	56	8
	数控原理与系统	64	54	10
	计算机控制技术	48	36	
专 业 选 修	计算机通信在控制中的应用	48	48	
	VB 语言	24	24	
	MATLAB 语言	24	24	
	智能控制	24	24	
	计算机软件工程	32	32	
	集散控制系统	32	32	
	计算方法	32	32	
	楼宇自动化	32	32	
	数据库原理及应用	32	32	

表 0-3 数控专业实践教学环节一览表

序 号	名 称	内 容	学 期	周 数	学 分
1	入学教育与军训	入学教育与军训	1	2	2
2	金工实习 (1)	钳 工	2	1	1
3	金工实习 (2)	机加工	3	2	2
4	电子实习	万用表、收音机或电视机装配	4	1	1
5	电工实习 (1)	室内照明线路布线	4	1	1
6	英语强化	CET4 英语强化	3	1	1
7	政治理论实践周	社会实践	4	1	1
8	校外参观实习		5	1	1
9	生产实习 (1)	机械测试	6	1	1
10	生产实习 (2)	数控加工技术	6	4	4
11	生产实习 (3)	数控系统 (数控机床电气安装调试)	7	2	2
12	模电、数电	课程设计	4	2	2
13	微机原理	课程设计	5	1	1
14	电子线路与 CAD	课程设计	5	1	1
15	单片机及应用	课程设计	6	1	1
16	电气与 PLC	课程设计	6	1	1
17	伺服系统	课程设计	7	1	1
18	数控原理与系统	课程设计	7	1	1
19	毕业设计		8	17	17
20	毕业鉴定		8	1	

数控系统及其主要的控制对象伺服系统是数控机床的主要控制部件,要掌握它们,必须从理论、实践及两者的结合下功夫。因此在学习数控原理与系统及伺服系统这两门课程的同时,必须增强学生的数控系统、伺服系统实践操作的能力,以便能够系统地、完整地掌握数控系统和伺服系统的应用,主动适应制造装备数字化和制造过程数字化发展的需要。为了达到这样的培养目标,本书在内容安排上重点放在伺服系统的课程设计和实验、数控原理与系统课程设计、实验及数控原理与系统的实习等方面。与数控编程课程相对应的数控加工技术实习应在数控系统实习之前完成。

四、数控系统综合实践的主要内容和分类

为了培养和提高学生的动手能力和解决问题的能力、增强学生对数控系统和伺服系统的实践操作能力,本书在数控系统和伺服系统两部分中共安排了五方面的实践内容。这五方面分别为伺服系统课程设计、伺服系统实验、数控原理与系统课程设计、数控原理与系统实验、数控系统实习。下面分别简单介绍各部分的主要内容。

1. 伺服系统课程设计

通过伺服系统课程设计,能使學生掌握伺服系统的各种典型结构形式及其基本控制原理、特点、特性及工程实用控制技术、典型线路和控制方法;掌握器件的选择与正确应用;掌握伺服系统设计、系统分析的基本方法和思路,并用 MATLAB/SIMULINK 软件对所设计系统进行仿真,掌握系统的分析、调试及选择系统参数的能力。

课程设计课题主要是调速系统和位置伺服系统方面的。包括直流、异步、永磁同步电动机各类系统的设计。

2. 伺服系统实验

由于目前数控机床上基本上采用交流伺服系统,因此除了直流双闭环 PWM 调速系统实验这一基础性实验外,其他实验均为交流伺服系统方面的实验。这些实验包括异步电动机矢量变换变频调速系统实验、永磁同步电动机(PMSM)的调速原理实验(包括调速系统动态性能测试实验、闭环调速系统的静特性实验、调速系统的角速度实验等)、交流位置伺服系统实验(包括位置检测演示实验、位置响应实验、定位精度实验和角位移测试实验等)。

3. 数控原理与系统课程设计

数控原理与系统课程设计主要是数控原理、数控机床信号处理及步进电动机(开环型数控系统)的驱动与控制方面的内容。其中数控原理的内容较多,包括数控加工程序的解释与语法诊断、刀具半径补偿计算、点位控制数控系统、轮廓控制的插补运算等课题。

4. 数控原理与系统实验

数控原理与系统实验主要是让学生通过编制数控系统的部分程序达到对数控机床控制的目的。这部分实验有刀具半径补偿实验、逐点比较法插补原理实验、数字积分法插补原理实验、数据采样法插补原理实验、步进电动机软件环分实验等。另外还有自动换刀演示实验。

通过实验使学生能对数控系统和数控机床控制原理有一个实际了解,并初步掌握数控系统控制程序的编制方法。

5. 数控系统实习

这部分内容共有三章,分别介绍三种典型数控系统的实习:FANUC 数控系统实习、SIEMENS 数控系统实习和经济型数控系统实习,实习时可根据各学校自身的条件选一种典型数控系统实习。书中之所以介绍三种实习是因为实习必须让学生都参与实际系统的接线、调试、操作和排除故障等实践环节,而各学校的数控系统又都不一定相同。而有了这三种典型数控系统的实习,一般情况下总可选定其中一种数控系统进行实习。

实习的主要内容为数控系统介绍硬件结构、系统接口、PLC(PMC)及其编程、面板功能及其操作、系统调试实习等。

五、数控系统综合实践的教学计划

上述数控系统综合实践课程五个部分实践环节的内容相对而言基本上是独立的,各个学校可以根据自己学校数控专业的教学特点结合伺服系统和数控原理与系统两门课程的进程自

行安排各实践环节。一般情况下可参考以下该课程的教学计划。

伺服系统实验和数控原理与系统实验一般都在课程的相关内容讲授完之后尽快进行,而伺服系统课程设计和数控原理与系统课程设计应都安排在每门课程结束之后进行,数控系统实习的安排前面已进行过讨论,如想安排在数控原理与系统的课程之后,因已无时间,这是很困难的,故一般可安排在此课程的前面或在课程讲授过程中进行。

伺服系统实验可安排 8~12 学时实验,实验应以交流伺服系统(目前数控机床上的主轴和进给基本上均采用交流伺服)实验为主,特别是永磁同步电动机伺服系统(数控机床的进给均采用永磁同步电动机位置伺服系统)实验更应是其中的重点。

数控原理与系统实验可安排 10~14 学时实验,数控原理和数控系统方面的实验都应尽量多做些,以便使学生能在数控软件和硬件的结合方面扎实掌握数控机床的控制原理。

伺服系统课程设计的时间为一周,时间安排可以作这样的考虑:布置任务、MATLAB 在伺服系统设计中的应用简介、查阅资料和确定方案共为一天时间。值得注意的是,若学生在此前没有学过 MATLAB,则这方面的内容应适当加强。设计、仿真、分析、调试和答辩考核为两天时间,最后一天完成课程设计报告。

数控原理与系统课程设计的时间也为一周。时间安排可参考表 3-1。其中布置任务、查阅资料和确定方案共为一天时间。设计、分析和调试为一天半时间,设计答辩(考核)为半天。最后一天整理技术文档,完成课程设计报告。

数控系统实习的时间一般为两周,如有些条件较好的学校,数控系统的实习环境和条件都很好,师资也有足够的力量,可考虑把实习时间延长到三周,使学生能在设计的基础上进行数控系统的电气安装和调试。实习所需的数控系统,各校可根据自身实验室的已有条件,在 FANUC、SIEMENS 或经济型数控系统三类系统中选用其中的一种。由于数控系统本身就已很复杂,而控制还要涉及到机床的机械部分,因此在实习的前一部分应由指导老师在现场详细讲解数控系统的各个部分的组成、结构和原理,讲解相应被控制的机械部分的工作原理。电气安装调试实习时,每个小组的成员应尽量少些,一般以两个为宜,这样既能让每个学生都能单独操作,又能在复杂的环境中能有相互照应。实习的后期由学生完成该实习的实习报告。

第一章 伺服系统课程设计

伺服系统课程设计一般是在伺服系统的理论课程的后期进行。安排该课程设计的目的是通过课程设计的方式使学生掌握典型伺服系统的工程设计方法,掌握系统的控制原理和方法,学习器件的选择及正确应用,学习系统的数学模型的建立方法。最终通过 MATLAB/SIMULINK 软件对所设计的系统数学模型进行仿真、调试及选择系统参数,达到让每一个学生都能实践伺服系统理论设计的全过程。

伺服系统工程设计一般可分为以下几步:

1. 确定伺服系统总体方案

根据被控对象的要求和特点确定:是否是纯电气的(或电气—液压,电气—气动)?是采用步进电动机开环伺服系统还是闭环伺服系统?是直流伺服系统还是交流伺服系统?是采用模拟式的还是数字式的?系统整体结构分哪几部分?课程设计中可根据题意,对其中尚未确定的问题作明确解释。

2. 系统的稳态设计

根据整体方案首先对各环节开始具体设计,再根据对系统稳态性能的要求(例如稳态是否有静差)进行整个系统的稳态设计,并选择电动机、驱动、放大、检测、信号转换等各单元器件。

3. 系统的动态设计

由于稳态设计的系统并不能保证系统的动态性能,故在稳态设计基础上还需进行动态设计:首先建立系统的动态数学模型(被调节系统的数学模型),再根据被调节系统的动态性能要求(例如超调量 σ 、过渡过程时间 t_s 等)设计调节器并确定调节器的电路和参数。

4. 计算机仿真、调试和确定调节器参数过程

由于工程设计方法中计算总是近似的,故可通过计算机仿真(例如 MATLAB/SIMULINK)调节各调节器的参数,使其动态性能完全符合系统设计要求。

由于可能有相当一部分学生对 MATLAB/SIMULINK 软件还不熟悉,下面首先简要介绍 MATLAB 在伺服系统课程设计应用中的有关问题,以方便学生的仿真、调试和分析。

第一节 MATLAB/SIMULINK 在伺服系统中的应用

设计伺服系统,首先应保证设计出来的系统是一个稳定的系统,并且具有控制对象所需的动、静态特性,为此往往要进行矩阵运算、数组运算等大量而复杂的数学计算。这些计算即使借助计算机用传统语言编程,其过程也很复杂繁琐,大大影响工作效率,耗时又耗力。为此,可充分利用美国 Mathworks 公司的 MATLAB 软件包。其目前最新的 6.X 版本是一种功能很强、效率很高、便于进行科学和工程计算的交互式软件包,是一种用于控制系统研究、设计、开发的首选软件。MATLAB 在国际学术界中已被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。它包括一般数值计算、矩阵计算、数字信号处理、滤波器设计和控制系统设计等