

· 应用型系列教材 ·

总主编 吴国华

数控机床与编程

主 编 朱鹏程 史春丽 王文英

高等教育出版社

· 应用型系列教材

总主编 吴国华

数控机床与编程

Shukong Jichuang yu Biancheng

主 编 朱鹏程 史春丽 王文英



高等教育出版社·北京

内容简介

本书内容共7章,包括数控机床与数控编程概述、数控机床的机械结构、数控编程基础、数控车床编程与应用、数控铣床和加工中心编程与应用、宏程序、数控编程仿真实验等内容。全书是根据数控行业技能标准和典型加工任务要求而编写的,突出数控加工工艺及程序编制技术,围绕数控加工实施过程中的知识和技能来组织教学内容,实例大多取材于生产现场,并配有详细的程序说明,使读者能够清晰掌握编程的思路,通过学习达到举一反三的目的。

本书可以作为高等学校机械类及相关专业的教材,也可供从事数控加工行业的技术人员及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床与编程 / 朱鹏程, 史春丽, 王文英主编
—北京: 高等教育出版社, 2016.12
ISBN 978-7-04-047238-7

I. ①数… II. ①朱… ②史… ③王… III. ①数控机床—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 014515 号

项目策划 马天魁 李 慧

策划编辑 段博原 责任编辑 段博原 封面设计 王 琰
版式设计 高海钰 插图绘制 杜晓丹 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	高教社(天津)印务有限公司	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
			http://www.hepmall.com
开 本	850mm×1168mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	18.25	版 次	2016年12月第1版
字 数	400千字	印 次	2016年12月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	42.00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 47238-00

数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社网站，请登录网站后开始课程学习。

一、注册 / 登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/1253301>，单击“注册”按钮，在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

单击“我的课程”页面右上方“绑定课程”按钮，正确输入教材封底防伪标签上的 20 位密码，单击“确定”按钮完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程，单击“进入课程”按钮即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并单击“进入课程”按钮。

四、资源使用

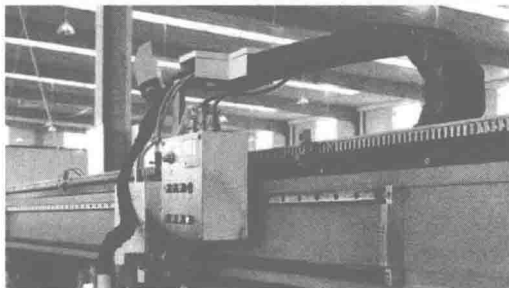
本书配套的数字课程中有视频、图片、文本、表格、动画等类型的资源，读者可以访问数字课程网站进行学习。

账号自登录之日起一年有效，过期作废。

如有账号问题，请发邮件至：abook@hep.com.cn。



重要通知



数控机床与编程

数控机床与编程数字课程与纸质教材一体化设计，紧密配合。数字课程提供了视频、图片、文本、表格、动画等教学与学习资源，并充分融合运用多种媒体形式，极大地丰富了知识的呈现形式，拓展了教材内容，在提升课程教学效果的同时，也为学生学习提供思考和探索的空间。

用户名： 密码： 验证码： [6037](#) [忘记密码?](#) [登录](#) [注册](#) 记住我(30天内免登录)

本书数字课程资源图例



视频



图片



文本



表格



动画

序一

17世纪，德国哲学家、数学家莱布尼茨发明了二进位制，他视其为“具有世界普遍性的、最完美的逻辑语言”。他有两个没想到：第一个没想到，二百多年以后，二进位制成了计算机软件的数学基础，构筑了丰富多彩的虚拟世界。第二个没想到，五千多年前的《周易》描绘了阴阳两元创化的智慧符号。莱布尼茨从法国汉学家处看到了八卦，认定那是中国版的二进制。《周易》可惜的是被拿去算卦，从阴阳看吉凶。莱布尼茨也有宗教情结，他认为每周第一天为1，亦即上帝，这是世界的一翼。数到第7天，一切尽有，是世界的另一翼。7按照二进制表示为“111”，八卦主吉的乾卦符号为三横。这三竖三横只是方向不同，义理暗合。

《周易》为群经之首，设教之书，大道之源。“一阴一阳之谓道”，两仪动静是人类活动总源头，为万物本元图式。李约瑟视其为宇宙力场的正极和负极。西方学者荣格评价更高，谈到世界智慧宝典，首推《周易》。他认为，在科学方面，我们得出的许多定律是短命的，常常被后来的事实推翻，唯独《周易》亘古常新，五六千年，依然活络。

乾与坤，始与终，精神与物质，主体与客体，合目的性与合规律性，工具理性与价值理性，公平与效率，社会与个人，人权与物权，政府与民众，自由与必然，形式与内容，理性与感性，陆地与海洋，东方与西方，和平与战争，植物与动物，有机与无机……在稀薄抽象中，两元逻辑是通则。我们的家庭也一样，一男一女是基础，有了后代，父母与子女也是两元存在。

世界无比丰富，不似两元那样单纯。但多元是双元的裂变，两端间的模糊带构成了丰富多彩的发挥天地。说到四季，根在两季，冬与夏代表冷与热，是基本状态，春秋的天气或不冷不热，或忽冷忽热，在冬夏间往复震荡。我攻读博士学位时搞的是美学，摇摆于哲学与艺术两域，如今沉思在文化里，那两个幽灵依然在脑海里“作怪”。我下乡九年，身上有农民气，读大学十年，身上有书生气，下笔喜欢文词，也喜欢白话，两者掺和在一起，不伦不类，或许也是特色。

烟台南山学院为了总结教学科研成果，启动了百部学术著作建设工程。没有统领思路，我感到杂乱无章，思前想后，觉得还是两元逻辑可靠。从体例上来说，一个是应用型教材，一个是学术文库；从内容上来说

也是两元的，有的成果属于自然科学，研究“物”，有的成果属于社会科学，研究“人”。南山学院是中国制造业百强企业创办的高校，产业与专业相互嵌入，学校既为企业培养人才，也为社会培养人才，也是两元的。我们决定，丛书封面就按这一思路设计：二进位制与阴阳八卦，一个正面，一个背面；一个数学，一个哲学；一个科学，一个文化；一个近代，一个古代；一个外国，一个中国。

南山学术文库重视学理，也重视术用，这便是两元关照。如果在书中这一章讲理论，另一章讲实践，我们能接受。最受欢迎的是有机状态，揭示规律的同时，也揭示运用规律的规律，将科学与技术一体化。科学原创是发现，技术原创是发明，要让两者连通起来。对于“纯学术”著作，我们也提出了引向实践的修改要求，不光是为了照顾书系的统一，也是为了表达两元的学术主张。如果结合得比较生硬，也请读者谅解。我们以为，这是积极的缺欠，至少方向是对的。清流学者与实用保持距离，以为那是俗人的功课，这种没有技术感觉的科学意识并不透彻。我们倡导术用的主体性，反对大而无当的说理，哪怕有一点用处，也比没用的大话强。如果操作方案比较初级，将来可以优化。即便不合理，可能被推翻，也有抛砖引玉的作用，并非零价值，有了“玉”，“砖”就成了过季的学术文物，但文物不是废物。在学术史上哪怕写上我们一笔，仅仅轻轻的一笔，我们也满足了，没白活。

吴国华教授曾经提出，应用型大学的门槛问题在标准上，我很赞成，推荐他随中国民办教育协会代表团去德国考察双元制教育，回来后，吴教授主持应用标准化建设的信心更足了。德国的双元制教育有两个教育主体——学校与企业；受教育者有两个身份——学生与员工；教育者有两套人马——教员与师傅。精工制造，德国第一，这得益于双元制教育弘扬的工匠精神。我们必须改变专业主导习惯，提倡行业引领，专业追随行业，终端倒逼始端。应用专业的根在课程里，应用课程的根在教材里，应用教材的根在标准里，应用标准的根在行业里，线性的连续思路也是两元转化过程，从这一点走向另一点。我们按照这样的逻辑推动教材建设，希望阶段性成果能接地气。企业的技术变革速度快于大学，教材建设永远是过程，只能尽可能地缩短时间差。

在《论语·子罕》中，孔子说：“吾有知乎哉？无知也。有鄙夫问于我，空空如也。我叩其两端而竭焉。”他认为自己并不掌握什么知识，假使没文化的人来请教，他不知道如何回答。但是孔子自认为有一个长处，那就是“叩其两

端而竭”，弄清正反、本末、雅俗、礼法、知行……把两极看透，把两极间的波动看清，在互证中获得深知与致知，此为会通之学。这时，“空空如也”就会变成“盈盈如也”。那“竭”字很有张力，有通吃的意思。孔子是老师，我们也是老师，即便努力向先师学习，我们也成不了圣人，但可以成为聪明些的常人。

世界是整块的，宇宙大爆炸后解散了，但依然恪守着严格的队列。《庄子》中有个混沌之死的故事，混沌代表“道”，即宇宙原本，亦为人之初，命之始，凿开七窍后，混沌死了。庄子借此说明，大道本来浑然一体，无所分界。“负阴而抱阳”，阳体中有阴眼，阴体中有阳眼。看出差别清醒，看出联系明晰。内视开天目，心里有数。

两元逻辑的重点不在“极”，而在“易”，两极互动相关，才能释放能量。道家以为，缺则全，枉则直，洼则盈，少则得，多则惑，兵强则灭，木强则折，坚强处下，柔弱处上，事物在反向转化中发展着。《周易》乃通变之学，计算机中的二进位制，也是在高速演算中演义世界的。

哈佛大学等名校在检讨研究型大学的问题时，比较一致的看法是忽视了本科教育。本科是本，顶天不立地，脚步发飘。中国科学院原就有水平很高的研究生院，现在又成立了中国科学院大学，也要向下延伸到本科。高等教育的另一个极化问题出现在教学型高校中，许多人认为这里的主业是上课，搞不搞研究无关大局。其实科研是教学的内置要素，是两极，也是一体，两手抓，两手都要硬。科研好的教师不一定是好教师，但是科研不好的教师一定不是好教师，不爱搞学问的老师教不出会学习的学生，很难说教学质量有多高，老师自己都没有创新能力，怎么能培养出有创新能力的学生呢？两元思维是辩证的，不可一意孤行。我们的百部著述工程包含教学与科研两大系列，想表达的便是共荣理念，虽然水平有限，但信念是坚定的。

以《周易》名言收笔——“天行健，君子以自强不息”。

烟台南山学院校长



2016年7月17日于龙口

加快应用型本科教材建设的思考

一、应用型高校转型呼唤应用型教材建设

教学与生产脱节，很多教材内容严重滞后于现实，所学难以致用。这是我们在进行毕业生跟踪调查时经常听到的对高校教学现状提出的批评意见。由于这种脱节和滞后，造成很多毕业生及其就业单位不得不花费大量时间进行“补课”，既给刚踏上社会的学生无端增加了很大压力，又给就业单位白白增添了额外培训成本。难怪学生抱怨“专业不对口，学非所用”，企业讥讽“学生质量低，人才难寻”。

2010年颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》指出，要加大教学投入，重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模。2014年，《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》进一步指出，要引导一批普通本科高等学校向应用技术类型高等学校转型，重点举办本科职业教育，培养应用型、技术技能型人才。这表明国家已发现并着手解决高等教育供给侧结构不对称问题。

2014年3月，在中国发展高层论坛上有关领导披露，教育部拟将600多所地方本科高校向应用技术、职业教育类型转变。这意味着未来几年，我国将有50%以上的本科高校（2014年全国本科高校1202所）面临应用型转型，更多地承担应用型人才，特别是生产、管理、服务一线急需的应用技术型人才的培养任务。应用型人才作为高等教育人才培养体系的重要组成部分，已经被提上国家重要的议事日程。

“兵马未动、粮草先行”。应用型高校转型要求加快应用型教材建设。教材是引导学生从未知进入已知的一条便捷途径。一部好的教材既是取得良好教学效果的关键因素，又是优质教育资源的重要组成部分。它在很大程度上决定着学生在某一领域发展起点的远近。在高等教育逐步从“精英”走向“大众”直至“普及”的过程中，加快教材建设，使之与人才培养目标、模式相适应，与市场需求和时代发展相适应，已成为广大应用型高校面临并亟待解决的新问题。

烟台南山学院作为大型民营企业——南山集团投资兴办的民办高校，与生俱来就是一所应用型高校。2005年升本以来，学校依托大企业集团，坚定不移地实施学校地方性、应用型的办学定位，坚持立足胶东，着眼山东，面向全国；坚持以工为主，工管经文艺协调发展；坚持产教融合、校企合作，培养高素质应用型人才，初步形成了自己校企一体、实践育人的应用型办学特色。为加快应用型教材建设，提高应用型人才培养质量，今年学校推出的包括“应用型教材”在内的“百部学术著作建设工程”，可以视为烟台南山学院升本10年来教学改革经验的初步总结和科研成果的集中展示。

二、应用型本科教材研编原则

应用型本科作为一种本科层次的人才培养类型，目前使用的教材大致有两种情况。一是借用传统本科教材；实践证明，这种借用很不适宜。因为传统本科教材内容相对较多，教材既深且厚。更突出的是其与实践结合较少，很多内容理论与实践脱节。二是延用高职教材；高职与应用型本科的人才培养方式接近，但毕竟人才培养层次不同，它们在专业培养目标、课程设置、学时安排、教学方式等方面均存在很大差别。高职教材虽然也注重理论的实践应用，但“小才难以大用”，用高职教材支撑本科人才培养，实属“力不从心”，尽管它可能十分优秀。换句话说，应用型本科教材贵在“应用”二字。它既不能是传统本科教材加贴一个应用标签，也不能是高职教材的理论强化，应有相对独立的知识体系和技术技能体系。

基于这种认识，我以为研编应用型本科教材应遵循三个原则：一是实用性原则。教材内容应与社会实际需求相一致，理论适度、内容实用。通过教材，学生能够了解相关产业企业当前的主流生产技术、设备、工艺流程及科学管理状况，掌握企业生产经营活动中与本学科专业相关的基本知识和专业知识、基本技能和专业技能，以最大限度地缩短毕业生知识、能力与产业企业现实需要之间的差距。烟台南山学院的《应用型本科专业技能标准》就是根据企业对本科毕业生专业岗位的技能要求研究编制的一个基本教学文件，它为应用型本科有关专业进行课程体系设计和应用型教材建设提供了一个参考依据。二是动态性原则。当今社会科技发展迅猛，新产品、新设备、新技术、新工艺层出不穷。所谓动态性，就是要求应用型教材应与时俱进，反映时代要求，具有时代特征。

在内容上应尽可能将那些经过实践检验成熟或比较成熟的技术、装备等人类发明创新成果编入教材，实现教材与生产的有效对接。这是克服传统教材严重滞后于生产、理论与实践脱节、学不致用等教育教学弊端的重要举措，尽管某些基础知识、理念或技术工艺短期内并不发生突变。三是个性化原则。教材应尽可能适应不同学生的个体需求，至少能够满足不同群体学生的学习需要。不同的学生或学生群体之间存在的学习差异，显著地表现在对不同知识理解和技能掌握并熟练运用的快慢及深浅程度上。根据个性化原则，可以考虑在教材内容及其结构编排上既有所有学生都要求掌握的基本理论、方法、技能等“普适性”内容，又有满足不同的学生或学生群体不同学习要求的“区别性”内容。本人以为，以上原则是研编应用型本科教材的特征使然，如果能够长期坚持，则有望逐渐形成区别于研究型人才培养的应用型教材体系和特色。

三、应用型本科教材研编路径

1. 明确教材使用对象

任何教材都有自己特定的服务对象。应用型本科教材不可能满足各类不同高校的教学需求，它主要是为我国新建的包括民办高校在内的本科院校及应用技术型专业服务的。这是因为，近十多年来我国新建了 600 多所本科院校（其中民办本科院校 420 所，2014 年数据）。这些本科院校大多以地方经济社会发展为其服务定位，以应用技术型人才为其培养模式定位，其学生毕业后大部分选择企业单位就业。基于社会分工及企业性质，这些单位对毕业生的实践应用、技能操作等能力的要求普遍较高，而不苟求毕业生的理论研究能力。因此，作为人才培养的必备条件，高质量应用型本科教材已经成为新建本科院校及应用技术类专业培养合格人才的迫切需要。

2. 加强教材作者选择

突出理论联系实际，特别注重实践应用是应用型本科教材的基本特征。为确保教材质量，严格选择研编人员十分重要。其基本要求：一是作者应具有比较丰富的社会阅历和企业实际工作经历或实践经验，这是研编人员的阅历要求。二是主编和副主编应选择长期活跃于教学一线、对应用型人才培养模式有深入研究并能将其运用于教学实践的教授、副教授或工程技术人员，这是对研编团队领袖的要求。主编是教材研编团队的灵魂，选择主编应特别注重考察其理论

与实践结合能力的大小,以及他们是“应用型”学者还是“研究型”学者的区别。三是作者应有强烈的应用型人才培养模式改革的认可度,以及应用型教材编写的责任感和积极性,这是写作态度要求。四是在满足以上条件的基础上,作者应有较高的学术水平和教材编写经验,这是学术水平要求。显然,学术水平高、编写经验丰富的研编团队,不仅能够保证教材质量,而且对教材出版后的市场推广也会产生有利的影响。

3. 强化教材内容设计

应用型教材服务于应用型人才培养模式的改革。应以改革精神和务实态度,认真研究课程要求,科学设计教材内容,合理编排教材结构。其要点包括:

(1) 缩减理论篇幅,明晰知识结构。应用型教材编写应摒弃传统研究型或理论型人才培养思维模式下重理论、轻实践的做法,确实克服理论篇幅越来越大、教材越编越厚、应用越来越少的弊端。一是基本理论应坚持以必要、够用、适用为度,在满足本课程知识连贯性和专业应用需要的前提下,精简推导过程,删除过时内容,缩减理论篇幅;二是知识体系及其应用结构应清晰明了、符合逻辑,立足于为学生提供“是什么”和“怎么做”;三是文字简洁,不拖泥带水,内容编排留有余地,为学生自我学习和实践教学留出必要的空间。

(2) 坚持能力本位,突出技能应用。应用型教材是强调实践的教材,没有“实践”、不能让学生“动起来”的教材很难取得良好的教学效果。因此,教材既要关注并反映职业技术现状,以行业、企业岗位或岗位群需要的技术和能力为逻辑体系,又要适应未来一段时期技术推广和职业发展要求。在方式上应坚持能力本位,突出技能应用、突出就业导向;在内容上应关注不同产业的前沿技术、重要技术标准及其相关的学科专业知识,把技术技能标准、方法程序等实践应用作为重要内容纳入教材体系,贯穿于课程教学过程,从而推动教材改革,在结构上形成区别于理论与实践分离的传统教材模式,培养学生从事与所学专业紧密相关的技术开发、管理、服务等工作所必需的意识 and 能力。

(3) 精心选编案例,推进案例教学。什么是案例?案例是真实典型且含有问题的事件。这个表述有如下的含义。第一,案例是事件。案例是对教学过程中一个实际情境的故事描述,讲述的是这个教学故事产生、发展的历程。第二,案例是含有问题的事件。事件只是案例的基本素材,但并非所有的事件都可以成为案例。能够成为教学案例的事件,必须包含问题或疑难情境,并且可能包

含解决问题的方法。第三，案例是典型且真实的事件。案例必须具有典型意义，能给读者带来一定的启示和体会。案例是故事但又不完全是故事，其主要区别在于故事可以杜撰，而案例不能杜撰或抄袭，案例是教学事件的真实再现。

案例之所以成为应用型教材的重要组成部分，是因为基于案例的教学是向学生进行有针对性的说服、引发思考、教育的有效方法。研编应用型教材，作者应根据课程性质、内容和要求，精心选择并按一定书写格式或标准样式编写案例，特别要重视选择那些贴近学生生活、便于学生调研的案例，然后根据教学进程和学生理解能力，研究在哪些章节，以多大篇幅安排和使用案例，为案例教学更好地适应案例情景提供更多的方便。

最后需要说明的是，应用型本科作为一种新的人才培养类型，其出现时间不长，对它进行系统研究尚需时日。相应的教材建设是一项复杂的工程。事实上从教材申报到编写、试用、评价、修订，再到出版发行，至少需要3~5年，甚至更长的时间。因此，时至今日完全意义上的应用型本科教材并不多。烟台南山学院在开展学术年活动期间，组织研编出版的这套应用型本科系列教材，既是本校近10年来推进实践育人教学成果的总结和展示，更是对应用型教材建设的一个积极尝试，其中肯定存在很多问题，我们期待在取得试用意见的基础上进一步改进和完善。

烟台南山学院常务副校长



2016年国庆节于龙口

前言

伴随着世界各国制造业的迅猛发展，数控技术及装备得到广泛的应用。大力发展以数控技术为核心的先进制造技术已成为各国加速经济发展、提高综合国力的重要途径。数控技术也成为我国制造业发展、综合国力和国防实力提升的关键技术，当前社会急需大量掌握数控技术的应用型人才。

为适应高等教育对应用型人才培养的需求，需要对传统的课程体系进行优化整合，适当降低理论要求，突出岗位实践技能培养。本书针对数控加工工艺制订、数控程序的编制与实施所必需的岗位技能与专业知识要求，突出实用性和针对性，将必要的知识点融入能力培养的过程中，围绕人才岗位技能标准的要求设置教学内容，重点介绍了手工编程的常用编程指令及其应用。本书强调实践教学环节，注重知识的综合运用，为理论编程环节配套了实践仿真练习内容，并充实内容使其独立成为一章（第7章），以便于读者或授课教师在实践仿真练习时选择使用。本书在新工艺、新技术、新知识的讲解上，注重与企业一线的生产实践案例相结合，通过生产实例将数控加工工艺与编程技能有机结合，较好地反映了当前国内外数控加工技术的发展现状和成果。

本书由烟台南山学院朱鹏程、王文英、南山集团史春丽担任主编，胡晓青、王慧、肖加标、徐雪芳担任副主编。其中，朱鹏程编写第5章5.5～5.8、第6章，王文英编写第4章，胡晓青编写第1、2章，王慧编写第7章，肖加标编写第3章，徐雪芳编写第5章5.1～5.4。烟台南山学院张涛、姜丽军也参与了本书的编写。全书由朱鹏程统稿并定稿。

烟台南山学院的领导和老师对于本书的编写给予了大力支持和帮助，在编写过程中编者也参阅了许多国内外同行的教材、资料与文献，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2016年9月

三	第 1 章 数控机床与数控编程概述	1
	1.1 数控技术概况.....	2
	1.2 数控机床的组成.....	3
	1.3 数控机床的特点和分类.....	6
	1.3.1 数控机床的特点.....	6
	1.3.2 数控机床的分类.....	7
	1.4 数控机床的适用范围.....	12
	1.5 数控机床的主要性能指标.....	13
	1.5.1 数控机床的运动性能指标.....	13
	1.5.2 数控机床的精度指标.....	14
	1.5.3 数控机床的可控轴数与联动轴数.....	15
	1.6 数控加工编程技术.....	15
	1.6.1 数控编程的概念.....	15
	1.6.2 数控程序的编制方法.....	16
	1.7 数控技术的发展趋势.....	22
	思考与练习题.....	26
三	第 2 章 数控机床的机械结构	27
	2.1 概述.....	28
	2.2 数控机床的主传动系统.....	29
	2.2.1 对主传动系统的要求.....	29
	2.2.2 主传动的变速方式.....	29
	2.2.3 主轴箱与主轴组件.....	32
	2.3 数控机床的进给传动系统.....	38
	2.3.1 数控机床对进给传动系统的要求.....	38
	2.3.2 进给传动机构.....	39
	2.3.3 齿轮传动间隙的消除措施.....	49
	2.4 数控机床的自动换刀系统.....	52
	2.4.1 自动换刀装置的形式.....	52

2.4.2	带刀库的自动换刀系统	55
2.4.3	机械手	59
2.5	数控机床的辅助装置	61
2.5.1	数控回转工作台	61
2.5.2	分度工作台	63
2.5.3	排屑装置	66
	思考与练习题	68
三	第3章 数控编程基础	71
3.1	数控加工工艺	72
3.1.1	数控加工工艺特点	72
3.1.2	数控加工工艺内容	73
3.1.3	数控加工工艺分析	74
3.1.4	数控加工工艺路线的设计	75
3.2	数控加工中的数学处理	83
3.2.1	基点、节点坐标的计算	83
3.2.2	辅助计算	84
3.3	数控编程的内容和步骤	85
3.3.1	数控编程的内容	85
3.3.2	数控编程的步骤	85
3.4	数控机床的坐标系	86
3.4.1	标准坐标系的规定	87
3.4.2	坐标轴及运动方向	87
3.4.3	机床坐标系与工件坐标系	88
3.4.4	绝对坐标与增量坐标	90
3.5	数控加工程序的结构	91
3.5.1	程序的结构	91
3.5.2	字与字的功能	92
3.5.3	程序段格式	95
	思考与练习题	96

三	第 4 章 数控车床编程与应用	97
	4.1 数控车床工艺基础.....	98
	4.1.1 数控车床类型.....	98
	4.1.2 数控车削编程特点.....	99
	4.1.3 数控车削加工工艺的制订.....	99
	4.2 数控车床坐标系.....	112
	4.3 数控车床基本编程指令.....	113
	4.3.1 G 功能.....	114
	4.3.2 M 功能.....	114
	4.3.3 F、S、T 功能.....	115
	4.3.4 工件坐标系设定指令.....	116
	4.3.5 快速定位和直线插补.....	117
	4.3.6 圆弧插补.....	119
	4.3.7 倒角与倒圆.....	121
	4.3.8 程序暂停指令.....	122
	4.3.9 刀尖圆弧补偿功能.....	122
	4.3.10 车螺纹指令.....	125
	4.4 数控车床固定循环指令.....	129
	4.4.1 单一固定循环.....	129
	4.4.2 复合固定循环.....	131
	4.5 车削子程序.....	136
	4.6 数控车床编程综合实例.....	138
	4.6.1 工艺分析.....	139
	4.6.2 编写程序单.....	140
	思考与练习题.....	143
三	第 5 章 数控铣床和加工中心编程与应用	145
	5.1 数控铣床工艺基础.....	146
	5.1.1 数控铣床类型.....	146
	5.1.2 数控铣床主要加工对象.....	148
	5.1.3 数控铣削刀具系统.....	149
	5.2 数控铣床坐标系.....	158
	5.2.1 数控铣床坐标系统的方向.....	158