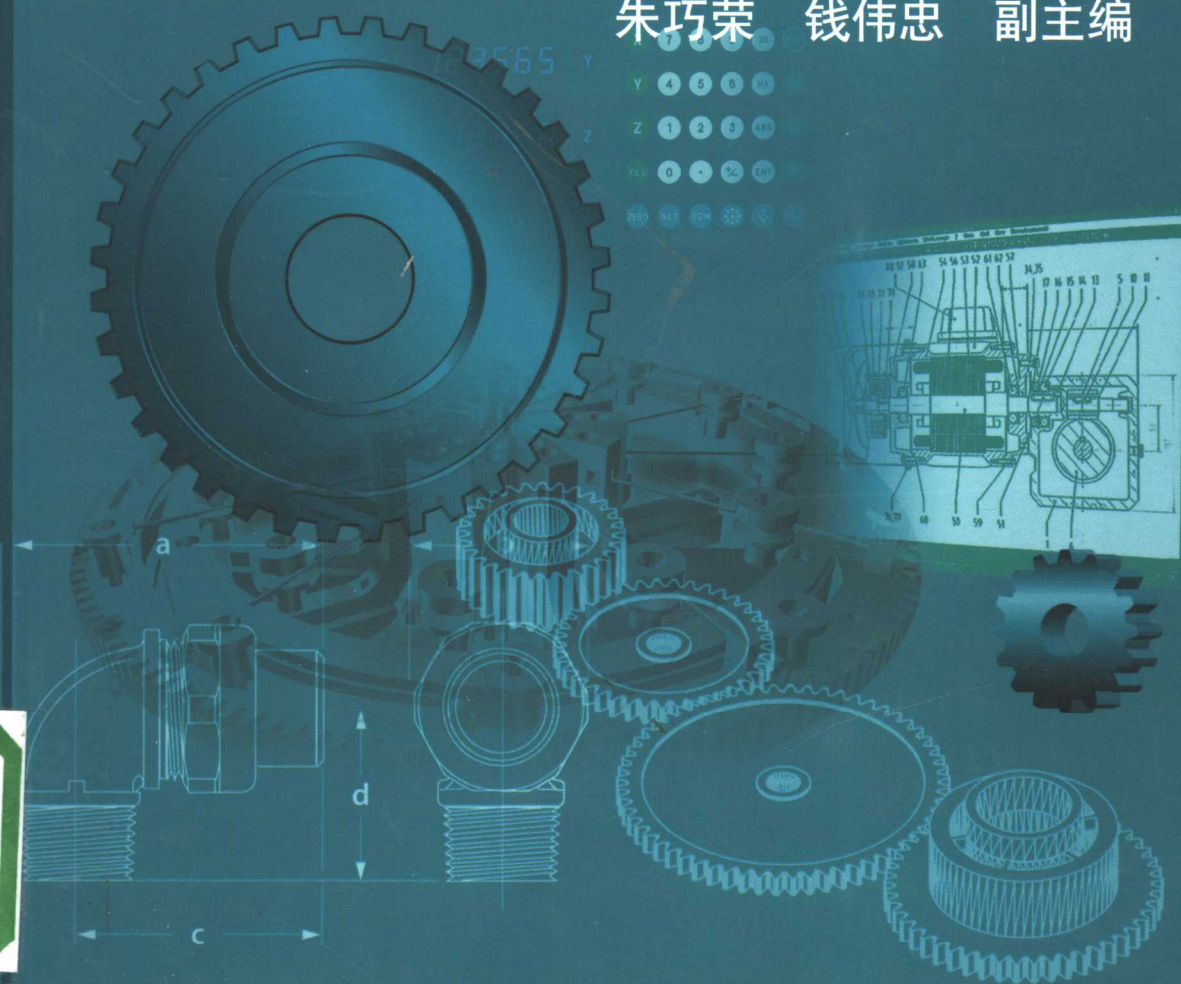


普通高等教育机电类规划教材

数控技术实践

第2版

张 宇 主 编
朱巧荣 钱伟忠 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书从数控技术的实用性出发,重点介绍了目前广泛应用的、比较有代表性的数控机床的操作系统及其功能、数控程序编制方法、数控系统插补原理和位置检测装置实验方法等。书中附有数控编程实例和图例,对学生熟悉掌握编程技术和数控机床操作具有一定的指导意义。

本书是普通高等工科院校机电类专业教材,也可用作各类成人教育院校、中专院校的相关专业以及数控技术培训班教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控技术实践/张宇主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2006.4

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-08993-6

I. 数... II. 张... III. 数控机床—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第161322号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:高文龙 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2006年3月第2版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·4印张·153千字

定价:12.00元

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)68326294

编辑热线:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

第2版序言

20世纪末、21世纪初,在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下,在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下,我国高等教育迅猛发展,胜利跨入了高等教育大众化阶段,使高等教育的理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化,正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中,一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起,超常发展,1999年已见端倪。当时我们敏锐地感到,这批应用型本科院校的崛起,必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求,否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。1999年下半年,我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、常州技术师范学院、江南大学、沙州工学院、常熟理工学院等12所高校在扬州开会,讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题,规划出版38种,并进行了分工,提出了明确的规范要求,得到江苏省各方面的支持和配合。2001年5月开始出书,到2004年7月已出齐38种,还增加了3种急需的教材,总册数已达45万册。每种至少有2次以上印刷,最多的印刷了5次,发行量达2.5万册。据调查,用户反映良好,并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点,符合地方应用型工科本科院校的教学实际,较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴,但更是对我们的鞭策和鼓励,实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少,需要改进的地方还很多。我们为过去取得的进步和成绩而高兴,同样,我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己,这是大家最关注的问题。我们应该以对国家、对人民、对社会、对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题,以寻求更好的解决方案。我们认为,必须在总结前一阶段经验的新起点上,坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导,坚持高标准、严要求,坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针,把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强,为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型,它除应恪守大学教育的一般办学准则外,还应有自己的个性和特色,就是要

在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理需要的高级工程技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校，也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养，重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑，以人为本，以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节，实现人的全面发展；又要从经济建设的实际需求考虑，多类型、多样化地培养人才，但最根本的一条还是坚持“面向工程”的办学方向，根据这样的要求，“确保理论基础，强化实践能力，突出创新精神，优化综合素质”应当是本科应用型人才培养的基本特征。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型人才必须依靠应用型的课程和内容，用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上，科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展，在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上，要强化学生解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力，还要注重思维能力和创造能力的培养，使学生思路清晰、条理分明，有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作，创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中，如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法，还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要在素质教育的思想指导下，对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合，使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才，就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念，选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系，必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性，那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题，增设具有国际意义的课程，加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中，必须始终坚持以人的全面发展为本，紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度，往往是这所大学成功和水平的标志。同样，我们修订和编写教材，提供教学用书，最终是为了把知识转化为能力和智慧，使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此，在修订、编写教材过程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供教的方便和学的便捷，努力为教师和学生留下充分展示自己教

和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。我们的教材才使用了几年,还很难说就是好教材,因为前一阶段主要是解决有无问题,用户还没有来得及去总结和反思,所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后,更要坚持高标准、严要求,用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己,确保教材质量和特色。切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套,并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则,努力扩大教材使用范围,不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作,必须加快吸收有条件有积极性的同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加,以集中更多的力量,建设好应用型本科教材。特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和有关企业专家参加编写工作。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的有关高校建立教材使用质量跟踪调查,并建立网站,以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见,不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作,实实在在地为教师和学生提供精品服务,实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写工作的高校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。今后,我们应一如既往地更加紧密地合作,共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献,为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献,为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

2005年10月15日于常熟理工学院

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求。培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新，善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术，自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国的制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、加大教学方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强，富有创新精神和特色的应用型的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用型本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色,符合一般工科院校的实际教学要求,不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教,要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力,为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然,本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前,但由于是一种新的探索以及其它可能尚未认识到的因素,难免有这样那样的缺点甚至错误,敬请广大教师和学生以及其它读者不吝赐教,以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业
机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001 年元月于南京

第2版前言

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位和巨大效益,显示了其
在国家基础工业现代化中的战略性作用,并已成为传统机械制造业提升改造和
实现自动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。数控技术及数控机床的广
泛应用,给机械制造业的产业结构、产品种类和档次,以及生产方式带来了革命
性的变化。掌握现代数控技术知识是现代机电类专业学生必不可少的。本书根据
国内数控技术及数控机床的应用情况,针对普通高等院校机电类专业学生的特
点,突出数控技术的实用性和数控机床的操作性,力求做到理论与实践的最佳结
合。本书可与南京工程学院朱晓春教授编写的《数控技术》和常州工学院龚仲华
教授编写的《数控技术》配套使用,也可作为学生在数控机床操作学习中的指导
教材单独使用。

本书共有四章。第一、第四章由常州工学院张宇、钱伟忠编写,第二、第三
章由常州技术师范学院朱巧荣编写。黄志荣、陈建刚参与了部分书稿的编排工
作以及部分章节的编写工作。全书由常州工学院龚仲华教授、南京工程学院朱晓春
教授主审。常州工学院在校学生谢焱炼、陈兴伟参加了部分文字编辑工作。

本书的出版得到了江苏省教育厅、各参编学校领导以及机械工业出版社的大
力支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,恳请读者不吝指
教,以便进一步修改。

编 者

2005年11月

前 言

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位和巨大效益,显示了其 在国家基础工业现代化中的战略性作用,并已成为传统机械制造工业提升改造和 实现自动化,柔性化、集成化生产的重要手段和标志。数控技术及数控机床的广 泛应用,给机械制造业的产业结构、产品种类和档次以及生产方式带来了革命性 的变化。掌握现代数控技术知识是现代机电类专业学生必不可少的。本书根据国 内数控技术及数控机床的应用情况,针对普通高等院校机电类专业学生的特点, 突出数控技术的实用性和数控机床的操作性,力求做到理论与实践的最佳结合。 本书可与南京工程学院编写的(数控技术)配套使用,也可作为学生在数控机床 操作学习中的指导教材单独使用。

本书共有五章。第一、三章由常州工业技术学院张宇编写,第二章由沙洲工 学院王文红、常州工业技术学院张宇编写,第四、五章由常州技术师范学院朱巧 荣编写。全书由河海大学常州校区刘任先主审。常州工业技术学院在校学生潘宇 峰参加了部分插图制作及程序编制工作。

本书的出版得到了国家机械工业局教编室、江苏省教育厅、各参编学校的领 导以及机械工业出版社的大力支持,在此一并表示感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中疏漏和谬误在所难免,恳请读者不吝指 教,以便进一步修改。

编 者

2001 年 2 月

目 录

第 2 版序

序

第 2 版前言

前言

第一章 典型零件数控加工实习 1

第一节 典型零件数控车削加工实习 1

一、一般轴类零件的加工实例 1

二、一般套类零件的加工实例 3

三、特形面的加工实例 6

四、圆弧连接面加工实例 9

五、螺纹加工实例 13

六、复杂零件的加工实例一 17

七、复杂零件的加工实例二 20

第二节 典型零件数控铣削加工实习 25

一、钻孔加工实例 25

二、表面轮廓加工实例 27

三、三维立体加工实例 28

四、综合练习实例一 31

五、综合练习实例二 33

第三节 典型零件数控加工中心加工实习 37

第四节 特种加工 43

第二章 轮廓控制原理实验 47

第一节 逐点比较法插补原理实验 48

一、实验目的 48

二、实验原理 48

三、实验步骤 68

第二节 数字积分法插补原理实验 71

一、实验目的 71

二、实验原理 71

三、实验步骤 78

第三节 数据采集法插补原理实验	81
一、实验目的	81
二、实验原理	81
三、实验步骤	87
第四节 刀补原理实验	90
一、实验目的	90
二、实验原理	90
三、实验步骤	90
思考题与习题	94
第三章 位置检测装置实验	96
第一节 光栅位置检测装置	96
一、实验目的	96
二、实验原理	96
三、实验步骤	96
第二节 感应同步器	100
一、实验目的	100
二、实验原理	100
三、实验步骤	100
思考题与习题	101
第四章 实习零件图集	102
第一节 数控车削零件图	102
第二节 数控铣削零件图	108
参考文献	115

第一章 典型零件数控加工实习

第一节 典型零件数控车削加工实习

一、一般轴类零件的加工实例

编写如图 1-1 所示零件的车削程序。毛坯为 $\phi 50\text{mm} \times 180\text{mm}$ 的棒料。

编制加工程序步骤：

1. 对细长轴类零件，轴心线为工艺基准，用三爪自定心卡盘夹持直径为 50mm 的棒料外圆一头，使工件伸出卡盘 150mm，一次装夹完成粗精加工。

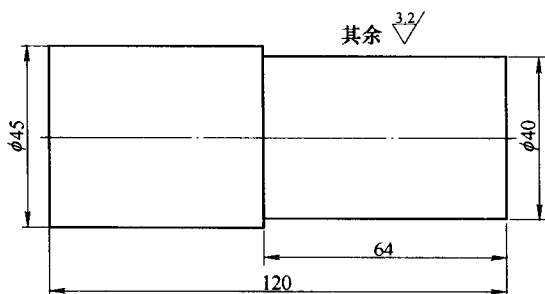


图 1-1 阶梯轴示意图

2. 设计加工工艺路线

(1) 粗车端面。

(2) 粗车工序：粗车到直径 46mm，长为 120mm 的外圆——粗车到直径 41mm，长为 64mm 的外圆，留精车余量为 1mm。

(3) 精车工序：精车到直径 40mm，长为 64mm 的外圆——精车直径为 45mm，长为 56mm 的外圆。

(4) 切断。

3. 选择 CK6140S 高速精密数控车床

4. 选择刀具：T1 为 90° 粗、精加工车刀；T2 为切断刀（刀宽为 3mm）。

5. 确定切削用量

切削用量的具体数值应根据机床性能、相关手册并结合实际经验确定，详见加工程序。

6. 确定工件坐标系、对刀点和换刀点

确定以工件右端面与轴线的交点为工件原点，建立工件坐标系如图 1-2 所示。

采用手动试切对刀方法，换刀点设置在工件坐标系下 $x100\text{mm}$ ， $z100\text{mm}$ 处。

7. 编制程序如下：

G00G90G60G18G40G23

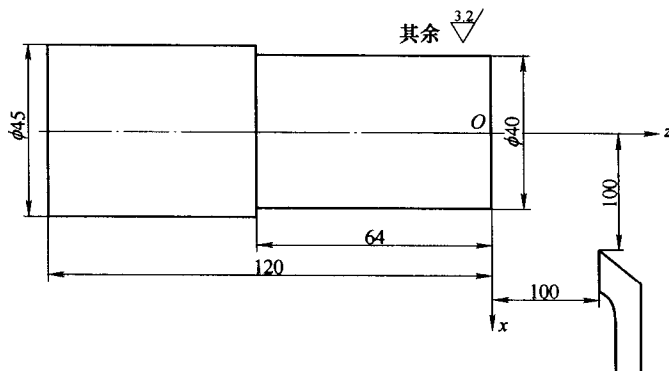


图 1-2 阶梯轴加工示意图

G54	设定零点偏移
S600M3	设定转速
T1	选刀
G0X46Z0	
G1X0Z0F100	车端面
G0Z1	
G0X46	
G1Z - 120F100	粗车外圆
G0X52	
G0Z0	
G1X41F100	
Z - 64	
X50	
G0Z0	
G1X40Z0F100	精车
Z - 64	
X45	
Z - 120	
G0X100	
Z100	
T2	换刀
G0X60Z - 123	
G1X0F80	
G0X100	

G0Z100

M5

主轴停止

M2

程序停止

二、一般套类零件的加工实例

编写如图 1-3 所示零件的车削程序。毛坯为 $\phi 55\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的棒料。倒角均为 1mm 。

编制加工程序步骤：

1. 对套类零件，轴心线为工艺基准，用三爪自定心卡盘夹持直径为 55mm 棒料外圆一头，使工件伸出卡盘 80mm ，一次装夹完成粗精加工。

2. 设计加工工艺路线

(1) 车端面，粗车 $\phi 40$ 、 $\phi 52$ 外圆，留 1mm 精车余量，退回换刀点。

(2) 钻中心孔，退回换刀点。

(3) 钻孔，退回换刀点。

(4) 粗车内孔 $\phi 22$ 、 $\phi 30.5$ ，留 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 的精车余量，退回换刀点。

(5) 倒角，精车 $\phi 30.5$ 、 $\phi 22$ 内孔至尺寸，退回换刀点。

(6) 倒角，精车 $\phi 40$ 、 $\phi 52$ 外圆至尺寸，退回换刀点。

(7) 切两个 3×0.5 槽，倒角、切断，退回换刀点。

3. 选择机床设备

根据零件图样要求，选择 EMCO TURN 120CNC 车床。

4. 选择刀具：T01 为 90° 粗车刀；T02 为中心钻；T03 为 $\phi 20\text{mm}$ 钻头；T04 为粗镗刀；T05 为精镗刀；T06 为 90° 精车刀；T08 为切断刀（刀宽为 3mm ）。

5. 确定切削用量

切削用量的具体数值应根据机床性能、相关手册并结合实际经验确定，详见加工程序。

6. 确定工件坐标系，对刀点和换刀点

确定以工件 $\phi 40$ 外圆的端面与轴线的交点为工件原点，建立工件坐标系如图 1-4 所示。

采用手动试切对刀方法，换刀点设置在工件坐标系下 $x60\text{mm}$ ， $z150\text{mm}$ 处。

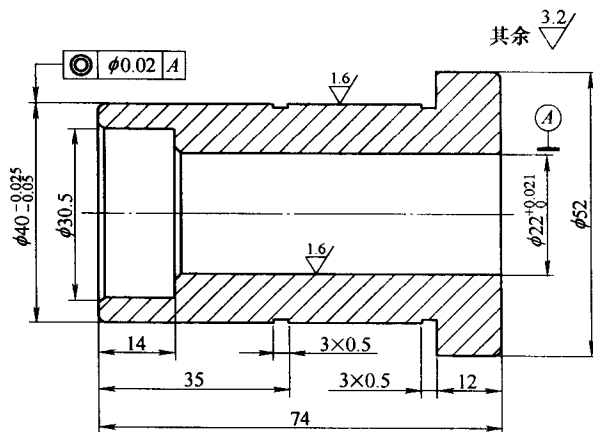


图 1-3 套类零件示意图

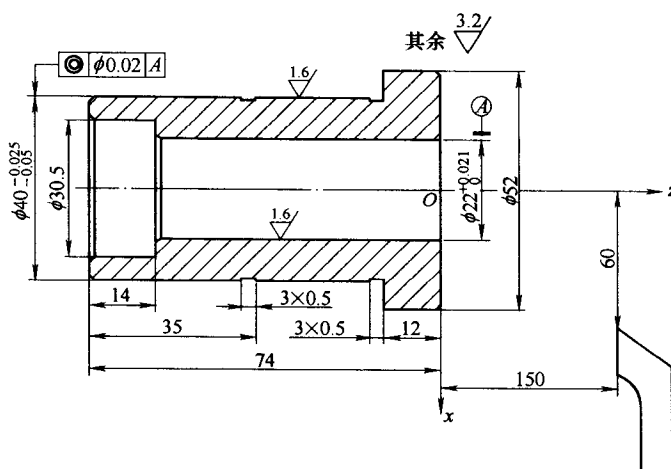


图 1-4 套类零件加工示意图

7. 编制程序如下:

G54 G92 X0 Z80

G59

T0101 G96 S300 F130 M04

G92 R1800

G00 X53 Z0

G01 X0 Z0

G97 X600

G00 X53 Z2

G84 X40 Z-62 D₀10000 D₂500 D₃2000

G00 X53 Z-62

G01 X53 Z-78

G00 X60 Z150

T0202 S1000 F80 M03

G00 X0 Z3

G01 X0 Z-12

G00 X0 Z3

G00 Z150

T0303 S250 F60 M08

G00 X0 Z3

G87 Z-78 D₃7000 D₅80

G00 X0 Z3

```
G00      X60  Z150
T0404    M09
G00      X20  Z3
G84      X30  Z-14
G00      X21.5 Z-13.5
G01      Z-78
G00      X20  Z3
G00      X60  Z150
T0505    S900 F40 M03
G00      X32.5 Z0
G01      X30.5 Z-1
G01      Z-14
G01      X24
G01      X22.01 Z-15
G01      Z-78
G00      X20  Z3
G00      X60  Z150
T0606    S1000
G00      X38  Z0
G01      X39.99 Z-1
G01      Z-62
G01      X52
G01      Z-78
G00      X60  Z150
T0808    S5000
G00      X41  Z-35
G01      X39
G00      X41
G00      Z-62
G01      X39
G00      X53
G00      Z-77
G01      X50
G00      X52
G00      Z-76
```

```

G01      X52  Z-77
G01      X21.5
G00      X60  Z150  M05
G53      G56  T0000
M30

```

三、特形面的加工实例

编写如图 1-5 所示零件的车削程序。毛坯为 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的棒料。

编制加工程序步骤：

1. 轴类零件，轴心线为工艺基准，用三爪自定心卡盘夹持直径为 50mm 棒料外圆一头，使工件伸出卡盘 80mm，一次装夹完成粗精加工。

2. 工序如下：

(1) 粗车端面。

(2) 粗车工序：粗车直径 44mm，38mm，32mm 的外圆，长 54mm，留精车余量为 2mm。车半径为 16mm，19mm，22mm，24mm 的圆弧，留精车余量为 1mm。再粗车直径 31mm 的外圆，长 54mm，留精车余量 1mm。

(3) 精车工序：倒角—车直径 $\phi 30$ 外圆—车圆弧 $R25$ —车直径 $\phi 30$ 外圆—倒角。

(4) 切断（由于工件直径过大无法完全切断）。

3. 选择机床设备

根据零件图样要求，选用 CK6140S 型数控车床。

4. 选择刀具

根据要求，选三把刀，T01 为 90° 外圆车刀；T02 为尖刀；T03 为切槽刀，刀宽为 3mm，刀具补偿在左刀尖处。

5. 确定切削用量

切削用量的具体数值应根据机床性能、相关手册并结合实际经验确定，详见加工程序。

6. 确定工件坐标系，对刀点和换刀点

确定以工件右端面与轴线的交点为工件原点，建立工件坐标系如图 1-6 所示。

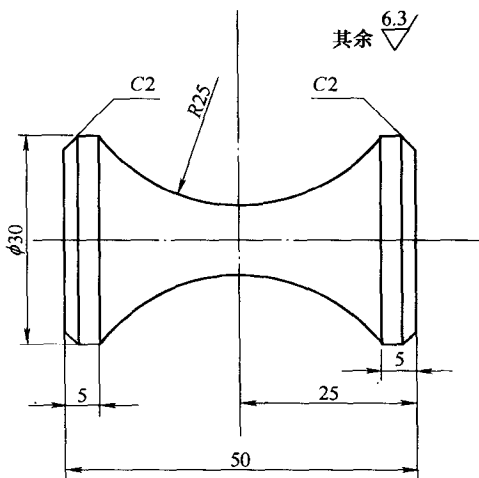


图 1-5 特形零件示意图