



普通高等教育机电类规划教材

METALWORKING PRACTICE

金工实习

(下册)

第2版

黄明宇 徐钟林 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书为普通高等教育机电类规划教材,是根据教育部颁布的“金工实习教学基本要求”的精神,并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书分为上、下两册。上册共六章,主要介绍金工实习基本知识以及铸造、锻压、焊接、塑料成型加工、热处理和表面处理等实习内容;下册共九章,主要介绍切削加工基础知识以及车工、铣工、刨工、磨工、钳工、数控加工、特种加工、零件制造工艺综合分析等实习内容;同时还包括有关的技术经济分析和一部分适合于在实习中开设的金工实验内容。每章均附有相关工种的实习安全技术和复习思考题。

本书突出实用,注重对工程素质的培养,适当加大了新技术、新工艺和新材料内容在金工实习中的比重。

本书可作为高等工科院校机械类和非机械类本科生的金工实习教材,也可供高职高专、成人教育学院和职大、电大、函大等的同类专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习.下册/黄明宇,徐钟林主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2009.7

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-27442-1

I. 金… II. ①黄…②徐… III. 金属加工—实习—高等学校—教材
IV. TG—45

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第099450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:刘小慧 责任编辑:王 杉

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:王伟光 责任印制:邓 博

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·13.5印张·331千字

标准书号:ISBN 978-7-111-27442-1

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀 左健民

邓海平 章 跃

王晓天 周建方

沈世德

秘 书：周骥平

委 员：（排名不分先后）

周骥平 徐文宽

唐国兴 刘小慧

戴国洪 李纪明

左晓明 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

乔 斌 李建启

葛友华 王芙蓉

刘 亿 孔德军

花国蓝

第 2 版 序

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。2000 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、南通大学、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会，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。我们应当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，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。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教训的新起点上，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，坚持高标准、严要求，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，它除恪守大学教育的一般办学基准外，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、服务一线需要的高级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实际,面向岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养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的人才的知识、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,要强化学生运用专业理论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。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,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。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者,而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生,和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此,修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说,也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程,决不能丢失自我,决不能将“枷锁”移嫁别人,这里“关键在自己战胜自己”,关键在自己的理念、学识、经验和水平。

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。学术专著的错误充其量只会贻笑大方,而教材之错误则会遗害一代青年学子。有人说:“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的

考官。目前，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。为此，必须采取以下措施：第一，高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编招标和负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，内容适度简练，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关，择优而用；第三，加强教材编写或修订的规范管理，确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和标准，实行环节负责制和责任追究制；第四，确保出版质量；第五，建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用，用户反映好的教材要进行修订再版，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外省市同类院校、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。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市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

第2版前言

从本书第1版出版以来，以其注重对学生工程素质和综合能力的培养，注重实用、简明扼要、通俗易懂、图文并茂以及高质量的印刷等特点，深得用者好评，发行量很大。目前，我国高校的金工实习课程在诸多方面已经发生了许多新的变化，教学改革不断深入并取得许多成果，实习基地建设更加完善，一些新观念、新工艺、新设备被引入金工实习教学中。根据这一情况，为了更好地体现与时俱进、精益求精的精神，我们组织了对本书的修订。

在修订中，我们在保持本书第1版的体系、结构、特色和主要内容的基础上，对原书中部分章节的内容进行了增删或调整，另外还对第1版中少数表述不够准确、恰当或存在错误的字句加以修改。其中，改动较大的是第七章数控加工，重新编写了其中的第三、四、五节。总之，我们坚持立足于应用型工程技术人才培养的实际，遵循注重创新、突出实用、培养能力的编写原则，力求在加强技能培养的同时，提高学生的工程素质和创新意识。

本次修订工作由黄明宇教授负责主持；第一、五、八章由徐钟林编写，第二章由黄明宇编写，第三、四章由孔繁群编写，第六章由朱益民编写，第七章由黄明宇和朱益民编写，第九章由徐钟林和孔繁群编写。全书由扬州大学周骥平教授主审。

本书编写过程中，参考了许多有关的教材和资料，借鉴了一些高校近年来金工实习教学改革成果，在此一并致以谢意。由于编者水平所限，书中不当之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

第1版前言

本书为普通高等教育机电类规划教材，是根据教育部颁布的高等工科院校“金工实习教学基本要求”的精神，并结合培养应用型工程技术人才的实践教学特点编写的。

本书分为上、下两册。上册的内容以热加工实习为主，包括绪论、金工实习基本知识、铸造、锻压、焊接、塑料成型加工、热处理和表面处理等；下册主要包括机械加工、钳工、数控加工和特种加工等内容。

本书具有以下主要特色：①注重对学生工程素质和综合能力的培养，在介绍各种工艺方法和设备的同时，还注意帮助学生建立关于质量、经济、安全、环保、市场等意识；②处理好新、旧教学内容之间的关系，加强了对有关的先进制造技术和新工艺、新材料内容的介绍；③为了充实和深化实习的内容，编入了一部分与实习结合紧密且在实习的条件下便于进行的金工实验，以提高学生在实习中的学习兴趣和智力负荷，训练科学严谨的作风；④编写时，力求注重实用，简明扼要，生动易懂，图文并茂，加强针对性和指导性，以利于教师的讲课和学生的学习及应用。

本书下册共九章，第一、五、八章由徐钟林编写，第二章由黄明宇编写，第三、四章由孔繁群编写，第六章由朱益民编写，第七章由黄明宇和朱益民编写，第九章由徐钟林和孔繁群编写。本册由南通工学院黄明宇和扬州大学徐钟林任主编，由扬州大学周骥平教授主审。

本书编写过程中，参考了许多有关的教材和资料，并得到了南通工学院和扬州大学教材建设资金的资助。扬州大学黄鹤汀为本教材的编写和出版做了大量的工作，在此一并致以谢意。

由于编者水平所限，书中不当之处在所难免，望读者批评指正。

编 者

2002年2月

目 录

第2版序	
第2版前言	
第1版前言	
绪论	1
第一章 切削加工基础知识	4
第一节 概述	4
第二节 刀具材料	5
第三节 机床基本知识	9
第四节 零件的加工质量	13
第五节 工艺和夹具基本知识	17
第六节 常用量具	19
复习思考题	25
第二章 车工	26
第一节 概述	26
第二节 卧式车床	28
第三节 车刀	31
第四节 工件的装夹及所用附件	36
第五节 车削的基本工作	41
第六节 典型零件车削工艺	53
第七节 车削质量与缺陷分析	57
第八节 其他类型车床	59
第九节 切削因素对表面粗糙度的影响	
实验	59
复习思考题	62
第三章 铣工	63
第一节 概述	63
第二节 铣床	66
第三节 铣刀	67
第四节 铣床附件及工件装夹	70
第五节 铣削的基本工作	76
第六节 典型零件的铣削加工	80
复习思考题	86
第四章 刨工	88
第一节 概述	88
第二节 刨床	89
第三节 刨刀	93
第四节 工件的装夹	94
第五节 刨削的基本工作	95
第六节 插削和拉削	96
复习思考题	98
第五章 磨工	99
第一节 概述	99
第二节 磨床	100
第三节 砂轮	102
第四节 工件的装夹	106
第五节 磨削的基本工作	107
第六节 其他磨削简介	112
复习思考题	116
第六章 钳工	117
第一节 概述	117
第二节 钳工的基本工作	118
第三节 胶接	144
第四节 装配	145
第五节 管道加工	150
第六节 钳工综合训练作业件示例	155
复习思考题	156
第七章 数控加工	157
第一节 概述	157
第二节 数控机床	158
第三节 数控编程	160
第四节 数控车床及其基本操作	165
第五节 数控铣床及其基本操作	168
第六节 加工中心简介	170
第七节 先进机械制造技术简介	171

复习思考题	172	复习思考题	189
第八章 特种加工	173	第九章 零件制造工艺综合分析	190
第一节 概述	173	第一节 制造工艺基本概念	190
第二节 电火花加工	174	第二节 典型零件的制造工艺分析	196
第三节 电火花线切割加工	177	复习思考题	202
第四节 超声加工	186	参考文献	203
第五节 其他特种加工	188	读者信息反馈表	

绪 论

金工实习是一门实践性的技术基础课。它是工科机械类学生必修的工程材料及机械制造基础系列课程的重要组成部分，是高等学校工科学生工程训练的主要环节之一。

一、金工实习的内容、目的、意义及要求

金工实习是金属工艺学实习的简称。因为传统上的机械都是用金属材料加工制造的，所以人们将有关机械制造的基础知识叫做金属工艺学。但是，随着科学和生产技术的发展，机械制造所用的材料已扩展到包括金属、非金属和复合材料在内的各种工程材料，机械制造的工艺技术也已越来越先进和现代化，因此金工实习的内容也就不再局限于传统意义上的金属加工的范围。现在，金工实习的主要内容包括铸造、锻压、焊接、塑料成型、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、数控加工、特种加工、零件的热处理及表面处理等一系列工种的实习教学。学生通过实习便能从中了解到机械产品是用什么材料制造的，是怎样制造出来的。

金工实习的目的可以概括为：学习工艺知识，增强实践能力，提高综合素质，培养创新意识和创新能力。学习工艺知识是金工实习最直接的目的，就是以实习教学的方式对学生传授关于机械制造生产的基本知识和进行相关生产操作的基本训练。但从更完整的意义上来看，金工实习不仅包括学习机械制造方面的各种加工工艺技术，而且还提供了生产管理和环境保护等方面的综合工程背景。一方面，由于大多数工科专业的学生在进入大学之前，接触制造工程环境较少，缺乏对工业生产实际的了解，因此，他们在金工实习过程中，通过参加工程实践训练，可以弥补过去在实践知识上的不足，增强在大学学习阶段和今后工作中所需要的动手能力，增加在实践中获取知识的能力，以及运用所学知识和技能分析和解决技术问题的能力；另一方面，通过在生产劳动中接触工人、工程技术人员和生产管理人员，学生受到工程实际环境的熏陶，能初步树立工程意识，增强劳动观念、集体观念、组织纪律性和敬业爱岗精神，提高了综合素质。同时，由于金工实习是大学生第一次全身心投入的生产技术实践活动，在这个过程中，经常会遇到新鲜事物，时常会产生新奇想法，因此应该善于把这些新鲜感与好奇心转变为提出问题和解决问题的动力，从中感悟出学习、创造的方法。实践是创新的唯一源泉，只要善于在实践中发现问题，勤奋钻研，就能使自己的创新意识和创新能力不断得到发展。

金工实习的教学要求是：①使学生了解现代机械制造的一般过程和基本知识，熟悉机械零件的常用加工方法及其所用的主要设备和工具；了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用；②使学生对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力，在主要工种方面应能独立完成简单零件的加工制造，并培养一定的工艺实验和工艺实践的能力；③培养学生的质量控制和经济观念，坚持理论联系实际、认真细致的科学作风以及热爱劳动和爱护公物等的基本素质。

二、金工实习的学习方法

金工实习强调以实践教学为主，学生应在教师的指导下通过独立的实践操作，将有关机

械制造的基本工艺理论、基本工艺知识和基本工艺实践有机地结合起来,进行工程实践综合能力的训练。除了实践操作之外,金工实习的教学方法还包括操作示范、现场教学、专题讲座、电化教学、参观、实验、综合训练、编写实习报告等。由于金工实习的教学特点与同学们长期以来所习惯了的课堂理论教学有很大的不同,因而在学习方法上应当进行适当的调整,以求获得良好的学习效果。对此提出以下几点建议:

(1) 充分发挥自身的主体作用 金工实习教学与课堂理论教学相比,其显著区别之一,就是学生的实践操作成为了主要的学习方式,这就更加突出了学生在教学过程中的主体地位。因此,让学生适当地摆脱对教师和书本的依赖性,学会在实践中积极主动地学习是十分重要的。在实习之前,要自觉地、有计划地预习有关的实习内容,做到心中有数;在实习中,要始终保持高昂的学习热情和求知欲望,敢于动手,勤于动手;遇到问题时,要主动向指导教师请教或与同学交流探讨。要充分利用实习时间,争取得到最大的收获。

(2) 贯彻理论联系实际的方法 首先要充分树立实践第一的观点,坚决摒弃“重理论,轻实践”的错误思想。随着实习进程的深入和感性知识的丰富,在实践操作过程中,要勤于动脑,使形象思维与逻辑思维相结合。要善于用学到的工艺理论知识来解决实践中遇到的各种具体问题,而不是仅仅满足于完成了实习零件的加工任务。在实习的末期或结束时,要认真做好总结,努力使在实习中获得的感性认识更加系统化和条理化。这样,用理论指导实践,以实践验证和充实理论,就可以使理论知识掌握得更加牢固,也可以使实践能力得到进一步提高。

(3) 学会综合地看问题和解决问题的方法 金工实习是由一系列的单工种实习组合而成,这就容易造成学生往往只从所实习的工种出发去看待和解决问题,从而限制了自己的思路,所以要注意防止这一现象。一般来说,一件产品是不会只用一种加工方法制造出来的,因此要学会综合地把握各个实习工种的特点,学会从机械产品生产制造的全过程来看各个工种的作用和相互联系。这样,在分析和解决实际问题的時候,就能够做到触类旁通,举一反三,使所学的知识和技能融会贯通。

三、金工实习与其他课程的关系

金工实习是一门技术基础课,它与工科机械类和非机械类专业所开设的许多课程都有着密切的联系。

(1) 金工实习与工程制图课程的关系 工程制图课程是金工实习的先修课或平行课。金工实习时,学生必须已具备一定的识图能力,能够看懂实习所加工零件的零件图。学生从实习中获得的对机器结构和零件的了解,将会对其继续深入学习工程制图课程和巩固已有的工程制图知识提供极大的帮助。

(2) 金工实习与金工理论教学课程的关系 金工实习是金工理论教学课程(机械工程施工材料、材料成形技术基础、机械加工工艺基础)必不可少的先修课。金工实习是让学生熟悉机械制造的常用加工方法和常用设备,具有一定的工艺操作和工艺分析技能,能够培养工程意识和素质,从而为进一步学好金工理论课程的内容打下坚实的实践基础。金工理论教学是在金工实习的基础上,更深入地讲授各种加工方法的工艺原理、工艺特点以及有关的新材料、新工艺、新技术的知识,使学生具有分析零件的结构工艺性,并能够正确选择零件的材料、毛坯种类和加工方法的能力。

(3) 金工实习与机械设计及制造系列课程的关系 金工实习也是机械设计及制造系列课

程（机械原理、机械设计、机械制造技术、机械制造设备、机械制造自动化技术、数控技术）的十分重要的先修课。认真完成金工实习，必将为这些后续的重要的专业课学习提供丰富的机械制造方面的感性认识，从而使学生在学到这些专业课乃至将来进行毕业设计或从事实际工作时，依然能够从中获益。

第一章 切削加工基础知识

第一节 概 述

一、切削加工的实质和分类

切削加工是利用切削刀具（或工具）和工件作相对运动从毛坯（铸件、锻件、型材等）上，切除多余的金属层，以获得尺寸精度、形状和位置精度、表面质量完全符合图样要求的机器零件的加工方法。经过铸工、锻工、焊工所加工出来的大都为零件的毛坯，很少能在机器上直接使用，一般机器中绝大多数的零件要经过切削加工才能获得。因而，切削加工对保证产品质量和性能、降低产品成本有着重要的意义。

切削加工分为钳工和机械加工（简称机工）两大部分。

钳工一般是指通过工人手持工具对工件进行的切削加工，其主要内容有划线、錾削、锯切、锉削、刮削、研磨、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和修理等。钳工使用的工具简单、方便灵活，能完成机工不便完成的工作，是机械制造、装配和修理工作中不可缺少的重要工种。随着生产的发展，钳工机械化的内容也逐渐丰富起来。

机械加工是指通过工人操纵机床对工件进行切削加工，其主要加工方式有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、磨削等（图 1-1），所使用的相应为车床、钻床、镗床、铣床、刨床、磨床等。

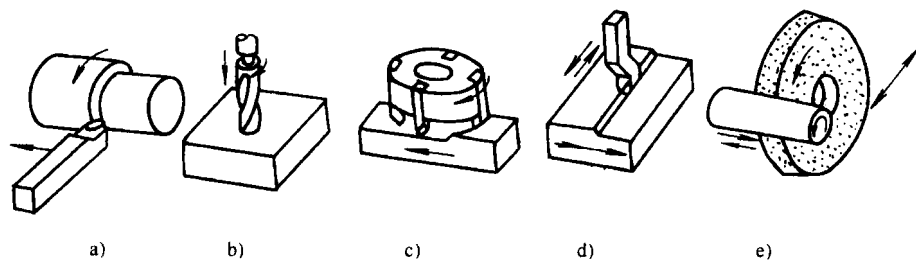


图 1-1 机械加工的主要方式

a) 车削 b) 钻削 c) 镗削 d) 刨削 e) 磨削

二、切削运动

切削加工是靠刀具和工件之间的相对运动来实现的。各种机床为实现加工所必需的加工刀具与工件间的相对运动称为切削运动。根据在切削过程中所起的作用不同，切削运动分为主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是提供切削可能性的运动。若没有这个运动，就无法切削。其特点是在切削过程中速度最高，消耗动力最大。如图 1-1 中车削时的工件、铣削时的铣刀、磨削时的砂轮、钻削时的钻头的旋转运动，刨削时刨刀的往复直线运动都是主运动。

2. 进给运动（又称走刀运动）

进给运动是提供继续切削可能性的运动。若没有这个运动，就不能连续切削。其特点是

切削过程中速度低、消耗动力小。如图 1-1 中,车刀、钻头及铣削时工件的移动,牛头刨削时工件的间歇移动,磨削外圆时工件的旋转和往复轴向移动及砂轮周期性横向移动都是进给运动。

切削加工中主运动只有一个,进给运动则可能是一个或多个。

主运动和进给运动可以由刀具单独完成(如钻床上钻孔),也可以由刀具和工件分别完成(如铣削、车床上钻孔)。主运动和进给运动可以同时进行(如车削、铣削、钻削、磨削),也可交替进行(如刨削)。

三、切削用量三要素

切削运动使工件产生三个不断变化的表面(图 1-2):待加工表面是工件上有待切除的表面;已加工表面是工件上经刀具切削后产生的新表面;过渡表面(又称切削表面)是工件上由切削刃形成的那部分表面。

切削用量三要素是指切削速度、进给量和背吃刀量(旧称切削深度)。它表示切削时各运动参数的数量,是切削加工前调整机床运动的依据。车削外圆、铣削平面和刨削平面时的切削用量三要素如图 1-2 所示。

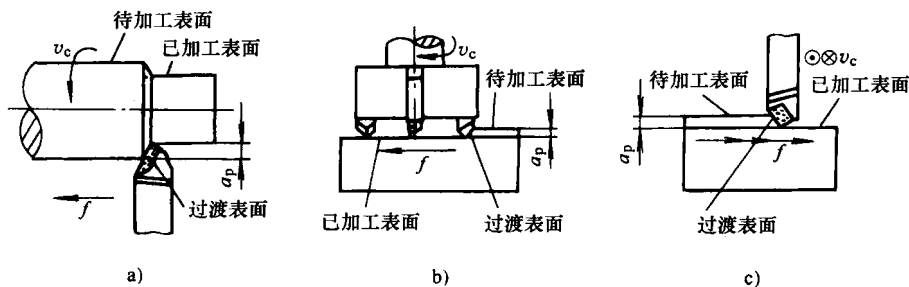


图 1-2 切削用量三要素

a) 车削用量三要素 b) 铣削用量三要素 c) 刨削用量三要素

(1) 切削速度 切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。用符号“ v_c ”表示,其单位为 m/s 。

(2) 进给量 刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量。用符号“ f ”表示,其单位为 mm/r 或 mm/行程 。

(3) 背吃刀量 在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。用符号“ a_p ”表示,其单位为 mm 。

切削用量三要素是影响加工质量、刀具磨损、生产率及生产成本的重要参数。粗加工时,一般以提高生产率为主,兼顾加工成本。可选用较大的背吃刀量和进给量,但切削速度受机床功率和刀具耐用度等因素的限制而不宜太高。半精、精加工时,在首先保证加工质量的前提下,需考虑经济性。可选较小的背吃刀量和进给量,一般情况下选较高的切削速度。在切削加工时可参考切削加工手册及有关工艺文件来选择切削用量。

第二节 刀具材料

刀具是切削加工中影响生产率、加工质量和生产成本的最活跃的因素。本节只讨论刀具

材料方面的知识，有关刀具其他知识将在后面几章中分别介绍。

一、刀具材料应具备的性能

在切削过程中，刀具切削部分是在较大的切削压力、较高的切削温度以及剧烈摩擦条件下工作的。在切削余量不均匀或有断续的表面时，刀具会受到很大的冲击与振动。因此，刀具切削部分的材料必须具备下列性能。

1. 高硬度和高耐磨性

硬度是指材料抵抗其他物体压入其表面的能力。刀具要从工件上切除多余的金属，其硬度必须大于工件材料硬度。一般常温下硬度应超过 60HRC 以上。

耐磨性是指材料抵抗磨损的能力。耐磨性与硬度有密切关系，硬度越高，均匀分布的细化碳化物越多，则耐磨性越好。

2. 足够的强度和韧度

切削时刀具主要承受各种应力与冲击。一般用抗弯强度 σ_{bb} 和冲击韧度 a_k 来衡量刀具材料的强度和韧度的高低，它们能反映刀具材料抗断裂、崩刀的能力。但是，强度与韧度高的材料，必然引起其硬度与耐磨性的下降。

3. 高的耐热性与化学稳定性

耐热性是指在高温下刀具材料保持硬度、耐磨性、强度和韧度的能力。可用高温硬度表示，也可用红硬性（维持刀具材料切削性能的最高温度限度）表示。耐热性越好，材料允许的切削速度越高。它是衡量刀具材料性能的主要指标。

化学稳定性是指刀具材料在高温下不易与工件材料或周围介质发生化学反应的能力。化学稳定性越好，刀具的磨损越慢。

4. 良好的工艺性和经济性

刀具材料应有锻造、焊接、热处理、磨削加工等良好的工艺性，还应尽可能满足资源丰富、价格低廉的要求。

二、刀具材料的种类、性能与应用

切削刀具的材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金、涂层刀具、陶瓷、立方氮化硼和人造金刚石等，目前以高速钢和硬质合金用得最多。常用刀具材料的主要性能和用途见表 1-1。

表 1-1 常用刀具材料的主要性能、牌号和用途

种类	硬度 /HRC	红硬温度 /℃	抗弯强度 /10 ³ MPa	工艺性能	常用牌号	用 途
碳素工 具钢	60 ~ 64	200	2.5 ~ 2.8	可冷热加工成 形，切削加工和 热处理性能好	T8A T10A T12A	仅用于少数手动刀 具，如锉刀、手用锯条 等
合金工 具钢	60 ~ 65	250 ~ 300	2.5 ~ 2.8	同上	9SiCr CrWMn	用于低速刀具，如锉 刀、丝锥、板牙等
高速钢	62 ~ 67	550 ~ 600	2.5 ~ 4.5	同上	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2	用于形状复杂的机动 刀具，如钻头、铰刀、 铣刀、齿轮刀具等

(续)

种类	硬度 /HRC	红硬温度 /℃	抗弯强度 /10 ³ MPa	工艺性能	常用牌号		用 途
硬质合金	74~82	850~1000	0.9~2.5	不能切削加工，只能粉末压制烧结成形，磨削后即可使用。不能热处理	钨钴类	YG3 YG6 YG8	一般做成刀片镶嵌在刀体上使用，如车刀、刨刀的刀头等。钨钴类用于加工铸铁、有色金属与非金属材料。钨钛钴类用于加工钢件。钨钛钽（钒）类既适用于加工脆性材料又适用于加工塑性材料
					钨钛钴类	YT5 YT15 YT30	
					钨钛钽（钒）类	YW1 YW2	

三、刀具的磨损和切削液的使用

在切削过程中，切屑和刀具、刀具和工件之间存在着强烈的摩擦和挤压作用，使刀具处在高温高压的作用下，切削刃由锋利逐渐变钝以致失去正常切削能力。刀具磨损会使切削力增大，切削温度升高，切削时产生振动，最终使零件表面质量降低，并导致刀具急剧磨损或烧坏。刀具过早磨损会直接影响生产率、加工质量和加工成本。在生产中，常常根据切削过程中出现的异常现象，如工件表面粗糙度增加、切屑变色发毛、切削力突然增大、切削温度上升、发生振动和噪声显著增大等，来大致判断刀具是否已经磨钝。刀具磨钝后要及时刃磨。

减少刀具磨损的重要措施之一是切削过程中使用切削液。切削液有冷却、润滑、洗涤与排屑、防锈四大作用，生产中常用的切削液主要有水基、油基两种，其分类及适用范围见表1-2。正确使用切削液，可使切削速度提高30%左右，切削温度下降100~150℃，切削力减少10%~30%，可使刀具寿命延长4~5倍。合理使用切削液，还可以减小工件变形，提高加工精度、已加工表面的质量和生产率。

表 1-2 切削液的分类及适用范围

类 别		主要组成	性 能	适用范围	备 注
水基切削液	合成切削液（水溶液）①	普通型	在水中添加亚硝酸钠等水溶性防锈添加剂，加入碳酸钠或磷酸三钠，使水溶液微带碱性	冷却性能、清洗性能好，有一定的防锈性能。润滑性能差	粗磨、粗加工
		防锈型	在水中除添加水溶性防锈添加剂外，再加表面活性剂、油性添加剂	冷却性能、清洗性能、防锈性能好，兼有一定的润滑性能，透明性较好	对防锈性要求高的精加工
		极压型	再加极压添加剂	有一定极压润滑性	重切削和强力磨削
		多效型		除具有良好的冷却、清洗、防锈、润滑性能外，还能防止对铜、铝等金属的腐蚀作用	适用于多种金属（黑色金属、铜、铝）的切削及磨削加工，也适用于极压切削或精密切削加工