



全国高等职业教育示范专业规划教材
江苏省高等学校精品教材



机械制造基础

朱秀琳 主编

第2版

JIXIE ZHIZAO JICHU DI 2 BAN



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com

配电子课件
教师免费下载

全国高等职业教育示范专业规划教材
江苏省高等学校精品教材

机械制造基础

第2版



朱秀琳
吴元徽
侯子平
孙庆鸿

王道林
王红军



机械工业出版社

本书是根据高等职业教育人才培养目标的基本要求及课程的教学大纲编写的。全书内容包括互换性与测量技术、工程材料与热处理、毛坯成形方法三个模块共 10 个项目。每一项目内容的组织都是由工程项目引入；每一模块还配有相应的实训项目及相应操作工种的训练介绍；学后测评中设置了较多应用型题目，真正做到“项目引领”、“工学结合”。

本书配有电子课件，凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱：cmpgaozhi@sina.com。咨询电话：010-88379375。

本书可作为高等职业院校机械类、机电类相关专业的教材，也可作为有关技术人员、技师、操作工、管理人员的培训教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础/朱秀琳主编. —2 版. —北京：
机械工业出版社，2012.6

全国高等职业教育示范专业规划教材 江苏省
高等学校精品教材

ISBN 978-7-111-38596-7

I. ①机… II. ①朱… III. ①机械制造-高等职业
教育-教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 114833 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：王英杰 责任编辑：王英杰 武 晋

版式设计：霍永明 责任校对：张莉娟

封面设计：鞠 杨 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 8 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17.75 印张·440 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-38596-7

定价：33.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294

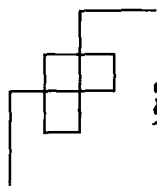
机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203

封面防伪标均为盗版



第2版前言

本书自2008年8月出版以来,已经陆续重印了多次,并于2010年被评为江苏省精品教材。近几年创建国家示范性高职院校建设工作蓬勃开展,编者所在学院作为国家首批28所示范高职院校已验收合格。在几年的建设过程中,编者积累了一些经验,对《机械制造基础》这门课程有了进一步的认识,从而对该教材的内容编写有了新的体会。另外,在这些年的使用过程中也发现了第1版教材的一些不足之处;同时,由于近几年我国的相关国家标准有了较大的更新变动,因此对该教材进行了修订。

本教材在编写之初,是从高职高专教育培养应用型人才的总目标出发,以强化应用、培养技能为重点,与工程实际紧密结合。本次修订时继续保持以上特色,并重点做了以下工作:

1. 在结构及排序上没有作根本性变动,保持第1版的框架不变,保持其体系的连续性。
2. 吸收了近几年示范建设成果,加强了实践内容,充实了质量检测部分的内容,作了进一步的完善和调整。
3. 全面贯彻国家最新标准,如材料的标准、名词术语、符号及单位等。所有内容按照最新国家标准进行了更新。
4. 更正了第1版中的疏漏和不足。

本书修订工作具体分工为:朱秀琳修订绪论,项目一、二、三及四,吴元徽修订项目五、六、七和项目九;项目八和项目十由王道林修订。

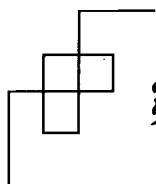
本书可作为高职高专机械类、机电类相关专业的教材,也可作为有关技术人员、技师、操作工、管理人员的培养教材和参考书。

在本书编写、修订过程中,参考了大量资料和文献,在此对原作者一并表示诚挚的谢意!

由于编写时间过于仓促,加之编者水平所限,书中难免存在缺点及不当之处,敬请读者批评指正。

编 者





第1版前言

本书是根据高职高专人才培养目标的基本要求及课程的教学大纲编写的,可以满足教学计划48~65学时的教学要求。从高职高专教育培养应用型人才的总目标出发,遵循“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,将传统机械制造类课程以能力为中心进行了重新整合,大幅度删节了理论性阐述及重复内容;遵循“以掌握概念、强化应用、培养技能为重点”的原则,与工程实际紧密结合,将课程内容的组织与实际技能的训练有机融合在一起,培养学生建立工程概念,掌握机械制造的基本知识及分析工程问题的基本方法和机械制造的基本操作技能,为学习后续课程和从事相关岗位的技术工作奠定必要的基础。

全书内容分为互换性与测量技术、工程材料与热处理和毛坯成形方法三个模块。互换性与测量技术模块主要包含计量检验工应掌握的基本知识和操作技能,工程材料与热处理模块内容包括热处理工应掌握的基本知识和技能,毛坯成形方法模块包含热加工工种应掌握的基本知识和技能。

本书努力体现以下特点:

- 1) 根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,以能力为本位构建模块化、弹性化的教材体系。所有内容围绕计量检验工、热处理工、铸工、锻工、焊工的职业岗位任职要求组织,并结合大量职业能力实训环节。
- 2) 各模块后面都附有思考与练习题,以加强学生对基本概念的理解,培养学生分析问题和解决问题的能力;还配合有相应的实训项目及操作工种的训练介绍,努力做到工学结合。
- 3) 全面贯彻有关材料、名词术语、量和单位等最新国家标准。

本书可作为高职高专机械类、机电类相关专业的教材,也可作为有关技术人员、技师、操作工、管理人员的培训教材和参考书。

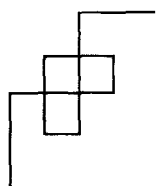
本书由朱秀琳任主编,吴元徽、王道林任副主编。具体编写分工为:朱秀琳编写绪论,课题一,课题四中的任务一、任务三、任务四;侯子平编写课题二,课题三;王红军编写课题四中的任务二;吴元徽编写课题五,课题六,课题七,课题九;王道林编写课题八,课题十。

本书由东南大学博士生导师孙庆鸿教授主审。

在本书编写过程中,我们参考了大量资料和文献,在此对这些资料和文献的作者一并表示诚挚的谢意!

由于时间仓促,加上编者水平有限,书中难免存在缺点及不当之处,敬请读者批评指正。

编 者



目 录

第2版前言

第1版前言

绪论	1
学后测评	5
模块一 互换性与测量技术	6
项目一 尺寸极限与配合	7
任务一 认识标准及标准化	7
任务二 掌握尺寸极限与配合的基本术语与定义	10
任务三 熟悉极限与配合的国家标准	17
任务四 掌握优先和常用配合	28
任务五 正确选择尺寸极限与配合	31
学后测评	38
项目二 几何公差	40
任务一 熟悉几何公差的基本术语及特征符号	40
任务二 熟悉几何公差与几何误差	43
任务三 正确选择几何公差	68
学后测评	80
项目三 表面粗糙度	83
任务一 了解表面粗糙度主要术语及评定参数	83
任务二 识读表面粗糙度的符号、代号及标注	86
任务三 正确选用表面粗糙度	90
学后测评	93
项目四 质量检测	95
任务一 几何量检测	95
任务二 认识三坐标测量机	111
任务三 检验组织性能	118
任务四 熟悉计量检验工作	124
实训1 尺寸误差检测	129
实训2 几何误差检测	129
实训3 表面粗糙度检测	129
实训4 超声波检测	130

学后测评	130
模块二 工程材料与热处理	131
项目五 金属材料的性能	131
任务一 熟悉金属材料的力学性能	131
任务二 了解金属材料的工艺性能	139
实训5 金属材料强度和塑性的测定	140
实训6 金属材料硬度的测定	140
实训7 金属材料冲击韧度的测定	141
学后测评	141
项目六 铁碳合金	143
任务一 了解金属的结构与结晶	143
任务二 掌握铁碳合金相图	153
任务三 掌握碳素钢的常用牌号及应用	159
任务四 熟悉铸铁及其热处理	164
实训8 铁碳合金的组织观察	168
学后测评	169
项目七 钢的热处理	171
任务一 认识钢的组织转变	171
任务二 掌握钢的常规热处理方法	181
任务三 熟悉钢的表面热处理方法	191
任务四 了解热处理新技术	199
任务五 熟悉热处理工	201
实训9 常规热处理实训	204
学后测评	205
项目八 其他常用工程材料	207
任务一 熟悉合金钢	207
任务二 熟悉非铁金属及其合金	216
任务三 了解非金属材料	221
学后测评	225

项目九 工程材料的选用及热处理	
工艺设计	227
任务一 认识零件的失效	227
任务二 掌握机械零件选材的	
原则	229
任务三 掌握热处理工艺设计	
方法	231
任务四 典型零件的选材及热处理	
工艺分析	234
学后测评	237

模块三 毛坯成形方法	238
项目十 毛坯成形技术及毛坯的	
选择	238
任务一 熟悉铸造及铸工	238
任务二 熟悉锻压及锻工	252
任务三 熟悉焊接及焊工	262
任务四 正确选择毛坯	273
学后测评	274
参考文献	276

绪 论

一、典型机械的构成

任何机械，大至航空母舰、万吨货轮、大型工程设备、飞机、汽车，小至仪器、仪表、微型机器人，都是由许多零部件组成的。以现代制造企业拥有量越来越多的数控机床为例，一般数控机床是由控制介质（加工程序）、数控装置、伺服系统和机床主机组成，而直接承担加工任务的机床主机就是由成千上万的零部件组装而成，通常有主轴箱、刀架、床身、底座、工作台等部件。图 0-1 所示为铣削加工中心结构简图。

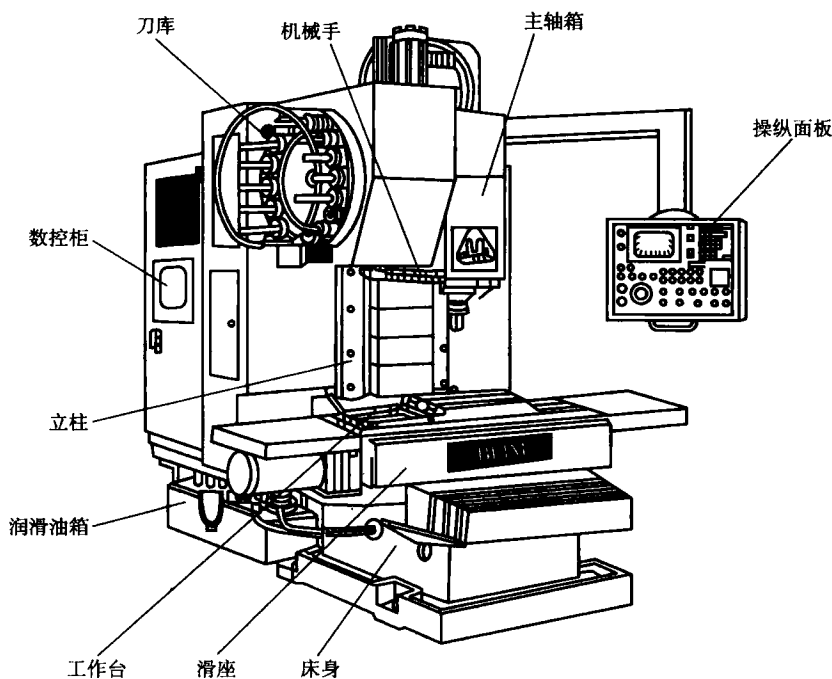


图 0-1 铣削加工中心

数控机床按结构分为普通数控机床和加工中心(图 0-1)。与普通数控机床相比，加工中心还拥有刀库和换刀机械手，它们也是由许多零部件构成的。因为有各自不同的使用功能要求，这些零部件必须选用不同的材料。例如，底座、床身、主轴箱体通常选用铸铁，主轴则选择中碳钢或合金钢，齿轮因为传动精度要求高也经常采用合金钢，而各种加工刀具则多使用高速钢、硬质合金等。因为各种零件的材料、结构、精度、功能等不同，还必须选择不同的毛坯形式和加工方法，并且可能要配合多次热处理。这样才能达到每个零件的各项设计要求，由这些合格零件组装而成的机器才能获得最终的使用功能。

二、机械制造过程简介

机械制造过程是机器制造工艺过程的总称。它是将原材料转变为成品的各种劳动的总

和。例如，数控机床的制造过程就是将所需的各种金属、橡胶、塑料等原材料经过一定的工艺方法加工成合格的零部件，再装配成成品机床的整个过程。机械制造过程大致可分为生产技术准备、毛坯制造、零件加工、产品检测和装配等阶段，如图 0-2 所示。

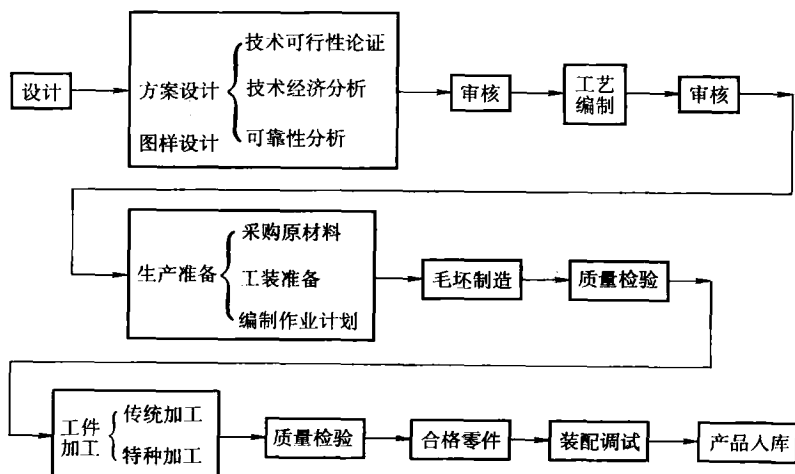


图 0-2 机械制造过程

1. 生产技术准备过程

生产某种机器之前，必须做各项准备工作，其中最主要的有图样设计、工艺编制、生产准备。这些内容大多在前修课程“机械设计基础”和后续课程“机械制造技术”中介绍。其中，产品设计阶段有一项重要工作：根据零件的使用功能要求，正确规定其各部分相应的精度等级，以及合理选择该零件的材料种类、牌号；工艺编制阶段也有一项重要工作：在零件的加工过程中要适当穿插热处理，如 TND360 数控车床主轴上的传动齿轮采用低碳合金钢（16MnCr5）表面渗碳淬火再低温回火达到硬度 60HRC。这几方面的内容将在本教材模块一、二中介绍。

2. 毛坯制造过程

毛坯可由不同方法获得。合理选择毛坯，可显著提高生产率和降低成本。常用的毛坯制造方法有：铸造、锻压、焊接、型材和冲压。一些结构简单、力学性能要求不高的零件可以选用型材毛坯，如圆棒料、板料、管料、角钢、槽钢、工字钢等。其中，圆棒料应用最广，可用作螺钉、销钉、小型盘状零件和一般轴类零件的坯料，使用方便；板料、角钢、槽钢、工字钢等则普遍用于金属结构件。但是对于结构复杂或力学性能要求较高的零件，其毛坯则经常采用铸造、锻压、焊接等热加工方法获得。有关内容将在本教材模块三中介绍。

3. 零件加工过程和装配过程

金属切削加工是目前加工零件的主要方法，通用的加工设备有车床、铣床、镗床、刨床和磨床等。此外，还有各种专用机床和特种加工机床。随着现代科学技术的发展和制造业水平的提高，数控机床正得到越来越广泛的应用。如何选择加工方法和加工机床、刀具、夹具、辅具等，需要广泛的专业知识。

装配是机械制造实现产品功能的最后关键环节。装配过程必须严格遵守技术条件规定，

如零件清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、接合面修磨、润滑剂施加以及运转跑合，甚至油漆色泽和包装，都不可掉以轻心。只有这样，才能生产出合格的产品。

这些内容是后续课程“机械制造技术”介绍的重点。

4. 产品检测

由若干个零件组成的机器，在其制造和装配过程中，各项精度及其他质量指标是否达到设计要求，必须通过检测来判断。检测包括几何量（尺寸精度、几何误差和表面粗糙度）测量和组织性能检验。采用何种检验方法、如何检验、使用何种量具等问题，必须全面考虑，合理安排。

现代化的工业生产处处离不开测量。随着科学技术的发展，测量技术日新月异。测量是精细加工和生产过程自动化的基础，没有测量就没有现代化的制造业。在产品设计和生产过程中，为了检查、监督、控制生产过程和产品质量，必须对生产过程中的各道工序和产品的各种参数进行测量，以便进行在线实时监控。生产水平越是高度发达，测量的规模就越大，需要的技术与测量仪器也越先进。有关检测内容将在本教材模块一中介绍。

三、机械制造发展史

材料是人类文明的物质基础。材料的发现和广泛应用以及材料加工工艺的进步是推动人类社会发展的动力。正因为如此，人们通常将材料作为划分时代的标志，即将人类社会划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代。

1. 材料应用与机械制造发展简史

从古猿到原始人的漫长进化过程中，石器一直是人类使用的主要工具。人类最初使用的是天然石块，以后慢慢学会了用石头相互撞击来制造简单工具，这在人类历史上经历了大约 200 万年的漫长岁月。后来逐步发展到磨制石器，即按需要对石器进行磨光、磨尖、钻孔等，从而制作出石刀、石矛、石镰等精巧石器。大约距今 15000 年才开始出现复合工具，即将石斧、石刀、石镰等安装在木制、竹制或骨制的把柄上，特别是选择合适的木料和动物筋腱制成了弓、箭、弦等更加复杂的狩猎工具，从此人类进入了新石器时代。

大约 50 万年前，人类学会了用火。到原始社会末期，人类的祖先开始用火烧制陶器。原始的制陶技术起源于旧石器时代末期，到新石器时代已相当发达。制陶是人类第一次对材料的加工超出了仅仅改变材料几何形状的范围，开始能够改变材料的物理和化学性能，并通过复杂的工艺过程，创造出自然界所没有的人工材料。因此，制陶是古代材料应用及加工技术的一大重要进步。

人类在烧制陶器的过程中发明了冶铜术，后来又发现把锡矿石加到红铜中一起冶炼，制成的材料更加坚韧耐磨，这就是青铜，从而标志着人类于公元前 5000 年进入青铜器时代。青铜器的出现在人类技术发展史上具有重要意义。

大约在公元前 1200 年，人类进入铁器时代。冶铁技术和铁器的发明是古代材料技术最重大的成就。最先掌握的是铸铁冶炼术，后来炼钢工业迅速发展，成为 18 世纪产业革命的重要内容和物质基础。1775 年，英国人威尔肯逊为了制造瓦特发明的蒸汽机而制造了汽缸镗床，标志着人类用机器代替手工的机械化进入了新的发展时期。随后相继出现了各种类型的金属切削机床和刀具，以及自动线、加工中心、数控系统和无人化全自动工厂。

2. 我国古代在材料和机械制造方面的辉煌成就

古老的中华民族在材料的应用和机械制造方面有过辉煌的成就。新石器时代的仰韶文化

和龙山文化时期,我们的祖先已经能烧制红陶、薄胎黑陶与白陶。3000多年前的殷、周时期已经发明了釉陶。东汉时期出现了瓷器,并于9世纪传至非洲东部和阿拉伯世界,13世纪传至日本,15世纪传至欧洲,瓷器成为中国文化的象征,对世界文明产生了极大的影响。

我国在夏(约公元前2070年~公元前1600年)以前就掌握了青铜冶炼术,虽然晚于古埃及和西亚一些国家,但发展很快。到殷商、西周时期,我国的青铜冶炼技术已达到当时世界领先水平,青铜已广泛用来制造各种工具、兵器、食器和祭器等。1939年河南安阳出土的晚商遗址中的司母戊大方鼎,质量达875kg,花纹精致,是迄今为止世界上最古老的大型青铜器。从湖北江陵楚墓中发掘出的两把越王勾践剑,长55.6cm,在地下埋藏2000多年仍寒光闪闪、锋利无比,是古代铸铁技术的杰作。1980年在陕西临潼秦始皇陵墓附近出土的2000多年前的彩绘铜车马,由3400多个零部件组成,总质量为1241kg,材料以青铜为主,并配有金银饰品,综合了铸造、焊接、凿削、研磨、抛光以及各类联接等多种工艺,其加工工艺之复杂、制作技术之精湛,充分反映了我国劳动人民对古代人类文明所作的巨大贡献。

我国金属切削加工工艺的发展可追溯到青铜器时代。在湖南衡阳出土的东汉时期的人字齿轮,形状尺寸相当精确,说明在汉朝就有了金属机件。至明朝已经有了简单的切削加工设备。公元1668年,我国的切削加工已发展到使用直径近6.6m的嵌齿铣刀,由牲畜牵动旋转,来铣削天文仪上的铜环。明朝宋应星所著《天工开物》一书,详细记载有冶铁、炼钢、铸造、锻造、焊接(锡焊和银焊)、热处理(淬火等)等各种金属加工方法,是世界上最早的机械制造方面的科学著作。

可见,我国古代在材料和机械制造的许多方面都曾经处于世界领先地位。但是,从1840年鸦片战争以后,由于长期的封建愚昧统治和闭关自守,中国人民饱受帝国主义侵略和殖民掠夺,生产力的发展受到了严重阻碍,我国的科学技术水平处于极端落后的状态。

3. 我国在材料和机械制造领域的技术现状

新中国成立后,特别是改革开放以来,我国在材料和机械制造领域取得了突飞猛进的发展。材料和机械产品无论从品种、数量和质量方面,都基本满足了国防和工农业生产的需要。2011年,我国钢产量已接近7亿吨,非金属材料、高分子合成材料、陶瓷材料和复合材料等各种材料在机械制造中发挥着越来越重要的作用。机械制造的新材料、新技术、新工艺和新设备层出不穷,计算机技术也已广泛应用于机械制造过程中,许多机械制造企业正朝着生产过程自动化的方向发展,与世界先进水平的差距正在逐步缩小。以数控机床为例,通过技术引进与合作,我国的整体水平有了大幅度提高,目前各种门类的数控机床都能生产,只是水平参差不齐:有的是世界先进水平,有的大约落后10~15年。近几年,随着中国制造业的崛起,中国成了全球最大的机床消费国,也是世界上最大的数控机床进口国。我国机械加工设备数控化率为15%~20%。综合起来,德国的机床业水平最高,日本的产值最大,美国的机床业则一般,中国大陆、韩国、中国台湾处于同一水平。但就种类而言,我国应该能进世界前4名。

4. 课程性质、内容、学习目标

机械制造基础是一门实践性很强的综合性技术基础课。通过本课程的学习,学生可获得常用机械工程材料、热处理、毛坯生产和零件质量检测的基础知识,为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作及企业管理工作奠定必要的基础。本课程教学以金工实习为基础,教

学内容与生产实际紧密结合,强调工艺实践和工程意识训练。因此,机械制造基础是培养学生综合工程素质和技术应用能力的十分重要的工程教育必修课。

学习本课程应达到的基本要求:

- 1) 掌握工程材料和热处理基本知识,了解工程材料常用的表面处理方法,具有合理选用常用机械工程材料和热处理方法的初步能力。
- 2) 掌握热加工工艺的基本知识,具有选用毛坯种类、成形方法的初步能力。
- 3) 掌握互换性与测量的基本知识,具有质量检测的初步能力。
- 4) 具有综合运用工艺知识,分析毛坯结构工艺性的初步能力,树立质量和经济意识。
- 5) 了解与本课程有关的新材料、新工艺、新技术及其发展概况。

学 后 测 评

- 0-1 机器制造过程大致分为几个阶段?以某一典型机器为例说明。
- 0-2 本课程的性质、内容和学习目标分别是什么?

模块一 互换性与测量技术

图 0-1 所示铣削加工中心上的轴承、行程开关等零件损坏后，换上相同规格的新零件，仍能正常使用，这是因为这些零件具有“互换性”。互换性是指相同规格的零部件具有互相替换使用的性能。互换性包括几何参数、机械性能(强度、硬度等)、物理性能(磁性等)和化学性能等多方面的功能互换，称为广义互换性。仅包括几何参数的互换称为狭义互换性，本模块所介绍的是狭义互换性。

所谓几何参数是指尺寸大小、几何形状和相互位置关系，以及表面粗糙度等，如图 1-1 所示的某机床齿轮泵中齿轮轴零件图的 $\phi 16k6$ 、 $\boxed{\text{A}} 0.05$ 、 $\boxed{\perp} 0.015 A-B$ 、 $\sqrt{Ra 1.6}$ 等。虽然同规格零部件的几何参数不可能做到绝对一致，但可以做到合理地控制几何参数的误差不超出一定的范围，这样就能达到互换性的要求。加工误差是指实际几何参数相对其理想设计值的偏离程度，公差则是允许零件几何参数的变动量。可见，公差是用来控制误差的，而实现互换性也必须要用公差来保证。

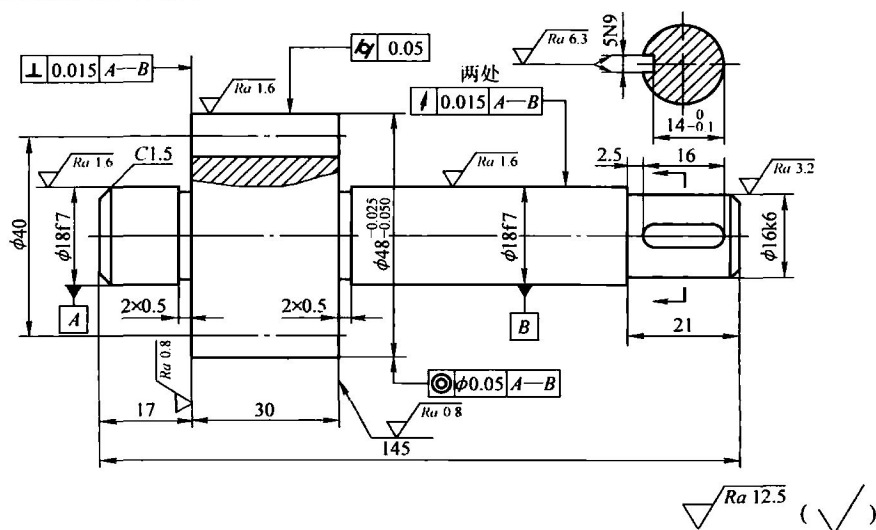


图 1-1 齿轮轴

现代机械产品除少数单件生产外，大多要求零部件具有互换性。就是说，从一批相同规格的零件(或部件)中任取其一，不需修配就能装到所属的部件(或机器)中去，并能满足技术要求及保证良好的使用性能。

零件或部件具有互换性之后，能够缩短机器的加工和装配周期，并能提高产品质量，降低生产成本，同时给机器的维修带来极大的方便。在机械工业中，互换性是产品设计最基本的原则。

现代化生产是建立在先进技术、严密分工和广泛协作基础上的社会化生产，它要求各部

门及许多生产环节之间密切配合、协调一致。要实现这种专业化协作生产,就必须遵循互换性原则。其结果,不仅能显著提高劳动生产率,而且能有效保证产品质量和降低成本。

保证互换性生产的前提是标准化。标准化是对研究的对象进行简化、优选和统一的科学管理过程。如本模块所讨论的尺寸极限与配合(项目一)、几何公差(项目二)、表面粗糙度(项目三)等标准都属于基础标准。

零件加工完成后是否符合公差或标准化要求,必须利用合适的工具进行检验或测量才能得知,而只有检测合格的零部件才具有互换性,因此检测非常重要。不仅如此,检测还有另一重要作用,就是根据检测的结果,分析产生加工质量异常的原因,以便采取相应措施减少或防止出现废品。关于质量检测的方法、手段、注意事项等将在项目四中详述。

项目一 尺寸极限与配合

学习目标

1. 了解标准及标准化,优先数和优先数系。
2. 掌握孔、轴、尺寸及尺寸偏差、公差及公差带、配合、基准制等概念。
3. 掌握基本偏差系列并能查表确定基本偏差值。
4. 掌握常用及优先配合,了解一般配合。
5. 能根据使用功能(极限间隙或过盈)正确地选用尺寸公差与配合。

任务一 认识标准及标准化

一、任务引入

现代制造业发展的趋势是大规模、专业化生产,分工越来越细化,往往是零部件由多家企业协作制造,最后由某一企业总装成品。为了使各部门、各企业在生产中协调一致,使各生产环节良好衔接,必须有一种手段使分散的、局部的生产部门和生产环节保持统一,成为一个有机整体,这样才能达到互换性目的。制订标准从而使相关工作标准化就是实现这种目标的主要途径和手段。

二、认识标准及标准化

1. 标准

国际标准化组织(ISO)理事会于1985年7月25日发布的第2号指南修正草案(ISO/STAC0144)中,对“标准”这一术语给出了如下定义:“基于一致并由公认团体批准的标准化成果的文件。为获得最佳秩序,对重复使用的问题给出答案的文件,它在一致同意的基础上,由公认团体批准。”

1997年,ISO/IEC导则第3部分(第3版)对“标准”这一术语又给出了新的定义:“为在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的和重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构批准。标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳社会效益为目的。”

不难看出,在机械制造领域,标准是规范技术要求的法规,由国家和部门用文字形式颁发。例如,GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》就是国家标准“极限与配合”中的一项标准。

标准对于缩短产品设计周期,规范、简化产品制造过程,改进生产质量,发展经济和对外贸易等诸多方面均有着十分重要的意义。

2. 标准化

发展互换性生产必须实行标准化,也就是将设备、加工工具、量具量仪、材料、产品、零部件以及质量指标、检测方法等统一和简化,制订相互协调的标准,并按照统一的术语、符号、计量单位,将它们的几何和性能参数以及公差数值标注在图样上,在生产过程中贯彻,并取得最好的经济效益。这样有利于推行互换性,扩大互换的范围。

标准化是对具有重复性特征的物质和信息(如程序、方法、图形、符号等)制订标准,以便多次重复应用。其内容很广泛,就机械产品而言,主要包括型式质量标准化、品种规格系列化和零部件通用化三方面。

标准化是研究社会化生产过程中技术协调的规律和方法,是组织现代化大工业生产的重要基础,是科学管理的基本手段。标准化对于改进产品、防止贸易壁垒、促进技术合作等方面具有特别重要的意义。

三、了解标准化发展史

1. 国际标准化发展史

1798年,美国的E. 惠特尼首创了生产分工专业化、产品零部件标准化的生产方式,成为“标准化之父”。

1841年,英国的J. B. 惠特沃思设计了“惠氏螺纹”,在此基础上产生了统一的螺钉和螺母,为互换性的实现创造了条件。

1901年,英国工程标准委员会成立,这是世界第一个国家标准化组织。同年,美国成立了国家标准局,1918年成立了美国工程标准委员会。其他工业国家德国、法国、瑞士、荷兰、日本、奥地利等也都纷纷成立了国家标准化机构。

1902年英国伦敦的Newall公司(主要生产剪羊毛机)编制了纽瓦尔标准《极限表》,实现了零件加工装配的可互换性,可以说是最早的极限与配合标准。

1906年英国颁布了国家公差标准BS27,从此开创了零件标准化和可严格控制加工质量的、用机器大量生产机器的时代。人类制造机器工具的效率达到了史无前例的高度。

20世纪30年代左右,各工业国相继颁发了极限与配合标准。德国DIN标准最早采用了基孔制与基轴制,并提出公差单位的概念,将精度等级与配合区分开。

1926年国际标准化协会ISA成立,1935年颁布了国际公差制草案。二战后于1947年,国际标准化组织ISO重建,1962年颁布了ISO/R286—1962极限与配合制,1969年ISO理事会决定10月14日为“世界标准日”。ISO是世界上最大的非政府性标准化专门机构,是国际标准化领域中一个十分重要的组织。ISO标准是非强制性的,因此这些标准必须是优秀的标准,它们会给工业和服务业带来收益,所以人们自觉使用这些标准。

2. 我国标准化发展史

我国的标准化工作是在新中国成立后开始发展的,吸收了先进国家的成功经验。

1949~1955年着手建立了企业标准和部门标准。1956年成立国家科学技术委员会时设

立了标准局,进一步加强了标准化工作。

1959年,颁布了第一套极限与配合国家标准 GB159~174—1959。

1963年,召开了全国第一次标准化工作会议,1978年恢复成为 ISO 成员国,承担 ISO 技术委员会秘书处工作和标准草案起草工作。

1979年,国务院颁布了《中华人民共和国标准化管理条例》,并在同年成立了国家标准总局,这是对标准化工作的又一次强化。同年颁布第二套极限与配合标准 GB1800~1804—1979。

1988年7月,颁布了《中华人民共和国标准化法》,将标准化工作在新中国的历史上正式纳入了法制轨道,同时对老标准进行了修订。

1997年颁布了第三套极限与配合国家标准及其他新国标。

我国积极采用国际标准和国外先进标准,并结合我国国情加以吸收利用。中国加入 WTO 前后,标准和标准化事业受到了格外关注,加入 WTO 就意味着中国要承认和遵守世界贸易组织(WTO)规则,由此才能享有世贸组织成员的权利,作为平等的一员参加全球经济一体化。中国在加入 WTO 谈判中涉及标准和标准化的承诺达 13 条之多。

随着我国制造业水平的提高和国际化进程的加快,我国的国家标准体系已经逐步得到完善,技术先进、适合国情、与国际标准水平相当,适应我国建设的形势需要。

四、优先数和优先数系

在工业生产中,为了满足用户的不同需求,同一品种的同一种参数要从大到小取不同的值,从而形成不同规格的产品系列。参数的取值必须合理有序,否则会使产品的系列杂乱无章。优先数和优先数系是一种科学的数值制度,适合于各种数值的分级,是国际上统一的数值分级制度。目前,我国数值分级的国家标准 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》也是采用这种制度,它与国际标准 ISO 3:1973《优先数和优先数系》基本一致。

采用优先数系,能使工业产品以较少的品种和规格,经济合理地满足用户各种各样的需求。优先数系由一系列十进制等比数列构成,其代号为 Rr (R 是优先数系创始人 Renard 的第一个字母)。其项值包含了 10 的所有整数幂,如 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000 等,可以向两个方向无限延伸。对这些数按 0.01~0.1, 0.1~1, 1~10, 10~100, ……划分区间,称为十进区间。每个十进区间各有 r 个优先数,相应的公比代号为 q_r 。

设每个十进区间内,每进 r 项就使项值增大 10 倍,则公比 q_r 应满足式 $aq^r = 10a$ (a 为起始项值),即 $q = \sqrt[r]{10}$,相应的理论数列为

$$a, a(\sqrt[r]{10}), a(\sqrt[r]{10})^2, \dots, a(\sqrt[r]{10})^{r-1}, 10a$$

国标 GB/T 321—2005 与国际标准 ISO3:1973 采用的优先数系相同,规定的 r 值有 5, 10, 20, 40, 80 五种。它们是各个十进区间内项值的分级数,分别用符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列……R80 系列。各系列公比如下

$$\text{R5 系列: } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60;$$

$$\text{R10 系列: } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2585 \approx 1.25;$$

$$\text{R20 系列: } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12;$$

$$\text{R40 系列: } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06;$$

$$\text{R80 系列: } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0292 \approx 1.03。$$

R5、R10、R20 和 R40 四个系列是优先数系中的常用系列，称为基本系列。R80 系列称为补充系列，它的分级很细，一般不常用。优先数的理论值多数是无理数，使用时须加以圆整，见表 1-1。

表 1-1 优先数的基本系列（摘自 GB/T 321—2005）

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

从表 1-1 可以看出，R5 系列的项值包含在 R10 系列之中，R10 系列中的项值包含在 R20 系列之中，R20 系列中的项值包含在 R40 系列之中。这样便于中间插值，满足或密或疏的分级要求。

优先数系的系列种类，除基本系列和补充系列外，还有派生系列、化整值系列和复合系列等。

派生系列是从基本系列或补充系列 R_r 中，按一定项差 p 取值导出的系列，以 R_r/p 表示。例如，若在 R10 中按项差 $p=3$ 取值，则构成 R10/3 系列：1，2，4，8；1.25，2.5，5.0，10.0；1.6，3.15，6.3，12.5。其公比 $q_{10/3} = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 2$ ，即 R10/3 是公比为 2 的倍数系列。

优先数在各种标准中应用很广。例如在“>500 到 3150mm”尺寸段的公差标准尺寸分段中就采用了 q_{10} 数系，它们是 500、630、1000 等。又如表面粗糙度的取样长度就采用了 R10/5 数系，它们的项值分别为 0.08、0.25、0.8、2.5、8.0 和 25。

任务二 掌握尺寸极限与配合的基本术语与定义

一、任务引入

图 1-2 所示为某机床润滑系统的齿轮泵装配图。其中标注有若干尺寸，如 (40 ± 0.02)