



高职高专“十一五”机电工程类专业规划教材

机械工程基础

何柏海 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十一五”机电工程类专业规划教材

机械 工 程 基 础

主 编	何柏海		
副主编	朱洪军	王 伟	
参 编	郭恒亚	张文兵	张建雨
	李金良	张朝阁	
主 审	王继德		



机 械 工 业 出 版 社

本书共 9 章, 主要内容为绪论、金属材料与金属热处理基础、静力学基础、材料力学基础、常用机构、带传动与链传动、齿轮传动、轴系零部件、机械制造过程的基础知识和机械加工工艺规程设计基础。

本书以重基础、广知识、少学时、精内容、宽适应作为编写指导思想, 在内容上注重反映本学科理论与技术的最新发展、基本概念和基本知识。在编排时力求深入浅出, 文字准确简洁。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校等非标类或近机类专业用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程基础/何柏海主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 10

高职高专“十一五”机电工程类专业规划教材

ISBN 978-7-111-32225-2

I. ①机… II. ①何… III. ①机械工程—高等学校: 技术学校—教材

IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 200420 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: 王海峰 责任编辑: 王海峰

版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.5 印张·484 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-32225-2

定价: 35.00 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

序 言

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,高等教育培养模式单一、专业口径过窄、教学内容陈旧、教学方法落后等问题,尤其是作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,把宝贵的学习时间浪费在一些与本专业不是很密切的知识上,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。因此,必须大力调整人才知识、能力和素质结构,拓宽基础,整合课程,改革人才培养模式。

我们根据专业定位及市场需求对学生知识能力结构进行了重新设计,并围绕培养目标对课程体系进行了重构,其中,学科基础课既要满足专业培养目标的要求,又要体现专业自身的特点和办学特色,还要根据需要适当减少占有学时的比例。因此,构建能融会贯通、紧密配合、有机联系的专业课程体系成了教学改革的重点和难点。其中,对各课程教学内容的整合优化又是整个教学改革的主要攻坚点。

为了切实贯彻改革宗旨,根据宽口径专业改革的人才培养目标、知识结构要求及课程体系的改革方案,决定将原来机械制造专业的五门专业课程(工程材料、机械设计、机械原理、工程力学和机械制造)整合优化为一门“机械工程基础”,并定为学科主干技术基础课程。“五合一”改革绝不是知识的简单拼凑和叠加,而是将原来五门课程的教学内容有机地重构,并根据学科培养目标进行知识结构的重新设计,做到基础扎实、重点突出,结构紧凑,内容先进。因当时国内缺少此类教材,2007年我们组织力量,编写了该门课程的讲义,经过试用,根据学生反映及教学实践的检验,进一步修改和完善了《机械工程基础》这本教材。

编者的话

该书是由多名长年从事一线教学，有着丰富教学和实训经验的教师编写。本书根据当前高职高专教育的特点，针对一线教师在教学过程和学生实训过程中遇到的问题，结合本专业的教学特点，将“工程材料”、“工程力学”、“机械设计”、“机械原理”以及“机械制造”等课程内容进行有机的整合，对理论性较强的内容进行了适当的削减。同时，在编写过程中，广泛吸取了国内外各个领域成熟的经验和各门课最新参考资料中的精华，突出对人才的创新素质和创新能力的培养，力求达到使读者能在实际应用中举一反三、触类旁通的目的。教材坚持基础理论教学以“够用”为目的，以掌握概念、强化应用为教学重点，注重培养学生基本技能和综合应用能力。

通过对本课程的学习，学生能在较短的时间之内较系统地掌握材料、机械和制造方面的基础知识，从而有更多的时间去学习和掌握更多的专业知识和专业技能，真正实现学校到企业的“零”过渡。

本教材在内容上注重反映本学科理论与技术的最新发展，编排深入浅出，文字准确简洁。全文对概念的定义与阐释、对科学技术术语的解释等力求规范精准；公差标注、公式、符号、计量单位等贯彻执行新的国家标准；章节的编排遵循统一的格式，章节后面配有各种类型的习题，并附答案，以供读者参考。习题中既包含基本概念题型和认知题型，又包含实践性强的分析题型和综合类发展题型，注重锻炼学生应用基本理论和原理解决实际问题的能力。

本书由何柏海担任主编。本书第1章由郭恒亚编写；第2、3章由张文兵编写；第4章由张建雨编写；第5章由李金良编写；第6章由朱洪军编写；第7章的7.1~7.5由王伟编写；第7章的7.6、7.7由张朝阁编写；其余章节由何柏海编写。

本书由哈尔滨工业大学的王继德教授担任主审，他对本书的编写提出了许多宝贵的意见。本书在编写过程中，还得到了浙江工业职业技术学院领导的大力支持，在此表示真诚的谢意。

限于编者的水平，加之编写时间仓促，书中错误和不当之处在所难免，恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

目 录

序言	
编者的话	
绪论	1
0.1 本课程概论	1
0.2 机械设计与机械制造概述	2
本章小结	7
习题	8
第1章 金属材料与金属热处理基础	9
1.1 金属材料的性能	9
1.2 金属学的基本知识	12
1.3 铁碳合金	16
1.4 钢的热处理	20
1.5 工程材料	29
本章小结	43
习题	43
第2章 静力学基础	44
2.1 静力学的基本概念	44
2.2 平面力系	54
本章小结	64
习题	65
第3章 材料力学基础	70
3.1 概述	70
3.2 轴向拉伸与压缩	71
3.3 剪切与挤压	81
3.4 圆轴扭转	85
3.5 弯曲	90
3.6 组合变形时杆件的强度计算	97
本章小结	103
习题	104
第4章 常用机构	108
4.1 平面机构与机构运动简图	108
4.2 平面连杆机构	112
4.3 凸轮机构	117
4.4 其他常用机构	125
本章小结	131
习题	131
第5章 带传动与链传动	132
5.1 带传动概述	132
5.2 带传动的工作情况分析	133
5.3 普通V带轮的传动设计	136
5.4 链传动	142
本章小结	146
习题	146
第6章 齿轮传动	147
6.1 概述	147
6.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动	150
6.3 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	157
6.4 斜齿圆柱齿轮传动	163
6.5 直齿锥齿轮传动	166
6.6 蜗杆传动	168
6.7 齿轮传动的失效形式、齿轮常用材料与结构	173
本章小结	178
习题	178
第7章 轴系零部件	180
7.1 概述	180
7.2 轴的材料	182
7.3 轴系的结构设计	183
7.4 滑动轴承	186
7.5 滚动轴承	194
7.6 联轴器、离合器与制动器	205
7.7 联接	208
本章小结	213
习题	214

第 8 章 机械制造过程的基础知识	216	9.4 毛坯的选择方法	253
8.1 机械制造工艺方法与工艺过程	216	9.5 零件制造工艺路线的拟定方法	256
8.2 机械加工方法	221	9.6 加工余量的确定	263
8.3 基准与装夹	225	9.7 机床与工艺装备的选择	274
8.4 机械加工工艺系统	232	9.8 计算机辅助工艺规程 设计 (CAPP)	275
本章小结	241	本章小结	277
习题	242	习题	278
第 9 章 机械加工工艺规程设计基础 ...	245	附录	281
9.1 机械加工工艺规程的格式和作用	245	附录 A 外圆柱表面的精度	281
9.2 机械加工工艺规程设计的内容 和步骤	249	附录 B 平面的加工精度	281
9.3 零件的结构工艺性及切削 加工工艺性分析	250	附录 C 部分习题参考答案	282
		参考文献	306

绪 论

内容提要：简述机械设计与制造的基本概念；简述本课程的研究对象、内容、性质、目的和学习方法。

0.1 本课程概论

0.1.1 本课程研究对象与主要内容

本课程的主要研究对象是机械。

机械是人类在长期生产和生活实践中创造出来的重要劳动工具。它用以减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和产品质量，帮助人们创造更多的财富，丰富人们的物质和文化生活。随着科学技术的进步和生产的发展，机械必将会达到更高的水平。

本课程的主要内容分以下几个部分：

第一部分以一章的篇幅介绍了金属材料与热处理的基础知识，常用的钢铁材料，并简单介绍了非金属材料以及它们的牌号、性能及用途，常用机械零件材料和毛坯的选择一般原则。

第二部分以两章的篇幅介绍了工程力学。其主要介绍了构件的受力分析，力系的简化和构件的平衡条件，以及构件在外力作用下的变形、受力和破坏规律，强度和刚度的计算方法。

第三部分以三章的篇幅介绍了常用机构和机械传动。其主要介绍了一般机械中常用的平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺旋机构及带传动、链传动和齿轮传动等机构和传动的工作原理、特点、应用及设计的基本知识。

第四部分以一章的篇幅介绍了轴的连接与轴系零部件。其主要介绍了轴和轴承的结构、特点、标准及其选用和设计的基本方法。

第五部分以两章的篇幅介绍了机械制造工艺过程的基础知识。

0.1.2 本课程性质、目的与任务

顾名思义，“机械工程基础”是关于机械设计和机械制造的一门综合性课程，它综合了工程材料、工程力学、机械原理和机械设计基础等课程的知识，是高职高专有关专业，如模具设计与制造、计算机辅助设计与制造等近机类或非机类专业学生的一门重要的技术基础课程。

本课程涉及知识面广，应用性和实践性极强。对于学生而言，如何将诸多的知识能综合运用起来，以提高分析问题、解决问题的能力是非常重要的。所以学生在学习时要勤于观察各种机械和零件，结合课程内容多思考，主动地理论联系实际，增强感性认识，这将有助于本课程的学习。学生在学习中也要多做练习和简单的设计，以加深对所学内容的理解和

掌握。

本课程的学习任务包括三个方面：一是学习必要的基本知识、基本理论和基本设计方法；二是培养学生分析解决工程的实际问题的能力，使其具有能运用手册、标准选用参数的能力及设计通用零件和简单机械传动装置的能力；三是培养学生的实践观念、工程观念、创新意识和作为工程技术人员的基本素质。

通过本课程的学习，学生应：

- 1) 初步掌握分析解决模具工程或机械工程实际中简单力学问题的方法。
- 2) 初步掌握对杆件进行强度和刚度计算的方法，并具有一定的实验能力。
- 3) 掌握常用模具和机械工程材料的性能、用途及选用原则。
- 4) 初步掌握零件毛坯的基本知识。
- 5) 掌握常用机构和通用机械零件的基本知识，初步掌握分析、选用和设计机械及简单机械传动装置的能力。

由于该课程的特殊性，学生在学习本课程时，要给予必要的重视，以提高学习本课程的兴趣。

0.2 机械设计与机械制造概述

0.2.1 机械概述

机械是人类经过长期生产实践和生活实践创造出来的重要工具，它的作用是实现能量转换和完成有用的机械功，也是人们用以代替或减轻体力劳动、改善劳动条件、提高劳动生产率和产品质量的工具，帮助人们创造更多的社会财富，丰富人们的物质和文化生活。

那么什么叫机械？所谓的机械是机器与机构的总称。

1. 机器与机构

(1) 机器 机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息。

机器的种类繁多，其构造、性能和用途也各不相同，但是从机器的组成部分、运动的确定性和机器的功能关系来分析，所有的机器都具有下列三种共同的特征：

1) 任何机器都是由许多构件组合而成的，也就是说它们都是人为实体的组合。如图 0-1 所示的单缸内燃机，它是由气缸、活塞、连杆、曲轴、轴承等构件组合而成的。

2) 各运动实体之间具有确定的相对运动。如图 0-1 所示的活塞相对于气缸的往复移动，曲轴相对于两端轴承的连续转动。

3) 能实现能量的转换、代替或减轻人类的劳动强度，完成有用的机械功。如：发电机可以把机械能转换成电能；运输机器可以改变物体在空间的位置；金属切削机床能够改变工件的尺寸、形状等。

根据上面的分析，可以对机器得到一个明确的概念：机器就

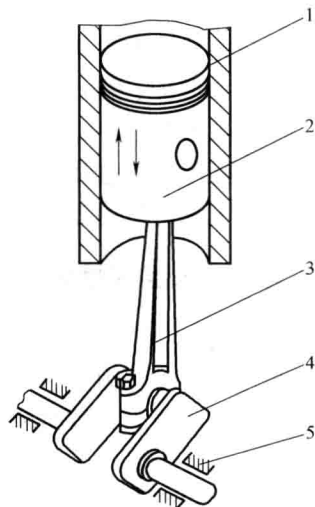


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸 2—活塞 3—连杆
4—曲轴 5—轴承

是人为实体（构件）的组合，各部分之间具有确定的相对运动，并能代替或减轻人类的体力劳动，完成有用的机械功可实现能量的转换。

（2）机构 机构是用来传递运动和力的构件系统。构件系统中有一个构件为机架，构件系统是用运动副连接起来的。

与机器相比较，机构也是人为实体（构件）的组合，各运动实体之间也具有确定的相对运动，但不能做机械功，也不能实现能量转换。

机器与机构的区别在于：机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量的转换；机构的主要功用是传递或转变运动的形式。例如航空发动机、机床、轧钢机、纺织机和拖拉机等都是机器，而钟表、仪表、千斤顶、机床中的变速装置或分度装置等都是机构。通常，机器必包含一个或一个以上的机构。图 0-2 所示的单缸内燃机，其中就有一个曲柄连杆机构，用来将气缸内活塞的往复运动转变为曲柄（曲轴）的连续转动。

如果不考虑做功或实现能量转换，只从结构和运动的角度来看，机器和机构二者之间没有区别，因而将它们总称为机械，即机械是机器与机构的总称。

2. 构件与零件

（1）构件 机器及机构是由许多具有确定的相对运动的构件组合而成，因此，构件是机构中的运动单元体，也就是相互之间能作相对运动的物体。在机械中应用最多的是刚性构件，即作为刚体看待的构件。一个构件，可以是不能拆开的单一整体，如图 0-1 所示的曲轴 4；也可以是几个相互之间没有相对运动的物体组合而成的刚性体，如图 0-1 中构件连杆 3，便是由几个可以拆卸的物体组合而成的刚性体。图 0-2 是连杆构件的组成图，它由连杆体 1、连杆盖 3、螺栓 2 和螺母 4 等物体组合而成。

按其运动状况，可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架，是机构中固结于定参考系的构件。固定构件一般用来支持运动构件，通常就是机器的基体或机座，例如各类机床的床身。运动构件又称可动构件，是机构中可相对于机架运动的构件。运动构件又分成主动件（原动件）和从动件两种。主动件是机构中作用有驱动力或力矩的构件，有时也将运动规律已知的构件称为主动件。形象地说，主动件就是带动其他可动构件运动的构件，从动件是机构中除了主动件以外的随着主动件的运动而运动的构件。

（2）零件 零件是构件的组成部分。机构运动时，属于同一构件中的零件，相互之间没有相对运动。

构件与零件既有联系又有区别，构件可以是单一的零件，如单缸内燃机中的曲轴，既是构件，也是零件；构件也可以是由若干零件连接而成的刚性结构，如连杆构件是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等零件连接而成。

构件与零件的区别在于：构件是运动的单元，零件是加工制造的单元。

由前述可知：机械是由许多具有确定的相对运动的构件组合而成，构件是机械中的运动单元体，也就是相互之间能作相对运动的物体。而零件是构件的组成部分，属于同一构件中的零件，相互之间没有相对运动。这是从机械构成的角度去划分。根据运动形式的不同可将

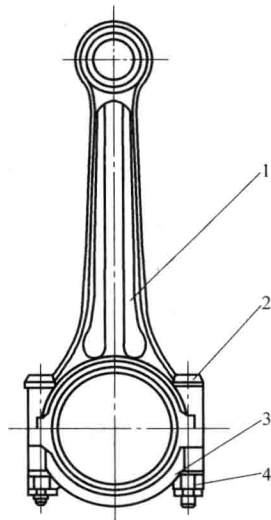


图 0-2 内燃机的连杆机构

1—连杆体 2—螺栓
3—连杆盖 4—螺母

机器分成：动力机器、工作机器和信息机器三部分。其中动力机和工作机将在有关的课程中研究，机器中常用机构、液压传动和机械传动等零部件的设计和制造的基本知识及基本方法是本课程的主要研究内容。

0.2.2 机械设计概述

在机械设计中，无论是应用新技术、新方法，开发创造新机械，还是在原有机机械的基础上重新设计或进行局部改造，以改变或提高原有机机械的性能，其设计都必须认真思考和解决产品的性能、工艺、使用及经济性等诸多问题。

1. 机械设计应满足的基本要求

1) 机械产品和机械零件应满足预定功能的实现，即在预期的寿命内能高效地完成其全部职能（如机床所加工的零件达到所要求的尺寸、形状和精度）和某些特殊要求（如自锁、保险装置等），并且操作方便、有必要的安全装置。

2) 机械应满足技术经济的合理性，即设计和制造的成本低、重量轻、周期短、维护和管理费用低；同时，在设计和制造中要尽可能采用标准化、通用化、系列化的参数和零部件；另外在造型设计时，外形要美观大方，富有时代特点。

3) 充分考虑到制造的工艺性，即总体方案和各部分方案在能达到使用要求的前提下尽可能地简单、实用；毛坯制造、机械加工、装配、维修的工艺性好；并且要合理地选择材料，恰当地使用新材料和新工艺。

4) 尽可能地减轻对环境的污染，即要求所设计的产品在制造、使用乃至报废的全过程中，尽可能减少对周围环境的污染，并且要便于回收利用。

2. 机械零件设计的一般步骤

(1) 机械零件应满足的要求 机械零件是组成机器的单元，所以设计机械零件应该首先满足机器整体对该零件的具体要求，能够正常地工作。其次，应考虑用最佳的方案实现该项要求。如果几个零件互相牵制，不可能同时都达到最优，则应予以综合考虑作出选择。

(2) 机械零件设计的一般过程

1) 分析所设计零件在机器整体中所起的作用，如传递动力、改变运动速度的大小或方向，储存能量、支承、联接、隔振、安全保护等。

2) 对设计出来的零件结构进行分析和计算。包括简化力学模型，进行载荷分析，按可能出现的失效形式确定零件承载能力的计算准则，选择零件的材料和热处理，然后计算确定零件各部分的尺寸。

3) 根据零件的工作条件（包括对零件的特殊条件要求，如耐高压、耐腐蚀等）考虑材料的性能、供应情况、经济因素，合理选择零件材料。

4) 按标准化和工艺要求，圆整计算所得的各尺寸，绘制装配图和零件图。

由上述步骤可知，在机械零件设计过程中，要涉及设计计算、失效分析、材料选择，工艺性、标准化等问题。

3. 机械零件的主要失效形式和计算准则

(1) 机械零件的主要失效形式 机械零件由于某些原因不能正常工作时，称为失效。对于大部分受力较大的零件，如传递功率的传动系统和支承零件，强度失效、刚度失效、磨损失效是主要形式。对于高速机械还应考虑振动问题。

(2) 机械零件的计算准则 根据零件的失效分析结果,以防止产生各种可能的失效为目的,制定计算该零件工作能力所依据的基本原则称为计算准则。机械零件计算常用的计算准则如下:

1) 强度准则:要求零件在工作时不产生强度失效,强度准则取为零件中的应力不超过所允许的限度,即许用应力。

2) 刚度准则:刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。刚度计算准则或刚度要求为:零件的弹性变形小于或等于机器工作时所允许的变形极限值。

3) 耐磨性准则:耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。因此,在磨损严重的条件下,以限制与磨损有关的参数作为磨损计算的准则。

4) 振动稳定性:如果某一个零件的固有频率 f 与激振源频率 f_p 相同或为其整数倍时,这些零件就会产生共振,破坏正常工作。因此,按振动稳定性准则,要求激振源的频率 f_p 在该数值之外,一般要求 $0.85f > f_p$, $1.15f < f_p$ 。

5) 可靠性准则:可靠性表示系统、机器或零件等在规定时间内稳定工作的程度或性质。可靠性常用可靠度 R 表示,可靠度是指系统、机器或零件等在规定的使用时间(寿命)内和预定的环境条件下,能正常地实现其功能的概率。

4. 机械零件材料的选用原则

选择材料和热处理方法是机械设计的一个重要问题。不同材料制造的零件不但力学性能不同,而且加工工艺和结构形状也有很大的差别,如铸造和锻造的大齿轮结构形状就有很大的不同。

选择材料应考虑到的主要问题是:使用要求、制造工艺要求 and 经济要求。因此,设计者必须了解材料的性质才能正确地选择材料。

(1) 使用要求 首先应保证零件的不失效,其次应满足其他的要求,如重量轻、绝缘等。因此,对材料的使用有以下几方面的要求:

1) 机械性质方面的要求:包括强度、塑性、冲击韧度、硬度、弹性模量、阻尼或吸振性能等。

2) 物理性质方面的要求:密度、线膨胀系数、热导率等。

3) 化学性质方面的要求:抗腐蚀性等。

(2) 工艺要求 铸造毛坯可以制成各种复杂的形状,应考虑材料的液态流动性,产生缩孔或偏析的可能性等。锻造毛坯应考虑到材料的延伸性、热脆性和变形能力等。焊接零件要考虑材料的可焊性和产生裂纹的倾向等。对要进行热处理的零件,应考虑材料的淬透性及淬火变形的倾向等。对于要进行切削加工的零件要考虑材料的可加工性,切削后能达到的表面粗糙度和表面性质的变化等。

(3) 经济性 首先应考虑材料本身的价格,在能达到使用要求的前提下,应该尽可能地选用价格低廉的材料。

其次还应综合考虑选用材料的经济效果。如对于大量生产的零件,用铸件通常比用焊接件便宜,而对于单件生产则焊接毛坯更为有利,因为它省去了铸造用的木模。对于某些机械零件采用精密的毛坯制造方法如精铸、精锻、冲压等,虽然毛坯制造费用有所提高,但节省了机械加工的费用,并提高了材料利用率,从而得到了经济效果。

5. 机械零件的结构工艺性

零件的良好结构工艺性，是指在既定的生产条件下能方便而经济地生产出来，并便于装配成机器的特性。关于工艺性的基本要求是：

(1) 合理选择零件的毛坯种类 零件的毛坯种类主要有轧制型材、铸件、锻件、冲压件和焊接件等。毛坯选择合理与否，对零件的工作能力和经济性有很大影响。毛坯的选择与零件的要求及生产条件有关，可根据生产批量、零件的尺寸和形状、材料性能和加工可能性等进行选择。

(2) 零件的结构要简单合理 零件的毛坯种类确定后，就必须按毛坯特点进行结构设计。同时，还应考虑采用最简单表面及其组合，尽量减少加工表面的数量和加工面积等，以减少切削加工费用。此外，零件的结构应便于装拆和调整。

(3) 规定合理的精度及表面粗糙度 随着零件加工精度的提高，加工费用将相应地增加，高精度时尤其明显。因此，在没有充分的技术理由时，不应盲目提高精度。同时，零件表面粗糙度也应根据配合表面的实际需要，作出适当的规定。

6. 机械设计中的标准化

标准是对重复性事物和概念所做的统一规定，它以科学技术和实践经验的综合为基础，经过有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式公布，作为共同遵守的准则和依据。

在设计机械时必须注意考虑标准化问题。标准化就是制定标准和使用标准。我国目前对零件的尺寸、结构要素、材料力学性能、检验方法、设计方法、制图规范都制定了标准。标准分为国家标准（GB）、部颁标准（专业标准）、企业标准等三级。我国已是国际标准化组织（ISO）和世界贸易组织（WTO）成员，出口产品应采用国际标准。在各种机器中，有相当多的零件（如螺钉、滚动轴承等）以及加工所用的刀具、量具（如丝锥、齿轮滚刀、塞规等）是相同的，把它们标准化，把一部分部件（如机床照明灯、汽车发动机）通用化，并把产品（水泵、载货汽车）由小到大，按一定规律组成系列，以减少产品型号数目，以上标准化工作又称三化（即零件标准化，部件通用化，产品系列化），它的意义是：

- 1) 减轻设计者的工作量，可以把主要精力用在关键部件的设计工作上。
- 2) 标准化以后，同一型号零件的加工数量大大增加，有利于采用先进工艺进行大规模专业化生产，可以减少材料消耗，降低成本，提高产品质量。
- 3) 减少设计中的差错，提高产品质量。
- 4) 缩短产品试制周期，可以加速发展新产品。
- 5) 便于维修。

0.2.3 机械制造概述

将设计好的机械零件，经过全面的经济、技术分析鉴定和试制后，投入生产进行制造。其制造过程通常先用锻造（或铸造）、压力加工或焊接等工艺方法制造成毛坯，再进行切削加工，得到所需的零件。有时为改善机械零件的使用性能、延长其使用寿命，在零件制造过程中，需要进行热处理。最后将所制成的各种零件进行装配，即成为机器。

因而，机械制造的概念是将毛坯（或材料）和其辅助材料作为原材料，输入机械制造系统，经过存储、运输、加工、检验等环节，最后实现符合设计要求的零件或产品从系统中输出。概括地讲，机械制造就是将原材料转变为机械（机器）零件的各种劳动总和。所以，任

任何一种机械零件或产品的生产过程，大都可分为技术准备阶段、毛坯制造阶段、零件加工阶段和产品检验与装配阶段。

1. 技术准备阶段

零件或机械产品投产前，必须要作好各项准备工作，首先是要制定好该零件的加工工艺规程，这是指导各项技术操作的重要文件。此外，原材料的供应，刀具、夹具以及量具的配制与配备，热处理设备和检验仪器的准备与校核等，都要在技术准备阶段安排就绪。

2. 毛坯制造阶段

毛坯可由不同的方法获得。常用获得毛坯的方法有：锻造、铸造、焊接和型材等。具体应根据零件的批量、尺寸、形状的复杂程度、性能等要求和因素选用不同的毛坯成形方法。合理选择毛坯和制造方法可有效提高生产率，从而降低生产成本。

3. 零件加工阶段

目前各种零件的加工方法主要还是通过金属切削加工。通用的加工设备有：车床、铣床、钻床、刨床、镗床、磨床等机床，此外，还有专用机床、特种加工机床、数控机床等。采用哪种加工方法，或采用哪种机床进行零件加工，要根据零件的批量、精度、表面的粗糙度和零件的各项技术要求等诸多因素综合考虑，以达到既保证零件质量要求，又保证生产效率高而成本低。

4. 产品检验

每个零件按其在机器中的作用不同，都有一定的精度、表面粗糙度和相关的技术要求，而零件在加工过程中，不可避免地会产生加工误差。因此，必须设定检验工序，以对加工过程产生的尺寸、几何形状误差等进行检验。此外，对于承受重载或在高温、高压条件下工作的零件还应进行内部性能检验，如缺陷检验、力学性能或金相组织检验等。只有当质量检验全面合格后零件才能使用。

5. 装配

装配过程中必须严格遵守技术要求的规定，如零件的清洗、装备顺序、装备方法、工具使用、结合面修磨、润滑剂施加及运转跑合、油漆色泽和包装，都不能掉以轻心，只有这样才能生产出符合要求的合格产品。

本章小结

本课程的主要研究对象是机械。

机械是机器与机构的总称。

机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息。

机构是用来传递运动和力的构件系统。构件系统中有一个构件为机架，构件系统是用运动副连接起来的。

机器与机构的区别在于：机器的主要功用是利用机械能做功或实现能量的转换；机构的主要功用在于传递或转变运动的形式。

机械产品设计一般应满足预定功能的实现、满足技术经济的合理性、考虑到制造的工艺性和尽可能地减轻对环境的污染。

任何一种机械零件或产品的生产过程，大都可分为技术准备阶段、毛坯制造阶段、零件

加工阶段和产品检验与装配阶段。

选择材料应考虑到的主要问题是：使用要求、制造工艺要求和经济要求。

习 题

- 0-1 何谓机械？机械分为哪几个部分？各部分的作用是什么？
- 0-2 机器与机构的主要区别是什么？计算机是否属于机械？原因是什么？
- 0-3 试简述机械零件的几种主要失效形式和计算准则。
- 0-4 机械设计应满足哪些基本要求？
- 0-5 机械零件设计的一般步骤有哪些？其中哪个步骤对零件的最后尺寸起决定性作用？
- 0-6 机械零件材料的选用原则是什么？
- 0-7 学习本课程的任务是什么？

第 1 章 金属材料与金属热处理基础

内容提要：本章内容从实用性出发，讲述金属材料的力学性能与指标、金属材料的热处理与方法以及一些常见金属材料。

1.1 金属材料的性能

金属材料具有许多优良的使用性能（如力学性能、物理性能、化学性能等）和加工工艺性能（如铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能、机械加工性能等）。特别可贵的是，金属材料可通过不同成分配制、不同工艺方法来改变其内部组织结构，从而改善性能。加之其矿藏丰富，因而在机械制造业中，金属材料仍然是应用最广泛、用量最多的材料。在机械设备中约占所用材料的 90% 以上，其中又以钢铁材料占绝大多数。

1.1.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能主要有强度、塑性、硬度、冲击韧度等。上述指标既是选用材料的重要依据，又是控制、检验材料质量的重要参数。

1. 强度

在外力作用下，材料抵抗变形和破坏的能力称为强度。根据外力的作用方式，有多种强度指标，如抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度等。当材料承受拉力时，强度性能指标主要是屈服强度和抗拉强度。

(1) 屈服强度 σ_s 。如图 1-1b 所示，当曲线超过 A 点后，若卸去外加载荷，则试样会留下不能恢复的残余变形，这种不能随载荷去除而消失的残余变形称为塑性变形。当曲线达到 A 点时，曲线出现水平线段，表示外加载荷虽然没有增加，但试样的变形量仍自动增大，这种现象称为屈服。屈服时的应力值称为屈服强度，记为 σ_s 。

有的塑性材料没有明显的屈服现象发生，如图 1-1c 所示。对于这种情况，用试样标距长度产生 0.2% 塑性变形时的应力值作为该材料的屈服强度，称为条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

机械零件在使用时，一般不允许发生塑性变形，所以屈服强度是大多数机械零件设计选材的主要依据，也是评定金属材料承载能力的重要力学性能指标。材料的屈服强度越高，允许的工作应力越高，零件所需的截面尺寸和自身重量就越小。

(2) 抗拉强度 σ_b 。材料发生屈服后，其应力与应变的变化如图 1-1 所示，到最高点应力达到最大值 σ_b 。在这以后，试样产生“缩颈”，迅速伸长，应力明显下降，最后断裂。最大应力值 σ_b 称为抗拉强度或强度极限。它也是零件设计和评定材料时的重要强度指标。 σ_b 测量方便，如果单从保证零件不产生断裂的安全角度考虑，可作为设计依据，但所取的安全系数应该大一些。

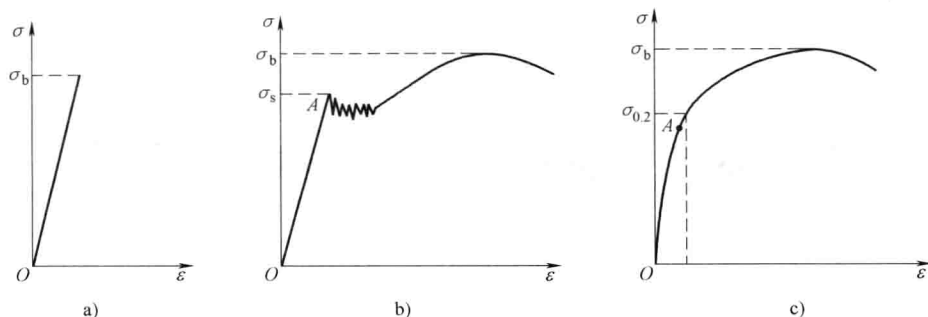


图 1-1 应力-应变图

a) 无塑性变形的脆性材料 b) 有明显屈服点的塑性材料 c) 没有明显屈服点的塑性材料

2. 塑性

材料在外力作用下，产生永久残余变形而不被断裂的能力，称为塑性。塑性指标也主要是通过拉伸实验测得的（图 1-1）。工程上常用断后伸长率和断面收缩率作为材料的塑性指标。

(1) 断后伸长率 δ 试样在拉断后的相对伸长量称为断后伸长率，用符号 δ 表示，即

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 L_0 ——试样原始标距长度；

L_1 ——试样拉断后的标距长度。

(2) 断面收缩率 ψ 试样被拉断后横截面积的相对收缩量称为断面收缩率，用符号 ψ 表示，即

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 S_0 ——试样原始的横截面积；

S_1 ——试样拉断处的横截面积。

断后伸长率和断面收缩率的值越大，表示材料的塑性越好。塑性对材料进行冷塑性变形有重要意义。此外，工件的偶然过载，可因塑性变形而防止突然断裂；工件的应力集中处，也可因塑性变形使应力松弛，从而使工件不至于过早断裂。这就是大多数机械零件除要求一定强度指标外，还要求一定塑性指标的道理。

材料的 δ 和 ψ 值越大，塑性越好。两者相比，用 ψ 表示塑性更接近材料的真实应变。

3. 硬度

硬度是材料表面抵抗局部塑性变形、压痕或划裂的能力。通常材料的强度越高，硬度也越高。硬度测试应用得最广的是压入法，即在一定载荷作用下，用比工件更硬的压头缓慢压入被测工件表面，使材料局部塑性变形而形成压痕，然后根据压痕面积大小或压痕深度来确定硬度值。从这个意义来说，硬度反映材料表面抵抗其他物体压入的能力。工程上常用的硬度指标有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等。

(1) 布氏硬度 HBW 布氏硬度是用一定载荷 P ，将直径为 D 的硬质合金球，压入被测材料的表面，保持一定时间后卸去载荷，根据压痕面积确定硬度大小。其单位面积所受载荷称为布氏硬度。