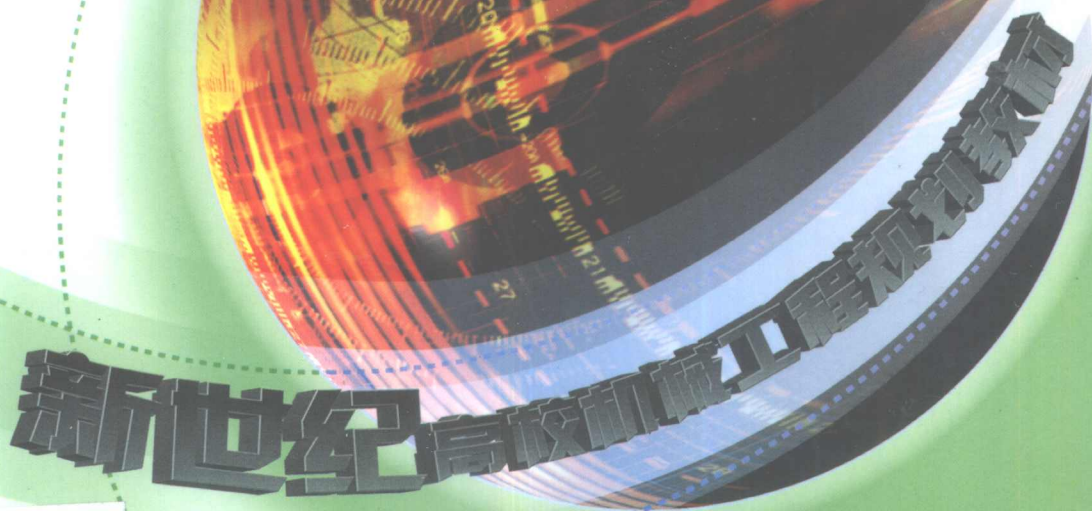


新世纪 GAOXIAO GUIHUA JIAOCAO 高校机械工程专业规划教材



机械设计基础

主编 朱东华 樊智敏



2-43



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



71.122-42
281
新世纪高校机械工程规划教材

机械设计基础

主 编 朱东华 樊智敏
副主编 牛 玲 李乃根 王秀叶
参 编 姜 雪
主 审 陈铁鸣



机械工业出版社

本教材是根据 2002 年全国高校教学指导委员会关于《机械设计基础》课程的“教学指南”及“基本要求”的精神重新进行的整合与编写。在编写中,我们对基本理论及相关公式进行了简化,略去了以往繁琐的论证和推导,同时重视对新技术,新结构,新设计方法等新的知识点的引入,增加了“传动系统方案设计与创新设计”等新的章节。本教材力求做到概念把握准确,叙述深入浅出,主、次与薄、厚处理得当,辞章规范;强调“能比较”、“能选择”、“能设计”的基本能力的培养,并在启迪学生现代机构设计的思维和理念,提高读解能力和设计能力方面有所突破。

主要内容包括:机械设计概论,平面机构、凸轮机构、带传动与链传动、齿轮、蜗杆传动、螺纹联接及滚动、滑动轴承与离合器等。

本教材为 70 学时教学内容,适用于高等院校本科近机类、非机类各专业以及专科机械类各专业。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/朱东华,樊智敏主编. —北京:机械工业出版社, 2003.1

新世纪高校机械工程规划教材

ISBN 7-111-11309-8

I. 机… II. ①朱…②樊… III. 机械设计—高等学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 100355 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:高文龙 王世刚 版式设计:张世琴

责任编辑:高文龙 常燕宾 责任校对:韩 晶

封面设计:姚 毅 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·9 印张·349 千字

0 001—5 000 册

定价:22.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本规划教材是在满足国家教育部 2002 年颁发的“高等学校机电专业机械设计基础课程”教学基本要求的前提下,结合近几年来高等院校机械设计基础课程教学改革的经验编写而成的。本教材的主要特色为:

1. 根据全国高校教学指导委员会关于机械设计基础课程的“教学指南”和“基本要求”的精神,对传动教材章节进行了新的整合和删减,同时增加了“传动系统方案设计与创新设计”等新的章节。对基本理论及相关公式也进行了简化,并略去了以往繁琐的论证和推导。本书更加强调“能比较”、“能选择”、“能设计”的基本能力的培养。

2. 本教材力求做到概念把握准确,叙述深入浅出,主次分明,内容多少适量,辞章规范,语句流畅,以体现较强的“可读性”和“可教性”。

3. 本教材充分重视对新技术、新结构、新设计方法等新的知识点的引入。力求在启迪学生现代机构设计的思维和理念,提高读解能力和设计能力方面有所突破。

4. 此外,本教材尽量引用最新标准和规范,采用国家标准规定的名词术语和符号。

参加本书编写的人员有:朱东华(第一、六、七、十七章);樊智敏(第二、五章);牛玲(第三、十、十一章);李乃根(第十二、十五、十六章);王秀叶(第四、八、十四章);姜雪(第九章)。

本书由朱东华、樊智敏任主编,牛玲、李乃根、王秀叶任副主编,姜雪任参编。

本书承哈尔滨工业大学陈铁鸣教授精心审阅,提出了很多宝贵的意见和建议,编者谨此表示衷心的感谢。

限于编者的水平和时间,书中定有缺点和错误存在,谨望广大读者批评指正。

编 者

2002 年 11 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 本课程研究的对象和任务	1
第二节 本课程在教学中的地位与展望	2
第三节 课程的内容体系和基本要求	3
思考题	5
第二章 机械设计概论	6
第一节 机械零件的强度及设计准则	6
第二节 机械零件的常用材料及其选择	9
第三节 机械零件的结构工艺性和标准化	14
思考题	16
第三章 平面机构	17
第一节 平面机构的运动简图及其自由度	17
第二节 平面连杆机构的类型及应用	23
第三节 四杆机构的基本特性	29
第四节 平面四杆机构的设计	31
思考题	37
习题	37
第四章 凸轮机构	41
第一节 凸轮机构的应用和分类	41
第二节 从动件的常用运动规律	44
第三节 凸轮机构的压力角和基圆半径的选择	48
第四节 图解法设计凸轮轮廓	50
第五节 解析法设计凸轮轮廓	55
思考题	57
习题	57
第五章 带传动与链传动	58
第一节 带传动的类型和特点	58

第二节 带传动的受力分析	61
第三节 V 带传动的设计	66
第四节 V 带轮设计及 V 带传动的维护	73
第五节 同步带传动简介 *	75
第六节 链传动简介	76
思考题	78
习题	78
第六章 齿轮传动	80
第一节 齿轮传动的特点和类型	80
第二节 齿廓实现定角速比的条件	81
第三节 渐开线齿廓	82
第四节 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸	84
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	87
第六节 渐开线齿轮的切齿原理及根切与变位	89
第七节 齿轮传动的精度	94
第八节 齿轮的失效形式和设计准则	95
第九节 齿轮材料与热处理方法	97
第十节 直齿圆柱齿轮的强度计算	98
第十一节 斜齿圆柱齿轮传动	105
第十二节 锥齿轮传动	109
第十三节 齿轮的结构设计	113
第十四节 齿轮传动的润滑	115
思考题	115
习题	116
第七章 蜗杆传动	117
第一节 蜗杆传动的特点和类型	117
第二节 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	119
第三节 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	121
第四节 普通圆柱蜗杆的强度计算	122
第五节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	125
第六节 蜗杆和蜗轮的结构	127
思考题	130
习题	130
第八章 轮系	132
第一节 轮系的分类及应用	132

第二节 定轴轮系及其传动比	134
第三节 周转轮系及其传动比	136
第四节 混合轮系及其传动比	139
第五节 几种特殊行星轮系传动简介	140
思考题	142
习题	143
第九章 间歇运动机构	145
第一节 棘轮机构	145
第二节 槽轮机构	148
思考题	150
习题	150
第十章 螺纹联接与螺旋传动	151
第一节 螺纹概述	151
第二节 螺纹联接的基本类型和标准联接件	157
第三节 螺纹联接的预紧和防松	161
第四节 单个螺栓的强度计算	165
第五节 螺栓组联接的设计	172
第六节 螺旋传动	174
思考题	177
习题	178
第十一章 轴及轴毂联接	180
第一节 轴的分类和材料	180
第二节 轴的结构设计	183
第三节 轴的设计计算	187
第四节 轴毂联接	190
思考题	197
习题	197
第十二章 滚动轴承	198
第一节 滚动轴承的类型和代号	198
第二节 滚动轴承的选择计算	205
第三节 滚动轴承的组合设计	213
第四节 滚动轴承的润滑和密封	218
思考题	220
习题	220

第十三章 滑动轴承	222
第一节 摩擦状态	222
第二节 润滑剂和润滑装置	223
第三节 滑动轴承的结构形式	226
第四节 轴瓦及轴承衬材料	228
第五节 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	231
第六节 液体动压滑动轴承简介*	233
第七节 静压轴承与空气轴承简介*	235
思考题	237
习题	237
第十四章 联轴器和离合器	238
第一节 联轴器	238
第二节 离合器	244
思考题	247
习题	248
第十五章 弹簧	249
第一节 弹簧的功用和类型	249
第二节 圆柱螺旋弹簧的材料和许用应力	250
第三节 圆柱螺旋弹簧的设计	252
思考题	257
习题	257
第十六章 机械动力学	258
第一节 机械速度波动的调节	258
第二节 回转件的平衡	262
思考题	266
习题	267
第十七章 传动系统方案设计与创新设计	268
第一节 机械系统方案设计的一般原则	268
第二节 方案评价与决策	271
第三节 机械系统创新设计概述	276
思考题	278
习题	278
参考文献	279

第一章 绪 论

第一节 本课程研究的对象和任务

机械是减轻或替代体力劳动、提高生产效率的重要辅助工具，是人类在长期的生产实践中不断地创造与发展起来的。在当今，机械的设计水平和机械现代化的程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

机械是机器和机构的总称。在机械系统中，将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机，如内燃机、电动机等；利用机械能去转换或传递能量的机器称为工作机，如发动机（机械能转换为电能）、起重机（传递物料）、金属切削机床（使物料变形）等都属于工作机。机器一般包含动力部分、传动部分、控制部分、执行部分等四个基本组成部分。动力部分可采用风力、液力、电力、热力等作动力源，其中以利用电力和热力作为原动机动力源的最为广泛。传动部分和执行部分由各种机构组成，是机器的主体。控制部分包括各种控制机构、电器装置、计算机和液压、气压控制系统等。

图 1-1 所示为一工业机器人，它由机械手、机械臂、气动装置、电气装置、计算机控制系统组成。当机械手的大臂、小臂和手按指令有规律地运动时，手端夹持器便将物料搬运到预定的位置。在这部机器中，机械手和机械臂是传递运动和执行任务的装置，是机器的主体部分，气动装置和电力装置提供动力，计算机实施控制。

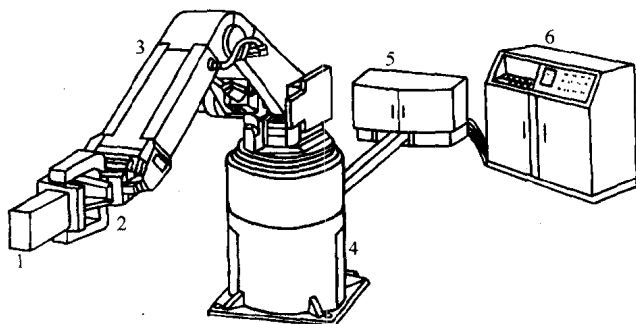


图 1-1 工业机器人

- 1—工件 2—机械手 3—机械臂 4—气动装置
5—电力装置 6—计算机控制系统

图 1-2 所示为单缸内燃机。图中活塞 1、连杆 2、曲柄轴 3 和汽缸体 4 组成曲柄滑块机构，将活塞的直线运动变为曲轴的连续转动；凸轮 5、顶杆 6 和汽缸体 4 组成凸轮机构，将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的直线移动；曲柄轴 3 和凸轮轴上的齿轮 8 与汽缸体 4 组成齿轮机构。

所以，单缸内燃机的主体部分是由曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构组成的。

从上述两例可以看出，虽然机器的构造、用途和性能有所不同，但都具有以下几个共同的功能。

- 1) 是许多人为实物的组合。
- 2) 各实物之间具有确定的相对运动。
- 3) 能完成有用的机械功或转换机械能。

凡具有上述三个功能的实物组合体称为机器；其中，诸多具有各自特定功能的制造单元

体称为零件，如：键、轴、齿轮、螺栓等通用零件和顶杆、连杆、活塞、汽缸体等专用零件；诸多具有各自特定运动的运动单元体称为构件，它可以是单个零件，也可以是多个零件。如：单个的键、轴、齿轮组合在一起称为齿轮构件；诸多以一定的连接方式组成的构件系统称为机构；如：两个齿轮构件相互啮合，各自具有确定的相对运动，传递运动和力，称为齿轮机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等，连接各个机构的固定构件称为机架。机构与机器的区别在于：机构只满足上述三个功能的前两项功能。但是，在研究机构的运动和受力的情况时，机器与机构之间并无区别。

机械设计基础主要研究常见机构的运动规律及传动设计的基本理论；研究各类通用零件的工作原理、结构特点及强度计算、校核等基本设计方法。掌握机械设计的基本知识和具备一定的通用机械零件的设计能力，是本课程学习的主要目的和任务。

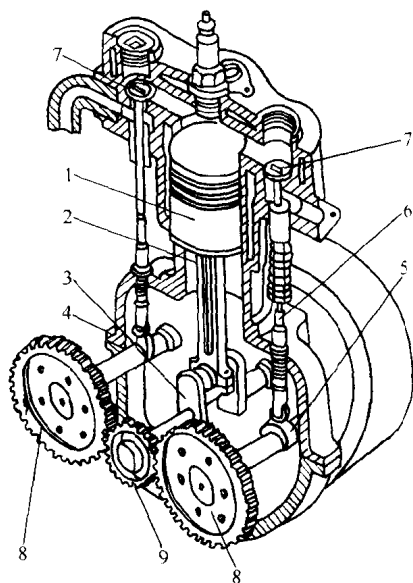


图 1-2 单缸内燃机

- 1—活塞 2—连杆 3—曲柄轴
4—汽缸体 5—凸轮 6—顶杆
7—进气、排气阀 8、9—齿轮

第二节 本课程在教学中的地位与展望

随着机械化生产规模的日益扩大，除机械制造部门外，在动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员，将会经

常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当对机械具备一定的基础知识。因此机械设计基础同机械制图、电工、电子学、工程力学等课程一样,成为高等工科院校近机类、非机类专业重要的技术基础课。它将为这些相关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础,使其在了解各种机械的传动原理、设备的正确使用和维护及设备的故障分析等方面获得必要的基本知识。通过本课程的学习和课程设计实践,可培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力,为日后从事技术改造与创新设计创造条件。

机械设计基础是许多理论和实际知识的综合运用,是一门理论性和实践性很强的课程。本课程的先修课程主要有机械制图、工程力学、金属工艺学、工程材料、公差与技术测量等课程。只有在学习和掌握了这些主要先修课程的基本知识的基础上才能进入本课程的学习。此外,考虑到许多近代机械设备中包含复杂的动力系统和控制系统,各相关专业还应当了解液压和气压传动、电子技术和计算机等有关知识。

在各个生产部门加速实现机械化、自动化,对于已进入 WTO 的中国经济具有十分重要的意义。为了加快社会主义建设步伐,增强国际竞争力,应加强对原有设备的技术改造,充分挖掘企业潜力,应设计出各种高质量的成套设备来装备各个生产部门以实现生产过程自动化;应研究和设计出更为完善的机械手和机器人,从事空间、海洋的探测与开发。随着我国科学技术的发展,特别是计算机应用的普及,各个生产、研究部门已将一些新的方法和设计软件应用于机械设计中。例如:概念设计、模块化设计、最优化设计、有限元设计、可靠性设计、工业造型设计以及支持新设计方法的 PRO/E、UG、I-DEAS、MATLAB、ANSYS、3DMAX 软件平台等。可以预计,在 21 世纪,机械设计这门学科还将创新出更多、更先进的设计方法和设计软件,并在我国现代工业的高速发展中发挥越来越大的作用。

第三节 课程的内容体系和基本要求

本课程的内容体系主要包含三个方面:一是各类常见机构的运动分析、动力分析、机构的图解法设计和解析法设计,以及各类通用零件的失效形式、设计准则、受力分析、强度计算、校核和结构设计等方面的基本内容;二是提高通用机械的运动精度、工作效率、可靠性以及各类零部件的强度、寿命的方法与措施方面的拓展内容;三是有关各类设计方案的选择与比较,以及现代设计方法方面的创新内容。要求学生在重点掌握基本内容的基础上,熟悉拓展内容,了解创新内容,初步具备设计和分析基本机构、设计简单机械和普通机械传动装置的能力。

设计机械应满足的基本要求是：实现预期功能。在满足预期功能的前提下，还应保证其性能好，效率高，成本低，造型美，在预定的寿命期限内安全可靠，操作方便，维修简单等。

一部机器的诞生，从某种需求到萌生设计念头，再经过调研、论证、设计、校核、制造、鉴定一直到产品定型，是一个复杂、细致、时常反复的过程。图 1-3 所示，是机械设计制造的一般程序框图。虚线框中，列举了现代企业中常用的一些设计方法；实线框中，除了介绍常见的机械设计过程外，还对能否通过方案审查、样机验收、市场认同等进行了反复的判定，它反映出注重市场调节、信奉客户至上的现代设计理念。

设计人员必须善于把设计构思、设计方案用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者以获得认同和批准。除具体技术问题外，还要论证以下问题：

- (1) 此设计是否确为市场所需要。
- (2) 功能与造型是否有特色。
- (3) 能否与同类产品竞争。
- (4) 制造上是否经济。
- (5) 维修保养是否方便。
- (6) 社会效益与经济效益如何。

设计人员应富有创造精神，应从实际情况出发，深入调查研究，广泛听取工艺人员、销售人员的意见。在设计、加工、安装和调试过程中应及时发现问题，反复修改，以期取得最佳的效果。应结合书本知识对一些典型产品进行类比、分析、归纳，从中积累设计经验。不能只顾强度计算，忽略结构设计；只顾内在质量的物质功能作用，忽略外观质量的精神功能作用；只顾产品设计，忽略市场信息反馈；只顾书本知识，忽略现场实践。除此之外，在学习、掌握好传统设计方法的基础上，还应不断地学习和了解国内、外新的设计方法和创新理念。应不断地拓宽自己的知识面，不断地更新知识。只有这样，才能逐步提高自己的综合设计能力，不断地创新设计出质量可靠、造型美观、性能价格比高、用户喜闻乐见的名牌产品。

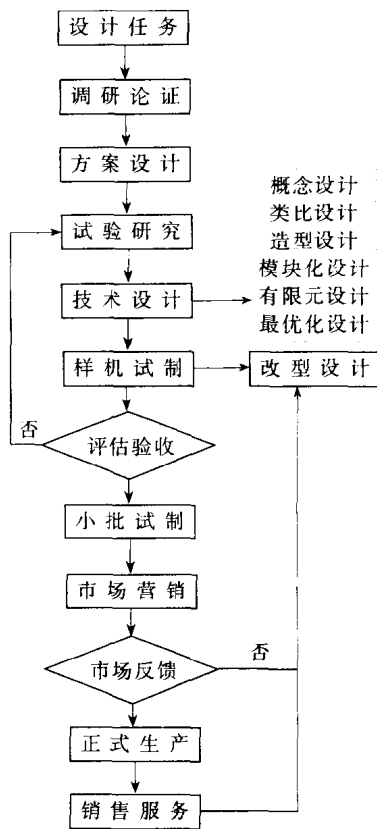


图 1-3 机械设计制造的程序框图

思 考 题

1-1 对下列机器各举出两个实例：

- (1) 将机械能变换为其他形式能量的机器。
- (2) 将其他形式的能量变换为机械能的机器。
- (3) 变换或传递信息的机器。
- (4) 传递物料的机器。

1-2 试说明下列机器的动力部分和执行部分：

- (1) 火车； (2) 车床； (3) 风力发电机； (4) 洗衣机； (5) 摩托车。

1-3 试指出 1-2 题中五种以上专用零件和通用零件。

第二章 机械设计概论

如绪论所述，机械设计应满足的要求是：在满足预期使用功能的前提下，应性能好、效率高、成本低，在预定使用期内安全可靠，操作方便、维修简单和造型美观等。

设计机械零件时，也必须认真考虑上述要求。概括的讲，所设计的机械零件既要工作可靠，又要成本低廉。解决前一个问题，需要根据可能发生的失效，确定零件在强度、刚度、寿命、振动稳定性、耐磨性、温升等方面必须满足的条件，这些条件是判断零件工作能力的准则。

要想降低机械零件的制造成本，必须从设计和制造两方面一起努力。设计时应正确选择材料和热处理，合理规定公差等级以及认真考虑零件的加工工艺性和装配工艺性。同时，设计者还应考虑降低使用成本，注意提高功效，降低使用消耗，延长机器使用寿命等。另外，对机械零件的设计者来说，标准化是非常重要的。

本章主要介绍机械零件的强度及设计准则、常用材料及其选择及机械零件的结构工艺性和标准化等。

第一节 机械零件的强度及设计准则

一般情况下，零件受载时是在较大的体积内产生应力，这种应力状态下的零件强度称为整体强度。若两个零件在受载前是点接触或线接触，受载后，由于变形其接触处为一小面积，通常此面积很小但表层产生的局部应力却很大，这种应力称为接触应力。此时零件强度称为接触强度。如齿轮、滚动轴承等机械零件，都是通过很小的接触面积传递载荷的，因此它们的承载能力不仅取决于整体强度，还取决于表面的接触强度。

一、机械零件的主要失效形式

当机械零件由于某种原因而丧失正常工作能力时，称之为失效。失效并不单纯意味着破坏。常见的失效形式有：断裂、塑性变形、过大的弹性变形、表面失效（如磨损、疲劳点蚀、胶合、塑性流动、压溃和腐蚀）等，以及正常条件引起的失效，如带传动中的打滑、受压杆件的失稳等。

零件不发生失效时的安全工作限度称为工作能力。对载荷而言的工作能力称为承载能力。应该指出：同一种零件可能有多种失效形式，以轴为例，它可能发

生疲劳断裂，或发生过大弹性变形，也可能发生共振。在各种失效形式中，哪一种为主要失效形式，这应该根据零件的材料、具体结构和工作条件等因素来确定。仍以轴为例，对于载荷稳定、一般用途的转轴，疲劳断裂是其主要失效形式；对于精密主轴，弹性变形量超过其许用值是其失效形式；而对于高速转动的轴，发生共振、丧失振动稳定性是其失效形式。

机械零件虽然有很多种可能的失效形式，但归纳起来，最主要的是由于强度、刚度、耐磨性、温度对工作能力的影晌以及振动稳定性、可靠性等方面的问题。下面将简单叙述考虑这些问题并满足工作能力要求时的计算准则。

二、机械零件的设计准则

设计机械零件时，保证零件不产生失效所依据的基本准则，称为设计计算准则。设计准则的确定应该与零件的失效形式紧密的联系起来。一般来讲主要有：强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则等。

1. 强度准则

零件的强度是指零件抵抗破坏的能力。强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为了保证零件工作时有足够的强度，一种方法是应使其危险截面上或工作表面上的最大应力（ σ ， τ ）不超过零件的许用应力（ $[\sigma]$ ， $[\tau]$ ）。其表达式为

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma], \quad [\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{[S_{\sigma}]} \\ \tau &\leq [\tau], \quad [\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{[S_{\tau}]} \end{aligned} \right\} \quad (2-1)$$

式中 $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 分别为极限正应力和切应力； $[S_{\sigma}]$ 、 $[S_{\tau}]$ 分别为正应力和切应力时的许用安全系数。

另一种方法是表达为危险截面上或工作表面上的安全系数 S 大于或等于其许用安全系数 $[S]$ ，即

$$S \geq [S]$$

按照随时间变化的情况，应力可分为静应力和变应力。不随时间变化的应力，称为静应力，纯粹的静应力是没有的，但如变化缓慢，就可看作静应力，例如锅炉的内压力所引起的应力。随时间变化的应力，称为变应力。具有周期性的变应力称为循环变应力。

在静应力下，零件材料有两种损伤形式：断裂或塑性变形。对于塑性材料，可按不发生塑性变形的条件进行计算，这时应取材料的屈服点 σ_s 作为极限应力；对于用脆性材料制成的零件，应取抗拉强度 σ_b 作为极限应力。

在变应力下，零件的损伤形式是疲劳断裂。疲劳断裂不同于一般静力断裂，它是损伤到一定程度后，即裂纹扩展到一定程度后，发生的突然断裂。所以，疲

劳断裂是与应力循环次数有关的断裂。对疲劳断裂来讲,应力应不超过零件的疲劳极限。

2. 刚度准则

刚度是指零件抵抗弹性变形的能力。零件在载荷作用下产生的弹性变形量 y , 小于或等于其工作性能所允许的极限值 $[y]$ (即许用变形量, 弹性变形量包括弹性线位移、角位移和扭转变形角), 就叫做满足了刚度要求, 或符合了刚度设计准则。其表达式为

$$y \leq [y] \quad (2-2)$$

可按各种求变形量的理论或实验方法来确定弹性变形量 y , 而许用变形量 $[y]$ 则应随不同的使用场合, 根据理论或经验来确定其合理的数值。

3. 寿命准则

影响零件寿命的主要因素是腐蚀、磨损和疲劳, 这属于三个不同范畴的问题。迄今为止, 还没有实用有效的腐蚀寿命计算方法。关于磨损, 由于其类型众多, 影响因素复杂, 所以尚无通用的能够进行定量计算的方法, 目前常用的计算准则是控制表面的压强。关于疲劳寿命, 通常是求出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

4. 振动稳定性准则

零件发生周期性弹性变形的现象称为振动。振幅和频率是描述振动现象的两个主要参数。随着工作转速的提高, 机器易于出现振动问题, 影响其工作质量。所以, 在零件设计中, 考虑振动稳定性问题就愈来愈具有重要意义。

振幅尺寸虽然很小, 但当机器或零件的固有频率和周期性外力的变化频率相等或相接近时就要发生共振。这时, 振幅将剧烈增大, 此种现象称为失稳, 即丧失振动稳定性。机器中存在着许多周期性变化的激振源。如齿轮的啮合, 弹性轴的偏心转动, 滑动轴承中的油膜振荡等。振动稳定性准则是指设计时使受激振作用零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 错开, 即

$$f_p < 0.85f \quad \text{或} \quad f_p > 1.15f \quad (2-3)$$

如果不能满足上述条件, 则可以用改变零件或系统的刚度、阻尼等办法改善振动稳定性, 也可以采用隔振、消振等技术来改善机器的抗振性能。

5. 可靠性准则

按传统的强度设计方法设计的零件, 由于材料强度、外载荷和加工尺寸等都存在着离散性, 有可能出现达不到预定工作时间而失效的情况。因此, 希望将这种失效情况的概率限制在一定范围之内, 这就是对零件提出可靠性要求。可靠性是指系统或零件在规定的条件下和规定的时间内, 完成规定功能的程度。可靠性通常用可靠度 R_t 来度量, 它是指系统或零件在规定的条件下和规定的时间内, 完成规定功能的概率。重要的产品, 应经过可靠性论证。

第二节 机械零件的常用材料及其选择

一、常用材料

机械零件的常用材料有铁碳合金、有色合金、非金属材料和各种复合材料。钢和铸铁都是铁碳合金，应用最广。

1. 材料的分类和应用

常用材料的分类和应用见表 2-1。

2. 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指其在外力作用下表现出来的特性，如弹性、塑性、刚度、强度、硬度等。

(1) 强度 强度是指材料抵抗塑性变形和断裂的能力。屈服点 σ_s 和抗拉强度 σ_b 是表征强度的主要指标。屈服点 σ_s 是材料发生塑性变形时的应力，抗拉强度 σ_b 是材料发生断裂时的应力。对于低碳钢这样的塑性较好的材料，产生塑性变形后就会影响其正常工作，故通常取其屈服点 σ_s 作为破坏的极限应力。而铸铁等脆性材料直到断裂时不会产生明显的塑性变形，只有在断裂时才丧失工作能力，所以对脆性材料通常取其抗拉强度 σ_b 作为破坏的极限应力。

(2) 刚度 刚度是指材料抵抗弹性变形的能力。在弹性变形范围内应力与应变的比值是常数 E ，即弹性模量。弹性模量 E 是引起单位应变所需的应力，故 E 是表征材料刚度的主要指标。

(3) 塑性 金属材料的塑性是指在外力作用下金属产生塑性变形而不产生断裂的能力。工程上通常用试件拉断后所留下的残余变形来表示材料的塑性，一般有下列两个指标表征塑性。

1) 伸长率。试件拉断后单位长度内产生残余伸长的百分数称为伸长率，用 δ 表示，即

$$\delta = \frac{l_1 - l}{l} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 l_1 为拉断后的长度； l 为拉伸前的长度。

2) 收缩率。试件拉断后截面面积相对收缩的百分数称为收缩率，用 Ψ 表示，即

$$\Psi = \frac{A - A_1}{A} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中 A_1 为拉断后颈缩处的截面积； A 为拉伸前的截面积。

通常塑性材料的 δ 或 Ψ 较大，而脆性材料的 δ 或 Ψ 较小。塑性指标在工程技术中具有重要的意义，良好的塑性可使零件完成某些成形工艺，如冷冲压、冷