

机械设计基础

主编 王大康 唐尔钧 荣兆永
编委 王大康 唐尔钧 荣兆永
杨淑贞 欧阳真 沈国英
赵宝珠

北京工业大学出版社

(京)登95第212号

内 容 简 介

本书以精辟的语言阐明了机械专业应具备的基础知识,既全面系统,又具有科学性,先进性。全书内容共二十章:包括机械及机械零件设计概论,机械零件强度,机构结构分析和运动、动力参数计算,螺纹联接和螺旋传动,键、销联接,铆、焊、胶接,带、链、齿轮、蜗杆传动,轮系,轴,滚动、滑动轴承,联轴器和离合器,平面连杆、凸轮、间歇机构,机械的调速和平衡,弹簧。本书每章之后均附有习题。

本书可作为机械类或近机类的教材,也可供有关专业的工程技术人员学习与参考。

机械设计基础

主编:王大康等 责任编辑:李志恒

北京工业大学出版社出版发行 社址:北京市朝阳区平乐园

徐水宏远印刷厂印刷 新华书店经销

开本:1/32 850mm×1168mm 印张:17.25 字数:420千字

印数:0001~3000册 1995年12月第1版第1次印刷

ISBN 7-5639-0460-3/T·46 定价:12.00元

前 言

本书是根据1990年国家教委颁布的高等学校工程专科《机械设计基础（机械原理及机械零件）课程教学基本要求》的精神，由北京机械设计教学研究会组织编写的，作为机械类或近机类“机械设计基础”课程（其参考学时范围：75~120学时）的教材。

按照高等工程专科教育培养技术应用型人才的总目标，本教材在编写中突出以应用为目的，以生产中所需要的基本知识、基本理论和基本技能为基础，本着“掌握概念、强化应用、培养技能”和“少而精”的原则，同时根据教学要求精选内容，并力求深入浅出，详略得当，打好基础，利于教学。

本书采用我国最新颁布的标准、规范、数据及资料。但近年来我国标准变化很大，实际设计时，应以当时实行的标准、规范为依据。书中采用了我国法定计量标准及规定的名称、单位与符号。

参加本书编写工作的有北京工业大学王大康，北京化工大学唐尔钧、杨淑贞，首钢职工大学荣兆永，北京自动化工程学院欧阳真，北京纺织工程学院沈国英，北京电子管厂职工大学赵宝珠。全书由王大康、唐尔钧、荣兆永主编，由北京航空航天大学郭可谦主审。

由于编者的水平和时间所限，书中的缺点和错误在所难免，希望使用本书的广大读者批评指正。

编 者

1995年3月

目 录

前言	
绪论	(1)
第一节 机械的组成	(1)
第二节 本课程的内容、性质和任务	(4)
习 题	(5)
第一章 机械及机械零件设计概论	(6)
第一节 机械设计的基本要求和一般程序	(6)
第二节 机械零件的主要失效形式、计算准则和设计方法	(8)
第三节 机械零件材料的选用原则	(12)
第四节 机械零件的制造工艺性及标准化	(13)
第五节 机械设计的新发展	(14)
第二章 机械零件的强度	(16)
第一节 载荷与应力	(16)
第二节 机械零件的强度计算	(20)
第三节 机械零件的接触强度	(30)
习 题	(33)
第三章 机构结构分析和运动、动力参数计算	(34)
第一节 平面运动副及其分类	(34)
第二节 平面机构的运动简图	(37)
第三节 平面机构的自由度	(44)
第四节 机械传动的运动、动力参数计算	(50)
习 题	(55)

第四章	螺纹联接和螺旋传动	(59)
第一节	螺纹	(59)
第二节	螺纹的受力、自锁和效率	(66)
第三节	螺纹联接的预紧和防松	(68)
第四节	螺栓联接的强度计算	(73)
第五节	螺纹联接件的材料及许用应力	(82)
第六节	提高螺栓联接强度的措施	(86)
第七节	螺旋传动	(91)
习 题	.....	( 104)
第五章	键联接和销联接	(106)
第一节	键联接	(106)
第二节	花键联接	(111)
第三节	销联接	(113)
习 题	.....	( 115)
第六章	铆接、焊接、胶接	(116)
第一节	铆接	(116)
第二节	焊接	(119)
第三节	胶接	(123)
第七章	带传动	(127)
第一节	概述	(127)
第二节	带和带轮	(129)
第三节	带传动的工作情况分析	(135)
第四节	普通 V 带传动的设计计算	(140)
第五节	普通 V 带传动的使用和维护	(156)
第六节	同步带传动简介	(158)
习 题	.....	( 159)
第八章	链传动	(160)
第一节	概述	(160)

第二节	滚子链和链轮	(161)
第三节	链传动的工作情况分析	(169)
第四节	滚子链传动的设计计算	(174)
第五节	链传动的布置、张紧及润滑	(182)
第六节	齿形链传动简介	(186)
习 题	.....	( 187)
第九章	齿轮传动	(188)
第一节	概述	(188)
第二节	齿廓啮合基本定律	(190)
第三节	渐开线齿廓	(192)
第四节	渐开线标准齿轮的主要参数和几何尺寸	(195)
第五节	渐开线标准齿轮的啮合	(199)
第六节	轮齿的加工、根切现象和变位齿轮	(203)
第七节	轮齿的失效形式	(210)
第八节	齿轮的材料和许用应力	(213)
第九节	齿轮传动的精度	(222)
第十节	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(225)
第十一节	斜齿圆柱齿轮传动	(236)
第十二节	直齿圆锥齿轮传动	(246)
第十三节	齿轮的结构	(253)
习 题	.....	( 260)
第十章	蜗杆传动	(263)
第一节	概述	(263)
第二节	蜗杆传动的主要参数、正确啮合条件 和几何尺寸计算	(266)
第三节	蜗杆传动的失效形式、材料和许用应力	(271)
第四节	蜗杆传动的受力分析和强度计算	(275)
第五节	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(278)

第六节	蜗杆、蜗轮的结构	(282)
习 题	.....	( 286)
第十一章	轮系	(288)
第一节	概述	(288)
第二节	定轴轮系的传动比	(289)
第三节	周转轮系的传动比	(293)
第四节	轮系的应用	(300)
第五节	少齿差行星传动和谐波齿轮传动简介	(302)
习 题	.....	( 306)
第十二章	轴	(308)
第一节	概述	(308)
第二节	轴的结构设计	(314)
第三节	轴的强度计算	(321)
第四节	轴的刚度计算	(335)
第五节	轴的临界转速	(337)
习 题	.....	( 342)
第十三章	滚动轴承	(344)
第一节	滚动轴承的类型、特点和选择	(344)
第二节	滚动轴承的失效形式和计算准则	(354)
第三节	滚动轴承的计算	(355)
第四节	滚动轴承的组合设计	(367)
第五节	滚动轴承的润滑和密封	(377)
习 题	.....	( 388)
第十四章	滑动轴承	(390)
第一节	概述	(390)
第二节	滑动轴承的典型结构	(394)
第三节	轴瓦	(398)
第四节	滑动轴承的润滑	(404)

第五节	非液体摩擦滑动轴承的计算	(413)
第六节	液体摩擦滑动轴承	(418)
习 题	.....	( 420)
第十五章	联轴器和离合器	(421)
第一节	概述	(421)
第二节	联轴器	(422)
第三节	离合器	(432)
习 题	.....	( 443)
第十六章	平面连杆机构	(444)
第一节	铰链四杆机构的基本形式及其应用	(444)
第二节	铰链四杆机构存在曲柄的条件及其演化形式	(450)
第三节	平面四杆机构的基本性质	(456)
第四节	平面四杆机构的设计	(461)
习 题	.....	( 465)
第十七章	凸轮机构	(467)
第一节	凸轮机构的应用和分类	(467)
第二节	从动件的常用运动规律	(471)
第三节	凸轮轮廓曲线设计	(476)
第四节	设计凸轮机构应注意的问题	(481)
习 题	.....	( 485)
第十八章	间歇运动机构	(487)
第 一 节	棘轮机构	(487)
第二节	槽轮机构	(492)
习 题	.....	( 496)
第十九章	机械的调速和平衡	(498)
第一节	机械速度波动的调节	(498)
第一节	机械的平衡	(503)
习 题	.....	( 509)

第二十章 弹簧	(512)
第一节 概述	(512)
第二节 弹簧的制造、材料和许用应力	(516)
第三节 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧的设计	(519)
第四节 圆柱螺旋扭转弹簧简介	(534)
习 题	(540)

绪 论

第一节 机械的组成

机械是人类进行生产和生活的主要劳动工具，用以改善劳动条件，提高劳动生产率，创造出更多的物质财富。因此，国民经济各部门使用机械的程度是社会生产力发展水平的重要标志。

机械是机器和机构的总称。

一、机器

人类在长期的劳动中创造了许多机器。在生产活动中，常见的机器如汽车、拖拉机、内燃机、各种机床等。在日常生活中，常见的机器如缝纫机、洗衣机、电风扇、自行车等。虽然机器的种类繁多，用途不一，但它们都具有共同的特征。

如图 0-1 所示的内燃机，它是由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7 和顶杆 8 等组成。当内燃机工作时，燃气推动活塞作往复移动，经连杆使曲轴作旋转运动。凸轮和顶杆用来控制进气和排气。曲轴经齿数比为 1 : 2 的一对齿轮带动凸轮轴转动，当曲轴转两周，进、排气门各启闭一次。

如图 0-2 所示的压力机，它由电动机 1、带轮 2 和 3、齿轮 4 和 5、曲轴 6、连杆 7 和滑块 8 等组成。电动机经带传动和齿轮传动减速后，带动曲轴转动，又经连杆带动滑块作往复移动。

通过以上两实例可以看出，机器具有以下共同特征：

(1) 它是人为的实物组合；

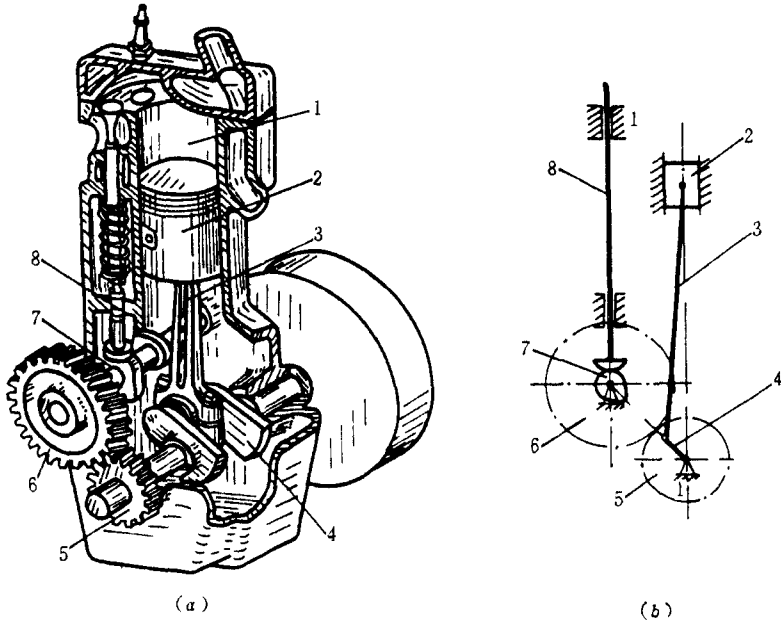


图 0-1 内燃机

(a) 结构图；(b) 简图。

1—气缸；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；5、6—齿轮；7—凸轮；8—顶杆。

(2) 各实物间具有确定的相对运动；

(3) 能转换机械能（如内燃机）或完成机械功（如压力机）。

二、机构

机构也是人为的实物组合，各实物间具有确定的相对运动。所以，它只具有机器的前两个特征，而不具备第三个特征。例如，内燃机中，曲轴、连杆、活塞和气缸组成连杆机构，凸轮、顶杆和气缸组成凸轮机构。压力机中，具有带传动机构、齿轮机构和连杆机构。由此可见，机器是由机构组成的。

机器中常用的机构有：连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇机构等。

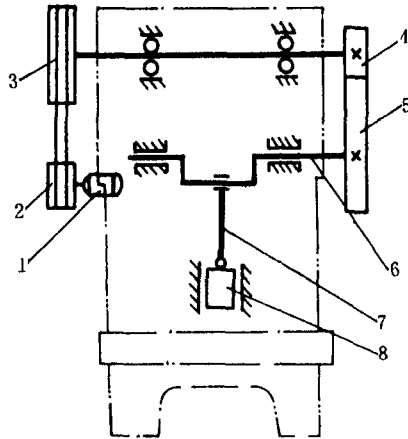


图 0-2 压力机

1—电动机；2、3—带轮；4、5—齿轮；6—曲轴；7—连杆；8—滑块。

三、构件和零件

机构中作相对运动的各个运动单元称为构件。构件可以是单一的零件，如曲轴（图 0-3），也可以是由几个零件组成的刚性体，如连杆（图 0-4）。零件是机器中制造的单元。

零件分为两类：一类是各种机器中普遍使用的零件，称为通用零件，如螺栓、键、带轮、齿轮、轴、弹簧等。另一类是特定类型的机器中所使用的零件，称为专用零件，如内燃机中的活塞、洗衣机中的波轮、风扇中的叶轮等。

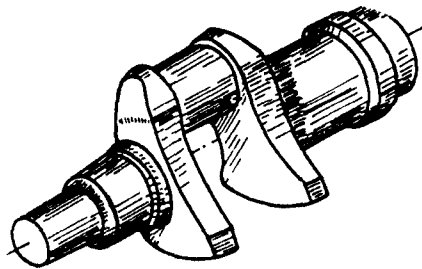


图 0-3 曲轴

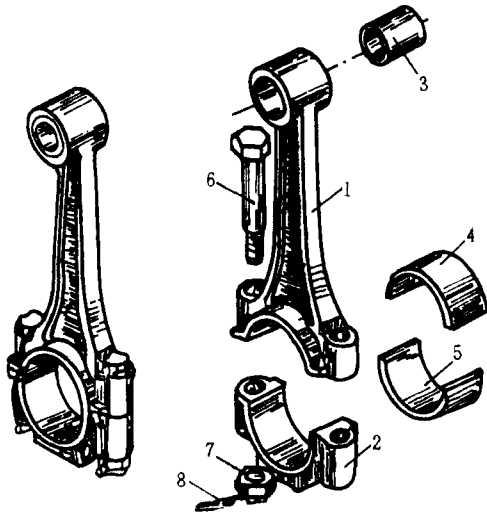


图 0-4 连杆

1—连杆体；2—连杆盖；3—轴套；4、5—轴瓦；
6—螺栓；7—槽形螺母；8—开口销。

第二节 本课程的内容、性质和任务

“机械设计基础”是一门技术基础课程，其内容是研究机器中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计原理和计算方法。通过本课程的学习，可使学生在综合运用多门先修课程知识（如机械制图、金属工艺学、理论力学、材料力学等），用来设计机械传动装置方面得到初步训练，也为进一步学习专业课和今后从事机械设计工作打下基础。

通过本课程的学习，应达到的基本要求为：

(1) 掌握机构的组成、运动特性，初步具有分析和设计常用机构的能力。对机械动力学的某些基本知识有所了解。

(2) 掌握通用机械零件的工作原理、结构、特点、设计计算和维护等，并初步具有设计机械传动装置的能力。

(3) 具有运用标准、规范、手册、图册及查阅有关技术资料的能力。

(4) 获得实验技能的初步训练。

习 题

0-1 机器与机构有何区别？试举例说明。

0-2 构件与零件有何区别？试举例说明。

0-3 本课程研究的主要内容是什么？

0-4 通过本课程学习应达到哪些要求？

第一章 机械及机械零件设计概论

第一节 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

机械设计应满足的基本要求主要有以下几方面：

1. 使用要求

所设计的机械要求保证实现规定的使用功能。为此，必须正确选择机械的工作原理和实现工作原理的机构组合。

再者，要求机械在规定的使用期限内可靠地工作而不发生任何形式的失效。为此，必须正确设计和选择机械零、部件，使其满足强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等方面的要求。

2. 经济性要求

机械的经济性应该体现在设计、制造和使用的全过程。设计的经济性体现在通过设计环节降低机械成本和采用先进的设计方法，缩短设计周期等；制造经济性体现在省工、省料、装配简便和缩短制造周期等；使用经济性体现在高生产率、高效率、低消耗及管理、维修费用低等。

3. 社会要求

所设计的机械应使人、机和环境所组成的系统关系协调。要保证人、机安全，应设有连锁及安全装置。要根据人的生理条件改善操作环境，使操作简便省力，同时考虑机械对环境的影响，尽量减少或避免机械对环境的污染。此外，应提高商品意识，加强产品的

市场竞争能力和售后服务，还要重视外形和色彩方面的要求等。

4. 可靠性要求

由于现代机械的复杂性和现代大规模生产的高生产率及综合技术的应用，都要求机械具有高可靠性。可靠性是机械在规定的工况条件下和规定的使用期限内，完成规定功能的一种特性。机械的可靠性取决于设计、制造、管理、使用等各阶段。设计阶段对机械的可靠性起着决定性的影响，产品的固有可靠性是在设计阶段确定的，而制造、管理、使用等环节所采取的任何措施，都只能用来保证而不能超过设计确定的固有可靠性。

5. 其它要求

在满足以上基本要求的前提下，不同的机械还有各种特殊的要求，如机床有长期保持精度的要求；飞机有减轻质量的要求；食品机械有防止污染的要求等。

二、机械设计的一般过程

设计机械的程序视具体情况而定，一般分为明确设计任务（产品规划）、原理方案设计、技术设计和施工设计四个阶段。

1. 明确设计任务阶段

根据市场预测、用户需求和使用的要求，进行可行性分析，确定机器的设计参数及制约条件，最后给出可行性报告及设计任务书。任务书中应规定：机器的用途、主要性能参数、工作环境、有关特殊要求、生产批量、预期成本、设计完成期限以及使用单位生产条件等。

2. 方案设计阶段

方案设计实质上是机械功能原理的设计。这是影响机械产品结构、性能、工艺、成本的关键环节，是关系到产品水平及竞争力的重要阶段。方案设计是在功能分析的基础上，确定机器的工作原理和技术要求，拟定机器的总体布置、传动方案和机构运动简图等。采

用各种方法通过创新构思,搜索探求,从众多方案中经优化筛选,取得较理想的原理方案。

3. 技术设计阶段

将机械的功能原理方案具体化为机械及零部件的合理结构,该阶段的主要工作包括总体设计、结构设计、商品化设计、模型试验等。

总体设计 确定机械各部件的总体布置,运动配合关系和人-机-环境的合理关系。

结构设计 选择材料,确定零部件的合理结构。

商品化设计 提高产品的商品价值吸引用户。如进行价值设计,工业造型设计及包装设计等。

模型试验 检查机械的功能及零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性和噪声等方面的性能,并做必要的改进,以便更好地满足原设计的要求。

技术设计阶段最后画出总体设计图(装配草图)。

4. 施工设计阶段

进行总装配图、部件装配图和零件工作图的设计,完成全部生产图纸并编制设计说明书和使用说明书等技术文件。

第二节 机械零件的主要失效形式、 计算准则和设计方法

一、机械零件的主要失效形式

机械零件由于某些原因而不能正常工作的现象称为失效。其主要失效形式有:

1. 断裂

零件在外载荷作用下,某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时,会造成断裂失效。在循环变应力作用下长时间工作的零件,