

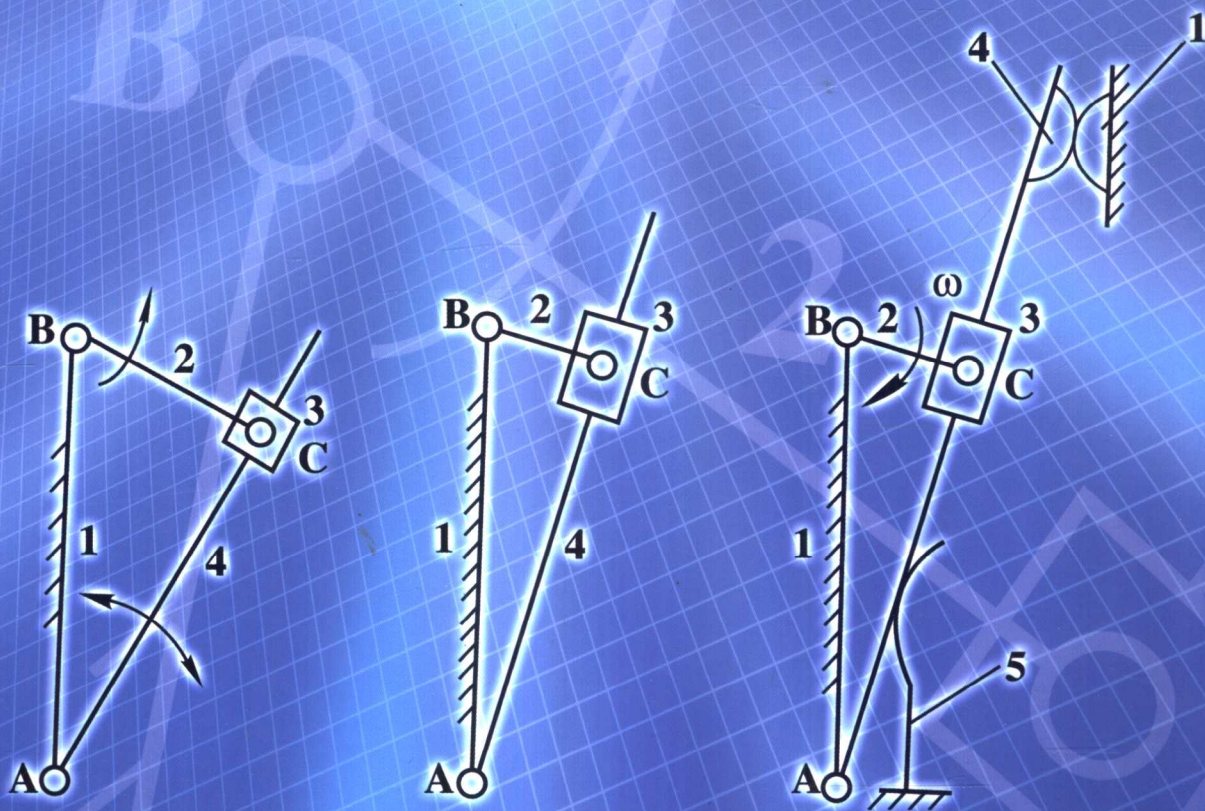


GAODENG ZHIYE JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 高等职业教育规划教材 •

机械设计基础

牛玉丽 主编 郭 平 齐保林 刘新云 参编
王 瑞 主审



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育规划教材

机械设计基础

牛玉丽 主编

郭 平

齐保林 参编

刘新云

王 瑞 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/牛玉丽主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2006. 8

高等职业教育规划教材

ISBN 7-5019-5407-0

I. 机... II. 牛... III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 044443 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 刘 鹏

版式设计: 马金路 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.25

字 数: 416 千字

书 号: ISBN 7-5019-5407-0/TH·067 定价: 25.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

41282J4X101ZBW

前 言

本教材是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》编写的。它是由多年从事高职教学并具有一定实践经验的一线教师集思广益而成，在锐意改革、力求创新的思想指导下，对这一传统知识体系进行了卓有成效的编著。在众多的同类教材中，本教材集各家所长，结合教改的实践，是一本面向近机类、非机类各专业的简明、实用的教材，它反映了教学改革的思路和成效。

本教材是按照“以应用为目的，以必须的、够用为度，以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则，精选教学内容。它有三大特点：

(1) 各章均有醒目的【教学目标】，旨在使读者一目了然的明确本章的学习要求，做到有的放矢。

(2) 各章均有【教学提示】，旨在使初学者一目了然的明确本章的重点、难点所在，做到有所关注。并在【教学提示】中根据各章的特点总结出了每章的教学方法，尤其是对新开课的教师和初学者有着很实用的指导意义。

(3) 各章都有“本章小结”及精选的思考与练习题，并且在书后附有习题参考答案，有些题有解题过程。旨在帮助读者总结归纳，答疑解惑、巩固知识，掌握解题的思路和方法。

由此，本教材形成了三位一体，即集教材、教学指导、习题解答于一体的实用性很强的教学用书。希望这本书能给教学带来更多的便利和愉快。

参加本书编写的有：天津职业大学牛玉丽（第一、二、三、十三章及各章教学提示），郑州牧业高等专科学校齐保林（第四、十五章），辽宁信息职业技术学院郭平（第五、六、七、八章），宜昌职业技术学院刘新云（第九、十章），天津职业大学秦曼华（第十一、十二章），李运生（第十四章）。全书由天津职业大学副教授牛玉丽主编，并负责全书统稿。参加审稿的老师有辽阳职业技术学院王瑞，苏州工业园职业技术学院魏宣燕、徐兵，哈尔滨职业技术学院李军、林琦、黄冬梅，湖北轻工职业技术学院李锋，连云港经贸高级技师学院周敏慧，北京联合大学王德滨、杨青，苏州经贸职业技术学院周曲珠、赖健男。

本教材在编写过程中，得到许多同行的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

诚然，实践是检验真理的唯一标准，我们期待着广大的读者试用并验证。因为我们需要不断地有所发现，有所创新，有所提高。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请同行和广大读者提出宝贵的意见和建议，我们表示由衷的感谢。来信请发到邮箱中：(Email: niuli06@163.com)

全体编者

2006, 3

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 机械概述	(2)
第三节 本课程的内容、性质、任务和学习方法	(5)
第四节 机械设计的基本要求和一般程序	(6)
第五节 机械零件常用材料及其选择	(8)
本章小结	(10)
思考与练习题	(10)
第二章 平面机构运动简图及自由度	(11)
第一节 平面机构的组成	(11)
第二节 平面机构运动简图的绘制	(13)
第三节 平面机构自由度的计算	(17)
本章小结	(21)
思考与练习题	(21)
第三章 平面连杆机构	(23)
第一节 平面四杆机构的类型和应用	(23)
第二节 平面四杆机构的工作特性	(31)
第三节 平面四杆机构的设计	(35)
本章小结	(36)
思考与练习题	(37)
第四章 凸轮机构	(39)
第一节 凸轮机构的应用和分类	(39)
第二节 从动件的常用运动规律	(42)
第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计方法	(46)
第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	(48)
本章小结	(51)
思考与练习题	(52)
第五章 齿轮传动	(53)
第一节 齿轮传动的特点和类型	(54)
第二节 齿廓啮合基本定律	(55)
第三节 渐开线的形成及其特性	(56)
第四节 渐开线齿廓的啮合特性	(57)

第五节	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	(58)
第六节	渐开线标准齿轮的公法线长度和分度圆弦齿厚	(61)
第七节	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(62)
第八节	渐开线齿轮的加工原理和根切现象	(64)
第九节	斜齿圆柱齿轮机构	(66)
第十节	直齿圆锥齿轮机构	(69)
第十一节	齿轮传动的失效形式和常用材料	(72)
第十二节	齿轮传动的受力分析	(75)
第十三节	齿轮的结构设计及齿轮传动的润滑	(77)
本章小结		(80)
思考与练习题		(80)
第六章	蜗杆传动	(82)
第一节	蜗杆传动的特点和类型	(82)
第二节	蜗杆蜗轮的主要参数和几何尺寸计算	(84)
第三节	蜗杆传动的相对滑动和受力分析	(88)
第四节	蜗杆传动的失效形式和常用材料	(89)
第五节	蜗杆传动的效率和热平衡计算	(90)
第六节	蜗杆传动的润滑和结构	(92)
本章小结		(93)
思考与练习题		(94)
第七章	齿轮系	(95)
第一节	齿轮系的分类	(95)
第二节	定轴轮系传动比的计算	(96)
第三节	行星轮系传动比的计算	(98)
第四节	混合轮系传动比的计算	(100)
第五节	齿轮系的功用	(101)
本章小结		(102)
思考与练习题		(103)
第八章	间歇运动机构	(105)
第一节	棘轮机构	(105)
第二节	槽轮机构	(108)
第三节	不完全齿轮机构	(111)
本章小结		(111)
思考与练习题		(112)
第九章	带传动	(113)
第一节	带传动的特点和类型	(113)
第二节	V 带的标准和带轮的结构	(115)

第三节 带传动的工作情况分析	(118)
第四节 V带传动的设计方法	(121)
第五节 带传动的张紧、使用和维护	(126)
第六节 同步带传动简介	(127)
本章小结	(128)
思考与练习题	(129)
第十章 链传动的设计及应用	(130)
第一节 链传动的特点和类型	(130)
第二节 滚子链和链轮	(131)
第三节 链传动的运动特性	(133)
第四节 滚子链传动的设计计算	(134)
第五节 链传动的布置、张紧和润滑	(138)
本章小结	(140)
思考与练习题	(140)
第十一章 轴和轴毂联接	(141)
第一节 轴的类型及常用材料	(141)
第二节 轴的结构设计	(144)
第三节 轴毂联接	(150)
本章小结	(155)
思考与练习题	(156)
第十二章 轴承	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 滚动轴承	(158)
第三节 滑动轴承	(171)
第四节 滚动轴承和滑动轴承的性能比较	(180)
本章小结	(181)
思考与练习题	(181)
第十三章 联轴器、离合器和制动器	(187)
第一节 联轴器的类型及应用	(187)
第二节 离合器的类型及应用	(193)
第三节 制动器的类型及应用	(196)
第四节 联轴器、离合器及制动器的使用与维护	(197)
本章小结	(198)
思考与练习题	(198)
第十四章 螺纹联接和螺旋传动	(201)
第一节 螺纹的类型和应用	(201)

第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁·····	(206)
第三节 螺纹联接的基本类型及其预紧和防松·····	(208)
第四节 螺旋传动简介·····	(215)
本章小结·····	(220)
思考与练习题·····	(221)
第十五章 机械的平衡和调速·····	(225)
第一节 回转件的平衡·····	(225)
第二节 机械速度波动的调节·····	(230)
本章小结·····	(235)
思考与练习题·····	(235)
思考与练习题参考答案·····	(237)
参考文献·····	(250)

第一章 绪 论

- 【教学目标】(1) 了解机械的类型和机器的功能组成, 掌握机器的概念;
(2) 掌握机器、机构的结构特征, 掌握机构和机器的区别;
(3) 了解本课程的内容、性质、任务和学习方法;
(4) 了解机械设计的一般要求和过程。

- 【教学提示】本章的重点是: (1) 机器的功能组成;
(2) 机器与机构的结构特征;
(3) 本课程的任务和学习方法。

本章的难点是: (1) 机器的功能组成;
(2) 机器的结构特征。

上好绪论课对本课程的学习是至关重要的, 它主要解决三个问题:

- ① 使学生了解学习本课程的目的、意义, 即明确为何学的问题, 从而端正学习态度, 增强学习的主动性;
- ② 使学生了解本课程的研究对象和主要内容, 即明确学什么的问题;
- ③ 使学生了解课程的性质、任务和如何调整学习方法, 即明确如何学的问题。

教学中需多联系实际以增加感性认识, 可参观车间、观看教学模型柜等。启发学生多联系生活中见过、用过的机械, 引导学生对机械从感性认识上升到理性认识, 使学生对机器、机构、构件、零件等基本概念有明确的认识。

机械设计的基本要求和一般程序, 机械零件常用材料的内容可结合适当的章节再介绍。

第一节 引 言

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的生产工具, 从杠杆、斜面、滑轮的应用到蒸汽机、内燃机、电动机的发明, 以及汽车、飞机等各种机械的不断创新, 对人类社会进步起到了至关重要的推动作用。现代机械发展到机械手、机器人的设计、制造及应用, 使机械科学技术产生了质的飞跃。它不仅减轻和代替人的体力劳动, 而且还可以减轻和代替人的脑力劳动。现代机械已成为人们从事生产及生活中不可缺少的重要的技术装置。

机械工程科学是重要的传统学科之一, 机械制造业已成为我国的支柱产业之一。机械科学技术的发展已成为衡量一个国家工业技术水平和现代化程度的重要标志之一。

在现今科学技术飞速发展的时代, 掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本设计技能不仅仅是机械工程技术人员的必备的基本素质, 也是各类工程技术人员必须具备的基本素质, 只是专业化程度不同而已, 只有拓宽知识面才能触类旁通。

第二节 机械概述

一、机械的类型及机器的功能组成

(一) 机械的类型

机械的种类繁多,根据其功能的不同,大致可分为四种类型:

(1) 动力机械 实现机械能与其他形式能量之间的转换。如电动机、内燃机、汽轮机、发电机、压气机等。

(2) 加工机械 用来改变物料的状态、形状、性质和结构。如轧钢机、粉碎机、金属切削机床、纺织机、印刷机、食品加工机、造纸机、包装机等等,不胜枚举。

(3) 运输机械 用来改变人或物料的空间位置的机械。如机车、汽车、轮船、飞机、起重机械、升降机等。

(4) 信息机械 用来获取、转换和传递各种信息的机械。如复印机、打印机、传真机、绘图机、数码相机等。

(二) 机器的功能组成

对于每一部具体的机械,通常称之为机器。各类机器虽然用途各异,但从其功能组成来分析,却有着相同的组成部分。以下通过几个实例来分析机器的功能组成。

图 1-1 所示为建筑工程中广泛使用的电动卷扬机,它用于提升重物。1 为电动机,2、4 为联轴器,3 为齿轮减速器,5 为卷筒。钢丝绳绕在卷筒上,卷筒缓慢转动使钢丝绳上的悬吊装置执行升降。由于电动机的转速较高,需在电动机和卷筒之间配置一减速传动装置,即齿轮减速器 3,以便使卷筒得到适当的转速。

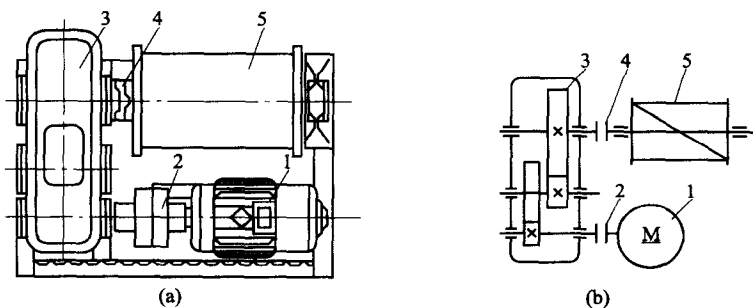


图 1-1 电动卷扬机

1—电动机 2、4—联轴器 3—齿轮减速器 5—卷筒

图 1-2 所示为广泛应用于矿山、建材和化工工业中的颚式破碎机。在电动机 1 的轴上安装带轮 2,通过 V 带 3 带动大带轮 4 转动,因大带轮装在偏心轴上,使偏心轴 5 随之转动,动颚 6 装在偏心轴上,带动动颚产生摆动,从而破碎置于动颚与定颚 8 之间的物料,完成有用的机械功。

由上述实例可以看出,一台完整的机器,通常都是由原动部分、执行部分和传动部分三部分所组成。较简单的机器甚至只有原动部分和执行部分,如水泵、排风扇等。

对于自动化程度较高的机器,除上述三部分外,还包括完成各种功能的操纵控制系统。

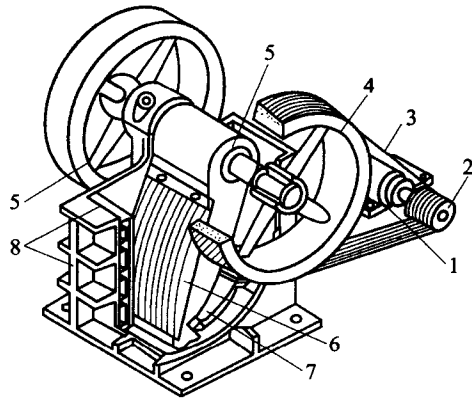


图 1-2 颞式破碎机

1—电动机 2、4—带轮 3—V带 5—偏心轴 6—动颞 7—肘板 8—定颞

图 1-3 所示为一工业机器人，它由机器人主体 1、计算机控制柜 2、减压装置 3、电器控制柜 4、上臂 5、下臂 6 和腕部 7 组成。它的上臂、下臂和手腕的有规律的运动是按输入计算机的作业指令进行的，同时，末端操作器（图中未示出）将物料搬运到指定的位置。它是具有自动控制等系统的自动化程度很高的机器。

图 1-4 所示为具有行走机构的工业机器人，它由驱动部件 1、机身 2、行走机构 3、臂部 5、腕部 6、手部 7 以及控制部件 4 组成。它的机身、手臂、手部、行走机构运动的协调是由控制部件输入计算机操作指令来完成的，动力是由驱动部件输入的。

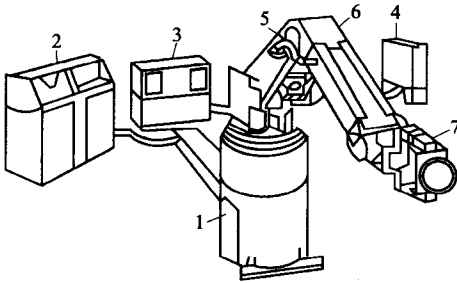


图 1-3 工业机器人

1—机器人主体 2—计算机控制柜 3—减压装置
4—电器控制柜 5—上臂 6—下臂 7—腕部

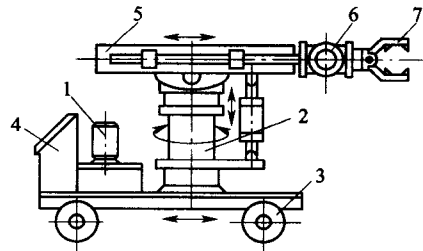


图 1-4 具有行走机构的工业机器人

1—驱动部件 2—机身 3—行走机构
4—控制部件 5—臂部 6—腕部 7—手部

因此，先进的机器除了具备三个基本的部件外，还具备控制部分。这四个部分的关系如图 1-5 所示。

各部分的功能如下：

(1) 原动部分 它是整个机器的动力源，常用的原动机有电动机、内燃机等。其功能是把其它形式的能转变为机械能，以驱动机器运动和做功。

(2) 执行部分（执行机构） 它是直接完成工艺动作的部分。它与作业对象直接接触，完成预期的工艺要求和工艺动作。如破碎机中的动颞、

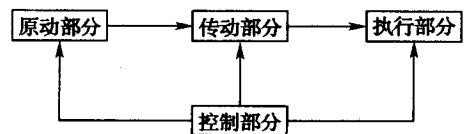


图 1-5 机器的组成

机床的主轴和刀架、印刷机的墨辊、挖掘机的铲斗等。

(3) 传动部分(传动机构) 它是将原动机的动力和运动传递给执行部分的中间环节。其功能是在传递动力的同时可转换运动的形式及改变运动的速度,以适应执行部分工作的需要。例如颚式破碎机中的带传动改变了运动的速度,而连杆机构改变了运动的形式,把电动机的转动改变为动颚的摆动。又例如汽车的变速箱、运输机的减速器等。传动机构除了机械传动,还有液压传动、气压传动、电传动。

(4) 控制部分 它是控制原动机、传动机构、执行机构,使它们彼此协调的工作并使之准确可靠地完成整个系统机械运动的装置。其功能是控制和操纵各部分的启动、制动、离合、换向、变速等一系列机器预期的工作要求(包括机械、液压、气压、电子、数字、计算机控制等)。例如数控机床的数字控制系统、汽车的电液式自动变速器、汽车的 ABS 系统等。

对机器的组成应从两方面来分析:一是机器的功能组成,现代机械比传统机械的功能增多,它们除了能代替人的体力劳动外,还可替代人的脑力劳动;二是机器的结构组成,机器是由机构组成的,但两者又有很大的区别。

二、机器的结构特征

任何机器都是为实现某种功能而设计制造的,各种机器的功能虽然不同,但在结构上却有着相同的组成要素。

如图 1-6 所示的单缸四冲程内燃机,由缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 组成。当燃气推动活塞在气缸内作往复移动时,通过连杆 3 变为曲轴 2 的连续转动,凸轮和推杆用于启闭进气阀和排气阀。为了使曲轴每转两周,进、排气阀各启、闭一次,在曲轴和凸轮之间安装有齿数比为 1:2 的齿轮。当燃气推动活塞运动时,凸轮在齿轮的带动下转动,并推动推杆上下移动,使进、排气阀有规律的启闭,完成进气—压缩—做功—排气的运动循环,从而将燃气所产生的热能转换为曲轴转动的机械能,实现了能量转换的功能。

组成内燃机的各个实体(如缸体、活塞、连杆、曲轴、凸轮、推杆、齿轮等),在机器的运转中均以一个独立的运动单元体而运动,我们把这些具有独立运动的单元体称为构件。

又如图 1-2 所示的颚式破碎机,它是由电动机、带传动、偏心轴、肘板、动颚、定颚等构件按一定的机械联接形式组成的,使动颚能实现轧碎矿石的运动,完成了有用的机械功。

再如我们常用的打印机等,它们也都是由若干构件按一定的机械联接形式组成。但是,打印机是在电脑的控制下,完成信息和物料的传递,实现打印的。

综上所述,机器是执行机械运动的装置,组成机器的各构件之间具有确定的相对运动,

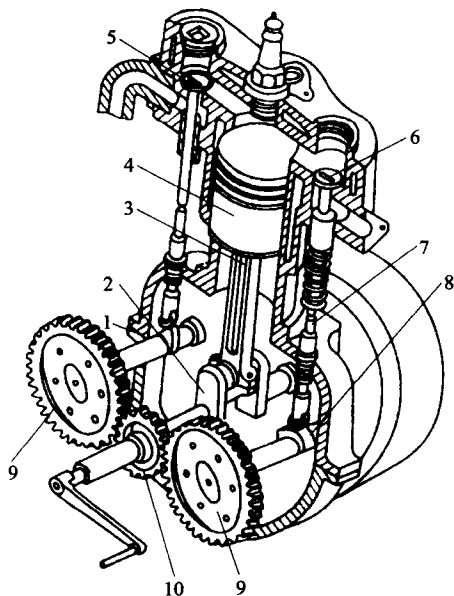


图 1-6 单缸内燃机

1—缸体 2—曲轴 3—连杆 4—活塞 5—进气阀
6—排气阀 7—推杆 8—凸轮 9、10—齿轮

用来完成有用的机械功, 变换或传递能量、物料与信息, 以代替或减轻人的体力和脑力劳动。

在组成机器的若干构件中, 常常形成由某几个构件组成相对独立的构件组合, 各构件之间具有确定的相对运动, 我们称这些构件组合为机构。如内燃机中, 由缸体、活塞、连杆、曲轴组成曲柄滑块机构, 由凸轮、顶杆、缸体组成凸轮机构, 由小齿轮、大齿轮、缸体组成齿轮机构, 机构即由两个以上构件形成可动联接的构件系统。单缸内燃机是由三个机构组成的。

从运动的角度来看, 机器是由机构组成的。若仅从结构构成和机械运动的角度来看, 机构和机器并无区别。但是, 需要特别明确的是, 机构和机器在功能上是有区别的, 机构是只能传递运动和力的构件组合, 而机器则能够完成有益的机械功或完成能量、物料、信息的变换与传递。通常以“机械”一词涵盖机构和机器。最简单的机器可以由一个机构组成, 例如电动机就是由一个双杆机构组成。较复杂的机器则由若干个机构组成。

机构是由构件组成的, 构件可以是单一的刚体, 也可以是若干零件的刚性组合。如曲轴、凸轮、齿轮等为单一的刚体; 如图 1-7 所示的连杆, 它是由连杆体 1、连杆盖 2、螺栓 6、螺母 7 等零件联接成为一连杆构件, 为一刚性组合体, 即在机构运动时, 这些零件之间没有相对运动。

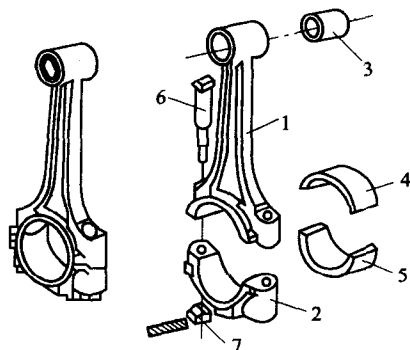


图 1-7 构件和零件

1—连杆体 2—连杆盖 3—轴套 4—滑动轴承上盖 5—滑动轴承下盖
6—螺栓 7—螺母

因此, 从制造的角度来看, 机器是由零件组成的。机械零件是制造的单元, 按其功能的通用性和专用性分为通用零件和专用零件。各种机械中普遍使用的零件称为通用零件, 如轴、螺栓、螺母、齿轮等等。而只在某些特定的专业机械中才使用的零件称为专用零件, 如内燃机的缸体与活塞、破碎机的动颚、胶印机的滚筒、电风扇的叶片等等。

若某些零件按一定的联接方式装配起来, 能够协同工作并且执行共同的任務, 通常称为部件。部件中的各零件之间的联接不一定是刚性联接。例如滚动轴承部件、变速器部件中的零件之间具有产生相对运动的可动联接存在。部件是装配的单元。

第三节 本课程的内容、性质、任务和学习方法

一、本课程的内容

机械设计基础课程研究的主要内容包括两部分: 常用机构和通用零部件。

常用机构主要包括: 平面机构运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构、蜗杆机构、螺旋机构等。主要研究它们的结构特点、工作原理、运动特性以及基本的设计理论和基本的运动设计方法。还有机器动力学的某些基本问题。

通用零部件主要包括: 轴和轴毂联接、滚动轴承、滑动轴承、联轴器、离合器、带传动、链传动、齿轮传动、螺纹联接等。主要研究它们的结构特点、工作特性、基本的设计理论和方法以及标准的选择、使用与维护等。

二、本课程的性质

本课程的性质是介于基础课和专业课之间的技术基础课,其前修课程为机械制图、工程力学、金属材料、金属工艺学等课程和金工实习实践环节。本课程的理论性、实践性、综合性都较强,与基础课程相比,本课程更接近工程实际;与专业课程相比,虽然专业性不强,但它在应用性方面更具有普遍意义;与其它技术基础课相比,本课程的综合性、实践性更强。本课程的内容也可直接应用于工程实际中。

三、本课程的任务和学习方法

(一) 本课程的主要任务

本课程的主要任务是培养学生:

① 掌握常用机构的组成、运动特性等基本知识,初步具有分析和设计常用机构的能力。了解机械动力学的基本知识,为学习专业课准备必要的机械基础知识。

② 掌握通用零部件的结构特点、工作特性、基本的设计理论和设计方法,培养学生初步具有设计通用零、部件的能力。并学习使用、维护机械设备的基本知识,为专业课的学习准备必要的基本知识和基本技能。

③ 初步学会综合运用相关课程的知识及运用标准、规范、手册设计简单机械传动装置的方法和技能,为学习专业课程和参加工程实践奠定必要的基础。

(二) 本课程的学习方法

由于本课程的理论性、实践性、综合性都较强,它涉及的知识面较为广泛,要真正学好本课程应注意适当调整学习方法。结合本课程和本书的特点,以及作者多年的教学经验,归纳了以下几点:

① 本课程涉及多门先修课程的基本理论,因此,掌握好先修课程的相关内容很重要,应适当复习相关的内容。

② 在学习中学会看懂各种类型的图形,如立体图、结构图、机构运动简图、运动线图、受力分析图等。其中,用机构运动简图表达的最多,应很好的掌握它。看不懂图就学不好这门课程,可以说学习本课程的基本功之一就是能识各类图形。

③ 在学习中对各类公式的推导要理解,而大部分公式的推导往往是和图形分不开的。

④ 在学习应加强实验教学环节,增加感性认识,以加强对理论的理解。

⑤ 本课程的教学环节包括:课前预习、课堂授课、实验课、习题课、课后复习、课后作业、课堂独立作业等环节。学生必须通过独立思考、独立作业才能掌握所学内容。

⑥ 为了方便学生自学,本书的习题均有题解或答案,要用好它,否则会起副作用。它对学生是一个示范,可以引导学生尽快掌握解题的方法,学生不要照抄答案。教师在使用时,可以将习题变换一下数据或形式。

第四节 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

机械设计是指为了实现预期功能而开发的新产品,或为了改进性能对原有机器进行技术

改造、技术革新。

机械设计应满足的基本要求是：满足预定功能，性能好，效率高，成本低，使用方便，安全可靠，维修便利。

1. 满足预定功能的要求

这是设计机器的基本出发点，应选择适当的机器的工作原理、传动系统以及执行机构的类型，以实现运动形式、运动速度等的要求。

2. 提高经济性

主要是降低设计、制造成本，降低能源消耗，提高机器的工作效率。应选择适用的材料、确定合理的加工工艺等。

3. 保证安全可靠

应保证在预定的使用期限内，在正确的操作下，不发生设备事故和人身事故。应保证机械零件具有足够的强度和寿命，以及保证较高的可靠度。应进行必要的强度计算，保证较高的安全系数。

4. 满足使用、维修要求

应保证操作方便，最大限度地减少操作者的体力和脑力消耗，减少对环境的污染，降低机器的噪声。

对于不同的机器，还会有不同的特殊要求，在设计机器时应注意满足特殊的要求。

二、机械设计的一般程序

机械设计没有固定的程序，应根据具体情况来定。对于一般的机器，其设计程序分三个阶段。

1. 设计准备阶段

根据用户的需求确定机器的功能和有关的指标，进行产品调研和可行性分析，确定主要技术经济指标，制定产品设计任务书。

2. 确定总体设计方案

拟订机器的工作原理和传动方案，绘制机构运动简图，对制造厂的技术设备和工艺能力进行调研，分析其施工可行性，确定总体设计方案。

3. 技术设计阶段

确定机器各部分的结构和尺寸，绘制总装配图，然后绘制部件装配图，最后拆为零件图。并对主要零件进行强度计算。即进行机械零件的设计。

机械零件的设计是本课程研究的主要内容之一。机械零件设计步骤如下：

① 根据零件的使用要求，选择零件的类型；

② 分析零件的工作情况，确定作用在零件上的载荷；

③ 根据零件的工作情况，选择适当的材料；

④ 分析零件的失效形式，确定零件的设计准则，并进行设计计算，确定零件的主要尺寸；

⑤ 进行零件的结构设计；

⑥ 绘制零件工作图。

当前，随着各类科学技术的迅猛发展，推动了机械设计技术的发展。值得一提的是，随着电子计算机技术的发展，我国已开发出许多机械设计软件，能够实现计算机辅助设计，利

用计算机进行机械设计,可以快捷、准确地进行设计计算和图形绘制,使机械设计的速度和水平提升到了一个新的高度。机电一体化技术的应用使机械设计、机械制造这一传统产业得到了提升并有很大的发展空间,科学技术的互相渗透,推动了各行各业的发展。

第五节 机械零件常用材料及其选择

机械零件常用材料主要是金属材料,金属材料应用较多的是黑色金属(钢、铸铁),有色金属虽应用较少,但往往是黑色金属所不能替代的。在一些特殊的场合,也经常使用各种非金属材料。

一、常用金属材料

(一) 钢

钢是机械零件最常用的材料,钢是含碳量在 $0.0218\% \sim 2.11\%$ 的铁碳合金,钢具有较高的强度、较好的韧性和塑性,钢可用热处理方法改善其力学性能。钢按化学成分的不同,可分为碳素钢和合金钢。

1. 碳素钢

碳素钢的性能主要取决于含碳量的多少。按含碳量的多少分为低碳钢(含碳量 $<0.25\%$),其塑性好;中碳钢(含碳量为 $0.25\% \sim 0.60\%$),其综合力学性能较好,具有较好的强度、塑性、韧性;高碳钢(含碳量 $>0.60\%$),强度高、弹性高。

碳素钢按用途又可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。一般的机械零件多用碳素结构钢。碳素结构钢按力学性能分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢以及铸钢。

(1) 普通碳素结构钢 其主要用于受力不大而且基本上受静载荷的一般零件,其中以Q235、Q255较为常用。一般不进行热处理,可用作不重要的结构材料、连杆、拉杆、轴等。

(2) 优质碳素结构钢 其含硫、磷杂质较少,一般要进行热处理,常用于受力较大,且受变载荷的零件。其牌号用两位数字表示,代表钢中含碳量的万分数。如45钢表示平均含碳量为 0.45% ,45钢的应用范围较广,如轴、齿轮、蜗杆、键、联接件等。

2. 铸钢

碳素铸钢主要用于制造形状复杂的大型零件,如机座、箱体、大型齿轮、联轴器等。铸钢的牌号是在“ZG”后加两组数字,如ZG310-570,表示屈服点为310MPa、抗拉强度为570MPa。

3. 合金钢

在碳素钢中加入一种或几种合金元素(如铬、锰、镍、钼等)即构成合金钢。合金元素能改善钢的力学性能,如铬能提高硬度、高温强度和耐腐蚀性;锰能提高强度、韧性和耐磨性。合金钢比碳钢的性能好。合金钢分为合金结构钢、合金工具钢和特殊工具钢。

机械零件常用的是合金结构钢。合金结构钢常用于制造受载荷较大的零件,如齿轮、轴、蜗杆等。使用合金结构钢时要进行热处理,以便充分发挥其潜在能力。

合金结构钢的牌号以“两位数字+合金元素符号+数字”表示。前两位数字表示含碳量的万分数,后面的数字表示合金元素含量的百分数,当含量低于 1.5% 时不注数字。

(二) 铸铁

含碳量在 2.11% 以上的铁碳合金称为铸铁。铸铁具有较好的铸造性能和切削性能，耐压、耐磨性、减振性好；但强度、韧性、塑性较差，属脆性材料。常用于制造大齿轮、带轮、曲轴等。常用铸铁有灰铸铁和球墨铸铁。

1. 灰铸铁

碳在铸铁组织中以片状石墨的形态存在，断口呈灰色。灰铸铁的牌号表示方法是在符号“HT”后加注一组表示抗拉强度的数字，如 HT200，其最小抗拉强度为 200MPa。低牌号的灰铸铁（HT100、HT150）常用于制造各种形状复杂的零件，如机座、床身、机架等零件。高牌号的灰铸铁（HT200~HT350）可制造承受中等静载荷的零件，如齿轮、联轴器、带轮等机械零件。

2. 球墨铸铁

碳在铸铁组织中以球状石墨的形态存在，力学性能显著提高。常用于制造气缸套、曲轴、活塞等机械零件。球墨铸铁的牌号标注方法是在“QT”后加注两组数字，如 QT400-15，表示最小抗拉强度为 400MPa、最小伸长率为 15%。

(三) 铜合金

铜合金是机械零件中最常用的有色金属材料，分为黄铜和青铜两类。

1. 黄铜

黄铜是铜和锌的合金，它具有一定的强度和耐腐蚀性，常用于制造管件、弹簧、垫片、阀门等耐腐蚀、耐磨的零件。如 ZCuZn38。

2. 青铜

青铜是我国应用最早的合金，青铜是铜和锡、铝、铅、锌等的合金，一般按是否含锡分为锡青铜和无锡青铜。

(1) 锡青铜 锡青铜是铜和锡的合金。锡青铜的力学性能、铸造性能、减摩性、耐蚀性良好，是一种很重要的减摩材料。主要用于摩擦零件和耐蚀零件的制造，如蜗轮、轴瓦以及在水、油中工作的零件。常用的锡青铜有锡磷青铜（CuSn10-1）、锡锌铅青铜（CuSn5Pb5Zn5）。

(2) 无锡青铜 无锡青铜是铜和除锡以外的其它合金元素组成的合金，主要包括铝青铜（CuAl10Fe3）、铅青铜（CuPb30）等。它们的力学性能较好，但减摩性较差。

加工青铜的牌号以“Q”为代号，后面标出主要元素的符号和含量。铸造铜合金的牌号以“ZCu”及合金元素符号和含量（%）组成。

(四) 非金属材料

非金属材料主要有工程塑料、橡胶、陶瓷、复合材料等。常用的工程塑料有尼龙（聚酰胺）、ABS 塑料、聚甲醛等，可用于一般结构零件、减摩和耐磨件、传动件、耐腐蚀件、密封件等。橡胶一般用于密封件、减振件、传动带、输送带、轮胎、胶辊等。工业陶瓷是一种高温结构材料，高温强度高，用作切削刀具、高温轴承、密封圈等。复合材料是由两种或两种以上的金属或非金属材料复合而成的新型材料，例如纤维增强塑料、塑料复合钢板、金属复合钢板，具有良好的综合性能，是材料工业的发展方向。

二、材料的选用原则

合理的选择材料是机械零件设计的重要环节之一，一般应从使用要求、工艺要求、经济