

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

State-compiled Textbooks for Building Environment and Facilities Engineering Profession

Mechanical Design Basis

机械设计基础

主编 魏鸿榕 陶怡 岳彩霞

主审 李继明

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

机械设计基础

Mechanical Design Basis

丛书审定委员会

付祥钊 张旭 李永安 李安桂
李德英 沈恒根 陈振乾 周孝清
徐向荣

本书主审

本书主编 魏鸿榕 陶怡 岳彩霞

本书副主编 孟兆生 张国兴

本书编写委员会

魏鸿榕 陶怡 岳彩霞 孟兆生
张国兴 杨师斌 王红阁

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/魏鸿榕,陶怡,岳彩霞主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2010.1

ISBN 978-7-5609-5822-4

I. 机… II. ①魏…②陶…③岳… 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(2009)第 208416 号

机械设计基础

魏鸿榕 陶怡 岳彩霞 主编

责任编辑:郝树生

封面设计:张璐

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074

销售电话:(022)60266199 60266190(兼传真)

网 址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司

印 刷:河北省昌黎县第一印刷厂

开本:850 mm×1065 mm 1/16

印张:21

字数:440 千字

版次:2010 年 1 月第 1 版

印次:2010 年 1 月第 1 次印刷

定价:39.80 元

ISBN 978-7-5609-5822-4/TH·209

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材 丛书审定委员会

主任委员：

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会副主任
委员

副主任委员：

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

委 员：(按姓氏笔画排序)

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会副主任
委员

张 旭 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

李永安 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

李德英 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

沈恒根 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

陈振乾 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

周孝清 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

徐向荣 教授 建筑环境与设备工程专业教学指导委员会委员

总 序

地球上本没有建筑,人类创造了建筑;地球上本没有城市,人类构建了城市。建筑扩大了人类的生存地域,延长了人类的个体寿命;城市增强了人类的交流合作,加快了人类社会的发展。建筑和城市是人类最伟大的工程创造,彰显着人类文明进步的历史。建筑和城市的出现,将原来单纯一统的地球环境分割为三个不同的层次。第一层次为自然环境,其性状和变化由自然力量决定;第二层次为城市环境,其性状和变化由自然力量和人类行为共同决定;第三层次为建筑环境,其性状和变化由人为决定。自然力量恪守着自然的规律,人类行为充满着人类的欲望。工程师必须协调好二者之间的关系。

由于城市物质文化活动的高效益,人们越来越多地聚集于城市。发达国家的城市人口已达全国人口的70%左右;中国正在加快城市化进程,实际上的城市人口很快将超过50%。现代社会,人类大多数活动在建筑内开展。城市居民一生中约有90%的时间在建筑环境中度过。为了提高生产水平,保护生态环境,包括农业在内的现代生产过程也越来越多地从自然环境转移进建筑环境。建筑环境已成为现代人类社会生存发展的主要空间。

建筑环境必须与自然环境保持良好的空气、水、能源等生态循环,才能支撑人类的生存发展。但是,随着城市规模越来越大,几百万、上千万人口的城市不断形成,城市面积由几十平方公里扩展到几百平方公里、上千平方公里,一些庞大的城市正在积聚成群,笼罩一方,建筑环境已被城市环境包围,远离自然。建筑自身规模的膨胀更加猛烈,几十万、上百万平方米的单体建筑已不鲜见,内外空间网络关联异常复杂。目前建筑环境有两方面问题亟待解决:一方面,通过城市环境,建立和保持建筑环境与自然环境的良性生态循环是人类的一个难题;另一方面,建筑环境在为人类生存发展提供条件的同时,消耗了大量能源,能耗已占社会总能耗的1/3左右,在全球能源紧缺、地球温室效应日渐显著的严峻形势下,提高建筑能源利用效率是人类的又一个重大课题。

满足社会需求,解决上述课题,必须依靠工程。工程是人类改造物质世界活动的总称,建筑环境与设备工程是其中之一。工程的出发点是为了人类更好地生存发展。工程的基本问题是能否改变世界和怎样改变世界。工程以价值定向,以使用价值作为基本的评价标准。建筑环境与设备工程的根本任务是:遵循自然规律,调控建筑环境,满足当代人生活与生产的需求;同时节约能源,善待自然,维护后代生存发展的条件。

进行工程活动的基本社会角色是工程师。工程师需要通过专业教育奠定基础。建筑环境与设备工程专业人才培养的基本类型是建筑环境与设备工程师。工程创造自然界原本没有的事物,其本质特点是创造性的。工程过程包括策划、实施和使用三个阶段,其核心是创造或建造。策划、运筹、决策、操作、运行与管理等工程活动,离不开科学技术,更需要工程创造能力。从事工程活动与科学活动所需要的智能是不一样的。科学活动主要通过概念、理论和论证等实现从具体到一般的理论抽象,需要发现规律的智能;工程活动则更强调实践性,通过策划决策、计划实施、运行使用实现从一般到具体的实践综合,需要的是制定、执行标准规范的运作智能。这就决定了建筑环境与设备工程专业的人才培养模式和教学方法不同于培养科学家的理科专业,教材也不同于理科教材。

建筑环境与设备工程专业的前身——供热、供燃气及通风工程专业,源于前苏联(1928年创建于俄罗斯大学),我国创建于1952年。到1958年,仅有8所高校设立该本科专业。该专业创建之初没有教材。1963年,在当时的“建工部”领导下,成立了“全国高等学校供热、供燃气及通风专业教材编审委员会”,组织编审全国统编教材。“文革”后这套统编教材得到完善,在专业技术与体系构成上呈现出强烈的共性特征,满足了我国计划经济时代、专业大一统的教学需求。在我国供热、供燃气及通风空调工程界,现在的专业技术骨干绝大多数是学这套教材毕业的。该套教材的历史作用不可磨灭。

进入21世纪,建筑环境与设备工程专业教育出现了以下重大变化。

1. 20世纪末,人类社会发展和面临的能源环境形势,将建筑环境与设备工程这个原本鲜为人知的小小配套专业,推向了社会舞台的中心地带,建筑环境与设备工程专业的社会服务面空前扩大。

2. 新旧世纪之交,我国转入市场经济体制,毕业生由统一分配转为自谋职业,就业类型越来越多样化。地区和行业的需求差异增大,用人单位对毕业生的知识能力与素质要求各不相同。该专业教育的社会需求特征发生了本质性的改变。

3. 该专业的科学基础不断加深和拓展,技术日益丰富和多样,工程活动的内涵和形式发生了显著变化。

4. 强烈的社会需求,使该专业显示出良好的发展前景,广阔的就业领域,刺激了该专业教育的快速扩展。目前全国已有150多所高校设立该本科专业,每年招生人数已达1万以上,而且还在继续增加。这1万多名入学新生,分属“985”“211”和一般本科院校等多个层次的学校,在认知特性、学习方法、读书习惯上都有较大差异。

在这样的背景下,对于该工程专业教育而言,特色比统一更重要。各校都在努力办出自己的特色,培养学生的个性,以满足不同的社会需求。学校的特色不同,自然对教材有不同的要求。若不是为了应试,即使同一学校的学生,也会选择不同的教材。多样性的人才培养,呼唤多样性的教材。时代已经变化,全国继续使用同一套统编教材,已经不适宜了,该专业教材建设必须创新、必须开拓。结合1998年的专

业调整并总结跨世纪的教育教学改革成果,高校建筑环境与设备工程专业教学指导委员会组织编写了一套推荐教材,由中国建筑工业出版社出版;同时,重庆大学出版社组织编写了一套系列教材;随后机械工业出版社等也先后组织成套编写该专业教材。

在国家“十五”“十一五”教材建设规划的推动下,各出版社出版教材的理念开放,境界明显提升。华中科技大学出版社在市场调研的基础上,组织编写的这套针对二、三类本科院校的系列教材,力求突出实用性、适用性和前沿性。教材竞争力的核心是质量与特色,教材竞争的结果必然是优胜劣汰,这对广大师生而言,是件大好事。希望该专业的教材建设由此呈现和保持百家争鸣的局面。

教材不是给教师作讲稿的,而是给学生学习的,企望编写者能面向学生编写教材,深入研究学生的认知特点。我们的学生从小就开始学科学,现在才开始学工程,其学习和思维的方式适应理科,而把握工程的内在联系和外部制约,建立工程概念则较为困难。在学习该专业时,往往形成专业内容不系统、欠理论、具体技术和工程方法只能死记硬背的印象。编写该专业教材,在完善教材自身的知识体系的同时,更要引导学生转换这种思维方法,学会综合应用;掌握工程原理,考虑全局。对现代工程教学的深入思考,对该专业教学体系的整体把握,丰富的教学经验和工程实践经验,是实现这一目标的基本条件。这样编写出来的教材一定会有特色,必将受到学生的欢迎。期盼华中科技大学出版社组织编写的这套教材,能使学生们说,“这是让我茅塞顿开的教材!”

借此机会,谨向教材的编审和编辑们表示敬意。

付祥钊

2009.6.30 于重大园

内 容 提 要

本教材是在贯彻国家高等学校本科教育“质量工程”,加强教材建设的指导思想下编写的,以拓展学生知识面为出发点,以理论知识够用为主线,将机械设计的相关知识融合在一起。全书设有绪论,第1篇机械设计相关知识(常用机械工程材料及热处理,公差与配合基础知识,摩擦、磨损和润滑基础知识),第2篇常用机构(平面机构,凸轮机构,间歇运动机构),第3篇常用机械传动(齿轮传动,齿轮系,带传动与链传动),第4篇常用零件及其联接(轴及其轴毂联接,螺纹联接,轴承),第5篇其他部分(联轴器、离合器和制动器,弹簧,现代机械系统设计概述)。

本书可作为建筑环境与设备工程、给排水工程、环境工程专业及其他近机类、非机类专业机械设计基础课程教材,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

前 言

随着高等学校教学改革不断深化,本科教学“质量工程”的实施,加快课程建设和教材建设显得十分重要。在此背景下,根据《机械设计基础课程教学基本要求》,结合工科学校近机类和非机类专业的特点,编写了此教材,它的特色主要体现在以下三个方面。

1.《机械设计基础》在许多工科类院校已成为近机类或非机类专业的主干课程或必修课,但往往由于知识结构体系或压缩理论课程门数和学时等原因,与机械设计紧密相关知识的课程(如金属材料和热处理、公差配合等)没有开设或少学时,因此从课程的整合、学生知识面的拓展以及对机械设计的更好了解和掌握的意义,在传统的机械设计基础教材中增加一些这方面的内容就显得十分必要,为此本教材专设了“机械设计相关知识”一篇。

2.在章节内容的设置和编排上,以便于学生理解掌握和拓展知识面为出发点,将相关知识点有机结合,另外以理论知识够用为度,对繁杂的计算、公式及有关内容进行删减,重点介绍机械设计相关知识的基本概念及设计中分析问题、解决问题的方法和思路,以增加适应性并满足近机类或非机类专业的需要。

3.各章节的讲授突出了应用性,以实际生产中常见的问题、例子作为分析对象,理论联系实际,培养学生解决实际问题的能力。另外摘录了部分现行国家新标准和规范,介绍了现代机械设计的新思路和方法,使学生了解本学科的发展动向。

本教材适合于48~64学时讲授,打*号章节可根据需要选讲。

编写委员会成员有:福建工程学院魏鸿榕(绪论、第1章、第2章、第3章),平顶山工学院陶怡(第5章、第9章),黑龙江工程大学岳彩霞(第7章、第12章、第13章),黑龙江工程大学孟兆生(第8章、第15章),平顶山工学院张国兴(第4章、第10章),平顶山工学院杨师斌(第11章、第14章),平顶山工学院王红阁(第6章)。魏鸿榕、陶怡、岳彩霞任主编,孟兆生、张国兴任副主编。山东省建筑科学研究院李继明研究员对本书进行了认真审阅,提出了许多宝贵意见,福建工程学院陈海对本书部分图表进行了修改,在此一并表示感谢。

由于编者水平和时间有限,书中存在不足之处,望广大读者提出宝贵意见和建议。

编者

2009年5月

目 录

第 0 章 绪论	(1)
0.1 机械的基本概念	(1)
0.2 机械设计的基本要求和一般过程	(5)
0.3 本课程性质、任务和内容	(6)
思考题与习题	(7)

第 1 篇 机械设计相关知识

第 1 章 常用机械工程材料及热处理	(11)
1.1 概述	(11)
1.2 常用金属材料	(16)
1.3 常用非金属材料	(24)
1.4 钢的热处理	(29)
1.5 机械零件的选材	(33)
思考题与习题	(36)
第 2 章 公差与配合基础知识	(37)
2.1 概述	(37)
2.2 光滑圆柱的尺寸公差与配合	(38)
2.3 表面结构	(49)
2.4 形状与位置公差	(55)
思考题与习题	(60)
第 3 章 摩擦、磨损和润滑基础知识	(62)
3.1 概述	(62)
3.2 摩擦基础知识	(62)
3.3 磨损基础知识	(67)
3.4 润滑基础知识	(72)
思考题与习题	(81)

第 2 篇 常用机构

第 4 章 平面机构	(85)
4.1 平面机构的组成	(85)
4.2 平面机构运动简图	(87)

4.3	平面机构具有确定运动的条件	(88)
4.4	平面连杆机构	(92)
	思考题与习题	(104)
第5章	凸轮机构	(106)
5.1	凸轮机构的应用与分类	(106)
5.2	从动件的常用运动规律	(108)
5.3	图解法设计盘形凸轮轮廓	(112)
5.4	解析法设计凸轮轮廓	(117)
5.5	设计凸轮机构应注意的问题	(119)
	思考题与习题	(121)
第6章	间歇运动机构	(123)
6.1	棘轮机构	(123)
6.2	槽轮机构	(127)
	思考题与习题	(129)

第3篇 常用机械传动

第7章	齿轮传动	(133)
7.1	概述	(133)
7.2	渐开线标准齿轮各部分名称、参数和几何尺寸	(135)
7.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(139)
7.4	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(141)
7.5	平行轴斜齿圆柱齿轮机构	(149)
7.6	直齿圆锥齿轮机构	(152)
7.7	蜗杆传动	(155)
7.8	齿轮传动的失效形式和设计准则	(164)
7.9	齿轮的结构、材料和许用应力	(166)
	思考题与习题	(170)
第8章	齿轮系	(172)
8.1	定轴轮系的传动比计算	(172)
8.2	周转轮系的传动比计算	(175)
8.3	*复合轮系的传动比计算	(178)
8.4	轮系的功用	(180)
	思考题与习题	(182)
第9章	带传动与链传动	(184)
9.1	带传动概述	(184)
9.2	带传动的工作状态分析	(186)

9.3 V带及V带轮的结构	(190)
9.4 普通V带传动的设计计算	(195)
9.5 V带传动的张紧	(201)
9.6 链传动概述	(202)
9.7 *链传动的运动及张紧	(207)
思考题与习题	(209)

第4篇 常用零件及其联接

第10章 轴及其轴毂联接	(213)
10.1 轴的类型及材料	(213)
10.2 轴的结构设计	(215)
10.3 *轴的强度计算	(219)
10.4 轴毂联接	(225)
思考题与习题	(231)
第11章 螺纹联接	(233)
11.1 螺纹的主要参数和常用类型	(233)
11.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(236)
11.3 螺纹联接的类型和标准联接件	(238)
11.4 螺纹联接的强度计算	(243)
11.5 螺纹联接的预紧和防松	(252)
思考题与习题	(256)
第12章 轴承	(258)
12.1 滑动轴承的主要类型和结构	(258)
12.2 滑动轴承轴瓦的结构和材料	(260)
12.3 非液体润滑滑动轴承的设计计算	(263)
12.4 液体润滑滑动轴承与气体轴承简介	(265)
12.5 滚动轴承的类型和选择	(267)
12.6 滚动轴承尺寸的选择计算	(270)
12.7 滚动轴承组合设计	(275)
思考题与习题	(282)

第5篇 其他部分

第13章 联轴器、离合器和制动器	(287)
13.1 联轴器	(287)
13.2 离合器	(290)
13.3 制动器	(291)

4 机械设计基础

思考题与习题	(292)
第 14 章 弹簧	(293)
14.1 弹簧的主要类型和功能	(293)
14.2 弹簧的常用材料和结构	(296)
14.3 * 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	(301)
思考题与习题	(310)
第 15 章 现代机械系统设计概述	(311)
15.1 现代机械系统方案设计的特点和方法	(311)
15.2 现代先进机械设计方法简介	(314)
思考题与习题	(318)
参考文献	(319)

第 0 章 绪 论

人类在长期的生产和生活实践中创造并使用了各种机械设备,并使其不断发展形成当今多种多样的类型。随着科学技术和工业生产的飞速发展,计算机技术、电子技术与机械技术的有机结合,机电一体化的实现,促使机械产品向高速、高效、多功能、自动化方向发展。在现代生产和日常生活中,机械已成为代替(特别在高危和恶劣环境下)或减轻人类劳动,提高劳动生产率、产品质量和人们生活水平的主要手段。因此机械的制造和使用水平成为衡量一个国家科技水平和现代化程度的重要标志之一。

0.1 机械的基本概念

现在人们通常把机器和机构统称为机械。

0.1.1 机器的组成及其特征

在人们日常生活和工作中,可见到或接触到各种各样的机器:从家庭用的缝纫机、洗衣机、计算机到工业部门使用的各种机床;从汽车、火车、轮船、飞机到宇宙飞船;从推土机、挖掘机、压路机、起重机到机器人等。机器的种类繁多,构造、用途和性能也不尽相同。一部机器究竟是怎样组成的?它有哪些特征?为了说明这些问题,先看看下面两个具体实例。

图 0-1 所示为一种最简单的单缸内燃机,通过气缸 1、活塞 2、连杆 3 和曲轴 4 组成的连杆机构,可以实现将活塞的直线运动变换成曲轴的回转运动;由齿轮 4' 和齿轮 5 及机体组成的齿轮机构将曲轴回转运动传递到凸轮轴 5';由凸轮轴 5' 和推杆 6 及机体组成的凸轮机构将凸轮的回转运动转换为推杆的直线运动。通过以上各种机构的协调配合动作,便能将燃料燃烧时产生的热能转变为曲轴转动的机械能。

图 0-2 所示为颚式破碎机。它是由机架 1、偏心轴(又称曲轴)2、动颚 3、肘板 4 四个构件组成。带轮与偏心轴固联成一整体,它是运动和动力输入构件,即原动件,其余构件都是从动件。当电动机驱动带轮和偏心轴 2 绕轴线 A 转动时,驱使输出构件动颚 3 作平面复杂运动,从而将矿石轧碎。

从以上两例可以看出,机器的主体部分是由许多运动构件组成,用来传递运动和力。虽然各种机器的构造、用途和性能各不相同,但从其力学特性及在生产中的地位来看,却都有着以下共同的特征。

(1) 它们是为人的实物组合体。

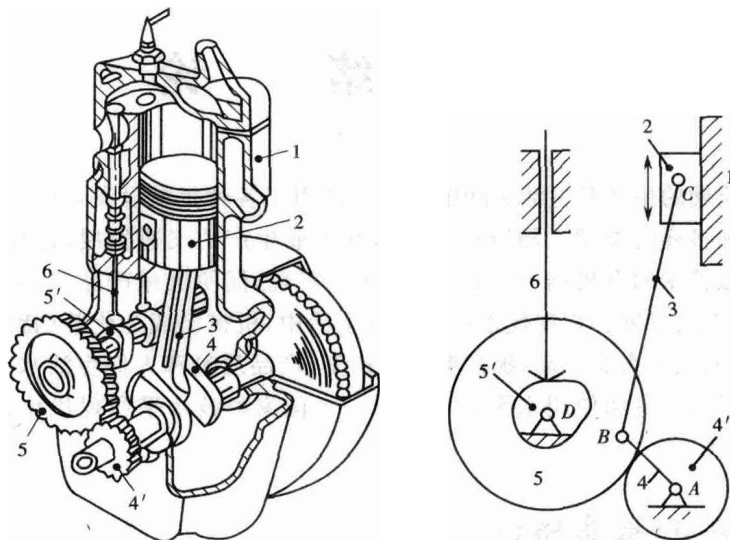


图 0-1 内燃机

1—气缸；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；4'、5—齿轮；5'—凸轮轴；6—推杆

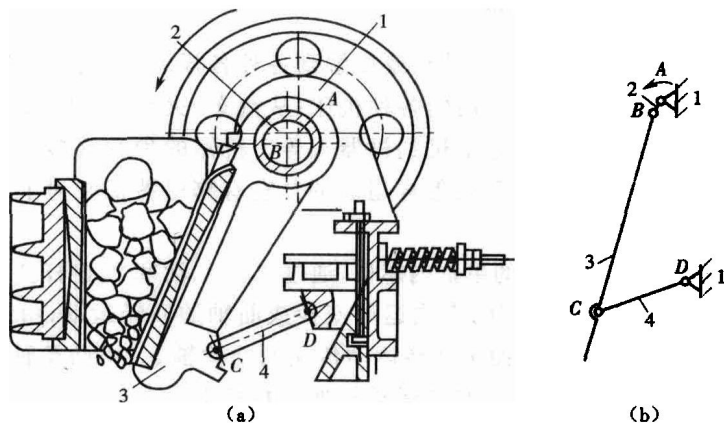


图 0-2 颚式破碎机

1—机架；2—偏心轴；3—动颚；4—肘板

(2) 组成它们的各部分之间具有确定的相对运动。

(3) 能够用来变换或传递能量、物料与信息。

凡同时满足以上三个特征的实物组合体就成为机器。根据工作类型的不同,机器一般可以分为三类,即动力机器、工作机器、信息机器。

动力机器的作用是将其其他形式的能量变换为机械能,或将机械能变换成其他形式的能量,如内燃机、涡轮机、空压机、电动机等都属于动力机器。

工作机器的用途是完成有用的机械功或搬运物料,如金属切削机床、起重机、缝纫机、汽车、包装机等都属于工作机器。

信息机器是用来完成信息的传递和变换,如打印机、绘图仪、传真机就属于这一类。

就功能而言,现代机器一般包含五个基本组成部分:动力装置、执行装置、传动装置、操纵控制装置、辅助装置,如图 0-3 所示。

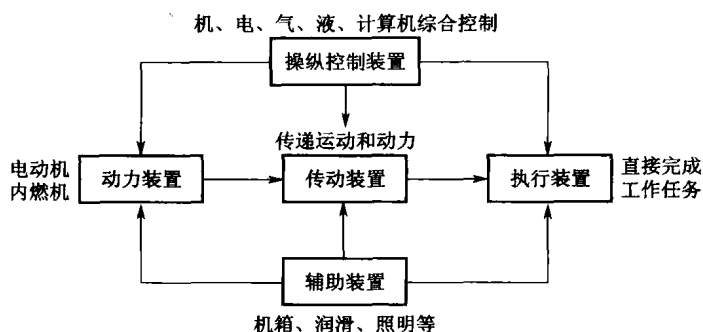


图 0-3 机器的组成

1. 动力装置

动力装置是机器的动力源。动力源(原动机)有电动机、内燃机、液压马达、气动马达、液压缸、汽缸及电磁驱动等。常用的是电动机、内燃机。

2. 传动装置

传动装置是将原动机的运动和动力传给执行装置的中间环节。它将动力装置的运动和动力转换成执行装置所需的运动形式和动力参数,并传给执行装置。传动装置有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动,常用的是机械传动。

3. 执行装置

执行装置是指直接完成机器预定功能的工作部分。如颚式破碎机的动颚和定颚板、汽车的车轮等。

4. 操纵控制装置

操纵控制装置是为了使动力装置、传动装置、执行装置彼此协调工作,并准确、可靠地完成整机功能的装置。其中近代机器的操纵控制装置一般由计算机系统来完成,实现机电一体化,成为现代机械系统,如数控机床、机器人、全自动照相机等。

5. 辅助装置

辅助装置主要有照明、润滑和冷却装置、机箱、支架等。

0.1.2 机构的组成及其特征

机器的概念已如上所述,那么什么是机构?为了说明这个问题,需要进一步分析上述两个实例。通过以上两例还可以看出,机器主要是由一些机构组成的。正是

由于这些机构的协调运动才使得机器能够完成有用的机械功能或进行能量转换。一部比较复杂的机器,可能包含多种类型的机构,例如上述的内燃机主要就是由如图 0-4 所示的连杆机构、齿轮机构和凸轮机构组成的。

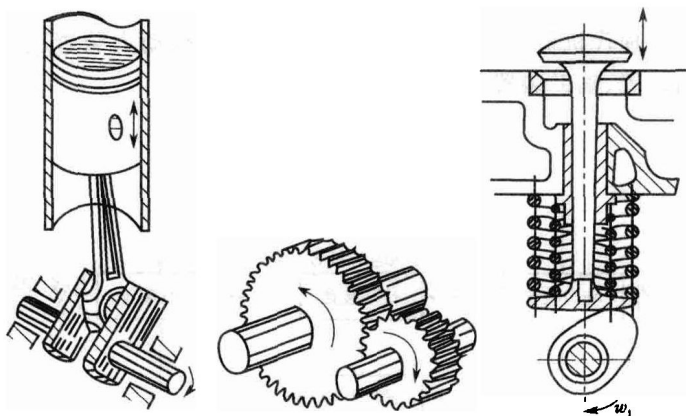


图 0-4 组成内燃机的机构

(a)—连杆机构;(b)—齿轮机构;(c)—凸轮机构

而机构又是由一些构件组成的构件系统,构件是运动的单元。它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0-5 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、螺栓 2 和螺母 3、连杆盖 4 等几个零件组成的。零件是制造的单元。这些零件之间没有相对运动,构成一个运动单元,成为一个构件。机械中的零件可分为两类:一类称为通用零件,在许多机械中都会遇到,如齿轮、螺钉、轴、弹簧等;另一类称为专用零件,只出现于某些特定机械之中,如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。机构在机器中可以认为仅仅起着传递运动和转换运动形式的作用,它具有以下两个特征。

- (1) 机构是人为的实物组合。
- (2) 组成机构的各实物体之间具有确定的相对运动。

而机器除具有这两个特征之外,还具有变换或传递能量、物料、信息的功能。

由于机构具有机器的前两个特征,所以从结构和运动的观点来看,两者之间并无区别。因此,人们常用机械一词作为它们的总称。

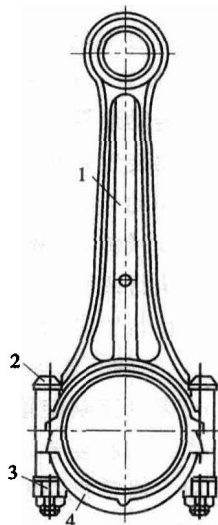


图 0-5 内燃机连杆