



全国电力高等职业教育规划教材



中国电力教育协会审定
全国电力出版指导委员会推荐
张国俊 付正江主编

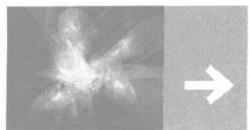
JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力高等职业教育规划教材

机械设计基础

主 编 张国俊 付正江
编 写 王 玉 高桂仙
主 审 李彦青



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力高等职业教育规划教材,内容主要包括常用机构和通用零部件的选用及设计。全书除绪论外共分十六章,包括平面机构的组成、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、蜗轮蜗杆机构、齿轮系、其他常用机构简介、零件的联接带传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴承、轴、联轴器和离合器、减速器、机械润滑与密封等内容。各章配有一定数量的思考题和习题,供学习时使用。本书突出高等职业教育的特点,以加强实用性和设计能力的培养为指导,内容通俗易懂。全书采用国际单位制及最新的国家标准。内容是按照工作原理、结构、强度计算、使用及维护的顺序编写的。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、成人高校及本科院校二级职业技术学院机械类及近机类专业的教学用书,也可供从事有关专业工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/张国俊,付正江主编. -北京:中国电力出版社,2005

全国电力高等职业教育规划教材

ISBN 7-5083-2050-6

I. 机… II. ①张…②付… 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(2005)第 004643 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.25 印张 446 千字
印数 0001—3000 册 定价 29.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



序

高职高专教材建设是高职高专教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高职高专教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。

根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》(国发[2002]16号),要充分发挥行业、企业、社会中介组织和人民团体在发展职业教育中的作用;行业主管部门要对行业职业教育进行协调和业务指导,制定行业职业教育和培训规划,参与相关专业的课程教材建设;积极推进课程和教材改革,开发和编写反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有职业教育特色的课程和教材。

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会组织制定了反映电力行业特点、体现高等职业教育特色的全国电力高等职业教育教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会还组建了全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动全国电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专教材建设应紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展工作。基础课程教材要体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材要加强针对性和实用性。同时,高职高专教材建设不仅要注重内容和体系的改革,还要注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专教材建设还要推动高职高专教育人才培养模式的改革,促进高职高专教育协调发展。希望通过我们的共同努力,陆续推出一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在全国电力高等职业教育教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、劳动保障部、国家电网公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会以及有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

全国电力高等职业教育教材规划工作是一项长期性任务,今后将根据相关专业课程体系改革和教学需要不断补充、完善。在教材的使用过程中,欢迎大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237)



前言

本书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》以及中国电力教育协会“推动电力高等职业教育的发展，加强电力高等职业教育教材建设”的要求编写的。

本书突出高等职业教育的特点，以加强实用性和设计能力的培养为指导，精选内容力求通俗易懂。内容主要包括常用机构和通用零部件的选用及设计。全书除绪论外共分十六章，包括平面机构、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、蜗轮蜗杆机构、齿轮系、其它常用机构、联接、带传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴承、轴、联轴器和离合器、减速器、机械润滑与密封等内容。

本书各章内容基本上是按照工作原理、结构、强度计算、使用及维护的顺序编写的。配有一定数量的思考题和习题供学习时使用。书中标“*”号的章节，可作为选学内容。

本书可供高职高专、普通高校及成人高校二级职业技术学院机械类及近机类专业作教学用书，也可供从事有关专业工作的工程技术人员参考。

本书采用国际单位制及最新的国家标准。

全书由张国俊、付正江担任主编。参加本书编写的有河北机电职业技术学院高桂仙（第1章~第4章）、王玉（第6、7、9、10章），保定电力职业技术学院张国俊（绪论、第5、8、11、14章），三峡大学职业技术学院付正江（第12、13、15、16章）。

河北科技大学理工学院李彦青仔细审阅了本书的全部文稿和图稿，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间较紧，缺点和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2004年10月



目 录

序

前言

绪论	1
第一节 本课程研究的对象和内容	1
第二节 本课程的性质和任务	2
第一章 平面机构的运动简图和自由度	4
第一节 运动副及其分类	4
第二节 平面机构运动简图	6
第三节 平面机构的自由度	8
思考题	11
习题	11
第二章 平面连杆机构	13
第一节 铰链四杆机构及其基本类型	13
第二节 铰链四杆机构有曲柄的条件及其基本类型的判别	15
第三节 铰链四杆机构的演化	16
第四节 平面连杆机构的特性	19
※第五节 平面连杆机构的设计方法	22
思考题	26
习题	26
第三章 凸轮机构	29
第一节 凸轮机构的应用和类型	29
第二节 从动件的常用运动规律及其选择	31
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	35
第四节 凸轮机构设计中要注意的几个问题	38
※第五节 凸轮材料及工作图	41
思考题	44
习题	44

第四章 齿轮机构	46
第一节 齿轮机构的特点和分类	46
第二节 齿廓啮合基本定律及渐开线齿廓	48
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	51
第四节 一对渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	54
第五节 渐开线齿轮的切齿原理及根切现象	57
※第六节 渐开线变位齿轮机构	60
第七节 渐开线斜齿圆柱齿轮机构	64
第八节 渐开线直齿圆锥齿轮机构	67
思考题	70
习题	70
第五章 蜗轮蜗杆机构	72
第一节 蜗杆传动的类型和特点	72
第二节 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	73
思考题	76
习题	77
第六章 齿轮系	78
第一节 齿轮系及其分类	78
第二节 定轴轮系传动比的计算	79
第三节 行星轮系传动比的计算	81
第四节 组合轮系传动比的计算	84
第五节 轮系的应用	87
第六节 少齿差行星轮系和谐波齿轮传动简介	89
思考题	91
习题	91
第七章 其它常用机构	94
第一节 螺旋机构	94
第二节 棘轮机构	99
第三节 槽轮机构	102
思考题	105
习题	105
第八章 联接	106
第一节 键联接	106
第二节 花键联接	112

第三节 销联接	113
第四节 螺纹联接	115
思考题	130
习题	131
第九章 带传动	133
第一节 带传动的工作原理、类型和特点	133
第二节 V带和V带轮	134
第三节 带传动的受力和弹性滑动	138
第四节 带传动的应力分析和设计准则	140
第五节 V带传动设计	143
第六节 V带传动的张紧、安装和维护	146
思考题	150
习题	151
第十章 齿轮传动	152
第一节 齿轮的失效形式及设计准则	152
第二节 齿轮的材料及热处理	154
第三节 齿轮传动的精度	155
第四节 直齿圆柱齿轮的强度计算	157
第五节 斜齿圆柱齿轮传动	165
第六节 直齿圆锥齿轮传动	168
第七节 齿轮的结构	170
思考题	172
习题	172
第十一章 蜗杆传动	174
第一节 蜗杆传动的强度计算	174
第二节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	179
第三节 蜗杆和蜗轮的结构	182
思考题	187
习题	187
第十二章 轴承	188
第一节 滑动轴承	189
第二节 滚动轴承	199
思考题	221
习题	222
第十三章 轴	224
第一节 轴的分类、材料和结构	224

第二节 轴的结构设计	227
第三节 轴的强度计算	233
※第四节 轴的刚度计算概念	239
思考题	240
习题	240
第十四章 联轴器和离合器	243
第一节 联轴器	243
第二节 离合器	250
思考题	253
习题	253
第十五章 减速器	254
第一节 减速器的主要型式及其特性	254
第二节 通用减速器的结构	260
思考题	267
习题	267
第十六章 机械润滑与密封	268
第一节 润滑剂	268
第二节 通用润滑方式及润滑装置	271
第三节 通用零、部件润滑	275
第四节 密封	286
思考题	293
附录	294
附表1 普通螺纹的基本尺寸	294
附表2 凸缘联轴器	295
附表3 TL型弹性套柱销联轴器	297
参考文献	299



绪 论

第一节 本课程研究的对象和内容

一、机器、机构与机械

人类在长期的生产实践中创造了机器。人们在生产和生活中广泛使用着各种机器,例如机床、汽车、汽轮机、水轮机、内燃机和洗衣机等。机器的种类很多,但都有一些共同的特征。

从运动角度分析,机器是由构件组成的。“构件”是机器的运动单元。如图 0-1 所示,内燃机包括活塞、连杆、曲轴、汽缸体等。其中构件之间有相对运动的关系。

从制造的角度分析,机器是由机械零件组成。“零件”是机器的制造单元。机械零件可分为通用零件和专用零件两大类:通用零件是指各种机器中常用的零件,如螺钉、螺母、轴和齿轮等;专用零件是指某种特定的机器上才用到的零件,如水轮机中的转子、汽轮机的叶轮、内燃机的曲轴和机床的主轴等。

从运动的确定性及功与能的关系角度分析,内燃机、汽轮机可将燃料的化学能或热能转变成机械能,水轮机可将水力的势能转变成转子动能,机床可将电能转变成机械能等。

由上述可知,机器具有以下三个特征:

- 1) 机器一般是由许多构件组成的;
- 2) 各个构件间具有确定的相对运动;
- 3) 机器能代替或减轻人力完成机械功或转换机械能。

机构也是人为的实物组合,其各部分之间

具有确定的相对运动,所以机构具有机器的前两个特征。在内燃机中,活塞、连杆、曲轴和汽缸体组成一个曲柄滑块机构,可将活塞的往复移动转变为曲轴的连续转动。从结构和运动的观点看,机器与机构无区别。习惯上将“机械”一词作为“机器”和“机构”的总称。

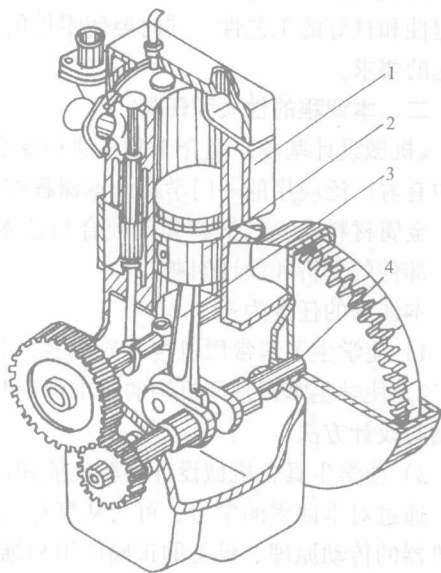


图 0-1 内燃机机构

1—汽缸体; 2—活塞; 3—连杆; 4—曲轴

二、本课程研究的对象和内容

从装配角度分析,机器是由若干部件组成的,所谓“部件”是指机器的装配单元。

机器中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

《机械设计基础》主要研究机械中的常用机构和通用零、部件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。

第二节 本课程的性质和任务

一、机械设计概述

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或对原有机械性能的改进。

机械设计应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,设计对象性能好、效率高、成本低,在预定使用期限内安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合理适宜的机构;拟订设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;进行零、部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

机械零件设计的基本要求是:机械零件要有足够的强度、刚度和寿命,要有良好的振动稳定性和良好的工艺性,同时要使零件的材料选择合理,并使其结构、规格、尺寸等符合标准化的要求。

二、本课程的性质和任务

《机械设计基础》是介于基础课和专业课之间的重要的专业技术基础课,也是在生产实践中有着广泛应用的一门学科。本课程综合应用先修课程的基本理论,如机械制图、工程力学、金属材料及工艺学和公差配合与技术测量等,并结合生产实际,解决常用机构及通用零、部件的分析和设计问题。

本课程的任务为:

- 1) 使学生了解常用机构及通用零、部件的工作原理、类型、特点及应用等基本知识。
- 2) 使学生掌握常用机构的基本理论和设计方法,掌握通用零、部件的失效形式、设计原则与设计方法。
- 3) 使学生具备机械设计实验技能和设计简单机械及传动装置的基本技能。

通过对本课程的学习,可为从事有关机械制造、运行、检修和管理的技术人员在了解各种机器的传动原理、设备的正确使用和维护、故障的分析与排除以及革新改造旧设备、设计新产品等方面提供必要的基础理论、方法与技能。

三、本课程在教学中的地位及其学习方法

本课程是理论性和实践性都很强的机械类及近机类专业的主干课程之一,在教学中承上启下,是机械工程师、高级工人技师及机械管理人员的必修课程。

学生在学习本课程时在学习方法上应注意适应以下特点:

- 1) 本课程关联多门先修课程,先修课程的掌握程度直接影响本课程的学习。

2) 本课程中,不同研究对象所牵涉到的理论基础不同,且相互之间无多大联系,但最终研究目的是惟一的,即设计出能应用的机构、零件等。

3) 本课程的各部分内容一般都是按照工作原理、结构、强度计算、使用维护的顺序安排的,即有自成体系的特点。

4) 由于实践中的问题往往很难用纯理论方法解决,故本课程常采用经验公式、参数及简化计算(条件性计算)等,这在工程设计中保证严谨的前提下有实用价值。

5) 本课程习题计算步骤和结果不像有些基础课如数学中的非变数运算具有惟一性,应尽量简捷与择优。

6) 本课程逐步培养学生把理论计算与结构设计、制造与加工工艺等相结合,提高统筹解决设计问题的综合能力。

参考文献

1. 机械零件设计手册

2. 机械设计手册

3. 机械设计手册

4. 机械设计手册

5. 机械设计手册

6. 机械设计手册





第一章

平面机构的运动简图和自由度

机构是由具有确定相对运动的构件组成的。显然,不能产生相对运动或无规则乱动的构件的组合,都不能构成机构。如果机构中所有的运动构件均在同一平面或相互平行的平面内运动,则称为平面机构,否则称为空间机构。工程上常见的机构大多是平面机构,因此,本章仅讨论平面机构的有关问题。

第一节 运动副及其分类

一、构件的自由度及其约束

一个作平面运动的自由构件具有三个独立运动。如图 1-1 所示,在 xOy 坐标系中,构件 S 有三种独立运动的可能性,即沿 x 轴、 y 轴方向的移动和绕其上任一点 A 的转动。构件相对于参考系所具有的独立运动的数目称为构件的自由度。对于平面运动的构件而言,其最多具有三个自由度。

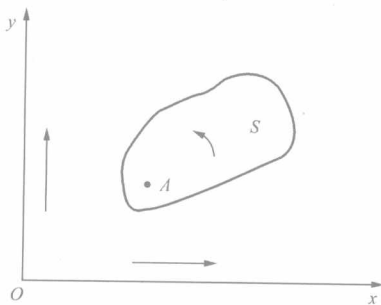


图 1-1 平面构件的自由度

当一构件与其它构件相互联接时,其相对运动将受到限制,从而失去了一定的自由度,这种限制称为约束。增加一个约束就减少一个自由度,约束的数目与构件间的联接形式有关。

二、运动副及其分类

机构中使两构件相互接触并产生确定相对运动的可动联接,称为运动副。图 0-1 所示内燃机的气缸与活塞,既相互接触,又允许活塞相对于气缸作直线往复运动,这种联接就是运动副。组成运动副的两构件只能作在同一平面内作相对运动的运动副称为平面运动副。

两构件之间通过点、线、面来实现接触。按照接触情况和两构件间的相对运动形式不同,通常把平面运动副分为高副和低副两类。

1. 高副

两构件构成点或线接触的运动副,如图 1-2 所示。

两构件 1、2 组成高副,彼此间既可沿接触点 A 处的切线 $t-t$ 方向移动,又可绕接触点 A 转动;而沿法线 $n-n$ 方向的相对移动受到约束。所以一个高副引入一个约束,即减少一

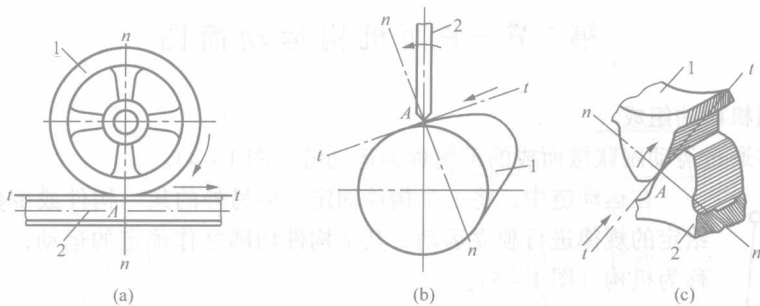


图 1-2 平面高副

个自由度。

2. 低副

两构件构成面接触的运动副，如图 1-3 所示。平面低副按其相对运动形式又可分为转动副和移动副两种。

在图 1-3 (a)、(b) 所示的构件 1、2 组成的运动副中，两构件只能绕 z 轴相对转动，即沿 x 、 y 轴方向的相对移动受到约束。这种两构件间只能产生相对转动的运动副称为转动副或称为铰链。在图 1-3 (a) 所示的转动副中，有一个构件是固定的（或称为机架）称为固定铰链；在图 1-3 (b) 所示的转动副中，1、2 两构件均未固定称为活动铰链。

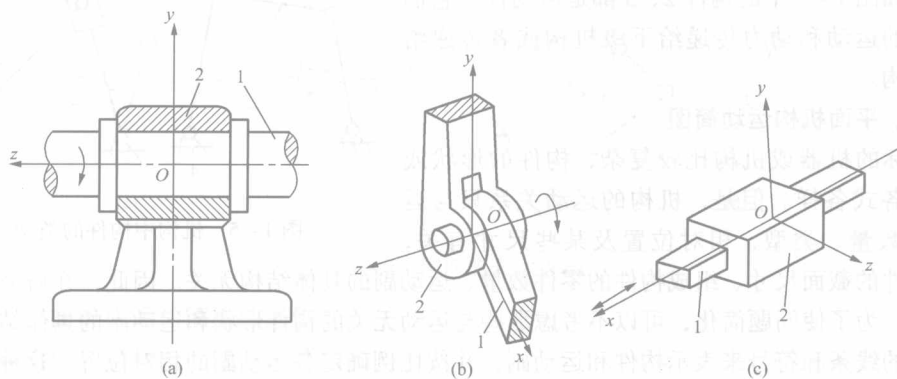


图 1-3 平面低副

在图 1-3 (c) 所示运动副中的两构件只能沿 x 轴方向作相对移动，沿 y 轴方向的相对移动和绕 z 轴的相对转动均受到约束。这种两构件间只能产生相对移动的运动副称为移动副。

显然，转动副只能在一个平面内相对转动，移动副只能沿某一轴线方向移动。因此，一个低副引入两个约束，即减少两个自由度。

第二节 平面机构运动简图

一、平面机构的组成

若干构件通过运动副联接而成的系统称为运动链 (图 1-4)。

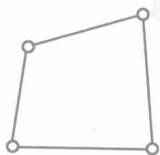


图 1-4 运动链

在运动链中，将一个构件固定，使另外的某一构件或少数几个构件按给定的规律进行独立运动，其余构件均随之作确定的运动，这种运动链就称为机构 (图 1-5)。

机构中的构件，按其运动性质不同，可以分为三类：固定件（机架）、主动件和从动件。

1. 固定件（机架）

固定件是用来支撑运动构件的构件，如图 1-5 中的构件 4。一个机构必定有一个固定件。

2. 主动件

主动件是运动规律已知的运动构件，其运动规律是由外界给定，如图 1-5 中的构件 1。一个机构可以有一个或几个主动件。

3. 从动件

从动件是指随主动件运动而运动的其余运动构件。如图 1-5 中的构件 2、3 都是从动件。它们将获得的运动和动力传递给下级机构或者传递给执行机构。

二、平面机构运动简图

实际的机器或机构比较复杂，构件的形状或构造也各式各样。但是，机构的运动关系只与运动副的数量、类型、相对位置及某些尺寸有关，而与构件的截面尺寸、组成构件的零件数量、运动副的具体结构无关。因此，在研究机构的运动时，为了使问题简化，可以不考虑那些与运动无关的构件形状和运动副的具体结构，仅用简单的线条和符号来表示构件和运动副，并按比例确定各运动副的相对位置。这种表达机构各构件间相对运动关系和运动特征的简明图形，称为机构运动简图。

对于不需按严格比例关系绘制出的机构运动简图，通常称为机构示意图。

三、运动副及构件的表示方法

在平面机构运动简图中，运动副和构件的表示方法如下。

两构件组成转动副的表示方法如图 1-6 所示。图 1-6 (a) 表示构成转动副的两构件均是可运动构件；图 1-6 (b) 表示构成转动副的两构件中，构件 2 是运动构件，构件 1 固定为机架，将代表机架的构件画上斜线。圆圈用来表示转动副，其圆心代表回转轴的轴线。

两构件组成移动副的表示方法如图 1-7 所示，图中画有斜线的构件表示被固定为机架。移动副的导路必须与相对移动方向一致。

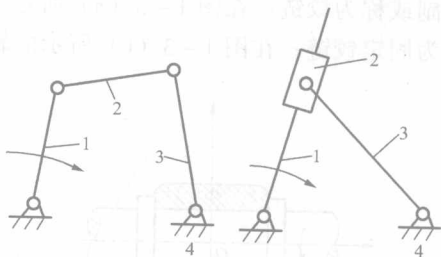


图 1-5 机构中构件的类型

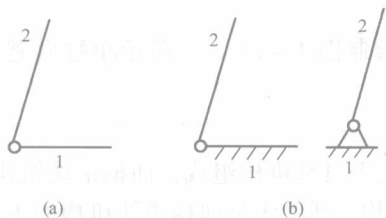


图 1-6 转动副的表示方法

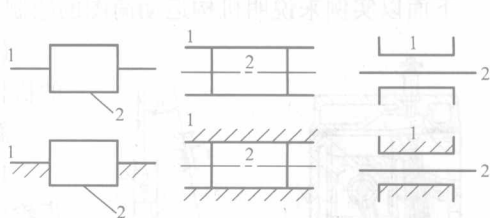


图 1-7 移动副的表示方法

两构件组成高副的表示方法如图 1-8 所示。绘制高副的运动简图时，必须绘制出两构件接触处的轮廓曲线形状或按标准符号绘制。图 1-8 (a) 为凸轮副，图 1-8 (b) 为齿轮副。

构件的表示方法如图 1-9 所示，构件用直线或小方块表示。图 1-9 (a) 表示参与组成两个转动副的构件。图 1-9 (b) 表示参与组成一个转动副和一个移动副的构件。图 1-9 (c) 表示参与组成三个转动副的构件。如果三个转动副中心位于一条直线上，则可用图 1-9 (d) 表示。

其它常用零部件的表示方法可参看 GB/T 4460—1984《机构运动简图符号》。

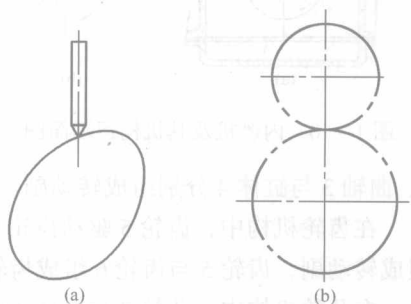


图 1-8 高副的表示方法

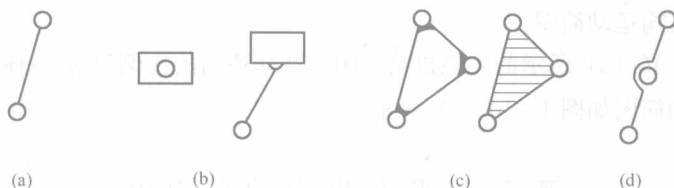


图 1-9 构件的表示方法

四、平面机构运动简图的绘制

平面机构运动简图的绘制步骤是：

- (1) 分析机构的运动，确定机架、主动件和从动件。
- (2) 从主动件开始，沿着运动传递路线，分析各构件间相对的运动性质，确定运动构件的数目，运动副的类型和数目。
- (3) 选择合适的视图平面和机构运动瞬时位置，以便于清楚地表达机构的运动关系。
- (4) 根据机构实际尺寸和图纸大小确定适当的比例尺 μ_L

$$\mu_L = \frac{\text{构件的实际尺寸}}{\text{构件的图示尺寸}} (\text{mm/mm})$$

从主动件开始，按机构运动传递顺序，使用构件和运动副的规定符号绘制出机构运动简图，并在主动件上标注出构件的运动方向。

下面以实例来说明机构运动简图的绘制方法。

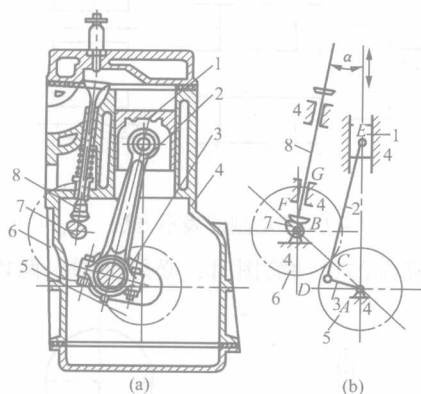


图 1-10 内燃机及其机构运动简图

【例 1-1】 绘制图 1-10 (a) 所示单缸内燃机的机构运动简图。

解

1) 内燃机由三个典型机构组成: 曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构。活塞 1 是曲柄滑块机构的主动件, 曲轴 3 既是曲柄滑块机构的从动件又是齿轮机构的主动件, 凸轮轴 7 既是齿轮机构的从动件又是凸轮机构的主动件, 推杆 8 是凸轮机构的从动件。缸体 4 是机架。

2) 在曲柄滑块机构中, 活塞作垂直方向的直线往复运动, 通过连杆驱动曲轴作连续转动。活塞 1 与缸体 4 组成移动副, 活塞 1 与连杆 2、连杆 2 与曲轴

3、曲轴 3 与缸体 4 分别组成转动副。

在齿轮机构中, 齿轮 5 驱动齿轮 6 作旋转运动。齿轮 5 与缸体 4、齿轮 6 与缸体 4 分别组成转动副, 齿轮 5 与齿轮 6 组成齿轮副 (高副)。

在凸轮机构中, 凸轮 7 与缸体 4 组成转动副, 推杆 8 与缸体 4 组成移动副, 凸轮 7 与推杆 8 组成凸轮副 (高副)。

3) 图 1-10 (a) 的视图平面可以清楚地表达各机构间的运动关系, 故选择该平面作为视图平面, 绘制机构运动简图。

4) 根据图 1-10 (a) 所示的内燃机结构图, 选择适当的比例尺 μ_L , 使用规定的绘图符号绘制内燃机运动简图如图 1-10 (b) 所示。

第三节 平面机构的自由度

一、平面机构自由度的计算

机构相对于机架所具有的独立运动数目, 称为机构的自由度。

如前所述, 一个作平面运动的自由构件具有三个自由度, 设一个平面机构由 n 个可动构件 (机架除外) 组成, 它们在未通过运动副联接前, 共有 $3n$ 个自由度。当用 P_L 个低副和 P_H 个高副联接组成机构后, 每个低副引入两个约束, 每个高副引入一个约束, 共减少 $2P_L + P_H$ 个自由度, 则平面机构自由度 F 的计算公式为

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

机构的自由度数目表明机构具有的独立运动数目。而机构中每个主动件相对机架只有一个独立运动。故机构具有确定相对运动的条件为: 机构的自由度 F 必须与主动件数目相等, 且 $F > 0$ 。

下面举例说明式 (1-1) 的应用。