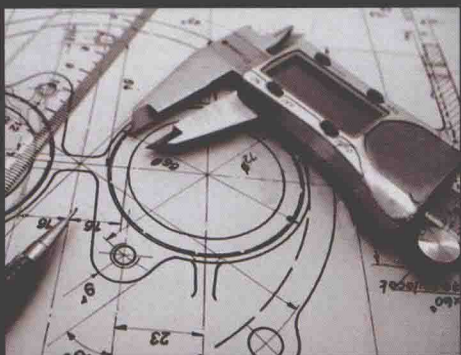
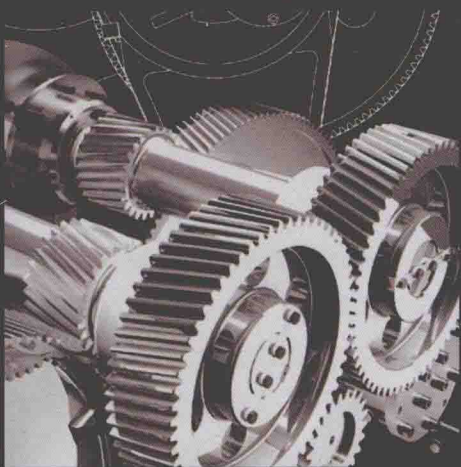




高职高专机电类“十二五”规划教材

机械设计 基础

主 编 周家泽

副主编 吴水萍



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高职高专机电类“十二五”规划教材

机械设计 基础

主 编 周家泽
副主编 吴水萍



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/周家泽主编;吴水萍副主编. —武汉:武汉大学出版社,
2012. 7
高职高专机电类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-307-09864-0

I. 机… II. ①周… ②吴… III. 机械设计—高等职业教育—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 118374 号

责任编辑:胡 艳 责任校对:刘 欣 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:451 千字

版次:2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-09864-0/TH·28 定价:30.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

《机械设计基础》是高职高专机电类“十二五”规划教材系列之一。随着高等职业教育的发展,高职教育理论正逐步完善与发展,以工作任务及工作过程为导向的高职教育理念正在形成,并正在指导高职课程开发,为此,我们的教材也应该创新。

先前开发的高职教材虽然力求改革,但总体上还是本科版的压缩。高等职业技术教育强调行动体系的经验性、过程性、策略性知识,本科教育强调陈述性、理解性、论证性的知识。高等职业技术教育强调培养高技术高技能型人才,《机械设计基础》是从事本大类职业必备的专业技能和专业知识,它涵盖机械类行业的机构与零件的综合技术,是高职机制、模具、机电等专业的专业基础课程,是大类机械制造业,如汽车、飞机、轮船、模具、NC 机床、工业机器人、矿山机械、石油机械、印刷机械等职业岗位群所必不可少的先导职业技术基础课程,覆盖职业面广。课程主要内容为以上职业岗位群中必需的常用机构和零件,其中,常用机构包括平面连杆机构、齿轮机构、带类传动机构、凸轮机构、间歇机构等;常用零件包括轴系零件、螺纹连接、轴承、联轴器等。该课程主要培养高职学生对机器设备中上述机构与零件的维护、调试、检测与维修等专业技术能力,要求学生有较强的理论应用与实际动手能力。

教材研制的原则是基于工作过程导向的课程教材的开发,通过工作任务的工作分析组织教学内容,更加符合高职特色。逐步打破本科压缩型内容的框框,进行再生与重构,这是对长期以来关于职业教育课程内容要“适度、够用”的具体尝试,也是对职业教育课程内容选择的新探索。

教材独具特色:以就业为导向,以职业工作过程中的应用的经验和策略的习得为主、以适度够用的概念和原理的理解为辅,即以“怎样做”、“怎样做更好”的知识为主;包含三块学习情境:常用机构技术应用、常用传动技术应用、常用零部件技术应用;大部分章节在提要里给予了职业工作导向。在学生动手方面,创新性加入工作任务导向题,题目是需要学生先具体操作的,体现行动体系的教学特色;注重应用,实用性好;注重基本知识的理论应用与实践,列举的工程实例多。本书收编了较多的与机械设计有关的图表、新标准,实用图例,以便查找应用。

在本教材的编写过程中,参阅了大量的文献成果,在此一并致谢。作为高职教育教材改革的尝试,本书难免存在不足之处,欢迎同行及广大读者提出改进意见。

编者

2012年2月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课程的内容与工作导向	1
1.2 机器及基本组成	1
1.3 标准图表及使用	3
1.4 课程学习方法	4
思考与练习	4
第 2 章 平面连杆机构	5
2.1 机构运动简图及应用	5
2.2 铰链四杆机构结构与应用	17
2.3 铰链四杆机构检测与调试	21
2.4 其他四杆机构结构类型及应用	28
思考与练习	32
第 3 章 凸轮机构	36
3.1 凸轮机构组成及结构类型	36
3.2 从动件的常用运动规律识别	39
3.3 凸轮轮廓的绘制技术	43
3.4 凸轮机构基本尺寸的检验	50
3.5 凸轮加工及装配	53
思考与练习	57
第 4 章 常用齿式机构	59
4.1 直齿圆柱齿轮机构	59
4.2 其他齿轮机构	80
4.3 棘轮机构	89
4.4 槽轮机构	91
思考与练习	93

第 5 章 机构调速技术	95
5.1 轮系变速的分类	95
5.2 轮系的传动比	97
* 5.3 特殊调速装置简介	104
5.4 机构调速技术的应用	109
思考与练习	112
第 6 章 带传动与链传动	114
6.1 带传动的类型及结构	114
6.2 带的工作情况分析	119
6.3 带传动设计及标准图表的应用	122
6.4 带传动的安装与维护	132
6.5 链传动简介	133
思考与练习	138
第 7 章 齿轮传动	139
7.1 齿轮的失效及技术防范措施	139
7.2 齿轮常用材料及热处理应用	142
7.3 齿轮传动精度的选择	144
7.4 直齿圆柱齿轮传动的强度技术	148
7.5 其他齿轮传动的强度技术	165
7.6 齿轮结构及其传动润滑	174
思考与练习	178
* 第 8 章 蜗杆传动	180
8.1 蜗杆传动特点及应用	180
8.2 蜗杆传动的几何参数识别	183
8.3 蜗杆、涡轮及材料选择	187
8.4 蜗杆传动的强度技术	190
8.5 蜗杆传动的润滑与维护	193
思考与练习	200
第 9 章 常用标准连接件	202
9.1 螺纹连接及应用	202
9.2 键连接应用	215
9.3 联轴器与离合器应用	222
9.4 弹簧的选用	229
思考与练习	232

第 10 章 轴及其应用	234
10.1 轴的分类及材料选用	234
10.2 轴的结构及工艺性	238
10.3 轴的强度及其提高措施	241
10.4 轴系结构的应用——减速器	249
思考与练习	252
第 11 章 轴承	254
11.1 滚动轴承的结构及材料选用	254
11.2 滚动轴承类型的应用选择	259
11.3 滚动轴承的代号识别	261
11.4 滚动轴承的尺寸选择	265
11.5 滚动轴承的组合结构及应用	276
11.6 滚动轴承结构的间隙调整与装拆	280
11.7 滑动轴承应用简介	285
11.8 轴承的润滑与密封	293
思考与练习	299

1.1 课程的内容与工作导向

随着生产技术和对机器结构的研究不断深入，人们为了适应生活和生产上的需要，创造了各种各样的机器及工具，以减轻体力劳动和提高生产力。当今有关机械设计和结构制造的理论已逐渐系统化、计算机化、模块化，相应地形成了机械原理、机械结构与零件等学习课程。

机械技术基础是一门通识性强的职业应用型学科，也称为机械设计基础，是机类、近机类职业技术基础的学习课程，该课程的知识面涉及机械工程的各个行业，如汽车、模具、数控机床、工业机器人、矿山机械、建筑机械、石油机械、印刷机械及纺织机械等的通用机构与零件。高等职业课程教育的目的是研究这些通用机构与零件的加工、制造、检修调试、维护及运行，也为机械职业群的相关专业的学生学习专业课程提供必需的技术基础，使从事机械、工艺、现场管理的工程师及工程技术人员获得必要的技术基础知识。

本课程的内容主要研究的是工程机械中通识性技术问题。一是常用机构的组成、运动和动力工作特性；二是常用传动技术，包括设计方法、选材、资料查找、标准图表使用等；三是常用零件的工作原理、结构特点、应用、主要参数选择与计算方法。学习内容包括机械、机器、常用机构、构件、通用零件及部件的基础知识。

学习本课程是为今后工作中常用机构（连杆机构、凸轮机构、齿式机构等）与常用零件（轴、螺纹件、轴承等）的制造、检修、调试、维护及运行等职业做准备。

1.2 机器及基本组成

机器的种类很多，人们在日常生活和生产实践中已经用过和看到过不少机器，如机器人、汽车、飞机、机床、洗衣机、缝纫机等。

为学好本课程，下列机械入门概念必备，即机械、机器、机构、构

件、零件、部件。

机械是机器与机构的总称。机器是执行机械运动的装置，它用来变换和转换能量与信息。

机器具有下列特征：

- ①它是多种实体的组合；
- ②各实体间具有确定的相对运动；
- ③能完成有效的机械功或转换能量与信息。

例如，机床、起重机、破碎机等能完成有效的机械功；内燃机、电动机、水轮机等能实现能量的转换；计算机、打印机等能实现信息转换。

机器与其他装置的区别是：机器一定要做机械运动，并通过机械运动来实现功、能量或信息的转换。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机，结构由汽缸 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和齿轮 10 等组成。其工作原理为：燃气推动活塞 2 在汽缸里做往复运动；活塞 2 带动连杆 5 运动；连杆 5 使曲轴 6 连续转动；曲轴上的齿轮 10 也一起同步转动；齿轮 10 带动齿轮 9 转动；齿轮 9 使同轴的凸轮 7 转动从而推动顶杆 8 上下运动，完成启闭进气阀 3 和排气阀 4 的任务。为了保证凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 每转两周进、排气阀各启闭一次，在曲轴和凸轮之间安装了齿轮，齿数比为 1：2。这样，当

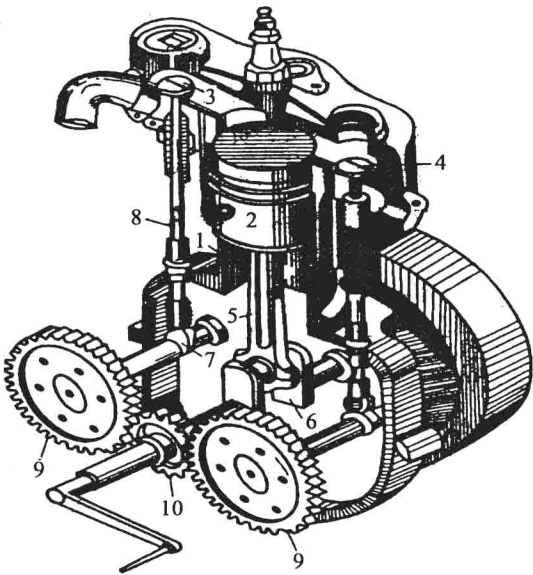


图 1-1 单缸四冲程内燃机

燃气推动活塞运动时，进、排气阀按规律启闭，把燃气的热能转变为曲轴的机械能。

图 1-1 所示内燃机是机器，因为机器由多个实物组成，实物间有相对运动，把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

又例如,电动机由转子和定子组成,当定子输入电流后,转子便做回转运动,使电能转换为机械能;电风扇是由电动机带动使叶轮回转散热的,它将电能转换为机械能;水轮机将水的势能转换成机械能;打字机、绘图仪是信息转换机器设备。

通过上述例子可知,尽管机器类型很多,结构、性能和用途也各不相同,但是都具备前述的三个共同特征。

总之,一台完整的机器一般都是由动力、传动、执行、控制等部分组成的。

机构是什么?机构具有机器前两个特征,即:

- (1) 它是多种实体的组合;
- (2) 各实体间具有确定的相对运动。

机器中的常用机构有带传动机构、连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及间歇机构等。

为了将机器的动力变换成执行部分所需的运动,要求传动的每个传动装置都必须具有确定的相对运动,并能改变运动规律和传递动力,这些传动装置就是机构和构件。

图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机中,由汽缸 1、活塞 2、连杆 5、曲轴 6 组成连杆机构,由凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 的轴组成凸轮机构,齿轮 9 和齿轮 10 组成齿轮机构。

可以说,机器所做的机械传动是由机器中的机构来完成的。机器是由一个或若干个机构组成的。

构件是机器中运动的单元体,它由数个零件刚性地连在一起,组成一个具有确定运动的整体。构件可以是一个零件,也可以是由几个零件固连组成的,组成一个构件的各个零件之间无相对运动。如图 1-1 中齿轮 9、凸轮 7 是用键与轴刚性地连在一起的,齿轮、凸轮、键、轴之间无相对运动,而组成一个运动的整体(单元体),可称为一个构件,这个构件由四个零件组成。

零件是机器中加工的单元体,是制造的个体。例如,齿轮、凸轮、键、轴分别为四个零件,但它们固连起来,在内燃机的机构中就只是一个运动的构件。零件在工程机械中分通用零件和专用零件,如螺钉、键、弹簧等是通用零件,轴、汽缸等是专用零件。

部件是为完成同一工作任务而协调工作的若干个零件的集合体,如轴承、联轴器、离合器等。

从上述分析中可以看出,机械、机器、机构、构件、零件、部件是学习“机械技术基础”课程的入门基本概念。机械是机器与机构的总称,机器由机构和部件组成,机构由构件和零件组成,构件由零件组成。构件是机器中运动的单元,零件是机器中加工的单元。无论是设计和制造机器,还是使用和改造现有的机器,都必须将机构和零件作为基础进行研究。

1.3 标准图表及使用

“机械技术基础”是培养学生综合实践应用能力的一门课程,其中有大量的国家标准及图表使用的通识性技术,专门针对具体、常用的机构与零件。例如,常用机构有带传动机构、连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及间歇机构等;常用零件在工程机械中分通用零件和专用零件,如螺钉、键、弹簧等是通用零件,轴、汽缸等是专用零件。其标准包括:机

构运动简图符号识别、零件材料选用、公差查表、模数系列表、V带截面尺寸、零件精度选择、轴承型号选用方法等。

所以,学会使用和查取标准技术资料是一项工作过程必备的技能,它包括常用机构的设计技术及标准的基本知识,通用零件的结构及标准。应掌握通用零件标准的选用和查表方法,能对一般机构和零件常见的标准及图表进行识读,以便解决工作过程中常遇到的有关机械零、部件结构标准及图表方面的问题。

1.4 课程学习方法

机械技术基础课程是一门综合性很强的专业技术基础课,涉及工程机械方面的内容很广,通识性强。它综合运用了先导课程工程力学、机械制图、机械工程材料、互换性与技术测量等知识,建立了机械设计的一些基础理论和方法,使学生得到必备的技术与技能基本知识。

机器是由许多零件组成的有机整体,组成机器的各零件之间既相互联系又相互制约,学习时,应从工作过程整体出发来理解,学会独立实现咨询、计划、决策、实施、检查和评价的工作过程,不要片面孤立地脱离实践进行学习。

机械设计中的计算与数据都是有条件要求的,学习时,要着重了解各量的意义、取值范围、应用条件以及它们之间的相互关系。设计时,往往有多种方案可供选择和判断,问题的答案不是唯一的,初学此课程者往往难以适应这一变化。因此,学习方法必须注意以下要点:结合所学知识进行观察与分析工作过程、生活过程中所遇到的机构零件的使用情境,着重基本理论的理解和基本结果的应用,不强调论证性理论公式的推导,注重零部件的应用与选择;在学习过程中,要注意密切联系实际,努力培养解决工作过程中出现的实际工程问题的能力,多参加实训、实验,假期到企业多实践,重视实际结构设计,观察实际零部件的实物或图纸,进行形象思维、多向度思维的培养,提高和丰富实践方面的知识。

思考与练习

1. 本课程学习的内容是什么?对工作过程的实际指导有何意义?
2. 机器与机构的共同特征有哪些?它们的联系是什么?它们的区别又是什么?
3. 汽车千斤顶、复印机、家用缝纫机、自行车是机器还是机构?
4. 什么是构件?什么是零件?它们之间有什么关系?区别是什么?试举例说明。
5. 什么是部件?什么是构件?试举例说明。它们之间的区别是什么?
6. 怎样学习本课程?学生应独立掌握哪些工作过程?
7. 本课程标准及图表包括哪些?怎样使用?

【提要】 机构分为平面机构和空间机构两类。所有运动构件均在同一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。工程中常用的机构大多属于平面机构，平面机构知识是研究现代机器人及机械手的必备知识。

本章主要介绍平面机构运动简图的画法、平面机构具有确定运动的条件以及平面机构的基本类型——四杆机构的类型、应用、工作特性等。

【工作导向】 学习本章为平面机构结构的加工、装配与改装、检测、调试修配等工作做准备。

2.1 机构运动简图及应用

2.1.1 运动副

1. 运动副的概念

构件组成机构时，每个构件都以一定的方式与其他构件相连接。这种连接不是刚性的，而是能产生一定相对运动的连接。两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。在平面机构中，由于组成运动副的两构件的运动均为平面运动，故该运动副称为平面运动副。

2. 运动副的分类

根据两构件接触形式的不同，将平面运动副分为低副和高副两大类。

(1) 低副

两构件通过面接触所构成的运动副称为低副。图 2-1 所示均为低副。

平面低副按其相对运动形式的不同，分为转动副和移动副。

①转动副：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。若有一个构件固定，称为固定铰链（图 2-1（a））；若两个构件均可活动，称为活动铰链（图 2-1（b））。

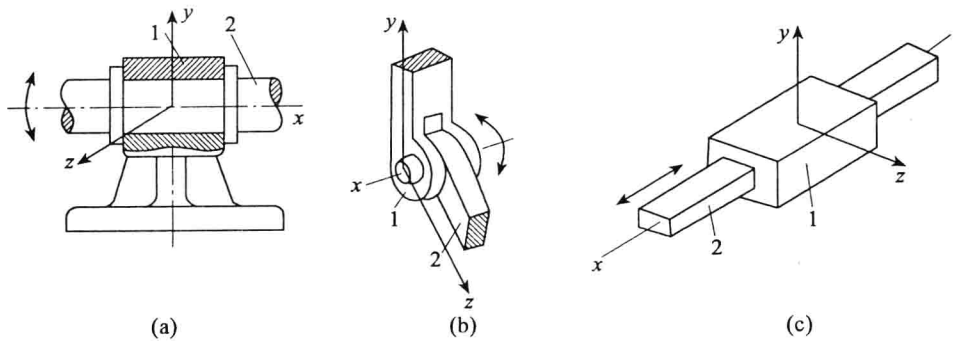


图 2-1 低副

②移动副：两构件间只能产生相对移动的运动副称为移动副，如图 2-1 (c) 所示。

(2) 高副

两构件通过点或线接触所构成的运动副称为高副。如图 2-2 所示，凸轮与从动件、轮齿与轮齿在接触处 A 分别组成高副（凸轮副、齿轮副）。

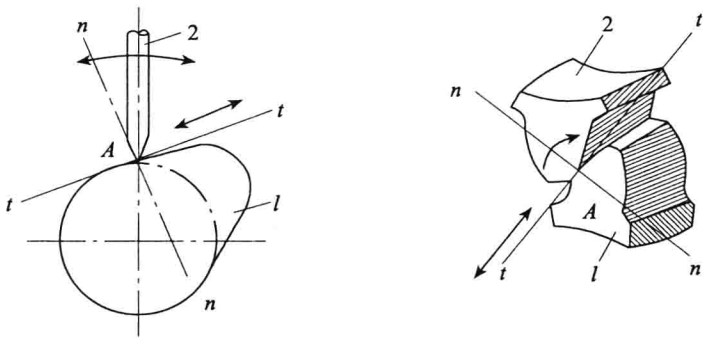


图 2-2 高副

2.1.2 平面机构运动简图

1. 机构运动简图及其作用

为了便于研究机构的运动，常常略去机构中那些与运动无关的构件外形和运动副的具体结构，而用一些与运动有关的简单线条和符号表示机构中的构件和运动副，并按一定的比例定出各运动副的相对位置。这种表示机构各构件间相对运动关系的简单图形，称为机构运动简图。

机构运动简图与它所表示的实际机构具有完全相同的运动特性。从机构运动简图中可

以了解机构中构件的类型和数目、运动副的类型和数目、运动副的相对位置。利用机构运动简图，可以表达一部复杂机器的传动原理，可以进行机构的运动和动力分析。

2. 平面机构的组成

机构中的构件可分为机架、主动件、从动件三类。机构中相对固定的构件称为机架，它的作用是支承运动构件；给定运动规律的构件称为主动件，一般主动件与机架相连；机构中除主动件以外的全部活动件都称为从动件。

3. 机构运动简图的符号

(1) 构件的表示方法

轴、杆等构件常用线段表示，如图 2-3 (a) 所示；若构件固连在一起，则涂以焊缝记号，如图 2-3 (b) 所示；机架的表示法如图 2-3 (c) 所示，图中画有斜线的构件代表机架。

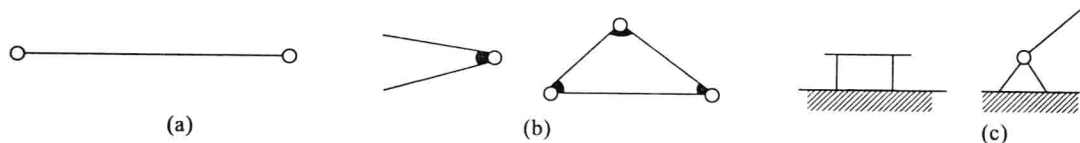


图 2-3 构件的表示方法

(2) 运动副的表示方法

①转动副的常用画法如图 2-4 所示，其中，图 (a) 为活动铰链，图 (b)、图 (c) 为固定铰链。

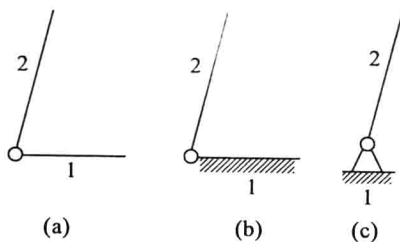


图 2-4 转动副的表示方法

②移动副的常用画法如图 2-5 所示。

③高副的表示方法如图 2-6 所示，即绘出两构件接触处的轮廓线形状。图 2-6 (a) 为凸轮副，图 2-6 (b) 为齿轮副（一般可用一对节圆代替）。

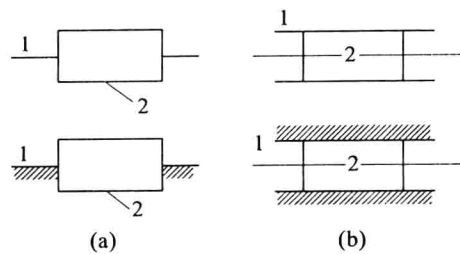


图 2-5 移动副的表示方法

国家标准规定了常用构件和机构的运动简图符号，见表 2-1。

表 2-1 常用构件和机构运动简图常用符号

名 称		简图符号	名 称	简图符号
杆 轴			弹性联轴节	
			万向联轴节	
			啮合式联轴器	
			摩擦式联轴器	
机 架	基本符号		螺旋副	
	机架是转动副的一部分			
	机架是移动副的一部分		在支架上的电机	

续表

名 称	简图符号	名 称	简图符号
带传动		蜗杆涡轮传动	
链传动		圆锥齿轮传动	
外啮合圆柱 齿轮机构		凸轮机构	
内啮合圆柱 齿轮机构		棘轮机构	
齿轮齿条传动			

4. 平面机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图的方法和步骤:

(1) 分析机构的组成和运动情况

观察机构的运动情况, 找出主动件、从动件和机架。从主动件开始, 沿着传动路线分析各构件间的相对运动关系, 确定机构中构件的数目。

(2) 确定运动副的类型及其数目

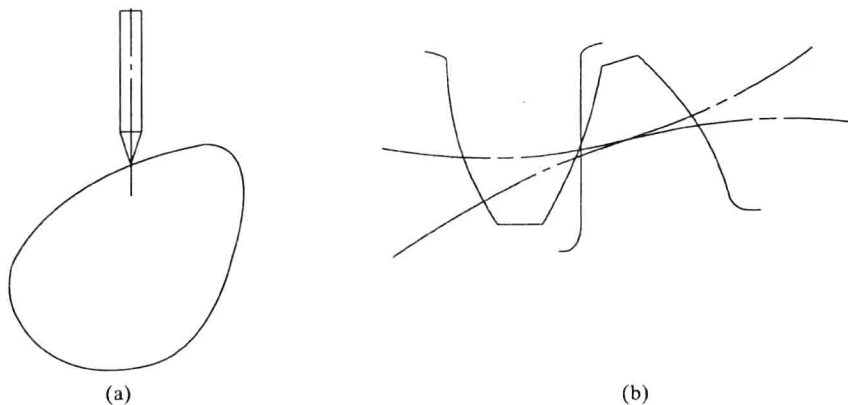


图 2-6 高副的表示方法

根据相连两构件间的相对运动性质和接触情况，确定机构中运动副的类型、数目及各运动副的相对位置。

(3) 选择视图平面

为了能够清楚地表明各构件间的运动关系，对于平面机构，通常选择与各构件运动平面相平行的平面作为视图平面。

(4) 选取适当的比例尺 μ_1 ，绘制机构运动简图

根据机构实际尺寸和图纸大小确定适当的长度比例尺，量取各运动副间的距离和相对位置，用规定的符号和线条将各运动副连接起来，即为所要画的机构运动简图。图中各运动副顺次标以大写英文字母 (A, B, C, …)，各构件顺次标以阿拉伯数字 (1, 2, 3, …)，用箭头标明主动件。

绘制机构运动简图的比例尺 μ_1 为

$$\mu_1 = \frac{\text{实际长度 (mm)}}{\text{图示长度 (mm)}}$$

下面举例说明机构运动简图绘制的方法和步骤。

例 2-1 绘制图 2-7 (a) 所示颚式破碎机的机构运动简图。

解 ①分析机构的组成及运动情况，确定机构中构件的数目。机构运动由带轮 5 输入，而带轮 5 和偏心轴 1 连成一体（属同一构件），绕回转中心 A 转动；偏心轴 1 带动动颚 2 运动；肘板 3 的一端与动颚 2 相连接，另一端与机架 4 在 D 点相连。这样，当偏心轴 1 转动时，便带动动颚 2 做平面运动，从而将矿石轧碎。由此可知，偏心轴 1 为主动件，动颚 2 和肘板 3 为从动件，构件 4 为机架。可见该机构由机架和三个活动构件组成。

②确定运动副的类型及其数目。偏心轴 1 与机架 4 在 A 点组成转动副；偏心轴 1 与动颚 2 在 B 点组成转动副；肘板 3 与动颚 2 在 C 点组成转动副、与机架 4 在 D 点组成转动副。可见，该机构共有四个转动副。

③选择视图平面。由于该机构中各运动副的轴线互相平行，即所有活动构件均在同一平面或相互平行的平面内运动，故选构件的运动平面为绘制简图的平面。