

高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

赵永刚 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com

赠 电子 课 件

高职高专“十二五”规划教材

机械设计基础

主 编	赵永刚	
副主编	柴艳荣	曾海燕
参 编	李玉梅	潘爱民
主 审	祁建中	



机械工业出版社

本书是根据教育部制定的“高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格”要求,结合当前高职高专办学实际情况和作者多年教学及教改实践经验编写而成的。本书以培养学生的机械设计能力为主线,将机械原理和机械设计的内容进行有机地结合,加强了机械设计理论和实践的联系。

全书除绪论外共14章,主要内容包括:平面机构的运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、连接、轴、轴承、刚性回转件的平衡、机械传动系统设计。

本书可作为高职高专院校机械类和近机类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/赵永刚主编. —北京:机械工业出版社, 2014.1

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-45747-3

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第023808号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王海峰 责任编辑:王海峰

版式设计:霍永明 责任校对:闫玥红

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

涿州市京南印刷厂印刷

2014年4月第1版 第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·363千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45747-3

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部制定的“高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格”要求，组织从事多年教学和生产实践工作的一线教师，结合当前高职高专办学实际情况编写而成的，本书可供机械类和近机类专业使用。

本书编写突出以下特点：

- 1) 结构清晰。本书每章都编写有知识导读，旨在让学生在在学习本章知识之前，明确学习目的，把握知识点，做到有的放矢。
- 2) 知识体系完整。在满足教学基本要求的前提下，以“必需、够用”为原则，对教学内容进行整合，使教材难易适度、篇幅适中、简明、实用。
- 3) 突出职业教育实用性的特点。适当减少了理论和繁杂公式的推导，采取直接切入主题的方法，明确基本概念及基本方法。采用图文结合的形式，提高学生的学习兴趣，使读者易于理解和掌握。
- 4) 技术规范和资料均采用已正式颁布的最新国家标准。

本书除绪论外共 14 章，分别为：平面机构的运动简图和自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、连接、轴、轴承、刚性回转件的平衡、机械传动系统设计。每章后附有同步练习，以便学生巩固所学知识。

本书由郑州电力职业技术学院赵永刚任主编，郑州电力职业技术学院柴艳荣、曾海燕任副主编，郑州电力职业技术学院潘爱民、李玉梅参编。各章编写分工为：第 2、5、7、11、12 章由赵永刚编写，第 1、3、4 章由柴艳荣编写，第 6、8、9、10 章由潘爱民编写，第 13、14 章由曾海燕编写，绪论由李玉梅编写。

本书由郑州电力职业技术学院祁建中教授担任主审，祁建中教授认真细致地审阅，为本书提出了许多宝贵意见，对保证本书质量起了很大作用，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不足之处在所难免，恳请使用本书的教学单位和读者给予关注，多提宝贵意见和建议，以便修订时改进。

编 者

目 录

前言

绪论 1

- 0.1 机器的组成及其特征 1
- 0.2 本课程的性质和研究对象 2
- 0.3 本课程的基本要求和学习方法 3
- 0.4 机械设计中常用的工程材料 3

第1章 平面机构的运动简图和

自由度 7

- 1.1 机构的组成 7
- 1.2 平面机构的运动简图 9
- 1.3 运动确定性的概念 11
- 同步练习 15

第2章 平面连杆机构 17

- 2.1 概述 17
- 2.2 铰链四杆机构 18
- 2.3 含有一个移动副的平面四杆机构 20
- 2.4 平面四杆机构的工作特性 22
- 2.5 平面四杆机构的设计 25
- 同步练习 28

第3章 凸轮机构 29

- 3.1 凸轮机构的应用和分类 29
- 3.2 凸轮机构的基本参数和从动件常用运动规律 32
- 3.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计 34
- 3.4 凸轮设计中的几个问题 36
- 同步练习 38

第4章 间歇运动机构 39

- 4.1 棘轮机构 39
- 4.2 槽轮机构 42
- 4.3 不完全齿轮机构 44
- 同步练习 45

第5章 带传动 46

- 5.1 概述 46
- 5.2 带传动的工作情况分析 49
- 5.3 普通V带传动的设计计算 52
- 5.4 V带轮的设计 59

5.5 带传动的张紧、安装和维护 61

同步练习 62

第6章 链传动 64

- 6.1 概述 64
- 6.2 滚子链和链轮 65
- 6.3 链传动的运动特性和主要参数 67
- 6.4 链传动的布置、张紧及维护 68
- 同步练习 70

第7章 齿轮传动 71

- 7.1 概述 71
- 7.2 渐开线的形成和基本性质 72
- 7.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算 76
- 7.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动 78
- 7.5 渐开线齿轮的加工原理与根切现象 80
- 7.6 渐开线变位直齿圆柱齿轮的传动 84
- 7.7 轮齿的失效形式和设计准则 86
- 7.8 齿轮常用材料及齿轮传动精度简介 88
- 7.9 直齿圆柱齿轮传动的受力和强度计算 92
- 7.10 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动设计 100
- 7.11 平行轴斜齿圆柱齿轮传动 103
- 7.12 直齿锥齿轮传动 110
- 7.13 齿轮结构与润滑 117
- 同步练习 120

第8章 蜗杆传动 122

- 8.1 蜗杆传动的类型、特点、参数和尺寸 122
- 8.2 蜗杆传动的失效形式、设计准则和常用材料 126
- 8.3 蜗杆传动的受力和强度计算 128
- 8.4 蜗杆传动的效率和热平衡计算 129
- 8.5 蜗杆和蜗轮的结构 131

8.6 蜗杆传动的安装与维护	132	12.3 滚动轴承的失效形式及计算准则	192
同步练习	133	12.4 滚动轴承的寿命计算	193
第9章 齿轮系	134	12.5 滚动轴承的静强度计算	199
9.1 定轴齿轮系传动比的计算	134	12.6 滚动轴承的组合设计	201
9.2 行星齿轮系传动比的计算	136	12.7 滑动轴承	208
9.3 齿轮系应用	139	12.8 滚动轴承与滑动轴承的比较	212
同步练习	141	同步练习	213
第10章 连接	142	第13章 刚性回转件的平衡	215
10.1 轴毂连接	142	13.1 概述	215
10.2 轴间连接	149	13.2 刚性回转件的平衡计算	216
10.3 螺纹连接	156	13.3 刚性回转件的平衡试验	219
同步练习	167	同步练习	220
第11章 轴	169	第14章 机械传动系统设计	221
11.1 概述	169	14.1 传动系统的功能与分类	221
11.2 轴的结构设计	172	14.2 常用机械传动机构的选择	223
11.3 轴的强度计算	178	14.3 机械传动的特性和参数	225
11.4 轴的设计	180	14.4 机械传动的方案设计	227
同步练习	184	14.5 机械传动的设计顺序	229
第12章 轴承	185	同步练习	229
12.1 滚动轴承的结构、类型及代号	185	参考文献	230
12.2 滚动轴承类型的选择	190		

本章知识导读

1. 主要内容

本课程的研究对象、主要内容以及机械零件设计中所必备的基础知识,如零件的常用材料及其选择的原则。

2. 重点、难点提示

深刻认识本课程在实际生产中的地位,掌握正确的学习方法。

机械工程是人类实现工业化的主导力量。在二百多年的工业化进程中,创造了科学飞速发展和技术创新不断涌现的新时代。现在市场上可以看到千百万种大小机械,在一切可能的地方代替了人力劳动,它所创造的财富丰富了人类的物质文明和精神文明。在全球信息化的时代,机械工程将提升到一个崭新阶段,从纳米机械一直到航空航天机械,新的发明创造层出不穷,必将极大地造福于人类社会。

0.1 机器的组成及其特征

0.1.1 机器与机构

在现代的日常生活和工程实践中随处都可见到各种各样的机器。例如,洗衣机、缝纫机、内燃机、拖拉机、金属切削机床、起重机、包装机、复印机等。机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置,用来完成一定的工作过程,以代替或减轻人类的劳动。机器的种类很多,根据用途不同,机器可分为:

① 动力机器——用于实现能量转换,如内燃机、电动机、蒸汽机、发电机、压气机等。

② 加工机器——用于完成有用的机械功或搬运物品,如机床、织布机、汽车、飞机、起重机、输送机等。

③ 信息机器——用于完成信息的传递和变换,如复印机、打印机、绘图机、传真机、照相机等。

虽然机器的种类繁多,构造、用途和功能也各不相同。但具有如下相同的基本特征:

- 1) 人为的实物(构件)组合体。
- 2) 各个运动实物之间具有确定的相对运动。

3) 能代替或减轻人类劳动, 完成有用功或实现能量的转换。

凡具备上述 1)、2) 两个特征的实物组合体称为机构。

机器能实现能量的转换或代替人的劳动去做有用的机械功, 而机构则没有这种功能。

仅从结构和运动的观点看, 机器与机构并无区别, 它们都是构件的组合, 各构件之间具有确定的相对运动。因此, 通常人们把机器与机构统称为机械。如图 0-1 所示的单缸内燃机, 是由气缸体、活塞、连杆、曲轴、小齿轮、大齿轮、凸轮、推杆等一系列构件组成的, 其各构件之间的运动是确定的。

0.1.2 构件与零件

机构是由具有确定相对运动的运动单元组成的, 这些运动单元称为构件。组成构件的制造单元称为零件, 零件是机器中不可拆的一个最基本的制造单元体。构件可以由一个或多个零件组成。图 0-1 所示的单缸内燃机的曲轴即为一个零件, 连杆则由多个零件组合而成。因此, 构件是相互固连在一起的零件组合体。

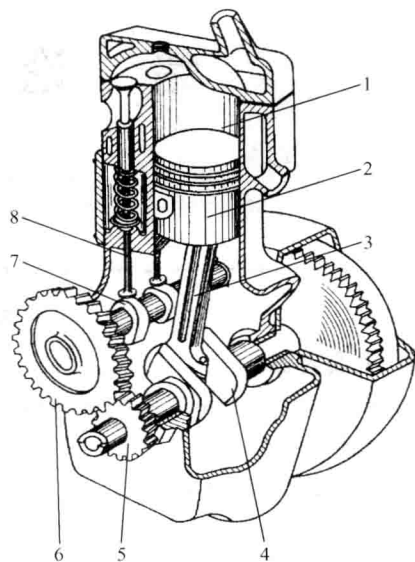


图 0-1 单缸内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—连杆 4—曲轴 5—小齿轮
6—大齿轮 7—凸轮 8—推杆

0.2 本课程的性质和研究对象

0.2.1 本课程的性质

本课程是一门研究常用机构、通用零件与部件以及一般机器的基本设计理论和方法的课程, 是机械工程类各专业的主干课程, 它介于基础课程与专业课程之间, 具有承上启下的作用, 是一门重要的技术基础课程。本课程要求综合应用机械制图、金属工艺学、工程力学、互换性与技术测量等先修课程的基础理论和基本知识, 且偏重于面对工程实践的应用。因此, 要重视生产实践环节, 学习时应注重培养工程意识、理论联系实际。本课程将为学生今后学习有关专业课程和掌握新的机械科学技术奠定必要的基础。

0.2.2 本课程的研究对象

本课程的研究对象为机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件, 研究其工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护。

0.3 本课程的基本要求和学习方法

0.3.1 本课程的基本要求

本课程的任务是使学生掌握常用机构和通用零件的基本理论和基本知识，初步具有分析、设计能力，并获得必要的基本技能训练，同时培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。通过本课程的教学，应使学生达到下列基本要求：

- 1) 熟悉常用机构的组成、工作原理及其特点，掌握通用机构的分析和设计的基本方法。
- 2) 熟悉通用机械零件的工作原理、结构及其特点，掌握通用机械零件的选用和设计的基本方法。
- 3) 具有对机构分析设计和零件设计计算的能力，并具有运用机械设计手册、图册、国家标准及行业标准等有关技术资料的能力。
- 4) 具有综合运用所学知识和实践的技能，设计简单机械和简单传动装置的能力。

0.3.2 本课程的学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课和专业课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。因此，学生在学习过程中，必须多观察、细思考、勤练习、常总结。观察生活、生产中遇到的各种机械，熟悉典型结构，增强感性认识；思考明晰本课程的基本概念，注意各种知识的联系，做到融会贯通；勤练基本技能，提高分析能力和综合能力；及时总结、消化课程内容，归纳学到的各种技术方法。特别应注重实践能力和创新精神的培养，提高全面素质和综合职业能力。

0.4 机械设计中常用的工程材料

0.4.1 机械零件常用材料

机械零件常用材料有碳素结构钢、合金钢、铸铁、有色金属、非金属材料及各种复合材料。其中，碳素结构钢和铸铁应用最广泛。

机械零件常用材料的分类和应用见表 0-1。

表 0-1 机械零件常用材料的分类和应用

材 料 分 类			应用举例或说明
钢	碳素结构钢	低碳钢（碳的质量分数 $\leq 0.25\%$ ）	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等
		中碳钢（碳的质量分数 $>0.25\% \sim 0.60\%$ ）	齿轮、轴、蜗杆、丝杠、连接件等
		高碳钢（碳的质量分数 $\geq 0.60\%$ ）	弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢（合金元素的质量分数 $\leq 5\%$ ）	较重要的钢结构和构件、渗碳零件、压力容器等
		中合金钢（合金元素的质量分数 $>5\% \sim 10\%$ ）	飞机构件、热锻锻模具、冲头等
		高合金钢（合金元素的质量分数 $\geq 10\%$ ）	航空工业蜂窝结构、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等

(续)

材料分类			应用举例或说明
铸铁	灰铸铁 (HT)	低牌号 (HT100、HT150)	对力学性能无一定要求的零件,如端盖、底座、手轮、机床床身等
		高牌号 (HT200 ~ HT400)	承受中等静载的零件,如机身、底座、泵壳、齿轮、联轴器、飞轮、带轮等
	可锻铸铁 (KT)	铁素体型	承受低、中、高动载荷和静载荷的零件,如差速器壳、犁刀、扳手、支座、弯头等
		珠光体型	要求强度和耐磨性较高的零件,如曲轴、凸轮轴、齿轮、活塞环、轴套、犁刀等
	球墨铸铁 (QT)	铁素体型	与可锻铸铁基本相同
		珠光体型	
铜合金	铸造铜合金	铸造黄铜	用于轴瓦、衬套阀体、船舶零件、耐腐蚀零件、管接头等
		铸造青铜	用于轴瓦、蜗轮、丝杠螺母、叶轮、管配件等
轴承合金(巴氏合金)	锡基轴承合金		用于轴承衬,其摩擦因数低,减摩性、抗胶合性、磨合性、耐蚀性、韧度、导热性均良好
	铅基轴承合金		强度、韧度和耐蚀性稍差,但价格较低
塑料	热塑性塑料(如聚乙烯、有机玻璃、尼龙等) 热固性塑料(如酚醛塑料、氨基塑料等)		用于一般结构零件,减摩、耐磨零件,传动件、耐腐蚀件、绝缘件、密封件、透明件等
橡胶	通用橡胶 特种橡胶		用于密封件,减振、防振零件,传动带、运输带和软管、绝缘材料、轮胎、胶辊、化工衬里等

0.4.2 材料选用的原则

合理选择材料是机械设计中的重要环节。选择材料首先必须保证零件在使用过程中具有良好的工作能力,同时还要考虑其加工工艺性和经济性。

1. 满足使用性能要求

材料的使用性能是指零件在工作条件下,材料应具有的力学性能、物理性能以及化学性能。对机械零件而言,最重要的是力学性能。

零件的使用条件包括三方面:①受力状况(如载荷类型、大小、形式及特点等);②环境状况(如温度特性、湿度特性、环境介质等);③特殊要求(如导电性、导热性、热膨胀等)。

(1) 零件的受力状况 当零件受拉伸或剪切这类分布均匀的静载荷时,应选用组织均匀的材料,按塑性和强度性能选择材料。载荷较大时,可选下屈服强度 R_{eL} 或抗拉强度 R_m 较高的材料。

当零件受弯曲、扭转这类分布不均匀的静载荷时,按综合力学性能选择材料,应保证最大应力部位有足够的强度。常选用容易通过热处理等方法提高强度及表面硬度的材料(如调质钢等)。

当零件受较大接触应力时,可选用容易进行表面强化的材料(如渗碳钢、渗氮

钢等)。

当零件受变应力时，应选用抗疲劳强度较高的材料，常用能通过热处理等手段提高疲劳强度的材料。

对刚度要求较高的零件，应选用弹性模量较大的材料，同时还应该考虑结构、形状、尺寸等对刚度的影响。

(2) 零件的环境状况及特殊要求 根据零件的工作环境及特殊要求不同，除对材料的力学性能提出要求外，还应对材料的物理性能及化学性能提出要求。如当零件在滑动摩擦条件下工作时，应选用耐磨性、减摩性好的材料，故滑动轴承常选用轴承合金、锡青铜等材料。

在高温下工作的零件，常选用耐热性能好的材料，如内燃机排气阀可选用耐热钢，气缸盖则选用导热性好、比热容大的铸造铝合金。

在腐蚀介质中工作的零件，应选用耐蚀性好的材料。

2. 有良好的加工工艺性

零件毛坯的加工方法有许多，主要有热加工和切削加工两大类。不同材料的加工工艺性不同。

1) 热加工工艺性能。热加工工艺性能主要包括：铸造性能、锻造性能、焊接性能和热处理性能。表 0-2 为常用金属材料热加工工艺性能比较。

表 0-2 常用金属材料热加工工艺性能比较

热加工工艺性能	常用金属材料热加工性能比较	备 注
铸造性能	可铸性较好的金属铸造性能排序：铸造铝合金、铜合金、铸铁、铸钢	铸铁中，灰铸铁的铸造性能最好
锻造性能	碳素结构钢中锻造性能排序：低碳钢、中碳钢、高碳钢 合金钢：低合金钢锻造性能近于中碳钢；高碳合金钢较差	碳的质量分数及合金元素质量分数越高的材料，其锻造性能相对越差
焊接性能	低碳钢和碳的质量分数低于 0.18% 的合金钢有较好的焊接性能；碳的质量分数大于 0.45% 的碳素钢和碳的质量分数大于 0.35% 的合金钢焊接性能较差；铜合金和铝合金的焊接性能较差，灰铸铁焊接性能更差	碳的质量分数及合金元素质量分数越高的材料，其焊接性能越差
热处理性能	金属材料中，钢的热处理性能较好，合金钢的热处理性能比碳素结构钢好；铝合金的热处理要求严格；铜合金只有很少几种可通过热处理方法强化	选择材料时要综合考虑淬硬性、淬透性、变形开裂倾向性、回火脆性等性能要求

2) 切削加工性能。金属的切削加工性能一般用刀具耐用度为 60min 时的切削速度 v_{60} 来表示， v_{60} 越高，则金属的切削加工性能越好。金属切削加工性能分为 8 个级别，1 级为易加工，8 级为难加工。各种金属材料的切削加工性能可查阅有关手册。

3. 选择材料要综合考虑经济性要求

1) 材料价格。材料价格在产品总成本中占较大比重，一般占产品价格的 30%~70%。

2) 提高材料的利用率。采用精铸、模锻等毛坯加工方法，可以减少切削加工对材料的浪费。

3) 零件的加工和维修费用要尽量低。

4) 采用组合结构。如蜗轮齿圈可采用减摩性好的铸造锡青铜, 而其他部分可采用廉价的材料。

5) 材料的合理代用。对生产批量大的零件, 要考虑我国资源状况, 材料来源要丰富, 尽量避免采用稀缺的材料。如可用热处理方法强化碳素钢, 代替合金钢而降低成本。

本章知识导读

1. 主要内容

机构的组成及运动特点, 平面机构运动简图的绘制以及机构自由度的计算。

2. 重点、难点提示

平面机构运动简图的绘制以及机构自由度的计算。

机构是实现传递机械运动和动力的构件组合体, 是用运动副连接起来的、具有确定相对运动的构件系统。机构种类繁多, 如常见的连杆机构、凸轮机构、齿轮传动机构、螺旋传动机构、带和链传动机构等。如果机构中各运动构件均在同一平面或相互平行的平面中运动, 则称为平面机构, 反之则称为空间机构。

1.1 机构的组成

1.1.1 自由度、运动副与约束

构件是机构中运动的单元体, 因此它是组成机构的基本要素。构件的自由度是构件可能出现的独立运动。任何一个构件在空间自由运动时皆有六个自由度。它可表达为在直角坐标系内沿着三个坐标轴的移动和绕着三个坐标轴的转动。而对于一个做平面运动的构件, 则只有三个自由度——构件沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕垂直于 xOy 平面的任意轴线的转动, 如图 1-1 所示。

平面机构中每个构件都不是自由构件, 而是以一定的方式与其他构件组成运动副。这种使两构件直接接触并能产生一定运动的连接, 称为运动副。两构件组成运动副时构件上参加接触的点、线、面称为运动副元素, 显然, 运动副也是组成机构的主要要素。两构件组成运动副后, 就限制了两构件间的相对运动, 对于相对运动的这种限制称为约束。根据组成运动副两构件之间的接触特性, 运动副可分为低副和高副。

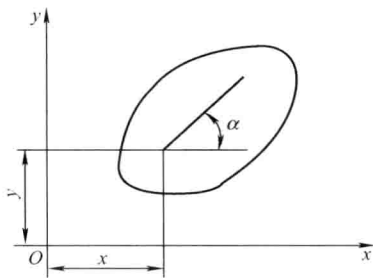


图 1-1 自由度

1.1.2 运动副及其分类

1. 低副

两构件组成面接触的运动副称为低副。根据它们之间的相对运动是转动还是移动，运动副又可分为转动副和移动副。

(1) 转动副 若组成运动副的两构件只能绕某一轴线做相对转动则构成转动副。通常转动副用铰链连接，即由圆柱销和销孔所构成，如图 1-2 所示。

(2) 移动副 若组成运动副的两构件只能做相对直线移动则构成移动副，如图 1-3 所示。如活塞与气缸体所组成的运动副即为移动副。

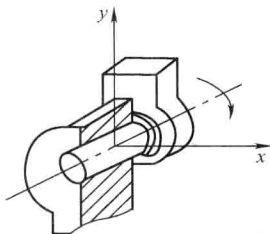


图 1-2 转动副

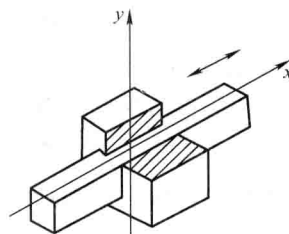


图 1-3 移动副

平面机构中的低副引入两个约束，仅保留一个自由度。

2. 高副

两构件以点或线接触组成的运动副称为高副，如图 1-4 所示。图 1-4a 为齿轮副的两齿轮之间、图 1-4b 为凸轮副的凸轮与从动件之间分别在接触部位形成高副。组成高副的两构件之间可以沿接触处的公切线方向做相对移动以及在平面内做相对转动。

由此可见，平面机构中的高副为引入一个约束，保留了两个自由度。

此外，常用的运动副还有图 1-4c 所示的球面副、图 1-4d 所示的螺旋副，它们都属于空间运动副，即两构件的相对运动为空间运动。

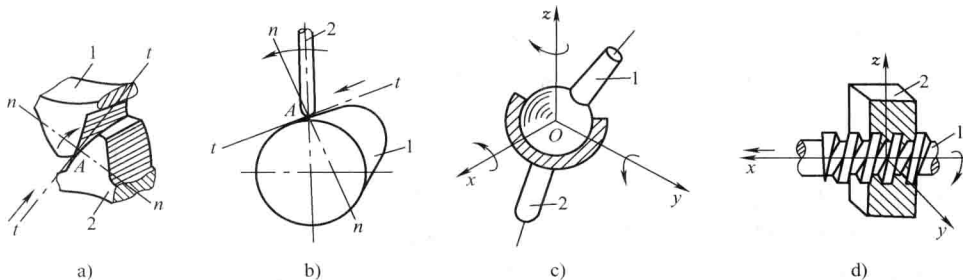


图 1-4 高副形式

a) 齿轮副 b) 凸轮副 c) 球面副 d) 螺旋副

1.1.3 运动链与机构

由两个以上的构件以运动副形式连接而构成的系统称为运动链，如图 1-5 所示。若运动链中各构件首尾相连，则称为闭式运动链，如图 1-5a 所示；否则称为开式运动链，如

图 1-5b 所示。

将运动链中的一个构件固定，当其中的一个或几个构件做给定的独立运动时，其余构件便随之做确定的运动，此时，运动链便成为机构。机构中固定的构件称为机架，输入运动的构件称为主动件，其余的活动构件称为从动件。从动件的运动规律取决于主动件的运动规律和机构的结构。因此，机构是由机架、主动件和从动件所组成的构件系统。

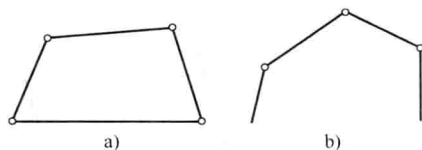


图 1-5 运动链

a) 闭式运动链 b) 开式运动链

1.2 平面机构的运动简图

在研究分析机械设备和设计新机械时，为了便于分析，可以先不考虑实际机械或机构的复杂外形和构造，仅用规定的符号和线条按一定的比例表示构件的尺寸和运动副的相对位置，这种表示机构中各构件间相对运动关系并能完全反映机构特征的简图称为机构运动简图。

工程中使用的机械虽然千差万别，但从运动学观点看，许多机器都有共同之处。例如，活塞式内燃机、空气压缩机、压力机等，尽管外形和用途各不相同，但它们的主要传动机构运动简图是相同的。

1.2.1 运动副及构件的表示方法

1. 构件

构件均用直线或小方块来表示，图 1-6a、b 所示为一个构件上有两个运动副的情况，图 1-6c、d 所示为一个构件上有三个运动副的情况。

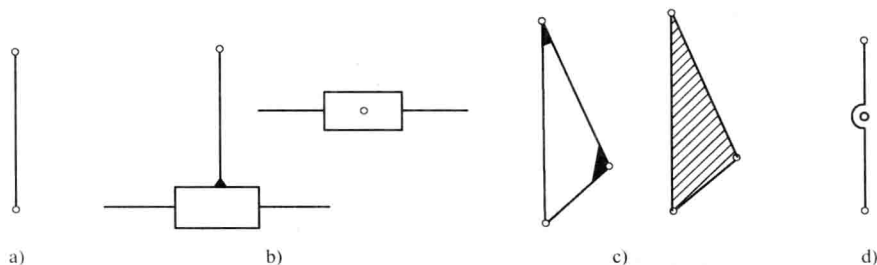


图 1-6 构件的表示方法

a)、b) 一个构件上有两个运动副 c)、d) 一个构件上有三个运动副

2. 转动副

两构件组成转动副时，其表示方法如图 1-7 所示。图面与回转轴线垂直，如图 1-7a 所示；图面与回转轴线共面，如图 1-7b 所示。表示转动副的圆圈，其圆心必须与回转轴线重合。

3. 移动副

两构件组成移动副时，其表示方法如图 1-8 所示。移动副的导路应与两构件相对移动的方向一致。

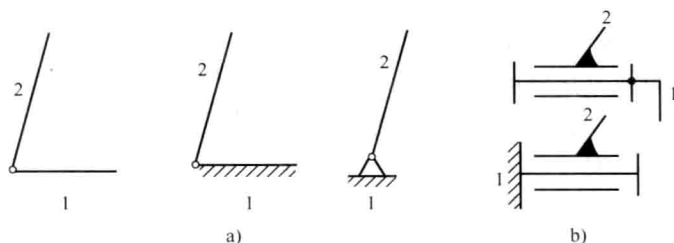


图 1-7 转动副的表示方法

a) 图面与回转轴线垂直 b) 图面与回转轴线共面

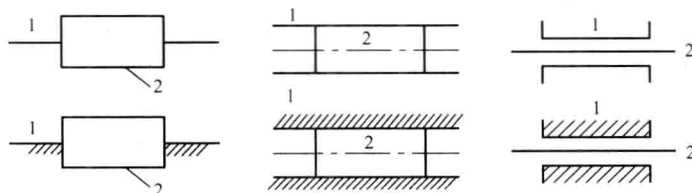


图 1-8 移动副的表示方法

4. 高副

两构件组成高副时的相对运动与这两个构件在接触处的轮廓形状有直接关系，因此，在表示高副时必须画出两构件在接触处的曲线轮廓。图 1-9 所示为齿轮副的表示方法。

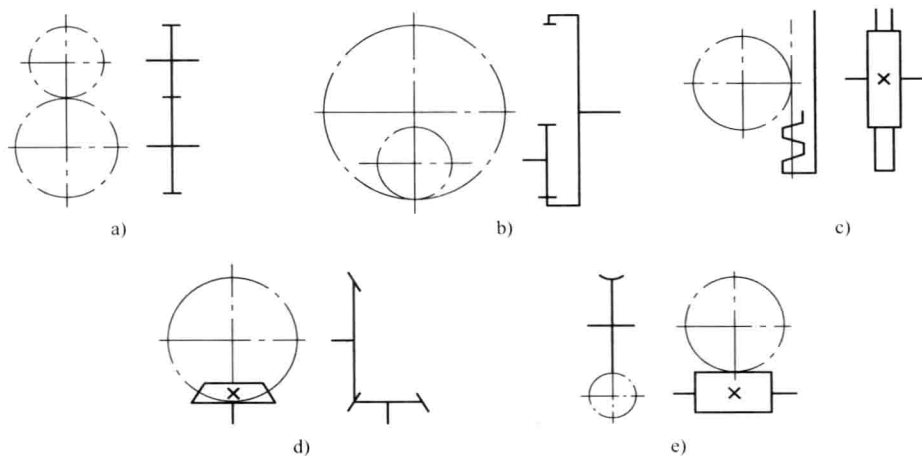


图 1-9 齿轮副的表示方法

a) 外啮合齿轮副 b) 内啮合齿轮副 c) 齿轮齿条副 d) 锥齿轮副 e) 蜗杆副

图 1-10 所示为凸轮副的表示方法。

1.2.2 平面机构运动简图的绘制

在绘制机构运动简图时，首先必须分析该机构的实际构造和运动情况，明确机构中的主动件及从动件；然后从主动件开始，顺着运动传递路线，仔细分析各构件之间的相对运动情

况；从而确定组成该机构的构件数、运动副数及性质。在此基础上按一定的比例，使用规定的构件和运动副符号，正确绘制出机构运动简图。绘制时应撇开与运动无关的构件复杂外形和运动副具体构造。同时应注意选择恰当的原动件位置进行绘制，避免构件相互重叠或交叉。

绘制机构运动简图的步骤如下：

- 1) 分析机构的组成，观察相对运动关系，了解其工作原理。
- 2) 确定所有的构件（数目与形状）、运动副（数目和类型）。
- 3) 选择合理的位置，能充分反映机构的特性。
- 4) 确定比例尺， $\mu_l = \frac{\text{实际尺寸}}{\text{图上尺寸}}$ （m/mm 或 mm/mm）。
- 5) 用规定的符号和线条绘制成机构运动简图。

【例 1-1】图 1-11a 所示为颚式破碎机的主体机构，试绘制其机构运动简图。

解 破碎机工作时偏心轴绕轴线 A 转动，驱动动颚板运动，从而将矿石压碎。偏心轴与机架在 A 点构成转动副；偏心轴与动颚板也构成转动副，其轴心在 B 点；肋板分别与动颚板和机架在 C、D 两点构成转动副。此机构是由原动件偏心轴，从动件肋板、构件、机架共同构成的曲柄摇杆机构。

按图 1-11a 量取尺寸，选取合适的比例尺，确定 A、B、C、D 四个转动副的位置，即可绘制出机构运动简图，最后标出原动件的转动方向，如图 1-11b 所示。

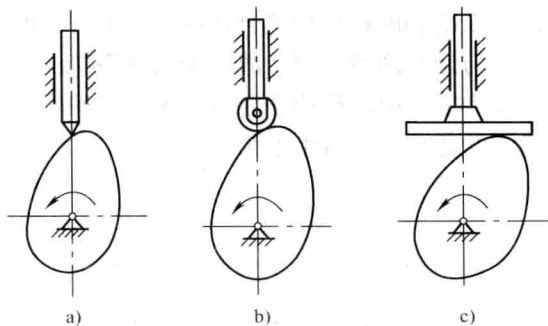


图 1-10 凸轮副的表示方法

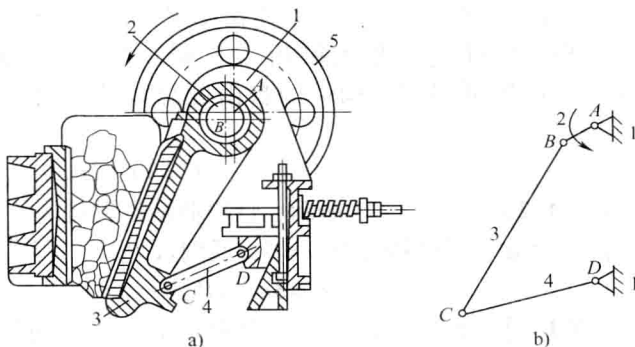


图 1-11 颚式破碎机的主体结构及其机构运动简图

a) 结构剖面图 b) 机构运动简图

1—机架 2—偏心轴 3—动颚板 4—肋板 5—带轮

1.3 运动确定性的概念

运动链和机构都是由构件和运动副组成的系统，机构要实现预期的运动传递和变换，必须使其运动具有可能性和确定性。研究平面机构的自由度是分析机构运动确定与否的关键。

1.3.1 平面机构的自由度

机构的自由度是指机构中各构件相对于机架所具有的独立运动的数目。平面机构自由度与组成机构的构件数目、运动副的数目及运动副的性质有关。如图 1-12 所示，观察三杆构