

高等学校试用教材

机械设计基础

同济大学 东北工学院 华东石油学院 合编

同济大学 主编

人民教育出版社

高等学校试用教材

机械设计基础

同济大学 东北工学院 华东石油学院 合编

同济大学 主编

人民教育出版社

内 容 提 要

全书共分十八章,包括机械原理和机械零件的一些基本内容及其应用,扼要地介绍了本课程的新发展,第十八章介绍了几种常用的起重零件。每章均附有习题,供教学用。

本书可作为高等学校工科非机械类(65学时左右)专业的试用教材,也可供其他有关的工程技术人员参考。

高等学校试用教材

机 械 设 计 基 础

同济大学 东北工学院 华东石油学院 合编

同济大学 主编

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海市印刷三厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 字数 389,000

1979年11月第1版 1980年4月第1次印刷

印数 00,001-30,000

书号 15012·0214 定价 1.40 元

前 言

本书是根据教育部委托召开的高等学校工科基础课机械原理、机械零件、机械设计、工程热力学、传热学教材会议讨论的《机械设计基础》编写大纲编写的,作为高等学校工科非机械类专业 65 学时左右《机械设计基础》或《机械原理和机械零件》课程的试用教材。

全书共十八章,包括机械原理和机械零件的一些基本内容及其应用,扼要地介绍了本课程的新发展。在编写中力求简明易懂,图表数据确切实用。每章末附有一定数量的思考题和设计计算习题,供教学中使用。

本书基本上采用国际单位制,并尽量采用国际通用的符号和脚注(滚动轴承考虑目前我国有关标准的实际情况,仍保留原用工程单位制和符号)。

由于非机械专业面广,各专业要求不同,因此,本书除反映其通用性外,还在内容取舍、例题和习题选择上,尽可能照顾各专业的要求。本书的内容是按 80 学时的要求编写的,为了便于教学,还部分地摘录了国家标准、部标准和规范。在使用时,可根据专业要求和学时数进行取舍和调整,有的内容还可以自学,必要时也可在教学过程中作些补充。

参加本书审稿的有清华大学、北京钢铁学院、北京航空学院、北京化工学院、天津大学、太原工学院、大连工学院、哈尔滨建筑工程学院、上海交通大学、上海化工学院、上海工业大学、上海业余工业大学、南京工学院、合肥工业大学、浙江水产学院、江西冶金学院、华中工学院、武汉地质学院、武汉钢铁学院、中南矿冶学院、广西大学、郑州工学院、西安交通大学、西安工业学院、成都科学技术大学、重庆大学、中国矿业学院以及其他兄弟院校的同志,由浙江大学陈近朱、施高义,西安冶金建筑学院高毅男、赵万鑫主审。一九七八年十月在广西南宁、一九七九年四月在上海先后召开了两次审稿会,对本书进行了初审和复审,提出了许多很好的意见。主审于一九七九年六月至七月还对全书进行了认真、细致的审阅。在编写过程中,还承许多兄弟院校和单位的同志对本书提供了许多有益的意见和方便。对以上所有单位和同志,在此一并致谢。

参加本书编写的有:同济大学喻怀正(绪论、第二章、九章、十一章、十八章)、洪孟仁(第五章、十章)、朱元毅(第十六章)、汪信远(第八章)、梅扬武(第三章、十五章),东北工学院王世钊(第一章)、丁津元(第十四章)、王金(第六章、十三章),华东石油学院胡鼎周(第四章、十七章)、张慧文(第十二章)、路永铭(第七章)。此外,本书定稿前,同济大学陆敬严、田淑荣、刘春元,华东石油学院王锡庶等先后参与了整理和修改工作。本书由喻怀正主编。

由于编者水平所限,加以时间仓促,缺点错误在所难免,切望使用本书的同志批评指正。

编 者

一九七九年七月

基本符号表

- a ——中心距、加速度
 A ——面积
 b, B ——宽度
 c ——系数、轮齿径向间隙
 C ——滚动轴承的额定动负荷、弹簧指数
 d, D ——直径
 e ——偏心距
 E ——材料拉压弹性模数
 f ——摩擦系数、挠度、变形量
 F ——力
 G ——重力、材料剪切弹性模数
 h, H ——高度
HB——布氏硬度
HRC——洛氏硬度
 i ——传动比
 I ——转动惯量
 I_p ——极惯性矩
 K ——系数
 l, L ——长度
 L ——滚动轴承寿命
 m ——齿轮模数
 M ——弯矩
 n ——转速、弹簧圈数
 p ——节距、单位压力(比压)
 P ——力、功率、滚动轴承的当量负荷
 q ——蜗杆特性系数
 Q ——力
 r, R ——半径
 R ——力
 S ——力、安全系数
 s ——位移
 t ——时间、温度、弹簧节距

T ——转矩
 u ——齿轮的齿数比
 U ——机械能
 v, V ——速度
 W ——抗弯剖面系数、机械功
 W_T ——抗扭剖面系数
 X, Y, Z ——系数、坐标轴符号
 Z ——齿数
 α, β ——角度
 γ ——角度、比重
 δ ——角度、系数、弹簧间隙
 ε ——应变、轮齿重合度
 η ——效率
 θ, λ ——角度
 ρ ——摩擦角、曲率半径
 σ ——正应力
 τ ——剪应力
 φ ——角度、系数
 ω ——角速度
 ψ ——角度、系数

目 录

绪 论

§0-1 《机械设计基础》课程的研究对象和 内容	1	§0-2 机械设计的基本要求和一般步骤	3
-----------------------------------	---	---------------------------	---

第一章 平面机构运动简图及其活动度

§1-1 运动副及其分类	5	§1-3 平面机构具有确定运动的条件	9
§1-2 平面机构运动简图	8	习题	13

第二章 平面连杆机构

§2-1 铰链四杆机构的基本型式和性质	15	§2-3 铰链四杆机构的运动设计	26
§2-2 铰链四杆机构的尺寸关系及其演化 型式	21	§2-4 多杆机构简介	32
		习题	33

第三章 凸 轮 机 构

§3-1 凸轮机构的应用和分类	34	§3-4 盘形凸轮轮廓曲线的设计	39
§3-2 从动件常用的运动规律	36	§3-5 圆弧凸轮简介	42
§3-3 从动件的压力角和凸轮的基圆半径	38	习题	44

第四章 间歇运动机构

§4-1 棘轮机构	45	习题	51
§4-2 槽轮机构	48		

第五章 螺纹联接和螺旋传动

§5-1 螺纹的形成和主要参数	52	§5-5 螺栓联接的计算	61
§5-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	54	§5-6 设计螺纹联接时应注意的几个问题	66
§5-3 常用螺纹	56	§5-7 螺旋传动	68
§5-4 螺纹联接和螺纹联接件	58	习题	70

第六章 带 传 动

§6-1 概述	73	§6-5 三角带传动的使用与维护	87
§6-2 带传动的工作能力分析	75	§6-6 同步齿形带传动简介	88
§6-3 三角带传动的设计计算	84	习题	90
§6-4 三角带轮	85		

第七章 链 传 动

§7-1 概述	91	§7-5 套筒滚子链的设计计算	97
§7-2 链传动的运动特性	93	§7-6 链轮	99
§7-3 链传动的主要参数及其选择	95	§7-7 链传动的布置和润滑	101
§7-4 链传动的失效形式及功率曲线	96	习题	103

第八章 圆柱齿轮传动

§8-1 概述	104	§8-6 轮齿的加工方法和变位齿轮简介	114
§8-2 齿廓啮合的基本定律	105	§8-7 轮齿的失效和齿轮材料	117
§8-3 渐开线和渐开线齿廓的啮合性质	106	§8-8 直齿圆柱齿轮的强度计算	120
§8-4 直齿圆柱齿轮各部分名称及标准直 齿圆柱齿轮基本尺寸	108	§8-9 斜齿圆柱齿轮传动	131
§8-5 渐开线齿轮的正确啮合和连续传动	112	习题	138

第九章 圆锥齿轮传动

§9-1 概述	140	§9-4 直齿圆锥齿轮的受力分析	145
§9-2 直齿圆锥齿轮的齿廓和当量齿数	141	习题	147
§9-3 直齿圆锥齿轮传动的几何尺寸	143		

第十章 蜗 杆 传 动

§10-1 概述	148	§10-4 蜗杆传动的主要失效形式、材料和 结构	155
§10-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸 计算	150	§10-5 蜗杆传动的效率、润滑和散热	156
§10-3 蜗杆传动的受力分析	153	习题	157

第十一章 轮系、减速器和无级变速器

§11-1 轮系的功用和分类	159	§11-4 普通减速器	167
§11-2 定轴轮系及其传动比	160	§11-5 无级变速器简介	171
§11-3 周转轮系及其传动比	163	习题	172

第十二章 轴及轴毂联接

§12-1 概述	175	§12-4 轴毂联接	185
§12-2 轴的结构设计	177	习题	189
§12-3 轴的强度计算	180		

第十三章 滑 动 轴 承

§13-1 概述	191	§13-4 滑动轴承的润滑	198
§13-2 非液体摩擦滑动轴承的结构	191	*§13-5 液体摩擦滑动轴承简介	201
§13-3 非液体摩擦滑动轴承的校核计算	196	习题	202

第十四章 滚动轴承

§14-1 滚动轴承的结构、类型和代号.....	203	§14-4 滚动轴承的寿命和承载能力计算.....	211
§14-2 滚动轴承的选择.....	205	§14-5 滚动轴承与滑动轴承的比较.....	222
§14-3 滚动轴承的组合设计.....	207	习题.....	225

第十五章 联轴器、离合器和制动器

§15-1 联轴器.....	226	§15-3 制动器.....	237
§15-2 离合器.....	233	习题.....	238

第十六章 弹 簧

§16-1 概述.....	239	§16-3 圆柱形螺旋压缩弹簧的设计计算.....	241
§16-2 弹簧材料和制造.....	240	习题.....	248

第十七章 平衡和调速

§17-1 转动构件的平衡.....	249	习题.....	253
§17-2 机械速度波动的调节.....	251		

第十八章 起重机械零件

§18-1 钢丝绳.....	254	§18-3 吊钩.....	262
§18-2 滑轮和卷筒.....	257	习题.....	263

绪 论

§ 0-1 《机械设计基础》课程的研究对象和内容

机械是人类在利用和转变机械能进行生产时借以减轻体力劳动,提高生产率的主要工具,它的发展程度是衡量一个国家工业水平的标志。

机械的种类很多。图 0-1a 所示为内燃机,主要由汽缸(即机体)1、活塞2、连杆3、曲轴4、齿轮5和6、凸轮7、进汽阀推杆8(排汽阀部分在图中未画出)等组成。燃气推动活塞2在汽缸1中作直线移动,通过连杆3使曲轴4作连续转动,从而将燃气的热能转换为机械能。

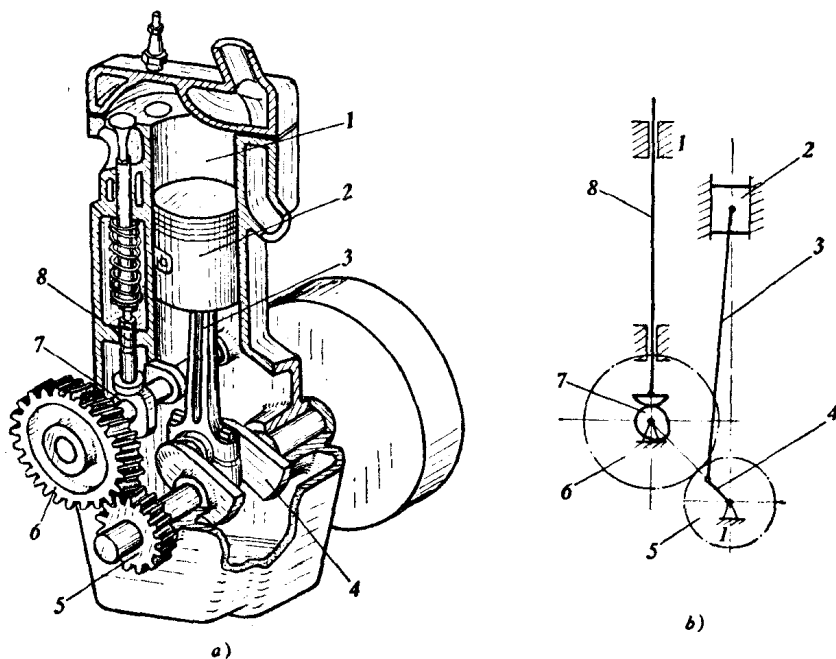


图 0-1 内 燃 机

图 0-2a 所示为颚式破碎机,主要由机架1、偏心轴2、动颚3、肘板4等组成。由电动机通过三角带(图中未画出)驱动带轮7(与偏心轴的一端固联,偏心轴的另一端与飞轮6固联),偏心轴就随之转动,从而破碎置于动颚3与定颚板(与机架1固联)5之间的物料,而作机械功。

从以上两种机械可以看出,尽管它们的结构型式、功用和性能不同,但都具有以下的共同特征:

- 1) 它们是由许多人为实体的组合;
- 2) 各实体间具有确定的相对运动;
- 3) 在工作时能转换机械能或做有效的机械功。

凡同时具有上述三个特征的机械称为机器;仅有前两个特征的机械则称为机构。但就结

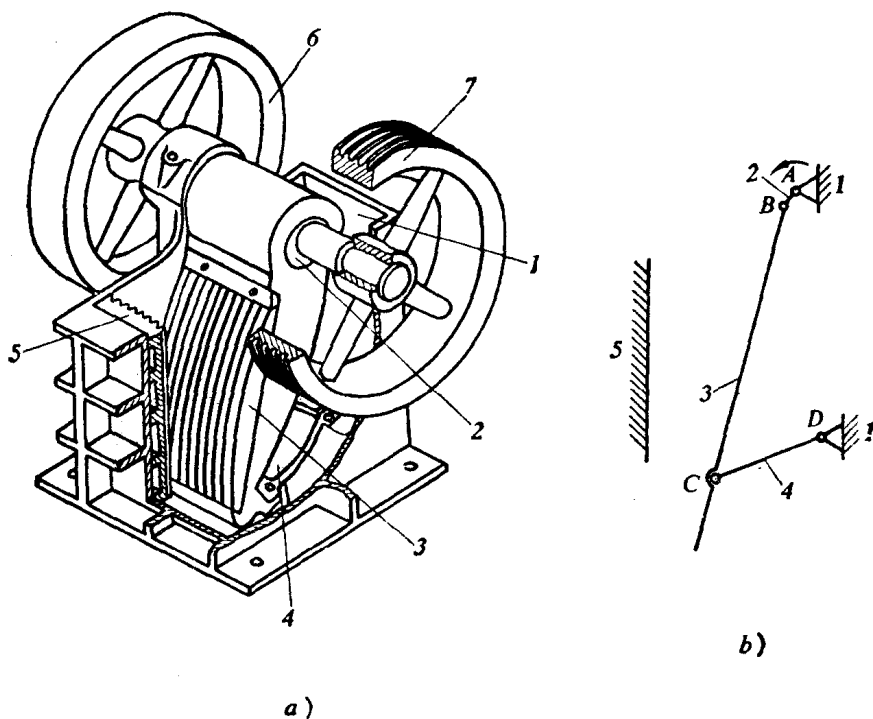


图 0-2 颞式破碎机

构和运动来说,两者之间并无区别。所以,一般常以机械作为机构和机器的通称。

组成机械的各个人为实体,称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0-3 所示内燃机的曲轴,它是单一的整体构件。而图 0-4a 中所示的连杆,因为结构、工艺等方面的原因,是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3、4 和 5、螺栓 6、螺母 7、开口销 8 等零件组成的刚性构件。因此,构件是运动的单元;零件是制造的单元。

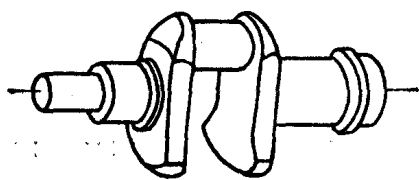


图 0-3 曲 轴

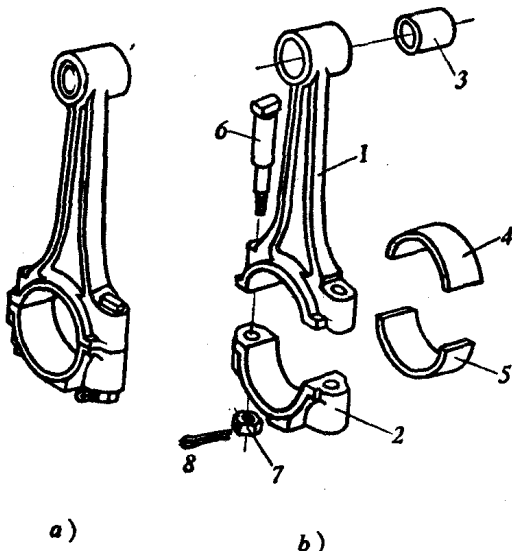


图 0-4 连 杆

零件视其用途不同可分为通用零件和专用零件。凡各种机械中都经常使用的零件,例如齿轮、轴、螺钉、键等,称为通用零件;只在一定类型的机械中使用的零件,例如曲轴、连杆、汽轮机叶片、纺锭等,称为专用零件。

《机械设计基础》是高等工业学校的一门基础技术课程。本书主要阐述一般机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点和基本的设计理论和计算方法,同时扼要地介绍国家标准和规范,以及某些标准零件的选用原则和方法。此外,考虑到有关专业的特点,还简要地介绍了常用“起重零件”的基本知识。

为了学好这门课程,首先必须掌握机械制图、工程力学(或理论力学和材料力学)、机械制造基础等基础课程的有关知识。通过本课程的教学,可使学生具备认识、使用和维护机械设备的一些基本知识;培养学生能运用机械设计方面的工程手册,设计简单的机械传动装置,参与技术革新并为学习有关专业机械设备课程提供必要的基础。

§ 0-2 机械设计的基本要求和一般步骤

机械的类型很多,但其设计的基本要求大致相同,主要有以下几个方面。

1. 运动和动力性能的要求

为了使选择或设计的机械能够满足使用需要,必须按照所要求的运动和所承受的载荷,确定机械的工作原理、选择或设计适当的工作机构和机械传动方案。

2. 工作可靠性的要求

为了使机械在预定的工作期限内能够可靠地工作,防止个别零件的破坏或失效而影响正常运行,在设计机械零件时应满足下列要求:

(1) **强度** 强度是保证零件工作能力的最基本的要求。零件工作时不应承受过大的静载荷或动载荷,以免发生断裂,或超过容许的永久变形。零件的强度不够,不仅会因零件失效而使机械不能正常工作,还可能导致安全事故。因此,应保证零件有足够的强度,但也不应任意加大零件的尺寸或选用优质材料。

(2) **刚度** 刚度是指在一定载荷作用下零件抵抗弹性变形的能力。当零件的刚度不够时,弯曲挠度或扭转角超过容许限度后,将影响机械的正常工作。例如机床的主轴和螺杆,刚度不够就不能很好工作。因此,设计零件时常需要保证具有足够的刚度。此外,有些零件却要求有足够的柔度,如弹簧等。

(3) **耐磨性** 耐磨性是指具有相对运动的零件接触界面抗摩擦磨损的能力。当接触界面上摩擦较大或磨损过度时,不仅削弱零件的强度,降低机械的精度和效率,还会影响机械的正常工作。因此,必须提高零件界面的耐磨性。

(4) **耐热性** 耐热性包括抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。零件在高温(一般钢零件在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 以上,轻合金和塑料零件在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 以上)下工作时,将降低强度而削弱了承载能力;同时会出现蠕变,增加塑性变形;甚至会发生氧化现象,大大影响机械的精度或使零件失效。为了保证零件在高温下正常工作,可采用水冷或汽化冷却等降温措施。

高速机械中还应防止机械或零件的自振频率与外界干扰力的频率相接近, 以避免引起共振而导致振幅迅速增大, 使零件过早破坏或机械不能正常工作, 甚至发生安全事故。

3. 经济性要求

设计机械应最大限度地考虑经济性, 力求费用少、效率高、维修简便等等。为此需要注意:

(1) 良好的工艺性 在一定的制造条件下, 应以最少的费用制造出合乎技术要求的零件和机械。故要求零件具有尽可能简单的几何形状, 适当的加工精度和表面光洁度等。

(2) 合理地选择材料 在满足机械的一定工作要求下, 应选用价格便宜和供应充分的材料。为了改善零件的性能, 可以采用适当的热处理方法。例如为使齿轮的齿面耐磨和具有足够的接触强度, 而齿芯具有良好的冲击韧性, 可采用碳钢或低合金钢进行高频淬火等。

(3) 尽量符合标准化的要求 例如采用标准零件, 不仅可以简化设计, 降低成本, 保证互换性, 便于机械的修配, 且有利于保证零件的质量。只有在采用标准零件不能满足机械使用要求时, 才允许采用非标准零件。

4. 操作方便和安全的要求

在设计机械时, 必须考虑操作方便, 力求改善操作条件或减轻劳动强度; 同时还应注意安全, 加强劳动保护, 例如三角带传动应加防护罩等。

此外, 还应注意各种机械的特殊要求。例如机床应能长期保持精度; 经常搬动使用的机械(如塔式起重机、钻探机等)应便于安装、拆卸和运输; 食品、医药、印刷和纺织机械等应能保持清洁, 不得污染产品等等。

一般机械的设计步骤大致可归纳如下:

1) 根据生产要求, 分析现有产品, 参阅技术资料, 经过调查研究, 确定机械的工作原理和拟定总体方案。

2) 设计机构运动简图和绘制机械传动系统示意图, 通过运动分析、动力分析和强度计算等确定有关参数。

3) 确定机械各个部分的结构和尺寸, 绘制总装配图、各部件装配图、零件图、编写技术说明书及标准件、外购件的明细表。

上述步骤是相互联系、有机结合的, 往往是相互影响而要在设计过程中反复修改, 直至符合要求为止。此外, 机械制成后, 还应结合制造和使用中出现的问题进一步修改图纸, 使设计不断完善。

第一章 平面机构运动简图及其活动度

由前述知道,机构是由具有确定运动的构件所组成。显然,机构中的构件不能任意拼凑,因为这样拼凑起来的构件组合不一定能够运动;即使能够运动,其运动也未必是确定的。构件应该如何组合才能成为具有确定运动的机构,这是本章讨论的内容之一,这对于分析现有机构或创造新机构都是非常重要的。

当组成机构的所有构件都在同一平面内运动,或在相互平行的平面内运动时,这种机构称为平面机构,否则就称为空间机构。本章只讨论平面机构。

由于实际构件的外形和结构往往比较复杂,为了便于研究,有必要仅仅根据构件的联接特征以及运动有关的尺寸,用简单的线条和符号来绘制机构的运动简图。

§ 1-1 运动副及其分类

在未组成机构时,一个作平面运动的构件可能有三个独立的运动。如图 1-1 所示,在直角坐标系中,构件 S 可以在 XOY 平面内绕任一点 A 转动和随点 A 沿 X 轴线、 Y 轴线移动。构件的这种可能出现的独立的自由运动称为构件的自由度,简称为自由度。所以,一个作平面运动的构件有三个自由度。同理,一个作空间运动的构件有六个自由度。

为了使构件组成具有确定运动的机构,构件之间需要联接,在其联接处,将受到约束失去一些自由度,但仍保留一定的相对运动(自由度),这种存在一定相对运动的可动联接称为运动副。例如图 0-1a 中的活塞 2 与连杆 3、活塞 2 与汽缸 1、凸轮 7 与进汽阀推杆 8 之间的联接均为运动副,它们之间的相对运动都受到一定的约束,但都保留了一定的自由度。

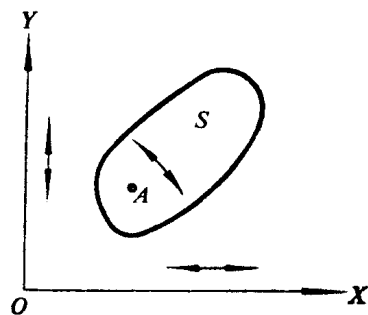


图 1-1 构件的自由度

不同形式的运动副对运动的约束是不同的,所以保留的自由度也不同。机构中常见的运动副可分为低副和高副两类。

1. 低副

如果两个构件之间是以面接触组成的运动副,称为低副。根据组成低副的两构件之间的相对运动是转动或是移动,又可分为回转副和移动副。

(1) 回转副。当组成运动副的两个构件之间只能在一个平面内绕定点转动或在平行平面内绕同一轴线转动时,这种运动副称为回转副,或称为铰链。图 1-2a 和 b 中的构件 1 与构件 2 都组成回转副。其中,前者的构件 1 是固定的,而后的两个构件都是活动的(销轴与构件 1 固联)。图 0-1a 中的活塞 2 与连杆 3、连杆 3 与曲轴 4、曲轴 4 与机体 1 等组成的运动副都是回转副。

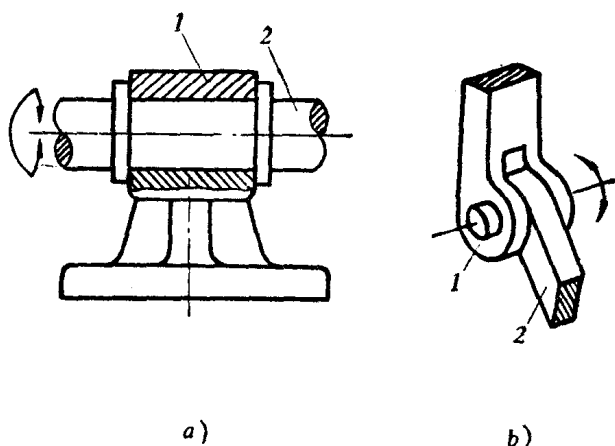


图 1-2 回 转 副

(2) 移动副。当组成运动副的两个构件之间只能沿某一轴线作相对移动时,称为移动副。图 1-3 中的构件 1 与构件 2 及图 0-1a 中的活塞 2 与汽缸 1 之间组成的运动副都是移动副。

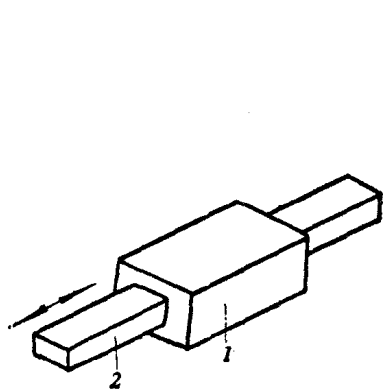


图 1-3 移 动 副

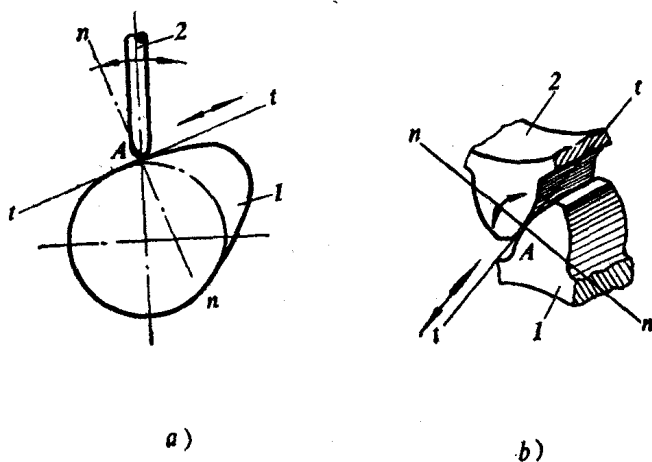


图 1-4 高 副

2. 高副

如果两个构件之间是以点或线接触组成的运动副,称为高副。组成高副的两构件之间的相对运动是转动兼移动。图 1-4 *a*、*b* 所示,凸轮 1 与从动件 2、齿轮 1 与齿轮 2 的轮齿之间,分别在其接触点 *A* 处组成高副。

由于构件之间的相对运动仅与其相互接触部分的几何形状有关,而与其实体结构无关。因此为了清晰简便,常将构件和运动副用规定的简单符号表示。如图 1-5 所示。图 *a* 表示回转副;图 *b* 表示移动副;图 *c* 表示高副(画高副简图时,一般应将构件接触部分的外形准确画出);图 *d* 表示活动构件;图 *e* 表示机架或固定件(在构件上应画阴影线)。

此外,常用的运动副还有球面副(图 1-6)和螺旋副(图 1-7),它们均为空间运动副,故在本章中不作进一步讨论。

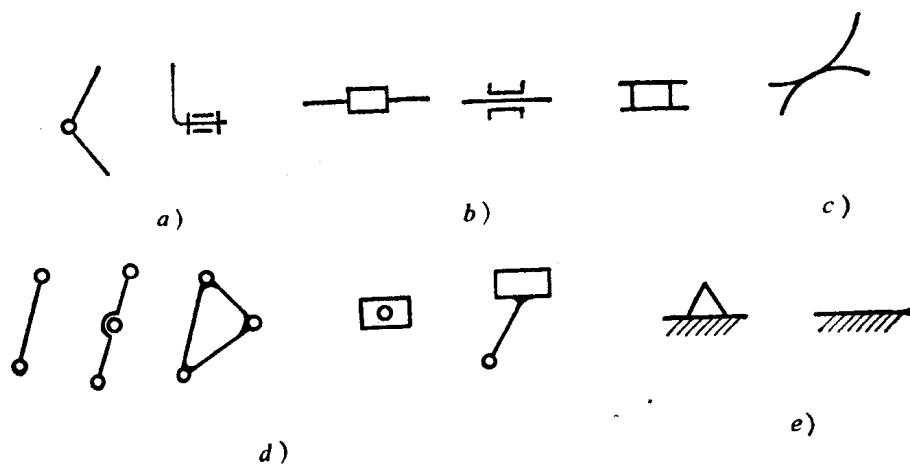


图 1-5 构件和运动副的符号

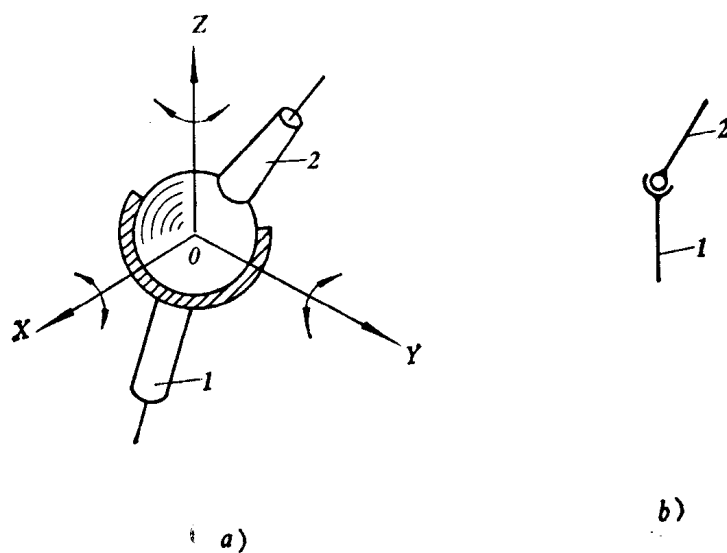


图 1-6 球面副

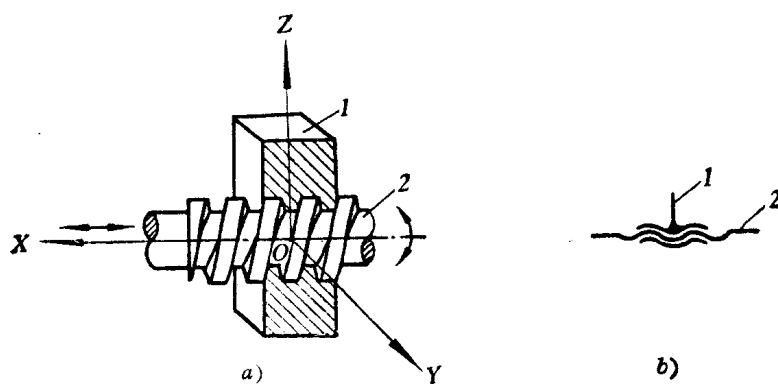


图 1-7 螺旋副

§ 1-2 平面机构运动简图

机构运动简图就是用一些代表构件和运动副的简单符号,将机构的运动特征表达出来的图形。为了能够准确地表达与原机构完全相同的运动关系,在机构运动简图中,仅要求表示出与机构运动有影响的尺寸,而略去对运动无关的尺寸。

在绘制机构运动简图时,需要了解机构中各个构件的性质。一般可将构件分为三类:

1) **固定件或机架**。是用以支承活动构件的构件。如图 0-1 中的机体 1 就是固定件,用以支承活塞 2 和曲轴 4。在研究机构中活动构件的运动时,通常以固定件作为参考坐标系。

2) **原动件**。是运动规律已知的构件。它的运动规律已由外界给定,图 0-1 中的活塞 2 就是原动件。

3) **从动件**。是随着原动件的运动而运动的其余活动构件。图 0-1 中的连杆 3 和曲轴 4 都是从动件。从动件的运动规律取决于原动件的运动规律和机构的组成情况。

任一机构中,必须有一个构件是固定件,活动构件中必定有一个或几个是原动件,其余的都是从动件。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法和一般步骤。

例 1-1 绘制图 0-2a 所示颚式破碎机的机构运动简图。

解 1) 分析机构的运动,认清固定件和原动件。在图示颚式破碎机中,机架 1 是固定件(与机架固联的定颚板 5 也是固定件),偏心轴 2 是原动件。剩下的动颚 3 和肘板 4 都是从动件。带轮 7 因与偏心轴固联,而将外界的运动传给偏心轴,故在此机构中无须计及。

2) 由原动件开始,按照运动的传递顺序,分析各个构件之间相对运动的性质,从而确定构件的数目以及运动副的数目和种类。破碎机中各构件之间的相对运动都是转动。共有四个构件,组成四个回转副。

3) 合理选择视图。通常选择平行于构件运动的平面作为视图平面,必要时可补充辅助视图。图 0-2b 所示,是选择平行于机构中各构件运动的平面作为视图平面,已能清楚表达各构件之间的运动传递关系。

4) 选定适当的比例尺,定出各运动副之间的相对位置,用构件和运动副的规定符号绘制机构运动简图。图 0-2b 所示为颚式破碎机的机构运动简图。其绘制过程如下:首先画出偏心轴与机架组成的回转副中心 A ;其次以一定的比例尺画出偏心轴与动颚组成的回转副中心 B , B 与 A 之间的距离即偏心轴的偏心距 e ;再以相同的比例尺定出回转副中心 C 、 D 的位置;最后用构件和运动副的规定符号相连,绘出机构运动简图。

需要指出:虽然偏心轴与动颚之间是用一半径大于偏心距 e 的回转副联接的,但是,由于运动副的符号仅与其相对运动的性质有关,而与其具体结构无关。所以,机构中的四个回转副可用大小相同的四个小圆圈表示。

例 1-2 绘制图 0-1a 所示内燃机的机构运动简图。

解 图 0-1a 所示内燃机是由曲柄滑块机构(包括汽缸 1、活塞 2、连杆 3 和曲轴 4 等构件)、齿轮机构(机体 1、齿轮 5 和 6)和凸轮机构(机体 1、凸轮 7 和进汽阀推杆 8)等机构共同组成,其机构运动简图可分别逐步绘制如下:

1. 曲柄滑块机构

1) 由于汽缸 1 与内燃机机体固联,故对整个机构而言是相对静止的固定件;活塞 2 在燃气推动下运动,