



21 世纪高职高专系列教材

ERSHIYI SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE JIAOCAI

机械设计基础

JIXIE SHEJI

JICHU

赵洪志 / 主编 ●



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS
WWW.NENUP.COM



东北师范大学出版社



21 世纪高职高专系列教材

ERSHIYI SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE JIAOCAI

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

赵洪志 / 主编 ●



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

WWW.NENUP.COM

东北师范大学出版社 长春

内 容 提 要

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》编写的高职高专教材。

全书共 15 章, 主要介绍了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理、工程应用及设计方法。内容包括平面机构运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动、螺纹连接、轴和轴毂连接、轴承、其他常用零部件、机械的平衡及调速等。针对高等职业技术教育的特点, 通过对内容的精选, 努力做到简化理论, 突出重点, 力求实用。每章前面列举了学习要求和重点难点, 章后有适量的思考题及习题。

本书可作为高职高专机械类专业的教材, 也可供大专院校相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/赵洪志主编. —长春: 东北师范大学出版社, 2006.6

ISBN 978 - 7 - 5602 - 4740 - 3

I. 机... II. 赵... 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(2006)第 065719 号

□责任编辑: 陈永杰 □封面设计: 宋 超

□责任校对: 李 桃 □责任印制: 张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 5268 号 (130024)

电话: 0431—85687213 85691263

传真: 0431—85691969

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdchs@mail.jl.cn

广告许可证: 吉工商广字 2200004001001 号

东北师范大学出版社激光照排中心制版
制版热线: 0431—85680137 0431—85693036 转 2098

长春市永昌印业有限公司印装
长春市朝阳区义和路 25—1 号 邮编: 130021

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 15.75 字数: 370 千

印数: 0 001 — 3 000 册

定价: 19.50 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 可直接与承印厂联系调换

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》编写的高职高专教材。

教材从培养学生初步机械设计能力入手,在教学内容的安排和取舍上,减少理论推导,增强工程实践知识,强调技术基础课和专业课之间的联系,力求做到立足实践与应用,拓宽知识面,使一般能力的培养与职业能力的培养相结合,体现高职高专教育中技术基础课的基础性与实用性的和谐统一。适度扩展知识领域,体现少而精的原则。

书中主要介绍了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理、工程应用及一般机械的设计计算方法。主要包括平面机构运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动、螺纹连接、轴、轴毂连接、轴承、其他常用零部件、机械的平衡及调速等。每章都附有适量的思考题及习题。

参加本书编写的有:赵洪志(第1、5、6、8、13、14章),吴迪(第2~4、7、15章),张会端(第9~12章)。赵洪志任主编。

吉林大学谭庆昌教授审阅了书稿,提出了许多宝贵意见,编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平和从事高职高专教学经验所限,书中定有不妥和需要改进之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 本课程的研究对象和内容	1
1.2 机械设计的基本要求和一般程序	3
第2章 平面机构运动简图及其自由度	7
2.1 运动副及其分类	7
2.2 机构运动简图	9
2.3 平面机构自由度计算	11
第3章 平面连杆机构	17
3.1 铰链四杆机构的基本类型及应用	17
3.2 铰链四杆机构的基本特性	21
3.3 铰链四杆机构的设计	24
3.4 多杆机构简介	26
第4章 凸轮机构与间歇运动机构	30
4.1 凸轮机构的类型及应用	30
4.2 从动件的常用运动规律	33
4.3 凸轮轮廓线设计	37
4.4 间歇运动机构	42
第5章 齿轮传动	47
5.1 齿轮传动的类型	47
5.2 渐开线齿轮	48
5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	53
5.4 渐开线齿轮的切齿原理及变位齿轮的概念	55
5.5 渐开线圆柱齿轮精度	59
5.6 齿轮传动的失效形式及齿轮材料	62

5.7 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	65
5.8 齿轮结构和润滑	72
5.9 斜齿圆柱齿轮传动	75
5.10 直齿锥齿轮传动	83
第6章 蜗杆传动	90
6.1 蜗杆传动的类型及特点	90
6.2 圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	91
6.3 蜗杆传动的承载能力计算	95
6.4 蜗杆传动的效率及热平衡计算	99
第7章 轮系、减速器和无机变速器	105
7.1 轮系的功用和分类	105
7.2 定轴轮系传动比计算	108
7.3 周转轮系传动比计算	110
7.4 减速器和无机变速器简介	114
第8章 带传动和链传动	120
8.1 概 述	120
8.2 普通V带的类型	121
8.3 带传动工作情况的分析	123
8.4 V带传动的设计	127
8.5 滚子链链条与链轮	135
8.6 滚子链传动的设计计算	137
第9章 轴	145
9.1 概 述	145
9.2 轴的结构设计	147
9.3 轴的设计计算	151
9.4 轴毂连接	154
第10章 滚动轴承	160
10.1 滚动轴承的结构、类型、代号及其选择	160
10.2 滚动轴承的计算	165
10.3 滚动轴承轴系结构设计	172
第11章 滑动轴承	179
11.1 滑动轴承的类型和典型结构	179

11.2 轴瓦结构与材料	181
11.3 滑动轴承的润滑	184
11.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	186
11.5 液体动压径向滑动轴承简介	188
第12章 联轴器、离合器和制动器	191
12.1 联轴器	191
12.2 离合器和制动器	196
第13章 螺纹连接	199
13.1 螺 纹	199
13.2 螺纹连接的类型及应用	204
13.3 螺栓连接的设计	205
第14章 弹 簧	218
14.1 弹簧的功用和类型	218
14.2 螺旋弹簧的结构、制造和材料	219
14.3 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹簧的设计计算	222
14.3 其他类型弹簧简介	228
第15章 机械的平衡与调速	230
15.1 回转构件的平衡	230
15.2 机械速度波动的调节	236
参考文献	243

第1章

绪论

1.1 本课程的研究对象和内容

人类通过长期的生产实践逐渐创造了类型繁多、功能各异的机器，如缝纫机、洗衣机、自行车、汽车、机床、机器人等。

图 1-1 所示的单缸内燃机由气缸体 1，曲轴 2，连杆 3，活塞 4，进气阀 5，排气阀 6，顶杆 7，凸轮 8，齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞往复移动，经过连杆转变为曲轴的连续转动，将燃气的热能转变成机械能。

图 1-2 所示为颚式矿石破碎机，当电动机驱动轮子绕固定心轴 A 转动时，通过轮子上的偏心销 B 和连杆 BC 使动颚板绕 D 点往复摆动，改变与固定颚板之间的空间，两板之间的矿石被轧碎。

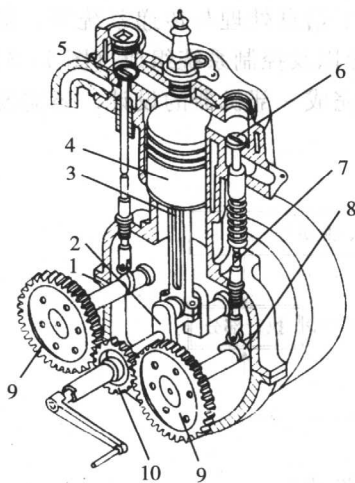


图 1-1 单缸内燃机图

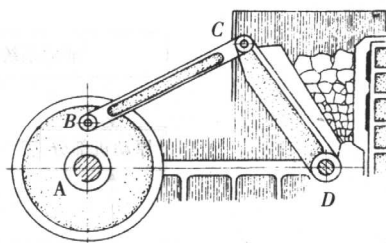


图 1-2 颚式矿石破碎机

从以上两例可以看出, 尽管机器的构造、用途和性能各不相同, 但都有以下一些共同的特征:

- ① 都是人为实物的组合;
- ② 各实物之间具有确定的相对运动;
- ③ 能完成有用的机械功或转换机械能。

凡具有以上三个特征的实物组合体称为机器, 仅有前两个特征的称为机构。一部机器可以包含几个机构, 如内燃机中的曲轴、连杆、活塞和气缸体组成一个曲柄滑块机构, 将活塞的往复移动转变为曲轴的连续转动, 曲轴即曲柄, 活塞即滑块; 凸轮、顶杆和气缸体组成一个凸轮机构, 将凸轮的连续转动转变为顶杆的往复移动; 用齿轮机构保证各轴之间的传动比。机器也可能只含一个机构, 如颚式矿石破碎机就含一个曲柄摇杆机构。若撇开机器在作功和转换能量方面起的作用, 仅从结构和运动的观点来看, 机器和机构并无区别, 习惯上用“机械”作为机器和机构的总称。机构在机器中起着改变运动形式、改变速度大小或改变运动方向的作用。

机器中普遍使用的机构称常用机构, 如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。组成机构的各个相对运动部分称为构件, 构件可以是单一的整体, 也可以是几个零件的刚性组合。如内燃机中的连杆, 它是由连杆体、连杆盖、螺栓等几个零件组成的刚性结构, 是一个构件。由此可知, 构件是运动单元, 零件是制造单元。另外, 通常把为完成共同任务而结合起来的一组零件称为部件, 是装配单元, 如滚动轴承、联轴器等。

机器中的零件可分两大类, 凡是在各种机械中经常使用的零件称为通用零件, 如螺栓、轴、齿轮、弹簧等。只出现在某些专用机械中的零件称为专用零件, 如农机中的铧犁、汽轮机的叶片等。

机械设计基础课程主要研究机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。通过本课程的学习和课程设计实践, 可以培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力, 为学习专业机械设备课程打下必要的理论基础。

随着科学技术的发展, 机器和机构也发生变化。在某些情况下, 机构中除刚体外, 液体或气体也参与运动的变换; 有些机构中还包含了信息处理与传递系统等。就功能角度而言, 一部机器由动力部分、传动部分、执行部分以及控制系统组成 (图 1-3)。本课程主要讨论机械中常用机构和通用零件的设计, 要完成一部机器的设计, 还需要其他相关课程的知识。

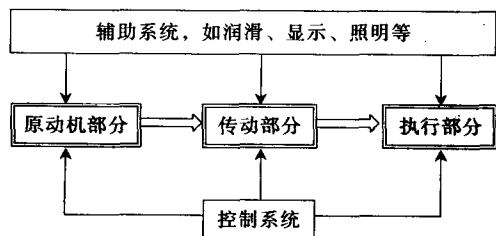


图 1-3 机器的组成

1.2 机械设计的基本要求和一般程序

1.2.1 机械设计的基本要求

设计机器的任务是在当前技术发展所能达到的条件下, 根据生产及生活的需要提出的。不管机器的类型如何, 一般来说, 总会对机器提出以下基本要求:

1. 功能性要求

机器应具有预定的使用功能。这主要靠正确地选择机器的工作原理, 正确地设计或选用能够实现功能要求的执行机构、传动机构和原动机, 以及合理地配置必要的辅助系统来实现。

2. 经济性要求

机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中。提高设计和制造经济性指标的主要途径有:

(1) 采用先进的现代设计方法, 使设计参数最优化, 达到尽可能精确的设计计算结果, 尽可能多地应用 CAD 技术, 加快设计进度, 降低设计成本。

(2) 最大限度地采用标准化、系列化、通用化的零部件。零件结构尽可能采用标准化结构及尺寸。

(3) 尽可能采用新技术、新工艺、新结构和新材料。

(4) 制定合理的制造、装配工艺。

(5) 力求改善零件的结构工艺性, 使其用料少, 易加工, 易装配。

3. 劳动保护性要求

劳动保护性要求有两层含义:

一要使机器的操作者方便和安全。因此, 设计时要按照人机工程学的观点尽可能减少操作手柄的数量, 操作手柄及按钮等都应放置在便于操作的位置, 合理地规定操作时的驱动力, 操作方式要符合人们的心理和习惯。同时, 设置完善的安全防护装置、报警装置、显示装置等。

二要改善操作者及机器的环境。设计的机器应符合劳动保护法规的要求, 降低机器运转时的噪声水平, 防止有毒、有害介质的渗漏, 对废水、废气和废液进行治理, 根据工程美学的原则美化机器的外形及外部色彩等。

4. 其他专用性要求

对不同的机器, 还有一些为该机器所特有的要求。例如, 对机床有长期保持精度的要求, 对飞机有质量小、飞行阻力小而运载能力大的要求, 对流动使用的机器(如钻探机械)要便于安装和拆卸, 对大型机器有便于运输的要求等。设计机器时, 在满足前述基本要求的前提下, 还应着重地满足这些特殊要求, 以提高机器的使用性能。

机器各项要求的满足, 是以组成机器的零件的正确设计和制造为前提的。因此, 设计机构和零件时也要相应地满足一定的要求。

1.2.2 设计机构和零件时应满足的基本要求

1. 机构设计时的基本要求

- (1) 运动要求 机构应满足工作动作提出的运动形式、运动规律、运动性能等。
- (2) 动力要求 机构的动力参数应与机械的工作要求相匹配, 具有效率高、速度波动小、平衡精度高、冲击振动小等良好的动力特性。
- (3) 可调性要求 为适应机器工作环境的变化, 机构的运动参数、动力参数等要易于调节。

2. 零件设计时的基本要求

机构设计完成后只是得到机器的运动简图, 只有通过零件设计方可获得用于加工制造的零件工作图及机械装配图。零件设计时应满足的基本要求有以下几点:

(1) 工作能力要求

机械零件由于某些原因不能正常工作称为失效。在不发生失效的条件下, 零件能安全工作的限度称为工作能力。通常此限度是对载荷而言, 所以习惯上又称为承载能力。零件的工作能力要求是通过建立计算准则来体现的。常用的计算准则有以下几种:

① 强度准则 强度是指零件抵抗断裂、过大的残余变形或表面疲劳破坏的能力。强度准则就是要求零件在预期的设计寿命内不发生上述的失效。其广义的表达式为

$$\sigma \leq [\sigma]$$

式中: σ 为零件的工作应力, $[\sigma]$ 为零件材料的许用应力, $[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S}$ 。

极限应力 σ_{lim} 取决于零件材料和应力的种类, 安全系数 S 按零件设计要求选定。

在静应力下, 对于塑性材料, σ_{lim} 取材料的屈服极限 σ_s ; 对于脆性材料, σ_{lim} 取材料的强度极限 σ_b 。在变应力下, 零件多为疲劳失效, σ_{lim} 取材料的疲劳极限 σ_{rN} , σ_{rN} 由疲劳曲线方程确定:

$$\sigma_{rN} = \sigma_r \sqrt[m]{\frac{N_0}{N}} \quad (1-1)$$

式中: σ_r , N_0 , m 分别为零件材料的持久疲劳极限、循环基数和与应力状态有关的实验指数; N 是零件在使用期限内应力循环次数。当 $N \leq N_0$ 时, 可由式 (1-1) 求得对应于 N 的疲劳极限 σ_{rN} , 可得零件有限寿命下的许用应力。当 $N > N_0$ 时, 对绝大多数黑色金属材料可以认为在无限次应力循环下都不会断裂, 即疲劳极限 $\sigma_{rN} = \sigma_r$ 。用 σ_r 求得的许用应力进行零件的设计也称无限寿命设计。本书中的部分零件是按无限寿命设计。

② 刚度准则 刚度是指零件抵抗弹性变形的能力。机械零件在工作时所产生的弹性变形不超过允许的限度, 就称满足刚度准则。当零件的弹性变形过大会影响机器的工作性能时 (如机床主轴、导轨等), 必须验算刚度准则。其广义的表达式为

$$y \leq [y]$$

式中: y 为零件的弹性变形, $[y]$ 为零件允许的弹性变形。

③ 耐磨性准则 耐磨性是指相互接触并有相对运动的零件工作表面抵抗磨损的能力。当零件的磨损量超过许用值后, 因磨损使零件尺寸和形状的改变而不能正常工作, 如齿轮的磨损、轴承的磨损等。耐磨性准则就是要求零件在预期设计寿命内磨损量不应超过允许值。但由于有关磨损的计算尚无简单可靠的理论公式, 故一般采用条件性计算。一是验算接触面比压 p 不超过允许值, 以保证工作表面不至于因油膜破坏而产生过度磨

损；二是对滑动速度 v 较大的摩擦表面，要验算 pv 值不超过允许值，以限制摩擦功耗，避免胶合。

④ 振动稳定性准则 高速机械工作时易发生强烈振动。当机械或机械零件的固有频率与外界激振频率重合时，就会产生共振。振动稳定性准则就是要求所设计零件的固有频率与外界激振频率错开。

(2) 结构工艺性要求

机械零件具有良好的结构工艺性，是指在既定的生产条件下，能够方便而经济地制造出来，并便于装配成机器这一特性。所以，零件的结构工艺性应从毛坯制造、机械加工及装配过程等环节加以综合考虑。制造零件的工艺与机器的生产批量大小及具体的生产条件有关。为了改善零件的工艺性，就应当熟悉当前的生产水平及条件。对零件的结构工艺性具有决定性影响的零件结构设计，在整个设计工作中占有很大的比重，必须予以足够的重视。

(3) 经济性要求

机械零件的经济性首先表现在零件的生产成本上。设计零件时，应力求设计出耗费最少的零件。所谓耗费，除了钱财的耗费以外，还应当包括制造时间及人工的消耗。要降低零件的成本，首先要采用轻型的零件结构，以降低材料消耗；采用少余量或无余量的毛坯或简化零件结构，以减少加工工时，这些对降低零件成本均有显著的作用。工艺性良好的结构就意味着加工及装配费用低，所以，工艺性对经济性有着直接的影响。采用廉价而供应充足的材料来代替贵重材料，对于大型零件采用组合结构来代替整体结构，都可以在降低材料费用方面起到积极的作用。

另外，尽可能采用标准化的零、部件来取代特殊加工的零、部件，可在经济方面取得很大的效益。

对绝大多数机械零件来说，都应当力求减小其质量，一方面可以节约材料，另一方面，对于运动零件来说，可以减小惯性，改善机器的动力性能。此外，对于运输机械的零件，减小本身的质量，可以增加运载量，从而提高机器的经济效益。

1.2.3 机械设计的一般程序

一部机器的性能与成本在很大程度上取决设计质量。制造过程对机器质量所起的作用，本质上在于实现设计时所规定的质量。因此，机器的设计阶段是决定机器好坏的关键。

机器的设计过程是复杂的，它涉及多方面工作，如市场需求调研，技术预测和人机工程等。本书仅就机器设计的技术性过程进行讨论。机器的设计是一个创造性的工作过程，同时也是一个尽可能多地利用已有的成功经验的工作。要很好地把继承与创新结合起来，才能设计出高质量的机器。一部完整的机器是一个复杂的技术系统，它的设计过程涉及许多方面。因此，要提高设计质量，必须有一个科学的设计程序。虽然不可能列出一个在任何情况下都有效的唯一程序，但是，根据人们设计机器的长期经验，一部机器的设计程序基本上可以如表 1-1 所示。

表 1-1 机械设计的一般程序

设计的阶段	内 容	应完成的工作
计 划	1. 根据市场需求或受用户委托, 提出设计任务 2. 进行可行性研究 3. 编制设计任务书	提交可行性研究报告和设计任务书
方案设计	1. 进行机器方案设计 2. 方案评价	提出最佳设计方案——原理图或机器运动简图
技术设计	1. 设计装配草图和部件装配草图 2. 设计、绘制零件图 3. 设计、绘制控制系统图和润滑系统图 4. 完善装配图和部件装配图 5. 编制计算说明书、使用说明书、工艺文件、外购件明细表等	提交: 机器总体设计图 机器装配图及部件装配图 零件图 技术资料
试制试验	通过试制、试验发现问题, 加以改进	提出试制、试验报告, 提交改进措施
投产以后	产品投产后, 根据用户的意见、使用中发现问题以及市场的变化, 作相应的改进和更新设计	市场调查, 发现问题, 更新设计

第 2 章

平面机构运动简图及其自由度

【学习提示】

1. 掌握构件、自由度、约束、运动副等基本概念，掌握机构能运动及具有确定运动的条件，能计算平面机构的自由度，掌握计算平面机构自由度的注意事项。
2. 了解机构运动简图并能绘制简单机械的机构运动简图。

2.1 运动副及其分类

机器是由一个或多个机构组成的，而机构是由构件和运动副组成的。

2.1.1 构件的自由度、约束

任何机械都是由许多零件组成的。零件是加工制造的基本单元体。有时，由于结构和工艺上的需要，往往把几个零件刚性地连接在一起，组成一个刚性系统，即它们构成一个独立运动的单元体，称为构件。构件可能是一个零件，也可能是若干个刚性联结在一起的零件组成的一个运动整体。

在平面内作自由运动的两构件间具有三个独立的相对运动（沿 x 轴、 y 轴方向的移动和 xoy 面内的转动），构件的这种独立运动的数目称为自由度。因此，一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。有时由于某种原因，构件的独立运动受到限制，从而失去相应的自由度。工程上把这种对独立运动的限制称为约束。构件的约束数目等于其失去的自由度数。

2.1.2 运动副及其分类

机构中的各个构件是以一定方式连接起来的，这种连接不是固接、焊接，而是能产生一定相对运动的连接。这种两个构件直接接触，相互之间能够产生一定相对运动的连

接称为运动副。构件之间的接触可以通过点、线或面来实现。这种参与接触构成运动副的点、线或面称为运动副元素。

通常,运动副可根据运动副的元素来分类。两构件间通过面接触的运动副称为低副。平面机构中的低副又可分为转动副和移动副。

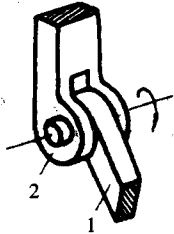


图 2-1 转动副

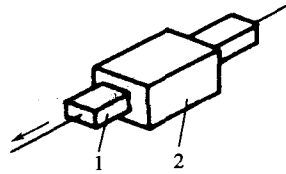


图 2-2 移动副

1. 转动副

如图 2-1 所示,两构件间为圆柱面接触,它们之间的相对运动为转动,称为转动副。

2. 移动副

如图 2-2 所示,两构件间为平面接触,它们之间的相对运动为移动,称为移动副。

在平面运动副中,低副存在两个约束,具有一个自由度。根据组成运动副的元素,若两构件间通过点或线接触的运动副称为高副,如图 2-3 所示齿轮副,图 2-4 所示凸轮副。在平面运动副中,高副存在一个约束,具有两个自由度。

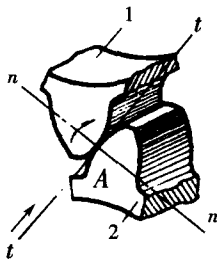


图 2-3 齿轮副

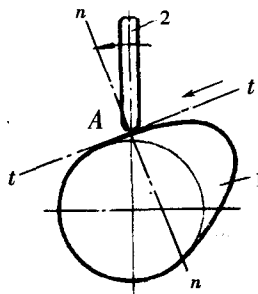


图 2-4 凸轮副

2.1.3 机构

从机构组成特点分析,机构由三部分组成:

1. 机架

任何一个机构都有一个固定不动的构件,称为机架,用于支撑机构中的活动构件。一般情况下,机械安装在地面上,机架相对地面是固定不动的;如果机械是安装在汽车、轮船、飞机等运动物体上,那么机架相对于该运动物体是固定不动的。

2. 原动件

机构中必有一个或多个按给定的已知运动规律运动的构件,称为原动件,也称为主动件,它的运动规律是外界输入的。

3. 从动件

机构中,除去机架、原动件,其余活动构件称为从动件或从动件系统。

2.2 机构运动简图

2.2.1 机构运动简图

实际机构中,各构件的结构和形状往往很复杂,为了便于对机构进行运动及动力分析,有必要抛开与运动无关的构件和运动副的复杂结构形状,用简单的线条、滑块和运动副的规定符号来代表构件和运动副,并按一定比例画出运动副之间的相对位置,使其能准确地表达出机构的运动特性,这样的简单图形称为机构运动简图。如果仅以构件和运动副代号来表示机构而不按比例绘制,这种图形称为机构运动示意图。平面机构运动简图中构件和运动副的表示方法见表2-1。

表 2-1 机构运动简图常用符号

名 称	符 号	名 称	符 号
轴、杆、连杆等构件		棘轮机构	
轴、杆的固定 支座(机架)		蜗杆传动	
一个构件上有 两个转动副		外啮合圆柱 齿轮传动	
一个构件上有 三个转动副		内啮合圆柱 齿轮传动	
两个运动构件 用转动副相连		齿轮齿条 传动	
一个运动构件 一个固定构件 用转动副相连			
两个运动构件 用移动副相连			
一个运动构件 一个固定构件 用移动副相连			
在支架上的电机			

续 表

名 称	符 号	名 称	符 号
V 带传动		圆锥齿轮传动	
链传动		不完全齿轮机构	

2.2.2 机构运动简图的画法

绘制一台机器的机构运动简图，往往需要反复实践。为便于掌握绘制机构运动简图的技巧，可参照下列方法和步骤进行。

(1) 启动机器，仔细观察机器的运动，认清机架、主动件和从动件。观察各构件间相对运动原理，从而明确每两个直接接触构件间组成运动副的类型及运动副的数目。

(2) 合理选择视图平面，目的是为了通过机构运动简图把机构运动特征表达清楚。一般情况下，选择多数构件的运动平面及与各构件的运动平面相平行的平面作视图平面。

(3) 选择合适的比例尺。为了能用机构运动简图对机构进行结构、运动和动力分析，必须把机构中与运动有关的尺寸按比例绘制。长度比例尺 μ_l 定义为： $\mu_l = \frac{\text{实际尺寸 (m)}}{\text{图上长度 (mm)}}$ ，即机构简图上每毫米长线段所代表的实际长度的米数。按机构实际尺寸及图纸大小确定 μ_l ，注明在图纸上。然后把在实际机构上量出的各运动副之间的相对位置尺寸，按长度比例尺换算成简图上的尺寸，再按传递运动的顺序用运动副和构件的表示符号画出整个机构的运动简图。

例 2-1 绘制图 2-5 (a) 所示的冲床机构的运动简图。

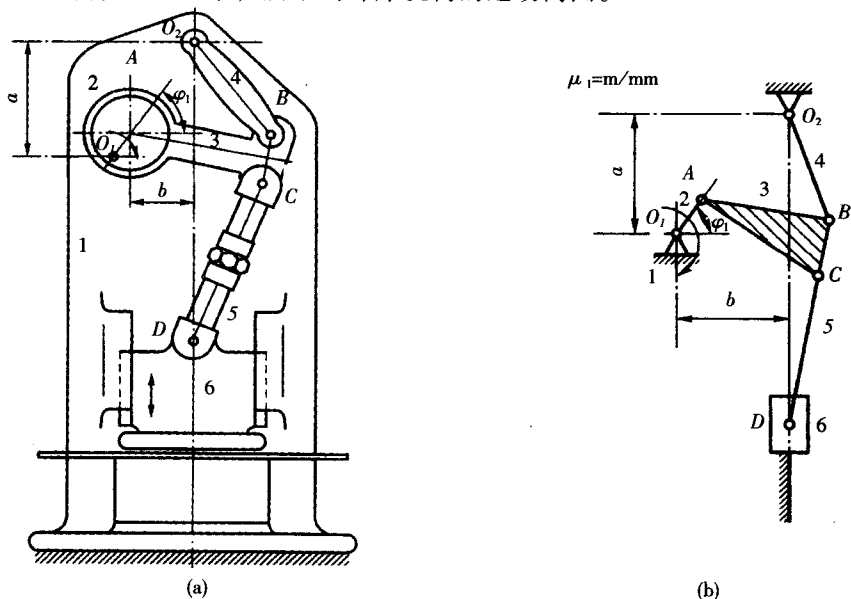


图 2-5 冲床机构及其机构运动简图