

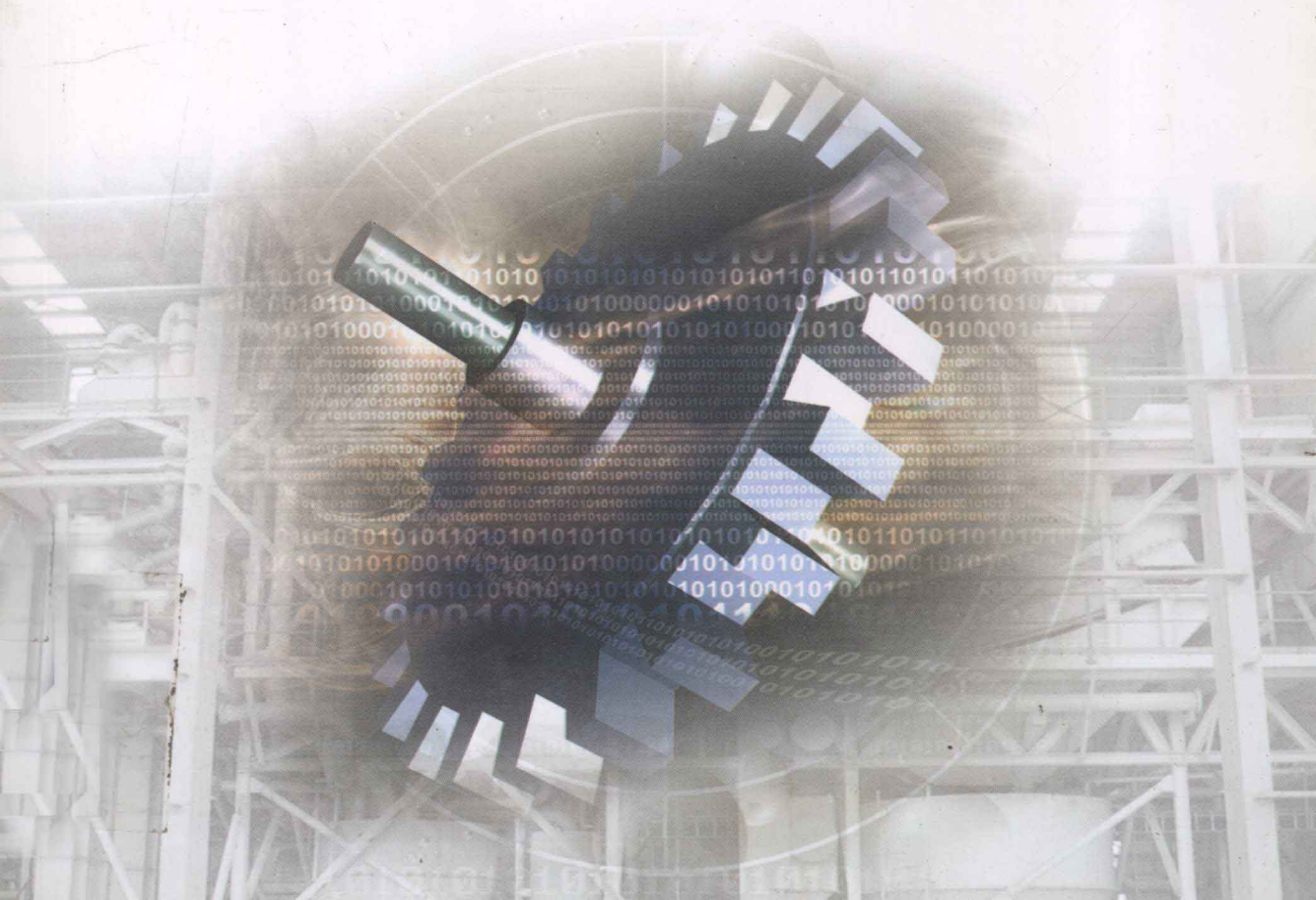
高等教育“十二五”规划教材

矿物加工机械 设计基础

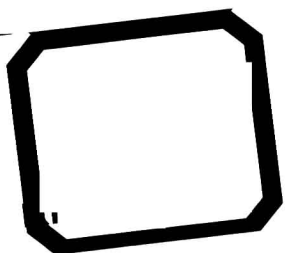
Kuangwu Jiagong Jixie Sheji Jichu

主编 刘焕胜 孙凤杰

中国矿业大学出版社



高等教育“十二·五”



矿物加工机械设计基础

刘焕胜 孙凤杰 编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是基于矿物加工工程专业的培养计划、课程设置、学时数和技术素质培养的需要编写而成的,内容包括:机械设计总论,工程材料,联接,连续回转传动,转变运动形式的传动,轴和轴承,机械传动系统,弹簧、钢丝绳与结构件,液压传动与气压传动。在同类教材的内容基础上,本书增设了工程材料、液压和气压传动与机械传动系统三个整章;另外增设了管子联接、减速器、橡胶弹簧和结构件等内容,并将其分配在有关的章节中;同时,淡化了机械自由度、齿轮机械原理、斜锥齿轮和轮系等,体现了较强的实用性。在组织编排上,将各种传动的运动研究和各种机构的受力研究统编为两章,即按传动特点将它们分属于连续回转传动和转变运动形式的传动,使脉络更清楚、篇幅更节省。

本书可作为高等学校矿物加工工程专业、过程装备与控制工程专业的教材或教学参考书,也可作为其他机械类少学时(48~60)或近机类专业本科生的教材或教学参考书,还可供相关专业科研管理人员、工程技术人员和生产人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿物加工机械设计基础/刘焕胜,孙凤杰编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2011.2
ISBN 978 - 7 - 5646 - 0956 - 6
I. ①矿… II. ①刘…②孙… III. ①选矿机械—机械设计—
高等学校—教材 IV. ①TD45
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 011972 号

书 名 矿物加工机械设计基础
编 者 刘焕胜 孙凤杰
责任编辑 褚建萍
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 21.25 字数 530 千字
版次印次 2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷
定 价 28.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

矿物加工生产的各种工艺过程如破碎、筛分、分选、脱水和储运等都是在相应的机器设备中实现的,矿物加工工艺与设备在很多情况下是密不可分的,这是矿物加工技术在内涵上的一个重要特点。

各种矿物加工机械按体积和重量计,结构件(或机架)和执行件相对传动件而言,后者所占比例很小,而前者的结构参数取决于加工过程的工艺参数。矿物加工机械常见传动件包括带、链、偏心轮、齿轮、轴系和液—气压传动件等;很少用到凸轮、棘轮、螺旋等传动件,但是在选煤厂使用的通用机械中却能遇见它们;广泛使用螺栓、键销、焊接、法兰、联轴器等联接件或联接方法,也广泛使用弹簧隔振件、绳轮起重件等;大量使用普通钢材,也经常使用非金属材料;除个别情况外,对制造精度的要求一般不高。

矿物加工机械工作时,载荷经常变化,影响因素较多,使工作阻力无法准确计算,而设备笨重、检修困难,特别是检修停产损失很大,故要求工作可靠性较高。工作环境一般为常温、常压、潮湿或临水、轻腐蚀、重磨损,因而对执行件或过流件的耐磨蚀要求较高。

在选煤厂设计、建设和运行过程中,矿物加工工程师要负责完成设备的选型、计算、布置、安装、调试、检查、维护、修理和改造等各项技术工作。如果对机器设备了解不透,是无法胜任的。从多年来的矿物加工工程专业的培养计划看,诸如机械制图、金工实习、工程力学、机械设计基础、选矿机械、流体机械和运输机械等课程,构成了由浅入深、由广及专的机械学体系。一般认为,矿物加工工程专业的整个知识体系具有近机类属性,机械学体系是不可缺少的教学内容,占有重要的地位。

按内容和篇幅可将已有的各种版本机械设计基础类教材简单地分为三类:一类是传统式的,其内容经典,各部分所占篇幅均衡,着力为学生打下全面的机械设计基础;另一类是偏向式的,其内容设置针对生产需要,整体篇幅较小;第三类是扩充式的,在经典内容以外再扩充相关内容,经典内容部分所占篇幅通常较小,常称为“机械基础”。对矿物加工机械设计基础而言,编者认为以采用综合式为宜,即全面设置经典内容,根据专业生产需要确定所占篇幅,同时扩充培养计划和课程设置不周到的相关内容。

本书编者多年来从事机械设计基础、选煤机械和运输机械等课程的教学工作,曾先后两次承担相关课程建设的研究任务;在从事科研活动和指导学生实习的过程中,经常与选煤厂的工作人员接触和交流,积累了较丰富的经验。在此基础上,本书编写采取了如下做法:一方面确立通识教育的主体,把机械设计基础的经典内容几乎全部囊括;另一方面又为适应矿物加工工程专业的实际需要,有选择地缩减或增设了相关内容。比如缩减了机构自由度、齿轮原理、斜齿轮和锥齿轮设计、间歇传动等;将各种传动的运动研究和各种机构的受力研究统编为两章,即按运动特点将其分属于连续回转传动和转变运动形式的传动,使脉络更清楚,篇幅更节省;基于培养目标、培养计划、课程设置和课程学时的需要,增设了工程材料、气—液压传动和机械系统三个整章;增设了管子联接、减速器、橡胶弹簧和结构件等内容,并

将其合理地分配在有关章节中。

在本科培养的总学时数下,整个课程体系赋予学生的知识内容应避免遗漏和无效重复。每一门课的教学内容和讲授深度必须同时把握好,要求突出重点、顾及一般、讲深说透、节省学时。对于机械类课程而言,要达此目标须遵循如下准则:对于标准设备和零部件,应该重点教授选型技能;对于非标准设备和零部件,应该重点教授设计技能;对于半标准设备和零部件,应该教授选型和设计的双重技能;无论标准化程度如何,都应该根据需要适度教授基本的原理。本书的编写力求体现这一准则,这也是本书有别于其他同类教材之处。

本书以一般工况条件下的常用机构和通用机械零部件为研究对象,以它们的工作原理、运动特性、结构形式以及设计、选用和计算方法等为研究内容。其主要先修课程有机械制图、工程力学、机械制造基础和金工实习等。

本书是在使用多年的讲义基础上编写而成的。本书可作为高等学校矿物加工工程专业、过程装备与控制工程专业的教材或教学参考书,也可作为其他机械类少学时(48~60)或近机类专业本科生的教材或教学参考书,还可供相关专业科研管理人员、工程技术人员和生产人员参考。

本书由刘焕胜、孙凤杰编写。具体编写分工如下:第一章至第九章由刘焕胜编写,孙凤杰整理并校对;各章习题由孙凤杰编写,刘焕胜校对;所有文字和部分图表由周金环录入。

由于编者水平所限,书中错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

最后向所有关心和支持本书出版的人致以诚挚的谢意。

编 者

2011年1月

目 录

第一章 机械设计总论	1
第一节 机器的组成.....	1
第二节 平面机构的运动简图.....	2
第三节 机械设计的基本要求及一般程序.....	7
第四节 机械零件的失效形式、设计准则、设计步骤及标准化.....	7
第五节 机械零件的载荷、应力和强度.....	10
第六节 机械零件的材料和选用原则	15
习题	16
第二章 工程材料	18
第一节 材料的分类	18
第二节 金属材料性能	21
第三节 常用金属材料	24
第四节 非金属材料	34
第五节 复合材料——玻璃钢	38
第六节 耐磨材料	40
第七节 常用钢材	47
习题	56
第三章 联接	57
第一节 螺纹联接	57
第二节 键销联接、形面联接和过盈联接.....	72
第三节 铆接、焊接与黏接.....	77
第四节 管件联接	80
第五节 联轴器和离合器	88
习题	96
第四章 连续回转传动	99
第一节 齿轮传动的类型和特点	99
第二节 渐开线齿轮传动的规律和主要参数.....	100
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮传动的承载能力.....	104
第四节 斜齿圆柱齿轮传动与直齿圆锥齿轮传动.....	110

第五节 齿轮的结构与润滑	111
第六节 蜗杆传动	113
第七节 链传动	115
第八节 带传动	122
第九节 轮系与减速器	135
习题	141
第五章 转变运动形式的传动	145
第一节 连杆传动	145
第二节 凸轮传动	157
第三节 步进传动	161
第四节 螺旋传动	165
第五节 转变运动的机构组合	168
习题	170
第六章 轴和轴承	174
第一节 轴	174
第二节 轴承	183
习题	213
第七章 机械传动系统	216
第一节 机械传动系统的概念及其设计步骤	216
第二节 机器的工作原理、运动方案和原始运动参数	216
第三节 常用机构的分析比较与机构组合方案的拟订	217
第四节 机器的功率计算与转矩校核	220
第五节 轴系的临界转速	223
第六节 轴系的平衡	225
习题	229
第八章 弹簧、钢丝绳与结构件	230
第一节 弹簧的功用、类型和特点	230
第二节 金属圆柱螺旋弹簧	232
第三节 橡胶弹簧	240
第四节 钢丝绳	246
第五节 结构件	255
习题	273
第九章 液压传动与气压传动	274
第一节 液压传动概述	274

第二节 液压泵、液压马达和液压缸	278
第三节 液压控制元件	284
第四节 液压基本回路与系统实例分析	298
第五节 液压传动的应用	305
第六节 气压传动	313
习题	326
附录	328
参考文献	330

第一章 机械设计总论

第一节 机器的组成

为了减轻笨重的体力劳动,提高劳动生产率,人类在长期的生产实践中创造了机器。机器的种类很多,其构造、用途和性能等也各不相同。如图 1-1 所示的内燃机,由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲柄 4、顶杆 5、凸轮 6、齿轮 7 和 8、进气阀 9、排气阀 10 等零部件组成。燃气推动活塞移动,经连杆使曲柄做连续转动,从而使燃气的热能转变为曲柄转动的机械能,用来驱动汽车行驶。

如图 1-2 所示的搅拌机,由搅拌轴、搅拌桨、联轴器、大皮带轮、轴承(图中未剖出)和法兰座体组成的竖轴部件,通过槽钢梁支撑在桶状槽体上,槽体内有需要搅拌的矿浆和药剂。电动机通过带传动使搅拌桨旋转,从而搅拌各物料使其混合混匀。

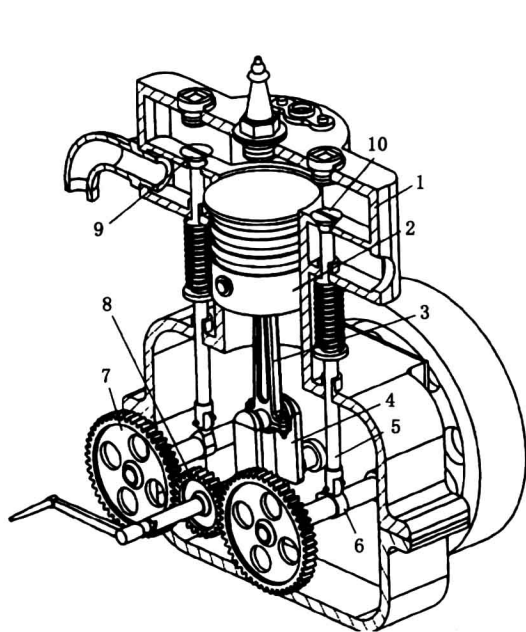


图 1-1 内燃机

- 1——气缸体;2——活塞;3——连杆;
4——曲柄;5——顶杆;6——凸轮;
7,8——齿轮;9——进气阀;10——排气阀

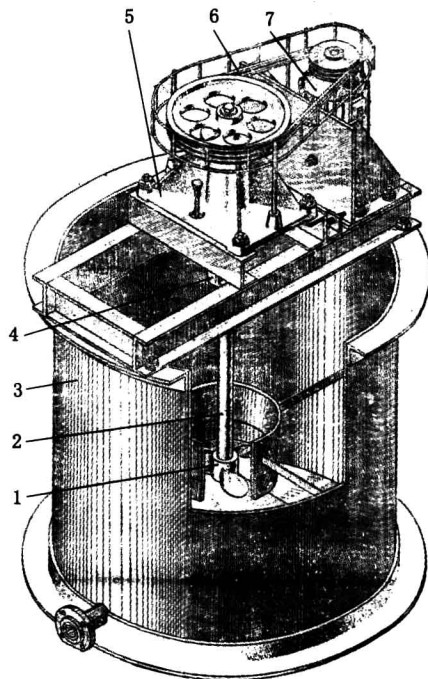


图 1-2 搅拌机

- 1——搅拌桨;2——搅拌轴;3——槽体;
4——联轴器;5——竖轴部件;
6——带传动;7——电动机

由以上示例可以看出,机器具有以下特征:① 是多种实物的组合;② 各实物间具有确定的相对运动;③ 能做有用的机械功,或完成能量、物料、信息的转换或传递。例如,搅拌机、破碎机、鼓风机、轧钢机和缝纫机等大多数常见的机器工作时做有用的机械功;电动机、内燃机和发电机等工作时将电能、热能和机械能转换形式;车辆、轮船、飞机、起重机和带式输送机等工作时搬运物料;照相机、打字机、录音机和计算机等工作时获取、转换、处理、传递信息。

凡是仅具备以上①、②两个特征的装置称为机构,例如,内燃机主体部分的连杆机构、进排气部分的凸轮机构、传动部分的齿轮机构,整个内燃机主要就由这三个基本机构组成。按机构中各组成实体工作时是做平面运动还是做空间运动,可把机构分为平面机构(如以上列举的各机构)和空间机构,本教材只讲授平面机构。从结构和运动的观点看,机构和机器并无区别,故工程上常将二者统称为机械。

就功能而言,一般机器都是由动力部分、传动部分、工作部分和控制部分组成的。

常用的动力部分是电动机;内燃机的连杆、凸轮、齿轮等机构和搅拌机的带传动都属于传动部分;内燃机的曲轴和搅拌机的搅拌桨都属于工作部分或称为执行部分;控制部分包括测取转速、转矩、振幅、频率、温度、压力、流量等原始信号的传感器;转换、比较、放大、发送信号的处理器和接受、动作、调节的执行器等。本教材主要讲授传动部分。

组成机器的基本单元称为零件,它是机器的制造单元。零件可分为通用零件和专用零件两类。通用零件是在各种机械中都经常使用的零件,如内燃机中的齿轮、连杆、凸轮等;搅拌机中的带轮、轴、联轴器、螺栓等。专用零件是只适用于一定类型的机械零件,如内燃机的活塞、搅拌机的桨叶等。

组成机器的各个相对运动的部分称为构件,它是机器的运动单元。构件可以是单一的整体,如搅拌机中的轴;也可以是由若干个零件组成的刚性结构,如内燃机的连杆,它由连杆体、连杆头、轴套、轴瓦、螺栓等零件组成,当连杆构件运动时,其各组成零件之间无相对运动。根据受力关系和结构关系可将构件分为原(主)动件(如内燃机的活塞)、从动件(如内燃机的连杆和曲轴)和机架(如内燃机的气缸体及其下部的外壳)。机架相对于地面可以是固定的(如搅拌机的槽体等),也可以是运动的(如船体、汽车底盘和振动筛的筛框等),机架是考察运动构件的参考坐标系。

为了便于装配机械,先将完成同一任务的一组协同工作的零件装配和制造成一个组合体,然后再将该组合体与其他组合体或零件组装成整机。这种组合体称为部件,它是机器的装配单元。如内燃机的连杆体、铰轴、活塞、活塞环部件和搅拌机的搅拌轴、搅拌桨、联轴器部件。

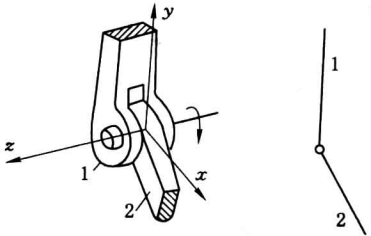
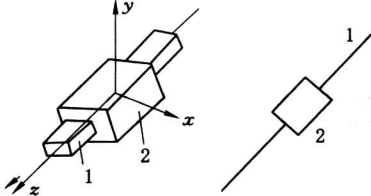
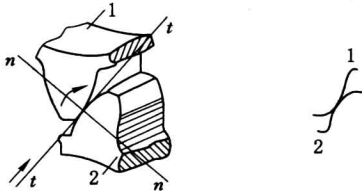
第二节 平面机构的运动简图

一、平面机构的运动副和自由度

机构中使两构件相互接触而又允许产生某些相对运动的活动联接称为运动副。例如内燃机中气缸与活塞的联接,它们既相互接触,同时又允许活塞相对气缸往复移动,这种活动联接就是运动副。由工程力学知识可知,一个自由构件的平面运动可分解为三个独立运动,即沿 x 、 y 坐标轴的移动和垂直于坐标平面的转动。使机构具有确定运动所必须给定的独

立运动的数目,称为机构的自由度。两构件构成运动副后,某些独立的相对运动便受到约束,相对运动自由度随之减少。要使机构具有确定的运动,机构原动件数目必须等于机构的自由度数目。平面机构运动副的分类、约束及自由度见表 1-1。

表 1-1 平面机构运动副的分类及性质

分类	定义	结构图例及简图		运动副对构件相对运动的约束	经运动副约束后,构件余下的相对运动自由度
低副	两构件通过面接触构成的运动副	转动副		沿 x 轴和 y 轴的相对移动被约束	1 允许绕 z 轴的相对转动
		移动副		沿 x 轴的相对移动和绕 y 轴的相对转动被约束	1 允许沿 z 轴的相对移动
高副	两构件通过点或线接触构成的运动副	齿轮副		沿公法线的相对移动被约束	2 允许沿公切线方向的相对移动和绕垂直于坐标平面的轴的相对转动

二、平面机构的运动简图

无论是分析已有机构还是设计新机构,都要从分析机构的运动着手。而机构中各从动部分的运动情况是由原动件的运动规律、运动副的类型、数目和各运动副的相对位置尺寸(即构件长度)决定的,与构件的外形、组成构件的零件数目和联接方式、断面形状和尺寸以及运动副的具体构造无关。因此,人们把与实际机构运动无关的因素抛开,仅用运动副规定的简符和代表构件的简单线条,按一定比例定出各运动副的位置,画出的表示机构各构件之间相对运动关系的简单图形,称为机构运动简图。机构运动简图是研究机构运动情况和特性的工程简图。

1. 构件和运动副的表示方法

图 1-3 为回转副的表示法,各小圆圈的中心位于回转轴线上。图 1-4(a)为两构件组成移动副的表示法,图 1-4(b)是带有移动副元素的构件表示方法。移动副的导路方向表示相对移动方向。图 1-4(c)是以两构件接触处的轮廓曲线表示的一般高副。

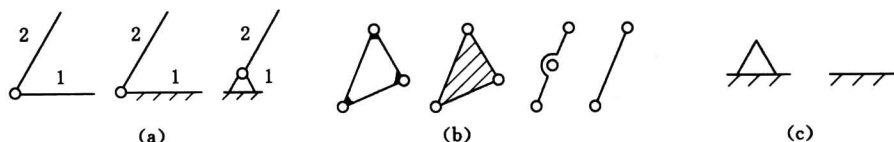


图 1-3 回转副的表示法

(a) 两构件组成的回转副；(b) 带回转副的构件；(c) 机架

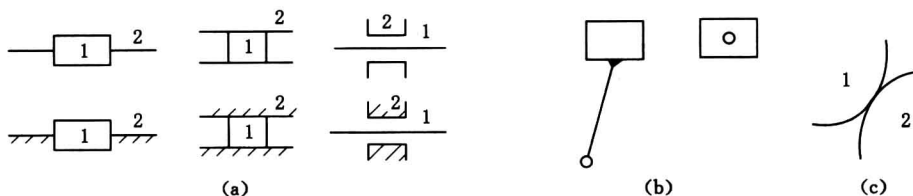


图 1-4 移动副及高副表示法

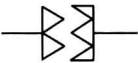
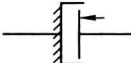
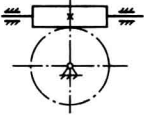
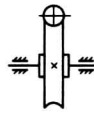
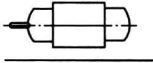
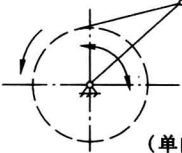
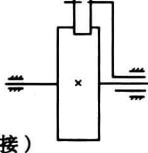
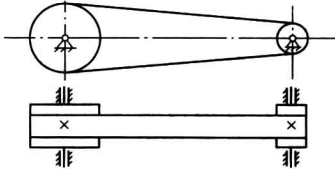
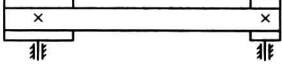
(a) 两构件组成的移动副；(b) 带移动副的构件；(c) 两构件组成的高副

机构运动简图的常用图示符号如表 1-2 所列。

表 1-2 机构运动简图的常用图示符号 (摘自 GB/T 4460—1984)

名 称		代表符号		名 称	代表符号
杆的固定联接				链 传 动 机 构	
零件与轴的固定					
轴 承	向心轴承	 向心滑动轴承	 向心滚动球轴承	外啮合圆柱齿轮机构	
	推力轴承	 单向推力滑动轴承	 单向推力滚动球轴承		
	向心推力轴承	 单向往心推力滑动轴承	 单向往心推力滚动球轴承	内啮合圆柱齿轮机构	
联轴器		 万向联轴器 弹性联轴器		齿轮齿条机构	

续表 1-2

名 称	代表符号	名 称	代表符号
离合器	 啮合式 (单向)  摩擦式	圆锥齿轮机构	  
制动器	 圆盘式	蜗轮蜗杆机构	  
在支架上的电动机	 	棘轮机构	 (单向外接) 
带传动机构	 	槽轮机构	 (外接)

2. 平面机构运动简图的绘制

绘制机构运动简图一般可按下述步骤进行：

- (1) 分析机构的运动情况，认清固定件、原动件和从动件，确定构件数目。
- (2) 从原动件开始，按运动的传递顺序，分析各相邻构件之间相对运动的性质，确定运动副的类型和数目。
- (3) 选机构的运动平面为投影面。
- (4) 选择适当的比例，定出各运动副的相对位置，用构件和运动副的符号绘出机构运动简图。
- (5) 在原动件上标出指示运动方向的箭头。

例 1-1 图 1-5(a)所示为矿山常用的颚式破碎机。试绘制其机构运动简图。

解 根据上述绘制机构运动简图的步骤，可以看出，图示破碎机是由偏心轴 1、构件 2、3、4 和动颚板 5 及机架 6 等六个构件组成的。机架 6 为固定件，偏心轴 1 为原动件，其余构件为从动件。构件 1 与 6、1 与 2、2 与 3、2 与 4、3 与 6、5 与 4 及 5 与 6 之间的相对运动均为转动，因而构成的七个运动副都是转动副，相对转动中心分别位于 O 、 A 、 D 、 B 、 E 、 C 和 F 。

选择适当比例尺，定出各转动副的中心位置，按构件和运动副的规定符号，绘出图示破碎机的机构运动简图如图 1-5(b)所示。

例 1-2 绘制图 1-6(a)所示内燃机的机构运动简图。

解 图 1-6(a)所示的内燃机是由主机机构——曲柄滑块机构和齿轮机构、凸轮机构所组成。活塞 1、连杆 2、曲轴 3 与缸体 4 组成了曲柄滑块机构；与曲轴 3 固联的齿轮 5、与凸轮 7

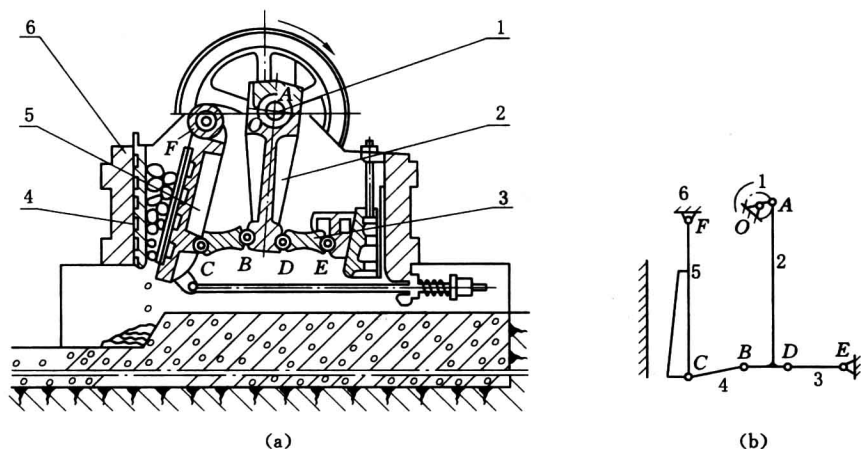


图 1-5 颞式破碎机

1——偏心轴；2,3,4——构件；5——动颞板；6——机架

固联的齿轮 6 与缸体 4 组成了齿轮机构；凸轮 7、顶杆 8 与缸体 4 组成了凸轮机构。缸体 4 作为机架是固定件，活塞 1 是原动件，其余构件是从动件。

各构件的联接方式如下：5 和 6、7 和 8 之间分别构成高副；1 和 4、8 和 4 之间分别构成移动副；7 和 4、2 和 1、2 和 3、3 和 4 之间均为相对转动，分别构成转动副。

选取一定的比例尺，用构件与运动副的符号绘出机构运动简图如图 1-6(b) 所示。注意图中齿轮副用齿轮节圆表示，凸轮画出其轮廓形状。

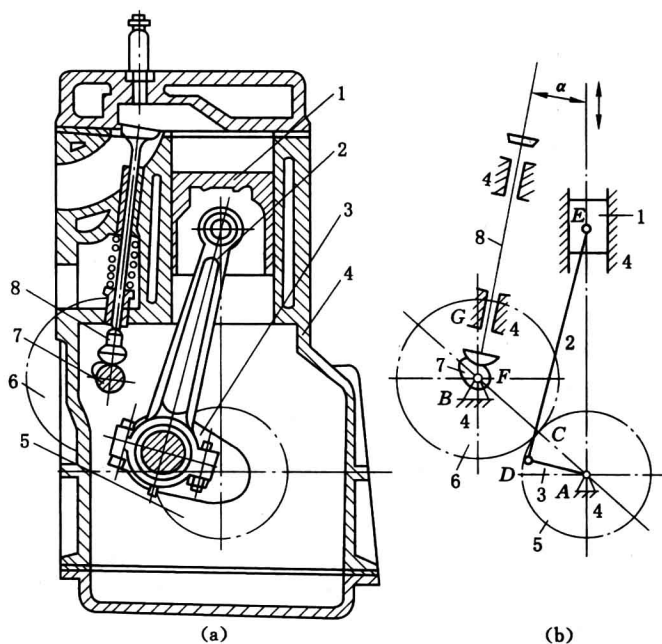


图 1-6 内燃机

1——活塞；2——连杆；3——曲轴；4——缸体；5,6——齿轮；7——凸轮；8——顶杆

第三节 机械设计的基本要求及一般程序

一、机械设计的基本要求

1. 使用要求

所设计的机械在规定的使用期限内,实现预定的生产上或生活上所要求的功能或性能,这也是设计机器的根本目的。

2. 可靠性和安全性要求

为满足这一要求,须从机械系统的整体设计、零部件的结构设计、材料及热处理的选择、加工工艺的制定等方面加以保证。

3. 经济性要求

机械的经济性是一个综合性指标,它体现在设计、制造和使用的全过程中,具体表现为低的设计制造成本,高生产率,高效率以及低的日常能耗、维护费用等。

4. 其他要求

不同用途的机械还有其特殊要求,如高级轿车的变速箱有低噪声要求;医药、食品、印刷和纺织机械有不能污染产品的要求;流动使用的大型设备有便于运输和安装的要求。此外,还应考虑环保问题、产品外形和色彩符合工业美学原则,具有时代感等要求。

二、机械设计的一般程序

1. 规划和准备阶段

主要是根据市场信息、市场预测或用户要求确定设计任务。要在反复调查研究、分析和论证的基础上做出决策,编制设计任务书。设计任务书一般包括机械的用途、功能、基本结构形式、主要设计参数、动力来源及主要技术经济指标等。

2. 方案设计阶段

确定机械的工作原理,执行部分、动力部分和传动部分各采用何种方案,这三大大部分如何联接、怎样布置,操纵控制它们的装置采用什么方案。此阶段是设计中的重要阶段,应反复推敲、科学论证、全面评价、力求最优方案。

3. 技术设计阶段

技术设计就是要将总体方案具体化,主要包括机械的运动设计、动力计算、零部件的材料选择、结构设计和主要零部件的工作能力(主要是强度)计算、绘制部件装配图、总装配图及零件图等各种图样。此阶段应尽量采用 CAD 技术,以提高设计质量和设计效率。

4. 试验分析阶段

图样设计完成后,需要编制必要的技术文件,进行产品试制和安装,经过试运行或在生产现场试用,检查质量、发现问题、分析原因、修改图样和样机,直到获得预期的设计要求,最后通过技术鉴定。

第四节 机械零件的失效形式、设计准则、设计步骤及标准化

一、机械零件的主要失效形式

机械零件由于某些原因不能在既定的工作条件和使用期限内正常工作,即丧失工作能

力或达不到设计功能的现象,称为失效。主要失效形式大致有以下四种。

1. 断裂

零件在承受过大载荷时,某一危险截面的应力超过零件的强度极限时,会发生断裂,这种断裂称为过载断裂;若受变应力长期作用而发生的断裂,称为疲劳断裂。疲劳断裂是多数机械零件的主要失效形式。断裂是零件的严重失效形式,它不仅使零件丧失工作能力,有时会造成严重的人身伤害和设备损坏事故,应力求避免。

2. 表面失效

由于机械中各零件结合面之间都是静和动的接触关系,载荷作用于接合表面,摩擦发生于接合表面,环境介质也包围于零件工作表面,故零件的损伤与失效常发生于工作表面。表面失效主要有疲劳点蚀、胶合、磨损、压溃和腐蚀等。

3. 过量变形

零件受载后一般会产生弹性变形,过大的弹性变形会使零件或机器不能正常地工作;当严重过载时,即当应力超过零件材料的屈服极限时,还可能产生塑性变形,这不仅可以改变零件的尺寸和形状,破坏零件间的配合关系,也会使零件失去工作能力。

4. 非正常工作条件的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,否则就会失效。如摩擦传动的打滑、液体摩擦滑动轴承油膜破坏等均为非正常工作条件的失效。

二、机械零件的设计准则

进行机械零件设计时,必须根据零件的失效形式分析失效的原因。在不发生失效的条件下,零件所能安全工作的限度,称为工作能力或承载能力。对于具体的零件,其失效形式取决于受载情况、结构特点和工作条件。针对不同失效形式建立的判定零件工作能力的条件,称为工作能力计算准则,或简称为计算准则。由于计算中经常要作出设计,因此也称为设计准则。设计准则主要包括以下四种。

1. 强度条件

强度是零件抵抗整体断裂、塑性变形和表面失效(磨粒磨损及腐蚀除外)的能力,强度计算是零件应满足的基本要求。保证零件强度的计算条件为:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad \text{或} \quad \tau \leq [\tau] \quad (1-1)$$

式中 σ, τ ——零件危险截面的最大计算正应力和最大计算剪应力,MPa;

$[\sigma], [\tau]$ ——零件的许用正应力和许用剪应力,MPa。

2. 刚度条件

刚度是零件受载后抵抗弹性变形的能力。对于某些零件(如机床主轴和电机主轴),若刚度不足,会使机器不能正常工作。保证零件刚度的计算条件为:

$$f \leq [f] \quad (1-2)$$

式中 f ——零件工作时的广义变形;

$[f]$ ——零件工作时的广义许用变形,如许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3. 耐磨性条件

机械中凡是具有相对运动或相对运动趋势的接触表面都存在摩擦。摩擦表面物质在相对运动中不断损耗,造成形状和尺寸逐渐改变的现象称为磨损。

(1) 磨损的过程

一般情况下,零件的磨损过程大致可以分为三个阶段,如图 1-7 所示。① 磨合磨损阶段(OA 段),是新机械在运转初期,通过逐渐增大载荷,快速磨去零件制造时表面遗留下来的波峰尖部,随着波峰的降低,接触面的实际面积增大,磨损速度逐渐减缓,零件进入稳定磨损阶段。② 稳定磨损阶段(AB 段),零件的磨损是缓慢而稳定的,其对应的时间就是零件的使用寿命。③ 剧烈磨损阶段(BC 段),组成摩擦副的零件间的间隙明显增大,温升剧增,机械效率大幅度下降,并伴有异常的振动和噪声,此时应立即检修,更换零件。

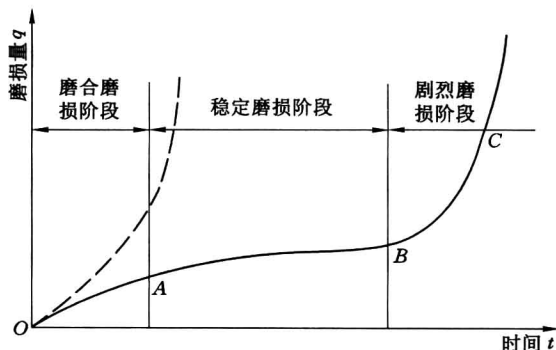


图 1-7 磨损过程

以上是正常情况下的磨损过程。但如果摩擦表面压强过大、相对速度过高、润滑不良时,则磨合期和稳定磨损期甚短,会立即转入剧烈磨损阶段,使零件过早报废,如图 1-7 虚线所示。

(2) 磨损的类型

按照破坏机理分为磨粒磨损、黏着磨损(也称胶合)、表面疲劳磨损(又称疲劳点蚀)和腐蚀磨损四种基本类型。

(3) 耐磨性计算

耐磨性是指做相对运动的零件工作表面抵抗磨损的能力。由于磨损机理复杂,除疲劳磨损外,目前尚无公认的定量计算方法,一般采用条件性计算。例如对于非液体摩擦,为了防止表面膜破坏而产生过度磨损,通常用限制摩擦副工作表面的压强值的方法,即为:

$$p \leq [p] \quad (1-3)$$

式中 p ——零件工作表面的压强,MPa;

$[p]$ ——零件工作表面材料的许用压强,MPa。

有些相对滑动速度较大的摩擦表面,为了防止摩擦面温升过高,避免表面膜破坏,还要限制摩擦发热量(摩擦功耗),即为:

$$pv \leq [pv] \quad (1-4)$$

式中 v ——零件工作表面的相对滑动速度,m/s

$[pv]$ ——零件工作表面的压速积许用值,MPa·m/s。

4. 振动稳定性条件

振动稳定性是指防止高速运转的机械及其零件发生共振,使其转速避开共振区域。如果机械或零件的固有频率等于或接近于激振源的强迫振动频率时,将会产生共振。共振不仅影响机械的正常工作,产生噪声,而且还可能造成破坏性事故。