

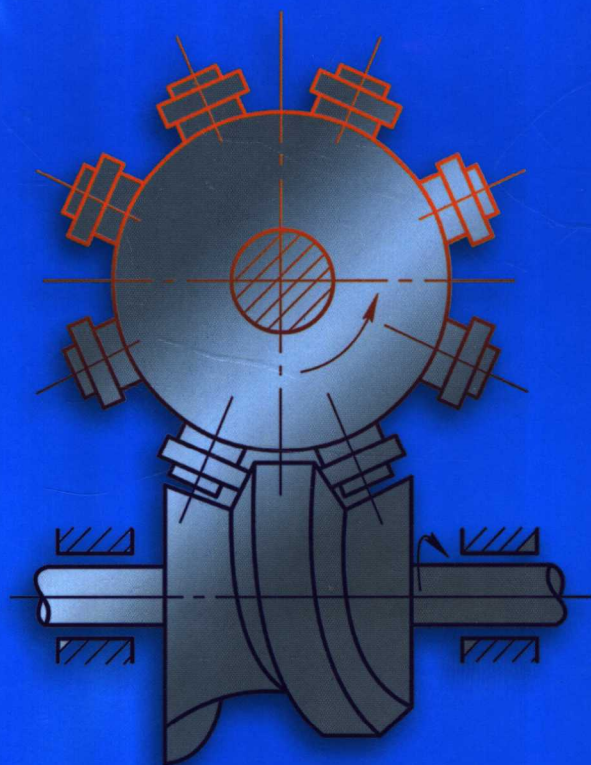


◆ 高职高专教育规划教材 ◆

JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

主编 孙敬华 余承辉



 安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/孙敬华,余承辉主编. —合肥:安徽科学技术出版社,2007.2

ISBN 978-7-5337-3749-8

I. 机… II. ①孙…②余… 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(2007)第 020584 号

内 容 简 介

本书是安徽省规划教材,是作者在从事多年高职教学实践和经验的基础上编写而成的。全书共 14 章,内容主要有机械设计基础概论、平面机构、凸轮机构、间歇运动机构、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、机件的联接、轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器与离合器等。

本书可作为高等职业技术教育有关专业机械设计基础课程教材,也可作为自学用书及工程技术人员的参考书。

机械设计基础

孙敬华 余承辉 主编

出 版 人: 朱智润

责任编辑: 何宗华 期源萍

封面设计: 王国亮

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市跃进路 1 号, 邮编: 230063)

电 话: (0551)2833431

网 址: www.ahstp.com.cn

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥晓星印务有限责任公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16

字 数: 380 千

版 次: 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 3 000

定 价: 26.00 元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请向本社市场营销部调换)

前 言

本书是根据安徽省教秘高[2006]38号关于将“机械设计基础”列入省级规划教材的文件精神,为进一步推进我省高等职业技术教育教学改革,我们吸取了近几年教学改革的成功经验和同行专家及广大使用者的意见,在此基础上编写而成。

“机械设计基础”综合了机械原理和机械设计课程的教学内容,是工科机电类相关专业一门主要技术基础课,该课程主要讲授常用机构和零部件的工作原理、特点、适用范围、选型以及有关的基础理论和典型机构、传动、零件的设计计算方法,为学习后续课程打下坚实的基础。通过课堂教学、实验、综合课程设计以及实践活动,使学生掌握常用机构的结构、工作原理及其设计方法,掌握常用零部件的工作原理、特点、选型及其设计计算方法。本课程的教学目的是综合培养学生运用所学的基础理论知识解决工程实际问题,培养学生独立分析问题和解决实际问题的能力,教会学生在设计中如何正确使用标准、规范和手册等设计资料。本课程涉及的内容广,知识面宽。

在编写本书时,我们根据高职教育及专业课的特点,强调理论联系实际,注重通用性、实践性、应用性,着力培养学生的综合应用能力。在编写内容上以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点,对课程的知识体系进行了整体优化,精选整合教学内容,突出编写特色。

编写立体化教材是本书编写时就提出并加以实施的教材建设理念。与本教材相呼应的“机械设计基础”省级精品课程,已被省内众多高职院校使用,受到广大师生的普遍欢迎。本次文字教材的出版,也将是对精品课程建设的进一步深化,以方便教师教学,并为学生创造一种轻松活泼的自主学习环境,进一步提高教学质量和教学效果。

本教材共14章,第一、十章由耿道森编写,第二、三章由范文翠编写,第四、五、六章由余承辉编写,第七章由孙敬华编写,第八、九章由安荣编写,第十一、十四章由潮兴淮编写,第十二、十三章由邵刚编写。

由于编者水平所限,书中误漏欠妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2006年12月

目 录

第一章 机械设计基础概论	1
第一节 机械的概念	1
第二节 本课程的内容、地位和任务	2
第三节 机械设计的基本要求、机械零件的设计准则和一般步骤	3
第四节 机械零件的常用材料及其选择	4
习题	6
第二章 平面机构	7
第一节 运动副	7
第二节 平面机构运动简图	9
第三节 平面机构的自由度	12
第四节 平面连杆机构	16
习题	29
第三章 凸轮机构	33
第一节 凸轮机构的类型及应用	33
第二节 从动件常用运动规律	35
第三节 盘形凸轮轮廓的设计	38
第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	41
习题	44
第四章 间歇运动机构	46
第一节 棘轮机构	46
第二节 槽轮机构	50
第三节 其他间歇运动机构简介	53
习题	54
第五章 带传动	55
第一节 传动带的类型及带传动的主要特点、应用	55
第二节 普通 V 带和 V 带轮	56
第三节 带传动的基本理论	60
第四节 V 带传动的设计	64
第五节 带传动的张紧装置	69
习题	72
第六章 链传动	73
第一节 链传动的特点、类型和应用	73

第二节	链传动的运动特性	74
第三节	滚子链及其链轮	76
第四节	滚子链传动的设计计算	81
第五节	链传动的使用和维护	86
习题		89
第七章	齿轮传动	90
第一节	概述	90
第二节	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸	92
第三节	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动分析	95
第四节	渐开线直齿圆柱齿轮的加工	96
第五节	齿轮传动的设计基础	98
第六节	直齿圆柱齿轮的强度计算	101
第七节	渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计计算	107
第八节	变位齿轮传动	111
第九节	斜齿圆柱齿轮传动	114
第十节	直齿圆锥齿轮传动	125
第十一节	齿轮结构设计	133
第十二节	齿轮传动的润滑	135
习题		136
第八章	蜗杆传动	139
第一节	蜗杆传动的特点和类型	139
第二节	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	142
第三节	蜗杆传动设计基础	146
第四节	蜗杆传动的计算	147
第五节	螺旋传动	153
习题		157
第九章	轮系	158
第一节	轮系及其分类	158
第二节	定轴轮系	159
第三节	周转轮系	161
第四节	混合轮系	164
第五节	轮系的应用	165
习题		168
第十章	机件的联接	171
第一节	螺纹	171
第二节	螺纹联接	174
第三节	螺栓联接的强度计算和结构设计	179
第四节	轴毂联接	184
第五节	焊接	190

第六节 铆接.....	192
习题.....	193
第十一章 轴	194
第一节 轴的分类及材料选择.....	194
第二节 轴的设计.....	196
第三节 轴的强度计算.....	202
第四节 轴的设计举例.....	203
习题.....	208
第十二章 滚动轴承	209
第一节 滚动轴承的结构、类型及选择.....	209
第二节 滚动轴承的代号.....	212
第三节 滚动轴承的失效形式和设计准则.....	214
第四节 滚动轴承的寿命计算.....	216
第五节 滚动轴承的静强度计算.....	221
第六节 滚动轴承的组合设计.....	223
习题.....	229
第十三章 滑动轴承	230
第一节 滑动轴承的分类与应用.....	230
第二节 滑动轴承结构.....	231
第三节 非液体摩擦滑动轴承的计算.....	233
第四节 液体摩擦滑动轴承简介.....	235
第五节 滑动轴承的润滑.....	235
习题.....	238
第十四章 联轴器与离合器	239
第一节 概述.....	239
第二节 联轴器.....	240
第三节 离合器.....	244
习题.....	247
参考文献	248

第一章 机械设计基础概论

第一节 机械的概念

(一)机械的组成

随着科学技术的迅速发展,机械的种类日益纷繁复杂,功能和形式也各不相同,但都有一些共同的特征,一个现代的机械系统一般主要有以下四个部分(图 1-1):

(1)动力部分。是机械的动力来源。其作用是把其他形式的能量转变为机械能,以驱动机械运动,并对外(或对内)做功,如电动机、内燃机等。

(2)执行部分。是直接完成机械预定功能的部分,也就是工作部分。如机床的主轴和刀架、起重机的吊钩、挖掘机的挖斗机构等。

(3)传动部分。是将运动和动力传递给执行部分的中间环节。它可以改变运动速度,转换运动形式,以满足工作部分的各种要求,如减速器将高速转动变为低速转动,螺旋机构将旋转运动转换成直线运动,等等。

(4)控制部分。是用来控制机械的其他部分,使操作者能随时实现或停止各项功能。如机器的启动、运动速度和方向的改变、机器的停止和监测等,通常包括机械和电子控制系统等。

并不是所有的机械系统都具有上述四个部分,有的只有动力部分和执行部分,如水泵、砂轮机;而有些复杂的机械系统,除具有上述四个部分外,还有润滑、照明装置等。

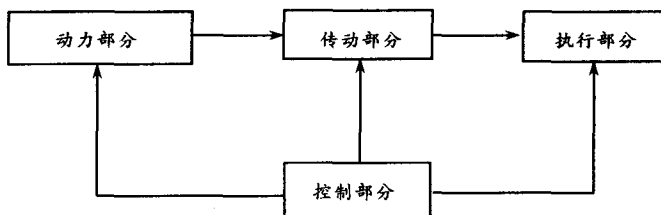


图 1-1 机械系统的组成

(二)机构和机器

通常把机构和机器统称为机械。

机构是多个具有确定相对运动的构件的组合体,它在机器中起到改变运动规律或形式、改变速度大小和方向的作用。如图 1-2 所示为单缸四冲程内燃机,它由齿轮 1 和 2、凸轮 3、排气阀 4、进气阀 5、汽缸体 6、活塞 7、连杆 8、曲轴 9 组成。当热能转化的机械能推动活塞作直线往复运动时,经连杆使曲轴作连续转动。凸轮和气门驱动组件是用来开启和关闭进气阀和排气阀的。在曲轴和凸轮轴之间两个齿轮的齿数比为 $1:2$,使其曲轴转两周时,进气阀、排气阀各启闭一次。这样就把活塞的运动转变为曲轴的转动,将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。其中汽缸、活塞、连杆、曲轴组成曲柄滑块机构,凸轮、机架以及气门驱动组件组成凸轮机构,齿轮和机架组成齿轮机构。

机器是由一个或几个机构组成的,各种机器尽管有着不同的构造、形式和用途,然而都具

有下列三个共同特征:第一,机器是人为的多种实体的组合;第二,各部分之间具有确定的相对运动;第三,能完成有效的机械功或实现能量的转换。

机构仅具备机器的前两个特征,它被用来传递运动或变换运动形式。若单纯从结构和运动的角度看,机构和机器并无区别。

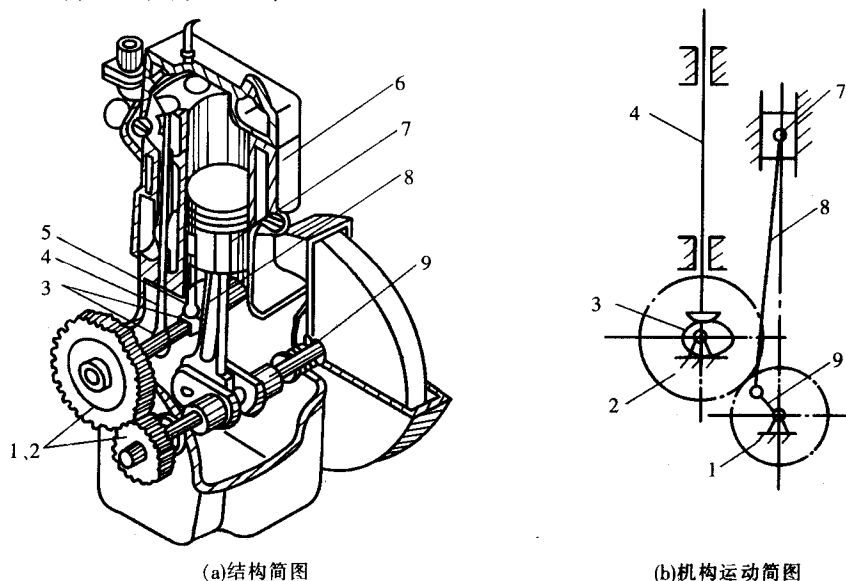


图 1-2 单缸四冲程内燃机

1、2-齿轮 3-凸轮 4-排气阀 5-进气阀 6-汽缸体 7-活塞 8-连杆 9-曲轴

(三) 构件和零件

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件是运动的单元体,构件可以是单一的整体,如凸轮、齿轮、活塞等;也可以是多个零件组成的刚性结构,如图 1-2 所示曲轴 9 和齿轮 1 作为一个整体作转动,它们构成一个构件,但在加工时是两个不同的零件。

零件是制造的单元体,零件有通用零件,如螺母、轴、键等;在少数机械中使用的零件称为专用零件,如内燃机的曲轴、汽轮机中的叶片等。

第二节 本课程的内容、地位和任务

“机械设计基础”课程是一门重要的技术基础课,其研究的主要内容是:

- (1) 常用机构的工作原理、特点、基本设计理论和设计方法等。
- (2) 常用的机械传动原理、特点、运用、维护、标准和规范等。
- (3) 通用零件类型、构造、工作特点、选用原则和设计方法等。

对于将来在机械工业或其他工业部门从事工程技术工作的学生,都免不了要与机械打交道,无非是两个方面,一是机械的使用,二是机械的设计。而本课程所学内容,正是研究已有机械的运动、工作性能及设计新机械的基本知识,对将来从事技术工作具有十分重要的意义。

机械设计基础课程是许多学科知识的综合应用,并为专业课中机械部分的学习打基础。所以起着承上启下的作用,且其许多内容可直接用于生产实践,在专业课程中占有十分重要的地位。

本课程的主要任务是:

- (1) 为后续课中的机械部分的学习打基础。

- (2)了解机器传动原理、使用、维护、事故分析等方面的基础知识。
- (3)掌握常用机构、通用零件的工作原理、特点、选用及设计计算。
- (4)培养学生利用手册设计简单机器的能力。

第三节 机械设计的基本要求、机械零件的设计准则和一般步骤

机械设计是机械产品研制的第一步,机械设计就是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、动力和能量的传递方式,各个零件的材料、尺寸和形状以及使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。设计的好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益。

(一)机械设计的基本要求

机械设计是机械产品开发研制的一个重要环节,机械的性能和质量在很大程度上取决于设计的质量,而机械的制造过程实质上就是实现设计所规定的性能和质量的过程。机械设计时,必须从机械的整体出发,对其提出以下基本要求:

(1)功能性要求。设计的机械应在规定条件下、规定的寿命期限内,有效地实现预期的全部职能。

(2)经济性要求。在市场经济环境下,经济性要求贯穿于机械设计全过程,应当合理选用原材料,确定适当的精度要求,减少设计和制造的周期。

(3)结构工艺性要求。指在一定的生产条件下,采用合理的结构,以便于制造、装配和维护,并尽可能采用标准零部件。

(4)安全性要求。要树立安全第一的思想,避免设备过载,确保设备安全;设置完善可靠的防护装置,确保人身安全;还要有利于环境保护。

(5)其他方面的要求。如可靠性等要求。

(二)机械零件的设计准则

组成机器的零件必须具有相应的工作能力,不能满足正常工作能力被视为功能丧失,称为失效。如塑性材料的零件,由于其过度变形而影响其他零件的正常工作视为失效;齿轮由于齿面发生点蚀丧失了工作精度为失效;带传动由于摩擦力不足而发生打滑是失效,等等。

机械零件的常见失效形式有断裂、塑性变形过大、弹性变形过大、表面磨损过大、疲劳点蚀、表面压溃、表面胶合、振动过大等。

零件产生失效的形式取决于零件的材料、受力情况、结构特点和工作条件。例如,轴可能发生疲劳断裂,也可能发生过大的弹性变形,也可能发生共振等。对于一般载荷稳定的转轴,疲劳断裂是其主要失效形式;对于精密主轴,过大的弹性变形是其主要失效形式;对于高速转动的轴,发生共振、失去稳定性是其主要失效形式。

设计机械零件时,保证零件在规定期限内不产生失效所依据的原则,称为设计计算准则。主要有强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则。其中强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为保证零件工作时有足够的强度,设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力(σ 或 τ)不超过零件的许用应力 $[\sigma]$ 或 $[\tau]$,即

$$\begin{aligned}\sigma &\leq [\sigma] \\ \tau &\leq [\tau]\end{aligned}$$

(三)机械零件设计的一般步骤

随着先进设计技术的应用,机械零件设计步骤也在发生变化,但一般设计步骤如下:

- (1)根据零件在机械中的地位 and 作用,选择零件的类型和结构。
- (2)分析零件的载荷性质,拟定零件的计算简图,计算作用在零件上的载荷。
- (3)根据零件的工作条件及 对零件的特殊要求,选择适当的材料。
- (4)分析零件可能出现的失效形式,决定计算准则和 许用应力。
- (5)确定零件的主要几何尺寸,综合考虑零件的材料、受 载以及加工装配工艺和经济性等 因素,参照有关标准、技术规范以及经验公式,确定全部结构尺寸。
- (6)绘制零件工作图并确定公差和技术要求。

上述设计步骤和内容不是一成不变的,在实际工作中,随具体任务和条件的不同而改变。在一般机械中,只有部分主要零件是通过计算确定其尺寸的,而许多零件则根据结构工艺上的要求,采用经验数据或参照规范进行设计,或使用标准件。

第四节 机械零件的常用材料及其选择

机械零件的常用材料及其选择可参见表 1-1。

表 1-1 常用金属与非金属材料

1. 常用钢材			
名称	牌号	特性及应用举例	说 明
碳素结 构 钢 GB700—88	Q215 - A	用于拉杆、套圈、铆钉、螺栓、短轴、心轴,负荷不大的 凸轮、吊钩、垫圈及焊接件	“Q×××”表示材料屈服 强度值,分 A、B、C、D 四个 质量等级,A 即为 A 级的等 级标号
	Q235 - A	有较好的强度、硬度和韧性,用途广,是机械制造的 重要材料,用于制造一般的轴、轮轴、齿轮、连杆、钩等	
	Q275	用于强度要求较高并强烈磨损的零件,如主轴、转 轴、离合器、键等	
优 质 碳 素 结 构 钢 GB699—88	15	塑性、韧性、焊接性能和冷冲性能均良好,但强度较 低,用于受力不大、韧性要求较高的零件及不需热处理的 低负荷零件,如螺栓、拉条、化工贮器等	牌号的两位数字表示平均 含碳量的万分数,如“45”表 示平均含碳量为0.45%。较 高含锰量的优质碳素钢,在 牌号尾部加“Mn”
	20	用于不受很大应力而韧性较高的零件,如杠杆、轴 套、螺钉、拉杆、起重钩,也用于表面硬度而心部强度不 高的渗碳与氰化零件	
	35	有好的强度和韧性,用于制造曲轴、转轴、轴销、杠 杆、连杆、横梁、圆盘、套筒、钩环、垫圈、螺母、螺钉等。 一般不作焊接用	
	45	用于强度要求较高的零件,通常在调质或正火状态 下使用。用于制造汽轮机的叶轮、压缩机、泵的零件等	
	15Mn	它的性能与 15 号钢相似,但其淬透性、强度和塑性 比 15 号钢都高些。用于制造中心部分的机械性能要 求较高且需渗碳的零件。焊接性好	
	45Mn	用于受磨损的零件,如转轴、心轴、齿轮、叉、啮合杆、 螺栓、螺母、螺钉。焊接性较差。可承受负荷较大,还 可做离合器盘、花键轴、万向节、凸轮轴、曲轴、汽车后 轴、双头螺栓、地脚螺栓等	
合金结构钢 GB3077—88	45Mn2	用于制造在较高应力与磨损条件下工作的零件。在直 径≤60mm 时,与 40Cr 相当。可做万向节轴、齿轮、蜗杆、 曲轴等	(1)前面两位数字表示钢中 含碳量的万分数。 (2)合金元素以化学符号表 示。 (3)合金元素平均含量小于 1. 5%,仅标注元素;大于 1. 5% 时,才标出含量数字
	35SiMn	除要求低温(—20℃ 以下)、冲击韧性很高的情况外,可 全面代替 40Cr 钢作调质零件。耐磨、耐疲劳性均佳,适用 于作轴、齿轮及在 430℃ 以下工作的重要紧固件	
	40Cr	用于较重要的调质零件如齿轮、连杆、进气阀、辊子、轴	
碳素工具钢 GB1298—86	T8 T8A	有足够的韧性和较高的硬度,用于制造能承受震动 的工具,如钻中等硬度岩石的钻头、简单模子、冲头等	“T”表示碳,后面的数字表 示平均含碳量的千分数。高 级优质碳素工具钢后加“A”

2. 常用铸铁

名称	牌号	特性及应用举例	说 明
灰铸铁 GB9439—88	HT150	属中等强度的铸铁,用于机床底座、端盖、皮带轮、工作台等一般铸件	“HT”表示灰铁,后面的数字代表抗拉强度(N/mm ²)的平均值
	HT200	属高强度铸铁。用于汽缸、齿轮、凸轮、机座、床身、飞轮、皮带轮、联轴器盘、轴承座等较重要铸件,也用来制造中压油缸、泵体及阀体等零件	
	HT300	属高强度、高耐磨铸铁。用于重要铸件,如齿轮、凸轮、床身、曲轴、汽缸体、汽缸盖、高压油缸、泵体、阀体等	
	HT350		
球 墨 铸 铁 GB1348—88	QT400—15 QT450—10 QT600—3	用于制造耐磨损、高强度、耐冲击作用的重要零件,如球墨铸铁轧辊、柴油机曲轴、凸轮轴、齿轮、中低压阀门、轴承座、千斤顶底座、医疗器材以及活塞、汽缸套、连杆、汽车后桥等重要零件	“QT”表示球铁,后面的数字分别表示最低抗拉强度(N/mm ²)和最低延伸率(%)

3. 常用有色金属及其合金

名称	牌号	特性及应用举例	说 明
普通黄铜 GB1176—87	H62	用于制造散热器、垫圈、弹簧、各种网螺钉及其他零件	“H”表示黄铜,后面的数字表示含铜平均质量百分数(%)
铸 锡 青 铜 GB1176—87	ZQSn6—6—3	用于制造受中等冲击负荷及在腐蚀条件下工作的零件,如轴承、轴瓦	“Z”表示铸造,“Q”表示青铜,后面表示所添加元素符号。 锡青铜是铜和锡的合金。 ZQSn6—6—3 表示含锡5%~7%,锌5%~7%,铅2%~4%
铸 锰 黄 铜 GB1176—87	ZHMn58—2—2	用于制造轴瓦、轴套及其他耐磨零件	“ZH”表示铸造黄铜,后面表示所添加元素符号。 黄铜是铜锌合金
铸 铝 合 金 GB1173—86	ZL102	耐磨性中上等,用于制造负荷不大的薄壁零件	“Z”表示“铸”,“L”表示“铝”,后面第一位数字为合金分组号
	ZL104	熔化工艺简单,做一般零件用,如航空仪表的外壳	
硬铝 GB3190—82	LY12	高强度硬铝,适用于制造高负荷零件及构件,但不包括冲压件和锻件	“LY”表示硬铝,数字表示顺序号

4. 常用非金属材料

名称	牌号	特性及应用举例	说 明
耐 酸 橡胶板 GB5574—85	2807 2709	具有耐酸碱性能和一定的硬度,用作冲制密封性能较好的垫圈	2807 具有较高硬度,2709 具有中等硬度
	3707 3807 3709 3809		
耐 酸 橡胶板 GB5574—85	4708 4710	具有一定的硬度,可在热空气蒸汽($100^{\circ}C$)中工作,用作冲制各种垫圈和隔热垫板	4708 具有较高硬度,4710 具有中等硬度
	3305—1 3305—2		
酚醛板 GB51293—85		用作制轧钢机轴瓦	
尼龙		具有高抗拉强度和冲击韧性,耐热、耐弱酸、耐弱碱、耐油,用于制作齿轮等传动零件,有良好的消声性	尼龙标准有尼龙66和尼龙1010等
毛毡 FJ314—81		用作密封、防漏油、防震、缓冲等。按需选用细毛、半粗毛和粗毛	

习 题

1. 机械、机构和机器有何异同？
2. 何谓零件和构件？试举例说明。
3. 机械设计的基本要求是什么？
4. 机械零件设计的一般步骤是什么？

第二章 平面机构

各种构件均在同一平面内或相互平行平面内运动的机构,称为平面机构。

第一节 运 动 副

(一)构件的自由度及其约束

机构是构件的人为组合,各构件间具有确定的相对运动。构件的运动是指构件的位置、速度和加速度等参数的变化。如图 2-1 所示,在 xOy 坐标系中,构件 S 有三个独立运动的可能性,即沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕其上任意一点 A 的转动。我们把构件可能出现的独立运动的数目称为自由度。一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

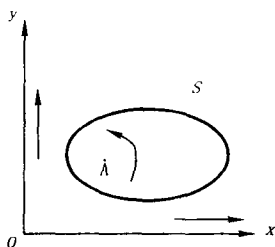


图 2-1 平面构件的自由度

当一个构件与其他构件相互联接时,某些独立运动将受到限制,对构件独立运动所加的限制称为约束。约束增多,构件的自由度将减少,约束的数目与构件的联接形式有关。构件每增加一个约束,便失去一个自由度。

(二)运动副定义

使两个或两个以上的构件直接接触并能产生一定的相对运动的联接,称为运动副。

如图 2-2 所示的活塞式发动机中,活塞 4 与缸体 1 之间、连杆 3 与曲柄 2 之间、凸轮 8 与推杆 7 之间以及主动齿轮 10 与从动齿轮 9 之间的联接都形成运动副。

(三)运动副类型

两构件不外乎通过点、线或面来实现接触。按接触情况和接触后的相对运动形式的不同,通常把平面运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触所构成的运动副称为低副,低副有移动副和转动副之分。当组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对移动时,这种运动副称为移动副,如图 2-3 所示。移动副使构件失去沿一轴线方向的移动和在平面内的转动两个自

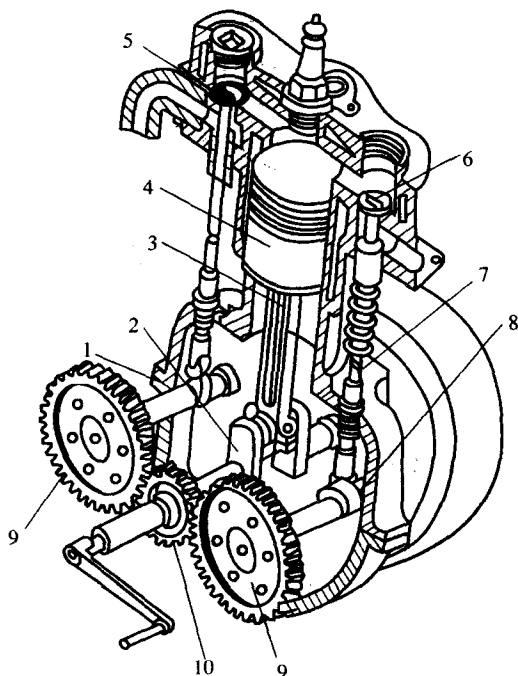


图 2-2 活塞式发动机

1-缸体 2-曲柄 3-连杆 4-活塞 5-进气阀门 6-排气阀门 7-推杆 8-凸轮 9-从动齿轮 10-主动齿轮

由度,只保留了沿另一轴线方向移动的自由度。若组成运动副的两构件只能绕同一轴线作相对转动,这种运动副称为转动副或铰链,如图 2-4 所示。转动副使构件失去两个移动的自由度,只保留一个转动的自由度。

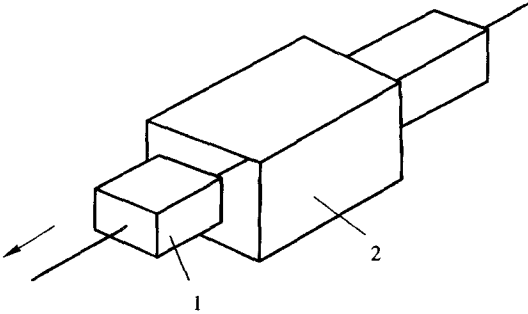


图 2-3 移动副

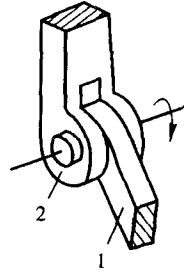


图 2-4 转动副

移动副只能沿某一轴线方向移动,转动副只能在一个平面内作相对转动。因此,一个低副引入两个约束,即减少两个自由度。

2. 高副

两构件通过点接触或线接触组成的运动副称为高副。如图 2-5(a)中凸轮 1 与从动件 2、图 2-5(b)中齿轮 1 与齿轮 2 在接触点 A 处组成的运动副都是高副。构件 1、2 组成高副后,彼此间的相对运动是沿接触点公切线 $t-t$ 方向相对移动和在平面内的相对转动;而沿接触点公法线 $n-n$ 方向的相对移动受到约束。所以,一个高副引入一个约束,即减少一个自由度。

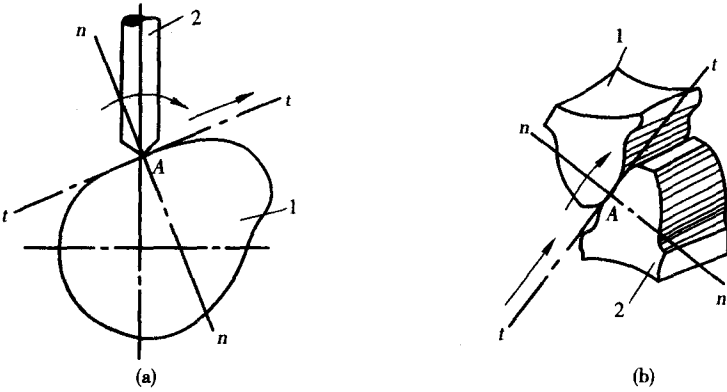


图 2-5 高副

(四)运动副的特点

1. 低副

- (1)面接触。接触处压强低,承载能力大。
- (2)接触面为平面或柱面。加工成本低,便于润滑。
- (3)对构件运动的限制多。引入两个约束。

2. 高副

- (1)点、线接触。接触处压强高,承载能力小。
- (2)接触面为曲面。加工成本高,不便于润滑。

(3)对构件运动的限制少。引入一个约束,构件运动灵活。

(五)运动副的表示方法

常用规定的线条或符号表示构件和运动副,移动副的表示方法如图 2-6 所示,转动副的表示方法如图 2-7 所示,高副的表示方法如图 2-8 所示,其中有阴影线的构件表示固定构件。

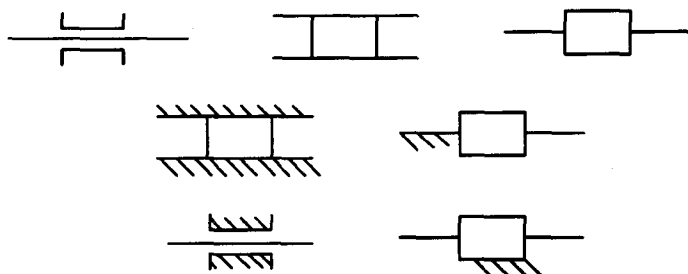


图 2-6 移动副的表示方法

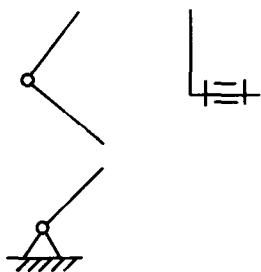


图 2-7 转动副的表示方法

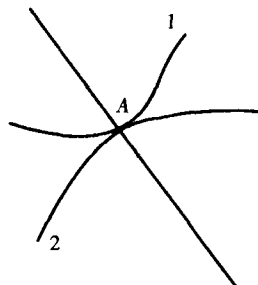


图 2-8 高副的表示方法

第二节 平面机构运动简图

(一)定 义

在研究机构运动时,为了使问题简化,可以不考虑那些与运动无关的构件外形和运动副的具体构造,仅用简单线条和符号表示构件和运动副,并按比例定出各运动副的位置。这种表明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。

(二)平面机构运动简图绘制步骤

平面机构运动简图的绘制主要有如下步骤:

- (1)分析机构运动,分清固定件、原动件和从动件,确定构件及运动副的类型及数目。
- (2)恰当选择投影面和机构位置。对于平面机构,投影面即为各构件的运动平面。机构位置以各构件和运动副相互遮挡最少的位置为最佳。

- (3)适当选择作图比例尺, $\mu_l = \frac{\text{构件实际尺寸(m)}}{\text{图示尺寸(mm)}}$ 。

- (4)按从主动件到从动件的顺序画出各构件及其运动副。

图 2-9 所示为一颚式破碎机及其机构运动简图。主体机构由固定件 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4 等 4 个构件以转动副联接组合而成。当偏心轴 2 在皮带轮 5 的带动下绕 A 轴心转动时,驱使动颚 3 作平面运动,而将矿石轧碎。图中所示的排料口调整机构 6,在破碎机工作时静止不动,故在简图绘制时,视它与机架为同一固定构件。

现以该颚式破碎机为例,说明机构运动简图的绘制步骤。

(1)找出原动件、从动件和固定件。由图可知,机构运动由皮带轮 5 输入,而皮带轮和偏心轴 2 连成一体(属同一构件),绕 A 转动,所以偏心轴 2 为原动件。动颚 3(工作部分)和肘板 4 为从动件,构件 1 为固定件,该机构共有 4 个构件。

由原动件开始,顺着运动的传递,分析各构件之间相对运动的性质,从而确定运动副数目及其类型。偏心轴 2 与固定件 1、偏心轴 2 与动颚 3、动颚 3 与肘板 4、肘板 4 与固定件 1 均组成转动副,该机构共有 4 个转动副。

(2)选择适当的绘图面,并且选定机构运动的一个瞬时位置来绘制机构运动简图。若一个平面视图不能表达清楚运动传递关系,可另加辅助视图。图 2-9(a)所示的为绘图面和机构运动的瞬时位置,它较好地表达了机构运动的传递关系,因此可按此位置绘制运动简图。

(3)选择适当的比例尺,绘制运动简图。

(4)按选定的比例尺,确定各运动副的相对位置,并按规定代表符号绘出运动副,如图 2-9(b)中的 A、B、C、D(转动副 B 虽然半径大于偏心距 AB,但运动简图只表示相对运动性质,不表示具体结构,所以转动副 B 与其他转动副用同样大小的圆圈表示)。然后用直线(或曲线)将同一构件上的运动副相连接来代表构件。连接 A、B 为偏心轴 2,连接 B、C 为动颚 3,连接 C、D 为肘板 4,并在固定件 1 上画出斜线,在原动件 2 上标出指示运动方向的箭头,这样便绘出图 2-9(b)所示的破碎机主体机构运动简图。

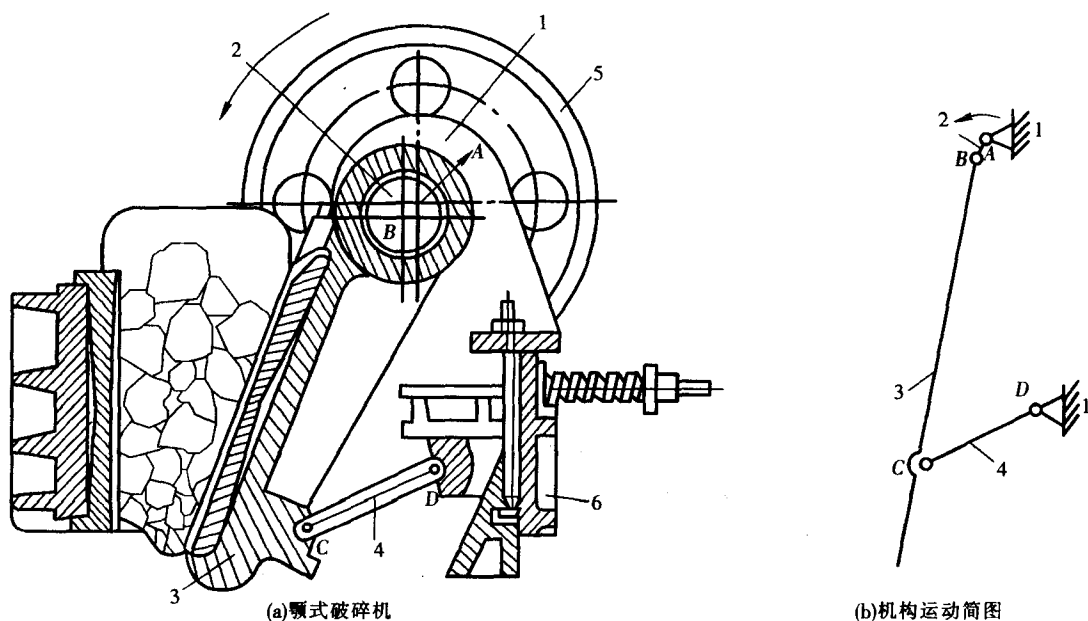


图 2-9 颚式破碎机及其机构运动简图

1-固定件 2-偏心轴 3-动颚 4-肘板 5-皮带轮 6-排料口调整机构

(三)绘图时应注意的问题

(1)正确表示同一个构件上有若干个转动副,如图 2-10(a)所示。

(2)图 2-10(b)表示在两个构件上有 3 个低副。

(3)当两构件瞬时交叉时,在交叉处应将其中一个画成如图 2-10(c)所示的形状。

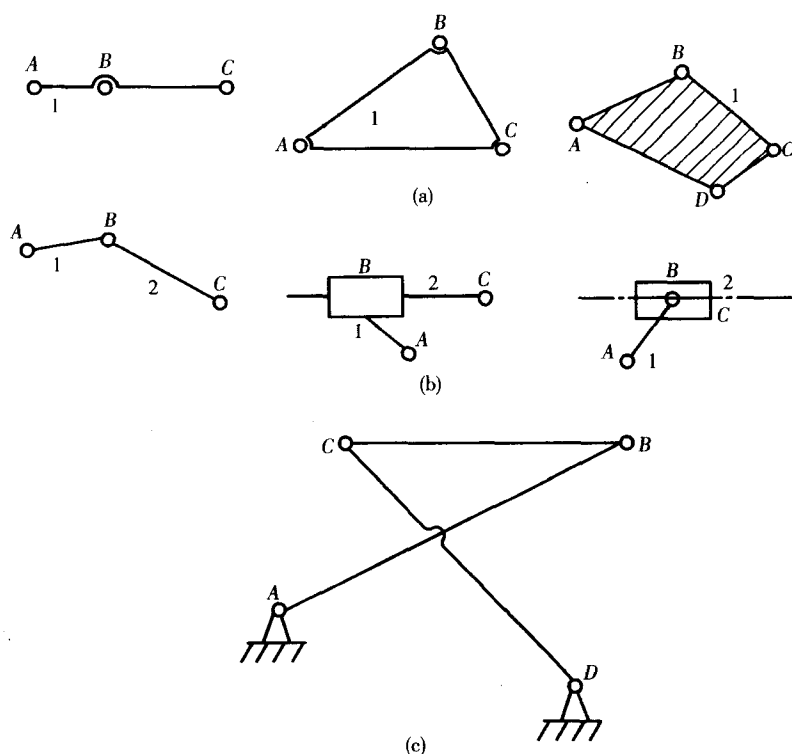


图 2-10 机构简图符号示例

在绘制机构运动简图时,机构的瞬时位置选择不同,所绘制的机构运动简图的图形也不同。若机构位置选择不当时,构件间会互相遮挡、交叉,使图形不易辨认。为清楚地表达各构件的相互关系,应当选择恰当的机构运动瞬时位置来绘图。

【例 2-1】 绘出图 2-11(a)所示抽水唧筒的机构运动简图。

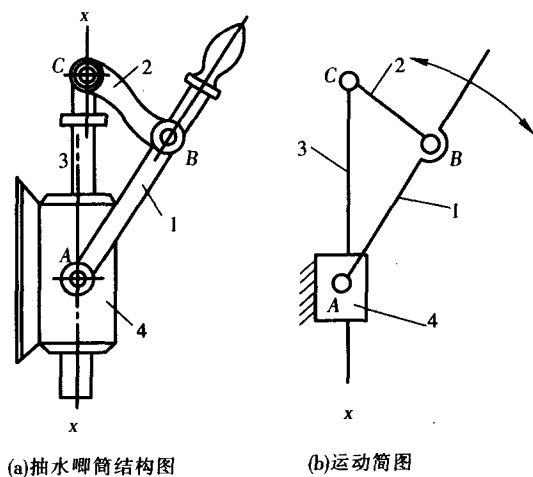


图 2-11 抽水唧筒及其机构运动简图

1-手柄 2-杆件 3-活塞及活塞杆 4-抽水筒

解 (1)分析机构的运动,判别构件的类型及数目。图示抽水唧筒由手柄 1、杆件 2、活塞