

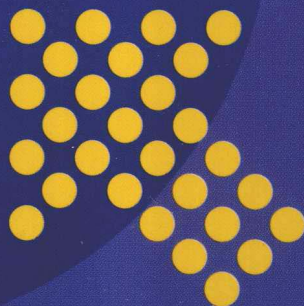
21世纪高等学校规划教材



JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

杨现卿 主 编
薛铜龙 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

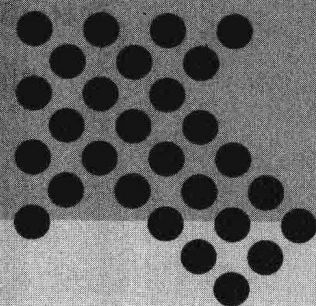
21世纪高等学校规划教材



JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

主 编	杨现卿				
副主编	薛铜龙				
编 写	张跃敏	贾智宏	谢 刚		
	李树平	黄俊杰	张 海		
主 审	齐秀丽				



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书共分为十七章，内容包括：绪论、平面机构的运动简图及自由度计算、平面连杆机构设计、凸轮机构设计、间歇运动机构设计、齿轮传动机构设计、蜗杆传动机构设计、轮系设计、带传动和链传动、连接设计、轴的设计、轴承、联轴器和离合器、减速器设计、弹簧设计、机械的平衡与调速、煤矿机械简介。本书力求做到精选内容、适当拓宽知识面、反映学科新成就，深度适中、难易得当。为适应“双语教学”的需要，书中各章列出了常用的名词术语的中英文对照。

本书主要作为高等工科院校机械设计基础课程的教材，也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/杨现卿主编. —北京：中国电力出版社，2010.2

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-9683-5

I. ①机… II. ①杨… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 208924 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 452 千字

定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

本书是根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求,结合近几年教学内容改革的需要,并吸取多所院校多年来的教学经验编写而成的。

在本书的编写过程中,编者从满足教学基本要求、贯彻少而精的原则出发,力求做到精选内容、适当拓宽知识面、反映学科新成就,深度适中、篇幅精练,以期保持简明、实用的特色。

为适应“双语教学”的需要,书中在常用的名词术语后给出了相应的英文对照。

本书由河南理工大学机械设计基础教研室组织编写,具体分工为:第一章由杨现卿编写;第二、三、十四章由李树平编写;第四、十一、十五章由贾智宏编写;第五、十二、十六章由薛铜龙编写;第六章由谢刚编写;第七章和第十章由张跃敏编写;第八章和第十七章由张海编写;第九章和第十三章由黄俊杰编写。全书由杨现卿任主编,薛铜龙任副主编。

本书由山东科技大学齐秀丽教授主审,提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2010年1月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第二章 平面机构的运动简图及自由度计算	7
第一节 运动副及其分类	7
第二节 平面机构运动简图	8
第三节 平面机构的自由度及其机构具有确定运动的条件	11
思考题与习题	16
第三章 平面连杆机构设计	19
第一节 铰链四杆机构的类型和应用	19
第二节 铰链四杆机构的基本知识	22
第三节 铰链四杆机构的演化	25
第四节 平面四杆机构的设计	29
思考题与习题	32
第四章 凸轮机构设计	34
第一节 凸轮机构的应用及分类	34
第二节 从动件的运动规律	36
第三节 凸轮机构基本尺寸的确定	40
第四节 盘状凸轮轮廓曲线的设计	42
第五节 凸轮的材料和结构	44
思考题与习题	45
第五章 间歇运动机构设计	46
第一节 棘轮机构	46
第二节 槽轮机构	47
第三节 不完全齿轮机构	49
第四节 凸轮式间歇运动机构	50
思考题与习题	50
第六章 齿轮传动机构设计	51
第一节 概述	51
第二节 齿廓啮合基本定律	53
第三节 渐开线及渐开线齿廓	54
第四节 标准直齿圆柱齿轮各部分名称及几何尺寸计算	57
第五节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	60
第六节 齿轮加工方法和变位原理	64
第七节 齿轮材料及热处理	71

第八节	齿轮传动的失效形式及计算准则	74
第九节	直齿圆柱齿轮传动的受力和计算载荷	76
第十节	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	77
第十一节	斜齿圆柱齿轮传动的设计特点	85
第十二节	直齿圆锥齿轮传动的设计特点	94
第十三节	齿轮的结构设计	98
第十四节	齿轮传动的润滑	100
思考题与习题		101
第七章	蜗杆传动机构设计	106
第一节	蜗杆传动概述	106
第二节	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	109
第三节	蜗杆和蜗轮的常用材料和结构	113
第四节	蜗杆传动的受力和强度计算	114
第五节	蜗轮蜗杆传动的润滑、效率和热平衡计算	117
思考题与习题		119
第八章	轮系设计	121
第一节	轮系的分类	121
第二节	轮系的传动比计算	122
第三节	行星轮系的配齿计算	127
第四节	轮系的效率	128
第五节	轮系的功能	131
思考题与习题		134
第九章	带传动和链传动	137
第一节	带传动概述	137
第二节	带传动的工作情况分析	141
第三节	带传动的设计计算	144
第四节	带传动的结构设计	150
第五节	链传动概述	153
第六节	链传动的工作情况分析	156
第七节	链传动的设计计算	158
第八节	链传动的结构设计	162
思考题与习题		163
第十章	连接设计	165
第一节	螺纹	165
第二节	螺旋副的受力分析、效率和自锁	167
第三节	螺纹连接的基本类型	169
第四节	螺纹连接的预紧和防松	172
第五节	螺栓组连接的设计和受力分析	174
第六节	单个螺栓的强度计算	179

第七节 提高螺栓连接强度的措施	183
第八节 螺旋传动	185
第九节 键连接	187
第十节 销连接	190
第十一节 无键连接	190
思考题与习题	192
第十一章 轴的设计	194
第一节 概述	194
第二节 轴的结构设计	196
第三节 轴的强度计算	201
思考题与习题	203
第十二章 轴承	205
第一节 滚动轴承的结构、类型和代号	205
第二节 滚动轴承的寿命计算	211
第三节 滚动轴承装置的设计	216
第四节 滑动轴承的类型与结构形式	222
第五节 滑动轴承的材料与轴瓦结构	225
第六节 非液体摩擦滑动轴承设计	227
第七节 滑动轴承的润滑	229
第八节 液体摩擦滑动轴承简介	231
思考题与习题	233
第十三章 联轴器和离合器	236
第一节 联轴器	236
第二节 离合器	241
思考题与习题	244
第十四章 减速器设计	245
第一节 减速器类型	245
第二节 减速器的典型结构	249
第三节 减速器的润滑与密封设计	251
第四节 减速器设计的一般步骤	252
第十五章 弹簧设计	259
第一节 概述	259
第二节 圆柱螺旋弹簧的材料、许用应力和制造	260
第三节 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	263
思考题与习题	266
第十六章 机械的平衡与调速	267
第一节 机械平衡的目的、分类及方法	267
第二节 刚性回转体的平衡计算	268
第三节 刚性回转体的平衡试验	271

第四节	机械速度波动产生的原因及调节方法·····	272
第五节	飞轮的设计原理·····	274
	思考题与习题·····	275
第十七章	煤矿机械简介·····	276
第一节	采煤机械·····	276
第二节	回采工作面支护设备——液压支架·····	277
第三节	矿井运输设备·····	279
第四节	矿井提升设备·····	282
第五节	矿井排水设备·····	285
第六节	矿井通风设备·····	286
第七节	压缩空气设备·····	287
	参考文献·····	289

第一章 绪 论

人类在长期的生活和生产实践中,为了提高劳动生产效率、减轻人的体力劳动以及满足其他各种需要发明创造了各种各样的机器。使用机器进行生产的水平是衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志。

一、中国机械发展简史

中国是世界上机械发展最早的国家之一。中国机械发展史也经历了一个漫长的过程,期间有辉煌的成就,也有曲折的历程。在开始本课程学习之前,先简单了解一下我国机械发展的历史。

1. 利用简单工具进行生产

在早期(石器时代——时间上相当于原始社会),人们使用的机械主要是简单工具,从粗制工具到精制工具,主要用于从事农业、渔猎、纺织、建筑等生产劳动。大约 40 万~50 万年前,我国就已出现加工粗糙的刮削器、砍砸器、三棱形尖状器等原始工具;在 28000 年前出现弓箭,这是机械方面最早的一项发明;农具大约出现在公元前 6000~公元前 5000 年,除石斧、石刀外,还有石锄、石铲、石镰、蚌镰、骨镰,石斧和石刀上已有用硬质砂子磨削而成的孔。

在这一时期,人们已经能够在生产中利用杠杆、尖劈、弹性、热胀冷缩等原理,为较为复杂的古代机械的出现创造了条件。

2. 古代机械时期的辉煌

随着原始织机(公元前 5000~公元前 4000 年)和制陶转轮(公元前 3000 年)的出现,人们已经从应用简单工具发展到利用几个零件组合的简单机械。古车的出现及其广泛应用成为进入古代机械时期的开始,接着一批古代机械相继出现。尤其在战国时期,奴隶制度崩溃,封建制度在一些诸侯国相继建立,出现了百家争鸣的学术气氛,科学技术和机械迅速发展。兵器从先前的弓箭发展到攻守器械和战车;春秋时期铁器和生铁冶铸技术开始出现,加速了由铜器向铁器时代的过渡;战国时期又有了叠铸、锚链铸造等工艺;当时出现的《考工记》总结了多种手工业的生产经验,是科学技术史上有重大价值的专著。

东汉时期出现了水力鼓风设备——水排,由水轮、带传动、杆传动和鼓风机组成(已经具备了现代机器原动机、传动部分、工作机三个组成部分)。在这一时期,我国古代机械保持着一个较高的水平和发展速度,到宋、元时期,达到了高潮。

这一时期我国出现了一批杰出的科技人才,如张衡、马均、祖冲之、燕肃等。同时,我国古代机械的种类多、水平高、价值大,领先世界。其中,兵器、冶金、陶瓷、造纸、印刷等技术还传到国外,对世界文明的发展有较大影响。

3. 低谷与觉醒

到了明代,由于封建集权统治进一步加强,限制了资本主义萌芽的发展,也阻碍了科学技术的前进。直到 1840 年的几百年间,在机械领域内,我国除了在兵器和造船方面有较为可观的进展外,其他方面几乎没有出现过价值重大的发明。值得一提的是宋应星所著《天工

开物》总结了我国长期以来的生产经验，成为一本机械的百科全书。

而在西方一些国家，科学技术有了迅速发展，并出现了哥白尼、伽利略、牛顿等一批杰出的科学家。18 世纪末到 19 世纪，英、美、法、俄等国先后进行了产业革命和技术革命，极大地推动了机械的进一步发展。当时，西方机械科学技术水平明显地超过中国。然而由于统治集团采取错误方针，进入我国的西方科学技术除在数学和天文方面有一定影响外，传播范围很小。尤其是从清朝雍正至道光的 100 多年里，更采取闭关自守政策，几乎断绝了西方科学技术的传入，使得我国机械与西方的差距越来越大。

1840 年，鸦片战争打破了清朝闭关自守政策的堡垒，清政权中出现了洋务派，兴起了洋务运动；西方发达国家对我国的侵略和掠夺惊醒了国人。19 世纪末，中国派出不少留学生到发达国家学习科学技术，逐渐出现了一批民族资产阶级创办的机械工厂，中国机械与世界机械的关系又开始密切了。

4. 奋起直追

1949 年新中国诞生，中国机械也得到了新生。当时，世界科学技术已有很大发展，特别是电子、原子能和计算技术的兴起，促进了机械的革新。我国在中国共产党的领导下，建立起独立自主的体系和布局，迅速摆脱了帝国主义的控制和对帝国主义的依赖，很快就能生产自己的机床、机车、汽车、轮船、飞机等，这一时期的发展速度超过了历史上的任何时期。虽然由于各种复杂原因，我国机械工业和科学技术的发展并非一帆风顺，但在国人的不懈努力下，我国机械科学技术水平与发达工业国家的差距在迅速缩小。

二、机器及其组成部分

人类在长期的生产、生活中，发明创造了各种各样的机器。日常生活中的缝纫机、洗衣机，生产中的起重机、运输机和各种机床，军事装备中的飞机、军舰等都是机器。但对于机器及其组成，怎样设计机器，如何使用、维护机器，以及提高机器的性能却知之甚少，为了进一步了解和

学习、掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法，首先分析两台机器实例。

如图 1-1 所示的内燃机，它由活塞 1、连杆 2、曲柄 3、汽缸体 4、齿轮 5 与 6、凸轮 7 及气阀推杆 8 与排气阀 9、进气阀 10 组成。燃气的热能推动着活塞、通过连杆转换为曲柄的转动，再经过相互啮合的齿轮带动凸轮不断地交替打开和关闭进气和排气阀，实现输入燃气和排出废气的工作。经过四冲程将燃气能转化为曲轴输出的机械能。

图 1-2 所示为颚式破碎机的结构简图，其主体结构由电机 1、皮带轮 2 与 4、皮带 3、偏心轴 5、动颚板 6、肘板 7、定颚板 8 等构件以及转动副连接组合而成。电动机的转动经带传动带动偏心轴转动，从而使动颚板做平面运动，与定颚板一起实现破碎物料的功能。

由上述实例可知，一部完整的机器主要包括四

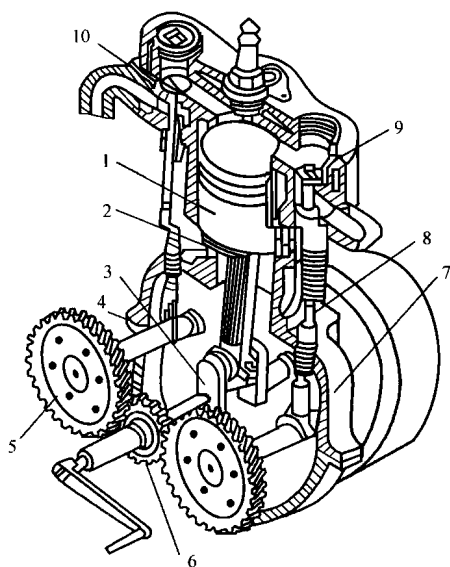


图 1-1 单缸内燃机

- 1—活塞；2—连杆；3—曲柄；4—汽缸体；
5、6—齿轮；7—凸轮；8—推杆；
9—排气阀；10—进气阀

个基本组成部分。

1. 原动机

它是机器的动力来源,如内燃机、电动机等。

2. 执行部分

它是直接完成机器预定功能的部分,也称工作部分,如仪表的指针、机床的刀架等。

3. 传动部分

它是将原动机的运动和动力传给工作部分的中间环节,可以在传递运动中改变运动速度、转换运动形式等,以满足执行部分的各种要求。

4. 控制部分

它是控制机器的其他基本部分,其作用是实现或终止各自预定的功能,如用机械或电子的方法控制机器的开、停、运动速度、换向等,又称操纵部分。

由实例不难知道机器具有以下共同特征:

- (1) 机器是人为的一种组合实体。
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动。
- (3) 机器工作时可转换机械能或做有效的机械功。

凡具备以上三个特征的称为机器,如内燃机(见图 1-1)、颚式破碎机(见图 1-2)等。若仅具有前两个特征的称为机构,如内燃机实例中的齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。而从运动观点出发,机构与机器并无区别,所以通常将机构和机器统称为机械。

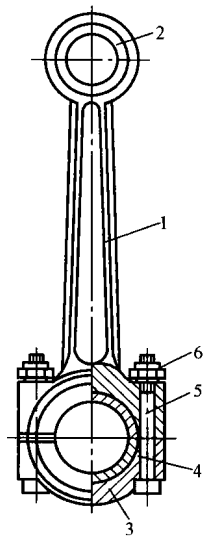


图 1-3 连杆的组成

- 1—连杆体; 2—轴套;
3—连杆盖; 4—轴瓦;
5—螺栓; 6—螺母

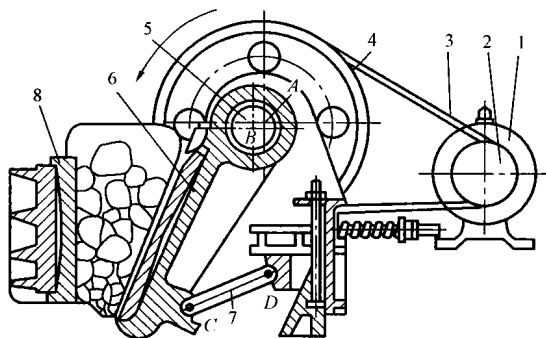


图 1-2 颚式破碎机

- 1—电机; 2、4—皮带轮; 3—皮带; 5—偏心轴;
6—动颚板; 7—肘板; 8—定颚板

组成机械的相对运动单元,称为构件。构件可以是单一的零件,也可以是零件组成的刚性结构。其区别在于:构件是运动的单元,而零件则是制造的单元。如图 1-3 所示内燃机连杆机构中的连杆,它是一个运动整体,是一个构件。但为了便于制造和安装,设计由连杆体 1、轴套 2、连杆盖 3、轴瓦 4、螺栓 5、螺母 6 等多个零件组成。

机械零件是机械的基本组成要素。概括而言,机械零件有两类:一类是机械中普遍使用的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮、轴承、弹簧等;另一类是在某一类型机械中使用的零件,称为专用零件,如活塞、飞轮、螺旋桨等。此外,将一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合物称为部件,如化油器、油泵、减速器、离合器等。

三、本课程的内容、性质和任务

1. 本课程的内容

本课程的主要内容是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。

研究的具体内容主要有以下两个方面:

(1) 从运动学观点出发,重点分析各种常用机构的结构、工作特点、运动和动力特性及其关系和设计计算方法。

(2) 从机械零件工作能力(强度、刚度、寿命、耐磨性等)出发,研究通用机械零件及部件的设计计算方法。

2. 本课程的性质和任务

本课程将综合运用“机械制图”、“工程力学”、“金属工艺学”、“互换性技术”等课程中所学过的知识,来解决各种常用机构和通用零件中的一些共性问题,是基础课和专业课之间的纽带,是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。

本课程有以下任务:

(1) 逐步培养学生形成以人为本、以质量为本的设计思想。

(2) 掌握常用机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识,并初步具有分析、设计基本机构和确定机械运动方案的能力。

(3) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、维护、选用原则和设计计算的基本知识并具有设计机械传动装置和简单机械的能力。

(4) 初步具有正确使用、维护一般机械和分析、处理常见机械故障的能力。

四、机械设计的基本要求和内容

(一) 机械设计的基本要求

机械设计是指规划和设计实现预定功能的新机械或改进原有机器的性能。随着科学技术的进步,人们不断地应用新材料、新工艺、新技术等最新科技成果,改进现有产品和设计新产品,以满足市场需求,推动科技和社会进步。不同类型的机械产品,其工作条件、用途、功能、结构形式、零件材料的选用各不相同,但设计时(除特殊性能外)所应遵循的基本规则和满足的基本要求,则往往是相同的,主要有以下几方面。

(1) 保证实现预定功能。所谓功能是指被设计机器的功用和性能,一般机器的预定功能要求包括运动性能、动力性能、基本技术指标、外形是否美观等方面。实现预定功能是设计机器的基本出发点,因此,必须熟悉各种常用机构的工作原理,正确选择机构类型和机械传动方案。

(2) 工作安全可靠。任何一台机器在正常使用条件下都应有一定的寿命,在使用寿命内安全可靠工作是机器正常工作的必要条件。安全包括机器的安全和操作者的安全两个方面,设计机器时必须保证在预期的使用寿命内安全可靠工作。为此,要对组成机器的所有零件(标准件除外)进行结构设计,并对各主要零件的工作能力进行必要计算,即进行机械零件设计。

(3) 工艺性要求。机器的总体方案和各部分结构设计在保证实现预定功能的前提下,应尽可能地简单、实用;零件的选材及热处理方式要切实、合理;毛坯制造、机械加工、装配及维修的工艺性要好。

(4) 经济性要求。技术经济的合理性是一个综合性指标,它与机器的设计、制造、使用等方面有关。为提高产品的竞争性,所设计的机械应在满足功能要求的前提下充分考虑经济性,力求使产品具有必要的功能和最低的成本,以获得最佳经济效益。

(5) 环保要求。机械工作过程中的噪声、废气、污水、粉尘等污染因素均需满足国家和地方的标准要求。

除此之外,为了使产品具有良好的市场竞争力,设计中仍需要考虑操作方便、造型美观等要求。

(二) 机械设计的主要内容

明确设计要求之后,机械设计的内容大致可归纳为三个阶段。

1. 总体设计阶段

总体设计要求根据工作原理,从简单、实用、经济、美观等原则出发,设计出能实现预期功能的机械装置。通过对各种传动方案做分析比较,确定机械的总体布置,明确机械各部分之间的运动和动力关系,绘制机构运动简图。因此,总体设计是图纸设计的第一阶段,即从工作原理到运动简图。

2. 结构设计阶段

考虑和决定机械各部件的相对位置及连接方法,以及主要零件的具体形状、尺寸、材料、制造、安装、配合、运动关系等,将运动简图转变成具体的装配图或结构图,初步确定机械的总体尺寸,各零部件相对位置、配合等关系。这就是图纸设计的第二阶段,即从运动简图到装配图。

3. 零件设计阶段

零件设计要求从机械总体出发,综合考虑各零件的强度、刚度、寿命等工作能力和工艺性,确定机械零件的结构形状和结构尺寸。提出合理的技术要求,由装配图绘制出各个零件工作图。零件图反映了零件的全部尺寸、加工要求等,是零件制造的依据。从装配图到零件图的设计阶段,称零件设计阶段。

在上述三个设计阶段中,除了机构运动简图、总装图(含部件装配图)、零件图外,还要有相关的辅助系统的设计以及图纸、设计计算说明书、使用说明书等。

当然,上述设计阶段与内容都是相互关联、相互影响、相互交叉反复进行的。机械的创新设计和改造都存在各种矛盾,很多时候,机械设计的一些基本要求之间是相互制约的,如要获得高品质,价格可能就会高。这就需要通过分析、比较、计算,综合考虑,合理地处理矛盾,以确保良好的设计质量。

五、机械零件设计的要求与步骤

(一) 机械零件设计的要求

机械零件的设计,即确定零件的结构形状与尺寸。一是要保证零件在机器中的功能,零件必须具有一定的工作能力,如强度、刚度、耐磨性、稳定性、寿命等;二是要从设计到制造考虑经济性,如优化设计零件结构及其加工工艺、装配工艺,合理选择零件的材料,尽量选择标准零件等。

(二) 机械零件设计的一般过程

机械零件种类很多,工作情况与场合各不相同,具体设计步骤也不完全相同,大致过程可归纳如下。

1. 选择零件的结构类型

不同结构形式和类型的零件在机械中可以实现同样的功能。在进行设计时要根据具体情况优选零件的结构类型。

2. 确定零件的载荷

根据零件在机器中的工作情况,建立零件的受力力学模型。

3. 选择零件的材料

根据零件工作环境和零件受力情况，合理选择材料及热处理方法。

4. 确定计算原则

根据零件的工作情况，进行失效形式分析，确定零件的设计计算准则。

5. 工作能力计算

根据设计计算准则，对零件进行工作能力的计算或验算，确定零件的主要几何尺寸和参数。

6. 结构设计

根据工作能力计算及工艺性、经济性要求，确定零件的整体形状和尺寸。

7. 绘制零件工作图

用图纸表达以上设计结果，使之成为零件加工的技术文件。

2. 高副

两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。图 2-3 (a) 中的凸轮与从动件 (driven link)、图 2-3 (b) 中的齿轮 1 与齿轮 2、图 2-3 (c) 中的车轮与钢轨分别在接触处 A 组成高副。组成平面高副两构件间的相对运动是沿接触处切线 tt 方向的相对移动和在平面内的相对转动。

高副由于为点、线接触，所以与低副相比，在同样载荷下，单位面积的压强较高，并且高副比低副易磨损。

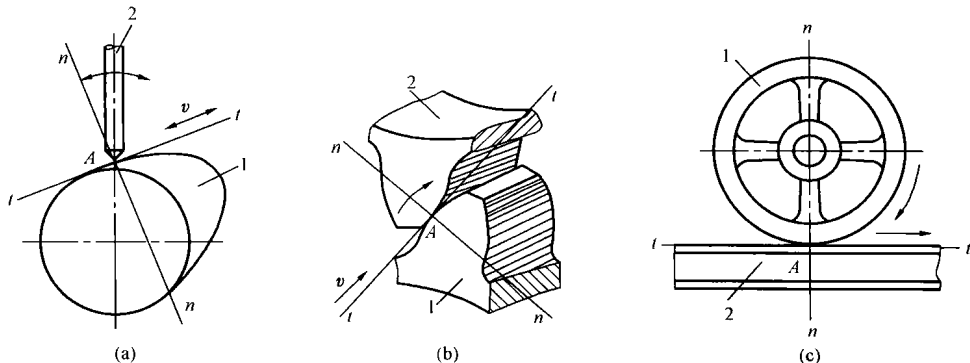


图 2-3 高副

除了上述平面运动副之外，机械中还经常见到如图 2-4 所示的螺旋副和图 2-5 所示的球面副。这些运动副两构件间的相对运动是空间运动，故属于空间运动副。空间运动副不在本章讨论的范围之内。

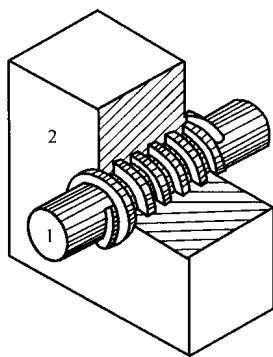


图 2-4 螺旋副

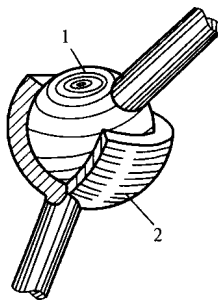


图 2-5 球面副

第二节 平面机构运动简图

一、运动副 (kinematic pair) 及构件 (link) 的表示方法

1. 低副

(1) 转动副。图 2-6(a)、(b)、(c) 所示为两个构件组成转动副的表示方法。用圆圈表示转动副，其圆心代表相对转动轴线。若组成转动副的两构件都是活动件，则用图 2-6(a) 表示；若其中有一个为机架，则在代表机架的构件上加阴影线，如图 2-6(b)、(c) 所示。

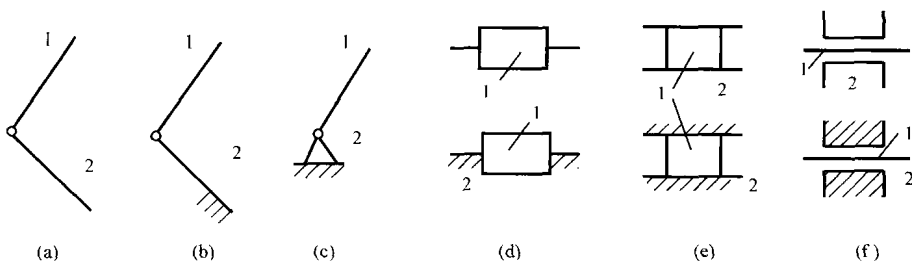


图 2-6 平面低副的表示方法

(a)、(b)、(c)转动副；(d)、(e)、(f)移动副

(2) 移动副。两构件组成移动副的表示方法如图 2-6(d)、(e)、(f)所示，移动副的导路必须与相对移动方向一致。如前所述，图中画阴影的构件表示机架。

2. 平面高副

两构件组成平面高副时，其运动简图中应画出两构件接触处的曲线轮廓，对于凸轮、滚子，要画出其全部轮廓；对于齿轮，常用点画线画出其节圆，如图 2-7 所示。

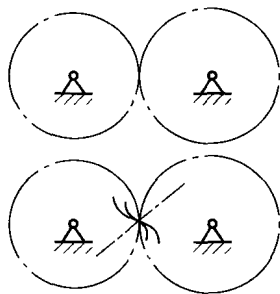


图 2-7 平面高副的表示方法

3. 构件

图 2-8 所示为构件的表示方法。图 2-8 (a) 为参与组成两个转动副的构件。图 2-8 (b) 为参与组成一个转动副和一个移动副的构件。在一般情况下，参与组成三个转动副的构件，可用三角形表示。为了表明三角形是一个刚性整体，常在三角形内加剖面线或在三角形上涂以焊缝的标记，如图 2-8 (c) 所示；如果三个转动副中心在一条直线上，则可用图 2-8 (d) 表示。超过三个运动副的构件的表示方法可依此类推。其他常用零部件的表示方法可参看 GB/T 4460—1984《机构运动简图符号》。

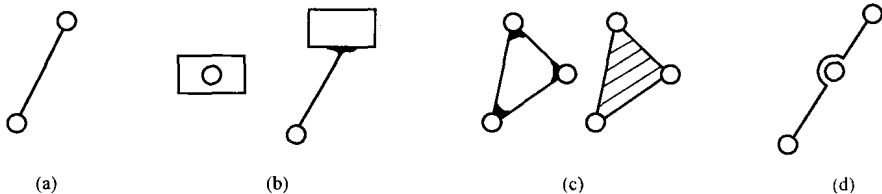


图 2-8 构件的表示方法

机构中的构件按其运动性质可分为三类。

(1) 固定构件 (fixed link)。机构 (mechanism) 中固定不动的构件称为固定构件。这里的固定不动包括绝对不动和相对不动。

1) 绝对不动。一般情况下，机械安装在地面上，那么机架相对于地面是固定不动的。

2) 相对不动。如果机械是安装在运动的物体上，那么机架相对于该运动物体是固定不动的，但相对于地面有可能运动。例如，内燃机中汽缸体就是固定构件，用以支撑活塞、曲轴等，它虽然跟随汽车运动，但在研究发动机的运动时，仍将汽缸当做固定构件。研究机构中活动构件 (active link) 的运动时，常以固定构件作为参考坐标系。

(2) 原动件 (driving link, 主动件)。机构中按给定的运动规律独立运动的构件称为原

动件，它的运动是由外界输入的，故又称为输入构件。例如内燃机中的活塞就是原动件。

(3) 从动件。其余活动构件称为从动件。其中输出预期运动的从动件称为输出构件，其他从动件则起传递运动的作用。例如，内燃机中的连杆和曲轴都是从动件，由于该机构的功用是将直线运动变换为定轴转动，因此，曲轴是输出构件，连杆是用于传递运动的从动件。

机构实际上也可以说是由机架、原动件、从动件组成。

二、平面机构运动简图的绘制

无论是对现有机械进行分析，还是构思新的机械，都需要用一种表示机构的简明图形。由于机构各部分的运动，是由其原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型和机构的运动尺寸（确定各运动副相对位置的尺寸）来决定的，而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目、固连方式等无关。因此，只要根据机构的运动尺寸，按一定的比例尺定出各运动副的位置，就可以用运动副的代表符号和简单的线条将机构的运动简图作出来。实际上，机构运动简图（kinematic sketch of mechanism）就是用国标规定的简单符号和线条代表运动副和构件，并按一定的比例尺表示机构的运动尺寸，绘制出表示机构的简明图形。它完全能表达原机械具有的运动特性。有时只是为了表明机构的结构状况，也可以不要求严格按比例来绘制简图，这样的运动简图，称为机构的示意图。

绘制机构运动简图的步骤如下所述。

- (1) 分析机构运动情况，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。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法和一般步骤。

【例 2-1】 试绘制图 2-9 (a) 所示颚式破碎机主体机构的机构运动简图。

解 (1) 颚式破碎机的带轮 5 和偏心轴 2 一起绕回转中心 A 转动时，偏心轴 2 带动动颚 3 运动。由于在动颚与机架 1 之间装有肘板 4，动颚运动时不断搓挤矿石。由此分析可知，该机

构是由机架 1、原动件偏心轴 2、从动件动颚 3 和肘板 4 四个构件组成。

(2) 偏心轴 2、机架 1 组成转动副 A，偏心轴 2 与动颚 3 组成转动副 B，动颚 3 与肘板 4 组成转动副 C，肘板 4 与机架 1 组成转动副 D。整个机构共有 4 个转动副。

(3) 图 2-9 (a) 所示视图平面和机构运动的瞬时位置，能够清楚地表达各构件的运动关系，所以按此绘制机构运动简图。

(4) 选定转动副 A 的位置，然后根据各转动副中心间的尺寸，按

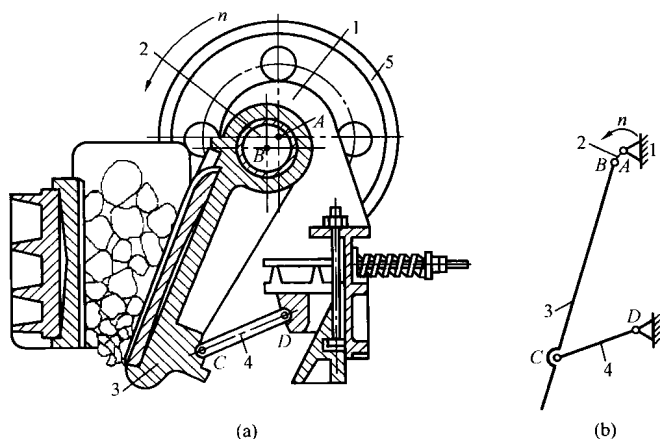


图 2-9 颚式破碎机主体机构及运动简图

1—机架；2—偏心轴；3—动颚；4—肘板；5—带轮