

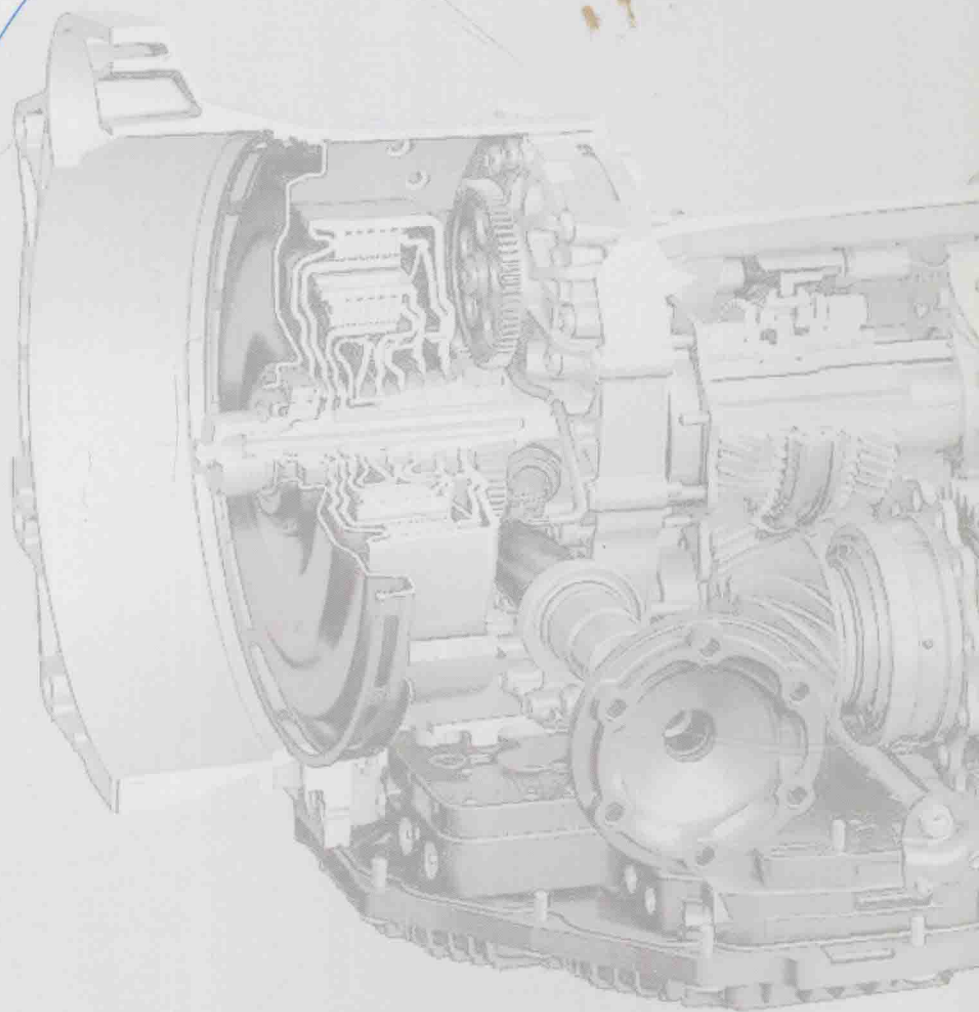
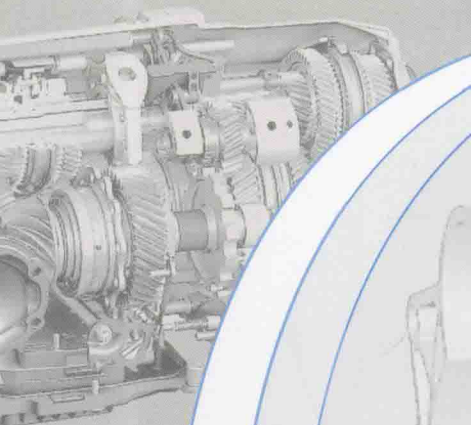


全国高职高专教育“十一五”规划教材

专业基础系列

机械设计基础

王志伟 孟玲琴 主编
钱文伟 陈周娟 副主编



Design



高等教育出版社

全国高职高专教育“十一五”规划教材
专业基础系列

机械设计基础

王志伟	孟玲琴	主 编
钱文伟	陈周娟	副主编
原红玲	翟振辉	参 编
刘胜杰	徐秀芬	
	张 鄂	主 审

高等教育出版社

内容提要

本书以培养学生的机械设计能力为主线,将机械原理和机械设计的内容有机地整合,加强了机械设计理论和实践的联系。

本书除绪论外共计 13 章,包括平面机构的结构分析和运动分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、步进运动机构、轮系、挠性传动设计、齿轮传动设计、蜗杆传动设计、支承设计、连接设计、机械运转的动力学分析和设计、机械传动系统设计等内容。

全书采用最新国家标准。本书配有多媒体教学课件,可供教师教学使用,使用本书作为教材的教师可与本书主编联系索取,主编的 E-mail:hnjzwzw@163.com。

本书可作为高职高专院校机械类和近机类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王志伟,孟玲琴主编. —北京:高等教育出版社,2009.10

ISBN 978-7-04-028066-1

I. 机… II. ①王…②孟… 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 (2009) 第 130994 号

策划编辑 罗德春 责任编辑 贺玲 封面设计 张雨微 责任绘图 宗小梅
版式设计 王莹 责任校对 殷然 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 22.5
字 数 540 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年10月第1版
印 次 2009年10月第1次印刷
定 价 27.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28066-00

前 言

本书是根据高职高专院校机械类和近机类各专业“机械设计基础”课程的教学基本要求,结合参编院校多年来教学实践经验编写而成,可作为高等院校机械类和近机类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。本书的主要特点如下:

1. 根据教材内容的有机联系,从机械系统设计的观点出发,突出机械系统和整体机械的设计,将机械原理和机械设计的内容有机地融合在一起,达到了基本设计知识整合的目的,有效地缩减了教学时数;

2. 以培养应用型人才为目标,以设计思想、设计理论、设计方法为主线,精选内容,加强了机械设计理论和实践的联系;

3. 针对高职高专的培养目标,编写时突出了应用性,适当减少了理论及繁杂公式的推导,使学生易于理解和掌握;

4. 在叙述问题时,力求概念把握准确,叙述深入浅出,层次分明,详略得当,文句通顺,较好地体现了“可教性”和“可学性”;

5. 突出学以致用,例题、课后复习思考题和习题紧密结合实际,尽量选取工程实例,并注意加强使用图表、查阅手册等应用能力的培养。

本书配有多媒体教学课件,可供教师教学使用。教学课件中充分利用多媒体教学的优势,在本书内容的基础上应用了大量的图片和动画,使“教”与“学”更加直观、容易。使用本书作为教材的教师可与本书主编联系索取,主编的 E-mail: hnjzwzw@163.com。另外,与本书配套的由王志伟、孟玲琴主编的《机械设计基础课程设计》也已由高等教育出版社出版。

参加本书编写工作的有:王志伟(绪论,第6、10章)、孟玲琴(第2、4、8章)、徐秀芬(第3章)、刘胜杰(第1、5章)、钱文伟(第7章)、翟振辉(第9章)、陈周娟(第11章)、原红玲(第12、13章)。本书由王志伟、孟玲琴担任主编,由钱文伟、陈周娟担任副主编。

本书承西安交通大学机械工程学院机械设计研究所张鄂教授精心细致地审阅,提出了许多宝贵的修改意见和建议,对本书编写给予了很大的帮助,在此致以诚挚谢意。另外在本书编写过程中参考了许多相关教材及著作,也表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请有关专家和广大读者批评指正。

编 者
2009年5月

目 录

绪论	1	4.7 斜齿圆柱齿轮(简称斜齿轮)机构	86
0.1 机械的组成概述	1	4.8 直齿锥齿轮机构	91
0.2 本课程的内容、性质和任务	3	思考题	95
0.3 机械设计的基本要求及一般程序	4	习题	95
思考题	6	第5章 步进运动机构	96
第1章 平面机构的结构分析和运动		5.1 棘轮机构	96
分析	7	5.2 槽轮机构	99
1.1 机构结构分析和运动分析的目的	7	5.3 凸轮式步进运动机构	100
1.2 机构的组成及平面机构运动简图		5.4 不完全齿轮机构	101
绘制	7	思考题	102
1.3 平面机构自由度的计算	12	习题	102
1.4 平面机构的组成原理和结构分析	17	第6章 轮系	103
1.5 用速度瞬心法进行平面机构的运动		6.1 轮系及其分类	103
分析	20	6.2 定轴轮系的传动比	104
思考题	23	6.3 周转轮系的传动比	107
习题	23	6.4 复合轮系的传动比	109
第2章 平面连杆机构	25	6.5 轮系的应用	111
2.1 平面连杆机构的类型及其演化	25	思考题	115
2.2 平面四杆机构曲柄存在的条件	33	习题	115
2.3 平面四杆机构的工作特性	35	第7章 挠性传动设计	117
2.4 平面四杆机构的设计	38	7.1 挠性传动的类型、特点及应用	117
思考题	46	7.2 V带与V带轮	119
习题	47	7.3 带传动工作情况分析	126
第3章 凸轮机构	49	7.4 普通V带传动的设计计算	130
3.1 凸轮机构的应用和分类	49	7.5 带传动的张紧和维护	137
3.2 从动件常用运动规律	51	7.6 滚子链和链轮	141
3.3 凸轮轮廓曲线设计	55	7.7 链传动的工作情况分析	145
3.4 凸轮机构基本尺寸的确定	59	7.8 滚子链传动的设计计算	147
思考题	63	7.9 链传动的布置、张紧	152
习题	63	思考题	155
第4章 齿轮机构	66	习题	155
4.1 齿轮机构的特点和类型	66	第8章 齿轮传动设计	156
4.2 齿廓啮合基本定律和渐开线齿廓	67	8.1 齿轮传动的类型	156
4.3 渐开线标准直齿轮的参数与计算	71	8.2 齿轮传动的失效形式与设计准则	156
4.4 渐开线标准直齿轮的啮合传动	75	8.3 齿轮常用材料、许用应力和传动	
4.5 渐开线齿轮的切削加工和根切现象	80	精度	159
4.6 变位齿轮简介	84	8.4 齿轮传动的计算载荷	165

绪 论

0.1 机械的组成概述

机械是人类在长期生产和生活实践中创造出来的重要劳动工具。它用以减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和产品质量,帮助人们创造更多的社会财富,丰富人们的物质和文化生活。在当今,机械的设计水平和现代化程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

机械是机器和机构的总称。机械系统由驱动部分、传动部分和执行部分组成。驱动部分为机械提供运动和动力;传动部分传递运动和动力或变换运动形式;执行部分的执行件按预定规律运动。如图 0-1 所示的是人们为了实现机械加工要求设计制造的牛头刨床,驱动部分(电动机)的转动经传动部分(带传动、齿轮 1、2 传动和一个导杆机构 2、3、4、5)转变为执行部分(滑枕 6)的往复直线滑动,从而产生执行件刨刀的刨削动作。同时,动力还通过其他辅助部分带动丝杠间歇回转,使工作台横向移动,从而实现工件的进给动作。

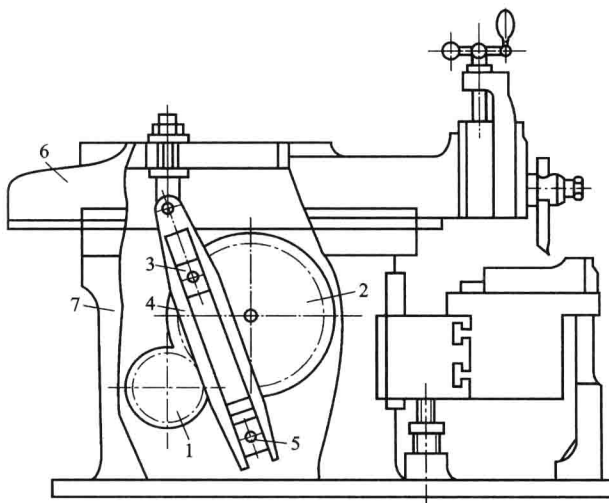


图 0-1 牛头刨床

1、2—齿轮;3—滑块;4—摇杆;5—摇块;6—滑枕;7—床身

图 0-2 所示为单缸内燃机。其主体部分由曲轴 1、连杆 3、活塞 4 和气缸 5 等组成。燃气在缸体内燃烧膨胀而推动活塞移动,再通过连杆带动曲轴绕其轴心线转动。为使曲轴能连续转动,必须定时送进燃气、排出废气,这是由缸体边上安装的凸轮 10、11, 阀杆 9 等构件定时启闭进、排气阀门来实现的。齿轮 12、13 将曲轴 1 的转动传给凸轮 10、11,使进、排气阀门的启闭与活塞 4 的移动位置建立起一定的配合关系,从而保证了各构件的协同工作,将热能转变为机械能,使内

燃机能输出机械运动,做有用的机械功。活塞、连杆、曲轴和气缸体组成曲柄滑块机构,将活塞的直线运动变为曲轴的连续转动;凸轮、阀杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的直线移动;曲轴和凸轮轴上的齿轮与气缸体组成齿轮机构。所以单缸内燃机是由曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构组成的。

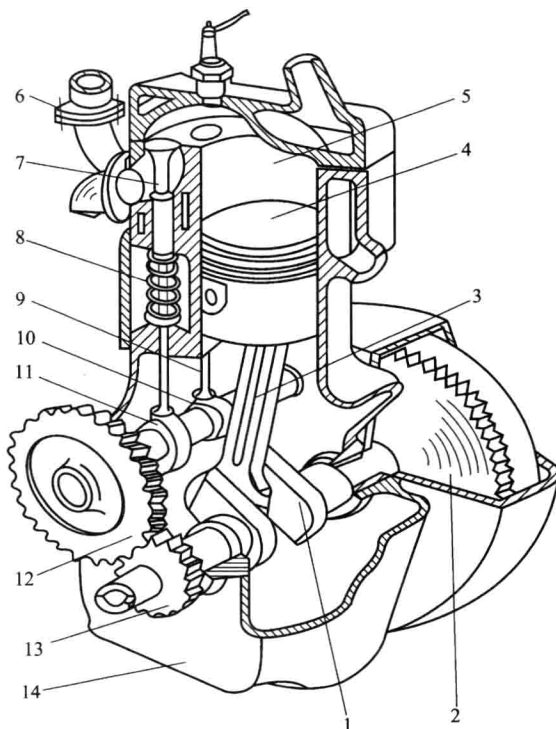


图 0-2 单缸内燃机

1—曲轴;2—飞轮;3—连杆;4—活塞;5—气缸;6—螺母、螺栓
7—气阀;8—弹簧;9—阀杆;10、11—凸轮;12、13—齿轮;14—机座

从上述两例可以看出,虽然机器的构造、用途和性能有所不同,但从组成及运动学方面来看,都具有以下几个共同的功能:

- (1) 它们是若干个人为实物的组合;
- (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。

具有各自特定运动的运动单元体称为构件。机器中不可拆卸的基本单元称为零件,它是机器中最小的独立制造单元,如曲轴、飞轮、凸轮、齿轮等。构件可以是单独的零件,如图 0-3a 所示的曲轴;也可以由多个零件刚性连接组成,如图 0-3b 所示的连杆是由连杆体 1、螺栓 2、连杆头 3 及螺母 4 等零件组成。由一组协同工作的零件组成的独立制造或独立装配的合体称为部件。零件与部件合称为零部件,可概括地分为两类:一类是各种机器中经常都能用到的零部件,称为通用零部件,如螺钉、齿轮、带轮等零件,离合器、滚动轴承等部件;另一类是特定类型机器中才能用到的零部件,称为专用零部件,如内燃机中的曲轴、阀杆,纺织机中的织梭、纺锭等。若干

个构件以一定的连接方式组成的用来传递运动和动力或变换运动形式的构件系统称为机构。从需要完成工作的复杂程度来看,一部机器,可以是多个机构的组合体,也可能只含有一个最简单的机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。在研究机构的运动和受力的情况时,机器与机构之间并无区别。

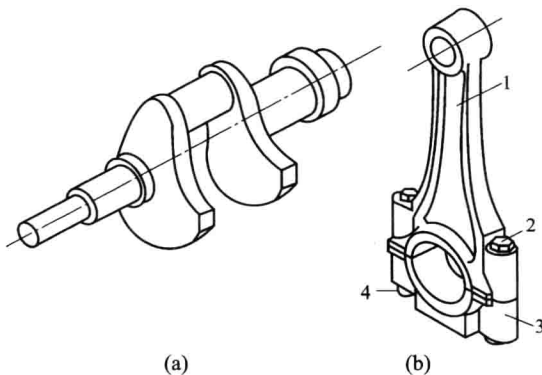


图 0-3 零件和构件

1—连杆体;2—螺栓;3—连杆头;4—螺母

随着近代科学技术的发展,机器和机构的概念及功能也有了相应的扩展,例如在某些情况下,组成机构的构件已不能简单地视为刚体,如谐波齿轮减速器中的柔轮;在某些气压或液压控制装置中,气体和液体也参与了实现预期的机械运动;现代化机器还应包含使其内部各机构正常协调工作的控制系统和信息处理与传递系统。在某些方面,机器不仅应能代替人的体力劳动,而且还应能够代替人的脑力劳动,如电子计算机等。因此现代机器可广义定义为:机器是根据某种具体使用要求而设计的一种装置,可用来变换或传递能量、物料和信息。

0.2 本课程的内容、性质和任务

0.2.1 本课程的内容

本课程的主要内容是机械中常用机构和通用机械零部件设计的基本知识、基本理论和基本方法,同时介绍与本课程研究内容相关的标准、规范、手册、图表等技术资料的运用及标准机械零部件的选用。研究的具体内容主要有:

- (1) 研究各种常用机构和机械传动的结构、工作特点、运动和动力特性及其设计计算方法;
- (2) 从强度、刚度、寿命、结构工艺性和材料选择等方面,研究通用零部件的设计计算方法;
- (3) 研究机械零部件的工作能力和计算准则,分析机械零部件设计的基本要求和一般步骤。

0.2.2 本课程的性质

本课程是机械工程类各专业中具有承上启下作用的、介于基础课程与专业课程之间的主干课程,是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。本课程要综合应用机械制图、工程力学、互换性与技术测量、工程材料及金属工艺学等课程的基础理论和基本知识,且偏重于工程应

用,因此要重视生产实践环节,学习时应注重工程意识的培养、理论联系实际的应用。本课程将为学生今后学习有关专业课程和掌握新的机械科学技术奠定必要的基础。

0.2.3 本课程的任务

本课程的任务是使学生掌握常用机构和通用零部件的基本理论和基本知识,初步具有这方面的分析、设计能力,并获得必要的基本技能训练,同时注意培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

- (1) 熟悉常用机构的工作原理、组成及其特点,掌握常用机构分析和设计的基本方法;
- (2) 熟悉通用机械零部件的工作原理、结构及其特点,掌握通用机械零部件选用和设计的基本方法;
- (3) 具有运用机械设计手册、图表及标准等有关技术资料的能力;
- (4) 具有综合运用所学知识和实践的技能,设计简单机械和简单传动装置的能力。

0.3 机械设计的基本要求及一般程序

0.3.1 机械设计的基本要求

机械设计的基本要求主要有以下几方面:

(1) 预定功能要求。所谓功能是指用户提出的在使用上需要满足的特性和能力,它是机械设计的最基本出发点。在机械设计过程中,设计者必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案,以满足机器的运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面的预定功能要求。

(2) 安全可靠与强度、寿命要求。安全可靠是机械正常工作的必要条件,因此设计的机械必须保证在预定的工作期限内能够可靠地工作。为此应使所设计的机械零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、振动稳定性及其寿命等方面的要求。

(3) 经济性要求。设计机械时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下,尽可能做到经济合理,力求投入的费用少、工作效率高且维修简便等。

(4) 工艺性及标准化、系列化、通用化的要求。机械及其零部件应具有良好的工艺性,要考虑零件的制造方便、加工精度及表面粗糙度适当、易于装拆。设计时,零部件和机器参数应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量,降低制造成本,并可使设计者将主要精力用在关键零部件的设计上。

(5) 其他特殊要求。某些机械由于工作环境和要求的不同,而对设计提出某些特殊要求。例如:高级轿车的变速箱齿轮有低噪声的要求;机床有较长期保持精度的要求;食品、纺织机械有不得污染产品的要求等。

总之,设计时要根据机械的实际情况,分清应满足的各项主、次要求,尽量做到结构上可靠、工艺上可能、经济上合理。

0.3.2 机械零件的设计准则

机械零件由于某些原因而不能正常工作称为失效。其主要失效形式有断裂、过量变形、磨损、表面疲劳等。为防止零件产生各种可能的失效而制定的计算该零件工作能力所应依据的基本原则称为工作能力准则或设计准则。机械零件常用的设计准则如下:

(1) 强度准则。强度是指零件受载后,抵抗断裂、塑性变形及表面破坏的能力。它是机械零件首先应满足的基本要求。强度条件为 $\sigma \leq [\sigma]$ 。

(2) 刚度准则。刚度是机械零件受载后抵抗弹性变形的能力。刚度准则为零件在载荷作用下产生的弹性变形量小于或等于机器工作时的许用变形量,其表达式为 $y \leq [y]$ 。

(3) 寿命和可靠性准则。影响零件寿命的主要因素是磨损、腐蚀和疲劳。目前尚无实用的计算方法和数据来按磨损和腐蚀计算零件的寿命。关于疲劳寿命,通常是将求出使用寿命时的疲劳极限作为计算依据。

可靠性是保证机械零件正常工作的关键。可靠性的定量尺度是可靠度,它是指机械零件在规定的条件下和规定的时间内,能够正常工作的概率。

(4) 振动稳定性准则。当机械零件的自振频率与周期性干扰力的频率相等或成整数倍关系时就会发生共振,此时不仅影响机器的运转质量和工作精度,甚至会造成事故。所谓振动稳定性就是在设计时必须使零件的自振频率远离干扰力频率,避免产生共振。为此,可用增加或减少零件的刚度、增添弹性零件等办法解决。

0.3.3 机械零件的结构工艺性

机械零件的良好结构工艺性是指零件在既定的生产条件下能方便而经济地生产出来,并便于装配成机械的特性。关于工艺性的基本要求是:

(1) 合理选择零件的毛坯种类。零件的毛坯种类主要有轧制件、铸件、锻件、冲压件和焊接件等。毛坯的选择与机械对零件的要求及生产条件有关,可根据生产批量、零件的尺寸和形状、材料性能和加工可能性等进行选择。

(2) 零件的结构要简单合理。零件的毛坯种类确定后,就必须按毛坯特点进行结构设计。同时,还应考虑采用最简单表面及其组合,尽量减少加工表面的数量和加工面积等,以减少切削加工费用。此外,零件的结构应便于装拆和调整。

(3) 规定合理的精度及表面粗糙度。随着零件加工精度的提高,加工费用将相应增加。因此在没有充分的技术理由时,不应盲目规定高的精度。同样,零件表面粗糙度也应根据配合表面的实际需要,作出适当的规定。

0.3.4 机械设计的一般程序

设计一种新的机械产品是一项复杂细致的工作,要提供性能好、质量高、成本低、竞争能力强、受用户欢迎的新的机械产品,必须有一套科学的工作程序。一般设计程序如下:

(1) 制定设计任务书。首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机械的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制定产品设计任务书。

(2) 总体方案设计。根据设计任务书,拟定出总体设计方案,进行运动和动力分析,从工作

原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标做适当修改,然后绘制机构简图。

(3) 技术设计。在总体方案设计的基础上,确定机械各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件进行结构设计(标准件合理选择),并对主要零件的工作能力进行计算,完成机械零件设计。

机械零件的设计常按以下步骤进行:①根据零件的使用要求选择零件的类型和结构;②拟定零件的受力计算简图,计算作用在零件上的载荷;③根据零件的工作条件,选择适当的材料和热处理方法;④根据零件可能的失效形式确定设计准则,根据设计准则进行计算,确定出零件的基本尺寸;⑤根据工艺性及标准化等原则,进行零件的结构设计;⑥绘制零件工作图,写出计算说明书。

(4) 样机的试制和鉴定。设计的机械能否满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行进行性能测试,然后便可组织鉴定,进行全面的技術评价。

思 考 题

- 0-1 机械设计的基本要求是什么?
- 0-2 机械零件常用的设计准则有哪几种?
- 0-3 机械零件的一般设计步骤是什么?
- 0-4 通过本课程的学习,学生应达到哪些要求?

第1章 平面机构的结构分析和运动分析

1.1 机构结构分析和运动分析的目的

机构是具有确定运动的实物组合体。在进行新机构设计时,首先应判断机构能否运动,如果能够运动,则还要判断运动是否具有确定性及其具有确定运动的条件。

机构结构分析的目的有以下三个方面:

(1) 为新机构的创造提供途径。分析机构是怎样由构件组成的,而且在何种条件下才具有确定的运动。

(2) 将各种机构按结构进行分类,在此基础上建立运动分析和受力分析的一般方法。

(3) 根据构件间连接的特点及与运动有关的尺寸,画出机构的运动简图。

机构的运动分析是根据原动件的已知运动规律求该机构其他构件上某些点的位移(角位移)、速度(角速度)和加速度(角加速度)等参数。通过位移分析可以确定构件在运动时所需的空間,判断在运动时各构件之间是否会互相干涉,也可以确定机构中从动件的行程,考察构件上某一点能否实现预定的位置或轨迹要求等。通过速度分析可以了解从动件的速度变化规律能否满足工作要求。同时,速度分析也是进行加速度分析的必要前提。通过加速度分析可以确定各构件及构件上某些点的加速度大小和变化规律,从而计算构件惯性力以及对机构进行进一步的动力分析、强度计算等。

平面机构运动分析的方法有图解法和解析法。图解法的特点是形象直观、简单方便,主要有速度瞬心法和相对运动图解法;解析法的特点是精确度较高,但比较抽象,计算工作量大,随着计算机的普及,这种方法日益得到广泛应用。本章仅简要介绍用速度瞬心法进行平面机构的速度分析。

1.2 机构的组成及平面机构运动简图绘制

1.2.1 机构的组成

1. 运动副

在机构中,任意两个构件都以一定的方式彼此相互连接。两个构件直接接触形成的可动连接称为运动副,而把两构件上直接接触的点、线、面称为运动副元素,例如图1-1中轴1与轴承2配合为圆柱面和圆孔面的面接触;图1-2中滑块1与导轨2为棱柱面和棱孔面的面接触;图1-3中两齿轮轮齿的啮合为线接触。

根据运动副元素的不同,通常把运动副分为低副和高副。低副是指通过面接触而构成的运动副,例如转动副(图1-1)和移动副(图1-2)。高副是指通过点或线接触而构成的运动副(图1-3)。根据组成运动副两构件间的相对运动是平面运动还是空间运动,可以把运动副分为平面

运动副和空间运动副。例如转动副和移动副都是平面运动副。螺杆1和螺母2组成的螺旋副(图1-4a)、球面1和球碗2构成的球面副(图1-4b)都是空间运动副。

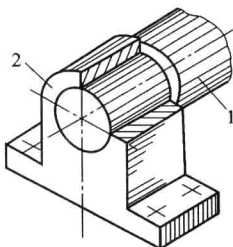


图 1-1 轴与轴承连接

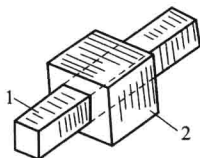


图 1-2 滑块与导轨连接

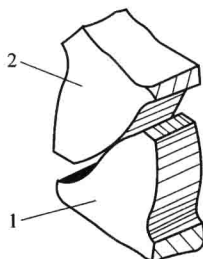
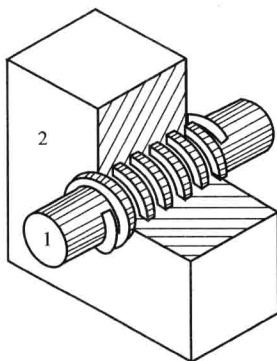
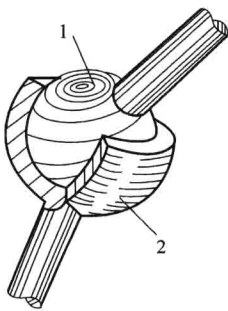


图 1-3 两齿轮轮齿啮合



(a)



(b)

图 1-4 空间运动副

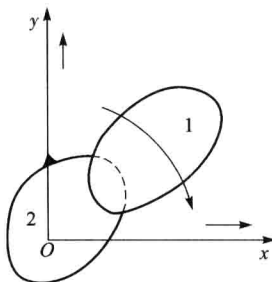


图 1-5 构件作平面运动时的自由度

2. 自由度和约束

如图1-5所示,对于任意一个作复杂平面运动的构件,其运动可以分解为三个独立运动,即沿 x 轴的移动、沿 y 轴的移动和绕与 xOy 平面垂直的轴转动。把构件所具有的独立运动的数目称为构件的自由度。显然,作平面运动的构件具有三个自由度。但是,当与另一个构件通过运动副连接后,这个构件的某些独立运动会受到限制,自由度会减少。把对独立运动的限制称为约束。引入一个约束就减少一个自由度,两构件间约束的多少和约束的特点完全取决于运动的形式。

平面运动副包括以下三种类型:

(1) 转动副。如图1-6a所示的运动副,构件2沿着 x 轴和 y 轴两个方向的移动受到限制,只可以绕与 xOy 平面垂直的轴转动。这种允许构件作相对转动的运动副称为转动副。形成一个转动副引入的约束数为2,保留的自由度数为1。

(2) 移动副。如图1-6b所示的运动副,构件2沿着 y 轴方向的移动和绕与 xOy 平面垂直的轴的转动受到限制,只可以沿着 x 轴方向移动。这种允许构件作相对移动的运动副称为移动副。形成一个移动副引入的约束数为2,保留的自由度数为1。

(3) 平面高副。如图1-6c、d所示的运动副,是由两构件的曲面轮廓接触而形成的。其中

图 1-6c 所示为凸轮机构,凸轮 1 与从动件 2 形成点接触,从动件 2 沿着接触点公法线 $n-n$ 方向的移动受到限制,但可以沿着接触点公切线 $t-t$ 方向移动和绕接触点转动。图 1-6d 所示为齿轮机构,轮齿 1 和轮齿 2 形成线接触,轮齿 2 沿着接触点公法线 $n-n$ 方向的移动受到限制,但可以沿着接触点公切线 $t-t$ 方向移动和绕接触点转动。在平面内,这种由两构件之间以点或线接触组成的运动副称为平面高副。形成一个平面高副引入的约束数为 1,保留的自由度数为 2。

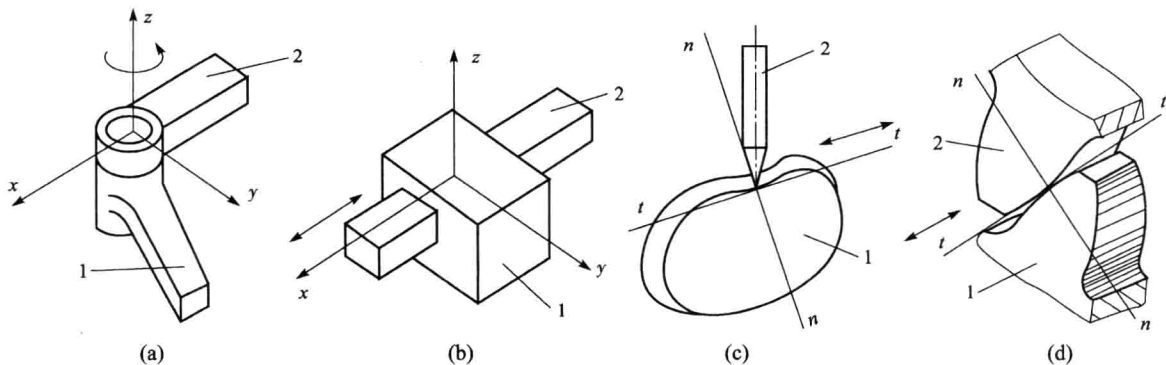


图 1-6 平面运动副

因为约束一个相对转动而保留两个独立相对移动的运动副是不可能存在的。因此,从相对运动来看,平面运动副不外乎上述三种类型。综上所述,平面运动副包括平面低副(转动副和移动副)和平面高副。形成一个平面低副引入两个约束,而形成一个平面高副只引入一个约束。

3. 运动链

若干构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。运动链分为闭式运动链和开式运动链两种。闭式运动链中的各构件构成了首末封闭的系统(图 1-7a、b);开式运动链中各构件未构成首末封闭的系统(图 1-7c、d)。在各种机械中,一般采用闭式运动链,而开式运动链多用在人工机械手等机械中。

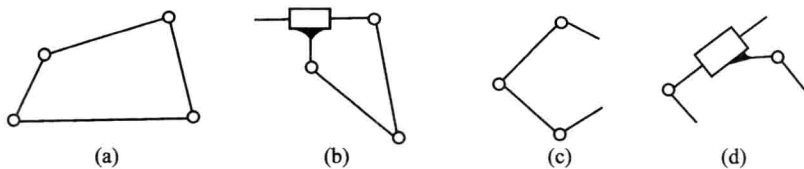


图 1-7 运动链

4. 机构

如图 1-8 所示,在运动链中,将某一个构件加以固定而成为机架,而另一构件(或少数几个构件)按给定的规律独立运动时,其余构件均随之作确定的相对运动,则此运动链便成为机构。机构是由原动件、从动件和机架三部分组成。

(1) 原动件。按照给定运动规律独立运动的构件称为原动件(或主动件),如图 1-8 中的构件 1。原动件上需标上带箭头的圆弧或直线。

(2) 从动件。机构中随原动件作确定的相对运动的构件称为从动件。在机构中除了机架与

原动件之外,其他构件都是从动件,如图1-8中的构件2和构件3。

(3) 机架。机构中固定不动的构件称为机架,如图1-8中的构件4。

组成机构的各构件的相对运动均在同一平面或相互平行的平面内,则称此机构为平面机构;机构的各构件的相对运动不在同一平面或平行平面内,则称此机构为空间机构。本章重点讨论平面机构的结构问题。

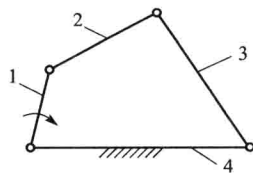


图 1-8 机构

1.2.2 平面机构的运动简图

机构各构件间的相对运动,是由原动件的运动规律、机构中所有运动副的类型、数目及其相对位置(即转动副的中心位置、移动副的中心线位置和高副接触点的位置)决定,而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及其固联方式和运动副的具体结构等因素无关。在对机构进行运动和动力分析,或者对机构的结构进行分析时,可以不考虑构件的复杂外形和运动副的具体构造,用简单的线条和符号代表构件和运动副,并按比例定出各运动副的相对位置。这种能准确表达机构运动情况的简化图形称为机构运动简图。

机构运动简图必定与原机械具有完全相同的运动特性,因而可以用机构运动简图对机械进行结构、运动及动力分析。若只是为了表示机构的结构特征,不是严格地按精确的比例绘制的简图,称为机构示意图。

机构运动简图符号已有标准,该标准对运动副、构件及各种机构的表示符号作了规定,如表1-1所示。

表 1-1 常用运动副的符号

名称	符 号	
	两运动构件的连接	运动构件与固定构件的连接
平面副	 轴线垂直图面 轴线平行图面	 轴线垂直图面 轴线平行图面
空间副		 固定螺母 固定螺杆

绘制平面机构运动简图的步骤:

(1) 首先必须搞清楚所要绘制机械的结构及运动情况。需先找出其原动件及机架,然后循着运动传递的路线把机械的原动部分和传动部分之间的传递情况搞清楚。

(2) 搞清楚该机械中构件的数目,并按照各构件之间的接触情况及相对运动的性质来确定各个运动副的类型。

(3) 选择与机械中多数构件的运动平面相平行的平面作为绘制机构运动简图的投影面。

(4) 选择适当的长度比例尺 μ_l [$\mu_l = \text{实际长度(m)}/\text{图示长度(mm)}$], 用表 1-1 中给出的机构简图符号绘制机构运动简图。在原动件上标出箭头以表示其运动方向。

以下举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 如图 1-9 所示,冲床机构的运动简图分析。

解 如图 1-9a 所示,当冲床的偏心轮 2 在驱动电动机的带动下按顺时针方向等速转动时,通过构件 3、4 和冲头 6 作上下往复移动,完成冲压工艺动作。运动规律已知的偏心轮 2 是原动件,机床床身 1 是相对地面静止不动的机架,其余构件 3、4、5 和冲头 6 是从动件。构件 3 和原动件 2、构件 4、5 之间构成转动副,其回转中心为 A 、 B 、 C , 并且构件 2、3、4、5 组成的构件系统分别与机架 1 和构件 6 组成转动副,而构件 6 与机架以移动副的形式连接。可见,冲床共有 6 个转动副和 1 个移动副。选择与机构运动平面平行的平面作为其投影面,选适当尺寸比例,按规定的运动副和构件符号,绘制出其机构运动简图(图 1-9b)。

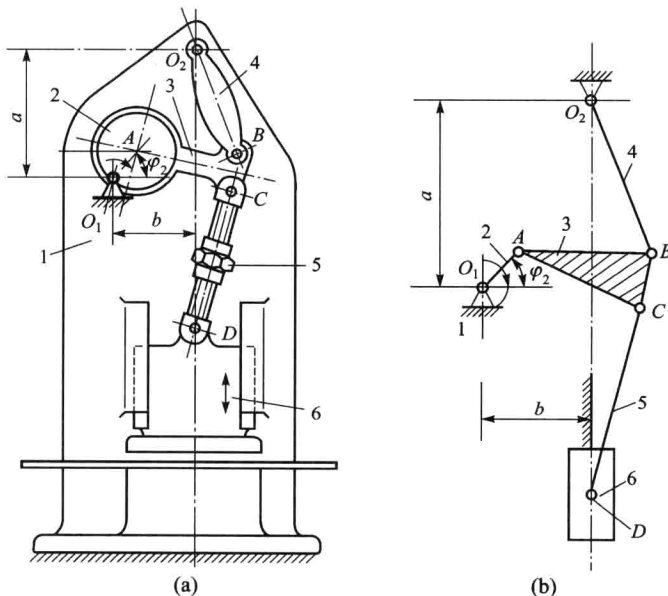


图 1-9 冲床机构及其运动简图

例 1-2 如图 1-10 所示,颚式破碎机的运动简图分析。

解 如图 1-10a 所示的颚式破碎机,它由 6 个构件组成。根据机构的工作原理,构件 6 是机架,原动件为曲柄 1,它分别与机架 6 和构件 2 组成转动副,其回转中心分别为 A 点和 B 点。构件 2 是一个三副构件,它还分别与构件 3 和 5 组成转动副。构件 5 与机架 6、构件 3 与动颚板 4、