



普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械设计基础

(第五版)

杨可桢 程光蕴 李仲生 主编



 高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

机械设计基础

(第五版)

杨可桢 程光蕴 李仲生 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是在前四版的基础上,根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求以及新颁布的有关国家标准修订的,是普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本书的体系和章节顺序与第四版相同。全书除绪论外共 18 章。第 1 章至第 8 章讲述常用机构及机器动力学基本知识;第 9 章至第 18 章讲述常用连接、机械传动、轴系部件和弹簧。

本书可作为高等工业院校机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

本书第二版曾获国家教委高等学校优秀教材一等奖。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础 / 杨可桢, 程光蕴, 李仲生主编. —5
版. —北京: 高等教育出版社, 2006.5
ISBN 7-04-019209-8

I. 机... II. ①杨...②程...③李... 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 031890 号

策划编辑 龙琳琳 责任编辑 龙琳琳 封面设计 刘晓翔 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 杨雪莲 责任印制 陈伟光

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 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 21
字 数 500 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 1979 年 5 月第 1 版
2006 年 5 月第 5 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 22.50 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 19209-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

第五版序

《机械设计基础》第五版是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求,结合近几年各校使用本教材的实践经验修订的。

在本版的修订过程中,编者仍试图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,但深度适中、篇幅不大,以期保持一本简明、实用教材的特色。

为了适应我国加入 WTO 后的形势要求,这次修订考虑到扩大知识面、反映新成就和照顾某些专业的需要,增补了正弦加速度从动件运动规律、活齿传动、回转件平衡精度、窄 V 带传动设计、滚动轴承静强度计算、液体润滑轴承承载量计算、梅花形弹性联轴器、内张式制动器等内容。删去了一些比较烦琐的推导、论证和陈旧内容,如斜齿轮当量齿数、锥齿轮背锥、等加速等减速从动件运动规律、双圆弧齿轮、动平衡机操作过程等。参照国内外学科发展的现状,本版更新了若干设计计算方法,还根据新近颁布的国家标准、规范对书中的术语、图表、数据进行了订正、补充和更新。

本书第一版于 1979 年出版,由南京工学院程光蕴、钱庆蕊、杨可桢、朱永玉、胡宗祺、郑文纬,同济大学喻怀正、董亲建,上海工业大学王绍杰,上海科技大学谢伟民、胡哲鸿,华东化工学院李永年、李仲生编写。杨可桢、程光蕴任主编。参加第五版修订工作的有:程光蕴、钱庆蕊、杨可桢、胡哲鸿、李永年、李仲生、吴克坚、钱瑞明。由杨可桢、程光蕴(负责 1~9 章统稿工作)、李仲生(负责 10~18 章统稿工作)担任主编。

本书第五版承天津大学张策教授、西南交通大学吴鹿鸣教授细心审阅,他们提出了许多宝贵意见,编者对此深表感谢。

编者殷切希望广大读者在使用过程中对本书的错误和欠妥之处批评指正。对本书的意见请寄:南京市东南大学机械系机构学学科组(邮编 210018)。

编者

2005 年 10 月

目 录

绪论	1	条件	54
§ 0-1 本课程研究的对象和 内容	1	§ 4-3 渐开线齿廓	55
§ 0-2 本课程在教学中的地位	3	§ 4-4 齿轮各部分名称及渐开线 标准齿轮的基本尺寸	56
§ 0-3 机械设计的基本要求和 一般过程	4	§ 4-5 渐开线标准齿轮的啮合	59
习题	5	§ 4-6 渐开线齿轮的切齿原理	61
第 1 章 平面机构的自由度和速度		§ 4-7 根切、最少齿数及变位 齿轮	63
分析	6	§ 4-8 平行轴斜齿轮机构	66
§ 1-1 运动副及其分类	6	§ 4-9 锥齿轮机构	69
§ 1-2 平面机构运动简图	8	习题	71
§ 1-3 平面机构的自由度	10	第 5 章 轮系	72
§ 1-4 速度瞬心及其在机构速度 分析上的应用	14	§ 5-1 轮系的类型	72
习题	17	§ 5-2 定轴轮系及其传动比	72
第 2 章 平面连杆机构	21	§ 5-3 周转轮系及其传动比	75
§ 2-1 平面四杆机构的基本类型 及其应用	21	§ 5-4 复合轮系及其传动比	78
§ 2-2 平面四杆机构的基本 特性	28	§ 5-5 轮系的应用	79
§ 2-3 平面四杆机构的设计	32	§ 5-6 几种特殊的行星传动 简介	81
习题	37	习题	85
第 3 章 凸轮机构	40	第 6 章 间歇运动机构	88
§ 3-1 凸轮机构的应用和类型	40	§ 6-1 棘轮机构	88
§ 3-2 从动件的常用运动规律	41	§ 6-2 槽轮机构	90
§ 3-3 凸轮机构的压力角	44	§ 6-3 不完全齿轮机构	92
§ 3-4 图解法设计凸轮轮廓	45	§ 6-4 凸轮间歇运动机构	93
§ 3-5 解析法设计凸轮轮廓	50	习题	94
习题	52	第 7 章 机械运转速度波动的调节	95
第 4 章 齿轮机构	53	§ 7-1 机械运转速度波动调节的 目的和方法	95
§ 4-1 齿轮机构的特点和类型	53	§ 7-2 飞轮设计的近似方法	96
§ 4-2 齿廓实现定角速比传动的		§ 7-3 飞轮主要尺寸的确定	100
		习题	101

第 8 章 回转件的平衡	103	§ 11-2 齿轮材料及热处理	165
§ 8-1 回转件平衡的目的	103	§ 11-3 齿轮传动的精度	167
§ 8-2 回转件的平衡计算	103	§ 11-4 直齿圆柱齿轮传动的 作用力及计算载荷	168
§ 8-3 回转件的平衡试验	107	§ 11-5 直齿圆柱齿轮传动的 齿面接触强度计算	170
习题	109	§ 11-6 直齿圆柱齿轮传动的 轮齿弯曲强度计算	172
第 9 章 机械零件设计概论	111	§ 11-7 设计圆柱齿轮时材料和 参数的选取	174
§ 9-1 机械零件设计概述	111	§ 11-8 斜齿圆柱齿轮传动	176
§ 9-2 机械零件的强度	112	§ 11-9 直齿锥齿轮传动	179
§ 9-3 机械零件的接触强度	119	§ 11-10 齿轮的构造	182
§ 9-4 机械零件的耐磨性	121	§ 11-11 齿轮传动的润滑和 效率	184
§ 9-5 机械制造常用材料及其 选择	122	§ 11-12 圆弧齿轮传动简介	186
§ 9-6 极限与配合、表面粗糙度 和优先数系	125	习题	187
§ 9-7 机械零件的工艺性及标 准化	127	第 12 章 蜗杆传动	189
习题	128	§ 12-1 蜗杆传动的特点和 类型	189
第 10 章 连接	131	§ 12-2 圆柱蜗杆传动的主要参 数和几何尺寸	190
§ 10-1 螺纹参数	131	§ 12-3 蜗杆传动的失效形式、 材料和结构	194
§ 10-2 螺旋副的受力分析、效率 和自锁	132	§ 12-4 圆柱蜗杆传动的受力 分析	195
§ 10-3 机械制造常用螺纹	135	§ 12-5 圆柱蜗杆传动的强度 计算	196
§ 10-4 螺纹连接的基本类型及 螺纹紧固件	139	§ 12-6 圆柱蜗杆传动的效率、 润滑和热平衡计算	200
§ 10-5 螺纹连接的预紧和 防松	141	习题	202
§ 10-6 螺栓连接的强度计算	144	第 13 章 带传动和链传动	204
§ 10-7 螺栓的材料和许用 应力	147	§ 13-1 带传动的类型和应用	204
§ 10-8 提高螺栓连接强度的 措施	149	§ 13-2 带传动的受力分析	206
§ 10-9 螺旋传动	151	§ 13-3 带的应力分析	208
§ 10-10 滚动螺旋简介	154	§ 13-4 带传动的弹性滑动和 传动比	210
§ 10-11 键连接和花键连接	155	§ 13-5 V 带传动的计算	211
§ 10-12 销连接	160		
习题	161		
第 11 章 齿轮传动	164		
§ 11-1 轮齿的失效形式	164		

§ 13-6 V带轮的结构·····	222	§ 16-1 滚动轴承的基本类型 和特点·····	271
§ 13-7 同步带传动简介·····	224	§ 16-2 滚动轴承的代号·····	275
§ 13-8 链传动的特点和应用·····	225	§ 16-3 滚动轴承的选择计算·····	277
§ 13-9 链条和链轮·····	225	§ 16-4 滚动轴承的润滑和 密封·····	284
§ 13-10 链传动的运动分析和受 力分析·····	229	§ 16-5 滚动轴承的组合设计·····	286
§ 13-11 链传动的主要参数及其 选择·····	231	习题·····	289
§ 13-12 滚子链传动的计算·····	233	第 17 章 联轴器、离合器和制动器 ·····	291
§ 13-13 链传动的润滑和布置·····	236	§ 17-1 联轴器、离合器的类型 和应用·····	291
习题·····	239	§ 17-2 固定式刚性联轴器·····	292
第 14 章 轴 ·····	240	§ 17-3 可移式刚性联轴器·····	292
§ 14-1 轴的功用和类型·····	240	§ 17-4 弹性联轴器·····	295
§ 14-2 轴的材料·····	241	§ 17-5 牙嵌离合器·····	297
§ 14-3 轴的结构设计·····	242	§ 17-6 圆盘摩擦离合器·····	299
§ 14-4 轴的强度计算·····	244	§ 17-7 磁粉离合器·····	301
§ 14-5 轴的刚度计算·····	249	§ 17-8 定向离合器·····	302
§ 14-6 轴的临界转速的概念·····	250	§ 17-9 制动器·····	303
习题·····	251	习题·····	305
第 15 章 滑动轴承 ·····	253	第 18 章 弹簧 ·····	307
§ 15-1 摩擦状态·····	253	§ 18-1 弹簧的功用和类型·····	307
§ 15-2 滑动轴承的结构型式·····	254	§ 18-2 圆柱螺旋拉伸、压缩 弹簧的应力与变形·····	308
§ 15-3 轴瓦及轴承衬材料·····	256	§ 18-3 弹簧的制造、材料和 许用应力·····	310
§ 15-4 润滑剂和润滑装置·····	257	§ 18-4 圆柱螺旋拉伸、压缩 弹簧的设计·····	313
§ 15-5 非液体摩擦滑动轴承的 计算·····	260	§ 18-5 其他弹簧简介·····	318
§ 15-6 动压润滑的基本原理·····	262	习题·····	320
§ 15-7 向心动压轴承的几何 关系与承载量的计算·····	265	附录·····	322
§ 15-8 液体动压多油楔轴承与 静压轴承简介·····	267	参考文献·····	324
习题·····	269		
第 16 章 滚动轴承 ·····	271		

绪 论

§ 0-1 本课程研究的对象和内容

人类在长期的生产实践中创造了机器,并使其不断发展形成当今多种多样的类型。在现代生产和日常生活中,机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志。

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料、信息。凡将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机。如内燃机将热能变换为机械能,电动机将电能变换为机械能,它们都是原动机。凡利用机械能去变换或传递能量、物料、信息的机器称为工作机。如发电机将机械能变换为电能,起重机传递物料,金属切削机床变换物料外形,录音机变换和传递信息,它们都属于工作机。

图 0-1 所示为单缸四冲程内燃机。它是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞往复运动,经连杆转变为曲轴的连续转

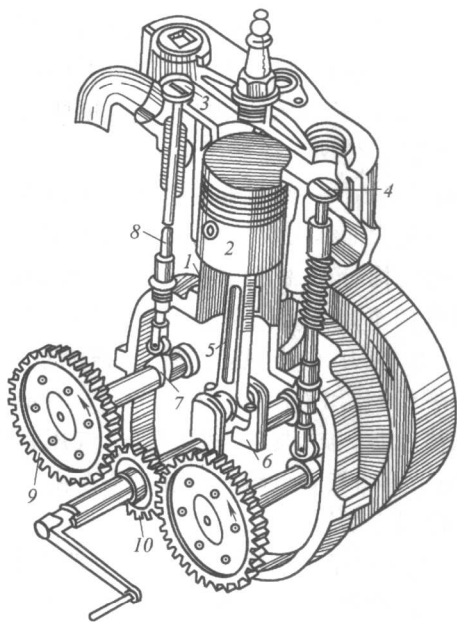


图 0-1 内燃机

动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,曲轴与凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮。这样,当燃气推动活塞运动时,各构件协调地动作,进、排气阀有规律地启闭,加上汽化、点火等装置的配合,就把热能转换为曲轴回轮的机械能。

图 0-2 所示为一工业机器人。它由铰接臂机械手 1、计算机控制台 2、液压装置 3 和电力装置 4 组成。当机械手的大臂、小臂和手按指令有规律地运动时,手端夹持器(图中未示出)便将物料运送到预定的位置。在这部机器中,机械手是传递运动和执行任务的装置,是机器的主体部分,电力装置和液压装置提供动力,计算机控制台实施控制。

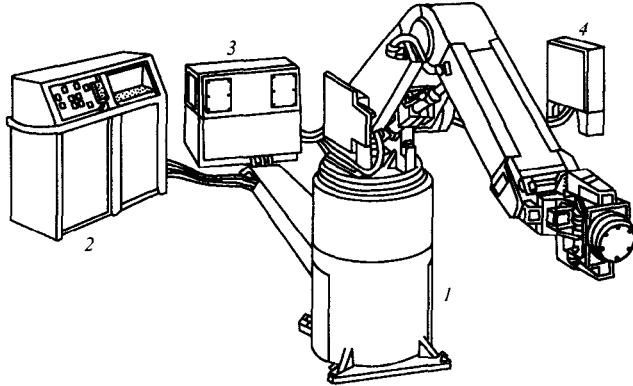


图 0-2 工业机器人

从以上两例可以看出,机器的主体部分是由许多运动构件组成的。用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统称为机构。在一般情况下,为了传递运动和力,机构各构件间应具有确定的相对运动。例如在图 0-1 所示的内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体组成一个曲柄滑块机构,将活塞的往复运动变为曲柄的连续转动。凸轮、顶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间歇运动。曲轴和凸轮轴上的齿轮与气缸体组成齿轮机构,使两轴保持一定的速比。

机器的主体部分是由机构组成的。一部机器可包含一个或若干个机构。例如鼓风机、电动机只包含一个机构,而内燃机则包含曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

就功能而言,一般机器包含四个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。动力部分可采用人力、畜力、风力、液力、电力、热力、磁力、压缩空气等作动力源。其中利用电力和热力的原动机(电动机和内燃机)使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成,是机器的主体。控制部分包括计算机、传感器、电气装置、液压系统、气压系统,还包括各种控制机构。例如内燃机中的凸轮机构便是用于控制气阀启闭的控制机构。由于信息技术的飞速发展,近代机器的控制部分中,计算机系统已居于主导地位。

机构与机器的区别在于:机构只是一个构件系统,而机器除构件系统之外,还包含电气、液压等其他装置;机构只用于传递运动和力,而机器除传递运动和力之外,还具有变换或传递能量、物料、信息的功能。但是,在研究构件的运动和受力情况时,机器与机构并无差别。因此,习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

构件是运动的单元。它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 0-3 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 等几个零件组成的。这些零件之间没有相对运动,构成一个运动单元,成为一个构件。零件是制造的单元^①。机械中的零件可分为两类:一类称为通用零件,它在许多机械中都会遇到,如齿轮、螺钉、轴、弹簧等;另一类称为专用零件,它只出现于某些特定机械之中,如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

机械设计基础主要研究机械中的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。

本书第 1 章至第 8 章介绍机械中的常用机构(连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构)及机器动力学的基本知识(机械调速和平衡);第九章及其后各章阐述常用连接(螺纹连接、键连接等),机械传动(螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动),轴系零、部件(轴、轴承、联轴器)和弹簧等,并扼要介绍有关国家标准和有关规范。这些常用机构和通用零件的工作原理、设计理论和计算方法,对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

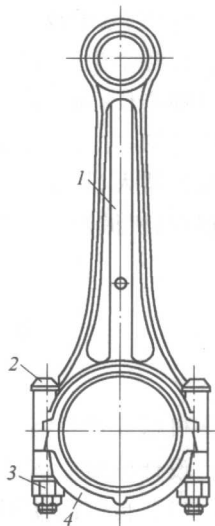


图 0-3 连杆

随着科学技术的发展,特别是计算机的应用,出现了一些新的机械设计方法。例如:用优化方法寻求最佳设计方案;用有限元法对强度、刚度、润滑、传热等进行数值计算;用可靠性设计精确评定机械零件的强度和寿命;用 CAD(计算机辅助设计)技术替代手工计算和绘图等。这些新的设计方法,目前已在我国高等学校单独设课讲授,故未列入本课程之中。

§ 0-2 本课程在教学中的地位

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,在动力、采矿、冶金、石油、化工、轻纺、食品等许多生产部门工作的工程技术人员,都会经常接触各种类型的通用机械和专用机械。他们必须对机械具备一定的基础知识。因此,机械设计基础如同机械制图、电工学、计算机应用技术一样,是高等学校工科的一门重要的技术基础课。

机械设计基础将为有关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。

机械设计基础将使从事工艺、运行、管理的技术人员,在了解机械的传动原理、选购设备、设备的正确使用和维护、设备的故障分析等方面获得必要的基本知识。

通过本课程的学习和课程设计实践,可使学生初步具备运用手册设计简单机械传动装置的能力,为日后从事技术革新创造条件。

机械设计是多学科理论和实际知识的综合运用。机械设计基础的主要先修课程有机械制图、工程材料及机械制造基础、金工实习、理论力学和材料力学等。除此之外,考虑到许多近代机

^① 为完成共同任务而结合起来的一组零件称为部件,它是装配的单元,如滚动轴承、联轴器等。但是,在一般论述中,对零件和部件往往不作严格区分。

械设备中包含复杂的动力系统和控制系统,因此,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电子技术、计算机应用等有关知识。

在各个生产部门实现机械化,对于发展国民经济具有十分重要的意义。为了加速社会主义建设的步伐,应当对原有的机械设备进行全面的技术改造,以充分发挥企业潜力;应当设计各种高质量的、先进的成套设备来装备新兴的生产部门;还应当研究、设计完善的、高度智能化的机械手和机器人,从事空间探测、海底开发和实现生产过程自动化。可以预计,在实现四个现代化的进程中,机械设计这门学科必将发挥越来越大的作用,它自身也将得到更大的发展。

§ 0-3

机械设计的基本要求和一般过程

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机器的性能。

设计机械应满足的基本要求是:

(1) 良好的使用性能 实现预期功能,满足使用要求。操作容易,保养简单,维修方便。不必追求“多功能”,因为“多功能”会增加成本,降低可靠性。

(2) 安全 许多重大事故出自机械故障。密封件泄漏导致“挑战者号”航天飞机失事,起落架故障引发空难,刹车失灵酿成车祸,频繁出现的汽车“召回”更暴露机械设计不良造成的安全隐患。机械设计必须以人为本。凡关系到人身安全或重大设备事故的零、部件都必须进行认真、严格的设计计算或校核计算^①,不能凭经验或以“类比”代替。计算说明书应妥善保管,以备核查。暴露的运动构件要配置防护网。易造成人身伤害的部位必须有安全连锁装置或实施远距离操纵。电气元件、导线的规格和安装必须符合安全标准。除此之外,为了保护设备,还应设置保险销、安全阀等过载保护装置以及红灯、警铃等警示装置。

(3) 可靠、耐用 在预定的使用期限内不发生或极少发生故障。大修或更换易损件的周期不宜太短,以免经常停机影响生产。但是,也不宜过分强调“耐用”。现代化生产推行定期更新和逾期强制报废,个别零、部件的“长寿”对整机并无实际意义。因追逐“耐用”而滥用贵重材料徒然增加成本。

(4) 经济 设计中应尽可能多选用标准件和成套组件,它们不仅可靠、价廉,而且能大大节省设计工作量。可以说,设计中使用标准件的多少是评价设计水平的重要标志。要重视节约贵重原材料,降低成本。零件设计必须关注加工工艺性,力求减少加工费用。良好的经济性不仅体现在制造成本低廉,更应体现在机器使用中的高效率、低能耗。

(5) 符合环保要求 机器噪声不超标。不采用石棉等禁用的原材料。确保机械使用过程不泄漏水、油、粉尘和烟雾。生产中的废水、废气必须经过治理,达标排放。

除此之外,欲使产品具有市场竞争力,机械设计师还应与工艺美术人员密切配合,力求产品造型美观。

^① 本书介绍的安全系数和许用应力仅适用于一般生产机械。对于涉及人身安全的车辆、电梯、起重机、载人装置等特种机械,它的安全系数须增大许多倍。读者设计此类特种机械的重要零、部件时,必须参照相关专业规范选取安全系数和许用应力。

在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合宜的机构;拟定设计方案;进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷;进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。本书第1至8章着重介绍选择机构和拟定设计方案的有关知识,第9至18章着重论述应力分析、零部件工作能力计算和结构设计的有关内容。

一部机器的诞生,从感到某种需要、萌生设计念头、明确设计要求开始,经过设计、制造、鉴定直到产品定型,是一个复杂细致的过程。为了清晰,将机械设计的一般过程用框图(图0-4)表示。

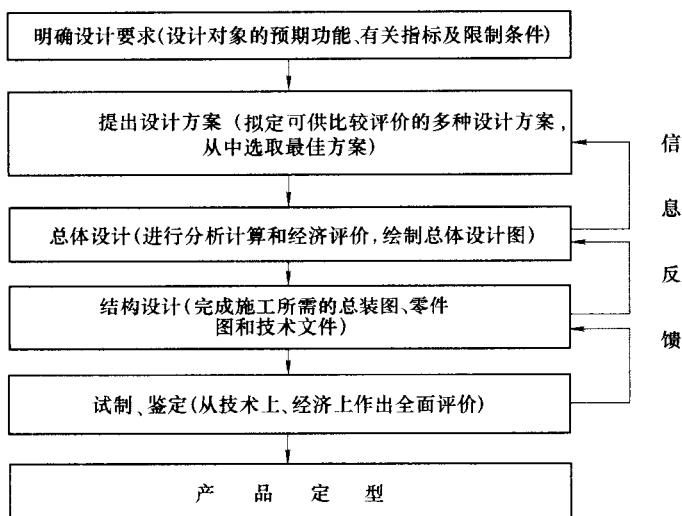


图0-4 机械设计的一般过程

设计人员要善于把设计构思、设计方案,用语言、文字、图形方式传递给主管人和协作者,以获得支持。除技术问题之外,设计人员还要论证下列问题:(1)此设计是否确实为人们所需要?(2)有哪些特色?能否与同类产品竞争?(3)制造上是否经济?(4)保养维修是否方便?(5)是否有市场?(6)社会效益与经济效益如何?

设计人员要富有创造精神,又要从实际出发;要善于调查研究,广泛听取用户和工艺人员的意见,在设计、加工、安装、调试过程中及时发现问题,反复修改,以期取得最佳的成果,并从中积累设计经验。

习 题

0-1 对具有下述功能的机器各举出两个实例:(1)原动机;(2)将机械能变换为其他形式能量的机器;(3)变换物料的机器;(4)变换或传递信息的机器;(5)传递物料的机器;(6)传递机械能的机器。

0-2 指出下列机器的动力部分、传动部分、控制部分和执行部分:(1)汽车;(2)自行车;(3)车床;(4)电风扇;(5)录音机。

第 1 章 平面机构的自由度和速度分析

如绪论中所述,机构是一个构件系统,为了传递运动和力,机构各构件之间应具有确定的相对运动。但任意拼凑的构件系统不一定能发生相对运动;即使能够运动,也不一定具有确定的相对运动。讨论机构满足什么条件构件间才具有确定的相对运动,对于分析现有机构或设计新机构都是很重要的。

在研究机械工作特性和运动情况时,常常需要了解两个回转件间的角速比、直移构件的运动速度或某些点的速度变化规律,因而有必要对机构进行速度分析。

实际机构的外形和结构都很复杂,为了便于分析研究,在工程设计中,通常都用简单线条和符号绘制的机构运动简图来表示实际机械。工程技术人员应当熟悉机构运动简图的绘制方法。

上述内容将在本章的各节中加以讨论。

所有构件都在相互平行的平面内运动的机构称为平面机构,否则称为空间机构。工程中常见的机构多属于平面机构,因此,本章只讨论平面机构。

§ 1-1 运动副及其分类

一个作平面运动的自由构件具有三个独立运动。如图 1-1 所示,在 Oxy 坐标系中,构件 S 可随其上任一点 A 沿 x 轴、 y 轴方向独立移动和绕 A 点独立转动。构件相对于参考系的独立运动称为自由度。所以一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。

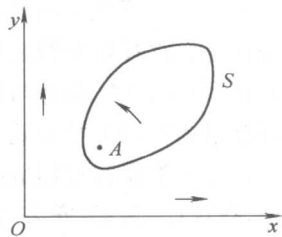


图 1-1 平面运动刚体的自由度

机构是由许多构件组成的。机构的每个构件都以一定方式与某些构件相互连接。这种连接不是固定连接,而是能产生一定相对运动的连接。两构件直接接触并能产生一定相对运动的连接称为运动副。构件组成运动副后,其独立运动受到约束,自由度随之减少。

两构件组成运动副,其接触不外乎点、线、面。按照接触特性,通常把运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副有转动副和移动副两种。

(1) 转动副 若组成运动副的两构件只能在平面内相对转动,这种运动副称为转动副,或称铰链,如图 1-2 所示。

(2) 移动副 若组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对移动,这种运动副称为移动副,如图 1-3 所示。

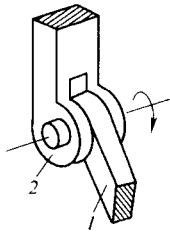


图 1-2 转动副

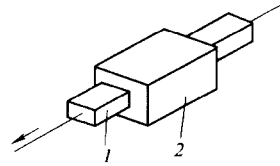


图 1-3 移动副

2. 高副

两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。图 1-4a 中的车轮 1 与钢轨 2、图 b 中的凸轮 1 与从动件 2、图 c 中的齿轮 1 与齿轮 2 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 $t-t$ 方向的相对移动和在平面内的相对转动。

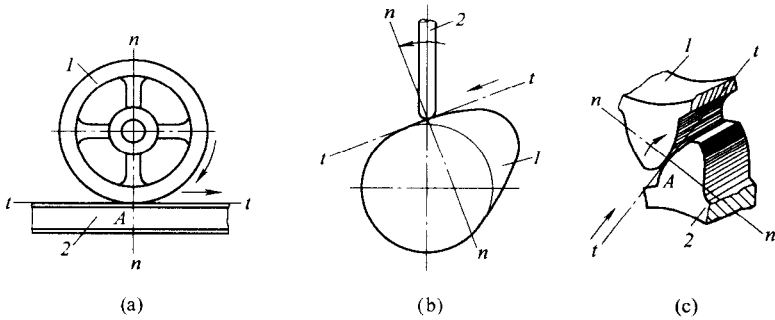


图 1-4 平面高副举例

除上述平面运动副之外,机械中还经常见到如图 1-5a 所示的球面副和图 1-5b 所示的螺旋副。这些运动副两构件间的相对运动是空间运动,属于空间运动副。空间运动副不在本章讨论的范围之内。

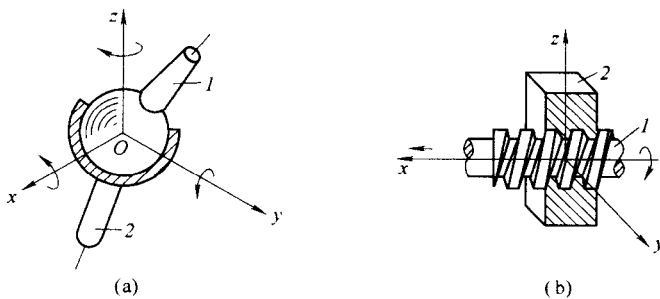


图 1-5 球面副和螺旋副

§ 1-2 平面机构运动简图

实际构件的外形和结构很复杂,在研究机构运动时,为了使问题简化,有必要撇开那些与运动无关的构件外形和运动副具体构造,仅用简单线条和符号来表示构件和运动副,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化图形,称为机构运动简图。

机构运动简图中的运动副表示如下:

图 1-6a、b、c 是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 a 表示。若其中一个为机架,则在代表机架的构件上加阴影线,如图 b、c 所示。

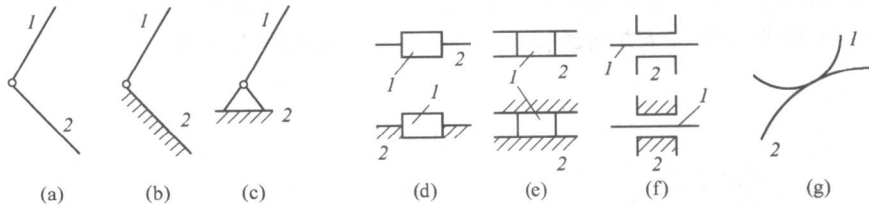


图 1-6 平面运动副的表示方法

两构件组成移动副的表示方法如图 1-6d、e、f 所示。移动副的导路必须与相对移动方向一致。同上所述,图中画阴影线的构件表示机架。

两构件组成高副时,在简图中应当画出两构件接触处的曲线轮廓,如图 1-6g 所示。

图 1-7 为构件的表示方法。图 a 表示参与组成两个转动副的构件。图 b 表示参与组成一个转动副和一个移动副的构件。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,常在三角形内打剖面线或在三个角加上焊接标记,如图 c 所示;如果三个转动副中心在一条直线上,则用图 d 表示。超过三个运动副的构件的表示方法可依此类推。对于机械中的常用构件和零件,也可采取惯用画法,例如用粗实线或点画线画出一对节圆来表示互相啮合的齿轮;用完整的轮廓曲线来表示凸轮。其他常用零部件的表示方法可参看 GB 4460—84《机械制图机构运动简图符号》。

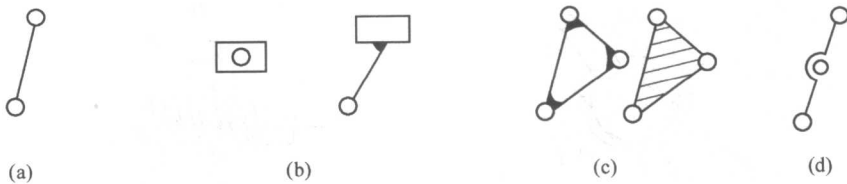


图 1-7 构件表示方法

机构中的构件可分为三类:

(1) 固定构件(机架) 用来支承活动构件(运动构件)的构件。例如图 0-1 中的气缸体就是固定构件,它用以支承活塞、曲轴等。研究机构中活动构件的运动时,常以固定构件作为参考

坐标系。

(2) 原动件(主动件) 运动规律已知的活动构件。它的运动是由外界输入的,故又称为输入构件。例如图 0-1 中的活塞就是原动件。

(3) 从动件 机构中随原动件运动而运动的其余活动构件。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。例如图 0-1 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,连杆是传递运动的从动件。

任何机构必有一个构件被相对地看作固定构件。例如气缸体虽然跟随汽车运动,但在研究发动机的运动时,仍把气缸体视为固定构件。在活动构件中必须有一个或几个原动件,其余的都是从动件。

下面举例说明机构运动简图的绘制方法。

例 1-1 绘制图 1-8a 所示颚式破碎机的机构运动简图。

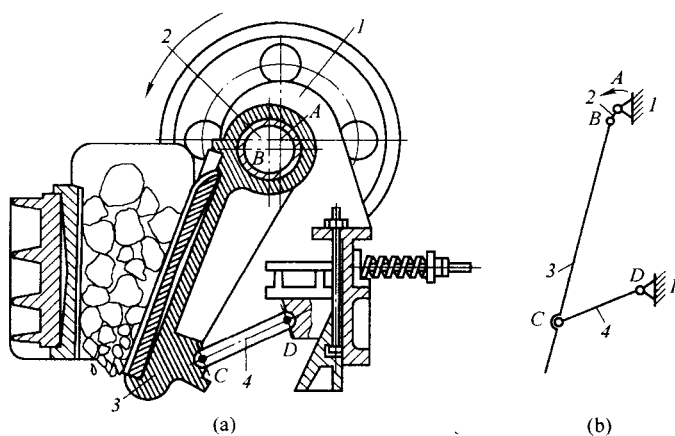


图 1-8 颚式破碎机及其机构运动简图

解: 颚式破碎机的主体机构由机架 1、偏心轴(又称曲轴)2、动颚 3、肘板 4 等四个构件组成。带轮与偏心轴固连成一整体,它是运动和动力输入构件,即原动件,其余构件都是从动件。当带轮和偏心轴 2 绕轴线 A 转动时,驱使输出构件动颚 3 作平面复杂运动,从而将矿石轧碎。

在确定构件数目之后,再根据各构件间的相对运动确定运动副的种类和数目。偏心轴 2 绕机架 1 轴线 A 相对转动,故构件 1、2 组成以 A 为中心的转动副;动颚 3 与偏心轴 2 绕轴线 B 相对转动,故构件 2、3 组成以 B 为中心的转动副;肘板 4 与动颚 3 绕轴线 C 相对转动,故构件 3、4 组成以 C 为中心的转动副;肘板与机架绕轴线 D 相对转动,故构件 4、1 组成以 D 为中心的转动副。

选定适当比例尺,根据图 1-8a 尺寸定出 A、B、C、D 的相对位置,用构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图,如图 1-8b 所示。

最后,将图中的机架画上阴影线,并在原动件 2 上标注箭头。

需要指出,虽然动颚 3 与偏心轴 2 是用一个半径大于 AB 的轴颈连接的,但是运动副的规定符号仅与相对运动的性质有关,而与运动副的结构尺寸无关,所以在简图中仍用小圆圈表示。

例 1-2 绘制图 1-9a 所示活塞泵的机构运动简图。

解: 活塞泵由曲柄 1、连杆 2、齿扇 3、齿条活塞 4 和机架 5 等五个构件组成。曲柄 1 是原动