

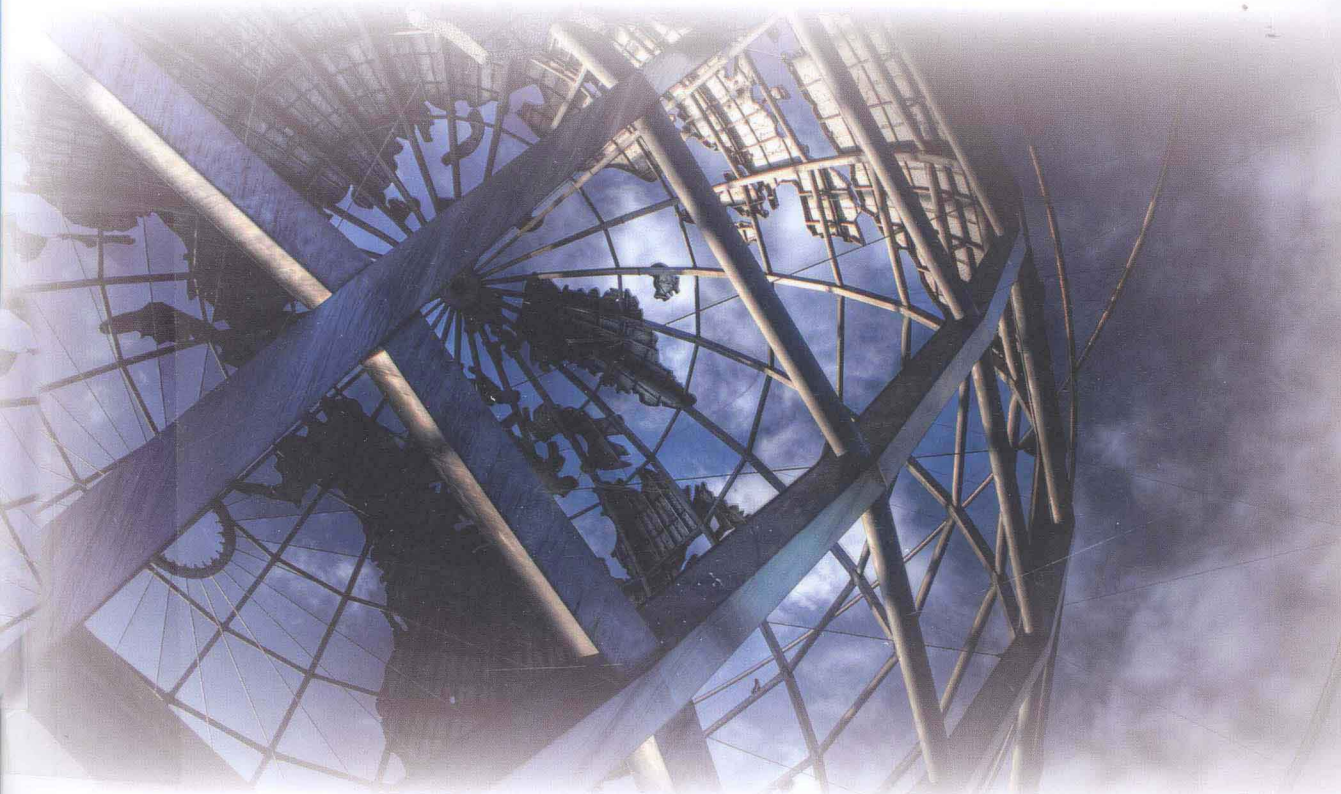


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

机械设计基础

第六版

杨可桢 程光蕴 李仲生 钱瑞明 主编



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

机械设计基础

Jixie Sheji Jichu

第六版

杨可桢 程光蕴 李仲生 钱瑞明 主编

 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是在前五版的基础上,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发布的有关国家标准修订而成的,是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

本书的体系和章节顺序与第五版相同。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。

本书可作为高等工科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。

本书第二版曾获全国第一届高等学校优秀教材国家教委一等奖。本书第五版被评为 2007 年度普通高等教育精品教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/杨可桢等主编. -- 6 版. -- 北京:
高等教育出版社, 2013. 8
ISBN 978 - 7 - 04 - 037624 - 1

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(2013)第 134899 号

策划编辑 薛立华 责任编辑 薛立华 封面设计 杨立新 版式设计 马敬茹
责任校对 杨凤玲 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	高教社(天津)印务有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	1979 年 5 月第 1 版
印 张	21.25		2013 年 8 月第 6 版
字 数	520 千字	印 次	2013 年 8 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	31.10 元
咨询电话	400 - 810 - 0598		

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 37624 - 00

第六版序

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,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而成的。

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,以期保持本书简明、实用的特色。

为了适应我国实施创新驱动发展战略的形势要求,本次修订根据新近发布的国家标准、规范,对书中的术语、图表、数据进行了全面订正和更新。本书编者还走访多所院校,听取使用本教材师生的宝贵建议,对教材作出局部修改,使之更加完善。

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。参加第六版修订工作的有程光蕴、胡哲鸿、李永年、李仲生(负责9~18章统稿)、钱瑞明(负责1~8章统稿)。

本书第六版承天津大学张策教授细心审阅,他对本次修订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:南京市江宁区东南大学机械工程学院设计工程系(邮编211189)。

编者
2013年1月

目 录

绪论	1	§ 4-9 锥齿轮机构	72
§ 0-1 本课程研究的对象和内容	1	习题	75
§ 0-2 本课程在教学中的地位	3	第 5 章 轮系	77
§ 0-3 机械设计的基本要求和一般过程	4	§ 5-1 轮系的类型	77
习题	5	§ 5-2 定轴轮系及其传动比	77
第 1 章 平面机构的自由度和速度分析	6	§ 5-3 周转轮系及其传动比	80
§ 1-1 运动副及其分类	6	§ 5-4 复合轮系及其传动比	83
§ 1-2 平面机构运动简图	8	§ 5-5 轮系的应用	84
§ 1-3 平面机构的自由度	10	§ 5-6 几种特殊的行星传动简介	86
§ 1-4 速度瞬心及其在机构速度分析上 的应用	14	习题	89
习题	17	第 6 章 间歇运动机构	92
第 2 章 平面连杆机构	21	§ 6-1 棘轮机构	92
§ 2-1 平面四杆机构的基本类型及其应用	21	§ 6-2 槽轮机构	94
§ 2-2 平面四杆机构的基本特性	27	§ 6-3 不完全齿轮机构	96
§ 2-3 平面四杆机构的设计	32	§ 6-4 凸轮间歇运动机构	97
习题	36	习题	97
第 3 章 凸轮机构	39	第 7 章 机械运转速度波动的调节	98
§ 3-1 凸轮机构的应用和类型	39	§ 7-1 机械运转速度波动调节的目的 和方法	98
§ 3-2 从动件的运动规律	40	§ 7-2 飞轮设计的近似方法	99
§ 3-3 凸轮机构的压力角	43	§ 7-3 飞轮主要尺寸的确定	103
§ 3-4 图解法设计凸轮轮廓	45	习题	104
§ 3-5 解析法设计凸轮轮廓	49	第 8 章 回转件的平衡	106
习题	51	§ 8-1 回转件平衡的目的	106
第 4 章 齿轮机构	54	§ 8-2 回转件的平衡计算	106
§ 4-1 齿轮机构的特点和类型	54	§ 8-3 回转件的平衡试验	110
§ 4-2 齿廓实现定角速比传动的条件	55	习题	112
§ 4-3 渐开线齿廓	56	第 9 章 机械零件设计概论	114
§ 4-4 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮 的基本尺寸	57	§ 9-1 机械零件设计概述	114
§ 4-5 渐开线标准齿轮的啮合	60	§ 9-2 机械零件的强度	115
§ 4-6 渐开线齿轮的切齿原理	62	§ 9-3 机械零件的接触强度	122
§ 4-7 根切、最少齿数及变位齿轮	65	§ 9-4 机械零件的耐磨性	124
§ 4-8 平行轴斜齿轮机构	68	§ 9-5 机械制造常用材料及其选择	125
		§ 9-6 极限与配合、表面粗糙度和	

优先数系	128	结构	198
§ 9-7 机械零件的工艺性及标准化	132	§ 12-4 圆柱蜗杆传动的受力分析	199
习题	133	§ 12-5 圆柱蜗杆传动的强度计算	200
第 10 章 连接	135	§ 12-6 圆柱蜗杆传动的效率、润滑和 热平衡计算	204
§ 10-1 螺纹参数	135	习题	206
§ 10-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	136	第 13 章 带传动和链传动	208
§ 10-3 机械制造常用螺纹	139	§ 13-1 带传动的类型和应用	208
§ 10-4 螺纹连接的基本类型及螺纹 紧固件	142	§ 13-2 带传动的受力分析	210
§ 10-5 螺纹连接的预紧和防松	144	§ 13-3 带的应力分析	212
§ 10-6 螺栓连接的强度计算	147	§ 13-4 带传动的弹性滑动、传动比和 打滑现象	214
§ 10-7 螺栓的材料和许用应力	152	§ 13-5 V 带传动的计算	215
§ 10-8 提高螺栓连接强度的措施	153	§ 13-6 V 带轮的结构	227
§ 10-9 螺旋传动	155	§ 13-7 同步带传动简介	229
§ 10-10 滚动螺旋简介	158	§ 13-8 链传动的特点和应用	229
§ 10-11 键连接和花键连接	159	§ 13-9 链条和链轮	230
§ 10-12 销连接	164	§ 13-10 链传动的运动分析和受力分析	234
习题	165	§ 13-11 链传动的主要参数及其选择	236
第 11 章 齿轮传动	168	§ 13-12 滚子链传动的计算	238
§ 11-1 轮齿的失效形式和设计计算准则	168	§ 13-13 链传动的润滑和布置	241
§ 11-2 齿轮材料及热处理	170	习题	244
§ 11-3 齿轮传动的精度	172	第 14 章 轴	245
§ 11-4 直齿圆柱齿轮传动的作用力及 计算载荷	172	§ 14-1 轴的功用和类型	245
§ 11-5 直齿圆柱齿轮传动的齿面接触 强度计算	174	§ 14-2 轴的材料	246
§ 11-6 直齿圆柱齿轮传动的轮齿弯曲 强度计算	176	§ 14-3 轴的结构设计	247
§ 11-7 圆柱齿轮材料和参数的选取与 计算方法	178	§ 14-4 轴的强度计算	249
§ 11-8 斜齿圆柱齿轮传动	180	§ 14-5 轴的刚度计算	253
§ 11-9 直齿锥齿轮传动	183	§ 14-6 轴的临界转速的概念	255
§ 11-10 齿轮的构造	185	习题	255
§ 11-11 齿轮传动的润滑和效率	188	第 15 章 滑动轴承	258
§ 11-12 圆弧齿轮传动简介	190	§ 15-1 摩擦状态	258
习题	191	§ 15-2 滑动轴承的结构形式	259
第 12 章 蜗杆传动	193	§ 15-3 轴瓦及轴承衬材料	261
§ 12-1 蜗杆传动的特点和类型	193	§ 15-4 润滑剂和润滑装置	262
§ 12-2 圆柱蜗杆传动的主要参数和 几何尺寸	194	§ 15-5 非液体摩擦滑动轴承的计算	266
§ 12-3 蜗杆传动的失效形式、材料和 结构	198	§ 15-6 动压润滑的基本原理	268
		§ 15-7 向心动压轴承的几何关系与 承载量的计算	271
		§ 15-8 液体动压多油楔轴承与静压 轴承简介	273

习题	275	§ 17-8 定向离合器	308
第 16 章 滚动轴承	276	§ 17-9 制动器	309
§ 16-1 滚动轴承的基本类型和特点	276	习题	311
§ 16-2 滚动轴承的代号	280	第 18 章 弹簧	313
§ 16-3 滚动轴承的选择计算	282	§ 18-1 弹簧的功用和类型	313
§ 16-4 滚动轴承的润滑和密封	289	§ 18-2 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的应力 与变形	314
§ 16-5 滚动轴承的组合设计	291	§ 18-3 弹簧的制造、材料和许用应力	316
习题	294	§ 18-4 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的设计	319
第 17 章 联轴器、离合器和制动器	296	§ 18-5 其他弹簧简介	324
§ 17-1 联轴器、离合器的类型和应用	296	习题	326
§ 17-2 固定式刚性联轴器	297	附录 滚动轴承基本额定动载荷与 静载荷	328
§ 17-3 可移式刚性联轴器	297	参考文献	330
§ 17-4 弹性联轴器	301		
§ 17-5 牙嵌离合器	303		
§ 17-6 圆盘摩擦离合器	304		
§ 17-7 磁粉离合器	307		

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转的机械能。

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。

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、有一个构件为机架、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、

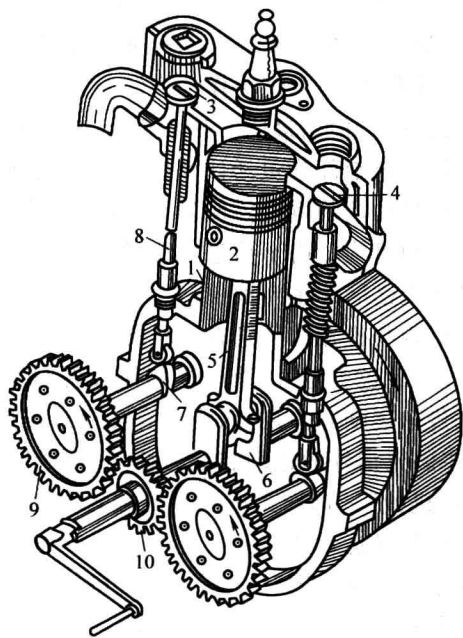


图 0-1 内燃机

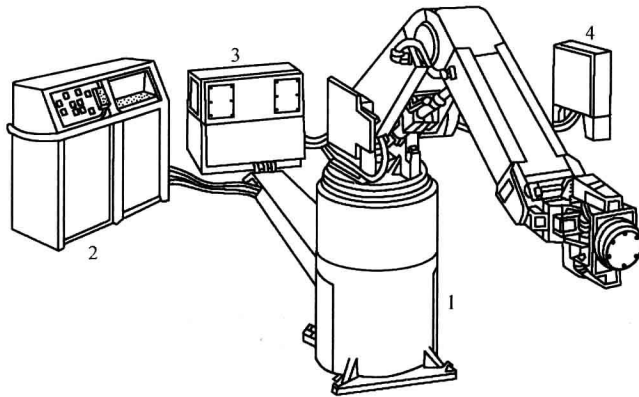


图 0-2 工业机器人

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。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

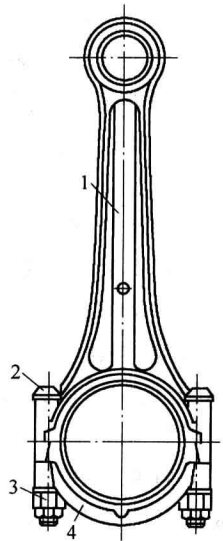


图 0-3 连杆

^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。

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9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,扼要介绍相关国家标准和规范。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。

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。这些新的机械设计方法,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,是高等学校工科有关专业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,设备的选购、正确使用和维护及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。为了加速社会主义现代化建设的步伐,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。起落架故障引发空难,刹车失灵酿成车祸,密封件泄漏导致“挑战者号”航天飞机失事,频繁出现的汽车“召回”事件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”而滥用贵重材料会徒然增加成本。

(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,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。确保机械在使用过程中不泄漏水、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。

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;拟订设计方案;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章至第8章着重介绍选择机构和拟订设计方案的有关知识,第9章至第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。为了便于理解,可将机械设计的一般过程用图0-4所示的框图表示。

^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。

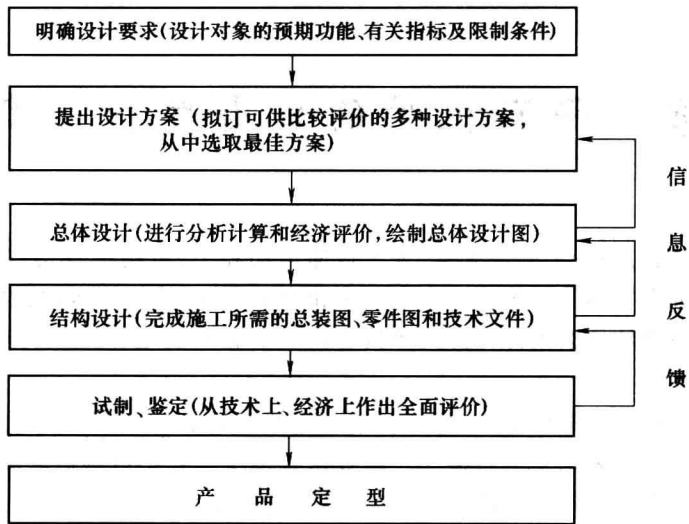


图 0-4 机械设计的一般过程

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?

设计人员既要富有创造精神,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,机构中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。

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。

在研究机构的工作特性和运动情况时,常常要分析确定机构中有关构件的运动规律,如构件整体的位置、角位移、角速度、角加速度,构件上一点的轨迹、位移、速度、加速度等运动参数。这些运动分析的内容和方法在理论力学中均有所介绍,本章仅讨论利用速度瞬心对平面机构进行速度分析的方法。

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 可随其上任意一点 A 沿 x 轴、 y 轴方向独立移动和绕 A 点独立转动。构件相对于参考坐标系的独立运动的数目称为自由度。所以,一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。

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。

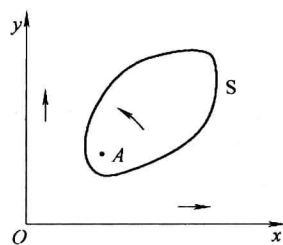


图 1-1 平面运动刚体的自由度

(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。

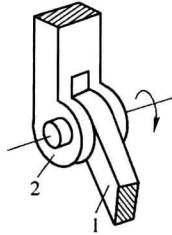


图 1-2 转动副

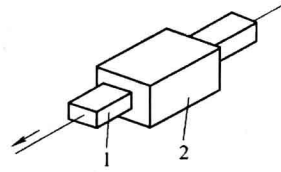


图 1-3 移动副

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 1-4b 中的凸轮 1 与从动件 2、图 1-4c 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公切线 $t-t$ 方向的相对移动和在平面内的相对转动。

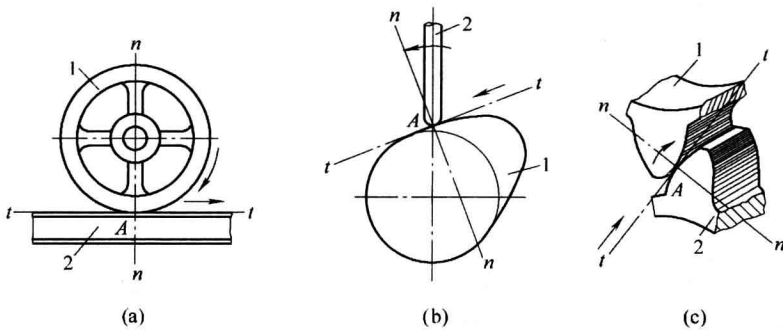


图 1-4 平面高副举例

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

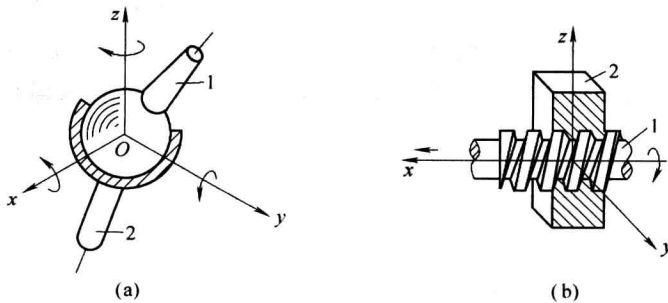


图 1-5 球面副和螺旋副

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。

§ 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。

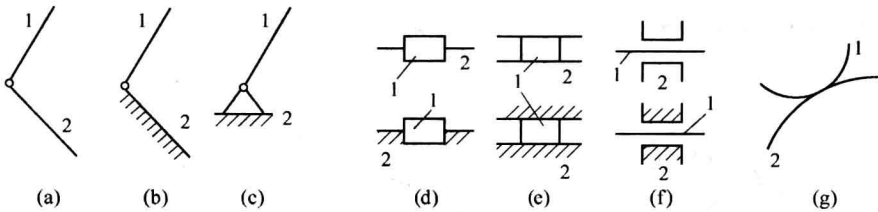


图 1-6 平面运动副的表示方法

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。其他常用构件及运动副的表示方法可参

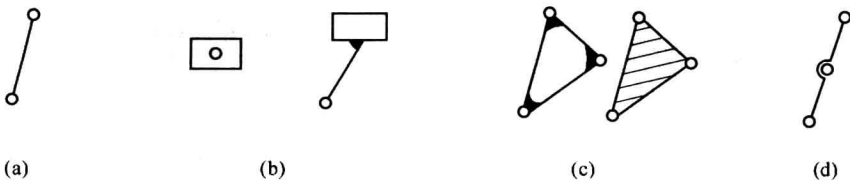


图 1-7 构件表示方法

看GB/T 4460—1984《机械制图 机构运动简图符号》。

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。

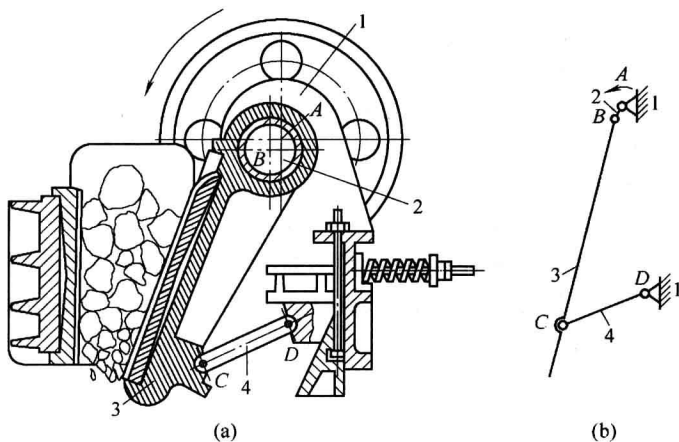


图1-8 颚式破碎机及其机构运动简图

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的尺寸定出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上标注表示运动方向的箭头。

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,所以在机构运动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。

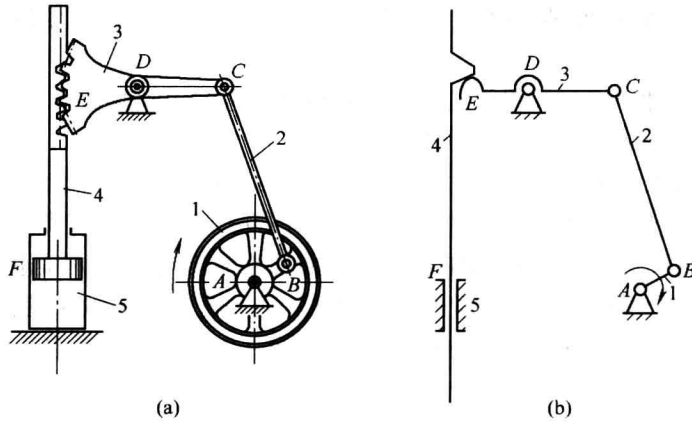


图 1-9 活塞泵及其机构运动简图

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 是原动件,构件 2、3、4 是从动件。当原动件 1 回转时,活塞在气缸中往复运动。

各构件之间的连接如下:构件 1 和 5、2 和 1、3 和 2、3 和 5 之间为相对转动,分别构成 A、B、C、D 转动副。构件 3 的轮齿与构件 4 的齿构成平面高副 E。构件 4 与 5 之间为相对移动,构成移动副 F。

选取适当比例,按图 1-9a 的尺寸定出 A、B、C、D、E、F 的相对位置,用构件和运动副的规定符号画出机构运动简图,在原动件 1 上标注表示运动方向的箭头,如图 1-9b 所示。

应当说明,绘制机构运动简图时,原动件的位置选择不同,所绘机构运动简图的图形也不同。当原动件位置选择不当时,构件互相重叠交叉,使图形不易辨认。为了清楚地表达各构件的相互关系,绘图时应当选择一个恰当的原动件位置。

§ 1-3 平面机构的自由度

机构的各构件之间应具有确定的相对运动。显然,不能产生相对运动或无规则乱动的一堆构件难以用来传递运动。为了使组合起来的构件能产生运动并具有运动确定性,有必要探讨机构自由度和机构具有确定运动的条件。

一、平面机构自由度计算公式

如前所述,一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。因此,平面机构的每个活动构件,在未用运动副连接之前,都有三个自由度,即沿 x 轴和 y 轴的移动以及在 xOy 平面内的转动。当两构件组成运动副之后,它们的相对运动受到约束,自由度随之减少。不同种类的运动副引入的约束不同,所保留的自由度也不同。例如图 1-2 所示的转动副,约束了两个移动自由度,只保留一个转动自由度;而移动副(图 1-3)约束了沿一轴方向的移动和在平面内的转动两个自由度,