

高等学校教材

机械设计基础

(第三版)

杨可桢 程光蕴 主编

高等教育出版社

本书第二版荣获国家教委高等学校优秀教材一等奖(1976~1985)。本书第三版是根据1987年3月国家教委批准印发的《高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求(110~130学时)》和几年来各校使用这本教材的实践经验修订的。

本书的体系和章节顺序与第二版相同,但在内容上作了更新和增补,并增添了较多的例题和习题,对某些叙述过于繁琐的部分则作了删节。

和过去一样,本书仍从满足教学基本要求、贯彻少而精原则出发,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,以期保持一本简明教材的特色。

本书可作为高等工科大学机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

机 械 设 计 基 础

(第三版)

杨可桢, 程光蕴 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张21.25 字数 500 000

1979年5月第1版 1989年5月第3版 1989年5月第 次印刷

印数0 001—33 200

ISBN 7-04-002089-0/TH·189

定价 4.40元

第三版序

《机械设计基础》第三版是根据1987年3月国家教委批准印发的《高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求(参考学时范围:110~130学时)》和几年来各校使用这本教材的实践经验,编写修订的。

本书的体系和章节顺序与第二版相同。若有必要,在组织教学时可适当调整本书的章节顺序。

与第二版相比,本次修订主要是在内容上作了更新和增补,并增添了较多的例题和习题。更新和增补的内容主要有:机械设计的一般过程、瞬心法在机构速度分析上的应用、连杆机构和凸轮机构设计的解析法、计算和绘制凸轮的程序框图、组合机构、机械零件的耐磨性、焊接、蜗杆传动、带传动和链传动、滚动轴承、制动器等。此外,对某些叙述过于繁琐的部分则作了删减。

本书采用了我国的法定计量单位和近年来颁布的有关国家标准。

本书小号字部分为论证及延伸内容,使用本书时可酌情取舍。

和过去一样,编者仍试图从满足教学基本要求、贯彻少而精原则出发,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,以期保持一本简明教材的特色。

本书承大连理工大学胡西樵、马书山两位教授细心审阅,提出了很多宝贵意见,编者对此深表感谢。

参加本书第三版编写修订的有程光蕴(第一、二、四、五、七、八章),钱庆蕊(第三、六章),胡宗祺(第十五、十七章),杨可桢(绪论及其余各章),仍由杨可桢、程光蕴担任主编。

此外,东南大学凌云协助进行了部分修订工作,阮嘉仪描绘增补和更新的插图。

最后,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提出批评。对本书的意见请寄东南大学机械原理及机械零件教研室。

编 者

1988年8月

第二版序

本书是在第一版(1979年3月人民教育出版社出版)的基础上,根据1980年8月审订的高等工业学校四年制近机类、动力类专业试用《机械原理及机械零件教学大纲》(草案)的内容,按大纲下限(100学时)修订的。

本书修订后,除绪论外,共分十八章。前八章叙述常用机构以及机器动力学的基本知识,后十章叙述通用零件的工作原理、特点和设计计算等。同第一版相比,齿轮机构一章只叙述齿轮的啮合原理和几何计算,关于齿轮承载能力的设计计算则另成一章,称为齿轮传动;螺旋传动附在联接一章的蜗纹联接一节之后;将带传动和链传动合并改写成一章;其余章节也进行了删改和重写。这样编排是从学生的认识规律和循序渐进的原则考虑的,而且便于组织教学。

本书力求将基本概念阐述清楚,在此前提下,尽量使分量恰当、叙述简洁。

本书小号字部分为论证及延伸内容,带星号部分为选学内容。使用本书时可酌情取舍。

本书附录仅摘录了少量与正文密切相关的数据资料,其他一般设计资料可查阅有关设计手册。

参加本书第一版编写的有: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;上海科学技术大学谢伟民、胡哲鸿;华东化工学院李永年、李仲生。在这次修订中,仍由原编写者提供修订初稿。除此以外,南京工学院龚善康、朱刚恒也参加本书修订工作。杨可桢、程光蕴担任主编。

本书承大连工学院胡西樵、马书山、高桂茹同志审阅,提出很多宝贵意见,编者表示衷心感谢。

限于编者水平,谬误欠妥之处在所难免,深望使用本书的教师和读者批评指正。对本书的意见请寄南京工学院机械原理及机械零件教研组。

编 者

1981年9月

主要符号表

<p>a——中心距、线加速度 A——面积、功 b, B——厚度、宽度 c, C——系数 d, D——直径 E——[拉、压]弹性模量 f——摩擦系数 F——力、自由度 G——力、重量、切变模量 h, H——高度 i——数目、传动比 I——[轴]惯性矩 I_p——极惯性矩 J——转动惯量 k, K——系数、数目 l, L——长度 m——质量、模数 M——力矩、弯矩 n——转速、数目 N——力、循环次数 p——压强 P——功率、力 Q——力、流量 r, R——半径 s, S——安全系数、力 t——时间、温度 T——转矩、扭矩、力 v——速度 W——重量、力 z——数目、齿数</p>	<p>Z——截面系数 Z_p——极截面系数 α——角度、系数 β——角度、系数 γ——角度、系数、密度、重度 δ, Δ——厚度、间隙 ε——角加速度、重合度、滑动率 η——效率、[动力]粘度 θ——角度 μ——泊松比、长度系数 ν——运动粘度 ρ——摩擦角、曲率半径 σ——正应力、拉应力 σ_B——强度极限 σ_a——应力幅 σ_b——弯曲应力 σ_c——离心拉应力 σ_e——有效应力、当量应力 σ_p——挤压应力 σ_s——屈服极限 σ_m——平均应力 σ_{-1}——对称循环弯曲疲劳极限 τ——切应力、剪应力、扭切应力 τ_B——剪切强度极限 τ_s——剪切屈服极限 τ_{-1}——对称循环剪切疲劳极限 φ——角度 Φ——系数 ω——角速度 ψ——系数</p>
--	---

目 录

绪论	1	§ 5-3 周转轮系及其传动比	80
§ 0-1 本课程研究的对象和内容	1	§ 5-4 混合轮系及其传动比	83
§ 0-2 本课程在教学中的地位	2	§ 5-5 轮系的应用	83
§ 0-3 机械设计的基本要求和一般过程	3	§ 5-6 几种特殊的行星传动简介	86
第一章 平面机构的自由度和速度分析	5	第六章 其他常用机构	92
§ 1-1 运动副及其分类	5	§ 6-1 棘轮机构	92
§ 1-2 平面机构运动简图	7	§ 6-2 槽轮机构	94
§ 1-3 平面机构的自由度	9	§ 6-3 不完全齿轮机构	96
§ 1-4 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用	13	§ 6-4 凸轮间歇运动机构	97
§ 6-5 组合机构	13	§ 6-5 组合机构	98
第二章 平面连杆机构	19	第七章 机械速度波动的调节	100
§ 2-1 铰链四杆机构的基本型式和特性	19	§ 7-1 机械速度波动调节的目的和方法	100
§ 2-2 铰链四杆机构的曲柄存在条件	24	§ 7-2 机械运转的平均速度和不均匀系数	101
§ 2-3 铰链四杆机构的演化	26	§ 7-3 飞轮设计的近似方法	102
§ 2-4 平面四杆机构的设计	30	第八章 回转件的平衡	108
第三章 凸轮机构	38	§ 8-1 回转件平衡的目的	108
§ 3-1 凸轮机构的应用和类型	38	§ 8-2 回转件的平衡计算	108
§ 3-2 从动件的常用运动规律	39	§ 8-3 回转件的平衡试验	112
§ 3-3 图解法设计凸轮轮廓	43	第九章 机械零件设计概论	117
§ 3-4 解析法设计凸轮轮廓	47	§ 9-1 机械零件设计概述	117
§ 3-5 设计凸轮机构应注意的问题	50	§ 9-2 机械零件的强度	118
第四章 齿轮机构	54	§ 9-3 机械零件的接触强度	123
§ 4-1 齿轮机构的特点和类型	54	§ 9-4 机械零件的耐磨性	126
§ 4-2 齿廓啮合基本定律	55	§ 9-5 机械制造常用材料及其选择	126
§ 4-3 渐开线齿廓	55	§ 9-6 公差与配合、表面粗糙度和优先数系	129
§ 4-4 齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸	58	§ 9-7 机械零件的工艺性及标准化	132
§ 4-5 渐开线标准齿轮的啮合	60	第十章 联接	135
§ 4-6 渐开线齿轮的切齿原理	63	§ 10-1 螺纹参数	135
§ 4-7 根切现象、最少齿数及变位齿轮	65	§ 10-2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	136
§ 4-8 平行轴斜齿齿轮机构	69	§ 10-3 机械制造常用螺纹	138
§ 4-9 圆锥齿轮机构	73	§ 10-4 螺纹联接的基本类型及螺纹紧固件	141
第五章 轮系	78	§ 10-5 螺纹联接的预紧和防松	141
§ 5-1 轮系的类型	78	§ 10-6 螺栓联接的强度计算	141
§ 5-2 定轴轮系及其传动比	78	§ 10-7 螺栓的材料和许用应力	141
		§ 10-8 提高螺栓联接强度的措施	141

§ 10-9	螺旋传动	155	§ 13-12	滚子链传动的计算	232
§ 10-10	滚动螺旋简介	157	§ 13-13	链传动的润滑和布置	237
§ 10-11	键联接和花键联接	158	第十四章 轴		240
§ 10-12	销联接	163	§ 14-1	轴的功用和类型	240
§ 10-13	焊接和粘接	163	§ 14-2	轴的材料	241
§ 10-14	过盈配合联接	167	§ 14-3	轴的结构设计	242
第十一章 齿轮传动		171	§ 14-4	轴的强度计算	244
§ 11-1	轮齿的失效形式	171	§ 14-5	轴的刚度计算	249
§ 11-2	齿轮材料及热处理	172	§ 14-6	轴的临界转速的概念	251
§ 11-3	齿轮传动的精度	174	第十五章 滑动轴承		254
§ 11-4	直齿圆柱齿轮传动的 作用力及计算 载荷	175	§ 15-1	摩擦状态	254
§ 11-5	直齿圆柱齿轮传动的 齿面接触强度 计算	176	§ 15-2	滑动轴承的结构型式	255
§ 11-6	直齿圆柱齿轮传动的 轮齿弯曲强度 计算	179	§ 15-3	轴瓦及轴承衬材料	257
§ 11-7	斜齿圆柱齿轮传动	183	§ 15-4	润滑剂和润滑装置	258
§ 11-8	直齿圆锥齿轮传动	185	§ 15-5	非液体摩擦滑动轴承 的计算	262
§ 11-9	齿轮的构造	188	§ 15-6	动压润滑的形成原理	264
§ 11-10	齿轮传动的润滑和效率	188	§ 15-7	液体动压润滑的基本 方程	265
§ 11-11	圆弧齿轮传动简介	191	§ 15-8	液体动压单油楔向心 轴承的设计计算	267
第十二章 蜗杆传动		195	§ 15-9	液体动压多油楔轴承 简介	274
§ 12-1	蜗杆传动的特点和类型	195	§ 15-10	静压轴承与空气轴承 简介	275
§ 12-2	蜗杆传动的主要参数 和几何尺寸	196	第十六章 滚动轴承		278
§ 12-3	蜗杆传动的失效形式、 材料和结构	199	§ 16-1	滚动轴承的基本类型 和特点	278
§ 12-4	蜗杆传动的受力分析	201	§ 16-2	滚动轴承的代号	281
§ 12-5	蜗杆传动的强度计算	201	§ 16-3	滚动轴承的失效形式 及选择计算	283
§ 12-6	蜗杆传动的效率、润 滑和热平衡计算	203	§ 16-4	滚动轴承的润滑和密 封	290
第十三章 带传动与链传动		207	§ 16-5	滚动轴承的组合设计	290
§ 13-1	带传动的类型和应用	207	第十七章 联轴器、离合器和制动器		296
§ 13-2	带传动的受力分析	209	§ 17-1	联轴器、离合器的类 型和作用	296
§ 13-3	带的应力分析	210	§ 17-2	固定式刚性联轴器	296
§ 13-4	带传动的弹性滑动和 传动比	212	§ 17-3	可移式刚性联轴器	297
§ 13-5	普通V带传动的计算	214	§ 17-4	弹性联轴器	300
§ 13-6	V带轮的结构	222	§ 17-5	牙嵌离合器	302
§ 13-7	同步带传动简介	224	§ 17-6	圆盘摩擦离合器	303
§ 13-8	链传动的特点和应用	225	§ 17-7	磁粉离合器	306
§ 13-9	链条和链轮	225	§ 17-8	定向离合器	307
§ 13-10	链传动的运动分析和 受力分析	228	§ 17-9	制动器	308
	链传动的主要参数及 其选择	231	第十八章 弹簧		311
			§ 18-1	弹簧的功用和类型	311
			§ 18-2	圆柱拉伸、压缩螺旋 弹簧的应力与变形	312

§ 18-3 弹簧的制造、材料和许用应力.....	314	附表 3 圆锥滚子轴承的径向额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	326
§ 18-4 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的设计...	316	附表 4 凸缘联轴器的型式、基本参数和主要尺寸.....	326
§ 18-5 其他弹簧简介.....	321	附表 5 TL型弹性套柱销联轴器的基本参数和主要尺寸.....	328
附录	325	主要参考书	330
附表 1 向心轴承的径向额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	325		
附表 2 角接触向心球轴承的径向额定动载荷 C_r 和径向额定静载荷 C_{0r}	325		

绪 论

§ 0-1 本课程研究的对象和内容

人类通过长期的生产实践逐渐创造了机器。在现代生产和日常生活中,经常见到的电动机、内燃机、起重机、各种机床以及缝纫机、洗衣机等都是机器。

机器的类型很多,用途不一,但它们却有一些共同的特征。

如图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机,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 等所组成。燃气推动活塞作往复移动,经连杆转变为曲轴 6 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,在曲轴和凸轮轴之间安装了齿轮,齿数比为 1:2。这样。当燃气推动活塞运动时,进排气阀有规律地启闭,就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。又如发电机主要是由转子(电枢)和定子所组成。当驱动转子回转时,发电机就把机械能转换为电能。再如洗衣机是由电动机,经带传动使叶轮回转,搅动洗涤液来进行工作。从以上三个例子可以看出,机器具有下列特征,1)它们是人造的实物的组合;2)它们各部分之间具有确定的相对运动;3)它们用来代替或减轻人类的劳动去完成有用的机械功(如起重机、金属切削机床和洗衣机)或转换机械能(如内

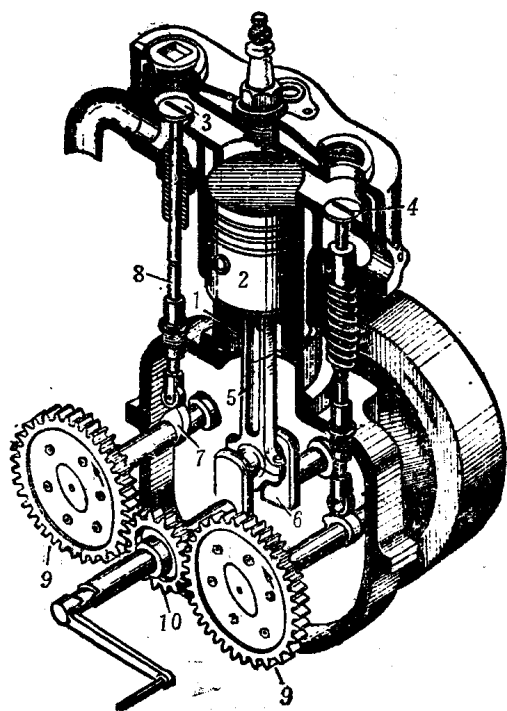


图 0-1 内燃机

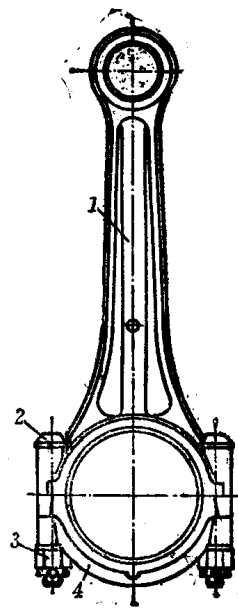


图 0-2 连杆

机、发电机)。

机构也是人为的实物组合,其各部分之间具有确定的相对运动。所以机构只具有机器的前两个特征。在内燃机中,活塞(看作滑块)、连杆、曲轴(即曲柄)和气缸体组成一个曲柄滑块机构,可将活塞的往复移动转变为曲轴的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮的连续转动变为顶杆的有规律的往复移动。而曲轴、凸轮轴上的齿轮和气缸体组成齿轮机构,可使两轴保持一定的转速比。由此可见,机器是由机构组成的。一部机器可以包含几个机构;也可以只包含一个机构,如电动机、鼓风机。

若撇开机器在作功和转换能量方面所起的作用,仅从结构和运动的观点来看,则机器与机构之间并无区别。因此,习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是几个零件组成的刚性联结。如图 0-2 所示内燃机的连杆就是由连杆体1、连杆盖4、螺栓2以及螺母3等几个零件组成。这些零件形成一个整体而进行运动,所以称为一个构件。由此可知,构件是运动的单元,而零件是制造的单元^①。

机器中普遍使用的机构称为常用机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

机械中的零件可以分为两类。一类称为通用零件,它在各种机械中都能经常遇到,如齿轮、螺钉、轴、弹簧等。另一类称为专用零件,它只出现于某些机械之中,如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

“机械设计基础”(或称为“机械原理及机械零件”)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。

本书前半部分属机械原理范围,着重研究机械中的常用机构及机器动力学的基本知识(如机械的调速和平衡);第九章及其后各章属机械零件范围,着重研究常用的联接(如螺纹联接、焊接等),机械传动(螺旋传动、带传动、链传动、齿轮和蜗杆传动),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。

随着科学技术的发展,特别是电子计算机的应用,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、传热问题进行数值计算;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,故不包括在本课程之中。

§ 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、土建、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员,将会经常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当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、电工学一样,是高等学

^① 另外,通常把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,如联轴器、滚动轴承、减速器等。但在一般论述中,对零件和部件往往不作严格区分,而统称为零件。

校工科有关专业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,在了解各种机械的传动原理、设备的正确使用和维护及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,可以培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力,为日后从事技术革新创造条件。

机械设计是许多理论和实际知识的综合运用。机械设计基础的先修课程主要是画法几何及机械制图、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。除此以外,考虑到许多近代机械设备并非单纯采用机械传动,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电力传动和电子技术等有关知识。

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,应当对现有机械设备进行技术改造,以充分挖掘企业潜力;应当设计出各种高质量的成套设备来装备各个生产部门;还应当研究和设计出完善的机械手和机器人,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会发挥越来越大的作用,它本身也将会得到更大的发展。

§ 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,在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低,在预定使用期限内安全可靠,操作方便、维修简单和造型美观等。

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;然后进行零部件工作能力计算、总体设计和结构设计。

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来表示(图0-3)。

设计人员必须善于把设计构思、设计方案,用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者,以取得批准和赞同。除具体技术问题外,设计人员还要论证下列问题:(1)此设计是否确为人们所需要?(2)有哪些特色?能否与同类产品竞争?(3)制造上是否经济?(4)维修保养是否完善方便?(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;要从实际情况出发;要调查研究;要广泛吸取用户和工艺人员的经验,在设计、加工、安装和调试过程中及时发现问题、反复修改,以期取得最佳的成果,并从中累积设计经验。

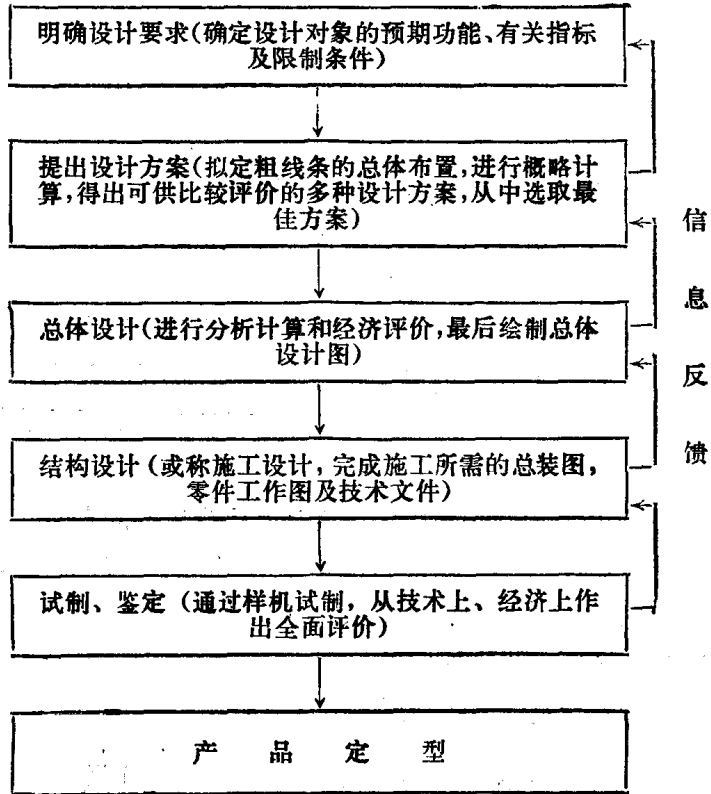


图 0-3 机械设计的一般过程

第一章 平面机构的自由度和速度分析

如绪论所述,机构是由构件组成的,它的各构件之间具有确定的相对运动。显然,任意拼凑的构件组合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。讨论构件按照什么条件进行组合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非常重要的。

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。

实际机械的外形和结构都很复杂,为了便于分析研究,在工程设计中应当学会用简单线条和符号来绘制机构的运动简图。

上述内容将在本章的各节中详细加以讨论。

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。目前工程中常见的机构大多属于平面机构,因此,本章限于讨论平面机构。

§ 1-1 运动副及其分类

一个作平面运动的自由构件有三个独立运动的可能性。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 轴方向移动和绕 A 点转动。这种可能出现的独立运动称为构件的自由度。所以一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

机构是由许多构件组成的。机构的每个构件都以一定的方式与某些构件相互联接。这种联接不是固定联接,而是能产生一定相对运动的联接。这种使两构件直接接触并能产生一定相对运动的联接称为运动副。例如轴与轴承的联接、活塞与气缸的联接、传动齿轮两个轮齿间的联接等都构成运动副。显然,构件组成运动副后,其独立运动便受到约束,自由度便随之减少。

两构件组成的运动副,不外乎通过点、线或面的接触来实现。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回转副和移动副两种。

(1) 回转副 若组成运动副的两构件只能在一个平面内相对转动,这种运动副称为回转副,或称铰链,如图 1-2 所示。在图 a 所示轴 1 与轴承 2 组成的回转副中,有一个构件是固定的,故称为固定铰链。图 b 所示构件 1 与构件 2 也组成回转副,它的两个构件都未固定,故称为活动铰链。

(2) 移动副 若组成运动副的两个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。

2. 高副

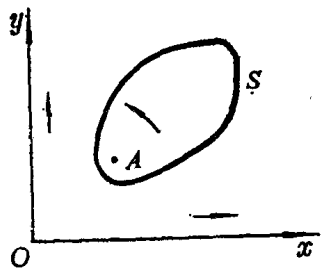


图 1-1 平面运动刚体的自由度

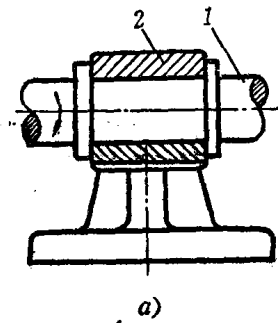


图 1-2 回转副

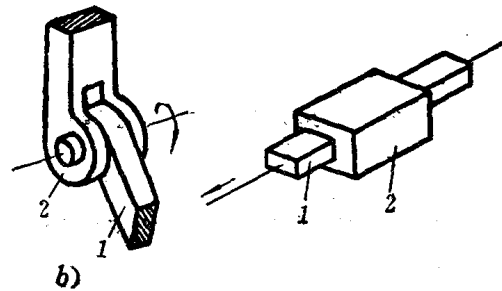


图 1-3 移动副

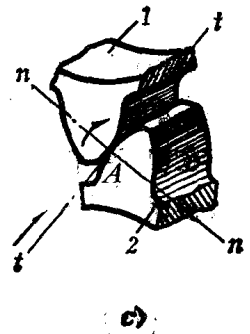
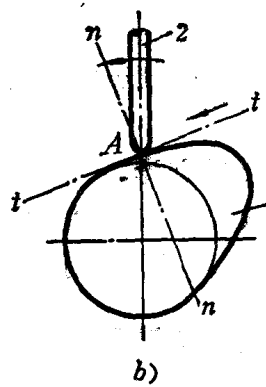
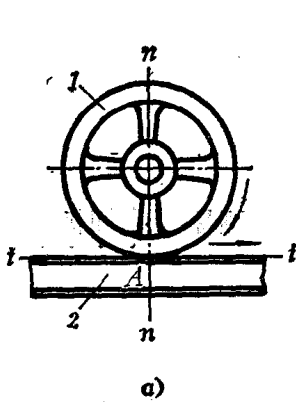


图 1-4 平面高副举例

两构件通过点或线接触组成的运动副称为高副。图 1-4, a 中的车轮与钢轨、图 b 中的凸轮与从动件、图 c 中的轮齿 1 与轮齿 2 分别在接触处 A 组成高副。组成平面高副二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。

除上述平面运动副之外,机械中还经常见到如图 1-5, a 所示的球面副和图 1-5, b 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,故属于空间运动副。空间运动副已超出本章讨论的范围,故不赘述。

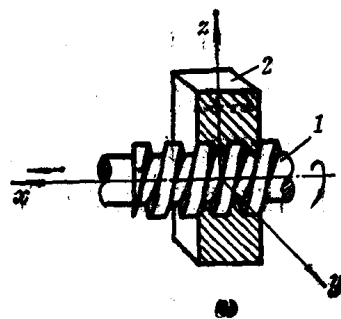
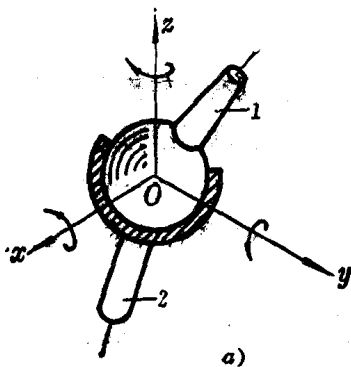


图 1-5 球面副和螺旋副

§ 1-2 平面机构运动简图

实际构件的外形和结构往往很复杂,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。这种说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**。

机构运动简图中的运动副表示如下:

图 1-6, *a*、*b*、*c* 是两个构件组成回转副的表示方法。用圆圈表示回转副,其圆心代表相对转动轴线。若组成回转副的二构件都是活动件,则用图 *a* 表示。若其中有一个为机架,则在代表机架的构件上加上斜线,如图 *b*、*c* 所示。

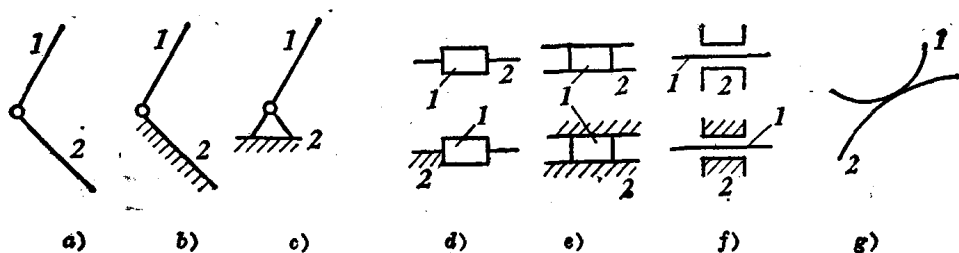


图 1-6 平面运动副的表示方法

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

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 1-6, *g* 所示。

图 1-7 为构件的表示方法。图 *a* 表示参与组成两个回转副的构件。图 *b* 表示参与组成一个

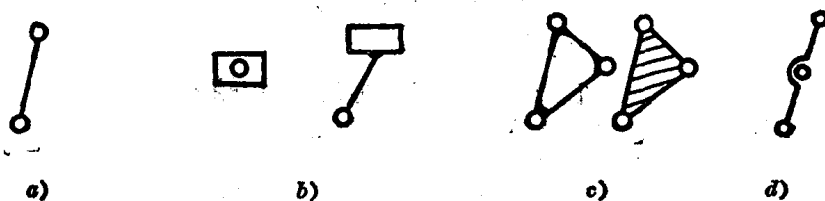


图 1-7 构件表示方法

回转副和一个移动副的构件。在一般情况下,参与组成三个回转副的构件可用三角形表示,如图 *c* 所示;如果三个回转副中心在一条直线上,则可用图 *d* 表示。超过三个运动副的构件的表示方法可依此类推。对于机械中常用的构件和零件,有时还可采用惯用画法,例如用细实线(或点划线)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“机构运动简图符号”。

机构中的构件可分为三类:

(1) 固定件(机架) 是用来支承活动构件的构件。例如图 0-1 中的气缸体就是固定件,它以支承活塞和曲轴等。研究机构中活动构件的运动时,常以固定件作为参考坐标系。

(2) 原动件 是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 是机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件。其中输出机构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, 连杆是用于传递运动的从动件。

任何一个机构中, 必有一个构件被相对地看作固定件。例如气缸体虽然跟随汽车运动, 但在研究发动机的运动时, 仍把气缸体当作固定件。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 1-8, a 所示颚式破碎机的机构运动简图。

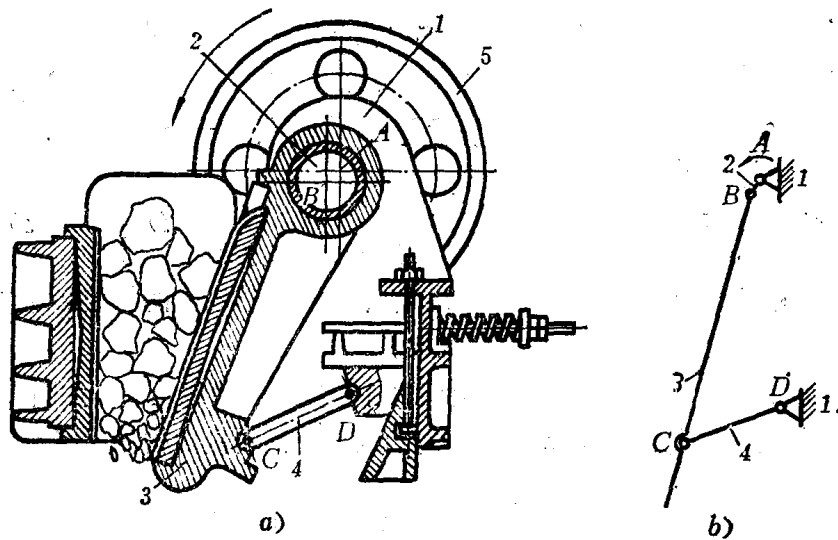


图 1-8 颚式破碎机及其机构运动简图

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 共四个构件组成。偏心轴是原动件, 动颚和肘板都是从动件。当偏心轴在与它固联的带轮 5 的拖动下绕轴线 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 与机架 1 绕轴线 A 相对转动, 故构件 1、2 组成以 A 为中心的回转副; 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 为中心的回转副; 肘板 4 与动颚 3 绕轴线 C 相对转动, 故构件 3、4 组成以 C 为中心的回转副; 肘板与机架绕轴线 D 相对转动, 故构件 4、1 组成以 D 为中心的回转副。

选定适当比例尺, 根据图 a 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 1-8, b 所示。

最后, 将图中的机架画上斜线, 并在原动件 2 上标出指示运动方向的箭头。

需要指出, 虽然动颚 3 与曲轴 2 是用一个半径大于 AB 的轴颈联接的, 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, 所以在简图中仍可用小圆圈表示。

例 1-2 绘制图 1-9, a 所示活塞泵机构的机构运动简图。

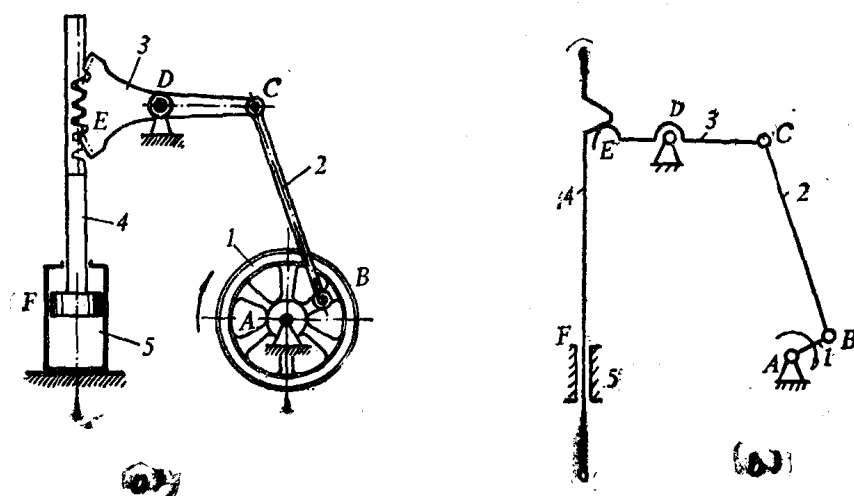


图 1-9 活塞系及其机构运动简图

解 活塞系由曲柄 1、连杆 2、齿扇 3、齿条活塞 4 和机架 5 共五个构件所组成。曲柄 1 是原动件，2、3、4 为从动件。当原动件 1 回转时，活塞在气缸中往复运动。

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

选取适当比例，按图 a 尺寸，用构件和运动副的规定符号画出机构运动简图，如图 1-9, b 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，构件互相重叠或交叉，使图形不易辨认。为了清楚地表达各构件的相互关系，应当选择恰当的原动件位置来绘图。

§ 1-3 平面机构的自由度

机构的各构件之间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是不能成为机构的。为了使组合起来的构件能产生相对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，在未用运动副联接之前，都有三个自由度，即沿 x 轴和 y 轴的移动，以及在 Oxy 平面内的转动。当两个构件组成运动副之后，它们的相对运动就受到约束，自由度数目即随之减少。不同种类的运动副引入的约束不同，所以保留的自由度也不同。例如图 1-2 所示的回转副约束了两个移动的自由度，只保留一个转动的自由度；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，只保留沿另一轴方向移动的自由度；高副(图 1-4)则只约束了沿接触处公法线 $n-n$ 方向移动的自由度，保留绕接触处的转动和沿接触处公切线 $t-t$ 方向移动的两个自由度。也可以说，在平面机构中，每个低副引入两个约束，使构件失去两个自由度；每个高副引入一个约束，使构件失去一个自由度。