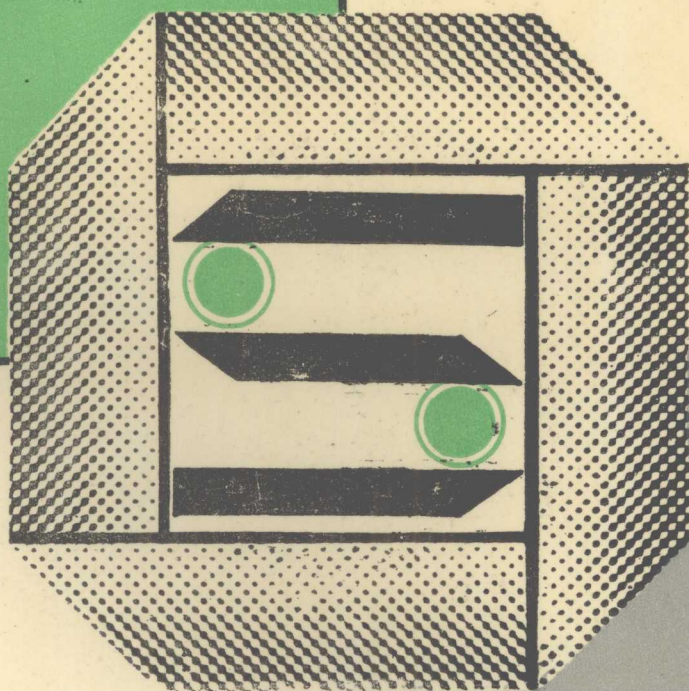


机械设计基础



成人中专试用教材



江苏省教育委员会编
潘旦君 主编
高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 提 要

本书是国家教委成人教育司委托省市成人中专协作组组织编写的成人中等专业学校机械类专业系列教材之一。

全书包括总论、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和减速器、间歇运动机构、螺纹联接和螺旋传动、带传动和链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴承、轴和轴的联接、弹簧、机械设计的一般问题等 14 章。内容少而精,实用性强,侧重能力培养。每章前编有内容提要,章后配有练习题,便于成人阅读,是一本简明易懂的教材。

本书可作为成人中等专业学校的机械类专业教材,也可作为中等层次的岗位培训教材及有关工程技术人员自学用书。

责任编辑 杨述先

成人中专试用教材

机械设计基础

江苏省教育委员会 编

潘旦君 主编

高等教育出版社出版发行

复旦大学印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

开本 787 × 1092 1/16 印张 17.25 字数 430 000

1991 年 10 月第 1 版 1991 年 10 月第 1 次印刷

印数 0 001—5,140

ISBN 7-04-003440-9/TH · 272

定价 4.90 元

出版说明

随着教育体制改革的深化,成人中专的教学质量在不断提高。为了保证成人中专的办学质量,满足各类成人中专(包括广播电视中专、干部中专、职工中专、函授中专等)对教材的要求,国家教委成人教育司委托省市成人中专协作组制定了成人中专部分专业的教学计划和教学大纲,组织编写了配套的教材,由高等教育出版社出版。

本次组织编写的专业教材是:机电专业、工业企业财务专业、商业企业财务专业、工业企业管理专业、商业企业经营管理专业等五个专业的部分教材,具体课程见下表:

机电专业	工业(商业)企业财务专业	工业企业管理专业	商业企业经营管理专业
电工学基础	实用统计	管理数学	商品知识与商品经营
电子技术基础	工业会计*	dBASE II 在经济管理中的应用	商业心理学
工程力学	商业会计*	工业企业经济活动分析*	商业法规常识
机械制图	经济法	工业技术基础	中国经济地理
公差配合与技术测量	审计学基础	会计原理与工业会计	市场学*
机械设计基础	会计原理*	统计原理与工业统计	商业财务与会计
工程材料及金属热加工	商业企业财务管理与分析	工业企业管理原理	商业计划与统计
	工业企业管理*	工业企业生产管理学	商业企业经营管理*
	商办工业会计	工业企业经营管理学	
	财政税务		
	建设单位会计		
	工业企业财务管理与分析		

* 已出版,待修订。

在编写教材时,力求突出成人教育的特点。教材内容以实例引路,深入浅出、应用为主,并注意必要的内容更新;在深浅度上,相当于全日制中等专业同类教材的水平,适合初中毕业程度的成人学习。在编排格式上考虑到便于自学的要求,每章的前面有本章学习指导或内容提要,每章末有本章小结,并附有思考题和练习题。

本批教材的编写工作是在部、省、市教育行政部门的直接组织和领导下进行的，每本教材在定稿前都按教学大纲的要求先后召开了编写提纲讨论会和审稿会，请各地的专家和有丰富教学经验的教师参加审定。在此我们向为本批教材作出贡献的部门、学校和有关同志表示衷心地感谢。

本批教材自 1991 年秋季起陆续供应，并对主要教材陆续配套出版学习辅导书，欢迎广大读者选用并提出宝贵意见。

高等教育出版社
职业教育成人教育部

前 言

本书是根据1989年10月国家教委成人教育司委托省市成人中专协作组在上海召开的成人中等专业学校机械类专业教学大纲审定会审订的《机械设计基础教学大纲(草案)》，按教学计划规定的学时(不包括课程设计为136学时)编写的，作为职工中专、干部中专、函授中专、广播电视中专和中专自学考试等《机械设计基础》课程的教材，适用于机械类各专业。本书也可作为中等层次岗位技术培训的教材，或供从事与机械有关工作的初、中级技术人员和高级技工参考。书中带“*”号的部分属于选学或延伸性内容，可根据专业性质和学时情况加以取舍，或供有余力的学生自学。不讲这部分内容时，学时数可以适当减少。

本书编写时从生产实际需要出发，力求简明易懂、新颖实用，以适应成人在职学习的特点。书中主要阐明最常用的基本知识，避免过于艰深的理论探讨，选取简单实用的设计方法，着重实际应用能力的培养。书中配置了各章提要、部分习题答案和必要的资料表格，以利自学并可供从事技术工作时参考。

全书共14章。考虑到教学计划中其他课程的安排，齿轮的机械原理和机械零件部分在前、后分别讲述。若其他课程可以衔接，可将九、十两章提前到第四章之后讲授。本书最后一章带有总结性，可以单独讲授，也可与课程设计结合起来讲授。

为便于教学，各章的课时建议安排如下，供各校教师参考。

	讲课时数	习题课时数	实验课时数	小 计
第 一 章	4		2	6
第 二 章	8	2		10
第 三 章	8			8
第 四 章	13	2	2	22
第 五 章	6	2		8
第 六 章	2			2
第 七 章	10	2		12
第 八 章	8			8
第 九 章	10		2	12
第 十 章	8			8
第 十 一 章	12	2		14
第 十 二 章	10		2	12
第 十 三 章	4			4
第 十 四 章	5			5
机 动	5			5
总 计	118	10	8	136

机械设计基础是一门实践性很强的课程,自学者应根据这一特点,注意学习方法:阅读时力求抓住要点,不要死记硬背(各章提要可在学完该章后再次阅读);自学应有进度计划,不能依靠临时突击;作业要认真完成(有*号者选作),例题看懂后最好自己再做一遍;多联系生产实际,将书中内容与具体机械对照(教学大纲规定的实验——测绘机构运动简图、齿轮测量、范成切齿原理和减速器拆装等,可通过观察现场或参加操作自行完成)。为看懂本书,读者需要具备初等数学、制图、力学、工程材料、公差配合和机械加工等方面的基础知识,书中对有关基础知识已作了适当复习。如基础较差,则应自行补充复习。

为便于读者掌握本课程的考核尺度,现将教学大纲规定的基本要求摘录如下:

通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

- (1) 掌握常用机构的工作原理、特点、选型和必要的设计方法。
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用和有关的设计方法。
- (3) 具有运用手册资料设计简单机械和机械传动装置的能力。
- (4) 初步具有分析机械零件失效原因和提出改进措施的能力。
- (5) 初步具有分析和解决实际生产问题的能力,并为继续学习、更新知识打下基础。

本书采用我国法定计量单位和最新颁布的国家标准。

按照国家教委成人教育司的统一部署,本书的编写和审定工作由江苏省教育委员会组织进行。参加编写的有:南京市业余工业大学潘旦君(第一、二、四、十三、十四章)、南京市成人教学研究室陶建东(第三、六章)、南京市业余工业大学纪国京(第五、七章)、南京市仪器仪表职工中专孙品品(第八、九、十章)、轻工业部南京机电学校王兴仁(第十一、十二章),潘旦君担任主编并对全书进行统稿。

本书由东南大学程光蕴教授(主审)、济南机械职工大学张俊生副教授和江苏省五金集团公司职工中专李延柱高级讲师审稿;首钢吉林柴油机厂职工中专教师王勇参加了本书编写提纲的讨论。

限于时间和编者水平,书中缺点错误在所难免,切望使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

1990年8月

目 录

第一章 总论 1	第五章 轮系和减速器78
§ 1-1 本课程的内容和任务 1	§ 5-1 轮系的类型和作用78
§ 1-2 机构运动简图的绘制 2	§ 5-2 定轴轮系的传动比计算79
§ 1-3 平面机构的自由度 5	§ 5-3 周转轮系的传动比计算83
§ 1-4 机械的设计与分析 7	*§ 5-4 混合轮系的传动比87
习题 9	§ 5-5 新型齿轮传动简介88
第二章 平面连杆机构11	*§ 5-6 摩擦传动简介91
§ 2-1 概述11	§ 5-7 减速器的结构92
§ 2-2 铰链四杆机构的工作特性13	习题93
§ 2-3 曲柄条件和铰链四杆机构的演化16	第六章 间歇运动机构96
§ 2-4 其他常用平面连杆机构17	§ 6-1 棘轮机构96
§ 2-5 平面连杆机构设计20	§ 6-2 槽轮机构 102
习题25	习题 106
第三章 凸轮机构27	第七章 螺纹联接和螺旋传动 107
§ 3-1 概述27	§ 7-1 概述 107
§ 3-2 从动件的常用运动规律30	§ 7-2 螺旋副的力分析和效率 109
§ 3-3 凸轮轮廓曲线的绘制33	§ 7-3 螺纹联接和螺纹联接件 111
§ 3-4 凸轮机构设计中的几个问题38	§ 7-4 螺纹联接的预紧和防松 116
§ 3-5 凸轮的工作图41	§ 7-5 螺栓联接的强度计算 118
习题45	§ 7-6 螺旋传动 121
第四章 齿轮机构46	*§ 7-7 新型螺旋传动简介 123
§ 4-1 概述46	习题 124
§ 4-2 渐开线齿廓49	第八章 带传动和链传动 126
§ 4-3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的尺寸51	§ 8-1 带传动概述 126
§ 4-4 公法线长度和固定弦齿厚55	§ 8-2 V带的结构和标准 127
§ 4-5 齿轮啮合传动中的几个问题58	§ 8-3 带传动的工作情况分析和设计准则 130
§ 4-6 轮齿加工原理和根切现象62	§ 8-4 V带传动的设计计算 134
*§ 4-7 齿轮的精度标准65	§ 8-5 V带轮的材料、结构和工作图 133
§ 4-8 变位齿轮简介66	§ 8-6 V带传动的张紧、安装和维护 141
§ 4-9 斜齿圆柱齿轮68	§ 8-7 链传动概述 143
§ 4-10 直齿圆锥齿轮73	*§ 8-8 滚子链传动设计简介 145
习题76	*§ 8-9 同步带传动简介 147

习题	147
第九章 齿轮传动	149
§ 9-1 齿轮传动的失效形式和设计 准则	149
§ 9-2 齿轮的材料和热处理	151
§ 9-3 直齿圆柱齿轮的受力和分析 计算载荷	154
§ 9-4 直齿圆柱齿轮的强度计算	155
§ 9-5 斜齿圆柱齿轮的强度计算	161
* § 9-6 直齿圆锥齿轮的强度计算	165
* § 9-7 齿轮精度的确定	166
§ 9-8 齿轮的结构和工作图	167
§ 9-9 齿轮传动的效率和润滑	171
习题	173
第十章 蜗杆传动	174
§ 10-1 概述	174
§ 10-2 ZA蜗杆传动的参数和几何 尺寸	174
§ 10-3 蜗杆传动的强度计算	179
§ 10-4 蜗杆传动的效率、润滑和热 平衡计算	181
§ 10-5 蜗杆和蜗轮的结构	185
* § 10-6 新型蜗杆传动简介	186
习题	187
第十一章 轴承	189
§ 11-1 概述	189
§ 11-2 滑动轴承的结构	189
§ 11-3 轴瓦与轴承衬	191
§ 11-4 非液体摩擦滑动轴承的校核 计算	193
§ 11-5 滑动轴承的润滑	195
§ 11-6 液体摩擦滑动轴承简介	196
§ 11-7 滚动轴承的基本类型	198

§ 11-8 滚动轴承的寿命计算	203
§ 11-9 滚动轴承组合的结构设计	210
§ 11-10 滑动轴承与滚动轴承的比较	215
习题	215
第十二章 轴和轴的联接	217
§ 12-1 轴的类型和材料	217
§ 12-2 轴的结构设计	219
§ 12-3 转轴的校核计算	222
§ 12-4 轴的工作图	227
§ 12-5 键联接的选择和核算	227
§ 12-6 联轴器和离合器	230
§ 12-7 转子平衡简介	236
习题	238
第十三章 弹簧	240
§ 13-1 概述	249
§ 13-2 柱形拉压弹簧的结构和尺寸	243
§ 13-3 标准柱形拉压弹簧的选择计 算	245
* § 13-4 非标准柱簧设计的一般方法 简介	248
§ 13-5 弹簧工作图	248
习题	249
第十四章 机械设计的一般问题	251
§ 14-1 设计方案与机构选型	251
§ 14-2 原动机的选择计算	254
§ 14-3 机器的力学性能分析	256
§ 14-4 机械零部件设计方法的选择	259
§ 14-5 机械零件的结构工艺性	260
习题答案与提示	266

第一章 总 论

本章介绍基本概念和运动副分类,着重说明机构运动简图的画法和平面机构自由度的算法,并简介研究机械时应考虑的主要问题。读者学完本章后,应懂得构件、运动副和自由度的含义,能看懂一般的机构运动简图并会计算其自由度。此外,对机械设计或分析的内容和方法也要有所了解。

§ 1-1 本课程的内容和任务

能够减轻劳动强度、提高生产效率和产品质量、改善人类生存条件的各种机器,是现代社
会的主要标志。汽车、机床、起重机、发电机、缝纫机、洗衣机、打字机和绘图机等,都是机器。在
车床中,电动机通过带轮、离合器、齿轮、螺旋等传动装置,驱使工件旋转和刀架移动,克服切削
阻力做功,车出所需的零件;在汽轮发电机组中,蒸汽压力驱使涡轮转动,通过联轴器带动电机
转子,把机械能变成电能;在打字机中,手指敲击键盘,通过一些空间机构将字符打印在纸上,
表达出人们需要传递的信息。由这些实例可知,机器是一种人为实物的组合体,其各部分之间
有一定的相对运动,它能传递信息(如打字机)、作有用的机械功(如车床)或转换机械能(如发
电机)。机器工作时,传递着运动、信息、力和能量。

机器通常由若干个机构组成,每个机构完成一定的运动转换。机器还经常包括一些传动
部件。例如,图 1-1a 所示的曲柄压力机由带传动、齿轮机构(也称齿轮传动)、曲柄滑块机构、
凸轮机构、螺旋机构、带式制动器和牙嵌式离合器等组成(图中未画出操纵机构和完整的机
架)。图中 8.1 为电动机壳体(前一个序号 8 为构件号,后一个序号 1 为零件号,下同)。小带
轮 1.1、V 带(三角带)2 和大带轮 3.1 构成带传动;小齿轮 3.4 和大齿轮 4.1 构成齿轮传动;两
者均用来传递转动并减速。曲轴 4.3、连杆(5.1、5.2 和 5.3)和滑块 6 等构成曲柄滑块机构,
将曲轴的转动变为滑块的往复移动,此时离合器 4.2 的端齿嵌合。当滑块在导轨 8.2 中上升
到最高点附近时,固装在曲轴左端的凸轮 4.4 推动滚子 7.1,使摆杆 7.2 向外摆动而拉紧制动
带 9,使曲轴停转;此时离合器的端齿脱开,大齿轮仍然转动。前述凸轮和摆杆等组成的凸轮
机构变连续旋转为往复摆动。松开锁紧螺钉 5.3,将球头螺杆 5.2 拧入连杆杆 5.1 的螺孔内,
即可改变连杆长度和滑块的最低位置,这一螺旋机构变转动为轴向移动。

为方便起见,习惯上把机器、机构和传动都叫做机械。

从运动方面看,机构由若干个构件组成,构件(也叫“杆”)是一个刚性的整体,它可以是
一个零件,也可由几个零件固定组装而成。例如在图 1-1a 中,3 是一个构件,它包括大带轮
3.1、键 3.2、中间轴 3.3 和小齿轮 3.4 等零件。分析运动时以构件(杆)为单位,加工制造时以
零件为单位。

机构中外来驱动力所作用的构件叫做主动件,被它推动的其他运动构件都叫从动件,支持
运动构件的构件叫做机架。驱动力作正功,因此能量从主动件输入;阻力作负功,因此大部分
能量从有用阻力所作用的从动件输出。对上述曲柄压力机总体而言,小带轮即电机转子 1 是

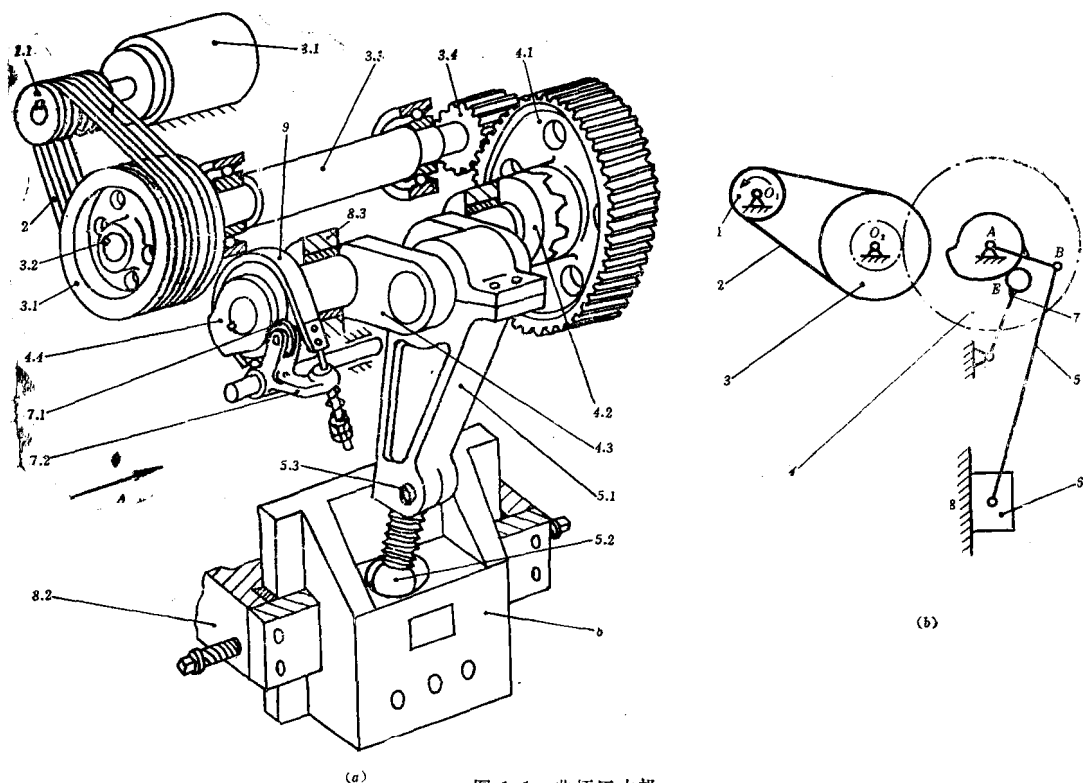


图 1-1 曲柄压力机

主动件; 对其中的曲柄滑块机构而言, 曲柄 4 是主动件, 滑块 6 是有用阻力(冲裁抗力)作用的从动件。同一机构用在不同场合时, 主动件可以不同。如活塞发动机中的曲柄滑块机构以滑块(活塞)为主动件。

机器的种类虽多, 但机器中常用机构的种类却不太多, 主要有平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。同样, 各类机器都采用的通用零、部件的种类也不太多, 如键、螺钉、齿轮、轴、轴承、联轴器等。关于这些机构和零件的知识, 是认识和设计各种机器的共同基础。因此, 本课程的内容是研究常用机构和通用零件的工作原理、结构特点 and 设计方法。从实用出发, 培养分析和设计机械的初步能力, 并为学习专业课程打好基础, 这就是本课程的主要任务。

由于科学技术的进步, 现代机械已发展成为机、电、流、控的复杂综合体, 不仅有各种机构, 还有电子电气系统、液体传动或气压传动系统, 以及检测——传感和计算机控制系统等。如机器人、数控加工中心和自动生产线。这类新型机械自动化程度高, 性能完善, 能部分替代人的脑力劳动, 其研究是一个多学科的综合性问题, 本课程仅从一个侧面提供若干基础知识。

§ 1-2 机构运动简图的绘制

一、运动简图及其作用

研究机构的运动时, 为使问题简化, 可以先不考虑与运动情况无关的因素(如构件由几个

零件组成,每个零件的具体形状和无关尺寸等),只用很少的几何图形和符号,表示出各个构件、构件间的连接方式和与运动有关的尺寸,就能说明机构是怎样运动的。这种只说明运动情况的简单图形,叫做机构运动简图。

运动简图很重要。研究已有机械时,在运动简图上容易看清运动传递过程,因此也常称为传动系统图。设计新的机械时,运动简图表达了方案的基本构思,是未来机器的骨架,是绘制装配图的依据。此外,根据运动简图还可以进行机构的运动分析和力分析。

二、运动副的分类和画法

在机构中,任何两个构件之间的连接都是可动的。一对(或者说一副)构件之间这种直接接触的连接,叫做运动副。两构件以面接触叫低副,以点或线接触叫高副(这是一种习惯叫法)。

最常见的运动副有四种:

1. 转动副

圆柱铰链是转动副的例子。组成转动副的两个构件只能作相对转动,两者以圆柱面相接触,故转动副是低副。在图 1-1a 中,中间轴与机架、曲轴与连杆间都是转动副。运动简图上转动副一般用小圆圈表示。图 1-2 表示构件 1 和 2 以转动副相连,图中画有斜线的构件 1 表示机架,画有箭头的构件 2 表示主动件。运动简图比装配图简单得多,例如图 c 可认为是砂轮机的运动简图,图 d 是图 c 的侧视图。

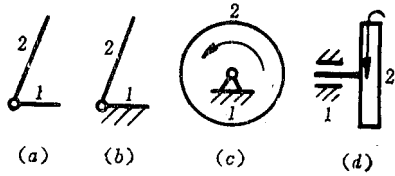


图 1-2 转动副画法

2. 移动副

工作台与导轨的连接是移动副的例子。组成移动副的两个构件只能作相对直线移动,两者以平面相接触,故移动副也是低副。在图 1-1a 中,滑块和机架间是移动副。运动简图上移动副的几种画法见图 1-3, 构件 1 和 2 构成移动副,导轨与矩形的长边平行;画有斜线的构件是机架。图 d 中活塞 1 和缸体 2 组成移动副。

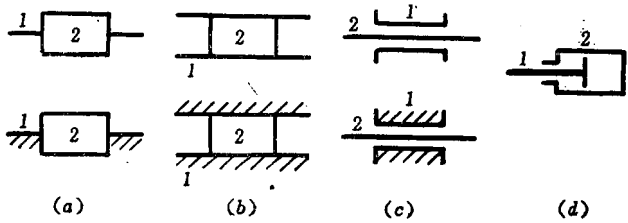


图 1-3 移动副画法

3. 凸轮副

图 1-4 中,凸轮 1 和从动件 2 在 A 处以点或线接触,这两个构件组成的凸轮副属于高

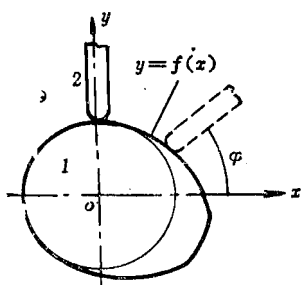


图 1-4 凸轮副

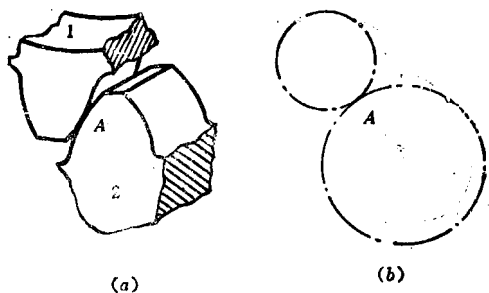


图 1-5 齿轮副及其画法

副。从动件底部与凸轮轮廓保持接触时,可以相对于凸轮作平面复杂运动(例如在图面内运动到虚线位置)。在图 1-1a 中,凸轮与滚子间是凸轮副。运动简图上要画出凸轮轮廓和从动件底部的形状。

4. 齿轮副

图 1-5a 中,两轮齿在 A 处线接触,齿轮 1 和 2 组成齿轮副,也属于高副,其相对运动情况与凸轮副类似。在图 1-1a 中,大齿轮与小齿轮间是齿轮副。运动简图上用相切的两个节圆(点划线)代表齿轮,如图 1-5b 所示。

此外,常见的运动副还有螺旋副(螺杆和螺母的连接)、球面副(球铰)等。

三、构件的画法

在运动简图中,构件用尽可能简单的几何图形表示,如线段、三角形、矩形和圆等。除前述外,图 1-6 给出了另一些画法的例子:图 a 至 e 是一个构件上有两个运动副,图 b 中的焊接填充角符号表示竖线与方块刚性联接;图 f 和 g 是构件上有三个转动副,三角形中的斜线表示它

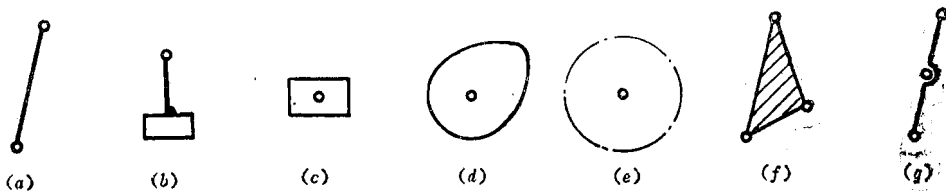


图 1-6 构件的画法举例

是一个刚性整体。

四、运动简图的画法

绘制机构运动简图的要求是:

(1)按规定画出所有的构件,其中主动件要标上箭头,机架要画上斜线,各构件要编号。

(2)按规定画出所有的运动副,并用英文字母一一标明。

(3)在正式图上,所有与运动有关的尺寸都要按比例画出。这些尺寸是:固定转轴的位置,导轨的方向和位置,同一构件上各转动副之间的中心距,齿轮和带轮等节圆的直径,凸轮轮廓和从动件底部的大致形状等。这些尺寸不按比例画的,只能算草图。

关于机构运动简图画法的详细规定见国家标准 GB4460-84。

根据实物画运动简图时,先要从主动件开始弄清传动过程,明确有几个构件、几个什么样的运动副,量出与运动有关的尺寸。然后决定投影平面(对在平面内运动的机构,通常就用这个平面),选择比例尺,按几何作图的方法,任意确定主动件的位置后,逐一画出各个构件和运动副。

例 1-1 画出图 1-7a 所示缝纫机驱动机构的运动简图,尺寸在图上量取。

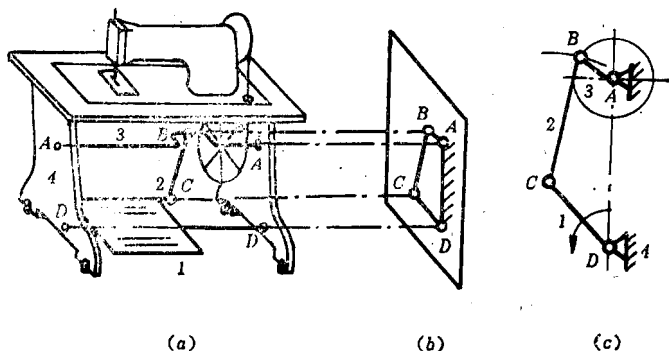


图 1-7 缝纫机驱动机构及其运动简图

解 图中主动件踏板 1 绕轴 D 往复摆动时,通过连杆 2 带动曲轴 3 绕轴 A 转动。2 和 3 是从动件,4 是机架(共 4 个构件); A 、 B 、 C 、 D 都是转动副(共 4 个),这是一个四杆机构。各转动副之间的固定中心距 AB 、 BC 、 CD 和 DA 可从图中量出。

取运动平面即侧平面为投影面(图 1-7b),即可画出此机构的运动简图如图 1-7c 所示。作图步骤是:

- (1)选定比例尺,画点 A 和 D ;
- (2)任意画出主动件 1 的位置,得 C 点;
- (3)以 C 为圆心、 CB 为半径画弧,与以 A 为圆心、 AB 为半径的圆交于点 B ;
- (4)按规定符号用粗实线画出各构件和转动副,标明主动件、机架、构件编号和运动副字母标记,擦去多余的线条。

***例 1-2** 画出图 1-1a 所示曲柄压力机的运动简图。

解 如前所述,压力机的传动过程按构件编号是:1→2→3→4(离合器控制通断)→5→6;制动部分的传动是 4→7, 8 为机架。略去滚子与摆杆间的转动副后(滚子的局部转动不影响整体运动),共有 8 个构件、9 个运动副(转动副 6 个,移动副、齿轮副和凸轮副各 1 个。螺旋副是调节连杆长的,不计)。按图中 A 向投影,以侧平面为投影面画出的运动简图如图 1-1b 所示,作图过程从略。

请读者考虑:画这个运动简图要量取哪些尺寸。

§ 1-3 平面机构的自由度

一、构件的自由度

各构件都在同一平面或平行平面内运动的机构,叫做平面机构。平面机构应用最广。

构件在平面内有三种独立运动的可能(图 1-8):沿 x 轴移动、沿 y 轴移动和在图面内转动,即坐标 x 、 y 和转角 φ 都可以独立地任意改变。这种独立运动叫做自由度,构件在平面内有三

个自由度。如果图中的构件1是黑板擦, xy 面是黑板, 这三种独立运动就是横擦、竖擦和转着擦。

二、运动副的约束

一个构件以运动副和其他构件相连时, 它的运动将受到限制, 所可能进行的独立运动就要减少, 即自由度减少。这种对独立运动的限制称为约束。多一个约束, 就少一个自由度。

构件以转动副和另一构件相连, 例如上述黑板擦用一个钉子 A 钉在黑板上时, 钉子相当于转动副。此时黑板擦既不能沿 x 轴、也不能沿 y 轴移动, 而只能绕轴 A 旋转, 只剩下一个转动自由度。可见转动副有两个约束, 因为它去掉了两个移动自由度。同样, 当构件以移动副与另一构件相连, 例如黑板擦必须紧靠黑板的左边框来擦时, 边框 (y 轴) 相当于导轨。此时黑板擦既不能沿 x 轴移动、又不能转动, 只剩下一个移动自由度。可见移动副也有两个约束。移动副和转动副都是低副, 故低副的约束数为 2。

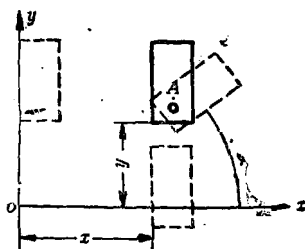


图 1-8 构件在平面内的自由度

关于高副的约束, 例如在图 1-4 中, 受凸轮副约束的从动件 2 从实线位置运动到虚线位置时, 虽然坐标 x 、 y 和转角 φ 都发生了变化, 但由于件 2 的底端始终与凸轮轮廓曲线 $y=f(x)$ 保持接触, 故坐标 x 和 y 中只有一个的变化是独立的; 任意给定了自变量 x , 因变量 y 就随之被确定。因此, 受凸轮副约束的件 2 只剩下两个自由度 x 和 φ , 即凸轮副有一个约束。类似的分析表明齿轮副也是如此, 故高副的约束数为 1。

螺旋副和球面副属于空间运动副, 其约束数的讨论已超出本课程范围。

三、平面机构自由度公式与主动件数目

一个平面机构有几种可能的独立运动, 即有几个自由度? 设此机构有 N 个构件。除去机架后, 可动构件的数目为 $n = N - 1$, 其自由度总数为 $3n$ 。设机构中有 P_L 个低副, 应减去 $2P_L$ 个自由度; 又设有 P_H 个高副, 又应减去 P_H 个自由度。剩余的自由度数 F 就是此平面机构的自由度。显然

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

可见平面机构的自由度 F 决定于可动构件数 n 、低副数 P_L 和高副数 P_H 。上式应当记住。

在机构中, 只有主动件的运动是独立的 (从动件的运动随主动件而定)。通常主动件只具有一个独立运动, 如电动机转子有一个独立转动, 液压缸有一个独立移动等。因此, 机构有几个自由度, 就应当有几个主动件, 才能使它在主动件的推动下作有规则的确定运动。故在设计机械时, 必须使 $F = \text{主动件数}$, 并使 $F > 0$; 否则机械的运动将杂乱无章、或者不能运动。

例 1-3 自动车床进刀机构如图 1-9a 所示, 图 b 为其运动简图。试计算此机构的自由度 F 。

解 此机构有三个可动构件 (凸轮 1, 有扇形齿轮的摆杆 2 和装有齿条的滑台 3), 即 $n = 3$, 有两个转动副 A 和 C , 一个移动副 E , 即 $P_L = 3$; 还有一个凸轮副 B 、一个齿轮副 D , 即 $P_H = 2$ 。由式 (1-1) 可得

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

由图 b 可见, 此机构有一个主动件 (凸轮), 故其运动是完全确定的。

例 1-4 液压升降台的运动简图如图 1-10 所示。试计算其自由度 F 并确定所需的主动件

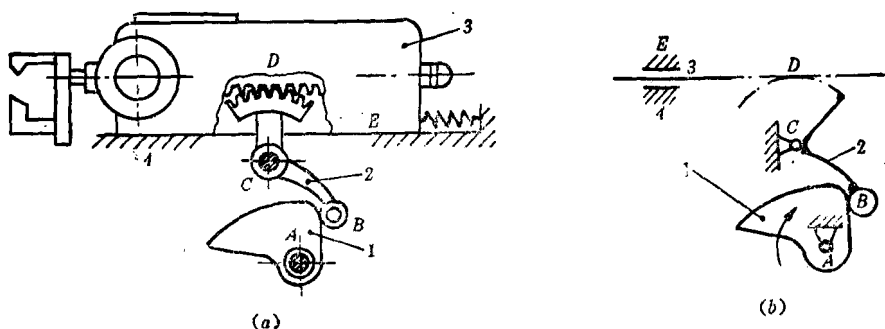


图 1-9 自动车床进刀机构

数。

解 图中可动件数 $n=10$, 低副数 $P_L=14$ (12 个转动副, 两个移动副), 没有高副, $P_H=0$ 。由式(1-1)得

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 10 - 2 \times 14 - 0 = 2$$

此机构应有两个主动件, 即液压缸 G 和 N 。

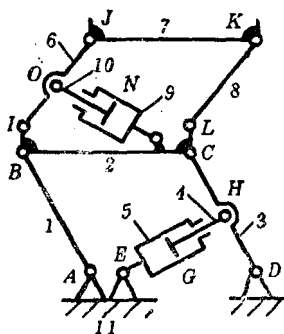


图 1-10 液压升降台

§ 1-4 机械的设计与分析

机械设计是指规划和设计能实现预期功能的新机械或改进原有的机械, 提供所需的图纸和技术资料等。设计的基本要求是: 在满足预期功能的前提下, 性能好、效率高、成本低、操作方便、寿命长、维修容易并注意造型。因此, 在能够达到同等使用效果的各设计方案中, 较简单的方案往往是较好的方案。

机械设计可分为产品设计和非标准设备设计两类。产品的生产批量大, 用户的要求不尽相同, 设计时需对各种因素考虑得更加周密, 因而设计工作内容多、分工细、周期较长。大型和重要设备的设计与产品相似。中、初级技术人员在产品设计中, 虽然大多承担局部工作, 但应对设计的全局有足够的了解, 以充分体现总的设计意图, 提高产品质量。中、小型非标准设备多数是本厂自用的, 生产量小(常为单件小批生产, 或者是群众性技术革新活动的一部分), 其设计内容和过程都较为简单, 往往把可行性和成本低放在首位。

不论产品设计还是设备设计,都或简或繁地包括了以下的主要设计内容:确定机械的工作原理,选择适当的机构;拟定总体设计方案;进行运动、力和其他有关的分析;计算作用在有关构件上的载荷,进行主要零件的工作能力计算;进行结构设计和外观设计,绘制装配图和零件工作图等。

例如,设计图 1-1a 所示的曲柄压力机时,所根据的是板料冲压成形原理,选择带和齿轮传动减速、曲柄滑块机构变转动为移动。图 1-1b 表达了总体传动方案。对滑块行程和速度、冲压力大小、带轮直径、齿轮齿数等的计算,以及电动机转速和功率的计算,都是运动和力分析的内容。对齿轮、轴承和轴、键等零件,都要进行强度和刚度等承载能力的计算,最后经结构设计绘出图纸,完成设计工作。对设计中的计算和有关问题的说明,应当整理成设计说明书(包括制动和操纵等部分)。

应当指出,理论分析计算不是机械设计的唯一方法。依据实际经验,参考同类机械和零件进行设计的经验参照方法(类比法)也很重要。大量次要零件和主要零件的次要尺寸,都用这种方法确定。即使需要计算时,也常根据经验资料初选一些尺寸和参数,以补充已知条件的不足。此外,对重要机械或没有可靠计算方法时,还用试验的方法确定所需数据,或验证计算结果。

一台机器从感到它的需要并明确设计要求,经过收集资料、比较方案、计算绘图、试制调整到定型投产,是一个复杂细致和不断完善的过程。机械设计的步骤也不是一成不变的。作为参考,产品设计的一般过程可用图 1-11 的框图表示。其中设计要求应通过对市场需求和当前技术动态的调查确定;确定设计方案前应对尽可能多的方案进行比较论证。在全过程中,设计者在尊重经验的同时,要发扬创新精神;要善于用图形、文字和语言表达自己的想法;要全面考

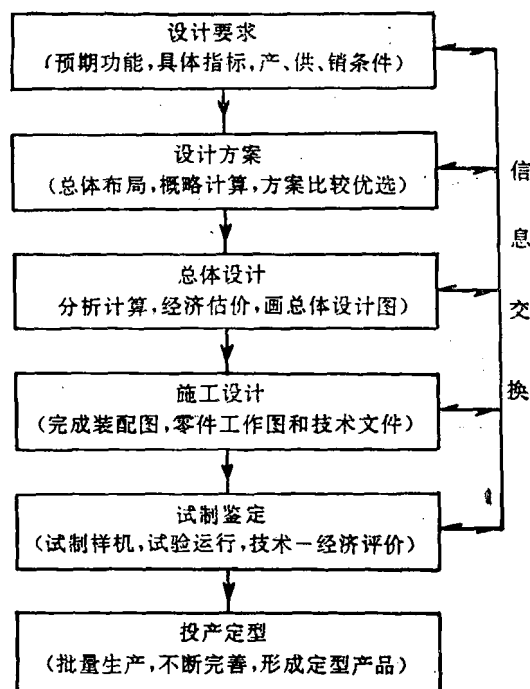


图 1-11 产品设计的一般过程

虑问题,多作修改,不怕返工,重视社会效益;要注意“三化”,即产品系列化、部件通用化和零件标准化;要有经济观点,特别要注意材料选择和零件容易加工装配(即有好的结构工艺性),以提高经济效益;要从实际情况出发,吸取协作者、用户和主管者的意见,学习国内外的先进技术,不断提高设计水平。

研究机械的另一个重要目的,是培养对已有机械的分析能力。这种能力对制造和使用机器的专业人员都很重要。对一台陌生的机械,只有弄清了它的工作原理、技术性能和各零部件的作用,制造者才可能提出适当的工艺方案,保证设计要求的实现;使用者才能进行正确的安装使用和维修保养。为了排除故障或分析事故,常需对机械的传动过程、传力过程和零件的承载能力进行分析计算,对零件的加工精度、表面质量和磨损程度加以检查,测定某些参数,才能找到原因和提出改进措施。当被委托加工的零件或所引进的设备的技术资料不足时,这种分析能力就显得更加重要。

机械分析的内容和方法大体上与机械设计相同。例如,设计时要进行强度计算以确定零件的截面尺寸,分析时也用强度计算校核某个零件的安全程度。又如,设计时要充分考虑零件的结构工艺性,使之容易加工装配;分析时也要考虑结构工艺性与设计要求的区别,以便在工艺要求与设计要求发生矛盾时,提出修改设计图纸的建议等。因此,对于从事制造、使用、管理、维修机械的专业人员,虽然不从事设计工作,《机械设计基础》这门课程对他们也具有同样重要的意义。

习 题

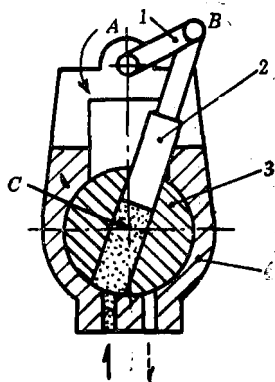
1-1 构件与零件有何不同?

1-2 常用的运动副有哪几种?各有几个约束?

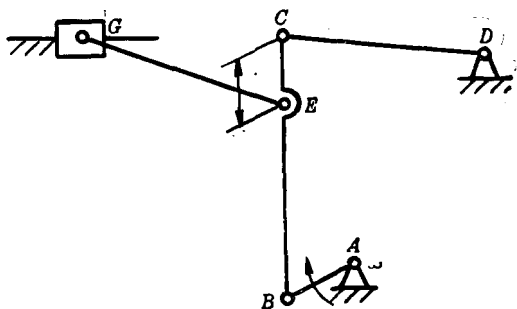
1-3 图示为一泵油机构。主动件 1 绕轴 A 旋转时,驱使活塞杆 2 在缸体 3 的横孔中移动,并使缸体绕轴 C 摆动,完成吸油和压油过程。图中 4 为机架。试画出此机构的运动简图并标明比例尺,尺寸在原图上量取。

1-4 计算上题中泵油机构的自由度。

1-5 图示为一干草压缩机的运动简图。(1)计算其自由度并说明图中主动件的数目是否适宜;(2)若图中的中心距 $CE=0$,试画出此时的运动简图(CB 不变),并指出此时 C 处应当算几个转动副。尺寸在原图上



题 1-3 图 泵油机构



题 1-5 图 干草压缩机