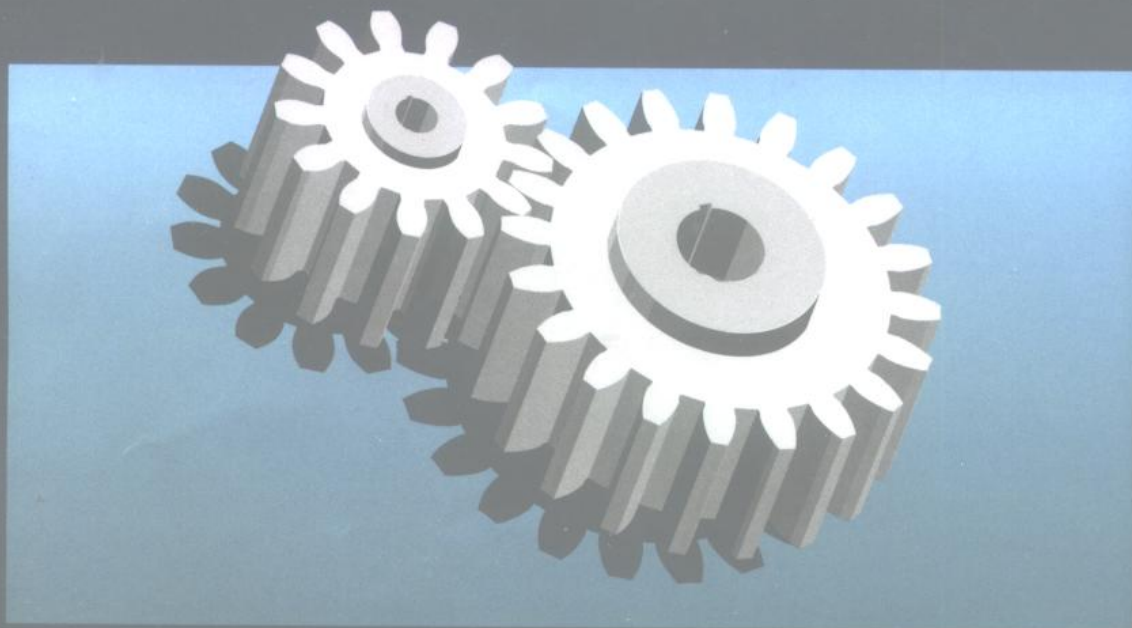


陈秀宁 主编

机械基础



浙江大学出版社

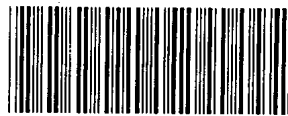
462352

TH/1
C60
面向 21 世纪课程教材

机 械 基 础

陈秀宁 主编

陈文华 章维明
汪久根 顾大强 编



00462352

浙江大学出版社

内 容 简 介

全书共 10 章,内容有总论(主要讲述机械的组成、机械设计的基本知识)、工程力学基础、联接、连续回转传动、变换运动形式的传动、轴及其支承、接合与制动、弹簧、机架与导轨、调速和平衡、液压传动与气压传动、机械的发展与创新。书末附有思考题与习题。

本书可作为高等工科院校非机类专业及有关专业机械基础课程的教材,也可作为成人院校有关专业的教材和工程技术人员的参考书。

D25/303

机 械 基 础

陈秀宁 主编

陈文华 章维明 编

汪久根 顾大强

责任编辑 徐宝澍

*

浙江大学出版社出版

(杭州五古路 20 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@public1.hz.zj.cn)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

杭州金融管理干部学院印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

*

787mm×1092mm 16 开 21 印张 538 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数 0001—2000

ISBN 7-308-02082-7/TH·054 定价:23.00 元

序

当前教育改革的深入发展,根据“大专业、宽口径”教学模式要求,对有关专业学生要求有一定的机械基础理论和实际知识,掌握该学科中新的科学成就,具有知识创新的能力。“机械基础”课程的设置无疑要起重要作用。

为达到上述要求,本书在课程内容体系改革方面作了很多有意义的工作。如按机械系统一般组成,构造教材整体框架与体系;在内容处理上既保留传统教材中必要的基础理论知识,又适度地反映现代机械的组成、机电一体化以及现代机械设计内容,增设“液压传动与气压传动”一章。为培养学生的创新意识与创新能力,本书特设“机械的发展与创新”一章,高度重视培养学生的创造性,这方面有别于我国现有机械基础教材,内容新颖,特色突出。本书引入新的标准和成果,编写了较多的习题和思考题,提高了教材新颖性及适用性;采用“可拆加递推”的新结构,增强了本书使用时的灵活性和广泛性。

因此,本书不仅符合“机械基础”课程教学基本要求,而且很好体现“坚持加强基础,适度扩充领域,引入现代设计思想,重视创造性思维能力的培养,重视工程应用”的改革思路,引导学生注意扩大知识面,掌握理论、方法的本质内容,是一本贯彻面向 21 世纪课程内容体系改革精神、力求反映时代信息、具有较大改革力度的教材。本书的编写出版对广大教师在努力改革教学内容体系和教学方法、提高教学质量等方面作用显著。有利于造成各具特色、生动活泼的局面。

此外,参加编写本书的教师新老结合,结构层次及组合优化,确保教材的特色与水平。

可以预见本书及早问世和发行,在课程改革和建设有特色的新教材方面定会起促进作用,使本书能更好地满足具有基础宽、创新意识和能力强、高素质科技人才的需要。



1998 年春

前 言

本书是根据面向 21 世纪课程内容体系改革的有关精神、结合教育改革实践编写的,主要作为高等工科院校“机械基础”课程的教材。

本书编写的主导原则是保证课程的基本知识、基本理论和基本方法,并着意以下几点改革:

1. 反映现代机械的组成、机电一体化以及机械设计的新技术、新方法,并增设“液压传动与气压传动”一章;

2. 为培养学生的创新意识与创新能力,特新增设“机械的发展与创新”一章;

3. 为适应某些专业教改之需,本着学以致用原则,将原修课程教材《理论力学》和《材料力学》的内容作了精简处理,大部分内容编入“工程力学基础”一章,其他内容分散融入本课程有关章节;

4. 将“机械原理与机械零件”内容有机结合起来,强化机械系统与功能的概念;

5. 拓宽基础、削枝强干、加强应用;

6. 有关章节和内容的编写采取“可拆加递推”的结构,便于不同层次和专业在教学中取舍选用;

7. 全书所列标准、规范和设计资料,尽量采用最新颁布的、较成熟的数据;

8. 全书附有思考题与习题 230 道,其中有些题目则是作为教学内容的扩展或启迪创新。

参加本书编写的有:陈秀宁(第 1、2、9、10 章及思考题与习题),陈文华(第 4 章),章维明(第 5、8 章),汪久根(第 6、7 章),顾大强(第 3 章)。全书由陈秀宁主编。

马骥教授精心主审了全部书稿并提出了许多精辟的见解和宝贵意见。原国家教委机械设计课程教学指导组组长全永昕教授、教育部机械原理及设计课程教学指导组委员吴鹿鸣教授对本书的出版给予极大关注。许多专家对本书编写提出热情而中肯的建议,吴碧琴先生为本书整理书稿并作润色,编者在此一并致以衷心的感谢。

限于编者水平,书中误漏和不妥之处在所难免,殷切期望专家和读者批评指正。

编 者

1997 年 12 月于杭州

目 录

第一章 总论	1
§ 1-1 机械的组成	1
§ 1-2 本课程研究的内容和目的	3
§ 1-3 机械运动简图及平面机构自由度	3
一、机械运动简图	3
二、平面机构的自由度	6
§ 1-4 机件的失效及其工作能力准则	9
一、强度准则	9
二、刚度准则	10
三、寿命准则	10
四、振动稳定性准则	10
五、温升准则	10
§ 1-5 机件的常用材料及其选用原则	10
一、机械制造中常用材料	10
二、机件材料选用的一般原则	14
§ 1-6 机械应满足的基本要求及其设计的一般程序	15
一、机械应满足的基本要求	15
二、机械设计的一般程序	15
第二章 工程力学基础	17
§ 2-1 工程力学的内容和任务	17
§ 2-2 静力学基础	18
一、力的基本知识	18
二、力矩及合力矩定理	19
三、力偶和力偶矩	20
四、力的作用线平移定理	20
五、约束与约束力	21
六、研究对象的受力图	23
§ 2-3 力系的合成及平衡	25
一、平面汇交力系	25
二、平面任意力系	29
三、空间力系	31
§ 2-4 轴向拉伸与压缩	34
一、可变形固体的若干概念	34

二、拉、压杆的内力与应力	34
三、材料的机械性质	35
四、拉、压杆的强度计算	37
§ 2-5 剪切和挤压	39
一、剪切	39
二、挤压	39
§ 2-6 扭转	40
一、扭转的概念、扭转的外力和内力	40
二、圆轴受扭转时横截面上的应力及强度计算	42
三、圆轴扭转的变形及刚度计算	44
§ 2-7 弯曲	45
一、弯曲的概念、弯曲的外力和内力	45
二、弯曲时的正应力与强度计算	52
三、梁的弯曲变形及刚度计算	56
§ 2-8 组合变形、压杆稳定	59
一、组合变形	59
二、压杆稳定	62
§ 2-9 动荷应力、交变应力、应力集中	64
一、动荷应力	64
二、交变应力及其分类	65
三、材料的疲劳破坏和疲劳极限	65
四、应力集中	66
五、疲劳强度计算的基本概念	67
第三章 联接	69
§ 3-1 螺纹联接	69
一、螺纹的形成、类型和主要参数	69
二、螺旋副的受力分析、效率和自锁	70
三、常用螺纹的类型与特点	73
四、螺纹联接的基本类型及标准螺纹联接件	75
五、螺纹联接的预紧和防松	79
六、螺纹联接的承载能力	81
§ 3-2 键联接、花键联接、成形联接和销联接	86
一、键联接	86
二、平键联接的选择与计算	88
三、花键联接	89
四、成形联接	90
五、销联接	90
§ 3-3 铆接、焊接、粘接和过盈联接	91
一、铆接	91

二、焊接	91
三、粘接	93
四、过盈联接	93
第四章 连续回转传动	95
§ 4-1 齿轮传动的特点和类型	95
§ 4-2 渐开线齿轮传动的主要参数和几何尺寸	97
一、渐开线齿廓的形成及其特点	97
二、渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸	98
三、渐开线直齿圆柱齿轮的正确啮合条件和连续传动条件	100
§ 4-3 渐开线直齿圆柱齿轮的加工与精度	102
一、轮齿加工的基本原理	102
二、渐开线齿轮的根切、最少齿数和变位	104
三、渐开线齿轮传动的精度	105
§ 4-4 渐开线直齿圆柱齿轮传动的承载能力	106
一、轮齿的失效和齿轮的材料	106
二、轮齿的受力分析与计算载荷	109
三、直齿圆柱齿轮传动的强度计算	110
§ 4-5 斜齿圆柱齿轮传动	112
一、斜齿圆柱齿轮的形成及啮合特点	112
二、斜齿圆柱齿轮传动的主要参数和几何尺寸	113
三、斜齿圆柱齿轮的重合度和当量齿数	114
四、斜齿圆柱齿轮传动时轮齿的受力分析	116
§ 4-6 锥齿轮传动	116
一、锥齿轮传动的特点	116
二、锥齿轮的背锥与当量齿数	117
三、直齿锥齿轮传动的主要参数和几何尺寸	118
四、直齿锥齿轮传动时轮齿的受力分析	119
§ 4-7 齿轮的结构与润滑	120
一、齿轮的结构	120
二、齿轮传动的润滑	122
§ 4-8 蜗杆传动	122
一、蜗杆传动的特点	122
二、普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	123
三、蜗杆传动的运动分析和受力分析	125
四、蜗杆传动的材料与结构	127
五、蜗杆传动的效率、润滑和散热	127
§ 4-9 链传动	128
一、链传动的类型和特点	128
二、滚子链传动的结构与选择计算	129

三、链传动的润滑与布置	133
§ 4-10 带传动	135
一、带传动的类型和特点	135
二、带传动的工作情况分析	137
三、普通 V 带传动的结构与选择计算	139
§ 4-11 轮系、减速器及机械无级变速传动	147
一、轮系的功用和类型	147
二、轮系传动比的计算	149
三、减速器	154
四、摩擦无级变速传动	156
第五章 变换运动形式的传动	160
§ 5-1 连杆传动	160
一、连杆传动的组成、应用及特点	160
二、连杆传动的的基本形式及其特性	160
三、平面四杆机构设计	164
四、连杆传动的结构与多杆机构简介	168
§ 5-2 凸轮传动	170
一、凸轮传动的组成、应用及分类	170
二、从动件的常用运动规律	172
三、用作图法设计凸轮轮廓曲线	174
四、凸轮机构的基本尺寸和结构	178
五、用解析法设计凸轮轮廓曲线	181
§ 5-3 步进传动	184
一、棘轮步进机构	184
二、槽轮步进机构	186
三、其他形式的步进机构	187
§ 5-4 螺旋传动	189
一、螺旋传动的组成、类型及其应用	189
二、滑动螺旋传动	189
三、滚珠螺旋传动	191
§ 5-5 变换运动的机构组合	192
一、连杆-棘轮机构	192
二、凸轮-连杆机构	192
三、齿轮-连杆机构	193
四、凸轮-凸轮机构	193
五、机-电-液组合步进机构	194
第六章 轴及其支承、接合与制动	195
§ 6-1 轴	195
一、轴的类型与材料	195

二、轴的结构	196
三、轴的强度与刚度	199
§ 6-2 滑动轴承	204
一、滑动轴承的摩擦状态	204
二、非液体摩擦滑动轴承	204
三、液体摩擦滑动轴承	209
§ 6-3 滚动轴承	210
一、滚动轴承的类型、特性与代号	210
二、滚动轴承类型选择	213
三、滚动轴承的失效形式和工作能力计算	214
四、滚动轴承组合结构	218
五、滚动轴承和滑动轴承的比较及其选择	221
§ 6-4 联轴器、离合器与制动器	222
一、联轴器	222
二、离合器	226
三、制动器	228
第七章 弹簧、机架与导轨	230
§ 7-1 弹簧	230
一、弹簧的功用、类型和特性	230
二、圆柱螺旋弹簧的制造、材料及许用应力	232
三、圆柱螺旋压缩弹簧和拉伸弹簧	234
四、圆柱螺旋扭转弹簧	239
§ 7-2 机架	240
一、机架的类型、材料与制造	240
二、机架的截面形状和肋板布置	241
§ 7-3 导轨	242
一、导轨的功用、类型与技术要求	242
二、导轨的结构	242
第八章 调速和平衡	246
§ 8-1 机械速度的波动与调节	246
一、机械速度波动调节的目的和方法	246
二、飞轮设计的近似方法	247
§ 8-2 回转件的平衡	249
一、回转件平衡的目的	249
二、回转件的静平衡	250
三、回转件的动平衡	251
第九章 液压传动与气压传动	253
§ 9-1 液压传动的基本知识	253
一、液压传动系统的组成	253

二、液压传动系统图	254
三、对液压油的要求及其选用原则	254
四、液压传动中的流量及连续性方程	255
五、液压传动中油液压力的形成及其传递	256
六、液压传动的优缺点	257
§ 9-2 油泵	258
一、油泵的基本原理	258
二、油泵的主要类型	258
§ 9-3 油缸和油马达	261
一、油缸	261
二、油马达	263
§ 9-4 液压阀	263
一、方向控制阀	263
二、压力控制阀	267
三、流量控制阀	269
§ 9-5 液压辅助元件	271
§ 9-6 液压系统图实例及液压系统设计简介	273
一、液压系统图实例	273
二、液压传动系统设计简介	274
§ 9-7 液压随动系统	276
§ 9-8 气压传动简介	276
第十章 机械的发展与创新	278
§ 10-1 机械发展与创新概述	278
§ 10-2 有关机械创新的几个方面	279
一、机械创新的涵义	279
二、机械的新概念及机械系统	280
三、机械功能原理设计及创新	281
四、传动方案及机构创新	284
五、机械结构的改进与创新	290
六、机械现代设计与机电一体化	295
七、创新的一般技法	297
附录 思考题与习题	300
主要参考书目	324

总 论

§ 1-1 机械的组成

机械是机器和机构的总称。

在工农业生产、交通运输、国防、科研以及人们的日常生活中,应用着各式各样的机器。机器的种类很多,但就其用途而言,不外乎两类:一类是提供或转换机械能的机器,如电动机、内燃机等动力机器;另一类则是利用机械能来实现预期工作的机器,如起重运输机、机床、插秧机、纺织机等各种工作机器。这许许多多工作机器,它们的形式、构造都不相同,各具自身的特点;但一切工作机器的组成通常都有其共同之处。现举简单机械为例,阐述机器的基本组成。

图 1-1a、b 为一加热炉运送机的前视图和机动示意图。电动机 1 高速回转,其轴用联轴器 2 和蜗轮减速器的蜗杆 3 相联,经由蜗杆 3 和蜗轮 4 减速后再经开式齿轮 5 和 6 减速,使大齿轮

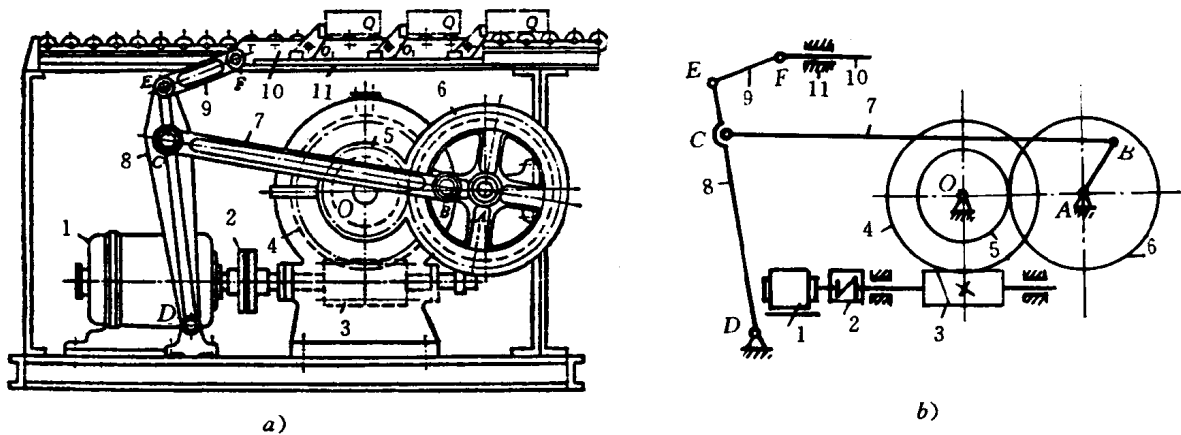


图 1-1

轴以较低的转速回转。通过销接在大齿轮 6 和摇杆 8 上的连杆 7,使摇杆 8 绕轴 D 作往复摆动。再通过销接在摇杆 8 和推块 10 上的连杆 9,使推块 10 在机架 11 的滚道上往复移动,向右时输送工件,速度较慢,力量较大,运动平稳;而在向左作空载返回时,则速度较快,节省时间。通过

上例,可以归纳成以下几点认识:

1) 在上述机器中,推块以一定的规律在机架滚道上往复移动运送物料,是机器直接从事生产工作的部分,称为工作部分(或执行部分)。电动机是机器工作的运动和动力来源,称为原动机。而齿轮传动、蜗杆传动、连杆传动等是将原动机的运动和动力传递和变换到工作部分的中间环节,称为传动装置。传动装置在机器中的作用是:① 改变速度(可以是减速、增速或调速);② 改变运动形式;③ 在传递运动的同时传递动力。一台完整的工作机器通常都包含工作部分、原动机和传动装置三个基本职能部分。为使上述三个基本职能部分彼此协调运行,并准确、安全、可靠地完成整机功能,通常机器还具有控制部分(图中未曾表达),现代机器的控制部分常常带有高科技机电一体化特点。

2) 任何机器都是由许多零件组合而成。根据机器功能、结构要求,某些零件需固联成没有相对运动的刚性组合,成为机器中运动的一个基本单元体,通常称为构件(如图 1-1 中蜗轮 4 与齿轮 5 分别用键和轴 O 联成一个构件)。构件与零件的区别在于:构件是运动的基本单元,而零件是制造的基本单元;有时一个单独的零件也是一个最简单的构件。构件与构件之间通过一定的相互接触与制约,构成保持确定相对运动的“可动联接”,这种可动联接称为“运动副”。常见的运动副有回转副(图 1-2a、b 中 1、2 两构件呈面接触、且只能作相对转动,如轴与轴承,铰链)、移动副(图 1-2c 中 1、2 两构件呈面接触、且只能作相对移动,如滑块与导轨)和滚滑副(图 1-2d、e 中 1、2 两构件呈点或线接触,其相对运动有沿接触处公切线 $t-t$ 的相对滑动和绕接触处的相对滚动,如凸轮与从动件,一对轮齿)等类型。一切机器都是由若干构件以运动副相联接并具有确定相对运动,用来完成有用的机械功或转换机械能的组合体。

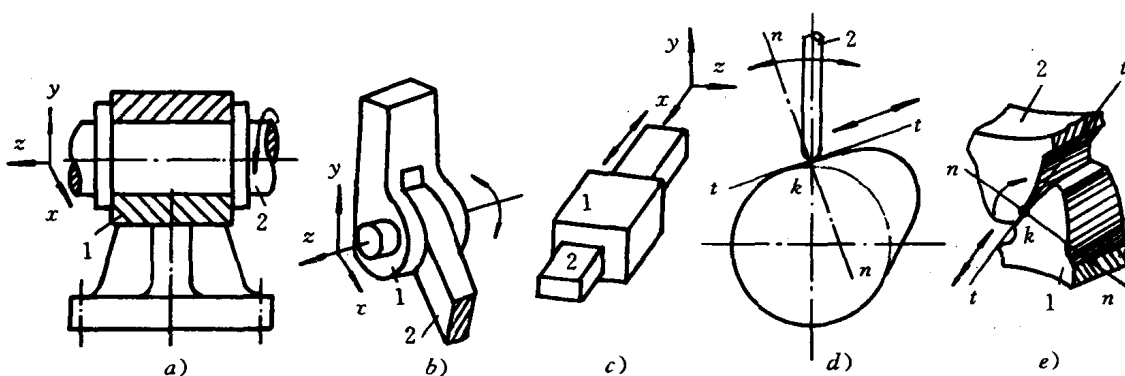


图 1-2

需要指出,机构也是由若干构件以运动副相联接并具有确定相对运动的组合体;但机器用来完成有用的机械功或转换机械能,而机构在习惯上主要是指传递运动的机械(如仪表等)以及从运动观点加以研究而言的。机器中必包含一个或一个以上的机构。

3) 机器的工作部分随各机器的不同用途而异,但在不同的机器组成中常包含有齿轮、蜗杆、带、链、连杆、凸轮、螺旋、棘轮等传动机构以及螺钉、键、销、弹簧、轴、轴承、联轴器等零部件,它们在各自不同的机器中所起的作用和工作原理却是基本相同。对这些在各种机器中常见的机构和零部件,一般称为常用机构和通用零部件。常用机构和通用零部件在某种意义上可以说是各种机器共同的、重要的组成基础。因此也是本课程学习的主要内容。

§ 1-2 本课程研究的内容和目的

研究机械可以从许多方面进行,“机械基础”课程研讨的主要内容是:机械组成的一些基本原理和规律、发展和创新;机械中常用的工程力学基础知识;组成机械的一些常用机构、机械传动、通用零部件的工作原理、特点及应用,结构及其基本的选用和计算方法;机械设计的一般原则和步骤等共同性问题。它是工科院校中一门重要的技术基础课。通过本课程的学习和实践,达到下列要求:①了解机械的发展、使用、维护和管理的一些基础知识;②掌握机械中常用的工程力学基础知识;③掌握机械中常用的机构、通用零部件的工作原理、特点、选用及其简单的设计计算方法;④初步具有分析简单机械的运动和结构的能力,了解简单机械系统设计的一般步骤和方法。

机械工业的水平,在一定程度上是国家工业技术发展水平的标志之一。对工程专业的学生来说,其所学习和从事的工程对象均不能脱离机械及其装置,本课程将在机械的基本知识、基本理论和基本技能方面为之打下宽广和重要的基础。

§ 1-3 机械运动简图及平面机构自由度

一、机械运动简图

在设计新机械或革新现有机械时,为便于分析研究,常需把复杂的机械用一些简单的线条和规定的符号将其传动系统、传动机构间的相互联系、运动特性表示出来,表示这些内容的图称为机械运动简图或机动画示意图(如图 1-1b)。从运动简图中可以清晰地看出原动机的运动和动力通过哪些机构、采用何种方式,使机器工作部分实现怎样的运动;根据运动简图再配上某些参数便可对机器进行传动方案比较、运动分析和受力分析,并为主要传动件工作能力计算、机件(构件和零件之统称)结构具体化和绘制装配图提供条件。

机械的运动特性与构件的数目、运动副的类型和数目,以及运动副之间的相对位置(如回转副中心、移动副中心线等)有关。机构、构件和运动副是组成机器并直接影响机器运动特性的要素。这些要素必须在运动简图中确切而清楚地表示出来,而那些与运动特性无关的因素(如组成构件的零件数目、实际截面尺寸、运动副的具体构造)则应略去,无需在运动简图中表达。绘制运动简图实际就是用一些运动副、构件以及常用机构简单的代表符号(参见表 1-1)按传动系统的布局顺序绘制出来,这样便能清晰地反映与原机械相同的运动特性和传递关系。

根据实际机械绘制其运动简图时,首先应进行仔细观察和分析,分清各种机构,判别固定构件(通常是机架)与运动构件(运动构件中由外力直接驱动、其运动规律由外界确定的构件称为主动构件,其余的运动构件称为从动构件),数出运动构件的数目,并根据构件间相对运动性质确定其运动副的类型。其次,测量各个构件上与运动有关的尺寸——运动尺寸(如确定运动副相对位置和滚滑副接触面形状的尺寸)。然后根据这些运动尺寸选择适当的长度比例尺

表 1-1 运动简图中的常用符号

活动构件		齿轮传动	圆柱齿轮	
固定构件			锥齿轮	
回转副			齿轮齿条	
移动副			蜗轮与圆柱蜗杆	
球面副			向心轴承	
螺旋副		推力轴承		
零件与轴联接	 活套联接 导键联接 固定联接	向心推力轴承		
凸轮与从动件		向心推力滚动轴承		
槽轮传动		弹簧		
棘轮传动		联轴器		
带传动	 类型符号, 标注在带的上方 V带 同步带 平带 圆带	离合器	 可控离合器 单向啮合式 单向摩擦式 自动离合器	
链传动	 类型符号, 标注在轮轴连心线的上方 滚子链 齿形链 环形链	制动器		
		原动机		

($\mu_l = \text{实际长度} / \text{图示长度}$, 单位为 m/mm 或 mm/mm) 和视图平面(通常为构件的运动平面), 用规定的或惯用的机构、构件和运动副的代表符号绘制简图。一般先画固定构件及其上的运动副, 接着画出与固定构件相联的主动构件(位置可任意选定), 以后再按运动和力的传递关系顺序画出所有从动构件及相联的运动副以完成机械运动简图; 最后, 还应仔细检查运动构件的数目、运动副的类型和数目及其相对位置与联接关系等有无错误, 否则将不能正确反映实际机械的真实运动。

以一定的比例尺绘制运动简图, 便于用图解法在图上对机构进行运动和力的分析。工程上还广泛应用不按严格的比例绘制的运动简图, 通常称为机动示意图。在机动示意图上只是定性地表达出机械中各构件之间的运动和力的传递关系, 但绘制却较方便。

下面通过几个例子, 对绘制运动简图再作些具体说明。

例 1-1 图 1-3a 为一偏心轮滑块机构, 图 1-3b 为其运动简图, 作图步骤如下:

1) 认清机架及运动构件数目并标上编号; 确定主动构件。

1——机架; 2——偏心轮; 3——连杆; 4——滑块; 确定偏心轮 2 为主动构件。

2) 根据相联两构件相对运动的性质, 确定运动副的类型。

图 1-3a 中, 1-2 属回转副; 2-3 联接部分的实际结构是连杆 3 的一端圆环的内圆柱面套在偏心轮 2 的外圆柱面上, 连杆 3 对偏心轮 2 之间的相对运动为绕圆心 A 的转动, 所以也是回转副(运动副的实际构造可有各式各样, 应抓住两构件可能的相对运动性质来正确判断运动副的类别); 同理, 3-4 也属回转副; 而 4-1 则为移动副。

3) 确定回转副的转动中心所在位置和移动副中心线方位, 选构件的运动平面, 并用代表符号和线条按比例画出运动简图。

1-2 回转副中心在 O 点; 2-3 回转副中心在 A 点; 3-4 回转副中心在 B 点; 4-1 移动副中心线 $m-m$ 方向水平, 该中心线偏离固定中心 O 的距离为 e 。画图时先画机架 1 及其上的回转副中心 O (固定点), 按偏距 e 作水平线即为机架 1 上移动副中心线 $m-m$ (固定线), 按主动构件 2 上两回转副中心 O, A 距离及其某一瞬时位置定出 A 点, 联 O, A 点得构件 2; 以 A 为圆心, 构件 3 两回转副中心 A, B 距离为半径作弧与线 $m-m$ 之交点即为 B 点, 联 A, B 点得构件 3; 最后以代表符号画出构件 4 及与机架 1 的移动副, 即得如图 1-3b 所示运动简图。

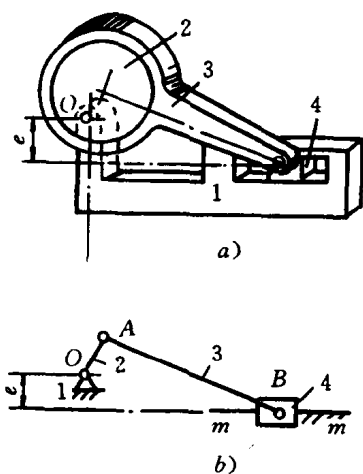


图 1-3

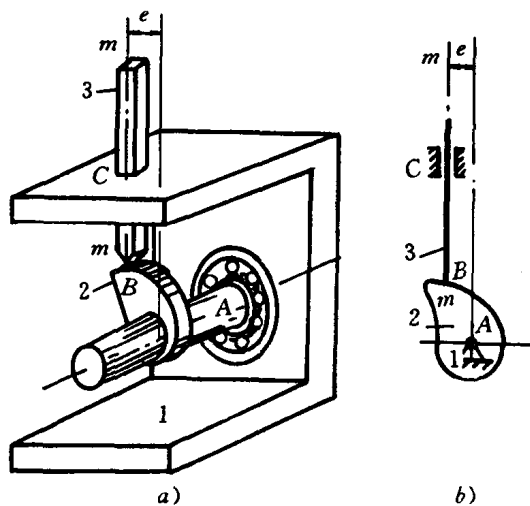


图 1-4

例 1-2 图 1-4a 为一凸轮机构, 主动构件凸轮 2 与机架 1 组成回转副 A , 从动杆 3 分别与

凸轮 2、机架 1 组成滚滑副 B 与移动副 C 。对照例 1-1 作图步骤绘制出图 1-4b 所示运动简图。需要指出的是,对滚滑副应按比例作出组成滚滑副的接触部分形状;画机动示意图时,只要大致画出廓线形状就可以了。

例 1-3 图 1-1a 所示加热炉输送机,电动机到工作部分整个传动系统采用的机构及其运动传递情况,在 § 1-1 中已予阐述,其机架、各运动构件以及运动副的数目、类型、位置都不难分析,对照上述步骤,可作出如图 1-1b 所示之运动简图(机动示意图)。需要指出的是:蜗杆和蜗轮以及一对齿轮的轮齿都是构成滚滑副,但它们都已有惯用的代表符号(表 1-1),绘制运动简图时无需表示出其齿廓形状。

二、平面机构的自由度

所有运动构件都在同一平面或相互平行的平面内运动,这种机构称为平面机构,否则称为空间机构。目前工程中常见的机构大多为平面机构。

如前所述,机构是由若干构件用运动副相联接并具有确定相对运动的组合体;我们把若干构件用运动副联成的系统称为运动链,其中有一个构件为固定构件(机架),只有当给定运动链中一个(或若干个)构件作为主动构件以独立运动,其余构件随之作确定的相对运动,这种具有确定相对运动的运动链才成为机构。讨论运动链在什么条件下才能具有确定的相对运动,对于设计新机构或分析现有机构都是非常重要的。

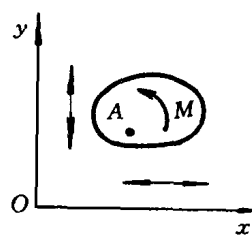


图 1-5

1. 平面机构自由度的计算公式及其意义

一个作平面运动的自由构件(未与其他构件用运动副相联)有三个独立的运动,如图 1-5 所示,在 xoy 坐标系中,构件 M 可以作沿 x 轴线移动、沿 y 轴线移动以及绕任何垂直于 xoy 平面的轴线 A 转动。运动构件的这三种可能出现的独立的自由运动称为构件的自由度,所以作平面运动的自由构件具有三个自由度。

当构件之间用运动副联接以后,在其联接处,它们之间的某些相对运动将不能实现,这种对于相对运动的限制称为运动副的约束,自由度将随引入约束而相应地减少。不同类型的运动副,引入的约束不同,保留的自由度也不同;如图 1-2a、b 所示回转副约束了运动构件沿 x 、 y 轴线移动的两个自由度,只保留绕 z 轴转动的一个自由度;图 1-2c 所示移动副约束了构件沿一轴线 y 移动和在 xoy 平面内转动的两个自由度,只保留了沿另一轴线 x 移动的一个自由度;图 1-2d、e 所示滚滑副只约束了沿接触处 k 公法线 $n-n$ 方向移动的一个自由度,保留绕接触处转动和沿接触处公切线 $t-t$ 方向移动的两个自由度。所以,在平面运动链中,每个低副(两个构件之间以面接触组成的回转副和移动副)引入两个约束,使构件丧失两个自由度;每个高副(两构件之间以点或线接触组成的滚滑副)引入一个约束,使构件丧失一个自由度。

如果一个平面运动链中包括固定构件在内共有 N 个构件,则除去固定构件后,运动链中的运动构件数应为 $n = N - 1$ 。在未用运动副联接之前,这 n 个运动构件相对机架的自由度总数应为 $3n$,当用运动副将构件联接起来后,由于引入了约束,运动链中各构件具有的自由度就减少了。若运动链中低副数目为 P_L 个,高副数目为 P_H 个,则运动链中全部运动副所引入的约束总数为 $2P_L + P_H$ 。将运动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数,即为运动链相对机架所具有的独立运动的个数,称为运动链相对机架的自由度(简称运动链自由度),以 F 表示,即

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