

机械设计基础

上海大学 山东工业大学
上海交通大学 南方冶金学院

合编

沈继飞 主编

上海科学技术出版社

机械设计基础

上海科学技术出版社

TH122

T4122
S49-2

机械设计基础

上海交通大学 上海大学
山东工业大学 南方冶金学院 合编

沈继飞 主编

上海科学技术出版社

机械设计基础

上海交通大学 上海大学

山东工业大学 南方冶金学院 合编

沈继飞 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

本书由上海发行所经销 上海东方印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 500,000

1995 年 8 月第 1 版 1995 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—9,000

ISBN 7-5323-3827-4/TH·71

定价: 21.70 元

内 容 提 要

本书根据国家教育委员会 1987 年颁发的《机械设计基础课程教学基本要求》，并结合华东地区部分高等工科院校历年来的教学实践经验编写而成。

本书除绪论外，共分二十三章。前八章属机械原理部分，阐述常用机构以及机器动力学的基本知识，后十五章属机械设计（原机械零件）部分，阐述机械设计理论和通用零、部件的基本设计方法。

本书可作为高等工科院校近机类专业及有关专业“机械设计基础”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。

序

华东地区机械设计教学研究会为贯彻国家教育委员会 1987 年颁发的《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)》, 交流、总结华东地区高等工科院校“机械设计基础”课程的教学经验和提高教学质量, 组织了本书的编写。

本书是根据“机械设计基础”课程教学基本要求, 并结合华东地区部分高等工科院校执行基本要求和教学改革实践的经验编写而成的。编写时力图贯彻“打好基础, 精选内容, 逐步更新, 利于教学”和“少而精”的原则。编写内容的处理着重于基本知识、基本理论和基本方法的阐述, 并注意设计构思和设计技能的培养。此外, 在保证基本内容的前提下, 适当介绍了本学科的某些新成就, 以利于拓宽知识面, 扩大读者的视野。

本书采用我国法定的计量单位, 并引用迄今为止最新颁布的有关国家标准。

本书由上海交通大学沈继飞担任主编。参加本书编写的有: 南方冶金学院张正平、尧国庆; 山东工业大学陆萍、刘鸣; 上海大学徐大生、孙元骁、吕宝义、孙荣鑫、莫云辉; 上海交通大学沈继飞、李柱国。具体分工是: 沈继飞—绪论、第 9、13、14 章; 徐大生—第 1 章; 孙元骁—第 2 章; 吕宝义—第 3、6 章; 莫云辉—第 4、16 章; 孙荣鑫—第 5、15 章; 尧国庆—第 7、8 章; 陆萍、刘鸣—第 10 章; 刘鸣—第 11 章; 李柱国—第 12、17、18、20 章; 张正平—第 19、21 章; 陆萍—第 22、23 章。

上海大学唐金松教授对本书进行了仔细审阅, 提出了很多宝贵意见, 对提高本书的质量帮助很大, 谨致衷心的感谢。

本书编写过程中, 参阅和引用了部分院校教材、有关机械设计手册和文献中的资料, 谨向它们的作者表示谢意。

编者殷切期望广大读者在使用过程中对本书中的不当、欠妥或谬误之处批评匡正, 意见请转上海交通大学机械设计教研室转。

编者

1994 年 10 月

目 录

序	1	6-2 槽轮机构	85
绪 论	1	6-3 不完全齿轮机构	86
0-1 机器、机构和机械	1	第7章 机械的速度波动及其调节	88
0-2 本课程的研究对象和内容	4	7-1 概述	88
0-3 本课程的性质和任务	4	7-2 机械速度波动的特征参数	89
第1章 平面机构的结构分析	5	7-3 飞轮的近似设计方法	90
1-1 平面运动副	5	第8章 回转件的平衡	93
1-2 平面机构运动简图	7	8-1 概述	93
1-3 平面机构的自由度	9	8-2 刚性回转件的平衡计算	93
第2章 平面连杆机构	14	8-3 刚性回转件的平衡试验	96
2-1 平面四杆机构的主要类型	14	第9章 机械设计概论	99
2-2 平面四杆机构的几个基本问题	19	9-1 机械设计的基本要求和一般程序	99
2-3 平面四杆机构设计	21	9-2 机械零件设计的基本要求	109
第3章 凸轮机构	30	9-3 机械零件的体积强度	100
3-1 凸轮机构的应用和分类	30	9-4 机械零件的表面强度	103
3-2 从动杆的常用运动规律	31	9-5 机械零件设计的一般步骤	106
3-3 凸轮轮廓的设计	36	9-6 机械零部件的标准化、系列化和通用化	108
3-4 设计凸轮机构时应注意的几个问题	42	9-7 现代机械设计方法简介	106
第4章 齿轮机构	45	第10章 机械零件的常用材料和结构工艺性	108
4-1 概述	45	10-1 机械零件的常用材料	108
4-2 渐开线齿廓及其啮合特性	45	10-2 机械零件材料的选择原则	110
4-3 渐开线齿轮各部分名称和尺寸	49	10-3 机械零件的结构工艺性	111
4-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的啮合	52	第11章 螺纹联接	115
4-5 渐开线齿廓的切制原理	54	11-1 螺纹的形成、主要参数和分类	115
4-6 根切现象和最少齿数	57	11-2 螺纹联接的基本类型和螺纹联接件	118
4-7 变位齿轮	58	11-3 螺纹联接预紧时力的分析、效率和自锁、防松装置	122
4-8 斜齿圆柱齿轮机构	60	11-4 紧螺栓组联接的工作载荷分析	126
4-9 直齿圆锥齿轮机构	66	11-5 单个螺栓联接的强度计算	130
第5章 轮系	70	11-6 提高螺栓联接强度的措施	135
5-1 概述	70	11-7 螺旋传动	138
5-2 定轴轮系传动比的计算	71	第12章 键、花键、销等联接	142
5-3 周转轮系传动比的计算	73	12-1 键联接	142
5-4 复合轮系和混合轮系传动比的计算	74	12-2 花键联接	146
5-5 轮系的功用	76	12-3 销联接	149
5-6 一些特殊行星轮系传动	79		
第6章 间歇运动机构	82		
6-1 棘轮机构	82		

12-4 型面联接	148	18-4 链传动的失效和许用功率曲线	219
第 13 章 焊接和胶联接	149	18-5 滚子链传动的主要参数及其确定	223
13-1 焊接	149	18-6 链传动的布置、张紧和润滑	224
13-2 胶联接	155	18-7 滚子链传动的设计	235
第 14 章 过盈联接和胀紧套联接	158	第 19 章 轴	227
14-1 过盈联接	158	19-1 概述	227
14-2 胀紧套联接	162	19-2 轴的材料	228
第 15 章 齿轮传动	164	19-3 轴的初步强度计算	229
15-1 概述	164	19-4 轴的结构设计	230
15-2 齿轮传动的受力分析	164	19-5 轴的复合强度校验计算	233
15-3 齿轮的失效	167	19-6 轴的刚变计算	233
15-4 齿轮常用材料及热处理	169	19-7 轴的振动稳定性计算简介	233
15-5 齿轮传动的精度	170	第 20 章 滑动轴承	240
15-6 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	171	20-1 概述	240
15-7 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	176	20-2 滑动轴承的主要类型和结构	240
15-8 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	178	20-3 滑动轴承材料	243
15-9 齿轮的结构	179	20-4 润滑剂和润滑方法	245
15-10 齿轮传动的润滑	182	20-5 不完全液体摩擦滑动轴承的设计	248
15-11 圆弧齿轮传动简介	183	20-6 动压滑动轴承动压油膜形成原理和压力分布方程	249
第 16 章 蜗杆传动	185	20-7 动压径向滑动轴承的设计	251
16-1 概述	185	20-8 其他滑动轴承简介	256
16-2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	187	第 21 章 滚动轴承	260
16-3 蜗杆传动的相对滑动速度和效率	190	21-1 概述	260
16-4 蜗杆传动的受力分析	191	21-2 滚动轴承的类型和代号	261
16-5 蜗杆传动的材料、失效和结构	192	21-3 滚动轴承类型的选择	265
16-6 蜗杆传动的强度计算	195	21-4 滚动轴承的承载能力计算	265
16-7 蜗杆传动的热平衡计算和润滑	196	21-5 滚动轴承装置设计	275
16-8 圆弧圆柱蜗杆传动	199	第 22 章 联轴器和离合器	281
第 17 章 带传动	200	22-1 联轴器	281
17-1 概述	200	22-2 离合器	288
17-2 普通 V 带和 V 带轮	201	第 23 章 弹簧	294
17-3 普通 V 带传动的几何关系	205	23-1 概述	294
17-4 普通 V 带的受力和应力分析	205	23-2 弹簧的制造、材料和许用应力	296
17-5 弹性滑动和打滑	208	23-3 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的结构和特性曲线	296
17-6 失效、计算准则和额定功率	209	23-4 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的计算	299
17-7 普通 V 带传动的设计	211	23-5 圆柱拉伸、压缩螺旋弹簧的设计	303
17-8 同步带传动简介	214	23-6 其他弹簧简介	303
第 18 章 链传动	215	习题	307
18-1 概述	215	主要参考文献	328
18-2 传动链和链轮	215		
18-3 链传动的运动分析和力分析	219		

绪 论

0-1 机器、机构和机械

为了减轻体力劳动和提高生产效率,人类创造了机器。机器的种类很多,通常分为两大类:动力机和工作机。

提供或转换机械能的机器称为动力机,如内燃机、汽轮机、电动机等。

利用机械能完成有效功,即实现预期工作功能的机器称为工作机,如金属切削机床、起重機、轧钢机、纺织机、缝纫机、洗衣机等。

图 0-1 所示为牛头刨床,其工作职能是刨削工件的平面,为此要求:刨头 28(俗称牛头,刨刀装于其上)沿 x 方向作往复直线运动(切削运动);工作台 32(工件装于其上)沿 y 方向作间歇直线运动(进给运动),两者的运动关系是刨头(刨刀)沿 x 向往复一次,工作台(工件)沿 y 向移动一次。

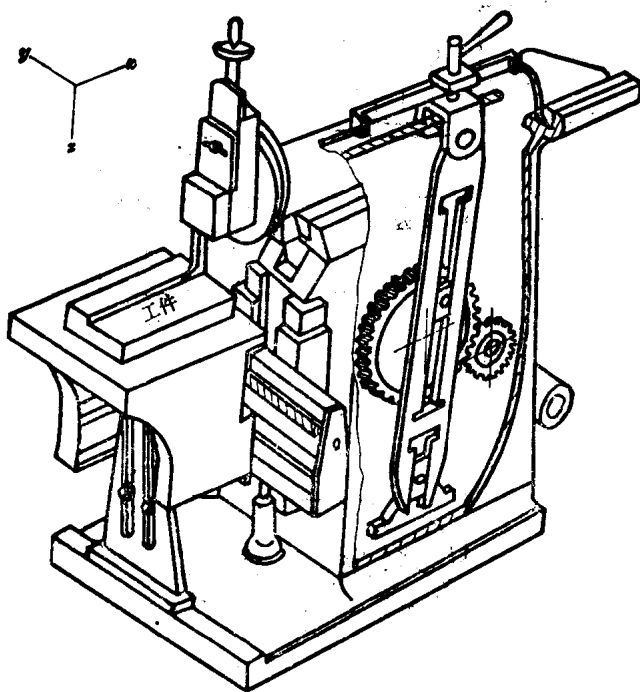


图 0-1 牛头刨床

图 0-2 示出了该牛头刨床的运动简图,即传动系统图。由图 0-2 可见,牛头刨床由电动机 1 提供动力,按如下运动路线实现工作职能:

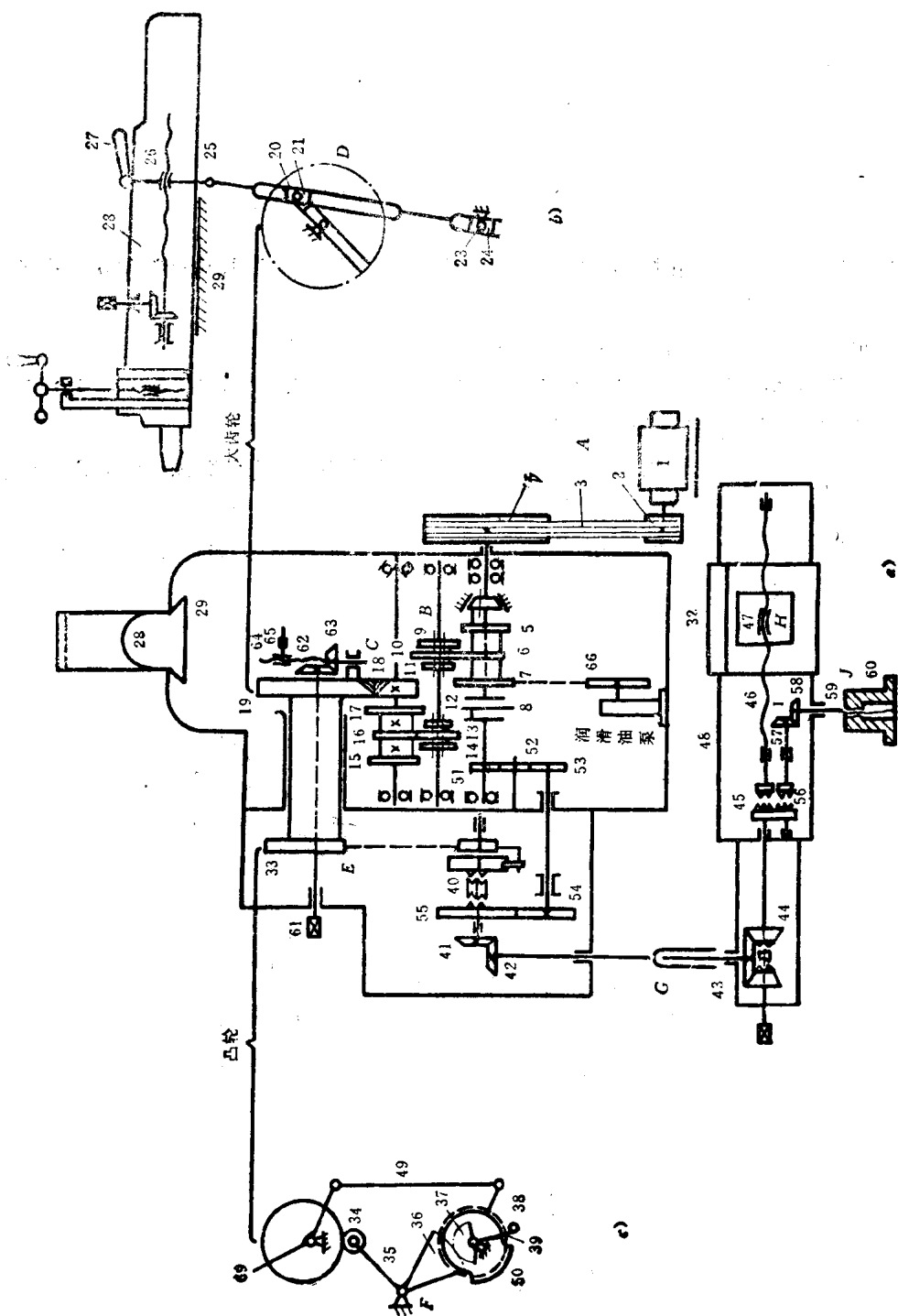


图 0-3 牛头刨床的机构运动简图

电动机 1→带轮机构(带传动)A→离合器 8→变速齿轮轮系(变速箱)B→圆柱齿轮机构(圆柱齿轮传动)C→连杆机构 D→刨头 28 作往复直线切削运动

↳ 凸轮机构 E→离合器 40→棘轮机构 F①→离合器 40→圆锥齿轮轮系 G→离合器 45②→螺旋机构(螺旋传动)H→工作台 32 作间歇直线进给运动

观察和分析牛头刨床这一典型实例,可以获得如下几点基本认识:

1. 机器具有三项特征

凡是机器,必定具有三项特征:①它是若干物件的人工组合系统;②它的各部分之间具有确定的相对运动;③它能完成有用的机械功或转换机械能。

2. 机器由机构组成

例如由图 0-2 可见,牛头刨床由带轮机构 A、齿轮机构 B、C、连杆机构 D、凸轮机构 E、棘轮机构 F、螺旋机构 H 等组成。机器中普遍使用的机构称为常用机构。牛头刨床中的这些机构均属常用机构。机构与机器的区别在于机构只具有机器的第①、②项特征而无第③项特征。但是,如果仅按运动而言,则机构与机器并无不同。通常,将机器与机构总称为机械。

3. 机构由构件组成

构件是构成机构运动的基本单元。所以,构件是运动单元。例如,图 0-2 中的带轮机构 A 由具有相对运动的三个构件即主动带轮 2、传动带 3 和从动带轮 4 组成;圆柱齿轮机构 C 由具有相对运动的两个构件即主动齿轮 18 和从动齿轮 19 组成;螺旋机构 H 由具有相对运动的两个构件即螺杆 46 和螺母 47 组成。构件可以是一个单件(如传动带 3、螺杆 46),也可以是由多个单件构成的刚性联结(如齿轮 19 和凸轮 33 构成刚性联结,因两者之间无相对运动,故按一个构件计)。

4. 构件需制造出来(从而制造出机构和机器)

制造时的基本单元称为机械零件,简称零件。所以,零件是制造单元。由此可见,不论构件是单件或是由多个单件构成的刚性联结,单件即是零件(例如,螺杆 46 是单件构件,所以螺杆 46 是零件,而齿轮 19 和凸轮 33 构成为一体的刚性联结构件,故零件是指齿轮 19 连同凸轮 33)。因此,按制造观点而言,机械是由零件组成的。

机械中的零件种类繁多,可以分为两大类:专用零件和通用零件。专用于某种类型机械的零件称为专用零件,如内燃机的活塞、汽轮机的叶片、起重机的吊钩、船舶的螺旋桨、纺织机的锭子等。广泛用于各种机械的零件称为通用零件,如螺栓、键、销、齿轮、蜗杆、蜗轮、带、链、轴、轴承等。

为了便于机械的设计、制造、装配、维修和运输,常将整机划分成几个部分,然后将它们联接起来予以总成。这些部分,称为部件,有时部件也可进一步分成若干个分部件。分部件与分部件之间,部件与部件之间,既相对独立,又相互联系。例如牛头刨床分成主切削传动部分(变速箱)、进给传动部分(走刀箱)、刨头、刀架、工作台……等部件及分部件。又如由齿轮机构或蜗杆-蜗轮机构组成的独立传动装置、由两半联轴器组成的联轴器、由两半离合器组成的离合器等,都是部件。

注:① 棘轮机构 F 是一种间歇运动机构(见第 6 章),用以实现单向间歇进给运动。

② 离合器 45→离合器 56→圆锥齿轮机构 I→螺旋机构 J→工作台 32 沿图 0-1 所示的 y 方向作升降运动。

5. 完整的机械通常包含三种装置

一台完整的机械,通常包含三种装置:动力装置、传动装置和执行装置。动力装置即动力机。执行装置是直接执行并实现机械的功能的部分,如牛头刨床中的刨头和工作台、汽车中的车轮、船舶中的螺旋桨、起重机中的卷筒、钢丝绳及吊钩等。动力装置在运动形式、运动及动力参数等方面常与执行装置不相一致,前者大多是单一而确定的,后者则随各类机械功能要求的不同而不同(如回转、摆动、直线运动、往复运动或间歇运动;增速、减速或变速;增大或减小转矩等)。因此两者之间常需设置中间装置实现运动形式或运动及动力参数的转换,此中间装置即为传动装置。传动装置有机械、液压、气压或电力传动装置,本书中讨论的均属机械传动。

0-2 本课程的研究对象和内容

《机械设计基础》课程主要研究一般条件下工作的常用机构和通用零部件的基础设计知识和基本设计方法。其具体内容是:

1. 研究机构具有确定运动的条件

研究常用机构(连杆机构、齿轮机构、轮系、凸轮机构、间歇运动机构)的组成、工作原理、运动特性、动力特性及机器动力学的基本知识。研究常用机构的基本设计方法。

2. 研究通用零部件的基本设计知识和一般设计方法

研究典型通用零部件诸如联接(螺纹联接;键、花键、销联接;焊联接、胶联接、过盈联接)、传动(齿轮传动、蜗杆-蜗轮传动、带传动、链传动)、轴系零部件(轴、轴承、联轴器和离合器)和弹簧的工作原理、特点、应用、设计理论和基本设计方法。

3. 初步了解整机设计的基本要求、方法和程序。

0-3 本课程的性质和任务

《机械设计基础》是一门设计性的基础技术课,是一门机械设计的入门课。学习本课程时,将综合应用有关先修课程的理论知识和生产实际知识。这些先修课程是:画法几何和机械制图;工程材料和机械制造基础;互换性和技术测量;理论力学;材料力学等。本课程着重阐述机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,同时注意设计构思和设计技能的基本训练和培养。通过对本课程的学习,将学习专业机械设备课程打下良好的基础。

本课程培养学生的主要任务是:

1. 树立正确的设计思想,掌握常用机构和通用零件的一般设计规律,了解整机设计的一般程序;

2. 掌握常用机构和通用零部件的设计和计算方法,具有设计通用机械传动装置和较简单的机械的能力;

3. 具有熟悉和运用机械设计手册、图册、标准、规范等有关技术资料的能力;

4. 初步了解本课程中的一些基本实验方法,获得实验技能的基本训练;

5. 对现代设计方法有所了解;

6. 对国家颁布的有关技术经济政策和法规有所了解。

第1章 平面机构的结构分析

绪论中已经指出,机构由构件组成,并且各个构件之间具有确定的相对运动。组成机构的构件有三种:

1) 固定件 固定不动,用以支承机构中的其他构件,又称机架。一个机构中,只能有一个固定件或机架,其余都是活动构件。研究机构中其余各活动构件的运动时,通常以固定件作为参考坐标系;

2) 原动件 机构必须由外界输入运动后才能运动。按外界输入的给定运动规律而运动的构件称为原动件,也称输入构件。机构中的原动件通常只是一个,有时也可以超过1个;

3) 从动件 随原动件运动而运动的其余活动构件称为从动件。在从动件中,输出预期运动的从动件称为输出构件。

由上显然可见,构件组成机构,并非任意拼凑,而应遵循一定的法则或原理,才能使机构中的各个构件获得确定的相对运动。这些法则或原理,对机构的运动分析和运动设计来说极为重要,它们乃是本章的主要讨论内容。

在实际机器中,机构及其构件的结构形状一般均较复杂。但是,构形的复杂与否对运动性质的分析并不产生影响。因此,可用简单的线条、图形和符号来表示机构及其构件,由此绘成机构运动简图。这在分析、研究机构及其构件的运动时,带来了极大的方便。有关机构运动简图的绘制方法,也将在本章中予以介绍。

在同一平面或相互平行平面内运动的构件称为平面运动构件,由平面运动构件组成的机构称为平面机构。在机器中,平面机构应用最多,本章仅讨论平面机构。

1-1 平面运动副

一、平面运动副及其分类

两个平面运动构件直接接触,而又产生一定相对运动的联接,称为平面运动副。根据接触特性,平面运动副分低副和高副两类。

1. 低副

两个平面运动构件以“面”接触组成的运动副,称为低副。作平面运动的低副分回转副和移动副两种。

(1) 回转副 能在平面内作相对回转的运动副称为回转副,如图1-1a)(此回转副由轴承1与轴2组成)。回转副也称铰链。如果其中一个构件是固定的,则称为固定铰链,见图1-1a)和图1-4a)(下图)。如果其中两个构件都不是固定的,则称为活动铰链,见图1-4a)(上图)。

(2) 移动副 能在平面内沿某一轴线作相对移动的运动副称为移动副,如图1-1b)(移

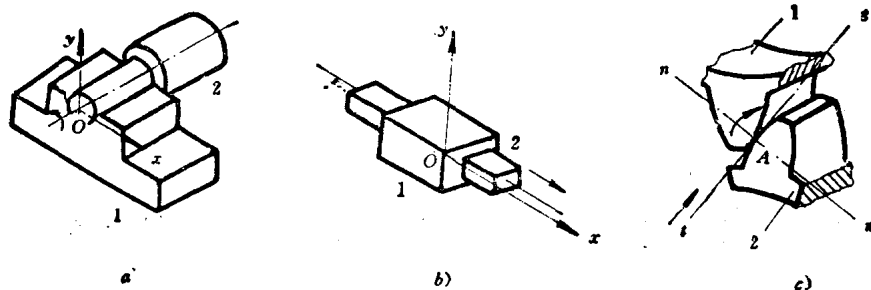


图 1-1 平面运动副

a)、b) 低副; c) 高副

动副由滑块 1 与导杆 2 组成)。

2. 高副

两构件以“点”或“线”接触组成的运动副,称为高副。轮齿与轮齿的啮合(图 1-1c)、凸轮与挺杆的接触(见图 1-6b、图 1-9a)等,均属平面高副。

低副和高副各有其优缺点。低副是面接触,表面挤压应力较小,润滑比较方便,不易磨损,制造也较容易,但能实现的相对运动数目有限,适宜用于载荷较大和运动不很复杂的场合。高副是点或线接触,表面接触应力较大,润滑条件较差,较易磨损,制造也较麻烦,一般适宜用于载荷不太大和运动比较复杂的场合。

图 1-2a)所示为螺旋副。当螺旋 1 相对于固定不动的螺母 2 回转时,螺旋 1 同时还作轴向移动。图 1-2b)所示为球面副,常用于万向机构。这两种运动副均属空间运动副,本章不予讨论。

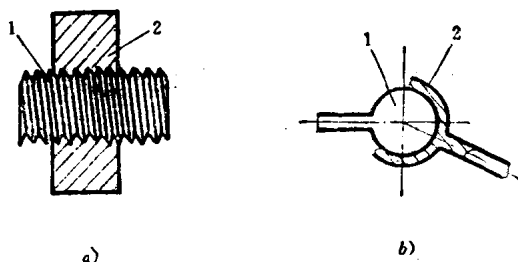


图 1-2 螺旋副和球面副

a) 螺旋副; b) 球面副

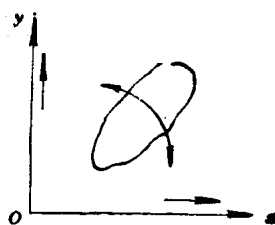


图 1-3 自由构件的运动

二、平面运动副的自由度和约束

1. 自由构件的自由度

构件在未组成运动副前,处于孤立或自由状态,可称为自由构件。如图 1-3 所示,任何一个自由构件作平面运动时,可以有三个独立的自由运动:沿 x 、 y 轴的两个移动和绕垂直于运动平面 xOy 的轴线的一个回转。这就是说,任何一个作平面运动的自由构件,具有 3 个自由度。

2. 运动副的自由度和约束

两个作平面运动的自由构件组成运动副后,它们之间的相对运动数即自由度数将受限制。也就是说,运动副会对其中构件的相对运动带来一定数量的约束。约束数等于被限制

的相对运动数,亦即等于自由度的减少数。

对于回转副(见图 1-1a),两构件只能作相对回转,即沿 x 、 y 轴的两个移动受到限制。因此,一个回转副带来了 2 个约束,亦即减少了 2 个自由度。

对于移动副(见图 1-1b),两构件只能沿 x 轴(或 y 轴)作相对移动,即沿 y 轴(或 x 轴)的移动和绕垂直于平面 xOy 的轴线的回转受到限制。因此,一个移动副同样带来 2 个约束,亦即减少了 2 个自由度。

对于高副(见图 1-1c),两构件可绕接触点 A 回转和沿接触处公切线 tt 的方向移动,而沿接触处公法线 nn 方向的移动受到限制(由图可见两构件虽可沿 nn 作反向相对移动,但由此脱离接触而不复存在运动副)。因此,一个高副带来 1 个约束,亦即减少了 1 个自由度。

由上可以得出结论:每个平面低副,引入 2 个约束,即失去 2 个自由度;每个平面高副,引入 1 个约束,即失去 1 个自由度。

1-2 平面机构运动简图

一、构件和运动副的表示方法

不论分析现有机械的运动特性或设计新机械时,都需要绘制机构运动简图。据此运动简图,不仅能方便、迅速、准确地判断机械中各构件具有确定相对运动的条件,而且能将各构件的运动求解出来,甚至进而求解动力。概括来说,绘制机构运动简图,就是应用简单的线条、图形和规定的符号表征构件和运动副,并按一定的比例尺定出各运动副的相对位置,绘出能将机构中各构件的运动情况反映出来的简单图形。因此,为能绘制运动简图,需先了解构件和运动副的表示方法。

图 1-4 示出了平面运动副的表示方法。图 1-4a)表示回转副的画法,圆代表回转副,圆心代表回转轴线,1 和 2 代表构件,上图表示两构件均为活动构件,组成活动铰链,下图表示其中构件 1 是固定的,故组成固定铰链。图 1-4b)同样是回转副,是在另一种视图中的表示方法,上图为活动铰链,下图为固定铰链。图 1-4c)表示移动副的画法。构件 1 表示导杆(或导槽,见左下图),构件 2 表示滑块,用矩形表示,上面两图中的 1、2 都是活动构件,下面两图中的构件 1 都是固定构件。图 1-4d)表示高副的画法。上图中构件 1、2 都是活动件,下图中构件 1 则是固定件。绘制高副构件时需示出其曲线轮廓。

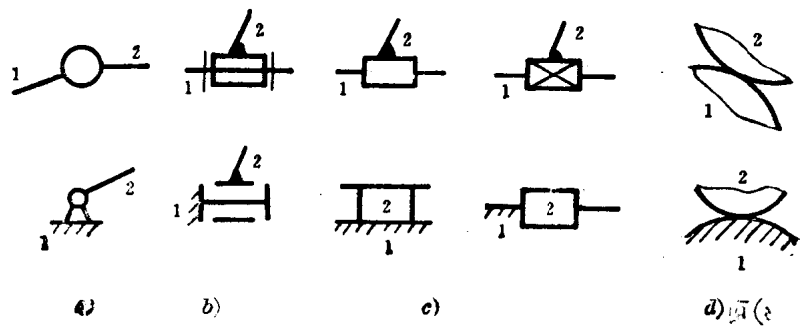


图 1-4 平面运动副的表示方法

a)、b) 回转副; c) 移动副; d) 高副

由图 1-4 可见, 构件的表示方法相当简单, 多用直线、简单的线条或简单的几何图形(如图 1-4a)下图中的三角形、图 1-4b)中的矩形、图 1-4c)中的曲线)。顺便指出, 有些构件具有习惯的表示方法。例如齿轮啮合或蜗杆-蜗轮传动, 用点划线或细实线表示节圆(见图 1-5); 凸轮则需表示出完整的轮廓线(见图 1-9); 其余不一一细述, 可查 GB4460-84。

二、机构运动简图的绘制

下面通过工件输送机(图 1-5a)机构运动简图的绘制实例, 阐明绘制的一般方法和步骤。

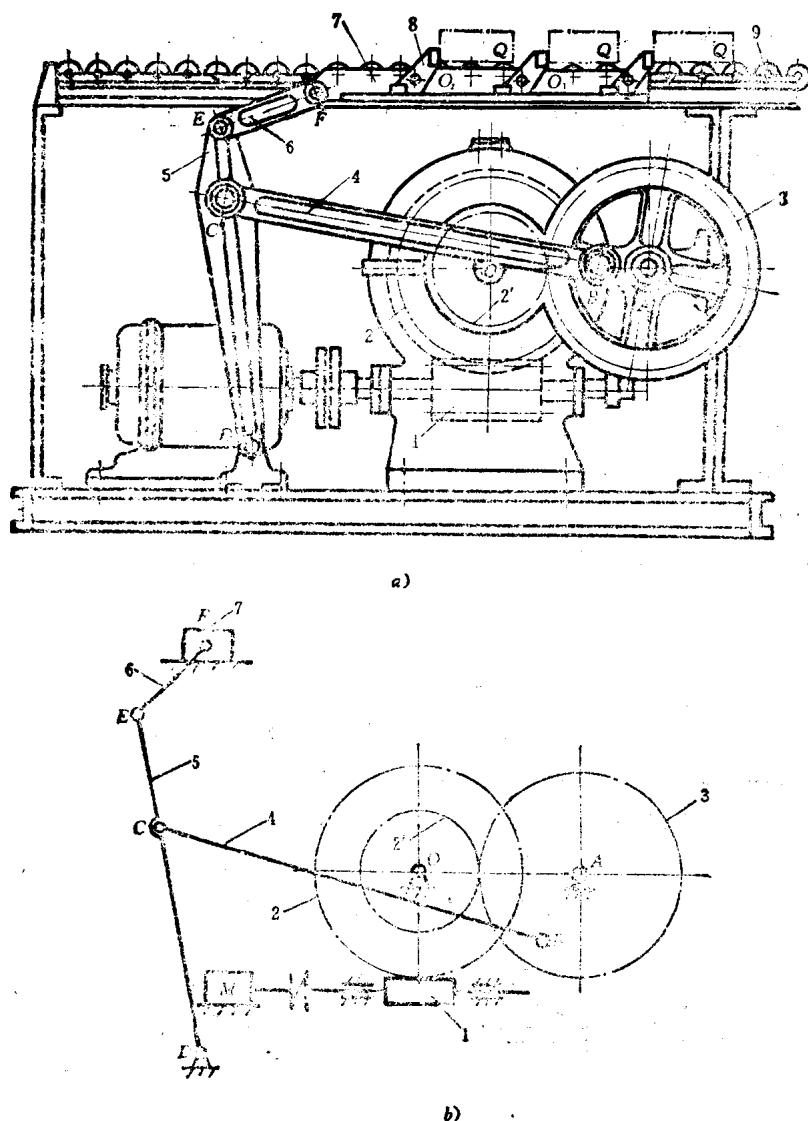


图 1-5 工件输送机及其机构运动简图

1. 正确区分原动件、从动件和机架, 并确定构件的数目

由图 1-5a)可见, 电动机将回转运动通过联轴器输入给蜗杆 1, 可见蜗杆 1 是原动件。蜗杆 1 驱动蜗轮 2 回转, 经过齿轮 2' (它与齿轮 2 同轴而刚性联结为一个构件) 驱动齿轮 3 回转, 由此通过连杆 4 (它与齿轮 3 以回转副相联接) 驱使摆杆 5 绕 D 点往复摆动, 再经过

连杆6将摆杆5的往复摆动转换为滑块7沿导轨的水平往复移动。滑块7上联接有三个棘爪8(棘爪与滑块组成为一个构件)。当滑块7向右移动时,棘爪8推动工件Q一起右移;当滑块7向左移动时,棘爪8受工件阻挡被迫绕支点 O_1 向下回转而处于工件Q的底部,保证棘爪8随滑块7左移时不会带动工件。棘爪8不受工件阻挡时则靠弹簧(图中未示出)的弹力复位如图示位置。由上述传动情况可见,构件2-2'、3、4、5、6和7都是从动件,其中滑块7是输出构件。由于滑块7是直接执行生产任务的构件,又称执行构件。其余如机器底部的基础、顶部的滚道和两侧的支架等,则是固定件,即机架。如前所述,在机构中,只能有一个固定件。所以,支持活动构件运动的支架或支座无论有多少个,均视为作为一个机架。

2. 确定运动副的类型和数目

蜗杆1的两端支承于箱体(机架),它与 O 、 A 、 D 三处的构件一样,均与固定件组成回转副(固定铰链),而 B 、 C 、 E 、 F 四处,均是活动构件组成的回转副(活动铰链)。此外,构件7与机架组成移动副,而蜗杆1与蜗轮2以及齿轮2'与齿轮3组成两处高副。

3. 选定恰当的比例尺绘制机构运动简图

根据选用的比例尺确定好各构件的尺寸及运动副的相对位置,然后用规定的线条、图形和符号,循着传动路线,自构件1至构件7依次绘出各处的运动副和各个构件,绘出图1-5b)所示的机构运动简图。应当指出,凡是影响运动性质的要素须严格按比例绘制,例如齿轮节圆尺寸、高副构件的中心距尺寸、回转副中心的位置或两运动副中心间的尺寸(杆长)等。至于代表回转副的小圆,代表移动副及其构件的矩形,它们的尺寸则不必严格,但导杆或导槽的方位则必须准确绘出。

1-3 平面机构的自由度

一、平面机构的自由度数 F

机构是由构件组成的。因此,机构的自由度应与机构中的活动构件数目、各构件所组成的运动副的类型和各类运动副的数目有关。前已阐明,作平面运动的每个自由构件具有三个自由度,每个平面低副因引入两个约束而减少两个自由度,每个平面高副因引入一个约束而减少一个自由度。设平面机构中的活动构件(机架除外)数为 n ,低副数为 P_L ,高副数为 P_H ,则平面机构的自由度数 F 可按式确定:

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

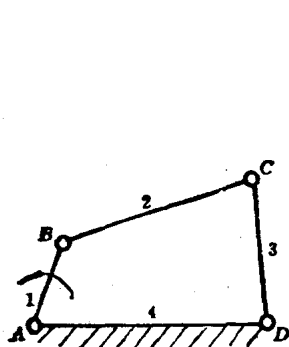
上式表明,平面机构的自由度数 F 是活动构件的自由度总数 $3n$ 与约束总数($2P_L + P_H$)之差。

例 1-1 计算图1-6a)所示铰链四杆机构的自由度。

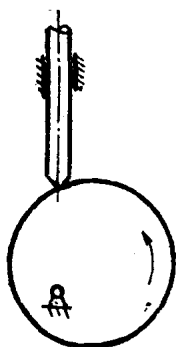
解 该机构中活动构件数 $n=3$,低副数 $P_L=4$,高副数 $P_H=0$ 。根据式(1-1),得机构自由度数

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

取构件(曲柄)1为原动件,则机构中所有的从动件2和3均作确定的运动,即机构具有确定的运动。这时,机构的原动件数 W 等于机构的自由度数 F ($W = F = 1$)。

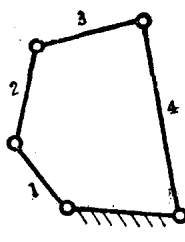


a)

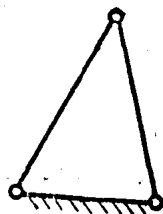


b)

图 1-6 铰链四杆机构与凸轮机构



a)



b)

图 1-7 $W < F$ 和 $F = 0$ 的机构

例 1-2 计算图 1-6b) 所示凸轮机构的自由度。

解 该机构中活动构件数 $n=2$, 低副数 $P_L=2$, 高副数 $P_H=1$ 。根据式(1-1), 得机构自由度

$$F = 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 = 1$$

取构件(凸轮)1为原动件, 则从动件即挺杆2随凸轮1作确定的运动, 即机构具有确定的运动。这时, 机构的原动件数 W 等于机构的自由度 F ($W=F=1$)。

例 1-3 计算图 1-5 所示工件输送机的自由度。

解 由前已知活动构件 $n=7$, 低副数 $P_L=9$, 高副数 $P_H=2$ 。根据式(1-1), 得机构的自由度

$$F = 3 \times 7 - 2 \times 9 - 2 = 1$$

已知蜗杆1为原动件, 而机构中的所有从动件2-2'、3、4、5、6、7均具有确定的运动, 即机构具有确定的运动。这时, 机构的原动件数 W 等于机构的自由度 F ($W=F=1$)。

二、机构具有确定运动的条件

上面三个算例表明, 当机构的原动件数 W 等于机构的自由度 F 时, 机构中的所有从动的活动构件均具有确定的运动, 亦即机构具有确定的运动。

W 与 F 之间的关系可有三种情况: $W=F$; $W>F$ 和 $W<F$ 。 $W=F$ 的情况可见上列算例所述。如果 $W>F$, 例如在图 1-6a) 所示铰链四杆机构中使构件3与构件1一样也为原动件(这时 $W=2>F=1$), 显然, 这时机构中的构件必定折断; 又例如在图 1-6b) 所示凸轮机构中使挺杆2与凸轮1一样也为原动件, 则挺杆1必将断裂。这说明 $W>F$ 时机构中的从动件不能具有确定的运动, 亦即机构不具有确定的运动。如果 $W<F$, 例如在图 1-7a) 所示机构(该机构的 $F=3 \times 4 - 2 \times 5 - 0 = 2$) 中仅取构件1为原动件, 则显然可见这时机构中的从动件2、3和4均将作无规律的运动, 亦即机构不具有确定的运动。图 1-7b) 所示为机构自由度等于零($F=3 \times 2 - 2 \times 3 - 0 = 0$) 的杆件组合, 它的各构件之间不存在相对运动。

综上所述可知, 机构具有确定运动的条件是: 1) 机构的自由度 $F>0$ 和 2) 机构的自由度 F 等于机构的原动件数 W , 即 $F=W$ 。

三、计算平面机构自由度时应注意的问题

计算平面机构的自由度时, 必须正确处理下列三种情况, 否则不能正确求得机构的自由度 F 。