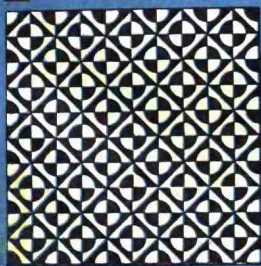


中等专业学校教材

机械原理 与 机械零件

孔令刚 黄文地 合编
屈国华 何元庚
何元庚 主编

高等教育出版社



本书是根据国家教育委员会 1986 年审定的中等专业学校机械类专业和机械委员会 1986 年审定的中等专业学校机械类专业的《机械原理与机械零件教学大纲》编写的。

全书由机械原理与机械零件两部分组成,内容包括:常用机构、通用零件的选择、设计和维护方面的基本知识和基本理论。

本书的单位、名词术语和标准均采用国家最近颁布的标准。

本书为中等专业学校机械类(包括机械类)专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

中等专业学校教材
机械原理与机械零件

孔令刚 黄文融 合编
屈国华 何元庚
何元庚 主编

*

高等教育出版社出版
新华书店上海发行所发行
·上海街中书印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 24.5 字数 559,000

1988 年 10 月第 1 版 1988 年 10 月第 1 次印刷

印数 0.0001—163500

ISBN 7-04-001082-8/TII·168

定价 5.05 元

序

本书是根据1986年10月国家教育委员会审定的中等专业学校四年制机械类专业适用的《机械原理与机械零件教学大纲》和同年国家机械工业委员会审定的中等专业学校四年制机械类专业适用的《机械原理与机械零件教学大纲》编写的。

与同类教材相比,本教材对以下几个方面有所注意:

1) 为了适应中专水平,在保证必要的理论基础的前提下,删去了偏深过繁的理论引证和数学推导,但对其概念仍作简明的定性叙述,对必需的运算,则通过实例来演示。

2) 为了适应科学技术新的进展,在不扩大篇幅的条件下,内容有所调整和补充:

(1) 尽可能采用国际标准化组织(ISO)推荐的新的设计方法;

(2) 增补机构造型、组合和机械设计概述;

(3) 编入电子计算机辅助设计的新内容。

3) 为了照顾机制类专业的需要,对某些章节(如齿轮、滚动轴承、机构等)有一定的延伸和扩充。

4) 为了培养学生分析和解决问题的能力,在内容叙述上,强调分析问题的方法和设计思路;在例题习题方面,编入了一些综合性讨论和实践性较强的题目。

5) 为了提高教学效果,吸收了兄弟学校在本门课程上积累的教学方法和教学经验。

6) 本书采用国家法定单位、统一的名词术语和新标准,并附有一定数量的英文词汇。

7) 为了便于使用,书末有附表,提供了一定数量的标准、规范,供本课程解题之用。

在作了上述努力之后,本书内容希望能接近比较系统、比较完整、比较新颖和比较适用的要求。

本书第11、12、15章由孔令刚编写,4、6、7、8章由屈国华编写,13、14、20章由黄文灿编写,其余各章和附表由何元庚编写。本书由何元庚担任主编。

本书由全国中等专业学校机械原理与机械零件课程组委托赵克松同志主审机械原理部分、黄森彬同志主审机械零件部分。他们对本书提出了很多宝贵意见,编者在此表示衷心感谢。

本书虽经编写人员多次讨论、斟酌,但由于水平所限,必然有很多缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

一九八七年十一月

目 录

1 绪论	1	5-3 渐开线从动	56
1-1 本课程研究的对象和内容.....	1	5-4 渐开线齿轮的基本参数、标准及几何尺寸	59
1-2 本课程的任务、任务和基本要求.....	3	5-5 渐开线标准齿轮的啮合	64
1-3 本课程的学习特点.....	3	5-6 渐开线齿轮加工原理	68
1-4 我国机械状况和本课程在国民经济建设中的作用.....	4	5-7 渐开线齿轮的干涉、根切和最少齿数	71
思考题.....	6	5-8 渐开线变位齿轮机构	72
2 平面机构和机构运动简图	7	5-9 斜齿圆柱齿轮机构	77
2-1 构件和运动副.....	7	5-10 圆锥齿轮机构	84
2-2 机构运动简图.....	9	思考题.....	87
2-3 机构具有确定的相对运动的条件.....	10	习题.....	88
思考题.....	13	6 轮系	90
习题.....	14	6-1 定轴轮系及其传动比	90
3 平面连杆机构	16	6-2 行星轮系及其传动比	93
3-1 铰链四杆机构.....	16	6-3 混合轮系及其传动比	97
3-2 滑块四杆机构.....	20	6-4 轮系的应用	98
3-3 四杆机构的基本特性.....	23	6-5 几种特殊的行星传动简介	100
3-4 四杆机构造型.....	26	思考题.....	102
3-5 多杆机构.....	27	习题.....	103
3-6 四杆机构设计.....	28	7 其他常用机构	106
思考题.....	33	7-1 螺旋机构	106
习题.....	33	7-2 棘轮机构	113
4 凸轮机构	36	7-3 槽轮机构	116
4-1 凸轮机构运动分析.....	37	7-4 组合机构	118
4-2 从动件的常用运动规律.....	38	思考题.....	119
4-3 凸轮轮廓的设计.....	41	习题.....	121
4-4 凸轮工作轮廓的校核.....	46	8 刚性转子的平衡	122
4-5 凸轮机构的结构设计.....	48	8-1 转子的静平衡	123
思考题.....	50	8-2 转子的动平衡	124
习题.....	50	8-3 转子的平衡试验	126
5 齿轮机构	53	思考题.....	128
5-1 齿轮机构的分类及其优缺点.....	53	习题.....	128
5-2 齿廓啮合基本定律.....	55		

9 机械设计概述	130
9-1 机器总体设计的要求和内容	130
9-2 机器零件设计的要求和内容	131
10 联接	143
10-1 键联接	144
10-2 花键联接	148
10-3 销联接	150
10-4 螺纹联接的基本类型及螺纹联接件	151
10-5 螺栓联接的预紧和防松	156
10-6 螺栓联接的强度计算	158
10-7 螺栓的材料及许用应力	161
10-8 螺栓联接结构设计的要点	162
思考题	166
习题	167
11 带传动	169
11-1 带传动的工作原理、特点和主要类型	169
11-2 V 带的结构、标准和 V 带传动的主要几何关系	170
11-3 带传动的受力分析和不打滑条件	173
11-4 带传动的应力分析和疲劳强度	175
11-5 带传动的弹性滑动和传动比	176
11-6 V 带传动的失效形式和设计准则	177
11-7 V 带传动的设计计算	179
11-8 V 带轮的材料和结构	182
11-9 V 带传动的张紧、安装和维护	184
11-10 同步带传动简介	186
思考题	188
习题	189
12 链传动	190
12-1 滚子链和链轮	190
12-2 链传动的运动不均匀性和主要参数的选择	194
12-3 链传动的设计计算	197
12-4 链传动的布置、张紧和润滑	200
思考题	203
习题	204
13 齿轮传动	205

13-1 齿轮的失效形式	205
13-2 齿轮的材料	207
13-3 齿轮传动的精度	209
13-4 直齿圆柱齿轮传动的作用力及其计算载荷	212
13-5 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	214
13-6 斜齿圆柱齿轮传动	221
13-7 直齿圆锥齿轮传动	227
13-8 齿轮的结构	231
13-9 齿轮传动的效率和润滑	234
思考题	235
习题	236
14 蜗杆传动及减速器	237
14-1 蜗杆传动的类型和特点	237
14-2 蜗杆传动的基本参数和几何尺寸	238
14-3 蜗杆传动的滑动速度和效率	243
14-4 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	244
14-5 蜗杆传动的受力分析	245
14-6 蜗杆传动的强度计算	246
14-7 蜗杆的刚度计算	247
14-8 蜗杆传动的热平衡计算	247
14-9 蜗杆传动的润滑	249
14-10 减速器	251
14-11 传动类型选择	259
思考题	260
习题	261
15 轴	262
15-1 轴的材料	263
15-2 轴的结构设计	264
15-3 轴的强度计算	268
15-4 轴的刚度计算和临界转速的概念	273
思考题	274
习题	274
16 滑动轴承	277
16-1 滑动摩擦与润滑状态	277
16-2 滑动轴承的结构形式	278
16-3 轴瓦材料和轴瓦结构	280
16-4 非液体摩擦轴承计算	282

16-5 液体摩擦轴承简介.....	284	18-5 牙嵌式离合器.....	324
16-6 润滑剂与润滑装置.....	285	18-6 摩擦式离合器.....	325
思考题.....	290	18-7 安全联轴器和定向离合器.....	327
习题.....	290	思考题.....	328
17 滚动轴承	292	习题.....	328
17-1 滚动轴承的类型和特性.....	292	19 弹簧	329
17-2 滚动轴承代号.....	296	19-1 弹簧的制造、材料和许用应力.....	330
17-3 滚动轴承的失效形式和选择计算.....	298	19-2 螺旋弹簧的端部结构和几何尺寸.....	331
17-4 滚动轴承的组合设计.....	306	19-3 弹簧的应力、变形和特性曲线.....	333
17-5 滚动轴承的润滑和密封.....	311	19-4 弹簧的设计计算.....	335
17-6 滚动轴承与滑动轴承的对比.....	314	思考题.....	338
思考题.....	317	习题.....	338
习题.....	317	20 电子计算机在本课程中的应用	339
18 联轴器和离合器	319	20-1 凸轮机构的轮廓设计.....	339
18-1 固定式刚性联轴器.....	320	20-2 齿轮传动的设计.....	344
18-2 可移式刚性联轴器.....	320	习题.....	350
18-3 弹性联轴器.....	322	附表.....	351
18-4 联轴器的选择.....	323	主要参考书	280

1 绪 论

1.1 本课程研究的对象和内容

人类通过长期的生产实践,创造和发展了机器。在日常生活中,常见的机器有自行车、缝纫机、洗衣机、搅面机等;在生产活动中,常见的机器有汽车、拖拉机、各种机床、内燃机等。

机器的类型很多,用途也各不相同,但仔细分析,可以发现它们都有共同的特征。

例如图 1.1 所示的搅面机,它是由曲柄 2、搅面棒(连杆) 3、摇杆 4 和机架 1 组成的,当曲柄转动时,搅面棒上 E 点处便能模仿人手搅面,同时容器 5 绕 Z 轴转动,从而将面粉搅拌均匀。

又例如图 1.2 所示单缸四冲程内燃机,其中活塞 2、连杆 3、曲轴 4 和缸体(连同机架)1 组成主体部分,缸内燃烧的气体膨胀,推动活塞下行,通过连杆使得曲轴转动;凸轮轴 6、进排气阀推杆 5 和机架组成进排气的控制部分,凸轮轴转动,使得气阀按时启闭,分别控制进气和排气;凸轮轴上的齿轮 7、曲轴上的齿轮 8 和机架组成传动部分,曲轴转动,通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述三个部分相互配合,共同保证整个内燃机协调地工作。

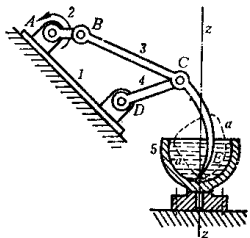


图 1.1

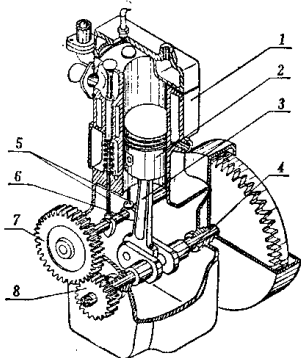


图 1.2

由以上两个实例可以说明, 机器(Machine)具有三个共同特征:

- (1) 它们都是人为的各个实物的组合;
- (2) 各个实物之间具有确定的相对运动;

(3) 它们都能代替或减轻人类的劳动, 去完成机械功(如搅面机搅面)或转换机械能(如内燃机将热能转换为机械能)。

机构 (Mechanism)具有机器的前两个特征, 但不具有第三个特征。若不讨论作机械功或转换机械能方面的问题, 机器便可看作机构。这时, 搅面机称为连杆机构; 内燃机的主体部分也称为连杆机构, 进排气控制部分称为凸轮机构, 传动部分称为齿轮机构, 整个内燃机就是由这几个基本机构组成的。

由于机器和机构在组成和运动方面是相同的, 所以习惯上把机器和机构统称为机械 (Machine and mechanism)。

常用机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等等。

组成机构的相互间作确定运动的各个实物, 称为构件。构件可以是单一的整体, 例如曲轴; 也可以是由几个实物组成的彼此间没有相对运动的整体, 例如连杆 (图 1.3) 便是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 组成的整体。构件 (Link) 是机构中参加运动的单元。连杆被拆成连杆体、连杆盖、螺栓和螺母, 是为了便于制造和安装, 它们都被称为零件。零件 (Machine element) 是机械中制造的单元。

图 1.4 所示为单级圆柱齿轮减速器。它的作用是降低转速, 增大转矩。减速器由传递动力的齿轮 (传动零件), 支持齿轮的轴和轴承 (轴系零件), 联接箱体箱盖的螺栓、联接齿轮和轴

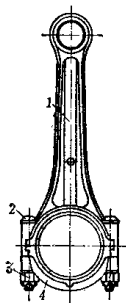


图 1.3

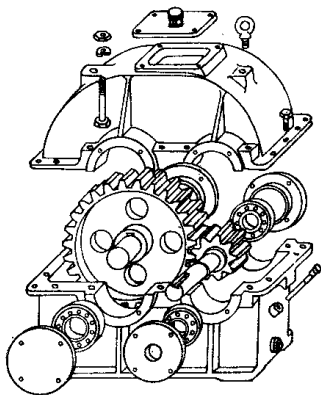


图 1.4

的键(联接零件)等等组成。由于这些零件在各种机械设备中都用到,故称为通用零件。内燃机中的活塞、起重机中的吊钩,只是在某些机械设备中用到,故称为专用零件。

本课程研究对象是常用机构和通用零件,研究的内容是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。

1.2 本课程的性质、任务 and 基本要求

本课程是机械类各专业的一门主干技术基础课。

本课程的任务是:使学生初步具有分析和设计零、部件的能力,为以后解决生产实际问题和技术改造工作建立基础,为学习后继的专业课程和新的技术科学建立基础;使学生在学习过程中,逐步树立起严谨求实的工作作风。

通过本课程的学习,学生应达到下述基本要求:

- (1) 熟悉常用机构的工作原理、特性和应用,初步掌握分析和设计常用机构的基本方法;
- (2) 熟悉通用零件的工作原理、特点、结构和标准,掌握通用零件的选用和设计的基本方法;
- (3) 具有在本课程范围内演算、绘图和使用手册、技术资料的技能;
- (4) 初步具有设计简单部件(如减速器)的能力,分析生产实际中常用机构特性的能力,分析通用零件的失效原因并提出解决办法的能力,分析和改进生产实际中零、部件结构的能力。

1.3 本课程的学习特点

学习各门课程都应讲究方法,本课程学习时,除了应当遵循共同的学习方法以外,还应掌握本课程在学习方法方面的特点。

1.3.1 机械原理部分的学习特点

机器和机构的主要特征是各个构件相互间都在作确定的运动,所以必须用动的观点(即各个构件时刻都在运动)来观察机构的运动特点和规律。例如,对于图 1.1 所示的搅面机就必须这样观察:由于曲柄 2 转动,使得搅面杆 E 点模仿人手沿着轨迹 aa 运动, E 点的运动和容器的转动组合起来,将容器中的面粉搅拌均匀。

机械原理中常用图解法解题。图解法的特点是直观、简明、迅速,但图解结果的准确性取决于作图者的技巧和认真程度。所以学生作图,必须图面清晰、线条准确,并从中树立起严谨、求实的工作作风。

1.3.2 机械零件部分的学习特点

机械零件除涉及理论力学外,还涉及材料力学、机械制图、金属工艺学等方面基础知识。学习时,应围绕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,综合应用这些基础

课程的知识,去选择或设计出合适的零件。就是说,要以零件为中心进行学习。这样,可以避免堆砌知识所引起的杂乱、繁琐的感觉;也可以避免纠缠理论来源、公式推导,造成轻重倒置,抓不住关键的偏向。

1.3.3 重视实践,努力创造

在本课程学到的理论和方法,必须通过实践性环节加以巩固和提高。习题、实验、设计作业和课程设计都是不同层次的实践性环节,必须循序地认真地完成,从而逐步提高解决实际问题的能力。

本课程有着丰富的内容,也就有着广阔的创造机会。纵观本门学科发展概况:四杆机构发展为多杆机构;基本机构发展为组合机构;综合齿轮与带的特征,创造了齿形带;综合铆钉与螺钉的特征,创造了铆接螺钉等等;这些都给我们以很大的启发。但这些创造都是在掌握基本内容的基础上实现的。

总之,我们应该辩证地对待理论与实践、继承与创造之间的关系。

1.4 我国机械概况和本课程在国民经济建设中的作用

我国人民在各个历史年代,在机械方面都有过自己的贡献。

远在黄帝时代,我国就发明了车辆。周代已经有民用车、战车和将相用车,这些车辆已采用动物油作润滑剂。汉代车辆已采用金属(铁或钢)的轴承和轴颈,还用蒲草包扎轮缘,以达到行驶时减振的效果。西汉时,刘歆在他的著作《西京杂记》中,记载有齿轮机构组成的指南车(图 1.5)和记里鼓车,这说明当时我国车辆已备有指示方向、计量里程的仪表机构。

我国农业在古代就相当发达,很早就应用杠杆原理制造踏碓舂米(图 1.6)。夏商时代发

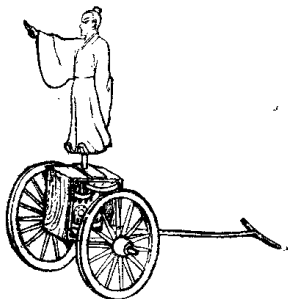


图 1.5

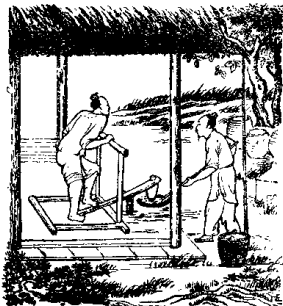


图 1.6

明了脚踏水车(图 1.7), 它是一条提水运输链, 用木材制造, 并利用所运的水进行润滑, 这充分反映了设计者的智慧。

东汉时杜诗发明的水排(图 1.8) 是利用水力鼓风炼铁的机械。它利用水力推动水轮, 经过带传动和连杆机构带动风箱鼓风, 这三个部分分别是原动机、传动机构和工作机。这说明它已具有完备的近代机械的雏型。

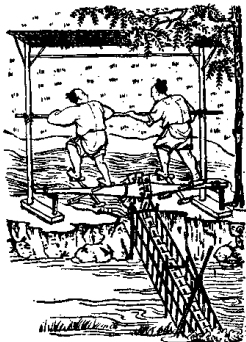


图 1.7

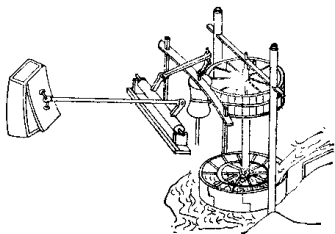


图 1.8

但是, 由于漫长的封建社会和长期的闭关锁国政策, 使我国工业长期处于停顿状态。在沦为半殖民地半封建社会后, 民族工业没有发展条件。临近解放前夕, 我国的经济陷于崩溃, 更谈不上机械工业的发展。

新中国成立后, 在中国共产党领导下, 我国工业得到了恢复, 并初步建立了新的机械工业基础。1978 年党的十一届三中全会决定, 把全党工作着重点转移到经济建设上来, 从而使我国机械工业进入了一个新的发展阶段。

由于党的正确领导和科技工作者的努力, 我国已经能够设计和生产成套关键设备(如葛州坝水电站用的 125000 kW 水轮发电机组), 发展了一批新型基础机械(如精度为 $3\mu\text{m}$ 的 TG 4280 型光学双坐标镗床, 大型万吨水压机), 基础理论有了新的开拓(如经部级鉴定通过的常用机构及机械零部件优化设计程序库)等等。

国家第七个五年计划规定: 机械电子工业的发展目标是“要在切实抓好基础技术、基础机械、机械基础件和电子元器件的同时, 推进微电子技术和机械电子一体化技术的开发和应用, 加快机械电子工业自身的技术改造、加速产品的升级换代, 更好地适应国内市场和出口的需要”^①。目标中提出切实抓好基础机械、机械基础件的工作, 更是机械原理和机械零件学科的直接任务, 我们应当为完成这个任务作出自己的贡献。

① 摘自中华人民共和国国民经济和社会发展第七个五年计划。

思考题

- 1.1 用生活中的三个实例,说明机构具有的特征。
- 1.2 用生产中的三个实例,说明机器具有的特征。
- 1.3 用实例说明构件和零件的区别,通用零件和专用零件的区别。
- 1.4 自学本章 1.4 节,并写出摘要。

2 平面机构和机构运动简图

机构是具有确定的相对运动构件的组合,而不是无条件的任意组合。所以构件组合后是否成为机构,就要检验它是否能实现确定的相对运动。为此,需要讨论机构的自由度和它具有确定的相对运动的条件。

机构中的实际构件形状往往很复杂,为了便于分析和讨论,需将与运动无关的构件外形撇开,仅将与运动直接相关的部分绘制成机构运动简图。

若机构中所有构件都在同一平面或相互平行平面内运动,这种机构称为平面机构(Planar mechanism),例如搅面机、内燃机所采用的都是平面机构;否则称为空间机构(Spatial mechanism)。

本章主要内容是:(1)平面机构具有确定的相对运动的条件;(2)平面机构运动简图及其绘制方法。

2.1 构件和运动副

2.1.1 构件的自由度

一个在平面内自由运动的构件,有三个独立运动的可能性。如图 2.1 所示,构件 AB 可随该构件上任一点 A 沿 x 轴移动,沿 y 轴移动和绕 A 点转动。构件作独立运动的可能性,称为构件的自由度(Degree of freedom)。所以,一个在平面内自由运动的构件有三个自由度。这三个独立运动,可用图 2.1 所示的三个独立的运动参数 x 、 y 、 φ 来表示。

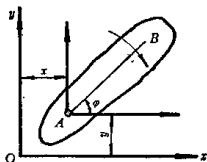


图 2.1

2.1.2 运动副和约束

两构件直接接触,既保持联系,又能作相对运动的联接,称为运动副(Kinematic pair)。由于两构件直接接触,从而限制了两构件间的独立运动,运动副限制构件独立运动的作用,称为约束(Constraint)。机构便是由若干构件通过若干运动副组合在一起的。

2.1.3 运动副的分类

平面运动副按两构件接触特性分为低副和高副。

1) 低副 按两构件间相对运动特性分为转动副和移动副。

(1) 转动副 图 2.2 a 中,构件 1 与 2 以圆柱面相接触,由构件 2 观察,它限制 1 沿 x

和 y 方向的相对移动, 形成两个约束, 保留绕 A 轴的一个独立的相对转动, 这种运动副, 称为转动副 (Revolute pair) 或铰链。图 2.2 b 为转动副的符号, 小圆中心表示转动轴线位置。

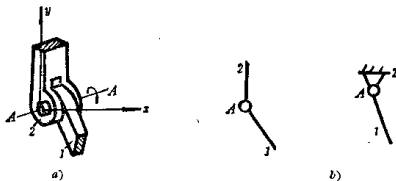


图 2.2

(2) 移动副 图 2.3 a 中, 构件 1 与 2 以棱柱面相接触, 由构件 2 观察, 它限制构件 1 沿 y 方向的相对移动, 也限制了它相对于构件 2 的转动, 形成两个约束, 保留一个独立的沿 x 方向的相对移动, 这种运动副称为移动副 (Prismatic pair)。图 2.3 b 为移动副的符号, 直线表示移动导路中心线位置。

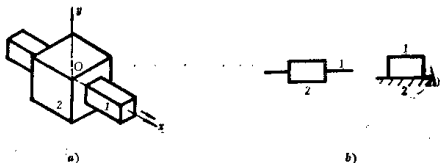


图 2.3

转动副和移动副都是面接触, 压强低, 统称为低副 (Lower pair)。

2) 高副 图 2.4 中, 构件 1 与 2 为线接触 (图 a) 或点接触 (图 b)。由构件 2 观察, 它限制构件 1 沿法线 nn 方向的移动, 形成一个约束, 保留沿切线 tt 方向独立的相对移动和绕接触线 AA 或接触点 A 独立的相对转动, 这种运动副称为高副 (Higher pair)。因为这类运动副为线或点接触, 压强高, 故称为高副。高副以两构件在直接接触处的轮廓表示。

当组成运动副的构件之一固定时, 在该构件上应画斜线, 表示为固定件, 如图 2.2 b 、2.3 b

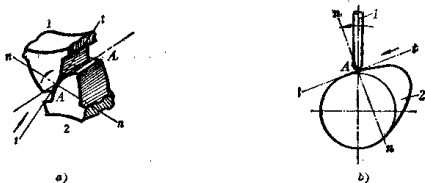


图 2.4

中的画斜线的构件,即为固定件。

2.1.4 构件的分类

机构中的构件可分为三类,现以图 1.1 所示的搅面机机构为例,说明如下:

(1) 机架 机架 (Frame) 是机构中视作固定不动的构件,它支承着其它活动构件。图中构件 1 是机架,它支承着曲柄 2 和摇杆 4 等活动构件。

(2) 原动件 原动件 (Driving link) 是机构中接受外部给定运动规律的活动构件。图中构件 2 是原动件,它接受电机给定的运动规律运动。

(3) 从动件 从动件 (Driven link) 是机构中随原动件运动的活动构件。图中的摇杆 4 和连杆 3 都是从动件,它们随原动件曲柄 2 运动。

2.2 机构运动简图

无论对已有机构进行分析,还是设计新的机构,都要从分析机构运动着手,所以机构运动简图是研究机构的重要工具。

撇开实际机构中与运动无关的因素(例如构件的形状、组成构件的零件数目和运动副的具体结构等),用简单线条和符号表示构件和运动副,并按一定比例定出各运动副的位置,表示出机构各构件间相对运动关系的图,称为机构运动简图 (Kinematic diagram)。

下面以图 2.5 所示的缝纫机的踏板机构为例,说明绘制机构运动简图的方法和步骤。

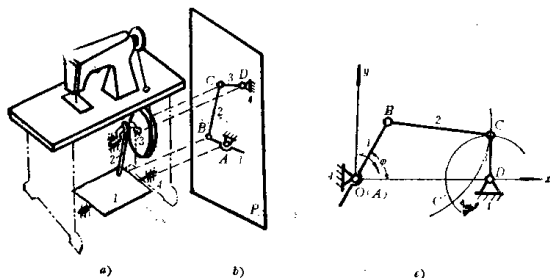


图 2.5

1) 找出各构件和选定视图平面

拨动原动件踏板 4, 按运动传递顺序找出从动件连杆 2、曲柄 3 等活动构件和机架 1 (图 a)。选取与构件运动平面相平行的平面 P (图 b), 作为绘制机构运动简图的视图平面。

2) 找出各构件之间的联系——运动副

由机架的一端开始,按构件联接的顺序,找出机架与踏板、踏板与连杆、连杆与曲轴、曲轴与机架的另一端相联的各个运动副。根据运动副的类别,画上相应的符号,再逐个注上表示运动副的代号 A 、 B 、 C 、 D (图 b)。

3) 用简单线条表示构件

将属于同一构件上的各部分,用简单的线条相连,以表示该构件的整体。即将原动件踏板上的 A 、 B ,从动件连杆上的 B 、 C 和曲轴上的 C 、 D 分别用直线相连,以表示各个构件;属于机架上的 A 、 D 两处,画上表示固定件的斜线;再逐个注上表示构件的序号 1 、 2 、 3 、 4 (图 b)。

图 b 没有按一定比例表示出各运动副间的相对位置,只能表示机构的组合方式,称为机构示意图 (Structural diagram)。

4) 测量各运动副间相对位置

逐一测量出运动副中心 A 与 B 、 B 与 C 、 C 与 D 和 A 与 D 之间的长度 l_{AB} 、 l_{BC} 、 l_{CD} 和 l_{AD} 。

5) 作机构运动简图(图 c)

(1) 将平面 P 转到主视图的平面上来。过机架 AD 作参考坐标系 xOy ;

(2) 选取长度比例尺 μ_l 。一般根据图纸和实际机构的大小,以能清晰地表示各构件大小和合理布置机构在图纸上的位置来选定长度比例尺,其值为

$$\mu_l = \frac{\text{实际构件长度(m)}}{\text{图示构件长度(mm)}} \quad (2.1)$$

由式 (2.1) 可知 $AD = \frac{l_{AD}}{\mu_l}$ (l_{AD} 为实际长度, AD 为图示长度), 并在 Ox 坐标轴上取 AD 线段;

(3) 作原动件 AB 与 Ox 轴成 φ 角, $AB = \frac{l_{AB}}{\mu_l}$;

(4) 以 B 为圆心, $BC \left(\frac{l_{BC}}{\mu_l} \right)$ 为半径作弧, 以 D 为圆心, $DC \left(\frac{l_{DC}}{\mu_l} \right)$ 为半径作弧, 两弧交得 C 、 C' 点, 取 C 点(或 C' 点), 连 BC 与 DC ;

(5) 按绘制机构示意图的方法画上运动副的符号和连线表示构件, 注上运动副代号和构件号, 对原动件要画上表示运动方向的箭头, 最后便绘制成机构运动简图。

2.3 机构具有确定的相对运动的条件

先叙述机构的自由度, 再讨论机构的自由度符合什么要求才能实现机构具有确定的相对运动, 换句话说, 就是机构具有确定的相对运动的条件是什么。

2.3.1 机构的自由度

若有 n 个作平面运动的活动构件 (不包括机架), 在未用运动副联接前, 各构件都是自由的, 应有 $3n$ 个自由度; 当用 p_L 个低副, p_H 个高副将各构件联接成机构之后, 则引入 $2p_L + p_H$ 个约束, 即要减去 $2p_L + p_H$ 个自由度, 从而可得机构自由度 F 的公式为

$$F = 3n - 2p_L - p_H \quad (2.2)$$

机构自由度是机构实现独立运动的可能性，只有当机构自由度等于接受外界给定运动规律的原动件个数 W 时，机构才不会随意乱动。换句话说，机构具有确定的相对运动的条件是

$$W = F = 3n - 2p_L - p_H \quad (2.3)$$

公式(2.3)可用于判断、检验或确定机构原动件的个数；同时说明活动构件、低副、高副个数如何分配，才能组成机构。机构自由度不能为 0，否则将没有接受外界输入运动的原动件，从而各构件之间也没有相对运动。

例 2.1 试判断图 2.5 所示缝纫机踏板机构是否具有确定的相对运动。

解 踏板机构有三个活动构件， $n=3$ ，有四个转动副， $p_L=4$ ，没有高副 $p_H=0$ ，由式(2.2)得

$$F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 1 \times 0 = 1$$

有一个原动件(踏板)， $W=1$ ，即满足 $W=F=1$ 的条件，故该机构具有确定的相对运动。

2.3.2 几种特殊情况的处理

机构中有几种特殊情况，须经处理后，才能用式(2.2) 计算机构自由度。

1) 复合铰链

图 2.6a 中，A 处所示的符号会被误认为是一个转动副，若观察它的侧视图(图 2.6b)，可看出是构件 2 与 1 和 3 与 1 组成的两个转动副，即 A 处实际上代表两个转动副。这种两个以上构件在一处组成的转动副，称为复合铰链。

在计算机构自由度时，复合铰链所代表的转动副个数应是该处汇交构件的个数减 1。

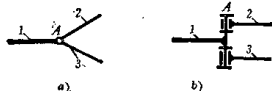


图 2.6

例 2.2 图 2.7 所示为圆盘锯主体部分的机构运动简图，试计算该机构的自由度。

解 机构中活动构件数 $n=7$ ，A、B、C、D 处都是由三个构件组成的复合铰链，E、F 为简单铰链，总计 $p_L=10$ ，没有高副，由式(2.2)得，

$$F = 3n - 2p_L - p_H = 3 \times 7 - 2 \times 10 - 1 \times 0 = 1$$

该机构自由度为 1。

原动件 8 转动时，圆盘上 E 点运动轨迹 EE' 为垂直于 AF 的直线，所以该机构是直线机构。

2) 局部自由度

图 2.8a 中，构件 3 是滚子，它能绕 C 点作独立的转动，但不论该滚子转与不转，转快或转慢都不影响整个机构的运动。这种不影响整个机构运动的、局部的独立运动，称为局部自由度。在计算机构自由度时，应将滚子 3 与杆 2 固结成一体，见图 2.8b 所示。这里采用滚子的目的，是将 B 处的滑动摩擦变为滚动摩擦，减少功率损耗，降低磨损。

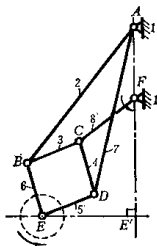


图 2.7