

机械原理



内 容 提 要

本书共十二章,包括:绪论、平面机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的动态静力分析、机械中的摩擦和机械效率、机械的平衡和调速、连杆机构及其设计、凸轮机构及其设计、齿轮机构及其设计、轮系、其它常用机构及组合机构简介、机构分析和设计的解析法。每章末尾附有一定数量的思考题和习题。

本书可作为高等工业专科学校机械类和近机类各专业的教材,也可作为职工大学和其它成人高校工科有关专业的教材,并可供非机类各专业师生和有关工程技术人员参考。

机 械 原 理

上海交通大学出版社出版

(淮海中路1984弄19号)

新华书店上海发行所发行

江苏太仓印刷厂印装

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 16 字数 393000

1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷

印数: 1—6000

ISBN7-312-00255-6/TH11 科技书目: 178-604

定价: 2.70元

前 言

本书是为高等工业专科学校三年制机械类和近机类专业，根据66~70学时教学大纲要求的内容编写的。本书也可作为职工大学和其它成人高校工科有关专业的教材，和一般工程技术人员的参考用书。

我们的指导思想是：编写一本内容少而精又密切联系生产实际的、体现实践性环节有所加强的、符合“应用性、针对性、实践性”要求的专科教材。

根据本课程在教学计划中所处的地位和作用，及学生今后在实际工作中的需要为依据，本教材以机构的运动分析、力分析和常用机构及其设计为基本内容。对这些章节，我们用了较多的篇幅，对其中的基本原理叙述较详细，对较次要的内容则从简从略，力求做到主次分明，详略恰当。

由于《机械原理》是一门技术基础课，书中的内容仍以一般工厂中常用的机械为主，适当地增加一些有关纺织机械和其它专业机械的实例。为使本教材具有较大的专业适用性和使用时的灵活性，书中也写进一些可供选择的内容，其中标以“*”号的用小字排印，以便各校根据专业要求和学时数加以取舍。

本书尽量吸取现有《机械原理》各教材的长处，在语句上力求做到通俗易懂，利于自学。对书中某些内容的编排，从实际的教学需要出发，作了一些新的尝试。为了有利于教学，每章末都编有思考题和习题。

本书第一、第九章由余存惠编写；第二、第八章由宋俊才编写；第三、第四章由徐群熙编写；第五、第七章由周文衡编写；第六、第十二章由汤茜茜编写；第十、第十一章由叶铭编写，并由余存惠负责主编。

本书于一九八七年一月在上海纺织工业专科学校召开了审稿会。由上海交通大学邹慧君同志负责主审。参加审稿会的有上海机专、上海轻专等专科学校，上海、南通、郑州、重庆、大连、天津等城市有关职工大学的机械原理教师。与会同志对本书提出了很多宝贵的意见和建议，编者对此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，虽然经过多次反复地讨论和修改，但由于编者水平所限，缺点错误在所难免，我们诚恳地希望各兄弟院校教师及读者给予批评指正。

编 者

1987年5月

目 录

第一章 绪 论

§ 1-1 机械原理的研究对象	1
§ 1-2 机械原理课程的内容	3
§ 1-3 学习本课程的目的和任务	4
思考题	4

第二章 平面机构的结构分析

§ 2-1 平面机构的组成	5
§ 2-2 平面机构的运动简图	7
§ 2-3 平面机构的自由度及平面机构具有确定运动的条件	10
* § 2-4 平面机构的低副代替高副法	14
* § 2-5 机构组成原理简介	15
思考题	16
习 题	17

第三章 平面机构的运动分析

§ 3-1 机构运动分析的目的和方法	21
§ 3-2 平面机构的位置图	21
§ 3-3 用相对运动图解法作机构的速度和加速度分析	22
§ 3-4 速度瞬心法及其在机构速度分析中的应用	34
思考题	36
习 题	37

第四章 平面机构的动态静力分析

§ 4-1 机构力分析的目的和方法	41
§ 4-2 构件上惯性力的确定	42
§ 4-3 用图解法作机构的动态静力分析	43
* § 4-4 速度多边形杠杆法求平衡力	47
思考题	48
习 题	49

第五章 机械中的摩擦和机械效率

§ 5-1 概述	51
§ 5-2 移动副中的摩擦	51

§ 5-3 转动副中的摩擦	54
§ 5-4 机械的效率和自锁	56
思考题	61
习题	61

第六章 机械的平衡和调速

§ 6-1 机械平衡的目的和分类	64
§ 6-2 刚性转子的平衡计算	65
§ 6-3 转子的平衡试验	70
§ 6-4 转子的平衡精度	71
* § 6-5 平面连杆机构的平衡原理	73
§ 6-6 机械调速的基本原理	76
思考题	79
习题	80

第七章 平面连杆机构及其设计

§ 7-1 平面连杆机构及其应用	82
§ 7-2 四杆机构的常用型式	82
§ 7-3 四杆机构有曲柄的条件	85
§ 7-4 平面四杆机构的几个基本概念	87
§ 7-5 平面四杆机构的设计	89
* § 7-6 多杆机构简介	95
思考题	96
习题	96

第八章 凸轮机构及其设计

§ 8-1 凸轮机构的应用和分类	100
§ 8-2 从动件常用的运动规律	102
§ 8-3 用作图法设计凸轮的轮廓曲线	109
§ 8-4 凸轮机构基本尺寸的确定	114
思考题	118
习题	118

第九章 齿轮机构及其设计

§ 9-1 齿轮机构的应用和分类	122
§ 9-2 齿轮的齿廓曲线	124
§ 9-3 渐开线标准齿轮各部分名称和尺寸	130
§ 9-4 渐开线齿轮的齿厚和公法线长度	135
§ 9-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	138

§ 9-6	渐开线齿轮传动的重合度	142
§ 9-7	渐开线齿廓的切削原理	146
§ 9-8	渐开线标准齿轮无根切现象的最少齿数	150
* § 9-9	变位齿轮	152
§ 9-10	斜齿圆柱齿轮机构	161
§ 9-11	螺旋齿轮机构	169
§ 9-12	蜗杆蜗轮机构	171
§ 9-13	直齿圆锥齿轮机构	175
思考题		180
习 题		181

第十章 轮 系

§ 10-1	轮系及其分类	184
§ 10-2	定轴轮系传动比的计算	185
§ 10-3	定轴轮系的功用	187
§ 10-4	周转轮系的分类	189
§ 10-5	周转轮系传动比的计算	189
§ 10-6	周转轮系的功用	193
§ 10-7	混合轮系传动比的计算	196
* § 10-8	其它类型的行星轮系简介	198
思考题		200
习 题		200

第十一章 其它常用机构及组合机构简介

§ 11-1	棘轮机构	204
§ 11-2	槽轮机构	207
§ 11-3	万向联轴器	209
§ 11-4	不完全齿轮机构	210
* § 11-5	组合机构简介	211
思考题		215
习 题		215

第十二章 机构分析和设计的解析法

§ 12-1	用解析法分析平面机构的运动	216
§ 12-2	用解析法设计平面连杆机构	226
§ 12-3	用解析法设计凸轮的轮廓曲线	230
思考题		239
习 题		239
附录 I	公法线长度与跨齿数	242

附录 II 标准齿轮的固定弦齿厚和弦齿高.....	243
附录 III 求解二元线性方程组的子程序.....	244
附录 IV 求解 n 元线性方程组的子程序.....	245
主要参考文献.....	247

第一章 绪 论

§ 1-1 机械原理的研究对象

“机械原理”是“机构和机器原理”的简称，它是一门以研究机构和机器为对象的科学。

机器的类型是很多的，在日常生活和生产中，我们都接触过许多机器，例如各种机床、电动机、内燃机、纺织机、拖拉机、起重机等。通过对机器的分析，我们将发现，那些形式、构造和用途各不相同的机器却具有一些相同的特征。

图 1-1 所示为单缸内燃机。燃气由进气管通过进气阀 3 被吸入气缸后，进气阀关闭，点火，使燃气在气缸中燃烧产生压力，推动活塞 2 下行，通过连杆 5 使曲轴 6 转动，向外输出机械能。当活塞上行时，排气阀 4 打开，废气通过排气阀由排气管排出。曲柄上的齿轮 10 分别带动两个齿轮 9、凸轮 7 转动，推动从动件 8，使它按一定规律定时地打开或关闭进气阀和排气阀。以上各动作协同配合，便能把燃气燃烧时的热能变为曲轴转动的机械能。图 1-2 所示为机械厂加工用的送料机，它是模拟人工操作的动作而设计的专用机械手，代替人工，完成一定的动作。它的动作顺序是：手指夹料；手臂上摆；手臂回转一角度；手臂下摆；手指张开放料；手臂再上摆、反转、下摆、复原。其外形如图 1-2 (a) 所示。图 1-2 (b) 为机械传动图，电动机通过减速装置(此部分图中未画出)减速后，带动分配轴 2 上的链轮 1 转动。分配轴 2 上的齿轮 17 与齿轮 16 相啮合，把转动传给盘形凸轮 19，使杆 18 绕固定轴 o_2 摆动。杆 18 带动连杆 20，并通过杆 9、10、11、12 和连杆 13，使夹紧工件的手指 14 张开。连杆 20 与杆 9 之间可以相对转动。手指 14 的复位夹紧由弹簧实现。同时，分配轴 2 上的盘形凸轮 5 的转动，通过杆 21 和圆筒 7 可使大臂 15 绕 o_1 轴上下摆动 (o_1 轴支承在座 8 上)。此外，圆柱凸轮 3 通过齿条 4 和齿轮传动使座 8 作往复回转。又如图 1-3 所示为一牛头刨床。电动机 1 通过带传动(或其它形式的变速装置，图中未画出)使齿轮 2 带动大齿轮 3 转动。大齿轮 3 的侧面利用销轴装有滑块 4。滑块 4 和绕定轴转动的滑块 6 镶在导杆 5 的滑槽中。滑块 4 随齿轮 3 转动时，导杆 5 往复摆动，使与导杆 5 上端的销钉相连的刨头 7 作往复直线运动，即为切削运动。与此同时，通过丝杆 9 作间歇转动(图中未画出其传动过程)带动工作台 8 作横向的进给运动，从而使往复移动的刨刀

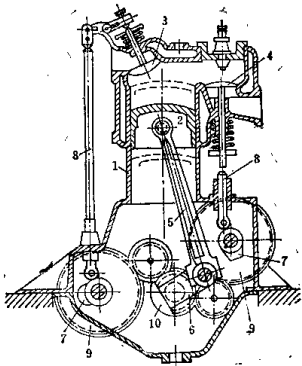


图 1-1

图 1-2 (a) 所示为机械厂加工用的送料机，它是模拟人工操作的动作而设计的专用机械手，代替人工，完成一定的动作。它的动作顺序是：手指夹料；手臂上摆；手臂回转一角度；手臂下摆；手指张开放料；手臂再上摆、反转、下摆、复原。其外形如图 1-2 (a) 所示。图 1-2 (b) 为机械传动图，电动机通过减速装置(此部分图中未画出)减速后，带动分配轴 2 上的链轮 1 转动。分配轴 2 上的齿轮 17 与齿轮 16 相啮合，把转动传给盘形凸轮 19，使杆 18 绕固定轴 o_2 摆动。杆 18 带动连杆 20，并通过杆 9、10、11、12 和连杆 13，使夹紧工件的手指 14 张开。连杆 20 与杆 9 之间可以相对转动。手指 14 的复位夹紧由弹簧实现。同时，分配轴 2 上的盘形凸轮 5 的转动，通过杆 21 和圆筒 7 可使大臂 15 绕 o_1 轴上下摆动 (o_1 轴支承在座 8 上)。此外，圆柱凸轮 3 通过齿条 4 和齿轮传动使座 8 作往复回转。又如图 1-3 所示为一牛头刨床。电动机 1 通过带传动(或其它形式的变速装置，图中未画出)使齿轮 2 带动大齿轮 3 转动。大齿轮 3 的侧面利用销轴装有滑块 4。滑块 4 和绕定轴转动的滑块 6 镶在导杆 5 的滑槽中。滑块 4 随齿轮 3 转动时，导杆 5 往复摆动，使与导杆 5 上端的销钉相连的刨头 7 作往复直线运动，即为切削运动。与此同时，通过丝杆 9 作间歇转动(图中未画出其传动过程)带动工作台 8 作横向的进给运动，从而使往复移动的刨刀

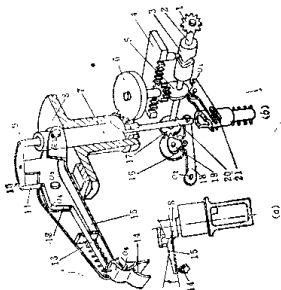


图 1-2

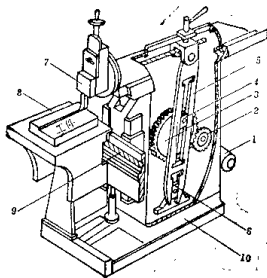


图 1-3

能将工件切削出平面,完成有用的机械功。

从以上所举的实例可以看出,虽然机器的结构形式和用途各不相同,但是它们都具有下列三个共同特征,即:

- (1) 机器都是人为的实物的组合;
- (2) 机器各部分之间都具有确定的相对运动;
- (3) 各种机器均能完成有用的机械功(如牛头刨床的切削功)或实现机械能的转换(如内燃机将热能转换为机械能)。

根据用途不同,机器可分为下列几种:

(1) 动力机器 其用途是把任何一种能量转换成机械能(也可相反)。例如:电动机、涡轮机、内燃机、蒸汽机、发电机等。

(2) 加工机器 其用途是改变材料(其形式可以是固体、液体和气体)的尺寸、形状、性质或者状态。例如:金属切削机床、压力机、轧钢机、纺织机、包装机等。

(3) 运输机器 其用途是改变材料(指被搬运的物品)的位置。例如:汽车、飞机、机车、起重机械、电梯、机械手、输送机等。当运输机器用于运送人员时,所谓材料是指火车车厢、电梯客舱、汽车底盘等。

(4) 信息机器 其用途是为获得和变换信息。如果信息是以数字形式表示的,则该信息机器就称为计数机或计算机。例如:计算器、记帐机、机械积分仪等。

机构也是人为的实物组合,其各部分之间也具有确定的相对运动。机构只具备了机器的前两个特征,例如:图 1-1 中由曲轴 6、连杆 5、活塞 2 和气缸所组成的曲柄滑块机构;由凸轮 7 和从动件 3 所组成的凸轮机构;图 1-2 中凸轮 3 和从动件 4 所组成的圆柱凸轮机构;从动件 4 (齿条)和齿轮 5 所组成的齿轮齿条机构;以及杆 9、10、11、12、13、14 所组成的多杆机构;图 1-3 中由齿轮 3 上的滑块 4、导杆 5 及滑块 6 组成的导杆机构,以及上述各图中的齿轮机构都是机构的实例。

由以上机构的实例可以看出,机构是用来实现某种确定运动的构件组合体;而机器则是用

来作有用机械功或转换机械能的机构。多数机器都包含若干机构，我们上面所举的三例都属此类机器。而最简单的机器只包含一个机构，如图 1-4 所示的螺旋输送机就只有一个螺旋机构。

机构和机构从结构和运动的观点来看，两者之间并无区别。因此，为了简化叙述，常用“机械”一词作为“机器”和“机构”的总称。

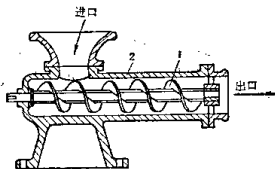


图 1-4

§ 1-2 机械原理课程的内容

机械原理课程的内容主要包括以下几个方面：

(1) 机构结构分析的基本知识 如上所述，机构和机器都是各部分之间具有确定相对运动的人为组合体。那么，这些部分根据什么条件、如何组合起来，才能保证它们之间的相对运动是确定的呢？要解决这个问题，就需要对机构的结构进行分析，了解机构的组成及其具有确定运动的条件。

(2) 机构的运动分析 机构各部分之间的相对运动既是确定的，那么其中某处的运动规律如属已知，则任何其它部分的运动规律便应能够确定。根据机构某处的已知运动，来确定机构其它部分的运动，即为机构运动分析要研究的主要内容。

(3) 机械动力学 研究在机械运动过程中作用在各构件上的力的求法，和确定机械效率的方法，以及研究作用力、运动构件的质量和这些运动构件的运动之间的关系，即机械的调速问题和惯性力的平衡问题。

(4) 常用机构的分析与设计 机器的类型虽然很多，然而构成各种机构的机构，其类型却是有限的。经过对各种机器的剖析，我们可以发现，即使是非常复杂的机器，其机械部分也无非是由齿轮、凸轮、连杆等一些常用机构组合而成的。所以，对这些常用机构的运动及工作特性进行分析，并探索为了满足一定的运动和工作要求来设计这些机构的方法，便是十分必要的了。

综上所述可知，本课程研究的内容可以概括为两个方面：第一是介绍对已有机械进行结构、运动和动力分析的方法；第二是探索根据运动和动力性能方面的要求，来设计新机械的途径。不过，此处应当指出，在本课程中对机械设计的研究，只限于根据运动和动力要求，对机构各部分的尺度关系进行综合，而不涉及各个零件的强度计算、材料选择，以及其具体结构形状和工艺要求等问题。正因如此，所以在本课程中，我们又常用“综合”两字来代替“设计”两字。因此，本课程研究的内容可以概括为机械的分析和机械的综合两个部分。

解决上述问题的方法有图解法和解析法。本课程以图解法作为基本方法，因该法直观易懂，目前在工程中被广泛采用，其缺点是精度较低。近年来，随着电子计算机的迅猛发展并被普遍应用，以及对机械的精度要求日益提高，解析法将越来越多地被用来解决机械分析和机械综合所提出的课题。本书第十二章集中介绍了这方面的知识和应用实例。

§ 1-3 学习本课程的目的和任务

本课程是一门技术基础课,对机械类各专业的学生来说,本课程所学的内容乃是研究现有机械的运动及工作性能和设计新机械的知识基础。而对一般工科学生来说,这些内容又是他们必须具备的关于机械的一般基础知识。无论对进一步学习后继课程,还是直接应用于生产实践中,学习上述本课的有关内容都是必不可少的。

学习本课程要解决的主要任务如下:

- (1) 使学生掌握各种常用机构的基本知识;
- (2) 对常用机构能进行运动分析和力分析,并学会常用机构综合的基本方法;
- (3) 能合理地选择常用机构的各项参数;
- (4) 使学生在运算、解题、制图、使用技术资料等基本技能方面得到训练;
- (5) 掌握最基本的机械实验方法和操作技能。

思 考 题

1-1 什么是机器?什么是机构?它们之间有什么区别?又有什么联系?

1-2 机器按其用途不同可分哪几类?

1-3 下列各物是机器还是机构或两者都不是?缝纫机、自行车、钟表、打字机、电子计算机、锅炉、变压器、发电机、起重机、电风扇。

第二章 平面机构的结构分析

如前章所述,机构是具有确定相对运动的构件组合体。本章主要介绍机构是怎样由构件组合起来的,在什么条件下机构才能具有确定的相对运动以及如何用简单的图形来表示实际机构的运动特征。这些问题的讨论无论对种类繁多、型式各异的机构进行结构分类、运动分析、动力分析,还是对新机构的创造都是必不可少的。

§ 2-1 平面机构的组成

一、构 件

任何机器都是由零件组成的。零件是指机器中每一个已经加工的单元体。制造零件离不开零件工作图。

但是,从研究机器运动的观点来看,并不是所有的零件都能单独地影响机器的运动,而是常常由于结构上的需要,把几个零件刚性地联接在一起,作为一个整体运动的系统。例如图 2-1(b)所示的连杆,它由连杆体 1、连杆头 2 以及螺栓 3、螺母 4 等零件刚性固结而成。这些固结在一起的零件之间不能产生任何相对运动。也就是说,它们构成了一个刚性系统。显然,从运动的观点来看,由某些零件组成的刚性系统和一个单独的零件(例如图 2-1(a))是没有区别的。我们把由几个零件组成的每一个这样的刚性系统称为一个构件。当然,一个构件也可能只是一个零件。

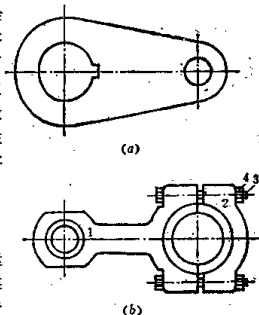


图 2-1

二、运 动 副

机构的重要特征是每个构件间都要有确定的相对运动,为此必须对各个构件的运动加以限制。在机构中,每个构件都以一定的方式与其相邻的构件互相接触,两者之间形成一种可动的联接,从而使两个互相接触的构件之间的相对运动受到限制。我们称两构件直接接触而又能产生一定形式相对运动的联接为运动副。

按照机构各构件的运动范围,可以将机构分为平面机构和空间机构两大类。平面机构的各个构件,在同一平面或互相平行的平面中运动。由于常用机构大多数为平面机构,因此我们只讨论平面机构的一些问题。

图 2-2 所示为构件 1 与平面坐标系 xOy 固结在一起。设在该平面中有一构件 2,它在该平面中的位置可以用其上任一点 A 的坐标 x_A 和 y_A 以及过点 A 的任一直线 AB 的倾角 φ_3

个参数表示。当构件 2 与构件 1 之间毫无联系时, 构件 2 上点 A 的坐标 x_A 和 y_A 以及倾角 φ 三个参数均可任意变化。这种可变参数称为两构件之间相对位置的自由度, 而可变参数的数目就等于自由度的数目。有三个可变参数即有三个自由度。这样, 在平面机构中, 一个构件与其它构件毫无联系时, 它就有三个自由度。如果两个构件以某种形式相互联接而形成运动副后, 例如图 2-2 所示的两构件 1 和 2 借助于铰链而绕点 A 形成一种相对转动的运动副, 则构件 2 上的点 A 相对于构件 1 的移动参数 x_A 和 y_A 就再不能任意变化, x_A 和 y_A 就不再是可变参数了, 也就是说, 这两个相对的自由度被限制或被约束了, 只剩下一个角 φ 可自由变化, 亦即只剩下一个绕垂直于平面 xoy 的轴线的转动自由度。由此可见, 两构件之间的运动副所起的作用, 是限制或约束该两构件之间的相对运动, 使相对运动自由度数目减少。

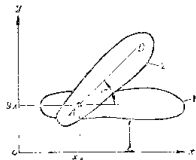


图 2-2

运动副对自由度所产生的约束数目取决于运动副的型式。

平面机构中的运动副有四种型式, 如图 2-3 所示。

图 2-3(a) 为轴与轴承相联接的运动副, 两构件只能绕 z 轴自由转动, 沿轴 x 和轴 y 的移动自由度则被约束了。这种运动副称为转动副。铰链联接也属于转动副。

图 2-3(b) 为滑块与导轨联接起来的运动副, 滑块 2 可在导轨 1 的槽中沿轴线 x 作相对移动, 而沿轴线 y 的移动自由度和绕轴 z 的转动自由度则被约束了。这种运动副称为移动副。

转动副和移动副的共同特点是:

- (1) 都具有两个约束, 限制了两个自由度;
- (2) 可动联接部分都是面与面的接触。

图 2-3(c) 为凸轮与从动件相联接的运动副。这种运动副允许两构件在接触点 A 绕垂直于运动平面的轴线作相对转动和沿切线 tt 方向作相对移动, 而在过接触点 A 的法线 nn 方向不能有相对运动, 否则两构件不是脱开(两构件不接触就不组成运动副)就是挤坏。因此它约束了沿着过接触点 A 的法线 nn 方向的移动自由度。

图 2-3(d) 为轮齿与轮齿相联接的运动副。它与图 2-3(c) 相同, 允许两构件在接触点 A 绕垂直于运动平面的轴线作相对转动和沿切线 tt 方向作相对移动, 而约束了沿过接触点 A 的法线 nn 方向的移动自由度。

图 2-3(c) 和 (d) 所示运动副的共同点是:

- (1) 都具有一个约束, 限制了一个自由度;
- (2) 可动联接部分都是点或线的接触。

运动副按其约束的数目和可动联接部分的接触特征又可归纳成两类, 即联接部分是面接触的称为低副; 联接部分是点或线接触的称为高副。由此可知, 在平面机构中, 一个低副有两个约束, 一个高副有一个约束。

三、运动链和机构

如上所述, 各构件可通过运动副而彼此相联接。这种由运动副联接而成的构件系统称为运动链。如果将运动链中某一构件固定为机架, 并使其中一个构件或几个构件按给定的已知

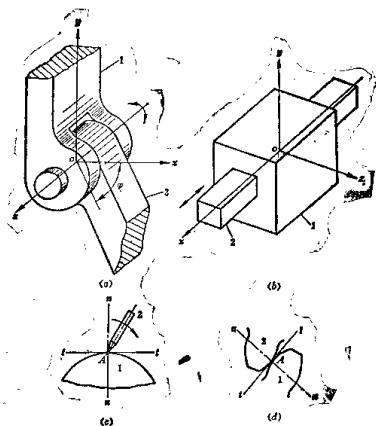


图 2-3

运动规律独立运动,若其余构件相对于机架能作完全确定的运动,则该运动链便成了机构。

机构中的固定构件称为机架。

机构中按给定的已知运动规律作独立运动的构件称为原动件。在图中原动作用箭头表示。机构中的原动件可以是一个也可以是几个,一般情况下,原动件常和机架相联。

机构中除原动件外的其余活动构件称为从动件。

由此可见,任何机构都是由若干构件通过运动副联接而成的,而且必定有一个固定构件作为机架,有一个(或几个)原动件,从而使其余各个构件间都能产生完全确定的相对运动。

§ 2-2 平面机构的运动简图

无论对现有机械进行分析,还是设计新的机械,都需要首先作出能表明其运动情况的简明图形,并能表明机构和运动副的类型及各构件的运动尺寸,以便作为机构的运动分析和受力分析的基础。

机构各构件的运动情况,是由原动件的运动规律、该机构各运动副的类型(例如是高副还是低副,是转动副还是移动副等)和机构的运动尺寸(各运动副相对位置尺寸)来决定的。它与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式、运动副的具体结构等无关。所以,只要根据机构的运动尺寸,按一定的比例尺定出各运动副的位置,并用构件和运动副的符号就能把机构的运动情况表示出来。这种用简略的符号代表构件和运动副,能反映实际机构的运动特征的简明图形称为机构的运动简图。

机构运动简图所要表示的主要内容为:运动副的数目和类型、构件的数目、运动尺寸、机

架、原动件和机构的类型。

一、运动副的表示方法

图 2-4 所示为两个构件形成转动副的几种情况的表示方法。转动副用小圆圈表示。图 2-4(a) 表示两个运动构件形成的转动副；如果两构件之一是固定件(机架)，则把固定件画上阴影线，如图 2-4(b)或(c)所示。

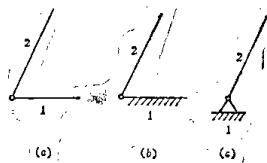


图 2-4

图 2-5 为两构件形成移动副的几种表示方法，其中画有阴影线的构件表示固定件。

当两构件形成高副时，在运动简图中，可在两构件的接触处示意性地画出曲线轮廓，如图 2-3 中的(c)和(d)所示。

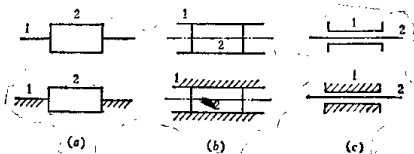


图 2-5

二、构件的表示方法

由转动副和移动副这两种低副组成的机构称为连杆机构，其构件形状为杆状和块状。

具有两个转动副的杆状构件，用直线联接两转动副的几何中心来表示。图 2-6 中(b)为(a)所示的铰链(转动副)四杆机构的运动简图。其中，构件上两铰链中心连成的直线长度是直接与机构的运动尺寸有关的尺寸，必须按一定的比例尺画出。

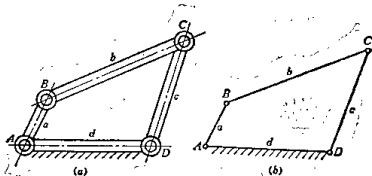


图 2-6

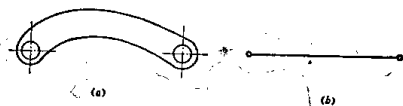


图 2-7

图 2-7(a)所示的弯曲构件,在运动简图中,仍用两转动副几何中心所连直线来表示,如图 2-7(b)所示。

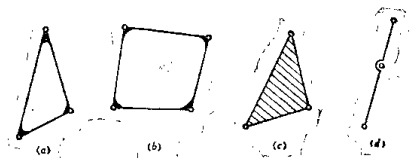


图 2-8

如果同一构件上具有多个转动副,则用直线把各个转动副中心连接成多边形,并在相邻两直线相交部位涂以焊接记号,如图 2-8(a)和(b)所示。或者把多边形画上阴影线,如图(c)所示。如果同一构件上的三个转动副正好位于一直线上,可用跨越半圆符号来联接两段直线,如图(d)所示,绝不可用两段简单的连线表示,因为这样就成了位于一直线上的两个构件。

图 2-9 为组成移动副的构件的几种表示方法:

图(a)和(b)表示一构件具有两个移动副,其中点划线表示该构件与另一构件组成移动副的相对移动方向。若在机构运动简图中,点划线则画为实线,以表示与滑块作相对滑动的构件。图(c)和(d)表示一个构件与另两个构件分别形成移动副和转动副的表示方法。图(d)表示转动副的位置恰好位于移动副的移动方向线上。

对于凸轮机构和齿轮机构的机构简图表示方法,可采用 GB138-74 所规定的机构示意图

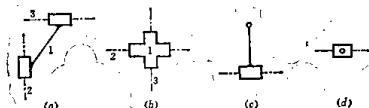


图 2-9

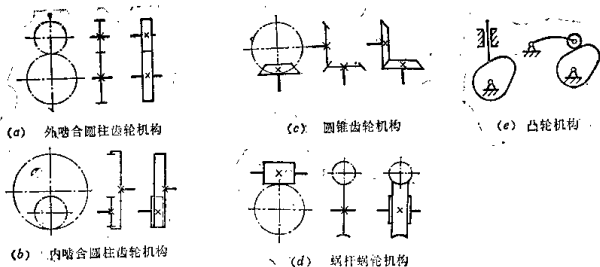


图 2-10

代表符号表示, 见图 2-10。

三、绘制机构运动简图的步骤

绘制机构运动简图的步骤大致如下:

- (1) 仔细观察和了解各构件间的相对运动;
- (2) 判别出机架和原动件, 数出运动构件的数目并确定运动副的类型和数目;
- (3) 测量出固定铰链(构件相对机架组成的转动副)的相对位置、各构件间与运动有关的尺寸(两转动副几何中心之距离、移动副的相对位置);
- (4) 选择合适的视图, 即能清楚地表示机构运动情况的视图, 并按适当的比例尺, 用原动件、构件和运动副的符号画出机构的运动简图。

[例 2-1] 绘制图 2-11(a) 所示的偏心轮往复移动机构的运动简图。

解: (1) 观察和了解机构的运动情况, 它是由偏心盘 1 通过连杆 2 带动摇杆 3 作往复摆动, 然后由摇杆 3 通过连杆 4 和带动物件 5 沿 xx' 方向作往复移动。

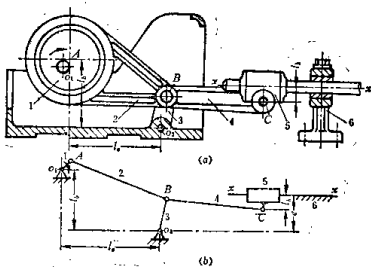


图 2-11

(2) 根据该机构的运动情况和用途可判别出与机架在 O_1 处用固定铰链相连的偏心盘 1 为原动件, 它与连杆 2 在 A 处组成转动副; 连杆 2 的另一端 B 与摇杆 3、连杆 4 分别组成转动副; 而摇杆 3 的另一端则在 O_3 处用固定铰链与机架组成转动副; 连杆 4 与构件 5 用转动副联接, 构件 5 与机架(托脚 6)组成移动副。

由此, 我们数出该机构包括机架在内共有六个构件, 六个转动副和一个移动副。

(3) 测量各构件间与运动有关的尺寸(两转动副几何中心的距离及移动副的相对位置), 如图中的 l_{O_1A} 、 l_{AB} 、 l_{BO_3} 、 l_C 和 e 与移动副方向的垂直距离 l_6 以及固定铰链(构件与机架组成的转动副)间的相对位置, 如图中的 l_2 、 l_3 。

(4) 选择合适的视图, 如图示视图, 根据上述尺寸和图纸大小选择适当的长度比例尺, 其符号用 μ_l 表示, 其定义为:

$$\mu_l = \frac{\text{实际长度 } l_i}{\text{图上长度 } AB} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{mm}} \right)$$

最后, 在同一图上按同一比例尺, 用运动副和构件的表示法和表示原动件的箭头画出能反映实际机构运动特征的机构运动简图, 如图 2-11(b) 所示。

§ 2-3 平面机构的自由度及平面机构具有确定运动的条件

如前所述, 机构是具有确定相对运动的构件组合体。那么, 机构具有确定运动的条件是什