

TH111
3193

937218

石油化工大专院校统编教材

机械原理

谭学润 主编



中国石化出版社

石油化工大专院校统编教材

机 械 原 理

谭学润 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书为石油化工大专院校机械原理课程的统编教材。内容包括平面机构的结构分析、运动副中的摩擦和机械效率、平面连杆机构的分析和设计、凸轮机构、齿轮机构啮合传动分析与设计、轮系、棘轮等其它机构、机械的运转及其速度波动的调节,以及机械的平衡等。本书注重技术基础理论的教学,并与实际应用紧密结合,叙述简明扼要,层次分明,方便教学;并注意介绍本学科领域的新发展;强调培养学生分析、解决一般工程实际问题的能力。

本书可作为大专院校机械原理课程教材使用。

石油化工大专院校统编教材

机 械 原 理

谭学润 主编

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码:100029)

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 18¹/₂印张 459千字 印1—3500

1991年9月北京第1版 1991年9月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-196-7/TH·028 定价:4.35元

前 言

本书是为适应普通高等学校工程专科教育的培养目标和毕业生的基本要求，并根据中国石油化工总公司石化大专教材会议精神而编写的。

在编写过程中，依据石油化工企业的特点和需要，着重注意了以下几个原则：

(1) 注意了与本科同类教材的区别，强调了技术基础理论的教学，以应用为目的，以掌握概念、强化应用为教学重点。

(2) 注意了强调培养学生具有分析、解决一般工程实际问题的能力。

(3) 注意了教材内容的改革和“少而精”原则，力求做到主次分明，详略恰当，便于记忆。

(4) 注意了本学科领域内新的发展趋向和成就，目的在于开阔学生的视野和思路。

此外，在各章节内容排列顺序上也做了一些推敲。

参加本书编写的有谭学润（第一、三、七章）、景龙骧（第二、四章）、赵莲花（第五章）、李贵三（第六章）、宋天民（第八、九章）、张富元（第十章）等同志，由谭学润同志负责主编。

本书承清华大学唐锡宽教授主审，提出了许多宝贵的意见，对提高本书的质量有很大帮助，我们在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限和编写经验不足，遗误之处一定不少，恳切希望各位教师及读者指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 机械原理的研究对象	1
§ 1-2 机械原理的课程内容	2
§ 1-3 机械原理课程在教学计划中的地位	3
第二章 平面机构的结构分析	5
§ 2-1 机构结构分析的目的和内容	5
§ 2-2 机构的组成	5
§ 2-3 平面机构运动简图	8
§ 2-4 平面机构的自由度	12
§ 2-5 机构具有确定运动的条件	22
§ 2-6 平面机构中的高副低代	23
§ 2-7 平面机构的组成原理和结构分类	25
第三章 运动副中的摩擦和机械效率	34
§ 3-1 研究机械中摩擦的目的	34
§ 3-2 机械的效率	34
§ 3-3 移动副中的摩擦	39
§ 3-4 螺旋副中的摩擦	46
§ 3-5 转动副中的摩擦	48
第四章 平面连杆机构的分析和设计	58
§ 4-1 概述	58
§ 4-2 平面连杆机构的运动分析	59
§ 4-3 平面连杆机构的动态静力分析	86
§ 4-4 平面四杆机构基本知识	100
§ 4-5 平面连杆机构设计的基本问题	111
§ 4-6 平面四杆机构的设计	113
第五章 凸轮机构	128
§ 5-1 凸轮机构的应用和分类	128
§ 5-2 从动件的常用运动规律	130
§ 5-3 用图解法设计凸轮的轮廓曲线	137
§ 5-4 用解析法设计凸轮的轮廓曲线	142
§ 5-5 凸轮设计中的几个问题	152
第六章 齿轮机构啮合传动分析与设计	159
§ 6-1 齿轮机构的应用与分类	159
§ 6-2 齿廓啮合基本定律	160

§ 6-3 渐开线与渐开线齿廓	161
§ 6-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数与基本尺寸计算	165
§ 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮啮合传动的分析	168
§ 6-6 齿轮齿条啮合及渐开线齿廓的范成法加工	177
§ 6-7 渐开线标准直齿圆柱齿轮的根切现象与最少齿数	181
§ 6-8 渐开线直齿圆柱齿轮的变位修正与变位齿轮	183
§ 6-9 变位齿轮的几何尺寸计算	185
§ 6-10 变位齿轮传动的啮合特点	187
§ 6-11 圆柱直齿轮的传动类型	189
§ 6-12 变位系数的选择与分配原则	191
§ 6-13 渐开线圆柱直齿轮的检验	193
§ 6-14 渐开线直齿圆柱齿轮传动的滑动系数	196
§ 6-15 斜齿圆柱齿轮机构	198
§ 6-16 螺旋圆柱齿轮机构的传动特点	207
§ 6-17 蜗轮蜗杆传动	210
§ 6-18 圆锥齿轮机构	215
§ 6-19 径节制齿轮简介	220
第七章 轮系	224
§ 7-1 轮系及其分类	224
§ 7-2 定轴轮系的传动比	226
§ 7-3 周转轮系的传动比	227
§ 7-4 复合轮系的传动比	229
§ 7-5 行星轮系各轮齿数的确定	233
§ 7-6 几种特殊的行星传动	236
第八章 其他机构	242
§ 8-1 棘轮机构	242
§ 8-2 槽轮机构	245
§ 8-3 万向联轴节	249
§ 8-4 不完全齿轮机构	251
§ 8-5 非圆齿轮机构	254
第九章 机械的运转及其速度波动的调节	257

§ 9-1 概述.....	257	§ 10-1 机械平衡的目的和分类	271
§ 9-2 机器的运动方程.....	259	§ 10-2 刚性回转构件的平衡	272
§ 9-3 机器的稳定运转及其条件.....	265	§ 10-3 回转构件的许用不平衡量	280
§ 9-4 机器周期性速度波动和非周期 性速度波动的调节.....	267	§ 10-4 平面连杆机构的平衡.....	282
第十章 机械的平衡	271	主要参考文献.....	286

第一章 绪 论

§ 1-1 机械原理的研究对象

在生产和生活中，人们使用着种类繁多的机器，机器是当今人类所不可缺少的工具。

图1-1所示单缸内燃机是由曲柄1、连杆2、活塞3、缸体4、凸轮5、从动件6、齿轮7、8

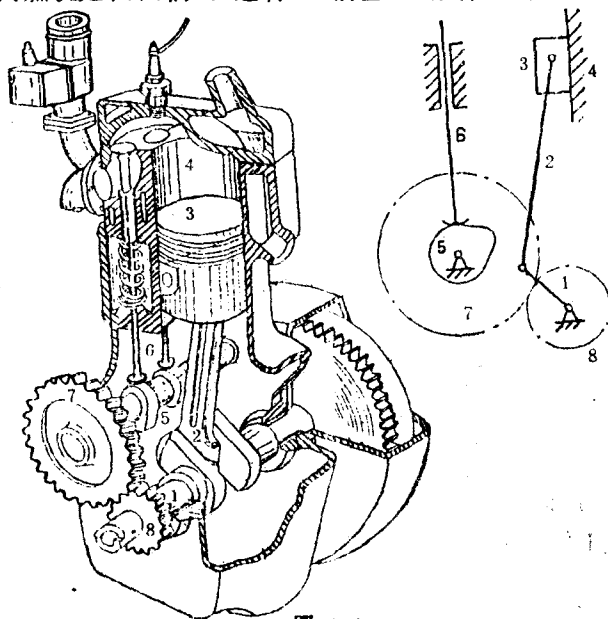


图 1-1

以及其它一些辅助部分所组成。单缸内燃机正是由以上各部分的协调动作将燃气的热能转换为曲柄转动的机械能而工作的。

图1-2所示牛头刨床是由电动机1、小齿轮2以及与大齿轮固结在一起的曲轴3、滑块4、6、导杆5、刨头7、工作台8、丝杠9和机身10等部分所组成。牛头刨床正是由以上各部分的协调动作将电能转换为刨头的往复直线移动的机械能而实现刨削加工的。

此外，还有许多我们经常碰到的机器，例如电动机、离心机、空气压缩机、各种机床，起重机、计算机等。

不难看出，虽然机器的构造、用途和性能各不相同，然而经过分析、归纳，众多的机器不外乎可分为以下三类。

(1) 变换能量的机器。例如电动机、内燃

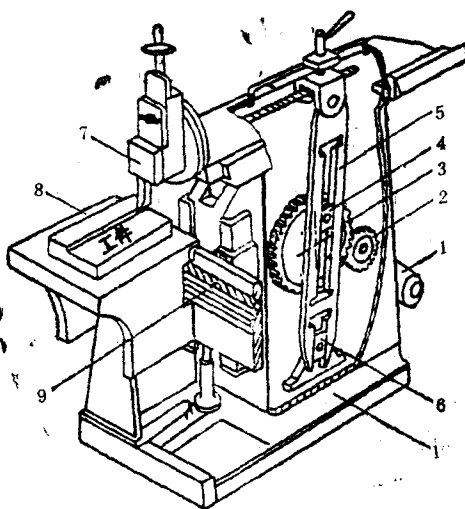


图 1-2

机、涡轮机、空气压缩机等，其功能是把一种能量变成机械能。

(2) 变换材料形状或位置的机器。例如作加工的机器：各种机床、纺织机、离心机，塑料挤压机等，其功能是改变材料的形状；再例如作运输用的机器：起重机、汽车、飞机等，其功能是改变材料或人的位置。

(3) 变换信息的机器。例如机械式计算机、机械积分仪、打印机等，其功能是提供或转换信息。

综上所述，在具有运动部分的装置中，只有其机械运动是用来变换能量、材料形状或位置以及信息的那些装置称为机器。

经过分析可见，上述所有机器归纳起来它们都具有以下三个共同的特征：

- (1) 它们都是人为的实物组合体；
- (2) 它们的各个组成部分之间都具有确定的相对运动；
- (3) 它们都具有一定的功能，并能代替或减轻人类的劳动以完成有用的机械功和转换机械能。

凡同时具备以上三个特征者称为机器。

如果我们抛开机器的功能这个特征，而只研究其结构和运动，发现机器并不是实现预定运动的最基本组合体。例如单缸内燃机中构件1、2、3、4；5、6以及7、8各构成不同的组合体，这些组合体均具备以下两个特征：

- (1) 它们都是人为的实物组合体；
- (2) 它们的各个组成部分之间具有确定的相对运动。

凡同时具备以上两个特征者称为机构。

显而易见，机器是由机构所组成的。从结构和运动观点看，它们都是具有确定运动的实物组合体，两者是相同的，而它们之间的区别就在于是否具有一定的功能。因此，常用“机械”一词作为“机器”和“机构”的总称。所以，机械原理是一门以机构和机器为研究对象的科学。

多数机器包含有若干个机构，如图1-1中，构件1、2、3、4为曲柄滑块机构；构件7、8为齿轮机构；构件5、6为凸轮机构等。而最简单的机器只包含一个机构，如电动机、水泵、蒸汽锤以及螺杆挤压机等。

§ 1-2 机械原理的课程内容

机械原理的课程内容，可概括为以下三个方面：

- (1) 机构的结构学：主要研究机构的组成原理和具有确定运动的条件。
- (2) 机构的运动学：主要是不考虑力的作用，而只从几何观点研究机构中各点的轨迹、位移、速度、加速度的求法和机构的运动规律；或根据已知的运动规律研究如何选择和设计机构。
- (3) 机构和机器动力学：主要是研究机构或机器运动过程中，在机构各部分上作用力的求法和确定机械效率的方法，并研究在已知力作用下机器的真实运动规律，以及构件上作用力、质量和运动参数间的关系，即机械的运转和调速以及惯性力的平衡问题。

从解决具体问题角度看，以上内容还可概括为以下两类问题：一是对已有机械的结构、运动学和动力学特性的研究，即机构的分析问题。二是按工作要求设计新机械，即机构的综

合问题。

由于近年来电子计算机和测试技术的发展,给机构的分析与综合提供了先进的工具和手段。可以预见,电子计算机的进一步应用,将会促进机械原理这门科学的更快发展。

§ 1-3 机械原理课程在教学计划中的地位

机械是现代化生产中和人们生活中不可缺少的重要工具。机械化程度的高低又是衡量一个国家技术水平的重要标志。因此,要加快实现四个现代化的进程,就要创造出更多、更新的机械并改进现有机械。

机械种类繁多,结构、性能、用途各异。因此,在工科院校中设置的一些专业课是研究特殊的机械问题,而机械原理课程的任务是研究机械的共性问题,使学生掌握机构结构、运动学和动力学的基本理论、基本知识和基本技能,获得初步的机构运动方案设计能力,这是机械设计中最重要和开始的一步,它可以直接在生产实际中发挥作用。

机械原理是以高等数学、普通物理、计算机语言、机械制图、理论力学为基础,并为以后学习机械零件,各种专业机械课以及新技术开发等打下机械知识基础。因此,机械原理课程是机械类专业起着承上启下作用的重要技术基础课,在机械专业教学计划中占有极其重要的地位。

§ 1-4 机械原理课程的学习方法

机械原理课程特点是:

(1) 机械原理课程是介于基础理论和工程实际间的一门技术基础课,其内容既抽象又实际;

(2) 机械原理是研究机械的共性问题,内容多,概念多,方法多,且各章内容联系少。根据上述特点,应采取以下学习方法:

1. 注重与先修课程内容挂钩

机械原理与理论力学联系密切。因此,应在消化理论力学中的观点、方法的同时,注意两门课程有关内容的挂钩。例如用理论力学中的自由度理论去解决机械原理中机构自由度的计算,从而找出机构的组成原理;用扩展理论力学中的瞬心概念,求解机构中某些点速度问题;用理论力学中刚体平面运动、点的复合运动理论,引伸用相对运动图解法求速度、加速度等。这样就使学生不会对新课内容感到生疏。

2. 注意理论联系实际

机构和机器是机械原理的研究对象。因此,学习过程中应特别注重多接触一些实物、教具,观察它们的组成、运动情况等,尤其应特别注重实验和下厂实习,以提高想象力,有助于对抽象理论的理解。

3. 注意内容的归纳、总结,严防死记硬背

机械原理内容多,但应注意归纳、总结。例如齿轮一章中,齿轮类型很多,公式好象也很多,但只要抓住其中的主要原理、条件,便不难记忆和运用。又例如反转法原理,在凸轮、齿轮、平面连杆机构中均有应用,但只要掌握其原理实质,就可举一反三。

4. 注重习题训练

习题训练是理论联系实际、消化理论的很好途径，是解决实际问题和加深基本理论的一个重要环节。因此，对习题必须认真对待，千万不可应付了事。

第二章 平面机构的结构分析

§ 2-1 机构结构分析的目的和内容

常用机构的分析和综合是机械研究的两个主要方面：一方面是对已有机机械的分析。通过分析,掌握机械的运动性能和动力性能,以便合理有效地使用它们,或为改进设计提供依据;另一方面是设计新的机械(又称机构的综合),即根据运动和动力方面的要求拟定机械的传动方案,选用机构,确定机构各部分的尺寸和各机构之间运动的协调配合等,而最基本的要求是实现机械预期的确定的运动。

一、机构结构分析的目的

(1) 研究机构的构成、运动的可能性和确定性。因为机构是具有确定相对运动的构件组合体,然而构件的任意拼凑不一定能产生确定的相对运动,也就是说,不一定就能成为机构。为此就要研究如何将若干构件组合而成为具有确定相对运动的机构。

(2) 研究机构结构组成的共同规律,并找出合理的机构分类方法。掌握了机构的组成就便于对已有机机械进行分析和创造新的机构,并可对同一类的机构应用相同的方法进行运动分析和动力分析。

(3) 掌握在对机构进行分析和综合时所必需的重要工具,即绘制机构的运动简图。学会撇开各种机械的不同用途和复杂外形,而抓住其相对运动的本质和特性,绘出机构的运动简图。

二、研究机构结构分析的主要内容

(1) 研究机构的组成、自由度及具有确定运动的条件。

(2) 绘制机构的运动简图。

(3) 研究机构的组成原理和结构分类。

可见,机构的结构分析是机械原理课程探讨的主要内容之一。

§ 2-2 机构的组成

一、零件与构件

任何机械都是由许多零件组合而成的。零件是制造过程中不能再分割的单元体。例如图1-1所示的单缸内燃机及其运动简图,它们是由曲轴1、连杆2、活塞3、缸体4以及凸轮5、推杆6、齿轮7、8和螺栓、螺母、垫圈、弹簧等一系列零件组成的。在这些零件中,有的是作为一个独立的运动单元体而运动的(例如图中的曲轴1),有的则常常由于结构和工艺上的需要,而与其他零件刚性的联接在一起,作为一个整体而运动(例如图中的连杆2就是由连杆头、连杆体、螺栓、螺母、垫圈等若干个零件刚性地联接在一起,作为一个整体而运动的)。这些刚性地联接在一起的各个零件共同组成了一个独立的运动单元体。机械中把每一个运动的单元体称为一个“构件”(或简称为杆)。所以从运动的观点来看,也可以说任何机械都

是由若干个（两个或两个以上）构件组合而成的。图1-1所示的单缸内燃机就是由曲轴、连杆、活塞和缸体四个构件所组成的曲柄滑块机构，以及由凸轮、推杆和缸体（或机架）三个构件组成的凸轮机构这两个机构所组成的。因此零件与构件的区别就在于：零件是制造的单元体，而构件是运动的单元体。

二、运动副

1. 定义

机构是由许多构件组合而成的，而其中的每个构件都以一定的方式与其他构件相互联接，这种联接不是刚性的固接，而是可动的联接，因此，各构件间产生相互约束，使构件的运动受到了一定的限制，而仍具有某些相对运动。这种使两个构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称为运动副。例如轴颈与轴承之间，滑块与导路之间，轮齿与轮齿之间，凸轮与推杆之间等的联接都构成了运动副。这些运动副相应地可称为：回转副、移动副、齿轮副和凸轮副等，如图2-1中的（a）、（b）、（c）和（d）所示，图中的箭头表示允许的相对运动，图中（a）回转副是圆柱面接触，（b）移动副是平面接触，（c）齿轮副是线接触，（d）凸轮副是点接触。凡两构件上能够参与接触而构成运动副的部分（即接触的点、线、面）称为运动副元素。

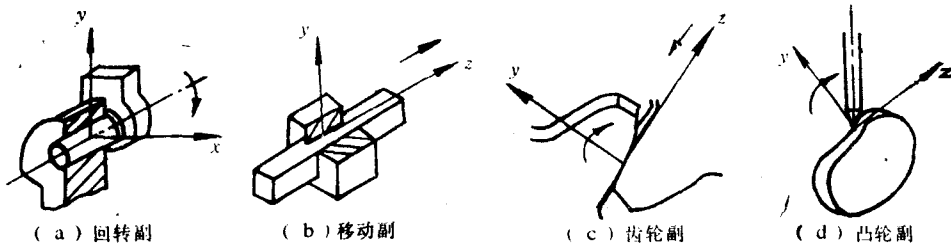


图 2-1

2. 分类

运动副可从不同的角度来进行分类，常见的分类方法如下。

（1）按接触的特性可分为低副和高副。凡面接触的运动副称为低副，例如图2-1（a）、（b）中所示的回转副、移动副。另外圆柱副、球面副、螺旋副等也均为低副。凡点、线接触的运动副称为高副。例如图2-1（d）、（c）中所示的凸轮副、齿轮副等。

（2）按运动副引入约束的数目，可把运动副分为五级：引入一个约束的运动副称为Ⅰ级副，引入二个约束的运动副称为Ⅱ级副，依此类推，尚有Ⅲ级副，Ⅳ级副和Ⅴ级副。表2-1所列即为各级运动副的图形及代表符号。

（3）按运动的性质可分为平面运动副和空间运动副。凡构成两构件之间的相对运动为平面运动的运动副称为平面运动副。如回转副（又称转动副、铰销副）、移动副（又称棱柱副）、平面高副等。凡构成两构件之间的相对运动为空间运动的运动副称为空间运动副。如圆柱副、球面副、螺旋副等。

三、运动链

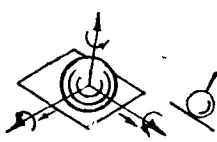
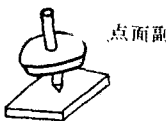
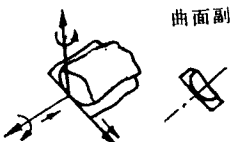
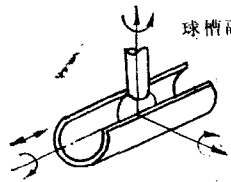
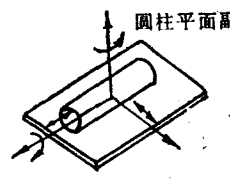
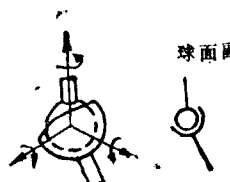
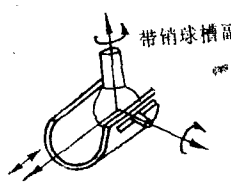
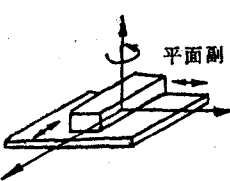
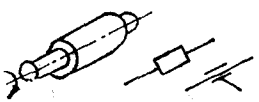
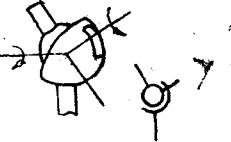
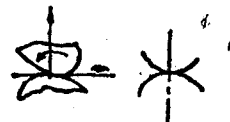
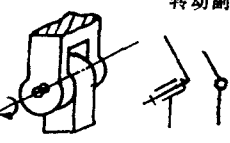
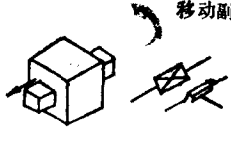
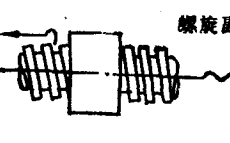
1. 定义

两个以上的构件通过运动副联接而构成的系统称为运动链，例如图2-2所示。

2. 分类

（1）按运动链是否封闭可分为闭式运动链和开式运动链。若运动链的各构件构成了首

表 2-1 各级运动副及其代表符号

级 别	约 束 数	自 由 度	图 形 及 简 图								
I	1	5	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动			
			许可的	3	2	许可的	3	2			
			约束的	0	1	约束的	0	1			
											
II	2	4	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动
			许可的	2	2	许可的	3	1	许可的	2	2
			约束的	1	1	约束的	0	2	约束的	1	1
											
III	3	3	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动
			许可的	3	0	许可的	2	1	许可的	1	2
			约束的	0	3	约束的	1	2	约束的	2	1
											
IV	4	2	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动
			许可的	1	1	许可的	2	0	许可的	1	1
			约束的	2	2	约束的	1	3	约束的	2	2
											
V	5	1	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动	运动数	回 转	移 动
			许可的	1	0	许可的	0	1	许可的	1 (0)	0 (1)
			约束的	2	3	约束的	3	2	约束的	2 (2)	3 (2)
											

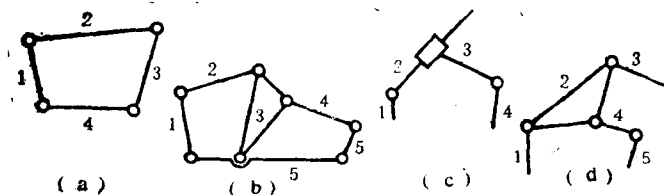


图 2-2

末封闭的系统，则称为闭式运动链（简称闭链），这时其中任一构件至少有两个运动副，如图2-2 (a)、(b) 所示。反之则为开式运动链（简称开链），如图2-2 (c)、(d) 所示。开链中至少有一个构件只有一个运动副。

生产中通常应用的机械多属闭式链，而有些铰接臂机械手等则属于开式链。

(2) 按运动的性质，即按运动链各构件是否在同一平面或平行平面内作相对运动而分为：平面运动链和空间运动链。

四、机构

1. 定义

将运动链中的一个构件固定，当其某一构件（或几个构件）按给定的运动规律相对于此固定构件作独立运动时，其余构件即随之作确定的运动，则这种运动链便成为机构。如图2-3所示。

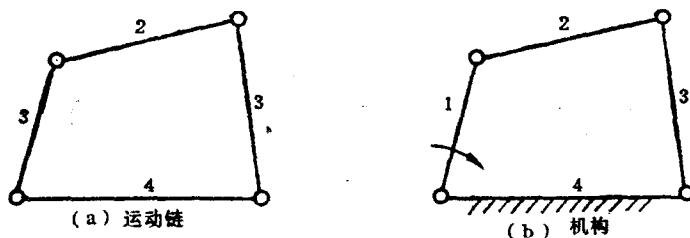


图 2-3

机构中的固定件称为机架（如图2-3 (b) 中的构件4）。所谓固定件是相对而言的，机械若安装在地面上，那末机架相对于地面是固定不动的，如果安装在运动物体上（如车、船、飞机等）上，那末机架相对于该运动物体是固定不动的，而相对于地面则可能是运动的。机构中按给定的运动规律作独立运动的构件称为原动件（如图2-3 (b) 中的构件1）；其余活动构件则称为从动件（如图2-3 (b) 中的构件2、3）。从动件的运动规律决定于原动件的运动规律、机构的结构和尺寸，运动副的类型等。当某一机构的原动件按给定的运动规律运动时，所有从动件亦均具有确定的运动。由此可见，任何机构都是由若干个构件通过运动副相联接而组成的，而且必定包含有机架、原动件和具有确定运动的从动件三大部分。

2. 分类

根据组成机构的各构件之间相对运动的性质，可把机构分为平面机构和空间机构两大类。每一类又可分为低副机构和高副机构。进一步还可细分为各种具体的机构。其中平面机构得到特别广泛的应用。

§ 2-3 平面机构运动简图

前面说过，机构及其各构件的运动情况，是由其原动件的运动规律、各运动副的类型和

机构的运动尺寸(确定各运动副相对位置的尺寸)来决定的,而与构件外形、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,这些称为与运动无关的因素。为便于对机构进行结构分析、运动分析和动力分析,使有关图形只显示与运动有关的因素,我们撇开与运动无关的因素。这样,用国家标准规定的简单线条和符号来代表构件和运动副,再按一定的比例尺确定机构的运动尺寸,这种表示机构运动情况的简单图形称为机构运动简图。有时,只为了表明机构的运动情况,而不需求出其运动参数的数值,也可不按比例尺来绘制简图,这就是所谓的机构示意图。

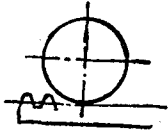
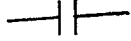
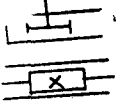
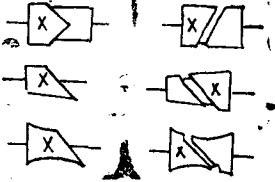
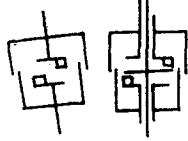
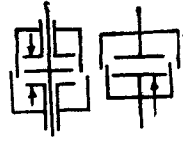
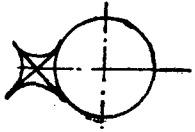
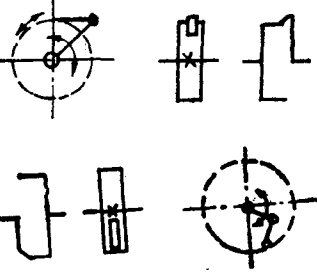
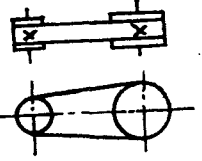
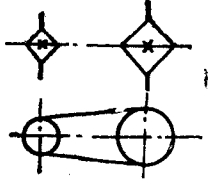
表2-2为摘自机构运动简图符号(GB 4460-84)中的一些常用符号,以供绘制机构运动简图时使用。

机构运动简图应与原机构具有完全相同的运动特性。

在对已有的机械进行分析研究时,或者设计新机械时,都要首先作出能够表明其运动情况的机构运动简图,以达到使问题简化、清晰的目的。有些机器虽然外形和功用不同,但它

表 2-2 常用机构运动简图符号 (摘自GB4460-84)

名 称	符 号	名 称	符 号
运动轨迹		摩擦传动	
运动指向		(a) 圆柱轮	
具有局部反向的单向运动		(b) 圆锥轮	
往复运动		(c) 可调圆锥轮	
回 转 副		(d) 可调冕状轮	
球 面 副		(单独有齿形符号)	
机 架		齿轮传动	
轴 杆		(a) 圆柱齿轮	
组成部分的永久连结		(b) 圆锥齿轮	
组成部分与轴(杆)的固定连结			

名 称	符 号	名 称	符 号
齿条传动 (a) 一般表示		联轴器	
(b) 蜗线齿条与蜗杆		一般符号	
		固定联轴器	
		可移式联轴器	
		弹性联轴器	
空间凸轮		啮合式离合器	
(a) 圆柱凸轮		(a) 单向式	
(b) 圆锥凸轮		(b) 双向式	
(c) 双曲面凸轮			
槽轮机构		摩擦离合器	
一般符号		(a) 单向式	
(a) 外啮合		(b) 双向式	
(b) 内啮合			
棘轮机构		带传动	
(a) 外啮合		一般符号	
(b) 内啮合		链传动	
		一般符号	

们的主要传动机构的类型却是相同的。例如活塞式内燃机、空气压缩机、冲床等，其主要机构均为曲柄滑块机构，因而它们的机构示意图也是相同的。这样就可看出这些机器在本质上的内在联系，从而可对它们作相同的结构分析和运动分析等。

为了掌握绘制的方法和步骤，现以一实例说明之。图2-4 (a) 所示为一颚式破碎机，当曲柄1绕轴心O连续回转时，动颚板5绕轴心F往复摆动，从而将矿石轧碎。其机构运动简图如图2-4 (b) 所示，图 (c) 为构件2的其他表示图形。绘制的方法和步骤如下。

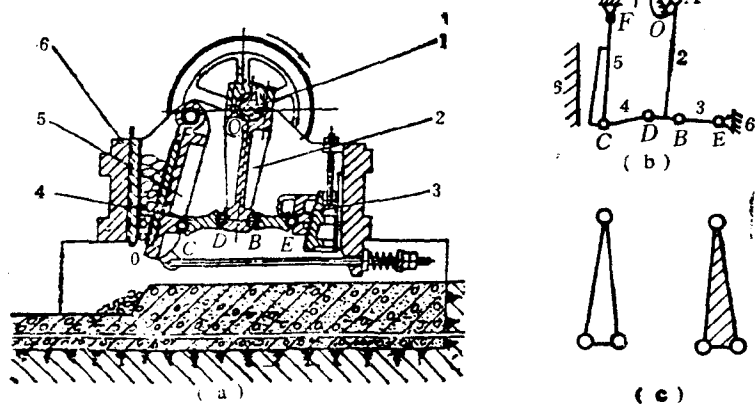


图 2-4

(1) 首先要分析该机构的实际结构和运动情况。找出原动部分（即运动的起始部分曲柄1）和执行部分（即直接执行生产任务或最后输出的部分动颚板5）。然后循着运动传递的路线，分析其间的传动部分（构件2、3、4），即搞清该机械原动部分的运动是怎样经过传动部分传递到执行部分的。最后搞清固定部分（包括定颚板、调节楔块、轴承、机座等统称为机架6）。

(2) 搞清楚组成该机械的构件数（为6件），运动副的数目（为7个）和类型（均为回转副）。

(3) 选择适当的投影面和比例尺。一般可以选择机械的多数构件的运动平面为投影面，对于在主运动简图上难以表示清楚的部分可以另绘一局部简图。必要时也可以就机械的不同部分选择两个或两个以上的投影面，然后展开到同一图面上。总之，以简单清楚地把机械的运动情况正确地表示出来为原则。

在选择投影面后，便可选择适当的比例尺来测量和确定机构的运动尺寸，并以简单的线条和运动副的代表符号将机构运动简图画出来。除表2-2所列的“常用机构运动简图符号”外，运动副和构件常用的表示法如下：

(1) 运动副的表示法

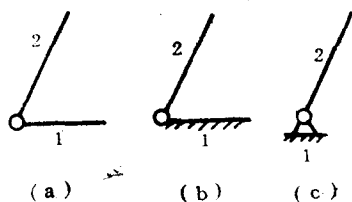


图 2-5

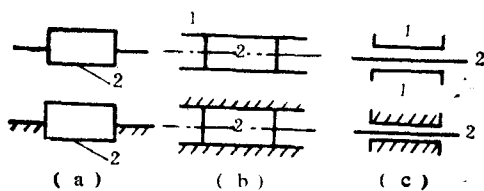


图 2-6

图2-5所示是两个构件形成转动副的几种情况的表示法（如图2-6所示）。图中画有斜线的构件表示固定件（即机架）。

图2-7所示为凸轮副，图2-8所示为齿轮副。