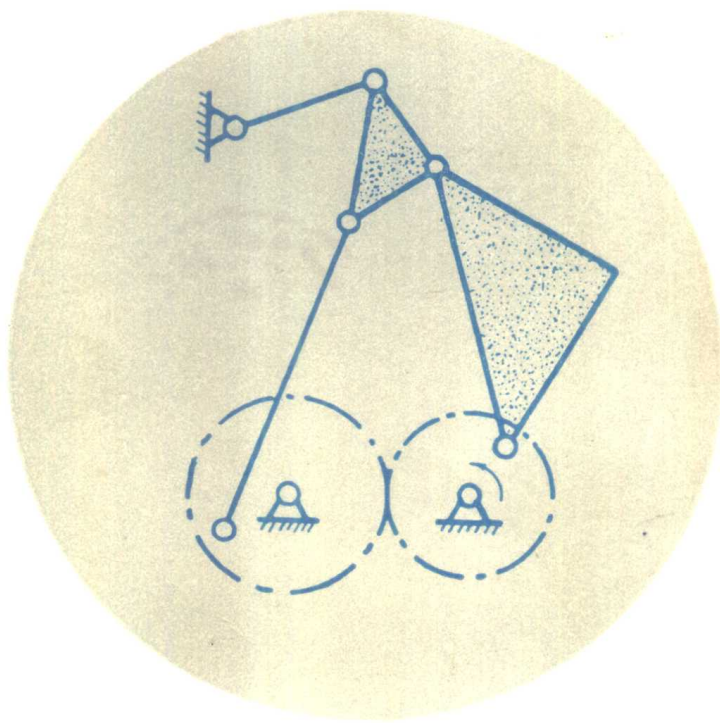




高等教育基础课教材

机 械 原 理

孙肇修 杨志全 刘惠林 编



北京工业学院出版社

TH111

28

机 械 原 理

孙肇修 杨志全 刘惠林 编

北京工业学院出版社

内 容 简 介

本书是为成人教育编写的一套高等工科院校基础课教材之一。全书共分十三章，包括绪论、平面机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面连杆机构及其设计、凸轮机构、直齿圆柱齿轮机构、渐开线变位齿轮、斜齿圆柱齿轮、螺旋齿轮、蜗杆蜗轮及直齿圆锥齿轮、轮系、其它常用机构、平面机构的力分析、运动副摩擦与机械效率、机械的运转及其速度波动的调节、转子的平衡。

本书每章开始编写了内容提要与学习指导，章末编有小结、思考题及习题。本书可作为电视大学、职工大学和函授大学教材，也可供机械类专业师生及有关工程技术人员参考。

机 械 原 理

孙肇修 杨志全 刘惠林 编

*

北京工业学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

河北省三河县中赵甫印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 20.25印张 479千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

ISBN7-81013-022-6/TH·5

印数：1-6,000册 定价：3.40元

前 言

这套教材是根据高等工业学校函授教学大纲和自学考试大纲编写的机械类专业用基础课教材。它的出版为高等函授学生和参加自学考试的自学者做了一件极有意义的好事。

党的十一届三中全会以来,随着我国四个现代化建设事业的发展、出现了全社会努力学习科学文化的可喜形势。成千上万的自学者在缺少面授条件的困难条件下,为四化事业而勤奋地刻苦学习。但是,由于缺乏合适的教材,给他们的学习造成不少困难。他们迫切需要能反映成人教育特点、极便于自学的书。

现在推荐给读者的这套教材,就是北京工业学院一批热心成人教育的同志奉献给广大自学者的礼物。全书包括高等数学、工程数学、普通物理、英语、机械制图、理论力学、材料力学、机械原理、机械零件、电工电子学等。本书不仅适用于函授学生和参加自学考试的人员,也可作为电大、夜大、职工大学、甚至普通高等学校学生的参考资料。

参加编写的同志把自己多年积累的丰富的教学经验和心得编入书中,力求按照自学者学习特点和规律进行编写,使本书具有鲜明的特色。全书内容取材适当,重视基本概念和基本理论,并保证一定的高度和深度;为了便于自学,书中叙述详尽细致,讲解深入透彻;书中编有具体的自学指导,针对性强,编排合理,指导及时,便于读者参阅使用;全书力求文字简洁、通俗易懂,生动活泼,引人入胜。

希望这套书能有效地帮助读者顺利学习,迅速自学成材,这是编者们的最大心愿。

孙 树 本

一九八五年二月于

北京工业学院

序

本书是为适应我国成人教育迅速发展的需要而编写的一套高等工科院校基础课教材之一。编写的依据是1986年制定的高等工业学校机械原理课程教学基本要求(机械类专业适用)和1982年制定的高等工业学校机械原理函授教学大纲(草案)。

为了适应成人教育的特点,本书编写时力求通俗易懂,由浅入深,使各章内容在学习过程中易于理解和掌握。鉴于齿轮机构这部分内容篇幅过大,为便于学习,把它分成三章编写。为有助于学生学习,在各章之前均编有内容提要和学习指导,用以明确指出本章主要内容、要讨论的主要问题与解决问题所用的方法。在学习指导中指出学习本章所需复习的前修课知识,学好本章的关键以及在方法上应注意的问题,指出本章的重点与难点以及通过本章学习所应掌握的内容。每章之末均编写了小结、思考题和习题。

参加本书编写的有孙肇修(绪论、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章及第九章)、杨志全(第一章、第二章及第三章)、刘惠林(第十章、第十一章、第十二章及第十三章)。全书由孙肇修负责主编。

本书承杨玉泉同志审阅。北工出版社编辑吴家楠同志对部分章节也提出了许多宝贵意见,特此一并致谢。

限于编者水平,书中的缺点和错误在所难免,恳切希望使用本教材的教师和读者批评指正。

编者

1987年12月于北京

目 录

绪 论

§ 0-1 本课程研究的对象及内容	(1)
§ 0-2 学习本课程的目的	(3)
§ 0-3 学习方法	(4)

第一章 平面机构的结构分析

§ 1-1 研究机构结构的目的	(5)
§ 1-2 平面运动副及其分类	(5)
§ 1-3 运动链 机构 机构有确定运动的条件	(8)
§ 1-4 计算机构自由度时应注意的几个问题	(10)
§ 1-5 平面机构的运动简图	(14)
§ 1-6 平面机构的结构分类与组成原理	(16)
§ 1-7 平面机构中的高副低代法	(19)

第二章 平面机构的运动分析

§ 2-1 研究机构运动分析的目的和方法	(25)
§ 2-2 图解法作机构的位置图及构件上各点的轨迹	(26)
§ 2-3 用速度瞬心法作机构速度分析	(27)
§ 2-4 向量 向量的图解法	(31)
§ 2-5 用相对运动图解法作机构的速度和加速度分析	(33)
§ 2-6 综合运用瞬心法和相对速度图解法对复杂机构作速度分析	(51)
§ 2-7 用解析法求机构的位置、速度和加速度	(52)
§ 2-8 机构的运动线图	(55)

第三章 平面连杆机构及其设计

§ 3-1 平面连杆机构的特点及其设计的基本问题	(64)
§ 3-2 四杆机构的基本型式及其应用	(66)
§ 3-3 四杆机构的演化	(71)
§ 3-4 四杆机构的基本特性	(76)
§ 3-5 图解法设计四杆机构	(82)
§ 3-6 解析法设计四杆机构	(87)
§ 3-7 实验法设计四杆机构	(89)

第四章 凸轮机构

§ 4-1	凸轮机构的应用与分类	(98)
§ 4-2	位移线图	(102)
§ 4-3	从动杆的常用运动规律	(103)
§ 4-4	等加速等减速运动规律	(104)
§ 4-5	修正的等速运动规律	(107)
§ 4-6	简谐运动规律	(109)
§ 4-7	摆线运动规律	(111)
§ 4-8	常用运动规律的比较	(113)
§ 4-9	凸轮轮廓设计的图解法	(114)
§ 4-10	对心直动尖端从动杆盘形凸轮	(114)
§ 4-11	对心直动滚子从动杆盘形凸轮	(116)
§ 4-12	偏置直动滚子从动杆盘形凸轮	(116)
§ 4-13	直动平底从动杆盘形凸轮	(117)
§ 4-14	摆动滚子从动杆盘形凸轮	(118)
§ 4-15	摆动平底从动杆盘形凸轮	(120)
§ 4-16	压力角和基圆半径	(121)
§ 4-17	设计凸轮的其它限制条件	(123)
§ 4-18	凸轮轮廓设计的解析法	(124)
§ 4-19	圆柱凸轮	(128)

第五章 直齿圆柱齿轮机构

§ 5-1	概述	(133)
§ 5-2	齿廓啮合的基本定律	(134)
§ 5-3	渐开线的形成及其基本特性	(137)
§ 5-4	渐开线齿廓能保证定传动比	(141)
§ 5-5	渐开线齿廓啮合的优点	(142)
§ 5-6	直齿圆柱齿轮各部分的名称和尺寸	(143)
§ 5-7	任意圆上齿厚的计算	(148)
§ 5-8	齿厚测量参数的计算	(149)
§ 5-9	标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算公式	(152)
§ 5-10	齿轮传动的配对条件和重合度	(153)
§ 5-11	标准齿轮的无齿侧间隙啮合传动	(158)
§ 5-12	滑动系数	(160)
§ 5-13	齿轮与齿条的啮合特点	(162)
§ 5-14	滚齿法与型铣法切制渐开线齿轮的原理	(164)

§ 5-15	根切与最少齿数	(167)
--------	---------	---------

第六章 渐开线变位齿轮

§ 6-1	变位齿轮的基本概念	(173)
§ 6-2	最小变位系数	(174)
§ 6-3	变位齿轮的参数及几何尺寸计算	(175)
§ 6-4	变位齿轮的啮合原理	(177)
§ 6-5	变位齿轮传动的类型及其应用	(181)
§ 6-6	选定变位系数的限制条件	(185)

第七章 斜齿圆柱齿轮、螺旋齿轮、蜗杆蜗轮及圆锥齿轮传动

§ 7-1	斜齿圆柱齿轮传动	(189)
§ 7-2	螺旋齿轮传动	(195)
§ 7-3	蜗杆蜗轮传动	(199)
§ 7-4	直齿圆锥齿轮传动	(202)

第八章 轮 系

§ 8-1	轮系的分类	(209)
§ 8-2	定轴轮系的传动比	(210)
§ 8-3	定轴轮系的应用	(212)
§ 8-4	周转轮系的传动比	(213)
§ 8-5	混合轮系和复合轮系的传动比	(216)
§ 8-6	周转轮系、混合轮系及复合轮系的应用	(217)
§ 8-7	由行星传动发展而成的几种齿轮传动简介	(223)

第九章 其它常用机构

§ 9-1	万向联轴节	(231)
§ 9-2	槽轮机构	(234)
§ 9-3	棘轮机构	(238)
§ 9-4	螺旋机构	(240)

第十章 平面机构的力分析

§ 10-1	概述	(243)
§ 10-2	作用在机械上的力	(243)
§ 10-3	构件的惯性力及其简化	(244)
§ 10-4	平面机构动态静力分析——图解法	(245)

第十一章 运动副摩擦与机械效率

§ 11-1	概述	(257)
§ 11-2	机械效率与自锁条件	(257)
§ 11-3	平面摩擦与槽面摩擦	(260)
§ 11-4	斜面摩擦与螺旋副摩擦	(263)
§ 11-5	转动副摩擦与摩擦圆	(266)
§ 11-6	轴踵摩擦	(270)

第十二章 机械的运转及其速度波动的调节

§ 12-1	概述	(274)
§ 12-2	机器的动能方程	(274)
§ 12-3	机器的运转过程	(275)
§ 12-4	研究机器运转的等效模型	(276)
§ 12-5	等效驱动力矩与等效阻抗力矩	(279)
§ 12-6	等效转动惯量	(282)
§ 12-7	机器的运动方程	(284)
§ 12-8	机器运转速度的波动及其调节	(286)
§ 12-9	速度波动系数	(287)
§ 12-10	飞轮转动惯量的求法	(288)
§ 12-11	飞轮的尺寸	(292)

第十三章 转子的平衡

§ 13-1	概述	(297)
§ 13-2	刚性转子的不平衡类型	(298)
§ 13-3	转子静平衡计算	(299)
§ 13-4	转子动平衡计算	(304)
§ 13-5	转子平衡试验	(309)
§ 13-6	转子的许用不平衡量	(312)
参考书目		(316)

绪 论

§ 0-1 本课程研究的对象及内容

在日常生活和生产实践中，人们都接触过许多机械，例如内燃机、压气机、各种机床、汽车、拖拉机、起重机以及缝纫机等。各种机械不仅具有不同的形式、构造和用途，而且其工作原理也是千差万别的。但是，这些机械也有一些共同的属性。这些共同的属性可以归纳为以下三点：

首先，任何机械都是由许多零件组合成的。凡是若干个零件刚性连接在一起、彼此不能产生相对运动时，这些零件的组合物在本课程中称之为“构件”。例如图 0-1 所示为一个连杆，是由连杆体 1、大头盖 4 用螺栓 2 和螺母 3 刚性连接起来而组成的，它在机械中起着—个刚性杆的作用，因而是一个构件。当然，机械中有些构件也可能就是一个零件。由此可见，各种机械的第一个共同属性是：任何机械都是若干个构件的组合。

其次，使用各种机械的目的是要用机械来代替人们做工，减轻劳动强度，提高劳动生产率，而且还要完成许多仅依靠人力所不能担负的工作。因此，机械中各个能动构件必须具有确定的运动，否则它就不能按照人们的意志去做预期的工作。这就是说，各种机械的第二个共同属性是：组成机械的各个构件之间必须具有确定的相对运动。

第三个共同属性是：各种机械都能做有用的功，或者能够转变能量的形式。例如，各种金属切削机床、冲床、纺织机等，它们都能改变被加工物体的形状以完成有用的功，而起重机和水泵等，则是通过改变重物和水的位置来做功的。又例如，蒸气机和内燃机都能将蒸汽中的热能或燃料中的化学能转变成机械能。此外，还有一些机械，它们同时兼有这两种作用。例如，采掘用的风镐和锻压用的蒸汽锤等，它们既能将压缩空气和蒸汽中储藏的能量转变成机械能，同时还能做有用的功。

综上所述可见，机械就是各构件具有确定相对运动，并能作有用功或转变能量的若干个构件的组合。例如，图 0-2 为内燃机中采用的构件组合，用来将往复移动变换成连续转动。图中构件 2 为曲轴（亦即曲柄），构件 3 为连杆，构件 4 为活塞（亦即滑块），支承曲轴转动的轴承和导引活塞移动的汽缸，它们彼此之间无相对运动，因而是一个构件，称为机架或固定件（在图 0-2b 中画有阴影线并标以构件号 1）。

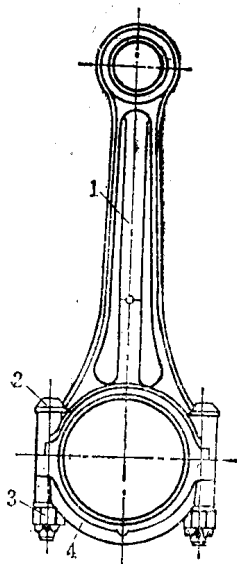


图 0-1

在内燃机中, 活塞在燃气的压力推动下作往复移动, 然后通过连杆使曲轴连续转动, 因而, 在这个构件组合中, 活塞是主动件, 连杆和曲轴是从动件。当给予主动件活塞一定的运动时, 所有从动件都将产生确定的运动。这种当主动件按一定规律运动时所有从动件都产生确定运动的构件组合, 称之为机构。图 0-2 所表示的是一种曲柄滑块机构。在活塞式水泵、活塞式空气压缩机及冲床等机械中, 也都是采用的曲柄滑块机构, 只是主动件是曲柄而不是滑块。

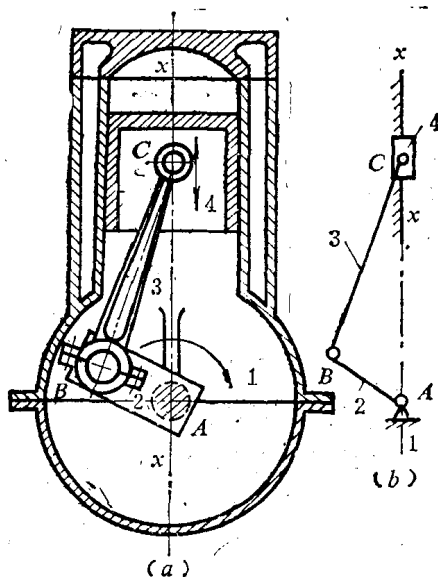


图 0-2

机械原理课程就是以各种常用机构为研究对象的。机械中的常用机构有:

(1) 连杆机构 连杆机构是由若干杆状构件组成的。常用的连杆机构种类很多, 图 0-2 所示的曲柄滑块机构就是连杆机构的一种。图 0-3 所表示的是由四个构件组成的另一种连杆机构, 其中, AD 为机架, AB 和 CD 均与机架相连称之为连架杆, BC 为连杆。连架杆中, 能够作整圈转动的称之为曲柄, 只能在一定的角度范围内摆动的称之为摇杆。如果 AB 杆是曲柄, CD 杆是摇杆, 则图示的四杆机构又称之为曲柄摇杆机构。这种机构, 可将曲柄的转动变换成摇杆的摆动。

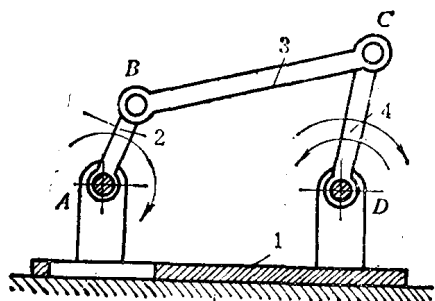


图 0-3

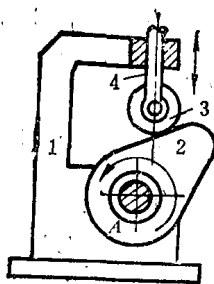


图 0-4

(2) 凸轮机构 图 0-4 是一个凸轮机构。其中, 2 为可以绕 A 轴转动的非圆形轮子 (或虽为圆形, 但圆心不在 A 处), 称之为凸轮, 4 为可以在导路 1 中上、下移动从动杆。由于从动杆上的滚子 3 总与凸轮的轮廓保持接触, 因而, 当凸轮转动时, 就将推动从动杆按一定规律上、下移动。只要改变凸轮轮廓的形状, 就可以使从动杆产生不同规律的运动。

(3) 摩擦轮机构 图 0-5 所示为一简单的摩擦轮机构。2、3 两轮分别绕 O_2 、 O_3 轴转动, 依靠两轮接触处的摩擦力, 2 轮带动 3 轮转动。由于两轮接触处有可能打滑, 所以两轮的速比不可能保持不变, 且不能传递大的动力。

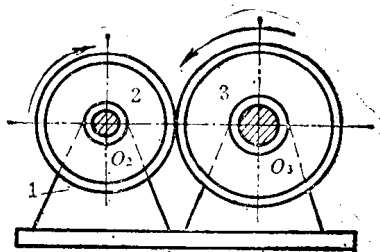


图 0-5

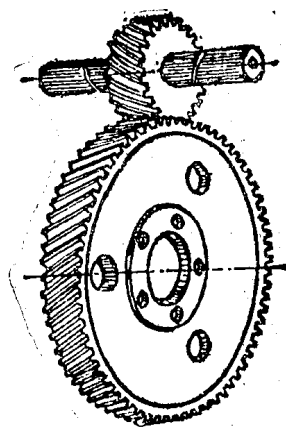


图 0-6

(4) 齿轮机构 图 0-6 所示为一齿轮机构。图中为一对外啮合的斜齿圆柱齿轮，可用以传递两平行轴间的转动。机械中常采用一系列的齿轮来传动，这种多齿轮机构称为轮系。

(5) 间歇运动机构 在机械中，用来将连续运动变换成间歇运动的机构有许多种。图 0-7 所示的槽轮机构是其中的一种。在图示的槽轮机构中，1 为曲柄，2 为槽轮。当曲柄 1 连续转动到图示的位置时，曲柄上的圆销 G_1 将进入槽轮的槽中，从而推动槽轮转动。当曲柄转过 $2\varphi_{01}$ 角时，圆销 G_1 将从槽轮的槽中脱出，圆销脱出后槽轮就将停止转动。利用这种机构可将 O_1 轴的连续转动变换成 O_2 轴的间歇转动。

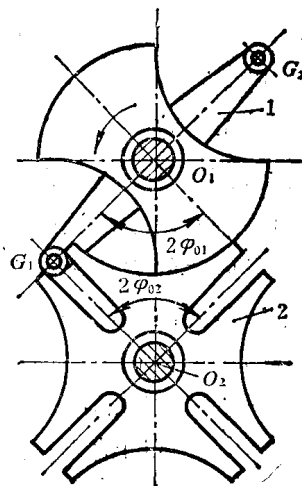


图 0-7

对许多机构来说，在设计机构简图时不仅要考虑运动学条件，同时还要考虑动力学条件，所以本课程的内容可概括为两个方面，即机构的分析与机构的综合。机构的分析是介绍对已知尺寸的机构进行结构、运动学和动力学分析的方法；机构的综合是根据运动学和动力学性能方面的要求设计机构。因为这种设计，只限于根据运动和动力学要求，确定机构各部分的运动学尺度，而不涉及各个零件的强度计算、材料选择，所以称为机构综合。

在机械原理中，这两方面内容研究的范围是十分广泛的。除机械原理的一般内容外，还广泛研究工业机器人与机械手、计算机辅助机构设计、机构优化设计、自动化机构、组合机构以及仿生机构等内容。其研究方法也是很多的。作为一门基础课程，则仅限于研究一些最基本的理论及最常用的机构分析与综合的方法。

§ 0-2 学习本课程的目的

本课程是机械类各专业的一门重要的技术基础课。其目的在于使学生掌握关于机构分析

与综合的基本理论和基本知识，并得到必要的基本技能训练，具有对常用机构进行分析和综合的能力，还将为学习机械零件和有关专业课程打下基础。

§ 0-3 学习方法

本课程的先修课程是高等数学、物理、机械制图和理论力学等，而与理论力学的关系最为密切，理论力学为机械原理提供了理论基础，机械原理在应用这些理论解决机械中的实际问题时，也形成了自己的方法和体系。因此，在学习机械原理时，一方面要联系和复习理论力学的有关内容（如力的简化与平衡、摩擦、相对运动原理、哥氏加速度、速度瞬心、动能定理、达朗伯尔原理等）。另一方面也要注意机械原理课程应用这些理论解决工程问题的方法。

因为本课程是研究机械的共性问题的，初学者会感到抽象，所以如果能在自己的工作岗位和日常生活中，多看和多接触一些实物，对机械建立较多的感性认识，对学好本课程将起很大作用。

仔细阅读教材，并认真做笔记，是学习的首要环节。在阅读教材时要弄清问题的提出和分析解决问题的方法。对一些公式要着重了解其物理意义以及应用的条件和范围，不要不加分析地死记硬背。

做习题也是学好本课程的重要环节。通过做习题不仅可以培养解决实际问题的能力，而且可以加深对基本理论的理解。图解法是解决机构分析与综合问题的基本方法，也是目前工程中广泛应用的方法。它概念清楚，直观易懂，所以遇有作图题时要认真按比例画图，力求精确并保持图面整洁。在自学时应动手画一些图，以建立形象的几何关系，加深理解教材内容并帮助记忆。

学习机械原理的第三个环节是做小结。可以章或段落（可包括内容相近的几节）为单位。小结一般可归纳为三方面的内容。即问题的提出、分析和解决问题的方法、得出的结论。小结应做到条理清楚，简明扼要。

第一章 平面机构的结构分析

内容提要 本章讨论三方面的问题：平面机构的基本知识，即组成机构的构件、运动副、运动链的概念以及机构具有确定运动的条件；机构运动简图及其画法；机构的结构分类、组成原理及高副低代法。

学习指导 开始学习一门新课时会感到专业名词多、概念新、方法新，而掌握这些内容又是学好本课程的基础。因此学习时要适应这一特点，注意理解和掌握新的概念、正确运用计算公式。

机构运动简图是表示机构运动特征的一种工程用图，不仅要学会能看，而且对简单的机构要会绘制。开始学习时会有些困难，但只要坚持结合实际机构（或模型），由简到繁地多看、多思、多画，熟悉其中规律和技巧后就一定能较好地掌握。

§ 1-1 研究机构结构的目的

如绪论中所述，机构是若干个构件的人为组合体，而且各构件之间有确定的相对运动。那末，机构究竟是怎样由构件组合起来的、具有哪些规律，在什么条件下各构件间才能有确定的运动？显然，不能产生运动或只能作无规则运动的构件组合体是不能成为机构的。因此，研究如何由构件组合成机构及其有确定运动的条件是机构结构分析首先要讨论的问题。

实际机构往往是由外形和构造都很复杂的构件所组成。对机构作运动分析时，若同时还要考虑那些与运动无关的构件外形和具体构造，分析过程将变得非常复杂，甚至难以进行；在设计新机构时，通常总是首先根据机构工作的运动要求确定机构的运动尺寸，然后再进一步考虑它们的形状和具体构造。故为了便于分析研究，有必要用简单的线条和符号画出表示机构运动特征的简图，再在简图的基础上对机构作分析。因此，掌握正确绘制机构运动简图的方法也是研究机构结构的目的之一。

此外，研究机构的结构还可以按机构的结构特点进行机构分类，并根据这种分类建立起运动和动力分析的一般方法。

§ 1-2 平面运动副及其分类

一、运 动 副

构件之间是以运动副方式进行组合的。运动副就是指两个构件直接接触而又能作相对运

动的联接。它具有的特征是：(1) 每一个运动副都是由两个构件所组成；(2) 两个构件要直接接触；(3) 两个构件能作相对运动。符合上述特征的联接就组成了运动副。例如，图 1-1 表示了两种类型的运动副。图 a 中，构件 1 上带有圆轴、构件 2 上开有圆孔，两构件以轴和孔的圆柱面相接触组成运动副，能绕 Z 轴作相对转动。图 b 中，构件 1 为方形杆、构件 2 上开有方形孔，两构件以平面相接触组成运动副，能沿 X 轴线作相对移动。

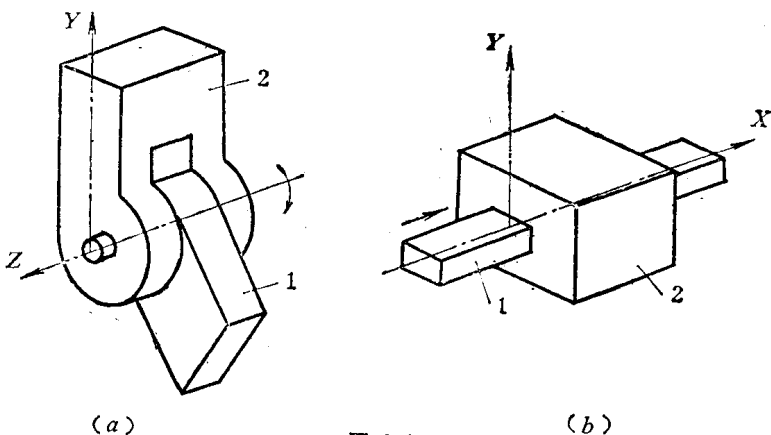


图 1-1

两个构件在组成运动副前是完全独立、互不相关的，可以作任意的平面相对运动。但是在组成运动副后，由于两构件必须保持接触，这样对原有可能的独立运动就要引入某些限制。那末，两个构件组成运动副时，如何限制运动，如何保持有一定的相对运动，组成的运动副除上述两种外还有哪些类型？为解决这些问题，首先要讨论自由度和约束这两个概念，并分析它们之间的关系。

二、自由度与约束

如图 1-2 所示，一个作平面运动的构件，它的运动可以分为三个独立部分：沿参考坐标系 x 轴和 y 轴的移动及绕垂直于 xoy 平面轴的转动。这三个独立运动可用图中所示的三个独立参数来描述，即构件上任意一点 A 的坐标 x 和 y ，以及过 A 点的任意一直线 AB 的倾角 α 。构件所具有的独立运动称为自由度。显然，一个作平面运动的构件具有三个自由度。

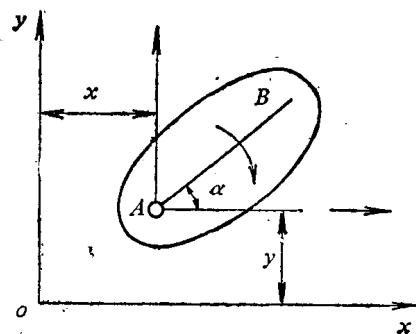


图 1-2

约束是指对独立运动所加的限制。若对某个作平面自由运动的构件引入一个约束，构件便要失去一个独立运动，也即失去一个自由度。若引入两个约束，构件便失去两个自由度。若引入三个约束，则构件剩下的自由度将为零，构件已不能运动。如以 R 表示对构件引入的约束数， F 表示构件剩下的自由度数，则有

$$F + R = 3$$

或

$$F = 3 - R$$

当两个构件组成运动副后，由于要保持接触，使某些独立运动受到限制，所引入的约束数应满足： $0 < R < 3$ 。至于什么情况下是一个，什么情况下是两个，则完全取决于组成运动副的类型。

三、运动副的分类与表示符号

组成运动副的类型不同，所引入约束的数目和型式以及剩下自由度的数目和型式也将不同。按此可将运动副分类如下：

具有两个约束 ($R=2$) 而保留一个自由度 ($F=1$) 的运动副，如图 1-3a 和图 1-4a 所示。

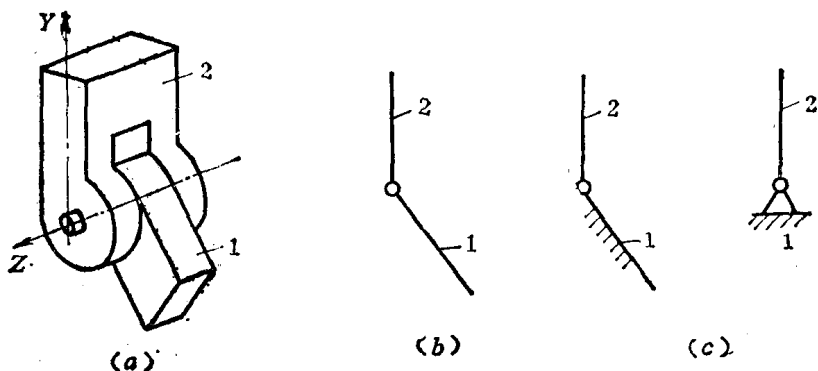


图 1-3

图 1-3a 所示的运动副中，构件 1 相对构件 2 沿 x 和 y 轴方向的移动受到约束，而保留的是绕 z 轴的转动。这种只能作相对转动的运动副称为转动副，或称为铰链。两构件是以圆柱面相接触的。转动副的表示符号如图 b 所示。当其中一个构件固定不动作为机架时，则在该构件上画阴影线，如图 c 中所示。

图 1-4a 所示的运动副，构件 1 相对构件 2 沿 y 轴方向的移动和绕 z 轴的转动受到约

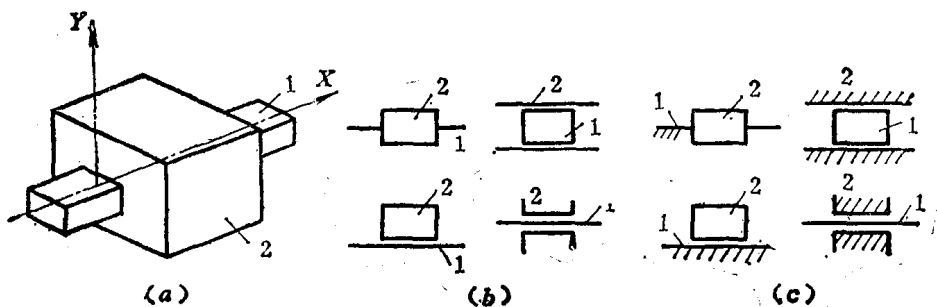


图 1-4

束，保留的是沿 x 轴方向的移动。这种只能作相对移动的运动副称为移动副，两构件是以平面相接触的。移动副的表示符号如图 b 所示。当其中一个构件固定不动作为机架时，则在该构件上画阴影线，如图 c 所示。

具有一个约束 ($R=1$) 而保留两个自由度 ($F=2$) 的运动副，如图 1-5 中 a 和 c 所示。

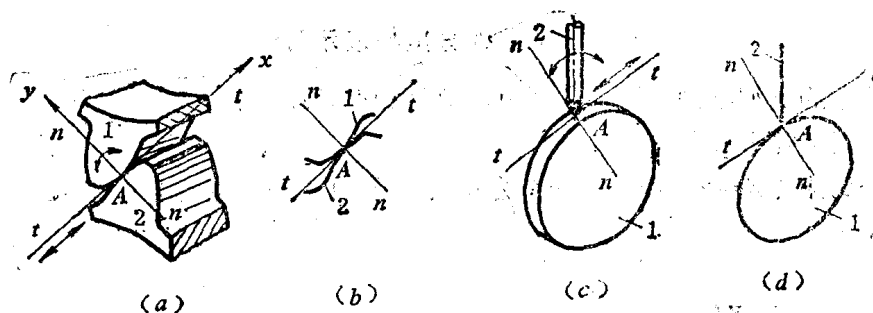


图 1-5

图 1-5 a 为一对齿轮的两个轮齿接触组成的运动副。两个齿廓曲面沿接触线公法线 $n-n$ 方向 (y 轴) 的移动受到约束, 而保留沿公切线 $t-t$ 方向 (x 轴) 的移动和绕垂直于 xAy 平面的接触线 AA 的相对转动。这种运动副具有两个自由度, 两构件是以直线相接触的。由于齿廓的形状直接影响两个构件的相对运动 (因接触点的法线决定于齿廓形状), 故该运动副的表示符号需要画出两个齿廓曲线, 如图 b 所示。

图 1-5 c 为凸轮 1 和尖端杆 2 接触组成的运动副。两构件沿接触点法线 $n-n$ 方向的移动被约束, 而保留沿切线 $t-t$ 方向的移动和绕接触点 A 的转动。这种运动副也具有两个自由度, 两构件是以点相接触的。该运动副的表示符号也需要画出两构件接触部分的轮廓曲线, 如图 d 所示。

由上述可知, 两个构件组成运动副时, 构件之间是以点、线或面参与接触的。这些构成运动副的点、线或面称为运动副元素, 通常可按照运动副元素的特征把运动副分为低副和高副两类。以面相接触的运动副称为低副, 以点或线相接触的运动副称为高副。上述转动副和移动副属于低副。两构件组成低副要引入两个约束, 而组成高副只引入一个约束。

§ 1-3 运动链 机构 机构有确定运动的条件

一、运动链与机构

运动链是由若干个构件以运动副相联接而成的可动系统。它具有的特征是: (1) 含若干个构件, 即两个或两个以上的构件; (2) 构件间以运动副相联接; (3) 组成可动的系统。若运动链中各构件形成一个首尾相连的封闭系统, 则称为闭式链, 如图 1-6a 和 b 所示。若运动链中各构件没有形成首尾相连的封闭系统, 则称为开式链, 如图 1-6 c 和 d 所示。在各种机械中一般多采用闭式链, 而开式链在工业机械手和机器人中多有应用。

将运动链中一个构件固定作为机架, 而给另外一个 (或几个) 构件以独立运动, 若其余构件的运动随之确定, 这样的运动链便成为机构。通常把运动链中按给定规律独立运动的构件称为原动件, 其余的活动构件则称为从动件。从动件的运动决定于原动件的运动和运动链的组成情况。一般原动件都是以低副和机架相联接, 因此原动件只具有一个自由度。