

郑福廷 编

机械设计基础丛书

平面
连杆机构
设计

机械工业出版社

机械设计 丛书

平面连杆机构设计

郑福廷 编

机械工业出版社

本书共分七章，内容包括：平面连杆机构的基本知识，简单的运动分析和受力计算，机构的设计与组合变异，机构的实际结构等。在叙述方法上注意结合实际，采用图解方法并通过设计实例论述了平面连杆机构的设计问题，同时又在典型机构基础上介绍了机构创新的途径与方法。

本书主要以机构运动设计为主，故对机构的惯性力未做理论分析。

本书可供工程技术设计人员及大专院校学生等参考。

机械设计基础丛书
平面连杆机构设计
郑福廷 编

责任编辑：蔡耀辉、版式设计：乔玲
责任校对：熊天荣

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092^{1/32}·印张5^{1/4}·字数112千字
1989年5月北京第一版·1989年5月北京第一次印刷

印数 0,001—3,230·定价：4.00元

*

ISBN 7-111-00763-8/TH·131

前 言

为了实现我国社会主义现代化建设的宏伟目标，各个生产部门都迫切需要用最新机器来装备自己，以求不断提高产品质量，提高生产效率和经济效益。为此，企业进行技术改造和更新设备就成为当前的重要措施。《机械设计基础丛书》就是为适应这一新形势的需要、从当前的实际情况出发组织编写的。

本丛书共分九册：

- 一、平面连杆机构设计
- 二、凸轮机构设计
- 三、斜面机构和螺旋机构设计
- 四、挠性传动设计
- 五、齿轮传动设计
- 六、轴系零部件设计
- 七、常用机械设计
- 八、机器测绘技术
- 九、润滑和密封

本丛书以结构设计为重点，介绍了设计计算的基础知识，并提供了许多机械设计实例，为设计工作引路。关于设计计算方面，除运用一般数学运算外，还考虑到算图（即诺谟图）在运算上简便迅速和数据可靠的优点，因而本丛书尽量运用图算法进行计算。

本丛书是在机械设计学习班试用的基础上，重新整理编

写的。在编写过程中，得到许多有关同志的支持，特别是得到徐灏教授的热心指导和帮助，在此谨致谢意。由于编者水平所限，难免存在某些缺点和错误，衷心希望读者提出宝贵意见。

编者

《机械设计基础丛书》编写人员如下：

主编 张季高 毕传湖 曹金汤

编者 (按姓氏笔划为序)：

王汉文	马先贵	刘葆兴	毕传湖	张英斌
郑福廷	张秀艳	张和远	周鹏翔	阎以诗
高泽远	鄂中凯	曹金汤	蔡春源	

目 录

第一章	机构的基本知识	1
第一节	机器与机构	1
第二节	机构组成的基本要素	3
第三节	运动副及其分类	5
第四节	平面机构运动简图	9
第五节	平面机构具有确定运动的条件	11
第六节	计算机构活动度时应注意的事项	13
第二章	平面连杆机构上各点的轨迹及速度的求法	17
第一节	轨迹的绘制	17
第二节	应用瞬时速度中心求机构的速度	20
第三节	相对速度图解法求机构的速度	26
第四节	转向速度图	38
第三章	平面连杆机构的基本型式和性质	39
第一节	平面连杆机构的基本型式	39
第二节	曲柄摇杆机构	42
第三节	双曲柄四杆机构	48
第四节	双摇杆机构	53
第五节	平面四杆机构曲柄存在的条件	55
第四章	平面连杆机构的演变	58
第一节	扩大四杆机构中回转副	58
第二节	回转副转化为移动副	60
第三节	构件轮换固定演化法	61
第四节	化两个转动副为移动副的演变	66
第五节	机构的等效和相当	68

VI

第六节	机构的扩展	73
第七节	局部结构的改组	76
第五章	平面连杆机构设计	79
第一节	按连杆的二个或三个给定位置设计四杆机构	81
第二节	按连杆三个对应转角设计四杆机构	84
第三节	按给定连杆位置以回转中心法设计四杆机构	90
第四节	按给定的行程速比系数设计四杆机构	98
第五节	按滑块的两个极限位置及行程速比系数设计 曲柄滑块机构	102
第六节	按给定的行程 H 、偏心距 e 、连杆长度 l 和曲柄长度 r 的 比值 $\left(k = \frac{l}{r}\right)$, 设计曲柄滑块机构	103
第七节	按滑块的行程 H 、比值 $k = \frac{l}{r}$ 、行程速比系数 K 设计曲柄滑块机构	105
第八节	以相对回转中心法, 按曲柄转角 φ 和滑块行程 S 的 相对应的参数关系, 设计曲柄滑块机构	106
第九节	以反转法, 按给定的曲柄和滑块的三个对应位置 (φ_1, x_1)、(φ_2, x_2) 和 (φ_3, x_3), 设计曲柄滑 块机构	109
第十节	导杆机构的设计	111
第十一节	以连杆的两个位置, 按轨迹设计双摇杆机构	116
第十二节	按给定的运动规律设计平面连杆机构	117
第十三节	按给定的轨迹设计四杆机构	119
第十四节	按连杆轨迹设计平面连杆间歇运动机构	122
第六章	机构受力计算	125
第一节	平面连杆机构受力计算	127
第二节	增力装置	127
第三节	机械效率	131

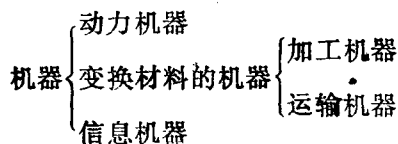
第四节	茹可夫斯基杠杆法	133
第七章	平面连杆机构的结构	141
第一节	机构的实际结构	141
第二节	平面连杆机构的调节	146
第三节	平面连杆机构的平衡	152
参考文献	160

第一章 机构的基本知识

第一节 机器与机构

人类在长期生活过程中，为了维持生活，创造了种种工具，并由简单工具逐步变成机器，并且又逐步地变成了复杂的机器。今天人们正在享受机器带来的好处，但是究竟怎样给机器下定义，这是本书一开头所要说明的问题。

机器就是通常所说的机械，所谓机械就是传递运动的一种装置，它能变换能量、材料和信息，用以代替或者减轻人的体力劳动和脑力劳动。从这一定义出发，对机器可作如下分类：



动力机器可以把任何一种能量变换成机械能，或者把机械能变换成其他形式的能。例如电动机、涡轮机、内燃机、蒸汽机和发电机等等，都属于动力机器。

变换材料的机器可分为加工机器和运输机器，在加工机器中所谓材料是指被加工对象，其形式可以是固体，液体和气体，材料的变换是指改变材料的尺寸，形状，状态和性质等。运输机械中的材料是指被运输的物质。

所谓信息机器是指用来获得和变换信息的机器叫做信息机器，例如计算机及其外围设备就是信息机器，它在解算过

程中完成了能量的变换。又如各种现代化办公设备，均属于信息机器。

机构这一名词是我们经常碰到的，它与机器是有区别的。机构是用来把一个刚体或几个刚体的运动变换成其他刚体所需的运动的刚体系统。例如一只手表是把齿轮的转动变成了指针的计时的转动，所以我们称它为钟表机构。如果在一个系统中除了刚体之外，液体或气体也参加了变换，该机构相应地就称为液压机构或气动机构。

变换机械的运动是机构的主要特征，没有这种运动变换的装置不能称为机构。例如电机的转子及其轴承不能组成机构，因为这时电能没有任何中间的机械运动变换情况下直接变换成了所需的运动。只有当输出轴的角速度必须低于转子角速度时，电动机中才装有机机构（内装减速器的电动机）。

许多机器都包含有机机构，因为变换能量、材料和信息而做机械运动时，通常需要变换来自原动机的运动。但是不能把“机器”和“机构”这两个概念混为一谈。机构在于机械运动的变换，而机器在于能量、材料和信息的变换。机器中除机构外，一定还有操纵该机构的辅助装置。例如一台发动机一定要有许多的操纵和控制装置。一台机器中要有许多机构，但也可以没有机构，例如由电动机直接驱动的执行构件便是其例。

随着科学的发展，现代出现了机器人和机械手。机器人就是利用机器再现人的动作，机械手就是利用机器再现人手的动作。机器人和机械手的出现，可以完成人类不能完成的工作。例如在核工程中它能接触放射性元素去进行操作，又如深水作业、防火作业等可利用机器人去直接进入危险区，而我们人可以在安全地区指挥操纵机器人或机械手去工作。

这种机器人或机械手是靠装有各种机构的机器来完成所要求动作的。

第二节 机构组成的基本要素

一般，我们把机械作为机器和机构的通称。组成机械的各个实体称为构件。构件可以是单一的整体，也可以是由几个零件组成的刚性结构，如图 1-1 所示为内燃机的曲轴，它是一个单一构件。又如图 1-2

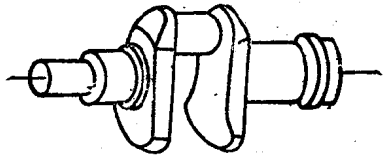


图1-1 曲轴

a 所示为一连杆，它是由许多零件构成的一刚性构件，从图 1-2 b 中可以看出这个连杆构件是由连杆体、

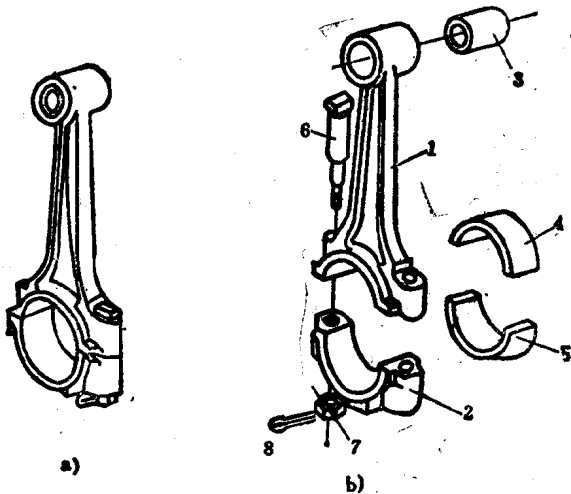


图1-2 连杆

1—连杆体 2—连杆盖 3—小轴 4、5—轴瓦 6—螺栓 7—螺母 8—开口销

连杆盖、轴瓦、小轴、螺栓、螺母、开口销等零件组成。因此，构件与零件的区别是：构件是运动的单元；零件是制造的单元。

零件根据用途的不同，可分有通用零件和专用零件。所谓通用零件是用于各种机械中，如通常所用的螺母和螺栓等；专用零件是指专门用于某一种机械上的零件，如曲轴、连杆等均属于专用零件。

在前面曾谈到机构是：刚体间传递运动的运动系统，而

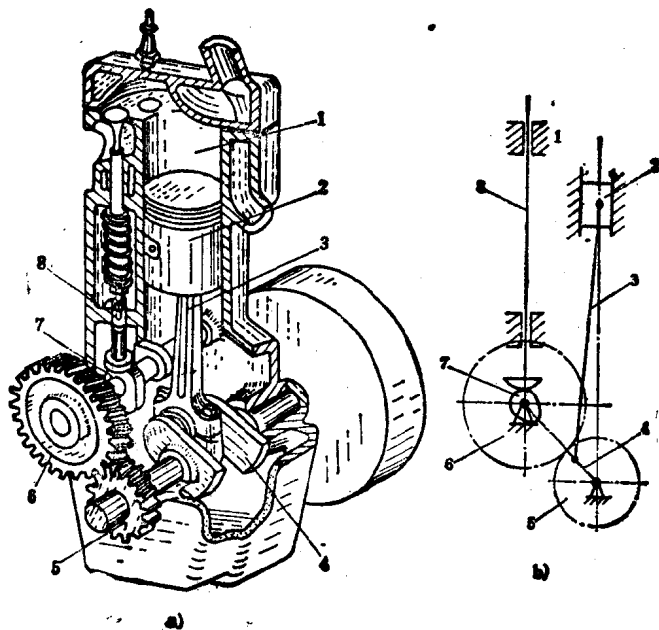


图1-3 内燃机

a) 结构图 b) 机构图

- 1—气缸 2—活塞 3—连杆 4—曲轴 5、6—齿轮
7—凸轮 8—进气门推杆

那种刚体就是构件。如图 1-3 a 所示的内燃机，它是由气缸、活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、进气门推杆等组成一个运动系统，把这些由刚性构件所组成的机构抽出来，可绘成如图 1-3 b 所示的机构图形。从图中可以看出：组成机构必须要有构件，而且这些构件两两之间必须联接起来，这些联接起来具有确定相对运动的地方叫做运动副。因此，构成机构的最基本的要素是构件和运动副。

机构的构件都在同一平面或在平行平面内运动时，称为平面机构。这里要强调的是：平面机构的构件必须要在相互平行的平面内，否则两构件间是无法装配的。机构的各构件不在平行平面内而在一个空间时，称为空间机构。本书只讨论平面机构，而不涉及其他机构。

第三节 运动副及其分类

组成机构的各构件间要有运动副，如图 1-4 所示的两构件间的可动联接就是运动副。从它们之间的接触情况来看，既有运动，又有约束，例如图 1-4 a 的两个构件，轴只能在轴承内转动，图 1-4 b 两构件只能相对移动，别的运动都

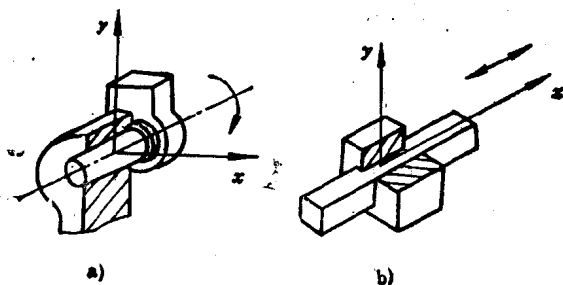


图1-4 运动副

被约束了。凡两构件直接接触，既有相对运动又有约束的联接称为运动副。运动副的接触型式不同，所构成的运动副的种类也不同，机构中常见的运动副可分为低副和高副。

1. 低副

如果两个构件之间是以面接触（理想情况）的运动副，称为低副。根据组成低副两构件之间的相对运动是转动或是移动，分为回转副和移动副。

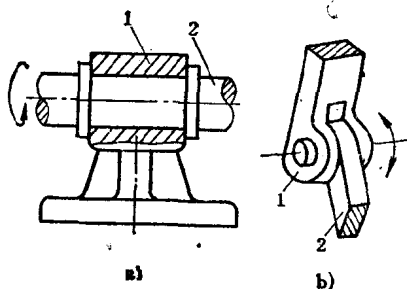


图1-5 回转副

1—轴承 2—轴

1) 回转副 如图1-5 a、b所示都是回转副。可以看出，组成回转副的两构件之间的运动只能在一个平面内绕固定轴线转动，像这样的运动副称为回转副，或称铰链。

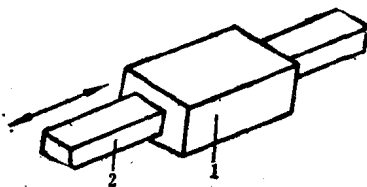


图1-6 移动副

1、2—构件

2) 移动副 当组成运动副的两个构件之间只能沿着某一个轴线做相对的移动者称为移动副，如图1-6所示。

2. 高副

如果两构件以点或线相接触组成的运动副称为高副。如图1-7所示，凸轮与齿轮与它们的从动件分别为点线接触，组成了高副。可以看出，组成高副的两个构件间的相对运动

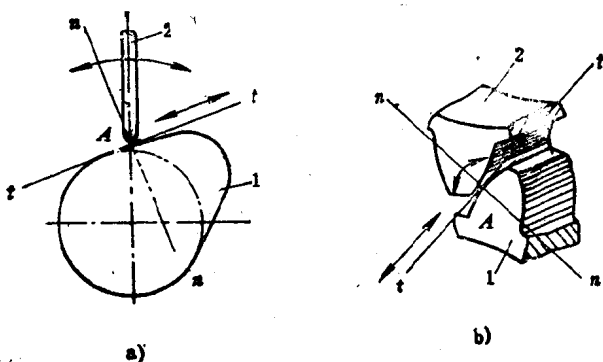


图1-7 高副

1、2—构件

是滚动兼滑动。

根据理论力学知识可知，一个构件相对于坐标系运动时，可有三个自由度，如图1-8所示，若某一方向被约束，则便失去一个自由度，若做平面运动的构件的一个转动和两个移动全被约束时，则构件S便成为固定不动的构件了。

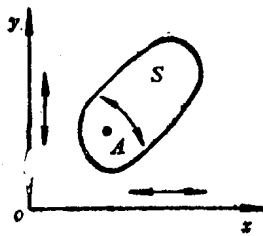


图1-8 构件的自由度

当两个构件组成运动副时，它们之间的相对运动最多只能有三个自由度。如图1-5所示的回转副只是一个回转运动，所以它也就只有一个自由度了，其他两个方向的移动全被约束掉了。又如图1-6所示的移动副，它只有一个方向的移动，其他一个方向的移动和绕固定轴的转动全被约束掉

了，因此，移动副也是具有一个运动的自由度。

又如图 1-7 所示，组成运动副的两个构件间的相对运动，又有移动又有转动，而被约束掉了的只是另一个移动的自由度，因此，高副是具有两个自由度和一个约束的运动副。

运动副是两构件间的相对运动的联接，从这个定义我们理解到：运动副是既有运动的自由，又有约束的限制，不是任意运动的。如果两构件间的相互联接被失掉，即完全解除了约束，那时就不能构成运动副了。

由于构件间的相对运动仅与其相互接触部分几何形状有关，而与实际结构无关，因此，为了清晰起见，常将构件和运动副用规定的简单符号表示。称这种简单符号的图形为构件和运动副简图，如图 1-9 所示。

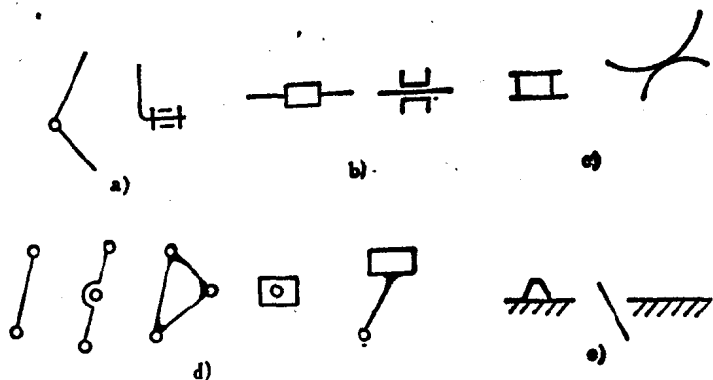


图1-9 构件和运动副简图

图 1-9 a 表示回转副；图 1-9 b 表示移动副；图 1-9 c 表示高副；图 1-9 d 表示构件；图 1-9 e 表示固定构件或机架。

第四节 平面机构运动简图

前面将运动副简图做了介绍，现在把一个复杂的、结构庞大的机器，用一个简图表示出来，在这个简图中必须表示出：构成该机器的机构构件的数量、尺寸、运动副的数量和运动副的形式等。这就是说，它必须表示出该机器的特征来。在平面机构中，我们把这个带有机件运动特征的简图称为平面机构运动简图。

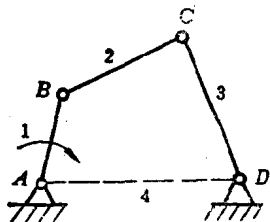


图1-10 四杆机构各

构件名称

注：图中的1、2、3、4，除注明者外均为杆件或构件，以下同

在绘制机构运动简图时，要抓住运动的特征，略去与运动无关的因素。为了说明问题，先将机构各构件的名称做如下分类

1. 固定构件或机架

如图1-10的四杆机构，其中构件4称为固定构件，或者叫做机架，它是用来支持活动构件的构件，在简图中一般均打上影线。

2. 原动件

运动规律已知的构件叫做原动件，如图1-10中的构件1就是原动件，在原动件上要给出起动的符号，一般用箭头表示。

3. 从动件

凡是随着原动件运动而运动的构件称为从动件。它的运动规律是由原动件决定的。

在一个机构中至少必须有一个原动件和机架，除去原动