

机 构

上 册

С. Н. 柯热夫尼柯夫
〔苏〕 Я. И. 耶西品柯 著
Я. М. 腊斯金

机 械 工 业 出 版 社

机 构

上 册

C. H. 柯热夫尼柯夫

〔苏〕 Я. И. 耶西品柯 著

Я. М. 腊斯金

江苏工业学院图书馆
藏书章

王作源等 译
孙可宗等 校订



机 械 工 业 出 版 社

译者的话

(一) 设计自动机、自动线时, 首先必须拟订合理的工艺过程和工艺动作, 然后选择或创造可实现这些动作的各传动机构、执行机构、操纵控制机构、安全保险机构、检测精度和挑剔废品以及信号转换等专用机构等等。

机构的类型, 决定了机器的总体布局, 影响到机器的工作质量, 特别是执行机构是否合用, 常常成为所设计、制造的机器能否有效地用于生产实际的成败关键。因此, 合理选择机构类型和进行运动设计是机器总体设计阶段中的一项重要内容。

(二) 铰链四杆机构、凸轮机构、齿轮机构、槽轮机构、棘轮机构、摩擦机构等是最简单的基本机构。它们各自具有不同的运动特性(如构件上一点的轨迹、速度、加速度; 构件的位置、位移、角速度、角加速度; 机构的传动精度等等)和动力特性。可用它们来实现预期的某些动作要求, 但由于机器的工作对象和工作条件千变万化, 工艺动作要求亦纷杂各异, 单个基本机构已不能满足这些复杂多样的要求。为此, 可将基本机构通过倒置(变换机架)或改变运动副的形状或改变某些零件的结构来得到多样的运动特性。而更多地则是根据各基本机构的运动规律和轨迹特性, 用其所长、改其所短, 将它们巧妙地组合在一起, 以完成预期的复杂运动要求。例如:

1. 利用具有非匀速运动特性的椭圆齿轮和曲柄滑块机构组合(图3·227), 得到具有近似匀速的工作行程和具有快速回程特性的机构;

2. 利用双凸轮组合, 实现具有一定运动规律的方形(或其它形状)轨迹送料机构;

3. 利用连杆机构的轨迹和其它连杆机构(图7·54等)或槽轮(图7·64)组合, 实现间歇运动的机构。

(三) 实现同一种运动的机构,可用不同的基本机构来组成,也就是说有几个方案可供选择,这时应根据机器的其他工作条件,如机器的外廓尺寸、重量、结构限制、动力特性、传动精度、生产率、制造水平及机器的工作环境等等,多方面加以分析、比较,根据实际需要和可能选择一种比较合理的方案。现举例说明如下:

1. 直线导向机构,可以用八杆精确直线导向机构,也可以用四杆近似直线导向机构(如图9·8及图9·9)。但由于制造误差引起的机构传动精度不同,有时宁愿采用四杆近似直线机构而不用八杆精确直线机构。若考虑到目前的生产水平已完全可以制造出高精度的直线导轨时,就更多地用导轨来代替直线导向机构;

2. 剪断机可用带材作间歇送进的切断机构,也可用带材作连续送进的“飞剪”(它可以将两个刀刃分别装在转动导杆机构的从动曲柄和与之相啮合的齿轮上,使刀刃在剪切瞬间与带材的送进速度同步;也可将刀刃装在连杆上,利用两刀刃轨迹在相交——剪切段的速度与带材的送进速度同步,如图2·156~图2·171等),而后者既可提高剪断机的生产率,又可避免间歇送进机构带来的冲击振动;

3. 匀速转动的多孔钻,可用万向铰链机构和齿轮机构组合(类似于图3·66的机构),也可用多个平行四边形机构来实现。若考虑到孔距小的特点,则在注意解决平衡和润滑问题后,后者就具有显著的优越性。

总之,在进行机构选型和运动设计时,要求设计者必须首先熟悉所设计对象的工艺特点,同时熟悉各种基本机构的运动和动力特性,并善于将它们巧妙地组合起来,组成实现预期要求的组合机构。最后,还应依据机器的设计、使用和生产要求,统筹比较、分析各种方案,选用一种较为合理的机构。

(四) 对于基本机构及其变型机构的运动特性和设计方法,资料较为完整,可参阅机构学或机械原理方面的书籍。关于机构选型和应用方面的资料,国内外也出版了几种书籍。

本书的前身是《Элементы механизмов》,第一版(1950

年)收入了2500个机构图例,第二版(1956年)有3200个图例,第三版(1965年)为2030个图例。本书较《Элементы механизмов》第二版(中译本为《机构元件》,中国工业出版社,1964)无论在内容上还是在分类安排上都作了较大的修改、删节和增补。分类上亦趋向于主要按机构的运动形式和功能特征分类;删去了一些陈旧过时的机构,增加了一些现代的机构;并在各章之前,对该类机构的共同特征和应注意的问题作了概略叙述;新增加了“振动和冲击作用的机器和机构”以及“橡胶零件和橡胶金属连接件”等两章内容;删去了“液压、气动传动及其组件”的章节内容;“机构运动学和动力学知识”一章也作了较多增补。本书所列机构数量仍有1763个,广泛而又多样化,并给出了不少直接可用的设计计算公式,不失为一本内容丰富的机构参考手册,对我们搞技术革新、机器及设备的设计和研制工作,会有一定的帮助。

本书虽然对同类机构的作用和设计注意点作了概略叙述,但它更多地是从基本机构所具有的运动特征的角度来加以阐述的,而对于各类基本机构在组合时有何规律可循,则没有明确表现出来;而且本书没有按运动形式再作进一步的分类,因而在查阅上不很方便,这是它的两点不足之处。

(五)怎样描述各种基本机构的运动特征?怎样根据预期运动要求选择适当的基本机构,进行巧妙地组合?这是目前所有这类资料所共同缺乏的内容。

(六)本书译者已将所发现的原著中的错误作了更正,但在书中一般未都一一加注说明。本书中的所有呼应底注均为译、校者所加。限于译者的水平,误译之处在所难免,恳切希望读者批评指正。

参加本书上册翻译的有:第1章——蒋希成讲师,第2章——祝毓琥付教授,陆锡年讲师,第3章——孟宪源工程师,第4章——陈奉献讲师,第5章——石则昌讲师,第6章——陆锡年讲师。译稿由孟宪源、姜琪统一整理和初校,最后承孙可宗教授等校订,谨表示感谢。

上册目录

第1章 机构运动学和动力学知识	1
结构分析	1
平面连杆机构运动学	6
构件位置及点的轨迹作法	6
速度和加速度的图解法	11
传动特性曲线的作法	19
某些连杆机构的分析运动学	22
空间机构运动学	27
机器动力学的一些知识	36
作用在机器上的力	36
平面连杆机构力的计算	38
运动副中的摩擦	44
质量和力的转化	49
某几个机构的效率	50
机构运动方程式	54
机器运转的不均匀性及飞轮的计算	55
机构和机器的平衡	59
第2章 构件、运动副和连杆机构	65
构件	65
运动副	68
平面连杆机构	80
空间连杆机构	134
螺旋和螺旋机构	145
第3章 齿轮和齿轮组成的机构	161
几何要素	161
齿轮和齿轮的齿廓曲线	164
齿轮组成的机构	190
简单传动	190
周转传动	208

VI

行星减速器	215
周转换向机构和操纵机构	230
行星变速器	245
差动周转机构和进给机构	252
起重机的机构	261
组合机构	279
第4章 凸轮机构	296
凸轮机构概述	296
凸轮机构尺寸的选择	301
凸轮廓线的作法	307
凸轮机构图例	313
第5章 摩擦传动和无级变速器、制动器	350
摩擦轮传动	359
皮带传动和无级变速器	366
制动器	408
第6章 联轴器	423
固定联轴节	423
可操纵式离合器	436
自动操纵式离合器	451

第1章 机构运动学和动力学知识

结构分析

相互固结的零件的组合物称为构件（图1.1）。

平面机构中每一个单独取出的构件可有三个独立的运动：沿任选坐标系中 x 和 y 轴的两个移动和绕 z 轴的转动，作空间运动的构件可有六个独立的运动，即三个移动和三个转动。



图 1.1

刚体的每一个独立运动称为一个自由度。

对一个点或刚体的自由运动可加上不同种类的限制（约束条件）——几何的、运动的和动力的。自由度与约束条件是两个相互对立的概念。加在一个构件上的约束数不能超过5。当加上6个约束条件时，构件将没有相对运动。

在机构中，柔性构件实现运动的约束；弹性构件、联轴节等结构实现动力约束。如果说几何约束保证两构件运动之间恒定的关系，而与负荷无关，那末，在动力约束时运动关系就决定于负荷。

除了刚性构件以外，还有弹性构件（图1.2a）——弹簧、板簧、橡胶金属连接件、密闭在可变容积空间中的空气或气体，有柔性构件（图1.2b）——钢丝绳、皮带、链条、滚珠传动。

相互限制其相对运动的两构件间的可动连接称为运动副（图1.3）。

两构件在组成运动副时就失去了运动的自由，同时减少了自由度数目。可按剩下的自由度数对运动副进行分类，若只剩下一

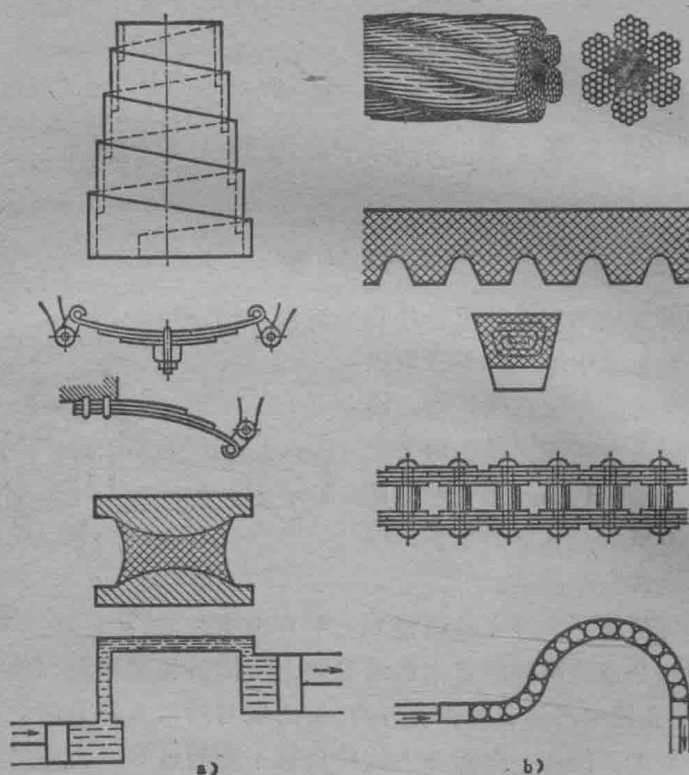


图 1.2

个没有消去的自由度，则运动副属于Ⅰ类（图1.3a）；剩下两个自由度时，则属于Ⅱ类（图1.3b），依此类推（图1.3c~e）。以后运动副类别在简图上用罗马数字Ⅰ、Ⅱ等标出。

构件的可动连接常常不是借助于运动副，而是在两构件之间利用中间件来实现的，例如用滚动轴承（图1.3f）、滚珠螺旋机构（图1.3g）等等。球面轴承如同球形铰链一样允许有三个转动；径向轴承则同圆柱铰链一样只允许有一个转动。运动连接的类别与其运动副的类别一致。

可动连接构件的组合形成运动链——开式的（图1.4a）或闭式的（图1.4b）。若将闭式运动链中的一个构件变为机架（固定不动的构件（图1.5），即可得到机构。平面机构的自由度数可按

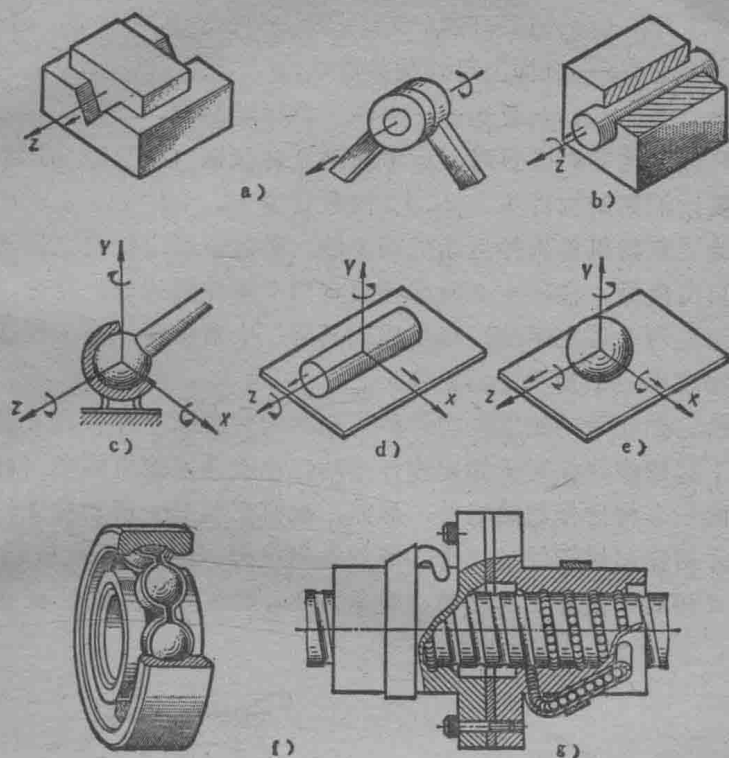


图 1.3

切贝歇夫 (Чебышев) 公式计算:

$$W = 3(n-1) - 2p_1 - p_2 \quad (1.1)$$

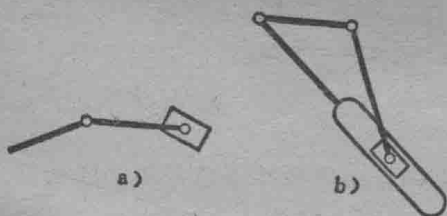


图 1.4

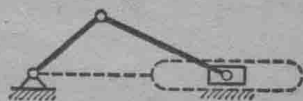


图 1.5

p_1 和 p_2 是 I 类和 II 类运动副的数目。而空间机构的自由度数则按马雷歇夫 (Малышев) 公式计算:

$$W = 6(n-1) - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5 \quad (1.2)$$

式中 $n-1$ ——机构的可动构件数；

p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 及 p_5 ——I~V类运动副数。

在确定运动副数目时，应考虑到复合铰链（图1.6）的运动副数要比汇聚的构件1、2、3的数目少1。

为了获得机构构件运动的确定性，必须使给定的独立运动数等于自由度数。在 $W=2$ 时必须给定两个构件的运动。反之，如必须给定两个独立运动，则机构应具有二个自由度。在工程技术上主要应用一个自由度的机构。

给定独立运动的机构构件称为起始构件或原动件。在大多数情况下起始构件相对于固定构件运动，也就是说使机构中与机架相连的一个构件作起始构件。然而，也有把相对于可动构件转动的构件用作起始构件的机构，例如电扇机构（图1.7）就是给定连杆2相对于摇杆1的运动（转角 φ_{21} ），而电动机则固结在摇杆1上。

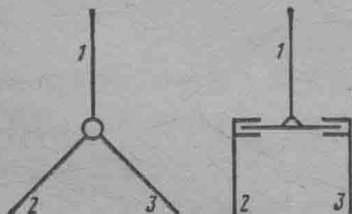


图 1.6

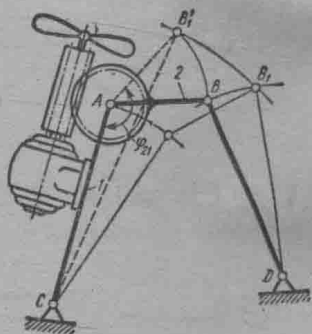


图 1.7

按公式(1.1)得到的机构自由度数并不总是跟实际相符。在某些时候可能出现这种情况，表面上在公式(1.1)或(1.2)中所考虑的约束条件实际上是消极的约束条件，即与另一些约束相同的约束条件。这样的约束对运动学是没有影响的，但会引起静不定。

同样，在机构中可能会有不影响从动件运动规律的多余自由度。如推杆的滚子绕自身轴线的转动，借助于两个球铰链与其他构件相联的连杆绕通过两球铰链中心连线的转动等。

消极约束数 q 可按下式确定：

$$q = W - 6n + 5p_1 + 4p_2 + 3p_3 + 2p_4 + p_5 \quad (1.3)$$

例如，曲柄滑块机构（图1.8）有 $n = 3$ ， $p_1 = 4$ ， $W = 1$ ，因此：

$$q = 1 - 6 \times 3 + 5 \times 4 = 3$$

这意味着，在装配时由于制造上不可避免的误差，最后的一个滑块——导轨移动副中可能在三个方向上发生张紧。为了消除这个缺点，各构件应采用使 $q = 0$ 的那些运动副连接起来。

如果在曲柄滑块机构（图1.9）中曲柄与机架用 I 类运动副相联，曲柄与连杆用 II 类运动副相连，连杆与滑块用 III 类运动副相连，滑块与导轨用 I 类运动副相联，那末可得到：

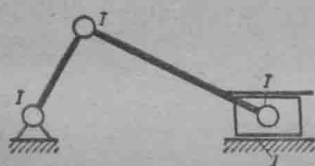


图 1.8

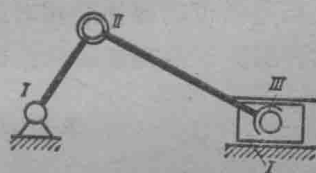


图 1.9

$$q = 1 - 6 \times 3 + 5 \times 2 + 4 \times 1 + 3 \times 1 = 0$$

若静定的杆组 ($W = 0$) 与机构相连或从机构中拆开时，机构的自由度不变。杆组的这个性质是在阿苏尔 (Ассу́р) 的分类原则中所确定。

对低副平面机构，这些阿苏尔杆组应满足条件：

$$W = 3n - 2p_1 = 0$$

式中 n —— 杆组中的构件数；

p_1 —— 第 I 类运动副数。杆组中的构件数应为偶数。

二类二悬杆杆组（图1.10a）、三类三悬杆杆组（图1.10b）

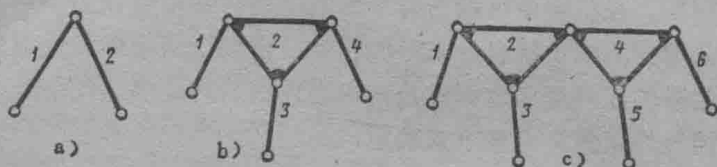


图 1.10

及四类四悬杆杆组（图1.10c）是最常遇到的平面静定杆组。这些杆组中的铰链可用移动副代替，但由于最终会出现消极约束条件，故又不能全部用移动副代替。

对由二类二悬杆杆组组成的机构所规定的研究方法不适用于包含三类三悬杆杆组或四类四悬杆杆组的机构。

因为机构的构成可看作是将阿苏尔杆组连接到主动构件上的结果，所以它们的连接次序确定了机构运动分析及力分析的次序。

必须指出，若给予机构的相对运动不是构件相对于机架的运动，而是两可动构件的相对运动，则这类机构不能分出静定的阿苏尔杆组，于是需要特殊的研究方法。

平面连杆机构运动学

构件位置及点的轨迹作法

在设计新的机构或研究现有的机构时，必须知道点的轨迹、速度和加速度，以及机构构件的位置、角速度和角加速度。这些参数的确定称为机构的运动学研究。

可用各种方法作出机构各构件的位置和在平面连杆机构的轨迹上标出各个点的位置。圆弧相交法和虚设位置确定法是属于最普通的两种方法。机构构件位置的作法，决定于确定机构结构的静定杆组的种类。

图1.11中所示的铰链四杆机构，是由给定运动规律的起始构件 O_1A_1 和二类二悬杆杆组 $A_1B_1O_3$ 组成。在圆 α 上给定 A_1 点的一系列位置，用半径 A_1B_1 与圆弧 β 相交得到 B 点的相应位置 B_1 、 F_2 。

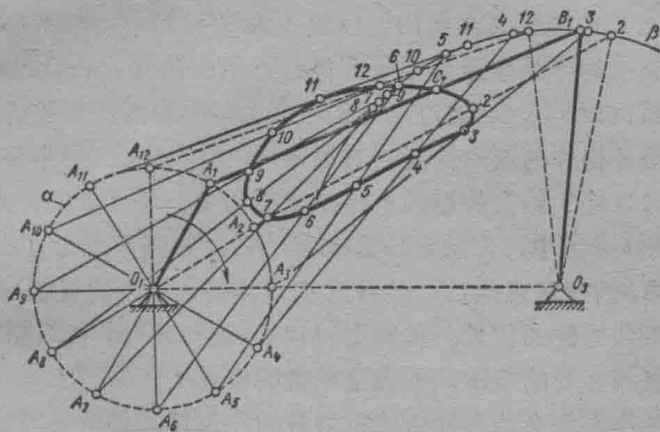


图 1-11

等。在连杆 AB 的所有位置上作出相应的几何图形，并依次连接各 C 点的位置，即可求得连杆中间的点 C_1 的轨迹。

图1·12中表出了各种变态二类二悬杆杆组构件位置的作法, 这些二类组中的某些铰链已用移动副代替。

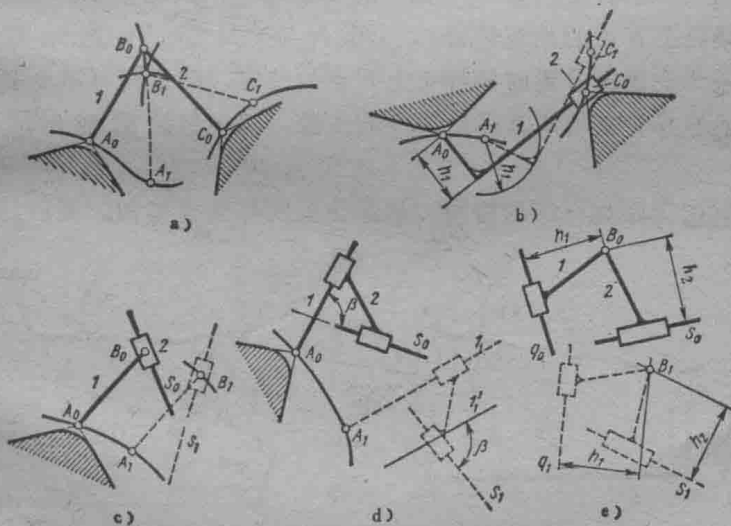


图 1-12

具有四类杆组的缝纫机送布机构的简图。四类杆组由相互连接的中心构件 6、7 和悬杆 2、3、4、5 组成。在给定双偏心 1 的位置时，设想点 A 和点 B 不动，将构件 6 和 7 在 E 点处拆开，再给定点 C 和点 D 的任意位置，即可画出 E 点的轨迹 e_6 和 e_7 。这两轨迹的交点就确定了 E 点的真实位置。对双偏心的每个位置都应这样作图。

采用具有两个起始构件的机构，能够再现点的很复杂的轨迹。

在缝鞋机导针器机构（图 1·15）中，起始构件 1、2 的运动由固定在同一根轴上的凸轮 5 和 3 带动。这时，凸轮 5 的廓形决定针杆 4 的偏斜，而凸轮 3 则确定它在可动导轨中的位移。由于这两个运动合成的结果，针尖可再现图右部所示的轨迹。按凸轮廓线求得起始构件 1 和 2 的位置后，就可用几何作图法作出轨迹[⊖]。

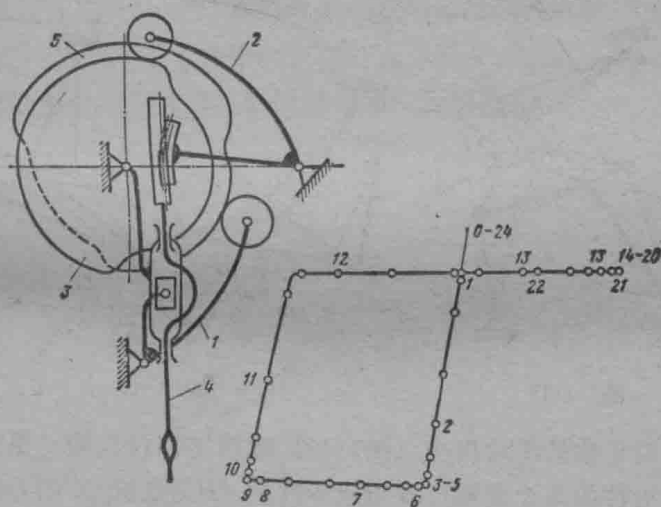


图 1·15

⊖ 按图中所示结构，齿轮齿条副中应预先留有较大的径向间隙及齿侧间隙。否则针杆无法偏斜，机构将被卡死。

在某些情况下, 因为机构不能分成阿苏尔杆组, 当给定构件的相对位移时, 必须用别的方法来作机构图。

为确定图1·16所示机构各构件的位置, 在给定 φ_{21} 角时, 我们可假设在 B 点处将构件 2、3 拆开。让构件 2 相对构件 1 转动, 使它们间的夹角为 φ_{21} , 并以 CB_1 为半径作圆弧。然后给定构件 4 (或 5) 的一系列连续位置, 求得四杆机构 3、4、5 的点 B 的轨迹 β 。曲线 β 与半径为 CB_1 的圆弧相交, 可确定点 B 在固定平面中的位置 B_1 , 因而可确定机构全部构件的位置。

在图1·17的机构中, 若给定了构件 2 相对于构件 1 的运动, 则可假设构件 2 和 3 是分开的, 先将构件 2 相对构件 1 转动, 使其间相夹给定的角 φ_{21} , 然后作出 B 点和 B' 点的轨迹 β 和 β' , 并找到它们的交点 B_1 。从而可确定所求的机构各构件的位置。

在某些情况下, 只需知道从动件的行程, 而这个行程由从动件的两极限位置确定。

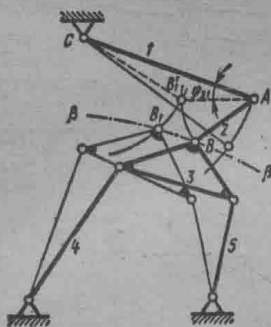


图 1·16

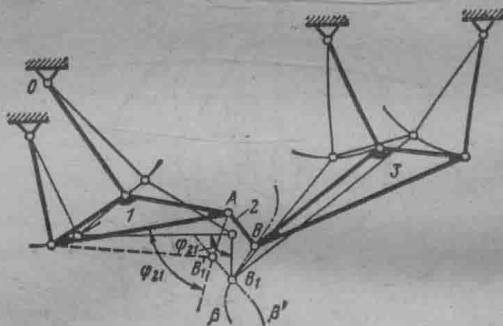


图 1·17

对于曲柄滑块机构 (图1·18) 或铰链四杆机构 (图1·19), 从动构件的两个极限位置对应于曲柄 AB 与连杆 BC 的方向重合的时候。回行点 C_0 和 C'_0 , 可依据它们到 A 点的距离 $l+r$ 和 $l-r$ 找到 $\odot$ 。路程 $C_0C'_0$ 等于行程 H (见图1·18)。

⊖ 铰链四杆机构若为双摇杆机构, 则极限位置与回行点不一定相等。