

# 机 构

## 参 考 手 册

【苏】 C. H. 柯热夫尼柯夫 著  
Я. И. 耶西品柯  
Я. М. 腊斯金

孟宪源 姜琪 祝毓璠 陆锡年 译  
石则昌 蒋希成 陈奉献 李荫成  
孙可宗 等 校订

机 械 工 业 出 版 社

本书根据苏联机械工业出版社1976年出版的《Механизмы》修订第四版译出。书中列举了在各工业部门现代机器中应用的大约2000个机构及其元件，主要按其功用分类编排，对许多机构还提供了便于设计应用的计算公式。

全书共十三章。内容包括机构的运动学及动力学知识，构件，运动副及连杆机构，齿轮及齿轮组成的机构，凸轮机构，摩擦传动和无级变速器制动器，联轴器，从动构件具有间歇运动的机构，可调行程机构，补偿、均衡及保险机构和装置，导向机构，把转动换为移动或摆动的机构，换向机构，自动开关机构，数学运算机构及仪器机构，振动及冲击作用的机构和机器，橡胶零件及橡胶金属连接件，自动的供料机构等。

本书可供工厂和科研设计部门的工程技术人员及技术革新者作参考手册用，对高等院校机械工程及有关专业的师生也有参考价值。

С. Н. КОЖЕВНИКОВ, Я. И. ЕСИПЕНКО,

Я. М. РАСКИН

МЕХАНИЗМЫ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

《МАШИНОСТРОЕНИЕ》1976

(根据苏联机械工业出版社1976年版译出)

• • •

机 构

参 考 手 册

С. Н. 柯热夫尼柯夫

[苏] Я. И. 耶西品柯 著

Я. М. 腊斯金

•

孟宪源 姜琪 祝毓琥 陆锡年 译

石则昌 蒋希成 陈奉献 李荫成

孙可宗 等 校订

•

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许可出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•

开本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张27<sup>7</sup>/<sub>8</sub>·插页2·字数743千字

1981年3月北京第一版·1988年10月北京第二次印刷

印数 35,001—40,800·定价: 14.50元

•

ISBN 7-111-00804-9/TH·136

## 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动力特性和设计方法, 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,因而在查阅上很不方便,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。

本书由孟宪源、姜琪统一整理和初校全部译稿,由蒋希成译第1、8章,祝毓琥、陆锡年译第2章,孟宪源译第3、11章,陈奉献译第4、7章,石则昌译第5章,陆锡年译第6章,姜琪译第9、10章,李荫威译第12、13章。全稿承孙可宗教授等校订,谨致谢意。

# 目 录

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第1章 机构运动学和动力学知识..... | 1   |
| 绪论分析.....            | 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 |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 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        |
| <b>第4章 凸轮机构 .....</b>                  | <b>296</b> |
| 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        |
| <b>第5章 摩擦传动和无级变速器、制动器 .....</b>        | <b>350</b> |
| 摩擦轮传动 .....                            | 359        |
| 皮带传动和无级变速器 .....                       | 366        |
| 制动器 .....                              | 408        |
| <b>第6章 联轴器 .....</b>                   | <b>423</b> |
| 固定联轴节 .....                            | 423        |
| 可操纵式离合器 .....                          | 436        |
| 自动操纵式离合器 .....                         | 451        |
| <b>第7章 从动构件具有间歇运动的机构 .....</b>         | <b>483</b> |
| 棘轮机构 .....                             | 487        |
| 槽轮机构(马耳他机构) .....                      | 500        |
| 具有停歇的连杆机构 .....                        | 508        |
| 具有停歇的凸轮机构 .....                        | 520        |
| 具有停歇的齿轮机构 .....                        | 526        |
| <b>第8章 可调行程机构, 补偿、均衡和保险机构及装置 .....</b> | <b>542</b> |
| 可调行程机构 .....                           | 545        |
| 补偿和均衡的机构及装置 .....                      | 557        |
| 保险机构及保险装置 .....                        | 578        |
| <b>第9章 导向机构, 把旋转运动变为直移运动或摆动的机构,</b>    |            |
| 换向机构, 自动开关机构 .....                     | 591        |
| 导向机构 .....                             | 596        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 把旋转运动转变为直移运动的机构 .....     | 603 |
| 把旋转运动转变为摆动的机构 .....       | 627 |
| 换向机构 .....                | 633 |
| 自动开关机构 .....              | 645 |
| 第10章 实现数学运算的机构和仪器机构 ..... | 649 |
| 绘制曲线的仪器 .....             | 654 |
| 加法机构 .....                | 662 |
| 乘法机构 .....                | 668 |
| 三角函数机构 .....              | 672 |
| 测面积仪、积分仪、谐波分析仪 .....      | 676 |
| 仪器机构 .....                | 685 |
| 测量非电量的传感器和仪器 .....        | 702 |
| 第11章 振动及冲击作用的机构和机器 .....  | 747 |
| 振动器和振动防护装置 .....          | 749 |
| 振动作用的机械 .....             | 764 |
| 振动冲击和冲击作用的机器 .....        | 791 |
| 消除机构和机械危险振动的措施 .....      | 805 |
| 第12章 橡胶件和橡胶金属连接件 .....    | 813 |
| 第13章 自动机的供料机构 .....       | 849 |
| 棒料和板料自动供料机构 .....         | 849 |
| 盘式和转子式供料机构 .....          | 850 |
| 坯料定向机构 .....              | 851 |
| 截断器 .....                 | 857 |
| 料斗式供料机构 .....             | 860 |
| 存仓式供料机构 .....             | 867 |
| 输送及辅助装置 .....             | 869 |
| 制品检验和分选的装置 .....          | 873 |
| 给料机 .....                 | 876 |
| 供料漏斗 .....                | 879 |
| 液体用供料漏斗 .....             | 883 |

# 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体称为构件（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。

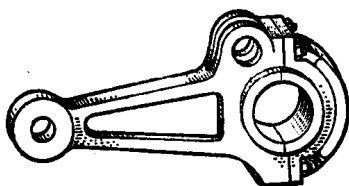


图 1·1

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，和柔性构件（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

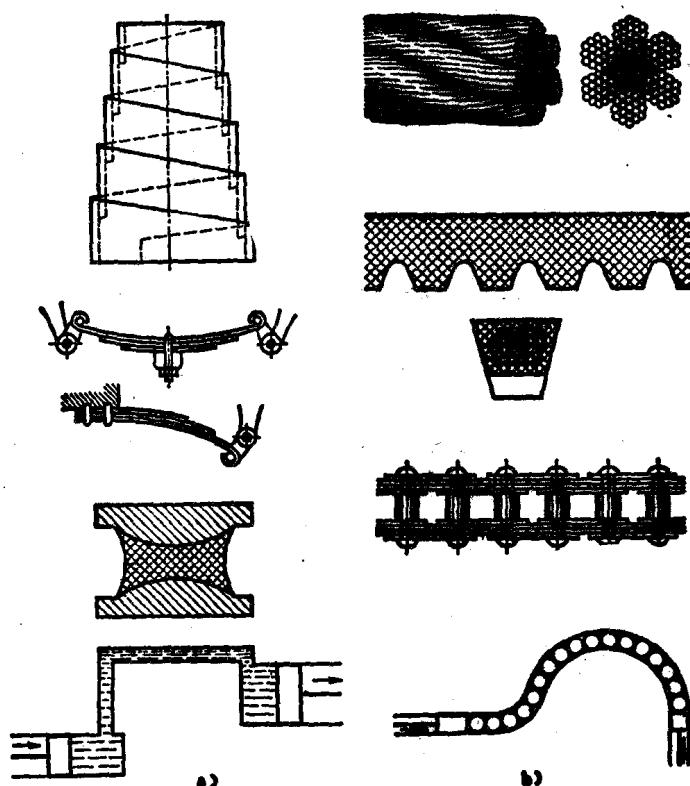


图 1.2

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

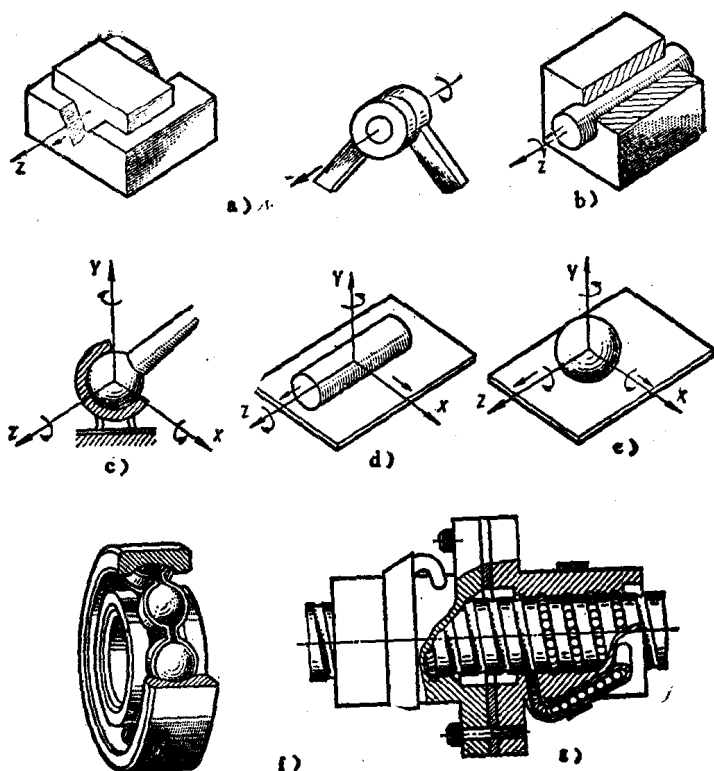


图 1-3

切贝歇夫 (Чебышев) 公式计算:

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

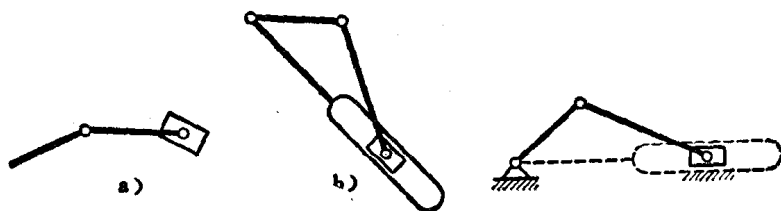


图 1-4

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则按马雷歇夫 (Малышев) 公式计算:



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：

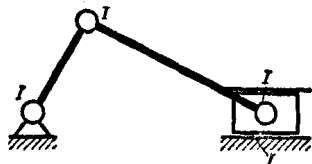


图 1.8

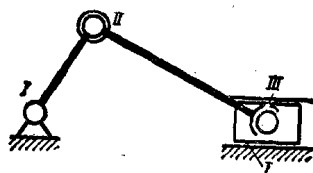


图 1.9

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

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）

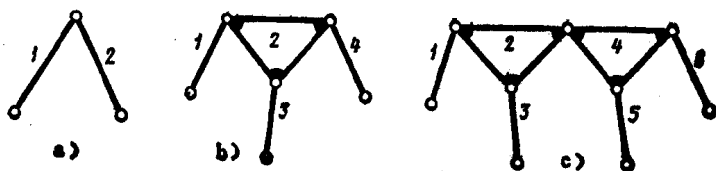


图 1-10

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  $A_1B_1O_2$  组成。在圆  $\alpha$  上给定  $A_1$  点的一系列位置, 用半径  $A_1B_1$  与圆弧  $\beta$  相交得到  $B$  点的相应位置  $B_1$ 、 $B_2$ 。

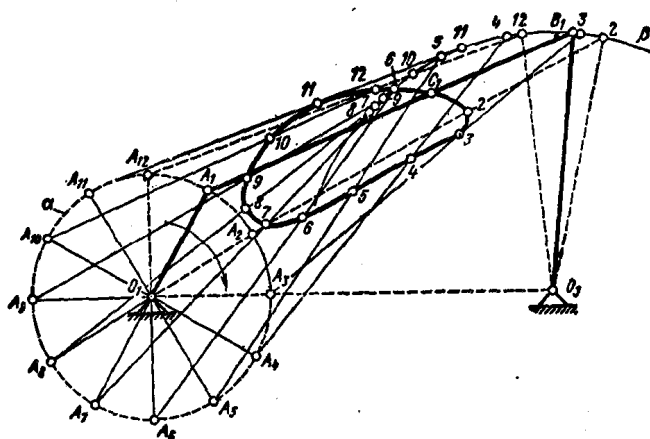


图 1.11

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，这些二类杆组中某些铰链已用移动副代替。

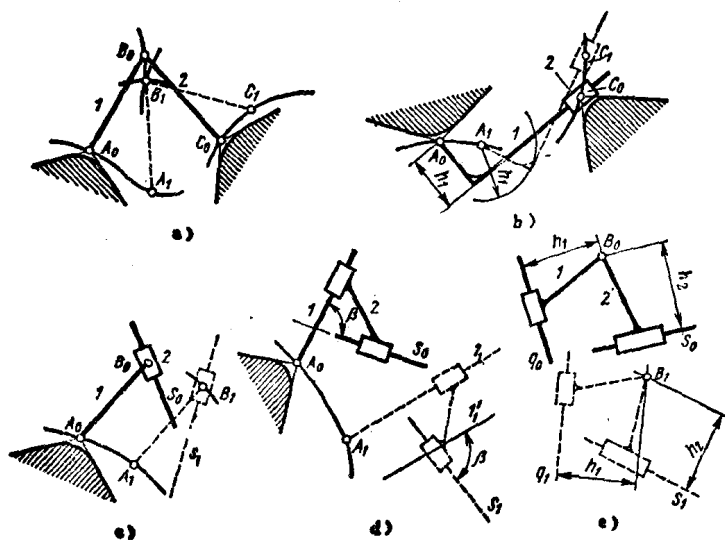


图 1.12

下角标 0 规定为杆组的给定位置,而下角标 1 为所求的位置,点  $A_1$  和  $C_1$  的位置是给定的。以点  $A_1$  和  $C_1$  为圆心,与相应杆件相等的长度为半径作圆弧相交,得到点  $B_1$  的位置 (图 1·12a)。

图 1·12b 上,用通过  $C_1$  点向半径为  $h_1$  的圆弧作切线的方法,找到杆组各构件的新的位置。对图 1·12c 中的杆组,用半径为  $AB$  的圆弧与导杆  $S_0$  给定的新的中线位置  $S_1$  相交,即可求得  $B$  点的位置  $B_1$ 。图 1·12d 中,在给定位置  $A_1$  及  $S_1$  时,首先作出与直线  $S_1$  夹有给定角  $\beta$  的任意直线  $l'_1$ ,然后过  $A_1$  点作与它平行的直线  $l_1$ ,即可求得杆组各构件的位置。按照图 1·12e,用与导杆  $q_1$  和  $S_1$  相距  $h_1$  和  $h_2$  的两直线相交的方法,可确定杆组的位置  $B_1$ 。

为作出含有三类杆组的机构各构件位置,必须采用构件的虚设位置法。图 1·13 表示由二类杆组 5、6 和具有中心构件 1 及悬杆 2、3、4 的三类杆组组成的导杆机构简图。为了确定阀杆的位置,假设将杆 4 与导杆在  $F$  点拆开。此后,将双偏心 7 放在需求的位置上,再将杆 2 (或 3) 放在任一位置,作出杆 3 (或 2) 和导杆 1 的相应位置,接着将杆 2 (或 3) 放在另一任意位置,再作出相应的杆 3 (或 2) 和 1 的位置……,依此类推。同时可找出导杆上  $F$  点的相应轨迹  $\varphi$ ,此轨迹与半径为  $GF$  的圆弧相交点就是 7 在需求位置时导杆 1 上  $F$  点的位置。然后就可采用一般的方法确定导杆机构所有其余构件的位置,其中包括阀杆 6 的位置。

对包含四类杆组的机构,构件位置的作法也类似。图 1·14 为

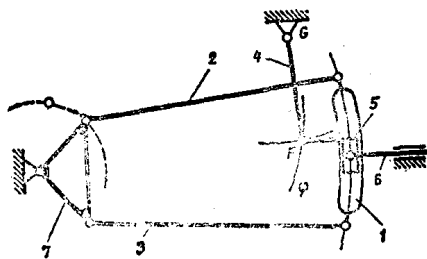


图 1·13

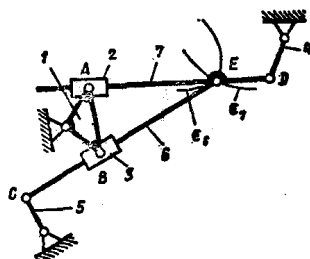


图 1·14

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。

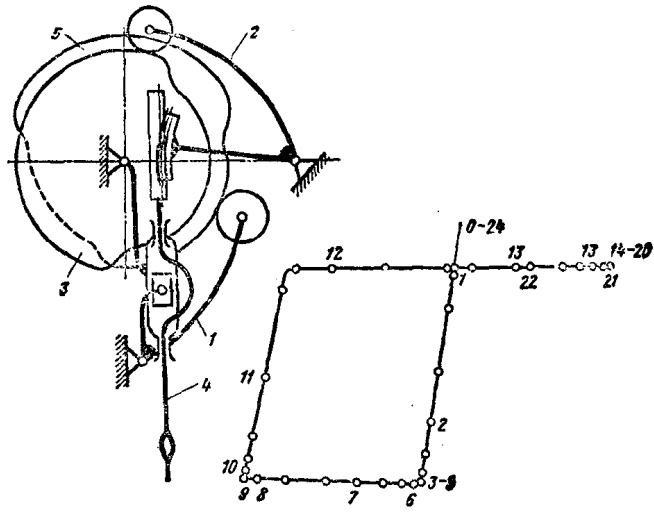


图 1·15