

机构元件

С. Н. 柯热夫 尼科夫

Я. И. 耶西品科

Я. М. 腊斯金著

72.11
392

机构元件

隆 礼 湘 译

中国工业出版社

本书系根据苏联国防工业出版社（Оборонгиз）1956年出版的《Элементы Механизмов》一书译出。书中叙述了大约3200种机构和机构元件，对每一种机构或元件都有简略的文字说明，并且对大多数机构都写出了可直接用于设计计算的计算公式。

全书共分八章：关于机构运动学的一些知识；构件、运动副和平面杆式机构；凸轮机构、摩擦传动和制动装置、无级传动装置；间歇运动机构和其它机构；空间机构和其它机构；液压传动、气动传动及其组件；操纵机构和操纵器；上料器、料仓、料斗。

本书可供各厂矿设计部门的工程技术人员和技术革新者使用，也可供机械专业的大学生学习时参考之用。

С. Н. Кожевников Я. И. Есипенко

Я. М. Раскин

ЭЛЕМЕНТЫ МЕХАНИЗМОВ

ОБОРОНГИЗ

Москва 1956

* * *

机 构 元 件

隆 礼 湘 译

*

机械工业图书编辑部编辑（北京苏州胡同41号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $35^{1/8}$ ·插页5·字数1,177,000

1964年1月北京第一版·1964年1月北京第一次印刷

印数0001—4,570·定价（10—7）7.45元

*

统一书号：15165·2278（一机-480）

第二版序

在苏联国防工业出版社(Оборонгиз)1950年出版的“机构元件”一书中，叙述了应用在各工业部门的机器中的 2500 多种机构及机构元件。

由于工业生产过程的机械化和自动化的发展，要求著者彻底地、批判性地修改该书内容，并在再版时加入很多与自动装置的元件和器械有关的新章节。

设计复杂的机器，特别是设计自动机器、自动线和自动化工厂时，设计师和工艺师必须设计单个的执行机构、操纵机构、检查精度和挑选零件的装置等等。生产过程自动控制的广泛采用，要求设计师合适地选用各种专门机构，以调整速度、温度、湿度、压力、数量、比例和决定生产过程进行情况的其它物理量。

在本书第二版中列举了将近 3200 种机构和元件，可供设计师和发明者去解决机器制造业实际生产中提出的复杂问题。

为便于运用本书起见，对机构的全部叙述都是按其职能特征分章进行，并且差不多每一章都有概述。对书中的大多数机构，都列出了可以在设计时运用的结论式的计算公式。

在准备本书再版时，著者考虑了对第一版提出的个别批评，现在交给读者们的第二版，也不能认为是完美无缺的，因此，著者衷心欢迎一切批评和指正。

著者借此机会向 Н.С.雷兹罗娃(Н.С. Лызлова)致谢，在编写再版手稿的极其繁重的工作中，她给予了很大的帮助。

序

作为生产资料，机器在不同社会经济条件下的作用是不相同的。在资本主义社会里，机器是剥削工人的工具。资本主义制度之所以推行新技术，只是因为新技术能给资本家提供最大的利润。在社会主义社会里，机器是用来提高劳动生产率、减轻工人的劳动、提高工人的文化技术水平和改善工人的福利。

“机器”这一概念随着科学技术的发展而不断地改变。在现代科学水平上，我们可以这样来给机器下定义：机器是一些机构的组合，这些机构实现预期的运动，以转化能量（动力机器）或做功（工作机器）。

任何发展了的机器都是由动力机、传动机构和执行机构三部分组成的。

动力机可分为原生动力机和再生动力机。原生动力机用于将自然能转化为机械功（如水轮机、风力动力机、热力机）。再生动力机则是由派生的能源（这种能源在自然界中没有现成的）来驱动（如电动机、液动机及其它动力机）。将动力机产生的机械功变换为任何一种其它的能量的机器叫做变换机（如发电机、压缩机）；用以搬运货物的叫运输机（吊车、起重机、运输车）。

工作器的主要部分是执行机构，它被动力机或者传动机构带动，以其工具来改变被加工材料的形状、性质、状态或者位置。独立完成全部工作工序和辅助工序的工作机器，是一种自动作用和自动控制的自动机器。这种机器只需工人在一旁看管就行了。

自动机器和一般工作机器的差别，在于自动机器的执行机构中有实现工作行程和空转行程的机构，其中包括按规定程序操纵机器其余机构的分配机构。

自动工作循环的重复必须通过工人来实现的机器叫做半自动机。在半自动机上，调整机床、安装零件和刀具、开车等所需的一切辅助工序都由工人来完成。半自动机在每一工作循环结束后自动停车。

现代生产中广泛采用高生产率的机器的自动化系统、自动线和自动化工厂。在这些自动化生产里，除了机械系统外，还在应用水力学、气动力学、电子学和光学的最新成就的基础上利用各种自动机构来控制、操纵和调整工艺过程。

機器的計算方法和機構的計算方法是相同的，因為它們彼此間沒有結構上的差別，只有使用上的不同：機構用來實現預期的運動；而機器的各機構則帶動工具，以便加工材料。

設計各種不同的機器、器械和機組時，應當根據給定的工藝過程來選擇各種具體的機構。

在任何機器中，運動總是從原動構件（通常與電動機連接）或機器的分配軸傳出，經過各種不同結構的傳動機構而傳給執行機構。原動構件的角速度可以用齒輪機構、機械式無級調速器、液壓機構、電氣無級調速系統或其它機構來改變。現在廣泛用作傳動機構的有：平面杆式機構和空間杆式機構、各種齒輪傳動和摩擦傳動、撓性連接傳動、凸輪機構、具有間歇運動的機構等。

屬於新型傳動機構的有滾珠傳動機構和漲縮盒傳動機構。在滾珠傳動機構中，主動推杆通過球形墊圈鏈^①來帶動從動推杆。這些球形墊圈裝在經過校準並帶有滑油介質的導管內。漲縮盒的傳動機構由兩個充滿滑油的皺紋盒組成。盒間用導管連接。這些機構構造簡單，構件處於任何空間位置時均能保證運動的傳遞。

多構件的機械傳動機構使機器結構複雜化，並會降低從動構件的運動準確性和機器的效率。

在自動機里有些輔助工序和工藝工序不要求準確地遵守運動規律，對於完成這些工序的某些機構，可以採用氣動裝置作為傳動機構。

在自動機上，很有成效地運用着液壓傳動、氣動-液壓傳動及其組合。在氣動-液壓系統中，工作機構由壓縮空氣帶動，而運動的平穩性按照一定的規律則由液壓系統來保證。

在現代化機器里，由一些獨立機構綜合而成的執行機構起着極為重要的作用。為了完成輔助工序，還應用着大量的專用機構：材料運送機構（上料器、料倉、料斗）、夾料機構、重複定位機構、換向機構、保險機構和操縱系統等。

現在有大量的各種各樣的操縱機構，從用以把皮帶從空轉輪移到工作輪上去的最簡單的機構到用來保證執行機構嚴格按照一定順序作必須運動的複雜的操縱系統。

① 球形墊圈鏈是用鋼珠或用鋼珠和球形墊圈在導管內依次排列而成的。——譯者

对执行机构的操纵，可按照采用的循环图依靠控制器械或行程控制机构（通过行程开关、終点开关和各种继电器）来实现。

机械、电气和气动执行机构的開車、停車、自动調整以及它們之間关系的自动恢复，均借各种調整器例如定位調整器、比例調整器、无定位調整器等来进行。

現在已經普遍应用进行数学运算（求和、求积、乘方、作三角函数图形、求微分方程式的积分）的机构，例如諧波分析仪、曲綫繪制仪、比例画图仪、面积仪等；以及測定机械量——位移、速度、加速度、力、力矩、压力等——的各种机构。

目 次

第二版序	4
序	5
第一章 关于机构运动学的一些知識	1
定 义	1
研究机构运动学时应用的力学原理	5
构件位置的画法和作点的軌跡图	8
路程曲綫、速度曲綫和加速度曲綫	16
速度和加速度的图解法	19
第二章 构件、运动副和平面杆式机构	34
构 件	34
运 动 副	42
平面杆式机构	69
齿 輪	122
齿輪齿形的曲綫	124
漸开綫嚙合和摆綫嚙合	131
空間齿輪传动	151
蝸杆传动	157
齿輪組成的机构	162
簡單传动	164
周轉传动	200
行星減速器	207
周轉換向机构和操纵机构	222
行星变速箱	239
合成周轉机构和差动周轉机构	252
周轉保險机构	260
进給机构	262
起重机的机构	264
用来带动有活动軸綫的构件的周轉机构	273

組合機構(杠杆-滑輪機構、杠杆-齒輪機構等)	283
第三章 凸輪機構、摩擦傳動和制動裝置、無級傳動	294
凸輪機構	294
關於凸輪機構的一般概述	294
凸輪機構尺寸的選擇	299
凸輪輪廓的作法	303
摩擦傳動	345
撓性構件傳動	353
聯軸器	369
刚性聯軸器	369
活動聯軸器	372
离合器	388
制動裝置	422
塊式制動器	424
帶式制動器	426
盤式制動器和錐面制動器	427
無級調速的傳動裝置	441
具有刚性構件的無級摩擦傳動	442
具有撓性構件的無級傳動	462
剛性無級傳動	468
自動調節傳動比的無級傳動	474
第四章 間歇運動機構和其它機構	479
間歇運動機構	479
導向機構	535
可調行程機構	549
補償機構和差動機構及其附件	571
保險機構和保險裝置	591
第五章 空間機構和其它機構	616
各構件位置的確定	623
構件上點的速度的確定	624
構件上點的加速度的確定	624

空間机构.....	628
螺旋面、螺釘和螺旋机构.....	641
完成数学运算的机构.....	649
多边形和曲綫	653
繪制曲綫的仪器.....	660
● 加法机构	669
乘法机构	677
三角函数机构	682
面积仪、积分仪、諧波分析器	685
測量机械量的仪器的机构.....	696
鎖紧装置、夹紧装置、握持器、鉗子、卡盘.....	741
止动器和定位器.....	770
换向机构.....	790
第六章 液压、气动傳动及其組件	812
泵.....	814
执行机构和执行机组.....	856
控制-調整装置	893
第七章 操纵机构和操纵器.....	907
手动操纵机构.....	916
● 分配軸、操纵装置和行程控制器.....	937
压力、時間、速度和其它继电器.....	974
远距离操纵.....	990
随动装置和随动調整器.....	1019
第八章 上料器、料仓、料斗.....	1096

第一章 关于机构运动学的一些知識

定 义

彼此固定地連接在一起的零件的組合叫做机构的构件。

图 1 为一內燃发动机連杆簡图。連杆由連杆体、連杆盖、螺栓、螺帽和衬套組成。这些零件全部固定地連接在一起組成为机构的一个构件。連杆在机构运动簡图中的簡略画法見图 52 6。

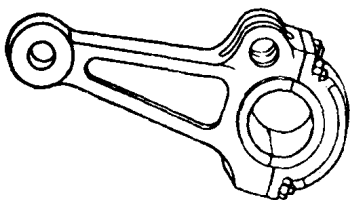


图 1

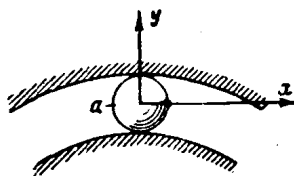


图 2

限制两构件相对运动的活动連接部分叫做运动副。

平面机构中的每一单独取出的构件都有三个独立的运动：沿 x 和 y 軸綫的两个移动和繞 z 軸綫的轉动。 x 和 y 是任意选择的坐标系， z 是垂直于构件各点运动平面的軸綫。在空間运动的情况下，每一单独取出的构件都有六个独立运动：沿任意选定的三条坐标軸 x 、 y 、 z 移动并圍繞它們轉动。

构件的每一独立运动叫做一个自由度。

組成运动副时，构件失去运动的自由，因而減少了构件的自由度数。

构件組成运动副时对相对运动所加的限制叫做約束条件。

在平面机构中，运动副可帶有一个或两个約束条件，空間机构的約束条件数可从 1 到 5。

图 2 为加一个約束条件所构成的平面运动副（构件 a 不能沿接触表面的法綫方向移动）。图 3 和图 4 均为加有两个約束条件的平面运动副。图 3 只剩下沿 x 軸的一个相对移动，图 4 只剩下一个轉动。

图 5—9 为空間运动副，它們相应地具有一到五个約束条件。

运动鏈的活动連接的构件是組合而成，开式运动鏈（图 10）或閉式运动

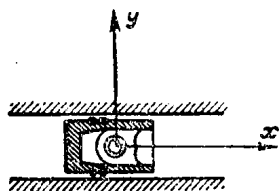


图 3

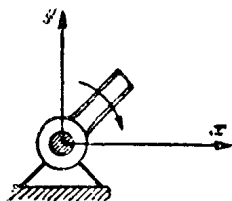


图 4

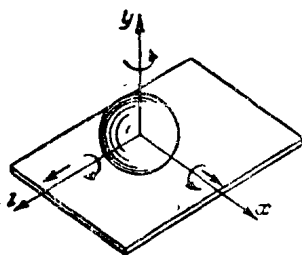


图 5

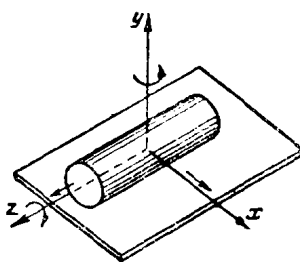


图 6

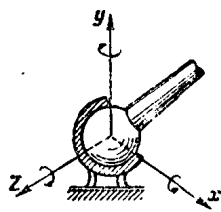


图 7

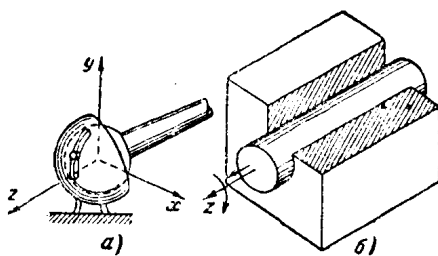


图 8

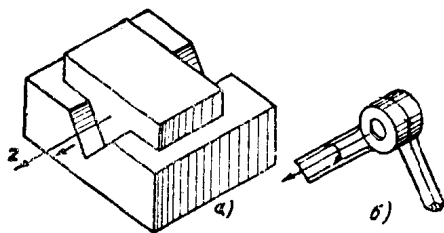


图 9

鏈(图11)都是这样。将閉式运动鏈的一个构件变为机座(固定不动的构件),就得到机构(图12)。

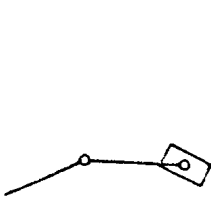


图 10

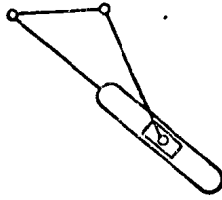


图 11

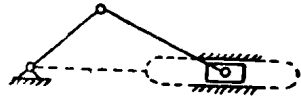


图 12

机构当其构件組成运动副时,通常具有几个自由度。对于平面机构,其自由度可按威貝謝夫(Чебышев)公式算出:

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

式中 $n-1$ ——机构的活動构件数;

p_2 ——加有两个約束条件的运动副数;

p_1 ——只有一个約束条件的运动副数。

对于空間机构,則可按馬婁謝夫(Малышев)公式求出:

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

式中 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 和 p_5 为相应地加有一到五个約束条件的运动副数。

按公式(1)和(2)算出的机构的自由度数,并不总是符合实际情况的。在某些情况下可以看出,在公式(1)和(2)中所考虑的約束条件有消极的約束条件,就是說这些約束条件和其它約束条件相同。因此,实际的自由度数 W 比按公式算出的要多些。

应当注意,在确定运动副的数目时,复杂鉸鏈的运动副数等于 $k-1$, k 是匯聚于該鉸鏈的构件数(图13)。

为了使机构构件的运动确定,必須使給以独立运动的构件数目等于自由度数。如 $W=3$,則必須給三个构件以运动。反之,假如必須給三个构件以独立运动,机构就应该有三个自由度。一个自由度的机构在技术中得到广泛应用。

賦与独立运动的机构构件叫原动构件。

原动构件多半是相对于固定的构件运动,也就說运动的构件通常与机

座連接。但是有的机构它的原动构件相对于运动构件而旋轉，这种机构也在很多场合下采用。例如风扇机构（图14）就是使杆2相对于摆杆1旋轉，电动机固定在摆杆1上。

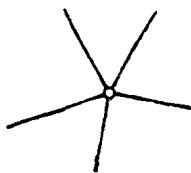


图 13

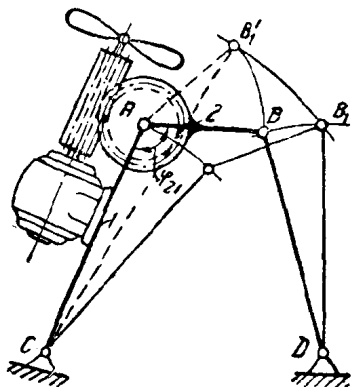


图 14

在閉式运动鏈中，当給定了一个或几个构件（构件数目和运动鏈的自由度数相同）相对于相連构件的运动，其余全部构件就具有确定的运动时，此封閉运动鏈就叫做机构。

机构的目的是用途是为完成一定工序而产生规定的运动。例如，发动机的分配机构能使气門具有一定的运动；減速器能改变轉数；发动机的曲柄連杆机构能把活塞移动变为曲軸轉动；蒸汽机車的导杆机构能停止供給蒸汽和进行換向等等。

設計机构时，需要定出各单个构件的点的运动軌跡，以証实机构能否完成它应有的运动。此外，还需注意与机构相邻的其它各部分是否妨碍机构的这些运动。例如設計飞机的可收放的起落架时，应当确信起落架构件的运动不会妨碍机翼、机身、承力装置等的結構元件。为了求出从动构件的行程，或者为了画出安装机构用的壳体的形状，都必須作出各点的軌跡图。

机构的运动分析在于确定各点的綫速度和綫加速度，以及各构件的角速度和角加速度。为了定出机构的工作特性，以及在某些情况下为了进一步进行計算，都需要知道这些量的变化規律。

知道作用于构件上的力，就可以按强度要求决定机构构件的零件尺寸。构件所受的力則按已知的外加力（例如活塞受的气体压力，切削阻力）和构

件的慣性力算出。慣性力取決於構件的质量和構件重心的加速度。因此，要從強度條件出發來決定機構尺寸，就必須先進行機構的運動分析。由於不知道質量就無法確定慣性力，故先給定機構構件的零件尺寸，算出構件受的慣性力，再校驗在工作力和慣性力作用下的零件強度。

如果尺寸選擇不恰當，必須重新計算，直到得出滿意的結果為止。正確選定的尺寸應能保證零件的機械強度和機構的耐久性；應能防止出現破壞性的大的變形，而有時還要使它不能有變形；應能保證機構的工作準確而且可靠。

點或剛體的時間、路程、速度和加速度是彼此相關的。可以用兩種方法——分析法和圖解法——來確定它們之間的關係。常常是使用兩種方法結合起來的圖解分析法。

分析法的優點在於它用計算方法得出的結果比較準確。圖解法的準確性是取決於作圖的準確性，而作圖又不可能沒有誤差，雖然誤差不大。然而由於運動的分析公式很複雜，解起來也很繁難，故只是在解決很簡單的問題時才用分析法。

實際解題時，最常使用圖解法。圖解法的特徵是明顯而又簡單，並完全能保證實用的足夠準確度。分析法只是在很簡單的、容易研究的機構中用來確定速度和加速度。

設計新機器時，必須進行機構的綜合，即按給定的運動選擇機構和定它的尺寸。這個任務的複雜在於機構組成的可能方案很多；此外，確定所選好的機構構件的合理參數也存在困難。在本書相應各章中，將扼要地講述應用最廣泛的機構的綜合方法。

研究机构运动学时应用的力学原理

瞬时转动中心定理 平面輪廓在其本身平面內的任何非平移，都可以由繞某一中心的轉動而得到。

假設某剛體(圖15)由位置 Q 移動到 Q_1 ，在剛體上任意取兩點 A 和 B ，通過它們聯一直線。現在我們來討論所得直線綫段 AB 的運動。

假設直線綫段 AB 從位置 AB 移至很近的位置 A_1B_1 ；用直線連接點 A 和 A_1 ， B 和 B_1 ，並作它們的垂直平分綫 CO 和 DO ，我們就在它們的交點處得到轉動中心 O 。

由於 AOB 和 A_1OB_1 兩三角形全等，故輪廓轉過 $\angle OAA_1$ 時，綫段 AB 和

綫段 A_1B_1 重合，即 O 点是轉动中心。若 AA_1 和 BB_1 为无穷小量，則 AO 与 CO 、 BO 与 DO 将对应地重合。通过点 A 、 B 作其速度矢量 v_A 和 v_B 的垂綫，垂綫交点就是中心 O 。这里， O 点叫做瞬时轉动中心。

动瞬心軌迹和定瞬心軌迹 刚体在平面內的任何連續运动，都可用一与該刚体刚性连接的曲綫沿另一固定曲綫滚动的方法获得。

对所論刚体的无穷小位移說来，速度瞬心就是轉动瞬心。因为刚体任意点的速度向量均垂直于相应的向量半径（或者說垂直于該点軌迹的法綫），且速度大小与向量长度成比例。若依次地作很多次无穷小位移，連接这些位移的瞬心，就得到这些点在固定平面內的几何軌迹。該軌迹即所謂定瞬心軌迹。瞬心在动平面內的、与运动刚体相連的几何軌迹，叫做动瞬心軌迹。

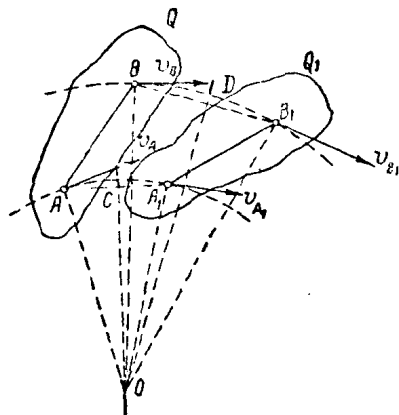


图 15

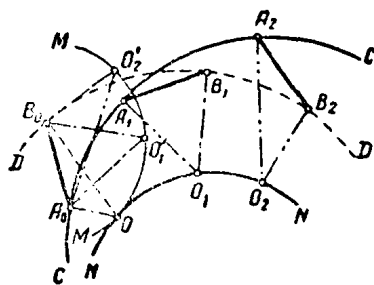


图 16

假設綫段 AB 上点 A 和 B 沿二曲綫 CC 和 DD 移动 (图16)，則綫段 AB 将分别占据 A_0B_0 、 A_1B_1 、 A_2B_2 等位置。相应于这些位置作 OA_0B_0 、 $O_1A_1B_1$ 、 $O_2A_2B_2$ 等三角形，并求出轉动瞬心 O 、 O_1 、 O_2 ，就得到定瞬心軌迹 NN 。假如在作这些三角形时把綫段 AB 固定在某一位置，例如固定在 A_0B_0 处，則可得三角形 OA_0B_0 、 $O_1'A_0B_0$ 、 $O_2'A_0B_0$ 。用曲綫連接点 O 、 O_1' 和 O_2' ，就得动瞬心軌迹 MM 。

所得的曲綫 MM 和 NN 有这样的性质：当綫段 AB 运动时，动瞬心軌迹沿定瞬心軌迹 NN 无滑动地滚动，并且动瞬心軌迹的点 O 、 O_1' 、 O_2' 依次与定瞬心軌迹的点 O 、 O_1 、 O_2 重合。

例如，假设给定一直线 AB (图17)，线上点 A 和 B 沿一直角的两边移动，并依次占据 A_0B_0 、 A_1B_1 、 A_2B_2 、 A_3B_3 等位置。作出这些位置的转动瞬心，就得到动瞬心轨迹的点 O_1' 、 O_2' 、 O_3' 和定瞬心轨迹的点 O_1 、 O_2 、 O_3 。定瞬心轨迹是一半径等于线段 AB 的圆弧。动瞬心轨迹也是一圆弧，其半径为定瞬心轨迹圆弧半径的一半。这两个圆叫做卡尔丹 (Кардан) 圆，它是一些机构的运动基础 (如图 875, 877)。

前面研究的是直线线段的运动，与此相仿，也可以确定曲线的运动。

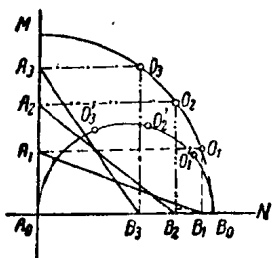


图 17

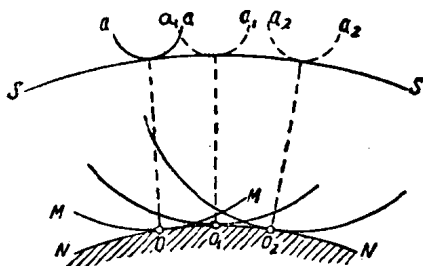


图 18

假设刚体运动的动瞬心轨迹 MM 和定瞬心轨迹 NN 已知，且给定该刚体的某一曲线 aa (图18)，相应于转动瞬心 O 、 O_1 、 O_2 作出系统的一系列位置，并作出曲线 aa 、 a_1a_1 、 a_2a_2 的位置，这样就可作出在上述各位置处与 aa 曲线相切的曲线 SS 。包络曲线 SS 表示出曲线 aa 的运动特性。

相对转动运动的三心定理 构件 a 、 b 、 c 的三个相对转动瞬心 P_{ab} 、 P_{ac} 和 P_{bc} 在一条直线上。设机构之三构件为 a 、 b 和 c ，且构件 c 固定 (图19)； P_{ac} 和 P_{bc} ——构件 a 和 b 对构件 c 的转动瞬心，也就是说 P_{bc} 是构件 b 和 c 的公共点， P_{ac} 是构件 a 和 c 的公共点。现在假设构件 a 固定， P_{ba} 是构件 b 对构件 a 的转动瞬心，也就是构件 a 和 b 的公共点，当 c 为固定构件时， P_{ba} 的速度为 v_1 。若将 P_{ba} 看成属于构件 a ，则速度 v_1 的方向垂直于 $\overline{P_{ac}P_{ba}}$ ；若将 P_{ba} 看成属于构件 b ，则速度 v_1 的方向应垂直于 $\overline{P_{bc}P_{ba}}$ 。因此，这只有当 P_{ba} 在直线 $\overline{P_{ac}P_{bc}}$ 上才有可能。

啮合的基本定理 作用线把相对旋转运动中心线分成与角速度成反比的两部份。构件 a 直接或通过中间构件 b 传力给构件 c 时，沿以传递力的直线叫做作用线。 P_{ba} ——构件 b 的转动瞬心 (图20)，因此