

机械原理 电算程序设计

王知行 李瑰贤 编著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

随着现代科学技术的发展,利用电子计算机进行机构的分析与综合的原理和方法显得日益重要,而且在实践中已取得令人满意的效果。本书就此为读者提供必要的基本知识。

本书共分七章,包括机构的运动分析、受力分析、平面连杆机构设计、平面高副机构设计基础、凸轮机构设计、齿轮机构设计和机械的运转与调速。在附录中还介绍了BASIC语言的基本知识、平面坐标变换、常用算法和Z80型微机的出错信息。

书中给出必要的子程序和大量实例,帮助读者掌握机构分析与综合的方法和各子程序的使用方法。全书的程序均在Z80型微机上通过,同时还给出一些APPLE II型微机上通过的对照程序及绘图的子程序,以满足不同用户的需用。

本书可作为高等工科院校机械类专业机械原理课的补充教材,也可作为非机械类专业师生和工程技术人员参考书。

机械原理电算程序设计

王知行 李瑰贤 编著

哈尔滨工业大学出版社出版发行

黑龙江水利专科学校印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 12.125 字数 325,000

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数 1—20,000

书号 15341·21 定价 2.10元

序

由于高速、精密、自动化和智能化机械的生产需要，随着计算技术的发展和电子计算机的普及，计算机辅助设计（CAD）或设计自动化，在现代机械产品设计中得到日益广泛的应用。这种形势促使机械原理学科急剧地向前发展。其中，运用解析法建立数学模型对机构与机器进行精确的分析与综合，并据此进行方案的优选，是机械原理学科发展的重要方向。

机械原理课程的改革要逐步反映学科的发展方向，并着重培养学生运用机械原理知识解决实际问题的能力。为此，当前国内很多院校在机械原理课程中均把用解析法对机构进行分析与综合作为重点，并使用计算机进行课程设计。国外，一些国家的机械原理教学，亦采用这种方法。

作者王知行、李瑰贤两位同志近年来对机械原理教学内容的改革做了大量工作，并在课程设计中进行了两期电算试点。本书即是在总结这些实践活动，并吸取兄弟院校经验的基础上编写而成。

作者着重于基本方法的介绍和基本程序的编制，并辅以典型例题。读者可以据此编出更为复杂的程序，得到举一反三的效果。

在机械原理课程教学中采用电算，仅是一个开端。不论从课程内容的组织、教学安排、指导方法都会带来新的问题。然而，我们坚信，这种改革的方向无疑是正确的。书中可能存在一些不足之处，但它的出版必将对机械原理学科的发展起到促进作用。

李 华 敏

一九八五年一月二十八日

前 言

随着现代科学技术的发展,计算机的应用已逐渐普及。它不仅大量地用于科学计算,以代替人们完成繁杂的数值计算任务,而且还广泛地用于自动控制系统,特别是工业和交通行业的自动控制以及生产管理;同时,它还能高效率地帮助人们进行数据处理和信息加工等方面的工作。

近年来,各设计部门均广泛地采用计算机辅助设计(Computer Aided Design, 简称CAD)。人们可以使用计算机对各种可能的设计方案进行计算、分析和比较,通过优选,确定较为理想的设计方案。这种计算机辅助设计(CAD)在机械原理学科中也得到了应用和发展。

为了给机械原理的“CAD”打下基础,在教学中培养学生利用电子计算机解决实际问题的思维方法和动手能力,我们在应用计算机进行机械原理课程设计教学实践的基础上,编写了这本《机械原理电算程序设计》。

本书是使用BASIC语言编写的。因为BASIC语言简单易懂,便于掌握,而且还具有程序的建立、调试和修改方便的特点,所以它很适合于初学者。关于BASIC语言的基本知识,在本书附录I中作了简要的介绍。

本书在编写过程中,参照了南京工学院编写的《机械原理》、西北工业大学编写的《机械原理》和其他兄弟院校的有关教材。考虑到全国机械原理教材编审组对机械原理教学大纲的修改意见,书中还增加了“平面高副机构设计基础”一章,并且加强了变位齿轮设计方面的内容。

本书在编写方法上,首先是建立数学模型,即建立解析法的数学表达式,而后通过具体机构的典型例题来说明数学模型的使

用方法。对一些基本的子程序或例题，一般都给出了流程图的设计、主程序的编写、子程序的应用及运算结果，并根据运算结果绘制出相应的曲线或机构简图。其目的在于通过对具体例题的分析，培养独立编写程序的能力；同时，也有利于加深对机械原理课程基本理论的理解，从而提高分析问题和解决问题的能力。应当说明，书中各例题所给出的程序并非都是最佳程序，只是为了帮助读者掌握编写程序的方法和技巧。

本书中的所有程序均在 Z80 型 (CROMEMCO) 微机上试算通过。考虑到 APPLE II 型微机在国内的应用日益广泛，故本书第一章和第五章的部分例题，还同时给出了在 APPLE II 型微机上试算通过的对照程序。读者可以通过对照程序，分析、掌握两种微机所用程序的转换方法。此外，由于 APPLE II 型微机还具有终端图象显示的功能，所以在第五章中加入一节，专门讲述绘图程序的编写。

本书除了适用于高等工科院校机械类各专业的教学需要之外，也可供非机械类各专业师生及有关工程技术人员参考。

本书是在哈尔滨工业大学机械原理教研室的积极支持下编写的。李华敏教授具体地指导了本书的编写工作，全面地审阅了本书，并提出了许多宝贵意见。在编写过程中还得到王义和、高永慧等同志的热情帮助和审校，在此一并表示感谢。

由于我们的经验不足和水平所限，书中定有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1984年10月

目 录

第一章 平面机构的运动分析	(1)
§ 1—1 平面机构的组成.....	(1)
§ 1—2 I 级机构上点的运动分析.....	(2)
§ 1—3 RRR II 级组的运动分析.....	(6)
§ 1—4 RRP II 级组的运动分析.....	(16)
§ 1—5 RPR II 级组的运动分析.....	(22)
§ 1—6 应用举例.....	(29)
第二章 平面机构的动态静力分析	(55)
§ 2—1 平面机构受力分析的基本知识.....	(55)
§ 2—2 平面机构的力平衡方程及子程序.....	(56)
§ 2—3 应用举例.....	(67)
第三章 平面连杆机构及其设计	(86)
§ 3—1 铰链四杆机构的基本类型.....	(86)
§ 3—2 铰链四杆机构有曲柄的条件.....	(87)
§ 3—3 用解析法设计四杆机构.....	(90)
第四章 平面高副机构的设计基础	(115)
§ 4—1 瞬心线机构.....	(115)
§ 4—2 共轭曲线机构.....	(131)
第五章 凸轮机构设计	(157)
§ 5—1 从动件常用运动规律.....	(157)
§ 5—2 凸轮机构的压力角和基圆半径.....	(164)
§ 5—3 凸轮轮廓设计.....	(184)
§ 5—4 应用举例.....	(193)
§ 5—5 应用APPLE II 型微机绘制凸轮轮廓曲线.....	(203)

第六章 齿轮机构设计	(214)
§ 6—1 渐开线及渐开线函数.....	(214)
§ 6—2 渐开线直齿圆柱齿轮的基本尺寸及 传动质量指标.....	(221)
§ 6—3 变位系数的选择.....	(235)
第七章 机械的运转及其速度波动的调节	(257)
§ 7—1 研究机械系统动力学的目的和本章 电算程序设计的主要内容.....	(257)
§ 7—2 机械系统运动方程式.....	(258)
§ 7—3 用解析法求机器的真实运动.....	(259)
§ 7—4 机器速度波动调节的基本知识.....	(292)
§ 7—5 飞轮转动惯量的计算.....	(293)
附录 I BASIC语言的基本知识.....	(310)
附录 II 平面坐标变换.....	(321)
附录 III 常用算法及其BASIC程序.....	(327)
一 方程求根.....	(327)
二 线性方程组的求解.....	(333)
三 梯度法解非线性方程组.....	(339)
四 函数插值.....	(343)
五 数值积分.....	(347)
六 微分.....	(353)
七 龙格-库塔法求解一阶微分方程组.....	(355)
八 一维优化的黄金分割法.....	(361)
附录 IV Z80机的操作指令及出错信息 (16K扩 展BASIC).....	(369)
一 程序的建立与调试的键盘命令.....	(369)
二 出错信息 (Z8016K扩展BASIC).....	(372)
参考文献.....	(379)

第一章 平面机构的运动分析

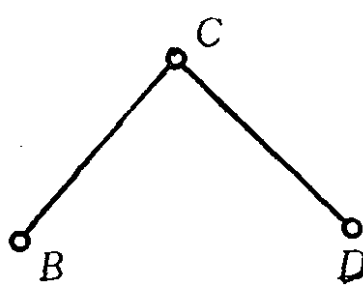
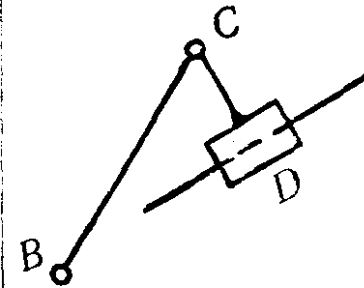
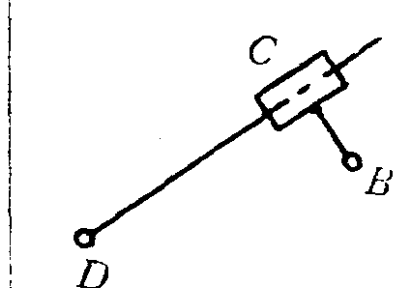
§ 1—1 平面机构的组成

用解析法对平面机构进行运动分析时，首先是建立机构的位置方程式，然后就位置方程对时间求导，可得速度方程和加速度方程。

含有高副的平面机构，可以按一定条件用低副替代高副而化成平面低副机构。对于平面低副机构，由于机构的组成形式不同，其运动分析的方法也不同。为了解题方便，我们按机械原理的传统方式，把一般平面机构看成由 I 级机构和若干个自由度为 0 的基本组（阿苏尔组）所组成，而后把 I 级机构和各种基本组的运动分析分别编写成独立的子程序。在对一个机构进行运动分析时，仅需调用相应的子程序即可。

本章参照主要参考教材的要求，编写出 I 级机构和表 1—1 所示的几种常见的 II 级基本组的运动分析的子程序。

表 1—1 几种常见的 II 级基本组

1. RRR II 级组	2. RRP II 级组	3. RPR II 级组
		

注 R—指回转副 (Revolute pair)

P—指移动副 (Prismatic pair)

如图 1-1 a 所示的六杆机构，可以看成如图 1-1 b 所示的 I 级机构与 c 所示的 RRR II 级组和图 d 所示的 RRP II 级组所组成。在对该机构进行运动分析时，只要编写一个主程序，分别调用 I 级机构与 RRR II 级组和 RRP II 级组的运动分析子程序，即可求出该机构中任一构件上各点的速度和加速度。

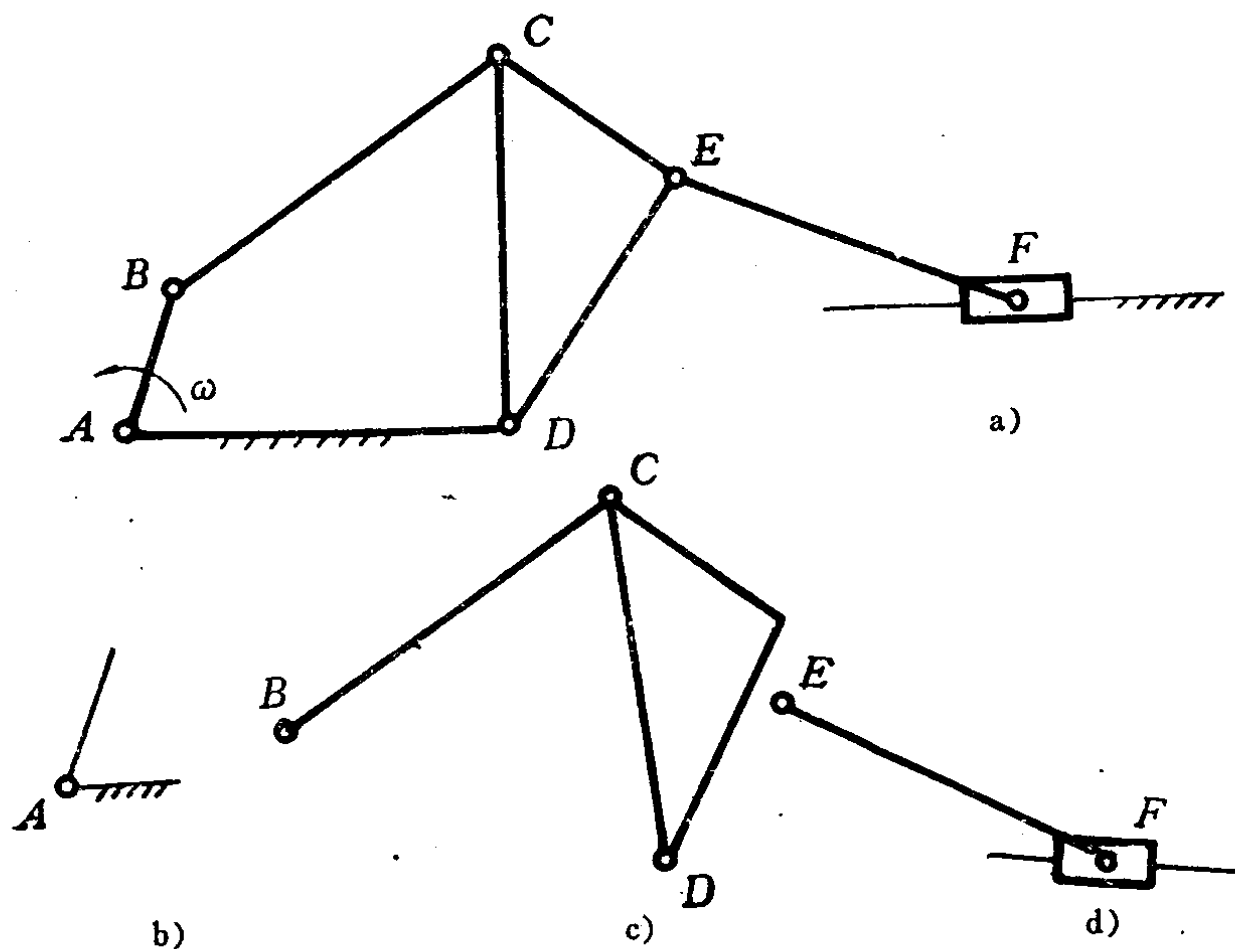


图 1-1

§ 1-2 I 级机构上点的运动分析

如图 1-2 所示，当构件 AB 上的点 A 为固定回转副时，则为 I 级机构。 A 点在坐标系 $O-x, y$ 中的坐标值为 x_A, y_A 。若已知构件 AB 的长度为 l_i 、与 x 轴正向夹角为 φ_j 、角速度为 $\omega_j = \dot{\varphi}_j$ 、角加速度为 $\varepsilon_j = \ddot{\varphi}_j$ ，求构件上 B 点的速度和加速度。

图中 $\varphi_j = \varphi'_j + \varphi_0$ ，当 φ_0 角为 0 时， $\varphi_j = \varphi'_j$ ， B 点则与 B' 点重合。

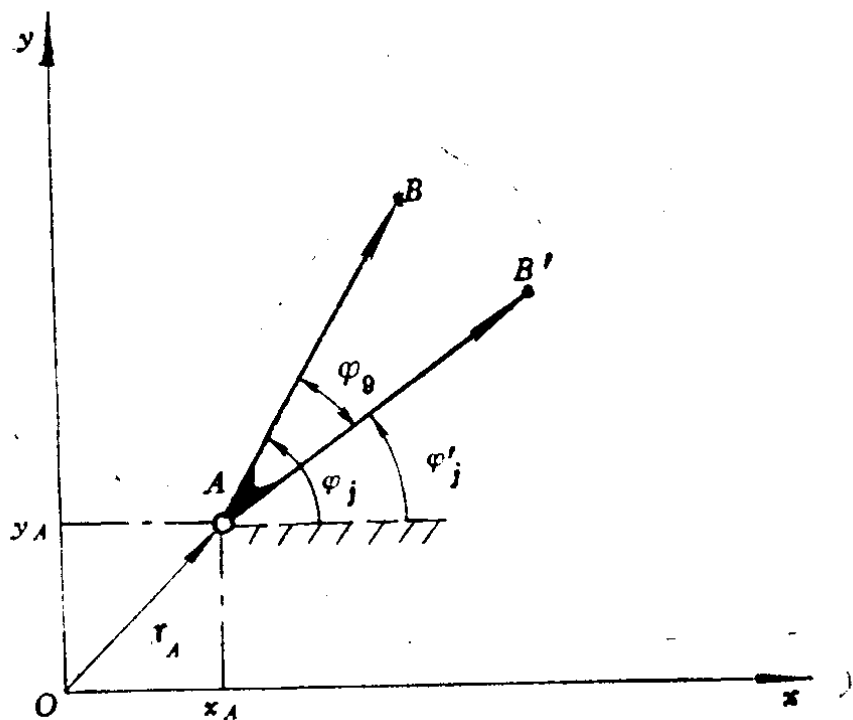


图 1-2

一、数学模型

B 点位置的矢量 r_B 为

$$r_B = r_A + r_{AB}$$

其投影方程式为

$$\left. \begin{aligned} x_B &= x_A + l_i \cos \varphi_j \\ y_B &= y_A + l_i \sin \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 x_B 、 y_B 分别为 B 点在 x 轴和 y 轴中的坐标值。

将 (1-1) 式对时间求导, 得 B 点的速度方程式

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_B &= \dot{x}_A - \dot{\varphi}_j l_i \sin \varphi_j \\ \dot{y}_B &= \dot{y}_A + \dot{\varphi}_j l_i \cos \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中

$$\dot{x}_A = \frac{dx_A}{dt}$$

$$\dot{y}_A = \frac{dy_A}{dt}$$

$$\dot{x}_B = \frac{dx_B}{dt}$$

$$\dot{y}_B = \frac{dy_B}{dt}$$

$$\dot{\varphi}_j = \frac{d\varphi_j}{dt}$$

将 (1-2) 式对时间再求一次导数, 得 B 点的加速度方程

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_B &= \ddot{x}_A - \dot{\varphi}_j^2 l_i \cos \varphi_j - \ddot{\varphi}_j l_i \sin \varphi_j \\ \ddot{y}_B &= \ddot{y}_A - \dot{\varphi}_j^2 l_i \sin \varphi_j + \ddot{\varphi}_j l_i \cos \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式中

$$\ddot{x}_A = \frac{d^2 x_A}{dt^2}$$

$$\ddot{y}_A = \frac{d^2 y_A}{dt^2}$$

$$\ddot{x}_B = \frac{d^2 x_B}{dt^2}$$

$$\ddot{y}_B = \frac{d^2 y_B}{dt^2}$$

$$\ddot{\varphi}_j = \frac{d^2 \varphi_j}{dt^2}$$

若 A 点为固定回转副, 亦即构件 AB 与机架组成 I 级机构时, 由于 x_A 、 y_A 为常数, 因而 \dot{x}_A 、 \dot{y}_A 、 \ddot{x}_A 、 \ddot{y}_A 均为 0; 否则, 若 A 点不固定时, 为求出 B 点的运动, 必须先给出 A 点的运动参数。

二、子程序及其说明

1. 子程序的功用

本子程序用于计算连架杆上或连杆上任意一点的位置、速度和加速度。

要输入的参数: A 点的坐标值 x_A 、 y_A , 及其运动参数 \dot{x}_A ,

\dot{y}_A , \ddot{x}_A , \ddot{y}_A ; AB 杆长 l_i 及其与 x 轴的夹角

φ_j , 角速度 $\omega_j (= \dot{\varphi}_j)$, 角加速度 $\varepsilon_j (= \ddot{\varphi}_j)$ 。

能输出的参数: B 点的坐标值 x_B, y_B ; B 点的速度分量 \dot{x}_B, \dot{y}_B 及加速度分量 \ddot{x}_B, \ddot{y}_B 。

2. 子程序中与公式中的符号对照

$$L(I) = l_i \quad F(J) = \varphi_j$$

$$W(J) = \dot{\varphi}_j \quad \dot{E}(J) = \ddot{\varphi}_j$$

$$V(A) = \dot{x}_A \quad U(A) = \dot{y}_A$$

$$V(B) = \dot{x}_B \quad U(B) = \dot{y}_B$$

$$A(A) = \ddot{x}_A \quad B(A) = \ddot{y}_A$$

$$A(B) = \ddot{x}_B \quad B(B) = \ddot{y}_B$$

3. 子程序中的1000语句为注释语句, 用来对程序进行说明, 便于他人阅读。该句说明本子程序为曲柄的运动分析。

程序中的1002语句为读数语句。执行时, 要求程序中提供与 I, J, A, B 对应的数据。本子程序中没有给出数据。为使该子程序运行, 必须在主程序中用 *DATA* 语句提供相应的数据, 如例 1—1 主程序中的 40 语句。

4. 子程序清单

```

1000 REM Kinematic Analysis for the CRANK
1002 READ I, J, A, B
1004 F(J) = F(J) + F9
1006 S(I) = L(I) * SIN(F(J))
1008 C(I) = L(I) * COS(F(J))
1010 X(B) = X(A) + C(I)
1012 Y(B) = Y(A) + S(I)
1014 V(B) = V(A) - W(J) * S(I)
1016 U(B) = U(A) + W(J) * C(I)

```

1018 $A(B) = A(A) - W(J) * * 2 * C(I) - E(J) * S(I)$

1020 $B(B) = B(A) - W(J) * * 2 * S(I) + E(J) * C(I)$

1022 RETURN

§ 1—3 RRR II 级组的运动分析

由两个构件和三个回转副所组成的 II 级基本组如图 1—3 所示。二构件的杆长分别为 l_i 、 l_j ，角位置分别为 φ_i 和 φ_j 。当已知外运动副 B 、 D 的位置 $(x_B, y_B; x_D, y_D)$ 及其运动参数 $(\dot{x}_B, \dot{y}_B; \ddot{x}_B, \ddot{y}_B; \dot{x}_D, \dot{y}_D; \ddot{x}_D, \ddot{y}_D)$ 时，求内运动副 C 点的位置和运动参数。

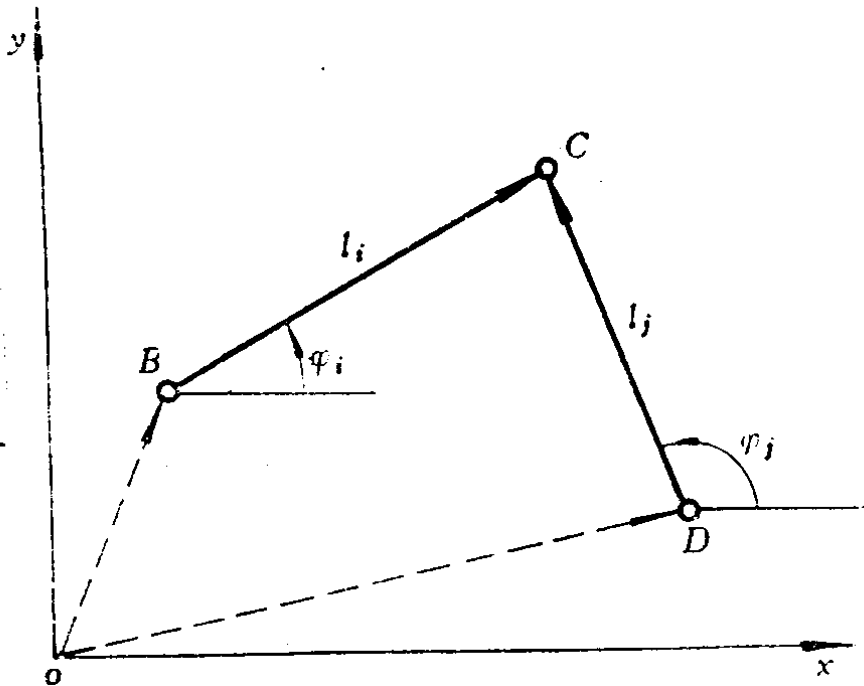


图 1—3

一、运动分析的数学模型

1. 位置分析

内运动副 C 点的矢量方程为

$$\mathbf{r}_C = \mathbf{r}_B + l_i = \mathbf{r}_D + l_j$$

在 x 、 y 轴上的投影方程为

$$\left. \begin{aligned} x_C &= x_B + l_i \cos \varphi_i = x_D + l_j \cos \varphi_j \\ y_C &= y_B + l_i \sin \varphi_i = y_D + l_j \sin \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

$$\left. \begin{aligned} l_j \cos \varphi_j &= l_i \cos \varphi_i - (x_D - x_B) \\ l_j \sin \varphi_j &= l_i \sin \varphi_i - (y_D - y_B) \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

将式 (1-5) 两等式两边分别平方相加后, 经化简整理得

$$A_0 \cos \varphi_i + B_0 \sin \varphi_i - C_0 = 0 \quad (1-6)$$

式中

$$A_0 = 2l_i(x_D - x_B)$$

$$B_0 = 2l_i(y_D - y_B)$$

$$C_0 = l_i^2 + l_{BD}^2 - l_j^2$$

$$l_{BD} = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2}$$

为了保证机构的装配, 必须同时满足

$$l_{BD} \leq l_i + l_j$$

$$l_{BD} \geq |l_i - l_j|$$

又因

$$\sin \varphi = \frac{2 \tan(\varphi/2)}{1 + \tan^2(\varphi/2)}$$

$$\cos \varphi = \frac{1 - \tan^2(\varphi/2)}{1 + \tan^2(\varphi/2)}$$

则公式 (1-6) 可化成

$$A_0 \left(\frac{1 - \tan^2(\varphi_i/2)}{1 + \tan^2(\varphi_i/2)} \right) + B_0 \left(\frac{2 \tan(\varphi_i/2)}{1 + \tan^2(\varphi_i/2)} \right) - C_0 = 0$$

$$(A_0 + C_0) \tan^2(\varphi_i/2) - 2B_0 \tan(\varphi_i/2) - (A_0 - C_0) = 0$$

$$\therefore \tan(\varphi_i/2) = \frac{B_0 \pm \sqrt{A_0^2 + B_0^2 - C_0^2}}{A_0 + C_0} \quad (1-7)$$

$$\therefore \varphi_i = 2 \arctan \left(\frac{B_0 \pm \sqrt{A_0^2 + B_0^2 - C_0^2}}{A_0 + C_0} \right) \quad (1-8)$$

按 (1-8) 式, φ_i 应有两个解。为了正确地确定 φ_i 值, 应考虑到如图 1-4a 所示的两种情况, 即当机构尺寸相同时: 可能有实线所示的机构; 也可能有虚线所示的机构。若机构的初始位置如

图中实线情况，则在运动过程中它不会转移到虚线位置。

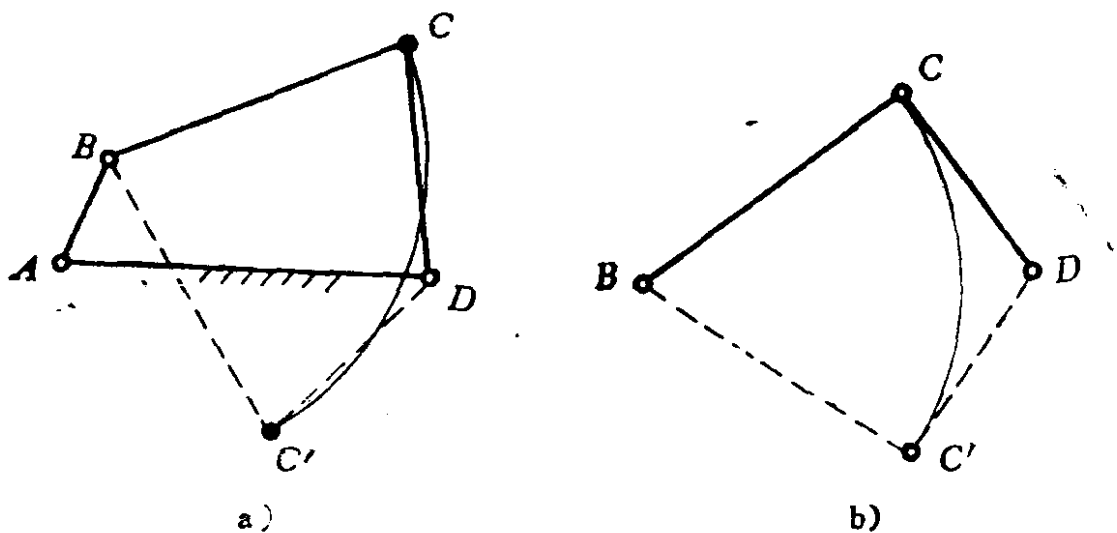


图 1-4

计算表明：当 B 、 C 、 D 三运动副按顺时针排列时（如图 1-4 b 实线所示）， φ_i 应按式 (1-8) 中的“+”号计算；当 B 、 C 、 D 三运动副按逆时针排列时（如图 1-4 b 虚线所示），应按“-”号计算。这样，就可以根据 RRR II 级组的初始位置，利用初始模式参数 M 值来决定 φ_i 的大小，从而可以把公式 (1-8) 改写为如下形式

$$\varphi_i = 2 \arctan \left(\frac{B_0 + M \sqrt{A_0^2 + B_0^2 - C_0^2}}{A_0 + C_0} \right) \quad (1-8')$$

当 B 、 C 、 D 为顺时针排列时，取 $M = +1$ ；

当 B 、 C 、 D 为逆时针排列时，取 $M = -1$ 。

为了求出构件 l_i 的位置 φ_i 角，可以先求出 C 点的坐标值

$$\left. \begin{aligned} x_C &= x_B + l_i \cos \varphi_i \\ y_C &= y_B + l_i \sin \varphi_i \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

再由式 (1-4) 可得

$$\varphi_i = \arctan \left(\frac{y_C - y_D}{x_C - x_D} \right) \quad (1-10)$$

2. 速度分析

为了求出内运动副 C 点的速度，可将式 (1-4) 对时间求导

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_B - \dot{\varphi}_i l_i \sin \varphi_i &= \dot{x}_D - \dot{\varphi}_j l_j \sin \varphi_j \\ \dot{y}_B + \dot{\varphi}_i l_i \cos \varphi_i &= \dot{y}_D + \dot{\varphi}_j l_j \cos \varphi_j \end{aligned} \right\} \quad (1-11)$$

令

$$\begin{aligned} s_i &= l_i \sin \varphi_i \\ c_i &= l_i \cos \varphi_i \\ s_j &= l_j \sin \varphi_j \\ c_j &= l_j \cos \varphi_j \end{aligned}$$

故有

$$\left. \begin{aligned} -s_i \dot{\varphi}_i + s_j \dot{\varphi}_j &= \dot{x}_D - \dot{x}_B \\ c_i \dot{\varphi}_i - c_j \dot{\varphi}_j &= \dot{y}_D - \dot{y}_B \end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

解 (1-12) 式可得

$$\left. \begin{aligned} \dot{\varphi}_i &= \frac{c_j (\dot{x}_D - \dot{x}_B) + s_j (\dot{y}_D - \dot{y}_B)}{c_i s_j - c_j s_i} \\ \dot{\varphi}_j &= \frac{c_i (\dot{x}_D - \dot{x}_B) + s_i (\dot{y}_D - \dot{y}_B)}{c_i s_j - c_j s_i} \end{aligned} \right\} \quad (1-13)$$

根据 (1-4) 式, 有

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_C &= \dot{x}_B - \dot{\varphi}_i l_i \sin \varphi_i \\ \dot{y}_C &= \dot{y}_B + \dot{\varphi}_i l_i \cos \varphi_i \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

3. 加速度分析

将 (1-11) 式对时间再求导一次, 可求得加速度方程式

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_B - \ddot{\varphi}_i l_i \sin \varphi_i - \dot{\varphi}_i^2 l_i \cos \varphi_i &= \ddot{x}_D - \ddot{\varphi}_j l_j \sin \varphi_j - \dot{\varphi}_j^2 l_j \cos \varphi_j \\ \ddot{y}_B + \ddot{\varphi}_i l_i \cos \varphi_i - \dot{\varphi}_i^2 l_i \sin \varphi_i &= \ddot{y}_D + \ddot{\varphi}_j l_j \cos \varphi_j - \dot{\varphi}_j^2 l_j \sin \varphi_j \end{aligned} \right\}$$

即

$$\left. \begin{aligned} -\ddot{\varphi}_i s_i + \ddot{\varphi}_j s_j &= \ddot{x}_D - \ddot{x}_B + \dot{\varphi}_i^2 c_i - \dot{\varphi}_j^2 c_j \\ \ddot{\varphi}_i c_i - \ddot{\varphi}_j c_j &= \ddot{y}_D - \ddot{y}_B + \dot{\varphi}_i^2 s_i - \dot{\varphi}_j^2 s_j \end{aligned} \right\}$$

令

$$G_2 = \ddot{x}_D - \ddot{x}_B + \dot{\varphi}_i^2 c_i - \dot{\varphi}_j^2 c_j$$

$$G_3 = \ddot{y}_D - \ddot{y}_B + \dot{\varphi}_i^2 s_i - \dot{\varphi}_j^2 s_j$$

则得

$$\ddot{\varphi}_i = \frac{G_2 \cdot c_j + G_3 \cdot s_j}{c_i s_j - c_j s_i} \quad (1-15)$$

$$\ddot{\varphi}_j = \frac{G_2 \cdot c_i + G_3 \cdot s_i}{c_i s_j - c_j s_i} \quad (1-16)$$

将式 (1-14) 对时间再求导一次, 可得 C 点的加速度方程

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_C &= \ddot{x}_B - \ddot{\varphi}_i l_i \sin \varphi_i - \dot{\varphi}_i^2 l_i \cos \varphi_i \\ \ddot{y}_C &= \ddot{y}_B + \ddot{\varphi}_i l_i \cos \varphi_i - \dot{\varphi}_i^2 l_i \sin \varphi_i \end{aligned} \right\} \quad (1-17)$$

二、流程图设计

流程图又称框图, 它是计算方案的形象描绘, 比较直观。当编写一个较复杂的计算程序时, 应首先画出流程图, 以便做到思路清楚、层次分明, 从而减少编写程序中的错误。

在一般情况下, 要先把数学模型分析清楚。亦即按照应完成的计算任务, 把一个复杂问题分解成若干个简单部分, 然后将每个部分都写在规定形状的框格中, 每一个框格都表示一段程序, 再用箭头表示执行顺序的流向。此即为流程图。

流程图中的每一个框均表示一段程序的功能。在框内, 必须写明要完成的任务。

框有两类:

1. 矩形框 (□) 称为叙述框, 表示要进行的工作, 但它不能进行比较和判断, 它有一个入口和一个出口;

2. 菱形框 (◇) 称为检查框 (或判断框), 它表示要进行检查和判断的内容, 它有一个入口, 两个出口, 即把入口进入的内容进行检查和判断后, 形成两个分支出口, 一个出口对应满足条件 (常以“是”表示), 另一个出口对应不满足条件 (常以