

用拆杆拆副法作平面多杆 复杂机构的运动分析

吴瑞祥 张启先

(北京航空学院)

摘 要

任何平面多杆复杂机构, 通过假想的拆杆拆副, 均可转化为自由度增加了的纯双杆组机构。在采用双杆组子程序的基础上, 按照应遵从的几何等同条件, 利用线性内插法可有效逼近原机构的精确位置。接着, 利用线性叠加法则, 不难求解原机构的速度和加速度。文中引有算例, 说明方法的简易可行。

前 言

众所周知, 用解析法作平面多杆复杂机构的运动分析时, 首要而且可能是困难的问题是进行位置分析。非线性位置问题解决后, 线性的速度与加速度问题即不难解算。传统的位置分析方法是利用机构的环封闭, 建立相应的矢量方程, 得出机构的非线性位移方程组, 然后对所有运动变量选取合适的初始值, 用 Newton-Raphson 线性修正法来逐步逼近精确位置。近年来提出了杆长逼近法及基于杆组型转化理论的分析方法^[1, 3, 4]。本文在这些基础上, 将教材^[3]中介绍的拆杆拆副法向平面多杆复杂机构作了重要的推广, 同时也克服了现有各种方法的不足。任何平面多杆复杂机构, 通过假想的拆杆拆副均可转化为自由度增加了的(增多一个或两个)纯双杆组机构。对于位置问题, 按照转化双杆组机构应遵从的非线性几何等同条件, 利用线性内插法可有效地逼近原机构的精确位置。对于速度和加速度问题, 按照转化双杆组机构应遵从的线性速度和加速度等同条件, 利用线性叠加法则很容易解出原机构的速度和加速度。在复杂机构运动分析中, 运用假想拆杆拆副法的主要目的是将原机构转化为纯双杆组机构, 但也有减少待求运动变量的作用。同一复杂机构, 由于所含未知边数最少的封闭形个数和按排不同, 将有若干不同的拆杆拆副方案, 从而得出若干种不同的转化双杆组机构, 当然应该选择便于计算的一种进行分析。如果复杂机构中含有不连机架的作动副, 由于组成该作动副两杆的相对运动(如转动

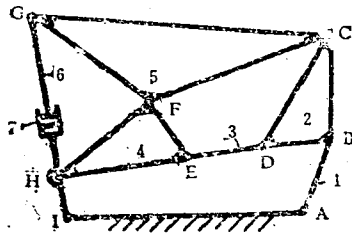


图 1

角度或伸缩长度) 已知, 所以在转化过程中可将组成作动副的两杆看成一个变长度或变角度的杆。

以图 1 所示含有作动副的复杂机构为例作一说明。如将组成作动筒的两杆 6 和 7 看成一个变长度杆 6-7, 则在已知作动筒的伸缩距离下, 可将原机构看成一个自由度为零的复杂杆组。由于该杆组中所含边数最少的封闭形为三角形 $G H F$, 所以如将变长度杆 6-7 看为连架输入杆, 则杆组可转化成下列单自由度双杆组机构:

虚拟输入杆 6-7 + 双杆组 (4, 5) + (2, 3) (拆除杆 1 时)

虚拟输入杆 6-7 + 双杆组 (4, 5) + (2, 1) (拆除杆 3 时)

这里, 利用第一种转化双杆组机构来进行原机构的运动分析, 将因被拆除的杆 1 为连架杆而显得简便一些。

二、位置分析

用假想的拆杆拆副法作平面多杆复杂机构的位置分析时, 常见的情况是只需拆除一杆, 但也有需要拆除两杆或拆除一个低副的情况。在平面机构中, 如拆除一个两副杆及有关的两个低副, 则原机构将减少一个约束而增加一个自由度; 如拆除不相邻的两个两副杆及有关的四个低副或只拆除一个连接多副杆的低副, 则原机构将减少两个约束而增加两个自由度。

(1) 假想拆除一杆

以图 2 所示六杆机构为例, 其中杆 1 为输入杆。显然, 无论拆除杆 5 或杆 4, 都可将原单自由度六杆复杂机构转化成双自由度双杆组机构, 但从便于进行运动分析着眼, 采取假想拆除滑块 5 的方案。又随着虚拟运动参数为 θ_1 或 θ_2 的不同, 双杆组可取为 (2, 3) 或 (3, 4)。现假设虚拟 θ_1 而取双杆组 (2, 3), 则在给定输入角 θ_1 下, F 点运动的坐标将随虚拟的 θ_1 值而变。图 3 示出了纵坐标在某区间的单调变化曲线 $y_F = y_F(\theta_1, \theta_4)$ 。但是从 F 点位于滑块 5 上来看, 在滑块运动过程中 F 点的纵坐标恒为定值 y_F 。因此, 如虚拟的 θ_1 值适能使 F 点的纵坐标遵从几何等同条件

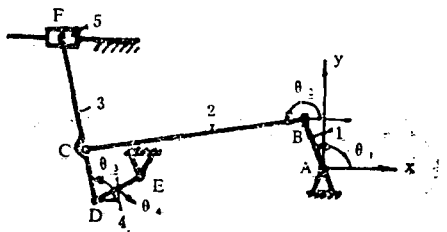


图 2

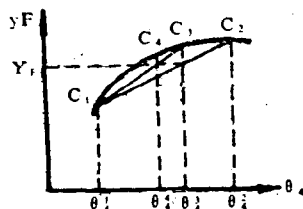


图 3

$$y_F(\theta_1, \theta_4) = y_F$$

(1)

则即得 θ_1 的真实值。实际上, 这只能逐步逼近而满足精度要求。

具体进行时, 可采用逼近较快的线性内插法或称弦切法 (图 3)。对拆除滑块 5 的双自由度双杆组机构, 先按输入角 θ_1 用图解或目测给出初值 θ_1^0 , 由单杆子程序求出 B 点及 D 点的坐标, 然后对双杆组 BCD 调用 RRR 双杆组子程序求出 θ_2 、 θ_3 , 接着算出 F 点的相应纵

坐标 y_F 。继续按一定步长 $\Delta\theta_4$ (对有图解初值时宜取较小步长 $2\sim 3^\circ$, 无图解初值时可取较大步长) 反复搜索而得一个较真实值 y_F 为大而另一个较 y_F 为小的两值 y_F^I (C_2 点) 和 y_F^I (C_1 点), 其相应角度为 θ_4^I 和 θ_4^I 。此时搜索结束, 采用直线两点式计算线性内插值:

$$\theta_4^I = \theta_4^I + \frac{y_F - y_F^I}{y_F^I - y_F^I} (\theta_4^I - \theta_4^I) \quad (2)$$

由 θ_4^I 求得相应的 y_F^I (C_3 点), 若 $y_F^I > y_F$, 可抛去 C_2 点, 由 C_1C_3 连线可确定 θ_4^I , 否则抛去 C_1 , 由 C_2C_3 连线确定 θ_4^I , 如此继续下去可以很快逼近到 y_F 值, 此时所对应的 θ_4 即为精确值。

由于曲线 $y_F = y_F(\theta_1, \theta_4)$ 的形态未知, 故必须考虑曲线是单凸或单凹, 是单调增加或单调减少等情况。在搜索中还必须考虑 θ_4 的初值过大或过小, 搜索步长过大或过小, 搜索方向是否对头以及何时反向搜索等问题。图 4 (略) 示出了考虑以上因素的线性内搜法程序框图, 图中 $L3(1)$ 、 $L3(2)$ 分别表示杆长 l_{CD} 、 l_{FD} , CT 表示 θ , DC 表示步长 $\Delta\theta$, IP 为计算精度要求, J 、 K 为搜索时跨越精确值 y_F 的标识符, P 为收缩搜索区间的标识符, T 、 Q 为反向搜索标识符, I 为搜索次数。

当图 2 所示六杆机构的已知数据为 $L1=200$, $L2=970$, $L3(1)=294$, $L3(2)=620$, $L4=370$, $XE=-600$, $yE=-187$, $yF=203$, $CT(1)=300$ 时, 取 θ_4 的初值及步长为 $CT(4)=208$ 及 $DC=10$, 按框图 (略) 程序进行搜索逼近的 y_F 值相继为:

237.2057 194.4299 203.3315 203.0037 203.0000

由此可见, 线性内插法的收敛速度是够快的, 逼近 5 次即达到了误差小于 0.0001 的精度。得 θ_4 的精确值 $\theta_4=218.0719^\circ$ 后, 即可确定图示机构其它各杆的位置。

(2) 假想拆除两杆或拆除一副

在个别平面多杆复杂机构中, 需要假想拆除两个不相邻的杆件或拆除某一低副, 才能使原机构转化成多自由度双杆组机构。以图 5 所示八杆机构为例, 其中杆 1 为输入杆。通过拆杆拆副法将该机构转化成双杆组机构的方案很多, 但有的方案含有一个双杆组, 而有的方案则含有两个双杆组。如假想拆除杆 3 和杆 6 则可得含有一个双杆组的三自由度机构; 如假想拆除一个转动副 (如 E 、 D 、 I 、 H 或 A) 将得到含有两个双杆组的三自由度机构。下面就假想拆除杆 3 和杆 6 的简单情形进行原机构的位置分析。

取 θ_2 及 θ_5 为虚拟运动参数, 则 B 、 F 两点的坐标分别随 θ_2 、 θ_5 变化而 C 、 G 两点的坐标均为 θ_2 、 θ_5 两者的函数。拆除杆 3 和杆 6 后应遵从的几何等同条件为:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2} &= l_{BC} = L_{BC} \\ \sqrt{(x_F - x_G)^2 + (y_F - y_G)^2} &= l_{FG} = L_{FG} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中 L_{BC} 及 L_{FG} 为原机构中杆 3 和杆 6 的真实杆长。

实际上这两个几何等同条件只能逐步逼近。为了求解满足精度要求的 θ_2 、 θ_5 值, 可取误差的平方和作为优化的目标函数即

$$\min F(\theta_2, \theta_5) = [(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 - L_{BC}^2] + [(x_F - x_G)^2 + (y_F - y_G)^2 - L_{FG}^2] \quad (4)$$

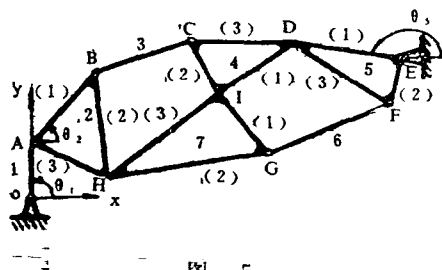


图 5

这是一个双变量的优化问题, 可用坐标轮换法或单纯形法进行。在本文中, 为了统一方法, 特将上述线性内插法推广应用如下:

首先固定一个角度如 θ_2 , 而对另一角度如 θ_5 进行改革搜索并调用双杆组预子序等计算相应的 l_{BC} (或 l_{FG}), 只要出现两值分布于目标值 L_{BC} (或 L_{FG}) 的两侧, 即可用线性内插法开始逼近, 逼近过程中逐次修改 θ_5 值, 最后使 l_{BC} 值与真实值 L_{BC} 的误差小于预定值, 这样即求得了满足 L_{BC} 的一组 θ_2 、 θ_5 值。记下此时相应的 l_{FG} 值, 因此时的 θ_2 、 θ_5 值并非真实值, 故 l_{FG} 与 L_{FG} 必有误差。根据两组 θ_2 、 θ_5 值求出的 l_{FG} 与真实值 L_{FG} 的误差情况, 再次采用内插法, 即若相邻两次的 l_{FG} 值分布在 L_{FG} 的两侧, 则用内插法计算新 θ_2 对应的 θ_5 和 l_{FG} 值, 这样不断逼近直到求得完全满足 L_{BC} 、 L_{FG} 的 θ_2 和 θ_5 值为止。图 6 是上述双重内插法的原理图, 在上半部省略了内插法的过程。

当图 5 所示机构的已知数据如表 1 所示时, 取初值 $\theta_2 = 55^\circ$ 及 $\theta_5 = 175^\circ$ 进行搜索内插, 最后得出精确值为 $\theta_2 = 60.17412^\circ$, $\theta_5 = 176.35043^\circ$ 。为了验证双重内插法的有效性, 对其它初值也进行了计算, 当 θ_2 取为 $51^\circ \sim 75^\circ$, θ_5 从 172° 开始, 用该方法均可逼近精确的 θ_2 、 θ_5 值, 各次计算的误差均不大于 0.001° 。求出 θ_2 、 θ_5 以后, 可由程序得知其它各杆的位置。

表 1

CT(1) = 90	CT(2) = 65	CT(5) = 175
L1 = 50	L3 = 54	L6 = 42.6
L2(1) = 56.3	L2(2) = 61.4	L2(3) = 41.2
L4(1) = 51.2	L4(2) = 49	L4(3) = 58.8
L5(1) = 60.2	L5(2) = 36	L5(3) = 63.6
L7(1) = 29	L7(2) = 104.4	L7(3) = 87.5
A2(1) = 40	A2(2) = 62.3	A2(3) = 77.5
A4(1) = 72.5	A4(2) = 55.3	A4(3) = 52.3
A5(1) = 78.5	A5(2) = 67.6	A5(3) = 33.7
A7(1) = 48	A7(2) = 14.3	A7(3) = 107.7
XE = 180	YE = 134.5	

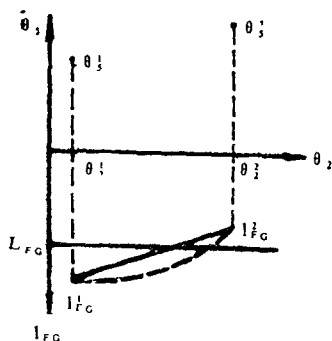


图 6

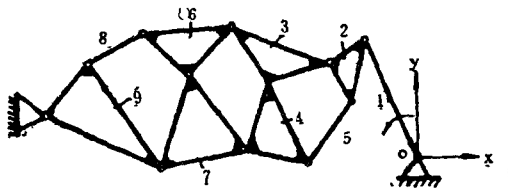


图 7

对于图 5 所示机构, 如假想拆除一个转动副 I 并仍取 θ_2 、 θ_5 为虚拟运动参数, 则应遵从的几何等同条件成为: 无论由双杆组 (3, 4) 或 (6, 7) 得出 I 点的坐标应该等同, 即

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_1(3, 4) - x_1(6, 7) = 0 \\ \Delta y &= y_1(3, 4) - y_1(6, 7) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

对此, 利用双重内插法进行逼近时, 式 (2) 应改取下列形式:

$$\theta^{\text{II}} = \theta^{\text{I}} + \frac{-\Delta x^{\text{I}}}{\Delta x^{\text{II}} - \Delta x^{\text{I}}} (\theta^{\text{II}} - \theta^{\text{I}}) \quad (6)$$

$$\text{或} \quad \theta^{\text{II}} = \theta^{\text{I}} + \frac{-\Delta y^{\text{I}}}{\Delta y^{\text{II}} - \Delta y^{\text{I}}} (\theta^{\text{II}} - \theta^{\text{I}}) \quad (7)$$

式中 Δx^{II} 与 Δx^{I} 异号, Δy^{II} 与 Δy^{I} 也异号。由于要计算两个双杆组, 假想拆除一副的做法对图 5 所示机构不宜采用。

只能拆除一副及只能拆除两杆才能将原机构转化为双杆组机构的示例, 如图 7 及图 8 所示。图 7 所示为以杆 1 输入运动的单自由度十杆机构, 对该机构只能通过假想拆除杆 9 与机架或杆 2 与杆 1 之间的一个转动副, 才能转化为双杆组机构。图 8 所示为以杆 1 输入运动的单自由度二十二杆机构, 对该机构只能通过假想拆除两杆而且一为杆 7 或杆 9、另一为杆 15 或杆 16 或杆 18, 才能转化为双杆组机构。对图 7、8 所示机构同样可用双重内插法进行位置分析。

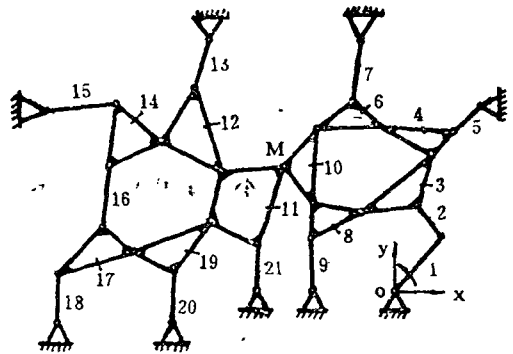


图 8

三、速度和加速度分析

与前述位置分析一样, 作速度或加速度分析时第一步仍是利用转化双杆组机构应遵从的运动等同条件将虚拟的速度或加速度求出, 然后应用线性叠加法则即可很方便地算出其余的速度和加速度。

(1) 假想拆除一杆

仍以图 2 所示六杆机构为例进行分析。在给定输入杆运动 θ_1 、 $\dot{\theta}_1$ 、 $\ddot{\theta}_1$ 下, 杆 4 有虚拟运动 θ_4 、 $\dot{\theta}_4$ 、 $\ddot{\theta}_4$, 但按式 (1) 知 $\dot{\theta}_4$ 及 $\ddot{\theta}_4$ 的真实值应满足 $\dot{y}_F = 0$ 及 $\ddot{y}_F = 0$ 的条件。

对假想拆杆后的二自由度双杆组机构, 由于 $y_F = y_F(\theta_1, \theta_4)$, 故求导后有

$$\dot{y}_F = \frac{\partial y_F}{\partial \theta_1} \dot{\theta}_1 + \frac{\partial y_F}{\partial \theta_4} \dot{\theta}_4 \quad (8)$$

$$\ddot{y}_F = \left(\frac{\partial y_F}{\partial \theta_1} \ddot{\theta}_1 + \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_1^2} \dot{\theta}_1^2 + 2 \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_1 \partial \theta_4} \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_4 + \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_4^2} \dot{\theta}_4^2 \right) + \frac{\partial y_F}{\partial \theta_4} \ddot{\theta}_4 \quad (9)$$

为了利用双杆组子程序求解, 可先令 $\dot{\theta}_4 = 0$ 而 $\dot{\theta}_1$ 为给定值, 求出相应的 F 点速度 $\dot{y}_F'$, 即 $\dot{y}_F' = \frac{\partial y_F}{\partial \theta_1} \dot{\theta}_1$ 。再令 $\dot{\theta}_1 = 0$ 而 $\dot{\theta}_4 = 1$, 算出速度 $\dot{y}_F'' = \frac{\partial y_F}{\partial \theta_4}$ 。于是按条件 $\dot{y}_F = 0$ 可写出

$$\begin{aligned} \dot{y}_F' + \dot{y}_F'' \dot{\theta}_4 &= 0 \\ \dot{\theta}_4 &= -\dot{y}_F' / \dot{y}_F'' \end{aligned} \quad (10)$$

或

求加速度 $\ddot{\theta}_4$ 时, 可先令 $\ddot{\theta}_4 = 0$, 取 $\dot{\theta}_1$ 、 $\dot{\theta}_4$ 、 $\ddot{\theta}_1$ 为实际值, 通过双杆组子程序求出 $\ddot{y}_F = \left(\frac{\partial y_F}{\partial \theta_1} \dot{\theta}_1 + \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_1^2} + 2 \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_1 \partial \theta_4} \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_4 + \frac{\partial^2 y_F}{\partial \theta_4^2} \dot{\theta}_4^2 \right)$ 。由于 $\dot{y}_F = \frac{\partial y_F}{\partial \theta_4}$ 已经求出, 故由条件 $y_F = 0$ 得

$$\begin{aligned} \ddot{y}_F + \dot{y}_F \dot{\theta}_4 &= 0 \\ \ddot{\theta}_4 &= -\dot{y}_F / \dot{y}_F' \end{aligned} \quad (11)$$

对图 2 所示机构, 如给定 $\dot{\theta}_1 = 30$ 弧度/秒、 $\dot{\theta}_4 = 0$ 则通过上述计算结果得 $\ddot{\theta}_4 = -0.3397$ 弧度/秒, $\ddot{\theta}_4 = -9.8017$ 弧度/秒²。

对转化的二自由度双杆组机构, $\dot{\theta}_4$ 及 $\ddot{\theta}_4$ 求出后, 其余速度及加速度即易按线性叠加法直接算出, 例如求图 2 所示机构 C 点的速度及加速度时, 可利用下列式子:

$$\dot{x}_C = \dot{x}_C' + \ddot{x}_C'' \theta_4, \quad \dot{y}_C = \dot{y}_C' + \ddot{y}_C'' \dot{\theta}_4 \quad (12)$$

$$\ddot{x}_C = \ddot{x}_C' + \ddot{x}_C'' \ddot{\theta}_4, \quad \ddot{y}_C = \ddot{y}_C' + \ddot{y}_C'' \ddot{\theta}_4 \quad (13)$$

式中 $\dot{x}_C'$ 、 $\ddot{x}_C'$ 、 $\dot{y}_C'$ 、 $\ddot{y}_C'$ 及 $\ddot{x}_C''$ 、 $\ddot{y}_C''$ 系表示分别在求 $\dot{y}_F'$ 、 $\ddot{y}_F'$ 及在求 $\ddot{y}_F''$ 时, 一起利用双杆组子程序求出的各量。

(2) 假想拆除两杆或拆除一副

取图 4 所示八杆机构为例, 拆除杆 3 和杆 6 应遵从的速度和加速度等周条件将各有两个。这些条件可以从式 (3) 求导得出为

$$\left. \begin{aligned} (x_B - x_C)(\dot{x}_B - \dot{x}_C) + (y_B - y_C)(\dot{y}_B - \dot{y}_C) &= 0 \\ (x_F - x_G)(\dot{x}_F - \dot{x}_G) + (y_F - y_G)(\dot{y}_F - \dot{y}_G) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} (\dot{x}_B - \dot{x}_C)^2 + (\dot{y}_B - \dot{y}_C)^2 + (x_B - x_C)(\ddot{x}_B - \ddot{x}_C) + (y_B - y_C)(\ddot{y}_B - \ddot{y}_C) &= 0 \\ (\dot{x}_F - \dot{x}_G)^2 + (\dot{y}_F - \dot{y}_G)^2 + (x_F - x_G)(\ddot{x}_F - \ddot{x}_G) + (y_F - y_G)(\ddot{y}_F - \ddot{y}_G) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

由转化的三自由度双杆组机构可写出:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_B &= \dot{x}_B' + \ddot{x}_B'' \dot{\theta}_2 + \ddot{x}_B'' \dot{\theta}_5 \\ \dot{y}_B &= \dot{y}_B' + \ddot{y}_B'' \dot{\theta}_2 + \ddot{y}_B'' \dot{\theta}_5 \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_B &= \ddot{x}_B' + \ddot{x}_B'' \ddot{\theta}_2 + \ddot{x}_B'' \ddot{\theta}_5 \\ \ddot{y}_B &= \ddot{y}_B' + \ddot{y}_B'' \ddot{\theta}_2 + \ddot{y}_B'' \ddot{\theta}_5 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

式中 $\dot{x}_B'$ 、 $\dot{y}_B'$ ……系令 $\dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_5 = 0$ 但 $\dot{\theta}_1$ 为给定值时求出点 B、……的速度;

$\ddot{x}_B'$ 、 $\ddot{y}_B'$ ……系令 $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_5 = 0$ 但 $\dot{\theta}_2 = 1$ 时求出点 B、……的速度;

$\ddot{x}_B''$ 、 $\ddot{y}_B''$ ……系令 $\dot{\theta}_1 = \dot{\theta}_2 = 0$ 但 $\dot{\theta}_5 = 1$ 时求出点 B、……的速度;

$\ddot{x}_B'$ 、 $\ddot{y}_B'$ ……系令 $\dot{\theta}_2 = \dot{\theta}_5 = 0$ 但 $\dot{\theta}_1$ 、 $\dot{\theta}_1$ 、 $\dot{\theta}_2$ 、 $\dot{\theta}_5$ 均取已知值时求出点 B、……的加速度。

将式 (16) 代入 (14) 可得两个有关 $\dot{\theta}_2$ 及 $\dot{\theta}_5$ 的线性方程式。 $\dot{\theta}_2$ 、 $\dot{\theta}_5$ 解出后, 再通过双杆组子程序将 $\ddot{x}_B'$ 、 $\ddot{y}_B'$ 、……算出后, 由式 (15) 及 (17) 可得求解 $\ddot{\theta}_2$ 、 $\ddot{\theta}_5$ 的两个线性方程式。不难看出, 对假想拆除两杆才能进行速度和加速度分析的平面多杆机构, 只需经过四次调用双杆组子程序, 即可全部解出实际的速度和加速度。

至于假想拆除一副的速度和加速度分析, 也可仿上进行, 但与原机构一致的速度和加速度等周条件应由式 (5) 导出。

四、结 束 语

本文所述基于双杆组运动分析的拆杆拆副法,概念简明,适用性广,便于在微机上运算。平面多杆机构不管组成上如何复杂,也不管如何输入运动,均可通过杆拆拆副法转化为便于分析的双杆组机构。在位置分析中应用线性内插法既有较快收敛速度,又有足够计算精度。在速度和加速度分析中,充分利用线性叠加法则可使计算得到进一步简化。至于拆杆拆副法和线性叠加法则在平面多杆复杂机构力分析中的应用,可参考文^[6]。总之,拆杆拆副法已发展成为平面多杆复杂机构分析中最为通用有效的方法。

参 考 文 献

- [1] 曹惟庆, 多杆多自由度机构的运动分析, 陕西机械学院学报, 3 (1980)。
- [2] 黄真, 平面多杆机构位置问题的杆长逼近法, 机械工程学报, 2 (1981)。
- [3] 天津大学等六院校合编, 机械原理(上册), 人民教育出版社, (1979)。
- [4] Baigunchikov Z. Z., Dzholdasbekov U. A. Kinematics and Dynamics of Multi-contour High Class Mechanism, Sixth world Congress on TMM, (1983)。
- [5] Yang Tingli, A Method of Kinematic Analysis by Arbitrarily Prescribed Input & Its Application to Planar Multi-Loop Chains, Sixth World Congress on TMM, (1983)。
- [6] Zhang Qixian, Dang Zugi, Simplified Force Analysis of Multi-Loop Planar Mechanisms, Fourth IFTOMM International Symposium on Linkages and CAD Methods, (1985)。

KINEMATIC ANALYSIS OF PLANAR MULTI-LINK COMPLEX MECHANISMS VIA METHOD OF DISSCONNECTING CERTAIN LINKS & PAIRS

Wu Ruixiang Zhang Qixian

ABSTRACT

Any planar multi-link non-dyad complex mechanism can be transformed into dyad mechanism with increasing number of degrees-of-freedom by the method of imaginarily disconnecting certain links and pairs. According to the geometric identity conditions established for the transformed dyad mechanism, the position analysis of the original mechanism can be carried out with high accuracy via successive linear interpolation. According to the velocity and acceleration identity conditions, the velocity and acceleration analysis of the original mechanism is easy to accomplish via the principle of linear superposition. This method of kinematic analysis is quite easy and general. In the paper two examples are given to show the effectiveness of the method.