

文章编号: 1005—8893 (2001) 03—0009—04

平面机构分析与尺度综合方法的选择^{*}

胡爱萍, 沈惠平

(江苏石油化工学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 利用计算机绘图软件和编程软件应用, 对平面机构分析与尺度综合方法的选择进行了探讨。介绍了根据具体情况选择何种方法既方便快捷, 又能保证平面机构分析与尺度综合的精度, 供从事机械设计与研究的同行参考。

关键词: 机构; 分析; 综合; 方法

中图分类号: TH 112

文献标识码: A

平面机构分析与尺度综合的方法主要有解析法和图解法。在什么情况下用图解法? 在什么情况下用解析法? 目前, 不仅在教科书中, 而且可能在很多从事机械设计与研究的人的头脑中, 仍然是传统观念, 认为图解法精度低, 只能用于简单机构的分析与尺度综合, 对于需要获得精确解的较高精度机构的分析与尺度综合, 只能用解析法而不能用图解法。但随着计算机绘图软件如 AutoCAD 绘图软件的应用, 这又可能使得一些人不分应用场合, 认为只要利用 AutoCAD 绘图软件, 用图解法进行机构分析与尺度综合总可以获得精确解, 而且总是非常方便快捷。事实究竟如何? 作者进行了探讨。目的是为了从事机械设计与研究的同行能根据具体情况, 选择合适的平面机构分析与尺度综合方法, 达到既方便快捷, 又能保证平面机构分析与尺度综合精度的目的。

1 平面机构尺度综合方法的选择

平面机构尺度综合一般有连杆机构尺度综合和凸轮机构尺度综合。

1.1 连杆机构尺度综合问题

选择 AutoCAD 绘图软件用图解法进行, 可达到既好又快的效果。因为用 AutoCAD 绘图软件,

用图解法进行平面连杆机构的尺度综合, 精度可得到保证, 与解析法相同, 完全可以由设计人员根据实际机构精度要求, 自行设定尺度综合精度。但比解析法方便快捷得多, 而且形象直观, 还可以和其他 CAD 系统或 CAM 系统进行数据交换。以例 1 为例, 可以看出用 AutoCAD 图解法进行平面连杆机构的尺度综合, 精度与解析法相同, 但比解析法要方便快捷得多。

例 1 在图 1 (a) 所示的铰链四杆机构中, 已知连杆平面上两点 M 、 N 的三个位置: $x_{M1} = 10 \text{ mm}$, $y_{M1} = 32 \text{ mm}$, $\varphi_1 = 52^\circ$; $x_{M2} = 36 \text{ mm}$, $y_{M2} = 39 \text{ mm}$, $\varphi_2 = 29^\circ$; $x_{M3} = 45 \text{ mm}$, $y_{M3} = 24 \text{ mm}$, $\varphi_3 = 0^\circ$ 。两固定铰链中心的位置坐标为 $A(0, 0)$ 和 $D(63, 0)$ (单位 mm)。试求连杆 BC 及两连架杆 AB 、 CD 的长度。

对例 1 若用解析法求解, 一般是建立固定坐标系 xOy 和动坐标系 $Mx'y'^{[1]}$, 如图 1 (a) 所示, 利用连杆铰链中心 B 、 C 两点分别在固定坐标系和动系中的坐标变换关系列出方程, 再根据机构运动过程中两连架杆长度不变的条件列出方程, 然后联列方程求解出连杆其中一个位置两铰链中心 B 、 C 在固定坐标系中的坐标值, 求解出 B 、 C 两点坐标值后, 再通过求两点间的距离, 求出连杆 BC 及两连架杆 AB 和 CD 的长度。其求解比较麻烦, 除非采用现成的计算机程序。而用 AutoCAD 绘图

* 收稿日期: 2001—06—21

作者简介: 胡爱萍 (1957—), 女, 浙江长兴人, 副教授, 主要从事机械设计方面的研究。

软件, 用图解法求解, 非常方便快捷, 其求解步骤 如下:

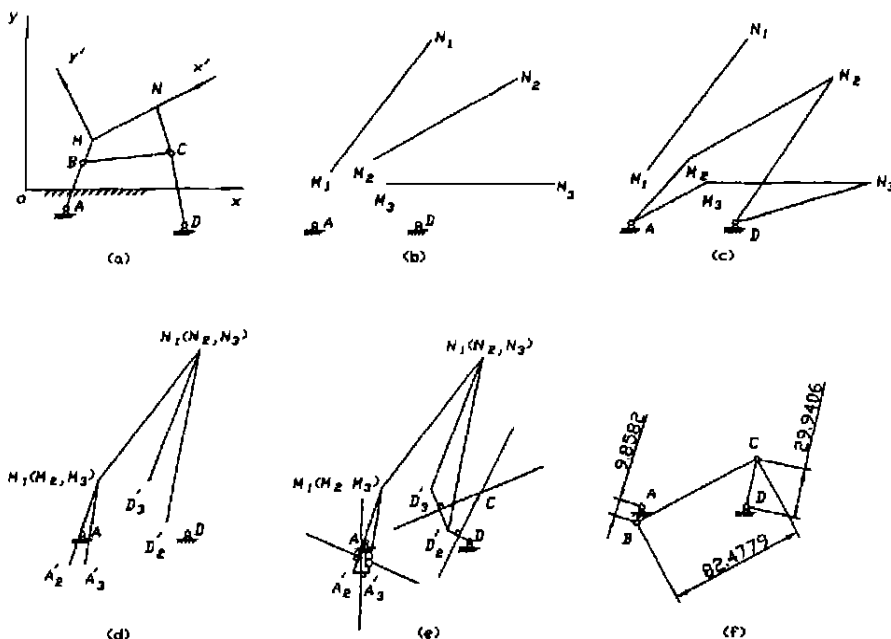


图 1 平面机构尺度综合

(1) 进入 AutoCAD 绘图环境, 设置绘图界和显示精度。

AutoCAD 的绘图界限不受限制, 可根据实际情况随意设置多大, 这正是利用 AutoCAD 绘图的优点之一, 可以用 1:1 绘图^[3], 而不象手工绘图受纸张边缘限制, 还需计算作图比例。AutoCAD 系统的计算精度采用双精度, 十四位有效数。一般情况, 机构的尺度综合精度不需要这么高, 可根据实际机构精度要求, 设定机构尺度综合时小数点后的有效位数, 即要求 AutoCAD 显示的精度。本例显示精度设置为保留四位小数。

(2) 用 UCS 命令, 将坐标原点设在自己喜欢的位置 (若不设定, 缺省的坐标原点位置在屏幕左下角), 根据已知 A 、 D 的坐标值, 用画圆命令, 或将点样式设置为小圆圈样式, 用画点命令画出 A 、 D 两点, 再任取一长度为 MN 长度, 根据已知条件 x_{M1} 、 y_{M1} 、 φ_1 , x_{M2} 、 y_{M2} 、 φ_2 和 x_{M3} 、 y_{M3} 、 φ_3 , 由画直线命令画出连杆三个位置 M_1N_1 、 M_2N_2 、 M_3N_3 , 如图 1 (b) 所示。

(3) 利用目标捕捉功能和画直线命令, 连接 AM_2 、 DN_2 和 AM_3 、 DN_3 , 如图 1 (c) 所示。

(4) 用目标捕捉功能和图形编辑中的移动及旋转命令, 将四边形 AM_2N_2D 和 AM_3N_3D 旋转到 M_2N_2 、 M_3N_3 与 M_1N_1 重合, 得 A_2 、 A_3 的转位点 A'_2 、 A'_3 和 D_2 、 D_3 的转位点 D'_2 、 D'_3 。如图

1 (d) 所示。

(5) 用目标捕捉功能和画直线命令画线段 AA'_2 、 $A'_2A'_3$ 和 DD'_2 、 $D'_2D'_3$, 再用构造线命令中的 Bisect 选项, 作 AA'_2 、 $A'_2A'_3$ 和 DD'_2 、 $D'_2D'_3$ 的垂直平分线, 得交点 B 、 C , 如图 1 (e) 所示。

(6) 用画圆或画点命令和目标捕捉功能, 在 B 、 C 处画出小圆代表铰链, 将代表铰链的四个小圆以及机架符号移到和其他线条不在同一层上, 关闭或冻结其他线条所在的层, 使它们成为不可见 (当然也不能被输出), 此时屏幕上只有 A 、 B 、 C 、 D 四个小圆圈和机架符号, 图面清晰。用画直线命令和目标捕捉功能连接 A 、 B 、 B 、 C 和 C 、 D , 并用标注命令标出 AB 、 BC 和 CD 的长度, 此时系统自动测出它们的长度如图 1 (f) 所示。系统测出的 AB 、 BC 和 CD 的长度单位与前面输入的 M 、 N 、 A 、 D 点的坐标单位相同为 mm。

以上六步是对刚体导引问题尺度综合的求解, 操作起来非常方便快捷, 而且形象直观, 还可以与其他 CAD 或 CAM 系统进行数据交换。对实现预定运动规律问题尺度综合的求解, 也同样具有这些优点。

1.2 平面凸轮机构的尺度综合问题

若选择 AutoCAD 绘图软件, 用图解法进行,

则达不到和解析法完全相同的精度。因为用解析法求从动件位移曲线和凸轮轮廓曲线, 是通过编程由计算机来计算^[1,2], 步长(即凸轮转过的微小角度)可以给得很小。而用 AutoCAD 软件, 用图解法求解时, 步长不可能太小, 否则作图太麻烦, 在每个等分点上用 AutoCAD 作从动件的位移可以作精确, 但由每个等分点连成位移曲线是 AutoCAD 拟合的曲线, 在任意两等分点之间, 拟合曲线上的从动件位移和解析法算出的相应位移存在误差, 但这个误差比手工作图要小。

2 平面机构分析方法的选择

平面机构分析有运动分析和力分析, 大多数情况是要分析机构在一个运动循环过程中的运动和受力情况, 但有时也只需分析机构某一两个特殊位置的运动和受力情况。

2.1 分析一个运动循环中的运动和受力

对分析机构在一个运动循环过程中的运动和受力情况, 应选用解析法。因为理论上用图解法, 可先作出机构一个运动循环相应的位移曲线(用 AutoCAD 作位移曲线还是很方便的), 再用图解微分求出速度曲线, 对速度曲线图解微分, 可求出加速度曲线。但事实上, AutoCAD 对除圆以外的曲线, 不能作过曲线上某一点的切线^[3], 故不能用图解微分法进行运动分析。只能按照作机构一个运动循环过程中的一系列位置图, 再作与位置图相应的速度图、加速度图和受力图, 来进行运动和受力分析, 这样反复作图太麻烦, 所以应选用解析法。虽然解析法求解计算式往往比较麻烦, 但通过编程由计算机来计算多个位置的运动情况却非常快。若有现成的运动分析或力分析软件, 那就更容易了。

2.2 只分析一两个特殊位置的运动或受力

若只需分析机构某一两个特殊位置的运动或受力情况, 则应选用 AutoCAD 图解法进行。因为只要求解机构一两个特殊位置的运动或受力情况, 若用解析法, 虽然计算工作量不大, 只要计算一两个位置的运动或受力情况, 但也得花很多时间去求解解析计算式, 因为计算机只能帮助计算而不能帮助求解解析计算式, 而用 AutoCAD 绘图软件, 用图解法进行, 非常方便快捷, 求解精度和解析法完全相同。以例 2 为例, 可以看出图解法既精确又方便快

捷。

例 2 在图 2 (a) 所示的机构中, 已知 $l_{AE}=70\text{ mm}$, $l_{AB}=40\text{ mm}$, $l_{EF}=60\text{ mm}$, $l_{DE}=35\text{ mm}$, $l_{CD}=75\text{ mm}$, $l_{BC}=50\text{ mm}$, 原动件以等角速度 $\omega_1=10\text{ rad/s}$ 回转, 试求点 C 在 $\varphi_1=50^\circ$ 时的速度 \vec{v}_c 和加速度 \vec{a}_c 。

对例 2 若用解析法求解, 如建立直角坐标系的 x 、 y 轴如图 2 (a) 所示。需要用两个封闭矢量图形 $ABCDE$ 和 AFE , 建立两个封闭矢量方程, 求 \vec{v}_c 和 \vec{a}_c 比较麻烦^[1,2]。而用 AutoCAD 求解却很方便, 其步骤如下:

(1) 进入 AutoCAD 绘图环境, 设置绘图界限和显示精度(本题显示精度设置为保留四位小数)。

(2) 按 1:1 画出机构位置图, 并利用目标捕捉功能和标注命令得到 AF 长度, 如图 2 (a) 所示。

(3) 由机构位置图, 按 1:1 画出速度图、加速度图, 如图 2 (b)、(c) 所示。

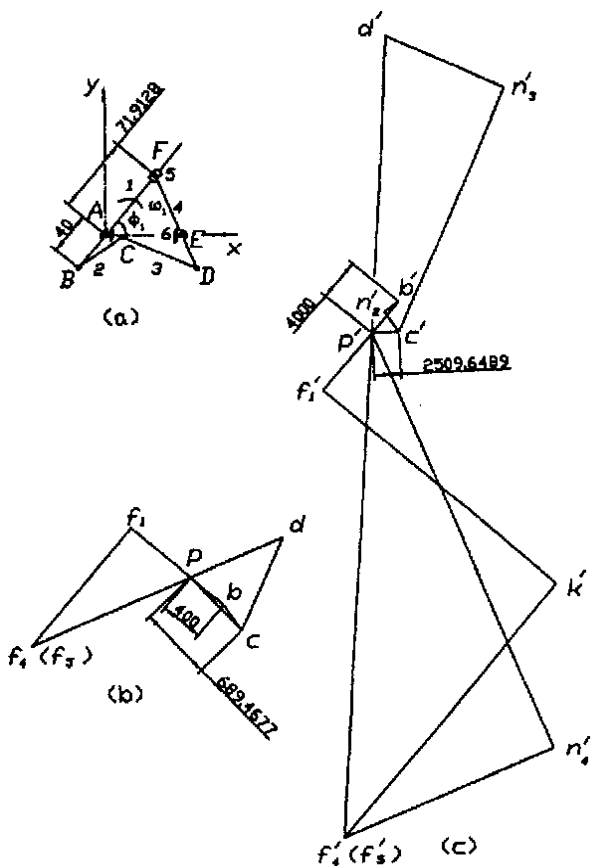


图 2 平面机构运动分析

用手工作速度图、加速度图时, 需用三角板仔細画垂线, 推平行线等, 既麻烦又不精确, 而 AutoCAD 不仅可以方便精确地捕捉垂足, 画平行线, 而且还可以复制、旋转、移动所画出的任意线, 以

及任意改变某线长使其等于所需长度等等^[3]。所以作速度图和加速度图非常方便快捷。另外,为进一步方便作速度图和加速度图,不管实际机构原动件角速度 ω_1 为多大,均可按 $\omega_1 = 1 \text{ rad/s}$ 来作速度和加速度图。如例 2 中 $v_b = \omega_1 l_{AB}$, $a_B = \omega_1^2 l_{AB}$, 作速度和加速度图时可按 $\omega_1 = 1 \text{ rad/s}$ 考虑, 这样 $v_b = l_{AB}$, $a_B = l_{AB}$, 减少了作图过程中人工数字计算的工作量, 使作图更方便快捷。等到速度和加速度图都作完后, 在利用标注命令标出线长前, 将系统变量 DIMLFAC 值设为 ω_1 或 ω_1^2 (DIMLFAC 称为标注尺寸和实体尺寸的比例因子)^[4], 使得标出线长与实际 ω_1 相符合。如在标注速度图中线长前, 将 DIMLFAC 值设为实际值, 则 AutoCAD 系统会将自动测量出的所画线长乘以 ω_1 而后标注出乘积。同理在标注加速度图中线长前, 将 DIMLFAC 值设为实际的 ω_1^2 值, 则标注出的加速度线长为实际所画线长乘以 ω_1^2 。如图 2 中, 画图时虽然是按 $pb = p'b' = AB$ 来画的, 但系统自动标出的尺寸却是 $pb = AB$, $p'b' = AB$ 。

(4) 将 DIMLFAC 值给为 10 ($\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$), 用目标捕捉功能和标注命令标出 pc 长度, 得 $vc = pc = 689.4677 \text{ mm/s}$, 方向为 p 到 c 的方向。

(5) 将 DIMLFAC 值给为 100 ($\omega_1^2 = 100$), 用目标捕捉功能和标注命令标出 $p'c'$ 长度, 得 $ac =$

$p'c' = 2509.6489 \text{ mm/s}^2$, 方向为 p' 到 c' 的方向。

以上五步操作起来非常方便快捷, 求解精度和解析法完全相同, 对力分析也同样如此。而且还可以把求解出的结果与其他 CAD 或 CAM 系统进行数据交换。

3 结 论

平面机构分析与尺度综合, 对从事机械设计与研究的人来说经常遇到, 选择何种方法非常重要。方法选择得当, 既可确保机构分析与尺度综合的精度, 又可收到事半功半的效果。本文根据具体情况建议采用的平面机构分析与尺度综合的方法, 在实践中证明既可确保精度, 又方便快捷。

参考文献:

- [1] 郑文纬, 吴克坚. 机械原理 [M]. 第 7 版. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [2] 孙桓, 陈作模. 机械原理 [M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [3] 李启炎. 计算机绘图 (初级) [M]. 第 3 版. 上海: 同济大学出版社, 1999.
- [4] 李启炎. 计算机绘图 (中级) [M]. 上海: 同济大学出版社, 1999.

Choice of Method for Planar Mechanism Analysis and Measure Synthesis

HU Ai-ping, SHEN Hui-ping

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

Abstract: Based on the techniques of the application of computer software to drawing and coding program, this paper discusses the choice of method for planar mechanism analysis and measure synthesis. It discusses which method is better and more convenient and rapid, ensuring precision of planar mechanism analysis and measure synthesis under concrete conditions. It provides reference for the profession of mechanical design and study.

Key words: mechanism; analysis; measure; synthesis