

基于 SolidWorks 搅拌器机构运动分析与设计

杨晓华, 谢彩云, 冯玉华

(成都工贸职业技术学院/成都市技师学院, 四川 成都 611731)

[摘要] 为了解决传统的图解法、实验法和解析法作图复杂、计算工作量大,不能为工程技术人员提供很好的理论模型。利用速度瞬心法对搅拌器机构的角速度、线速度进行求解,运用 SolidWorks 装配体中的布局功能绘制搅拌器的机构草图,添加几何约束,尺寸参数设置完成搅拌器机构设计和瞬心定位。运用 SolidWorks 软件中的 Motion 功能对搅拌器构件的运动轨迹、角速度和构件上点的线速度进行仿真分析,验证 SolidWorks 软件中的 Motion 功能可以最佳满足平面连杆机构设计的三大类基本命题,为类似的设计要求提供参考和依据。

[关键词] SolidWorks 软件; 速度瞬心法; Motion 功能; 运动分析

[中图分类号] TP241

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2022)05-0010-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.05.003

0 引言

搅拌机构属于常见的平面四杆机构类型,平面四杆机构在机械设备中得到广泛应用,工程技术人员根据运动要求进行结构设计,在设计过程中需要对四杆机构开展运动分析。传统的三种方法有图解法、实验法和解析法都不够直观,作图复杂,计算工作量大,不能为工程技术人员提供很好的理论模型。计算机辅助设计软件能解决这个问题,比如 SolidWorks 软件的 Motion 模块,它能够快速高效的虚拟仿真构件的位置、构件上点的运动轨迹、构件的运动规律等。

1 搅拌器机构的工作原理

该搅拌器用于液体的混合,搅拌器机构的工作简图如图 1 所示。图中 AB 杆为曲柄、BC 为连架杆、CD 为摇杆、AD 为机架、CE 为搅拌头。主动件曲柄 AB 逆时针进行圆周针旋转,而构件 CD 只能做摆动,CE 杆运动路径为搅拌头的工作轨迹。

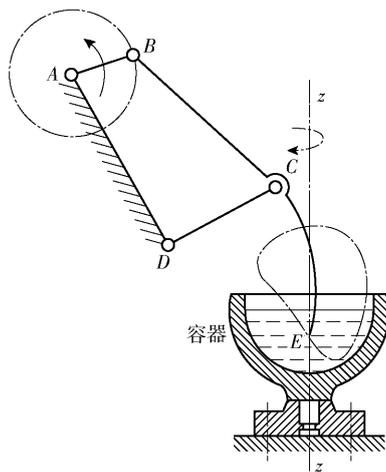


图 1 搅拌器机构工作简图

2 速度瞬心法介绍

在机械原理中经常用运动学方法解决机构几何学问题。速度瞬心法是这种方法的典型运用,该方法属于图解法,既灵活方便又直观简洁,是一种行之有效的有效的方法。

速度瞬心定义原则先确定直接接触构件的速度瞬心位置,再按“三心定理”确定非直接接触构件的速度瞬心位置。对于相隔两个及以上构件间非直接接触构件的速度瞬心位置确定的问题,图解法较为复杂,很难确保作图的精度。如何有效确定复杂机构的全部瞬心位置,是使用速度瞬心法进行复杂机构运动分析的关键。借助 SolidWorks 软件装配体中

[收稿日期] 2022-06-02

[作者简介] 杨晓华(1981—),女,四川仁寿人,大学本科,讲师,研究方向是机械制造及自动化。

[引用格式] 杨晓华,谢彩云,冯玉华.基于 SolidWorks 搅拌器机构运动分析与设计[J].有色设备,2022,36(5):10-13.

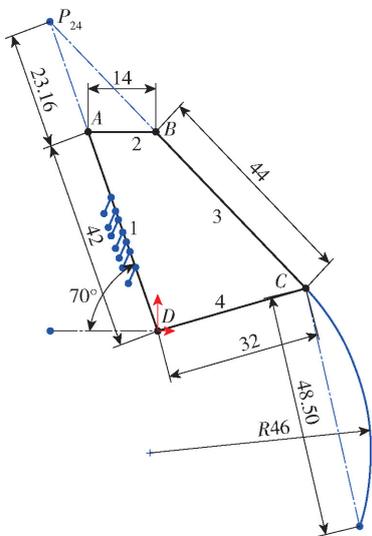
的布局功能绘图模块可以有效提高确定速度瞬心位置的效率还能确保作图精度。

3 搅拌机机构的角速度、线速度分析

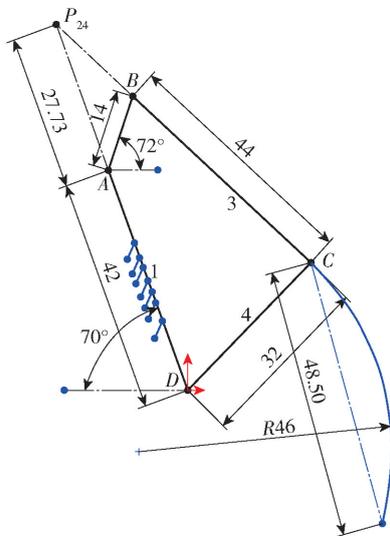
3.1 速度瞬心法求解搅拌机机构的角速度、线速度

3.1.1 在布局下创建搅拌机机构

搅拌机是一种曲柄摇杆机构。机构的数学模型



(a) 曲柄 AB 构件在 0° 时的作图



(b) 曲柄 AB 构件在 72° 时的作图

图 2 曲柄 AB 构件在不同位置的示意图

3.1.2 速度瞬心法求解 CD 构件的角速度、线速度

曲柄 AB 构件用电机驱动并且匀速运动,速度为 10 r/min 。曲柄 AB 构件在 0 s 时处于水平位置 0° 和当曲柄 AB 构件转动 1.2 s 时,曲柄以水平位置 0° 为参考,转动 72° 。试求曲柄 AB 构件在 0° 和 72° 时, AB、CD 构件的角速度和 B、C 点的线速度。利用 SolidWorks 布局的绘图功能作出搅拌机构件 AB (设为构件 2)、CD 构件 (设为构件 4) 的瞬心 (设为 P_{24})、瞬心位置及对应 A、B 点距离进行参数化标注,如图 2 所示。试运用瞬心法求 CD 构件的角速度及 C 点的线速度。

(1) 曲柄 AB 构件位于 0° 时, AB、CD 构件的角速度和 B、C 点的线速度。

① 曲柄 AB 构件角速度和 B 点的线速度

由于曲柄 AB 构件作匀速运动, AB 的直线对应的角速度、B 是点对应线速度在任何时刻角速度和线速度是相等的, 构件 AB 的角速度用 ω_1 表示, CD 构件的角速度用 ω_2 表示。

$$\omega_1 = \frac{10 \times 2 \times \pi}{60} = 1.0467 \text{ rad/s}$$

$AB = 14 \text{ mm}$ 、 $BC = 44 \text{ mm}$ 、 $CD = 32 \text{ mm}$ 、 $AD = 42 \text{ mm}$ 及构件的相对位置关系,如图 2 所示实线部分。点击“新建”选项卡,在弹出的对话框中单击“装配体”,再点“生成布局”利用布局模块“绘制工具条”按钮绘制搅拌机机构示意图并标注相应的构件尺寸。

$$V_B = \frac{10 \times 2 \times \pi}{60} \times 14 = 14.6533 \text{ mm/s}$$

② CD 构件的角速度及 C 点的线速度

解:由 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{P_{24}D}{P_{24}A}$ 可得

$$\omega_2 = \omega_1 \times \frac{P_{24}A}{P_{24}D} = 1.0467 \times \frac{23.16}{23.16 + 42} = 0.3720 \text{ rad/s}$$

$$V_C = \omega_2 \times CD = 0.3720 \times 32 = 11.904 \text{ mm/s}$$

(2) 曲柄 AB 构件位于 72° 时, CD 构件的角速度和 C 点的线速度。

解:由 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{P_{24}D}{P_{24}A}$ 可得

$$\omega_2 = \omega_1 \times \frac{P_{24}A}{P_{24}D} = 1.0467 \times \frac{27.73}{27.73 + 42} = 0.4162 \text{ rad/s}$$

$$V_C = \omega_2 \times CD = 0.4162 \times 32 = 13.3184 \text{ mm/s}$$

为对比研究,依次取曲柄 AB 在 1.8 、 2.4 、 3.0 、 4.2 、 5.4 s 时对应 CD 构件的角速度及 C 点的线速度,计算结果如表 1 所示。

表1 AB、CD 构件的角速度和 B、C 的线速度

AB 构件运动 时间/s	AB 构件转动 的角度/deg	AB 构件的角速 度/(rad/s)	B 点的线速度/ (mm/s)	CD 构件的 角速/deg	CD 构件的角速 度/(rad/s)	C 点的线速度/ (mm/s)
0	0	1.046 7	14.653 3	21.326 0	0.372 0	11.904
1.2	72	1.046 7	14.653 3	23.860 6	0.416 2	13.318 4
2.4	144	1.046 7	14.653 3	4.785 3	0.084 7	2.710 4
3.0	180	1.046 7	14.653 3	6.606 8	0.115 3	3.688 1
4.2	252	1.046 7	14.653 3	35.708 3	0.622 9	19.933 2
5.4	324	1.046 7	14.653 3	1.176 4	0.020 5	0.656 7

3.2 利用 SolidWorks 软件 Motion 功能运动仿真

利用 SolidWorks 软件中 Motion 功能,在 AB 杆件上添加旋转电机,电机转速为 10 r/min,设置动画时间为 6 s。在动画演示的过程中,AB 杆作周转、CD 杆摆动,进一步验证了此机构为曲柄摇杆机构。

3.2.1 “跟踪路径”分析搅拌器的运动轨迹

利用 SolidWorks 软件中 Motion 功能中的“跟踪路径”分析运动轨迹,可以完成平面连杆机构设计的三大类基本命题中两个任务满足预定的连杆位置要求和预定的轨迹。图解法是完成设计连杆位置、预定的轨迹的常用方法,但图解法作图比较繁杂,利用 SolidWorks 中 Motion 功能下面的“结果和图解”在弹出“结果”对话框中,选择“位移/速度/加速度”下方“跟踪路径”可直接生成轨迹,提高设计工作的效率。搅拌机机构的轨迹仿真如图 3 所示。

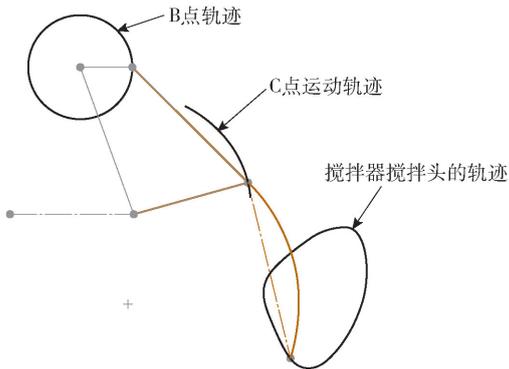


图3 搅拌机机构的轨迹

3.2.2 搅拌机运动规律的分析

利用 SolidWorks 软件 Motion 功能中的“角速度、线速度、加速度”选项可以完成平面连杆机构设计的三大类基本命题之一满足预定的运动规律要

求,利用 SolidWorks 软件中 Motion 功能下面的“结果和图解”在弹出“结果”对话框中,选择“位移/速度/加速度”下面的“角速度、线速度”进行设置直接生成图解表,读取相应的角速度和线速度,如图 4、5 所示。

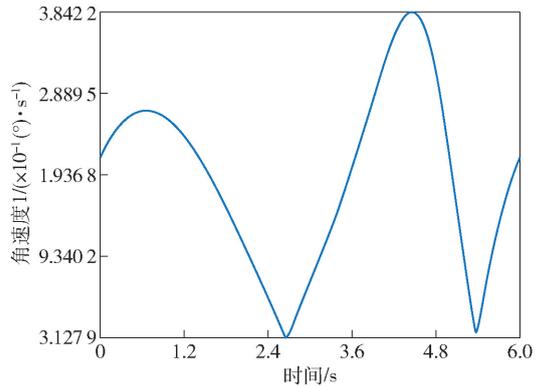


图4 C 点的角速度图解

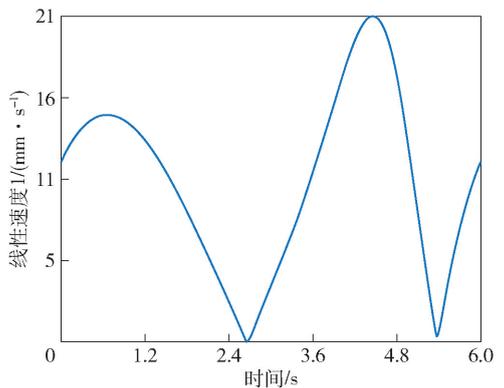


图5 C 点的线速度图解

为对比研究,依次从图解表中读取曲柄 AB 在 1.8、2.4、3.0、4.2、5.4 s 时对应 CD 构件的角速度及 C 点的线速度,如表 2 所示。

表 2 AB、CD 构件的角速度和 B、C 的线速度

AB 构件运动 时间/s	AB 构件转动的 角度/deg	AB 构件的角速 度/(rad/s)	B 点的线速 度/(mm/s)	CD 构件的角速/ deg	CD 构件的角速 度/(rad/s)	C 点的线速 度/(mm/s)
0	0	60	14.65	21.397 6	0.373 3	11.944 6
1.2	72	60	14.65	23.885 7	0.416 7	11.333 5
2.4	144	60	14.65	4.765 5	0.083 1	2.660 2
3.0	180	60	14.65	6.598 9	0.115 1	3.683 7
4.2	252	60	14.65	35.410 3	0.617 7	19.766 8
5.4	324	60	14.65	1.203 2	0.023 3	0.745 8

3.3 速度瞬心法与仿真分析法误差分析

通过表 1、表 2 可以看出, C 点在不同位置的角速度, 使用速度瞬心法与仿真分析法的数值非常接近, 最大误差发生 AB 构件运动 5.4 s, AB 的角度为 324 度时, CD 构件的角度误差值为 $(1.2032 - 1.1764) / 1.2032 \times 100\% = 2.22\%$ 。最大误差数值很小, 验证了通过仿真分析法直接读取运动规律值是可行的。其次通过 Motion 分析的“结果和图解”也可以直接生成 CD 构件的角加速度与时间关系图解。

4 结论

本研究运用速度瞬心法对构件的角速度、线速度进行求解, 利用 SolidWorks 软件的 Motion 功能对搅拌机机构运动规律进行分析, 分析的结果表明, 这两种方法所求得的值非常接近, SolidWorks 软件的 Motion 分析功能高效完成平面连杆机构设计的三大

类基本命题, 避免大量数据计算, 操作过程简便, 为平面连杆机构的优化设计提供了参考依据, 也极大提高设计人员的工作效率。通过 Motion 运动仿真分析, 可以有效降低产品的制造成本、缩短产品开发周期, 并使设计分析人员快速地了解产品的可行性。

[参考文献]

- [1] 孙健, 张豪, 杨青. 基于 SolidWorks Motion 的平面四杆机构运动分析[J]. 机械工程与自动化, 2018(1): 96-97.
- [2] 李雅昔. 基于 SolidWorks 的平面铰链四杆机构的运动仿真分析[J]. 信息技术, 2016, 45(4): 135-836.
- [3] 刘海生, 付正飞, 李春平. 复杂机构速度瞬心确定方法的研究[J]. 机械设计与研究, 2008, 8(35): 17-19.
- [4] 崔利杰, 龚小平. 基于 COSMOSMotion 运动仿真的平面多连杆机构优化设计[J]. 机械与电子, 2007(8): 10-12.
- [5] 陈永当, 鲍志强, 任慧娟, 等. 基于 SolidWorks Simulation 的产品设计有限元分析[J]. 计算机技术与发展, 2012, 9(22): 177-180.

Motion Analysis and Design of Agitator Mechanism Based on Solidworks

YANG Xiao-hua, XIE Cai-yun, FENG Yu-hua

Abstract: Traditional graphical, experimental and analytical methods are complicated to draw and have a large calculation workload, and cannot provide a good theoretical model for engineers and technicians. This paper proposes the alternative option of using the velocity transient method to solve the angular velocity and linear velocity of the stirrer mechanism, and the layout function in SolidWorks to sketch the stirrer mechanism, add geometric constraints, and set dimensional parameters to complete the stirrer mechanism design and transient positioning. The Motion function in SolidWorks software is used to simulate and analyze the motion trajectory, angular velocity and linear velocity of the agitator component, and is verified to meet the three basic propositions of planar linkage design, and provide reference and basis for similar design requirements.

Key words: SolidWorks software; velocity transient method; Motion function; motion analysis

▲