

基于UG的STEP运动仿真函数对运动时间的控制分析

陈正水, 邓益民*

(宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 利用UG自带的STEP运动仿真函数可控制模型驱动的运动时间段, 从而获得从动件在不同时间段运动变化规律的特点, 分析了UG仿真模块中的运动控制函数, 提出一种将运动函数模型转化为UG仿真模块内的STEP运动控制函数, 以方便设计者更好地掌握机构的运动仿真变化规律. 还阐述了在UG仿真模块中, 如何使用STEP运动函数来控制曲柄摇杆机构运动时间以及对双摇杆机构在运动极限范围内的运动仿真.

关键词: UG软件; 运动仿真; STEP函数; 双摇杆机构; 曲柄摇杆机构

中图分类号: TH112.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-5132 (2012) 04-0103-04

目前计算机仿真技术作为是一门高科技技术, 在产品设计和制造, 尤其在航空、航天等领域内复杂系统的研制开发过程中, 是一个不可缺少的辅助工具. 它可以在制造产品前, 就能够很好地对产品的运动规律进行掌控, 以便减少损失; 同时还能在缩短开发周期、提高产品质量等方面发挥重要作用. 由于目前在机械系统的研究中, 动力学仿真主要采用的是ADAMS软件, 但对于中小型企业来说, 专业化的动力学软件相对来说比较昂贵. 而UG的仿真模块可以对机构进行动力学仿真, 分析机构中各构件上各点的位移、速度和加速度, 并通过加入驱动控制函数, 可以控制机构的运动规律. 因此, 对于一般产品进行基本的运动分析, 可以从UG运动分析模块——UG/motion来替代ADAMS.

笔者主要对UG仿真模块中的运动控制函数进行分析, 提出了将实际运动函数模型转为UG仿真模块中的STEP运动控制函数, 从而控制机构的运动规律. 并且结合实例进行验证如何使用STEP函数来控制曲柄摇杆机构的运动时间和对双摇杆机构在极限运动范围内的运动仿真.

1 STEP运动函数的模型

函数格式STEP(x, x_0, h_0, x_1, h_1)如图1所示, 图1

中的 x 为时间变量, STEP可以是位移、速度和加速度运动函数; 在 $x < x_0$, STEP函数的值为 h_0 ; 当 $x_0 < x < x_1$, STEP函数为 $h_0 + (x - x_0 / x_1 - x_0)^2 (h_1 - h_0)$; 当 $x \geq x_1$, STEP函数的值为 h_1 .

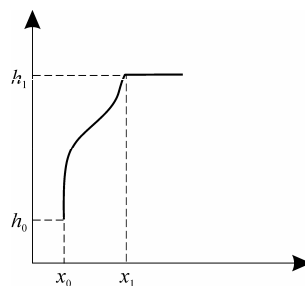


图1 STEP运动控制函数

2 STEP运动控制函数分析

在运动仿真中, 需要将实际给定运动函数转为STEP函数才能来控制模型运动时间段. 笔者在此提出了一种对运动函数(图2)转化为STEP运动控制方波函数模型(图3), 纵坐标可以为速度、加速度和位移, 横坐标为时间的变量.

在 $x_0 < x < x_1$ 段, 并取微元 $\Delta = 0.0001$, 当 $x_0 - 0.0001 < x < x_0$, STEP($x, x_0 - 0.0001, 0, x_0, 1$) = $[(x - x_0 + 0.0001)^2 / 0.0001^2]$; 在 $x_1 - 0.0001 < x < x_1$, STEP($x, x_1 - 0.0001, 0, x_1, -1$) = $-[(x - x_1 + 0.0001)^2 / 0.0001^2]$;

收稿日期: 2012-04-24.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

第一作者: 陈正水 (1988—), 男, 安徽安庆人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 机械设计. E-mail: chengzhengshui@163.com

*通讯作者: 邓益民 (1966—), 男, 安徽舒城人, 博士/教授, 主要研究方向: 机械设计. E-mail: dengyimin@nbu.edu.cn

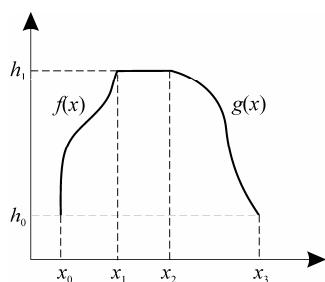


图2 运动函数

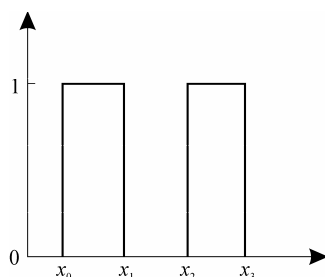


图3 方波函数

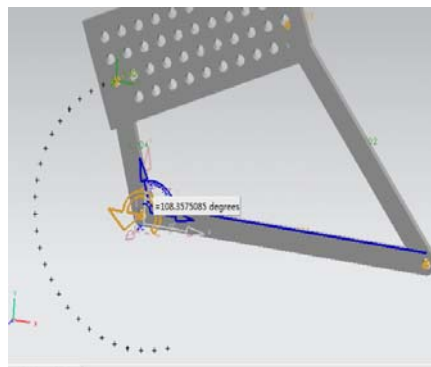
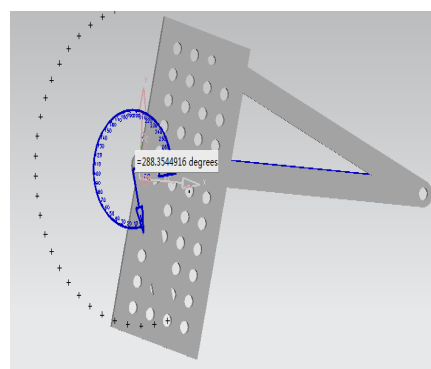
用 STEP 函数表示左边函数 $f(x)$: $(\text{STEP}(x, x_0 - 0.0001, 0, x_0, 1) + \text{STEP}(x, x_1 - 0.0001, 0, x_1, -1))f(x)$; 同理在 $x_1 < x < x_2$ 段, 用 STEP 函数可表示为 $\text{STEP}(x, x_1, 1, x_2, 1)h_1$; 在 $x_2 < x < x_3$ 段, 用 STEP 函数可表示为 $(\text{STEP}(x, x_2 - 0.0001, 0, x_2, 1) + \text{STEP}(x, x_3 - 0.0001, 0, x_3, -1))g(x)$.

所以, 整个运动过程的控制函数为: $(\text{STEP}(x, x_0 - 0.0001, 0, x_0, 1) + \text{STEP}(x, x_1 - 0.0001, 0, x_1, -1))f(x) + \text{STEP}(x, x_1, 1, x_2, 1)h_1 + (\text{STEP}(x, x_2 - 0.0001, 0, x_2, 1) + \text{STEP}(x, x_3 - 0.0001, 0, x_3, -1))g(x)$.

3 曲柄摇杆机构的运动时间控制分析

基于 UG 软件的 STEP 运动函数对曲柄摇杆机构的运动时间控制, 以获得需要的运动规律.

以曲柄摇杆机构运动分析为例, 在 UG 绘制出曲柄长度为 60 mm, 机架长度为 160 mm, 摇杆长度为 150 mm, 连杆长度为 100 mm, 然后进行部件装配, 导入到 UG 运动仿真模块进行运动控制仿真, 需要控制曲柄在 0.5 s 内转动 180° , 添加 STEP 运动控制函数: $(\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 0.0001, 1) + \text{STEP}(\text{time}, 0.5 - 0.0001, 0, 0.5, -1)) \cdot 360 \cdot \text{time}$; 图 4 为起始 $\text{time} = 0$ s 的位置, 相对 x 轴夹角为 108.35° ; 图 5 为 $\text{time} = 0.5$ s 的位置, 相对 x 轴夹角为 288.35° (以下所有的仿真结果的位移为相对初始位置, 单位为 mm, 速度的单位为 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$).

图4 $\text{time} = 0$ s 的初始位置图5 $\text{time} = 0.5$ s 的位置

在 1 s 内, 曲柄相对位移函数如图 6 所示, 从动摇杆的相对位移和速度函数如图 7 和图 8 所示.

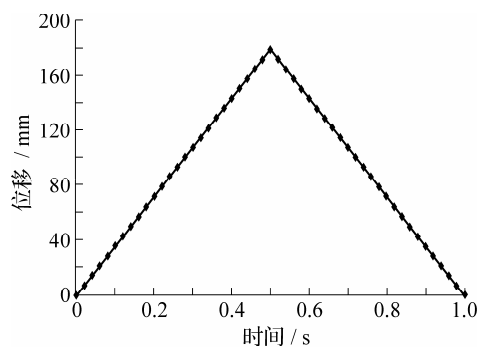


图6 曲柄的位移-时间控制规律

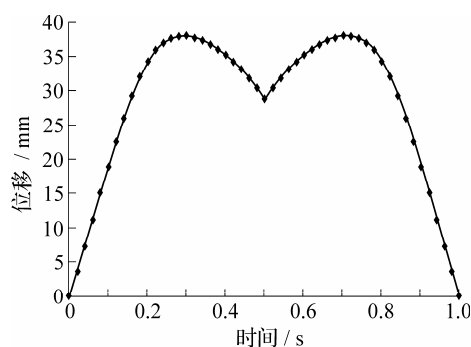


图7 摇杆的相对位移变化规律

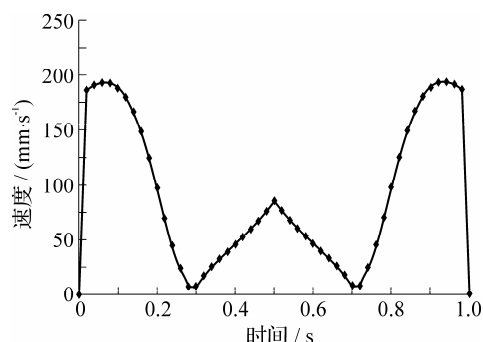


图8 摇杆的相对速度变化规律

从上面的运动图像分析可知, 仿真结果正确, 所以只要添加合适的 STEP 运动控制函数, 就可以对复杂的运动机构进行运动时间段的控制。

4 双摇杆机构运动时间控制仿真分析

由于用 UG 软件对双摇杆机构的运动仿真很少, 以下基于 UG 的运动模块对摇杆机构在运动的极限夹角范围内进行往复运动仿真, 并通过 STEP 运动控制函数来控制摇杆机构的运动时间段。首先, 在上面曲柄摇杆机构的基础上, 以曲柄对边的杆件为机架, 此时曲柄变成了双摇杆机构(图 9), AB 为主动摇杆, 主动摇杆的摆动范围为 48° , 从动摇杆 CD 的摆动范围为 81° , 主动摇杆的 2 个极限位置相对机架的夹角分别为 62° 和 14° 。

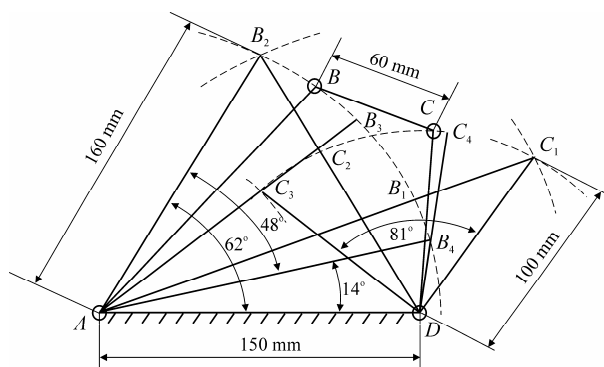


图9 双摇杆机构简图

通过 UG 运动仿真找到主动摇杆的 2 个极限位置, 从而来验证仿真结果的正确性。当 BC 杆和 CD 杆拉直共线时, 此时是摇杆处在 AB_2 位置(图 10); 当 BC 杆和 CD 杆重叠共线时, 此时是摇杆处在 AB_4 位置(图 11)。仿真结果分别为 61.89° 和 14.37° , 基本与上面的结果相符合。

借助于以上仿真的极限夹角, 通过 STEP 函数

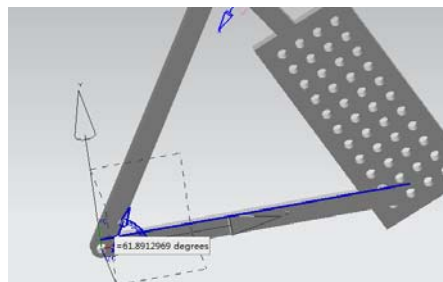


图10 主动摇杆最大的摆动极限位置

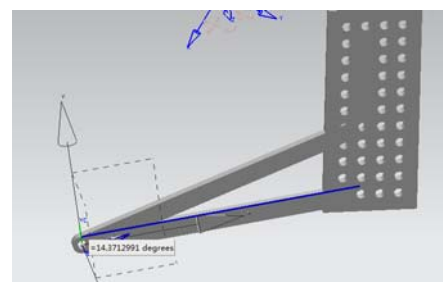


图11 主动摇杆的最小摆动极限位置

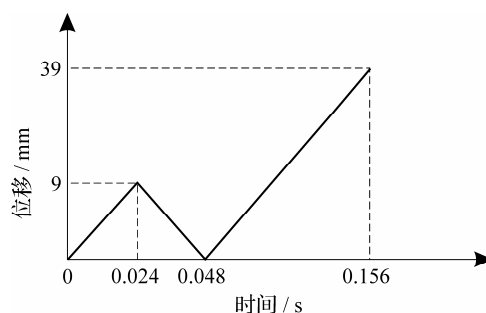


图12 摇杆的位移变化规律

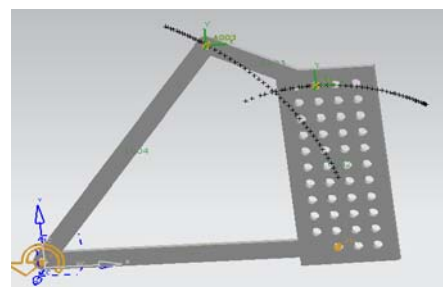


图13 摇杆的运动仿真轨迹

来仿真控制摇杆的相对运动位移函数(图 12)。

双摇杆机构在 0.156 s 内的 STEP 运动函数为: 主动摇杆在 0.024 s 内从初始的位置逆时针转到极限位置, STEP 函数为: $(\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 0.001, 1) + \text{STEP}(\text{time}, 0.024 - 0.001, 0, 0.024, -1)) \cdot 360 \cdot \text{time}$; 从极限位置有回到初始位置的 STEP 函数为: $\text{STEP}(\text{time}, 0.024 - 0.001, 0, 0.024, 1) + \text{STEP}(\text{time}, 0.048 - 0.001, 0, 0.48, -1)) \cdot (17.28 - 360 \cdot \text{time})$; 从初始位置

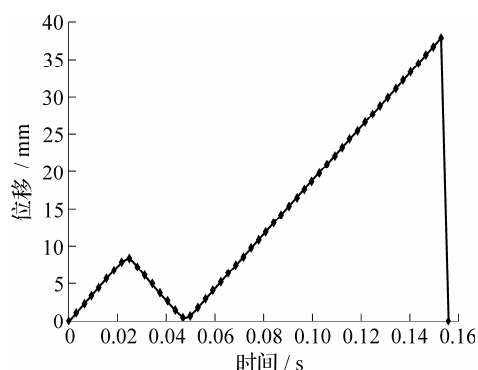


图 14 主动摇杆的相对位移变化规律

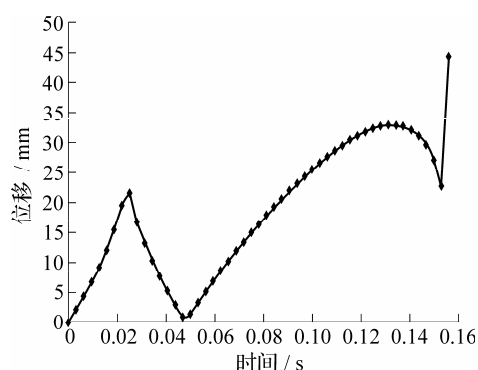


图 15 从动摇杆的位移变化规律

沿顺时针转到最小摆动极限位置的 STEP 函数为:
 $(\text{STEP}(\text{time}, 0.048 - 0.001, 0, 0.048, -1) + \text{STEP}(\text{time}, 0.156 - 0.001, 0, 0.156, 1)) \cdot (360 \cdot \text{time} - 17.28)$ 在 0.156 s 内摇杆运动范围仿真轨迹如图 13 所示, 主从动摇杆的位移变化规律分别如图 14 和图 15 所示。

从上面的运动图分析可知, 主动摇杆 AB 的运

动仿真规律与实际期望的运动规律相符合, 通过添加运动时间控制函数就可以对机构进行运动时间规律的控制。

5 结语

通过 UG 的 STEP 运动控制函数可以对运动的时间进行控制, 以方便设计者在设计机构时能够对机构的运动时间和运动的范围进行控制, 尤其在一些比较复杂的单自由度运动或者是多自由度的机构(机器人)中往往需要应用 STEP 函数才能控制机构的运动规律。文中主要对双摇杆机构进行了运动时间规律控制分析, 得到了摇杆机构在极限夹角范围内的运动变化规律, 对机构设计和优化提供了参考依据。

参考文献:

- [1] 王知行, 刘延荣. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [2] 张晋西, 张甲瑞, 郭雪琴. UG NX/motion 机构运动仿真基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [3] 宋晓华, 汪建平. 基于 UG 的平面连杆运动分析与仿真[J]. 农机化研究, 2005(1):107-109.
- [4] 高英敏, 马璇, 张丽萍. 双摇杆机构极限摆角的确定[J]. 机械设计, 2004, 21(4):51-52.
- [5] Unigraphics Solution Inc. UG 运动分析培训教程[M]. 胡晓康, 译. 北京: 清华大学出版社, 2002.

UG-based STEP Motion Simulation Function on Motion Time

CHENG Zheng-shui, DENG Yi-min*

(Faculty of Mechanical Engineering and Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: This paper introduces the UG built-in STEP motion simulation function that can control model driven motion time so as to obtain the ensuing movement characteristics during different time periods. By analyzing the UG simulation module of motion control functions, this paper proposes a method to convert motion function model into UG simulation module in the STEP motion control functions, which can facilitate the designer in better understanding the characteristics of the mechanism motion simulation. Furthermore, the discussion is also made on how to use the STEP function to control the motion time of crank rocker mechanism, as well as to simulate the motion of double rocker mechanism within the given limits of movement.

Key words: UG software; motion simulation; STEP function; crank-rocker-mechanism; double rocker mechanism

(责任编辑 章践立)