

利用 UGII 装配进行机构运动仿真

吴清文

(哈尔滨工业大学机电工程学院 哈尔滨 150001)

程宝春

(吉林公安高等专科学校 长春 130000)

摘要 现有的运动仿真软件多以刚体模型为研究对象,而且运动规律也相对简单,对变形体的运动仿真更无能为力,难以满足实际工程的需要。综合应用 UGII 软件中的装配、零件间表达式、宏命令和高质量渲染等功能可以解决工程中绝大部分的运动仿真问题并能得到较好的表达效果。

关键词 运动仿真 装配 参数化模型

中图分类号 TP391.9 **文献标识码** A

1 引言

动画是由一幅一幅动作连续的画面连续播放而形成一种视觉上连续的动作片段,它只需要表明动作的方式和行为轨迹,而不关心机构在运动过程中的速度、加速度等参数。动画不仅应用于娱乐业,也常用于科研工程中,如项目夺标、产品展示等,它直观而全面地表达物体间的运动关系,能够清楚地展示研制对象的内部结构,所以倍受人们青睐。然而工程研制中的动画不能仅仅停留在通常意义的动画上,必须按照其运动关系进行仿真,不仅要真实的模仿其运动规律,而且其图片质量必须足够高,所以 3DS 等动画软件是难以胜任的,特别是对变形体的运动仿真。

综合应用大型 CAD 软件 UGII 的装配、零件间表达式、高质量图片渲染和宏命令等功能可以解决工程中绝大部分变形体的运动仿真问题。

2 利用 UGII 进行运动仿真

利用 UGII 进行运动仿真,有两条路径:

(1) 直接利用 UGII 的机构运动模块 UG-Mechanism 或仿真模块 UG-Simulation^[1,2]。这种方法能够提供准确的运动关系,但不能用于变形体的仿真,特别是 UG-Mechanism,往往是通过单步运行仿真结果,靠屏幕抓取方式获得图片,不能提供高质量图片,所以仿真效果也不是很好。

(2) 通过修改装配(或零件)参数或重新定位零件进行运动仿真

应用 UGII 软件中的参数化建模、装配、零件间表达式等工具可以清楚地表达 CAD 模型间的相互关系,适当修改模型参数、装配关系或零件间表达式不仅可以实现刚体的运动仿真,而且可方便地实现变形体的运动仿真。仿真过程中用上高质量渲染功能 UG-Photo 就能得到赏心悦目的图片,灵活运用宏命令还可以大大地提高仿真效率。其基本技术路线框图如图 1 所示。所有准备工作分别在 UG/Modeling、UG/Assembly 和 UG/Photo 中做好后,利用 UG/Macro 录制一份制作单张 Photo 的全部动作,然后手工或通过用户程序将该宏命令作多份拷贝,形成一个新文件,把参数改为其相对应的参数。最后再运行新制作的宏命令即生成了所有仿真用图片素材,再用动画制作工具制作出机构运动的仿真片段。如果能再配上适当的文字和声音则形成了声像图文并茂的多媒体演示程序。下文将针对大型装配模型尽量详尽地介绍这种方法。

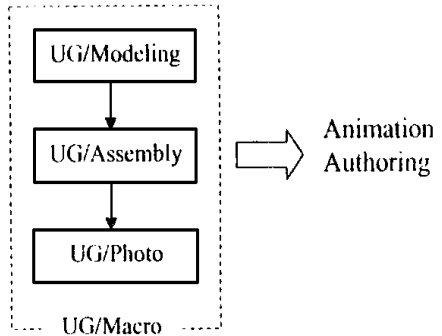


Fig. 1 Mechanism simulation with UG/Assembly

3 利用 UGII 进行机构运动仿真的技巧

工程中遇到的变形体有很多,如运动链条中的每个链节、动滑轮和定滑轮上的皮带、机床上的柔性轴和防尘罩等。在进行这些物体的运动仿真时,需广泛应用 UGII 所提供的工具,有时还可以适应采用一些动画制作的方法。

3.1 通过重新定位零件方式仿真运动

无论是直线运动还是曲线运动,还是回转运动,它们都有自己的运动规律。在运动仿真前首要的任务是确定机构中能表达运动规律的参数和对象,即便是简单的坐标变动,也要设置相应的参数,以便多次重复修改。然后试作一次参数改动、图片渲染,并用宏将全过程记录下来。最后复制所记录的宏命令,复制的份数为所要制作动画的帧数 n 或 $n-1$,形成一个新的宏命令文件。根据所设定的运动规律将该文件中有关参数及图片文件名进行适当修改,存盘后运行修改后的宏命令。这样运动仿真所需的高质量图片素材就制作好了。笔者曾经用重定位的方法完成了卫星在轨运动模式的仿真,通过专门的计算程序先将各时刻卫星的运动模式和方位(包括全部六个自由度)算出来,然后顺序地将卫星正确地安放在适当位置,从而实现其运动仿真。下面是两个应用实例。

3.1.1 行星式链轮传动

由于链轮与固定链条间没有唯一确定的固定约束,所以很难用装配的 Mate、Align 和 Ori-

ent 来进行装配,即使利用也会留下至少一个自由度。链轮的运动既有沿轨道的曲线运动,又有自身的回转运动。轨道运动是平面内运动,可以通过其中心坐标的变化来实现平移运动。回转运动,则需明确指定其轴线,而通过屏幕方式寻找轴线的方式不利于宏命令的使用,所以首先在其回转轴上作出一条直线,并用 Group 菜单项为其命名,假设名称为 line1。这样回转中心线就始终用 line1 表示,从而避免因链轮的移动而使屏幕取点失败而导致宏命令运行中断。

3.1.2 变轨迹皮带运动

如图 2 所示为一条皮带、小车的定滑轮模型,在小车上下运动时皮带与立板的夹角不断变化。为了仿真该运动,皮带零件模型中需定义小车端皮带长度 h 、皮带与带轮间相切以及小车端皮带与立板的距离 d 。长度 h 在一定范围内可变,而距离 d 不变,长度 h 随固定端的位置而变化。因此再定义一个长度 h_1 。并用零件间表达式来表示,把它定义到总体装配件中,以便直接在装配中修改其位置。如假设装配件名为 $ass.prt$,其中变量 a 为皮带的伸缩长度,则

利用零件间表达式,设 $h = h_0 + ass::a$, $h_1 = h_{10} - ass::a$,其中 h_0 和 h_{10} 分别是 h 和 h_1 的初值。于是在装配件 ass 中修改变量 a 即可改变皮带及小车的位置与状态,从而实现运动仿真。

3.2 利用装配约束进行运动仿真

对于具有装配约束的零件或部件,如果移动它,所具有的装配关系就将删除,所以最好是通过修改其装配参数的方式来实现零件间相对运动。下面分别是两个平移和回转的例子。

3.2.1 平移运动

如图 3 所示为两辆不断相向/相背运行的小车,它们各自在自己的轨道上运动,但始终与中心平面的距离保持相等。小车与其轨道的相切接触由与轮子相切的辅助基准面与轨道平面相吻合(mate)实现,小车的横向位移约束为小车车轮外侧壁与其轨道侧面吻合(mate)。这两个约束为固定约束,关键在于第三个约束。首先在轨道零件的中心平面处建立一个基准面 f_0 ,在小车 1、2 上分别也建一个位于车身上与车身轴线垂直的基准面 f_1 、 f_2 。装配时让 f_1 、 f_2 分别与 f_0 相吻合或对齐,并定义其配合间距为 d_1 、 d_2 ,且使 $d_2 = d_1$ (如果配合方式不同则取 $d_2 = -d_1$)。仿真时只需修改 d_1 的大小就实现了两车的相对运动。

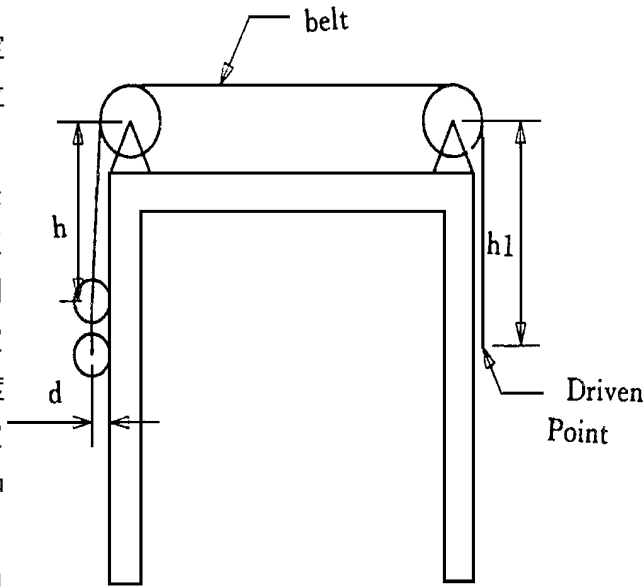


Fig.2 Belt-driven vehicle

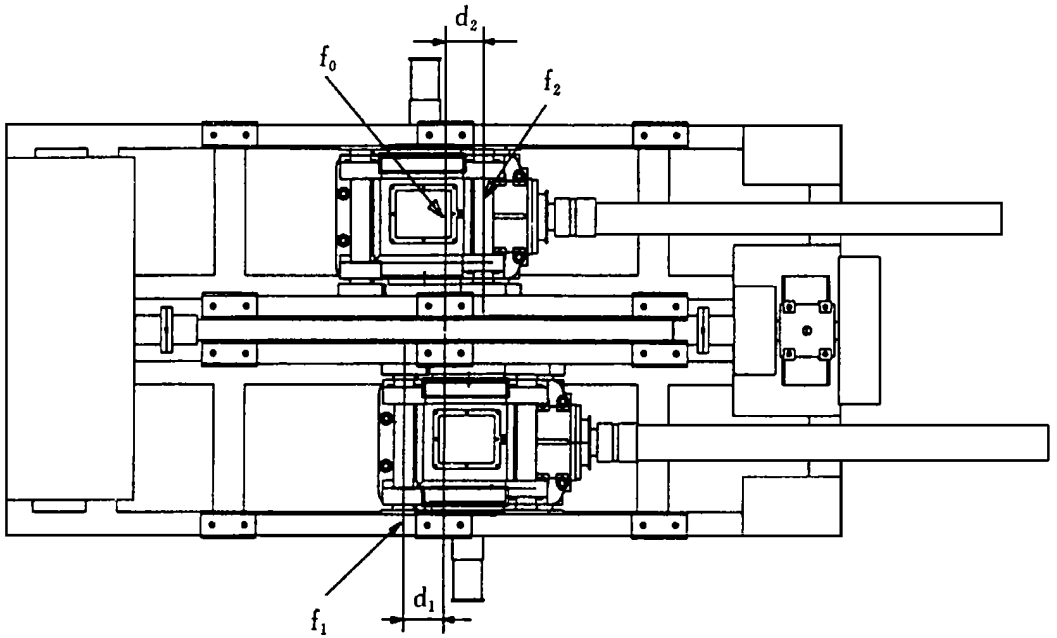


Fig. 3 Relative moving vehicles

3.2.2 回转运动

这里的回转运动,指类似轴与轴套间或螺钉螺母间的中心回转运动等。这种配合关系中本身存在一个回转自由度,在装配时一般不必将其加以约束,而为了利用 UG-Assembly 进行仿真运动则须对该自由度进行约束。以回转轴和固定轴套为例加以说明:以轴套内圆柱表面建立一个基准面 f_0 ,如果轴套上已经有与轴套的轴线相平行的平面则不必再建基准面。再在心轴柱面上建一基准面 f_1 ,并将 f_1 绕轴的的回转轴线转动生成基准面 f_2 ,其间夹角为 a , a 也用零件间表达式定义到装配件中。装配时使 f_2 与 f_0 吻合(或对齐、同向)。在装配件中修改夹角 a 即可使轴运动起来。为了清楚显示轴的回转效果,在轴上某处可以作出一点特殊记号,如红点,记号的回转说明轴的运动。注意,对于螺钉螺母或丝杠螺母的运动,须同时考虑其运动的协调性。其平移运动应按传动比计算而得。

该方法完全可以用于类似太阳帆板、门板等零件的运动。仿真时不必构造出转轴等细小结构,而是在运动件上制作一辅助平面即可。使该辅助平面过转轴且与该运动件成一定夹角 a 。装配时将该辅助平面与其装配基础配合且转轴轴线重合(边界对齐)。装配好后,修改夹角 a 即可实现运动件的转动。

4 结束语

本文综合应用 UGH 的有关模块进行机构运动仿真,不仅追求高图片质量,而且忠实于零件的实际运动规律,仿真作品直观、高效、质量好。这种方法既适合于刚体运动仿真,也适用于变形体机构运动仿真。但该方法侧重于位移而不太关心运动过程中的速度、加速度等参数,所以特别适合于产品宣传、项目夺标论证等。

为了提高该方法的实用性、降低仿真人员的劳动强度,在仿真前最好将所有自由度变化均与仿真步数联合起来,成为仿真步数的函数。这样无论有多少自由度需要仿真,最后都变成了“单自由度”仿真。另外,由于轴、齿轮等元件在高速运动时几乎看不出其是否在运动,甚至按实际运动仿真时可能出现倒转现象,这时需适当调整机构的速比,使回转体的步距角小于其内部结构的 $1/2$ 周期角。

参 考 文 献

- 1 王延风. 机构运动仿真在光机电工程中的应用. 光学 精密工程, 1996, 4(6): 13~21
- 2 王延风. 多联动机构运动仿真. 光学 精密工程, 1997, 5(6): 21~24

Mechanism Simulation with Program UGII Assembly

WU Qing-Wen

(School of Mechatronic, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

CHENG Bao-Chun

(Jilin Public Security College, Changchun 130000)

Abstract

Almost all of the mechanism simulation software is for the rigid objects, and the kinematics principle is relatively simple. It's not suitable for the practical project, especially for the invariable-shape objects. The problem can be solved synthetically and nimbly employing the functions (Assembly, Interpart equation, Macro, High Quality Photo, etc.) in program UGII. Good image quality can be gained.

Key Words: Mechanism simulation, Assembly, Parameterized model

吴清文 男, 博士, 1987 年就读于哈尔滨工业大学精密仪器系, 学习精密仪器制造技术和塑料挤出模头的 CAD 技术, 分别于 1991 年、1994 年获得学士学位和硕士学位。1997 年于中国科学院长春光学精密机械研究所获得博士学位。同年留所继续从事光学仪器的 CAD/CAE 工作。现在哈尔滨工业大学开展博士后工作。