

运动仿真干涉在建模设计中的应用研究

廖兴展 陈国贵*

揭阳职业技术学院, 广东 522000

摘要:以波尔图大学门口的实验装置为研究对象,使用UGNX软件先创建模型的三个主要部分,再进行装配,最后利用运动仿真中的干涉功能,设置两根细杆和X型挡板干涉动态运动仿真,通过产生的干涉体确定双曲线空间区域,完成实验装置的建模设计。仿真结果表明:运动仿真干涉方法可为复杂的模型提供了简单的建模方法,具有一定的参考价值。

关键词:双曲线;运动仿真;干涉;建模设计;建模方法

一、前言

UGNX是一款借助面向设计、仿真和制造的高性能软件,能实现整个产品开发过程转型的应用,很适用于现代工业上的需求。近年来,为解决工业设计产品在运动状态下,可能造型不严谨或设计定位不准确的情况,很多学者和工程人员借助软件采用运动仿真的方法,进行静态或动态干涉检查,有效地提高了产品设计的效率和准确度,取得一定的研究成果^[1-5]。如张高美以落地扇的设计为例,将运动干涉仿真运用在工业设计流程,讲述了提高工业设计效率的方法^[1];朱延龙等提出了基于UGNX软件对三维实体设计的模具结构进行数据分析,提早发现设计过程中的运动干涉和静态干涉,能够有效地提高整体设计效率,降低设计差错率^[2];付林利用Sinovation软件模拟生产过程,消除干涉,优化了模具结构设计,讲述了合模干涉检查方法,缩短模具开发周期,减少因干涉引起造成后续生产过程中资源浪费^[3];高作斌、郭星成等在球轴承内圈沟道建立数学模型,对运动干涉进行理论分析和数值模拟,分析油石与套圈之间的运动干涉的特征和影响因素^[4];刘一薇开发了基于NX运动仿真的汽车覆盖件模具动态干涉检查系统,有效地简化了运动干涉检查操作,提高了汽车覆盖件设计效率^[5]。运动干涉仿真方法的运用,减少设计图纸更改,减少工业产品设计失误,提高产品设计效率,降低设计成本,满足日益增长的市场对日新月异的产品的需求^[6-8]。以上文献表明:运动仿真干涉方法不仅用于检查运动干涉问题,还能用于建模造型设计,为复杂的模型提供了简单的建模方法。本文以波尔图大学门口的实验装置为例,利用UGNX软件运动仿真中的干涉功能,避免了复杂的数学计算过程,很容易就得到双曲线建模的空间区域。

二、波尔图大学实验装置

(一) 实验装置描述

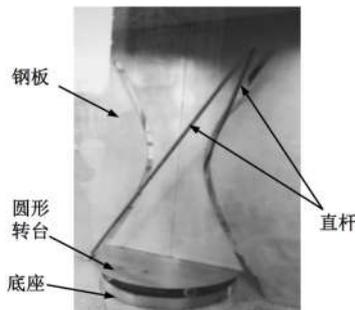


图1 波尔图大学门口实验装置

图1为著名波尔图大学门口有个有趣的实验装置。一个圆柱形钢铁底座固定在地面上,圆柱形钢铁底座的中心安装有电动机,一个圆形转台下面中心孔安装一轴承,圆形转台通过轴承与电动机的转轴嵌套,安装在圆柱形钢铁底座上。圆形转台外圆上边有两个圆形槽,两个圆形槽有固定的圆心角度。两根一定长度的直杆,一端焊接在一起,另一

*通讯作者:陈国贵,1977年10月,男,汉族,广东揭阳人,现就职于揭阳职业技术学院,副教授,硕士。研究方向:机电一体化、NX产品建模。

端分别插入在两个圆形槽，两直杆与圆形转台上表面成一固定角度。一块开有双曲线的钢板固定在地面上，双曲线空间区域对称置于转台上。当电动机通电，转轴带动圆形转台旋转，两直杆跟着圆形转台转动时，两直杆刚好能穿过双曲线空间区域，且与钢板无碰撞。

(二) 钢板空隙形状分析

在数学上可以证明，空间一条直线绕另一直线旋转一周，得到的曲面称为单叶双曲面。如图2所示，空间直线l绕Z轴旋转。

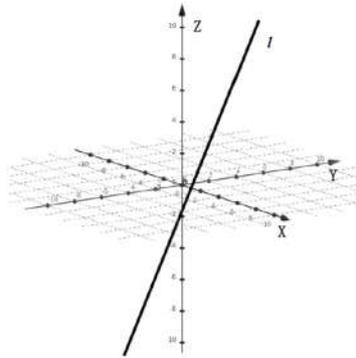


图2 直线l绕Z轴旋转

设直线l的参数方程为：
$$\begin{cases} x = 1 \\ y = t, -5 \leq t \leq 5 \\ z = 2t \end{cases}$$
。则通过geogebra命令，

曲面： $a = \text{Surface}(b, m, z\text{Axis})$ 。当m在 $[0, 2\pi]$ 变化时，描绘的曲面为单叶双曲面，如图3所示。

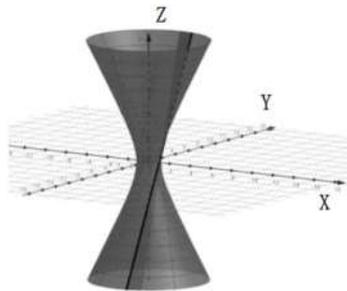


图3 单叶双曲面

单叶双曲面表面上的线：斜率小于1的平面（1是双曲面上的线的斜率）与相交形成椭圆；斜率等于1的平面（包含原点）与相交形成一对平行线；斜率等于1的平面（不包含原点）与相交形成抛物线；斜率大于1的非切向平面与相交形成双曲线^[9]。

由此可知，实验装置的两直杆随圆形转台转动，形成了空间单叶双曲面，钢板垂直转台与两直杆相交的空间区域就是双曲线。

三、装置建模设计

根据波尔图大学实验装置的运动原理，在NX软件的建模模块中，将建模设计为一个固定模型和两个转动模型。

(一) 固定模型——带X型板的固定圆台

图4为带X型板的固定圆台模型，一定直径和一定厚度的下圆台。下圆台上面创建三个一定高度的支撑柱，三个支撑柱以下圆台圆心轴对称，两两的圆心脚为120°，其中一个支撑脚中间开一定直径的通孔，用来装配转动手柄。在三个支撑柱上面有上圆台，上圆台与下圆台的尺寸相同，上圆台中心开有一定直径的通孔，用于安装轴承，装配转盘转轴，上圆台的上表面以圆心对称，在边缘处开两个矩形槽，用来装配X型板。创建一定内角、一定长度、一定宽度、一定厚度的X型板，对X型板的两端内侧作修剪，使其竖直刚好装配在矩形槽中，且与上圆台表面留有一定距离，当

转盘转动时，两者不会发生碰撞。

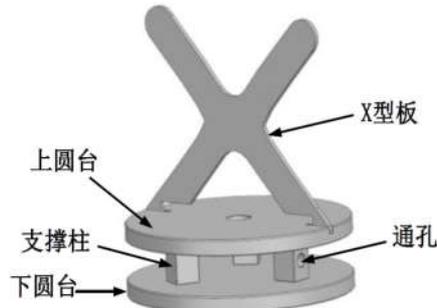


图4 带X型板固定圆台模型

(二) 第一个转动模型——转动手柄

建模设计采用手摇驱动，各部分模型如图5所示。手柄与连接板轴连接。手柄转轴一端与连接板轴连接，中间装配在有通孔的支撑脚上，另一端钻有4个一定深度的孔。为增加运动仿真的趣味性，转盘转轴与手柄转轴不采用锥齿连接，而是设计四根L型管，其竖直一端插在转盘转轴的四个孔，水平一端插入手柄转轴的四个孔。当用手握手柄转动时，四根水平部分L型管既作手柄转轴孔方向的水平运动，插入手柄转轴孔的深度不同，也随手柄转轴转动；四根竖直部分L型管相应的作转盘转轴孔方向的竖直运动，插入转盘转轴孔的深度不同，驱动转盘转轴转动。

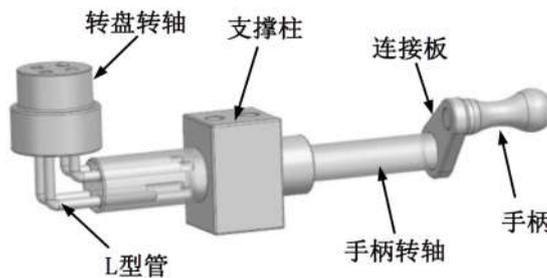


图5 转动手柄

(三) 第二个转动模型——直杆转台

虽然不能知道实际实验装置的大小尺寸和角度，但根据实际直杆倾斜作匀速圆周运动的情况，设计创建的直杆和转盘模型如图6所示。一定直径、一定厚度的转盘，其中心开有一定直径的孔。依据前面创建的X型板尺寸，创建两根一定长度的直杆，互成一定角度，插入在转盘的上表面外边缘，为对称X型。整个直杆转台通过中心孔安装嵌套在转盘转轴上。当转盘转轴旋转运动时，带动转盘和直杆一起旋转。

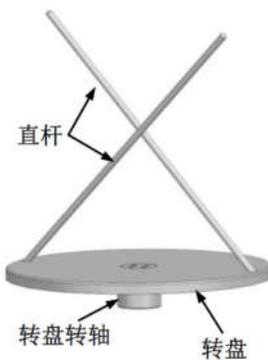


图6 直杆转台

(四) 运动仿真干涉

先将各部分的模型进行装配，如图7所示。在“运动仿真机构”中，分别设置转动手柄、四根L型管、转轴与直杆转台为“运动体”。设置转动手柄、转轴与直杆转台为“旋转副”，四根L型管为“柱面副”。设置转动手柄为“驱动体”。设置直杆与X型板为干涉体。即转动手柄作为动力驱动旋转，驱动四根L型管既旋转又平动，同时驱动转盘

转轴转动，进而带直杆转台旋转，两直杆与X型板作有干涉运动。在运动仿真“解算方案”中，选择“动态分析”解算，设置转动手柄“旋转3600”。转动手柄旋转一周，四根L型管也旋转一周，转盘周转和直杆转台也都旋转一周，解算结果如图8所示。可以看出，直杆绕轴转动一周时，与X板干涉产生多个干涉体，这些干涉体呈双曲线叠加在X型板上。

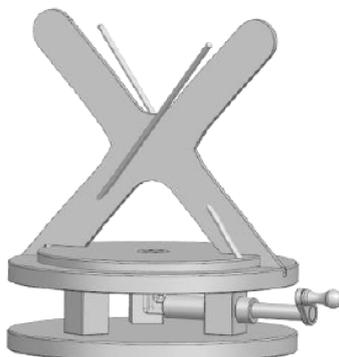


图7 装配整体图

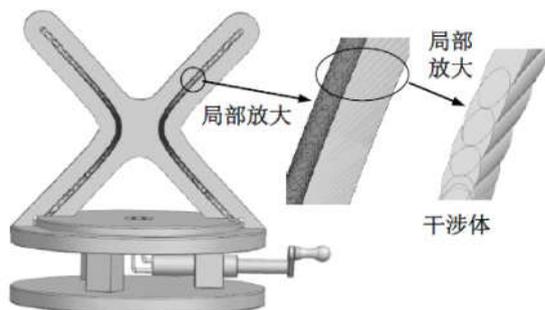


图8 干涉体图

从干涉体图可以看出，所有干涉体的空间区域就是两直杆作旋转运动时，与X型板重叠的空间区域，只要将这些空间区域去除，那么直杆作旋转运动时与X型板将不会发生碰撞。从装配模块切换到建模模块，使用草图功能在X板上绘出干涉体的外轮廓线，用拉伸、求差命令，很容易就得到两个双曲线的空间区域。结果如图9所示。

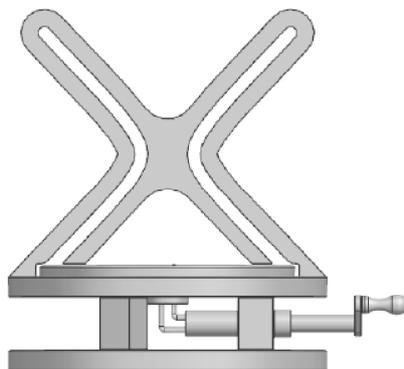


图9 建模效果图

四、结论

波尔图大学门口实验装置建模的难点在于确定双曲线的空间区域。如果使用数学计算的方法得到双曲线的空间区域，计算公式相当复杂，计算量很大，使用公式进行建模过程就变得困难，但是利用运动仿真中的干涉功能，由于干涉体确定双曲线的空间区域，再用简单的建模命令就能得到双曲线的空间区域，完成双曲线空间区域的建模将变得很简单。由此可见：运动仿真干涉不仅能用于工业设计产品检查运动干涉问题，也能用于建模造型设计，为复杂模型提供简单的建模方法，具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1]张高美.运动干涉仿真辅助工业设计流程方法的研究[J].新型工业化, 2020,(1):68-72.
- [2]朱延龙,贺传军,段力军.“汽车模具动态调试数字化仿真平台”在模具设计中的应用[J].锻造与冲压, 2020(4):35-37,40.
- [3]付林.自动冲压生产线模具仿真及干涉检查研究[J].科学风, 2020(21):190.
- [4]高作斌,郭星成,杨晓波.球轴承沟道超精研运动干涉分析[J].轴承, 2019(1):13-17.
- [5]刘一薇.基于运动仿真的汽车覆盖件模具动态干涉检查方法研究[D].华中科技大学, 2019
- [6]杨晓巍,尤志军,王红亮.运动仿真干涉检查在大型注射模设计中的应用[J].模具制造, 2017,(6):49-53.
- [7]蔡作新.传动机构多约束条件下的结构设计和优化[D].宁波大学,2018.
- [8]郑颖,郑显锋等.四轮轮边电机驱动底盘模型建立与运动仿真[J].电子测量技术,2020(16):170-174.
- [9]毛玉平,陈浩严等.双曲狭缝的数学建模分析[J].大学数学, 2019,(01):115-122.