

多联动机构运动仿真

王延风

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 介绍了CAD/CAE/CAM一体化软件UG机构学(Mechanisms)模块的功能。通过机构运动模块在心血管造影机设计中的应用,实现了多联动机构的运动学分析仿真,精确描述复合运动体空间运动,并进行了干涉检查,为设计提供一种科学依据。

关键词 心血管造影机 机构 干涉 动画

1 引言

心血管造影机是当今世界上最先进的图像诊断医疗设备。可进行多方向X-射线透视检查,得到极其清晰的图像。同时对病人和操作者使用更舒适。其设计要求多方向投影,同心设计,对各部分要有一定间隙,避免干涉,保证病人安全,最后得到高质量图像。为满足上述要求,心血管造影机构应设计成运动位置灵活、准确,多运动轴共心设计,其运动为三轴可同时转动,影像增强器在转动同时上下移动,进行复合运动,故该机构属于多联动机构,其运动由绕多轴同时转动和移动合成为复杂的空间运动。用传统方法设计、分析非常费时费力,也很难精确。

我所引进UG(V11)后,在CAD/CAE设计分析方面取得了很大成效,对空间遥感相机、高分辨率成像光谱仪、三线阵CCD相机进行三维实体建模形成屏幕样机设计,系统装配及工程分析,并对输片机构等复杂系统进行机构运动分析仿真。在样机制造之前发现问题,为设计提供一种科学依据。在已有基础上,我们又将(UG/Mechanisms)模块应用于心血管造影系统机构运动分析仿真,分析运动的极限位置转角、干涉情况、空间运动位置及运动参数,并以三维动画形式模拟仿真对仰卧病人进行多方向透视过程,非常直观形像,在很短时间内圆满完成方案设计任务。

2 机构(Mechanisms)的功能

机构应用模块(Mechanisms)简化了复杂的运动学分析和设计,能动态仿真真实的二维或三维机械系统,可进行各种研究,包括最小距离、干涉检测、锁定位置和轨迹包络线等选项,一个独特的交互式运动模式允许同时控制多个运动体多联动复合运动。用户可以分析反作用力、图解合成位移、速度和加速度,具体功能如下:

- 支持实体模型定义连杆
- 支持的运动副类型: 旋转副、滑动副、柱面副、螺旋副、万向节头、球面副、平面副、齿轮副、齿条/小齿轮副、点/曲线和曲线/曲线副
- 可完成任意空间机构运动学分析
- 支持速度、加速度、力和力矩等初始条件
- 计算反力和反力矩
- 确定机构锁死位置
- 检测在连杆间的干涉与最小距离
- 实体、曲线或点的轨迹包络线分析功能
- 广泛的后处理能力
- 位移、速度、加速度和力的表格或图形显示
- 运动装置的动画显示模拟

3 多联动机构运动学分析和设计仿真过程

以心血管造影机为例说明多联动机构运动学分析仿真设计过程

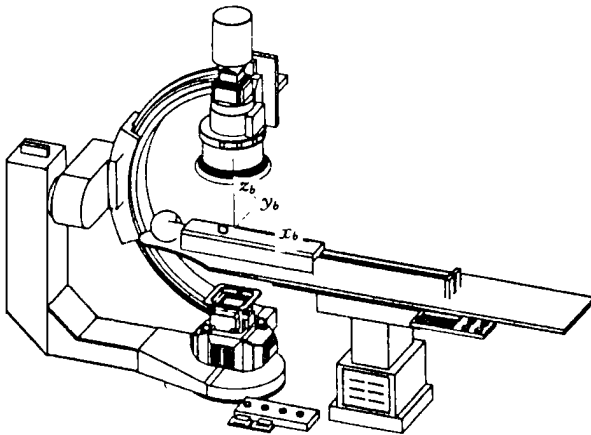


Fig. 1 Cardiovascular angiographic systems as-assembly model

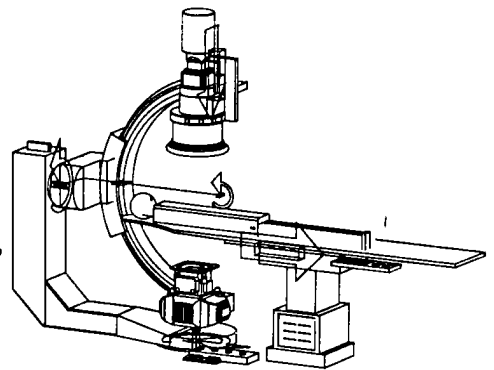


Fig. 2 Cardiovascular angiographic systems mechanism model

首先利用UG的建模功能完成主要部分的三维实体造型包括L型臂(L-Arm)、C型臂

(C—Arm)、X—射线源、影像增强器、诊断床及仰卧病人简化模型等,并用 UG 的装配功能将这些部分装配在一起(见图 1),形成血管造影机的屏幕样机。

用 UG 的机构分析模块定义心血管造影机构的组成元素,先生成组成机构的运动构件,UG 中称之为连杆(Link),可以用零件三维实体模型作为连杆。根据实际机构中各构件的运动关系在连杆间建立运动副(Joint),对几个主动运动副定义运动输入(见图 2)。其中 L 型臂可绕过共心点 O ($X_t = 0, Y_t = 0, Z_t = 0$) 的垂直轴(Z_t 方向)以一定速度旋转 90° ; L 型臂转动一定角度后, C 型臂绕共心点 O 的水平轴(X_t 方向)以一定速度旋转,其转动范围为 90° ; L 型臂和 C 型臂也可同时转动, C 型框在同 C 型臂一起转动同时可绕过 O 点的 Y_t 轴转动 45° ; 在 C 型臂、C 型框转动的同时,安装在 C 型框上边的影像增强器可上下移动,移动范围 350mm,下边的 X—射线源与影像增强器在转动过程中始终共轴,此轴过共心点 O 。诊断床定义成滑动副,可以沿 X_t 方向前后移动或沿 Z_t 方向上下移动,最后形成一个完全约束(自由度为 0)的精确三轴联动及转动、移动同时进行的复合运动机构。

利用 UG/ Mechanisms 中机构运动分析求解器求解。通过四个主动运动副同时驱动,或任意设置主动副,如同时驱动机构或依次驱动机构,并输入不同的参数,可以动态仿真任意给定机构的复合或分解运动。

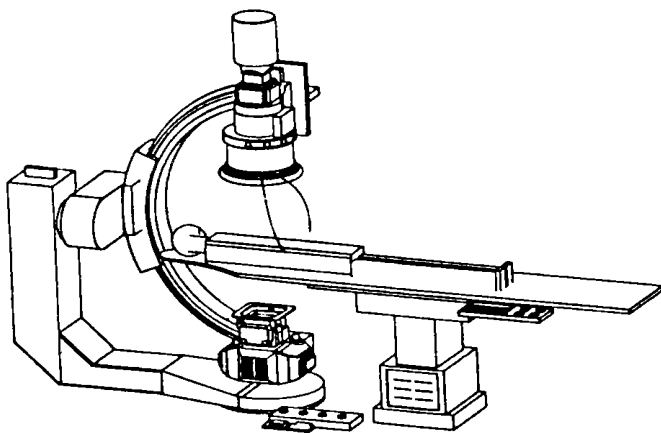


Fig. 3 Cardiovascular angiographic systems objec mark trace

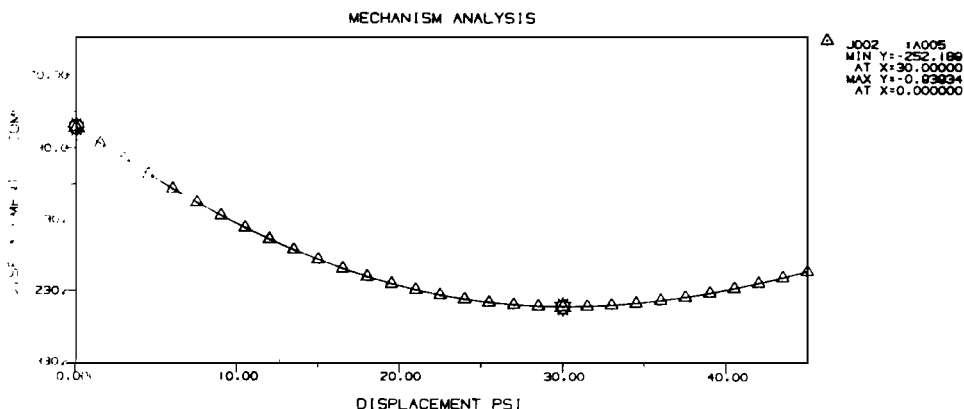


Fig. 4 Mark displacement graph

UG 机构学有丰富的后处理功能,利用后处理功能中的 T trace 功能将影像增强器定义为被跟踪轨迹物体,并把其圆柱底面圆心定义为关注点(Mark),在 C 型臂、C 型框转动及影像增强器向下移动作复合运动的同时,取得影像增强器 Mark 点的轨迹(见图 3)。并用 Graph 功能

作出 X 坐标轴为 C 型框绕 Y_t 轴转动角度, 其范围 $0^\circ \sim 45^\circ$; Y 坐标轴为影像增强器上 Mark 点的 Y 向位移的曲线图(图 4), 由图 4 可知, 在转角为 30° 时, Mark 点 Y 向位移值最小, Y 向位移绝对值最大, 这对确定在不干涉的情况下运动的极限角度非常有用。利用 Mechanisms 的 Interference 功能检查运动时各零件的干涉情况, 如果发现问题, 调整运动范围或改进结构设计, 避免干涉, 保证病人安全, 最后达到设计要求。

4 结 束 语

通过在机构运动仿真方面所作的一些工作, 体会到要精确描述现实空间的运动, 必须以三维实体为基础, 以此形成运动构件, 合理选取运动副和运动条件, 实现机构的正确约束。我们灵活运用 UG/Mechanisms 模块, 在很短时间解决了心血管造影机运动规律问题, 并进行干涉检查, 在方案初步设计阶段对可能出现的问题做出精确的预测和改进。

参 考 文 献

- 1 EDS Unigraphics, Mechanisms User Manual. USA: Electronic Data Systems Corporation Unigraphics Division, 1996, Version 11.1
- 2 徐六飞. UG 机构分析模块在胶印机设计中的应用. EDS Communication. 1995, (1): 50 ~ 51
- 3 王延凤. 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 ~ 1

Multiple Linkage Mechanisms Analysis and Simulation

WANG Yan-Feng

(Changchun Institute of Optics Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

The function of UG/Mechanisms has been introduced in this paper. The cardiovascular angiographic systems which are multiple linkage mechanisms have been kinematically analyzed, simulated and animated, that allow you to understand characteristics of mechanical systems such as range of motion, lock up positions, work envelopes and object interference. Mechanisms application provides scientific basis for designing the cardiovascular angiographic systems.

Key words: Cardiovascular angiographic systems, Mechanisms, Interference, Animation

王延凤, 女, 1964 年 12 月生, 1989 年毕业于长春光机所研究生部“机械制造专业”获硕士学位, 现从事光学仪器 CAD/CAE/CAM 工作。主要研究方向: CAD/CAM 一体化、机构运动分析及仿真。