

机构运动仿真在光机电工程中的应用

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技术的一个新的应用模块—机构(Mechanisms)运动的功能和概念。通过机构运动模块在空间遥感相机设计中的应用,实现了像输片系统复杂机构的运动学模拟仿真,为光、机、电产品的设计提供了科学的依据。

关键词: 机构; 连杆; 运动副; 动画

1 引言

空间遥感相机作为高精密的画幅式空间摄影系统,要求具有良好的光学性能和可靠性。同时为了提高相机的分辨率,还需应用自动曝光控制、自动调焦控制、相移补偿控制、偏流机构控制、CCD切换控制、输片系统控制等。其中输片机构是众多光、机、电工程设计中最典型的复杂机构之一。

由于输片机构的复杂性,导致了设计的不确定性。本文应用CAD技术中的Mechanisms模块对空间相机中非常复杂的输片机构、偏流机构和CCD切换过程进行了设计分析和机构运动仿真,使专家设计人员在工作站屏幕上通过观察机构模型的三维动态显示,不仅可以直观地看到整个机构的运动过程,而且可以很快地查出干涉情况。这样设计人员不需等待试制样机就可以提前对设计中可能出现的问题作出精确的预测和改进。

2 机构(Mechanisms)应用模块的功能和概念

2.1 功能

机构应用模块提供了灵活的综合的机构建模和分析能力,使设计者充分了解机构系统的特性:如运动范围、加速度、力、锁定位置、工作包络空间和物体的干涉等。

a. 建模

通过从已存几何体建立机构连杆, 定义运动副, 加入运动输入来建立机构模型。

b. 分析

机构运动分析能够进行机构系统的运动学分析。

c. 后处理结果评述

利用机构的曲线图(Graphing), 动画(Animation)能力来观察分析结果。

封装选项(Packaging)允许你设置抽取关于机构信息的选项, 如在实体间的最小距离和干涉。

d. 关节仿真(Articulation)

关节仿真允许你“伪实时”仿真, 它用每个驱动运动副的步距大小来控制仿真。

2.2 机构物体类型

一个机构(Mechanisms)是一个父性物体, 虽然它没有可见的表示, 但它有一个名字。一个机构由代表不同特征的几种物体组成, 它们排列在一种树状的层次结构中(见图 1)

连杆(Link)

一个连杆是代表一个刚体的一种机械特征。连杆是一个几何体的可见的表示, 可以赋之于参数特性。

运动副(Joint)

运动副表示在连杆间可以完成的相对运动。支持的运动副类型是: 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。为了易于识别, 每一种类型有一个唯一的表示。

标记(Marker)

一个标记表示在一个连杆上的一个“关注的点”, 可以得到标记处的分析结果。

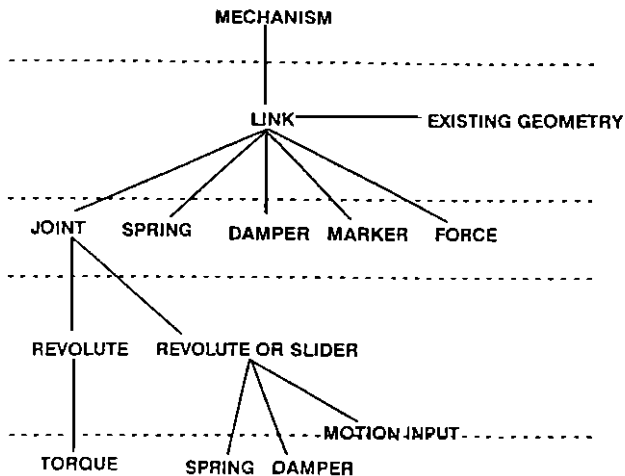


Fig. 1 Hierarchy within mechanisms

2.3 自由度 (Degrees of Freedom)

在构造机构时, 在提示状态区中将显示自由度(DOF), 每个连杆引入 6 个自由度, 可利用下列方程式计算机构系统的自由度。

$$DOF = N_{link} \times 6 - Constrains - Motion\ Inputs$$

式中 N 是连杆数, Constrains 是

对所有运动副约束的总数。Motion Inputs 是在系统中运动输入的数。对于运动学分析, DOF 必须等于或小于零。

若机构有 DOF 大于零, 将提示有错误信息。

3 机构应用实例

如图2所示为空间遥感相机的输片机构。它由供、收片盒、胶片传输部分、胶片展平部分组成。

图3为输片机构的二维图。由图可见,胶片的运动轨迹复杂,辊子多,机构非常复杂。在一个摄影周期 $T = 1\text{ s}$ 内用 $1/3\text{ s}$ 的时间输片, $2/3\text{ s}$ 时间胶片展平曝光。输片时,量片辊在步进电机作用下开始量片。带齿的量片辊转动一周,拉胶片运动,胶片移动量为一个画幅,画幅长 $L = 123.5\text{ m}$,这是在 $1/3\text{ s}$ 内完成的,所以胶片速度 $V_L = 123.5 \times 3 = 370.5\text{ (m/s)}$ 。量片辊转动速度为 $W_{\text{量}} = 360^\circ / (1/3) = 1080^\circ/\text{s}$ 。其他轴的转动角速度由 $W = V_L / R$ 求出。

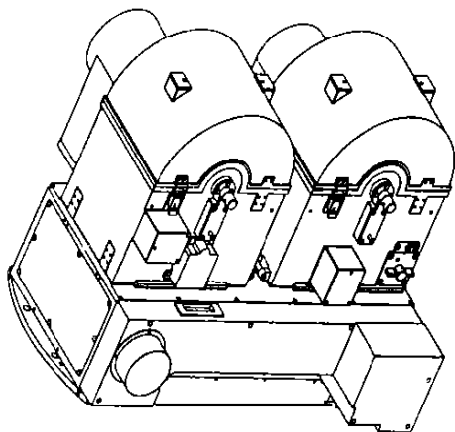


Fig. 2 Transfer film system assembly model

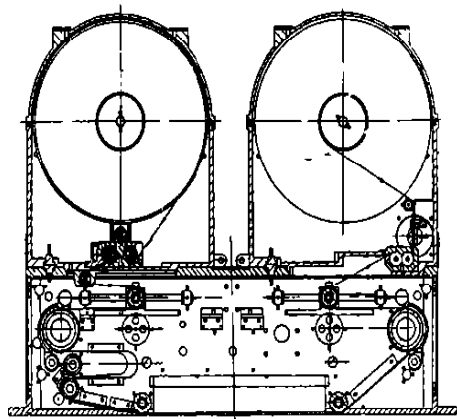


Fig. 3 Transfer film system 2D drawing

由于张力控制,胶片移动的线速度 V_L 一定,在开始照相时,供片盒胶片直径最大,所以供片胶片芯轴转动速度最慢,而收片盒胶片芯轴转动速度最快,随着供片盒胶片减少,收片盒胶片增加,供片芯轴转动速度增加,收片芯轴转动速度减小,最后收片芯轴转动速度最慢。根据输片机构工作原理及运动参数,我们分别对照相开始阶段、中间阶段、照相任务将近结束阶段,在一个摄影周期的输片过程进行机构运动仿真。首先用CAD技术构造输片系统的屏幕样机(见图2),它是由300多个零件实体模型装配得到的。然后使用UG的Mechanisms模块进行机构运动分析,合理简化机构模型,从现存几何体定

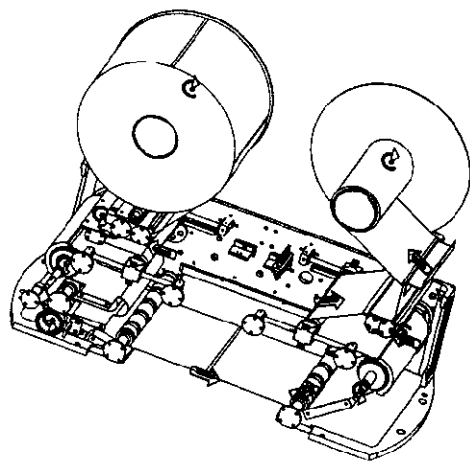


Fig. 4 Transfer film system mechanism model

义连杆、运动副和运动输入(见图4)。由于胶片运动轨迹复杂所以对胶片的定义是难点,采用一些技巧,灵活地运用模块中的各个功能,实现了输片过程的运动仿真,用三维动画的形式显示分析结果,直观形象。并对机构的关键部位进行测量、跟踪和干涉检查,作出指定构件或指

定点的位移、速度图形。

4 结 束 语

机构运动仿真是 CAD 技术在光、机、电工程中一个新的应用领域,通过机构运动分析,可了解输片机构运动规律,对卡片、划片可能性进行预测。我们还对空间遥感相机的偏流机构,CCD 切换过程进行了类似机构运动分析仿真,为光、机、电产品设计提供了科学依据。

参 考 文 献

- [1] David J. Taylor, Hybrid Modeling. UG Communication. 1994, (4): 30- 32
- [2] EDS Unigraphics, Mechanisms User Manual. USA: Electronic Data Systems Corporation Unigraphics Division, 1995: Version 10.4
- [3] 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

Application of Mechanisms in Optics, Fine Mechanics and Electronics

Wang Yanfeng

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

Abstract

The function and concept of Mechanism-A new CAD technology application has been introduced in this paper. The complicated mechanisms such as transfer film system on space camera have been kinematic analysed, simulated and animated, which provided scientific basis for designing the products of optics, fine mechanics and electronics.

Key words: Mechanism, Link, Joint, Animation

王延风 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,主要从事光学仪器 CAD/CAE/CAM 工作。