

空间遥感详查相机输片摄影系统 机构运动分析仿真

王延凤

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 应用 CAD/CAE 技术的机构运动分析 (Mechanisms) 模块分析仿真空间遥感详查相机输片摄影系统的运动, 进行干涉检查并得到输片机构和像移速度补偿机构的运动参数, 对设计进行评价和修改。

关键词 CAD/CAE 机构 像移速度补偿 构件 运动副

1 引言

输片摄影系统是空间遥感详查相机的重要组成部分, 用来可靠地完成供片、输片、摄影、收片任务, 可以单幅或数幅输片摄影, 机构工作的好坏, 直接影响成像质量和空间遥感相机工作的可靠性, 工作期间不允许产生卡片、堆片、断片及划伤胶片。像移是在用底片为接收器的卫星摄影中影响成像质量的重要因素之一。因此在空间遥感详查相机中采用像移速度补偿机构, 让底片在曝光时间内沿各像移的组合矢量方向和影像作同步移动来实现像移补偿。像移补偿技术是保证相机高动态分辨力的重要手段。输片机构和像移速度补偿机构是输片摄影系统中非常重要同时又是相当复杂的机构。

由于输片摄影系统机构运动过程较为复杂, 尽管设计人员在设计中已经过仔细的分析和反复推敲, 但对于机构工作的可靠性, 设计、加工装调带来的误差大小以及是否会出现设计阶段未预料到的问题等仍然没有十分把握, 按传统方法只有等样机试制出来, 经试验检测才知道。本文应用 CAD/CAE 技术中 Mechanisms 模块对空间遥感详查相机输片摄影系统中的输片过程及相移速度补偿机构进行运动分析仿真。CAD/CAE/CAM 集成软件 UG 中的 Mechanisms 模块既可以对高度复杂的机构进行设计分析运动仿真, 还可以对运动件进行测量、轨迹跟踪、干涉检查, 使专家设计人员在计算机屏幕上通过观察三维动态显示, 不仅可以直观地看

到整个运动过程,而且可以很快查出干涉情况,以及可以绘制出速度、位移曲线等,这样设计人员不需要等待试制样机出来就可以提前对设计中潜在的问题作出精确的预测和改进。

2 输片摄影过程运动分析仿真

2.1 输片摄影系统组成

输片摄影系统(如图 1、图 2 所示)主要由供片盒、输片箱、收片盒、输片传动机构、胶片展平和像移速度补偿机构等组成。

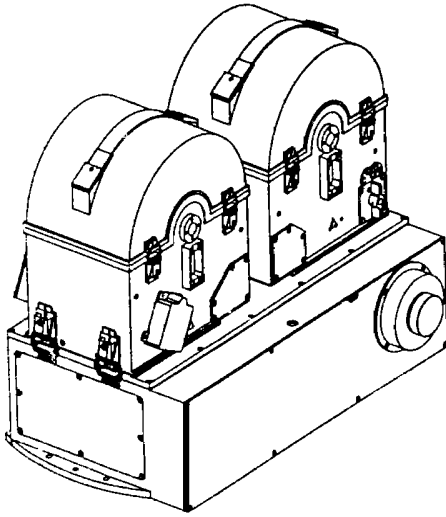
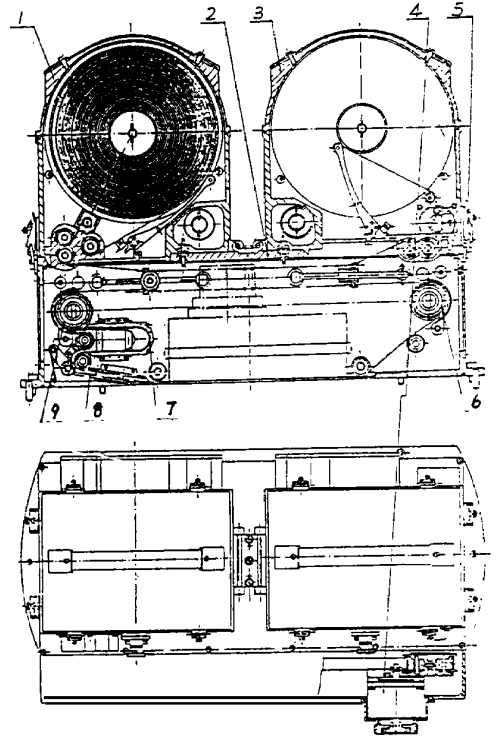


Fig. 1 Transfer film system assembly model



1. supply film box
2. Transfer film box
3. Receiving film box
4. The drive mechanism for transfer film
5. lock
6. Measuring film roller for receiving film
7. Deposit film ring
8. The plate for transfer film
9. Measuring film roller for supply film

Fig. 2 Transfer film system 2D drawing

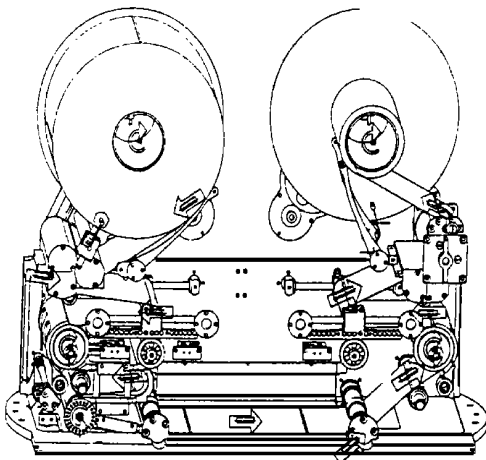


Fig. 3 Transfer film system mechanism model

2.2 输片摄影过程

当输片摄影每个工作循环开始时,步进电机通过 1:2 速比齿轮副和齿形带传动副使两个带齿量片辊逆时针方向同步转动一周(一周即一个幅面长度 123.5mm),在 $T/3$ (T ——摄影周期)时间内完成一个画幅长度的输片。当输片结束后,负压胶片展平子系统开始工作,将胶片负压展平在片台上,然后完成像移速度补偿、快门曝光。收片盒把已曝光的胶片收到片盒内,完成一个工作循环。按照相机控制器的指令可以单幅、数幅间断输片或连续 300m 输片摄影。

2.3 输片摄影过程运动分析仿真

应用 UG Mechanisms 进行机构分析,关键在于合理地简化模型,正确地定义各个运动构件 Link 和运动副 Joint,灵活地选用模块中的各种功能。

图 2 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 $1/3\text{s}$ 时间输片, $2/3\text{s}$ 移时间胶片负压展平、像移速度补偿和曝光。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一次,胶片移动量为一个画幅($L = 123.5\text{mm}$),这是在 $1/3\text{s}$ 内完成的,所以输片时胶片移动速度 $V_L = 123.5 \times 3 = 370.5(\text{mm/s})$,量片辊转动速度 $\alpha_{\text{量}} = 360^\circ(1/3) = 1080^\circ(\text{s})$,其它轴的转动角速度由 $\omega = V_L/R$ 求出。

由于张力控制,胶片移动的线速度 V_L 一定,在最初摄影阶段,供片盒胶片直径最大,所以供片盒片盘芯轴转动速度最慢,而此时收片盒片盘芯轴转动速度最快。

随着供片盒胶片减少,收片盒胶片增加,供片盒片盘芯轴转动速度增加,收片片盘芯轴转动速度减少,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,我们分别对摄影开始阶段,完成数幅输片摄影之后的中间阶段,摄影任务将近结束阶段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 1),它由 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,从现存几何体定义连杆,运动副和运动输入(见图 3),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。并进行动态干涉检查。

3 像移速度补偿机构的运动分析仿真实例

像移速度补偿机构(见图 4)采用双滚子从动件结构封闭形式的盘形凸轮机构,凸轮机构的运动规律指凸轮所推动的补偿片台直线运动规律,它决定了像移速度补偿的凸轮曲线。整个凸轮曲线由凸轮正程段和反程段构成,凸轮正程段由停留段、过渡段、补偿段、过渡段和停留段曲线组成。为满足结构封闭的凸轮等径要求,凸轮反程采用与凸轮正程段相同的凸轮曲线,也由前述的五段组成。驱动组件装在支架组件上,驱动组件外伸的凸轮,由安装在片台组件上前后两滚子组件实现结构封闭。凸轮通过片台组件上的前后滚子组件推动补偿片台,按凸轮外廓线决定的凸轮机构滚子从动件的运动规律,做往复直线运动,在往复运动中的各个不同段中能够完成如下功能:

正程

- 停留段, 抽气吸附胶片
- 过渡段, 保持胶片与补偿片台展平面吸附

胶片注释, 实时测量

- 补偿段, 像移速度补偿,
- 过渡段, 开始放气释放胶片

反程

- 停留段, 放气释放胶片
- 停留段, 放气释放胶片

完毕

- 过渡段, 胶片与补偿片台展平面脱离, 输片系统可以开始拉过一幅胶片

- 补偿对称段, 保持胶片

与补偿片台展平面脱离, 输片系统可以继续拉一幅胶片

- 过渡段, 保持胶片与补偿片台展平面脱离, 输片系统拉片运动结束
- 停留段, 开始抽气吸附胶片

应用 CAD/CAE 技术对像移速度补偿机构进行运动分析仿真过程如下:

首先用 CAD 技术建立像移速度补偿系统零件的三维实体模型并组装成屏幕样机, 其中凸轮外轮廓可根据设计参数通过精确绘制三维曲线然后拉伸得到。

在三维实体模型的基础上应用 Mechanisms 模块建立像移速度补偿机构的运动学模型 (见图 4) 和运动分析动态仿真。由现存实体定义运动构件 Link, 其中定义盘形凸轮及与凸轮轴同轴的驱动力矩电机、增量编码器等同轴联接运动组件为同一驱动构件 (LOOK 1); 定义滚子组件、片台组件及胶片注释组件和位移测量组件随片台一起运动部分为同一构件 (LOOK 2), 选驱动构件定义回转副 (J001) 使凸轮绕凸轮轴以匀角速度转动, 滚子与凸轮外表面接触定义成点在曲线上运动副 (J002)。再定义直线运动副 (J003) 为片台沿直线补偿运动导向, 经计算系统自由度为 0, Mechanisms 分析模块计算分析显式 "No errors" 表明机构运动模型建立正确, 可进行下一步的动态仿真及运动参数分析及运动规律曲线输出, 经 CAD/CAE 机构运动分析得到了凸轮轴转动一周 360° 相应的片台直线位移曲线 (图 5), 速度曲线 (图 6), 驱动构件及各个时刻的直线位移 S 、速度 V 、加速度 a 、凸轮总升程为 22mm 等数据, 分析结果完全符合设计要求, 并与同其它设计方法分析得到的结果相一致。

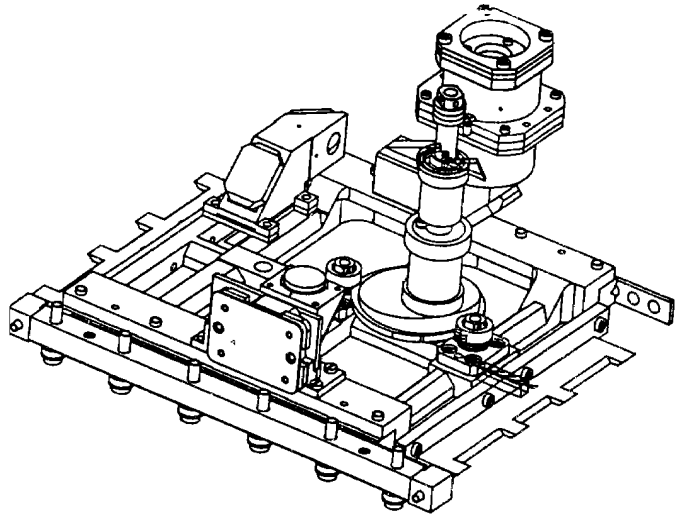


Fig. 4 Image motion speed compensation mechanism model

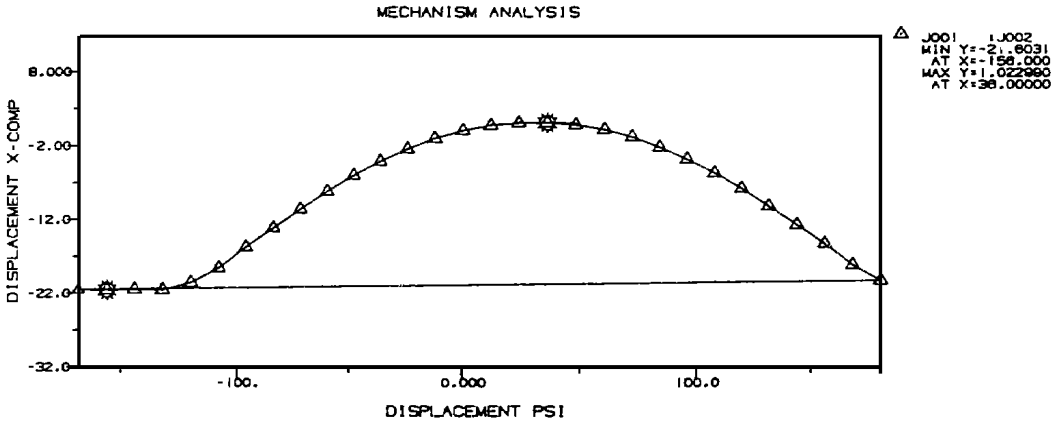


Fig. 5 Displacement graph

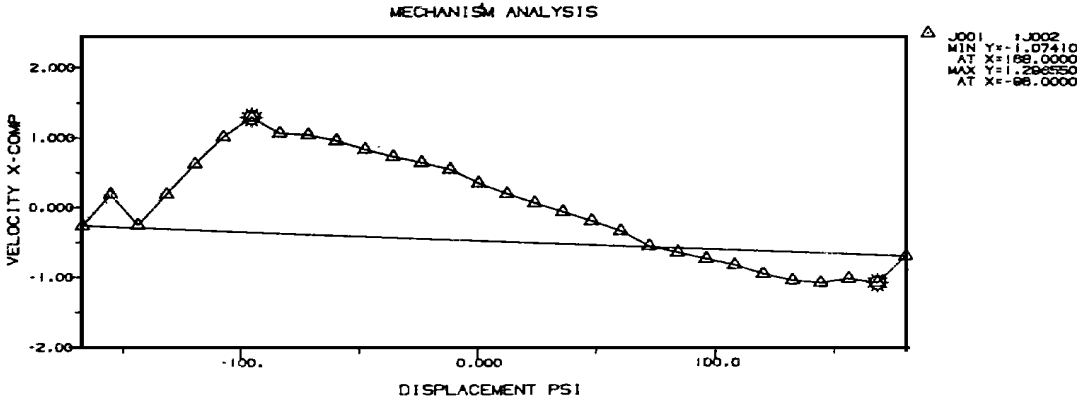


Fig. 6 Velocity graph

4 结束语

通过运动分析仿真,精确描述了输片摄影系统的运动规律,可动态干涉检查,对卡片、划片的可能性进行预测。并可获取输片系统像移补偿速度机构的速度、位移、加速度等运动参数,对机构的设计进行综合评价和修改,为确定合理设计参数提供参考。

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 ~ 16
- 4 王延风. 多联动机构运动仿真. 光学 精密工程. 1997, 5(6): 21 ~ 24

Mechanism Analysis and Simulation for Transfer Film Photograph Systems on Space Camera

WANG Yan-Feng

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

Abstract

By means of CAD/CAE Application-UG/Mechanisms, transfer film and image motion speed compensation systems on space camera have been kinematically analyzed and simulated, which provided interference check, rang of motion, displacement, velocity and acceleration for mechanical systems design / assessment.

Key words: CAD/CAE, Mechanisms, Image motion speed compensation, Link, Joint

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。副研究员, 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。