

一种新型间歇机构的性能分析^①

吴同喜, 仲梁维

(上海理工大学 机械工程学院 CAD 中心, 上海 200093)

摘 要: 基于虚拟样机技术及结合 MSC.ADAMS 和 Pro / ENGINEER 软件, 以某型印刷机间歇机构为例, 将在 Pro / ENGINEER 软件中建立好的三维模型, 导入到仿真软件 MSC.ADAMS 中, 完成了运动学、动力学仿真, 主要对该机构中端面凸轮、共轭凸轮和输出轴等进行了性能分析。使后续对印刷机间歇机构的优化设计和分析提供了重要的依据, 从而提高了设计效率, 缩短了产品设计周期, 对工程实际有着重要的作用。

关键词: 印刷机; 间歇机构; Pro / ENGINEER ; MSC.ADAMS; 动力学仿真

Performance Analysis of a New Intermittent Mechanism

WU Tong-Xi, ZHONG Liang-Wei

(CAD Center, College of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Based on virtual prototyping technology and combined with MSC.ADAMS and Pro / ENGINEER software, this paper discussed a certain type of press Intermittent mechanism. Firstly, we created three-dimensional models In Pro / ENGINEER software. Then, we imported these three-dimensional models into the simulation software MSC.adams and carried out kinematics and dynamics simulation of The virtual prototype. Mainly, we finished the performance analysis of Face Cam, Conjugate cam and Output shaft. These analysis can provide an important role in the optimal design and analysis of the press Intermittent mechanism in the future. The results not only improve design efficiency, but also shorten the product design cycle, as well as, playing an important role in the actual project.

Key words: press; intermittent mechanism; Pro / ENGINEER; MSC.ADAMS; dynamic simulation

间歇机构是印刷机中重要系统之一, 它由曲轴, 端面凸轮, 共轭凸轮, 扇形齿轮, 离合器连杆以及输出轴等零部件构成。由于间歇机构是印刷机的传动系统, 是印刷机动力的主要来源。因此间歇机构设计的好坏关系到整个印刷机的性能效率, 可靠性、使用寿命、以及整机的振动和噪声。为了设计好间歇机构, 对共轭凸轮、啮合齿轮和输出轴进行了动力学分析。

虚拟样机是一种基于产品的计算机仿真模型, 它从外观、功能和行为上模拟真实产品。利用虚拟样机代替物理样机对产品进行仿真设计、测试和评估, 缩短开发周期, 降低成本, 改进产品设计质量, 提高面向客户与市场需求的能力^[1,2]。

本文以某型号印刷机间歇机构为例, 将 CAD 技术

和虚拟样机技术运用到共轭凸轮的设计过程中, 将在 PRO/E 中建立的间歇机构三维实体模型, 通过公共的软件接口导入到多体动力学仿真软件 MSC.ADAMS 中, 进行动力学建模并进行动力学仿真分析。

1 工作原理

印刷机间歇机构的示意图如图 1 所示, 该机构包括曲轴, 端面凸轮, 共轭凸轮, 小齿轮, 扇形齿轮, 离合器连杆以及输出轴。曲轴与两个共轭凸轮通过键连接, 使共轭凸轮与曲轴一起运动。共轭凸轮的作用是控制扇形齿轮往复式运动, 扇形齿轮与印刷机机身通过轴承连接, 小齿轮与离合器通过轴承连接。离合器连杆一端带有滚子, 该滚子与固定在曲轴上的端面

① 收稿时间:2011-06-28;收到修改稿时间:2011-08-16

齿轮接触, 另一端与离合器接触。

印刷机的传动系统中共轭凸轮与扇形齿轮通过滚子接触, 曲轴带动两个共轭凸轮旋转, 因为滚子与共轭凸轮为高副机构, 从而共轭凸轮旋转后带动扇形齿轮进行往复式运动, 又通过扇形齿轮与小齿轮啮合运动将运动传递给输出轴。离合器连杆通过滚子与端面凸轮接触, 曲轴转动时带动端面凸轮一起旋转, 进而实现离合器的分离。输出轴的旋转运动与离合器的分离运动配合实现输出轴的动静功能, 符合印刷机的工作要求。

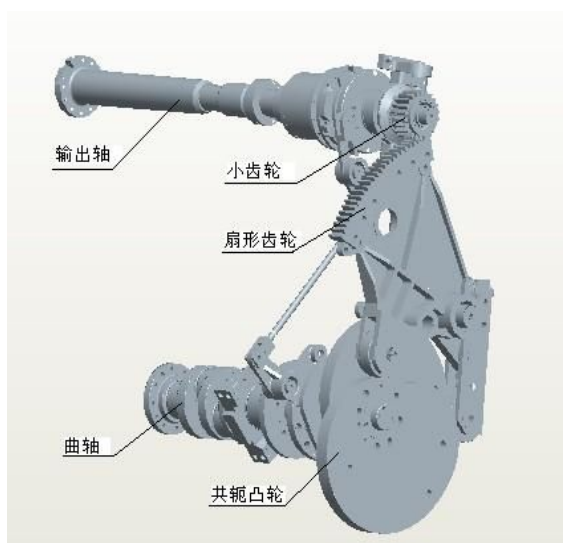


图 1 PRO/E 中的间歇机构三维建模

由于采用齿轮啮合传动机构, 具有良好的传动比, 确保了印刷机的精度。同时滚子在齿轮和凸轮之间以及离合器连杆和端面凸轮之间的传动中, 保证了良好的受力情况, 这样使输出轴的运动具有工作平稳、效率高、振动小等特点。

2 间歇机构的虚拟样机

ADAMS, 即机械系统动力学自动分析(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems), 是美国 MDI 公司(Mechanical Dynamics Inc) 开发的虚拟样机分析软件。ADAMS 软件可以非常方便地对建立的虚拟样机进行静力、动力、运动仿真分析, 输出位移、速度、加速度和反作用力曲线等^[3]。

2.1 动力学模型的建立

印刷机间歇机构的数字化模型是使用 PRO/E 三维

建模软件建立的。根据设计图纸将各个零件建立好, 并对每个零件的质量属性和单位进行设置。然后将建立好的三维模型零件按照工作关系在 PRO/E 里完成装配。

在 PRO/E 中建立和分析间歇机构的模型时, 应注意的技术细节:

(1) 在建立三维模型零件之前, 应先对零件特征进行规划, 把最主要的特征放到前面建立, 辅助特征后建立。

(2) 尽量使用自下而上的建模方式, 因为零部件是独立设计的, 这样保证在更新零件时, 装配体重建模型更简单。

(3) 在将建立好的三维模型保存为公共格式时, 应选择与全局坐标系相同的局部坐标系。保证导入到 Adams 软件时, 模型是规则的。

(4) 保证在 PRO/E 中装配后的模型没有干涉, 否则在 Adams 中仿真时, 数据会出现错误。

ADAMS 软件中常见的格式有 cmd, x_t, igs, stp, dwg 等。在 PRO/E 中装配完成后, 将其保存为 PRO/E 与 ADAMS 公共的文件格式, 如 x_t, igs, 本文保存为 parasolid 格式。打开 ADAMS 软件之后选择 import a file, 在文件类型中选择 parasolid 格式文件, 打开后就完成了模型的导入, 如图 2 所示。

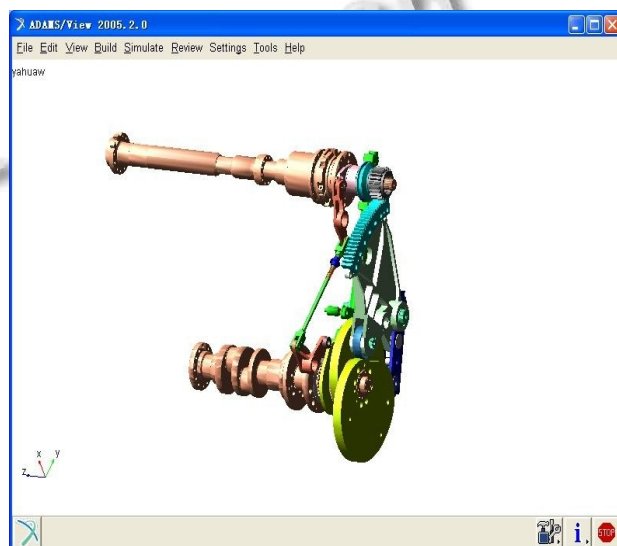


图 2 Adams 中的模型

由于三维软件模型导入到 ADAMS 中后是没有质量信息的, 我们需要逐个对导入的零件模型进行材料

质量的设置,否则会导致仿真失败^[4]。另外在添加约束的过程中,可以将不参与运动的零部件删除,避免增加工作量。建议在每添加到一定量的约束后,进行仿真一次避免错误。

2.2 给模型添加约束关系

根据分析问题的具体要求,建立侧重点不同的分析模型,在此主要进行力学分析和运动学分析,因此模型导入 ADAMS 软件后,根据模型的实际工作原理,将运动副简化为 ADAMS 中的理想约束,从而对几何模型施加运动学约束、驱动约束和力等物理模型要素。本文将曲轴和端面齿轮、两个共轭凸轮合并为一个物体。共轭凸轮和扇形齿轮的滚子之间以及离合器连杆滚子和端面齿轮之间添加接触副,扇形齿轮和小齿轮之间添加齿轮副,曲轴、扇形齿轮、输出轴都和地面添加旋转副,离合器和离合器连杆与地面之间添加圆柱副。在曲轴处添加模型的驱动约束,完成后的虚拟样机如图 3 所示。

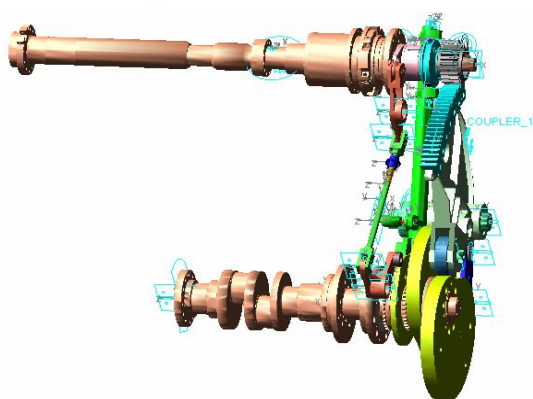


图 3 间歇机构的虚拟样机

3 运动学仿真结果与分析

结合上文所述的部件模型、工作原理和相关数据,进行仿真设置:曲轴视为匀速旋转,添加驱动为:STEP(time, 0, -750d, 15, -750d),仿真步长和时间的设置为:

! Insert ACF commands here:

DEACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=0.1531, STEPS=50

ACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=0.485, STEPS=50

DEACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=0.6397, STEPS=50

ACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=0.9663, STEPS=50

DEACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=1.1153, STEPS=50

ACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=1.4517, STEPS=50

DEACTIVATE/JOINT, ID=39

SIMULATE/DYNAMIC, END=1.5, STEPS=20

印刷机间歇机构的平稳性是影响运动特性的最重要性能,决定着印刷机的加工精度。输出轴的角速度、位移和小齿轮与滚子的接触力决定着整个印刷机的精度和机器的平稳性^[5]。

对模型进行运动学仿真,所需要测量的物理量可以通过 Measure 工具对其在仿真过程中测量。通过 Adams/View 界面可以看到动画和测量的效果,PostProcessor 是 Adams 的后处理模块,在前处理结束后,可以在 PostProcessor 里对仿真结果进行曲线的分析和编辑。如图 4 所示。

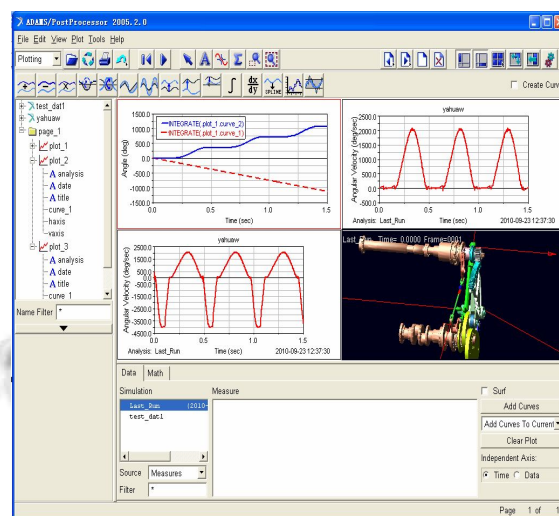


图 4 仿真结果的界面

根据印刷机的工作要求,输出轴必须满足先加速后减速,然后停止一段时间,且动静比为 1: 1.87。加速运动和减速运动是将纸张送达冲压的位置,停止是为了对纸张进行冲压或烫印等处理操作,因此动静比的准确性是影响产品加工精度的重要因素之一。

从图 5 中可以分析出输出轴的运动原理图,其运动方式是先加速后减速,运动时间约为 0.313s,然后停止 0.163s,动静比为 1: 1.92。与理论的动静比相比,

误差为 2.7%，在工程误差 5% 范围内，满足印刷机实际工作理论设计要求。

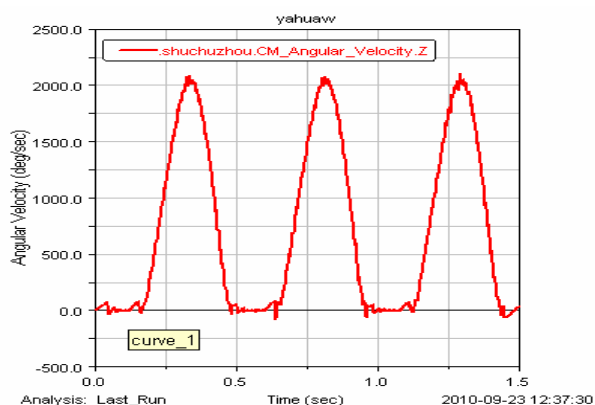


图 5 输出轴的角速度曲线

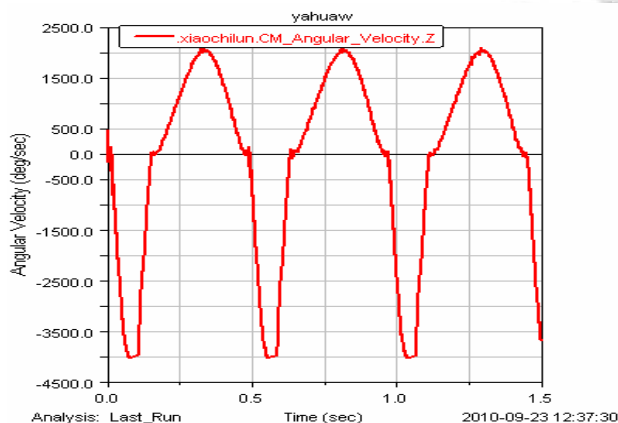


图 6 小齿轮角速度曲线

齿轮啮合主要起传动作用，将动力通过离合器传递给输出轴，同时离合器又实现输出轴的动与静的运动效果。齿轮啮合的平稳性，决定了输出轴的工作精度，进而影响产品的加工质量。

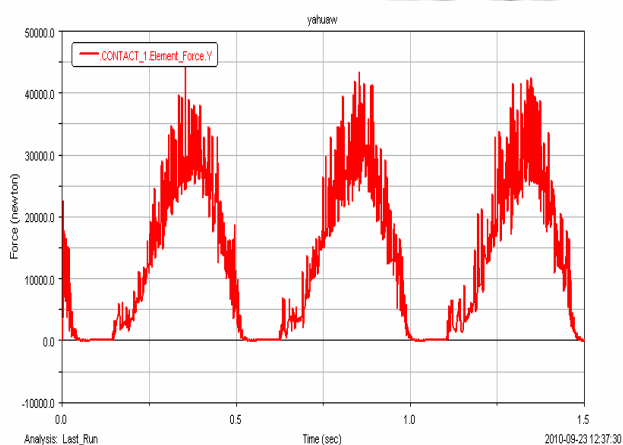


图 7 扇形齿轮的滚子与共轭凸轮接触力曲线

从图 6 小齿轮角速度曲线得出：小齿轮啮合传动平稳，而且振动较小。这就保证了印刷机精度要求，运动轨迹基本符合印刷机要求。

随着生产效率的提高，对共轭凸轮机构的动作频率的要求也越来越高。但是电动机转速的提高会对凸轮和滚子之间碰撞接触以及机构的稳定性等方面造成许多负面的影响^[6]。

从图 7 中可以看出扇形齿轮的滚子和共轭凸轮的接触力的变化曲线，高副运动机构的接触力较平稳，没有异常的冲击力，振动较小，符合理论设计要求。

上述仿真分析的结果表明：由端面凸轮、共轭凸轮和离合器等组成的新型间歇机构，具有传动平稳，动力特性好，冲击振动小的运动，且转位精确等特点。使传统印刷机的曲轴转速从 5000r/h 提高到 7500r/h，同时保证了印刷精度，大大提高了工作效率。而传统的间歇机构在高速旋转运作时，有较大的冲击和噪音，转动精度较差。

4 总结

本文通过建立印刷机间歇机构的虚拟仿真模型，对其在软件 ADAMS 中进行了运动学的仿真。通过这种虚拟装配技术和 CAE 技术的结合，分析了输出轴、小齿轮、滚子与共轭凸轮接触力的角速度和力的曲线，从上述的仿真曲线中提取边界条件，得到了各种运动学和动力学数据，作为分析工况。运用这种方法设置不同的仿真数据，可以得到不同的工况，这样为后续有限元进行强度分析提供了数据基础，对印刷机间歇机构进一步进行优化设计提供了可能。

参考文献

- 1 熊光楞,李伯虎,柴旭东.虚拟样机技术.系统仿真学报, 2001, (1):114-116.
- 2 贺兵,等.基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究.包装工程,2008,(2):47-49.
- 3 卜斌,杨兆建,王义亮.基于虚拟样机技术的采煤机行走机构运动学仿真.机械工程与自动化,2011,(2):23-25.
- 4 陈树人,卢强,李继伟,朱维忠,等.基于 ADAMS 秧草收割机往复复式割刀机构的运动学仿真.农业装备技术,2010,(12):53-55.
- 5 李发展,卢章平,等.基于 ADAMS 模切机肘杆机构特性分析.包装工程,2010,(1):24-26.
- 6 朱峰,葛正浩,苏鹏刚,李竞洋.基于 ADAMS 的平行分度凸轮机构的动力学仿真.包装工程,2009,(6):1-4.