

悬臂式掘进机回转机构的建模与动力学仿真

董磊¹, 任家骏¹, 王喜胜², 吴凤林¹

(1. 太原理工大学 机械工程学院, 山西 太原 030024; 2. 煤炭科学研究总院 太原研究院, 山西 太原 030006)

摘要: 基于三维造型软件 UG 实现了悬臂式掘进机回转机构的三维实体建模, 通过 Parasolid 格式将模型导入 ADAMS 进行仿真分析, 利用 ADAMS/Hydraulics 模块实现了机械-液压联合仿真, 得到了 3 种工况下回转台与回转油缸铰接点的轴向力和径向力曲线, 并对仿真结果作出了分析, 为优化设计和有限元分析等提供了理论依据。

关键词: UG; ADAMS/Hydraulics; 悬臂式掘进机; 回转机构; 仿真

中图分类号: TD421.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336 (2009) 06-0083-03

Model Establishing and Dynamics Simulation of Rotary Mechanism for Boom Type Roadheader

DONG Lei¹, REN Jia-jun¹, WANG Xi-sheng², WU Feng-lin¹

(1. School of Machinery Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Taiyuan Research Institute, China Coal Research Institute, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Based A 3D physical model on the rotary mechanism of the boom type road header was established base on the 3D formations software UG. The model was introduced to the ADAMS for the simulation and analysis with the Parasolid format. The ADAMS/Hydraulics mode was applied to the mechanical and hydraulic combined simulation. The axial force and radial force between the rotary table and the rotary cylinder joints under the three performances were obtained. The paper analyzed the simulation results which could provide the theoretical references to the optimized design and finite element analysis.

Key words: UG; ADAMS/Hydraulics; rotary mechanism; boom type roadheader; simulation

悬臂式掘进机的回转机构一方面承受工作机构所有的切割阻力和阻力矩, 另一方面, 回转台及摆动油缸组成的水平进给机构, 完成工作机构的水平进给运动。其可靠性和稳定性直接关系到整机的使用周期, 其尺寸的大小也直接影响到整机的高度和宽度等总体参数^[1]。传统设计中回转机构的设计计算通常采用解析法, 其对简化计算、初始设计具有一定的理论意义, 但是由于摆动油缸受到油液冲击载荷的影响, 其作用在回转机构上的力矩并不是定值, 采用虚拟样机技术可以较为真实地反映这一情况, 对研究回转机构的稳定性具有十分重要的工程意义。

1 悬臂式掘进机回转机构的实体建模

使用 UG 对悬臂式掘进机整机建模。由于机构复杂, 故选用自下而上的建模方法, 即先创建多个零件, 然后将这些零件进行装配^[2]。

1) 基于特征的零件建模。该研究着重考虑回

转机构对整机系统动力学方面的影响, 故将回转耳架(图 1)及与之相接触的零件, 如夹板、心轴、夹板座、回转油缸等依照实际机型的尺寸与结构进行建模, 而其他结构如底座、悬臂等装配尺寸不变, 进行简化结构建模, 由此引起的质量改变, 在 ADAMS 中设置。

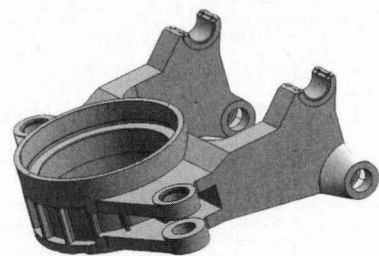


图 1 回转耳架

2) 装配建模。创建整机模型的目的是充分考虑其系统性, 对回转机构进行运动学仿真分析, 因此装配时, 做出如下简化: 轴承简化为轴孔, 其旋转配合在 ADAMS 中设置; 螺纹连接简化为相应面

固定连接 (图 2)。

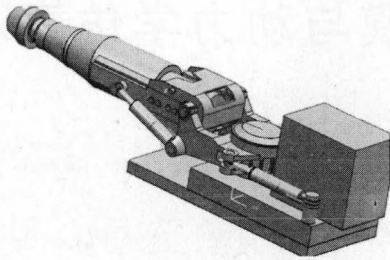


图 2 装配结构和实体模型

2 仿真前处理

2.1 简化装配

整机装配后, 由于零件数较多、某些零件之间没有相对运动, 为减少 ADAMS 的计算量, 仿真前可用 UG 装配的高级功能对整机模型进行修改。简化装配功能目标是合并装配中的所有体并移除内部面。为此, 首先要将这些体连接到工作部件中。覆盖体一直用于堵塞空和填充缝隙, 直到所有体均合并为一个体并且内部面与外部面完全隔离。然后内部面被移除, 结果为单个轻量级和密封实体^[3]。该研究将没有相对运动的 2 个零件或多个零件合并成一个实体, 为后续导入动力学仿真软件做准备。

2.2 建立液压系统

采用 ADAMS/Hydraulics 模块^[4], 此模块为 ADAMS 对液压系统仿真的扩充模块, 利用液压模块可以在同一界面下建立机械系统与液压回路之间相互作用的模型并在计算机中设置系统的运动特性, 进行各种静态、模态和瞬态的分析。

悬臂式掘进机液压泵站是一个庞大的系统, 有一个主回路及多个辅助回路。但在 ADAMS/View 模块下, 起同样作用的 2 个液压缸只认为有 1 个液压缸, 多余的驱动会造成系统的过约束。另外, 计算机仿真可以不考虑漏油及流体压力的补偿, 故本文在此也不考虑辅助回路, 只建立 1 只回转油缸的驱动液压主回路。液压系统如图 3 所示。

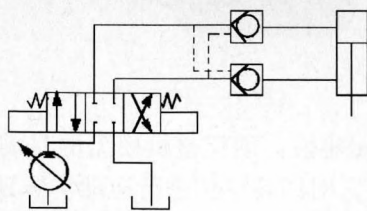


图 3 液压系统

3 动力学仿真

3.1 仿真条件

将 UG 中建立的模型转化为 Parasolid 格式文件, 选择版本 UG12.0 - UG17.0, 文件名后缀为 .x_t。导入成功后, 对各组成部件依据实际添加质量等属性。由于模型中原有的装配关系都已无效, 只提供了各构件的初始位置^[5], 需要重新对模型施加约束。由于已经使用简化装配功能使零件数大幅减少, 所以只需对模型创建如下约束副如下 (暂不考虑升降油缸): 芯轴固定副、芯轴与回转台旋转副、回转油缸与底座旋转副、回转油缸与铰接点旋转副、夹板座与悬臂固定副、回转油缸与回转活塞滑动副。

根据实际系统额定压力, 流量及设计要求, 在 ADAMS/Hydraulics 模块下, 建立液压原理图 (只考虑回转部分)。分别依据实际情况对压力源、三位四通换向阀及液压缸输入参数, 其中液压缸 I - Marker 和 J - Marker 分别与机械模型中的液压活塞顶端中心和液压缸底部中心相连, 完成了机械 - 液压联合模型的建立。采用 ADAMS 中的阶跃函数 STEP (x, x_0, h_0, x_1, h_1) 对模型施加驱动: 液压泵选用 A7V58EL2.0RPF, 额定压力为 35 MPa, 三位四通换向阀驱动函数为 STEP (time, 0.0, 0.5, 1.0, 1.0) + STEP (time, 1.0, 0.0, 1.5, -2.0) + STEP (time, 1.5, 0.0, 2.0, 1.0), 悬臂顶端受负载 150 kN, 方向始终垂直于运动方向。仿真时间 $t=2.5$ s, 仿真步数 STEP = 200 (在系统仿真 0 ~ 0.5 s 时, 系统震荡严重, 不考虑此时间段结果)。

3.2 仿真结果

掘进机的主要工作是靠回转台带动悬臂进行横摆切割, 本文取横向切割两个周期, 最大摆动角为 $\pm 30^\circ$, 横坐标为仿真时间, 纵坐标为铰接点受力。图 4 为铰接点轴向受力图, 图 5 为铰接点径向受力图。图中, JOINT_3_ MEA_ n. Q 代表回转耳架与左回转油缸铰接点受力的第 n 次测试量, JOINT_6_ MEA_ n. Q 代表回转耳架与右回转油缸铰接点受力的第 n 次测试量。

3.3 仿真分析

通过分析仿真曲线可知:

1) 当悬臂工作 1 一个周期时, 2 个铰接点受

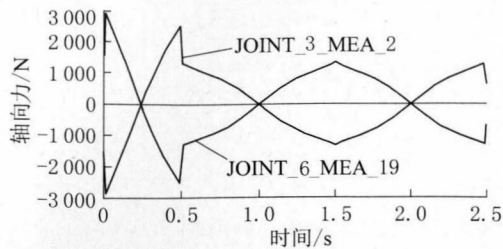


图 4 两铰接点轴向受力

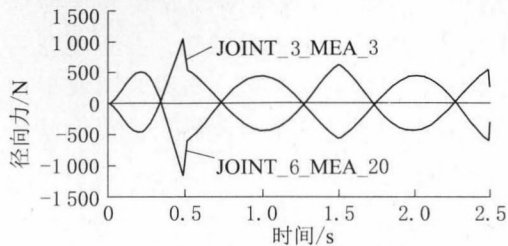


图 5 两铰接点径向受力

力变化趋势为大小相近，方向相反。这是因为回转油缸对铰接点施加力，一个过程是伸缩杆腔进油，对铰接点是拉力；下一个过程是伸缩杆腔出油，对铰接点是推力。

2) 同一工况下，铰接点受轴向力大于径向力。对回转台，驱动力矩的大小是由回转油缸的推拉力大小决定的，由于掘进机在横向切割时，回转油缸的摆动角不能太大，否则会造成剧烈震动，对回转油缸损害极大，所以为保证足够的驱动力矩，回转油缸对回转台的轴向力要比径向力大。

3) 经作者试验，悬臂式掘进机在最高切割平面（距地面约 4 m）、水平切割平面（距地面约 1.6 m）以及最低切割平面（距地面约 -0.5 m）这 3 种位置切割时，回转油缸铰接点受力情况大致相同，这说明切割位置的高低对回转油缸影响较

（上接第 82 页）

道铺设、运行维护等方面严格控制，以减少故障的发生。同时，在系统设备上还需完善相关设施，减少钢丝绳张紧、巷道起伏对安全运行的影响，提高系统运行的稳定性，保障运输安全。

参考文献：

- [1] 李福毅, 颜兴亮, 刘志涛. 煤矿顺槽连续牵引车的应用与研究 [J]. 煤矿机械, 2005 (8).
- [2] 刘永生. SQ-1200 型顺槽连续牵引车在超化煤矿的研究与应用 [J]. 煤矿机械, 2002 (10).
- [3] 颜慧珍. 钢丝绳的伸长率与预张拉技术 [J]. 金属制品, 2006 (10).

小。所以，在设计回转系统时，应主要考虑回转角度大小对系统的影响。

4) 在悬臂横摆切割过程中，所转角度越大，回转油缸对铰接点施加的驱动力越大，以抵消由于角度变大所带来的负载在轴向的分力。

4 结 论

使用三维造型软件 UG 和机械系统运动学/动力学分析软件 ADAMS，建立了掘进机回转机构虚拟样机模型，弥补了 ADAMS 实体建模能力的不足，使各零件和整机模型的修改更方便和直观。

通过对掘进机工作过程中回转机构铰接点处的受力情况进行仿真分析，得到了铰接点处力的变化曲线，克服了传统方法计算精度的不足，为提高回转台的有限元分析质量奠定了基础。

参考文献：

- [1] 李辉杰, 巴麟, 方臻. 悬臂式掘进机回转支承设计计算 [J]. 煤矿机电, 1999 (4).
- [2] 马秋成, 肖良红, 聂松辉, 等. UG 建模方法的探讨 [J]. 机械设计与研究, 2002 (1).
- [3] 洪如瑾. UG CAD 快速入门指导 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [4] 郑建荣. ADAMS 虚拟样机技术入门与提高 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [5] 李军, 邢俊文, 覃文洁. ADAMS 实例教程 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002.

作者简介：董 磊（1982-），男，吉林长春人，硕士研究生，现从事机械优化设计及 CAD 方面的研究工作，Tel: 13754892010, E-mail: dl060@163.com

收稿日期：2009-02-01；责任编辑：王宗禹

- [4] 冉献宝. SQ-1200 连续牵引车在淮南矿区的应用效果 [J]. 煤炭技术, 2005 (5).
- [5] 贺仰兴. 依靠科技创新发展矿山辅助运输 [J]. 山西煤炭, 2003 (9).
- [6] 黄福昌, 倪兴华. 兖矿集团矿井辅助运输技术规范 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008.

作者简介：曹如彦（1967-），男，山东济宁人，高级工程师，从事矿井辅助运输技术管理工作。Tel: 0537-2628016, E-mail: caory578@126.com

收稿日期：2009-02-18；责任编辑：张 扬