

## 基于 Pro/E 的车用起重尾板举升机构运动仿真

田 杰<sup>1,2</sup>, 商高高<sup>2</sup>, 周黎敏<sup>1</sup>

(1. 南京林业大学机械电子工程学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏大学汽车与交通工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:**在利用 Pro/E 建立了车用起重尾板举升机构的三维模型后, 对举升机构进行了运动仿真, 根据检查到的干涉情况对设计中潜在的问题进行了修改。并对仿真过程中机构的关键点和重要参数进行了测量和分析, 结果表明该举升机构运动平稳, 且油缸行程均在设计范围内, 因此能够满足使用要求, 同时也验证了该模型的正确性。

**关键词:**车用起重尾板; 举升机构; 三维建模; 运动仿真

**中图分类号:** TQ351      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-2006(2006)05-0076-03

## Motion Simulation of Tail-lift Lifting Mechanism for Vehicle Based on Pro/E

TIAN Jie<sup>1,2</sup>, SHANG Gao-gao<sup>2</sup>, ZHOU Li-min<sup>1</sup>

(1. College of Electronic and Mechanical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2. School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** After modeling the three-dimensional solid model and motion simulation of the tail-lift lifting mechanism for vehicle based on Pro/E, the lifting mechanism was revised according to the interference check. Measurement and analysis of the key point and the pivotal parameters were carried during the simulation. The simulation results show that the lifting mechanism has stable movement and both of the hydro cylinder strokes are in the design range, it can meet the operation requirements and the simulation model is proved to be correct.

**Key words:** Tail-lift for vehicle; Lifting mechanism; Three-dimensional modeling; Motion simulation

车用起重尾板举升机构的设计关键在于检查机构的运动是否达到设计的要求, 检查运动构件是否发生干涉, 以及在设计阶段就能详尽而又全面地了解所设计机构的力学性能。因此, 在完成整体设计和零件设计后, 试制样机前, 需利用三维建模仿真技术实现车用起重尾板举升机构的虚拟装配, 并模拟举升机构的运动, 甚至直接分析各运动副与构件在某一时刻的位置, 运动量以及各运动副之间的相互运动关系, 关键部件的受力情况<sup>[1]</sup>, 从而消除整机设计中可能存在的问题。不仅能减少试制样机的费用, 而且能大大缩短机械产品的开发周期, 减少设计错误的发生率, 进而提升整体的设计水平。

### 1 车用起重尾板举升机构及装配

#### 1.1 举升机构的结构

车用起重尾板举升机构是一种以车载蓄电池为动力的液压起重装卸装置。起重尾板可安装在货车或各种密闭车辆的尾部, 具有在上止点位置的翻转、上下平动和在下止点位置的着地倾斜功能。其中, 在上止点位置的翻转运动能实现起重尾板的落板和收板; 上下平动运动能实现货物的垂直升降; 在下止点位置的着地倾斜运动使得起重尾板一侧贴地, 处于倾斜位置, 以方便手动运输叉车的上下。

举升机构, 主要由面板、支架、油缸、电气控制箱、液压动力箱以及液压管路等部件组成(图1)。面板由防滑性能比较好的花纹钢板与横竖交错的冷冲压筋板焊接而成, 后端与支架及摆动油缸用销轴连接。升降油缸和摆动油缸的下端均用销轴与交叉座相连接。升降油缸上端与支架用销轴连接。液压动力箱由齿轮泵、直流电机、电机起动器、溢流单向卸荷组合阀、两位三通电磁换向阀、油箱及滤油器组成。

收稿日期: 2005-11-10

修回日期: 2006-04-10

基金项目: 跃进汽车集团南京标准件有限公司委托开发项目(021040033)

作者简介: 田 杰(1971-), 女, 讲师, 博士, 主要从事汽车设计 CAD/CAE 以及汽车电子控制技术的研究。

电气控制元件由箱体、上升控制按钮、翻板控制按钮及下降控制按钮、90°旋转式电源开关、保险管等组成。

## 1.2 举升机构的装配

(1) 各零件的三维实体建模。Pro/E 提供了 2 种装配模式:自底而上的装配模式和自顶而下的设计模式<sup>[2]</sup>。建模过程中采用了易于掌握的自底而上的装配方法,即首先建立好各个零件的三维实体模型,然后将这些零件进行装配。在 Pro/E 软件中对该机构中所涉及的零件进行三维实体建模时,其建模方法主要取决于各零件的具体形状。建模原则为:在不影响举升机构动作的前提下,构造零件的基本特征要尽量简单,并充分考虑以后零部件的参数化问题。建模过程中主要利用了 Pro/E 软件提供的拉伸、旋转、扫描、平移复制、镜像复制、倒角、壳以及切削等基本操作<sup>[3]</sup>。其中建模的难点是辅助平面的选择和建立。

(2) 虚拟装配。各零件的三维实体建模完成后,首先要分别完成 U 型架焊接总成以及中间横梁焊接总成的装配。由于 U 型架焊接总成以及中间横梁焊接总成中各零部件之间不存在相对运动,故可视为一个整体来处理。然后进行建立在各总成基础之上的车用起重尾板举升机构的虚拟装配。由于各总成间既有位置的要求,又有相对运动的要求,故在该装配过程中,除了要保证各总成的位置关系,还要定义相应的运动副,如中间横梁焊接总成、U 型架焊接总成、面板以及油缸之间的连接采用“销钉”约束,各油缸内杆与缸筒的连接采用“圆柱”约束。其中各总成的位置关系采用刚性连接中的“匹配”和“插入”约束。具体的装配顺序是:以中间横梁焊接总成作为装配的基础零件,通过销钉连接的方式,依次进行 U 型架焊接总成、面板、摆动油缸以及升降油缸的装配。图 2 为从正、反两个方向观察到的车用起重尾板举升机构的虚拟装配模型。

## 2 运动仿真及结果分析

### 2.1 运动仿真

车用起重尾板举升机构的运动过程见图 3。车用起重尾板举升机构的工作,共有起重尾板在上止点的翻转、上下平动以及在下止点的着地倾斜 3 种工况。考虑到它们并不是连续完成,故单独定义了 3 种运动。由于举升机构的对称性,伺服电动机只在一侧施加,不必考虑另外一侧。为完成翻转和着地倾斜运动,需创建 1 个伺服电动机,并把这个伺服电动机设置到 U 型架焊接总成与面板的连接轴。为完成上下平动,也需创建 1 个伺服电动机,并把这个伺服电动机设置到中间横梁焊接总成与 U 型架焊接总成的连接轴。完成相关的设定后<sup>[4]</sup>,即可实现运动的仿真。

### 2.2 干涉检查

干涉检查的目的是分析起重尾板举升机构可能出现的运动干涉及“死点”位置。利用 Pro/E 自动检查各部件在运动过程中的干涉问题,不仅准确,而且效率高,使得干涉问题在设计过程中就能得到有

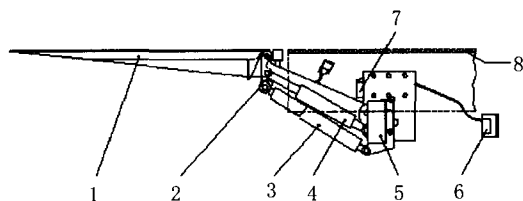


图 1 车用起重尾板举升机构结构

Fig. 1 The structure of tail-lift lifting mechanism for vehicle

(1. 面板; 2. 支架; 3. 升降油缸; 4. 摆动油缸; 5. 平衡油缸; 6. 电气控制箱; 7. 液压力箱; 8. 车厢底板)

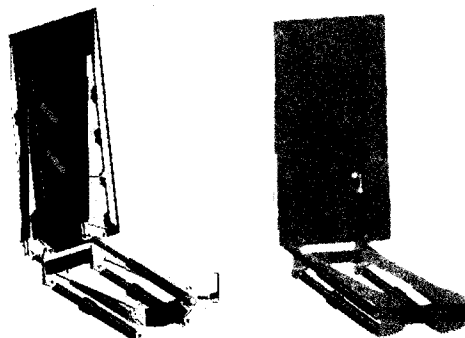


图 2 车用起重尾板举升机构的装配

Fig. 2 The assembly of tail-lift lifting mechanism for vehicle

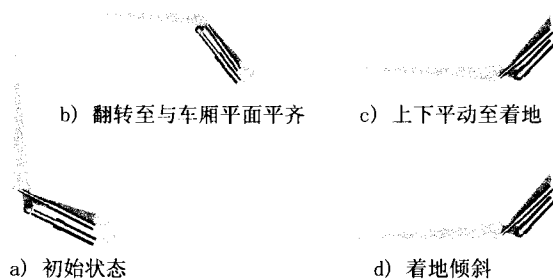


图 3 车用起重尾板举升机构的运动过程

Fig. 3 The operating process of tail-lift lifting mechanism for vehicle

效解决<sup>[2]</sup>。

通过干涉检查,发现面板与U型架焊接总成之间出现干涉,以及油缸内部出现干涉的现象。通过修改对应零部件特征的方法,逐一予以解决。

### 2.3 仿真结果分析

根据车用起重尾板举升机构的设计特点,以面板与摆动油缸的铰接点以及摆动油缸和升降油缸的行程变化作为研究对象,创建测量曲线,进行运动学的仿真分析。仿真分析有助于分析运动时产生的结果,并能提供相应的改进信息<sup>[3]</sup>。

面板与摆动油缸的铰接点在运动过程中的角速度和角加速度随时间变化的曲线见图4。由图4可见,在整个过程中,面板与摆动油缸的铰接点处角速度绝对值的变化情况是:在翻转运动中,角速度的变化稍大,但其绝对值仅为 $1.56^{\circ}/s$ ;在上下平动和着地倾斜运动中,角速度绝对值分别为 $0.07^{\circ}/s$ 和 $0.08^{\circ}/s$ 。面板与摆动油缸的铰接点处角加速度绝对值的变化情况是:在翻转运动中,角加速度的变化稍大,且出现了最大值,但也仅有 $0.25^{\circ}/s^2$ ;在垂直升降运动和着地倾斜运动中,角加速度的变化及绝对值都很小,分别为 $0.03^{\circ}/s^2$ 和 $0.02^{\circ}/s^2$ 。总的来说,面板与摆动油缸的铰接点在运动过程中的角速度和角加速度的变化均较小,可见该举升机构在运动的过程中,转动比较平稳。

车用起重尾板在运动过程中,升降油缸和摆动油缸行程的变化见图5。由图5可见,面板的翻转和着地倾斜运动由摆动油缸单独完成,此时升降油缸不参与工作;面板的上下平动则由升降油缸单独完成。这与实际的工作情况完全吻合。同时,在整个运动过程中,摆动油缸长度的变化规律是先减小,再保持不变,之后又减小,其最大行程为163.9 mm;升降油缸的长度仅在面板的上下平动过程中发生变化,由原来的843.3 mm变化到543.6 mm。而所设计的摆动油缸和升降油缸的行程分别为408、379 mm。可见设计的油缸行程可以满足实际工作的需要,但升降油缸的行程裕量较大,可以尝试在此基础上适当进行改进。

## 3 结 语

应用Pro/E软件的建模和运动分析模块,成功地解决了车用起重尾板举升机构传统设计中无法直观观察举升机构空间运动状况的难题,并将机构运动中出现的干涉问题在试制样机之前予以解决。此次研究是直观、方便地进行举升机构的设计、布置、动态模拟和分析的一次有益尝试,为生产高质量、高性能的车用尾板举升机构提供了可靠的保证。今后,还需对车用起重尾板举升机构作进一步的深入研究,如进行计算机辅助设计以利于产品的系列化设计,进行产品的参数化设计以缩短产品的设计周期,与其他软件结合对关键部件的受力情况进行相关分析,以更好地适应市场需求的多样性。

### [参 考 文 献]

- [1] 魏 阳,王书义. 基于Pro/E的机械系统运动仿真分析[J]. 现代机械,2004(5):55-56.
- [2] 祝凌云,李 斌. PRO/ENGINEER运动仿真和有限元分析[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [3] 刘文芝,武建新,王雁秋,等. 基于Pro/Engineer的三维实体造型[J]. 计算及辅助设计与制造,2002(1):19-23.
- [4] 和青芳,徐 征. Pro/Engineer Wildfire产品设计与机构动力学分析[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [5] 郭 玉,李富柱,薛 武. 基于Pro/Engineer软件的装载机工作装置虚拟样机与仿真分析[J]. 工程机械,2005(3):31-34.

(责任编辑 李燕文)