

智能仓储选送机构交接单元的运动分析

戴劲松,张明亮,王茂森,战元国

(南京理工大学 机械工程学院,南京 210000)

摘要:基于一种新型智能仓储选送机构,阐述了交接部分的工作原理,对其关键交接部分进行运动分析;在三维设计软件中建立仓储选送机构的实体模型,并对其关键交接部分进行简化;然后将简化的交接模型导入机械系统动力学仿真软件 ADAMS 中,建立其虚拟样机模型,对关键部分的动态交接进行运动仿真分析,定量的确定碰撞力与上下位置、碰撞力与速度之间的关系;通过对交接单元的两个重要设计参数的参数化仿真研究为交接单元各部件的强度校核、优化设计等提供了较为可靠的理论参考依据;结果表明:对复杂机械系统进行仿真研究时,运用三维设计软件和 ADAMS 联合仿真,可快速、准确的建立机械系统仿真模型,能较准确分析复杂系统的运动学和动力学。

关键词:仓储选送;动态交接;参数化;ADAMS

本文引用格式:戴劲松,张明亮,王茂森,等.智能仓储选送机构交接单元的运动分析[J].兵器装备工程学报,2016(2):62-64.

Citation format:DAI Jin-song, ZHANG Ming-liang, WANG Mao-sen, et al. Motion Analysis of Transition Unit of Intelligent Warehouse Entry Institution [J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016(2):62-64.

中图分类号:TC3

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2016)02-0062-04

Motion Analysis of Transition Unit of Intelligent Warehouse Entry Institution

DAI Jin-song, ZHANG Ming-liang, WANG Mao-sen, ZHAN Yuan-guo

(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210000, China)

Abstract: Based on a new type of intelligent warehouse entry institutions, we expounded the working principle of the transition part and analyzed the motion of key transition section. The entity model of the organization of warehouse entry was built in the 3 d design software, and the transition section was simplified. Then the simplified model was converted to ADAMS and the virtual prototype model was set up. The key part of the dynamic transition of motion was simulated in ADAMS and the relationship between collision force and location, the relationship between the collision force and speed were got quantitatively. Through two important design parameters of transfer unit of parameterized simulation research, we provided a relatively reliable theoretical reference basis to the various components of the transfer unit the intensity, optimization design and so on. Results show that when the simulation of complex mechanical system is studied, using the 3d design software and ADAMS simulation, it can rapidly and accurately set up the mechanical system simulation model and analyze the kinematics and dynamics of complex systems more accurately.

Key words: storage and organization; dynamic transition; parameterized; ADAMS

收稿日期:2015-06-23;修回日期:2015-07-10

基金项目:国防基础计划资助项目(A0820132003)

作者简介:戴劲松(1968—),男,研究员,硕士生导师。通信作者:张明亮(1989—),男,硕士,主要从事机械系统动力学仿真研究。

目前,国内在役小口径舰炮采用人工补弹方式,补弹时间长,抗持续打击能力差,对小口径舰炮的作战威力有巨大影响。补弹单元子系统作为舰炮武器的重要组成部分,可靠性、扩展性和先进性对整个小口径舰炮的性能有着至关重要的影响。补弹单元子系统是支撑小口径舰炮具备持续作战能力的关键技术。高射速、持续作战能力和多弹种输送技术是自动化舰炮作战需求和技术发展对补弹系统单元的必然要求。补弹子系统包括弹箱和转送结构,它的作用是依次将弹库中的炮弹送至弹鼓,以保证舰炮持续射击。补弹单元子系统的形式和结构,很大程度决定了整个舰炮系统的复杂程度和可靠性,并直接影响舰炮的性能指标。因此,目前补弹单元子系统设计已成为舰炮设计中的关键问题之一,但至今国内处于空白。本论文提出一种新型立式仓储选送机构,能够有效解决补弹问题。本文主要介绍了该机构的工作原理,并对其进行运动学分析、参数化分析和仿真。

1 交接单元的工作原理

交接单元由提链机构、推链机构、夹持构件、齿轮传动机构以及工件等组成。在设计中利用电机经过传动系统将动力传至提链机构上链轮轴中,然后再将动力分为二路。一路经过锥齿轮组、涡轮蜗杆、一对直齿轮将动力传至夹持构件,使其带动工件向下运动。另一路经过锥齿轮组将动力传至倾斜放置的推链机构左链轮轴,使工件受到倾斜放置的推链上的推齿作用向右运动。工件的运动由向下和向右两个分运动组成。通过工件之间的挤压,依次从左边出口运动到提链机构中,被上下提齿夹住,依次随着提链运动。下面的一层工件全部推出夹持构件后,上面一层的夹持构件正好运动至原来下面的一层,同时推齿、提齿也运动至初始位置,形成了一个循环周期,如图1所示。

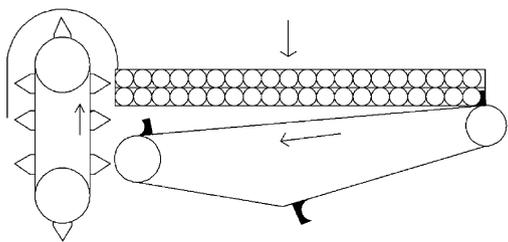


图1 智能仓储选送机构的交接单元结构简图

2 交接单元接触碰撞理论模型

2.1 多体接触碰撞假设

为了将撞击理论的基本原理应用于机构交接的碰撞分析,需要对其进行简化,通常采用以下两种基本假设。

(1)刚性假设:假设构件之间的碰撞是刚性碰撞,不考虑构件碰撞瞬间局部变形与恢复,认为构件在碰撞过程中不变形。

(2)瞬时假设:假设构件之间的碰撞是瞬时的。在碰撞

过程中只有速度会突变,而位移不发生突变。因为碰撞过程很短暂,而作用在构件上的外力远小于构件之间的碰撞力,因此可以略去不计^[1]。

由于该智能选送机构速度不高,因此本文是基于上述基本假设对接触碰撞分析。

2.2 智能选送机构的接触碰撞建模

机械系统动力学仿真分析软件中通常将接触分为两种类型,一种是时断时续接触,另一种就是连续接触,两个构件始终接触,这时系统定义将此种接触为一种非线性弹簧,弹簧的刚度即是构件的弹性模量,阻尼表示能量损失。在软件中有两种计算接触力的方法,一种是补偿法(Restitution),另一种是冲击函数法(Impact)。补偿法通常确定惩罚系数(Penalty)和补偿系数(Restitution)两个参数,惩罚系数确定两个构件之间重合体积的刚度,补偿系数确定两个构件接触时能量的损失。冲击函数法是使用Impact函数来定义两个构件之间的接触力,接触力由两个构件之间的相互切入而产生的弹性力和由相对速度产生的阻尼力两部分组成^[3]。比较两种算法,补偿法的参数更难准确设置,所以通常更多的选用冲击函数法计算碰撞力。Impact函数的一般表达式为

$$F_{\text{impact}} = \begin{cases} 0 & q > q_0 \\ k(q_0 - q)^e - c \cdot \left(\frac{dq}{dt}\right) \cdot \text{step}(q, q_0 - d, 1, q_0, 0) & q < q_0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中: q_0 为两个物体的初始距离; q 为两物体碰撞过程中实际距离; dq/dt 是两个物体间距离随时间的变化率; k 为刚度系数; e 为碰撞指数; c 为最大阻尼系数; d 为切入深度;式(1)中采用了step函数进行计算,防止碰撞过程中阻尼力不连续^[6]。

研究表明:接触力仿真要确定刚度系数、非线性力指数、阻尼系数和最大阻尼时的击穿深度等参数,其中刚度系数 K 与零件的材料和形状有关,是接触力仿真研究的关键参数^[5]。对旋转物体的碰撞,其刚度系数可近似地根据下式确定:

$$k = \frac{4}{3} \rho^{\frac{1}{2}} E^* \quad (2)$$

式(2)中: $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}$, ρ_1, ρ_2 分别为两碰撞物体碰撞处的半径; $\frac{1}{E^*} = \frac{1 - \nu_1}{E_1} + \frac{1 - \nu_2}{E_2}$, ν_1, ν_2 分别为两物体的泊松比; E_1, E_2 分别为两物体的弹性模量。

通过计算,夹持构件内工件与工件接触刚度系数、拨齿与工件之间的接触刚度系数以及工件与提齿接触刚度系数 $k = 4.625 \times 10^5 \text{ N/mm}$ 。其他接触参数根据经验确定,取 $c = 50$ 、切入深度 $d = 0.1 \text{ mm}$ 、碰撞指数 $e = 1.5$ 。考虑接触时有摩擦,在定义碰撞时取动摩擦因子为0.05,静摩擦因子为0.08。

3 交接单元的虚拟样机模型

本文首先在三维CAD软件中建立实体模型并进行装

配,然后将其以“x-t”文件导出,然后再导入 ADAMS 软件中,实现 CAD 与 ADAMS 联合仿真。为了便于利用 ADAMS 进行仿真,须对实际结构进行简化:斜板和推齿模拟推链机构带动推齿运动,右侧带齿的侧板模拟提链机构上提齿的运动,如图 2 所示。

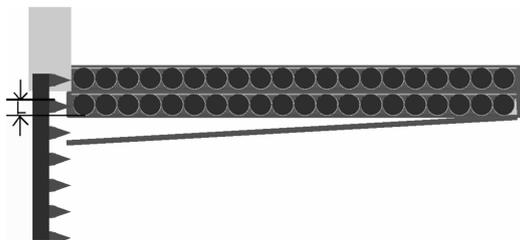


图 2 交接单元的虚拟样机模型

虚拟样机创建后,需要定义各个构件之间的相对运动关系,在 ADAMS 中通过提供运动副来定义。在本模型中添加的运动副如下:将右侧提齿合并到右边侧板上成为一个构件,在其上添加移动副,在该移动副上添加驱动,但需要保证驱动方向向上。夹持工件的两个构件合并成一个构件,在其上添加移动副,在该移动副上添加驱动,但需要保证驱动方向向下。推齿(右边)有两个,来模拟两层夹持构件的交接,另一个推齿(图片 2 中未显示)沿着斜板在图片上的推齿右上方,两者相距 841.375 mm。将两个推齿合并成一个构件,与斜板创建移动副。需要注意的是,创建的移动副方向一定要与斜板平行,并在该移动副上创建驱动,保证驱动方向沿着斜板向下。斜板与大地、挡板与大地添加固定副。工件与工件、工件与夹持构件、工件与提齿(上下两个齿)、工件与挡板之间都相互接触。

4 动力学仿真结果分析

本文主要对于影响交接部分的重要设计参数提齿与夹持构件之间的上下位置和推齿、提齿、夹持机构的运动速度进行参数化仿真研究。

4.1 提齿与夹持构件之间的位置对碰撞力的影响

当添加在提链板上移动副驱动速度函数为 STEP(time,0,0,0.1,45.357 14 mm/s)、夹持构件上的移动副驱动速度函数为 STEP(time,0,0,0.1,2.267857 mm/s)、推齿上的移动副驱动速度函数为 STEP(time,0,0,0.1,40.070 8 mm/s),仿真时间为 25 s,步数为 6 000,对提齿与夹持构件之间距离 L 分别为 28 cm、29 cm、30 cm、31 cm 时,对机构动态交接进行仿真研究。

由图 3 可知,距离为 30 cm 时,碰撞力峰值最大,碰撞最剧烈。碰撞力峰值最小时为 29 cm。在实际布置提链机构时,要使提齿与夹持构件之间的距离在 29~28 cm,并尽可能的接近 29 cm。

4.2 提齿与推齿的运动速度对碰撞力的影响

当提齿与夹持构件之间距离 $L=29$ cm,推齿、提齿和夹

持机构的移动副驱动速度函数同步变化为 1 倍、2 倍、4 倍、6 倍速度时,对机构动态交接进行仿真研究。

由图 4 可知,驱动速度为二倍时碰撞力的峰值最大,4 倍和 6 倍速度是碰撞力的峰值大致相等,峰值也最小。

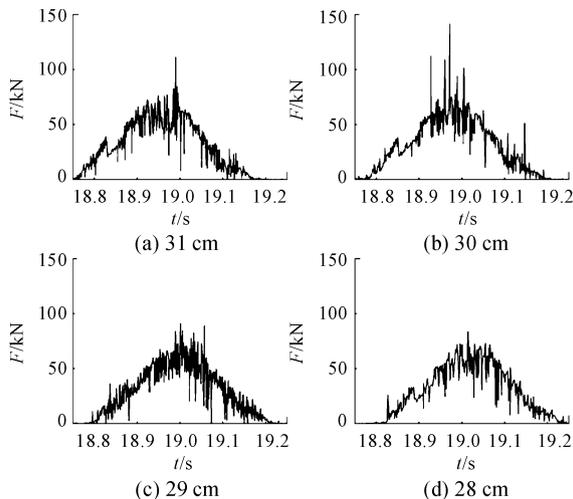


图 3 提齿与夹持构件之间位置对碰撞力的影响

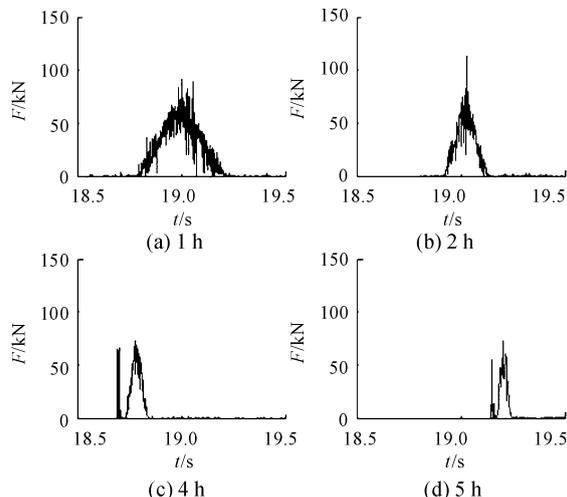


图 4 提齿与推齿的运动速度对碰撞力的影响

5 结论

基于三维设计软件,建立智能选送交接单元的实体模型,将其以“x-t”文件导入到 ADAMS 中,建立交接单元的虚拟样机模型,实现三维设计软件与 ADAMS 的联合仿真。

本文提出了一种新型仓储选送机构:并对其交接的关键部分进行仿真分析,验证机构的可行性。利用 ADAMS 软件对影响交接部分的两个重要设计参数进行参数化仿真研究,为交接单元各部件的强度校核、优化设计等提供了较为可靠的理论依据。

由于 (C_8, C_9) 、 (C_{10}, C_{11}) 为互补型指标,其余为非互补型指标,按照“非互补原则”,得到四个油库的转进展开指标突变值分别为:(0.928 3, 0.892 3, 0.960 7, 0.894 4),按照同样的方法可以算得其余指标的突变级数值,最后即得到各油库油料保障能力总突变关联函数值,见表5。

表5 评估结果

油 库	总突变关联函数值	总排名
油库一	0.939 1	4
油库二	0.944 6	3
油库三	0.970 1	1
油库四	0.945 7	2

从表5可以看出,油库三的总突变关联函数值最大,说明该油库反恐油料支援保障准备最为充分,遇有突发险情需处置时,在油料保障任务分配决策时应优先考虑抽调油库三。

5 结论

综上所述,突变级数法在油库反恐油料保障能力评价

中,是对非线性系统进行评估分析的一种有效方法,简化了决策过程,有效减少人为因素影响,为优选对象提供定性依据。在油料机关实施后方油库反恐油料保障能力检验评估和油库自评方向有较为广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 谭春桥,王凯.“4+1”模式军事人才培养综合素质评价研究[J].装甲兵工程学院学报,2003(2):76-80.
- [2] 王志明,刘恒博.基于突变级数法的通信方案优化[J].通信导航与指挥自动化,2009(4):16-20.
- [3] 郑雯,刘金福.基于突变级数法的闽南海岸带生态安全评价[J].2011(2):146-150.
- [4] 李挺,吴杰.基于突变理论的通信干扰系统效能评估[J].通信导航与指挥自动化,2010(2):60-63.
- [5] 李勇.层次模型基本理论及其应用[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2014,31(3):42-45.
- [6] 刘春梅.基于突变级数法的突发自然灾害风险等级评价[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2013(6):746-749.

(责任编辑 唐定国)

(上接第64页)

参考文献:

- [1] 申培刚.高速无链供弹运动交接动态特性分析[D].南京:南京理工大学,2013.
- [2] 安雪斌,潘尚峰.多体系统动力学仿真中的接触碰撞模型分析[J].计算机仿真,2008(10):99-100.
- [3] 李增刚.ADAMS入门详解与实例[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [4] 王光建,范玉.高速输送链传动设计、仿真与试验[J].机械工程学报,2013(12):159-161.
- [5] 唐文献,袁海波,李虎.基于ADAMS的某舰炮供弹系统

仿真研究[J].江苏科技大学学报,2010(1):63-64.

- [6] 机械设计手册编委会.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [7] 龙凯,程颖.齿轮啮合力仿真计算的参数选取研究[J].计算机仿真,2002(6):87-88.
- [8] 宋现春,姜红奎,张佐营,许向荣.滚珠丝杠副中滚珠与导珠管的接触碰撞分析[J].江苏大学学报,2008(5):374-376.
- [9] 申培刚,戴劲松,王茂森.基于ADAMS的推弹滑座与阻铁在不同倾角下的碰撞动力学分析[J].信息技术,2012(3):136-137.

(责任编辑 唐定国)