

Application of JACK on Maintenance Simulation

Zhengwen Tan, HongJun Xue

College of Aeronautics, Northwestern Polytechnical University, T.Z.W., Xi'an, China

Email: tanzhengwen_ren@163.com, xuehj@nwpu.edu.cn

Abstract: Maintenance simulation is the application of simulation technology in maintenance engineering. A general way for maintenance simulation is to substitute virtual prototype for physical mockup, and substitute virtual human for real personnel. In this way, virtual maintenance scenery can be constructed, and disassembly or assembly activities can be animated, it is also the direction of maintenance engineering in future. In this paper, one method based on JACK has been developed and taken into implementation and validated with a case. Maintenance simulation system based on JACK could be used to study characteristics of machine and human, the result will supply references to the study of man-machine system.

Keywords: maintenance; maintenance simulation; ergonomics; JACK

JACK 在维修仿真中的应用

谭正文¹, 薛红军²

西北工业大学航空学院, 西安, 中国, 710072

Email: tanzhengwen_ren@163.com, xuehj@nwpu.edu.cn

摘要: 维修仿真是仿真技术在维修工程中的应用。采用维修仿真技术, 用虚拟样机取代物理样机, 用虚拟人取代实际维修人员, 形成维修的虚拟场景, 从而实现人对装备进行维修的可视化模拟, 是未来维修工程发展的趋势。本文提出了一种以 JACK 为平台进行维修仿真的方法并通过实例进行了验证, 验证结果表明所提方法可行。以 JACK 为平台进行维修仿真, 可以研究机的特性和人的特性, 从而为人-机系统的研究提供参考。

关键词: 维修; 维修仿真; 人机工效; JACK

1 引言

维修仿真以维修活动中的具体维修过程为仿真对象, 在建立维修样机模型、维修人员人体模型、维修工具模型的基础上, 通过对维修任务的定义将维修的过程直观地展现出来, 同时将仿真过程中获取到的各种数据等进行综合分析, 以获得维修性指标并验证其满足程度。

相对于传统的维修性研究方法样本试验统计法, 仿真法具有如下优势: 不依赖物理样机, 降低了研究成本; 可对可能危害人员和产品安全的故障进行模拟; 研究结果不易受到参试人员的技术水平和心理状态的影响等。

为此, 我们通过长期的研究, 提出一种利用 JACK 进行装备维修仿真的方法, 并以实例进行了验证。

2 平台介绍

JACK 是一个目前较为成功的人体建模仿真与工

效评估软件, 该软件提供了简洁的人体模型, 直观的用户界面, 完整的人体测量学数据库, 丰富的作业姿势库, 完善的人机工效评估工具包以及强大的人体运动仿真能力。JACK 软件这些特点为我们的研究提供了良好的平台。

3 实现过程

根据实际维修作业的经验 and JACK 软件的特点, 维修仿真的实现流程设计如下:

3.1 建立虚拟样机

虚拟样机是专用于维修仿真领域, 能够支持基于虚拟人技术的产品的维修性设计、维修工作分析以及人因分析的虚拟样机。它要求能在一定程度上具有与物理样机相似的外观和功能, 具有支持维修活动过程的装配约束关系, 能够与维修仿真过程中的维修虚拟人进行交互。从定义来看, 虚拟维修样机是一种特殊的

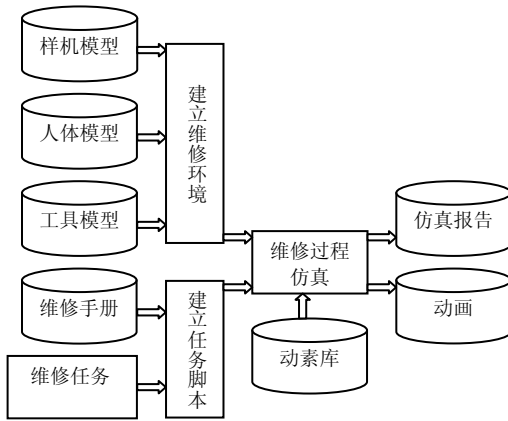


图 1. 实现流程

虚拟样机,它有特殊的功能要求:具有支持维修活动过程的装配约束关系(不一定像普通数字样机一样要完整的装配关系)、能够与维修仿真过程中的维修虚拟人进行交互(要给样机定义一些供人机交互的属性)。

一般通过普通的数字样机构建虚拟维修样机,步骤如下:

第一步:简化数字样机几何模型。普通数字样机的几何模型一般由连续的表面和体积描述组成,采用这种方式模型精度高,但对仿真来说,这样的模型这大大加重了仿真引擎的负担,严重的影响了仿真的实时性。因此必须将数字样机从自由曲面与实体模型“网格化”成多边形表示。

第二步:建立面向维修仿真任务的装配关系。出于仿真实时性的要求,我们要尽量简化仿真场景关系,根据维修仿真任务的要求,简化原则如下:可更换单元内部装配关系忽略;可整体拆卸的部件要合并成一个;与维修无关的零部件可从装配关系中剔除;消除槽、孔、圆角等形状细节。

第三步:建立样机的人机交互属性(如:抓握点、工具作用点等),为仿真过程中样机与虚拟人的交互做准备。

工具模型的创建思路同样机模型。

3.2 建立虚拟人

虚拟人的主要要求有:在外形尺寸上与真人接近;能反应真实人的视野、可达域、受力状况、疲劳恢复等生理特性;便于操纵控制。

Jack 的人体模型数据主要来源于 1988 年美国陆军的人体测量学数据,由于东西方的生活起居和饮食习惯的不同,外国人和中国人人体特征明显不同(中国人人体模型上身较长,四肢较短;美国人体模型上身

较短,四肢较长;同等百分比下,西方人明显比中国人要壮实一些,高一些),软件中的人体模型不能直接用于中国人。我们可以通过人体测量学参量计算模型获得软件人体模型各段尺寸与人体测量学数据的关系。根据计算模型,由国标中特定的人体测量学数据,反算人体模型各段的尺寸,对比并修改软件中标准人体模型的各段尺寸,从而创建虚拟人。

3.3 建立任务脚本

根据仿真任务,首先分析完成任务所要涉及的交互单元(工具和零部件),其次分析与每个交互单元交互所需的操作序列,最后分析完成每个操作所涉及的基本动作(动素)。完成上述分析后就可以得到一系列的有序的动作序列,也就是分解了的任务脚本。

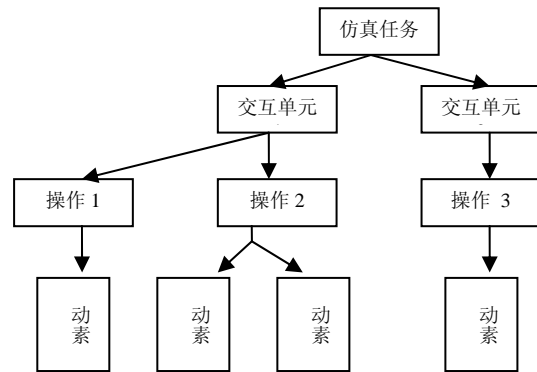


图 2. 建立任务脚本

3.4 建立虚拟人动素库

JACK 软件已经提供了基本的人体操控手段,主要通过人体根节点的移动和调整关节转角来驱动虚拟人。对于高自由度人体模型而言,利用该方法来控制虚拟人完成指定维修活动,操作过程非常的繁琐和复杂,因为维修活动通常都会涉及大量关节的同时运动,而任何维修任务通常都可以分解为一系列的维修活动。为了提高仿真效率,我们希望能够从宏观层面上实现人体控制,实现人体运动的作业级或动作级仿真,为此我们需建立虚拟人动作库,即动素库。常见的动素包括:人的移动、携物移动、姿势调整、抓取、放物、定位等。动素种类设计的越全面,就越能仿真复杂的维修活动。

3.5 仿真过程分析

在完成上述步骤后,就可以仿真维修活动了,借

助 JACK 强大的人机工效分析能力，我们可以对维修人员的可视性、可达性、作业姿势舒适性、作业时间等指标进行记录分析。

4 实例验证

以更换机械臂顶端的吸盘为例，该作业的流程为：

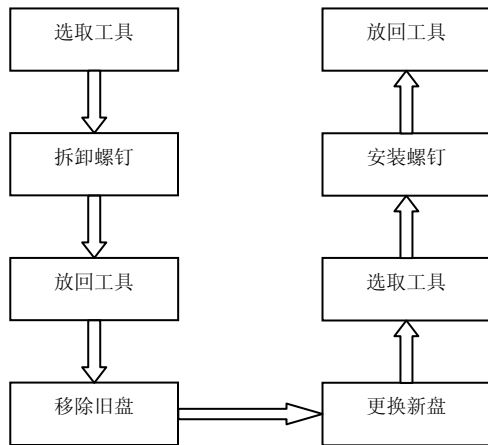


图 3. 作业流程

其中每个流程（操作）均有一个或几个动素合成，整个动素序列构成驱动仿真的任务脚本。仿真效果如图 4 所示。

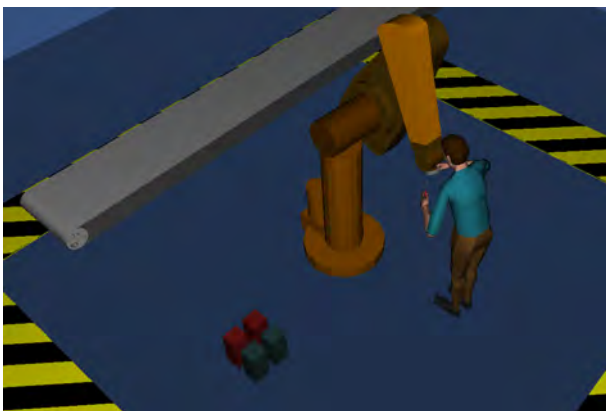


图 4. 仿真效果

图 5 和图 6 分别为图 4 中维修人员的视窗图和全身主要关节角度测量值条状图。从两图可以看到：维修人员在工作时具有良好的可视性，但此时关节角大部分超过统计的舒适值范围，长期保持该姿势人体容易产生疲劳。



图 5. 视窗图

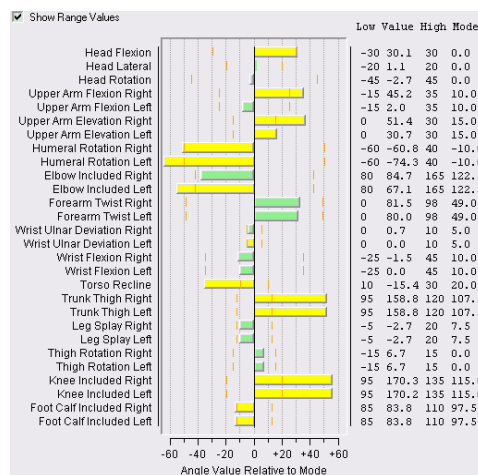


图 6. 角度测量值

5 结论

维修仿真对实际中维修作业活动的计算机模拟，由于它具有不依赖物理样机、成本低等优点，因而具有广阔前景。本文以 JACK 为平台，提出了一种进行维修仿真的方法并以实例进行了验证，最终证明所提方法可行。以人机工效分析软件 JACK 为平台进行维修仿真，在研究机的特性的同时，更可以实现对人特性的研究。因此，该方法对人-机系统的研究有一定的参考价值。

References (参考文献)

- LU Xiaojun. Research on Motion Modeling and Behavior Control of Virtual Human in Maintenance Simulation [D]. National University of Defense Technology, 2006. 卢晓军. 维修仿真中虚拟人动作建模与行为控制技术[D]. 国防科学技术大学, 2006.
- LIU Hui. Design and Implementation of Virtual Maintenance Simulation Based Maintainability Analysis System [J]. Journal of System Simulation, 2006. 柳辉, 郝建平. 基于虚拟维修仿真的维修性分析与系统设计[J]. 系统仿真学报, 2006.