

工程车辆主驾驶座椅寿命测试系统设计与试验^{*}

巩明德 赵丁选 冯石柱 崔功杰 肖英奎

(吉林大学机械科学与工程学院, 长春 130022)

【摘要】 针对工程车辆主驾驶座椅使用过程中出现的损坏问题, 设计了工程车辆主驾驶座椅寿命测试系统。阐述了六自由度运动与视频的同步记录和同步再现的实现装置及控制技术, 以及利用有线通讯来实现运动与视频同步播放的方法。以液压伺服控制六自由度运动模拟器为试验装置, 应用运动与视频的同步记录和同步再现技术, 对工程车辆主驾驶座椅进行了振动疲劳试验, 试验结果验证了应用该系统进行车辆座椅开发的可行性。

关键词: 工程车辆 座椅 寿命 测试系统 运动模拟器

中图分类号: TP206⁺.1; U463.83⁺6 **文献标识码:** A

Design and Experiment of Life-span Test System for Vehicle Driver Seat

Gong Mingde Zhao Dingxuan Feng Shizhu Cui Gongjie Xiao Yingkui

(College of Mechanical Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract

Aimed at the problem of driver seat damaged during its use, life-span test system for vehicle driver seat was designed. The implement and control technique of six-degree of freedom synchronal record and representation of motion and video were introduced, and the method of synchronization play of motion and video by wired communication was developed. Using six-degree of freedom motion base as an experimental research device, applying control technique of the motion and video synchronal record and representation, the experiments of life-span for vehicle driver seat have been carried out. The experimental results verified that the life-span test system is feasible to develop a new vehicle seat.

Key words Vehicle, Driver seat, Life-span, Test system, Motion base

引言

工程车辆主驾驶座椅在车辆正常使用过程中, 受到车辆起步、加速、制动等重复动作的冲击和路面颠簸, 易造成固定销轴和滑道过度磨损致使间隙过大而无法固定或支架疲劳断裂等疲劳性损坏, 成为车辆安全的巨大隐患^[1~2]。目前国内工程车辆座椅寿命测试的常用方法, 是在各种路面上利用实车驾驶, 通过驾驶一定的行驶里程来评估, 这样的测试往往由于行驶的里程少而效果不佳或经济性很差而无法推广使用。国际上座椅寿命测试设备多属各企业拥有的专用设备, 无完整成套的标准可引进。国内非常缺少包括座椅寿命测试部分在内的座椅技

术。一些国内汽车内饰公司在座椅测试方面研发了质心测定装置、静态试验机、惯性强度试验机、靠背疲劳试验机、调角力矩试验机、冲击试验机以及微机、测控仪等仪器设备所组成的测试系统^[3]; 还有在路面随机激励下, 建立汽车分系统传递函数和动态响应计算, 来评价乘坐舒适性的问题^[4]。但是, 在安全性方面, 基于实际路面状态的座椅整体长时间测试在国内外还很少, 为此, 开发极其接近汽车真实长期工作状况的寿命测试试验系统十分必要。

运动的同步记录与同步再现技术^[5~8]就是通过同步记录装置, 把所需的运动数据采集并记录下来, 同时对运动过程的周围场景进行拍摄, 之后通过运动再现装置, 把记录下来的整个运动过程的运

收稿日期: 2008-03-07 修回日期: 2008-06-18

^{*} 国家自然科学基金资助项目(50475011)

作者简介: 巩明德, 副教授, 博士, 主要从事液压伺服控制技术研究, E-mail: gmd@jlu.edu.cn

动与视频再现出来。

本文将研究开发的六自由度运动与视频同步记录和同步再现技术应用于车辆座椅新产品的性能测试与评价。

1 装置的构成

六自由度运动与视频的同步记录,是通过运动同步记录装置,把六自由度的运动数据和运动过程的视频信号同时记录并保存下来。运动与视频的同步再现,是通过运动同步再现装置,把记录的六自由度运动和运动过程的视频信号,保持同步再现。

1.1 同步记录装置

六自由度运动同步记录装置由记录六自由度运动数据的设备和记录视频信号的设备组成,前者主要包括测量六自由度加速度运动信号的加速度传感器、A/D转换卡、接口电路等元件和主控计算机,后者主要包括视频控制的计算机、摄像机、视频采集卡和网卡等。

1.2 同步再现装置

六自由度运动同步再现装置主要包括六自由度运动模拟器、主控计算机(包含运动再现软件)、视频控制计算机(包含视频再现软件)和视频设备、音响设备等。其中视频设备是直联于视频控制计算机的数字化大屏幕等离子显示器。六自由度运动模拟器是一个六自由度液压伺服式的并行机构,由动平台、固定平台、上下铰联接装置、驱动和控制元件等组成。六自由度运动模拟器以液压缸为执行元件,以电液伺服阀为控制元件,采用PID控制方法来实现动平台的各种运动,其结构如图1所示。提供的六维运动分别为绕X、Y和Z向的翻转(α)、俯仰(β)和转动(γ)的角度(皆为 $\pm 15^\circ$),沿X、Y向平移运动为 ± 200 mm,Z向的升降运动为 ± 150 mm。电液伺服系统包括:液压缸、电液伺服阀、位置传感器、D/A卡、A/D卡、控制电路及主控计算机等,其中电液伺服阀及其PID控制器是电液伺服系统的核心元件,通过它对电液伺服系统实现控制调节作用。

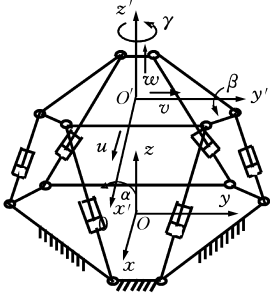


图1 六自由度运动模拟器结构图

Fig. 1 Structure of a motion base with six-degree of freedom

2 实现方法

2.1 同步记录的实现方法

2.1.1 六自由度运动数据的记录原理

采用6个加速度传感器测量目标物体的6个自由度运动信号,加速度传感器的安装方法如图2所示。建立如图2所示的坐标系。6个加速度传感器中的A、B、C放于三角形的顶点上,AC连线的方向平行于X轴,三角形的中心与坐标原点重合。E置于坐标原点上,F、D分别置于X轴的正、负半轴上,DE与EF距离相等。各传感器的测量方向如图中箭头所示,加速度传感器A、B、C的测量方向沿Z轴正方向,F、D的测量方向分别沿Y轴正、负方向,E沿X轴正方向。设A~F号加速度传感器测得的加速度分别为 $a_A \sim a_F$,则三角形中心处的前后平移、左右平移、上下平移的加速度分别为

$$a_{\text{surge}} = a_F \quad (1)$$

$$a_{\text{sway}} = \frac{a_F - a_D}{2} \quad (2)$$

$$a_{\text{heave}} = \frac{a_A + a_B + a_C}{3} \quad (3)$$

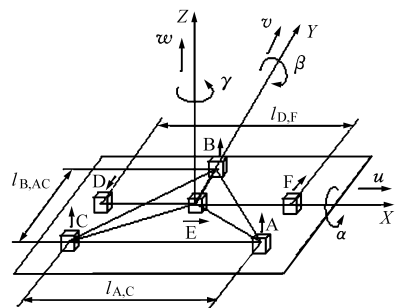


图2 六自由度运动测量原理图

Fig. 2 Method of measure six-degree of freedom motion

三角形中心处滚动、俯仰、转动方向的角加速度分别为

$$\epsilon_{\text{roll}} = \left(a_B - \frac{a_A + a_C}{2} \right) / l_{B,AC} \quad (4)$$

$$\epsilon_{\text{pitch}} = \frac{a_C - a_A}{l_{A,C}} \quad (5)$$

$$\epsilon_{\text{yaw}} = \frac{a_F + a_D}{l_{D,F}} \quad (6)$$

用上面的方法计算出三角形中心处3个平移加速度与3个角加速度,经过低通滤波和2次数学积分后可以求得三角形中心处的线位移 u 、 v 、 w 与角位移 α 、 β 、 γ ,并根据这6个参数,使用六自由度运动模拟器的逆运动学算法,计算出运动模拟器的6只液压缸的伸长量,运用PID控制方法,控制液压系统使运动模拟器模拟出六自由度运动。

2.1.2 视频信号的同步记录方法

在 主 控 计 算 机 开 始 实 时 记 录 六 自 由 度 的 运 动 数 据 时， 视 频 计 算 机 通 过 视 频 采 集 卡 控 制 摄 像 头， 同 步 录 制 运 动 过 程 的 视 频 信 号。 本 文 通 过 主 控 计 算 机 与 视 频 控 制 计 算 机 之 间 的 有 线 通 讯， 实 现 六 自 由 度 运 动 与 视 频 信 号 同 步 记 录， 即 利 用 VC++ 软 件 平 台 上 MFC 提 供 的 套 接 字 网 络 编 程 技 术， 通 过 套 接 字 接 口 进 行 计 算 机 有 线 网 络 互 联， 运 动 记 录 软 件 作 为 服 务 器 端 应 用 程 序， 视 频 信 号 记 录 软 件 作 为 客 户 端 应 用 程 序， 在 建 立 有 线 网 络 联 接 的 基 础 上 进 行 两 计 算 机 间 的 信 息 传 送。 这 样， 在 服 务 器 端 的 运 动 记 录 软 件 开 始 运 行 时， 客 户 端 的 视 频 信 号 记 录 软 件 接 收 到 服 务 器 端 发 来 的 信 息， 触 发 其 视 频 记 录 信 息 函 数， 视 频 信 号 记 录 软 件 便 开 始 同 步 记 录 六 自 由 度 运 动 过 程 的 视 频 信 号。

2.2 同步再现的实现方法

2.2.1 六自由度运动的再现方法

为 使 六 自 由 度 运 动 模 拟 器 的 运 动 平 稳， 运 动 再 现 软 件 定 时 器 的 定 时 周 期 设 为 5 ms， 采 用 虚 拟 设 备 驱 动 技 术 (VxD) 实 现 定 时。 运 动 再 现 软 件 利 用 VxD 的 中 断 处 理 和 VxD 与 Win32 程 序 的 通 讯 机 制， 定 时 向 控 制 端 口 传 输 六 自 由 度 运 动 数 据， 通 过 电 液 伺 服 系 统 传 送 给 六 自 由 度 运 动 模 拟 器， 实 现 六 自 由 度 运 动 的 再 现。

2.2.2 视频信号的同步再现方法

采 用 微 软 提 出 的 视 频 标 准， 利 用 微 软 视 窗 提 供 的 媒 体 控 制 接 口 技 术， 编 制 视 频 再 现 软 件。 由 于 数 字 视 频 应 用 技 术 已 比 较 成 熟， 本 文 略 去 视 频 再 现 软 件 编 制 方 法 的 说 明。 利 用 主 控 计 算 机 与 视 频 控 制 计 算 机 间 的 有 线 通 讯， 实 现 视 频 信 号 同 步 再 现， 具 体 实 现 过 程 如 下： 在 服 务 器 端 的 运 动 再 现 软 件 开 始 运 行 时， 客 户 端 的 视 频 再 现 软 件 接 收 到 服 务 器 端 发 来 的 消 息， 触 发 其 视 频 播 放 消 息 函 数， 视 频 再 现 软 件 便 开 始 播 放 所 记 录 的 视 频 信 号。 这 样 就 使 六 自 由 度 运 动 模 拟 器 的 运 动 状 态 与 视 频 显 示 的 运 动 状 态 保 持 一 致， 达 到 六 自 由 度 运 动 与 视 频 同 步 再 现 的 目 的。 视 频 信 号 与 运 动 同 步 再 现 播 放 界 面 如 图 3 所 示。

在 六 自 由 度 运 动 模 拟 器 上， 进 行 运 动 同 步 记 录 与 同 步 再 现 试 验。 图 4 中， 实 线 为 运 动 模 拟 器 液 压 缸 运 行 轨 迹， 虚 线 为 采 集 的 运 动 记 录 轨 迹， 由 图 中 得 知， 两 者 误 差 很 小。 在 试 验 中 记 录 了 10 min、 20 min 和 30 min 的 运 动 与 视 频 数 据， 利 用 这 些 数 据 经 过 多 次 的 再 现 试 验， 都 取 得 了 较 好 的 效 果， 且 再 现 的 运 行 时 间 与 记 录 的 时 间 完 全 吻 合。 由 试 验 结 果 得 到， 系 统 的 响 应 和 运 动 再 现 模 拟 系 统 运 行 平 稳， 软 件 运 行 可 靠， 符 合 设 计 要 求。

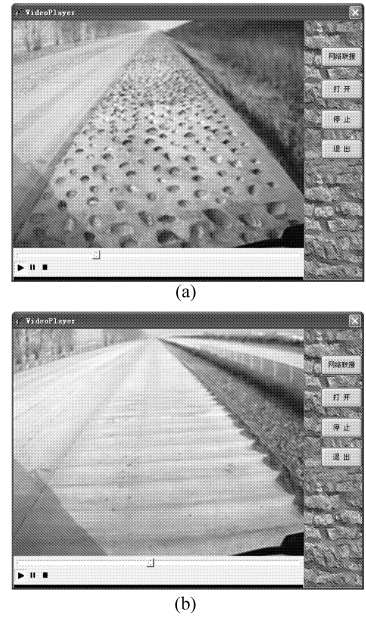


图 3 路面谱数据采集播放界面

Fig. 3 Interface of road data collection and play

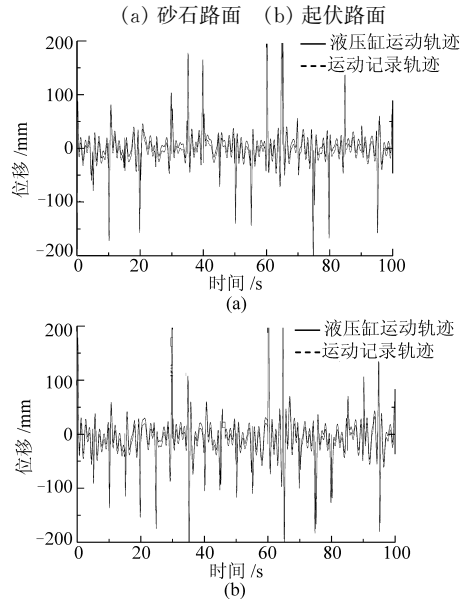


图 4 运动记录轨迹与模拟器液压缸运动轨迹曲线

Fig. 4 Curves of motion record and motion base hydraulic cylinder tracks

- (a) 采集 10 min 数据的液压缸位移再现轨迹
- (b) 采集 20 min 数据的液压缸位移再现轨迹

3 座椅振动疲劳试验

在 六 自 由 度 运 动 模 拟 器 上， 应 用 运 动 同 步 记 录 与 同 步 再 现 技 术， 对 工 程 车 辆 主 驾 驶 座 椅 进 行 振 动 寿 命 测 试。 观 测 主 要 部 件 及 连 接 件 的 疲 劳 特 性 和 磨 损， 查 找 易 疲 劳 损 坏 部 位， 为 改 进 设 计 提 供 依 据。 具 体 实 施 方 案 为： 在 标 准 试 车 场 采 集 该 型 号 工 程 车 辆 运 行 的 路 面 谱 及 视 频 数 据， 在 安 装 该 型 号 工 程 车 主 驾 驶 座 椅 及 模 拟 乘 员 的 六 自 由 度 运 动 模 拟 器 上 反 复 同 步 再 现 该 运 动 及 视 频， 完 成 相 当 于 行 驶 1 万 km

的振动试验。在试验过程中,测量记录观测部位的磨损情况,并做相应文字和照片记录。图5为完成1万km振动试验后,导轨变形和支架磨损情况。针对座椅出现与设计不符的问题改进设计,重新进行

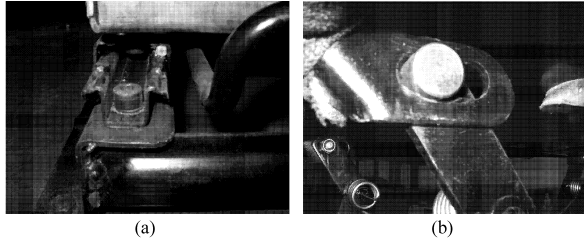


图5 座椅振动寿命测试试验结果

Fig.5 Experimental results of seat in vibration test

(a) 导轨 (b) 支架

试验。再次试验结果表明,所发现设计不合理问题全部得到了解决。在该型号座椅生产装车后,使用寿命完全达到设计要求,证明了所开发六自由度振动疲劳试验系统的可靠性及合理性。

4 结束语

开发了运动同步记录与同步再现技术,将此技术应用于车辆座椅新产品的性能测试与评价,具有很强的灵活性,不受时间、气候等条件的限制,可降低测试成本,提高效率,测试结果客观公正,具有较高的经济价值和社会价值。通过所开发系统对工程车辆主驾驶座椅的振动寿命进行测试,测试结果验证了应用该系统进行车辆座椅开发的可行性。

参 考 文 献

- Mehta C R, Gite L P, Pharade S C, et al. Review of anthropometric considerations for tractor seat design[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2007, 19(8):1~9.
- Tewari V K, Prasad N. Three DOF modeling of tractor seat operator system[J]. Journal of Terramechanics, 1999, 36(4): 207~219.
- 叶钜舜. 汽车座椅测试系统研制[J]. 上海汽车, 1995(3):10~12.
Ye Jushun. A development of automobile seat measuring system[J]. Shanghai Auto, 1995(3):10~12. (in Chinese)
- 张昆, 王占岐, 马钿英. 汽车座椅的动态特性研究[J]. 云南工业大学学报, 1995, 11(2):5~12.
Zhang Kun, Wang Zhanqi, Ma Dianying. The study of the dynamic characteristics of automobile seat[J]. Journal of Yunnan Polytechnic University, 1995, 11(2):5~12. (in Chinese)
- 肖英奎, 赵丁选, 叶忠军, 等. 运动与视频的同步记录和同步再现技术[J]. 农业机械学报, 2004, 35(3):99~101.
Xiao Yingkui, Zhao Dingxuan, Ye Zhongjun, et al. Techniques of synchro record and representation of motion and video [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(3): 99~101. (in Chinese)
- Zhao Dingxuan, Yamada Hironao, Mukaida Sato. Study on method to prepare sense of presence with 3 degree of freedom oscillation apparatus[C]//Proceeding Annual Meeting, Japan Society of Mechanical Engineers, 1999, 4:13~16.
- Zhao Dingxuan, Xia Yupeng, Yamada Hironao, et al. Control method for realistic motions in a construction tele-robotic system with a 3-DOF parallel mechanism[J]. Journal of Robotics and Mechatronics, 2003, 15(4):361~368.
- 肖英奎, 赵丁选, 石祥钟, 等. 六自由度电液伺服式并联机构的设计[J]. 液压与气动, 2004(8):36~38.
Xiao Yingkui, Zhao Dingxuan, Shi Xiangzhong, et al. Development of 6-DOF motion simulator of electro-hydraulic servo[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2004(8):36~38. (in Chinese)