

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2108592

基于 LabVIEW 的座椅耐久性可视化测试系统

黄彬¹ 张春¹ 王乐平²

(1.湖北汽车工业学院材料科学与工程学院 十堰 442000; 2.东风商用车有限公司车身厂 十堰 442000)

摘要: 针对当前座椅耐久性测试系统的可视化效果不佳,无法观测到测试设备的位置状态和座椅的受力状态,设计了基于 LabVIEW 的座椅可视化测试系统。该系统应用 PCIe-6320 的 NI 板卡进行数据采集和脉冲输出。运用 LabVIEW 建立系统的上位机监控界面,增加了设备的姿态监控界面以及力值可视化界面。通过系统测试的结果表明,该系统能够对测试设备的姿态进行实时监控,无明显卡顿现象,设备横、纵位移的极限值分别为 1 100 mm 和 250 mm,当接近位移极限时,系统自动进行急停并报警。力值可视化界面能够根据采集的力值进行可视化展示,以初次试验位移-力值变化曲线与其损失 22% 强度后变化曲线作为上下阈值。当位移-力值曲线在其阈值内时,该座椅的耐久性能满足要求。

关键词: LabVIEW; 测试系统; 座椅耐久试验; 可视化

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

The study of visual test system for seats based on LabVIEW

Huang Bin¹ Zhang Chun¹ Wang Leping²

(1. School of Materials Science & Engineering, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan 442000, China;

2. Cab Plant, Dongfeng Commercial Vehicle Co., Ltd., Shiyan 442000, China)

Abstract: Aiming at the poor visualization effect of the current seat durability test system and the position state of the test equipment and the stress state of the seat cannot be observed, a seat visualization test system based on LabVIEW has been designed. PCIe-6320 NI DAQ was used to acquire data and pulse output. The system's host computer monitoring interface was built by LabVIEW and added the equipment's position monitoring interface and force value visualization interface. The results of the system test showed that it can monitor the posture of the equipment of the test on real time and there was no crash with the system. The limit values of the horizontal and vertical displacement of the equipment are 1 100 mm and 250 mm respectively. And we can be warned in advance if the displacement exceed the maximum and the system would be turned down in time. The force value visualization interface can visually display according to the value of the collected force. The upper and lower thresholds of the curve are established based on the displacement-force value curve collected for the first time and its 22% loss curve. When the displacement-force value curve is within its threshold, the durability of the seat can meet the requirements.

Keywords: LabVIEW; test system; seat durability test; visualization

0 引 言

汽车座椅作为行车过程中,与驾乘人员直接接触的重要机械部分,它的舒适耐久性直接影响着乘员的安全^[1,2]。模拟人体进出座椅测试能够对座椅的舒适耐久性进行测量,通过机械设备模拟人体入座的动态行为,进行反复试验。行业评价标准要求是完成试验后,座椅的护面不能出现断裂、结团、脱散和露底等情况^[3]。由于该评价标准以主观检查和评价为主,缺乏说服力。本文对座椅的受力值以

及设备姿态进行可视化。极大方便了测试人员对实验过程的掌控,也为测试结果的评价提供了一定的参考。

本测试系统主要是在 LabVIEW 平台中建立的监控系统。监控系统中具有设备姿态的三维动态显示和座椅受力的三维可视化显示的功能。余刚毅等^[4]在 LabVIEW 中增加了接触网作业车的三维模型显示,根据采集的位移等数据实时驱动模型,以达到对设备姿态监控的目的。费仇浩等^[5]运用 LabVIEW 开发了 3D 虚拟发动机模型,实现了硬件平台与虚拟模型之间的联动。牛淑铜等^[6]利用

SolidWorks 和 LabVIEW 完成了对液压支架的虚拟仿真和动作状态模拟。文献[7-10]利用反距离加权插值算法,使得数据可视化的效果更加的平滑,优化了显示效果。方俊雅等基于 LabVIEW 软件,通过反距离加权插值算法,将温度信号映射到三维模型中^[11]。

上述文献介绍了基于 LabVIEW 的虚拟模型建模与数据驱动,以及数据可视化的插值方法。本文在 LabVIEW 中建立座椅耐久性测试设备的虚拟模型,采集驱动设备的位移数据进行驱动模型实时运动。利用反距离加权插值算法,对采集点的数据进行插值,得到平滑的力值可视化效果。试验结果表明,该系统能够完成模型姿态的监控,并能够进行位移超限的预警。力值分布模型能够对力值的变化能够做出相应的改变。

1 测试系统总体结构

目前我国各大企业进行模拟人体进出座椅耐久测试的设备各有不同。将其大致分为两大类:应用机械手完成座椅入座和使用伺服系统进行驱动完成入座。本系统应用伺

服系统进行驱动完成,占用空间相对较小,如图 1 所示。

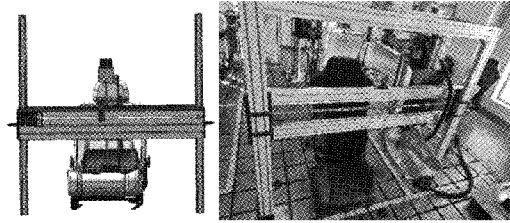


图 1 测试设备及其三维模型

本系统根据功能的不同,分为硬件设计模块和软件设计模块,如图 2 所示为该系结构图。硬件模块主要负责驱动机械设备运动、采集数据以及电力的供应。因此可将硬件模块划分为控制系统、运动系统、数据采集系统和电源系统。在硬件模块,由上位机发出运动指令传给 NI 板卡,运动指令包含脉冲信号、伺服使能信号和伺服方向信号。脉冲指令经 NI 板卡传给伺服驱动器。伺服使能信号和伺服方向信号由 NI 板卡传给继电器端子板,由继电器端子板控制输出高低电平给伺服驱动器,从而控制伺服电机运动。

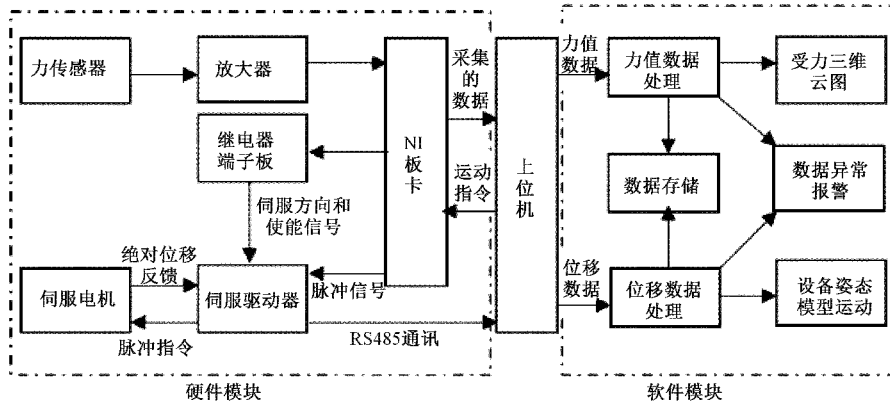


图 2 系统结构图

软件模块主要分为数据采集与处理部分、数据存储部分、数据可视化显示部分以及数据异常报警模块。在软件模块中主要完成的功能要求为能够自由的设定测试设备运动工况、能够对设备的运动姿态进行三维显示、能够实现力数据的二维图表以及三维云图显示、可进行相关数据的存储。

2 硬件系统设计

2.1 主控制电路

主控制电路的功能是对运动系统发出运动控制指令和数据的采集、传输。该电路部分由计算机以及数据采集卡(DAQ)组成,本测试系统的 DAQ 能够完成多个不同测试试验的数据输入输出。数据采集卡选择 PCIe-6320NI 板卡,PCIe-6320 板卡拥有 16 路模拟输入,输入信号的范围为 $-10 \sim +10$ V,最高采样频率达 250 kHz,具有 16 bit ADC、4 路 32 位计数/定时器外设。LabVIEW 中的

DAQ Assistant 模块拥有着能直接与 NI 板卡进行交互的函数。上位机产生两路控制伺服电机的脉冲信号,脉冲信号由 NI 板卡的计数端子传出,发送给运动系统。数据采集系统输入的电压信号也是由 NI 板卡输入上位机。

2.2 运动系统电路

在该测试系统中包含两个运动轴分别为横向运动轴和纵向运动轴。根据需求分析得到轴向运动轴的运动范围为 1 100 mm,纵向运动轴的运动范围为 250 mm,同时纵轴能够实现最大 2 kN 的力输出。根据需求进行计算可选择 1.27 Nm 安川伺服电机作为横轴加载装置、2.39 Nm 安川伺服电机作为纵轴加载装置,由主控制电路中的脉冲指令进行驱动伺服电机按规定工况运动。

2.3 数据采集系统电路

在模拟人体入座测试系统中,需要人体模型对座椅施加最大为 2 kN 的力进行测试座椅的耐磨性,对纵轴运动进行力的控制,纵轴需进行力的采集。在该测试系统中采

用 2 000 N 的拉压传感器进行力的采集。采集的数据经传感器放大器进行信号放大,放大后的电压信号传入主控制电路系统。该系统采集的数据为电压数据,因此需在上位机系统中进行数据处理将电压信号转换成力值。

3 软件系统设计

本测试系统的上位机软件由 LabVIEW 编程开发。在模拟人体入座测试系统中上位机软件的主要任务是按照一定工况参数控制设备进行测试运动,与采集硬件进行数据通讯得到测试运动过程中的力与位移。利用 LabVIEW 中的控件将采集的力和位移数据进行可视化展示以及相应的存储。根据上位机软件的主要任务可将其分成 4 大模块,分别为运动控制模块、数据采集和处理模块、数据可视化模块以及数据存储模块。该上位机的具体工作流程如图 3 所示。

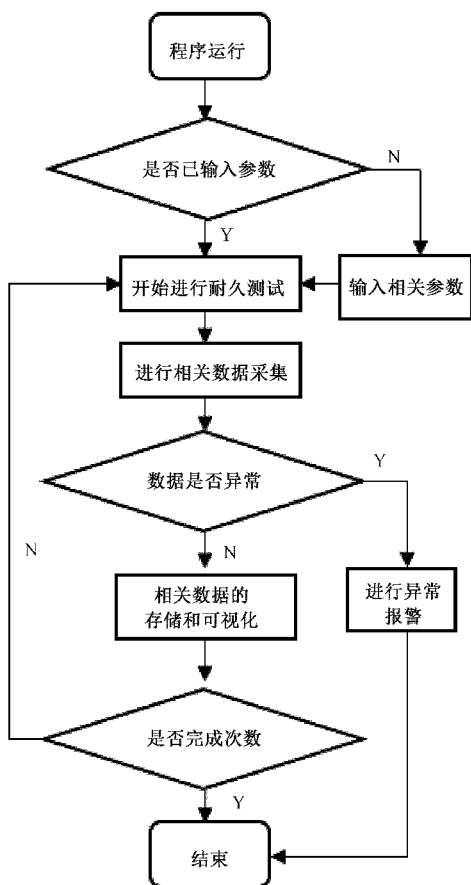


图 3 上位机工作流程

3.1 运动控制模块

测试系统中的加载装置为安川伺服电机,伺服电机有位移控制、速度控制和转矩控制三种控制方式。本测试系统的控制目标为横轴按照指定位移运动、纵轴可指定多点位置不同力输出,因此选择位移控制模式。在位移控制模式下,需要给伺服驱动器输入脉冲频率和脉冲数进行控制伺服电机的转动速度和转动圈数。

LabVIEW 编写的上位机程序中需要根据运动工况计算出完成工况所需的脉冲频率和脉冲数。在测试过程中对多点位置进行不同力控制,可将运动分成多段运动。记录每段的位移值和力值,对每段的采集力值与目标力值进行比对。当力值不足或超出时,调整该段的纵轴位移进而调整力值的输出,经多次调整最终输出目标力值^[12]。LabVIEW 中 DAQmx 创建虚拟通道函数可以产生脉冲,根据工况设定包含每段位移的数组,对位移数组进行遍历得到每段的位移值,计算出脉冲数,设定固定的脉冲频率。将产生的脉冲由控制系统输送给运动系统,从而驱动伺服电机完成指定运动。

3.2 数据采集和存储模块

本系统需要采集的数据为纵轴力传感器和两伺服电机的绝对位移值,力传感器所采集的电压信号经放大器进行放大后由 NI 板卡接入控制系统。在 LabVIEW 中进行电压信号处理得到力传感器值。

伺服电机的绝对位移值时通过 RS485 接口进行通讯传入上位机^[13]。根据安川伺服电机的数据位格式,在 LabVIEW 中利用匹配正则表达式函数进行数据处理得到伺服电机的绝对位移值,如图 4 所示。

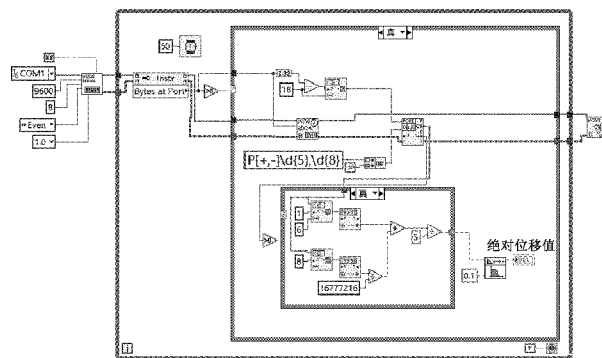


图 4 绝对位移值的采集与处理

3.3 数据可视化模块

本系统在原有的数字和图表数据显示的基础上增加了三维可视化显示功能,更加直观的显示测试设备当前的位置状态信息和座垫的受力分布状态信息,方便操作者掌握测试时试验的进展和测试结果的预测。在数据可视化模块主要分为试验流程可视化显示和座垫受力分布可视化显示。

试验流程可视化显示是利用 LabVIEW 可加载三维场景文件的功能。在 SolidWorks 三维建模软件中建立模拟人体入座测试的设备姿态模型,根据测试时设备运动件的运动方向进行模型划分然后导出 LabVIEW 可加载的 WRL 文件^[14]。在 LabVIEW 中按照装配顺序进行依次添加,进行装配的过程中需要用到模型的移动和旋转函数,将模型装配在一起^[15]。最后利用三维图片控件进行显示,效果如图 5 所示。

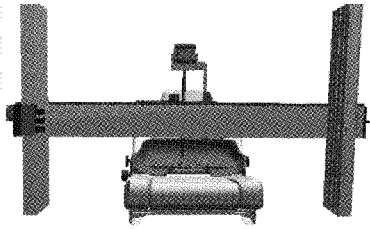


图 5 设备三维模型图

在模型装配完成后,LabVIEW 中的设置移动函数可设置改变模型的位置,根据位移数据设置模型中运动件的移动簇,当运动件的位移发生变化时,三维图片中的模型也会发生相应的位置移动,从而完成位移数据的映射,操作人员可根据三维模型的运动得到当前测试系统的位置状态。

通过座垫模型表面的颜色不同来显示座垫不同的受力值。SolidWorks 建立座垫的三维模型,导出三维模型为 STL 文件格式。在导出为 STL 文件格式的同时可以得到座椅的模型网格节点信息。利用 LabVIEW 中的鼠标按下事件结构得到鼠标在三维图片中点击处的坐标值,该坐标是为屏幕坐标系中的二维坐标。然后减去三维图片的内容位置属性节点得到鼠标点击处在三维图片的二维坐标。三维图片中的选取点调用节点可以根据给出的 X 和 Y 坐标,投射穿越三维场景的射线并返回与射线相交的第 1 个对象的 X、Y 和 Z 坐标,由此可选取得到三维模型中的传感器坐标,如图 6 所示。

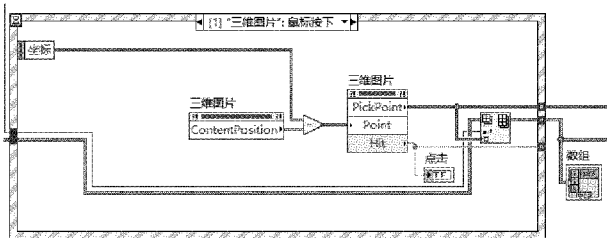


图 6 选取模型点

软件模块中的数据可视化利用反距离权重插值算法进行计算数据点相对于模型网格节点的权重值。反距离权重插值算法是一种空间插值算法,能够根据距离已知点的属性值计算出未知点的属性值^[16]。对于与已知距离较大的未知点赋予较小的属性值,距离较小的未知点赋予较大的属性值。如式(1)所示

$$P_{(z)} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{z_i}{d_i[x,y]^u}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i[x,y]^u}} \quad (1)$$

式中: $P_{(z)}$ 表示点 P 的属性值, N 表示数据点数, Z_i 第 i 点的属性值, $d_i(x,y)$ 表示第 i 点与 p 点的距离值,一般情况下 u 取 2。

由选取的模型点作为已观测点,网格节点作为未观测点,利用反距离权重插值算法进行计算属性值,然后将计算得到的属性值跟颜色梯度标尺进行比对,完成了力值的颜色映射,最后进行颜色渲染得到座垫的力值可视化分布模型。

4 系统测试

在设备进行装配完毕后,为验证系统显示功能是否正常,进行了测试。将系统测试分为了姿态监控测试和力值可视化测试。在工况列表输入工况数据,横向位移为 550 mm,纵向位移为 100 mm,循环次数为 10 000 次,设定的横向位移极限为 1 100 mm,纵向位移极限为 250 mm。输入工况数据后,开始测试。

横轴由初始位置移动至下压位置。移动至下压位置后横向位移不变,纵向开始下压。下压值一定力值后,横向位移至初始位移,纵向回到初始位置。通过循环往复的试验进行测试座椅的耐久性能。当横向位移接近限值 1 100 mm 时,如图 7 所示,在姿态监控界面出现报警提示,并且设备停止运行。测试人员进行检查,确认设备状态无危险后,方可继续进行测试试验。

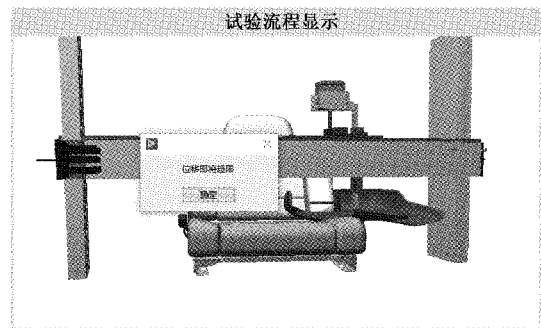


图 7 设备超限警告图

利用采集的纵向位移为横轴,力值为纵轴,建立如图位移-力值曲线变化图,如图 8 所示,图中横坐标轴由 60 mm 开始,表明在纵向位移为 60 mm 时,坐模开始接触座椅。图中曲线呈 S 型,这是与聚氨酯泡沫压缩变形的 3 个阶段相关。在弹性阶段,即坐模刚接触到泡沫时,泡沫变形比较均匀。稳定阶段,泡沫内部结构出现变形,力值随位移的增大而增大,但增幅较小。致密化阶段,泡沫内壁孔压缩至相互接触,则力值迅速提升。

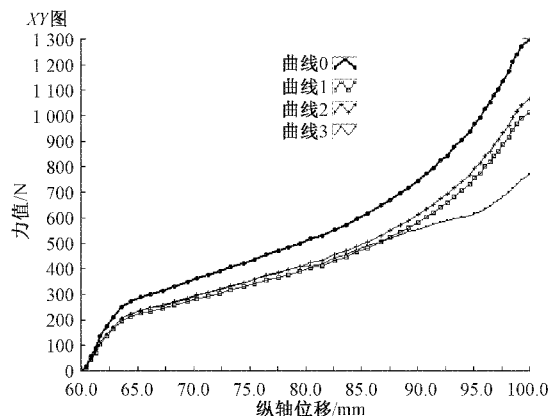


图 8 位移-力值及其阈值曲线图

图8中包含4条曲线,曲线0为首次完成入座试验记录的位移-力值曲线,此时座椅耐久性应是最佳状态,将曲线0作为变化曲线的上阈。由国标QB/T 2080-2010中规定,驾驶员坐垫中的泡沫属于高回弹软质聚氨酯泡沫V级别的使用需求,其压陷硬度最大损失率应不超过22%,根据式(2)可计算得变化曲线的下阈为曲线1。图8中曲线2为一次入座试验的位移-变化曲线,该曲线在其上下阈内,

因此可判定此时座椅的耐久性满足要求。随着试验次数的增加,位移-力值变化曲线超出其下阈,如曲线3,此时该座椅泡沫的硬度损失率超过了22%,此时该座椅的耐久性不满足要求。当其硬度损失率超过22%时,即坐垫的泡沫出现了塌陷现象,此时在力值可视化界面可观测到其最大力值区域面积变化,如图9所示。上位机的监控界面如图10所示。

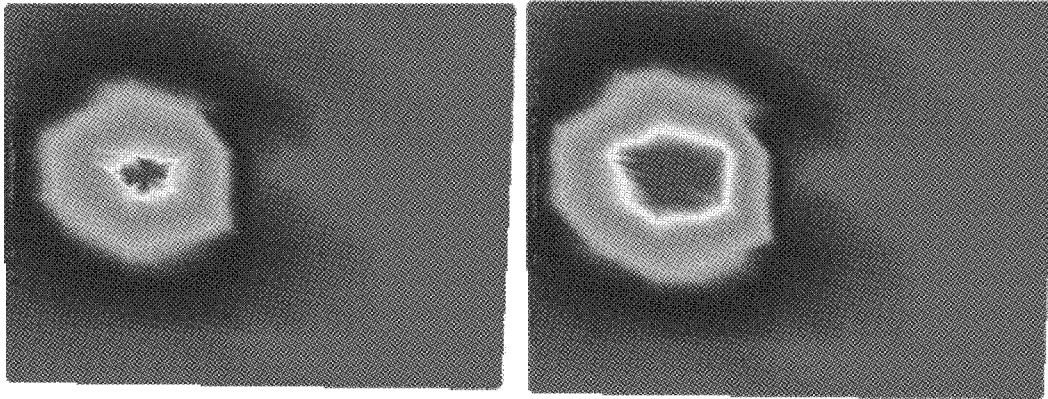


图9 超出阈值后可视化界面变化图

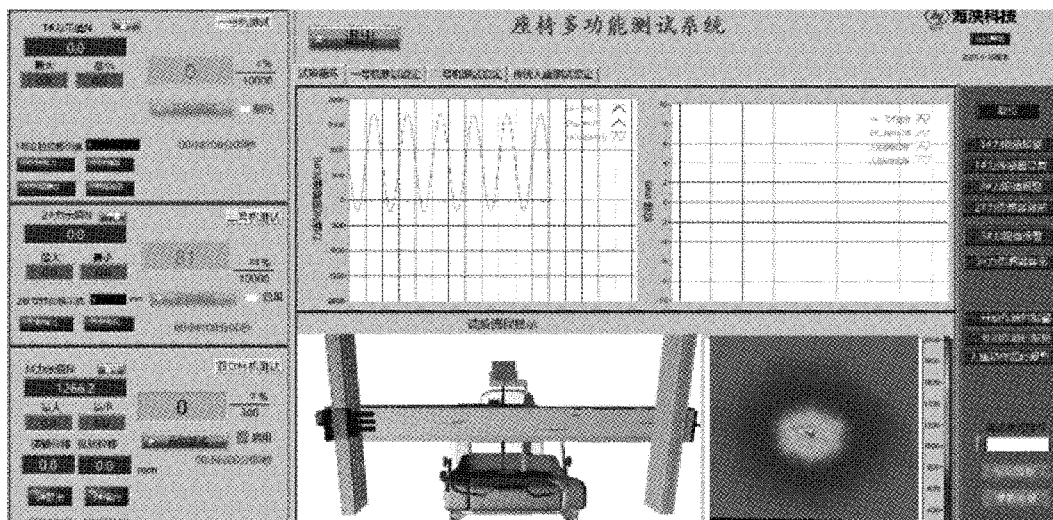


图10 上位机监控界面

$$\text{硬度损失百分数} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: H_1 为试样的初始硬度指数,单位为 N, H_2 为试样的最终硬度指数,单位为 N。

试验和观测结果表明,该系统能够对设备姿态进行实时监控,并可对位移超限状态进行预警。对力值进行了可视化展示,方便测试人员对测试结果的评判。

5 结 论

经过测试,该系统能够完成座椅耐久性测试。在对设备姿态监控有着显著的效果,在设备位移即将超限时,能够及时进行警示和停止设备运行,达到安全维护的功能。

在受力可视化显示界面中,达到了对力值可视化的效果。对力值进行分析,得到座椅测试过程中的护面状态,可视化界面也能够随着状态的变化而发生相应的变化。

本测试系统在上位机界面中增加三维模型显示,极大的方便了测试人员对测试流程的监控。同时,对力值的可视化界面,极大的方便了测试人员对测试结果的预测。在本系统的基础上可进行相关算法研究,根据座椅受力分布完成自行诊断座椅的耐久性能。

参考文献

- [1] 王占和,贾现春,王利. 汽车座椅疲劳耐久试验后螺母松弛原因分析及解决[J]. 机械工程与自动化,2019(4): 153-155.

- [2] 张敬伟. 汽车座椅舒适性开发分析[J]. 汽车工程师, 2020(3):25-28.
- [3] 杜长江,田泽洋,从云鹏,等. 座椅模拟人体进出耐久测试的评价参数研究[J]. 汽车零部件,2020(2):64-69.
- [4] 余刚毅,刘放,姚怀智. 基于 LabVIEW 的接触网作业车状态监控与姿态跟踪系统[J]. 电子测量技术,2021,44(18):7-12.
- [5] 费仇浩,朱振宇,包兴旺,等. 航空发动机电气控制半实物虚拟仿真平台开发[J]. 科技创新与应用,2020(10):38-41.
- [6] 牛淑铜,田慕琴,许春雨,等. 基于 LabVIEW 的液压支架虚拟仿真平台设计[J]. 煤矿机械,2020,41(7):182-186.
- [7] 陈鹏,邓飞,刘思廷. 三维空间属性插值方法的研究[J]. 电脑知识与技术,2015,11(7):235-239.
- [8] 高真,叶学义,周天琪,等. 基于反距离加权插值的水声数据可视化算法[J]. 计算机工程,2015,41(9):266-270,275.
- [9] 李季操. 基于神经网络的粮食仓储温度三维可视化研究[D]. 北京:北京邮电大学,2021.
- [10] 柳鑫,李晨安,张成,等. 反距离加权插值算法在空间温度场可视化中的应用[J]. 机电工程技术,2021,50(7):250-252.
- [11] 方俊雅,李倩,马鑫. 基于 LabVIEW 的三维可视化温度在线监测系统设计[J]. 计算机测量与控制,2016,24(4):26-28,79.
- [12] 杨勇明,汪中厚,刘欣荣,等. 磨齿机在机检测机构几何误差链建模与补偿[J]. 仪器仪表学报,2021,42(6):9-19.
- [13] 李子旭,窦文森,李昊文,等. 基于 LabVIEW 的可移动式打印机器人的设计和实现[J]. 国外电子测量技术,2020,39(9):68-71.
- [14] 占瑜毅,胡毅,胡鹏浩,等. 自驱动关节臂坐标测量机测控系统[J]. 电子测量与仪器学报,2021,252(12):93-100.
- [15] 冯浩,殷晨波,贾文华,等. 挖掘机器人轨迹控制及运动可视化研究[J]. 计算机集成制造系统,2019,25(2):447-453.
- [16] 李海涛,邵泽东. 空间插值分析算法综述[J]. 计算机系统应用,2019,28(7):1-8.

作者简介

黄彬,硕士研究生,主要研究方向为工业自动化。

E-mail:hblove@foxmail.com

张春(通信作者),博士,教授,从事塑性成形工艺及装备自动化研究。

E-mail:zhangchun_sy@126.com