

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 5/00 (2006.01)
G01M 17/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710307702.4

[45] 授权公告日 2009年7月22日

[11] 授权公告号 CN 100515325C

[22] 申请日 2007.12.26

[21] 申请号 200710307702.4

[73] 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路28号

[72] 发明人 张鄂 刘中华 李晓玲 张进华
许林安

[56] 参考文献

JP11-326084A 1999.11.26

CN1731102A 2006.2.8

CN1803067A 2006.7.19

EP0954999A1 1999.11.10

审查员 费金娥

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 李郑建

权利要求书4页 说明书13页 附图3页

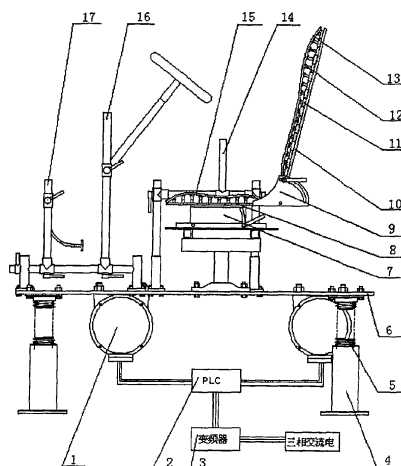
[54] 发明名称

一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台

[57] 摘要

本发明公开了一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，该测试平台主要由动态激振系统、三维数字化可调座椅系统、三维可调乘驾机构和人体生理特性及生物力学测试系统四部分构成；它既能模拟汽车的动态环境（振动环境），即可以进行无级变频、变幅、变加速度的定频、扫频振动；又能模拟汽车各种乘驾环境的体位操作；并能测量驾驶员的人体肌电信号、人体动脉血流量、人体血压响应、人体心跳数等人体生理特性指标和动态乘驾环境的人体各部振动响应、人椅界面的接触应力以及人体臀部、背部的体压分布；并可对不同人群乘驾体位的人体生物力学特性和人体生理特性进行研究和综合测试。通过模拟动态乘驾环境和人体生理特性及生物力学测试系统，可以得到不同体形

人群的汽车人机界面设计所需要的科学数据。



1. 一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，该测试平台主要由动态激振系统、三维数字化可调座椅系统、三维可调乘驾机构和人体生理特性及生物力学测试系统四部分构成；

动态激振系统，包括一个基板（6），基板（6）由支承座（4）支撑在地面上，支承座（4）上设有支撑弹簧（5），基板（6）下方对称安装有两个激振电机（1），两个激振电机（1）之间连接有可编程控制器（2），可编程控制器（2）连接变频器（3）；通过可编程控制器（2）控制两个激振电机（1）产生同步反向振动，并使产生的激振力水平分量相互抵消，以保证测试平台能产生动态环境的垂直振动；通过调节激振电机（1）内部轴端偏心块的角度，以实现无级调解激振力；在可编程控制器（2）上配置变频器（3），用以实现振动电机的无级调频；

三维数字化可调座椅系统，包括设置在基板（6）上的座椅，该座椅由座椅面（8）、椅背（10）、座椅靠垫（13）和座椅垫（15）构成；座椅面（8）下部安装有座椅面（8）的椅面角度调节器（7），椅背（10）和座椅面（8）的连接处装有椅背角度调节器（9），以实现椅背（10）和座椅面（8）两者间的角度调节；在座椅面（8）上均匀布置有阵列微型块状压力传感器（37），椅背（10）上也均匀布置有阵列微型块状压力传感器（37），用于测试各点的压力分布；在微型块状压力传感器（37）上面安装有可调螺钉（12），用于生成三维数字化可调座椅的所需三维形面；

三维可调乘驾机构，包括设置在基板（6）上的三维可调操纵杆（14）、设置在基板（6）上的三维可调方向盘（16）和设置在基板（6）上的可调脚踏板（17），用以实现不同乘驾环境试验各种体位操作的可调功能；其中，三维可调操纵杆（14）用于实现操纵杆在 X、Y、Z 方向上的位置调节；三维可调方向盘（16）用于实现方向盘在 X、Y、Z 方向上的位置调节、绕 Y

轴方向转动的角度调节及轴向长度的调节；三维可调脚踏板（17）由制动刹车脚踏板、离合器脚踏板和油门脚踏板组成，用于实现各个脚踏板在 X、Y、Z 方向上的位置调节和绕 Y 轴方向转动的角度调节；

人体生理特性及生物力学测试系统，包括人体肌电信号测量系统（19）、分布式体压测量系统（18）、多普勒超声波血流速测量系统（20）、人体血压测量系统（21）、人体振动响应测试系统（22）和分析计算机（23）；其中：人体肌电信号测量系统（19）、多普勒超声波血流速测量系统（20）和人体血压测量系统（21）通过表面电极或探头与被试人员的相关组织相连，用于测量和分析不同乘驾体位和振动环境下各参量的响应；人体振动响应测试系统（22）通过测量椅面和人体不同部位的加速度响应，以研究动态乘驾环境下人体系统的振动特性；分布式体压测量系统（18）和座椅面（8）和座椅背（10）上均匀布置的阵列微型块状压力传感器（37）连接，用于反映各点压力的电压信号，微型块状压力传感器通过本身的信号线与多路信号放大器连接，而多路信号放大器则通过数据线与 A/D 转换器连接，A/D 转换器通过数据线将测得的分析信号输入分析计算机（23），分析计算机（23）内设置有测量分析软件，用于对体压信号进行存贮、分析处理和显示。

2. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，所述的人体肌电信号测量系统（19）主要由表面电极（24）、肌电仪（25）、微机接口器和数据分析软件组成；表面电极（24）通过本身的信号线与肌电仪（25）连接，肌电仪（25）与数据采集装置（26）连接，各个表面电极所测得的肌电信号传入肌电仪（25），再经肌电仪（25）传输到数据采集装置（26），而数据采集装置（26）则通过微机接口器实现与分析计算机（23）连接，进而使采集到的肌电信号在分析计算机（23）上进行数据分析和处理。

3. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平

台,其特征在于,所述的多普勒超声波血流速测量系统主要由超声波发射装置(27)、探头(28)和超声波接收装置(30)组成,当被测试者落座后,把探头(28)固定在人体测试的动脉上,超声波发射装置(27)发射超声波,通过探头(28)照射血管中的血细胞并利用多普勒效应,血细胞收到的声波频率将发生变化;然后利用超声波的反射特性,照射到血细胞的超声波将发生反射,通过超声接收装置(30)接收反射回波信号,再次利用多普勒效应便可测得回波频率;最后把入射超声波频率和接收到的声波频率差,即频移信号经过滤波、放大,再经A/D转换器输入分析计算机(23)进行处理。

4. 如权利要求1所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台,其特征在于,所述的人体血压测量系统(21)采用的是基于示波法电子血压计,它主要通过测量、分解和比较充气袖带中的压力信号来获得人体血压值;包括袖带(31)、压力传感器(32)、自动调零电路(33)、前置放大器(34)、低通滤波器(35),袖带(31)中的压力信号是袖带静压信号和脉搏波信号的叠加,经过前置放大器(34)放大和低通滤波器(35)滤波后,该压力信号分为两路:一路作为脉搏波信号,另一路作为袖带静压信号;两种信号经A/D转换后送入单片机处理,剔除干扰,检测出人体真正脉搏波;然后根据充气过程中脉搏波的振幅变化确定平均压,再确定收缩压和舒张压,进而分析出动态乘驾环境下人体的血压响应。

5. 如权利要求1所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台,其特征在于,所述的人体振动响应测试系统(22)主要由加速度计(40)、电荷放大器(41)、数据记录装置(42)和频谱仪(43)组成,通过加速度计(40)测量座椅面和人体各部位的加速度响应,然后把所得信号经过电荷放大器(41)放大后输入频谱仪(43)进行频谱分析,以研究人体的振动响应并进行结果显示。

6. 如权利要求1所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平

台，其特征在于，所述的分布式体压测量系统（18）包括微型块状压力传感器（37），微型块状压力传感器（37）通过本身的信号线与多路信号放大器（38）连接，多路信号放大器（38）则通过数据线与 A/D 转换器（39）相连接，A/D 转换器（39）通过数据线将分析信号输入计算机（23）。

7. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，所述的座椅面（8）上的阵列微型块状压力传感器（37）为 12×12 个。

8. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，所述的椅背（10）上均匀布置的阵列微型块状压力传感器（37）为 12×17 个。

9. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，所述的椅背角度调节器（9）能够实现椅背（10）和座椅面（8）之间夹角在 90° 至 180° 之间的任意调节。

10. 如权利要求 1 所述的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，所述的椅面角度调节器（7），能够实现座椅面（8）水平角度方向的调节。

一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台

技术领域

本发明属于人机工程学技术领域，涉及一种实验测试装置，特别涉及一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台。

背景技术

汽车是20世纪最伟大的发明之一。自1886年卡尔·本茨研制成功世界第一辆汽车至今，汽车已经经历了120多年的发展。在这百年发展期间，汽车工业从无到有，以惊人的发展速度写下了人类近代文明史的重要篇章。汽车作为社会发展、人类文明和科学进步的产物，已为人类文明进步和社会经济发展做出了巨大贡献。

目前，全世界汽车保有量已超过6亿辆，平均每8人拥有一辆汽车（即人均0.13辆）。汽车普及率最高的是美国，平均1.3人拥有一辆；西欧及日本等发达国家，平均2~3人拥有一辆。在现代社会，随着国民经济的发展和汽车的普及，汽车已不仅作为人们的交通工具，更是人们生活空间的延伸。据英国科学家调查发现，长时间坐在汽车里的人常有的疾病是因为座椅结构的不合理、座椅到脚踏板的距离调节不正确、背部倾斜的角度不合理和汽车各操控元件布局欠合理。以上因素均可归结为汽车乘驾环境设计（又称人车界面设计）的不合理，汽车乘驾环境空间设计作为车型设计的一个重要环节，与乘驾的舒适性和驾驶的安全性具有直接的关系，因此也越来越受到人们的关注和汽车制造商的重视。

常规的人车界面设计方法主要以人体肢体运动学和几何学为主，人机工程学方面则主要以人的舒适和疲劳等综合而主观的定性结论、经验规则、几何接触约束为依据，少有考虑驾驶员人体生物力学特性和人体生理特性的科

学规律。由于缺乏定量的计算与分析方法，使人车界面设计的结果很难在生物学和生物力学的度测空间满足人体乘驾舒适的需求，尤其难以满足驾驶员个性化（指单体个性或群体个性）的要求。从生物力学分析和人体生理特性来看，如果人车接触界面设计使得人体体压分布不合理，则会造成人体皮肤层的局部受压，长时间则会引起人体酸麻等疲劳现象；如果人车接触界面设计使人体脊柱形态不合理，则会造成人体背部不适与疼痛，进而极易引起人体疲劳，诱发驾驶职业病；如果人车操控界面使得人体肌肉施力方式、大小不合理，会使持续收缩的肌肉压迫血管，进而阻止血液进入肌肉，当人体肌肉无法通过血液得到充足的氧，则易引起人体肌肉疲劳，并造成人体肌肉酸痛。其次，目前的人机工程学设计缺乏人机个性化的考虑，而汽车产品的驾驶恰恰是面向个体的，虽然目前一般汽车设计有可调界面的功能，但只是解决了部分人机问题。再之，现有人机界面设计只是参考人机工程学中的经验数据和通用规则，没有从生物力学机理上形成人机界面的设计方法，并缺乏考虑动态环境（振动环境）对人机系统的重要影响。由于缺乏汽车乘驾体位生物力学特性科学数据的指导，再加之缺乏动态乘驾环境下的人体生理特性科学数据的指导，使人机车操控界面和人机接触界面的问题就无法从机理上得到解决。

传统的人机工程学主要依据人体测量学的统计数据进行相应的人-车接触界面设计，依据人体疲劳统计的一些经验数据进行相应的人-车操控界面及操作方式的设计，并没有真正从机理上解决汽车乘驾舒适性和乘驾的疲劳问题。有关驾驶舒适性的人体生物力学问题，国内外学者已进行了较多的探讨性研究工作，如1988年，Matsuoka和Hanai通过体压分布研究，提出了乘客舒适度姿势的位置。20世纪90年代初期，Reed、Lee和Thakurta等通过对被试者的接触压力测量或EMG-肌电图测量来评价座椅的舒适度。Tobias等建立了人体腰椎的有限元模型，通过该模型分析了人体的腰椎在受压时的

生物力学特性，该模型也可用于腰椎的稳定性分析。Goel 通过有限元方法对人体胸椎的受力和腰部韧带的运动进行了分析和模拟。Oxlang 研究了人体关节的生物力学问题。1995 年，Reed 等研究提出了传统设计的汽车座椅引起后背腰椎脊柱前症和理想的坐姿脊柱外形的不相容性。加拿大 M.Kolich 通过 12 项指标对 5 种紧凑型汽车座椅的舒适性进行了测试，研究指出汽车接触界面的舒适性是一个新的研究分支，现有的基于人体测量学的人机工程设计准则并不能适用于汽车人-车接触界面的设计。目前，国内外对有关汽车驾驶疲劳的问题也进行了很多研究工作，如我国刘荣等人研究了关节功率与人体各部分疲劳之间的关系。上海交通大学李增勇、王成焘从人机工程学角度综合分析了造成驾驶疲劳的环境因素，指出视觉界面、听觉界面、人-座椅界面、人-操作界面是影响驾驶疲劳主要人机界面，并从汽车人机界面设计角度提出了防止和缓解驾驶疲劳的有效措施。但是，以上研究并没有将人体生物力学特性分析融入设计方法和理论中，提出相应的设计理论和方法。近几年来，西安交通大学张鄂、洪军、梁建、韩英等人设计了汽车乘驾体位生物力学特性测试平台，进行了人车接触界面的静态体压分布研究和人体静态操作姿势与肌肉硬度、血流特性等人体生物力学关系的研究，并提出了人体疲劳及舒适性的一些生物力学准则，但是他们的研究完全是基于人车的静态环境，没有考虑人车动态环境的影响。然而，动态环境（振动环境）对人机系统以及乘驾环境下的人体生理特性、人体生物力学特性及人体疲劳与人体舒适性有着极其重要的影响。

日本开发的可变座椅，其特点是能模拟各种类型的座椅及测出被测人员的坐姿和各部位受力情况。清华大学的汽车座椅体压分布测试系统，用于测试汽车座椅人-椅接触界面上的压力分布情况，其目的是为座椅乘坐舒适性的全面评价提供一个客观依据，同时测试结果也可以应用于指导设计，以达到更好的体压分布性能或者在不影响乘坐舒适性的前提下，尽可能节省座椅

垫材。上述研究中，还没有一例将人机工程与生物力学融合，研究定量的人机工程方法。2005年，西安交通大学设计的汽车乘驾体位生物力学测试平台，虽然实现了人机工程与生物力学的部分融合，并为人机界面设计提供了一些量化方法，但对动态环境（振动环境）对人机系统以及乘驾环境下的人体生理特性和人体生物力学特性即人体疲劳与人体舒适性的重要影响尚未考虑，而且提供的人体生理特性和人体生物力学特性测试方法较为有限。

发明内容

为了克服现有技术存在的缺陷或不足，本发明的目的在于提供一种动态乘驾环境人体生理特性测试平台，它既能模拟汽车的动态环境（振动环境），即可以进行无级变频、变幅、变加速度的定频、扫频振动；又能模拟汽车各种乘驾环境的体位操作；并能测量驾驶员的人体肌电信号、人体动脉血流量、人体血压响应、人体心跳数等人体生理特性指标和动态乘驾环境的人体各部振动响应、人椅界面的接触应力以及人体臀部、背部的体压分布；并可对不同人群乘驾体位的人体生物力学特性和人体生理特性进行研究和综合测试。

为实现上述任务，本发明采取如下的技术方案：

一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，其特征在于，该测试平台主要由动态激振系统、三维数字化可调座椅系统、三维可调乘驾机构和人体生理特性及生物力学测试系统四部分构成；

动态激振系统，包括一个基板，基板由支承座支撑在地面上，支承座的四角上设有支撑弹簧，用以缓解对地面的振动。基板下方对称安装有两个激振电机，两个激振电机之间连接有可编程控制器，可编程控制器连接变频器；通过可编程控制器控制两个激振电机产生同步反向振动，并使产生的激振力水平分量相互抵消，以保证试验平台能产生动态环境的垂直振动；通过调节激振电机内部轴端偏心块的角度，以实现无级调解激振力；在可编程控制器上配置变频器，用以实现振动电机的无机调频；该动态激振系统可以产生变

频、变幅的垂直振动，即产生试验所需的动态环境。

三维数字化可调座椅系统，包括设置在基板上的座椅，该座椅由座椅面、椅背、座椅靠垫和座椅垫构成；座椅面下部安装有座椅面的角度调节器，椅背和座椅面的连接处装有椅背角度调节器，以实现椅背和座椅面两者间的角度调节；在座椅面上均匀布置有阵列微型块状压力传感器，椅背上也均匀布置有阵列微型块状压力传感器，用于测试各点的压力分布；在微型块状压力传感器上面安装有可调螺钉，用于生成三维数字化可调座椅的所需三维形面；在座椅面和椅背上置有由橡胶垫和软质聚氨酯泡沫塑料垫（海绵垫）构成的座垫和靠垫，以使形面更为平滑。座椅系统通过支架固定在试验平台的基板上。

三维可调乘驾机构，包括设置在基板上的三维可调操纵杆、三维可调方向盘和可调脚踏板，用以实现不同乘驾环境试验各种体位操作的可调功能；其中，三维可调操纵杆用于实现操纵杆在 X、Y、Z 方向上的位置调节；三维可调方向盘用于实现方向盘在 X、Y、Z 方向上的位置调节、绕 Y 轴方向转动的角度调节及轴向长度的调节；三维可调脚踏板由制动刹车脚踏板、离合器脚踏板和油门脚踏板组成；用于实现各个脚踏板在 X、Y、Z 方向上的位置调节和绕 Y 轴方向转动的角度调节；上述各可调机构都可以实现其所需位置和姿态的调整，以满足不同体形人群在乘驾环境进行各种体位操作的需要。通过模拟乘驾环境和基于人体生物力学特性的乘坐舒适性评价系统，可以得到不同体形人群的汽车人机界面设计所需的科学数据。

人体生理特性及生物力学测试系统，包括人体肌电信号测量系统、分布式体压测量系统、多普勒超声波血流速测量系统、人体血压测量系统、人体振动响应测试系统和分析计算机；其中：人体肌电信号测量系统、多普勒超声波血流速测量系统和人体血压测量系统通过表面电极或探头与被试人员的相关组织相连，用于测量和分析不同乘驾体位和振动环境下各参量的响

应；人体振动响应测试系统通过测量椅面和人体不同部位的加速度响应，以研究动态乘驾环境下人体系统的振动特性；分布式体压测量系统和座椅面和座椅背上均匀布置的阵列微型块状压力传感器连接，用于反映各点压力的电压信号，微型块状压力传感器通过本身的信号线与多路信号放大器连接，而多路信号放大器则通过数据线与 A/D 转换器连接，A/D 转换器通过数据线将测得的分析信号输入分析计算机，分析计算机内设置有测量分析软件，用于对体压信号进行存贮、分析处理和显示。

上述人体肌电信号测量系统，主要由表面电极、肌电仪、微机接口器和数据分析软件组成。表面电极通过本身的信号线与肌电仪连接，肌电仪与数据采集装置连接，各个表面电极所测得的肌电信号传入肌电仪，再经肌电仪传输到数据采集装置，而数据采集装置则通过微机接口器实现与计算机连接，进而使采集到的肌电信号可在计算机上进行数据分析和处理。

上述多普勒超声波血流速测量系统，主要由超声波发射装置、探头和信号接收装置等组成。当被测试者落座后，把探头固定在人体测试的动脉上，超声波发射装置发射超声波，通过探头照射血管中的血细胞并利用多普勒效应，血细胞收到的声波频率将发生变化。然后利用超声波的反射特性，照射到血细胞的超声波将发生反射，通过超声接收装置接收反射回波信号，再次利用多普勒效应便可测得回波频率。最后把入射超声波频率和接收到的声波频率差，即频移信号经过滤波、放大，再经 A/D 转换器输入计算机进行处理，即可得到人体的血流速响应并进行显示。

上述人体血压测量系统，主要采用的是基于示波法电子血压计，它主要通过测量、分解和比较充气袖带中的压力信号来获得人体血压值。袖带中的压力信号是袖带静压信号和脉搏波信号的叠加，经过放大和滤波，该压力信号分为两路：一路作为脉搏波信号，另一路作为袖带静压信号。两种信号经 A/D 转换后送入计算机处理，剔除干扰，检测出人体真正脉搏波。然后根据

充气过程中脉搏波的振幅变化确定平均压，再确定收缩压和舒张压，进而分析出的动态乘驾环境下人体的血压响应。

上述人体振动响应测试系统，主要由加速度计、电荷放大器、数据记录装置和频谱仪组成。试验时，通过加速度计测量座椅面和人体各部位（如头部、肩部）的加速度响应，然后把所得信号经过电荷放大器放大后输入频谱仪进行频谱分析，以研究人体的振动响应并进行结果显示。

上述分布式体压测量系统，包括微型块状压力传感器，微型块状压力传感器，通过本身的信号线与多路信号放大器，连接，多路信号放大器，则通过数据线与 A/D 转换器，相连接，A/D 转换器，通过数据线将分析信号输入计算机。

本发明的动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，以动态激振系统、三维数字化可调座椅系统和三维可调乘驾机构为基础，通过人体生理特性及生物力学测试系统可以实现对不同体形的个人或群体在各种动态乘驾环境下和不同坐姿体位操作姿态下的人体生理特性及人体生物力学指标的测量和分析，并能实时直观地显示测量结果。整个测量过程简单，易于操作；且多种测量一次完成，测量与分析效率高，测量数据精确。本发明（测试平台）的最大特点是：能实时直观地提供出不同动态乘驾环境下驾驶员各种位姿的人体肌电信号、血流速、血压等人体生理特性、人椅接触界面的体压分布以及这些状态下的人体各部振动响应等多种科学测试数据。

本发明可以实现汽车座椅面、椅背形状的数字化调节和座椅姿态的调整。其中，椅面和椅背形状的数字化调节是通过调节椅面和椅背上的多个螺钉高度来获得椅面和椅背所需的表面形状。座椅姿态的调整包括座椅面角度的调节和座椅背角度的调节，其中座椅面角度的调节是通过调节座椅面角度调节器（即旋转块）来实现，座椅背角度的调节是通过调节座椅背角度调节器（旋转片）来实现。通过这些调整可以满足不同体形的人对座椅面和椅背

表面形状、椅背角度、座椅面角度和座椅高度的试验需要，以寻找不同体形人群的人车界面设计的最佳匹配方案，获得驾驶模拟试验所需的座椅的形面、体位和姿态。

本发明可以模拟汽车的动态乘驾环境，同时具有实现各种体位操作的可调功能。本发明对汽车动态乘驾环境的模拟主要是通过动态激振系统产生的变频、变幅的垂直振动，来生成乘驾试验所需的动态环境。各种体位操作的可调功能是通过可调操纵杆机构、可调方向盘机构和可调脚踏板机构来实现。上述可调机构都可以实现其所需位置和姿态的调整，以满足不同体形人群在动态乘驾环境进行各种体位操作的需要。通过模拟动态乘驾环境和人体生理特性及生物力学测试系统，可以得到不同体形人群的汽车人机界面设计所需要的科学数据。

本发明除了上述的基础功能外，还可实现汽车动态乘驾环境下乘员人体生理特性及生物力学各项指标的测量和数据的处理，可为汽车动态乘驾的人车界面设计提供科学数据，实现人机间的最佳配置。其中人体生理特性及生物力学指标的测量和数据的处理，主要包括汽车动态乘驾环境下的人体肌电信号响应、血流速响应、血压响应、人椅接触界面的体压分布以及这些状态下的人体各部振动响应。肌电信号的测量和数据处理主要是通过肌电信号测量系统来实现，其中人体肌电信号的来源是通过布置在人体上的表面电极来获得，人体肌电信号的处理、记录和显示由设置的计算机软件来实现。体压分布的各项指标主要通过分布式体压测量系统来获得，其中信号的来源是通过人椅接触界面间的压力传感器来获取，其信号的处理主要由专用的计算机软件来完成。

附图说明

图 1 为本发明的结构示意图；

图 2 为本发明的结构示意图的前视图；

图 3 为本发明的人体肌电信号测量系统的结构原理图；

图 4 为本发明的多普勒超声波人体血流速测量系统的结构原理图；

图 5 为本发明的人体动态血压测量系统的结构原理图；

图 6 为本发明的分布式体压测量系统的结构原理图；

图 7 为本发明的人体振动响应测试系统的结构原理图。

下面结合附图对本发明的内容作进一步详细说明：

具体实施方式

参照图 1 和图 2，本发明主要由动态激振系统、三维数字化可调座椅系统、三维可调乘驾机构和人体生理特性（生物力学）测试系统四部分构成。

动态激振系统，主要由激振电机 1、可编程控制器（PLC）2、变频器 3 和支撑弹簧 5 组成。其中两台激振电机 1 通过螺钉刚性配置在试验平台基板 6 的下方，通过调节激振电机 1 内部轴端偏心块的角度，可以在其激振力范围内无级调解激振力；采用变频器 3 实现激振电机的无级调频；通过可编程控制器（PLC）2 实现两个激振电机的同步反向转动，使产生的激振力水平分量相互抵消，以保证试验平台能产生动态环境的垂直振动；在试验平台基板 6 的四角安装有支撑弹簧 5，用以缓解对地面的振动，支撑弹簧 5 通过其支承座 4 支撑在地面上。该动态激振系统可以产生变频、变幅的垂直振动，来生成试验所需的动态振动环境。

三维数字化可调座椅系统，主要包括座椅面 8、椅背 10、可调螺钉 12、椅背角度调节机构 9、椅面角度调节机构 7、座椅靠垫 13 和座椅垫 15，构成本发明的三维数字化可调座椅模型。在椅面和椅背上分别均布有数百个微型块状压力传感器 11，其上装配有可调螺钉 12，用来生成所需的椅背和座椅面的三维曲面形状。然后，其上分别配置有靠垫 13 和座椅垫 15。由于由数百个数字化可调螺钉生成的椅背和座椅面的三维曲面是间断、不连续的曲面，因此通过铺垫座椅靠垫 13 和座椅垫 15 能够形成连续、光滑的三维椅背

曲面和椅面曲面，并能均化人-椅接触界面间的压力分布。椅背 10 和座椅面 8 间的角度调整是通过椅背角度调节器 9 来实现，以生成实验所需的最佳椅背角度。座椅面 8 的下部设置有椅面角度调节器 7，用以生成实验所需的最佳椅面角度。

在三维数字化可调座椅系统中，通过可调螺钉 12 可以生成所需的椅背 10 和座椅面 8 的三维曲面形状。为获得所需的人椅接触界面设计，通过椅背角度调节器 9 可以实现椅背 10 和座椅面 8 之间夹角在 90° 至 180° 之间的任意调节。通过椅面角度调节器 7，可以实现座椅面水平角度方向的调节。通过以上座椅功能的实现，生成乘驾环境试验所需的座椅形面和座椅姿态。

三维可调操控机构，主要由三维可调操纵杆 14、三维可调方向盘 16 和三维可调脚踏板 17 等组成。通过该三维可调操控机构，可以模拟汽车乘驾的各种体位操作。

三维可调操纵杆 14 可以实现操纵杆在 X、Y、Z 方向上的位置调节。

三维可调方向盘 16 可以实现方向盘在 X、Y、Z 方向上的位置调节、绕 Y 轴方向转动的角度调节及轴向长度的调节。

三维可调脚踏板 17 由制动刹车脚踏板、离合器脚踏板和油门脚踏板组成。该机构可以实现各个脚踏板在 X、Y、Z 方向上的位置调节和绕 Y 轴方向转动的角度调节。

上述三维数字化可调座椅和三维可调乘驾机构安装和固结在平台基板 6 上，以保证整个测试平台的稳定性和可靠性。

参照图 2 所示，本发明的人体生理特性及生物力学测试系统，主要由分布式体压测量系统 18、人体肌电信号测量系统 19、多普勒超声波血流速测量系统 20、人体血压测量系统 21、人体振动响应测试系统 22 和分析计算机 23 组成。

参照图 3 所示，人体肌电信号测量系统 19，包括表面电极 24，表面电

极 24 通过本身的信号线与肌电仪 25 相连接, 肌电仪 25 又通过其数据线与数据采集装置 26 相连接, 使各个表面电极 24 所测得的肌电信号传入肌电仪 25, 再经肌电仪 25 传输到数据采集装置 26; 而数据采集装置 26 则通过其通用的插槽实现与分析计算机 23 的连接, 进而使采集到的肌电信号便可在分析计算机 23 上进行有关数据的处理和分析。

在人体肌电信号测量系统 19 中, 首先将表面电极 24 按照临床实践确定连接的常规位置, 安放在人体的相应位置, 所测信号通过肌电仪 25 进行信号的调理放大和预处理, 然后信号由肌电仪 25 上的接口引出, 并接入多功能数据采集装置 26, 而多功能数据采集装置 26 与分析计算机 23 连接, 由分析计算机 23 进行有关信号的处理、分析、显示与记录。

参照图 4 所示, 多普勒超声波血流速测量系统 20 主要由超声波发射装置 27、探头 28 和信号接收装置 30 组成。被测驾驶员落座后, 将探头 28 固定在人体有关的动脉上, 超声波发射装置 27 发射超声波, 通过探头 28 照射人体血管中的血细胞 29, 利用多普勒效应, 人体血细胞 29 收到的超声波频率将发生变化。利用超声波的反射特性, 照射到血细胞 29 的超声波将发生反射, 超声接收装置 30 接收反射的回波信号, 再次利用多普勒效应可以测得回波的频率。入射超声波频率和接收到的声波频率差为频移, 然后将频移信号经过滤波、放大, 再经 A/D 转换器输入分析计算机 23 进行处理, 即可得到人体的血流速响应并进行显示。

如图 5 所示, 人体血压测量系统 21 采用的是基于示波法电子血压计, 它主要通过测量、分解和比较充气袖带中的压力信号来获得人体血压值; 包括袖带 31、压力传感器 32、自动调零电路 33、前置放大器 34、低通滤波器 35; 人体血压测量系统 21 工作过程为: 测试时, 将袖带 31 缠绕在测试者手臂上, 由单片机控制的气阀自动对袖带 31 充气, 再手动放气。袖带 31 中的压力是袖带静压和脉搏波信号的叠加, 袖带中的压力传感器 32 可把袖带 31

中的压力信号转换为电信号，经过自动调零电路 33 处理后送入前置放大器 34 进行信号放大，然后经低通滤波器 35 进行滤波处理。处理后的信号分两路，一路经增益调整后作为脉搏波信号，另一路作为袖带静压信号。两种信号经 A/D 转换器 36 送入单片机进行处理，剔除干扰，即检测出人体真正脉搏波。然后根据充气过程中脉搏波的振幅变化确定平均压，再确定收缩压和舒张压，进而分析出的动态乘驾环境下测试者的血压响应并进行显示。

参照图 6 所示，分布式体压测量系统 18 包括微型块状压力传感器 37，微型块状压力传感器 37 通过本身的信号线与多路信号放大器 38 连接，多路信号放大器 38 则通过数据线与 A/D 转换器 39 相连接，A/D 转换器 39 通过数据线将分析信号输入计算机 23。

该分布式体压测量系统 18 与在座椅面 8 和椅背 10 上均匀布置的 12×12 和 12×17 个微型块状压力传感器 37 连接，当被测驾驶员落座后，微型块状压力传感器 37 给出反映各点压力的电压信号。各点的电压信号经多路信号放大器 38 和 A/D 转换器 39 后传输至计算机 23，进行各信号的处理、分析、显示和记录。

参照图 7 所示，人体振动响应测试系统 22 主要由加速度计 40、电荷放大器 41、数据记录装置 42 和频谱仪 43 组成。当被测驾驶员落座后，开启测试平台的动态激振系统，通过加速度计 40 测量座椅椅面和被测试者的有关部位（如头部、肩部）的加速度响应，并将测得的加速度响应信号经过电荷放大器 41 放大后，输入数据记录装置 42 进行保存，然后把该信号输入到频谱仪 43 中进行频谱分析，研究被测试者的人体振动响应并进行结果显示。

进行动态乘驾环境的人体生理特性及生物力学测试实验时，首先通过三维数字化可调座椅系统生成实验所需的椅背、座椅面的三维曲面形状、座椅形面和座椅姿态；通过三维可调乘驾机构，实现汽车乘驾实验的各种体位操作；通过动态激振系统产生变频、变幅的垂直振动，生成乘驾实验所需的动

态振动环境。在所有的乘驾环境参数调整好以后，被测乘员进入该模拟乘驾系统，进行动态乘驾环境下的各种体位操作，开启人体生理特性及生物力学测试系统，进行被测乘员的人体肌电信号、动脉血流量、血压响应、人体心跳数等人体生理特性指标测定和动态乘驾环境下人体各部位的振动响应测量以及人椅界面的接触应力、体压分布测量与分析。

在对多名驾驶员进行动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试时，将所有测试结果要进行整体分析和个体分析，从中提取出人体动态乘驾时舒适、疲劳与人车界面设计以及振动参数选择的本构关系；有关体压分布、肌电特性、血流特性，血压特性与人车接触界面形状、材料以及汽车振动参数的本构关系；有关人体系统频率特性、传递特性的分析。该试验结果也能对人体生物力学模型的仿真结果进行实验验证，并修正相应的计算模型与设计规则，从而为汽车动态乘驾系统的人机工程设计及人车界面设计提供科学依据，改善汽车内部空间设计的宜人性，使汽车的乘驾系统设计实现科学化、合理化、人性化和最优化。

本发明在动态激振系统设计、可调模拟乘驾环境设计和人体生理特性及生物力学测试系统设计上具有独创性，该测试平台可以模拟汽车、拖拉机、坦克装甲车、机车等驾驶室、舰船及飞行器驾驶舱等大多数机械系统的动态环境人机界面，并可对各种动态环境人机界面进行相关的乘驾体位的人体生理特性及生物力学特性实验和测量。

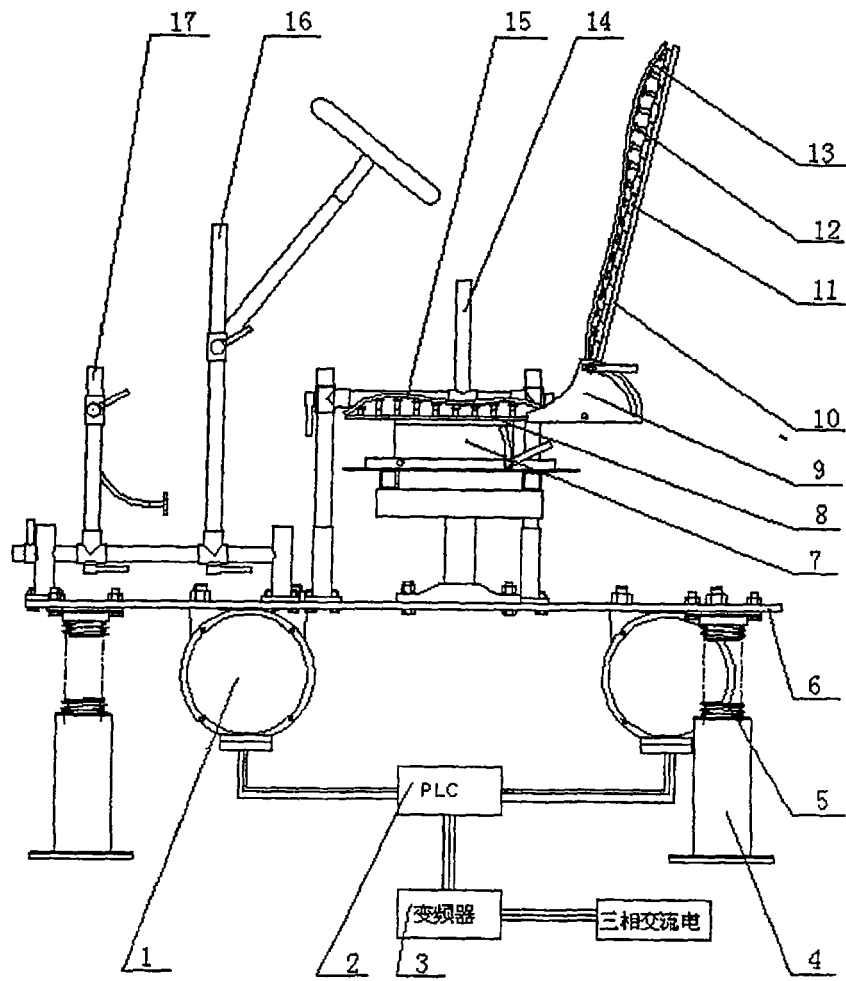


图 1

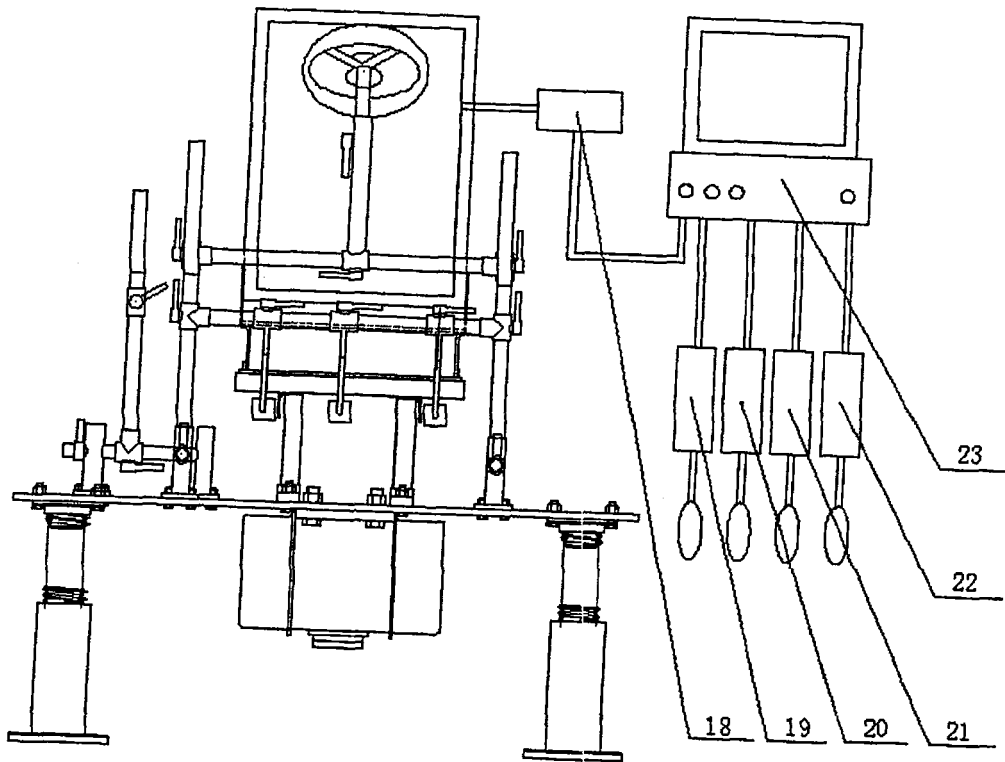


图 2

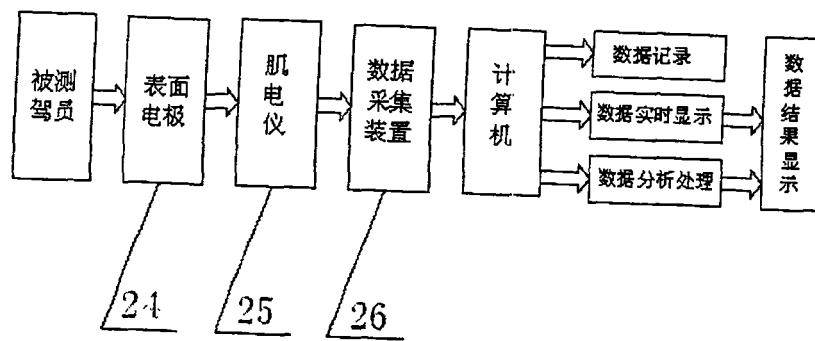


图 3

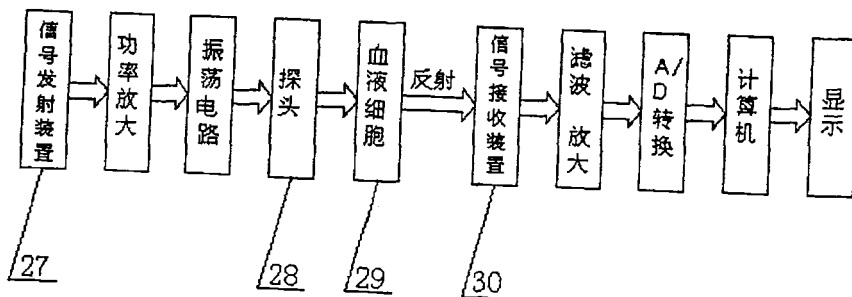


图 4

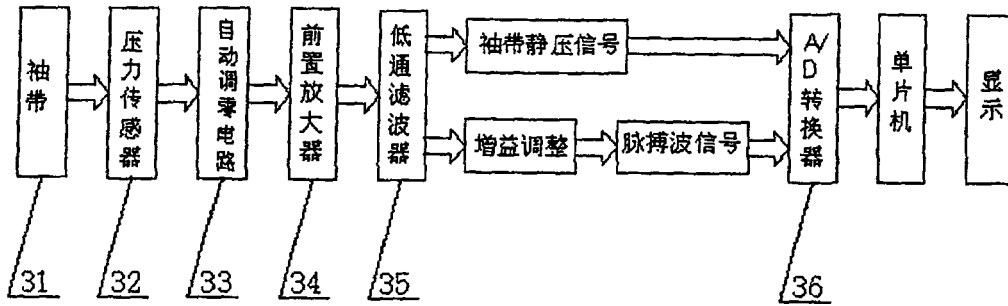


图 5

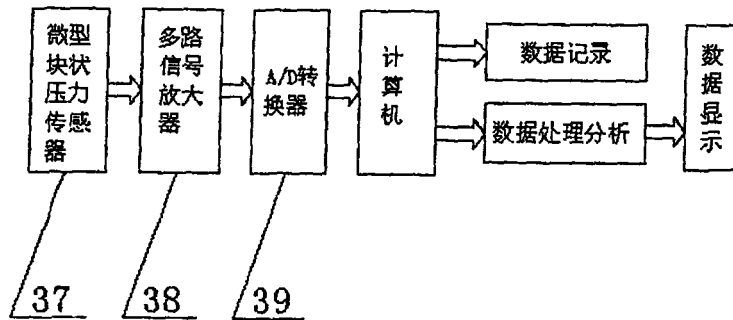


图 6

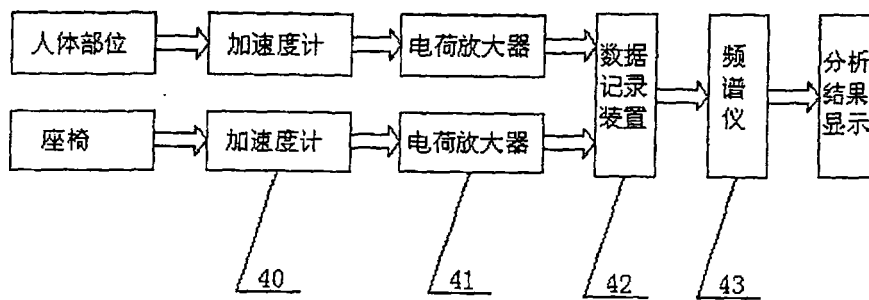


图 7

专利名称(译)	一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台		
公开(公告)号	CN100515325C	公开(公告)日	2009-07-22
申请号	CN200710307702.4	申请日	2007-12-26
[标]申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
[标]发明人	张鄂 刘中华 李晓玲 张进华 许林安		
发明人	张鄂 刘中华 李晓玲 张进华 许林安		
IPC分类号	A61B5/00 G01M17/00		
其他公开文献	CN101214143A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种动态乘驾环境人体生理特性及生物力学测试平台，该测试平台主要由动态激振系统、三维数字化可调座椅系统、三维可调乘驾机构和人体生理特性及生物力学测试系统四部分构成；它既能模拟汽车的动态环境(振动环境)，即可以进行无级变频、变幅、变加速度的定频、扫频振动；又能模拟汽车各种乘驾环境的体位操作；并能测量驾驶员的人体肌电信号、人体动脉血流量、人体血压响应、人体心跳数等人体生理特性指标和动态乘驾环境的人体各部振动响应、人椅界面的接触应力以及人体臀部、背部的体压分布；并可对不同人群乘驾体位的人体生物力学特性和人体生理特性进行研究和综合测试。通过模拟动态乘驾环境和人体生理特性及生物力学测试系统，可以得到不同体形人群的汽车人机界面设计所需要的科学数据。

