

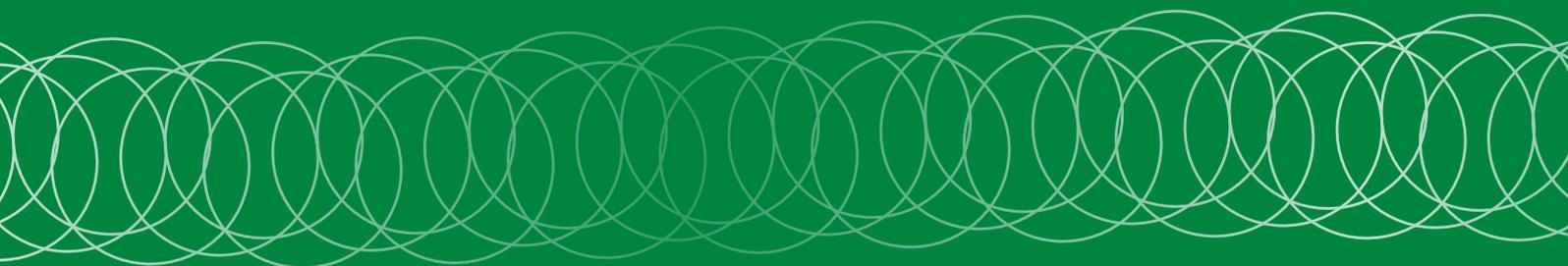


MTS 329型多自由度轴耦合道路模拟器

满足最严苛道路模拟应用挑战的极致测试解决方案

be certain.

业内领先的**MTS 329型多自由度轴耦合道路模拟器**具有无与伦比的精度与可重复性，是业内唯一能够满足最严苛试验场地道路、车辆操控以及各类事件模拟挑战的测试解决方案。



满足最严苛的道路模拟应用挑战

多轴多自由度模拟

MTS 329型道路模拟器是一种多轴多自由度道路模拟加载测试系统，具有优秀的测试精度。利用该道路模拟器，可以实现每个车轮的六自由度(6DoF)载荷与扭矩的精确模拟复现，包括：

- » 垂向
- » 横向
- » 纵向
- » 刹车与驱动扭矩
- » 外倾扭矩
- » 转向扭矩
- » 转向位移(可选)
- » 转向车轮位移(可选)

精确的六自由度复现

MTS 329型六自由度道路模拟器将测试路面尽可能引入试验室环境，与传统的标准道路模拟系统相比较，具有更加先进的性能。在全世界众多的车辆工程试验室内，可以找到标准的多立柱系统，早期的MTS三自由度、四自由度或者五自由度测试系统，然而，只有 MTS 329型六自由度道路模拟器的出现，才真正实现了乘用车的全面工况道路模拟试验。

MTS 329型道路模拟器的优势：

- » **节约时间与经费** - 能够产生每个车轴独立六自由度加载，使其成为最完整的测试系统，还可以支持系统模型的创建、分析以及系统设计，虚拟试验等工作。在试验室内开展试验，可避免不可控因素，加快系统迭代，更快地获取正确结论。
- » **优化的系统测试能力** - 改进车辆耐久性试验的仿真相关性，提供了更大的制动间隙范围，并且针对小型车辆较小的轮盘尺寸进行优化设计，避免对垂向连杆产生过多的干扰。

MTS 329型轴耦合道路模拟器是MTS系统公司为应对车辆研发需求与挑战而开发的最先进的道路模拟器产品。利用该产品，可以实现六自由度的车轴运动模拟，获取最佳的车辆耐久性试验测试能力，并且具有最佳的系统精确性，无论何时何地。

利用MTS 329型轴耦合道路模拟器可以有效节约时间和成本。卓越的试验进度管理系统帮助试验室可以更快地开展试验，精确可重复的测试结果确保试验可靠无误，进一步节约时间。综合来看，相应的产品就可以更加快速地推向市场，满足保证研发进度与控制研发成本的双重挑战。

无与伦比的精度

通过模拟多自由度多轴载荷输入，MTS 329型道路模拟器能够准确实时复现轴头结构真实的多轴应力状态。MTS系统公司数十年的经验积累，持续不断改进道路模拟器硬件系统的设计，其先进的技术保证了每个车辆轴头载荷与扭矩的精确加载，从而确保整车道路模拟试验的成功。

零部件系统开发的理想选择

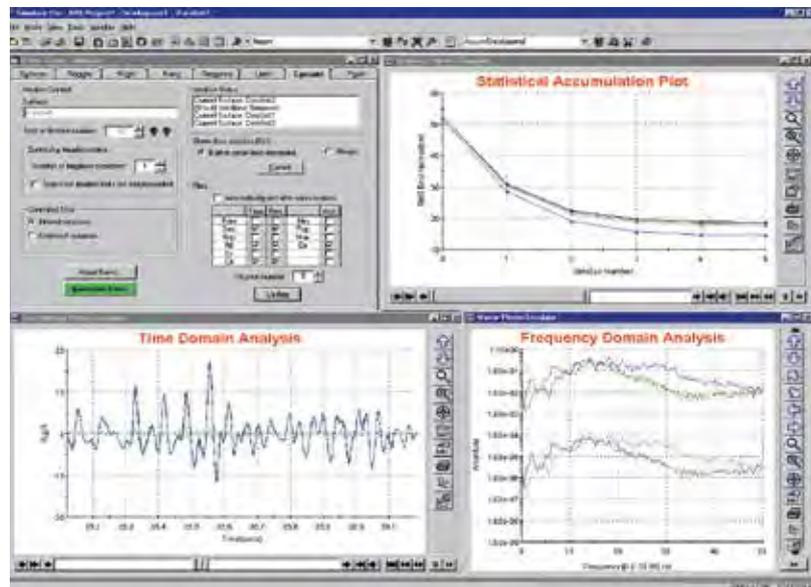
由于全系统的精确性保证了试验结果可靠可信，测试工程师可以更加关注于某些关键零部件或者子系统的细节评估。不需要将整车改造成测试车辆，只需要替换关键零部件或者子系统，也不需要再在测试场地内开展试验，直接利用道路模拟器就可以获取测试数据。

试验室内的可验证性

基于MTS系统公司四十余年的道路模拟器开发以及应用经验，MTS 329型道路模拟器具有多自由度多轴模拟能力，配合远程参数控制(Remote Parameter Control™, RPC)试验应用软件，具有无与伦比的精确度和可控性，在试验室内实现可验证的道路模拟试验。

及时响应的服务与支持

MTS系统公司深知用户的需求，为广大试验室提供最佳的及时响应服务与支持，保持测试系统处于最佳的工作状态。遍及全球的MTS售后服务工程师拥有丰富的产品维修、维护经验，为客户提供第一时间的技术支持与援助。MTS试验应用专家随时协助用户完成试验，获取最终的成功。



创建精确模拟与试验能力的行业标准

试验系统配置

» 浮动车身(24通道) -

这种整车测试配置具有最真实的模拟精度，满足整车关键结构的应力分布状态，但是不能涵盖操控事件。整车车身处于浮动状态，所有的载荷均通过惯量产生。

» 固定车身(12通道) -

这种配置适用于完成单车轴/车桥悬挂系统的耐久性能试验，可以模拟操控事件，例如刹车或者转向等。车身固定于地面或者悬挂系统固定于反力支架。

» 半浮动/固定测试(12+1通道) -

这种配置适用于完成单车轴/车桥悬挂系统的耐久性能试验，可以包含部分车身。车桥通过转向或者转向+扭曲工装固定于地面，车身处于浮动状态，可以模拟刹车状态。

» 半主动式纵向约束 -

这种整车测试配置具有最真实的模拟精度，满足整车关键结构的应力分布状态，也可以模拟车辆刹车事件。这种配置下，车身处于浮动的状态，来完成路面运动模拟，而纵向约束则用于模拟车辆刹车事件。

灵活的系统配置满足测试需要

MTS 329型道路模拟器具有多种灵活而且开放的配置，用户可以选择不同的选项满足个性化的试验需求，例如可以选择“单角”配置用于完成1/4车桥悬挂系统的测试，而“双角”系统则可以完成半车身或者悬架子系统的测试与开发，整车“四角”则是针对完整车辆进行耐久性试验的选择。

整车的路面模拟测试倾向使用所谓的“浮动车身”配置，也就是整车“四角”329道路模拟器，该系统利用工装和作动缸支撑整个车辆，作用于样件的载荷完全通过车体的惯量来实现。

对于悬架的测试，需要模拟某些低频操控事件，例如车辆转向或者刹车，在实际车辆使用过程中，这些事件发生的时候往往是车辆本身产生明显破坏的时刻。因此，可以将车身固定于地面，通过单车桥或者双车桥工装进行加载。所谓的半悬浮车身形式的测试，就是将单车桥固定在地面的方式，这种形式下，可以对刹车、操控车辆转弯等事件进行模拟，同时回访颠簸路面数据。

MTS 329型六自由度道路模拟器具有多种商业化配置适用于不同大小的车辆，例如紧凑型车型、全尺寸乘用车，轻卡或者中重型商用车等等。这些配置还可以增加转向测试系统来验证转向和悬架系统以及部件的响应，还可增加长行程配置来模拟乘用车或者轻卡车辆的操控事。

MTS系统公司采用统一的软件与控制器产品配合车辆耐久性能试验产品，不论是MTS 329型轴耦合道路模拟器还是320型轮胎耦合道路模拟器(四立柱产品)，亦或者是MTS多轴振动模拟(MAST™)测试系统。一套统一的软件和控制产品为所有应用提供完整的工具。在不同的系统、客户之间还可以很好地分享试验的结果，用于修正模型，共同开发试验应用。MTS系统公司的试验应用专家可以帮助用户做出最佳的选择，来完成各自的试验目标。

MTS 329型六自由度道路模拟器概览

MTS 329型六自由度道路模拟器为每个车辆轴头提供六自由度的载荷和扭矩：(1)垂向运动(2)横向运动(3)纵向运动(4)刹车与驱动扭矩(5)外倾扭矩(6)转向扭矩。MTS系统公司将独特的电液伺服加载技术无缝集成在一起，让MTS 329型六自由度道路模拟器可以精确实时复现车辆子系统或者零部件的六自由度应力状态，实现模拟复杂非线性事件，有效完成车辆的道路耐久性能试验评估。

精确与强大的控制能力

只有利用MTS 329型六自由度道路模拟器，才可获得具有如此高的复现精度：

- » 精确复现动态轮胎载荷；
- » 精确复现整车载荷分布；
- » 精确实现载荷输入向量；
- » 隔离各种不可控的因素，以满足：
 - 系统快速迭代；
 - 远程传感器的高度相关；
 - 不需要调整不可控的通道；

针对车辆轴头六自由度的加载控制能够让道路模拟试验运行得更加有效率，而不需要像早期四自由度或者五自由度加载那样舍弃某些特性。

采用六自由度控制：

- » 能够满足载荷与扭矩的相关性，这些特性往往从准静态试验中可以获取。由于车辆轮胎直径的变形与输入载荷之间的相位偏差造成动态试验中很难准确复现；
- » 轮胎与轮毂的惯性加速度偏差不会产生动态轴头扭矩，这种不可控的扭矩能够在系统上得以修正；
- » 六自由度的独立控制能够产生各个自由度相对独立的频率分量载荷，这样可以确保轴头载荷和扭矩的相位关系。

被测系统或者子系统

- ① 车辆悬架
- ② 悬架与车身直接连接
- ③ 车身
- ④ 安装于车身的零部件(后视镜、油箱、电池挂件)
- ⑤ 车内装饰(座椅、显示系统、转向柱)
- ⑥ 排放系统(燃油车)或动力电池包(新能源车)；
- ⑦ 传动系统(可选配扭矩输入系统)
- ⑧ 转向系统(需要选配转向输入系统)



获取最佳的道路模拟试验性能

过去的几十年里，MTS系统公司针对车辆耐久性性能试验不断开拓创新，致力于在试验室内创建最精确、可重复的路面运动环境。很多供应商采用作动缸直接耦合被测对象的方式，或者采用六脚并联结构的加载模式来实现路面运动模拟，但是这些形式或多或少需要做出动力学或者运动学方面的让步，不能充分发挥加载系统的能力。

MTS采用了独特的连杆式结构，这种结构保证每个作动缸独立的空间运动，并且能够有效实现每个自由度的载荷输出。作动缸独立的空间运动简化了测量测试手段，可以直接监测动态载荷输出，因此从控制的角度出发，让系统更加容易实现车辆道路模拟试验过程中的复杂动态非线性事件。



MTS 326型三自由度测试系统

MTS 326型三自由度测试系统

- » 轻量化设计连杆获取更高精度的系统响应；
- » 空间运动独立式设计简化控制；
- » 摇臂结构将作动缸与样件运动隔离，提高系统的刚度；

MTS 327型四自由度测试系统

- » 汽车厂商快速接受了第一套四自由度测试系统；
- » 实现了刹车与驱动事件复现，加快产品研发进度；
- » 全球范围内，40多套定制系统满足了不同厂家的特殊试验需求，至今为止仍然有200多个角仍然在开展试验任务；



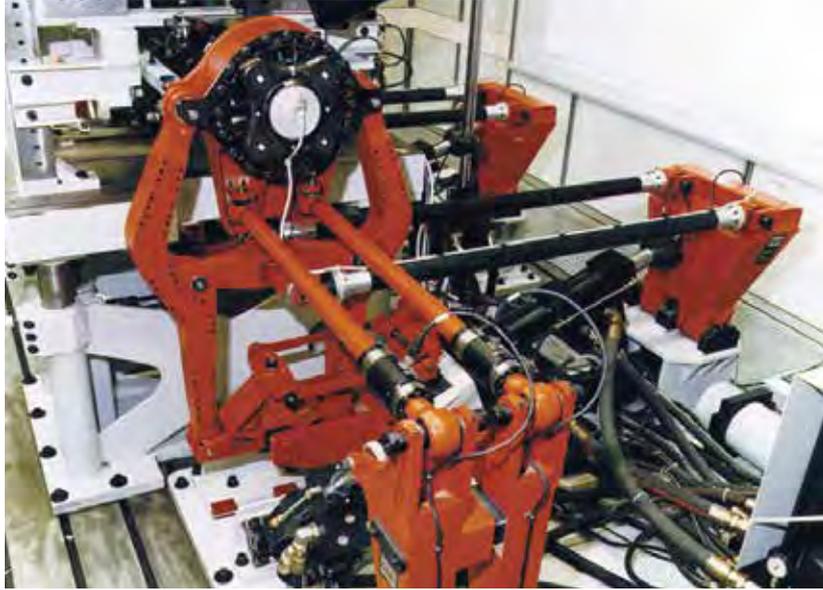
MTS 327型四自由度测试系统

MTS 329型五自由度测试系统

- » MTS 329型五自由度测试系统是基于四自由度系统进行的升级研发；
- » 可以提供垂向、横向、纵向、刹车与驱动、转向扭矩的模拟；

MTS 329型六自由度测试系统

- » 业内第一个可以实现六自由度载荷与运动模拟的乘用车轴耦合道路模拟器；
- » 三个水平连杆实现横向的载荷复现，同时模拟转向以及外倾扭矩的输入；
- » 除了能够实现轴头载荷与扭矩的模拟，MTS 329型六自由度测试系统还具有专门用于复现转向运动的产品：
 - 标准配置可实现 ± 8 度转向角模拟；
 - 车桥测试配置以及长行程配置可以提供 ± 25 度转向角模拟；
 - 可调台面配置可提供 ± 45 度转向角模拟；
- » 伴随着MTS 329型六自由度测试系统，MTS开发了轮力测量传感器，实现了驱动文件的快速迭代；



MTS 329型五自由度测试系统



MTS 329型六自由度测试系统

实现多样化、高性能的数字控制

MTS FlexTest® 200型数字控制器是最新、最先进的道路模拟器控制解决方案。在有限的空间内集成足够的硬件资源来实现道路模拟试验应用，基于VME总线的体系构架具有极高的稳定性，丰富的功能和超强的控制品质，并且该控制器灵活可扩展完全能够满足MTS 329型六自由度道路模拟器的应用需要。

久经考验的控制、仿真与试验数据管理软件

基于PC的软件，包括运行在Windows操作系统的MTS 793系列控制软件与MTS FlexTest 200型控制器组合在一起，实现了高性能的控制与仿真环境，满足最严苛的路面模拟仿真应用需求。强大的控制系统软硬件产品实现了从定义新试验、运行试验、采集数据以及试验结果分析的完整流程。

所有FlexTest数字控制器均采用统一的软硬件平台，该产品被广泛应用于各种MTS测试解决方案之中，有种类众多功能丰富的软件可供用户选择。

对于道路模拟仿真应用，最常用也是最先进的软件莫过于MTS RPC® Pro试验应用软件。RPC Pro试验应用软件与FlexTest控制器无缝集成，既是试验服务器，也是试验运行的终端，实现了时间历程路谱数据回放，复现多轴运动以及数据采集等一系列功能。RPC Pro试验应用软件针对道路模拟试验进行了充分的优化，能够快速实现道路模拟试验的完整过程，基于试验流程的应用将数据采集与试验运行无缝集成在一起，便于进行后续的数据分析工作。

在试验过程中，还可以选择各种自适应控制补偿来提升试验控制品质，例如踏步(Null Pacing)、峰谷值控制(PVC)、峰值-相位控制(APC)、自适



应反相控制(AIC)等等，仔细分析客户应用需求，选择正确的软硬件配置，实现高精度的道路模拟试验。

控制系统也可以通过升级硬件，附加额外的软件包来扩展其功能。例如，增加CAN总线通讯功能实现与车辆电控单元(ECU)之间的直接数据交互，或者通过工业以太网总线技术EtherCAT与第三方数据采集设备进行互联，亦或与残余总线仿真(Restbus)设备实现耐久性能试验与车辆电控单元测试的有效结合。

优异的控制功能

MTS FlexTest 200型数字控制器其独有的功能适合实现高性能的道路模拟仿真应用，例如回路计算通道、事件驱动以及控制模式转换等等。

回路计算通道功能允许用户创建自定义的数学计算将多个物理反馈参数进行必要的处理，例如可以创建某些关键数据的实时监控、检查某些极限值是否被触发，亦或可以开发特殊的闭

合控制回路算法等等。回路计算通道功能是MTS控制软件中最灵活多样的功能之一，甚至可以直接实现矩阵控制算法，将多个传感器的反馈，多个作动缸的指令组合起来，实现复杂的多输入多输出系统控制，例如实现轴向载荷、剪切力、转换位移、转向、侧倾、路面以及偏转等复杂载荷和运动控制。很多高端的应用都通过这一手段实现，满足了灵活多变、日益复杂的试验需求。

事件与动作响应机制主要用于实现某些特别事件的响应，例如针对应急停(Interlock)的处理、极限检查、误差监测以及系统事件等等。

控制模式转换功能是指控制回路在不同的反馈模式下进行切换，例如，在进行刹车事件模拟时需要从位移控制模式切换成载荷控制模式，或者进行转向模拟时需要实现组合控制模式。控制模式转换其实也可以在同一个反馈之间切换，但是控制回路的算法不尽相同，或者采用不同的极限监测手段等等。

样件监测

MTS FlexTest 200型控制器提供了完善的功能，可以实现样件的实时监测，跟踪其逐渐被破坏的完整过程。

趋势监测(Trend Monitoring)可以同步监测最多16个不同的信号，利用这些信号的统计信息可以设置例如Pass/Fail检测，触发系统动作等等。这样用户就可以了解到当前试验进行的状态。

疲劳监测(Fatigue Monitoring)功能利用柱状图分析并且计数样件破坏的状态。该功能包含三个雨流法计数分别为均值、范围、最大值与最小值。用户可以设置数据的计算范围并且进行在线调整，历史累计数据可以通过图形化的方式显示。

灵活的数据采集

MTS FlexTest 200型数字控制器除了完成必要的闭环控制之外，还可以提供最多96个数据采集通道。这些数据采集基于RPC的数据采样率，与时间历程数据的采样率可以不同步。数据采集通道具有FIR滤波功能，可以绘制实时X-Y曲线。RPC Pro软件支持用户自定义报告生成功能，报告的格式兼容Microsoft® Office套件。

广泛的配置

MTS FlexTest 200型数字控制器可以最多容纳40个闭环控制回路，其多站台配置能力可以轻松完成试验回路配置而不需要拔插任何线缆，所有工作都利用软件便捷快速完成。MTS 329型六自由度轴耦合道路模拟器需要占用24个控制通道，其余的通道可以支持众多附加功能，例如车桥扭动或者纵向约束等。单个MTS FlexTest 200型控制器可以配置支持例如两角329测试系统、四角329测试系统，固定车身或者浮动车身等多样配置。

安全无缝的试验设置

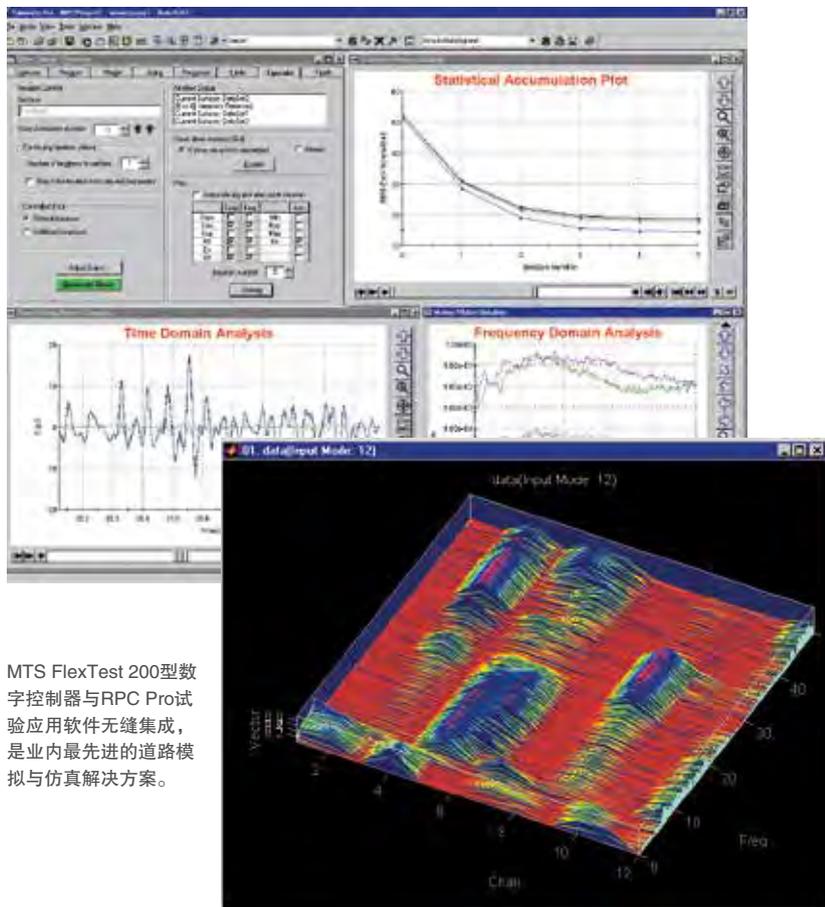
MTS FlexTest 200型数字控制器以及试验应用软件具有直观的图形化界面，丰富的系统配置文件以及设置能力，与试验应用定义以及运行完全无缝集成。

MTS FlexTest 200型数字控制器以及试验应用软件的图形界面具有数字示波器功能，可以显示基于时间的实时信号，或者基于频率的频谱数据，也可以实现X-Y数据显示，数字咪表可以显示具体信号的数值、最大值或最小值、峰值或谷值，同时软件还能够设置系统状态显示界面，显示更多的信息。任何信号名称可以自定义或者分组显示。系统软件的函数发生功能包括若干标准波形以及时间历程回放功能，还可以实现基于频率的随机波形发生。软件可提供试验的启动与停止。

为了确保试验的可重复性，所有系统参数，包括试验设置、传感器标定数据、PID以及回路参数、滤波器以及补偿算法可以导出保存并再次被调用。此外，用户可以定义系统主偏置(Master Setpoint)、远程偏置调整、用户定义起止位置等功能增强了系统的易用性和安全性，便于进行样车的安装与调试。

远程连接

将MTS FlexTest 200型数字控制器连接到网络，实现远程的监控，可以利用控制提供的第二个网络接口直接连接。如果担心数据以及系统的安全，可以利用MTS Echo®核心硬件实现本地局域网与控制器的互联，这样本地局域网不直接访问控制器，所有数据均通过MTS Echo核心硬件传输，便于远程查看系统工作状态。也可以选择基于云服务的MTS Echo软件实现更加方便快捷的跨平台互联。



MTS FlexTest 200型数字控制器与RPC Pro试验应用软件无缝集成，是业内最先进的道路模拟与仿真解决方案。

MTS道路模拟器解决方案

长行程系统

长行程系统的目的是充分考验车辆在进行紧急刹车以及变更车道时的响应。MTS 329型六自由度道路模拟器具有最长的运动位移能力，其长行程配置的329系统具有1.2m的横向和纵向位移量，提高了系统模拟带宽。长行程系统具有模拟低频响应事件的能力，在模拟操控事件，例如转向或者刹车时，具有极佳的模拟精度。



长行程系统

摩托车、全地形车以及小型车系统

MTS 334型四角道路模拟器可以实现小型车辆以及摩托车、全地形车辆的道路模拟试验。在进行摩托车或者全地形车辆的道路模拟试验时，人体的自重将成为影响模拟仿真结果的重要因素。这种四角道路模拟器在前轴和后轴施加垂向和纵向运动，机械骑乘人员模拟工装复现骑乘人员的动态输入，并且具有机械约束模拟骑乘人员惯性载荷。在某些严苛的试验要求中，还需要利用主动式约束系统来模拟更高性能的动态效果。利用MTS 334型四角道路模拟器可以有效加快试验进程，获取十几倍于实际路面测试的效率。



MTS 334型四角道路模拟器

MTS 329型重卡商用车道路模拟器

根据车型的不同，MTS系统公司分别开发了乘用车道路模拟器(MTS 329型)、轻卡道路模拟器(MTS 329 LT型)和重卡道路模拟器(MTS 329HT型)。这些系统采用同样的设计原理，而MTS 329HT型道路模拟器用于实现重载车辆的六自由度车桥和悬架系统测试模拟试验。



MTS 329型重卡商用车道路模拟器

环境舱内的道路模拟仿真

MTS 329型四自由度道路模拟器可以完整地安装于环境舱内，实现具有极限温度、湿度、日照等环境条件下的整车耐久性能试验。也可以提供重载车辆的版本，包含主动约束系统、四自由度轴头载荷模拟，适用于轮距最大4000mm，整备重量3,492kg的车型。

对于进行环境舱内的耐久性能试验，试验系统本身需要考虑腐蚀和潮湿环境的影响，作动缸延伸杆需要穿过环境舱墙壁来施加动态载荷。



MTS 329型四自由度道路模拟器

转向模拟

在进行耐久性能试验时，需要模拟车辆转向来考量转向载荷对悬架寿命的影响。在这种配置中，一条作动缸直接连接车辆的转向柱，转角工装提供50度的旋转位移量来复现转向位移以及载荷。MTS还可以提供90度旋转位移量的测试系统。

通过模拟转向过程，纵向和横向载荷通过不同的方向施加于悬挂系统，这样的系统测试更加真实。转向力矩被真实复现，分解成水平载荷作用在悬挂系统部件。



MTS 329型道路模拟器

MTS 329型道路模拟器的测试工装

1. 独立刹车回路

模拟刹车事件的通道完全独立，不需要也不应该与其他通道产生串扰，这样相应通道所需要的能量就不需要那么大，也可以避免不可控制因素产生的失误。不过在进行耐久性能试验时，刹车回路通道作动缸需要基本保持静止，只有必要时才发生动作来模拟刹车时的载荷和力矩状态。

2. 关节轴承

垂向加载链以及连杆末端具有关节轴承，此处的关节轴承包含有弹性体材料的内置衬套，保证其具有足够的刚度。既保障了足够的线性轴向位移同时也能够在一定范围内转动(球头)，这种设计保证了加载设备没有间隙或磨损，免维护且具有长寿命的特征。

3. 连杆

大直径、中空薄壁、低自重连杆具有足够的刚度和较高的固有频率，保证在试验频率范围内不产生共振。纵向和垂向加载通道的独特配置确保加载线准确地穿过轴头几何中心，在纵向通道则需要有少量的补偿来实现。

4. 载荷传感器

MTS 329型六自由度轴耦合道路模拟器使用了由MTS系统公司开发的载荷传感器，该传感器具有中空立柱结构具有较低的自重和极佳的轴向刚度，并且同轴安装于拉杆。

这些传感器适用于多轴多自由度的应用，具有极佳的抗多轴向串扰的能力，疲劳级设计满足耐久性能试验对持续高精度工作的需要，这也是MTS系统公司得以成名之处。

5. 作动缸和伺服阀

这里使用的电液伺服作动缸均采用大直径活塞杆，单件加工的活塞杆保证了系统有足够的加载精度和侧向刚度，先进的DuraGlide®涂层和热处理工艺保证了作动缸产品具有极佳的抗磨损特性，延长了设备的持续工作时长以及寿命。同轴内置的位移传感器具有良好的精度，不易损坏，内建的液压油垫缓冲保证了系统在大行程高速度工作时的安全性。

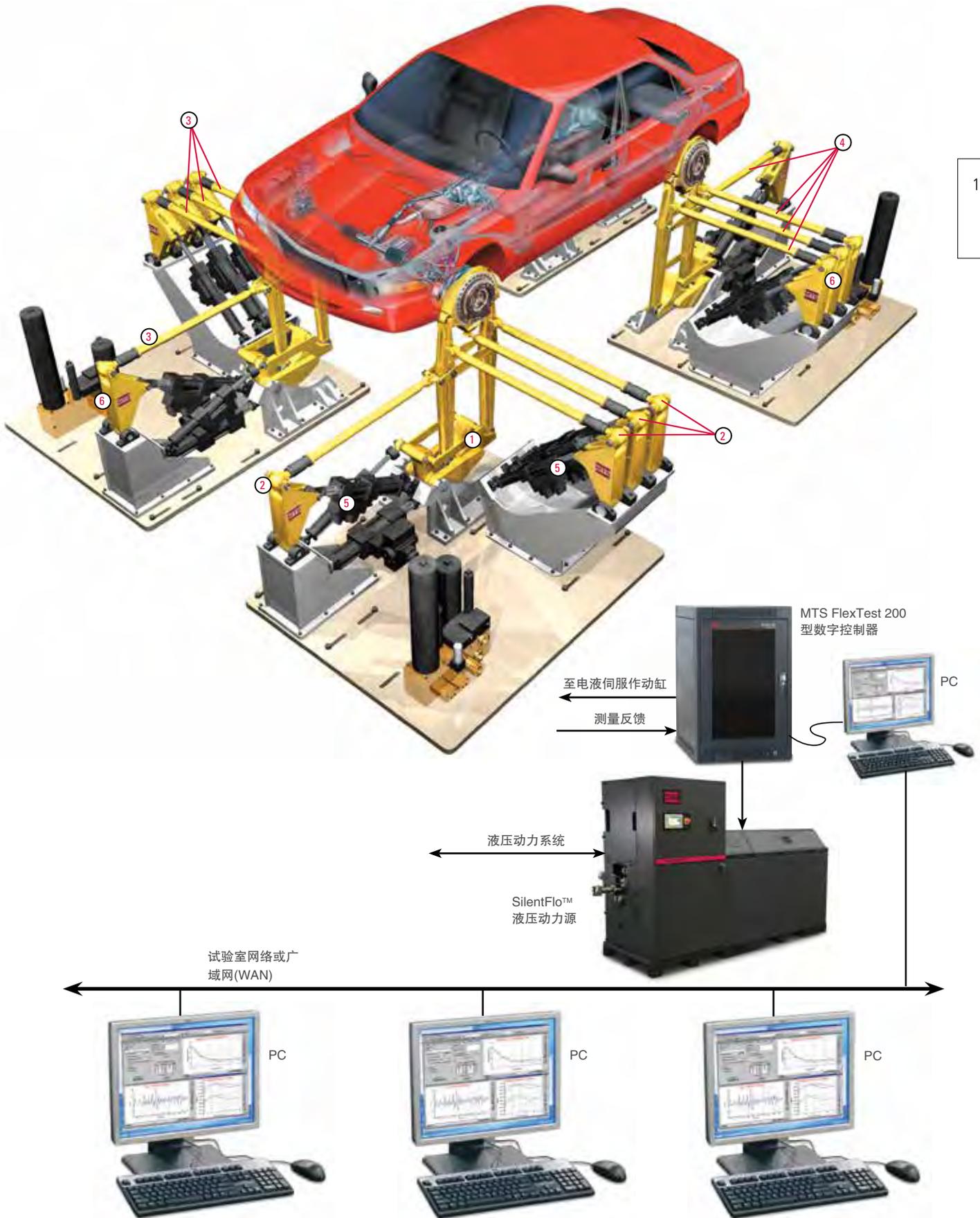
这里采用的电液伺服阀是MTS系统公司基于对力学试验的理解专门开发的三级伺服阀，保证试验精度，提供足够的流量输出以及低信号扭曲特性。第三级滑阀阀芯位置通过电反馈，保证动态响应能力，精确机械加工工艺保证了整体信号的精度和较高的液压增益，同时降低了伺服阀对污染物的敏感度。

6. 摇臂连杆结构

这里的摇臂连杆结构主要用于施加动态载荷，同时减少作动缸的运动防止出现不必要的关节轴承磨损，延长整体系统寿命。与静态液压支撑结构相比较，首先不需要消耗额外的液压动力，改变了传递载荷的方向，作动缸缸体本身不需要运动，有效提高了系统的响应频率。

MTS 329型六自由度道路模拟器集成了可靠的电液伺服产品、多功能的数字控制器以及业内领先的试验应用经验，将场地试验带入可控的试验室环境，并且更加高效、快速、精确、可重复地完成车辆以及零部件的耐久试验。

MTS 329型道路模拟器的机械结构设计具有诸多优点，最重要的就是尽可能减少了作动缸空间运动之间的串扰，这样MTS远程参数控制(RPC)软件才能充分发挥优势，精确复现每个车辆轴头的多自由度载荷与扭矩，从而将动态载荷精确地传递给车体悬架与其他结构。同时，精心设计的产品具有极低的维护需求和更持久的使用寿命。



MTS 道路模拟器附件

为了扩展MTS 329型道路模拟器的功能，MTS系统公司开发了各种试验应用附件，通过增加选配这些附件，用户可以在现有的测试系统中不断扩展试验能力，将更多的车辆零部件纳入耐久试验之中，节约时间和经费，获取足够多的试验结果。

刹车强化

在进行精确的车辆耐久性能试验时，仅在需要时让刹车系统工作，并且在其余的试验过程中松开刹车卡盘。因为，在实际的路面上，驾驶员踩下刹车踏板，传递给车辆悬架的载荷路径会有所变化，特别是针对碟型刹车系统。因此，刹车盘/片将形成一对平行的载荷路径，产生轴头载荷和扭矩。为了复现这样的状态，避免出现不准确的结果，MTS系统公司设计了这套气-液混合加压强化装置用于实现刹车状态。这套装置的基本工作原理类似于实车的动力辅助刹车系统，通过数字IO驱动的电液阀来复现刹车事件，刹车扭矩则通过系统控制低增益行程来实现，当刹车被松开时，则转换为载荷控制模式。



转向+扭曲工装

这套工装实现了样车沿着转向轴的运动模拟，此时的转向运动不能产生任何反作用力，而被测的车桥安装于两角329型道路模拟器，另外的车桥则通过轮胎耦合安装于这套转向+扭转的工装之上。

在进行半车身的道路模拟试验时，车身扭转自由度往往得不到准确的复现，该运动是两个车桥反相位的滚动。而这套转向+扭转工装就是为了解决这一问题而设计，它具有额外的作动缸通道，实现低频滚动运动以精确实现车身扭曲的事件。



扭矩输入工装

对于标准的329型道路模拟器，在发生刹车事件的时候，相应的扭矩则被直接作用于每个轴头，为了同步模拟发动机的扭矩输出或者驱动扭矩输出，MTS系统公司设计了双向扭矩输出工装，安装于发动机、变速箱或者后车桥，另外一头则直接固定于试验室地面。对于浮动车身、半浮动车身以及固定式车身，并不会产生较大的载荷误差(垂向或者水平向)。



半主动纵向约束系统

在使用刹车强化装置时，半主动纵向约束系统则实现了完整的动态模拟过程。在发生刹车事件时，浮动的车身需要像真实的车辆那样运动，纵向约束和刹车锁定装置将反作用力传递给地面。纵向约束系统固定安装于前后车桥结构，而作动缸则通过气囊、摇臂和连杆安装定位，这里的气囊可以在某些非刹车事件时产生足够的缓冲，避免出现不正确的机械耦合现象。

SWIFT® Evo轮力测量传感器

MTS 329型六自由度轴耦合道路模拟器配合SWIFT(Spinning Wheel Integrated Force Transducer) Evo轮力测量传感器，是快速开展道路模拟耐久性能试验的最佳选择。SWIFT Evo轮力测量传感器采用单体金属加工工艺，具有极佳的刚度，超强的敏感度以及极高的抗过载能力，同时具有无与伦比的精度与较长的寿命。针对轴耦合道路模拟试验应用改进了安装方式，直接测量轴头载荷和扭矩。

从SWIFT Evo轮力测量传感器采集的数据可以用进行各种分析、系统设计、建模与虚拟试验等应用。传感器设计了快速轮辋安装附件，适用于路面数据采集或者试验室数据回放，让用户体验极佳，有效缩短时间和减少使用成本。

目前，SWIFT Evo轮力测量传感器具有七种不同的规格，从适用于摩托车、小型车的SWIFT Evo 10型产品，到适用于重型商用车或工程车的SWIFT Evo 60型产品。



车辆运输模拟

车辆运输模拟框架将一套平台安装于MTS 329型六自由度道路模拟器之上，可以精确复现车辆运输的状态。该附件主要满足某些特定的应用，可以在现有的329型道路模拟器之上增加这些附件，提供足够的试验能力与灵活性。



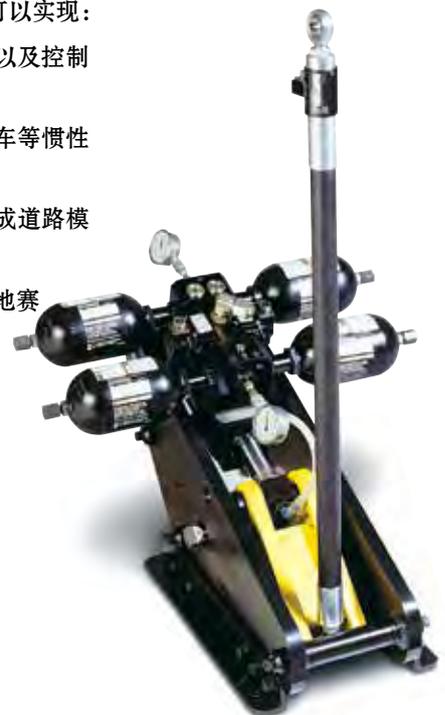
15

下压力模拟系统

下压力模拟系统可以复现车辆的空气动力学载荷，对样车施加气动力，实现路面颠簸载荷回路之外的扰动。下压力模拟系统可以引起样车的运动，也可以维持额定的常值载荷。

利用下压力模拟系统可以实现：

- » 空气动力学下压力以及控制面载荷模拟；
- » 模拟车辆转弯、刹车等惯性力；
- » 提供主动约束，完成道路模拟试验；
- » 满足NASCAR、印地赛车、F1赛车的标准要求；



无以伦比的全球化技术支持

MTS系统公司自成立以来，自始至终开拓创新型的试验与仿真技术和解决方案，帮助全球汽车工业提高产品质量，生产效率，让工程师可以创造出更加安全、清洁、耐用的产品。MTS系统公司作为整车、子系统以及零部件的全系统测试与仿真方案供应商，拥有无以伦比的技术专家和工程团队，掌握核心科技，服务全球用户。

咨询与工程服务

充分理解客户需求

为了能够尽快推动产品和技术迭代，革新工业设计，工程师们需要最大化产品设计效率，改善车辆以及零部件的设计效能。无论是需要大规模的试验系统，还是使用小巧的试验设备，MTS系统公司的试验应用专家可以帮助用户获得成功，这里有充足的资源帮助用户增强技能，应对挑战。咨询服务团队可以提供按天或者按周计算的咨询服务工作，满足各种紧急的需求，包括工程研究、技术培训、项目开发以及长期合作等。

帮助用户发展壮大

MTS系统公司与全球主要的汽车厂家、研发机构紧密合作，掌握开展各类整车、零部件试验的核心技术。这些技术与应用经验是MTS系统公司的宝贵财富，并且期待传递给更多的客户，应对各种车辆、零部件设计、分析、建模与试验等严苛的挑战。



分析用户的难题

MTS系统公司拥有良好的记录，无论客户的问题是面向产品还是过程，都能够及时提供有效的解决方案。没有哪一家供应商能够像MTS系统公司这样处理如此种类繁多、复杂的技术难题。MTS的创新型解决方案旨在帮助用户在有限的时间和成本的支持下创新自己的产品：

- » 杰出的仿真与试验能力；
- » 控制系统的评估与定制；
- » 复杂样件的传感器布置；
- » 力学或机械问题的分析与定位；
- » 系统原型开发；

提供完整的工程解决方案

- » 定制客户培训；
- » 联合系统开发；
- » 新技术、新方法、新知识；
- » 先进工程研究；
- » 设备与资源的共享；

MTS试验软件升级与支持计划(SSP)

软件技术的发展日新月异，MTS的软件升级与支持是帮助用户保持试验系统顺畅运行，行之有效并且节约成本的方法。

- » 根据优先级快速解决软件问题，可通过邮件、电话或者远程系统登陆获取支持；
- » 软件培训课程帮助用户快速获取试验系统支持，提升生产效率；
- » 基于云服务的MTS Echo设备监视技术帮助用户实时关注试验系统状态，利用任意移动智能终端或者计算机通过网络即可访问，并且可设置信息提醒让用户随时随地掌握试验的状态；
- » 通过MTS Echo端口保持现有MTS试验应用软件更新，获取丰富的软件技术支持；

MTS试验软件升级与支持计划(续)

简化成本

保持试验软件最佳的工作状态，采购试验软件升级与支持计划是最佳性价比的解决方案。如果不采购该服务计划，在购买全新的试验应用软件时，则需要支付足额的软件许可费用。长远来看，是以小博大的经济实惠的投入。

获取技术协助

任何时刻遇到软件方面的问题均可获得快速的响应。

选择合适的计划

- » 可采购固定的标准服务计划，这种计划为期一年，并且可增量购买，最长可一次购买五年；
- » 不同的试验应用软件具有不同的软件升级与支持计划，如果用户的试验室有多种MTS的试验应用软件，则需要分别购买软件升级与支持计划。

快速响应的现场服务

MTS系统公司的产品为用户提供最长的持续工作时间，让试验室运行得更加有效率。MTS现场服务工程师经过良好的培训，而且经验丰富，遍及全球，为广大客户提供及时的技术服务。

MTS的现场服务包括：

- » 设备标定与校准；
- » 设备定期维护避免意外停机；
- » 例行检查、设备紧急维修服务，帮助用户尽快复工复产；
- » 全球布局的备件物流服务帮助用户快速获取必要的备件产品；

全面的客户支持

为了能够充分发挥MTS的试验设备能力，MTS系统公司为客户提供不同级别的客户支持，无论是协助用户解决问题，回答软件的操作难题还是帮助用户运行试验，MTS系统公司的试验应用专家与工程师团队能够帮助用户更加顺畅地开展工作。

顶级的软件培训

MTS系统公司所提供的试验应用软件培训都有业内最具经验的试验专家来完成，通过手把手的教学帮助学员快速获取试验系统支持，建立足够的自信开展试验应用。MTS可提供种类齐全，层次分明的培训课程，包括在线课程，可以全面满足不同层次用户的培训需要。目前，培训中心位于美国总部、德国和韩国分部。

系统翻修

MTS系统公司提供设备维修与翻修工作，可以将服役已久的MTS 329型道路模拟器进行必要的翻修，让系统焕然一新，满足当前的试验需求。例如，可以将已经使用十余年的MTS 329型四自由度道路模拟器根据要求进行翻修，将所有作动缸翻新，替换关节轴承，替换必要的部件并且重新组装调试。



MTS 329i型轴耦合道路模拟器系统性能

MTS 329i型六自由度系统(乘用车)

	垂向	纵向	横向	转向	刹车与加速事件	外倾
最大工作频率	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz
轴头载荷与力矩	63 kN (14,100 lbf)	22 kN (4,950 lbf)	20 kN (4,500 lbf)	6.9 kN-m (61,000 in-lbf)	4.0 kN-m (35,400 in-lbf)	9.6 kN-m (85,000 in-lbf)
轴头位移	±190 mm (±7.5 in)	±196 mm (±7.7 in)	±129 mm (±5.1 in)	16 deg	32 deg	16 deg
轴头速度	7 m/sec (276 in/sec)	2.2 m/sec (86 in/sec)	2.4 m/sec (94 in/sec)	700 deg/sec	700 deg/sec	400 deg/sec

- » 最大整车自重不超过3,000kg;
- » 所有性能参数若发生变更恕不另行通知;
- » 所有动态性能参数均基于单角系统评估, 输入信号为正弦信号, 没有连续的事件;
- » 所有参数性能评估均从中位出发, 不同步发生, 不需要修正连杆误差;
- » 最大刹车盘直径为450mm;
- » 每个角的典型应用流量需求为284lpm, 此处典型应用为随机振动应用, 如果应用条件发生显著变化, 则流量需求也会发生显著改变, 请与MTS系统公司的应用技术专家联系来确认具体的流量需求。

MTS 329i LT型六自由度系统(轻卡)

	垂向	纵向	横向	转向	刹车与加速事件	外倾
最大工作频率	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz	80 Hz
轴头载荷与力矩	77 kN (17,300 lbf)	29.5 kN (6,600 lbf)	33.5 kN (7,500 lbf)	6.9 kN-m (61,000 in-lbf)	6.2 kN-m (54,800 in-lbf)	11.3 kN-m (100,000 in-lbf)
轴头位移	±190 mm (±7.5 in)	±196 mm (±7.7 in)	±129 mm (±5.1 in)	16 deg	34 deg	16 deg
轴头速度	5.0 m/sec (197 in/sec)	3.0 m/sec (118 in/sec)	2.6 m/sec (102 in/sec)	750 deg/sec	450 deg/sec	600 deg/sec

- » 最大整车自重不超过6,000kg;
- » 所有性能参数若发生变更恕不另行通知;
- » 所有动态性能参数均基于单角系统评估, 输入信号为正弦信号, 没有连续的事件;
- » 所有参数性能评估均从中位出发, 不同步发生, 不需要修正连杆误差;
- » 最大刹车盘直径为450mm;
- » 每个角的典型应用流量需求为386lpm, 此处典型应用为随机振动应用, 如果应用条件发生显著变化, 则流量需求也会发生显著改变, 请与MTS系统公司的应用技术专家联系来确认具体的流量需求。
- » 可选静态支撑, 每个角最大为23kN, 静态支撑可平衡样车自重;



全新设计的329i型六自由度道路模拟器集成了最新的MTS电液伺服产品、升级性能的伺服控制器和软件, 可实现更高的性能、效率、精度和互联性要求。

MTS 329型轴耦合道路模拟器系统性能

MTS 329型六自由度系统(乘用车)

	垂向	纵向	横向	转向	刹车与加速事件	外倾
最大工作频率	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
轴头载荷与力矩	63 kN (14,100 lbf)	22 kN (4,950 lbf)	20 kN (4,500 lbf)	6.9 kN-m (61,000 in-lbf)	4.0 kN-m (35,400 in-lbf)	9.6 kN-m (85,000 in-lbf)
轴头位移	380 mm (15 in)	392 mm (15.4 in)	258 mm (10.2 in)	16 deg	32 deg	16 deg
轴头速度	7 m/sec (276 in/sec)	2.2 m/sec (86 in/sec)	2.4 m/sec (94 in/sec)	700 deg/sec	700 deg/sec	400 deg/sec

- » 最大整车自重不超过3,000kg;
- » 所有性能参数若发生变更恕不另行通知;
- » 所有动态性能参数均基于单角系统评估, 输入信号为正弦信号, 没有连续的事件;
- » 所有参数性能评估均从中位出发, 不同步发生, 不需要修正连杆误差;
- » 最大刹车盘直径为430mm;
- » 所有位移量均为峰峰值;
- » 每个角的典型应用流量需求为284lpm, 此处典型应用为随机振动应用, 如果应用条件发生显著变化, 则流量需求也会发生显著改变, 请与MTS系统公司的应用技术专家联系来确认具体的流量需求。

MTS 329 LT型六自由度系统(轻卡)

	垂向	纵向	横向	转向	刹车与加速事件	外倾
最大工作频率	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
轴头载荷与力矩	77 kN (17,300 lbf)	29.5 kN (6,600 lbf)	33.5 kN (7,500 lbf)	6.9 kN-m (61,000 in-lbf)	6.2 kN-m (54,800 in-lbf)	11.3 kN-m (100,000 in-lbf)
轴头位移	380 mm (15 in)	392 mm (15.4 in)	258 mm (10.2 in)	16 deg	34 deg	16 deg
轴头速度	5.0 m/sec (197 in/sec)	3.0 m/sec (118 in/sec)	2.6 m/sec (102 in/sec)	750 deg/sec	450 deg/sec	450 deg/sec

- » 最大整车自重不超过6,000kg;
- » 所有性能参数若发生变更恕不另行通知;
- » 所有动态性能参数均基于单角系统评估, 输入信号为正弦信号, 没有连续的事件;
- » 所有参数性能评估均从中位出发, 不同步发生, 不需要修正连杆误差;
- » 最大刹车盘直径为430mm;
- » 所有位移量均为峰峰值;
- » 每个角的典型应用流量需求为386lpm, 此处典型应用为随机振动应用, 如果应用条件发生显著变化, 则流量需求也会发生显著改变, 请与MTS系统公司的应用技术专家联系来确认具体的流量需求。
- » 可选静态支撑, 每个角最大为23kN, 静态支撑可平衡样车自重;

MTS 329型六自由度系统中等转向

	垂向	纵向	横向	转向	刹车与加速事件	外倾
最大工作频率	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
轴头载荷与力矩	77 kN (17,300 lbf)	25.8 kN (5,800 lbf)	33.2 kN (7,450 lbf)	8.3 kN-m (73,400 in-lbf)	6.0 kN-m (53,000 in-lbf)	7.2 kN-m (63,700 in-lbf)
轴头位移	300 mm (11.8 in)	200 mm (7.8 in)	200 mm (7.8 in)	50 deg	30 deg	20 deg
轴头速度	6.1 m/sec (240 in/sec)	2.2 m/sec (85 in/sec)	2.5 m/sec (100 in/sec)	700 deg/sec	880 deg/sec	700 deg/sec

- » 最大整车自重不超过6,000kg;
- » 所有性能参数若发生变更恕不另行通知;
- » 所有动态性能参数均基于单角系统评估, 输入信号为正弦信号, 没有连续的事件;
- » 所有参数性能评估均从中位出发, 不同步发生, 不需要修正连杆误差;
- » 最大刹车盘直径为420mm;
- » 所有位移量均为峰峰值;
- » 每个角的典型应用流量需求为386lpm, 此处典型应用为随机振动应用, 如果应用条件发生显著变化, 则流量需求也会发生显著改变, 请与MTS系统公司的应用技术专家联系来确认具体的流量需求。

地区业务中心

美洲

MTS Systems Corporation

14000 Technology Drive
Eden Prairie, MN 55344-2290

USA

电话: 952-937-4000
免费电话: 800-328-2255
电子邮件: info@mts.com
网址: www.mts.com

欧洲

MTS Systems France

BAT EXA 16
16/18 rue Eugène Dupuis
94046 Créteil Cedex

France

电话: +33-(0)1-58 43 90 00
电子邮件: contact.france@mts.com

MTS Systems (Germany) GmbH

Hohentwielsteig 3
14163 Berlin

Germany

电话: +49-(0)30 81002-0
电子邮件: euroinfo@mts.com

MTS Systems S.R.L. socio unico

Strada Pianezza 289
10151 Torino

Italy

电话: +39-(0)11 45175 11 sel. pass.
电子邮件: mtstorino@mts.com

MTS Systems Norden AB

Datavägen 37b
SE-436 32 Askim

Sweden

电话: +46-(0)31-68 69 99
电子邮件: norden@mts.com

MTS Systems Limited

98 Church Street,
Hunslet,
Leeds
LS102AZ

United Kingdom

电话: +44-(0)1483-533731
电子邮件: mtsuksales@mts.com

亚太区

MTS Japan Ltd.

Raiden Bldg. 3F 3-22-6,
Ryogoku, Sumida-ku,
Tokyo 130-0026

Japan

电话: +81 3 5638 0850
电子邮件: mtsj-info@mts.com

MTS Korea, Inc.

4th F., ATEC Tower, 289,
Pankyo-ro, Bundang-gu
Seongnam-si
Gyeonggi-do 463-400,

Korea

电话: +82-31-728-1600
电子邮件: mtsk-info@mts.com

MTS Systems (China) Co., Ltd.

Floor 34, Building B,
New Caohejing International
Business Center,
No. 391, Guiping Road,
Xuhui, Shanghai 200233

P.R.China

电话: +021-24151000
市场: +021-24151111
销售: +021-24151188
服务: +021-24151198
邮件: mtsc-info@mts.com

MTS Testing Solutions Pvt Ltd.

Unit No. 201 & 202, Second Floor
Donata Radiance,
Krishna Nagar Industrial Layout,
Koramangala, Bangalore - 560029
Karnataka, India
电话: +91 80 46254100
电子邮件: mts.india@mts.com



美特斯工业系统(中国)有限公司
MTS Systems(China) Co., Ltd.

上海

电话: 021-24151000
传真: 021-24151199

北京

电话: 010-65876888
传真: 010-65876777

电邮: MTSC-Info@mts.com
http://www.mts.com
https://www.mtschina.com/

ISO 9001 Certified QMS

MTS、FlexTest、RPC、Echo、SWIFT Evo等均为MTS系统公司的注册商标，MAST、Remote Parameter Control和SilentFlo是MTS系统公司的商标，这些商标在美国境内注册，在其他国家和地区也受到法律保护。
RTM No. 211177.

其余的商标所有权和受益归商标所有者享有。

© 2022 MTS Systems Corporation
100-577-415e Multiaxial329_ZH 03/22