

8DOF交通安全模拟器

8DOF Traffic Safety Simulator



UC-win/Road



Scientific Research Base

建设场地：中国交通运输部公路交通实验场 (Scientific Research Base)
<http://www.rioh.cn/WEB/SYZX/index.html>

8DOF交通安全模拟器

目 录

0. 介绍	
1. 系统整体示意	4
2. 系统构成	6
3. ■ 穹幕DOME	9
4. ■ 多通道投影系统 Multi Projector System (8 units)	10
5. ■ 轿车客舱 Real Car Cabin (Honda Accord)	11
6. ■ 卡车客舱 Truck Cabin	12
7. ■ 转台 Yaw-Table	12
8. ■ 振动系统 Vibration System	13
9. ■ 六自由度运动平台 6DOF Motion Platform	14
10. ■ 长行程单元 X-Table	15
11. ■ 集群计算机系统Cluster Computer System	16
12. ■ 视线追踪系统 Eye tracking System	17
13. ■ 交通流仿真器 Traffic Simulator	18
14. ■ 车辆动力学仿真器 Vehicle Dynamics Simulator	18
15. 其他辅助系统（音响、电源、DVR）	18
16. 行驶环境及仿真（UC-win/Road）	20
17. 驾驶模拟标准模型（UC-win/Road）	22

0. 介绍

本驾驶模拟器系统是中国交通运输部计划用于交通安全研究的大型定制模拟器系统，由交通运输部公路科学研究院负责技术规格部分的编写。在2009年1月的国际招标中FORUM8公司单独中标，系统最终于2014年2月完成验收。下面将就以虚拟现实UC-win/Road为平台的高性能大型驾驶模拟器系统的功能概要进行解说。



1. 系统整体示意

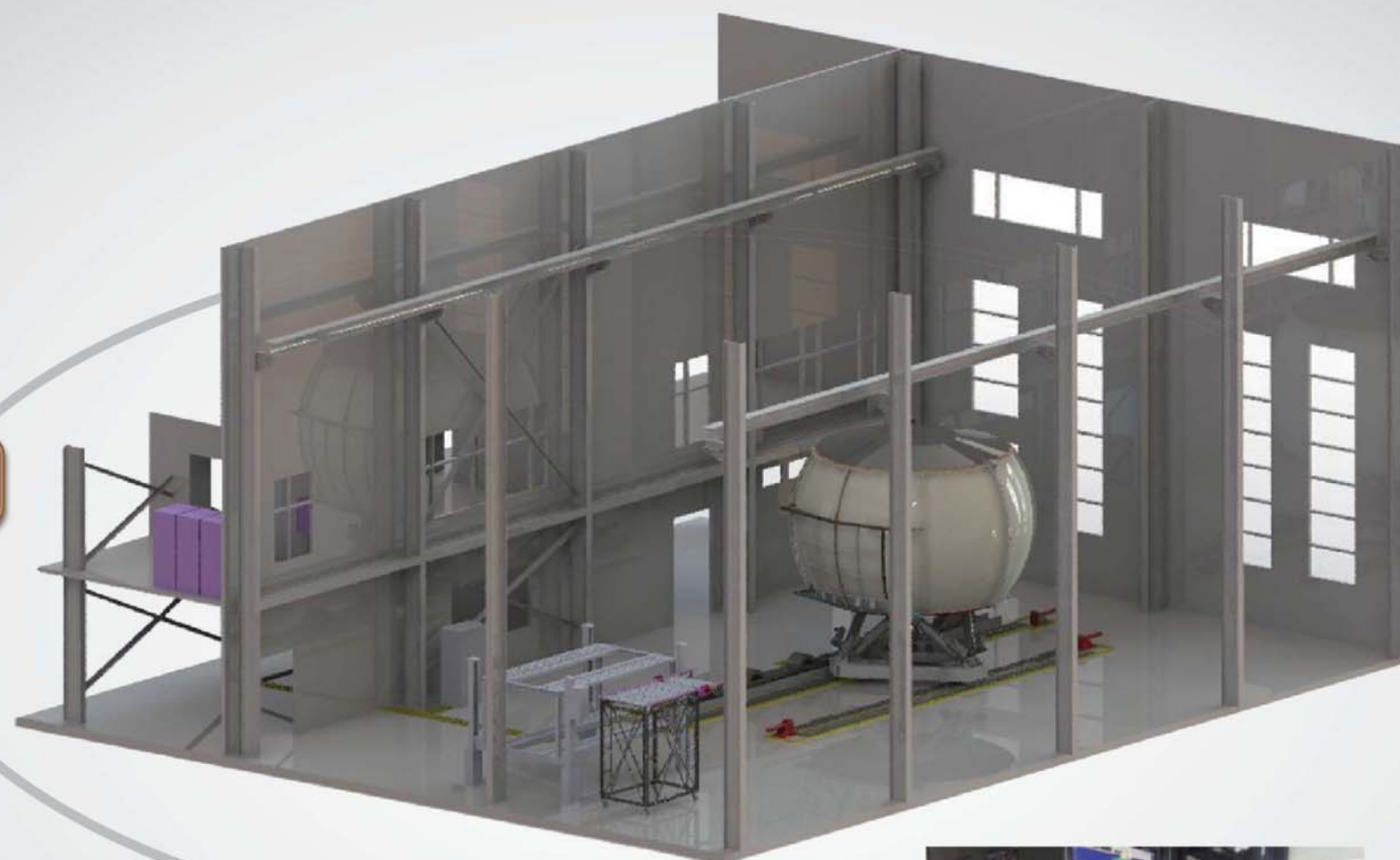
8DOF交通安全模拟器是由6自由度运动平台和Yaw Table转台、X Table长行程所构筑的8自由度车辆运动模型实车驾驶模拟装置。

通过虚拟现实UC-win/Road的集群，及360度投影装置、音响系统、振动装置等共同营造出无限接近实际的驾驶环境。穹幕内可短时间进行轿车客舱和卡车客舱的替换，同时还具备CCD摄像机、映像显示器和录像系统等高级管理系统。

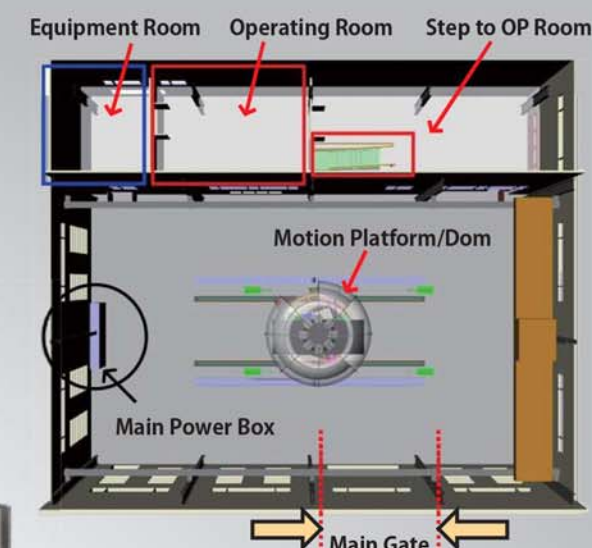
交通流仿真器、车辆动力学仿真器、眼动仪等高水准的计测装置与UC-win/Road实现联合仿真，为高级安全驾驶研究作出贡献。



交通流仿真器



车辆动力学仿真器



UC-win/Road

2. 系统构成 SYSTEM

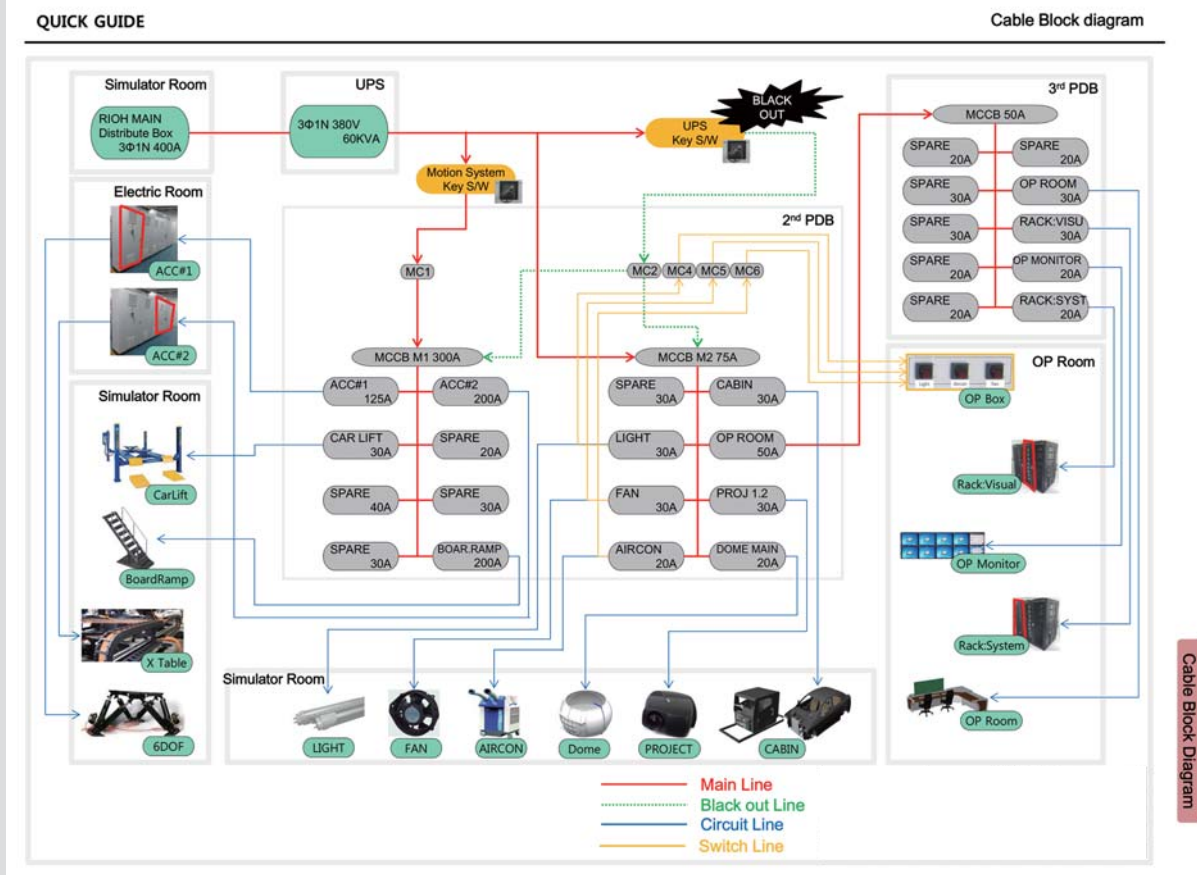


期待的效果和功能

- 1 驾驶行为研究功能**
围绕道路交通系统中“人”的要素，本驾驶模拟器能够真实再现驾驶员的驾驶感觉，具有驾驶员驾驶行为的研究功能。例如：
- 多种驾驶环境下驾驶员生理、心理特性的测量、分析和研究功能（车道变更、加减速、转向等）；
 - 不同年龄段驾驶员（青年/老年/未成年人等）驾驶行为研究功能；
 - 注意力分散（手机、广播等）对交通安全的影响研究功能；
 - 疲劳对交通安全影响研究功能；
 - 饮酒、疾病、药物对交通安全影响及缺陷驾驶行为研究功能等。
- 2 道路交通安全研究功能**
针对道路交通系统中“路”的要素，本驾驶模拟器具有道路交通安全研究功能。例如：
- 设计阶段公路安全性评价功能；
 - 运营及维护阶段的公路安全性评价功能；
 - 特殊路段（长大下坡、隧道、急弯、交叉路口等）安全保障技术研究功能；
 - 道路照明、诱导和能见度变化等条件下的驾驶安全研究功能；
 - 道路景观及交通设施设置的虚拟化设计功能；
 - 路网条件下道路安全保障技术研究功能等。
- 3 特殊环境下的交通安全研究功能**
针对道路交通系统中“环境”要素，本驾驶模拟器可以研究环境因素对交通安全的影响原理和作用机制，具有环境，特别是特殊环境下的交通安全研究功能。例如：
- 恶劣气象（雾天、冰雪、高低温、雨雪大风等）条件下交通安全研究功能；
 - 极端交通（交通事故、异常交通事件等）条件下交通及应急保障对策研究功能。
- 4 其他**
本系统可忠实再现驾驶员的驾驶感觉，应用于驾驶员行为的研究。
- 交通安全法规、标准制定及其相关技术咨询功能；
 - 新型ITS车载装备验证功能；
 - 交通事故再现及司法鉴定功能等

2. 系统构成 SYSTEM

模拟器由如下所示各模块构成。



模拟器由如下所示各模块构成。

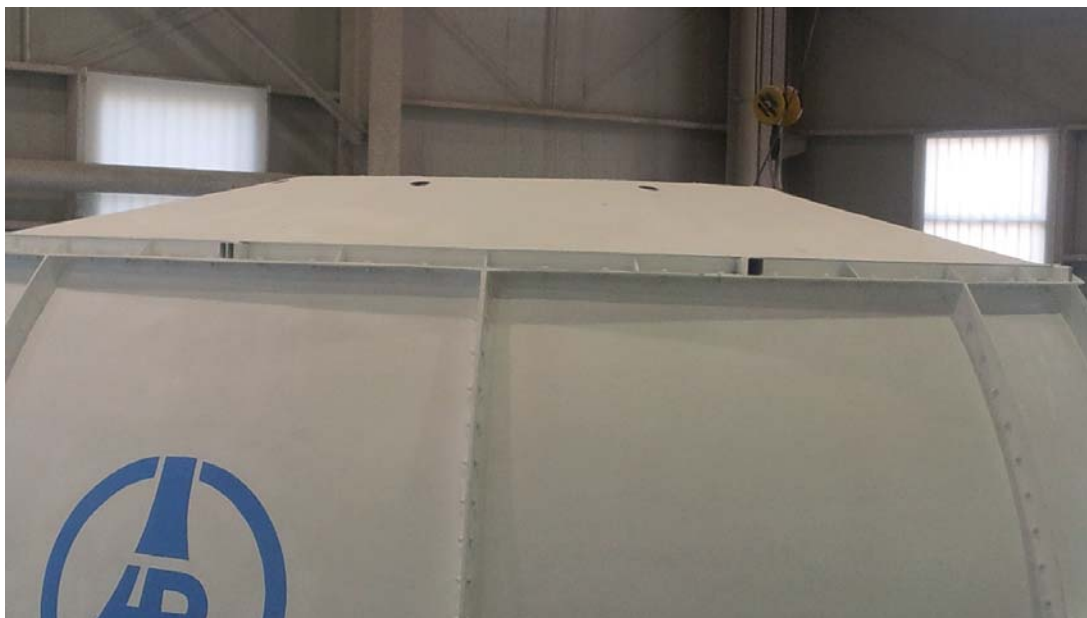
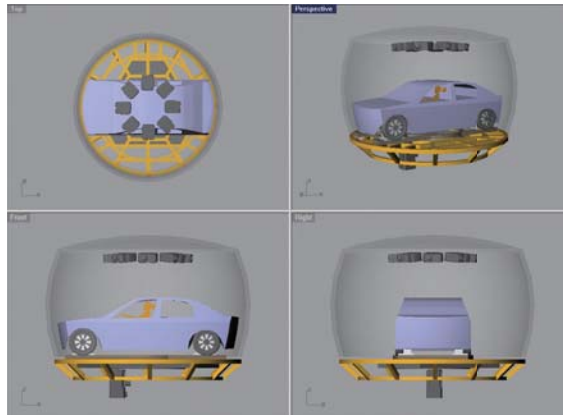
- 穹幕 DOME
- 多通道投影系统 Multi Projector System (8 units)
- 轿车客舱 Real Car Cabin (Honda Accord)
- 卡车客舱 Truck Cabin
- 转台 Yaw-Table
- 振动系统 Vibration System
- 六自由度运动平台 6DOF Motion Platform

- 长行程单元 X-Table
- 集群计算机系统 Cluster Computer System
- 视线追踪系统 Eye tracking System
- 交通流仿真器 Traffic Simulator
- 车辆动力学仿真器 Vehicle Dynamics Simulator
- 其他辅助系统 (音响、电源、 DVR) SubSystem

3. 穹幕 DOME

Order Made Dome Structure and FRP Screen

穹幕由8面FRP素材板构成。FRP属于轻量硬质的素材，在遮罩车辆客舱的同时，也为投影系统充当投影显示屏的作用。

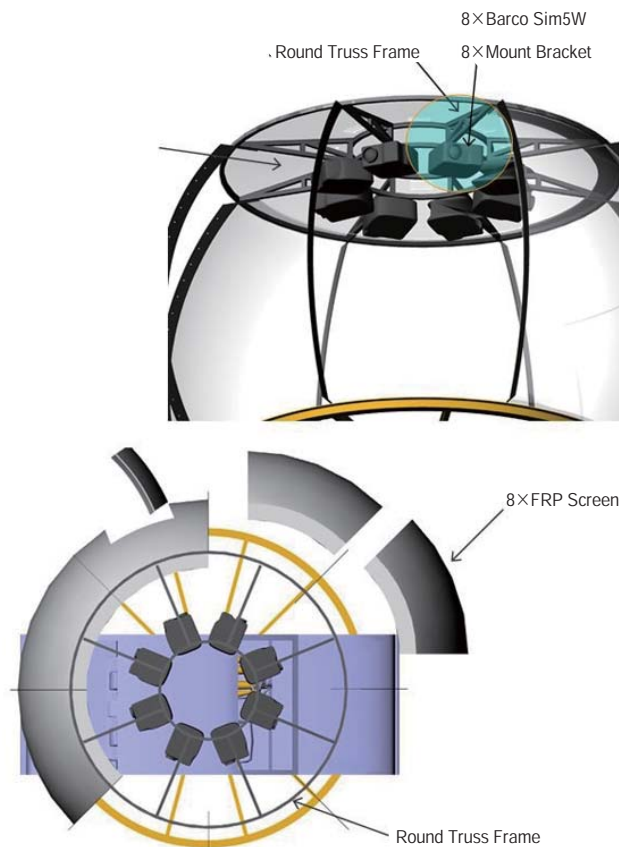
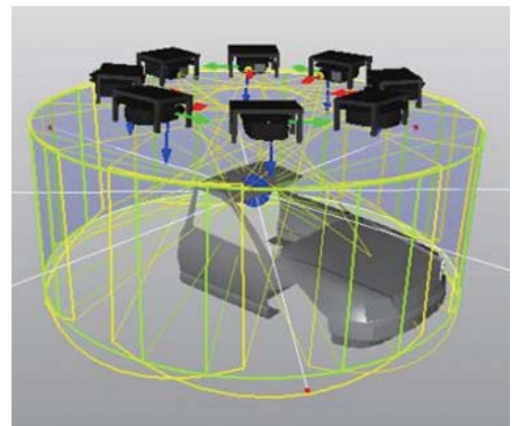
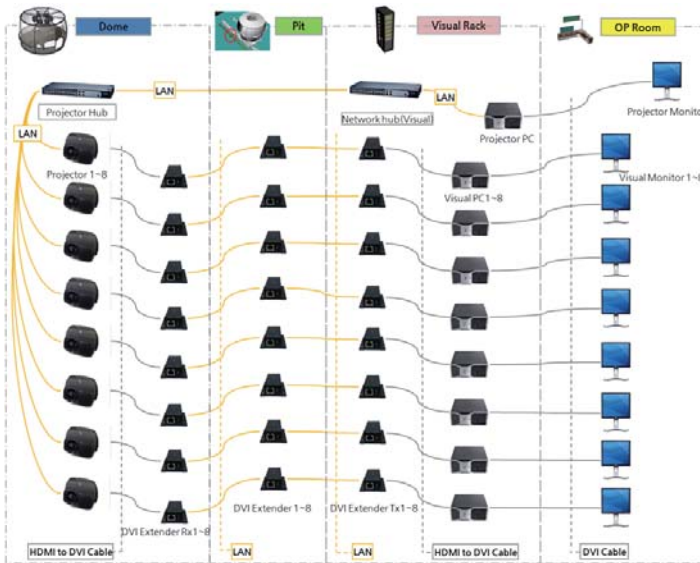


▲DOME上部（照片上）、DOME入口（照片下）

4. 多通道投影系统 Multi Projector System (8 units)

Barco SIM5R Projector

多通道投影系统由 8 台高性能模拟器专业仿真投影仪构成。运用边缘融合处理提供 360 度全景车辆行驶仿真环境。投影仪的朝向、投射角度由专业咨询公司经过光路设计和验证，确保驾驶员的视野不受干扰。

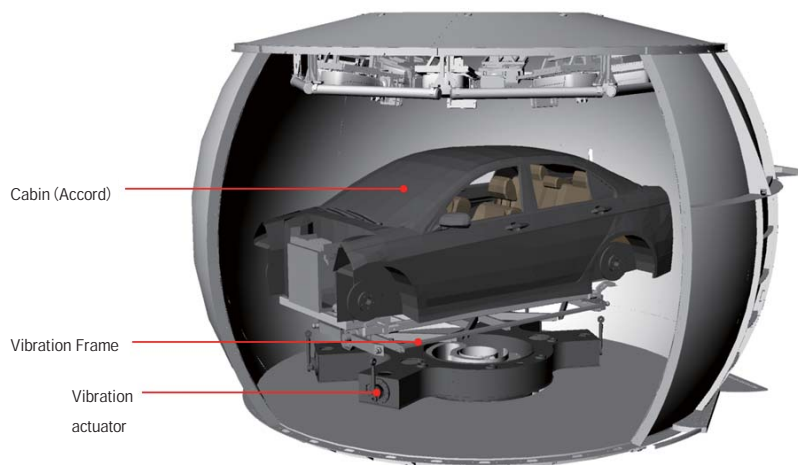
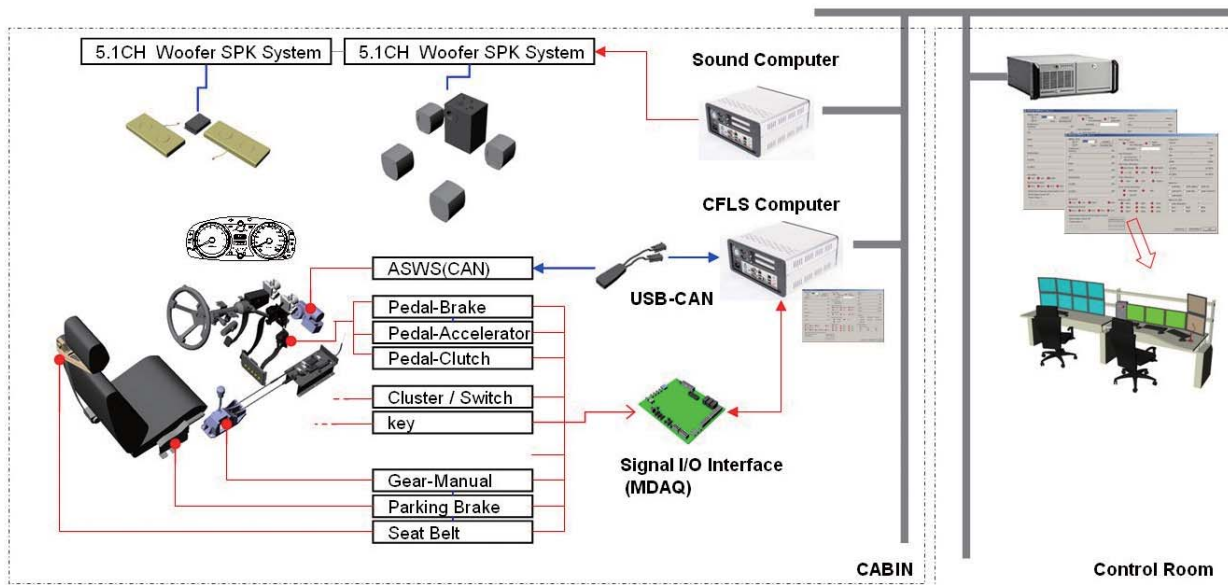


▲Barco SIM5R Projector

5. 轿车客舱 Real Car Cabin (Honda Accord)

Real Car Cabin

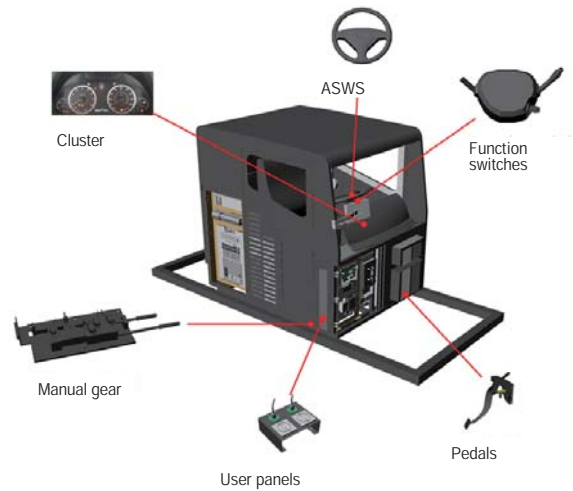
Honda Accord 轿车客舱采用的是 1 台本田雅阁的实车。将实车的引擎部分摘除，并安装电子控制系统和音响用电脑。此外，客舱内还布置有外用电源和网络接口。为了维持高逼真度的驾驶感，方向盘、油门踏板、刹车踏板都留用的实车部件。



6. 卡车客舱 Truck Cabin

Order Made Truck Cabin

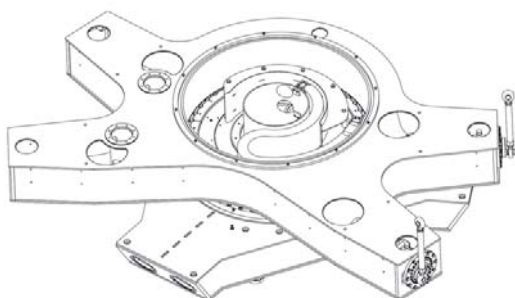
方向盘、油门踏板、刹车踏板、驾驶舱座椅、安全带采用的是韩国现代卡车实车的部件。



7. 转台 Yaw-Table

Bosch Rexroth Yaw-Table for EMotion-4000

转台设置在 6DOF 运动平台和车辆客舱之间，用于交叉口、急转弯时辅助车体的旋转，更加真实地表现车辆行驶位姿。

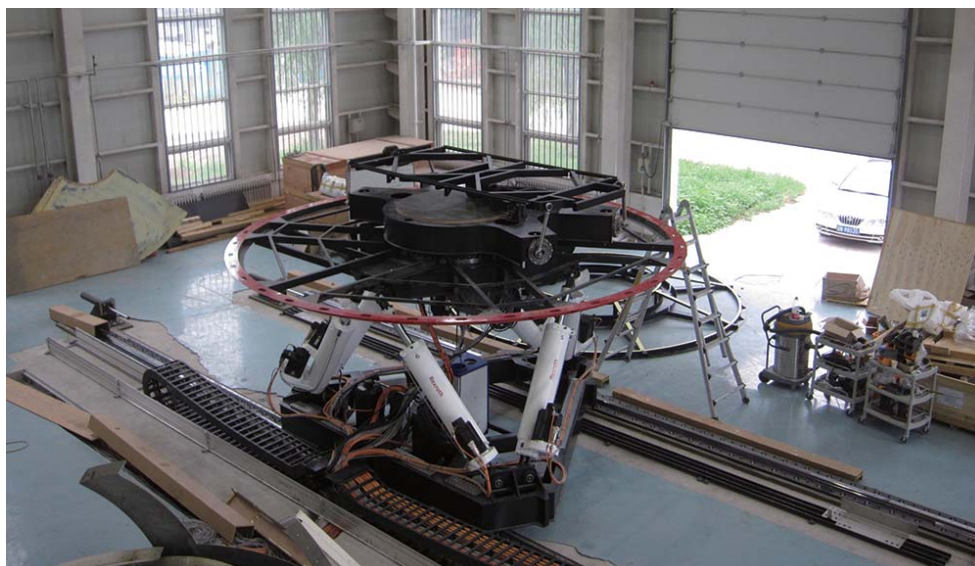
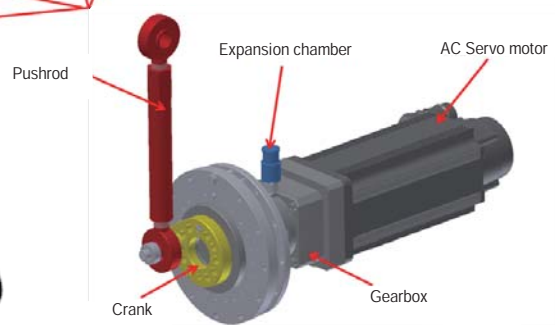
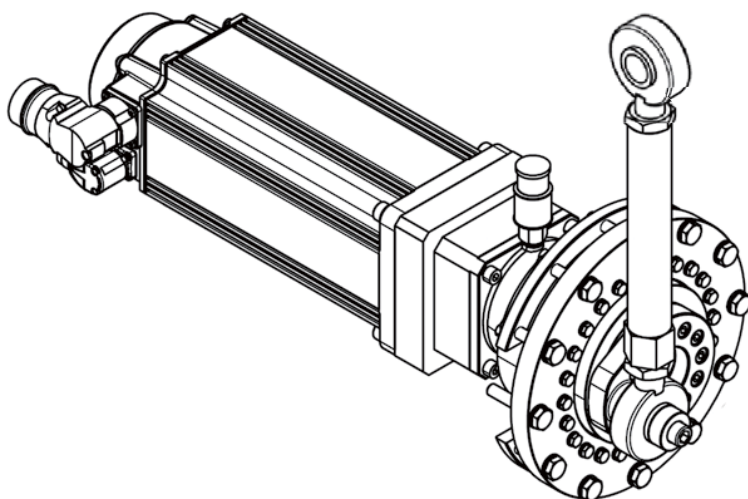
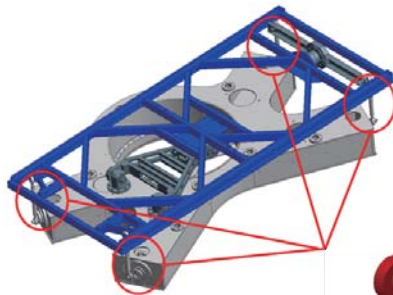


8. 振动系统 Vibration System

Bosch Rexroth EMotion-4000 Vibration

振动器安装在转台和车轮的连接部，当车辆行驶在不同材质的路面上时，通过高频振动可表现出细微的差异。

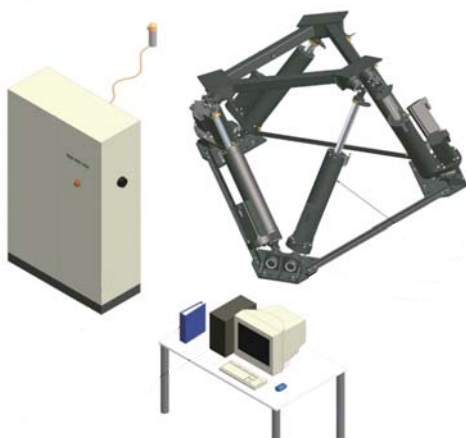
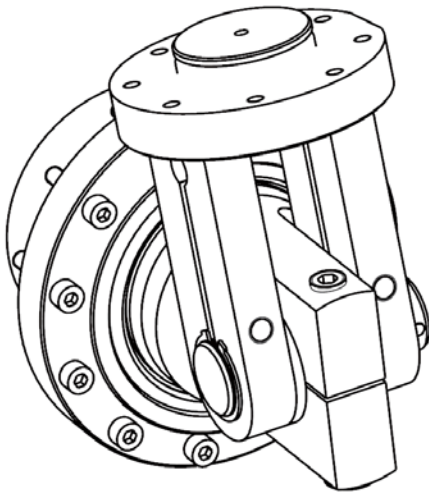
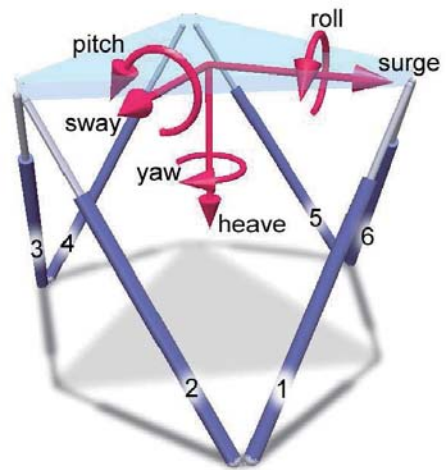
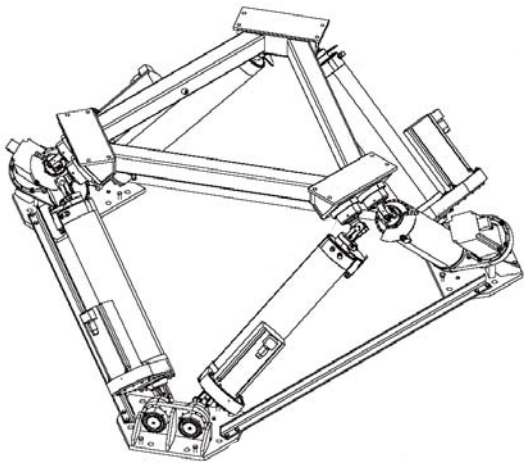
- 再现行驶中路面的凹凸感 (Direct Setpoint)
- 再现行驶中不同路面谱的振动 (Frequency Spectrum)



9. 六自由度运动平台 6DOF Motion Platform

Bosch Rexroth EMotion-4000-6DOF-700-MK2

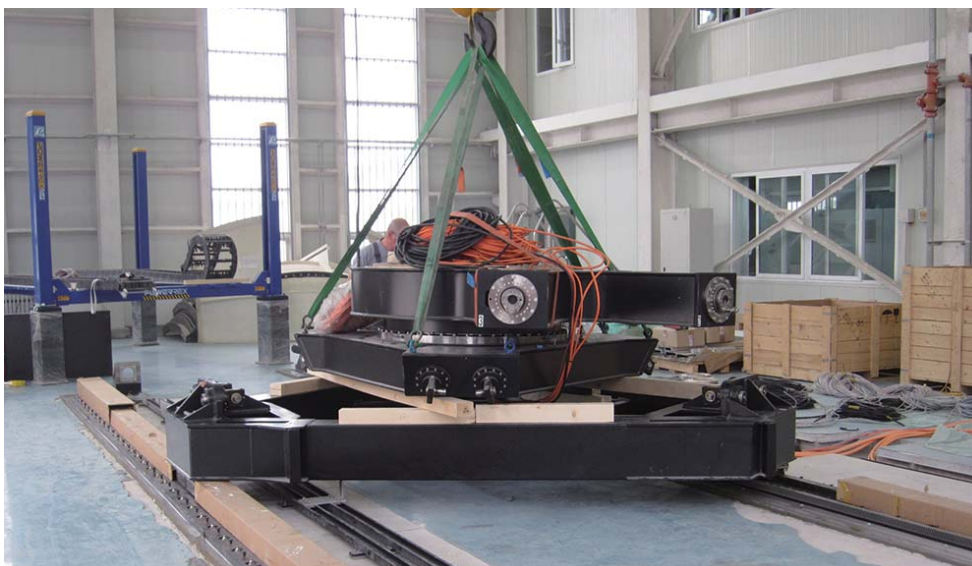
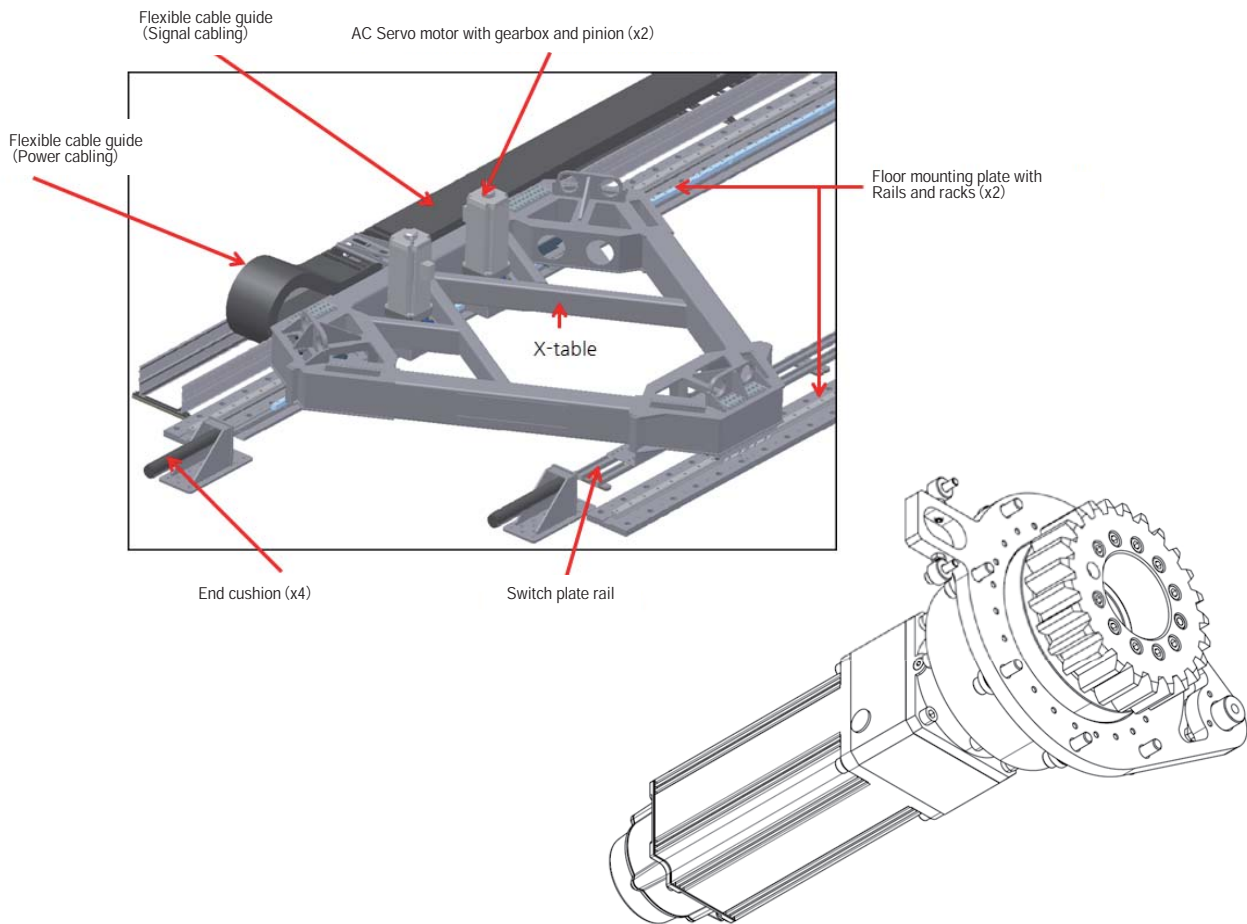
表现车辆行驶中基本的车辆运动模型，通过车辆动力学计算忠实再现车辆行驶过程中的位姿。车辆位姿由 Pitch、Roll、Yaw、Sway、Surge、Heave 六个方向组合实现。



10. 长行程单元 X-Table

Bosch Rexroth Order Made Long Excursion 1 Axis Motion Table

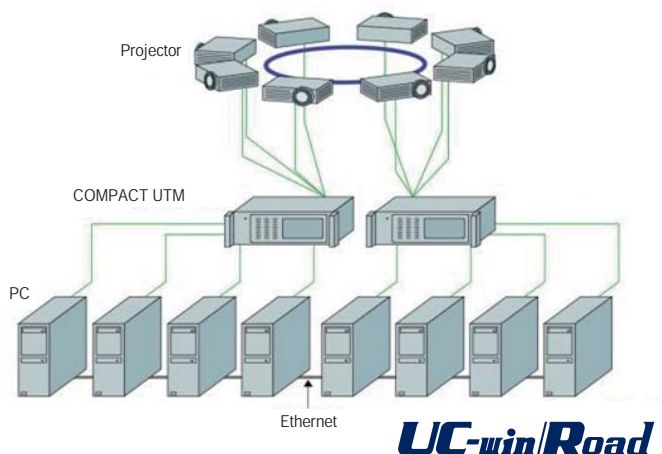
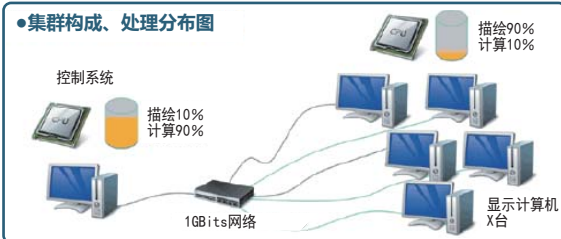
安装在地面上支撑六自由度运动平台的长行程直线运动系统。用于车辆在长距离连续加速时传递给驾驶员离心力。



11. 集群计算机系统 Cluster Computer System

集群计算机系统由 1 台主控计算机和 8 台显示用计算机构成。各投影通道由专用 PC 负责描绘, 主控机对 8 台显示计算机进行同步管理, 实现 360 度全景映像输出。

● 集群构成、处理分布图

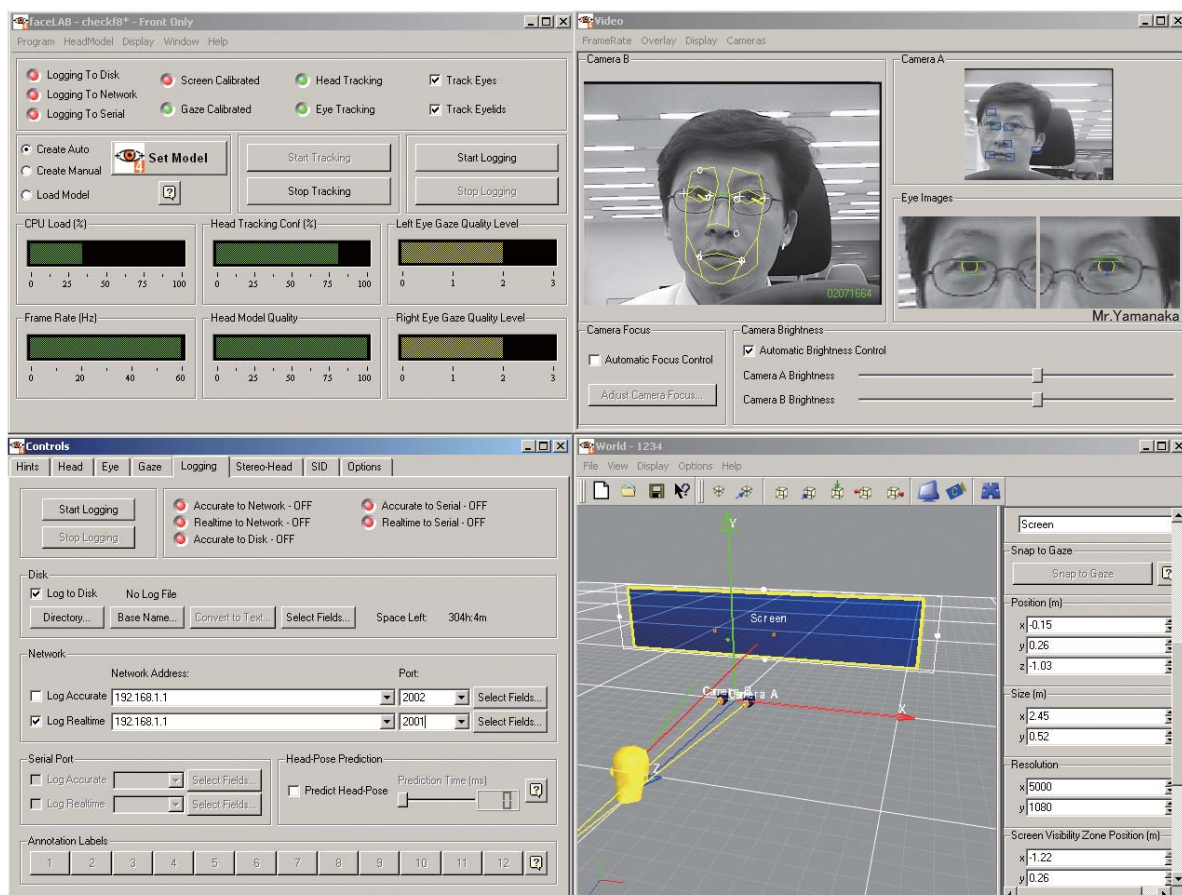


12. 视线追踪系统 Eye tracking System

faceLAB 是由澳大利亚国立大学（ANU）独立出的 SeeingMachines 公司开发的产品。

该系统由基于 2 台摄像头的信息自动实时追踪，对人的面部运动进行计测。系统通过图像捕捉面部的三维特征，对面部特征抽样并追踪相关特征信息。当面部特征在画面上发生变化时，系统会动态选择新的特征，即使头部进行转动，画面中的面部图像部分出现错位，依然可以追踪捕捉相关轨迹。输出数据包括眼球运动数据、头部位置、转动数据、眨眼、唇和眉的动作和瞳孔数据。

面部自然传递受验人员的信息，通过面部观测计算受验者的意图、注意力集中度。通过对面部的计测创造出人机互动的新界面。



13. 交通流仿真器 Traffic Simulator

Vissim 通过考虑详细车辆的相互影响，例如拥堵、混杂导致的公共交通延迟，自行车专用车道导入时的影响等，是一款可以从微观视角抽出课题、解决课题的微观交通仿真软件。在车辆应用方面，Vissim 可对自行车、机动车、公交车、计程车、短途列车、长途列车等复合交通模型进行仿真，用于混杂导致的公共交通的延迟预测，以及自行车专用车道导入的效果验证等。

PTV VISSIM
the mind of movement

SIMULATING DRIVING BEHAVIOUR

The modelling of driving behaviour is the core of traffic simulation. Vehicle movement models are a key element in being able to replay dynamics in a realistic manner.
A distinction is made between three models:

14. 车辆动力学仿真器 Vehicle Dynamics Simulator

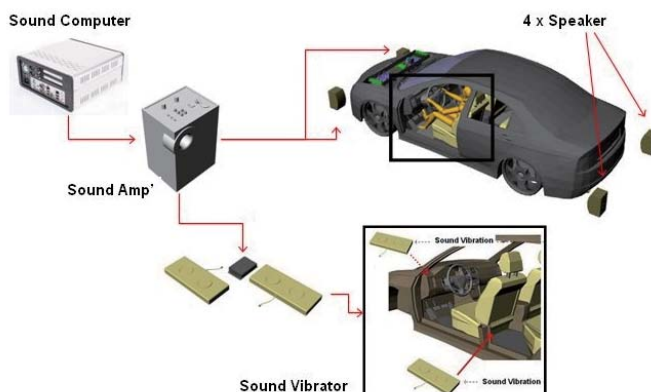
CarSim 和 TruckSim 是美国 Mechanical Simulation 公司开发并已商品化的车辆动力学仿真软件。可对各种车辆（轿车、卡车、公交车、摩托车）在各种驾驶条件和环境条件下的行为通过简单操作进行评价，是面向控制设计人员和技术人员的一款工具软件。被全世界超过 30 家的车辆制造商、超过 60 家的车辆配件商、超过 150 所大学、研究机构利用，已经成为车辆动力学仿真软件业界的标准。尤其作为车辆运动控制、ITS 相关研究和开发的有效工具获得一致好评。此外，作为动态行为的应用，也用于车辆侧翻事故分析和道路设计。



15. 其他辅助系统 (音响、电源、DVR) Subsystem

音响系统

为确保系统整体的性能，音响系统由单独的 Sound PC 构成，支持行驶中自车的声音、周围仿真的环境音及客舱和控制室之间的通讯。



15. 其他辅助系统 (音响、电源、DVR) Subsystem

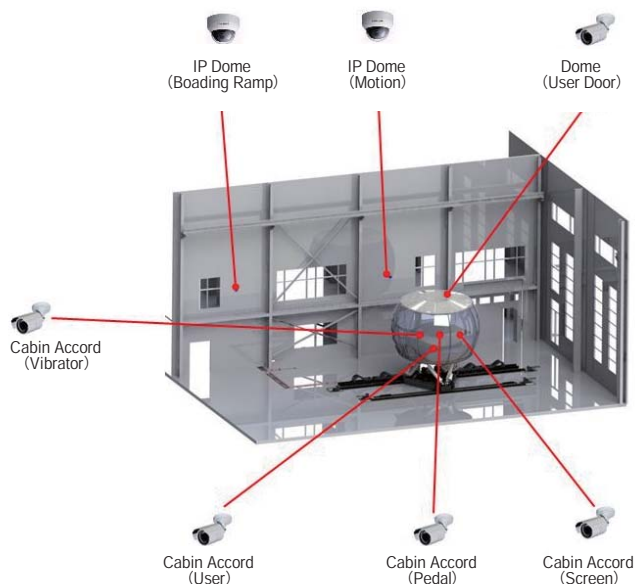
电源系统

为了保护计算机系统不受突然停电造成实验数据的丢失，本模拟器在电源和计算机系统之间连接有 UPS（应急电源装置）。UPS 在遇到停电后自动启动，可提供 10-20 分钟时间用于关闭系统，以及将运动平台返回 Settled 位置。此外，电源系统分为 ACC#1 和 ACC#2 两阶段管理，实现 6DOF 运动平台和其他运动装置（X-Table/Yaw-Table/Vibration）的独立控制。



DVR 系统 (Digital Video Recorder)

客舱、DOME 及模拟器控制室内设置了多台 CCD 摄像机，用于系统运行过程中的监控。同时具备录像功能，可与 LOG 数据一并用于驾驶员驾驶行为的研究。



16. 行驶环境及仿真 UC-win/Road Modeling & Simulation

三维实时虚拟现实软件

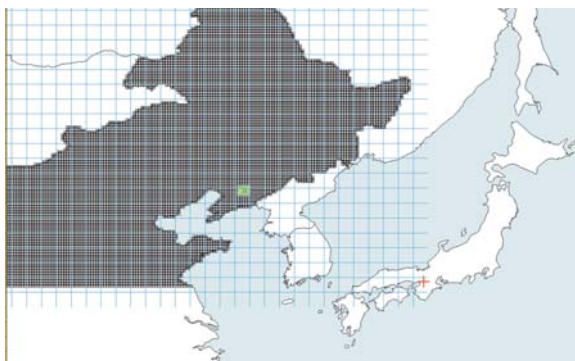
UC-win/Road

三维实时虚拟现实软件 UC-win/Road 于 2002 年获得软件产品年度大奖。在各类项目中通过简单 PC 操作, 即可完成大规模空间制作, 是一款功能强大可进行实时模拟的先进软件。

■地形建模

技术指标: 对应中国地形

对 应: 对应SRTM(90m网格)世界测地系。支持粘贴航拍图片、DXF-XML转换、3D、2D地形编辑等功能。

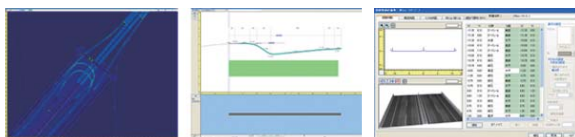


■道路建模

技术指标:

- 直线、圆曲线、缓和曲线等道路平面线形的模型
- 坡度、纵断面线形的模型
- 路肩、车道、路缘石、中央分隔带、紧急停车带等横断面模型
- 可模拟滤清、混凝土、砂、土等路面材质
- 桥梁、隧道、平面交叉、立体交叉等特殊道路模型
- 各类边坡模型

对应: 道路、河流、湖泊、飞行路径等各种线形可通过参数或样条曲线的输入, 自动生成道路、隧道、桥梁、河流、步行路径。可通过道路平面线形(对应缓和曲线、样条曲线)、纵断面线形定义隧道、桥梁区间的设置。截面定义中可进行落石台、边坡处理、材质设置等。复杂道路结构也可简单完成线形、截面的制作。



■气象特殊效果

技术指标: 可仿真雨、雪、冰等的路面模型、路面特征

对 应: 除对应各种特殊气象的表现外, 可通过路面设置摩擦系数和振动。支持雨、雪、指定范围设置雾的效果、雷、闪电、雨刷、路面溅水等功能。



▲路面反射



▲积水



▲雨纹



▲雷



◀雨刷(雪)

■Road DB

技术指标: 对应GB5768标识规范, 包括道路标识、警告标识、向导标识及其他标识模型

对 应: 全面对应GB5768-2009版道路交通标志和标线规范, 可通过Road DB下载。



■3D建模

技术指标: 支持下述模型

- 树木、花、草等
- 大楼、收费站、加油站、服务区等
- 平原、山区、城市、郊区等地域特征景观
- 天空、山、河流等地理景观
- 交通信号、护栏、消音壁、信息牌、照明设施等交通设施
- 机动车、非机动车、行人等交通流模型及动物等

对应: 利用DB可下载丰富的标准模型/材质模型。此外, 软件内置方便的编辑、移动功能, 可对模型进行放大、缩小、移动、旋转、倾斜等配置调整。通过设置动作还可制作可动模型进行动作控制。



■连接功能

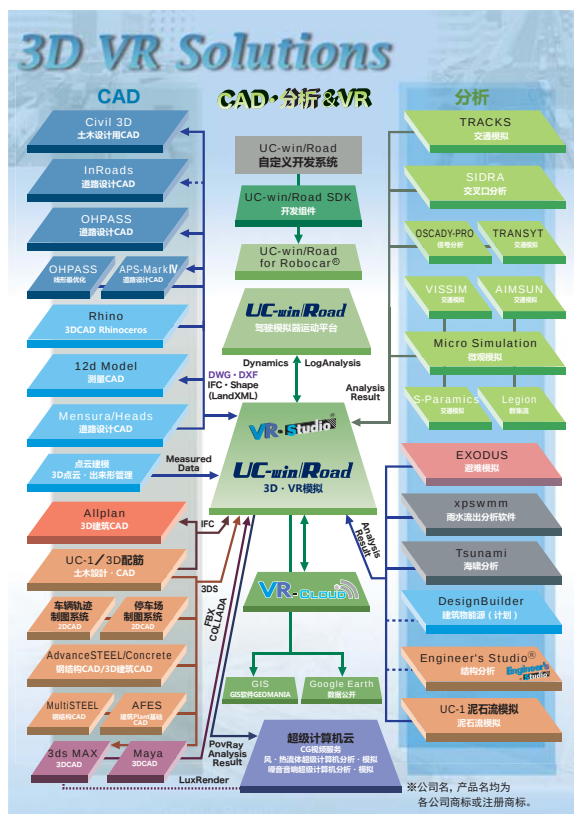
技术指标：关于道路及设施模型的导入，支持其他建模软件（Creator、VEGA等）的外部导入

对应：支持3DS、FBX、MD3、COLLADA、OBJ等模型格式的导入。

■ 数据连接

技术指标：支持AutoCAD等外部数据的导入

对应:通过LandXML可与各类CAD进行3D/2D数据交换。通过对应开源格式LandXML支持与Civil 3D、InRoads等CAD的接口,可转换地形、道路线形和截面信息。UC-win/Road的LandXML输出功能已在LandXML的开源官方论坛LandXML.org中获得认证。



■VISSIM对应

技术指标：提供与交通模拟软件（VISSIM）的数据接口

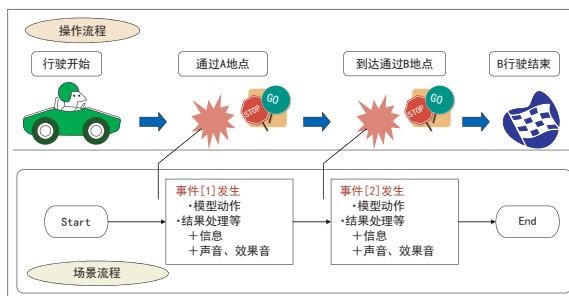
对 应: 对应导入VISSIM的交通流分析结果并可视化。运用微观模拟播放器可将VISSIM的ANI.TXT文件导入到UC-win/Road。导入模拟结果后, 设置模拟显示位置, 分别指定车辆和行人的显示模型。最后, 交通分析结果可像动画一样播放, 并在3D空间中确认交通状况。



■ 驾驶模拟、场景功能

技术指标：特定交通事件的模拟（冲突、超车、接触判定等）、交通堵塞的表现

对 应：通过场景功能可对模型进行各种既定动作的设置。场景功能是指从模拟开始到结束的过程中，通过设置条件触发一系列事件的功能。根据需要表现的现象或测试条件，编写相应的场景后进行模拟，可更加有效地表达VR数据的制作意图。通过场景功能中搭载接触判定、冲突时的警告（文本或声音）及多媒体播放功能。

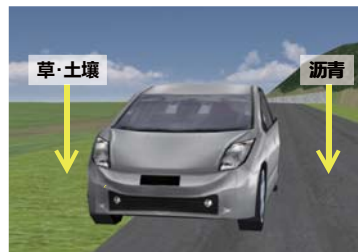


■ 音响系统

技术指标:

- 模拟引擎、喇叭、车辆行驶、车内外及车辆和障碍物发生冲突的声音
- 模拟道路交通系统的各种交通流的背景音
- 支持风、雨等各种环境背景音

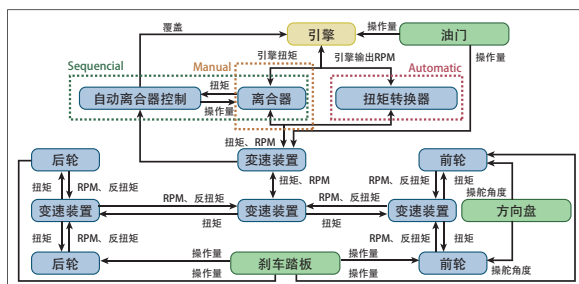
对应: 利用OpenAL对应多种环境音、其他车辆行驶音、自车引擎音、轮胎音、隧道内反射音等音效。对应低通滤波器,可模拟不同材质上行驶、急刹车、加速、侧滑的音效。



■ 控制系统

技术指标：包含车辆轮胎等特性在内，提供正确的车辆动力学模型，尤其是弯道时方向转换、加减速与实际的测试参数相匹配

对 应: 为了再现机动车(四轮)的动力学模型, UC-win/Road中搭载了车辆整体的运动、引擎、引擎到车轮的传动装置模型, 可真实表现车辆运动。由此可实现下述表现。



■ 车辆动力学模型

技术指标：动力学模型可正确模拟气象（雨、雪、冰）状态的路面下侧滑、刹车性能。

对 应：可表现转向不足和转向过度。
转向不足是指高速行驶时前轮转角如果不大于低速行驶时的角度车辆无法实现相同转向的现象。如果速度过快即使打方向盘车辆也不会大幅转弯，无法安全驾驶。转向过度则是指转弯过程中后轮打滑，发生比通常急速的旋转现象。



17. 驾驶模拟标准模型 UC-win/Road Standard VR Model

配合驾驶模拟器系统制作了下述 4 种典型的 VR 模型数据。典型路段数据均基于中国实际的道路建模，是可以辅助驾驶模拟器有效应用的实时 VR 模型。数据提供场景功能、环境切换功能、车辆运动模型切换等丰富的驾驶行驶环境。



■城市道路 VR 数据

基于北京市三环线为中心对首都特有的城市道路网进行了再现。对全线道路标识、标线（对应 GB5768-2009 规范）和导向牌基于实地取材进行建模和配置。对具有北京特色宽敞的道路路幅、苜蓿叶型立交等数十处立交桥进行了制作，沿线的道路设施、建筑物等进行了忠实再现。加上包括 08 年奥运场馆的“鸟巢”等地标性建筑物的配置，真实地烘托出了北京城市环线所特有的空间感。



■高速公路 VR 数据

国道 G110 的拓宽业务为背景的实际数据模型。以往双向 2 车道的一般国道扩建为分离式路基的双向 4 车道路，运用 UC-win/Road 基于建设中的设计图纸进行了数据制作。真实再现了施工期间大型卡车的交通流特征，并在场景功能中加入雨、雪、冰冻路面等各种特殊气象。此外，对于本系统可替换卡车客舱之特点，数据制作过程中照顾了适宜的驾驶空间，忠实再现了车辆和驾驶员的感觉。



■数据采集系统

技术指标：可记录速度、交通流车辆相关信息的功能
对应：开发了驾驶车辆的坐标、速度、方向盘舵角等信息通过 LOG 输出的插件功能。支持交通流、特征人物在内的信息输出，除 CSV 文本格式外，还可通过网络 UDP 实时输出。

LOG输出数据	
基本数据	模拟时间、模型名称、模型ID、模型类型
坐标、位姿	X坐标、Y坐标、Z坐标、Pitch角、Yaw角、Roll角、矢量
动力、速度	引擎转速、档位、车速（km/h、m/s）、速度限制
输入	方向盘角度、油门开度、刹车量、自动驾驶

▲LOG 输出数据示例

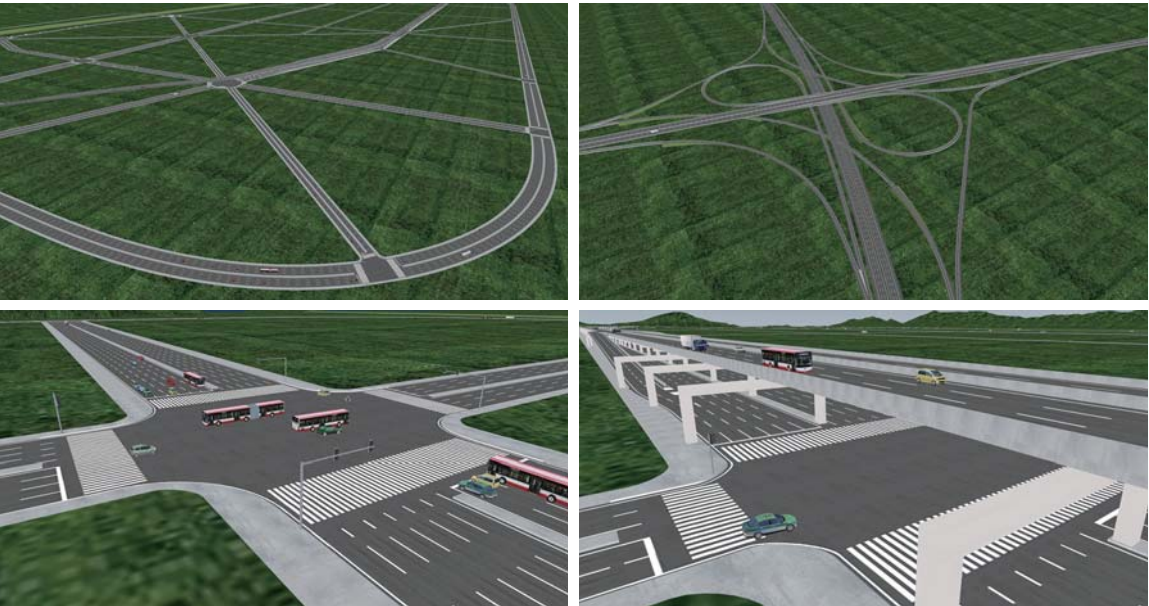
■山区道路 VR 数据

对国道 109 的部分区间进行再现的 VR 数据，为了让驾驶员真实感受到车辆在不同转弯半径上通过时驾驶模拟器带来的加速度感及离心力，对道路结构进行了忠实再现。参考实地拍摄的视频对连续弯道进行了制作，包括道路的横截面、侧沟、排水路、边坡材质等均参考实地拍摄的照片素材进行了复现。



■无限循环道路 VR 数据

以疲劳驾驶研究为目的制作的 VR 数据，利用专门二次开发的“交通接续”功能，驾驶员可在场景路网内无限循环驾驶。道路结构则采用中国具有代表性的典型横截面，根据实地收集的路况信息进行了交通流车辆的忠实再现。





UC-win/Road Driving Simulator Project Introduction

FORUM8 Co., Ltd.

东京本社 东京都港区港南2-15-1 品川Intercity A栋 21F
 大阪分社 大阪市西区江戸堀1-9-1 肥后桥中心大厦2F
 名古屋展厅 名古屋是中村区名车站1-1-4 JR中心大楼36F
 福岡营业所 福岡市博多区博多站南1-10-4 第二博多借成大厦6F
 仙台事务所 仙台市青叶区一号线1-9-1 仙台TRUST TOWER 6F
 札幌事务所 札幌市中央区北5条西2-5 JR Tower Office 札幌广场18F
 金泽事务所 金泽市本町1-5-2 Rifare10F
 宫崎支社 宫崎市学园木花台西2-1-1 (宫崎大学正门前)
 超级计算机云 神户研究室 神戸市中央区港岛南町7-1-28 计算科学中心大厦2F 研究室1
 富朗巴软件科技 (上海)有限公司 上海市浦东新区浦东南路855号世界广场23E室
 青岛富朗巴软件 技术有限公司 青岛市崂山区松岭路169号国际创新园B座13层B2-1
 台湾富朗巴軟體 科技有限公司 台北市南港区園區街3号4楼
 London Office The Leadenhall Building, Level 30 122 Leadenhall Street, London EC3V 4AB, UK



TEL +81-3-6894-1888 FAX +81-3-6894-3888
 TEL +81-6-7711-3888 FAX +81-6-7709-9888
 TEL +81-52-688-6888 FAX +81-52-688-7888
 TEL +81-92-289-1880 FAX +81-92-289-1885
 TEL +81-22-208-5588 FAX +81-22-208-5590
 TEL +81-11-806-1888 FAX +81-11-806-1889
 TEL +81-76-254-1888 FAX +81-76-255-3888
 TEL +81-985-58-1888 FAX +81-985-55-3027
 TEL +81-78-304-4885 FAX +81-78-304-4884
 TEL 021-68599898 FAX 021-68599897
 TEL 0532-66729637 FAX 0532-66729639
 TEL +886-2-2655-8375 FAX +886-2-2655-8325
 TEL 44(0)20-7164-2028