虚拟现实（VR）和增强现实（AR）作为一种新兴的技术趋势，影响力正在从国防军工、科研等领域逐渐扩展到民用制造业，如轨道交通、汽车、重工等大型制造业。

基于物理台架的汽车人机工程虚拟现实应用

□ 北京朗迪锋科技有限公司 / 刘轶君

虚拟现实技术在汽车设计领域的应用最早出现在上一个十年，但由于该技术当时的发展程度不高，大多用于造型评审，并没有深度应用。从2016年开始，随着虚拟现实技术的进一步发展，硬件成本逐渐稳定、成熟，投资成本不断降低，应用软件的开发也随之进入一个新的高度，虚拟现实技术逐渐开始贯穿整个汽车产品全生命周期。从概念设计、初步设计、仿真验证、人机校核、到试制定型、工艺仿真、

市场宣传及销售等各阶段。

未来的3～5年时间里，在上述各个场景会不断涌现出多种VR/AR应用软件和服务，来满足汽车行业对缩短开发周期和降低成本的不断追求。

应用现状

虚拟现实技术在汽车设计行业的应用并不是最近才出现，早在20世纪90年代，国外主要汽车品牌如通用、福特、克莱斯勒、奔驰、雷诺、宝马、丰田等跨国汽车公司都已经开始积极采用虚拟现实技术解决汽车设计、生产工艺过程中多种复杂工况的仿真模拟，以降低研发成本，提高设计效率。最近几年，典型的汽车设计用虚拟现实仿真验证应用如德国宝马汽车和麦凯龙两个案例，在汽车行业的影响力最大。

就国内而言，虚拟现实技术在汽车设计领域的应用最早出现在上一个十年，但由于该技术当时的发展程度不高，主要在汽车造型设计部门使用居多，多为平面的背投形式的造型仿真系统，应用软件多采用RTT、VRED等造型设计软件。从2016年开始，随着虚拟现实进一步发展，硬件成本逐渐稳定、成熟，建设成本不断降低，应用软件的开发也随之进入一个新的高度，除了造型设计，贯穿汽车产品全生命流程中均有相应的仿真应用软件，如概念设计阶段、初步设计阶段、仿真验证阶段、试制定型阶段、市场宣传及销售等都可以采用虚拟现实技术辅助，在汽车总布置、人机工效、造型评审、工艺规划等部门都可以提供相应的快速仿真验证解决方案。目前国内如泛亚汽车、上海通用、广汽、奇瑞等汽车公司均已经有计划实施中的虚拟现实平台，比亚迪、长城、众泰、柳汽、东风日产等公司正在调研并规划该类技术平台。

“物理台架+虚拟现实”系统介绍

2017年底，我公司以“基于物理台架的汽车人机工程虚拟仿真系统”的解决方案，中标某车企虚拟人机工程仿真项目。该解决方案在传统的CAD设计基础之上，引入了“物理台架+虚拟现实”这样创新的系统（如图1所示）设计，能够帮助用户实现“造型评审”+“人机工程分析”+“数字样机评审”的协同并行。

1. 纯虚拟仿真环境和“物理台架+虚拟仿真”两种系统对比

为什么要引入物理台架这样的硬件设备呢？为此，我们从交互性、仿真置信度、“虚拟-现实”匹配度与人机工程分析结果这四个维度入手，对比了“纯虚拟仿真环境”和“物理台架+虚拟仿真”这两种系统之间的异同（见附表）。

对比结果如下：

（1）交互性。纯虚拟仿真环境是借助立体显示系统（如CAVE）或者虚拟现实头盔（如HTC VIVE）给用户创建一个沉浸感十足的虚拟仿真环境，以视觉交互为主，借助手柄可以实现简单交互；“物理台架+虚拟仿真”则是在视觉交互的基础之上，增加了触觉反馈，给交互体验带来了极大提升。

（2）仿真置信度。纯虚拟仿真环境可以将三维模型以沉浸式立体的方式展示，让用户有身临其境的感觉，仿真置信度较高；“物理台架+虚拟仿真”则是在此基础之上，加入了物理反馈，用户看到什么就可以碰到什么，使得整个仿真的置信度上升了一个台阶，仿真效

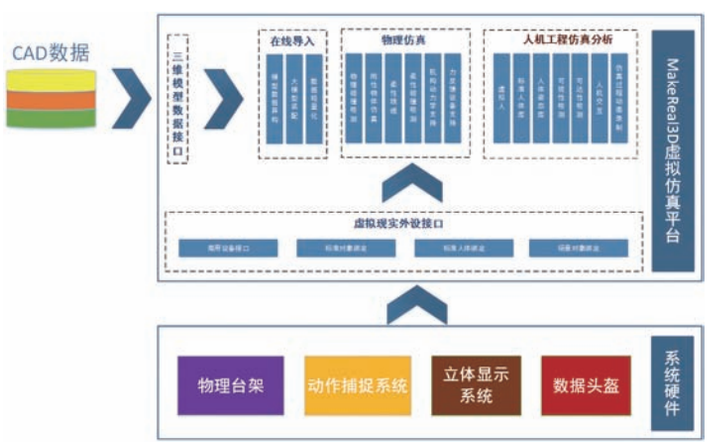

图1 系统组成

纯虚拟仿真环境与“物理台架+虚拟仿真”

	纯虚拟仿真环境	物理台架+虚拟仿真
交互性	视觉交互	视觉交互+触觉交互
仿真置信度	较高	高
“虚拟-现实”匹配度	模拟匹配	精确匹配
人机工程分析结果	近似	准确

果更加接近真实。

（3）“虚拟-现实”匹配度。纯虚拟仿真环境由于缺乏对显示环境的输入，因此在虚拟环境与现实环境二者之间只能模拟匹配；“物理台架+虚拟仿真”可以借助追踪系统，标定现实环境中与用户频繁交互的设备，从而实现对虚拟仿真设备的精准匹配。

（4）人机工程分析结果。纯虚拟仿真环境中的人机工程分析以主观分析为主，例如可视性分析、可达性分析，可以直观地“看”到分析结果；“物理台架+虚拟仿真”由于可以做到精确标定、精确匹配，因此人的姿态和动作可以更加真实且稳定，除了主观分析，一些量化的人机工程分析结果也能够做到很精确。

“物理台架+虚拟仿真”解决方案，一方面，具有所有传统虚拟现实仿真系统的功能和特点，例如沉浸式立体显示、实时驱动数字人体等；另一方面，该解决方案还提供物理台架，可以给用户提供实际的操作反馈，从而使得“虚拟”与“现实”真正地交互起来，获得更好的用户体验和更高的操作仿真度，并且使分析评审的结果更为真实、可信。

2. 物理台架给汽车用户带来的好处

对于汽车用户而言，引入物理台架到系统中不仅带来更好的用户体验，对人机工程分析的好处也是显而易见的。

图2 虚拟驾驶（无触觉反馈）

（1）汽车用户十分注重驾驶交互体验，有一个握在手里的方向盘，会给用户带来物理触觉反馈，使得仿真驾驶的置信度更高。

（2）可以标定物理台架上的关键部件，比如方向盘、后视镜、面板等，这样可以帮助用户更好地进行人机工程分析。比如，标定台架上的后视镜和仿真环境里的后视镜，用户可以直观地进行后视镜的视野分析，并且随时主动调节后视镜的位置；物理台架的面板也可以标定位置和角度，可以与仿真环境中的面板匹配，让可达性分析变得更为直接、直观；因为存在物理台架的触觉反馈，因此用户的驾驶姿态更为真实、稳定，舒适度分析的数据也就更为准确、可信。

（3）通过标定人体、物理台架与仿真模型，这样可实现数字人体与人体的精确匹配，仿真模型会与物理台架的精确匹配，因此用户在物理台架上的动作就可以在仿真场景中完整复制下来。用户的操作可以看做是人机交互的输入，与仿真场景实现动态交互，真正实现“人在回路”的仿真效果。

（4）此外，一台物理台架可以用来仿真多种不同的车型，在仿真的效率和灵活性上带来很大的便利，同时可以大大节约用户的开发时间和开发成本。

“物理台架+虚拟现实”系统构成

为了满足以上功能需求，我们在解决方案中设计了该系统的软硬件组成。

1. 硬件构成

（1）采用LED立体显示技术及VR头盔显示技术，提供沉浸式的虚拟现实立体展示环境。

（2）采用光学动作捕捉系统，将用户的动作与姿态与数字人进行匹配，可以实时驱动数字人体。

（3）借助物理台架，真正实现“虚拟-现实”交互，带来更高逼真度的操作仿真效果，完成“人在回路”的闭环系统设计。

2. 软件系统

（1）采用MakeReal3D虚拟现实仿真软件平台，可以快速地导入CAD数据、场景编辑、保留原始数据的结构树以及特征属性。

（2）可以进行漫游、标注、测量、剖切等数字样机评审，借助物理引擎可以进行虚拟装配/维修评审以及工艺验证。

（3）支持照片级的实时渲染，可以对不同造型方案进行虚拟评审。

（4）对于虚拟现实环境下的人机工程分析，可以进行眩光、内

图3 基于物理台架的虚拟驾驶（有触觉反馈）

图4 物理台架

饰、色彩搭配等主观评审；也可以完成可视性、可达性、舒适性等人机工程分析。

（5）可进行多部门多人协同评审，支持局域网协同。

本方案是通过跟客户多次技术交流后，根据客户的技术需求编制的详细技术方案，该方案规划的DMU虚拟现实系统主要用于解决乘用车设计流程中关于数字样机审查、车辆人机关系和造型设计的快速评审、展示。主要功能包括整车模型的快速导入、整车模型实时渲染并立体显示和交互、数字样机审查、虚拟装配及干涉检查、快速造型及便捷的多种方案评审、第一人称视角的主观人机工效评价、工艺方案验证、结合驾驶模拟器的半实物仿真等。

图5　基于物理台架的汽车人机工程虚拟仿真系统

结语

通过引入物理台架这样的平台，结合虚拟现实技术，提出一种更完备的解决方案，能够给用户带来更逼真的仿真效果以及更好的操作反馈，从而提高交互体验，帮助用户大大的节约研发时间和研发成本，让虚拟现实在工业制造业领域得到更好的应用和发展。AUTO1950

（上接第22页）

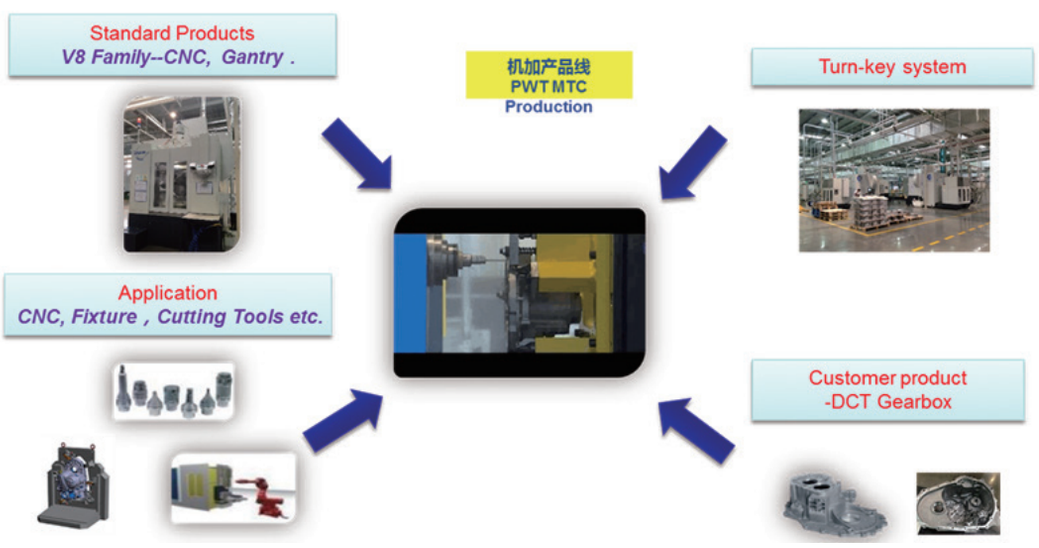

图7　关键技术八

础上，积极探索外加大数据和物联网的技术集成及应用。未来的消费者需求将是大规模定制，对生产线的要求也要发展为可重构生产线。可重构生产线要求生产线“定制化”“可扩展化”“可转化性”“可集成化”“模块化”“可诊断性”。柯马为了适应以上要求密集研发出：人机协作机器人，AGV小车、DIWO软件、MES软件、新一代机器人图形编程软件pickAPP、复合激光源、新一代COMAUFLEX，等产品和解决方案。同时与全球数字化巨头加强合作，为工业4.0时代的系统集成做好准备。AUTO1950