VR 技术是虚拟测试系统的仿真系统，以及虚拟测试系统中的测试技术。本文主旨是将虚拟现实技术优势渗透到变速器产品研发中与 VR 技术相结合，达到降低新项目沉没成本、提高设计效率、缩短设计周期、降低开发成本、降低制造成本、提高客户满意度及增强产品竞争力的目的。

□ 采埃孚（中国）投资有限公司 彭剑冰

VR 技术在汽车变速器领域的应用研究

汽车变速器是一个技术和资金密集的产品，它直接影响和决定汽车的行驶平顺性、燃油经济性和动力性，是汽车动力系统的核心部件。产品生命周期涵盖产品研发、试验验证、前期规划（量产工艺设计、生产线设计、物流仿真和包装设计等）、生产制造与管控及售后服务。VR 技术是虚拟测试系统的仿真系统，以及虚拟测试系统中的测试技术，本文主旨是将虚拟现实技术优势渗透到变速器产品研发中与 VR 技术相结合，达到降低新项目沉没成本、提高设计效率、缩短设计周期、降低开发成本、降低制造成本、提高客户满意度及增强产品竞争力的目的。

传统三维软件通过间隙检查及剖切查验模型是否存在干涉，这种方式效率较低，研发工程师通过 VR 方式还原数字模型，通过 VR 头盔观测模型结构内部查验干涉点。随着虚拟现实硬件成本逐步降低，计算机性能逐步提升，小微企业应用 VR 技术门槛越来越低。同时，市场上各领域的虚拟现实应用的软件层出不求，具有高性价比的软件越来越多。公司通过大量研究试用，总结了变速器产品全生命周期中在设计、改善、培训等方面的虚拟现实技术应用，其中既有适合小微企业使用的低成本虚拟现实应用，亦有适合大企业的高精度、强功能性 VR 应用。在产品设计时，研发人员有了新的体验方式，激发设计灵感，培训产品知识，以及召开新颖的异地 VR 会议和协同评审使设计人员的沟通效率提高，使沟通变得顺畅、简单。

通过大量前期调研和试用国内外、各行业的虚拟现实软硬件及应用，依据变速器产品全生命周期技术和管理要求，选取了适用于汽车零部件制造行业，国内外知名软件商的行业标杆软件平台。在信息化方面，本设计引入了“VR 技术”概念，实现了信息化、自动化、智能化与生产制造过程的紧密结合，通过 VR 技术应用，帮助研发工程师提高设计效率，降低设计失误，减少或避免设计缺陷，在 VR 技术领域又迈进了新的一步。

软件模块功能

1）能够对超大三维 CAD 模型的自动轻量化导入，提高实时渲染速率，具有场景制作渲染能力，内置了丰富的材质库、天空盒等场景生成工具。

2）能够实现照片级的渲染质量，用于专业的造型设计评审，软件内置高精度物理引擎，可以用于凹凸多边形零部件之间的碰撞分析，可以模拟刚体零部件之间的碰撞，以及刚体与柔体、柔体与柔体之间的碰撞关系。

3）能够支持多种 VR 外设，比如数据手套、力反馈及全身动捕等，结合全身动捕和软件的人机工效功能可以实现可视性、可达性和舒适性分析，以及作业时间、作业强度、作业疲劳度及腰脊椎受力等人机工效算法。

VR 产线实施过程

工程技术人员通过工具化的应用软件，在产线到位前利用虚拟现实技术 1:1 还原了真实产线场景，实现了在 VR 端编辑（比如挪移、测量、复制和创造实体）及云端会议功能，以此审核产线并设计配套料架。相较于之前使用的纸箱产线模拟，它更灵活，场地需求少，人员投入少，是一种全新的前期规划及审核工具。这种应用软件加强了规划人员与最终

22-31智能制造.indd 22 2023/3/14 16:54:57

用户间的交流沟通，体现了以用户为导向的主旨，用于改善产线人机功效，查找规划问题，消除安全隐患。

1）基础模块能使制造企业在一个交互的 3D 环境中设计制造工艺。基于使用和易于客户化的平台，能够根据用户的定义客户化用户界面。能够方便地创建和确认制造工艺，贯穿从概念设计到详细工程整个过程。它能够改进、获取和重复利用工艺规划，工艺设计团队能够比较不同方案改进和选择最好的制造策略以满足特殊的商业要求。基本应用中已经包含了一些很好的功能，提供了一个很好的工艺设计环境。

2）线平衡允许快速将操作分配给工位，从而提高生产线利用率。操作者按照给定的指导方针和约束条件执行这项任务。

3）基于规划、同步工程和模拟数据现在可以克隆并用于多个可选方案。这缩短了工作流程，同时使工程师能够轻松地验证多个备选场景，并且能够规划和设计复杂的装配设备、生产线和工位。产品支持层次结构，从工厂布局、仿真到生产线布局、到单个工位的详细设计和优化。

4）能够对产品装配和拆解过程进行设计、分析和验证。它具有分层装配树，允许创建和模拟装配路径和操作序列，并启用碰撞检测，以及 2D 和 3D 断面和测量分析。

5）能使用户创建非常复杂的机器人制造区域。机器人仿真工具提供了设计所有机器人无干涉路径的能力，并能通过在一个区域中的多台机器人同步来优化循环时间；并且连续制造过程规划仿真，提供了一个从粗规划阶段到详细规划阶段和离线编程的整个连续制造过程的开发工具。

6）能够允许用户使用准确的人体模型分析工作场所的人体工程学，可以使用不同比例的男性和女性人物分配任务。可以进行人体工程学评估，可视区域和干涉检查，通过在一个工作单元内使用真实 PLC 程序来验证包含机器人、设备环境之间的关系；VR 模块还支持通过 HTC VIVE 进行虚拟现实查看，包括测量、移动和运行仿真等功能，如图 1 所示。

实施和模拟后，我们相比以前设计，提高了产线平衡率，优化了工艺，减少了人员数量，产线更加柔性和灵活，现在的生产线爬坡速度更快。通过模拟，对设备的布局更合理，兼顾了设备维修和物流路线各方面因素，对产线设计更方便，更加直观。具体收益如表所示。

VR 物流实施过程

VR 技术在物流的软件模块如图 2 所示。它是工程师、管理者和决策人基于“关于操作、流程及动态系统的方案”进行试验、评估和视觉化的工具，超强的 3D 虚拟现实（3D 动画），直观的、易懂的用户接口，卓越的柔韧性，它能使决策者轻易地在个人计算机中建构及监控任何工业及企业的分布式流程。通过该软件将能率先找出未来工业及企业流程的模式。

虚拟现实技术与物流工程相结合使我们能够在虚拟环境中仿真物流过程，并轻松描绘出制造过程的优点和缺点。它具有系统假设可调、时间受控 (更慢 / 更快)、分析随机模型、仿真数据的收集具有多维度性、仿真更优于理论分析、便捷的方案调整等优点。

操作者检查现场操作员的循环移动，以确定要遵循的最佳路径，计算移动距离，并确保操

表 产线收益

主要收益	
布局	减少 20 个料架
设备	解决所有工位的维修空间问题
装配工艺	优化 25 个工位的装配顺序
节拍改善	瓶颈节拍从 200 s 降至 50 s
平衡率	将平衡率从 45% 提升至 88.3%
人机功效	20 个取料点弯腰作业得到改善

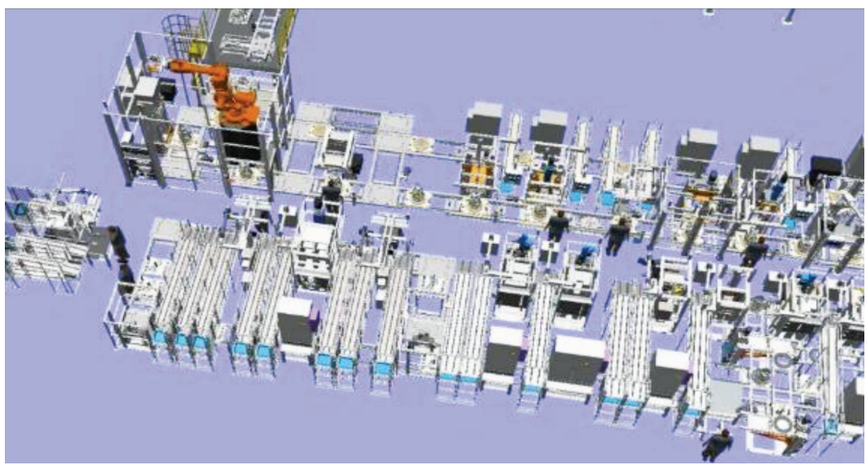

图 1 VR 产线设计图

22-31智能制造.indd 23 2023/3/14 16:54:58

作员正确移动，模拟多种方案使得操作员率在可接受范围内约88%；追求和基本实现低成本自动化（机器人）应用于作业单元与操作者的活动结合，从而最大化每小时产量。

结束语

本文充分利用VR技术软件优势、特点，运用到变速器产品研发、工艺和产线设计与验证、物流设计，在汽车零部件制造行业属于首例，在VR技术应用方面又迈进了新的一步。它不仅有助于生产管理、提高生产效率、实现产品质量全程追溯、开展智能化转型，而且促进了行业示范的先进性和复制推广的可行性。该技术能够实现缩短设计周期、提高设计质量、改善生产过程、鼓励创新应用，最终达到降低制造成本、提升企业“软实力”的目的。AI

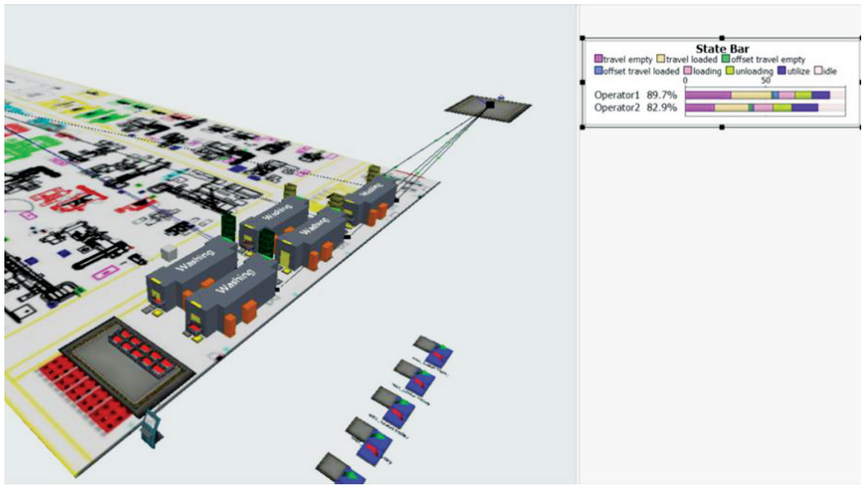

图2 VR物流设计图

22-31智能制造.indd 24 2023/3/14 16:55:00