

# 应用于自动驾驶虚拟仿真中的 VR关键技术

谢天 副研究员

2022年10月

智慧交通研究中心

# 目录

- 一、应用背景
- 二、建模技术
- 三、渲染技术
- 四、交互与系统
- 五、应用实例

GAMES Webinar 250期 - VR行业应用及落地

# ► 应用背景-自动驾驶现状

无人驾驶若无法在各类**交通流/路况/天气场景**下安全运行，会给社会交通带来巨大风险。

**全面系统**的测试和训练是无人驾驶车上路的重要前提。



拥堵车流



混合交通



共享道路



极端天气



Telsa自动驾驶车事故



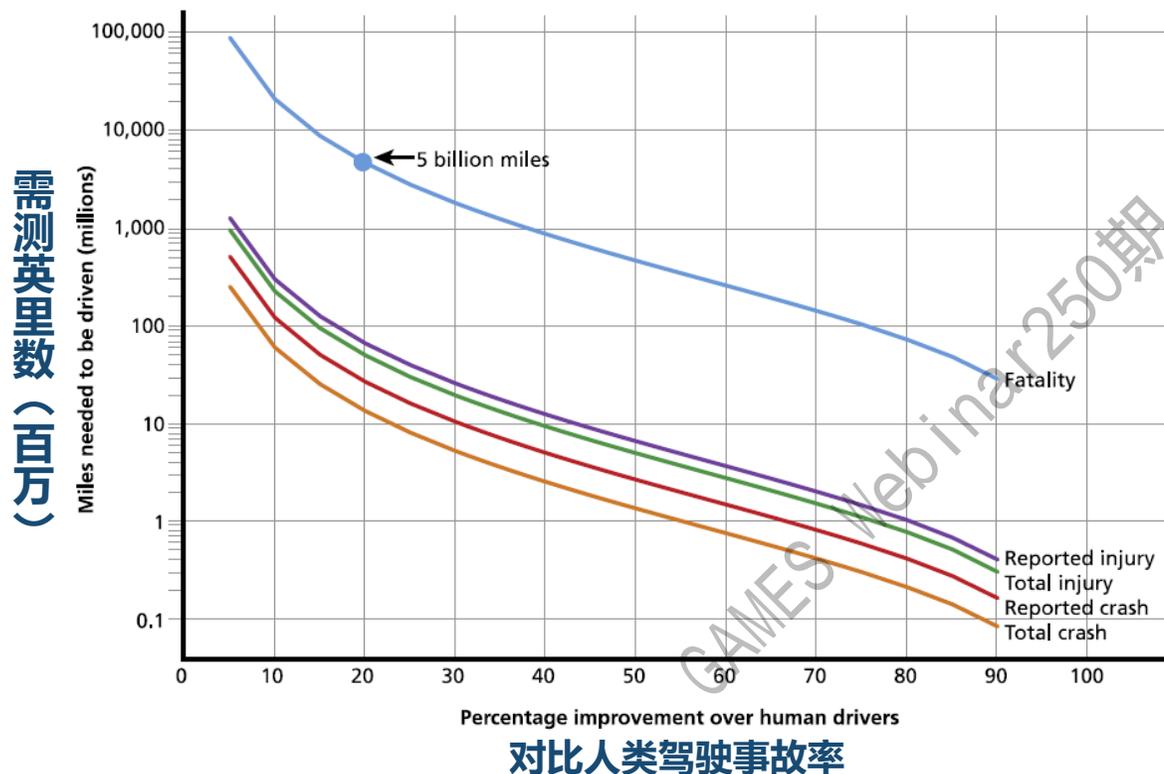
Uber自动驾驶车致死事故

# 应用背景-仿真意义何在



兰德公司研究表明\*，由于交通事故的小概率、偶发特性，验证无人驾驶车辆比人类驾驶者更安全，需要公开道路测试**50亿英里**：

**100辆车，24小时全天，连续测试225年，达到人类驾驶事故率20%（95%置信度）**



实车实路测试近似“无尽”  
虚拟仿真测试是必经之路

## 仿真优点:

- 低成本
- 场景可控
- 满足巨量里程需求
- 临界场景+回归测试
- 数据支持无人驾驶自我学习和迭代

\* Nidhi Kalra, Susan M. Paddock. Driving to safety: How many miles of driving would it take to demonstrate autonomous vehicle reliability?. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 94, 2016, Pages 182-193,

# 应用背景-项目背景

## 项目背景

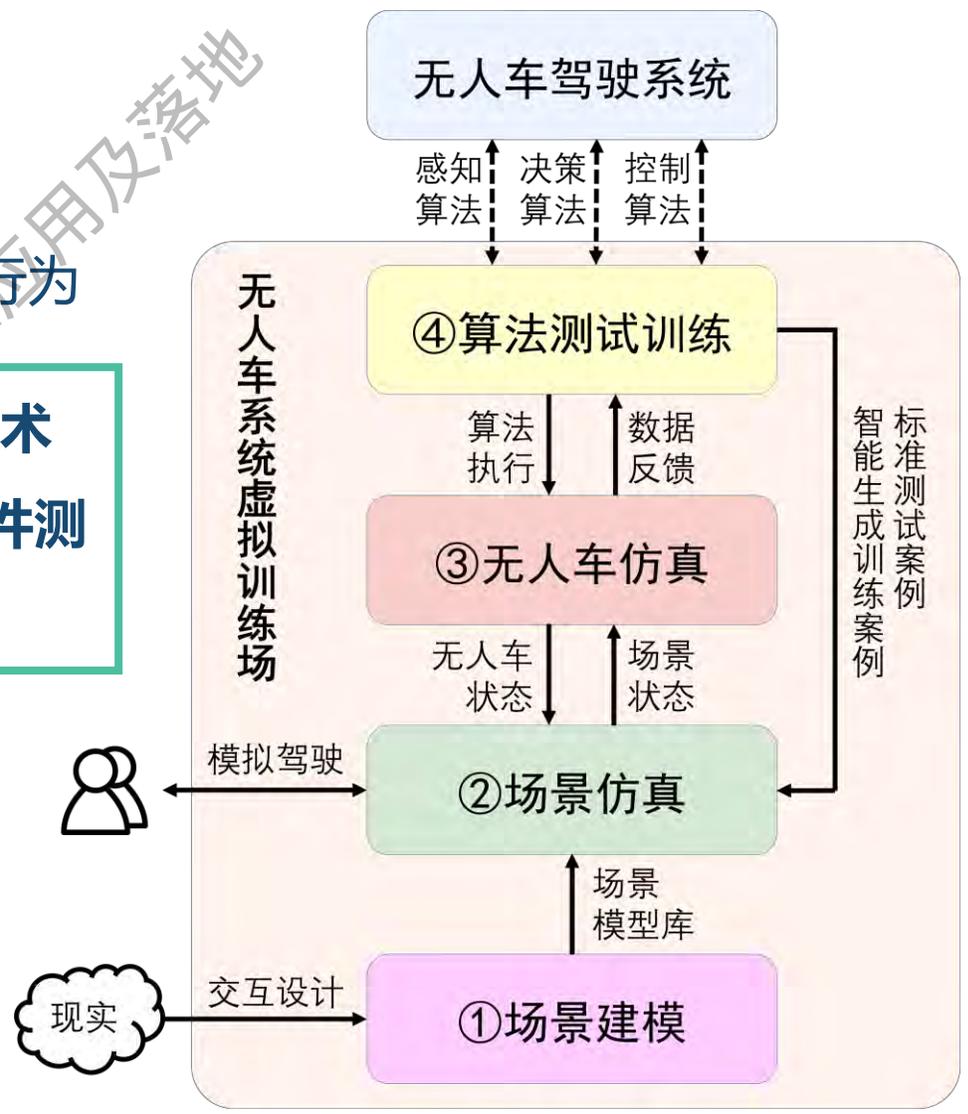
无人车研发离不开海量测试  
 路测效率低、成本高  
 长尾问题遍布于零碎的场景、极端情况和非常规人类行为

## 核心

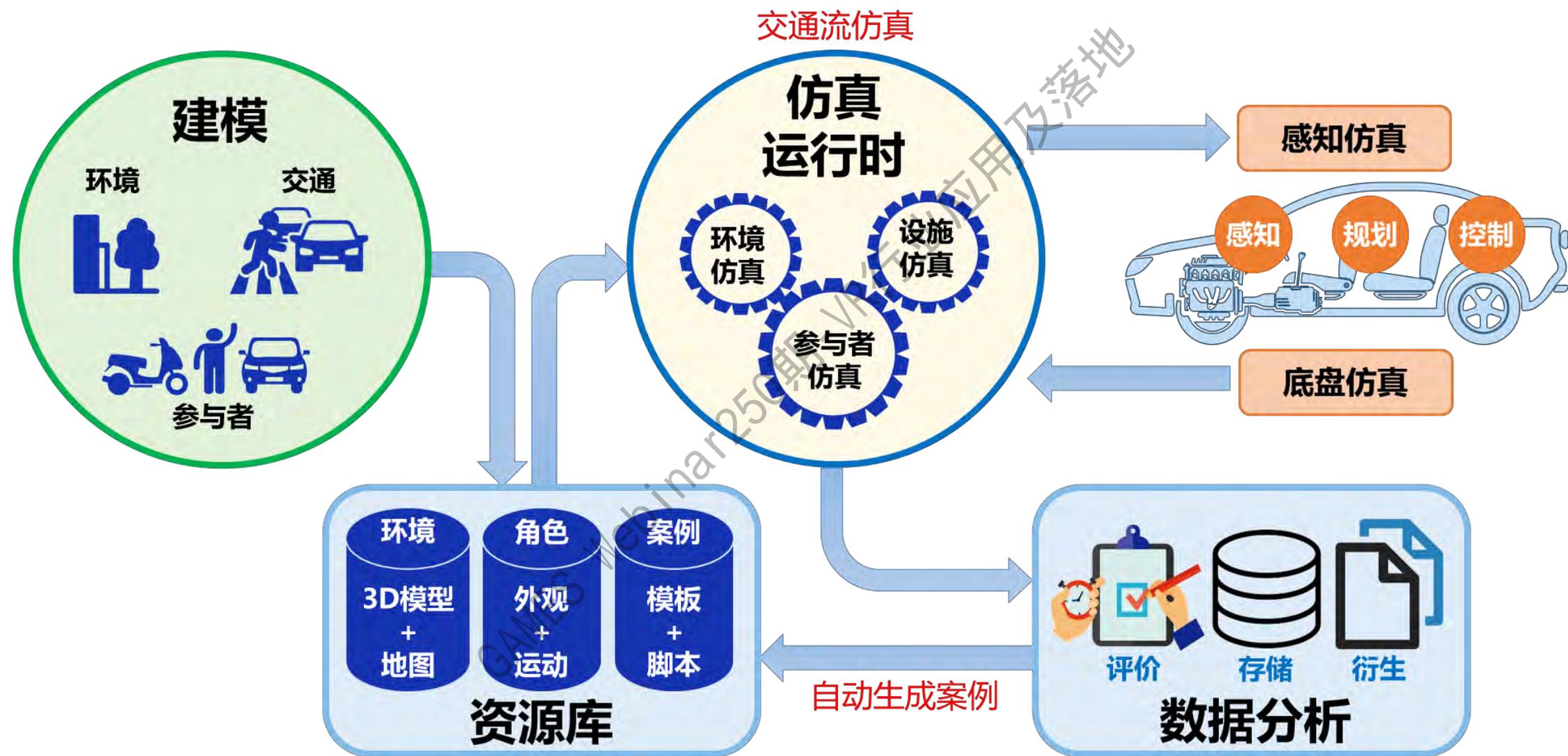
在数字空间中仿真现实交通场景，通过**孪生 + 衍生技术**为无人车营造**临界高危场景**，大幅提升无人车驾驶软件测试与训练的效率

## 目标

- 开放性的虚拟测试平台
- 高效能的虚拟训练平台
- 对接汽车相关行业机构
- 逐步形成测试标准和训练结果考核标准



# 虚拟仿真总体框架



# 目录

一、应用背景

**二、建模技术**

三、渲染技术

四、交互与系统

五、应用实例

GAMES Webinar 250期 - VR行业应用及落地

## 静态模型+动态行为

道路+环境



房屋



交通设施



场景建模



车辆建模

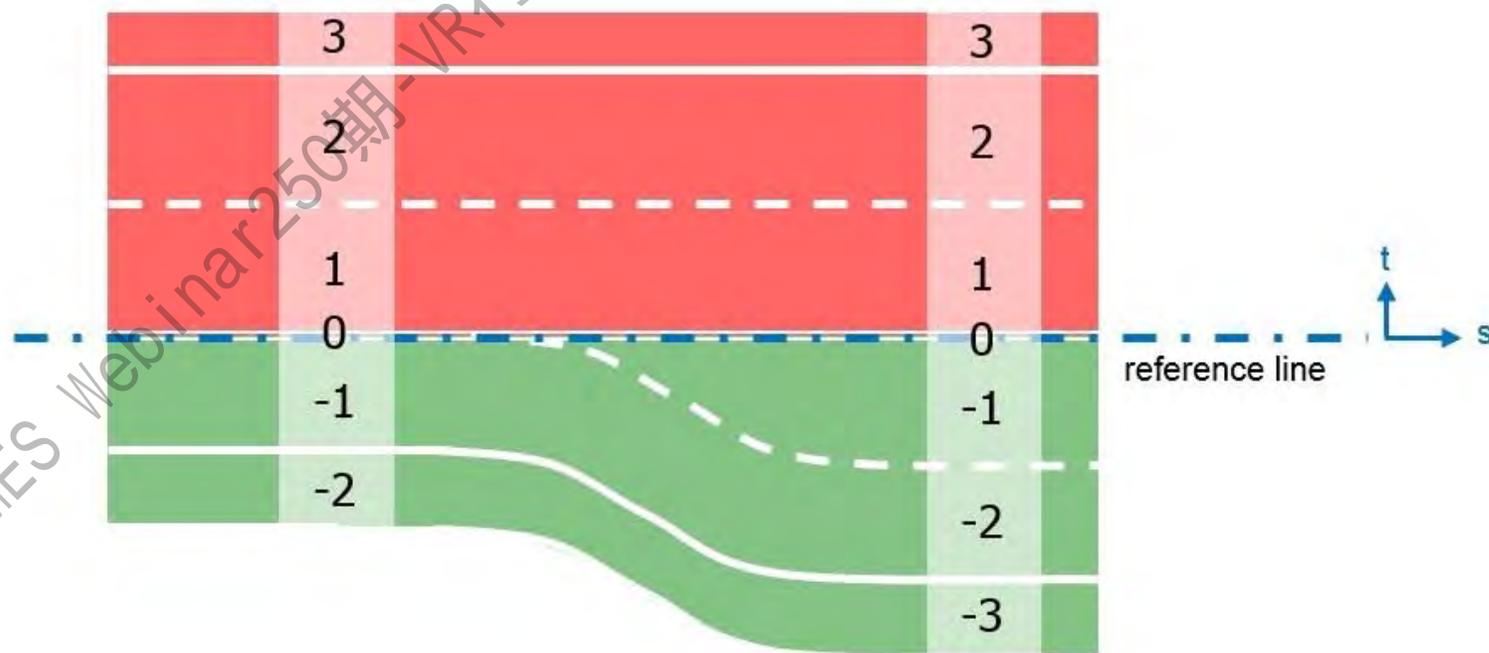


人物建模

## ▶ 静态建模-场景建模-道路

- OpenDRIVE® 标准定义了一种精确解析描述道路网络的文件格式，包括道路的几何描述以及逻辑属性
- 2006年德国VIRES公司制定推广，广泛用于道路描述

- 中心线描述法
- ST坐标
- 车道描述
- 边界描述



# ▶ 静态建模-场景建模-自定义道路

## 交互式简易道路建模工具（蓝图工具）

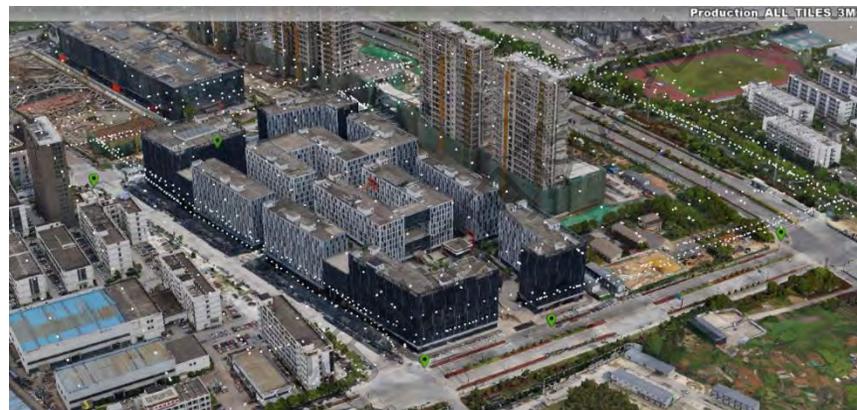
- Blender开发
- 多线段/曲线
- 多车道编辑
- 随路摆放
- xodr输出



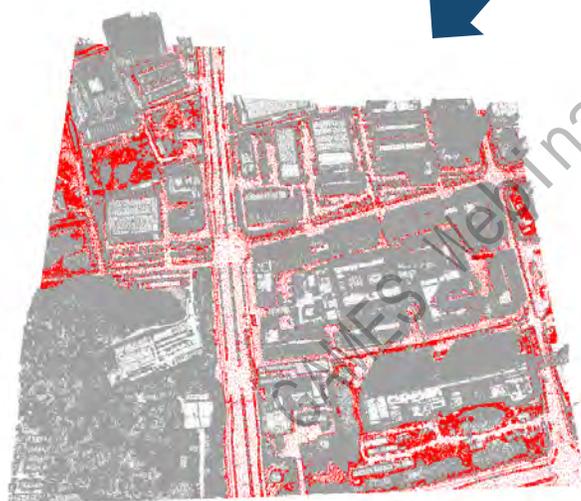
# ▶ 静态建模-场景建模-孪生道路



无人机航拍



空三重建

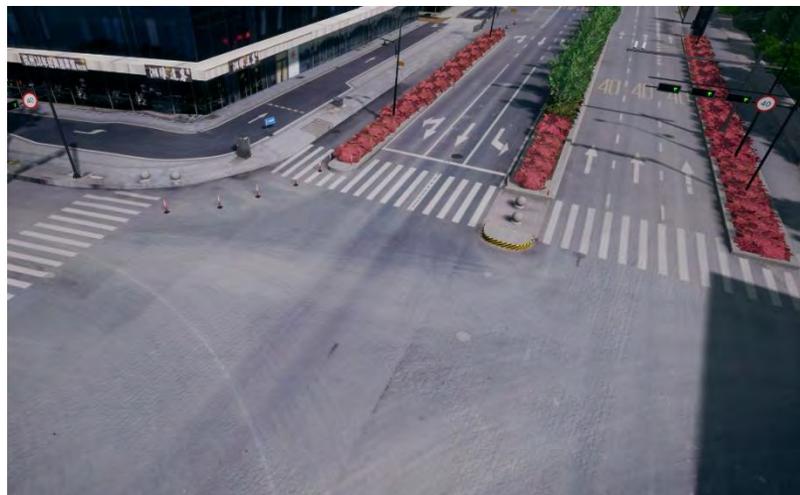


平面拟合



道路提取

# ▶ 道路修复



基于交通语义的物体替换



静态背景高保真提取合成

## ● 主要思路

不计入前景物体



博园路与墨玉北路交叉口东进口

采用灰度值聚类滤去较暗点集

# ▶ 静态建模-场景建模



# ▶ 静态建模-场景建模-建筑

- 实时仿真密切关注模型复杂度，建筑尽量简化（简模+贴图）
- 车辆往往只关注路面变化



# ▶ 静态建模-场景建模-植被

- 植物资源库建设
- 多层次植被

### 树木单体层级变化



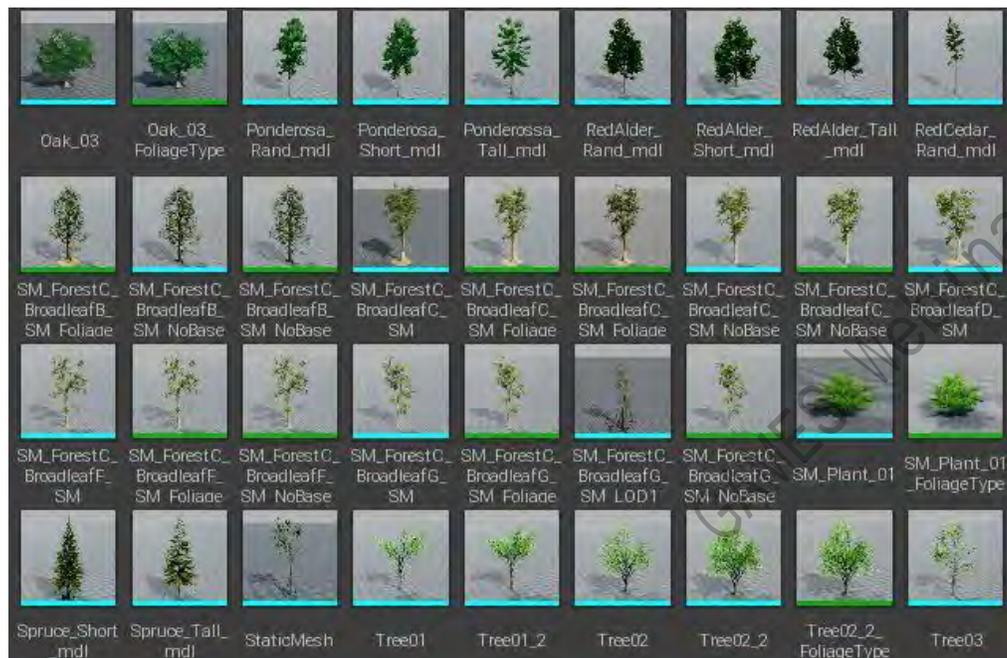
LOD1



LOD2



LOD3



树

灌木

多层次植被

苔藓

# ▶ 静态建模-场景建模-交通设施

## • 资源库建设

车辆  
Vehicle



障碍物  
Obstacle



道路  
Road



交通小品  
TafficObject



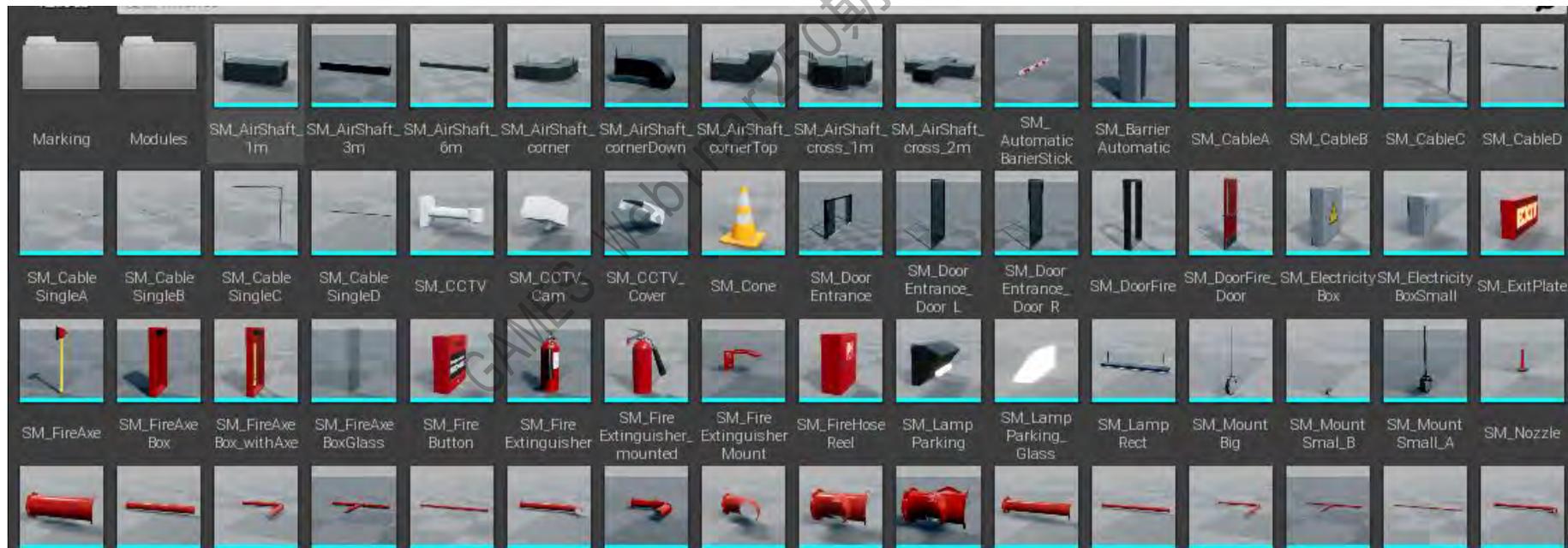
特效  
Effect



交通静态小品  
Scape



行人  
Performer



## ▶ 静态建模-车辆建模

- 骨骼绑定：轮胎、车门、雨刮
- 独立材质：车身、车窗、车灯、车轮、后视镜



现有车辆49辆



车辆骨骼绑定

# ▶ 静态建模-人物建模

## • 人脸重建工具



现实人脸



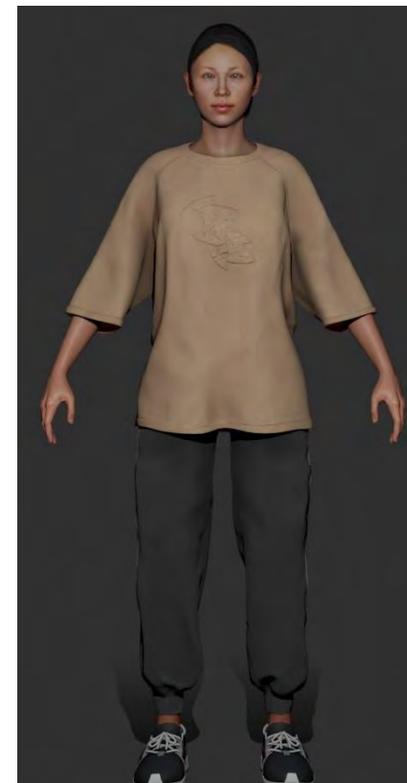
根据GAN生成新脸型



根据照片生成人物模型



NomalMap\Roughness\AAA\  
Color贴图叠加



角色身体建模

# ▶ 静态建模-人物建模

## • 人物配置工具



人物角色配置UI界面

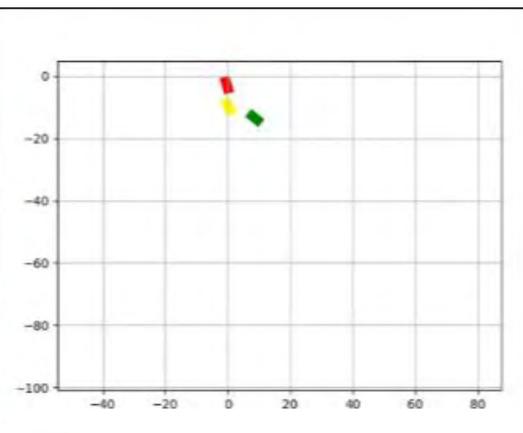


# ▶ 动态建模-车辆轨迹



软著：基于路口监控视频的三维轨迹恢复软件

专利：一种用于ReID的神经网络构造方法及其训练方法



软著：基于车载监控的三维轨迹恢复软件

专利：一种基于点云和图像数据的三维目标检测系统和方法

# ▶ 动态建模-行人姿态



# 目录

- 一、应用背景
- 二、建模技术
- 三、渲染技术**
- 四、交互与系统
- 五、应用实例

GAMES Webinar 250期 - VR行业应用及落地

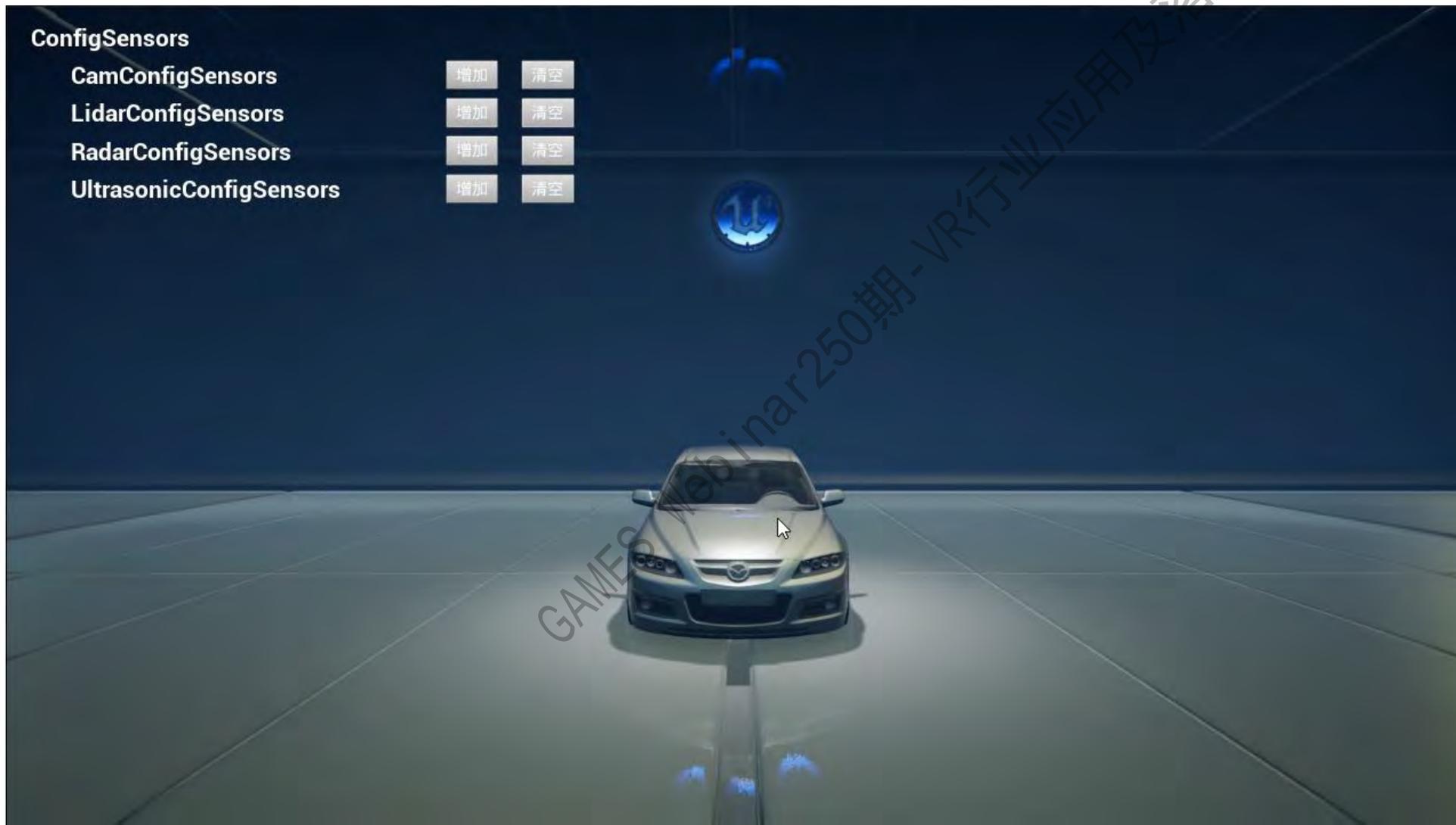
## ▶ 渲染技术-总括

- 传感器
- 天气效果
- 其他物体
- AI方法

GAMES Webinar250期-VR行业应用及落地

# 渲染-传感器输出

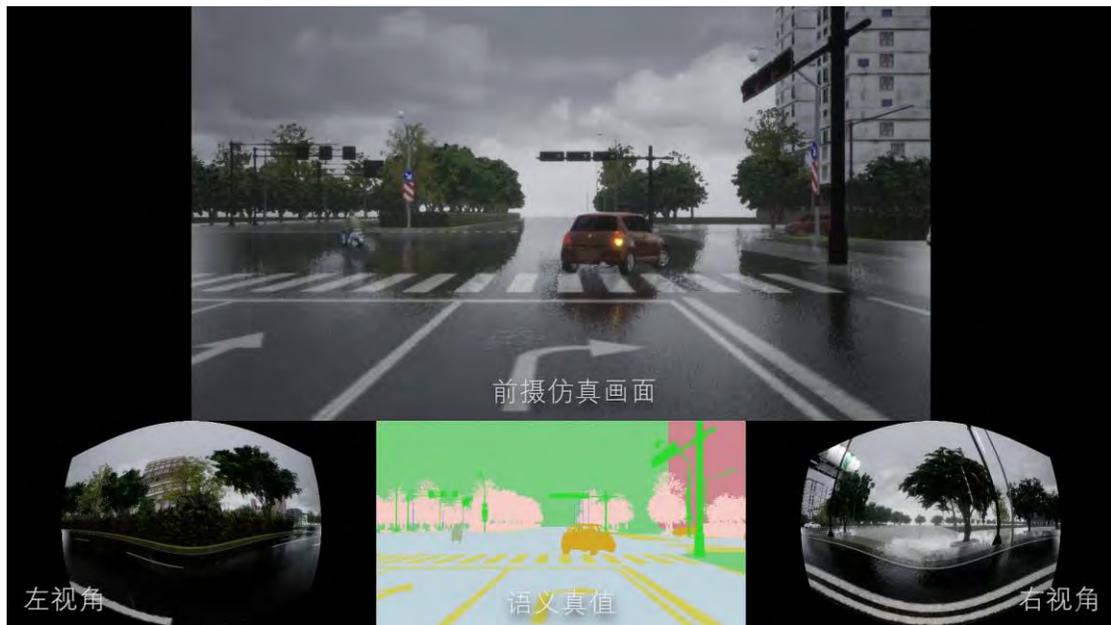
## • 传感器摆放



### 已支持功能

- 四种传感器配置
- 添加与删除
- 实时摆放显示
- 导出配置文件

# 渲染-传感器输出-相机



多摄像机仿真与语义真值

## 3. 图像颜色转换 (RGB颜色响应)



前



后

## 针孔相机模型

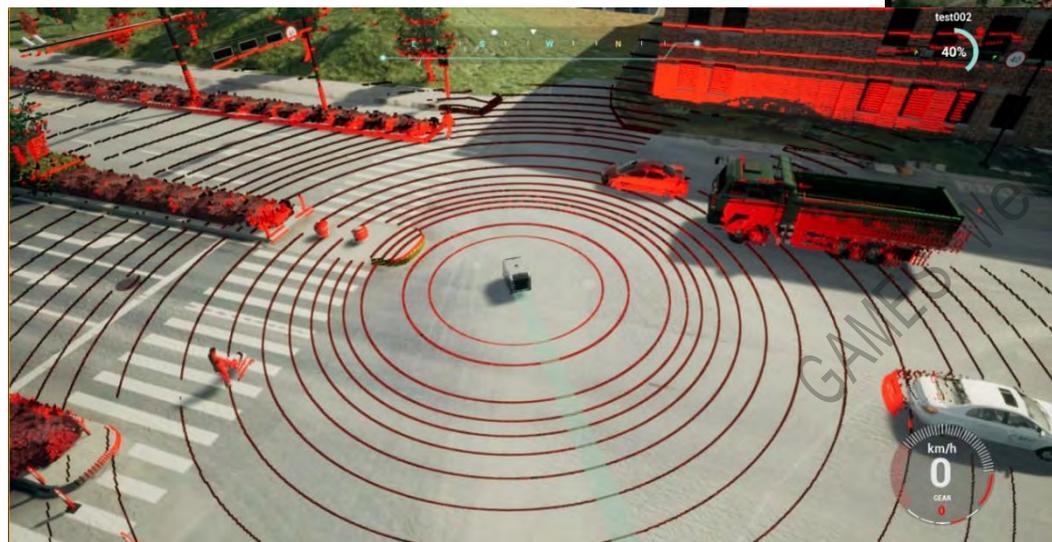
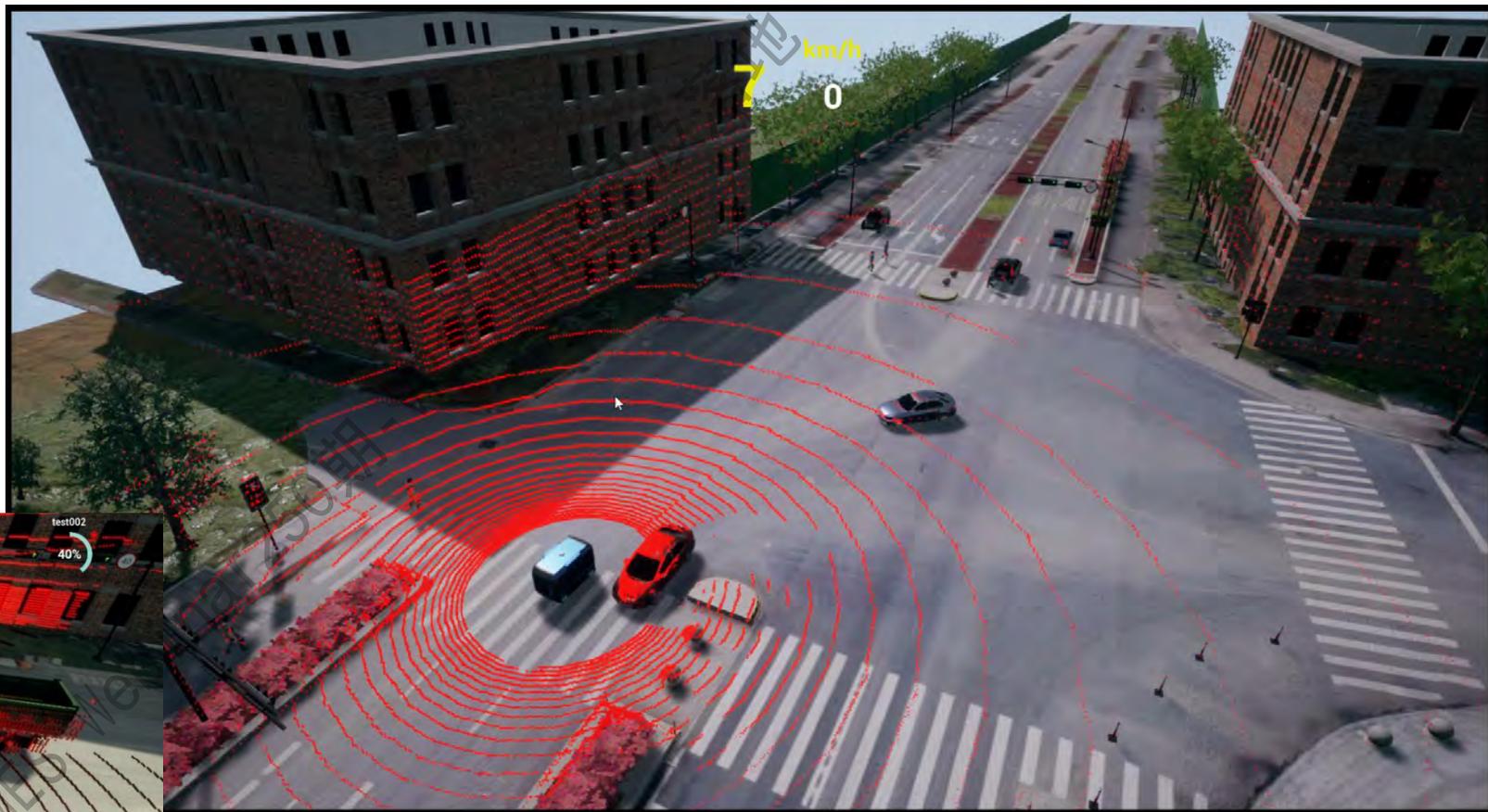
1. 噪声  
白噪声  
波状横纹  
线状横纹  
横向扭曲
2. 图像畸变



# ► 渲染-传感器输出-激光雷达

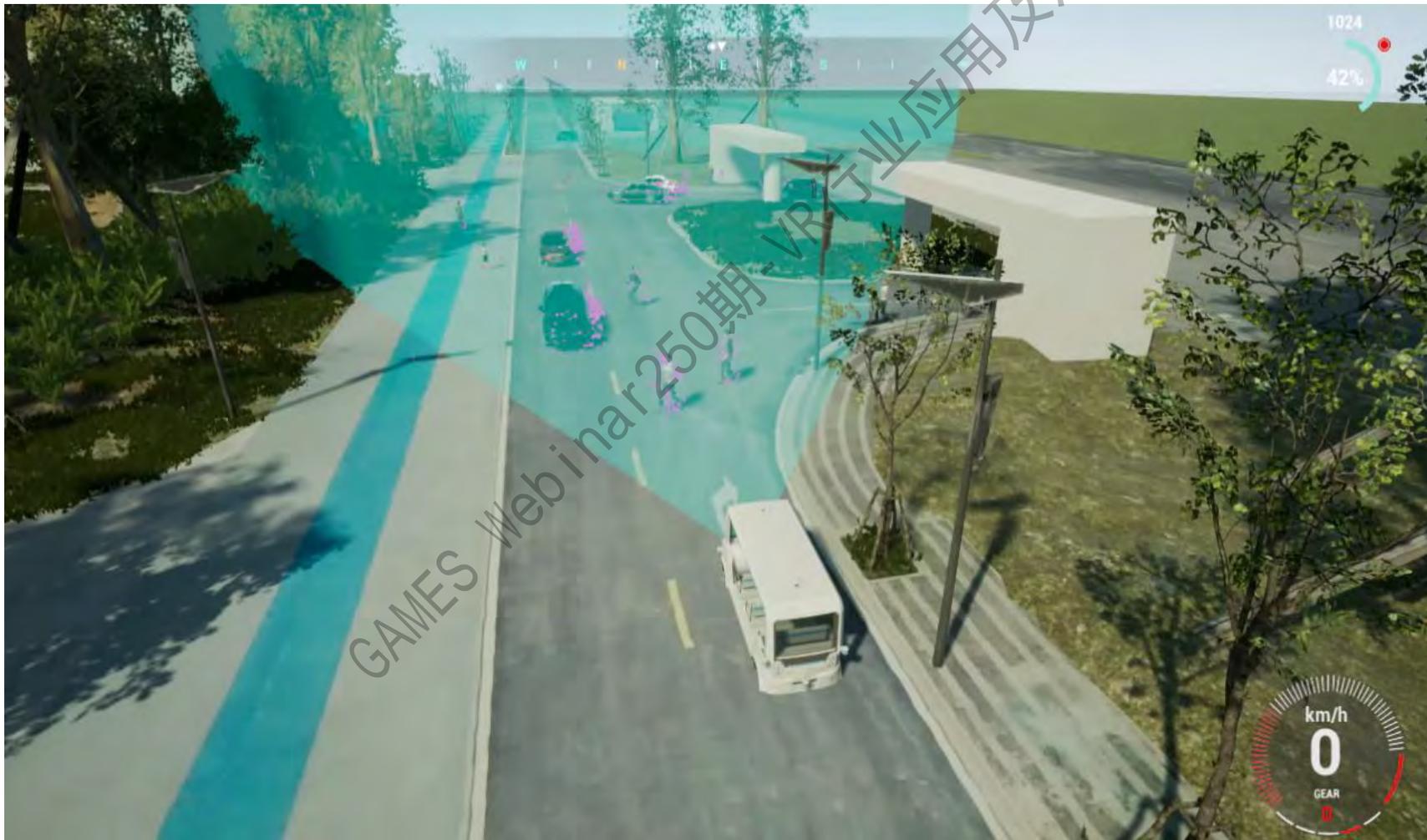
专利：一种考虑速度因素的激光雷达测距的快速数值仿真方法

完全基于机械扫描式原理  
实现相对运动效果仿真



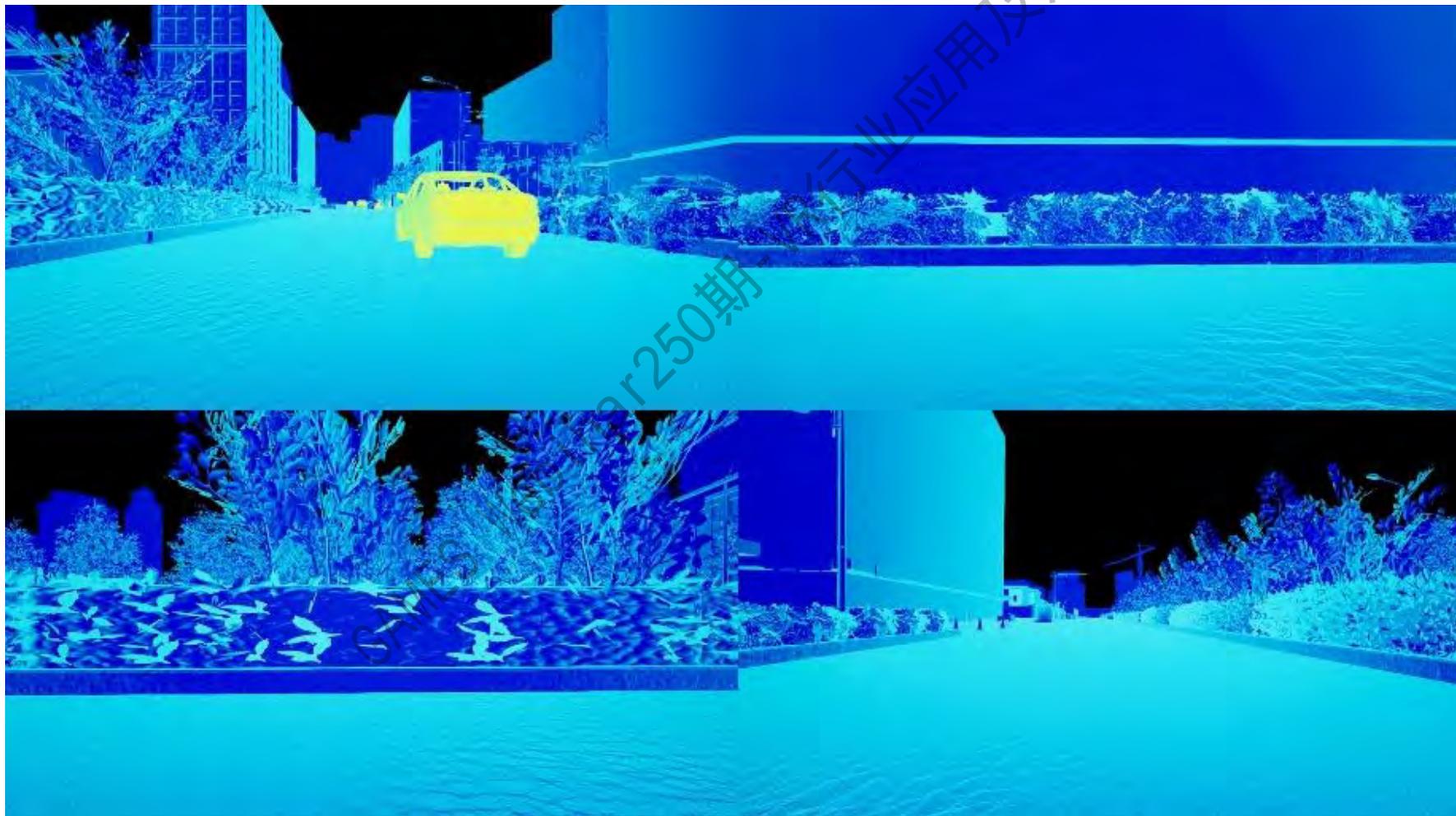
# ▶ 渲染-传感器输出-毫米波

- 基于目标包围盒和空间划分的先验概率仿真



## ► 渲染-传感器输出-红外

- 预设温度，根据物体表面法向方向求取损耗



# ▶ 渲染-传感器输出-效率

## 摄像机\*15 + 激光雷达\*3 (单机单卡3090)

- 仿真延时小于100ms
- 仿真频率稳定在10hz
- 基于真实内外参和畸变参数的摄像机仿真
- 考虑速度补偿的激光雷达仿真



# 渲染-天气效果



24小时光照模拟



雾天模拟



路灯

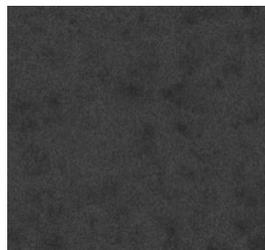


车灯



# ▶ 渲染-天气效果-雨-路面

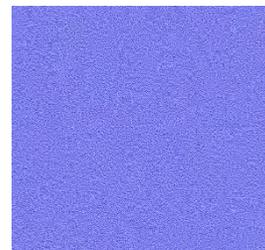
## • 水花效果



基础色纹理



粗糙度纹理



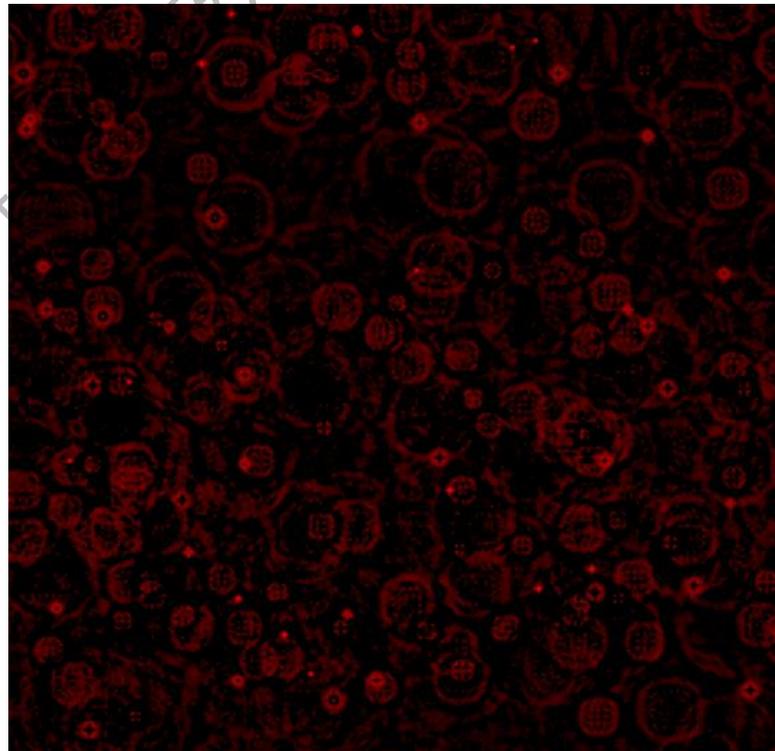
法向纹理



环境光遮罩纹理



水纹

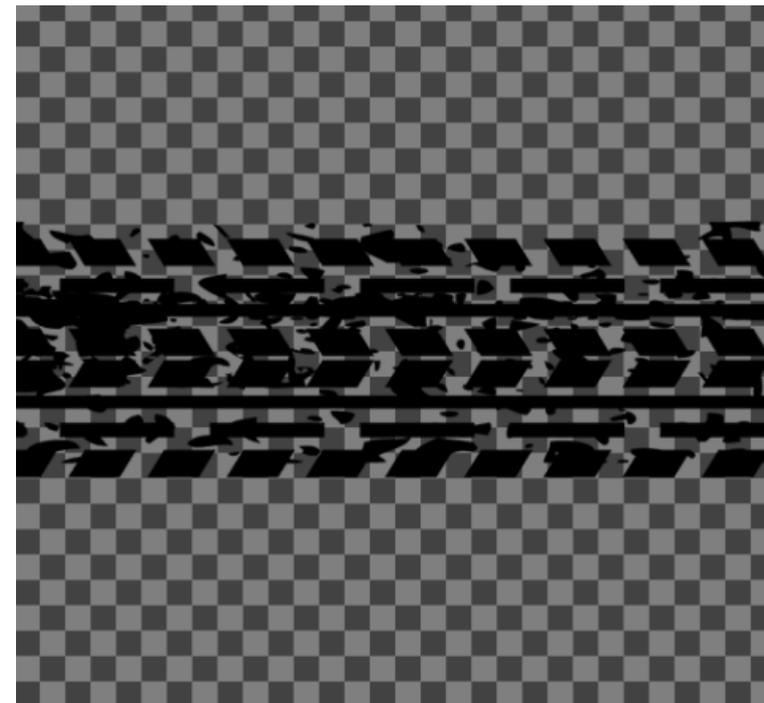


动态噪点纹理

混入法向纹理

# ► 渲染-天气效果-雨-车辙

- UE4:USplineComponent+USplineMeshComponent



Plane Mesh

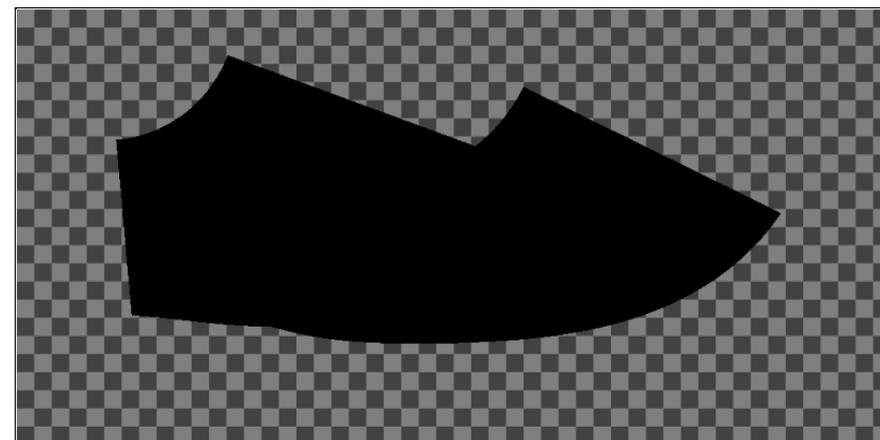
## ▶ 渲染-天气效果-雨-水花

- UE4 Cascade粒子系统 (GPU粒子) + LOD



## ► 渲染-天气效果-雨-车辆

- 雨滴效果——滴落材质+滑落材质
- 雨刮效果——遮罩alpha



# ▶ 渲染-其他物体-灯类



# ▶ 渲染-AI方法

## • 后处理-GAN

\* Richter, Stephan R., Hassan Abu Al Haija, and Vladlen Koltun. "Enhancing photorealism enhancement." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (2022).



# 目录

一、应用背景

二、建模技术

三、渲染技术

**四、交互与系统**

五、应用实例

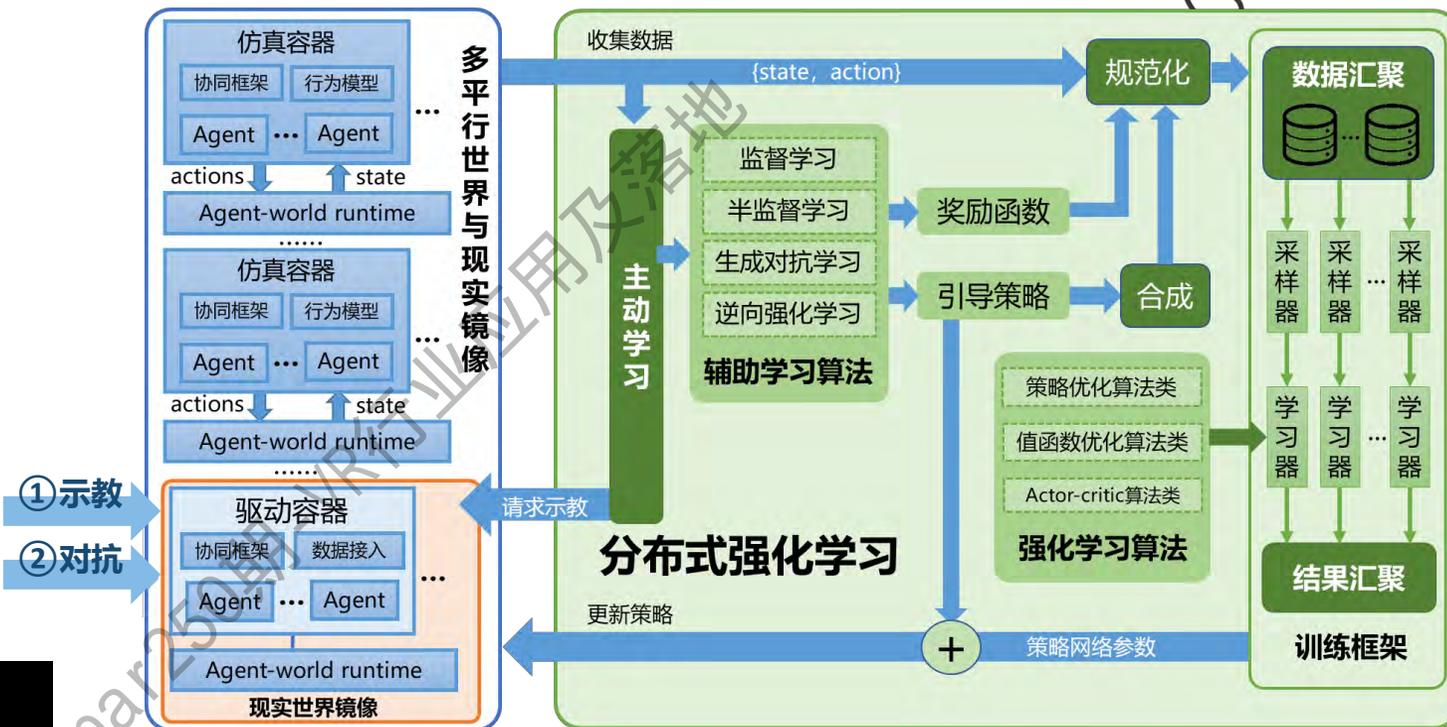
GAMES Webinar 250期 - VR行业应用及落地

# 交互技术

## 驾驶模拟-强化学习



极端的环境 高危的场景

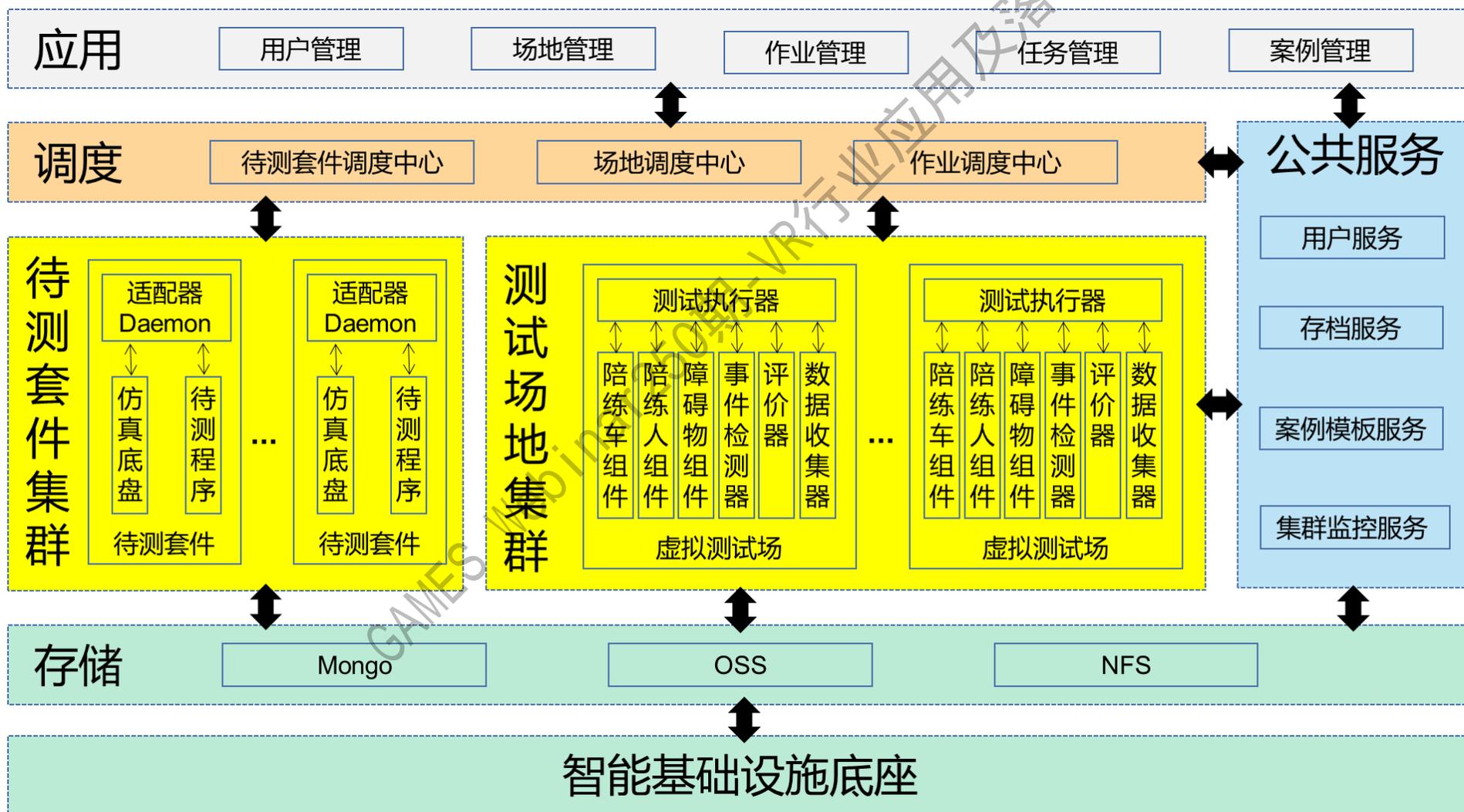


130辆车对抗训练,  
50辆被测车, 80辆  
陪练车



# ▶ 并行系统

## • 云原生架构

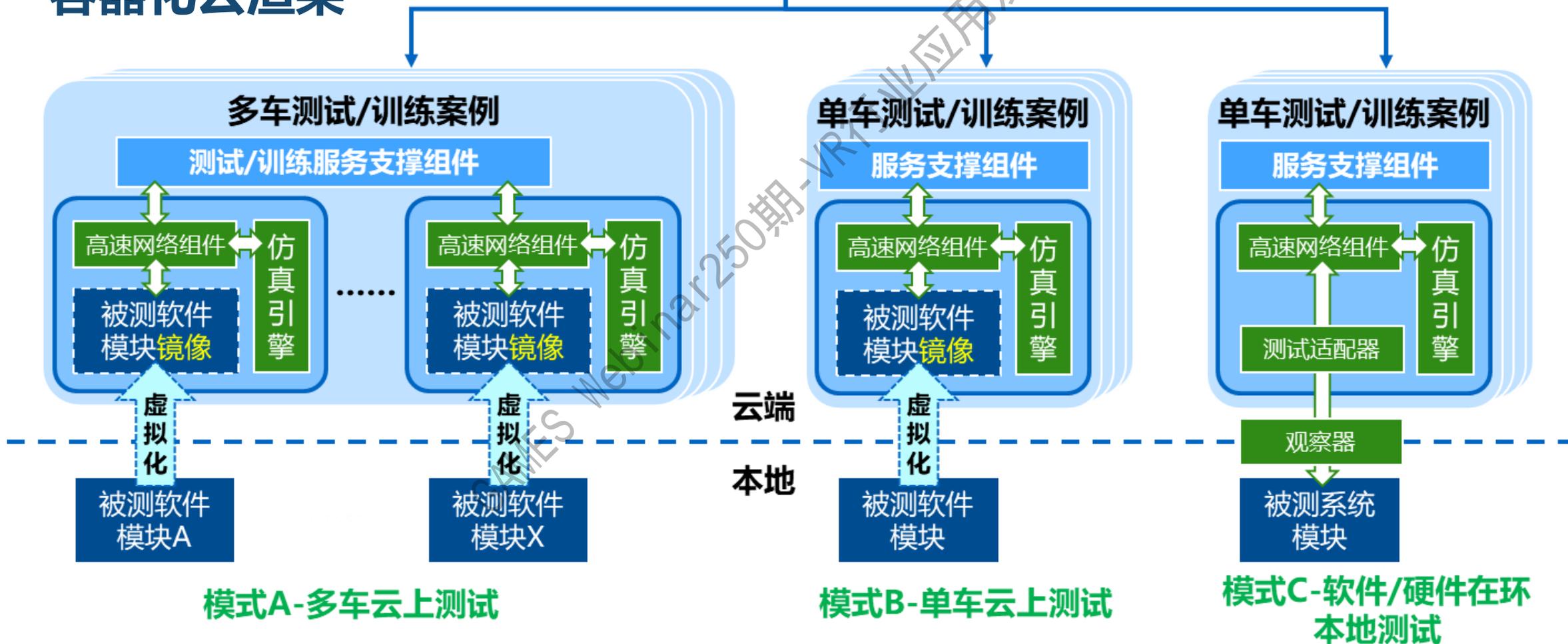


# ▶ 并行系统

- 云原生架构
- 容器化云渲染

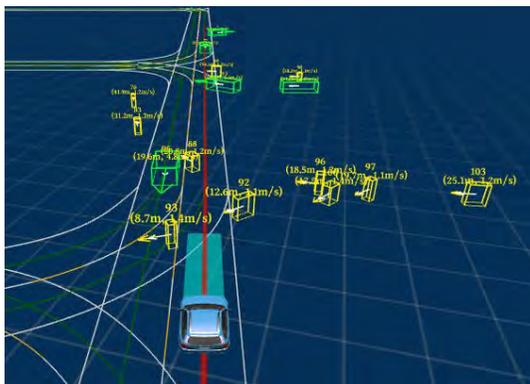
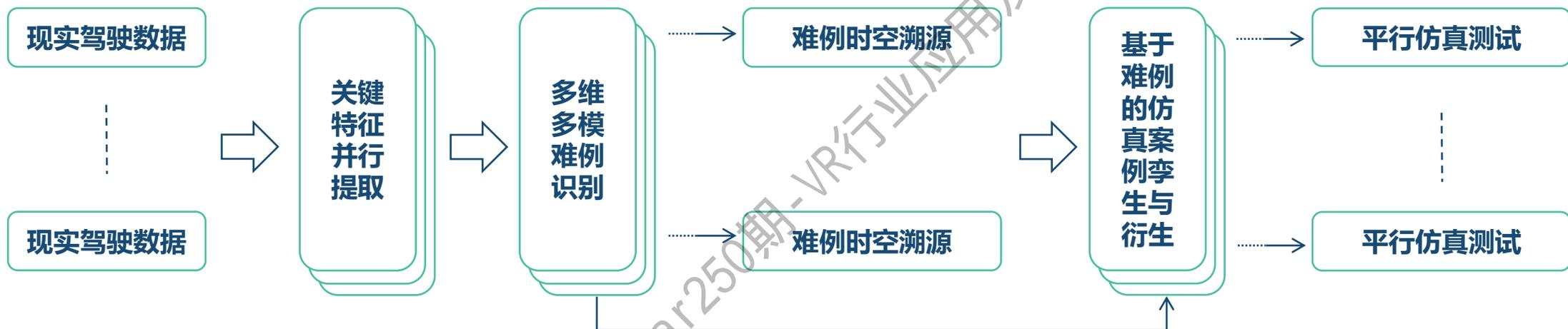
## 大规模测试案例任务

智能化调度分配



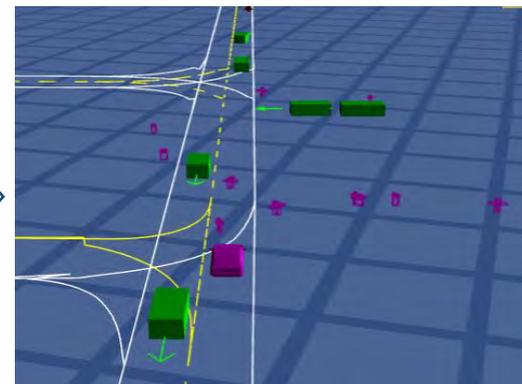
# ▶ 其他相关技术

## • 现实案例快速复现



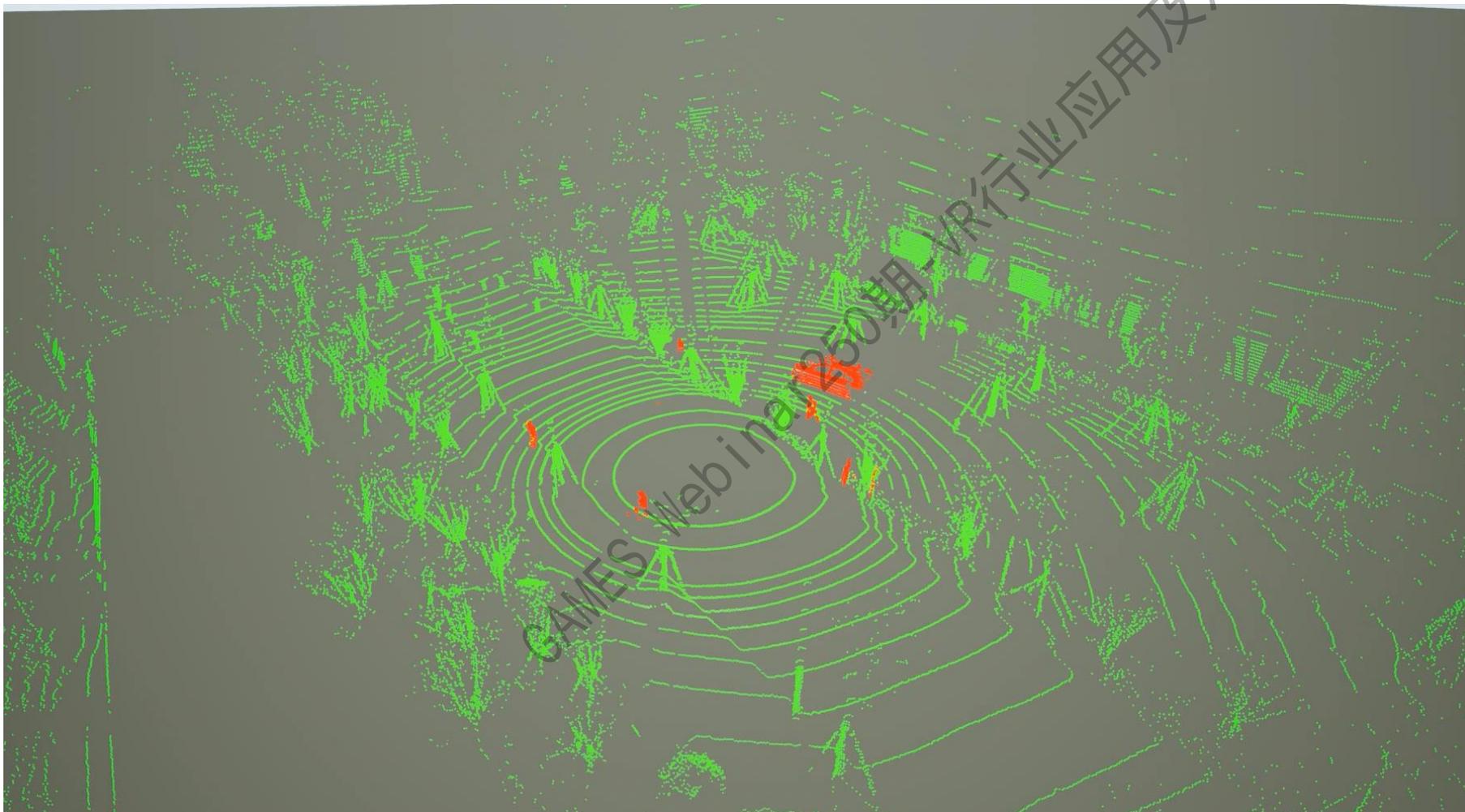
数据起止时间	途经点	备注
2022-10-19 15:01:34 2022-10-19 15:01:51	15:01:34.288 主楼_1	{'classes': ['6': 1, '1': 1, '14': 1, '3': 6]}
2022-10-19 14:59:07 2022-10-19 14:59:17	14:59:07.698 7号楼北_2 14:59:12.436 7号楼北_2(正东方向) 14:59:12.473 7号楼北_2(东北方向)	{'classes': ['3': 5]}
2022-10-19 14:58:50 2022-10-19 14:59:07	14:58:50.13 7号楼北_2	{'classes': ['3': 5]}
2022-10-19 14:58:32 2022-10-19 14:58:50	14:58:32.498 7号楼北_2	{'classes': ['3': 9]}

难例来源	难例类型	难例发生时间
控制	数据值范围异常	2022-10-19 14:45:15
控制	数据值范围异常	2022-10-19 14:45:12
底盘	人工接管	2022-10-19 14:45:05
感知	感知目标跳变	2022-10-19 14:45:14
感知	感知目标跳变	2022-10-19 14:45:11



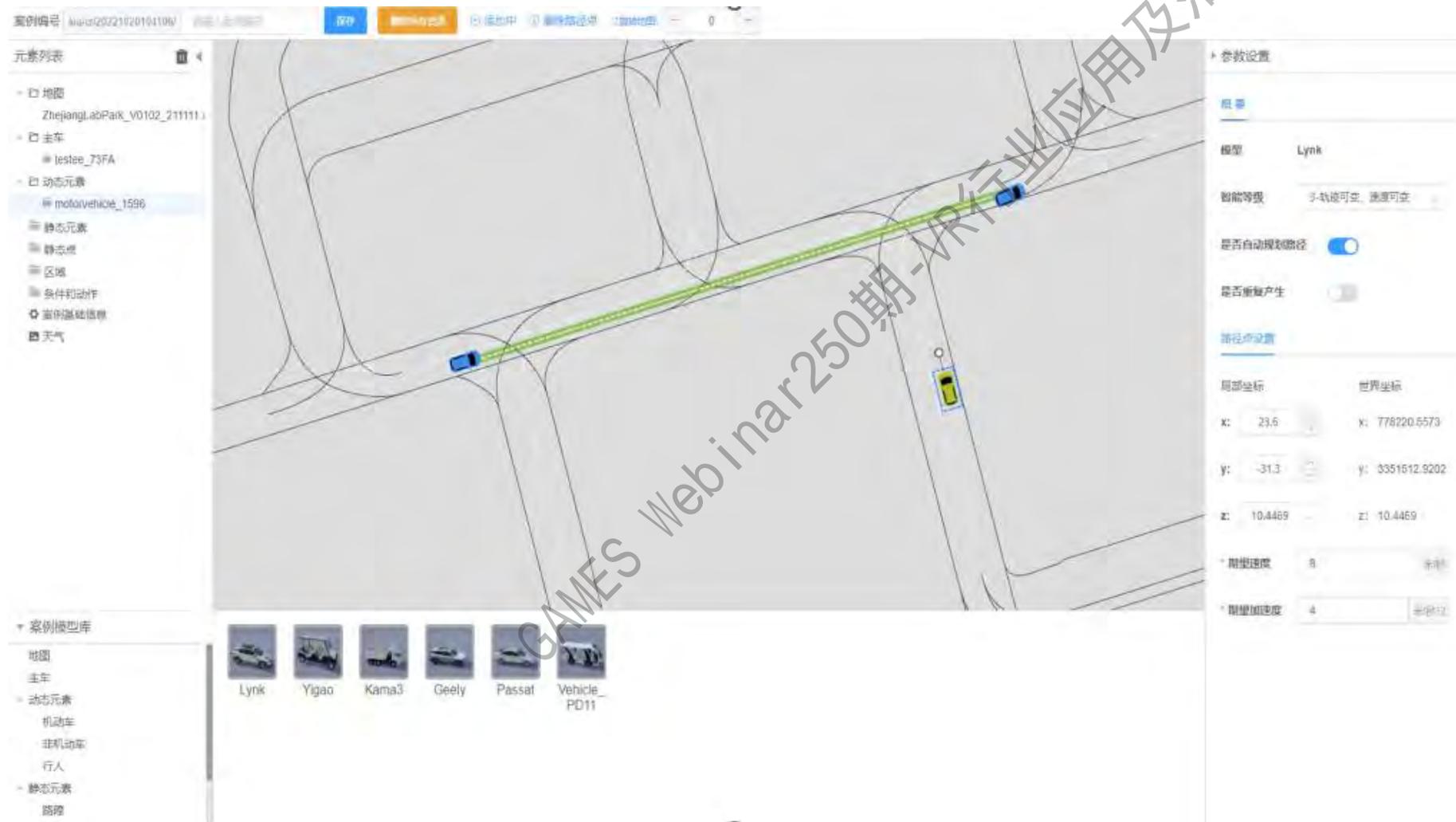
## ▶ 其他相关技术

### • 虚实点云融合



# ▶ 其他相关技术

## • 案例快速编辑



# 目录

- 一、应用背景
- 二、建模技术
- 三、渲染技术
- 四、交互与系统
- 五、应用实例**

GAMES Webinar250期-VR行业应用及落地

# ▶ 相关应用情况——平台初次发布

## 智能驾驶虚拟仿真与测试平台

2020.9.2 “智能科学与技术”系列成果发布会

**之江实验室**  
ZHEJIANG LAB

**之江实验室**  
智能科学与技术系列成果发布会  
ZHEJIANG LAB'S PRESS CONFERENCE ON RECENT DEVELOPMENTS  
IN INTELLIGENT SCIENCE AND TECHNOLOGY

2020.9 中国·杭州

**平台架构**  
Platform Structure

**建模**  
环境 交通 参与者

**仿真运行时**  
环境仿真 设施仿真 参与者仿真

**感知仿真**  
感知 规划 控制

**底盘仿真**

**资源库**  
环境 3D模型 + 地图  
角色 外观 + 运动  
案例 模板 + 脚本

# ▶ 相关应用情况——AI大赛

## 2020之江杯人工智能大赛：无人车安全驾驶仿真赛



- 冠军：北邮ANT
- 亚军：清华CSTG
- 季军：中国计量大学

赛题摘选

# ▶ 相关应用情况——互联网大会

## 入选乌镇“互联网科技成果”展示馆“智慧城市-智慧出行”系列展项



# ▶ 相关应用情况——AI研究院

## 南京新一代AI研究院-江苏省人工智能产业公共技术服务平台：平台入驻



# ▶ 相关应用情况——智慧高速



# ▶ 相关应用情况——自动驾驶研发



# ▶ 相关应用情况——园区接驳服务



## 仿真平台主页



[vts.zhejianglab.com](https://vts.zhejianglab.com)

## 中心招聘链接



联系方式: [rickyskyxie@zhejianglab.com](mailto:rickyskyxie@zhejianglab.com)

谢谢

