

# 基于虚幻引擎UE5的汽车造型虚拟评审系统

张晓蕾 庄翠萍 谢耀仪

(一汽-大众汽车有限公司, 长春 130013)

【欢迎引用】 张晓蕾, 庄翠萍, 谢耀仪. 基于虚幻引擎UE5的汽车造型虚拟评审系统[J]. 汽车文摘, 2023(6): 50-56.

【Cite this paper】 ZHANG X L, ZHUANG C P, XIE Y Y. Virtual Automotive Design Review System Based on Unreal Engine UE5 [J]. Automotive Digest (Chinese), 2023(6): 50-56.

【摘要】阐述了虚拟数据评审(DVR)对汽车造型研发的重要性以及目前广泛应用的阴影预烘焙渲染技术存在的缺点。阐述了实时渲染游戏引擎UE5用于汽车虚拟评审的优势,包括更好的可视化效果、更高的可定制性和丰富的多平台支持,同时通过帕加尼汽车、宝马集团和The Mill对虚幻引擎使用的成功案例分析,论证虚幻引擎UE5用于汽车造型虚拟评审的可行性。最后结合多年汽车虚拟评审经验,分析了开发汽车造型虚拟评审系统需要考虑的因素,并利用UE5蓝图编程系统搭建了汽车造型评审用户界面(UI)及相关辅助功能,最后为了让汽车虚拟评审系统达到最大使用价值,利用虚幻引擎像素流技术搭建了在线评审登录界面,实现让评审专家通过手机或者电脑网页登录评审系统,随时评审造型数据方案,提高数据评审效率。

关键词: 实时渲染; 数据虚拟评审; 虚幻引擎; 蓝图系统

中图分类号: U462.1 文献标识码: A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20230110

## Virtual Automotive Design Review System Based on Unreal Engine UE5

Zhang Xiaolei, Zhuang Cuiping, Xie Yaoyi

(FAW-Volkswagen Automotive Co., LTD., Changchun 130013)

【Abstract】 This paper elaborates the importance of Data Virtual Review (DVR) in the research and development of automotive design, as well as the drawbacks of the widely applied shadow pre-baked rendering technology. The advantages of real-time rendering game engine UE5 utilized for automotive design DVR are elaborated, including better visualization effects, higher customization and rich multi-platform support. This paper also presents successful cases of applying Unreal Engine (UE) in automotive design DVR by Pagani, BMW Group and The Mill automotive advertiser, concluding the feasibility of using UE5 for automotive design DVR. Finally, based on years of experience in automotive virtual review, the factors that need to be considered are analyzed when developing a VR system for automotive styling review. UE5 blueprint system is applied to build User Interface (UI) and related functions assisted for automotive styling review, and pixel streaming technology is also utilized in UE to build an online review login interface, enabling reviewers to view automotive design data through mobile phones or computer websites at any time, thereby improving data review efficiency.

**Key words: Real-Time rendering, Data Virtual Review (VR), Unreal Engine (UE), Blueprint system**

### 缩略语

GPU	Graphics Processing Unit
VR	Virtual Reality
UI	User Interface
DVR	Data Virtual Review
HMI	Human Machine Interface

AR	Augmented Reality
PC	Personal Computer
UE5	Unreal Engine 5

### 0 引言

汽车是人类社会中最重要交通工具之一。随着社会的发展,人们对于汽车的要求也越来越高。

汽车外观设计是吸引消费者注意力的重要因素之一,因此,汽车制造企业需要投入大量研发资源来进行汽车造型的设计和评估。然而,传统汽车造型油泥模型评审存在着效率低、研发成本高的问题,针对这些问题,虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术应运而生,并且被广泛应用于汽车制造行业<sup>[1]</sup>。

本文开发一套全新的汽车虚拟数据评审系统,既彻底摆脱传统阴影预烘焙渲染技术,实时提供高度现实逼真的动态评审画质,又具备数据处理灵活、评审流程完整的功能,大幅度提高汽车造型虚拟数据评审效率与质量,并已经逐步应用于新产品造型评审。

## 1 阴影预烘焙渲染技术

汽车造型设计3D可视化数据评审依托阴影预烘焙渲染技术<sup>[2]</sup>,可以保证较高的虚拟评审交互流畅度。然而,阴影预烘焙渲染技术需要设计师提前花费大量时间计算虚拟场景内的灯光信息,并以贴图的方式叠加到三维模型上,给评审专家一种视觉上的真实感。和光线追踪实时渲染技术相比<sup>[3]</sup>,阴影预烘焙渲染技术存在如下缺点。

(1)阴影烘焙渲染在每次更新数据后需要重新计算灯光信息,而造型研发过程中数据迭代频繁,不断重复计算需占用大量人力及时间资源。

(2)阴影烘焙渲染只适用于静态场景,对于动态场景需要进行实时渲染,因此阴影预烘焙渲染技术难以应对动态场景。

(3)相对于实时渲染来说,阴影烘焙渲染真实度较低,难以达到高度真实的效果。

目前,虚拟技术广泛应用在全生命周期汽车产品和制造流程中(图1),可以实现快速对设计方案进行修改和调整。在汽车产业不断缩短研发周期,快速实现产品迭代的大背景下,阴影烘焙渲染对提高研发效率和提升渲染质量方面,无法满足汽车产品和制造全生命周期虚拟性能开发和提升市场竞争力的要求。

此外,随着元宇宙<sup>[4]</sup>时代的到来,汽车造型虚拟评审的要求也会越来越高。未来,阴影预烘焙渲染技术将无法满足不同汽车产品和制造全生命周期高效、高质量虚拟性能开发需求。

## 2 虚幻引擎介绍

虚幻引擎(UE5)是一款由Epic Games公司开发的游戏引擎<sup>[5]</sup>,用于创建各种类型游戏、虚拟现实(Virtu-

al Reality, VR)和增强现实(Augmented Reality, AR)应用程序,以及用于影视和建筑可视化。

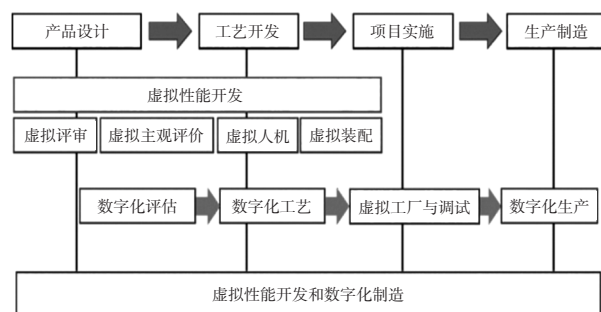


图1 虚拟技术在产品开发中的应用<sup>[1]</sup>

虚幻引擎提供了一套强大的工具和编辑器,使开发人员可以创建高品质图形和物理效果,获得更好的交互性和沉浸式游戏体验,支持多个平台,包括PC、主机游戏机、移动设备和虚拟现实头戴设备。虚幻引擎还具有开放性,使开发人员能够自定义功能和扩展引擎功能,以满足特定项目需要。最近几年,虚幻引擎也逐渐被运用到汽车行业不同的细分领域(图2)。

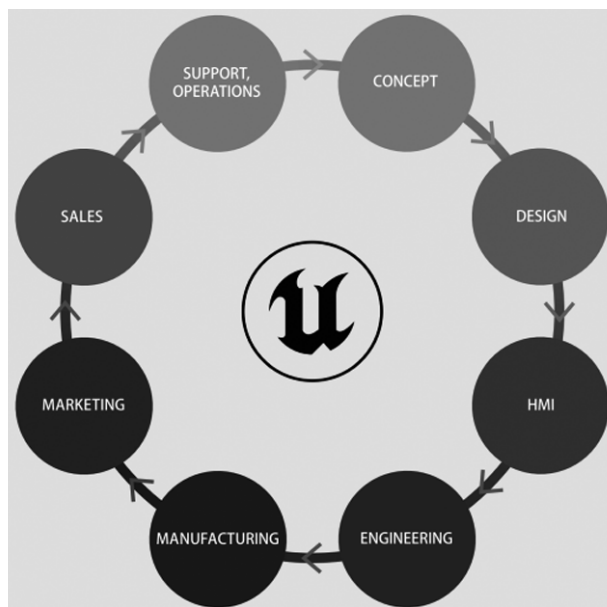


图2 虚幻引擎在汽车行业应用<sup>[6]</sup>

### 2.1 UE5汽车评审优势

#### (1)更好的可视化效果

首先,UE5凭借其先进的Lumen全局光照算法<sup>[7]</sup>,使得企业无需为图像处理单元(Graphics Processing Unit, GPU)串联工作站投入巨资,便可运行实时光线追踪技术,彻底摆脱传统的阴影预烘焙渲染技术,动态计算全局光照,模拟光线在场景中的传播和反射,从而实现更加真实的光影效果。其次,UE5支持一种

全新技术 Nanite<sup>[8]</sup>。Nanite 可以同时渲染拥有数十亿个三角面<sup>[8]</sup>的高精度模型,并且不会影响渲染速度和性能,这项技术能力是其它离线渲染软件远远无法比拟的,高精度模型保证了超高质量细节,对于提高汽车造型评审真实度至关重要。

### (2)更高的可定制性

UE5 作为一款强大的游戏开发引擎,具有高度的可定制性<sup>[9]</sup>。通过独特的蓝图编程系统,汽车设计师可快速创建自定义汽车造型评审用户界面(User Interface, UI)和逻辑功能与造型评审流程。同时,C++蓝图系统类似于流程图的图形化界面,使用简单,使得造型设计师可以更直观地设计和修改评审交互逻辑,从而实现提高汽车虚拟评审前期开发效率和可定制性(图3)。

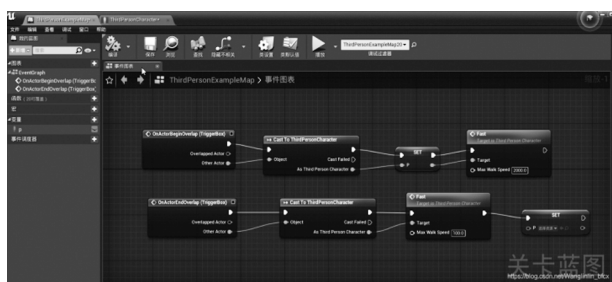


图3 UE5 蓝图编程界面

### (3)丰富的多平台支持

UE5 是一种支持多平台的游戏引擎,可用于创建游戏和其它互动应用程序。支持多平台意味着 UE5 可以创建在多种不同类型设备和操作系统上运行的应用程序,比如 2022 年虚幻引擎与高合 HiPhi Z 的跨界融合<sup>[10]</sup>,将“真 3D”应用于高合 HiPhi Z 数字座舱人机交互(Human Machine Interface, HMI),通过实时渲染技术获得周围环境的实时感知,以“一镜到底”和“数字孪生”的特点实现人机自由交互(图4)。因此,可基于虚幻引擎开发虚拟现实(Virtual Reality, VR)、增强现实(Augmented Reality, AR)和个人计算机(Personal Computer, PC)汽车虚拟评审应用程序,并可在不同平台上随时随地开展汽车造型虚拟评审工作。



图4 高合 HiPhi Z 人机交互界面首次搭载 Unreal 虚幻引擎<sup>[10]</sup>

传统离线渲染器和当前流行的实时游戏开发引擎 UE5 优劣势分析见表 1。从表 1 可以看出,随着实时光线追踪技术的普及,同时考虑到企业研发成本,未来 UE5 将会更多地应用于汽车研发造型评审工作。

表1 传统离线渲染器与 UE5 对比

	阴影烘焙	光线追踪硬件	交互程序	多平台	是否开源
传统离线渲染器	支持	昂贵 GPU 串联工作站	不支持	Windows/Mac	非开源、需购买 License
UE5	支持	普通 RTX 显卡	支持	全平台支持	开源、免费

## 2.2 虚幻引擎应用案例

帕加尼汽车公司用虚幻引擎打造了视觉逼真的销售配置器<sup>[11]</sup>。帕加尼高端客户群体能够挑选不同的选装件和定制功能,包括丰富多彩的配色、不同饰面和材料,然后以前所未有的精细程度呈现顾客心仪的配置。这款实时配置器还允许帕加尼客户在各种环境和情境中看到未来超跑风采,例如沿着滨海公路奔驰或者在演播室或博物馆中展览,体验各种可能的光线反射效果,每一次环境切换都可以通过点击一个按钮来实现(图5)。



图5 帕加尼虚幻引擎销售配置<sup>[11]</sup>

宝马集团<sup>[12]</sup>在 2014 年首次开始研究使用虚幻引擎实时工作流程。在 3 年内,宝马集团每一个汽车研发项目都用上了虚幻引擎技术。该公司在规划、设计、生产和销售领域全面应用虚幻引擎技术,宝马集团对虚幻引擎技术应用在全球著名汽车制造商中处于领先地位。在虚拟环境中,宝马集团造型设计师和工程师现在可以一起进行详细的汽车造型设计与造型评审。在世界上的任何角落,不同职能和不同地点设计师和工程师都可以进行协同造型设计与造型评审,参与成员就像玩联机游戏一样进行交互与协同工作(图6)。

2016 年,全球著名汽车广告商 The Mill<sup>[13]</sup>开始使用实时渲染虚幻引擎,帮助汽车制造商将其产品可

视化,用于快速原型设计和高端广告视频设计评审。

The Mill 团队利用虚化引擎,将视频效果预览推高到全新水平,展示了高质量视觉效果,从而大大改善最终视频或创作内容表现力。因为可以实时获得反馈,所以团队能够即时、精准更改摄像机角度或光照参数,然后自动填充到剪辑中,从而实现视频更快迭代,最终使视频达到较高质量水平(图7)。



图6 基于虚幻引擎的宝马汽车造型评审<sup>[12]</sup>



图7 The Mill 虚幻引擎汽车造型<sup>[13]</sup>

### 3 UE5 汽车造型评审系统设计

通过上述虚幻引擎应用案例可以看出,虚幻引擎 UE5 可以为汽车行业带来逼真、互动和沉浸式的视觉体验,同时还可以实现汽车虚拟数据可视化评审和演示功能,对汽车造型研发及销售方面都有很大帮助。本文进一步深入分析汽车造型评审功能需求,依托 UE5 C++ 蓝图编程系统,搭建一款数据处理灵活、评审流程完整的汽车造型评审系统。结合多年汽车虚拟评审工作经验,一套优秀的汽车造型虚拟评审系统应该满足如下需求。

#### (1) 实时渲染

随着 GPU 硬件设备的发展和实时光线追踪渲染技术的普及,未来汽车造型设计评审将会逐渐摆脱传统的费时费力、渲染效果较差的光影预烘焙技术,充分利用实时光线追踪技术,展现出逼真的汽车反射、折射及实时光影效果,为汽车造型设计决策者提供最

佳的汽车造型视觉化评审体验。

#### (2) 高帧速率

帧速率<sup>[14]</sup>(Frame rate)是指 1 s 内连续播放图像帧数。在电影制作中,常用的帧速率为 24 帧/s。这是因为 24 帧/s 的帧速率已经能够达到人眼无法分辨的视觉效果,即所谓的“视觉暂留现象”<sup>[15]</sup>。如果帧速率过低,人眼就会感受到图像卡顿和不流畅,影响观影体验。在汽车造型虚拟评审中,低帧速率的实时渲染可能会产生视觉错觉,例如抖动、模糊等,导致造型评审人员无法准确地判断虚拟汽车的真实外观和细节。因此,对于汽车虚拟评审交互帧速率也不应该低于视觉极限值,即采用帧速率为 24 帧/s。

#### (3) 功能齐全

对于汽车造型虚拟评审,常用的虚拟评审功能包括变量集管理器、车门开闭动画、车灯灯效评审、评审视角切换功能。其中最核心功能就是变量集管理器,可以快速切换不同造型和内饰色彩(Color Trim)方案,以及实现虚拟评审环境切换,以进行高质量造型虚拟评审、比较和分析,这对于造型设计师和工程师及造型评审专家非常重要。

#### (4) 高效使用

一款全新汽车造型评审系统必须具备操作简单、高效、快捷和流程自动化的优点。UE5 属于开源游戏引擎平台,所有数据评审功能都需要设计师通过 C++ 蓝图自行编程构建,因此,在设计整个评审系统的逻辑框架时,必须要考虑到如何提升虚拟数据评审(DVR)前期准备效率。

#### 3.1 造型评审系统用户界面(UI)设计

利用 UE5 的 UI 界面编辑器,搭建造型评审系统 UI 界面,如图 8 所示。

图 8 中 UI 界面 1 级菜单从上到下对应功能分别是车漆切换,车门开闭、车轮切换、灯效播放、环境切换、视角切换和参数设置。单击一级菜单上的按钮后将会弹出对应的绿色、紫色、黄色 2 级菜单,让数据评审人员可以快速定位并执行相应操作。其中绿色 2 级菜单包括评审画面曝光调节、屏幕分辨率调节和景深开闭功能。紫色 2 级菜单可以实现汽车高配、中配、低配造型方案及内饰 Color Trim 方案切换。通过点击 1 级菜单里面的不同按钮,都会调用并执行系统后台对应的蓝图程序。

#### 3.2 造型评审系统蓝图功能程序编写

虚幻引擎蓝图程序是一种基于可视化编程的 C++ 脚本语言<sup>[16]</sup>,可以让开发者通过将预定义的 C++

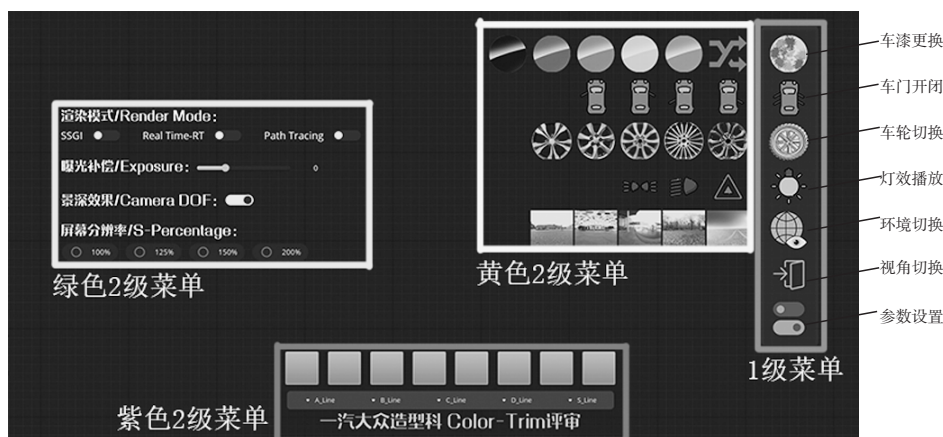


图8 造型虚拟评审系统UI界面

节点拖拽连接来创建游戏逻辑,帮助开发者快速制作游戏、动画和交互式应用程序,而无需编写C++代码,是一种易学、易用的编程工具,为开发者提供了更大自由度,为开发者发挥最大创造力提供便利。

变量集管理器是VR设计师在数据评审之前需要频繁使用的方案渲染设计工具,比如将不同的轮胎造型方案、不同的内饰色彩搭配方案提前进行归类整理,在数据评审过程中通过点击不同的UI按钮,去调用变量管理器中的蓝图代码,以实现不同的造型方案切换功能。由于造型研发过程中前期需要决策者评审的方案数量众多,因此在搭建变量管理器时需要特别注意其使用逻辑及流程,简洁高效是第一准则,否则会严重增加评审工作前期准备的时间成本。考虑到大部分VR评审专家多使用传统离线渲染器,同时满足简洁、高效的系统设计原则,因此本文通过蓝图程序实现了传统离线渲染器变量集管理器功能的蓝图程序复制,以保证新开发的UE5汽车评审系统使用习惯和传统离线渲染器使用习惯保持一致(图9)。

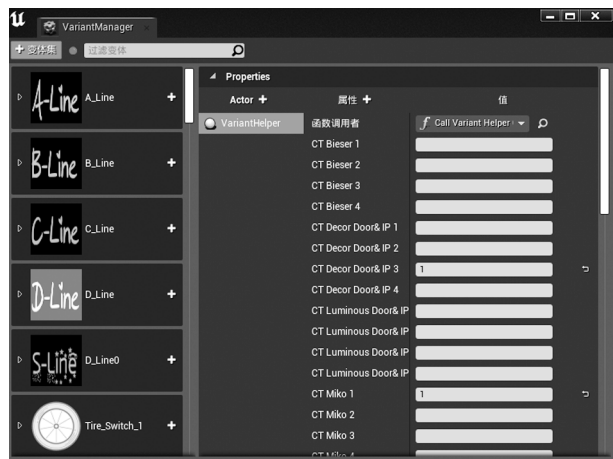


图9 UE5变量集管理器使用界面

在完成汽车变量集管理器搭建工作之后,需要对其它评审功能分别编写蓝图程序(图10),评审功能包括车门开闭功能、评审环境切换功能、灯效展示功能、摄像机切换功能等一系列将近20个评审辅助功能。由于虚幻引擎是一款游戏引擎,在搭建应用程序时需要用到游戏关卡思维,比如关卡A用于车型A评审,关卡B用于车型B评审。如果在评审车型A时,将各辅助功能蓝图直接写在关卡A里,那么在评审车型B时,还需要重复在关卡B里编写相同的功能蓝图。如此庞大的重复工作量将会让整个评审系统无法达到简洁、高效的搭建目标,因此本文创新性地提出了蓝图模块化思维,以车门开闭功能为例进行阐述,详见图11。

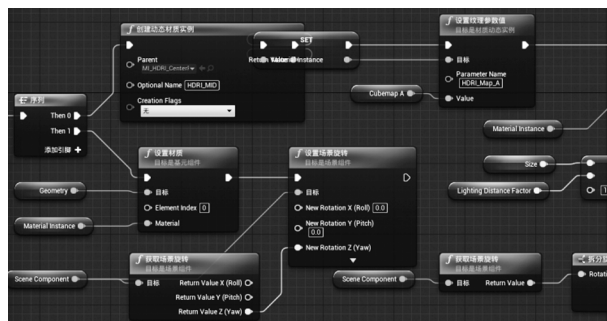


图10 变量管理器部分蓝图程序示意

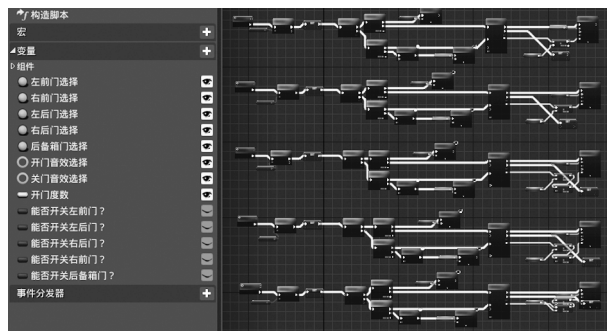


图11 车门开闭蓝图模块程序示意

在资源管理器里新建一个不属于任何关卡的空



- [6] EPIC GAMES. 虚幻引擎汽车应用指南[EB/OL]. (2023-03-16)[2023-05-18]. <https://ue.unrealengine.com/rs/754-DFT-709/images/automotive-field-guide-v1-0-zhcn-a865dc028d86.pdf>.
- [7] 张懿慧.《黑客帝国觉醒》\_UE5 影像制作的美学新体验[J]. 现代电影技术, 2022(11): 54-58.
- [8] 王江东. 虚幻引擎五对动画与游戏技术的革新研究[J]. 艺术科技, 2021(11): 57-59.
- [9] 符莎. 基于 UNREAL ENGINE 的沉浸式加工中心造型定制设计技术[J]. 机电产品开发与创新, 2022(9): 162-165.
- [10] 热点科技. 高合汽车与 Epic Games 合作基于虚幻引擎打造国内首个“真 3D”数字座舱[EB/OL]. (2020-10-27)[2023-5-16]. <https://www.itheat.com/view/34296.html>.
- [11] WENZ S. 数字展示厅丰富帕加尼超跑的配置体验[EB/OL]. (2020-11-11)[2023-05-17]. <https://www.unrealengine.com/zh-CN/spotlights/digital-showrooms-enrich-pagani-hypercar-configuration-experiences>.
- [12] EPIC GAMES. 汽车公司宝马全面推广实时技术[EB/OL]. (2020-10-16)[2023-05-17]. <https://www.unrealengine.com/zh-CN/spotlights/rolling-out-real-time-technology-across-an-entire-automotive-company>.
- [13] THOMPSONA. 推动力: The Mill 的劲爆 F1 广告中的实时渲染[EB/OL]. (2020-10-12)[2023-05-17]. <https://www.unrealengine.com/zh-CN/spotlights/a-driving-force-real-time-rendering-on-the-mill-s-high-octane-f1-ads>.
- [14] 戴健, 齐梦若. 高帧率电影的历史溯源、审美表征与未来图景[J]. 电影评介, 2022(10): 105-108.
- [15] 郭健鸣, 陈贝贝, 陈晓宇. 虚幻引擎和光线追踪技术在高校数字媒体教学中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(23): 83-87.
- [16] 杨艳瑜. 基于 UE4 塔防游戏设计与开发[J]. 计算机应用, 2022(3): 62-65.
- [17] 雷一鸣. 基于 UE4 的在线驾驶仿真系统设计与实现[J]. 设计与应用, 2022(2): 179-185.

### 【作者简介】

张晓蕾(1982—), 硕士, 就职于一汽-大众汽车有限公司, 副高级工程师, 研究方向为造型设计。

E-mail: xiaolei.zhang@faw-vw.com

## 《汽车文摘》征文

《汽车文摘》(月刊)于1963年7月3日创刊,由国务院国有资产监督管理委员会主管、中国第一汽车集团有限公司主办,为中国汽车工程学会会刊。《汽车文摘》以“览全球汽车技术文献,指中国汽车技术之道”为使命,以打造“中国汽车前沿与创新技术传播与交流的重要平台”为愿景,致力于成为汽车领域最具影响力的综述类期刊。

2022年11月,《汽车文摘》复合影响因子达1.066,首个影响因子突破“1”,这反映出《汽车文摘》自2019年启动转型升级以来,期刊学术影响力稳步提升。

《汽车文摘》坚信“他山之石,可以攻玉”,深耕电动化、智能化、网联化、共享化和智能制造5大方向和10大领域,聚焦新能源与混合动力汽车、智能网联汽车、燃料电池、低碳与氨等零碳燃料、汽车安全、健康与舒适、碳达峰与碳中和、生命周期评价(LCA)与技术经济分析、智能制造、材料轻量化与一体化压铸、飞行汽车前沿与创新技术综述论文,揭示相关领域的新动态、新趋势、新技术和新进展,为广大科研和工程技术人员进一步发展这一领域提供新突破口、新出发点和新基准。

欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员,充分发挥专业领域优势,深度挖掘国内外高影响力学术期刊与其它文献,形成某个技术领域前沿综述。

《汽车文摘》2023年选题范围:

电动化:混合动力关键技术;动力电池关键技术;先进充电技术;电驱动系统及电力电子技术;底盘及子系统线控关键技术;燃料电池动力系统设计与优化。

智能化:新型电子电气架构;自动驾驶感知、决策与运动控制;智能新能源汽车测试评价方法与工具链;车辆智能安全技术。

网联化:智能网联云控技术;车用通信及网络技术;车路协同技术;汽车人因、人机交互与智慧座舱;信息安全与功能安全;车网融合(V2G)及应用。

低碳化:汽车节能与排放技术;清洁能源动力系统技术;碳达峰、碳中和;氢燃料制、储、运、加及安全管控技术;生命周期评价(LCA)、标准法规与技术经济分析;低碳与氨等零碳燃料。

轻量化:新能源汽车新材料技术;混合材料轻量化设计;一体化压铸。

共享化:区块链技术与移动出行;车辆大数据挖掘方法与应用案例。

燃料电池:电池堆、电池系统与基础设施。

智能制造:机器人与自动化控制、四大工艺、物流技术、设计-制造-服务。

颠覆式出行:飞行汽车;未来低空智能交通体系及其关键技术。

汽车安全:主被动安全与融合;智能安全;健康与舒适

《汽车文摘》发表论文的独特优势:

《汽车文摘》是国家级刊物、中国汽车工程学会会刊、汽车领域唯一的综述期刊。《汽车文摘》不收版面费、4个月左右可发稿。

投稿要求:

1. 综述篇幅在10000~15000字(6~10页),图文并茂,图、表和公式非原创要求标注引用文献;

2. 请按科技论文要求撰写文章摘要,摘要中文字数在200±10字;

3. 文章必须附有公开发表、体现本领域最新研究成果和高影响力出版物作为参考文献,一般要求参考文献在20篇以上,一半左右为外文参考文献,且在文中标注所引用文献;

4. 来稿保密审查工作由作者单位负责,确保署名无争议,文责自负;

5. 切勿一稿多投。

《汽车文摘》投稿网址:<http://www.qcwz.cbpt.cnki.net>

邮箱:autodigest@faw.com.cn

《汽车文摘》编辑部