

2024 年度海南省科学技术奖提名公示内容

(适用于项目主要完成单位、主要完成人所在单位)

公示单位 (公章): 海南华盛新材料科技有限公司

填表日期: 2025 年 7 月 8 日

项目名称	面向热带环境的车辆耐候性检测关键技术及应用
提名奖项及等级	海南省科学技术进步奖二等奖
提名者	海南大学
项目简介 (1200 字以内)	汽车和高铁是国家制造业和交通强国战略的重要支撑。提升整车和高铁在热带湿热极端环境下的耐候性水平, 不仅关乎人民出行安全和产业链竞争力, 更是制造强国、交通强国、质量强国建设的基础。项目通过攻克湿热高盐雾环境下的耐候性检测与加速试验设计关键技术, 推动了检测评价体系标准化建设和产业示范应用, 为我国汽车、高铁等交通装备在海南及“一带一路”沿线典型湿热地区的适应性开发、国际化出口、产业升级提供了坚实的技术支撑和重要战略保障。 面对国内长期缺乏整车湿热环境耐候性检测技术和测试平台、加速试验设计理论研究薄弱等关键瓶颈问题, 项目在国家发改委重大专项, 工信部工业转型升级项目和海南省重点研发计划等项目的支持下, 海南大学、中国电器科学研究院工业产品环境适应性全国重点实验室及海南华盛新材料等多家企业联合, 开展了覆盖整车、动力电池系统的热带环境适应性检测技术体系和标准化研究, 主要创新包括: 1. 创建了“三维六级”多源系统整车耐候性量化评价技术, 基于多目标多准则分析, 构建安全、功能和感官三个维度的分级评分体系, 实现了耐候性能从定性评估向定量评价的技术跨越, 解决

	了国内现有耐候性评价缺乏科学量化标准的难题，提升了企业设计阶段的质量管控能力。 2. 研发了汽车服役微环境多因素耦合仿真预测技术，融合海南典型气候环境数据和整车结构特征，构建了基于机器学习的表面温湿环境应力预测模型，突破了热带湿热环境下服役微环境精准预测的关键技术瓶颈，解决了设计阶段零部件表面微环境数据缺乏和加速试验设计缺乏理论依据的难题，实现了正向设计环节的安全性预判能力提升，尤其避免了高昂的海外测试投入和周期延误。 3. 创制了 500 m³多因素综合环境模拟装备，攻克了大尺寸空间内光照、温湿度多参数协同控制难题，实现了典型热带湿热气候条件的高精准、高加速试验模拟，打破了国内大尺寸环境试验装备受制于人的技术短板，试验加速倍率提升至 10 倍以上，环境复现相关性提升至 90%以上，有效避免了传统试验设备结果代表性差、周期长的缺陷，支撑了我国汽车产业面向热带市场的自主可控发展。 本项目制定国家/行业标准 4 项，授权国家发明专利 20 项，实用新型专利/软著 41 项，专著 2 项，发表论文 32 篇，其中 SCI 收录 24 篇。 本项目成果已为海南华盛集团车用 PC 塑料的开发与质量提升提供了重要的技术支撑，并在海南铁路局高铁列车、华为、广汽、东风、蔚来等多家企业推广应用，支撑海南自贸港建设和新能源汽车产业绿色高质量发展，经济、社会和生态效益显著。
提名书 相关内容	提名书的代表性论文专著目录、主要知识产权和标准规范目录。 代表性论文目录 [1] N. Qiu, Z. Jin*, J. Liu, L. Fu, Z. Chen, NH Kim*. Hybrid multi-objective robust design optimization of a truck cab considering fatigue life. Thin-Walled Structures, 2021 162, 107545. [2] Y. Zhang, H. Zhang, L. Qiu, Z. Wang, S. Zhang, N. Qiu*, J. Fang*. A stochastic framework for computationally efficient fail-safe topology optimization. Engineering Structures, 2023, 283, 115831.

[3] N. Qiu, Y. Gao*, J. Fang*, G. Sun, NH Kim. Topological design of multi-cell hexagonal tubes under axial and lateral loading cases using a modified particle swarm algorithm. Applied Mathematical Modelling, 2018, 53, 567-583.

[4] N. Qiu, Y. Gao, J. Fang, Z. Feng, G. Sun, Q. Li, Crashworthiness analysis and design of multi-cell hexagonal columns under multiple loading cases, Finite Elements in Analysis and Design, 2015,104,89-101.

[5] Z. He, B. Chen, X. Li, Comparative study on numerical simulation methods of stress concentration calculation and fatigue life prediction for welds, International Journal of Fatigue, 2023, 166, 107205.

主要知识产权和标准规范目录

标准:

[1] 汽车整车大气暴露试验评价方法. T/CSAE 105-2019, 2019.04.25, 中国汽车工程学会团体标准, 中国电器科学研究院有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、安徽江淮汽车股份有限公司等主编, **张晓东**为第一完成人.

[2] 全球典型地区气候环境老化严酷度分级.T/CSAE 191-2021,2021.6.11, 中国汽车工程学会团体标准, 中国电器科学研究院股份有限公司等主编, 张晓东、陈心欣为主要完成人.

[3] 乘用车整车太阳光模拟加速老化试验方法.T/CSAE 70-2018, 2018.03.01, 中国汽车工程学会团体标准, 浙江吉利汽车研究院有限公司、海南热带汽车试验有限公司等, **张晓东**为主要完成人.

授权发明专利:

[1] **张晓东**,揭敢新,祁黎,李淮,**陈心欣**. 一种基于深度学习的车辆耐候性零部件温度预测方法 [P]. 中国发明专利: CN202111389269.X, 2022-04-12.

[2] **陈心欣**,**张晓东**,揭敢新,李淮,曾文波,赵雪茹,王俊. 一种基于紫外辐照和样品表面温度的车辆外饰材料人工加速光热老化等效辐照量计算方法 [P]. 中国发明专利: CN201910988215.1, 2022-05-20.

**主要完成人
(排序、工作单位和贡献)**

1. 邱娜, 教授, 海南大学

贡献: 全面主持项目关键技术研究工作, 制定总体方案。提出了“三维六级”多源系统耐候量化评价方法, 实现汽车耐候性由定性转为定量评价; 提出了基于机器学习的汽车内外表面微环境应力预测方法, 开发了基于海南热带气候环境谱下的汽车耐候性加速试验技术, 为多因素综合环境试验舱研制提供理论指导。实现海南热带环境的高效替代, 加速倍率达到 10 以上、相关性达 90% 以上。在国内率先形成了完整的汽车耐候性正向开发关键共性检测评价技术体系, 实现我国汽车产品从设计、验证到整改各个环节的技术创新研究与突破

2. 张晓东, 正高级工程师, 中国电器科学研究院股份有限公司

贡献: 面向海南热带环境气候条件, 获取 200 多辆新能源实验车整车耐候性样本数据, 应用“三维六级”多源系统评价方法, 对新能源汽车整车及零部件进行耐候性试验及量化评价。负责采集试验车结构、材质和海南热带气候大气环境、地理位置等数据, 为车身内外多因素耦合仿真模型建立提供输入参数, 并验证整车微环境仿真技术及应力等效计算方法的可靠性; 研制了 500 m³ 容积的多因素综合环境试验舱, 突破了大尺寸空间辐照、温湿度均匀性控制及典型气候精准模拟的关键技术瓶颈。

3. 陈秉智, 教授, 大连交通大学

贡献: 协助制定了“三维六级”多源系统耐候量化评价方法, 实现汽车耐候性由定性转为定量评价。该方法为帮助提取热带环境下车辆耐候性定量评价提供了坚实的理论工具, 协助解决了多因素下汽车耐候性量化评价难的问题。该方法可用于提取多孔、复合材料结构在湿热、高紫外等热带环境下的多尺度性能变化规律, 为车辆关键部件耐候性提供数字化预测手段提供了参考, 协助项目的顺利开展与高质量完成提供了坚实保障。

4. 高强, 副教授, 东南大学

贡献: 围绕热带环境下车辆耐候性检测的关键问题, 负责协助参与汽车零部件光老化和湿热老化加速试验数据采集。其中, 在结构设计与智能监测方面提供一定的数据, 为提升车辆在高温高湿

	环境中的稳定性与适应能力提供了采样的数据。从材料设计维度协助项目在“热带环境耐候性检测”方向的试验数据采集。使该项目在复杂气候条件下的车辆性能提升及检测技术体系建设方面具有数据支撑。 5. 陈心欣, 高级工程师, 中国电器科学研究院股份有限公司 贡献: 协助提出基于深度学习的汽车耐候性零部件温度预测方法; 协助提出基于紫外辐照和样品表面温度的汽车外饰材料人工加速光热老化等效辐照量计算方法; 为研究汽车整体级退化试验技术方面的相关研究, 根据微环境应力预测数据, 计算热带服役环境下人工老化加速试验周期。 6. 李劲松, 副教授, 海南大学 贡献: 围绕新能源汽车在高温高湿、强紫外等热带典型环境中的应用需求, 针对电动汽车和网联汽车, 协助参与多项关键零部件及功能结构的数据采集。为项目提供了应用场景验证基础, 在促进整车从零部件到系统的热带环境耐候适应性提升中提供了相关技术协助。 7. 张晋, 中级工程师, 海南华盛新材料科技有限公司 贡献: 作为海南华盛新材料科技有限公司的技术负责人, 负责协助参与 PC 材料及汽车零部件光老化和湿热老化加速试验, 为人工老化加速等效方法提供可靠数据支持, 在兼顾成本与性能的基础上提出切实有效的耐候性提升措施, 验证了本项目所提出复杂服役环境下耐候性试验方法的可靠性及实用性, 为本项目在其他领域的应用起到了案例支撑作用。
主要完成单位 (排序和贡献)	1. 海南大学, 第一完成单位 贡献: 针对新能源汽车在多因素环境中耐候性量化评价难、微环境数据获取难、加速试验方法正向设计理论基础差等问题, 基于复杂比例评估法建立了“三维六级”多源系统耐候量化评价方法, 提出了基于机器学习的汽车内外表面微环境应力预测方法, 开发了基于海南热带气候环境谱下的汽车耐候性加速试验技术, 为多因素综合环境试验舱研制提供理论指导, 实现海南热带环境的高效替代, 加速倍率达到 10 以上、相关性达 90%以上。在国内率先

形成了完整的汽车耐候性正向开发关键共性检测评价技术体系，实现我国汽车产品从设计、验证到整改各个环节的技术创新研究与突破。项目和论文中所研究的新能源汽车关键零部件耐候性试验方法、智能优化算法及量化评价方法，为本项目的研究提供理论支撑。对创新点 1、2、3 的理论创新、研究开发与推广应用做出了主要贡献。

2. 中国电器科学研究院股份有限公司，第二完成单位

贡献：面向海南热带环境气候条件，获取200多辆新能源实验车整车耐候性样本数据，应用“三维六级”多源系统评价方法，对新能源汽车整车及零部件进行耐候性试验及量化评价。负责采集试验车结构、材质和海南热带气候大气环境、地理位置等数据，为车身内外多因素耦合仿真模型建立提供输入参数，并验证整车微环境仿真技术及应力等效计算方法的可靠性。应用机器学习的汽车耐候性零部件微环境预测方法，预测精度可达93%以上，为耐候性加速试验提供数据和理论支撑。研制了500m³容积的多因素综合环境试验舱，突破了大尺寸空间辐照、温湿度均匀性控制及典型气候精准模拟的关键技术瓶颈。对创新点1、2、3的理论创新、研究开发与推广应用做出了主要贡献。

3. 海南华盛新材料科技有限公司，第三完成单位

贡献：与海南大学和中国电器科学研究院股份有限公司开放合作，在海南热带气候环境下，开展聚碳酸酯（PC）材料应用于汽车零部件耐候性试验，应用创新点 1 中“三维六级”多源系统耐候量化评价方法实现 PC 材料定量评价，对不同老化失效模式进行分级研究，为华盛 PC 装置产品配方和生产工艺优化提供正向指导，提升了 PC 材料及其汽车零部件耐候性质量。协助参与 PC 材料及汽车零部件光老化和湿热老化加速试验，为创新点 3 中人工老化加速等效方法提供可靠数据支持，在兼顾成本与性能的基础上提出切实有效的耐候性提升措施，验证了本项目所提出复杂服役环境下耐候性试验方法的可靠性及实用性，为本项目在其他领域的应用起到了案例支撑作用。对创新点 1、3 的研究开发与推广应用做出了主要贡献。

4. 大连交通大学, 第五完成单位

贡献: 协助开发基于海南热带气候环境谱的耐候性加速试验技术, 为多因素综合环境试验舱研制提供理论支撑。协助提供多项关于车辆装置等发明与实用新型专利展示了在多因素耦合载荷下结构强度、振动缓冲、耐久性优化方面的实际工程方案。这些设计理念也为汽车车身及关键零部件在热带高湿热条件下的结构耐久性提供了理论支撑。对创新点 2 的研究开发与推广应用做出了主要贡献。

5. 东南大学, 第六完成单位

贡献: 通过在海南热带自然曝晒场及多因素综合气候舱中进行加速老化, 协助提取整车耐候性多因素耦合的真实服役输入参数。模拟海南典型气候下材料长期服役后的降解情况, 对热湿老化后的结构开展试验并提供试验数据。协助开展基于海南气候环境谱下的加速试验数据, 解决了新能源汽车在静止状态下动力电池性能演变规律研究缺乏基础数据的问题。对创新点 2 的研究开发与推广应用做出了主要贡献。

说明: 涉及国外的人和组织科学技术合作奖可不用公示, 其余奖项必须公示至少

7 日。