**1、项目名称：**低噪安全乘用车关键技术及产业化

**2、推荐单位意见：**

乘用车是中国品牌和合资品牌竞争的主战场，其技术含量高，核心技术长期被外资企业垄断，低噪与安全技术是乘用车最关键两大核心技术，也是自主品牌与欧美日国际品牌差距最大的技术短板，快速突破低噪安全乘用车开发技术成为我国汽车行业当务之急。该项目以“汽车噪声振动与安全技术国家重点实验室”为依托，在国家863、973计划支持下：（1）提出了声学品质目标迭代分解评价方法，突破了低噪声车身结构设计等关键技术，实现了低噪声汽车开发目标；（2）提出了车身碰撞安全性能目标分解新方法，解决了乘员伤害防护的多因素交叉影响技术难题，实现了乘员安全保护开发目标；（3）创建性能目标导向的乘用车产品开发体系，解决性能开发工作重心前移难题，成功研发系列低噪安全乘用车新产品。该项目获授权发明专利50余项、软件著作权多项，发表论文近100篇。

该项目技术复杂程度和难度很大，创新性强，在低噪安全乘用车技术领域具有国际先进水平。应用两大关键技术研发了系列乘用车产品，月销量突破十万辆，取得了重大经济和社会效益。该项目成果提高了我国汽车自主品牌的技术水平和产品竞争力，推动了中国汽车工业技术进步，为促进我国创新型国家建设做出了突出贡献。 对照国家科技进步奖授奖条件，推荐该项目申报2017年度国家科技进步奖一等奖。

**3、项目简介：**

在汽车产品中，乘用车品质要求最严苛、市场规模最大、竞争最激烈。低噪和安全是自主品牌与国外品牌差距最大的技术短板，是乘用车品质的集中体现，也是消费者最关注和最易感知的性能，对决胜市场竞争至关重要。打破欧美日车企对低噪声高安全核心技术的垄断和封锁、建立自主的高品质乘用车性能研发体系、赢得乘用车市场，是中国汽车工业由大做强的必由之路，对实现《中国制造2025》和供给侧改革的战略目标具有举足轻重的作用。

本项目在国家863、973计划支持下，依托“汽车噪声振动与安全技术国家重点实验室”，通过产学研协同创新，历时十五年，突破了声品质开发和乘员损伤防护技术瓶颈，建立起完备的乘用车研发体系，开发了涵盖两厢与三厢轿车、SUV、MPV的全系列乘用车产品，成功塑造长安“低噪、安全”品牌形象，助推长安乘用车产品连续9年位居自主品牌销量第一、研发实力自2009年起持续排名中国汽车行业第一。

主要创新如下：

1)突破声品质导向的低噪声性能开发技术。提出基于数据库的声品质目标迭代分解方法，解决主观目标向设计指标转化难题；提出车身结构低噪声设计方法，揭示消声器再生噪声等实际因素影响规律并提出其性能预测与设计方法，首创消声器设计专家系统，解决典型复杂结构动态设计难题；提出车门、启动电机等间歇工作部件和传动系声品质诊断控制新方法，解决异常噪声诊断控制难题。实现低噪声汽车开发目标，噪声能量平均降低84%以上（声压级下降8~12dB(A)）。

2)突破面向乘员保护的安全性能开发技术。提出多工况碰撞能量匹配理论，建立基于材料本构关系的高精度碰撞仿真技术，实现车身安全的多工况目标并行设计；提出乘员减速度控制理论，发明约束系统协调匹配方法和多工况碰撞台车模拟调校技术，解决人体伤害多因素交叉影响难题；国内首次通过测试分析人体临撞瞬间生物电数据，揭示本能反应机理及其骨肌动力学规律，建立并解决了传统机械假人和真人碰撞模型和损伤指标差异化的难题。碰撞安全平均得分率从30%提高到90%以上。

3)针对乘用车性能开发体系不健全导致的开发效率低、成本高的问题，提出目标体系导向的性能开发过程控制方法，基于结构化和知识挖掘技术建立汽车试验数据分析管理系统，发明偏置碰台车等一系列试验新方法和新装置，创建完整高效的乘用车正向开发体系，解决性能开发工作重心前移难题，设计变更率由20%下降到3.5%以内。

本项目获发明专利51 项，发表论文97篇，建立乘用车开发流程规范316项。研发出紧凑型和中大型两大乘用车产品平台，推出逸动（轿车）、CS75（SUV）、欧尚（MPV）等系列车型，月销量过万车型超过8款。

中国汽车工程学会组织的科技成果评审委员会评价本项目“技术复杂程度和难度很大，创新性强，具有自主知识产权，在低噪安全乘用车技术领域具有国际先进水平。该项目已实现产业化，取得了重大经济和社会效益，具有广泛推广前景。”本项目研究成果获中国汽车工业科技进步一等奖。

**4、客观评价：**

**■评审意见、重大科技项目验收意见**

* + 1. 2016年12月09日，中国汽车工程学会组织的以王哲荣院士为主任的评审专家组认为：“该项目技术复杂程度和难度很大，创新性强，具有自主知识产权，在低噪安全乘用车技术领域具有国际先进水平。该项目已实现产业化，取得了重大经济和社会效益，具有广泛推广前景。”
    2. 国家863课题“长安出口轿车自主集成开发与产业化”验收专家组认为“形成了碰撞安全控制、NVH性能控制等关键技术，建立了CA-PDS正车正向开发流程和整车集成开发数年据库；提出轿车碰撞拟分析方法，建设了碰撞试验分析平台；建立了基于零部件贡献率及结构动力学分析技术的NVH设计方法和较完善的测试平台。”
    3. 国家863课题“知识驱动的汽车车身创新设计系统及产业化应用”验收专家组认为“完成5种建模分析模板，形成车身刚强度、NVH、疲劳和碰撞的能力，实现分析精度与试验结果的一致性达到89%以上；实现了对车身产品数据、性能仿真数据以及试验数据的协同管理，开发周期缩短为25个月，有效提升了车身开发和制造的效率。”
    4. 国家973课题“轻量化车身结构的动态性能优化与控制若干基础问题研究”验收专家组认为：“提出并实现了基于SCLD车内噪声主动控制方法，取得了3700rpm和4250rpm发动机转速激励下4.2dB（A）和3.5dB（A）的车内驾驶员位置噪声控制效果。”
    5. 国家973课题“车-车碰撞相容性及乘员反应对损伤影响的基础研究”验收专家组认为：“利用汽车性能模拟器构建了典型碰撞场景，测试并分析了驾驶员在碰撞瞬时的肌肉、骨骼及脑电变化状态，建立了中国实际车-车碰撞事故形态的车车碰撞相容性仿真分析和测试评价方法。研究成果达到国际先进水平。”

**■技术检测结果**

1. 中国汽车技术研究中心对“长安牌 SC6495A型（CS75）多用途乘用车”C-NCAP 评价结果：星级五星，总分59.0分。
2. 中国汽车技术研究中心对“长安牌 SC7186AB5型（睿骋）轿车”C-NCAP 评价结果：星级五星，总分56.2分。
3. 中国汽车技术研究中心对“长安牌 SC7169BH型（逸动）轿车”C-NCAP 评价结果：星级五星，总分52.9分。
4. 中国汽车技术研究中心对“国内外同级车碰撞检测” C-NCAP 评价结果。
5. 国家机动车质量监督检验中心对“重庆长安CS75整车”的测试结果表明：怠速噪声36.8dB(A)、100km/h匀速行驶噪声63.2dB（A）、加速噪声53.8-75.0 dB（A）、加速语言清晰度152.2-56.6% AI。
6. 国家机动车质量监督检验中心对“重庆长安睿骋整车”的测试结果表明：怠速噪声37.5dB(A)、100km/h匀速行驶65.2dB(A)、 加速噪声 45.1-70.4 dB（A）、加速语言清晰度142.8-79.1% AI。
7. 国家机动车质量监督检验中心对“重庆长安逸动整车”的测试结果表明：怠速噪声38.5dB(A)、100km/h匀速行驶噪声67.0dB（A）、加速噪声53.5-75.0 dB(A)、加速语言清晰度132.4-64.0% AI。
8. 国家客车质量监督检验中心对“国内外同级车NVH性能检测”的测试结果。

**■重要科技奖励**

1. “汽车NVH控制技术的研发及产业化应用”荣获2013年中国汽车工业科学技术一等奖。
2. “长安P3乘用车平台研发及产业化应用”荣获2014年中国汽车工业科学技术一等奖。
3. “汽车主被动安全关键技术研究与应用”曾获2016年中国汽车工业科学技术一等奖。

**■国家认定企业技术中心评比排名结果**

在国家发改委等五部委组织的“国家认定企业技术中心评价”中，连续四届8年居汽车行业第一。

**4、推广应用**

中国乘用车市场是世界最大的汽车新兴市场，发展前景非常广阔。项目团队经过多年产学研协同创新，实现了低噪安全乘用车关键技术的重大突破，研发成本、效率和质量水平得到了显著改善，开发了CS75、CS35、CS15、逸动、逸动XT悦翔、睿骋、欧尚、CX70等系列畅销自主品牌乘用车，促进了长安汽车自主品牌乘用车跨越式发展。2015年长安汽车成为首个中国品牌乘用车年销破百万的车企之后，2016年更是提前两月破百万，继续保持中国品牌乘用车第一。

中国汽研应用本项技术建立了NVH与安全开发技术体系，并为一汽海马、北汽、东风小康、东风柳汽、江淮汽车、北汽银翔、力帆汽车、川汽等数十家企业提供了NVH或安全研发服务，先后进行了十余款汽车NVH与安全性能开发，为汽车行业的NVH与安全技术水平和自主品牌汽车竞争力提升发挥了重要作用。例如开发的北汽银翔幻速SUV和东风小康风光580 SUV，性能优势明显，上市后月销量都迅速过万；改进的昌河铃木利亚纳汽车，NVH性能大幅提升，新品销量猛增246%。

**5、主要完成人及技术贡献**

**第1完成人：刘波（重庆长安汽车股份有限公司）**；项目总负责人，负责技术路线总体规划，总体设计方案的决策批准，低噪安全乘用车性能开发体系，多目标性能相容平衡决策。负责并推动本成果在发动机和整车上大规模产业化应用。对项目科技创新点1、2、3均有指导性、决策性、关键性贡献。投入项目研发工作量占本人工作量的60%。

**第2完成人：邓兆祥（重庆大学）**；参与本项目总体方案及策略的制定，对创新点1、3做出了主要贡献。参与整车NVH开发技术研究，提出了基于汽车车内噪声响应幅度判定参数的车身结构设计方法；提出了消声器气流再生噪声预测方法和考虑实际影响因素的消声器性能设计方法；组织研制了消声器设计专家系统；完成汽车试验数据管理平台的系统设计，发明了部分快速试验装置。获授权发明专利4项、软件著作权4项、实用新型专利1项，发表相关论文39篇。

**第3完成人：苏忠（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目总体方案及策略的制定，对创新点3做出了主要贡献。指导并建立基于结构化和知识挖掘技术的汽车试验数据分析管理系统，提出目标体系导向的性能开发过程控制方法，并推动了系列低噪安全乘用车新产品的产业化。投入项目研发工作量占本人工作量的60%。依托本项目形成发明专利1项。

**第4完成人：高镇海（吉林大学）；**对创新点2贡献做出了主要贡献。针对传统机械假人无法完整描述真人损伤的难题，创新性测试人体在临撞瞬间肌电、脑电、心电及骨肌运动状态等生物电信号方法，基于经验模态分解理论揭示人体本能性反应机理及其骨肌动力学动态变化规律；提出了反应真实人体主动肌肉作用的仿真模型与损伤分析技术。发明了高仿真度弹簧型Hill人体肌肉改进模型并开发碰撞测试机械假人装置。通过中国汽车技术研究中心测试鉴定，突破了常规机械假人无法准确描述真人颈部挥鞭伤的难题，为完善碰撞测试评价体系提供理论支撑。投入项目研发工作量占本人工作量的50%。依托本项目形成专利3项，发表相关论文12篇。

**第5完成人：胡成太（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目总体方案及策略的制定，对创新点1、3做出了主要贡献。参与声品质目标分解方法研究，发明了部分快速试验装置；参与传动系统扭振匹配、增压器异常噪声诊断与控制等技术研究；参与排气消声器专家设计系统研制。主持开发了长安CS75、CS35、欧诺等新产品的声品质开发。获授权发明专利1项、软件著作权2项，发表相关论文2篇。

**第6完成人：禹慧丽（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目创新点2总体方案及策略的制定，对创新点2、3做出了主要贡献。参与提出多工况碰撞能量匹配理论，建立基于材料本构关系的高精度碰撞仿真技术，实现车身安全的多工况目标并行设计，主持参与挥鞭伤假人的改进及试验安排。主持开发了长安睿骋、CS75、欧力威等新产品的声品质开发。本人在该项技术研发工作中的工作量占80%。依托本项目完成专利9项，发表论文11篇。

**第7完成人：杨亮（重庆长安汽车股份有限公司）；**对创新点1、3做出了主要贡献。参与NVH正向开发体系建设，研制了部分快速试验装置；参与排气消声器设计专家系统研制。参与长安CS75、睿骋、逸动、悦翔、CS35等车型的声品质开发。获相关授权实用新型专利4项、软件著作权2项，发表相关论文9篇。

**第8完成人：李沛然（中国汽车工程研究院股份有限公司）；**对创新点1、3做出了主要贡献。主要完成了TDM2汽车试验数据管理系统、GMP进排气数据管理平台软件、消声器快速建模工具软件和ES2消声器设计专家系统的研发；提出了试验数据通用模型、消声器智能评价方法和基于CBR的消声器选型设计方法；提出增压进气系统喘振声的排箫式消声器、序列窄环式消声器和整流格栅等控制新结构。获授权发明专利2项、软件著作权4项，发表相关论文9篇。

**第9完成人：崔泰松（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与项目安全性能开发技术，对创新点2、3有主要贡献。参与提出乘员减速度控制理论，发明约束系统协调匹配方法和多工况碰撞台车模拟调校技术。负责逸动、CS35、CS95、欧诺等车型的碰撞安全性能高开发。本人在该项技术研发工作中的工作量占60%。依托本项目形成发明专利7项，发表论文6篇。

**第10完成人：孙浩（中国汽车工程研究院股份有限公司）；**参与本项目碰撞安全性能的扩大应用，对创新点2有主要贡献。负责项目过程中的同级别车型的碰撞对比试验，将本项目可公开的研究成果扩大应用于汽车行业。负责碰撞安全测试评价计划评审；负责碰撞安全测试评价技术方案的评审；组织建立测试评价流程及人员培训。本人在该项技术研发工作中的工作量占60%

**第11完成人：徐小敏（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目总体方案及策略的制定，对本项目主要创新贡献点1、3做出了主要贡献。参与NVH开发流程体系的建设及整车NVH过程控制方法研究，研制了部分试验装置。主持了长安欧尚、CX70等新产品的声品质开发。获授权发明专利1项、实用新型专利2项，发表相关论文1篇。

**第12完成人：张军（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目总体方案及策略的制定，对创新点1、3做出了主要贡献。参与NVH性能正向开发体系及开发技术研究，参与了间歇工作部件的瞬时声品质评价与控制研究。参与长安公司睿骋、逸动、CS35等新产品的声品质开发。授权发明专利6项、发表相关论文1篇。

**第13完成人：李宏成（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与本项目总体方案及策略的制定，对项目主要创新点1、3做出了主要贡献。建立了传动系统NVH开发流程及控制方法，提出了基于传递路径分析的变速器敲击噪声抑制方法。参与长安公司CS75、悦翔等产品的声品质开发。授权发明2项，发表相关论文5篇。

**第14完成人：王智（重庆长安汽车股份有限公司）；**在本项目研制过程中，对创新点2作出以下贡献。负责不同工况中约束系统对乘员约束作用的分析，提出了适用于多工况的乘员减速度控制理论；负责偏置碰台车技术的研究；负责从零部件动态性能控制到子系统匹配再到整车多工况约束系统集成的第三代约束系统集成匹配体系建设。在该项技术研发工作中的工作量占60%。依托本项目形成专利1项，发表论文2篇。

**第15完成人：邵金华（重庆长安汽车股份有限公司）；**参与项目安全开发技术，对创新点2做出以下贡献。结合乘用车结构耐撞性设计及其对乘员的保护需求提出能量匹配技术，对乘用车结构多种前碰撞工况耐撞性性能提出了并行设计方式，该方法较传统设计方式效率更高、精度更高。本人在该项技术研发工作中的工作量占40%。依托本项目形成专利10项，发表论文2篇。

**6、主要完成单位**

**第1完成单位：重庆长安汽车股份有限公司**

低噪与安全技术是乘用车最关键两大核心技术，也是自主品牌与欧美日国际品牌差距最大的技术短板，长安汽车作为本项目的牵头单位，主要在项目管理、技术创新、产业化应用方面作出贡献。

1）项目管理：组建了超过500人，其中2人入选国家“千人计划”专家的核心团队，并邀请重庆大学、中国汽车工程研究院股份有限公司、吉林大学等拥有先期技术研究积累的高校、研究机构提供协作，提供了涵盖振动噪声、碰撞安全等试验设施资源。

2）技术创新：1)突破声品质导向的低噪声性能开发技术。2)突破面向乘员保护的安全性能开发技术。3）创建完整高效的乘用车正向开发体系。

3）产业化推广应用：实现了大规模产业化，开发了CS75、CS35、CS15、逸动、悦翔、睿骋、欧尚、CX70等系列自主品牌乘用车。

4）产业带动：提升了自主品牌整车及零部件企业产品开发能力和汽车产品低噪与安全技术水平，打破了发达国家的技术垄断，极大地改善了自主品牌汽车的市场竞争力，支撑了汽车行业的快续发展。

**第2完成单位：重庆大学**

重庆大学牵头完成了汽车低噪声设计技术研究、内燃机消声器设计技术研究及其专家系统开发，协助重庆长安汽车股份有限公司完成了长安出口轿车自主集成开发与产业化、汽车性能开发体系支撑关键技术研究。重庆大学的主要创新贡献在于提出了基于汽车车内噪声响应幅度判定参数的车身结构设计方法，突破了汽车发动机进排气系统低噪声设计关键技术，发明了一系列进排气消声新装置，并首次成功研制出汽车消声器设计专家系统，突破了汽车试验数据集成管理的关键技术，并研制出TDM2试验数据管理系统、GMP进排气数据管理平台软件，还发明了一系列新型的汽车性能试验方法和装置。在本项目科技创新中，重庆大学获授权发明专利4项、软件著作权4项，发表研究论文54篇。

本项目技术被广泛应用于重庆长安汽车股份有限公司的汽车性能开发工程实践中，为长安汽车乘用车性能品质提升做出了重要贡献。

**第3完成单位：吉林大学**

吉林大学汽车工程学院高振海教授团队与重庆长安汽车股份有限公司，在2012年至2014年期间联合承担了国家973计划项目“车-车碰撞相容性及乘员反应对损伤影响的基础研究”（2012CB723802）。其中，高振海教授团队负责面向碰撞中乘员生理变化的汽车乘员骨肌动力学模型研究。项目研发过程中重点研究了驾驶员在模拟真实交通碰撞事故场景时的骨肌生理、心理等行为反应，揭示了人体本能性反应机理及其骨肌动力学动态变化规律等，提出了反应真实人体主动肌肉作用的仿真模型与损伤分析技术，为完善碰撞测试评价体系提供理论支撑。研究成果为本项目科技创新点2有指导性、关键性贡献。

**第4完成单位：中国汽车工程研究院股份有限公司**

协助完成了乘用车性能开发体系技术研究，建立了高效的中国汽研低噪安全技术开发体系，包括完整的开发流程和规范；提出进气增压系统喘振控制新方法；建立了消声器专家系统的CBR案例库，协助完成消声器专家系统的开发。将本项成果成功用于国内多款自主品牌汽车的低噪安全性能开发和提升，并为数十家整车企业和零部件企业提供了技术服务，促进了本项成果向汽车行业的推广应用。

**7、完成人合作关系说明**

重庆长安汽车股份有限公司与重庆大学、吉林大学、中国汽车工程研究院股份有限公司（简称中国汽研）是长期的产学研合作单位。联合成立了：2006年“重庆市车辆NVH工程技术研究中心”、2010年“汽车噪声振动和安全技术国家重点实验室”和2012年“重庆自主品牌汽车协同创新中心”。在本项目研发期间，各单位结合研发内容进行了如下详细的分工，共同合作完成了低噪安全乘用车关键技术研究及大规模产业化。

重庆长安汽车股份有限公司：是本项目关键技术研发与产业化实施的牵头单位和主要完成单位，统筹产学研公共平台各项资源，联合重庆大学、吉林大学、中国汽研进行了低噪安全关键技术的攻关。牵头突破了声品质导向的低噪声性能开发技术和面向乘员保护的安全性能开发关键技术，并针对乘用车性能开发体系不健全导致的开发效率低、成本高的问题，提出了目标体系导向的性能开发过程控制方法。对本项目创新点1、2、3做出了突出贡献，开发了系列低噪安全乘用车新产品。

重庆大学：组织完成了“汽车低噪声设计技术研究”、“内燃机消声器设计技术研究及其专家系统开发”，参与完成了”长安出口轿车自主集成开发与产业化、汽车NVH开发体系支撑关键技术”等目研究。重庆大学在创新点1、3做出了贡献：提出了基于汽车车内噪声响应幅度判定参数的车身结构设计方法，突破了汽车发动机进排气系统低噪声设计关键技术，发明了系列进排气消声新装置，并首次成功研制出汽车消声器设计专家系统；突破了汽车试验数据集成管理的关键技术，并研制出TDM2试验数据管理系统、GMP进排气数据管理平台软件，发明了一系列新型的汽车NVH试验方法和装置。

吉林大学：联合承担了国家973计划项目“车-车碰撞相容性及乘员反应对损伤影响的基础研究”。吉林大学在创新点2做出了贡献：建立了面向碰撞中乘员生理变化的汽车乘员骨肌动力学模型，重点研究了驾驶员在模拟真实交通碰撞事故场景时的骨肌生理、心理等行为反应，揭示了人体本能性反应机理及其骨肌动力学动态变化规律等，提出了反应真实人体主动肌肉作用的仿真模型与损伤分析技术，为完善碰撞测试评价体系提供理论支撑。

中国汽车工程研究院股份有限公司：协助完成了乘用车性能开发体系技术研究；提出进气增压系统喘振控制新方法；建立了消声器专家系统的CBR案例库，协助完成消声器专家系统的开发。将本项成果成功用于国内多款自主品牌汽车的低噪安全性能开发和提升，并为数十家整车企业和零部件企业提供了技术服务和推广应用。对创新点1、2、3均做出了贡献。

**8、主要知识产权证明目录**

**7.1专利**

本项目共获授权发明专利51项。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 专利类别 | 专利名称 | 专利号 | 国别 |
| 1 | 发明 | 一种用语言清晰度定量评价传动系统敲击噪声的方法 | ZL201210049902.5 | 中国 |
| 2 | 发明 | 自动调节过流面积的排气消音器 | ZL201010151602.9 | 中国 |
| 3 | 发明 | 扩张腔可调的排气消音器 | ZL200810069796.0 | 中国 |
| 4 | 发明 | 一种汽车发动机排气系统的主消声器 | ZL201110129141.X | 中国 |
| 5 | 发明 | 一种汽车车身后侧围总成结构 | ZL201110373320.8 | 中国 |
| 6 | 发明 | 一种用于固定汽车前壁板隔音垫的折翼式卡扣 | ZL201410313559.X | 中国 |
| 7 | 发明 | 一种汽车车门加强结构 | ZL200910191255.X | 中国 |
| 8 | 发明 | 一种汽车的后副车架与车身连接结构 | ZL201110250920.5 | 中国 |
| 9 | 发明 | 一种汽车发动机悬置支架与车身纵梁的安装结构 | ZL201110030958.1 | 中国 |
| 10 | 发明 | 一种用于焊接悬置夹具的辅助工装 | ZL201110210658.1 | 中国 |
| 11 | 发明 | 一种发动机托架总成的安装结构 | ZL201210012441.4 | 中国 |
| 12 | 发明 | 一种发动机前悬置安装支架总成 | ZL201210043401.6 | 中国 |
| 13 | 发明 | 一种轿车顶盖后部结构 | ZL200910104689.1 | 中国 |
| 14 | 发明 | 一种基于阶次离散的车内噪声源贡献量快速识别方法 | ZL201110430549.0 | 中国 |
| 15 | 发明 | 一种汽车动力总成和悬架刚体模态集成测试方法 | ZL201110383302.8 | 中国 |
| 16 | 发明 | 一种整车状态下车用发电机噪声的评价方法 | ZL201110323259.6 | 中国 |
| 17 | 发明 | 用于测试防石击防溅水材料抑制噪声水平的装置及方法 | ZL201210474095.1 | 中国 |
| 18 | 发明 | 一种汽车薄板件的局部模态测试方法 | ZL201310628582.3 | 中国 |
| 19 | 发明 | 一种汽车地板前部的两层十字交叉梁骨架 | ZL200810233350.7 | 中国 |
| 20 | 发明 | 一种汽车后地板骨架总成 | ZL200810237285.5 | 中国 |
| 21 | 发明 | 一种汽车座椅后横梁总成 | ZL200910104490.9 | 中国 |
| 22 | 发明 | 一种汽车发动机舱下托架 | ZL200910104743.2 | 中国 |
| 23 | 发明 | 一种带加强吸能结构的汽车发动机舱边梁前段 | ZL201010123141.4 | 中国 |
| 24 | 发明 | 一种发动机托架前安装结构 | ZL201010275008.0 | 中国 |
| 25 | 发明 | 一种齿形吸能转向管柱 | ZL201210423386.8 | 中国 |
| 26 | 发明 | 一种汽车车身前部结构 | ZL201210444237.X | 中国 |
| 27 | 发明 | 一种汽车防撞杆总成 | ZL201210555022.5 | 中国 |
| 28 | 发明 | 一种汽车副车架安装支架结构 | ZL201310106866.6 | 中国 |
| 29 | 发明 | 一种汽车搁脚板及其安装结构 | ZL201310191765.3 | 中国 |
| 30 | 发明 | 一种碰撞吸能式燃料瓶安装支架 | ZL201310037984.6 | 中国 |
| 31 | 发明 | 一种汽车副驾驶位气囊安装支架 | ZL201310657767.7 | 中国 |
| 32 | 发明 | 一种反映驾驶员肌肉动态特性的碰撞假人模型设计方法 | ZL201310336433.X | 中国 |
| 33 | 发明 | 一种反映驾驶员保护姿态的碰撞试验用假人模型设计方法 | ZL201310336432.5 | 中国 |
| 34 | 发明 | 反映人体颈部力学特性的碰撞假人颈部结构与设计方法 | ZL201410168712.4 | 中国 |
| 35 | 发明 | 一种座椅前安装支架与一种汽车 | ZL201410451961.4 | 中国 |
| 36 | 发明 | 一种汽车顶盖内衬和侧气帘的支撑构件 | ZL201210533068.7 | 中国 |
| 37 | 发明 | 一种汽车顶盖内衬和侧气帘的支撑构件 | ZL201210533068.7 | 中国 |
| 38 | 发明 | 用于测试防石击;防溅水材料抑制噪声水平的装置及方法 | ZL201210474095.1 | 中国 |
| 39 | 发明 | 可调节式驱动半轴约束模态测试固定装置 | ZL201410373370.X | 中国 |
| 40 | 发明 | 一种测试发动机转动惯量的三线摆扭摆周期测量仪 | ZL200910103865.X | 中国 |
| 41 | 发明 | 可调整吊耳角度的汽车排气系统悬置装置 | ZL201010162546.9 | 中国 |
| 42 | 发明 | 衬套式悬置静刚度检测装置 | ZL201110083774.1 | 中国 |
| 43 | 发明 | 一种移动式汽车车身模态试验台 | ZL201010123142.9 | 中国 |
| 44 | 发明 | 一种汽车薄壁件在碰撞实验中的动态性能参数对标装置 | ZL201310658975.9 | 中国 |
| 45 | 发明 | 一种挥鞭伤试验假人头部与头枕接触时间测量装置 | ZL201410435001.9 | 中国 |
| 46 | 发明 | 一种轿车的减震器安装座安装结构 | ZL 201110066451.1 | 中国 |
| 47 | 发明 | 一种车辆传动系统扭振激振装置及试验台 | ZL201010196984.7 | 中国 |
| 48 | 发明 | 一种汽车翼子板安装支架 | ZL 201110032023.7 | 中国 |
| 49 | 发明 | 转向支撑与前壁板的连接支架总成 | ZL 201010206345.4 | 中国 |
| 50 | 发明 | 一种汽车外开手柄支架总成 | ZL201010166286.2 | 中国 |
| 51 | 发明 | 一种发动机托架前安装结构 | ZL201010275008 | 中国 |

**7.2 软件著作权**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 著作权名称 | 登记号 |
| 1 | GMP进排气数据管理平台软件 | 2011SR083450 |
| 2 | TDM2实验数据管理系统 | 2013SR153231 |
| 3 | 消声器快速建模工具软件 | 2011SR004658 |
| 4 | ES2排气消声器设计专家系统 | 2013SR153227 |

本项目共获软件著作权4项。

**7.3 论文**

本项目共发表论文97篇，其中EI检索45篇