

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

汽车高性能主动悬架关键技术创新及产业化

二、提名者及提名意见

(1) 提名者：

姓名：廉玉波（中国工程院院士）

工作单位：比亚迪股份有限公司

职称：教授级高级工程师

学科专业：机械工程/车辆工程

(2) 提名意见：

智能网联新能源汽车是我国战略性新兴产业，高性能主动悬架是智能网联汽车垂向运动控制的核心系统。该项目在高性能执行器、低延时精准驱动、跨系统协同控制领域取得了三大技术突破：建立了多构型全主动悬架自主技术链，解决了国内产品技术路线单一、关键技术受制于国外的行业难题；构建了全链路高动态协同驱动架构，突破了传统液压主动悬架动态响应受限的技术瓶颈；发明了多模块分层解耦控制和跨系统协同控制方法，全球首创“侧碰稳控”“起跳飞跃”“三轮行驶”等功能，拓展了车辆动力学控制边界。

项目成果已实现大规模产业化应用，广泛搭载于比亚迪集团旗下五大品牌 30 余款车型，助力比亚迪连续 4 年全球新能源车型销量第一，出口至全球 110 多个国家和地区，创造直接与间接经济效益数千亿元。全栈自研的全链路一体化技术方案突破了高端悬架被国外企业卡脖子的行业瓶颈，实现了从国产替代、行业首创再到全球领先的逐级跨越，引领新能源汽车行业迈入“四电时代”。

项目创新成果推动我省新能源汽车技术进步，支撑我省在全国新能源汽车发展领域的引领地位，助力我省打造世界级新能源汽车产业高地。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

智能网联新能源汽车是我国战略性新兴产业，智能底盘是实现智能网联汽车“感知-决策-执行”闭环的关键物理载体。高性能主动悬架作为智能底盘实现垂向运动的核心系统，是整车智能化链路上的关键环节。主动悬架技术难度高，需要在多重约束下实现高主动力快速精准响应，目前仅有奔驰、奥迪、法拉利等 5 家国外企业掌握了主动悬架核心方案。我国主动悬架技术起步较晚，高性能执行器、低延时精准驱动、多目标优化控制等核心技术尚属空白，亟需实现自主化突破。主动悬架技术是制约智能网联汽车高质量发展的关键瓶颈，开展相关研究刻不容缓。

项目团队在工信部重大专项、科技部重点研发计划支持下，历时 20 年技术

攻关，系统性构建了多构型智能主动悬架方案，攻克了高性能低延时精准驱动难题，首创了跨系统多目标协同控制技术，为中国底盘智能化发展提供了具备完全自主知识产权的成套方案，实现了大规模产业化应用。取得创新成果如下：

（1）自研多构型智能主动悬架执行器技术。针对现有主动悬架技术极端地形通过性不足、动力源功率密度低、电磁高推力低波动设计矛盾等技术瓶颈，国内首创电控互联式液压悬架，构建全油气承载、双向主动作动与四轮解耦电控互联架构，实现核心部件国产替代。行业首创千伏高压电液耦合全主动悬架，设计五合一集成架构，实现主动力超万牛输出。全球唯一量产电磁直驱悬架，通过电-磁-力耦合寻优、复合热管理与直驱机构协同创新，实现高推力密度。构建全主动悬架执行器完整生态链，推动新能源汽车底盘技术跨越式发展。

（2）首创高精度低延时悬架执行器驱动技术。针对悬架位移探测滞后、控制环路刷新频率受限、电液耦合执行器扭矩波动大等难题，构建了“感知-计算-执行”全链路高动态协同驱动架构，首创 3D 霍尔-磁栅融合超高分辨率位移检测方法，发明无差拍预测电流控制、扩张状态观测器多源扰动前馈补偿等核心技术，显著减少扭矩脉动抑制率及系统响应时间，为实现智能底盘兼顾舒适性、操控性与安全性奠定了技术基础。提出基于电压裕度动态评估的改进 MTPV 策略，电液悬架推力波动率大幅降低。贯通“位置检测-电流控制-力矩输出”电机驱动全链路，为主动悬架执行器提供核心驱动支撑。

（3）发明跨系统多目标协同控制技术。针对车辆在复杂行驶工况下动力学稳定边界受限、跨系统协同控制缺失以及能耗与性能优化冲突等核心技术难题，构建分层异构的整车运动控制架构，提出四轮垂向独立作动、横纵垂协同控制与振动能量回馈的深度融合与动态博弈技术，首创“负侧倾主动控制”“侧碰稳控”“起跳飞跃”等技术。实现车辆安全、舒适与能效的多目标全局最优，推动车辆动力学控制由“被动响应”向“主动预测、多系统协同”跃迁。

本项目形成了自主可控的多构型高性能主动悬架技术体系，实现了主动悬架由“单一执行”向“精准检测-快速执行-融合控制”的技术跨越与产品跨代，为新能源汽车舒适性、操稳性和主动安全性能协同提升提供了跨代技术解决方案，将“电悬架”融入传统三电，引领新能源汽车底盘迈入“四电”时代。

2026 年 6 月，中国汽车工程学会组织了比亚迪汽车悬架系统项目成果评价会，经鉴定委员会鉴定：“项目系统复杂、技术难度大、创新性强，知识产权自主可控。项目总体技术达到国际先进水平，其中电磁峰值推力、系统响应时间达到国际领先。项目成果实现了直线电机悬架技术在全球的首次量产，在比亚迪高端车型上实现大规模应用，引领了汽车行业悬架技术进步，经济和社会效益显著，推广应用前景广阔。”

项目成果实现了主动悬架系统核心零部件自研自制、主动悬架电磁作动器首创量产、主动悬架软件策略与验证闭环全栈自研，并实现大规模产业化应用，相关成果搭载于比亚迪王朝、海洋、腾势、方程豹、仰望 5 大品牌 30 余款车型，近三年累计销售百万辆，创造经济效益数千亿元，引领了汽车行业悬架技术进步，经济和社会效益显著，应用前景广阔。

四、客观评价

2026 年 6 月，中国汽车工程学会组织了比亚迪汽车悬架系统项目成果评价会，经鉴定委员会鉴定：“项目系统复杂、技术难度大、创新性强，知识产权自主可控。项目总体技术达到国际先进水平，其中电磁峰值推力、系统响应时间达到国际领先。项目成果实现了直线电机悬架技术在全球的首次量产，在比亚迪高端车型上实现大规模应用，引领了汽车行业悬架技术进步，经济和社会效益显著，推广应用前景广阔。”

经第三方检测，项目在电控液压集成、电液耦合驱动、电磁直驱作动器及其驱动控制等指标上达到行业先进水平，具有领先优势。

本项目成果及搭载的相关车型，获得 9 项国内外行业荣誉，是全球第一款获得 ASIL D 等级（国际最高等级汽车功能安全）认证的主动悬架。

五、应用情况

2023 年起，本项目相关技术成果已在比亚迪旗下 5 大品牌共 30 余款车型实现规模化搭载，覆盖从家用至豪华、城市至越野等多类场景。此外，本项目技术成果随整车产品出口至包括欧洲、北美、日本等成熟汽车市场在内的全球 110 多个国家和地区。以全球首创的电磁直驱作动技术为代表的高性能主动悬架技术，不仅体现了比亚迪在智能底盘核心技术领域的自主创新能力，也展现了中国汽车产业由产品出口向技术输出、由整车竞争向核心技术竞争转变的发展趋势。近三年搭载车型海内外累计销售超六百万辆。

随着高阶智能驾驶加速落地和新能源汽车渗透率持续提升，主动悬架正由“舒适性配置”升级为“安全性关键系统”与“智能化核心载体”。项目成果将向与线控底盘、智能驾驶感知深度融合的整车级姿态预控方向持续演进，加速推进系统架构平台化与接口标准化，同时带动上游磁材、芯片、传感器等关键环节向高端化、国产化方向跃升，并以陕西为核心形成辐射全国的智能底盘产业集群，为陕西省打造全国新能源汽车产业高地、中国汽车产业实现全球引领提供核心支撑。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明	减振器以及车辆	中国	ZL202310638891.2	2024/10/29	7482838	比亚迪股份有限公司	廖银生, 孙宪猛, 杨文浩, 张秀和, 卢艺
2	发明	车身稳定的控制方法、控制器和车辆	中国	ZL202310433457.0	2024/9/1	7365025	比亚迪股份有限公司	廖银生, 李豪, 王申, 张秀和, 张华
3	发明	液压悬架系统及其具有的车辆	中国	ZL202111655956.1	2024/10/29	7481238	比亚迪股份有限公司	廖银生, 许豪伦, 张宏洲, 黄泰硕, 黄飞
4	发明	液压悬架装置及其具有其的液压悬架系统、车辆	中国	ZL202111655945.3	2025/11/4	8433031	比亚迪股份有限公司	廉玉波, 廖银生, 许豪伦, 张宏洲, 黄泰硕
5	发明	定子、直线电机、电磁减振器、悬架总成以及车辆	中国	ZL202311871169.X	2025/4/8	7863788	比亚迪股份有限公司	殷西军, 朱宁, 廖银生, 姚佳, 罗静
6	发明	减振器和车辆	中国	ZL202311868617.0	2024/9/10	7364998	比亚迪股份有限公司	刘坚坚, 孙宪猛, 张华, 张秀和, 卢艺
7	发明	悬架系统和车辆	中国	ZL202310488207.7	2024/10/29	7486351	比亚迪股份有限公司	杨峰, 孙林, 孙宪猛, 杜武

								智，张勋
8	发明	霍尔传感器阵列 协同标么化方 法、装置及角位 置测量方法	中国	ZL202510105785.7	2025/4/4	7856234	西北工业大学	李兵强，张智 勇，张辽，廖 小凤，张书 源，周素莹， 张峰
9	实用新型	位置检测装置、 电机、悬挂系统 及车辆	中国	ZL202520288692.8	2025/12/16	23657783	比亚迪股份有限公 司	孙宪猛，李 晟，陈瑞，姚 常志，贾博涵
10	发明	悬架的控制方 法、装置、控制 器、车辆、介质 及产品	中国	ZL202410808031.3	2025/11/4	8442795	比亚迪股份有限公 司 比亚迪汽车有限公 司	廖银生，张 勋，章峰，杜 武智，林元辉

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
廖银生	1	院长助理、 总监	高级 工程师	比亚迪汽车 有限公司	比亚迪汽车 有限公司	统筹负责项目总体规划与技术路线设计，主导关键技术攻关及重大应用落地。在三大创新点中发挥核心指导作用：牵头完成电磁直驱、电液耦合、电磁直驱执行器及其驱动技术的研发与集成，构建跨系统协同控制的高性能主动悬架技术，并参与建立参数化模型与台架验证体系，有力支撑了系统级全新技术突破与工程实现。
李兵强	2	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	在创新点 2/3 中做出重要贡献。提出基于全驱系统理论的非线性扰动观测器及自适应增益算法和霍尔传感器数据修正方法，实现位移检测精度至 μm 级。
刘坚坚	3	院长助理、 总监	高级 工程师	比亚迪汽车 工业有限公司	比亚迪汽车 工业有限公司	作为比亚迪新技术规划负责人，全面负责技术路线规划与资源协调。在创新点 1 和 2 中，主导提出近热源集成强化对流散热结构，建立无感温控模型与低能耗热管理策略。
殷西军	4	院长	高级 工程师	比亚迪汽车 有限公司	比亚迪汽车 有限公司	在创新点 1/3 中作出重要贡献。首创提出无簧双筒隔断式减振器结构，攻克两腔压力独立控制难题。
杨峰	5	常务 副院长	高级 工程师	比亚迪汽车 工业有限公司	比亚迪汽车 工业有限公司	在创新点 1/2 中作出重要贡献。主导建立电磁非线性耦合参数化模型，混合聚磁阵列与极限槽满率绕组协同优化实现推力密度最大

						化。
李跃	6	方程豹研究院院长	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 1/3 中作出重要贡献。提出发明四轮解耦电控互联架构，建立多级刚度控制方法，实现三级刚度调节及全地形下四轮持续接地与车身姿态调控。
赵炳根	7	王朝研究院院长	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 3 中作出重要贡献。构建“阻尼-刚度-高度-主动力”多模块分层解耦控制架构。
艾凤杰	8	腾势研究院院长	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 1/3 中作出重要贡献。攻克了低磁导率中空芯轴极致工艺难题，提出基于稳定域理论的六自由度多系统协同方案。
杨炜	9	无	无	长安大学	长安大学	在创新点 3 中作出重要贡献。研究基于深度学习的沥青路面状态分类方法，主导开发提出基于驾驶行为识别的负侧倾主动控制算法。
张宏洲	10	高级经理	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 1 中作出重要贡献。创新集成电控单元、双电机与双四象限内啮合齿轮泵五合一动力源，构建前后双动力源力控架构；设计三明治叠层电控结构，构建“水冷+油冷+风冷”复合冷却体系。
孙宪猛	11	高级经理	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 1/2 中作出突出贡献。提出基于幅-相协同调控的磁阻力优化模型，构建高带宽协同控制架构，设计自适应分段等比增益采样电路，实现电流环微秒级刷新与高精度采样。

张惠林	12	总监	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 3 中作出突出贡献。针对系统可靠性验证，构建结构与功能一体化测评体系，显著提升系统验证效率并推广比亚迪全系车型应用。
赵高明	13	底盘副总工程师	高级工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在发明点 1/3 中作出突出贡献。主导提出基于混合聚磁式磁钢阵列与高饱和磁感软磁材料的磁路优化方法，构建整车级运动执行底座，为系统级动力学性能突破提供技术支撑。
黄泰硕	14	底盘副总工程师	工程师	比亚迪汽车工业有限公司	比亚迪汽车工业有限公司	在创新点 3 中作出突出贡献。主导开发提出基于驾驶行为识别的负侧倾主动控制算法，解决了“人-车-环境”交互复杂问题。
王东亨	15	无	无	西北工业大学	西北工业大学	在创新点 2 中作出突出贡献。提出基于电压裕度动态评估的改进 MTPV 策略，通过加权目标函数平衡转矩波动与电压效率

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
比亚迪汽车有限公司	1	比亚迪汽车有限公司是比亚迪股份有限公司控股子公司，是完成本项目的第一完成单位。对项目主要贡献是： 1、负责项目总体研究方案、技术路线和详细实施方案、资源调配、产品验证等研发过程的管理； 2、为项目提供人力、物力资源，主导整个项目研发和应用的工作，并顺利完成项目目标； 3、主导构建了多构型智能主动悬架方案，攻克了高性能低延时精准驱动难题，首创了跨系统多目标协同控制技术，为中国智能底盘发展提供了具备完全自主知识产权的成套方案，实现了大规模产业化应用； 4、参与了本项目技术成果的推广应用，技术成果全面搭载于比亚迪五大品牌 30 余款车型，覆盖家用、豪华、越野等全场景出行需求。产品远销全球 110 多个国家和地区，斩获国际新能源汽车创新技术奖项，成功打破国外高端主动悬架技术垄断，有效助推国内智能底盘技术升级与新能源汽车产业全球化发展。
西北工业大学	2	西北工业大学作为第二完成单位，持续开展方法、技术攻关及设备研发、为本项目做出了以下贡献： 对创新点 2 作出重要贡献。针对直线电机在高动态运行中面临的参数不确定性、外部扰动及磁阻力波动等难题，提出基于全驱系统理论的非线性扰动观测器及自适应增益算法，改进等效频率反推算法与迭代学习非线性增益自适应算法，提高主动悬架系统的识别精度及动态控制品质。
长安大学	3	长安大学作为第三完成单位，围绕复杂道路环境智能感知、人-车-路协同状态辨识开展了系统研究，为本项目做出了以下贡献： 对创新点 3 中作出重要贡献。研究基于深度学习的沥青路面状态分类与特征识别方法，构建复杂天气及典型路面状态智能辨识模型。主导开发基于驾驶行为识别的负侧倾主动控制算法，建立“驾驶意图—车辆状态—目标车身姿态—悬架需求主动力”的动态映射机制。
比亚迪汽车工业有限公司	4	本单位是执行和完成本项目的主要完成单位之一，也是比亚迪股份有限公司控股子公司。对项目主要贡献是： 1、联合第一完成单位完成项目总体研究方案、技术路线和详细实施方案、资源调配、产品验证等研发过

		程的管理； 2、与第一完成单位共同为项目提供人力、物力资源，推动整个项目研发和应用的工作； 3、与第一完成单位共同攻克多项行业卡脖子关键技术，形成全链条原创技术成果； 4、协助参与本项目技术成果的推广应用。
比亚迪股份有限公司	5	比亚迪股份有限公司是比亚迪汽车有限公司、比亚迪汽车工业有限公司母公司。对项目主要贡献是： 1、负责完成了项目成果的梳理和知识产权申请和保护； 2、负责本项目研究成果的经济技术分析与评价； 3、协助参与本项目技术成果的推广应用。

九、完成人合作关系说明

项目完成人廖银生（第 1 完成人）、殷西军（第 4 完成人）来自比亚迪汽车有限公司。

项目完成人刘坚坚（第 3 完成人）、杨峰（第 5 完成人）、李跃（第 6 完成人）、赵炳根（第 7 完成人）、艾凤杰（第 8 完成人）、张宏洲（第 10 完成人）、孙宪猛（第 11 完成人）、张惠林（第 12 完成人）、赵高明（第 13 完成人）、黄泰硕（第 14 完成人）来自比亚迪汽车工业有限公司。

项目完成人李兵强（第 2 完成人）、王东亨（第 15 完成人）来自西北工业大学。

项目完成人杨炜（第 9 完成人）来自长安大学。

项目完成人廖银生、李兵强、刘坚坚、殷西军、赵炳根、杨炜、张宏洲、孙宪猛、张惠林、赵高明、黄泰硕、王东亨，自 2022 年开始，作为实验室筹建成员，共同参与新能源汽车陕西实验室联合共建计划，针对智能底盘相关技术合作开展研究。

项目完成人杨峰、孙宪猛，自 2010 年起合作开展主动悬架研究，获得《悬架系统和车辆》专利。

项目完成人李跃、廖银生，自 2019 年起合作开展主动悬架研究，获得《直线电机和电磁悬架》专利。

项目完成人艾凤杰、孙宪猛，自 2018 年起合作开展主动悬架研究，获得《电磁减振器和车辆》专利。