

“十四五”国家重点研发计划“新能源汽车”

重点专项 2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1.能源动力

1.1 动力电池智能化技术（基础研究类）

研究内容：以发展智能动力电池为目标，研究电池智能材料和智能诊断、智能调控、智能修复、智能防护等技术，包括：具有自愈合功能的电极材料和具有集成温度、电位测量等多感知功能的电池智能材料，电池内部故障及信号演化规律，基于电化学测量和智能材料的电池信息监测、故障诊断技术，基于智能材料的电池多场多维安全调控技术与电池智能修复策略及触发机制，基于温度/电压响应的电池自发可逆热保护技术，电池内部气压无损自调节策略；研发兼具智能诊断、智能调控、智能修复、智能防护功能的智能电池。

考核指标：电池具备智能监测、诊断、调控与修复功能，具备析锂形貌诊断功能，能够识别包含析锂、内短路等在内的 5 种以上故障类型及演化规律，诊断准确度不低于 95%；提出包含析锂调控、气压自调节、热化学反应调控等在内的 3 种以上自愈合、智能调控和修复策略，电池智能修复成功率大于 95%，容量恢复率不低于 90%；电池热保护触发温度

80~120 摄氏度，热保护时短路电流下降 80%以上，热保护可逆性大于 5 个热循环；实现智能诊断、智能调控、智能修复、智能防护技术的集成应用，电池能量密度 $\geq 250\text{Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 1000 次，对电池容量的影响小于 5%。

有关说明：支持 1 个常规项目的同时，并行支持 2 个不同技术路线的青年科学家项目。青年科学家项目的研究内容及考核指标如下：

研究内容：开发具有自愈合功能的电极材料和具有集成温度、电位测量等多感知功能的电池智能材料；研究基于智能材料的电池多场多维安全调控技术与电池智能修复策略及触发机制；研发兼具智能修复和智能防护功能的智能电池。

考核指标：提出包含析锂调控、气压自调节、热化学反应调控等在内的 3 种以上自愈合、智能调控和修复策略，电池智能修复成功率大于 95%，容量恢复率不低于 90%。

关键词：电池智能材料、智能诊断与调控、智能修复与防护、智能电池

1.2 高能量密度全固态锂离子电池技术（共性关键技术类）

研究内容：针对长续航、高安全及低能耗新能源汽车的发展需求，研发高能量密度全固态锂离子电池关键材料与关键技术，包括高容量、高压实、低膨胀和长寿命电极材料的

设计与批量制备技术，高离子电导率、宽电化学窗口的固态电解质设计、批量制备及可控成膜技术，高面容量、高稳定性电极设计、结构演化与制造工艺技术，电池设计与制备工艺技术，固-固界面演变机制及调控技术，电池性能和安全性评价技术等；开发全固态锂离子电池，实现装车验证。

考核指标：正极材料比容量 ≥ 220 安时/公斤，负极材料比容量 ≥ 1500 安时/公斤；固态电解质膜厚度 ≤ 20 微米，室温离子电导率 ≥ 3 毫西门子/厘米；全固态锂离子电池容量 ≥ 20 安时，能量密度 ≥ 800 瓦时/升，循环寿命 ≥ 1000 次（1/3 倍率充放，100%放电深度），工作温度-30~80 摄氏度，最大持续放电倍率 ≥ 1 倍率；通过针刺和 150 摄氏度热箱试验，其他安全性要求满足国标要求，制定全固态电池相关团体标准/国家标准征求意见稿 1 项；开展装车应用验证，装车配套不低于 500 辆。

有关说明：采用“赛马制”（以测代评）组织模式，支持 2 个不同技术路线的项目。项目实施周期不超过 4 年。

关键词：高能量密度、全固态、锂离子电池、固态电解质

1.3 具备高效梯次利用价值的动力电池技术（共性关键技术类）

研究内容：以兼顾高效梯次利用为目标，开展动力电池

单体与系统的结构、电性能和工艺参数的优化设计研究，研究全生命周期（包括梯次利用）电池循环性能和安全性能的退化机制与改善策略；建立涵盖电池设计、电池系统车载运行和梯次利用等环节的数据追溯系统；开展退役电池梯次利用适用性分析，研究退役电池残值、安全性和健康状态的评估方法，开展退役电池性能演变规律、性能预测及其梯次利用场景适用性的研究；研究安全高效的退役电池系统重构技术，实现退役电池的规模化梯次利用。

考核指标：建立兼顾高效梯次利用的动力电池结构和性能设计规范，设计的动力电池单体/系统与常规同体系、同类型单体/系统相比总体指标先进，能量密度降低不超过 3%，电池系统车载循环寿命 ≥ 2000 次（1 倍率充放，100%放电深度），退役重构的电池系统循环 3000 次后容量保持率不低于 50%（相比于重构系统的初期容量），退役电池利用率达到 90%以上（按折算成单体数量计）；全生命周期安全性能满足国标要求；数据追溯系统可根据产品编码快速获取电池车载和梯次利用运行数据，以及电池原材料和关键设计参数等信息；建立退役动力电池健康度、安全性、残值和梯次利用场景适用性的快速评估方法，健康度评估误差 $\leq 5\%$ ，退役电池的性能预测误差 $\leq 5\%$ ；退役电池梯次利用场景 ≥ 3 个，应用工况 ≥ 3 个，应用规模达到百兆瓦时以上；制定具备高效梯

次利用价值的动力电池技术团体标准/国家标准征求意见稿不低于 2 项，提交兼顾高效梯次利用的动力电池设计规范、电池全生命周期的经济分析报告和梯次利用可行性研究报告。

关键词：退役电池、梯次利用、安全性、健康度

1.4 车用高工作温度质子交换膜燃料电池电堆技术（共性关键技术类）

研究内容：针对车用燃料电池散热能力及发电效率提升需求，探索车用高工作温度、超高功率密度燃料电池电堆技术。主要研究内容包括：研究电堆高效传热结构与耐高温密封设计，建立过量系数偏差敏感性分析和动态水热耦合管理模型，提升电堆一致性和功率密度；研究高温操作下动态负载对电极传热传质过程的影响机制，创新低铂电极催化剂-离聚物-反应气体三相界面结构；研究耐高温超薄质子交换膜结构设计与质子传导机理，分析高温条件下膜疲劳/衰变行为；研究高导电/传热特性极板新结构与高温酸性条件下耐腐蚀机制；设计并集成样堆，进行稳定性试验与模型评估。

考核指标：电堆功率 ≥ 5 千瓦，贵金属用量 ≤ 0.2 克每千瓦，工作温度 ≥ 100 摄氏度，1000 小时工况循环测试后额定电流下电压衰减 $\leq 5\%$ ，活性区功率密度 ≥ 15 千瓦/升，可实现-30 摄氏度环境温度自启动，动态水热耦合管理模型仿真偏差

≤10%；膜电极在 0.55 安培/平方厘米电流密度对应的单池电压≥0.8 伏，在 2 安培/平方厘米电流密度对应的单池电压≥0.65 伏；高温质子交换膜电导率≥40 毫西门子/厘米（120 摄氏度，相对湿度 30%），渗氢电流≤2 毫安/平方厘米；双极板接触电阻≤3 毫欧·平方厘米@1.4 兆帕(接触碳纸)。

关键词：质子交换膜、燃料电池电堆、膜电极、高工作温度

2.电驱系统

2.1 乘用车用高性能集成化轮毂电机系统关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开发乘用车用高性能集成化轮毂电机系统，具体包括：研究高密度轮毂电机的电、磁、机、热、声等多物理场协同设计；研究轮毂电机（或带减速器）与制动器热特性，突破轮毂电机冷却技术；研究轮毂电机动静密封防护、轮毂轴承、制动器等关键零部件及耐电晕高导热绝缘等关键材料，突破轮毂电机的新材料、新结构和新工艺技术；解决轮毂电机与制动系统深度集成难题，提升轮毂电机总成的性能、功率密度和/或转矩密度；实现装车应用。

考核指标：满足 B 级及以上纯电动乘用车集成化轮毂电机系统和电动轮系统总成，轮端转矩对应系统关键部件电机、控制器、减速器（直驱电机时无减速器）、轮毂轴承和制动

器总质量的峰值扭矩密度 ≥ 16 牛顿·米/公斤；轮毂电动轮系统(含控制器)最高效率 $\geq 93\%$,CLTC 工况综合使用效率 $\geq 85\%$ ；轮毂电动轮全域工况的 1 米噪声总声压级 ≤ 75 分贝(A)，整车 60 千米/小时匀速车内噪声 ≤ 60 分贝(A)；防护等级为 IP68；冲击振动标准不低于传统轮毂指标，电磁兼容性能达到 Class4 级；轮毂电机实现装车应用，且获得产品公告的整车最高车速不小于 180 千米/小时，研发的轮毂电动轮系统实现量产装车不少于 50 辆。

有关说明：采用“赛马制”（以测代评）组织模式，企业牵头。

关键词：轮毂电机、乘用车电动轮、减速器电动轮、转矩密度

3.智能驾驶

3.1 高级别自动驾驶复杂行车环境风险认知及量化评估技术（共性关键技术类）

研究内容：面向高级别（L4+）自动驾驶车辆在任意路况下能够安全行驶的需求，研究复杂交通环境下行车状态估计与信息化重构方法，估计行车环境中无法由传感器直接获得的隐藏状态，分析其不确定性及误差边界，提出基于交通参与者行为语义的信息化重构方法，研发具有完备行车环境状态的信息重构软件系统；研究全路况环境下行车风险评估

与定量分析技术，建立考虑人-车-路-环境综合影响因素的车辆周围全向风险统一评估模型，提出其关键参数的辨识与标定方法，实现恶劣天气及人机混合等城市复杂交通环境下的行车风险准确认知与定量辨识，研发行车风险认知与量化评估装置；研究人车混合交通系统行人、非机动车、机动车等道路使用者的交互行为意图识别与运动轨迹预测技术，提出基于行车综合风险态势的高级别自动驾驶车辆安全决策规划方法，研究所规划车辆行驶轨迹与状态的预测性安全评估技术，研发对各种道路环境具有普适性的智能车辆安全决策规划软件系统；制定行车环境风险认知及量化评估技术标准，完成典型复杂交通场景下整套风险认知与量化系统的测试验证与示范应用。

考核指标：所估计状态中包括典型工况下人、车位置、速度、姿态等，状态自由度不低于 9 维，估计准确度不低于 95%，信息重构软件系统的信息空间中具备物理模型与广义人车路系统动力学模型，支持计算感知与状态估计不确定的显示表达，其中不确定性覆盖精度、时延、盲区等因素，更新频率不低于 10 赫兹；在人机混行复杂行车环境下，考虑天气、道路、法规、各类道路使用者等要素的车辆全向综合风险评估准确率不低于 90%，装置具备车载/路侧部署 2 种形态；风险认知与量化评估装置输出短期与长期 2 类行车风险

状态，短期行车风险态势预测时长不大于 0.1 秒，长期行车风险态势预测时长不小于 5 秒，长短期行车风险态势的预测准确率不低于 85%；通过主客观两种评判方法，在城市环境下车辆决策规划软件系统所规划轨迹的行车风险较人类驾驶风险平均降低 10%，完成不少于 10 类典型危险场景的实车测试验证，驾驶行为特性测试样本数不少于 50 人，总测试里程不少于 10000 公里，包括有雨雪等天气环境；制定相关标准规范草案不少于 2 项。

关键词：状态估计、风险认知、安全决策

3.2 乘用车智能线控一体化底盘关键技术（共性关键技术类）

研究内容：面向高级别自动驾驶需求，开展乘用车智能线控一体化底盘关键技术研发。具体包括：研究制动、转向、悬架、驱动及电池的一体化底盘集成技术，研制满足高级别自动驾驶需求、具有标准接口的乘用车一体化底盘；研究制动和转向的功能安全设计技术，研发全冗余的制动和转向系统；研究考虑驾乘舒适性的一体化底盘悬架设计技术，研发适用乘用车一体化底盘的智能悬架；研究面向高级别自动驾驶需求、用户个性化需求的一体化底盘控制架构与控制技术，研发软硬解耦的一体化底盘智能控制系统；研究一体化底盘与车身的高被动安全整车集成技术，研发搭载乘用车一体化

底盘的整车试验平台，研究乘用车一体化底盘的测试评价技术，建立一体化底盘的整车测试评价体系。

考核指标：实现一体化底盘与上车身的协调设计，形成满足高级别自动驾驶需求、具有软件和硬件标准接口的乘用车一体化底盘，一体化底盘扭转刚度不低于 40000 牛米每度；制动和转向实现 100 % 全冗余能力，制动和转向控制器随机硬件失效率不高于 10fit；电控主动悬架的单轴举高速率 ≥ 10 毫米每秒，主驾座椅综合总加权加速度均方根值不高于 0.25 米每二次方秒，40 米稳态回转侧倾角梯度 ≤ 4 度每重力加速度；基于一体化底盘的整车具备高级别自动驾驶能力以及纵横垂向的协同控制能力，底盘控制系统通讯时延 ≤ 2 毫秒；半载麋鹿试验车速 ≥ 80 千米每小时，65 千米每小时蛇形工况下平均侧倾角峰值 < 1.1 度，30 米半径的稳态回转测试最大侧向加速度 ≥ 0.95 倍重力加速度；制定乘用车一体化底盘相关技术标准或草案不低于 2 项，包含车辆功能安全及驾乘体验等测试评价内容；项目研发成果实现实车搭载应用，完成产品公告。

有关说明：企业牵头申报。

关键词：高级别自动驾驶、乘用车一体化底盘、驾乘舒适性

4.整车平台

4.1 多材料电动乘用车轻量化车身关键技术开发（共性关键技术类）

研究内容：研究高强度钢、碳纤维热塑性复合材料、高性能铝合金等多材料车身轻量化设计关键技术，研究动力电池与车身一体化设计关键技术；攻克铝合金大型复杂车身结构件集成设计、成形与评价关键技术；建立乘用车用碳纤维热塑性复合材料复杂结构零部件轻量化设计方法，开发碳纤维热塑性复合材料高效成型关键技术；建立异种材料复合结构件轻量化设计、形性调控与性能评价方法，开发大尺寸金属与复合材料复合结构件热-力耦合模拟技术；研发 1.8 吉帕超高强度钢变曲率零部件冷成形和 2.0 吉帕铝硅镀层热成形钢单门环成形关键技术，研究变形规律，建立工艺控制方法；突破多材料车身系统复杂结构连接关键性能的协同设计、性能评价与仿真模拟关键技术。

考核指标：不低于原性能条件下与全钢结构方案相比，大型复杂铸造铝合金一体成形车身结构件最大投影面积 ≥ 1.2 平方米，实现减重 17%以上；碳纤维热塑性复合材料零部件实现减重 45%以上，生产效率 ≤ 1.5 分钟/件，形成碳纤维热塑性复合材料模压成型模拟二次开发的软件工具 1 套；高强钢/碳纤维复合材料复合结构件减重 15%以上，铝合金/碳纤维复合材料复合结构件长度 ≥ 1.2 米，减重 40%以上；与传统高

强度钢同类零部件相比,1.8 吉帕三维变曲率零部件减重 10% 以上,其匹配面尺寸公差 ≤ 0.7 毫米,最大壁厚减薄率 $\leq 10\%$; 2.0 吉帕铝硅镀层热成形钢单门环减重 $\geq 15\%$; 制定不低于 2 项工艺标准和设计规范。上述研究成果至少分别在 5 款车上完成产业化验证,并集成所有研究成果,开发出 1 款多材料轻量化车身,与同尺寸钢制车身相比,在满足性能要求下,实现减重 20%以上,车身轻量化系数 ≤ 2.3 (不含电池包)。

关键词: 多材料车身、碳纤维热塑性复合材料、集成设计、三维变曲率

4.2 基于先进移动通信的协同式智能汽车关键技术（共性关键技术类）

研究内容: 基于先进移动通信的多层级协同式、智能化整车平台设计,针对智能汽车设计运行条件碎片化问题,实现设计运行条件状态的动态识别及扩展的边界设计;研究路口、匝道等典型场景下基于端边云的多车协同驾驶与网联车辆控制技术,包括基于分时分配的车道级路权仲裁与调度技术、考虑车辆运动学特性和网联延迟的车速-车距协同引导技术等;研究基于先进移动通信的智能汽车实时、泛在、可靠网联技术,实现车辆状态、驾驶意图信息共享、协作方快速辨识与确认等;研究在频谱资源、设备能耗受限情况下面向不同应用场景的数据传输技术,研制通信装备,通过网联协

同与赋能实现车辆感知、决策及控制能力的提升，推动实现高级别自动驾驶应用；研究基于先进移动通信系统的智能汽车整车级协同驾驶测试验证方法，包括协同驾驶和网联通信融合一体化的测试场景库构建方法，智能汽车协同驾驶场景功能性测试评价指标和测试方法等。

考核指标：搭建智能汽车原型车辆 ≥ 5 台，覆盖智能汽车设计运行条件至少包括道路设施、通讯、数字信息等9类；实现5辆及以上网联智能车辆在城市路口、高速匝道、高速直道变道等场景下的安全协同驾驶，制定标准草案1项；车辆车速与运动间距等依控制指令的响应误差不超过10%；车辆跟随过程中预碰撞时间（TTC）不超过3秒；支持5G Uu和C-V2X PC5直连的通信设备，车车、车路直通信交互通信时延小于20毫秒，实现协作方辨识速度 ≤ 500 毫秒；编制网联协同驾驶信息交互流程标准草案1项；覆盖车车通信的关键测试场景不小于7类，包括协同自适应巡航、无信号匝道的转向或交替通行、同向行驶车辆协作式变道、路口对向行驶车辆的无保护左转等场景；覆盖车与路端、网端协同的关键测试场景不小于6类，包括协作式变道，协同自适应巡航、协作式车道汇入、动态车速限制、编队行驶、远程控制驾驶等。

有关说明：企业牵头申报。

关键词：V2X 网联、网联协同、自动驾驶汽车、先进移动通信

浙江大学 kjcgx