

## 附件 8

# “新能源汽车”重点专项 2021 年度 项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“新能源汽车”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：坚持纯电驱动发展战略，夯实产业基础研发能力，解决新能源汽车产业卡脖子关键技术问题，突破产业链核心瓶颈技术，实现关键环节自主可控，形成一批国际前瞻和领先的科技成果，巩固我国新能源汽车先发优势和规模领先优势，并逐步建立技术优势。专项实施周期为 5 年。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕能源动力、电驱系统、智能驾驶、车网融合、支撑技术、整车平台 6 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 18 个项目，拟安排国拨经费 8.6 亿元。其中，围绕全固态金属锂电池技术方向，拟部署不超过 3 个青年科学家项目，拟安排国拨经费不超过 1500 万元，每个项目 500 万元。原则上共性关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1；示范应用类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。除特殊

说明外，每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

## **1. 能源动力**

### **1.1 全固态金属锂电池技术（基础前沿技术，含青年科学家项目）**

研究内容：全固态电池中电极（正极、负极）与固体电解质界面稳定化与自修复机制；微结构固态复合正极（含活性材料、电解质、电子导电介质等）中电子、离子的输运特性；具有导电

骨架结构的金属锂负极和固态电池中界面/结构对锂沉积形态的影响；超薄高离子电导率固体电解质层制备技术及面离子输运均匀性、机械强度、与正负极界面兼容性；新型电池结构、干法电极、新型电解质层制备方法及其封装方式；电池内部温度/力学/电化场以及失效破坏等实验表征技术及固态电池综合评价方法。

考核指标：固态复合正极比容量  $> 400\text{mAh/g}$ ；复合金属锂负极比容量  $> 1500\text{mAh/g}$ ；固体电解质厚度  $< 15\mu\text{m}$ ，室温电导率  $> 1\text{mS/cm}$ ，锂离子迁移数  $> 0.8$ ；全固态金属锂电池：容量  $> 10\text{Ah}$ ，比能量  $> 600\text{Wh/kg}$ ，循环寿命  $\geq 500$  次。

有关说明：支持一般项目的同时，并行支持不超过 3 个不同技术路线（互相之间、与一般项目之间技术路线均明显不同）的青年科学家项目；实施周期不超过 5 年。

## **1.2 车用固体氧化物燃料电池关键技术（基础前沿技术）**

研究内容：针对不同燃料场景需求的车用燃料电池发电系统，研究固体氧化物燃料电池（SOFC）关键部件、电堆、系统设计及集成技术，主要包括：优化电极微观结构，研究高性能、高可靠电池结构设计及可控制备技术；优化连接体材料及结构，开发低成本连接体加工及涂层致密化技术；开发高一致性、长寿命电堆组装技术，形成千瓦级电堆批量制造能力；研发氢气、天然气、醇类等不同燃料处理技术及关键部件；集成不同燃料应用场景的 SOFC 系统，研究系统快速启动响应技术，研究系统在模拟行驶工况下的应用安全。

考核指标：建立车用 SOFC 关键部件、电堆与系统技术及理论体系。完成高性能、高可靠电池的结构设计和验证，电流密度  $\geq 300\text{mA}/\text{cm}^2$  条件下，电压衰减  $\leq 4\%/千小时$ （运行时间  $\geq 1000\text{h}$ ）；形成低成本金属连接体及涂层材料加工工艺，连接体高温服役  $5000\text{h}$ ， $\text{ASR} \leq 30\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ；掌握 SOFC 电堆组装技术，单电堆功率  $\geq 1.0\text{kW}$ ，电堆功率密度  $\geq 1.0\text{kW}/\text{L}$ ，电效率  $\geq 60\%$ ；完成氢气、天然气以及醇类等为燃料的 SOFC 系统开发，额定发电功率  $\geq 50\text{kW}$ ，启动 3 分钟达  $50\%$  输出功率，发电效率  $\geq 55\%$ （DC，LHV），建立系统安全性能评价体系。

有关说明：实施周期不超过 5 年。

### 1.3 高密度大容量气氢车载储供系统设计及关键部件研制 （共性关键技术）

研究内容：针对燃料电池重型车辆长途续航需求，研究车载储氢瓶、车载储氢系统设计、制造和检测技术，研究不同工况下大容量储氢的释放和泄露规律，研制车载  $70\text{MPa}$  大容量 IV 型瓶、集成瓶阀、储氢系统调压阀组、储氢系统控制器、氢气泄漏探测传感器等，形成高压力、大容量车载储氢系统。

针对大功率燃料电池发动机供氢需求，研究大流量、高动态等复杂工况条件下供氢系统集成与控制技术，研制氢气流量控制阀组、循环引射器、机械循环泵等核心部件。

针对燃料电池重型车辆快速加注需求，研究加氢口预冷高压大流量气氢在车载系统中的扩散、增压、升温等规律，获得稳定

匹配与安全阈值控制技术，定义各部位材质循环加载要求、车载储氢系统受氢口与加氢枪的机械接口方式，开发面向高可靠、高安全的氢燃料快速加注操作流程、接插连接规范及通信协议。

考核指标：车载 70MPa 大容量 IV 型瓶储氢系统有效储氢质量  $\geq 32\text{kg}$ ，氢气泄漏率  $\leq 10\text{mL/h}$ ，供氢能力  $\geq 7\text{g/s}$ ，系统服役寿命  $\geq 10$  年；形成相应气瓶与瓶阀的自主知识产权及产品标准，制定系统零部件、总体结构、集成设计等安全设计准则。其中，70MPa 氢 IV 型瓶满足 T/CATSI 02007—2020 要求、容积  $\geq 400\text{L}$ ，单瓶质量储氢密度  $\geq 6.8\text{wt}\%$ ，单位储氢能力碳纤维使用量  $< 10.7\text{kg/kg H}_2$ ；集成瓶阀设计压力  $\geq 70\text{MPa}$ ，内置电磁阀寿命  $\geq 50000$  次，瓶阀功耗  $\leq 8\text{W}$ ，瓶阀质量  $\leq 1.2\text{kg}$ ，瓶阀集成电磁开关装置、过流量装置、超温超压泄放装置（TPRD）、温度检测装置和手动操作装置；调压阀组循环寿命  $\geq 50000$  次，输出压力波动范围 10~15%，波动持续时间  $\leq 10\text{s}$ ，输出流量  $\geq 7\text{g/s}$ ，质量  $\leq 1.2\text{kg}$ ；车载氢系统控制器具备独立加氢模式、红外通讯、6 路以上氢安全检测通道，具备加氢状态控制与停车氢安全巡检策略；加氢口及加氢枪加注速率  $\geq 7.2\text{kg/min}$ ，加氢口使用寿命  $\geq 20000$  次，加注过程瓶内气温  $\leq 85^\circ\text{C}$ 。大流量氢气流量控制阀组最大喷射流量  $\geq 7\text{g/s}$ （阀组流量），内外氢气泄露率  $\leq 0.3\text{mL/h@30bar}$ ，耐久性：喷射阀开闭次数不小于 4 亿次（比例电磁阀全开闭次数不小于 500 万次）；大流量氢循环引射器压升  $\geq 50\text{kPa}$ ，引射比  $\geq 2.2$ ，电堆功率覆盖范围 60~400kW；大流量氢气循环泵系统压升  $\geq 50\text{kPa}$ （采

用氢气混合气体，循环流量 $\geq 3000\text{slpm}$ ，氢气浓度 $\geq 90\%$ ），功耗 $\leq 1.5\text{kW}$ ，效率 $\geq 46\%$ ，噪音 $\leq 70\text{dB}$ ，寿命 $\geq 20000\text{h}$ 。建立快速加注机械接口标准、通信协议和加注操作规范，并形成标准送审稿；加注协议标准符合国际通用需求。

## 2. 电驱系统

### 2.1 基于新材料和新器件的电驱动系统技术（基础前沿技术）

研究内容：在电驱动系统集成与控制方面，研究 SiC 电驱动系统新结构、多物理场集成和全域高效控制方法，研究 SiC 电驱动系统电磁兼容特性及抑制方法，解决 SiC 电驱动系统在高密度集成和高效控制的基础科学问题。开展新型电驱系统技术测试与分析，完成电驱系统前沿技术对标评价；开展车用服役条件下电驱系统功率器件、电机绝缘和轴承等系统致命故障检测、诊断和预测方法研究，形成电驱系统健康管理技术体系和标准规范。在新材料与新器件方面，研究高性能超级铜线（包括但不限于基于铜合金和铜/纳米管等复合材料的高性能超级铜线）及电机绕组制备技术，探索大电流 SiC MOSFET 芯片载流子输运性能高温骤降机理和抑制栅介质界面缺陷等可靠性增强方法，研究超低杂散参数/高效散热的 SiC 模块与组件协同优化技术，实现材料与器件优化。

考核指标：超级铜线在  $20^{\circ}\text{C}$  的电阻率 $\leq 1.90 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ， $180^{\circ}\text{C}$  的电阻率 $\leq 2.57 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，并应用于高性能电机样机； $1200\text{V}$  SiC MOSFET 单芯片通流能力 $\geq 250\text{A}@150^{\circ}\text{C}$ ，导通压降 $\leq 2.5\text{V}@250\text{A}/150^{\circ}\text{C}$ ，最高结温  $250^{\circ}\text{C}$ ，阈值电压偏移 $\leq$

0.1V@150°C; SiC 电机控制器峰值功率体积密度  $\geq 70\text{kW/L}$ @峰值功率 300kW, EMC 达 CISPR 等级 4 要求; 提交电驱系统产品对标测试与技术分析报告共 5 份, 每年样本量 2 套, 提交电驱系统健康管理标准规范 1 项。

有关说明: 实施周期不超过 5 年。

## 2.2 高性能轮毂电机及总成技术 (共性关键技术)

研究内容: 在高性能轮毂电机及总成方面, 突破轮毂电机与制动、转向和悬架系统深度集成与转矩矢量分配技术难题, 实现轮毂电机系统性能、功率密度和转矩密度的持续提升, 为全新电动化底盘开发和产业化提供核心零部件支撑; 在高密度轮毂电机方面, 研究高密度轮毂电机的电磁机热声等多物理场协同设计与仿真、故障诊断与容错控制、转矩脉动抑制、噪声抑制和可靠性与耐久性验证方法, 开发轮毂电机的新材料、新结构和新工艺技术 (包括冷却结构、动密封等)。

考核指标: 轮毂电机总成 30s 峰值扭矩重量比  $\geq 20\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ; 轮毂电机总成系统最高效率  $\geq 92\%$ , 系统 CLTC 工况综合使用效率  $\geq 80\%$ ; 轮毂电机在额定转速点 (额定转矩转折点), 1 米噪声总声压级  $\leq 72\text{dB (A)}$ , 防护等级不低于 IP68, 冲击振动标准不低于传统轮毂指标, 电磁兼容性能满足 Class4 级及以上, 轮毂电机总成产品实现装车运行。形成可靠性与耐久性测试规范。

## 2.3 混合动力专用发动机及高效机电耦合技术 (共性关键技术)

研究内容: 研究高效清洁燃烧 (包括但不限于新型喷射、高

EGR 率、新型点火、高压压缩比、可变机构技术等) 结构优化、高效热管理、高效后处理、先进控制策略、低摩擦和低噪声等混合动力专用发动机技术, 开发出热效率高、排放好的混合动力专用发动机; 研究新型构型、一体化机电集成、高效传动、高效热管理、动态控制和低噪声等机电耦合技术, 开发出高效率、高集成、低成本的机电耦合变速箱。研究先进混动控制系统、高效混动控制策略、混动专用电机及电池、高压安全管理、测试验证等混动总成技术, 实现总成高效和高可靠性, 通过整车高效优化控制实现整车级行业领先动力和能耗指标。

考核指标: 专用发动机最高热效率  $\geq 45\%$ , 整车排放满足国六 b+RDE; 机电耦合系统机械传动效率  $\geq 95\%$ , 机电耦合系统综合效率  $\geq 85\%$  (注: WLTC 工况电平衡工况下的发电和驱动的加权综合效率); 产品可靠性及寿命满足整车要求, 实现装车运行。所搭载的整车 0~100km/h 加速时间  $\leq 7s$ , A 级车在电量维持模式下油耗  $\leq 0.0018 \times (CM-1415) + 3.8L/100km$ 。混合动力专用高效发动机在额定功率下, 1 米噪声总声压级  $\leq 90dB(A)$ ; 机电耦合系统在其基速点 (转矩转折点), 1 米噪声总声压级  $\leq 78dB(A)$ , 完成产品公告的量产车。

### 3. 智能驾驶

#### 3.1 多域电子电气信息架构 (EEI) 技术 (基础前沿技术)

研究内容: 构建基于服务的车路云网一体化集中式电子电气信息架构, 探索高内聚、低耦合架构新形式, 研究混合关键级任



务调度与分配机理，建立域内、域间高可靠软件动态资源共享协议，探索车辆终端、边缘节点和云平台算力分配技术和通用应用开发架构，形成域内、域间、车云标准接口，实现软件模块复用以及整车软件管理；研究 C-V2X 和车载网络融合的新型架构底层软件设计关键技术，研究车载以太网和时间敏感网络等通信机制，设计高带宽、低时延、高可靠的软件信息系统构架，构建数据远程分析、诊断、调校与升级一体化技术平台；研究电子电气架构安全冗余体系，基于多维度安全设计方法，构建故障检测、主动重构控制及可靠高效的多层纵深防御体系；研究电子电气架构评估与实时性仿真分析技术，建立多层级、一体化电子电气架构测试验证体系，搭建车路云网一体化集中式电子电气信息架构测试平台；研究电子电气信息架构集成应用，实现技术应用与示范。

考核指标：架构支持车路云一体化协同的高级别自动驾驶系统，可实现软硬件独立和域间协同计算，架构支持算力集中的弹性中央计算平台和分布区域管理控制器实现整车软件定义功能开发，形成具有自主知识产权的标准化软硬件接口  $\geq 400$  个，接口包括：智能化传感器接口，原子服务接口，车-云标准接口和车与路侧设备接口等，标准接口支持 2 种以上的操作系统。电子电气架构一体化技术平台支持 C-V2X 信息交互，车辆相关软件升级时间  $\leq 20$  分钟，车载网络通讯速率可达 10Gbit/s，时间敏感业务流转发时延小于 50 微秒，时间同步精度小于 20 纳秒。具有高可靠的冗余防失效机制，形成架构冗余设计准则和预期功能安全的解决方案。满足复

杂电磁环境下的电磁安全要求,通过 GB/T 18387 和 GB 34660 标准测试。建立信息安全纵深防御设计准则和防护策略。形成整车电子电气架构仿真、评估、优化和测试验证评价体系。在 2 家以上整车企业获得应用,完成相关技术标准或草案 3 项。

有关说明: 实施周期不超过 5 年。

### 3.2 学习型自动驾驶系统关键技术(共性关键技术)

研究内容: 研究人车路广义系统的多尺度场景理解技术,开发交通参与者的长时域行为预测系统;自动驾驶感知—决策—控制功能在线进化学习技术,研发模型与数据联合驱动的高效迭代求解算法,开发通用的建模、优化与分析软件;研究自动驾驶系统的高实时车载计算装置,包括低功耗异构计算架构、分布式高效任务管理、策略模型压缩/编译/部署等关键技术;研制多维驾驶性能分析系统与训练平台,包括边缘场景的自然驾驶数据库、以安全性为核心的驾驶性能评估模型、支持虚拟交通场景的半实物在环训练等;开发自动驾驶系统学习功能集成与测试验证技术,包括符合车规级标准的开发方法及测试流程,功能优化、故障诊断、远程监控、人机交互等辅助模块,以及封闭测试场和开放示范道路的试验。

考核指标: 典型交通参与者行为预测时域不少于 5s,长时域轨迹预测误差  $\leq 0.6\text{m}$  (横向) 和  $\leq 2\text{m}$  (纵向);支持 L3 级及以上自动驾驶功能的自我进化训练,涵盖典型道路场景  $\geq 5$  类和交通参与者  $\geq 4$  类,在线学习系统的更新周期  $\leq 30\text{min}$ ;车载计算装置

运行 L3 级及以上自动驾驶算法模块时，单位功耗算力  $\geq 2\text{Tops/W}$ ，主要功能模块平均延迟  $<150\text{ms}$ ；边缘场景的自然驾驶样本片段  $\geq 1$  万个，边缘场景类型  $\geq 80$  类，自动驾驶性能评估模型的准确性  $\geq 90\%$ ；训练平台支持  $\geq 100$  个交通节点虚拟交通场景，支持不少于 20 辆实车的封闭测试场或开放示范道路的验证；制定国家/行业标准  $\geq 3$  项。

### **3.3 智能汽车预期功能安全技术（共性关键技术）**

研究内容：研究智能汽车预期功能安全认知技术，包括与场景理解紧密相关的感知认知和决策规划等系统的性能局限分析技术、结合系统正向开发流程的危害分析及风险评估技术，构建面向智能汽车的预期功能安全量化评估模型；研究预期功能安全实时防护技术，构建预期功能安全实时监测与防护系统；研究降低预期功能安全风险的机器学习成长系统关键技术，包括面向自动驾驶机器学习成长平台的数据系统以及面向大数据的预期功能安全高性能云计算技术；研究人机交互的预期功能安全关键技术，包括车内外人机交互的预期功能安全防护技术及其功能模拟技术；研究预期功能安全场景库建设及测试评价技术，包括场景库测评优先子集和覆盖梯度研究、搭建预期功能安全仿真测试模型，研究预期功能安全量化与测试评价技术，建立预期功能安全试验验证规范及标准。

考核目标：开发预期功能安全实时防护系统一套，实现预期功能安全的实时保障，并在不少于 20 个边缘场景下进行技术验

证；搭建面向大数据的数字孪生高性能云计算平台 1 套；开发自动驾驶系统预期功能安全分析、仿真测评和管理工具软件 1 套；开发有条件自动驾驶及以上级别的智能网联汽车预期功能安全测试案例库 1 套，测试用例  $\geq 300$  条；搭建预期功能安全实车测试平台 1 个；完成  $\geq 100$  万公里实车道路数据采集，构建预期功能安全场景  $\geq 1000$  个；完成预期功能安全量化开发及测试评价体系标准或草案 1 项。

#### **4. 车网融合**

##### **4.1 智能汽车信息物理系统（CPS）技术（基础前沿技术）**

研究内容：面向智能汽车与信息通信及智能交通一体化，建立智能汽车信息物理系统基础理论，研究智能汽车信息物理系统架构体系构建、分析与构型优化方法；研究智能汽车信息物理融合机理，解构系统要素功能间协同机制与耦合规律，研究智能汽车信息物理系统建模方法；研究智能网联汽车信息物理系统开放性、涌现性和演进性特性，研究智能网联汽车信息物理系统全生命周期数字孪生重构设计与系统工程方法；研究智能汽车信息物理系统测试验证与量化评估方法，建立智能汽车信息物理系统关键指标体系；研究智能汽车信息物理系统协同实现方法，构建典型参考系统以及系统确认方法。

考核指标：建立智能汽车信息物理系统架构、特性分析、建模、设计、评估、验证、协同实现、系统确认与系统工程方法；架构体系包含设计分析维度  $\geq 7$  个；总系统架构包含系统需求定

义 $\geq 2000$ 项，系统功能、逻辑和物理架构要素不少于4500个；系统建模工具原型可支持不少于4个类别的模型融合；系统设计工具原型可支持不少于7个维度的系统全生命周期重构设计考量，且可支持不少于50个用户端的数据库并发访问修改和唯一设计版本溯源；智能汽车信息物理系统关键指标体系包含不少于7个维度的量化关键指标且总数不少于50个；智能汽车信息物理系统典型参考系统原型的可支持不少于16类智能汽车运行场景和不少于3000项测试用例的测试验证；完成相关理论著作不少于3项，技术指南或路线图不少于3项，完成系统工程应用手册1套。

有关说明：实施周期不超过5年。

#### **4.2 高精度自动驾驶动态地图与北斗卫星融合定位技术（共性关键技术）**

研究内容：研究支持自动驾驶的高精度动态地图模型与架构，研究面向中国道路特点、支持增量更新与扩展的地图数据模型，建立动静态、变分辨率地图数据的表达与存储机制；研究面向量产车众包数据的地图在线更新技术，研究地图数据实时加密与偏转技术；研究基于地图感知容器的网联汽车协同感知技术，建立车一路一云网联信息的多源融合机制；研究车规级北斗定位芯片与车载多源定位终端技术，构建基于北斗及其增强系统的车载定位、导航、授时一体化系统，研究融合视觉、惯导与地图的智能全息组合主动定位技术；研究自动驾驶地图与定位系统的车

载软硬件集成技术。

考核指标：地图模型支持动静态多层数据调用，包括自动驾驶感知与决策的应用接口协议，地图覆盖公里数 $\geq 1$ 万公里；高精度地图每100米相对误差 $\leq 15$ 厘米，基于专业采集车地图更新准确率 $\geq 99\%$ ，基于众包数据地图更新准确率 $\geq 90\%$ ；超视距无盲区感知检测准确率 $\geq 90\%$ ，动态信息传输延迟 $\leq 1$ 秒；基于车载北斗卫星定位终端，多源信息融合实现高精度定位，试验场条件下，静态高精度增强定位误差 $\leq 1$ 厘米，动态高精度增强定位误差 $\leq 10$ 厘米，有卫星信号覆盖的常规城市综合路况下，动态高精度增强定位误差 $\leq 20$ 厘米；支持具备车路协同感知功能的高精度地图示范区域2个以上，完成相关技术标准或草案 $\geq 5$ 项。

#### **4.3 自动驾驶仿真及数字孪生测试评价工具链(共性关键技术)**

研究内容：“人一车一路一环”耦合的高保真建模仿真技术，研究高精度传感器、动力学、环境建模技术和强耦合机制，研发支撑L3及以上自动驾驶实时仿真软件；融合自动驾驶场景及交通流特征的云端仿真技术，研究包含中国自动驾驶事故场景特性的宏微观一体化交通流建模与加速测试技术，开发场景批量生成与高并发大规模云计算测试平台；车一云一场协同的自动驾驶在线加速测试评估技术，研究基于交通流的驾驶员行为、自动驾驶车辆行为的云端协同与场地孪生连续测评技术；多车协同的整车交通在环数字孪生技术，研制高灵敏的驱动、制动、转向一体化整车级系统平台，研究“人一车一路一环”实时模拟与虚实融合

交互集成测试技术；自动驾驶测试评价平台及工具链，研究驾驶智能性评级、缺陷自动识别与安全性能认证技术，构建标准化的工具软件及硬件平台。

考核指标：高精度自动驾驶仿真软件的极限工况动力学模拟精度 $\geq 90\%$ ；开放道路自动驾驶事故场景案例 $\geq 1000$ 例；云控平台数据规模支持PB级，仿真任务执行成功率 $\geq 99.9\%$ ，达到10000个/分钟用例生成速率及10000个/小时用例测试速率；数字孪生测试系统支持车速200km/h，最大制动强度 $10\text{m/s}^2$ ，最大转向角 $40^\circ$ ；数字孪生支持虚、实传感器信号叠加；工具链支持L3级以上自动驾驶全流程测试，完成相关技术标准或草案不少于2项，服务自动驾驶车型不少于20个。

## 5. 支撑技术

### 5.1 汽车电控单元关键工具链开发（共性关键技术）

研究内容：研发汽车电控单元模块级软件建模工具，实现基于模型的软件设计功能；研发汽车电控单元软件测试验证工具，实现软件测试验证的流程标准化、接口统一化、测试自动化；研发汽车电控单元软硬件集成测试与标定工具，实现电控软硬件功性能的在线优化；研发车辆通讯总线仿真与测试工具，实现对车辆通讯总线的功能测试和性能优化；开发基于云技术的汽车电控单元设计仿真平台与模型库，实现自主工具链的云端并行计算技术。

考核指标：汽车电控单元软件开发及验证的关键工具链能够

满足 V 型开发流程，研制覆盖软件建模、软硬件测试、通讯总线仿真与测试等环节的关键工具不少于 4 种；汽车电控单元模块级软件建模工具能够支持系统图形化建模、连续与离散仿真、状态机建模等不少于 3 项的基本功能；汽车电控单元软件测试验证工具支持图形化测试用例搭建、支持自定义测试用例库、测试用例库及测试计划统一管理不少于 3 项基本功能；汽车电控单元软硬件集成测试与标定工具能够支持不少于 2 种类型标定协议，支持用户可定制的图形标定界面，支持标定数据的记录以及刷写等不少于 3 项基本功能；车辆通讯总线仿真与测试工具支持总线监测分析、总线激励、诊断服务等不少于 3 项基本功能；自主开发工具的云上服务平台实现云端用户登录不少于 1000 人次/12 个月，工具链包含的云端模型库中有效模型数量不少于 50 个。

## **5.2 关键车规级芯片的测试技术和评价体系研究（共性关键技术）**

研究内容：研究车规控制、通讯、计算、安全、存储芯片在车载使用要求下的可靠性、电磁兼容性测试技术，设计开发基于 FPGA 半实物平台和芯片实物平台的车规芯片功能安全测试用例库及测试技术；针对智能驾驶使用要求，研究车规计算芯片的算力、能耗测试技术；针对网联驾驶使用要求，研究车规信息安全芯片基于国密算法安全保证能力的信息安全测试技术；搭建车规控制、通讯、计算、安全、存储芯片测试平台，建立其在车载使用要求下的评价方法和评价体系。



考核指标：搭建支持多样本（ $\geq 20$  个）同步试验、试验温度范围 $-40\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、湿度相对湿度 $>65\%$ 、压力 $\geq 15\text{psig}$ （磅/平方英寸）的环境应力试验系统，以及可施加电源（电压范围 $0\sim 20\text{V}$ 且分辨率 $10\text{mV}$ ）偏置的寿命试验系统；搭建 EMC 测试环境，支持传导干扰（ $20\text{Hz}\sim 108\text{MHz}$ ）、辐射干扰（ $20\text{Hz}\sim 40\text{GHz}$ ）、HBM\_ESD（ $10\text{kV}$ ）、电源间断跌落实验（时间 $\leq 1\text{ms}$ ）；搭建支持 1024 数字通道资源，5G 通讯速率，激励电压范围 $-0.5\sim +1.5\text{V}$ 且分辨率为 $10\mu\text{V}$ 的 ATE 测试系统；开发车规计算芯片测试系统，支持 GPU/AI 等多种架构车规计算芯片在不同系统配置下（内核可配置、主频测试精度最小 $100\text{MHz}$ ）的算力测试（范围覆盖 $5\sim 20\text{TFlops}$ 、 $5\sim 300\text{Tops}$ ）及能耗测试（最高精度 $0.1\text{W}$ ）；设计开发支持车规芯片半实物和实物芯片的功能安全测试系统，测试范围覆盖车规计算芯片的总线、存储、DDR、时钟、IO、中断等硬件模块及底层软件，完成 1~2 款芯片功能安全测试用例开发至少 1000 条；开发车规信息安全芯片国密算法（SM1~SM4）检测系统，支持被测芯片 $\geq 5000$ 次/秒签名验签测试，开发支持置信度（ $\alpha$ 值 $0.02\sim 0.05$ ）任意定义且不少于 4 个真随机源任意开关的随机数据采集及随机性水平的测试平台，开发信息安全测试用例（包含安全攻击用例）至少 100 条；在车规芯片测试方面形成 5 项以上标准提案。

### **5.3 车载储能系统安全评估技术与装备（共性关键技术）**

研究内容：研究多场景全工况多因素耦合下电池系统安全性损伤机理、演变规律及评价技术，研究电池系统热失控热扩散评价技

术，研究电池系统失效致灾危害评估技术，研究电池系统使用寿命与安全耦合机制与规律，建立动力电池多维度安全性评价体系和标准；研究动力电池系统高频失效行为的孕育演化机制和复现评估技术，研究车端感知、线下检测、云端数据协同的在役动力电池系统安全性风险评估技术；开发智能无损检测装备及软件。

研究多场景多因素耦合下车载氢系统失效机理、失效模式及定量化安全评估技术；研究车载氢系统失效危害评估技术，建立车载氢系统多维度安全性评价体系；研究氢气泄露可视化检测技术，研究车载氢系统微量氢泄漏检测技术；研究车载氢系统安全风险在线监测方法。

考核指标：建立动力电池多维度安全性评价体系和装备；开发在役动力电池系统安全性智能无损检测系统不少于 2 套，测试准确度不低于 90%；搭建车载氢系统安全性定量化评价体系和在线监测系统，在商用车和乘用车上进行应用验证，在线监测系统安全响应时间小于 1 秒；车载氢系统微量泄漏检测精度高于 50ppm；车载氢系统严重泄漏预判准确率 > 95%；形成 5 项以上动力电池系统和车载氢系统安全性评价相关标准提案。

#### **5.4 高效协同充换电关键技术及装备（共性关键技术）**

研究内容：研究车一桩（站）一云多层次充电物理信息网体系架构，大数据驱动的安全高效充电管理与控制技术，研发车桩（站）互联互通实时数据交互平台；研究基于用户行为识别与充电设施状态感知协同的充电负荷时空多维度预测方法，充换电设

施网点布局与站点构型规划方法；研究车一桩一云协同信息服务的运营管理与决策理论方法，用户行为识别与充电设施状态感知协同的车群充电规划方法与引导技术；研究快换站多型号动力电池包融合存储、识别和充电技术，快换电池包标准化技术，多车型、多型号电池包识别和匹配技术，研发可多车型共用动力电池快换设备；研究多功率等级兼容的无线双向充放电技术，研发大功率、高效率、智能适配的双向无线充放电装备。

考核指标：建成车桩数据交互平台，实现跨平台车桩数据互联互通，跨平台的数据互通与调用平均响应时间 $\leq 1s$ ，高并发服务能力 $\geq 200$ 万个，接入充电桩 $\geq 100$ 万个，车 $\geq 100$ 万台，车型 $\geq 100$ 个，抗DDoS攻击能力 $\geq 200G/s$ ；数据传输可靠性 $> 99.95\%$ ，信息安全通过三级等保评测；构建城市公共充换电场站建设规划模型和技术规范；充电桩利用率提高 $\geq 30\%$ ，车辆充电等待时间降低 $\geq 30\%$ ；快换电池系统兼容电池包类型 $\geq 3$ 种，可更换车型 $\geq 3$ 个，电池更换时间 $\leq 90s$ ；无线充放电系统双向功率 $\geq 30kW$ ，工作间隙 $\geq 20cm$ ，输出电压范围DC250-900V，10%到100%负载范围内系统效率 $\geq 92\%$ ，最高效率 $\geq 94\%$ ，满足多车型互操作性，实现3个以上车型搭载验证。

## 6. 整车平台

### 6.1 纯电动客车/乘用车高效高环境适应动力平台技术（共性关键技术）

研究内容：研究极寒环境整车低能耗自保温技术，高温高湿

环境下动力平台高效冷却技术、高绝缘和高安全防护技术；研究多应用场景的电驱动系统、动力电池系统内部温度预测方法、温控回路智能高效控制技术；研究电驱动、动力电池以及乘员舱热管理系统间的能耗耦合机理，研究高效智能化热管理控制技术，研发多热源协同智能高效一体化热管理系统；研究多阀门多通道多冷却回路一体化、压缩机低温可靠性、可变制冷剂充注量等空调技术，研发低温高效热泵空调系统；研究基于功能域的动力平台高效集中式控制技术、基于大数据的整车能量管理优化标定技术，研发基于自主核心芯片的多合一高压集成控制器和网联化整车综合控制系统，研发高环境适应动力系统平台和专用化底盘。

考核指标：12米纯电动客车：整车能耗 $\leq 52\text{kWh}/100\text{km}$ （CHTC工况）；全气候（环境温度范围覆盖 $-30\sim+55^{\circ}\text{C}$ ）续驶里程 $\geq 300\text{km}$ （CHTC工况）； $-30^{\circ}\text{C}$ 环境下，车辆续驶里程不低于常温续驶里程的85%，车辆冷启动时间 $\leq 8\text{min}$ ，空调制热功率 $\geq 14\text{kW}$ ， $\text{COP} \geq 1.3$ 。 $55^{\circ}\text{C}$ 环境下，空调制冷功率 $\geq 22\text{kW}$ ， $\text{COP} \geq 1.7$ ；研制车型 $\geq 2$ 个，30分钟最高车速 $\geq 100\text{km}/\text{h}$ ， $0\sim 50\text{km}/\text{h}$ 加速时间 $\leq 15\text{s}$ ，最大爬坡度 $\geq 25\%$ ，实现百辆级验证应用。

B级乘用车：整车能耗 $\leq 14\text{kWh}/100\text{km}$ （CLTC工况）；全气候（环境温度范围覆盖 $-30\sim+55^{\circ}\text{C}$ ）续驶里程 $\geq 500\text{km}$ （CLTC工况）； $-30^{\circ}\text{C}$ 环境下车辆续驶里程不低于常温续驶里程的85%，车辆冷启动时间 $\leq 5\text{min}$ ，空调制热功率 $\geq 4\text{kW}$ ， $\text{COP} \geq 1.3$ 。 $55^{\circ}\text{C}$ 环境温度下，空调制冷功率 $\geq 7.5\text{kW}$ ， $\text{COP} \geq 1.7$ ；研制车型 $\geq 2$ 个，

最高车速 $\geq 180\text{km/h}$ ;  $0\sim 100\text{km/h}$  加速时间 $\leq 4\text{s}$ , 满载最大爬坡度 $\geq 30\%$ ; 实现千辆级验证应用。

## 6.2 智能电驱动重载车辆平台关键技术及应用（示范应用）

研究内容：开发智能电驱动重载车辆一体化平台架构，研究重载车辆的整车物理结构与电驱动系统、智能驾驶系统间的耦合机理与设计方法；开发面向恶劣环境的重载车辆智能驾驶系统，研究颠簸路面大盲区多源传感器融合感知技术，研究强振动、重载荷等条件下车辆故障诊断及导向安全智能决策技术，研究大幅变载荷工况下车辆纵横向协调控制技术；面向复杂工况的重载车辆大功率智能电驱动系统开发，构建面向重载车辆的新型驱动系统拓扑结构，研究湿滑坡道下自适应力矩分配与预测型智能控制技术；开发面向多场景作业的智能电驱动重载车辆仿真验证平台，研究智能电驱动重载车辆的硬件在环仿真与编组作业模拟技术；开展典型场景下智能电驱动重载车辆的无人化协同作业示范应用。

考核指标：开发智能电驱动重载车辆的整车平台原理样机 1 套；小尺寸（ $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}\times 0.5\text{m}$ ）障碍物检测距离 $\geq 100\text{m}$ ，距离检测误差 $\leq 0.3\text{m}$ ，重载车辆在 100 吨及以上载重条件下停靠控制误差 $\leq 0.5\text{m}$ ，可实现 16%坡道的坡停坡起；开发自主可控的电驱动系统，与国际同类产品相比，特定场景与工况下综合能效提升 20%，在  $1\text{km/h}$  车速下仍可有效电制动；开发智能电驱动重载车辆仿真验证平台 1 套；在典型场景下开展不少于 50 台、100 吨及

以上载重车辆的无人化协同作业示范运行,并稳定运行 1 年以上,与国际同类产品相比,平均能耗降低 15%;形成相关技术标准或草案 1 项。