

充换电场景的自动驾驶应用标准化需求研究

究

汽标委智能网联汽车分委会

全国汽车标准化技术委员会

智能网联汽车分技术委员会

前言

本研究以充换电场景下的自动驾驶应用作为研究对象，通过总结调研当前产业相关应用的发展现状，分析现有标准法规对于典型应用的适用性，梳理当前标准体系中尚未标准化的各类特殊场景需求，形成了修订已有标准、完善制定中标准、制定新的标准指南等标准化建议。

在此衷心感谢参加研究报告编写的各单位、组织及个人。

本报告编制过程中参考了行业很多研究成果，在此一并感谢。

组织指导：汽标委智能网联汽车分委会

牵头单位：蔚来汽车科技（安徽）有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司

参与单位：重庆长安汽车股份有限公司、深圳引望智能技术有限公司、吉利汽车研究院（宁波）有限公司、阿波罗智能技术（北京）有限公司、徐州徐工汽车制造有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司、时代电服科技有限公司、小米汽车科技有限公司、浙江远程新能源商用车集团有限公司、联通智网科技股份有限公司、北京与之科技有限公司

参与人员：王凯、余晓丽、邓清、刘建行、朱凌、吴羽熙、张淼、丁明慧、隋琳琳、彭伟、孙兆瑜、何海、曹元康、陈瑶、胡玮明、杨佩佩、雍文亮、高润新、杨戈、崔硕、黄建鹏、肖丹、韦健林、续宇洁、陈韵巧、罗文敬

目 录

1 研究背景.....	1
1.1 研究对象.....	1
1.2 研究必要性.....	2
1.3 研究可行性.....	5
2 产业发展现状.....	7
2.1 驾驶自动化发展现状.....	7
2.2 充电自动化发展现状.....	9
2.3 换电自动化发展现状.....	12
2.4 其他自动化补能形式.....	16
2.5 典型应用案例.....	17
2.5.1 充电自动驾驶典型应用.....	17
2.5.2 换电自动驾驶典型应用.....	19
3 政策及标准法规现状.....	26
3.1 国际标准法规现状.....	26
3.1.1 联合国.....	26
3.1.2 欧盟.....	27
3.1.3 美国.....	28
3.2 国内政策及标准法规现状.....	30
3.2.1 政策支持.....	30
3.2.2 智能网联汽车领域标准法规.....	32
3.2.3 充电领域标准法规.....	35
3.2.4 换电领域法规.....	37
3.2.5 地方政策及标准现状.....	39
4 标准化分析及建议.....	40
4.1 标准化分析.....	40
4.1.1 适用性分析.....	40
4.1.2 充分性分析.....	42

4.2 标准化建议.....	44
4.2.1 修订通用场景标准.....	44
4.2.2 制定场景专用标准.....	45

汽标委智能网联汽车分委会

1 研究背景

1.1 研究对象

本标准化需求报告（以下简称“本报告”）的研究对象，首先为具备特定高级别驾驶自动化功能的智能网联汽车，能够在其设计运行条件下，持续地执行部分或者全部动态驾驶任务，从而确保车辆能够精准、稳定地停泊于充电站/换电站内设定的目标位置，支撑后续充电接口的精确对接、动力电池模块的自动化更换作业。驾驶过程中驾驶员可以在驾驶位作为动态驾驶任务后援用户，也可以不在驾驶位。具体运行场景包括：

表 1 充换电场景下自动驾驶应用的不同阶段

序号	分阶段的应用场景描述	是否必须
1	从起点自动驾驶至充换电站的停车区域入口（在开放道路按道路限速行驶），或自动驾驶至充电/换电停车位置附近	否
2	从停车区域入口低速巡航至目标充电桩/换电站	否
3	自动泊入充电/换电的停车位置	是
4	从充电/换电的停车位置自动泊出	是
5	从充电桩/换电站低速巡航至停车区域出口	否
6	从停车区域出口、或充电/换电停车位置，自动驾驶到终点/目的地（在开放道路按道路限速行驶）	否

注：具体应用会因实际情况存在差异，因此序号 1/2/5/6 不是必须，例如：自动充电车位/换电站处于开放道路旁，则应用按照 1-3-4-6 的顺序进行；行程起点和重点位于封闭停车区域/园区内，则应用按照 2-3-4-5 的顺序进行。

其次，本报告的研究对象还包括：为实现以上场景和功能，场端基础设施的感知、定位、通信等能力，主要包括但不限于：用于精确感知车辆位置、车辆姿态、周边环境、周边目标物状态的场端感知与

定位系统；用于实现车辆与场端之间实时、可靠、低时延信息交互的协同通信接口；为确保车辆辅助/自动的泊入及泊出安全，而设立的场端安全监控、预警、防护装置、紧急停止装置等。注意：场端的感知、通信等能力，是充换电站自动驾驶系统的一条可选技术路径，不是必要的组成部分。

特别指出，本报告的标准化需求分析对象不包括具体执行充电口物理连接、动力电池更换的自动化执行装置，例如充电枪的自动插拔机械臂、动力电池包的自动拆卸与安装装置等。这些执行机构虽然属于自动化充电、自动化换电的重要组成部分，但其标准化需求更聚焦于场端执行装置的机械结构、运动控制及电气连接等方面，与本报告核心关注的车辆自动驾驶、与场端信息交互和协同控制属于不同领域。但本报告为获得全面的技术和产业现状，在产业发展现状及典型应用案例两个章节，仍将调研和分析充电口物理连接、动力电池更换的自动化执行装置等内容。

1.2 研究必要性

（一）本功能/系统的典型应用场景能够大幅解放用户精力，具备创新性、实用性和商业价值。例如夜间无人值守的车辆自动充电、车辆自动换电等场景，目前已有车企推出演示应用，在该场景下车辆依靠自动驾驶系统，从用户的家用停车位自动巡航前往补能场地，并自动控制车辆精准对位泊入停车区域，自动完成充电、换电等补能流程，最后自动巡航返回车主的家用停车位。其优势及意义包括：（1）用户下单补能后，车辆可根据场端/云端的智能化调度（综合计算各充

电站/换电站的距离、实时空闲状态、剩余电量、分时段电价等综合因素）在合适的时段前往，使充换电基础设施的资源利用率大幅优化；

（2）调整车辆利用用电低谷的夜间进行补能，即让用户通过波谷电价得到实惠，又能优化社会电力资源分配，实现削峰填谷，同时还能与光储充一体化、V2G 能量管理等创新模式相结合，为产业开辟新的增量空间；（3）通过夜间无人换电，用户的个人精力得以从重复性、低效耗时的流程中释放出来，作为亮点应用解决用户的实际痛点，从而带动补能产业服务模式的升级，进一步增大新能源车辆的购车比例。此外，还可以自动充电/自动换电与自动驾驶结合还可以在城市公共交通、物流运输等领域带来新的商业模式创新。

（二）充换电场景下的自动驾驶应用与通用场景相比存在较大的特殊性。换电自动泊车通常并不基于最终泊入车位的车位线等标志物作为地面标识，而是通过换电站预设的定制化视觉标记；车辆可与场端采用 V2X 直连通信协议交换数据，可实现感知目标信息融合，甚至由场端实现车辆的轨迹控制；车辆泊入的精度要求高，横向偏差需小于 5 厘米，以保障换电机构的精准对接；另外换电自动泊车场景还要求换电基础设施具备极端天气适应性，需采用车规级传感器和工业级设备确保稳定性，并通过多帧连续验证和生命体入侵检测等手段实现安全冗余。

（三）技术标准化有助于不同厂商的车辆与充换电基础设施之间的通用性和普适性。充换电自动驾驶功能当前正处于应用场景逐渐落地的产业化发展初期，不同企业的技术路线各异，不同车辆与场端的

系统兼容性不足，导致设备互操作性差，严重制约了规模化应用与市场推广。同时自动充换电场景还对高精度定位、设备协同、安全冗余等提出了额外的要求，亟需通过制定统一技术标准规范，消除技术壁垒，提升整车企业和充电/换电基础设施企业之间的技术协同，进一步避免重复研发与资源浪费，为本功能的规模化部署奠定基础，进而推动新能源汽车补能基础设施的智能化升级。

（四）充电及换电场景与安全密切相关，应当制定标准加强安全保障。自动充电和换电场景包括狭小空间内人车混行、高压电气环境、夜间低光照条件等特殊工况，涉及了高精度定位、动态路径规划、多模态决策控制、车与场端协同感知与交互等复杂的技术环节，精度要求高、复杂度高且容错率低，单点故障可能引发碰撞、机械损伤或电气安全事故，威胁人员与设备安全。应当通过标准加强对系统安全设计架构、风险识别与评估方法、故障诊断与应急响应的规范；在功能安全层面，研究车辆在狭小空间内精准停靠及位置保持的鲁棒性控制策略、异常状态下（如定位失效、通信中断）的安全降级与紧急处置机制；在预期功能安全层面，研究复杂场端环境（如动态障碍物、反光干扰、恶劣天气影响）的充分识别，以及人车混流区域的安全交互策略；在网络安全层面，规范车辆与站端之间关键控制指令与状态信息传输的机密性、完整性与可用性保障。进一步提升系统鲁棒性，确保自动充电换电流程的安全可靠运行。

1.3 研究可行性

（一）当前自动驾驶技术的持续演进与多层次应用实践，为充换电站场景自动驾驶标准化研究奠定了坚实技术基础。在驾驶自动化技术发展进程中，L2 级辅助驾驶功能已在泊车辅助、特定条件行车控制等场景实现规模化量产应用。该级别系统的广泛部署有效验证了其在环境感知、部分动态驾驶任务执行等核心环节的技术可靠性，为高阶自动化系统在限定场景的应用积累了宝贵的工程经验与验证数据。更为关键的是，L3 级有条件自动驾驶及 L4 级高度自动驾驶技术正处于从技术验证向规模化示范应用加速过渡阶段。国内部分技术领先企业已严格遵循国家相关准入管理要求，通过试点准入程序，即将在限定区域或特定运行设计域（ODD）内开启实际运行。这一重要进展标志着相关产品的功能完备性、性能稳定性及安全保障能力已通过严格验证并达到较高成熟水平。上述实践不仅充分证明了核心技术的可用性与鲁棒性，更在系统安全架构设计、测试评价方法及运行监测机制等方面，为规模化商业应用构建了通用性技术框架，为充换电站场景自动驾驶系统的研发与标准化提供了直接参照。

（二）充换电站作为具备封闭或半封闭属性的特定场景，其内在特征与自动驾驶技术能力展现出高度适配性，显著降低系统实现难度与风险。相较于开放道路的复杂交通环境，站内车辆行驶路线呈现高度固定化与可预设化特征，路径规划逻辑明确且环境要素高度可控，大幅降低了感知、预测及决策的不确定性。车辆运行速度被严格约束于低速范畴，从根本上保障了操控稳定性与安全响应裕度。此外，大

量充换电站部署于夜间车流稀少区域或封闭园区，为自动驾驶提供了低干扰、高确定性的运行环境。值得关注的是，国内主要车企及研究机构已完成多轮实车测试，成功验证了车辆自主驶入/驶出、厘米级精准停泊及设备状态协同等核心环节的技术可行性，实证了该场景落地的现实路径。

（三）车联网、人工智能等关键使能技术的深度融合，为系统能力提升与安全保障提供了强有力支撑。车联网（V2X）技术作为车-站协同的核心纽带，能够构建高可靠、低时延的双向实时数据交互通道，实现充换电指令、车辆状态（位置、姿态、电池参数）、站内动态目标（障碍物、设备状态）等关键信息的毫秒级传输与融合，为系统决策控制提供多维数据基础。通用人工智能（AI）技术的突破性应用，显著提升了系统对复杂站内要素（如多类型充电设施、反光标识、临时障碍物、恶劣光照）的精准识别、语义理解及场景重构能力，优化了海量数据的实时处理效率与高精度轨迹规划鲁棒性，有效增强了系统应对边缘工况的智能化水平与安全容错能力。高精度定位、边缘计算及功能安全（FuSa）、预期功能安全（SOTIF）等共性技术的针对性优化，共同构筑了系统安全运行的技术底座。

综上所述，自动驾驶技术的成熟度提升、充换电站场景的高适配性优势及支撑技术的协同赋能，共同确证了标准化研究的充分可行性。系统构建该场景驾驶自动化安全标准及测试评价体系，具备坚实的技术基础与实践依据。

2 产业发展现状

2.1 驾驶自动化发展现状

（一）组合驾驶辅助功能已在乘用车领域实现规模化深度应用。L2 级组合驾驶辅助系统渗透率持续攀升并占据很高的市场份额，广泛覆盖单车道/多车道自适应巡航控制、领航辅助驾驶等核心行车场景。当前技术发展呈现多维度突破：感知层通过纯视觉、毫米波雷达、激光雷达等传感器的单一或组合感知融合方式显著提升复杂环境识别鲁棒性；并将感知与决策过程融合，基于世界模型、VLA（Vision-Language-Action，视觉-语言-行为）等端到端模型架构，使辅助驾驶系统具备更强的日常场景适应能力；执行层依托转向、制动等各类冗余架构降低系统失效风险。目前辅助驾驶的功能适用场景已从传统的结构化道路，延伸至城区无保护左转、环岛通行及施工区域穿行等高复杂度场景，有效降低人为操作失误导致的碰撞事故发生率，显著提升行车安全性与驾乘舒适性体验。同时辅助驾驶系统还通过电容感应方向盘等手部脱离监测，以及疲劳监测、分心监测等眼部脱离监测，实时监控驾驶员状态，确保其全程参与辅助驾驶系统的动态驾驶任务。

（二）L3 及以上自动驾驶系统进入多场景实证验证阶段。首先在自动驾驶公开道路测试的政策方面，截至 2024 年 8 月公安部已累计发放自动驾驶汽车测试号牌 1.6 万张，开放公共测试道路 3.2 万公里，场景覆盖高速公路、城市快速路和城市道路¹。其次在自动驾驶客运试点运营方面，以北京亦庄为代表的多个示范区内，萝卜快跑、小

¹ 数据来自新华社（https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202408/content_6970854.htm）

马智行、文远知行、滴滴等企业已开展全无人驾驶的出租车队运营积累了上万公里的公告道路测试数据。而对于 L3 及以上自动驾驶系统的机动车产品准入，2023 年 11 月，工业和信息化部 公安部 住房和城乡建设部 交通运输部发布《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》，汽车生产企业、使用主体、车辆运行所在城市可组成联合体进行申报。最后长安、比亚迪、广汽、上汽、北汽、一汽、上汽红岩、宇通、蔚来 9 家机动车生产企业牵头分别组建的联合体，成功入围了首批自动驾驶准入及上路通行试点名单，并在四部委的指导下积极开展试点产品准入测试与安全评估，通过测试评估后将获得自动驾驶汽车的产品准入并正式开展上路通行试点。

（三）泊车辅助和自动泊车呈现技术多元化发展格局，代客泊车技术加速高阶场景落地。基础泊车辅助功能已在绝大多数量产车型上覆盖。智能泊车辅助（IPA, Intelligent Parking Assist）系统通过多传感器融合与算法优化，除常规垂直车位、平行车位，还显著提升了倾斜车位、窄巷道等复杂场景的泊入成功率。遥控泊车辅助（RPA, Remote Parking Assist）等功能支持用户通过手机等移动终端在短距离内控制车辆泊入泊出及直线移动。部分车企推出记忆泊车功能，通过学习用户常驻路线实现从进入车库到专属车位的自主通行。基于场端设施的自动代客泊车（AVP, Automated valet parking）系统在试点停车场投入应用，通过激光雷达与视觉融合定位实现厘米级精度泊入。欧盟法规 R(EU)2022/1426 已将 AVP 纳入有条件自动驾驶认证框架，可接受车辆借助特定停车场基础设施部署的高精度定位与传感器等系统。

但是换电场景下的自动泊车应用与传统泊车场景存在显著差异。主要体现在：（1）专用标识：换电站通常采用定制化视觉标识（如站前的地面定位框、轨道基准点等），视觉标识与换电站按照统一的标准严格施工，车辆通过识别该标志自动计算出最终泊入完成时的换电位置。（2）协议交互及跨车型通用：车辆与站端通过 V2X 通信技术或蜂窝通信技术，使用已约定好的数据协议（如感知到目标物信息、轨迹控制信息）交换数据，确保双方对环境理解一致，适配不同智能化程度的车型；采用端云结合的智能系统，通过标准化泊车数据协议适配不同车型的感知与控制接口，减少对车辆硬件的依赖。（3）融合定位技术与相对定位辅助：采用视觉-惯性组合定位，结合实时传感器数据，将车辆定位误差控制在 10 厘米以内。站端通过追踪车辆历史轨迹与当前运动状态的一致性，避免定位漂移；当车辆无法提供绝对定位数据时，站端可以通过计算车辆与站内设备的相对距离（如最近距离优先策略）完成目标识别。（4）泊车停准精度高：车辆需停靠在指定区域内，横向偏差通常需小于 5 厘米，以确保换电设备与电池包对接机构准确对齐。（5）ODC（Operational Design Condition，设计运行条件）仅为换电场景自动泊车的功能/系统，无需满足车位线停车位、空间停车位、机械停车位等功能、性能要求和试验场景。

2.2 充电自动化发展现状

（一）乘用车领域充电自动化呈现多技术路线并进格局。面向私人车位场景，自动充电机构成为主要技术方向，涵盖机械臂式、抓枪式及自主移动式等形态，通过多传感器融合定位实现毫米级精准插拔，

显著提升狭小空间利用率。公共场站领域，集成视觉引导的升降式充电终端逐步普及，可自适应不同底盘高度，与自动泊车系统协同完成全流程无人化操作。

特斯拉充电机器人原型（Snakebot Autocharger）采用串行关节结构与线传动技术，基座电机群驱动多关节协同运动，约 20 关节仿生设计，通过高自由度机械结构实现充电口的主动寻址与对接，但目前尚未量产。小鹏汽车则通过“离车泊入+自动充电”功能落地，用户触发自动泊车后，桩载机械臂可精准锁定充电口并完成插接，已在商场等场景投入示范应用，该机械臂将控制组件外置于电动传动单元，提升模块化程度与仿生灵活性，其关节结构支持多向转动，为充电接口的动态适配提供硬件基础。

（二）商用车多采用强化机械臂系统实现自动充电。针对港口、矿区等封闭场景的重卡车型，充电桩集成强化型机械臂与三维视觉定位系统，适配新国标 800A 大电流接口，动态补偿车辆停靠偏差，解决人工操作笨重电缆的痛点。

特来电智能柔性充电机器人，通过激光雷达或者视觉进行车载充电口识别，支持单轴或三轴自动插枪，目前已量产应用，适配轻卡、重卡、矿卡、自卸车、牵引车等车辆，覆盖自动驾驶以及人工驾驶等应用场景。落地规模：截至 2025 年 3 月，全国部署 40 台闪充设备。



图 1 特来电智能柔性充电机器人

聚焦无人驾驶场景下的充电自动化需求，星星充电的“Armstrong 全自动机械臂充电系统”液冷超充产品，单枪 1200A、双枪 2400A 的超高电流输出，可在 10 分钟内完成重卡 80%补能；为新能源充电领域提供解决方案实现全过程自动视觉识别与柔性机械臂，可适配多种复杂场景，车辆停放需求精度大幅降低，机械臂均可智能规划最优路径，精准对接，目前处于产品发布阶段，仍未量产。



图 2 星星充电“Armstrong 全自动机械臂充电系统”

当前核心挑战集中于技术鲁棒性与成本控制。高自由度机械臂在雨雪等复杂气象下寻找充电口的定位精度易衰减，柔性机器人因关节耐磨需求与轻量化矛盾难以量产，成本高、维护经济性亟待优化。此

外，车桩协同安全协议仍缺乏统一标准，需进一步解决跨品牌通信兼容性与机械容差控制问题。

2.3 换电自动化发展现状

（一）乘用车领域换电技术呈现多元化发展态势，底盘换电式因空间利用率高、兼容性强成为主流技术路线。该模式通过车辆精准定位与底部解锁机构协同，实现电池包自动拆卸与安装，单次换电时长普遍控制在几分钟内，显著提升用户补能效率。底盘换电站普遍配备柔性定位系统与视觉纠偏算法，可适配轿车、SUV 等不同轴距车型，支持多品牌车型共享换电服务，如蔚来 4.0 换电站通过模块化电池仓与多车型适配平台。针对私人用户场景，部分企业试点社区微型换电站，采用紧凑型顶吊式设计，占地面积小于 20 平方米，通过夜间谷电时段集中充电降低运营成本。公共场站领域，集成双侧换电机器人的集约化站点加速布局，配合云端调度系统实现换电需求与电池储备的动态匹配。



图3 蔚来汽车的底盘式换电站

(二) 商用车领域以高兼容性换电方案为核心。港口、矿区等封闭场景普遍采用顶吊式换电站，配备工业级吊装机器人，重卡换电机机器人集成工业级液压执行机构，抓举力提升至1.5吨级，完成重卡电池更换。底盘换电式重卡因重心降低能显著提升行驶稳定性，还能通过电池底置释放载货空间降低行驶能耗，如盐田港欧曼换电重卡通过底部换电设计实现台风天稳定作业。模块化电池组合可支持多种电量模式智能切换，通过车-站协同技术按运输任务动态配电。物流枢纽场景推广整体双侧式换电站，双机器人协同作业将换电效率提升，目前受限于建设成本与用地规模，规模化部署仍待突破。



图 4 商用车吊装式换电

(三) 车辆泊入泊出换电站的方式，也在一定程度上影响了换电自动驾驶的功能实现方式。无论是底盘式换电，还是吊装式换电，车辆泊入泊出的方式，通常分为两种：一种是车辆从换电站同一出口泊入/泊出，如蔚来换电站，车辆采用倒车泊入垂直车位的方式；另一种是车辆从一侧入口泊入，从另一侧出口泊出，如宁德时代换电站、吉利换电站等，车辆直线向前驶入换电区域。



图 5 车辆从换电站同一出口泊入/泊出



图 6 车辆一侧泊入 另一侧泊出

2.4 其他自动化补能形式

(一) **智能移动充电机器人**。在移动补能场景中，用户通过移动终端发起服务请求后，具备自动驾驶功能的移动充电设备可自主导航至目标车辆位置。该设备集成多源感知系统，通过三维视觉定位与机械臂协同控制技术，实现对车辆充电接口的精准识别与空间坐标解算。在定位数据引导下，机械臂可自主完成充电接口对接与插拔操作，并触发后续能量传输流程。该模式有效突破了固定充电设施的空间限制，为特殊场景下的车辆补能提供了柔性化解决方案，其定位精度与机械协同可靠性是保障服务品质的关键技术要素。

(二) **无线充电技术**。作为新能源汽车补能体系的重要发展方向，该技术通过非接触式能量传输方式，有效简化了车辆与充电设施之间的物理连接环节，为自动驾驶车辆实现全流程无人化能源补给提供了技术可能。当前技术路径主要为静态无线充电，在车辆停泊期间自动建立能量传输链路。从技术成熟度来看，能量传输效能低、系统安全风险高仍是现阶段需要重点突破的关键环节，同时亟需规范系统间通信协议、电磁兼容性要求、安全防护规范等内容。随着技术持续演进和标准体系不断完善，无线充电技术将为充换电站自动驾驶应用场景的创新发展提供重要支撑，推动新能源汽车补能体系向更智能化、高效化方向迈进。

2.5 典型应用案例

2.5.1 充电自动驾驶典型应用

(一)广州南沙环市西路多元超充站是粤港澳大湾区的旗舰超充站，于2024年12月9日正式开放运营。该站以“立足湾区、标杆引领、充向未来”为目标，结合“电鸿+车网互动+预先碳中和+自动充电”多种先进元素。该站为全国首座无人驾驶全流程自动充电站，“自动驾驶电车来到充电站，车位锁自动落下，机械臂自动识别，提起充电枪，准确插入充电口，整个流程在80秒内完成。后台发送‘车辆已就位’的指令至‘顺易充’平台开始充电，充电完成后能自动结算，这一过程实现了全程无人化。



图7 广州市的典型应用

(二)华为尊界 S800 已实现了无人自动充电技术展示，车辆自主驶入充电区后，融合感知机器人自动完成插枪、充电状态监控及拔枪操作，并通过像素大灯投射充电信息，全程无需人工干预。



图 8 尊界汽车的典型应用

(三) 大众与博世联合开发的 L4 级自动充电系统在 CES 展亮相，奥迪 Q8 e-tron 演示车辆自动泊入充电位、完成补能后自主返回常规停车位，实现“下车即充、取车满电”的闭环体验。



图 9 大众汽车的典型应用

(四) 商用车领域特来电携手希迪智驾、比亚迪汽车和江铃汽车，共同推出新一代园区无人驾驶车辆系统解决方案。该方案已在广东惠州的全球物流智慧园区成功落地，自动驾驶卡车配备了 SCD 智动柔

性充电机器人。这一智能化、快速充电且安全可靠的方案，为园区中的无人驾驶车辆提供了有力支持。目前，SCD 智动柔性充电机器人在国内多个港口以及工业园区、物流园、施工转运等多类复杂场景中已得到广泛应用，并逐步成熟。特来电作为充电网生态运营商，创新发布的全球首款智动柔性充电机器人已在全国落地 40 台，以“行业最大功率+全自动调度+全天候耐候”三位一体的技术，填补了商用车无人充电领域空白，为自动驾驶物流闭环按下加速键。



图 10 商用车的自动充电典型应用

其他应用案例还包括：广西百色龙邦口岸构建跨境物流自动化体系，无人集卡通过车路协同系统接收任务指令，作业结束后自主返回充电区完成补能，机械臂定位误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内。武汉无人驾驶充电站部署 5G 智能感知系统，实现车辆自动循迹泊入充电车位，为东风智能网联车型提供高兼容性服务。

2.5.2 换电自动驾驶典型应用

（一）蔚来汽车已建成 3400 余座换电站，并在换电领域积极开展全流程无人化操作探索，第四代换电站通过配备 6 颗超广角激光雷达与 4 颗 Orin X 芯片（算力 1016 TOPS），为车辆自主驶入换电位并

完成精准定位提供了技术支撑。换电站通过感知、定位与协同控制技术，支持对多品牌车型的换电适配。在具体交互逻辑上，站端主要承担路径规划调度、环境与目标感知识别，并将相关引导信息发送给车辆，而非直接对车辆进行行驶控制。该模式通过强化站端感知决策能力以降低对车端性能的依赖，为跨品牌、多车型的规模化自动换电应用提供了可行的技术路径。

2023 年蔚来于夜间封闭环境内开展了自动驾驶车辆结合换电功能的运行演示和技术验证。演示场景模拟了夜间光照不足、道路标线模糊的园区环境，车辆在此条件下实现了自主通行与障碍物避让，并精准驶入换电工位。2024 年蔚来还在面向实际应用的功能探索中，进一步展示了“离车自主换电”：用户在高速服务区场景下，在遇到换电站排队的情况下，车主在换电站周围停车场指定车位停好车，开启功能后即可离开。后续的**排队、自动泊入换电站、换电、泊出到站前停车位**等一系列流程均由车辆和换电站自动完成，待用户返回时车辆已恢复至满电状态，提升了补能环节的便捷性与用户体验。



图 11 蔚来汽车的“高速领航换电”典型应用

蔚来还实现了辅助驾驶条件下的“高速领航换电”，车辆在高速公路开启组合驾驶辅助功能时，可通过辅助驾驶系统自主导航至高速服务区换电站，并借助辅助泊车功能实现换电工位的精准停靠，全流程涵盖车辆自主驶入、精准定位、电池更换及自主驶离等环节。

（二）U Power 在东南亚推出全球首个 Robotaxi 换电生态。泰国普吉岛智能换电站适配 L4 级自动驾驶网约车，通过 AI 定位与模块化硬件实现数分钟无人化换电，日均服务能力覆盖高频次运营需求。该站预留车-站协同接口，支持自动驾驶车辆自主泊入及换电后驶离，服务当地 AUTODRIVE 车队。



图 12 东南亚的 Robotaxi 典型应用

（三）商用车封闭场景形成高效闭环应用。上海洋山港 L4 级自动驾驶换电重卡通过车路协同系统接收任务指令，作业结束后自主返回启源芯动力移动换电点，5 分钟内完成电池更换，保障 72 公里复杂路况连续运营。唐山构建国内首组“三纵一横”换电干线网络（全长 620 公里），启源芯动力沿迁西县—京唐港线路部署充换电场站，支持兆丰钢铁承唐线中长途运输，新能源重卡通过平台调度实现跨区域“一键补能”，单线日均运力提升 40%。



图 13 上海洋山港的典型应用

(四) 盐田港欧曼重卡换电站集成工业级吊装机械臂，车辆驶入换电位，5 分钟内完成电池更换，台风天气下仍保持稳定作业，单次换电支持 120 公里续航。



图 14 盐田港的典型应用

（五）西井科技 Q-Truck 无人驾驶重卡在阿联酋港口部署，配合 Q-Power 智能换电站实现 6 分钟极速换电，突破重卡续航限制。西井科技推出全球首款智能换电无人驾驶商用车 Q-Truck，创新采用舱内侧换电模式（电池包侧向更换），突破传统驾驶室后置布局限制，换电时长控制在 6 分钟内。该车型融合激光雷达、超远视距双目视觉及边缘计算平台，实现厘米级停靠精度，精准适配自动换电机构。其无人驾驶架构专为港口 AGV 场景设计，通过 FMS 车队管理系统动态调度换电时序，保障高频次作业连续性。模块化平台 Qomolo One 支持功能扩展，可快速切换为消防车、矿石运输车等特种装备，显著提升换电兼容性与场景适应性。在新疆中欧班列自动驾驶项目中，西井

技术深度集成至乌鲁木齐国际陆港区“丝路智港”平台，通过 5G 物联网与数字孪生技术优化跨境物流调度，场站作业效率提升 30%，人力成本降低 70%，成为“一带一路”数字化物流标杆。



图 15 西井科技的典型应用

（六）其他还包括比亚迪在港口物流领域构建“车-桩-云”协同体系，通过 E 电充智慧能源平台实现云端调度与路径规划动态优化，支持 L4 级自动驾驶作业。其 Q3 重卡提供 565kWh 长续航版（干线物流）与 382kWh 短续航版（港口短倒）双配置，适配 5 分钟极速换电需求。其上海虹口北外滩自动驾驶项目于 2025 年 6 月启动“零碳拖车平台”试运营，目标替换 300 台燃油集卡，通过站端机械臂与车辆高精度定位协同，实现换电过程全程无人化，单日作业能力提升 40%。宜宾市作为重卡换电试点城市，在三江新区建设工地、宜宾港等场景开展顶吊式与侧换式换电示范，车辆自动定位驶入换电位。

3 政策及标准法规现状

3.1 国际标准法规现状

3.1.1 联合国

联合国世界车辆法规协调论坛（WP.29）构建了以功能安全为核心的自动驾驶国际标准框架，涵盖车辆控制、系统安全及测试验证等关键领域。其中，转向系统控制类法规以 R79 为核心，规范了自动控制转向功能（ACSF）的技术要求，包括车道保持（B1 类）、拨杆换道（C 类）及遥控泊车（A-ACSF）等功能的性能边界与安全冗余设计。针对 A-ACSF 功能，R79 明确限定其操控距离不得超过 6 米，并要求系统具备双路通信冗余机制，确保泊车过程中指令传输的可靠性。

对于高阶自动驾驶功能，R171 法规聚焦驾驶员控制辅助系统（DCAS），首次将自主换道（E-ACSF）、高速可脱手驾驶（B2-ACSF）纳入认证范围，要求企业申报功能运行边界（ODD）并满足舱驾融合、智能限速等安全门槛。R171 与 R79 形成协同关系：若主机厂将 R79 已认证的 ACSF 功能作为 DCAS 子功能集成，则需满足 R171 的附加技术要求，二者共同构成 L2+级自动驾驶的合规基础。

1998 协定书框架下的 UN GTR ADS 法规制定加速推进。WP.29 下属自动驾驶非正式工作组（IWG ADS）自 2024 年启动以来，目标在 2026 年完成联合国全球技术法规（UN GTR）并提交终版审批。该法规覆盖五大核心模块：动态驾驶任务执行要求明确系统在无人状态下需具备自主决策能力；人机交互规范强调乘客行为监控与风险抑制机制；安全管理系统（SMS）要求制造商建立全生命周期审计流程；

安全案例评估引入多支柱验证策略；部署后安全监管强制企业实施事件数据记录（DSSAD）与关键事件上报。

3.1.2 欧盟

R(EU) 2022/1426 法规是全球首部针对 L4 级和 L5 级全自动车辆自动驾驶系统（ADS）进行型式认证的法规，对在特定运行条件下完全无需驾驶员监督的车辆及其自动驾驶系统提出统一规范。该法规适用于 M 类和 N 类全自动车辆，明确了三种主要应用场景：在预定区域内运输乘客或货物的全自动车辆（包括双模式车辆）；在固定起止点预定义路线上进行“枢纽到枢纽”运输的全自动车辆（包括双模式车辆）；在预定义停车设施内实现自动代客泊车的双模式车辆。法规核心内容包括自动驾驶系统需满足的性能要求，以及技术服务部门对系统进行的合规性评估过程，以此确认其符合规定的安全标准。在现阶段，该法规的适用首先面向小批量车辆认证，针对大批量生产的认证要求预计将在后续阶段另行推出。

针对自动代客泊车应用场景，法规明确其适用于具有全自动驾驶模式的双模式车辆，在预定义停车设施内执行自动停车任务。法规体现了技术包容性原则，明确自动代客泊车系统在执行动态驾驶任务时，可以使用也可以不使用停车设施提供的外部基础设施。制造商应建立并实施安全管理体系，确保自动驾驶系统在全生命周期内不会对车辆乘员和其他道路使用者造成不合理的安全风险。车辆应能自动识别自动驾驶系统失效及设计运行条件不满足的情况，并采取风险减缓措施以达到最小风险状态。该法规为完全自动驾驶汽车进入欧洲市场建立

了必要的认证依据，通过设定系统性的准入规则，推动全自动驾驶车辆在欧洲市场的合规应用。

3.1.3 美国

美国自动驾驶法规体系呈现联邦与州两级协同演进态势。联邦层面以国家公路交通安全管理局（NHTSA，National Highway Traffic Safety Administration）为核心监管机构。

2025 年 1 月 NHTSA 提出一项针对配备自动驾驶系统车辆的自愿性国家计划“美国自动驾驶车辆安全透明度与评估计划”（ADS-Equipped Vehicle Safety, Transparency, and Evaluation Program" 简称 AV STEP），旨在通过建立信息收集与披露机制提升技术透明度，并为后续监管政策制定提供实证数据支撑。该计划要求参与企业系统记录并提交车辆在测试与运行过程中的关键参数，涵盖系统功能表现、突发事件响应及安全保障措施等维度。通过构建规范化数据采集体系，为系统性能评估与安全风险研判提供统一基准，推动产业在有序框架下开展技术验证与迭代。计划实施将遵循分阶段、差异化原则，结合技术成熟度与应用场景复杂度动态调整评估要求，促进创新实践与安全监管的协同发展。

2025 年 9 月 NHTSA 公布了一项自动驾驶汽车框架，旨在建立统一的国家监管体系，并使车辆安全标准现代化，以适应自动驾驶汽车创新。关键行动包括简化碰撞报告要求、扩大车辆豁免计划以将自动驾驶汽车纳入其中，并为不具备手动驾驶模式的车辆提出了 FMVSS（联邦机动车安全标准）修订建议。关键举措包括：

- NHTSA 计划对识别到的 FMVSS（第 102、103、104、108 号）进行更新，以更好地解决没有手动驾驶模式的问题。
- 简化第 555 部分豁免程序：NHTSA 改进了专用自动驾驶汽车（没有方向盘或踏板等控制装置的自动驾驶汽车）的豁免程序。
- 扩展自动驾驶汽车豁免计划（AVEP）：现在包括了国内生产的自动驾驶汽车，取消了仅适用于进口车辆的限制。使美国本土汽车制造商能获得更快、更简单的豁免途径。

州级立法呈现差异化探索格局。加利福尼亚州通过 SB 480 法案，要求自动驾驶测试车辆必须配备持证驾驶员并随时准备接管，严格限定测试主体资质。马萨诸塞州 SB 2379 则允许全无人车辆上路，但强制满足三项条件：实现最小风险状态自主能力、符合交通法规、提交财务责任证明。密苏里州 HB 1166 虽未通过，其草案要求自动驾驶车辆提交执法应急方案，突显对突发事件的监管重视。这种联邦与州层面的互动形成“底线安全统一、操作规则灵活”的监管特色。

监管执法聚焦技术可靠性验证。NHTSA 于 2025 年 7 月结束对 Waymo 自动驾驶系统为期 14 个月的调查，结论显示其通过软件召回解决包括障碍物识别失效在内的 22 项意外行为，涵盖施工区域误判、交通控制设备响应异常等场景。调查关闭前提为召回措施覆盖全部安全隐患，体现“问题导向、闭环管理”的监管逻辑。需关注的是，加利福尼亚州监管机构于同期禁止特斯拉使用自动驾驶车辆搭载公众，无论是否配备驾驶员或收取费用，凸显对技术成熟度的审慎态度。

3.2 国内政策及标准法规现状

3.2.1 政策支持

（一）国家高度重视新能源汽车与充换电基础设施的协同发展。

国务院发布的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》将充换电基础设施体系建设列为重要任务，明确要求大力推动相关设施建设，为新能源汽车产业发展提供关键支撑。该规划引导行业加快技术研发与模式创新，推动大功率充电、自动连接等先进补能技术的应用发展。

国务院办公厅《关于进一步构建高质量充电基础设施体系的指导意见》（国办发〔2023〕19号）中明确提出“提升城市公共充电服务能力，创新发展换电模式”。

发改委联合十四部门《关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见》（发改能源规〔2022〕53号）明确提出要“鼓励结合城市更新行动、老旧小区改造，在具备条件的加油站、高速公路服务区等场所建设充换电基础设施。加快新技术研发应用。加强智能有序充电、大功率充电、换电等新技术研发”。

（二）国家为促进智能网联汽车产业健康可持续发展，发布了一系列政策文件，系统部署生产企业及产品准入管理、上路通行试点和标准体系建设等工作。

在准入管理方面，工信部《关于进一步加强智能网联汽车生产企业及产品准入管理的意见》（工信部装函〔2021〕261号）明确要求企业压实主体责任，建立健全数据安全与网络安全管理制度，规范软件

在线升级流程，并严格履行产品功能及性能限制告知义务，确保自动驾驶功能产品具备风险识别与最小风险状态响应能力。

在上路通行试点方面，工信部等四部委《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》（工信部联通装〔2023〕217号），通过遴选具备量产条件的智能网联汽车产品，在限定区域内开展实证应用，旨在提升产品性能与安全运行水平，并为完善相关法律法规与技术标准积累实践经验。

同时，工信部联合国标委持续健全《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》，加快推动数据安全、网络安全、驾驶辅助及自动驾驶等领域标准规范制修订，为技术研发与测试验证提供框架指引。这些措施共同构建了产业创新发展的政策基础，推动“车能路云”深度融合，强化安全保障与生态协同。

（三）地方层面积极落实国家战略，通过差异化政策与试点示范，推动充换电站自动驾驶技术从研发验证向规模化运营迈进。

各地方政府结合区域产业特点与基础设施现状，制定配套支持措施：试点示范工程加速场景落地。上海市于2025年7月发放全国首批智能网联汽车示范运营牌照，覆盖智能出租与货运两大业态，明确要求依托数百万公里实证数据开展常态化运营，标志着自动驾驶在充换电场景的商业闭环正式贯通。

湖北省采用“揭榜挂帅”机制，由东风汽车牵头智能网联标准化试点，聚焦车路云一体化技术融合，破解跨行业协同壁垒，为充换电站自动驾驶系统互联互通提供区域实践范式。

基础设施补短板与财政支持并重。财政部等三部门 2025 年启动县域充换电设施补短板试点，重点强化公共充换电设施数据直连监管与新技术应用激励，明确对车网互动（V2G）项目给予标准桩数量折算优惠，推动充换电站与自动驾驶系统协同效能提升。多地简化审批流程，将充换电设施建设用地纳入优先保障范畴，并设立专项补贴引导光储充一体化场站建设，促进能源与交通深度融合。

3.2.2 智能网联汽车领域标准法规

汽标委智能网联汽车分委会立足智能网联汽车产业新发展阶段，紧贴技术发展趋势，适应行业实际需求，构建新型标准体系，聚焦重点技术领域，强化基础支撑，注重协同创新，依托先进驾驶辅助系统（ADAS）、自动驾驶、信息安全、网联功能与应用、资源管理与信息服务等 5 个专项标准研究工作组近年来已研究并发布了超过 50 余项技术标准，与充换电场景下的自动驾驶应用相关的标准包括：

表 2 与充换电场景相关的智能网联汽车相关标准

序号	标准号/计划号	标准名称	状态
1	GB/T 39323-2020	乘用车车道保持辅助（LKA）系统性能要求及试验方法	已发布
2	GB/T 39901-2021	乘用车自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法	已发布
3	GB/T 40429-2021	汽车驾驶自动化分级	已发布
4	GB/T 41578-2022	电动汽车充电系统信息安全技术要求及试验方法	已发布
5	GB/T 41630-2022	智能泊车辅助系统性能要求及试验方法	已发布
6	GB/T 41798-2022	智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求	已发布

序号	标准号/计划号	标准名称	状态
7	GB/T 44156-2024	乘用车后方交通穿行提示系统性能要求及试验方法	已发布
8	GB/T 44719-2024	智能网联汽车 自动驾驶功能道路试验方法及要求	已发布
9	GB/T 44461.1-2024	智能网联汽车 组合驾驶辅助系统技术要求及试验方法 第 1 部分：单车道行驶控制	已发布
10	GB/T 44461.2-2024	智能网联汽车 组合驾驶辅助系统技术要求及试验方法 第 2 部分：多车道行驶控制	已发布
11	GB/T 44721-2024	智能网联汽车 自动驾驶系统通用技术要求	已发布
12	GB 44496-2024	汽车软件升级通用技术要求（强标）	已发布
13	GB 44497-2024	智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统（强标）	已发布
14	GB 44495-2024	汽车整车信息安全技术要求（强标）	已发布
15	20230388-T-339	智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件	已报批
16	20230390-T-339	基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求及试验方法	已报批
17	20231463-T-339	智能网联汽车 自动泊车系统性能要求及试验方法	已立项
18	20231022-T-339	智能网联汽车 自动驾驶功能仿真试验方法及要求	已立项
19	2024-0047T-QC	智能网联汽车 港口自动驾驶系统技术规范	已立项
20	20241853-Q-339	轻型车辆自动紧急制动系统技术规范（强标，修订）	已立项
21	20254323-Q-339	智能网联汽车 组合驾驶辅助系统安全要求（强标）	已立项
22	20253094-Q-339	重型汽车自动紧急制动系统技术要求及试验方法（强标，修订）	已立项

组合驾驶辅助（L2 级）及自动驾驶（L3 及以上）标准框架持续完善。GB L2《智能网联汽车组合驾驶辅助系统安全要求》针对 L2 级行车功能进行规范，已于 2025 年 9 月向社会公开征求意见，预计将于 2026 年发布。该项标准针对组合驾驶辅助系统（L2 级）提出统一的通用安全技术要求，其内容涵盖系统的运动控制能力、驾驶员状态监测与干预机制、系统运行边界响应以及关键场景的探测与响应能力。标准适用于安装此类系统的 M 类和 N 类车辆，旨在通过确立统一的安全技术基线，引导生产企业提升产品安全性能，为行业管理提供技术支撑。该项强制性国家标准的制定，标志着我国对智能网联汽车组合驾驶辅助系统的安全管理进入了标准化、规范化的发展阶段。

GB ADS《智能网联汽车自动驾驶系统安全要求》确立 L3 级以上系统的安全要求，并与 UN GTR ADS 法规保持一致，旨在为 L3 级及以上自动驾驶功能确立统一的安全基线。这些技术要求充分借鉴国际经验，并考虑中国实际道路交通情况，着重规范系统的设计运行条件，涵盖功能安全、预期功能安全、安全管理体系等关键要求，为高级别自动驾驶技术的商业化应用提供标准支撑。

GB/T 41630-2022《智能泊车辅助系统性能要求及试验方法》已于 2022 年 7 月发布，主要面向 2 级驾驶自动化及以下的智能泊车辅助系统，提出对智能泊车辅助系统停车位搜索、泊车辅助等的性能要求及试验方法。

为构建自动泊车系统安全基线，**GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》**已完成制定并顺利报批，该标准面向 3 级

驾驶自动化及以上的自动泊车系统，规范了自动泊车系统的基础要求，并与相关试验方法标准配套使用，为自动驾驶技术发展及相关行业管理提供基础支撑，对推动自动驾驶技术的普及应用发挥重要作用。其中自动泊车系统可分为I类系统(应自动泊入车位、可自动泊出车位)、II类系统(应自动泊入车位和巡航、可自动泊出车位)。要求系统支持的车位类型如下表：

表 3 GB/T 《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》车位类型要求

分类	车位类型	系统能力
车位线车位	车位线垂直车位	必备
	车位线平行车位	必备
	车位线倾斜车位	必备
空间车位	空间垂直车位	可具备
	空间平行车位	可具备
	空间倾斜车位	可具备
机械车位		可具备

3.2.3 充电领域标准法规

电动汽车传导充电领域的国家标准以保障充电兼容性、操作安全性与技术先进性为核心目标，持续完善覆盖车辆接口、通信协议、能量传输及安全防护的全链条技术规范。现行标准体系着重规定了直流与交流充电接口的机械结构、电气参数及通信时序，确保不同车型与充电设施间的物理连接可靠性与数据交互一致性。在安全层面，标准对充电过程的绝缘监测、过载保护、紧急断电及热管理系统提出明确

要求，构建了从设备制造到运行维护的多层次安全保障机制。电动汽车传导充电领域重点标准如下表：

表 4 国内充电领域相关标准

领域	标准编号	主要内容
安全	GB 44263	充电系统安全要求
	GB/T 43332	充电安全要求
	GB/T 40428	充电电磁兼容
	GB/T 18487.1	充电系统通用要求
	GB/T 18487.5	用于 GB/T20234.3 的充电系统要求
兼容	GB/T 18487	充电系统
	GB/T 20234	充电接口
	GB/T 27930	通信协议
	GB/T 34657.2	互操作性测试规范
	GB/T 34658	协议一致性测试规范
	GB/T 40425	顶部接触式充电
便捷	GB/T 20234.3	直流充电接口
	GB/T 40425	顶部接触式充电
绿色	GB/T 18487.4	车辆对外放电要求
	GB/T 27930.2	车辆直流放电协议

GB/T 18487《电动汽车传导充电系统》系列标准系统规定了传导充电系统的技术要求与安全规范。该系列标准明确了系统分类方式、通用技术要求及安全防护措施，涵盖通信协议、电击防护、连接接口、结构性能、过载保护、短路保护、急停功能等核心内容。标准对车辆与供电设备之间的物理连接、电气交互及安全互锁机制提出具体要求，确保充电过程的可靠性与设备兼容性。通过规范使用条件、维护要求

及标识说明，为充电设施的设计制造、检验检测及运营管理提供了完整技术依据。

2024年7月24日发布的强制性国家标准 GB 44263-2024《电动汽车传导充电系统安全要求》，于2025年8月1日起正式实施。该标准明确了电动汽车传导充电系统在总体、充电接口、交流及直流充电等方面的安全要求与试验方法，适用于特定电压范围的交流和直流充电系统。该标准的制定和实施，旨在为电动汽车传导充电系统的设计、生产、检验和运营提供统一的安全技术依据，对于提升充电设施的安全可靠性、保障公众生命财产安全、促进电动汽车产业健康有序发展具有重要作用。

3.2.4 换电领域标准法规

根据电动汽车换电标准体系的技术结构，综合实现电动汽车、动力电池、换电站三者互换的标准需求，将电动汽车及基础设施换电标准体系架构定义为“通用要求”、“车辆”、“换电设施”、“换电界面”“服务管理”五个部分，同时根据各具体标准在内容范围、技术要求上的共性和区别，对四个部分做进一步细分，形成内容完整、结构合理、界限清晰的11个子类如下图所示：

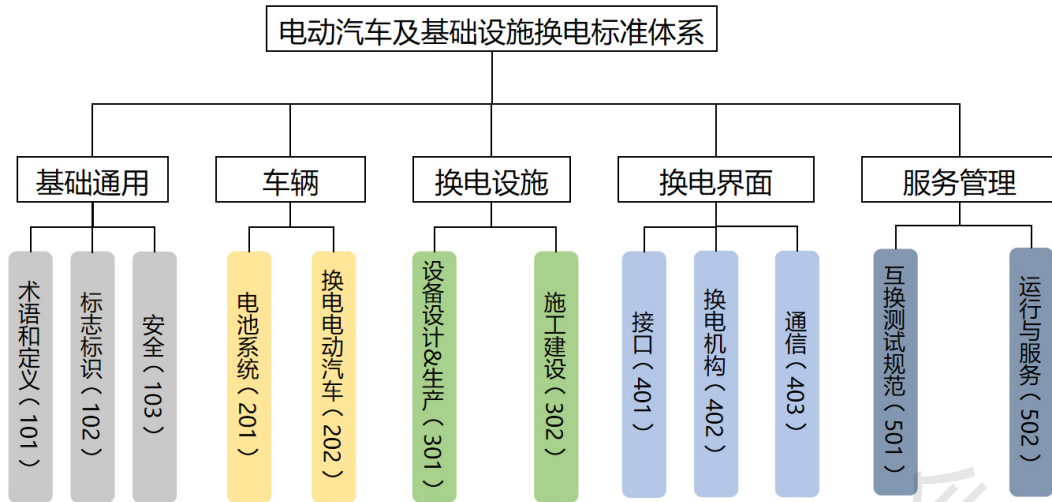


图 16 电动汽车及基础设施换电标准体系

目前已发布的电动汽车及基础设施换电标准清单如下表：

表 5 国内换电领域相关标准

序号	标准号	标准名称	归口单位
1	GB/T 34014—2017	汽车动力蓄电池编码规则	汽标委
2	GB/T 40032—2021	电动汽车换电安全要求	汽标委
3	QC/T 989—2014	电动汽车用动力蓄电池箱通用要求	汽标委
4	GB/T 29316-2012	电动汽车充换电设施电能质量技术要求	中电联
5	GB/T 29317—2021	电动汽车充换电设施术语	中电联
6	GB/T 29772-2013	电动汽车电池更换站通用技术要求	中电联
7	GB/T 31525-2015	图形标志电动汽车充换电设施标志	中电联
8	GB/T 32879-2016	电动汽车更换用电池箱连接器通用技术要求	中电联
9	GB/T 32895-2016	电动汽车快换电池箱通信协议	中电联
10	GB/T 32896-2016	电动汽车动力仓总成通信协议	中电联
11	GB/T 33341-2016	电动汽车快换电池箱架通用技术要求	中电联
12	GB/T 36278-2018	电动汽车充换电设施接入配电网技术规范	中电联

序号	标准号	标准名称	归口单位
13	GB/T 37293-2019	城市公共设施 电动汽车充换电设施运营管理服务规范	中电联
14	GB/T 37295-2019	城市公共设施 电动汽车充换电设施安全技术防范系统要求	中电联
15	GB/T 40098-2021	电动汽车更换用动力蓄电池箱编码规则	中电联
16	QC/T 1201.1—2023	纯电动商用车车载换电系统互换性 第 1 部分：换电电气接口	汽标委
17	QC/T 1201.2—2023	纯电动商用车车载换电系统互换性 第 2 部分：换电冷却接口	汽标委
18	QC/T 1201.3—2023	纯电动商用车车载换电系统互换性 第 3 部分：换电机构	汽标委
19	QC/T 1201.4—2023	纯电动商用车车载换电系统互换性 第 4 部分：换电电池系统	汽标委
20	QC/T 1201.5—2023	纯电动商用车车载换电系统互换性 第 5 部分：车辆与电池系统的通信	汽标委

3.2.5 地方政策及标准现状

上海市地方标准 DB31/T 1296-2021《电动汽车智能充电桩智能充电及互动响应技术要求》自 2021 年发布实施以来，为区域电动汽车智能充电设施的规范化建设与互联互通提供了技术依据。该标准主要规定了智能充电桩在智能充电、互动响应以及平台数据交互等方面的技术要求。其适用范围侧重于调节充电功率、实现有序充电以及与电网需求响应平台的互动，旨在提升充电设施智能化水平及与电网的协同能力。该标准技术内容聚焦于车-桩-网之间的电能管理与信息交互，并未涉及车辆自动驾驶、自动泊车控制系统以及换电设施机械自动化

操作等范畴。随着智能网联汽车技术与充电应用场景的不断发展，该标准在实施了4年之后目前正在修订，以适应“车能路云”一体化融合发展的新趋势。

深圳市 DB4403/T 360-2023《智能网联汽车自动泊车系统技术要求》聚焦自动泊车场景，该地标主要引用了尚未发布的推荐性国家标准《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》。

4 标准化分析及建议

本章从充换电场景对自动驾驶功能的需求出发，分析现阶段行业发展所需的标准内容，标准建议内容不局限于汽标委及智能网联汽车分标委工作范畴，也可根据需求与相关领域标委会协调，共同推进充换电场景下的自动驾驶功能应用。

4.1 标准化分析

本节对充换电场景下的自动驾驶应用进行标准化分析，主要从两个方面：（1）适用性分析：现有及制定中的自动驾驶、自动泊车相关标准，是否适用于充换电场景下的自动驾驶应用；（2）充分性分析：充换电场景下的自动驾驶应用中，是否所有技术要求、安全要求、互联互通性要求都有标准进行规范。

4.1.1 适用性分析

基于本报告对充换电场景下自动驾驶应用、技术及产业发展现状、现有标准法规的调研和分析，现将充换电自动驾驶的应用场景拆分，并与现有/制定中的相关自动驾驶、自动泊车标准对应，逐一分析其适用性，如下表所示：

表 6 标准化适用性分析

序号	分阶段的应用场景描述	是否必须	现有相关标准及要求	是否适用
1	从起点自动驾驶至充换电站的停车区域入口（在开放道路按道路限速行驶），或自动驾驶至充电/换电停车位置附近	可选	GB《智能网联汽车 自动驾驶系统安全要求》（草案）	是
2	从停车区域入口低速巡航至目标充电桩/换电站	可选	GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》（报批）的巡航要求	是
3	自动泊入充电停车位置	必须	GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》（报批）的 I 类系统要求	是
	自动泊入换电停车位置			有条件适用
4	从充电停车位置自动泊出	可选	GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》（报批）的 I 类系统要求	是
	从换电停车位置自动泊出	可选		有条件适用
5	从充电桩/换电站低速巡航至停车区域出口	可选	GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》（报批）的巡航要求	是
6	从停车区域出口、或充电/换电停车位置，自动驾驶到终点/目的地（在开放道路按道路限速行驶）	可选	GB《智能网联汽车 自动驾驶系统安全要求》（草案）	是

（一）子场景 3 和 4 在换电场景下的自动泊车，不适用于 GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》（报批）中车位分类、术语和定义，及系统应支持的车位类型，具体标准要求如下：

- 车位线车位：由停车位边界线围成的停车位，包括车位线垂直车位、车位线平行车位和车位线倾斜车位。
- 空间车位：由边界车辆围成的停车位，包括空间平行车位、空间垂直车位和空间倾斜车位。

➤ 机械车位：采用机械式停车设备存取、停放车辆的车位。

换电场景下的自动驾驶应用，其停车位即没有车位线，也不包括周围车辆，另外也不属于停车地板可移动的机械式停车设备，因此当前标准范围内的三种停车车位均不适用于换电场景下的自动泊车。

换电站的停车车位具备特殊性：通常采用定制化视觉标识（如站前的地面定位框、轨道基准点等），视觉标识与换电站按照统一的标准严格施工，车辆通过识别该标志自动计算出最终泊入完成时的换电位置，不是直接识别出该可用车位。

（二）对于系统要求的必备能力：GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》要求系统支持的车位类型必须包括车位线垂直车位、车位线平行车位、车位线倾斜车位，对于充换电场景下的自动泊车功能，仅需要支持一种特殊的专属充电/换电站车位即可。

表 7 GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》车位类型要求

分类	车位类型	系统能力
车位线车位	车位线垂直车位	必备
	车位线平行车位	必备
	车位线倾斜车位	必备
空间车位	空间垂直车位	可具备
	空间平行车位	可具备
	空间倾斜车位	可具备
机械车位		可具备

4.1.2 充分性分析

充换电场景下的自动驾驶应用，区别于普通的自动驾驶、自动泊车场景，还具有泊车精度要求高，充电桩/臂、换电站异形障碍物的识

别与响应、场端识别目标交互协议等特点，目前还没有相应的技术标准进行规范，具体包括：

- 在底盘换电场景的自动泊车应用中，虽然有限位器、自动夹紧车轮的摆正器等装置，但泊车精度太低也会使这些装置失效。所以为保证换电操作的成功率，停车完成后车辆轮胎外边缘到停车目标位置边缘线的距离精度要求通常要达到10cm及以下，高于普通的自动泊车场景需求（GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》的范围为M₁类车辆，泊车精度要求为15cm以下），另外性能要求不同导致测试通过条件也不相同。另外在充电场景的自动泊车应用中，为完成自动机械臂的成功对接，提高自动充电的完成率，也需要提高自动泊车的泊入精度。
- 在充电/换电场景的自动泊车应用中，缺乏对于充电桩/臂，换电站内的异形障碍物的感知和避障要求。
- 当前没有标准规范站端感知后获取的目标物数据协议、车与站端进行通信的具体通信协议、站端感知数据（如目标物列表、可通行区域）、车辆状态、协同控制指令（如路径引导、紧急停止）的交互格式、时序及网络安全等内容，这对于跨品牌、跨车型实现广泛应用至关重要。
- 场端感知及通信系统的标准要求缺失，例如场端传感器性能下限（如探测距离、精度、帧率）及其在极端天气下的适应性、失效分析与安全措施，车辆与场端系统控制权切换（车

辆在行驶模式与站内精准泊车模式之间的控制权交接),以及相应的测试要求。

- 在充电场景的自动泊车中,也存在车辆识别自动充电停车位标识,或车辆与充电场端交互,来确定具体泊入的自动充电停车位的场景需求,还没有这方面的标准规范支撑不同车型与不同场端的互联互通。

综上所述,对于充换电场景的自动驾驶应用,既存在目前已发布/报批/制定中的标准,相关要求无法适用的问题;也存在本场景应用中相关功能、性能、安全要求,缺乏标准来指导/规范的问题。

4.2 标准化建议

基于以上标准化分析,为实现充换电场景下的自动驾驶应用落地,本报告建议从修订现有标准提高场景适用性,制定新标准满足场景特殊需求的充分性两方面开展标准化工作。

4.2.1 修订通用场景标准

对现有标准进行修订,或在当前制定中的标准,考虑本场景的特殊性,调整标准要求或者加入豁免条款:

- 针对 GB/T《智能网联汽车自动泊车系统性能要求及试验方法》(报批)及后续启动的 GB《智能网联汽车 自动泊车系统安全要求》
 - 增加换电场景专属停车位(dedicated parking spot)的定义:在特定设施或区域内,按照其功能和要求建设,面向特定

用户开放的停车位（示例：提供充电、换电或其它附加服务的特定停车位）。

- 对于 ODC 仅适用于专属停车位的自动泊车系统，申报时仅 ODC 中声明的专属停车位相关安全/性能要求及验证试验作为必选项，车位线垂直车位、车位线平行车位、车位线倾斜车位、空间垂直车位、空间平行车位、空间倾斜车位、机械车位等车位类型的安全/性能要求和验证试验均为可选项。
- 另外针对专属停车位，增加泊车性能要求、试验场地要求、试验条件要求、测试场景要求等测试相关内容

4.2.2 制定场景专用标准

制定《智能网联汽车 换电自动驾驶系统技术规范》，针对本场景的特殊需求，制定相应的技术要求、性能要求、安全要求、测试场景、测试方法。考虑换电场景下自动驾驶应用的特点：换电自动泊车通过专用标志物泊入专有车位，多传感器融合定位和厘米级机械控制，泊车精度高于传统泊车，环境适应性严苛，车-站协同通信协议，可靠性及安全冗余要求高等特点，具体解决：

- **专用标志物的识别与响应：**换电站通常预设定制化视觉标记（如地面标识、轨道基准点），通过深度学习训练的语义特征点感知模型进行识别，确保在不同光照、天气条件下仍能稳定检测。例如，蔚来四代站采用激光雷达和视觉感知融合技术，可识别生命体误入并动态调整泊车路径。

- **车-站-云通信协议：**车辆与站端通过预定义的泊车协议交换数据，确保双方对环境理解一致，适配不同智能化程度的车型。具体可包括：车辆、站端与云端服务平台之间的通信接口、数据格式（如感知共享、轨迹规划、状态同步）、指令集（如启动、暂停、急停）以及通信安全与身份认证机制。
- **跨车型通用性：**采用端云结合的智能系统，通过标准化泊车协议适配不同车型的感知与控制接口，减少对车辆硬件的依赖。
- **融合定位技术：**采用视觉-惯性组合定位，结合实时传感器数据，将车辆定位误差控制在 10 厘米以内。站端通过追踪车辆历史轨迹与当前运动状态的一致性，避免定位漂移。
- **场端辅助对位：**车辆需停靠在指定区域内，横向偏差通常需小于 5 厘米，以确保换电设备与电池包对接机构准确对齐。换电站设施可通过夹紧车辆轮胎等方式，进一步完成车辆泊入位置的精确调整。
- **极端环境适应性：**换电站广泛应用于全国多个城市，户外换电，受暴雨袭击、冰雹、浓雾等极端天气制约，稳定性非常重要。例如，蔚来在站端的传感器也都采用了车规级；三一重工换电站的车牌识别系统摄像机选用高性能芯片，采用工业级和低功耗设计， $-35^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 下，均可稳定工作，IP66 防尘、防水等级，避免户外应用进水进雾；车牌污损、弯曲、遮挡、阴影、雨雪天气等均能够被及时发现、保障了换电站的高性

能运转；500 万高清像素，内置 4 颗大灯珠 LED 白光灯，无论顺光、逆光、黑夜，均有较好的适应性。

- **安全冗余设计：**通过多帧连续验证（如连续检测灯光状态、车型一致性）避免误识别，若检测到生命体侵入或车门异常开启，立即终止泊车流程。另外还可采用远程人工控制接管的方式进一步保障安全。
- **明确行泊切换的测试验证要求：**标准需定义车辆从“行驶”模式切换到“站内精准泊车”模式的触发条件、控制权交接逻辑，以及交接过程中的人机交互提示准则和交接失败的 MRM（Minimal Risk Maneuver，最小风险策略），并制定相应的测试规程。

同时标准结构和内容的完整性方面出发，标准还包括下列内容：

- **设计运行条件：**描述语言规范性、ADS 对换电环境要素的适应性、换电场景最小 ODC（Operational Design Condition，运行设计条件）能力
- **功能防滥用：**自动驾驶功能应在特定设计运行条件下激活，企业须明确告知用户功能的性能限制、驾驶员职责及功能激活与退出的方法。通过建立监测和应急处置机制，在发生违法违规或存在严重安全隐患时，能够暂停或退出试点，确保车辆在规定的场景和范围内使用。

- **安全体系及安全要求：**安全管理体系、系统级功能安全、系统级预期功能安全、典型风险场景安全基线的一般性要求
- **网联通信及信息安全：**站端感知数据结构、车端信息安全、通信链路安全、支持跨车型互操作的通用 API 接口或数据模型，以降低车辆与不同站端系统的适配成本。
- **应用监测：**车端数据记录、站端数据记录、事件监测及上报
- **人机交互：**激活、退出、干预；状态转换条件及要求；常规状态及切换指示；紧急状态及切换指示
- **系统自检：**状态持续自检机制、故障自检机制、系统边界检测及响应能力
- **动态驾驶任务控制：**OEDR（Object and Event Detection and Response，目标和事件探测与响应）能力要求（目标物类型/探测范围）、巡航行驶要求（横纵）驶入驶出换电车位、常规避障、紧急避障
- **风险控制策略：**车端 MRM（Minimal Risk Maneuver，最小风险策略）的安全兜底效果、站端 MRM 的兜底效果、安全站端/云端急停的安全兜底效果
- **测试场景和测试方法：**仿真测试、场地测试、道路测试。