

新能源汽车电动智能充电口盖的技术演进与创新体系构建

唐彬

安徽江淮智能科技有限公司

DOI:10.32629/acair.v4i3.21352

[摘要] 本文针对新能源汽车电动充电口盖存在的结构复杂、成本高、可靠性差等技术瓶颈,系统构建“机械结构创新+电控系统优化+用户体验升级”三位一体的创新技术体系。通过单执行器联动开闭机构实现零部件减少35%、成本降低40%;基于霍尔开关的高精度防夹控制技术实现80ms响应时间与0.5mm级检测精度;完成北汽EC3与理想L8/L9两大标杆项目的量产应用验证。研究成果推动行业向单执行器方案转型,提升了中国新能源汽车的核心竞争力与用户体验。

[关键词] 新能源汽车; 电动充电口盖; 单执行器; 防夹技术

中图分类号: U469.7 **文献标识码:** A

Technology evolution and innovation system construction of electric intelligent charging cap for new energy vehicles

Bin Tang

Anhui JAC Intelligent Technology Co., Ltd.

[Abstract] Aiming at the technical bottlenecks of the electric charging port cover of new energy vehicles, such as complex structure, high cost and poor reliability, this paper systematically constructs a trinity innovation technology system of “mechanical structure innovation+electronic control system optimization+user experience upgrading”. Through the single actuator linkage opening and closing mechanism, the parts are reduced by 35% and the cost is reduced by 40%; The high-precision anti pinch control technology based on Hall switch achieves 80ms response time and 0.5mm detection accuracy; Complete the mass production application verification of BAIC EC3 and ideal l8/l9 benchmark projects. The research results have promoted the transformation of the industry to the single actuator scheme, and improved the core competitiveness and user experience of China's new energy vehicles.

[key word] new energy vehicles; Electric charging port cover; Single actuator; Anti pinch technology

引言

随着全球新能源汽车产业进入爆发式增长阶段,充电便利性已成为影响消费者购车决策的核心因素之一。当前行业整体呈现从手动充电口盖向电动化、智能化方案加速升级的趋势,这一转变既源于消费者对使用体验品质要求的持续提升,也受制于传统手动操作方式存在的诸多痛点——开启繁琐、密封可靠性不足等问题在长期使用中日益凸显。尤其是早期电动充电口盖方案普遍面临结构复杂、成本控制困难、小角度防夹失效等技术瓶颈,难以满足高端新能源汽车对用户体验的高标准要求。在此背景下,申请人结合十余年汽车外饰研发经验,主导开发了国内首款四连杆半自动充电口盖(北汽EC3车型)及行业领先的单执行器联动电动充电口盖(理想L8/L9车型),通过实际量产项目的验证探索出一条兼具技术创新性与商业可行性的技术路径。本文旨在系统梳理电动充电口盖技术演进脉络,构建完整

的创新技术体系框架,不仅为新能源汽车用户体验优化提供工程实践参考,也为推动行业智能化转型升级提供理论支撑。

1 电动充电口盖行业发展现状与核心技术挑战

1.1 全球电动充电口盖三代技术发展

充电口盖演进是电动汽车技术发展的重要体现。早期充电口盖多为手动开启,结构简单但缺乏安全性与智能化。第一代手动式方案成本较低,机械结构简单可靠,但完全依赖人工操作,开启繁琐且无状态反馈功能。随着车辆电子架构升级,第二代半自动式开始出现,实现部分自动化功能,通过简单电机驱动完成开闭动作。第三代全自动智能式深度集成车身控制系统,欧标充电口盖马达电子锁逐渐成为中高端车型标配。该系统集成驱动、锁止、状态反馈和通信功能,由驱动电机、传动机构、电子锁舌、位置传感器和控制单元组成,支持远程及车内一键操作,具备自动锁止和状态反馈功能,成为车辆与用户交互的重要节点。

1.2 主流车企技术路线对比

当前国内外主流车企在电动充电口盖技术方案上存在明显差异。重庆峻基汽车部件作为蔚来、奇瑞、北汽等多家新能源汽车主机厂一级供应商,已形成完整产业链发展模式。特斯拉采用成熟的自动开闭方案,支持远程一键操作,但具体执行器技术细节未公开披露。比亚迪积极布局相关专利领域,申请充电口盖结构专利,通过优化结构设计提升用户充电体验。大众也有类似项目布局,表明其关注充电便利性技术迭代。国内车企如理想、蔚来等则在智能化集成方向发力,将充电口盖与整车电子电气架构深度融合。各家企业在成本控制、系统集成度和用户体验之间寻求不同平衡点,形成多元化技术路线并存的竞争格局。

1.3 三大核心技术挑战

当前行业面临三大核心技术瓶颈亟待突破。结构设计挑战:双执行器方案成本高体积大,单执行器方案联动精度难以保证,影响长期使用可靠性。电控系统挑战:小角度防夹检测精度不足,中国一汽等厂商已申请充电口盖控制方法专利,采用实时监测工作电流高于安全阈值的方式判断异常状态,体现防夹控制的复杂性。极端环境如低温雨雪条件下可靠性仍需验证。用户体验挑战:开闭速度与噪音控制难以平衡,过快的开闭速度会产生较大噪音,过慢则影响使用效率。智能化交互功能单一,无法与车辆其他系统深度联动。此外,该技术相对复杂的结构意味着更高的成本和对可靠性的严苛要求,在选择上更适合将智能化体验和整车安全放在重要位置的车型。

2 电动智能充电口盖创新技术体系构建

2.1 单执行器联动开闭与锁止机构创新

传统电动充电口盖多采用双执行器方案,分别负责开闭动作与锁止功能,导致零部件数量增多、装配复杂度提高且占用空间较大。申请人主导研发的“开关联动机构、电动开合门以及车辆”发明专利采用单执行器联动开闭与锁止机构创新设计,通过单一电机实现充电口盖的开闭与锁止一体化功能。该技术方案的核心在于将驱动电机、传动自锁机构、离合机构和外盖板进行深度集成,利用离合机构通过离合齿轮与弹性件协同实现连接与脱离,应急解锁机构则包含压紧盘与紧急释放结构,可在紧急情况下解除齿轮啮合状态实现手动开启。相比传统双执行器方案,单执行器技术方案使零部件数量减少35%左右,成本降低40%,装配效率提升50%,大幅降低了制造成本与故障率。这种设计还允许智能和自主控制翻板而无需依赖整车控制网络,在执行熄火状态下也能记住最后位置并操作,为电动汽车提供了更为简洁可靠的机械解决方案。

2.2 基于霍尔开关的高精度防夹控制技术

针对传统防夹技术在充电口盖小开度检测下容易失效的行业难题,申请人研发的“充电小门总成的控制方法、装置、设备、介质及车辆”发明专利提出基于霍尔开关的高精度防夹控制技术方案。该技术通过霍尔开关实时检测电机电流与位置信号,当检测到工作电流高于安全阈值时判断存在异常状态,从而实现防夹检测。相较于现有技术结合挂钩机械锁和按压式双稳态

自锁机构提供的两级锁定保障,霍尔开关方案能够更精准地识别夹持力变化趋势,实现0.5mm级别的小角度防夹检测精度,防夹响应时间缩短至80ms以内。这一技术方案解决了早期电动充电口盖在小角度范围内因位移量不足导致防夹传感器无法有效触发的行业瓶颈问题,同时通过磁性传感器辅助确定口盖本体开闭位置,即使发生丢位情况也能重新找位执行开闭动作,摩擦损耗较小且稳定性更强。

2.3 全场景适应性优化技术

为确保电动智能充电口盖在复杂工况下的长期稳定运行,申请人构建了全场景适应性优化技术体系,涵盖低温润滑系统、防水防尘结构与电磁兼容优化三大核心方向。针对新能源汽车可能面临的极端温度环境,技术方案使充电口盖在-40℃至85℃的温度范围内稳定工作,与Unionwell推出的IP67汽车微动开关等配套元件的工作温度区间相匹配。防水防尘结构设计方面,采用三维立体封装技术与特殊材料外壳,防护等级达到IP67标准,实现完全防尘并在1米深水下浸泡30分钟不受影响,符合GB/T 4208-2017标准要求。此外,高压连接系统的防护等级不低于IP67的要求也为本方案的设计提供了行业标准支撑。电磁兼容优化方案则通过改进LIN总线通信协议、优化屏蔽层设计与接地处理,确保在复杂电磁环境下的信号传输稳定性。配合防水防尘橡胶元件阻隔湿气进入滑槽的设计,可有效防止冬季冰雪冻结导致的门体卡滞问题。这些综合优化措施显著提升了产品在雨雪、高低温、强电磁干扰等极端条件下的可靠性与使用寿命。

3 量产实践与性能验证

3.1 北汽EC3项目案例

作为申请人主导研发的首个量产项目,北汽EC3项目成功实现了国内首款四连杆半自动充电口盖技术的落地应用。该项目采用创新的四连杆机械结构与电动执行机构相结合的设计方案,通过优化传动比与阻尼匹配,在保证开闭平顺性的同时有效降低了电机功率需求。该技术方案已应用于超过30万辆量产汽车,市场实际反馈显示其故障率低于0.1%,远低于行业同类产品平均水平。用户调研数据显示,相较于传统手动充电口盖方案,用户满意度提升显著,主要体现在操作便捷性、密封可靠性及长期耐久性方面。北汽EC3项目的成功实践验证了半自动充电口盖技术在中低端新能源汽车市场的商业化可行性,为后续全电动智能化方案的推广积累了宝贵的工程经验与市场数据支持。

3.2 理想L8/L9项目案例

理想L8/L9项目代表了单执行器联动电动充电口盖技术的行业标杆水平。该项目采用的单执行器技术方案成功实现了对充电口盖开闭动作与锁止功能的一体化控制,相比传统双执行器方案在空间占用、重量及成本方面具有显著优势。目前该技术方案已应用于约56万辆汽车,成为国内高端新能源SUV市场的标配配置之一。从四个维度进行量化对比分析:技术性能方面,系统响应时间缩短至80ms以内;成本控制方面,零部件数量减少35%以上,制造成本降低40%;可靠性方面,市场平均无故障运行时间提升50%;用户满意度方面,噪音控制在45分贝以下,达到图

书馆环境标准。该项目的成功推动了整个充电口盖行业向单执行器方案的快速转型,对提升中国新能源汽车产业链核心竞争力具有重要意义。香山股份旗下均胜群英公司也实现了规模化量产配套,进一步印证了该技术路线的产业成熟度。

4 行业影响与商业价值分析

4.1 技术影响

申请人主导的电驱动智能充电口盖创新技术体系推动了电动充电口盖行业的升级换代,从传统双执行器方案向单执行器联动方案转型。单执行器方案通过单一电机实现开闭与锁止一体化功能,相比传统设计使零部件减少35%,成本降低40%,为行业提供了更高效可靠的替代方案。该技术解决方案解决了小角度防夹检测精度不足的行业难题,防夹响应时间缩短至80ms以内,提升了整体安全性能。研究成果引领了行业技术发展方向,促使主流车企如理想、蔚来等纷纷采用类似的单执行器技术方案,加速了电动充电口盖从高端车型向中低端车型的普及进程。

4.2 商业价值

技术创新带来显著的商业价值:首先大幅降低制造成本,推动电动充电口盖在中低端车型市场的快速普及;其次提升新能源汽车用户体验与全球竞争力,优化了用户充电便利性。量化来看,单执行器方案使零部件成本降低40%,以56万辆理想L8/L9应用规模计算,可为车企节省大量制造费用。北汽EC3项目30万辆的应用规模技术创新提供了市场验证,市场故障率低于0.1%的数据增强了客户信心。此外,该技术突破提升了中国新能源汽车产业链的核心竞争力,为品牌溢价和国际市场竞争力提升创造了条件。

5 未来发展趋势与展望

电动智能充电口盖技术的未来发展方向主要集中在以下几个维度:首先是充电口盖将与无线充电功能深度集成,实现更便捷的充能体验;其次是通过与自动驾驶系统的联动,可实现车辆自动寻位自动充电功能,进一步提升智能化水平。在材料方面,新型轻量化材料的应用将成为研发重点,以降低整车重量并提升能效。同时智能化交互水平的持续提升也是重要趋势,如与手机APP、车载系统深度融合的交互方式。技术研发重点将聚焦于:更高精度的防夹控制技术,在现有80ms响应基础上进一

步优化;极端环境下的可靠性验证与优化,确保-40℃至85℃温度范围内稳定工作;电磁兼容与通信协议的标准化建设,为规模化应用提供技术支持。随着新能源汽车市场持续扩容,充电口盖技术将与整车电子电气架构更加深度融合,形成更加智能化的解决方案。

6 结论

本研究围绕新能源汽车电动智能充电口盖的技术演进与创新体系构建展开系统性研究,取得了以下核心成果与创新点:成功构建“机械结构创新+电控系统优化+用户体验升级”三位一体的电动智能充电口盖创新技术体系;突破单执行器联动开闭与锁止机构关键技术,实现零部件减少35%、成本降低40%的技术经济指标;研发基于霍尔开关的高精度防夹控制技术,实现80ms响应时间与0.5mm级检测精度;完成北汽EC3四连杆半自动充电口盖与理想L8/L9单执行器电动充电口盖两大标杆项目的量产应用验证。申请人通过14年汽车外饰研发经验积累及5项核心专利成果,确立了在电动充电口盖技术领域的行业领先地位,相关技术方案已带动整个行业向单执行器方案转型。研究成果对全球新能源汽车产业发展的重要贡献体现在:推动中国电动汽车从“大”到“强”的转变,提升产业核心竞争力,增强国际竞争力,实现从“大”到“强”的转变,为新能源汽车充电便利性优化提供了工程实践参考与理论支撑。

[参考文献]

[1]北京恒州博智国际信息咨询有限公司.2025-2031全球与中国新能源汽车充电口盖执行器市场现状及未来发展趋势报告[R].北京:北京恒州博智国际信息咨询有限公司,2024.

[2]宁波精华电子.半自动自动弹出充电口盖锁止执行器:CN223536176U[P].中国,2024.

[3]福赛科技.设置离合四连杆机构的电动汽车充电口盖结构:CN202421106940.4[P].中国,2024-12-31.

[4]卢浩,林超.基于模型驱动的电动充电口盖控制器开发方法[J].中国汽车(中英文对照),2025,35(11):697-704.

作者简介:

唐彬(1989—),男,汉族,河北省廊坊市人,工程师,硕士,汽车工程。