

“双碳”目标下高速服务区智慧化与零碳化协同发展模式研究

李 东¹ 邓昌龙² 王 亮¹ 姚卫星²

1.中电建（广东）中开高速公路有限公司 广东 江门 529142

2.中国电建集团江西省电力设计院有限公司 江西 南昌 330096

【摘要】：在国家碳达峰、碳中和战略目标全面推行的的大环境下，高速公路服务区属于交通基础设施的重要组成，其低碳化、智慧化转型成了交通行业绿色发展的关键部分。本文选取广东中开高速零碳智慧火炬服务区试点项目作为研究对象，通过项目实践经验的总结来探究高速服务区智慧化和零碳化协同发展的方式、途径以及策略。将绿色建筑、可再生能源利用、污废资源化、林业碳汇、智慧管控等各方面技术综合起来，创建起全生命周期零碳运营体系，并且配备高效智慧管理平台，从而达成服务区绿电全覆盖以及碳中和运营目的。研究表明，智慧化管控同零碳技术深度融合之后，既可以达成服务区生态效益和经济效益的协调统一，又可以给全国范围内的同类交通设施转型赋予可复制、可推广的实践范例，助力交通行业绿色低碳高质量发展。

【关键词】：双碳目标；高速公路服务区；零碳化；智慧化

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.007

1 引言

伴随着国家双碳战略的推进，交通运输业属于能源消耗和碳排放的重点领域，绿色低碳转型已经成为该行业发展的大势所趋。高速公路服务区是保证公众高速出行、完善路网服务功能的重要节点，传统的高速公路服务区存在着能源消耗大、碳排放量高、运营管理粗放、资源循环利用率低等突出问题，不能满足双碳目标的要求。推进高速服务区智慧化和零碳化协同发展的过程，既是落实国家低碳交通政策的一种方式，也是提高服务区运营效率、提升出行服务质量的一种手段。本文以项目实践成果为基础，对高速服务区智慧化和零碳化协同发展主要思路、技术方案、实施效果进行梳理总结，提出可以复制的模式，给国内类似项目建设提供理论依据和实践指导。

2 项目概况与建设背景

2.1 项目基本情况

火炬服务区位于中山至开平高速公路中山段 K7+400 处，是深中通道衔接中开高速的第一个服务区，采用中置式布局，分为南北两个独立运营区，项目总用地面积 120.18 亩，总建筑面积 7676.63 平方米。服务区功能布局合理，前场规划小客车和大客车停车位，综合楼后侧设货车停车位，加油站设在场地出口处，整体规划大车位 102 个、小车位 256 个，其中包含 32 个充电车位，可以满足各种出行车辆的停靠、补给需求。



图 1 项目鸟瞰图

项目的核心建设目标就是创建零碳智慧示范服务区，采用多种绿色低碳技术和智慧管控技术，使可再生能源得到高效利用，污废资源可以循环利用，碳排放可以全程控制，从而达到全生命周期碳中和的目的，填补广东省零碳高速服务区建设的空白，树立全国行业标杆。

2.2 建设政策与行业背景

国家层面陆续出台多项政策促进交通领域零碳转型，十四五现代综合交通运输体系发展规划提出建立交通运输碳排放监测平台，推进零碳交通示范区建设；科技支撑碳达峰碳中和实施方案也针对交通低碳零碳技术攻关提出具体要求，给零碳服务区建设提供政策支持。行业相关的规范也逐渐完善起来，高速公路零碳服务区评价相关技术规范 and 标准相继出台，给项目建设提供技术支持。由于行业转型需求以及政策的导向，所以火炬服务区试点项目应运而生，成为高速服务区智慧化和零碳化协同发展的试验场。

3 高速服务区智慧化与零碳化协同发展核心思路

本项目始终把绿色生态、低碳智慧作为核心理念，抛弃单一技术叠加的模式，采取模块化 1+N+1 的建设方式，促使零碳化建造同智慧管理深度交融、相互促进，塑造出“零碳技术夯实生态根基，智慧管理加强运行效能”的一体化发展路径。核心目标就是实现服务区用电 100% 的绿电供应和全生命周期碳中和运营，搭建起完善的智慧管控体系，最后形成标准化建设技术指南，为行业推广提供技术支持。

智慧化和零碳化协同发展本质就是技术融合和管理协同。一方面，利用零碳技术的应用从源头上减少碳排放，实现能源的清洁化、资源的循环化；另一方面，依靠智慧化平台对能源消耗、碳排放、运营管理等各方面全流程进行实时监测和智能调度，使零碳技术得到最大的发挥，两者互相促进、互相补充，共同形成高效、低碳、智能的新型高速服务区运营体系。

4 项目实施关键技术路径

项目以零碳化建设、智慧化管控为双核，从建筑节能、能源供应、资源循环、生态碳汇、智能管控五个方面开展多项关键技术攻关，推进协同发展的主要目标的实现。

4.1 绿色建筑与节能设计

绿色建筑是达成零碳目的的主要形式，项目建筑施工全过程中所采用的低碳环保、节能高效的材料和工艺。服务区隔墙采用加气块砌筑，加气块具有良好的隔热性、资源消耗小、耐火性强，可以有效地减少建筑运行阶段的空调能耗；幕墙和窗户全部使用中空玻璃，既能隔热又能透光又隔音，使建筑能耗进一步降低，室内舒适度得到提高。节能设计覆盖服务区全场景，内部照明全部使用LED节能灯具，比传统的灯具功率低、能耗少、发热量小，长期运行可以大大节约电力资源。厨房区域全面实现全电化运营，所有的厨具都使用电能设备，取消了传统的燃油燃气厨具，从源头上减少了化石能源的消耗和碳排放，节能环保效果非常明显。

4.2 资源循环利用体系

项目创建起完备的污废和雨水回收利用系统，达到资源的最大化循环利用。南北两区分别建成了处理能力为300立方米每天的污水处理系统，并且在每座污水处理厂内配有一座100立方米的地理式中水储存罐，处理后的中水主要被用作场区喷淋、绿化浇灌，从而达到最大程度上减少自来水使用量的目的。南北区分别设标准化垃圾房，实行精细化垃圾分类，使生活垃圾无害化处理、资源化回收，变废为宝减少环境负担。南北两个区域分别建立小型雨水回收模块，专门收集场区雨水，用于绿化植物的浇灌，从而达到节约水资源、减少服务区运营中水资源消耗的目的，形成水资源循环利用模式。

4.3 清洁能源供给与储能系统

可再生能源利用是实现零碳目标的主要手段，项目在服务区边坡、屋顶、停车场、地面等闲置空间内全部布置光伏组件，总装机容量达到1.81MWp，实现了场区空间的高效利用和清洁能源的高效产出。光伏系统于2024年8月并网发电，到2024年10月17日为止，共发电44.60万千瓦时，日均发电量为6463千瓦时，给服务区提供稳定的绿电支持。配套建设两套0.25MW/0.5MWh储能系统，储存白天光伏发电的盈余电量，夜晚释放满足服务区用电负荷的需求，解决光伏发电昼夜波动的问题，实现绿电稳定供应。双侧服务区一期设32个充电枪，总功率1440kW，可以满足新能源汽车充电需求，形成光伏发电、储能调控、充电服务的完整清洁能源产业链。

4.4 林业碳汇与生态修复

生态碳汇是实现碳中和的重要补充手段，项目全部完成场区绿化施工，总绿地面积为38033平方米，边坡绿化面积为15500平方米，绿化率接近40%。项目施工期间，对原址生态

环境进行严格的保护，回收利用适宜植物生长的表层土，移植保护原有高大树木，有针对性地维护场区植被和水域生态，保持生态系统的完整性、连续性，用植被固碳抵消剩余碳排放，助力服务区实现碳中和目标。

4.5 智慧化管控平台建设

智慧化管控是协同零碳技术、提高运营效率的主要支撑，项目完成了能源传感器、数据采集传输模块的施工，搭建完成了能源和碳排放监测可视化管理平台并正式投入使用。该平台用分层架构把物联网、大数据、云计算技术融合起来，包含碳排放管理、智慧能源管理、智能停车、充电桩管理、智能安防、智慧路灯、移动门户、综合运营中心等八个主要模块，从而达到对服务区人员、车辆、能源、安防、消防等全方位的集中化、智能化管理。平台能持续搜集能耗，碳排放，光伏发电，储能运转等信息，借助智能剖析达成用能改善调度，持续监控碳排放指标，从而给予零碳经营完备的数据支撑与科学的经营管理参照，达成真正的零碳经营可监测、可调节、可追踪。

5 项目创新与改进要点

本项目冲破传统高速服务区创建经营模式，塑造出三个主要的革新亮点，体现出智慧化同零碳化相互促进的发展新趋向。

第一，使服务区能源供给达到零碳排放。项目整合了可再生能源、节能降耗、生态碳汇等众多技术，形成了一个完整的零碳技术体系，从根本上解决了传统服务区能源消耗大、碳排放量大的问题，创建出全国首个零碳高速服务区样板。项目同步建立完整的零碳技术框架和理论体系，有关技术申请专利保护，为以后行业的推广打下坚实的工程技术基础，也给全球交通领域的零碳转型提供中国的经验。

第二，创建高效能的能源和碳排放监测管理平台。相比于市场同类产品，本项目搭建的智慧管控平台运算速度快、数据精度高，可以对服务区的各项能源和碳排放数据进行实时、准确的采集、分析，实现动态监测、智能调度，大大提高服务区的管理效率。平台依靠独特的技术方法创建起来，拥有自主知识产权，技术先进性、独特性明显，可以及时应对零碳运营管理的需求，给低碳运营赋予强大的技术支持。

第三，创建智慧零碳服务区示范样板。项目把智慧元素同零碳理念融合起来，创建起一种既有绿色低碳特性又有智能服务功能的新型高速服务区，从而全方位地提升运营效率和出行服务质量。智能化技术飞速发展、交通行业数字化转型之下，该样板具备较强的前瞻性与时效性，为智慧交通同低碳交通融合发展给予有力支撑，引领交通行业转型趋向。

6 项目经济社会生态效益分析

6.1 经济效益

项目采取可再生能源自发自用、余电上网的运营方式，在

服务区24小时连续运行、利率为3.6%，商业电价按照672.5元每兆瓦时的标准计算的情况下，不考虑碳排放交易收益的话，项目的资本金内部收益率可以达到7.00%。长期运营中，绿电发自自用可以大幅度降低电费支出，节能设备和资源循环利用又会进一步压缩运营成本，达到经济效益和生态效益的平衡，有较好的长期投资价值。

6.2 环境与生态效益

项目施工阶段使用装配式建筑、低碳材料，现场湿作业减少95%以上，空气、噪声、废水废物排放污染减少90%以上，最大限度地保护施工现场的生态环境。运营阶段完成生活垃圾无害化、资源化处理，水资源循环利用率大大提高，清洁能源完全替代了传统化石能源，从源头上削减了环境污染。同时，由于场区高绿化率和生态保护措施的实施，使得区域生态质量得到提高，从而达到生态保护和项目建设同步推进的目的。

6.3 社会效益

作为全国首批零碳高速服务区试点，项目给国内同类服务区建设提供科学依据和规划指导，形成可以复制、可以推广的建设运营经验，加强交通行业双碳目标落地的实践路径。项目成功创建智慧零碳服务区样板，推进高速公路服务区服务功能智能化升级，改善公众出行体验，塑造起交通企业绿色低碳发展良好形象，助力交通行业全面走向低碳、环保、智能方向转变。

6.4 推广应用价值与行业启示

广东中开高速零碳智慧火炬服务区成功入选交通运输部第一批公路水路典型运输和设施零碳试点项目，是广东省唯一

入围项目，推广应用价值和行业启示十分明显。项目依靠智慧和零碳化协同推进，解决传统服务区低碳转型和智能升级的两个问题，形成的技术体系、管理方式和建设标准可以直接应用到全国各个类型的高速服务区改造和新建项目中。从行业发展的角度看，该工程体现出智慧和零碳化协调发展的必然性，二者共同融合可以实现双碳目标的要求，也可以提高服务区运营效率和服务质量，同时还能达到生态、经济和社会效益。后续行业推广要实现政策扶持和技术进步的双轮驱动，健全零碳技术标准及智慧管控体系，按照地方特点推进光伏、储能、资源回收等技术应用，并引导交通行业走向绿色低碳高质量发展。

7 结论

按照双碳目标的要求，高速公路服务区智慧和零碳化共同发展的模式成了交通行业的绿色转型主要途径。广东中开高速零碳智慧火炬服务区试点项目，用1+N+1模块化建设思路把绿色建筑、清洁能源、资源循环、生态碳汇、智慧管控核心技术整合起来，实现了全生命周期碳中和和智慧化高效运营，取得了良好的经济、社会、生态效益。该工程实践表明，将零碳技术和智慧管理深度融合，可以很好地解决传统服务区发展中的主要问题，创建出一种既具有生态性、经济性又实用的新服务区。项目所形成的体系、模式和示范成果，给全国高速服务区智慧化、零碳化转型提供可以借鉴、可以复制的方案，对于推进交通运输行业低碳发展、助力双碳目标实现有着十分重要的现实意义和长远价值。后续可以继续提高资源循环利用率，升级智慧管控平台的功能，不断改善零碳服务区的建设标准，使行业的转型更加深入。

参考文献：

- [1] 刘志翔.面向区域文化融合的高速服务区商业空间创新路径探索[J].福建建材,2025,(12):37-40.
- [2] 邸赫.数字化转型背景下辽宁高速服务区智慧化升级方案探讨[J].中国交通信息化,2025,(10):88-90.
- [3] 付磊,徐怡.开放式高速公路服务区智慧化提升策略浅析[J].中国交通信息化,2025,(09):79-84.DOI:10.13439/j.cnki.itisc.2025.09.009.
- [4] 梁晴.从“歇脚点”到“新地标”山东高速服务区华丽蝶变[J].山东国资,2025,(05):21-22.
- [5] 郝颖.高速公路服务区智慧化建设研究[J].智慧中国,2024,(06):72-73.