

零碳智慧服务区能源与碳排放监测平台构建方法

高亮¹ 姚卫星² 张伟¹ 邓昌龙²

1.中电建(广东)中开高速公路有限公司 广东 中山 528400

2.中国电建集团江西省电力设计院有限公司 江西 南昌 330006

【摘要】:在国家碳达峰、碳中和战略目标的引领之下,高速公路服务区属于交通基础设施的重要节点,其低碳零碳转型成了交通行业绿色发展的关键部分。本文以广东中开高速零碳智慧火炬服务区试点项目为研究对象,从服务区全生命周期碳中和运营角度出发,对零碳智慧服务区能源和碳排放监测平台的建立原则、技术架构、功能模块、实施路径进行研究。根据项目实际使用的光伏储能、绿色建筑、污废资源化、林业碳汇等零碳技术建立数据感知、传输、分析、控制、可视化的监测平台,对服务区能源生产、消耗全过程进行监测和碳排放的精准核算、智能调度。经过实践证明,该平台可以实现服务区100%的绿电供应和碳中和运营,求解效率比同类市场产品高,可以为全国高速公路零碳服务区建设提供可复制的技术方法和实践参考,促进交通行业绿色低碳高质量发展。

【关键词】:零碳服务区;智慧高速;能源监测;碳排放核算;监测平台构建

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.009

引言

随着我国双碳战略的全面推行,交通运输业作为能源消耗和碳排放的主要领域,绿色低碳转型成了行业的主要发展方向。高速公路服务区是车辆停靠、休息补给、能源供应等多功能场所,传统的服务区依靠化石能源供电、用能粗放、碳排放无序,不能适应新时代绿色交通发展的需要。创建一体化能源和碳排放监测平台,是达成服务区用能精细化管控、碳排放动态溯源、碳中和目标落实的技术保障。广东中开高速零碳智慧火炬服务区是深中通道连接中开高速的第一个服务区,也是交通运输部首批公路水路零碳试点、广东省唯一入选的服务区试点项目,项目以50年全生命周期碳中和为目标,集成了多项零碳技术和智慧管控手段。本文以该试点项目实操经验为基础,对零碳智慧服务区能源和碳排放监测平台的建立方法进行梳理,确定技术路径及功能体系,填补了高速公路服务区精细化碳管控的技术空白,给同类项目的建设提供科学依据和实践指导。

1 项目概况与建设定位

火炬服务区位于中山至开平高速公路中山段K7+400处,为中置式布局,分为南北两个独立运营区域,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,前场设小客车和大客车停车位,综合楼后侧设货车专用停车位,出口处设加油站,双侧共设大车位102个、小车位256个,其中包含32个新能源充电车位,可以满足各种车辆的停车及补给要求。项目以零碳、智慧为主导思想,冲破传统服务

区建造模式的束缚,把绿色建筑、可再生能源应用、污废资源化、林业碳汇等前沿技术融合起来,创建起光伏、储能、充电、雨水回收、污水处理等一系列系统,打造零碳服务区,实现绿电自给、碳汇抵消、智慧管控。项目主要目的就是实现服务区50年全生命周期碳中和,成为全国高速公路零碳智慧服务区的典型代表,促进交通基础设施建设由高耗能粗放型向低碳集约型、智慧高效型转变。

2 监测平台构建原则与核心思路

(1)构建基本原则:本次监测平台的创建完全符合项目零碳运营的需求,有四个主要的原则,保证平台的实用性和准确性以及可推广性。一是全周期覆盖原则,平台覆盖服务区能源生产、传输、消耗、回收全流程和碳排放核算、碳汇抵消、碳管控全环节,实现从建设到运营的全生命周期监测;二是数据精准性原则,依靠高精度传感设备和标准化核算模型来保证能源数据、碳排放数据采集和核算的准确性,给管控决策提供可靠的支撑;三是智慧联动原则,实现能源系统和碳管控系统的数据互通、协同调度,打破各个子系统之间的数据孤岛,提高整个管控效率;四是可复制推广原则,平台构建方法适合国内大多数高速公路服务区的建设运营特点,技术方案标准化程度高,便于以后行业内批量推广。

(2)核心构建思路:平台创建依照项目模块化1+N+1的架构思路,以生命周期评价法为理论根基,把服务区光伏、储能、充电、照明、污水处理、雨水回收、绿化碳汇等全部要素系统数据纳入其中。采用

分层式的技术架构，完成能源数据的实时采集、碳排放的动态核算、用能智能调度、数据可视化展示这四个主要功能，从而达到服务区100%绿电供应、碳中和目标的实现。平台加入智能算法优化技术，加快数据处理和问题解决的速度，克服传统监测平台响应慢、管控粗放的不足，创建起一套完整的零碳服务区监测管控技术体系。

3 监测平台分层架构与技术实现

本次创建的能源和碳排放监测平台采用四层分层架构设计，自下而上分为物联感知层、数据传输层、大数据平台层、应用展示层，各个层次互相配合，形成全流程闭环管理，技术架构符合高速公路服务区的实际运营环境，可以满足各种零碳设备的接入要求。

(1) 物联感知层全域数据采集终端：物联感知层是平台的数据源，主要完成服务区各种能源和环境数据的全面采集，项目已经完成了所有能量传感器和数据采集传输模块的施工部署。本层级包含全区域用能设备和零碳系统，即光伏发电系统边坡、屋面、地面、车棚光伏组件监测终端，储能系统充放电监测设备，充电桩用电数据采集器，LED照明、全电厨房等节能设备能耗传感器，污水处理、雨水回收系统水量监测装置，绿化碳汇相关环境监测设备。全域终端布设可以实现能源生产、消耗、资源回收、碳汇等各类数据的无死角采集，给上层数据分析提供原始数据支持。

(2) 数据传输层稳定高效数据通道：数据传输层完成感知层数据的传输工作，使用物联网技术和有线、无线相结合的方式传输数据，保证各种数据可以及时、稳定、安全地上传至大数据平台。按照服务区南北分区的特点，建立两个数据传输链路，使两侧的数据可以统一汇总到同一个地方，并且相互交流。传输过程中数据初步筛选、预处理，去除无效数据，加快上层平台数据处理速度，保证监测数据及时有效。

(3) 大数据平台层核心数据处理中枢：大数据平台层给整个监测平台赋予主要功能，也就是数据存储，剖析，计算以及算法改善等。创建专门的数据中心来集中收集、整理、保存服务区能源、碳排放、设备运行等全部业务数据，按照国家标准建立碳排放核算模型，准确核算服务区运营阶段的碳排放量，并结合林业碳汇数据完成碳汇抵消核算。该平台加入自主优化的智能算法，使数据求解和分析的速度大大提升，性能比市场同类产品好，可以快速地用能趋势分析、碳排放异常预警、能源调度方案优化等主要运算，给应用展示层提供准确的分析结果和决策依据。

(4) 应用展示层可视化管控终端：应用展示层为平台对外交互的界面，项目已经完成可视化管理平台的搭建，并且正式上线。本层把大数据平台层的分析结果变成直观的图表、数据面板，从而达成服务区能源生产、能耗分布、碳排放数据、设备运行状况、碳汇量等信息的一站式可视化呈现。管理人员可以借助此界面对于服务区零碳运营实施实时监控、调控，规划各类用能方案并开展碳排放控制工作，进而达成数据监测同管理决策完美衔接的局面，使服务区智慧化管理水平得到全面提高。



图1 可视化管理平台

4 平台核心功能模块设计

(1) 能源全流程监测模块：本模块主要对服务区的可再生能源生产和使用进行监测，从而达到能源全过程动态监测的目的。就可再生能源生产而言，实时监测有光伏系统的发电功率、发电量、运行情况等，项目光伏系统于2024年8月8日并网发电，到2024年10月17日累计发电44.60万千瓦时，日均发电量6463千瓦时，可以准确统计各个区域光伏组件的发电效率，给光伏系统的维护提供数据支持，对两个0.25MW/0.5MWh储能系统充放电状态和储能量进行全程监测。对充电桩、照明、全电厨房等设备进行实时监测，得到32个充电桩总功率1440kw的用电情况，准确找出各个区域用能占比情况，找出能耗异常节点。

(2) 碳排放实时核算与管控模块：按照建筑碳排放计算相关国家标准，建立标准化碳排放核算模型，利用实时采集到的用能数据，自动核算服务区运营阶段的碳排放量，实现碳排放数据的小时级、日级、月级统计。模块同步接入服务区绿化碳汇数据，服务区总绿地面积为38033平方米，绿化率达到近40%，模块可以精确核算绿化碳汇抵消量，动态显示服务区净碳排放数据，当碳排放数据超过管控阈值的时候，自动发出预警，提醒管理人员调整用能策略，保证碳中和目标的稳定达成。

(3) 能源智能调度模块：依靠大数据分析和智能算法，可以对能源供需进行智能的调度，从而达到最

大化的提高可再生能源利用率的目的。白天光伏发电量充足的时候,先保证服务区日常用电,把多余的电量存入储能系统,夜间光伏停止发电的时候,调度储能系统释放电能,满足服务区夜间运营的需求,达到绿电自给自足的目的,减少对传统电网的依赖。根据充电桩使用高峰、照明能耗变化等实际情况来调节能源分配方案,防止出现能源浪费情况,从而达到能源的合理利用目的。

(4)资源回收与碳汇协同监测模块:本模块把污水处理、雨水收集、垃圾分类、绿化养护等有关资源循环和碳汇的数据融合起来,达成零碳技术协同控制的目的。对南北区 300m³/d 处理能力的污水处理系统运行数据、100m³中水储存罐储量进行实时监测,跟踪雨水回收模块雨水收集量、绿化浇灌用水量,统计垃圾分类回收量、绿化碳汇增长情况,将资源回收利用数据和碳排放数据进行联动分析,全面体现服务区零碳运营的综合效果。

5 项目应用成效与创新亮点

(1)实际应用成效:依靠这个监测平台的高效控制,火炬服务区已经实现了诸多主要的零碳目标,经济、环境、社会三方面的效益明显。经济效益上项目资本金内部收益率达到 7.00%,可再生能源自发自用、余电上网,可以有效地降低服务区长期的运营成本,达到经济和绿色效益双赢的目的;环境效益上绿色建筑、低碳材料的应用使施工现场污染减少 90%以上,污废资源化、雨水回收等措施实现了资源的循环利用,全域绿电供应实现了运营阶段的零碳排放;社会效益上作为全国首批零碳服务区试点,给行业同类项目提供了完整的监测平台建设经验,树立了交通行业绿色低碳发展的典范。

(2)核心创新亮点:一是实现能源供给零碳排放的全流程控制,平台将可再生能源、节能、碳汇等技术的数据进行整合,建立闭环零碳管控体系,彻底解决服务区能源供给和碳排放管控的问题,形成完整的零碳技术体系,具有行业领先性;二是监测平台高效性明显,自主优化的算法大大提高了数据处理和求解

的速度,响应速度比市场上的同类产品快很多,可以对碳排放和用能数据进行实时监测、快速分析,给精细化管控提供有力的支持;三是打造智慧零碳服务区示范样板,平台融合多项智慧技术,实现服务区能源、碳排放、运营服务一体化管控,推动高速公路服务区从传统粗放型向智慧零碳型转型,为智慧交通发展提供实践支撑。

6 推广价值与行业启示

本次监测平台构建技术成熟、操作简便,具有较强的行业推广价值,适合于国家级试点项目的推广使用。平台适应各种布局、各种规模的高速公路服务区,根据项目的实际情况来调节终端的布置和功能模块,标准化程度高。目前项目相关的技术已经形成了知识产权,并且符合国家十四五现代综合交通运输体系发展规划、科技支撑碳达峰碳中和实施方案等政策要求,对标高速公路零碳服务区评价相关规范,可以为全国范围内的零碳服务区建设提供统一的技术参考和规划指导。推广该监测平台构建方法,使高速公路服务区全部实现绿电替代、碳排可控,助力交通运输行业加速建成绿色低碳交通运输体系,达成经济、社会、环境三者统一,给我国双碳战略目标的实现提供交通领域的支撑。

7 结语

零碳智慧服务区是交通行业绿色转型的主要载体,能源和碳排放监测平台是实现零碳目标的技术保障。本文以广东中开高速零碳智慧火炬服务区试点项目为依托,提出一套完整的监测平台构建方法,明确分层架构、技术路径和功能模块,通过实际应用验证了平台的可行性与高效性。该方法不但可以支持项目完成全生命周期碳中和以及智慧化运营,而且为全国高速公路零碳服务区的建设提供了一个可以复制、可以推广的技术方案。未来可以继续优化平台算法和功能,增加碳资产管理、跨区域协同管控等功能模块,不断提高高速公路服务区零碳智慧管控水平,推动交通行业绿色低碳高质量发展进入新阶段。

参考文献:

- [1] 赵春丽,吕超.寒区绿色低碳智慧服务区建设探究[J].中国交通信息化,2024,(S1):158-160.
- [2] 光储直柔一体化,国内首个“零碳智慧”服务区实现绿电全覆盖[J].江西建材,2023,(09):345.
- [3] 王雅莉.关于高速公路智慧服务区建设与发展探析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(20):151-153.
- [4] 于婕,张艳.高速公路智慧服务区建设探讨[J].中国交通信息化,2022,(02):127-130.