Research and Exploration on the Path Planning of Carbon Neutrality in Expressway Service Areas—Taking Jinan East Service Area of Qingyin Expressway as an example

Xu Chen

Shandong Expressway Service Development Group Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250014, China

Abstract

With the acceleration of highway construction, service areas, as important supporting facilities of highways, have also achieved new breakthroughs in quantity. Nowadays, the service area has been upgraded from a 1.0 version service area with basic needs such as refueling, rest, and toileting to a comprehensive service area that integrates various functions such as catering, shopping, leisure, entertainment, and tourism. Even a large number of internet famous service areas have emerged, represented by Jiangsu Meicun Service Area and Yangchenghu Service Area. However, overall, there are still problems with homogenization in China's service area industry, such as rushing to build urban commercial complexes and neglecting internal management. Faced with the new economic and social development situation, the service area industry should seize the opportunity of the "dual carbon" goal, based on its own advantages, transform and upgrade, improve quality and efficiency, achieve the "dual carbon" goal as soon as possible, actively respond to the national policy call, and take proactive measures.

Keywords

highway engineering; service area; carbon neutrality

高速公路服务区“碳中和”路径规划研究与探索——以青银高速济南东服务区为例

陈旭

山东高速服务开发集团有限公司，中国·山东 济南 250014

摘　要

随着高速公路建设进程的加快，作为高速公路重要配套设施的服务区，也在数量上实现了新的突破。如今，服务区已经从具备加油、休息、如厕等基本需求的1.0版服务区，升级为集餐饮、购物、休闲、娱乐、旅游等多种功能于一体的综合性服务区，甚至还涌现出以江苏梅村服务区、阳澄湖服务区等为代表的一大批网红服务区。但从整体上看，我国服务区产业依然存在同质化即一窝蜂打造城市商业综合体、轻内部管理等问题。面临新的经济社会发展形势，服务区产业应该抓住“双碳”目标的机遇，立足自身的优势，转型升级，提质增效，尽早实现“双碳”目标，积极相应国家的政策号召，主动积极作为。

关键词

公路工程；服务区；碳中和

1 引言

服务区的碳中和建设目标要以服务区的实际排放量为依据，结合服务区的近 远期规划，以提高服务区的能源利用率为基础，以新能源开发利用为抓手，在保 证服务区经济收益的同时，推动服务区走上绿色可持续发展的道路，顺利地实现 碳中和目标。

【作者简介】陈旭（1979–），男，中国山东曲阜人，硕士，高级工程师，从事交通工程研究。

2 服务区“碳中和 ”路径的四个步骤概述

2.1 全面电气化

济南东服务区用能全面电气化是降低直接碳排放的关键。济南东路服务区全面电气化主要处理好非集中采暖、炊事、生活热水、公务出行和建筑蒸汽用能等问题。济南东服务区的电气化改造主要是将使用柴油、汽油发电的设备改造为直接电力供电（例如柴油割草机改为电割草机）。柴油和汽油的燃烧所排放的的二氧化碳等温室气体是服务区直接碳排放的主要来源之一。服务区的生活热水方面情况较好，不存在化石燃料烧水的情况，都是采用的电热水器。热泵热

水器具有高效节能的特点，制造相同的热水量是一般电热水器的 4-6 倍，其年平均热效比是电加热的 4 倍，能源利用效率高。

2.2 采用光伏发电技术

据核算，2019 年，我国陆上风电度电成本约 0.315-0.565 元 /kWh，平均度电成本 0.393 元 /kWh。光伏发电度电成本约 0.290-0.800 元 kWh，平局度电成本为 0.389 元 /kWh。据预计，2020 年我国陆上风电平均度电成本为 0.287-0.539 元 /kWh，光伏度电成本为 0.245-0.512 元 /kWh，预计到 2025 年，我国陆上风电平均度电成本 0.241-0.447 元 /kWh，光伏度电成本为 0.220-0.462 元 kWh，部分地区已经与燃煤基准电价接近甚至低于燃煤电价，随着发电成本的不断下降，未来可再生能源的交易价格可期。目前，济南东服务区的耗电量已经非常高，每日的耗电将近 7800kWh 。随着服务区的全面电气化，其每日的耗电量还会持续的大幅增加。济南东服务区直接碳排放减少甚至消失之后，其间接碳排放，即外购电力的碳排放将会增加，因此实现电力的自给自足是实现服务区的“碳中和”的重要举措。综上，根据服务区的特点和其地理位置，济南东服务区采用光伏发电技术是可行的 [1]。

2.3 精细化管理，节能增效

信息化的飞速发展使得人类获取信息的能力、范围和数量都急剧扩大。研制智能系统来对这些不断增长的信息进行处理、加以利用，从传统的自动化走向智能自动化，是信息化和自动化技术发展的内在需求和必然趋势。从根本上说，信息化属于生产力的范畴，信息化作为一个历史发展阶段，一般是在工业化后出现的。尽管信息技术的飞速发展和推广应用，加速了经济结构的调整、产业结构升级和产业结构的高附加值化，大大提高了劳动生产率。

2.4 林业碳汇是实现碳汇收益

作为林业碳汇中的重要组成部分，竹林碳汇是对照碳汇林实施标准，通过科学管护、合理经营，最大限度提高竹林生长量，增强其固碳能力、生态功能。而 竹林碳汇交易，是通过市场化机制，实现竹林生态价值转化的有效途径。济南东服务区也可以通过探索竹林碳汇实现“碳中和”路径。

3 服务区“碳中和”路径及经济可行性分析

3.1 路径 1——激进的减排路径

“碳中和”的激进减排路径指的是建设光伏发电设备和光伏储能设备的路径。该路径的实现按先后顺序为： 全面电气化，光伏并网发电，服务区加装光伏储能装置，获得林业碳汇收益。该条碳中和路径的重点是要加装光伏储能装置，光伏储能装置的作用是将光伏满功率发电时产出的额外发电量储存起来，调节光伏发电不足时段以及夜间的用电需求，以此减少服务区的外购电力，实现服务区电力的自给自足。

3.2 路径 2——匹配电力绿色交易市场的路径(绿证)

该路径主要包括实现电气化，光伏 并网发电，服务区通过购买绿证，证明自己使用的是绿色电力，以此实现服务区 的碳中和，最后在第六年的时获得林业碳汇收益。该路径的核心是通过购买了绿 证来保证服务区的用电是绿色电力，该种方法存在绿证涨价的风险，其经济效益 受绿证交易市场影响较大。若不加装光伏储能设备，光伏发电不足时段以及夜间的用电无法使服务区实 现电力绿色化，需要外购绿电。每年剩余的 2115.43 吨碳排放通过购买绿证来抵 消，因而每年购买绿证需要花费 12.8 万元。其他情况不变，林业每年可获得 34.32 吨碳汇。当然，林业碳汇也可用于抵消碳排放，减少购买绿证的支出。

3.3 路径 3——采用 PPA 的碳中和路径

该路径主要包括实现电气化，光伏并网发电，服务区通过 PPA 交易，证明自己使用的是绿色电力，以此实现服务区的碳中和，最后在第六年的时获得林业碳汇收益。该路径的核心是通过PPA交易来保证服务区的用电是绿色电力。PPA 即购电协议，在电站项目的项目融资里，购电协议是最重要的协议，其决定了风险是如何在发电商及购电方之间分配的，同时，该协议也是项目现金流的最主要来源。PPA 交易容易受到市场和国家政策的影响 [2]。

3.4 路径 4——新能源电站碳效益的中和路径

该路径下，同样地预测 2028 年将达到碳排放量 4291.16 吨，并且由于服务区规模和经营水平等因素限制，2028 年之后碳排放量变化不大。采取电气化及节能措施减排 98 吨。将光伏电站开发成为 CCER 项目之后，其核证减排量将全部计入济南东服务区的减排量，光伏发电可以减排 4193.16 吨。此时济南东服务区不需要安装储能装置，光伏投资约为 1440 万元（要符合 CCER 项目额外性原则，投资收益在实际设计规划中会有所变化）。

CCER 的开发周期由很多因素决定，包括项目本身质量的好坏、项目所用方法学的复杂程度、咨询的技术水平、第三方机构的流程复杂程度、国家主管机构审核的进度等等，从几个月到一年多都属于正常开发周期。

3.5 经济可行性分析

3.5.1 光伏项目投资

项目总投资：按照光伏项目容量 3600kW，单位千瓦投资为 4000.00 元 /kW，项目固定资 产静态投资为 1440 万元。

发电收益计算：服务区所处位置建设光伏电站处于 III 类资源区，年有效利用小时数按照 1400h 计算，采用“ 自发自用，余电上网 ”模式， 自发自用部分电价按照平均电价 0.71/kWh 元计算，自发自用的比例根据服务区日负荷功率曲线，占比按照 44% 计算；上网电价执行山东省脱硫煤标杆电价 0.3949 元 /kWh 计算，上网部分比例按照 56% 计算，全投资投资回收期约为 5.85 年 [3]。

3.5.2 不同碳中和路径效益分析

前文已指出服务区有 4 条碳中和路径可以选择，这 4 条路径分别是：

路径 1 ：光伏储能的加装与使用。

此路径需要再对储能装置的建设进行投资，投资额约为 480 万元。加装储能 装置之后，将完全采用光伏发电“自发自用，余电上网”的模式，在实现碳中和 的同时能够获得光伏余电上网的收益。

路径 2：匹配电力绿色交易市场的路径（绿证）

此路径将不安装储能装置，购电力部分的碳排放需要通过购买绿证来抵消，

每年购买绿证的费用约为 12.8 万元。该路径的核心是通过购买了绿证来保证服

务区的用电是绿色电力，该种方法存在绿证涨价的风险，其经济效益受绿证交易市场影响较大。

路径 3：采用 PPA 的碳中和路径

此路径将不安装储能装置，外购电力部分的碳排放需要通过 PPA 交易来抵 消，每年 PPA 交易所支出的费用约为 76.75 万元。

路径 4：新能源电站碳效益的中和路径

此路径需要核证成为 CCER 项目进行交易获得收益。但是应该考虑 CCER

项目认证时的风险： 目前国家仍未重启 CCER 项目审批，且 CCER 项目开发认

证的周期较长，不利于收回投资成本。

通过分析服务区 4 种碳中和路径的发电利用效益，可以得出第 1 种路径的经 济效益最好。该路径为修建光伏发电与储能装置，实现服务区的用电自给自足， 并且将光伏发电剩余的部分电力并入公网获取额外收益。

4 服务区“碳中和”社会效应分析

该服务区作为首批示范，开展服务经营边界范围内的温室气体排放清单编制、碳与经营目标关系模型建立、服务区经济增长脱碳、服务区“碳中和”核证等一系列工作，同时开展科学碳目标、“碳中和”路径研究及其相关核证方法学研究，形成符合服务区特点、以实现“零碳”目标的完整、科学的系统方法、标准及碳资产管理能力。济南东服务区的碳中和路径研究中提出的方法学将会在相关领域得到应用，碳中和路径中涉及到的高效节能产品得到推广应用。

为高速公路服务区行业的碳中和路径规划、可持续发展建设提供了示范。

对高速公路领域服务区的建设及可持续发展提供了可借鉴的实例，具有指导意义。随着社会上各行各业的发展，资源、能源以及环境等方面付出了巨大的代。虽然我国幅员辽阔，各种资源储备丰富，但是大部分的资源都属于不可再生资源。在各行各业的发展过程中，人们对资源的过度开采以及使用，导致资源数量日益减少，因此，在各行各业中，使用节能减排的技术不但符合国家提出的可持续性发展的战略，而且还能促进社会进步，进而实现各行业和环境之间的和谐发展目标。高速公路服务区是公路交通重要的服务节点，现代化服务区的建设功能齐全，同时也肩负着高速公路路段的阶段化管理工作。如充电引导、燃料续航、道路拥堵信息疏解等。现代化服务区除实现了上述益民工程外， 自身也产生了相对较大的能源消耗及温室气体排放。

济南东服务区的“双碳”目标先行先试能够起到示范效应，同时也能够为其他服务区的行动试探路径，在山东省济南东服务区的“双碳”目标示范项目是全国高速公路的先行者，能够为全国的高速公路服务区做出示范，从而带动高速公路产业的转型升级。这对高速公路的为来发展起着至关重要的作用， 能够为山东省高速公路的发展起到突破性的作用。示范项目以绿色低碳引领高速公路服务区高质量发展为总目标，按照“碳达 峰”与“碳中和”一体谋划的思路，在服务区运营管理等阶段进行深入系统研究， 聚焦服务区实现“碳达峰”和深度减排面临的重大挑战和重点任务，引入“科学碳目标”、“绿色电力消费 100%”、“能管体系 100%”等一系列先进方法学，摸清服务区的能耗及其消耗特点，研究其能源转化能力及其效率，评估服务区边界条件下的“碳资产”以及经济能力评估，最后提出“碳中和”目标要求下的“全绿色”服务区发展概念。开展高速公路集团经营边界范围内的“碳达峰”-“碳中和”路径规划、“碳中和”核证，以及路域新能源、智慧交通 + 智慧能源等工作，旨在为交通行业针 对不同阶段的、切实可行的“双碳”目标及其实施提供有效的路径和政策建议，为交通运输领域实现“碳达峰”、“碳中和”目标做出积极贡献。高速公路服务区的先行先试将会为整个交通运输行业、甚至是整个建筑行业的低碳减排工作做出重大贡献，为国家的顺利实现“双碳”目标注入新的活力和机遇。

山东省高速公路服务区作为全国首批高速公路服务区“碳达峰”、“碳中和 ”规划及实施示范项目，积极响应国家的“双碳”目标号召，立足于行业的发展现状，以较高的质量要求进行服务区的“双碳”目标建设，对国家的整个高速公路服务区行业，乃至建筑行业的低碳减排发展工作都将起到引领和促进作用。

参考文献

[1] 胡飞飞,朱韩依,赵淑铭,等.基于低碳背景下打造陕西高速公路零碳服务区[J].现代盐化工,2024,51(01):101-102+108.

[2] 陈旭.碳中和背景下京德高速服务区的设计与建设[J].交通世界,2022,(34):14-16.

[3] 刘睿.可持续碳中和服务区战略规划及实践[J].中国公路,2022,(20):76-77.