

# 京沪高速宝应（范水）零碳服务区项目建设总结、 “边坡+光伏”建设思路

毛冰华

江苏云杉清洁能源投资控股有限公司 江苏 南京 210004

**摘要：**在“双碳”目标与江苏绿色低碳政策推动下，交通基础设施绿色化、智能化转型是行业核心方向。本文聚焦江苏省首个近零碳高速服务区——京沪高速宝应（范水）零碳服务区项目，梳理其从规划到运营的全过程。重点介绍项目创新性采用“边坡+光伏”多场景融合模式，分析边坡光伏、车棚光伏、BIPV及储能系统的协同设计与技术实现。总结项目在边坡结构安全、行车安全、涉路施工组织等方面的实践经验，针对问题提出优化建议。最后，基于项目示范，探讨“源网荷储一体化”等标准化方案推广路径，以及通过数据驱动和碳资产管理提升交通能源融合智能化水平的方向，为全国相关建设提供“江苏样板”。

**关键词：**近零碳服务区；边坡光伏；交能融合；源网荷储一体化；绿色交通；碳中和

## 引言

在全球积极应对气候变化之时，中国提出“2030碳达峰、2060碳中和”目标。交通运输业能耗与碳排放量大，绿色转型迫在眉睫。高速公路网络规模庞大，附属设施具备清洁能源开发潜力。2023年4月，江苏省交通运输厅发布方案，明确到2025年创建3个近零碳服务区等示范工程，为“交能融合”指明方向。在此背景下，京沪高速宝应（范水）零碳服务区项目诞生，它是江苏落实政策之举，也是国内首个以“边坡+光伏”为核心场景的近零碳服务区。项目建设中，面临保障安全前提下利用空间、实现智能协同及构建建设管理模式等挑战。全面系统总结该项目，既有理论价值，也对推动全国交通绿色能源革命有深远实践意义。

## 1 项目概况与基础条件分析

### 1.1 项目基本情况

京沪高速（G2）是贯穿我国华北与华东地区的交通大动脉，其战略地位不言而喻。宝应（范水）服务区位于江苏省扬州市宝应县境内的京沪高速中段，地理位置优越，光资源条件丰富。该服务区于2023年完成整体升级改造，占地总面积约14,457.77平方米，拥有502个小车停车位，并配备了22个国网运营充电桩及1座蔚来换电站，具备较高的用电负荷需求<sup>[1]</sup>。项目的核心目标是打造一个近零碳运行的服务区。为此，项目充分利用服务区及其周边高速公路的闲置空间，建设了一座总装机容量约为1.06 MWp（直流侧）的分布式光伏电站。其载体选择极具代表性：

#### 1.1.1 边坡光伏

利用渐变段主线边坡及服务区广场南向边坡，总长1,628米，面积约5,400平方米（图1）。



图1 边坡光伏布置示意图、现场实拍图

#### 1.1.2 车棚光伏

覆盖东西区停车场94个车位，棚顶面积约2,100平方米（图2）。



图2 车棚光伏布置示意图、现场实拍图

#### 1.1.3 储能系统

配置一台30kW/58kWh的户外型储能柜，用于削峰填谷（图3）。



图3 储能柜、BIPV现场实拍图

### 1.1.4 建筑光伏一体化 (BIPV)

在东区综合楼南向幕墙局部替换为钙钛矿组件。

这种多场景、立体化的能源布局，完美契合了“源随荷动”的设计理念，即能源生产紧邻能源消费中心，最大限度地提高了绿电的自发自用比例（预计超过80%），有效降低了对外部电网的依赖。

### 1.2 实施基础与优势条件

宝应（范水）零碳服务区项目成功实施，得益于多方面优越条件：其一，自然资源与区位佳。路段南北走向，服务区分东西布置，边坡和车棚有充足南向采光面，保障光伏发电效率。其二，电力接入条件优。改造后配电容量达4000千伏安，远超光伏装机容量，利于清洁能源接入消纳。其三，经济效益与前景好。作为平价上网项目，收益不仅有稳定绿电销售，还有广阔碳资产增值空间，参与多种交易可获额外可持续收益，形成“绿电+碳汇”双重盈利模式。其四，政策与组织支持强。项目立项获多部门高度重视与全力支持，扫清行政障碍。这些内外部条件共同作用，使其成为交能深度融合的理想试验田，为建成省内首个近零碳服务区筑牢根基<sup>[2]</sup>。

## 2 “边坡+光伏”核心建设思路与关键技术

### 2.1 总体设计思路：“源网荷储一体化”

项目的顶层设计遵循“源网荷储一体化”的先进理念。“源”即分布式光伏，是清洁电力的生产者；“网”指服务区内部的配电网，是能源传输的通道；“荷”是服务区的各类用电负荷，包括照明、空调、充电桩等；“储”则是储能系统，扮演着能量缓冲器和调节器的角色。四者通过智能控制系统有机协同，形成了一个闭环、自治、高效的微能源网络。这种模式不仅能有效平抑光伏发电的间歇性和波动性，还能通过储能系统在电价低谷时充电、高峰时放电，进一步降低运营成本，提升能源利用效率。

### 2.2 关键技术方案与典型设计

#### 2.2.1 基础与支架形式

边坡光伏的安全性是项目成败的关键。设计团队摒弃了传统的混凝土基础，创新性地采用了直径76mm、桩长1.8米的钢管螺旋桩。这种挤土桩在粘性土中施工扰动极小，经专业机构核算，对道路边坡结构的破坏可忽略不计，甚至因桩体的锚固作用，在一定程度上提升了边坡的整体稳定性。车棚光伏则直接利用新建车棚的钢结构作为支撑，实现了结构与功能的一体化。BIPV幕墙则通过定制龙骨与既有幕墙系统集成，兼顾了美观与发电功能。

#### 2.2.2 组件布置与安全考量

光伏组件的布置充分考虑了安全与效能的平衡。组件阵列与地面保持0.5米的净高，既为下方植被留出了生长空间，也利用了双面组件的背面发电增益<sup>[3]</sup>。所有组件的最高点均低于主线路面，并与土路肩外侧保持1.0米的安全距离，彻底消除了对行车视线的任何潜在干扰。组件间的20mm缝隙设计，则保证了良好的通风散热效果。

### 2.2.3 边坡稳定性与生态保护措施

针对边坡光伏可能带来的生态影响，项目采取了多项精细化措施：（1）桩基施工边坡密水的方案：本项目施工范围内土质为粘性土，光伏螺旋桩基础为挤土桩，挤土桩在粘性土范围内施工几乎没有影响。另外，在施工桩基后采用局部水泥砂浆封顶方式以保护桩周土体，防止局部水体下渗对边坡结构产生破坏。（2）边坡植被保护处理方案：光伏组件施工后会对边坡植被产生遮挡导致植物光照不足，因此本次组件安装时将底部抬高50cm，预留足够的光照空间，同时在边坡补种麦冬等喜阴低矮植物，增强了边坡的防护能力。（3）组件最低点排水和边坡冲刷处理方案：光伏雨水完全自然散排，通过沿线排水沟接入附近河沟，条件优越。但要考虑雨水顺组件表面排至最低点时对边坡土体的冲刷。因此在组件安装完成后，采用在组件最低点铺设混凝土防护块的方式，消除了雨水对边坡最低点的冲刷影响<sup>[3]</sup>。

## 3 项目实施过程管理与经验总结

### 3.1 高效的项目组织与里程碑管控

项目于2023年8月24日正式开工，在克服了美食节、国庆节等法定停工因素后，仅用83天便完成了主体工程并于11月24日实现全容量并网，比合同工期提前9天。这一高效的执行力得益于清晰的里程碑规划和各方的紧密协作。从初步设计审查、涉路安全评估到并网验收，每一个关键节点都得到了精准把控。

### 3.2 安全文明施工与质量控制

项目始终坚持“安全第一、质量为本”的原则。施工期间未发生任何安全事故，每日开工前的安全交底制度和群内公示机制，有效提升了全员安全意识。工程质量方面，各分项工程均通过严格检测，质量核定为优良。然而，项目也暴露出一些管理短板，如现场物资失窃（导致45块压块被盗，延误工期3天）和BIPV组件安装保护不当（造成一块组件损坏，损失4万元）。这些问题的及时整改和闭环处理，为后续项目提供了深刻的警示：必须加强现场安保和产品保护措施。

### 3.3 核心经验与实施建议

基于本项目的实践，可提炼出以下五点核心经验与建议：（1）关于边坡稳定性：挤土螺旋桩基础被证明是

适用于粘性土边坡的有效方案,未来可在类似地质条件下推广。建议在施工和运维中重点保护原有排水系统,并在新建高速项目中,将计划布设光伏的边坡直接设计为多孔砖或硬化路基,以简化施工并增强稳定性。(2)关于行车安全:通过将组件高度控制在路面以下、背面向车道、利用中分带绿化遮挡等措施,可完全消除眩光风险。后续项目应将此作为标准设计准则。(3)关于涉路施工安全:优先利用主路范围外的施工便道进行作业,可极大降低安全风险。若无便道,则需严格按照涉路施工规范,采取封闭硬路肩等交通管制措施。同时,必须强化现场材料管理,重要物资应专人看管。(4)关于交能融合协同:在新建或改扩建项目中,必须提前预留充足的电缆管道、配电容量和低压抽屉柜,并与路桥、房建单位充分对接,明确接口,避免后期因管道被侵占而返工。(5)关于零碳管理平台:数据采集的完整性是智慧能源管理的前提。应选用支持远程通讯的智能表计,并在设计阶段就统一逆变器等设备的通讯协议,确保所有关键能耗和发电数据都能无缝接入管理平台<sup>[4]</sup>。

#### 4 推广价值与未来展望

##### 4.1 形成交能融合标准化解决方案

宝应(范水)项目的最大价值在于其可复制性。它成功验证了“边坡+光伏”模式的可行性,并积累了涵盖设计、施工、安全、运维的全套经验。未来,应以此为基础,由江苏交控牵头,联合设计、施工、设备厂商等各方力量,编制《高速公路近零碳服务区建设技术指南》和《边坡光伏工程技术标准》,形成一套“投建运管一体化”的标准化解决方案<sup>[4]</sup>。这套方案可率先在宁沪高速仙人山服务区等省内其他试点项目中应用,并逐步推广至全国,助力“零碳高速”网络的构建。

##### 4.2 深化融合,探索全路域应用

在单点示范成功的基础上,应积极探索更大尺度的交能融合。例如,在扬溧高速等改扩建工程中,可试点

全路段的“边坡+光伏”应用,结合智能微电网和先进的电能路由器技术,将整条高速公路打造成一条流动的“能源走廊”,不仅能自给自足,甚至可向周边社区反哺绿电。

##### 4.3 强化数据驱动,布局碳资产市场

项目的长远竞争力在于其数据资产和碳资产的价值。必须持续完善江苏交控交通能碳管理平台,打通交通流、能源流、信息流,实现“车路能云一体化”。在此基础上,应积极谋划参与全国碳市场,系统性地开发项目产生的CCER、绿证等环境权益,将无形的“碳资产”转化为有形的经济收益,形成绿色发展的良性循环。

#### 5 结语

京沪高速宝应(范水)零碳服务区项目是我国交通领域绿色低碳转型的一个里程碑。它通过创新的“边坡+光伏”模式,成功地将高速公路的线性空间劣势转化为清洁能源优势,不仅实现了服务区自身的近零碳运行,更为全国交通基础设施的能源化利用开辟了一条新路径。项目所形成的系统性解决方案、积累的宝贵工程经验以及对未来发展的前瞻性思考,共同构成了一个极具价值的“江苏样板”。随着技术的迭代、标准的完善和市场的成熟,这一模式必将在更广阔的舞台上绽放光彩,为实现交通强国和“双碳”目标贡献磅礴力量。

#### 参考文献

- [1]张吉祥,李友清,梅敏.高速公路零碳服务区绿色建造[J].公路,2025,70(11):111-115.
- [2]邓集舟,徐杰,王军艳,等.基于零碳理念的高速公路服务区关键技术研究[J].山东交通科技,2025,(01):130-135.
- [3]王京宁.建筑低碳化与零碳设计研究——以某高速公路服务区为例[J].建设科技,2025,(16):47-50.
- [4]张冬芳,王悦,赵强,等.交能融合背景下高速公路零碳服务区建设现状综述[J].公路交通技术,2025,41(04):183-191+203.