

绿色地铁零碳线路（光伏与节能）示范项目

一、背景与挑战

“碳达峰，碳中和”是当前指导我国可持续发展的重要战略，节能减排作为双碳战略在社会生产，城市运营中的重要政策，开展节能工作成为各行各业的关键。城市轨道交通承担着城市主要交通运输任务，各大一线、省会城市地铁用电量占城市总用电量均为 1%以上，能源消耗量巨大。杭州地铁是城市引导承载绿色低碳出行的骨干交通方式，肩负着缓解杭州市电力供需矛盾的重担，需要有效发挥其在能源供应保障中的重要作用。

为落实《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》《浙江省“十四五”节能减排综合工作方案》等与节能降碳相关要求，积极响应低碳环保理念，加快推进杭州市低碳交通运输体系建设，杭州地铁作为浙江省轨道交通行业绿色低碳先行单位，开展绿色低碳实践，打造杭州市碳达峰碳中和与绿色城轨结合典型案例。

当前轨道交通行业的绿色低碳发展面临诸多困难，以杭州地铁 2 号线为例，此类开通较早的线路主要面临以下两方面的难题：一是设备老化能耗高、智能化程度低；二是缺乏线路网级数据管理平台，无法将零散的能耗数据统一管理。本案例以习近平生态文明思想为指导，紧密围绕“碳达峰”

与“碳中和”目标，根据省发改委《关于促进浙江省新能源高质量发展的实施意见》“鼓励现有公共建筑安装分布式光伏设施”及杭州市发改委《杭州市“光伏+公共建筑”行动试点方案》要求打造光伏项目试点。

二、解决方案与创新点

杭州地铁运营有限公司打造的国内首条绿色地铁零碳线路位于杭州地铁2号线（线路贯通杭州市萧山区、余杭区、临安区），项目以光伏发电为基础对2号线首尾两个车辆段场进行建设，实现“自发自用、高压并网”，对2号线33个车站进行风水联动改造，并对13个车站进行智慧照明改造，实现重点能耗设备绿色智能化。同时加装能源管理系统，实现设备节能与人工管控的有机结合，最后通过使用绿电，从能耗源头、用能设备、节能管理，实现2号线全段1.4亿度用电的百分百碳中和，将杭州地铁2号线打造成国内首条绿色地铁零碳线路，实现年降碳7万吨。

（一）自发自用，助力零碳。

杭州地铁运营有限公司在2号线首尾的蜀山车辆段、双桥停车场进行光伏发电项目建设，实现了车辆基地用电的“自发自用，高压并网”和车辆基地运营生产的零碳化。在白天时段，当光伏发电出力较大时，多余的绿色电力会自动进入地铁35kV环网，供应2号线临近车站、电客车使用。

例如，地铁2号线双桥停车场位于良渚，主要用于停放和检修地铁2号线列车。双桥停车场车辆段屋顶铺设了8411

块单晶硅光伏组件，直流总装机容量 4.87838 兆瓦，通过 12 台 300 千瓦逆变器、2 台 196 千瓦逆变器，将光伏组件产生的直流电转变为交流电，再经过两台 2500 千伏安的升压变电器，将电压升至 35 千伏后接入新建 35 千伏配电房。



图 1 杭州地铁 2 号线蜀山车辆段、双桥停车场光伏发电原理图

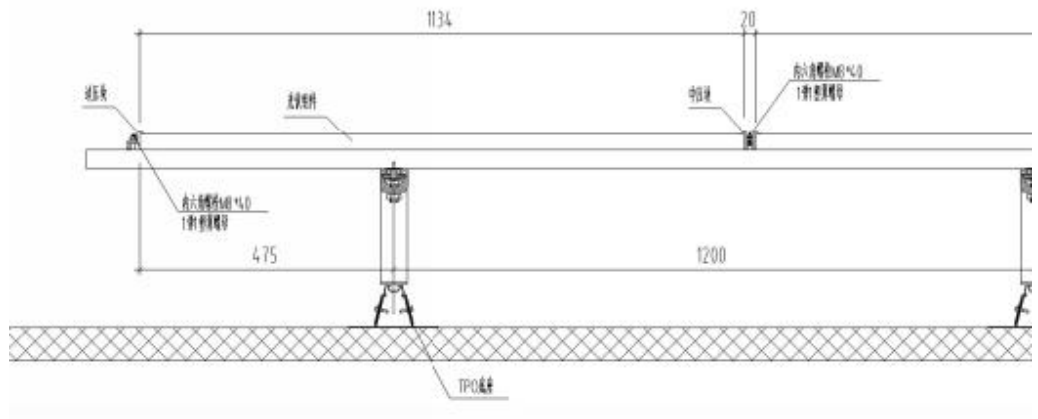


图 2 杭州地铁 2 号线双桥停车场光伏板支架结构图

（二）智能控制，节能增效。

通过对 2 号线全线车站进行风水联动、智慧照明改造，使环控设备和照明设施 2 类能耗突出设施设备，实现控制智能化、节能最大化。同时项目节能效益突出，风水联动项目

节能率达 30%，智慧照明项目节能率达 60%。其中，照明设施改造在保持原灯不变的情况下，通过加装智慧控制装置，实现“灯随人亮、人走灯灭”。



图 3 杭州地铁 2 号线车站智慧照明现场效果图

（三）统一管理，多维分析。

通过新建线网能源管理系统，利用组态建模技术与数据建模技术，将零散的能耗数据进行统一管理，建立能耗大数据数据库和能源管控平台。平台通过抽取程序批量生成多维数据方体，并借助数据展现工具、联机分析处理工具，实现了运营里程、客流量、天气等数据与能耗的多维度关联性分析，将在地铁运营能耗管理中发挥重要作用。

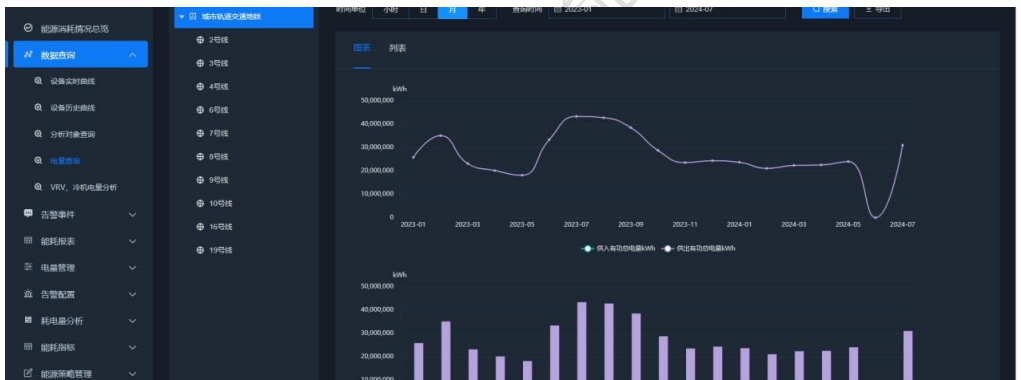


图 4 杭州地铁线网级能源管理系统界面

三、成果与效益

（一）效益

通过本项目的开展,每年可节电 780 万度,减用煤电 1740 万度,减排二氧化碳约 1 万吨。

杭州地铁 2 号线实现“用能零碳化+设备智能化”从能耗源头、用能设备、节能管理全方位达成绿色赋能,将杭州地铁 2 号线打造成为国内首个零碳线路示范点,实现年降碳 7 万吨。

创新合作模式:本项目首次采用了光伏发电电价全价模式(下称“全价模式”),全价模式不同于常规的合同能源管理模式中比例分成的形式,地铁方在全价模式下支付的光伏电费,无任何比例分成,合作方则需投资并运维其他地铁方要求的节能改造项目。

（二）成果

1. 基于本项目提报的《地铁分布式光伏发电系统的研究与应用》已于 2023 年通过中国城市轨道交通协会评审,作为省部级重点科研专项立项。

中国城市轨道交通协会

中城轨〔2023〕17号

关于中国城市轨道交通协会 2022年度科研专项立项的通知

各会员申报单位暨协会分支机构：

根据《关于开展2022年度中国城市轨道交通协会科研专项征集工作的通知》（中城轨〔2022〕88号）相关要求，协会专家学术委组织所属学部委员及行业专家对各单位申报的科研专项申请书进行了形式审查、初评、复评，对协会分支机构申报项目进行了答辩。经最终评审，对《城市轨道交通“国际化、绿色化、智慧化、人文化”设计导则与指引研究》等141个项目予以立项（名单附后）。

请项目承担单位于2023年4月9日前提交《中国城市轨道交通协会科研专项任务书》电子版至邮箱，经复核确认后，由承担单位和参研单位盖章后寄送协会。

附件1：2022年度中国城市轨道交通协会科研专项立项名单

附件2：《中国城市轨道交通协会科研专项任务书》

联系人：赖力 010-83935756 13452142431 xsw@camet.org.cn

地址：北京市西城区莲花池东路甲5号院1号楼20层

中国城市轨道交通协会

2023年3月31日

图5 立项通知

29	CAMET-KY-2022017	北京市地铁运营有限公司	我国城轨交通既有线路改造研究	重点专项
30	CAMET-KY-2022018	北京市地铁运营有限公司	大数据驱动下城轨网络优化评估体系及模型研究	重点专项
31	CAMET-KY-2022019	北京市地铁运营有限公司	基于通信信号一体化的车车通信列控系统在北京地铁10号线应用研究	重大专项
32	CAMET-KY-2022020	成都轨道交通集团有限公司	成都地铁线网智慧能源系统研究	重点专项
33	CAMET-KY-2022021	成都轨道交通集团有限公司	基于感知的调度控制一体化系统技术方案与运营场景研究及应用	重点专项
34	CAMET-KY-2022022	杭州市地铁集团有限责任公司	地铁分布式光伏发电系统的应用研究	重点专项
35	CAMET-KY-2022023	交控科技股份有限公司	基于自主可控服务器操作系统和数据库的信号系统研究与验证	重点专项
36	CAMET-KY-2022024	交控科技股份有限公司	兼容CTCS及CBTC的双模列控运行场景分析及系统研究	重点专项
37	CAMET-KY-2022025	交控科技股份有限公司	既有无线信号系统高韧性改造技术研究与应用	重大专项
38	CAMET-KY-2022026	沈阳地铁集团有限公司	基于城市轨道交通数据安全传输的LTE&WLAN混合组网应用研究	重点专项

图6 立项通知

2. 获浙江省国资委 2023 年首届“领航者杯”国资国企创新大赛优胜奖。



图 7 结果公示



图 8 首届“领航者杯”获奖证书

3. 获第六届浙江国际智慧交通产业博览会第五届综合交通创新创业大赛总决赛优秀奖。



图9 第五届综合交通创新创业大赛获奖证书

4. 获 2023 中国科协“科创中国”先导技术（绿色低碳领域）榜单入围技术。



图10 “科创中国”先导技术（绿色低碳领域）榜单入围技术获奖证书

5. 杭州地铁“国内首条绿色地铁零碳线路”荣获 2024 年度杭州市十大低碳应用场景。



图 11 杭州地铁“国内首条绿色地铁零碳线路”

6. 浙江省中国特色现代企业高质量发展“创新发展”优秀案例。



图 12 浙江省中国特色现代企业高质量发展“创新发展”优秀案例

7. 杭州地铁 2 号线零碳线路碳中和证书。



图 13 杭州地铁 2 号线零碳线路碳中和证书

四、可复制性与展望

杭州地铁本次开展的节能改造项目具有集中性、全面性、开创性。

一是改造线路相对集中，针对 2 号线单条线路进行大规模的改造，因此改造成果在单条线路上能实现效益最大化，且各类改造项目通过新建能源管理系统实现管理统一化，数据可视化。二是节能改造涉及专业较为全面，涵盖地铁车站所有重点能耗设备，因此改造完成后节能量将尤为可观，对降本增效效益突出；三是针对单条线路开展零碳改造乃国内首次，其改造经验对于其他线路具备极高的参考价值，且鉴于本次零碳线路项目全面性强，涉及面广，具备相当高的可复制性，其投资模式与建设方案具备示范意义。



图 14 杭州地铁段场光伏屋面

五、项目团队

项目负责人	姓 名	周涛	职务职称	技术总部 部长	专业	工程技术
	工作单位	杭州地铁运营有限公司				
	联系电话	13958157839		手机	13958157839	
	在本项目 中的分工	项目负责人				
项目组主要 研究人员	姓 名	职务 职称		工 作 单 位		在本项目 中的分工
	赵加建	副总经理		杭州地铁运营有限公司		项目决策、项 目管理
	高 超	技术总部副部长		杭州地铁运营有限公司		项目实施、项 目管理
	楚文超	技术总部科长		杭州地铁运营有限公司		项目实施、项 目管理
	黄 越	技术总部技术管理工程师		杭州地铁运营有限公司		项目实施
	俞浪白	技术总部科研管理员		杭州地铁运营有限公司		项目实施、项 目管理
	张 莉	党总支副书记		杭州市地铁集团有限责 任公司建设一分公司		项目实施
	王弘毅	技术总部部长助理		杭州地铁运营有限公司		项目实施

	任利涛	技术总部新线筹备管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施、项目管理
	汪继敏	技术总部技术管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	王育平	客运三公司副总经理	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	洪展鹏	技术总部新线专业管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	潘兰蓉	技术总部新线专业管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	胡清风	(党委) 办公室副主任	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	郭风元	技术总部技术管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	羊如雪	技术总部技术管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	李财	技术总部技术管理工程师	杭州地铁运营有限公司	项目实施
	梁博	常务副总经理	杭实综合能源科技(杭州)有限公司	项目实施、运维业务
	朱荣丰	项目主管	杭实综合能源科技(杭州)有限公司	项目实施、运维业务

联系人: 杭州地铁运营有限公司 钱家辉 15158133013