

光伏声屏障在城市快速路上应用可行性分析

李洋洋

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司天津分公司,天津市 300202]

摘要:结合石家庄市槐安路高架西延工程,在光伏声屏障常规组件和彩色组件两种方案下,分别研究了离网系统与并网系统的电气系统、发电量、全寿命周期成本、效益等,并进行了可行性分析。结果表明,在储能装置成本无法显著降低的条件下,光伏声屏障使用离网系统供照明用电经济上不可行;彩色组件光伏声屏障影响发电效率,同时成本较高,经济上不可行;常规组件光伏声屏障并网系统经济上可行,同时具有一定的社会效益。

关键词:光伏声屏障;城市快速路;离网系统;并网系统;可行性分析

中图分类号: TU112.59

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)01-0248-03

0 引言

2022年1月18日,国务院下发《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》,明确指出,鼓励在交通枢纽场站以及公路、铁路等沿线合理布局光伏发电及储能设施^[1]。同年,石家庄市人民政府国资委印发《关于推进市重点行业国有企业高质量发展做好碳达峰工作的实施方案》,要求推动能源绿色智能开发和清洁低碳利用、新型电力系统等低碳前沿技术攻关,深入开展先进储能、高效光伏、现代化工等关键技术攻关,强化产业共性基础技术、新型材料研发应用。

光伏声屏障是一种结合太阳能发电系统专门设计的立于噪声源和受声点之间的声学障板,是以吸声或隔声,或吸声和隔声混合的材料组成的一种声学装置^[2]。光伏声屏障既能发挥声屏障传统功能,又能作为太阳能光伏发电装置的载体,产生电能,建设意义显著。光伏声屏障利用太阳能,属于可再生的清洁能源,减少碳排放,有助于交通行业提早实现碳中和。光伏声屏障代替传统声屏障,充分利用了现有资源,不额外增加占地。光伏声屏障可为交通系统的用电设备供电,做到自发自用。光伏声屏障提高了可再生能源应用比例,节约能源,减少不可再生能源的消耗。光伏声屏障作为新技术应用,将提升城市形象。

1 工程概况

槐安路高架西延工程位于石家庄市桥西区,自

现状槐安路主线桥西端起,对现状桥局部顶升后,新建双向6车道连续高架,向西至铁路东侧落地。工程总长约2.1 km,整体为东西走向。根据本工程《环境影响评估报告》,声屏障长约3 100 m,高3 m,为垂直安装。槐安路高架西延工程原普通声屏障投资估算809万元。

根据NASA气象研究所的气象数据,项目所在地年均太阳辐射量为 $1\ 565\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。根据《太阳能资源评估方法》(GB/T 37526—2019)^[3],该地区属于Ⅱ类地区,太阳能资源很丰富,适合建设光伏设施。

2 建设方案

2.1 方案路线

槐安路高架西延工程为城市快速路,需要兼顾一定的景观性,因此光伏声屏障考虑两种组件方案。

方案一为常规颜色的组件,声屏障部分一般为深灰色,光伏部分为黑色,其优势在于发电效率较高、光伏部分成本较低,示意图1(a)。

方案二为彩色组件,示例选用绿色,光伏部分为绿色的森林图案(也可选择其他颜色及图案),其优势在于外观上更有创新,视觉上也有利于缓解行车司机疲劳,示意图1(b)。

光伏声屏障有两种工作方式,即离网系统、并网系统。离网系统是太阳能光伏板发电经储能、转换后,直接向交流负载供电。离网系统是自发自用,需要储能,本方案使其仅满足自身系统使用,以便减少储能,降低成本。并网系统是太阳能光伏板发电经转换后输送至公共电网,实现并网发电,需经电力部门同意。并网系统是输送电网,可获取收益,本方案考虑光伏安

收稿日期:2023-02-19

作者简介:李洋洋(1990—),男,硕士,工程师,从事道路交通设计工作。

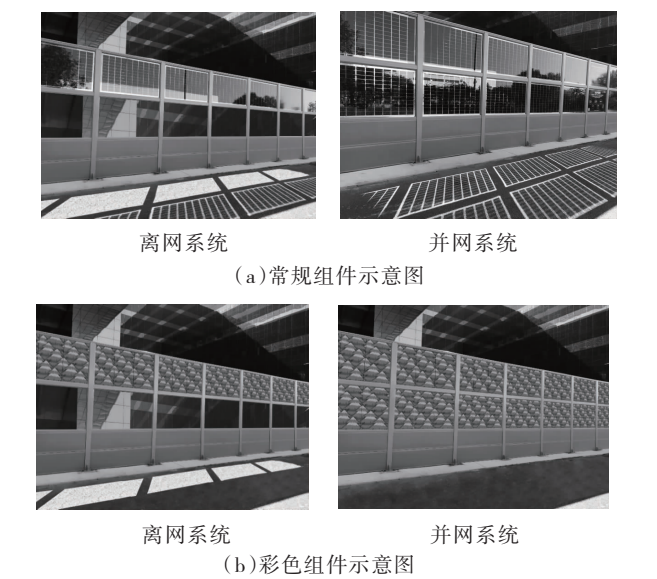


图 1 光伏声屏障示意图

装面积尽量增大,以便获取更大收益。

基于以上分析,方案路线是在常规组件和彩色组件两种方案下,分别研究离网系统、并网系统的电气系统、发电量、成本、效益等,以期得出结论。方案类型详见表 1。

表 1 方案类型

方案类型	设计方案	安装面积 /m ²	功率 /W	装机容量 /kW
常规组件	离网系统	3 100	270	418.5
	并网系统	6 200		837
彩色组件	离网系统	3 100	230	356.5
	并网系统	6 200		713

2.2 电气系统

光伏声屏障两种工作方式的电气系统简述如下。

2.2.1 离网系统

太阳能光伏板,由导线连接经防反充二极管向蓄电池组充电,经控制器、DC/AC 逆变器将直流电转换成交流电,直接向交流负载供电^[4]。

目前槐安路高架西延工程交流负载考虑为道路照明、监控及景观等用电设备。道路照明是夜晚用电,而光伏声屏障是白昼发电,用电与发电时间交错,因此发电后需要储能。离网系统储能数量是依据夜间用电量而配置的光伏装机容量,电池备电天数为一日,即当日光伏发电基本满足夜间用电设备(用电总功率 100 kW、用电时长 11 h)。

本工程两处新建箱变旁各新增一套光储一体机作为光伏声屏障所产生电能的储存设备,与原工程中市政电源形成双电源结合使用。

光储一体机提供的低压电源作为主用电源供道路照明、监控及景观等用电设备用电,市政箱变提供的低压电源作为备用电源,冬季极端天气下电量不足时作为补充。

2.2.2 并网系统

太阳能光伏板,由导线连接经防反充二极管,经并网逆变器将直流电转换成交流电,并输送至公共电网,实现并网发电^[4]。

2.3 声学性能

光伏声屏障不应降低原声屏障的声学性能,本方案所使用产品厂家提供了合格检测报告。

2.4 通透光照性能

快速路沿线有居住小区或者商业办公楼等,光伏声屏障不应遮挡阳光而降低原声屏障的通透光照性能,本方案所使用产品厂家提供了合格检测报告。

2.5 结构性能

光伏声屏障应结构可靠、安全耐用,本方案所使用产品厂家提供了合格检测报告。

2.6 全寿命周期成本

根据方案路线,槐安路高架西延工程光伏声屏障全寿命周期成本见表 2。

表 2 光伏声屏障全寿命周期成本明细

方案类型	设计方案	安装长度 /m	建安费 /万元	设备 / 电池维护 / 万元	常规维护 / 万元	全寿命周期成本 / 万元
常规组件	离网系统	3 100	1 793	600	90	2 483
	并网系统	3 100	1 228	0	61	1 289
彩色组件	离网系统	3 100	2 006	515	100	2 621
	并网系统	3 100	1 537	0	77	1 614

注:1.建安费构成:光伏绿色建材、附框、配电柜、逆变器、储能电池、直流线缆、结构等;2.建安费不包含交流线缆及路灯杆绕越部件;3.离网系统蓄电池寿命约为 13 a,在全寿命周期(25 a)内需更换一次蓄电池;4.常规维护包含清扫、正常易损件更换,按建安费的 5%取值。

从表 2 可知,彩色组件全寿命周期成本普遍高于常规组件。离网系统下,彩色组件比常规组件高 138 万元;并网系统下,彩色组件比常规组件高 325 万元。

无论是常规组件,还是彩色组件,离网系统因电气设备(主要是储能装置)成本较高,全寿命周期成本较高。常规组件与彩色组件的维护成本相差不大。

3 效益分析

3.1 直接效益

根据方案路线,槐安路高架西延工程光伏声屏

障发电量及收益情况见表3。本工程原普通声屏障投资估算809万元,计算直接效益时按增量成本计算分析。

表3 光伏声屏障发电量及收益情况					
方案类型	设计方案	全寿命周期成本 / 万元	增量成本 / 万元	25 a 发电量 / (万 kW·h)	25 a 发电收益 / 万元
常规组件	离网系统	2 483	1 674	829.956 5	415
	并网系统	1 289	480	1 659.913 1	605
彩色组件	离网系统	2 621	1 812	744.517 6	372
	并网系统	1 614	805	1 489.035 2	543

注:1.离网系统电价按0.5/(kW·h)元计算,并网系统电价按0.364 4/(kW·h)元计算;2.投资收益按增量成本计算。

从表3可知,无论是常规组件,还是彩色组件,离网系统增量成本与25 a收益相比,高1 000万元以上。如无其他补贴,认为离网系统经济上不可行。

常规组件并网系统增量成本比25 a收益低125万元,收益率26%;彩色组件并网系统增量成本比25 a收益高262万元,收益率-33%。如无其他补贴,认为彩色组件并网系统经济上不可行,常规组件并网系统经济上可行。

3.2 间接效益

光伏声屏障使用清洁能源发电,产生一定的社会效益。

(1)节能减排,改善环境。光伏发电低碳环保,无噪声,无污染,减少CO₂、SO₂等污染物排放(指标见表4)。

(2)低碳环保,提升社会形象。项目将实现在节能环保、供电可靠的绿色光伏能源供应机制,在建设人与自然和谐发展等方面具有良好的社会效益和示

表4 25 a全寿命周期碳排放指标

方案类型	设计方案	25 a 发电量 / (万 kW·h)	减少标准煤 / t	减少 CO ₂ 排放量 / t	减少 SO ₂ 排放量 / t
常规组件	离网系统	829.956 5	2 498	6 871.57	249
	并网系统	1 659.913 1	4 996	13 743.14	498
彩色组件	离网系统	744.517 6	2 241	6 164.46	223
	并网系统	1 489.035 2	4 482	12 328.92	447

范效益。

(3)积极响应国家政策,促进分布式光伏发电产业发展。

国家和多个地方政府发布“十四五”电力发展规划,积极推进分布式光伏产业发展,响应国家号召,为国家电力事业做积极贡献。

4 结 论

(1)在储能装置成本无法显著降低的条件下,光伏声屏障使用离网系统供照明用电经济上不可行。

(2)彩色组件光伏声屏障影响发电效率,同时成本较高,经济上不可行。

(3)常规组件光伏声屏障并网系统经济上可行,同时具有一定的社会效益。并网另需与电力部门沟通。

参考文献:

[1] 国务院. 国务院关于印发“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知[EB/OL]. (2022-01-18)[2023-02-19]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/18/content_5669049.htm.
[2] DB13/T 5250—2020, 光伏声屏障应用技术导则[S].
[3] GB/T 37526—2019, 太阳能资源评估方法[S].
[4] 张鹏, 单守业. 太阳能光伏发电隔音板在济南绕城高速公路济南南收费站的应用[J]. 科技与企业, 2015(17):216, 218.

(上接第247页)

靠的数据支持和技术保障。

参考文献:

[1] 赵佳鑫. 浅谈需求元数据管理[J]. 中国金融电脑, 2019(7):80-81.
[2] 潘家志. 基于UML的面向对象开发模型UBDM的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2002.
[3] 严云红. 电子政务信息资源注册管理系统及其规范化研究与实现

[D]. 上海: 东华大学, 2006.
[4] 任亚飞, 罗桂林, 张勇. 应用程序接口概论[J]. 数字技术与应用, 2020, 38(4):146-148.
[5] 刘春雨. 元数据注册理论研究及注册系统的设计与开发[D]. 北京: 北京化工大学, 2007.
[6] 朱瑞云. 城市DLG数据库元数据组织与管理研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2008.