

# 通用公司马村港二期码头分布式光伏发电项目应用

林书东

海南港航通用码头有限公司 海南 海口 570311

**摘要：**2021年5月17日，国家发改委、国家能源局等八部委联合发布《关于加强自由贸易试验区生态环境保护推动高质量发展的指导意见》，指出支持海南建设清洁能源岛，鼓励新（改、扩）建建筑达到绿色建筑标准，加快基础设施低碳改造。加快推动既有建筑节能低碳改造，推进建筑光伏一体化，探索构建低碳、零碳的建筑用能系统，优先使用节能节水设备。

**关键词：**光伏发电；效益

## 1 项目目标

为贯彻落实党中央、国务院关于生态文明建设得总体部署，积极推进海南省港口绿色发展，降低港口污染物排放。在清洁能源方面，马村港坚持规划引领，积极对接融入省新能源发展规划，将港口资源科学布局、合理利用，把港口发展和资源利用、环境保护有机结合起来，最终做到港口发展与环境保护和谐统一、协调发展。

具体方案

## 2 技术原理

该项目采用的方式为分布式光伏电站，指利用仓库或房屋顶面等闲置分散式资源，通过单体装机规模较小的光伏组件，布置在用户侧的光伏发电系统，系统通过将太阳能转换为电能，所发电量优先供用户侧使用，并采用“自发自用，余电上网”模式，当所发电量富余时，可返送至公共电网。该种模式不仅能够有效减少用户用电成本，还能有效缓解区域电网用电峰值压力，起到平衡峰谷的作用。

## 3 项目规模

拟建项目场区为马村港二期码头2号仓库，符合安装条件场地面积约为6000平方米，考虑马村港二期码头全年约310万度用电量和光伏发电消纳，计划以BIPV（光伏建筑一体化）形式，建设装机容量为0.8MWp的光伏项目，具体地点为：2号仓库屋顶。本工程选用单晶硅电池组件，电池组件选用545Wp半片单晶硅组件，共1496块，逆变器选用136kW规格，汇流箱选择3汇1的规格，项目装机容量为815.32kWp，共安装545Wp光伏组件1496块。考虑到光伏组件的发电效率大约为82%，因此本期升压变部分建议利用原有箱变，整体的变电规模为6×1600kVA。变压器规格均为SCB10-1600kVA/10kV%P2x2.5%/0.4kV。

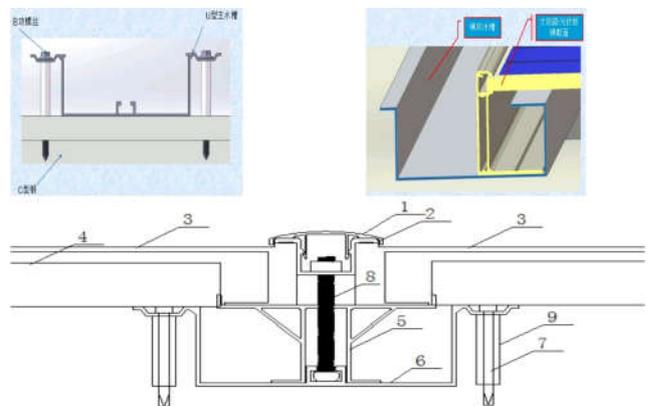
根据太阳辐照量、装机容量、系统总效率等数据，

可预测本光伏电站的发电量<sup>[1]</sup>。光伏组件面上年总太阳能辐射量为1600.9kWh/m<sup>2</sup>，系统总装机容量暂定0.8MWp，系统效率按80%考虑，本系统按照光伏组件首年衰减率2.0%，10年内不超过10%，25年内不超过20%计算衰减率，项目首年发电量为102万度，25年累计发电2300万度，年平均发电92万度。

## 4 技术方案

BIPV做法为在原有建筑物屋顶上采用光伏板加横竖相铝合金导水槽另加一层的做法，一次性防水25年，全部采用不锈钢304螺栓安装，25年内可拆卸。BIPV屋顶系统，依据原有屋面檩条及坡度，通过由竖向水槽和横向水槽及组件拼接构成的整体支撑系统安装固定，采取环环相扣的方式进行紧固，不仅整体结构重量轻、用材省，而且太阳能组件的安装结构极为稳定、使用寿命长，易于安装、拆卸、修葺，可完全替换传统屋顶。采用导水的理念进行屋面的防水设计。因采用铝合金材料横截面似U型竖向水槽的主槽设计，可同时兼具防水、防腐蚀、抗震、抗热胀冷缩。BIPV安装过程：

先固定竖向导水槽与檩条 横向水槽与组件及主水槽链接



1.BIPV防水盖 2.中压块 3.太阳能光伏板 4.横向水槽

5.组件支撑件 6.U型主水槽 7.自攻螺丝 8.T型螺栓 9.套筒  
 方案设计简单实现系统的安装便捷,确保太阳能系统在建筑中的美观,避免附加组件所带来的渗漏等安全隐患。选用轻质结构材料尽量降低屋面荷载,同时又满足发电要求。BIPV不存在焊接,直接在屋面施工安装即可,工期短,以下为安装成品图。



根据《海南澄迈县“十四五”配电网规划报告》内容,项目所在地属于C类供电区,本项目光伏发电采用10kV并网。本光伏发电系统总装机容量为815.32kWp,于2022年投产,因此需将光伏系统所发电能就近、可靠接入电网,保障太阳能发电出力的顺利送出。变压器升压后,上送至配电房10kV母线,经10kV母线上送至10kV马村开闭所。



本光伏项目建成投运后,与地方已建电站联网运行,尽可能缓解澄迈县全网供电矛盾,提高新能源在能源结构中的比重。光伏发电的建设也符合国家能源政策。不仅是当地经济的可持续发展、人民的物质文化生活水平提高的需要,也是澄迈县电力工业发展的需要,同时还有重要的示范作用。

## 5 应用成效

### (1) 经济效益

本项目利用2号仓库屋顶建设分布式光伏电站,光伏

装机容量0.8MWp。最后实际装机容量以并网容量为准,投资单价和收益率不变,相应的投资规模和收益按比例变化。

本项目建设投产后,马村港二号码头25年可节约电费支出约117万元,平均每年节约电费5万元。同时,每年可获得屋顶租金3万元。此外,本项目采用BIPV方式建造,可替代原有屋顶,具有很好的防雨、防腐蚀性,使用寿命25年,期间维修费用由中远海金风承担。普通彩钢瓦屋顶使用寿命为15年,15年左右需进行一次大修,本项目建成后,可节约屋顶维修费用,按80元/平方米计算,6000平米屋顶至少可节约48万元维修费。未来,随着码头进一步发展,用电量提升,继续扩大建设容量,电费节约效果将更加明显。

综上,本项目建设将为马村港二期码头带来25年电费节约117万元,租金收入75万元,屋顶维修费用节约48万元,共计240万元。

此外,光伏发电属于“非水绿能”,可帮助企业完成节能减排指标,树立企业绿色环保的形象,节约“绿证”购买费用支出,带来直接或潜在的经济收益。

### (2) 环境效益

根据太阳辐照量、装机容量、系统总效率等数据,可预测本光伏电站的发电量。光伏组件面上年总太阳能辐射量为1600.9kWh/m<sup>2</sup>,系统总装机容量暂定0.8MWp,系统效率按80%考虑,本系统按照光伏组件首年衰减率2.0%,10年内不超过10%,25年内不超过20%计算衰减率,项目首年发电量为102万度,25年累计发电2300万度,年平均发电92万度。

本项目建成后,年均可减少燃煤323吨,减排二氧化碳485吨,减少粉尘280吨,减排二氧化硫31吨,减排氮氧化物15吨,实现经济环保、节能降耗目标。

### (3) 社会效益

光伏发电是清洁能源,既不直接消耗资源,同时又不释放污染物、废料,也不产生温室气体破坏大气环境,也不会有废渣的堆放、废水排放等问题,有利于保护周围环境,是一种绿色可再生能源。

从社会效益来看,本工程符合国家的节能政策,符合可持续发展战略。项目的建设在缓解日趋紧张的电力供需矛盾、改善电网结构及节能减排方面起着重要的作用,特别是能够利用当地的清洁能源为用户企业的生产运行提供有力支持,促进当地经济稳定发展。因此,该项目有较好的社会效益及良好的市场前景。

### (4) 典型经验与做法

港口作为用电大户,实现碳中和主要路径包括四个

方面：一是实现可再生能源替代：利用港口自身资源禀赋，建设分散式风电、分布式光伏等可再生能源项目，以自发自用、余电上网模式，提高自身绿电比例。二是提高港口电气化水平，减少终端化石能源消费，进而减少碳排放。三是做好能效提升，提高能源利用效率，降低单位产值产品能源消耗，降低碳排放。四是碳抵消，利用碳抵消机制对采取降碳手段后无法排除的碳排放进行抵消，如通过中国核证自愿减排量（CCER）、VCS等相关碳减排进行抵消，从而实现碳中和。

本项目主要从可再生能源替代入手，提高港口绿电比例，助力港口实现碳达峰、碳中和。项目主要经验包括：

一是采用模式成熟，具有先进性和可复制性。项目利用港口现有闲置屋顶，采用合同能源管理模式，由投资方全权负责光伏电站的投资、设计、建设和运维，港口零投入。项目采用“自发自用、余电上网”模式，电站所发电力基本被港口消纳，享受优惠电价，实现港口绿电比例提高，最终推动港口实现降本增效和绿色发展。

二是项目设备、工艺成熟，具备先进性和可复制性。项目采用市场前三的光伏组件和逆变器。光伏组件为阿特斯555W单晶组件，2022年，阿特斯光伏组件全球出货量名列第五。逆变器采用古瑞瓦特串式逆变器，2022年，古瑞瓦特全球出货量名列第三。采用经过市场检验的BIPV形式建设，全部采用结构性防水，实现建筑与光伏电站的完美结合。

三是项目基于港口现有条件，无需对现有条件进行改造和投资。项目基于已有港口现有条件，无需进行大规模改造，利用现有闲置屋顶建设，将港口资源科学布局、合理利用，把港口发展和资源利用、环境保护有机结合起来。对现有资源采集装置进行部分升级改造，使用技术成熟，符合国家政策导向，十分具有推广价值<sup>[2]</sup>。

#### （5）下一步工作计划

光伏项目是港口实现碳达峰、碳中和的有益探索和起点，项目投运实现了较好的经济收益和社会收益，下一步，为实现港口碳达峰、碳中和，将着重从近期和远

期，分别从四个方面推动双碳目标实现。

一是近期通过扩大光伏建设规模，进一步提升港口绿电比例至60%。利用港区现有屋顶，规划建设光伏二期建设，2023年完成3#仓库屋顶的光伏建设，项目仍采用BIPV方式，建设0.8MW光伏电站。未来根据港口用电量提高，进一步扩大光伏电站装机容量，实现对港口内闲置屋顶的充分利用。

二是远期规划建设分散式风电，实现港口100%绿电供应。目前，海南省尚未放开陆上分散式风电核准政策，港口将同投资方一同积极推动政策突破，打造零碳散货码头示范。未来，利用港口空地，建设一台6.25MW分散式风电，实现年发电量超过1300万度，满足码头未来全部发展用电，实现电能供应端100%可再生能源替代。

三是远期计划推动港区机械电气化改造和建设能效管理平台，逐步实现港区机械100%的电气化，并通过能效管理平台实现对港口的智慧能效管理，提高能源使用效率。

四是实现零碳码头认证。综合分布式光伏、分散式风电、电气化改造和能效管理提升成果，辅之以碳抵消工具，完成零碳码头认证，打造具有权威性、示范性的零碳散货码头示范，真正实现港口碳中和。

#### 总结

在今天的智慧港口、绿色港口建设上开足马力，一座智能高效、绿色环保的现代枢纽港口初见规模；我们要从源头抓起，建设绿色循环低碳港口，既是实现港口经营效益与社会效益、环境效益的同步提升，努力实现港口可持续发展的需要，也是适应建设“资源节约型、环境友好型”社会，应对气候变化的需要。

[1]高寒,漆望,张晶.分布式发电接入村镇配电网的影响模拟分析[J].云南电力技术.2020,(2).

[2]张伯泉,杨宜民.风力和太阳能光伏发电现状及发展趋势[J].中国电力.2006,(6).DOI:10.3969/j.issn.1004-9649.2006.06.017.