



上海市交通节能减排典型案例

项目汇编

2025年第一批

上海市交通节能减排典型案例项目汇编

上海市交通委员会
上海城市交通设计院有限公司
二〇二五年六月

上海市交通委员会
上海城市交通设计院有限公司
二〇二五年六月

上海市交通节能减排典型案例项目汇编

(2025 年第一批)

编制：上海市交通委员会

上海城市交通设计院有限公司

二〇二五年六月

前 言

2025 年是“十四五”收官之年，围绕生态文明建设要求，为积极打造绿色交通，提升能源利用效率和科技成果转化率，上海市交通委员会开展了上海市交通节能减排新技术、新产品、新设备、新材料以及节能操作法和工作法的征集活动，将优秀项目汇编成册，分批推介，现推出《上海市交通节能减排项目典型案例集（2025 年第一批）》。

本册聚焦船舶节能改造、交通领域光伏建设应用、电动汽车配套基础设施建设与运营等，通过 10 个交通节能减排项目优秀案例，解读行业节能减排最新进展和工作动态。在编排上分为水路运输篇、交通光伏篇、充（换）电篇三个篇章，项目排名不分先后。

衷心希望通过典型案例的汇编发布，有助于宣传和推广优秀科技成果并加快其产业化进程，为交通行业科技和管理人员提供相互交流和资源共享平台，切实推进行业节能减排工作取得实效，促进交通行业低碳绿色发展。



目录 Contents

水路运输篇

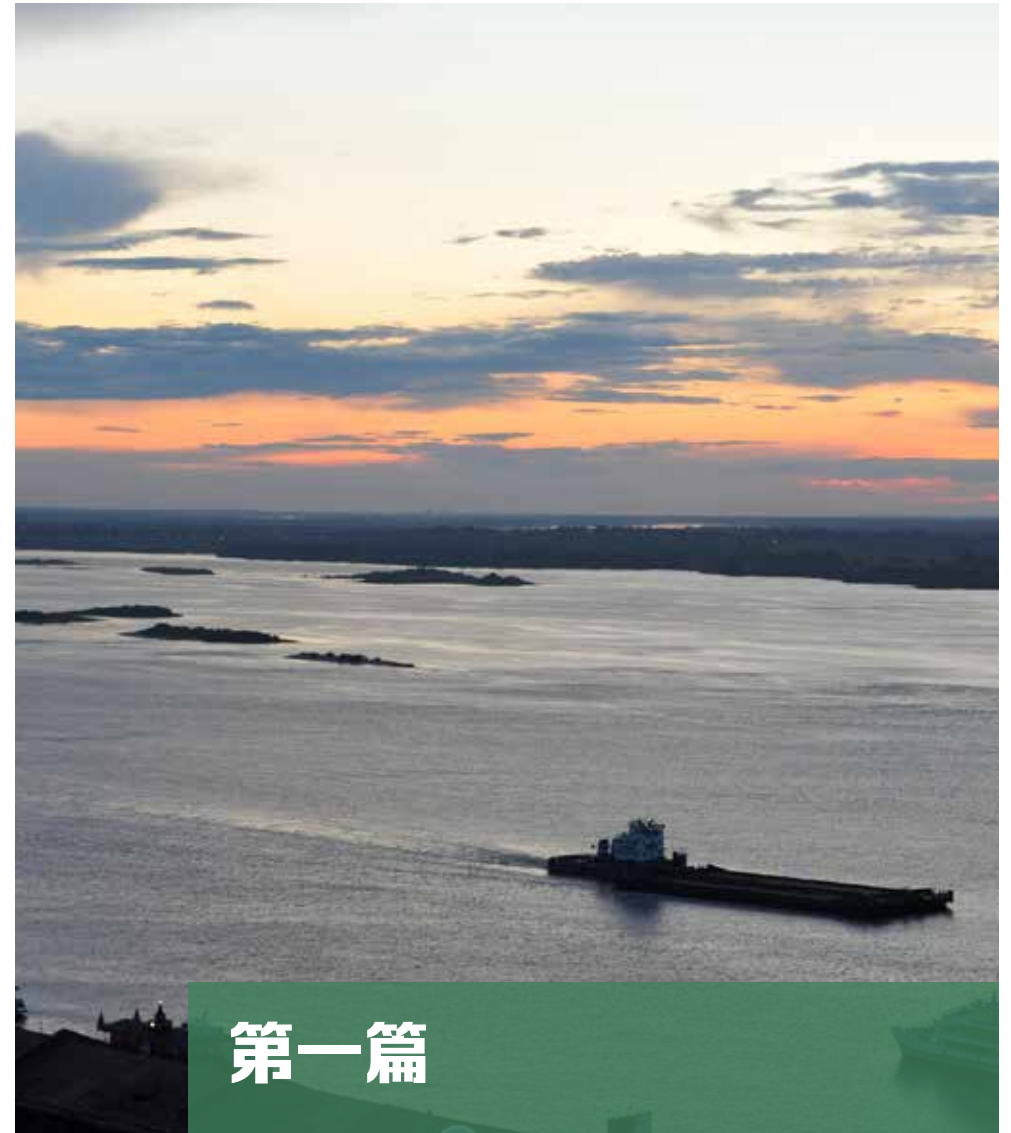
电力推进混合动力拖轮	02
综合能效优化技术在大宗散货船舶效能提升中的应用实践	07
主海水泵、低温淡水泵变频改造	13
船舶滑油超滤净化装置安装	17

交通光伏篇

光伏建筑耦合充电一体化技术	
在浦东国际旅游度假区 P1 停车场的应用	21
建筑一体化分布式光伏发电技术在朱桥服务区的应用	28
光伏路灯技术在陈海公路的应用	33

充（换）电篇

新能源光储充检智能微网系统	40
规模化车网互动虚拟电厂建设与运营	45
光储智检超充站	51



第一篇

水路运输篇

电力推进混合动力拖轮

实施单位：上海港复兴船务有限公司

一、项目概况

当前，双碳成为最热门话题，“低碳经济”成为全球热点，上港人也在积极思考和以实际行动加入。以新技术、新能源为基础的绿色船舶概念逐渐引起造船、航运业界的重视。根据上海港水文气象、潮汐、港口航道及靠泊主要船型等情况；结合拖轮特点和作业区域需求，开展新型混合动力港作拖轮标准船型设计，在船型主尺度、推进方式、动力电池适配性、船型布置等方面研究、设计、优化船型。

项目于 2022 年启动，2024 年实船运行验证。本项目开展基于电池储能的拖轮油电混合动力技术研究，采用柴油发电机和动力电池组合形式，代替常规的主机来驱动船舶。重点对柴电混合动力的直流组网电推进系统，船舶变频直流配电系统，水冷推进电机的配置，有冗余控制的 PMS 系统等关键技术。实现由大功率变速发电机组和储能电池系统来为拖轮全船提供电能、电池通过双向 DC 进行充放电、降低设备体积和重量以提高推进效率、对整流供电网络的电能管理和机组的节能控制和 PMS 系统的有一键模式切换功能，自动调整设备工作模式等项目需求。同时结合公司船舶不同港区作业拖轮的实际适用性、操纵性、拖力性能、节能性等需求与知名的船舶设计公司合作，联合开发满足港口生产发展、满足造船法规、满足电力推进要求的港口拖轮船型，实现更高的安全性、更高的操纵性和更好的节能性，同时力争形成一种覆盖较大功率范围的标准化港口拖轮船型，提升拖轮设计和建造效率。实船示范运用于海港 712 各项性能指标满足要求，实现拖轮船舶智能化、能源清洁化、动力迅速化的实船运用。



图 1-1 电力推进混合动力拖轮实船应用示范

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

本项目旨在采用柴油发电机和动力电池组合形式，代替常规的主机来驱动船舶。使得拖轮节省能耗，降低燃油成本，并通过降低油耗减少二氧化碳的排放，并由于配置功率管理系统来提高船舶智能化水平，促进和提高船舶安全性和动力响应能力。

2. 采用技术方案

本项目开展基于电池储能的拖轮油电混合动力技术研究，采用柴油发电机和动力电池组合形式，代替常规的主机来驱动船舶。重点对柴电混合动力的直流组网电推进系统，船舶变频直流配电系统，水冷推进电机的配置，有冗余控制的 PMS 系统等关键技术。实现由大功率变速发电机组和储能电池系统来为拖轮全船提供电能、电池通过双向 DC 进行充放电、降低设备体积和重量以提高推进效率、对整流供电网络的电能管理和机组的节能控制和 PMS 系统的有一键模式切换功能，自动调整设备工作模式等项目需求。

3. 技术创新点及关键点

- 1) 发电机和动力电池容量进行最优功率配置；
- 2) 直流母排系统的功能设计和直流设备及元器件的选型；
- 3) 拖轮不同运行状态下动力源如何自动切换，来提高能量的利用率，降低能耗；
- 4) 利用码头岸电为动力电池系统充进行大功率充电。



图 1-2 海港 712 岸电大功率充电

三、推广应用条件

1. 依托造船厂与船舶设计团队，为船舶建造进度、质量提供保证。尤其是在 2016 年首次成功承建国内首艘全国产的油电混合动力拖轮，打破国外技术垄断，为国内油电混合动力拖轮的建造和设计开创了新思路新技术。
2. 作为拖轮制造及使用企业，公司有优秀的相关专业人员，前期做了大量的技术和知识储备，并在原有的混合动力技术应用基础上，经过实际运营有充分的积累和深入研究，为本项目提供充足的实际经验和技术保障支持。
3. 本项目的船舶主发电柴油机和电力推进系统集成，范围涵盖了全船动力系统及其控制系统，整套船舶动力系统设备选用了船舶领域知名品牌产品，所有设备满足船级社的相关检验规范。国内知名服务商可以提供直流组网系统、PMS 功率管理系统、推进遥控系统、智能运维系统的设计和供货均拥有核心技术和自主知识产权，大大提高了项目的自主可控程度，后期的维护升级服务也更加便捷、高效。

4. 配套 2000KW 直流充电系统，由集装箱式变电站转换为直流供电，从集装箱式电站引直流电缆至趸船，通过电缆提升装置，最终从电缆提升装置将电源送至船上。

5. 目前该技术在行业内的应用，国内实现了多种技术类型的新能源船舶示范项目和成功案例，涵盖了纯电动、混合动力、氢能、甲醇、氨等不同动力系统，船舶种类包括运输船、游船、拖轮、工作船和公务船等，如“云港电拖三号”纯电拖轮、“宁港电拖 1”纯电池动力推进全回转拖船、“海洋石油 545”混动海洋石油支持船等。体现了行业对绿色低碳发展的追求。在技术创新、市场应用和政策支持等方面都取得了显著成就，为实现航运业的绿色低碳转型和可持续发展提供了有力支撑。

四、节能效益分析

1. 节能效益

根据海港 712 实船示范运用情况统计与同等功率、同作业区域常规动力拖轮对比，该拖轮实际作业平均能耗约为 219.2kg+325kwh/ 艘次，同比洋山港同等功率常规动力拖轮平均能耗约为 292.4kg/ 艘次，船舶综合能耗降低 1.50%；按拖轮平均作业 2000 艘次，单艘次降低成本约 0.2924 吨 *7000 元 - (0.2192 吨 *7000 元 +325kwh*0.92 元) =213.4 元；预计年节约成本约 42.68 万，减少碳排放约 179.72 吨，具有较好的节能效益。

2. 经济效益

本项目实际投资总额为 5565.97 万元（含 174.76 万元船舶设计费，建造成本约 5390 万元）。

维护费用方面，新建拖轮人工采用承包形式，年承包费估算为 350 万元。按建造成本 5390 万元测算，常规折旧年限为 15 年，净残值率为 5%，年折旧成本估算为 342 万元。常规动力拖轮年油耗预计为 550 吨，单价为 7000 元/吨（含税），新建拖轮年燃润料成本预计比常规拖轮节约 10%，成本估算为 346.5 万元。

根据公司 2019-2021 三年洋山区域作业 5000HP 拖轮年均拖带收入，估算新建拖轮年营运收入为 1800 万元。考虑变动成本等因素预计年利率为 600 万元，

投入产出比为 9%，具有较好的行业盈利能力要求。根据内部收益率（IRR）使用线性内插法计算，计算公式为： $IRR=i_1+[NPV_1/(NPV_1-NPV_2)]*(i_2-i_1)$ ，静态投资回收期（含建设期）为 6.67 年，动态投资回收期（含建设期）为 8.32 年，回收期较短。故该项目具有较好的经济效益。

3. 社会效益

采用柴油发电机和动力电池组合形式的动力源，代替常规的主机来驱动船舶。由于采用了动力电池加发电机的配置，可以使拖轮船舶在不同工况不同负载作业情况下的功率与能量分配更加合理，可大幅度降低船舶的总油耗，节约能源；也可大量降低船舶主机的运转时间，减少船舶主要设备的维修保养频次、节约维修费用等。尤其是当拖轮处于航行调遣、完成作业返航、长时间等待作业等低负荷工作的状态下，可以由动力电池提供船舶动力，彻底实现船舶零排放。新型混合动力港作拖轮具有降低油耗、减少排放、提高安全性、低噪音等优点，环保节能效果显著，具有广阔的应用市场。

五、存在问题及推广建议

项目目前在较多港口码头都实现了纯电拖轮和混合动力拖轮的实船运用，具有较为成熟技术。建议项目建设时，根据拟作业码头、续航需求等开展码头岸电充电装置应用研究、电缆提升装置研究，以确定码头供电的能力、设备设施安装的需要、电池容量的选择等，确保足够的用电需求、充电的便捷性及续航力。

综合能效优化技术在大宗散货船舶效能提升中的应用实践

实施单位：上海宝钢航运有限公司

一、项目概况

上海宝钢航运有限公司成立于 2009 年 9 月，隶属于宝武资源有限公司物流事业部，主要从事国际船舶普通货物运输，国内沿海及长江中下游普通货船运输，水路货运代理，船舶代理，船舶管理等业务。目前公司自有船舶 11 艘，沿海 2.4 万吨 8 艘，远洋 4.7 万吨 1 艘，沿海 5.9 万吨 2 艘，总运力 35.7 万载重吨。

受限于国际海事组织（IMO）海上环境保护委员会第 80 届会议决议内容，船东将从 2023 年起被强制要求汇总航行数据并建立 CII，以获取从 A 到 E 的分数评级，分极优 A，次优 B，中 C，略次 D 和次等 E。预计 2024 年初会有第一批 A-E 级 CII 评级公布。2026 年 1 月 1 日完成对 EEXI/CII 法定要求及其相关导则的全面评估。如果一艘船连续 3 年评级为 D 或者任何一年为 E，就需要出台改造计划来减碳以达到要求的标准（A、B 或 C 级）。被评为 E 级或 D 级的船只可能不被市场接受。2023 年度宝钢航运宝坤源轮 CII 评级为：D，并且按照之前航次和油耗数据，2024 年度测评结果为：E。为实现企业绿色发展创新转型，不断提升节能减排水平和能源利用效率，积极开展综合能效提升技术应用。2024 年 4 月 7 号宝钢航运“宝坤源”轮在舟山华海船厂顺利进坞，导流罩、消涡鳍等节能设备于 4 月 10 日安装完毕。4 月 21 日出厂之后，装件杂货执行西非航线，目前主机油耗约 18.5 吨 / 天，较加装改造前 20.5 吨 / 天下降 2 吨 / 天，经过加装近一年运行效果，主机燃油消耗下降约 9.8%，超出预期 8% 的效果预测，经过加装近一年运行效果，2024 年度 CII 测评已经提升到：C。

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

1) 加装桨前导流罩

实施目的：改善螺旋桨进流均匀性；改善分离流动，恢复船艏表面压力；产生附加推力；产生与桨旋转方向相反的流动，降低尾流能量损失。

效果预测：预计节能效果达到：4.9%，直接导致 EEXI 值下降 1.6%，船舶主机功率下降约 2.5%。

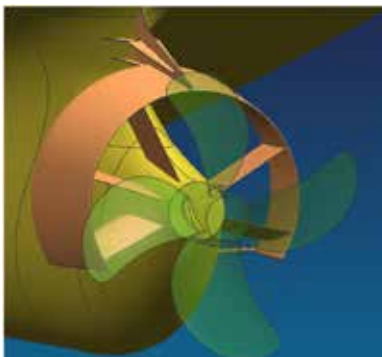


图 2-1 桨前导流罩示意

2) 加装桨后消涡鳍

实施目的：在螺旋桨导流帽上增设与桨叶数相同的小鳍片，以消除螺旋桨毂涡能量损失为的的一种船水动力节能装置。其节能效果优良，结构简单，安装方便，无需在干坞安装；设备安全可靠，资金投入低，收回成本周期短。

效果预测：预计节能效果达到：2.1%，直接导致 EEXI 值下降 0.7%，船舶主机功率下降约 1.1%。

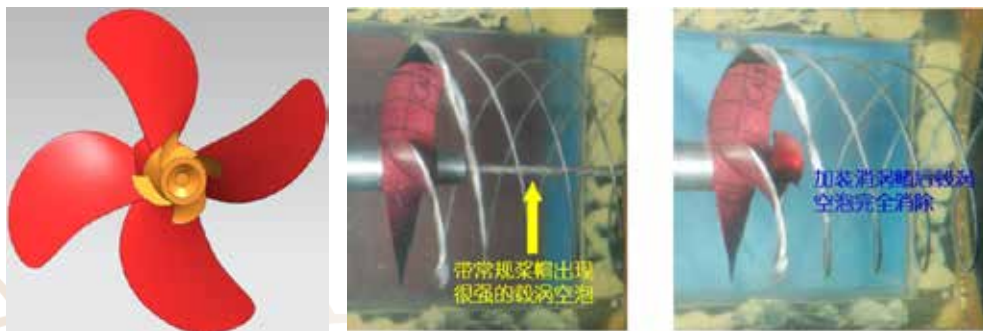


图 2-2 桨后消涡鳍示意

3) 修削螺旋桨桨叶

实施目的：加装前置预旋导轮后，螺旋桨轻转裕度会降低。同航速下主机功率会降低，但同转速下主机功率会增加。因此需要修削螺旋桨以降低主机负荷，改善机桨匹配性。对于营运多年的船舶，主机性能衰减，割桨可以改善主机工况，降低主机油耗，有利于降低船舶 CII。



图 2-3 修削螺旋桨桨叶示意

2. 采用技术方案

通过加装桨前导流罩、桨后消涡鳍、修削螺旋桨桨叶三项技术综合应用，降低燃油消耗、提升 CII 测评评级。

1) 流体动力学优化：三项技术均针对推进系统的流体效率，通过减少阻力、涡流和空泡，使船舶以更少燃料维持相同航速。

2) 碳排放降低：燃料效率提升直接减少 CO₂ 排放量，从而降低 CII 公式中的分子（排放量），提高评级。

3) 经济与合规性：虽然需前期投资，但长期节省燃料成本，同时满足 IMO 的 CII 合规要求，避免低评级带来的运营限制。

3. 技术创新点及关键点

导流罩和消涡鳍的应用促进了船舶节能技术创新。该技术的应用提高了船舶的推进效率，降低了能源消耗，体现了绿色船舶技术的创新突破。

三、节能效益分析

1. 节能效益

导流罩通过改善螺旋桨后方的水流情况，增大尾流动量，从而提高螺旋桨的推进效率。据试验数据分析，导流罩的节能效益大约在 4.9%，消涡鳍能有效抑制毂涡空泡，提高船舶推进效率，节能效果在 2.1% 左右，加以对螺旋桨修割以降低主机负荷，改善机桨匹配性，显著降低了船舶的能源消耗和碳排放。

计算公式：A-B=3.38 吨 / 天，A-C=4.18 吨 / 天，保守按照航行日均节省 3 吨 / 天计算，连续航行 200 天 / 年，节省燃油约 600 吨 / 年，油价 \$650/ 吨，美元兑人民币汇率取值 7.13，长航线年化节省燃油费用约 600*650*7.13=278 万元人民币，碳排放降低 1800 吨。

表 2-1 项目节能量测算方法与节能潜力分析

	航线	平均航速	主机转速	日均燃油消耗	油耗下降值	燃油消耗折算节省量 / 金额 (650/ 吨)
加装前	(东南亚满载回国)	9. 46	110	22.88 (A)	—	—
加装后	(连云港 - 卢安达)	11.01	115	19.5(B)	3.38	110 吨 (\$71500: 连续航行 36 天)
	(拉各斯 - 桑托斯 - 泗水)	10.8	115	18.7(C)	4.18	200 吨 (\$130000: 连续航行 50 天)
年化对比值						600 吨 (\$390000: 连续航行 200 天)

2. 经济效益

配套装备费用预计：130 万元，加上船厂施工费用约共计 150 万元，年度节约成本保守估计约 150 万元（不全是太远洋长航线），投资回报率约 12 个月。

3. 社会效益

通过降低燃料消耗和维护成本，船舶运营商可以节省大量费用。例如，减少燃料消耗不仅降低了运营成本，还提高了船舶的经济效益。这些节能技术也有助

于船舶满足更高的能效要求，提升船舶的市场竞争力。

通过船舶加装导流罩、消涡鳍、配合螺旋桨削边节能设备，降低船舶的碳排放量，有助于保护海洋生态环境，助力航运业实现低碳转型，减缓全球变暖的趋势。

CII 评级的核心目标在于优化船只航线规划、航行速度控制及能源消耗管理。这意味着，单纯依靠技术改造难以实现评级的持续提升，只有从船舶经营角度进行系统性规划与优化，才能取得良好效果。通过精准分析航线的燃油消耗、港口周转效率等因素，合理安排船舶航行计划，可有效降低碳排放强度，进而提升 CII 评级。

在这一过程中，“宝坤源”轮的件杂货适装改造工作发挥了至关重要的作用。此前，此类船型由于适装货种和航线的局限性，主要航线为东南亚装煤炭回国，航线短，锚地装货时间较长，不仅影响了船舶的运营效率，也对 CII 评级产生了不利影响。通过适装改造，“宝坤源”轮打破了货种与航区的限制，能够更灵活地选择运输任务和航线，由东南亚煤炭回国航线拓展为全球航线。去年加装节能装置以及根据适配建杂货作相应改造之后，船舶可以根据不同航区的货运需求，经过合理调配运力，显著减少空驶里程和无效航行时间，降低燃油消耗；另一方面，丰富的货种选择使船舶在运营过程中能够更好地平衡装载率，优化船舶的航行工况，从而提升能源利用效率，为 CII 评级的提升奠定坚实基础。

表 2-2 改造前后航次油耗、航速、装载量对比

	船名	航次	航线	载货量	航程 (海里)	主机动车时间 (小时)		非主机动车 时间		重油消耗 (吨)				轻油消耗 (吨)				CII评级
						机动 航行	定速 航行	靠泊 时间	锚泊 时间	航行		停泊	总耗	航行	停泊	总耗	Required CII	
										主机	辅机							
改造前	宝坤源	2403	轻载 菲律宾-印尼	0	890	4.8	64.0	0.0	139.7	51.30	9.80	24.70	85.80	0.30	0.50	0.80	5.4296	
		重载 印尼-洋浦	43900	1795	27.8	155.0	70.7	103.1	140.40	23.02	0.00	163.42	7.40	17.47	24.87	6.7022		
	宝坤源			2685	32.6	219.0	70.7	242.8	191.70	32.82	24.70	249.22	7.70	17.97	25.67	E		
		2404	轻载 洋浦-越南	0	245	5.8	14.0	51.2	64.4	12.42	2.50	17.30	32.22	2.20	0.50	2.70	6.7166	
改造后	宝坤源		重载 越南-泰国	39924	1710	42.3	131.5	27.4	32.8	139.60	24.10	1.13	164.83	0.90	0.30	1.20	E	
				1955	48.1	145.5	78.6	97.2	152.02	26.60	18.43	197.05	3.10	0.80	3.90			
	宝坤源	2405	轻载 泰国-连云港	0	996	64.7	26	719.6	10	60.1	12.7	40.00	112.80	0.30	2.80	3.10	5.2704	
			重载 连云港-拉各斯	33531	11642	34.2	1022	363	75.5	736.5	104.6	56.70	897.80	4.30	1.70	6.00	C	
	宝坤源			12638	98.9	1048	1083	85.5	796.6	117.3	96.70	1010.60	4.60	4.50	9.10			
		2406	轻载 拉各斯-桑托斯	0	3831	104.4	256.1	34.6	274.2	183.10	23.30	21.10	227.50	0.00	0.10	0.10	5.0032	
	宝坤源		重载 桑托斯-泗水	38405	9198	22.8	935.5	105.4	88	665.20	75.00	26.40	766.60	3.10	0.80	3.90	B	
				13029	127.2	1192	140	362.2	848.30	98.30	47.80	994.10	3.10	0.90	4.00			

四、推广前景及建议

2018 年以来，结合近两年低迷的内贸航运市场，国内干散货新一轮变革来临，未来高龄老旧船舶无论是从运营成本还是环保要求的角度，都面临巨大的竞争压

力，面临淘汰风险。此项节能装置改造技术有利于缓解国内外航行高能耗老旧船舶在碳排放和经营双重压力下的燃眉之急。该技术的推广和应用有助于促进航运行业的绿色转型，推动相关产业链的发展和创新。随着国际社会对环保要求的提高，掌握先进节能技术的船舶将在国际航运市场上更具竞争力。

主海水泵、低温淡水泵变频改造

实施单位：上海北海船务股份有限公司

一、项目概况

随着全球气候变化的严峻性日益凸显，国际社会对于温室气体减排的呼声愈发强烈。中国政府已明确提出“3060双碳目标”，展现了大国责任与绿色转型决心。与此同时，国际航运业作为全球贸易的关键支柱，其碳排放问题也逐步成为焦点。IMO 船舶减排新战略要求 2050 年前后，达到近净零排放。其中，到 2030 年温室气体零排放或净零排放的技术、燃料或能源，使用占比至少达到 5%，力争达到 10%。国际海运温室气体年度排放总量，比 2008 年至少降低 20%，力争降低 30%。2023 年开始实施的船舶营运碳强度评级机制加剧了船东的减排压力。面对日益严格的监管与市场倒逼，船东们在优化船舶管理节能的同时，开始积极探索技术改造路径。

我司于 2024 年 12 月结合船舶厂修，开展主海水泵及低温淡水泵的变频改造试点项目。该方案在保留原有电路系统的基础上，并联变频控制系统，确保在变频系统故障时自动切换至原电路，从而大幅提升系统可靠性。船舶建造设计时，主海水泵及低温淡水泵的排量通常按照设备最大负荷持续运转及海水温度 32℃ 的工况设计。然而，在船舶锚泊、降速航行或低温海域作业时，传统定频泵的排量往往显著超出实际需求，导致能源浪费。通过引入变频技术，泵浦马达可根据实时工况动态调整转速，精准匹配船舶实际需求，从而实现显著节能效果。

该技术方案具备良好的普适性与经济性，改造成本回收周期通常不超过 10 个月，为存量船舶提供了切实可行的减排路径。我司计划将这一成功经验推广至类似船舶。

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

主海水泵、低温淡水泵加装变频器

2. 采用技术方案

冷却水泵变频节能改造是对现有主海水泵及低温淡水泵进行改装变频节能系统，变频节能系统能够监测海水 / 淡水的温度和压力，根据船舶对海水 / 淡水的压力和冷却量的需要，自动控制冷却主海水泵 / 低温淡水泵的转速，大大降低冷却水泵运行功率，从而达到节能的效果。变频技术在船舶的应用，对船舶安全营运没有影响。

三、推广应用条件

船舶建造设计时，主海水泵及低温淡水泵的排量通常按照设备最大负荷持续运转及海水温度 32℃ 的工况设计的，本改造项目对减速航行船舶，以及在海水温度较低区域营运的船舶有较大的节能效果。

- 1) 资金条件: 投入约 50 万人民币（按目标船三台主海水泵、三台低温淡水泵，单泵功率 51.8KW）；
- 2) 改造条件：需结合船舶厂修进行。

四、节能效益分析

1. 节能效益

对目标船节能技改实施前后，开展节能效益评价。

1) 主海水泵节能

设定每年营运 350 天，其中 190 天航行，160 天锚泊；主机最大持续功率为 9800kw，降速后常用功率约 5900kw，按负荷 60% 计算；主海水泵功率均为 51.8kw。改造后全年可预计可节省燃油 80.404 吨，具体如下：

表 3-1 主海水泵节能效益评价

海水进口温度℃	海水出口温度℃	所需功率[kW]	节省功率[kW]	每天省电(度)	每天节省燃油(kg)	一年中该海水温度的航行大约天数	每年节省燃油(kg)
32	48	26.2	60.64	1455.36	291.07	20	5821.44
30	48	20	65.6	1574.40	314.88	25	7872
25	48	16	68.8	1651.20	330.24	47	15521.28
20	48	13.8	70.56	1693.44	338.69	47	15918.336
以下海水温度通常用壹台泵运行							
15	48	11.9	31.28	750.72	150.14	24	3603.456
10	48	6.9	35.28	846.72	169.34	17	2878.848
5	48	6.9	35.28	846.72	169.34	7	1185.408
0	48	6.9	35.28	846.72	169.34	3	508.032
						190	53308.8
锚泊期间（停泊海水泵运行工况）单台海水泵一半流量运行						160	27095.04
年节省燃油吨（按航行 190 天加停泊 160 天测算）							80.40384
CO2 排放减少吨（按航行 190 天加停泊 160 天测算）							253.272096

2) 高温淡水泵节能

上述设定不变，因空调压缩机、冰机和空压机冷却水压力需要，不能只使用一台泵。改造后全年可预计可节省燃油 72.576 吨，具体如下：

表 3-2 高温淡水泵节能效益评价

海水进口温度℃	海水出口温度℃	所需功率[kW]	节省功率[kW]	每天省电(度)	每天节省燃油(kg)	一年中该海水温度的航行大约天数	每年节省燃油(kg)
0-32		48	43.2	1036.80	207.36	350	72576.00
年节省燃油吨							72.576
CO2 排放减少吨 (按航行 280 天加停泊 81 天测算)							228.6144

两者合计每年可节省燃油 152.98 吨。

2. 经济效益

根据测算，每年可节省燃油 152.98 吨，按燃油 5000 元 / 吨计算，每年

节省费用 764900 元，投资回收期约 7.8 个月。

3. 社会效益

项目应用后减少船舶每年减少碳排放 481.88 吨。

五、存在问题及推广建议

改造需结合船舶厂修进行，小型船舶空间小、节能余地不大，不建议进行改造。尽管总的节能效果不大，但推广成本较低，投资回收期较短，便于推广。

船舶滑油超滤净化装置安装

实施单位：中外运集装箱运输有限公司

一、项目概况

全球环保标准日益严格，航运业对绿色船舶的关注度持续上升。自 2023 年 1 月 1 日起，船舶能效指数（EEXI）和碳排放强度指数（CII）正式施行，但全球在役船队中仅有 21.7% 的船舶满足新标准。传统方法如优化船体线型、改造螺旋桨等成本高、耗时长，而滑油超滤净化技术作为一种环保节能解决方案，能够显著提升润滑油清洁度，延长滑油更换周期，降低设备故障率和燃油消耗。2023 年至 2024 年期间，公司为旗下 18 艘船舶加装滑油超滤净化装置。

二、节能减排原理

1. 实施内容

在 18 艘船舶的主机和副机上，各安装一套滑油超滤净化装置，采用深层次吸附过滤技术，最小捕捉粒径达 0.5 微米，配备淤渣固化离心机，实现多级深度净化，安装完成调试后达到稳定运行状态。公司船管部机务科负责全过程管理，确保项目按计划推进并在预算内完成。滑油超滤净化装置安装简便，对管路改动需求较少，可在修船期间或码头停靠时完成。

2. 技术特点

超滤装置工作原理：利用分子布朗运动原理，通过超滤滤芯对滑油中的微小颗粒物进行深层次吸附式过滤，最小捕捉粒径达 0.5 微米，配备淤渣固化离心机，实现多级深度净化。

滤芯特性：滤芯采用进口植物纤维材料，具有高过滤精度、大过滤面积、长使用寿命等特点，可在焚烧炉中处理，避免二次污染。装置能够吸收滑油中的水分，进一步提升滑油品质。

安装与运行模式：主机超滤装置与滑油分油机并联运行，副机超滤装置独立

运行。

滑油净化目标：具备设备兼容性、运行稳定性、成本效益，使用后滑油清洁度显著提升，减少磨损，延长备件寿命。

三、推广应用条件

- 1. 资金条件
单船预算 40 万元人民币，实际决算 39.8 万元。
- 2. 设备条件
船舶需具备安装空间，主机和副机与超滤装置兼容，滑油分油机可协同工作或独立运行。
- 3. 人员条件
需专业技术人员负责安装、调试和维护，船员需具备操作和维护知识。
- 4. 能源供应条件
船舶电力系统需满足超滤装置的用电需求。
- 5. 使用范围
船舶类型：适用于集装箱船、散货船、油船等。
设备类型：主要应用于船舶的主机和副机。
- 6. 目前该技术在行业内的应用情况
设备厂家（宁波环洁超滤科技有限公司）的滑油超滤净化装置已在国内安装超过 200 条船舶，用户包括上海招商明华、上海鼎衡航运等公司，使用效果良好。

四、节能效益分析

- 1. 节能效益
燃油节约，减少二氧化碳排放：节能效益通过对比安装前后的运行数据得出，主机燃油消耗率降低 1.3%。
- 2. 经济效益
 - 1) 投资额度：单船设备费用 40 万元。
 - 2) 节油率：1%。

- 3) 投资回收期：约 0.96 年（燃油价格 800USD/ 吨）。
- 4) 滑油使用优化：滑油品质显著改善，延长副机滑油更换周期至 2 年，每年节省滑油费用 22008.77 元。
- 5) 设备维护优化：减少滑油分油机拆检和清洗次数，降低设备维护成本。

表 4-1 项目经济效益核算表

节省燃油 (吨)	燃油价格 (USD/ 吨)	节省燃油费 用 (元)	滑油节省 (元)	回收成本 时间(年)
70.73	1100	541,882.33	22,008.77	0.71
70.73	1000	492,620.30	22,008.77	0.78
70.73	800	394,096.24	22,008.77	0.96
70.73	600	295,572.18	22,008.77	1.26

- 3. 社会效益
 - 1) 对交通领域节能减排的推动作用：降低燃油消耗、减少 CO₂ 排放、提升滑油品质。
 - 2) 对从业人员节能意识的提升作用：通过实际效果展示、操作培训和行业交流，增强节能意识。
 - 3) 对行业服务水平的提升作用：提高设备运行效率、降低运营成本、促进技术创新。

五、存在问题及推广建议

- 1. 存在问题
一是节能量计算方面，由于目前各船舶安装有不同类型的节能装置，在计算节能量时候可能导致差异，需要一个长周期进行计算。二是操作熟练度方面，船员操作熟练度不一，影响装置运行效果，需加强培训。三是成本投入方面，目前后期滤器的采购成本较高，需要尽快降低生产成本，降低使用企业的经济压力。
- 2. 推广建议
建议通过技术交流、培训提高行业认知和操作水平。积极争取政策支持和资金补贴，鼓励企业应用。

光伏建筑耦合充电一体化技术在浦东国际 旅游度假区 P1 停车场的应用

实施单位：上海国际旅游度假区新能源有限公司

一、项目概况

开发利用太阳能资源是调整能源结构、实施能源可持续发展的有效手段。该项目建成后，可局部改善上海国际旅游度假区的电源结构，缓解当地电力供需矛盾，促进当地经济发展、绿色出行与消费及低碳园区建设。分布式光伏发电是一种新型的、具有广阔发展前景的发电和能源综合利用方式，具有良好的社会效益和综合经济效益。

太阳能光伏发电是可再生能源，其生产过程主要是利用太阳能电池组件将太阳能转变为电能的过程，不排放任何有害气体。本工程建成后对上海市的地方经济发展将起到积极作用，既可以提供新的电源，又不增加环境压力，还可为当地增加新旅游体验，促进绿色消费，具有明显的社会效益和环境效益。

上海浦东国旅 P1 停车场 3889.3kWp 分布式光伏电站项目自 2024 年 11 月 8 日开始实施，为新建车棚分布式光伏发电项目，采用“自发自用，余电上网”的开发模式，遵循因地制宜、清洁高效、分散布局、就近利用的原则，利用停车场原有车棚及新建车棚进行能源综合利用，充分利用当地太阳能资源，替代和减少化石能源消费，作为区域负荷发展电源的补充。绿色能源的太阳能光伏发电的开发利用具有较好的社会效益。

本项目的实施节能及环境效益显著。根据该装机容量及年利用太阳能量测算，25 年平均发电量为 384.28 万 kWh，按火电厂供电标准煤耗 300.7g/kWh 计算，每年可为国家节省标煤 1162t，与相同发电量的火电相比，该项目每年可减少减少 CO₂ 排放约 3184.18tce，减少 SO₂ 排放约 0.32t，NO_x 约 0.51t，并可减少相应的废水排放。由此可见光伏的建设环境效益十分显著。

第二篇

交通光伏篇

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

项目利用上海市浦东新区申迪西路 1000 号上海国际旅游度假区 P1 停车场新建 11 个大巴车棚、16 个小车车棚、1 个车道大棚、配电房屋顶（混凝土）和管理库房屋顶（混凝土）布置光伏组件，组建分布式光伏发电系统，项目地经纬度：北纬 31° 8' 17.9"，东经 121° 40' 23.18"。

2. 采用技术方案

项目采用安装单晶硅光伏板，光伏所发直流电通过逆变器升压后接入开关站内变压器开关柜，经过开关柜后以两回线接入原光伏接入柜，最后接入母线并网，最终实现“自发自用，余电上网”。

3. 技术创新点及关键点

本工程采用先进的大型高效组件和 BIPV 设计，严格贯彻了节能、环保的指导思想，在技术方案、设备和材料选择、建筑结构等方面，充分考虑了低碳环保的要求，减少了线路投资，节约了土地资源。

BIPV 全称为光伏建筑一体化，是一种将太阳能发电（光伏）产品集成到建筑上的技术，即该项目车棚采用光伏系统（组件和特殊支架）作为棚顶，既能实现车棚建筑的围护、防水、遮荫隔热的功能，还能实现发电产生效益。

光伏发电项目与停车场充电桩相耦合形成的充放一体化充电站是集光伏发电、新能源充电、智能管理于一体的智慧停车场。充电站的车位用来建造既美观又具有实际价值的车棚，为太阳能发电设备的安装提供了得天独厚的条件。将光伏组件与车棚结合成光伏车棚，既可以实现游客车辆的遮阳挡雨、保温隔热作用，也可以实现新能源发电与绿色充电，达到环保、节能、绿色消费的目的。汽车消费者对于新能源车的需求仍旧呈较快增长趋势，预示着新能源汽车在未来很长一段时间仍将保持较高的增长速度。随着新能源汽车的发展速度和市场占有率在快速提升，新能源汽车的充电亦可以依托充放一体化充电站实现绿色充电与经济出行。



图 5-1 国际旅游度假区 P1 停车场屋顶光伏实施效果

三、推广应用条件

1. 资金条件

应用节能技术需考虑设备及安装工程资金，建筑工程资金，基本预备费，项目建设费，勘察设计费，价差预备费及运维费用。

2. 设备条件

光伏组件，逆变器，箱式变电站，充电桩、电缆，高压开关柜，光伏并网柜，光伏计量柜，预制舱，视频监控系统等。

3. 人员条件

项目建成后采用远程集中智能控制的方式，安排专人定期巡检，无需人员现

场值守。

4. 能源供应条件

场地空旷，无明显遮荫，具有较多停车位，交通便利、新能源车占有一定比例，应用场景丰富，充电便捷。

5. 使用范围

光伏建筑一体化项目作为一种清洁、可再生的能源技术可在工商业，停车场、幕墙、高架棚、连廊、家庭屋面等区域范围灵活使用，并耦合充电及储能等场景。

6. 目前该技术在行业内的应用情况

BIPV 全称为光伏建筑一体化，是一种将太阳能发电（光伏）产品集成到建筑上的技术，三大应用场景分别是屋顶、立面和建筑附属物。

1) BIPV 屋顶

分为金属屋顶、采光顶和瓦式屋顶三种形式。金属屋顶一般指光伏组件与彩钢屋面结合，代替传统彩钢屋面，多用于工厂屋顶。采光顶又细分为创新型、人字形、文洛形等，将光伏建材做成透光形式，用在建筑顶部，既能遮阳挡雨，又能透光多用于个人家庭阳光房、农业大棚、城市公共建筑第五立面等处。瓦式屋顶即光伏建材做成瓦片样式，代替陶土瓦等传统屋顶瓦。多用于城市别墅、乡村民居、特色民宿等低层建筑。



图 5-2 BIPV 屋顶示意

2) 立面

即光伏建材代替传统建材应用于建筑外立面，具体来说，分为光伏幕墙、外围护结构、窗槛墙三种应用形式。光伏幕墙代替传统玻璃幕墙，从安装形式上来说，分为隐框式、明框式、半隐框式和点支撑式。外围护结构可代替传统外墙装饰面，也可与保温板配合使用，提升建筑节能效率，多用于城市公共建筑。窗槛墙多见于晶硅类光伏建材，用于建筑不透光的幕墙部分，代替传统幕墙。



图 5-3 光伏幕墙示意

3) 建筑附属结构

指光伏建材应用于遮阳棚、围栏、雨棚，甚至地砖、车棚等建筑附属物及附属结构处。



图 5-4 光伏车棚示意

四、节能效益分析

1. 节能效益

本工程在设计中采用先进可行的节电、节水及节约原材料的措施，能源和资源利用合理，设计中严格贯彻了节能、环保的指导思想，在技术方案、设备和材料选择、建筑结构等方面，充分考虑了节能的要求，减少了线路投资，节约了土地资源。

本项目各项节能指标均能满足国家有关规定的要求，并将建设成为一个环保、低耗能、节约型的光伏发电项目。

该项目的实施节能及环境效益显著。根据该装机容量及年利用太阳能量测算，25年平均发电量为386.47万kWh，按火电厂供电标准煤耗300.7g/kWh计算，每年可为国家节省标煤1162t，与相同发电量的火电相比，该项目每年可减少碳粉尘排放量约0.07t，减少排放温室效应气体CO₂约3184.18tce，减少其他废气排放：SO₂约0.32t，NO_x约0.51t，并可减少相应的废水排放。由此可见光伏的建设环境效益十分显著。

2. 经济效益

本项目设计工程静态投资1965万元；工程动态投资1972万元；光伏电站单位千瓦静态投资5009.元/kW；光伏电站单位千瓦动态投资5029元/kW。

项目为利用国内银行贷款项目，项目建设资金由资本金和内资贷款组成，资本金占动态投资的20%。项目总投资收益率为4.02%，资本金财务内部收益率为8.76%，投资回收期为13.44年。

光伏作为鼓励发展的新能源产业，其节能和环境效益显著，本项目经济效益较好，经济上具有可行性。

3. 社会效益

本项目为新建车棚分布式光伏发电与充电一体化项目，采用“自发自用，余电上网”的开发模式，遵循因地制宜、清洁高效、分散布局、就近利用的原则，充分利用当地太阳能资源，替代和减少化石能源消费，作为区域负荷发展电源的补充。绿色能源的太阳能光伏发电的开发利用具有较好的社会效益。

4. 环境效益

减少碳排放，推动低碳发展，光伏车棚通过清洁能源发电，替代传统化石能源，直接减少二氧化碳排放。提高土地资源利用效率，通过“一地两用”（停车+发电），解决城市土地紧张问题，尤其适合停车场、工业园区、商业综合体等区域。促进可再生能源普及，作为分布式光伏的典型应用，光伏车棚可向公众直观展示清洁能源技术，增强社会对绿色能源的认知和接受度。

5. 示范效益

光伏车棚可作为科普平台，向公众展示新能源技术，培养低碳意识。光伏车棚成为城市“绿色名片”，体现地方政府对可持续发展的承诺，吸引环保企业投资，提升城市形象。

五、存在问题及推广建议

存在问题：项目造价较高，新能源车大多夜间充电较多，需要车流量和停车较多的地段。

推广建议：根据《太阳能资源评估方法》GB/T 37526-2019，上海市太阳辐射值处于3780~5040MJ/m²范围内，属于太阳能资源相对“丰富区”，光伏发电资源富足，而且随着新能源车的不断渗透，需要构建更多的充电设施，具备较好的开发前景，建议在全市交通领域全面推广。

建筑一体化分布式光伏发电技术在朱桥服务区的应用

实施单位：上海申能投资发展有限公司

一、项目概况

上海市朱桥服务区 243kW 建筑一体化分布式光伏发电项目（以下简称为“朱桥项目”）位于上海市嘉定区沈海高速朱桥服务区（上海方向），靠近 G15 朱桥收费站。本项目共计利用 2 个建筑屋顶，本工程建设总规模为 243kW（综合楼 200kW，司机之家 43kW）。本项目采用“自发自用，余电上网”模式，采用 0.4kV 并网发电单元。本工程位于上海市嘉定区朱桥服务区，屋顶为新建混凝土结构，项目采用“自发自用，余电上网”模式。

本项目据现有条件，结合服务区屋顶改造，进行设备安装、并网开关柜布置、电缆敷设等设计、施工，系统由光伏组件、逆变器、电线电缆、汇流箱、0.4kV 并网开关柜、清洗系统等若干主要设备组成。本项目主要设备采用 BIPV 光伏屋面瓦及组串式光伏逆变器，共安装 540Wp 组件 4410 块，2kW 微型逆变器 120 台，总装机容量为 243kWp。

考虑光伏电池年衰减损耗后及系统损耗后，全场光伏系统建成后第一年发电量 21.87 万 kWh，在运行期二十五年的光伏电站年平均发电量 20.69 万 kWh，年均减少二氧化碳排放量 86.90 吨，年均节省标准煤 63.09 吨，预计 25 年总发电量达 517.28 万 kWh，共节省标准煤 968.24 吨。

本项目于 2023 年 11 月开工，于 2024 年 6 月全容量并网。项目采用自发自用、余电上网模式，在园区总配电室就近并网，共计 2 个低压并网点，所发光伏绿电输入嘉定电网。

二、节能减排原理

1. 实施内容

本项目结合朱桥服务区改造规划，利用楼面屋顶空间，进行设备安装、0.4kV 并网开关柜布置、电缆敷设等设计、施工，系统由光伏组件、逆变器、电线电缆、汇流箱、0.4kV 并网开关柜、等若干主要设备组成，主要设备采用光伏瓦组件及微型光伏逆变器，共安装 540Wp 组件 450 块，2kW 逆变器 120 台，总装机容量为 243kWp。

2. 技术方案

本项目本项目选用 540Wp 光伏瓦，每 4 片组件进行并联入 1 台 2kW 微型逆变器，每台微型逆变器可独立监测、控制每片组件。本项目预计设置 2 个并网点。

组件安装方式是胶粘搭接式拼接的安装方式，太阳能组件以瓦片形式覆盖在屋顶。

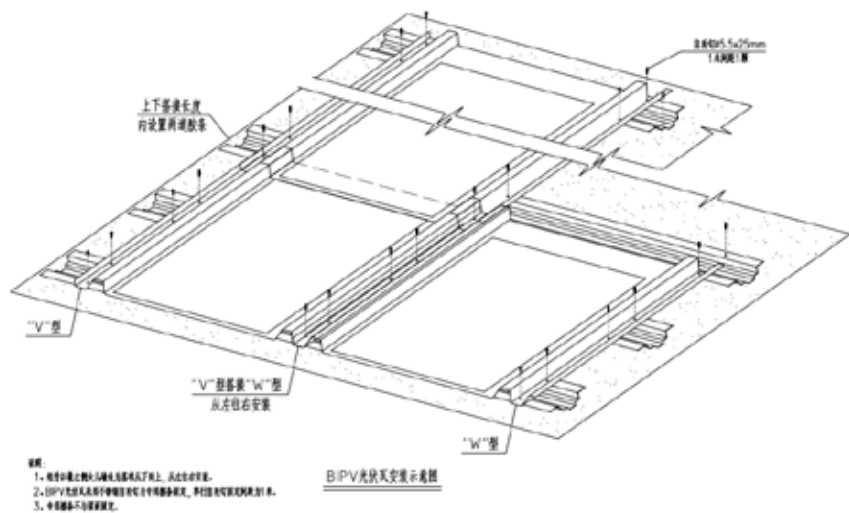


图 6-1 平屋面安装示意

3. 技术的创新点及关键点

本项目针对新建改造项目，采用了以下两个创新应用及关键技术：

1) 新材料设备

本项目采用建材型 BIPV 光伏瓦，背板为高强度钢板，平方重量 10kg，具

备防水、防火、防潮、承重、耐久等建筑材料的所有功能，一瓦两用，既能当屋顶材料防水隔热又能发电，针对复杂多变的屋顶可满足大面积推广的条件。适配屋面改造的防水需求，减轻主体工程投资。

本项目采用微型逆变器，微逆设计寿命为 25 年，传统逆变器为 10 年。每块组件可单独进行电流的转化，传统集中型逆变器或组串式逆变器通常具有几百伏上千伏的直流电压，容易起火，且起火后不易扑灭。微逆仅几十伏的直流电压，全部并联，最大程度降低了安全隐患。组件级的 MPPT，无木桶效应，降低了遮挡对发电量的影响；弱光效应好，因为启动电压低，仅 20V，在光照弱的时候也能工作。

2) 新工艺

本项目光伏瓦采用模块拼接工艺，通过特制瓦片边框，组件与组件之间搭接，形成多道防水结构，设计抗风等级达 13 级，降低施工作业难度，缩短工期，在项目建成后的运营维护中，可独立维护太阳能组件、线路的改换等。

三、推广应用条件

1. 资金条件

1) 初始投资：需覆盖光伏组件、光伏逆变器、相关电气设备等设备采购及安装费用。

2) 融资渠道：政府补贴（如可再生能源专项资金）、绿色金融贷款、PPP 模式（政府与社会资本合作）或企业自筹。

3) 长期维护成本：日常运检、组件清洁、故障维修等费用。

2. 设备条件

1) 光伏组件：需高效单晶硅 / 多晶硅组件（转化效率 $\geq 20\%$ ），适应低光照条件。

2) 逆变器：需采用稳定可靠的微型逆变器，支持远程监控（如 NB-IoT/LoRa 通信）。

3) 结构适配 抗风设计（如沿海地区需抗 13 级台风）、防腐蚀处理（盐雾环境）。

3. 人员条件

1) 设计团队：需熟悉光伏建设，具备结构、电气等多专业的综合设计团队。

2) 安装团队：需具备电工证、高空作业资质，熟悉光伏系统布线及安全规范。

3) 运维能力：定期巡检（如月度检查电池状态、组件积尘）、故障快速响应（24 小时修复承诺）。

4. 能源供应条件

1) 光照资源：年等效日照小时数 ≥ 1000 小时。

2) 电网接入：需具备电网并网接入条件。

5. 工程适用范围

适用于工商业建筑屋顶的改造。

四、节能效益分析

1. 节能效益

本项目建成后，预计首年发电量 21.87 万 kWh，年均发电量 20.69 万 kWh，25 年总发电量 517.28 kWh，项目年均减少 CO₂ 排放量 86.90 吨，减少标准煤 63.09 吨。首年有效利用小时数 900h，系统次年起年衰减率 0.45%，25 年运营期内系统年综合效率不低于 85%。

2. 经济效益

本项目总投资 102 万元，预计年均发电量 20.69 万度，上网电费收 0.4155 元 /kWh，光伏消纳率约 80%，预计年均收益 14 万元，项目全投资回收周期约 7.5 年，项目运营期 25 年总投资收益为 350 万元。

3. 社会效益

光伏发电是一种清洁的能源，既不通过消耗资源释放污染物、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问题，有利于保护周围环境。与其它传统发电方式相比，光伏发电可节省一定的发电用煤和减少环境污染治理费用，有更高的空气质量和环保标准。

本项目节能运营期间，可源源不断为电网输入光伏绿电，减轻沿线用电压力，减少二氧化碳排放，此外，每年还可减少大量的灰渣及烟尘排放，节约用水，并减少相应的废水排放，节能减排效益显著。

表 6-1 项目节能减排量测算表

项目	系数指标	首年	年平均	25 年总量
年均发电量（万度）	/	21.87	20.69	517.28
替代标准煤（吨）	0.3049kg/kwh	66.68	63.09	1577.17
节省柴油（吨）	0.190kg/kwh	41.55	39.31	982.82
减少 CO2 排放量（吨）	0.42kg/kwh	91.85	86.90	2172.56
减少 SO2 排放量（吨）	0.160g/kwh	0.03	0.03	0.83
减少 NOX 排放量（吨）	0.179g/kwh	0.04	0.04	0.93
减少烟尘排放量（吨）	0.032g/Kwh	0.01	0.01	0.17
节约净水（吨）	1.18kg/kwh	0.26	0.24	6.10

项目落成后，对交通领域服务区新建及改造相关设施的可利用空间有了更进一步

的实践探索，提升交通领域综合服务能力以及增值能力。

五、存在问题及推广建议

存在问题：由于服务区产权特殊，项目实施周期受电网接入条件影响，涉及部分电网外线改造工程影响，并网申请、接入改造周期较长。

推广建议：对服务区改造新建类项目，可结合本项目的工艺技术，在项目立项设计初期为光伏建设预留技术通道，可提前紧密结合，减轻改造投资，优化过程工艺。

光伏路灯技术在陈海公路的应用

实施单位：上海申能投资发展有限公司

一、项目概况

“陈海公路光伏 + 路灯” 1367.1kWp 光伏发电项目（以下简称为“陈海路灯光伏项目”）是结合 S128 陈海公路的路灯建设提供光伏分布式能源服务项目。本项目站址位于位于上海市崇明区南部，东起陈家镇东滩北陈公路，西迄新海农场北沿公路。长 66.827 公里（2019 年），宽 19 米，车行道宽 10.5 ~ 15 米。

本项目据现有条件，结合陈海公路沿路路灯规划，进行设备安放、0.4kV 并网开关柜布置、电缆敷设等设计、施工，系统由光伏组件、逆变器、电线电缆、汇流箱、0.4kV 并网开关柜、等若干主要设备组成。项目利用新建路灯顶面空间安装光伏系统，共涉及 735 根灯杆，每组灯杆安装 6 片太阳能组件，主要设备采用轻质柔性组件及组串式光伏逆变器，共安装 310Wp 组件 4410 块，12kW 逆变器 92 台，总装机容量为 1367.1kWp。

考虑光伏电池年衰减损耗后及系统损耗后，全场光伏系统建成后第一年年发电量 136.71 万 kWh，在运行期二十五年内的光伏电站年平均发电量 129.34 万 kWh，年均减少二氧化碳排放量 543.23 吨，年均节省标准煤 394.36 吨，预计 25 年总发电量达 3233.50 万 kWh，共节省标准煤 9858.95 吨。

本项目于 2024 年 7 月开工，于 2025 年 3 月全容量并网。项目采用全额上网模式，沿道路两侧就近并网，共计 25 个低压并网点，所发光伏绿电输入崇明电网。

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

本项目结合陈海公路沿路路灯规划，利用新建路灯顶面空间，进行设备安装、0.4kV 并网开关柜布置、电缆敷设等设计、施工，系统由光伏组件、逆变器、电

线电缆、汇流箱、0.4kV 并网开关柜、等若干主要设备组成。本项目共涉及 735 根灯杆，沿线分为 25 个低压并网点，每组灯杆安装 6 片太阳能组件，主要设备采用轻质柔性组件及组串式光伏逆变器，共安装 310Wp 组件 4410 块，12kW 逆变器 92 台，总装机容量为 1367.1kWp。

2. 采用技术方案

本项目本项目选用 310Wp 轻质组件，每个灯头铺设六片光伏组件，每四盏路灯共 24 片组件进行串联连接，48 片组件分两路输入逆变器。本项目预计设置 25 个并网点，总装机容量 1.375MWp，单个路灯装机容量 1.86 kWp，共 6 块 310Wp 光伏组件，单片组件尺寸 1180*1190mm，厚度 2mm，以结构胶粘贴形式加装，通过组串式逆变器逆变汇流后就近接入并网点。

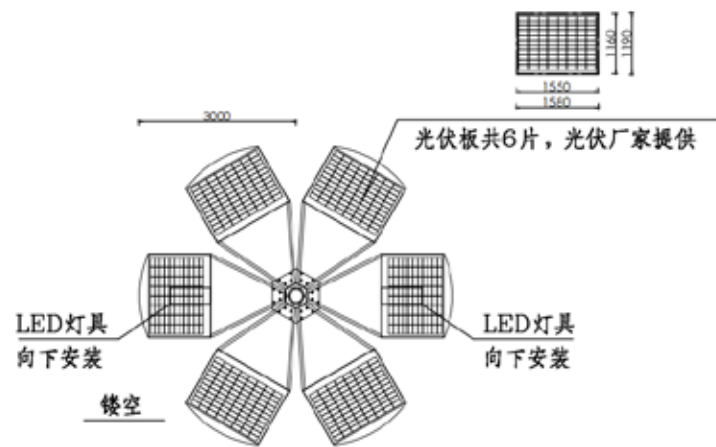


图 7-1 灯面组件排布图示意

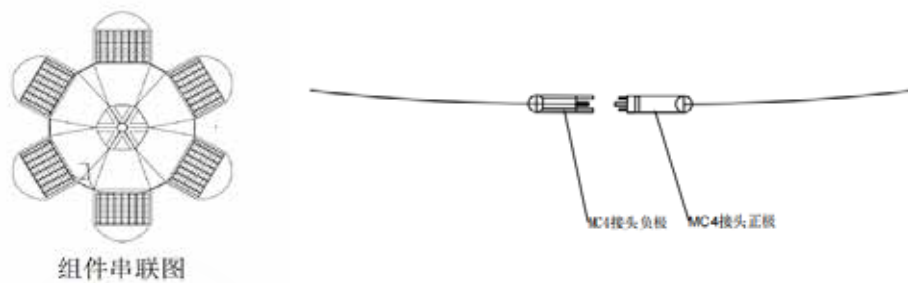


图 7-2 组件电气接线示意

本项目单个灯面组件接线为串联方式，组件之间相互串联。临近四个路灯串联成为一路光伏直流回路，进入 12kW 逆变器，转换为交流电路后输送至汇流并网点。

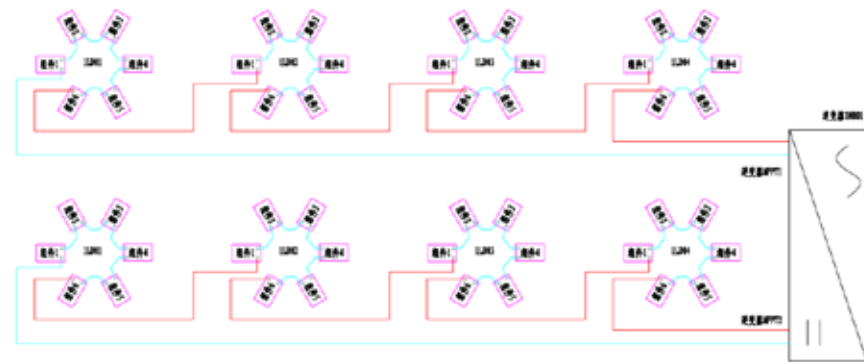


图 7-3 路灯串联方式示意

3. 技术的创新点及关键点

本项目针对新建路灯项目，采用了以下三个创新应用及关键技术：

1) 新材料

本项目采用高强度轻质柔性太阳能组件，平方承重仅 3kg，远小于玻璃光伏组件 12kg/ 平米的承重需求，适配路灯等轻型结构应用场景，减轻主体结构投资。且通过中科院上海硅酸研究所的特制高强度膜结构，起到良好的弯曲性能以及抗冲击抗隐裂性能，适配室外作业环境，防范恶劣天气影响。

2) 新工艺

本项目光伏组件采用耐候性结构胶，通过胶粘形式与路灯顶面结合，设计抗风等级达 13 级。路灯制造、施工可独立进行，减小构件运输过程中的损坏，通过模块拼接工艺，降低施工作业难度，缩短工期，在项目建成后的运营维护中，可独立维护太阳能组件、线路的改换等。

3) 新模式

本项目采用沿线多点低压并网形式，就近灯杆结合对应路段综合控制箱增设光伏并网箱，将光伏绿电上传至电网，减轻线路损耗，有效提升发电量。在未来的运营维护中，可分段式检修，提升系统整体稳定性。

三、推广应用条件

1. 行业应用现状

1) 全球市场

2024 年全球光伏路灯市场规模约 45 亿美元，年增长率 12%（来源：Global Market Insights）。典型案例有：非洲（肯尼亚、尼日利亚）依赖离网照明，政府招标项目占比高；印度实施国家太阳能计划（NSM），推动农村道路 100% 光伏化；欧洲（德国、荷兰）主打“零碳智慧路灯”，集成充电桩、环境监测。

2) 中国市场

在政策支持下，“十四五”规划明确推广新能源路灯。典型案例有：青海玉树在海拔 4500 米地区部署 3000 盏光伏路灯（-30℃低温电池技术）；江苏常州实施的智慧路灯项目（5G+ 光伏 +AI 监控），单灯节能率 65%。

3) 技术痛点

成本敏感，相比常规光伏电站成本投资较高。技术瓶颈，组件 PID 效应（湿热环境功率衰减）。运维短板，运营维护线路一般较长，对系统设备的监测要求较高。

2. 适用范围

城市主次干道 / 支路（6-12 米灯杆），农村道路（4-6 米灯杆，集成 5G 基站或监控功能），景区 / 公园（景观化设计，如太阳能庭院灯），工业园区 / 校园（智能调光 + 安防联动）。

3. 推广应用需具备的条件

1) 资金条件

需覆盖光伏组件、光伏逆变器、相关电气设备、LED 灯具、灯杆等设备采购及安装费用，可采用企业自筹、政府补贴、绿色金融贷款、PPP 模式，需承担日常运检、组件清洁、故障维修等长期维护成本。

2) 设备条件

包括光伏组件、逆变器及适配结构。灯杆需抗风设计，如沿海地区需抗 13 级台风，防腐蚀处理（盐雾环境）。

3) 人员条件

需有熟悉道路建设，具备结构、电气等多专业的综合设计团队，有具备电工证、高空作业资质，熟悉光伏系统布线及安全规范的安装团队，及定期巡检、鼓掌快速响应的运维能力。

4) 能源供应条件

包括光照资源条件，年等效日照小时数 ≥ 1000 小时以及电网接入条件。

四、节能效益分析

1. 节能效益

本项目建成后，预计首年发电量 136.71 万 kWh，年均发电量 129.34 万 kWh，25 年总发电量 3233.50kWh，项目年均减少 CO2 排放量 543.23 吨，减少标准煤 394.36 吨。首年有效利用小时数 1000h，系统次年起年衰减率 0.45%，25 年运营期内系统年综合效率不低于 85%。

2. 经济效益

本项目总投资 650 万元，预计年均发电量 129.34 万度，上网电费收 0.4155 元 /kWh，预计年均收益 53.74 万元，项目全投资回收周期约 12 年，项目运营期 25 年总投资收益为 1343.50 万元。

3. 社会效益

光伏发电是一种清洁的能源，既 not 通过消耗资源释放污染物、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问题，有利于保护周围环境。与其它传统发电方式相比，光伏发电可节省一定的发电用煤和减少环境污染治理费用，有更高的空气质量和环保标准。

本项目节能运营期间，可源源不断为电网输入光伏绿电，减轻沿线用电压力，减少二氧化碳排放，此外，每年还可减少大量的灰渣及烟尘排放，节约用水，并减少相应的废水排放，节能减排效益显著。

表 7-1 项目节能减排量测算表

项目	系数指标	首年	年平均	25 年总量
年均发电量（万度）	/	136.71	129.34	3233.50
替代标准煤（吨）	0.3049kg/kwh	416.83	394.36	9858.95
节省柴油（吨）	0.190kg/kwh	259.75	245.75	6143.66
减少 CO2 排放量（吨）	0.42kg/kwh	574.18	543.23	13580.72
减少 SO2 排放量（吨）	0.160g/kwh	0.22	0.21	5.17
减少 NOX 排放量（吨）	0.179g/kwh	0.24	0.23	5.79
减少烟尘排放量（吨）	0.032g/Kwh	0.04	0.04	1.03
节约净水（吨）	1.18kg/kwh	1.61	1.53	38.16

项目落成后，对交通领域市政公路新建及改造相关设施的可利用空间有了进一步的实践探索，提升交通领域综合服务能力以及增值能力。

五、存在问题及推广建议

1. 存在问题
- 一是建设周期较长。由于市政道路线路用电点位分散，项目实施周期受电网接入条件影响，涉及部分电网外线改造工程影响，并网申请、接入改造周期较长。
- 二是运维难度较大。本项目涉及路段长度约 20 余公里，运维维护线路较长，局部维修期间对道路的临时占用等存在较大挑战。
2. 推广建议
- 对新建路灯及相关路政设施（如声屏障等），可结合本项目的工艺技术，在项目立项设计初期为光伏建设预留技术通道，可提前紧密结合，减轻改造投资，优化过程工艺。



第三篇

充（换）电篇

新能源光储充检智能微网系统

实施单位：宝莱特（上海）新能源科技有限公司

一、项目概况

随着绿色低碳理念的广泛普及，近几年，新能源汽车产业蓬勃发展，尤其是在我国提出“双碳”目标后，市场需求更加旺盛，其经济、低碳的优势深受市民喜爱。发展新能源汽车产业是降碳减排、提振经济的战略举措，但对电网系统输电和发电造成了不小的压力。宝莱特“光储充检”智能微网充电系统破解了这一难题，集可再生能源接入、能量存储、电动汽车充电、电动汽车检测服务四大功能于一体，利用太阳能发电实现了绿色清洁能源的有效应用，为打造绿色生态城市提供可靠保障。

“光储充检”智能微网站“即发、即用、即储”的模式可以降低充电损耗，不仅解决了电车用户充电难、充电久的问题，还可以在节省配电增容费用的同时缓解新能源汽车充电站配电容量不足，电力供应紧张的局面，是一种可持续发展的能源利用方式。宝莱特（上海）新能源科技有限公司从2022年7月开始，在上海宝山、浦东新区、徐汇区、崇明区、江苏镇江灯体建设及运营了数座“光储充检”智能微网充电站，截止到2024年10月底，总光伏发电量约66万kWh，储能放电量约803万kWh，节约标准煤约216.48吨，减少碳粉尘排放约179.52吨，减少二氧化碳排放量约658.02吨，减少二氧化硫排放约19.8吨，减少氮氧化物排放量约1吨。位于宝山机器人园区“光储充检”智能微网站被宝山区发改委评选为2023年度低碳转型十佳案例。

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

光储充检智能充电站具有消纳绿电、快速补能、电池检测、投运快速、高安全性、虚拟扩容、应急备电等特点，因此可从容实现分布式电源与配电网协调控

制，实现局部微网的削峰填谷，同时可平抑电动汽车充电而引起的电网波动，在必要时可实现微网调频调幅功能，提高光伏发电的接纳能力，减少弃光，提供应急电源、备用电源和移动电源服务，解决部分电网增容扩容的矛盾，实现台区低压用户检测并提高用户电能质量，在电网崩溃情况下可作为黑启动电源快速实现系统的自恢复，实现充电站孤岛运行功能。

2. 采用技术方案

以最先投入运营的上海机器人产业园“光储充检”智能微网为例：

1) “光”——光伏系统

充电场站车棚顶部铺设了800平方米太阳能光伏板，年发绿电约12kWh，所发绿电作为新能源汽车充电电能的补充，最大程度上利用清洁能源，实现节能减排。同时接入储能系统。

2) “储”——储能系统

场站拥有3套宁德时代车规级磷酸铁锂电芯的储能系统，每套储能系统搭载824kWh电池。配网资源不足时，储能对电能进行优化配置，实现本地能源与用能负荷基本平衡，解决了城市快速充电基础设施建设的电网扩容问题。

3) “充”——快充系统

场站搭载42座160kW-180kW直流充电桩，单枪具备快充功能，将新能源汽车充电的时间缩短至30分钟，有效缓解城市新能源汽车“充电难”问题。

4) “检”——能源管理系统及电池检测系统

宝莱特智能光储能源管理系统可根据时间段及天气情况自动调整光伏、储能及充电设施的相关参数以调整最佳状态。车辆充电时可实现云端电池检测，充电结束后可获取电池检测报告，清晰了解车辆健康状况。



图 8-1 宝山机器人园区光储充检微网站



图 8-2 光储充检一体化能源管理系统

3. 技术创新点及关键点

“光储充检”智能微网站打造基于物联网、云计算、大数据技术的智慧能源数据平台，将成为“互联网+”智慧能源示范项目，通过模式创新带动产业发展，成为“零碳社区”的样板工程，将更好地服务国家战略，助力地区高质量发展。

与传统充电站相比，宝莱特光储充检智能充电站具有以下优势：可接入风电、太阳能等可再生能源；可以并离网运行，并具备黑启动功能；具备增容扩容功能，可以充分利用变压器闲时功率；具备 V2G 功能 / 可以与电网协调互动；适应各种应用场景；有充电桩补贴（部分地区还有储能补贴）；噪声小 / 夜间噪声对周边环境没有影响；输出优质稳定的电能给电动汽车电池；具备备电功能；单枪充

电功率更高 11;DCDC 模块数量少；具备电池充放电检测功能；谷电时候存储，峰值时间放电，赚取峰谷价差；液风冷双重温控系统，安全性更高。



图 8-3 光储充检一体化原理基本示意图

三、推广应用条件

“光储充检”智能微网系统以多样性的产品和技术特性服务具有新能源后市场需求的各类客户（新能源车主、企业、园区、综合商业、区镇级政府等），适应性广泛，不仅适用于新能源汽车充换电站的绿色电力补充，各类高速公路服务区、居民社区、机场、大型停车场、公交车站、出租车场等也能最大限度利用建筑的空闲面积，有效解决在有限土地资源里配置电网的问题。此外，与“光伏+交通”模式结合，还可以改造高速沿途的加油站和休息区，增加绿电比例。

聚焦于园区级和区镇级综合能源系统规划、商业模式分析、体制机制分析等领域，根据城市能源系统的主要构成和功能，从规划设计、能源建设、能源运维、节能改造、能源交易以及增值服务，提供一站式能源托管解决方案；从源、网、荷领域，提供包括电力、热力、建筑、交通等综合能源供应及综合能源服务。

“光储充检”智能微网系统目前在上海、福建、广东、江苏等地已广泛应用于服务新能源汽车充电行业并在运营过程中受到业主广泛好评。

四、节能效益分析

1. 节能效益

以宝莱特已投入使用的光储充检智能充电站场站共计 5 个光储充检智能充电站来计算，配备 7 套 630kW/824kWh 液冷储能和 2 套 250kW/412kWh 液冷储

能。截止到 2024 年 10 月底，总光伏发电量约 66 万 kWh，储能放电量约 803 万 kWh，节约标准煤约 216.48 吨，减少碳粉尘排放约 179.52 吨，减少二氧化碳排放量约 658.02 吨，减少二氧化硫排放约 19.8 吨，减少氮氧化物排放量约 1 吨。

根据权威数据：每产生 1 千瓦时绿电或节约 1 千瓦时电量，可以减排 0.4 千克标准煤，同时减少污染排放 0.272 千克碳粉尘、0.997 千克二氧化碳、0.03 千克二氧化硫、0.015 千克氮氧化物排放。

2. 经济效益

以最早投入运营的上海宝山机器人园区“光储充检”智能微网站为例，2022 年 7 月投入运营，总投资 1300 万元。截止到 2024 年 10 月底，该站日均充电 700 辆次，日均充电量 1.8 万度，月均营收近 60 万（含补贴），已近为 50 余万辆次新能源汽车提供充电服务，两年间已收回投资成本，并盈利数百万元。

3. 社会效益

以最早投入运营的上海宝山机器人园区“光储充检”智能微网站为例；1 年的运营就能实现光伏发电量约 12 万 kWh，为 20 余万辆的新能源汽车提供了快速充电服务，减少二氧化碳排放量约 109.6 吨，减少二氧化硫排放约 3.3 吨，减少碳粉尘排放约 30 吨，节约标准煤约 44 吨。储能设施放电量约 129 万 kWh，通过削峰填谷，大大降低了对社区的电网负荷，并以 2050kW 的电网配电容量，创造了原本需要 5000kW 甚至更多电网配电才能满足需要的场景。

五、存在问题及推广建议

在电力系统不完善的老城区，“光储充检”一体化系统能最大程度上利用清洁能源，实现节能减排，为越来越多的新能源汽车提供晚上服务。同时能够大幅度减低电网负荷，保护老城区供电网络，建议加大推广力度与政策扶持力度。

规模化车网互动虚拟电厂建设与运营

实施单位：上海蔚来能源有限公司

一、项目概况

新能源汽车补能方式分为两种，充电模式和换电模式。充电模式是目前盛行的模式，由于新基建的提出以及政策的倾斜，过去几年充电桩数量稳定增长，细分来看，有固定充电和移动充电两种方式，固定充电桩又分为普通的交流慢充和直流快充。据知网统计，慢充需要 6-10 小时的时间，快充只需要 0.5-1 小时，但是对电池损耗较大。换电是在用户需求与充电矛盾加深的现阶段蓬勃兴起的模式，更为高效并且能够满足更多的应用场景。

换电模式也可以分为换电站和移动换电，目前采用的大多数的是换电站模式，其中的换电方式主要分为侧方换电，分箱换电，底盘换电。目前使用率最高的方式是底盘换电，达到了 90%。换电模式相比于充电模式具有多方面的优势。其中最大的比较优势换电模式的补能效率高，在 5 分钟以内即可完成，与此同时，换电所提供的电池由专业人员控制管理，并且高效利用波谷时段进行集中充电，可以降低电池损耗，延长电池的寿命。

总体来说，换电带给使用者更低的成本，更高的效率，更安全的使用体验。目前换电相比于充电的最大劣势是标准化程度较低，但由于近期政策的扶持和民众对于换电的认知水平提高，换电站预期将在更短时间内在市场普及。



图 9-1 蔚来光储充 4.0 换电站效果图

蔚来能源积极响应国家号召，持续建设车网互动型充换电基础设施。在 2023 年至 2024 年期间，投入了一批换电站和 V2G 充放电桩，结合国家“绿色低碳”交通理念，积极参与联网互动，助力本市新能源推广，实现源头减碳。在时间维度上，根据电网平衡以及清洁能源消纳需求，以价格激励用户配合电网响应调控；在空间维度上，充分发挥电动汽车移动储能的价值，结合充换电资源空间分布，引导用户分布式响应需求补能。

项目符合国家《绿色低碳先进技术示范工程实施方案》中“源头减碳类—先进电网和储能示范项目—新能源汽车车网互动”示范应用方向，申请的“规模化车网互动虚拟电厂建设与运营二期项目”于 2024 年正式纳入国家《绿色低碳先进技术示范项目清单（第一批）》目录。

二、节能减排原理

1. 实施内容

本项目在上海市建设 50 座换电站，36 根 V2G 双向桩，换电站和充电桩采用自研的规划网络仿真模拟系统（Athena）选址。

2. 技术应用

1) 聚合调控技术

车网互动虚拟电厂通过先进的聚合调控技术，能够将分散的新能源汽车、储能系统、可控负荷等分布式能源资源进行有效整合和协调优化。能够实时监测和控制各参与者的能源使用状态，确保在电网需要时能够快速响应并提供所需的电力或储能服务。

2) 信息通信技术

虚拟电厂依赖于强大的信息通信技术来实现数据的实时传输、处理和决策。高速、可靠的信息通信网络能够确保虚拟电厂与参与者之间的信息同步和指令传达，提高整体系统的响应速度和准确性。

3) 市场交易技术和供需预测技术

车网互动虚拟电厂需要具备高效的市场交易技术和精准的供需预测能力。通过分析市场趋势、电力需求以及新能源发电情况，虚拟电厂能够制定出合理的电力交易策略，确保在电力市场中获得最大的经济效益。

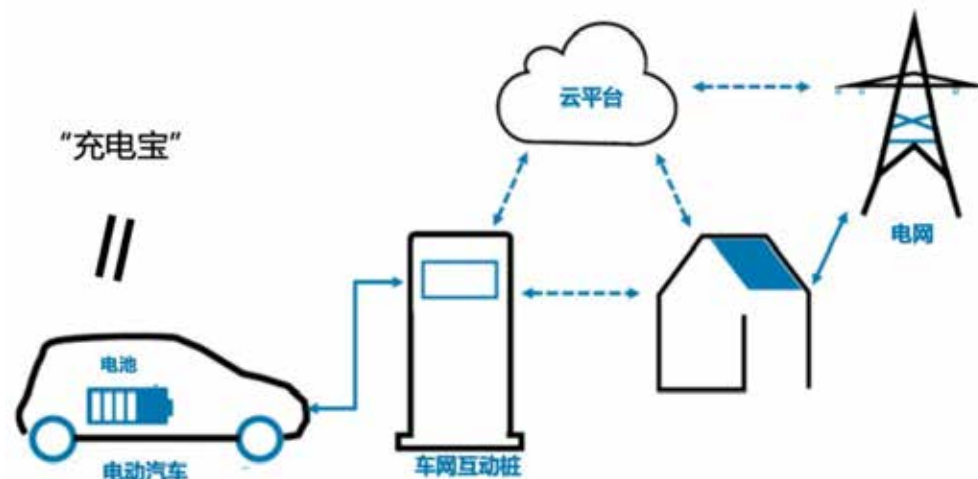


图 9-2 “车—桩—网”互动聚合调控示意图

通过车网互动虚拟电厂平台接入上海电网，实现“车—桩—网”协同互动，进而实现可调节负荷“削峰”，实现充电桩参与电网调度实际验证和示范应用。开发群充群控技术，针对公共充电桩的容量不足限制了充电桩的报装，通过桩群内部有序充电，最大化利用容量进行报装，避免无序充电超过容量限制。开发智能托管充放电技术：利用智能托管调控的充放电曲线，降低电费成本获利，让车主更多收益，促进规模化运营落地。根据用户的充电需求（取车时间和目标 SOC），利用峰谷平的价格差，尽量在满足用户充电需求的前提下，谷平时候多充电，在峰时刻少充甚至放电，是另一种错峰充电的手段，来赚取峰谷价差套利。

3. 技术的创新点及关键点

本项目旨在打造以绿色低碳，柔性调控以及智慧融合为特征的车网互动虚拟电厂，以期车网互动规模化应用探索。首家接入电网调度安全区的车企，首创聚合式的调频服务能力。与上海电网深度合作，建设蔚来虚拟电厂安全实时调度模式，验证换电站作为分布式资源聚合式参与电网调频功能，为电力系统灵活性资源提供了一种快速、可靠、低成本的负荷侧解决方案。多目标智慧的融合决策：基于端云协同的智能决策系统，均衡用户体验、绿色低碳、电网平衡、经济成本等优化目标，统筹全局提升体系化效率。

三、推广应用条件

项目已按照国家申报规模实施落地，资金执行已完成，设备和人员开展日常运营维护。其中，V2G 充放电桩通过自有 APP 扫码启动，对通用车型进行配套服务；换电站为蔚来、乐道品牌车型提供通用服务，在服务用户补能的同时，提高项目运行效率和效益。

四、节能效益分析

1. 节能效益

项目节能量主要体现在油车转化、电池综合管理及 V2G 电网调节三部分。年节碳量 59.21 万吨。

1) 饱和工况下较油车的污染物减排（50 个站全部投用）

按换电站理论最大服务能力为 408 单 / 天，每单换电量为 53kWh，50 个换电站全部建成后负荷率按 50% 计算，即 10600kWh/d 站、387 万 kWh/a 站。则全年换电量为 19350 万 kWh，相当于 13012777 百公里，按较同等车型油车可减少碳排放 18.79kgCO₂/ 百公里计算，则可实现 24.45 万吨 CO₂ 的减排量。

2) 相较于充电车型，生产环节理论减排量

按 14 万上海蔚来车主计，通过部署换电车型，理论上将比普通新能源车年额外减少 32.2 万吨 CO₂ 的生产过程碳排放。

3) 通过 V2G 能力支撑电网调节的理论减排量

通过在充换电站中部署 V2G 能力，使得车辆参与错峰换电活动，可缓解峰时电网供应紧张、促进谷时电力消纳，辅助电网维持稳定。此外，谷时电力清洁能源占比更高，将峰时电力需求转移至谷时，可促进清洁能源消纳，降低单位电耗碳排放。按单个换电站，响应能力 200kW，响应 1 小时减少 CO₂ 排放量 114kg（度电碳排放因子 0.57）计算，发动车主助力电网削峰填谷，年调节电量 321kWh/ 车，减少 CO₂ 排放量 183kg（NIO 实际活动数据）。预计到 2025 年，建成规模化车网互动虚拟电厂，将具备 25MW 换电站调峰调频能力，按每年响应 20h，减少 CO₂ 排放量 285.15 吨，发动 14 万上海蔚来家充车主错峰促进情节能源消纳，年减少 2.56 万吨 CO₂。

2. 经济效益

本项目总投资为 10200.0 万元，收入包括换电服务收入、充电服务收入两部分。

1) 预测换电收入

按照换电站理论设计，换电站起始年按照每天换电 40 次估算，年均增长 5%，平均每次换电量为 50 度，换电收费价格为 1.58 元 / 度，年运营 365 天。运营期 8 年内估算换电收入为 55069.7 万元。

2) 预测充电桩收入

按照充电桩理论设计，36 根充电桩平均每次充电桩 20 度，充电时长 3-4.2 小时不等，年运营 365 天。运营期 8 年内估算充电收入为 1189.5 万元。综上分析，项目运营期限内累计营业收入 56259.2 万元。

综合测算，本项目所得税后内部收益率为 4.28%，投资回收期 8.5 年左右。

3. 社会效益

1) 项目应用后对环境保护的影响

减少碳排放：项目通过推广新能源汽车的使用，显著减少了传统燃油车排放的二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物和颗粒物等污染物。特别是 V2G 技术的应用，进一步优化了能源利用结构，减少了化石燃料发电的比例，每辆配备 V2G 技术的电动车每年可减少 30% 的碳排放，有助于缓解全球气候变暖的压力。

促进清洁能源消纳：项目通过 V2G 技术和虚拟电厂的调度，促进了可再生能源（如风能、太阳能）的消纳，提高了清洁能源在能源结构中的占比，有助于减少对传统化石能源的依赖。

4. 减排量的测算与评估

电动汽车与燃油车的碳排放对比：根据文档数据，蔚来电车较同等车型油车每百公里可减少碳排放。随着电动汽车的普及和换电模式的推广，这一减排效果将显著放大。

V2G 技术的减排效果：V2G 技术允许电动汽车在电网需求时将电能回馈给电网，这不仅减少了电网的峰谷差，还促进了清洁能源的消纳。据估算，项目建成后，通过 V2G 技术额外减少的二氧化碳排放量将十分可观。

3) 对当前交通领域节能减排的推动作用

促进新能源汽车普及：项目通过建设大规模的换电站和充电桩网络，降低了新能源汽车的使用门槛，促进了新能源汽车的普及。随着新能源汽车数量的增加，交通领域的碳排放将显著降低。

提升能源补给效率：换电模式相比传统充电模式具有更高的能源补给效率，减少了用户的等待时间，提高了交通效率。同时，换电模式还有助于延长电池的使用寿命，进一步降低碳排放。

5. 对提高从业人员节能意识，提高行业服务水平的作用

项目的实施和推广将加强节能宣传和培训，提高从业人员的节能意识。通过展示新能源汽车和换电模式的节能减排效果，激发更多人关注和支持节能减排事业。蔚来能源通过提供一站式的换电服务体验，包括舒适的休息环境、饮品、充电设施等，不仅提升了用户的满意度和忠诚度，也推动了整个新能源汽车服务行业的服务水平提升。同时，蔚来能源还通过大数据和人工智能技术优化换电站的运营和管理，提高了服务效率和质量。

五、存在问题及推广建议

电网端放电缺少价格机制支撑，市场培育和商业模式推广刚刚起步。各个品牌车型情况参差，放电功能受主机厂限制较大。个人使用习惯两极分化，用户培育和应用场景尚需探索。

光储智检超充站

实施单位：上海润融时力科技有限公司

一、项目概况

2020 年 11 月国务院发布的《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》提到：“鼓励‘光储充放’（分布式光伏发电—储能系统—充放电）多功能综合一体站建设”。在光储充检一体化充电站中，储能系统能够按照实际情况对光伏发电和电动汽车的充电需求进行分析，缓解配电网的压力。充电系统主要是为电动汽车提供充电和实现 V2G 的基础条件，借助充电接口为电动汽车提供充电服务；检测系统主要是实现快速检测新能源汽车的电池，为车主提供电池检测的报告和风险预警等，确保电池的安全、可靠，延长电池的寿命。

2024 年 10 月 21 日，上海奉贤首座“光储充检”一体化智能超充综合示范站，在奉贤中国普天信息产业园正式投入运营。润融时力光储智检超充站位于环城北路 168 号，占地面积近 2000 平方米，由定制光伏车棚、储能电池系统、充电站、电池在线检测系统、智慧能源管理云平台等组成。配备有新能源汽车充电车位 32 个，可同时为 32 辆新能源车充电。充电站配备 180KW 直流快充桩，覆盖 200V-1000V 的超宽电压适配段，不仅能够满足当前国标车的充电需求，同时也有效适配宁德时代“麒麟快充电池”和众多品牌车企陆续推出的 800V 电压平台车型的充电需求。其中，超级快充的充电效率是普通充电桩的 10 倍，搭载 800V 高压平台的电动汽车车型，可达到“一秒一公里”的充电速度，跟传统的加油时间类似，极大提高充电效率。

光伏发电系统年均发电量约 3.2 万度，减排二氧化碳约 13.44 吨。储能系统在电价低谷时储存电网富余电能或光伏发电余电，高峰时段释放供能，缓解电网压力。支持大功率快充（如 10 分钟续航 200-600 公里），缩短车辆等待时间，降低充电桩空置损耗。集成储能柜系统减少土地占用。电池智能检测系统，实时监测电池健康状态，延长电池使用寿命，降低因电池报废导致的资源消耗和污染。

二、节能减排原理

1. 项目实施内容

- 1) 车棚采用 32kW 碲化镉玻璃光伏发电系统；
- 2) 2 组共 1648kWh 紧凑集成磷酸铁锂储能电池系统；
- 3) 覆盖 200V-1000V 的超宽电压适配段的 180KW 直流快充系统，支持 V2G 放电；
- 4) 具有能量云平台的智能能源管理系统，支持接入虚拟电厂；
- 5) 在线电池检测评估系统。

2. 采用技术方案

- 1) 具有智能能源管理系统、可接入虚拟电厂的“光伏发电 + 储能”的能源供给和储存方案；
- 2) 具有 V2G 功能的超宽电压适配和超快充性能的超充与电网互动方案；
- 3) 具有 AI 在线检测系统的电池检测与健康管理方案；
- 4) 箱变和储能单元模块化与集约化方案。

3. 技术创新点及关键点

光储智检超充站通过多能协同、智能调度、模块化设计三大核心创新，解决了充电效率、电网冲击、土地资源等痛点，具有 V2G 功能的充电桩和可接入虚拟电厂的智能能源管理系统，拓展了超充站的收益来源，通过政策衔接与商业模式优化实现了经济可行性，成为新型电力系统和智慧城市建设的解决方案。

三、推广应用条件

1. 资金条件

仅计算充电收益，典型项目投资回收期超过 8 年，资金条件从投资角度还需要地方政策支持，从运营收益角度还需要增加峰谷电价套利、绿电消纳节省电费、参与虚拟电厂调节（如广州项目年增收超 50 万元）等多个渠道。

2. 核心设备技术要求

包括采用高效单晶硅或碲化镉组件的光伏组件；超充桩支持 600A 电流、覆盖 200V-1000V 的超宽电压适配段，支持 V2G 双向充放电；需集成智慧能源管

理平台，实现光储充协同调度；设备需兼容主流车企高压车型。

3. 人员条件

运维团队需具备光储充项目全流程管理经验，熟悉微电网调度策略与故障处理，设备厂商需提供技术培训，如要求技术人员持有厂商认证证书，确保系统高效运行。

4. 能源供应条件

光伏发电覆盖 20%-50% 充电需求，储能系统通过峰谷套利降低电网依赖；支持并离网切换，切换相应最快可以做到秒级，市电中断时储能可独立供电。

5. 目前应用情况

- 1) 城市充电站：上海奉贤 32 个快充车位润融时力光储智检超充站，服务费 8 折引流用户，日均充电超 500 次；
- 2) 高速服务区：福建泉州项目年省电 5 万 -10 万度，支持应急供电；湖南邵阳站集成 V2G 技术，年减碳 167 吨；
- 3) 工业园区：南京示范站采用锌溴液流储能，占地较常规减少 70%，构建“源网荷储数”微电网。

光储充检一体化超充站的推广需依托政策补贴降低投资门槛、高兼容性设备提升技术可行性、专业化团队保障运维，并通过多能协同优化能源效率。当前该技术已在城市充电站、高速服务区等场景形成标杆案例，政策支持与市场需求双重驱动下，预计将迎来规模化爆发。

四、节能效益分析

1. 节能效益

碲化镉（CdTe）光伏组件具有较高的光吸收系数和弱光发电优势，理论转换效率可达 22.1%，量产组件效率普遍在 17%-19% 之间。上海属于四类光照资源区，年等效满发小时数约为 1000 小时。

计算公式：年发电量 = 装机容量（kW）× 年等效小时数

估算结果：32kW × 1000 小时 ≈ 32000 千瓦时（度）

二氧化碳减排量计算：

根据上海市电网排放因子（约 0.42kg CO₂/度），减排量计算公式为：

年减排量 = 年发电量（度）× 电网碳排放因子

估算结果：32000 度 × 0.42kg/度 ≈ 13.44 吨 CO₂/年

节能减排潜力分析：

项目正在准备接入闸北电厂的虚拟电厂，预计今年夏季用电高峰可接入调度运行。

排放因子法：

根据上海市电网碳排放因子（约 0.42kg CO₂/度），1600kWh 储能放电相当于替代电网供电，减排量为：1600kWh × 0.42kg/kWh = 672kg（约 0.672 吨 CO₂）

综上，本项目接入闸北电厂虚拟电厂之后，2 个储能单元总计约 1600kWh 完全被调度一次可实现减排 0.672 吨。

2. 经济效益

本项目总投资约 1200 万元，目前日均充电量约 6000kWh，按充电每 kWh 服务费收益 1.0 元计算，目前项目实际充电收益为 216 万元/年。

2024 年，上海虚拟电厂累计 49 次，最大响应负荷达 70.43 万千瓦，同比提升 117%，创全国单一城市虚拟电厂调用次数和响应负荷的最高纪录。

根据《上海市虚拟电厂高质量发展工作方案》，到 2025 年全市虚拟电厂调节能力将达到 100 万千瓦，并形成常态化商业运营模式。未来计划将年度调用次数提升至 100 次以上，覆盖削峰、填谷、调频、电压支撑等全场景需求，目标成为上海电网峰谷调节的核心支撑力量。

奉贤区虚拟电厂调用补贴，参照松江区实时响应补贴为 6 元/kWh，不考虑单个用户年度补贴上限，按照每年调用 50 次计算，项目参与虚拟电厂调度每年可获得补贴：1600kWh × 50 × 6 = 48 万元；参照松江区快速响应补贴为 4 元/kWh，不考虑单个用户年度补贴上限，按照每年调用 50 次计算，项目参与虚拟电厂调度每年可获得补贴：1600kWh × 50 × 4 = 32 万元。本项目配置储能设备和智能能源管理系统，具备实时响应功能。满足“三星”站点示范要求，参与 V2G 示范的充电桩设备，可享受 300 元/千瓦的建设奖励，本项目可获得建设补贴

为：300 × 180kW × 32 根 = 172.8 万元。项目充电收益 + 虚拟电厂响应收益为：216 + 48 = 264 万元/年，项目静态回收期（1200 - 172.8）/ 264 = 3.9 年。

3. 社会效益

项目通过光伏发电和储能系统替代传统电网供电，显著降低碳排放。通过“光伏优先、储能缓冲”的模式，形成能源闭环，减少电网调峰对火电的依赖，同时避免充电负荷对城市电网的直接冲击。采用集约化设计（如双层箱变、光伏车棚）减少土地占用。项目光伏发电每年可实现减排 13.44 吨，接入虚拟电厂每被调用一次可实现减排 0.672 吨。并通过 V2G 技术实现车网互动，超快充技术（如“一秒一公里”、5 分钟续航 300 公里）缓解里程焦虑，提升用户接受度，可以成为高速服务区、城市中心等场景的标配。

项目带动标准化建设，增值服务（如电池健康度报告、碳积分兑换）提升用户体验，推动行业从单一充电向综合能源服务升级。智能运维系统（如 AI 在线检测、远程监控）推动从业人员向“能源管理师”转型，提升故障预警与处理效率。项目通过清洁能源闭环利用、技术融合创新和政策示范引领，在环境保护、交通减排、产业升级等方面产生深远社会效益。其核心价值在于将能源转型与城市发展深度融合，为“双碳”目标提供可复制的解决方案，同时推动从业人员技能升级与行业服务模式革新。未来需进一步优化减排评估体系，扩大峰谷电价套利等市场化机制，加速规模化推广。

五、存在问题及推广建议

光储充检一体化超充站相对普通充电站初投资高出很多，因配置功能不仅仅只有充电一项，投资收益来源也不应仅来源于车辆充电。项目推广需以政策驱动为核心，依托标准化技术体系和经济性商业模式，结合土地集约化利用与市场需求升级，最终通过产业链协同实现规模化落地。未来需进一步优化峰谷电价机制、扩大 V2G 和虚拟电厂试点、增加平台引流，并加强公众教育以加速市场渗透。