



# 建筑光伏一体化 (BIPV) 技术白皮书

北京鉴衡认证中心有限公司  
国家能源风能太阳能仿真与检测认证技术重点实验室  
阳光新能源开发股份有限公司  
联合发布



2022年3月





# 目录





## 01-04

白皮书编制背景和目的

## 05-13

阳光新能源BIPV设计方案及相关技术说明

设计理念和思路 / 技术特点

## 14-26

技术评审与示范项目性能和质量等级验证

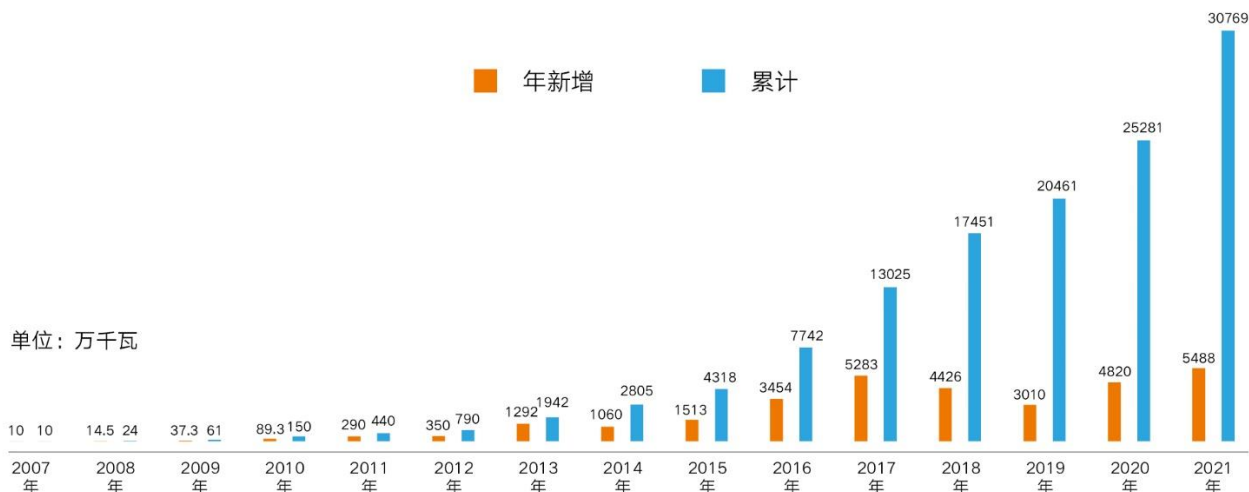
技术评审 / 示范项目性能和质量等级验证



## 白皮书编制背景和目的

图1-1为2007年至2021年全国光伏年新增和累计装机统计。回顾过去十几年我国光伏发电的应用，按发展速度和规模，可划分成2个大的阶段，2015年以前，主要是市场培育阶段，解决的是从无到有的问题；“十三五”期间，我国光伏发电进入高速发展阶段，解决的是从小到大的问题。展望“十四五”及未来十年，在“双碳”目标引领下，可以预期：我国光伏发电将以远超“十三五”年均装机量的增速实现超大规模应用，在技术质量方面，也会有“质”的飞跃。

图1-1 中国2007年-2021年光伏装机量统计

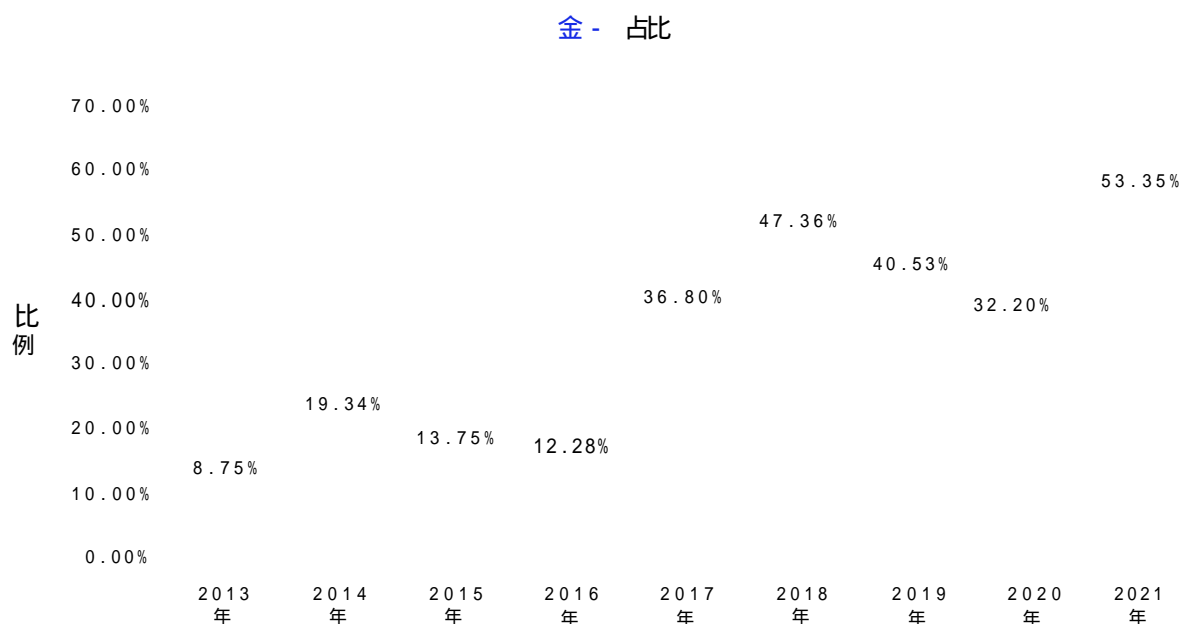




截至2021年底,我国光伏累计装机量已超过307GW.客观评估已投运电站的性能和质量,总体看,有待提高,距离高质量发展的要求还有差距.适应光伏发电未来发展的需要,依据CGC-PGF007: 2022《"光伏好电站"示范项目及技术成熟度评价规范-通用要求》及不同类型光伏发电系统的特定要求,北京鉴衡认证中心(以下称"鉴衡")开展了"光伏好电站"评选工作,旨在通过发掘光伏发电项目建设和运营中值得推广的先进技术、最佳实践和解决方案,形成范式,推而广之,助推光伏产业实现又快又好地发展.

图1-2为我国2013年至2021年新增装机中分布式光伏占比.从图中可以看出:"十三五"期间,分布式在光伏新增装机中的占比显著提高,并保持增长势头.可以预期:"十四五"及未来十年,考虑到分布式光伏在消纳、土地利用、成本和电价方面的比较优势,在新增光伏装机中仍将保持较高比例.从近些年国家发布的政策文件看,国家也在积极倡导和鼓励分布式光伏的发展.

图1-2 2013至2021年新增装机分布式占比





在分布式光伏中，与建筑结合的分布式光伏为主流形式，包括依附于建筑的分布式光伏（BAPV）和集成于建筑的分布式光伏（BIPV）。“十三五”及以前，BAPV为建筑光伏的主流形式，BIPV处于示范或试验性应用阶段，占比较小。随着相关政策的进一步落实和BIPV建设水平的提升，BIPV在以下方面的比较优势会进一步显现，包括：

- a) 与主体建筑及其构件同寿命、同步率高；
- b) 可减少与建筑构造重复用材、建设和运维，有效降低建设和运营成本。

表1-1为合肥地区某项目采用屋顶BIPV与普通彩钢瓦屋顶、BAPV屋面发电的经济性对比（示例）。从表中可以看出，BIPV具有明显的比较优势。可以预计：“十四五”及未来十年，BIPV将得到越来越多的应用，项目占比也会逐步提高。

表1-1 合肥地区X工业厂房不同屋面形式经济性对比（示例）

项目	普通彩钢板屋面	彩钢板附加	BIPV屋面
屋顶面积 (m <sup>2</sup> )	2000	2000	2000
建筑寿命 (年)	30	30	30
组件安装容量 (kW)	--	300 (铺设率按75%计算)	350 (铺设率按85%计算)
单位造价/投资	80元/平方米	3.5元/W	4元/W
总投资 (万元)	48 (按寿命期更换2次累计计算)	163 (含初始投资、寿命期内彩钢板2次拆装成本)	140
发电收益 (万元)	--	587 (电价按0.7元/kWh计算)	685 (电价按0.7元/kWh计算)
综合收益 (万元)	-48	424	545



目前，从技术成熟度和经济性角度，建筑屋顶BIPV为各类BIPV中最具应用条件的系统形式，但仍存在许多需要解决的技术问题。“阳光新能源开发股份有限公司”（以下称“阳光新能源”）自2017年开始进行BIPV技术研发，2018年发布了第一版BIPV系统解决方案产品。目前，经过三次迭代，已形成多场景、序列化解决方案产品，特别针对业界关心及BIPV建设和运营中的重点和难点问题，在深入研究和经验积累基础上，企业已有了成熟的技术措施和解决方案。在本次鉴衡组织的“光伏好电站”筛选活动中，通过综合评审和验证，阳光新能源BIPV解决方案技术成熟度达到“A+”级，“福建三峡海上风电产业园——中国中车生产厂房470.58kWp建筑集成屋顶分布式子项目”作为示范项目，性能和质量等级达到“L4”最高等级。



为使业界全面了解阳光新能源BIPV设计方案及相关技术，鉴衡和阳光新能源联合发布“建筑光伏一体化（BIPV）技术白皮书”。该白皮书较为详尽地介绍了阳光新能源BIPV设计方案及相关技术，以及鉴衡技术评审和验证结果，旨在：

- a) 为业主选择BIPV产品提供参考；
- b) 为业界提供经验和技術分享；
- c) 提高社会对BIPV的认知程度。





## 阳光新能源BIPV设计方案及相关技术说明

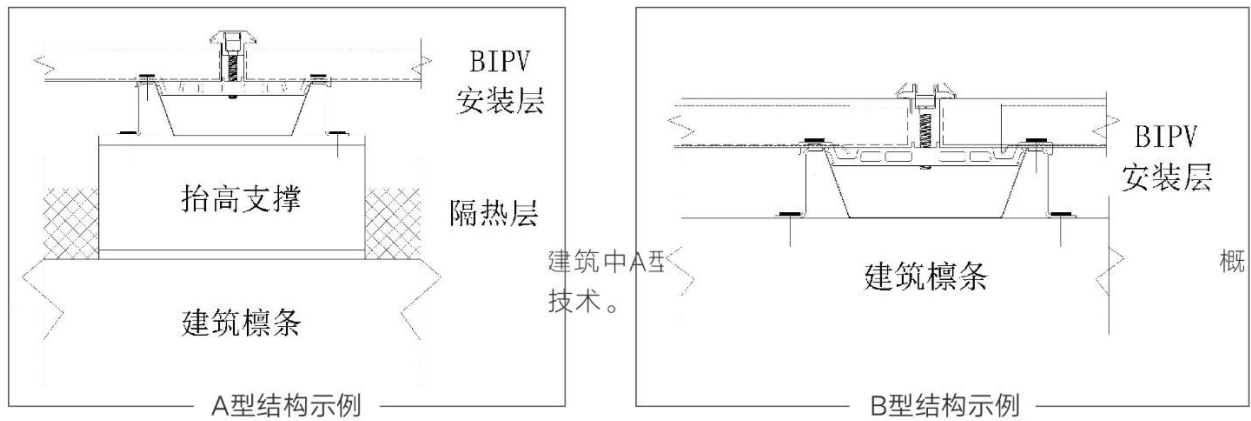
目前，按应用场景，相对成熟的屋顶BIPV可分为4类，包括：封闭式工业建筑屋顶，封闭式商贸及公共建筑屋顶，车棚及其他敞开式工商业建筑屋顶，露天阳台、遮阳棚及其他敞开式民用建筑屋顶，图2-1为各类应用场景实景图例。

图2-1 BIPV应用场景图例



另外，按照屋面构造及功能需求的复杂程度，又可将屋顶BIPV分为两种，包括带隔热层及附加功能的屋顶BIPV（简称“A型结构”），不带隔热层、简易结构的屋顶BIPV（简称“B型结构”），图2-2为两种结构图示。

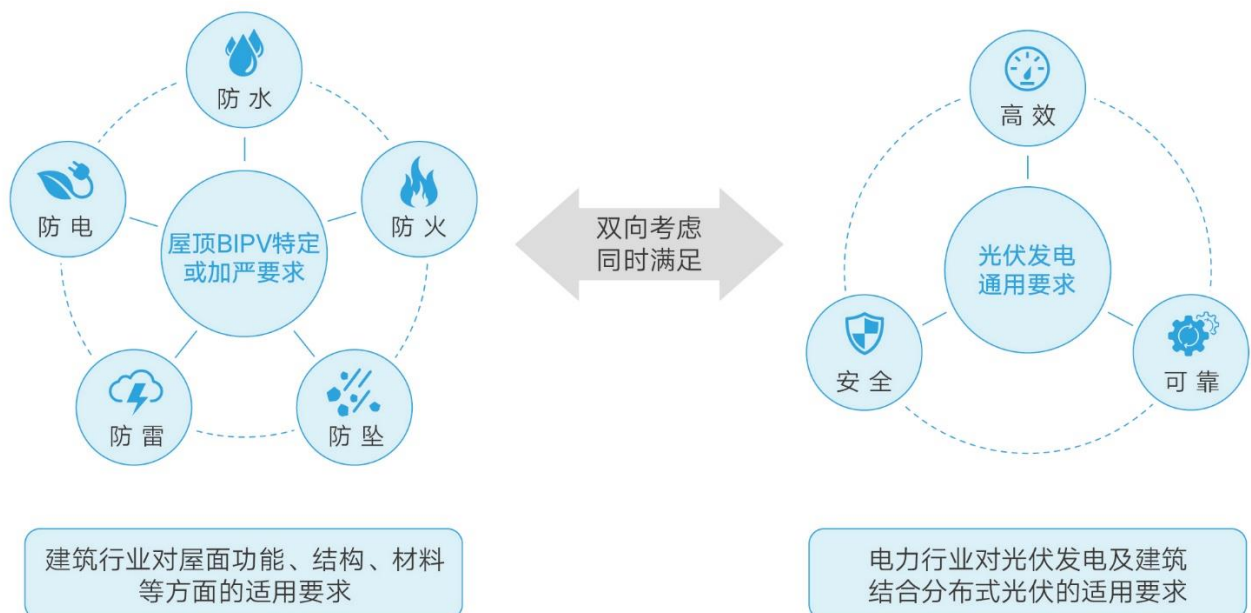
图2-2 BIPV构造层次示例



在各类屋顶BIPV中，最为复杂的是工业建筑中A型设计的BIPV，以下以此种形式的BIPV为例，概要介绍阳光新能源BIPV综合解决方案及相关技术。

## 设计理念和思路

从建筑和光伏发电两个方面，图2-3给出了屋顶BIPV性能和质量要求概览。





屋顶BIPV技术开发的难点和重点在于：

a) 工程设计、组（构）件和材料选择、安装和维护等环节同时满足建筑及光伏发电的需要；

b) 最大限度地提高组（构）件和材料、运维设施及其他资源的共用、复合、同步化程度，以有效降低建筑和光伏发电建设和运维的叠加成本。

阳光新能源在BIPV项目设计中一直遵循“建筑优先、分类施策、同步满足、综合最优”的理念，将技术开发的重点放在图2-3中所示建筑和光伏发电“双重”要求的满足及材料共用和资源共享方面。

## 技术特点

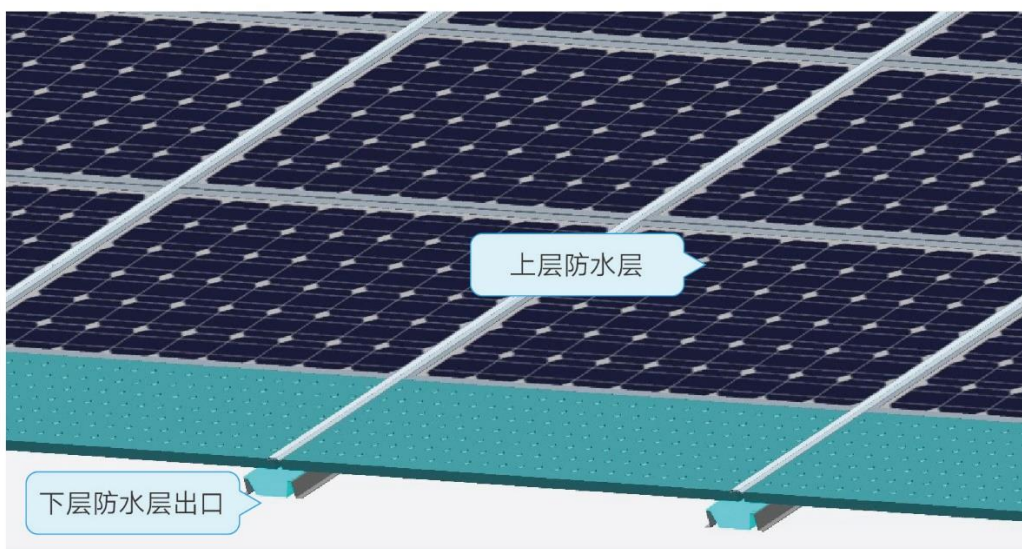
综上所述，光伏发电与建筑需求同步满足及一体化、集约化设计和施工，既是BIPV特点，也是难点。阳光新能源在多年技术开发和经验积累基础上，形成了系列专利或专有技术，有效地解决了BIPV设计、施工和运营中的痛点和难点问题。以下摘要说明阳光新能源BIPV方案的技术特点。

**特点一：采用双重、纵横交错的排水构造，有效解决了建筑防水问题，可以保证厂房内不发生雨水渗漏**

阳光新能源BIPV防水方案：

a) 采用双重排水构造：上层排水层为BIPV屋顶的光伏组件、维护通道等上表面；下层排水层为光伏组件、维护通道等缝隙下的排水槽，见图2-4。

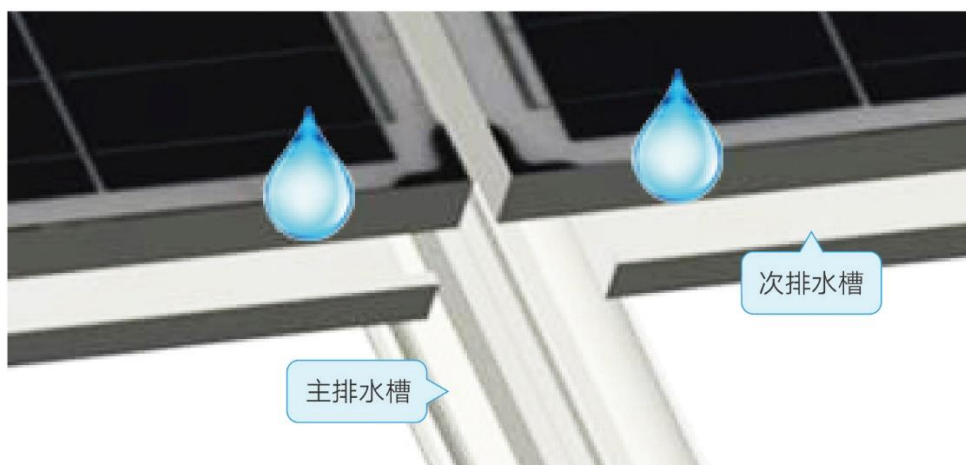
图2-4 双重排水构造图例



b) 上层防水层：光伏组件及其与运维通道板采用紧密排布设计，设计预留安装缝隙处内嵌胶条，安装压块上加盖板。此方案使得大部分雨水是从组件表面流过，只有少量雨水通过缝隙渗下至排水槽（下层防水层）；当遇到特大暴雨时，组件表面会形成一层水膜，降雨强度大小只影响组件表层水膜厚度，对缝隙渗水量影响甚微，从而保障了下层防水层承接的雨水量在设计安全范围内。

c) 下层防水层：在上层防水层安装存在拼接缝隙下都设置有排水槽，这些排水槽分为次排水槽（垂直于坡面方向）和主排水槽（顺着坡面方向），次排水槽内的雨水汇入主排水槽，主排水槽直通厂房屋顶天沟，流入天沟，水槽的排水量设计满足《建筑给水排水设计规范》，见图2-5。

图2-5 下层防水层排水原理图



**特点二：**采用分体、搭接式安装的主排水结构，以及活动式运维通道，大大提高了施工及后期维护的便利性

阳光新能源BIPV方案：

a) 主排水结构分体式设计把主排水结构的排水功能与支撑承载功能在构件上进行分离设计；活动运维通道承载着力点在主排水结构的支撑承载部分正上方。

b) 为便捷运输和施工，主排水结构采用长度不超过6.8米、分体式排水结构型材，在施工防水拼接时只需上下搭接即可满足安装防水需求，见图2-6。

c) 光伏组件采用压块+螺栓固定方式（见图2-6）；光伏组件的检修及更换采用活动式运维通道（见图2-7），不会对光伏组件造成任何伤害，从而保证系统的可靠性及运维人员的安全，提高运维的便利性。



图2-6 光伏组件固定及排水结构搭接解决方案

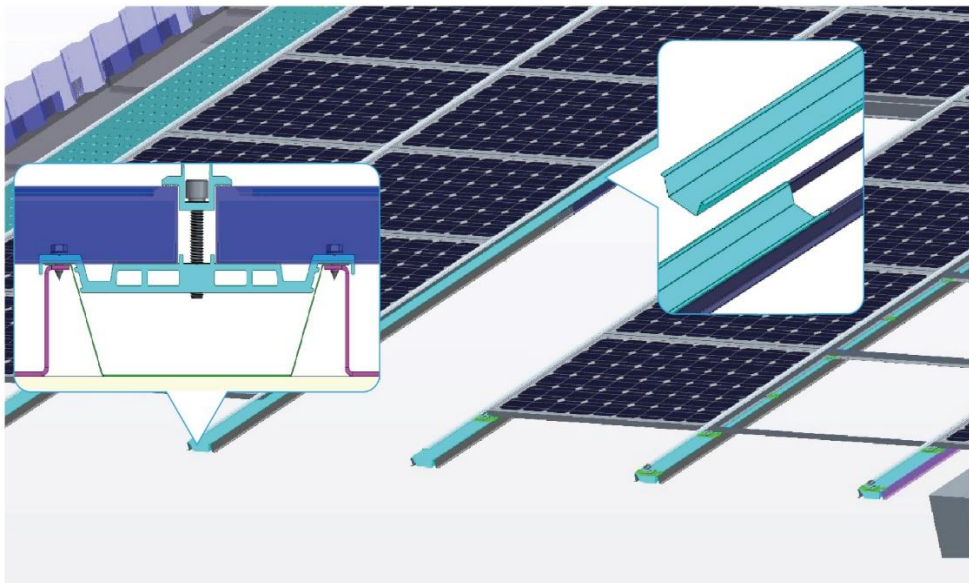


图2-7 定点运维更换组件解决方案

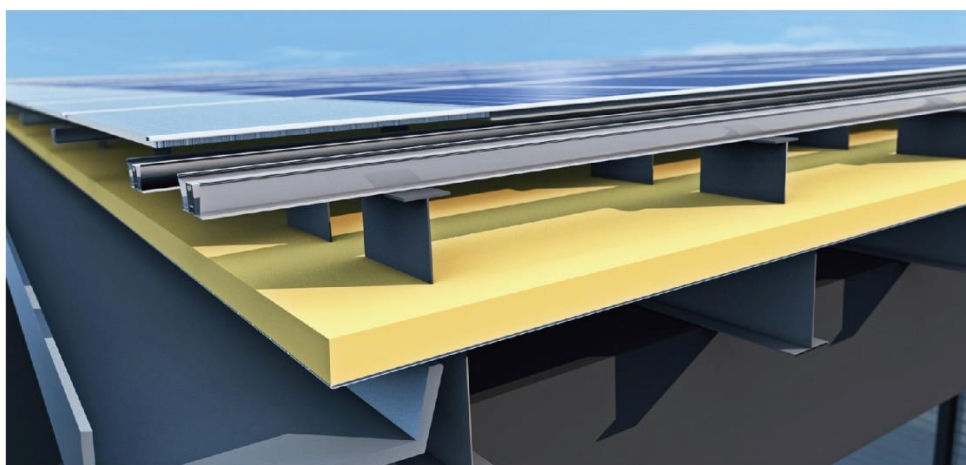


### 特点三：综合施策，确保BIPV消防和电气安全

阳光新能源BIPV方案：

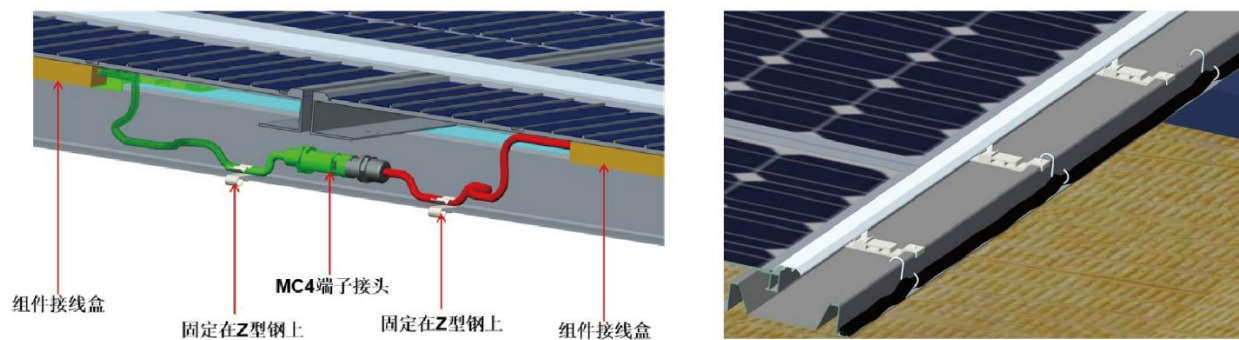
a) 当建筑屋顶布置有隔热层时，将光伏组件安装层架高，与建筑隔热层保持10公分以上安全距离，一是利于组件散热；二是万一发生拉弧及其他电气故障时，可以保持有效的防火间距，见图2-8。

图2-8 BIPV光伏组件与建筑隔热层设计方案



b) 设备选型和布置、电气连接、线缆敷设等环节，精心设计和施工，将消防和电气安全隐患消灭在源头，见图2-9。

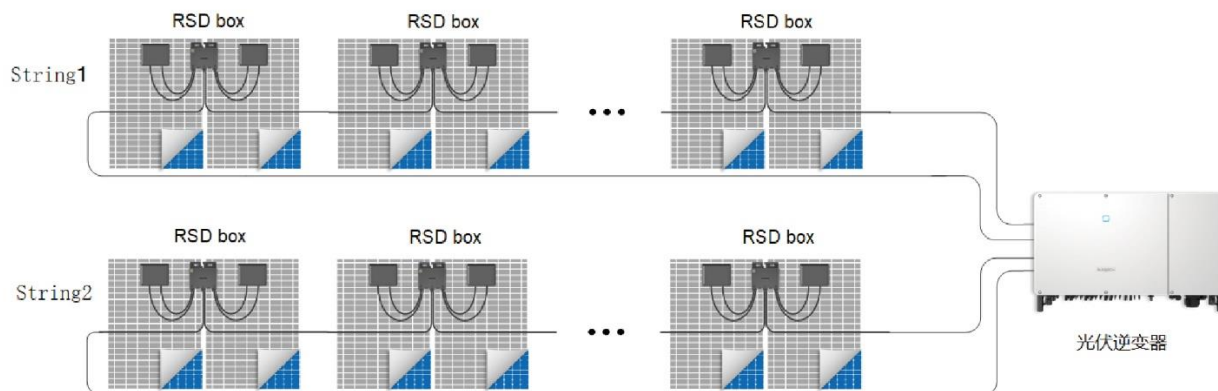
图2-9 光伏组件走线固定解决方案





c) 可选配组件级监控，及时感知组件的电学和热学参数，异常时，可快速关断交、直流电路，提高电站的本质安全度，见图2-10。

图2-10 BIPV组件级监控、关断



特点四：通过带刺片压块及锁紧刺穿，单一光伏组件与水槽多点连通，水槽端部环形连接并与建筑防雷系统多点连通，实现高效、可靠的光伏方阵等电位连接及防雷和接地保护

阳光新能源BIPV方案：

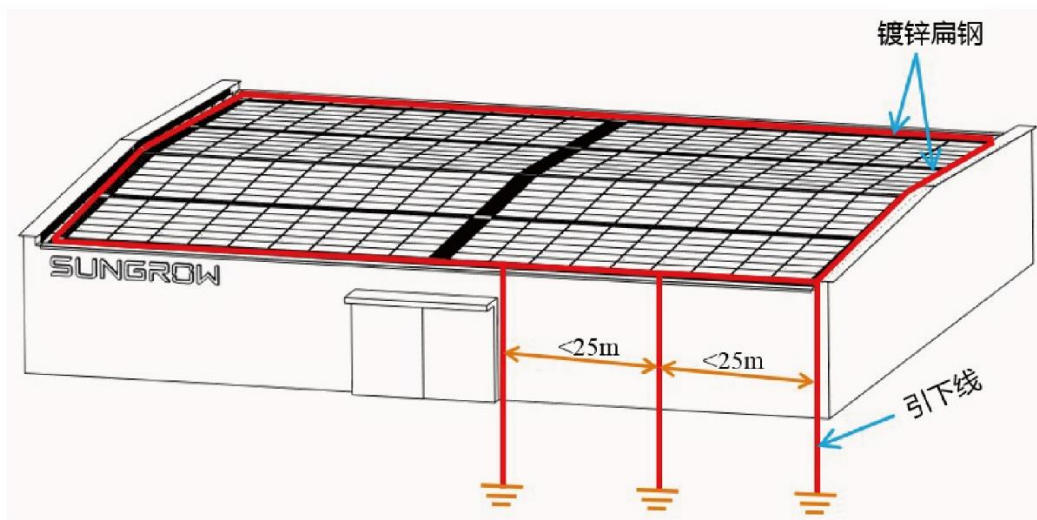
a) 光伏组件安装时，每个组件安装压块下配备一个接地刺片，通过螺栓的锁紧力刺穿光伏组件铝合金边框氧化膜和光伏组件安装件，每块光伏组件通过4点与支架结构导通，整个BIPV屋顶形成一个纵横交错的接地网，见图2-11。

图2-11 光伏组件多点导通接地示意图



b) 主排水槽端部等距离漏出光伏组件，利用接地扁铁把BIPV屋面四周露出的主排水槽端部依次连接起来，在屋面四周形成环形接地引出带，利用接地扁钢或其他导体材料将引出点与建筑防雷带多点连接，见图2-12。

图2-12 BIPV光伏屋顶防雷接地示意图



**特点五：通过主水槽安装间距调整，实现与不同尺寸组件安装的兼容性**

目前，由于电池尺寸和形式、组件版型和封装工艺不同，组件尺寸呈现多样化。为了满足客户多元化需求（光伏组件类型、外观颜色、透光率等），阳光BIPV安装方案通过解耦设计（光伏组件与结构防水分离），即支撑排水单元具有独立安装属性，可满足市场上多样化光伏组件安装需求，并形成系列化、标准化，见表2-1。

表2-1 BIPV适配光伏组件列表

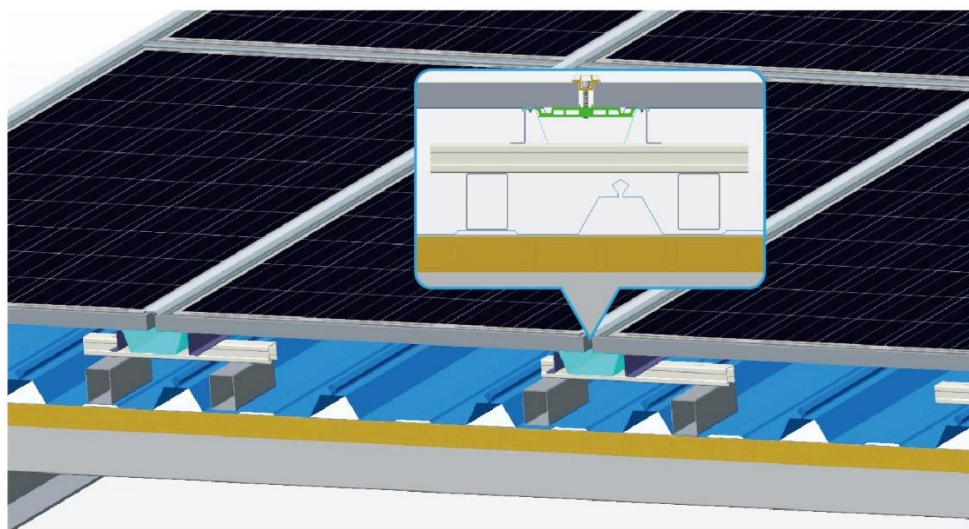
电池片类型	封装形式	BIPV适配性
166mm (M6)	60片/72片/78片	是
182mm (M10)	144片/156片	是
210mm (G12)	110片/120片/132片	是
定制化含边框组件	高透光率组件	是



特点六：既有彩钢瓦屋面厂房进行屋顶BIPV建设时，保留原有彩钢瓦，直接加装BIPV，避免对现有屋顶隔热层和承托层造成损伤

对经多年使用的工业厂房，改建BIPV屋顶时，原厂房屋顶隔热棉及隔热棉承托层易于破损，如拆除彩钢瓦，势必对隔热层及承托层造成不可逆的破损。同时拆除彩钢瓦时也会对厂房车间内工人工作造成影响。对既有彩钢瓦屋面，由于采用BIPV替代彩钢瓦方案，不再新铺设彩钢瓦，不需要考虑彩钢瓦版型吻合问题，只需要在老彩钢瓦波谷处增设垫高支架即可满足BIPV安装施工需求。阳光新能源采用不拆除老旧彩钢瓦直接在彩钢瓦上层进行施工的方案，可避免对屋面下层结构造成损伤，见图2-13。

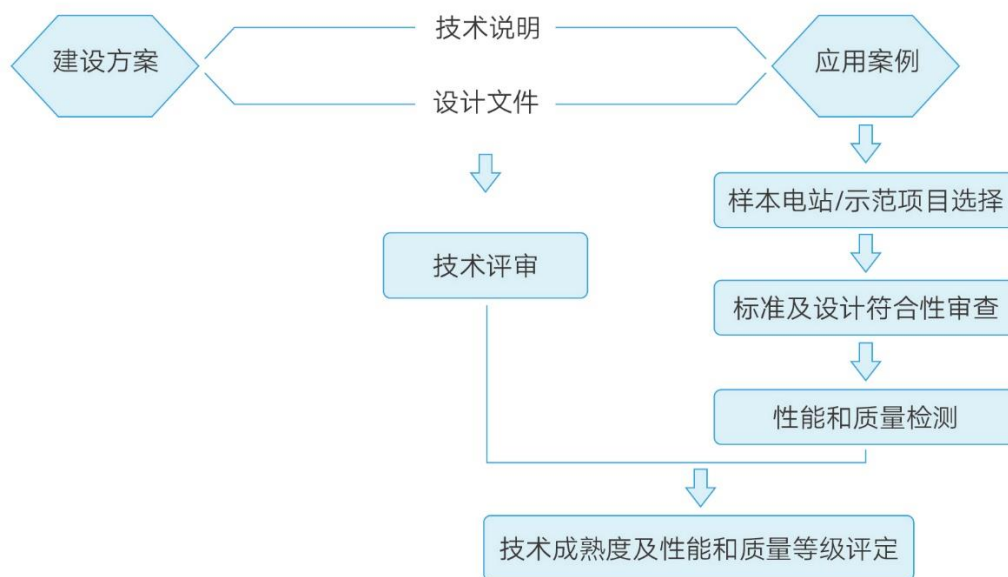
图2-13 老旧厂房不拆除彩钢瓦直接施工BIPV解决方案



## 技术评审与示范项目性能和质量等级验证

受企业委托，2021年6月至2021年9月，依据CGC-PGF007: 2022《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范-通用要求》、CGC-PGF008: 2022《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范 特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》，鉴衡对阳光新能源BIPV建设方案及相关技术进行了评审，并选择“福建三峡海上风电产业园——中国中车生产厂房470.58kWp建筑集成屋顶分布式子项目”进行了性能和质量验证。图3-1为技术评审及示范项目性能和质量验证过程概览。

图3-1 评审和验证的基本过程





## 技术评审

阳光新能源自2017年开始进行BIPV技术研发，2018年发布V1版BIPV系统解决方案产品，截至目前，BIPV系统产品经过三次迭代，已形成多场景、序列化解决方案产品。针对业界关心及BIPV建设和运营中存在的难点问题，企业在深入研究和经验积累基础上，提出了系统解决方案，并形成20余项BIPV专利技术，特别在防水设计方面。



截至目前，阳光新能源已开发和建设MW级BIPV项目15个，以下为典型项目示例。



**项目名称：**福建三峡海上风电国际产业园区BIPV项目

**项目总容量：**10MW

**项目地址：**福建福清

**建筑用途：**150米超大跨度厂房用于风电设备制造



**项目名称：**广东新兴铸管BIPV项目

**项目总容量：**6.1MW

**项目地址：**广东阳江

**建筑用途：**铸管车间





项目名称：河南心连心BIPV项目

项目总容量：18MW

项目地址：河南新乡

建筑用途：化肥车间



项目名称：武汉蒙牛光伏防水车棚项目

项目总容量：1.2MW

项目地址：湖北武汉

建筑用途：厂区停车棚

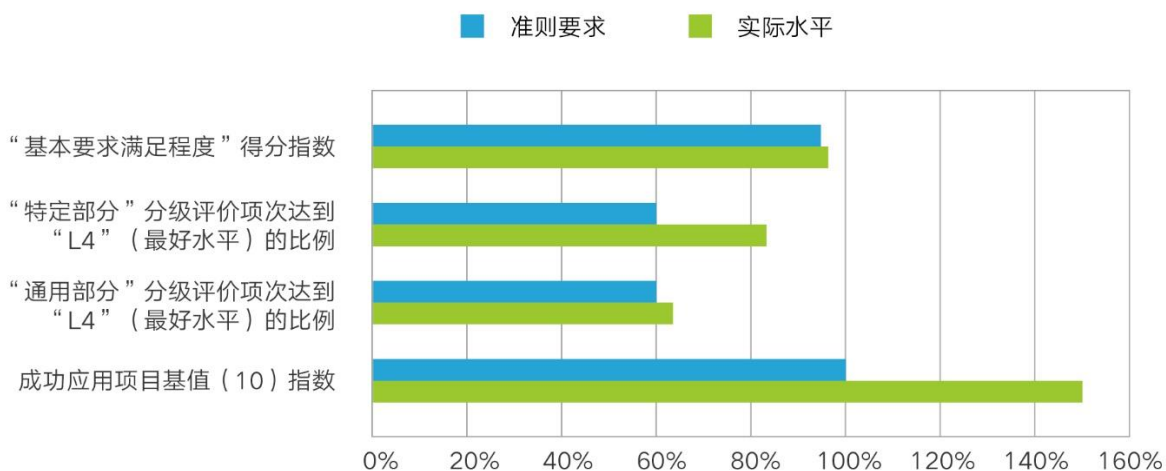
综上所述，经过多年技术积累，阳光新能源对目前具备BIPV开发价值和应用条件的各类场景，已形成序列化BIPV解决方案产品，并得到成功应用，特别在防水、防腐、防火、防坠、抗震、隔热、可维护等方面，形成了多项专有和专利技术，有效地解决了业界关心的安全及可靠性问题，并兼顾了效率和成本。依据CGC-PGF008: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范 特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》中规定的技术成熟度评价准则，综合评定：

### 阳光新能源“建筑集成光伏发电”技术成熟度等级



注：分项内容评定结果见图3-2

图3-2 技术成熟度（A+）准则要求与阳光新能源实际达到水平对比



成功应用项目基值（10）指数	“通用部分”分级评价项次达到“L4”（最好水平）的比例	“特定部分”分级评价项次达到“L4”（最好水平）的比例	“基本要求满足程度”得分指数
100%	60%	60%	95%
150%	63.6%	83.30%	97%



## 示范项目性能和质量等级验证

在阳光新能源开发和建设的BIPV项目中选取“福建三峡海上风电产业园——中国中车生产厂房470.58kWp建筑集成屋顶分布式子项目”（以下称“福清项目”）作为示范项目，进行光伏发电“通用部分”及BIPV“特定部分”性能和质量验证。

在性能和质量验证基础上，依据GC-PGF007: 2022《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范-通用要求》、CGC-PGF008: 2022《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范 特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》，综合评定：

**福清项目符合示范项目评价标准，评定为“光伏好电站”  
建筑集成光伏发电（BIPV）示范项目**



表3-1为“光伏好电站”示范项目评价标准，表3-2为“福清项目”评价结果。

表3-1 “光伏好电站”示范项目评定标准	
评价项目/类型	评定标准
综合评定	<p>1) 依据CGC-PGF007: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范-通用要求》，光伏发电通用部分性能和质量综合评定等级不低于“Level 4”；</p> <p>2) 依据CGC-PGF008: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》，特定部分性能和质量综合评定等级不低于“Level 4”；</p> <p>3) 依据CGC-PGF008: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》，项目所采用技术成熟度综合评定等级不低于“A”。</p>
其中，	
光伏发电通用部分性能和质量等级评定	<p><b>Level 4:</b> 附图1所列内容中，依据CGC-PGF007: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范-通用要求》中设定指标及评价准则，分项内容评价等级不存在低于“Level 3”（较好）的项次，达到“Level 4”（领先）的项次比例不低于50%。</p>
BIPV特定部分	<p><b>Level 4:</b> 附图2所列内容中，依据CGC-PGF008: 2022 《“光伏好电站”示范项目及技术成熟度评价规范 特定要求——建筑集成光伏发电（BIPV）》中设定指标及评价准则，分项内容评价，</p> <p>1) “基本要求满足程度”，各分项内容得分指数不低于90%，综合评价得分指数不低于95%；</p> <p>2) “分级评价内容和指标”中，评价等级不存在低于“Level 3”（较好）的项次，评价结果达到“Level 4”（领先）的项次不低于50%。</p>
所用方案技术成熟度	<p><b>A+等级:</b></p> <p>1) 相同或类似设计成功应用的项目数不少于20个；</p> <p>2) 抽检项目性能和质量，分级评价内容和指标的评定结果（含通用部分、特定部分）不存在低于“Level 3”的项次，达到“Level 4”的项次比例不低于60%。</p> <p><b>A等级:</b></p> <p>1) 相同或类似设计成功应用的项目数不少于10个；</p> <p>2) 抽检项目性能和质量，分级评价内容和指标的评定结果（含通用部分、特定部分）不存在低于“Level 3”的项次，达到“Level 4”的项次比例不低于50%。</p>



表3-2 “福清项目” 评定结果

评价项目/类型	验证结果	评定结果
综合评定	符合“光伏好电站”示范项目评定标准	示范项目
其中，		
光伏发电通用部分	不存在低于“Level 3”的项次，达到“Level 4”的项次占比为63.6%，详见表3-3。	Level 4
BIPV特定部分	1) “基本要求满足程度”各分项内容得分指数不存在低于90%的项次，综合评价得分指数为97%，详见表3-4； 2) “分级评价内容和指标”中，评价等级不存在低于“Level 3”的项次，评价结果达到“Level 4”的项次为83.3%，详见表3-5。	Level 4
所用方案技术成熟度	1) 相同或类似设计成功应用的项目数为31个； 2) 抽检项目性能和质量，分级评价内容和指标的评定结果（含通用部分、特定部分）不存在低于“Level 3”的项次，达到“Level 4”项次比例为73.9%。	A+

表3-3 “通用内容” 评价准则与“福清项目” 验证结果

评价指标	分级评价标准	“福清项目” 验证及评定结果
年等效利用小时数基值指数	L4: 基值指数 $\geq 1$ (取值1) L3: 基值指数: 0.95~1	L3 (考核期基值指数为0.97)
组串运行电流和开路电压综合极差指数	L4: 基值指数 $\geq 1$ (取值1) L3: 基值指数: 0.95~1	L3 (现场实测极差指数为0.97)
逆变效率	L4: 现场测试, 加权效率 $\geq 97.5\%$ L3现场测试, 加权效率97%~97.5%	L4 (现场实测加权效率为97.60%)
交、直流电能综合损失率	L4: 现场测试, 综合损失率 $\leq 2\%$ L3: 现场测试, 综合损失率2%~3%	L4 (现场实测综合损失率为1.91%)
有损安全事故加权频数	L4: 考核期内 (不低于1年), 有损安全事故加权频数 $\leq 10$ L3: 考核期内 (不低于1年), 有损安全事故加权频数10~30	L4 (考核期内有损安全事故加权频次为4)

风控措施适度性等级	L4: 现场勘验, 不存在“明显”及以上风险等级的安全隐患 L3: 现场勘验, 不存在“高度”及以上风险等级的安全隐患	L4 (现场勘验, 不存在“明显”及以上等级的安全隐患)
安全隐患加权频数	L4: 在用设备(含结构和电气连接), 安全隐患加权频数 $\leq 10$ L3: 在用设备(含结构和电气连接), 安全隐患加权频数10~30	L4 (现场勘验, 在用设备(含结构和电气连接)安全隐患加权频数为3)
显性故障发电量损失率	L4: 考核期内, 故障发电量损失率 $\leq 1\%$ L3: 考核期内, 故障发电量损失率1%~2%	L3 (考核期内显性故障发电量损失率为1.6%)
组串IV畸变率	L4: 现场测试, 不存在功率损失超过5%的IV畸变 L3: 现场测试, 功率损失超过5%的IV畸变率不超过5%; 不存在功率损失超过10%的IV畸变	L3 (现场实测功率轻微有损组串IV畸变率为5%)
在用设备缺陷率 (选定内容)	L4: 现场勘验, 不存在严重设备故障, 一般缺陷率 $\leq 1.5\%$ L3: 现场勘验, 不存在严重设备故障, 一般缺陷率1.5%~2.5%	L4 (现场勘验, 不存在影响设备性能的严重缺陷; 一般缺陷率为1.49%)
安装质量达标率	L4: 现场勘验, 关键项次安装质量达标率100%; 一般项次 $\geq 85\%$ L3: 现场勘验, 关键项次安装质量达标率100%; 一般项次80%~85%	L4 (现场勘验, 关键项次安装质量达标率100%; 一般项次安装质量达标率为87%)



表3-4 福清项目“基本要求满足程度”验证结果

验证与评价项目	验证结果	得分指数
构造层次	<p>1) 项目采用“A型(带隔热层)设计;</p> <p>2) 建筑设计单位负责整个厂房设计,包括屋面隔热层设计、采光设计、通风设计、排尘设计,电力设计单位负责光伏发电部分设计,包括与建筑设计的对接。</p>	得分指数: 100%
平面布置	<p>1) 屋面光伏方阵组串线缆敷设于光伏方阵下方及线缆桥架内,线缆架敷设符合IEC62548及其他适用标准要求;</p> <p>2) 光伏场区四周沿女儿墙布设环形运维通道,场区内设置有纵向运维通道;运维通道避开屋面采光带,靠近采光带一侧有安全保障措施;</p> <p>3) 沿组件纵向布设主排水槽;沿组件横向安装缝隙布设横向导水槽;</p> <p>4) 光伏场区装有鼓(排)风机,设置了运维通道,可直达风机,在风机四周布设有运维通道。</p>	得分指数: 100%
组(构)件和材料选择	<p>1) 支架、横纵向盖板及压块采用60053-T5铝合金材料,线缆桥架采用Q235B镀锌防腐钢材;</p> <p>2) 厂房整体设计耐火等级为三级,运维通道选用聚合物材料的燃烧性能和耐火等级不低于GB8624-2012中的B1级;光伏组件整体防火性能有满足UL790中的A级要求;</p> <p>3) 架(敷)设于屋面的直流电缆为PV1-F电缆,交流电缆为ZRC-YJV22线缆,阻燃等级为C类铜芯双重绝缘电缆。</p>	得分指数: 100%
结构性能和质量	<p>1) 主受力构件、导水槽、排水槽选用铝合金材料,结构设计满足GB51022、GB50017、GB50018、GB50429等标准中的适用要求;</p> <p>2) 纵向主导水槽采用上下搭接方式,搭接长度为300mm,采用胶垫+螺栓固定;与屋面坡度方向正交的方向上,安装支撑点间距为1.2m,支撑点标高偏差不大于3mm;</p> <p>3) 组件安装压块采用易于拆卸的螺栓固定;上部盖板采用易于拆卸的螺栓固定;组件横向间缝隙采用防渗漏水的胶条进行防水密封;</p> <p>4) 项目建设过程中,采取了有效防坠措施;项目运营过程中,运维通道靠近采光带的部位有防坠措施;</p> <p>5) 极端气象条件的风压载荷按0.8kN/m<sup>2</sup>选取,风载荷安全系数的选取符合建筑规范要求;极限承载力计算时考虑了非承重部位可能产生的活动载荷,并采取了防止局部受力过大的措施;</p> <p>6) 根据应用场所可能产生的振动方式和强度进行了振动控制设计及设计验证;</p> <p>7) 选用的组件满足光伏发电抗冲击方面IEC61215规定的冰雹测试的性能要求,并根据当地可能出现的冰雹等级进行了实验室模拟试验。</p>	得分指数: 100%

<p>屋面防水</p>	<p>1) 屋面防排水设计与建筑防水等级适配(不渗漏系统); 屋面排水坡度为1/20, 满足建筑设计要求; 2) 根据当地的降雨强度, 光伏阵列防水设计按组件表层及下层沟槽排水能力各分配50%计算; 雨水径流系数、排水沟粗糙系数的选取符合建筑规范要求; 为防止水量回流, 组件层排水槽与建筑天沟水平方向重合长度为100mm; 3) 排水槽搭接的地方采用两道防水胶垫设防; 组件横向间缝隙采用防渗漏胶条进行封堵。</p>	<p>得分指数: 95%</p>
<p>保温和隔热</p>	<p>1) 建筑设计未明确要求, 保温隔热按GB50176中的区划指标及设计原则要求进行设计; 2) 光伏场区屋脊处打开空气通道, 使组件下方空气顺着屋面坡度形成的高差让腔体内空气自然流通, 屋脊处做好防水设防。</p>	<p>得分指数: 100%</p>
<p>细部结构</p>	<p>1) 高低跨处泛水采取泛水板加耐候硅酮密封胶的处理方式进行防水保护; 2) 檐沟、天沟、水落口采取专用泛水板进行防水保护; 3) 局部突出体收头采取专用泛水板进行防水保护; 4) 屋脊处采用防水过梁与盖板进行防水保护; 5) 组件间接缝、不同功能区搭接部位、屋顶其他设备四周用搭接部位均采用防水封堵及防水渗漏措施; 6) 集电线路经桥架安装, 屋顶到地面, 有防坠措施及转弯保护措施; 7) 布设于屋面、用于组件清洗的管路布设于运维通道一侧, 满足光伏场区的清洗要求。</p>	<p>得分指数: 100%</p>
<p>防雷及电气安全</p>	<p>1) 屋面工程防雷设计和施工符合GB50557、GB/T/36963的规定; 防雷和保护共用接地系统接地电阻未超过4Ω; 2) 组件间电气连接方式及屋面线缆布设满足IEC62548的要求; 3) 直流系统电压按1100V设计; 组串串接组件数量及阵列布置符合GB50797、IEC62548的要求; 4) 电气连接端子和线缆布设于组件下方, 未体现出参照GB50303-2011《建筑电气工程施工质量验收规范》中3.3.11条要求的隐蔽工程进行设计和验收; 5) 光伏方阵有等电位的设计及施工, 未明确等电位连接电阻的限值要求, 完工后, 也未核验等电位连接电阻值, 建议在图纸内体现光伏方阵等电位复测电阻值。</p>	<p>得分指数: 90%</p>
<p>房屋建筑与光伏发电工程同步建设与资源共享</p>	<p>工程整体设计、施工和安装兼顾房屋建筑与光伏发电工程的需要, 两者同步设计、施工和验收, 工程整体同步验收通过。</p>	<p>得分指数: 100%</p>



表3-5 “特定内容”评价准则与“福清项目”验证结果

评价内容/指标	评价准则	验证结果
周边及场内遮挡程度	L4: 全年当地真太阳时9:00~15:00时段内, 各朝向均不存在场外及场内建(构)筑物造成的遮挡; L3: 存在轻微遮挡, 上述时段任一时点, 由于遮挡造成IV曲线畸变的组串比例不超过1.0%。	L4 (场区周边无遮挡, 场内装有排风机组。根据模拟计算结果, 全年当地真太阳时9:00~15:00时段内, 各朝向均不产生遮挡)
运维通道设置适度性	L4: 按一定间隔设置运维通道, 运维通道宽度不小于320mm; 单个屋面装机容量超过500KW, 设置组件清洗设施; L3: 按一定间隔设置运维通道, 通道宽度满足运检的基本需求。	L4 (光伏方阵整体设计横纵交错运维通道, 光伏方阵中间运维通道宽度450mm。通风口附近预留作业空间, 运维通道能直接到达建筑功能设施处, 并满足其检修更换的操作需求)
防腐性能等级	L4: 材料选用, 一般区域, 参照腐蚀级别不低于“C3”; 中等含盐度和沿海区域, 参照腐蚀级别不低于“C4”; 高温、高含盐度的沿海区域, 参照腐蚀级别不低于“C5”; L3: 参照腐蚀级别较L4低1个级别。	L4 (该站址区域属于中等含盐度的工业区和沿海区域“C4”级。该项目支架、压块、横向水槽、走道板、泛水板连接螺栓等材料防腐等级均高于“C4”, 组件已获得TÜV盐雾试验报告)
主水槽安装精度	L4: 支撑点标高偏差不超过3mm; L3: 支撑点标高偏差不超过5mm。	L4 (支撑点标高偏差不大于3mm)
组件安装方式成熟度	L4: 采用易于拆卸的螺栓固定, 缝隙上部盖板采用卡槽或次螺栓固定; L3: 采用打胶机或其他可精准控制的打胶方式进行胶粘。	L4 (组件安装方式采用易于拆卸的螺栓固定。组件下部与纵向水槽支架采用304型不锈钢螺栓固定, 缝隙上部盖板采用卡槽和次螺栓固定)
载荷设防等级	L4: 屋面风载荷或雪载荷的计算, 参照GB 50009《建筑结构荷载规范》中给出的参考值, 对50年一遇基本风压超过0.7kN/m <sup>2</sup> 或基本雪压超过0.7kN/m <sup>2</sup> 的地区, 按25年及以上一遇的极端气候条件进行核算; 其他地区宜按30年及以上一遇的极端气候条件进行核算; L3: 极端气候确定不低于电站设计使用寿命。	L4 (本项目设计风压按0.8kN/m <sup>2</sup> 计算)
屋面排水坡度	L4: 屋面排水坡度不低于1/20; L3: 屋面排水坡度不低于1/30。	L4 (屋面排水坡度不低于1/20)

<p>防水效果</p>	<p>L4：以一块组件及周边作为一个单元。考核期（不低于一年），出现渗漏水的单元数不超过1‰； L3：考核期（不低于一年），出现渗水的单元数不超过3‰。</p>	<p>L4 （该厂房自并网至检测期已大于一年，期间未出现渗漏水问题）</p>
<p>积尘（垢）发电损失</p>	<p>L4：组件周边加装防水密封材料或阻水积垢造成的组串级IV畸变的比例不超过1%； L3：组件周边加装防水密封材料或阻水积垢造成的组串级IV畸变的比例不超过3%。</p>	<p>L3 （组串IV畸变比率为1.4%）</p>
<p>组件工作温度</p>	<p>L4：构造层次采用A型设计时，NMOT或近似条件下，组件工作温度不高出同条件、敞开式安装温度20C。所有构造层次，参照GB/T 4797.1《环境条件分类 自然环境条件 温度和湿度》中给出的项目所在地区“高温日均值的年极值的平均值”，组件工作温度不宜超过55℃；按“高温年极值的平均值”，组件工作温度不应超过75℃； L3：构造层次采用A型设计时，NMOT或近似条件下，组件工作温度不高出同条件、敞开式安装温度30C。所有构造层次，参照GB/T 4797.1《环境条件分类 自然环境条件 温度和湿度》中给出的项目所在地区“高温日均值的年极值的平均值”，组件工作温度不宜超过60℃；按“高温年极值的平均值”，组件工作温度不应超过80℃。</p>	<p>L3 （根据可研报告可知，站址当地环境极端高温为43.2℃，经模型测算，当地极端高温条件下，正常运行组件工作温度在75℃~80℃）</p>
<p>建设成本</p>	<p>L4：相较于屋面及附加于上面的光伏发电工程单独建设叠加成本，BIPV建设成本降低15%以上； L3：相较于屋面及附加于上面的光伏发电工程单独建设叠加成本，BIPV建设成本降低10%以上。</p>	<p>L4 （根据阳光新能源提供BIPV项目和BAPV项目建设成本分析，叠加成本较独立建设成本低18.05%）</p>
<p>发电性能</p>	<p>L4：年等效利用小时数不低于同区域、组件按最佳倾角布置的92%； L3：年等效利用小时数不低于同区域、组件按最佳倾角布置的88%。</p>	<p>L4 （与最佳倾角相比，年等效利用小时数折减率为6.59%）</p>



