

煤棚及大跨度曲面屋面 轻质光伏系统应用白皮书

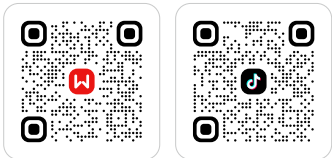
银河系列轻质组件
从建筑结构约束出发，建立轻量化、曲面适配与系统验证方法



固德威技术股份有限公司
GOODWE TECHNOLOGIES CO., LTD.

地 址 苏州高新区塔园路 93 号
电 话 400-828-3911

邮 箱 pvbm@goodwe.com
网 址 www.pvbm.com



扫码关注

固德威技术股份有限公司
二〇二六年 九月

固德威生态绿电
GOODWE EcoSmart Energy

前言	2
一、封闭煤棚：从扬尘治理到屋顶资源	4
1.1 为什么会出现大量封闭煤场	
1.2 新建与既有封闭改造并不相同	
1.3 屋顶资源与光伏机会的正确换算	
二、看懂煤棚：大跨度、曲面与轻型围护	6
2.1 常见结构形式与尺度差异	
2.2 为什么采用“大跨度钢结构 + 轻型金属围护”	
2.3 梯形压型钢板为什么常见	
三、煤棚光伏的八类工程约束	8
3.1 恒荷载：轻质降低新增恒载，不取消结构复核	
3.2 曲率：大尺寸刚性组件为何需要调平	
3.3 固定界面：屋面板不是无限承载基层	
3.4 防水：三种连接方式都需要条件化	
3.5 风荷载：产品机械载荷不等于系统抗风揭	
3.6 特殊环境：先识别，再分区，再选设备	
3.7 运维：不可踩踏改变了屋顶动线	
四、为什么“轻”只是第一步	11
4.1 比较必须保持同一边界	
4.2 小板的价值是降低几何跨越尺度	
4.3 玻璃面层带来的系统要求	
4.4 散热、排水和运维不能被“低剖面”掩盖	
五、银河轻质：面向煤棚曲面的产品选择逻辑	13
5.1 产品关系与版本治理	
5.2 曲面主推逻辑：银河 7 号轻质小板型组件	
5.3 参数的正确使用方式	

六、两种典型安装路径：夹具与胶粘	15
6.1 路径 A：梯形 / 角驰屋面 + 项目化夹具	
6.2 路径 B：梯形压型板波峰 + 经验证胶粘	
6.3 如何在夹具与胶粘之间决策	
七、从组件安全到系统安全	17
7.1 第一层：原建筑安全	
7.2 第二层：光伏产品安全	
7.3 第三层：连接安全	
7.4 第四层：系统电气安全	
7.5 第五层：全生命周期安全	
八、煤棚轻质光伏六步设计法	19
8.1 识别屋面	
8.2 结构复核	
8.3 产品选型	
8.4 电气设计	
8.5 系统安全	
8.6 样板验证	
8.7 设计评审的“红线问题”	
九、案例模板：用证据替代故事	20
9.1 项目案例信息卡	
十、应用边界与设计注意事项	21
10.1 适用场景	
10.2 不应直接采用或必须升级评估的情形	
结语 让光伏与原建筑长期共存	22
A 标准适用性	23
B 参考资料	24

前言

与普通工业厂房相比，封闭式煤棚常同时具备超大跨度、曲面、轻型围护、长尺度温度变形、复杂风压分区和高粉尘运维条件。把通用工商业屋顶方案直接平移到这一场景，容易在结构荷载、固定界面、风揭、防水或运维上留下断点。

煤棚及大跨度曲面屋面光伏的门槛，不是“屋面能否摆下组件”，而是能否让新增系统与大跨度、低荷载余量、曲面金属屋面长期共存：

- 01** 封闭煤棚源于扬尘治理、物料保护和生产连续性等多重需求。其大跨度、少柱空间决定了结构和围护往往高度轻量化，因此新增屋面永久荷载必须谨慎。
- 02** 煤棚并非一种固定建筑。柱面网架 / 网壳、空间桁架、拱形结构等并存；梯形压型钢板较常见，所有方案必须从图纸与现场识别开始。
- 03** 轻质只是光伏的第一道门槛。此外还包括曲率、连接界面、防水、风荷载分区、温度位移、煤尘环境和超大面积运维。
- 04** 银河 7 号轻质组件的关键差异不仅是“轻质”，而是玻璃面小板的刚性离散拟弧：约 780 mm 短边沿曲率方向排布，每片组件保持平面，整体用多折面模拟曲面。
- 05** 组件产品的静态载荷和冰雹测试，需结合系统级风揭、结构、防水与耐久验证；采用“识别-复核-选型-连接-系统-验证”的六步设计法。

煤棚光伏系统

本白皮书从建筑而不是从产品开始：先识别煤棚为何封闭、怎样形成大跨度曲面金属屋面，再判断加装光伏的八类约束，最后把银河轻质组件的轻量化、小板几何和夹具 / 胶粘安装结构、运维与工程全过程结合，技术上标准化煤棚光伏解决方案。



图 0-1 煤棚光伏的八类工程约束（定性结构图）

一、封闭煤棚：从扬尘治理到屋顶资源

煤场封闭不是一个单一政策口号，而是环保、生产与建筑技术共同作用的结果。

1.1 为什么会出现大量封闭煤场

生态环境部门关于火电污染防治和煤炭储运无组织排放控制的公开文件，持续强调煤炭开采、运输、储存与转运环节的扬尘控制；项目环评批复中可见全封闭煤场、筒仓、封闭输送与除尘设施等组合措施。

因此，露天煤场向封闭式煤场演进的直接驱动通常包括：降低扬尘逸散、减少风雨对煤质与库存的影响、改善厂区环境、适配连续输送与喷淋 / 抑尘系统，以及满足项目环评和地方治理要求。

场景	封闭改造的主要出发点	对白皮书的意义
火力发电厂	燃料保障、环保治理、输煤系统协同	有 DL/T 5859、DL/T 2953 等场景性行业标准可参照
煤矿 / 洗煤厂	原煤与产品煤储存、装卸与扬尘控制	需同时考虑矿区安全、生产组织和腐蚀条件
焦化 / 钢铁企业	焦煤配煤、原料连续供给、无组织排放控制	粉尘、腐蚀、热源和消防条件更具项目差异
煤炭物流园 / 港口	大吞吐量储运、风环境与装卸组织	屋面规模大，但结构形式和风环境差异显著

来源 / 依据：[R01] 生态环境部《火电厂污染防治技术政策》；[R02] 生态环境部门煤炭储运环评与无组织排放公开资料

1.2 新建与既有封闭改造并不相同

新建煤棚可在概念设计阶段统筹结构荷载、屋面板型、检修通道、光伏分区和电气路由；既有煤场封闭改造或既有煤棚加装光伏，则必须面对资料缺失、板件腐蚀、紧固件松动、排水节点老化和原设计荷载余量不明等现实。

【工程提示】 “屋面面积很大” 只说明资源量，不说明可装机量。可利用面积应

扣除高风压区的项目化退让、采光 / 通风 / 排烟设施、喷淋设备、结构变形缝、检修与消防通道、阴影和禁止踩踏区域。

1.3 屋顶资源与光伏机会的正确换算

对煤棚的光伏机会评估应采用分层漏斗：几何屋面面积 → 可接受太阳辐照的有效面 → 结构可复核面 → 屋面板与连接界面可用面 → 满足运维 / 消防 / 电气的布置面 → 最终阵列面积。任何跳过中间层的“按屋顶总面积直接换算装机容量”都会高估可实施性。

评估层	关键输入	退出条件
几何资源	三维尺寸、朝向、遮挡、曲率分区	不可达、永久遮挡、设备占位
结构资源	原设计、检测、荷载余量、风雪作用	构件 / 连接不满足且无法经济加固
围护资源	板型、厚度、檩距、防水、腐蚀	无可靠传力 / 粘接界面或屋面寿命不足
系统资源	消防、电气、通道、排水、维护	无法形成安全间距、走线和更换条件

二、看懂煤棚：大跨度、曲面与轻型围护

煤棚首先是一座空间钢结构建筑，其屋面光伏必须服从原建筑的传力、变形和围护逻辑。

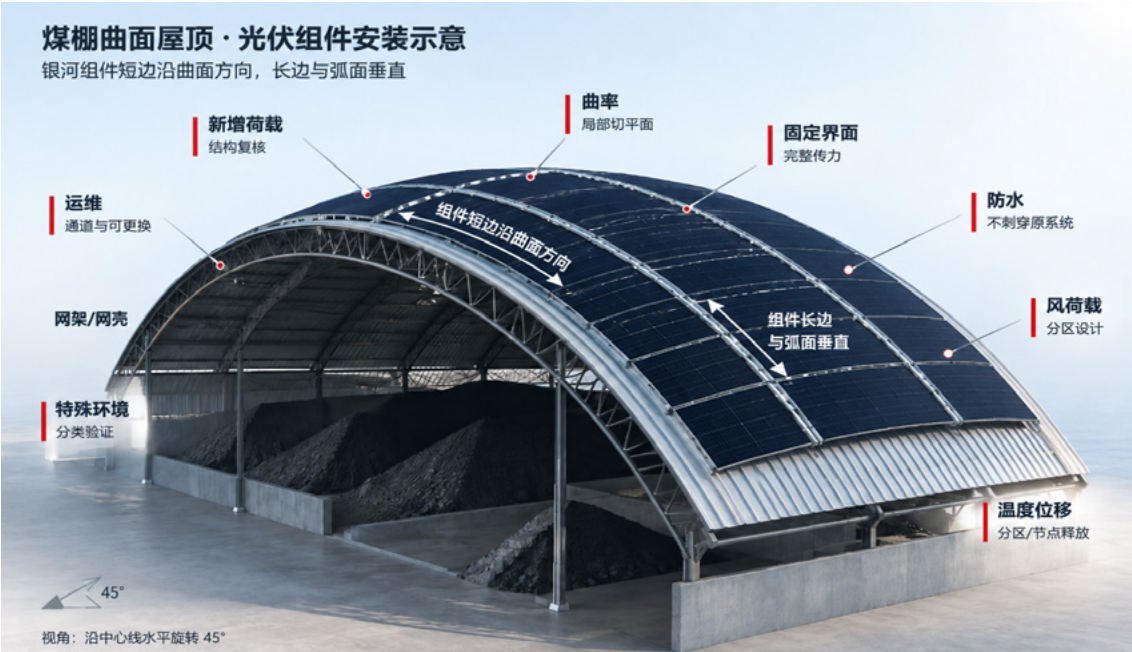


图 2-1 典型封闭煤棚剖面及光伏布置关系

2.1 常见结构形式与尺度差异

DL/T 5859-2023 面向条形煤场钢结构封闭提供技术导则；公开工程论文中可见柱面网壳、双层圆柱面网架、拱形空间桁架以及主桁架 + 预应力索等路线。案例尺度可以帮助理解“为什么不能套用普通厂房经验”：有论文研究约 103 m 跨度柱面网壳的风荷载，也有 160 m 跨度双层圆柱面网架和 172 m 跨度大罩棚案例。上述数字是个案，不代表通用范围或本产品适用限值。

结构形式	主要特征	加装光伏需重点识别
柱面网架 / 网壳	连续曲面、杆件密集、跨度大	曲率分区、节点位移、风压变化、檩条传力
空间桁架 / 拱形桁架	主受力路径较清晰，可形成大跨度拱面	主桁架间次结构、檩条跨距、屋面局部变形
索 / 张弦辅助体系	通过预应力控制跨度与挠度	附加恒载、几何非线性、施工与运营阶段状态
改造型封闭罩棚	原露天煤场外加罩棚，资料和现状更复杂	既有结构检测、腐蚀、施工可达性和停产窗口

2.2 为什么采用“大跨度钢结构 + 轻型金属围护”

煤场需要为堆取料机、输煤廊道、装卸与储煤体量保留开敞空间。钢网架 / 网壳和空间桁架能够以较高结构效率跨越大空间；围护采用轻型金属板，可降低主体自重、减少次结构负担，并适应工厂化成型和大面积快速施工。

但“轻”也意味着围护余量有限。压型板不是混凝土楼板：局部点载、负风压、紧固件拔出、波峰变形、板缝渗漏与温度位移都可能成为控制因素。光伏连接必须找到连续、可计算、可检验的荷载路径。

2.3 梯形压型钢板为什么常见

梯形彩钢瓦波峰宽、波谷窄，有效覆盖面积更大，板率高于常规压型板。相同屋面面积用板更少，搭接减少，施工更快、材料损耗更低，同时漏点少，整体防水性能更优；薄钢板经过梯形或波纹压型后，截面高度与惯性矩提高，能够在较低面密度下跨越檩条；连续板肋同时为坡向排水提供方向；公开金属围护技术资料将直接固定在檩条上的梯形板视为工业建筑常见做法之一。

需求	压型板提供的能力	必须同时校核的条件
轻量化	薄板通过几何成型提高截面效率	板厚、材质、支承间距、局部屈曲
快速施工	长尺板工厂成型、现场铺装固定	吊装与热胀冷缩、端部搭接、施工损伤
排水	板肋组织水流方向	坡度、横向搭接、天沟、穿透点与堵塞
经济性	得板率高，材料和次结构用量可控	全寿命防腐、紧固件更换和渗漏维护
曲面适应	可分段拟合或使用专用曲弧板	曲率、板长、板肋连续性和现场放样

三、煤棚光伏的八类工程约束

从业主和建筑问题出发，才知道“轻质”到底解决了什么、又没有解决什么。

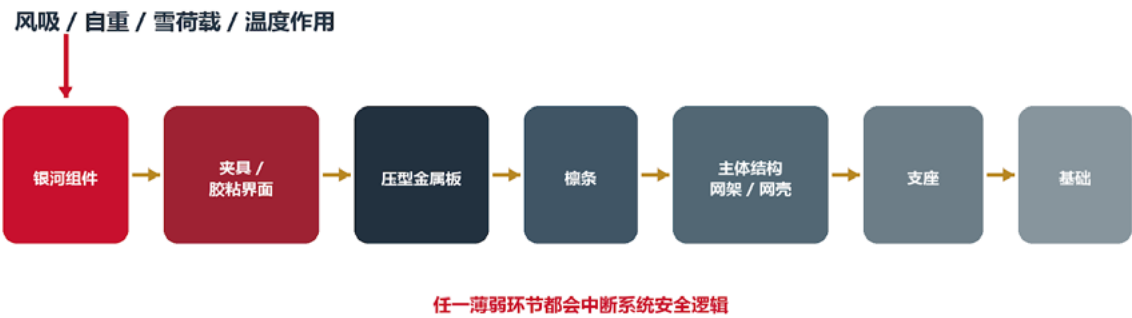


图 3-1 新增光伏系统的完整荷载传递路径

3.1 荷载：轻质可降低新增恒载，不可取消结构复核

既有煤棚的新增永久荷载最终由网架 / 网壳、支座和基础承担，中间还要经过屋面板与檩条。任何只比较“组件每平方米重量”的方案都不完整；完整系统还包括夹具或胶层、短导轨 / 过渡件、线缆与桥架、检修设施以及可能的加固。

NREL 面向既有建筑的公开指南给出常规屋面光伏系统约 3-6 lb/ft²（约 14.6-29.3 kg/m²）的量级参考，并要求项目进行结构评估。银河 Plus 当前正式产品资料给出其产品面密度 5.6±0.4 kg/m²。项目新增恒载仍应叠加连接与电气构件并按实际布置计算。若结构复核不满足，仍可能需要减小布置范围、调整节点、分区、加固或放弃安装。

3.2 曲率：大尺寸刚性组件为何需要调平

柱面煤棚的坡向方向持续变化；曲率还可能随位置、结构变形和施工偏差而变化。大尺寸刚性组件跨越更长的曲面投影时，更容易出现支点不共面、边缘悬空或需要导轨调平的问题。调平会增加系统高度、材料、局部荷载和受风面积。不是柔性贴合 / 不定义组件弯曲半径)

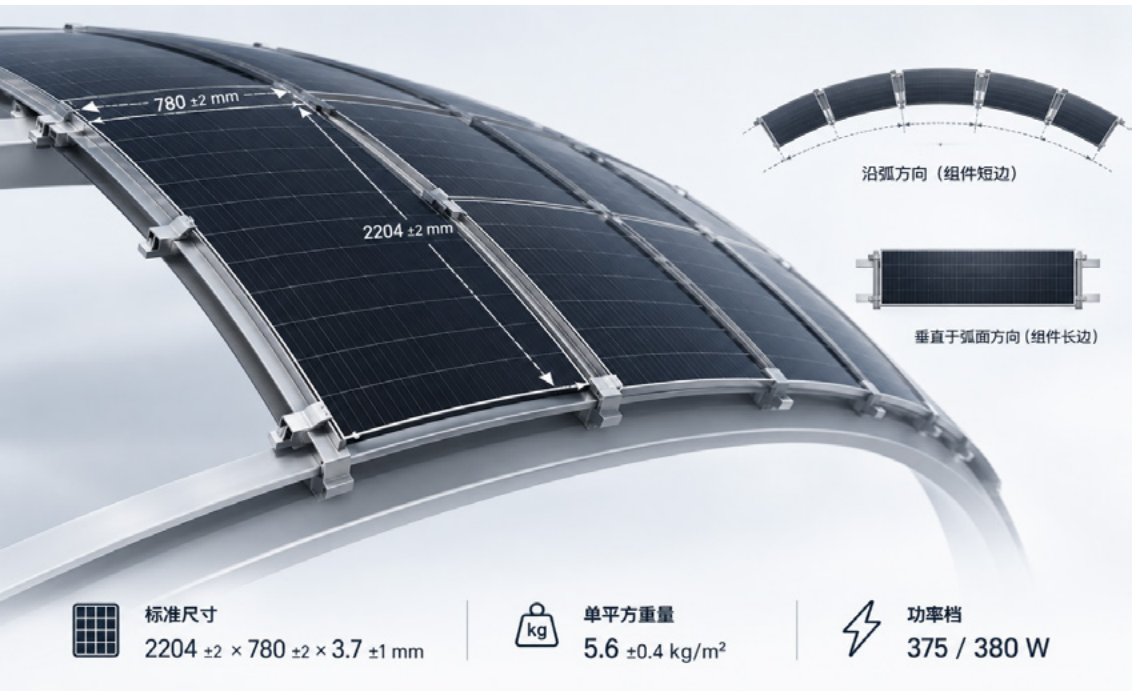


图 3-2 银河轻质“短边拟弧”的几何逻辑示意

对局部圆柱面作规划近似时，若短边尺度为 w、局部曲率半径为 R，相邻单元方向变化量可近似为 w/R（弧度），弦与圆弧最大几何偏差约为 w²/(8R)。该关系只用于理解分段越短、拟合越细的几何趋势，不能代替组件、夹具或胶粘界面的适用性验证。

3.3 固定界面：屋面板不是无限承载基层

应核对板型截面、板厚、屈服强度、波峰宽度、檩条位置、原有自攻钉 / 锁边构造、锈蚀与变形。连接可能只作用在屋面板，也可能通过构件传至檩条；两者的受力、施工和防水边界不同，不能用“夹具”两个字概括。

3.4 防水：三种连接方式都需要条件化

方式	对原屋面的典型影响	关键控制点
穿透式紧固	形成新增穿透点，但可把荷载更直接传至支承构件	紧固位置、密封、热位移、检修可达性
夹持 / 夹具	某些板型可不新增穿透，仍会产生局部夹持和变形	板型匹配、夹紧力、滑移、涂层损伤、系统测试
胶粘	可减少穿透，但性能依赖基层与施工过程	涂层兼容、清洁 / 底涂、胶缝、固化、拉拔、老化、返修

3.5 风荷载：产品机械载荷不等于系统抗风揭

曲面屋顶的迎风、背风、屋脊、檐口、端部和边角区可出现显著不同的风压；封闭程度变化还会影响内压。公开风工程研究对大型煤棚进行分区测试，说明不宜把一个均匀负压值铺满全屋面。

产品资料中的正 / 背面最大静态载荷 2400 Pa 是特定边界下的产品级数据。工程设计仍需把组件、夹具 / 胶层、板肋、屋面紧固件、檩条和主体结构作为整体，按分区设计风压和荷载组合校核；必要时通过 GB/T 39794.1/.2 所述方法进行系统抗风掀验证。

3.6 特殊环境：先识别，再分区，再选设备

条件	是否普遍	设计含义
粉尘 / 积灰	高概率，但浓度与粒径差异大	排布、排水、清扫方法、接线盒和连接器防护
潮湿 / 腐蚀	沿海、化工 / 焦化等项目更突出	材料相容、镀层、紧固件、连接界面与检修周期
可燃性煤尘	并非所有屋面区域自动成立	按 GB 15577 和 GB 50058 进行危险识别 / 分区后选电气设备
高温 / 热源	靠近工艺设备或局部屋面可能出现	温度等级、线缆路由、组件工作温度与防火隔离
雷电 / 浪涌	大尺度金属结构需系统协调	既有防雷、等电位、接地和 SPD 联合设计
喷淋 / 抑尘设施	部分煤棚存在	避让喷头、管路、检修空间，防止冲洗与积水干扰

3.7 运维：不可踩踏改变了屋顶动线

大面积曲面屋顶维护的主要风险包括高空防坠、无连续平面、组件不可踩踏、积灰清扫、电缆磨损、排水堵塞和局部更换困难。通道和锚固点应在阵列设计阶段确定，不能等安装完成后再寻找落脚点。

- 建立可达的检修通道和防坠系统，明确荷载传递与屋面允许通行区域。
- 线缆不落在排水路径、尖锐板边或高温区域；跨越伸缩 / 分区位置采取保护。
- 形成夹具松动、胶粘界面、腐蚀、排水与连接器的分级巡检清单。
- 强风、冰雹、暴雪、火情或屋面维修后开展专项检查并保留影像记录。

四、为什么“轻”只是第一步

轻质组件只有与曲面几何、固定界面和全寿命运维组合，才构成轻质系统。

两类路径的工程关注点



图 4-1 常规系统路径与银河轻质路径的关注点比较

4.1 比较必须保持同一边界

若一边只计算银河产品 5.6±0.4 kg/m²，另一边却计算常规组件 + 支架 + 导轨全系统，就会得出失真的减重比例。正确方法是分别汇总所有永久构件，并按阵列覆盖面积和实际屋面受力面积说明口径。

系统组成	银河夹具 / 胶粘路径	常规支架路径
组件	按 BOM 数量与单重	按 BOM 数量与单重
安装构件	夹具、压块、胶、短过渡件等	导轨、支架、夹具、底座、紧固件等
电气构件	线缆、桥架 / 卡具、接线与接地	线缆、桥架 / 卡具、接线与接地
运维构件	通道、防坠、检修附件	通道、防坠、检修附件
可能加固	结构复核后确定	结构复核后确定

4.2 小板的价值是降低几何跨越尺度

780 mm 短边比常规大尺寸组件的曲率方向跨越更短，能把连续曲面分解为更多局部平面。它减少的是大尺度调平需求和支点不共面的概率，不意味着任意曲率都可直接安装，也不意味着板肋天然共面。

4.3 玻璃面层带来的系统要求

玻璃面层有助于保持组件表面平整、抗刮擦和清洁维护，但也决定了组件不能依靠自身扭曲去追随屋面施工误差。安装界面必须提供稳定、可控、避免硬点顶压的局部座面；搬运、临时堆放和运维不得使组件产生对角扭转或踩踏。

4.4 散热、排水和运维不能被“低剖面”掩盖

贴近金属屋面布置可降低阵列高度，但背部热环境、积灰、雨水冲刷、波谷排水和接线盒 / 线缆空间仍需检查。夹具或胶粘节点不得堵塞主排水路径；组件间缝隙应服务于热位移、排水、安装公差和可更换性。具体间距由正式安装文件和项目设计确定。

五、银河轻质：面向煤棚曲面的产品选择逻辑

不平均介绍所有型号，而是用功率档位、板型尺度和屋面几何建立主次关系。

5.1 产品参数表

银河轻质具有玻璃面层，组件本体不弯曲。		
参数	BMT-G4/080A	BMT-G4/088A
功率档	375 / 380 W	365 /370W
标准尺寸	2204±2 × 780±2 × 3.7±1 mm	2138 ±2× 780±2 × 3.7 ±1mm
产品重量	9.6±0.7 kg	9.3 ±0.7kg
单平方重量	5.6±0.4kg/m²	5.6 ±0.4kg/m²
组件效率	21.8% / 22.1%	21.9%/ 22.2%
峰值电压 / 峰值电流	25.22/25.42 V; 14.87/14.95 A	27.53 /27.80 V; 13.26/13.31 A
开路电压 / 短路电流	29.52/29.72 V; 15.54/15.62 A	32.42 /32.68 V; 13.87/13.92 A
正 / 背面最大静态载荷	2400 / 2400 Pa	2400 / 2400 Pa
冰雹测试	直径 25 mm、速度 23 m/s	直径 25 mm、速度 23 m/s
功能配置	RSD	RSD

5.2 曲面主推逻辑：银河 7 号轻质小板型组件

- 01 约 780 mm 短边沿屋面主曲率方向布置，降低单片组件跨越的曲面尺度。
- 02 玻璃面层保持组件表面平整；通过多块局部平面形成大尺度拟弧，而非组件本体弯曲。
- 03 较低产品面密度有利于降低新增恒载，但完整系统仍按项目 BOM 核算。
- 04 小板排布便于围绕板肋、檩条、天沟、设备和检修通道进行分区；具体板肋匹配须放样。
- 05 夹具与胶粘均可形成项目化路径，选择依据是屋面构造、风区、防水、热位移和验证条件。

5.3 参数的正确使用方式

参数 / 说法	可以说明什么	不能替代什么
5.6±0.4 kg/m²	当前产品面单平方重量	完整系统新增恒载和既有结构复核
±2400 Pa 静态载荷	产品在资料所述边界下的机械能力	曲面分区风压、连接 / 屋面板 / 檩条系统抗风揭
25 mm、23 m/s 冰雹测试	特定冰雹试验条件	所有冰雹气候、系统安装后冲击与全寿命保证
RSD	组件 / 产品配置中存在快速关断能力	具体电气架构、消防和项目适用法规设计

六、两种典型安装路径：夹具与胶粘

安装方式不是产品选项，而是从屋面板型、传力、防水、风与热位移条件推导的工程决策。

6.1 路径 A：梯形 / 角驰屋面 + 项目化夹具

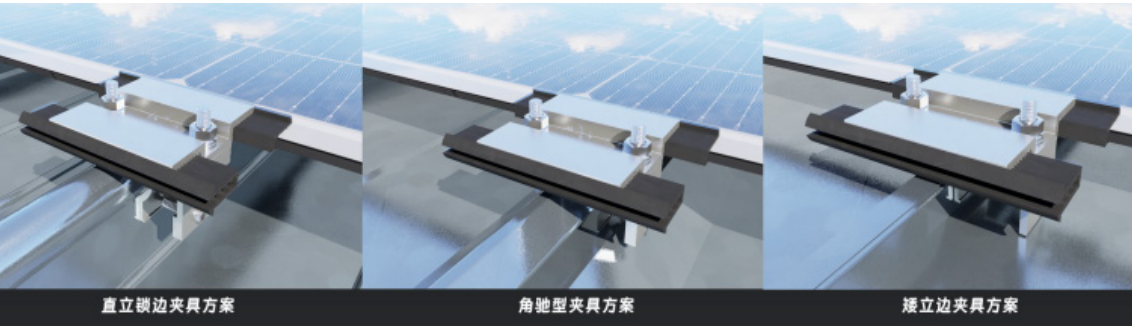


图 6-1 夹具安装效果图

夹具方案的工程价值是形成可检查、可拆卸的机械连接，并可降低大尺度导轨调平需求。但夹具是否穿透、夹在何处、荷载是否只传至屋面板、是否需连接檩条，必须由具体板型和节点决定。

设计问题	必须回答的证据	不接受的替代说法
夹哪里	板型截面、波峰 / 锁边尺寸、夹具适配图	“常规夹具都能用”
承多少力	分区风压、夹具测试、板肋 / 紧固件 / 檩条计算	仅引用组件 ±2400 Pa
用几个点	组件支承边界 + 系统计算 / 试验	固定写 4 个或 4-6 个
是否漏水	穿透 / 非穿透构造、防水材料、热位移与检修方案	“夹具绝对不破坏屋面”
能否更换	拆装步骤、工具、通道、备件和不损伤屋面措施	只说“无损拆卸”

6.2 路径 B：梯形压型板波峰 + 经验证胶粘

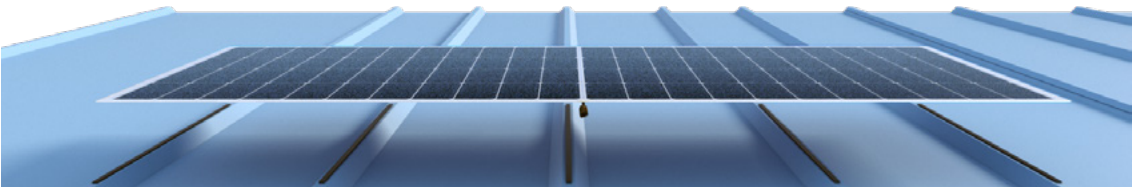


图 6-2 胶粘安装节点概念示意

压型板波峰可以形成沿板长方向的连续粘接界面，波谷则保留排水。但“有波峰”不等于“可以直接粘”：涂层类型、粉化 / 锈蚀、表面污染、波峰平整度、不同波峰共面性和屋面热位移都可能控制耐久。

阶段	控制项	建议记录
设计	风压分区、有效粘接长度、胶层剪切 / 剥离、热位移、可替换	计算书、材料相容性报告、样板方案
基层验收	板型、涂层、锈蚀、粉化、清洁度、干燥、平整	屋面分区图、照片、抽检记录
施工环境	温度、湿度、露点、风、雨、开放时间	逐班环境与批次记录
施胶	清洗 / 底涂、胶缝位置与连续性、厚度控制、压实方式	首件确认、过程照片、用胶批次
固化与验收	禁扰动时间、固化条件、现场拉拔 / 见证、缺陷修补	拉拔报告、验收表、偏差处理
运维	开裂、脱粘、边缘翘起、腐蚀、积水、返修	基线照片、巡检周期、极端天气后检查

6.3 如何在夹具与胶粘之间决策

条件	优先研究夹具	优先研究胶粘
板型界面	有经过适配 / 测试的锁边或波峰夹持界面	波峰连续、共面且涂层 / 基层可形成可靠粘接
防水边界	可接受节点构造，或非穿透夹持成熟	必须减少穿透且屋面保修允许胶粘
热位移	机械分区 / 滑移节点可明确	胶层变形与分区有耐久证据
风与局部受力	夹具-板肋-檩条路径可计算 / 测试	粘接面积、剥离 / 剪切与基层破坏模式可验证
维护	需要可拆卸、机械检查直观	低剖面 / 少构件优先且有返修工法

七、从组件安全到系统安全

真正的安全不是某个参数，而是原建筑、产品、连接、电气和运维五层连续闭合。



安全来自连续证据链，而非单一产品参数

图 7-1 煤棚轻质光伏五层安全体系

7.1 第一层：原建筑安全

复核主体网架 / 网壳、支座、檩条、屋面板及紧固件；调查腐蚀、变形、渗漏、维修和超载历史。既有建筑资料不完整时，应制定现场检测和反演建模方案。

7.2 第二层：光伏产品安全

产品证据应由型号一致的规格书、证书和试验报告组成，至少覆盖机械、电气、环境可靠性与适用防火证明。

7.3 第三层：连接安全

夹具需证明板型适配、局部承载和系统风揭；胶粘需证明基层相容、耐久、施工可控和可验收；热风焊接需证明膜材兼容、焊缝和屋面系统整体性能。连接安全

的目标是把产品能力稳定地传递到建筑，而不是“固定住就算完成”。

7.4 第四层：系统电气安全

- 根据阵列电压、电流、温度、线损和保护策略进行组串与设备选型。
- 控制直流电弧风险：连接器同源匹配、压接工具与人员资质、全过程抽检。
- 线缆沿曲面固定并防止下垂、磨边、积水、热源和跨越活动接缝受拉。
- 金属屋面、组件可导电部件、防雷与接地系统进行等电位协调；配置浪涌保护。
- RSD/ 快速关断按具体产品架构、项目要求和消防条件设计，不能只引用一个功能图标。
- 危险区域仅在分类结果要求时采用相应防爆电气设备与施工要求。

7.5 第五层：全生命周期安全

周期	重点动作	触发升级
日常 / 定期	目视、热成像 / 电气抽检、排水、线缆、夹具 / 胶层、腐蚀	异常温升、松动、裂纹、脱粘、渗漏、严重积灰
极端天气后	风、冰雹、暴雪、暴雨后阵列与屋面专项检查	组件位移、连接受损、板肋变形、排水堵塞
屋面维修时	隔离光伏、保护组件、电缆与防水，恢复后测试	维修跨越阵列、切割 / 焊接、涂层更新
组件更换时	同型号 / 兼容替代、节点复原、电气测试、记录更新	产品停产、节点材料老化、屋面寿命不匹配

八、煤棚轻质光伏六步设计法

把复杂问题拆成可审查、可回退、可验证的六个关口。



图 8-1 煤棚轻质光伏六步设计法

8.1 识别屋面

- 收集原结构、围护、防水、电气、防雷和维修资料；建立版本清单。
- 三维测量曲率与施工偏差；记录板型、板厚、檩距、紧固件、腐蚀和渗漏。
- 划分屋脊、檐口、端部、边角、天沟、设备、变形缝和不可达区域。

8.2 结构复核

- 计算完整系统永久荷载及施工 / 检修临时荷载。
- 按建筑高度、地貌、曲面分区和封闭状态确定风作用; 考虑雪和积灰等适用作用。
- 复核屋面板局部受力、紧固件、檩条、网架 / 网壳、支座和基础。

8.3 产品选型

- 曲面明显、荷载敏感区优先研究银河 7 号约 780 mm 短边小板。
- 根据具体功率档、尺寸、电压电流与批次规格完成 BOM。

九、项目案例信息

项目名称	地点	体量	屋面类型	安装方案
浙江某电厂	浙江	5.25MW	弧形梯形彩钢瓦	胶粘
山西洗煤棚	山西朔州	4.97MW	弧形梯形彩钢瓦	胶粘
阳泉热电厂	山西阳泉	2.2MW	弧形梯形彩钢瓦	胶粘
名硕体育馆	苏州虎丘	1.3MW	弧形角驰彩钢瓦	定制夹具
特伦堡厂房	苏州虎丘	0.6MW	弧形角驰彩钢瓦	标准夹具

8.4 连接设计

- 夹具：确定板型适配、支点、紧固、滑移 / 分区、防水和拆装。
- 胶粘：确定基层相容、表面处理、胶缝、固化、热位移、拉拔和返修。
- 节点不得跨越屋面活动接缝，不得堵塞排水或把尖锐硬点作用在玻璃面组件。

8.5 系统安全

- 完成组串、线缆、连接器、接地、防雷、RSD/ 保护和逆变器设计。
- 统筹防火、危险区域分类、消防 / 检修通道、不可踩踏和防坠。
- 定义运维基线、备件、替换策略和屋面保修边界。

8.6 样板验证

- 核对屋面实测、结构计算、产品资料和节点版次。
- 实施材料相容、夹具 / 胶粘拉拔、首件 / 样板段安装及必要的系统抗风揭测试。
- 记录人员、环境、材料批次、过程照片和偏差处理；不通过则回退设计。

十、应用边界与设计注意事项

10.1 适用场景

- 封闭式条形煤场、煤棚及技术条件相似的大跨度柱面 / 拱形金属屋面。
- 体育馆、会展中心、物流罩棚等大跨度曲面钢网架 / 网壳屋面，但需重新识别使用功能、消防、人员密度与运维条件。
- 既有金属屋面低荷载余量项目，以及新建时已为光伏预留结构与围护条件的项目。

10.2 不应直接采用或必须升级评估的情形

情形	处置原则
屋面或主体结构存在显著变形、腐蚀、渗漏、紧固件失效	先修复 / 鉴定，不以光伏覆盖问题
组件就位需要弯曲、扭转或强制压平	该区域不适用当前平面组件节点；重新分区或换方案
板型 / 板厚 / 檩条资料缺失且不允许检测	无法形成可靠连接设计，不进入施工
胶粘基层粉化、锈蚀、涂层不明或材料不相容	修复或改用经验证机械路径
危险区域分类要求与产品 / 电气设备不匹配	由防爆专业重新选型和布置
无维护通道、防坠或局部更换条件	调整阵列，不以装机量牺牲运维安全
屋面剩余寿命显著短于光伏计划寿命	先改造屋面或制定可拆换的全寿命策略

结语 | 让光伏与原建筑长期共存

煤棚光伏的真正门槛，并不是能不能在屋顶放下一块组件，而是能否在大跨度、低荷载余量、曲面金属屋面上，建立一套与原建筑长期共存的光伏系统。

这要求方案从原建筑安全出发，用完整荷载路径解释“轻”，用局部切平面解释“曲面适配”，用板型和现场状态解释“固定”，用风压分区、温度位移、防水、电气和运维解释“系统”。任何单一产品参数都不能替代这套工程逻辑。

银河轻质的价值，由此可以被准确地表达：它以较低产品面密度降低新增恒载，以玻璃面小板保持组件平整，以约 780 mm 短边沿曲率方向分段拟弧，并通过夹具或经验证胶粘界面进入完整传力路径。该组合为煤棚及类似大跨度曲面金属屋面提供了更值得深入设计和验证的技术路径。

此白皮书不是对所有项目的统一答案，而是一套共同语言：让业主、设计院、EPC、施工与运维团队在同一张问题清单上工作，把每一个“可以安装”的判断转化为可追溯、可审查、可维护的工程证据。

标准适用性

编号	名称	性质 / 状态	实施时间	本白皮书用途
GB 55001-2021	《工程结构通用规范》	强制性工程建设规范 现行	2022-01-01	既有结构与新增作用的总控
GB 55030-2022	《建筑与市政工程防水通用规范》	强制性工程建设规范 现行	2023-04-01	屋面防水底线
GB 55037-2022	《建筑防火通用规范》	强制性工程建设规范 现行	2023-06-01	建筑防火、疏散、消防救援
GB 50009-2012	《建筑结构荷载规范》	工程建设国家标准 现行	2012-10-01	风、雪、永久荷载与组合
GB 50017-2017	《钢结构设计标准》	工程建设国家标准 现行	2018-07-01	钢结构构件与连接复核
JGJ 7-2010	《空间网格结构技术规程》	行业标准 现行	2011-03-01	网架 / 网壳设计施工
GB 50896-2013	《压型金属板工程应用技术规范》	工程建设国家标准 现行	2014-07-01	压型板、连接、防水、温度变形
GB/T 39794.1/.2-2021	《金属屋面抗风掀性能检测方法》	推荐性国家标准 现行	2021-10-01/ 2022-02-01	静态 / 动态压力系统试验方法
GB/T 51368-2019	《建筑光伏系统应用技术标准》	推荐性工程建设国家标准 现行	2019-12-01	建筑光伏设计、安装、验收与运维
GB 50797-2012	《光伏发电站设计标准》	工程建设国家标准 现行	2012-11-01	光伏总体与电气设计
GB/T 35694-2025	《光伏发电站安全规程》	推荐性国家标准 现行	2026-04-01	运行安全
GB/T 20047.1/.2-2025	《光伏组件安全鉴定》	推荐性国家标准 现行	2025-12-31/2026-04-01	组件结构与测试；产品符合性需报告
GB 47739-2026	《光伏组件安全要求》	强制性国家标准 已发布未实施	2027-06-01	未来强制基线，纳入合规过渡
GB 47740-2026	《光伏组件铭牌标识要求》	强制性国家标准 已发布未实施	2027-06-01	未来铭牌强制要求
DL/T 5859-2023	《条形煤场钢结构封闭技术导则》	电力行业标准 现行	2023-08-06	煤场钢结构封闭场景
DL/T 2953-2025	《火力发电厂封闭式条形煤场运行维护技术规程》	电力行业标准 现行	2026-03-28	火电厂封闭煤场运维；其他可参照
GB 15577-2018	《粉尘防爆安全规程》	强制性国家标准 现行	2019-06-01	可燃性粉尘风险总控
GB 50058-2014	《爆炸危险环境电力装置设计规范》	工程建设国家标准 现行	2014-10-01	危险区域划分后的电气选型
GB 50057-2010	《建筑物防雷设计规范》	工程建设国家标准 现行	2011-10-01	防雷、接地、等电位
GB/T 36567-2018	《光伏组件检修规程》	推荐性国家标准 现行	2019-04-01	组件检修与缺陷管理

参考资料

[R01] 生态环境部，《火电厂污染防治技术政策》。

[R02] 生态环境部，焦化行业无组织排放控制相关公开技术资料。

[R03] DL/T 5859-2023《条形煤场钢结构封闭工程技术导则》题录。

[R04] 同济大学，大型干煤棚柱面网壳风荷载试验研究论文。

[R05] 深圳大学学报，封闭式条形煤场大跨度结构研究案例。

[R06] 《大跨度煤场封闭罩棚设计研究》。

[R07] SteelConstruction.info, Building envelopes / trapezoidal sheeting technical guide.

[R08] NREL, Solar Ready Buildings Planning Guide, 2014.

[R09] 大型煤棚封闭程度对风荷载影响研究。

[R10] Sunman eArc installation methods / profiled steel roof manuals.

[R11] MiaSolé FLEX Application Guide for Steep Slope Metal Roofs.

[R12] Renusol MetaSole+ system datasheet.

[R13] S-5! Protea bracket for trapezoidal-rib metal roof profiles.

[R14] BauderSOLAR F technical data sheet.

[R15] Sika SolaRoof / SolaClick system.

[S01] 国家标准全文公开系统：GB 15577-2018、GB/T 20047.1/.2-2025、GB/T 35694-2025、GB 47739-2026 等题录。

[S02] 工业和信息化部行业标准备案系统：DL/T 5859-2023、DL/T 2953-2025 题录。

[S03] 国家工程建设标准电子书库：工程建设标准状态核验。

GOODWE