



山东中科富能组件设计通则

General Design Guidelines for ZKFN Solar

版本号：ASD-JSZC 005 A4

发布部门：技术支持部

发布日期：2025年12月22日

1 总则

1.1 适用范围

本文件适用于山东中科富能光电科技有限公司生产的 Solar Pega、Solar Noah、Solar Vela 系列光伏组件在各类建筑屋面光伏系统的设计阶段参考使用。

1.2 编制目的

旨在为设计院在方案设计及材料选型阶段提供依据，帮助识别并规避导致光伏系统运行性能下降或结构安全隐患的主要风险，包括但不限于：

- 屋面承载力不足
- 支撑方式与屋面结构不匹配
- 组件热斑的可能性

1.3 文件定位

本规范为设计阶段参考文件，不替代国家或地方强制性标准。设计院应结合以下技术文件共同使用：

- 《光伏电站设计规范》（GB 50797-2012）（2024 年版）

- 《建筑结构荷载规范》(GB 50009)
- 《建筑设计防火规范》(GB 50016)
- 相关地方性行业标准和业主提供的专项要求
- 中科富能 Solar Vela 系列、Solar Noah 系列、Solar Pega 系列安装作业指导书。

1.4 设计原则

- 安全优先：设计院应确保组件及支架系统在长期荷载作用下的结构安全性。
- 结构匹配：支架或连接方式需与屋面结构特性高度匹配，避免削弱屋面原有承载与防水性能。
- 环境适应性：充分考虑当地气候、风雪荷载及腐蚀性环境因素。
- 维护便利性：在设计阶段预留合理的检修通道与组件更换空间。

1.5 适用环境条件参考值

- 基本风速：按工程所在地 50 年一遇数据计算，或按更高标准执行。
- 雪荷载：考虑极端气候条件下的最大积雪压力。
- 耐温范围： $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ （组件安全工作区间）。

- 湿度限制：建议长期相对湿度 $\leq 85\%$ ，避免酸碱性腐蚀性气体影响。

1.6 风险提示

本文件仅为设计单位提供前期技术参考，最终设计方案应经结构和电气双专业复核，并经相关审查机构批准。未充分评估屋面结构适配性及环境条件，可能导致组件寿命缩短、发电效率下降或结构安全事件。

2 术语：

2.1 中科富能柔性抗隐裂晶硅组件 Light-flexible, Crack-free PV Module

SolarVela 家族系列。此组件特点：轻、薄、柔、可弯曲，适用于异形结构屋面。

2.2 中科富能背框组件 Crystalline Silicon PV Module with Frame

SolarNoah 家族系列。在柔性组件基础上增加边框，指代一种新的“安装方式”。

2.3 中科富能轻钢可踩踏组件 Light-Rigid, Walkable PV Module

SolarPega 家族系列。将 TSR-Armor 无隐裂技术引入薄玻璃轻质组件，实现超强无隐裂轻。

2.4 光伏方阵 photovoltaic (PV) array

将光伏组件在电气上按一定方式连接在一起，并按一定规律进行排布、安装后构成的直流发电单元。又称光伏阵列。

2.5 光伏电站年峰值日照时数 annual peak sunshine hours of PV station

将光伏方阵面上接收到的年太阳总辐照量，折算成辐照度 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 下的小时数。

2.6 安装容量 capacity of installation

光伏电站或光伏方阵中安装的光伏组件的标称功率之和，计量单位是峰瓦 (W_p)。

2.7 光伏发电单元 photovoltaic (PV) power unit

光伏电站中，光伏方阵直流发电经逆变器逆变，再经就地升压变压器升压成符合电网频率和汇集电压要求的电源。又称单元发电模块。

2.8 结构胶 structural Adhesive

此文件指作为无机械固定的方式之一，指定型号为;白云 SMG533 光伏专用结构胶，结构胶可质保 25 年。

2.9 BIPV

全称：BIPV Building Integrated PV 指将光伏发电技术与建筑设计相结合的一种新型建筑模式，旨在实现建筑的能源自给自足和可持续发展。

2.10 BAPV

全称: Building Attached PV, 指在现有建筑上安装的太阳能[光伏发电系统](#)。

2.11 直接粘贴 direct Structural Adhesive Bonding

一种安装方式。指的是组件不使用机械固定而用结构胶粘贴进行固定的安装方式。

2.12 平屋面 flat Roof

一种屋面形式, 指的是建筑屋面倾角接近 0° 的, 平屋面一般屋面类型面材质为混凝土、彩钢瓦的屋面。

2.13 坡屋面 sloped Roof

一种屋面形式, 指的是建筑屋面存在坡度差的, 坡屋面一般屋面类型面材质为混凝土、彩钢瓦的屋面。

2.14 异形屋面 special-shaped Roof

一种屋面形式, 指的是除平屋面、坡屋面以外的屋面形式, 一般为弧形或圆形, 屋面材质为混凝土、彩钢瓦等

2.15 热斑效应 Hot Spot Effect

光伏组件在使用过程中, 因局部遮挡、污染或电池片性能不均等原因, 导致部分电池片反向偏置而发热的现象可能造成组件永久性损坏。

2.16 MPPT Maximum Power Point Tracking

最大功率点跟踪技术，逆变器通过实时调节电压和电流，使光伏阵列始终工作在最大功率点的控制方法。

2.17 容配比 DC/AC Ratio

光伏组件直流侧额定功率与逆变器交流侧额定功率的比值，合理的容配比可提高系统经济性。

2.18 拉拔力 Pull-out Force

组件固定系统抵抗垂直于安装面方向外力作用的能力，是评估安装牢固性的重要指标。

个别术语参照现行国家标准《太阳能热利用术语》GB/T 12936-2007，定义 3.24，其余术语最终解释权归中科富能所有。

3 引用标准与参考文件

设计院在编制方案时应参考以下文件：

国家及行业标准：

- GB 50009 《建筑结构荷载规范》
- GB 50797-2012 《光伏发电站设计规范》（2024 年版）
- GB 50016 《建筑设计防火规范》

- GB 50033 《建筑采光设计标准》

企业及相关支持文件:

- SolarPega / SolarNoah / SolarVela 安装指导手册

4 产品介绍

4.1 SolarVela 柔性晶硅组件

- 特点: 超轻薄、柔性、直接粘贴安装。
- 适用场景: 各类承重不足屋顶、弧形表面、特殊建筑结构。
- 安装方式: 结构胶直接粘贴, 无需支架。

4.2 SolarNoah 可拆卸柔性晶硅组件

- 特点: 可拆卸、高强度、安装便捷。
- 适用场景: 需要后期维护或更换的建筑屋顶。
- 安装方式: 夹具、基座与专用压块安装, 无需导轨。

4.3 SolarPega 可踩踏薄玻璃晶硅组件

- 特点：可踩踏、高强度、安装便捷
- 适用场景：承载力不足的屋顶及 BIPV
- 安装方式：专用压块安装

5 设计原则

- 安全优先：设计院应确保组件及支架系统在长期荷载作用下的结构安全性。
- 结构匹配：支架或连接方式需与屋面结构特性高度匹配，避免削弱屋面原有承载与防水性能。
- 环境适应性：充分考虑当地气候、风雪荷载及腐蚀性环境因素。
- 维护便利性：在设计阶段预留合理的检修通道与组件更换空间。

6 荷载计算依据

组 件 型 号	重 量 (Kg/m ²)	组 件 荷 载 (KN/m ²)
SolarVela	2.8	0.02746
SolarVela pro	2.8	0.02746
SolarNoah	3.8	0.03726

SolarNoah pro	3.8	0.03726
SolarPega	5.6±2%	0.054929(取中值)
SolarPega F	7.3 ±2%	0.07159(取中值)
SolarPega FL	5.6±2%	0.05492(取中值)

6.1 荷载计算方法

6.1.1 风荷载计算公式（参考 GB 50009）

$$W = \mu_s \cdot \omega \cdot \beta_z$$

其中：

- W —— 设计风荷载（kN/m²）
- μ_s —— 风荷载体型系数（屋面形状相关）
- ω —— 风压值（按基本风速计算）
- β_z —— 高度系数

6.2 雪荷载计算公式（参考 GB 50009）

$$S = \mu_s \cdot S_0$$

其中：

- S —— 设计雪荷载 (kN/m²)
- μ_s —— 雪荷载形状系数
- S_0 —— 当地地面特征雪荷载

6.3 地震作用

对于抗震设防烈度 ≥ 7 度的地区，应进行地震作用验算：

$$F_{Ek} = \alpha_{max} \cdot G_{eq}$$

其中：

- F_{Ek} —— 水平地震作用标准值 (kN)
- α_{max} —— 水平地震影响系数最大值
- 6度：0.04
- 7度：0.08 (0.10)

- 8度：0.16（0.20）
- G_{eq} —— 组件及支架系统重力荷载代表值（kN）

组件支架系统应满足：①连接节点抗震承载力验算②锚固系统抗震拉拔力验算③支架结构抗震变形验算

6.4 荷载组合

按 GB 50009 规定，应考虑以下荷载组合：

- **基本组合：**

1. 1.2 恒载 + 1.4 风载（吸力）
2. 1.2 恒载 + 1.4 雪载
3. 1.2 恒载 + 1.4×0.7 风载 + 1.4×0.7 雪载
4. 1.2 恒载 + 1.3 地震作用（抗震设防区）

- **设计控制值：**

组件及支架系统总荷载 \leq 屋面结构允许承载力 $\times 0.8$

单点锚固拉拔力 \geq 设计荷载 \times 安全系数（ ≥ 2.5 ）

7 组件排布设计

每串组串的数量根据以下公式计算（参考 GB 50797-2012 2024 年版）：

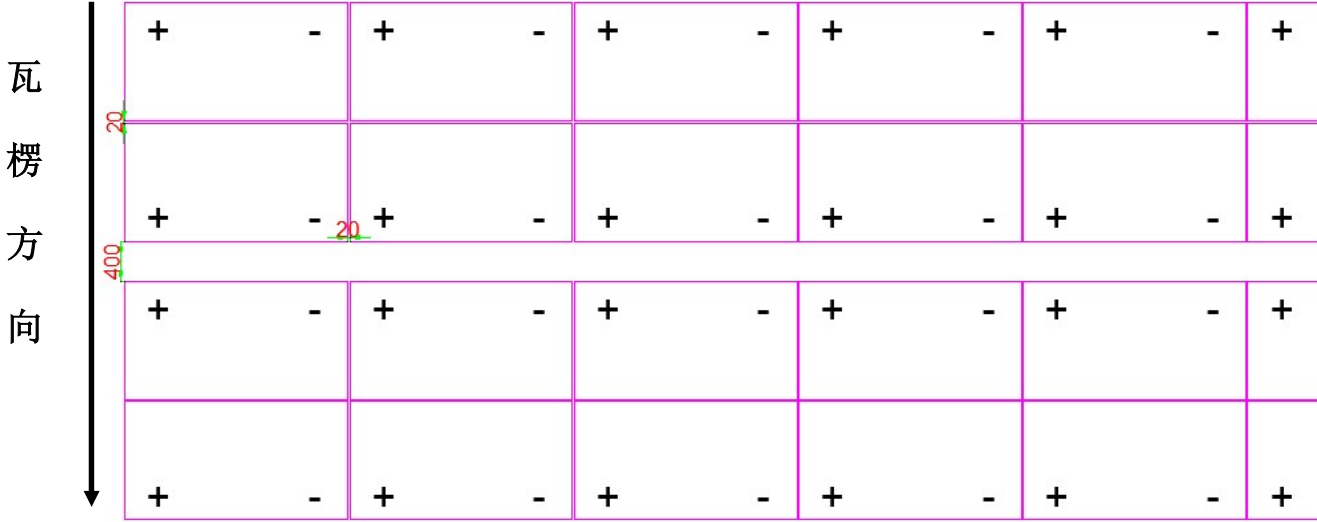
$$N \leq \frac{V_{\text{dcmax}}}{V_{\text{oc}} \times [1 + (t - 25) \times K_v]} \\ \frac{V_{\text{mpptmin}}}{V_{\text{pm}} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{\text{mpptmax}}}{V_{\text{pm}} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]}$$

式中： K_v ——光伏组件的开路电压温度系数；
 K'_v ——光伏组件的工作电压温度系数；
 N ——光伏组件的串联数（ N 取整）；
 t ——光伏组件工作条件下的极限低温（℃）；
 t' ——光伏组件工作条件下的极限高温（℃）；
 V_{dcmax} ——逆变器允许的最大直流输入电压（V）；
 V_{mpptmax} ——逆变器 MPPT 电压最大值（V）；
 V_{mpptmin} ——逆变器 MPPT 电压最小值（V）；
 V_{oc} ——光伏组件的开路电压（V）；
 V_{pm} ——光伏组件的工作电压（V）；

排布需符合组件安装要求，遵循：经济、可靠、合理、美观的设计原则

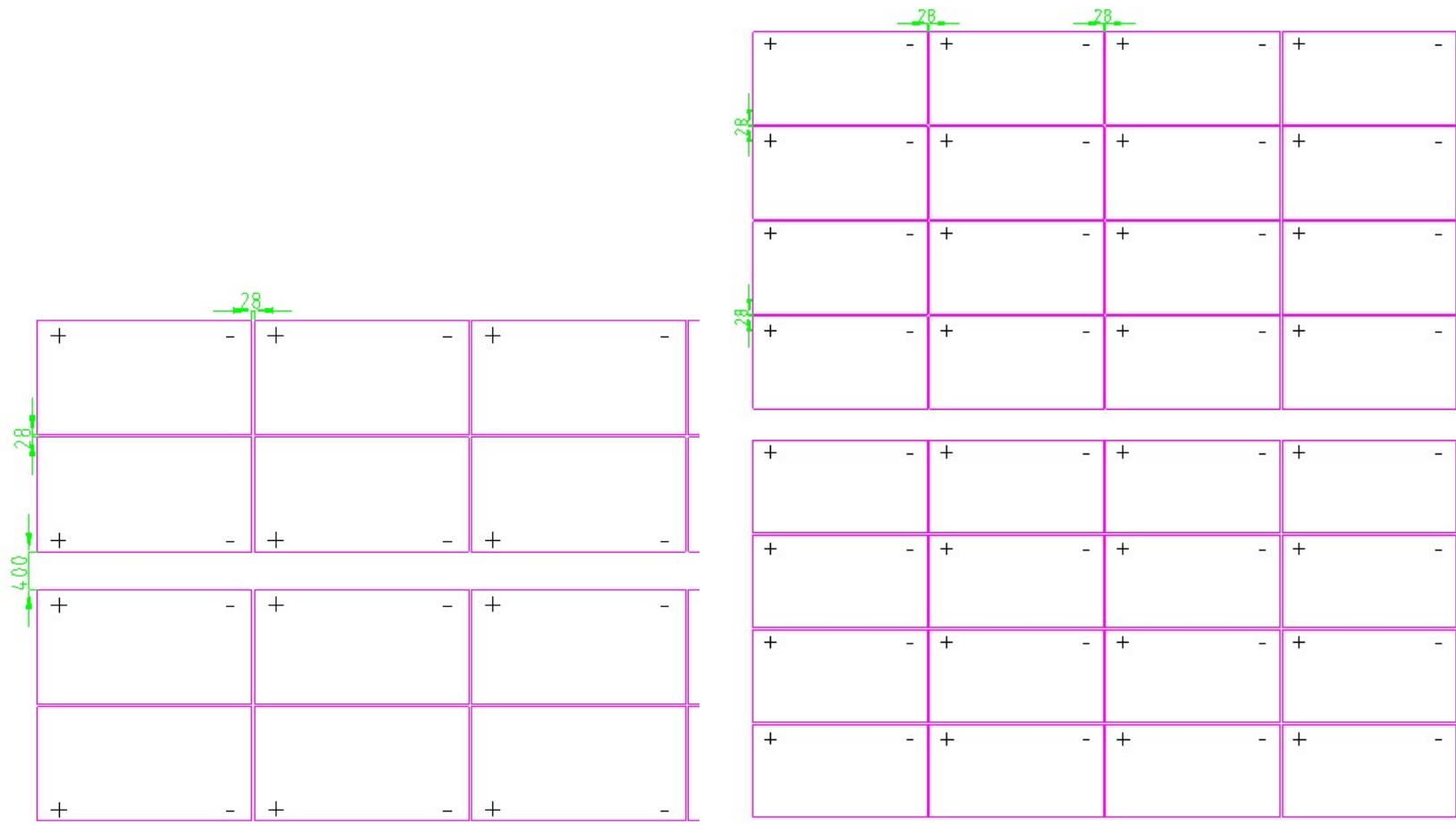
7.1 SolarVela / vela pro、Noah / Noah pro

当组件横向安装时（单位 mm）



Vela / Vela pro 示例

组件横向安装，串联方向为左右串联，2 列组件为一组光伏阵列，阵列间距为 400-600mm。组件之间的间距为：20mm



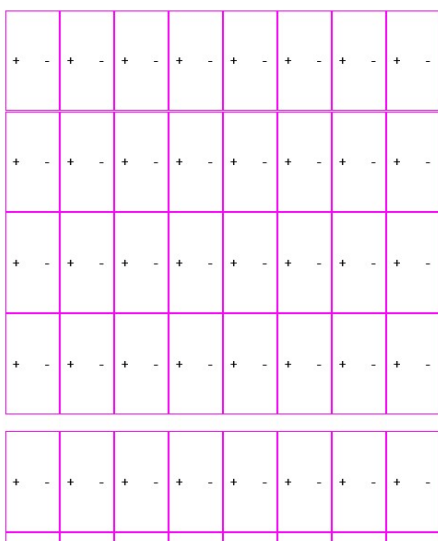
Noah / Noah pro 示例

组件横向安装，串联方向为左右串联，2列组件为一组光伏阵列，阵列间距为400-600mm。组件之间的间距为：28mm，右侧为满

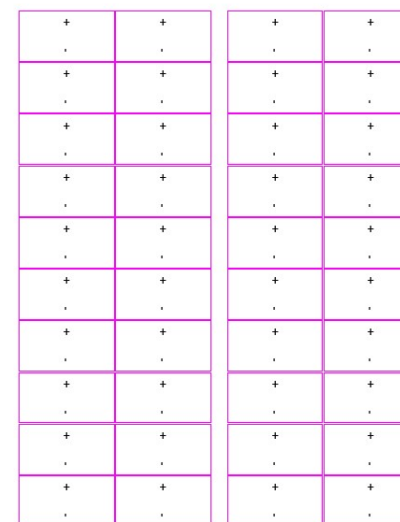
铺方案，每 3-4 排或更多，为一组光伏阵列，阵列间距 400-600mm，组件之间的间距为 28mm。

7.2 Solarpega/pega F/pegaFL

当组件横向安装时



横向排布示例



竖向排布示例

组件横向安装，串联方向为左右串联，2-4 列组件为一组光伏阵列，阵列间距为 400-600mm。组件之间的间距为：28mm。组件

竖向安装，串联方向为左右串联，2 列组件为一组光伏阵列，阵列间距为 400-600mm。组件之间的间距为：28mm

7.3 阴影遮挡

- 阴影会造成组件局部光照不足，引发热斑效应，影响发电效率并可能损坏组件。
- 在设计阶段必须评估全年太阳轨迹和周边遮挡物，确保在主要发电时段尽量不出现遮挡。
- 必须考虑建筑结构自身、周边建筑、设备设施、以及植被等因素。

7.3.1 设计评估方法

现场勘察

- 在不同季节、典型时段（上午 9 点、正午 12 点、下午 15 点）测量屋面光照与阴影分布。
- 对于屋顶光伏，可用无人机航拍结合模拟软件（如 SketchUp + Helioscope 或 PVsyst）。

遮挡分析（参考 GB 50797-2012（2024 年版））

- 使用太阳高度角和方位角计算不同季节的阴影投射范围。
- 确定组件排布与支架高度，避免相邻排之间产生遮挡。

关键指标

- 关键发电时段：上午 9:00 - 下午 15:00 期间的直射光应无遮挡。
- 年度有效光照损失率 (Shading Loss) 应 $\leq 3\%$ 。

遮挡物安全距离：

- 女儿墙/设备： $\geq 2.5H$ (H 为遮挡物高度)
- 天窗/采光板： $\geq 2H$
- 相邻建筑：按冬至日 9:00-15:00 无阴影计算

阵列行间距公式 (防前排对后排遮挡, 参考 GB 50797-2012 (2024 年版))

$$D \geq \frac{H}{\tan(\theta_{\min})}$$

其中：

D —— 阵列行间距 (m)

H —— 组件前排最高点与屋面平面的高度差 (m)

θ_{min} —— 当地冬至日正午太阳高度角 (°)

东西方向布置：避免在高差明显的屋面布置连续串，防止相互遮挡。

南北走向：在北半球，组件应朝南（或略偏西南），确保冬季低太阳高度时仍有足够间距。

特殊结构屋面

- 异形屋面 / 弧形屋面：

避免在曲率变化急的区域安装组件，防止相邻组件互相遮挡。

- 厂房屋面有天窗或设备突出物：

留出阴影缓冲区，组件与遮挡物间距大于计算值的 2 倍。

- 光伏和采光板混排：

对采光板周边的组件，需计算全年阴影分布并根据电气组串重新配置。

7.4 电气安全设计

7.4.1 接线盒与电缆

- 接线盒防护等级： \geq IP67
- 直流电缆：双层绝缘，耐温 $-40^{\circ}\text{C}\sim+90^{\circ}\text{C}$
- 电缆敷设：采用桥架或穿管保护，避免与屋面直接接触
- 线缆截面选择：压降 $\leq 2\%$ （直流侧）， $\leq 1\%$ （交流侧）

7.4.2 过电流保护

- 每路组串配置直流断路器或熔断器
- 额定电流： $I_r = 1.25 \times I_{sc}$ （组件短路电流）
- 汇流箱应配置防雷器（SPD）和隔离开关

8 组件安装设计

8.1.1 基材适用性评估

彩钢瓦屋面：

合格条件：①瓦楞波峰间距： $\leq 350\text{mm}$ ②彩钢瓦厚度： $\geq 0.5\text{mm}$ ③表面涂层：完好无脱落、锈蚀面积 $\leq 5\%$

④基材强度：抗拉强度 $\geq 300\text{MPa}$ ⑤平整度： $\pm 5\text{mm}/2\text{m}$

禁用条件：①波峰有穿孔、铆钉或其他固定件②表面有油污、粉尘、苔藓等污染物③单层彩钢瓦且内部为高温车间④屋面存在明显变形或沉降

混凝土屋面：

合格条件：①混凝土强度等级： $\geq \text{C}25$ ②表面平整度： $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ ③防水层完整，无开裂、起鼓。

防水卷材屋面：

合格条件：①卷材表面无杂物、凸起②卷材无老化脱层③底部粘接强度满足要求。

8.1.2 结构胶施工工艺

推荐产品：白云 SMG533 光伏专用结构胶，单支 590ml

部分性能参数：

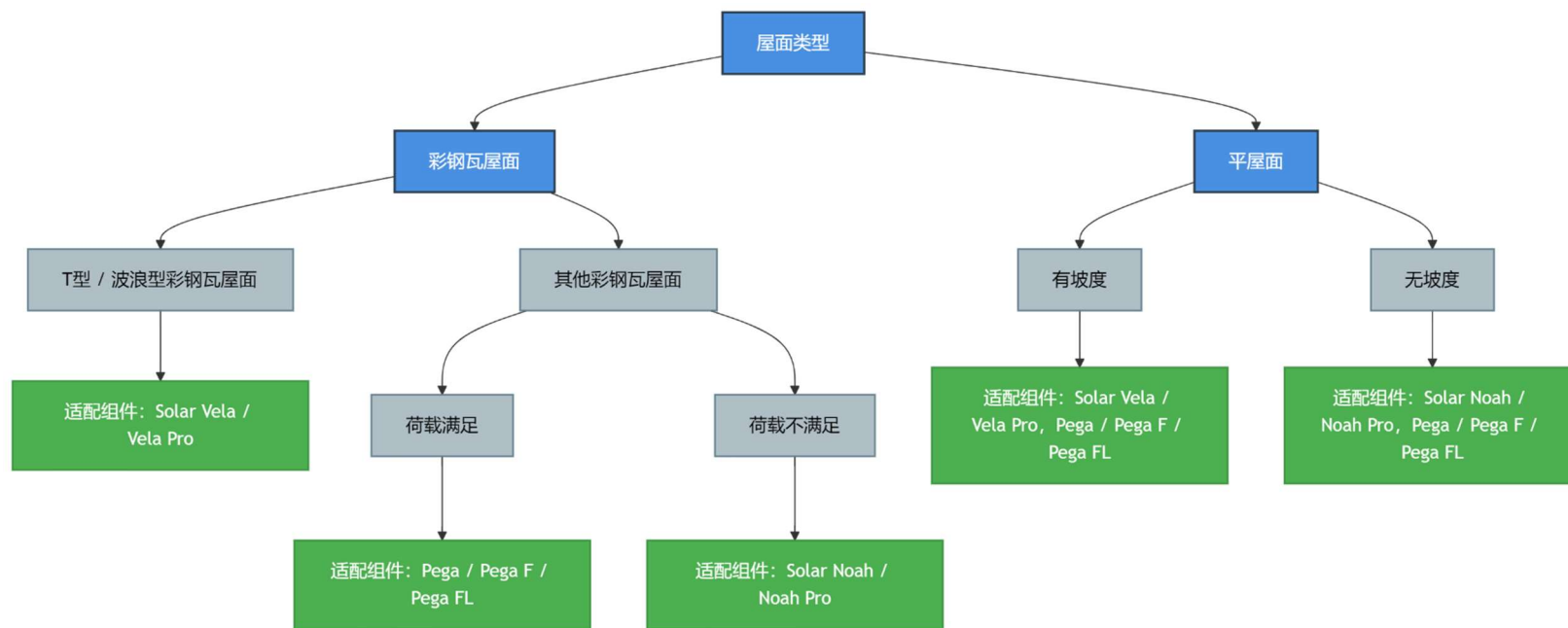
名 称	参 数
抗 拉 强 度：	$\geq 1.5 \text{ MPa}$ （固化后）
断 裂 伸 长 率：	$\geq 250\%$

最低打胶环境温度:	$\geq 0^{\circ}\text{C}$
固化时间:	24h (25 $^{\circ}\text{C}$), 温度越低固化时间越长
质保期限:	25年



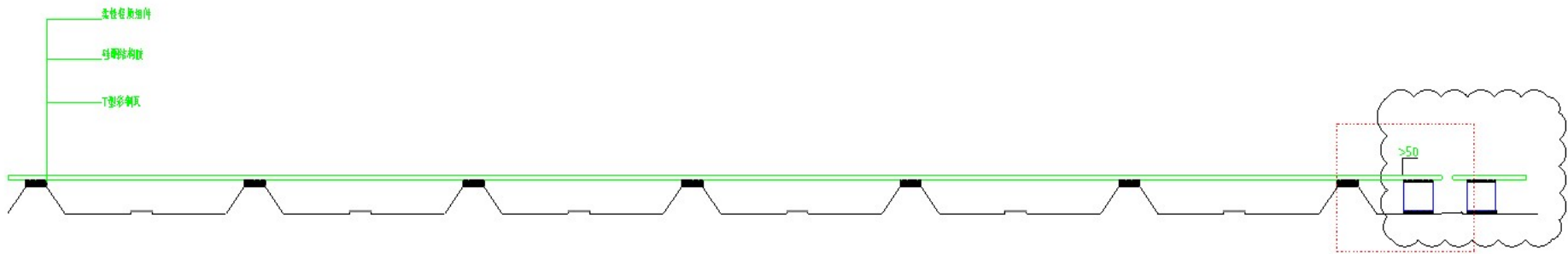
屋面不合格处理方式及施工工艺请参考安装指导书内容

不同屋面组件的选择

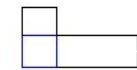


Solar Vela / Vela pro

采用结构胶直接粘贴，单片组件的粘接面积为 $\geq 405 \text{ cm}^2$ （待结构胶完全凝固后拉拔力约合 17.4kN/片组件）



- 一、此图为中科富能柔性组件在T型彩钢瓦下的安装方式
- 二、瓦楞间距宜 ≤ 350 mm,当组件一端悬挑大于等于50mm时应采用细方管进行搭接
- 三、组件瓦楞数量根据彩钢瓦波峰间距进行等分



图例

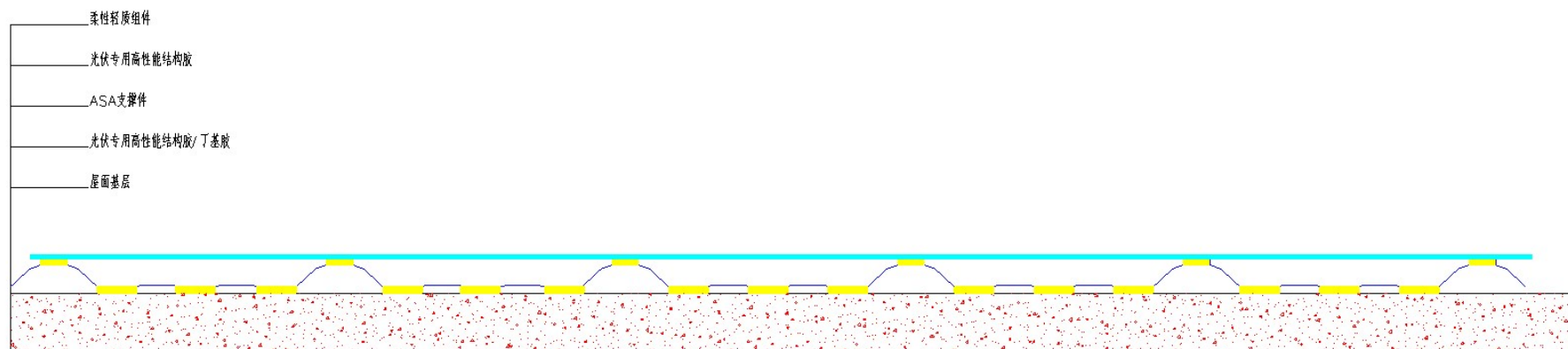
说明:

直接粘贴需确认以下情况:

- 彩钢瓦瓦楞波峰间距需 ≤ 350 mm 之间
- 彩钢瓦波峰无铆钉
- 彩钢瓦整体无锈蚀,局部无破损、形变等
- 屋面结构为单层彩钢瓦时,组件安装下方需无高温发热设备或物体

Solar Vela / Vela pro 坡屋面

采用 ASA 支架进行安装

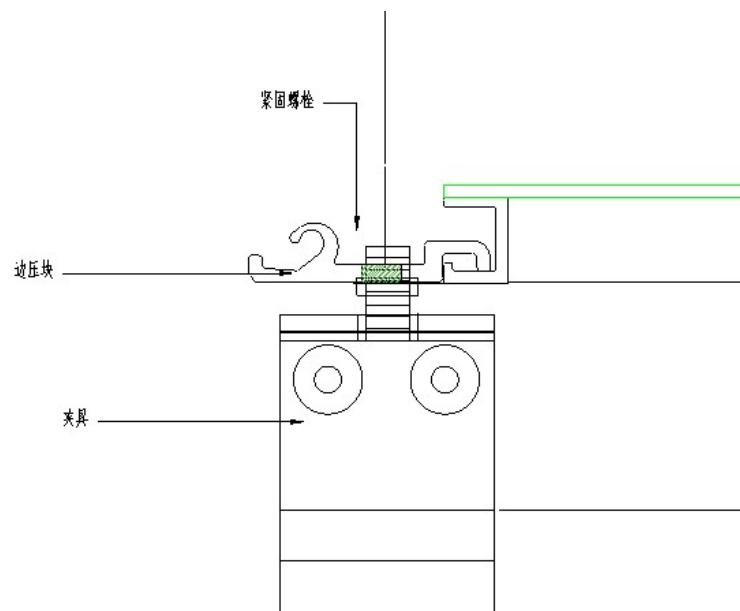


示意图

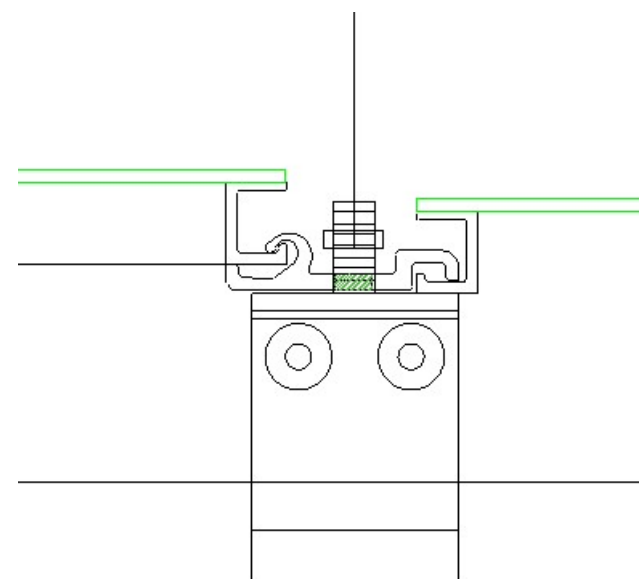
- 此安装方式适用于有坡度的平屋面
- ASA 支架粘贴在屋面上, 待结构胶凝固测试拉拔力要求 ASA 支架单点拉拔力 $>40\text{kg}$
- 组件两侧不要悬挑, 如果悬挑不要超过五公分

Solar Noah / Noah pro

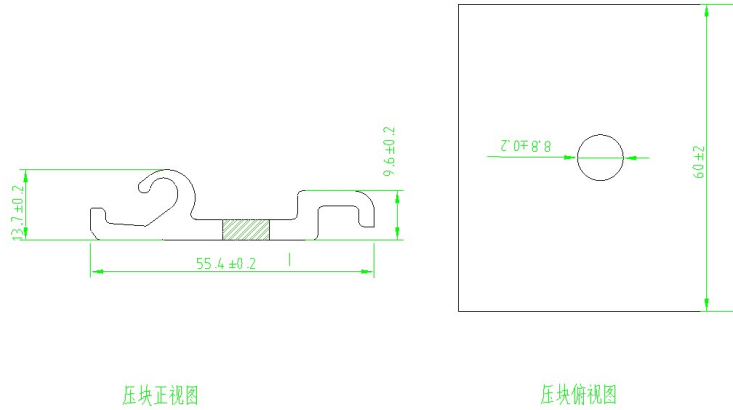
彩钢瓦采用夹具与专用压块安装



边压块示意图



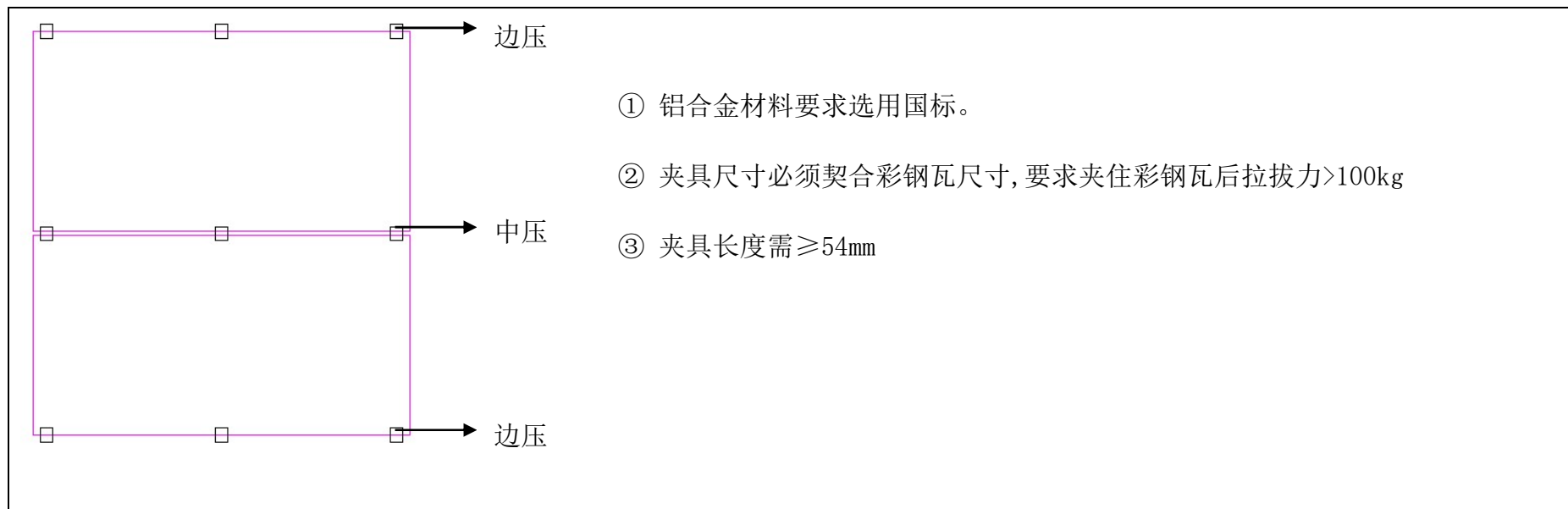
中压块示意图



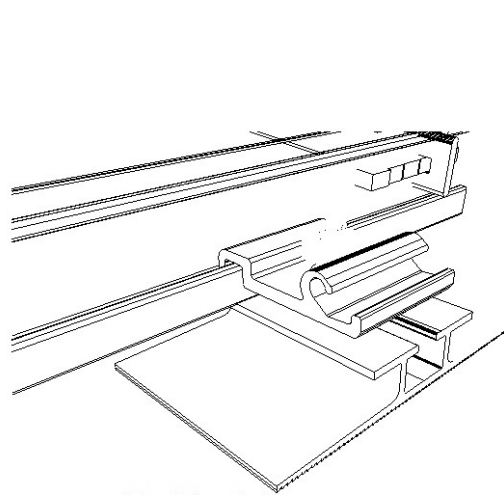
配件尺寸图

每 2 片组件配件 BOM 参考如下：

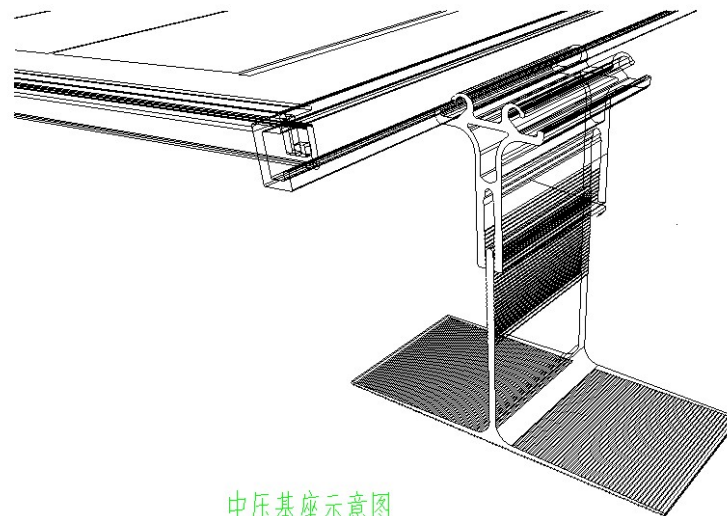
Solar Noah /Noah pro 配件数量参照表							
序号	名称	规格描述	单位	订单用量	备品	总数量	备注
1	组件	Solar Noah /Noah pro	SET	2	0	2	
2	边压	通用压块 02	PC	6	0	6	
3	中压	通用压块 02	PC	3	0	3	



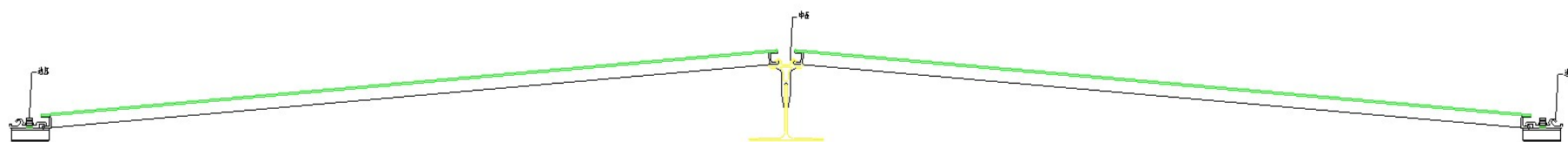
平屋面采用专用基座与专用压块安装



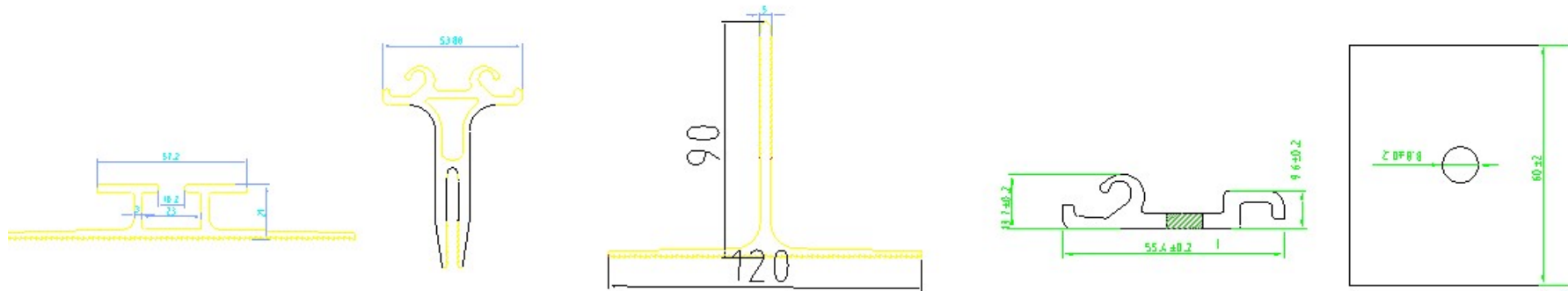
边压基座示意图



中压基座示意图



示意图

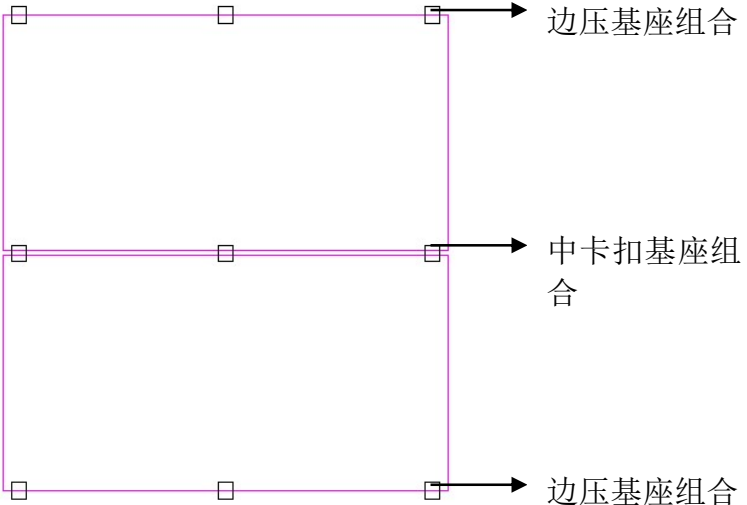


配件尺寸图

每 2 片组件配件 BOM 参考如下：

Solar Noah /Noah pro 配件数量参照表							
序号	名称	规格描述	单位	订单用量	备品	总数量	备注
1	组件	Solar Noah /Noah pro	SET	2	0	2	
2	边压基座组合	长度 60mm	PC	6	0	6	

3	中卡扣基座组合	长度 60mm	PC	3	0	3	
4	白云 SMG533 结构胶		支	1	0	1	



边压基座组合

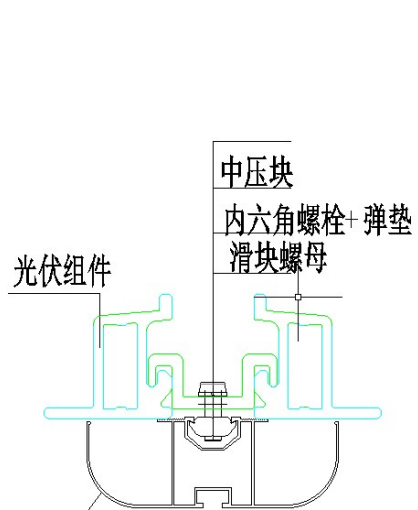
中卡扣基座组合

边压基座组合

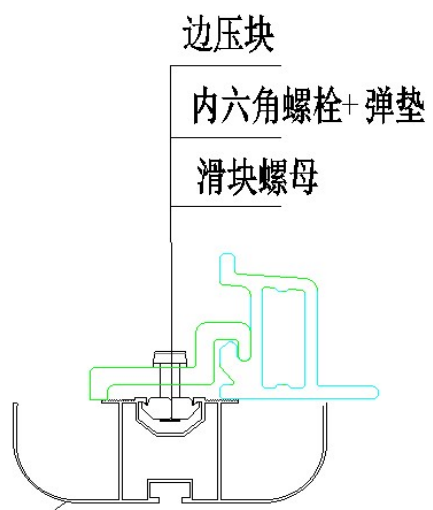
- ① 此安装方式适用于无坡度的平屋面, 采用-高-低基座高低差角度约 5°
- ② 铝合金材料要求选用国标。
- ③ 基座使用结构胶粘贴在屋面上, 粘贴完待结构胶凝固需测试其拉拔力, 单点 $\geq 40\text{Kg}$ 即可。
- ④ 所有铝合金材质的材料必须进行阳极氧化处理, 且阳极氧化后的膜厚为 15 μm ; 连接的螺栓必需采用 304-2 材质的不锈钢螺栓。

Solar pega / pegaF /pega FL

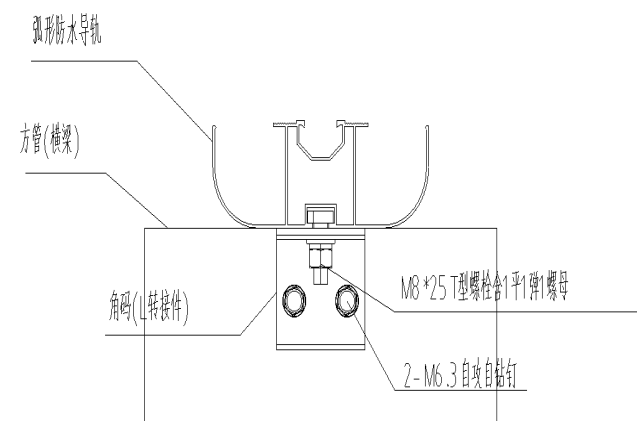
BIPV 全防水安装



水槽中压安装示意

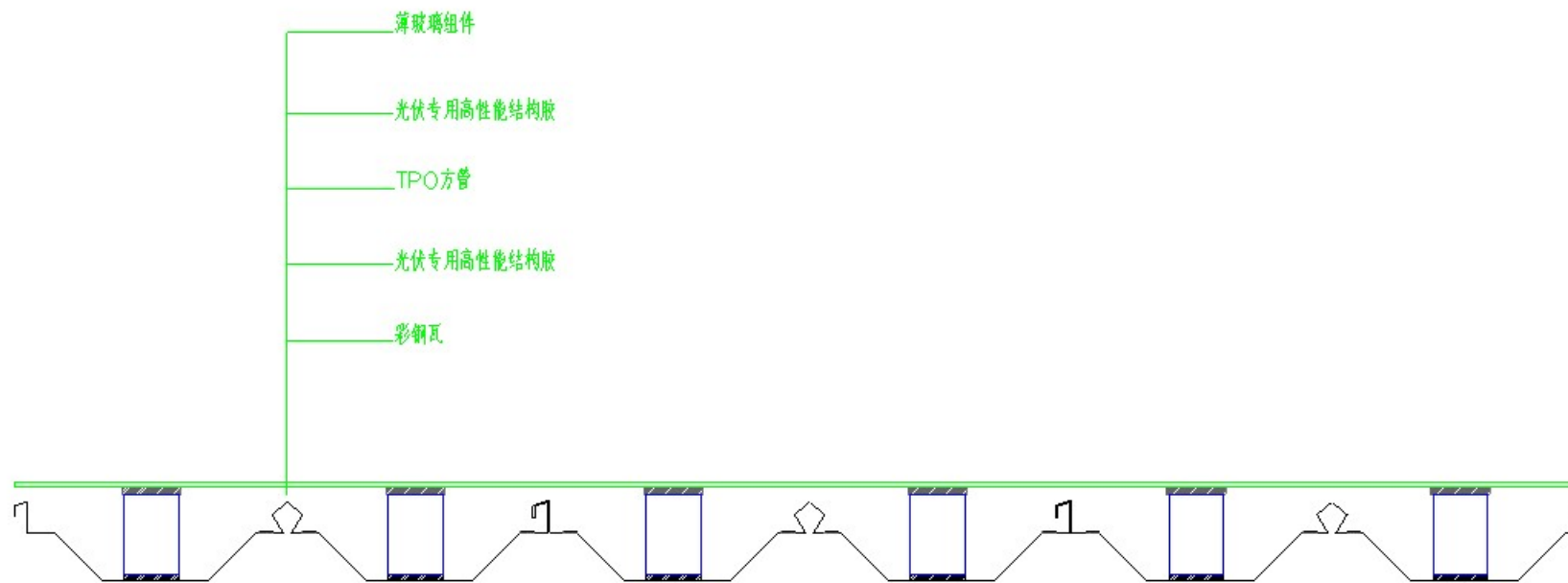


水槽边压安装示意



水槽与檩条安装示意

彩钢瓦屋面 TPO 方管安装



TPO 方管尺寸宽度宜为 30-40mm，高度为彩钢瓦高度-2mm，均采用结构胶粘贴，



具体施工工艺及节点内容请参考安装指导书内容

9 逆变器选择

中国常见辐照度区参考容配比（参考规范：光伏发电系统效能规范（NB/T 10394-2020））

年平均水平面辐照量 [kWh/m ² ·年]	典型地区	温度因素	建议 DC/AC 比例范围	说明
<1200（低辐照区）	沈阳、哈尔滨、乌鲁木齐 冬季等	较冷	1.15 ~ 1.25	辐照低，组件峰值少，逆变器很少满载运行，可适度超配提升利用率
1200~1400（中等辐照区）	济南、济宁、上海、成都	温和	1.10 ~ 1.15	大部分时间不会过载，雨季或阴天利用率更高
1400~1700（较高辐照区）	西安、呼和浩特、兰州	夏热冬冷	1.05 ~ 1.10	夏季强辐照时避免长时间限功；低温时组件 Voc 较高需注意设计
>1700（高辐照区）	青海共和、甘肃敦煌、新疆哈密等	炎热、高原	1.00 ~ 1.05	峰值时间多，逆变器易满载，超配太多会造成明显限功损失

9.1 **直流额定功率**：逆变器直流输入总功率与组件总功率应接近，但可允许逆变器略小于组件总功率（一般 DC/AC 比 1.05~1.15），提高低辐照时效率。

$$\text{DC 额定功率} = N_{\text{组件}} \times P_{\text{STC}}$$

$$\text{DC/AC 比} = \frac{\text{组件总功率}}{\text{逆变器额定 AC 输出功率}}$$

屋顶分布式：可取 1.05-1.1（避免夏季过载），辐照度高的地方

9.2 电压匹配

- 组件串联数应使最大功率点电压范围（ V_{mp} ）及开路电压（ V_{oc} ）始终满足逆变器的 MPPT 工作电压范围及直流输入上限（考虑最低与最高环境温度修正）：

$$V_{\text{串}} = N_{\text{串}} \times V_{\text{组件}}$$

高温下：确保 $V_{mp} \geq$ MPPT 下限

- 低温下：确保 $V_{oc} \leq$ 逆变器最大直流输入电压（一般 1000V 或 1500V）

9.3 MPPT 通道设计

- 屋顶有不同朝向、倾角、遮挡时，应选择多 MPPT 通道的逆变器，以减少不同串运行状态差异造成的损失。
- 组串式逆变器适用于分布式项目，减少直流汇流损耗，灵活性高

9.4 并网要求

- 输出电压等级与并网点相匹配（如 380V 低压，或经升压变压器至 10kV 中压）
- 符合电网检测、并网保护（过压、欠压、过频、欠频、防孤岛）功能
- 谐波、电压波动、功率因数满足并网标准（功率因素可调范围 ≥ 0.9 迟相至 0.9 超前）

9.5 防护与环境适配

- 防护等级 \geq IP65（室外安装）
- 工作温度： $-25^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$
- 耐湿热、防盐雾、防紫外线（盐雾环境需符合 GB/T 10125）
- 具备远程监控、运行数据记录功能

9.6 安全与保护

- 直流侧：防反接、防过压、防浪涌保护器（SPD, Class II），电弧故障分断器（AFCI）

- 交流侧：过流、短路、浪涌保护
- 接地系统符合 TN-S 或 TT 要求
- 符合 IEC 62109 安全标准

10 运维

10.1 水冲洗

10.1.1 管路布置原则

- 沿屋面组件阵列布置，管径设计应满足峰值流量，保证冲洗覆盖均匀。
- 主管道采用 DN25 - DN50（根据阵列规模计算），支管至冲洗喷头处可选 DN15 - DN20。
- 管路应具备耐紫外、耐低温、耐腐蚀的性能（推荐不锈钢或 PPR 管，室外 PPR 需防紫外包覆）。

10.1.2 水源与压力要求

- 水源可为市政供水或净化后的雨水储存系统
- 冲洗压力宜控制在 0.1 - 0.2 MPa（避免高压冲击损伤组件）。

10.1.3 冲洗装置

- 喷头或冲洗管段应覆盖全组件表面，水流均匀分布，避免死角。
- 喷头布置高度与组件倾角匹配，喷射角度与水流量需结合风向和水压优化。
- 建议配置电动阀或手动阀分区控制，减少用水浪费。
- 水压建议： $\leq 0.2\text{mpa}$ ，水压过低冲不净污物，水压过大容易造成隐裂

10.1.4 排水与防护

- 冲洗废水应引流至雨水管道或专用排水沟，避免形成屋面积水。
- 冬季地区需考虑管道防冻设计（保温、防冻液循环或季节停用并排水）。
- 定期检查管道和喷头，防止堵塞或漏水。

10.1.5 安全要求

- 冲洗系统应与电气系统保持安全间距，避免带电部件直接冲水。
- 冲洗时应切断相关回路或确保绝缘防护。

10.1.6、清洗频次建议（参考 GB/T 38946-2020 和运维经验）

区域环境条件	建议清洗频次	备注
常规城市、郊区	每季度 1 次	以春、夏、秋为主，冬季可减少
沙尘较多地区	每月 1 次	沙尘暴后及时清洗
工业污染较重地区	每月 1 - 2 次	需检测污染程度和组件输出衰减
沿海盐雾地区	每 2 个月 1 次	并进行防腐检查
多雨地区	每半年 1 次	雨水可部分清洁，但仍需人工冲洗去除顽渍
突发事件后（如大面积落叶、鸟粪、化学污染）	立即清洗	避免组件表面长期覆盖引起热斑

注意事项：

- 清洗应选择 早晨或傍晚，避免组件高温时骤冷造成损伤。
- 不得使用强酸、强碱或盐分高的水清洗。
- 冲洗前后应记录清洗日期、方式、耗水量，并监测发电量变化

10.2 防雷接地

中科富能的所有组件均无需接地，只需做支架及设备接地。

文中未标明条例或事项请咨询中科富能提供技术支持

山东中科富能光电科技有限公司

地址：山东省济宁市济宁经济开发区绿海汇智能制造产业园新盛霖 1 号厂房

电话：400 6768 100/199 0537 7053

网址：www.zkfnsolar.com