

《民用建筑屋面分布式光伏系统设计》编审名单

主 编 单 位：浙江省建筑设计研究院

参 编 单 位：浙江省光伏产业技术创新战略联盟

浙江正泰新能源开发有限公司

浙江芯能光伏科技股份有限公司

杭州帷盛科技有限公司

杭州尚尔佳环境设备有限公司

浙江正泰中自控制工程有限公司

宁波华聪建筑节能科技有限公司

浙江省绿色建筑与建筑工业化行业协会

主要编制人：程 澍 卓银杰 赵永红 诸荣耀 王宇龙
吴克明 张学敏 陈军松 胡莹坚 张 静
赵孙琛 刘 琦

主要审查人：邱 陵 韦 强 郭 丽 郭卫东 俞 刚
成正宝 吴丽胜

组织编制单位：浙江省建设工程造价管理总站

浙江省建筑标准设计图集

民用建筑屋面分布式光伏系统设计

批准部门：浙江省住房和城乡建设厅

公告号：2023年第15号

施行日期：2023年9月1日

主编单位：浙江省建筑设计研究院

图集号：2023浙DT12

主编单位负责人：

主编单位技术负责人：

技术审定人：

设计负责人：

目 录

目 录.....	1
编制说明.....	2~3
屋面分布式光伏发电系统设计计算	
屋面分布式光伏发电系统设计计算.....	4~7
屋面分布式光伏发电系统电气系统设计	
10kV、20kV 集中式逆变器并网应用方案	8
10kV、20kV 组串式逆变器并网应用方案	9
380V 集中式逆变器并网应用方案	10
380V 组串式逆变器并网应用方案	11
380V 三相输出微型逆变器并网应用方案	12
380V 单相输出微型逆变器并网应用方案	13
220V 组串式逆变器并网应用方案	14
220V 微型逆变器并网应用方案	15
屋面分布式光伏发电系统平面布置	
平屋面光伏系统组件平面布置图	16

平屋面光伏系统组件支架详图	17
坡屋面光伏系统组件平面布置图	18
金属屋面光伏系统组件平面布置图	19
屋面分布式光伏发电系统防雷接地设计	
屋面分布式光伏发电系统防雷平面示例	20
屋面分布式光伏发电系统桥架接地图	21
常用接地装置连接做法	22
屋面分布式光伏发电系统电涌保护器设置与选择	23
屋面分布式光伏发电系统监测系统设计	
小型光伏系统监测示例	24
中、大型光伏系统监测示例	25
附 录	
屋面分布式光伏发电系统设计计算示例	26~27
常用光伏系统组件支架	28
导流板型式光伏系统组件支架	29

目 录

图集号 2023浙DT12

页 1

编 制 说 明

1 一般说明

- 1.1 本图集适用于浙江省民用建筑屋面分布式光伏系统的设计。
- 1.2 图集集中的屋面分布式光伏发电系统装机容量不应大于6MW，输出电压等级为交流 10kV 或 20kV、380V/220V。
- 1.3 图集所注尺寸除注明外，均以毫米（mm）为单位。

2 编制依据

《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021；
 《低压配电设计规范》GB 50054-2011；
 《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010；
 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015；
 《光伏发电站设计规范》GB 50797-2012；
 《民用建筑电气设计标准》GB 51348-2019；
 《建筑光伏系统应用技术标准》GB/T 51368-2019；
 《电能质量 供电电压偏差》GB/T 12325-2008；
 《低压电气装置第 7-712 部分：特殊装置或场所的要求 太阳能光伏（PV）电源系统》GB/T 16895.32-2021；
 《光伏系统并网技术要求》GB/T 19939-2005；
 《光伏（PV）系统电网接口特性》GB/T 20046-2006；
 《民用建筑可再生能源应用核算标准》DBJ33/T1105-2022；
 《建筑太阳能光伏系统应用技术规程》DB 33/1106-2015。

注：当依据的标准修订或有新标准实施时，图集中与现行标准不符的内容、限制或淘汰的技术及产品，视为无效。工程技术人员在参考使用时，应加以区分，并应对图集相关内容进行复核、调整后选用。

3 设计要点

- 3.1 屋面分布式光伏发电系统的设计计算包含：发电量估算、光伏组件的串联数计算、光伏组串的并联数计算、光伏组件总面积估算、光伏阵列平面布置参数及占地面积计算、光伏构件总面积计算等。
- 3.2 屋面分布式光伏发电系统的电气系统设计包含：从光伏构件开始到并网柜之间的发输电系统设计。

表 1 屋面分布式光伏系统电气并网应用方案

电压等级		逆变器类型	页码
中压	10kV、20 kV	集中式	8
		组串式	9
低压	380 V	集中式	10
		组串式	11
	220 V	微型	12、13
		组串式	14
		微型	15

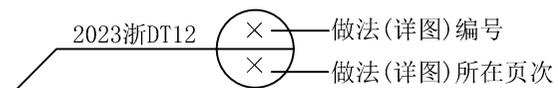
- 3.3 屋面分布式光伏发电系统的平面布置可包括下列内容：

- 1) 光伏组件、安装光伏组件的支架和基础；
- 2) 电缆、电缆桥架；

编制说明	图集号	2023浙DT12
	页	2

- 3) 光伏系统发输电设备。
- 3.4 屋面分布式光伏发电系统的防雷接地设计包含：光伏组件、发输电设备等防雷接地系统设计。
- 3.5 屋面分布式光伏发电系统的监测系统设计包含：各设备的数据采集传输和网络通讯、系统安全等设计。
- 4 其他
- 4.1 在人员有可能接触或接近屋面分布式光伏发电系统的位置应设置防触电警示标识。
- 4.2 既有公共建筑屋面上加建工程安装屋面分布式光伏发电系统时，应进行建筑结构安全、建筑电气安全的复核，并应满足光伏系统所在建筑屋面的防水、防火、防雷、防静电等相关功能要求。

- 4.3 安装在建筑各部位的光伏构件，包括直接构成建筑围护结构的光伏构件，应具有带电警告标识及相应的电气安全防护措施，并应满足该部位的建筑围护、建筑节能、结构安全和电气安全要求。
- 4.4 并网光伏系统应具有相应的并网保护功能，并应安装必要的计量装置。
- 4.5 并网光伏系统与公共电网之间应设隔离装置。
- 4.6 图集详图索引方法：



编制说明	图集号	2023浙DT12
	页	3

表 3 光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量

光伏组件类型		光伏组件的光电转换效率 η_i (%)	光伏组件水平安装时单位面积年预测发电量 E_n [kWh/(m ² ·a)]
晶硅	多晶硅	18.4	179
	单晶硅	20	194
薄膜	钙钛矿	16	155
	铜铟镓硒	16	155
	碲化镉	15	146
	其他	14	136

注：1. 双面组件按正面效率计算；
 2. 光伏组件设置于屋面时，朝向不宜超出正南±60°，倾角不宜大于45°。当光伏组件的安装朝向和倾角超出上述范围时，应进行模拟分析计算得出组件单位面积可再生能源利用量；
 3. 除用于建筑透光区域的光伏组件外，其余光伏组件的组件转换效率不应低于表3中规定值；当用于建筑透光区域的光伏组件的组件转换效率低于表中规定值时，应增加光伏组件的安装面积，达到按规定值计算的系统装机容量。

1.2 居住建筑应配置太阳能光伏发电系统，应满足下列要求：

1) 住宅建筑配置光伏组件的面积应满足式(1-6)：

$$A_p \geq E_p \times A_{OR} \quad (1-6)$$

式中： E_p —— 住宅建筑光伏组件核算比例（%），按表4取值。

表 4 住宅建筑光伏组件核算比例

容积率 R	光伏组件核算比例 E_p (%)
$R \leq 2.0$	2.0
$2.0 < R \leq 2.5$	1.8
$R > 2.5$	1.6

2) 非住宅类居住建筑配置光伏组件的面积不应小于建设用地内计容面积的2%。

1.3 屋面分布式光伏发电系统装机容量 P_{AZ} 应按下列式计算：

$$P_{AZ} = N_d \times W_p \quad (1-7)$$

式中： P_{AZ} —— 光伏发电系统装机容量(kWp)；
 N_d —— 光伏组件数量（块）；
 W_p —— 单块光伏组件峰值功率（Wp）。

1.4 屋面分布式光伏发电系统年预测发电量 E_n 计算：

$$E_n = A_d \times H_A \times \eta_i \times K \quad (1-8)$$

式中： E_n —— 光伏发电系统年预测发电量(kWh/a)；
 H_A —— 水平面太阳总辐照量kWh/(m²·a)，浙江省取1218kWh/(m²·a)；
 η_i —— 光伏组件的光电转换效率（%）；
 K —— 屋面分布式光伏发电系统综合效率系数。

2 光伏组件的串联数计算

2.1 光伏组串最大开路电压不应超过逆变器允许的最大直流输入电压应按式(2-1)计算:

$$N \leq \frac{V_{\text{dmax}}}{V_{\text{oc}} \times [1 + (t - 25) \times K_v]} \quad (2-1)$$

2.2 光伏组串的工作电压应处于逆变器 MPPT 电压中间范围内,即满足下式(2-2):

$$\frac{V_{\text{mpptmin}}}{V_{\text{pm}} \times [1 + (t' - 25) \times K'_v]} \leq N \leq \frac{V_{\text{mpptmax}}}{V_{\text{pm}} \times [1 + (t - 25) \times K'_v]} \quad (2-2)$$

式中: N —— 光伏组件串联数(取整)(块);

K_v —— 光伏组件的开路电压温度系数,由光伏组件厂家提供;

K'_v —— 光伏组件的工作电压温度系数,由光伏组件厂家提供,如厂家无数据,可用 K_v 代替;

t —— 光伏组件工作条件下的极限低温($^{\circ}\text{C}$);

t' —— 光伏组件工作条件下的极限高温($^{\circ}\text{C}$);

V_{dmax} —— 逆变器允许的最大直流输入电压(V);

V_{mpptmin} —— 逆变器 MPPT 电压最小值(V);

V_{mpptmax} —— 逆变器 MPPT 电压最大值(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)。

3 光伏组件串的并联数计算

光伏组件串的并联数 M 应按式(3-1)计算:

$$M \leq \frac{P_n}{P_m \times N} \quad (3-1)$$

式中: M —— 光伏组件串并联数(取整);

P_n —— 逆变器容量(kW);

P_m —— 单块光伏组件峰值功率(kWp)。

4 光伏阵列平面布置参数计算

4.1 组件与女儿墙或遮挡物之间的最小距离 a 应按下式计算:

$$a = h \times \frac{0.707 \tan \varphi + 0.4338}{0.707 - 0.4338 \tan \varphi} \quad (4-1)$$

4.2 光伏组件阵列间距 D 计算:

应保证在冬至日当天 9:00~15:00 时, 太阳光不被遮挡。

$$D = b + H \times \frac{0.707 \tan \varphi + 0.4338}{0.707 - 0.4338 \tan \varphi} \quad (4-2)$$

$$b = L \times \cos \beta \quad (4-3)$$

$$H = L \times \sin \beta \quad (4-4)$$

式中: D —— 两排组件阵列之间距离(mm);

L —— 阵列倾斜面长度(mm);

β —— 阵列倾角($^{\circ}$);

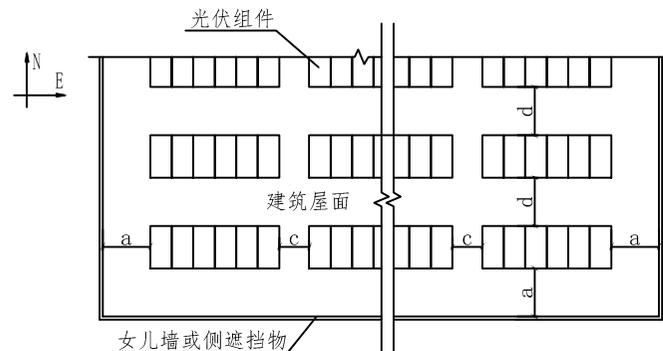
φ —— 当地纬度($^{\circ}$);

a —— 组件与女儿墙或遮挡物之间的最小距离(mm);

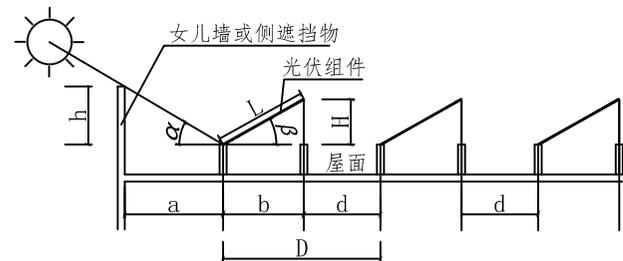
b —— 组件投影面长度(mm);

H —— 光伏组件最高点与最低点间的垂直距离(mm);

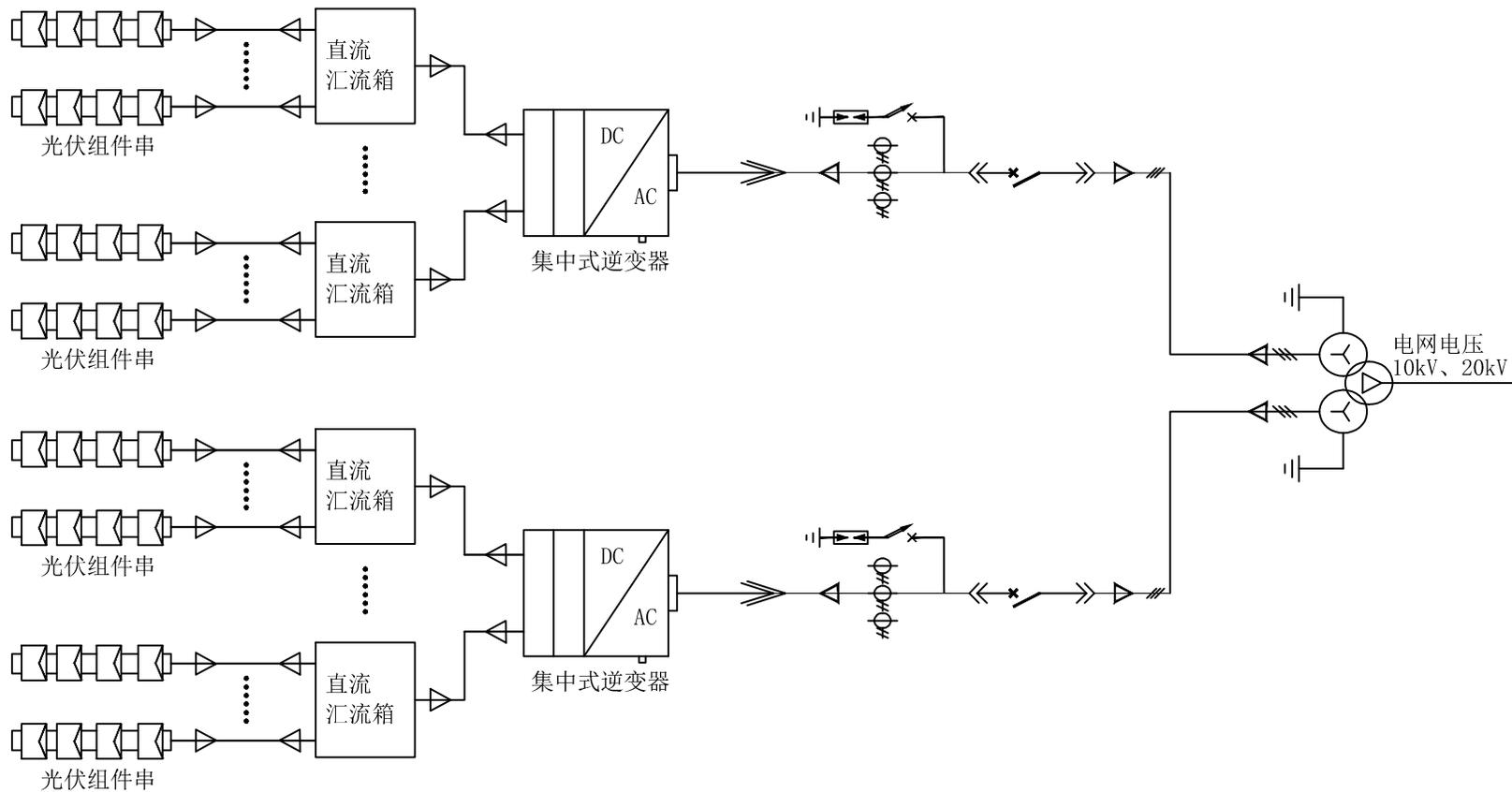
h —— 女儿墙或遮挡物上沿高出光伏组件最低点的垂直高度(mm)。



屋面光伏组件阵列排布平面图



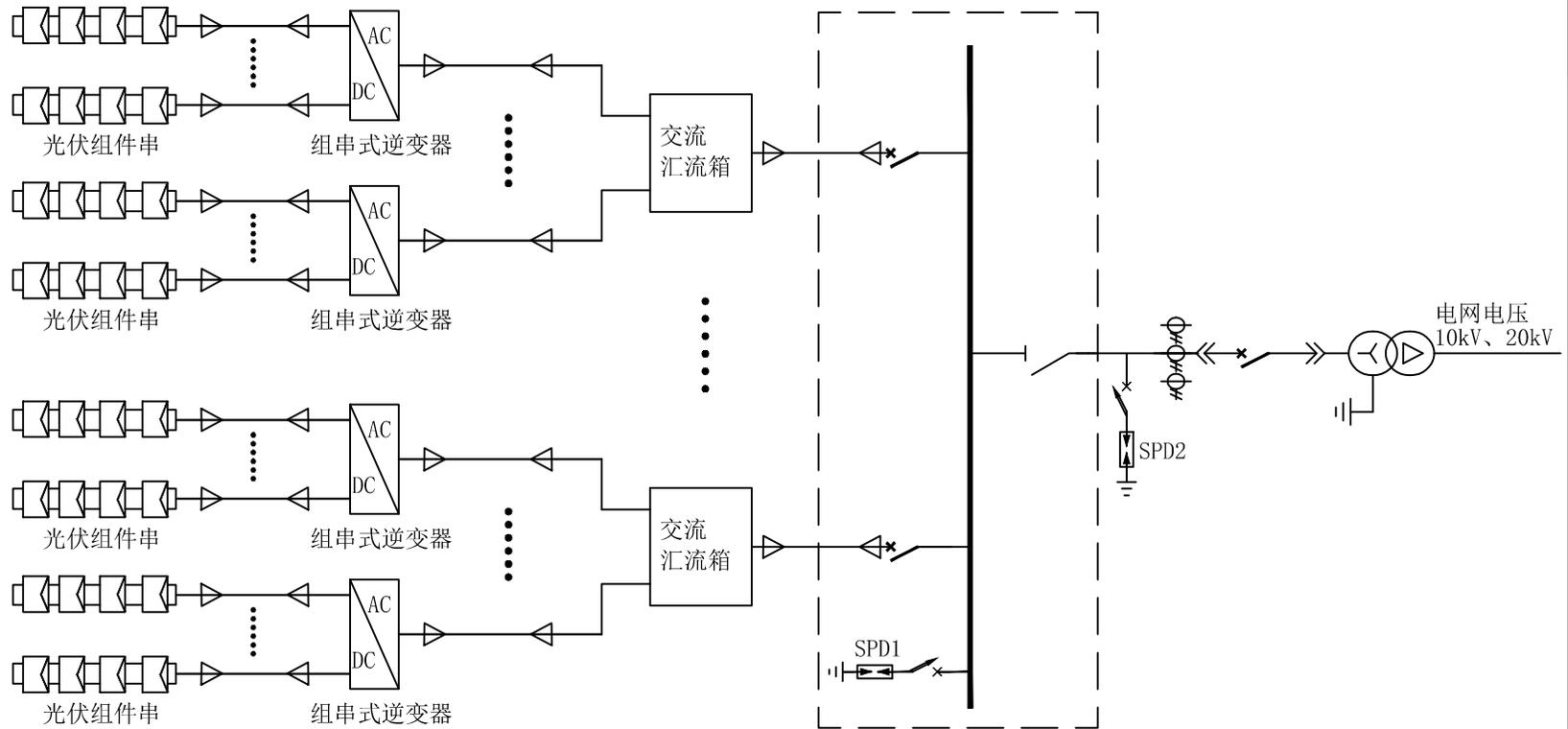
屋面光伏组件阵列排布剖面图



10kV、20kV集中式逆变器并网应用方案

注：1. 本方案主要适用于集中式逆变器及升压变压器安装在地面配电间或箱式配电站内。
2. 升压变压器采用双分裂绕组变压器。

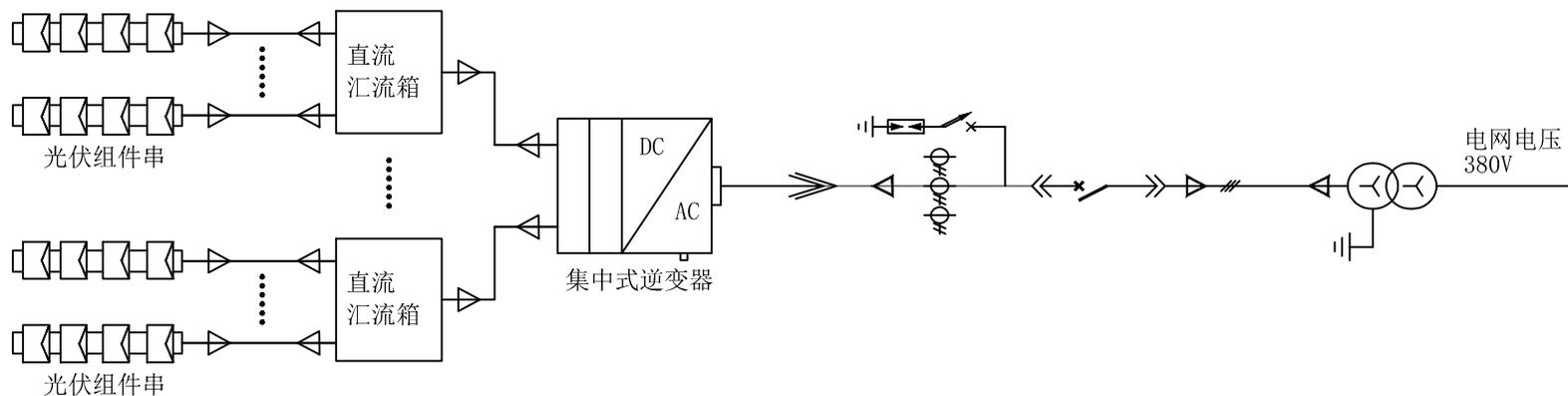
10kV、20kV集中式逆变器 并网应用方案	图集号	2023浙DT12
	页	8



10kV、20kV组串式逆变器并网应用方案

注：1. 本方案主要适用于地面空间有限，逆变器和汇流箱可安装于建筑屋面的组串式逆变器。
 2. 虚线框示意交流配电箱，如该配电箱和变压器安装在同一个房间内，则SPD2可以取消。

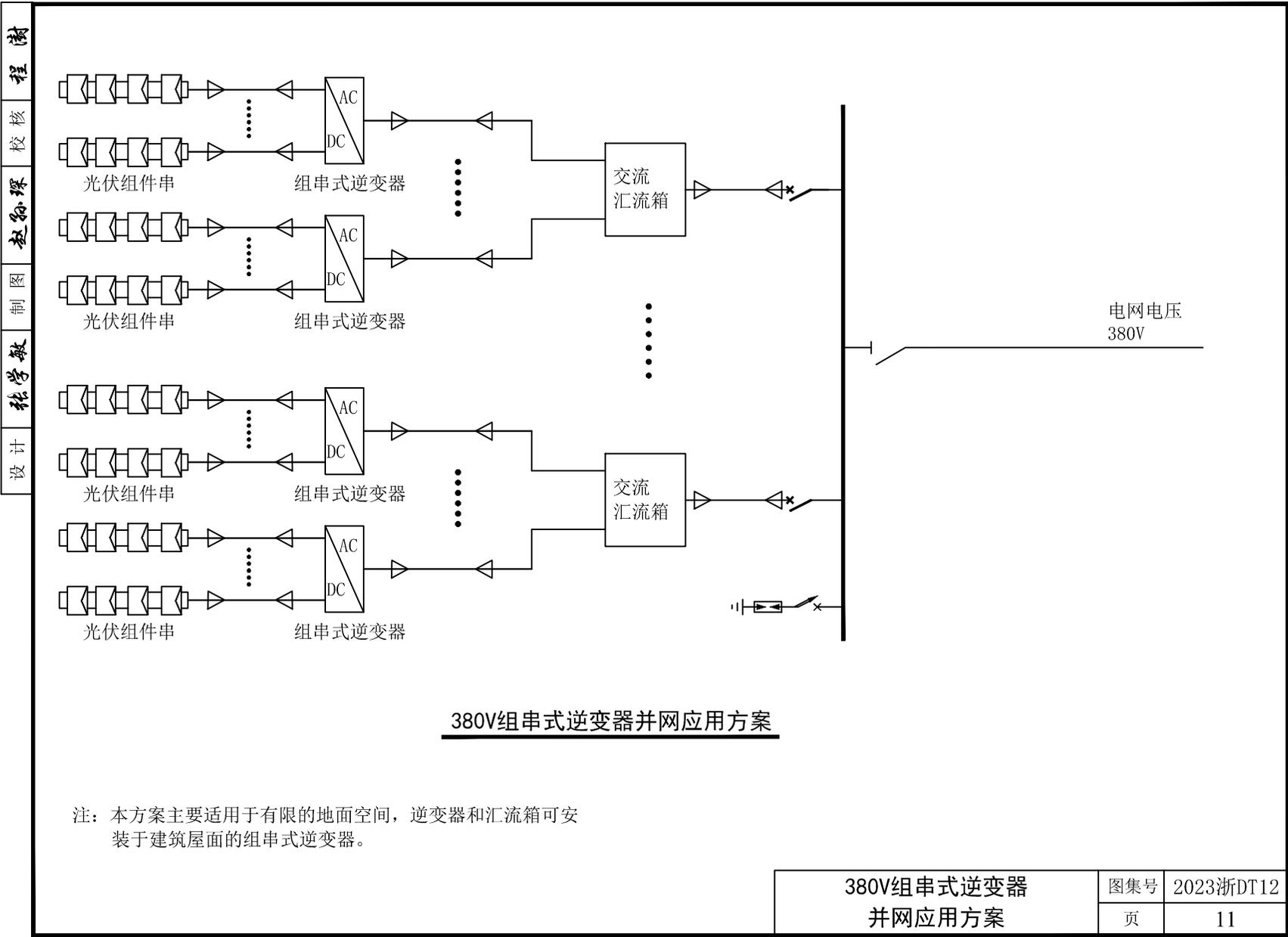
10kV、20kV组串式逆变器 并网应用方案	图集号	2023浙DT12
	页	9

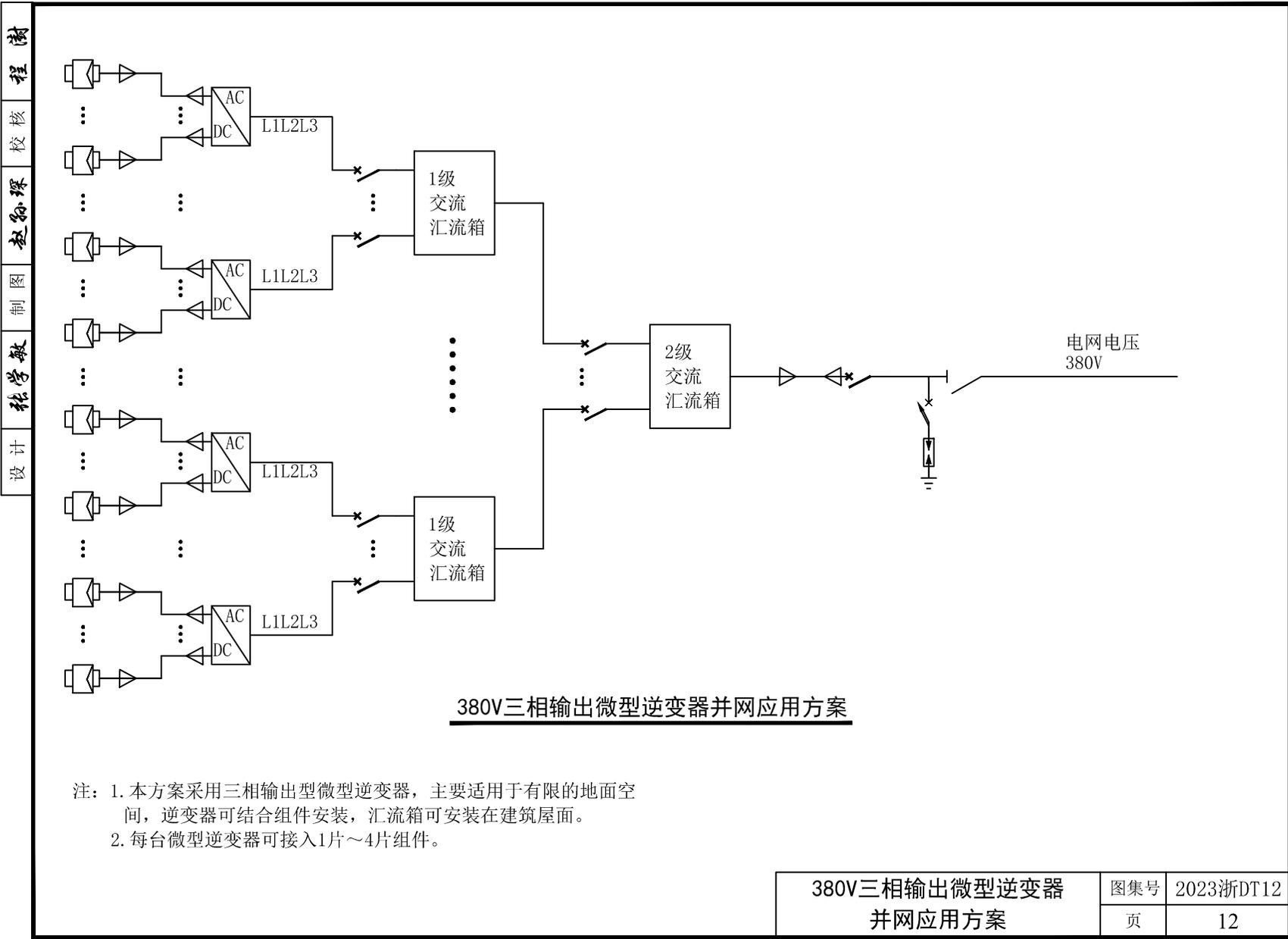


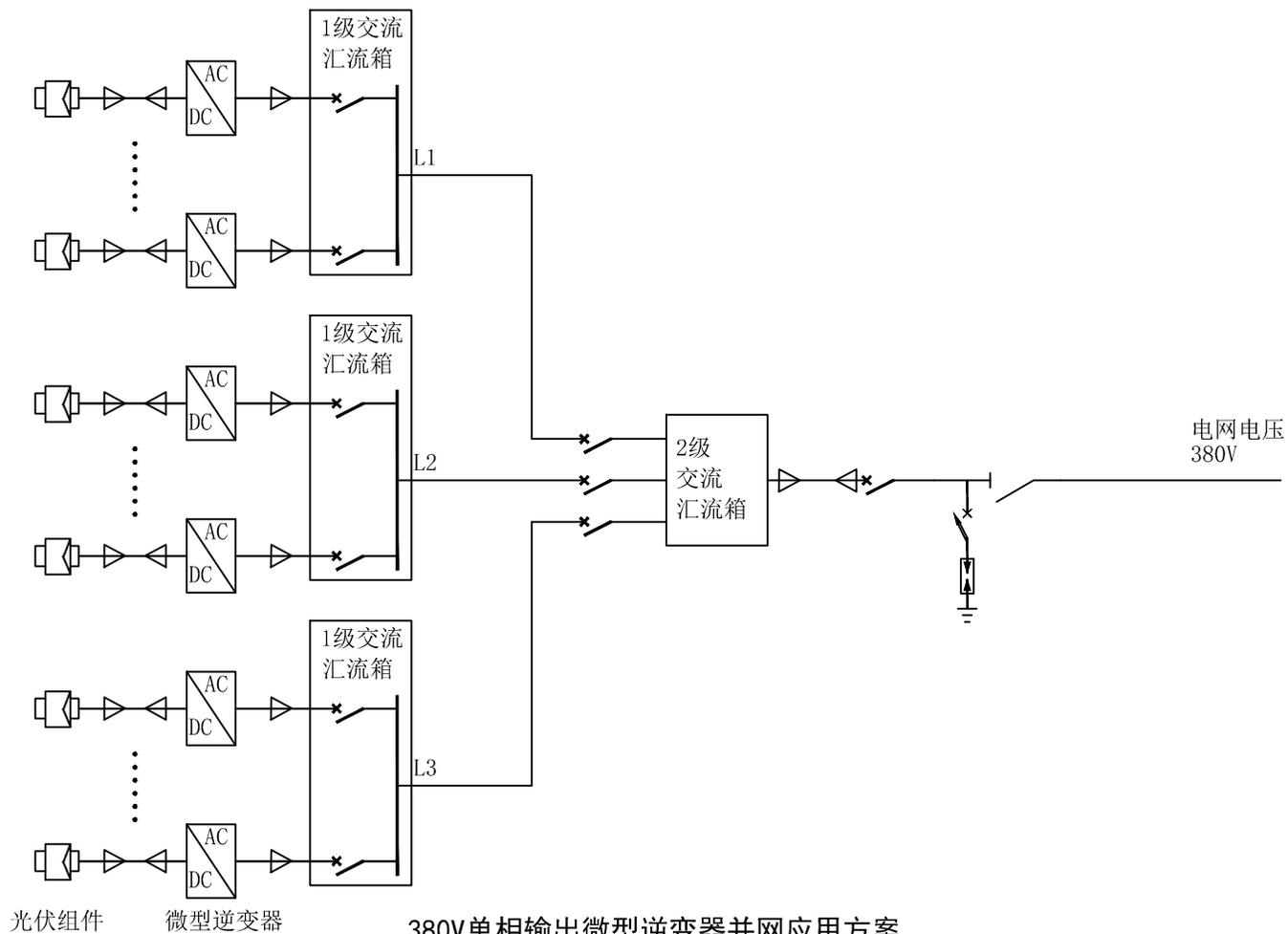
380V集中式逆变器并网应用方案

注：1. 本方案主要适用于集中式逆变器安装在地面配电间或箱式配电站内。
 2. 变压器是否安装取决于集中式逆变器输出电压确定。

380V集中式逆变器 并网应用方案	图集号	2023浙DT12
	页	10

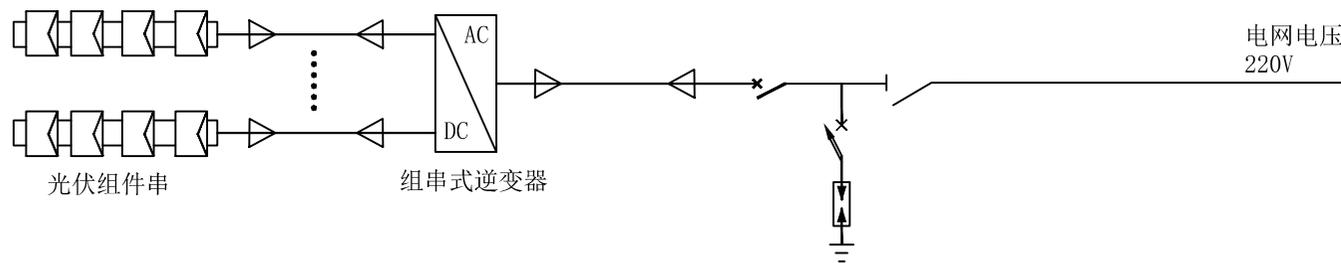






注：本方案采用单相输出型微型逆变器，主要适用于有限的地面空间，逆变器可结合组件安装，汇流箱可安装在建筑屋面。

380V单相输出微型逆变器 并网应用方案	图集号	2023浙DT12
	页	13

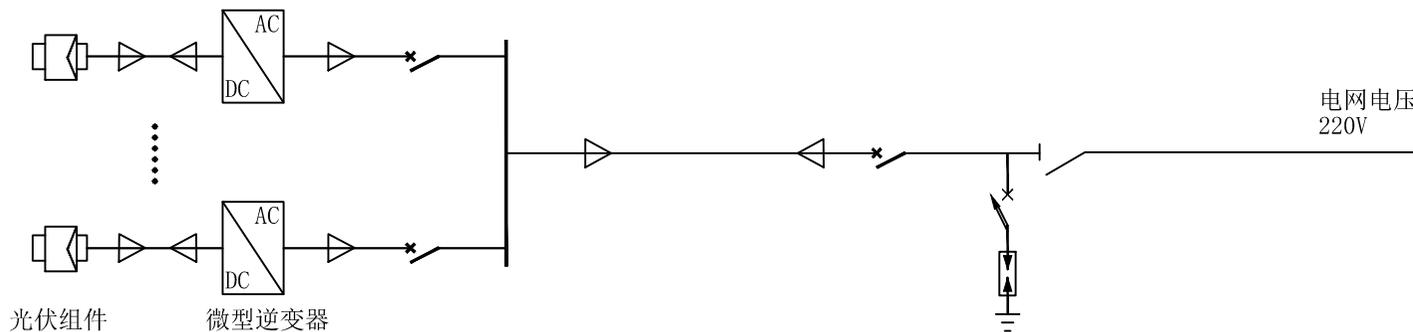


220V组串式逆变器并网应用方案

注：本方案为单台逆变器不大于8kW的低压并网系统，采用组串式逆变器，适用于有限的地面空间，逆变器和汇流箱可安装在建筑屋面。

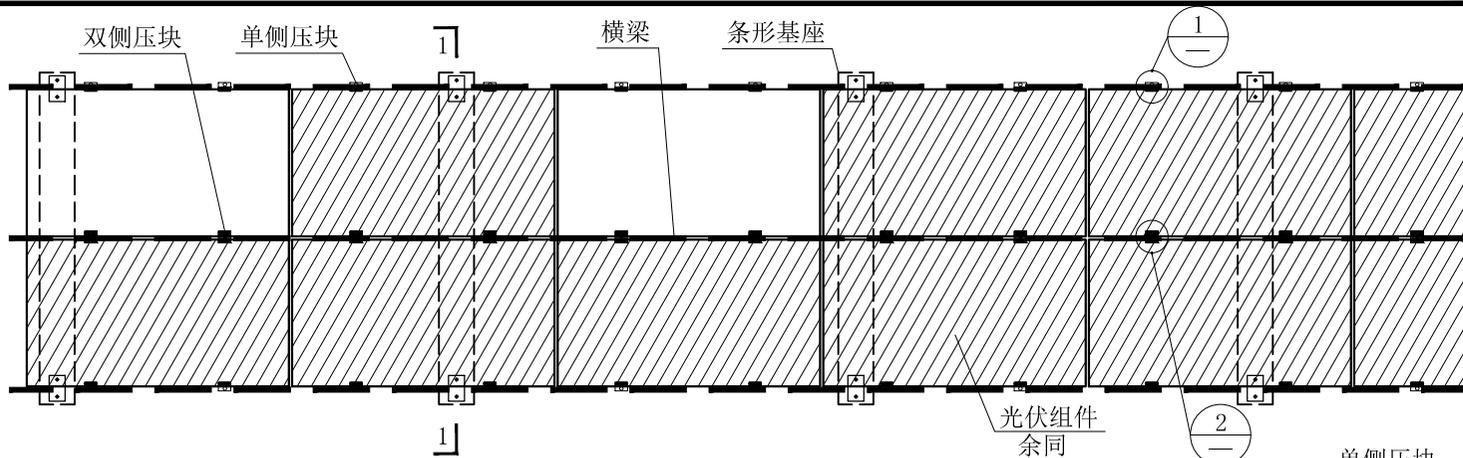
220V组串式逆变器
并网应用方案

图集号	2023浙DT12
页	14

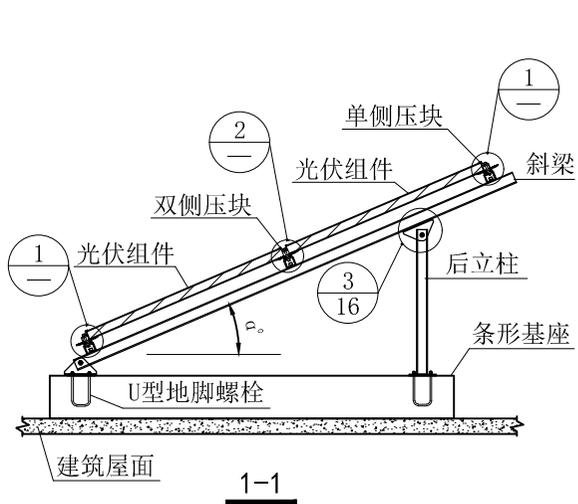


220V微型逆变器并网应用方案

注：本方案采用微型逆变器，适用于屋面情况复杂的场所。

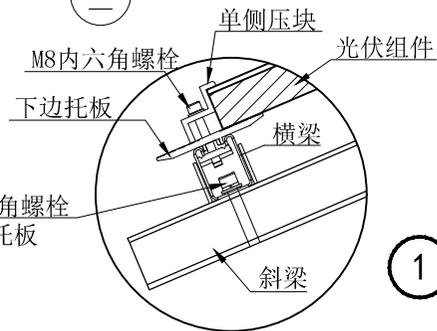
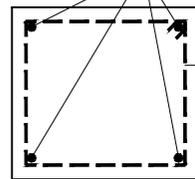
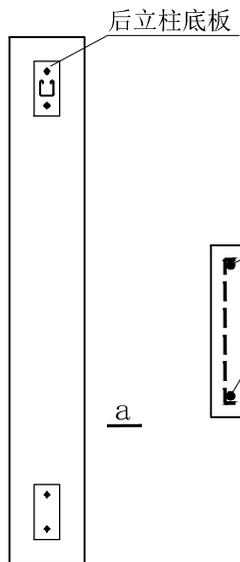


平屋面光伏系统组件平面布置图

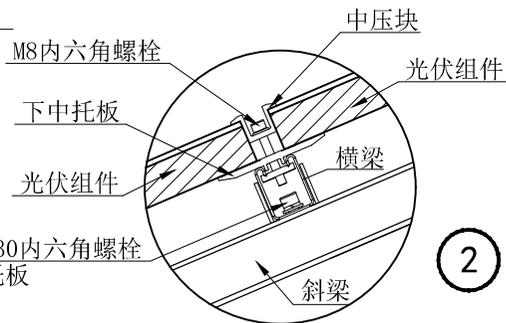


条形基座平面图

C25现浇混凝土



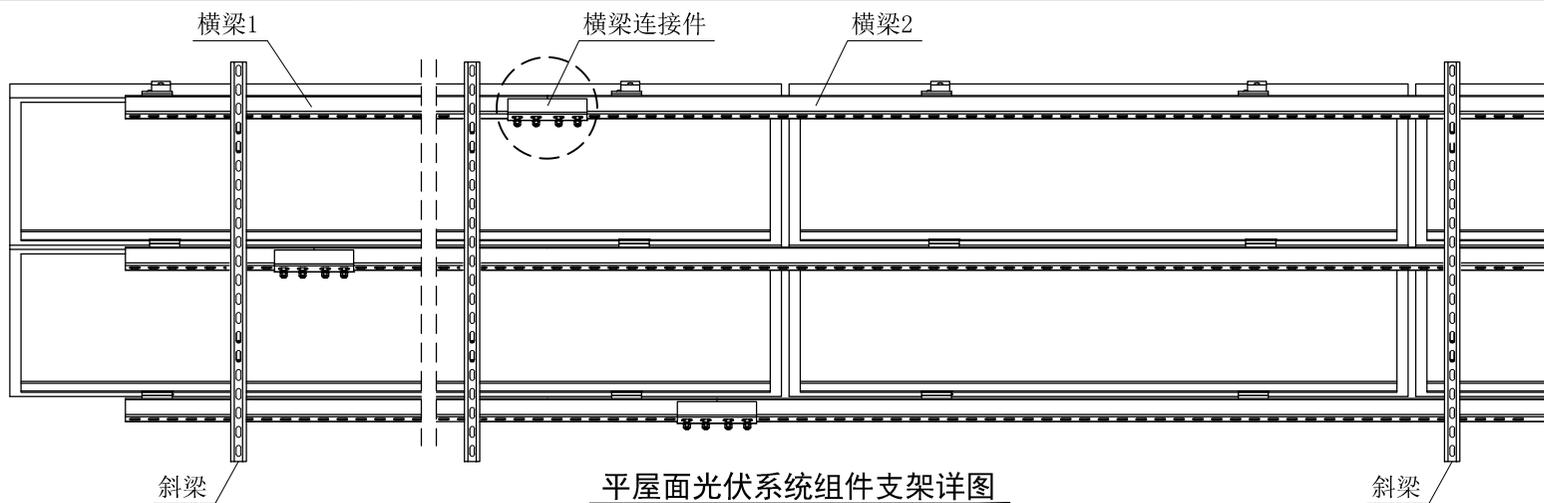
M10×30内六角螺栓
配下托板



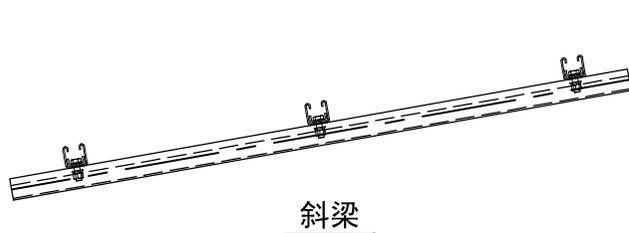
M10×30内六角螺栓
配下托板

平屋面光伏系统组件
平面布置图

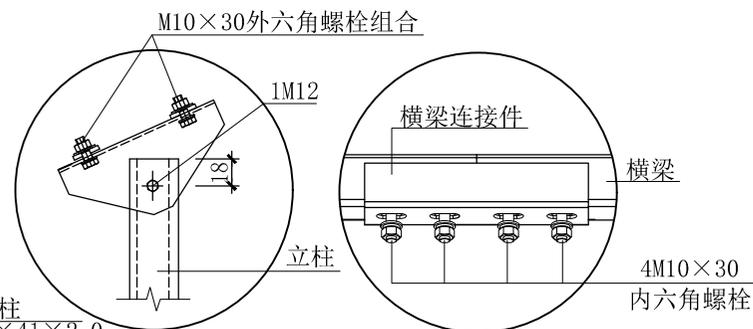
图集号	2023浙DT12
页	16



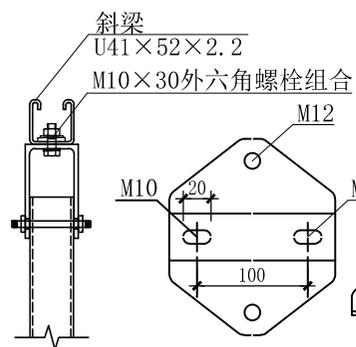
平屋面光伏系统组件支架详图



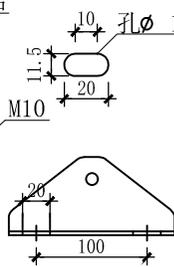
斜梁



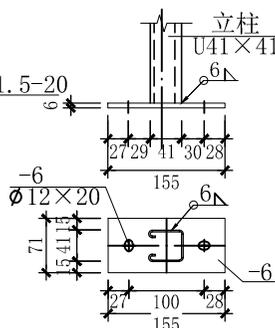
横梁连接件节点图



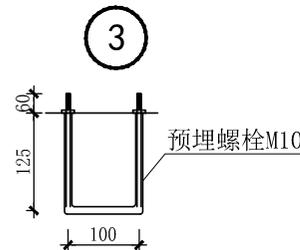
梁柱连接节点



三角连接件

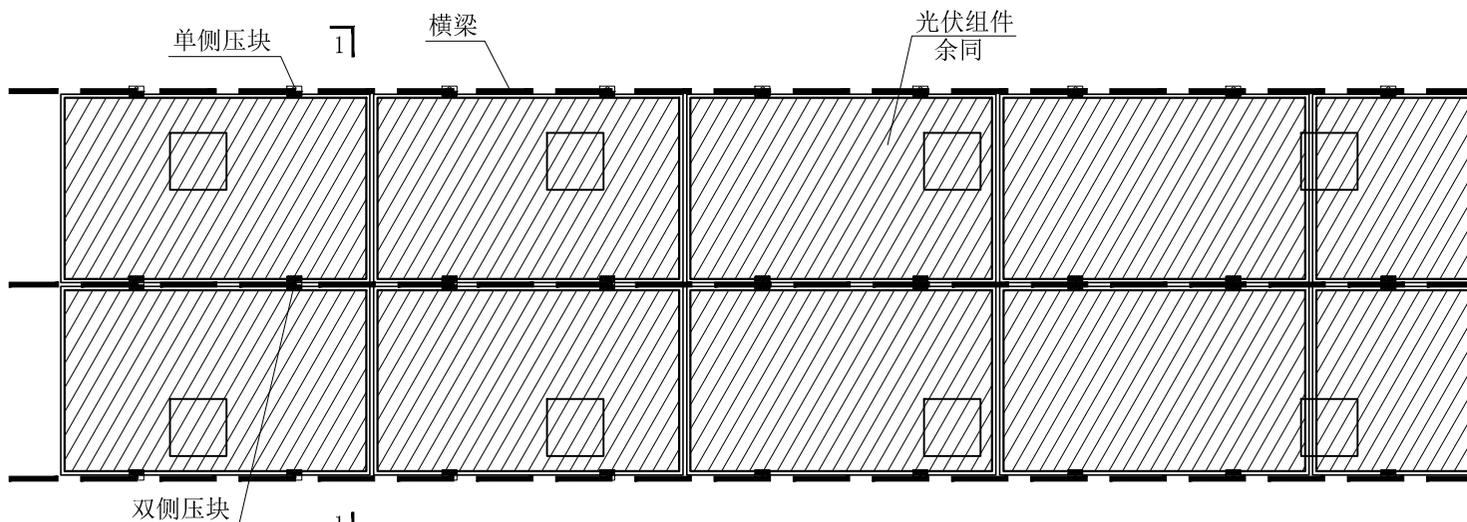


柱脚做法

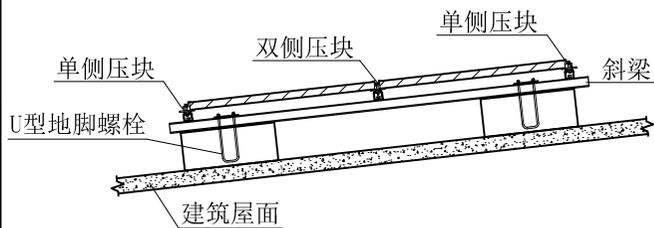


3

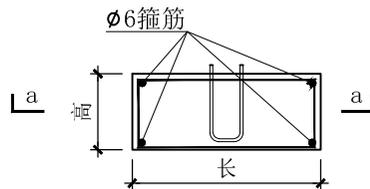
平屋面光伏系统组件 支架详图	图集号	2023浙DT12
	页	17



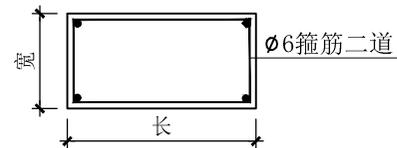
坡屋面光伏系统组件平面布置图



1-1

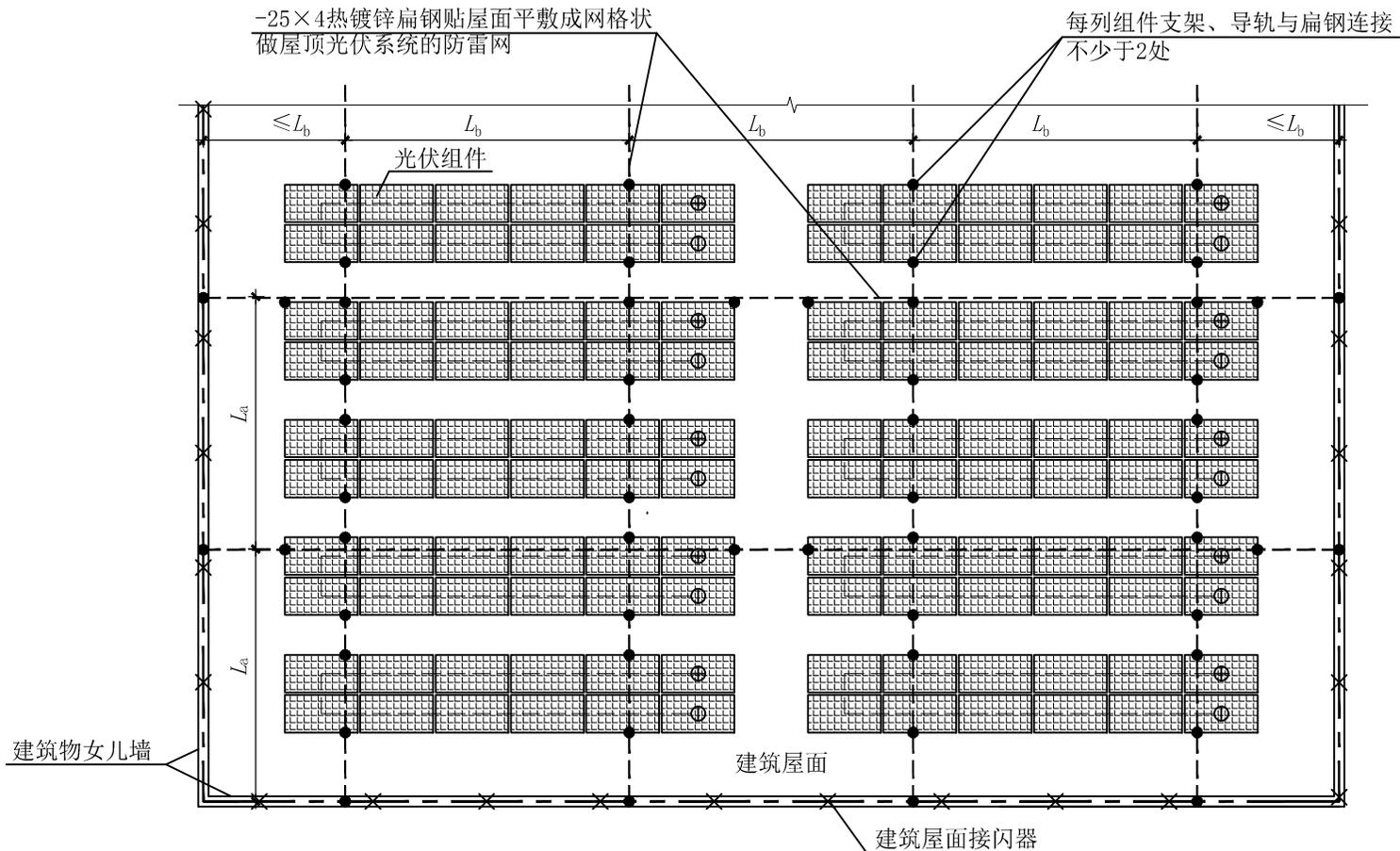


混凝土块状基座
C25混凝土现浇



a-a

坡屋面光伏系统组件 平面布置图	图集号	2023浙DT12
	页	18



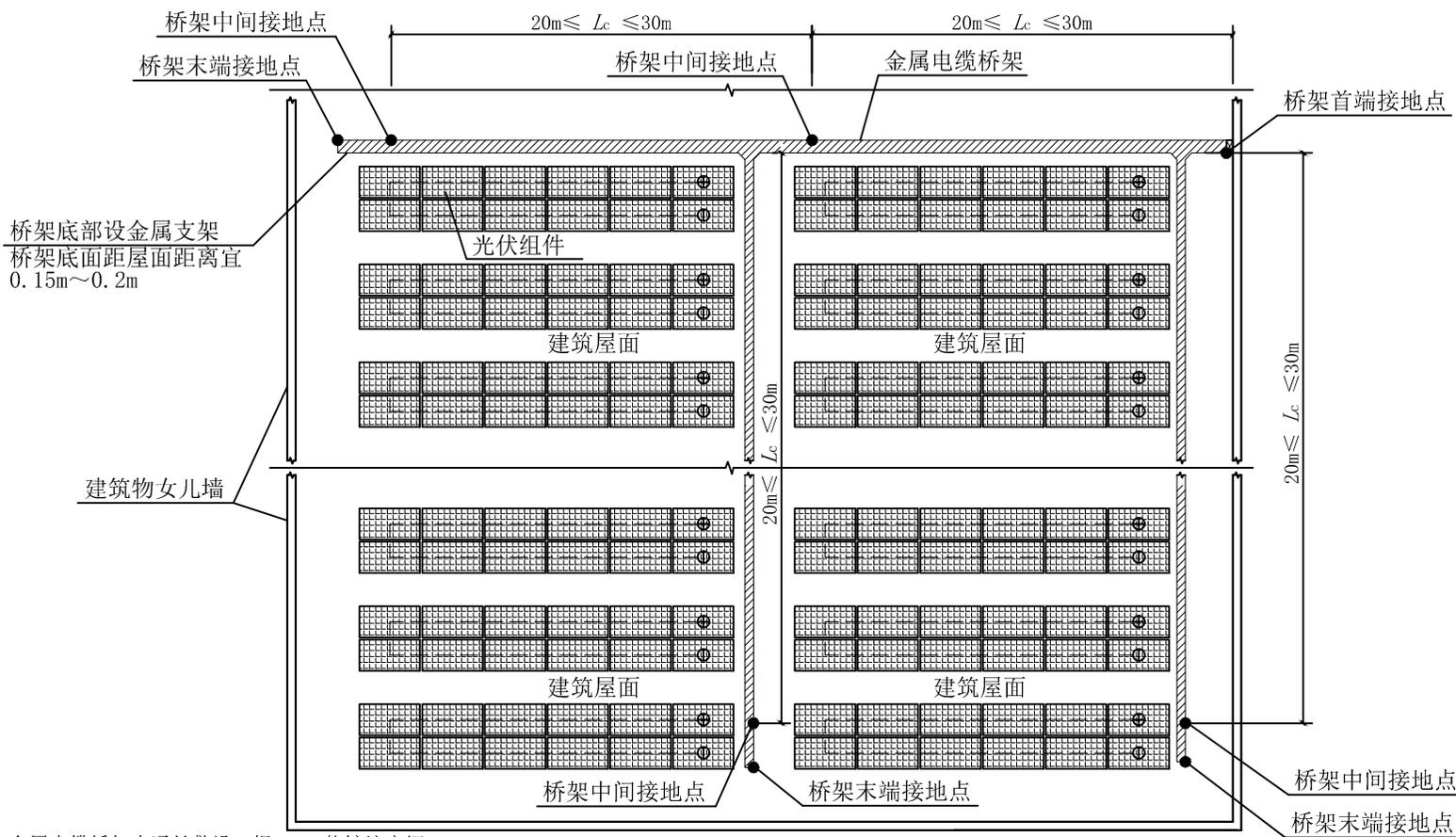
屋面分布式光伏发电系统防雷平面示例

- 注：1. 新建建筑屋面光伏系统的防雷接地可结合建筑一体化设计，结合屋面防雷网于各列处预留接地扁钢引出点。
 2. 本图为屋面光伏系统结合建筑原有防雷系统设置防雷接地示意要求。
 3. 图中明敷扁钢网格间距 L_a 、 L_b 数值需结合建筑防雷类别定，具体参见表5。
 4. 组件的可靠接地做法应由组件厂家提供具体要求。

表5 公共建筑屋面防雷网格尺寸表

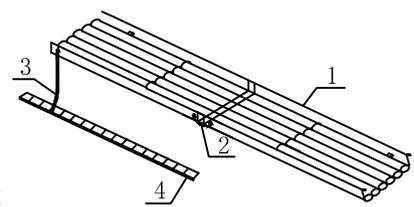
公共建筑防雷类别	网格尺寸 $L_a \times L_b$ (m)
第二类防雷建筑物	$\leq 10 \times 10$ 或 $\leq 12 \times 8$
第三类防雷建筑物	$\leq 20 \times 20$ 或 $\leq 24 \times 16$

屋面分布式光伏发电系统 防雷平面示例	图集号	2023浙DT12
	页	20



- 注：1. 金属电缆桥架内通长敷设一根25×4热镀锌扁钢，一端与建筑物接地干线可靠连接，作为桥架专用接地保护导体。
 2. 金属电缆桥架全长不大于30m时，不应少于2处与保护导体可靠连接；全长大于30m时，每隔20m~30m应增加一个连接点。起始端和终点端均应可靠接地。
 3. 非镀锌桥架本体之间连接板的两端应跨接保护联结导体，保护联结导体的截面积应符合设计要求。
 4. 镀锌桥架本体之间不跨接保护联结导体时，连接板每端不应少于2个有防松螺帽或防松垫圈的连接固定螺栓。
 5. 逆变器与汇流箱的布置视屋面具体情况确定。

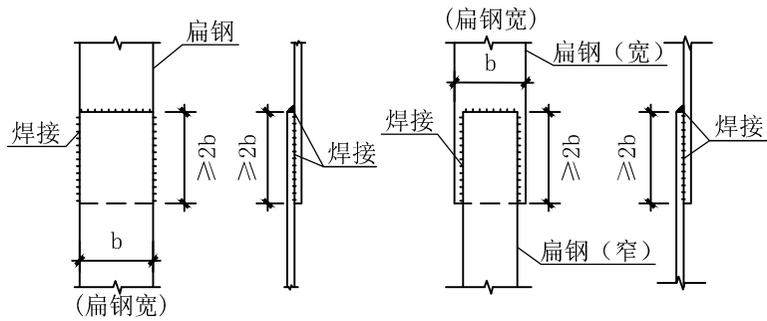
屋面分布式光伏发电系统桥架接地图



金属电缆桥架接地节点详示意图

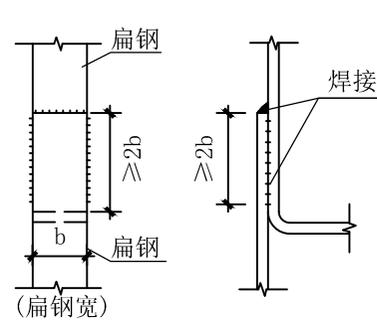
表6 材料表

序号	名称	材料与规格	单位
1	金属电缆桥架	见工程设计	m
2	保护联结导体	见工程设计	根
3	接地保护导体	见工程设计	m
4	保护导体（接地网）	见工程设计	m



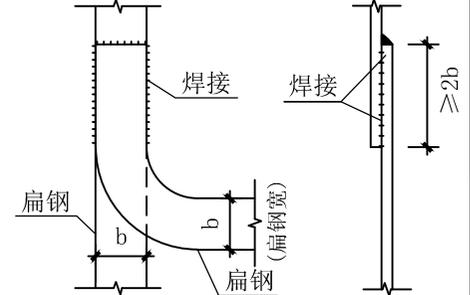
扁钢之间搭接焊做法（一）

一字型



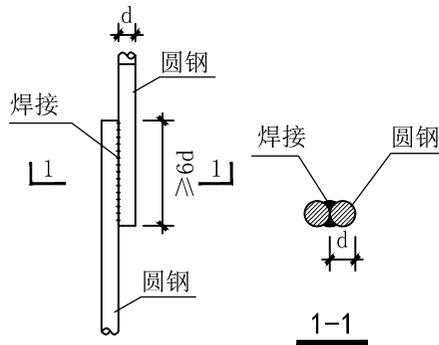
扁钢之间搭接焊做法（二）

直角型



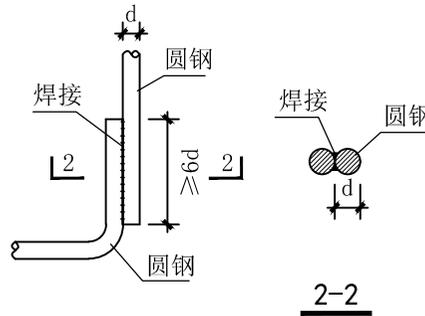
扁钢之间搭接焊做法（三）

T型



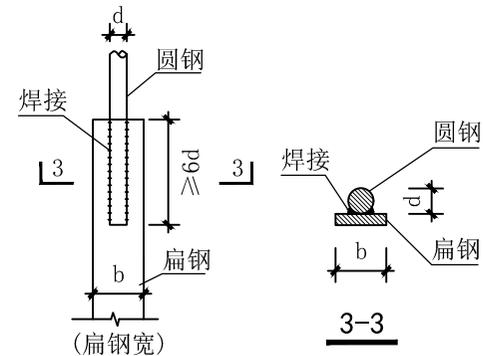
圆钢之间搭接焊做法（一）

一字型



圆钢之间搭接焊做法（二）

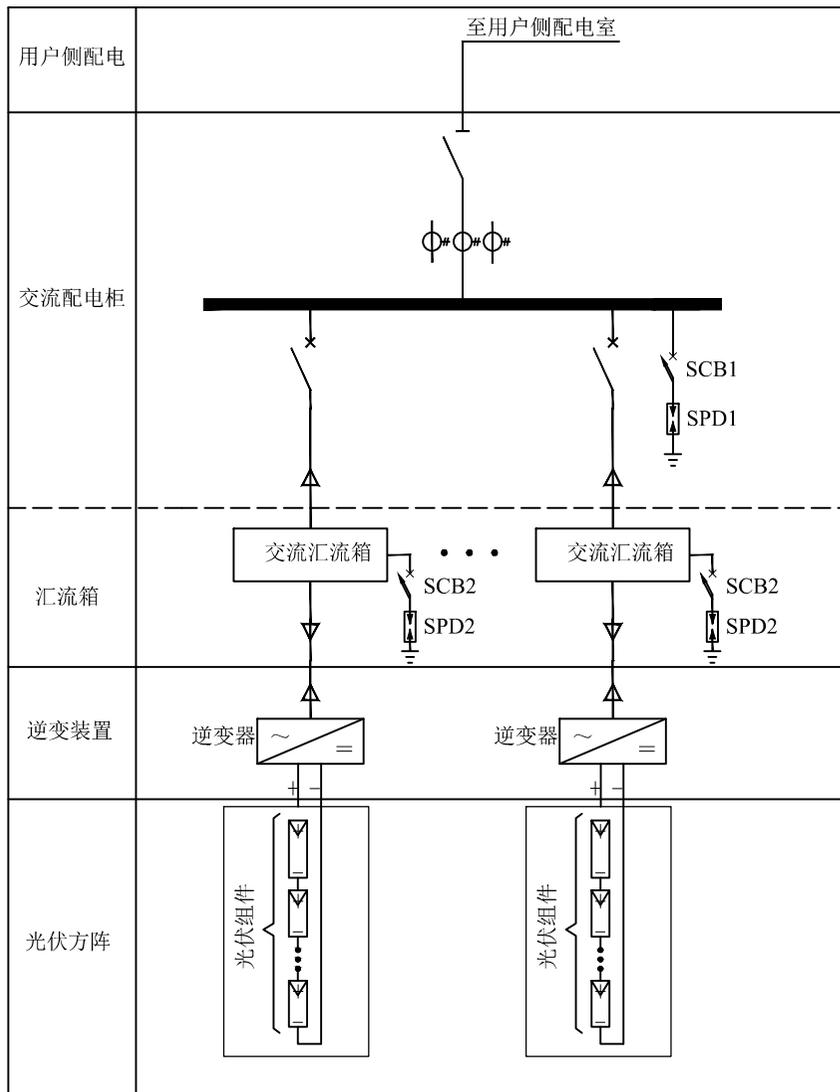
直角型



圆钢与扁钢之间搭接焊做法

一字型

- 注：1. 屋面防雷接地装置的焊接应采用搭接焊，除埋在混凝土中的焊接头外，应采取防腐措施。
 2. 扁钢与扁钢搭接长度不小于扁钢宽度的2倍，且不应少于三面施焊。
 3. 圆钢与圆钢、圆钢与扁钢搭接长度不小于圆钢直径的6倍，且应双面施焊。
 4. 焊缝应平整无间断，不应有凹凸、夹渣、气孔、未焊透及咬边等缺陷。

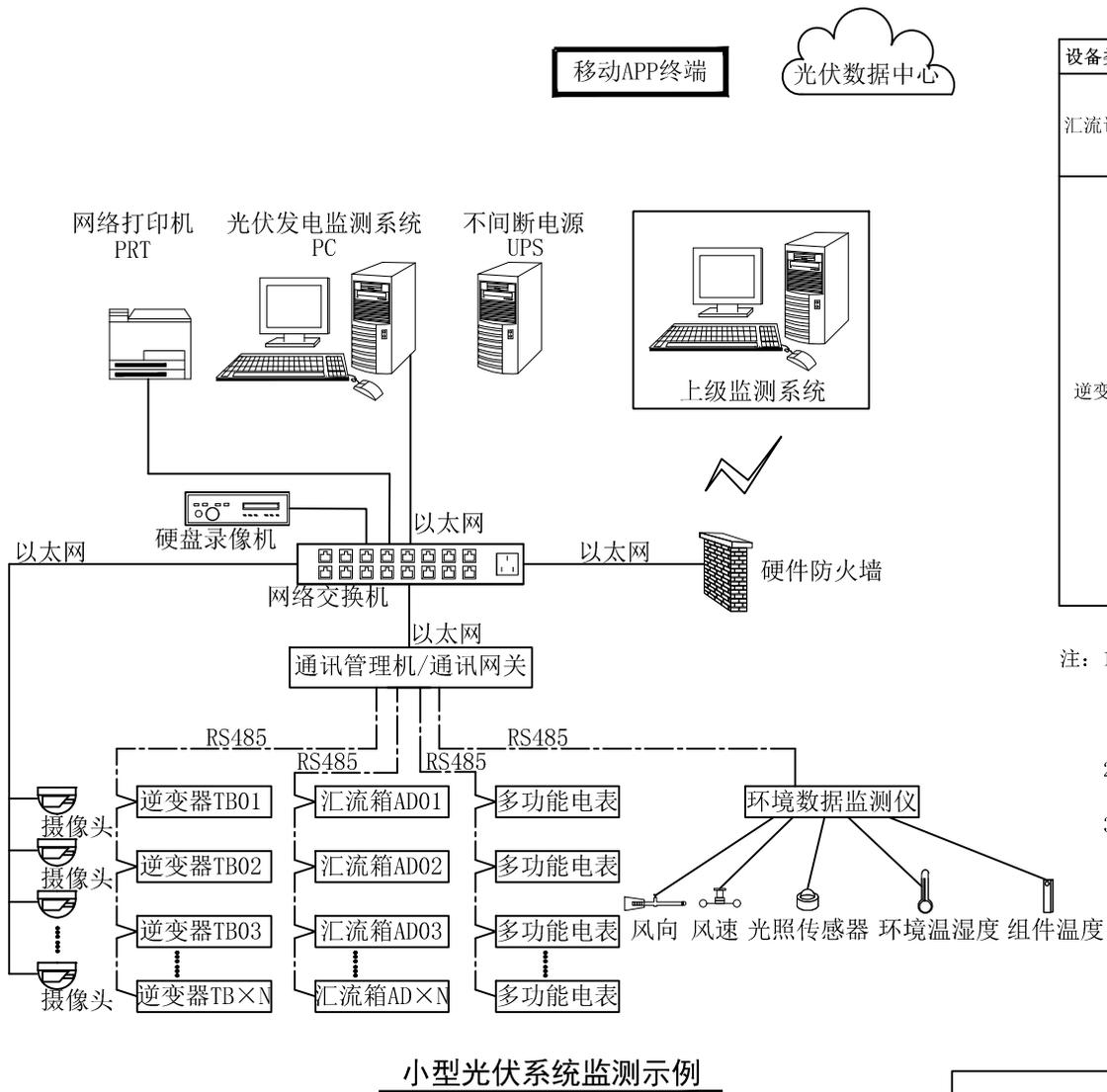


屋面分布式光伏发电系统SPD安装示例

表7 SPD1选型表

雷电防护等级	试验类型	波形 (μS)	I_{imp} (kA)	U_p (kV)
A级	I级试验	10/350	≥ 20	≤ 2.5
B级	I级试验	10/350	≥ 15	≤ 2.5
C级	I级试验	10/350	≥ 12.5	≤ 2.5
D级	I级试验	10/350	≥ 12.5	≤ 2.5

- 注：1. 逆变装置装设在屋面或室外，交流配电柜装设在室内，在电气接地装置与建筑物防雷接地装置共用或相连的情况下，图中SPD1的选型见表7；
2. 建筑物电子信息系统雷电防护等级划分应符合现行国家标准《建筑物电子信息系统防雷技术规范》GB 50343的规定；
3. SPD前需串联相应级别的SPD专用后备保护器SCB；
4. 交流汇流箱与配电柜如整合成一个配电柜，则SPD2和SCB2可取消；
5. 交流汇流箱设在屋面或室外时，汇流箱内宜安装II级试验的电涌保护器，其电压保护水平不应大于2.5kV，标称放电电流值应根据具体情况确定。



小型光伏系统监测示例

表8 小型光伏系统设备监测信息表

设备类型	采集内容	设备类型	采集内容
汇流设备	各路直流输入电流	电能计量装置	系统频率
	直流输出电流/电压		各相/线电压
	开关设备状态		各相/线电流
逆变器	直流侧电压		系统有功功率
	直流侧电流		系统无功功率
	总直流功率		系统视在功率
	交流侧相/线电压		系统功率因素
	交流侧相/线电流		正向电能
	总有功功率		反向电能
	总无功功率	电压平均总谐波畸变率	
	总功率因素	电流平均总谐波畸变率	
	电网频率	环境监测设备	环境温度、湿度
	逆变器故障		组件温度
日发电量	风速、风向		
总发电量		日照辐射强度	

注：1. 监测系统包括参数/设备的监视、设备状态监视、远程操作、故障报警信息以及环境参数，统计和显示日发电量，总发电量、节能减排指标等信息，并可形成可打印的报表。
 2. 系统具有数据存储查询功能，并能够记录1年以上数据，方便历史信息 and 故障记录查询。
 3. 系统具有开放的通信协议、标准通信接口、能实现实时通信，进行集中监测并实现故障自动记录、用电评价指标的记录计算等。

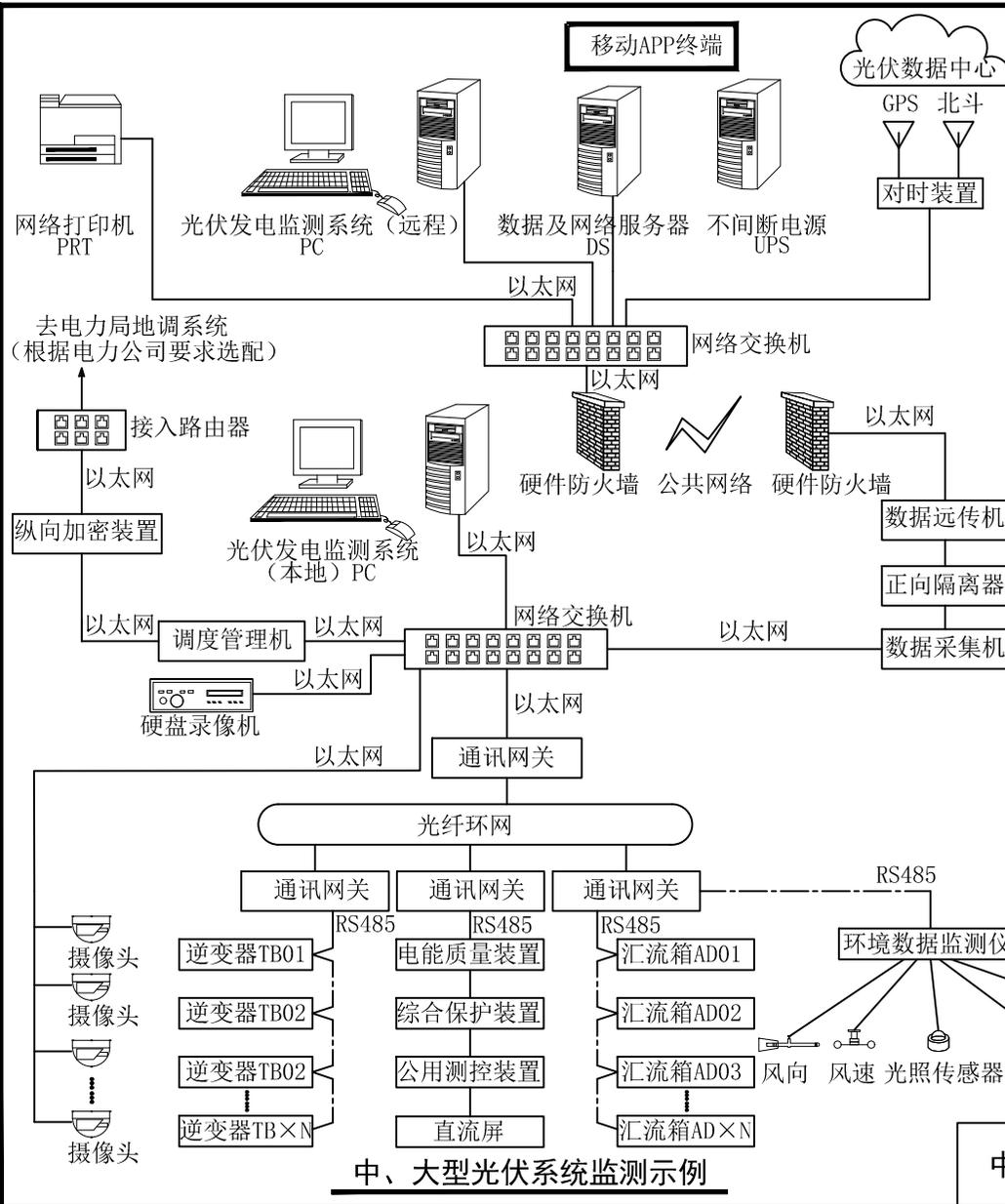


表9 中、大型光伏系统设备监测信息表

设备类型	采集内容	设备类型	采集内容
汇流设备	各路直流输入电流	电能计量装置	系统频率
	直流输出电流/电压		各相/线电压
	开关设备状态		各相/线电流
逆变器	直流侧电压		系统有功功率
	直流侧电流		系统无功功率
	总直流功率		系统视在功率
	交流侧相/线电压		系统功率因素
	交流侧相/线电流		正向电能
	总有功功率		反向电能
	总无功功率		电压平均总谐波畸变率
	总功率因素	电流平均总谐波畸变率	
	电网频率	环境监测设备	环境温度、湿度
	逆变器故障		组件温度
日发电量	风速、风向		
总发电量	日照辐射强度		

- 注：1. 监测系统包括参数/设备的监视、设备状态监视、远程操作故障报警、视频监控信息以及环境参数，统计和显示日发电量，总发电量、节能减排指标等信息，并可形成可打印的报表。
2. 系统具有数据存储查询功能，并能够记录1年以上数据，方便历史信息和故障记录查询。
3. 系统具有开放的通信协议、标准通信接口、能实现实时通信，进行集中监测并实现故障自动记录、用电评价指标的记录计算等。
4. 各电站数据建议采用可靠的光纤环网传输到监测中心，数据上传电力局按需配置纵向加密装置。

中、大型光伏系统监测示例

屋面分布式光伏发电系统设计计算示例

1 装机容量计算

1.1 项目基本情况。

杭州某商业地上建筑面积40,000m²，有生活热水需求，不具备地源热泵使用条件，屋面可安装光伏面板，无余热或废热利用，且不具备导光管采光系统及其它可再生能源利用条件，地块容积率为5.0，根据生活热水需要计算的太阳能光热集水器面积为150m²。

1.2 可再生能源年综合利用率最小值核算。

根据项目条件，相关数据代入本图集第4页式(1-2)、式(1-3)后：

$$Q_L \geq 9 \times 40000 \times 4/5 = 288000 \text{ (kWh/a)}$$

$$Q_L + Q_G \geq 9 \times 40000 = 360000 \text{ (kWh/a)}$$

因本项目无余热或废热利用，则可再生能源年综合利用率最小值为

$Q_{L(\min)}$ 为360000 (kWh/a)。

1.3 最小光伏面板安装面积 A_d 计算。

$Q_{L(\min)}$ 扣除条件中的150m²太阳能光热提供的年可再生能源利用量 Q_w ，可得光伏系统需提供的年可再生能源年利用量 Q_{PV} ：

$$Q_w = 230 \times 150 = 34500 \text{ (kWh/a)}$$

$$Q_{PV} = Q_{L(\min)} - Q_w = 360000 - 34500 = 325500 \text{ (kWh/a)}$$

假设本项目选择单面单晶硅光伏组件（最大功率470W），采用正南方向水平安装设置于屋面，则 E_p 根据本图集第5页中的表3取值为194kWh/(m²·a)，代入本图集第4页式(1-5)可得到最低光伏面板安装面积 A_d 为：

$$A_d = Q_{PV} / 194 = 325500 / 194 \approx 1678 \text{ (m}^2\text{)}$$

1.4 光伏发电系统装机容量 P_{AZ} 计算。

所选470W单晶硅组件外形尺寸为2112mm×1052mm。

该项目所需组件数量 $N_d = 1678 / 2.112 / 1.052 \approx 756$ （块），代入本图集第5页中式(1-7)：

$$P_{AZ} = 756 \times 470 = 355320 \text{ (W)} = 355.32 \text{ (kW)}$$

1.5 光伏发电系统年预测发电量 E_n 计算。

该项目实际安装的光伏组件面积 $A_d = 756 \times 2.112 \times 1.052 = 1679.7 \text{ (m}^2\text{)}$ ，

代入本图集第5页中式(1-8)，则有：

$$E_n = 1679.7 \times 1218 \times 0.2 \times 0.8 \approx 327340 \text{ (kWh/a)}$$

经验算， E_n 大于 Q_{PV} ，光伏系统设计满足可再生能源设计要求。

2 逆变器选择

根据现行国家标准《光伏电站设计规范》GB 50797的要求，逆变器允许的最大直流输入功率的和不小于对应光伏方阵的实际最大输出直流功率。结合上述第1.5节的计算结果，可选择单台最大直流输入功率为120kW的逆变器三台。

逆变器选择时主要考虑以下因素：

若选用高效率、大功率单台容量大的逆变器，逆变器发生故障时，光伏系统损失发电量较大；选用单台容量小的逆变设备，则设备数量较多，会增加投资后期的维护工作量；由于355.2kWp光伏组件占用屋面面积较大，选用多台逆变器，有利于管线就近引入，节省线材。因此，本算例拟采用三台最大直流输入功率为120kW的逆变器。

3 光伏组件串的串联数计算

光伏组件的串联数 N 值计算与光伏组件及逆变器的个性化性能参数紧密相关，在计算前应对其进行取值假定。

本计算示例假设光伏组件选用单晶硅光伏组件，详细参数如下：

K_v ：光伏组件的开路电压温度系数，暂定为-0.27%；

K'_v ：光伏组件的工作电压温度系数，暂定为-0.27%；

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(°C)，模拟为-8.8°C；

t' ：光伏组件工作条件下的极限高温(°C)，模拟为54°C；

V_{dcmax} ：逆变器允许的最大直流输入电压(V)，暂定为1100V；

$V_{mpptmax}$ ：逆变器MPPT电压最大值(V)，暂定为1000V；

$V_{mpptmin}$ ：逆变器MPPT电压最小值(V)，暂定为180V；

V_{oc} ：光伏组件的开路电压(V)，暂定为50.3V；

V_{pm} ：光伏组件的工作电压(V)，暂定为42.7V。

附 录	屋面分布式光伏发电系统 设计计算示例	图集号	2023浙DT12
		页	26

将光伏组件及逆变器的个性化性能参数代入本图集第6页中式(2-1)及(2-2), 可得:

$$N \leq 20 \text{ (个)}$$

$$5 \leq N \leq 21 \text{ (个)}$$

对上式取整, 可得N值范围:

$$5 \leq N \leq 20 \text{ (个)}$$

综合考虑安装维修通道、光伏阵列的总长度、单位屋面面积的光伏发电量、不同输出功率的逆变器接入的光伏组件串数在同区域宜统一等因素, 适当多的组件串接个数有利于提高屋面的利用率, 本项目采用 $N=20$ 。

4 光伏组件串的并联数计算

每组串峰值功率: $20 \text{ (块)} \times 470 \text{ (Wp)} = 9.4 \text{ (kWp)}$;

组串并联数: $M \leq 120 \text{ (kWp)} / 9.4 \text{ (kWp)} \approx 12$;

单台逆变器接入的光伏组件实际数量: $20 \times 12 = 240 \text{ (块)}$;

单台逆变器实际峰值功率:

$$P_n = 240 \times 470 \text{ (Wp)} = 112800 \text{ (Wp)} = 112.8 \text{ (kWp)}。$$

5 光伏阵列间距计算

光伏阵列按正南向以最佳倾角方式布置, 安装倾角为 20° ;

光伏组件尺寸(长×宽): $2112\text{mm} \times 1052\text{mm}$;

光伏阵列间距 D , 应保证在冬至日当天太阳时 $9:00 \sim 15:00$ 不被遮挡。

根据本项目地理条件, 取阵列倾角 $\beta = 20^\circ$, 当地纬度 $\varphi = 30.24^\circ$, 阵列斜面长度 L 暂定为 2112mm , 将上述数据代入本图集第7页中式(4-2), 可得:

$$D = 3330 \text{ (mm)};$$

光伏组件投影面长度:

$$b = L \times \cos\beta = 2112 \times \cos 20^\circ \approx 1985 \text{ (mm)};$$

前后排光伏阵列间距:

$$d = D - b = 3330 - 1985 = 1345 \text{ (mm)};$$

考虑安装误差及屋面坡度, 取 d 为 1500mm 。

光伏组件遮光物最高点与最低点间的垂直距离:

$$H = L \times \sin 20^\circ = 2112 \times \sin 20^\circ = 722\text{mm};$$

女儿墙或遮光物上沿高出光伏组件最低点的垂直高度 h 按 1000mm 考虑;

代入条件到本图集第7页中式(4-1)后得:

光伏组件与女儿墙或遮光物之间的最小距离:

$$a = 1862.8 \text{ (mm)};$$

考虑安装误差及屋面坡度, 取 a 为 2000mm 。

6 光伏阵列占地面积计算

6.1 按照最佳倾角布置:

女儿墙或遮光物上沿高出光伏组件最低点的垂直高度可按 $h = 1000\text{mm}$

考虑, 光伏组件与女儿墙或遮光物侧面之间的最小距离可按

$a = 2000\text{mm}$ 考虑; 光伏组件并向排列之间的最小距离可按 $c = 1000\text{mm}$

考虑; 前后排光伏阵列间距可按 $d = 1500\text{mm}$ 考虑。平面布置图可参见本图集第7页。

6.2 按照水平方式布置:

女儿墙或遮光物上沿高出光伏阵列平面的垂直高度可按 $h = 1000\text{mm}$ 考

虑, 光伏组件与女儿墙或遮光物侧面之间的最小距离可按 $a = 2000\text{mm}$

考虑; 光伏组件之间无需考虑遮挡因素, 仅需考虑适当的维修通道, 通道具体尺寸由设计定, 建议不小于 600mm 。平面布置可根据现场情况确定。

附 录	屋面分布式光伏发电系统设计计算示例	图集号	2023浙DT12
		页	27

光伏最不利荷载组合

1. 风荷载: $W_k = W_0 \times \mu_{s3} \times \mu_{z}$

式中: W_k ——风荷载标准值 (kN/m²);

W_0 ——基本风压 (kN/m²);

β_z ——高度Z处的风振系数;

μ_s ——风荷载体型系数;

μ_z ——风压高度变化系数。

2. 雪压荷载: $S_k = S_0 \times \mu_r$

式中: S_k ——雪荷载标准值 (kN/m²);

S_0 ——基本雪压 (kN/m²);

μ_r ——屋面面积分布系数。

3. 荷载组合:

$P = \gamma G + 1.4 \times \psi_{风} \times W_k + 1.4 \times \psi_{雪} \times S_k$

$P = \gamma G + 1.4 \times \psi_{风} \times W_k$ (负风压)

当永久荷载对结构不利时 γ 取1.2, 其他取1.0;

当 $W_k \geq S_k$, $\psi_{风}$ 取1.0、 $\psi_{雪}$ 取0.7;

当 $W_k < S_k$, $\psi_{风}$ 取0.6、 $\psi_{雪}$ 取1.0;

式中: P ——总荷载 (kN/m²)

G ——固定荷载 (kN/m²)

4. 允许荷载设计值

一级: 1.5KN/m²

二级: 2.0 KN/m²

三级: 3.0 KN/m²

四级: 4.0 KN/m²

注: 1. 基本风压、雪压取值根据《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012, 表E. 5 (R50)。允许荷载设计值为荷载标准值乘以荷载分项系数, 光伏最不利荷载。

2. 负重块后标识的重量为该系统抗风需要水泥块的最小重量, 而非建议尺寸的混凝土重量。

表10 光伏系统大组件两块竖装相关参数表

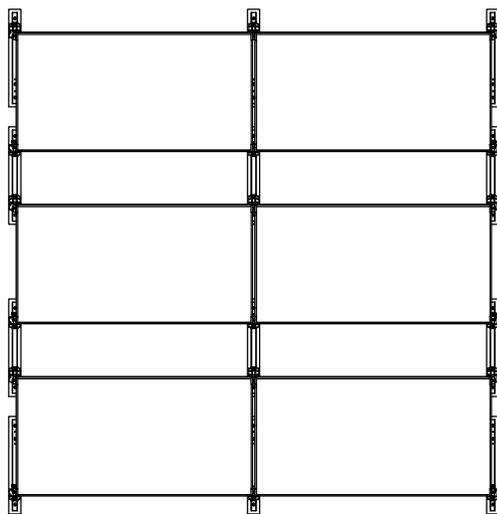
荷载级别	跨距	立柱、斜梁	横梁	斜撑	负重块	用钢量 (kg/m ²)	结构简图
一级	2500	C60×30×10×2.5	U52×41.3×2.0	C60×30×10×2.0	300×300×200 (43kg)	5.0~5.4	
二级		C80×40×15×2.5	U62×41.3×2.0		300×300×300 (64kg)	6.4~6.9	
三级	2000	C80×40×15×2.5	U62×41.3×2.0		400×350×300 (100kg)	6.9~7.5	
四级					C90×40×15×2.5		
除斜撑采用Q235材质, 其他均采用Q355 组件规格: 1950×992, 2块竖装, 15°或26°安装角度, 离地高度500mm							

表11 光伏系统小组件两块竖装相关参数表

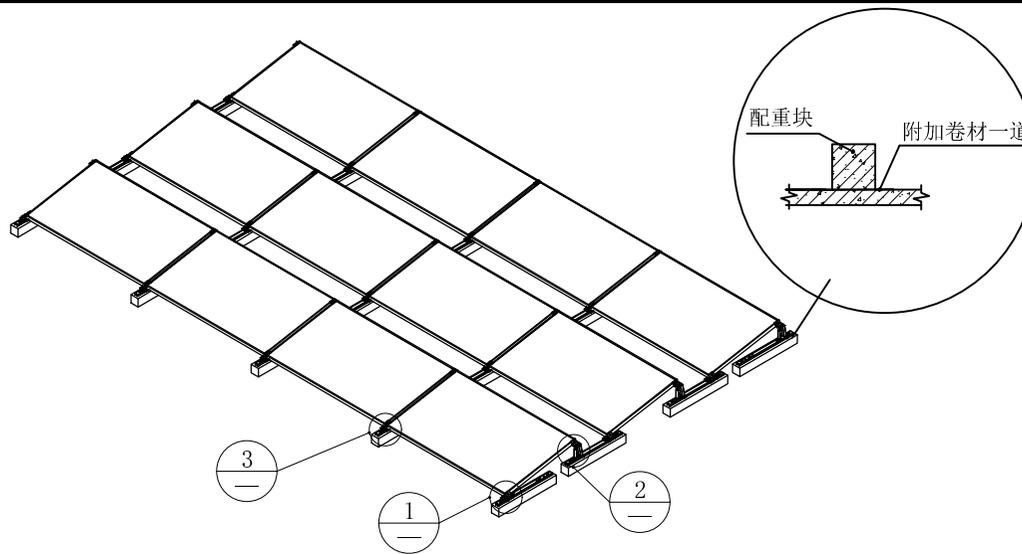
荷载级别	跨距	立柱、斜梁	横梁	斜撑	负重块	用钢量 (kg/m ²)	结构简图
一级	2500	C60×30×10×2.5	U52×41.3×2.0	C60×30×10×2.0	300×200×200 (25kg)	5.6~6.0	
二级		C80×40×15×2.5	U62×41.3×2.0		300×300×200 (40kg)	6.4~6.9	
三级	2000	C80×40×15×2.5	U62×41.3×2.0		350×350×300 (88kg)	7.0~7.6	
四级					C90×40×15×2.5	U72×41.3×2.0	
除斜撑采用Q235材质, 其他均采用Q355 组件规格: 1650×992, 2块竖装, 15°或26°安装角度, 离地高度500mm							

表12 光伏系统组件横装相关参数表

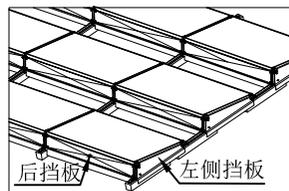
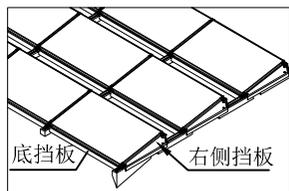
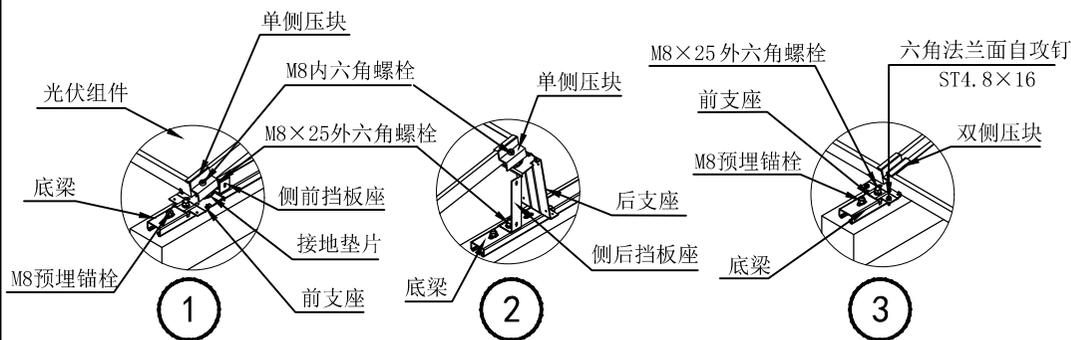
荷载级别	跨距	立柱、斜梁	横梁	斜撑	负重块	用钢量 (kg/m ²)	结构简图
一级	2500	C60×30×10×2.0	U52×41.3×2.0	C60×30×10×2.0	1500×140×140(70kg)	6.8~7.3	
二级			U62×41.3×2.0			7.3~7.9	
三级	2000	C60×30×10×2.0	U62×41.3×2.0		7.8~8.4		
四级			C80×40×15×2.0		U72×41.3×2.0	1500×200×200(140kg)	
除斜撑采用Q235材质, 其他均采用Q355 组件规格: 宽度992, 长度无要求, 2块横装, 15°或26°安装角度, 离地高度500mm							



平面布置示意



轴侧视图



注：理论上存在最小阴影间距，需根据组件具体倾角进行计算。

表13 导流板型式光伏系统组件支架材料表

零件清单(3×4) (仅供参考, 内容及数量根据工程实况确定)				
序号	名称	材料	数量单位	备注
1	U型钢底梁	工程设计定	若干件	热镀锌
2	前支座	t=2.0	若干件	双面镀层 ≥275g/m ²
3	后支座	t=2.0	若干件	
4	侧前支座	t=2.0	若干件	
5	侧后支座	t=2.0	若干件	
6	单侧压块	l=60mm	若干件	6063-T6, AA15
7	双侧压块	l=60mm	若干件	6063-T6, AA15
8	底挡板	t=0.8	若干件	双面镀层 ≥275g/m ²
9	后挡板	t=0.8	若干件	
10	左侧挡板	t=0.8	若干件	
11	右侧挡板	t=0.8	若干件	
12	不锈钢外六角螺栓	M8×25	若干件	SUS304
13	不锈钢内六角螺栓	M8×40	若干件	SUS304
14	六角法兰面自攻自钻螺钉	ST4.8×16	若干件	SUS410
15	预埋锚栓(配双螺栓)	M8	若干件	热镀锌

附 录

导流板型式光伏系统组件支架

图集号

2023浙DT12

页

29