

# 光伏电站的设备选型探讨

李世民 研究员

甘肃自然能源研究所/联合国工业发展组织国际太阳能中心 副所长

全国可再生能源学会、光伏专业委员会 理事

甘肃省光伏重点实验室 主任

甘肃省太阳能风能协会 副会长

合作人员

包建勤 王勇 何炜 乔俊强 花亚萍

地址：兰州市城关区人民路20号

邮编：730046

E-mail: [lishimin@gneri.org](mailto:lishimin@gneri.org)

[lishimin@unido-isec.org](mailto:lishimin@unido-isec.org)

Tel/Fax: +86-931-8386006

Mobile: +86-13919243187

QQ:541905421 Web: [www.gneri.org](http://www.gneri.org)





UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute



# 一、光伏组件选型

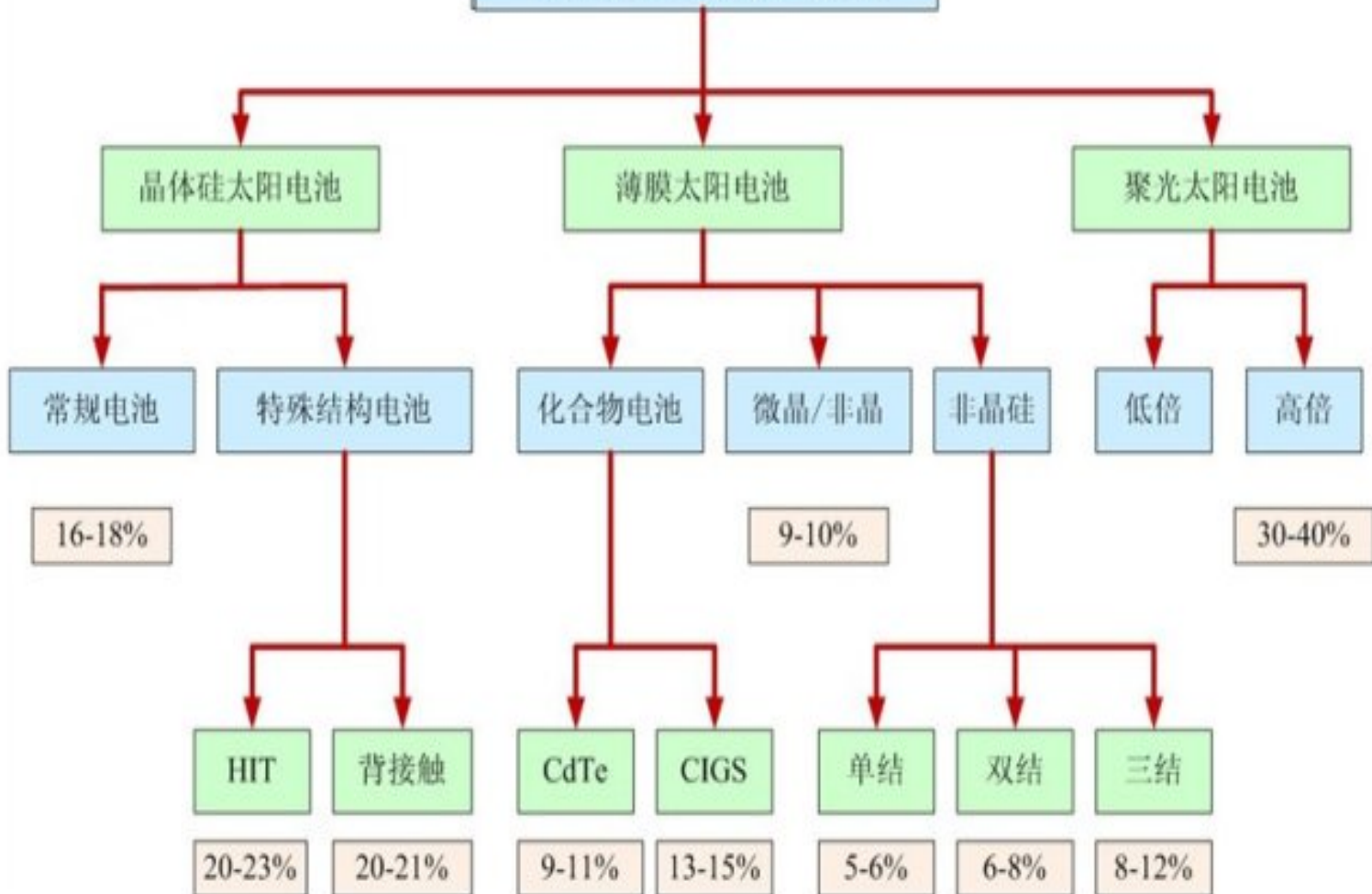


# 光伏组件选型

- 选型原则:

- 1、应尽可能选择性能稳定可靠的优质产品、确保**25年**的发电寿命。
- 2、光伏组件应选择较大尺寸和输出功率的组件，有利于节省支架和施工工作量。

## 太阳电池按技术分类





# 晶硅光伏电池仍是全球市场的主流

- 晶硅电池以其性能稳定、效率较高等特性占据了光伏市场的90%以上。
- 单晶硅光伏电池经过几十年的技术提升，无论是单晶硅拉晶、切片还是电池制作等方面都达到了突破性进步。效率不断提升。产品稳定性、使用寿命都达到了产业界最高水平。
- 单晶组件生产成本逐渐与多晶持平，预计2016年全球单晶和多晶将平分秋色。
- 全产业链产品价格呈现缓慢下跌趋势。



# 多晶硅铸锭切片技术的成熟和革新推动了多晶硅电池的发展

- 多晶硅铸锭相对工艺简单，在这一环节相对更经济、节能。
- 随着技术的发展，多晶硅电池在外观和性能方面都有了长足进步。



# 多晶硅电池的优缺点

- 多晶硅铸锭相对简单，多晶硅片价格也相对比较便宜。
- 目前大规模工业化生产的多晶硅电池光电转换效率在**18%-18.5%**，低于单晶硅电池（单晶大规模生产的转换效率是**19.8%-21%**）。
- 由于多晶硅铸锭的工艺对原材料要求和控制相对较低，如果在铸锭环节不能保障硅片的纯度等质量要求，导致生产出来的光伏电池质量不能保证，转换效率衰减速度明显过快。
- 低价的多晶硅组件绝大多数存在高衰减隐患。所以在采购多晶硅组件的过程中要严格把好质量关，选择一线品牌大厂家的产品。





# 单晶硅电池的优缺点

- 在单晶硅制备过程中，由于单晶拉晶生长需要多晶硅原材料纯度较高，能保证硅片纯度。继而保证了市场上单晶硅电池质量相对比较容易控制和稳定。
- 单晶硅组件由于其晶体结构单一、材料纯度高、内阻小、光电转换效率高，稳定性高。
- 单晶硅电池发展空间比较大，一些特殊工艺的高效太阳能电池（HIT，背电极等）都是基于单晶硅片的技术研发生产的。
- 缺点是由于拉单晶成本高于多晶硅铸锭，所以单晶硅组件价格略高于多晶硅组件。
- 但是随着单多晶电池效率差异拉大、单晶拉晶成本和切片成本快速下降，单晶组件和多晶组件成本将快速趋于一致。



# 单晶组件和多晶组件价格 (一线品牌厂家)

	组件价格 (元/Wp)	转换效率	占地面积 (平铺) (Wp/m <sup>2</sup> )	基础+支架 价格 (元/Wp)	汇流箱、 电缆等 (元/Wp)
单晶硅 组件	4.0~4.1	17.5%	175	1	0.6
多晶硅 组件	3.9~4.0	16.0%	160	1.08	0.65

单晶硅组件的转换效率优势显著节约了电站建设中的工程量和建材用量，分摊到每瓦的建造成本较低

# 光伏电站投资预算

## 单晶硅电站 7.6元/Wp

光伏组件 元/Wp	逆变器 元/Wp	支架系统	汇流箱电 线电缆等 电器	其他设施	安装费
4.1	0.4	1	0.6	0.1	1.4

## 多晶硅电站 7.75元/Wp

光伏组件 元/Wp	逆变器 元/Wp	支架系统	汇流箱电 线电缆等 电器	其他设施	安装费
4.0	0.4	1.08	0.65	0.11	1.51

# 光伏电池的寿命

目前世界上普遍认为晶硅光伏电池的平均寿命是25-30年。

非晶硅光伏电池的寿命也在15-20年以上。

其他材料的光伏电池寿命也被认为在20-30年左右。



# 在我国西部运行了30多年的光伏电站



# 使用29年后的光伏组件抽测结果

生产厂家：日本晶瓷株式会社

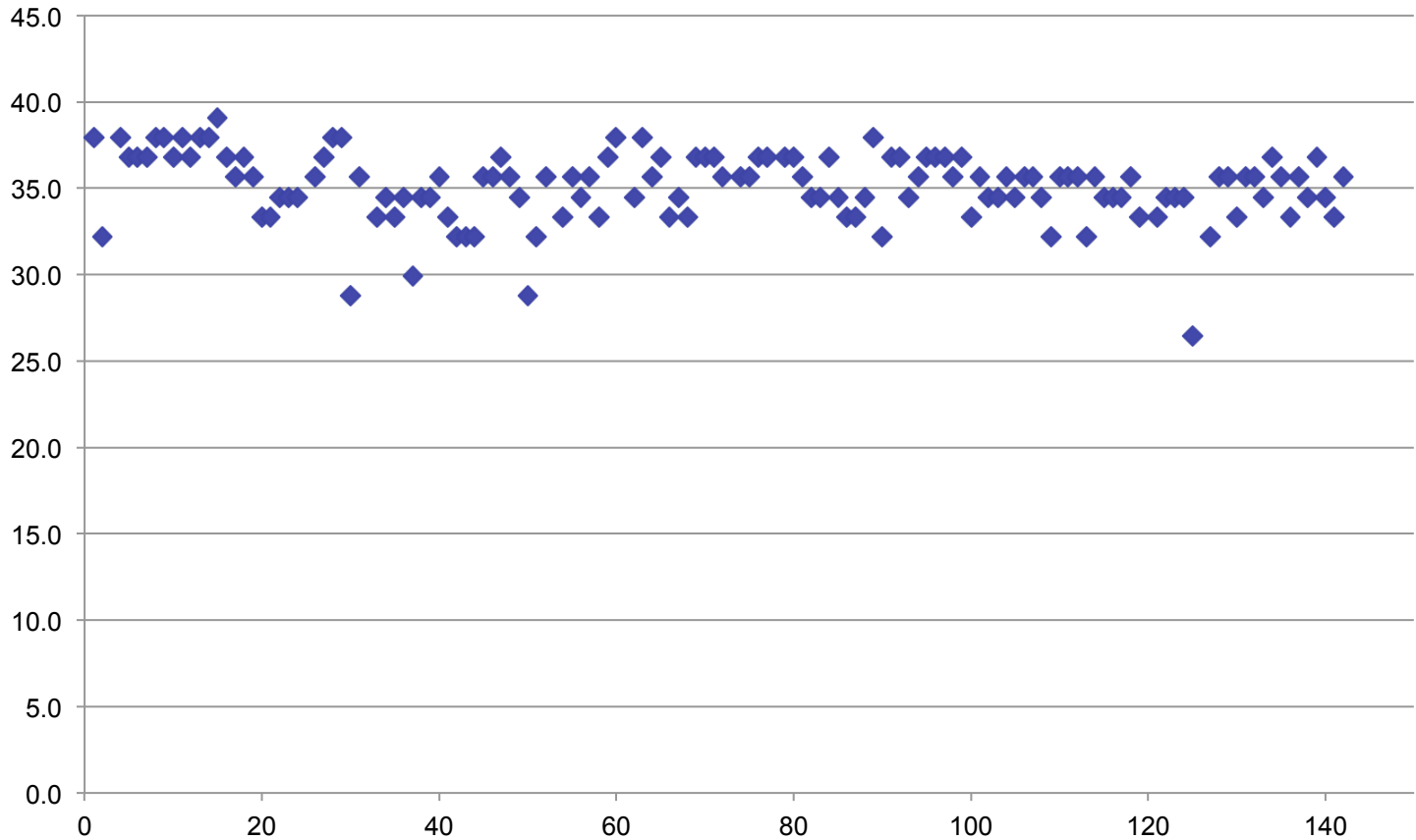
原始技术指标及性能：45Wp

光伏组件 编号	峰值电 压	峰值电 流	峰值功 率	功率 下降%
1	16.43	2.28	37.5	16.8
2	16.26	2.41	39.2	12.9
3	16.15	2.24	36.2	19.6
4	16.4	2.34	38.4	14.7
平均值	16.3	2.3	37.8	16.0



# 使用32年后的光伏组件衰减分布

共144块组件，额定峰值输出功率：45Wp



# 使用32年后的光伏组件测试结果

生产厂家：日本晶瓷株式会社

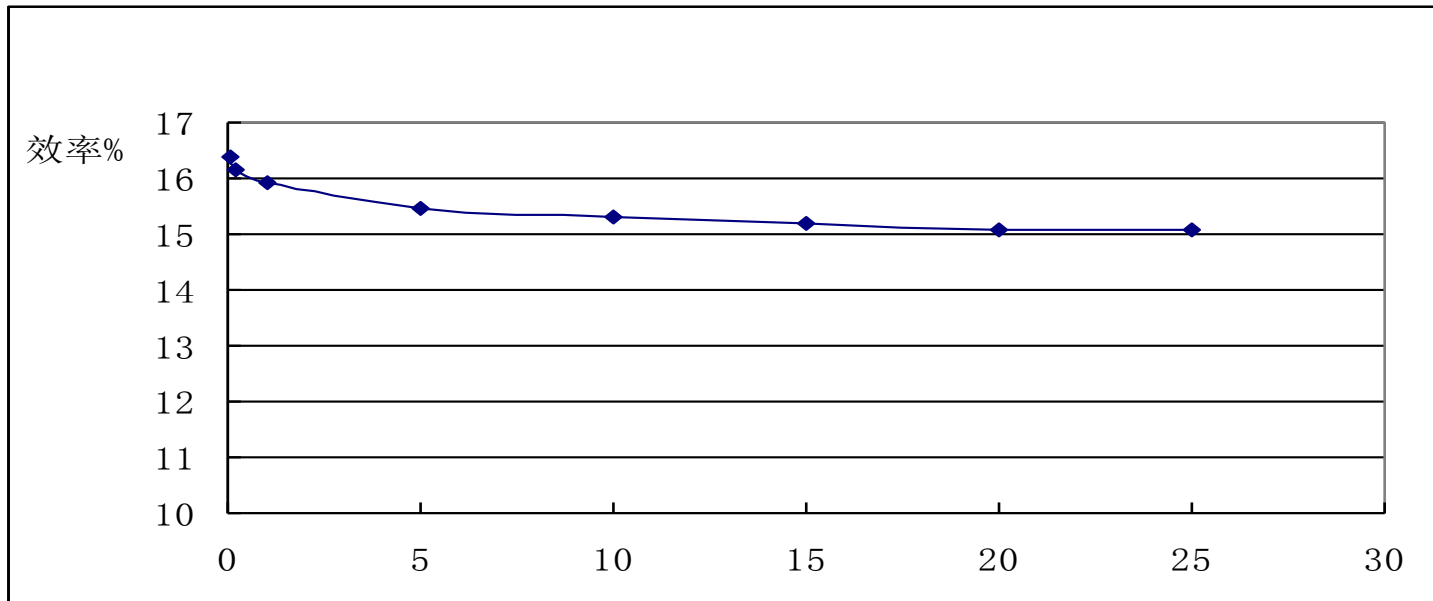
共144块组件，额定峰值输出功率：45Wp

平均功率	35.1 W	平均衰减率:	21.96 %
最大功率	39.1W	最小衰减率	13.11%
最小功率	26.5 W	最大衰减率	41.22%
自然损坏 (大部分已 修复)	10个	损坏率:	6.94 %



# 光伏电池效率衰减

据实验室检测，晶硅光伏组件在安装后暴晒50-100天效率衰减约2-3%左右，随后逐步达到稳定并逐年衰减0.5~0.8%，20年平均衰减为10-20%左右。单晶组件衰减普遍低于多晶组件。

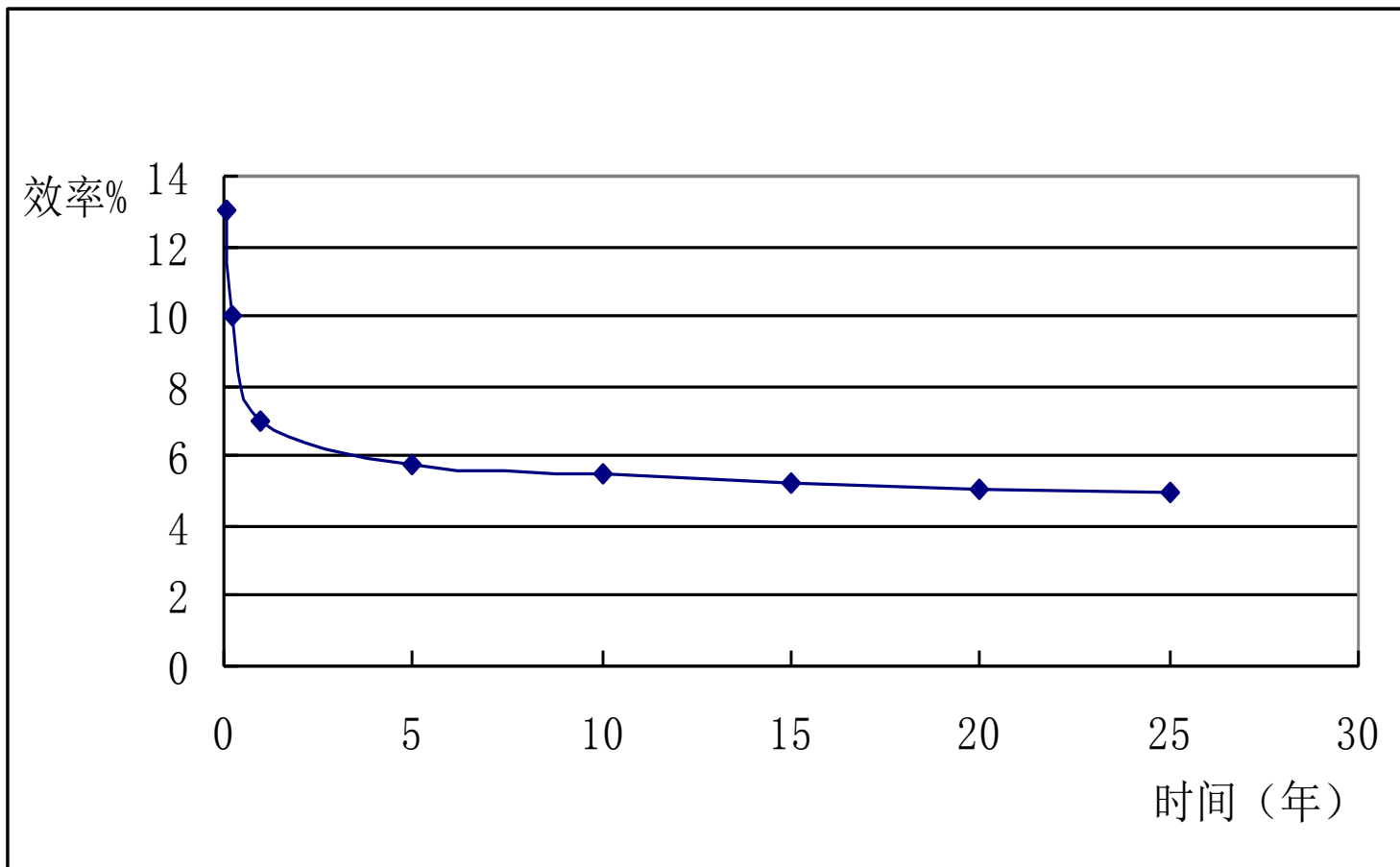




# 半透明非晶硅薄膜光伏组件



# 非晶硅光伏组件的效率衰减





# 碲化镉 CdTe 电池

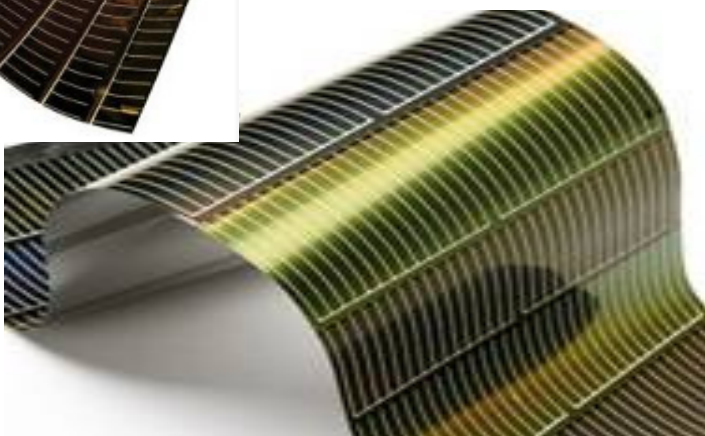
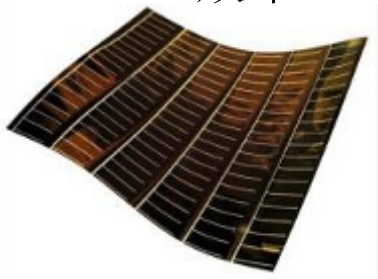
效率：9-15%，性能稳定，重金属污染。





# 铜铟镓硒CIGS电池

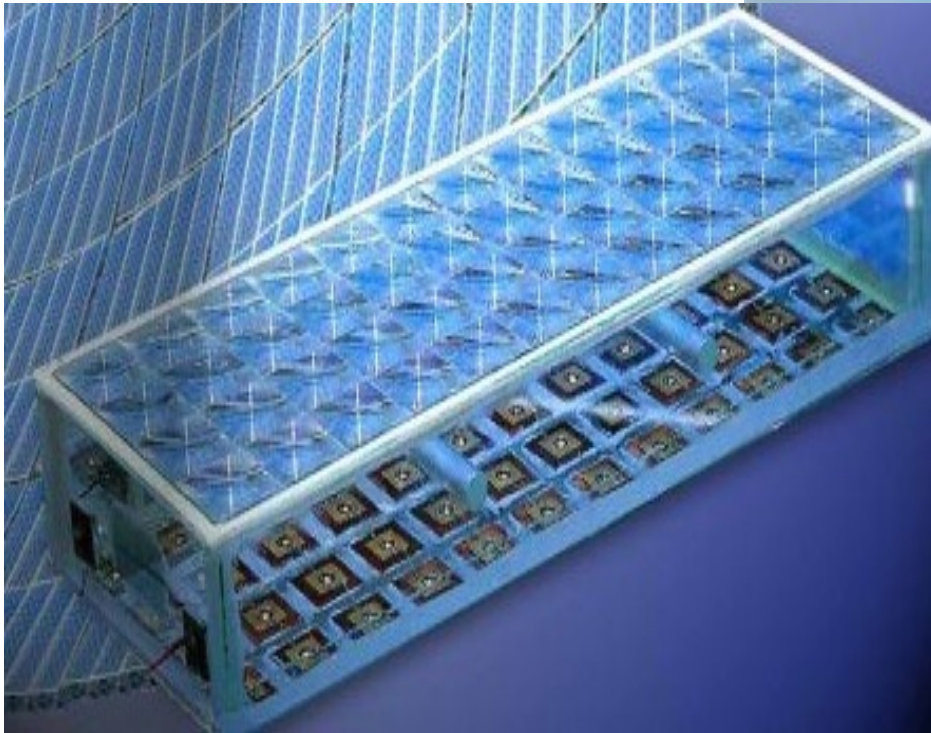
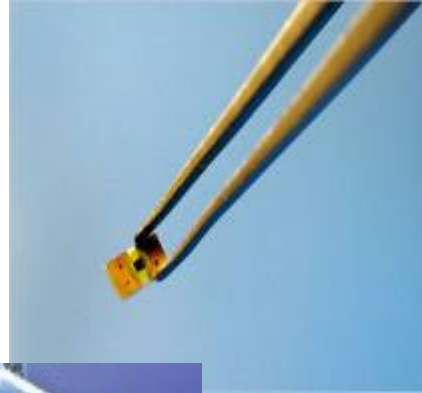
效率：13-22%，性能特别稳定，原材料稀缺。



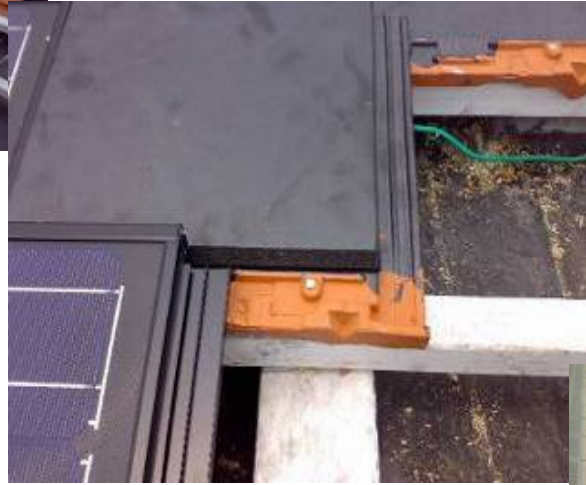


# 砷化镓GaAs 电池

效率：20-45%，耐高温，需要高倍聚光和高精度跟踪支架



北控绿产格尔木CPV电站实景 摄影/吴军杰





# 光伏陶瓷瓦







## 二、逆变器选型

# 逆变器选型

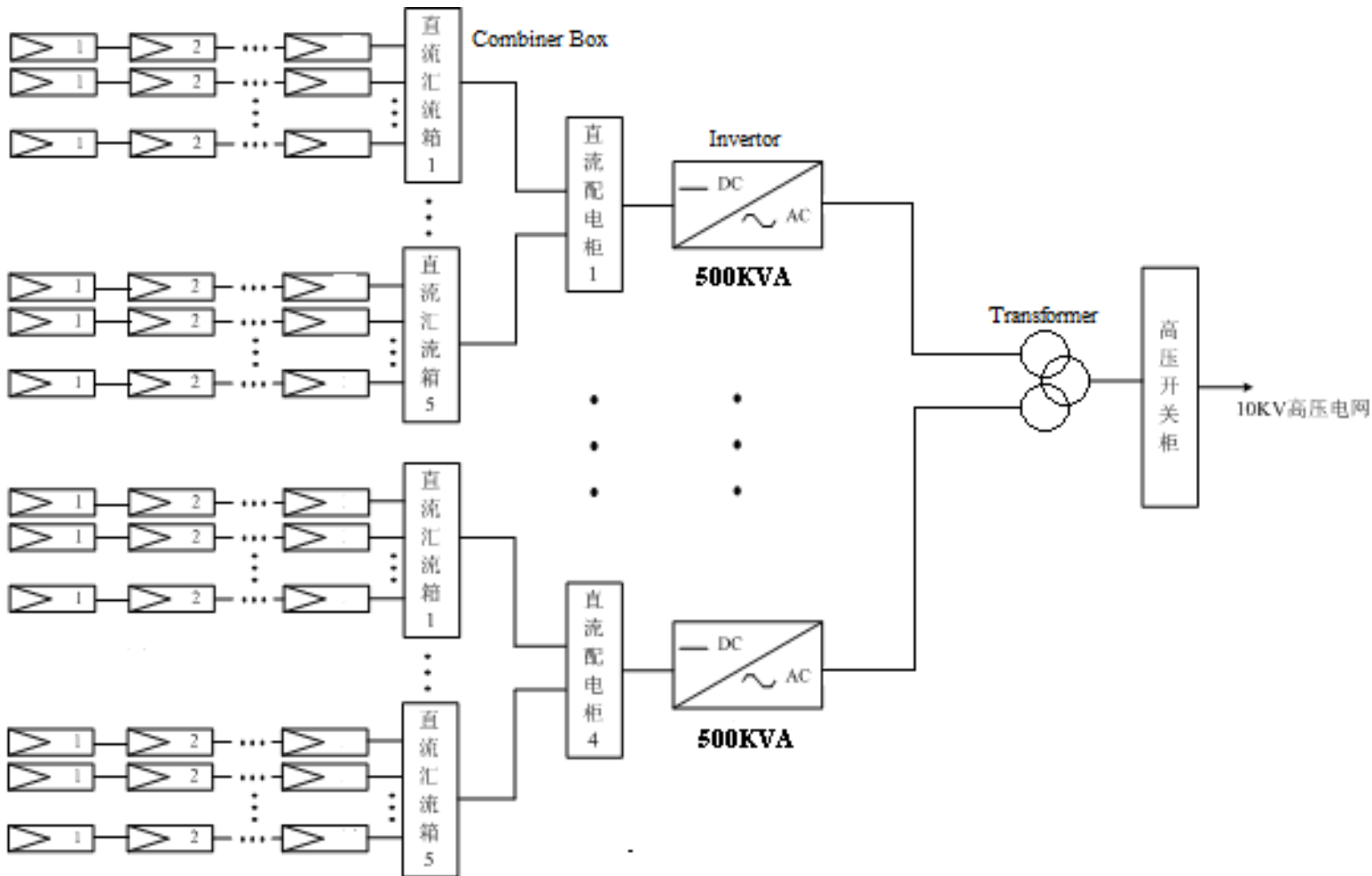
- 逆变器是光伏电站的核心设备。
- 按照逆变器结构和应用特点可以分为三大类：**集中式逆变器、组串式逆变器**和**微型逆变器（又称组件逆变器）**。
- 在光伏系统设计过程中，要结合光伏系统的具体情况来选择不同类型的**并网逆变器**。





# 电路系统设计

## 1MW 并网光伏发电电路图



# 大型逆变器的优缺点

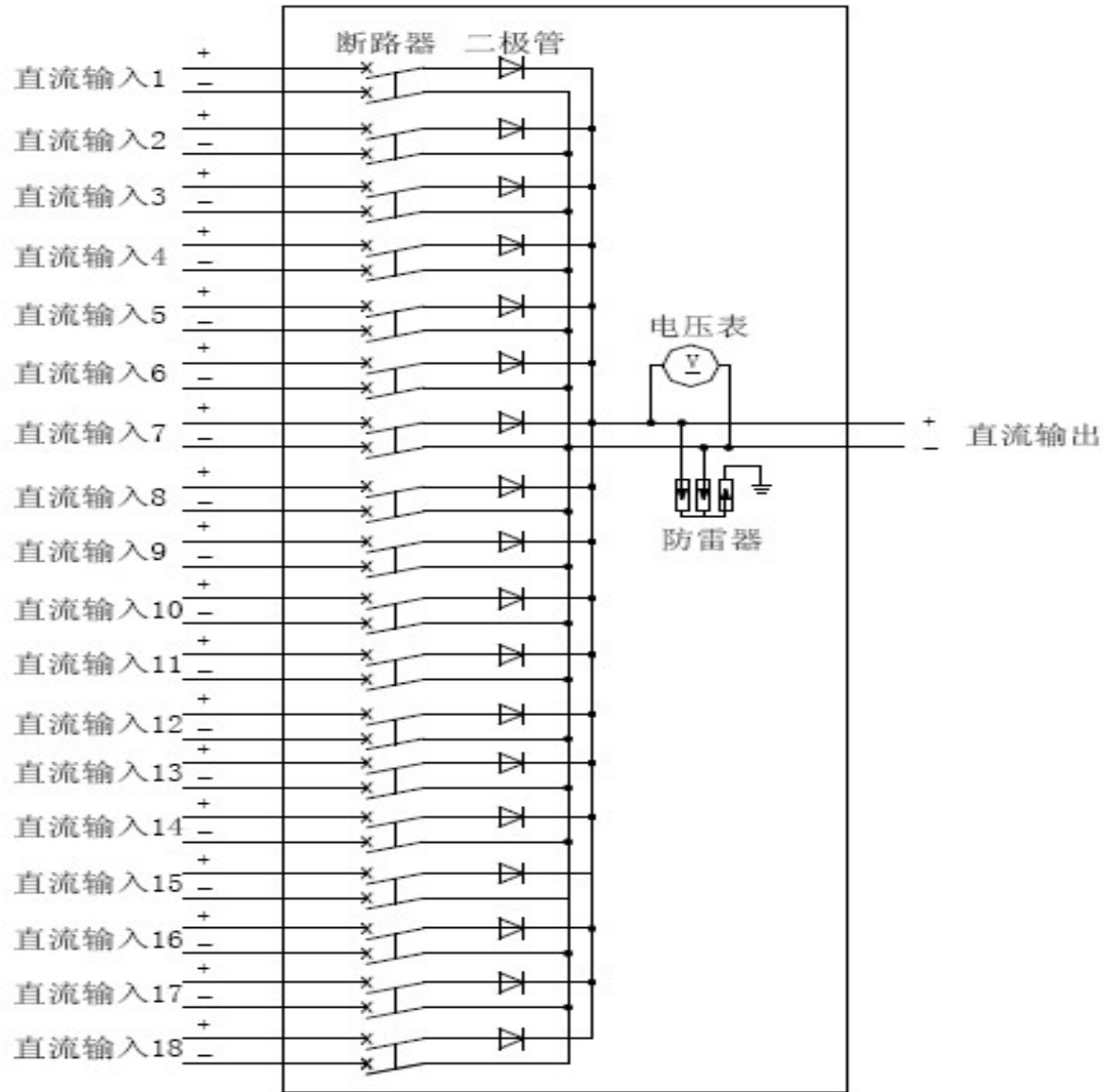
## 优点:

- 逆变器效率高
- 直流段线路损耗小
- 逆变器数量少，相互影响小

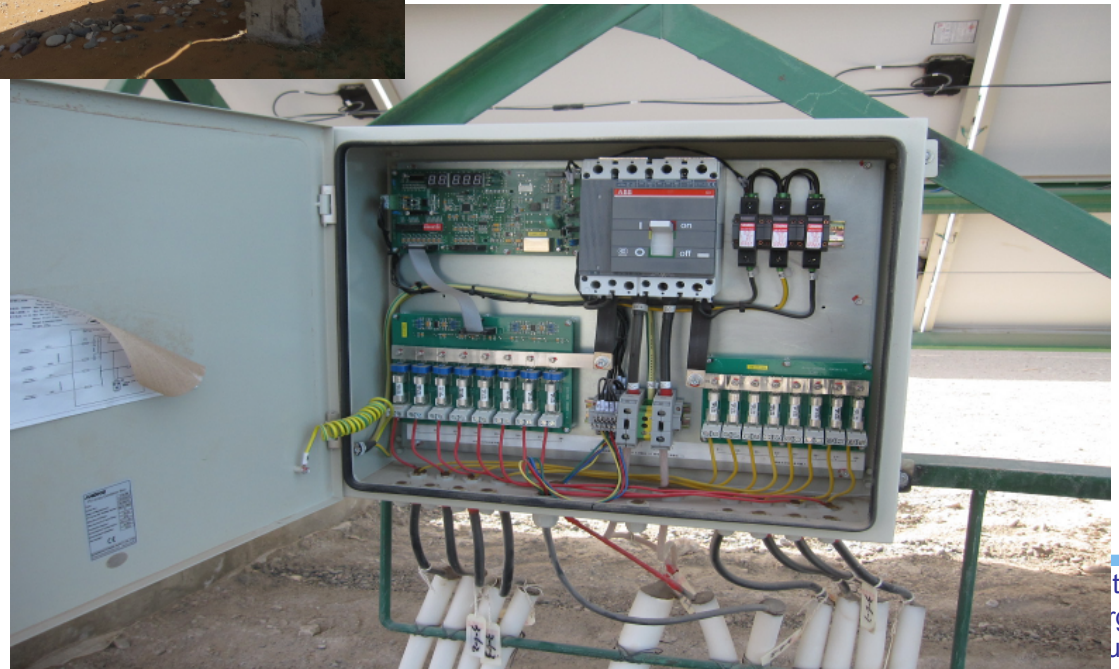
## 缺点

- 光伏组件串并联影响损耗较大，特别是电站运行若干年后，由于组件衰减不一，会导致较严重的组串串并联配接损耗。
- 安装需要吊装机械
- 维修比较困难
- 占地及需要专门基础设施





# 汇流箱





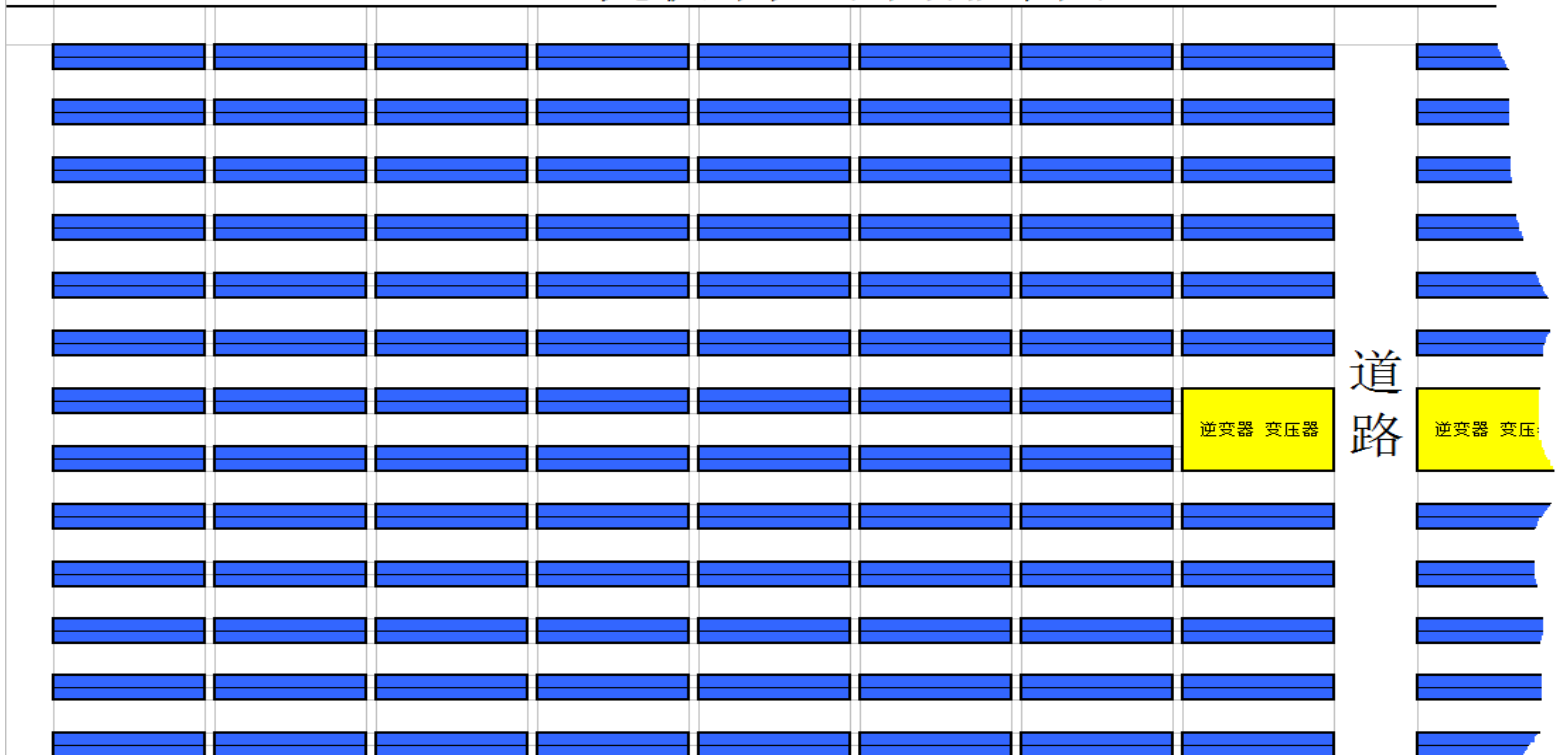
# 汇流箱汇流特点

- 简单将光伏组串并联
- 当各组件或组件串误差不大时（新组件误差 $\pm 3\%$ ）对系统效率影响不大。
- 当系统运行几年后，由于组件隐裂、蜗牛纹、PID以及效率衰减等影响差异较大（个别组件效率会下降 $2-5\%$ ），因而产生较大的失配误差，简单的汇流方式无法满足每一支路的电流、电压达到最佳工作点，因而影响系统效率下降。



# 1MW光伏电站设计范例

## 1MW光伏单元平面排布图



道 路

阵列长 (米)	33.81	阵列宽 (米)	1.62	阵列遮阳距离 (米)	3
场内道路宽 (米)	10				
阵列间隔走道 (米)	1	外围间隔 (米)	2	总占地=	21870.1176
1MW单元 采用13个16路汇流箱	$(8 \times 13 - 2) \times 9400W / 阵 =$		1006.74 kW		

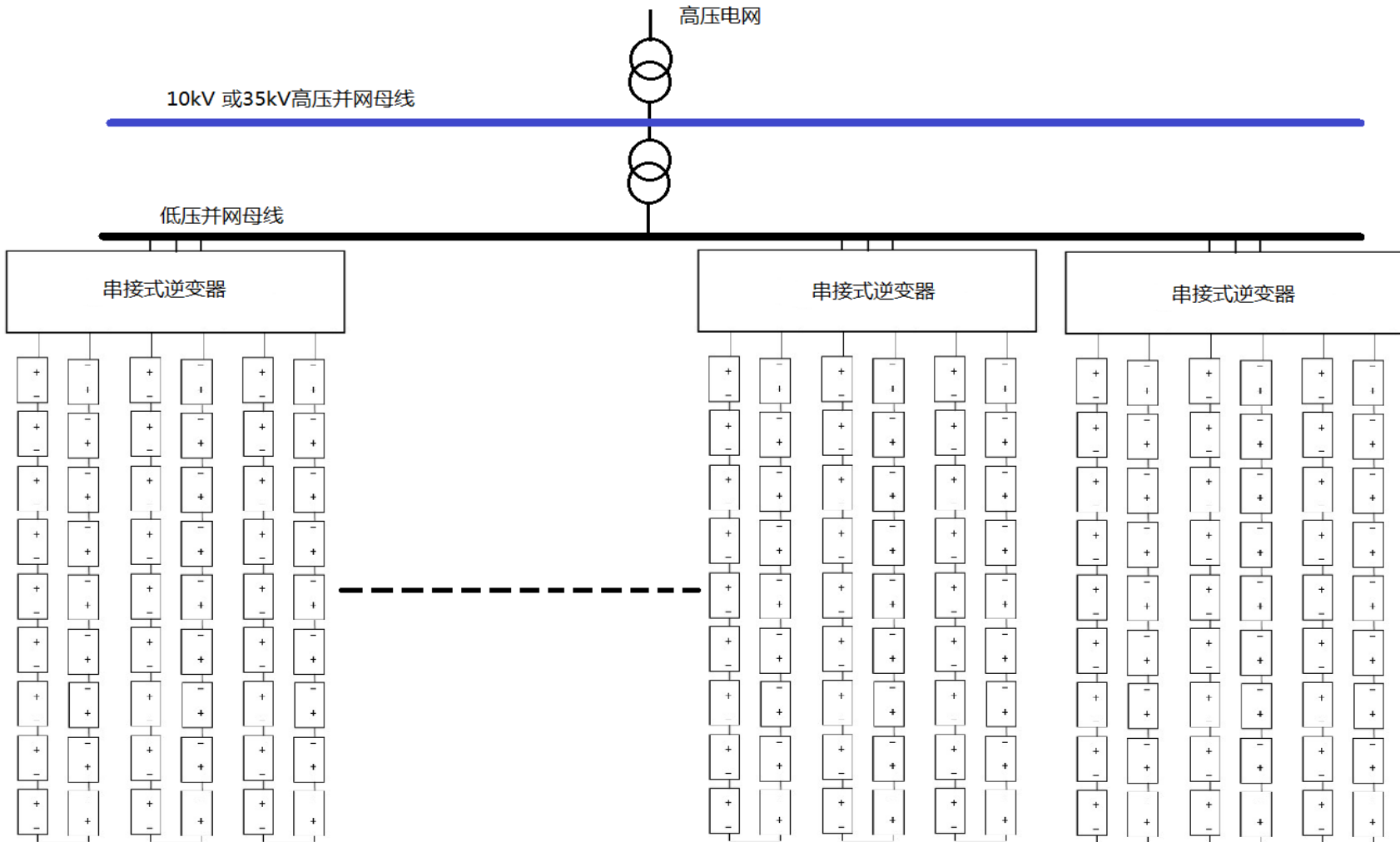


# 串接式逆变方式

串接式逆变方式具有不需要汇流箱、并联支路少，甚至每个支路都有MPPT跟踪，安装方便，便于维护等优点，近年来逐步被很多人关注。

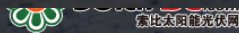


# 串接式并网发电模式





# 组串型光伏逆变模式







# 组串式逆变器的优缺点

## 优点：

- 光伏组串直接接入逆变器，不用汇流箱，结构简洁，直流段线路损耗小。
- 光伏组串间相互干扰小或不干扰，提高了组串配接效率，特别是在电站运行若干年后，组串式逆变器将突显其优点，发电效率大大高于大型逆变器。
- 体积小，便于安装
- 机动性好便于维护和更换

## 缺点：

- 对于大型电站，网内数量巨大的逆变器会在低电压穿越和孤岛故障时有相互影响和干扰的隐患。
- 逆变器交流段损耗相对较大。



# 三、光伏系统基础与支架的选择



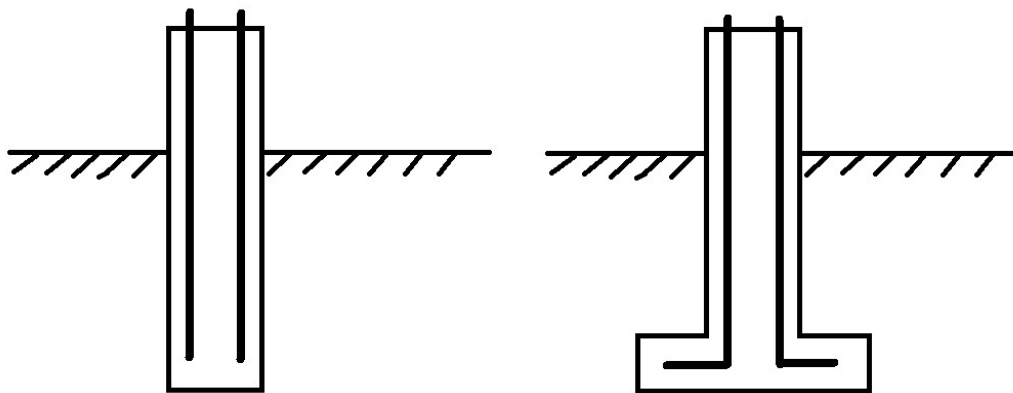
# 光伏系统基础与支架的选择

- 混凝土基础
  - 独立基础
  - 条形基础
- 金属桩基础
  - 地埋金属桩基础
  - 螺旋桩基础
- 与建筑结合
  - BIPV（构件型，与建筑物紧密结合）
  - BAPV（附加型，与建筑物一般结合）

# 混凝土独立桩

桩径：35-50cm 或35\*35-40\*40cm

埋深：大于50cm





# 混凝土独立基础





# 混凝土独立桩

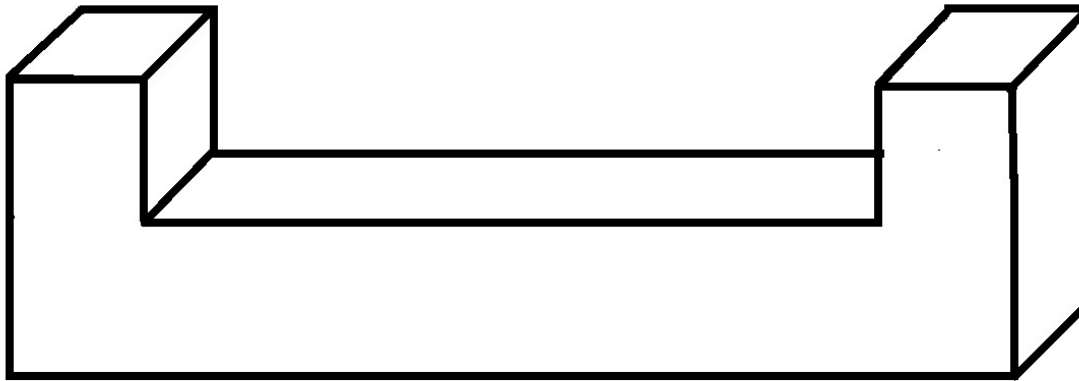




UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute

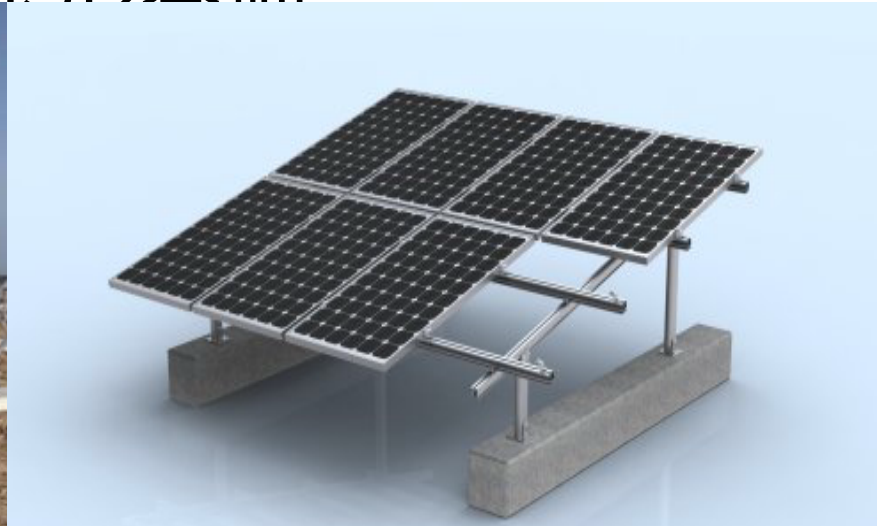
# 条形桩

- 桩径：35\*35-40\*40cm
- 埋深：大于20cm





# 混凝土条形基础





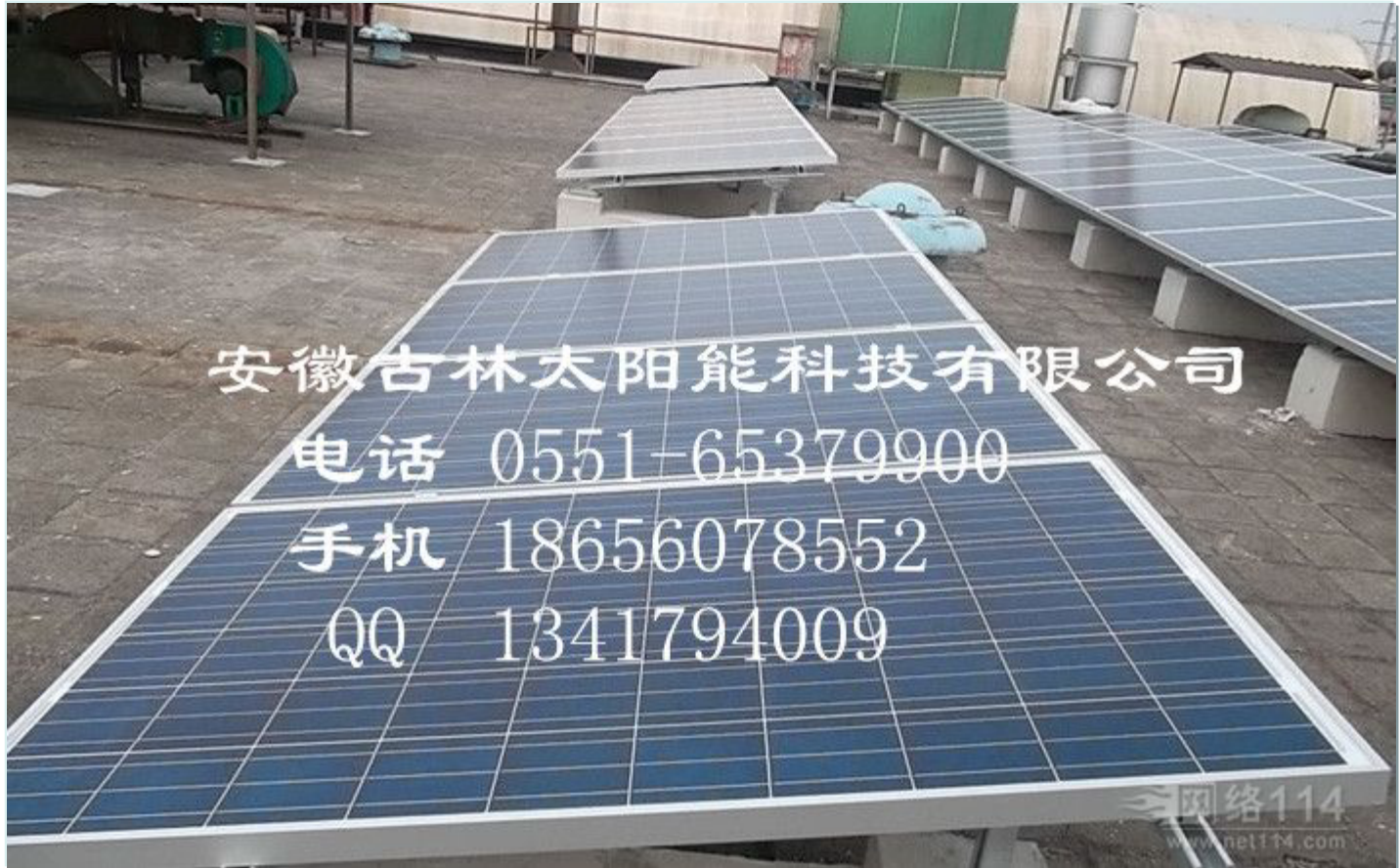
徐州20MW光伏电站



宁夏平罗10MW光伏电站

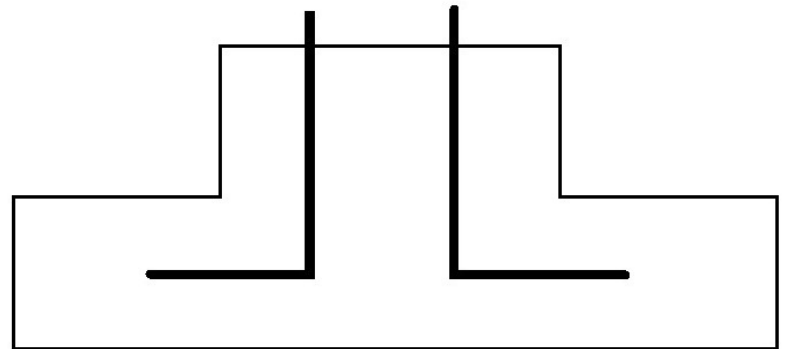
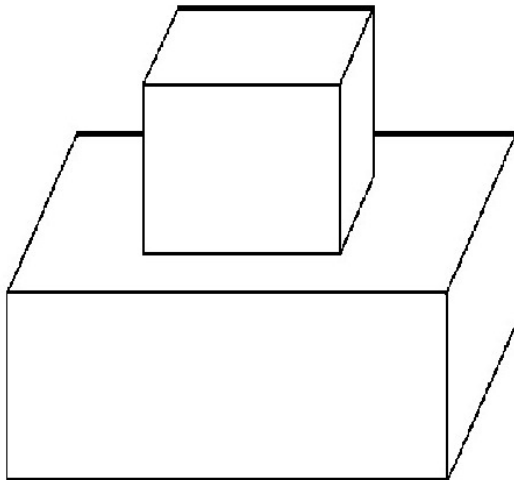


# 屋顶条形桩支架



# 重力桩

- 重力桩一般用于较平整地面或建筑平屋顶上。
- 底座尺寸一般为40x40 - 80x80cm
- 高度为20 - 30cm







# 屋顶重力桩支架



# 金属螺旋桩





# 金属直埋桩







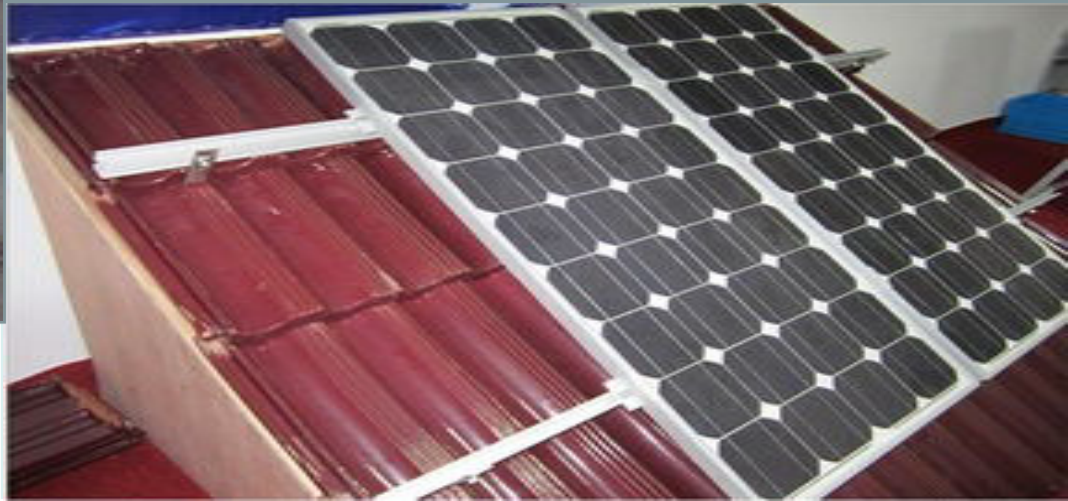
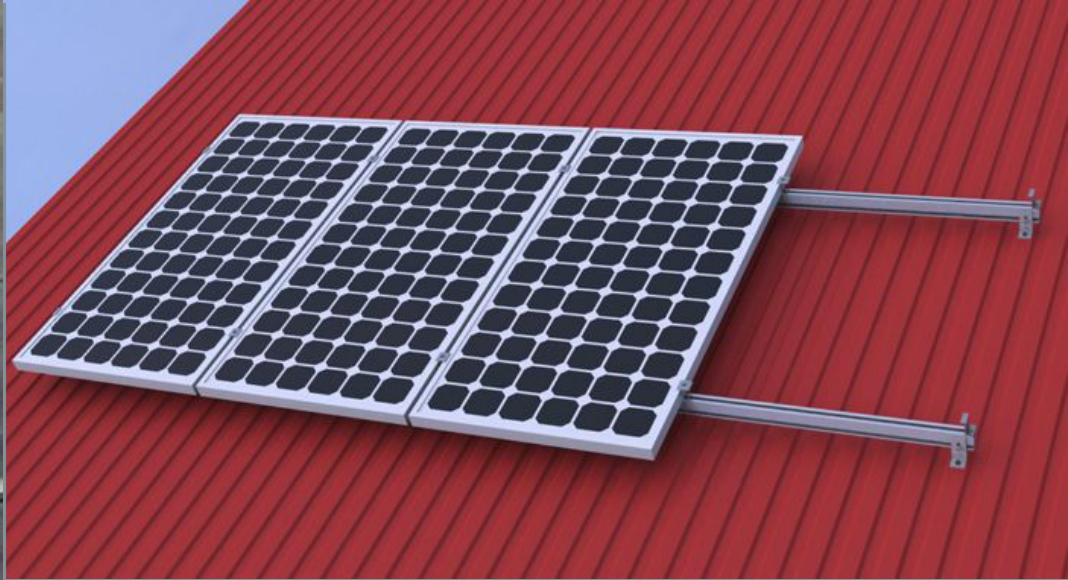


# 金属桩的锈蚀问题





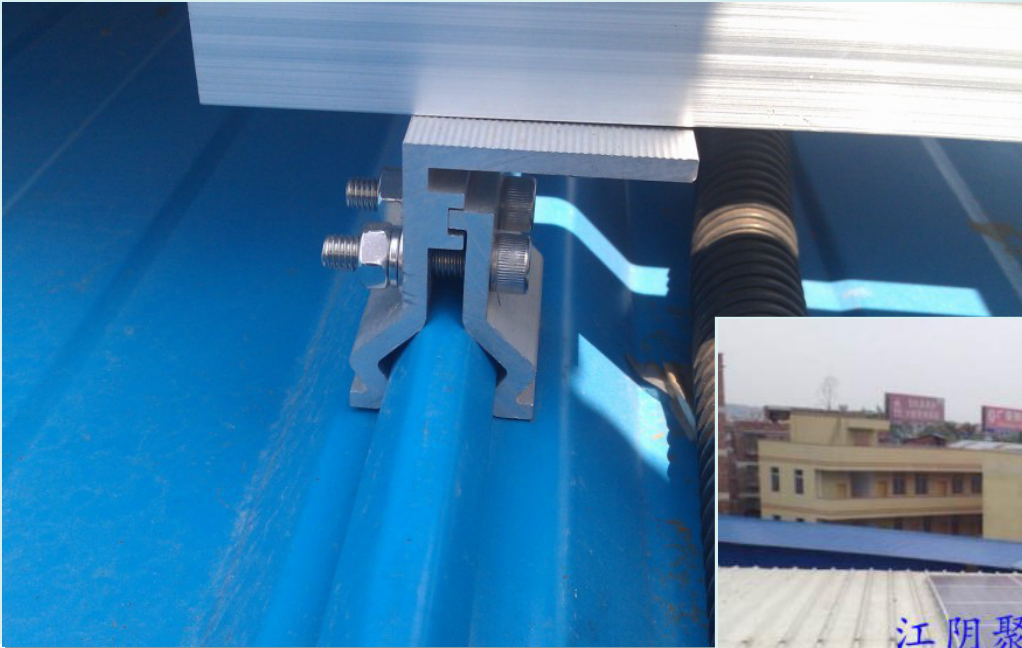
# 坡屋面支架







# 轻质屋顶支架结构





GPowering Tech

# 轻质屋顶卡式支架结构

[www.gpowering.com](http://www.gpowering.com)  
[www.gpowering.en.alibaba.com](http://www.gpowering.en.alibaba.com)

上海泰联新能源科技有限公司

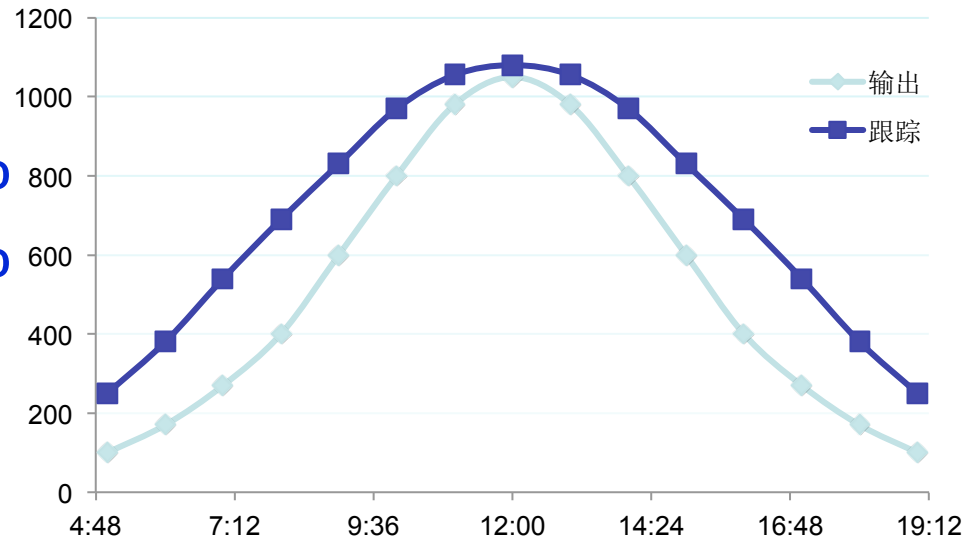
专业的光伏发电系统集成解决方案提供商

泰联新能源  
021-31268365

Gansu Natural Energy Research Institute

# 太阳能跟踪系统

单轴跟踪 15-25%  
 双轴跟踪 30-40%





---

UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute





UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute

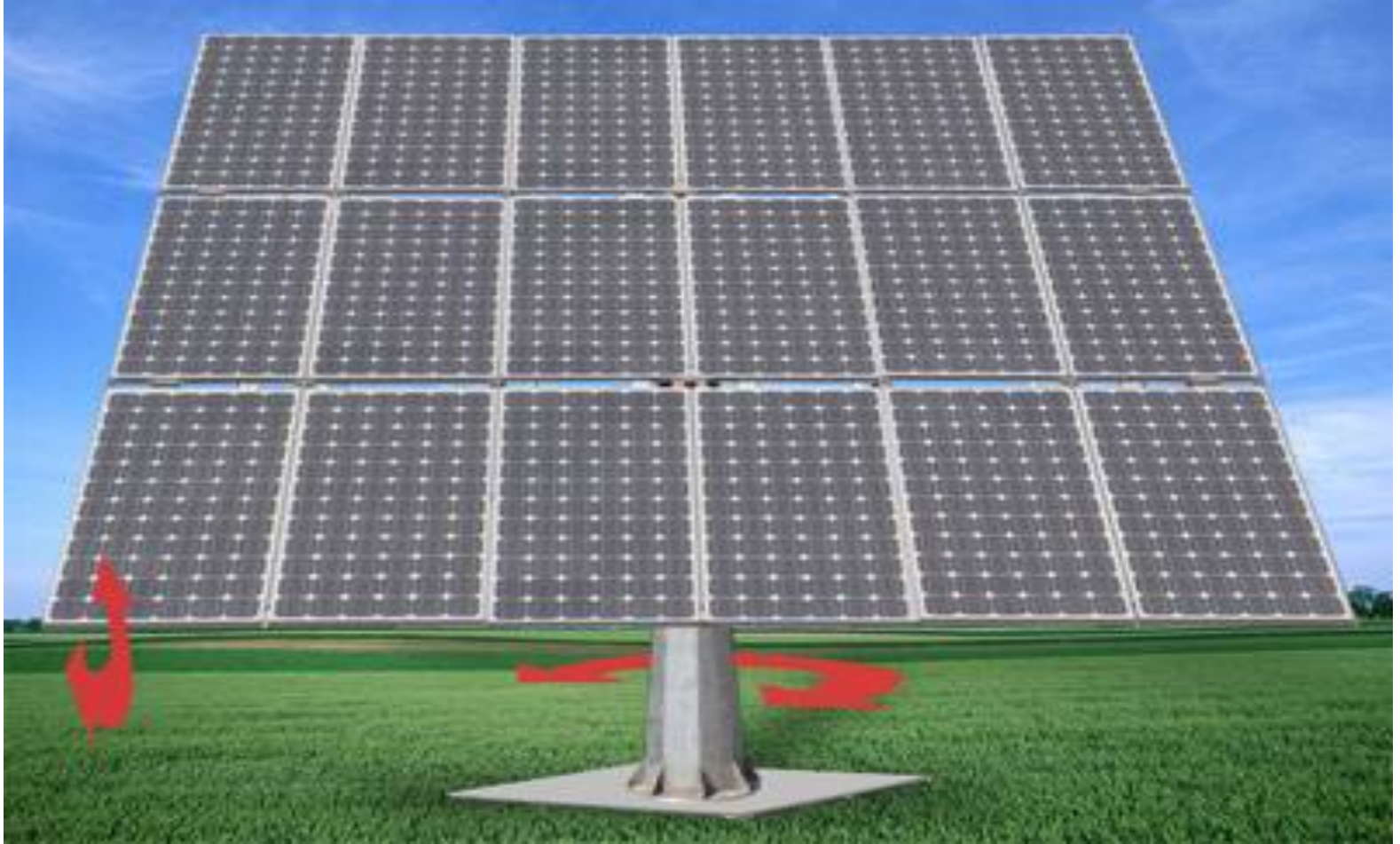


UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute



UNIDO International Solar Energy Center  
Asia-Pacific Research and Training Center for Solar Energy  
Gansu Natural Energy Research Institute







Thanks

谢 谢!

