

# 光伏能源-SLM6212 系列产品系统应用说明

**前言：**光伏应用开始于欧洲，已有超过 30 年的历史。自 2013 年以来，在国家政策的大力支持下，中国光伏市场快速崛起，迅速发展成为全球最大的太阳能光伏市场，取得了举世瞩目的辉煌成就；同时，也一举摆脱了困扰国内光伏产业多年的“两头在外”的尴尬局面。伴随着技术水平不断提高，光伏发电成本持续下降，企业竞争力日益增强，中国光伏产业规模不断扩大，市场占有率已位居世界前列，如今已经成为我国具有国际竞争优势的战略性新兴产业，在推动能源转型中发挥着十分重要的作用。光伏功率优化器安装在每块电池板的背面，对电池板的最大功率输出点进行追踪并深度优化，解决了传统光伏系统中因为单个阴影遮挡、组件失效、组件老旧等原因导致的整串输出功率下降的问题。

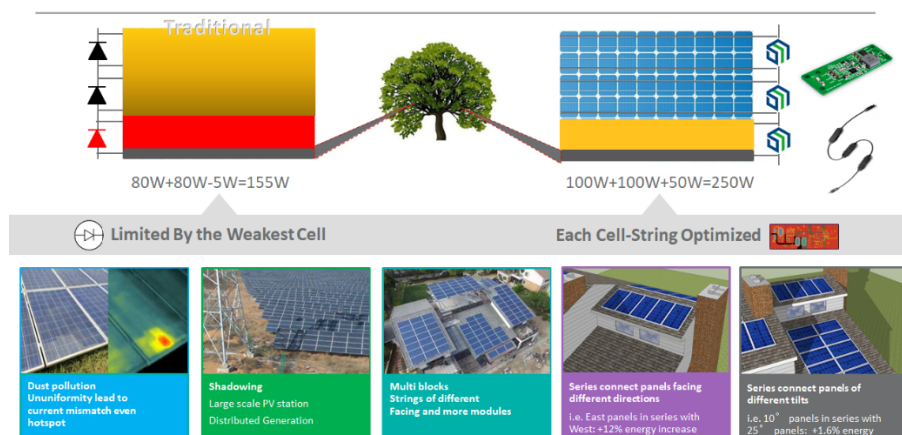
## 一、关于数明

成立于 2013 年，总部位于上海市松江区。数明在高压、高效率、大功率和超低功耗电机及电源管理集成电路领域拥有多项核心专利技术；产品均为正向开发，且拥有自主知识产权，主要应用涉及光通信、新能源管理、电机驱动、商业及汽车照明 LED 驱动等领域。光伏能源板块作为公司发展的主要方向，自 2016 年起开发出 SLM6212 系列产品，功能涵盖 1. 优化、2. 长串限压、3. 无热斑、4. 安全关断、5. 数据采集监控等项目。



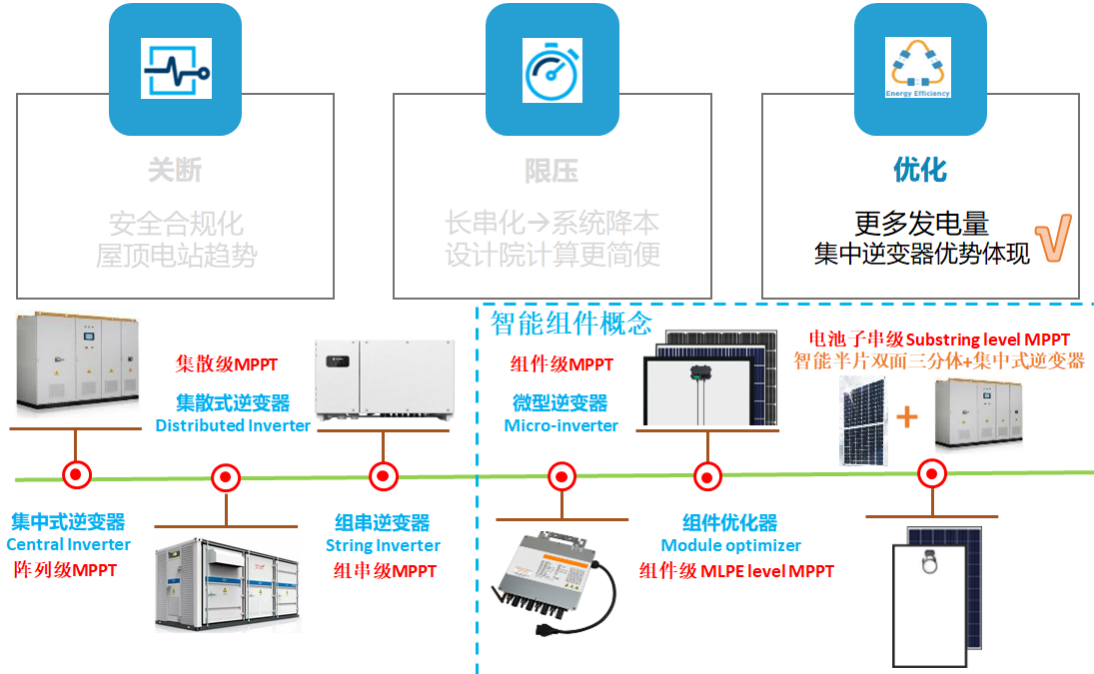
## 二、光伏系统应用需求

光伏系统中的“木桶效应”引起的组件间电流失配，导致了整串组件的功率损失，从而影响系统的发电量。通过子串级优化，可以调整电流达到最佳均衡，消除电流失配，带来系统级别的发电量增发可达 3.8%~25.7%。



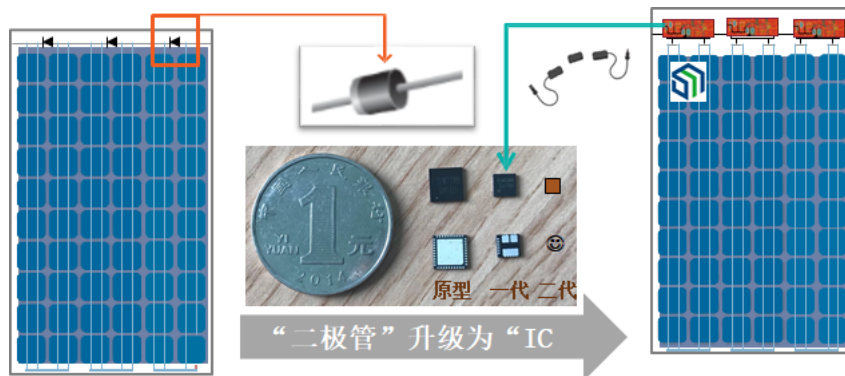
### 三、光伏系统架构分类及智能化趋势演变图

光伏系统架构经历了从组串式逆变器（欧洲居民分布式）到集中式逆变器（中国、美国、亚太地面电站），再到组串式逆变器（工商业分布式广泛应用）的发展。过程中又有集散式的概念提出，目的是为了再有更精细化的串级优化功能同时，兼具性价比。智能光伏的概念包括微型逆变器（微逆）、组件级接线盒方案、子串级接线盒方案、外挂式优化方案等。



### 四、应用在光伏系统中实现优化的原理

光伏系统中存在着各种电流失配的问题，SLM6212 系列产品对应的 PCBA 板可通过升流降压的方式，使得串接在系统中的组件都工作在“舒适区”，也就是在优化单元之前实现每片组件的最佳工作点（而不需要考虑到串接的其它组件的电流值），而优化单元之后则通过升六降压把所有的组件电流调整到一致水平，从而避免了电流失配引起的发电量损失的问题。



### 五、实证项目中 SLM6212 产品的性能表现

为了对比 SLM6212 解决方案较常规组件的优势，进行了若干实证实验：

1.江苏泰州，小规模实证对比数据，

Beta Site testing data/ 实证项目A

项目地：江苏省泰州市  
开始时间：2018年9月1日

- 对比验证：4片带优化 v.s. 4片常规组件
- 组件类型：双面发电单晶组件/72版型/365Wp
- 系统配置：Growatt 组串式逆变器+固定支架



项目	不遮挡	阵列中一片电池面积一半被遮挡	其中一片组件短边底部电池的一半被遮挡	热斑实验(越低越好)	持久可靠性
优化方案	+0.04%	+8.2%	+33.5%	48℃	2018/9/1-今
折合节省初始投资	0.01元/Wp	0.33元/Wp	1.34元/Wp	--	--
常规组件	Baseline	Baseline	Baseline	102℃	同上

2. 江苏江阴，中规模实证对比数据，

Demo Site Project/ 实证项目B

项目地：江苏省江阴市  
开始时间：2018年12月15日

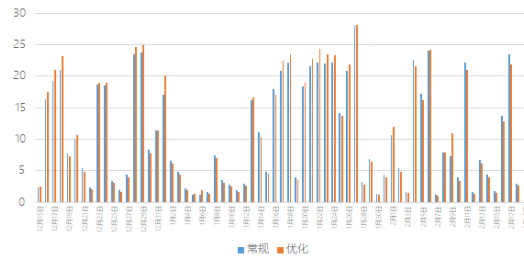
- 对比验证一：18片带优化 v.s. 18片常规组件
- 组件类型：双面发电单晶组件/72版型/365Wp
- 锦浪组串式12KW逆变器2台+单轴跟踪支架



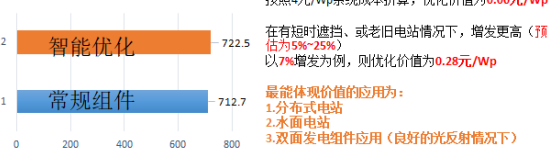
- 对比验证二：16片带优化 v.s. 16片常规组件 (待安装)
- 组件类型：双面发电单晶组件/72版型/365Wp
- 系统配置：锦浪组串式12KW逆变器2台+斜单轴跟踪支架



发电数据统计 (度电)



总发电量对比 (度电)



六、实证项目中 SLM6212 产品的性能表现

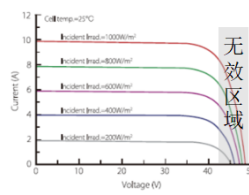
- 1.系统优化功能
- 2.无热斑功能
- 3.长串限压功能
- 4.安全关断功能扩展（可选项）
- 5.数据采集监控功能扩展（可选项）
- 6.直流拉弧安全控制扩展（可选项）

七、长串限压功能带来的系统成本优势说明

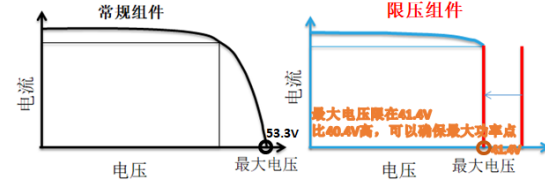


以72板型大组件（单晶组件）为例：

Current-Voltage Curve (LR6-72PH-370M)



Electrical Characteristics		tolerance for Pmax: ±3%	
Model Number	LR6-72PH-380M		
Testing Condition	STC	NOCT	
Maximum Power (Pmax/W)	380	281.5	
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.0	45.7	
Short Circuit Current (Isc/A)	10.00	8.06	
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.4	37.3	
Current at Maximum Power (Imp/A)	9.40	7.54	
Module Efficiency(%)		19.6	
STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W			
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance			



- ✓ 光伏组件电压温度系数为-0.29%/°C，也就是说温度每降低1°C，电压增加0.29%
- ✓ 温度每降低10°C，电压增加2.9%
- ✓ 而Datasheet是在STC，25°C时测量的，Voc=49V
- ✓ 则在当地最低温度是-5°C的项目地，其温度同基准25°C的差值是30°C，则电压增加8.7%，其IV曲线上的电压最大值为49\*1.087=53.3V

1000V系统电压下：

常规组件 1000V ÷ 53.3V = 18.7片组件 取整后为18片组件  
限压组件 1000V ÷ 41.4V = 24.2片组件 取整后为24片组件

类型	设计院计算 以及电站项目中实施 最大串联组件片数	每串功率 (基于370W组件)	汇流箱 (16路入)	逆变器 (16路入, 1.5MW机型)	线缆	实际工作直流电压
无限压组件	1000V ÷ 53.3V =18片	18片*370W =6660W	6660W*16路 =106.56KW	106.56KW*16路=1705KW 超配13.7%	直流线缆 0.1元/W	680V~720V
有限压功能组件	1000V ÷ 41.4V =24片	24片*370W =8880W	8880W*16路 =142.08KW	142.08KW*16路=2273.3KW 超配51.5%	串数减少 线缆减少 埋地线槽减少 人工耗时减少 线损减少	890V~920V
优势及成本降低	每串多串6片，相同容量电站情况下，降低33%的串数仍可使用1000V组件	系统电压不变情况下，每串功率增加33%	由于系统电压未改变，可使用同规格汇流箱，数量降低33%，等同于汇流箱每瓦降低0.5分钱	电压未超1000V电压，电流未超额定电流，增容33%，等同于逆变器成本每瓦下降4分钱，考虑到设备部件有变更带来的成本增加，保守估计逆变器每瓦下降3分钱	直流线缆耗量减少带来直流线缆每瓦下降2分钱	更高的直流串电压，可以通过逆变器和变压器的匹配设计优化进一步实现更高的系统效率

- 0.5+3+2=5.5分/W，系统成本直观上每瓦降低5.5分
- 另有系统效率上隐性的优势和人工成本的降低

光伏技术的进步带来1500V系统电压等级的进一步推进  
1500V系统电压下：

常规组件 1500V ÷ 53.3V = 28.1片组件 取整后为28片组件  
限压组件 1500V ÷ 41.4V = 36.2片组件 取整后为36片组件

类型	设计院计算 以及电站项目中实施 最大串联组件片数	每串功率 (基于370W组件)	汇流箱 (16路入)	逆变器 (3MW机型)	线缆	实际工作直流电压
无限压组件	1500V ÷ 53.3V =28片	28片*370W =10360W	10360W*16路 =165.76KW	165.76KW*16路=2652KW	直流线缆 0.1元/W	1050V~1120V
有限压功能组件	1500V ÷ 41.4V =36片	36片*370W =13320W	13320W*16路 =213.12KW	213.12KW*16路=3410KW	串数减少 线缆减少 埋地线槽减少 人工耗时减少 线损减少	1330V~1380V
优势及成本降低	每串多串8片，相同容量电站情况下，降低28%的串数均使用1500V组件 双玻组件优先 双面发电组件优先	系统电压不变情况下，每串功率增加28%	均使用同1500V汇流箱，数量降低28%，等同于汇流箱每瓦降低0.4分钱	电压未超1500V电压，电流未超额定电流，增容28%，等同于逆变器成本每瓦下降4分钱，考虑到设备部件有变更带来的成本增加，保守估计逆变器每瓦下降3分钱	直流线缆耗量减少带来直流线缆每瓦下降1.6分钱	更高的直流串电压，可以通过逆变器和变压器的匹配设计优化进一步实现更高的系统效率

- 0.4+3+1.6=5分/W，系统成本直观上每瓦降低5分
- 另有系统效率上隐性的优势和人工成本的降低

来自业内专家的问题：

问：1500V 系统虽好，但，是否串联更多组件会使得长串的电流失配会更显著，影响发电量？

答：限压组件自带优化器功能，完全消除了电流失配，不惧长串。进一步讲，越长串越能体现限压优化组件高发电量的优势。

## 八、智能光伏价值综合评估

- 限压带来的系统成本优势 0.05 元/瓦
- 优化：以分布式电站为例，商业分布式，由于有短时遮挡，以整体电站典型 6%发电量增发为例，系统造价 4 元/瓦，则简单等同于  $4 \times 0.06 = 0.24$  元/瓦的初始投资节省
- 关断：当前市面上可提供此单一功能的一体式接线盒厂商的普遍报价在增加组件成本 0.09~0.15 元/瓦
- 数据采集：主动运维+无人值守电站必备工具，客户端认同价值约 0.02~0.05 元/瓦
- 总价值： $0.05 + 0.24 + 0.09 + 0.02 = 0.4$  元/瓦

## 九、总结

智能光伏是发展的必然趋势，在能源互联网的大潮下，三联供、光储充、发储配用云等多层次协调发展的体系下，需要每个发电单元均处于最优状态下提供能量，而对于发电单元的状态监控、发电量预测、电站安全可控和预防型维护（无人值守）逐渐成为用户端的硬需求。