



竞价机制下光伏电站的组件选型

2018年1月

晋能清洁能源科技股份有限公司

- **政策背景**

- 十三五目标及竞价政策
- 竞价政策与度电成本

- **度电成本（LCOE）简要分析**

- 初始建设成本
- 不同组件的发电量

- **根据应用场景探讨组件选型对LCOE影响**

- 地面集中电站组件选型
- 分布式电站组件选型

- **超高效组件是否能带来更低的LCOE**

- 异质结组件技术
- 异质结组件LCOE分析

目标

到2020年

- ◆ 光伏累积装机容量达160GW*。
- ◆ 光伏发电电价水平在2015年基础上下降50%以上，实现用电侧平价上网。
- ◆ 先进晶体硅光伏电池产业化转换效率达23%以上。

重点任务

- ◆ 推进分布式光伏和“光伏+”应用。
- ◆ 优化光伏电站布局并创新建设方式。
- ◆ 开展多种方式光伏扶贫。
- ◆ 加快技术创新和产业升级。
- ◆ 深化太阳能国际产业合作。

效益

- ◆ 2020年太阳能年利用量相当于减少CO₂排放量3.7亿吨以上。
- ◆ 太阳能产业对我国经济产值贡献达1万亿元以上。
- ◆ 到2020年，太阳能产业预计可提供约700万个就业岗位。

*根据《国家能源局关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见》调整

国家能源局

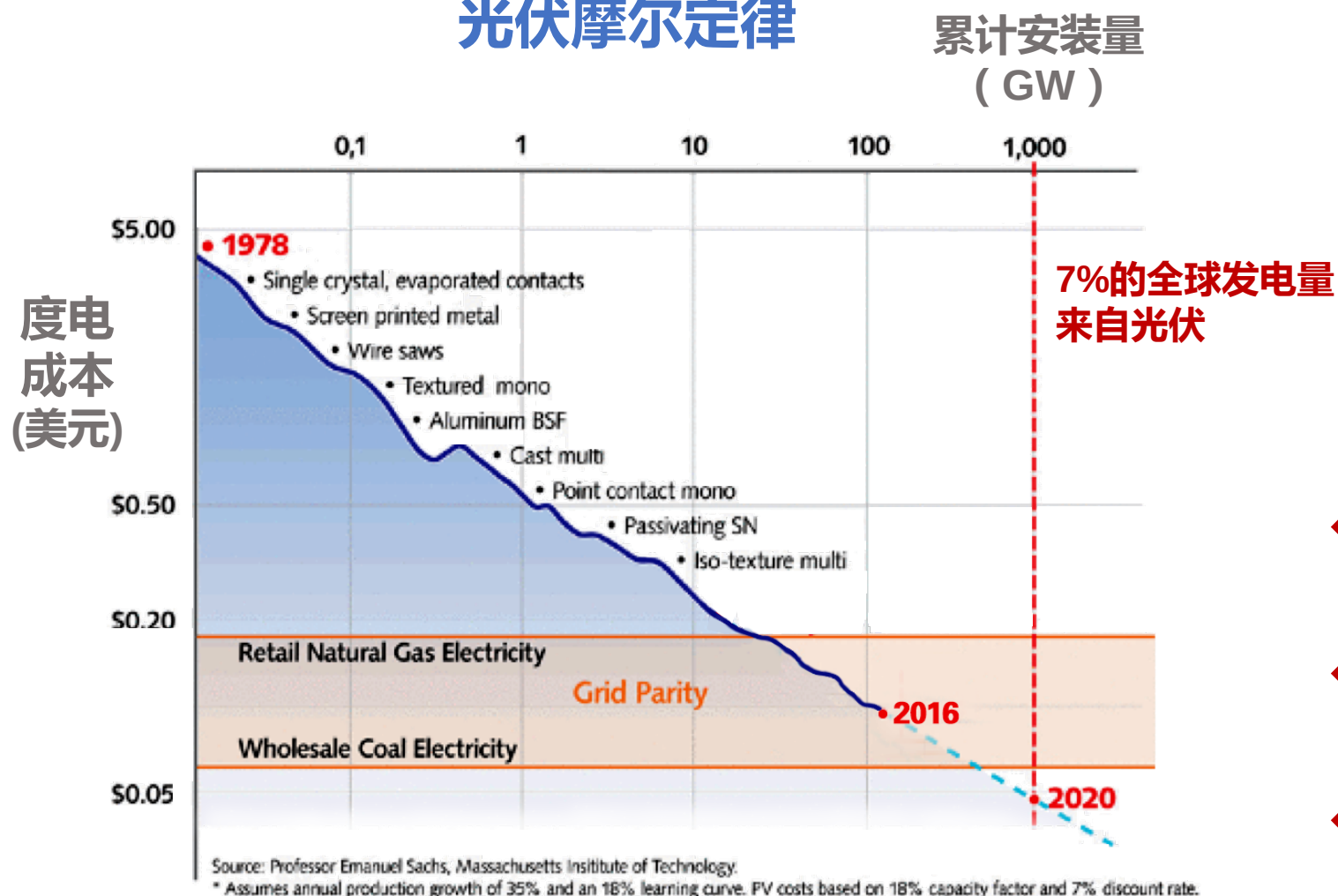
国能综新能[2016]14号

国家能源局综合司关于
征求完善太阳能发电规模管理和
实行竞争方式配置项目指导意见的函

为规范市场秩序，确保有实力、有技术、有业绩的企业获得项目资源，
促进我国光伏产业技术进步和成本下降，

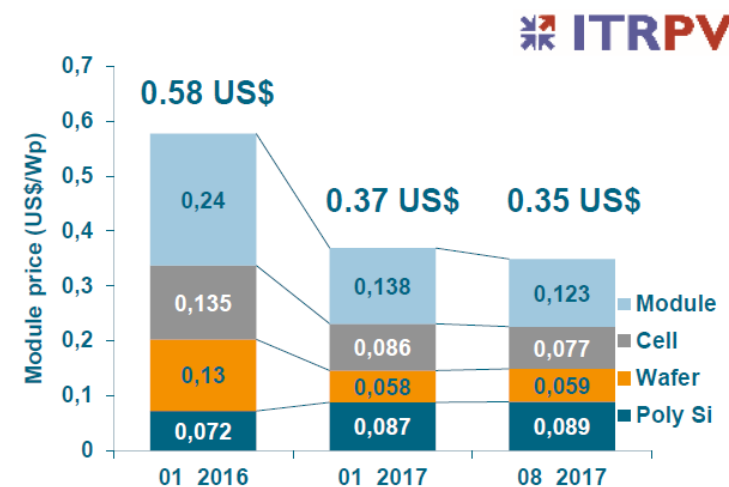
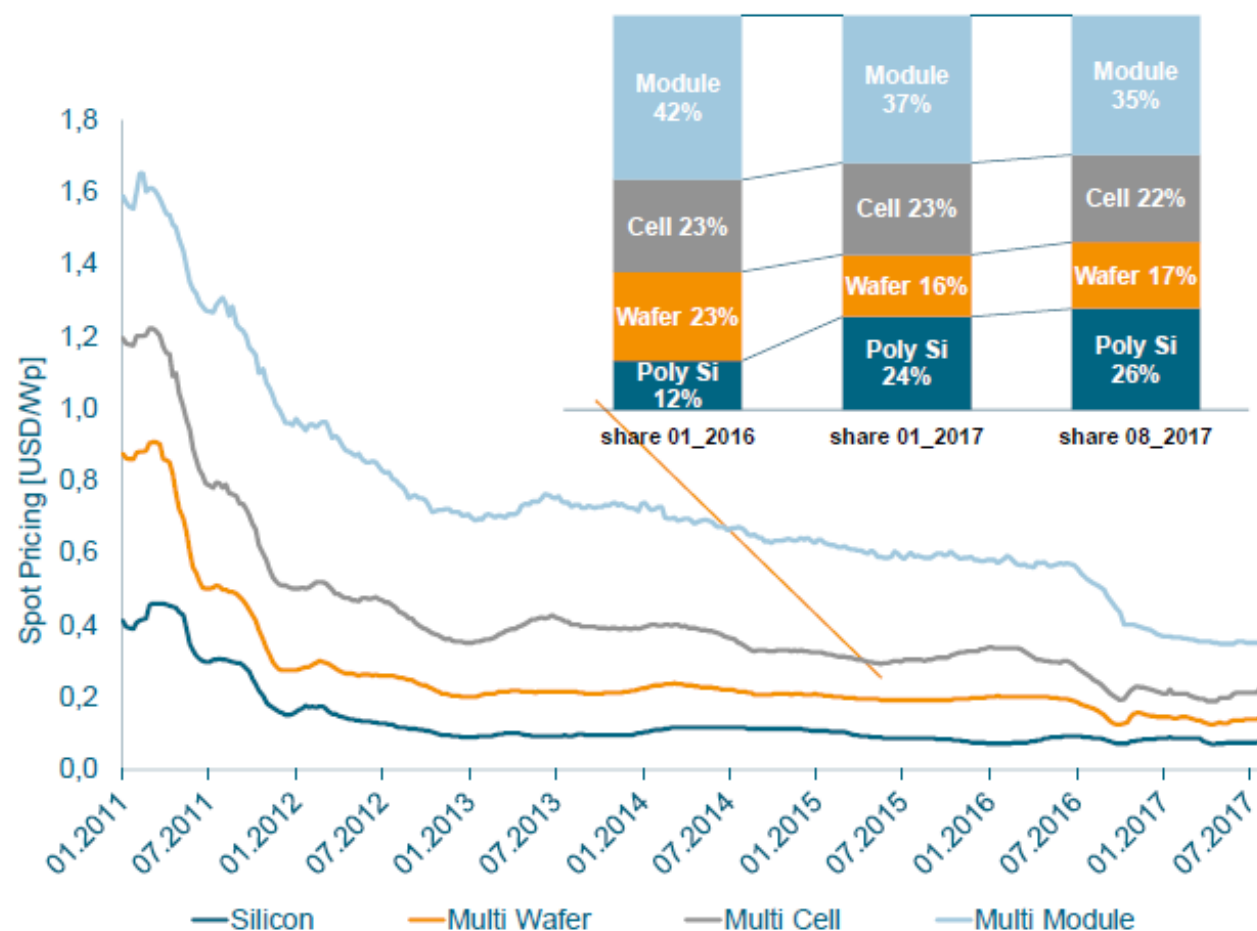
光伏电站项目原则上全部采用竞争方式配置

光伏摩尔定律



- ◆ 周期性、几乎无止境的技术进步与迭代
- ◆ 成本几乎无止境的下降
- ◆ 市场与产业规模长达几十年的**高速扩张**

光伏组件价格显著下降

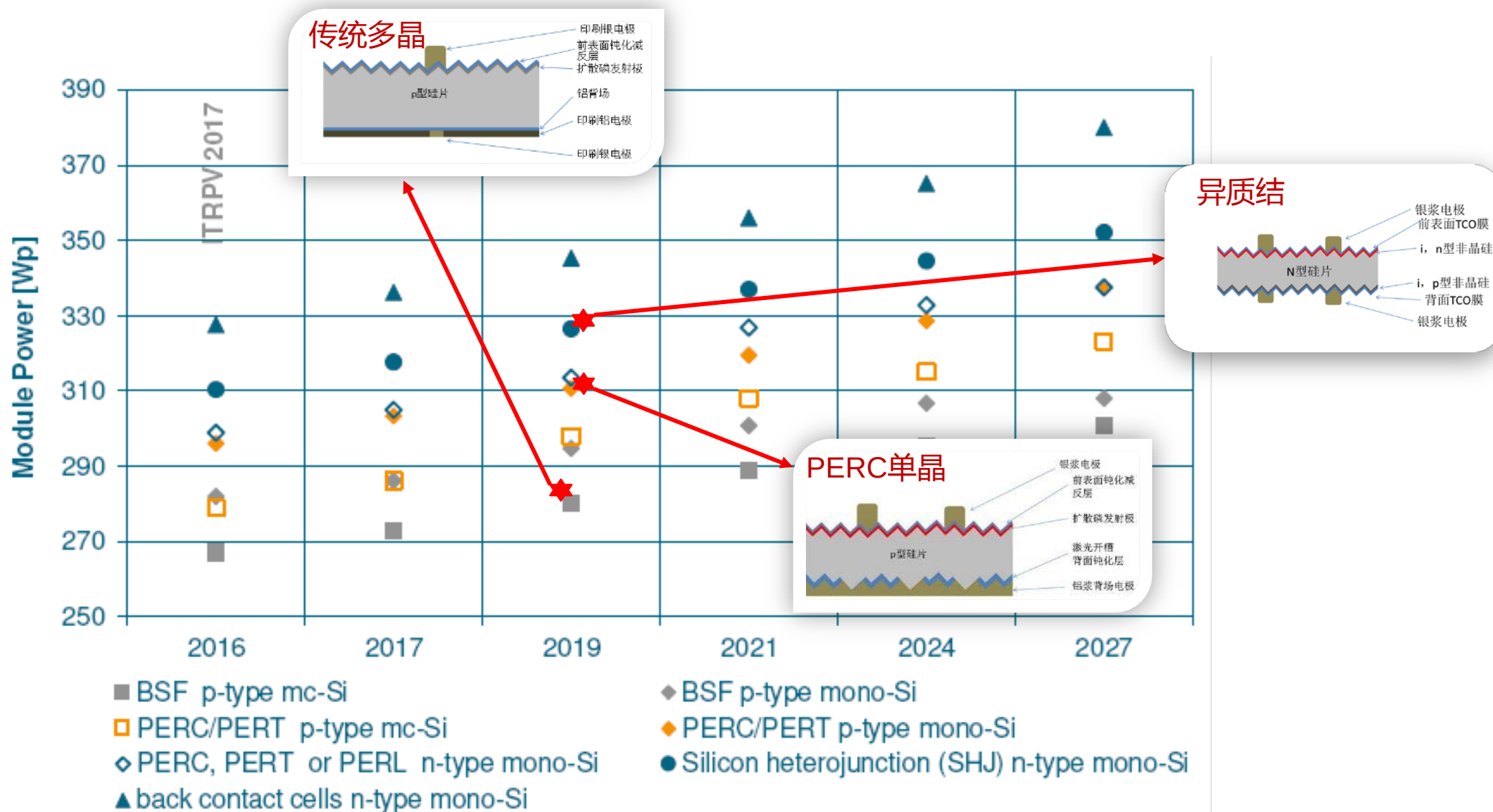


◆ 2011年1月→2016年1月，组件价格下降超**63%**

◆ 2016年1月→2018年1月，组件价格下降超**40%**

竞价政策对产品技术的要求

★ 晋能科技技术路线



- **政策背景**

- 十三五目标及竞价政策
- 竞价政策与度电成本

- **度电成本（LCOE）简要分析**

- 初始建设成本
- 不同组件的发电量

- **根据应用场景探讨组件选型对LCOE影响**

- 地面集中电站组件选型
- 分布式电站组件选型

- **超高效组件是否能带来更低的LCOE**

- 异质结组件技术
- 异质结组件LCOE分析



$$\text{度电成本(LCOE)} = \frac{\text{总成本}}{\text{总发电量}} = \frac{I-D+C-S}{E}$$

I：初始投资

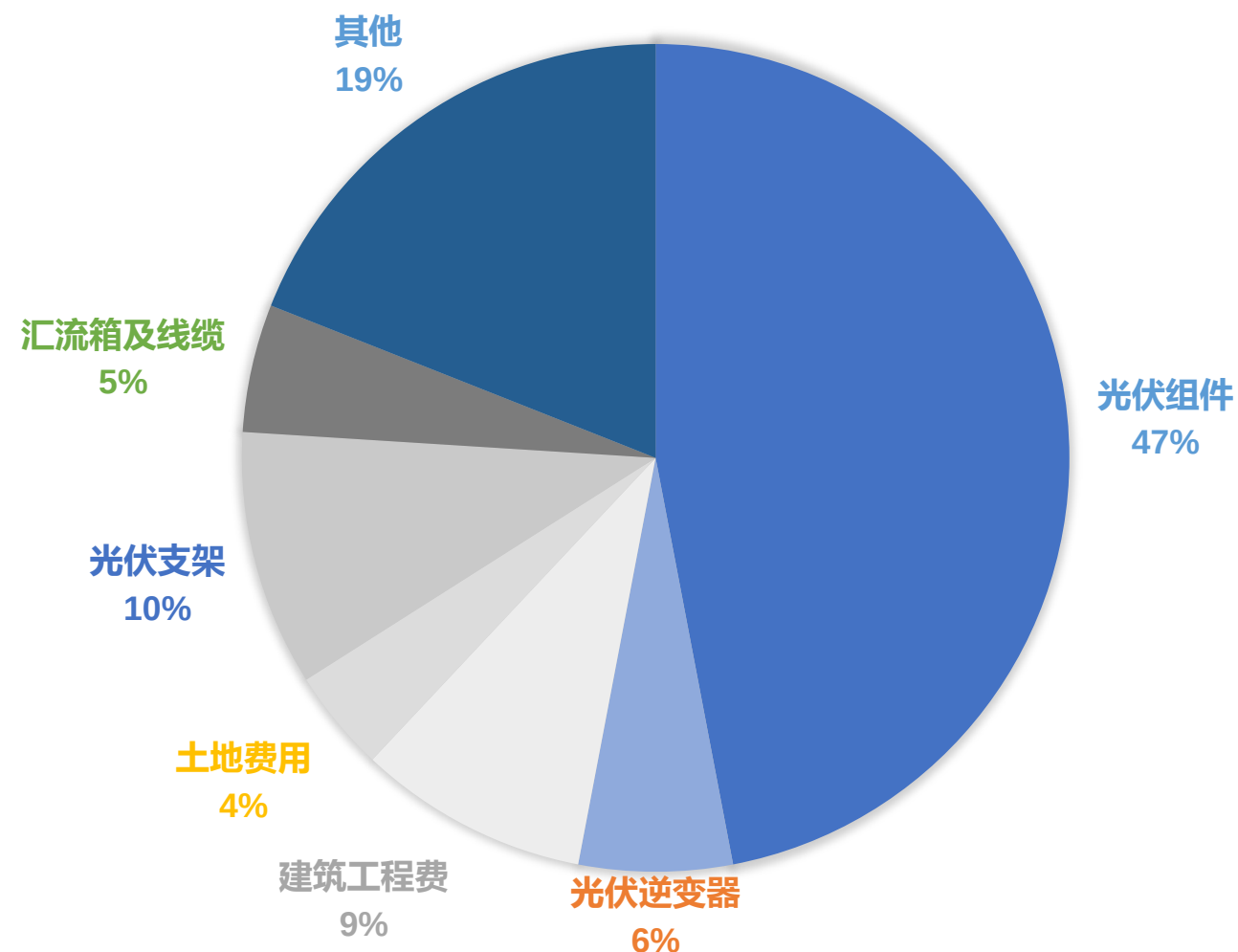
D：折旧

C：运营费用

S：设备残值

E：总发电量

◆ 影响度电成本高低的主要因素是**初始建设成本**与**总发电量**。



典型光伏电站投资组成

光伏电站投资组成

第1类成本：

光伏组件、逆变器等，
与组件装机功率成正比；

第2类成本：

土地、光伏支架、电缆、建安费和建筑工程费，
与组件装机块数成正比。

- ◆提升组件功率能同比降低第2类成本
- ◆提升组件发电能力能同时降低第1、2类成本



$$\text{度电成本(LCOE)} = \frac{\text{总成本}}{\text{发电总量}} = \frac{I-D+C-S}{E}$$

I：初始投资

D：折旧

C：运营费用

S：设备残值

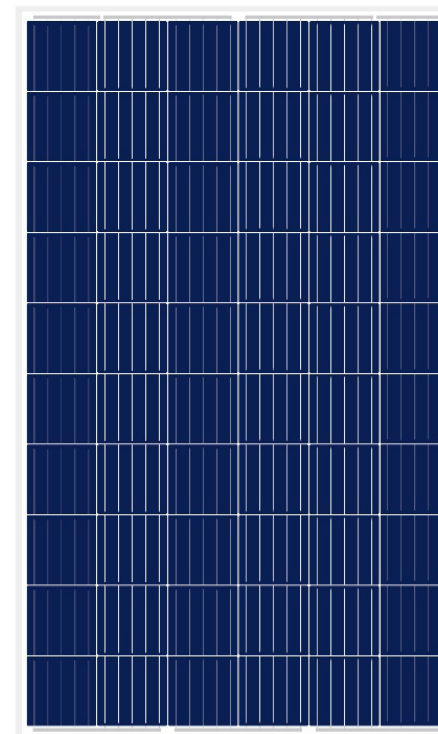
E：发电总量

◆ 影响度电成本高低的主要因素是初始建设成本与发电总量。

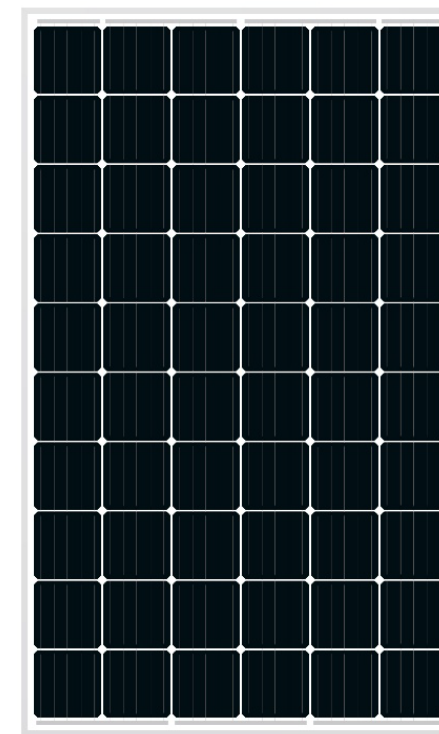
材料本身的物理特性决定了：

- 多晶的发电量衰减低于单晶
- 而单晶的弱光性能比多晶好

	多晶组件	单晶组件
功率温度系数	0.41%/度	0.39%/度
弱光性能	一般	较好
功率衰减	2.5%+0.7%	3%+0.7%

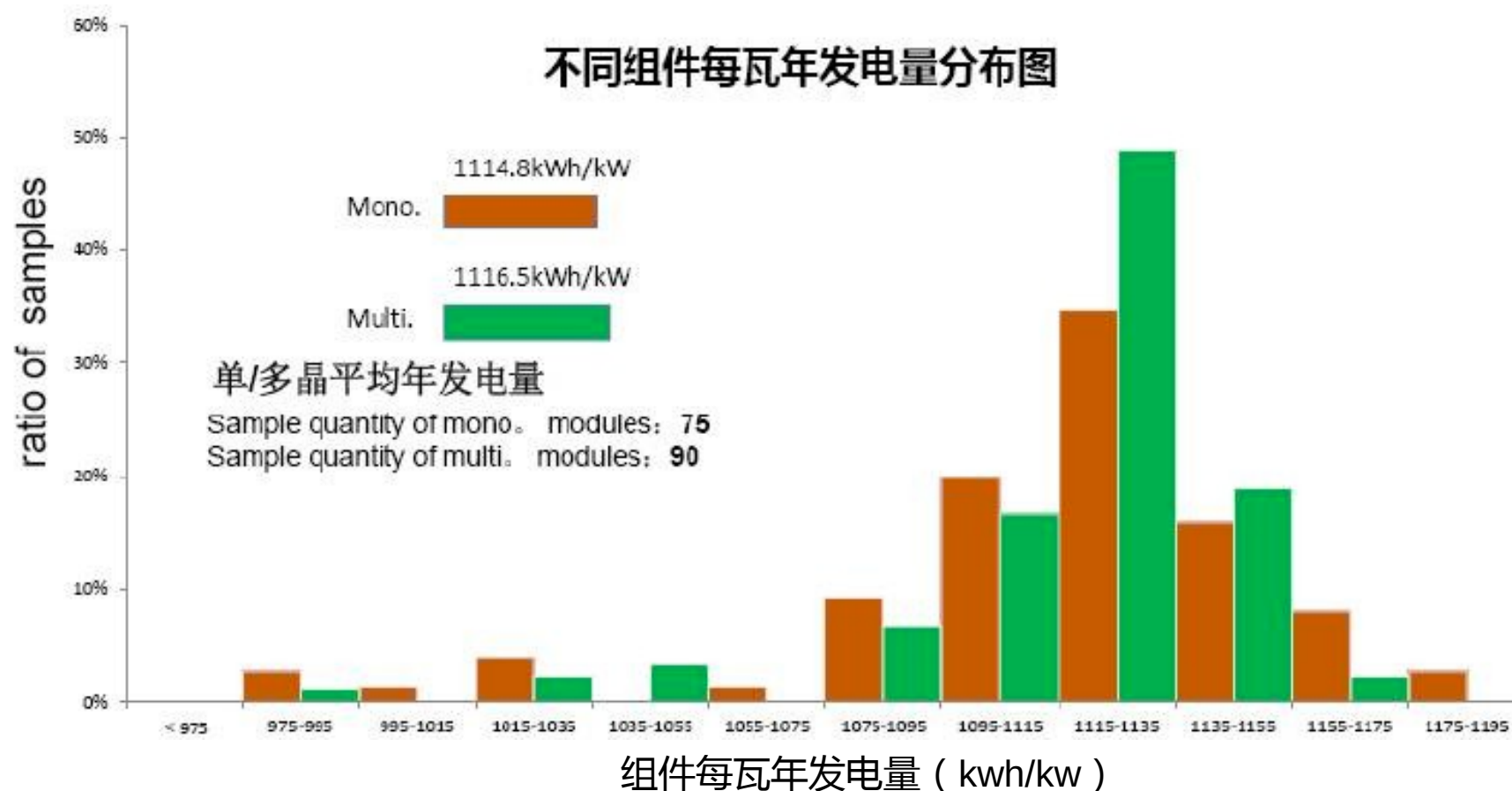


多晶组件



单晶组件

PHOTON**户外长期跟踪结果**显示，每瓦发电量多晶组件与单晶组件差异并不明显，组件发电量差别主要来源于组件的封装质量、封装材料、衰减等因素



数据来源：PHOTON Labs' outdoor module tests: Results of 2014 module measurements

- **政策背景**

- 十三五目标及竞价政策
- 竞价政策与度电成本

- **度电成本（ LCOE ）简要分析**

- 初始建设成本
- 不同组件的发电量

- **根据应用场景探讨组件选型对LCOE影响**

- 地面集中电站组件选型
- 分布式电站组件选型

- **超高效组件是否能带来更低的LCOE**

- 异质结组件技术
- 异质结组件LCOE分析

以国内50MW地面电站项目为例，
分别列出了不同档位组件的方案
对应的建造成本，
并考虑了25年土地成本差异：

电站规模50MW		多晶		单晶	
组件		270	280	300	310
组件数量		185185	178571	166667	161290
与组件数量相关的BOS	桩基支架	0.550	0.530	0.495	0.479
	线缆	0.200	0.193	0.180	0.174
	汇流箱	0.030	0.028	0.027	0.026
	接地	0.034	0.032	0.030	0.029
	施工	0.246	0.237	0.221	0.214
	25年土地费用	0.200	0.193	0.180	0.174
	合计	1.259	1.214	1.133	1.097
与组件数量无关的BOS		1.75	1.75	1.75	1.75
总BOS成本		3.009	2.964	2.883	2.847
BOS成本差异			0.045	0.126	0.162

从数据可以看出：

组件功率每上升10W，可以降低系统BOS成本约0.04元/W

综合各款组件25年总发电量，可得出最终度电成本LCOE：

电站规模50MW	多晶		单晶	
组件功率	270	280	300	310
组件单价（元/W）	2.60	2.65	2.73	2.76
BOS成本	3.009	2.964	2.883	2.847
总建设成本（元/W）	5.709	5.710	5.713	5.717
25年总发电量（万度）	121046	121047	121091	121093
25年度电成本（元/度）	0.507	0.507	0.507	0.507

可以推算出：

按照国内50MW电站的投资模型，如需实现相同的LCOE，各款组件的合理价差为：**组件功率每上升10W，合理价差约0.04元/W。**

传统多晶产品持续提升 – 行业标杆！

度电成本降低
主要驱动力

组件效率提升

组件成本下降

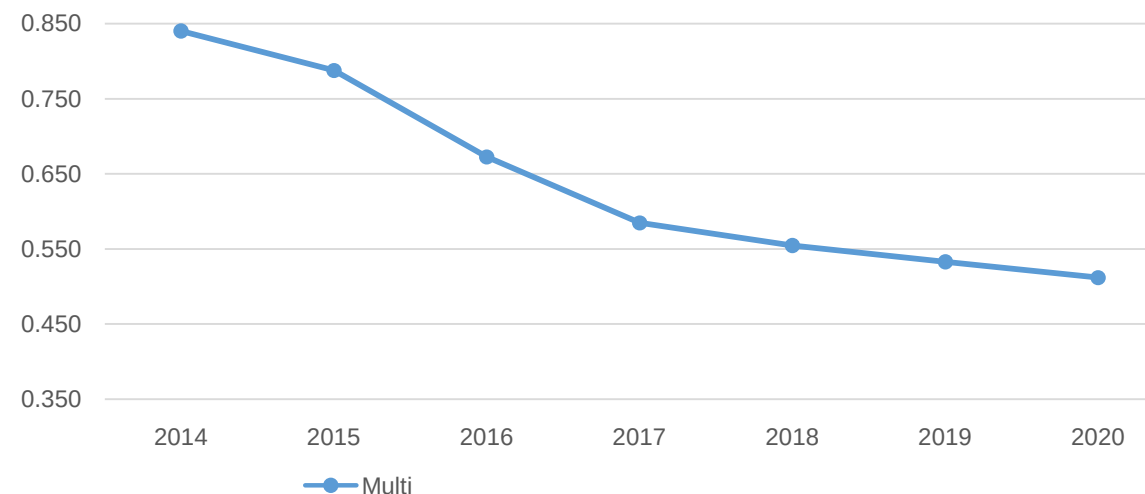
BOS成本下降

PR提升

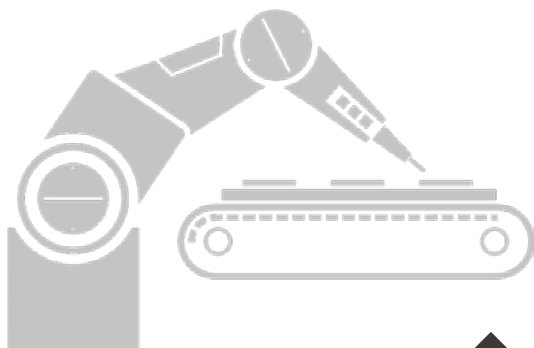


- ✓ 组件功率以每年5w~10W速度提升
- ✓ 组件成本每年降幅5%~10%
- ✓ BOS成本降幅较低
- ✓ 通过优化的系统设计，未来系统PR有望提升2%~5%

度电成本路线图



- ✓ 采用跟踪支架系统
- BOS成本小幅提升
- 整体发电量提升15%以上
- 整体投资收益率显著提高



晋能多晶



- ◆ **全自动化**电池组件生产线
- ◆ 组件功率高，2017Q4批量产出**280W**，性价比领先
- ◆ 采用**掺镓**硅片，组件光衰低，保证全生命周期发电量
- ◆ **优异的PID**表现，PID实测值均小于1%

以华东地区面积8000m²的工商业屋顶为例

屋顶面积 8000m ²	组件数量	多晶		单晶	
	370	270	280	300	310
组件	装机容量 (kW)	1000	1037	1111	1148
	单价	2.6	2.65	2.73	2.76
BOS价格		2.6	2.6	2.6	2.6
总成本 (万元)		53	55	60	63
总成本差异(万元)			2.4	7.2	9.5
25年发电量 (万度)		260	269.6	288.9	298.5
25年全额上网总收益(万元)		221.0	229.2	245.6	253.7
总收益差异(万元)			8.2	24.6	32.7

BOS成本固定的情况下，
使用更高功率的组件可以增加投资收益
根据投资收益模型计算，使用高效组件可支持更高的价差以实现相同的LCOE。

- 常规高效产品包括：单晶PERC、MWT、叠瓦组件等。

	单晶PERC	MWT	叠瓦组件
国内产能	>35GW	~200MW	~400MW
电池效率增益	1.2%	0.2%	-
组件功率提升	20W	~5W	~10%
与常规产线兼容性	兼容性好	电池组件均有较大改动	组件采用全新的设备和材料制造
成本控制	与常规基本持平	成本较高	成本很高
产品可靠性	成熟技术	?	?

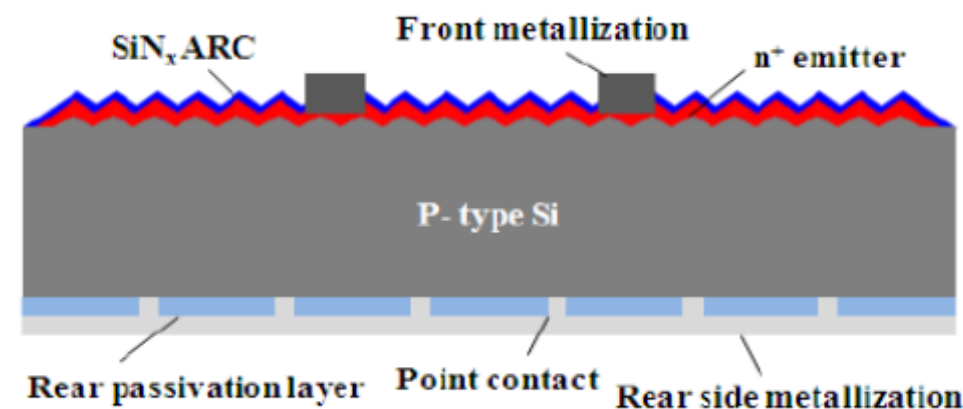
PERC 是目前量产性能最好的常规高效产品！

晋能 PERC 采用最先进制程工艺

- ✓ 国产ALD背面 Al_2O_3 钝化，设备性价比高，TMA消耗降低50%以上，维护周期长
- ✓ 背面皮秒激光开槽，降低激光对硅片的损伤
- ✓ 电注入退火工艺，生产兼容性好，光衰控制稳定可靠

采用先进的原子层沉积技术

- 单晶电池平均效率超过 **21.7%**
- 60片组件主要功率档 **310W**
- 首年光衰低于 **1.5%**



*电池结构图

- **政策背景**

- 十三五目标及竞价政策
- 竞价政策与度电成本

- **度电成本（ LCOE ）简要分析**

- 初始建设成本
- 不同组件的发电量

- **根据应用场景探讨组件选型对LCOE影响**

- 地面集中电站组件选型
- 分布式电站组件选型

- **超高效组件是否能带来更低的LCOE**

- 异质结组件技术
- 异质结组件LCOE分析

产品	HJT	IBC
电池工艺步骤	4	~20
量产电池效率	23%~25%	23%~25%
发电方式	双面发电	单面发电
发电功率增益	~20%	~5%
当前行业组件成本	~0.7美元/瓦	~0.8美元/瓦
晋能科技目标	<0.4美元/瓦	

* HJT与IBC技术对比

- ◆ 基于**工艺更简单**的**HJT**技术，一旦突破关键技术，形成规模，即有可能大幅降低成本。而工艺更复杂的**IBC**技术需要克服的**困难更多**。
- ◆ **HJT**的双面发电和超低温系数等特点大大提升发电功率增益，**更有利于降低度电成本**。

晋能科技超高效异质结电池组件生产基地



- 目前已建成100MW电池组件中试线，2017年5月14日产品下线
- 经过3个多月的调试工作，2017年7月完成第一批出货，效率达到设计目标，产量正在进一步释放
- 未来将扩产至GW级

电池效率和组件功率**不断突破**

- ✓ 电池效率和良率达到项目计划目标，平均量产效率超过23%，最高值接近24%
- ✓ 组件双面因子Bifi=组件背面功率/组件正面功率=83%
- ✓ 60片双面产品，量产正面功率323W

第三方**权威机构认证**

- ✓ 获得全球首张HJT光伏组件IEC新标准认证



晋能HJT产品特点

- ◆ 工艺流程简单
- ◆ 工艺温度低排放少
- ◆ 无光致衰减
- ◆ 无电位衰减
- ◆ 低温度系数
- ◆ 可双面发电



电池片

要求：n型单晶、少子寿命、平整度
硅片减薄是技术趋势



清洗、制绒

要求：洁净度、绒面性能
清洗设备半定制、核心工艺



正面非晶 (i/p) 沉积

要求：膜层质量、成膜均匀性
核心工艺、核心设备



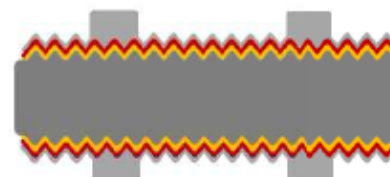
背面非晶 (i/n) 沉积

要求：膜层质量、成膜均匀性
核心工艺、核心设备



导电氧化层 (TCO)

要求：成膜均匀性、对下层无损伤
成熟工艺

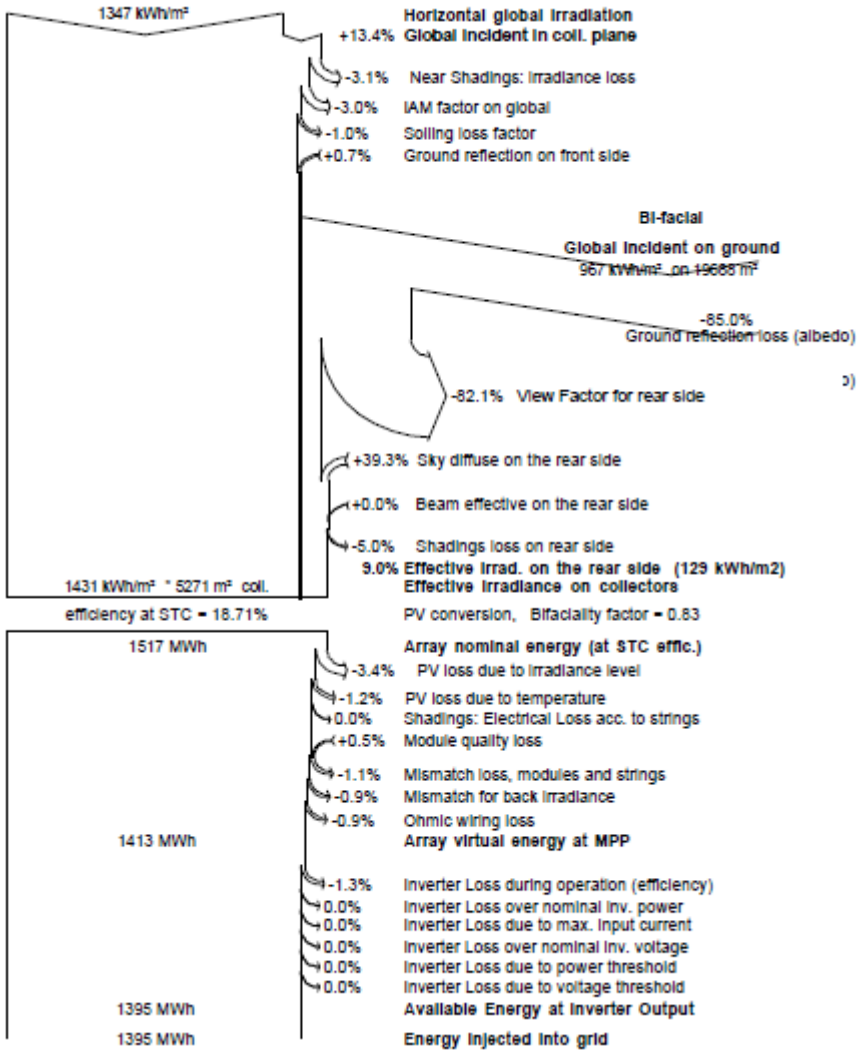


银电极连接印刷

要求：接触电阻低、粘复性好
可用铜连接替代

晋能HJT产品特点

		多晶组件	单晶组件	异质结组件
功率温度系数 (%/度)		-0.41	-0.39	-0.27
弱光性能		一般	较好	极好
功率衰减	LID	有	有	0衰减
	PID	有	有	0衰减
	首年	2.5%	3%	1%
	逐年	0.7%	0.7%	0.4%
双面发电因子				83%



电站规模50MW		多晶	单晶 PERC	HJT双面	IBC
组件		280	310	310	350
组件数量		178571	161290	161290	142857
与组件数量相关的BOS	桩基支架	0.530	0.479	0.5	0.424
	线缆	0.193	0.174	0.174	0.154
	汇流箱	0.028	0.026	0.026	0.023
	接地	0.032	0.029	0.029	0.026
	施工	0.237	0.214	0.214	0.190
	25年土地费用	0.193	0.174	0.174	0.154
与组件数量无关的BOS		1.75	1.75	1.75	1.75
总BOS成本		2.964	2.847	2.867	2.721
组件单价 (元/W)		2.65	2.76	3.88	3.35
总发电量 (万度)		121046	121091	145590	131099
度电成本 (元/度)		0.507	0.507	0.507	0.507

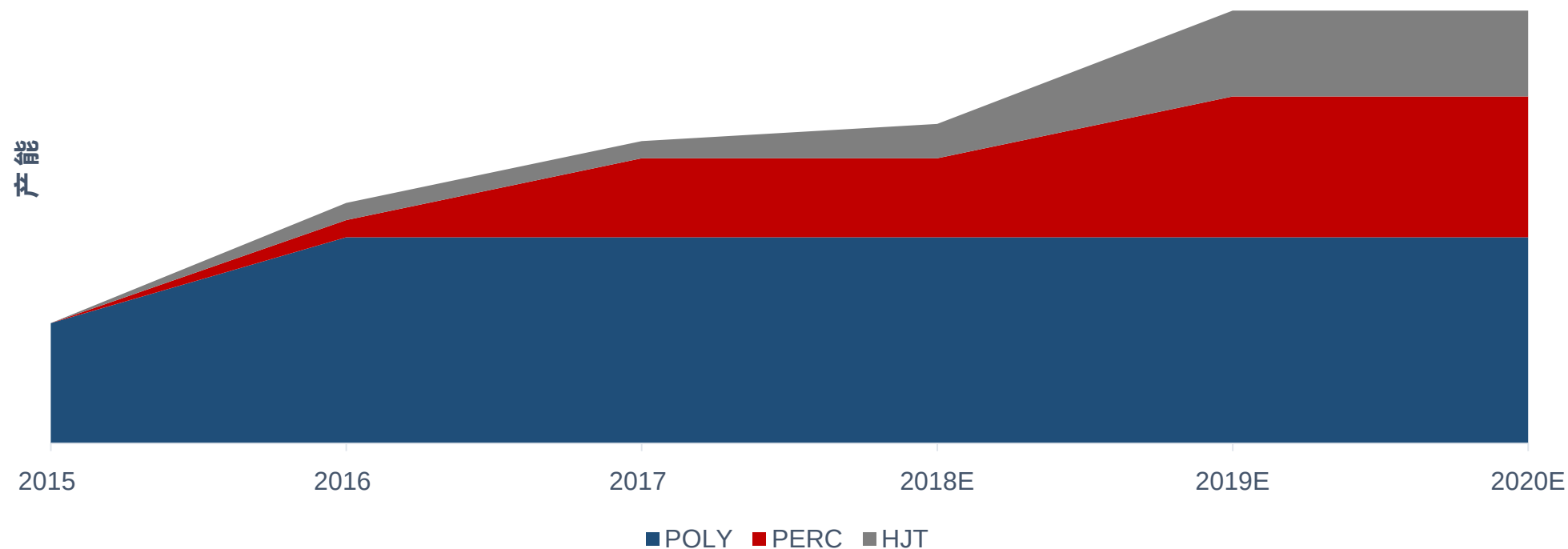
使用HJT组件，即使组件价格高达3.88元/W，也能保持LCOE与常规多晶一致

硅片	• 随着规模扩大，N型硅片价格逐渐接近P型 • 预计降低5%
导电银浆	• 与供应商共同开发新产品，同时优化耗量 • 预计降低50%
TCO靶材	• 开发新靶材材料，提效降本 • 预计降低30%
制绒添加剂	• 开发新供应商 • 预计降低80%
设备	• 单位产能提供20%，单价降低30% • 整体设备折旧降低50%

预计2018年HJT产品整体成本与常规多晶的差距在**30%**，未来有望降低到**20%**以内

到“十三五”末，实现**常规多晶、高效单晶、超高效异质结**三代
电池组件技术迭代发展和产能布局。

晋能科技产能规划





THANKS!
谢谢观看！