



永光新能源
WINONE SOLAR



华矩检测
HUAJU TESTING

光伏电站检测评估

——还原项目真实收益能力

广东 永光新能源 有限公司

广东华矩检测技术有限公司

孙韵琳 博士 广州

2019年01月14日



1

市场背景分析

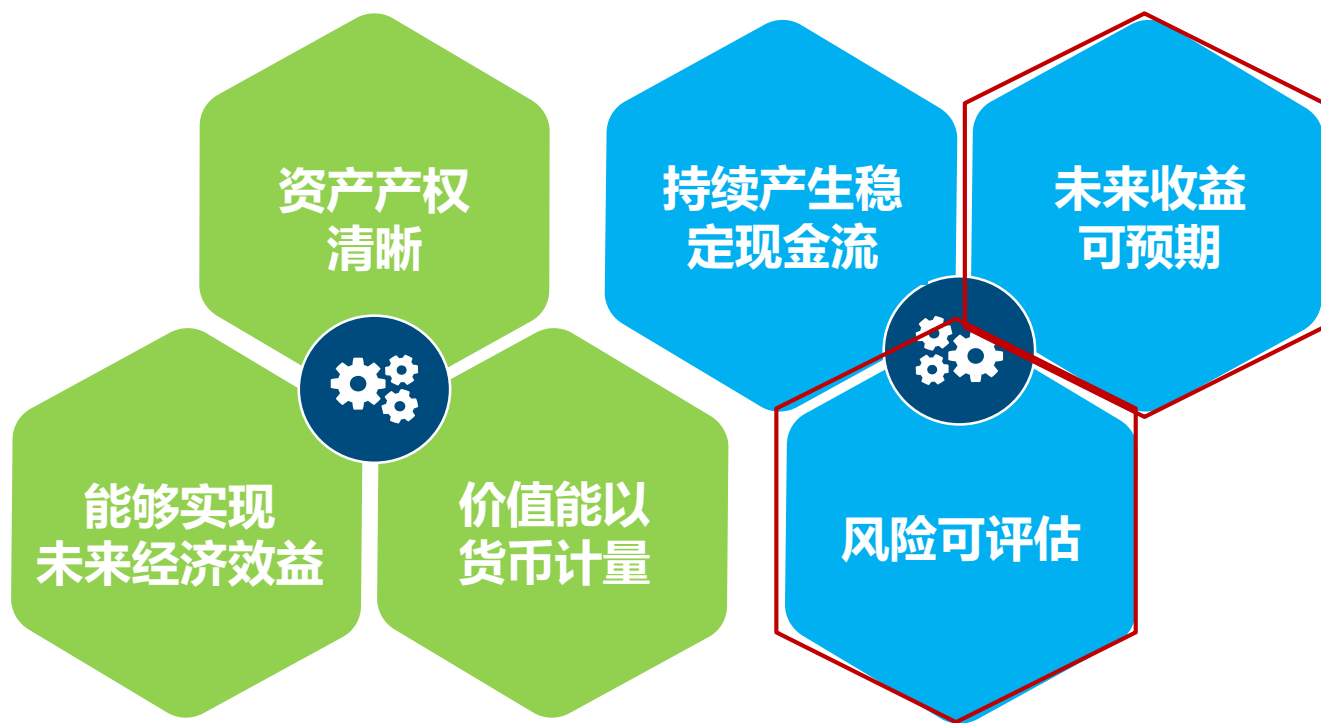
光伏电站，明智的投资选择



永光新能源
WINONE SOLAR



华矩检测
HUAJU TESTING



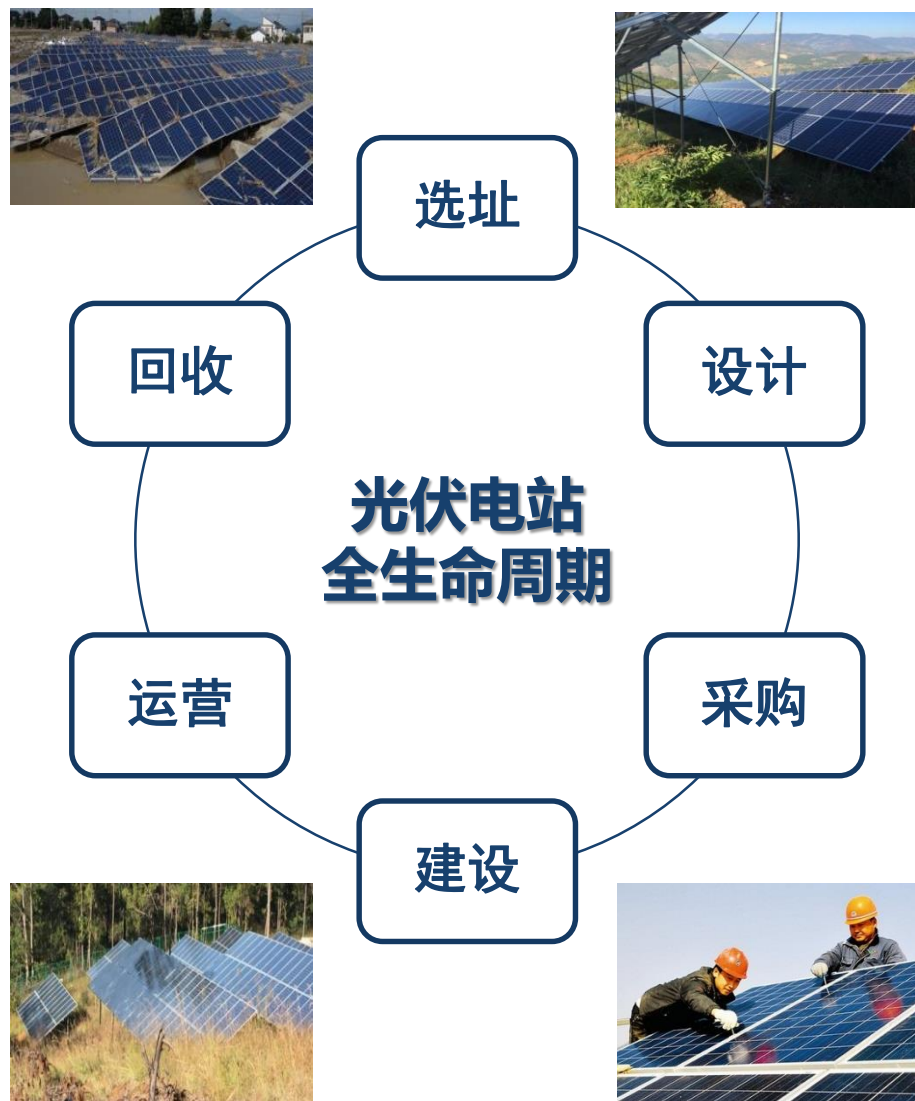
满足三大基础条件

收益可期，风险可控

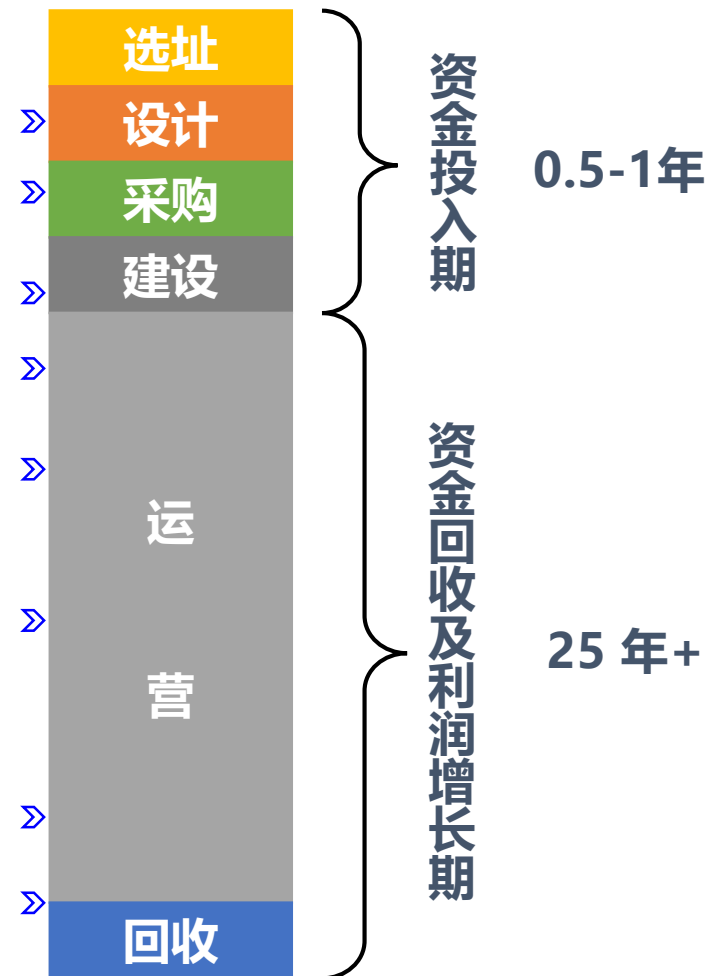
光伏市场特点

- 在政策调整前，光伏资产持有者中民营企业的持有比例在持续上升；
- 在分布式项目的投资中，民营企业远高于国有企业，估计比例 80%:20%
- 项目需求旺盛与民营企业深入参与背景下，形成了活跃的光伏资产交易市场，尤其是建成项目的交易。**

全生命周期的检测评估——还原事实的手段



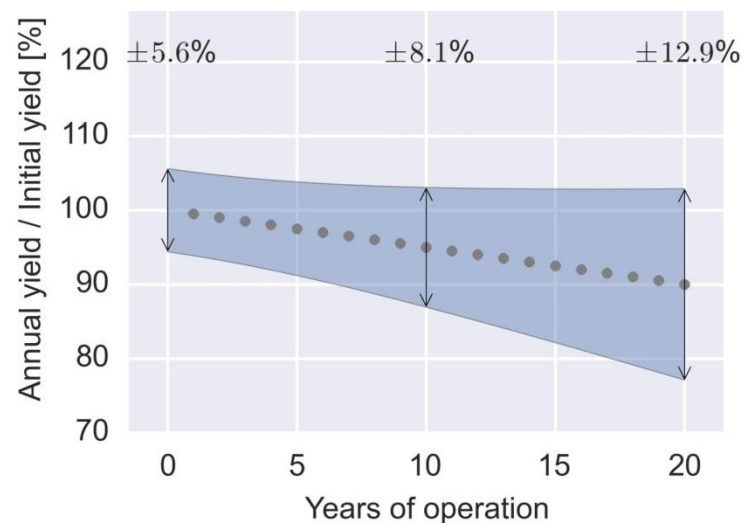
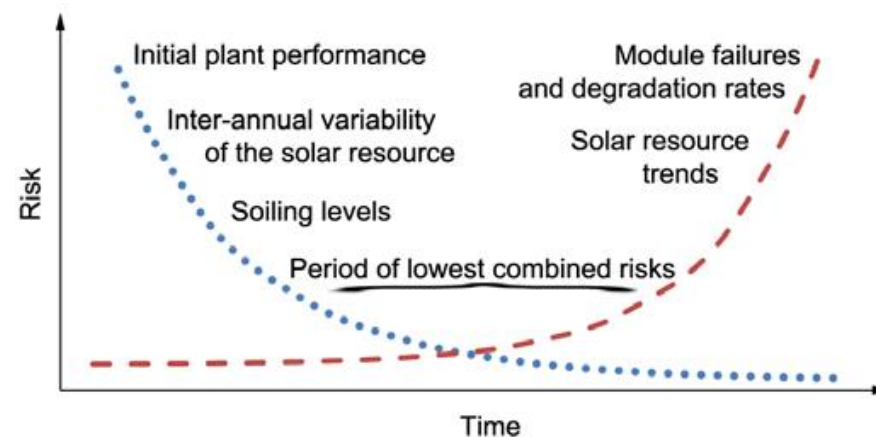
检测评估



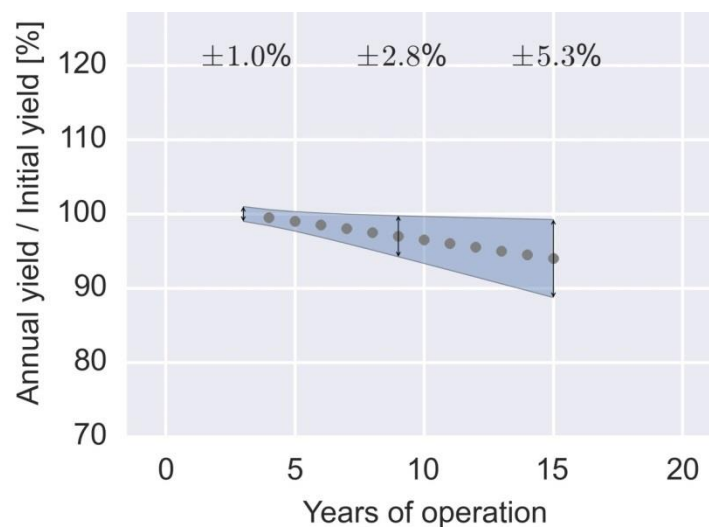
如何降低不确定度与投资风险？

□ 分析不确定度与风险应透过以下方式降低

- 电站投资组合
- 调整投资期限
- 实验室测试与现场检测



单体电站20年预测不确定度变化



投资组合与调整期限后结果

B.Müller et al. "Investment risks of utility-scale PV: Opportunities and limitations of risk mitigation strategies to reduce uncertainties of energy yield predictions",
42. IEEE PV Specialists Conference, New Orleans (2015)

2

检测评估技术体系

目 标：还原性能真相，控制投资风险

□ 技术评估解决方案

- PR链分析
- 10大能量损耗项



技术评估

=



风险评估

+



产能分析

+



IRR分析

- 9大风险项

- 项目收益能力评价



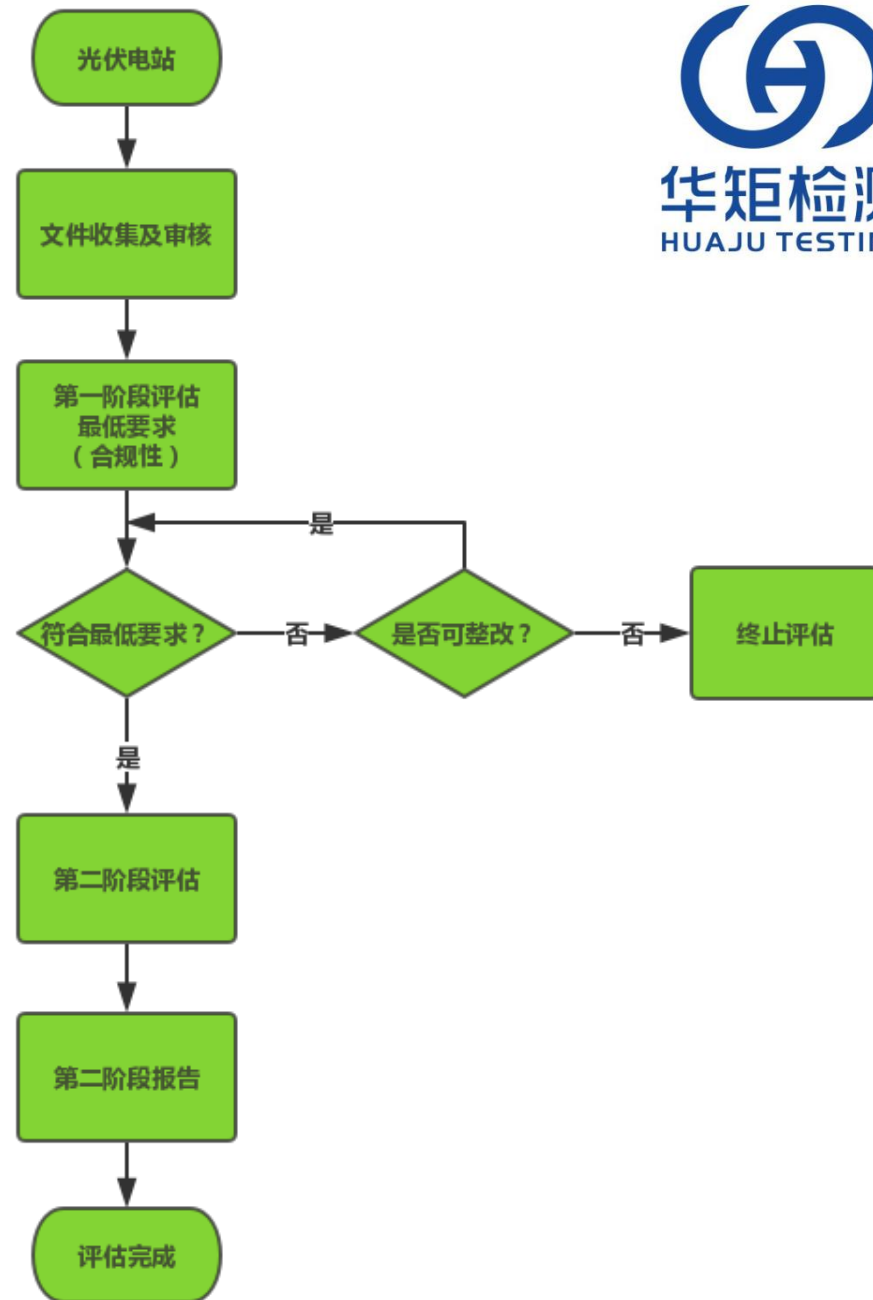
风险评估

9大风险项



非技术风险

- 合规性风险、合同风险以及用地费用风险为非技术风险
- 合法合规性是项目可投资的必要条件/最低要求，重点关注行政审批手续
- 合同风险重点关注项目相关合同中的潜在风险
- 用地费用风险重点关注项目的用地费用
- 评估手段：文件审核



技术风险——评价指标



永光新能源
WINONE SOLAR



限电/消纳风险



- ☐ 限电损失率（普通光伏）
- ☐ 消纳比例（分布式）
- ☐ 电能质量（高消纳情况下）

环境风险

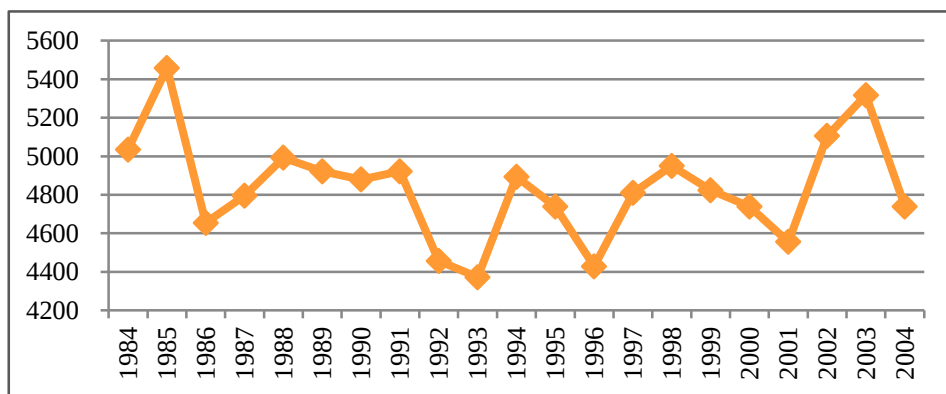


- ☐ 资源丰富度
- ☐ 资源稳定度
- ☐ 灾害风险

系统配置风险



- ☐ 设计一致性
- ☐ 施工一致性



广州1984-2004年太阳总辐射年际变化，20年间波动区间在 $\pm 10\%$



技术风险——评价指标

设备相关风险



- ☐ 组件功率衰减
- ☐ 组件内部缺陷 (EL/RI)
- ☐ 逆变器加权效率
- ☐ 设备工作温度 (RI)
- ☐ 设备可利用率
- ☐ 关键设备故障更换比例
- ☐ 气象监测设备校核
- ☐ 安规测试 (接地与绝缘)
- ☐ 质保

运营风险



- ☐ 实际装机容量
- ☐ 年发电量和累计发电量
- ☐ 等效当年利用小时数
- ☐ PR (PR_{stc}、PR_{corr})
- ☐ 站用电率
- ☐ 故障停运小时数
- ☐ 度电运行维护费
- ☐ 缺陷处理完成率
- ☐ 运营安全

施工质量风险 (在建项目)



- ☐ 施工一致性
- ☐ 施工规范性



PR——概念理解



■ PR定义: IEC 61724

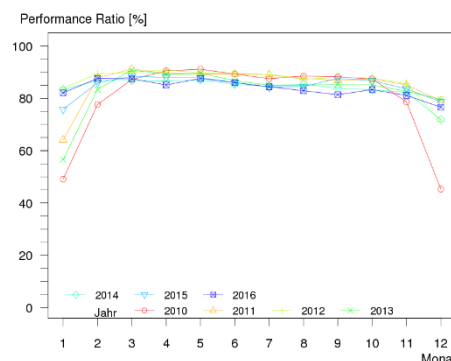
$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} = \frac{E_{out} / P_{STC}}{H_{POA, \tau} / G_{STC}}$$

■ PR的重要意义:

1. 综合体现了光伏阵列理论上可产生的电能量在转化和传输过程中的各方面损耗，反映了光伏系统的整体性能
2. 不应该作为评价电站性能的单一标准
3. 是风险量化与产能分析的连接参数

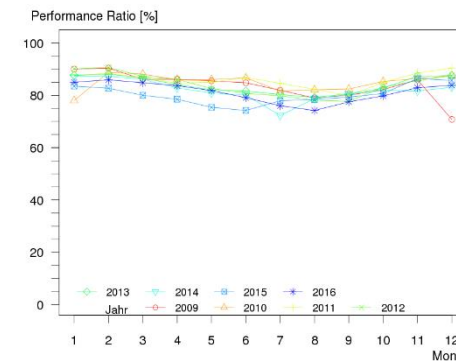
电站A

2016 PR: 84.3%

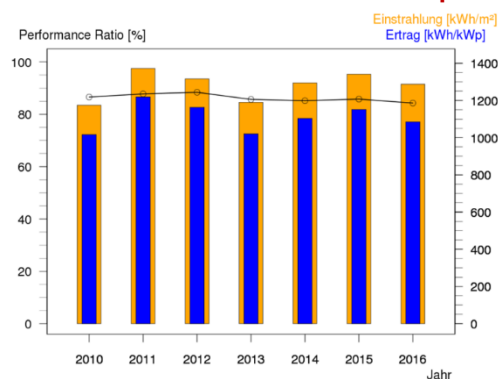


电站B

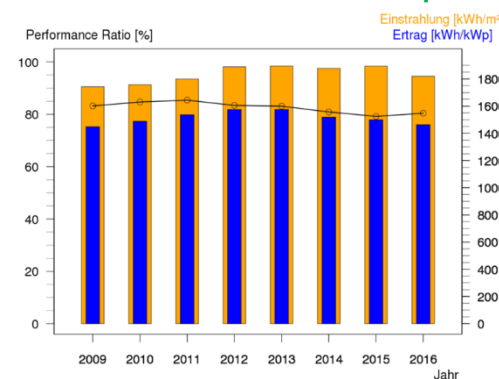
2016 PR: 80.4%



功率比: 1085 kWh/kWp



功率比: 1464 kWh/kWp

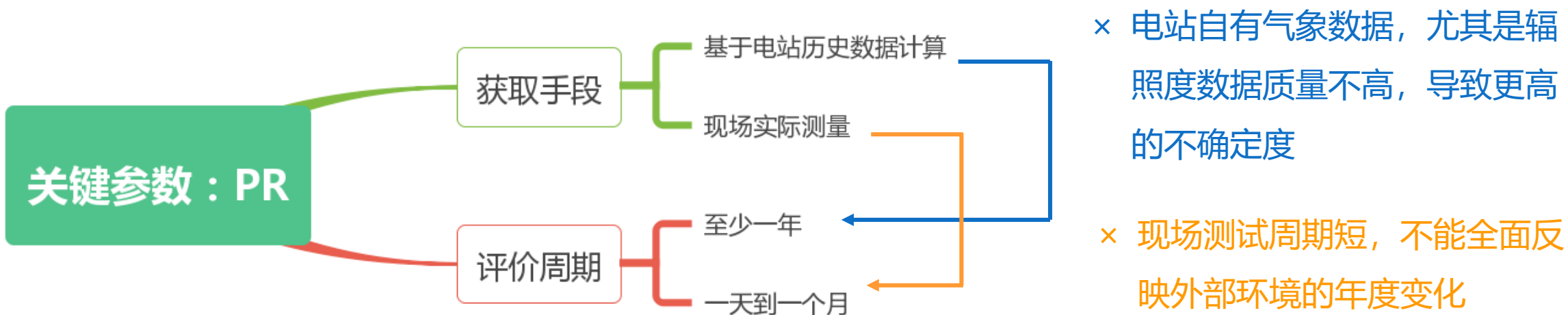


来源: Fraunhofer ISE

PR——概念理解



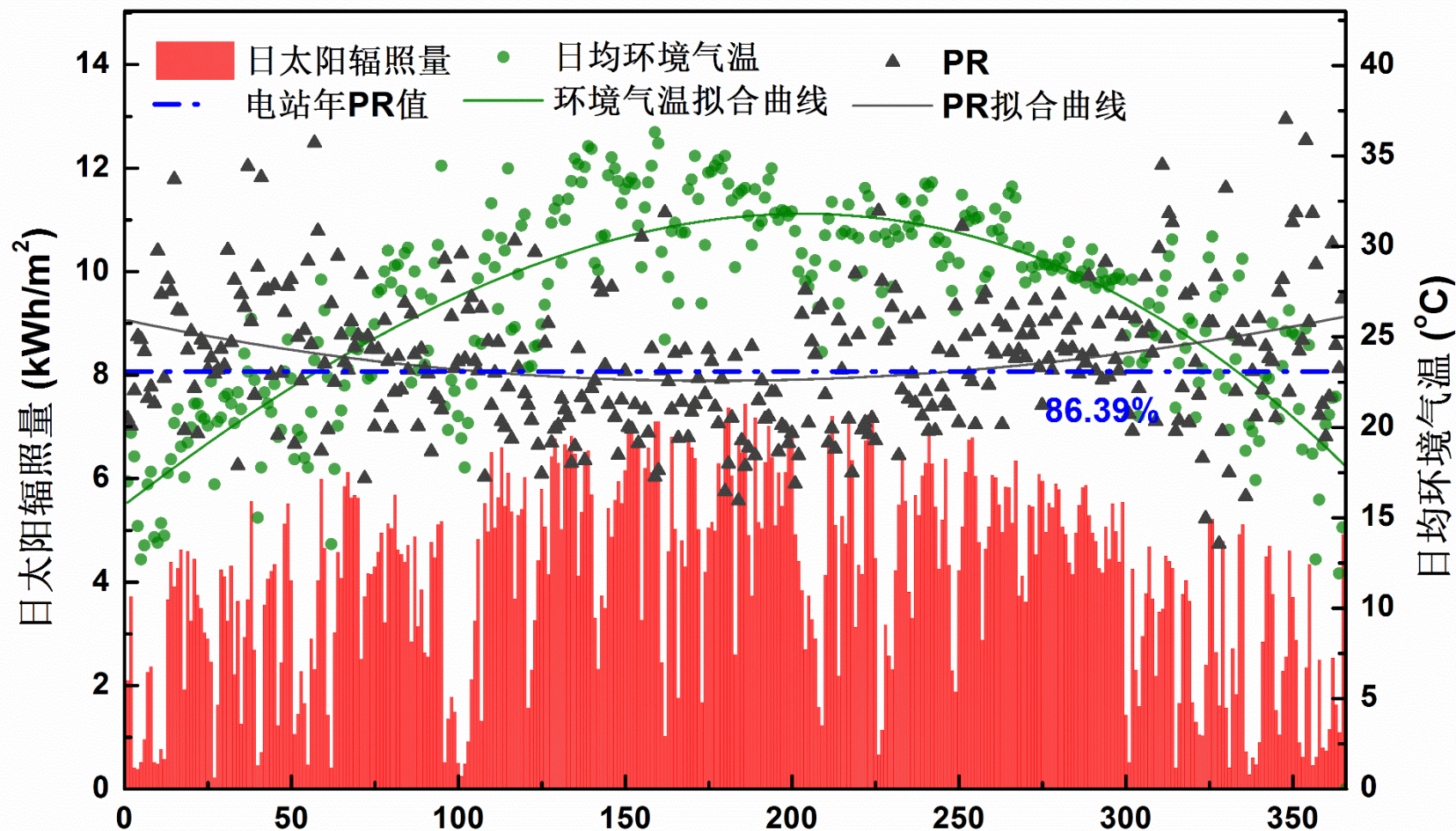
永光新能源
WINONE SOLAR



PR测试优化方案



永光新能源
WINONE SOLAR



- 如何量化气象因素对PR的影响?
- 现场PR测试方案中, 天数、气象条件要求应如何确定?

PR测试优化方案



永光新能源
WINONE SOLAR



华矩检测
HUAJU TESTING

光伏电站CPR分析（温度修正PR值分析）

$$CPR = (kWh / kW_{DC} * K_{Temp}) / (H / G_{STC})$$

- 季节偏差修正能效比 PRseason（NREL提出）

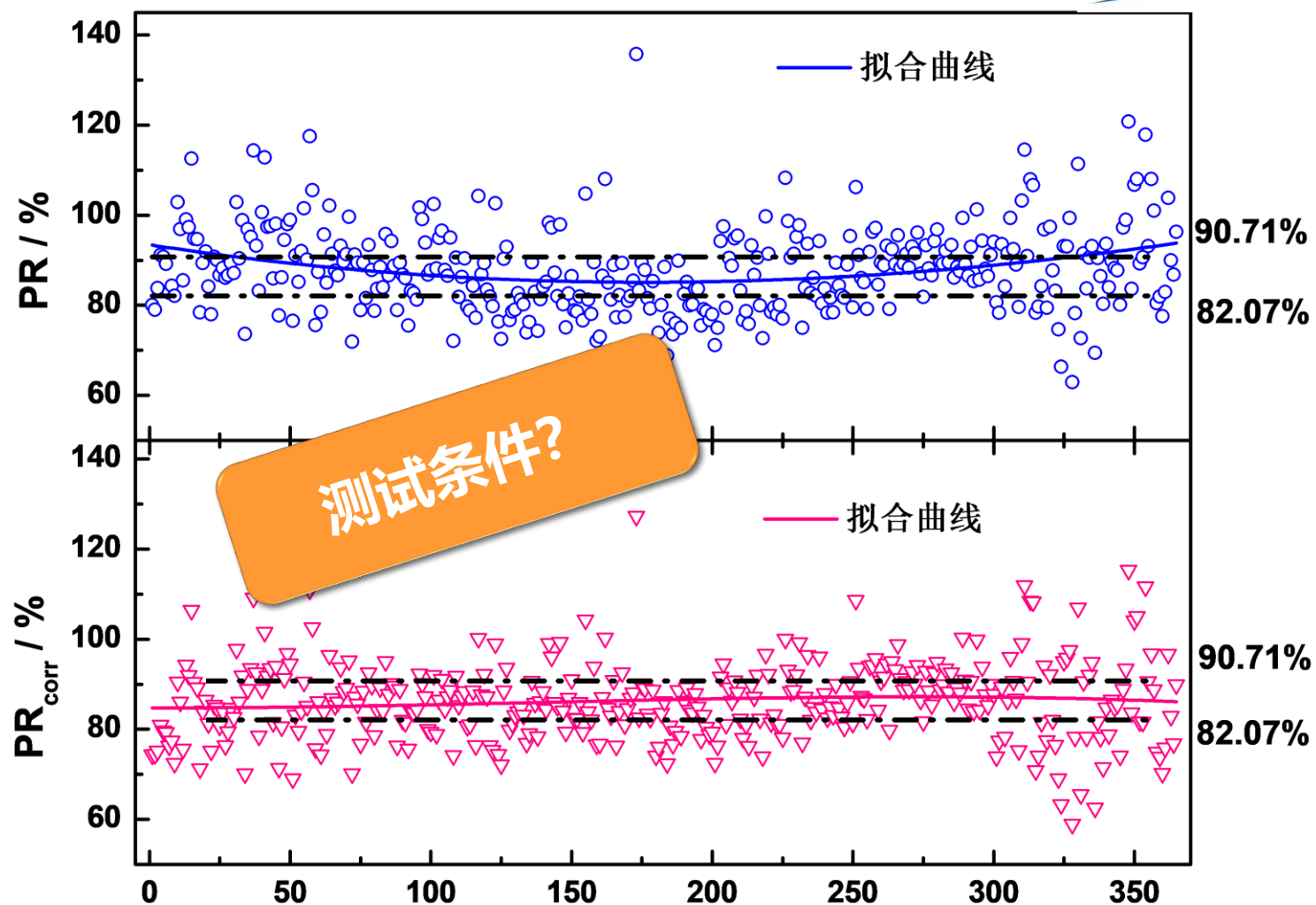
$$PR_{corr_season} = \frac{\sum_i P_{AC_i}}{\sum_i \left[P_{STC} \left(\frac{G_{POA_i}}{G_{STC}} \right) (1 + \delta(T_{cell_i} - T_{cell_avg})) \right]}$$

采用美国Sandia国家实验
室的光伏组件热传导模型

PR测试优化方案



永光新能源
WINONE SOLAR

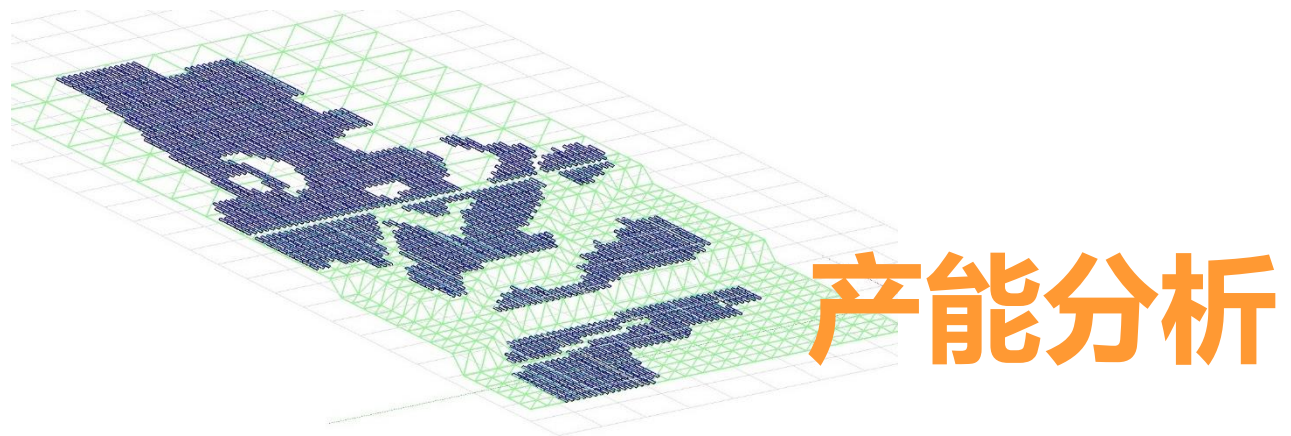


■ 数据样本标准差 s

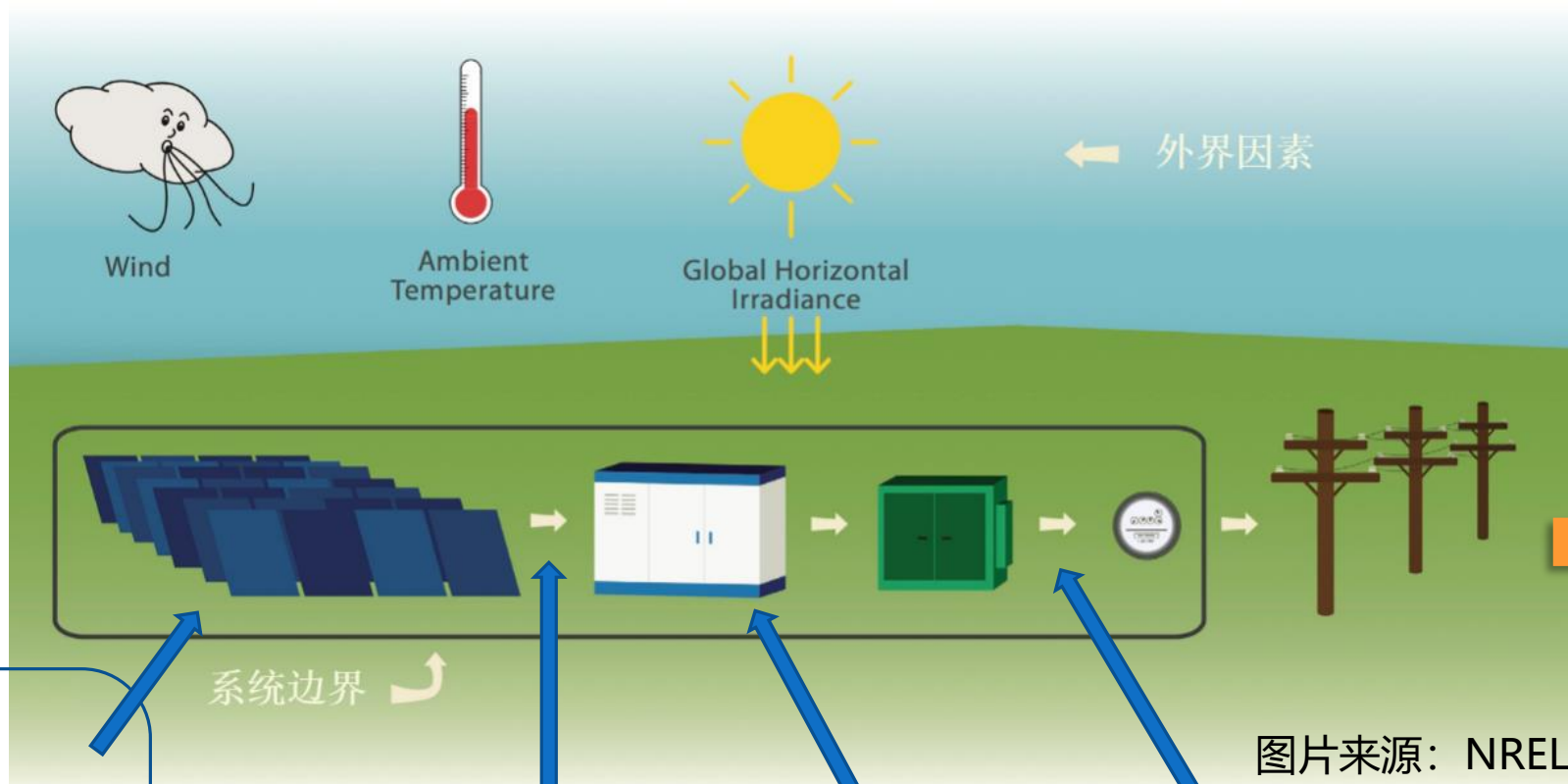
9.58% → 8.72%

■ 落入年PR $\pm 5\%$ 样本区间天数

135天 → 157天, 提升7%



产能分析与不确定度



- 遮挡损失
- 脏污损失
- 反射损失
- 温升损失
- 组件性能衰减
- 组件串联损失

- 并联损失
- 直流线损

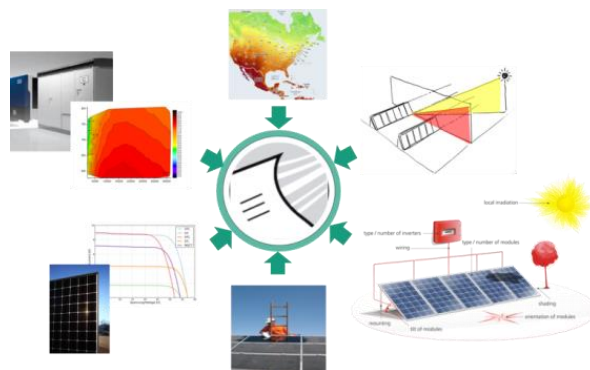
逆变器加权
效率

- 变压器效率
- 交流线损

产能分析与不确定度

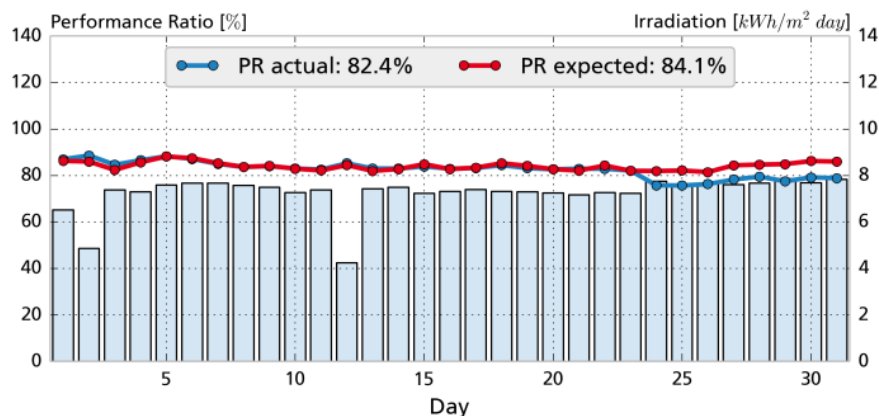
电站检测 Plant Measurement

电站建模 Plant Modeling



□ Fraunhofer的光伏电站评估理念

- 非单一标准
- 注重于“相对比较”的评估方式
- 关注系统是否达到自身应有的性能水平
- 利用 **检测** 与 **建模** 共同构成电站的真实面貌



预期 V.S. 真实

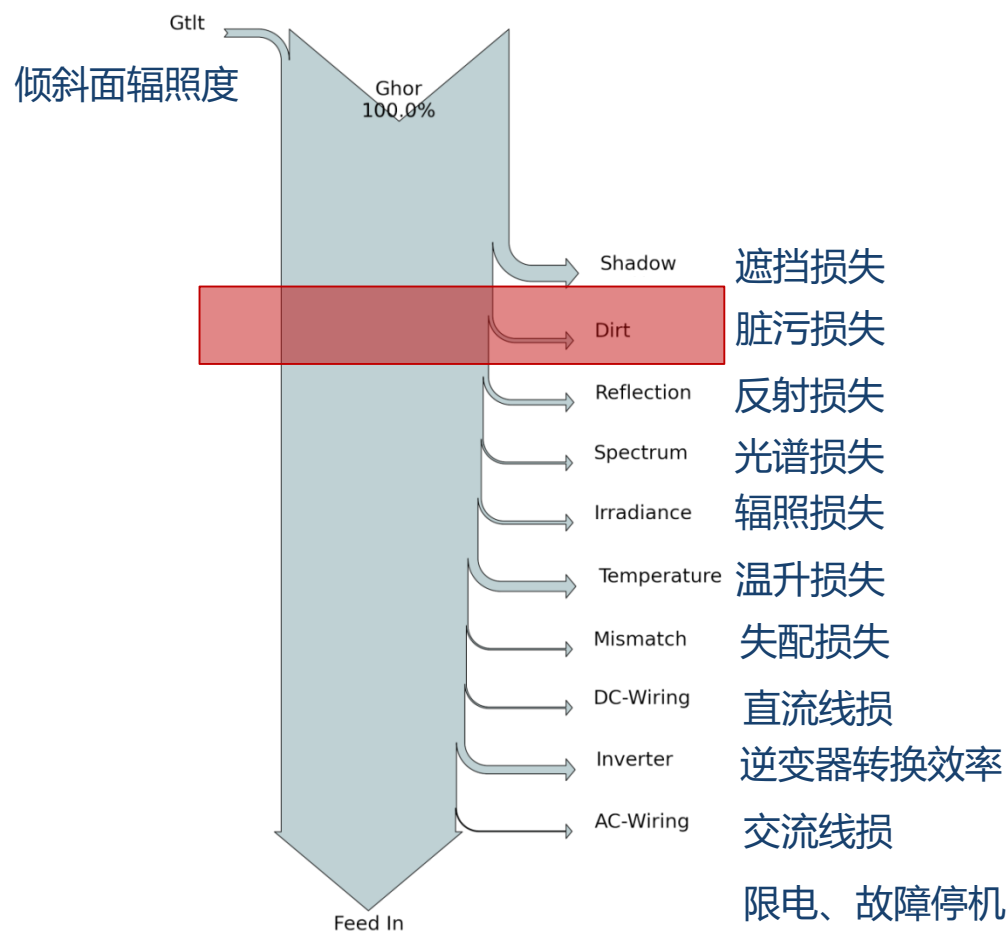
还原真相！！

来源：Fraunhofer ISE

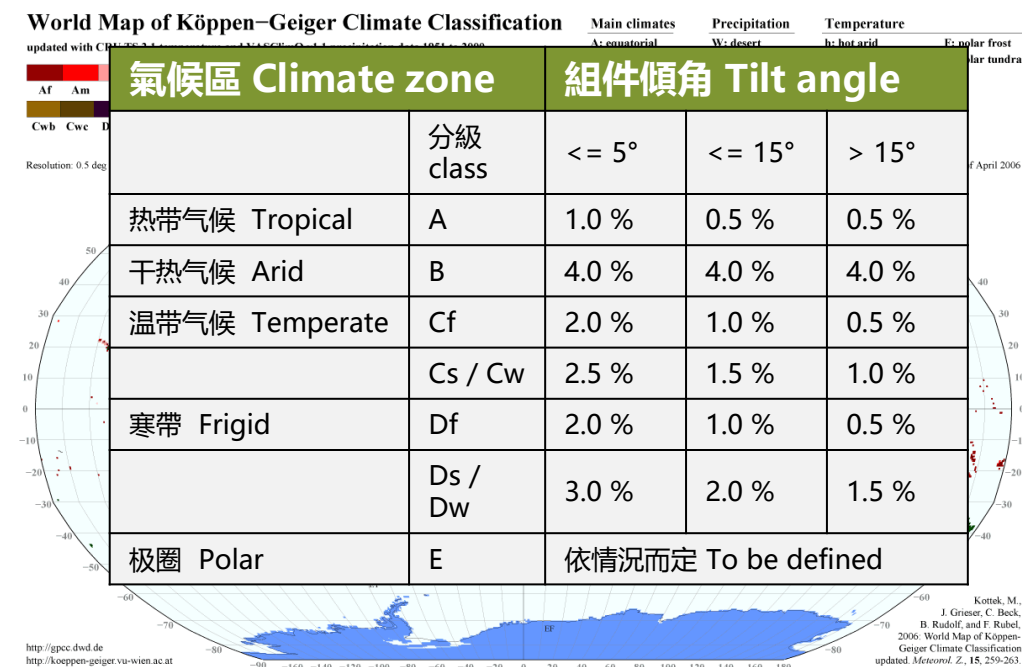
B. Müller, L. Hardt, A. Armbruster, K. Kiefer, and C. Reise, "Yield predictions for photovoltaic power plants: empirical validation, recent advances and remaining uncertainties," *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, <http://dx.doi.org/10.1002/pip.2616>, 2015

长期产能分析：ZENIT模型

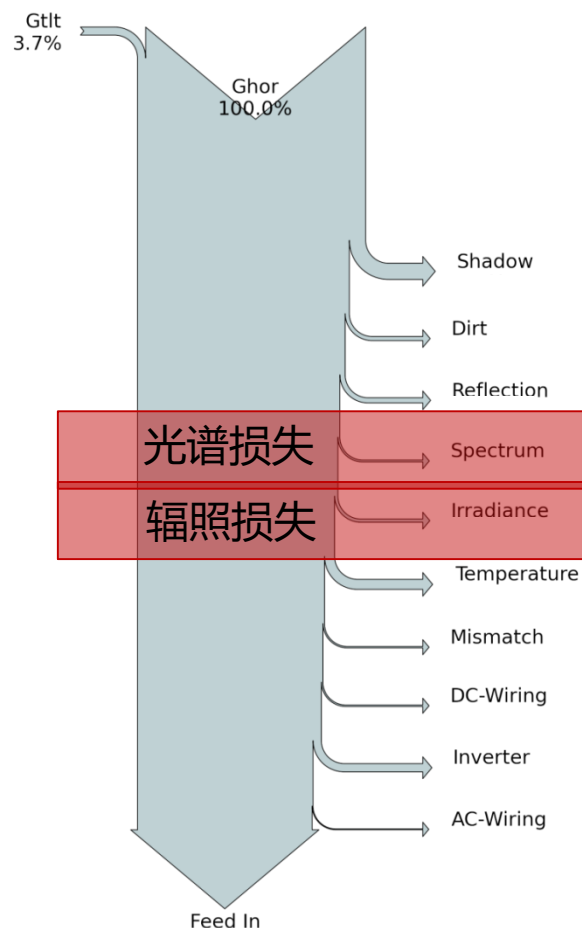
模型要素及各参数



■ 基于Köppen-Geiger全球气候区域分类地图



长期产能分析：ZENIT模型



光谱损失

- Mono-Si , Poly-Si: 1,0%
- First Solar CdTe: 2,0%

辐照损失

- 不同辐照下组件效率的确定：ISE自开发的Heydenreich模型

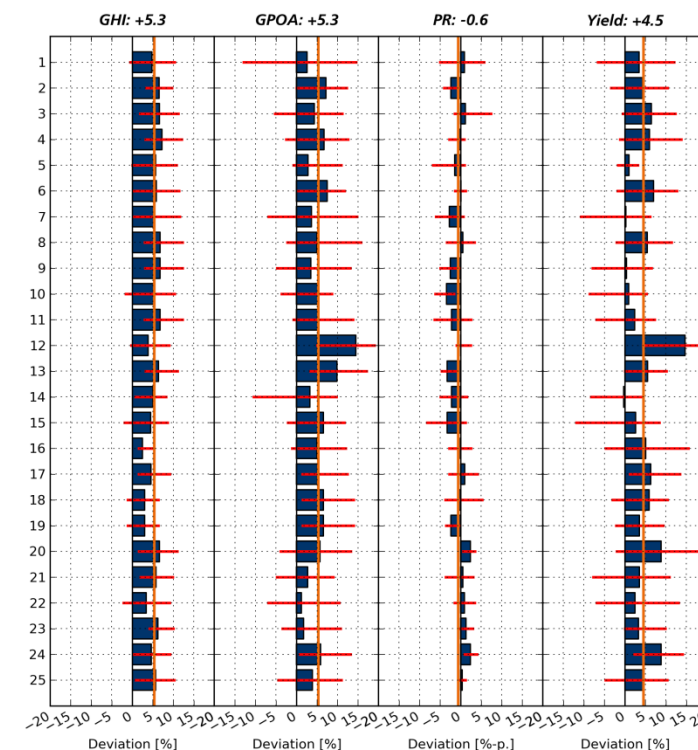
辐照度 W/m ²	相对效率-单晶 %	相对效率-多晶 %
1000	100.00	100.00
800	99.80	100.13
600	99.71	100.06
400	99.50	99.40
200	97.64	96.26

*没有相应实验室测试数据时使用

长期产能分析：ZENIT模型

计算过程	不确定度	数值/单位		增益/损失	
Calculation step	Uncertainty*	Value	Unit	Gain/Loss**	PR***
Irradiation global horizontal	5.0%	1550	kWh/m ²		
Irradiation on tilted surface	2.5%	1821	kWh/m ²	17.5%	100.0%
Shading					
External Shading	0.5%	1803	kWh/m ²	-1.0%	99.0%
Internal Shading	2.0%	1765	kWh/m ²	-2.1%	96.9%
Soiling	1.0%	1739	kWh/m ²	-1.5%	95.5%
Reflection losses	0.5%	1695	kWh/m ²	-2.5%	93.1%
Deviation from STC operation of modules					
Spectral losses	1.0%	1661	kWh/kWp	-2.0%	91.2%
Irradiation-dependent losses	1.0%	1682	kWh/kWp	1.3%	92.4%
Temperature-dependent losses	1.0%	1634	kWh/kWp	-2.9%	89.7%
Interconnection losses (mismatch)	0.5%	1602	kWh/kWp	-2.0%	88.0%
Cabling losses	0.5%	1579	kWh/kWp	-1.4%	86.7%
Inverter losses	1.5%	1538	kWh/kWp	-2.6%	84.5%
Power limitation of inverter	0.5%	1538	kWh/kWp	0.0%	84.5%
Transformer	0.0%	1538	kWh/kWp	0.0%	84.5%
Total	6.5%	1538	kWh/kWp		84.5%

* Uncertainties are related to single standard deviation
** Gain/Los : energetic Gain / Loss according to the step of calculation of the simulation
*** PR: Performance Ratio



两个假设: 每个计算步骤的不确定度均**独立**与**常态分布**

Two simplifications: Uncertainty for individual modeling steps are **independent** and **normal distributed**

25座电站及其5年高精测量数据

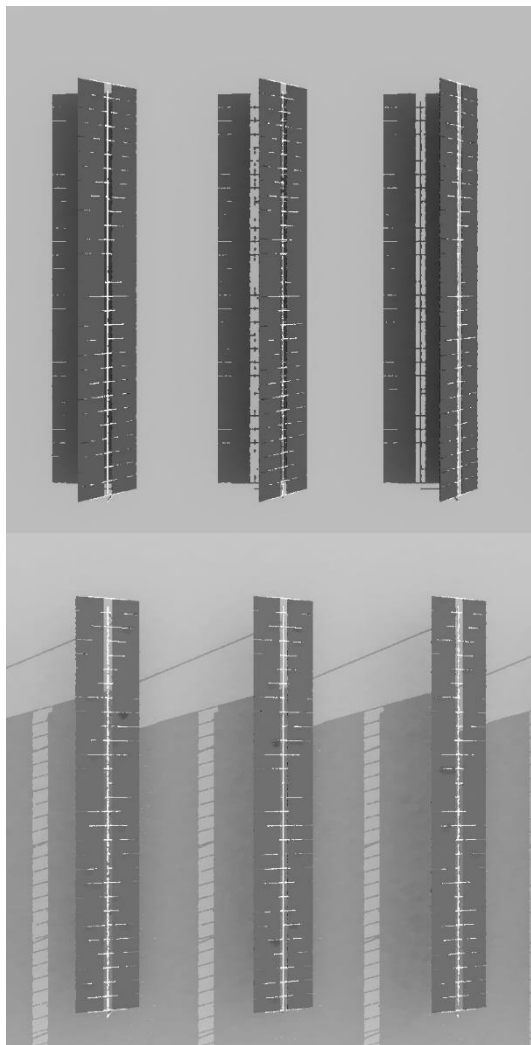
- 预测PR与实测值高度吻合
- 辐照值和产能普遍偏高

长期趋势
Long-term trends

造成损耗的因素
Pure losses!

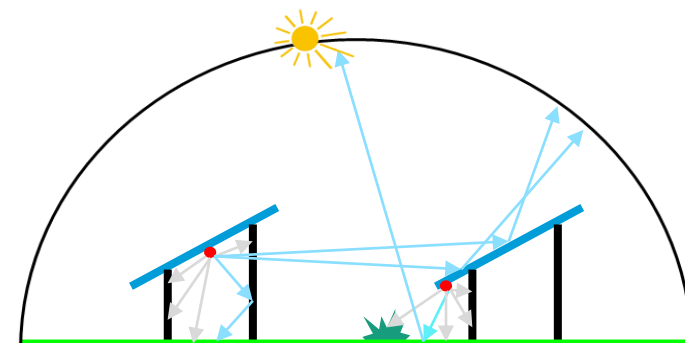
衰减和投入率
Degradation and
Availability

长期产能分析：ZENIT模型



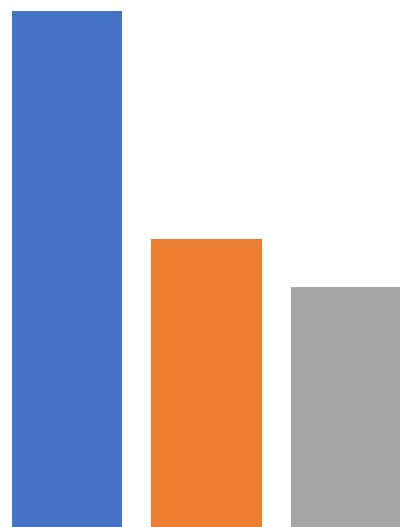
双面组件的产能及增益预测

- 根据地形建立光线模型（光线跟踪法Ray tracing）
- 考虑背面增益的复杂性
 - 光强反射后空间上不均匀
 - 散射直射光源特性不同
 - 时刻变化



Fraunhofer ISE优势

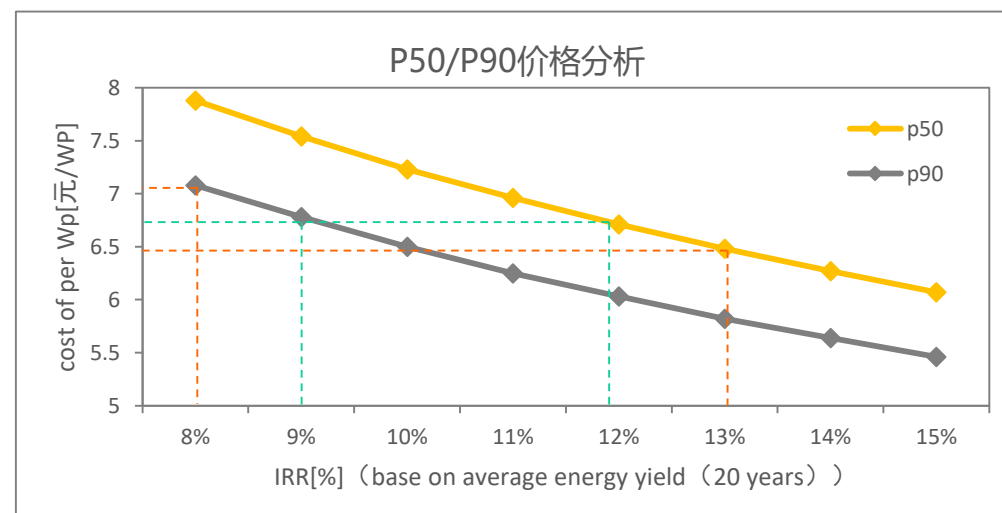
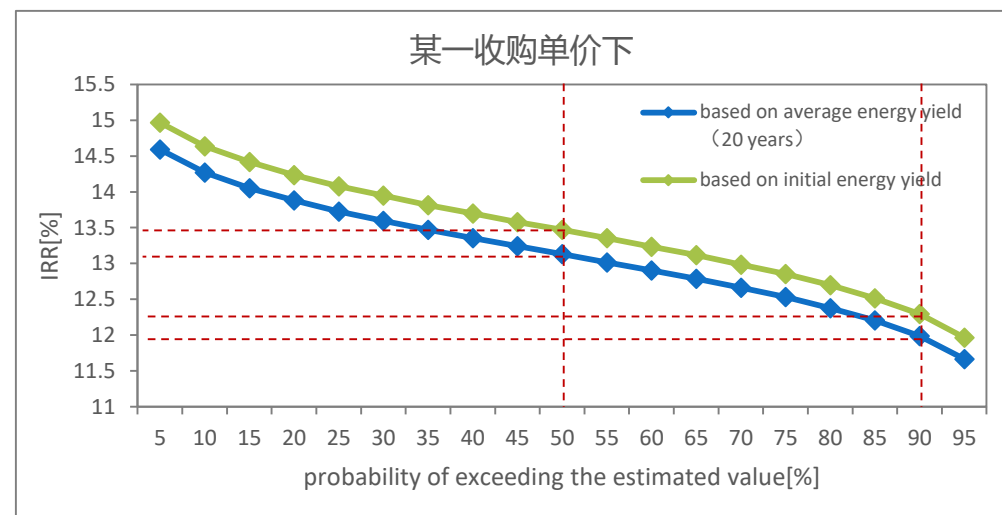
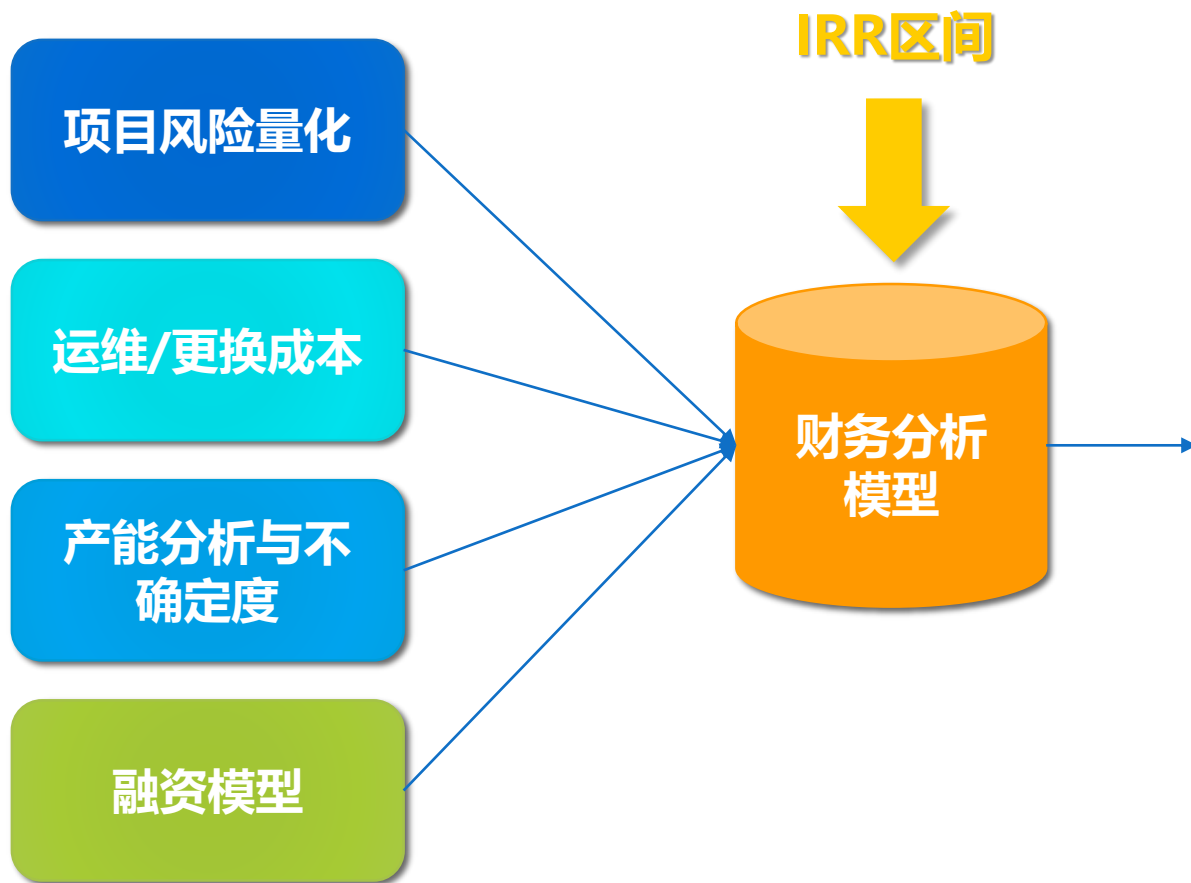
- ISE 研究光伏电站建模已有20年以上的经验
- 2009年起开发双面组件光线跟踪法计算与验证
- 定期于国际会议及期刊上发表成果



IRR分析

风险 + 产能 → 财务效益

■ 以IRR为导向的财务分析



3

团队介绍

| 公司简介



- 广东华矩检测技术有限公司，广东永光新能源（集团）的全资子公司，专业从事**新能源电站检测和评估业务**的独立第三方专业技术服务机构。
- 提供对全国范围内光伏电站项目的**技术尽职调查，运行诊断评估以及针对性整改方案提出**等的一站式光伏电站评估服务。
- 目前已联合**广东质检、成都质检、顺德中山大学太阳能研究院**等长期业务合作伙伴，完成检测项目300余项，评估项目30余项。

| 携手 德国弗劳恩霍夫



永光新能源
WINONE SOLAR



华矩检测
HUAJU TESTING



华矩检测
HUAJU TESTING



Fraunhofer
ISE

与Fraunhofer 签署战略合作协议，
旨在为行业提供专业检测技术服务。

| 合作关系



中山大学
太阳能系统研究所



顺德中山大学
太阳能研究院



国家太阳能光伏产品
质量监督检验中心(广东)



成都（国家）产品质量
监督检验研究院

与广东产品质量监督检验研究院、成都产品质量检验研究院、顺德中山大学太阳能研究院等多家行业权威机构形成稳定的业务合作关系，旨在为行业提供权威、准确、客观的专业检测技术服务。

| 战略布局

永光新能源（集团）

在全产业链的技术积累

光伏电站项目技术咨询、检测、验收/
年检/交易评估等一站式光伏电站服务

太阳能资源利用分析、财务评价、社会
效果分析项目验收/年度检测、光伏设
备到货检测

光伏电站质量检查、总体性能评估、生
产运行改进指导



感谢聆听， 请多指导！



地址：广东佛山顺德大良德胜东路1号

手机：18929971598

邮箱：sunyunlin@163.com