



光伏电站数字化推进思路探讨

单位：华电电力科学研究院有限公司

演讲人:魏超

二〇二一年 四月



中国华电集团有限公司
CHINA HUADIAN CORPORATION LTD.

华电电力科学研究院有限公司
HUADIAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE Co., LTD.

目录

CONTENTS

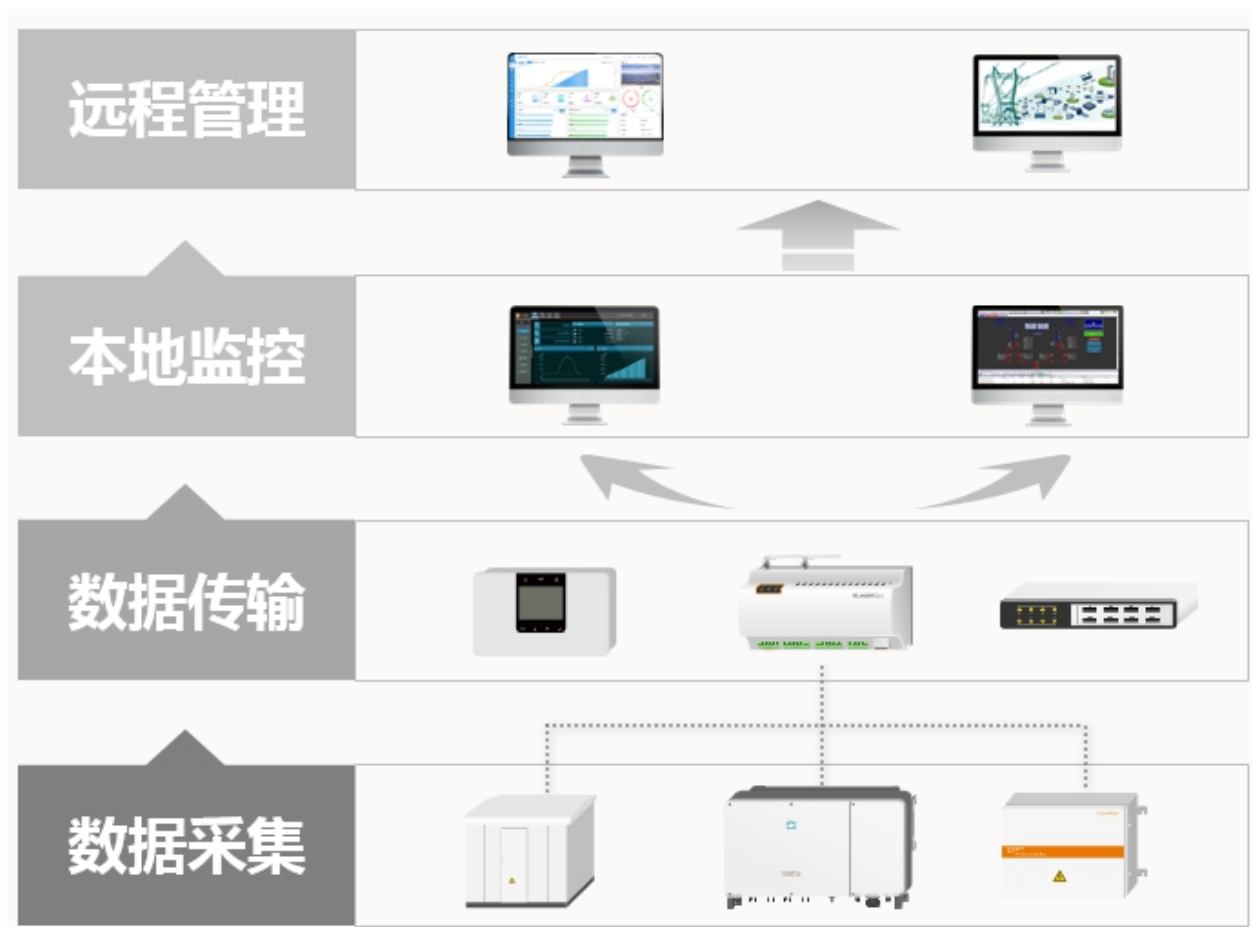
- 01 数字化、智能化光伏发展背景
- 02 华电集团数字化光伏建设方案与思路
- 03 电科院现有工作基础及优势
- 04 应用案例
- 05 未来技术应用路线与前景

1.1 产业背景

随着我国光伏产业快速发展，存量电站不断增多，提升电站效能与运维能力成为了迫切的需求。而信息化、大数据等相关技术的不断发展，为光伏电站数字化、智能化提供了优良的技术基础。在这样的产业及技术背景下，数字化、智能化光伏技术已成为产业热点。



1.2 光伏电站的运维与管理面临的主要挑战



- 缺乏统一标准，第三方平台兼容性差
- 电力监控与光伏场区监控不统一，扩展性差
- 传输协议、设备编码不统一，多厂家/多种设备不兼容
- 颗粒度低、精度差、实时性差

1.3 相关企业数字化光伏的现状

- ◆ **国家电投**基于区域水光互补需求，开发了“智能+多能互补”平台系统，实现了光伏与水电之间调峰互补、平稳出力的目标，取得了良好的应用成果。



85万千瓦光伏电站

不稳定出力



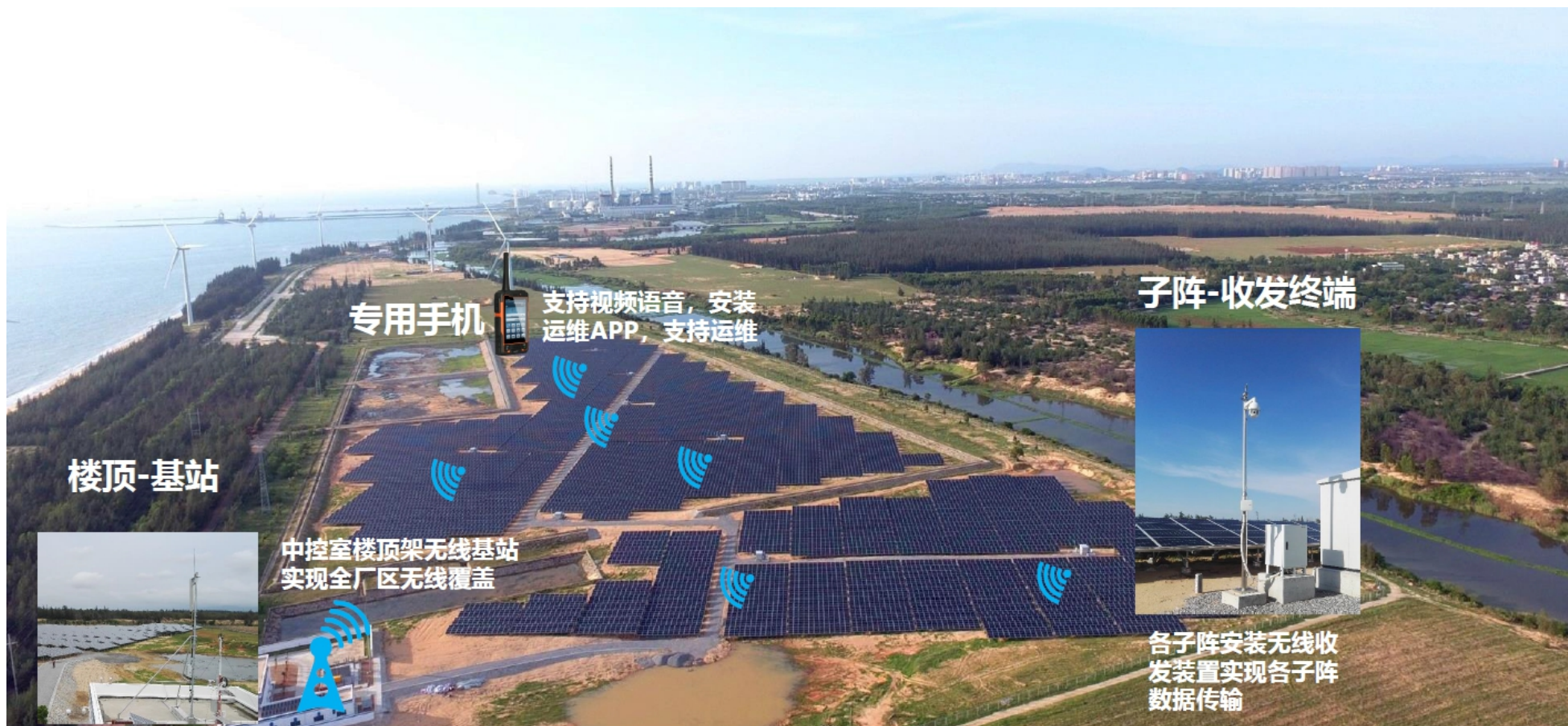
128万千瓦龙羊峡水电站

稳定出力



主电网

- ◆ **华能集团（华能海南分公司）** 基于光伏电站高精度智能检测需要，以提高电站发电效率为目的，引入智能IV算法、MPPT模糊策略等功能系统，并在场站通讯改造优化的基础上，部署功能实施，拟实现提高试点电站发电效能20%的目标。



- ◆ **大唐集团（大唐青海新能源）** 为实现其大规模光伏基地的数据优化管理，开发了层级化大数据集控平台，将光伏电站及光伏基地的多系统数据统一采集、智能分析、及时反馈，实现运行管理的“无人化，一体化”，实现现场数据的“远程分析、统一调度”。



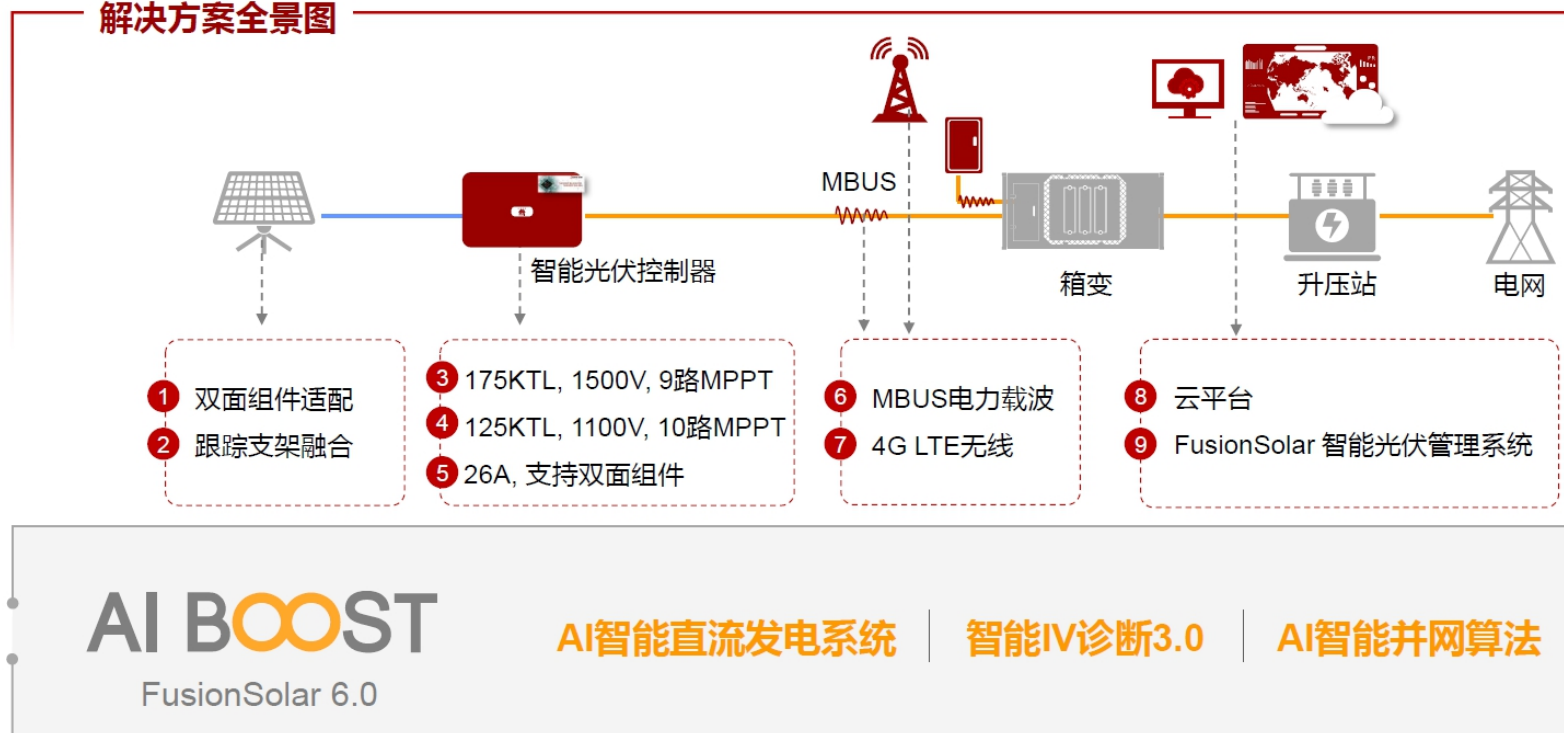
- ◆ **广东能源集团**根据光伏场站信息化管理，优化人工成本，以及提高管理效率的要求，开发部署了大数据信息集控系统，结合智能光伏诊断技术，AGC/VGC智能调节技术等的应用，拟提高场站管理效率，保障运行安全性可靠性提升。



- ◆ **华为技术公司**作为国内领先的智能光伏设备制造商，推出了智能光伏6.0系统，重点关注高效组件应用后对逆变器MPPT策略的更高要求，开发智能多峰追踪技术，根据应用场景的自学习优化算法以及智能I-V诊断系统等技术，不断提高智能光伏系统的技术水准。

AI加持智能光伏6.0，更优LCOE解决方案

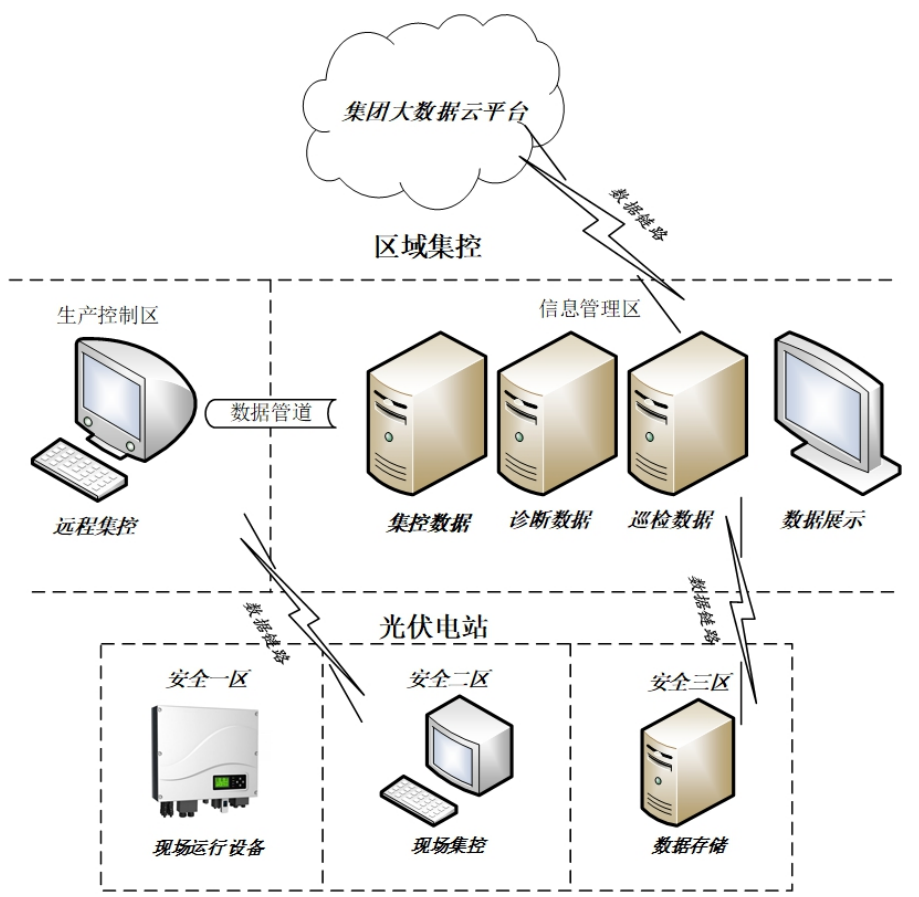
解决方案全景图



- ◆ **阳光电源**作为国内光伏集成系统的领头羊企业，已开发并投入使用了具备多种智能化功能的智维平台，紧扣电站运维实际需要，并在大量自开发或商业合作的项目中推广。



光伏发电设备以电力电子器件为主，属**静态发电**，安全系数相对较高，但**设备总量庞大，易发故障点多，人工运维困难**，具有引入数字化管理的优势和必要性。华电电科院在相关研究基础上，提出了数字化光伏电站建设方案。



2.1 数字光伏建设职责划分



集团公司

- 总部集团大数据平台及数字电厂的总体管控
- 实时掌握各区域及场站设备总体运行状态，能效水平，履行管理和考核职能
- 建立监测评价体系，实施对标及考核功能，引导光伏数字化的健康发展



二级单位

- 数字化管理主体，负责对所辖区域新能源（光伏）设备进行状态监测和故障诊断，保障光伏电站的安全稳定运行
- 完善区域数据中心、建立区域性备品备件调度中心，开展对标分析等



基层单位

- 是数字电厂的基础部分，负责数字电厂相关工作的具体落实
- 数据采集改造、数字化需求梳理、硬件设备维护、数字化系统具体操作和使用
- 对低效能设备进行及时检修维护



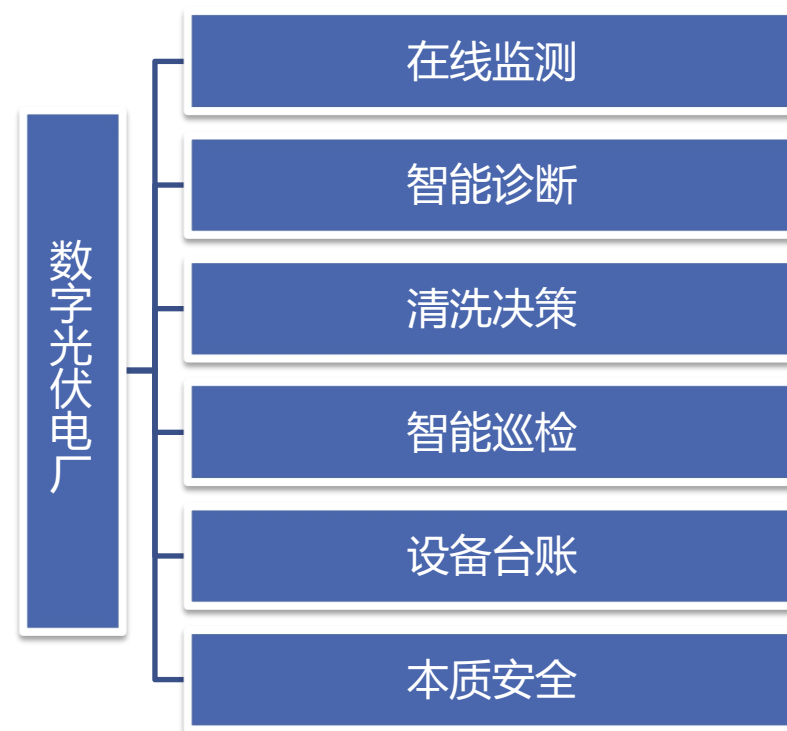
电科院

- 配合数字光伏建设工作，根据需求进行核心功能开发建设
- 为数字光伏系统构建故障库、专家库等技术支撑工具，研发先进运维工具及系统
- 结合现场工作经验，挖掘诊断数据价值，反馈提质增效建议与方案，全周期技术支持



2.2 设计原则

- 充分考虑集团公司十四五信息化发展需求，针对光伏电站数据、应用和管理的场景需求，以支持**海量多元数据**的采集存储能力、**多场景**的计算分析能力为出发点，统一构建虚拟化平台，打造大数据和智能化应用能力中心。
- 以“数据标准化、应用模块化”为理念，通过数据采集设备，建立集在线监测、智能诊断、清洗决策、智能巡检、设备台账、本质安全等功能于一体的智慧化系统。



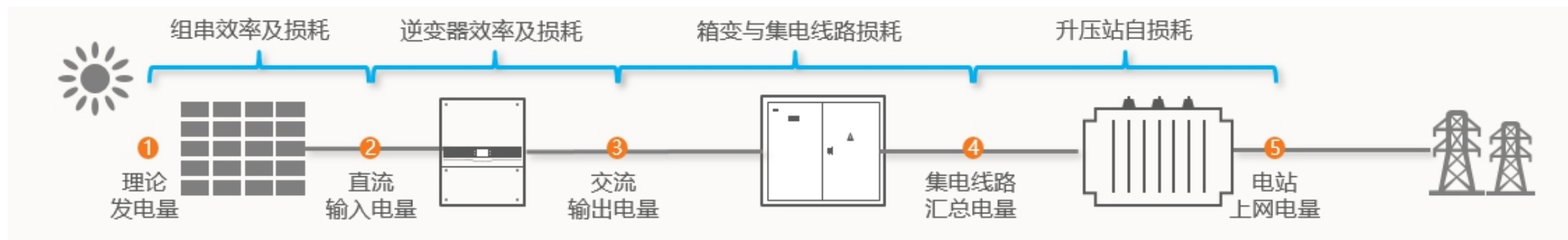
功能设计



2.3 数字光伏建设方案简介

2.3.1 建设必要性

- ◆ 光伏场站现有设备运行信息与监测不匹配、通信元件质量参差不齐、数据质量不佳、气象站数据采集故障较为普遍，对光伏设备运行数据的采集、存储造成了极大的障碍，严重降低了运营效率；
- ◆ 光伏电站基建转运营后，仍多采用传统人工经验方式开展设备检修、备件采购、技改计划制定，易产生延迟、偏差和损耗，也影响着发电企业的经济效益；
- ◆ 大量光伏电站在运行中暴露出电站运行出力降低、利用小时数偏低、综合效率不达标、设备故障频发、整体性能与发电收益低于预期等问题，亟需有效的提质增效手段。



光伏发电系统能量损失示意

2.3.2 实施方式



□ 对已建立集控中心系统的区域

- 1、基于上传至**集控中心**的各光伏电站运行数据，进行数据治理、数据补充，可将区域级应用服务器部署在区域集控系统三区机房，汇总处理各电站上传的运行数据。
- 2、系统功能及展示服务器**均部署在区域侧**，分别对各场站运行诊断、分析功能，最终结果均体现在区域级服务器上，各场站可通过有限权限查看。
- 3、能效、故障率、计划完成率等关键统计、对标信息上传集团侧，并可对各区域内部或区域之间进行对标考核分析。

◆ 对未建立集控中心系统的区域（基建期）

- 1、对区域内各光伏电站进行**就地数据治理、数据补充**，将场站级应用服务器部署在各场站三区机房，各电站运行数据单独处理。
- 2、系统功能及展示服务器**部署在场站侧**，各场站自行运行诊断、分析功能，最终结果上传至区域侧服务器。区域侧主要进行诊断、能效、故障数据汇总、对标等。区域级服务器不负责基础数据分析、诊断功能，仅做页面展示和数据统计分析用。
- 3、能效、故障率、计划完成率等关键统计、对标信息上传集团侧，并可对各区域内部或区域之间进行对标考核分析。



着眼“十四五”光伏大规模发展趋势，从基建期部署数字化光伏建设的优势：

- ✓ 从设计侧考虑数字光伏需要，降低后期改造支出，缩短投资回报期；
- ✓ 从设备招标定型阶段，统一基础设备形式、通讯设备规约及其他硬件要求等，实现标准化建设；
- ✓ 从项目实际出发，因地制宜考虑深度辅助功能的部署，有针对性实现不同形式、不同区域场站的智慧运维需要；
- ✓ 保障新投产项目按照集团公司“深化数字电厂建设指导意见”建设，避免重复投资，推进数字华电战略施行。

2.3.3 集团与区域级功能设计（集团以汇总监视为主）

- ◆ 包括区域基本信息、区域关键参数对标、电站故障消缺统计，其中区域基本信息包含区域发电量、区域利用小时数分时段统计信息。通过下拉菜单可以分被查看区域下属各电站的发电量、利用小时数统计、弃光电量统计、弃光率统计等关键对标信息。
- ◆ 关键参数对标包括区域下属各电站利用小时数、弃光电量和弃光率统计以及PR值分析、发电量完成率对比，同时对比各个厂战性能偏低设备和故障设备比率分别进行比对。
- ◆ 电站消缺率完成率分别统计区域所有电站故障消缺完成情况。

区域级功能页面		
序号	功能	相关指标
1	基本信息	发电量
		利用小时数
		弃光电量统计
		弃光电量比统计
2	关键参数对标	利用小时数
		系统综合效率PR值
		发电计划完成率比对
		性能偏低设备比率比对（逆变器、组串）
		设备故障率比对（逆变器）
3	故障消缺完成率	弃光率对标
4	生产及诊断报告查看	生产指标完成情况、故障诊断结果报告、故障消缺情况报告

2.3.4 场站级功能设计

- ◆ 采集并显示全站光伏电站主要设备的运行信息，做具体展示；
- ◆ 全站性能分析。包括全站系统综合效率PR值分析，组串能效分析和全站温升损失分析和设备性能分析等；
- ◆ 对光伏电站全站关键设备的状态评估，通过构建设备状态健康评估模型来实现；
- ◆ 通过大数据算法分析，进行光伏设备的故障诊断及报警提示。

序号	实时监控		
1	全站	气象数据	辐照度
			环境温度
			组件背板温度（如有）
		功率	全站实时功率
		发电量数据	当日发电量
			当月发电量
			当年发电量
			总发电量
		社会贡献	CO ₂ 减排
		节约标准煤	节约标准煤
2	箱变	功率	箱变实时功率
		工况	箱变实时温度
3	逆变器	功率	逆变器功率
		发电量	逆变器日发电量
			逆变器月发电量
			逆变器年发电量
		温度	累计发电量
4	汇流箱	故障记录	逆变器温度
		实时信息	故障频次统计
5	组串	电流	电流
		电压	电压
		功率	功率

能效分析功能

序号	能效分析	
1	全站	全站能效分析
2		全站温升损失分析（要求有背板温度测点）
3	阵列	各个阵列PR值分析
4	组串	组串PR值分析

设备性能分析功能

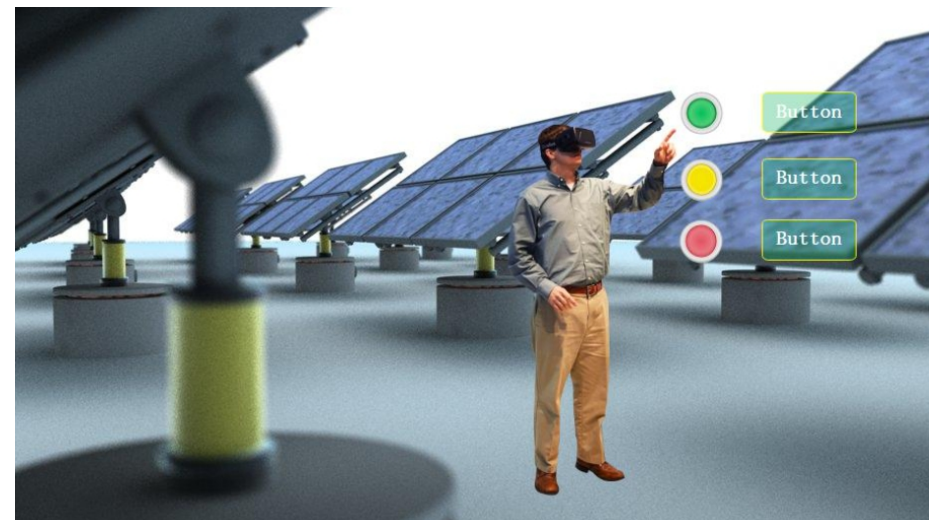
序号	全站设备性能分析	
1	逆变器	转换效率
		等效利用小时数
2		汇流箱到逆变器损失
3	组串	等效利用小时数
4		组串电流一致性分析、故障诊断分析
5	箱变	升压损失
		电性能参数监测

主要采集的数据及应用方向（包括但不限于）

编号	数据名称	用途
1	组串电流	故障诊断
2	组串电压	故障诊断
3	汇流箱出口电压	对标分析、性能分析、故障诊断
4	汇流箱出口电流	对标分析、性能分析、故障诊断
5	汇流箱入口电压	对标分析、性能分析、故障诊断
6	汇流箱入口电流	对标分析、性能分析、故障诊断
7	逆变器输入电压	对标分析、性能分析、故障诊断
8	逆变器输入电流	对标分析、性能分析、故障诊断
9	逆变器输出电压	对标分析、性能分析、故障诊断
10	逆变器输出电流	对标分析、性能分析、故障诊断
11	逆变器功率	状态监测
12	逆变器发电量	对标分析、性能分析
13	逆变器故障状态信息（代码）	状态监测
14	配电柜输入电流	对标分析、性能分析、故障诊断
15	配电柜输入电压	对标分析、性能分析、故障诊断
16	箱变功率	状态监测
17	电站发电量	性能分析
18	环境温度	性能分析
19	组件背板温度（待加装）	性能分析
20	辐照度	能效分析

2.3.5 深度辅助功能设计（根据集团公司需求部署）

- ◆ 优化的光功率预测功能、基于AGC调节的光伏阵列IV诊断功能、MPPT跟踪优化以及跟踪系统控制优化功能集成；
- ◆ 智能报表管理：按照规范格式自动生成生产报表与故障报表；
- ◆ 运维专家库服务：广泛收集光伏发电设备、系统故障案例，形成故障处理的辅助专家系统。整理光伏发电系统优化、提质增效对策，形成技改、优化决策辅助系统。
- ◆ 拟开发其他无人化、可视化、高交互性运维辅助功能。



3.1 工作基础

- ◆ 已基本完成智能光伏运行监测、能效分析、设备健康状态评估、设备运行趋势评估、清洗决策等功能建设，可作为数字化光伏建设的技术基础；
- ◆ 受前期经费限制，目前的光伏智能运维系统仅实现了监测、诊断、报警和基本运维辅助功能。为实现检修、消缺、技改等决策辅助功能，仍需推进故障库，专家库建设工作，并集成光伏发电系统优化、提质增效对策，形成技改、优化决策辅助系统。这也是未来的工作重点之一。
- ◆ 正在推进光功率预测优化、智能在线I-V诊断、MPPT跟踪优化、无人机系统、智能清洗设备等先进运维技术研究与应用。



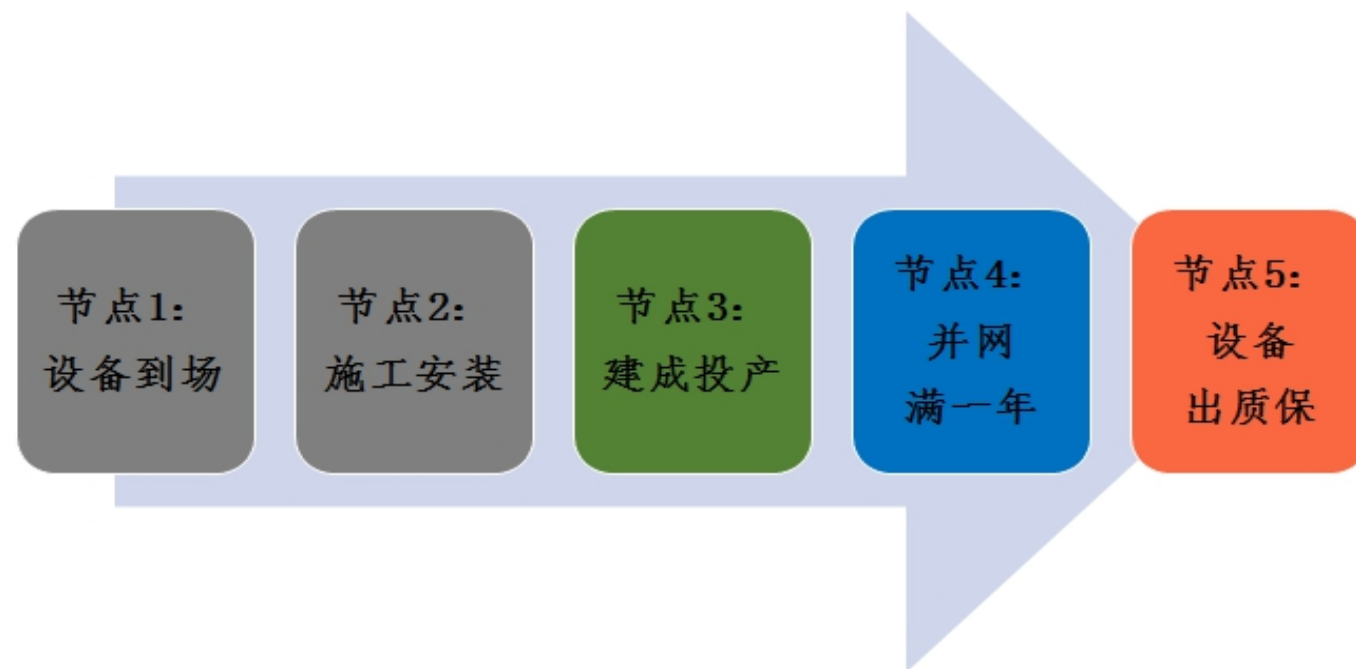
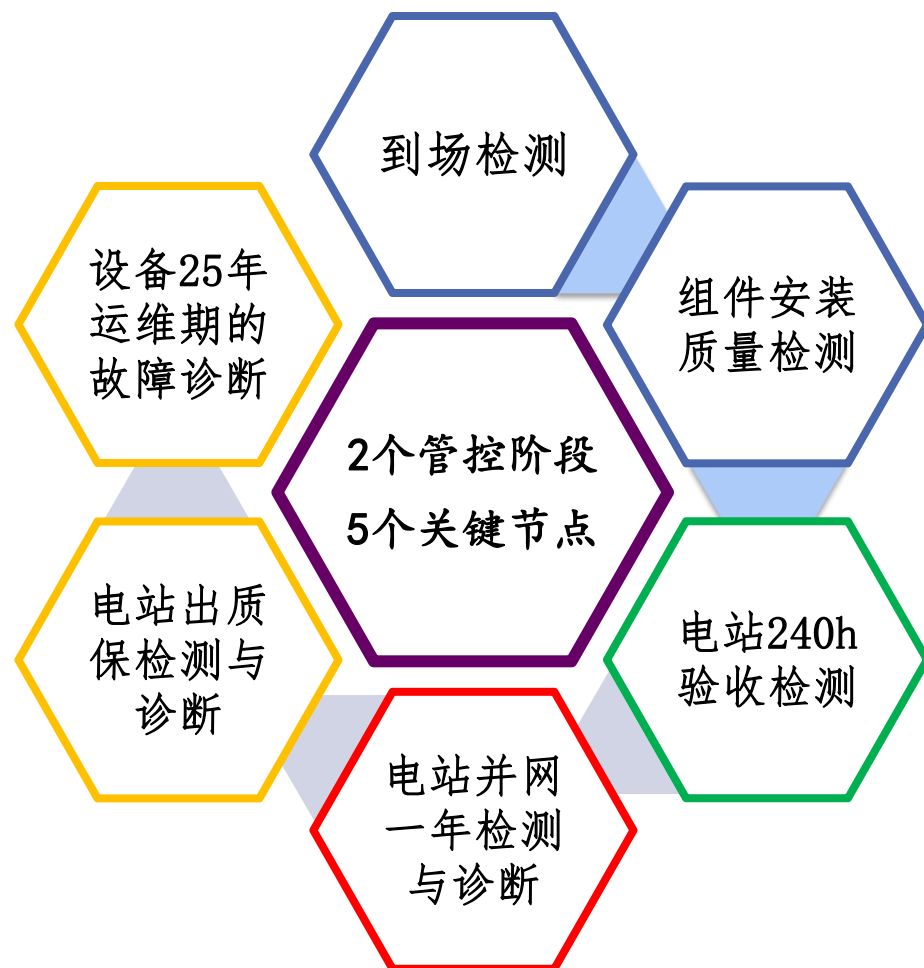


3.2 技术优势

- ◆ **光伏故障分析经验充足。**具备基于实际检测、分析得到的海量光伏组件、逆变器等设备故障案例信息，有助于数字化系统中运维辅助及专家库功能的实现；
- ◆ **技术产品已初步满足应用需求。**已可实现场站端运行监测、能效评估、设备运行趋势分析、光伏组串故障诊断、清洗决策等多项核心功能。区域侧及集团侧尚无部署条件。
- ◆ **依托中央研究院平台，引入先进外部技术消纳。**在现有研究基础上，通过借鉴外部先进经验，不断优化产品。



- ◆ **全生命周期光伏电站检测、评估体系。**结合设备质量、性能参数、电站指标，采用实验室与现场检测相结合的检测技术，构建了具备2个管控阶段、5个关键节点的光伏检测诊断体系。可为数字化与智能化系统建设提供数据与体系支撑，也是后续专家库系统的重要基础数据来源。



目前，相关技术成果已在新疆区域哈密石城子光伏以及浙江区域乌溪江新农都光伏进行了部署验证，并取得了一定的成效。

4.1 哈密石城子项目（2015~2016年部署）

电站总览，监督电站逐月、逐日等效利用小时数；监督全站计划发电量、实际发电量；监督电站当年及累计的二氧化碳减排量；监督电站日效率及月效率。

箱变逆变监测，监督全站箱变、逆变器实时功率、工作状态

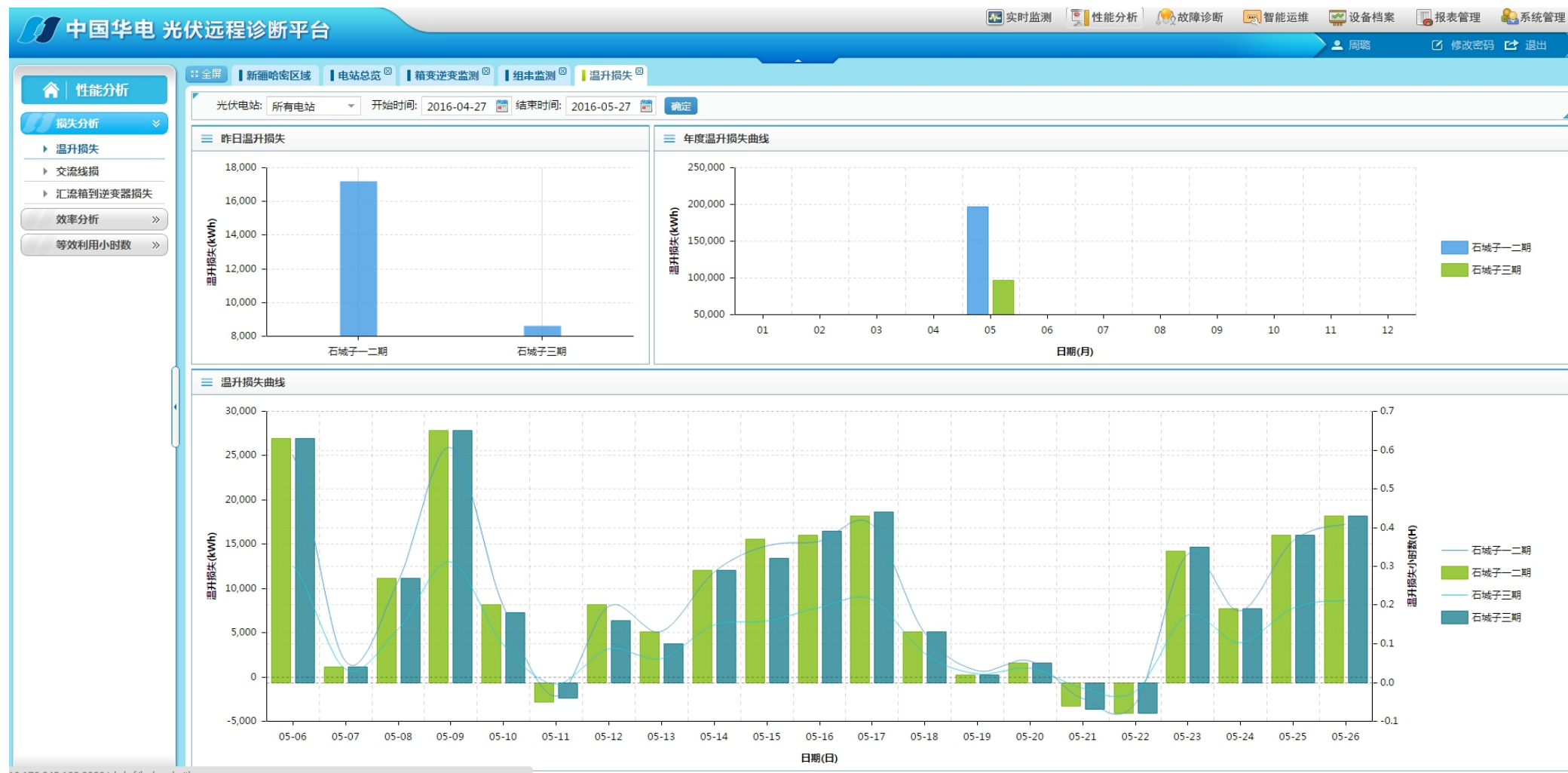
组串监测，监督全站组串电流值



监测设备关键性能，包括损失分析、效率分析、等效利用小时数等的自动分析，使性能参数可视化

效率分析包括：

- 1) 逆变器转换效率；
- 2) 系统效率；
- 3) 光伏方阵效率；
- 4) 发电日效率、月效率。



在线故障诊断：在线分析全站问题设备，对故障组件、故障逆变器精准定位，深入了解设备状态



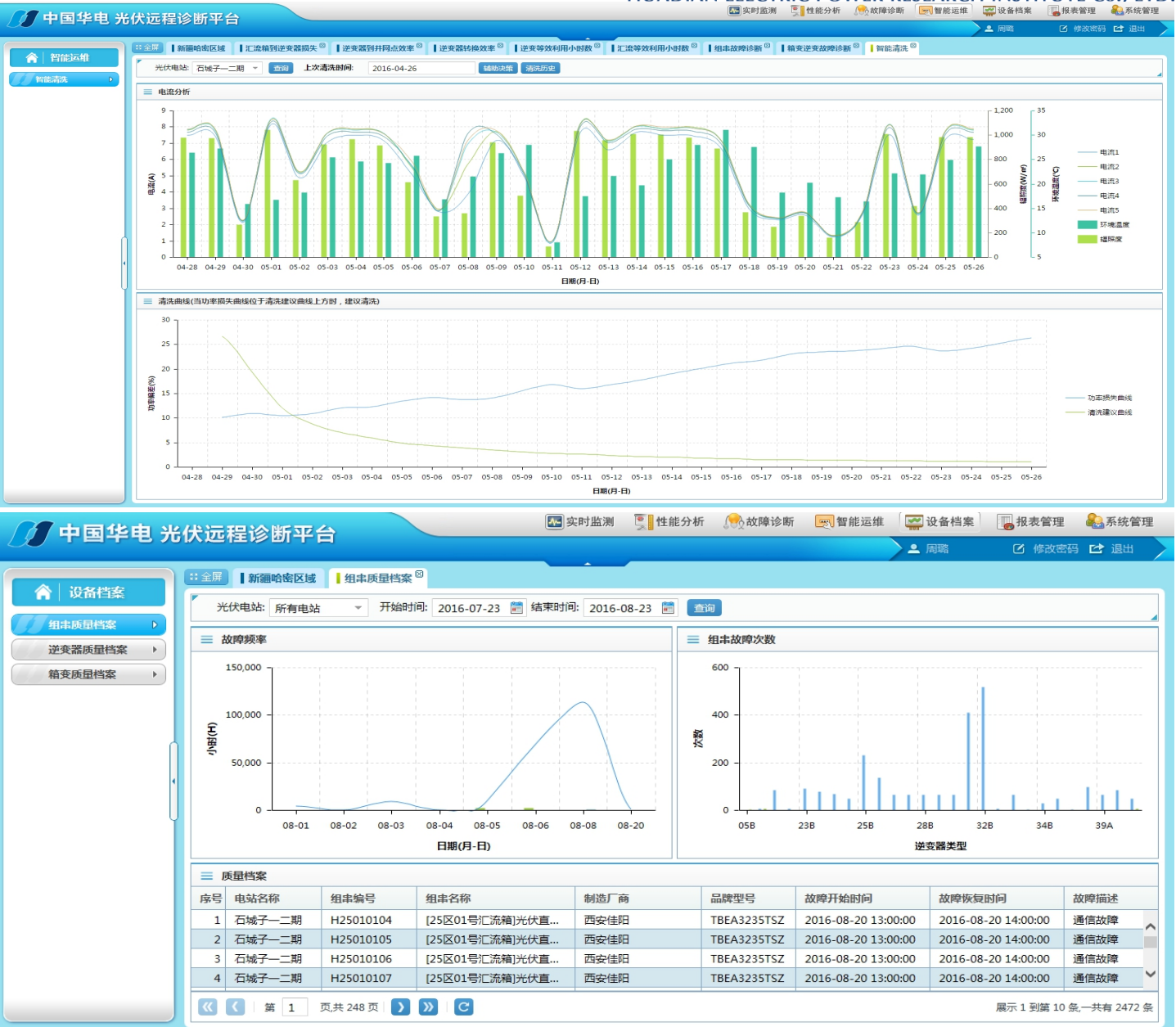
故障诊断包括：

- 1) 通讯故障；
- 2) 组串电流电压异常；
- 3) 逆变器故障、效率偏低；
- 4) 箱变故障、温度异常等。

阵列清洗决策：根据电流、电压变化趋势，分析组件最佳清洗节点，辅助运维工作。

设备档案：建立组串、逆变器、箱变故障信息、消缺信息、故障次数（频率）等在线记录。

报表管理监督：根据生产运维需求，对生产性能信息集中收集分析，使性能统计智能化程度提升。



应用效果:

- ✓ 系统2015年试运行，即诊断出2000块特变电工问题组件。在项目出质保过程中，要求特变针对问题组件进行了免费更换，组件价格为1000元/块，为石城子光伏电站直接挽回经济损失200万元。
- ✓ 问题组件更换后，消除了问题组件发电量偏低等问题，提高了电站经济效益，截至2018年底，产生经济效益405万元。
- ✓ 截至目前，平台针对石城子一二期、石城子三期、力诺、东方民生4个光伏场站（60MW），共诊断出2370个光伏组串存在电流偏低现象，按照90%准确率（2015年验证结果）进行分析，共有2100个光伏组串电流较正常组件偏低20%，按年1500小时计算，问题组串每年少发900kWh，2100个组串每年少发189万kWh，按照1元/kWh计算，即为189万元/年。

基于光伏电站结构层级化特点，优化了数据筛选与分析结构，增加了设备健康状态、运行趋势分析等功能，并对原有功能进行了进一步复核修正。



4.2.1 故障分类细化

- 本级功能性故障：逆变器电气等设备自身故障；
- 本级所覆盖的下级的故障比率：某组串故障。
- 对各层级设备的故障比率、台次以及程度等进行评价诊断，反馈状态监测与性能诊断数据。
- 根据故障细类，有针对性运行性能分析与故障诊断功能



4.2.2 性能分析

- ◆ 场站及并网柜发电量、能效分析，分析低功率区块；
- ◆ 汇流箱（组串）运行数据分析，排查低功率组串并定位；
- ◆ 逆变器级电量、能效分析，分析与定位性能偏低设备



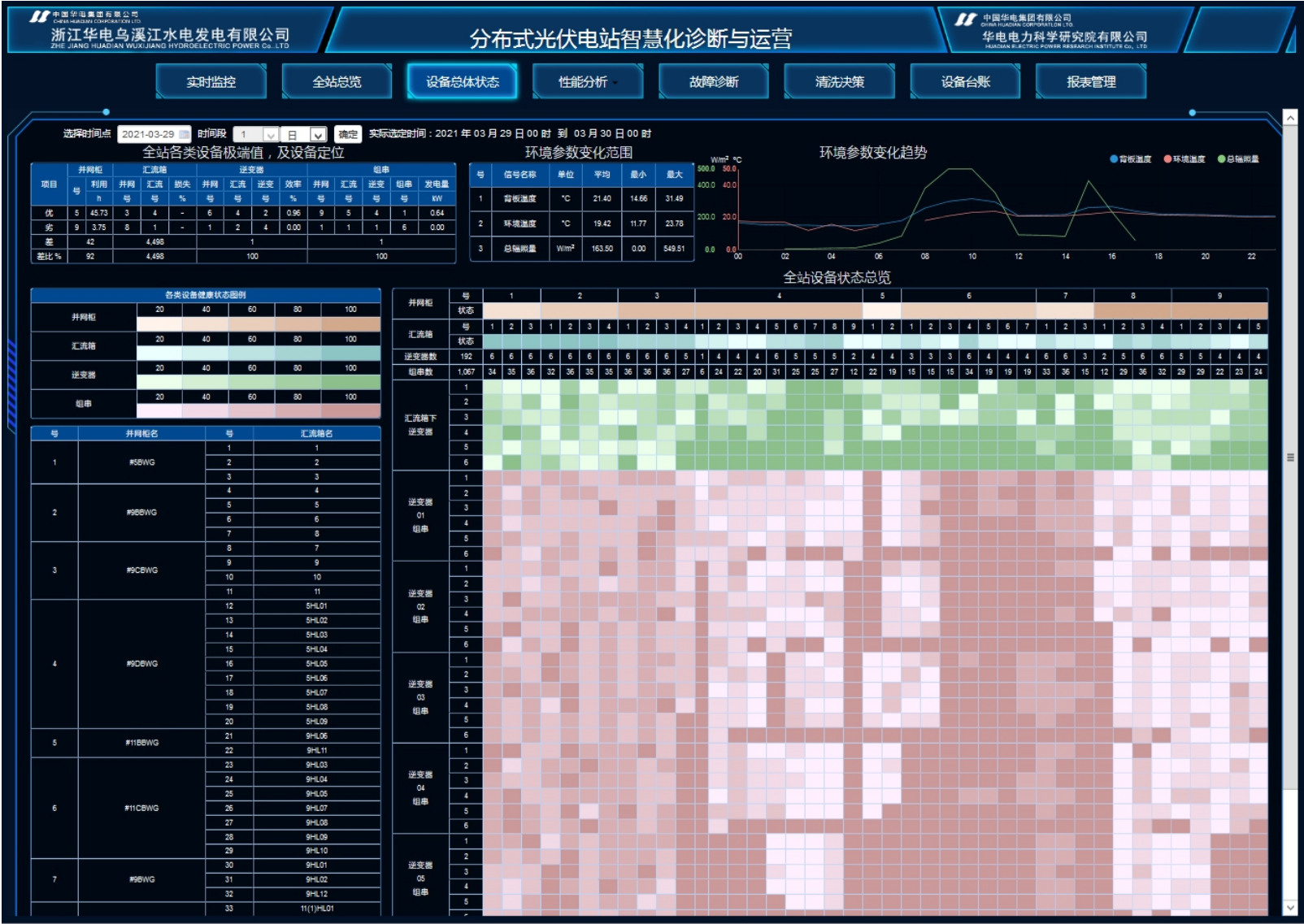
并网柜级分析页面



组串及逆变器级分析页面

4.2.3 设备运行状态的智能可视化监测

- ◆ 采用“颜色”变化区分不同性能状态的设备；
- ◆ 制定色彩深度与设备故障严重程度的评分制算法，对不同的设备层级可通过利用小时数、效率、功率等多维度指标进行评价；
- ◆ 对设备位置信息进行矩阵化编号，便于运维人员对应“颜色”查找。



4.2.4 故障诊断

对组串、逆变器、并网柜等各级别故障信息进行表格化预警提示，便于查找与处理。

中国华电集团有限公司
浙江华电乌镇水电发电有限公司
ZHEJIANG HUADIAN WUXIJIANG HYDROELECTRIC POWER Co., LTD.

分布式光伏电站智慧化诊断与运营

中国华电集团有限公司
华电电力科学研究院有限公司
HUADIAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE Co., LTD.

实时监控

全站总览

设备总体状态

性能分析

故障诊断

清洗决策

设备台账

报表管理

选择时间点: 2021-03-29 时间段: 1 日 确定 实际选定时间: 2021年03月29日00时到03月30日00时

组串开路

故障名称	故障日期	数据信息	详细信息
5 Page 0 of 0			

组串性能偏低

故障名称	故障日期	数据信息	详细信息
组串电流低	2021-03-29	03265ZCI_TEMPRA/G_1D	查看
组串电流低	2021-03-29	06424ZCI_TEMPRA/G_1D	查看
组串电流低	2021-03-29	06623ZCI_TEMPRA/G_1D	查看
组串电流低	2021-03-29	03266ZCI_TEMPRA/G_1D	查看
组串电流低	2021-03-29	06454ZCI_TEMPRA/G_1D	查看

5 Page 1 of 2

区域性能偏低

故障名称	故障日期	数据信息	详细信息
并网柜利用小时数低	2021-03-29	09000EOH_ANALOGMUL_1D	查看
并网柜利用小时数低	2021-03-29	08000EOH_ANALOGMUL_1D	查看

5 Page 1 of 1

4.2.5 清洗决策

延续了哈密项目清洗决策功能亮点，为项目清洗运维提供辅助。



- 目的：从数据中找到运行规律；从运行历史中，发现期望的运行轨迹，指导运维消缺。

- 设计中的理论计算
- 历史数据拟合模型
- 同类数据间比较

■ **绘制设备状态趋势包络线，以发现设备运行的典型规律。其优势在于：**

- 判断数据运行范围
 - 反映运行指标的分散程度
- 确认典型设备特性在整体范围中的位置
 - 是否运行在指标高点、低点
- 运行包络范围的面积变化
 - 窄：稳定；宽：不稳定



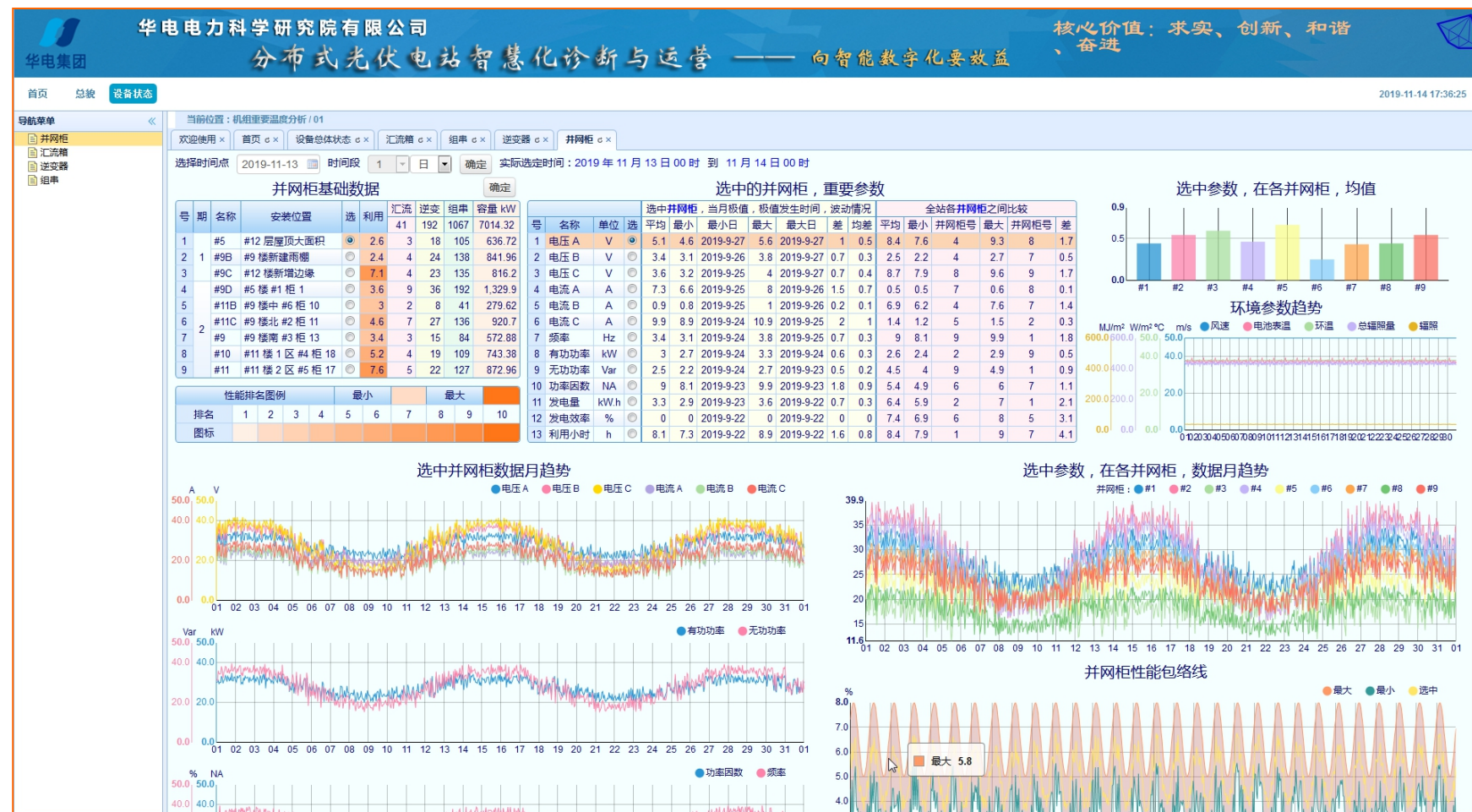
本设备特征的极端值和极端值发生时刻

同层及设备极端值范围 和发生点

不同层级，同类设备包络线

4.2.7 能效对比

- ◆ 电站整体运行数据的同比、环比分析；
- ◆ 对同一层级内设备数据的对比分析，突出差值；
- ◆ 对同一设备不同时间阶段数据的对比，寻找故障点；
- ◆ 通过趋势线或包络线，寻找系统整体性能降低时故障集中在何种设备或层级。



4.3 建设成本分析

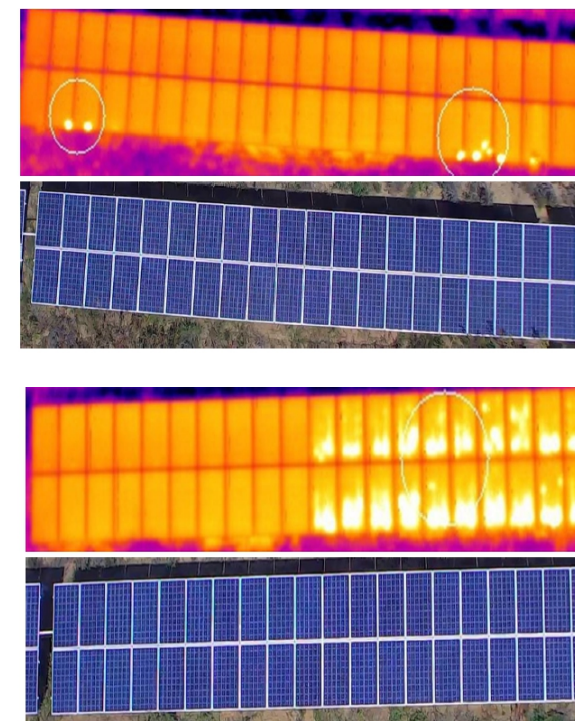
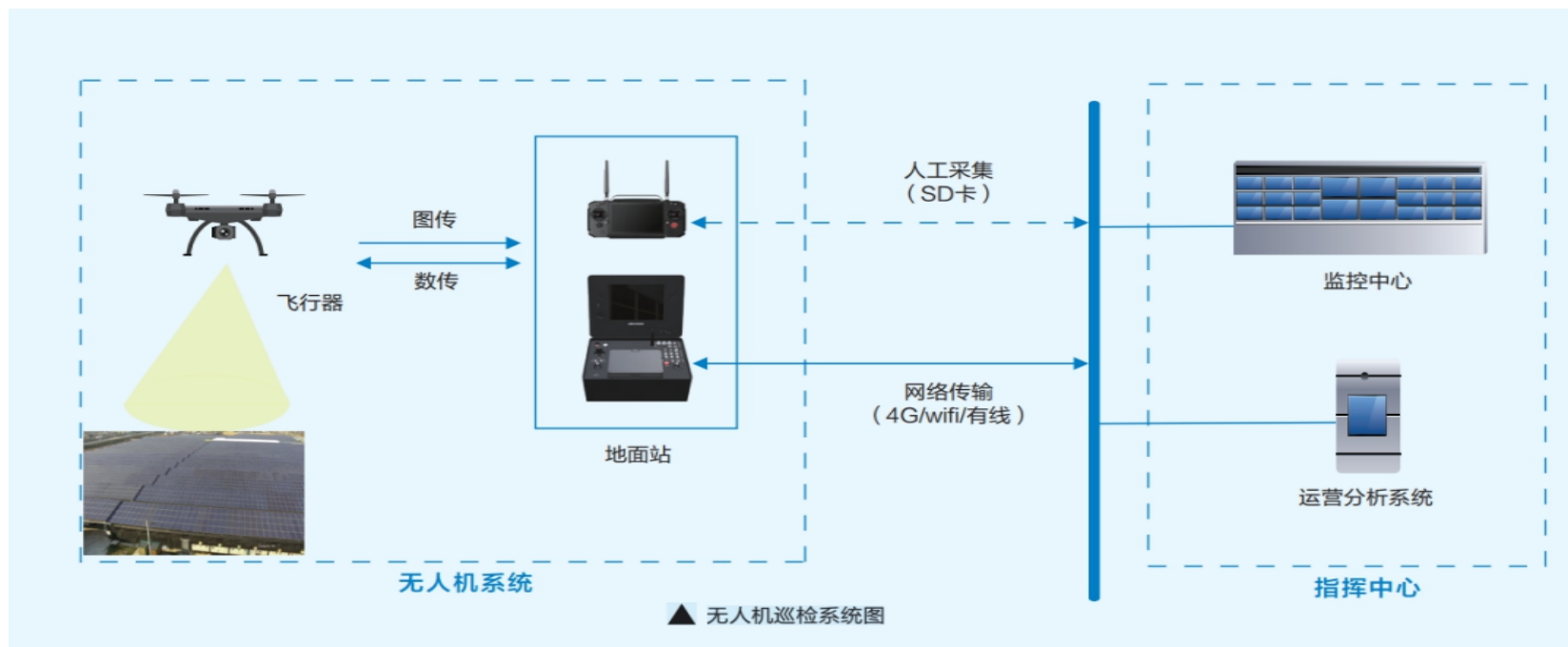
◆ 以某100MW光伏电站为例，建设光伏智能运维系统，费用预算为123.6万元。其中硬件费用为23.6万元，软件费用为75万元，算法设计费用为25万元。

序号	项目	型号参数	单位	单价	数量	总价	备注
				(万元)		(万元)	
1	存储服务器	SR650 CPU4116*2, 64G内存, SAS硬盘600G*3, 730-811G/标准4端口以太网端口/550W*2/外置DVDRW/导轨/HBA卡/提供三年免费原厂人工、部件、7×24小时原厂服务, 操作系统Windows Server 2012	台	6	1	6	
2	磁盘阵列	双控制器 8Gb光纤接口 6块600GB 15K SAS 3.5英寸; 含2套ROSE HA for Windows; 含光纤跳线; 含3年7×24小时售后服务	台	1.8	2	3.6	
3	正向隔离装置	HRWALL-85M-II	台	1	1	1	
4	应用服务器	ThinkSystem SR850: 2颗Intel Xeon 5218CPU (16核 2.3G)、64G内存、2块1.2T 10K硬盘 Raid1、冗余电源、2U机架型、Win server 2012	台	6	1	6	
5	数据采集与数据传输装置	IPC工控机 I5-3470/4G/1T*2 Raid1/DVD/键盘鼠标/双网卡	套	1	2	2	
6	清洗机器人		台	2.5	2	5	
硬件合计 (万元) :					23.6		
13	实时数据库	国产智捷10万点	套	47	1	47	不使用华电商城设备可降低该项投资
14	数据测点配置	数据测点配置	套	8	1	8	
15	系统功能开发	智能运维平台开发	套	20	1	20	
软件合计 (万元) :					75		
16	系统算法设计		套	25	1	25	
算法开发合计 (万元)					25		
总计 (万元) :					123.6		

- ✓ 发电量增益。及时进行故障或事故报警，指引维护人员通过及时维护，保障发电系统能效与出力，同时避免光伏发电设备未来出现大的故障停机或损毁；
- ✓ 降低运维成本。基于设备健康状况诊断及运行趋势预警的预防性维护，减少故障频率和维修次数，预计实现每5万千瓦的运维人员数量减少30~40%；同时，通过数字化的备品备件管理、营销管理和财务管理，制定更优化的安全库存，优化运营费用减少不必要的流动资金的支出。
- ✓ 数字光伏建设与应用后，预计实现设备运行可利用率不低于98.5%的运行目标，实现发电系统系统效率保障不低于80%；平均设备故障修理间隔时间小于5个工作日的目标；实现所有运维工作覆盖率不低于95%；实现预防性维修占比大于50%的流程规范目标；
- ✓ 有助于实现突破多机型、大规模、广地域等困难，全面实现专业化、集约化、信息化的光伏运维体系，提升集团公司新能源运维核心竞争力。

5.1 智能巡检工具

对百MW及以上规模光伏电站，采用智能无人机平台搭载高清可见光与红外热成像设备，通过高精度巡检路线定位（GPS或北斗导航）与实景图像拼接技术，实现光伏场区红外热成像图像与可见光实景智能巡检与智能分析，提高电站运维效率，保障组件正常运行。且无人机监控系统与数据分析系统可与数字光伏系统融合，集成开发，形成一体化系统。



5.2 智能运维工具

基于数字光伏系统的清洗决策系统，引入智能清洗设备，降低清洗人工成本，缩短清洗周期，保障光伏组件清洁，避免灰尘遮挡损失与缓解组件局部热斑问题。

新疆区域100MW光伏电站案例：

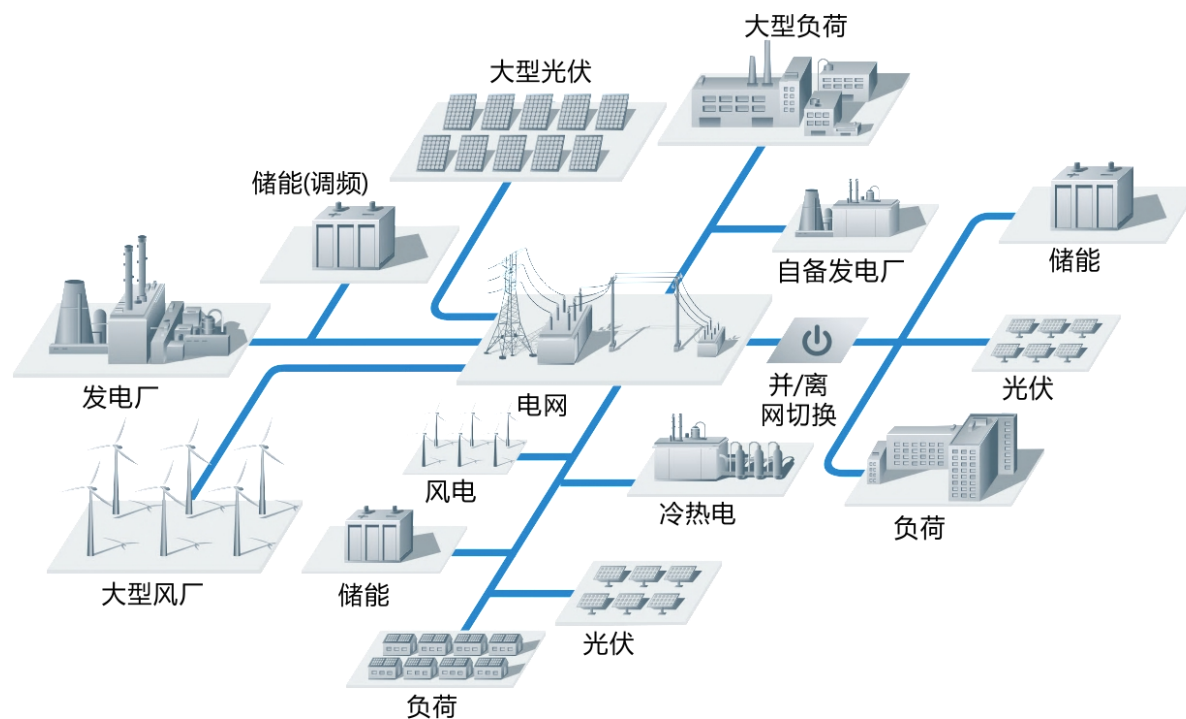
智能清洗工具在基建期同步投入，阵列支架设计考虑清洗轨道等要求。边界条件包括：

- ❑ 智能清洗设备投资0.05元/W
- ❑ 利用小时数1500h
- ❑ 电价0.25元/kWh
- ❑ 灰尘遮挡损失平均约3%

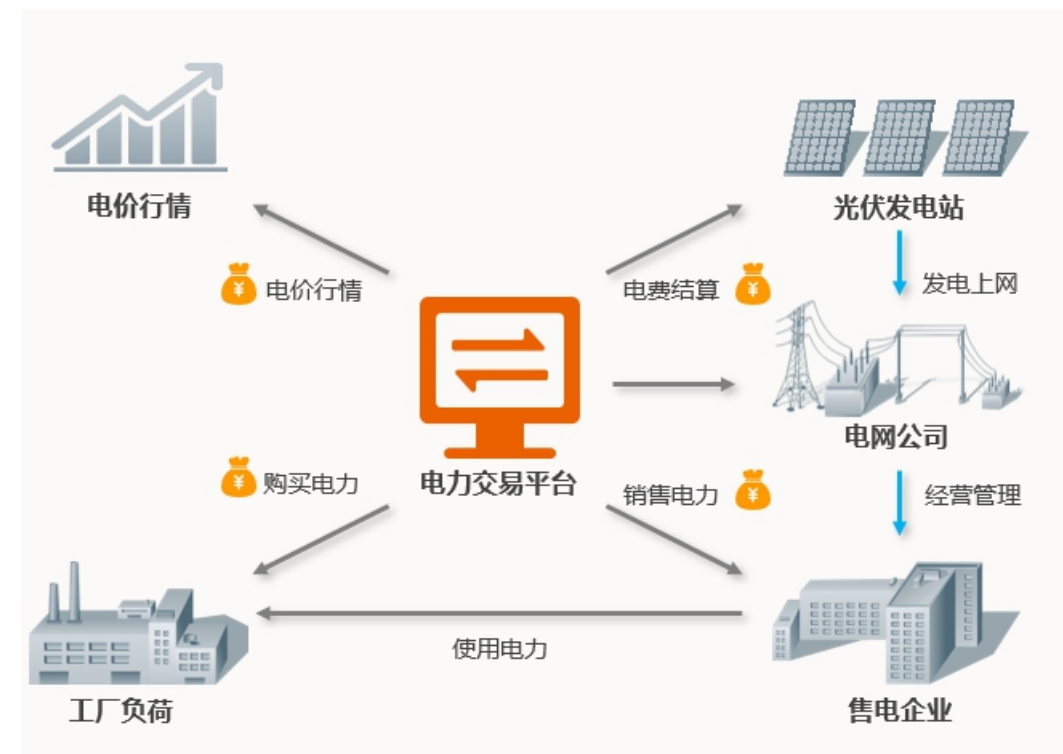
则设备总投资500万元，每年发电量增益的收益为112.5万元，投资回收期约4.4年。如在生产期进行技改建设，则由于支架改造等导致造价上升为约0.1元/W，投资回收期将延长一倍。



5.3 光伏系统复杂化条件下，搭建数字化、智慧化能源管理系统



光储一体化及大型综合能源基地

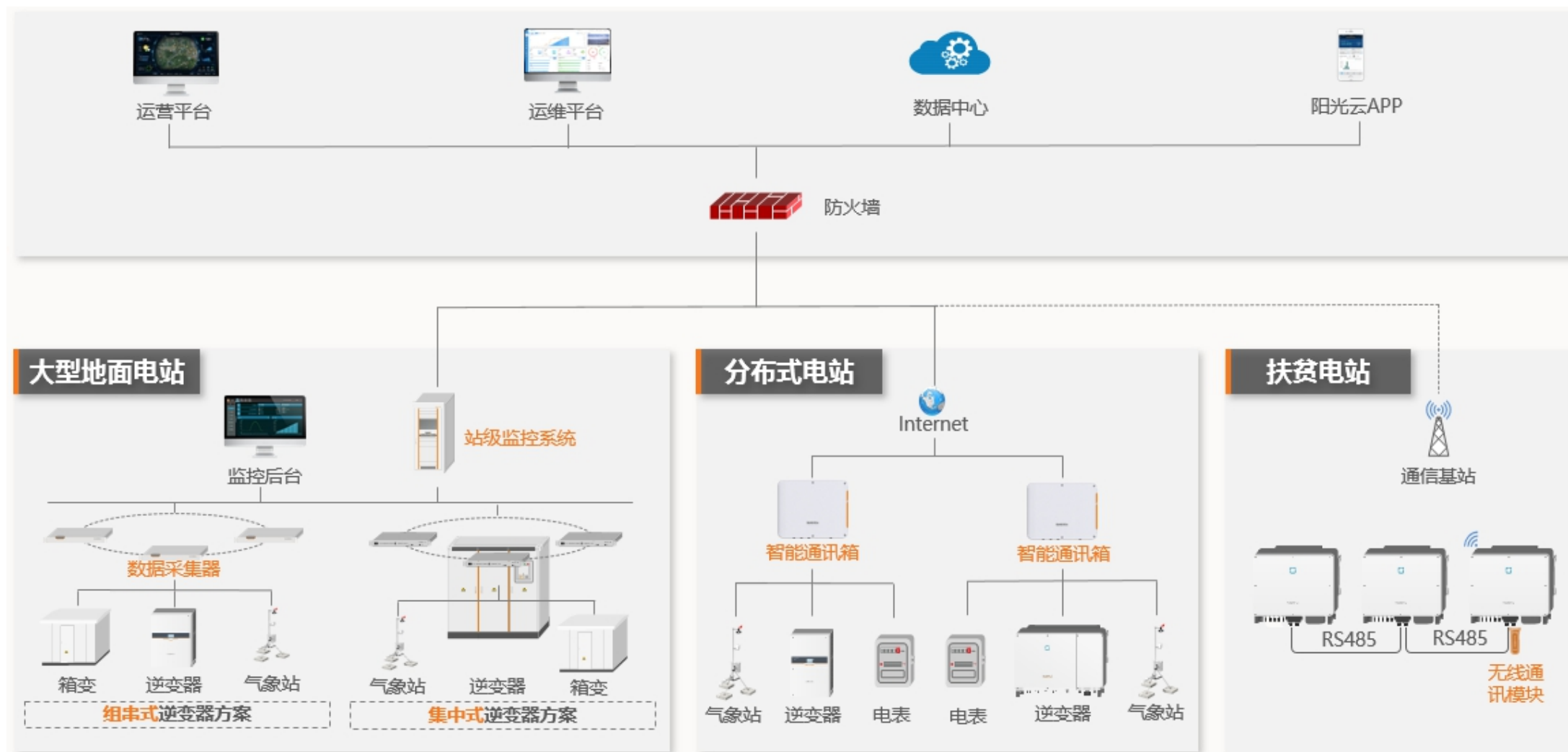


新型电力系统交易模式的推广

5.3.1 基本结构

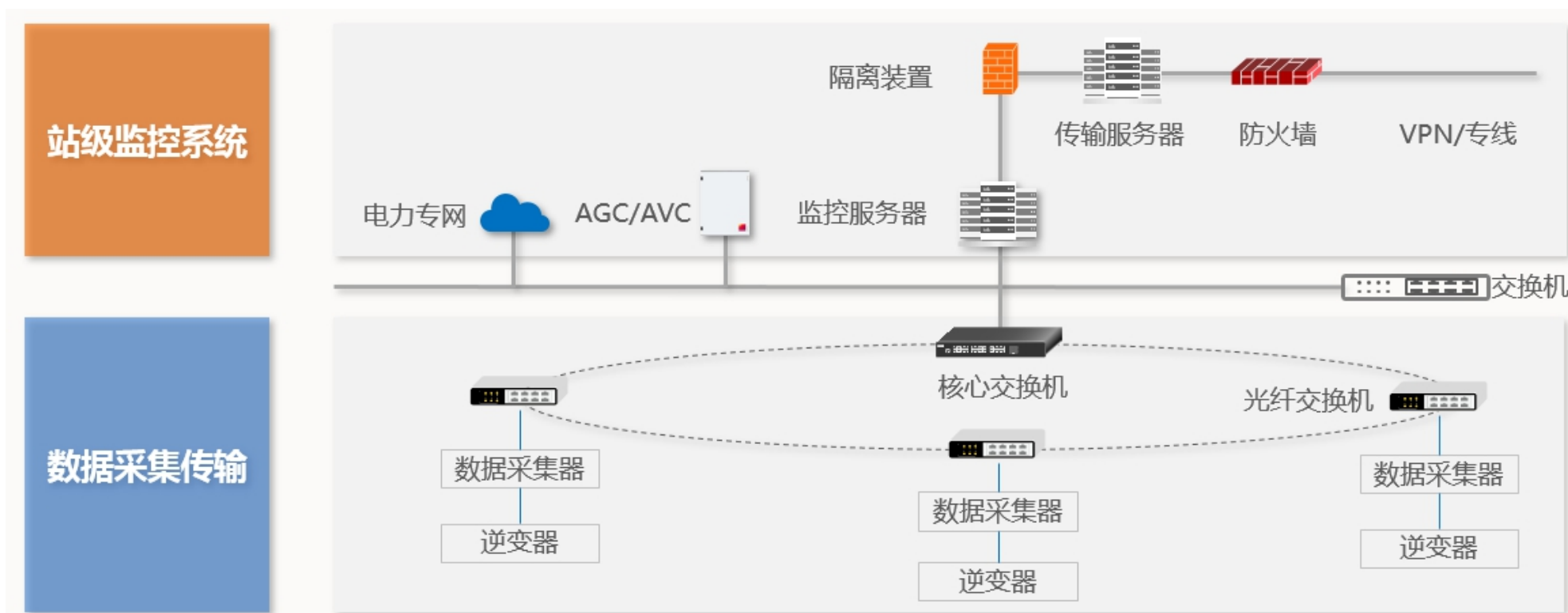


5.3.2 设备层支持多类型电站/多种设备接入

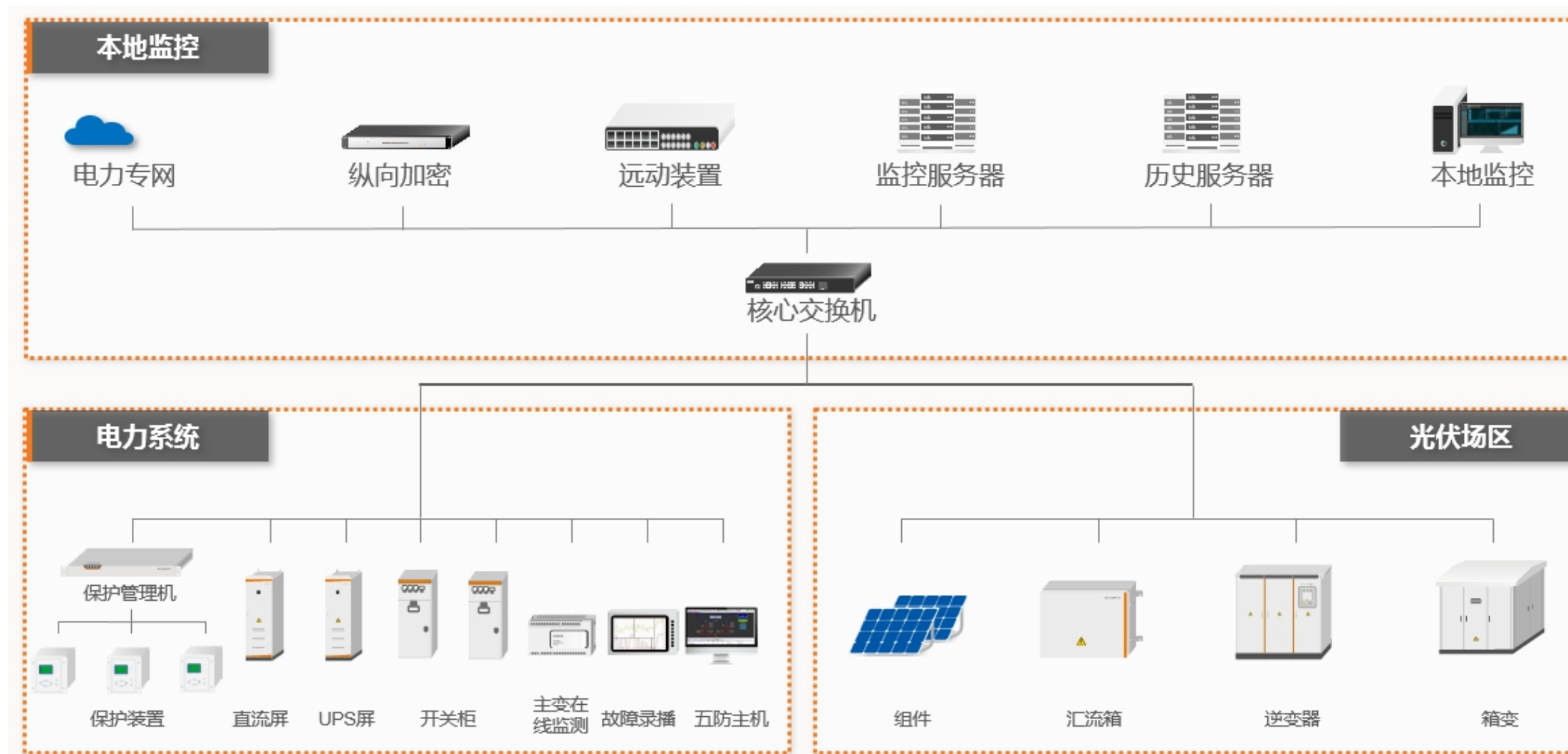


5.3.3 传输层统一通讯协议和接口，遵守电力系统运行规范

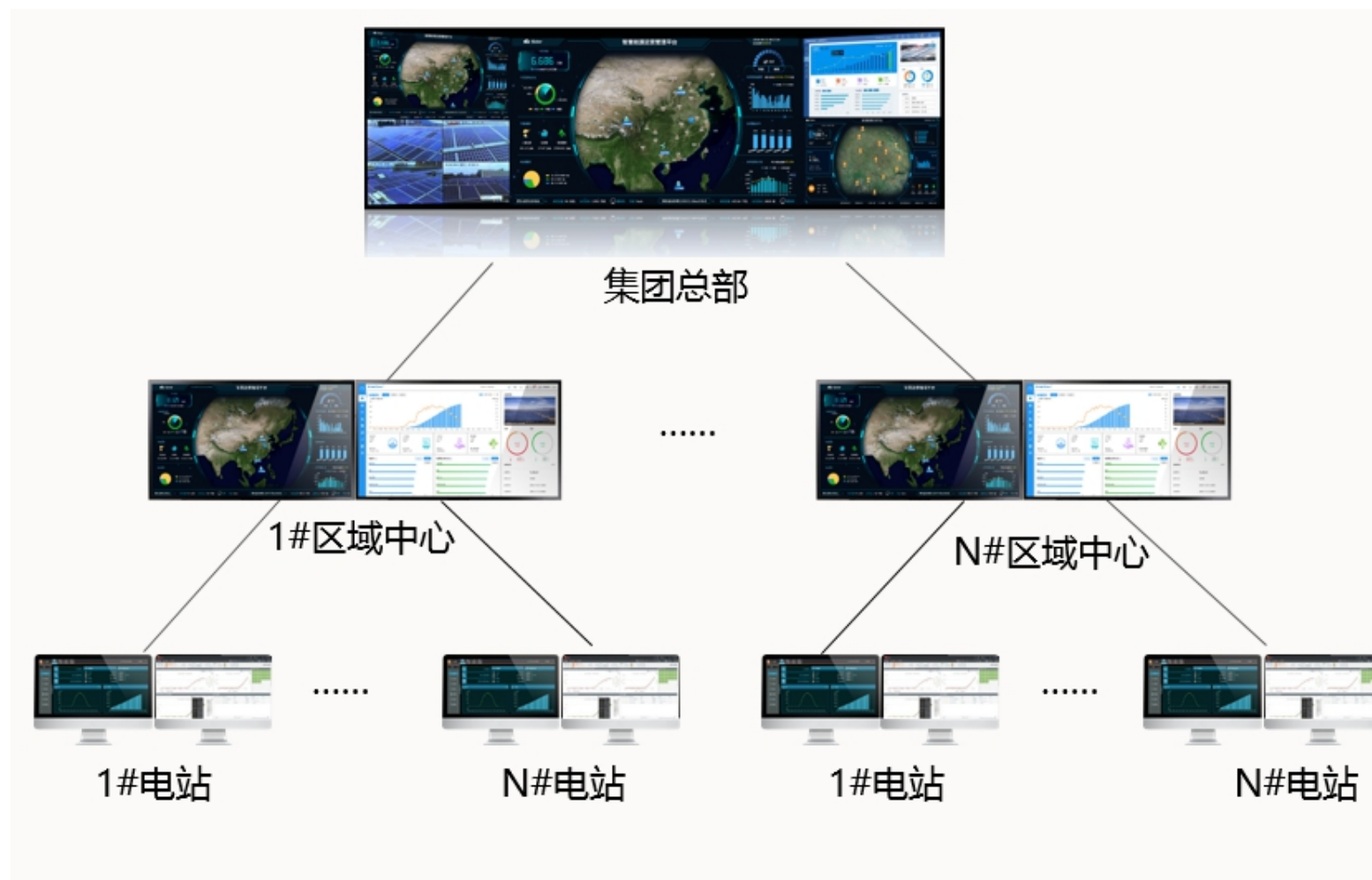
- 协议统一：基建期即统一多个设备之间通讯协议，统一通讯接口
- 通讯稳定：大型电站采用光纤环网或基站通讯，分布式电站4G/5G通讯为主
- 传输安全：加装隔离装置，数据单向传输，遵守电力系统运行规范



5.3.4 电站本地监控与电力监控统一



5.3.5 多级监测与对标管理（与现阶段方案最终目标一致）



第1级集团运营管理平台

指标：

- 大规模电站接入
- 集团电站上网电量
- 单瓦发电成本
- 社会贡献数据

第2级区域管理中心

指标：

- 区域管理
- 分级管理
- 综合管理

第3级光伏电站本地监控

指标：

- 单个光伏电站PR
- 逆变器加权效率
- 数据展示与分析



谢谢！

求真 务实 专业 纯粹

华电电力科学研究院有限公司 魏超

TEL: 15088688584

E-MAIL: chao-wei@chder.com