



逆变器与跟踪支架智能联控技术 SDS（智能跟踪算法） 白皮书

国家能源风能太阳能仿真与检测认证技术重点实验室、
北京鉴衡认证中心、华为技术有限公司联合发布

2020年11月



前言

目前，华为技术有限公司（以下称“华为”）开发的逆变器与跟踪支架智能联控技术（智能跟踪算法，以下称“SDS”（Smart DC System））已进入规模化应用阶段，为证实 SDS 的技术性能和应用效果，受华为委托，北京鉴衡认证中心（以下称“鉴衡”）对该技术及其应用效果进行了全面评审和验证。根据评审和验证结果，**国家能源风能太阳能仿真与检测认证技术重点实验室**、鉴衡和华为联合发布“逆变器与跟踪支架智能联控技术 (SDS) 白皮书”。本白皮书较为详尽地介绍了 SDS 的开发背景、技术特点及应用效果，以便于业界全面、深入地了解该项技术。



01

技术开发背景

持续提高光伏发电系统效率是行业不懈追求，其中，设备端以提高组件光电转换效率及降低其他设备的能量损耗为主攻方向；系统端以提高组件斜面接收辐射量及降低各类效率损失为主要目标。

近些年，设备端提效成果显著，但空间在收窄，业界已开始将提效重点转移到系统端，以提高组件面接收辐射量为

目标的各类技术应用比例在加大，特别是跟踪技术。图 1-1 为国内第二批和第三批光伏领跑者基地（部分）跟踪支架应用比例对比。对比看，第三批领跑者项目，跟踪支架的应用比例明显增加。另外，从整个跟踪器市场看，根据 GTM 发布的数据，相较于前一年，2017 年、2018 年、2019 年，出货量分别增长 34%、36%、66%；2019 年，全球跟踪器的出货量在 35GW 左右。

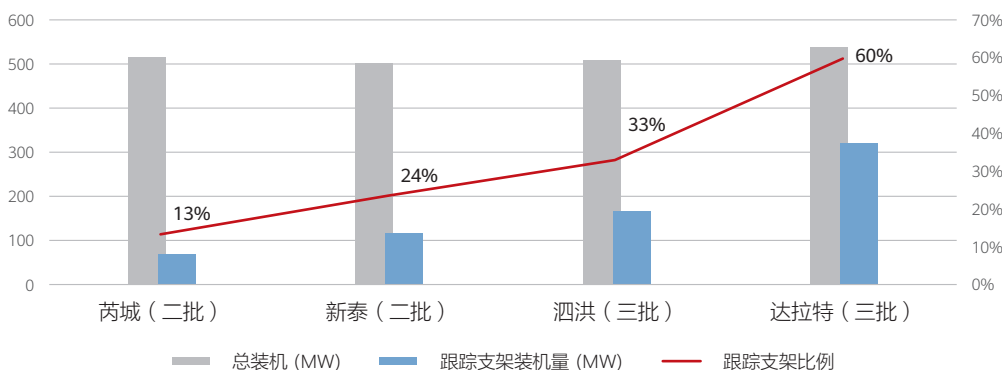


图 1-1. 第二批、第三批领跑者基地（部分）跟踪支架应用规模和比例对比

跟踪支架已有较长的应用历史，但实际应用中存在以下问题：

1) 多数跟踪系统算法由支架厂家提供，主要采用传统的天

文算法，未充分考虑地形条件、早晚时段和天气变化的影响。由于角度控制问题，会导致部分时段和特殊天气条件下的发电量损失，见图 1-2、图 1-3 给出的示例。

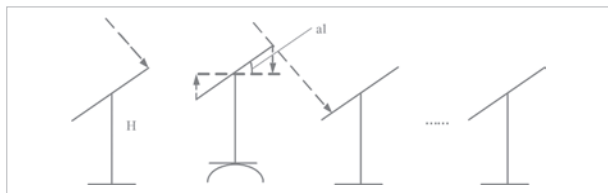


图 1-2. 特殊地段和早晚时段阵列间遮挡示例

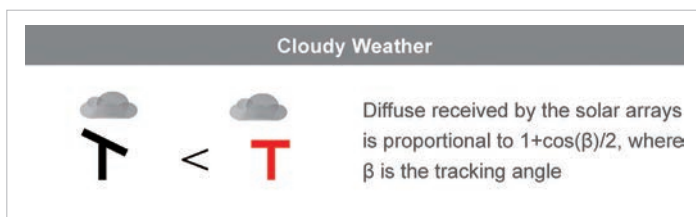


图 1-3. 阴天，不同角度斜面接收辐射量差异图示

- 2) 针对常规天文算法中存在的问题，业内开始采用反向跟踪技术，但由于支架角度控制相对独立，未与组串或控制单元的 IV 感受或变化实现联动，无法实现精细化调节或精准控制。
- 3) 近两年，跟踪支架与双面发电技术结合已成为主流形式之一。此种类形的系统，更需要根据外部条件变化，动态调整控制策略。图 1-4 为从鉴衡内蒙实证系统（平单

轴、双面发电）为期 3 个月的监测数据中，随机选取 15 天，正面和背面日累积辐射量的对比分析。从图 1-4 可以看出，受天气影响，正面和背面接收辐射量比值变化很大，特殊天气条件下，背面日累积辐射量甚至高于正面辐射量，意味着，对双面跟踪发电系统，需要根据天气条件，动态优化和调节组件对日角度，达到控制单元输出最佳化。

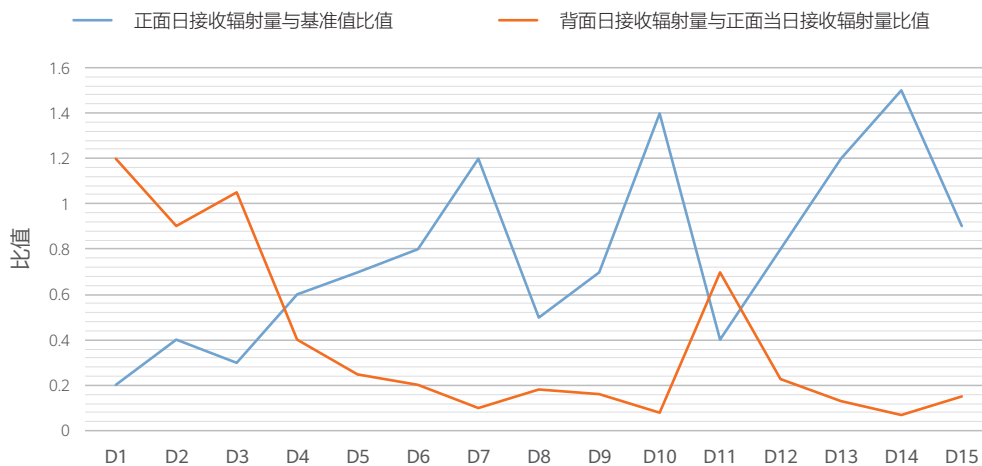


图 1-4. 正、反面日累积辐射量对比（平单轴）

如前所述，随着可靠性及性价比的提高，跟踪支架，包括跟踪与双面结合发电形式的应用比例会逐步提高，针对跟踪支架应用中存在的问题，采用大数据及 AI 技术，逆变器

与支架控制联动寻优，进一步提高跟踪支架的增发效果，已成为跟踪技术的发展方向之一。



02

技术说明

图 2-1、图 2-2 分别为 SDS 的系统框图及算法设计和角度寻优逻辑框图。

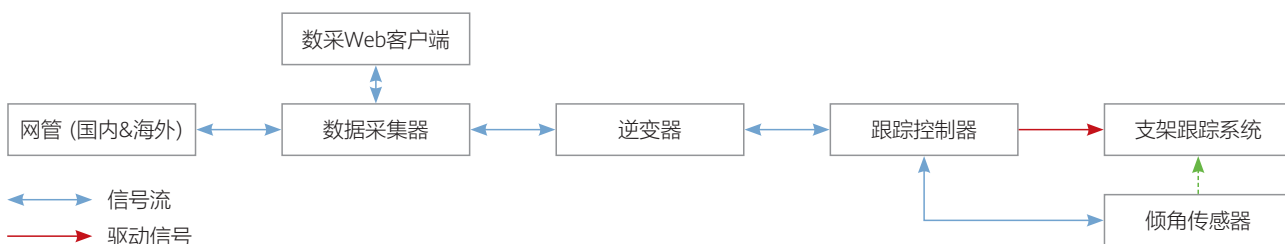


图 2-1. SDS 系统框图

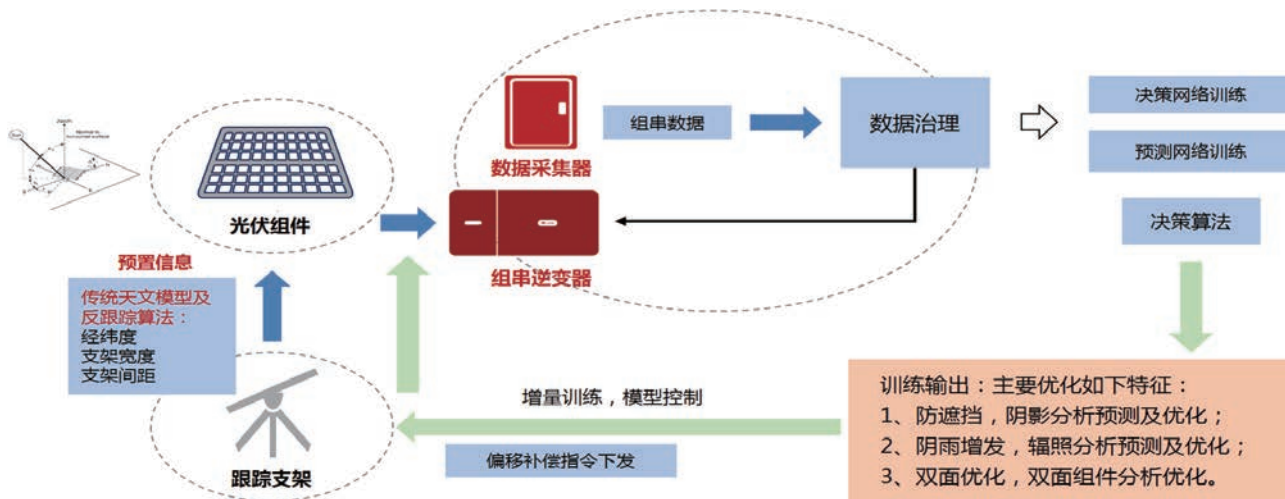


图 2-2. 算法设计及角度寻优逻辑框图

华为开发的 SDS 技术具有以下特点：

- 1) 逆变器与跟踪支架控制系统联动、闭环控制，保持系统在组件受光量最大、功率输出最佳的状态下运行；
- 2) 无需额外传感设备，摆脱人工和经验依赖，利用 AI 技术，

自动感知遮挡及天气变化信息，自动进行跟踪角度寻优和控制；

- 3) 采用无线通讯技术，通过逆变器集成跟踪支架通讯及供电功能，借助 MBUS 技术，减少跟踪支架供电和通讯线缆的使用。



03

技术评审和应用效果验证

为深入理解华为 SDS 技术现状和应用效果，2020 年 2 月~5 月，受华为委托，鉴衡组成验证小组，对华为 SDS 技

术进行了全面验证和评估。图 3-1 为验证评估过程和内容框图。

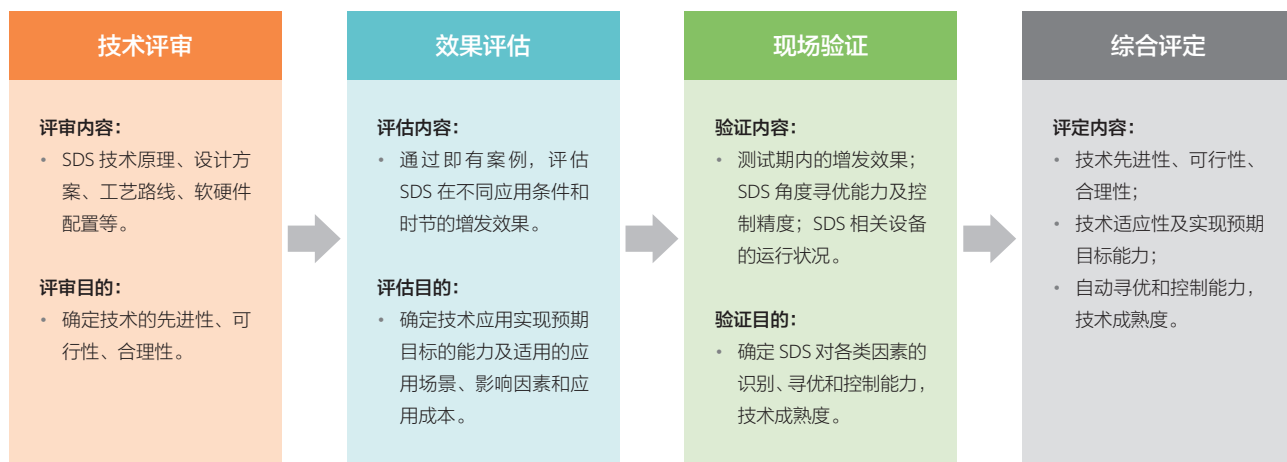


图 3-1. 验证评估过程和内容框图

3.1 技术评审

华为开发的 SDS 技术适用于跟踪形式的单面和双面发电系统。该技术综合考虑了不同时点及气象、地理和安装条件下，光照资源最大化利用和电能输出最佳化的影响因素，利用 AI 技术，通过逆变器 IV 感知及与支架控制单元的联动、闭环控制，进一步提升了跟踪系统的发电量。

通过评审，验证组认为：华为开发的 SDS 技术，遵循的技术原理清晰、明确，所采用的技术方案合理、可行，应用成本较低、增发效果明显。

3.2 长时间应用效果验证与评估

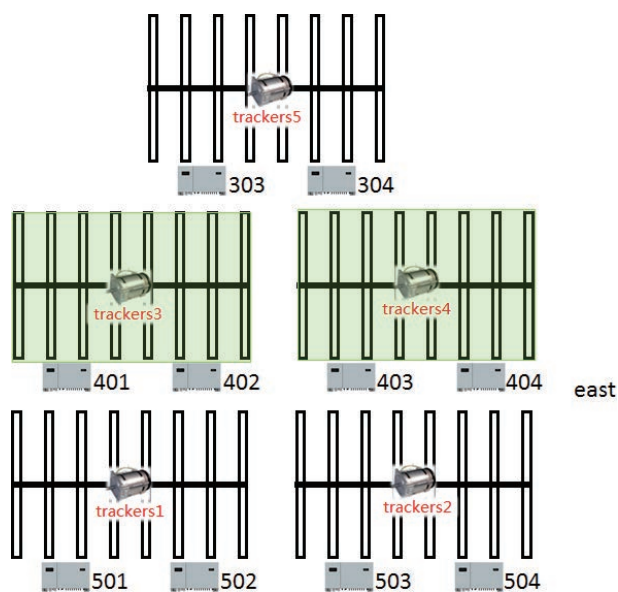
为验证 SDS 的应用效果，在华为 SDS 技术示范性应用的电站中，选择两个样本电站，进行了长时间跟踪验证。两座电站分别位于安徽濉溪县（以下称“电站 A”）、广西陆川县（以下称“电站 B”）。电站 A 采用双面平单轴跟踪系统，电站 B 采用单面平单轴系统。

“电站 A” 长时间应用效果验证与评估

图 3-2 为电站全景图，图 3-3 为验证方阵布局。



图 3-2. 电站全景图



注：编号为 503、504 的逆变器对应支架采用常规算法，编号 501、502、303、304 逆变器对应支架采用 SDS 算法。

图 3-3. 验证方阵布局

项目验证期为 2019 年 7 月至 2020 年 6 月，其中，2019 年 7 月为采用常规算法，不同方阵间性能偏差对比测试期，进行子阵基础发电量差异收集，作为参考基线；2019 年

8 月开始进行对比验证。图 3-5 为对比方阵各月度发电量对比；图 3-6 为经性能偏差修正后 SDS 方阵发电量提升比例。

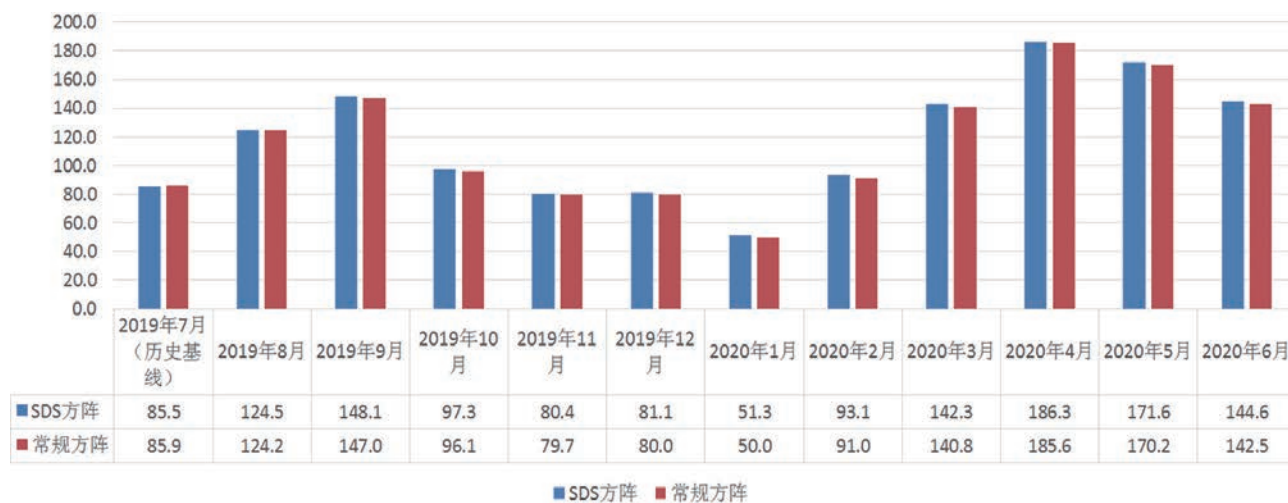


图 3-5. SDS 方阵和常规方阵月度利用小时数对比

月度发电量增发计算方法：

SDS 使用后子阵发电量 / 常规方阵发电量 - SDS 使用前基线发电量差异

整个验证期，使用 SDS 算法的方阵，发电量提升 1.50%。其中，2020 年 1 月份，阴雨天较多、散射比较高，SDS 方阵发电量提升 3.09%。另外，趋势上看，太阳高度角越小，散射光比例越大月份，增发效果越明显。

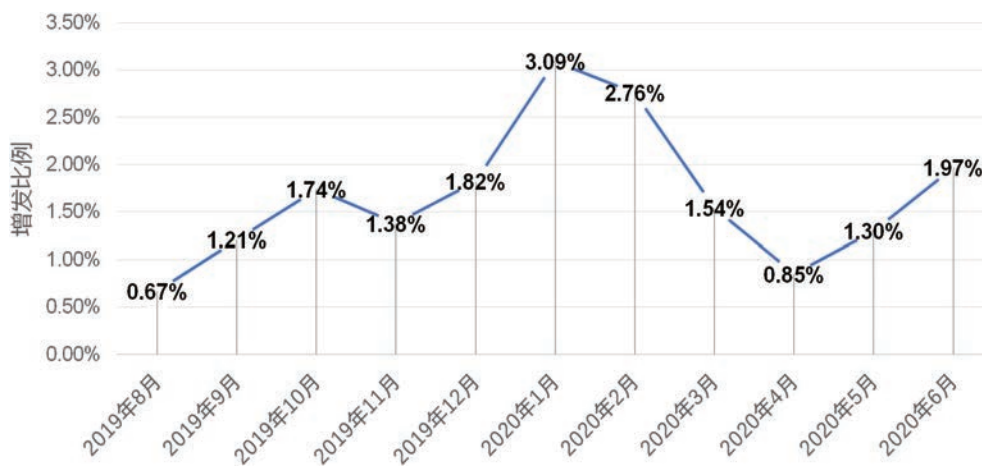


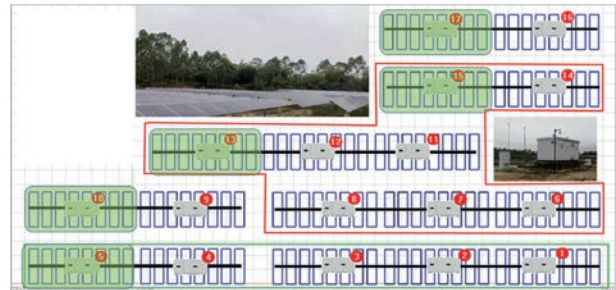
图 3-6. 与常规比较，SDS 月度增发比例

“电站 B” 长时间应用效果验证与评估

图 3-7 为电站全景图，图 3-8 为验证方阵布局。



图 3-7. 电站全景图



注：编号为 1、2、3、4、9、16 逆变器对应支架采用常规算法，编号为 6、7、8、11、12、14 逆变器对应支架采用华为 SDS 算法。

图 3-8. 验证方阵布局

验证期为 2019 年 4 月至 2020 年 6 月，其中，2019 年 4 月~6 月为采用常规算法，不同方阵间性能偏差对比测试期；2019 年 7 月开始进行对比验证。图 3-9 为对比方阵各月度

发电量对比；图 3-10 为经性能偏差修正后 SDS 方阵发电量提升比例。

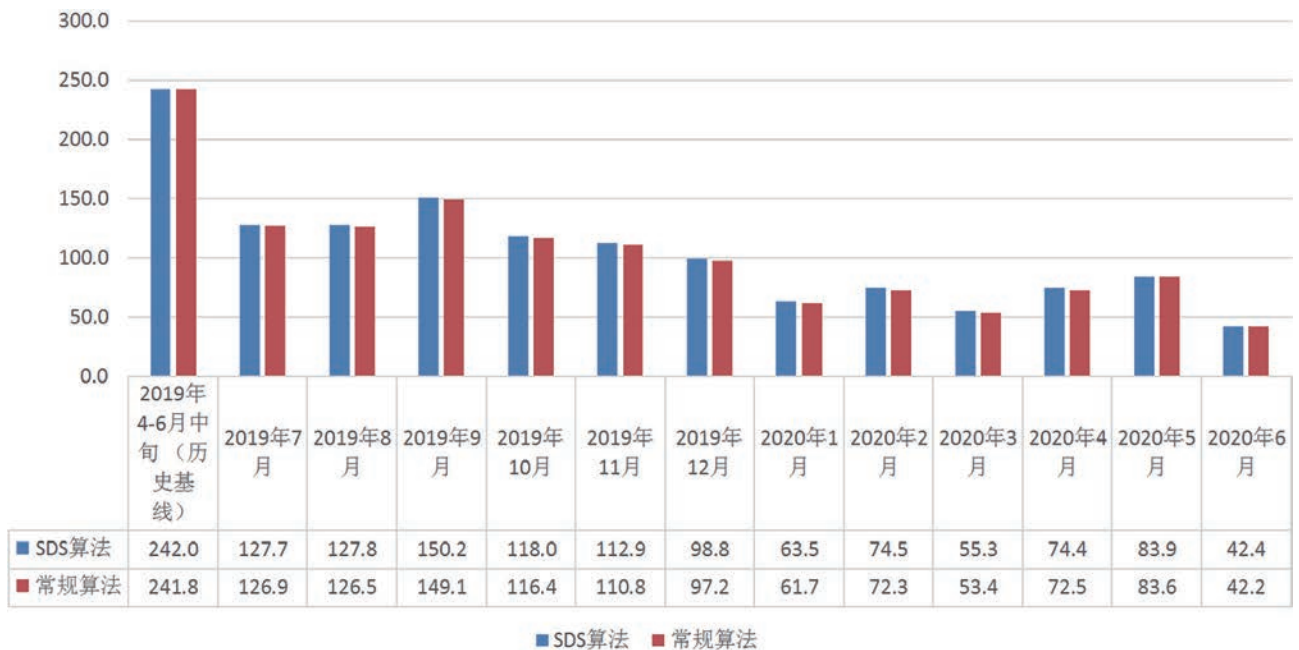


图 3-9. SDS 方阵和常规方阵月度利用小时数对比

月度发电量增发计算方法：

SDS 使用后 SDS 子阵发电量 / 常规方阵发电量 - SDS 使用前基线发电量差异

整个验证期，使用 SDS 算法的方阵，发电量提升 1.43%。其中，2020 年 3 月份，阴雨天较多、散射比较高，SDS 方阵发电量提升 3.58%。另外，趋势上看，太阳高度角越小，散射光比例越大月份，增发效果越明显。

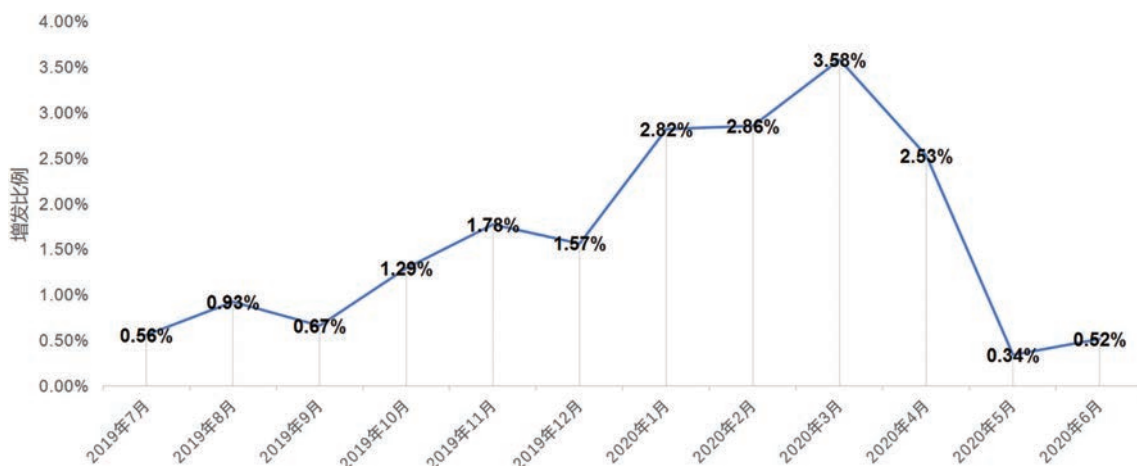


图 3-10. 增发比例

3.3 现场验证

为进一步核证 SDS 的增发效果和机理，基于“角度——辐照——运行电流——输出功率”的关联关系，选择前述“电站 A”，鉴衡派出检测组，于 2020 年 9 月 16 日~23 日，进行了增发因子现场对比性测试。

现场测试场景包括“晴、阴雨”2 种天气状况。下图为测试过程选择的样本单元。其中，红色标记为采用 SDS 的单元，黄色标记为常规单元。“场景 1”、“场景 2”中给出的结果选用“电机 5”（SDS）和“电机 2”（常规）的对比测试数据。



场景 1：晴朗天气

验证重点：SDS 针对阵列间时段性遮挡的控制策略及效果。

图 3-11 为当天天气状况及常规算法方阵阵列间、时段性遮挡图示。



图 3-11. 天气状况及阵列间时段性遮挡图例

图 3-12 为监测用辐照计安放位置图示。

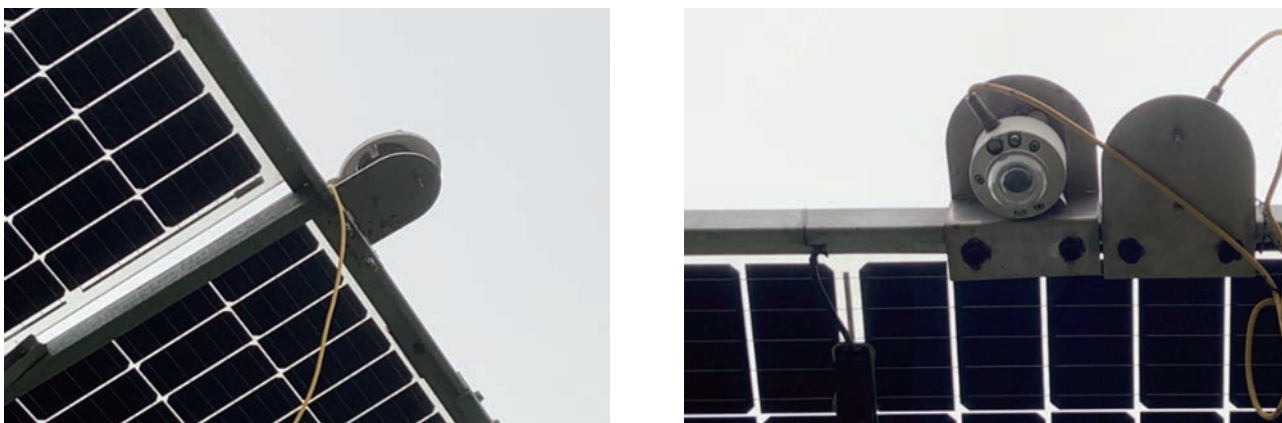


图 3-12. 辐照计安放位置图

图 3-13、图 3-14、图 3-15、图 3-16 为根据监测结果，给出的 18 日（整天）、SDS 方阵和常规方阵跟踪角

度、斜面辐照度（正面、背面合计）、方阵支路运行电流（均值）、方阵输出功率随时间变化情况对比。

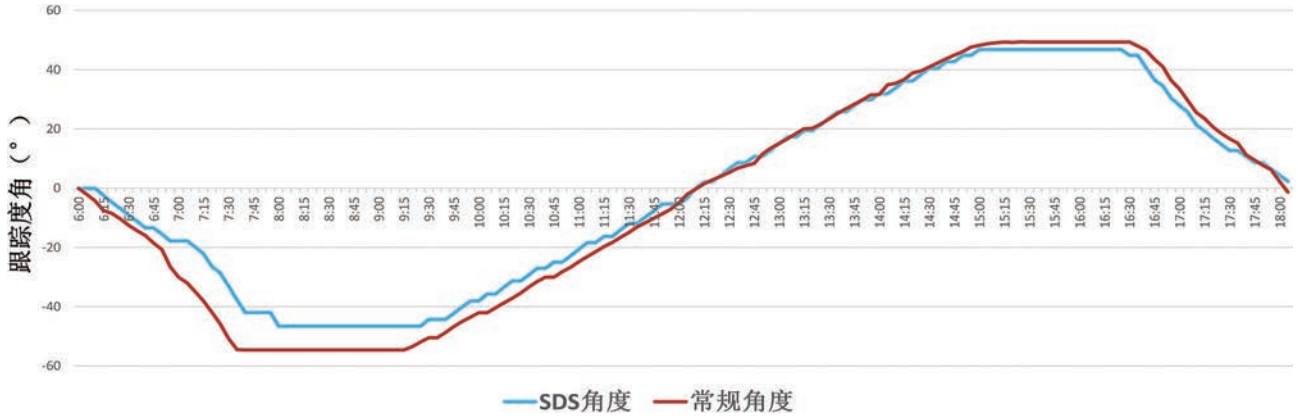


图 3-13. 支架跟踪角度对比

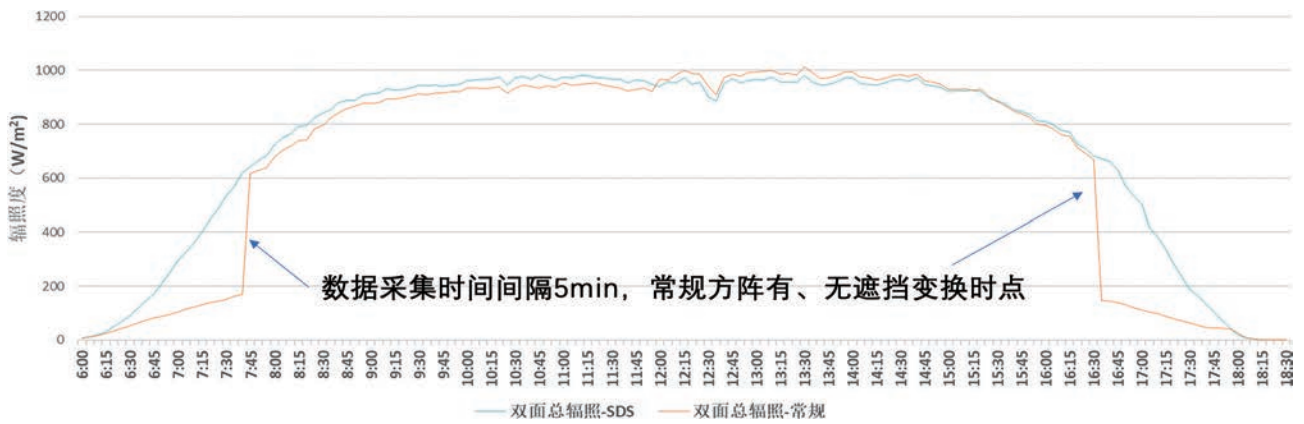


图 3-14. SDS 方阵及常规方阵辐照（正面 + 背面）对比

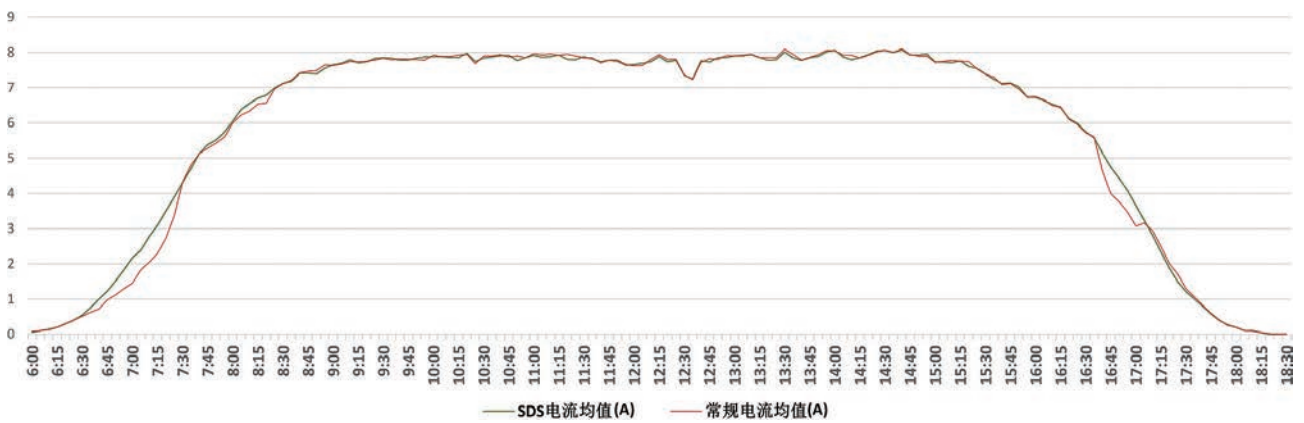


图 3-15. SDS 方阵和常规方阵运行电流（均值）对比

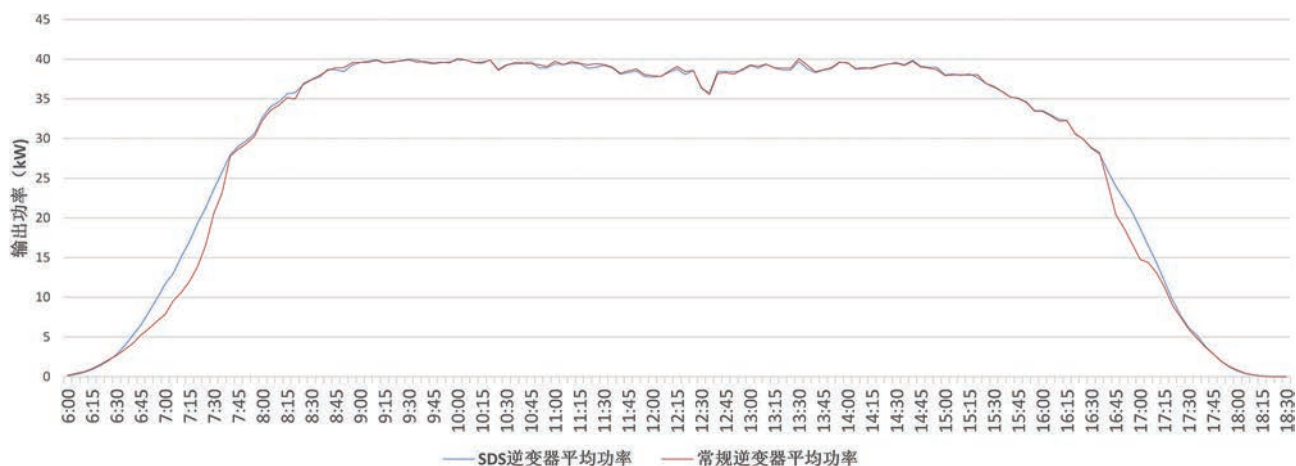


图 3-16. SDS 方阵和常规方阵逆变器平均输出功率对比

图中可以看出，早晚时段，SDS 通过跟踪角度的优化调整，规避了阵列间遮挡。与常规方阵相比，对应时段，SDS 方阵斜面辐照度、支路平均运行电流、方阵输出功率均有所提高，且不同参数间的变化高度吻合，说明晴朗天气条件下，SDS 通过跟踪角度的优化调整，可提高斜面接收辐照度，进而达到提高组串运行电流及方阵输出功率的效果。

图 3-17 为当天 SDS 逆变器和常规逆变器累计发电量对比，根据统计结果，全天 SDS 方阵发电量增益率为 1.58%。其中，启机至上午 9:00，发电量增益率为 6.86%；下午 16:30 至停机，发电量增益率为 11.69%。意味着晴朗天气下，发电增益主要体现在早、晚时段。

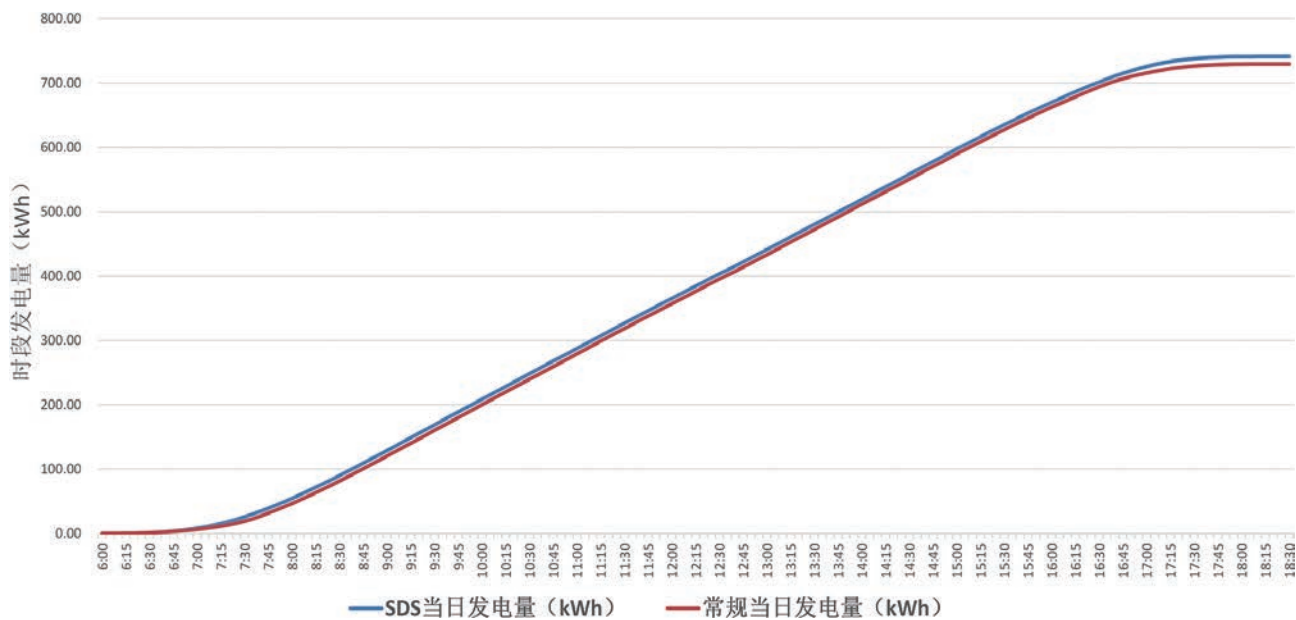


图 3-17. SDS 方阵和常规方阵发电量累计值对比

场景 2：阴雨 / 高散射比天气

验证重点：SDS 针对此种天气的控制策略及效果。

图 3-18 为当天天气状况图示。

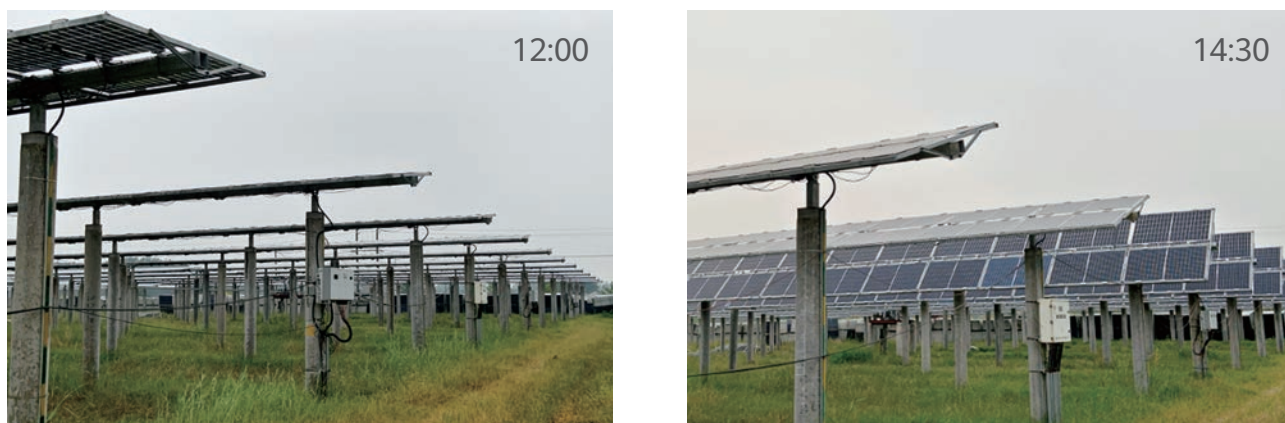


图 3-18. 天气状况图示

图 3-19、图 3-20、图 3-21、图 3-22 为根据监测结果，给出的 21 日（整天）、SDS 方阵和常规方阵支架跟踪角度、

斜面辐照度（正面、背面合计）、方阵支路运行电流（均值）、方阵输出功率随时间变化情况对比。

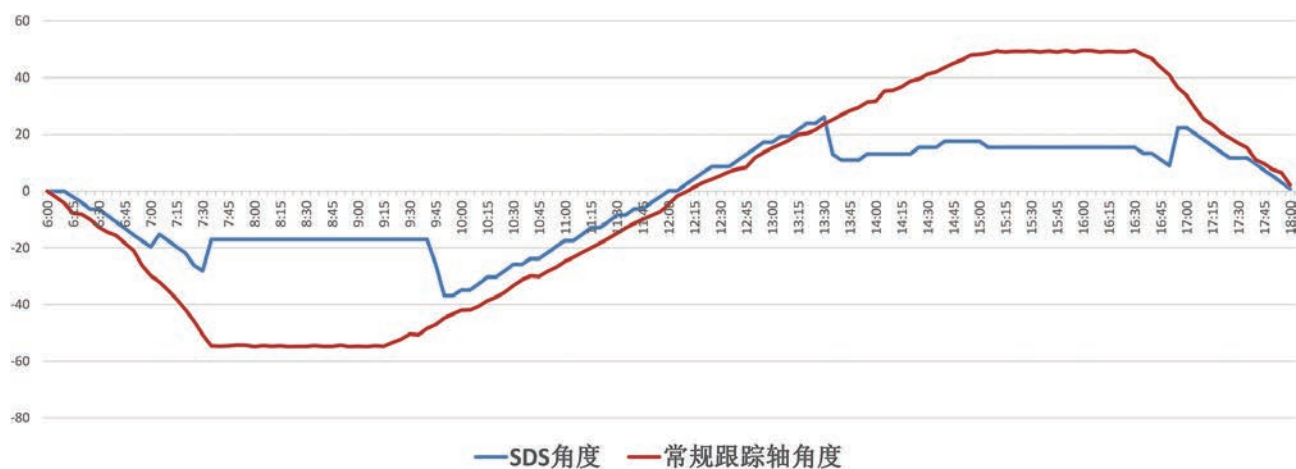


图 3-19. SDS 和常规方阵跟踪角度对比

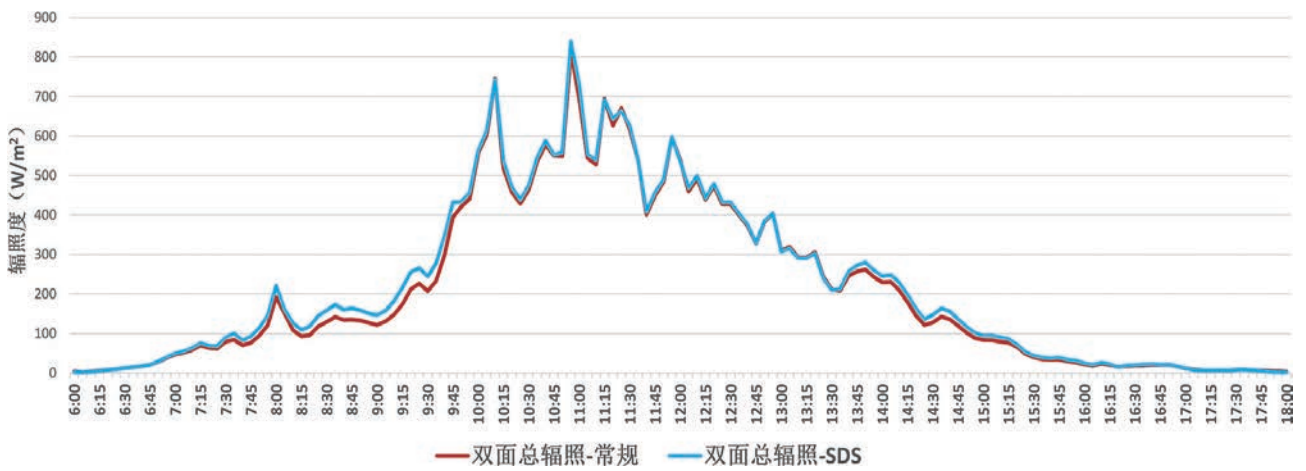


图 3-20. SDS 方阵与常规方阵斜面辐照（正面 + 背面）对比

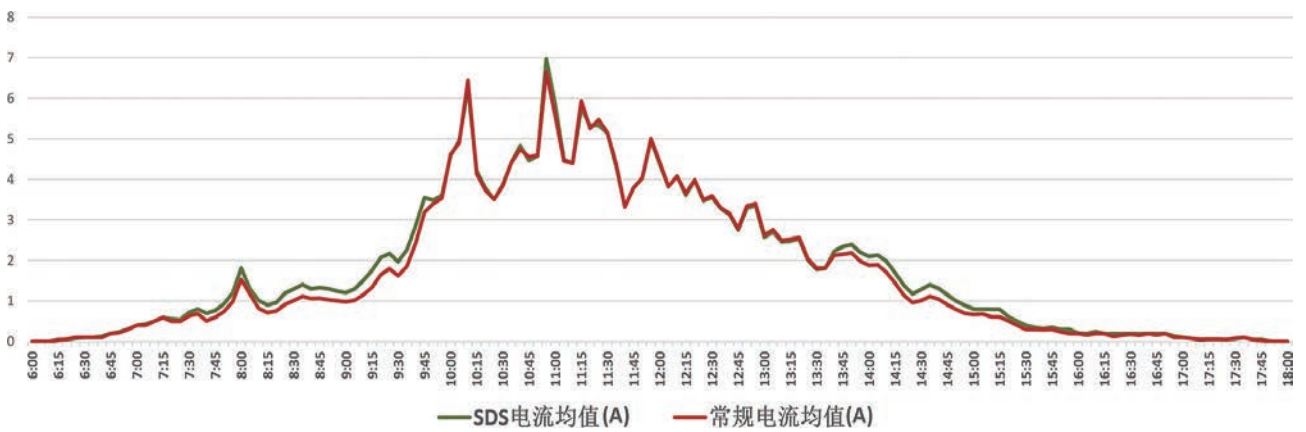


图 3-21. SDS 方阵和常规方阵支路电流均值对比

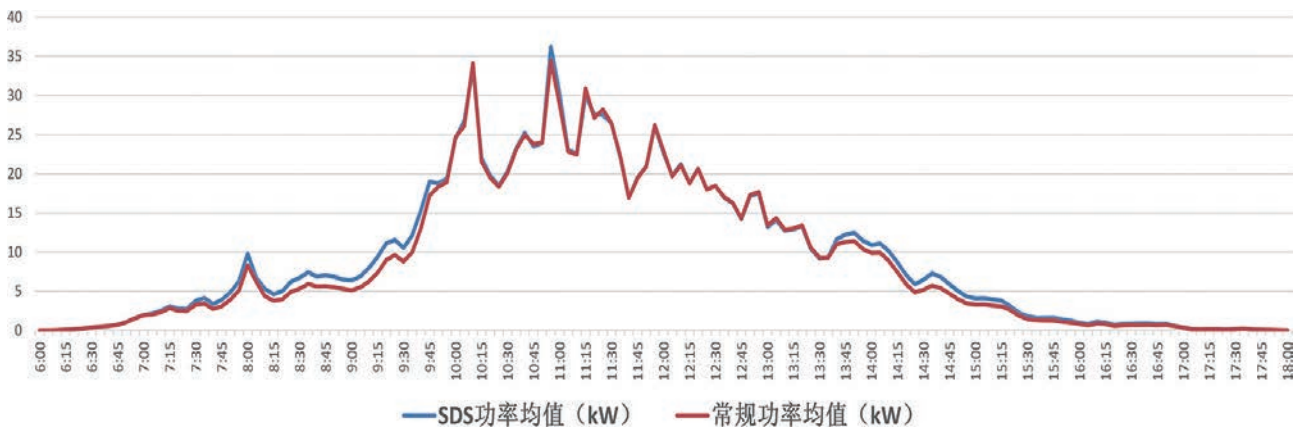


图 3-22. SDS 方阵和常规方阵逆变器功率均值对比

图中可以看出，对阴雨 / 高散射比天气，SDS 对跟踪角度进行了全时段优化调节；与常规方阵相比，SDS 方阵斜面辐照度、支路平均运行电流、方阵输出功率多时段提高，不同参数间的变化也高度吻合，说明此种天气条件下，SDS 通过跟踪角度的优化调整，可提高斜面接受辐照度，

进而达到提高组串运行电流和方阵输出功率的效果。

图 3-23 为当天 SDS 逆变器和常规逆变器累计发电量对比，根据统计结果，全天 SDS 方阵发电量增益比例为 5.10%，SDS 和常规方阵相比，呈现多时段增发效果。

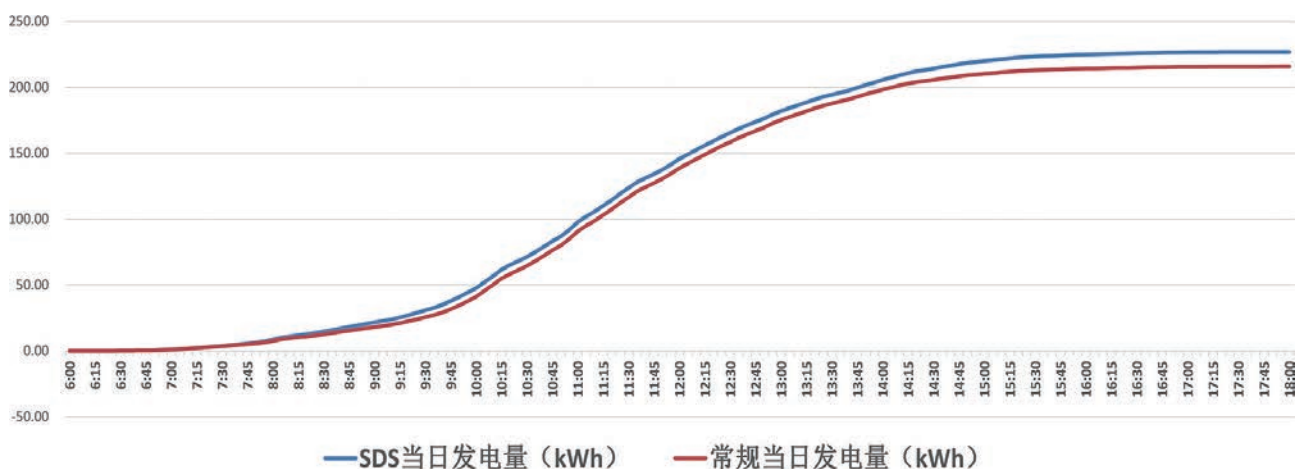


图 3-23. SDS 方阵与常规方阵逆变器发电量累计值对比

3.4 综合评定

根据技术评审和验证结果，

1) 华为开发的 SDS 技术经过长时间验证，已进入规模化应用阶段，可广泛应用于采用跟踪支架的光伏发电系统。该项技术充分发挥了逆变器的系统中枢作用，按照“环境和运行参数全方位监测或感知——跟踪角度最优化——接收辐照最大和均衡化——输出参数最佳化”的逻辑框架进行方案设计，通过与支架控制单元闭环

控制，弥补了现有技术的不足，进一步提升了跟踪支架的技术效能；

2) 该项技术所采用的技术方案科学、合理，运行效果明显。根据两个样本电站近一年的对比验证结果，SDS 增发比例分别达到 1.50%、1.43%；根据短期对比测试结果，SDS 可以实现“自动监测或感知、自动寻优和控制”的设计功能，控制和运行效果符合预期，特别在早、晚及特殊天气条件下。

商标声明

 **HUAWEI, HUAWEI**,  是华为技术有限公司商标或者注册商标，在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其它商标，产品名称，服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明

本手册可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本手册信息仅供参考，不构成任何要约或承诺，华为不对您在本手册基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2020。保留一切权利。
非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

华为技术有限公司

深圳龙岗区坂田华为基地
电话：+86 755 28780808
邮编：518129
www.huawei.com