

ICS 27.160
CCS F12

T/GSEA

广东省太阳能协会团体标准

T/GSEA xxx—2026

分布式电站光伏数智化集中运维管理技术规范 (征求意见稿)

Technical Specification for Digital-Intelligent Operation and
Maintenance Management of Distributed Photovoltaic

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

广东省太阳能协会 发布

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 基本要求 | 2 |
| 5 数智化运维体系与平台架构 | 3 |
| 6 生产与技术准备 | 7 |
| 7 数智化运行维护管理 | 13 |
| 8 智能安全管理 | 17 |
| 附录 A（资料性）电站数智化集中运维管理平台数据采集要求 | 20 |
| 附录 B（资料性）电站数智化集中运维平台设备参数设置要求 | 22 |
| 参 考 文 献 | 23 |

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由广东省太阳能协会提出。

本文件由广东省太阳能协会标准化技术委员会归口管理。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

分布式光伏电站数智化集中运维管理技术规范

1 范围

本文件规定了分布式光伏发电系统数智化集中运维的管理要求、技术指标、运行规则与安全规范。

本文件适用于 10（20）kV 及以下电压等级接入、单个并网点总装机容量不超过 6MW 的分布式光伏电站数智化集中运维管理，涵盖自发自用、余电上网、全额上网项目。

本文件适用于数智化运维企业、虚拟电厂运营商、光伏项目单位、调度机构及电网企业。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（含修改单）适用于本文件。

GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定

GB/T 34932 分布式光伏发电系统远程监控技术规范

GB/T 37025 信息安全技术物联网数据传输安全技术要求

GB/T 38946 分布式光伏发电系统集中运维技术规范

NB/T 32004 光伏电站逆变器技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 分布式光伏数智化集中运维平台

基于云计算、大数据、人工智能、边缘计算、物联网、5G、数字孪生等技术构建的分布式光伏电站集中智能化运维管理平台。

3.2 站端数智感知系统

部署在光伏电站现场，集成智能传感器、高清视频监控、环境监测装置、边缘计算网关等设备的智能感知网络。

3.3 智能终端

具备联网、采集、远程控制功能的光伏现场设备总称。

3.4 边缘计算网关

部署于分布式光伏电站现场，集成多类型通信接口与本地计算能力的智能边缘设备。设备兼容 Modbus、IEC104、DL/T645 等主流电力通信协议，具备协议转换、数据预处理、本地控制逻辑执行及 AI 模型推理功能，可实现现场数据就地处理、业务闭环运行与控制指令即时响应。

3.5 "四可"能力

可观、可测、可控、可调，满足虚拟电厂与调度监管要求的核心管控能力。

3.6 智能巡检

采用无人机、机器人、视频、AI 等技术，自动识别缺陷、隐患和异常的巡检方式。

3.7 电力市场化交易

虚拟电厂通过电力交易平台，参与电能量中长期、现货、需求响应、辅助服务、绿电等交易的活动。

4 基本要求

4.1 总体原则

数智化集中运维应遵循安全可靠、数据驱动、智能高效、协同交易、闭环管理的原则，保障电站稳定运行与资产收益。

4.2 运维企业资质要求

运维企业的资质应满足下列要求：

- a) 持有承装（修、试）电力设施许可证四级及以上；
- b) 持有有效的安全生产许可证；
- c) 参与虚拟电厂业务的，应在广东电力交易平台完成虚拟电厂运营商市场注册；

4.3 人员与团队要求

运维企业人员与团队应符合下列要求：

- a) 应配备具光伏系统工程师、数据分析师、智能设备运维人员、网络安全工程师等，核心人员应持有相应岗位资格证书；
- b) 运维人员应持高低压电工证、高处作业证等有效证件。
- c) 应定期开展安全、技能、数智化系统操作培训。
- d) 应建立 7×24 h 值班与应急响应机制。

4.4 制度能力要求

运维企业应具备以下制度能力：

- a) 应建立运维管理制度、数据管理制度、网络安全制度、缺陷管理制度、两票管理制度、应急管理制度。
- b) 宜具备信息系统集成及服务相关能力；
- c) 应具备持续的技术创新能力，能够适应电力市场政策变化和技术发展趋势。

4.5 平台与系统基本要求

数智化集中运维平台与系统应满足以下基本要求：

- a) 应采用云 - 边 - 端协同架构，具备数据采集、远程控制、智能诊断、闭环管理功能。
- b) 具备必要的现场环境和设备条件、完整技术资料、完备的工器具，需设置电站监控和生产管理模块。
- c) 应满足可观、可测、可控、可调要求。
- d) 应符合网络安全等级保护 2.0 标准，达到三级防护要求。

e)应支持与虚拟电厂平台、调度系统对接。

5 数智化运维体系与平台架构

5.1 平台总体架构

5.1.1 云端层

部署云计算资源池，具备弹性伸缩能力，能够适应业务需求增长；承担大数据存储、AI 模型训练、全局优化调度、市场交易决策等核心功能；支持多租户架构，能够为不同用户提供独立的运行环境；具备灾备能力，确保数据安全和业务连续性。

5.1.2 边缘层

部署边缘计算网关，承担本地数据预处理、实时控制执行、故障快速定位等边缘智能功能；支持断网运行，在网络中断时仍能保持基本控制功能；具备本地存储能力，支持数据缓存和断点续传；支持边缘 AI 模型部署，实现本地智能决策。

5.1.3 终端层

部署智能终端设备，包括智能逆变器、智能电表、智能汇流箱、视频监控摄像头、环境监测传感器等，承担数据采集、状态监测、控制执行等基础功能；支持远程参数配置和固件升级；具备自诊断、自恢复、自适应等智能化功能；支持多种通信协议，实现互联互通。数智化集中运维平台云边协同计算架构图见图 1。

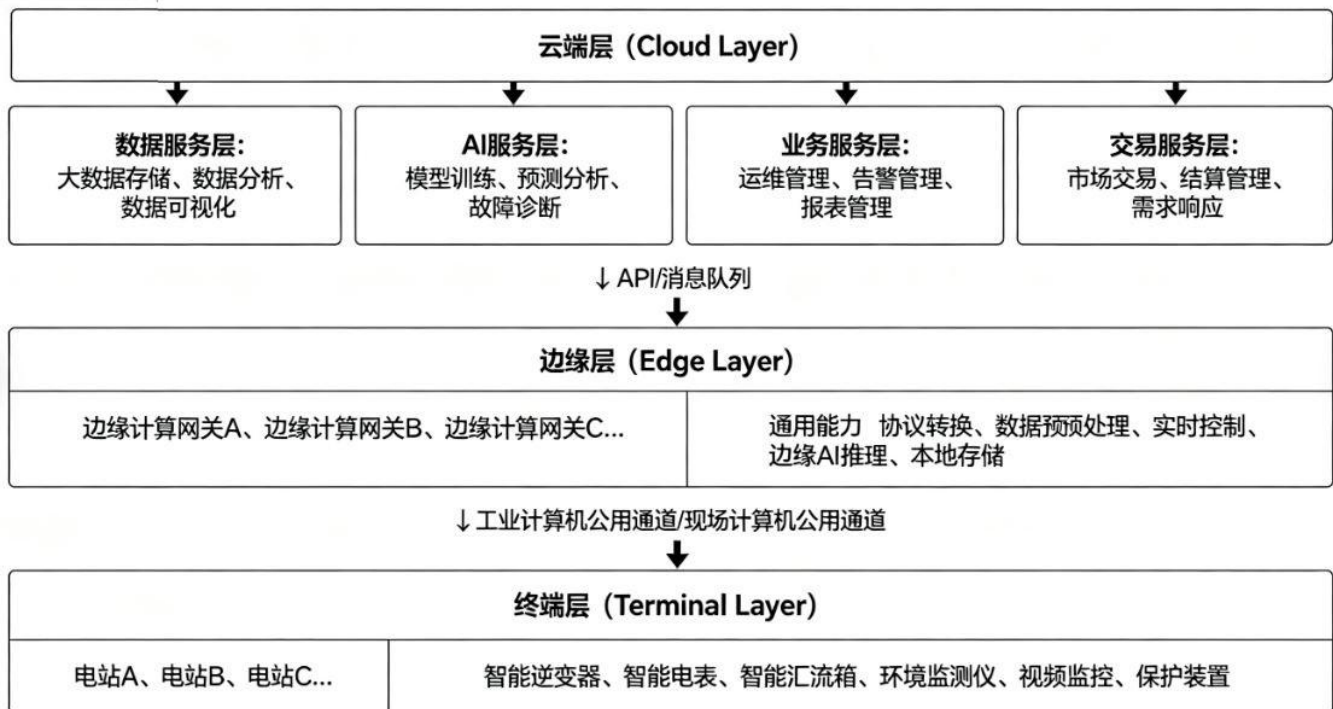


图 1 数智化集中运维平台云边协同计算架构图

5.2 平台功能要求

5.2.1 接入与数据采集功能

接入与数据采集功能应符合下列规定：

- a) 支持 Modbus、IEC 104、DL/T 645、MQTT 等多种通信协议接入，兼容多品牌、多类型设备；
- b) 关键运行数据采集周期不大于 1 s，实现毫秒级采集与实时上传；
- c) 支持断点续传与数据压缩传输，保障数据完整性；
- d) 具备数据质量监控能力，自动识别异常、缺数、跳变数据并执行纠错与标记处理；
- e) 采用加密机制实现数据传输安全，满足电力监控系统数据安全要求；
- f) 支持网络中断状态下数据缓存，网络恢复后自动补传、时序对齐。

5.2.2 实时监控与可视化功能

实时监控与可视化功能应符合下列规定：

- a) 支持电站地图分布、实时运行状态、发电功率曲线等多维度可视化展示；
- b) 实现设备级精细化监控，可查看逆变器、汇流箱、电表等详细运行参数；
- c) 支持一次接线图模拟展示，实时刷新电气量与状态量；
- d) 支持视频监控联动，控制操作时自动调取对应区域视频画面。
- e) 宜具备数字孪生功能。

5.2.3 远程控制与调度调节功能

远程控制与调度调节功能应符合下列规定：

- a) 在权限范围内实现逆变器启停、功率调节、开关分合等远程控制操作；
- b) 具备 AGC/AVC 自动调节功能，响应电网调度与虚拟电厂指令；
- c) 实行操作权限分级管理，严格控制遥控操作范围与流程；
- d) 控制指令可追溯，操作记录自动留存并支持审计。

5.2.4 智能分析与诊断功能

智能分析与诊断功能应符合下列规定：

- a) 支持发电效率分析、故障根因分析、性能劣化分析等多维度分析；
- b) 具备 AI 故障诊断能力，基于历史与实时数据自动识别故障类型；
- c) 支持电站、时段、设备间运行数据对比分析；
- d) 具备发电量预测、设备故障预测、维护需求预测等预测分析能力；
- e) 支持数据挖掘与知识发现，提炼运行规律、劣化趋势与异常特征；
- f) 基于分析结果输出运维优化、清洗、检修、参数纠偏等智能推荐建议。

5.2.5 告警与预警管理功能

告警与预警管理功能应符合下列规定：

- a) 采用四级告警机制，分为信息、警告、重要、严重四个等级；
- b) 具备智能预警能力，提前识别潜在风险并分级发出预警信号；
- c) 支持移动终端、邮件、短信等多渠道告警与预警推送；
- d) 实现告警闭环管理，记录告警受理、处置、复查、销号全过程；
- e) 支持告警关联分析，识别告警连锁关系与因果逻辑；
- f) 宜建立告警知识库，记录典型案例、成因判断与处置方法。

5.2.6 智能巡检管理功能

智能巡检管理功能应符合下列规定：

- a) 支持视频 AI 巡检，自动识别人员违规、设备异常、环境风险与烟火隐患；
- b) 具备无人机巡检管理，支持自动航线规划、缺陷智能识别与影像归档；
- c) 支持巡检计划自动生成、任务智能派发与执行进度跟踪；
- d) 巡检结果数字化归档，支持缺陷趋势统计、分析与报表输出；
- e) 支持巡检路径优化，提升现场巡检效率与覆盖率；
- f) 具备巡检人员定位与安全监控功能，保障现场作业安全。

5.2.7 报表与决策支持功能

报表与决策功能应符合下列规定：

- a) 自动生成日报、周报、月报、年报等多维数据报表；
- b) 支持自定义报表模板，可按管理需求配置指标与展示形式；
- c) 支持数据可视化展示，提供丰富的图表类型与交互功能；
- d) 基于运行与运维数据分析，提供决策支持与运维优化建议；
- e) 支持报表定时自动推送与历史版本管理，可查询、对比、导出。

5.2.8 虚拟电厂与交易协同功能

虚拟电厂与交易协同功能应符合下列规定：

- a) 支持虚拟电厂资源聚合管理，自动识别、统计与接入可调节资源；
- b) 具备短期、超短期发电功率预测功能，为调度与交易提供数据支撑；
- c) 支持电力中长期交易、现货交易的数据对接与运行协同；
- d) 具备需求响应能力，按指令完成功率调节与负荷管理；
- e) 支持调频、备用等辅助服务交易协同与执行跟踪；
- f) 具备收益结算管理，自动计算市场收益和分摊费用等。

5.3 平台性能指标

5.3.1 数据采集性能

数据采集响应时间 $\leq 2s$ ，实时数据刷新周期： $\leq 5 s$ ，数据传输成功率： $\geq 99.9\%$ ，数据采集准确率 $\geq 99.5\%$ 。

5.3.2 系统响应性能

告警响应时间 $\leq 30s$ ，远程控制指令执行时间 $\leq 5 s$ ，页面加载时间 $\leq 3 s$ ，查询响应时间 $\leq 5 s$ 。

5.3.3 系统可用性

系统可用性 $\geq 99.9\%$ ，年度计划停机时间 $\leq 8.76 h$ ，故障恢复时间 $\leq 4 h$ 。

5.3.4 数据存储性能

在线数据保存 $\geq 3 a$ ，归档数据保存 $\geq 10 a$ ，数据检索时间 $\leq 3 s$ ，数据备份周期 $\leq 24 h$ ，数据恢复时间 $\leq 8 h$ 。

5.3.5 并发能力

支持同时在线终端数量 ≥ 10000 台，支持并发用户数 ≥ 500 ，支持并发数据处理能力 ≥ 10000 条/s。

5.4 网络安全要求

5.4.1 网络安全

采用网络隔离技术，实现管理区、生产区、互联网区的安全隔离；部署防火墙、入侵检测系统、入侵防御系统等网络安全设备；支持VPN接入，保障远程访问安全；定期开展网络安全漏洞扫描和渗透测试。

5.4.2 主机安全

服务器操作系统及时更新补丁，关闭不必要的服务和端口；安装防病毒软件，定期更新病毒库；采用最小权限原则，严格控制用户权限；定期开展主机安全检查。

5.4.3 应用安全

采用身份认证和访问控制，支持多因素认证；对敏感数据进行加密存储和加密传输；定期进行代码安全审计；支持安全日志审计，记录用户操作和系统事件。

5.4.4 数据安全

建立数据备份机制，定期备份数据；采用数据脱敏技术，保护用户隐私；建立数据分类分级管理制度；支持数据销毁和恢复功能。

5.4.5 安全管理

建立安全管理制度和应急预案，定期开展安全培训和演练，建立安全事件响应机制，定期进行安全评估和审计。

6 生产与技术准备

6.1 现场环境与生产条件

6.1.1 环境条件

电站周边应无重大污染源，遮挡较少；建（构）筑物结构应牢固可靠，无变形、坍塌及重大火灾隐患；设备区域通道应封闭管控，无关人员不得随意进入。

6.1.2 设备条件

设备铭牌及标识齐全，具有唯一双重编号；并网开关、变压器、逆变器、汇流箱应标注光伏组件安装容量。主要通道配置事故照明并具备断电自动切换功能；所有设备调试正常，预防性试验按要求开展；防雷与接地系统齐全有效，雷电引流回路可靠，接地电阻符合相关标准；消防器材配置齐全、完好有效。

6.1.3 通信与电源条件

电站与电网调度通信可靠，通信装置配备备用电源，UPS 在交流断电后续航时间不小于 30 min；后台采集数据完整，可采集并网点电度表、上网电度表数据；全站对时系统正常，各装置时间准确；电网调度对 AGC、AVC 有投入要求的，电站具备远方操作功能；蓄电池直流系统电源可靠，在设计时间内，交流失电后可保障断路器操作与调度通信，不满足时应配置移动式应急电源。

6.1.4 人员与安全防护条件

运维人员应持有高低压电工证、高处作业证等有效证件；设备醒目位置标记紧急联系人和联系电话；电站现场宜配备满足单个电站操作、维护的完整工器具（万用表、钳型表、电笔、绝缘手套等），并与电站资料共同存储；网络设备柜门上锁，交换机、防火墙、监控主机等备用网口、USB 接口封闭；安全防护装置版本安全有效，满足调度部门要求，设备密码定期更换。

6.2 技术资料管理

6.2.1 电站整体资料

包括电站名称、地点（省市区、详细地址、经纬度等）、并网电压等级、组件安装容量、并网类型（自发自用/自发自用+余电上网/全额上网）、并网时间。

6.2.2 设备台账

包含组件、汇流箱（交/直）、逆变器、配电设备、通讯装置等的现场编号、型号、主要参数、数量、出厂日期等；设备出厂试验报告、质量证书（含检测、调试、检验报告）；设备制造商提供的有效版本设备技术规范（含主要参数、部件参数/尺寸/重量等）；设备制造商提供的有效版本控制软件、运行使用手册及相关图纸（控制软件附安装、使用、参数设定手册）；设备制造商提供的有效版本维护手册（含主要部件更换说明、电气/机械图纸）；电站数据采集和监控系统的系统软件、监控软件安装及备份介质（归档于设备技术文档）。

6.2.3 设备安装资料

包括设备安装位置、组件倾角、支架及压块型号，现场组件排布图纸、支架结构图纸、系统图纸、电缆使用清册等；高压配电设备调试报告、交接验收报告及竣工图等；除纸质版外，需同步备份电子版图纸。

6.2.4 设备编号资料

宜按并网点、集电线路、变压器、逆变器、汇流箱的组合顺序编号（技改接入电站可使用现场后台已有编号），相应设备均标注组件安装容量。

6.2.5 监控摄像资料

包括设备台账、系统接线、网络拓扑图、设备 IP 地址配置、光纤/（通讯）电缆使用清册、防雷接地系统图、厂家安装维保资料等。

6.2.6 现场应急预案资料

包括符合电站实际的安全措施、组织措施、技术措施、环保措施、专项施工方案和应急预案资料等。

6.2.7 运维人员信息资料

包含站长、值长等核心人员的基本信息、姓名、联系方式、岗位职务、主要工作职责；现场设备明显位置标识该资料，人员变动及时更新，确保与后台信息一致。

6.3 平台监控模块

6.3.1 一般要求

电站数智化集中运维管理平台-监控模块主要负责电站各类运行数据的采集、参数设置、运行监视、重要设备远程操作控制、数据分析、报警（故障）诊断。

6.3.2 数据采集要求

数智化集中运维管理平台数据采集包括基本数据、扩展数据和可采数据，其中基本数据和扩展数据需采集电气设备数据、环境数据、视频数据；可选择数据采集升压变电站母线、并网点、保护信息、电能质量等数据，具体要求为“见附录 A”

6.3.3 监控功能组成

数智化集中运维管理平台监控模块参数设置模块包含电站概览、运行监控、数据分析及智能诊断模块、视频监控四部分。

——电站概览：具备用户登陆及权限管理功能，分为系统电站概览和单体电站概览，系统电站概览显示所有电站的核心参数；单体电站概览显示电站数据更新时间、辐照度、功率、当日/月（年）累计发电量，自动计算等效发电小时数，判断运行状况并评级，给出辐照度与功率对比曲线，具备定位、站名与容量变更、权限分配功能。

——运行监控：包括一次接线图、逆变器、汇流箱参数设置，实现设备运行监控、远程控制指令下发、数据可视化展示等功能。具体要求为“见附录 B”。

——数据分析及智能诊断：结合设备安装方式智能分析后确认数据、发出变化信号，分析数据包括发电功率、等效利用小时数、汇流箱支路电流；诊断内容包括组件遮挡、污染、故障分布，清晰需求，组件衰减情况；按时间顺序输出设备告警、故障信息，快速定位原因并处理事故。

——视频监控：便于观察组件污染情况，异常时通过画面排查；视频记录保存 30d 以上；可设置分画面数量、自动巡检时间间隔或动态跟踪，异常时自动弹出并锁定画面；带语音功能的设备支持远方喊话。

6.4 平台生产管理模块

6.4.1 一般要求

电站数智化集中运维平台生产管理模块主要管理电站现场资料上传/下载及更新、操作票/工作票管理、巡视管理、缺陷管理、重大事件记录、物资管理、电力市场化交易信息查询、安全管理等；同时管理电站年度计划工作项目或代运维电站合同要求项目。

6.4.2 技术资料电子化管理

平台应实现设备台账、安装资料、编号资料、监控通信资料、应急预案及运维人员资料的电子化分类存储与管理，支持权限管控下的资料上传、审核与下载，现场设备变更时应同步更新纸质与电子资料。

6.4.3 操作票与工作票管理

平台应具备操作票与工作票全流程管理功能，支持票证填写、审批、许可、延期、终结、作废及自动编号，可统计两票执行份数、合格率与作废数量，实现错题标注、错题集管理及月度、年度汇总总结。

6.4.4 巡视管理

巡视管理分为现场巡视与平台巡视两种模式。现场巡视每月不少于两次，由两人及以上执行，重点检查设备、组件、通信、站用电及安全状态，异常需登记缺陷并上传平台；平台巡视每日早中晚开展三次，分时段排查并网、支路电流、低效设备及接地故障，可结合视频自动巡检，异常确认后派发处置，所有巡检及处理结果均应记入运行日志。

6.4.5 缺陷闭环管理

缺陷按影响程度分为五级，应实行登记、分类、上传照片、消缺、归档的闭环管理，并由系统自动分级排序；平台应支持缺陷月度与年度统计分析，分析分布、占比、消缺完成率及发电量影响，对重复缺陷进行识别与提示。

6.4.6 重大事件记录管理

平台应记录电站运行期间涉及设备、生产经营的各类重大事件，按事件类型、时间、前后状况及影响完整录入，并支持按字段筛选与导出事件记录。

6.4.7 物资与工器具管理

平台应对工具、安全工器具、备品备件、废弃物资进行分类管理，完整录入基本信息与检验周期，支持库存上下限预警，并规范报废流程与流向记录。

6.4.8 电力市场化交易信息管理

平台应存储电力市场化交易相关规则、主体资质、时段、电价等基本信息与交易数据，支持按字段与时间筛选、导出汇总表格并自动生成分析图表，可支撑虚拟电厂实时交易扩展。

6.4.9 安全生产管理

平台应建立并落地安全生产责任制、安全检查、教育培训、防火管理、事故调查处理等制度，实现电子存档、电子签名与无纸化审批；开展安全检查打卡、隐患整改闭环、三级安全教育培训、消防器材配置与定期检查、应急演练及事故调查归档，全流程数字化管理。

6.4.10 年度计划执行管理

平台应对组件清洗、屋面补漏、电气预防性试验等年度计划执行情况进行跟踪，具备时限设置、逾期提醒、延期申请及完成确认功能，计划完成后应上传验收材料归档。

6.5 "四可"能力建设

6.5.1 可观能力

分布式光伏电站应具备完整的可观能力，满足以下要求：

a) 设备监测：应部署智能监测设备，对光伏组件、汇流箱、逆变器、变压器、开关柜、电表等关键设备实现全覆盖实时监控；监测数据应包含发电功率、电压、电流、频率、温度、辐照度等参数，并支持多维度可视化展示与历史数据查询。

b) 数据采集：运行数据上传频率不应低于 1 次 /min，状态数据上传频率不应低于 1 次/ h，告警数据应实时上报；电气量测量误差不应大于 1%，数据采集成功率不应低于 99.5%。

c) 视频监控：应配置视频监控系统并覆盖主要设备区域，视频分辨率不应低于 1080P，存储时间不应少于 30 d；应支持人员入侵、设备异常、烟火检测等智能分析功能；应提供三维可视化模型与图表展示，并支持数据导出。

6.5.2 可测能力

分布式光伏电站应具备精准的可测能力，满足以下要求：

a) 计量装置：应安装符合国家计量标准的智能电表，电能计量准确度等级应为 0.2S 级或 0.5S 级；电表应具备通信与远程数据采集功能。

b) 计量功能：应支持尖峰平谷分时计量、正向与反向分方向计量、发电量/用电量/上网电量/自用电量分项计量；应具备实时功率计量功能。

c) 数据质量：计量数据准确率不应低于 99.5%，完整性不应低于 99.9%，数据时延不应大于 5 s。

d) 数据校验：应具备计量数据完整性校验、合理性校验、异常检测、纠错与补偿功能。

6.5.3 可控能力

分布式光伏电站应具备完善的可控能力，满足以下要求：

a) 控制设备：应配置远程控制终端，实现逆变器、开关等设备远程操作；控制设备平均无故障时间（MTBF）不应低于 50000 h，并具备防误操作功能。

b) 控制功能：应支持紧急停机、远程启停、功率调节、运行模式切换功能。

c) 控制安全：控制指令应具备身份认证、权限验证、加密传输、执行反馈机制；所有控制操作应可日志记录与审计。

d) 控制性能：控制指令响应时间不应大于 5 s，执行成功率不应低于 99.9%，功率调节精度不应大于 2% 额定功率。

6.5.4 可调能力

分布式光伏电站应具备灵活的可调能力，满足以下要求：

a) 调节装置：应配置功率调节装置，支持有功、无功灵活调节；响应时间不应大于 5 s，调节精度不应大于 2% 额定功率。

b) 调节范围：有功功率调节范围应为 0% ~100% 额定功率；无功功率调节范围应为 -50%~+50% 额定功率；支持阶梯调节。

c) 调节模式：应支持定值调节、跟随调节、优化调节、多目标协调调节。

d) 调节性能：功率调节偏差不应大于 ±1% 额定功率。

e) 评估与上报：应具备调节能力评估、预测、优化建议及向调度机构上报的功能。

“四可”能力架构图见图 2。



图2 "四可"能力架构图

6.6 虚拟电厂对接

6.6.1 平台对接

分布式光伏电站与虚拟电厂平台对接应满足以下要求：

- 接入系统：电站应统一接入属地调度自动化系统，并与虚拟电厂管理平台实现数据互通与控制联动；通信应遵循电力调度规约，支持 IEC 104、IEC 61850 等协议。
- 网络连接：宜采用专线光纤或南方电网 VPN 方式通信；网络带宽与流量应满足数据传输及控制指令下发需求；宜配置双通道冗余，提升通信可靠性。
- 安全防护：应遵循网络隔离原则，实现管理区、生产区、外部区安全隔离；应部署防火墙、入侵检测系统等安全设备；通信应加密，宜采用国密算法；应定期开展网络安全检查与加固。
- 时钟同步：应接入电网统一时钟同步系统，时钟同步精度不应大于 1 ms；应支持 GPS、北斗双模时钟源，并具备时钟偏差监测与补偿功能。

6.6.2 数据交互

分布式光伏电站与虚拟电厂平台进行数据交互应满足以下要求：

- 上报数据：应向虚拟电厂平台上报实时运行数据，上报周期不应低于 1 次 /min；应上报发电功率预测、负荷预测等预测数据；应上报设备状态、通信状态、安全状态等状态数据；告警数据应实时上报。
- 接收数据：应接收平台下发的调度指令（含功率调节、启停指令）、交易计划（含中长期、现货交易计划）、控制参数及系统配置信息。

c) 数据质量：数据交互成功率不应低于 99.9%，传输时延不应大于 5 s，数据误差不应大于 1%，数据完整性校验通过率不应低于 99.9%。

d) 数据管理：应支持断点续传，网络中断时缓存数据、复通后自动补传；数据缓存时间不应少于 7 d；应支持数据压缩与加密传输。

6.6.3 能力测试

分布式光伏电站参接入虚拟电厂的能力测试应满足以下要求：

- a) 电站参与虚拟电厂运营前应通过能力测试。
- b) 测试类型包括调节能力测试、响应时间测试、调节精度测试、连续运行能力测试。
- c) 测试内容包括功率调节执行能力、指令响应时间、调节精度、调节稳定性及运行可靠性。
- d) 测试指标应符合表 1 要求。

表 1 虚拟电厂接入能力测试指标

| 测试项目 | 参与电能量市场交易 | 参与需求响应 |
|--------|---------------------|---------------------|
| 连续响应时间 | $\geq 1 \text{ h}$ | $\geq 2 \text{ h}$ |
| 调节能力 | $\geq 1 \text{ MW}$ | $\geq 5 \text{ MW}$ |
| 响应时间 | $\leq 5 \text{ s}$ | |
| 调节精度 | $\leq 2\%$ 额定功率 | |
| 调节成功率 | $\geq 99\%$ | |

d) 测试流程：电站提交测试申请→电力负荷管理中心审核→组织现场测试→出具测试报告→测试合格后注册为虚拟电厂交易单元。

e) 测试管理：测试由电力负荷管理中心组织实施；测试结果应纳入运营考核；应定期复测；测试数据归档保存时间不应少于 5 a。

7 数智化运行维护管理

7.1 运维组织体系

7.1.1 组织架构

数智化运维企业应建立扁平化、专业化运维组织架构，设置集中监控中心、区域运维站、技术支撑中心、虚拟电厂运营中心，适配广东省分布式光伏点多面广的运维特点。

7.1.2 机构职责与岗位配置

——集中监控中心实行 7×24h 值班，负责电站远程监控、告警处置与应急指挥，配备监控值班长、监控工程师等岗位。

——区域运维站按地市 / 区域设置，负责辖区电站现场巡检、故障处理与预防性维护，配备区域运维经理、现场运维工程师、智能设备运维人员等岗位。

——技术支撑中心负责技术支持、数据分析、故障诊断、技术培训、标准迭代，配备光伏系统工程师、数据分析师、AI 算法工程师等岗位。

——虚拟电厂运营中心负责资源聚合、市场交易、调度响应、结算管理，配备市场分析师、交易专员、调度联络员等岗位。

7.1.3 管理制度

应建立健全数智化运维管理制度体系，包括运维管理、数据管理、网络安全管理、虚拟电厂运营管理、应急管理、培训管理及质量管理等制度，规范运维全流程活动。

7.2 智能化运维内容

7.2.1 智能巡检模式

应采用人工、无人机、机器人、视频 AI 相结合的多维度智能巡检模式，分别承担组件宏观缺陷识别、封闭区域设备检测、智能安防与环境隐患识别、设备细节检查与应急处理等任务。

7.2.2 巡检计划

巡检分为平时巡检、全面巡检、特殊巡检和故障巡检四类。平时巡检每周一次，以视频 AI 为主；全面巡检每月一次，采用无人机加人工组合；极端天气前后应增加巡检频次；设备故障后应立即开展专项巡检。

7.2.3 巡检内容

巡检应覆盖光伏组件、逆变器、汇流箱、变压器、开关柜及配电室环境，重点检查设备外观、运行状态、连接可靠性、绝缘性能、消防与环境条件。

7.2.4 智能识别

应采用深度学习算法实现缺陷自动识别与分级定位，建立缺陷知识库；缺陷识别准确率不应低于 90%，误检率不应高于 5%。

7.2.5 数据采集

应实时采集设备运行数据、环境数据及历史运维数据，为智能分析、故障诊断与性能评估提供数据支撑。

7.2.6 AI 预测模型

应建立设备故障、性能劣化及剩余寿命预测模型，模型预测准确率不应低于 85%，用于提前预判隐患并优化检修策略。

7.2.7 维护决策

应根据 AI 预测结果自动生成维护建议，支持人工调整维护计划，并基于运行数据评估维护效果、持续优化模型。

7.2.8 典型预测应用场景

宜对逆变器、光伏组件、变压器及电缆开展故障与劣化预测，实现提前预警、精准检修。

7.2.9 故障检测

应实时多维度监测设备异常，开展告警关联分析，故障检测响应时间不应大于 30 s。

7.2.10 故障诊断

应基于知识图谱与专家经验实现故障自动诊断，支持人机协同确认，故障诊断准确率不应低于 85%。

7.2.11 故障处理

应自动推送故障处置方案，支持远程指导，全过程闭环记录并形成案例库；一般故障从检测到处理完成不应超过 24 小时。

7.2.12 告警分类

告警应按等级、类型、对象进行分类管理，实现分级、分类、分对象精准推送与处置。

7.2.13 告警智能分析

应对告警进行关联、聚类、根因与趋势分析，提升告警有效性与故障定位效率。

7.2.14 告警处理

应通过多渠道自动推送告警信息，实现全流程闭环管理，超时自动升级；告警处理率不应低于 95%。

7.3 运行维护标准

7.3.1 逆变器运行标准

逆变器运行温度应 $\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ （环境温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时），额定功率下运行效率应 $\geq 95\%$ ，年故障率应 ≤ 1 次/a，可用率应 $\geq 99.5\%$ 。

7.3.2 汇流箱运行标准

汇流箱运行温度应 $\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，绝缘电阻应 $\geq 10\text{ M}\Omega$ ，年故障率应 ≤ 2 次/a，可用率应 $\geq 99\%$ 。

7.3.3 变压器运行标准

变压器运行温度应 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，绝缘电阻应 $\geq 100\text{ M}\Omega$ ，年故障率应 ≤ 0.5 次/a，可用率应 $\geq 99.8\%$ 。

7.3.4 开关柜运行标准

开关柜运行温度应 $\leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，绝缘电阻应 $\geq 10\text{ M}\Omega$ ，年故障率应 ≤ 0.5 次/a，可用率应 $\geq 99.8\%$ 。

7.3.5 光伏组件效率标准

组件实际效率应 \geq 额定效率 $\times 80\%$ ，PR 值应 ≥ 0.75 ，年衰降率应 $\leq 0.5\%$ /a。

7.3.6 逆变器效率标准

逆变器转换效率应 $\geq 95\%$ ，欧洲效率应 $\geq 94\%$ ，MPPT 跟踪效率应 $\geq 99\%$ 。

7.3.7 系统效率标准

系统综合效率应 $\geq 85\%$ ，系统 PR 值应 ≥ 0.80 ，系统可用率应 $\geq 99\%$ 。

7.3.8 电能质量标准

电压偏差应 $\leq \pm 7\%$ ，频率偏差应 $\leq \pm 0.5\text{Hz}$ ；电压总谐波畸变率应 $\leq 5\%$ ，电流总谐波畸变率应 $\leq 8\%$ ；功率因数应 ≥ 0.9 （滞后）。

7.3.9 网络安全标准

应符合网络安全等级保护 2.0 三级要求，采用国密算法进行数据传输加密，支持多因素认证，并对所有操作日志进行安全审计。

7.3.10 物理安全标准

电站围墙高度应 $\geq 2.5\text{ m}$ ，配备智能门禁系统，视频监控应覆盖主要设备区域，并按要求配置消防设施与自动灭火系统。

7.4 运行维护记录

7.4.1 记录方式

运行维护记录应采用数字化方式，通过移动终端、智能设备及平台自动采集与记录，实现全过程电子化留存。

7.4.2 运行记录

运行记录应包含发电、设备、环境、告警四类信息，每日自动记录发电数据，设备运行参数每分钟采集、状态每小时记录，气象数据每 5 分钟采集，告警信息实时记录。

7.4.3 维护记录

维护记录应包括巡检、检修、试验、故障相关信息，通过移动终端与试验设备自动采集内容、照片、数据及处理过程并上传平台。

7.4.4 操作记录

操作记录应覆盖控制操作、参数设置、系统操作及审计类操作，对操作人员、时间、内容与结果进行全流程自动记录。

7.4.5 记录存储期限

运行记录在线保存不少于 3 a、归档不少于 10 a；维护与操作记录在线不少于 5 a、归档不少于 10 a；故障记录在线不少于 10 a、归档不少于 20 a。

7.4.6 记录归档

记录应按月定期归档，建立归档索引，采用安全可靠介质存储，并定期开展完整性检查。

7.4.7 记录查询

应支持按时间、设备、人员、告警类型等多维度查询与全文检索，可导出 Excel、PDF 格式，查询响应时间不大于 5 s。

7.4.8 记录分析

应对记录定期开展统计、趋势与对比分析，挖掘运行规律，评估设备劣化趋势，并自动生成分析报告。

8 智能安全管理

8.1 智能安防体系

8.1.1 智能周界防护

应采用智能视频监控、红外对射、电子围栏构成多重周界防护，通过 AI 算法自动识别入侵行为并实现告警联动，防护覆盖率应为 100%。

8.1.2 智能门禁系统

应采用人脸识别、IC 卡、密码多重认证方式，支持远程授权与进出记录实时上传，门禁识别准确率不应低于 99%。

8.1.3 智能视频监控

应配备不低于 1080P 高清夜视摄像头，具备入侵、设备异常、烟火智能识别功能；视频本地存储不少于 30 d，云端存储不少于 90 d，监控覆盖率应为 100%。

8.1.4 网络隔离与访问控制

应采用管理区、生产区、互联网区三区隔离架构，部署防火墙实现区域间访问控制；生产区设备不得直接访问互联网，管理区访问生产区应通过防火墙授权。

8.1.5 访问控制

应采用零信任安全架构，所有访问均需身份认证；支持多因素认证，遵循最小权限原则，并根据安全状态动态调整用户权限。

8.1.6 加密传输

所有数据传输应采用国密算法 SM2/SM3/SM4 加密，控制指令应采用传输加密与指令签名双重防护；敏感数据应加密存储，密钥应定期更换。

8.1.7 安全审计

应记录登录、操作、告警等全部安全相关事件，支持安全日志查询与统计分析；定期开展安全审计，支持安全事件溯源分析。

8.1.8 设备防误操作

远程控制应实行权限验证、双人确认与二次确认；所有控制操作均应记录，支持审计追溯。

8.1.9 设备状态监控

应实时监测设备运行状态，开展健康度评估、劣化趋势分析与剩余寿命预测。

8.1.10 设备防护措施

设备柜门应安装电子锁，封闭备用接口，定期更换密码并更新软件，实现物理与接入安全防护。

8.2 智能运行安全

8.2.1 智能绝缘监测

应实时监测绝缘电阻，识别劣化趋势并越限告警，绝缘监测准确率不应低于 95%。

8.2.2 智能温度监测

应实时监测设备与环境温度，超阈值告警并分析异常原因，支持温度趋势预测。

8.2.3 智能接地监测

应实时监测接地电阻与系统完整性，超阈值告警并支持接地故障快速定位。

8.2.4 智能故障预警

应基于运行与历史数据建立预警模型，提前 7 d 发出故障预警，自动推送，预警准确率不应低于 85%。

8.2.5 智能保护装置

逆变器应配置过压、欠压、过频、欠频及孤岛保护；配电设备应配置过流、短路、接地保护；变压器应配置瓦斯、差动、过流保护。保护装置应定期自检，确保动作可靠。

8.2.6 智能故障隔离

应具备故障自动定位、隔离与恢复功能，故障隔离时间不应大于 10 s。

8.2.7 智能电压调节

应自动调节输出电压，调节范围为±10% 额定电压，调节精度不大于 1% 额定电压，响应时间不大于 100ms。

8.2.8 智能频率调节

应自动调节输出频率，调节范围为±0.5 Hz，调节精度不大于 0.01 Hz，响应时间不大于 100 ms。

8.2.9 智能孤岛检测

应实时监测孤岛效应，检测响应时间不大于 2 s，保护动作时间不大于 0.1 s，检测准确率不低于 99%。

8.3 智能作业安全

8.3.1 电子工作票

应采用电子工作票系统，实现自动流转、电子签名与归档查询。

8.3.2 智能许可管理

应实现工作票自动审核、许可条件自动检查、流程自动流转与记录归档。

8.3.3 作业人员管理

应对作业人员资质、培训记录实行数字化管理，通过身份识别、定位跟踪与状态监测实现全过程安全管控。

8.3.4 视频监护

应通过视频监控实时监护作业现场，异常情况自动告警，视频记录自动保存。

8.3.5 智能穿戴设备

作业人员应佩戴智能穿戴设备，监测生命体征与位置信息，异常情况自动告警。

8.3.6 AI 安全识别

应通过 AI 算法自动识别作业人员违规行为，包括未佩戴安全帽 / 安全带、危险行为、闯入危险区域等。

8.3.7 紧急呼叫

作业人员应可通过智能穿戴设备一键呼叫，呼叫信息自动推送至监控中心并启动应急响应，救援资源自动调度。

8.3.8 定位导航

应实现作业人员精确定位与救援路径规划，救援过程实时监控并归档记录。

8.3.9 远程指导

应支持 AR 远程专家指导，实时更新救援方案，应急救援成功率不应低于 95%。

附录 A

(资料性)

电站数智化集中运维管理平台数据采集要求

A.1 电气设备数据采集

电气设备数据采集见表 A.1。

表 A.1 电气设备数据采集要求

| 序号 | 设备类型 | 基本数据 | 扩展数据 |
|----|--------|--|--|
| 1 | 组件 | 组件温度 | - |
| 2 | 逆变器 | 1、直流侧：支路电流、输入功率、MPPT 电压、MPPT 电流、直流总电压、直流总电流； 2、交流侧：电压 (Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uca)、电流 (Ia、Ib、Ic)、功率 (P、Q)、功率因数； 3、电量数据：日发电量、月发电量、年发电量、累计发电量； 4、其他：逆变器机内温度、IGBT 温度 (集中式)、逆变器效率、限有功功率实际值。 | 1、运行状态数据：开机、关机； 2、告警状态 (以具体设备型号支持的告警类型为准)：网侧电压过高/过低，网侧频率过高/过低，直流侧电压过高/过低，逆变器过载/过热/短路，散热器过热，孤岛，DSP 故障、通讯故障等。 |
| 3 | 直流汇流箱 | 1、各组串直流电压、直流电流； 2、功率。 | 1、防雷器状态； 2、开关状态； 3、温度。 |
| 4 | 交流汇流箱 | 1、交流汇流箱状态； 2、输入：输入电流； 3、有功功率，无功功率，视在功率，频率，功率因数，电压 (Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uca)、电流 (Ia、Ib、Ic)； 4、机内温度。 | 正向有功电能、反向有功电能、正向无功电能、反向无功电能。 |
| 5 | 升压变/箱变 | 1、高低压侧电压 (Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uca)、电流 (Ia、Ib、Ic)、功率 (P、Q)、功率因数； 2、高低压侧开关状态。 | 1、油温 (如有)； 2、告警：柜门开、烟雾告警。 |
| 6 | 电表 | 总正反向有功/无功表读数及功率。 | 尖、峰、平、谷正反向有功/无功表读数 |

A.2 环境数据采集

环境数据采集见表 A.2。

表 A.2 环境数据采集要求

| 序号 | 设备类型 | 基本数据 | 扩展数据 |
|----|------|---|--|
| 1 | 气象环境 | 1、水平面总辐射； 2、倾斜面总辐射； 3、光伏组件背板温度； 4、光伏组件积灰污染比。 | 1、环境温度、环境湿度、风速、风向、气压、降雨量、直接辐射、散射辐射； 2、光功率预测的数据； 3、当地气象站数据。 |

A.3 视频数据采集区域范围

电站应设置专用视频信息采集点，视频信息通过网络通道传输至集中运维中心，采集范围应覆盖电站主要设备运行区域，包括光伏区、就地箱变、一次/二次设备区域，也可包括接入点设备区域。

A.4 可选数据采集见表 A.3

表 A.3 可选数据采集类型

| 序号 | 设备类型 | 基本数据 |
|----|-----------|---|
| 1 | 升压变电站母线电压 | (Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uca) |
| 2 | 并网点 | 1、并网点开关状态； 2、并网点电压(Ua、Ub、Uc、Uab、Ubc、Uca)、电流(Ia、Ib、Ic)、功率(P、Q)、并网点上网电量； 3、同期点、功率因数、电能质量、并网点三相的电压闪变、电压偏差、频率偏差、谐波 THD。 |
| 3 | 保护信息 | 线路保护、变压器保护 |
| 4 | 电能质量 | 1、系统频率； 2、基波电压、电流有效值； 3、各次(2次到50次)谐波含有率； 4、电压、电流总畸变率； 5、电压、电流序分量(正序、零序、负序)； 6、功率(有功、无功、视在、功率因数)； 7、电压闪变(Pst、Plt)； 8、三相不平衡度； 9、电压暂升、暂降和中断； 10、无功补偿。 |

附录 B

(资料性)

电站数智化集中运维平台设备参数设置要求

本附录规定了电站数智化集中运维平台设备参数的设置要求，平台为电站实时运行监视与远程控制的核心系统，应具备设备运行监控、远程指令下发、数据可视化展示等功能。

B.1 一次接线图参数设置

一次接线图应据实展示一次配电设备，实时展示设备运行数据及工作状态，并支持授权遥控操作，参数设置应符合下列规定：

- 1、设备名称、编号应与现场实物保持一致；
- 2、应支持设置设备运行参数限值，参数超限后界面自动变色或闪烁告警；
- 3、应具备控制权限配置功能，可投退设备遥控操作权限；
- 4、支持分级设置告警信息级别；
- 5、可自定义配置各类设备数据采集频率。

B.2 逆变器参数设置

逆变器作为电能转换核心设备，平台逆变器参数设置应符合下列规定：

- 1、应实时显示逆变器交、直流侧电压、电流、功率、等效发电小时数、运行状态及设备温度；
- 2、同安装朝向的光伏组件配套逆变器宜集中排布，可配置组件安装方向、规格、容量参数，依托等效发电小时数横向比对，识别直流支路异常；
- 3、多 MPPT 结构逆变器，应支持对各 MPPT 支路单独配置组件参数，通过支路电流比对排查设备异常；
- 4、支持修改逆变器直流侧装机容量，保障等效发电小时数计算准确；
- 5、可编辑设备编号，备注设备安装位置；
- 6、逆变器启停机应支持单台、集中两种控制模式，遥控操作权限可管控；
- 7、具备远方无功调节模式切换功能，依托并网点功率因数调控逆变器出力；配置 SVG 装置的电站，可联动调控 SVG 运行模式与出力，优化力调电费考核指标。

B.3 汇流箱参数设置

汇流箱分为交流汇流箱与直流汇流箱。交流汇流箱配套组串式逆变器使用，直流数据由逆变器采集；直流汇流箱配套集中式逆变器使用，配置独立数据采集装置。汇流箱参数设置应符合下列规定：

- 1、应显示汇流箱总电压、各支路电流，可选配展示功率、断路器状态、防雷器状态、设备温度，支持自定义温度告警阈值；
- 2、支持修改汇流箱设备编号，标注设备安装位置；
- 3、平台内支路序列号可编辑调整，确保系统编号与现场支路排布一致。

参 考 文 献

- [1] GB/T 31960.7 《电力能效监测系统技术规范第7部分：电力能效监测终端技术条件》
 - [2] GB/T34932-2017 《分布式光伏发电系统远程监控技术规范》
 - [3] GB/T36547 《电力安全工作规程电力线路部分》
 - [4] DL/T5161 《电气装置安装工程质量检验及评定规程》
 - [5] T/BEP1A00001-2022 《高压电力用户配电室智能化运维规范》
 - [6] 《电力需求侧管理办法（2023年版）》
 - [7] 《电力负荷管理办法（2023年版）》
 - [8] 《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）》
 - [9] 《广东虚拟电厂参与电能量交易实施细则（试行）》（南方能源监管局、广东省能源局联合印发）
 - [10] 《广东虚拟电厂运营管理实施细则（试行）》（广东电力交易中心发布）
-