

团 体 标 准

T/CPIA 0103—2024

智能光伏发电系统通用技术要求

General technical requirements for intelligent photovoltaic power system

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

2024 - 12 - 15 发布

2024 - 12 - 30 实施

中国光伏行业协会 发布

目 次

前 言	III
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	1
5 智能光伏发电系统架构	2
5.1 典型架构	2
5.2 设备层	2
5.3 平台应用层	2
5.4 决策指挥层	4
6 系统能力要求	4
6.1 通则	4
6.2 自感知	4
6.3 自诊断	5
6.4 自维护	5
6.5 自调控	5
参 考 文 献	6

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

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。

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。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院华东分院、江苏赛西科技发展有限公司、上海极熵数据技术有限公司、西安咸林能源科技有限公司、青岛海尔光伏新能源有限公司、苏州UL美华认证有限公司、阿特斯阳光电力集团股份有限公司、中国质量认证中心、浙江正泰新能源开发有限公司、浙江润海新能源有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、华能江苏综合能源服务公司。

本文件主要起草人：张星星、颜旺、陈盼、孙东来、吴天、侯梦琦、王海峰、侯瑞、鲍清超、朱华、尉元杰、张圆雪、张良利、李迎春、邵珠青、王广顺、殷杰。



CPIA



中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

智能光伏发电系统通用技术要求

1 范围

本文件规定了智能光伏发电系统的定义、基本要求、系统架构、能力要求等内容。

本文件适用于智能光伏发电系统的设计、建设、运行及验收，其他光伏储能一体化系统可参考本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50797-2012 光伏电站设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能光伏发电系统 intelligent photovoltaic power system

具备自感知、自诊断、自维护、自调控能力的光伏发电系统。

注：智能光伏发电系统的边界涵盖光伏方阵、逆变器为核心发电设备，且具有集电、升压和保护功能的并网设备（如继电保护、防孤岛检测、安全自动装置等），以及系统维护和运营相关的软件系统、智能辅助设备。

3.2

自感知 self-sensing

主动感知自身状态和外部环境变化对光伏发电系统各类设备的运行状态及影响进行评估，并具备输出评估数据的能力。

注：自感知能力可有效改善光伏发电系统的稳定性。

3.3

自诊断 self-diagnosing

根据自感知的数据，可自主发现和诊断出光伏发电系统的故障或隐患，并可输出发现及诊断结果、发出预警、给出故障原因及有效的处理措施。

注：自诊断能力可避免光伏发电系统危害进一步发生或生产事故扩大的可能，有效保障光伏发电系统正常安全运行。

3.4

自维护 self-maintaining

光伏发电系统日常运维的自动巡检和维护能力。

注：自维护能力可减少运维人员投入，降低电站运维成本。

3.5

自调控 self-adjusting

可自动调控光伏发电系统各类设备的运行状态和运行参数，实现功率控制、效率优化、装置保护等能力。

注：自调控能力可有效降低电力系统的硬件费用和能耗，降低投资和运行成本，提高经济收益。

4 基本要求

- 4.1 智能光伏发电系统应包含光伏发电设备，及支撑自感知、自诊断、自维护、自调控等能力的智能辅助设备及其他硬件设备。
- 4.2 智能光伏发电系统应具备支撑数据处理和数据传输的功能，及支撑场站监视、控制及调度的能力。
- 4.3 智能光伏发电系统设计应符合 GB 50797-2012 要求。

5 智能光伏发电系统架构

5.1 典型架构

智能光伏发电系统典型架构应包含决策指挥层、平台应用层、设备层，系统典型架构见图1。



图1 智能光伏发电系统典型架构

5.2 设备层

5.2.1 发电设备

发电设备应包括但不限于光伏组件、光伏逆变器、汇流箱、光伏功率优化器、光伏支架等，应具备数据采集、发送以及接收并执行各种指令等智能化功能。

5.2.2 智能辅助设备

智能辅助设备包括但不限于气象站、安全防护设备、运维无人机、清扫机器人、智能摄像头等，应具备监视、控制、分析、信息传输、调控等智能化功能。

5.3 平台应用层

5.3.1 数据处理和数据传输

数据处理和数据传输应能提供跨层级的数据采集服务，完成高效的数据存储及传输，并满足不同频率和维度的数据处理与数据分析需求，通过结合算法模型、静态数据和外部数据建设符合智能光伏发电系统需求的数据体系，并对智能光伏发电系统各类业务应用提供数据支持。

5.3.2 智能感知

5.3.2.1 发电数据监测

对光伏电站的发电方阵和各级设备运行的实时数据进行自动采集和监视,可实时查看并储存各级设备和线路的运行状态和参数。

5.3.2.2 运行状态监测

对光伏电站运行的异常进行自动识别,对光伏电站生产运维中的生产事故、设备故障、参数越限等异常状态事件进行监测、预警,并可与控制系统实现联动,以消除报警。

5.3.2.3 环境气象监测

对影响光伏发电的环境、气象等要素数据参数进行实时监测,如环境温度、大气湿度、光照强度、风速、组件温度、平面及斜面辐照度等。

5.3.2.4 多模态传感监测

通过视频记录、红外相机、无人机等多种类型的采集设备,对光伏电站的运行状态和运行环境的数据进行全方位监测。

5.3.3 智能诊断

5.3.3.1 发电预测

基于电站装机容量、组件电参数、运行数据等静态信息,同步监测太阳辐照、环境(气象)和系统的数据,运用模型进行数据挖掘、回归分析等方法,实现发电数据的定量化预测分析。

5.3.3.2 异常报警

基于系统实时监测信息,当高频数据采集和异常检测算法等识别到偏离定义阈值的异常参数时,系统将自动触发异常报警,包括场站程序报警、远程集控平台报警、声光报警、移动应用推送警报等,确保运维端可迅速响应。

5.3.3.3 故障诊断

基于物联网、互联网、大数据、人工智能等技术,运用视觉检测、成像技术、数据分析、监控系统等一种或多种光伏系统故障诊断方法,充分利用光伏场站监测到的各种信息资源,实现光伏区箱变、逆变器、汇流箱、光伏组串等发电设备故障诊断全覆盖。

5.3.3.4 分析预警

基于数据库和系统实时监测信息,利用数据挖掘技术和算法,评估设备老化、环境变化和运行效率等影响因素,预测可能的故障和性能下降,识别潜在风险并提前发出分析预警。

5.3.4 智能运维

5.3.4.1 智能巡检

通过采用智能巡检机器人、无人机、传感器等智能化设备,对光伏电站的发电设备进行移动式巡检,通过高清摄像头、红外热成像仪、烟雾传感器等部件,对一定范围内的发电设备状态进行固定式巡检,并将数据传输至数据处理中心进行分析判断,提升光伏电站巡检效率。

5.3.4.2 智能保养

可采用物联网和 AI 等技术对设备运行数据进行实时监控和分析,动态调整保养计划。通过智能系统自动提醒和生成保养任务,确保设备在最优状态运行,以延长设备使用寿命,提高电站整体效益。

5.3.4.3 预测性维护

基于物联网、互联网、大数据、人工智能等先进技术,通过对光伏场站内外部的多维数据信息进行采集分析,预测潜在故障和性能下降风险,提前实施维护措施,避免突发故障,减少停机时间,保证电站的持续高效运行。

5.3.4.4 自动化维护

通过自动化设备及机器人进行常规维护工作，如清洁、更换部件等，以减少人工操作，提高维护效率和安全性。自动化系统可根据设备状态自适应调整维护频率和方法，确保维护工作科学合理。

5.3.5 智能调控

5.3.5.1 发电控制

根据指令调整并控制光伏发电功率、输出电压及频率，从而实现光伏电站发电过程安全稳定高效运行。

5.3.5.2 无功控制（适用时）

光伏电站的无功补偿装置功率按指令进行闭环控制，使光伏电站注入电网的无功功率接近电网调度要求的最优值。

5.3.5.3 谐波抑制

对光伏电站汇流、升压与并网点的电压、频率及功率波动进行有效监测，通过闭环控制实现对电压、频率和功率波动的有效主动抑制，从而保证光伏电站输出电压与频率的稳定。

5.3.5.4 辅助设备控制

通过对光伏电站智能辅助设备（如气象站设备、安全防护设备、智能摄像头等）的调度控制，进一步提高光伏电站发电量，实现高度的安全防护与应急响应，延长站点设备寿命，从而实现智能化辅助设备控制并保障电站长期稳定运行。

5.4 决策指挥层

通过场站监控系统及远程集控系统作为智能光伏发电系统的决策指挥入口，调取各个智能化应用平台，完成运行数据监视，远程设备控制，调度指令下达，多维度数据统计分析等主要功能，实现对光伏发电过程的智能化决策管理。

6 系统能力要求

6.1 通则

智能光伏发电系统应具备自感知、自诊断、自维护、自调控四方面的智能化能力。

6.2 自感知

6.2.1 基本要求

应具备以下能力：

- a) 系统状态感知：可实时监测光伏发电系统各主要部件及设备的运行状态、信号和参数，包括电流、电压、功率、功率因数、发电量、环境参数、通信状态、设备安全状态等，并具备可视化能力。
- b) 系统数据治理：能够将系统感知到的数据进行自动收集或读取现场原始数据，并能够通过数据治理方法对采集到的系统数据进行清洗、换算、消缺，确保数据完整性和准确性，以供操作者进行基本的系统状态判别，可自动保存一定时期的历史运行数据，并具备根据需要调取历史数据的能力。

6.2.2 拓展要求

宜具备以下能力：

- a) 多模态感知：可通过视频记录、红外相机、无人机航拍等多模态传感形式实现运行状态和运行环境数据的全方位感知。
- b) 外部环境感知：可通过遥感接入、外部信源集成等方式实现对周边环境、电力接入状态、电力市场运行情况的复杂感知。

6.3 自诊断

6.3.1 基本要求

应具备自动诊断能力：可自动通过设备进行数据横向及历史数据纵向对比及评估，对生产事故、设备故障、参数越限等异常进行诊断，可在人工参与情况下依据自感知得到的信息及事件记录，通过大数据分析等方法进行故障跟踪。

6.3.2 拓展要求

宜具备以下能力：

- a) 异常定位：可根据自动诊断结果及故障信号自动定位异常问题点，结果判定和检修提示等。
注：异常通常指生产事故、设备故障、参数越限等。
- b) 预测性诊断：可根据历史运行数据和状态迁移评估结果进行自主学习诊断，并在故障发生前发出预测性维护提示。

6.4 自维护

6.4.1 基本要求

应具备定期维护能力：系统可根据自诊断过程提供的信息与事件记录或提前制定的维护计划，自主安排人工或机器人进行周期性巡检、设备保养、系统排障等，进行预防性及纠正性检修及维护。

6.4.2 拓展要求

宜具备以下能力：

- a) 按需维护：可根据状态评估结果及工况要求进行维护提示，实现按系统维护需求进行的设备保养、系统消缺、故障检修等主动维护动作。
- b) 预测性维护：可根据自诊断过程提供的指标与事件记录自动安排维护计划，以实现主动预测性维护能力。
- c) 自主决策维护：可根据自诊断过程提供的指标与事件记录自主安排维护机器人进行主动维护和维护前后效果评估，以实现无人化维护能力。

6.5 自调控

6.5.1 基本要求

应具备以下能力：

- a) 保护装置：可通过各级保护装置完成设备及发电系统保护动作，防止异常损害与安全事故。
- b) 接受调控：可接受调度指令，根据调度要求执行发电运行控制（如发电功率、功率因数、并网控制参数等主要发电控制）。

6.5.2 拓展要求

宜具备以下能力：

- a) 自主控制：可根据系统运行边界参数及实时感知数据自动调整运行状态和运行参数，实现自主运行控制（如自动发电控制、自动电压控制等发电控制能力）。
- b) 集群调控：系统间可组成智能发电系统集群，通过集群协同控制，实现多系统间的广域控制目标的自主执行，例如组成区域性微电网等。

参 考 文 献

- [1] GB 50797-2012 光伏电站设计规范

