

T/SDPEA

团 体 标 准

T/SDPEA

光伏电站智能运行技术导则

Guide for smart operation of photovoltaic power station

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

山东省电力行业

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 智能监视 2

6 智能操作 3

7 智能巡检 4

8 异常(缺陷)及故障处理 4

9 运行管理 5

10 电力交易 5

附录 A （资料性） 运行报表 6

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。

本文件由山东电力行业协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

光伏电站智能运行技术导则

1 范围

本文件规定了光伏电站智能运行监视、操作、巡检、异常（缺陷）和故障处理、运行管理、电力交易的基本要求。

本文件适用于智能光伏电站的运行管理。

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 光伏发电站设计规范
GB/T 29320 光伏电站太阳跟踪系统技术要求
GB/T 30155 智能变电站技术导则
GB/T 35694 光伏发电站安全规程
GB/T 38335 光伏发电站运行规程
DL/T 1403 智能变电站监控系统技术规范
DL/T 1051 电力技术监督导则
DL/T 1352 电力应急指挥中心技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能运行 Intelligent Operation

利用信息化、数字化、大数据、物联网、自动化技术，结合电力调度、电力市场、陆地或海上的气象条件、光伏电站及发电单元状况，实现设备的自感知、自适应、自学习、自决策、自执行，保障设备安全可靠运行。

3.2

智能监视 Intelligent Monitoring

利用大数据、物联网、人工智能、可视化、数字孪生等技术，实现运行监视、报警、预警、识别和指导的智能化。

3.3

智能控制 Intelligent Operation

利用数据资源实现自感知、自学习、自适应、自寻优能力的光伏发电单元、光伏电站、区域等层级的全面控制。

3.4

智能运行管理 Intelligent Operation Management

利用信息化、数字化等技术实现“工作票、操作票、交接班制、巡回检查制、设备定期试验轮换制”的智能联动、分析和管理。

3.5

智能一体化管控平台 integrated management and control platform

为光伏电站生产运行和管理提供统一的数据接入、管理以及服务，实现数据共享、集中管控与协同互动的软硬件系统。

4 总体要求

4.1 光伏电站智能运行应满足 GB/T 30155、GB/T 38335 的基本要求。

4.2 光伏电站智能运行应利用网络通信、信息融合、大数据、数字孪生、全方位态势感知和数据智能分析技术，实现发电单元、输变电设备、自动化设备、气象及环境的监视和分析。

4.3 光伏电站智能运行应依据监视和分析结果对发电单元和电气设备进行控制，优化调节发电单元和电气设备的控制策略，实现控制策略的自学习、自适应和自寻优。

4.4 光伏电站智能运行应利用全方位态势感知和数据逻辑推理模型实现对设备异常或故障的检测、定位、分类、处理和复现。

4.5 光伏电站智能运行应通过多源数据的信息交互和协同运作，实现对运行管理的全息观测与全局关联分析。

4.6 光伏电站智能运行应结合设备状态、电力调度、电力市场等信息，分析和预测电能需求、日前和日内电价状况，提出智能辅助交易策略。

5 智能监视

5.1 一般要求

5.1.1 智能监视根据模型自动学习历史数据，记录设备不同工况下多维度的运行数据，实现智能阈值计算，得到设备不同工况下的报警阈值并不断进行修正；应提供监测对象实时与长期趋势曲线数据对比监视，并实时对长期趋势曲线数据进行修正。智能光伏电站应通过智能传感测量及网络通讯技术，部署感知终端与数据采集设施，实现气象环境信息、发电设备信息、生产管理信息、电力系统信息、电力市场信息的全方位监测和感知。

5.1.2 智能监视应监视发电单元数据、升压站数据、线路数据、箱式变压器数据、气象功率预测数据、检修维护数据、巡检数据、其他辅助系统数据等，根据设备状态、环境条件智能调整监视的周期和频次。

5.1.3 智能监视应根据数据逻辑推理模型自主学习历史数据，实现智能阈值计算，监测对象趋势数据对比分析。

5.2 发电单元监测

5.2.1 利用智能状态感知装置监视光伏组件、组串汇流箱、逆变器、箱变等设备的温度、振动、腐蚀、应力、绝缘等变化情况。自动与历史数据对比，进行综合评估，对异常情况进行预测和预警。

5.2.2 利用智能识别装置监视阴影遮挡、组串失配、热斑、组件脏污等异常状态，并能够及时进行故障预警。

5.2.3 利用智能振动监测装置监视支架或平台基础沉降、倾斜、振动情况，对异常情况进行报警，实现支架或平台发生倾斜或者倒塌的预测和预警。

5.2.4 利用智能环境传感装置监视逆变器、汇流箱、箱变内部的温度、湿度、盐度、有害气体情况，对异常情况进行预测和预警。

5.2.5 利用多源校验技术验证设备数据完整性，对通讯闪断导致的数据延迟、丢帧等异常情况进行告警和数据修复。

5.3 输变电设备监测

5.3.1 利用智能状态感知装置监视升压站主变压器、站用变压器、备用变压器、箱式变压器、无功补偿装置、开关柜、电缆等设备的温度、振动、腐蚀、应力、绝缘、局放、油品参数等变化情况。自动与历史数据对比，进行综合评估，对异常情况进行预测和预警。

5.3.2 实时监视架空集电线路、电缆等设备的绝缘、接头温度、应力、雷击、异物搭接、鸟窝、树障等情况，对异常情况进行告警和诊断。

5.3.3 全方位感知海上升压站海缆状态、基础冲刷及腐蚀情况，对异常情况进行预测和预警。

5.4 自动化设备

5.4.1 全方位感知光功率预测、变电站控制、继电保护装置、自动电压控制、自动功率控制等设备的运行情况，对异常情况进行预测和预警。

5.4.2 利用网络信息技术监视自动化设备的通信状态，对异常通信情况进行告警。

5.4.3 利用多源校验技术监视自动化设备上传调度的数据，对异常数据情况进行告警。

5.5 气象及环境

5.5.1 实时收集气象预测信息，对异常天气进行告警，根据气象灾害模型，监测和预测可能遭受台风、雷击、覆冰、高温等灾害的设备，进行报警或预警，智能调整光伏场区、输变电设备、自动化设备的监视周期和频次。

5.5.2 实时监视进入场站区的人员、车辆（船舶）、设备，自动进行信息认证、备案，对非法闯入的人员、车辆（船舶）、动物等，进行安全警示或驱逐。

6 智能控制

6.1 利用智能一体化管控平台，自动调整发电单元和电气设备的控制策略、生成异常或故障处置方案，实现控制策略的自学习、自适应和自寻优。

6.2 升压站的智能控制按照 GB/T 30155、DL/T 1403 执行。根据电网频率、电压和电气设备运行状态，智能进行并网发电，电压、有功和无功功率调节，集电线路送电、停电等操作。系统内部、系统与设备之间实现联动，自动触发报警和防误闭锁操作。

6.3 根据光功率预测和天气预报结果，按照保障设备安全和发电功率最优化策略，利用考虑环境、气候、辐照强度、对光角度、组件脏污程度等因素建立的模型，实时优化运行控制参数，自动调整运行曲线和功率限制，对逆变器进行精准功率控制。

a) 自动调整控制参数，减少逆变器频繁启动，降低设备损耗。

b) 利用建立的模型，自动优化组串切除策略，将异常组件或组串进行切除，提高发电效率。

c) 自动调整支架角度，跟踪入射太阳光，捕获更多太阳能，提高发电功率。太阳跟踪系统技术要求执行 GB/T 29320。

d) 根据天气预警信息，在雷雨、大风或者覆冰覆雪等恶劣天气下，自动调整支架角度，进行抗风、避雪或者停机操作。

6.4 根据各监测系统的异常或者报警信息，智能控制关断，优化消除阴影遮挡功率损失、失配损失、消除热斑。

- 6.5 出现组件失效、短路、高温等报警和预警事件，自动推送控制指令值至控制系统，实现自动降出力或停机。
- 6.6 根据支架、基础的倾角及沉降监测报警信息，按照劣化程度，自动提高智能监视的频次，调整运行策略。
- 6.7 根据火灾报警信息，根据设备温度、湿度、烟雾情况，启动火灾系统进行灭火处理，并启动应急处理方案。火灾系统设计应执行 GB 50797 第 14 章的规定。
- 6.8 综合各方面因素，设备检修模型自动进行“停机优先顺序”控制，以降低检修损失电量。

7 智能巡检

- 7.1 利用无人机、机器人等智能设备自动进行设备数据采集分析和处理，实现巡检的可视化、自动化。
- 7.2 以多维度智能巡检终端为基础，构建以多源数据融合为核心的智能巡检系统，从多源数据采集、自主识别、智能告警和大数据分析等方面进行无人化巡检，根据设定的巡检路线，自动传输设备检测数值，发现异常自动上报，自动生成巡检报告。
- 7.3 利用光伏场区监控系统安装的各类传感器和加装的视频采集装置、传感器（温度、风速、光照等），实现巡检要求的设备和环境的实时感知。
- 7.4 对感知数据分析建立数据模型，针对设备异常、故障事件进行实时监测和预测，并根据监测和预测结果，自动进行控制调整、或者推送通知进行消缺和检修。

8 异常(缺陷)及故障处理

8.1 一般要求

- 8.1.1 异常（缺陷）及故障处理通过智能监视系统提供的各类报警和预警信息、相应的控制信号，通过智能控制系统自动进行异常（缺陷）消除、自动停机避免发生延伸故障和事故，或者自动启动智能检修系统、智能工单系统、智能两票系统，并将异常（缺陷）的原因、解决方案和措施传输至上述系统。
- 8.1.2 通过智能一体化管控平台对异常(缺陷)和故障统一进行报警和预警，针对重要报警和预警事件通过广播系统进行通知。
- 8.1.3 将报警和预警信息按照传感器、设备、系统状态及人员操作习性等类别进行分级划分，并依据报警等级从高到低进行通知。

8.2 异常处理

- 8.2.1 针对智能监测提供的解决异常运行的操作流程和技术措施进行操作，处理异常运行；或者转化为控制指令分级传输至控制系统，自动进行分级异常运行处理。
- 8.2.2 利用神经网络、数据逻辑推理模型自动检测、定位、分类和处理异常及故障，自动调整设备监视周期及频次，生成检修策略、维护方案，并对处理结果进行校核。
- 8.2.3 报警或预警信息按照传感器、设备、系统状态及管理人员专业等类别进行分级划分，并依据等级从高到低进行通知。

8.3 故障处理

- 8.3.1 故障发生时，利用故障信息逻辑和推理模型自动分析、判断故障的原因、性质、程度、位置和趋势。自动启动设备保护装置，采取防止故障扩大措施。通过智能一体化管控平台的智能检修、智能工单、智能两票等功能生成检修维护计划和方案，通知人员进行故障处理。

8.3.2 故障处理后，利用大数据分析技术对故障前后设备状态、控制装置动作等数据进行分析并生成分析报告。

8.3.3 当故障信息经逻辑推理模型分析可能造成事故时，自动启动对应等级的应急预案、列明应急物资清单等，通知应急管理人员。

9 运行管理

9.1 根据历史交易数据、功率预测情况和设备工况，自动制定年度和月度发电、厂用电率等计划，并自动统计分析指标完成情况。

9.2 自动对并网运行管理实施细则和辅助服务管理实施细则的考核结果、指标完成情况进行分析，根据分析结果自动进行参数、策略调整优化。

9.3 根据电站维护需求、巡检计划、调度计划，自动生成工作任务单，利用无人机、机器人等设备自动开展巡回检查。需运行人员重点确认检查的项目，自动列出所需工器具、交通工具等清单。

9.4 自动制订定期轮换与试验计划，到期自动执行，并对执行情况进行定量评价、追溯分析，自动调整定期轮换与试验计划。现场安全要求应遵守 DL/T 796 的有关规定。

9.5 利用人脸识别、指纹识别、视频监控、电子门禁、定位技术、防误闭锁装置等多源联动，自动实现人员、车船和设备的认证、出入权限控制和设备联锁操作。

9.6 智能判断两票执行过程中人员穿戴、安全措施、工器具使用、操作指令正确性，提醒安全风险事项及危险点。自动对两票执行结果进行校验，定期评价和追溯分析。

9.7 基于标准要求的内容和自身需求利用大型语言模型 GPT 自动生成各类报表、报告。自定义编辑、按设定要求计算等功能，自动生成数据结果，通过丰富的报表展现和多种的图表样式呈现数据信息，能自动标识异常的数据并进行报警处理。报表内容可参考附录 A。

10 电力交易

10.1 根据所在区域气象情况，结合光伏电站有无电价补贴和绿证、电力现货交易规则、不同时段电价预测情况，发电单元工况、检修计划等信息，自动预测光伏电站功率，自动开展电力现货市场交易。

10.2 根据光伏电站实际运行情况，结合光伏电站实际功率与预测功率偏差情况，自动评估功率预测准确性及预测曲线修正策略准确性，自动进行策略修正，依据修正结果自动开展电力中长期市场交易。

10.3 根据电力现货市场交易模型，自动形成中长期交易策略和日前市场报价策略，辅助电力中长期市场交易决策和日前现货交易。

10.4 根据超短期预测数据及实际出力情况，结合电网调峰规则，自动调整后续超短期预测数据，自动调整电力实时市场交易。

附 录 A
(资料性)
运行报表

报表宜分为光资源指标类、电量指标类、能耗指标类、运行水平指标类、运维指标类、经济指标类及交易指标类报表。各类报表建议包含的指标参见下表。

指标体系			指标名称				
光资源指标			太阳辐射量				
			日照时数				
			发电时长				
电量指标	应发电量		设计应发电量				
			实际应发电量				
			实际发电量		发电量		
	上网电量						
	自发自用电量						
	发电量计划完成率						
	光伏电站等效利用小时						
	损失电量				场外损失电量		电网故障损失电量
							电网检修损失电量
			电网限电损失量				
			限电弃光率				
			场内损失电量		输变电设备计划停运损失电量		
					输变电设备非计划停运损失电量		
					逆变器计划停运损失电量		
	逆变器故障损失电量						
	自降容损失电量						
	逆变器技术待机损失电量						
			环境因素受累损失电量				
			未知损失电量				
能耗指标			购网电量				
			场用电率				
			场损率				
			送出线损率				
			综合场用电率				
运行水平指标			光伏电站转换系数				
			光伏电站可利用率				
			光伏电站无故障运行时长				
运行维护指标			逆变器故障次数				
			逆变器故障时长				

指标体系		指标名称
		平均故障间隔时间
		单位容量人员数量
经济指标		总利润
		度电利润
		总成本
		度电成本
		单位容量运行维护费
		场内度电运行维护费
		双细则考核费用金额
交易指标	电费收益	基准收益
		中长期盈亏
		现货盈亏
		历史收益率
	风险管控	最大回撤