

ICS 29.020

CCS F 20

团 体 标 准

T/CERS0132-2025

虚拟电厂终端技术规范

Technical specification for virtual power plant terminal unit

2025-12-01发布

2025-12-01实施

中国能源研究会发布

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 总体架构	2
5 技术要求	3
5.1 环境条件	3
5.2 工作电源	4
5.3 机械影响	4
5.4 温升	4
5.5 绝缘性能要求	4
5.6 电磁兼容性要求	5
5.7 通信接口	6
5.8 运行性能要求	6
5.9 操作系统及软件要求	7
5.10 连续通电稳定性	7
5.11 可靠性要求	7
5.12 结构与外观	7
6 功能要求	9
6.1 基本要求	9
6.2 数据采集	9
6.3 数据处理	10
6.4 数据传输	10
6.5 数据存储	11
6.6 控制调节策略管理	11
6.7 能效管理	12
6.8 运维管理	12
6.9 辅助监控	13
6.10 时钟与对时	13
6.11 事件记录	13
6.12 安全加密	13
7 试验方法与检验规则	14
7.1 试验方法	14
7.2 检验分类	14
7.3 型式检验	14
7.4 全性能检验	14
7.5 验收检验	15
7.6 检验项目	15

附录 A 虚拟电厂终端功能配置推荐	16
附录 B 可调节资源数据采集与控制策略说明	17
附录 C 检验项目说明	18
参考文献	19

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。

本文件由中国能源研究会提出。

本文件由电能技术专业委员会归口。

本文件起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、国网冀北电力有限公司、深圳市科中云技术有限公司、四川融创达电子科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司、北京清大科越股份有限公司、上海蔚来汽车有限公司、阿里云计算有限公司、北京市腾河智慧能源科技有限公司、国网北京市电力公司、上海启源芯动力科技有限公司、国网浙江省电力有限公司、国网（苏州）城市能源研究院有限责任公司、电力规划总院有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司、国网江西综合能源服务有限公司。

本标准主要起草人：宋磊、王泽森、饶亦然、陈宋宋、孔帅皓、胡鸿才、陈珂、卜凡鹏、周红全、胡俊杰、徐立中、李奇、凡鹏飞、周志宇、郭梦婕、王俊镞、黄振、郭静蓉、吴明宸、黄伟、胡伟峰、向琛、常洪山、杨虎岳、郭鹏、丁文楠、刘亚、孙杰、江海燕、刘丽芳、王凯、马翔、杜丽艳、项中明、袁伟、葛良、孙玮泽、魏笑然、张思琪、梅贱生、朱云鹏。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国能源研究会。

相关意见反馈联系方式：中国能源研究会标准执行办公室（E-mail: cers@cers.org.cn；电话：010-56284696）。

虚拟电厂终端技术规范

1 范围

本文件规定了虚拟电厂终端的总体架构、技术要求、功能要求、试验方法和检验规则等。
本文件适用于虚拟电厂终端（以下简称“终端”）的设计、生产、检测和验收。

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)适用于本文件。

GB/T 4208-2017 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 17215.211-2021 电测量设备(交流)通用要求、试验和试验条件第21部分：测量设备

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.6-2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8-2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10-2017 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 17626.12-2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验

GB/T 17626.18-2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

GB/T 32672-2016 电力需求响应系统通用技术规范

GB/T 35681-2017 电力需求响应系统功能规范

GB/T 44241-2024 虚拟电厂管理规范

GB/T 44260-2024 虚拟电厂资源配置与评估技术规范

DL/T 634.5101-2002 远动设备及系统 第5-101部分：传输规约 基本远动任务配套标准

DL/T 634.5104-2009 远动设备及系统 第5-104部分：传输规约 采用标准传输协议IEC60870-5-101

网络访问

DL/T 645-2007 多功能电能表通信协议

DL/T 698.45 电能信息采集与管理系统 第4-5部分：通信协议-面向对象的数据交换协议

DL/T 1867-2024 电力需求响应信息交换规范

3 术语和定义

上述引用标准中的术语和定义均适用于本文件。

3.1

虚拟电厂 virtual power plant

通过先进的信息通信技术、智能计量以及优化控制技术，将分布式电源、分布侧储能、可调节负荷等分布式资源进行集成，构成能响应电网需求、参与电力市场运行或接受电网调度的系统。

3.2

虚拟电厂资源 virtual power plant resources

能向外输出电能量或提供电功率调节能力的设备或系统。包括但不限于分布式电源、分布式储能、可调节负荷等。

3.3

需求响应 demand response

电力用户对实施机构发布的价格信号或激励机制做出响应，并改变电力消费模式的一种参与行为。

3.4

虚拟电厂终端 virtual power plant terminal unit

满足虚拟电厂分布式资源数据采集、控制调节以及边缘计算等功能，并能够与虚拟电厂运营商平台进行信息交互的设备。

3.5

上行通信 remote communication

虚拟电厂终端与虚拟电厂管理平台、虚拟电厂运营管理系统等上级平台之间的数据通信，主要为远程通信方式。

3.6

下行通信 local communication

虚拟电厂终端与分布式资源侧各类监测设备、计量表计、生产系统之间的数据通信，主要为本地现场通信方式。

4 总体架构

虚拟电厂终端与虚拟电厂各部分的连接关系和架构如图1所示：

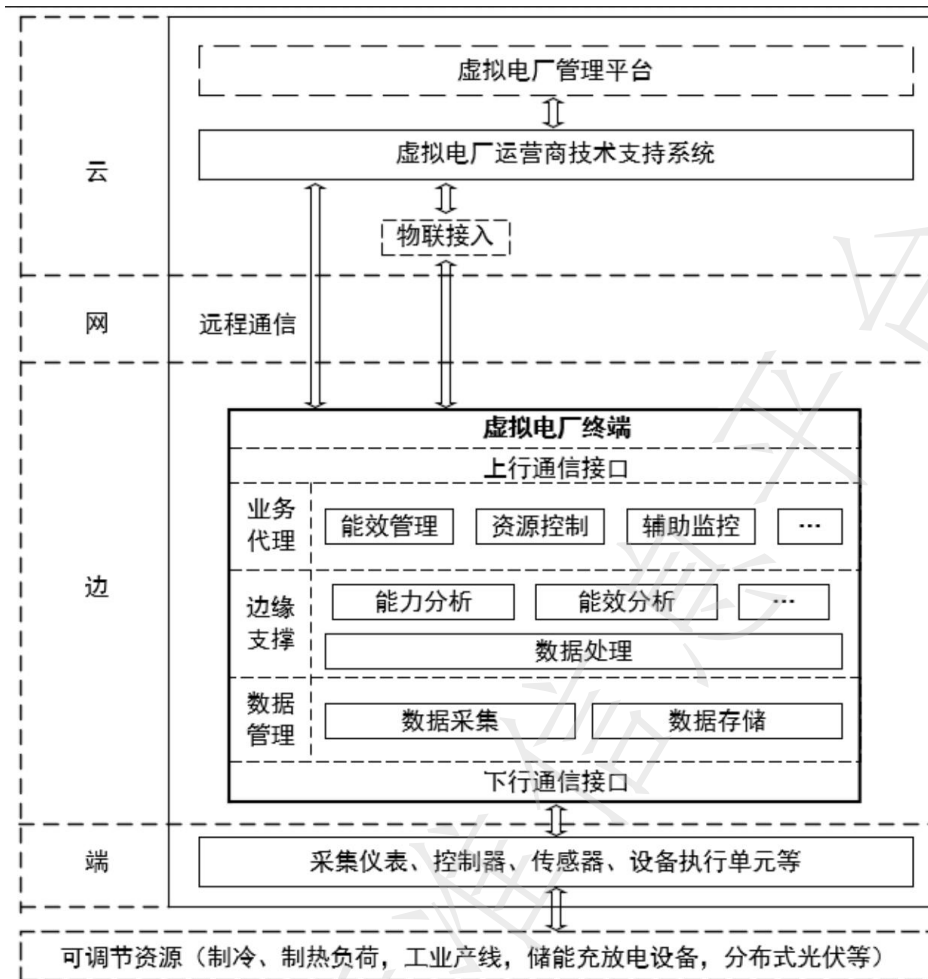


图1 虚拟电厂终端总体架构

虚拟电厂核心架构分为三层，虚拟电厂终端处于边端层，是连接上层运营商支持系统、管理平台与下层可调节资源设备的“桥梁节点”，通过数据交互、控制执行、协同保障三大功能，实现上层调度与下层设备的“双向贯通”，是虚拟电厂系统从“决策”到“落地”的关键环节。

虚拟电厂终端按照功能可分为两种类型：智能终端型和边缘计算网关型。智能终端型可用于与底层设备直连，具备数据采集、数据传输、控制调节等功能，边缘计算网关型不仅可用于直连，也可用于连接智能终端型，除满足智能终端型功能外，还具备边缘计算、协同控制、历史数据存储、数据分析预测等功能，具体功能配置可见附录A。

5 技术要求

5.1 环境条件

5.1.1 参比温度及参比湿度

参比环境温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ；参比湿度为40%~75%。

工作温度： $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：5%~95%（无凝露）；

存储温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ；

5.1.2 大气压力

除特殊要求外，应能够在大气压力为 86kPa~106kPa（海拔 3000 米及以下）的环境条件下正常工作，功能不受影响。对于安装在海拔高度超过 1000 米的终端，绝缘耐压和温升等应满足使用要求。

5.2 工作电源

5.2.1 主电源

终端可采用交直流供电。终端使用交流三相三线时断一相电压，三相四线供电时断一相或两相电压的条件下，交流电源能维持终端正常工作。

交流供电：100V~220V，允许偏差±20%；频率50Hz，允许偏差±5%。

直流供电：12~24V，允许偏差±20%。

5.2.2 后备电源

终端应具备后备电源并具备电源掉电检测功能，后备电源可采用超级电容或充电电池，采用充电电池时，电池应可更换。终端供电电源供电不足或消失后，后备电源应自动投入，主电源掉电后备电源应能保持终端连续工作及通信模块正常通信（无中断）至少10s，终端应能记录并上报电源掉电事件。

5.2.3 功率消耗

终端正常运行后，在非通信状态下，终端运行（有功）功率消耗应不超过25W。

5.2.4 抗接地故障能力

终端采用交流方式供电时，在接地故障及相对地产生10%过电压的情况下，没有接地的两相对地电压将会达到1.9倍的标称电压，在此情况下持续4h，终端不应出现损坏。供电恢复正常后，终端应正常工作，保存的数据应无改变。

5.3 机械影响

终端应能承受正常运行及常规运输条件下的机械振动和冲击而不造成失效和损坏。机械振动强度要求：

- a) 频率范围：10Hz~150Hz；
- b) 位移幅值：0.075mm（频率≤60Hz）；
- c) 加速度幅值：10m/s²（频率>60Hz）。

5.4 温升

在额定工作条件下，电路和绝缘体不应达到可能影响终端正常工作的温度。

终端的电流线路通过额定最大电流，电压线路以及通电周期比其热时间常数长的辅助电压线路加载1.15倍参比电压，环境温度为40℃时，外表面温升不应超过25K。

5.5 绝缘性能要求

5.5.1 绝缘电阻

终端电气回路对地和电气回路的绝缘电阻要求如表1所示。

表 1 绝缘电阻

额定绝缘电压 U V	绝缘电阻 MΩ		测试电压 V
	正常条件	湿热条件	
$U \leq 60$	≥ 10	≥ 2	250
$60 < U \leq 250$	≥ 10	≥ 2	500
$U > 250$	≥ 10	≥ 2	1000

与二次设备及外部回路直接连接的接口回路应满足 $U > 250V$ 的要求。

5.5.2 绝缘强度

电源回路、交流电量输入回路、输出回路各自对地和电气隔离的各回路之间以及输出继电器常开触点回路之间，应耐受表2中规定的50Hz的交流电压，历时1min的绝缘强度试验。试验时不得出现击穿、闪络现象，泄漏电流应不大于5mA。

表 2 试验电压

单位：V

额定绝缘电压	试验电压有效值	额定绝缘电压	试验电压有效值
$U \leq 60$	500	$125 < U \leq 250$	2000
$60 < U \leq 125$	1500	$250 < U \leq 400$	2500

注：继电器常开触点间的试验电压不低于1000V，泄漏电流应不大于6mA；

5.5.3 冲击电压

终端电源回路、信号输入回路、信号输出回路各自对地和无电气联系的各回路之间，应耐受如表3中规定的冲击电压峰值，正负极性各5次。试验时应无破坏性放电（击穿跳火、闪络或绝缘击穿）现象。

表 3 冲击电压峰值

试验回路	冲击电压峰值 V	试验回路	冲击电压峰值 V
直流电源对地	500	信号输入回路对输出回路	500
交流电源对地	5000	信号输入回路对电源回路	4000
信号输入/输出对地	500	信号输出对电源回路	4000

5.6 电磁兼容性要求

电磁兼容试验项目包括：电压暂降和短时中断、阻尼振荡波抗扰度、工频磁场抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、射频场感应的传导骚扰抗扰度、静电放电抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌（冲击）抗扰度。试验等级和要求应满足表4。

试验时终端无死机、无错误动作、无损坏。试验后终端工作正常、数据准确。

表 4 电磁兼容性能要求

电磁兼容	严酷等级	试验条件
电压暂降和短时中断	/	按照 GB/T 17626.11 有关规定进行
阻尼振荡波抗扰度	2	共模试验值(*)1.0kVP, 状态信号输入回路、控制输出回路
	4	共模试验值(*)2.5kVP, 电源回路
电快速瞬变脉冲群抗扰度	3	试验值 1.0kVP (耦合), 通信线
		共模试验值(*)1.0kVP, 信号输入回路、控制输出回路
	4	共模试验值(*)2.0kVP, 交流电压电流输入回路
		共模试验值(*)4.0kVP, 电源回路
浪涌(冲击)抗扰度	3	共模试验值(*)2.0kVP, 信号输入回路、控制输出回路
	4	共模试验值(*)4.0kVP, 电源回路
静电放电抗扰度	3	接触放电±6kV, 空气放电±8kV
	4	接触放电±8kV, 空气放电±15kV
工频磁场抗扰度	4	连续正弦波, 试验值 100A/m
阻尼振荡磁场抗扰度	4	衰减振荡波, 试验值 30A/m
	5	衰减振荡波, 试验值 100A/m
脉冲磁场抗扰度	3	试验值 100A/m
	4	试验值 300A/m
	5	试验值 1000A/m
射频电磁场辐射抗扰度	3	80MHz~1000 MHz 连续波, 试验值 10V/m
	4	80MHz~2000 MHz 连续波, 试验值 30V/m
注 1: 可选择具体的严酷等级。		
注 2: *差模试验电压值为共模试验值的 1/2。		

5.7 通信接口

5.7.1 总体要求

终端宜采用可插拔的通信模块方式来扩展和升级通信接口。终端应至少具备一路上行通信接口和一路下行通信接口, 分别用于接入上级平台或主站及下行设备、表计、系统等。

5.7.2 上行通信接口

终端上行通信接口应具备至少一路以太网接口或一路无线公网/专网远程通信接口, 以太网应满足 10/100Mbps 全双工自适应要求, 无线方式应支持 4G, 宜支持 5G; 上行通信协议宜支持 DL/T 634.5 101/104、DL/T 698.45、DL/T 1867、MQTT 等协议。

5.7.3 下行通信接口

终端下行通信接口应具备至少一路以太网接口或一路 RS485 接口, 以太网应满足 10/100Mbps 全双工自适应要求; 终端可配置本地通信接口, 支持 HPLC、LORA、微功率无线或者 HPLC+HRF 双模模块, 宜配置蓝牙、WiFi 等本地无线通信接口, 用于本地查看维护; 下行通信协议应支持 Modbus、DL/T 645 协议, 宜支持 DL/T 698.45、DL/T 634.5 101/104 等协议。

5.8 运行性能要求

智能终端型，主处理器主频不低于60MHz，通信响应时间不超过500ms；边缘计算网关型运行性能宜满足以下要求：主处理器主频不低于400MHz；运行内存不低于1GB；数据存储器不低于4GB。

5.9 操作系统及软件要求

5.9.1 操作系统

边缘计算网关型终端应具备操作系统，操作系统宜满足如下要求：

- a) 系统与上层应用软件、底层硬件解耦，可兼容不同功能的应用软件接入；
- b) 系统占用存储空间不超过于整个容量的60%；
- c) 具备进程管理、内存管理、文件系统、网络管理等功能；
- d) 支持本地或远程方式查询终端硬件信息，至少包括终端名称、硬件版本信息、通信接口信息、MAC地址、内存信息、存储信息；
- e) 支持本地或远程方式查询终端系统信息，至少包括系统版本、软件运行信息及终端当前时间；
- f) 系统宜具备异常信息记录与上报能力，异常信息包括CPU占用率超限、内存占用率超限、内部存储空间不足、软件异常重启等；
- g) 系统宜采用国产化或开源操作系统，应具备良好的稳定性和可靠性，可支持主流开发语言编写的各类应用软件的的良好运行。

5.9.2 应用软件

边缘计算网关型终端宜采用应用软件实现终端的基本功能和业务功能，应用软件按功能可分为基础通用应用软件和专有业务应用软件，具体要求如下：

- a) 应用软件宜支持本地或远程启动、停止、安装、卸载等，操作过程中不能影响已部署应用软件的运行；
- b) 应用软件宜具备本地或远程进行升级能力，升级过程中宜支持断点续传，升级时需对升级包的完整性、合法性等进行校验。

5.10 连续通电稳定性

终端在正常工作状态连续通电72h，在72h期间每8h进行抽测，其功能和性能以及测量准确度应满足相关要求。

5.11 可靠性要求

终端的平均无故障工作时间（MTBF）不低于30000h。

5.12 结构与外观

5.12.1 通用要求

终端宜兼容壁挂式和标准35mm导轨式安装。应具备多个状态指示灯，至少包括电源状态、运行状态、通信状态指示灯。终端可按需配置以太网、无线公网/专网、LoRa、载波及RS-485等接口。

5.12.2 机械强度

终端应有足够的机械强度，并能承受在正常工作条件下可能出现的高温和低温。部件应可靠地紧固并确保免于松动。外壳应有足够的强度，并应符合GB/T 17215.211—2006中5.2.2.1的要求，外物撞击造成的形变不应影响其正常工作。

5.12.3 阻燃性能

非金属外壳及端子的阻燃性能应符合 GB/T 5169.11—2017 中 12 试验结果的评定，端子排试验温度为 960℃（±15℃），外壳试验温度为 650℃（±10℃）。

5.12.4 防护等级

终端外壳的防护性能应符合GB/T 4208—2017要求，安装在室内环境的终端应满足IP40级要求，安装在室外环境的终端应满足IP51级要求。

5.12.5 接线端子

终端对外的连接线应经过接线端子，接线端子及其绝缘部件可以组成端子排，接线端子应符合以下要求：

- a) 强电端子和弱电端子应分开排列，具备有效的绝缘隔离。电压出线端子应能与截面为 1.5mm²~2.5mm² 的引出线配合。其他弱电出线端子应能与截面为 0.5 mm²~1.5mm² 的引出线配合；
- b) 端子排的最小电气间隙和爬电距离应符合表 6 的要求；
- c) 端子排的阻燃性能应符合 GB/T 5169.11 的要求；
- d) 端子盖内侧应刻印接线端子、辅助接线端子等接线图，接线图应清晰、不脱落。

5.12.6 接地端子

终端采用金属外壳需接地时，接地端子应能与4mm²地线良好接触，接地电阻应小于1欧姆。

5.12.7 电气间隙与爬电距离

裸露的带电部分对地和其他带电部分，以及出线端子螺钉对金属盖板之间，最小电气间隙和爬电距离应符合表5的规定。海拔高度2000m及以上的终端，电气间隙应按GB/T 16935.1的规定进行修正。

表 5 最小电气间隙和爬电距离

额定电压 U V	电气间隙 mm	爬电距离 mm
U≤25	1	1.5
25<U≤60	2	2
60<U≤250	3	4
250<U≤380	4	5

5.12.8 金属结构防腐

对正常运行条件下可能受到腐蚀的金属结构，应有防锈、防腐涂层或镀层。

5.12.9 显示

当终端配有显示功能时，显示要求如下：

- a) 应具有高对比度、宽视角；
- b) 宜选用宽温度范围，在-25℃~70℃内能正常显示，在-40℃~80℃不损坏；
- c) 宜采用彩色显示屏，显示尺寸宜不低于 10 寸，满足图形化信息输出需求；
- d) 宜支持触摸功能，具备多点触控能力。

5.12.10 按键

当终端配有按键时，按键应灵活可靠，无卡死或接触不良现象，各部件应紧固。

终端宜具备硬件复位功能按键，复位功能按键应具备防误操作的保护，以保障在不使用特定工具的情况下无法操作复位按键。

5.12.11 封印

终端宜能加封印或封盖螺钉，防止非授权人员操作。

6 功能要求

6.1 基本要求

终端是虚拟电厂运营业务系统的智能化边端设备，集成虚拟电厂各类资源的统一管理、实时监测、智能调控的重要设备，可实现用户侧各类虚拟发电资源的接入、监测、调节，支持用户参与虚拟电厂市场化需求互动，同时为用户提供能效监测、用能优化、辅助监控等系统支撑，以帮助用户提高用能的高效性、安全性、经济性。

终端可广泛接入用户侧可调节负荷及光伏、储能、充电桩等分布式电源，具备可调资源管理、能力分析、智慧调控、交互互动、运维管理等支撑功能，为用户提供多元化互动服务，实现电力用户、虚拟电厂运营商参与虚拟电厂运营提供可靠技术支持。

6.2 数据采集

6.2.1 总体要求

终端应具备多类型感知和采集能力，支持多通道并发采集与数据解析，可通过自身直接信号输入接口和数字化通信接口直接采集以电参量为主的多能源（电、气、冷、热）、多系统、多设备的各类资源的分项数据（电数据采集、状态量采集、交流模拟量采集等），各信息点可采用循环采集、周期采集、定时采集等方式，采集周期、定时类型可配置。

6.2.2 采集对象

- a) 分布式能源设备：光伏逆变器/风电变流器（输出电压、电流、功率、发电量）、储能系统（SOC、充放电电流、充放电功率、剩余容量）；
- b) 充电桩/充电站：充电电压、充电电流、充电功率、累计充电电量、充电时长；
- c) 可控负荷设备：工业电机（运行状态、功率、电流）、商业空调（运行状态、设定温度、实际温度、功率）、居民家用电器（运行状态、功率）。

6.2.3 电参数采集

电参数采集功能要求如下：

- a) 采集数据项包括电压、电流、有功功率、无功功率、频率、电能等；
- b) 采集间隔时间10s到30min可调，默认为5min；
- c) 当具备本地交流采样功能时，采样精度应不低于0.5%；
- d) 宜具备电能质量监测功能，针对电压电流谐波、电压偏差、频率偏差、电压波动和闪变等进行监测。

6.2.4 运行状态采集

设备运行状态监测功能要求如下：

- a) 终端能与空调、电锅炉、分布式光伏/储能、生产管理系统等设备或系统对接，获取资源运行状态监测，包括启停状态、运行模式、运行温度、负荷百分比、充放电电流、充放电功率、当前电池电量、发电功率、温度等状态参量；
- b) 采集间隔时间10s到30min可调，默认为5min。

6.2.5 环境参数采集

环境参数采集功能要求如下：

- a) 采集数据项包括温度、湿度、光照强度等；
- b) 采集间隔时间10s到30min可调，默认为5min。

6.3 数据处理

终端应具有对采集数据、过程数据等数据的数据处理功能，具备对数值的位操作、逻辑操作、算术操作、逻辑判定等边缘计算能力，可对采集数据、过程数据进行数据过滤、数据分离、数值计算、数据转换、数据分析、数值判定等相应处理。

6.4 数据传输

6.4.1 通信规约

终端应配置支持必要的上行和下行通信规约，实现上行平台或主站接入、下行设备监测及调控。终端上行宜支持MQTT、MODBUS、DL/T 634.5-101/104、DL/T 698.45等协议，下行宜支持MODBUS、DL/T 645、DL/T 634.5-101/104等协议。

6.4.2 数据交互

终端应能完成与上层业务主站的协议接入实现各类业务交互。通过协议脱敏和数据解析，可在业务主站与用户侧设备间、用户侧系统或设备之间实现协议级的数据转换，转换后数据可以通过RS485、以太网等本地通信接口实现本地数据转发和控制指令下达，也可通过上行通信接口实现数据远程推送，以解决不同场景下的数据共享及采集控制需求。

根据需要，终端应具备通信过程中相关通道的数据转发和报文监测功能。

6.4.3 传输模式

终端应具备定时上送和突发上送等不同的传输模式，具体要求如下：

a) 定时上送：终端支持1s~30min上送周期配置，上送周期动态可调。其中采集的监测数据主要采用定时传送模式，传送速率可按上级平台或主站设定参量进行。当通信故障或信号质量差等情况发生时，终端可根据上级平台或主站需求进行数据重传或续传；

b) 突发上送：在监测点突发上送规则允许时，当监测数据发生突变，终端应支持主送上送至上级平台。

6.5 数据存储

终端具备历史数据、事件等信息的存储与管理功能，可根据配置参数将各类资源及终端自身的实时数据、运行状态、环境参量、事件记录等信息汇总、冻结。数据冻结间隔动态可调，冻结的历史数据应具有查询接口，可供本地查询展示和相关算法进行历史回归分析使用。数据存储内容参考表6：

表6 记录数据

序号	数 据 项	冻结类型		
		实时	分钟冻结	日冻结
1	电压有效值	√	√	
2	电流有效值	√	√	
3	总或分相有功功率	√	√	
4	总或分相无功功率	√	√	
5	总或分相功率因数	√	√	
6	有功最大需量及发生时间	√		√
7	正反向有功电能示值	√	√	√
8	正反无功电能示值	√	√	√
9	终端运行状态	√	√	
10	事件记录	√		

对于边缘计算网关型，分钟冻结至少保存7天，日冻结至少保存31天，月冻结至少保存12个月，事件记录至少保存500条；对于智能终端型，至少保存100条事件记录。

6.6 控制调节策略管理

6.6.1 总体要求

终端具备远程和本地控制调节功能，可接收虚拟电厂调度中心下发的控制指令（如储能充放电功率调节、可控负荷投切、分布式能源出力限制），当与调度中心通信中断时，可切换至本地控制模式，执行预设的本地控制策略。不同类型可调节资源的数据采集和控制策略可参考附录B。

6.6.2 策略管理

终端应具备调节策略管理功能，并可通过远程或本地维护接口对存储的调节策略进行更新，要求如下：

- a) 可提供调节策略配置管理能力；

- b) 具有调节策略配置接口，支持本地或远程方式对终端存储调节策略的更新；
- c) 调节策略更新可包括以下几种情况：
 - 1) 调整调节策略的分组和执行优先级；
 - 2) 根据用户设备使用需求，调整调节策略；
 - 3) 根据用户设备检修停用情况，调整调节策略。

6.6.3 资源调控

终端宜具备资源调控功能参与虚拟电厂互动，资源调控功能要求如下：

- a) 事件互动：终端可接收并解析主站平台下发的事件，并可通过自带或外扩的辅助组件以声光方式告警和展示事件信息，与用户就事件进行交互，交互信息应能及时主动上报主站；
- b) 控制执行：接收事件并开始执行时，终端可根据需求及接入资源调节策略，对策略里的用能设备或系统运行功率进行调节或暂停，每个用能设备或系统在一个时间只能接受一个策略的调控；
- c) 指令生成：针对所连接的用能系统或设备运行状态，终端可根据内置调节策略生成对调节资源设备进行控制的指令集；
- d) 指令下发：终端可将生成的控制指令下发给用户侧能源管理系统或可调资源设备，根据设备反运行状态变化情况等信息，还可调整控制指令的下发顺序；
- e) 控制跟踪：终端可动态跟踪响应负荷的变化，分析并计算实时响应量，当响应未达响应目标值时，可自动选择剩余资源进行补充调节；
- f) 控制恢复：终端在响应事件完成后可调节用能系统和设备进行自动恢复，将事件执行过程中对目标系统或设备的控制改为系统或设备自主运行状态，达到用能系统或设备满足自主投入与退出互动事件的要求；

6.6.4 控制保护

宜具备过压、过流、过温保护功能，当采集到的参数超过设定阈值时，下发保护指令（如切断负荷、停止储能充放电）。保护动作响应时间 $\leq 200\text{ms}$ ，保护动作准确率 $\geq 99.9\%$ 。

6.7 能效管理

终端应具有能效管理功能，能对采集到的各类资源的用能数据、运行数据和清洁能源发电数据等进行用能监测、能耗统计、能效分析和展示，实现能耗统计、负荷跟踪、设备监控等应用需求。当需要进行上报时可按上报规则实时上报到业务主站做进一步精细化统计分析和管控。

6.8 运维管理

6.8.1 总体要求

终端应具备远程或本地维护接口、本地状态指示灯，可通过自带网页、配置工具及远程交互接口、指示灯查询及查看当前资源配置、参数配置、运行状态、实时负荷、历史事件记录、负荷曲线等信息，可通过远程主站或本地维护工具进行资源配置、参数配置、策略配置、软件升级、设备重启等管理维护操作。

6.8.2 状态显示

终端应具备电源状态指示灯、运行告警状态指示灯、通信状态指示灯。电源指示灯绿色，主电源正常工作时电源指示灯常亮；运行告警状态灯宜采用红绿双色，绿色闪表示正常运行，红色常亮，表示有告警事件发生；通信指示灯有数据传输时指示灯闪烁，无数据传输时常灭。

6.8.3 软件升级

终端应具备远程或本地软件升级功能，采用远程方式升级时宜支持断点续传，升级过程中终端运行和状态不受影响，升级不成功继续运行现有版本程序。终端上电时检查软件版本，并运行最新有效版本。

6.9 辅助监控

终端宜具有用电辅助监控支撑功能，能实时监测线路电流、电压、功率因素、谐波等电气参量，同时感知配置的目标设备的扰动参量，包括有害气体、水浸、温度、开断状态等。通过采集到电气参量、环境参数以及线路和设备状态，综合计算供电质量合格率，判断受监测的线路、设备的运行情况。当出现用能异常、温度超标、安全异常等事件时，终端可快速记录并上报业务主站或通过本地模块进行事件告警和展示。

6.10 时钟与对时

终端应具备实时时钟，参比条件下实时时钟日计时误差绝对值应不大于 $1s/d$ 。电源失电后，时钟应能保持正常工作。

终端应能接收上级平台或主站的时钟召测和对时命令，应同时具备通过主站、无线公网时钟同步功能，宜具备与卫星实现时钟自动同步功能。当终端时钟偏差大于定值时，终端应自动校时，并可生成校时事件并上报主站。

6.11 事件记录

终端可记录当前运行时间和总运行时间，并可记录上掉电、对时、状态变化、控制命令、故障告警、修改参数、终端异常等多种类型的事件，每种事件记录独立存储，事件记录带时标，分级处理，重要事件记录及时主动上报系统平台。每种事件记录至少可存储100条，掉电至少保存5年，可手动和远程清除。

6.12 安全加密

终端应具备安全加密功能，宜采用硬件方式实现信息加解密。在与上层业务主站进行通信时，可通过安全加密接口加解密交互双向传输的数据和指令，实现双向安全加密，保障相关安全接入及加密传输能满足接入安全平台要求，终端安全防护基本要求包括但不限于：

- a) 应采用国家密码管理局审批的密码算法；
- b) 可采用外置硬件安全加密装置或嵌入式方式集成安全加密芯片实现数据安全交互，外置硬件加密装置或嵌入式集成安全加密芯片应采用国家密码管理局认可并由虚拟电厂运营管理部门审查通过的硬件安全加密安全芯片；
- c) 应采用密文方式对关键业务交互数据（如价格信息、邀约事件等）进行保护处理；
- d) 应采用身份认证技术实现对主站、运维工具等的身份认证。

7 试验方法与检验规则

7.1 试验方法

试验方法遵循本文件第5章 技术要求、第6章 功能要求的规定。

7.2 检验分类

检验分为型式检验、全性能检验、验收检验三类。

7.3 型式检验

7.3.1 周期

虚拟电厂终端新产品或老产品恢复生产以及设计和工艺有重大改进时，应进行型式试验。批量生产或连续生产的虚拟电厂终端，每两年至少进行一次型式试验，由第三方权威检测机构对样品进行检验。

可靠性验证试验在生产定型时进行，或按客户要求，在系统试运行中进行。

7.3.2 不合格分类

按GB/T 2829—2002规定，不合格分为A、B两类。各类的权值定为：A类1.0，B类0.5。

7.3.3 合格或不合格判定

检验项目不合格类别的划分满足表8，当一个样本不合格检验项目的不合格权值的累积数大于或等于1时，则判为不合格品；反之为合格品。

对一个样本的某个试验项目发生一次或一次以上的不合格，均按一个不合格计。

7.4 全性能检验

7.4.1 抽样

全性能检验由专业检测机构负责组织实施，检验的样品应在出厂检验合格的虚拟电厂终端中随机抽取。按GB/T 2829—2002选择判别水平 I，不合格质量水平（RQL）为30的一次抽样方案，见式1

$$[n \quad Ac \quad Re] = [3 \quad 0 \quad 1] \quad (1)$$

式中，

n —— 样本大小；

Ac —— 合格判定数；

Re —— 不合格判定数。

7.4.2 合格或不合格判定

检验项目不合格类别的划分满足表8，当一个样本不合格检验项目的不合格权值的累积数大于或等于1时，则判为不合格品；反之为合格品。

对一个样本的某个试验项目发生一次或一次以上的不合格，均按一个不合格计。

7.5 验收检验

收货单位对收到的每台虚拟电厂终端在使用前进行验收检验，验收合格后方可投入使用。

检验中出现任一检验项目不合格时，判该虚拟电厂终端为不合格，应重新进行调换或修理。

7.6 检验项目

检验项目见附录B。

全国团体标准信息平台

附录 A 虚拟电厂终端功能配置推荐

表A.1 虚拟电厂终端功能配置（推荐）

功能	功能说明	配置要求	
		智能终端型	边缘计算网关型
数据采集	采集子设备（逆变器、储能、充电桩、断路器、电能表等）的各类数据（状态量、模拟量），支持循环采集、定时采集、实时采集等多种不同采集方式	必选	必选
测量	测量电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率等电量，测量温度、热量等非电量	可选	可选
上行通信	支持透传，支持 MQTT、MODBUS、DL/T 634.5-101/104、DL/T 698.45，支持加密传输（SSL/TLS）	必选	必选
下行通信	支持 MODBUS、DL/T 645、DL/T 634.5-101/104	必选	必选
参数设置查询	可通过通信接口进行参数设置和查询	必选	必选
时钟和对时	具备实时时钟，具备对时功能	必选	必选
遥信	实时监测遥信状态和遥信变化	可选	可选
指令控制	具备本地控制策略，也可接收远程下发控制指令，具备指令分解和指令下发功能，灵活实现远程/本地调控	可选	必选
边缘计算	具备本地数据分析和决策能力，实现分布式资源的协同调度优化	可选	必选
事件记录	记录遥信变化、本地和远程控制、设备运维等事件	必选	必选
历史数据存储	存储各类运行状态数据、负荷数据	可选	必选
安全加密	数据传输具备安全加密功能	必选	可选
软件升级	远程软件管理及升级	可选	必选

附录 B 可调节资源数据采集与控制策略说明

表B.1 可调节资源数据采集与控制策略推荐清单

资源类型	数据采集	控制策略
储能	充放电电流、充放电功率、母线电压、SOC（荷电状态）、累计充放电电量、逆变器运行状态	<ol style="list-style-type: none"> 1、调峰：削峰放电、填谷充电 2、调频：接入电网AGC 3、阈值控制：放电终止、充电终止（防止过充）、超阈值自动停机； 4、主动保护：过流、过压、过温，100ms内切断充放电回路；
充电桩	充电电流、充电电压、充电功率、充电时长、充电桩温度、风扇 / 散热系统状态	<ol style="list-style-type: none"> 1、削峰调节：接收降功率指令 2、有序充电：根据电价信号自动调整速率，优先保障预约用户； 3、容量聚合：同场站充电桩按“功率需求”动态分配； 4、过载保护：充电电流过大时切断输出
分布式光伏/ 风电	实时发电功率、累计发电量、逆变器输出电压、输出电流、逆变器 / 变流器运行状态（待机 / 运行 / 故障）、并网开关状态（合闸 / 分闸）、无功补偿装置状态、最大可限制功率	<ol style="list-style-type: none"> 1、限功率调节：接收指令后，100ms内完成功率限制，避免电网电压越限； 2、无功调节：调节逆变器无功输出； 3、并网保护：检测到孤岛效应、电网电压 / 频率越限时，200ms内断开并网开关； 4、消纳优先：本地有储能/负荷时，优先本地消纳（如光伏出力优先供本地空调、充电桩），余电再并网，减少弃光/弃风； 5、限功率保护，避免逆变器频繁启停；
空调系统	制冷 / 制热功率）、设定温度、实际温度、回风温度、压缩机运行状态、运行模式（制冷 / 制热 / 送风）、可调负荷潜力（当前功率与最大功率差值）	<ol style="list-style-type: none"> 1、削峰调节：接收降功率指令，生成调节策略； 2、填谷调节； 3、负荷排序：聚合多台空调时，按“边际调节成本”排序（如先调大功率空调，再调小功率），降低总调节损耗

附录 C 检验项目说明

表C.1 试验项目明细表

序号	检验项目	型式试验/ 全性能检验	验收检验	不合格类别
1	结构	√	√	A
2	功能	√	√#	A
3	系统及软件	√	√*	B
4	通信协议一致性	√	√*	A
5	系统电源影响（电源断相、电压变化）	√	√*	A
6	功率消耗	√	√*	B
7	接地故障能力	√		A
8	连续通电稳定性	√	√*	A
9	高温	√	√*	A
10	低温	√	√*	A
11	温升	√	√*	A
12	电压暂降和短时中断	√		A
13	工频磁场抗扰度	√		A
14	射频电磁场辐射抗扰度	√		A
15	射频场感应的传导骚扰抗扰度	√		A
16	静电放电抗扰度	√		A
17	电快速瞬变脉冲群抗扰度	√		A
18	浪涌抗扰度	√		A
19	阻尼振荡波抗扰度	√		A
20	绝缘电阻	√	√*	A
21	绝缘强度	√	√*	A
22	冲击电压	√	√*	A
23	机械振动	√		B
24	湿热	√		B
验收检验中“√”表示应做的项目，“√*”表示批次抽查的项目，“√#”表示功能和性能中数据采集功能、控制功能。				

参考文献

- [1] GB/T 17215.211-2021 电测量设备（交流）通用要求、试验和试验条件第21部分：测量设备
- [2] GB/T 32672-2016 电力需求响应系统通用技术规范
- [3] GB/T 35681-2017 电力需求响应系统功能规范
- [4] GB/T 44241-2024 虚拟电厂管理规范
- [5] GB/T 44260-2024 虚拟电厂资源配置与评估技术规范
- [6] DL/T 634.5101-2002 远动设备及系统 第5-101部分：传输规约 基本远动任务配套标准
- [7] DL/T 634.5104-2009 远动设备及系统 第5-104部分：传输规约 采用标准传输协议 IEC60870-5-101 网络访问
- [8] DL/T 645-2007 多功能电能表通信协议
- [9] DL/T 698.45 电能信息采集与管理系统 第4-5部分：通信协议-面向对象的数据交换协议
- [10] DL/T 1867-2024 电力需求响应信息交换规范
- [11] DL/T 2473.2 可调节负荷并网运行与控制技术规范 第2部分 网络安全防护
-