

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

综合能源站能源聚合调控技术规范

Technical specifications for energy aggregation and regulation in integrated energy stations

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 工作环境	2
5 系统构架	2
5.1 总体架构	2
5.2 能源站边缘控制集群架构	3
5.3 聚合商平台	3
5.4 虚拟调度中心	3
5.5 电力交易中心	3
5.6 大电网	4
6 系统功能	4
6.1 功能配置	4
6.2 多类型能源数据采集与监测	4
6.3 建模仿真	6
6.4 智能调控策略制定与优化	7
6.5 设备接入与协同	9
6.6 其他辅助类功能	10
7 性能指标	11
7.1 数据采集性能	11
7.2 数据处理与分析性能	11
7.3 系统响应性能	11
7.4 通信性能	11
7.5 系统可靠性	11
8 试验方法	11
8.1 数据采集性能	11
8.2 数据处理与分析性能	11
8.3 系统响应性能	11
8.4 通信性能	11
8.5 系统可靠性	11

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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：中国工业环保促进会。

本文件主要起草人：

综合能源站能源聚合调控技术规范

1 范围

本文件规定了综合能源站能源聚合调控技术的工作环境、系统设置、系统功能、系统主要性能指标等要求，描述了对应的试验方法。

本文件适用于常规中央空调系统、冰蓄冷空调系统、水蓄冷空调系统、压缩空气气站等场景。

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/T 2423.43 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装

GB/T 2887 计算机场地通用规范

GB/T 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理

GB/T 5080.2 可靠性试验 第2部分：试验周期设计

GB/T 7826 系统可靠性分析技术 失效模式和影响分析（FMEA）程序

GB/T 17626.19 电磁兼容 试验和测量技术 第19部分：交流电源端口2kHz~150kHz差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 25000.51 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE） 第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则

GB/T 31464 电网运行准则

GB/T 32353 电力系统实时动态监测系统数据接口规范

GB/T 33593 分布式电源并网技术要求

GB/T 33745 物联网 术语

GB/T 38853 用于数据采集和分析的监测和测量系统的性能要求

GB/T 38888 数据采集软件的性能及校准方法

GB/T 50063 电力装置电测量仪表装置设计规范

GB 50174 数据中心设计规范

CJ/T 188 户用计量仪表数据传输技术条件

DL/T 645 多功能电能表通信协议

DL/T 719 运动设备及系统 第5部分：传输规约 第102篇：电力系统电能累计量传输配套标准

IEC 61850 电力系统自动化通信网络和系统（Communication networks and systems for power utility automation）

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

综合能源站 Integrated energy station

通过物理耦合与智能调控技术，在固定场所内集成电、热、冷、气、氢等多种能源的生产、转换、存储与供应设施，实现多能互补协同与梯级利用的能源枢纽系统。

3.1.2

聚合商平台 aggregator operating platform

为满足聚合商运营服务需求,在其本地或互联网云端部署的满足相应安全防护等级要求的自动化信息系统,具备对各类可调节符合资源实现信息接入、实时监控、指令下达、操作控制、统计查询、计量计费等功能。

[来源: DL/T 2473.1-2022, 3.3, 有改动。]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BACnet: 楼宇自动化与控制网络 (building automation and control network)

CAN: 控制器局域网 (controller area network)

COP: 性能系数 (coefficient of performance)

Git: 全局信息跟踪器 (global information tracker)

JSON: JavaScript 对象表示法 (javascript object notation)

MQTT: 消息队列遥测传输 (message queuing telemetry transport)

NTP: 网络时间协议 (network time protocol)

OPC UA: 开放平台通信统一架构 (open platform communications unified architecture)

Protobuf: 协议缓冲区 (protocol buffers)

RS: 推荐标准 (recommended standard)

RTU: 远程终端单元 (remote terminal unit)

SSL: 安全套接层协议 (secure sockets layer)

TCP: 传输控制协议 (transmission control protocol)

TLS: 传输层安全协议 (transport layer Security)

UDP: 用户数据报协议 (user datagram protocol)

V2G: 车辆到电网 (vehicle-to-grid)

VPN: 虚拟专用网络 (virtual private network)

4 工作环境

4.1 综合能源站的工作环境要求应符合表 1 的规定。

4.2 综合能源站设于计算机机房的环境条件应符合 GB/T 2887 的规定。

表 1 工作环境条件要求

序号	名称	单位	允许值
1	室内环境温度	最高温度	$\leq +45$
2		最低温度	≥ -20
3	户外环境温度	最高温度	$\leq +70$
4		最低温度	≥ -40
5	湿度	日相对湿度平均值	80
6		月相对湿度平均值	80
7	大气压力	海拔1000m以下	80~110
8		海拔3000m以下	60~110

5 系统构架

5.1 总体架构

综合能源站能源聚合调控系统由能源站边缘控制集群(含智能微网、新能源、柔性负荷、储能电站、电动汽车等能源单元及本地协调控制系统)、电力负荷管理中心(含虚拟调度中心、聚合商平台、电力交易中心)、大电网等部分组成,系统组成结构如图1所示。

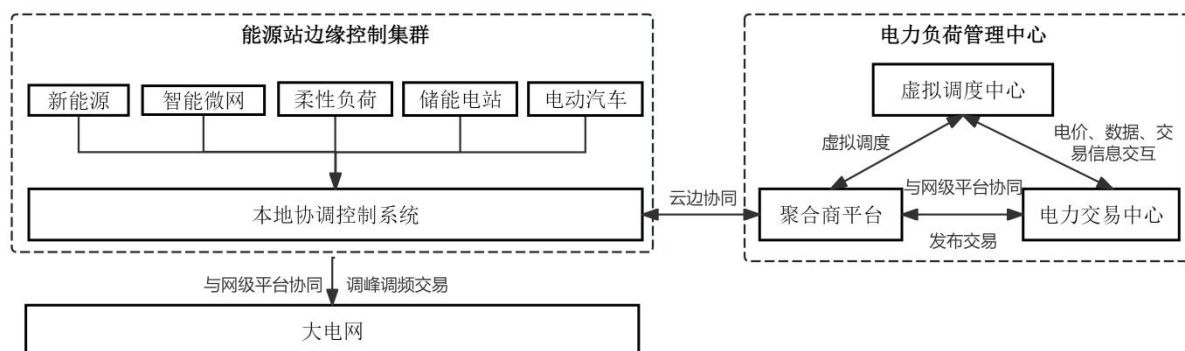


图1 能源聚合调控系统组成结构

5.2 能源站边缘控制集群架构

5.2.1 能源单元

能源单元主要包含：

- 新能源：包含光伏、风电等发电设施，应具备运行状态监测、功率预测及按调控指令发电的功能，通过端设备与本地协调控制系统通信；
- 智能微网：实现站内部分能源的局部自治运行，独立或并网运行，具备与本地协调控制系统的交互及响应调控能力；
- 柔性负荷：可调节工业设备、楼宇空调，根据调控需求调整用电负荷，通过端设备接收本地协调控制系统指令；
- 储能电站：包含电化学储能、蓄热蓄冷等，具备充放电（能）控制、储能状态监测功能，响应本地协调控制系统的充放调控；
- 电动汽车：通过充电桩等端设备接入系统，具备充电功率调节、电池状态反馈能力；
- 燃料电池：作为清洁发电装置，具备发电控制、状态监测及效率优化功能，支持氢能转换与并网/离网运行模式，通过端设备与本地协调控制系统交互，响应功率调节指令，并可协同电解槽实现氢储能应用。

5.2.2 本地协调控制系统

采集各能源单元端设备发电功率、负荷需求、储能容量等的数据进行本地能源协调控制，实现站内能源供需平衡，并与聚合商平台进行云边协同交互。

5.3 聚合商平台

汇聚多个综合能源站边缘控制集群的调控数据、运行状态等信息，可与电力负荷管理中心虚拟调度中心、电力交易中心、大电网进行交互，承担数据转发、业务协同、能源聚合管理等功能。

5.4 虚拟调度中心

通过接收聚合商平台上传的数据，进行区域或整体层面的能源调度分析，通过虚拟调度指令下达，协调综合能源站与大电网、电力交易中心，实现电力负荷的管理，同时开展电价、数据、交易信息交互等业务。同时，系统通过建立分布式数据库，与电力交易中心开展电价信息、交易申报数据、结算凭证等业务交互，对区域负荷进行短期预测，形成可调控资源池清单，以支撑电力现货市场交易与辅助服务调度，实现区域能源供需平衡优化、电网安全稳定运行及市场化交易高效协同。

5.5 电力交易中心

与聚合商平台协同开展发电交易等业务，提供交易规则、电价机制等，接收聚合商平台参与交易的能源数据，进行交易匹配、结算等操作，实现能源的市场化交易流通。

5.6 大电网

与综合能源站通过聚合商平台等协同开展调峰调频交易。

6 系统功能

6.1 功能配置

综合能源站能源聚合调控的功能配置应包含表2中内容。

表 2 能源聚合调控系统功能配置

功能名称		必备功能	可选功能
功能项	子功能项		
多类型能源数据采集与监测	能源参数采集	√	
	数据传输	√	
	设备检测	√	
用户信息管理	用户注册	√	
	信息管理	√	
	用户类型自动划分	√	
	用能规模统计	√	
	用能习惯统计	√	
	用能设备统计	√	
建模仿真	分析耦合建模方式	√	
	分析模型结构	√	
	仿真验证	√	
	更新机制	√	
智能调控策略制定与优化	聚合调控	√	
	调控策略制定	√	
	调控策略优化	√	
设备接入与协同	统一接口	√	
	统一通信协议	√	
	统一数据传输格式	√	
	设备协同运行	√	
其他辅助类功能	安全防护	√	
	应急响应	√	

6.2 多类型能源数据采集与监测

6.2.1 数据采集

综合能源站能源聚合调控相关的全维度信息，具体包括：

- 能源负荷信息：站内电、热、冷、气等多种能源的实时负荷数据（工业、商业、居民用户的分时用量）、历史负荷曲线及负荷预测数据；
- 能源资源信息：分布式光伏发电、储能装置、电动汽车等用户侧可调控资源的运行状态（光伏出力、储能荷电状态、车辆充电需求）、技术参数（调节范围、响应速度）；
- 外部交互信息：与电网、燃气网等外部能源网络的交互数据，包括分时电价、购售电 / 气指令、需求侧响应信号（调峰、调频指令）及气象数据（影响光伏出力、冷热负荷的关键因素）；
- 设备运行信息：能源生产、转换、存储设备（燃气轮机、换热器、充电桩）的实时运行参数（温度、压力、效率）、故障告警及维护记录。

6.2.2 数据传输

6.2.2.1 通信协议

通信协议的设计与实现应符合6.5.2中的有关要求。

6.2.2.2 网络架构

本地通信采用工业以太网、RS485 等可靠方式，实现传感器、控制器等现场设备与边缘网关 / 控制器之间的近距离数据交互，保障数据传输的稳定性。

远程传输通过光纤、4G/5G 无线网络或专用通信网络，将本地采集的能源数据加密传输至聚合调控平台，满足跨区域数据交互需求。

6.2.2.3 数据安全

数据传输安全应符合6.6.1中的有关要求。

6.2.2.4 实时性要求

数据传输实时性应符合 GB/T 31464的规定，监控数据的上传周期可根据需求配置，范围为秒级至分钟级，满足不同场景下的监控精度要求。

6.2.2.5 时间同步

站内所有设备的时钟应同步至统一时间源（北斗卫星导航系统、网络时间协议 NTP），确保数据采集、事件记录等时间戳的一致性，时间同步误差应控制在规定范围内。

6.2.3 用户信息管理

6.2.3.1 用户注册

应向用户提供自助注册功能，用户注册时应储存用户名称、用户地址、联系人、联系方式、最大需求、最大响应容量等用户基本信息。

6.2.3.2 信息管理

应对用户用电情况、历史响应情况建立档案，并进行过程管理，对档案录入、修改、删除建立操作记录；用户用电情况档案包括但不限于用户基本信息，计量方式，电气连接方式，用户对应的变电站、线路和台区等供电区域信息；历史响应档案应包括用户基本信息、需求响应合约信息、历史响应次数及历史响应执行情况信息等。

6.2.3.3 用户类型自动划分

6.2.3.3.1 按用能性质划分：

- a) 工业；
- b) 商业；
- c) 居民；
- d) 公共机构；
- e) 电动汽车充换电。

6.2.3.3.2 按合同类型划分：

- a) 固定电价、分时电价、需求响应签约用户等；
- b) 按用能规模划分：
 - 1) 特大户 (>10,000 kWh/月)；
 - 2) 大户 (5,000~10,000 kWh/月)；
 - 3) 中小户 (<5,000 kWh/月)。

6.2.3.3.3 类型划分后应生成用户标签库，并标注置信度。

6.2.3.4 用能规模统计

6.2.3.4.1 统计指标

总用电量/热/冷量 (kWh、GJ)。

分能源品种消费占比 (电/气/热/冷)。

峰值负荷 (kW) 及出现时段。

6.2.3.4.2 统计周期与方式

统计周期应包含实时统计、日统计、月统计及年统计，实时统计用于监测当前用能负荷波动，为聚合调控提供即时数据。

统计方式应基于标准化数据采集系统（见 6.2.1），自动采集各能源计量设备（智能电表、热量表、燃气表等）的实时数据，通过统一数据协议与传输格式（见 6.5.2、6.5.3）汇总至统计模块，生成结构化统计报表，确保数据的准确性与可追溯性。

6.2.3.5 用能习惯统计

6.2.3.5.1 关键特征提取

包含基线负荷、峰谷差率、夜间低谷占比的负荷曲线。

包含需求响应参与率、削峰响应速度的响应特性，评估用户对调控指令的配合程度。

计算负荷波动系数（标准差/均值），断用户用能的平稳性。

6.2.3.5.2 习惯标签化

进行“全日峰型”“双峰型”“夜间主导型”等模式命名。

进行节假日与工作日模式对比分析。

6.2.3.6 用能设备统计

用能设备统计内容包括：

- a) 建立设备数据库；
- b) 支持扫码录入设备信息；
- c) 通过非侵入式负荷监测辨识设备启停事件；
- d) 统计单台设备能耗占比；
- e) 高耗能设备预警信息。

6.2.4 设备检测

实时监测发电机、光伏逆变器、储能 PCS、制冷机组、水泵、风机等核心设备的运行 / 停机 / 故障状态，具体要求如下：

- a) 对电压越限、温度超标、压力异常、通信中断、保护动作等异常事件进行实时捕捉，并通过声光报警、平台弹窗等方式及时告警，确保运维人员快速响应；
- b) 定期计算设备运行效率、损耗情况，形成性能分析报告，为设备维护、能效优化提供数据支持；
- c) 在本地网关层实现滤波、降噪等数据预处理、基于预设阈值或算法模型进行异常诊断逻辑判断及缓存机制，确保上传至上层平台的数据准确性和完整性，同时在网络中断等情况下保障数据不丢失。

6.3 建模仿真

6.3.1 分析耦合建模方式

6.3.1.1 耦合维度

建立电、热、冷、气、氢等不同能源品种间的转换关系模型。

实现秒级与小时级的联合建模，适配不同能源系统的动态特性差异。

6.3.1.2 建模方法

基于设备机理方程构建模型，如燃气轮机、热泵等关键设备的能量转换效率模型。

对于难以通过机理精确描述的子系统，利用历史运行数据训练神经网络等算法模型。

关键设备采用机理模型以保证精度，子系统层面结合数据拟合方法简化建模复杂度。

6.3.2 分析模型结构

6.3.2.1 层级化架构

设备层模型：建立单一设备模型，明确输入 / 输出变量（功率、温度、压力）及参数边界（额定容量、效率曲线）。

子系统模型：构建供热管网、光伏电站集群等子系统模型，整合设备层模型并描述子系统内的能量流动与协同逻辑。

区域层模型：整合多子系统模型，形成覆盖综合能源站整体的区域模型，反映电、热、冷、气等多能源的耦合关系与梯级利用机制。

6.3.2.2 模块化与可扩展性

支持热电联产、储能系统等核心模块的独立建模与联合仿真，可通过 Simulink 搭建可扩展模型库，允许用户通过拖放模块构建复杂系统模型，适应不同综合能源站的设备配置与耦合方式差异。

6.3.3 仿真实验

6.3.3.1 历史数据校验

利用各能源子系统的功率输出、温度、压力等综合能源站实际运行的历史数据对模型进行校验，将模型计算输出结果与实际运行数据进行对比分析，误差范围应符合相关设备和系统的精度要求，确保模型能真实反映系统运行特性。

6.3.3.2 工况与故障场景测试

设置正常运行、高峰负荷、可再生能源高渗透率等典型工况和设备突发停机、通信中断、能源供应波动等故障场景进行仿真测试，验证模型在不同条件下的适应性和稳定性，确保模型能有效模拟各类实际运行状态。

6.3.3.3 第三方对比验证

采用专业能源系统仿真工具或实际物理实验数据进行对比验证，通过结果比对，进一步确认模型的科学性与可信度，保障模型在调控策略制定、系统优化等场景中的应用有效性。

6.3.4 更新机制

6.3.4.1 触发条件

模型更新机制触发条件如下：

- a) 当综合能源站内新增或替换能源转换 / 存储设备（如更换光伏逆变器、新增电化学储能系统）时，应重新校准相关模型参数，以反映设备性能变化；
- b) 若碳排放交易规则、可再生能源补贴政策等外部政策调整，需更新模型的经济性评估模块，确保模型输出符合最新政策导向；
- c) 当系统积累新增 1 年以上运行数据时，应对数据驱动模型进行重新训练，优化模型精度。

6.3.4.2 版本管理

采用 Git 等工具对模型版本进行管理，每次版本发布需附带验证报告，说明更新内容、验证方法及结果，确保版本追溯性。

6.3.4.3 定期评估与迭代

每季度应评估模型预测精度（如对比模型输出与实际数据的误差），每年基于更优算法、建模方法等新技术进行架构升级；同时建立用户反馈机制，收集现场运行人员对模型预测结果的意见，持续迭代优化模型逻辑。

6.4 智能调控策略制定与优化

6.4.1 聚合调控

6.4.1.1 目标

聚合调控应实现以下目标：

- a) 提升综合能源站整体能源利用效率，减少能源转换与传输过程中的损耗；
- b) 优化能源成本，通过峰谷调节、多能源替代等方式降低综合用能成本；
- c) 增强与外部电网、能源网络的灵活互动能力；
- d) 保障能源供应的安全性与可靠性，应对负荷波动、设备故障等突发状况。

6.4.1.2 范围

聚合调控应覆盖以下对象：

- a) 能源负荷：包括站内工业、商业、居民等各类用户的电负荷、热负荷、冷负荷及燃气负荷；
- b) 分布式能源资源：站内分布式光伏、小型燃气轮机等产能设备；
- c) 储能资源：电化学储能、储热罐、电动汽车（V2G 模式）等可调节储能装置；
- d) 柔性负荷：可中断负荷、可平移负荷（如空调、充电桩等）及其他具备调控潜力的用户侧负荷。

6.4.1.3 核心要素

6.4.1.3.1 协同性要求

聚合调控应实现电、热、冷、气等能源的跨品种协同优化。

聚合调控应协调分布式光伏、储能等“产消者”资源与负荷的互动，当光伏发电富余时优先满足站内负荷，不足时通过储能放电或电网购电补充，实现“自发自用、余电上网 / 储电”的动态平衡。

6.4.1.3.2 动态性要求

聚合调控应实时采集站内能源负荷、设备运行状态、外部电网 / 能源网的电价、负荷指令等数据，更新调控策略的周期不宜超过 15 分钟。

聚合调控应支持对电网峰谷时段、极端天气等场景的预判，提前调整储能充放电计划、柔性负荷运行模式，例如引导电动汽车在用电低谷时段充电、高峰时段通过 V2G 模式向电网放电。

6.4.1.3.3 经济性要求

聚合调控应纳入分时电价、热力 / 燃气价格等市场化信号，优先调度低成本能源（如低谷电价时段多购电、光伏大发时段多消纳本地发电）。

聚合调控宜通过需求侧响应机制参与电网辅助服务市场，获取额外收益，反哺站内能源调控成本。

6.4.1.3.4 安全性要求

聚合调控应设置电网电压波动范围、设备最大负荷限额等安全阈值，当调控策略可能导致越限时，应自动触发限制负荷调整幅度、切换备用能源等保护机制。

聚合调控应具备冗余调控能力，当某类能源供应中断时，能快速切换至替代能源，保障核心负荷的持续供应。

6.4.2 调控策略制定

6.4.2.1 制定依据

符合国家关于新型电力系统建设的相关政策。

依据站内设备的技术性能指标，包括分布式光伏的发电效率、储能装置的充放电速率与容量、电动汽车的 V2G（车辆到电网）响应时间、柔性负荷的调节范围等，确保策略在设备安全运行阈值内实施。

实时接收并分析外部电网的负荷指令、电价信息、气象数据（如光照强度、气温）等，例如根据天气预报调整次日光伏发电预测，进而优化储能充放电计划。

6.4.2.2 制定流程

调控策略制定应按以下流程实施：

- a) 数据采集与分析；
- b) 建模仿真；

- c) 策略优化与验证;
- d) 策略输出与更新。

6.4.3 调控策略优化

6.4.3.1 优化方法

采用多目标优化算法，构建以“效率-成本-安全”为核心的数学模型，平衡各目标权重。

结合动态规划、遗传算法等智能优化技术，对多能源调度计划、可调控资源出力曲线进行求解，生成最优调控方案。

利用数字孪生技术等数字化仿真工具，模拟不同优化方案的实施效果，验证其可行性。

6.4.3.2 优化重点内容

6.4.3.2.1 可调控资源调度优化

细化储能、电动汽车、柔性负荷的调控策略：

- a) 储能：根据次日电价预测，在低谷时段满负荷充电，高峰时段按电网需求逐步放电，同时预留 20% 以上容量应对突发负荷；
- b) 电动汽车：引导用户在电价低谷时段完成 80% 以上充电量，高峰时段通过 V2G 模式释放 10%-30% 电量，兼顾用户出行需求与电网调峰需求；
- c) 柔性负荷：对商业楼宇空调、工业可中断生产负荷等，按“削峰填谷”原则制定分时段调整计划。

6.4.3.2.2 应急优化机制

应急优化应符合6.6.2中相关要求。

6.5 设备接入与协同

6.5.1 统一接口

6.5.1.1 接口类型统一

针对能源生产设备（如分布式光伏发电系统、小型燃气轮机）、存储设备（如电化学储能、储热罐）、消费设备（如柔性负荷、电动汽车充电桩）及计量控制设备（如智能电表、传感器），应采用标准化物理接口，优先选择行业通用接口形式，电力设备采用 RS485、以太网接口，物联网设备采用 LoRa、NB-IoT 无线接口，确保不同厂商、不同类型的兼容性。

6.5.1.2 接口功能要求

接口应支持双向数据交互，能够实时采集光伏出力、储能荷电状态等设备运行状态数据。

接口应能够接收调控系统下发的充放电功率调整、负荷启停信号等控制指令。

接口应具备抗干扰能力，在复杂电磁环境下保障数据传输的稳定性。

6.5.1.3 接口兼容性验证

设备接入前需通过接口兼容性测试，验证其与综合能源站调控系统的通信匹配性，测试内容包括数据传输速率、指令响应时间、错误校验能力等，未通过测试的设备不得接入系统。

6.5.2 统一数据协议

6.5.2.1 协议选型

优先选择Modbus TCP/RTU、IEC 104、MQTT、OPC UA 等主流工业通信协议，同时符合 DL/T 645及 CJ/T 188等能源行业专用协议，确保与各类计量设备、能源终端的兼容通信。

6.5.2.2 协议扩展性

协议应具备可扩展性，以适应新型储能、氢能相关设备接入需求，允许在不改变核心协议框架的前提下，新增数据类型与交互规则。

6.5.3 统一数据传输格式

6.5.3.1 格式标准化

规定数据传输的统一格式，包括数据字段的组成（设备 ID、数据类型、采集时间、数值、单位、状态标识）、字段长度及排列顺序。

6.5.3.2 数据精度与单位统一

明确各类能源数据的精度要求（电负荷数据保留小数点后两位）。

统一单位，电力单位为 kW、kWh，热力单位为 GJ、MW，避免因单位不一致导致的数据解析错误。

6.5.3.3 格式兼容性

数据传输格式应与电网调度系统、燃气管理平台等外部能源网络的数据格式兼容，确保综合能源站与外部网络的数据交互顺畅，支撑需求侧响应、购售电等协同业务的开展。

6.5.4 设备协同运行

6.5.4.1 横向协同

电、热、冷、气设备应通过能源互补实现协同。

储能设备与生产/消费设备协同：储能装置在光伏发电高峰时存储富余电能，在用电高峰或光伏出力不足时放电补充；储热罐在夜间低谷电价时段蓄热，白天高峰时段替代电采暖，降低用电负荷。

6.5.4.2 纵向协同

与电网协同：设备应响应电网峰谷电价、需求侧响应指令，例如电动汽车在电价低谷时段充电、高峰时段通过 V2G 模式向电网放电；可中断工业负荷在电网调峰时按指令削减功率。

与燃气网、热力网协同：当燃气价格波动或供应紧张时，调控系统可调整燃气轮机出力，增加电网购电或启用储热设备补充热力供应，保障负荷稳定。

6.5.4.3 动态响应协同

设备应根据实时调控策略动态调整运行状态，响应周期不超过 5 分钟（针对紧急指令如电网调频，响应周期应 ≤ 1 分钟）。

在能源供应不足时，优先保障居民基本用电、医疗等核心负荷，削减非必要工业负荷或商业空调负荷；在可再生能源大发时，优先消纳本地光伏/风电，减少外部能源采购。

6.6 其他辅助类功能

6.6.1 安全防护

传输层采用 TLS/SSL、VPN 等加密技术，应符合 GB/T 25069 中的安全规范要求，防止数据在传输过程中被窃取或篡改。

设置严格的访问控制与身份认证机制，包括设备接入认证、用户权限分级管理等，确保只有授权设备和用户可访问系统数据及控制功能。

对居民用电负荷曲线、电动汽车充电记录等用户隐私数据进行脱敏处理，限制数据访问权限，仅授权人员可查询与调控相关的汇总数据。

数据存储系统应具备容灾备份功能，定期备份历史调控策略、设备运行日志等关键数据，防止数据丢失影响系统追溯与恢复。

6.6.2 应急响应

6.6.2.1 具备异常工况下自动切断故障区域能源连接的功能，防止影响扩散。

6.6.2.2 关键控制系统应配置冗余备份，主备系统切换时间 ≤ 30 秒。

6.6.2.3 针对能源供应中断（如燃气管道故障）、设备异常（如光伏逆变器故障）等突发情况，自动触发应急优化：

a) 快速切换能源供应源；

- b) 按负荷优先级削减非核心负荷（如暂停工业辅助设备用电，保障居民基本用电）；
- c) 调用应急柴油发电机、备用储热罐等备用储能资源，维持核心负荷稳定供应。

7 性能指标

7.1 数据采集性能

各类能源设备的数据采集周期应符合GB/T 50063-2017中的相关规定，数据采集软件的性能应符合GB/T 38888-2020中的相关规定。

7.2 数据处理与分析性能

数据处理延迟应符合GB/T 38853-2020中的相关规定。

7.3 系统响应性能

综合能源站的系统响应时间应符合GB/T 31464-2022中的相关规定，多能源协同调控的功率响应速度和调节精度应符合GB/T 33593-2017中的相关规定。

7.4 通信性能

分布式电源并网的通信性能要求应符合GB/T 33593-2017中的相关规定。通信链路的可用率及数据传输误码率应符合GB/T 17626.19-2022中的相关规定。

7.5 系统可靠性

系统可靠性能应符合GB/T 7826-2012中的相关规定，系统稳定性应符合GB/T 31464-2022中的相关规定。

8 试验方法

8.1 数据采集性能

数据采集性能应按照 GB/T 38888-2020 中的方法进行校准试验。

8.2 数据处理与分析性能

数据处理与分析性能按照 GB/T 38853-2020 中的方法进行试验。

8.3 系统响应性能

系统响应性能按照 GB/T 31464 中的方法进行试验。

8.4 通信性能

通信性能按照 GB/T 33593-2017 中的方法进行试验。

8.5 系统可靠性

系统可靠性按照 GB/T 5080.1-2012 、GB/T 5080.2-2012 中的方法进行试验。