ICS 29.020
CCS F 20

中华人民共和国国家标准

GB/T 44260—2024

虚拟电厂资源配置与评估技术规范

Technical specification for virtual power plant resources configuration and evaluation

2024-07-24 发布　　2025-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　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　总体要求……2
5　虚拟电厂资源配置要求……2
6　虚拟电厂资源配置评估……3
附录 A（资料性）　虚拟电厂资源配置方案评估指标计算……5

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电力需求侧管理标准化技术委员会(SAC/TC 575)归口。

本文件起草单位：国网上海市电力公司经济技术研究院、南方电网科学研究院有限责任公司、东南大学、中国电力科学研究院有限公司、国网上海能源互联网研究院有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、上海腾天节能技术有限公司、国家电网有限公司华东分部、国网浙江省电力有限公司、广东电网有限责任公司广州供电局、广东电网有限责任公司电力调度控制中心、国网江苏省电力有限公司营销服务中心、中电联(北京)科技发展有限公司、南京淳宁电力科技有限公司、国网上海市电力公司、国网河北省电力有限公司、深圳利行科技有限公司、广西电网有限责任公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：郭明星、金鑫、高赐威、费斐、肖勇、吕冉、郭涛、左娟、王舒杨、牟善科、张皓、张锋、朱庆、杨迪、宋梦、张扬、张姚、孔月萍、祝锦舟、顾皓、韩璟琳、李文峰、卢健斌、刘显茁、王小明。

虚拟电厂资源配置与评估技术规范

1 范围

本文件规定了虚拟电厂的资源配置要求，描述了虚拟电厂资源配置评估方法。

本文件适用于虚拟电厂投资方、建设方、运营方及相关规划设计单位开展资源配置、开发与评估工作。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

虚拟电厂 virtual power plant；VPP

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、分布式储能、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 VPP resources

能向外输出电能量或提供电功率调节能力的分布式设备或系统。

注：包括但不限于分布式电源、分布式储能、可调节负荷及其组合等。

3.3

资源聚合 resources aggregation

通过对虚拟电厂资源(3.2)进行分析、挑选、归类、整合，形成能被系统调用的聚合单元的过程。

3.4

资源配置 resources configuration

根据地区电力系统规划方案和电力市场环境，考虑虚拟电厂资源(3.2)类别、电气位置、性能指标等因素，选择或新建虚拟电厂资源(3.2)的过程。

3.5

资源配置评估 evaluation for resources configuration

针对虚拟电厂资源配置(3.4)方案，计算各类技术性和经济性指标，并进行方案综合评估的过程。

3.6

发电容量 generation capacity

虚拟电厂输出有功功率的最大值。

注：当虚拟电厂呈现电源状态时，发电容量为虚拟电厂输出有功功率的最大值；当虚拟电厂对外呈现出负荷状态时，发电容量为负，且为输入有功功率的最大值的负值。

3.7

调节容量 regulation capacity

虚拟电厂根据指令可达到的最大输出功率与最小输出功率的差值。

注：虚拟电厂消耗功率时，输出功率为负值。

3.8

响应时间 response time

自虚拟电厂发出指令开始,到虚拟电厂输出功率按照指令方向变化至超出阈值的时间。

3.9

爬坡率 ramp rate

虚拟电厂每分钟单方向功率变化量占调节容量的百分比。

3.10

调节偏差率 deviation rate

虚拟电厂实际功率变化量与目标功率变化量的差值占目标功率变化量的百分比。

3.11

发电持续时间 generation duration

在单次调用中虚拟电厂输出功率达到目标值,且偏差维持在一定范围内的时间。

4 总体要求

4.1 虚拟电厂资源配置与评估应紧密结合新型电力系统建设要求,促进实现清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的目标。

4.2 虚拟电厂资源配置与评估应基于所在产业发展、能源供需特点、电力系统规划、电力市场机制、用户参与意愿等因素,实现资源的优化配置和高效利用、系统的供需协同和整体效率提升。

4.3 虚拟电厂资源配置与评估应满足资源聚合所形成的虚拟电厂有效性和安全性要求,虚拟电厂资源聚合整体具有可量测、可调节的外特性,满足电网运行调控和参加电力市场交易的要求。

4.4 虚拟电厂资源配置与评估应结合应用场景的要求,对资源进行调查、分析,设计虚拟电厂资源配置方案,并对虚拟电厂资源配置方案进行评估。

4.5 虚拟电厂应具备向电力系统提供电能量或辅助服务的能力,虚拟电厂可通过参与需求响应或电力市场交易,提升电力系统运行效率和可靠性,促进新能源消纳。

5 虚拟电厂资源配置要求

5.1 虚拟电厂资源配置应满足资源配置主体对虚拟电厂的应用要求,同时符合资源配置主体的成本效益目标,应进行技术经济比较,综合考虑资源禀赋、系统需求、经济效益、环境效益等因素,设计资源配置方案。

5.2 虚拟电厂资源配置应满足在未来一段时间内有效性的要求,满足电力调度或交易机构对虚拟电厂资源代理的最小时间期限要求,宜不小于1个月。

5.3 虚拟电厂资源配置应根据电网运行的不同层级应用,确定纳入虚拟电厂的资源地理或电气位置范围。对于主网调峰、调频或电能量交易,应在省域范围内确定,对于配网层级应用,应根据相应电压等级和配网范围确定。

5.4 虚拟电厂资源应具备数据采集、双向信息通信、数据传输加密及校核能力,该能力应满足虚拟电厂向电力系统提供所需产品或者服务的技术要求。

5.5 虚拟电厂资源配置应满足运行安全性要求,保障设备本体的运行安全,并避免由于虚拟电厂调用可能引起的电网过载及相应设备、人员安全问题。

5.6 虚拟电厂资源配置应收集虚拟电厂资源的基本信息,包括分布式电源装机容量、负荷额定功率、储能容量、地理位置或电气位置、设备型号等。

5.7 虚拟电厂资源配置应根据资源接入虚拟电厂的通信、监测、控制改造等要求,测算建设成本、运行

成本等经济性指标。

5.8 虚拟电厂资源配置应根据历史运行数据、资源特性和应用场景，合理测算资源在特定时段的发电容量、发电量、调节容量、爬坡率、响应时间、发电持续时间等技术性指标。

5.9 虚拟电厂可参与电力系统调峰或需求响应，基于聚合资源的上下可调特性，调节自身总出力，维持电网电力平衡。为满足调峰或需求响应要求，资源配置内容包括但不限于：

a) 虚拟电厂应具有响应一种或多种时间尺度调峰需求的功率调节能力，包括日前、日内、小时级、分钟级调峰；

b) 虚拟电厂应具有维持调峰功率平稳的能力；

c) 虚拟电厂应满足调节容量、持续时间等指标要求，调节容量宜不低于 1 MW；

d) 典型资源配置宜以可调节负荷为主，配置部分分布式储能及可调分布式电源。

5.10 虚拟电厂可参与电力系统调频，当电力系统频率偏离目标时，虚拟电厂通过调节聚合资源的运行状态，调整有功出力，提供调频服务。为满足调频要求，资源配置内容包括但不限于：

a) 虚拟电厂应具备能快速响应电网频率变化的能力，在秒级到 1 min 以内及时做出调整；

b) 虚拟电厂资源应具有准确的功率调控能力，宜配置负反馈控制环节，降低调节偏差率；

c) 虚拟电厂应满足调节容量、响应时间、爬坡率、调节偏差率等指标要求；

d) 典型资源配置宜以分布式储能、电动汽车充电桩为主，配置部分可调分布式电源如小型燃气机组等。

5.11 虚拟电厂可为电力系统提供备用容量，根据电力系统运行的可靠性要求，虚拟电厂聚合可调节资源为系统提供备用容量。为满足向系统提供备用容量的要求，资源配置内容包括但不限于：

a) 虚拟电厂应具备保持稳定备用容量的能力，确保需要时投入运行；

b) 虚拟电厂应满足调节容量、响应时间、发电持续时间等指标要求；

c) 典型资源配置宜以具备确定性的功率调节容量的资源为主，如储能、电动汽车换电站或可调分布式电源等。

5.12 虚拟电厂可参与电能量市场，基于市场电价、负荷预测以及可再生能源出力的预测，考虑资源的调节成本，协调各虚拟电厂资源的出力安排和调节计划，提供电能量交易功能。虚拟电厂参与电能量市场时，资源配置内容包括但不限于：

a) 虚拟电厂宜具备提供较稳定可靠电能输出的能力；

b) 虚拟电厂宜通过配置可调资源，提高能量输出的可预测性；

c) 虚拟电厂应满足发电容量、年发电量、爬坡率、发电持续时间等指标要求；

d) 典型资源配置宜以分布式电源为主，配置部分分布式储能、少量可调节负荷。

6 虚拟电厂资源配置评估

6.1 虚拟电厂资源配置方案评估应从技术成效、经济效益等方面，评估资源配置方案的技术经济可行性，为投资决策提供依据。

6.2 技术成效评估可通过技术性指标是否达到目标设定值进行评估，包括发电容量、年发电量、调节容量、响应时间、爬坡率、发电持续时间、调节偏差率等指标。

6.3 经济效益评估可通过经济性指标与设定目标值的相对关系进行评估，如投资成本是否超出预算、年投资回报率是否超出同期商业贷款利率等。

6.4 虚拟电厂资源配置方案评估宜根据预期服务的应用场景，选取对应的技术性指标和经济性指标作为评估指标，基于评估指标的计算结果进行综合评估，根据综合评估结论确定推荐方案。相关评估指标计算方法及综合评估方法见附录 A。

6.5 虚拟电厂资源配置方案应出具评估报告，评估报告包括但不限于以下内容：

a） 虚拟电厂预期服务的应用场景；
b） 虚拟电厂资源配置方案，包括纳入虚拟电厂的资源类型、数量、基本参数、历史运行数据、建设成本、运行成本、地理或电气位置等；
c） 选取的评估指标及计算结果，包括技术性指标和经济性指标；
d） 综合评估结论，确定推荐方案；
e） 评估人员及评估日期。

附 录 A
（资料性）
虚拟电厂资源配置方案评估指标计算

A.1 技术性评估指标

A.1.1 发电容量

发电容量计算见公式(A.1)：

$$S=\begin{cases}\max\left(\sum_{i=1}^{L}P_{g,i}-\sum_{j=1}^{M}P_{l,j}+\sum_{k=1}^{N}P_{\text{storage},k}\right),\sum_{i=1}^{L}P_{g,i}-\sum_{j=1}^{M}P_{l,j}+\sum_{k=1}^{N}P_{\text{storage},k}>0\\-\max\left|\sum_{i=1}^{L}P_{g,i}-\sum_{j=1}^{M}P_{l,j}+\sum_{k=1}^{N}P_{\text{storage},k}\right|,\sum_{i=1}^{L}P_{g,i}-\sum_{j=1}^{M}P_{l,j}+\sum_{k=1}^{N}P_{\text{storage},k}<0\end{cases} \quad \cdots\cdots(\text{A.1})$$

式中：

S ——发电容量；

L ——分布式电源序列；

M ——虚拟电厂下属的负荷资源数；

N ——虚拟电厂下属的储能资源数；

$P_{g,i}$ ——第 i 个分布式电源的输出功率；

$P_{l,j}$ ——第 j 个负荷的负荷功率；

$P_{\text{storage},k}$——第 k 个储能的放电功率。

A.1.2 年发电量

年发电量指虚拟电厂全年累计输出电量，计算见公式(A.2)：

$$E=\int_{T_S}^{T_E}\sum_{i\in RES}P_i(t)\mathrm{d}t \quad \cdots\cdots(\text{A.2})$$

式中：

E ——年发电量指标；

T_S ——一年的起始时刻；

T_E ——一年的结束时刻；

RES——虚拟电厂资源集合；

$P_i(t)$——此期间虚拟电厂第 i 个资源 t 时刻的发电功率。

A.1.3 调节容量

调节容量计算见公式(A.3)：

$$P_{\text{ad}}=\max_{t\in[T_S,T_E]}\left(\sum_{i\in RES}\Delta P_i^t\right) \quad \cdots\cdots(\text{A.3})$$

式中：

P_{ad} ——调节容量；

$\Delta P_i{}^t$——资源 i 在 t 时刻的调节量。

A.1.4 响应时间

响应时间计算见公式(A.4)：

$$T_{\text{re}}=t_{\text{action}}-t_{\text{order}} \quad \cdots\cdots(\text{A.4})$$

式中：

T_{re} ——响应时间指标；

t_{action}——虚拟电厂输出功率按照指令方向变化至超出阈值的时刻；

t_{order} ——虚拟电厂发出指令时刻。

注：阈值根据当地实际情况进行设定。

A.1.5 爬坡率

爬坡率计算见公式(A.5)：

$$k=\frac{L_{vpp}}{P_N}\times 100\% \quad \cdots\cdots(A.5)$$

式中：

k ——爬坡率(可为上爬坡，可为下爬坡)，单位为百分比每分钟(%/min)；

L_{vpp}——虚拟电厂每分钟单方向功率变化量，单位为千瓦每分钟(kW/min)；

P_N ——虚拟电厂调节容量，单位为千瓦(kW)。

A.1.6 调节偏差率

调节偏差率计算见公式(A.6)：

$$\delta_t=\left|\frac{P_t-P_{set,t}}{P_{set,t}}\right|\times 100\% \quad \cdots\cdots(A.6)$$

式中：

δ_t ——虚拟电厂 t 时段的调节偏差率；

P_t ——稳定运行时虚拟电厂的实际平均功率变化量；

$P_{set,t}$——该时段的指令功率变化量。

A.1.7 发电持续时间

发电持续时间计算见公式(A.7)：

$$\Delta T=T_E-T_S \quad \cdots\cdots(A.7)$$

式中：

ΔT——发电持续时间指标；

T_E ——发电结束时刻，即虚拟电厂输出功率偏差首次超出规定范围的时刻；

T_S ——发电开始时刻，即虚拟电厂输出功率首次达到目标功率的时刻。

注：功率偏差的规定范围根据当地实际情况进行设定。

A.2 经济性评估指标

A.2.1 投资成本

虚拟电厂投资成本计算见公式(A.8)：

$$C_T=C_D+C_E \quad \cdots\cdots(A.8)$$

式中：

C_T——投资成本；

C_D——主要指虚拟电厂软件平台开发部署等费用；

C_E——主要指虚拟电厂终端开发部署费用。

A.2.2 年净收益

年净收益指在虚拟电厂在使用期限内，年运行收益与成本之差。计算见公式(A.9)：

$$R = B - C_V \quad \cdots\cdots (A.9)$$

式中：

R ——年净收益；

B ——年收益，通过年均参与需求响应、提供电能量和辅助服务获得的收益；

C_V——年成本，主要指年均支付给下属资源的资源调用服务费。

A.2.3 年投资回报率

年投资回报率指年净收益与投资成本的比值，计算见公式(A.10)：

$$\varepsilon = R/C_T \times 100\% \quad \cdots\cdots (A.10)$$

式中：

ε ——年投资回报率；

R ——年净收益；

C_T——投资建设成本。

A.3 综合评估

A.3.1 虚拟电厂资源配置方案的综合评估宜根据预期服务的应用场景，选取对应的技术性指标和经济性指标作为评估指标。应用场景与评估指标的对应关系见表 A.1。

表 A.1 不同应用场景下虚拟电厂资源配置方案评估指标

应用场景	发电容量	年发电量	调节容量	响应时间	爬坡率	调节偏差率	发电持续时间	投资成本
调峰或需求响应			√	√		√	√	√
电力系统调频			√	√	√	√		√
电力系统备用			√	√	√	√	√	√
电能量市场	√	√						√
注：“√”指在虚拟电厂预期服务的应用场景下选取的评估指标。								

A.3.2 虚拟电厂资源配置主体宜按照公式(A.1)、公式(A.2)计算评估指标，将计算结果与设定值进行对比评价(例如表 A.2)，其中发电容量、年发电量、调节容量、响应时间、爬坡率、调节偏差率、发电持续时间的设定值可根据市场准入条件或考核要求确定，投资成本的设定值可为投资预算。

表 A.2 虚拟电厂资源配置方案评估指标评价表

评估指标	发电容量	年发电量	调节容量	响应时间	爬坡率	调节偏差率	发电持续时间	投资成本
设定值	$\bar{S}$	$\bar{E}$	$\overline{P_{ad}}$	$\overline{T_{re}}$	$\bar{k}$	$\overline{\delta_t}$	$\overline{\Delta T}$	$\overline{C_T}$
设定值达成判据	$S \geqslant \bar{S}$	$E \geqslant \bar{E}$	$P_{ad} \geqslant \overline{P_{ad}}$	$T_{re} \leqslant \overline{T_{re}}$	$k \geqslant \bar{k}$	$\delta_t \leqslant \overline{\delta_t}$	$\Delta T \geqslant \overline{\Delta T}$	$C_T \leqslant \overline{C_T}$

A.3.3 虚拟电厂资源配置主体可将评估指标均达成设定值的方案作为备选方案，结合年净收益和年投资回报率的测算结果选取最终方案，年投资回报率宜高于同期贷款利率。