

ICS 29.20

CCS F 20

# 团 标 准

T/SDL 15-2025

## 面向不同辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价标准

Evaluation Criteria for the Regulatory Service Capacity of Industrial  
and Commercial Flexible Resources Facing Different Power Auxiliary  
Services

2025-9-3 发布

2025-9-3 实施

深圳市电力行业协会 发布



## 目 录

前 言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总则 .....	3
5 面向不同电力辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价体系 .....	3
6 面向不同电力辅助服务的虚拟电厂资源聚合方法 .....	17



## 前 言

为助力我国“双碳”愿景的实现，保障新型电力系统建设过程中的电力系统安全可靠运行，推动工商业灵活性资源通过虚拟电厂聚合的形式参与到不同的电力辅助服务及相关市场交易中，按照深圳市电力行业协会团体标准管理办法，制定本标准。

本标准按照 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。

本标准由深圳市电力行业协会提出并归口管理。

本标准主要起草单位：中国三峡武汉科创园、日立能源（中国）有限公司、深圳市中电电力技术股份有限公司、深圳供电局有限公司、华中科技大学、国网能源研究院有限公司。

本标准主要起草人：周晓，刘洁，颜俊，潘中奇，李存凯，郭逸豪，梁涛，杨塞特，刘舒然，程濛，向乾亮，张璟璇，李钦森，姜怡喆，焦丰顺，付哲，石晶，黄碧斌。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至深圳市电力行业协会。



# 面向不同辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价标准

## 1 范围

本文件规定了工商业灵活性资源调节服务能力评价指标体系架构及相应的指标计算方法、面向不同电力辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价方法以及虚拟电厂资源聚合方法。

本文件适用于虚拟电厂运营商对其拥有的工商业灵活性资源进行评价分类，并结合参与不同电力辅助服务的需要配置相应的虚拟电厂聚合单元。

## 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，标注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不标注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.58 电工术语 发电、输电及配电 电力系统规划和管理

GB/T 2900.84 电工术语 电价

GB/T 2900.87 电工术语 电力市场

GB/T 32127-2015 需求响应效果监测与综合效益评价导则

GB/T 13471-2008 节电技术经济效益计算与评价方法

DL/T 1759-2017 电力负荷聚合服务商需求响应系统技术规范

GB/T 37016-2018 电力用户需求响应节约电力测量与验证技术要求

GB/T 44260-2024 虚拟电厂资源配置与评估技术规范

GB/T 44241-2024 虚拟电厂管理规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 工商业灵活性资源 Industrial and Commercial Flexible Resources

工商业灵活性资源是指在工商业领域中，能够通过调整其能源生产、消费或存储行为，以响应外部信号（如电网需求、市场价格变化等）的资源。这些资源可以在有限的时间内改变其常规运行状态，从而为电力系统提供灵活性支持。常见的工商业灵活性资源包括生产负荷调节设备（如钢铁厂电弧炉、电解铝电解槽等）、生产性负荷（可中断负荷、可转移负荷、可削减负荷等）、非生产性可调节设备（如可控分布式电源、分布式储能等）等。

### 3.2 电力辅助服务 Electric Power Ancillary Service

为维护电力系统的安全稳定运行、保证电能质量，由发电企业、电网企业、电力用户等提供除正常电能生产、传输、使用之外的电力辅助服务。

#### 3.3 调频辅助服务 Frequency Regulation Ancillary Service

为防止电力系统频率偏离目标频率，组织并网主体通过调速系统、自动功率控制等方式，提供调整有功出力辅助服务以减少频率偏差的辅助服务，通常指二次调频辅助服务。

#### 3.4 备用辅助服务 Reserve Ancillary Service

为保证电力系统可靠供电，在调度需求指令下，组织并网主体预留调节能力，并提供在规定的时间内响应调度指令的辅助服务。

#### 3.5 调峰辅助服务 Peak-Shaving Ancillary Service

为跟踪系统负荷的峰谷变化及可再生能源出力变化，组织并网主体提供根据调度指令进行发用电功率调整或设备启停的辅助服务。

#### 3.6 基线负荷 Baseline Load

基线负荷指未参与市场调节时灵活性资源的单位时段平均用电负荷。虚拟电厂整体的基线负荷按照《GB/T 37016-2018 电力用户需求响应节约电力测量与验证技术要求》，由聚合用户对应电力营销户号累加计算得到。

### 3.7 虚拟电厂聚合单元 Virtual Power Plant Aggregation Unit

虚拟电厂平台根据参与电力辅助服务交易品种的差异，聚合具有不同调节性能的分布式能源资源，形成面向不同辅助服务品种的虚拟电厂聚合单元，并分别对不同的聚合单元进行集中管理和优化调度，从而稳定高效地提供辅助服务。

## 4 总则

4.1 为规范面向不同辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价方法，保护各方的合法权益，根据国家相关法律法规、规章、规范性文件，制定本标准。

## 5 面向不同电力辅助服务的工商业灵活性资源调节服务能力评价体系

### 5.1 服务能力指标体系架构

5.1.1 服务指标的选取根据各辅助服务运行需要设置，考虑内容包括：

- a) 资源调节的基础信息：包括资源的自动化水平和调度方式、资源负荷的调节方式，反映资源能否满足基本调度需求及调节的灵活性程度。
- b) 资源可用性：可调节容量，反映资源可提供的调节能力大小。
- c) 资源调节的有效性：响应时间、响应速度、响应精度等。
- d) 资源参与调节的经济性：服务收益、偏差考核、调节利润率等，能够体现灵活性资源提供服务的效益情况及资源持有方的参与意愿。

5.1.2 服务能力指标体系架构主要从基础建设、单次服务、历史服务等方面展开（如图1所示）：

- a) 基础建设评价包括资源的基础控制方式、调节方式等，可以反映其运行调节的基础配置情况；
- b) 单次服务评价是对资源提供单次服务过程及结果的评价；
- c) 历史服务评价是对资源在过去一段时间范围内（如月度、季度、年度等）提供服务情况的评价总结。历史服务评价可以为虚拟电厂聚合单元下一个周期的资源聚合提供参考。其指标含义与

单次服务评价一致。

具体评价指标包括：资源控制方式、响应控制方式、负荷调节方式、可上调容量、可下调容量、可上下调容量、平均调节速率、平均调节延迟时间、平均功率调节偏差率、平均电量调节偏差率、单位调节电量收益、单位调节容量收益、单位调频里程收益、偏差考核费用占比、调节利润率等。

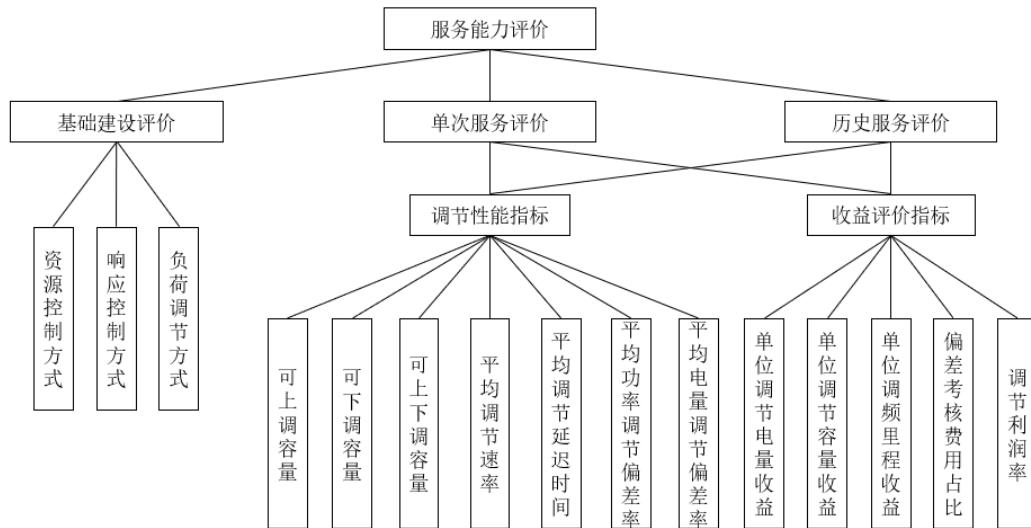


图 1 服务能力指标体系架构

## 5.2 虚拟电厂聚合资源基础建设评价指标

### 5.2.1 资源控制方式

控制灵活性资源进行调节的方式，包括人工控制和自动控制。

### 5.2.2 响应控制方式

灵活性资源接受虚拟电厂指令进行响应控制的方式，包括直接控制和间接控制：

- 直接控制的响应资源须具备调度监测条件，虚拟电厂运营商接收调度指令后直接对下属资源进行控制。
- 间接控制的响应资源指虚拟电厂运营商无法直接控制的资源，可将控制指令发送至二级平台，由二级平台进行资源响应控制，响应时间相对较长。

### 5.2.3 负荷调节方式

工商业灵活性资源的负荷调节形式，包括曲线型、开类型和阶梯型：

- a) 曲线型表示工商业灵活性资源可通过调节设备功率等方式实现负荷功率的增大或减小；
- b) 开类型表示灵活性资源仅能通过设备启停来实现负荷调节；
- c) 阶梯型表示灵活性资源可通过分档调节、部分切负荷等方式实现负荷的切换调整。

### 5.3 虚拟电厂聚合资源调节性能指标单次服务评价

针对灵活性资源的发用电状态进行区别，用正数表示发电，负数表示用电。

#### 5.3.1 可上调容量

工商业灵活性资源在基线运行方式下参与电力辅助服务时最大可提供的向上调节容量。可上调容量越大，表示资源的可上调能力（对应备用服务能力）越强。

$$R_i^{\text{up}} = \min_{t \in T_{i,k}} (R_i^{\text{uplim}} - L_{i,t}^{\text{base}})$$

式中：

$R_i^{\text{up}}$ ——工商业灵活性资源*i*的可上调容量，对于呈现发/用电状态的资源而言即为可增加发电/减少用电的能力；

$R_i^{\text{uplim}}$ ——工商业灵活性资源*i*的运行上限，由资源自身特性决定。资源的运行功率低于运行上限，当资源处于发电状态时，其运行功率在数值上小于（绝对值小于）运行上限，当资源处于用电状态时，其运行功率在数值上大于（绝对值大于）运行上限；

$L_{i,t}^{\text{base}}$ ——工商业灵活性资源*i*在*t*时段的基线负荷，基于历史运行情况并按照市场相关规则计算得到；

$T_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*参与电力辅助服务*k*的总时段，可根据电力辅助服务结算账单或虚拟电厂平台记录的相关数据确定。

### 5.3.2 可下调容量

工商业灵活性资源在基线运行方式下参与电力辅助服务时最大可提供的向下调节容量。可下调容量越大，表示资源的可下调能力（对应调峰辅助服务能力）越强。

$$R_i^{\text{down}} = \min_{t \in T_{i,k}} (L_{i,t}^{\text{base}} - R_i^{\text{downlim}})$$

式中：

$R_i^{\text{down}}$ ——工商业灵活性资源*i*的可下调容量，对于呈现发电/用状态的资源而言即为可降低发电/增加用电的能力；

$R_i^{\text{downlim}}$ ——工商业灵活性资源*i*的运行下限，由资源自身特性决定。资源的运行功率高于运行下限，当资源处于发电状态时，其运行功率在数值上大于（绝对值大于）运行下限，当资源处于用电状态时，其运行功率在数值上大于（绝对值小于）运行下限。

### 5.3.3 可上下调容量

工商业灵活性资源在基线运行方式下参与电力辅助服务时可提供的上调和下调容量，即调频容量。可上下调容量越大，表示资源的可上调和可下调能力（对应调频辅助服务能力）越强。

$$R_i^{\text{FR}} = \min(R_i^{\text{up}}, R_i^{\text{down}})$$

### 5.3.4 平均调节速率

工商业灵活性资源提供辅助服务时的功率调节速率。平均调节速率越大，资源功率抵达指令功率的时间越短。

$$v_{i,k} = \frac{\sum_{m_k=1}^{M_k} \frac{|P_{i,m_k}^{\text{start}} - P_{i,m_k}^{\text{end}}|}{t_{i,m_k}^{\text{reach}} - t_{i,m_k}^{\text{start}}}}{M_k}$$

式中：

$v_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的平均调节速率；

$m_k$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的调节次数， $m_k = 1, \dots, M_k$ 。 $M_k$ 为提供电力辅助服务*k*的总调节次数；

$P_{i,m_k}^{\text{start}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节的起始功率；

$P_{i,m_k}^{\text{end}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节的终止功率；

$t_{i,m_k}^{\text{start}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节的起始时间；

$t_{i,m_k}^{\text{reach}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节达到终止功率 $P_{i,m_k}^{\text{end}}$ 时的时间。

### 5.3.5 平均调节延迟时间

从调度下发指令到灵活性资源实际响应的时间。平均调节延迟时间越小，通信响应速度越快，资源响应调度指令的能力越强。

$$t_{i,k}^{\text{delay}} = \frac{\sum_{m_k=1}^{M_k} (t_{i,m_k}^{\text{start}} - t_{i,m_k}^{\text{dispatch}})}{M_k}$$

式中：

$t_{i,k}^{\text{delay}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的平均调节延迟时间；

$t_{i,m_k}^{\text{dispatch}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节调度指令的下发时间。

### 5.3.6 平均功率调节偏差率

工商业灵活性资源的实际响应功率与调度指令的偏差情况。平均功率调节偏差率越小，资源跟随调度指令的准确性越高。

$$PD_{i,k} = \frac{\sum_{m_k=1}^{M_k} \frac{|P_{i,m_k}^{\text{dispatch}} - P_{i,m_k}^{\text{end}}|}{|P_{i,m_k}^{\text{dispatch}}|}}{M_k} \times 100\%$$

式中：

$PD_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的平均功率调节偏差率；

$P_{i,m_k}^{\text{dispatch}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第 $m_k$ 次调节的调度指令。

### 5.3.7 平均电量调节偏差率

工商业灵活性资源的实际响应调节电量与调度指令响应调节电量的偏差情况。平均电量调节偏差率越小，时段内资源持续跟随调度指令的准确性越高。

$$ED_{i,k} = \frac{\sum_{m_k=1}^{M_k} \frac{\left| \int_{t_{i,m_k}^{\text{start}}}^{t_{i,m_k}^{\text{stop}}} (P_{i,m_k}^{\text{dispatch}} - P_{i,m_k,t}) dt \right|}{\left| \int_{t_{i,m_k}^{\text{start}}}^{t_{i,m_k}^{\text{stop}}} (P_{i,m_k}^{\text{dispatch}} - L_{i,t}^{\text{base}}) dt \right|}}{M_k} \times 100\%$$

式中：

$ED_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的平均电量调节偏差率；

$t_{i,m_k}^{\text{stop}}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第*m<sub>k</sub>*次调节的终止时间；

$P_{i,m_k,t}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时第*m<sub>k</sub>*次调节期间的功率曲线。

### 5.4 虚拟电厂聚合资源收益评价指标单次服务评价

#### 5.4.1 单位调节电量收益

工商业灵活性资源提供单位调节电量的电力辅助服务所获取的收益。

$$RPE_{i,k} = \frac{REV_{i,k}}{\sum_{m_k=1}^{M_k} \left| \int_{t_{i,m_k}^{\text{start}}}^{t_{i,m_k}^{\text{stop}}} (P_{i,m_k,t} - L_{i,t}^{\text{base}}) dt \right|}$$

$$REV_{i,k} = RPU_{i,k} - KH_{i,k}$$

式中：

$RPE_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的单位调节电量收益；

$RPU_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的结算收入；

$KH_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的偏差考核费用；

$REV_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时获取的总调节结算收益（含偏差考核费用等）。

#### 5.4.2 单位调节容量收益

工商业灵活性资源提供单位调节容量的电力辅助服务所获取的收益。

$$RPR_{i,k} = \frac{REV_{i,k}}{R_{i,k}}$$

$$R_{i,k} = \begin{cases} R_i^{\text{FR}}, k = 1 \\ R_i^{\text{down}}, k = 2 \\ R_i^{\text{up}}, k = 3 \end{cases}$$

式中：

$RPR_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的单位调节容量收益；

$R_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*给电力辅助服务*k*提供的调节容量， $k = 1、2、3$ 分别表示调频辅助服务、调峰辅助服务和备用辅助服务。

#### 5.4.3 单位调频里程收益

工商业灵活性资源提供调频辅助服务时，每提供单位调频里程所获取的收益。

$$RPM_{i,k} = \frac{REV_{i,k}}{M_i}$$

式中：

$RPM_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供调频辅助服务时的单位调频里程收益；

$M_i$ ——工商业灵活性资源*i*提供调频辅助服务时所产生的总调频里程数。

#### 5.4.4 偏差考核费用占比

工商业灵活性资源提供电力辅助服务时，由于性能不达标而承受的偏差考核惩罚费用占总收益的比例。

$$KHP_{i,k} = \frac{KH_{i,k}}{REV_{i,k}} \times 100\%$$

式中：

$KHP_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的偏差考核费用占比。

#### 5.4.5 调节利润率

工商业灵活性资源提供电力辅助服务调节能力后获取的收益，相较其调节成本的利润率情况。

$$AP_{i,k} = \frac{REV_{i,k} - Cost_{i,k}}{Cost_{i,k}} \times 100\%$$

$$Cost_{i,k} = \sum_{m_k=1}^{M_k} \left| \int_{t_{i,m_k}^{\text{start}}}^{t_{i,m_k}^{\text{stop}}} P_{i,m_k,t} dt \right| CP_{i,k}$$

式中：

$AP_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的调节利润率；

$Cost_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的调节成本；

$CP_{i,k}$ ——工商业灵活性资源*i*提供电力辅助服务*k*时的单位电量调节成本。

### 5.5 虚拟电厂聚合资源调节性能指标历史服务评价

#### 5.5.1 可上调容量历史服务评价

$$R_{i,k}^{\text{up},TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{\text{TS}}=1}^{j_{i,k}^{\text{TS}}} \alpha_{j_{i,k}^{\text{TS}}} R_{i,k}^{\text{up},j_{i,k}^{\text{TS}}}}{j_{i,k}^{\text{TS}}}$$

式中：

$R_{i,k}^{\text{up},TS}$ ——工商业灵活性资源*i*在*TS*周期内参与提供电力辅助服务*k*时可上调容量的历史服务评价结果。

*TS*——历史服务评价的时间尺度，*TS* = {Month, Quarter, Year}分别可对应月度、季度和年度等不同时间尺度要求。

$j_{i,k}^{TS}$ ——工商业灵活性资源*i*在TS周期内第 $j_{i,k}^{TS}$ 次参与提供电力辅助服务*k*,  $j_{i,k}^{TS} = 1, \dots, J_{i,k}^{TS}$ 。其中 $J_{i,k}^{TS}$ 表示总参与次数;

$\alpha_{j_{i,k}^{TS}}$ ——第 $j_{i,k}^{TS}$ 次历史评价的权重系数, 可用于区分不同参与时期的评价结果的重要性;

$R_{i,k}^{up,j_{i,k}^{TS}}$ ——工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时第 $j_{i,k}^{TS}$ 次的可上调容量服务评价结果。

类似地, 可以得到其他指标的历史服务评价结果。

### 5.5.2 可下调容量历史服务评价

$$R_{i,k}^{\text{down},TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} R_{i,k}^{\text{down},j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中:

$R_{i,k}^{\text{down},TS}$ 、 $R_{i,k}^{\text{down},j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时可下调容量的历史服务评价结果和第 $j_{i,k}^{TS}$ 次评价结果。

### 5.5.3 可上下调容量历史服务评价

$$R_{i,k}^{\text{FR},TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} R_{i,k}^{\text{FR},j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中:

$R_{i,k}^{\text{FR},TS}$ 、 $R_{i,k}^{\text{FR},j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时可上下调容量的历史服务评价结果和第 $j_{i,k}^{TS}$ 次评价结果。

### 5.5.4 平均调节速率历史服务评价

$$v_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} v_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中:

$v_{i,k}^{TS}$ 、 $v_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时平均调节速率的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub>*<sup>TS</sup>次评价结果。

### 5.5.5 平均调节延迟时间历史服务评价

$$t_{i,k}^{\text{delay},TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} t_{i,k}^{\text{delay},j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$t_{i,k}^{\text{delay},TS}$ 、 $t_{i,k}^{\text{delay},j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时平均调节延迟时间的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub>*<sup>TS</sup>次评价结果。

### 5.5.6 平均功率调节偏差率历史服务评价

$$PD_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} PD_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$PD_{i,k}^{TS}$ 、 $PD_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时平均功率调节偏差率的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub>*<sup>TS</sup>次评价结果。

### 5.5.7 平均电量调节偏差率历史服务评价

$$ED_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} ED_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$ED_{i,k}^{TS}$ 、 $ED_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时平均电量调节偏差率的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub>*<sup>TS</sup>次评价结果。

## 5.6 虚拟电厂聚合资源收益评价指标历史服务评价

### 5.6.1 单位调节电量收益历史服务评价

$$RPE_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} RPE_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$RPE_{i,k}^{TS}$ 、 $RPE_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时单位调节电量收益的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub><sup>TS</sup>*次评价结果。

### 5.6.2 单位调节容量收益历史服务评价

$$RPR_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} RPR_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$RPR_{i,k}^{TS}$ 、 $RPR_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时单位调节容量收益的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub><sup>TS</sup>*次评价结果。

### 5.6.3 单位调频里程收益历史服务评价

$$RPM_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} RPM_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$RPM_{i,k}^{TS}$ 、 $RPM_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时单位调节容量收益的历史服务评价结果和第*j<sub>i,k</sub><sup>TS</sup>*次评价结果。

### 5.6.4 偏差考核费用占比历史服务评价

$$KHP_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} KHP_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$KHP_{i,k}^{TS}$ 、 $KHP_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时偏差考核费用占比的历史服务评价结果和第 $j_{i,k}^{TS}$ 次评价结果。

### 5.6.5 调节利润率历史服务评价

$$AP_{i,k}^{TS} = \frac{\sum_{j_{i,k}^{TS}=1}^{J_{i,k}^{TS}} \alpha_{j_{i,k}^{TS}} AP_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}}{J_{i,k}^{TS}}$$

式中：

$AP_{i,k}^{TS}$ 、 $AP_{i,k}^{j_{i,k}^{TS}}$ ——分别表示工商业灵活性资源*i*在TS周期内参与提供电力辅助服务*k*时单位调节容量收益的历史服务评价结果和第 $j_{i,k}^{TS}$ 次评价结果。

## 5.7 面向不同电力辅助服务的调节服务能力评价方法

5.7.1 工商业灵活性资源调节服务能力针对其参与的电力辅助服务分别进行综合评价，作为后续虚拟电厂为参与不同辅助服务聚合形成不同服务单元的重要依据。

5.7.2 灵活性资源调频服务能力评价考虑的评价指标范围包括：

- a) 基础建设评价指标，包含资源控制方式、响应控制方式、负荷调节方式等指标；
- b) 单次服务评价指标，包含可上下调容量、平均调节速率、平均调节延迟时间、平均功率调节偏差率等调节性能指标，以及单位调节容量收益、单位调频里程收益、偏差考核费用占比、调节利润率等收益评价指标；
- c) 历史服务评价指标，所含指标类型与单次服务评价指标相同。

### 5.7.3 灵活性资源调峰服务能力评价考虑的评价指标范围包括:

- a) 基础建设评价指标，包含资源控制方式、负荷调节方式等指标；
- b) 单次服务评价指标，包含可下调容量、平均调节延迟时间、平均电量调节偏差率等调节性能指标，以及单位调节电量收益、单位调节容量收益、偏差考核费用占比、调节利润率等收益评价指标；
- c) 历史服务评价指标，所含指标类型与单次服务评价指标相同。

### 5.7.4 灵活性资源备用服务能力评价考虑的评价指标范围包括:

- a) 基础建设评价指标，包含资源控制方式、负荷调节方式等指标；
- b) 单次服务评价指标，包含可上调容量、平均调节速率、平均调节延迟时间、平均功率调节偏差率、平均电量调节偏差率等调节性能指标以及单位调节容量收益、偏差考核费用占比、调节利润率等收益评价指标；
- c) 历史服务评价指标，所含指标类型与单次服务评价指标相同。

## 5.8 服务能力指标计算数据来源

### 5.8.1 服务能力指标计算所需的数据通常可由以下渠道获取:

- a) 资源自身特性，包括基础建设评价指标，以及最大、最小容量等自带属性参数；
- b) 电力交易机构或电力调度机构等市场运营机构出具的结算账单等数据，主要涉及收益评价指标，以及调度指令、调节量、调节时段等结算、调节相关数据。
- c) 虚拟电厂聚合平台记录的运行数据，主要涉及资源参与辅助服务调节过程中的相关数据。

### 5.8.2 针对服务能力评价指标计算中涉及的相关参数，其对应的数据来源如下表所示。

表 1 指标计算数据来源

参数名称	数据来源

$R_i^{\text{uplim}}$	资源自身特性
$L_{i,t}^{\text{base}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$R_i^{\text{downlim}}$	资源自身特性
$P_{i,m_k}^{\text{start}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$P_{i,m_k}^{\text{end}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$t_{i,m_k}^{\text{reach}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$t_{i,m_k}^{\text{start}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$M_k$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$t_{i,m_k}^{\text{dispatch}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$P_{i,m_k}^{\text{dispatch}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$t_{i,m_k}^{\text{stop}}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$P_{i,m_k,t}$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$RPU_{i,k}$	市场运营机构
$KH_{i,k}$	市场运营机构
$M_i$	市场运营机构, 虚拟电厂平台
$CP_{i,k}$	虚拟电厂平台

注：同一数据可由不同来源获取时，优选采用市场运营机构提供的数据，初次应用时可采用测试值或预估值。

### 5.8.3 面向不同辅助服务时，为实现工商业灵活性资源的调节服务能力评价，资源侧应具备相应数据采集能力：

- a) 进行调峰及备用辅助服务能力评价的资源应具备每 15 分钟或 30 分钟（依据当地规则要求确定）的数据采集能力；
- b) 进行调频辅助服务能力评价的资源应具备国家及地区要求自动发电控制（AGC）/自动功率控制（APC）的数据采集能力。

## 6 面向不同电力辅助服务的虚拟电厂资源聚合方法

6.1 针对不同辅助服务，虚拟电厂可选择合适的灵活性资源进行聚合，形成不同的电力辅助服务“聚合单元”，用于参与市场交易和交易执行。

6.2 虚拟电厂可按照评价结果对聚合资源进行划分，在其参与不同电力辅助服务时调整聚合资源的组合（即调整聚合单元组成方式），提供更好的辅助服务性能。

6.3 根据工商业灵活性资源的评价指标是否达到评价标准，即可判断该资源是否符合纳入对应虚拟电厂辅助服务聚合单元的要求。相关评价标准如下表所示。相关要求具体数值的设置可根据各地相关辅助服务规则以及市场主体收益预期等进行设置。

表 2 面向不同电力辅助服务交易品种的工商业灵活性资源评价标准

一级指标	二级指标	三级指标	指标评价标准		
			调频	调峰	备用
基础建设评价	资源控制方式	/	自动	均可	自动
	响应控制方式	/	直控	均可	均可
	负荷调节方式	/	曲线型	均可	均可
服务评价（含单次和历史）	调节性能指标	可上调容量	/	/	$>\underline{R}^{\text{up}}$
		可下调容量	/	$\underline{R}^{\text{down}}$	/
		可上下调容量	$>\underline{R}^{\text{FR}}$	/	/
		平均调节速率	$>\underline{v}_1$	$>\underline{v}_2$	$>\underline{v}_3$
		平均调节延迟时间	$\underline{t}_1^{\text{delay}}$	$\underline{t}_2^{\text{delay}}$	$\underline{t}_3^{\text{delay}}$
		平均功率调节偏差率	$\underline{PD}_1$	/	$\underline{PD}_3$
		平均电量调节偏差率	/	$\underline{ED}_2$	$\underline{ED}_3$
	收益评价指标	单位调节电量收益	/	$\underline{RPE}_2$	/
		单位调节容量收益	$\underline{RPR}_1$	$\underline{RPR}_2$	$\underline{RPR}_3$

		单位调频里程收益	$>\underline{RPM}_1$	/	/
		偏差考核费用占比	$\underline{KHP}_1$	$\underline{KHP}_2$	$\underline{KHP}_3$
		调节利润率	$>\underline{AP}_1$	$>\underline{AP}_2$	$>\underline{AP}_3$

上表中：

$\underline{R}^{\text{up}}$ 、 $\underline{R}^{\text{down}}$ 、 $\underline{R}^{\text{FR}}$ ——分别表示最小可上调容量、最小可下调容量、最小可上下调容量的要求；

$\underline{v}_1$ 、 $\underline{v}_2$ 、 $\underline{v}_3$ ——分别表示调频、调峰、备用辅助服务对于最小平均调节速率的要求；

$\bar{t}_1^{\text{delay}}$ 、 $\bar{t}_2^{\text{delay}}$ 、 $\bar{t}_3^{\text{delay}}$ ——分别表示调频、调峰、备用辅助服务对于最大平均调节延迟时间的要求；

$\overline{PD}_1$ 、 $\overline{PD}_3$ ——分别表示调频、备用辅助服务对于最大平均功率调节偏差率的要求；

$\overline{ED}_2$ ——表示调峰辅助服务对于最大平均电量调节偏差率的要求；

$\underline{RPE}_2$ ——分别表示灵活性资源参与调峰辅助服务的最小单位调节电量收益要求；

$\underline{RPR}_1$ 、 $\underline{RPR}_2$ 、 $\underline{RPR}_3$ ——分别表示灵活性资源参与调频、调峰、备用辅助服务的最小单位调节容量收益要求；

$\underline{RPM}_1$ ——表示灵活性资源参与调频辅助服务的最小单位调频里程收益要求；

$\overline{KHP}_1$ 、 $\overline{KHP}_2$ 、 $\overline{KHP}_3$ ——分别表示灵活性资源参与调频、调峰、备用辅助服务的最大偏差考核费用占比要求；

$\underline{AP}_1$ 、 $\underline{AP}_2$ 、 $\underline{AP}_3$ ——分别表示灵活性资源参与调频、调峰、备用辅助服务的最小调节利润率要求。

6.4 工商业灵活性资源针对调峰、调频、备用等不同辅助服务进行评价后，若某项辅助服务的评价指标内容均能达到评价标准，则表明该资源具备参与该项辅助服务的能力，可纳入对应虚拟电厂辅助服务聚合单元。

6.5 虚拟电厂运营商可基于运行需要自行设置评价周期：

- a) 参照辅助服务开展时间周期开展评价，为下一次参与服务提供决策支撑；
- b) 根据业务需求，定期（如周、月、年等）对聚合资源进行评价；
- c) 聚合资源前开展评价，判断资源是否具备相应服务能力。