



团体标准

T/CES XXX-XXXX

多能互补型虚拟电厂聚合调控技术要求

Technical requirements for polymerization control of multi-energy
complementary virtual power plant

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目次

目次.....	I
前言.....	II
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 多能互补型虚拟电厂资源聚合.....	4
4.1 聚合范围.....	4
4.2 聚合指标.....	4
5 调节运行能力评估.....	4
5.1 评估范围.....	4
5.2 评估指标.....	4
5.3 评估方法.....	5
6 调控运行管理.....	5
6.1 调控范围.....	5
6.2 调控规则.....	5
6.3 调控运行.....	5
7 数据交互要求.....	6
8 事故处理.....	7
9 继电保护及安全自动装置管理.....	7
附录 A（规范性） 部分调节指标计算方法.....	7
参考文献.....	8

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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会智能电网工作组归口。

本文件起草单位哈尔滨工业大学、华北电力大学、国网黑龙江省电力有限公司、北京清大科越公司、深圳航天工业技术研究院、广东电网有限责任公司、黑龙江省发电装备智能制造创新中心、哈尔滨能创数字科技有限公司。

本文件主要起草人：徐英、于海瀛、丁肇豪、于继来、王鹏、吴永峰、杨瑞哲、华科、匡洪辉、仪忠凯、窦子啸、路忠峰、刘亚、朱发国、蔡新雷。

本文件为首次发布。

多能互补型虚拟电厂聚合调控技术要求

1 范围

本文件规定了多能互补型虚拟电厂的资源聚合、调节运行能力评估、调控运行管理、数据交互要求、调度计划、事故处理、继电保护及安全自动装置管理等要求。

本文件适用于对多能互补型虚拟电厂进行电力系统调度运行控制。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 31464 电网运行准则

DL/T 584 3kV~110kV 电网继电保护装置运行整定规程

DL/T 2041-2019 分布式电源接入电网承载力评估导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多能互补型虚拟电厂 **multi-energy complementary virtual power plant**

多能互补型虚拟电厂是聚合优化“网源荷”清洁发展的新一代智能控制技术和互动商业模式，能够在传统电网物理架构上，依托互联网和现代信息通讯技术，聚合各类资源，并应用于多种服务场景。

本标准多能互补型虚拟电厂由分布式电源、分布式储能和可调节负荷等电力资源，温控负荷等热力资源，分布式储气、燃气机组等气资源构成。

服务场景包括电、热、气等不同种类资源协同优化运行控制和市场交易，实现电源侧的多能互补、负荷侧的灵活互动，对电网提供调峰、调频等。

多能互补型虚拟电厂应该能支撑园区、楼宇、工厂、社区等场景的运营管理，其规模应达到省级或区域级电力市场交易准入条件。

3.2

聚合资源 **resources aggregation**

由若干单体资源汇聚达到一定电力规模的聚合体，如分布式电源、分布式储能和可调节负荷等单体电力资源，分布式温控负荷等单体热力资源，分布式储气、燃气机组等单体气资源，是一个虚拟的等值控制对象。

3.3

聚合指标 **aggregation metrics**

指导虚拟电厂资源聚合的指标，从而形成面向不同调节区域、响应级别、调节方向和场景的聚合调节能力。

3.4

聚合商 **aggregator**

聚合商主要是为用户提供专业的需求响应技术和高效的咨询服务，其通过聚合需求响应资源并代理参与需求响应容量、电能量竞价获得收益。

3.5

分布式能源 **distributed energy resources**

分布式能源是指分布在用户端的能源综合利用系统。一次能源以气体燃料为主，可再生能源为辅，利用一切可以利用的资源；二次能源以分布在用户端的热电冷(值)联产为主，其他中央能源供应系统为

辅，实现以直接满足用户多种需求的能源梯级利用，并通过中央能源供应系统提供支持和补充。

3.6

响应时间 **response duration**

可调度资源达到响应目标后持续响应的的时间，单位：分钟。

4 多能互补型虚拟电厂资源聚合

4.1 聚合范围

4.1.1 电源侧聚合的多能互补分布式发电资源应为电网并网运行的光伏、风电、生物质发电、燃气轮机。

4.1.2 负荷侧资源应为省级智慧能源综合服务平台可调节负荷资源库中的电力用户。

4.1.3 储能侧资源应为电化学储能、储氢罐、抽水蓄能、飞轮储能、热储能等储能设施。

4.2 聚合指标

针对分布式资源调节能力，从调节区域、响应级别、调节方向、适用场景等方面进行聚合，形成面向不同调节区域、响应级别、调节方向和场景的聚合调节能力。

多能资源均通过电能作为枢纽与电网交互，因此标准中涉及到的调节均指电功率。

4.2.1 调节区域聚合

应支持按照全网、省市、地区、分区（供区）、变电站、主变、台区多个维度对负荷资源实时聚合。

4.2.2 响应时间聚合

应支持按照响应时间等级差异对分布式资源进行实时聚合。

4.2.3 调节方向聚合

应支持按照向上、向下调节为对象，对分布式资源进行实时聚合。

4.2.4 场景聚合

应支持按照调峰、调频和备用等场景，对可调节负荷资源进行实时聚合。

4.2.5 综合聚合

应支持按照调节区域、响应级别、调节方向对分布式资源进行综合聚合。

4.2.6 聚合能力实时上报

应支持按照人工设定或自动周期将分布式资源调节能力的综合聚合结果，向上级负荷调控系统实时报送。

5 调节运行能力评估

5.1 评估范围

5.1.1 多能互补型虚拟电厂应参与电力市场，在参与市场过程中，应向市场运营机构申报调节运行能力，应接收出清结果，并按合理策略分解后向单体负荷下达指令，保证出清结果有效执行。

5.1.2 应从响应容量，日负荷率，日负荷波动方面进行分布式电源出力评估。

5.1.3 应从使用一致性、使用频率、响应速度、响应能力方面进行柔性负荷的可调节能力评估。

5.1.4 应从装机容量、充放电效率、充放电功率、循环寿命、单位电量成本方面进行分布式储能潜力评估。

5.2 评估指标

多能互补型虚拟电厂参与电网调峰指标应符合下列要求：

1) 聚合资源的可调节量不应小于在运功率的 10%；

2) 接入电网的聚合资源参与电网调峰时长不应小于 1h；

3) 根据虚拟电厂内部资源特征及历史调节性能设定调节速率下限，其调节速率下限最大值应为调节容量*1%/分钟，调节速率下限最小值应为调节容量*3%/分钟，且绝对值不低于 0.6 兆瓦/分钟；

- 4) 虚拟电厂调节出力应与指令调节方向一致，且可在 120 秒内跨出调节死区；
- 5) 调节精度应以每 15 分钟为一个时段计算偏差率并进行考核，要求虚拟电厂不超过±15%；
- 6) 在计划执行过程中，虚拟电厂应及时、准确上送实时功率，数据周期不应超过 15min，虚拟电厂对计划分解时间不应超过 15min；
- 7) 聚合资源实际最大功率应能达到申报的可调出力上限，实际最小功率应达到申报的可调出力下限。
- 8) 接入电网的聚合资源参与电网调峰时长不应小于 1h。

5.3 评估方法

根据虚拟电厂内部资源特征及历史数据确定调节运行能力基线，然后结合不同置信区间及概率分布确定调节运行能力评估的具体结果。

6 调控运行管理

6.1 调控范围

- 6.1.1 多能互补型虚拟电厂参与电网调度期间，启停、运行功率应由调度机构统一调度。
- 6.1.2 多能互补型虚拟电厂下属相关设备调度权、调度管辖范围应在聚合调度协议中明确。

6.2 调控规则

- 6.2.1 多能互补型虚拟电厂与电网企业应按平等互利、协商一致和确保电力系统安全运行的原则，签订调度协议。调度协议的基本内容应按 GB/T 31464 执行。
- 6.2.2 虚拟电厂下属接入的分布式电源应符合 DL/T 2041-2019 的规定。
- 6.2.3 多能互补型虚拟电厂下属管辖天然气设备应符合 SY/T 5225 相关的规定。
- 6.2.4 多能互补型虚拟电厂应按调度机构指令，参与电力系统调峰、调频、备用、安全稳定控制等，同时兼顾其它能源网络的需求。
- 6.2.5 多能互补型虚拟电厂调度值班人员在其值班期间是虚拟电厂运行、操作和故障处置的指挥人，按照调度管辖范围行使指挥权，并对其发布的调度指令的正确性负责。调度值班人员接收并执行调度指令可使用录音电话、网络化下令等多种方式，但发受令的人员、时间、内容等应留存记录（可采用电子化记录），并可追溯。
- 6.2.6 多能互补型虚拟电厂下属管辖的设备，遇有危及人身、能源网络及设备安全的情况时，可按现场运行规程处理，并立即报告多能互补型虚拟电厂调度值班人员。
- 6.2.7 多能互补型虚拟电厂下属管辖设备运行状态改变，对设备调控、运行能力有影响时，操作前后应及时通知多能互补型虚拟电厂值班人员。
- 6.2.8 多能互补型虚拟电厂应设 24h 有人应答的运行值班电话，报调度机构备案，并安排值班人员负责与调度机构开展调度业务联系。
- 6.2.9 多能互补型虚拟电厂考虑光伏、风电、储能、温控负荷、电动汽车等资源聚合模型特征，以虚拟电厂效益最大为目标构建优化运营问题，实现多能互补资源统一优化和协调调度。
- 6.2.10 根据多能互补型虚拟电厂运行工况将其分为正常工作和紧急工作。正常工作工况下，参与能量调节的资源主要包括分布式储能资源、分布式柴油发电机资源、温控负荷，分布式储气罐等，参与辅助服务的资源要包括分布式光伏发电、分布式储能资源等。紧急工作工况下，参与能量调节的资源主要包括分布式储能、分布式柴油发电机、分布式储气罐等，参与辅助服务的资源主要是分布式储能资源。

6.3 调控运行

6.3.1 控制对象建模

- 1) 应支持包含多级不同虚拟电厂资源在内的源网荷储多类型控制对象的统一分段一体化建模；

2) 控制对象的参数应包括可调节容量、可调节状态、可调节范围（上限、下限）、负荷安全约束、功率禁止调节信号、资源所属分区等；

3) “支持采用遥调或遥控方式对不同虚拟电厂资源下发功率绝对值、功率增减量或启停中断信号等方式来调目标类型；

4) 支持对下级电网聚合调节资源的等效控制模型构建和功率控制指令转发。

6.3.2 调节模式

调节模式应包括测试模式、调峰模式、调频模式和分区精控模式。

1) 测试模式：采用该模式测试多能互补型虚拟电厂的聚合调节性能和单体调节性能；

2) 调峰模式：根据全网协同调峰和事故紧急调峰等不同调峰业务场景，该模式下聚合商接受实时闭环调节，目标来源于调峰市场出清结果或发电计划；

4) 调频模式：根据多资源常规协同调频和事故紧急调频等不同调频业务场景，该模式下聚合商接受实时闭环调节，目标来源市场出清结果、区域控制偏差或频率紧急控制需求；

5) 分区精控模式：根据局部电网控制业务场景，结合台区到主网的主配网供电拓扑路径信息确定各资源所处分区和对重载设备的灵敏度，该模式下聚合商接受实时闭环调节，控制目标是资源关联分区或断面控制偏差。

6.3.3 调度计划

多能互补型虚拟电厂应按要求向调度机构报送虚拟电厂出力计划、聚合资源可调节能力评估等信息。调度机构按照电网需求或电力市场日前出清结果、下发分布式电源出力计划、分布式储能充放电计划、柔性负荷功率调节计划。多能互补型虚拟电厂在相应时间内按计划曲线执行。

6.3.4 指令下发

应能根据负荷对象模型和实际响应，考虑负荷资源延迟时间等特性对下发指令进行可变步长和时间预控处理，同时对调节指令进行安全校验，包括但不限于：

1) 调节能力校验：调节指令应不超过虚拟电厂实时上送的聚合对象调节范围、调节时长和用电状态约束等（如电池 SOC）；

2) 数据质量校验：调节对象量测异常时，不应下发调节指令；可结合调节不确定性和中间环节多等因素采取考虑负荷时间延迟的调峰自适应预控等校验控制策略；

3) 安全约束校验：调节指令方向、目标值不应恶化调节对象安全运行要求；

4) 调节步长校验：调节指令不应大于调节对象最大可调节步长，不应小于调节对象调节死区，可根据虚拟电厂资源类型差异采取变步长、逐步修正的控制策略；

5) 调节响应校验：调节对象未实际跟踪上次指令并反向调节超过限值时不应下发新的指令。

6.3.5 调节性能评价

1) 应能根据聚合资源响应主站下发指令情况，实时计算统计调节性能指标，按照指定周期将统计结果通过文件或数据库同步等方式提供给考核分析类应用；

2) 调节性能指标至少应包括响应速率、响应延时度和调节精准度等指标；

3) 调节性能指标评价应支持对聚合商单次调节指令性能评价、固定周期（例如 5 分钟）调节性能评价以及长周期（日、月、年）整体调节性能指标统计评价；

4) 调节性能评价不仅包括聚合资源控制对象，还应包括对单体资源的调节贡献评价。

6.3.6 调节效果统计

1) 应能在虚拟电厂参与调节后自动计算调节效果指标，应能对多能互补型虚拟电厂内部单个负荷调节贡献进行分析，并应能将计算指标结果保存，将统计结果通过文件或数据库接口方式提供给相关应用；

2) 调节效果指标至少应包括调节深度指标、调节电量指标等，部分指标计算方法见附录 A。

7 数据交互要求

7.1 模型类数据交互频次不大于 1 天 1 次。模型类数据包括

a) 聚合资源类型容量等基本信息；

b) 调节容量、响应时长、调节速率、响应时间、调节精度等聚合资源能力、调节响应能力数据模型；

c) 单体负荷名称、类型、额定功率、地理位置（经、纬度）、并网馈线、并网变电站等单体负荷

基本信息。

7.2 用户侧应具备实时有功、无功、电流、电压、遥信等运行类数据交互，仅参与中长期和现货交易的运行类数据交互频率不大于 15 分钟/次，参与辅助服务交易的运行类数据交互频次不大于 1 分钟/次。

7.3 数据交互应采取加密措施，不允许明文传输，互联网出口带宽应不低于 100M，网络延时不超过 500ms，数据丢包率不高于 0.5%。虚拟电厂通过光纤直联或 4G（5G）无线专网等方式实现对所聚合调节资源遥测、遥信的全覆盖，网络速率延迟不超过 500ms，丢包率不高于 0.5%。

7.4 计量装置应具备约定时刻冻结电能数据能力，最小冻结间隔不大于 15 分钟。

8 事故处理

8.1 调度机构应负责统一指挥调度管辖范围内电网事故的处理。

8.2 多能互补型虚拟电厂发生威胁电力系统安全运行的紧急情况时，调度机构值班调度员应立即采取措施，避免事故发生和防止事故扩大。

8.3 多能互补型虚拟电厂内部资源不能正常运行或不能正常参与电网调节时，虚拟电厂电气值班人员应立即汇报调度机构值班调度员。

8.4 与电网解列后的虚拟电厂资源，未经调度机构值班调度员同意，不得擅自并网运行。在具备并网运行条件后，多能互补型虚拟电厂电气值班人员应及时汇报值班调度员，经同意后可重新并网运行。

9 继电保护及安全自动装置管理

9.1 多能互补型虚拟电厂继电保护及安全自动装置配置和定值应符合 GB/T 14285、DL/T 584 的规定。

9.2 多能互补型虚拟电厂内部继电保护与安全自动装置定值应由调度机构负责整定和下发。

9.3 多能互补型虚拟电厂应根据调度机构提供的系统侧等值参数，对自行管辖范围内的继电保护及安全自动装置定值进行计算、校核及批准，并在规定时间内向调度机构备案定值单。

9.4 调度管辖范围内的继电保护及安全自动装置定值单应由多能互补虚拟电厂电气值班员与调度值班人员核对后执行，执行完毕后应及时归档。

9.5 多能互补型虚拟电厂的继电保护及安全自动装置操作应按所接入电网的调度管理规程和现场运行管理规程执行。

9.6 多能互补型虚拟电厂继电保护及安全自动装置应按规定正常投运。对于不按相关标准、制度装设及投入相应继电保护及安全自动装置的虚拟电厂，调度机构可暂时停止其并网运行或停止向其供电。

附录 A (规范性) 部分调节指标计算方法

A.1 调节深度指标

调节深度指标定义为在一个控制周期内可调节负荷控制对象朝着控制目标方向与指令下发时刻功率的偏差最大值。

A.2 调节电量指标

调节电量指标的计算方法如下式所示：

$$Q_T = \frac{\int_{t=0}^T (p_t - p_0) dt}{60}$$

式中： Q_T 为可调节负荷控制周期内的调节电量指标，单位为MWh， p_t 为可调节负荷在控制周期内的实时有功功率， p_0 为开始参与自动控制时刻的有功功率，单位为MW、 T 为一个控制周期，单位为分钟。

A.3 调节偏差率

偏差率=（实际电量-计划电量）/（日前申报调节容量×0.25 小时）×100%。

参考文献

- [1]申洪涛,陶鹏,高玲玲,张洋瑞,张良.多能互补下虚拟电厂参与电力市场的思考[J].电测与仪表,2022,59(08):66-72.DOI:10.19753/j.issn1001-1390.2022.08.008.
- [2]GB/T 32672-2016, 电力需求响应系统通用技术规范[S].