

## **附件 3**

# **甘肃电力现货市场运营实施细则 (征求意见稿)**

( V3.2 )





## 第一章 总 述

**第一条** 为保障电力系统的安全稳定运行和电力可靠供应，保障甘肃电力现货市场安全有序运转，依法维护电力经营主体的合法权益，保证电力市场建设工作统一、开放、竞争、有序，依据《中共中央 国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕9号）及其配套文件、《国家发展改革委 国家能源局关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》（发改体改〔2022〕118号）、《国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司关于加快推进电力现货市场建设工作的通知》（发改办体改〔2022〕129号）、《国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司关于进一步推动新型储能参与电力市场和调度运用的通知》（发改办运行〔2022〕475号）、《国家发展改革委 国家能源局关于印发<电力现货市场基本规则（试行）>的通知》（发改能源规〔2023〕1217号）、《国家发展改革委 国家能源局关于印发<电力现货连续运行地区市场建设指引>的通知》（发改能源〔2025〕1171号）等文件要求，结合甘肃省实际，制定本细则。

## 第二章 日前现货市场

### 第一节 交易周期

**第二条** 日前现货市场交易按日组织，每个交易日组织次日 96 个时段（00:15~24:00，15 分钟为一个时段）日前交易。

## **第二节 交易方式**

**第三条** 日前现货市场采用“发用双侧分段报价、集中优化出清”的方式开展。

**第四条** 发电企业参与模式：

（一）火电机组以“报量报价”的方式参与日前现货市场。

（二）集中式新能源以“报量报价”的方式参与日前现货市场。暂不具备直接参与现货市场条件的扶贫光伏、分布式光伏、特许权、平价示范新能源项目作为市场边界，符合条件后可自愿“报量报价”参与日前现货市场。

（三）光热电站以“报量报价”方式参与日前现货市场，暂不具备直接参与现货市场条件的作为市场边界，符合条件后可自愿“报量报价”参与日前现货市场。

（四）同一交易单元包含多个调度单元的，应按调度单元分别开展交易申报、出清，市场参与模式应保持一致。

**第五条** 售电公司、批发用户参与模式：

售电公司、批发用户（包括拥有自备电厂的企业）在日前现货市场中申报运行日每小时分段量价曲线，电网企业预测代理购电用户每小时用电量及居民、农业用电量和典型曲线，在日前阶段开展市场出清和调度计划编制。

## **第六条 新型经营主体参与模式**

（一）虚拟电厂根据聚合资源类型分为“电源型”、“负荷型”、“混合型”。“电源型”虚拟电厂参照集中式新能源参与日前现货市场，“负荷型”虚拟电厂参照售电公司、批发用户参与日前现货市场，“混合型”虚拟电厂发电交易单元和用电交易单元分别参考“电源型”和“负荷型”虚拟电厂参与日前现货市场。

（二）绿电直连项目以“报量报价”的方式参与日前现货市场，申报运行日 96 点短期新能源预测曲线和短期用电负荷计划曲线，叠加后确定上网能力及下网需求。存在上网能力时，参照集中式新能源参与日前现货市场，存在下网需求时，参照用户参与日前现货市场。

（三）电网侧储能以“报量不报价”方式参与现货市场，条件成熟时，可自愿选择以“报量报价”方式参与日前现货市场。

**第七条** 日前现货市场根据经营主体申报信息、联络线计划等边界条件，以社会福利最大化为优化目标，依次采用安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）算法进行集中优化计算，出清形成日前现货市场交易结果。

**第八条** 当清洁能源与煤电机组报价相同时，按照清洁能源优先原则确定中标电量。当新能源报价相同时，该交易时段同报价段按机组装机容量比例确定中标电量。当光热电站、绿电直连项目的上网电力与新能源报价相同时，新能源优先出清。当煤

电机组报价相同时，按额定容量由大到小依次成交，额定容量相同机组均分原则，确定中标电量。

**第九条** 当用户报价相同时，按照该交易时段同报价段的申报容量比例，确定中标电量。

### 第三节 申报数据管理

**第十条** 经营主体需按时申报现货市场相关量价曲线。超时或未申报量价曲线，按默认报价处理。

**第十一条** 新能源企业未按时上报运行日短期功率预测，按功率预测为 0 处理。煤电机组未按时上报运行日最大、最小发电能力，按缺省申报参数处理。

**第十二条** 就地消纳一体化项目采用内部优先自发自用，余量参与现货市场的原则，具体规则如下：

（一）就地消纳一体化项目中发电和用户分别参与市场。

（二）发、用电主体分别用日前申报的量价曲线扣除日前自发自用曲线后，剩余量公平参与市场出清。

（三）日前自发自用曲线等于其发电主体日前出力预测曲线和用电主体（D-2）日的 96 点用电负荷曲线取小。

（四）日前自发自用曲线作为市场边界优先进行出清。

### 第四节 交易流程

**第十三条** 运行日（D）为实际运行的自然日，竞价日（D-1）为运行日（D）的前一日。运行日（D）每 15 分钟为一个交易时

段，每个运行日含有 96 个交易时段。

**第十四条** 竞价日（D-2）22:00 前，市场成员按规定开展事前信息披露。

**第十五条** 竞价日（D-1）08:00 前，电源企业完成日前现货市场申报；12:00 前，用户完成日前现货市场申报。

**第十六条** 竞价日（D-1）10:30 前，根据系统负荷预测、联络线预计划等边界条件，采用安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）集中优化完成省内日前现货市场预平衡，得到运行日（D）煤电机组预启停计划安排及发电侧日前现货市场预平衡结果并发布。

**第十七条** 竞价日（D-1）11:00 前，市场运营机构组织经营主体参与省间现货市场交易申报。

**第十八条** 竞价日（D-1）11:45 前，调度机构依据系统潮流计算结果对经营主体申报数据进行合理性校验，保证节点内部电能申报量可送出或受入。

**第十九条** 竞价日（D-1）12:30 前，接收省间现货市场出清结果。

**第二十条** 竞价日（D-1）14:30 前，组织开展西北区域各类短期市场交易。

**第二十一条** 竞价日，在接收到西北区域各类短期市场交易出清结果和联络线终计划后开展日前市场出清。

**第二十二条** 竞价日（D-1）17:30 前，基于联络线终计划



等边界条件，发用双侧日前申报信息，采用安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）集中优化完成省内日前市场出清，得到日前市场出清结果，包括煤电机组组合、发用双侧中标电力曲线、分时节点电价、日前统一结算点价格、中长期结算参考点分时价等信息，作为省内日前市场结算依据。

**第二十三条** 竞价日（D-1）17:30 前，基于联络线终计划、系统负荷预测等边界条件，发电侧日前申报信息，采用安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）集中优化完成出清，得到煤电机组可靠性机组组合和各类型电源日前调度计划。

**第二十四条** 竞价日（D-1）22:00 前，发布省内日前市场出清结果，下达煤电机组可靠性机组组合和各类型电源日前调度计划。

**第二十五条** 出现以下情况时：

- （一）因天气条件等变化导致次日负荷预测偏差超过 10%。
- （二）联络线计划偏差超过 10%。
- （三）关键输变电设备故障、临时检修或计划检修延期等，导致关键断面能力或系统备用偏差超过 10%。
- （四）机组非计划停运、直流闭锁等，损失能力之和大于中标机组总出力的 10%。
- （五）其他影响电力安全可靠供应的原因。

市场运营机构可根据最新边界条件，重新开展集中优化，得到日前市场出清结果和可靠性机组组合，并向经营主体公布。

**第二十六条** 特殊情况下，D-1 日 22:00 前，未得到日前市场出清结果的，可视为日前市场出清失败，不再组织日前市场出清。

## 第五节 经营主体参数

**第二十七条** 日前现货市场经营主体参数共计三类，分别为机组运行参数、市场核定参数和申报缺省参数。

（一）机组运行参数指发电主体的运行技术参数，包括固定运行参数、日申报运行参数。经营主体应在注册时提供固定运行参数，如需修改，应不晚于竞价日前三个工作日向电力调度机构提出申请，经审批通过后生效。

（二）市场核定参数指依据政府相关文件要求确定，用于现货市场申报、出清、结算等环节的参数。

（三）申报缺省参数指经营主体未按时在现货市场申报要求参数时用于替代的默认申报参数。原则上，申报缺省参数允许每月变更一次。变更前，经营主体应向市场运营机构提出运行参数变更申请，经审核同意后生效。

**第二十八条** 经营主体按以下要求提供运行参数：

### （一）煤电机组运行参数

1. 机组有功功率调节速率（固定运行参数），单位为兆瓦/分钟，不得小于额定容量的 1.5%/分钟。循环流化床机组不得小于额定容量的 1%/分钟。

2. 厂用电率（固定运行参数），单位为百分数，其中火电为每台机组的厂用电率，其余电厂为全厂厂用电率。

3. 最大、最小发电能力（日申报运行参数），单位为兆瓦。

4. 开机曲线（日申报运行参数），即机组在开机过程中，从并网至考虑低负荷运行最小稳定出力的升功率曲线，时间间隔为 15 分钟。

5. 停机曲线（日申报运行参数），即机组在停机过程中，从考虑低负荷运行最小稳定出力至解列的降功率曲线，时间间隔为 15 分钟。

6. 最小连续开机时间（固定运行参数），表示机组开机后，距离下一次停机至少需要连续运行的时间，单位申报间隔为 15 分钟，申报范围为 0-24 小时。

7. 最小连续停机时间（固定运行参数），表示机组停机后，距离下一次开机至少需要连续停运的时间，单位申报间隔为 15 分钟，申报范围为 0-24 小时。

## （二）新能源场站运行参数

1. 机组有功功率调节速率（固定运行参数），单位为兆瓦/分钟。

2. 厂用电率（固定运行参数），单位为百分数。

## （三）光热电站运行参数

1. 机组有功功率调节速率（固定运行参数），单位为兆瓦/分钟。

2. 厂用电率（固定运行参数），单位为百分数。

3. 运行日 96 个时段分时最大发电能力（日申报运行参数），单位为兆瓦。

（四）电网侧储能运行参数：

“报量报价”参与日前市场的电网侧储能，应申报以下运行参数：

1. 最大充、放电功率（固定运行参数），单位为兆瓦。

2. 最大充、放电能量（固定运行参数），单位为兆瓦时。

3. 充、放电效率（固定运行参数），单位为%。

4. 最大、最小允许荷电状态（日申报运行参数），单位为%，即运行日的存储电量极限。

5. 可用功率（日申报运行参数），单位为兆瓦，即运行日的实际最大充、放电能力。

（五）代理聚合用户的售电公司，以及通过主、子户聚合后直接参与现货市场的用户，申报对应到电价节点的每小时分段量价曲线；允许代理聚合用户的售电公司，以及通过主、子户聚合后直接参与现货市场的用户申报统一量价曲线，对应到各电价节点的分配比例按用户报装容量进行分解。

（六）市场运营机构所需的其他参数。

**第二十九条** 市场核定参数包括申报价格上/下限、出清价格上/下限、煤电机组启动费用补偿上限、煤电机组空载费用补偿上限、煤电机组核定发电成本等，根据价格主管部门核定结果

确定。

（一）申报价格上/下限，单位为元/兆瓦时。参与现货市场交易的经营主体，其日前申报价格的最高、最小值不得超过申报价格上/下限。

（二）出清价格上/下限，单位为元/兆瓦时。出清价格仅指电能量价格，不含输配、辅助服务费用、政府性基金及附加等。当市场出清价格超过上限或低于下限时，按相应限值进行结算。

（三）煤电机组启动费用补偿上限，单位为元/次。煤电机组申报的启动费用不得超过核定的启动费用上限。

（四）煤电机组空载费用补偿上限，单位为元/小时。煤电机组申报的空载费用不得超过核定的空载费用上限。

（五）煤电机组核定发电成本，单位为元/兆瓦时。根据煤电机组发电成本相关核定办法分别确定的煤电机组边际发电成本和平均发电成本。

**第三十条** 市场经营主体应按要求提供以下申报缺省参数：

（一）典型量价曲线，单位为元/兆瓦时。表示该交易单元运行在不同发电出力/用电负荷区间时对应电能量的价格。电力的最小单位是 0.01 兆瓦，申报电价的最小单位是 10 元/兆瓦时，各段报价需满足申报价格上/下限要求。发电侧从 0 至交易单元最大技术出力之间可最多申报 10 段，每段电力不小于装机容量的 10%，最后一段出力区间终点为该机组的最大技术出力，其中

煤电机组第一段出力区间为 0~考虑低负荷运行的最小发电能力。量价曲线必须为出力区间和报价单调非递减。用户侧为 24 小时分时量价曲线，每个小时最多申报 5 段，量价曲线必须为负荷区间和报价单调非递增。

（二）煤电缺省机组启动费用，单位为元/次。煤电机组申报的缺省机组启动费用，不得超过煤电机组启动费用补偿上限。

（三）煤电缺省机组空载费用，单位为元/小时。煤电机组申报的缺省机组空载费用不得超过煤电机组空载费用补偿上限。

（四）机组运行参数中的日申报运行参数对应的缺省参数，申报要求与相应参数一致。

（五）市场运营机构所需的其他参数。

## 第六节 日前机组运行边界条件准备

### 第三十一条 发电机组状态约束：

市场运营机构应根据机组检修批复以及调试（试验）计划批复情况，确定运行日其调管范围内机组的 96 点状态，作为日前现货市场出清的边界条件。

机组状态分为可用及不可用两类。处于可用状态的机组，相应时段内按照本细则要求参与日前现货市场出清；处于不可用状态的机组，相应时段内不参与日前现货市场出清。

（一）可用状态：机组处于运行状态、备用状态以及调试（试

验)状态时均视为可用状态。

(二)不可用状态:不可用状态包括机组检修、事故停运、缺燃料以及其他情况。

1.机组检修:按照市场运营机构的机组检修批复结果,批复的开工时间与受理完工时间之间的时段计为不可用状态。若机组处于包含在检修工期中的调试阶段,则电厂可将该机组置为调试状态。

2.缺燃料:市场运营机构根据发电机组的燃料供应情况停运对应机组,相应时段内机组状态为缺燃料状态。机组缺燃料状态以天为单位统计。

### **第三十二条 发电机组发电能力范围:**

经营主体根据发电机组的额定有功功率、影响出力(即发电受阻容量)、检修和调试(试验)批复等情况申报运行日发电机组的96点机组发电能力范围,影响出力经调度机构确认后,作为日前现货市场出清的边界条件。

### **第三十三条 发电机组最早可并网时间:**

若发电机组在竞价日处于停机状态且在运行日具备开机运行条件,发电机组需要申报运行日精确到15分钟时段的最早可并网时间。其最终是否开机以及并网时间以安全约束机组组合(SCUC)和安全约束经济调度(SCED)一体化程序出清以及市场运营机构校核结果为准。

### **第三十四条 机组启停出力曲线:**

机组启动或停机过程的功率曲线，时间间隔为 15 分钟；由发电企业在日前现货市场进行申报并确认，若未填报则读取该机组典型开机/停机曲线。

### **第三十五条 新能源场站出力上/下限约束：**

市场运营机构根据新能源场站的额定容量、短期预测结果、检修和调试（试验）批复等情况，确定新能源场站出力上/下限约束，作为日前现货市场出清的边界条件。

新能源场站应根据运行日新能源短期预测合理申报配建储能短期自调度计划曲线，充电部分计划不得大于新能源预测。

在日前双边市场阶段，对于不含配建储能的新能源场站，其出力上限为该场站的新能源短期预测；对于含配建储能的新能源场站，其出力上限为新能源短期预测与配建储能短期自调度计划之和。所有新能源场站的出力下限为 0 兆瓦。

在预出清及可靠性机组组合阶段，不含配建储能的新能源场站的出力上限为其短期预测对应的可靠发电能力，该能力依据国家标准相关要求计算确定；含配建储能的新能源场站的出力上限为短期预测对应的可靠发电能力与电力调度机构审批通过的配建储能短期自调度计划之和。

其中，新能源场站未按时上报运行日短期功率预测、配建储能短期自调度计划时，按数值为 0 处理。



## 第七节 日前电网运行边界条件准备

### 第三十六条 负荷预测：

（一）系统负荷预测：系统负荷预测是指预测运行日零时开始的每 15 分钟的系统负荷需求，每天共计 96 个点。市场运营机构负责开展运行日全省的日系统负荷预测，预测时需综合考虑但不限于以下因素：历史相似日负荷、工作日类型、气象因素、用户用电需求、各地区负荷预测、节假日或社会重大事件影响。

（二）母线负荷预测：母线负荷预测是指预测运行日零时开始的每 15 分钟的 220 千伏及以上母线节点负荷需求，每天共计 96 个点。母线负荷预测应综合考虑气象因素、工作日类型、节假日、运行方式变化、分布式发电出力预测的影响。如所有母线负荷预测之和与系统负荷预测存在偏差，则以各节点的负荷预测值为比例分摊偏差。

### 第三十七条 联络线计划：

省间交流联络线计划、直流外送计划共同形成日前跨省跨区联络线计划，作为省内日前现货市场组织的边界条件。

### 第三十八条 水电日前计划：

市场运营机构根据各流域来水情况，综合考虑运行日（D）新能源日前短期发电预测及消纳需求，编制运行日（D）各水电厂日前发电计划曲线。

### 第三十九条 电网侧储能日前计划：

市场运营机构根据运行日（D）电力平衡情况、新能源日前

短期发电预测及消纳需求，编制运行日（D）参与现货市场的电网侧储能发电计划曲线。

#### **第四十条 备用约束：**

市场运营机构根据相关运行备用调度管理要求，留取电网运行必要的备用容量。日前现货市场出清结果需满足运行日的备用要求，特殊时期市场运营机构可根据系统安全供应需要，调整备用约束限值。

备用应考虑机组自身出力不足、网络受限、调试出力不稳定等因素的影响。

#### **第四十一条 输变电设备检修计划：**

市场运营机构基于月度输变电设备检修计划，结合电网实际运行状态，确定运行日的输变电设备检修计划。

#### **第四十二条 输变电设备投产与退役计划：**

市场运营机构基于月度输变电设备投产与退役计划，结合电网实际运行状态，确定运行日的输变电设备投产与退役计划。

#### **第四十三条 电网安全约束：**

市场运营机构基于所掌握的运行日基础边界条件，确定调管范围内的电网安全约束，作为日前现货市场优化出清的边界条件。

电网安全约束边界条件包括但不限于线路、变压器极限功率、断面极限功率、发电机组（群）必开约束、发电机组（群）必停约束、发电机组（群）出力上下限及开机台数约束等。

### （一）线路、变压器极限功率和断面极限功率

出现以下情况时，市场运营机构可设置线路、变压器极限功率、断面极限功率：

1.因系统安全约束，需要将线路、变压器、断面的潮流及电压控制在指定值以内。

2.因保供电、防范极端自然灾害或提高供电可靠性，需要提高安全裕度，将线路、变压器、断面潮流控制在指定值以内。

3.其他保障电网安全可靠供应需要将线路、变压器、断面潮流控制在指定值以内。

### （二）发电机组（群）必开约束

出现以下情况时，市场运营机构可设置必开机组：

1.因系统安全约束。

2.因保暖、保供需要。

3.因防范极端自然灾害。

4.因上级调度机构要求。

5.因机组调试要求。

6.根据电网安全运行要求需要在运行日某些时段固定出力的机组。

7.其他保障电网安全可靠供应需要开机运行的机组。

### （三）发电机组（群）必停约束

出现以下情况时，市场运营机构设置必停机组，必停机组视为不可用状态：

- 1.因系统安全约束。
- 2.因政府部门要求。
- 3.不具备并网条件的机组。
- 4.不满足环保要求，经电力平衡分析后具备安排停机条件的机组。
- 5.已纳入政府当年关停计划的机组。
- 6.处于计划检修、临时检修、缺煤停机或经营不善等状态的机组。

#### （四）发电机组（群）出力上/下限约束及开机台数约束

出现以下情况时，市场运营机构可设置发电机组（群）出力上/下限约束：

- 1.因系统安全约束，需要限制出力上/下限及开机台数的发电机组（群）。
- 2.因保供电、防范极端自然灾害或提高供电可靠性，需要提高安全裕度限制开机台数或将出力控制在上/下限值以内的发电机组（群）。
- 3.根据电网安全运行要求需要在运行日某些时段限制出力上/下限的发电机组（群）。
- 4.其他保障电网安全可靠供应需要限制开机台数或限制出力上/下限的发电机组（群）。

## 第八节 事前信息发布

**第四十四条** 竞价日前一日（D-2）22:00 前，市场运营机构按照《甘肃电力现货市场信息披露实施细则》的要求，向相关市场成员发布运行日的边界条件信息。主要信息包括但不限于：

- （一）96 点统调负荷预测曲线。
- （二）联络线外送电计划。
- （三）发电机组检修总容量。
- （四）备用要求。
- （五）输变电设备检修计划。
- （六）电网关键断面约束情况。
- （七）必开必停机组（群）。
- （八）市场限价等交易参数。

相关信息分为公众信息、公开信息以及特定信息。

## 第九节 交易申报

**第四十五条** 日前现货市场每日运行，各经营主体需每日向市场运营机构提交交易申报信息，用于日前现货市场在运行日的机组组合优化和集中竞价出清。迟报、漏报或不报者均默认采用缺省交易申报参数作为交易申报信息。

**第四十六条** 发电机组申报交易信息包括：

- （一）发电机组电能量报价曲线，单位为元/兆瓦时。电能量报价表示交易单元运行在不同出力区间时机组微增电能量的价格。从 0 到交易单元最大技术出力之间可最多申报 10 段，每

段电力不小于装机容量的 10%，最后一段出力区间终点为该机组的最大技术出力。电力的最小单位是 0.01 兆瓦，申报电价的最小单位是 10 元/兆瓦时，每段需申报出力区间起点（兆瓦）、出力区间终点（兆瓦）以及该区间报价（元/兆瓦时），相邻出力区间衔接点对应报价属于前一出力区间报价，其中煤电机组第一段出力区间为 0 兆瓦～考虑低负荷运行的最小发电能力。首段报价不可低于申报价格的下限值，后续每段报价均不得低于前一段申报价格，报价曲线必须为出力区间和价格单调非递减。若发电机组逾期未申报电能量报价，按照其缺省电能量报价参与日前现货市场出清。

一个交易单元对应多个调度单元时，按调度单元分别申报对应的量价曲线。

（二）煤电机组启动费用，单位为元/次。申报的启动费用不得超过煤电机组启动费用补偿上限。

（三）煤电机组空载费用，单位为元/小时。申报的空载费用不得超过煤电机组空载费用补偿上限。

#### **第四十七条 用户与售电公司申报交易信息包括：**

（一）售电公司在电力市场交易系统中申报其代理的直接参与现货市场用户、聚合后参与现货市场用户在运行日（D）对应到电价节点的每小时分段量价曲线；允许代理聚合用户的售电公司申报统一量价曲线，对应到各电价节点的分配比例按用户报装机容量进行分解。售电公司代理的直接参与现货市场用户、聚合后

参与现货市场用户，其申报的每个时段最大电力需求，不得超过相关用户报装容量。

（二）直接参与现货市场的电力用户，在电力市场交易系统中申报运行日对应到电价节点的每小时分段量价曲线，用户申报电力的最小单位是 0.01 兆瓦，申报的每个时段最大电力需求，不得超过该用户报装容量。

涉及对应不同电价节点的主、子户电力用户，允许聚合为单一用户后参与现货市场，其申报的单一量价曲线，依据各节点报装容量，将申报量价等比例分解至各节点。

（三）售电公司和电力用户申报的每小时分段价格曲线作为日前现货市场出清计算的依据，其申报曲线需满足如下要求：

1.第一段起始负荷为 0 兆瓦，每一段报价的起始负荷应等于上一段报价的结束负荷，相邻出力区间衔接点对应报价属于前一出力区间报价，最后一段报价终点对应的电力作为用户的最大用电需求。

2.随着电力负荷增加，每一段报价必须单调非递增。

3.报价段数不超过 5 段。

4.各段报价不可超过申报价格上/下限限制。

5.用户申报电价的最小单位是 10 元/兆瓦时。

**第四十八条** 拥有自备电厂的企业，作为电力用户同等参与现货市场交易，在日前申报量价信息，申报规则等同于直接参与现货市场的电力用户。

**第四十九条** 经营主体在参与电力现货市场之前务必详尽了解本细则相关条款,并了解自主做出报价和独立承担电力市场结算的风险。

## 第十节 市场出清

**第五十条** 日前现货市场出清计算过程如下:

### (一) 日前市场预平衡

市场运营机构根据当前省内负荷短期预测和外送电预计划确定市场边界,基于经第三方认定的技术支持系统潮流计算结果,结合经营主体申报的量价信息,考虑电网安全约束和机组运行约束,以社会福利最大化为目标,运行安全约束机组组合(SCUC)和安全约束经济调度(SCED)一体化程序,优化出清得到日前预计划机组组合、各机组场站预发电计划和运行日(D)电力平衡余缺情况,并以此作为参与省间现货市场及西北区域各类短期市场交易依据。

以运行日(D)全时段社会福利最大化为目标函数,满足运行日(D)负荷预测、外送计划、备用容量需求,考虑机组报价和物理性能,计算运行日(D)机组开停机计划和发电机组出清计划和富余发电能力。

### (二) 日前现货市场正式出清

市场运营机构基于发用双侧申报信息、联络线外送终计划、非市场化用户负荷预测、各类电网安全约束和机组运行约束条件



等市场边界信息，以社会福利最大化为目标，运行安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）一体化程序优化出清得到日前现货市场出清结果，包括运行日（D）日前市场出清机组组合、发电侧中标曲线、用户侧中标曲线、发电侧分时节点电价以及统一结算参考点分时电价，作为发用两侧结算依据。

### （三）可靠性机组组合

市场运营机构基于联络线外送终计划、统调负荷预测以及发电侧申报信息，以社会福利最大化为目标，运行安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）一体化程序优化出清，得到运行日（D）可靠性机组组合安排，作为日前发电调度计划依据。

日前现货市场正式出清阶段出清开机的机组，在后续可靠性机组组合优化中优先出清。

（四）日前现货市场采用的优化算法数学模型参见本规则附录1（日前现货市场安全约束机组组合数学模型）、附录2（日前现货市场安全约束经济调度数学模型）。

（五）为确保优化算法有可行解，松弛条件和惩罚因子参见本规则附录3（日前现货市场约束松弛惩罚因子）。

（六）日前现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法参见本规则附录4（日前现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法）。

## 第五十一条 日前现货市场机组出清原则

### （一）边界机组

现货市场边界机组在日前申报发电曲线，安全校核通过后予以优先出清。

### （二）水电企业

市场运营机构根据来水预测、水库综合利用需求，依据新能源短期功率预测，制定运行日各水电场站 96 点发电计划曲线，并在现货市场中优先予以出清。

### （三）参与现货市场的煤电、新能源机组

通过安全约束机组组合（SCUC）和安全约束经济调度（SCED）一体化程序优化计算，获得日前现货市场出清的机组启停计划和全天 96 点出力计划曲线。

（四）就地消纳一体化项目的日前自发自用曲线作为市场边界，安全校核通过后予以优先出清。

### （五）经营主体不参与定价情况有：

1. 机组已达到最大爬坡能力。

2. 机组因自身原因，出力必须维持在某一固定水平。

3. 煤电机组正处于从并网到最小技术出力，或从最小技术出力水平到解列的过程。

### （六）特殊机组

#### 1. 调试机组

调试机组日前申报调试曲线，安全校核通过后予以优先出清。

调试阶段的机组按照调试需求安排发电，作为日前现货市场出清的边界条件。新建机组获准归调后，原则上归调当日按调度指令安排运行，直至该机组正式参与现货市场的运行日（D）当天零点；运行日（D）起，发电机组按照日前现货市场的交易规则参与出清。在完成满负荷试运行到（D）日零点之间，该台机组作为固定出力机组，不参与市场优化，不参与市场定价，作为价格接受者。申报了运行日调试（试验）计划的在运发电机组，在调试（试验）时段内的机组状态为开机，不参与机组组合优化。

对于因电厂原因的调试（试验）机组，在获得市场运营机构同意后，须在D-2日08:00前申报调试（试验）出力曲线，若申报的调试（试验）计划不满足电力有序供应、电网安全稳定、调峰、调频等要求，市场运营机构可根据需要对机组的调试（试验）出力曲线进行调整。调试时段内该台发电机组的发电计划为其申报并审核后的调试（试验）出力曲线，不参与市场定价。

## 2.最小连续开机、停机时间内机组

发电机组开机运行或停机解列后，在其申报最小连续开机时间或最小连续停机时间内，安全约束机组组合（SCUC）原则上安排其机组状态满足相关时间要求。

## 3.处于开/停机过程的机组

处于开机状态的发电机组，在机组并网后升功率至最小发电能力期间，发电出力为其申报开机曲线或典型开机曲线，作为市场边界不参与优化。处于停机状态的发电机组，在机组从最小发

电能力降功率至与电网解列期间，发电出力为其申报停机曲线或典型停机曲线，作为市场边界不参与优化。相应时段内，处于开/停机过程的机组不参与市场定价，作为市场价格接受者。

**第五十二条** 日前现货市场正式出清结果包括运行日（D）煤电机组启停计划、各机组/场站运行日（D）96点分时出清曲线、用户侧96点分时出清曲线、发电侧分时节点电价以及用户侧统一结算参考点分时电价。

**第五十三条** 出清价格根据调度单元形成，结算价格根据交易单元形成。对于跨节点交易单元采用对应节点的出清电量和节点电价加权计算结算价格。

## 第十一节 安全校核

**第五十四条** 为保证电网运行安全和电网输配电设备运行控制要求，日前现货市场需要对出清结果进行安全校核。市场运营机构进行带安全约束的优化计算，形成日前现货市场出清，并针对日前出清结果开展安全校核。

**第五十五条** 安全校核分为电力平衡校核和安全稳定校核。

（一）电力平衡校核指分析各时段备用是否满足备用约束，是否存在电力供应风险或调峰安全风险的情况。若存在平衡约束无法满足要求的时段，市场运营机构可以采取调整运行边界、增

加机组约束、组织有序用电以及市场运营机构认为有效的其他手段，并重新出清得到满足安全约束的交易结果。

（二）安全稳定校核包括基态潮流校核与静态安全分析。基态潮流校核采用交流潮流模型校核基态潮流下线路、变压器、断面传输功率不超过极限值、系统母线电压水平不越限。静态安全分析基于预想故障集，采用交流潮流模型进行开断分析，确保预想故障集下设备负载不超过事故后限流值、系统母线电压不越限。若存在安全约束无法满足要求的时段，市场运营机构可以采取调整运行边界、增加机组约束、组织有序用电以及市场运营机构认为有效的其他手段，并重新出清得到满足安全约束的交易结果。

## 第十二节 日前市场出清价格

**第五十六条** 现货市场采用节点边际电价机制定价。日前现货市场通过发、用双侧集中竞价、边际出清的方式，形成运行日（D日）每15分钟不同节点的节点边际电价，作为该时段各节点日前现货市场出清价格。

## 第十三节 市场出清结果发布

**第五十七条** 竞价日（D-1日）22:00前，市场运营机构发布运行日（D日）的日前现货市场交易出清结果，具体发布内容详见《甘肃电力现货市场信息披露实施细则》。

## 第十四节 日前调度计划

**第五十八条** 日前现货市场原则上基于竞价日（D-1 日）交易申报前发布的电网运行边界条件进行计算，一般情况下，日前现货市场的发电侧日前出力计划结果（包含可靠性机组组合以及机组出力曲线）即为运行日的发电调度计划。

### **第三章 实时现货市场**

#### **第一节 交易周期**

**第五十九条** 实时现货市场以 15 分钟为间隔滚动出清未来 15 分钟至 2 小时的节点电价和机组出力曲线，并用发电侧实时出清计划计算实时统一结算点出清价格用作信息披露。

#### **第二节 交易方式**

##### **第六十条 发电企业参与模式**

（一）火电机组以“报量报价”的方式参与实时现货市场。

（二）集中式新能源以“报量报价”的方式参与实时现货市场。暂不具备直接参与现货市场条件的扶贫光伏、分布式光伏、特许权、平价示范新能源项目作为市场边界，符合条件的可自愿选择“报量报价”参与实时现货市场。

（三）光热电站以“报量报价”方式参与实时现货市场，暂不具备直接参与现货市场条件的作为市场边界，符合条件后可自愿“报量报价”参与实时现货市场。

（四）水电企业以“报量不报价”方式参与实时市场，申报 96 点充放电曲线，电力调度机构对其申报的自调度计划曲线进行安全校核，校核通过后参与实时市场优化出清。

#### **第六十一条 新型经营主体参与模式**

（一）“电源型”虚拟电厂、“混合型”虚拟电厂发电交易单元参照集中式新能源以“报量报价”的方式参与实时市场。

（二）绿电直连项目以“报量报价”的方式参与实时市场。

（三）电网侧储能以“报量不报价”方式参与实时市场出清，申报 96 点充放电曲线，电力调度机构对其申报的自调度计划曲线进行安全校核，校核通过后参与实时市场优化出清。

**第六十二条** 实时现货市场中，电力调度机构基于日前现货市场封存的发电企业电能量申报信息，根据最新的电网运行状态、超短期负荷预测、超短期新能源预测、日内省间现货交易结果、日内西北区域备用辅助服务市场、调峰辅助服务市场交易以及各类省间短期交易结果等物理边界条件，以 15 分钟为最小出清单元，根据最新电网运行信息，综合考虑负荷平衡、机组运行约束、网络安全约束、火电最小发电能力，采用安全约束经济调度（SCED）算法进行集中优化计算，滚动出清未来 15 分钟至 2 小时的发电计划和现货价格。

**第六十三条** 当清洁能源与煤电机组报价相同时，按照清洁能源优先原则确定中标电量。当新能源报价相同时，该交易时段同报价段按机组装机容量比例确定中标电量。当光热电站、绿

电直连项目发用匹配以外的发电能力与新能源报价相同时，新能源优先出清。当煤电机组报价相同时，按额定容量由大到小依次成交，额定容量相同机组均分原则，确定中标电量。

### 第三节 申报数据管理

**第六十四条** 就地消纳一体化项目中的发电主体用日前申报的量价曲线扣除实时自发自用曲线后，剩余量公平参与实时市场出清。其中，实时自发自用曲线等于其发电主体超短期出力预测曲线和用电主体 T-30 时刻的用电负荷曲线取小。实时自发自用曲线作为市场边界优先进行出清。

**第六十五条** 绿电直连项目参与实时市场具体规则如下：

（一）绿电直连项目应滚动更新超短期新能源预测曲线。

（二）绿电直连项目超短期用电负荷计划曲线沿用 T-30 时刻的用电负荷曲线。

（二）超短期新能源预测曲线超出超短期用电负荷计划曲线的上网能力部分，“报量报价”参与实时市场出清。

（三）超短期用电负荷计划曲线超出超短期新能源预测曲线的下网需求部分，参照用户参与实时市场。

### 第四节 交易流程

**第六十六条** 运行日（D 日）T-120 前（交易时段起始时



刻为 T，下同），经营主体依据实时现货市场滚动出清结果以及富余发电能力、电网企业依据电力电量平衡情况完成日内省间现货量价申报。

**第六十七条** 运行日（D 日）T-90 前，电力调度机构完成省内经营主体申报数据合理性校验，并将经营主体、电网企业申报数据整合提交至省间电力现货交易平台。

**第六十八条** 运行日（D 日）T-30 前，电力调度机构依据日内省间现货交易出清结果和电力电量平衡情况，代理经营主体申报西北区域各类省间短期市场交易，并接收交易成交结果。

**第六十九条** 运行日（D 日）T-30，现货市场技术支持系统读取 T 时刻系统超短期负荷预测、最新联络线外送计划、新能源超短期预测、实时断面限额、设备及机组状态等信息，作为实时现货市场出清计算的边界和约束条件。同时，读取水电及新能源企业 T 时刻最新预测发电能力，结合发电企业日前报价信息，准备开始下一交易时段现货市场出清计算。

**第七十条** 运行日（D 日）T-30 至 T-15，进行实时现货市场安全约束经济调度（SCED）出清计算，形成 T 至 T+120 分钟的市场出清价格以及各机组/场站的实时发电计划，并依据出清结果开展调频市场出清调用，确定 T 至 T+15 时段参与调频的常规机组或场站，向经营主体发布出清结果。

**第七十一条** 运行日（D 日）T-15 前，现货市场技术支持系统将 T 至 T+15 时段各机组/场站实时发电计划发送至能量管理

控制系统，各控制系统通过插值法逐步下发计划执行。

## 第五节 实时发电机组物理运行参数变化

**第七十二条** 实时现货市场采用日前现货市场封存的发电侧申报信息进行出清，发电企业、售电公司和批发用户在实时现货市场中均不需要报价。

当发电机组的物理运行参数与日前现货市场相比发生较大变化时，发电企业需及时向市场运营机构进行报送，经审核同意确认后生效。主要包括以下信息：

（一）开机阶段每 15 分钟计划出力曲线（从并网至考虑低负荷运行的最小发电能力）。

（二）停机阶段每 15 分钟计划出力曲线（从当前出力至解列）。

（三）最新的预计并网/解列时间。

（四）机组出力上/下限变化情况。

（五）调试（试验）机组出力变化情况。

（六）机组发生故障，需对机组实时发电出力计划进行调整的情况。

（七）其他可能影响电力供应以及电网安全运行的物理参数变化情况。

## 第六节 实时机组运行边界条件准备

**第七十三条** 发电机组开停机计划曲线：

发电机组开机过程中，以机组当前实时出力为起点，市场运营机构根据机组报送的开机计划出力曲线，滚动确定未来 1 小时机组发电计划，直至机组出力上升至考虑低负荷运行的最小发电能力。

发电机组停机过程中，以机组当前实时出力为起点，市场运营机构根据机组报送的停机计划出力曲线，滚动确定未来 1 小时机组发电计划，直至机组出力降为零并与电网解列。

#### **第七十四条 发电机组最早可并网时间：**

电力调度机构根据机组最新的并网时间进行实时现货市场出清计算。

#### **第七十五条 火电机组出力上/下限约束：**

电力调度机构根据火电机组的额定有功功率、日前申报出力限额，检修和调试（试验）批复等情况，确定发电机组出力上/下限约束，作为实时现货市场出清的边界条件。正常情况下，火电机组的出力上/下限分别为该机组的日前申报最大发电能力、日前申报的考虑低负荷运行后的最小发电能力。

#### **第七十六条 新能源场站出力上/下限约束：**

电力调度机构根据新能源场站的额定容量、超短期预测结果、检修和调试（试验）批复等情况，确定新能源场站出力上/下限约束，作为实时现货市场出清的边界条件。

正常情况下，不含配建储能的新能源场站的出力上限为该场站的新能源超短期预测，含配建储能的新能源场站出力上限为其

新能源超短期预测与配建储能超短期自调度计划之和；新能源电站的出力下限为 0 兆瓦。

**第七十七条** 发电机组故障原因要求的出力计划调整：

机组发生故障后，若要对机组出力计划进行调整，需明确具体的发电出力计划对应的时间段，由市场运营机构审核同意后执行，作为固定出力机组参与市场。

**第七十八条** 发电机组调试（试验）计划执行：

原则上发电机组调试及试验计划应按照日前发电计划执行，市场运营机构可根据不同情况进行新增或调整，包括：因发电机组自身要求、电力电量平衡或电网安全稳定约束要求调整调试及试验计划等情况。

**第七节 实时电网运行边界条件准备**

**第七十九条** 超短期负荷预测：

超短期统调负荷预测是指预测实时运行时刻开始的未来 1 至 4 小时统调负荷需求。电力调度机构根据实际情况对超短期负荷预测结果进行调整，调整需综合考虑但不限于以下因素：实时负荷走势、历史相似日负荷、工作日类型、气象因素、用户用电需求、节假日或社会大事件影响等情况。

超短期母线负荷预测是指预测实时运行时刻开始的未来 1 至 4 小时 220 千伏、330 千伏母线节点负荷需求。电力调度机构综合气象因素、工作日类型、节假日影响等因素，基于历史相似

日预测母线负荷。

#### **第八十条 省间现货交易结果：**

省内经营主体、电网公司在省间现货交易中竞得的省间现货交易结果，作为实时现货市场出清的边界条件。

#### **第八十一条 西北区域各类短期交易结果：**

省内经营主体、电网公司在日内参与西北区域备用辅助服务市场、调峰辅助服务市场交易以及各类省间短期交易后，交易结果作为实时现货市场出清的边界条件。

#### **第八十二条 发电机组及输变电设备检修执行：**

电力调度机构基于发电机组及输变电设备日前检修计划，综合考虑电网实时运行要求、不同检修设备停送电顺序衔接、现场设备状态、现场操作准备等，执行发输变电设备停、送电操作，并做好相应记录。

#### **第八十三条 运行备用：**

电网实时运行应满足相关运行备用调度管理要求，若发生变化，需以最新的运行备用要求作为边界条件开展实时发电计划滚动计算。

当备用容量无法满足要求时，应立即进行以下调整，直至满足备用容量要求：

（一）电网公司可通过省间电力现货市场、西北区域备用辅助服务市场申请备用支援。

（二）电力调度机构可立即采取新增开机、启动需求侧响应、

执行有序用电等措施。

#### **第八十四条 电网安全约束：**

实时现货市场出清使用的安全约束条件原则上与日前交易前安全校核所提出约束条件保持一致。如果其他边界条件发生变化，经电力调度机构评估影响系统安全运行时，可对电网安全约束条件进行更新，并在事后将相关信息向经营主体进行发布。

考虑到母线负荷、新能源波动性、随机性较大，在实时运行中为确保电网安全约束不被破坏，须将安全稳定断面的限值留出一定的控制裕度。原则上，按照在断面限额基础上扣除 3%~5% 后的限值作为实时控制要求。特殊时期，按相关要求执行。

### **第八节 实时现货市场出清**

#### **第八十五条 实时现货市场出清原则：**

（一）依据 T-30 获取的最新的电力负荷预测、实时联络线外送计划以及各类系统运行约束等边界条件，以社会福利最大化为目标，通过安全约束经济调度（SCED）程序优化计算，出清得到 T~T+120 分钟各发电企业、储能电站的实时发电计划和各节点的分时节点边际价格。

（二）实时现货市场出清所采用的优化算法数学模型参见本规则附录 5（实时现货市场竞价交易出清数学模型）。

（三）为确保优化算法有可行解，松弛条件和惩罚因子参见本规则附录 6（实时现货市场约束松弛惩罚因子）。

(四)实时现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法参见本规则附录7(实时现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法)。

**第八十六条** 实时现货市场出清结果,包括各机组未来2小时逐时段出力、发电侧分时节点边际电价、统一结算点出清价格。

**第八十七条** 出清价格根据调度单元形成,结算价格根据交易单元形成。对于跨节点交易单元采用SCADA计量结果对TMR数据进行等比例跨节点劈分后,根据劈分后的实际电量和对应节点电价加权计算跨节点交易单元的结算价格。

**第八十八条** 在发、输电设备停送电期间,因实际停送电时间与计划时间不一致,导致实际断面限额变化与计划存在偏差,进而影响电力现货市场出清结果,由此造成的市场风险,市场运营机构及电网企业不承担责任。

**第八十九条** 由于通信系统繁忙、中断、现货市场技术支持系统故障、数据采集与监视控制系统故障等原因导致调度指令传达出现延迟、中断或数据错误,或市场运营机构无法按规则执行电力现货市场出清结果,由此造成的市场风险,市场运营机构及电网企业不承担责任。

**第九十条** 由于网络通讯故障、黑客攻击、病毒破坏、非法登录等风险,给经营主体造成的损失,市场运营机构及电网企业不承担责任。

**第九十一条** 由于其他非人为主观因素给经营主体造成的损失，市场运营机构及电网企业不承担责任。

## **第九节 安全校核**

**第九十二条** 为保证电网运行安全和电网输变电设备运行控制要求，在实时现货市场预出清后，需要对预出清结果进行校核。市场运营机构进行带安全约束的优化计算，形成实时现货市场出清，并针对出清结果开展安全校核。

**第九十三条** 安全校核要求是根据省间交易计划、超短期负荷预测、可再生能源发电超短期预测、发电计划等基础数据，分析评估电网运行是否满足电网安全要求。

**第九十四条** 当断面越限时，电力调度机构根据实时现货市场量化安全校核结果，优化调整实时现货市场出清结果，保证最终的省内发电计划满足电网安全要求。

## **第十节 实时市场出清价格**

**第九十五条** 实时现货市场通过发电侧集中竞价，边际出清的方式，滚动出清形成运行日（D日）每个15分钟不同节点的实时节点边际电价及统一结算点出清价格，作为该时段各电价节点的实时现货市场出清价格。

## **第十一节 市场出清结果发布**

**第九十六条** 市场运营机构将实时现货市场出清结果，包



括各机组未来 2 小时逐时段出力、发电侧分时节点电价及统一结算点出清价格，发布至经营主体。

## 第十二节 实时运行调整

**第九十七条** 电网实时运行应按照系统运行有关规定，保留合理的调频、调峰、调压、备用容量以及各输变电断面合理的潮流波动空间，满足电网风险防控措施要求，保障系统安全稳定运行和电力电量平衡。

电网实时运行中，当系统发生事故或紧急情况时，市场运营机构应按照安全第一的原则处理，无需考虑经济性。处置结束后，受影响的发电机组以当前的出力点为基准，恢复参与实时现货市场出清计算，市场运营机构应记录事件经过、计划调整情况等，并通过技术支持系统向市场成员发布。

发生下列情况之一时，市场运营机构可根据系统运行需要进行调整：

- （一）电力系统发生事故可能影响电网安全时。
- （二）系统频率或电压超过规定范围时。
- （三）系统调频容量、备用容量和无功容量无法满足电力系统安全运行的要求时。
- （四）输变电设备过载或超出稳定限额时。
- （五）继电保护及安全自动装置故障，需要改变系统运行方式时。

(六)气候、水情发生极端变化可能对电网安全造成影响时。

(七)为保证省间联络线输送功率偏差在正常允许范围而需要调整时。

(八)市场运营机构为保证电网安全运行认为需要调整的其他情形。

在出现上述情况时,市场运营机构可以采取以下措施调整运行方式:

(一)改变机组的发电计划。

(二)启停发电机组。

(三)调整设备停复役计划。

(四)调整省间联络线的送受电计划。

(五)调用市场化可中断负荷。

(六)采取负荷控制措施。

(七)暂停实时现货市场交易。

(八)市场运营机构认为有效的其他手段。

实时运行过程中机组或用户出现违反系统安全和相关规程规定或明确不具备并网运行技术条件情况时,市场运营机构应对机组、用户行为及时记录,情节严重可强制退出,由此造成的偏差由经营主体自行承担。

## **第四章 与辅助服务市场的衔接**

### **第一节 与调峰辅助服务的融合出清**

**第九十八条** 煤电机组在现货市场日前申报环节，申报考虑其实际低负荷运行能力的量价曲线。日前、实时现货市场优化出清阶段，综合考虑煤电机组申报量价和新能源富余电力消纳，通过安全约束经济调度（SCED）集中优化，实现现货市场与调峰辅助服务的融合出清。

## **第二节 与调频辅助服务市场衔接**

**第九十九条** 现阶段，调频辅助服务市场与电力现货市场分别独立运行。

**第一百条** 为保障电力系统安全稳定运行，按照相关运行备用调度管理要求，留取合理的备用空间。

**第一百〇一条** 竞价日（D-1日），经营主体申报调频辅助服务价格，市场运营机构依据机组报价和历史调频性能进行排序。

**第一百〇二条** 实时现货市场出清后，市场运营机构综合系统调频容量需求、机组调频里程报价和性能排序及机组实际可调容量，出清参与调频的机组。

**第一百〇三条** 调频市场中出清调用的中标机组/场站以实际出力曲线与日前现货市场出清结果进行偏差结算，相关收益、补偿按照辅助服务市场及现货市场相关规则执行。

## **第五章 与跨省、跨区短期市场的衔接**

**第一百〇四条** 日前现货市场省内预平衡的基础上，经营主体、电网公司可参与日前省间现货交易、西北区域各类短期交易，相关市场交易出清结果形成日前联络线外送终计划曲线，作为省内日前现货市场正式出清和可靠性机组组合的优化边界。

**第一百〇五条** 实时现货市场未来 2 小时滚动出清的基础上，经营主体、电网公司可参与日内省间现货交易、西北各类短期交易，相关市场交易出清结果形成实时联络线外送计划曲线，作为省内实时现货市场滚动出清的优化边界。

**第一百〇六条** 运行日（D 日）T-120 前，经营主体依据实时现货市场滚动出清结果以及富余发电能力，完成日内省间现货量价申报。运行日（D 日）T-90 前，电力调度机构完成省内经营主体申报数据合理性校验，并将申报数据整合提交至省间电力现货交易平台。

## **第六章 市场力监测与缓解**

**第一百〇七条** 为避免具有市场力的发电机组操纵市场，在价格主管部门通知开展价格管控的时段，市场运营机构按要求开展市场力检测与缓解工作。

**第一百〇八条** 市场运营机构负责对全网经营主体开展市场力监测。通过市场力监测的发电机组电能量报价被视为有效报价，未通过市场力监测的发电机组采用市场力缓解措施。

**第一百〇九条** 在日前现货市场预出清前计算发电集团剩余供给指数 RSI。当发电集团 RSI 小于设定阈值，则进一步统计该发电集团各发电机组在日前现货市场预出清时作为边际机组的占比（边际机组的时段数/96），若该占比大于 25%（暂定）时，认为该发电集团具备行使市场力的能力，需对该发电集团各机组报价合理性进行判断。

**第一百一十条** 对于具备行使市场力能力的发电集团，对比该集团内各发电机组日前现货市场报价曲线与市场力监测参考价格曲线，当发电机组日前市场报价曲线均低于等于市场力监测参考价格曲线时，该发电机组被认定通过市场力监测；当发电机组日前市场报价曲线存在高于市场力监测参考价格曲线的情况时，认定该发电机组未通过市场力监测。

市场力监测参考价格曲线等于机组核定电能成本曲线乘以合理收益率  $R$ 。发电机组的核定电能成本曲线及合理收益率  $R$  由价格主管部门确定。

**第一百一十一条** 发电机组未通过市场力监测时，将该机组的全容量报价曲线替换为核定电能成本曲线。

## **第七章 特殊情况处理机制**

### **第一节 市场干预**

**第一百一十二条** 对于恶意申报虚假发电能力、功率预测、

长时间超计划运行等行为，由市场运营机构将相关证据报送国家能源局甘肃监管办公室。

**第一百一十三条** 干旱、大风、沙尘暴、暴雨、冰灾、霜冻和地震等恶劣极端自然灾害时期，为了保障受灾地区的人民生活 and 重要用户用电，根据灾害影响的范围和程度，市场运营机构可采取开机、停机、临时安排输变电设备停运、临时中止输变电检修恢复送电等措施。

**第一百一十四条** 为增强电网抵御极端灾害的能力，保障电网安全运行，市场运营机构可视系统运行需要设置灾害影响区域的火电机组为必开机组。灾害发生过后，在系统安全风险可控的情况下，市场运营机构应及时解除必开设置。雨雪冰冻灾害风险或山火风险生效期间，市场运营机构可根据系统运行需要，将对灾害影响区域有网络支撑或能配合发挥融冰作用的机组设置为必开机组。

**第一百一十五条** 为落实政府相关部门的特殊管控要求，部分时期存在需要对特定区域电厂进行发电管控的情况，若管控要求体现为电量约束（如煤炭消费总量控制、减排总量控制等），管控期内该区域机组在现货市场出清时需同时满足电量约束要求；若管控要求体现为机组出力上限或下限要求，则管控期内该机组在现货市场出清时需同时满足出力约束；若管控要求体现为机组固定出力，则管控期内该机组按固定出力运行，不参与现货市场优化。

**第一百一十六条** 发生价格异常情况时，市场运营机构可以采取价格管制的方式来干预电力现货市场交易，并宣布相应的交易时段为价格管制时期。

**第一百一十七条** 当出现以下紧急情况时，市场运营机构可采取必要手段进行市场干预，确保市场运行安全。

- (一) 电网事故。
- (二) 系统备用容量严重不足。
- (三) 系统出现功率缺额或即将出现功率缺额。
- (四) 上级调度机构相关要求。
- (五) 自动发电控制系统 AGC、新能源有功控制系统运行异常。
- (六) 电力现货市场技术支持系统运行异常。
- (七) 调度运行技术支持系统、自动化系统、数据通信系统等技术支持系统运行异常。
- (八) 其他需要调度机构紧急干预的情况。

**第一百一十八条** 在紧急状态下，市场运营机构应采取适当措施将电力系统恢复到正常运行状态，包括但不限于：

- (一) 取消、拒绝或推迟所有影响甘肃电力系统安全运行的计划停运或其他一、二次设备操作。
- (二) 调整系统运行方式，配合省内或省间事故处理。
- (三) 根据系统需要通知部分停役线路或设备提前复役。
- (四) 向国调西北分中心及周边省(区)调度中心申请支援，

临时向外省购电。

（五）下达人工调度指令，干预现货市场出清计划和省间电力交易计划。

（六）执行有序用电和事故拉闸限电。

（七）暂停实时现货市场运行。

（八）启用黑启动机组。

**第一百一十九条** 紧急情况下，对于干预时段和受干预机组，市场运营机构需要做好相关记录，在电力市场结算过程中按相关条款处理。

**第一百二十条** 若由于技术支持系统缺陷等客观原因，造成实时市场无法在系统实际运行前 15 分钟完成出清或出清计划无法下达至场站时，场站端沿用最近一次有效出清时段的出力计划并根据调度指令进行调整。

**第一百二十一条** 当甘肃电力现货技术支持系统运行异常导致发布的市场出清结果出现差错时，需重新按照原有边界条件进行出清计算，得到校正之后的出清结果，并及时向市场成员发布。若重新计算校正结果后，出清结果尚未执行，则按校正之后的结果执行。若重新计算校正结果后，出清结果已经执行，但市场未正式结算，则按校正之后的结果结算。若重新计算校正结果后，市场已经正式结算，则按照退补管理的相关原则进行电费的追退补。

**第一百二十二条** 日前现货市场、实时现货市场组织环节，



通过省间支援后，仍存在电力供不应求时段（全网供需比小于1.05），且未达到启动市场中止的条件时，优先调用需求侧响应资源。

若调用需求侧响应资源后可满足电力供应需求，则根据需求侧响应调用量调整负荷预测数据，根据调整后的负荷预测数据进行市场出清。

若需求侧响应调用后，电力供应仍不满足需求，则根据相关规定启动有序用电方案，直至电力供应满足需求，并根据调整后的负荷预测数据进行市场出清。

## 第二节 市场中止

**第一百二十三条** 当面临严重供不应求情况时，市场运营机构征得政府相关部门批准后，依照相关规定和程序暂停市场交易，组织实施有序用电方案。

**第一百二十四条** 当出现地震、暴雨、山洪等重大自然灾害以及突发事件影响电力供应或电网安全时，市场运营机构征得政府相关部门批准后，市场运营机构依照相关规定和程序暂停市场交易，临时实施发用电计划管理。

**第一百二十五条** 有下列情形之一的，国家能源局派出机构可会同政府相关部门做出中止电力市场的决定，并向电力市场成员公布中止原因：

（一）电力市场未按照规则运行和管理的。

（二）电力市场交易规则不适应电力市场交易需要，必须进行重大修订的。

（三）电力市场交易发生恶意串通操纵市场的行为，并严重影响交易结果的。

（四）电力市场技术支持系统（含调度运行技术支持系统、自动化系统、数据通信系统等）发生重大故障，导致交易长时间无法进行的。

（五）因不可抗力不能竞价交易的。

（六）电力市场发生严重异常情况的。

**第一百二十六条** 当出现如下情况时，市场运营机构应按照安全第一的原则处理事故和安排电力系统运行，必要可以中止电力现货市场交易，并尽快报告国家能源局派出机构和政府相关部门：

（一）因发生突发性的社会事件、气候异常和自然灾害等原因导致电力供应严重不足或电网运行安全风险较大时。

（二）发生重大电源或电网故障，影响电力有序供应或电力系统安全运行时。

（三）因台风、地震等重大自然灾害、突发事件等导致电网主备调切换或同时启用备用调度时。

（四）电力市场技术支持系统（含调度运行技术支持系统、自动化系统、数据通信系统等）发生重大故障，导致现货市场交易无法正常组织时。

(五) 出现其他影响电网安全运行的重大突发情况时。

**第一百二十七条** 当出现上一条所述情况导致市场中止时，采用如下的处理措施：

(一) 日前现货市场中止时，当日不开展日前现货市场出清，运行日实时现货市场同时中止。市场运营机构在当前机组开机组合的基础上，以保障电力有序供应、保障电网安全运行为原则，综合考虑运行日统调负荷预测、机组开停机计划、外购电计划等边界条件，编制下达运行日的日前发电调度计划。

(二) 实时现货市场中止时，相应时段内不开展实时现货市场出清，市场运营机构在当前机组开机组合的基础上，以保障电力有序供应、保障电网安全运行为原则，基于最新的电网运行状态与超短期负荷预测信息，对发电机组的实时发电计划进行调整。

**第一百二十八条** 当现货市场中止时，按照政府相关部门和国家能源局派出机构指定方式进行发、用双方电费结算。由此导致的经营主体运营风险，市场运营机构及电网企业不承担责任。

**第一百二十九条** 当异常情况解除，现货市场具备恢复运行条件时，市场运营机构报国家能源局派出机构和政府相关部门同意后，恢复现货市场正常运行。

**第一百三十条** 由于国家有关法律、法规、规章、政策、规则的改变、紧急措施的出台等导致经营主体所承担的风险，电

网企业不承担责任。

## 第八章 附 则

**第一百三十一条** 本细则由甘肃省工业和信息化厅、国家能源局甘肃监管办公室、甘肃省发展和改革委员会、甘肃省能源局负责解释。

**第一百三十二条** 本细则自 2024 年 9 月 1 日起施行。

- 附录：
- 1.日前现货市场安全约束机组组合数学模型
  - 2.日前现货市场安全约束经济调度数学模型
  - 3.日前现货市场约束松弛惩罚因子
  - 4.日前现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法
  - 5.实时现货市场竞价交易出清数学模型
  - 6.实时现货市场约束松弛惩罚因子
  - 7.实时现货市场出清模型边界条件及相关参数的确定方法

## 附录 1

# 日前现货市场安全约束机组组合数学模型

### 一、目标函数

日前现货市场竞价交易出清数学模型的目标函数为社会福利最大化：

$$\min \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T [C_{i,t}(P_{i,t}) + C_{i,t}^U + C_i^0 \alpha_{i,t}] - \sum_{u=1}^M \sum_{t=1}^T (C_{u,t}(L_{u,t})) + \sum_{s=1}^{NS} \sum_{t=1}^T K [SL_s + SL_s] \right. \\ \left. + \sum_{es=1}^{ES} \sum_{t=1}^T (C_{es,t}(P_{es,t})) + \sum_{vpp=1}^{VPP} \sum_{t=1}^T (C_{vpp,t}(P_{vpp,t})) \right)$$

其中，

T 表示所考虑的时段总数，其中 D 日每 15 分钟一个时段，考虑 96 个时段。

N 表示机组总台数。

M 表示参与日前现货市场报价的市场用户数。

$P_{i,t}$  表示机组 i 在 t 时段的出力。

$L_{u,t}$  表示市场用户 u 在 t 时段的用电。

$C_{i,t}(P_{i,t})$ 、 $C_{i,t}^U$ 、 $C_i^0$  分别为机组 i 在时段 t 的运行费用、启动费用和空载费用，其中机组运行费用  $C_{i,t}(P_{i,t})$  是与机组申报的各段出力区间和对应能量价格有关的多段线性函数；机组启动费用

$C_{i,t}^U$ 是与机组停机时间有关的函数，以表示机组在不同状态（冷态/温态/热态）下的启动费用； $C_{u,t}(L_{u,t})$ 代表市场用户分段报价曲线。

ES 表示选择报量报价的电网侧储能交易单元总数， $C_{es,t}(P_{es,t})$ 表示储能的运行费用，是与储能申报的各段出力区间和对应能量价格有关的多段线性函数。

K 为用于市场出清优化的网络潮流约束松弛惩罚因子。

$SL_s^+$ 、 $SL_s^-$ 分别为断面 S 的正、反向潮流松弛变量；NS 为断面总数。

机组出力表达式：

$$P_{i,t} = \sum_{m=1}^{NM} P_{i,t,m}$$

$$P_{i,m}^{\min} \leq P_{i,t,m} \leq P_{i,m}^{\max}$$

其中，NM 为机组报价总段数， $P_{i,t,m}$ 为机组 i 在时段 t 第 M 个出力区间中的中标电力， $P_{i,m}^{\max}$ 、 $P_{i,m}^{\min}$ 分别为机组 i 申报的第 M 个出力区间上、下界。

机组运行费用表达式：

$$C_{it}(P_{i,t}) = \sum_{m=1}^{NM} C_{i,t,m} P_{i,t,m}$$

其中，NM 为机组报价总段数， $C_{i,t,m}$ 为机组 i 申报的第 M 个出力区间对应的能量价格。

独立储能出力表达式：

$$\begin{cases} P_{es,t}^{ch} = \sum_{m=1}^{NC} P_{es,t,m}^{ch} & (P_{es,m}^{ch(MIN)} \leq P_{es,t,m}^{ch} \leq P_{es,m}^{ch(MAX)}) \\ P_{es,t}^{dis} = \sum_{m=1}^{ND} P_{es,t,m}^{dis} & (P_{es,m}^{dis(MIN)} \leq P_{es,t,m}^{dis} \leq P_{es,m}^{dis(MAX)}) \end{cases}$$

其中，NC、ND 表示独立储能充放电报价总段数， $P_{es,t}^{ch}$ 、 $P_{es,t}^{dis}$  表示独立储能 es 在时段 t 第 m 个出力区间中的充放中标电力， $P_{es,m}^{ch(MAX)}$ 、 $P_{es,m}^{ch(MIN)}$ 、 $P_{es,m}^{dis(MAX)}$ 、 $P_{es,m}^{dis(MIN)}$  分别表示独立储能 es 申报的第 m 个充放电出力区间上、下界；

独立储能运行费用表达式：

$$C_{es,t}(P_{es,t}) = \sum_{m=1}^{NC} C_{es,m}^{ch} P_{es,t,m}^{ch} + \sum_{m=1}^{ND} C_{es,m}^{dis} P_{es,t,m}^{dis}$$

其中， $C_{es,m}^{ch}$ 、 $C_{es,m}^{dis}$  表示独立储能 es 申报的第 m 个充放电出力区间对应的能量价格。

虚拟电厂出力表达式：

$$\begin{cases} P_{vpp,t}^{el} = \sum_{m=1}^{NE} P_{vpp,t,m}^{el} & (P_{vpp,t}^{el(MIN)} \leq P_{vpp,t,m}^{el} \leq P_{vpp,t}^{el(MAX)}) \\ P_{vpp,t}^{ge} = \sum_{m=1}^{NG} P_{vpp,t,m}^{ge} & (P_{vpp,t}^{ge(MIN)} \leq P_{vpp,t,m}^{ge} \leq P_{vpp,t}^{ge(MAX)}) \end{cases}$$

其中，NE、NG 表示虚拟电厂发用电报价总段数， $P_{vpp,t,m}^{el}$ 、 $P_{vpp,t,m}^{ge}$  表示虚拟电厂 vpp 在时段 t 第 m 个出力区间中的发用电中

标电力， $P_{vpp,t}^{el(MIN)}$ 、 $P_{vpp,t}^{el(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{ge(MIN)}$ 、 $P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$  分别表示虚拟电厂  $vpp$  申报的第  $m$  个发用电出力区间上、下界；

虚拟电厂运行费用表达式：

$$C_{vpp,t}(P_{vpp,t}) = \sum_{m=1}^{NE} C_{vpp,t,m}^{el} P_{vpp,t,m}^{el} + \sum_{m=1}^{NG} C_{vpp,t,m}^{ge} P_{vpp,t,m}^{ge}$$

其中， $C_{vpp,t,m}^{el}$ 、 $C_{vpp,t,m}^{ge}$  表示虚拟电厂  $vpp$  申报的  $t$  时段第  $m$  个充放电出力区间对应的能量价格。

## 二、约束条件

### 1. 系统负荷平衡约束

对于每个时段  $t$ ，负荷平衡约束可以描述为：

$$\sum_{i=1}^N P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} T_{j,t} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{ch} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{dis} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{el} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{ge} = D_t + \sum_{u=1}^M L_{u,t}$$

其中， $P_{i,t}$  表示机组  $i$  在时段  $t$  的出力， $T_{j,t}$  表示联络线  $j$  在时段  $t$  的计划功率（送入为正、输出为负）， $NT$  为联络线总数， $D_t$  为非市场用户在时段  $t$  的用电， $L_{u,t}$  表示用户  $u$  在  $t$  时段的用电。

### 2. 系统正备用容量约束

在确保系统功率平衡的前提下，为了防止系统负荷预测偏差以及各种实际运行事故带来的系统供需不平衡波动，一般整个系统需要留有一定的容量备用。

需要保证每天的总开机容量满足系统的最小备用容量。系统正备用容量约束可以描述为：



$$\sum_{i=1}^N \alpha_{i,t} P_{i,t}^{\max} \geq D_t + \sum_{u=1}^M L_{u,t} - \sum_{j=1}^{NT} T_{j,t} + R_t^U + (1-\mu_t^w) \sum_{j=1}^N P_{j,t}^w + (1-\mu_t^s) \sum_{k=1}^N P_{k,t}^s$$

其中， $\alpha_{i,t}$ 表示机组  $i$  在时段  $t$  的启停状态， $\alpha_{i,t}=0$ 表示机组停机， $\alpha_{i,t}=1$ 表示机组开机； $P_{i,t}^{\max}$ 为机组  $i$  在时段  $t$  的最大出力； $L_{u,t}$ 表示用户  $u$  在  $t$  时段的用电； $R_t^U$ 为时段  $t$  的系统正备用容量要求； $\mu_t^w$ 为  $t$  时段的风电置信因子； $P_{j,t}^w$ 为风电机组  $j$  在  $t$  时段的预测出力； $\mu_t^s$ 为  $t$  时段的光伏置信因子； $P_{k,t}^s$ 为光伏机组  $k$  在  $t$  时段的预测出力。

### 3. 系统负备用容量约束

系统负备用容量约束可以描述为：

$$\sum_{i=1}^N \alpha_{i,t} P_{i,t}^{\min} \leq D_t + \sum_{u=1}^M L_{u,t} - \sum_{j=1}^{NT} T_{j,t} - R_t^D$$

其中， $P_{i,t}^{\min}$ 为机组  $i$  在时段  $t$  的最小出力， $L_{u,t}$ 表示用户  $u$  在  $t$  时段的用电； $R_t^D$ 为时段  $t$  的系统负备用容量要求。

### 4. 特殊机组状态约束

(1) 算法和人工判断确定为必开机组的，应处于开机状态：

$$\alpha_{i,t} = 1, \quad \forall i \in I_{s1}$$

其中， $I_{s1}$ 指的是必开机组的全集。

(2) 算法和人工判断确定为必停机组的，应处于关机状态：

$$\alpha_{i,t} = 0, \quad \forall i \in I_{s2}$$

其中， $I_{s2}$ 指的是必停机组的全集。

### 5. 机组出力上下限约束

机组的出力应该处于其最大/最小出力范围之内，其约束条件可以描述为：

$$\alpha_{i,t} P_{i,t}^{\min} \leq P_{i,t} \leq \alpha_{i,t} P_{i,t}^{\max}$$

对于必开机组，在其必开时段内，要求  $\alpha_{i,t}=1$ ，若有最低出力要求，则上式中  $P_{i,t}^{\min}$  取为对应时段的必开最低出力。

## 6. 机组群出力上下限约束

机组群的出力应该处于其最大/最小出力范围之内，其约束条件可以描述为：

$$P_{j,t}^{\min} \leq \sum_{i \in j} P_{i,t} \leq P_{j,t}^{\max}$$

其中， $P_{j,t}^{\min}$ 、 $P_{j,t}^{\max}$  为机组群  $j$  在时段  $t$  的最小、最大出力。

## 7. 机组爬坡约束

机组上爬坡或下爬坡时，均应满足爬坡速率要求。爬坡约束可描述为：

$$P_{i,t-1} - P_{i,t} \leq \Delta P_i^D \alpha_{i,t} - P_{i,t}^{\min} (\alpha_{i,t} - \alpha_{i,t-1}) + P_{i,t}^{\max} (1 - \alpha_{i,t-1})$$

其中， $\Delta P_i^U$  为机组  $i$  最大上爬坡速率， $\Delta P_i^D$  为机组  $i$  最大下爬坡速率。

## 8. 机组最小连续开停时间约束

由于火电机组的物理属性及实际运行需要，要求火电机组满足最小连续开机/停机时间。最小连续开停时间约束可以描述为：

$$T_{i,t}^U - (\alpha_{i,t-1} - \alpha_{i,t}) T_U \geq 0$$

其中， $\alpha_{i,t}$  为机组  $i$  在时段  $t$  的启停状态； $T_U$ 、 $T_D$  为机组的最小连续开机时间和最小连续停机时间； $T_{i,t}^U$ 、 $T_{i,t}^D$  为机组  $i$  在时段  $t$  时已经连续开机的时间和连续停机的时间，可以用状态变量  $\alpha_{i,t}$  ( $i=1 \sim N, t=1 \sim T$ ) 来表示：

$$T_{i,t}^U = \sum_{k=t-T_U}^{t-1} \alpha_{i,k}$$

$$T_{i,t}^D = \sum_{k=t-T_D}^{t-1} (1 - \alpha_{i,k})$$

## 9. 独立储能充放电功率约束

独立储能出清的充放电功率需要在独立储能申报的最大最小充放电功率范围内， $\alpha_{es,t}$  和  $\beta_{es,t}$  是控制独立储能充放状态的 0-1 变量。

$$\begin{cases} \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MIN)} \leq P_{es,t}^{dis} \leq \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MAX)} \\ \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MAX)} \leq P_{es,t}^{ch} \leq \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MIN)} \\ 0 \leq \alpha_{es,t} + \beta_{es,t} \leq 1 \\ P_{es}^{ch(MIN)} < 0, P_{es}^{ch(MAX)} < 0 \end{cases}$$

其中， $P_{es}^{ch(MAX)}$ 、 $P_{es}^{ch(MIN)}$ 、 $P_{es}^{dis(MAX)}$ 、 $P_{es}^{dis(MIN)}$  分别表示独立储能  $es$  申报的最大、最小充放电功率。最大充电功率为实际可运行下限和额定充电功率取大，最大放电功率为额定放电功率和实际可运行上限取小。

## 10. 独立储能荷电状态约束

独立储能能在优化时段初始时刻和结束时刻的荷电状态需要满足储能上一个优化周期末尾和独立储能申报的参数。

$$E_{es,t} = E_{es,t-1} - P_{es,t}^{ch} \eta_{es}^{ch} \Delta t - (P_{es,t}^{dis} / \eta_{es}^{dis}) \Delta t$$

$$\underline{E_{es,t}} \leq E_{es,t} \leq \overline{E_{es,t}}$$

其中,  $E_{es,t}$  表示独立储能 es 在时段 t 结束时的荷电状态;  $\eta_{es}^{ch}$ 、 $\eta_{es}^{dis}$  分别表示独立储能 es 的充放电效率;  $\Delta t$  表示时段长度;  $\overline{E_{es,t}}$ 、 $\underline{E_{es,t}}$  分别表示独立储能 es 在时段 t 结束时的最大、最小荷电状态。

#### 11. 独立储能运行日初始与末尾时段荷电状态约束

$$E_{es}^0 = E_{es}^{ini}$$

其中,  $E_{es}^0$  代表用于计算的初始荷电状态,  $E_{es}^{ini}$  代表前一天最后时段的荷电状态。

#### 12. 独立储能循环充放电约束

$$\frac{\sum_{t=1}^T (P_{es,t}^{dis} / \eta_{es}^{dis} - P_{es,t}^{ch} \eta_{es}^{ch}) \Delta t}{2E_{es}} \leq N_{es,circle}$$

其中,  $N_{es,circle}$  为独立储能 es 的缺省日充放电转换次数;  $E_{es}$  表示独立储能 es 的额定容量。

#### 13. 虚拟电厂发用电功率约束

虚拟电厂出清的发用电功率需要在虚拟电厂的最大最小发电/用电容量范围内。

“电源型”虚拟电厂应满足：

$$\alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{ge} \leq \alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{ge(MIN)}$  分别表示虚拟电厂  $vpp$  的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小发电容量。

“负荷型”虚拟电厂应满足：

$$\beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{el} \leq \beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{el(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{el(MIN)}$  分别表示虚拟电厂  $vpp$  的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小用电容量。

#### 14. 虚拟电厂爬坡率约束

虚拟电厂上调节或下调节时，均应满足爬坡率要求：

$$P_{vpp,t}^{ge} - P_{vpp,t-1}^{ge} \leq \Delta P_{vpp}^{Uge}$$

$$P_{vpp,t-1}^{ge} - P_{vpp,t}^{ge} \leq \Delta P_{vpp}^{Dge}$$

$$P_{vpp,t}^{el} - P_{vpp,t-1}^{el} \leq \Delta P_{vpp}^{Uel}$$

$$P_{vpp,t-1}^{el} - P_{vpp,t}^{el} \leq \Delta P_{vpp}^{Del}$$

其中， $\Delta P_{vpp}^{Uge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Uel}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大上爬坡率， $\Delta P_{vpp}^{Dge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Del}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大爬坡率。

#### 15. 网络约束

支路潮流约束

线路和变压器容量极限、断面的传输极限约束等。

$$X_{t,l} = \sum_{i=1}^N G_{l-i} P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} G_{l-j} T_{j,t} - \sum_{u=1}^M G_{l-u} L_{u,t} - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D_{k,t}$$

$$X_{\max,l}^- \leq X_{t,l} - SL_s^+ + SL_s^- \leq X_{\max,l}^+, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad l \in NL$$

$X_{t,l}$  为支路  $l$  的潮流， $N$  为机组总数， $NT$  为联络线总数， $M$  为市场用户数， $K$  为系统节点数。 $G_{l-i}$  为机组  $i$  所在节点对线路  $l$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-j}$  为联络线  $j$  所在节点对线路  $l$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-u}$  为市场用户  $u$  所在节点对线路  $l$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-k}$  为节点  $k$  对线路  $l$  的发电机输出功率转移分布因子； $D_{k,t}$  为节点  $k$  在  $t$  时段的母线负荷值。 $X_{\max,l}^+$  为线路潮流正向极限， $X_{\max,l}^-$  为线路潮流反向极限。线路、断面、变压器的传输容量都可以抽象为线路的传输容量约束。即各个时段的线路传输功率不可超过线路正反向容量。在实际应用中，线路的正反向容量一般都留有一定的裕度，即  $X_{\max,l}^+$ 、 $X_{\max,l}^-$  乘以一定比例作为线路的正反向传输极限。

$SL_s^+$ 、 $SL_s^-$  分别为断面  $s$  的正、反向潮流松弛变量。

断面潮流约束

$$X_{t,l} = \sum_{i=1}^N G_{l-i} P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} G_{l-j} T_{j,t} - \sum_{u=1}^M G_{l-u} L_{u,t} - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D_{k,t}$$

$$X_{\max,s}^- \leq \sum_{l=1}^{NL} X_{t,l} - SL_s^+ + SL_s^- \leq X_{\max,s}^+, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$X_{t,l}$  为支路  $l$  的潮流， $\sum_{l=1}^{NL} X_{t,l}$  为断面  $s$  的潮流， $NL$  为组成断面  $s$  的支路数， $X_{\max,s}^+$  为断面潮流正向极限， $X_{\max,s}^-$  为断面潮流反

向极限。一组支路组成的传输断面潮流之和应小于一定限值。在实际应用中，断面的正反向容量一般都留有一定的裕度，即  $X_{\max,s}^+$ 、 $X_{\max,s}^-$  乘以一定比例作为断面的正反向传输极限。 $SL_s^+$ 、 $SL_s^-$  分别为断面 S 的正、反向潮流松弛变量。

#### 16. 同电厂一天最多开停一台机约束

同电厂下的 N 台可优化开机的自由优化机组一天最多开一台机约束：

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{96} Up_{i,t} \leq 1$$

其中， $Up_{i,t}$  为机组 i 在时段 t 的开机动作状态。

同电厂下的 N 台可优化停机的自由优化机组一天最多停一台机约束：

$$\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^{96} Dn_{i,t} \leq 1$$

其中， $Dn_{i,t}$  为机组 i 在时段 t 的停机动作状态。

#### 17. 同电厂自由优化机组置换开停状态约束

同电厂下的可优化开机的自由优化机组和可优化停机的自由优化机组之间的约束：

$$\sum_{t=1}^{96} (Up_{i,t} + Dn_{j,t}) \leq 1$$

其中，i 代表可优化开机的自由优化机组，j 代表可优化停机的自由优化机组， $Up_{i,t}$  为机组 i 在时段 t 的开机动作状态， $Dn_{j,t}$

为机组  $j$  在时段  $t$  的停机动作状态。该约束有  $N \times M$  条， $N$  代表可优化开机的自由优化机组数， $M$  代表可优化停机的自由优化机组数。

### 18. 电厂最大最小运行方式

对于每个时段  $t$ ，同电厂下开机火电数需满足该电厂的最大、最小运行机组数：

$$P_{p,t}^{\min} \leq \sum_{i \in P_p} \alpha_{i,t} \leq P_{p,t}^{\max}$$

其中， $i$  代表电厂  $p$  内机组。 $\alpha_{i,t}$  表示机组  $i$  在时段  $t$  的启停状态， $\alpha_{i,t} = 0$  表示机组停机， $\alpha_{i,t} = 1$  表示机组开机。 $P_{p,t}^{\min}$ ， $P_{p,t}^{\max}$  代表电厂  $p$  在时段  $t$  内最小、最大运行机组数。

### 19. 机组群最大最小运行方式

对于每个时段  $t$ ，机组群下开机火电数需满足该机组群的最大、最小运行机组数：

$$UG_{g,t}^{\min} \leq \sum_{i \in U_g} \alpha_{i,t} \leq UG_{g,t}^{\max}$$

其中， $i$  代表机组群  $g$  内机组。 $\alpha_{i,t}$  表示机组  $i$  在时段  $t$  的启停状态， $\alpha_{i,t} = 0$  表示机组停机， $\alpha_{i,t} = 1$  表示机组开机。 $UG_{g,t}^{\min}$ ， $UG_{g,t}^{\max}$  代表机组群  $g$  在时段  $t$  内最小、最大运行数。

### 20. 最小开机容量约束

对于每个时段  $t$ ，系统开机火电机组容量需满足最小开机容量需求：



$$\sum (C_i^{\max} \times \alpha_{i,t}) \geq TC_t^{\min}$$

其中， $\alpha_{i,t}$ 表示机组  $i$  在时段  $t$  的启停状态， $\alpha_{i,t}=0$  表示机组停机， $\alpha_{i,t}=1$  表示机组开机； $C_i^{\max}$ 代表机组  $i$  的额定容量， $TC_t^{\min}$ 表示系统在  $t$  时段的最小火电开机容量需求。

## 21. 市场用户运行约束

市场用户用电限制约束

$$L_{u,t}^{\min} \leq L_{u,t} \leq L_{u,t}^{\max}, \quad t=1,2,\dots,T; \quad u=1,\dots,M$$

$L_{u,t}$ 为第  $u$  个市场用户  $t$  时段的用电。市场用户的用电上限  $L_{u,t}^{\max}$  为  $t$  时刻的报价最后一段分段终止电力， $L_{u,t}^{\min}$  用电下限为 0。

## 附录 2

# 日前现货市场安全约束经济调度数学模型

### 一、目标函数：

日前现货市场竞价交易出清数学模型的目标函数为社会福利最大化：

$$\min \left( \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T C_{i,t}(P_{i,t}) - \sum_{u=1}^M \sum_{t=1}^T (C_{u,t}(L_{u,t})) + \sum_{s=1}^{NS} \sum_{t=1}^T K [SL_s^+ + SL_s^-] \right. \\ \left. + \sum_{es=1}^{ES} \sum_{t=1}^T (C_{es,t}(P_{es,t})) + \sum_{vpp=1}^{VPP} \sum_{t=1}^T (C_{vpp,t}(P_{vpp,t})) \right)$$

其中，

T 表示所考虑的时段总数。

M 表示参与日前现货市场报价的市场用户数。

N 表示机组数。

$D_t$  表示非市场用户在 t 时段的用电。

$L_{u,t}$  表示市场用户 u 在 t 时段的用电。

$P_{i,t}$  表示机组 i 在 t 时段的出力。

$C_i(D_t)$  代表非市场用户报价曲线，可置高价以达到优先出清的目的。

$C_{u,t}(L_{u,t})$  代表市场用户分段报价曲线。

$C_{i,t}(P_{i,t})$  代表机组分段报价曲线，新能源、自调度机组的报

价曲线可置零以达到优先出清的目的。

双边市场中，以社会福利最大化为目标。

## 二、约束条件：

### 1. 机组运行约束

发电机组出力限制约束

$$I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\min} \leq P_{i,t} \leq I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\max}, \quad t=1,2,\dots,T$$

第  $i$  台机组， $t$  时段的出力结果为  $\{P_{i,t}\}_{i=1\dots N; t=1\dots T}$ 。当机组处于出力状态时，机组的出力上下限主要由机组的在  $t$  时刻的出力上下限所决定的。

### 2. 爬坡升降出力约束

机组上爬坡或下爬坡时，均应满足爬坡速率要求。爬坡约束可描述为：

$$P_{i,t} - P_{i,t-1} \leq \Delta P_i^U$$

$P_{i,t-1} - P_{i,t} \leq \Delta P_i^D$  其中， $\Delta P_i^U$  为机组  $i$  最大上爬坡速率， $\Delta P_i^D$  为机组  $i$  最大下爬坡速率。

### 3. 系统约束

功率平衡约束

$$\sum_{i=1}^N P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} T_{j,t} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{ch} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{dis} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{el} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{ge} = D_t + \sum_{u=1}^M L_{u,t}$$

其中， $P_{i,t}$  表示机组  $i$  在时段  $t$  的出力， $T_{j,t}$  表示联络线  $j$  在时段  $t$  的计划功率（送入为正、输出为负）， $NT$  为联络线总数， $D_t$  为非市场用户在  $t$  时段的用电， $L_{u,t}$  表示用户  $u$  在  $t$  时段的用电。

#### 4. 独立储能充放电功率约束

独立储能出清的充放电功率需要在独立储能申报的最大最小充放电功率范围内， $\alpha_{es,t}$  和  $\beta_{es,t}$  是控制独立储能充放状态的 0-1 变量。

$$\begin{cases} \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MIN)} \leq P_{es,t}^{dis} \leq \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MAX)} \\ \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MAX)} \leq P_{es,t}^{ch} \leq \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MIN)} \\ 0 \leq \alpha_{es,t} + \beta_{es,t} \leq 1 \\ P_{es}^{ch(MIN)} < 0, P_{es}^{ch(MAX)} < 0 \end{cases}$$

其中， $P_{es}^{ch(MAX)}$ 、 $P_{es}^{ch(MIN)}$ 、 $P_{es}^{dis(MAX)}$ 、 $P_{es}^{dis(MIN)}$  分别表示独立储能  $es$  申报的最大、最小充放电功率。

#### 5. 独立储能荷电状态约束

独立储能在优化时段初始时刻和结束时刻的荷电状态需要满足储能上一个优化周期末尾和独立储能申报的参数。

$$E_{es,t} = E_{es,t-1} - P_{es,t}^{ch} \eta_{es}^{ch} \Delta t - \left( P_{es,t}^{dis} / \eta_{es}^{dis} \right) \Delta t$$

$$\underline{E_{es,t}} \leq E_{es,t} \leq \overline{E_{es,t}}$$

其中， $E_{es,t}$  表示独立储能  $es$  在时段  $t$  结束时的荷电状态； $\eta_{es}^{ch}$ 、 $\eta_{es}^{dis}$  分别表示独立储能  $es$  的充放电效率； $\Delta t$  表示时段长度； $\underline{E_{es,t}}$ 、

$E_{es,t}$  分别表示独立储能 es 在时段 t 结束时的最大、最小荷电状态。

## 6. 独立储能运行日初始与末尾时段荷电状态约束

$$E_{es}^0 = E_{es}^{ini}$$

其中， $E_{es}^0$  代表用于计算的初始荷电状态， $E_{es}^{ini}$  代表前一天最后时段的荷电状态。

## 7. 独立储能循环充放电约束

$$\frac{\sum_{t=1}^T (P_{es,t}^{dis} / \eta_{es}^{dis} - P_{es,t}^{ch} \eta_{es}^{ch}) \Delta t}{2E_{es}} \leq N_{es,circle}$$

其中， $N_{es,circle}$  为独立储能 es 的缺省日充放电转换次数； $E_{es}$  表示独立储能 es 的额定容量。

## 8. 虚拟电厂发用电功率约束

虚拟电厂出清的发用电功率需要在虚拟电厂的最大最小发电/用电容量范围内。

“电源型”虚拟电厂应满足：

$$\alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{ge} \leq \alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{ge(MIN)}$  分别表示虚拟电厂 vpp 的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小发电容量。

“负荷型”虚拟电厂应满足：

$$\beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{el} \leq \beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{el(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{el(MIN)}$  分别表示虚拟电厂  $vpp$  的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小用电容量。

## 9. 虚拟电厂爬坡率约束

虚拟电厂上调节或下调节时，均应满足爬坡率要求：

$$\begin{aligned} P_{vpp,t}^{ge} - P_{vpp,t-1}^{ge} &\leq \Delta P_{vpp}^{Uge} \\ P_{vpp,t-1}^{ge} - P_{vpp,t}^{ge} &\leq \Delta P_{vpp}^{Dge} \\ P_{vpp,t}^{el} - P_{vpp,t-1}^{el} &\leq \Delta P_{vpp}^{Uel} \\ P_{vpp,t-1}^{el} - P_{vpp,t}^{el} &\leq \Delta P_{vpp}^{Del} \end{aligned}$$

其中， $\Delta P_{vpp}^{Uge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Uel}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大上爬坡率， $\Delta P_{vpp}^{Dge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Del}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大爬坡率。

## 10. 网络约束

支路潮流约束

线路和变压器容量极限、断面的传输极限约束等。

$$\begin{aligned} X_{t,l} &= \sum_{i=1}^N G_{l-i} P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} G_{l-j} T_{j,t} - \sum_{u=1}^M G_{l-u} L_{u,t} - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D_{k,t} \\ X_{\max,l}^- &\leq X_{t,l} \leq X_{\max,l}^+, \quad t=1,2,\dots,T, \quad l \in NL \end{aligned}$$

$X_{t,l}$  为支路  $l$  的潮流， $N$  为机组总数， $NT$  为联络线总数， $M$  为市场用户数， $K$  为系统节点数。 $G_{l-i}$  为机组  $i$  所在节点对线路  $l$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-j}$  为联络线  $j$  所在节点对线

路  $L$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-u}$  为市场用户  $u$  所在节点对线路  $L$  的发电机输出功率转移分布因子； $G_{l-k}$  为节点  $k$  对线路  $L$  的发电机输出功率转移分布因子； $D_{k,t}$  为节点  $k$  在  $t$  时段的母线负荷值。 $X_{\max,l}^+$  为线路潮流正向极限， $X_{\max,l}^-$  为线路潮流反向极限。线路、断面、变压器的传输容量都可以抽象为线路的传输容量约束。即各个时段的线路传输功率不可超过线路正反向容量。在实际应用中，线路的正反向容量一般都留有一定的裕度，即  $X_{\max,l}^+$ 、 $X_{\max,l}^-$  乘以一定比例作为线路的正反向传输极限。

断面潮流约束

$$X_{t,l} = \sum_{i=1}^N G_{l-i} P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} G_{l-j} T_{j,t} - \sum_{u=1}^M G_{l-u} L_{u,t} - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D_{k,t}$$

$$X_{\max,s}^- \leq \sum_{l=1}^{NL} X_{t,l} \leq X_{\max,s}^+, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$X_{t,l}$  为支路  $L$  的潮流， $\sum_{l=1}^{NL} X_{t,l}$  为断面  $S$  的潮流， $NL$  为组成断面  $S$  的支路数， $X_{\max,s}^+$  为断面潮流正向极限， $X_{\max,s}^-$  为断面潮流反向极限。一组支路组成的传输断面潮流之和应小于一定限值。在实际应用中，断面的正反向容量一般都留有一定的裕度，即  $X_{\max,s}^+$ 、 $X_{\max,s}^-$  乘以一定比例作为断面的正反向传输极限。

## 11. 实用化约束

机组固定出力约束,机组在特定时段内按照给定的发电计划运行，在此特定时段内该机组不参与经济调度计算。

$$P_i(t) = \hat{p}_i(t)$$

$\hat{p}_i(t)$ 表示机组  $i$  的输出设定值。

## 12. 机组固定状态约束

用于表示机组在特定时段内的可用状态，包括必开和必停。  
在此特定时段内两类机组不参与机组组合计算。

$$I_i(t) = U_i(t)$$

$U_i(t)$ 表示机组  $i$  的启停方式设定值（运行或停止）。

## 13. 机组群出力上下限约束

机组群的出力应该处于其最大/最小出力范围之内，其约束条件可以描述为：

$$P_{g,t}^{\min} \leq \sum_{i \in g} P_{i,t} \leq P_{g,t}^{\max}$$

其中， $P_{g,t}^{\max}$ 、 $P_{g,t}^{\min}$  为机组群  $g$  在时段  $t$  的最大、最小出力。

## 14. 市场用户运行约束

市场用户用电限制约束

$$L_{u,t}^{\min} \leq L_{u,t} \leq L_{u,t}^{\max}, \quad t=1,2,\dots,T; \quad u=1,\dots,M$$

$L_{u,t}$  为第  $u$  个市场用户  $t$  时段的用电。市场用户的用电上限  $L_{u,t}^{\max}$  为  $t$  时刻的报价最后一段分段终止电力， $L_{u,t}^{\min}$  用电下限为 0。



## 附录 3

# 日前现货市场约束松弛惩罚因子

当优化算法在满足约束条件下找不到可行解时，会根据特定的松弛条件对某些约束进行松弛化处理，以保证系统能够得到可行解。技术支持系统采用惩罚因子法对下列约束进行松弛化处理，惩罚因子可以理解为一台虚拟机组按照惩罚因子所对应的报价提供出力，以满足约束条件。

### 1. 负荷平衡约束

当所有可调机组的最小允许出力之和仍然大于系统负荷需求时，负荷平衡约束无法满足，默认的惩罚因子为 1000000，节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

当所有可调机组的最大允许出力之和仍然小于系统负荷需求时，负荷平衡约束同样无法满足，默认惩罚因子为 1000000，节点价格计算默认的惩罚因子 500。

### 2. 断面稳定限额约束

当断面稳定限额（含新能源机组群）约束无法满足时，默认惩罚因子为 100000，节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

### 3. 线路稳定限额约束

当线路稳定限额约束无法满足时，默认惩罚因子为 100000，节点价格计算默认的惩罚因子 500。

### 4. N-1 稳定限额约束

当 N-1 情况下线路稳定限额约束无法满足时,默认惩罚因子为 100000, 节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

附录 4

# 日前现货市场出清模型边界条件及 相关参数的确定方法

## 一、系统运行边界条件

| 序号 | 边界条件   | 相关参数                         |
|----|--------|------------------------------|
| 1  | 系统功率平衡 | 系统有功负荷预测出力                   |
| 2  | 系统备用   | 系统正负备用容量、正负旋转备用容量、AGC 正负备用容量 |

## 二、电网运行边界条件

| 序号 | 边界条件   | 相关参数        |
|----|--------|-------------|
| 1  | 线路传输容量 | 线路热稳定极限     |
| 2  | 变压器容量  | 变压器容量传输极限   |
| 3  | 断面传输极限 | 断面正向、反向传输极限 |
| 4  | 联络线计划  | 联络线计划曲线     |

## 三、机组运行边界条件

| 序号 | 边界条件        | 相关参数                  |
|----|-------------|-----------------------|
| 1  | 火电机组出力      | 机组最大、最小技术出力参数         |
| 2  | 新能源机组出力     | 机组最大、最小技术出力参数，新能源出力预测 |
| 3  | 水电机组出力      | 机组最大、最小技术出力参数、水电来水预测  |
| 4  | 机组出力调节速率    | 机组爬坡速度限值              |
| 5  | 机组/电厂电量     | 给定机组/电厂的月度电量          |
| 6  | 机组最小连续开停机时间 | 机组最小连续开停机时间           |
| 7  | 机组最大启停次数    | 机组最大启停次数              |

## 附录 5

# 实时现货市场竞价交易出清数学模型

### 一、目标函数：

实时现货市场竞价交易出清数学模型的目标函数为社会福利最大化：

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (C_{i,t}(P_{i,t})) + \sum_{es=1}^{ES} \sum_{t=1}^T (C_{es,t}(P_{es,t})) + \sum_{vpp=1}^{VPP} \sum_{t=1}^T (C_{vpp,t}(P_{vpp,t}))$$

其中，

T 表示所考虑的时段总数。

N 表示机组数。

$P_{i,t}$  表示机组 i 在 t 时段的出力。

$C_{i,t}(P_{i,t})$  代表机组分段报价曲线，新能源、自调度机组的报价曲线可置零以达到优先出清的目的。

成本调度时，以社会福利最大化为目标。

### 二、约束条件：

#### 1. 机组运行约束

发电机组出力限制约束

$$I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\min} \leq P_{i,t} \leq I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\max}, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

第 i 台机组，t 时段的出力结果为  $\{P_{i,t}\}_{i=1 \dots N; t=1 \dots T}$ ，开停机状态为  $I_{i,t}$ 。当机组处于开机状态时，机组的出力上下限主要由机

组的在  $t$  时刻的出力上下限所决定的。

## 2. 爬坡升降出力约束

机组上爬坡或下爬坡时，均应满足爬坡速率要求。爬坡约束可描述为：

$$P_{i,t} - P_{i,t-1} \leq \Delta P_i^U$$

$$P_{i,t-1} - P_{i,t} \leq \Delta P_i^D$$

其中， $\Delta P_i^U$  为机组  $i$  最大上爬坡速率， $\Delta P_i^D$  为机组  $i$  最大下爬坡速率。

## 3. 系统约束

功率平衡约束

$$\sum_{i=1}^N P_{i,t} + \sum_{j=1}^{NT} T_{j,t} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{ch} + \sum_{er=1}^{ES} P_{es,t}^{dis} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{el} + \sum_{vpp=1}^{VPP} P_{vpp,t}^{ge} = D_t + \sum_{u=1}^M L_{u,t}$$

$t$  时段的系统总有功负荷,  $D_t$  即各个时段的开机机组出力之和必须满足该时段的负荷。

## 4. 系统容量备用约束

$$\sum_{i \in NG} I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\max} \geq D_t \cdot (1 + R_{Ut})$$

$$\sum_{i \in NG} I_{i,t} \cdot P_{i,t}^{\min} \leq D_t \cdot (1 - R_{Dt})$$

$$t=1,2,\dots,T$$

各个时段的开机机组出力必须根据一定的备用比例满足系统的正负备用约束。其中 NG 为全系统的所有机组。

## 5. 系统旋转备用约束

$$\sum_{i=1}^N \overline{r}_i(t) \geq \overline{p}_r(t)$$

$$\sum_{i=1}^N \underline{r}_i(t) \geq \underline{p}_r(t)$$

$\overline{r}_i(t)$  为机组  $i$  在  $t$  时提供的上调旋转备用； $\overline{p}_r(t)$  为系统  $t$  时的上调旋转备用需求； $\underline{r}_i(t)$  为机组  $i$  在  $t$  时提供的下调旋转备用； $\underline{p}_r(t)$  为系统  $t$  时的下调旋转备用需求。

## 6. 调节 (AGC) 备用约束

$$\sum_{i \in I_g} \overline{r}'_i(t) \geq \overline{p}'_r(t)$$

$$\sum_{i \in I_g} \underline{r}'_i(t) \geq \underline{p}'_r(t)$$

$\overline{r}'_i(t)$  为机组  $i$  在  $t$  时提供的 AGC 上调备用； $\overline{p}'_r(t)$  为系统  $t$  时的 AGC 上调备用需求； $\underline{r}'_i(t)$  为机组  $i$  在  $t$  时提供的 AGC 下调备用； $\underline{p}'_r(t)$  为系统  $t$  时的 AGC 下调备用需求。

## 7. 独立储能充放电功率约束

独立储能出清的充放电功率需要在独立储能申报的最大最小充放电功率范围内， $\alpha_{es,t}$  和  $\beta_{es,t}$  是控制独立储能充放状态的 0-1 变量。

$$\begin{cases} \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MIN)} \leq P_{es,t}^{dis} \leq \alpha_{es,t} P_{es}^{dis(MAX)} \\ \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MAX)} \leq P_{es,t}^{ch} \leq \beta_{es,t} P_{es}^{ch(MIN)} \\ 0 \leq \alpha_{es,t} + \beta_{es,t} \leq 1 \\ P_{es}^{ch(MIN)} < 0, P_{es}^{ch(MAX)} < 0 \end{cases}$$

其中， $P_{es}^{ch(MAX)}$ 、 $P_{es}^{ch(MIN)}$ 、 $P_{es}^{dis(MAX)}$ 、 $P_{es}^{dis(MIN)}$  分别表示独立储能 es 申报的最大、最小充放电功率。

## 8. 独立储能荷电状态约束

独立储能在优化时段初始时刻和结束时刻的荷电状态需要满足储能上一个优化周期末尾和独立储能申报的参数。

$$E_{es,t} = E_{es,t-1} - P_{es,t}^{ch} \eta_{es}^{ch} \Delta t - (P_{es,t}^{dis} / \eta_{es}^{dis}) \Delta t$$

$$\underline{E_{es,t}} \leq E_{es,t} \leq \overline{E_{es,t}}$$

其中， $E_{es,t}$  表示独立储能 es 在时段 t 结束时的荷电状态； $\eta_{es}^{ch}$ 、 $\eta_{es}^{dis}$  分别表示独立储能 es 的充放电效率； $\Delta t$  表示时段长度； $\overline{E_{es,t}}$ 、 $\underline{E_{es,t}}$  分别表示独立储能 es 在时段 t 结束时的荷电状态上下限。

## 9. 独立储能实时出清荷电状态约束

独立储能实时市场各优化周期末时段的荷电状态跟随日前市场优化结果，并在满足荷电状态上下限约束的前提下允许上下

浮动一定比例。

$$E_{es,t}^{DA}(1-x) \leq E_{es,t}^{RT} \leq E_{es,t}^{DA}(1+x)$$

其中， $E_{es,t}^{DA}$  表示独立储能 es 在日前市场时段 t 结束时的荷电状态， $E_{es,t}^{RT}$  表示独立储能 es 在实时市场时段 t 结束时的荷电状态，x 为浮动比例系数。

## 10. 虚拟电厂发用电功率约束

虚拟电厂出清的发用电功率需要在虚拟电厂的最大最小发电/用电容量范围内。

“电源型”虚拟电厂应满足：

$$\alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{ge} \leq \alpha_{vpp,t} P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{ge(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{ge(MIN)}$  分别表示虚拟电厂 vpp 的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小发电容量。

“负荷型”虚拟电厂应满足：

$$\beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MIN)} \leq P_{vpp,t}^{el} \leq \beta_{vpp,t} P_{vpp,t}^{el(MAX)}$$

其中， $P_{vpp,t}^{el(MAX)}$ 、 $P_{vpp,t}^{el(MIN)}$  分别表示虚拟电厂 vpp 的现货市场优化时段申报或计算出的最大、最小用电容量。

## 11. 虚拟电厂爬坡率约束

虚拟电厂上调节或下调节时，均应满足爬坡率要求：



$$\begin{aligned}
P_{vpp,t}^{ge} - P_{vpp,t-1}^{ge} &\leq \Delta P_{vpp}^{Uge} \\
P_{vpp,t-1}^{ge} - P_{vpp,t}^{ge} &\leq \Delta P_{vpp}^{Dge} \\
P_{vpp,t}^{el} - P_{vpp,t-1}^{el} &\leq \Delta P_{vpp}^{Uel} \\
P_{vpp,t-1}^{el} - P_{vpp,t}^{el} &\leq \Delta P_{vpp}^{Del}
\end{aligned}$$

其中， $\Delta P_{vpp}^{Uge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Uel}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大上爬坡率， $\Delta P_{vpp}^{Dge}$ 、 $\Delta P_{vpp}^{Del}$  为虚拟电厂  $vpp$  发用电最大爬坡率。

## 12. 网络约束

支路潮流约束

线路和变压器容量极限、断面的传输极限约束等。

$$X_{t,j} = \sum_{i=1}^N G_{j-i} P_{i,t} + \sum_{ld=1}^L G_{j-l_d} B_{ld,t}$$

$$|X_{t,j}| \leq X_{\max,j}, \quad t=1,2,\dots,T, \quad j \in NL$$

$N$  为机组总数， $L$  为负荷个数， $G$  为支路对节点灵敏度。线路、断面、变压器的传输容量都可以抽象为线路的传输容量约束。即各个时段的线路传输功率不可超过线路正反向容量。在实际应用中，线路的正反向容量一般都留有一定的裕度，即  $X_{\max,j}$  乘以一定比例作为线路的传输极限。

## 13. 断面潮流约束

$$\sum_{j=1}^{NL} |X_{t,j}| \leq X_{\max,j}, \quad t=1,2,\dots,T$$

一组支路组成的传输断面潮流之和应小于一定限值。

#### 14. 实用化约束

机组固定出力约束,机组在特定时段内按照给定的发电计划运行,在此特定时段内该机组不参与经济调度计算。

$$P_i(t) = \hat{p}_i(t)$$

$\hat{p}_i(t)$ 表示机组  $i$  的出力设定值。

#### 15. 机组固定状态约束

用于表示机组在特定时段内的可用状态,包括必开和必停。在此特定时段内两类机组不参与机组组合计算。

$$I_i(t) = U_i(t)$$

$U_i(t)$ 表示机组  $i$  的启停方式设定值(运行或停止)。

# 实时现货市场约束松弛惩罚因子

当优化算法在满足约束条件下找不到可行解时,会根据特定的松弛条件对某些约束进行松弛化处理,以保证系统能够得到可行解。技术支持系统采用惩罚因子法对下列约束进行松弛化处理,惩罚因子可以理解为一台虚拟机组按照惩罚因子所对应的报价提供出力,以满足约束条件。

### 1. 电量平衡约束

当所有可调机组的最小允许出力之和仍然大于系统负荷需求时,电量平衡约束无法满足,默认的惩罚因子为 100000000,节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

当所有可调机组的最大允许出力之和仍然小于系统负荷需求时,电量平衡约束同样无法满足,默认惩罚因子为 100000000,节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

### 2. 断面稳定限额约束

当断面稳定限额(含新能源机组群)约束无法满足时,市场出清默认惩罚因子为 10000000,节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

### 3. 线路稳定限额约束

当线路稳定限额约束无法满足时,默认惩罚因子为 10000000,节点价格计算默认的惩罚因子 500。

#### 4. N-1 稳定限额约束

当 N-1 情况下线路稳定限额约束无法满足时,默认惩罚因子为 10000000, 节点价格计算默认的惩罚因子为 500。

# 实时现货市场出清模型边界条件及 相关参数的确定方法

## 一、系统负荷边界条件

| 序号 | 边界条件   | 相关参数                         |
|----|--------|------------------------------|
| 1  | 系统功率平衡 | 系统有功负荷预测出力                   |
| 2  | 系统备用   | 系统正负备用容量、正负旋转备用容量、AGC 正负备用容量 |

## 二、电网运行边界条件

| 序号 | 边界条件   | 相关参数        |
|----|--------|-------------|
| 1  | 线路传输容量 | 线路热稳定极限     |
| 2  | 变压器容量  | 变压器容量传输极限   |
| 3  | 断面传输极限 | 断面正向、反向传输极限 |

## 三、机组运行边界条件

| 序号 | 边界条件     | 相关参数                  |
|----|----------|-----------------------|
| 1  | 火电机组出力   | 机组最大、最小技术出力参数         |
| 2  | 新能源机组出力  | 机组最大、最小技术出力参数，新能源出力预测 |
| 3  | 水电机组出力   | 机组最大、最小技术出力参数、水电来水预测  |
| 4  | 机组出力调节速率 | 机组爬坡速度限值              |
| 5  | 机组/电厂电量  | 给定机组/电厂的月度电量          |
| 6  | 机组固定状态   | 机组日前机组组合的固定状态         |
| 7  | 机组初始点出力  | 机组当前实际出力              |