

ICS 国际标准分类号

CCS 江苏省标准文献分类号

I

# 团体标准

T/JES XXX-XXXX

## 配用电边缘智能体功能规范

Functional Specification of Edge Intelligence Agent for  
Distribution and Utilization of Electricity

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省电工技术学会 发布



## 目 次

目 次	I
前 言	II
引 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 配用电边缘智能体功能定位	5
4.1 配用电边缘智能体物理范围	5
4.2 配用电边缘智能体作用及意义	5
5 配用电边缘智能体功能描述	5
5.1 配用电边缘智能体状态服务	5
5.2 配用电边缘智能体电力电量平衡调控功能	5
5.3 配用电边缘智能体运行方式优化功能	6
5.4 配用电边缘智能体故障恢复功能	6



## 引言

配用电系统是由多种配电设备和设施所组成的一个电力网络系统，承担着电压变换和直接向终端用户分配电能的任务。配电网的发展历程已进入智能配用电阶段，在该阶段主要以智能配电物联网为建设目标，重点在于融合物理配电网与信息网，利用先进 IT 技术提升配电网运维管理和用户服务水平。

智能配用电阶段的建设重点在于物理配电网与信息网的两网融合，其本质是构建电力领域的工业物联网。目前，以先进传感技术、5G 通信、边缘计算、云平台等技术为代表的先进技术为智能配用电建设提供了良好的技术环境。但对于如何运用这些技术，搭建系统性的智能配用电体系架构，实现电力企业 IT 网络与工控网络之间的互联互通互操作，目前仍缺乏统一的理论方法和标准化的架构方案。

在此背景下，引入配用电边缘智能体作为配电网边缘自治的智能实体，以业务模型的方式进行软件定义配电网，从而实现配电网物理信息融合层的统一、完整建模，打通底层数据，使得数据能以统一的方式完整获取、供上层应用使用。配用电边缘智能体实现电网业务与 IT 技术的友好互接，以数字技术为传统电网赋能，不断提升其感知能力、互动水平和运行效率，将成为提升配用电高效智能运行的新切入点。

为规范管理，统一标准，指导江苏电网配用电边缘智能体的构建，特制定本技术规范。

## 配用电边缘智能体功能描述

### 1 范围

本文件规定了配用电边缘智能体的功能描述原则，给出了配用电边缘智能体的定义以及功能描述。本文件适用于包括但不限于江苏电网配用电边缘智能体的构建应用。

### 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 22239-2019	信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 38755-2019	电力系统安全稳定导则
Q/GDW 10370-2016	配电网技术导则
Q/GDW 156-2006	城市电力网规划设计导则
Q/GDW 10738-2020	配电网规划设计技术导则

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **配电网 distribution network**

从电源侧（输电网、发电设施、分布式电源等）接受电能，并通过配电设施逐级或就地分配给各类用户的电力网络。

#### 3.2

##### **配电网边缘 distribution network edge**

电网边缘层对应的是电力系统中的配电部分，该层包含若干边缘，每个边缘即为一块配电网区域，称为配电网边缘。

#### 3.3

##### **业务逻辑 business logic**

业务边界范围内的各种业务概念，以及业务概念之间的关系。

#### 3.4

##### **业务模型 business model**

包含业务逻辑与数据、相关联的数据如何联动协同的信息模型。

#### 3.5

##### **配用电边缘智能体 edge intelligence agent for distribution and utilization of electricity**

配用电边缘智能体是指能够感知配电网边缘环境并采取行动以实现特定配电网业务目标的软件、硬件或系统。配用电边缘智能体通过感知环境中的变化，根据自身学习到的知识和算法进行判断和决策，进而执行动作以影响配电网环境或达到预定的业务目标。

#### 3.6

##### **配用电边缘智能体状态 state of edge domain model for edge intelligence agent for distribution and utilization of electricity**

配用电边缘智能体的状态是基于业务需求和管理需求，通过业务规则和时间、空间属性刻画的，能够支持业务目标实现的信息集合体。它是配用电边缘智能体的核心模型，反映了配电网或其中某个设备在某一时刻或某一段时间内的实际工作情况或特性。

例如，在源网荷储配电网电力电量平衡业务中，配用电边缘智能体感知和监测电源、负荷和储能等设备的运行信息，以实时计算功率平衡状态，从而确保配电网的稳定运行。这个功率平衡状态就是一个典型的配用电边缘智能体的状态。

## 4 配用电边缘智能体功能定位

### 4.1 配用电边缘智能体物理范围

配用电边缘智能体对应管理的物理范围为一定物理空间内、电气距离紧密连接的馈线簇，其边界一般为配电网中常开的联络开关。

### 4.2 配用电边缘智能体作用及意义

4.2.1 配用电边缘智能体实现了软件定义源网荷储新型配电网及其环境，其模型为业务模型而非传统的数据模型，包含数据、结构及能力。

4.2.2 配用电边缘智能体能够实时感知电网运行情况，通过智能算法对多源异构的实时运行数据进行高效处理，为配用电系统提供安全监控、优化运行、故障恢复等智能服务，从而提升电网的可靠性、经济性和智能化水平。

4.2.3 配用电边缘智能体是智能电网和物联网技术在配用电领域深度融合的产物，对于实现配用电系统的智能化管理和服务具有重要意义，能够支撑配电网运行、企业管理、社会服务一体化构建。

## 5 配用电边缘智能体功能描述

### 5.1 配用电边缘智能体状态服务

配用电边缘智能体的功能体现为提供各种状态服务。配用电边缘智能体是配电网智能能力的反映，它基于状态模型运作。当预定义触发条件满足时会产生事件，配用电边缘智能体会启动相应的状态服务以应对这些事件，从而实现业务目标。

### 5.2 配用电边缘智能体电力电量平衡调控功能

5.2.1 配用电边缘智能体电力电量平衡调控功能表现为在给定电力系统运行边界条件下，通过对光伏装置、柔性负荷、储能设备等各类可控资源的合理优化安排，确保配电网内的电力供应与需求平衡，以保障电力系统安全稳定运行。

5.2.2 配用电边缘智能体电力电量平衡功能场景包含以下业务子目标：

- a) 计划跟踪子目标，配用电边缘内所有供电点的有功功率总加值与设定值的偏差小于阈值；
- b) 配变不过载子目标，配用电边缘内配电变压器的实际负载功率小于其额定容量；
- c) 线路不过载子目标，配用电边缘内线路的实际负载电流小于其额定载流量；
- d) 电压不越限子目标，配用电边缘内线路的实际电压与标称电压之差小于阈值。

### 5.2.3 配用电边缘智能体电力电量平衡偏离事件消除功能服务

配电网总有功功率为主网交互功率与配电网自身供给功率之和，为使得配电网与主网交互功率在计划上下限范围内，当配电网中实际供给功率与计划功率之间的差值超过某个阈值时，触发电力电量平衡偏离事件。在该功能服务中，制定配电网日运行方式，配用电边缘智能体在日前上报预测状态，上级根据所有智能体上报的预测状态统一规划、下发计划运行边界曲线至各智能体，智能体在确定的电源、网络、负荷等边界条件下，以限负荷最小、弃电量最小、系统运行成本最低等为目标，制定各类源、网、荷、储资源的具体时序安排，即构建配电网电力电量平衡数学规划模型并求解，以保证自己的运行曲线位于计划曲线之内。若出现自身调节无法保证位于计划曲线之内情况，则配用电边缘智能体报告上级，有上级协调各智能体、动态修改计划曲线，再次下发给智能体调整，使得配电网整体协同自治运行。

### 5.2.4 配用电边缘智能体配变过载事件消除功能服务

当配电网中某台配电变压器的负载功率超过其额定容量的 80%且持续时长大于等于两个小时，触发配变重载事件。当配电网中某台配电变压器的负载功率超过其额定容量且持续时长大于等于两个小时，触发配变过载事件。在该功能服务中，边缘智能体根据所辖范围内所有变压器的相关状态，判定是否有配变重载事件产生：若产生配变重载事件，则智能体发出警戒信息；若产生配变过载事件，则智能体则启动策略进行事件消除。该策略为，在建立配电网电力电量平衡数学规划的基础上加上使配变负载与

期望值偏差最低的目标函数，模型求解得到控制指令。进而对相应的设备下发相应的调度控制指令，例如调整发电设备出力、优化网架结构、执行需求响应等。

### 5.2.5 配用电边缘智能体线路过载事件消除功能服务

当配电网中某 10kV 线路运行电流超过额定值的 80%且持续时长大于等于两个小时，触发线路重载事件。当配电网中某 10kV 线路运行电流超过额定值且持续时长大于等于两个小时，触发线路过载事件。在该功能服务中，边缘智能体根据所辖范围内所有线路相关状态，判定是否有线路重过载事件产生：若产生线路重载事件，则智能体发出警戒信息；若产生线路过载事件，则智能体启动业务策略进行事件消除。该策略为，在建立配电网电力电量平衡数学规划模型的基础上加上使配变负载与期望值偏差最低的目标函数，模型求解得到控制指令。进而对相应的设备下发相应的调度控制指令，例如调整发电设备出力、优化网架结构、执行需求响应等。

### 5.2.6 配用电边缘智能体电压越限事件消除功能服务

当配电网中 10kV 线路的运行电压与标称电压相差超过 $\pm 7\%$ 时，触发线路越限事件。在该功能服务中，配用电边缘智能体根据所辖范围内所有线路相关状态，判定是否有线路越限事件产生，若事件被触发，则启动业务策略进行事件消除。该策略为，在建立配电网电力电量平衡数学规划模型的基础上加上使配变负载与期望值偏差最低的目标函数，模型求解得到控制指令。进而对相应的设备下发相应的调度控制指令，例如调整发电设备出力、优化网架结构、执行需求响应等。

## 5.3 配用电边缘智能体运行方式优化功能

5.3.1 配用电边缘智能体运行方式优化功能表现为在系统正常运行时的某项指标达不到要求时，采取相应的优化调控手段，以使系统该项指标回到满意区间，实现系统的优化运行。

5.3.2 配用电边缘智能体运行方式优化功能场景包含以下业务子目标：

- a) 网损优化子目标，配电网的系统网损低于系统网损设定阈值；
- b) 电压安全优化子目标，配电网的电压安全性指标低于电压安全性指标设定阈值；
- c) 供电能力优化目标，配电网的最大供电能力低于系统供电能力设定阈值。

### 5.3.3 配用电边缘智能体网损优化功能服务

当配电网系统网损超过某个阈值时，触发配电网网损过高事件。正常情况下，配电网按照设定的计划工作方式运行，当系统网损超过设定值时，配用电边缘智能体启动网损优化业务处理流程，构建配电网网损优化数学规划模型并求解，根据求解结果调节系统内分布式电源、变电站 OLTC、无功补偿装置等设备，优化系统的无功，从而使网损降低。

### 5.3.4 配用电边缘智能体电压安全优化功能服务

当配电网系统电压安全性指标超过设定的阈值时，触发配电网电压安全性事件。正常情况下，配电网按照设定的计划工作方式运行，当系统电压安全性指标低于设定值时，启动电压安全优化业务处理流程，构建配电网电压安全性优化规划模型并求解，根据求解结果调节系统内的分布式电源、储能、无功补偿器、电容器组等设备，优化系统潮流分布，从而使系统电压安全性提升至满意区间。

### 5.3.5 配用电边缘智能体供电能力优化功能服务

当配电网系统最大供电能力低于某个阈值时，触发配电网供电能力优化事件。正常情况下，配电网按照设定的计划工作方式运行，当系统最大供电能力指标低于设定值时，启动供电能力优化业务处理流程，构建配电网供电能力优化数学规划模型并求解，根据求解结果调节开关重构网络，优化系统供电能力，使系统最大供电能力指标回归满意区间。

## 5.4 配用电边缘智能体故障恢复功能

5.4.1 配用电边缘智能体故障恢复功能服务表现为在配电系统发生故障或异常情况时，通过有效调度和控制源、网、荷、储各环节的设备和资源，以尽快恢复电力系统的正常运行，减少故障对用户的影响并确保电力系统的安全稳定运行。

5.4.2 配用电边缘智能体故障恢复功能场景包含以下业务子目标：

- a) 足供电能力场景故障恢复子目标，故障区域的最大供电能力大于失电负荷功率，通过调节各资源使得区域的失电负荷节点恢复供电；
- b) 足复电能力场景故障恢复子目标，故障区域的最大供电能力小于所有失电负荷功率，但最大恢复能力大于所有失电负荷功率，通过切除主动负荷并调节各资源使得区域的失电负荷节点恢复供电；

c) 弱复电能力场景故障恢复子目标, 故障区域的最大恢复能力小于所有失电负荷功率, 通过调节各资源使得区域的失电负荷节点尽可能多地恢复供电。

#### 5.4.3 配用电边缘智能体足供电能力场景故障恢复功能服务

配电网区域发生故障, 且区域内最大供电能力大于所有失电负荷功率时, 触发足供电能力场景故障恢复事件。在此类故障场景中, 区域最大供电能力大于所有失电负荷功率, 失电负荷可以完全恢复, 边缘智能体以恢复供电的总成本最小为策略制定故障恢复资源调度安排, 即建立配电网足供电能力场景故障恢复数学规划模型并求解得到调控指令, 使区域恢复供电。

#### 5.4.4 配用电边缘智能体足复电能力场景故障恢复功能服务

配电网区域发生故障, 且区域内最大供电能力小于所有失电负荷功率、最大恢复能力大于所有失电负荷功率时, 触发足复电能力场景故障恢复事件。在此类故障场景中, 区域最大供电能力小于所有失电负荷功率, 但最大恢复能力大于所有失电负荷功率, 失电负荷可以完全恢复, 配用电边缘智能体以切除主动负荷(即可中断负荷和可转移负荷之和)功率最小化为策略制定故障恢复资源调度安排, 即建立配电网足复电能力场景故障恢复数学规划模型并求解得到调控指令, 使区域恢复供电。

#### 5.4.5 配用电边缘智能体弱复电能力场景故障恢复功能服务

配电网区域发生故障, 且区域内最大供电能力大于所有失电负荷功率时, 触发足供电能力场景故障恢复事件。在此类故障场景中, 区域最大恢复能力小于所有失电负荷功率, 配用电边缘智能体以负荷失电代价最小为策略制定故障恢复资源调度安排, 即建立配电网弱复电能力场景故障恢复数学规划模型并求解得到调控指令, 使区域恢复供电。