

# 基于 EC-IoT 的智能配变终端边缘计算方案研究

李枵嵘<sup>1</sup> 吴夏<sup>2\*</sup>

1. 四川公众项目咨询管理有限公司; 2. 中国电信股份有限公司四川分公司

**摘要:** 本研究提出了基于 EC-IoT 平台的边缘计算网络解决方案, 包括智能站通信模块、边缘计算门户和 NB-IoT 无线接入作为灵活的控制单元, 该解决方案构成了一个具有边缘计算的完整物联网系统, 为智能配电站的边缘计算提供应用解决方案。EC-IoT 方案通过无缝支撑“物联网+配电网”的深度融合实现了现代配电网数字化、自动化、智能化转型升级与创新发展的。

**关键词:** EC-IoT; NB-IoT; 通信模块; 边缘计算网关; 敏捷控制器

**DOI:** 10.65976/3106-1540.2026.01.013

## Research on Edge Computing Solutions for Smart Distribution Transformer Terminals Based on EC-IoT

Li Xiaorong<sup>1</sup> Wu Xia<sup>2\*</sup>

(1. Sichuan Public Project Consulting Management Co., Ltd; 2. China Telecom Sichuan Branch)

**Abstract:** This research proposes a edge computing network solution based on EC IoT platform, including intelligent station communication module, edge computing portal and NB IoT wireless access as flexible controllers. This solution constitutes a complete IoT system with edge computing, providing application solutions for edge computing in intelligent distribution stations. The EC IoT solution achieves the digital, automated, and intelligent transformation, upgrading, and innovative development of modern distribution networks through seamless support for the deep integration of “Internet of Things+distribution network”.

**Keywords:** EC IoT; NB-IoT; Communication module; Edge computing gateway; Agile controller

近几年, 全球千行百业数字化、自动化与智能化转型需求掀起了新一轮产业变革浪潮<sup>[1]</sup>。物联网应用在分析和处理电力数据方面日益重要。据第三方分析机构统计, 截至 2020 年, 已有超过 500 亿的物联网终端与智能设备联网, 未来超过 50% 的数据需要在网络边缘侧进行分析、处理与储存<sup>[2]</sup>。不同行业业务需求、部署环境、接口、协议和标准千差万别, 单一网络技术难以适应多样化的应用场景。同时, 由于缺乏端到端的网络安全, 连接不可靠, 安全攻击频发, 也难以创造数据价值。

### 一、基于 EC-IoT 平台的边缘计算组网解决方案

为解决与物联网连接的智能电网相关要求, 本文提出了一个基于 EC IoT 平台的边缘网络计算解决方案, 该解决方案包括一个智能终端模块、一个边缘计算门户 (AR500 系列产品)、无线访问 NB IoT 和一个灵活的控制器, 用于在边缘创建完整的物联网计算系统, 如图 1 所示。

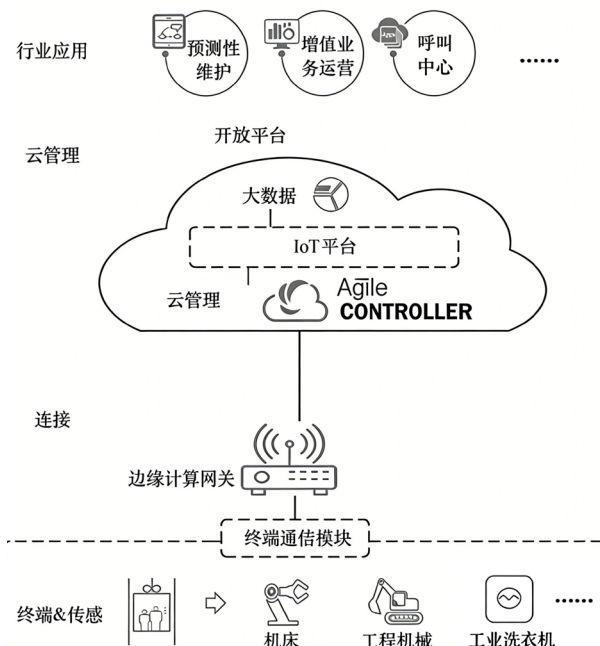


图 1 基于 EC-IoT 平台的边缘计算组网解决方案

**作者简介:** 李枵嵘 (1969—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为 5G 智慧行业应用及电力工程建设。

**通讯作者:** 吴夏 (1981—), 男, 本科, 工程师, 研究方向为 5G 智慧行业应用及网络安全。

NB-IoT 提供无线网络，用于移动 IoT 平台计算机网关的边缘。智能控制器可以通过开放式系统与不同的合作伙伴进行协作。同时，通过应用云管理架构，可以实现智能连接和高效管理各行各业的大量无监督终端站。提高生产效率、预测性维护和增值服务流程，提高产品质量和可靠性，降低维护和服务成本，支持能源电力行业的数字化转型、创新和发展。

#### (一) 终端通信模块

终端通信模块包括华为 PLC-IoT 宽带电力线载波通信模块、RF IPV6 MESH 无线网络、5G NR/LTE 模块等，支持内嵌入 (HUAWEI Inside) 型电力计量设备、路灯控制器等智能终端设备也可采用外置通信模块灵活组网，适配不同的行业应用场景。

#### (二) 边缘计算网关

基于 EC-IoT 平台的边缘计算组网解决方案创新性地边缘计算架构引入了物联网领域。在智能发电厂设备或数据源附近的电网边缘部署集成基本网络、计算、存储和应用功能的边缘计算门户，为边缘计算提供平台支持，包括设备、网络、数据和应用领域。边缘计算网关连接各类智能设备和传感器，就近提供智能连接和数据处理业务，让不同类型的应用和数据在网络边缘处理，实现了实时业务、智能业务、数据聚合与互操作、安全与隐私保护等关键智能服务，有效提升了业务的智能决策效率。

#### (三) NB-IoT 系统架构设计

NB-IoT 系统主要由五个主要元素组成：NB-IOT 终端、NB-IOT 基站、5gc/EPC 中央网络、IOT 平台和业务应用程序。NB-IoT 终端包括智能水表、智能烟感、智能电力等行业应用终端，通过空口连接到基站将数据传输到 NB-IoT 平台，实现诸如获取、处理、监控和连接物联网数据等功能。NB-IOT 基站主要执行相关功能，端口访问处理和蜂窝管理，通过 S1-Lite 接口连接到 NB-IOT 中央网络，传输层数据而不访问上层网络元素的处理。5GC/EPC 网络核心处理与非终端层交互的功能，并将 NB-IOT 流量数据传输到 NB-IoT 平台进行处理。

#### (四) 敏捷控制器

敏捷控制器 (Agile Controller) 允许对 IoT Edge Computing 门户和大型 IoT 站点进行云管理。云管理可对物联网实行从规划、部署到运维的全生命周期管理，结合可视化管理组件实现全网状态实时监控、海量设备即插即用、业务自动化部署、大幅缩短业务上线时间及降低运营成本<sup>[3]</sup>。得益于云开放操作平台，能源行业客户还可以受益于该公司基于云服务的

新模式，该模式提供预期的远程维护和增值业务流程，扩展行业价值链，加速智能转型，并专注于行业服务。

## 二、智能配变终端边缘计算应用方案

基于 EC 平台的边缘计算网络解决方案——本研究中提出的物联网具有广泛的行业适应性，并为各种工业应用系统提供数据支持，如能源物联网、城市物联网和照明、智能能源、智能制造、工程机械、汽车互联网和指标互联网。现结合大数据技术针对智慧电力行业提出智能配变终端边缘计算应用方案。

#### (一) 需求分析

我国低压配电网的一般输电流程示意图如图 2 所示。建设以“坚强智能电网”为核心的新一代电力系统构建融合多能转换技术、智能控制技术和现代信息技术的广域泛在及开放共享的能源互联网，是我国智慧电网发展的必然趋势<sup>[4]</sup>。在这些网络中，配电网络构成了能源互联网的重要基础，这是影响电力供应服务水平的重要环节。将配电网络发展到互联网对低压电力配电网的安全性、经济性和适应性提出了更高的要求。面对这些挑战，低压配电网需以低成本的方式快速实现功能改造与业务调整的解决方案，以适应能源互联网的快速发展需求。

#### (二) 方案设计

基于硬件平台化、软件 APP 化理念采用边缘计算 EC-IoT 一体化架构进行智能配变终端应用方案设计，如图 3 所示。设备功能按需被无限扩展实现对低压台区设备信息全采集、进行本地分析，采用 NB-IoT 无线传输与主站配合实现端云协同。

本研究在配电自动化主站中引入基于 SDN 云化架构的敏捷控制器 Agile Controller-IoT(AC-IoT)，主站引入基于 SDN 云化架构的物联网平台技术实现百万级终端管理，与传统 SCADA 工控系统进行信息共享实现两化融合。主要提供诸如配送站设备管理、集装箱管理、应用程序管理、运营和维护管理、智能配送站云管理和灵活性、百万级设备访问支持以及智能运营和维护管理等功能。App 按需配置实时下发，设备功能按需扩展。智能配变终端实现对低压台区设备的信息全采集，进行本地分析与主站配合实现端云协同，提升站端协同处理能力，从而实现配电网可控可视。提高了配电网运行的透明度，增强了配电网动态感知能力，提高了故障定位的准确性和及时性，提升了配电网的自愈能力。

#### (三) 应用效果

配电网各类采集、传感终端通过 PLC-IoT/RF/

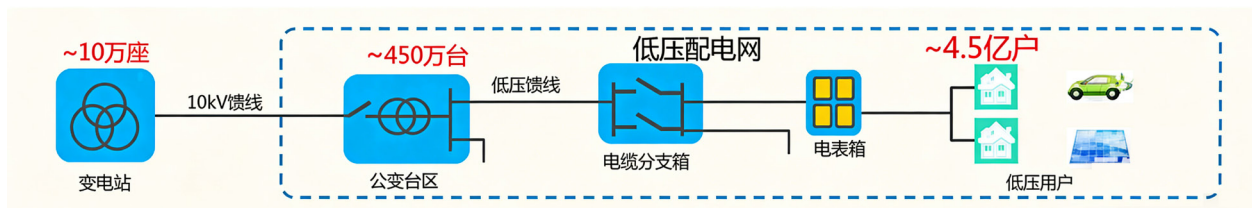


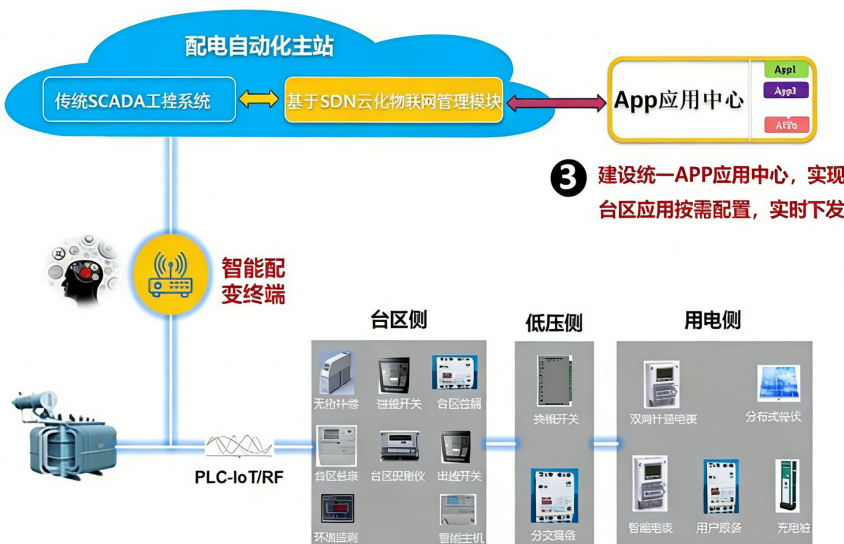
图2 低压配电网一般输电流程示意图

**2 配电自动化主站引入物联网平台技术，实现工业化和信息化两化融合**

主站引入基于SDN云化架构的物联网平台技术，实现百万级终端管理，与传统SCADA工控系统进行信息共享，实现两化融合；

**1 引入台区超强大脑---智能配变终端**

采用边缘计算EC-IoT架构，基于硬件平台化、软件APP化理念，设备功能按需被无限扩展，实现对低压台区设备信息全采集，进行本地分析，与主站配合实现端云协同；



**3 建设统一-APP应用中心，实现台区应用按需配置，实时下发**

图3 基于EC-IoT的智能配变终端边缘计算组网架构

RS485/RS232/PT100 等方式接入智能配变终端，实现台区数据全采集、资产全管理，提升了台区精益化管理水平。传统 SCADA 工控系统正在升级成物联网 IoT 平台。本文提出的 EC-IoT 方案无缝支撑“物联网 + 配电网”融合，实现了配电网数字化转型。本方案统一建设智能配变终端 App 应用中心，承担 App 应用检测、发布、运维、升级等全生命周期管理。具备 App Store 功能，每个电源单元可以根据每个配电区域的实际需求提高操作和维护效率，允许通过点对点的远程“零连接”方法部署灵活且定制的应用程序，从而有效地支撑了低压配电网管理需求的不断扩展，降低了设备改造成本，提高了运维效率。

**三、结语**

基于 EC-IoT 的智能配变终端边缘计算方案利用物联网思维实现低压配电网精益化管理。借鉴智能手机应用理念，制定“云端协同”顶层架构设计，构建以智能配变终端为核心的低压配电网物联网。应用自动化、智能、现代信息通信和其他先进技术满足了灵活访问和访问不同类型电力通信设备的需求。增强了配电网的运行灵活性、自愈性和互动性<sup>[5]</sup>。物联网在感

知、传输和处理阶段的安全隐患可能会延展到实际的工业网络中，这些安全隐患长期在物联网终端、物联网感知节点、物联网传输通路潜伏，伺机实施攻击，破坏工业系统安全。在全面采集运行信息的基础上，进一步加强电力物联网信息安全体系建设，提升以客户为中心的服务水平。

**参考文献：**

[1] 曹波, 梁治伟, 罗丹, 等. 电力物联网通信模块规模化升级系统设计与实现 [J]. 农村电气化, 2023(09): 33-37.  
 [2] 曹靖, 梁玉元, 张赛, 等. 电力系统实验平台远程监测系统的设计 [J]. 网络安全技术与应用, 2023(08): 110-111.  
 [3] 朱劲松, 任智飞, 张国仕, 等. 基于 5G 边缘计算的电力物联网研究 [J]. 电气技术与经济, 2023(06): 12-34.  
 [4] 李振江, 李恺. 基于电力物联网的配电系统智能运行与维护技术 [J]. 黑龙江科学, 2023, 14(18): 131-133.  
 [5] 王月阳. 基于泛在电力物联网的配电系统关键技术研究 [J]. 光源与照明, 2023(09): 168-170.