

[变电站辅助设备]

基于边缘代理的变电站辅助设备 PLC远程控制系统设计及应用

文/李澍 刘博群 常宇佳 伏坚 胡建超
国网成都供电公司

阐述边缘代理技术特点及PLC基本组成、工作流程，通过搭建信息链路，结合边缘代理技术和PLC控制技术，实现对变电站辅助设备的远程控制和实时监控，有效降低运维人员对电力设备的运维成本，提高电力系统的稳定性和可靠性。

随着社会发展，电网负荷不断攀升，未来电网变电站的数量也持续增长，运维人员的工作量与日俱增。除日常倒闸操作等工作以外，运维人员还需到站对辅助设备进行操作控制，路途耗费时间长，并且需要通过人工对设备状态进行现场确认操作，工作效率低。电力系统的可靠性和效率对于现代社会至关重要，随着电力系统设备不断增多，提高电力系统效率和降低成本变得尤为重要，这更加促进可编程逻辑控制器（PLC）自动控制技术的需求和发展。PLC自动控制技术的程序化应用允许实现多种复杂控制逻辑，从而显著提升电气设备和电力系统的自动化程度，同时通过与边缘物联代理设备结合，实现对变电站辅助设备远程控制及实时监控，极大降低运维成本，更进一步提升电力系统的稳定性和可靠性。

研究背景

PLC是一种具有微处理器的用于自动化控制的数字运算控制器^[1-2]，可以将控制指令随时载入内存进行储存与执行。PLC由CPU、指令及数据内存、输入/输出接口、电源和数字模拟转换等功能单元组成，普遍用于工业环境，具有抗干扰能力强、运行稳定的特点。PLC易于编程，使用梯形图、指令列表和功能块图等编程语言，易于理解和操作。PLC

能够快速响应输入信号的变化，并及时输出控制信号，工作实时性高。现代PLC具备网络接口，可以与其他控制系统或计算机进行数据交换，具备较强的网络通信能力。此外，PLC具有丰富的输入/输出接口模块、使用寿命长、环境要求低、可扩展性强和能耗低等优点。

边缘物联代理设备在物联网架构中扮演着重要的角色^[3-4]。该设备主要位于物联网的边缘层，通过将应用程序、数据资料与服务运算从网络中心节点移往网络逻辑上的边缘节点来处理，实现敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全和隐私保护等方面的关键需求。边缘物联代理设备的设计旨在加快数据的处理与传送速度，减少延迟，并有效减轻平台服务端的压力，从而提高现场业务的响应速度，并提供更安全、更智能化的数据通道。

PLC自动控制技术与变电站设备

PLC自动控制技术在电力系统中的应用广泛，涉及多个用电环节，是一种专为工业环境设计的电子设备。以下4个方面是PLC自动控制技术用于变电站设备所需要熟悉的重点。

1) 熟悉PLC设备的基本组成。PLC主要由中央处理单元（CPU）、输入/输出（I/O）模块、存储器、电源模块和通信接口等部分组成。这些基本组

成部分共同构成了PLC系统，使其能够灵活、可靠地执行各种工业控制任务。通过精心设计和集成这些组件，PLC能够满足不同应用场景的需求。

2) 熟悉PLC设备的工作流程。PLC首先扫描所有输入接口，读取外部设备的状态。将输入信号转换为数字信号，并存储在PLC的输入缓冲区中，确保系统能够及时响应外部环境的变化。CPU根据存储在内部存储器中的控制程序，处理输入信号。根据程序执行的结果，CPU更新输出缓冲区中的数据。输出缓冲区中的数据被转换为相应的物理信号，如电压或电流，以驱动外部执行器。

3) 熟悉PLC编程语言。PLC编程语言是用于编写控制逻辑和操作指令的工具^[5]，编程人员能够根据具体的应用需求，通过梯形图（Ladder Diagram）和功能块图（Function Block Diagram）的图形编程语言编写设计和实现自动化控制策略。

4) 根据实际需求设计PLC与变电站设备的集成。硬件集成是实现PLC与变电站设备协同工作的基础。在变电站中，PLC需要与各种传感器、执行器等硬件设备相连接。PLC与变电站设备必须作为一个整体进行设计和实施，其设计过程必须根据需求来确定硬件接口的标准、通信协议的选择等关键环节。

边缘物联代理设备与变电站设备

边缘物联代理设备可以作为变电站设备与监控人员之间的桥梁，提供数据采集、处理和通信功能^[6]。边缘物联代理设备具备以下特点和功能：

1) 数据处理与分析。边缘物联代理设备能够将数据处理和分析任务从云端转移到物联网设备所在的边缘节点，减少数据传输延迟，降低网络带宽占用，提高系统的实时性和稳定性。

2) 通信与连接。支持多种通信方式，如以太网、串口、公网4G、WiFi和LoRa等，以满足不同应用场景的需求。

3) 安全加密。采用国密加密芯片、国密加密TF卡以及软加密VPN，全面满足电网企业电力物联网通信的安全加密需求。

4) 远程维护与管理。提供远程维护功能，可通过以太网、4G等方式对装置进行远程维护和管理，包括参数设置、数据查询、操作控制、系统状态监

视、远程升级以及各功能模块的工况检测等功能。

远程控制系统设计

远程控制系统可以分为4个部分来实现：信息链路搭建、辅助设备改造、辅助设备接入和终端硬件布置。

1. 信息链路搭建

考虑信息传输的中间过程，搭建了如图1所示的信息链路图，具体细节如下。将风机、照明等变电站辅助设备数据采用Modbus通信协议上传至变电站边缘物联代理设备，传输方法可以通过有线和无线传输。边缘物联代理设备将数据汇聚处理后，采用IEC 104协议上传至变电站WiFi交换机后，经变电站综合数据网交换机二层VPN隧道接入WiFi专网汇聚交换机，再接入WiFi专网路由器。传输信息经防火墙后，到达光交换机，通过数据网络连接到达监控系统网络，到达监控系统的数据采集服务器，最终由监控系统数据采集服务器经隔离装置通过IEC 104协议接入数据储存服务器，完成数据接入^[7]。

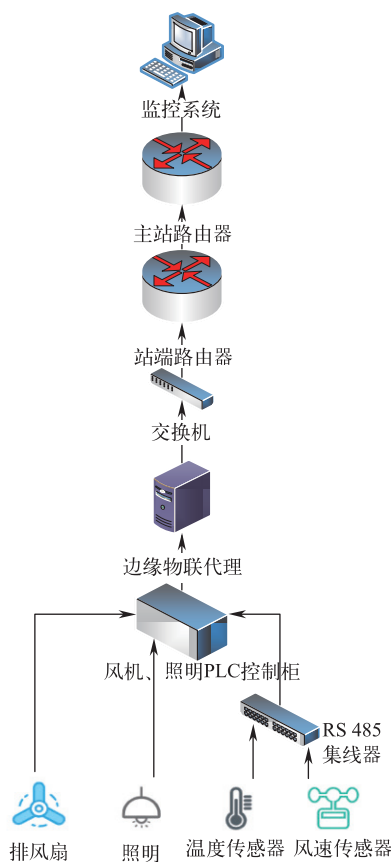


图1 信息链路图

2. 辅助设备改造

图2所示为风机、照明PLC控制方案示意图，边缘物联代理通过以太网按Modbus-TCP协议与风机/照明PLC控制箱连接，PLC控制箱采集照明和风机运行状态信息上传至边缘物联代理后，边缘物联代理通过状态判断、指令下发等动作，对风机、照明设备进行就地/远程控制。PLC控制器安装在控制箱内，控制器的DO信号(继电器输出)去控制交流接触器的开闭，再由交流接触器控制风机或灯光的启停。

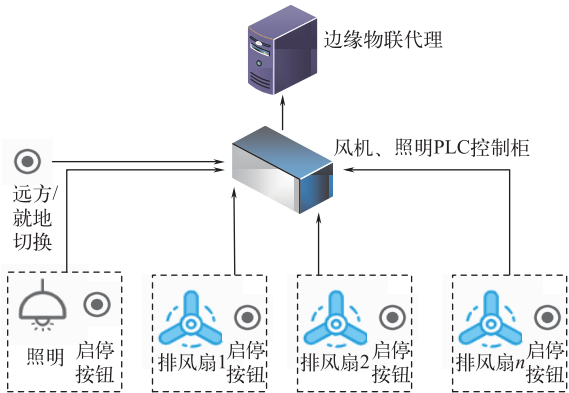


图2 风机、照明PLC控制方案示意图

如图3所示，通过梯形图编程，PLC控制器实现如下功能：

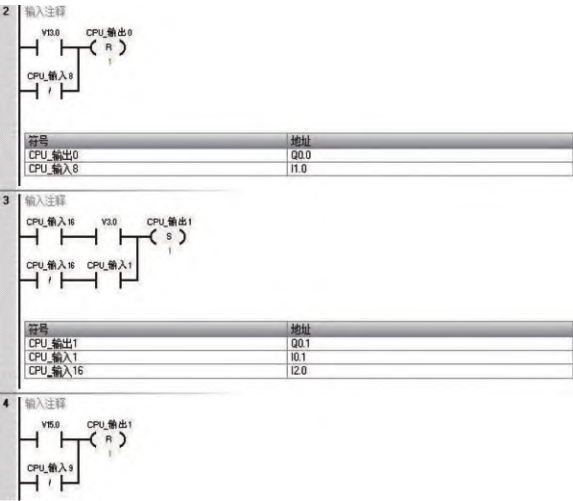


图3 PLC梯形图

1) 本地和远方控制切换功能。检测外接开关的信号，当开关切换到远方控制时，接收PLC控制器转发边缘物联代理的控制命令，并通过控制器去控制某一路风机或照明设备的开启或关闭。当开关切

换到本地控制时，阻断边缘物理代理下发的控制命令，此时只能由现场控制器上的本地开关信号去控制对应的风机或灯具的开启或关闭。

2) 全停开关控制逻辑。在本地控制和远方控制的情况下，通过就地全停/远方全停开关，实现所有在运风机紧急停止操作，确保在紧急情况下风机运行的安全性和可靠性。

3) 状态信号的采集。PLC控制器通过运行回路是否带电和开关是否开断来获取风机和灯具的运行状态及开启关闭状态，并上传至边缘物联代理。

3. 辅助设备接入

边缘物联代理将从辅助设备端收到数据，经网络接入到监控系统。边缘物联代理中的数据采集分为南向数据采集和北向数据采集，南向北向是描述设备在网络架构中的数据流向和交互方式。边缘物联代理的特点有以下几点。

(1) 南向数据采集

将变电站已建的温度、湿度传感器等数据，采用RS 485通信方式接入主控室的边缘物联代理设备，实现数据采集、编译、传输和存储。将经改造后辅助设备控制器终端及传感器采用有线与无线相结合的方式接入边缘物联代理，从而实现辅助设备的远程监视、本地控制和远程控制等功能。

(2) 北向数据采集

变电站端边缘物联代理设备与站端无线WiFi专网交换机对接，接入无线WiFi专网，并采用IEC 104协议与集控站实现信息上送交互。

(3) 边缘计算应用开发

在边缘物联代理装置上开发部署变电站监控边缘计算应用1套，功能包括：①支持风机运行状态（开启/关闭）、工作模式（定时、远程）的远程启动/停止控制；②支持照明本地控制、远方控制等多种照明回路控制方式；③支持蓄运行数据有线、无线传输至边缘物联代理装置。

4. 站端及主站端硬件布置

(1) 站端状态采集模块安装

在变电站站端安装温湿度传感器、风速传感器等，将采集的数据接入边缘物联代理设备。

(2) 主站功能部署

在主站端部署辅控设备监控应用，设计辅控设备监控界面，通过监控系统辅控设备监控界面，可

对照明及风机进行全面监视及远方控制。

远程控制系统应用及展望

本文所述的远程控制系统，采用变电站已有的边缘代理和站端设备，在不进行风机、照明等设备改造的情况下，仅新增PLC控制器，即在监控端实现风机、照明等辅助设备的远程控制，实时监测设备环境、运行工况等运行参数，避免运维人员需到站处理的情况，减轻运维人员工作量，提升设备异常处置效能。尤其在迎峰度夏期间，城市电网大量变电站主变压器油温攀升迅速，危及主变压器安全，通过远程控制系统远方起动变电站风机运转，极大节约现场运维人员到站处理时间，加快降温散热效率，保障电网设备安全^[8-14]。

对变电站端的设备，需要远程监视及控制的应用场景非常广泛。在本文提及的远程控制系统的基礎上配合远程高清视频，新增变电站一次、二次设备断路器和设备复归按钮控制功能，进一步完善系统功能，提高监控人员的工作效率，加快电网异常或事故处置及时性。

结束语

随着自动化技术的不断进步，PLC已经成为控制和监控电力设备的重要工具。采用边缘代理技术，可以满足现代电力设备向数字化、智能化设备发展的需求。电力工作人员要总结工作经验，从实际出发，合理规范使用PLC及边缘代理技术，不断优化技术方案，充分发挥两者的技术互补性、优越性，为电力设备的数字化、智能化发展做出贡献。EA

(收稿日期：2024-07-24)

参考文献

[1] 李鹰. PLC自动控制技术在电力系统中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(8): 142-144.

- [2] 王思敏, 刘雁伟. PLC技术在机电控制系统中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(8): 118-120.
- [3] 何锐, 辛卫东, 张博, 等. 基于边缘代理的物联应用架构设计及实现[J]. 现代信息科技, 2024, 8(11): 176-181.
- [4] 王晓波, 韩东兴, 王东强. 基于边缘计算框架的电网基建智慧物联体系研究与实践[J]. 电气技术, 2022, 23(10): 96-103.
- [5] 冯洪高. PLC技术在机电控制系统中的合理应用研究——评《机电控制与可编程控制器技术》[J]. 有色金属工程, 2021, 11(12): 131.
- [6] 王汉林. 基于物联网的变电站辅助设备监控系统的设计[D]. 恩施: 湖北民族大学, 2022.
- [7] 邹书星, 刘爽, 齐剑. 变电站辅助设备智能监控系统的设计优化[J]. 电子技术, 2022, 51(8): 274-275.
- [8] 张晓艳. PLC技术在电气自动化控制中的应用[J]. 集成电路应用, 2022, 39(6): 84-85.
- [9] 毛洪亮. 机械电气控制装置PLC技术的应用实践研究[J]. 数字通信世界, 2023(2): 36-38+41.
- [10] 吴清. 电气设备自动化控制中PLC技术的应用与研究[J]. 现代制造技术与装备, 2021, 57(1): 198-199.
- [11] 刘瑞涛. PLC在工业电气自动化中的应用探究[J]. 数字技术与应用, 2021, 39(3): 20-22.
- [12] 张国祥, 张昊. PLC技术在自动化控制中的应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40(6): 158-159.
- [13] 曹传阳. 电气控制与PLC应用技术探析[J]. 中国设备工程, 2022, (16): 193-195.
- [14] 上官伟. 关于现代电气控制与PLC应用技术的思考[J]. 机电产品开发与创新, 2022, 35(3): 133-135.

