工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

智能网关机配置参数热修改技术应用与实践

何佳佳　檀庭方　陆振军　厉洪浩
南京国电南自软件工程有限公司　江苏南京　211100

DOI：10.32629/ems.v8i10.22579

［**摘　要**］本文针对智能网关机在电力场景中配置变更需要重启和业务容易中断的问题，研究了配置参数的热修改技术。该技术依靠双缓冲原子切换、配置版本管理、一致性校验、参数依赖处理和安全权限控制，来完成通信端口、点表映射、告警阈值、转发策略等参数的动态调整和即时生效。通过智能变电站、配电和新能源场站、远程运维三种场景的实践，得出热修改能够防止配置变更造成的通信中断和数据盲区，减少远程修正时间，提高网关运维的连续性和时效性。

［**关键词**］智能网关机；配置参数；热修改技术；应用；实践

智能网关机在电力物联网中负责把多类终端数据汇聚起来，进行协议转换，并且和主站进行通信，其配置参数包括规约类型、设备地址和点表映射等多个方面。传统“修改—重启—生效”模式在配电房、变电站及无人值守站点会形成数据盲区并产生告警延迟，无法满足设备渐进接入和远程运维的要求。因此，本文对配置参数热修改技术进行研究，使网关在业务不中断的情况下完成参数动态调整，该调整可以维持业务连续性和数据完整性，本文主要围绕该技术的实现方式及典型应用进行论述。

1 智能网关机配置参数热修改技术概述及需求特征

1.1 热修改的技术概述

智能网关机配置参数热修改技术是指在网关设备持续运行且业务不中断的情况下，对系统配置参数进行动态调整并且即时生效的软件方式。该技术的主要部分是把配置参数的管理从传统“修改-重启-生效”模式里分离出来，使网关在保持数据采集、协议转换和向上通信的同时，完成对通信端口参数、采集点表映射、告警阈值及转发策略等重要配置的更新。热修改在实现上依靠配置数据的分离存储和运行时加载方式，部分方案通过容器化部署或者动态协议栈插件管理来支持参数的即插即用和热加载。在电力物联网场景下，网关通常承担着多类终端设备的数据汇聚工作，配置参数包括规约类型、设备地址、数据映射关系等方面，热修改技术使运维人员不需要亲自到现场或者安排停电窗口，就可以利用远程通道来完成参数修正和策略调优，这样可以保持业务的连续性和数据的完整性[1]。

1.2 电力场景的需求特征

智能网关在电力场景中进行配置参数的热修改，主要因为运行环境和业务属性对它产生了限制。配电房、变电站和线路侧网关一般都处于不间断运行状态，接入的保护测控装置、环境传感器和计量设备负责实时监测和控制指令传递，通信中断会因配置变更造成，影响运维人员对设备状态的感知和故障响应。电力系统终端设备的接入呈现渐进性和变动性特点，当新增传感器、更换计量仪表或者调整通信规约时，网关的点表映射和协议参数应当进行更新，如果每次变更都要重启网关，就会造成数据盲区并使告警延迟。同时，电力场景的远程运维需求越来越明显，许多网关被部署在无人值守站点，运维人员需要利用主站系统或云平台远程进行参数修正，热修改能力主要决定了远程运维的可行性和时效性。配电网中设备发生异动比较频繁，通信规约种类较多，网关配置参数进行热更新时，也需要考虑变更过程具有可追溯性和回退能力，从而避免配置错误引发的数据异常[2]。

2 智能网关机配置参数热修改关键技术与实现方法

2.1 双缓冲与原子切换

双缓冲和原子切换是热修改在运行时阶段保证配置一致性的实现方法。系统在内存中保存活动配置区和备用配置区各一份参数副本，网关业务线程只读取活动配置区，配置写入操作在备用配置区完成。新配置写入并完成校验后，通过指针切换或引用替换使活动区指向备用区，切换动作在单个指令周期或者受锁保护的临界区内完成，业务线程不会读取到写入一半的参数集合。切换完成后原活动区变为备用区，

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

以便下一次修改复用。该方式使配置变更对业务表现为瞬时完成，避免了逐项参数写入过程中出现的中间状态。在电力网关中，端口参数、点表映射和转发策略通常有关联，原子切换能够使这些参数作为整体同时生效，防止出现端口已经更改但点表没有更改的错配。切换过程需要配合读侧同步措施，保证业务线程在切换瞬间获取到的配置引用是完整有效的，切换失败时保留原活动区继续运行。

2.2 配置版本管理与一致性校验

配置版本管理和一致性校验为热修改提供了可追溯和可回退的基础。每次配置变更都会生成新的版本号，版本信息记录包括变更内容、变更时间、操作来源和校验值，形成版本序列以供查询和比对。一致性校验在配置写入备用区之后、切换生效之前执行，校验内容包括参数取值范围的合法性、参数之间的关联约束、配置和当前设备拓扑的匹配性。比如点表映射里的设备地址需要在已登记的设备清单里存在，转发策略引用的通道需要处于可用状态。如果校验没有通过，就放弃本次切换，并保留原配置进行运行，同时输出校验结果。版本管理可以支持将配置回退到任一历史版本，该操作同样经过校验和原子切换流程。在电力场景下，主站下发的配置应当和网关本地实际接入的设备相符，一致性校验能够拦截因设备异动没有同步而引起的错误配置，版本序列给运维审计带来了依据[3]。

2.3 参数生效机制与依赖处理

参数生效机制和依赖处理可以解决配置项之间存在的生效顺序和关联影响问题。网关配置参数按照生效方式被划分为即时生效类和延迟生效类，通信端口速率和告警阈值在切换后会直接对业务逻辑产生影响，但是协议栈重建或者连接重连的参数需要在业务空闲点或者安全间隔内进行执行。系统在配置模型中说明了参数之间的依赖关系，由此形成了依赖图，在切换时会按照依赖顺序依次进行激活，如果依赖参数没有成功生效，那么其后续参数也不会生效，并且会触发回滚。对于需要重建资源的参数，按照先建立新资源、再切换引用、最后释放旧资源的顺序进行操作，可以防止出现资源空窗的情况。电力网关中规约类型变更会牵动点表解析和数据映射，依赖处理使解析逻辑和映射关系同步更新[4]。参数生效类型与处理方式对照如表 1 所示。

表 1　参数生效类型与处理方式对照

生效类型	典型参数	处理方式
即时生效	告警阈值	切换后直接作用
延迟生效	端口速率	空闲点执行
资源重建	规约类型	先建后切再释放

2.4 安全与权限控制

安全与权限控制对热修改操作的发起、传输和执行环节进行了约束。操作发起方会进行身份认证和角色划分，按照运维职责来分配配置修改权限，将只读角色同配置角色进行分离，对关键参数的修改需要经过双人复核或者审批流程。配置数据在下发前要进行完整性保护，使用签名或者消息认证码机制，网关侧验证来源合法性、数据没有被篡改之后才能进入写入流程。传输通道使用加密协议，以避免配置内容在远程下发过程中被截获或者替换。网关本地对配置操作记录审计日志，内容包括操作者身份、操作时间、变更前后参数值和操作结果，日志写入独立存储区防止被配置操作覆盖。涉及安全策略的参数，包括访问控制列表和通信白名单，在修改时需要进行额外校验，并且要对变更幅度进行限制[5]。

3 智能网关机配置参数热修改技术应用与实践

3.1 智能变电站场景

智能变电站场景里，网关机负责站内 IED 设备数据的汇聚、调度主站通信的转发，配置参数包括通信参数、数据集参数和报告控制参数等多个类别。当站内设备通信规约进行升级，或者站外通信功能进行调整时，网关应当在保证站内装置运行状态不变的情况下，完成协议适配和参数更新。现有方案通过在线配置客户端和在线配置服务端来建立 TCP 连接，在用户认证之后，参数修改消息会通过进程间消息总线分发到各个嵌入式应用进程，应用进程会利用消息里的参数索引和名称来更新自身的参数表内存空间，从而让配置参数可以实时生效，而且不需要重启设备。该方式在智能变电站内增加了不间断设备的连续运行时间，防止了因参数修改造成的站内通信中断。针对包括数据转发表变更的情况，可以依靠扩展 IEC104 协议来达到通道通信参数的动态获取和下装目的，运维人员完成调度端上的参数修改后，通过遥控操

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

作来启用新参数[6]。

3.2 配电与新能源场站场景

配电和新能源场站场景中，网关部署在配电房、分布式光伏场站等站点，接入设备类型包括环境传感器、计量仪表、逆变器和保护测控装置，通信规约包括 Modbus、IEC104 和光伏专用规约。配电房内的温湿度传感器同网关之间使用 RS485 有线传输，红外热成像装置通过 RS485 接口把温度数据传输给网关。新能源场站里，多功能集成网关同逆变器、数采装置利用 RS485/232 或者电力载波进行数据交互，并且通过无线方式同调度主站进行通信。该场景配置参数的热修改要求主要集中在新增传感器时的点表映射更新、计量仪表更换后通讯地址和参数调整、功率控制策略中控制周期和误差范围的动态修正。配电房和分布式场站大多处于无人值守状态，参数修改由主站远程下发完成，网关侧接收配置后进行校验并写入，同时触发局部参数生效。场站侧设备变动比较频繁，运维人员利用热修改功能可以不亲自到场完成新增设备的接入配置，从而保证数据采集的连续性[7]。配电与新能源场站场景接入设备与热修改参数类型对照如表 2 所示。

表 2　配电与新能源场站场景接入设备与热修改参数类型对照

场景	典型接入设备	热修改参数类型
配电房	温湿度传感器、红外热成像	点表映射、告警阈值
分布式光伏	逆变器、数采装置	通讯地址、功率控制参数

3.3 远程运维场景

在远程运维场景中，网关的部署位置分布比较分散，并且多数站点没有现场值守人员，配置参数修改需要依靠主站系统或者云平台通过通信通道进行远程下发。远程运维的主要约束在于配置下发的可靠性和异常处理能力。现有方案在远程管理装置和智能网关之间建立了依靠 IP 协议的配置通道，当网关接收到配置参数时配置出现失败，远程管理装置会要求网关上传当前已经配置的参数值，把没有设置或者和目标值不一致的参数当作重配置参数再次下发，通过有限次尝试来提高配置的成功率。如果重配置仍然失败，网关会恢复到最小配置，也就是保留与远程管理装置连接所需要的数据，其余配置恢复到未配置状态，随后再次执行配置操作。该方式在远程通道质量出现波动或者网关侧出现局部异常时提供了自动恢复路径，降低了人工干预的需要。配置内容在下发前经过完整性保护和来源验证，网关侧校验通过后才会进入写入和生效流程。配置变更事件被记录在网关本地日志里，包括变更参数、时间和操作来源，为后续审计和追溯提供支持[8]。

4 结束语

总之，本文主要针对智能网关机配置参数热修改技术，分析了双缓冲原子切换、版本管理和一致性校验、参数生效依赖处理和安全权限控制四个方面的主要实现方法，表明热修改技术可以在不中断业务的情况下完成参数修正和策略调优，减少现场运维的依赖，缩短配置偏差修正时间。后续可以在配置校验智能化、异常回退自动化及跨规约适配的通用性方面进行深化，以提高网关运维的安全性和适应性。

[参考文献]

[1]蔡昊天,杨佳琪.基于 AI 智能网关的工业数字化升级[J].物联网技术,2026,16(19):50-54+57.

[2]刘大鹏,徐睿欣,刘畅.工业智能网关云端运维调试系统设计与实现[J].物联网技术,2026,16(13):80-84.

[3]黄鑫,陈美龙,陈芬,许有彬,许汉生,郭春杰,章朝华.基于智能网关的低压光伏出力控制系统分析[J].电子技术,2024,53(12):152-153.

[4]刘亚新.基于公用电信网的智能网关设备网络信息安全情况研究[J].通讯世界,2024,31(11):31-33.

[5]岑超宇,罗永生,陈必巧,陈赐健,林海.智能网关在配电房智能运维中的应用[J].中国高新科技,2024,(11):57-59.

[6]黄焕辉,欧洋,缪云海.智能网关赋能千兆宽带场景化精细运营[J].通信企业管理,2021,(10):50-51.

[7]尹涛.网关机在综合监控系统中的应用[J].自动化仪表,2015,36(3):100-102.

[8]杨小凡,高志勇.变电站中智能网关机运行模式的探讨及实现[J].华电技术,2014,36(5):43-46+78.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.