

团体标准

T/CES XXX-XXXX

换流（变电）站智能物联网关通用技术规
范

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	2
4	缩略语	2
5	总体要求	3
5.1	应用架构	3
5.2	功能模型	3
5.3	应用类型	3
6	技术要求	4
6.1	使用条件及环境适应技术要求	4
6.2	硬件接口功能要求	4
6.3	通信协议功能要求	5
6.4	软件架构功能要求	6
6.5	业务应用功能要求	6
7	安全防护要求	8
7.1	总体防护原则	8
7.2	本体安全要求	8
7.3	网关接入安全要求	9
7.4	业务数据交互安全要求	9
8	检验要求	9
8.1	检验项目	9
8.2	外观结构检查要求	10
8.3	电源电压偏差要求	10
8.4	基本功能检查要求	10
8.5	电磁兼容检查要求	10
8.6	绝缘及介质强度要求	11
8.7	环境适应性要求	12
8.8	可靠性要求	12
9	贮存、运输要求	12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件起草单位：中国南方电网有限公司超高压输电公司。

本文件主要起草人（按对标准的贡献大小排列）：

本文件为首次发布。

1 范围

本文件规定了换流（变电）站智能物联网关的应用需求、技术要求、安全防护要求和检验要求。

本文件适用于换流（变电）站的智能物联网关的规划、设计、安全防护与检验。

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 50348-2004	安全防范工程技术规范
GB/T 4208—2017	外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 17626	电磁兼容 试验和测量技术
GB/T 36572	电力监控系统网络安全防护导则
GB/T 36951	信息安全技术物联网感知终端应用安全技术要求
GB/T 41388-2022	信息安全技术可信执行环境基本安全规范
GB/T 22239—2019	信息安全技术网络安全等级保护基本要求
GB/T 28181—2016	公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
GB/T 33474—2016	物联网参考体系结构
GB/T 33745—2017	物联网术语
GB/T 35319—2017	物联网系统接口要求
GB/T 36478. 1—2018	物联网信息交换和共享第1 部分：总体架构
GB/T 36478. 2—2018	物联网信息交换和共享第2 部分：通用技术要求
GM/T 0054—2018	信息系统密码应用基本要求
DL/T 476	电力系统实时数据通信应用层协议
DL/T 860	变电站通信网络和系统
DL/T 634. 5101	远动设备及系统
YD 5007-2003	通信管道与通道工程设计规范
YDB 101—2012	物联网安全需求
YD/T 2437—2012	物联网总体框架与技术要求
YD/T 2399—2012	M2M 应用通信协议技术要求
IEC 60870-5-101/104	远动规约

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生产控制大区智能网关 Smart gateway of production control zone

生产控制大区智能网关是部署在换流（变电）站生产控制大区的一种融合路由、交换、容器等技术，具备数据接入、规约转换、数据上送等功能，拥有智能终端数据快速接入、云边协同、远程运维、简单易用等特性的软硬件一体化设备。

3.2

管理信息大区智能网关 Smart gateway of management information zone

管理信息大区智能网关是部署在换流（变电）站管理信息大区的一种融合路由、交换、容器等技术，具备数据接入、规约转换、指令下达控制、数据上送及边缘计算等功能，拥有智能终端数据快速接入、云边协同、远程运维、简单易用等特性的软硬件一体化设备。

3.3

物联网平台 IoT platform

物联网平台是指充分应用云计算、大数据、人工智能、移动互联网、物联网等现代信息技术、先进通信技术，实现物与物、人与物之间的敏捷连接和智能管理的物联网联接管理平台，对上提供标准化接口向业务应用、数据中心等服务，对下通过标准化协议实现采集终端、智能网关等设备的连接交换，实现终端数据的统一采集、监测和远程运维。

3.4

容器 Container

容器是一个虚拟的独立运行环境，能够通过对终端部分物理资源（CPU、内存、磁盘、网络资源等）的划分和隔离，屏蔽本容器中应用软件与其他容器或操作系统的相互影响。

3.5

应用软件 Application software

应用软件是指运行在应用主机或容器内部，符合边缘计算架构、可快速开发、自由扩展、满足变电业务需求的软件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

SDK: 软件开发工具包 (Software Development Kit)

SFP: 光模块网络接口 (Small Form-factor Pluggable)

TCP: 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)

UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)

Wi-Fi: 无线网络技术 (Wireless Fidelity)

WAPI：无线局域网认证和隐私保护基础设施（WLAN Authentication and Privacy Infrastructure）

FTP：文件传输协议（File Transfer Protocol）

SNTP：简单网络时间协议（Simple Network Time Protocol）

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

SCD：子站配置描述（Substation Configuration Description）

5 总体要求

5.1 应用架构

换流（变电）站智能物联网关应满足本文件图 1 总体应用架构要求，按照站内设备设施“可观、可测、可调、可控”的智能化运行要求，满足换流（变电）站生产控制大区测控、保护、安控、录波采集单元、电能质量监测等生产测控类设备以及管理信息大区区内火灾消防、安全防卫、动环监测、摄像头、机器人、无人机等生产辅助类设备的统一物联接入管理，并支撑站内在线监测、智能巡视、远程操作、现场作业管控等智能化业务。

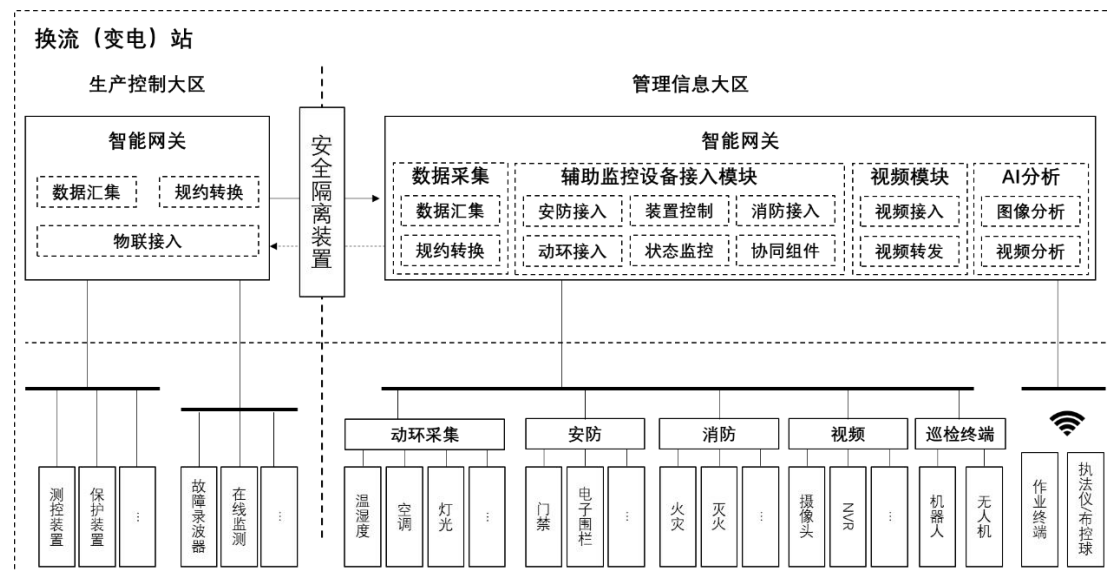


图 1 换流（变电）站智能网关应用总体架构

5.2 功能模型

智能物联网关应包含四层功能模型，可按需配置各层功能，以满足数字换流（变电）站个性化建设需求，并适应生产业务应用智能化、平台化、国产化的技术发展趋势：

- 第一层：硬件接口功能层；
- 第二层：通信协议功能层；
- 第三层：软件架构功能层；
- 第四层：业务应用功能层。

5.3 应用类型

应用类型分类如下：

- a) 智能物联网关宜根据是否支持边缘计算分为“本地型”和“边缘型”两种应用网关类型；
- b) 本地型网关应具备设备物联汇聚、通信协议转换、数据处理转发等基本功能，主要应

用于换流（变电）站生产控制大区；

c) 边缘型网关除具备本地型网关基本功能外，还应集成边缘计算能力，遵循应用单位统一物模型及物联网平台架构，支持云边协同功能，主要应用于换流（变电）站生产管理大区。

6 技术要求

6.1 使用条件及环境适应技术要求

使用条件及环境适应技术要求如下：

- a) 环境温度
正常室内的环境温度在“-5℃~45℃”范围内，温度变化率每小时不应超过±20℃，相对湿度为40%~90%；
其他室内温度变化范围为-25℃~60℃，相对湿度为5%~95%；
- b) 最大相对湿度：95%；
- c) 大气压力：80kPa~106kPa；
- d) 地震烈度：8度；水平加速度：0.25g；垂直加速度：0.125g。

6.2 硬件接口功能要求

6.2.1 处理器要求

处理器要求如下：

- a) 应根据应用网关类型及换流（变电）站现场实际需求配备高效的处理器，以处理传感器数据和执行各种计算任务；
- b) 宜采用x86或ARM架构系列的通用型处理器。

6.2.2 存储器要求

存储器要求如下：

- a) 应根据应用网关类型及换流（变电）站现场实际需求配备足够的存储器来存储程序代码、操作系统和数据；
- b) 应配备闪存（Flash）存储器用于存储操作系统和应用程序、随机访问存储器（RAM）用于程序执行期间的临时数据存储、磁盘存储器用于业务数据的存储。

6.2.3 网络接口要求

网络接口要求如下：

- a) 应支持常用有线网络接口类型如以太网接口（自适应10/100/1000Mbps全双工）、SFP接口（自适应100/1000Mbps全双工）等；
- b) 宜支持常用无线网络接口类型如Wi-Fi、WAPI和公网通信（3G/4G/5G）等；
- c) 应根据换流（变电）站现场实际网络情况配置所需网络互连接口类型及数量。

6.2.4 设备接口要求

设备接口要求如下：

- a) 应支持换流（变电）站内各种类型测控装置、监测传感器及其他物联网设备的数据通信接口方式如DI接口、DO接口、4~20mA模拟量输入接口、RS-485\232、GPIO（通用输入/输出）、I2C（Inter-Integrated Circuit）、SPI（Serial Peripheral Interface）等有线通信接口以及WIFI、WAPI、ZigBee、Lora、蓝牙（Bluetooth）等无线通信接口；

- b) 应根据换流（变电）站现场实际应用设备情况配置所需设备接入通信接口类型及数量。

6.2.5 调试接口要求

应支持至少一种主流调试接口如RJ45 console接口、以太网接口、USB接口、蓝牙（Bluetooth）。

6.2.6 安全接口要求

应根据应用单位网络安全要求配置相应硬件加密模块及安全接口。

6.2.7 扩展接口要求

应支持扩展模块或接口，以连接额外的传感器、外部存储设备或其他外围设备。

6.2.8 电源接口要求

应根据换流（变电）站现场实际应用情况配置电源接口类型及数量，应支持低功耗操作，并具备适当的电源管理功能。

6.3 通信协议功能要求

6.3.1 基本要求

基本要求如下：

- a) 应通过硬件或软件方式支持通信协议适配、数据格式转换、消息路由和数据转发等功能，实现不同设备、网络及应用之间的互操作性和数据交换；
- b) 应根据换流（变电）站现场接入设备类型、通信网络类型、应用网关类型以及云平台要求确定适用的通信协议功能；
- c) 应根据换流（变电）站实际业务应用需求确定适用的电力监控视频数据、DL/T 860数据、IEC101/104数据类型业务通信协议功能；
- d) 宜通过中间件等软件方式实现通信协议转换功能，便于灵活扩展通信协议功能。

6.3.2 北向通信要求

6.3.2.1 基本通信协议要求

基本通信协议要求如下：

- a) 应支持 MQTT 协议、HTTPS、以及基于 HTTPS 的 RESTful API、WebSocket、CoAP 等常用物联网北向网络通信协议；
- b) 应根据云平台及上层应用实际要求选择适合的北向通信协议；

6.3.2.2 DL/T 860 业务通信要求

DL/T 860业务通信要求如下：

- a) 北向数据模型、通信规约符合 DL/T 860 要求；
- b) 应具备 DL/T 860 客户端和服务端功能，具备报告、日志、定值等通信服务接口，具备数据汇聚、展示、处理分析、存储以及转发等功能；
- c) 应支持作为 DL/T 860 服务端通信，具备数据上送、接收和转发主站系统下发的监测装置参数等功能；其中，谱图文件能够以 DL/T 860 文件服务、FTP 方式等上送；
- d) 支持智能网关 SCD 文件以 FTP 或 DL/T 860 文件服务等方式上送主站系统。

6.3.2.3 视频业务通信要求

视频业务通信要求如下：

- a) 宜支持北向对接 SDK、B 接口、PG 协议、GA/T 1400 标准级联接口；
- b) 宜根据北向云平台应用要求支持实时监控、云台控制、视频轮巡等多种可视管理功能。

6.3.3 南向通信要求

6.3.3.1 基本通信协议要求

应根据配置的通信接口支持相应的基本通信协议功能。

6.3.3.2 视频业务通信要求

视频业务通信要求如下：

- a) 应支持、ONVIF 视频通信协议，应支持 GB/T 28181 规定中的 TCP 和 UDP 信令，TCP 和 UDP 媒体流传输能力；
- b) 应支持符合 GA/T 1400 标准采集接口的智能摄像机、其他视频 AI 分析设备接入，支持符合 GA/T1400 标准数据服务接口的客户端接入；
- c) 应具备视频客户端功能，应支持不小于 30 路客户端接入；
- d) 应具备 RTSP/RTMP 视频流接入及转发功能，应支持浏览器无插件播放。

6.3.3.3 DL/T 860 业务通信要求

DL/T 860业务通信要求如下：

- a) 南向数据模型、通信规约应符合 DL/T 860 要求；
- b) 应具备 DL/T 860 客户端功能，具备报告、日志、定值等通信服务接口；
- c) 宜支持变电站智能远动网关、数字化表计、故障录波、在线监测、电能质量、数字一次设备（数字变压器、数字开关）等基于 DL/T 860 协议通信的业务装置数据通信。

6.3.3.4 IEC 101/IEC 104 业务通信要求

应具备 IEC101/IEC104 客户端功能，具备遥信、遥测、遥控、设点通信功能。

6.4 软件架构功能要求

软件架构功能要求如下：

- a) 应提供硬件驱动程序、操作系统程序、网络通信组件程序、应用服务框架组件程序及主要应用功能程序等软件包进行软件系统部署；
- b) 应采用满足本标准第 6 章安全防护要求的操作系统，宜支持满足 GB/T41388-2022 标准的可信安全操作系统等；
- c) 宜在操作系统之上支持采用容器化技术（如 Docker）或虚拟化技术（如 KVM）来实现应用程序的隔离和管理，并具备微应用扩展功能；
- d) 边缘型智能物联网网关软件架构应兼容应用单位原有云平台架构，支持接入云平台实现统一管理以及协同应用。

6.5 业务应用功能要求

6.5.1 基本要求

基本要求如下：

- a) 根据换流（变电）站实际应用需求部署业务应用功能模块，包括但不限于基本管理功能（含设备管理、网络管理、安全管理等）、视图库功能、微应用管理功能、AI 功能等；
- b) 本地型网关应具备基本管理功能，边缘型网关除基本功能外，还应支持微应用管理、AI 等高级功能；
- c) 宜通过独立软件程序包方式按需安装业务应用功能模块；
- d) 边缘型网关应支持通过云平台部署、管理业务应用功能模块。

6.5.2 基本管理功能要求

基本管理功能要求如下：

- a) 能够管理连接到网关的各种设备，包括设备的注册、连接、配置和监控等；
- b) 能够管理设备之间的网络通信，包括网络配置、路由管理、数据转发等。；
- c) 能够实施安全策略，包括身份验证、访问控制、数据加密等，确保设备和数据的安全性；
- d) 具备自检功能，能够诊断设备系统状态（磁盘容量、内存容量、CPU 占用率）、应用软件状态以及与终端通信状态等；
- e) 具备日志功能，记录自身运行状况等各类日志，支持远方查询日志；
- f) 具备自恢复功能，当出现异常供电、进程异常终止等情况后，系统（进程）能够自动恢复正常运行，且存储数据不丢失；
- g) 支持采用 SSH 等方式进行远程维护，包括日志查看（程序运行及退出日志、通信日志、系统升级日志等）、软件升级、装置重启等；
- h) 应具备操作系统、中间件、微应用等软件升级管理功能，包括升级、版本回退等；
- i) 应提供操作友好的图形化人机界面（Web 或 CS 客户端），具备数据浏览、数据导出等功能；
- j) 应支持作为 SNTP 客户端，能够周期性向时钟系统发起 SNTP 对时请求命令，对时周期可设置；能够响应主站系统发送 SNTP 对时命令；
- k) 应支持作为 SNTP 服务端，能够为终端提供 SNTP 对时服务；
- l) 宜支持接入信息规约一致性校验、异常信息辨识和辅助运维功能；
- m) 宜具备数据的冗余数据的交叉比对功能，宜具备冗余数据的优化存储和异常告警功能；
- n) 宜具备网管功能，包括但不限于配置、监测、重启、升级、日志抓取、远程调试等。

6.5.3 视图库业务功能

视图库业务功能如下：

- a) 宜支持视图库，提供视频结构化数据接入、存储、查询、上传功能；
- b) 宜支持 GA/T 1400 数据采集接口，可接入智能摄像机和视频 AI 分析设备；
- c) 宜支持 GA/T 1400 数据服务/级联接口，可适配 GA/T1400 客户端和平台。

6.5.4 微应用管理功能

微应用管理功能如下：

- a) 应支持容器形式的微应用，通过物联网平台授权、下发部署、升级、删除，网关对微应用的监控（部署、升级、删除、CPU 占用率，内存占用率等）数据通过日志形式上报物联网平台；
- b) 应具备微应用权限管理功能，能对微应用的界面展示、网络通信、硬件控制等权限做出许可或者禁止；
- c) 应支持提供一个在网关侧解析执行微应用的运行引擎，运行引擎支持跨平台部署，运行其中的微应用支持跨平台部署，运行引擎应具备如下功能：
 - 1) 运行引擎应采用自注册，安装成功后自动在云端管理平台创建一条引擎实例；
 - 2) 运行引擎应具备心跳保活机制，能自动在心跳间隔周期内往云端管理平台发送心跳信息，心跳间隔周期支持远程修改；
 - 3) 运行引擎应支持远程参数配置功能，能在云端管理平台下发新的配置包远程更

新引擎配置文件；

- 4) 运行引擎应支持远程在线补丁升级、回滚，支持远程重启；
 - 5) 运行引擎应支持第三方组件（用户自定义开发的某一功能模块，实现某一特定功能）即插即用，支持微应用即插即用；
 - 6) 运行引擎应具备微应用的配置文件热更新；运行引擎应具备微应用实时日志上报和告警日志上报，方便微应用开发调测和运维管理。
- d) 应支持 AI 算法微应用调用 GPU、NPU 芯片加速卡的能力，并具备 AI 执行结果转发能力；
 - e) 应支持 JS 脚本形式的微应用，微应用在开发完成后，下发到网关上运行，满足对生产设备、传感设备的数据采集、逻辑控制等。

6.5.5 AI 分析功能

AI 分析功能如下：

- a) 宜提供适当的 AI 算力，配合平台与业务系统实现基本的 AI 需求；
- b) 应支持部署各类 AI 算法，包括但不限于电力设备操作辅助类算法（如刀闸识别等）、电力安全识别类算法（如电子围栏、安全帽、工服识别等）、智能运维类算法（表计识别等）；
- c) 应支持物联网平台的云边协同功能，实现算力共享、算法迭代、自动下载等功能。

7 安全防护要求

7.1 总体防护原则

网关的总体防护原则应满足 GB/T 36572 的安全防护原则，且网关的部署应满足 GB/T 22239 中第二级相关安全物理环境要求。

7.2 本体安全要求

本体安全的要求如下：

- a) 应按照最小安装的原则；
- b) 应能控制网关用户的访问权限；
- c) 应保证只有授权的用户可对网关上的软件应用进行配置或变更；
- d) 应采用校验码或密码技术保证重要数据在存储过程中的完整性；
- e) 应采用密码技术保证重要数据在存储过程中的保密性；
- f) 应集成硬件安全模块或软件密码模块，实现与安全接入网关之间的双向身份认证和数据传输及存储的机密性、完整性保护，密码算法应采用国家密码主管部门认可的算法；
- g) 应关闭不必要的系统服务、默认共享和高危端口；
- h) 应关闭网关硬件调试接口；
- i) 应具有备份和恢复能力，防止更新异常导致系统失效；
- j) 在遭受异常报文攻击和常见拒绝服务类攻击时，网关不应出现误动、误发报文、死机、重启等异常现象；
- k) 应对重要行为和重要安全事件进行审计，包括事件的日期和时间、用户、事件类型及其他与审计相关的信息；
- l) 宜采用免受恶意代码攻击的技术措施或主动免疫验证机制及时识别入侵和病毒行为，并将其阻断；主动免疫验证机制包括但不限于对系统引导程序、系统程序、重要配置参数和应用程序等进行信任度验证，并在应用程序的关键执行环节进行动态验证，在检测到其信任度受到破坏后进行报警、隔离、恢复等处置，有条件的情况下宜上报审计记录；

- m) 宜具备对自身应用、漏洞补丁等重要程序代码，以及配置参数和控制指令等重要操作的数字签名和验证能力；
- n) 宜使用可信计算等技术增强网关的安全运行能力；
- o) 宜具备在电源故障时保存重要信息的机制。

7.3 网关接入安全要求

边缘型智能网关应采用符合物联网平台的认证方式，实现边缘型智能网关接入物联网平台时的身份认证，认证后方可进行数据交互。

7.4 业务数据交互安全要求

业务数据交互安全的要求如下：

- a) 应实现对关键性数据存储的机密性、完整性保护，宜实现对一般性数据存储的机密性、完整性保护；
- b) 容器和应用软件应经授权机构进行统一的数字签名，安装前应验证签名的有效性；应对重要行为和重要安全事件进行审计，包括事件的日期和时间、用户、事件类型及其他与审计相关的信息，应对审计记录进行保护。

8 检验要求

8.1 检验项目

检验分为型式试验、出厂检验和抽样检验三类，检验项目按表 7-1 所列规定执行。

表 7-1 检验项目

序号	检验项目	型式试验	出厂检验	抽样检验
1	外观结构检查	☑	☑	☑
2	电源电压偏差	☑	☑	☑
3	基本功能	☑	☑	☑
4	电磁兼容	☑		
5	绝缘及介质强度	☑		
6	环境适应性	☑		
7	可靠性	☑	☑	

8.1.1 型式试验

当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型前；
- b) 正常生产时，每3年进行一次；
- c) 停产1年后又恢复生产时；
- d) 生产设备重大改变时；
- e) 正式生产后，因结构、材料、工艺有较大改变，可能影响5G电力通信终端性能时；
- f) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时。

应至少包含本标准表 8-1 中型式试验的检验项目。

8.1.2 出厂检验

应对智能网关进行逐台出厂检验；应至少包含本标准表 7-1 中出厂检验的检验项目。

8.1.3 抽样检验

包含到货抽检和送检两类，按企业物资品控要求执行；应至少包含本标准表 7-1 中抽样检验的检验项目。

8.2 外观结构检查要求

外观结构应符合以下要求：

- a) 装置表面不应损伤、变形和污染，表面涂层应均匀，金属零部件不应锈和损伤；
- b) 装置的铭牌、标牌及标志应平整，表面无擦伤、划痕，无明显修整痕迹和其他影响美观的缺陷。

8.3 电源电压偏差要求

220 V（单相）波动范围：-20%~+18%（176V~260V）。

8.4 基本功能检查要求

基本功能检查要求如下：

- a) 装置应支持终端设备数据接入的功能；
- b) 装置应具备终端设备数据的智能分析，临时存储，数据上送物联网的功能。

8.5 电磁兼容检查要求

8.5.1 工频磁场抗扰度

具体要求如下：

- a) 工频磁场抗扰度具体测试步骤应符合GB/T 17626.8；
- b) 严酷等级：4；
- c) 试验参数：100A/m（稳定磁场）持续时间60s；
- d) 将样品施加x方向、y方向和z方向的工频磁场；
- e) 试验期间设备不应出现损坏，数据允许暂时性中断或丢失，试验后设备应能正常工作和通信。

8.5.2 阻尼振荡磁场抗扰度

具体要求如下：

- a) 阻尼振荡磁场抗扰度具体测试步骤应符合GB/T17626.10；
- b) 严酷等级：4；
- c) 试验参数：100A/m（稳定磁场）持续时间2s；
- d) 将样品施加x方向、y方向和z方向的工频磁场；
- e) 试验期间设备不应出现损坏，数据允许暂时性中断或丢失，试验后设备应能正常工作和通信。

8.5.3 高频干扰抗扰度

具体要求如下：

- a) 严酷等级：4；
- b) 试验参数：共模2.5kV，差模1.25kV，持续时间60s；
- c) 试验端口：电源、以太网口；
- d) 试验期间设备不应出现损坏，数据允许暂时性中断或丢失，试验后设备应能正常工作和通信。

8.5.4 静电放电抗扰度

具体要求如下：

- a) 静电放电抗扰度具体测试步骤应符合GB/T 17626.2;
- b) 严酷等级: 接触放电4级, 空气放电4级;
- c) 试验电压: 接触放电: $\pm 8\text{kV}$; 空气放电: $\pm 15\text{kV}$;
- d) 直接放电。施加部位: 在操作人员正常使用时可能触及的外壳和操作部分, 包括一些弱点端子;
- e) 间接放电。施加部位: 被测样品各个侧面;
- f) 每个敏感试验点放电次数: 正负极性各10次, 每次放电间隔至少为1s;
- g) 如被测样品的外壳为金属材料, 则直接放电采用接触放电; 如被测样品的外壳为绝缘材料, 则直接放电采用空气放电;
- h) 试验期间设备不应出现损坏, 数据允许暂时性中断或丢失, 试验后设备应能正常工作和通信。

8.5.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度

当被测样品在工作状态下, 试验电压施加于被测样品的供电电源端和保护接地端:

- a) 严酷等级: 4;
- b) 试验电压: $\pm 4\text{kV}$;
- c) 重复频率: 5kHz或100kHz;
- d) 试验时间: 1min/次;
- e) 施加试验电压次数: 正负极性各3次;
- f) 试验期间设备不应出现损坏, 数据允许暂时性中断或丢失, 试验后设备应能正常工作和通信。

被测样品在正常工作状态下, 用电容耦合夹将试验电压耦合至通信信号输入/输出线路上:

- a) 严酷等级: 4;
- b) 试验电压: $\pm 2\text{kV}$;
- c) 重复频率: 5kHz或100kHz;
- d) 试验时间: 1min/次;
- e) 施加试验电压次数: 正负极性各3次;
- f) 试验期间设备不应出现损坏, 数据允许暂时性中断或丢失, 试验后设备应能正常工作和通信。

8.5.6 浪涌(冲击)抗扰度

具体要求如下:

- a) 浪涌(冲击)抗扰度具体测试步骤应符合GB/T 17626.5;
- b) 在试验电压下, 试验部位无击穿或绝缘损坏现象。

8.6 绝缘及介质强度要求

8.6.1 绝缘电阻

各电气回路对地和各电气回路之间的绝缘电阻要求如表 8-2 所示:

表 7-2 绝缘电阻

额定绝缘电压 V	绝缘电阻 M Ω	测试电压 V
$U \leq 60$	≥ 5	250
$U > 60$	≥ 5	500

8.6.2 介质强度

电源回路、交流电量输入回路、输出回路各自对地和电气隔离的各回路之间以及输出继电器常开触点回路之间，应耐受如表 8-3 中规定的 50 Hz 的交流电压，历时 1 min 的绝缘强度试验。试验时不得出现击穿、闪络现象。

表 7-3 介质强度

额定绝缘电压	试验电压有效值	额定绝缘电压	试验电压有效值
$U \leq 60$	500	$125 < U \leq 250$	2000
$60 < U \leq 125$	1500	$250 < U \leq 400$	2500

注：输出继电器常开触点间的试验电压不低于 1500 V；对于交直流双电源供电的终端，交流电源和直流电源间的试验电压不低于 2500V。

8.7 环境适应性要求

环境适应性要求如下：

- a) 在高温 55℃ 的环境下，持续实验 2h，产品应无异常反应。
- b) 在低温 -25℃ 的环境下，持续实验 2h，产品应无异常反应。
- c) 在温度为 +40℃，湿度为 90% 的环境中，按恒定湿试验程序和方法进行，试验时间为 48h。各部位绝缘电阻不应小于 1.0MΩ。

8.8 可靠性要求

具体要求如下：

- a) 装置应能承受 72h 的连续通电稳定可靠工作；
- b) 任何网络运行工况流量冲击下，装置均不应死机或重启，不发出错误报文；
- c) 平均无故障工作时间 (MTBF) 应不低于 30000h；
- d) 装置使用寿命应不低于 12 年。

9 贮存、运输要求

换流（变电）站智能网关贮存、运输应适应以下环境条件：

- a) 装置在运输中允许的环境温度 -40℃ ~ 70℃，相对湿度不大于 90%；
- b) 在贮存中允许的环境温度 -20℃ ~ 70℃，相对湿度不大于 90%，在不施加任何激励量的条件下，装置不出现不可逆变化。