

T/GDEA

团 体 标 准

T/GDEA 001—2024

智能配电房技术规范

Technical specification for smart distribution station

2024-02-19 发布

2024-02-19 实施

广东省能源协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 缩略语 4

5 总体要求 4

6 技术要求 4

 6.1 环境条件 4

 6.2 电源要求 5

 6.3 配电房设备监测 5

 6.4 配电房环境监测 10

 6.5 配电房安防监测 12

 6.6 可靠性指标 13

7 智能网关 13

 7.1 工作电源要求 13

 7.2 硬件接口要求 14

 7.3 通信要求 14

8 通信 14

 8.1 远程通信 14

 8.2 本地通信 14

 8.3 即插即用 15

9 现场检验 15

 9.1 通用要求 15

 9.2 现场检验条件 15

 9.3 现场检验项目 15

 9.4 气体传感器现场检验 15

 9.5 温湿度传感器现场检验 16

 9.6 局放传感器现场检验 16

 9.7 红外热成像监测装置现场检测 17

 9.8 水浸传感器现场检验 18

 9.9 烟雾传感器现场检验 18

9.10 温度传感器现场检验 18

9.11 智能网关现场检验 19

附录 A（规范性）智能配电房配置清单 20

附录 B（规范性）智能配电房监测设备技术要求 21

 B.1 监测设备通用性能要求 21

 B.2 监测设备专用要求 25

附录 C（规范性）智能配电房通信规约 39

 C.1 智能网关与智能电房监测主站远程交互协议 39

 C.2 智能网关与监测设备本地通讯规约 46

 C.3 即插即用流程 50

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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由广州南方电力集团科技发展有限公司提出。

本文件由广东省能源协会归口。

本文件起草单位：广州南方投资集团有限公司，广州南方电力集团科技发展有限公司，澳门电力股份有限公司，中国东北电力工程（香港）有限公司，广东岭南设计院有限公司，广东鹏鑫电气科技有限公司，海鸿电气有限公司，广东可信新能源股份有限公司，广东惠晟建设有限公司，广东泽森建设有限公司，广东德浩建设有限公司，广东臻正建设有限公司，广东宝泰森建设工程有限公司，东莞市绿雅达有害生物防制技术有限公司，珠海电力建设工程有限公司，北京中恒博瑞数字电力科技有限公司，广州市恒力检测股份有限公司，广东建能电力工程有限公司，江门市赛为电力科技有限公司。

本文件主要起草人：杨建新，劳卫伦，韩畅，李徽胜，王领良，梁宗平，俞海烽，李志钊，黄铭嘉，林礼新，陈志强，高京泉，王羽，陈文梅，谢旭平，曾文坛，章小飞，肖攀，曾德绿，李怡，华其妹，刘鸿光，仲新维，姚武忠，王岩，谭廷荣，任晓峰，郑贞为，李宝国，来涛波，杨洋，张欣欣，黄佩瑚，魏亚南，潘慧猷，纪湛，蓝文巨，张大赛，冯建平。

智能配电房技术规范

1 范围

本文件规定了智能配电房的配置原则、技术条件和试验要求。

适用于电网公司和社会用户的 20 kV 及以下配电房，其他电压等级或类型的配电房可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 3095 环境空气质量标准

GB 4715 点型感烟火灾探测器

GB 50464 视频显示系统工程技术规范

GB/T 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则

GB/T 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升

GB/T 1094.7 电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则

GB/T 1094.11 电力变压器 第 11 部分：干式变压器

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.10 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第 11 部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法 (GWEPT)

GB/T 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分：总则

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 14598.3 电气继电器 第 5 部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 19582 基于 Modbus 协议的工业自动化网络规范

GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

DL/T 572 电力变压器运行规程
DL/T 593 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
DL/T 620 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合
DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范
DL/T 846.10 高电压测试设备通用技术条件 第10部分：暂态地电压局部放电检测仪
DL/T 1416 超声波法局部放电测试仪通用技术条件
DL/T 1694.1 高压测试仪器及设备校准规范 第1部分：特高频局部放电在线监测装置
DL/T 1987 六氟化硫气体泄漏在线监测报警装置技术条件
DL/T 2050 高压开关柜暂态地电压局部放电现场检测方法
JJF 1263 六氟化硫检测报警仪校准规范
JJG 365 电化学氧测定仪
JJG 1077 臭氧气体分析仪检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能配电房 smart distribution station

综合运用云技术、大数据、物联网、移动互联网、人工智能等技术，实现对配电房（包括室内配电站、室内开关站）内电力设备状态监测、安全隐患监测、环境监测的数字化、智能化、可视化的电力设施。

3.2

智能网关 smart gateway

具备即插即用及边缘计算能力，采用统一的上下行通信协议，满足高性能并发、大容量存储、多采集对象的需求，集配电房监测数据收集、电力设备状态监测及通讯组网、就地化分析决策、协同计算等功能于一体的智能化设备。

3.3

设备监测 equipment monitoring

通过各类传感器、红外热成像监测装置等数字化设备，对配电房内的变压器、中压开关柜、低压开关柜等电力设备的运行状态，进行实时在线监测，及时发现电力设备运行过程中出现的问题，并将监测数据通过智能网关传输给智能配电房监测主站。

3.4

环境监测 environmental monitoring

通过环境监测传感器等数字化设备，对配电房内的气体成分、空气温湿度、水浸等环境参数，进行实时在线监测，并将监测数据通过智能网关传输给智能配电房监测主站。

3.5

安防监测 security monitoring

通过视频监控、门禁等安防设备，对配电房电力设备、人员和环境安全进行可视化的监控，包括人员出入、人员作业安全，火灾预警、防盗预警、小动物入侵预警、电气事故预警及运行环境监控。

3.6

监测设备 monitor

智能配电房内的负责电力设备状态监测、环境监测、安防监测的各类传感器及其监测采集装置，以及智能网关。

3.7**即插即用 plug and play**

智能网关和各类监测设备接入到网络中即可自动注册并连接到主站系统的功能。

3.8**温升 temperature rise**

所考虑部件（部位）的温度（例如：绕组平均温度）与外部冷却介质（空气）的温度之差。

3.9**局部放电 partial discharge**

在绝缘体中只有局部区域发生的放电，而没有贯穿施加电压的导体之间。这种现象可以发生在导体附近，也可以发生在其他地方。

3.10**暂态地电压 transient earth voltage**

当配电房开关柜内发生局部放电时，带电体和接地的非带电体之间会有带电粒子迅速移动，在接地的开关柜外壳上产生高频电磁波，并快速向各个方向传播，在柜体表面产生暂态地电压。

3.11**接入节点 access node**

智能配电房物联网感知层中的通信主设备，即智能网关，其应具备边缘计算、自组网和监测设备接入的功能。

3.12**传感器 sensor**

智能配电房物联网感知层中的监测设备，可实现对电力设备运行状态感知，并通过无线或者有线方式接入汇聚节点或接入节点。

3.13**报文 message**

数据链路层的最小数据单元，包含将要发送的完整的数据信息，长度不限且可变。

注：报文采用数据帧模式，由帧头、数据部分、帧尾三个部分组成。其中，帧头和帧尾包含一些必要的控制信息，如地址信息、差错控制信息等；数据部分则包含具体的业务或控制数据。

3.14**应用消息 application message**

通过网络传输应用数据，消息通过协议传输时，它们有关联的服务质量和主题。

3.15**订阅 subscription**

包含一个主题过滤器（Topic Filter）和一个最大的服务质量（QoS）等级。

3.16**会话 session**

客户端和服务端之间的状态交互。一些持续时长与网络连接一样，另一些可以在客户端和服务端的多个连续网络连接间扩展。

3.17

主题 topic

连接到一个应用程序消息的标签，该标签与服务器的订阅相匹配。服务器会将消息发送给订阅所匹配标签的每个客户端。

3.18

发布 publish

从客户端与服务端之间传输一个应用消息。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

IP: 互联网协议 (Internet Protocol)

JSON: JS 对象描述 (Java Script Object Notation)

MQTT: 消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport)

MTBF: 平均无故障工作时间 (Mean Time Between Failures)

ONVIF: 开放型网络视频接口论坛 (Open Network Video Interface Forum)

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

5 总体要求

- 5.1 配电房的智能化建设或改造应遵循安全可靠、布置合理、全面系统、经济适用的原则。
- 5.2 通过采用物联网、大数据、云计算、移动互联网、智能监测、无损检测及智能分析等技术，实现配电房的实时综合监控及重大突发事件预告警。
- 5.3 根据安全等级和管理要求，兼顾经济性和实用性，按附录 A 的要求选择配电房监测设备。
- 5.4 配电房智能化技术具备可扩展性，满足不断发展的新技术、新设备应用。

6 技术要求

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度

配电房内的环境温度应满足下列要求。

- a) 最高温度不超过 40 °C；
- b) 最低温度不低于-25 °C。

6.1.2 环境湿度

配电房内的环境湿度应满足下列要求。

- a) 日平均值不超过 95 %；
- b) 月平均值不超过 90 %。

6.1.3 海拔

海拔不超过 1000 m。

6.2 电源要求

6.2.1 主电源

监测设备的主电源应满足下列要求。

- a) 主电源取自配电房的低压交流电源；
- b) 额定电压 AC110 V（主电源）或 AC220 V（主电源），允许偏差为±20 %。

6.2.2 辅助电源

辅助电源作为智能配电房智能网关的后备电源及有线 24V 供电的监测设备电源，在主电源停电后，应能维持监测设备正常工作至少 1 小时。监测设备的辅助电源应满足下列要求。

- a) 输入电压 AC110 V±20 %或 AC220 V±20 %；
- b) 输出电压 DC24 V±20 %；
- c) 额定功率≥200 W；
- d) 效率≥88 %；
- e) 具备过载、短路、过压保护。

6.2.3 自供电电源

采用自供电电源的监测设备，其自供电电源应满足下列要求。

- a) 自供电电源是监测设备自带的电源系统；
- b) 自供电方式不限于以下几种，包括电池供电、电磁感应或温差发电等；
- c) 自供电的监测设备，其内置电源的免维护工作时间应不少于 5 年。

6.2.4 设备功率消耗

智能配电房智能网关和有线供电的监测设备等正常工作时，各监测设备的功率消耗应符合附录B要求。

6.3 配电房设备监测

6.3.1 变压器监测

6.3.1.1 监测项目

通过温度传感器、红外热成像监测装置等监测设备，对油浸式变压器和干式变压器进行在线监测，当监测项目数据超过表 1 给出的极值时，产生事件告警。

表 1 变压器监测项目

序号	监测项目	监测指标	备注
油浸式变压器			
1	油位高度	根据变压器容器设置	—
2	油箱顶层油温	应符合 DL/T 572 的要求	该指标为周围空气温度不超过 40 ℃时的温升，如果安装场所的周围空气温度超出 40 ℃，表 1 给出的所有温升限值应按超出的数值予以修正，并应修约到最接近温度的整数
3	高低压接线端子温升	50 K（裸铜）	
		65 K（镀银、镀镍或镀锡）	
4	压力释放信号	触发告警	—

表1 变压器监测项目（续）

序号	监测项目	监测指标	备注
干式变压器			
1	绕组温升	60 K（绝缘系统温度等级 105 ℃） 75 K（绝缘系统温度等级 120 ℃） 80 K（绝缘系统温度等级 130 ℃） 100 K（绝缘系统温度等级 155 ℃） 125 K（绝缘系统温度等级 180 ℃） 135 K（绝缘系统温度等级 200 ℃）	1. 该指标为周围空气温度不超过 40 ℃时的温升，如果安装场所的周围空气温度超出 40 ℃，表 1 给出的所有温升限值应按超出的数值予以修正，并应修约到最接近温度的整数值 2. 铜导体的最大温升应不超过 105 K
2	高低压接线端子温升	50 K（裸铜） 65 K（镀银、镀镍或镀锡）	
3	干变风机故障信号	触发告警	-
注：温升修正数值参考GB 1094. 2和GB 1094. 11的相关条款。			

6.3.1.2 监测方法

配电房变压器监测方法如下。

- 当油浸式变压器的油箱顶层油温超过预设阈值时产生事件告警；
- 当油浸式变压器的油位低于预设阈值时产生事件告警；
- 当油浸式高低压接线端子的温升超过预设阈值时产生事件告警；
- 当干式变压器的绕组温升、高低压接线端子温升超过预设阈值时产生事件告警。

6.3.1.3 监测设备要求

6.3.1.3.1 温度传感器

温度传感器应满足下列要求。

- 通过温度传感器对油浸式变压器和干式变压器的高低压接线端子温度进行监测；
- 温度传感器应与监测部位紧密贴附；
- 温度传感器采用自供电电源，并采用无线通信方式与温度监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- 温度传感器功能和性能应符合 B.2.8 的要求。

6.3.1.3.2 温度监测采集装置

温度监测采集装置应满足下列要求。

- 通过温度监测采集装置收集温度传感器的监测数据；
- 温度监测采集装置安装于靠近智能网关的配电房墙面；
- 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- 温度监测采集装置与智能网关的通信采用 RS485 通信方式，与各温度传感器的通信采用无线通信方式，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- 温度监测采集装置功能和性能应符合 B.2.9 的要求。

6.3.1.3.3 红外热成像监测装置

红外热成像监测装置应满足下列要求。

- 采用红外热成像监测装置对变压器本体、高低压接线端子温度进行监测；

- b) 红外热成像监测装置安装在变压器的正前方略高于变压器的位置，视场覆盖变压器本体，距离变压器小于 5 m；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- d) 红外热成像监测装置通过以太网接口与交换机通信，上传视频数据，通信协议应符合 GB 28181 和 ONVIF 协议的要求，温度数据封装在视频流内；
- e) 红外热成像监测装置可通过 RS485 接口将监测的温度数据传输给智能网关，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C. 2 的要求；
- f) 红外热成像监测装置功能和性能应符合 B. 2. 7 的要求。

6.3.1.3.4 油浸变压器状态监测装置

油浸变压器状态监测装置应满足下列要求。

- a) 通过油浸变压器状态监测装置，实现油位测量、油温测量及压力释放显示及故障报警；
- b) 油浸变压器状态监测装置安装于变压器的本体上；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- d) 油浸变压器状态监测装置与智能网关通信采用 RS485 或以太网，通过 RS485 通信接口采集油浸式变压器上层油温数据，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C. 2 的要求；
- e) 油浸变压器状态监测装置功能和性能应符合 B. 2. 15 的要求。

6.3.1.3.5 干式变压器状态监测装置

干式变压器状态监测装置应满足下列要求。

- a) 通过干式变压器状态监测装置，监测干式变压器风机状态（启/停、正常/异常）和绕组温度，实现故障/高温报警，启动风机，超温跳闸；
- b) 干式变压器状态监测装置安装于变压器的本体上；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- d) 干式变压器状态监测装置与智能网关通信采用 RS485 或以太网，通过 RS485 通信接口采集干式变压器低压绕组温度数据，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C. 2 的要求；
- e) 干式变压器状态监测装置功能和性能应符合 B. 2. 16 的要求。

6.3.2 中压开关柜监测

6.3.2.1 监测项目

通过温度传感器、局放传感器等监测设备，对中压开关柜进行在线监测，当监测项目数据超过表 2 给出的极值时，产生事件告警。

表 2 中压开关柜监测项目

序号	监测项目	监测指标	备注
气体绝缘开关柜			
1	电缆终端接头温升	50 K	该指标为周围空气温度不超过 40 ℃ 时的温升，如果周围空气温度高于 40 ℃，则温升限值应符合此特殊条件，使得周围温度和温升限值之和仍然不变
2	暂态地电压局放幅值	40 dBmV	背景噪声值不超过 20 dBmV
		50 dBmV	背景噪声值超过 20 dBmV

表2 中压开关柜监测项目（续）

序号	监测项目	监测指标	备注
3	特高频局放幅值	300 dBmV *	去除背景噪声后
4	超声波局放幅值	8 dB μ V *	去除背景噪声后
空气绝缘开关柜			
1	电缆终端接头温升	50 K	该指标为周围空气温度不超过 40 ℃时的温升，如果周围空气温度高于 40 ℃，则温升限值应符合此特殊条件，使得周围温度和温升限值之和仍然不变
2	断路器动静触头温升	35 K（裸铜）	
		60 K（镀银或镀镍）	
		50 K（镀锡）	
3	暂态地电压局放幅值	40 dBmV	背景噪声值不超过 20 dBmV
		50 dBmV	背景噪声值超过 20 dBmV
4	特高频局放幅值	300 dBmV *	去除背景噪声后
5	超声波局放幅值	8 dB μ V *	去除背景噪声后
注：带*参照实验数据及现场运行数据。			

6.3.2.2 监测方法

配电房中压开关柜监测方法如下。

- 当 10 kV 电缆终端头的温升超过预设阈值时产生事件告警；
- 当中压开关柜裸露的金属导电部分的温升超过预设阈值时产生事件告警；
- 当中压开关柜电缆室内部的局部放电超过监测阈值时产生事件告警。

6.3.2.3 监测设备要求

6.3.2.3.1 电缆终端接头温度传感器

终端接头温度传感器应满足下列要求。

- 通过终端接头温度传感器，监测中压开关柜电缆终端接头的温度；
- 终端接头温度传感器安装在电缆终端接头上，与带电导体金属表面直接接触；
- 终端接头温度传感器采用自供电电源；
- 采用无线通信方式与温度监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- 终端接头温度传感器功能和性能应符合 B.2.8 的要求。

6.3.2.3.2 温度监测采集装置

温度监测采集装置应满足下列要求。

- 通过温度监测采集装置收集温度传感器的监测数据；
- 温度监测采集装置安装于靠近智能网关的配电房墙面；
- 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- 温度监测采集装置与智能网关的通信采用 RS485 通信方式，与各温度传感器的通信采用无线通信方式，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- 温度监测采集装置功能和性能应符合 B.2.9 的要求。

6.3.2.3.3 暂态地电压及超声波监测传感器

暂态地电压及超声波监测传感器应满足下列要求。

- a) 通过暂态地电压及超声波监测传感器，监测中压开关柜内部的局部放电；
- b) 传感器采用磁铁式吸附在各种柜体上安装固定，确保传感器表面与被测柜体表面充分贴合；
- c) 传感器可安装于柜体内部或者外部，若传感器安装于柜体内部，则传感器安装位置应靠近电缆终端头的柜体内壁上；若传感器安装于柜体外部，则传感器安装位置应在中压开关柜正面中、下位置，后面上、中、下位置，以及两侧开关柜侧面上、中、下位置；
- d) 采用自带电源的供电方式；
- e) 采用无线通信方式与局放监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- f) 暂态地电压及超声波监测传感器功能和性能应符合 B.2.10 的要求。

6.3.2.3.4 特高频局部放电监测传感器

特高频局部放电监测传感器应满足下列要求。

- a) 通过特高频局部放电监测传感器，监测中压开关柜内部的局部放电；
- b) 特高频局部放电监测传感器安装于每排中压开关柜中央，距离柜顶 1 米处；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源或自带电源供电；
- d) 采用无线通信方式与局放监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- e) 特高频局部放电监测传感器功能和性能应符合 B.2.10 的要求。

6.3.2.3.5 局放监测采集装置

局放监测采集装置应满足下列要求。

- a) 通过局放监测采集装置收集暂态地电压及超声波监测传感器、特高频局部放电监测传感器的局放监测数据；
- b) 局放监测采集装置安装于靠近智能网关的配电房墙面；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- d) 局放监测采集装置与智能网关的通信采用 RS485 通信方式，与各局放传感器的通信采用无线通信方式，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- e) 局放监测采集装置功能和性能应符合 B.2.11 的要求。

6.3.3 低压开关柜监测

6.3.3.1 监测项目

通过温度传感器及监测采集装置，对低压开关柜进行在线监测，当监测项目数据超过表 3 给出的极值时，产生事件告警。

表 3 低压开关柜监测指标

序号	监测项目	监测指标	备注
1	电缆（或母线）接头温升	40 K	该指标为周围空气温度不超过 40 ℃ 时的温升，如果周围空气温度高于 40 ℃，则温升限值应符合此特殊条件，使得周围温度和温升限值之和仍然不变

6.3.3.2 监测方法

配电房低压开关柜的监测方法应满足下列要求。

- a) 监测低压开关柜母线接头温度，当温升超过预设阈值时产生事件告警；
- b) 监测低压开关柜出线电缆接头温度，当温升超过预设阈值时产生事件告警。

6.3.3.3 监测设备要求

6.3.3.3.1 电缆（母线）温度传感器

电缆（母线）温度传感器应满足下列要求。

- a) 通过电缆（母线）温度传感器，监测低压开关柜电缆（母线）接头的温升；
- b) 电缆（母线）温度传感器可采用套接的方式，套接在电缆接头（或母线）上，也可以采用螺母的形式，直接拧在电缆接头（或母线）上；
- c) 电缆（母线）温度传感器应与带电导体金属表面直接接触；
- d) 电缆头温度传感器采用自供电电源；
- e) 采用无线通信方式与温度监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- f) 电缆头温度传感器功能和性能应符合 B.2.8 的要求。

6.3.3.3.2 温度监测采集装置

温度监测采集装置应满足下列要求。

- a) 通过温度监测采集装置收集温度传感器的监测数据；
- b) 温度监测采集装置安装于靠近智能网关的配电房墙面；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源、AC220 V 或 AC110 V；
- d) 温度监测采集装置与智能网关的通信采用 RS485 通信方式，与各温度传感器的通信采用无线通信方式，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求；
- e) 温度监测采集装置功能和性能应符合 B.2.9 的要求。

6.4 配电房环境监测

6.4.1 监测项目

通过温湿度传感器、气体传感器、水位传感器、水浸传感器等监测设备，对配电房的室内环境进行监测，当监测数据超过表 4 给出的极值时，产生事件告警。

表 4 配电房环境监测指标

序号	监测项目	监测指标	备注
1	环境温度	$\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	-
2	环境湿度	$\geq 95\%$	-
3	水浸	触发告警	-
4	氧气	$\leq 18\%$	-
5	六氟化硫	$\geq 1000\text{ }\mu\text{L/L}$	也可表示为 1000 ppm
6	臭氧	$\geq 100\text{ }\mu\text{g/m}^3$	0.051 ppm（按 1 ppm 臭氧=1963 $\mu\text{g/m}^3$ 计算）

6.4.2 监测方法

配电房环境监测方法应满足下列要求。

- a) 监测配电房的环境温度和湿度，当现场环境温度和湿度超过预设阈值时，产生事件告警；
- b) 对配电房的水浸状态进行监测，当现场水位没过采样点时，水浸状态发生变位，产生事件告警；
- c) 对配电房的水位进行监测，实时将现场环境水位高度值传输给智能网关；
- d) 对配电房内环境烟雾进行监测，当现场烟雾浓度超过阈值时，烟感状态发生变位，并发出报警信号；
- e) 监测配电房内六氟化硫、氧气及臭氧气体浓度，当监测数据超过阈值时产生事件告警。

6.4.3 监测设备要求

6.4.3.1 温湿度传感器

温湿度传感器应满足下列要求。

- a) 温湿度传感器应采用数字一体式免校准传感器，对智能配电房内温度湿度值进行实时监测；
- b) 温湿度传感器应安装于智能网关附近的墙面；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- d) 温湿度传感器与智能网关之间的通讯接口为 RS485，通信协议为 MODBUS，通信规约应符合 C.2 的要求；
- e) 浸传感器的功能和性能应符合 B.2.2 的要求。

6.4.3.2 水浸传感器

水浸传感器应满足下列要求。

- a) 水浸传感器实时在线监测配电房水浸状态，通过有线节点信号，接入智能网关；
- b) 水浸传感器应安装于智能网关附近的墙面，安装高度为配电房水位限制高度以下；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- d) 水浸传感器的功能和性能应符合 B.2.5 的要求。

6.4.3.3 水位传感器

水位传感器应满足下列要求。

- a) 水位传感器实时在线监测配电房内的水浸情况，测量水位高度，并以遥测量接入智能网关；
- b) 水位传感器应配置安装配件，固定于配电房容易进水的地势较低处，并以配电房的地平面作为水位传感器 0 水位线的参考基准；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- d) 水位传感器与智能网关之间的通讯接口为 RS485，通信协议为 MODBUS，通信规约应符合 C.2 的要求；
- e) 水位传感器的功能和性能应符合 B.2.6 的要求。

6.4.3.4 气体传感器

气体传感器应满足下列要求。

- a) 实现对六氟化硫、氧气及臭氧气体浓度的实时监测；
- b) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- c) 六氟化硫及臭氧气体传感器应安装于靠近柜体的墙面，距地面 0.3 米以下；

- d) 气体传感器与智能网关之间可采用有线或无线的通讯方式，支持 MODBUS 通信协议，通信规约应符合 C.2 的要求，有线通讯接口为 RS485；
- e) 气体传感器的功能和性能应符合 B.2.3 的要求。

6.5 配电房安防监测

6.5.1 监测项目

通过视频监控、门禁和烟雾等安防设备，对配电房人员进出、违规作业操作、电力设备运行异常进行监测，配电房安防检测项目如表 5 所示。

表 5 配电房安防监测项目

序号	监测项目	监测指标
1	人员身份确认	工作人员认证
2	作业安全	跨越作业区间
3	火灾预警	触发告警
4	防盗预警	非法闯入
5	小动物入侵预警	小动物入侵

6.5.2 监测方法

配电房安防监测方法如下。

- a) 通过门状态传感器能够自动识别开门和关门状态，通过有线节点信号，接入智能网关；
- b) 通过智能网关联动门状态传感器和视频监控设备（球型摄像机或固定摄像机），监测到开门信号后，启动视频监控设备对进入者进行身份识别，确认为非工作人员则发出告警，并将视频信息传输给智能配电房监测主站；
- c) 通过视频监控设备，实时监测配电房内的人员安全，可监测是否存在非法操作或破坏性行为等；
- d) 通过视频监控设备，监测配电房内各个关键电力设备的运行状态，如变压器、开关柜等，监测到电力设备是否工作正常运行，并及时发现异常情况；
- e) 通过视频监控设备，监测配电房是否存在天花板和墙体渗水、管道漏水、电力设备倾覆、明火等安全隐患；
- f) 通过视频监控设备，监测配电房内小动物入侵情况，识别小动物入侵则将视频信息传输给智能配电房监测主站；
- g) 视频监测系统应能将监测数据进行记录和存储，在需要时可以进行回放和分析，以便进行故障诊断和性能评估提供数据支持，视频监控设备应支持数据保存 1 个月。

6.5.3 监测设备要求

6.5.3.1 门状态传感器

门状态传感器应满足下列要求。

- a) 门状态传感器采用无源设计，无需铺设电源线或者外接电源，通过有线节点信号，将配电房门的开启、关闭状态信号上传至智能网关；
- b) 门状态传感器应使用优质材料，外壳使用不锈钢或合金设计，防水防锈，确保性能稳定不误报，机械式的动作次数不小于 5000 次；

- c) 门状态传感器的功能和性能应符合 B. 2. 12 的要求。

6. 5. 3. 2 烟雾传感器

烟雾传感器应满足下列要求。

- a) 通过烟雾传感器，实时监测配电房的烟雾状况，当周围环境的烟雾浓度超过报警值时，烟感状态发生变位，并发出报警信号，当周围环境的烟雾浓度降低到报警值以下时，传感器自动恢复正常工作状态；
- b) 工作电源为 DC24 V 辅助电源；
- c) 在没有横梁的配电房内只需安装一套烟感传感器，固定于配电房天花板中央；在有横梁的配电房内，若横梁其中一侧的面积超过 6 m^2 ，横梁两侧应各安装一套烟雾传感器；
- d) 烟雾传感器的功能和性能应符合 B. 2. 4 的要求。

6. 5. 3. 3 高清球型摄像机

高清球型摄像机应满足下列要求。

- a) 具备远程控制视频功能，可实现与电力设备状态系统联动，对电力设备的操作和运行状态进行拍照和录像，给运维人员判断设备运行状态正常与否提供佐证；
- b) 具备红外摄像功能，能识别鼠类、蛇类等小动物的入侵；
- c) 应配置铝合金支架及 $0.6\text{ m}\sim 2.6\text{ m}$ 伸缩杆，支架需支持壁装或吊装；
- d) 工作电源为 DC24V 辅助电源或 POE 供电；
- e) 球型摄像机通过以太网接口与交换机通信，上传视频数据，通信协议应符合 GB 28181 和 ONVIF 协议的要求；
- f) 高清球机的功能和性能应符合 B. 2. 13 的要求。

6. 5. 3. 4 高清固定摄像机

高清固定摄像机应满足下列要求。

- a) 具备远程控制视频功能，对人员的进出进行拍照和录像，智能识别运维人员，为安全监督提供佐证；
- b) 应随主机配置安装挂件，可方便固定于配电房墙面；
- c) 工作电源为 DC24 V 辅助电源或 POE 供电；
- d) 高清固定摄像机通过以太网接口与交换机通信，上传视频数据，通信协议应符合 GB 28181 和 ONVIF 协议的要求；
- e) 高清摄像机的功能和性能应符合 B. 2. 14 的要求。

6. 6 可靠性指标

为保证配电房监测设备的正常运行，应满足下列要求。

- a) 任何工况下，监测设备均不应死机；
- b) 平均无故障工作时间 (MTBF) 应不低于 50000 h；
- c) 监测设备使用寿命应不低于 10 年。

7 智能网关

7. 1 工作电源要求

工作电源应满足下列要求。

- a) 额定电压为 AC1100 V、AC220 V 或 DC24 V；
- b) 允许偏差 $\pm 20\%$ ；
- c) 正常工作时整机功耗不大于 30 W；
- d) 在外部电源停电以后，智能网关由辅助电源供电，并维持网关及其通信模块正常工作至少 1 小时，外部电源恢复后保存数据不丢失。

7.2 硬件接口要求

智能网关硬件接口应满足下列要求。

- a) 应至少具备 2 路无线公网/专网远程通信接口，应支持 4G，宜支持 5G；
- b) 应至少具备 4 路以太网接口，传输速率选用 10/100/1000 Mbit/s 全双工；
- c) 应至少具备 1 路本地通信接口，应同时支持 UART、ETH 和 USB，其中 UART 支持速率 115200 bps 以上，可连接低压电力线载波通信模块、微功率无线通信模块、塑料光纤通信模块或双模通信模块；
- d) 应至少具备 5 路 RS485，1 路 RS232，串口速率可选用 1200 bps、2400 bps、4800 bps、9600 bps、19200 bps、115200 bps 等；
- e) 应至少具备 1 路 USB 接口，用于智能网关维护，通过维护接口设置网关参数，进行软件升级等；
- f) 应至少具备 8 路开关量输入接口，可采集变压器档位、断路器位置状态、柜门开合状态、硬接点告警、门状态、水浸、烟感等信号；
- g) 应至少具备 4 路开关量输出接口，接口为无源的开/合切换触点，可配置成脉冲输出、保持输出方式工作，每路可提供常开、常闭型触点。

7.3 通信要求

智能网关远程通信应支持 MQTT 协议，网络层 IP 协议应支持 IPv4 和 IPv6 协议。智能网关本地通信应支持 MODBUS 协议，网络层 IP 协议宜支持 IPv4 和 IPv6 协议。通信规约应符合附录 C 的要求。

8 通信

智能配电房采用统一的 MQTT 及 MODBUS 上下行通信协议，实现各监测设备的通讯组网及即插即用，采集配电房各类传感器和其他监测设备的数据，并将数据传输给智能配电房监测主站。

8.1 远程通信

8.1.1 远程通信协议

智能网关与智能配电房监测主站之间的数据通信规约应采用 MQTT 协议。

8.1.2 上行通信通道

智能网关与智能电房监测主站之间的数据传输通道可采用无线通信、光纤通信或以太网通信。配置的无线公网通信单元应具备国家工业和信息化部颁发的电信设备进网许可证及国家权威机构颁发的 3C 证书。

8.2 本地通信

8.2.1 本地通信协议

智能电房传感器及其他监测设备的本地通讯规约应采用 MODBUS 协议。

8.2.2 下行通信通道

智能网关与配电房各类监测设备传输通道可采用 RS485 总线、无线、窄带载波、宽带载波、双模、窄带物联网等通信方式，实现智能配电房内数据传输。

8.3 即插即用

智能网关完成通信接入（包括物理接线、串口或网口基本通信参数设置），应主动向上层注册，上送智能网关基本信息，若已注册则直接进行通信；若为首次注册，上层对智能网关发起模型初始化过程，更新本地模型，然后与智能网关进行通信；智能网关更换或者程序升级后需要重新进行注册与模型初始化。具体的即插即用流程参考 C.3。

9 现场检验

9.1 通用要求

配电房传感器和其他监测设备应进行定期的现场检验，检验周期为一年或按照管理要求设定。

通过便携式检测设备对配电房传感器和其他监测设备进行现场在线检验，安装于一次电力设备内部的传感器和监测设备无需现场检验。便携式检测设备应符合检定标准且在检定期内。

9.2 现场检验条件

现场检验时，应满足下列条件。

- a) 现场检验参比条件如表 6 所示；
- b) 用于检验配电房传感器和监测设备的便携式检验设备，应在检定有效期内。

表 6 现场检验参比条件

环境温度*	日均湿度	工作电压	外绝缘
-25 ℃~+40 ℃	<95 %RH	AC110 V, AC220 V, DC24 V	清洁, 干燥

9.3 现场检验项目

配电房传感器和监测设备的现场检验项目如表 7 所示。

表 7 现场检验项目

序号	检验项目	检验类型
1	误差测量	必检
2	通信接口测试	按需检验

9.4 气体传感器现场检验

9.4.1 误差限值

在正常使用条件下，气体传感器的测量范围以及测量精度不应超出表 8 所示的限值范围。

表 8 气体传感器误差限值

项目	测量范围	测量精度
六氟化硫 (SF ₆)	0 ppm~1000 ppm	±10 %
臭氧 (O ₃)	0.1 μmol/mol~1 μmol/mol	±6 %FS
氧气 (O ₂)	0 %~25 %	±2.0 %FS (±0.1 %, 若大气含量>15 ppm)

9.4.2 检验方法

9.4.2.1 误差测量

同时向便携式气体检测仪和气体传感器的气体检测口,依次释放六氟化硫、臭氧和氧气 20 %标准气体,将便携式气体检测仪与气体传感器的实时读数相比较,不超过表 8 的误差限值,判定气体传感器合格。

9.4.2.2 通信接口测试

通过智能网关读取现场气体传感器的实时监测数据,与便携式检测仪进行测量数据比对,验证气体传感器通信是否正常。

9.5 温湿度传感器现场检验

9.5.1 误差限值

在正常使用条件下,温湿度传感器的测量范围以及测量精度不应超出表 9 所示的限值范围。

表 9 温湿度传感器误差限值

项目	测量范围	测量精度
温度	-25 ℃~80 ℃	±0.5 ℃
湿度	0 %RH~99.9 %RH	±3 %

9.5.2 检验方法

9.5.2.1 误差测量

使用便携式温湿度检测仪,检测配电房内的环境温度、湿度,将便携式温湿度检测仪与温湿度传感器的实时读数相比较,不超过表 9 的误差限值,判定温湿度传感器合格。

9.5.2.2 通信接口测试

通过智能网关读取现场温湿度传感器的实时监测数据,与便携式检测仪进行测量数据比对,验证温湿度传感器通信是否正常。

9.6 局放传感器现场检验

9.6.1 误差限值

在正常使用条件下,特高频、暂态地电压及超声波监测传感器(简称局放传感器)的测量范围、灵敏度以及动态范围不应超出表 10 所示的限值范围。

表 10 局放传感器误差限值

项目	信号带宽	灵敏度	线性误差
空间特高频局放	300 MHz~1500 MHz	7 mV/m (17 dB/m)	≤20 %
暂态地电波	3 MHz~100 MHz	≥40 dB	≤20 %
超声波	20 kHz~60 kHz	≥40 dB	≤20 %

9.6.2 检验方法

9.6.2.1 特高频局部放电监测传感器幅值线性误差测量

将标准射频信号发生器与标准发射传感器连接,用被检测特高频局放监测传感器测量标准射频信号发生器发射的局放信号,将标准发射传感器设置在被检测传感器测试范围的中心频率,进行幅值试验,按 6 dBmV 进行变化,并记录测量值变化量 V_x ,确认被检测传感器测量值是否按 6 dBmV 变化。误差按公式(1)计算,试验结果应满足表 10 规定。

$$\gamma_k = \frac{V_x - 6}{6} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

γ_k ——传感器幅值测量线性相对误差;

V_x ——传感器幅值测量变化量。

9.6.2.2 暂态地电波监测传感器幅值线性误差测量

将地电波局部放电监测仪校验装置的信号,注入被检测暂态地电波监测传感器安装的柜体外侧,将地电波局部放电监测仪校验装置设置在被检测传感器测试范围的中心频率,进行幅值试验,按 6 dBmV 进行变化,并记录测量值变化量 V_x ,确认被检测传感器测量值是否按 6 dBmV 变化,误差按公式(1)计算,试验结果应满足表 10 规定。

9.6.2.3 超声波监测传感器幅值线性误差测量

将超声波发生器与标准声强仪探头连接,用被检测超声波监测传感器测量超声波发生器发射的超声波信号,将超声波发生器设置在被检测传感器频率的中心频率,进行幅值试验,按 6 dBmV 进行变化,并记录测量值变化量 V_x ,确认被检测传感器测量值是否按 6 dBmV 变化,误差按公式(1)计算,试验结果应满足表 10 规定。

9.6.2.4 通信接口测试

通过智能网关读取现场局放传感器的实时监测数据,与便携式检测仪进行测量数据比对,验证局放传感器通信是否正常。

9.7 红外热成像监测装置现场检测

9.7.1 误差限值

在正常使用条件下,红外热成像监测装置的测量范围以及测量精度不应超出表 11 所示的限值范围。

表 11 红外热成像监测装置误差限值

项目	红外分辨率	红外测温范围	红外测温精度
要求	≥320×240	0 ℃~300 ℃	±2 ℃

9.7.2 检验方法

9.7.2.1 误差测量

使用便携式红外热成像仪，检测变压器各监测点温度，与红外热成像监测装置的实时图像相比较，若满足表 11 所示的测量精度要求，判定红外热成像监测装置合格。

9.7.2.2 通信接口测试

通过智能配电房监测主站调取红外热成像监测装置的实时图像数据，验证红外热成像监测装置通信是否正常。

9.8 水浸传感器现场检验

9.8.1 检验方法

9.8.1.1 功能测试

通过模拟水浸环境测试水浸传感器能否正常运作。往水浸警报触发点注入水，直至完全浸没警报触发点，通过智能网关实时读取现场水浸传感器的警报触点，如传感器能正常发送警报信号，则判定水浸传感器合格。

9.9 烟雾传感器现场检验

9.9.1 检验要求

9.9.1.1 功能测试

通过模拟烟雾环境测试烟雾传感器能否正常运作。在配电房内，模拟 60 m² 的烟雾量，通过智能网关实时读取现场烟雾传感器的警报触点，如传感器能正常发送警报信号，则判定烟雾传感器合格。

9.10 温度传感器现场检验

9.10.1 误差限值

在正常使用条件下，温度传感器的测量范围以及测量精度不应超出表 12 所示的限值范围。

表 12 温度传感器误差限值

项目	测量范围	测量精度
温度	-25 ℃~125 ℃	≤±1 %（环境温度 0 ℃~100 ℃），其余温度≤±2 %

9.10.2 检验方法

9.10.2.1 误差测量

使用便携式温度检测仪，检测配电房内各温度监测点的温度，将便携式温度检测仪与温度传感器的实时读数相比较，若满足表 12 所示的误差限值要求，判定温度传感器合格。

9.10.2.2 通信接口测试

通过智能网关读取现场温度传感器的实时监测数据，与便携式检测仪进行测量数据比对，验证温度传感器通信是否正常。

9.11 智能网关现场检验

9.11.1 时钟误差限值

在正常使用条件下，智能网关的实时时钟精度不应超出表 13 所示的限值范围。

表 13 实时时钟误差限值

项目	环境温度范围	测量精度
时钟误差	-25 ℃~40 ℃	≤5.78 ppm（即≤0.5 s/天）

9.11.2 检验方法

9.11.2.1 时钟误差测量

将便携式秒脉冲检测仪接入智能网关秒脉冲输出接口，读取便携式秒脉冲检测仪时钟误差测量示值，若满足表 13 所示的误差限值要求，判定实时时钟精度合格。

9.11.2.2 通信接口测试

通过智能配电房监测主站向智能网关调取实时监测数据，验证智能网关的上行通信是否正常。

附录 A

(规范性)

智能配电房配置清单

根据安全等级和管理要求，智能配电房的监控采用高级、中级和标准 3 种的配置方式，配置清单如表 A.1 所示。

- a) 高级配置适用于人口密集以及行政、经济、商业、交通集中的供电区域，在中级配置基础上增加开关柜局放、红外等监测；
- b) 中级配置适用于高负荷密度供电区域，在标准配置的基础上增加中压开关柜的设备状态监测，以及配电房的视频监控；
- c) 标准配置适用于所有供电区域，主要实现配电房变压器和低压开关柜的设备状态监测，以及配电房的环境和安防监测。

表 A.1 智能配电房配置清单

序号	功能类型	配套装置及传感器名称	标准配置	中级配置	高级配置
1	智能配电房监控	智能网关	●	●	●
2	环境监测	温湿度传感器	●	●	●
3		气体传感器	▲	▲	▲
4		水浸传感器	●	●	●
5		水位传感器	▲	▲	▲
6		安防监测	高清球型摄像机或高清固定摄像机	○	▲
7		烟雾传感器	●	●	●
8		门状态传感器	●	●	●
9	设备监测	变压器高低压接线端子温度传感器	○	○	▲
10		变压器红外热成像监测装置	○	○	▲
11		油浸变压器状态监测装置	●	●	●
12		干式变压器状态监测装置	●	●	●
13		中压开关柜局放传感器	○	○	▲
14		局放监测采集装置	○	○	▲
15		中压开关柜电缆终端接头温度传感器	○	○	▲
16		低压开关柜电缆（或母线）接头温度传感器	○	○	▲
17		测温监测采集装置	○	○	▲
注：“●”表示必选，“▲”表示可选，“○”表示无须配置。					

附录 B

(规范性)

智能配电房监测设备技术要求

B.1 监测设备通用性能要求

智能配电房内的各类传感器及其监测采集装置,以及智能网关应满足以下要求。

B.1.1 高低温和湿热性能

B.1.1.1 低温性能

按 GB/T 2423.1 中规定的方法进行试验,试验温度为监测设备温度使用范围规定的下限值,待达到试验温度后启动监测设备,监测设备应能正常工作。试验温度持续 2 小时后,在试验环境下通电检查监测设备各项功能应正常。

B.1.1.2 高温性能

按 GB/T 2423.2 中规定的方法进行试验,试验温度为监测设备温度使用范围规定的上限值,待达到试验温度后启动监测设备,监测设备应能正常工作。试验温度持续 2 小时后,在试验环境下通电检查监测设备各项功能应正常。

B.1.1.3 湿热性能

按 GB/T 2423.3 中规定的方法进行试验,试验温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$,湿度为 $(93 \pm 2)\%$,按恒定湿热试验程序和试验方法进行试验,试验时间为 12 小时,监测设备绝缘电阻不应小于 $1\text{ M}\Omega$ 。

B.1.2 机械振动性能

按 GB/T 2423.10 中的有关规定执行,应满足下列要求。

- 监测设备应能承受频率 f 为 $2\text{ Hz} \sim 9\text{ Hz}$,位移幅值为 0.3 mm ;频率 f 为 $9\text{ Hz} \sim 500\text{ Hz}$,加速度幅值为 1 m/s^2 的振动;
- 振动方向为三个轴向,每个轴向扫频循环 20 次;
- 振动试验之后,监测设备不应发生损坏和零部件受振动脱落现象,设备的各项功能、性能指标满足相关要求。

B.1.3 外壳防护性能

外壳防护性能应满足下列要求。

- 监测设备防护等级不得低于 GB/T 4208 规定的 IP51 的要求;
- 非金属外壳应符合 GB/T 5169.11 的阻燃要求。

B.1.4 绝缘性能要求

B.1.4.1 绝缘电阻

配电房监测设备的绝缘电阻性能应满足下列要求。

- 在正常试验大气条件下,绝缘电阻的要求如表 B.1 所示;
- 环境温度 40°C ,环境湿度 95% 的恒定湿热条件下,绝缘电阻的要求如表 B.2 所示。

表 B.1 正常试验大气条件下绝缘电阻要求

额定绝缘电压 U_1	绝缘电阻要求
$U_1 \leq 60 \text{ V}$	$\geq 5 \text{ M}\Omega$ (用 250 V 兆欧表)
$U_1 > 60 \text{ V}$	$\geq 5 \text{ M}\Omega$ (用 500 V 兆欧表)
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $U_1 > 60 \text{ V}$ 的要求。	

表 B.2 湿热条件下绝缘电阻要求

额定绝缘电压	绝缘电阻要求
$U_1 \leq 60 \text{ V}$	$\geq 1 \text{ M}\Omega$ (用 250 V 兆欧表)
$U_1 > 60 \text{ V}$	$\geq 1 \text{ M}\Omega$ (用 500 V 兆欧表)
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $U_1 > 60 \text{ V}$ 的要求。	

B.1.4.2 介质强度

介质强度的要求如表 B.3 所示。

表 B.3 介质强度要求

额定绝缘电压 U_1	绝缘电阻要求
$U_1 \leq 60 \text{ V}$	500 V
$60 \text{ V} < U_1 \leq 125 \text{ V}$	1000 V
$125 \text{ V} < U_1 \leq 250 \text{ V}$	1500 V
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路试验电压采用 $125 \text{ V} < U_1 \leq 250 \text{ V}$ 的要求。	

B.1.4.3 冲击电压

B.1.4.3.1 按 GB/T 14598.3 中的有关规定执行。电源回路应按电压等级施加冲击电压，额定电压大于 60 V 时，应施加 5 kV 试验电压；额定电压不大于 60 V 时，应施加 2 kV 试验电压；交流工频电量输入回路应施加 5 kV 试验电压。施加 1.2/50 μs 冲击波形，三个正脉冲和三个负脉冲，施加间隔不小于 5 s。以下述方式施加于交流工频电量输入回路和电源回路。

- 接地端和所有连在一起的其他接线端子之间；
- 依次对每个输入线路端子之间，其他端子接地；
- 电源的输入和大地之间。

B.1.4.3.2 电源回路、交流电量输入回路、输出回路各自对地和无电气联系的各回路之间，应耐受如表 B.4 中规定的冲击电压峰值，正负极性各 5 次。试验时应无破坏性放电（击穿跳火、闪络或绝缘击穿）现象。

B.1.4.3.3 冲击试验后，监测设备的测量误差应满足要求，设备其他功能应满足要求。

表 B.4 冲击电压峰值

额定绝缘电压	冲击电压峰值	额定绝缘电压	冲击电压峰值
$U \leq 60 \text{ V}$	2000 V	$125 \text{ V} < U \leq 250 \text{ V}$	5000 V
$60 \text{ V} < U \leq 125 \text{ V}$	5000 V	$250 \text{ V} < U \leq 400 \text{ V}$	6000 V
注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路绝缘电阻采用 $U_1 > 60 \text{ V}$ 的要求。			

B.1.5 电磁兼容性要求

B.1.5.1 电压暂降和短时中断

按 GB/T 17626.11 中的有关规定执行，在电源电压突降及短时中断时，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

- a) 电压试验等级 0 %UT；
- b) 从额定电压暂降 100 %；
- c) 持续时间为 0.5 s，25 个周期；
- d) 中断次数为 3 次，各次中断之间的恢复时间为 10 s。

注：以上电源电压的突变发生在电压过零处。

B.1.5.2 工频磁场抗扰度

按 GB/T 17626.8 中的有关规定执行。施加如表 B.5 所示的工频磁场干扰，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.5 工频磁场抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	电压/电流波形	试验值 (A/m)
工频磁场抗扰度	4	连续正弦波	30
	5	连续正弦波	100
注 1：4 级为安装于典型工业环境中工厂、电厂或处于特别居民区内的监测设备。 注 2：5 级为处于恶劣的工业环境或严重骚扰环境中，极为靠近中、高压敞开式和 GIS 或真空开关装置或其他电力设备的监测设备。			

B.1.5.3 射频电磁场辐射抗扰度

按 GB/T 17626.3 中的有关规定执行。施加如表 B.6 所示的辐射电磁场，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.6 射频电磁场辐射抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	电压/电流波形	试验值 (V/m)
射频电磁场辐射抗扰度	3	80 MHz~1000 MHz 连续波	10
	4	80 MHz~2000 MHz 连续波	30
注 1：3 级为安装于典型工业环境中的工厂、电厂或处于特别居民区内的监测设备。 注 2：4 级为处于恶劣的工业环境或严重骚扰环境中，极为靠近中、高压敞开式和 GIS 或真空开关装置或其他电力设备的监测设备。			

B.1.5.4 射频场感应的传导骚扰抗扰度

按 GB/T 17626.6 中的有关规定执行。施加如表 B.7 所示的传导发射干扰，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.7 传导发射限值

频率范围 (MHz)	发射限值 dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15~0.5 (不含 0.5)	79	66
0.5~30	73	60

B.1.5.5 静电放电抗扰度

按 GB/T 17626.2 中的有关规定执行。在正常工作条件下，在操作人员通常可接触到的外壳和操作点上，如表 B.8 所示施加静电放电电压，正负极性放电各 10 次，每次放电间隔至少为 1 s。试验时一体机应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.8 静电放电抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	试验值	
		接触放电	空气放电
静电放电抗扰度	4	±8 kV	±15 kV

B.1.5.6 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按 GB/T 17626.4 中的有关规定执行。施加如表 B.9 所示规定的电快速瞬变脉冲群干扰电压，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.9 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	试验值	试验回路
电快速瞬变脉冲群抗扰度	4	2.0 kVP	信号输入回路
		4.0 kVP	电源回路

B.1.5.7 阻尼振荡波抗扰度

按 GB/T 17626.10 中的有关规定执行。施加如表 B.10 所示规定的振荡波干扰电压，在信号输入和交流电源等回路施加以下所规定的振荡波干扰，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.10 阻尼振荡波抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	试验值	试验回路
阻尼振荡波抗扰度	4	2.5 kVP	信号输入回路
		2.5 kVP	电源回路

B.1.5.8 浪涌（冲击）抗扰度

按 GB/T 17626.5 中的有关规定执行。施加如表 B.11 所示规定的浪涌（冲击）干扰电压，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B.11 浪涌（冲击）抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	差模试验值	共模试验值	试验回路
浪涌（冲击）抗扰度	3	1.0 kVP	2.0 kVP	信号输入回路
		1.0 kVP	2.0 kVP	电源回路

B.1.5.9 工频磁场抗扰度

按 GB/T 17626.8 中的有关规定执行。施加如表 B.12 所示规定的工频磁场干扰，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B. 12 工频磁场抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	电压/电流波形	试验值 (A/m)
工频磁场抗扰度	4	连续正弦波	30

B. 1. 5. 10 脉冲磁场抗扰度

按 GB/T 17626. 9 中的有关规定执行。施加如表 B. 13 所示规定的脉冲磁场干扰，试验时监测设备应能正常工作，各项功能、性能指标满足技术规范的相关要求。

表 B. 13 脉冲磁场抗扰度试验主要参数

试验项目	级别	试验值 (A/m)
脉冲磁场抗扰度	4	30

B. 2 监测设备专用要求

B. 2. 1 智能网关

B. 2. 1. 1 采集功能

B. 2. 1. 1. 1 电力设备运行状态采集，可实时监测变压器、中压开关柜、电缆和低压柜的温度、局放等设备状态信息。

B. 2. 1. 1. 2 运行环境采集，可采集配电房现场环境温度、湿度、SF₆气体浓度、臭氧浓度、烟雾火灾、水浸等环境信息，并结合扩展设备实现预警联动，对配电房运行环境实时在线监测。

B. 2. 1. 1. 3 安防监测采集，可统一管理所辖配电房的门禁系统，统计配电房开门的记录，并在发生非法开启行为时产生事件，并可通过红外、视频监测系统，实现对电房内实时安全状况监测和监视。

B. 2. 1. 1. 4 视频采集模块化配置，支持 8 路摄像头接入，通信协议应符合 GB 28181 和 ONVIF 协议的要求。

B. 2. 1. 2 管理功能

B. 2. 1. 2. 1 事件管理

事件管理应满足下列要求。

- a) 智能网关应具备事件记录和上报功能，事件包括智能网关参数变更、网关停/上电等。
- b) 智能网关应能保存最近 500 条事件记录。

B. 2. 1. 2. 2 参数设置和查询

智能网关应支持数据压缩功能，可通过本地及远程设置。智能网关可通过主站远程及手持设备本地设置和查询下列参数。

- a) 网关档案，如采集点编号、网关通信地址、组地址、配置参数、通信参数、经纬度参数等；
- b) 网关通信参数，包括无线远程通信参数、以太网通信参数、以太网本地通信参数、本地维护端口通信参数；无线远程通信支持 APN 自适应以及多主站连接。如主站通信地址（包括主通道和备用通道）、通信协议、IP 地址、通信路由等。

B. 2. 1. 2. 3 事件及上报

事件及上报应满足下列要求。

- a) 智能网关根据主站设置的事件属性自动判断事件产生或恢复，事件产生或恢复时，根据主站的配置决定是否需要上报，同时记录上报状态。每条记录的内容包括事件类型、发生时间及相关关联数据信息；
- b) 事件上报需分通道独立上报，并按通道分别记录上报状态，包括“未上报”、“已上报”、“上报未确认”三种状态；
- c) 智能网关应能记录参数变更、网关停/上电等事件。

B.2.1.2.4 报文存储功能

智能网关支持开发报文存储功能，报文存储功能满足以下要求。

- a) 记录故障时的电流、电压数据，保存不少于 50 条；
- b) 记录 SOE 事件，记录不少于 256 条；
- c) 记录本地边缘计算控制信息，记录不少于 50 条；
- d) 正确读取智能网关内存储的各种记录包括事件、历史数据等。

B.2.1.2.5 自动恢复功能

自动恢复功能应满足下列要求。

- a) 智能网关重新上电或复位后，应具有自动恢复功能，保持原有的各项设置值；若网关掉电，网关不能丢失数据；
- b) 若智能网关死机，应具备自动重启功能；
- c) 当智能网关与主站连接状态异常时，网关应能自动重连恢复。

B.2.1.2.6 设备管理功能

监测设备管理功能应满足下列要求。

- a) 应支持进程管理、内存管理、文件系统、网络管理、虚拟化；
- b) 应支持本地/远程查询硬件信息，至少包括设备名称、硬件版本信息、设备通信接口信息、MAC 地址、内存信息和存储信息；
- c) 应支持本地/远程查询软件信息，至少包括操作系统（内核）、容器、APP 信息、设备状态、设备启动时间和设备当前时间；
- d) 应支持设置和查询告警门限，至少包括 CPU 占用率、内存占用率和存储占用率；
- e) 应支持系统异常信息上报，异常信息至少包括 CPU 占用率越限、内存占用率越限、内部存储空间不足和复位；
- f) 应支持网络配置的修改和查询；
- g) 应支持监测通信网络状态，状态异常时主动尝试恢复；
- h) 低压设备即插即用管理；
- i) 应支持设备本地及远程升级，包括打补丁功能，升级过程中支持断点续传；
- j) 应支持智能配电房监测主站远程管理网关设备管理功能。

B.2.1.2.7 日志管理

日志管理应满足下列要求。

- a) 日志应至少包括系统日志（用于监测设备的运行状态）、操作日志（用于记录用户所执行的所有操作记录）和安全日志（记录用户登陆、注销等活动），日志记录不可修改和删除，支持采用循环记录方式自动定期清理过期日志；
- b) 应支持查询日志的详细内容，查看备份的日志时不能影响当前的日志记录；
- c) 应具备日志导出功能；
- d) 应具备通过主站远程召测日志功能；
- e) 日志存储时间不少于 12 个月；
- f) 应支持智能配电房监测主站远程管理网关日志管理功能。

B.2.1.2.8 应用软件及管理

应用软件管理应满足下列要求。

- a) 应用软件设计应与硬件解耦，支持独立开发；
- b) 应支持应用软件本地及远程启动、停止、安装、卸载等功能，操作过程中不能影响已部署应用软件的运行；
- c) 应支持查询应用软件信息，包括软件列表、版本信息、运行状态、CPU 占用率和内存占用率；
- d) 应支持监测应用软件异常的功能，包括应用软件重启、CPU 占用率超限和内存占用率超限；
- e) 应支持应用软件本地及远程升级，升级过程中支持断点续传。

B.2.1.3 边缘计算功能

智能网关支持边缘计算应用软件的开发，可对采集数据进行相关运算，并与超过设定阈值的相关下游设备进行本地联动。

B.2.1.4 即插即用功能

智能网关应具备即插即用功能，采用统一的 MQTT 及 MODBUS 上下行通信协议，采集配电房各类传感器和其他监测设备的数据，并将数据传输给智能配电房监测主站。

B.2.1.5 对时功能

智能网关具备定时对时和远程对时功能，支持通过北斗、GPS、智能配电房监测主站对时，根据现场需求选择对时方式。实时时钟精度误差应满足 0.5 s/天。

B.2.2 温湿度传感器

B.2.2.1 功能要求

温湿度传感器功能应满足下列要求。

- a) 实现对智能配电房内温度湿度的实时监测，温湿度传感器与配电房智能网关之间采用 RS485 有线传输方式，支持 MODBUS 通信协议；
- b) 温湿度传感器具备本地显示功能，可直观显示当前温湿度值；
- c) 温湿度传感器可通过拨码方式或人机界面修改传感器通信 ID，ID 范围至少支持 0~15 任意设定，传感器安装后无需拆装可修改 ID；
- d) 具有电源指示灯、运行灯、通信指示灯，可直观观察传感器的上电、运行和通信的状态。

B.2.2.2 技术参数

温湿度传感器技术参数如表 B. 14 所示。

表 B. 14 温湿度传感器技术参数

技术参数	技术要求
温度测量范围	-25 ℃~80 ℃
湿度测量范围	0 %RH~99.9 %RH
湿度精度	±3 %RH
温度精度	±0.5 ℃
响应时间	≤15 s
工作电源	DC24 V±20 %
功耗	≤0.5 W
通讯接口	RS485 总线
通讯协议	MODBUS

B. 2. 3 气体传感器

B. 2. 3. 1 功能要求

气体传感器功能应满足下列要求。

- a) 实现对智能配电房内六氟化硫 (SF₆)、氧气 (O₂)、臭氧 (O₃) 气体浓度值实时监测，气体传感器与配电房智能网关之间采用 RS485 有线传输方式，支持 MODBUS 通信协议；
- b) 气体传感器可通过拨码方式或人机界面修改传感器通信 ID，ID 范围至少支持 0~15 任意设定，传感器安装后无需拆装可修改 ID；
- c) 具有电源指示灯、运行灯、通信指示灯，可直观观察传感器的上电、运行和通信的状态。

B. 2. 3. 2 技术参数

气体传感器技术参数如表 B. 15 所示。

表 B. 15 气体传感器技术参数

技术参数	技术要求
SF ₆ 气体浓度测量范围	0 ppm~1000 ppm；测量误差为±10 %；灵敏度为 1 ppm
O ₂ 气体浓度测量范围	0 %~25 %；测量误差为±2.0 %FS；灵敏度为 0.1 %
O ₃ 气体浓度测量范围	0.1 μmol/mol~1 μmol/mol；测量误差为±6.0 %FS；灵敏度为 2.0 %
工作温度	-25 ℃~55 ℃
工作环境湿度	≤99 %RH
工作电源	DC24 V±20 %
功耗	≤3 W
通讯接口	RS485 总线
通讯协议	MODBUS

B. 2. 4 烟雾传感器

B. 2. 4. 1 功能要求

烟雾传感器功能应满足下列要求。

- a) 通过烟雾传感器，监测配电房或电缆沟内，发生火灾前和火灾中产生烟雾状况，并发出报警信号；
- b) 烟雾传感器通过有线节点信号，接入配电房智能网关；

- c) 烟雾传感器具备测试按钮，可进行模拟报警测试；
- d) 当周围环境的烟雾浓度降低到报警值以下时，传感器自动恢复正常状态；
- e) 具有电源指示灯、运行灯，可直观观察传感器的上电、运行的状态。

B.2.4.2 技术参数

烟雾传感器技术参数如表 B.16 所示。

表 B.16 烟雾传感器技术参数

技术参数	技术要求
工作温度	-25℃~80℃
工作环境湿度	≤99%RH
工作电源	DC24V±20%
静态电流	≤200μA
报警电流	≤45mA
输出方式	干节点输出、声光报警/继电器无源触点（NO/NC 可设置）输出
灵敏度等级	m=0.15dB/m~0.5dB/m

B.2.5 水浸传感器

B.2.5.1 功能要求

水浸传感器功能应满足下列要求。

- a) 在配电房容易进水处安装水浸传感器，实时在线监测配电房水浸状态；
- b) 水浸传感器通过有线节点信号，接入配电房智能网关；
- c) 水浸传感器运行在凝露环境下，无误告警；
- d) 具有电源指示灯、运行灯，可直观观察传感器的上电、运行的状态。

B.2.5.2 技术参数

水浸传感器技术参数如表 B.17 所示。

表 B.17 水浸传感器技术参数

技术参数	技术要求
工作温度	-25℃~55℃
工作环境湿度	20%RH~100%RH
工作电源	DC24V±20%
静态功耗	≤0.3W
报警功耗	≤0.5W
输出方式	常闭/常开型无源输出
误报率	≤0.01%
灵敏度	3mm±1mm
响应时间	≤1s
绝缘电阻	>500MΩ
防护等级	IP68

B.2.6 水位传感器

B.2.6.1 功能要求

水位传感器功能应满足下列要求。

- a) 在配电房地势较低处安装水位传感器，实时在线监测配电房水浸情况；
- b) 水位传感器通过 RS485 接口与配电房智能网关通信，支持 MODBUS 通信协议；
- c) 具有温度补偿功能。

B.2.6.2 技术参数

水位传感器技术参数如表 B.18 所示。

表 B.18 水位传感器技术参数

技术参数	技术要求
测量介质	水 (H ₂ O) 或与接触材质兼容
量程范围	0 m~10 m
工作电源	DC24 V±20 %
功耗	≤0.5 W
通讯接口	RS485 总线
通讯协议	MODBUS
精度等级	0.5 %FS
稳定性能	±0.1 %FS/年
温度漂移	±0.01 %FS/℃ (温度补偿范围内)
温度补偿	-10 ℃~55 ℃
防护等级	IP68

B.2.7 红外热成像监测装置

B.2.7.1 功能要求

红外热成像监测装置功能应满足下列要求。

- a) 在线式红外热成像监测配电变压器整体温升状况，并具备数据分析、图像处理和数据上传功能；
- b) 能够自动捕捉监测区域内的最高温度点、最低温度点，并将热像和温度数据传输到智能配电房监测主站；
- c) 支持点、线、区域测温规则，区域测温支持任意不规则区域设置；
- d) 通信协议应符合 GB 28181 和 ONVIF 协议的要求，温度数据封装在视频流；
- e) 可通过 RS485 接口将监测的温度数据传输给智能网关，支持 MODBUS 通信协议；
- f) 支持设置被测物体和摄像头的距离。

B.2.7.2 技术参数

红外热成像监测装置技术参数如表 B.19 所示。

表 B.19 红外热成像监测装置技术参数

技术参数	技术要求
像素分辨率	≥320×240 PX
热灵敏度	<50 mK
视场角	≥56°×43°，能观测变压器完整本体（正视和俯视角度）
图像格式	RAW
测温范围	0 ℃~150 ℃
测温精度	≤±2 ℃或者±2 %
工作温度	-25 ℃~55 ℃

表B. 19 红外热成像监测装置技术参数（续）

技术参数	技术要求
工作环境湿度	≤99 %RH
工作电源	DC24 V±20 % (PoE)
功耗	≤3 W
通讯接口	RJ45 (100 M)、RS485
通信规约	GB 28181、ONVIF 和 MODBUS

B. 2. 8 温度传感器

B. 2. 8. 1 功能要求

温度传感器功能应满足下列要求。

- 监测高、低压开关柜及变压器出线回路温升情况，对异常温升进行预警；
- 传感器可采用电磁、温差、RFID 等取电方式，在全寿命周期内免维护；
- 采用无线通信方式与智能网关或监测采集装置进行通信，支持 MODBUS 通信协议；
- 卡扣或绑扎式安装，或强磁力+导热粘胶安装方式。

B. 2. 8. 2 技术参数

温度传感器技术参数如表 B. 20 所示。

表 B. 20 温度传感器技术参数

技术参数	技术要求
最高耐受温度	160 ℃/2 小时
测量范围	-25 ℃~125 ℃
温度精度	环境温度 0 ℃~100 ℃内精度不大于±1 ℃或±1 %，其余不大于±2 ℃或±2 %
工作电源	自带电源供电
功耗	≤0.5 W
工作温度	-25 ℃~80 ℃
工作环境湿度	≤99 %RH
通讯接口	无线
通讯协议	MODBUS

B. 2. 9 温度监测采集装置

B. 2. 9. 1 功能要求

温度监测采集装置功能应满足下列要求。

- 采集配电房内温度传感器的监测数据，并上传至智能网关；
- 支持即插即用的通信协议，支持 MODBUS 通信协议。

B. 2. 9. 2 技术参数

温度监测采集装置技术参数如表 B. 21 所示。

表 B. 21 温度监测采集装置技术参数

技术参数	技术要求
传感器接收点数	最大 300 点
上传通讯接口	RS485

表B. 21 温度监测采集装置技术参数（续）

技术参数	技术要求
下传通信接口	无线
通讯协议	MODBUS
工作温度	-25℃~55℃
工作环境湿度	≤99%RH
工作电源	DC24V±20%、AC220V±20%或AC110V±20%
功耗	≤5W

B. 2. 10 局放传感器

B. 2. 10. 1 功能要求

本部分包含特高频局放监测传感器、超声波监测传感器、暂态地电压监测传感器及相关附件，功能应满足下列要求。

- 具有局部放电分析功能，可以判断局部放电的类型、强度，能够准确的反映出中压开关柜内部的局部放电严重程度，其中特高频检测法应能提供 PRPS、PRPD 等图谱数据；
- 具备在线监测模式，并能对放电报警阈值予以报警输出；
- 具备多通道测试功能，每个测点具有报警值设置功能。

B. 2. 10. 2 技术参数

特高频局放监测传感器、超声波监测传感器、暂态地电压监测传感器技术参数分别如表 B. 22、表 B. 23、表 B. 24 所示。

表 B. 22 特高频局放监测传感器技术参数

技术参数	技术要求
检测频带选择	全通、高通、低通可设置
动态范围	特高局放传感器的动态范围不应小于 40 dB 在动态范围内检测结果应能有效反映局部放电强度的变化
特高频传感器频带范围	300 MHz~1500 MHz
幅值线性误差	≤20%
灵敏度	不大于 7.6 mV/m
特高频平均等效高度	不小于 8 mm，且最小有效高度宜不小于 3 mm
供电方式	自带电源供电或 DC24V±20%
功耗	≤0.5 W
工作温度	-25℃~55℃
工作环境湿度	≤99%RH
通讯接口	无线
通讯协议	MODBUS

表 B. 23 超声波局放传感器技术参数

技术参数	技术要求
超声波传感器频带范围	20 kHz~60 kHz
超声波传感器中心频率	40 kHz
幅值线性误差	≤20%
超声波传感器灵敏度	峰值灵敏度一般不小于 60 dB (V/(m/s))，均值零度一般不小于 40 dB (V/(m/s))
线性度误差	不大于±20%
供电方式	自带电源供电

表B. 23 超声波局放传感器技术参数（续）

技术参数	技术要求
功耗	$\leq 0.5\text{ W}$
工作温度	$-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作环境湿度	$\leq 99\text{ \%RH}$
通讯接口	无线
通讯协议	MODBUS

表 B. 24 暂态地电压传感器技术参数

技术参数	技术要求
检测频宽	3 MHz～300 MHz
传输阻抗	在 10 MHz 正弦电流信号输入时，传输阻抗值大于 5 mV/mA
技术参数	技术要求
线性误差值	$\leq \pm 20\text{ \%}$
灵敏度	峰值灵敏度一般不小于 60 dB (V/(m/s))，均值零度一般不小于 40 dB (V/(m/s))
供电方式	自带电源供电
功耗	$\leq 0.5\text{ W}$
工作温度	$-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作环境湿度	$\leq 99\text{ \%RH}$
通讯接口	无线
通讯协议	MODBUS

B. 2. 11 局放监测采集装置

B. 2. 11. 1 功能要求

局放监测采集装置功能应满足下列要求。

- 采集配电房内局放传感器的监测数据，并上传至智能网关；
- 支持即插即用的通信协议，支持 MODBUS 通信协议。

B. 2. 11. 2 技术参数

局放监测采集装置技术参数如表 B. 25 所示。

表 B. 25 局放监测采集装置技术参数

技术参数	技术要求
传感器接收点数	最大 300 点
上传通讯接口	RS485
下传通信接口	无线
通讯协议	MODBUS
工作温度	$-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
工作环境湿度	$\leq 99\text{ \%RH}$
工作电源	DC24 V $\pm$ 20 %、AC220 V $\pm$ 20 %或 AC110 V $\pm$ 20 %
功耗	$\leq 5\text{ W}$

B. 2. 12 门状态传感器

B. 2. 12. 1 功能要求

门状态传感器功能应满足下列要求。

- a) 门状态传感器应具备将配电房门的开启、关闭状态信号上传至智能网关的功能；
- b) 宜选择带有触点的机械式限位开关或带极性的磁开关的传感器；
- c) 门状态传感器采用无源设计，无需铺设电源线或者外接电源。

B.2.12.2 技术参数

门状态传感器技术参数如表 B.26 所示。

表 B.26 门状态传感器技术参数

技术参数	技术要求
安装方式	壁挂式
输出方式	常闭型无源输出
动作距离	≥3.5mm
工作温度	-25℃~55℃
工作环境湿度	≤99%RH

B.2.13 球型高清摄像机

B.2.13.1 功能要求

球型高清摄像机功能应满足下列要求。

- a) 具备远程控制视频功能；
- b) 支持报警信号（环境、安防、电力设备状态）及视频预置位的联动；
- c) 可实现与环境监测系统联动，根据环境监测系统的预警或告警区域，查看特定区域情况，供人工确认；
- d) 可实现与安防设备系统联动，当某区域发生入侵报警时，自动联动视频监控系统，并自动将对应位置的图像画面切换至监控屏幕上；
- e) 可识别包括但不限于鼠类、蛇类等小动物的入侵；
- f) 可实现与电力设备状态系统联动，对电力设备的操作和运行状态进行拍照和录像，给运维人员判断设备运行状态正常与否提供佐证；
- g) 录像优先级从高到低依次为手动、外部报警、视频检测、定时。

B.2.13.2 技术参数

球型高清摄像机技术参数如表 B.27 所示。

表 B.27 球型高清摄像机技术参数

参数分类	参数	参数值
摄像机	图像传感器	CMOS
	传感器总像素	不小于 400 万像素
	图像尺寸	至少满足 1920×1080
	最低照度	0.0005 Lux/F1.5(彩色)，黑白：0.0001 Lux/F1.5(黑白)， 0 Lux with IR（红外灯开启）
	增益控制	自动/手动
	降噪	支持
	信噪比	≥52 dB
	白平衡	自动/手动
	背光补偿	支持

表B.27 球型高清摄像机技术参数（续）

参数分类	参数	参数值
摄像机	宽动态	支持
	强光抑制	支持
	数字变倍	30 倍以上
	日夜模式	自动 ICR 滤光片彩转黑
镜头参数	聚焦模式	自动/半自动/手动
	焦距	(4.7 mm~94 mm) 不小于该范围
	变倍速度	≤3.8 s
	视场角	水平: 54.1° ~3.21° (近焦到远焦)
	近摄距	100 mm~100 mm (近焦到远焦)
	光学变倍	≥20 倍
	光圈值	F1.4~F2.6
语音对讲	补光方式	红外
	补光控制	自动/近灯/远灯/关闭
	补光距离	≥30 M
	补光角度	根据焦距可变
	水平范围	0° ~360° 连续旋转
	垂直范围	-10° ~90° 自动翻转 180° 后连续监视
	键控速度	水平: 0.1° ~200° /s 垂直: 0.1° ~120° /s 视变
语音对讲	调用预置位速度	水平: 240° /s 垂直: 200° /s
	长焦限速	支持
	预置位	≥256 个
	自动巡航	≥8 条, 每条最少可添加 32 个预置位
	断电记忆	支持
	隐私遮挡	支持
	云台功能	支持空闲动作, 支持三维定位, 支持人性化的焦距/速度自动匹配功能
	分辨率及帧率	分辨率: 彩色模式下, 球机的中心水平分辨率应满足。 1) A 类为水平分辨率大于或等于 450 线; 2) B 类为水平分辨率大于或等于 650 线; 3) C 类为水平分辨率大于或等于 900 线; 4) D 类为水平分辨率大于或等于 1700 线。 球机输出图像的边缘水平分辨率不应低于中心水平分辨率的 70 %。 帧率不小于 25 fps
	视频压缩	H.264/ H.265
	音频压缩	G.711 a/G.711 mu
	语音对讲	配置拾音器和扬声器功能, 实现对讲功能。
	网络协议	IPv4/IPv6, HTTP, HTTPS, 802.1x, Qos, FTP, SMTP, UPnP, SNMP, DNS, DDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, ICMP, DHCP, PPPoE
	区域聚焦	支持
	时间显示	支持, 如星期、日期
	应用编程接口	支持软件集成的开放 API, 支持标准协议 (GB 28181、ONVIF、CGI、PISA), 支持第三方管理主站接入
	浏览器	支持 IE7+、Chrome8+、Firefox3.5+、Safari5+浏览器
	安全模式	授权的用户名和密码, 以及 MAC 地址绑定; HTTPS 加密; IEEE 802.1x 网络访问控制 (白名单)
	智能识别	具备智能 AI 扩展功能
	智能检测	网络断开检测, IP 冲突检测, 编码器状态检测, 存储卡状态检测, 存储空间检测
	网络接口	内置 RJ45 网口, 支持 10 M/100 M 网络数据
	报警输入	≥2 路开关量输入 (0 V~5 VDC)
	报警输出	≥2 路, 支持报警联动

表B. 27 球型高清摄像机技术参数（续）

参数分类	参数	参数值
语音对讲	报警联动	抓图/预置位/巡航/巡迹/SD卡录像/触发开关量输出/ 客户端电子地图/发送邮件
	音频输入	音频输入(LINE 输入)，音频峰值：2 V~2.4 V[p-p]，输出阻抗：1 kΩ±10 %
	音频输出	线性电平，阻抗：600 Ω
	SD卡接口	内置 Micro-SD 卡插槽，支持 SD/SDHC/SDXC，可支持手动录像/报警录像， 支持断网续传，录像不丢失
电源要求	工作电源	DC24 V±20 % (PoE)
	功耗	≤60 W（红外灯、加热器开启）
工作环境	工作温度	-25 ℃~55 ℃
	工作环境湿度	≤99 %RH

B. 2. 14 网络固定摄像机

B. 2. 14. 1 功能要求

网络固定摄像机功能应满足下列要求。

- a) 具备远程控制视频功能；
- b) 支持报警信号（环境、安防、电力设备状态）及视频预置位的联动；
- c) 可实现与环境监测系统联动，根据环境监测系统的预警或告警区域，查看特定区域情况，供人工确认；
- d) 可实现与安防设备系统联动，当某区域发生入侵报警时，自动联动视频监控系统，并自动将对应位置的图像画面切换至监控屏幕上；
- e) 可实现与电力设备状态系统联动，对电力设备的操作和运行状态进行拍照和录像，给运维人员判断电力设备运行状态正常与否提供佐证；
- f) 录像优先级从高到低依次为手动、外部报警、视频检测、定时；
- g) 支持自动变焦，自动调节光圈及一键聚焦功能。

B. 2. 14. 2 技术参数

网络固定摄像机技术参数如表 B. 28 所示。

表 B. 28 网络固定摄像机技术参数

参数分类	参数	参数值
摄像机	传感器类型	CMOS
	传感器有效像素（不低于）	至少满足 1920×1080
	最低照度	0.0005 LUX@F1.4（彩色/黑白）；0 LUX@F1.4（红外灯开启）
	红外距离	≥30 米
	日夜转换	IR-CUT 自动切换
	扫描方式	逐行扫描
	降噪	支持
	宽动态	支持
	信噪比	≥50 dB
	增益控制	自动
	白平衡	自动
	背光补偿	支持
	强光抑制	支持
	聚焦功能	手动/自动

表B. 28 网络固定摄像机技术参数（续）

参数分类	参数	参数值
镜头参数	镜头焦距	2.8 mm~12 mm
	镜头光圈	F1.4
视频参数	视频压缩标准	H.264/H.265
	视频码率	码率可调,可自定义
	视频帧率	主码流 (2560×1440@25 fps) ; 辅码流 1 (1920×1080@25 fps) , 外部其它辅码流可自适应
报警参数	报警联动	网络断开; IP 冲突; 移动检测; 视频遮挡
功能	图像设置	亮度; 对比度; 锐度; 饱和度
	图像镜像	支持
	心跳机制	支持
	录像模式	手动录像; 视频检测录像; 定时录像; 报警录像
	智能识别	具备智能 AI 扩展功能
	恢复默认	支持一键恢复默认配置
	浏览器	支持 IE7+、Chrome8+、Firefox3.5+、Safari5+浏览器
接口	网络接口	1 个 10M/100M 以太网, RJ45 接口
	网络协议	HTTP; TCP; ARP; RTSP; RTP; UDP; RTCP; SMTP; FTP; DHCP; DNS; DDNS; PPPoE; IPv4/v6; SNMP; QoS; UPnP; NTP
	接入标准	ONVIF; GB/T 28181; CGI; PSIA
电源要求	工作电源	DC24 V±20 % (PoE)
	功耗	<8.5 W (红外灯开启, 电动变焦)
工作环境	工作温度	-25 ℃~55 ℃
	工作环境湿度	≤99 %RH

B. 2. 15 干式变压器状态监测装置

B. 2. 15. 1 功能要求

干式变压器状态监测装置功能应满足下列要求。

- 监测干式配电变压器风机状态（启/停、正常/异常）、干变绕组温度，实现故障/高温报警、启动风机、超温跳闸等功能；
- 支持即插即用的通信协议，支持 MODBUS 通信协议。

B. 2. 15. 2 技术参数

干式变压器状态监测技术参数如表 B. 29 所示。

表 B. 29 干式变压器状态监测装置技术参数

技术参数	技术要求
测温范围	- 25 ℃~200 ℃
测温	分辨率: 0.1 ℃ 精度: ±1 ℃
开关量输出（可选）	≥5 路 继电器输出, 接点容量 AC 250 V/5 A
传感器	≥3 路温度传感器
上传通讯接口	RS485 或以太网
下传通信接口	RS485
通讯协议	MODBUS
工作电源	DC24 V±20 %、AC220 V±20 %或 AC110 V±20 %
功耗	≤5 W

表B. 29 干式变压器状态监测装置技术参数（续）

技术参数	技术要求
工作温度	-25 ℃~55 ℃
工作环境湿度	≤99 %RH

B. 2. 16 油浸变压器状态监测装置

B. 2. 16. 1 功能要求

油浸变压器状态监测装置功能应满足下列要求。

- 集注油、油位测量、油温测量及压力释放显示及报警于一体，通过有线通信方式将监测数据传送到智能网关；
- 支持即插即用的通信协议，支持 MODBUS 通信协议。

B. 2. 16. 2 技术参数

油浸变压器状态监测装置技术参数如表 B. 30 所示。

B. 30 油浸变压器状态监测装置技术参数

技术参数	技术要求
油温测量	不低于 200 ℃
压力显示	不低于 76 kpa
开关量采集（可选）	≥4 路，接无源空节点
开关量输出（可选）	≥3 路：继电器输出，接点容量 AC 250 V/5 A
上传通讯接口	RS485 或以太网
下传通信接口	RS485
通讯协议	MODBUS
工作电源	DC24 V±20 %、AC220 V±20 %或 AC110 V±20 %
功耗	≤5 W
工作温度	-25 ℃~55 ℃
工作环境湿度	≤99 %RH

附 录 C

(规范性)

智能配电房通信规约

C.1 智能网关与智能电房监测主站远程交互协议

C.1.1 使用前必读

C.1.1.1 规约结构

本部分规定了智能网关与智能配电房监测主站之间所采用的 MQTT 通信协议在 ISO 七层体系中所属位置以及协议栈数据结构，如表 C.1 所示。

表 C.1 MQTT 规约结构

应用功能	用户进程
MQTT	应用层（第 7 层）
TCP/IP 协议	传输层（第 4 层）
	网络层（第 3 层）
802.3、4G/5G、NB-IoT 等协议	链路层（第 2 层）
	物理层（第 1 层）
注：第5层、第6层未用	

MQTT 协议栈数据结构如图 C.1 所示。MQTT 消息由固定报头（Fixed header）、可变报头（Variable header）和有效载荷（Payload）三部分组成。

其中固定报头（Fixed header）和可变报头（Variable header）格式的填写请参考 MQTT 标准规范，有效载荷（Payload）的格式由应用定义，即智能网关和智能配电房监测主站之间自己定义。

常见 MQTT 消息类型主要有 CONNECT、SUBSCRIBE、PUBLISH。

- a) CONNECT 指客户端请求和服务端连接。有效载荷（Payload）的主要参数，参考智能网关连接鉴权填写。
- b) SUBSCRIBE 指客户端订阅请求。有效载荷（Payload）中的主要参数“Topicname”，参考 Topic 定义中订阅者为智能网关的 Topic。
- c) PUBLISH 主站发布消息。

注 1：可变报头（Variable header）中的主要参数“Topic name”，指智能网关上报到智能配电房监测主站时发布者智能网关的 Topic。详细请参考 Topic 定义。

注 2：有效载荷（Payload）中的主要参数为完整的数据上报和命令下发的消息内容，目前是一个 JSON 对象。

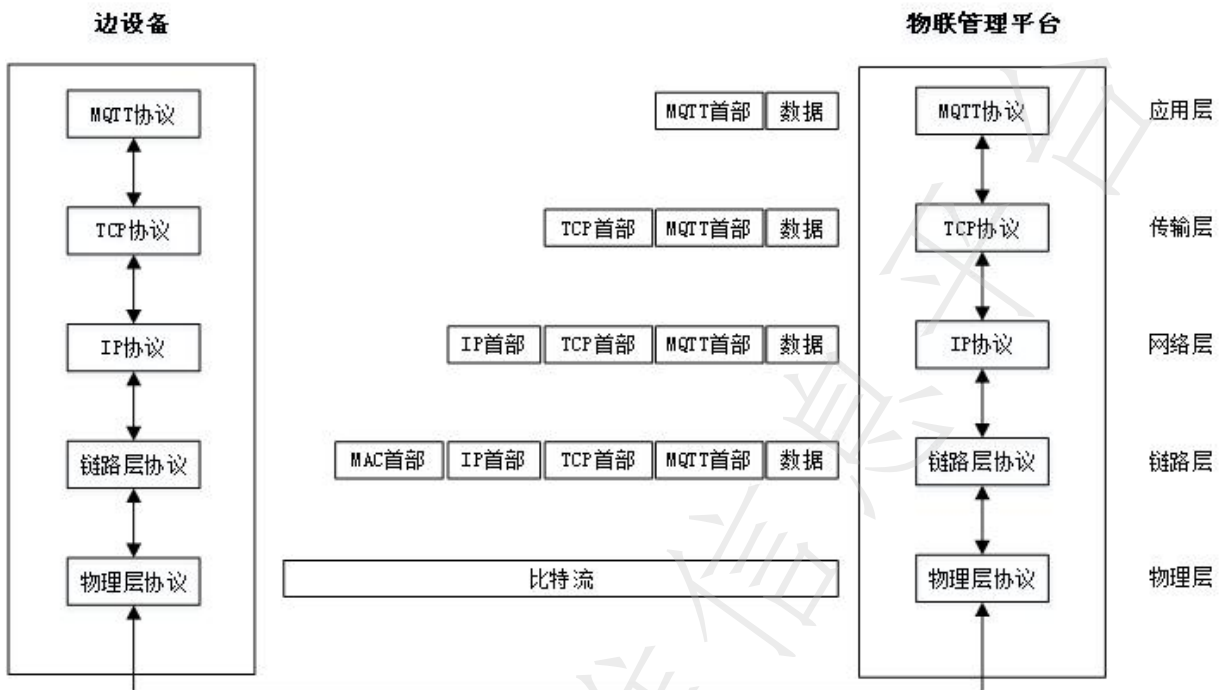


图 C.1 MQTT 协议栈数据结构

C.1.1.2 使用限制

- C.1.1.2.1 上行 Topic 是指智能网关向主站发送请求，或上报数据，或回复响应。
- C.1.1.2.2 下行 Topic 是指主站向智能网关下发指令，或回复响应。
- C.1.1.2.3 智能网关与主站建立连接后，需要订阅下行 Topic，否则无法收到主站下发的指令或回复的响应。应用侧接口的调用，需要智能网关侧的配合，例如应用侧下发命令，智能网关侧需要先订阅“主站命令下发”的下行 Topic，否则智能网关无法收到主站命令，应用下发命令的接口也会报超时。

C.1.2 通讯方式

C.1.2.1 概述

智能网关接入智能配电房监测主站，通过主站进行通信。

C.1.2.2 智能网关发送数据到智能配电房监测主站

智能网关接入智能配电房监测主站后，便可与主站进行通信。智能网关可通过下列方式发送数据到智能配电房监测主站：

- a) 智能网关采集数据上报：用于智能网关按产品模型中定义的格式将智能网关采集数据上报给主站；
- b) 智能网关事件上报：用于智能网关按产品模型中定义的格式将事件数据上报给主站。

C.1.2.3 应用服务器下发指令给智能网关

智能网关接入智能配电房监测主站后，应用服务器可通过下列方式发送指令到智能网关：

- a) 主站命令下发，应用服务器按产品模型中定义的命令格式下发控制命令给智能网关。

C.1.3 Topic 定义

智能网关使用 MQTT 协议接入主站时，主站和智能网关通过 Topic 进行通信。主站预置的 topic 列表如表 C.2 所示。

表 C.2

Topic 分类	Topic	Publisher (发布者)	Subscriber (订阅者)	用途
授权 Topic	iot/{version}/{device_id}/auth	智能网关	主站	授权
	iot/{version}/{device_id}/auth/response	主站	智能网关	处理结果回复
	iot/{version}/{device_id}/login	智能网关	主站	登录
	iot/{version}/{device_id}/login/response	主站	智能网关	处理结果回复
智能网关数据 采集相关 Topic	iot/{version}/{device_id}/properties	智能网关	主站	智能网关数据采集
	iot/{version}/{device_id}/gateway/properties	智能网关	主站	网关批量数据采集
	iot/{version}/{device_id}/properties/response	主站	智能网关	处理结果回复
命令相关 Topic	iot/{version}/{device_id}/commands	主站	智能网关	下发命令
	iot/{version}/{device_id}/commands/response	智能网关	主站	处理结果回复
注 1: {version} 是 Topic 的版本号，默认填写 V1.0，后续根据使用情况更新。				
注 2: {device_id} 是智能网关的唯一标识，用于标识 Topic 路由的目标智能网关，智能网关侧订阅该 topic 或往 topic 推送消息时，该值需要替换为智能网关出厂序列号。如智能网关为网关时 {device_id} 换成网关 sn。				

C.1.4 连接智能网关鉴权

C.1.4.1 接口说明

智能网关支持 MQTT 协议的 connect 消息接口，鉴权通过后建立智能网关与主站间的 MQTT 连接。

C.1.4.2 参数说明

参数说明如表 C.3 所示。

表 C.3

参数	必选/可选	类型	参数描述
ClientId	必选	String (256)	-
Username	必选	String (256)	-
Password	必选	String (256)	-

C.1.4.3 授权

C.1.4.3.1 功能介绍

用于智能网关向主站申请授权证书，智能网关本地生成一对密钥，私钥自身保存，使用公钥向主站申请授权，回复 Data 的 authCode 信息保存到 client.pem 文件。

C.1.4.3.2 Topic

上行 iot/{version}/{device_id}/auth

a) 参数说明

publicKey: 字符串类型，必填字段，智能网关公钥。

b) 示例

Topic: iot/v1.0/{device_id}/auth

数据格式:

```
{
  "publicKey": "16fed178t7e520559c85b986a700003a"
}
```

C.1.4.3.3 回复 Topic

下行 `iot/{version}/{device_id}/auth/response`

a) 回复参数说明

- 1) Status: 字符串类型, 必填字段, 回复代码, 具体值详见表 C.4。
- 2) Message: 字符串类型, 必填字段, 回复消息, 成功时为“成功”, 失败时为“失败”。
- 3) Data: json 类型, 必填字段, 成功时回复证书内容, 失败时为 null。
- 4) authCode: 字符串类型, 必填字段, 证书内容。

b) 回复示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/auth/response`

数据格式:

```
{
  "Status": "00",
  "Message": "成功",
  "Data": { "authCode": "16fed178t76REWF20559c85b9CGJ86a700003a" }
}
```

C.1.4.4 登录

C.1.4.4.1 功能介绍

用于智能网关登录, 申请 token。

C.1.4.4.2 Topic

上行 `iot/{version}/{device_id}/login`

a) 参数说明

publicKey: 字符串类型, 必填字段, 智能网关公钥。

b) 示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/login`

数据格式:

```
{
  "publicKey": "16fed178t7e520559c85b986a700003a"
}
```

C.1.4.4.3 回复 Topic

下行 `iot/{version}/{device_id}/login/response`

a) 回复参数说明

- 1) Status: 字符串类型, 必填字段, 回复代码, 具体值详见表 C.4。
- 2) Message: 字符串类型, 必填字段, 回复消息, 成功时为“成功”, 失败时为“失败”。

3) Data: json 类型, 必填字段, 成功时回复 token, 失败时为 null。

4) token: 字符串类型, 必填字段, 使用授权码。

b) 回复示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/login/response`

数据格式:

```
{
  "Status": "00",
  "Message": "成功",
  "Data": {"token": "16fed16f07e520559c85b986a700003a"}
}
```

C.1.5 智能网关数据采集

C.1.5.1 功能介绍

用于智能网关按产品模型中定义的格式将属性数据上报给主站。

C.1.5.2 Topic

上行 `iot/{version}/{device_id}/properties`

a) 参数说明

- 1) token: 字符串类型, 必填字段, 授权信息。
- 2) logdt: 字符串类型, 必填字段, 数据时间。
- 3) node: 列表, 必填字段, 智能网关节点。
- 4) name: 字符串类型, 必填字段, 属性代号。
- 5) value: 字符串类型, 必填字段, 属性值。
- 6) unit: 字符串类型, 选填字段, 属性单位。

b) 示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/properties`

数据格式:

```
{
  "token": "16fed16f07e520559c85b986a700003a",
  "logdt": "2021-04-28 15:36:00",
  "node": [{"name": "SENSE_YGTCQ", "value": "0"}, {"name": "SENSE_WD", "value": "30"}]
}
```

C.1.5.3 回复 Topic

下行 `iot/{version}/{device_id}/properties/response`

a) 回复参数说明

- 1) Status: 字符串类型, 必填字段, 回复代码, 具体值详见表 C.4。
- 2) Message: 字符串类型, 必填字段, 回复消息, 成功时为“成功”, 失败时为“失败”。
- 3) Data: 字符串类型, 必填字段, 成功时回复“success”, 失败时为“fail”。

b) 回复示例

Topic: iot/v1.0/{device_id}/properties/response

数据格式:

```
{
  "Status": "00",
  "Message": "成功",
  "Data": "success"
}
```

C.1.6 网关批量数据采集

C.1.6.1 功能介绍

用于智能网关按产品模型中定义的格式将属性数据上报给主站。

C.1.6.2 Topic

上行 iot/{version}/{device_id}/gateway/properties

a) 参数说明

- 1) Token: 字符串类型, 必填字段, 授权信息。
- 2) Logdt: 字符串类型, 必填字段, 数据时间。
- 3) Device: 列表类型, 必填字段, 智能网关列表。
- 4) Id: 字符串类型, 必填字段, 智能网关编号。
- 5) Node: 列表, 必填字段, 智能网关节点。
- 6) Name: 字符串类型, 必填字段, 属性代号。
- 7) Value: 字符串类型, 必填字段, 属性值。
- 8) Unit: 字符串类型, 选填字段, 属性单位。

b) 示例

Topic: iot/v1.0/{device_id}/gateway/properties

数据格式:

```
{
  "token": "16fed16f07e520559c85b986a700003a",
  "logdt": "2021-04-28 15:36:00",
  "device": [
    {
      "id": "1",
      "node": [
        {
          "name": "SENSE_YGTCQ",
          "value": "0"
        },
        {
          "name": "SENSE_WD",
          "value": "26.4"
        }
      ]
    },
    {
      "id": "2",
      "node": [
        {
          "name": "SENSE_DY_A",
          "value": "224.117"
        },
        {
          "name": "SENSE_DY_B",
          "value": "223.848"
        },
        {
          "name": "SENSE_DY_C",
          "value": "224.191"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

C.1.6.3 回复 Topic

下行 iot/{version}/{device_id}/properties/response

a) 回复参数说明

- 1) Status: 字符串类型, 必填字段, 回复代码, 具体值详见表 C.4。
- 2) Message: 字符串类型, 必填字段, 回复消息, 成功时为“成功”, 失败时为“失败”。
- 3) Data: 字符串类型, 必填字段, 成功时回复“success”, 失败时为“fail”。

b) 回复示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/properties/response`

数据格式:

```
{
  "Status": "00",
  "Message": "成功",
  "Data": "success"
}
```

C.1.7 智能网关命令

C.1.7.1 功能介绍

用于主站向智能网关下发监测设备控制命令。主站下发命令后, 需要监测设备及时将命令的执行结果返回给主站, 如果监测设备没响应, 主站会认为命令执行超时。

C.1.7.2 Topic

下行 `iot/{version}/{device_id}/commands`

a) 参数说明

- 1) Token: 字符串类型, 必填字段, 授权信息。
- 2) Id: 字符串类型, 选填字段, 为网关时填写, 根据网关 sn 和 id 定位到具体监测设备。
- 3) Time: 字符串类型, 必填字段, 数据时间。
- 4) Data: json 类型, 必填字段, 控制的参数。

b) 示例

Topic: `iot/v1.0/{device_id}/commands`

数据格式:

```
{
  "token": "16fed16f07e520559c85b986a700003a",
  "id": "7",
  "time": "2022-07-20 11:06:36",
  "data": {"ykaction": "1"}
}
```

C.1.7.3 回复 Topic

上行 `iot/{version}/{device_id}/commands/response`

a) 回复参数说明

- 1) Status: 字符串类型, 必填字段, 回复代码, 具体值详见表 C.4。
- 2) Message: 字符串类型, 必填字段, 回复消息, 成功时为“成功”, 失败时为“失败”。
- 3) Data: json 类型, 必填字段, 控制的结果。

b) 回复示例

Topic: iot/v1.0/{device_id}/commands/response

数据格式:

```
{  
  "Status": "00",  
  "Message": "成功",  
  "Data": {"id": "7", "time": "2022-07-20 11:06:36", "result": "1"}  
}
```

表 C.4

类别	Status	含义
自定义	0001~9999	接口服务自定义
通用	00	成功
	01	失败
	02	未授权

C.2 智能网关与监测设备本地通讯规约

C.2.1 协议概述

智能网关与监测设备本地通讯规约遵循 MODBUS 规约, MODBUS 协议采用主/从机通讯方式, 主机发送请求, 从机收到属于从机的正确数据后响应主机请求。在协议中主机为智能网关, 从机为各类监测设备或传感器。

C.2.2 串口参数设定

串口参数设定如下:

- a) 波特率: 9600;
- b) 数据位:
 - 1) 1 位起始位;
 - 2) 8 位数据位, 低位在前;
 - 3) 无校验;
 - 4) 1 位停止位;
- c) 错误校验: 循环冗余校验 (CRC);
- d) 响应时间: 小于等于 1 s。

C.2.3 协议格式

C.2.3.1 通信采用 MODBUS 通信协议功能代码

03H —— 读单个或连续多个寄存器 (读取保持寄存器)

06H —— 写单个寄存器

RTU 命令格式及示例:

- (1) 03H —— 读单个或连续多个寄存器

表 C.5 下传命令

名 称	字节序号	举例
监测设备地址	1	01H
功能码	2	03H
地址 (High Byte)	3	01H
地址 (Low Byte)	4	02H
数据个数 (N) (High Byte)	5	00H
数据个数 (N) (Low Byte)	6	02H
CRC 校验 (Low Byte)	7	CRC (L)
CRC 校验 (High Byte)	8	CRC (H)

注：从地址为01H的模块中读取起始地址为0102H的连续2个字的内容。

表 C.6 返回数据

名 称	字节序号	举例
监测设备地址	1	01H
功能码	2	03H
返回数据字节数 (2N)	3	04H
数据 1 (High)	4	00H
数据 1 (Low)	5	01H
数据 2 (High)	6	00H
数据 2 (Low)	7	01H
CRC 校验 (Low Byte)	8	CRC (L)
CRC 校验 (High Byte)	9	CRC (H)

注：从地址为 01H 的模块中返回起始地址为 0102H 的连续 2 个字的内容（阴影部分）。

(2) 06H ——写单个寄存器

表 C.7 下传命令

名 称	字节序号	举例
监测设备地址	1	01H
功能码	2	06H
寄存器地址 (High Byte)	3	01H
寄存器地址 (Low Byte)	4	02H
寄存器数据 (High Byte)	5	00H
寄存器数据 (Low Byte)	6	01H
CRC 校验 (High Byte)	7	CRC (L)
CRC 校验 (Low Byte)	8	CRC (H)

注：向地址为 01H 的模块中起始地址为 0102H 的寄存器中写入 1 个字数据（阴影部分）。

表 C.8 返回数据

名 称	字节序号	举例
监测设备地址	1	01H
功能码	2	06H
寄存器地址 (High Byte)	3	01H
寄存器地址 (Low Byte)	4	02H
寄存器数据 (High Byte)	5	00H
寄存器数据 (Low Byte)	6	01H
CRC 校验 (High Byte)	7	CRC (H)
CRC 校验 (Low Byte)	8	CRC (L)

C.2.3.2 寄存器参数说明

地址 0000~000F 为环境监测传感器定义的功能参数，如表 C.9 所示。

表 C.9

寄存器地址 (HEX)	寄存器描述	操作权限	说明	功能码
0000	传感器 ID	只读	无符号整形数据： ID 值=ID	03H
0001	温度值	只读	无符号整形数据： 上传值=测量值*10+500 测量值精确到 0.1 °C 测量值单位 °C	03H
0002	湿度值	只读	无符号整形数据： 上传值=测量值*10+500 单位 RH%	03H
0003	SF ₆ 值	只读	无符号整形数据： 上传值=测量值 SF ₆ 气体含量由两个字节表示 例如 1500 ppm 表示为 05H, DCH	03H
0004	O ₂ 值	只读	无符号整形数据： 上传值=测量值*10 单位 %	03H
0005	O ₃ 值	只读	无符号整形数据： 上传值=测量值*10 单位 ppm	03H
0006	噪声值	只读	无符号整形数据： 噪声值=测量值*10 单位 dB	03H
0007	温度告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值*10+500 默认告警值为 ≥40 °C	03H, 06H
0008	湿度告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值*10+500 默认告警值为 ≥87 %RH	03H, 06H
0009	SF ₆ 浓度告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值 默认告警值 ≥1000 μL/L	03H, 06H
000A	O ₂ 浓度告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值*10 默认告警值 <18 %	03H, 06H
000B	O ₃ 浓度告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值*10 默认告警值 ≥0.1 ppm	03H, 06H
000C	噪声告警值	读写	无符号整形数据： 上传、下发值=告警值*10 默认告警值为 >65 dB	03H, 06H

C.2.3.3 CRC 校验方法

校验码的计算范围从第一字节开始，到校验码的前一字节。采取 CRC16-IBM 校验，生成多项式：
 $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ 。

参考代码如下：

```
static const unsigned char aucCRChi2[] = {
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
```

```

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,
0x00, 0xC1, 0x81, 0x40

```

```
};
```

```

static const unsigned char aucCRCLo2[] = {
    0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7,
    0x05, 0xC5, 0xC4, 0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E,
    0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09, 0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9,
    0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD, 0x1D, 0x1C, 0xDC,
    0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,
    0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32,
    0x36, 0xF6, 0xF7, 0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D,
    0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A, 0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38,
    0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF,
    0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,
    0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1,
    0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4,
    0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F, 0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB,
    0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA,
    0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,
    0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0,

```

```

        0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97,
        0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C, 0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E,
        0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88, 0x48, 0x49, 0x89,
        0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,
        0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83,
        0x41, 0x81, 0x80, 0x40
    };

```

```

unsigned short CalcCRC16(unsigned char * pucFrame, unsigned short usLen )
{
    unsigned char ucCRCHi = 0xFF;
    unsigned char ucCRCLo = 0xFF;
    int iIndex;
    while( usLen-- )
    {
        iIndex = ucCRCLo ^ *( pucFrame++ );
        ucCRCLo = ( INT8U )( ucCRCHi ^ aucCRCHi2[iIndex] );
        ucCRCHi = aucCRCLo2[iIndex];
    }
    return ( unsigned short )( ucCRCHi << 8 | ucCRCLo );
}

```

C.3 即插即用流程

智能网关上电后，应主动与主站建立即插即用通信连接，并一直保持连接状态。网关检测到连接断开后，应立即与主站重新建立通信连接。

即插即用流程在智能网关与主站间的即插即用通道内完成。网关上电或数据通信中断后，一旦即插即用通道建立完成，立即开始即插即用流程。即插即用流程完毕前，应关闭网关与主站的数据通信。有效的即插即用流程完毕后，立即开放数据通信。

智能网关与智能配电房监测主站即插即用流程如图 C.2 所示，执行下列步骤：

- 数据通信中断后或智能网关上电时，智能网关向主站主动上传传感器档案的版本号和传感器档案文件 CRC 校验码。智能电房监测主站收到智能网关上送的传感器档案版本号和 CRC 校验码后，应立即向智能网关回复确认。同时与主站的传感器档案进行校验。智能网关 15 秒内未收到主站回复的肯定确认，则重复向主站上送传感器档案；
- 主站传感器档案校验成功，表示智能网关的传感器档案与主站一致时，主站开放主站数据通信；
- 主站传感器档案版本校验失败，表示智能网关的传感器档案与主站不一致时，主站应采用向智能网关下发正确的传感器档案；智能网关收到主站下发的传感器档案后，完成智能网关与传感器通信设置。设置完成后，向主站发送确认；
- 收到智能网关上送的肯定或否定后，主站向智能网关召唤传感器档案版本和文件 CRC 校验码；智能网关收到该命令后向主站上送智能网关自身传感器档案的版本和文件 CRC 校验码。主站收到校验码后，再次进行传感器档案校验。根据校验结果重复图 C.2 中②或③步骤；
- 智能网关收到主站开放数据通信命令后，表示有效的即插即用流程完毕，开放智能网关数据通信；

- f) 即插即用通信建立后，主站和智能网关应间隔 120 秒向对方发送心跳数据；
- g) 主站和智能网关在连续执行图 C. 2 中②或③步骤后，仍然没有通过校验，应产生告警。

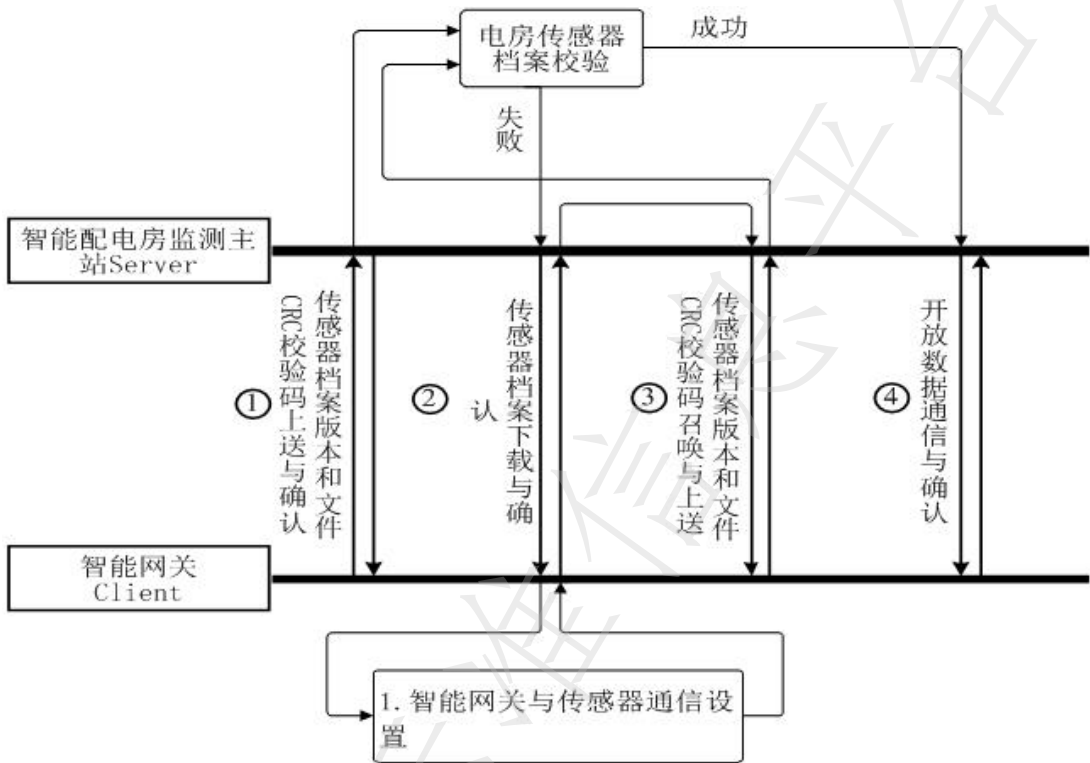


图 C. 2