

ICS 01.040.29
K40

Q/GDW

国家电网有限公司企业标准

Q/GDW 12083—2021

输变电设备物联网无线节点设备 技术规范

Technical standard for the wireless node device for the internet of things for power
transmission and transformation equipment

2021 - 12 - 06 发布

2021 - 12 - 06 实施

国家电网有限公司 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.....	1
4 缩略语.....	2
5 功能要求.....	2
5.1 功能分类.....	2
5.2 接入节点功能.....	2
5.3 汇聚节点功能.....	3
6 技术要求.....	4
6.1 工作条件.....	4
6.2 外观与结构.....	4
6.3 存储容量.....	4
6.4 安全保密性.....	4
6.5 协议一致性.....	4
6.6 无线通信性能.....	5
6.7 接入容量及组网性能.....	6
6.8 电源性能.....	6
6.9 环境适应性.....	7
6.10 外壳防护性能.....	7
6.11 电气性能.....	7
6.12 电磁兼容.....	8
6.13 机械性能.....	8
6.14 可靠性.....	9
7 试验.....	9
7.1 试验条件.....	9
7.2 外观与结构检查.....	9
7.3 基本功能检查.....	9
7.4 协议一致性.....	9
7.5 无线通信性能.....	9
7.6 接入容量及组网性能.....	10
7.7 电源性能.....	10
7.8 环境适应性.....	10
7.9 防护等级.....	11
7.10 电气性能.....	11
7.11 电磁兼容.....	11
7.12 机械性能.....	11
7.13 可靠性.....	11
8 检验规则.....	11
8.1 总体要求.....	11
8.2 型式试验.....	12
8.3 出厂检测.....	13

8.4	入网检测.....	13
8.5	抽样检测.....	13
9	标志、包装、运输和贮存.....	13
9.1	标志.....	14
9.2	包装.....	14
9.3	运输.....	14
9.4	贮存.....	14
附录 A (资料性附录)	节点设备、无线传感终端典型组网方式.....	16
附录 B (规范性附录)	节点设备检测模式.....	17
附录 C (规范性附录)	接入容量及组网性能试验.....	18
附录 D (规范性附录)	无线节点设备协议一致性测试.....	20
	编制说明.....	23

前 言

为规范输变电设备物联网无线节点设备技术要求，提高无线节点设备的可靠性和实用性，指导并推进无线节点设备在输变电业务中的应用，制定本标准。

本标准由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、国网河北省电力有限公司、国网安徽省电力有限公司、国网天津市电力公司、国网四川省电力公司、国网信息通信产业集团有限公司、北京国网富达科技发展有限责任公司、南瑞集团有限公司、北京神州泰岳软件股份有限公司、杭州安智联科技有限公司、中盈优创资讯科技有限公司、南京英锐祺科技有限公司、深圳友讯达科技股份有限公司。

本标准主要起草人：胡成博、张国江、邵进、贾骏、黄强、王真、姚楠、付慧、景巍巍、秦剑华、刘子全、程阳、路永玲、陶风波、朱雪琼、李勇、印吉景、刘洪、冯笑、钱宇骋、张克谦、刘创华、李旭旭、王威、李智、林春青、董伟伟、周超然、舒杰红、郑敏、潘鑫、吕红志、王鹏。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。

输变电设备物联网无线节点设备技术规范

1 范围

本标准规定了输变电设备物联网无线节点设备的功能要求、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存的要求。

本标准适用于输变电设备物联网无线节点设备的设计、开发、应用及测试。

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）适用于本文件。

- GB/T 2423 电工电子产品环境试验
- GB/T 3512 硫化橡胶或热塑性橡胶热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16422 塑料实验室光源暴露试验方法
- GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术
- GB/T 35697 架空输电线路在线监测装置通用技术规范
- YD/T 1484.1 无线终端空间射频辐射功率和接收机性能测量方法 第1部分：通用要求
- YD/T 3729 物联网终端原电池技术要求及测试方法
- Q/GDW 11449 输电线路状态监测装置试验方法
- Q/GDW 12020 输变电设备物联网微功率无线网通信协议
- Q/GDW 12021 输变电设备物联网节点设备无线组网协议
- Q/GDW 12079 输变电设备物联网传感器数据规范
- Q/GDW 12080 输变电设备物联网边缘计算应用软件接口技术规范
- Q/GDW 12081 输变电设备物联网通信安全规范
- Q/GDW 12082 输变电设备物联网无线传感器通用技术规范

3 术语和定义

Q/GDW 12020 和 Q/GDW 12021 界定的及以下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无线节点设备 wireless node device

输变电设备物联网感知层中的通信设备，具备自组网和传感终端无线接入等功能。

3.2

无线接入节点设备 wireless access node device

输变电设备物联网的感知层中的通信主设备，具备网络管理、自组网和传感终端无线接入等功能，下文简称“接入节点”。

3.3

无线汇聚节点设备 wireless sink node device

输变电设备物联网的感知层中的通信中继设备，具备自组网和传感终端无线接入等功能，下文简称“汇聚节点”。

3.4

传感网系统 sensor network system

由无线节点设备和无线传感终端组成的感知系统，实现无线传感终端数据的汇聚和无线传输。

3.5

I类无线传感终端 type I wireless sensor terminal

符合 Q/GDW 12020 的要求，通过无线方式进行通信的传感终端。

3.6

II类无线传感终端 type II wireless sensor terminal

符合 Q/GDW 12021 的要求，通过无线方式进行通信的传感终端。

3.7

标准测试无线传感终端 standard test wireless sensor terminal

用于测试的标准传感器终端，可以是独立的实体，也可以是某个实体的一项功能，可衡量节点设备接入容量。

3.8

丢包率 packet loss rate

在一段时间内，未成功收到并解析的数据包的数量占应收到数据包的比值。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EID: 设备标识符 (Equipment Identifier)

5 功能要求

5.1 功能分类

无线节点设备按功能可分为接入节点和汇聚节点。典型的传感网系统参见附录 A。

5.2 接入节点功能

5.2.1 数据接入与转发

应具备数据接入与转发功能，具体要求如下：

- a) 应支持通过有线或无线方式接入上级平台。
- b) 应支持通过无线通信方式与汇聚节点或无线传感终端通信。

5.2.2 数据存储

应具备数据存储功能，具体要求如下：

- a) 具备对无线传感终端和其他节点设备上传的感知数据、状态数据、告警数据和接入节点自身的运行数据进行存储的功能。
- b) 具备数据断电保持功能，接入节点电源中断时，系统配置参数与储存数据不能丢失。

5.2.3 就地处理

应具备就地处理功能，具体要求如下：

- a) 具备数据解析与格式转换功能，支持对满足 Q/GDW 12079 的无线传感终端数据报文的解析，支持将无线传感终端数据报文转化为上级系统遵循的无线传感终端物模型数据格式。
- b) 安装于变电场景的接入节点应支持边缘计算功能；安装于输电场景的接入节点宜支持边缘计算功能。
- c) 具备边缘计算功能的接入节点支持容器化部署的应用软件运行，具备容器管理、进程管理、消息路由、模型的注册及管理功能，并满足 Q/GDW 12080 的要求。

5.2.4 网络管理

应具备网络管理功能，具体要求如下：

- a) 支持本地网络管理，具备网络设备和网络状态查询、拓扑管理、参数配置、白名单配置功能。
- b) 宜支持通过上级平台对网络远程管理，进行网络设备和网络状态查询、参数配置、白名单配置。

5.2.5 自我管理

应具备自我管理功能，具体要求如下：

- a) 具备复位重启功能，可接收外部指令进行设备重启操作。
- b) 具备自诊断功能，实现对内存使用率、CPU 占用率、储存空间使用比例等系统状态的监测、告警。诊断结果的发送方式应包括触发上报、请求上报和定时上报。
- c) 具备断电后时间保持或恢复功能，保持时间不低于 3 天。
- d) 支持网络故障后自恢复，具备接入节点断电重启和汇聚节点离线后自组网，无线传感终端掉线后的自动重连功能。
- e) 宜具备软件升级功能，通过远程或有线连接方式进行系统或应用升级。
- f) 具备对时功能，对时误差小于 1s。
- g) 支持无线通信性能检测模式，具体要求参考附录 B。

5.3 汇聚节点功能

5.3.1 数据接入与转发

应具备数据接入与转发功能，要求如下：

- a) 支持通过无线通信方式汇集无线传感终端和汇聚节点数据。
- b) 支持无线通信方式转发数据至其他汇聚节点或接入节点。

5.3.2 网络管理

应支持接入节点对其网络状态查询、参数配置等网络管理。

5.3.3 自我管理

应具备自我管理功能，具体要求如下：

- a) 具备复位重启功能，可接收外部指令进行设备重启操作。
- b) 具备自诊断功能，对 CPU 占用率、储存空间使用比例等系统状态的监测、告警。诊断结果的发送应包括触发上报、请求上报和定时上报。
- c) 宜具备断电后时间保持或恢复功能，保持时间不低于 3 天。
- d) 支持无线通信性能检测模式，具体要求参考附录 B。

6 技术要求

6.1 工作条件

无线节点设备的工作条件分为室内级、室外 I 级、室外 II 级、室外 III 级 4 种等级，其工作条件等级划分参见表 1。

表 1 无线节点设备工作条件

等级	环境温度	相对湿度	大气压力
室内级	-5℃~40℃	5%RH~100%RH	80kPa~110kPa
室外 I 级	-25℃~45℃		50kPa~110kPa
室外 II 级	-40℃~45℃		
室外 III 级	-55℃~45℃		

6.2 外观与结构

节点设备外观应满足以下要求：

- a) 节点设备的外观完整、整洁、无损伤。
- b) 金属构件应采用耐腐蚀材料或经过耐腐蚀处理的材料，非金属构件采用耐老化材料或经过耐老化处理的材料。
- c) 各零部件及相应连接线有防松措施，无机械损伤。
- d) 具有永久标识，铭牌、文字及符号应简明清晰。
- e) 户外节点设备应采用全封闭天线，满足户外运行环境要求。

6.3 存储容量

接入节点应能够将传感网及其中设备的感知、状态数据能循环储存至少 180 天。

6.4 安全保密性

应符合 Q/GDW 12081 的要求。

6.5 协议一致性

6.5.1 通信协议一致性

无线节点设备通信协议一致性应满足以下要求：

- a) 无线节点设备之间、无线节点设备与 II 类无线传感终端的通信满足 Q/GDW 12021。
- b) 无线节点设备与 I 类无线传感终端的通信符合 Q/GDW 12020。

c) 接入节点与上级平台通信满足 IEC 61850、IEC 104 或 MQTT 等标准协议要求。

6.5.2 数据传输规约一致性

无线节点设备之间、无线节点设备与无线传感终端之间的数据交换格式满足 Q/GDW 12079。

6.6 无线通信性能

6.6.1 无线信号频段

应支持 470MHz-510MHz 频段或 2400MHz-2483.5MHz 频段。

6.6.2 技术指标要求

6.6.2.1 CSS 调制方式

CSS 调制方式下，节点设备无线通信性能要求参见表 2。

表 2 CSS 调制下无线通信指标要求

无线通信频段	发射/接收	技术指标	要求
2400MHz-2483.5MHz	发射	射频输出功率	可达到 8dBm, 不超过 10dBm, 功率可调
		发射带宽	默认 812.5kHz
		发射频率容差	$\pm 30\text{ppm}$ (812.5kHz)
		杂散发射	$\leq -36\text{dBm}$ (9KHz-1GHz) $\leq -30\text{dBm}$ (1GHz-15GHz)
	接收	灵敏度	可达到-113dBm (SF=8,BW=812.5kHz)
		接收频率容差	$\pm 50\text{ppm}$
470MHz-510MHz	发射	射频输出功率	可达到 15dBm-17dBm, 功率可调
		发射带宽	默认 500kHz
		发射频率容差	$\pm 30\text{ppm}$ (500kHz)
		杂散发射	$\leq -36\text{dBm}$, 9KHz-1GHz $\leq -30\text{dBm}$, 1GHz-15GHz
	接收	灵敏度	可达到-109dBm (SF=5,BW=500kHz)
		接收频率容差	$\pm 50\text{ppm}$ (500kHz)

注：SF—扩频因子；BW—带宽。

6.6.2.2 IEEE 802.15.4 调制方式

IEEE 802.15.4 调制方式下节点设备无线通信性能要求参见表 3。

表 3 IEEE802.15.4 调制下无线通信指标要求

无线通信频段	发射/接收	技术指标	要求
2400MHz-2483.5MHz	发射	射频输出功率	可达到 4dBm-10dBm, 功率可调
		发射带宽	默认 1MHz
		发射频率容差	$\pm 40\text{ppm}$ (1MHz)
		杂散发射	$\leq -36\text{dBm}$ (9KHz-1GHz) $\leq -42\text{dBm}$ (1GHz-15GHz)

表 3 （续）

无线通信频段	发射/接收	技术指标	要求
2400MHz-2483.5MHz	接收	灵敏度	可达到-98dBm（250kbps）
		接收频率容差	±60ppm

6.7 接入容量及组网性能

6.7.1 接入容量

6.7.1.1 测试条件

接入容量为节点设备接入无线感知终端的最大数量，测试条件如下：

- 无线通信环境良好，环境噪声对通信无影响。
- 无线感知终端与节点设备之间的接收信号强度满足通信要求。
- 无线感知终端为标准测试无线传感终端，标准测试无线传感终端分类与参数要求见附录 D。

6.7.1.2 指标要求

无线节点设备接入容量应满足以下要求：

- 变电场景，接入节点支持采用直连或通过汇聚节点接入 3000 个以上的 I 类标准测试无线传感终端，或接入 1000 个以上的 II 类标准测试无线传感终端。
- 变电场景，汇聚节点单频点支持 1000 个以上的 I 类标准测试无线传感终端或 500 个以上的 II 类标准测试无线传感终端接入。
- 输电场景，接入节点支持通过直连或汇聚节点接入 $(100 \times (\text{最大多跳级数}))$ 个以上的 I 类标准测试无线传感终端或 $(20 \times (\text{最大多跳级数}))$ 个以上的 II 类标准测试无线传感终端接入（最大多跳级数等于 0 代表不具备多跳组网能力）。
- 安装于输电场景的汇聚节点，单频点支持 200 个以上的 I 类标准测试无线传感终端或 50 个以上 II 类标准测试无线传感终端接入。

6.7.2 组网性能

接入节点和汇聚节点应具备以下组网能力：

- 变电场景，接入节点和汇聚节点应支持树状组网，最大多跳级数不小于 10 跳。单个接入节点与不少于 30 个汇聚节点组网。
- 输电场景，接入节点和汇聚节点宜支持多跳组网，最大多跳级数不小于 10 跳。

6.8 电源性能

无线节点设备电源应满足以下要求：

- 安装在室内的无线节点设备应采用市电或一次电池供电。若采用市电，电压偏差 $\leq \pm 10\%$ ，频率偏差 $\leq \pm 1\text{Hz}$ ；若采用一次电池供电，单组电池使用时间应不少于 1 年，电池性能及安全应符合 YD/T 3729 的要求。
- 安装在户外的节点设备可采用市电、太阳能电池或一次电池供电。若采用市电，电压偏差 $\leq \pm 10\%$ ，频率偏差 $\leq \pm 1\text{Hz}$ ；若采用太阳能电池供电，电池容量应满足在当地环境条件下连续工作至少 30 天，电池寿命应不小于 8 年，电池性能和安全应符合 GB/T 35697 的要求；若采用一次电池供电，单组电池使用时间应不小于 8 年，电池性能及安全应符合 YD/T 3729 的要求。

6.9 环境适应性

6.9.1 正常工作温度

应满足 GB/T 2423 中规定的高温试验和低温试验要求，考核温度和考核时间如表 4 所示。

表 4 考核温度与考核时间

等级	环境温度	正常工作温度		考核时间
		低温温度	高温温度	
室内级	-5℃~+40℃	-5℃	55℃	2h
室外 I 级	-25℃~+45℃	-25℃	85℃	72h
室外 II 级	-40℃~+45℃	-40℃	85℃	
室外 III 级	-55℃~+45℃	-55℃	85℃	

注：安装于室外的无线节点设备外接的蓄电池在进行高温试验考核时考核温度为70℃。

6.9.2 交变湿热性能

应满足 GB/T 2423.4 中规定的严酷等级为：高温温度为+55℃，试验周期 48h（2 个循环）的交变湿热试验要求。

6.9.3 盐雾腐蚀性能

安装于室外的节点设备应满足 GB/T 10125 中规定的乙酸盐雾试验（AASS 试验）或铜加速乙酸盐雾试验（CASS 试验）要求。

6.9.4 覆冰性能

安装于杆塔上的节点应满足 GB/T 35697 中规定的对覆冰性能的要求。

6.9.5 老化性能

安装于室外的节点设备应满足 GB/T 16422.2、GB/T 2423.24、GB/T 3512 中规定的荧光紫外老化、氙灯老化、热老化试验要求。

6.10 外壳防护性能

节点设备应满足 GB 4208 中的 IP 等级要求，其中电缆隧道内节点设备防护等级应满足 IP68 要求，户外节点设备防护等级应满足 IP65 要求，室内或遮蔽场但不放于机柜内或电缆隧道的节点设备应满足 IP31 要求，放于机柜内的节点设备应满足 IP20 要求。

6.11 电气性能

6.11.1 绝缘性能

节点设备由市电供电时，应满足 DL/T 478 中规定的绝缘电阻对绝缘电阻、介质强度、冲击电压的要求。

6.11.2 雷击性能

安装于杆塔上时节点设备应满足 GB/T 35697 中规定的对雷击性能的要求。

6.12 电磁兼容

6.12.1 抗扰度要求

节点设备应具备抗电磁干扰设计，抗扰度性能参见表 5。

表 5 节点设备电磁兼容抗扰度要求

试验点	试验项目	基础标准	试验等级	性能要求	
外壳	静电放电抗扰度	GB/T 17626.2	4 级	A	
	射频电磁场辐射抗扰度	GB/T 17626.3 或 GB/T 17626.20	3 级	A	
	脉冲磁场抗扰度	GB/T 17626.8	5 级	A	
	工频磁场抗扰度	GB/T 17626.9	5 级	A	
	阻尼振荡磁场抗扰度	GB/T 17626.10	5 级	A	
电源	市电供电	电压暂降及短时中断抗扰度	GB/T 17626.11	3 级	A
		电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	4 级	A
		浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5	4 级	A
		射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	3 级	A
	太阳能电池供电	电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	4 级	A
		浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5	4 级	A
一次电池供电	无	/	/	/	
I/O 信号/控制（包括功能接地端口连接线）	电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	4 级	A	
	射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	3 级	A	

注：阻尼振荡磁场抗扰度只适用于部署于变电站内的节点设备。

6.12.2 抗扰度性能判据

抗扰度性能判据如下：

- 试验过程中，在技术要求限值内功能或性能正常，可判定为 A 级。
- 试验过程中，功能或性能暂时降低或丧失，但能自行恢复，可判定为 B 级。
- 试验过程中，功能或性能暂时降低或丧失，但需要人工干预或系统复位才能恢复，可判定为 C 级。
- 试验过程中，出现设备（元件）或软件损坏（存储数据丢失、功能丧失，性能下降，即使人工干预或系统复位也不能恢复，可判定为 D 级。

6.13 机械性能

6.13.1 振动性能

应满足 GB/T 35697 中规定的对振动性能的要求。

6.13.2 碰撞性能

应满足 GB/T 35697 中规定的对碰撞性能的要求。

6.13.3 包装运输性能

应满足 GB/T 35697 中规定的对包装运输性能的要求。

6.14 可靠性

节点设备可靠性要求如下：

- a) 节点设备使用寿命不少于 8 年，确保使用过程中的装置可靠性、系统稳定性、数据完整性。
- b) 能够连续、准确、可靠地工作，在使用寿命期内，平均无故障工作时间（MTBF）不低于 5 年。

7 试验

7.1 试验条件

各项检验宜在如下正常试验大气条件下进行：

- a) 环境温度：+15℃～+35℃。
- b) 相对湿度：25%RH～75%RH。
- c) 大气压力：860hPa～1060hPa。

7.2 外观与结构检查

采用目测和触摸的方法对本标准 6.2 中的内容逐项进行检查。

7.3 基本功能检查

将被测节点设备通电，与其他节点设备和无线传感终端搭建传感网系统，施加相应信号或查看系统配置。接入节点应对 5.2.1、5.2.2、5.2.3、5.2.4、5.2.5 逐项检验，汇聚节点应对 5.3.1、5.3.2、5.3.3 逐项检验。

7.4 协议一致性

节点设备协议一致性测试包括微功率接入测试、MAC 层测试、网络层测试、业务层测试和互操作性测试，具体试验方法见附录 D。

7.5 无线通信性能

7.5.1 最大射频输出功率

应按照 YD/T 1484.1-2016 中 5.3 的方法在微波暗室中测试。节点设备进入发射机检测模式，带宽使用默认配置，天线使用 3dB 全向天线，工作模式为发送数据或单载波。测试结果需满足 6.6 的要求。

7.5.2 发射带宽

节点设备进入发射机检测模式，工作模式为发送数据或单载波，使用频谱分析仪表计算发射带宽。测试结果需满足 6.6 的要求。

7.5.3 发射频率容差

节点设备进入发射机检测模式，工作模式为发送数据，设置发射频率，带宽使用默认配置，使用频谱分析仪表计算中心频率，并与节点设备设置发射频率对比。测试结果需满足 6.6 的要求。

7.5.4 杂散发射

按照 YD/T 1484.1-2016 中的方法在微波暗室中测试。节点设备进入发射机检测模式，设置节点设备为最大发射功率，工作模式为发送数据或单载波，使用频谱分析仪表测试目标频段内的杂散信号强度。测试结果需满足 6.6 的要求。

7.5.5 接收灵敏度

按照 YD/T 1484.1-2016 中 6.3.1 的方法在微波暗室中测试。节点设备使用 3dB 全向天线，配置接收频点，并进入接收检测模式。暗室内标准测试信号逐级调整发射功率来发送数据包，将节点设备接收数据与信号源发射数据进行比对，计算节点设备丢包率。丢包率 $\leq 1\%$ 时，节点设备达到该级的灵敏度要求，测试结果需满足 6.6 的要求。

7.5.6 接收频率容差

节点设备进入接收机检测模式。暗室内发射机信号发射功率高于 6.6 给出的节点设备接收灵敏度 3dB，逐级调整发射频率，发送数据包，将节点设备接收数据与信号源发射数据进行比对，计算节点设备丢包率。丢包率 $\leq 1\%$ ，说明该频点发射信号可成功接收。上下限结合中心频率可计算得到频率容差，测试结果需满足 6.6 要求。

7.6 接入容量及组网性能

接入容量和组网性能测试方法及判断准则参见附录 C。

7.7 电源性能

7.7.1 太阳能电池

太阳能电池应进行额定容量、30 天持续供电、荷电保持、能量恢复能力试验及高温能量保持率、低温能量保持率、过充电保护、过放电保护、过电流保护试验。应按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.7.2 一次电池

按照 YD/T 3729 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.8 环境适应性

7.8.1 低温

按照 GB/T 2423.1 中规定的方法进行试验。试验中及试验后，节点设备丢包率 $\leq 1\%$ 。

7.8.2 高温

按照 GB/T 2423.1 中规定的方法进行试验。试验中及试验后，节点设备丢包率 $\leq 1\%$ 。

7.8.3 交变湿热

按照 GB/T 2423.4 中规定的方法进行试验。试验中及试验后，节点设备丢包率 $\leq 1\%$ 。

7.8.4 盐雾腐蚀

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.8.5 覆冰性能

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法进行试验。试验中及试验后，节点设备丢包率 $\leq 1\%$ 。

7.8.6 老化试验

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.9 防护等级

按照 GB 4208 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.10 电气性能

7.10.1 绝缘性能

包括绝缘电阻、介质强度、冲击电压试验，按照 DL/T 478 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.10.2 雷击性能

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.11 电磁兼容

应满足本标准 6.12 中引用的标准规定的方法进行试验，按照 6.12.2 的标准进行评级。

7.12 机械性能

7.12.1 振动试验

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.12.2 碰撞试验

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.12.3 包装运输试验

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

7.13 可靠性

按照 Q/GDW 11449 中规定的方法和判定准则进行试验。

8 检验规则

8.1 总体要求

检验分为型式试验、出厂检测、入网检测和抽样检测 4 类，检验项目参见表 6。

表 6 试验项目

序号	检验项目	型式试验	出厂检测	入网检测	抽样检测
1	外观与结构	●	●	●	●
2	基本功能	●	●	●	●
3	协议一致性	●	—	●	○

表 6 (续)

序号	检验项目	型式试验	出厂检测	入网检测	抽样检测
4	无线通信性能	最大射频输出功率	●	○	●
5		发射带宽	●	○	○
6		发射频率容差	●	●	●
7		杂散发射	●	○	●
8		接收灵敏度	●	○	●
9		接收频率容差	●	●	●
10	电源性能	●	—	●	○
11	电磁兼容	静电放电	●	○	●
12		射频电磁场辐射抗扰度	●	—	●
13		射频场感应的传导骚扰抗扰度	●	—	●
14		脉冲磁场抗扰度	●	—	●
15		工频磁场抗扰度	●	—	●
16		阻尼振荡磁场抗扰度	●	—	●
17		电快速瞬变脉冲群抗扰度	●	—	●
18		浪涌(冲击)抗扰度	●	—	●
19		电压暂降及短时中断抗扰度	●	—	●
20	环境适应性	低温	●	—	●
21		高温	●	—	●
22		盐雾腐蚀	●	—	○
23		交变湿热	●	—	●
24		覆冰性能	●	—	○
25		老化试验	●	—	●
26	防护等级	防尘等级	●	—	●
27		防水等级	●	—	●
28	电气性能	绝缘电阻	●	—	●
29		介质强度	●	—	●
30		冲击电压	●	—	●
31		雷击性能	●	—	○
32	机械性能	振动	●	—	○
33		碰撞	●	—	○
34		包装运输试验	●	—	○
35	可靠性	可靠性	●	—	○

注：● 表示规定必须做的项目；○ 表示规定可不做的项目；—表示不做的项目

8.2 型式试验

8.2.1 检验规则

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4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，可能影响无线传感终端性能时；
- 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。

8.2.2 样品

型式试验的样品应不少于3台。

8.2.3 结果评定

样品通过全部型式试验为合格。

8.3 出厂检测

8.3.1 检验规则

应对节点设备进行逐台检验。

8.3.2 结果评定

检测中出现任一检验项目不合格，均判该节点设备为不合格。

8.4 入网检测

8.4.1 检验规则

按型号对节点设备进行入网认证检验。

8.4.2 结果评定

样品通过全部试验为合格。

8.5 抽样检测

8.5.1 检验规则

根据供货节点设备的类型、数量，应在到货的节点设备中随机抽样。如单机供货数量在3台及以下，则按实际台数全部抽取；超过3台的，按实际台数的10%抽取，但单机样品不应少于3台。

8.5.2 结果评定

a) 对抽检样品进行逐台检验，检验中有1台以上（包含1台）单机不合格时，应加倍抽取该节点设备按照抽样检验相关项目进行检验。若仍有不合格时，则判该批节点设备不合格；若全部检验合格，则除去第一批抽样不合格的单机节点设备，该批节点设备判为合格。

b) 应在抽样检验合格后进行现场安装与调试。抽样检验报告仅对本次工程项目有效。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

节点设备的显著位置应有不锈钢名牌，内容至少应包括：

- a) 节点设备名称、型号；
- b) 生产厂名、商标、产地；
- c) 出厂编号；
- d) 出厂年月。

9.2 包装

9.2.1 基本要求

节点设备的包装应满足 GB/T 13384，符合牢固、美观和经济的要求，做到结构合理、紧凑、防护可靠，在正常储运、装卸条件下，保证节点设备不致因包装不善而引起设备损坏、散失、锈蚀、长霉和降低准确度等。

9.2.2 包装环境要求

节点设备包装时，周围环境及包装箱内应清洁、干燥，无有害气体、无异物。

9.2.3 装箱要求

节点设备包装后，其包装件中心应尽量靠下且居中。节点设备装在箱内应予以支撑、垫平、卡紧，节点设备可移动的部分应移至使节点设备具有最小外形尺寸，并加以固定。

9.2.4 分体包装

节点设备如有突出部分，在不影响其性能的条件下，应拆卸包装，以缩小包装件体积。

9.2.5 产品防护

节点设备的防振、防潮、防尘等防护包装按 GB/T 13384 中的有关规定进行。

9.2.6 随机文件清单

随机文件应齐全，文件清单如下：

- a) 装箱清单表；
- b) 节点设备使用说明书；
- c) 节点设备维护手册；
- d) 节点设备出厂合格证；
- e) 出厂检验报告。

9.2.7 随机文件包装

随机文件应采用塑封包装，并放置在包装箱内；若整套节点设备分装数箱，则随机文件应放在主机箱内。

9.3 运输

包装完整的节点设备在运输过程中应避免雨、雪的直接淋袭，并防止受到剧烈的撞击和振动。

9.4 贮存

包装好的节点设备应贮存在环境温度-25℃~+45℃、相对湿度小于 80%的室内，且周围无腐蚀性挥发物，无强电磁场作用。

附录 A
 (资料性附录)
 节点设备、无线传感终端典型组网方式

节点设备、无线传感终端典型组网方式如图 A.1 所示。

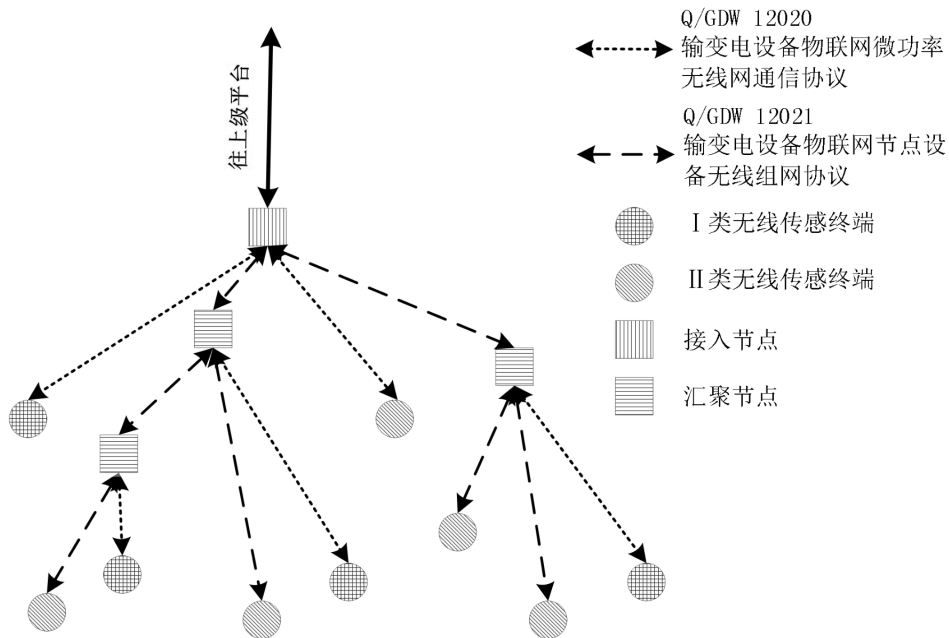


图 A.1 节点设备、无线传感终端典型组网方式

附录 B
(规范性附录)
节点设备检测模式

B.1 发射机检测模式

发射机检测模式下，节点设备应屏蔽数据接收功能，并能够与上位机进行交互、配置。具体满足如下要求：

- a) 应具备通过外部端口设置进入测试模式功能，实现单载波和数据发送。
- b) 应可配置数据包长度、发送间隔等数据包参数。
- c) 应可配置扩频因子、带宽、编码率、前导长度、工作频点、发射功率等物理层参数。

B.2 接收机检测模式

接收机检测模式下，节点设备应屏蔽数据发送功能，并能够与上位机进行交互，对设备进行配置。具体满足如下要求：

- a) 应可配置扩频因子、带宽、编码率、前导长度、工作频点等物理层参数。
- b) 具备向上位机数据传输功能，传输数据应包括：接收数据包内容、接收数据包信号强度、接收数据包信噪比。

附 录 C
(规范性附录)
接入容量及组网性能试验

C.1 主要测试设备

C.1.1 陪测节点设备

用于在接入容量及组网性能测试中与被测节点设备组成传感网陪测,可以是独立的实体,也可以是测试平台的一项功能,要求如下:

- a) 陪测接入节点应具备 5.2.1 规定的接入与转发功能和 5.2.3 规定的解析功能。
- b) 陪测汇聚节点具备 5.3.1 规定的接入与转发功能。

C.1.2 标准测试无线传感终端

标准测试无线传感终端分为 I 类和 II 类,要求如下:

- a) I 类模拟无线传感终端应符合 Q/GDW 12020 要求。发送数据长度为 24byte,周期为 5 分钟。满足 Q/GDW 12079 对于无线通信性能的要求。
- b) II 类模拟无线传感终端应符合 Q/GDW 12021 要求。发送数据长度为 14400byte,周期为 4 小时。满足 Q/GDW 12082 对于无线通信性能的要求。

C.1.3 模拟无线传感终端

模拟无线传感终端应能够批量模拟标准测试无线传感终端行为,测试时可替代标准测试无线传感终端,要求如下:

- a) I 类模拟无线传感终端应具备批量模拟 I 类标准测试无线传感终端的功能。
- b) II 类模拟无线传感终端应具备批量模拟 II 类标准测试无线传感终端的功能。

C.2 测试环境

测试环境应满足以下要求:

- a) 射频环境噪声 $\leq -90\text{dBm}$ 。
- b) 环境中无其他无线感知终端干扰。
- c) 将被测节点设备和陪测节点设备、标准测试无线传感终端(或模拟无线传感终端)组成传感网。

C.3 接入容量测试

C.3.1 试验方法

C.3.1.1 汇聚节点设备测试方法

传感网系统由被测汇聚节点,陪测接入节点, I 类、II 类标准测试无线传感终端(或标准测试无线传感终端)组成。改变模拟无线传感终端的模拟数量,运行 240 分钟以上,统计收到数据的传感器数量和丢包率。

C.3.1.2 接入节点设备测试方法

传感网系统由被测接入节点,陪测汇聚节点, I 类、II 类模拟无线传感终端(或标准测

试无线传感终端)组成。设置模拟无线传感终端的模拟数量,运行 240 分钟以上,统计收到数据的传感器数量和丢包率。

C.3.2 判定准则

被模拟的无线传感终端数量符合 6.7.1 的要求,丢包率 $\leq 1\%$ 。

C.4 组网性能测试

C.4.1 试验方法

将多台汇聚节点和 1 台接入节点通过射频线相连,构成组网通信测试环境。每台汇聚节点接入模拟无线传感终端,设置模拟无线传感终端的模拟数量。运行 240 分钟以上,查看数据解析结果和传感网系统拓扑关系,统计丢包率。

C.4.2 判定准则

符合 6.7.2 的要求,数据解析、拓扑关系正确,丢包率 $\leq 5\%$ 。

附录 D
(规范性附录)
无线节点设备协议一致性测试

D.1 测试架构拓扑

测试拓扑 1 汇聚节点测试见图 D.1。测试拓扑 2 组合节点测试见图 D.2。

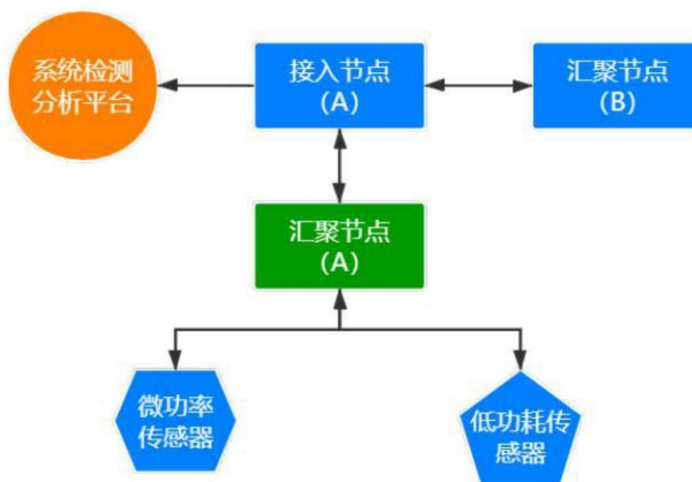


图 D.1 汇聚节点设备入网一致性测试总体架构

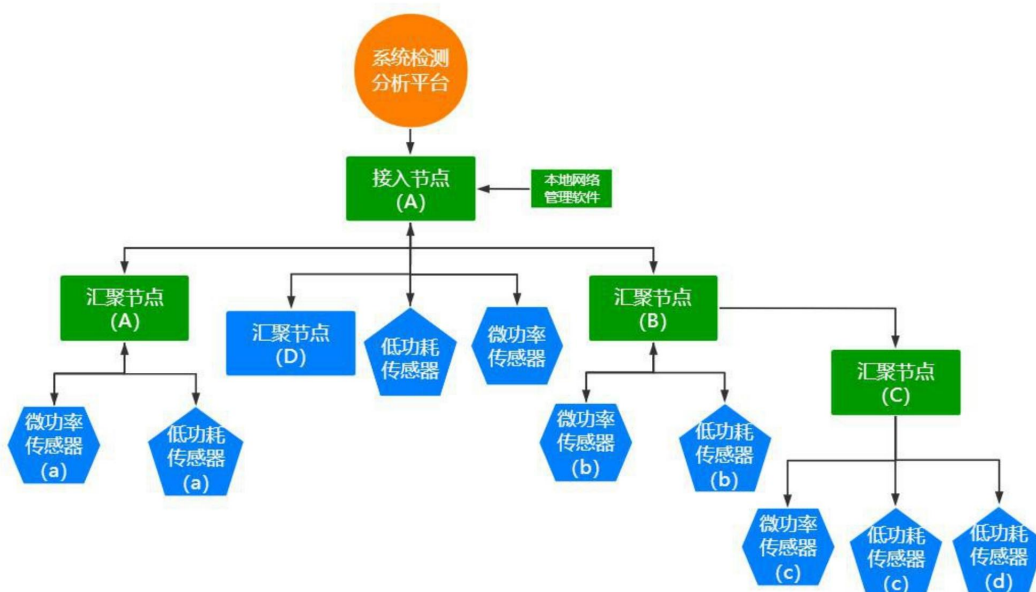


图 D.2 节点设备入网一致性测试总体架构

D.2 测试要求

D.2.1 汇聚节点测试要求

汇聚节点的主要测试项和测试要求见表 D.1。

表 D.1 汇聚节点协议一致性测试要求

序号	测试大类	测试小类	测试项	测试要求
1	微功率接入测试	南向接入微功率传感器	MESSAGE 收发	符合 Q/GDW 12020 要求
2			BURST 收发	
3			REQ/RSP 收发	
4	MAC 层测试	北向接入接入节点	随机接入	符合 Q/GDW 12021 要求
5			USCH 调度	
6		南向接入低功耗传感器	广播 BCH	
7			低功耗随机接入	
8			DRX 交互	
9			DSCH 通信	
10			USCH 通信	
11			下行组包分片	
12		上行组包分片		
13		网络层测试	组网测试	
14	标准拓扑 2 组网通信			
15		设备注册	设备注册应答	
16	业务层测试	数据规约测试	分片 ACK 响应	符合 Q/GDW 12079 要求
17			监测业务报文	
18			告警业务报文	
19			控制业务报文	
20		混合传感器测试	微功率、低功耗传感器	符合 Q/GDW 12020、Q/GDW 12021 和 Q/GDW 12079 要求
21		特种业务测试	传感器同步采集	
22	互操作性测试	频点配置	汇聚节点频点配置	
23			低功耗终端频点配置	
24			微功率终端频点配置	
25	周期配置	周期配置	微功率业务周期配置	
26			微功率控制周期配置	
27			低功耗 DRX 配置	
28		负荷测试	负荷测试	
29		稳定性测试	稳定性测试	
30		拓扑测试	变化拓扑	

D.2.2 接入节点测试要求

汇聚节点的主要测试项和测试要求见表 D.2。

表 D.2 接入节点一致性测试要求

序号	测试大类	测试小类	测试项	检测结果
1	微功率接入测试	南向接入微功率传感器	MESSAGE 收发	符合 Q/GDW 12020 要求
2			BURST 收发	
3			REQ/RSP 收发	
4	MAC 层测试	南向接入汇聚节点	汇聚节点随机接入	符合 Q/GDW 12021 要求

表 D.2 (续)

序号	测试大类	测试小类	测试项	检测结果	
5	MAC 层测试	南向接入低功耗传感器	广播 BCH	符合 Q/GDW 12021 要求	
6			低功耗随机接入		
7			DRX 交互		
8			DSCH 通信		
9			USCH 通信		
10			下行组包分片		
11			上行组包分片		
12	网络层测试	组网测试	标准拓扑 2 组网通信	符合 Q/GDW 12020 和 Q/GDW 12021 要求	
13		设备注册	设备注册应答		
14		白名单	白名单管理		
15		接入节点测试接口	接入节点测试接口		
16	业务层测试	数据规约测试	分片 ACK 响应	符合 Q/GDW 12079 要求	
17			监测业务报文		
18			告警业务报文		
19			控制业务报文		
20		混合传感器测试	微功率、低功耗传感器	符合 Q/GDW 12020、Q/GDW 12021 和 Q/GDW 12079 要求	
21		特种业务测试	传感器同步采集		
22	互操作性测试	频点配置	汇聚节点频点配置		
23			低功耗终端频点配置		
24			微功率终端频点配置		
25		周期配置	微功率业务周期配置		
26			微功率控制周期配置		
27			低功耗 DRX 配置		
28			负荷测试		负荷测试
29			稳定性测试		稳定性测试
30			拓扑测试	变化拓扑	

输变电设备物联网无线节点设备技术规范

编 制 说 明

目 次

1 编制背景.....	25
2 编制主要原则.....	25
3 与其他标准文件的关系.....	25
4 主要工作过程.....	25
5 标准结构和内容.....	25
6 条文说明.....	26

1 编制背景

本标准依据《国家电网公司关于下达 2020 年度国家电网公司第一批技术标准制修订计划通知》（国家电网科〔2020〕21 号文）的要求编写。

无线节点设备作为输变电设备物联网感知层中的通信设备，是实现输变电设备运行、检修管理，提升生产运行管理精益化水平的重要技术手段。为科学规范对输变电设备物联网无线节点设备进行设计、开发、应用及测试，确保输变电设备物联网无线节点设备技术标准和无线传感器协调一致，促进无线节点设备功能完整统一、性能稳定可靠、技术先进适用，特制定本标准。

本标准编制的主要目的是指导公司输变电设备物联网无线节点设备的设计、开发、应用及测试。

2 编制主要原则

本标准主要根据以下原则编制：

- a) 贯彻“统一标准、统筹规划、协调推进”方针，遵循全面性、适用性、合理性和前瞻性的原则。
- b) 本标准规范了输变电设备物联网感知层设备中的无线节点设备的通用技术要求。
- c) 本标准项目计划名称为“输变电设备物联网技术规范 第 5 部分：节点设备”，审查专家建议“节点设备”修改为“无线节点设备”，与标准规定的内容相匹配，编写组与专家商定，更名为“输变电设备物联网无线节点设备技术规范”。

3 与其他标准文件的关系

本标准与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准不涉及知识产权问题。

4 主要工作过程

2020 年 6 月，按照公司制修订计划，项目启动，召开标准编制启动会。

2020 年 7 月，成立编写组，制定编制计划。

2020 年 9 月，完成标准大纲编写，组织召开大纲研讨会，确定标准主要内容。

2020 年 10 月，编写组对初稿进行评审，形成征求意见稿。

2020 年 11 月，国家电网 TC04 工作组发文对标准进行意见征求。编写组收集、整理回函意见，进行内部讨论，完成标准送审稿编写。

2020 年 11 月，由国家电网设备管理技术标准工作组（TC04）工作组在北京主持召开了标准送审稿审查会，邀请了运行单位、电力科研院所、生产厂家等业内专家，对本标准送审稿进行了评审。评审顺利通过，审查结论为：审查组协商一致，同意修改后以技术标准形式报批。

2020 年 11 月，编写组根据审查会专家提出意见进行修改，形成报批稿。

5 标准结构和内容

本标准按照《国家电网公司技术标准管理办法》（国家电网企管〔2018〕222 号文）的要求编写。本标准的主要结构和内容如下：

本标准主题章分为 6 章，由功能要求、技术要求、试验、检验规则和标志、包装、运输、贮存组成。第 5 章说明了无线节点设备的功能要求，第 6 章说明了无线节点设备的技术要求，第 7 章、第 8 章说明了无线节点设备的试验和检验规则，第 9 章给出了无线节点设备的标志、包装、运输和贮存要求。本标准可指导输变电设备物联网感无线节点设备的设计、制造、使用和验收。

6 条文说明

无。
