

ICS 29.240

Q/GDW

国家电网公司企业标准

Q/GDW 11612.3—2016

低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第3部分：检验方法

Low voltage power line broadband communication interoperability technical specification part3: testing method

2017 - 06 - 16 发布

2017 - 06 - 16 实施

国家电网公司 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语定义	2
4 检验方法	2
编制说明	21

前 言

为规范电力用户用电信息采集系统宽带载波通信的检验方法内容，制定本部分。

《低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范》标准分为6个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：技术要求；
- 第3部分：检验方法；
- 第4-1部分：物理层通信协议；
- 第4-2部分：数据链路层通信协议；
- 第4-3部分：应用层通信协议。

本部分是《低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范》标准的第3部分。

本部分由国家电网公司营销部提出并解释。

本部分由国家电网公司科技部归口。

本部分起草单位：中国电力科学研究院、国网重庆市电力公司、国网冀北电力有限公司、国网浙江省电力公司、国网江苏省电力公司、国网天津市电力公司、国网北京市电力公司、全球能源互联网研究院、国网信息通信产业集团有限公司。

本部分主要起草人：唐悦、刘宣、张海龙、葛得辉、杜新纲、徐英辉、祝恩国、刘岩、叶君、巨汉基、王伟峰、范洁、杨光、吴小林、万凯、王东山、林大朋。

本部分首次发布。

本部分在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网公司科技部。

低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第3部分：检验方法

1 范围

本部分规定了电力用户用电信息采集系统中，采用电力线宽带载波传输方式通信单元的试验项目和检测方法。

本部分适用于国家电网公司电力用户用电信息系统宽带载波通信单元的全寿命周期管理中各环节的检验。

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/T 2423.1—2008 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—2008 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—2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热方法
- GB/T 5169.11—2006 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
- GB/T 6113.102—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1—2部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰
- GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- GB/T 17618—1998 信息技术设备抗扰度限值和测量方法
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2006 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—2008 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—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2008 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 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验
- DL/T 645 多功能电能表通信协议
- Q/GDW 11612.1 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第1部分：总则
- Q/GDW 11612.2—2016 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第2部分：技术要求
- Q/GDW 11612.41 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第4-1部分：物理层通信协议
- Q/GDW 11612.42 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第4-2部分：数据链路层通信协议
- Q/GDW 11612.43 低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第4-3部分：应用层通信协议

FCC Part 15—2003 美国联邦通信委员会 第15部分：射频设备法规（Federal Communications Commission Part 15: Radio Frequency Devices）

3 术语定义

Q/GDW 11612.1、Q/GDW 11612.2—2016、Q/GDW 11612.3、Q/GDW 11612.41、Q/GDW 11612.42、Q/GDW 11612.43界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耦合器 coupler

用于将信号叠加至电力线或从电力线上耦合出信号的设备。

3.2

衰减器 attenuator

用于引入预定衰减，进而降低宽带载波信号强度的设备。

4 检验方法

4.1 一般规定

4.1.1 试验条件

4.1.1.1 气候环境条件

除非另有规定，各项试验均在以下大气条件下进行，即：

- a) 温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $25\%\sim75\%$ ；
- c) 大气压力： $86\text{kPa}\sim108\text{kPa}$ 。

注：在每一项目的试验期间，大气环境条件应相对稳定。

4.1.1.2 电源条件

试验时电源条件为：

- a) 频率： 50Hz ，允许偏差 $-2\%\sim+1\%$ ；
- b) 电压： 220V ，允许偏差 $\pm 5\%$ 。

4.1.1.3 辐射屏蔽装置

宽带载波通信单元，其空间辐射隔离屏蔽装置（简称屏蔽箱）的选取应与被测通信单元相适应，且应选用适用于宽频段测试的形式。

屏蔽装置应满足以下基本要求：

- a) 被测通信单元得到充分的屏蔽以免受电磁干扰；
- b) 频率覆盖范围： $70\text{kHz}\sim1\text{GHz}$ ；
- c) 屏蔽系数： $\geq 70\text{dB}$ ；
- d) 通信单元应能以准确、可重复的和稳定的方式放置于内；

- e) 测量操作者的存在应不会影响测量结果;
- f) 无影响测量结果的非线性元件。

4.1.1.4 辐射试验场地

辐射参数测量时所使用的辐射试验场地,应符合GB/T 12192的相应规定。

4.1.1.5 噪声发生器

噪声发生器应满足以下基本要求:

- a) 噪声类型为高斯白噪声;
- b) 采样率为100MHz;
- c) 噪声输出功率为-20dBm。

4.1.1.6 耦合器

在标准温度范围,100kHz~20MHz频段内,耦合器输入、输出插入损耗 ≤ 0.3 dB;

4.1.1.7 衰减器

在标准温度范围,100kHz~1GHz频段内,衰减器输入、输出插入损耗 ≤ 3.5 dB,驻波比 ≤ 1.4 ;衰减调节范围0~127dB。

4.1.1.8 其他测试条件

电性能测量中的其他测试条件应符合GB/T 12192和GB/T 12193的相应规定。

4.1.2 试验方式

通信单元的试验可与标准通信单元、标准采集终端、标准电能表连接在一起同时进行,对于独立的通信单元,也可以单独进行试验。

4.2 检验项目与检验环节对应表

检验环节与检验项目对应如表1。

表1 检验项目和建议顺序

建议顺序	检验项目	型式试验	全性能试验	验收检验	出厂检验	不合格类别
1	结构	√	√	√	√	A
2	基本通信性能	√	√	√*	√	B
3	互换性	√	√	√		A
4	互联互通	√	√	√*		A
5	高温	√	√	√*		A
6	低温	√	√	√*		A
7	湿热	√	√			A
8	绝缘电阻	√	√	√*		A

表 1 (续)

建议顺序	检验项目	型式试验	全性能试验	验收检验	出厂检验	不合格类别
9	绝缘强度	√	√	√*		A
10	冲击电压	√	√	√*		A
11	电源影响（电源断相、电压变化）	√	√	√*		A
12	接地故障能力	√	√			A
13	功率消耗	√	√	√*	√	B
14	电压暂降和短时中断	√	√			A
15	工频磁场抗扰度	√	√			A
16	射频电磁场辐射抗扰度	√	√			A
17	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	√	√			A
18	静电放电抗扰度	√	√			A
19	电快速瞬变脉冲群抗扰度	√	√			A
20	阻尼振荡波抗扰度	√	√			A
21	浪涌抗扰度	√	√			A
22	辐射骚扰	√	√			A

注：“√”表示应做的项目，“√*”表示批次抽查的项目。

4.3 结构试验

4.3.1 一般检查

进行外观和结构检查时，不应有明显的凹凸痕、划伤、裂缝和毛刺，镀层不应脱落，标牌文字、符号应清晰、耐久，接线应牢固。

4.3.2 间隙和爬电距离

应按GB/T 16935.1—2008中第4章规定的测量方法用卡尺测量端子的电气间隙和爬电距离。

4.3.3 外壳着火试验

应按GB/T 5169.11—2006规定的方法进行试验，模拟样机使用的材料应与被试终端的材料相同。灼热丝顶部的温度为 $650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，灼热丝顶部施加在试验样品端子排的某一端子上，试验时间为30s。在施加灼热丝期间和在其后的30s内，观察样品的试验端子以及端子周围，试验样品应无火焰或不灼热；样品在施加灼热丝期间产生火焰或灼热，但应在灼热丝移去后30s内熄灭。

4.4 气候影响试验

4.4.1 高温试验

按GB/T 2423.2规定的Bb类进行，将被试通信单元在非通电状态下放入高温试验箱中央，升温至规定的最高温度，保温6h，然后通电0.5h，功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.4.2 低温试验

按GB/T 2423.1规定的Ab类进行，将受试通信单元在非通电状态下放入低温试验箱的中央，降温至规定的最低温度，保温6h，然后通电0.5h，功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.4.3 湿热试验

按GB/T 2423.9的规定进行试验。试验箱内保持温度 (40 ± 2) ℃、相对湿度 $(93\pm 3)\%$ ，试验周期为2d。试验结束前0.5h，在湿热条件下测绝缘电阻应不低于 $2M\Omega$ 。试验结束后，在大气条件下恢复1h~2h，受试通信单元的功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.5 绝缘性能试验

4.5.1 绝缘电阻

在正常试验条件和湿热试验条件下，按照Q/GDW 11612.2—2016中5.4.1的要求，测试电压在终端的端子处测量各电气回路对地和各电气回路间的绝缘电阻，应满足规定。

4.5.2 绝缘强度

用50Hz正弦波电压对以下回路进行试验，时间1min，施加规定的试验电压。被试回路为：

- a) 电源回路对地；
- b) 信号输入、输出回路对地；
- c) 以上无电气联系的各回路之间；
- d) 交流电源和直流电源间；

试验结果应满足 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.4.2 的规定。

4.5.3 冲击电压

冲击电压要求：

- a) 脉冲波形：标准 1.2/50 μ s 脉冲波；
- b) 电源阻抗： $500\Omega \pm 50\Omega$ ；
- c) 电源能量：0.5J \pm 0.05J；
- d) 每次试验分别在正、负极性下施加 5 次，两个脉冲之间最少间隔 3s，试验电压符合 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.4.3 的规定。

被试回路为：

- a) 电源回路对地；
- b) 信号输入、输出回路对地；
- c) 以上无电气联系的各回路之间；
- d) RS-485 接口与电源端子间。

4.6 电源影响试验

4.6.1 电源电压变化试验

将电源电压变化到Q/GDW 11612.2—2016中5.2条规定的极限值时，终端应能满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.6.2 抗接地故障能力试验

将单相220V供电的终端电源电压升至1.9倍的标称电压；三相供电的终端由三相四线试验电源供电，终端应载波通信正常。然后，将终端电源的中性端与三相四线试验电源的地端断开，并与试验电源的模拟接地故障相（输出电压为零）连接，三相四线试验电源的另外两相的电压升至1.1倍的标称电压。

试验时间每相4h。试验后，终端应能正常通信，功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.7 功耗测试

4.7.1 静态功耗测试

在非通信状态下（指载波模块只有接收机处于工作状态），使用交直流电源对载波模块的VCC及交流220V进行供电，可用准确度不低于0.2级的标准表或其他合适方式分别测量VCC及交流220V回路静态有功功耗，合计值应符合下述要求：

- a) 三相电能表用通信单元的静态功耗应不大于0.8W；
- b) 单相电能表用通信单元的静态功耗应不大于0.4W；
- c) 集中器用通信单元的静态功耗应不大于1W。

4.7.2 动态功耗测试

在通信状态下（指载波模块发射机与接收机均处于工作状态），使用交直流电源对载波模块的VCC及交流220V进行供电，可用准确度不低于0.2级的标准表或其他合适方式分别测量VCC及交流220V回路动态有功功耗，合计值应符合下述要求：

- a) 三相载波电能表用通信单元的动态功耗应不大于2.5W。
- b) 单相载波电能表用通信单元的动态功耗应不大于1.5W。
- c) 集中器用通信单元的动态功耗应不大于6W。

4.8 电磁兼容性试验

4.8.1 一般要求

4.8.2~4.8.10试验规定了通信单元电源、输入、输出、通信、外壳等端口的电磁兼容性试验方法，不同类型的通信单元可根据其配置进行相应的试验。

4.8.2 试验结果的评价

除非特别说明，试验结果的评价适用于所有通信单元，试验结果应依据通信单元在试验中的功能丧失或性能降低现象进行分类，电磁兼容性试验结果评价等级见表2。

A级：试验时和试验后通信单元均能正常工作，不应有任何损坏、死机、复位现象，数据采集应准确；

B级：试验时可出现短时通信中断，其它功能和性能都应正常，试验后无需人工干预，通信单元应可以自行恢复。

表2 电磁兼容性试验结果评价等级

试验项目	试验结果评价
电压暂降和短时中断	A
工频磁场抗扰度	A
射频电磁场辐射抗扰度	A
射频场感应的传导骚扰	A

表 2 (续)

试验项目	试验结果评价
静电放电抗扰度	B
电快速瞬变脉冲群抗扰度	B
阻尼振荡波抗扰度	B
浪涌抗扰度	B

4.8.3 电压暂降和短时中断试验

终端在通电状态下,按GB/T 17626.11的规定,并在下述条件下进行试验:

- a) 电压试验等级 40%UT:
 - 1) 从额定电压暂降 60%;
 - 2) 持续时间: 1min, 3000 个周期;
 - 3) 降落次数: 1 次。
- b) 电压试验等级 0%UT:
 - 1) 从额定电压暂降 100%;
 - 2) 持续时间: 1s, 50 个周期;
 - 3) 中断次数: 3 次, 各次中断之间的恢复时间 10s。
- c) 电压试验等级 0%UT:
 - 1) 从额定电压暂降 100%;
 - 2) 中断时间: 20ms, 1 个周期;
 - 3) 中断次数: 1 次。

注1: 以上电源电压的突变发生在电压过零处。

注2: 试验时通信单元不应发生损坏或死机现象, 试验后应满足 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.3 的规定。

4.8.4 工频磁场抗扰度试验

将通信单元置于与系统电源电压相同频率的随时间正弦变化的、强度为400A/m的稳定持续磁场的线圈中心, 通信单元应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.8.5 射频电磁场辐射抗扰度试验

通信单元在正常工作状态下,按GB/T 17626.3的规定,并在下述条件下进行试验:

- a) 一般试验等级:
 - 1) 频率范围: 80MHz~1000MHz;
 - 2) 严酷等级: 3;
 - 3) 试验场强: 10V/m (非调制);
 - 4) 正弦波 1kHz, 80%幅度调制。
- b) 抵抗数字无线电话射频辐射的试验等级:
 - 1) 频率范围: 1.4GHz~2GHz;
 - 2) 严酷等级: 4;
 - 3) 试验场强: 30V/m (非调制);
 - 4) 正弦波 1kHz, 80%幅度调制。

注: 试验时通信单元应正常工作, 满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.8.6 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

通信单元在正常工作状态下，按GB/T 17626.6的规定，并在下述条件下进行试验：

- a) 频率范围：150kHz~80MHz；
- b) 严酷等级：3；
- c) 试验电压：10V（非调制）；
- d) 正弦波 1kHz，80%幅度调制。

注：试验电压施加于终端的供电电源端和保护接地端，试验时应能正常工作，满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.8.7 静电放电抗扰度试验

通信单元在正常工作状态下，按GB/T 17626.2的规定，并在下述条件下进行试验：

- a) 严酷等级：4；
- b) 试验电压：8kV；
- c) 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 RS-485 接口；
- d) 间接放电。施加部位：通信单元各个侧面；
- e) 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。

注1：如通信单元的外壳为金属材料，则直接放电采用接触放电；如通信单元的外壳为绝缘材料，则直接放电采用空气放电。

注2：试验时，终端可以出现短时通信中断和显示瞬时闪烁，其它功能和性能应正常，试验后通信单元应能正常工作，存储数据无改变，功能和性能应满足 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.3 的规定。

4.8.8 电快速瞬变脉冲抗扰度试验

按GB/T 17626.4的规定，并在下述条件下进行试验：

- a) 通信单元在正常工作状态下，试验电压分别施加于信号输入/输出的每一个端口和保护接地端之间：
 - 1) 严酷等级：3；
 - 2) 试验电压：±1kV；
 - 3) 重复频率：5kHz 或 100kHz；
 - 4) 试验时间：1min/次；
 - 5) 试验电压施加次数：正负极性各 3 次。
- b) 通信单元在正常工作状态下，试验电压分别施加于通信单元交流电源端口和保护接地端之间：
 - 1) 严酷等级：4；
 - 2) 试验电压：±2kV；
 - 3) 重复频率：5kHz 或 100kHz；
 - 4) 试验时间：1min/次；
 - 5) 试验电压施加次数：正负极性各 3 次。
- c) 通信单元在正常工作状态下，试验电压施加于终端的供电电源端和保护接地端：
 - 1) 严酷等级：4；
 - 2) 试验电压：±4kV；
 - 3) 重复频率：2.5kHz、5kHz 或 100kHz；
 - 4) 试验时间：1min/次；
 - 5) 施加试验电压次数：正负极性各 3 次。

- d) 通信单元在正常工作状态下,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:
- 1) 严酷等级: 3;
 - 2) 试验电压: $\pm 1\text{kV}$;
 - 3) 重复频率: 5kHz 或 100kHz;
 - 4) 试验时间: 1min/次;
 - 5) 施加试验电压次数: 正负极性各 3 次。

注:在对各回路进行试验时,可以出现短时通信中断和显示瞬时闪烁,其它功能和性能应正常,试验后通信单元应能正常工作,功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.8.9 振荡波抗扰度试验

通信单元在正常工作状态下,按GB/T 17626.12的规定,并在下述条件下进行试验:

- a) 电压上升时间(第一峰): $75\text{ns} \pm 15\text{ns}$;
- b) 振荡频率: $1\text{MHz} \pm 0.1\text{MHz}$;
- c) 重复率: 至少 400/s;
- d) 衰减: 第三周期和第六周期之间减至峰值的 50%;
- e) 脉冲持续时间: 不小于 2s;
- f) 输出阻抗: 200 ± 40 ;
- g) 电压峰值: 共模方式 2.5kV、差模方式 1.25kV(电源回路);
- h) 试验次数: 正负极性各 3 次;
- i) 测试时间: 60s。

注:在对各回路进行试验时,可以出现短时通信中断和显示瞬时闪烁,其它功能和性能应正常,试验后通信单元应能正常工作,功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.8.10 浪涌抗扰度试验

通信单元在正常工作状态下,按GB/T 17626.5的规定,并在下述条件下进行试验:

- a) 严酷等级: 电源回路 4 级;
- b) 试验电压: 电源电压两端口之间 2kV, 电源电压各端口与地之间 4kV;
- c) 波形: 1.2/50 μs ;
- d) 极性: 正、负;
- e) 试验次数: 正负极性各 5 次;
- f) 重复率: 每分钟一次。

注:试验时,可以出现短时通信中断和显示瞬时闪烁,其它功能和性能应正常,试验后通信单元应能正常工作,功能和性能应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3的规定。

4.9 辐射骚扰试验

按照FCC Part 15—2003的试验方法,测量宽带通信单元的辐射骚扰值,测量结果应符合Q/GDW 11612.2—2016中5.1.3.1要求,可采用替代场地测量方法。

4.10 互换性测试

低压宽带电力线载波通信单元应能与符合 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.7 要求的集中器、采集器和电表相匹配,完成数据采集的各项功能。

测试步骤:

- a) 如图 1 所示搭建通信单元的互换功能测试系统,测试系统应能正常召测电能表数据;

b) 卸下标准通信单元，换上被测通信单元，系统运行 5min 后应能通过主站召测电能表数据。

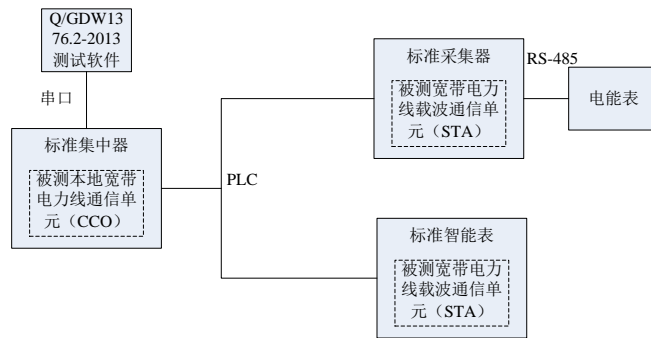


图1 通信单元的互换功能测试系统

4.11 基本通信性能

4.11.1 工作频段测试

工作频段测试原理如图2。

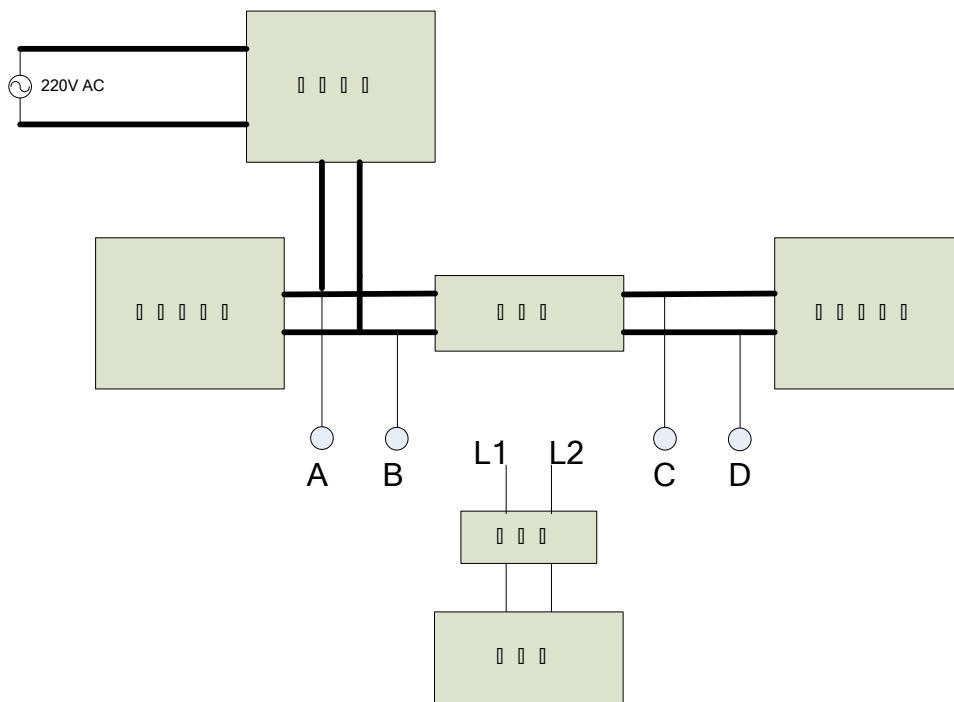


图2 工作频段测试

如图2，标准集中器与标准电能表之间正常抄表，通过PLC信号耦合器将信号送到频谱分析仪，分辨率带宽为10kHz，读取频谱仪波形（鞍形）-60dBm上升延与下降延之间的频带作为工作频带，工作频段应符合Q/GDW 11612.2—2016中5.3.1.1的要求。被测对象为载波主节点时，耦合器L1、L2接入A、B位置，被测对象为载波从节点时，耦合器L1、L2接入C、D位置。

4.11.2 功率谱密度测试

如图2，标准集中器与标准电能表之间正常抄表，通过PLC信号耦合信号到频谱分析仪，分辨率带宽10kHz，分别读取工作频带范围内与范围外幅度最高点的功率谱密度；被测对象为载波主节点时，耦合器L1、L2接入A、B位置，被测对象为载波从节点时，耦合器L1、L2接入C、D位置。

功率谱密度应符合Q/GDW 11612.2—2016中5.3.1.2的要求。

4.11.3 通信速率测试

如图3，隔离电源供电，标准通信单元和被测通信单元1:1配置，在工装上正常上电工作，通过电力线可通信。

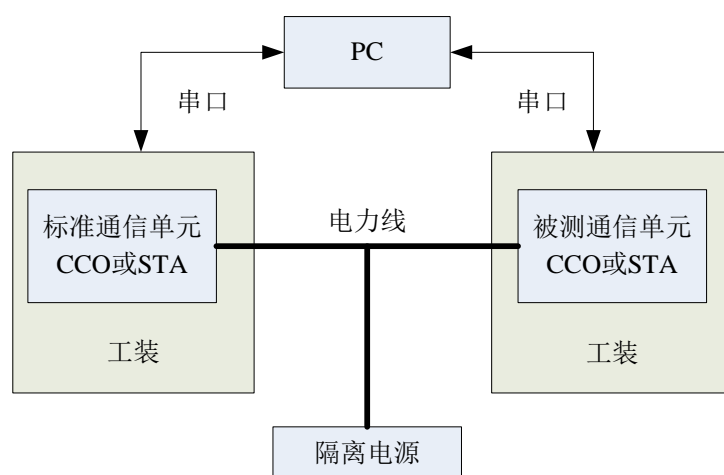


图3 通信速率测试示意图

测试主机PC启动标准通信单元和被测通信单元进入测试通信速率模式。标准通信单元按照每帧大小分别为512字节、11k字节自动发送，被测通信单元收到完整包自动回传；标准通信单元收到被测通信单元回传后，判断与发送帧一致后，立即发送下一帧，以此类推，连续测试1000帧。标准通信单元根据回传间隔，计算测试时间内的平均速率，应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3.1.4的要求。速率评价时，去除标准及待测通信单元到主机PC间的通信时延，考虑待测通信单元接收及处理载波报文的延时，去除载波链路层报文的承载效率，反映应用层报文长度在载波发送接收信道上的实际通信速率。

4.11.4 网络时延测试

如图3，自环测试20秒，统计被检通信单元网络时延，应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3.1.4的要求。

4.11.5 长时间传输性能测试

如图3，自环测试2小时，统计被检通信单元丢帧率，应满足Q/GDW 11612.2—2016中5.3.1.5的要求。

4.11.6 抗衰减性能测试

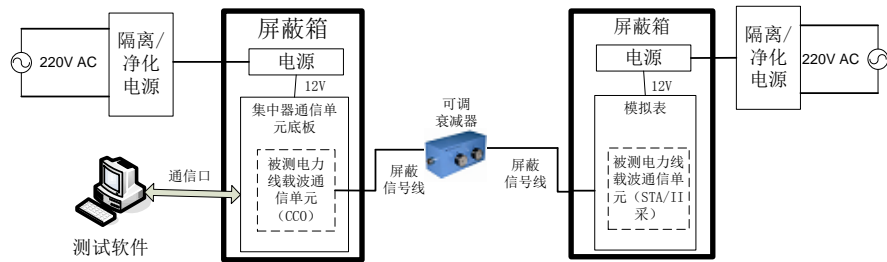


图4 抗衰减性能测试

如图 4 环境，将集中器通信单元和电能表通信单元上电（屏蔽箱内是直流供电），连接宽带载波测试设备抄表，测量结果应符合满足 Q/GDW 11612.2—2016 中 5.3.1.5 要求。

4.12 互联互通测试

4.12.1 协议一致性测试

4.12.1.1 协议一致性测试环境及项目

协议一致性测试环境如下图5 所示。流程检测项目见表3 。

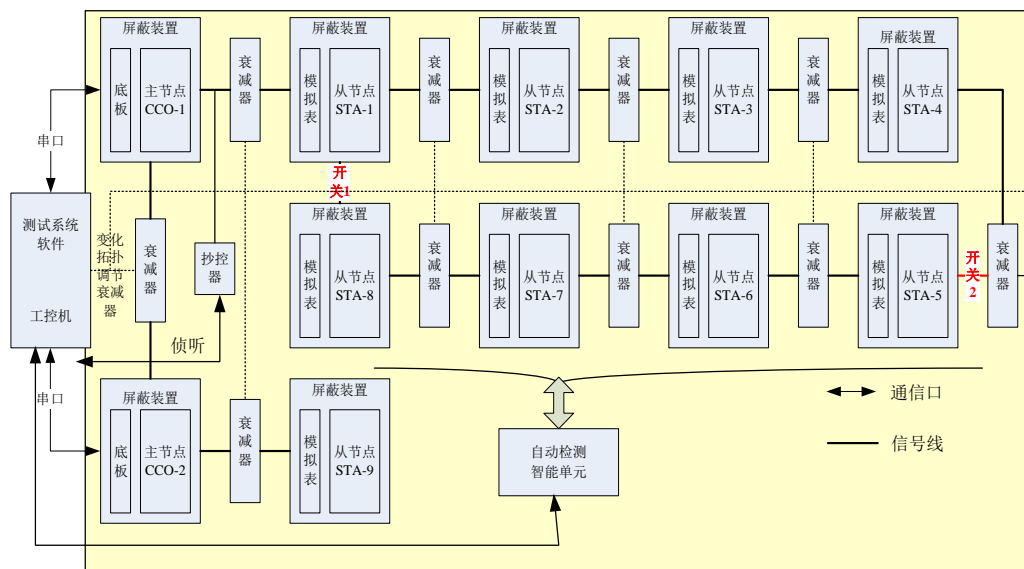


图5 互联互通基础测试环境示意图

互联互通基础测试环境要求如下：

- 图 5 为基础测试环境示意图，在该基础环境上，可根据测试用例的不同，灵活配置；
- 该环境下支持用标准 CCO，测试 STA 模块；同时支持测试待检 CCO，底端配置标准 STA；每个底座可插入两个模块；
- 衰减器为可调衰减器，在 1 和 8 处与 4 和 5 处有两个调节开关(图中开关 1 和开关 2)，闭合后达到直通效果，以上都可以通过软件根据测试用例灵活调节；

- d) 自动检测智能单元具备控制模拟表功能，触发事件（evenout 置位）功能；
- e) 每个底板直流供电，直流稳压源 12V±1V；
- f) 侦听信号线（模拟电力线）上的报文，分层解析。

表3 协议一致性测试检测项

序号	检测项目			被测对象		
	分层	检测项	协议检测项	CCO 模块	STA 模块	
1	物理及数据链路层	STA 一级站点入网测试	关联请求帧	-	√	
3		STA 多级站点入网测试	代理信标帧、代理关联指示帧	-	√	
4		STA 代理站点变更测试	代理变更请求帧	-	√	
5		STA 站点离线测试	延迟离线指示帧	-	√	
6		CCO 组网测试	信标帧、关联指示帧	√	-	
7		CCO 通过代理组网测试	关联确认帧、关联指示帧	√	-	
8		CCO 通过多级代理组网测试	关联确认帧、关联指示帧	√	-	
9		CCO 发现代理变更测试	代理变更确认帧	√	-	
10		CCO 控制站点离线测试	延迟离线指示帧	√	-	
12		CCO 多网络协商测试	网间协调帧	√	-	
13		应用层	集中器主动抄表测试	抄表帧（点抄）	√	√
14			路由模块主动抄表测试	抄表帧（轮抄）	√	√
15	并发抄表测试		抄表帧（并发）	√	√	
16	从节点主动注册测试		上报注册请求帧、确认帧	√	√	
17	广播校时测试		校时帧	√	√	
18	事件上报测试		上报事件请求帧、确认帧	√	√	

4.12.1.2 STA 一级站点入网测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置，并上电；1个被测试STA模块插入STA-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测STA模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- d) 获取网络拓扑信息；
- e) 被测STA应正确入网。

4.12.1.3 STA 多级站点入网测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置，并上电；8个被测试STA模块，分别插入从STA-1至STA-8的位置(物理层级≤8级)。按以下步骤测试：

- a) 被测STA模块全部上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息；
- e) 被测STA应正确入网，且形成正确的网络地址和网络层级。

4.12.1.4 STA 代理站点变更测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置，并上电；8个被测试STA模块，分别插入从STA-1至STA-8的位置(物理层级≤8级)。按以下步骤测试：

- a) 被测STA模块全部上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测STA应正确入网，形成正确的网络地址和拓扑关系；
- e) 改变硬件拓扑环境；
- f) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- g) 获取网络拓扑信息；
- h) 被测STA根据物理环境变化形成正确的拓扑关系。

4.12.1.5 STA 站点离线测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置。8个被测试STA模块，分别插入从STA-1至STA-8的位置(物理层级≤8级)。按以下步骤测试：

- a) 被测STA模块全部上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测STA应正确入网，形成正确的网络地址和拓扑关系；
- e) 标准CCO，更改表档案，删除中间某个节点地址；
- f) 等待网络优化完成，最大等待时间300秒；
- g) 获取网络拓扑信息，除删除节点外其它被测STA应正确入网，形成正确的拓扑关系；
- h) 执行抄表，抄收情况应与网络拓扑信息一致。

4.12.1.6 CCO 组网测试

测试环境见图5。标准STA模块，插入STA-1位置。被测试CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO模块和标准STA模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- d) 被测CCO应正确组网，并可获取网络拓扑信息。

4.12.1.7 CCO 通过代理组网测试

测试环境见图5。2个标准STA模块，分别插入STA-1和STA-2位置。被测试CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO模块和标准STA模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测CCO应正确组网，且站点分配地址正确。

4.12.1.8 CCO 通过多级代理组网测试

测试环境见图5。8个标准STA模块，分别插入STA-1和STA-8位置(物理层级≤8级)，并上电。被测CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO模块和标准STA模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测CCO应正确组网，且站点分配地址正确。

4.12.1.9 CCO 发现代理变更测试

测试环境见图5。8个标准STA模块，分别插入从STA-1至STA-8的位置(物理层级≤8级)，并上电。被测CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO模块和标准STA模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测CCO应正确组网，且站点分配地址正确；
- e) 改变线路拓扑环境后，等待300秒；
- f) 获取网络拓扑信息，CCO拓扑信息变化应与改变后的线路拓扑环境一致。

4.12.1.10 CCO 控制站点离线测试

测试环境见图5。8个标准STA模块，分别插入从STA-1至STA-8的位置(物理层级≤8级)，并上电。被测CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测 CCO 模块上电；
- b) 设置表档案；
- c) 等待组网完成，最大等待时间 300 秒；
- d) 获取网络拓扑信息，被测 CCO 应正确组网，且站点分配地址正确；
- e) 被测 CCO，更改表档案，等待网络优化完成，最大等待时间 300 秒。
- f) 获取网络拓扑信息，除删除节点外其它 STA 应正确入网，形成正确的拓扑关系；执行抄表，抄收情况应与网络拓扑信息一致。

4.12.1.11 CCO 多网络协调测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置；9个标准STA模块(物理层级≤8级)，插入STA-1至STA-9位置，并上电。被测试CCO模块，插入CCO-2位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO模块上电；
- b) 分别设置表档案；
- c) 等待多网络组网完成，最大等待时间300秒；
- d) 读取标准CCO的邻居网络信息，应有被测CCO的正确信息；
- e) 读取被测CCO的邻居网络信息，应有标准CCO的正确信息；
- f) 获取被测CCO拓扑信息，应与实际一致；对被测CCO执行抄表，应正确返回数据。

4.12.1.12 STA 集中器主动方式抄表测试

测试环境见图5。标准CCO模块，插入CCO-1位置，并上电；1个被测STA模块，插入STA-1；按以下步骤测试：

- a) 被测STA上电；
- b) 设置表档案；

- c) 等待组网完成, 最大等待时间60秒;
- d) 标准CCO以集中器主动方式抄表, 被测STA正确抄读电能表。

4.12.1.13 STA 路由主动方式抄表测试

测试环境见图5。

标准CCO模块, 插入CCO-1位置, 并上电; 1个被测STA模块, 插入STA-1; 按以下步骤测试:

- a) 被测STA上电;
- b) 设置表档案;
- c) 等待组网完成, 最大等待时间60秒;
- d) 标准CCO轮抄抄表, 被测STA正确抄读电能表。

4.12.1.14 STA 并发抄表测试

测试环境见图5。标准CCO模块, 插入CCO-1位置, 并上电; 8个测试STA模块, 插入STA-1至STA-8位置(物理层级≤8级)。按以下步骤测试:

- a) 被测STA上电;
- b) 设置表档案;
- c) 等待组网完成, 最大等待时间300秒;
- d) 标准CCO并发抄表, 被测STA正确抄读电能表, 并正确回复CCO数据。

4.12.1.15 STA 从节点注册测试

测试环境见图5。标准CCO模块, 插入CCO-1位置。8个测试STA模块, 插入STA-1至STA-8位置(物理层级≤8级)。按以下步骤测试:

- a) 被测STA上电;
- b) 等待组网完成, 最大等待时间300秒;
- c) 向标准CCO发送激活从节点主动注册命令;
- d) 等待STA主动注册, 最长等待120秒;
- e) 上报结果应与实际电能表地址一致;
- f) 再次向标准CCO发送激活从节点主动注册命令;
- g) 发送终止从节点主动注册, 此后应无节点上报。

4.12.1.16 STA 广播校时测试

测试环境见图5。标准CCO模块, 插入CCO-1位置。1个被测STA模块, 插入STA-1; 按以下步骤测试:

- a) 被测STA上电;
- b) 等待组网完成, 最大等待时间60秒;
- c) 启动标准CCO发起广播命令;
- d) 被测STA应对电能表发出正确命令。

4.12.1.17 STA 事件上报测试

测试环境见图5。标准CCO模块, 插入CCO-1位置。1个被测STA模块, 插入STA-1。按以下步骤测试:

- a) 被测STA上电;

- b) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- c) 模拟表EventOut口线变位，且主动上报状态字变位；
- d) 被测STA应能读取主动上报状态字，并上报。

4.12.1.18 CCO 集中器主动抄表模式测试

测试环境见图5。

标准模块STA，插入STA-1位置，并上电；1个被测CCO模块，插入CCO-1；按以下步骤测试：

- a) 被测CCO上电；
- b) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- c) 对被测CCO执行集中器主动抄表命令，被测CCO应正确执行。

4.12.1.19 CCO 路由主动抄表测试

测试环境见图5。标准模块STA，插入STA-1位置，并上电；1个被测CCO模块，插入CCO-1；按以下步骤测试：

- a) 被测CCO上电；
- b) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- c) 启动被测CCO路由主动抄表；
- d) 被测CCO应正确执行且读表成功。

4.12.1.20 CCO 并发测试

测试环境见图5。8个标准STA模块，插入STA-1至STA-8位置(物理层级≤8级)，并上电。测试CCO模块，插入CCO-1位置；按以下步骤测试：

- a) 被测STA上电；
- b) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- c) 对被测CCO启动并发抄表，被测CCO正确相应并回复数据。

4.12.1.21 CCO 激活从节点注册测试

测试环境见图5。

8个测试STA模块，插入STA-1至STA-8位置(物理层级≤8级)，且上电；被测CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO上电；
- b) 等待组网完成，最大等待时间300秒；
- c) 向被测CCO发送激活从节点主动注册命令；
- d) 等待STA主动注册，最长等待120秒；
- e) 上报结果与实际电能表应一致；
- f) 再次向被测CCO发送激活从节点主动注册命令；
- g) 终止从节点主动注册；
- h) 被测CCO应无节点上报。

4.12.1.22 CCO 广播校时

测试环境见图5。1个被测STA模块，插入STA-1，并上电；被测CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测CCO上电；

- b) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- c) 启动测试CCO发起广播对时命令；
- d) 被测CCO应对标准STA发电能表对时命令。

4.12.1.23 CCO 事件上报

测试环境见图5。1个标准STA模块，插入STA-1，并上电。标准CCO模块，插入CCO-1位置。按以下步骤测试：

- a) 被测STA上电；
- b) 等待组网完成，最大等待时间60秒；
- c) 模拟表EventOut口线变位，且主动上报状态字过流置位；
- d) 标准STA读取主动上报状态字后，上报被测CCO；
- e) 被测CCO应正确上报事件。

4.12.2 综合环境测试

4.12.2.1 综合环境测试拓扑

综合环境如图6，由三相隔离电源，集中器模块、底板、规模电能表组成，每相电能表数均匀分布，两级物理拓扑环境。

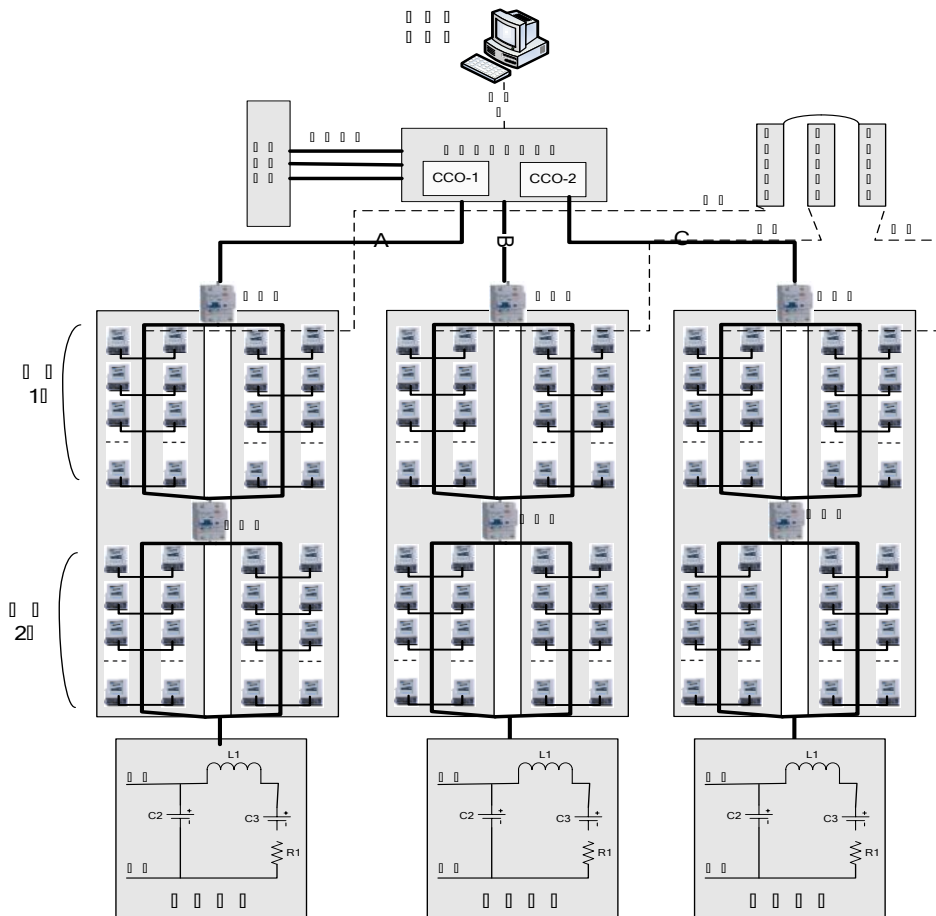


图6 综合网络环境

综合网络环境要求如下：

- a) 同一隔离电源下的规模环境，可接入多个集中器模块，支持测试单网络或多网络测试项；
- b) A/B/C 三相下电能表均匀分布，支持单网络、多网络的表档案配置；
- c) 电力线上加衰减器，保持规模物理两层级环境；
- d) 信号发生器耦合高斯白噪声或其他典型噪声，应满足 50M 采样率，耦合线电压基准为 1V_{pp}，噪声电压可为整数倍基准电压，在一级衰减后电源点注入，三相保持噪声规格、注入点一致；
- e) 标准负载：50Hz 下阻抗 50 欧姆（功率 1kW）；
- f) 全网环境中，集中器模块为被测试模块，电能表端子节点模块是标准模块和被测模块混装。

4.12.2.2 全网组网测试

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 电能表模块由标准STA和被测STA混装；
- b) 全网上电；
- c) CCO上电流程执行后，设置全部表档案至CCO；
- d) 查询组网完成信息，记录组网时间，超时时间300秒；入网节点地址应与表档案一致。

4.12.2.3 新增站点入网测试

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 电能表模块由标准 STA 和被测 STA 混装，任选两个被测模块对应电能表不上电，其他电能表都上电；
- b) CCO 上电流程执行后，设置全部表档案至 CCO；
- c) 查询组网完成信息，入网节点与实际应相符；
- d) 剩余两块电能表（被测模块对应电能表）后上电，启动计时，超时时间 300 秒；
- e) 等待剩余两块电能表全部入网，停止计时，计算入网时间。

4.12.2.4 全网抄表测试

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 完成全网组网，超时时间 10 分钟；
- b) 向 CCO 发路由重启命令，启动路由主动抄表，抄读电能表数据；抄表成功率应大于等于 98%，记录抄表时间，计算平均延时；
- c) 启动集中器主动抄表，抄表成功率应大于等于 98%，记录抄表时间，计算平均延时；
- d) 并发抄表，设置并发数 5，数据帧数 3，启动并发抄表，抄表成功率应大于等于 98%，记录抄表时间，计算平均延时。

4.12.2.5 广播对时

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 完成全网组网，超时时间10分钟；
- b) 随机抄读两块表时钟，并记录电能表起始时钟；
- c) 下发广播对时命令；
- d) 抄读电能表时钟，应与下发时钟一致。

4.12.2.6 搜表功能测试

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 完成全网组网，超时时间10分钟；
- b) 随机将两块电能表断电；
- c) 向CCO下发搜表命令；
- d) 等待CCO上报搜表结果，最大等待30分钟；
- e) 搜表结果应与实际上电电能表地址一致。

4.12.2.7 多节点事件主动上报

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 完成全网组网，超时时间10分钟；
- b) 随机打开两块电能表上盖；
- c) CCO应能上报开盖事件，记录上报时间。

4.12.2.8 实时费控测试

测试环境如图6，插入CCO-1，全网为单网络。按以下步骤测试：

- a) 完成全网组网，超时时间10分钟；
- b) 测试软件配置电能表加密机，且与网络中电能表ESAM配套；
- c) 随机选择20块电能表，下发安全认证，记录下发成功率及传输平均延时；
- d) 安全认证成功后，下发立即跳闸命令，记录电能表跳闸成功率及传输平均延时；
- e) 下发立即合闸命令；记录电能表合闸成功率及传输平均延时。

4.12.2.9 多网络综合测试

测试环境如图6，插入CCO-1和CCO-2，按照图示分配电能表档案给两个网络。按以下步骤测试：

- a) 两个网络同时上电；
- b) 分别配置表档案；
- c) 等待两个网络组网完成，超时时间10分钟；
- d) 分别向两个CCO启动集中器主动抄表、路由主动抄表、并发抄表，抄表成功率应大于等于98%，记录抄表时间，计算平均延时。

低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范

第3部分：检验方法

编 制 说 明

目 次

1 编制背景	23
2 编制主要原则	23
3 与其他标准文件的关系	23
4 主要工作过程	23
5 标准结构和内容	24
6 条文说明	24

1 编制背景

本部分依据《关于下达 2014 年度国家电网公司技术标准制（修）订计划的通知》（国家电网科〔2014〕64 号）文的要求编写。

通过制定《低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范》系列标准，将提升用电信息采集系统管理的规范化、标准化水平，实现宽带载波通信模块之间的互联互通，提升用电信息采集系统本地信道的有效性、可靠性，满足日益增长的新型电力业务需求，体现智能电网“信息化、自动化、互动化”的建设要求，提高宽带载波通信模块的使用寿命，促进宽带载波通信模块质量提升，推动用电信息采集工作健康有序地发展。

2 编制主要原则

本标准根据以下原则编制：

- a) 坚持先进性与实用性相结合、统一性与灵活性相结合、可靠性与经济性相结合的原则，以标准化为引领，服务国民经济科学发展。
- b) 采用分散与集中讨论的形式，充分了解宽带载波通信建设现状，明确系统及终端功能需求，建立采集系统功能模型和数据模型，研究新的需求形势下不同应用场景和配电网环境对宽带载波通信模块的使用要求，体现研究的实用性和先进性。
- c) 认真研究国内外现行相关的国际标准、国家标准、行业标准、企业标准，达到相关技术标准的协调统一，并考虑系统和设备的扩展性、兼容性。
- d) 坚持集中人才资源优势，吸收宽带载波通信先进的发展理念、创新技术和成果，协调宽带载波通信芯片设计商、方案设计商、系统集成商等各方技术资源，促进利益相关方意见的统一。

标准项目计划名称为“低压电力线宽带载波通信技术规范”，因标准涉及的技术内容、层级较为复杂，经编写组与专家商定，更名为“低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范 第 3 部分：检验方法”。

3 与其他标准文件的关系

本部分与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致
本部分不涉及专利、软件著作权等知识产权使用问题。

4 主要工作过程

2013 年 12 月，完成低压电力线宽带载波通信技术可行性分析。

2014 年 3 月，成立标准起草工作组，召开工作组第一次会议，启动标准制定工作，并撰写标准大纲。

2014 年 8 月，召开工作组第二次会议，组织 30 余名技术专家对宽带载波通信技术方案、标准框架进行了论证，分组开展通信协议、技术要求及检验方法等技术标准编制工作。

2014 年 10 月，工作组对华为海思公司提交的标准初稿进行了讨论，提出标准修改建议。

2014 年 11 月至 12 月，工作组内部循环征求意见，对讨论稿进行了 3 次修改，完善相关内容。

2015 年 1 月至 2 月，完成征求意见稿（第一稿）和条文说明，向公司系统和社会广泛征求意见。

2015 年 2 月至 3 月，启动实验室互联互通测试，对各厂商提供的 FPGA 板级互操作性测试。

2015 年 7 月至 2016 年 3 月，召开工作组第三至七次会议，对征求意见稿反馈的问题及无法互操作

的问题进行循环讨论，优化物理层设计方案。

2016年5月，针对会议无法确定工作频段、拷贝次数等内容，启动实验室对比测试，在白噪声、脉冲噪声、单频噪声、频率偏移等多个场景下，对各厂商提供的FPGA进行对比验证。

2016年6月，召开工作组第八次会议，针对对比测试结果进行分析讨论，形成统一的帧控制符号个数及调制索引表方案。

2016年8月，召开工作组第九次会议，对交织偏移，前导、帧控制及载荷相位表，物理块大小形成一致意见。

2016年9月，完成征求意见稿（第二稿），向公司系统广泛征求意见。中国电力科学研究院组织前往国家无线电监测中心协商频谱使用方案，确认标准中应预留陷波机制。

2016年10月，完成送审稿，国家电网公司电力营销技术标准专业工作组组织召开标准审查会，审查结论为：审查组经协调一致，同意修改后报批。建议标准起草组按照总则、技术要求、检验方法、物理层通信协议、数据链路层通信协议、应用层通信协议，将标准分为6个部分。

2016年11月，根据标准审查意见，修改标准，完成报批稿。

5 标准结构和内容

Q/GDW 11612—2016《低压电力线宽带载波通信互联互通技术规范》分为下列6个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：技术要求；
- 第3部分：检验方法；
- 第4-1部分：物理层通信协议；
- 第4-2部分：数据链路层通信协议；
- 第4-3部分：应用层通信协议。

Q/GDW 11612—2016的第1部分规定了低压电力线宽带载波通信的网络拓扑和基本功能；第2部分规定了低压电力线宽带载波通信的结构、技术要求及检验规则；第3部分规定了低压电力线宽带载波通信的检验方法；第4-1部分给出了低压电力线宽带载波通信的物理层一般要求、物理层操作范围及服务；第4-2部分给出了低压电力线宽带载波通信的数据链路层的帧格式、MAC子层、网络管理子层及服务；第4-3部分给出了低压电力线宽带载波通信的应用层的报文结构。第1部分、第2部分、第3部分侧重于低压电力线宽带载波通信的功能要求，第4-1部分、第4-2部分、第4-3部分是低压电力线宽带载波通信互联互通的支撑。这6个部分标准可分别独立使用。

本部分是Q/GDW 11612—2016的第3部分。

本部分按照《国家电网公司技术标准管理办法》（国家电网企管〔2014〕455号文）的要求编写。

本部分的主要结构和内容如下：

本部分主题章有1章。本部分兼顾现有用电信息采集系统的实际状况，本着先进性和实用性、操作性和可扩展性等原则，给出了低压电力线宽带载波通信的检验项目与检验环节对应表，并提出了具体的结构试验、气候影响试验、绝缘性能试验、电源影响试验、功耗试验、通信功能和基本传输特性等检测方法，可指导低压电力线宽带载波通信产品的检测。

6 条文说明

无