

ICS 国际标准分类号  
CCS 中国标准文献分类号



# 团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

## 电力 5G 通信终端设备功能测试规范

Functional Test Specification for 5G Communication Terminal Equipment of  
Power Industry

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布



## 目 次

目 次	I
前 言	III
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 符号、代号和缩略语	6
5 电力 5G 通信终端测试要求	6
5.1 分类与组成	6
5.2 测试条件	7
5.3 测试拓扑	7
6 基本功能测试	8
6.1 IP 地址配置测试	8
6.2 专用 DNN 配置能力	8
6.3 自动拨号功能	8
6.4 透传功能	9
6.5 DHCP 功能	9
6.6 防火墙功能	9
6.7 端口映射	10
6.8 DMZ 功能	10
6.9 网络切片功能	10
6.10 日志功能	11
6.11 远程状态监控	11
6.12 本地版本升级	11
6.13 远程版本升级	12
6.14 网络制式锁定功能	12
6.15 VPN 功能	12
7 接口功能测试	13
7.1 蜂窝无线接口测试	13
7.2 以太网接口测试	13

7.3 电力业务接口测试 .....	13
8 网络性能测试 .....	14
8.1 信号强度测试 .....	14
8.2 数据传输速率测试 .....	15
8.3 网络连接稳定性 .....	15
9 环境适应性测试 .....	15
10 电磁兼容性测试 .....	15
参 考 文 献 .....	16

## 前 言

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

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

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本文件起草单位：国网山西省电力公司、国网信息通信产业集团有限公司、国网山西省电力公司电力科学研究院、中国电子科技集团公司第三十三研究所、北京中电飞华通信有限公司、国网湖北省电力有限公司信息通信公司、北京国电通网络技术有限公司。

本文件主要起草人：高伟、孟子健、刘泽辉、余明阳、景峰、张雪芹、李瑞、赵训威、张春玲、杨华、常潇、周自强、郭旻、马东娟、王少博、景卫哲、闫俊、杨姝、刘昕、戴俊峰、柴雯、马英、吴伟、柴超、李莹、刘松阳、王艳茹、白杰、赵国锋、胡明、陈蒙琪、张珉恺、王日宁、郭坤阳。

本文件为首次发布。



# 电力 5G 通信终端设备功能测试规范

## 1 范围

本文件规定了工作频率在 6GHz 以下频段的电力 5G 终端的功能、环境适应性及电磁兼容方面测试方法。

本文件适用于工作频率在 6GHz 以下频段，应用在电力系统中能够承载用电信息采集、配电自动化以及精准负控等电力业务信息传输的 5G 通信终端设备的基本功能、接口功能以及网络性能测试。

## 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 2423.3-2008	环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验
GB/T 2423.4-2008	电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12h+12h 循环）
GB/T 4208-2017	外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 17626.2-2018	电磁兼容 试验与测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-2016	电磁兼容 试验与测量技术 射频电磁场辐射抗扰度抗扰度试验
GB/T 17626.4-2018	电磁兼容 试验与测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5-2019	电磁兼容 试验与测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.8-2006	电磁兼容 试验与测量技术 工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.9-2011	电磁兼容 试验与测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
GB/T 17626.2-2017	电磁兼容 试验与测量技术 阻尼震荡磁场抗扰度试验
YD/T 1287-2013	具有路由功能的以太网交换机测试方法
YD/T 2758.1	LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法(第一阶段) 第 1 部分：基本功能、业务和可靠性测试
YD/T 2758.2	LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第 2 部分：无线射频性能测试
YD/T 2758.3	LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第 3 部分：无线资源管理性能测试
YD/T 2758.4	LTE FDD 数字蜂窝移动通信网 终端设备测试方法（第一阶段）第 4 部分：协议一致性测试
YD/T 3610-2019	LTE 用户驻地设备（CPE）技术要求
YD/T 3611-2019	LTE 用户驻地设备（CPE）测试方法
YD/T 3618-2019	5G 数字蜂窝移动通信网 无线接入网总体技术要求（第一阶段）
YD/T 4002-2021	5G 数字蜂窝移动通信网 增强移动宽带终端设备测试方法（第一阶段）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

电力 5G 通信终端 5G communication terminal of power industry

指在电力系统中应用于电力业务的数据传输和通信场景,通过外部线缆或内部接口与电力业务终端进行连接和通信的无线通信接入设备,支持 5G 无线蜂窝移动网络接入,可兼容 4G。可分为电力 5G 独立式通信终端、5G 嵌入式通信模块等。

### 3.2

#### 5G 网络切片 5G network slice

一个提供特定网络功能和网络特征的逻辑网络。

### 3.3

#### 负控终端 load control terminal

一种控制终端,负控就是负荷控制。主要解决因电力负荷供应紧张时的用电问题,以保证关键负荷和居民生活用电。

### 3.4

#### 集中器 concentrator

远程集中抄表系统的中心管理设备和控制设备,负责定时读取终端数据、系统的命令传送、数据通信、网络管理、事件记录、数据的横向传输等功能。

### 3.5

#### 配电自动化终端 terminal unit of distribution automation

安装在配电网的各种远方监测、控制单元的总称,完成数据采集、控制和通信等功能,主要包括馈线终端、站所终端、配变终端等,简称配电终端。

## 4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

5G: 第五代移动通信技术 (5th Generation Mobile Communication Technology)

DHCP: 动态主机配置协议 (Dynamic Host Configuration Protocol)

DNN: 数据网络名称 (Data Network Name)

DMZ: 隔离区 (Demilitarized Zone)

FDD: 频分双工 (Frequency Division Duplex)

FTP: 文件传输协议 (File Transfer Protocol)

GRE: 通用隧道封装 (Generic Route Encapsulation)

IP: 网络协议 (Internet Protocol)

IPSec: 互联网安全协议 (IP Security)

L2TP: 第二层隧道协议 (Layer 2 Tunneling Protocol)

LAN: 局域网 (Local Area Network)

LNS: 第二层隧道协议网络服务器 (L2TP Network Server)

LTE: 长期演进 (Long Term Evolution)

MAC: 媒体访问控制 (Media Access Control)

PC: 个人计算机 (Personal Computer)

RSRP: 参考信号接收功率 (Reference Signal Receiving Power)

RSRQ: 参考信号接收质量 (Reference Signal Receiving Quality)

RSSI: 接收信号强度指示 (Received Signal Strength Indication)

SA: 独立组网 (StandAlone)

SINR: 信号与干扰加噪声比 (Signal to Interference plus Noise Ratio)

SSL: 安全套接层 (Secure Socket Layer)

USIM: 全球用户识别卡 (Universal Subscriber Identity Module)

USRP: 通用软件无线电外设 (Universal Software Radio Peripheral)

WAN: 广域网 (Wide Area Network)

## 5 电力 5G 通信终端测试要求

### 5.1 分类与组成



电力 5G 通信终端包括独立式终端和嵌入式模块。独立式终端独立于电力业务终端，可支持通过 5G 网络进行数据传输，按照应用场景，可分为室内型和室外型。嵌入式模块为可嵌入至电力业务终端，具备 5G 通信功能的通信模块、通信板卡、通信模组。

## 5.2 测试条件

- a) 测试仪器应具有国家授权机构颁发的合格且有效的检定证书，精度和功能符合相应测试项目要求，测试环境条件如下：
- 1) 环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ；
  - 2) 相对湿度： $20\%\sim75\%$ ；
  - 3) 大气压力： $86\text{kPa}\sim106\text{kPa}$ 。
- b) 被测设备安装完毕，硬件软件全部工作正常，数据正确配置并正常运行；
- c) 配合测试基站和核心网的主控、业务板、电源、风扇按标准场景配置并正常运行；

## 5.3 测试拓扑

电力 5G 终端测试仪表包括测试 PC、综测仪或真实 5G 网络、基站模拟器等。具体测试拓扑见图 1-6



图 1 用电信息采集业务接口测试拓扑图

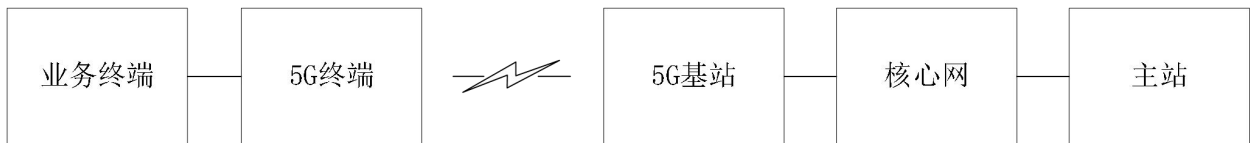


图 2 配电自动化业务接口测试拓扑图

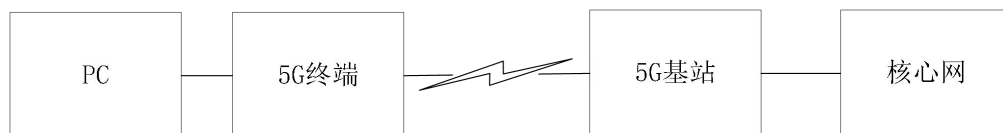


图 3 基本功能测试拓扑（一）

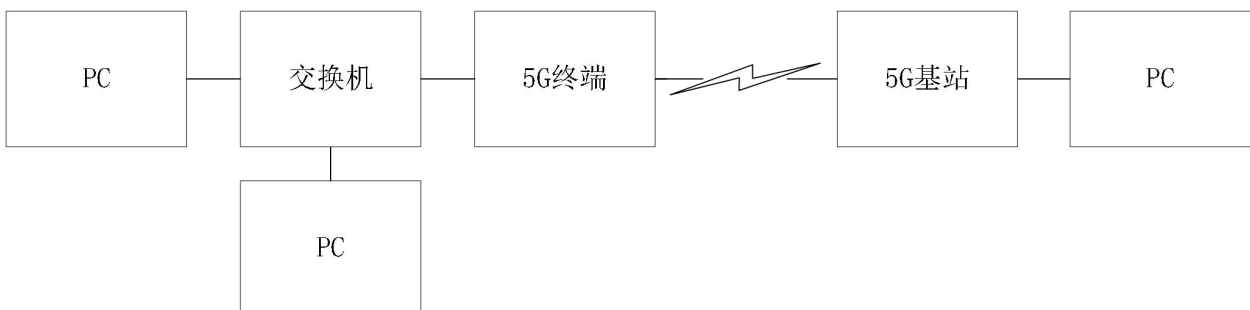


图 4 基本功能测试拓扑（二）

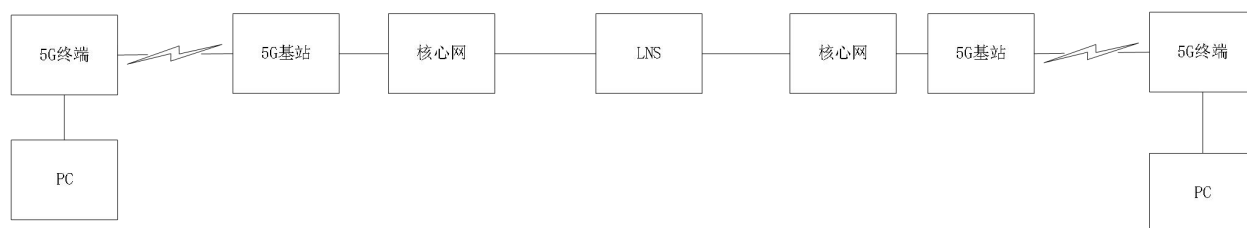


图 5 L2TP 功能测试拓扑



图 6 VPN 功能测试拓扑

## 6 基本功能测试

### 6.1 IP 地址配置测试

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具有 IP 地址配置能力。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑如图 3 所示；
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 通信终端开机，配置 IP 地址；
  - 2) 用户终端设备（如 PC）通过以太网接口接入电力 5G 通信终端，ping 终端所配置网络地址，使用浏览器进行网页浏览；
- e) 预期结果：用户终端设备能够 ping 通并访问对应 IP 地址。

### 6.2 专用 DNN 配置能力

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备专用 DNN 配置功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示。
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 通信终端开机，配置运营商默认 DNN；
  - 2) 电力 5G 通信终端接入蜂窝移动网络，携带配置的 DNN 信息在网络中成功注册；
  - 3) 记录 5G 通信终端获取的 IP 地址；
  - 4) 通过 5G 通信终端 ping 默认 DNN 对应的服务器；
  - 5) 修改 DNN 配置为专用 DNN；
  - 6) 重复步骤 2~4。
- e) 预期结果如下：
  - 1) 默认 DNN、专用 DNN 配置生效；
  - 2) 电力 5G 通信终端正常获取默认 DNN、专用 DNN 对应的 IP 地址；
  - 3) 电力 5G 通信终端能够 ping 通默认 DNN 和专用 DNN 的服务器。

### 6.3 自动拨号功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备自动拨号功能。
- b) 测试终端：独立式终端、嵌入式模块。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示。
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 通信终端插入 USIM 卡，上电开机；

- 2) 在终端空口进行抓包，观察是否有与核心网侧的拨号相关信令；
  - 3) 观察独立式终端是否获得核心网侧分配的 IP 地址；
  - 4) 从终端侧向核心网侧发起 ping 请求，观察是否正常收到回复。
- e) 预期结果：  
电力 5G 通信终端能够自动获得核心网侧分配的 IP 地址，终端侧向核心网侧发起的 ping 请求能够正常收到回复。

#### 6.4 透传功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备透传功能
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示
- d) 测试步骤如下：
  - 7) 电力 5G 通信终端开机，接入蜂窝移动网络；
  - 8) 设置 5G 终端为透传模式；
  - 9) PC 通过以太网口连接 5G 终端的 LAN 口；
  - 10) PC 使用浏览器进行网页浏览，观察是否能正常接入互联网；
  - 11) 检查 5G 终端以太网功能是否可以设置，设置是否能够生效。
- e) 预期结果如下：  
PC 可以通过 5G 终端的 LAN 口直接获得 IP 地址，进行数据转发，可以正常访问互联网，透传模式下 5G 终端以太网功能不可设置且功能不生效。

#### 6.5 DHCP 功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备 DHCP 功能
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 4 所示
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 终端开机，接入蜂窝移动网络；
  - 2) 开启电力 5G 通信终端 LAN 侧的 DHCP 服务器；
  - 3) PC1 和 PC2 均设置为自动获取 IP 地址，通过以太网口与电力 5G 通信终端连接成功；
  - 4) 观察两台 PC 是否可以获取到 IP 地址、子网掩码、网关、DNS 服务器；
  - 5) 观察两台 PC 获取 IP 地址是否重复，租约期信息是否正确；
  - 6) 观察两台 PC 是否可以访问互联网。
- e) 预期结果如下：  
两台 PC 可以获取到 IP 地址、子网掩码、网关、DNS 服务器，两台 PC 获取的 IP 地址不重复，租约期正确，可以访问互联网。

#### 6.6 防火墙功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备防火墙功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 终端开机，接入蜂窝移动网络。PC 通过 LAN 口连接 5G 终端；
  - 2) 配置终端 LAN 口地址为 192.168.10.1，终端空口地址为 192.168.20.1；
  - 3) 设置本地测试 PC 为静态 IP 地址 192.168.10.XX；
  - 4) 设置核心网侧测试 PC 静态 IP 地址为 192.168.20.XX；
  - 5) 终端防火墙添加过滤规则：允许源地址为 192.168.10.XX 的任何 IP 数据包通过；
  - 6) 在本地 PC 向核心网侧发送数据包，在核心网侧观察是否能够接收到来自于 192.168.10.XX 的数据包；
  - 7) 清除步骤 5 中终端防火墙过滤规则，增加过滤规则：禁止源地址为 192.168.10.XX 的任何 IP 数据包通过；

- 8) 从本地 PC 向核心网侧发送数据包，在核心网侧观察是否能够接收到来自 192.168.10.XX 的数据包；
  - 9) 清除步骤 7 中的防火墙过滤规则，增加过滤规则：禁止发往目的地址 192.168.10.XX 的任何 IP 数据包通过；
  - 10) 从核心网侧向本地 PC 发送数据包，在本地 PC 处观察是否能接到来自核心网的数据包；
  - 11) 清除步骤 9 中的防火墙过滤规则，增加过滤规则：禁止源 MAC 地址为本地 PC MAC 地址的数据包通过，并在本地 PC 向核心网侧发送该类数据包，在核心网侧观察是否能够收到；
  - 12) 清除步骤 11 中的防火墙过滤规则，增加过滤规则：禁止目的地址为核心网侧测试 PC MAC 地址的数据包通过，并在本地测试 PC 向核心网侧发送该类数据包，在核心网侧观察是否能够收到。
- e) 预期结果：步骤 6 中，核心网侧能够收到相应数据包；步骤 8 中，核心网侧无法收到本地 PC 发送的数据包；步骤 10 中，本地 PC 无法收到核心网侧发送的数据包；步骤 11 中，核心网侧无法收到相应数据包；步骤 12 中，核心网侧无法收到相应数据包。

## 6.7 端口映射

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备端口映射功能；
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 4 所示
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 通信终端开机；
  - 2) 将多台 PC 通过交换机接入电力 5G 通信终端；
  - 3) 分别在转发规则中添加对应设备的通信协议/IP 地址/通信端口；
  - 4) 进行数据转发，观察不同端口的数据是否按端口转发策略转发至不同 PC
- b) 预期结果：端口转发功能有效，不同端口的数据按端口转发策略转发至不同设备。

## 6.8 DMZ 功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备 DMZ 功能；
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 4 所示；
- d) 测试步骤如下：
  - 1) PC 机与 5G 终端的 LAN 口相连，且 PC 机的 IP 地址与相连 5G 终端的 LAN1 IP 地址属于同一网段；
  - 2) 5G 终端启用 DMZ 功能，并设置 DMZ IP 地址，IP 地址为与终端相连的 PC 的以太网 IP 地址；
  - 3) 查看 5G 终端分配到空口 IP 地址；
  - 4) 从上层测试 PC 进行 ping 操作，ping 目标 IP 地址为 5G 终端空口 IP 地址；
  - 5) 在下挂 PC 中通过抓包软件检查 ping request 是否被正确转发至下挂 PC；
  - 6) 从上层 PC 查看 ping 命令正常收到回复。
- e) 预期结果：下挂 PC 可以接收到 ping request，上层 PC 可以正常受到 ping 回复，DMZ 功能有效。

## 6.9 网络切片功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否具备网络切片功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示。
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 配置 URSP，下发的 URSP 规则中的包括是两种不同的业务分别对应两个切片；
  - 2) 5G 终端开机，触发正常注册；

- 3) 5G 终端发起业务 1，触发第一个 PDU 会话建立流程；
  - 4) 5G 终端发起业务 2，触发第二个 PDU 会话建立流程；
  - 5) 检查 5G 终端日志、切片管理器日志，核心网日志，核对流程。
- e) 预期结果：
- 1) 5G 终端发起业务 1，触发 PDU 会话建立流程，根据 URSP 匹配后，5G 终端携带的 PDU 激活请求中携带的相关参数符合预期，切片管理器有相应记录；
  - 2) 5G 终端发起业务 2，触发 PDU 会话建立流程，根据 URSP 匹配后，5G 终端携带的 PDU 激活请求中携带的相关参数符合预期，切片管理器有相应记录；
  - 3) 检查跟踪工具，核对 PDU 激活流程中响应的信元为 URSP 下发的策略；第二路 PDU 会话建立后不影响原有业务的使用。

#### 6.10 日志功能

- a) 测试目的：验证系统日志是否能正常显示设备工作日志
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 1 所示；
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 5G 终端开机，触发正常注册；
  - 2) 修改终端配置并生效，检查日志是否有记录；
  - 3) 更改测试网络环境，触发终端掉线、断网等异常状态，检查日志是否有记录；
  - 4) 设备断电并重新启动，检查日志是否有记录；
  - 5) 检查日志是否可下载。
- e) 预期结果：修改终端配置、终端状态异常、终端重启均记录在日志中。日志可下载。

#### 6.11 远程状态监控

- a) 测试目的：验证被测终端是否支持远程状态监控功能；
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 4 所示；
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 5G 终端开机，触发正常注册并接入网络；
  - 2) 登录电力 5G 通信终端网管；
  - 3) 查询终端的性能指标，包括但不限于通信终端在线时长、终端版本、IP 地址、WAN 口接收业务数据量、WAN 口发送业务数据量、RSRP、RSSI、SINR、RSRQ 等性能指标。
- e) 预期结果：可以在网管中对终端状态进行远程监控

#### 6.12 本地版本升级

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否支持本地版本升级功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 3 所示。
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 5G 终端上电开机；
  - 2) PC 在本地通过以太网接口连接 5G 终端；
  - 3) 通过命令或界面对 5G 终端版本、模组版本的本地升级操作；
  - 4) 重启电力 5G 终端；
  - 5) 查询 5G 终端和模组版本号是否为升级后版本号；
  - 6) 在升级过程中，对 5G 终端进行断电操作；
  - 7) 升级失败时，观察 5G 终端和模组是否自动回退至上一版本并正常工作，且重启后恢复升级状态。
- e) 预期结果：电力 5G 通信终端支持本地版本升级功能。

### 6.13 远程版本升级

- a) 测试目的：验证被测 5G 终端是否支持远程版本升级功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 4 所示。
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 5G 终端上电开机；
  - 2) PC 登录网管；
  - 3) 在设备网管发起对 5G 终端版本、模组版本的远程升级操作；
  - 4) 重启电力 5G 终端；
  - 5) 查询 5G 终端和模组版本号是否为升级后版本号；
  - 6) 在升级过程中，对 5G 终端进行断电操作；
  - 7) 升级失败时，观察 5G 终端和模组是否自动回退至上一版本并正常工作，且重启后恢复升级状态。
- e) 预期结果：电力 5G 通信终端支持远程版本升级功能。升级成功，网管能够查询 5G 终端和模组版本号为升级后版本号，升级失败时，网管侧显示升级失败，5G 终端和模组可回退至上一版本并正常工作。

### 6.14 网络制式锁定功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否支持网络制式锁定功能。
- b) 测试终端：独立式终端
- c) 测试拓扑：如图 3 所示。
- d) 测试步骤：
  - 1) 5G 终端上电开机，接入网络；
  - 2) 通过命令或网页配置将 5G 终端锁定在“5G SA only”模式下；
  - 3) SA 断网后，检查 5G 终端是否断网且没有回落 4G、3G、2G；
  - 4) 恢复网络后，检查 5G 终端是否重新接入 5G SA 网络。
- e) 预期结果：SA 断网后，5G 终端断网且没有回落。网络环境恢复后，5G 终端重新接入 5G SA 网络。

### 6.15 VPN 功能

#### 6.15.1 L2TP 功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否支持建立 L2TP 隧道并通过 L2TP 隧道远程访问的功能。
- b) 测试终端：独立式终端。
- c) 测试拓扑：如图 5 所示。
- d) 测试步骤：
  - 1) 两台 5G 终端上电开机，插入公网卡，接入网络；
  - 2) 在公网上搭建 LNS，设置好网段并开启 DHCP 服务。
  - 3) 建立 LNS 与两台 5G 终端之间的 L2TP 隧道；
  - 4) 从任一 5G 终端向 LNS 发送 ping 请求，检查是否收到正常回复；
  - 5) 两台用户终端设备分别连接两台 5G 终端；
  - 6) 分别从用户终端设备访问 LNS 和对端 5G 终端，检查是否能正常访问；
  - 7) 在两台 5G 终端和 LNS 中使用网络工具进行抓包。
- e) 预期结果：5G 终端向 LNS 发起的 ping 请求能够正常收到回复，用户终端设备可以正常访问 LNS 和对端 5G 终端，抓包可以看到数据报文经过 L2TP 隧道封装。

#### 6.15.2 IPSec 功能

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否支持建立 IPSec 隧道功能。
- b) 测试终端：独立式终端
- c) 测试拓扑：如图 6 所示。
- d) 测试步骤：

- 1) 5G 终端上电开机，正常接入网络；
  - 2) 用户终端设备（如业务终端）连接 5G 终端的 LAN 口；
  - 3) 配置用户终端设备的 IP 地址为与 5G 终端 LAN 口同一个网段的 IP 地址，网关设置为 5G 终端的 LAN 口地址；
  - 4) 配置 5G 终端为透传模式；
  - 5) 5G 终端导入 IPSec 的公钥、私钥和签名证书并配置安全接入网关的服务器地址和端口号；
  - 6) 检查用户终端设备是否可以连接远端服务器；
  - 7) 使用抓包工具在 5G 终端的空口或者安全接入网关连接核心网的端口处抓包；
- e) 预期结果：用户终端设备可以成功连接远端服务器，抓包可以看到端口应用IPsec数据报文。

### 6.15.3 SSL VPN 功能

- a) 测试目的：验证电力5G通信终端是否支持建立SSL VPN隧道的功能。
- b) 测试终端：独立式终端
- c) 测试拓扑：如图6所示。
- d) 测试步骤：
  - 1) 5G 终端上电开机，正常接入网络；
  - 2) 用户终端设备（如业务终端）连接 5G 终端的 LAN 口；
  - 3) 配置用户终端设备的 IP 地址为与 5G 终端 LAN 口同一个网段的 IP 地址，网关设置为 5G 终端的 LAN 口地址；
  - 4) 配置 5G 终端为透传模式；
  - 5) 5G 终端导入 OpenSSL 的公钥、私钥和签名证书并配置安全接入网关的服务器地址和端口号；
  - 6) 检查用户终端设备是否可以连接远端服务器；
  - 7) 使用抓包工具在 5G 终端的空口或者安全接入网关连接核心网的端口处抓包；
- e) 预期结果：用户终端设备可以成功连接远端服务器，抓包可以看到端口数据报文经过SSL VPN封装。

### 6.15.4 GRE 功能

该项测试应符合 YD/T 3611-2019 中 6.2.3.2 节中的描述。

## 7 接口功能测试

### 7.1 蜂窝无线接口测试

- a) 电力 5G 通信终端的 5G 空中接口测试方法应符合 YD/T 4002-2021 中的规定。
- b) 支持 LTE 的电力 5G 通信终端的空中接口测试方法应符合 YD/T 2578.1、YD/T 2578.2、YD/T 2578.3、YD/T2578.4 中的规定。

### 7.2 以太网接口测试

以太网接口测试方法应符合 YD/T 1287-2013 中 4.1 的规定。

### 7.3 电力业务接口测试

#### 7.3.1 用电信息采集业务接口测试

- a) 测试目的：验证电力 5G 通信终端是否支持与业务终端接口之间的通信。
- b) 测试终端：独立式终端、嵌入式模块。
- c) 测试拓扑如图 1 所示；
- d) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 通信终端通过以太网口或串口连接集中器或负控终端，业务服务器安装用电信息采集系统主站；

- 2) 电力 5G 通信终端插入 USIM 卡, 开机后进入 IDLE 状态;
  - 3) 正确配置终端侧和系统侧相关参数设置, 完成承载激活过程;
  - 4) 主站侧发出定时或随机控制命令, 观察控制命令是否下发成功, 控制操作是否生效;
  - 5) 主站发出数据召测命令, 观察命令下发是否正常, 数据上报是否正常
- e) 预期结果: 主站侧控制命令和数据召测命令能够成功下发, 控制操作生效, 数据上报正常。电力 5G 通信终端与业务终端接口之间可以正常通信。

### 7.3.2 配电自动化业务接口测试

- a) 测试目的: 验证电力 5G 通信终端是否能够承载配电自动化业务。
- b) 测试终端: 独立式终端、嵌入式模块。
- c) 测试拓扑如图 2 所示;
- d) 测试步骤如下:
  - 1) 电力 5G 通信终端通过以太网口或串口连接配电终端;
  - 2) 通过功率源向配电终端输出电压、电流;
  - 3) 主站侧发遥测指令后, 观察主站显示的电压电流值与配电终端显示的电压电流值是否一致
  - 4) 将配电终端状态量输入端连接到模拟开关信号回路;
  - 5) 主站发召唤遥信指令后, 观察显示的开关开、合状态是否与实际情况一致;
  - 6) 主站侧向配电终端发开、合控制命令, 观察控制执行指示与选择的控制对象是否一致, 选择/返校过程是否正常, 实际开关是否正确执行合闸/跳闸。
- e) 预期结果: 主站侧发遥测指令后, 观察主站显示的电压电流值与配电终端显示的电压电流值一致。主站发召唤遥信指令后, 观察显示的开关开、合状态与实际情况一致。主站侧向配电终端发开、合控制命令, 控制执行指示与选择的控制对象一致, 选择/返校过程正常, 实际开关正确执行合闸/跳闸。电力 5G 通信终端可以承载配电自动化业务。

### 7.3.3 精准负控业务接口测试

- a) 验证电力 5G 通信终端是否能够承载精准负控业务。
- b) 测试终端: 独立式终端、嵌入式模块
- c) 测试拓扑如图 2 所示
- d) 测试步骤如下:
  - 1) 电力 5G 通信终端通过以太网口或串口连接精准负控终端;
  - 2) 通过功率源向精准负控终端输出电压、电流;
  - 3) 主站侧发遥测指令后, 观察主站显示的电压电流值与精准负控终端显示的电压电流值是否一致
  - 4) 将精准负控终端状态量输入端连接到模拟开关信号回路;
  - 5) 主站发召唤遥信指令后, 观察显示的开关开、合状态是否与实际情况一致;
  - 6) 主站侧向精准负控终端发开、合控制命令, 观察控制执行指示与选择的控制对象是否一致, 选择/返校过程是否正常, 实际开关是否正确执行合闸/跳闸。
- e) 预期结果: 主站侧发遥测指令后, 主站显示的电压电流值与精准负控终端显示的电压电流值一致。主站发召唤遥信指令后, 观察显示的开关开、合状态与实际情况一致。主站侧向精准负控终端发开、合控制命令, 控制执行指示与选择的控制对象一致, 选择/返校过程正常, 实际开关正确执行合闸/跳闸。电力 5G 通信终端可以承载精准负控业务。

## 8 网络性能测试

### 8.1 信号强度测试

- a) 测试目的: 验证电力 5G 通信终端是否具备信号强度监测功能。
- b) 测试拓扑: 如图 3 所示
- c) 测试步骤如下:
  - 1) 电力 5G 终端开机, 接入蜂窝移动网络。PC 通过 LAN 口连接 5G 终端;



- 2) PC 登录电力 5G 终端网页；
- 3) 观察 5G 终端网页是否能实时显示当前接收信号的强度，包括但不限于 RSRP、SINR。
- d) 预期结果：5G 终端网页能够实时显示当前接收信号强度，记录下页面实时显示的信号强度。

## 8.2 数据传输速率测试

- a) 测试目的：测试 5G 终端的数据传输速率。
- b) 测试拓扑：如图 3 所示
- c) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 终端开机，接入蜂窝移动网络。PC 通过 LAN 口连接 5G 终端；
  - 2) 在接收信号 RSRP 处于-85dB 以上时，通过网络调试工具从 5G 终端侧向核心网侧以最大速率发送数据包。
  - 3) 在核心网侧进行数据流量监测，并记录相关数据。
  - 4) 停止从 5G 终端侧发送数据包，改为从核心网侧向 5G 终端侧以最大速率发送数据包；
  - 5) 在 5G 终端侧进行数据流量监测，并记录相关数据。
- d) 预期结果：分别记录下上行和下行数据传输的平均速率和最高速率。

## 8.3 网络连接稳定性

- a) 测试目的：测试 5G 终端的数据传输速率。
- b) 测试拓扑：如图 3 所示
- c) 测试步骤如下：
  - 1) 电力 5G 终端开机，接入蜂窝移动网络。PC 通过 LAN 口连接 5G 终端；
  - 2) 在接收信号 RSRP 处于-85dB 以上是，本地测试 PC 向核心网侧发送 ping 包持续 1 小时；
  - 3) 通过网络调试工具记录本地测试 PC 发送 ping 包的数量以及收到核心网侧 ping 包的数量
- d) 预期结果：记录 ping 包发送与接收成功率。

## 9 环境适应性测试

环境适应性测试应满足 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T2423.3、GB/T 2423.4、GB/T 4208-2017 中的测试方法和要求。

## 10 电磁兼容性测试

该项测试应满足 GB/T 17626.2-2018、GB/T17626.3-2018、GB/T17626.4-2018、GB/T 17626.5-2019、GB/T 17626.8-2006、GB/T 17626.9-2011、GB/T 17626.10-2017 中的测试方法和要求。

参 考 文 献

- [1] Q/GDW 11805-2018 LTE-G 1800MHz 电力无线通信系统测试规范
-