



# 青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司 技 术 文 档

---

## 青 岛 鼎 信 单 三 相 模 块 企 业 标 准

V1.6

2022 – 09– 30 发布

2022 – 09– 30

青 岛 鼎 信 通 讯 股 份 有 限 公 司      发 布

## 目 录

1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 定义 .....	5
4 技术要求 .....	5
4.1 环境条件 .....	5
4.1.1 参比温度及参比湿度 .....	5
4.1.2 温湿度范围 .....	5
4.2 机械性能试验 .....	5
4.2.1 机械振动 .....	5
4.2.2 跌落实验 .....	5
4.2.3 模拟汽车颠簸实验 .....	6
4.3 工作电源 .....	6
4.3.1 一般要求 .....	6
4.3.2 功率消耗 .....	6
4.3.3 4uF 电容插拔试验 .....	8
4.4 功能要求 .....	8
4.4.1 载波通信 .....	8
4.4.2 停电上报 .....	9
4.4.3 窄带载波灵敏度（研发自测） .....	9
4.4.4 宽带载波灵敏度（研发自测） .....	9
4.5 外观结构 .....	10
4.5.1 一般检测 .....	10
4.5.2 外壳与端子着火试验 .....	10
4.5.3 接线端子间隙和爬电距离 .....	10
4.6 绝缘性能要求 .....	10
4.6.1 绝缘电阻 .....	10
4.6.2 绝缘强度 .....	10
4.6.3 冲击电压 .....	11
4.7 数据传输信道 .....	11
4.7.1 窄带载波信号最大输出电平和频外干扰电平的测试 .....	11
4.7.2 窄带发射频率偏移测试 .....	12
4.7.3 窄带发射温升测试 .....	12
4.7.4 宽带功率谱密度（研发自测） .....	12
4.7.5 宽带载波频率（研发自测） .....	13
4.8 电磁兼容性要求 .....	13
4.8.1 抗接地故障能力 .....	13
4.8.2 射频辐射电磁场抗扰度 .....	13

4.8.3	电压暂降和短时中断 .....	13
4.8.4	工频磁场抗扰度 .....	13
4.8.5	射频场感应的传导骚扰抗扰度 .....	13
4.8.6	静电放电抗扰度 .....	14
4.8.7	电快速瞬变脉冲群抗扰度 .....	14
4.8.8	阻尼振荡波抗扰度 .....	14
4.8.9	浪涌抗扰度 .....	14
4.9	气候影响试验 .....	15
4.9.1	高温试验 .....	15
4.9.2	低温试验 .....	15
4.9.3	交变湿热 .....	15
4.9.4	双 85 试验 .....	15
4.9.5	高温耐久试验 .....	16
4.10	双模无线性能测试 .....	16
4.10.1	无线通信测试 .....	16
4.10.2	无线通信距离测试（研发自测） .....	16
4.11	其他内控测试 .....	16
4.11.1	波形测试 .....	16
4.11.2	自激验证 .....	16
4.11.3	热插拔 .....	18
4.11.4	芯片缓慢上电（研发自测） .....	18
4.11.5	谐波干扰试验 .....	18
4.11.6	三相电相位差偏差验证 .....	18
4.11.7	单三相户变功能验证 .....	18
4.11.8	开关控制功能验证 .....	19
附录 A	单、三相通道板检验项目 .....	21
附录 B	单相 09/11 规范外观形式要求 .....	24
附录 C	单相 13/15 规范外观形式要求 .....	25
附录 D	单相国网 20 规范外观形式要求 .....	26
附录 E	单相南网 21 规范外观形式要求 .....	27
附录 F	三相 09/11 规范外观形式要求 .....	28
附录 G	三相 13/15 规范外观形式要求 .....	28
附录 H	三相 20 规范外观形式要求 .....	29
附录 I	三相南网 21 规范外观形式要求 .....	29

## 前 言

本标准是在《Q/GDW 1373-2013 1379.4-第4部分：通信单元检验技术规范》、《Q/GDW 11612.1-2016 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 11612.1-2016 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》的基础上并结合南网规范起草的内控标准。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司载波产品线起草。

本标准主要起草人：赵金华、曹金龙、龙震中、赵治海

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至青岛鼎信股份有限公司载波产品线。

## 单三相模块企业标准

### 1 范围

本标准规定了单三相模块的环境条件、工作电源、功能要求、技术指标、可靠性等方面的技术要求、检验规则以及运行质量管理等要求。

本标准主要适用对象为单相、三相模块系列产品(包含单三相户变产品、IR46 单三相产品、IR46 开关控制单三相产品等),例如单相通道板、单相采集通道板、单相双模模块、单相双模采集模块、三相载波模块(含三相四线和单相耦合载波模块)、三相三线载波模块、三相双模模块等产品。主要定义产品的外观结构、功能及性能、测试内容及方法,作为单三相模块系列产品的内控依据。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。当引用标准与本标准的要求有冲突时,应以本标准为准。

GB/T 4208-2008	外壳防护等级(IP代码)
GB/T 15464-1995	仪器仪表包装通用技术条件
GB/T 17626.1-2006	电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论
GB/T 17626.2-2018	静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-2016	射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4-2018	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5-2008	浪涌(冲击)抗扰度试验
GB/T 17626.6-2017	射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8-2006	工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.10-2017	阻尼震荡磁场抗扰度试验
GB/T 17626.11-2008	电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
GB/T 17626.12-2013	振荡波抗扰度试验
GB/T 17215.211-2006	交流电测量设备通用要求 试验和试验条件-第11部分:测量设备
DL/T 645-2007	多功能电能表通信协议
Q/CSG 113007-2011	中国南方电网有限责任公司三相多功能电能表技术规范
Q/CSG 113013-2011	中国南方电网有限责任公司多功能电能表通信协议扩展协议
Q/CSG 11109005-2013	中国南方电网有限责任公司低压电力用户集中抄表系统采集器技术规范
Q/GDW 1364-2013	单相智能电能表技术规范
Q/GDW 1373-2013	1374.3-第3部分:通信单元技术规范
Q/GDW 1373-2013	1379.4-第4部分:通信单元检验技术规范
Q/GDW 11612.1-2016	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 11612.1-2016	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 11612.1-2016 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  
Q/GDW 12087 双模通信互联互通技术规范 第2部分：技术要求

### 3 定义

Q/GDW 1373-2013和Q/GDW 11612.1-2016中确定的定义适用于本标准。

### 4 技术要求

#### 4.1 环境条件

##### 4.1.1 参比温度及参比湿度

参比温度为 23℃，允许偏差±2℃；参比相对湿度为 60%，允许偏差±15%。

##### 4.1.2 温湿度范围

单相模块正常运行的气候环境条件见表 4.1。

标准要求	级别	空气温度		湿度	
		范围 ℃	最大变化率 a ℃/h	相对湿度 b %	最大绝对湿度 g/m <sup>3</sup>
国网标准	C2	-40~+70	1	10~100	35
南网标准	C3	-40~+75	1	10~100	35
企业标准	CX	-45~+85	1	10~100	35

a 温度变化率取 5 min 时间内平均值。  
b 相对湿度包括凝露。

表 4.1 气候环境条件分类

工作气候环境条件要求根据采购技术条件确定，推荐采用 CX 级别。

#### 4.2 机械性能试验

##### 4.2.1 机械振动

参照 GB/T 17215.211-2006 规定，单相模块应能承受正常运行及常规运输条件下的机械振动和冲击而不造成失效和损坏。机械振动强度要求：

- 非工作状态，无包装；
- 频率范围：10Hz~150Hz；
- 交越频率：60Hz；
- 恒定振幅：0.075mm（频率≤60Hz）；
- 恒定加速度：10m/s<sup>2</sup>（频率>60Hz）；
- 扫频周期：20。

试验后设备无损坏、紧固件无松动脱落现象，数据采集功能满足要求。

##### 4.2.2 跌落实验

按内控跌落试验标准把控。

跌落试验	1、通用标准 ——样品按照安装角度进行跌落； ——跌落次数：2 次 2、极限标准 ——6 面，按照 5-2-1-3-4-6 顺序进行 ——跌落次数：1 次/面，共 6 次	试验后检查模块应无损坏和紧固件松动脱落现象，外观和功能应均正常
------	--	---------------------------------

表 4.2 内控跌落试验标准

跌落面定义如图 4.1：

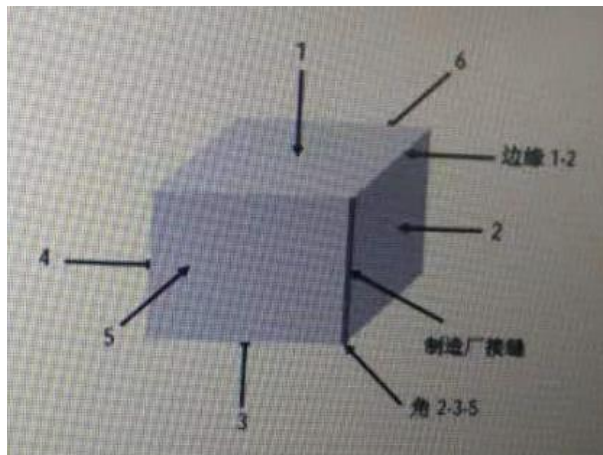


图4.1 跌落面图

#### 4.2.3 模拟汽车颠簸实验

参照 ISTA 1A 系列标准，无包装非工作状态下进行振动试验，试验后检查受试通信模块应无损坏和紧固件松动脱落现象，功能和性能应满足相关要求。

### 4.3 工作电源

#### 4.3.1 一般要求

强电工作电源电压：220V，允许偏差：-20%~+20%。

V3 双模通信单元，采用直流电源，电压允许范围：11~24V。

工作状态下，V3 模块产生的交流磁通密度小于 0.5mT(测试条件未定，数据待进一步确认)。

#### 4.3.2 功率消耗

**静态功耗定义：**在模块非通信状态下，使用交直流电源对载波模块的VDD、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VDD、VCC及交流220V回路静态有功功耗，累计值应符合要求。

**动态功耗定义：**在模块通信状态下，使用交直流电源对载波模块的VDD、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VDD、VCC及交流220V回路动态有功功耗，累计值应符合要求。

##### 4.3.2.1 窄带功耗

1.	2. 静态功耗	3. 动态
----	---------	-------

		功耗
4. 单相	5. $\leq 0.25W$	6. $\leq 1.5W$
7. 单相 双模	8. $\leq 0.4W$	9. $\leq 2.3W$
10. 三相	11. $\leq 0.35W$	12. $\leq 2.5W$
13. 三相 双模	14. $\leq 0.5W$	15. $\leq 3.3W$

表 4.3 窄带功耗标准

注意：

强电侧负载为 50 欧姆，带超级电容的版本需要充满电后再测试，充电时间默认 15min。

#### 4.3.2.2 宽带功耗

16.	17. 静态功耗	18. 动态功耗
19. V1 单相	20. $\leq 0.46W$	21. $\leq 1.6W$
22. V1 单相双模	23. $\leq 0.6W$	24. $\leq 2.3W$
25. V2 单相	26. $\leq 0.46W$	27. $\leq 1.5W$
28. V2 单相双模	29. $\leq 0.6W$	30. $\leq 2.3W$
31. V2 单相(南网)	32. $\leq 0.5W$	33. 直流动态功 耗 $\leq 1.5W$
34. V3 单相双模	35. $\leq 0.25W$	36. $\leq 1.5W$ (单 发双收) 37. $\leq 2W$ (双发 双收)
38. V1 三相	39. $\leq 0.65W$	40. $\leq 1.7W$
41. V1 三相双模	42. $\leq 0.65W$	43. $\leq 2.3W$
44. V2 三相	45. $\leq 0.65W$	46. $\leq 1.7W$
47. V2 三相双模	48. $\leq 0.65W$	49. $\leq 2.3W$
50. V2 三相(南网)	51. $\leq 0.65W$	52. $\leq 1.7W$
53. V3 三相双模	54. $\leq 0.5W$	55. $\leq 2.5W$

表 4.4 宽带功耗标准

注意：

强电侧负载为 50 欧姆，带超级电容的版本需要充满电后再测试，充电时间默认 15min。

#### 4.3.2.3 功耗测试方法：

方法一：功耗台体测试



方法二:

(1) 强电功耗测试

使用功率计给单相（或三相）提供交流电，使用夹子夹住模块工装的强电端口，要求每相零火线对应，被测品上电后使用功率计测量模块强电功耗，记录最大数值。

备注:也可使用交流源测量其电流大小来计算强电功耗；功耗=交流有效值\*电流大小\*功率因数。

(2) 弱电功耗测试

静态功耗测试，被测设备和 12V 稳压源通电，使用带接地环的 1:1 表笔测试静态工装左侧电阻两端电压，调整示波器刻度，时域调整为 20.00ms/格, 伏值调整为 100mV/格。

调整示波器显示均方根值，然后通过“运行/停止”键截取显示屏的当前均方根值并记录。

计算公式：功率（P）=测试电压 U（伏）/串联的电阻\*12V

动态功耗测试，被测设备和 12V 稳压源上电，使用接地环表笔测试动态工装左侧电阻两端，示波器选择直流耦合，时域调整为 20.00ms/, 伏值调整为 100mv/。

通过示波器按键调整示波器按键“测量”显示均方根值，调整完毕后通过掌机抄控器(上位机)进行被测品抄读，查看示波器显示是否存在上拉波形段，通过“单次采集”键截取上拉波形，查看示波器显示的当前均方根值数据并记录。

计算公式：功率（P）=测试电压 U（伏）/串联的电阻\*12V

#### 4.3.3 4uF 电容插拔试验

模块在非通讯状态下，在电源 220V 处插拔电容，利用电容特性造成 220V 瞬间短路模拟负载切换，持续 10 分钟（通断次数 $\geq 100$  次），对比实验前后静态功耗无明显偏差，试验后通信单元应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

#### 4.4 功能要求

##### 4.4.1 载波通信

###### 4.4.1.1 窄带载波通讯

常温下，采用图4.2所示测试电路，测试机软件以1200bps的抄收速率自动抄收电能表的数据，抄收次数不少于400次，记录每次抄收的数据，试验后统计通信成功率应大于99%。50欧姆负载（衰减器等效阻抗为50欧姆,不需要额外加负载）时，窄带衰减器使用68dB。若电力线为2欧姆负载，为使整个电力线链路上的衰减为68dB，衰减器的值选择40dB（ $40+201g(50/2)=68$ ）。

###### 4.4.1.2 宽带载波通讯

常温下，采用图4.2所示测试电路，利用掌机监控使能功能自动抄收电能表的数据(电能表表号设置为(999999999XX), XX代表随意设置)；抄收次数不少于400次，试验后统计通信成功率应大于99%。50欧姆负载（衰减器等效阻抗为50欧姆，不需要额外加负载）时，宽带衰减器使用68dB。若电力线为2欧姆负载，为使整个电力线链路上的衰减为68dB，衰减器的值选择40dB（ $40+201g(50/2)=68$ ）。

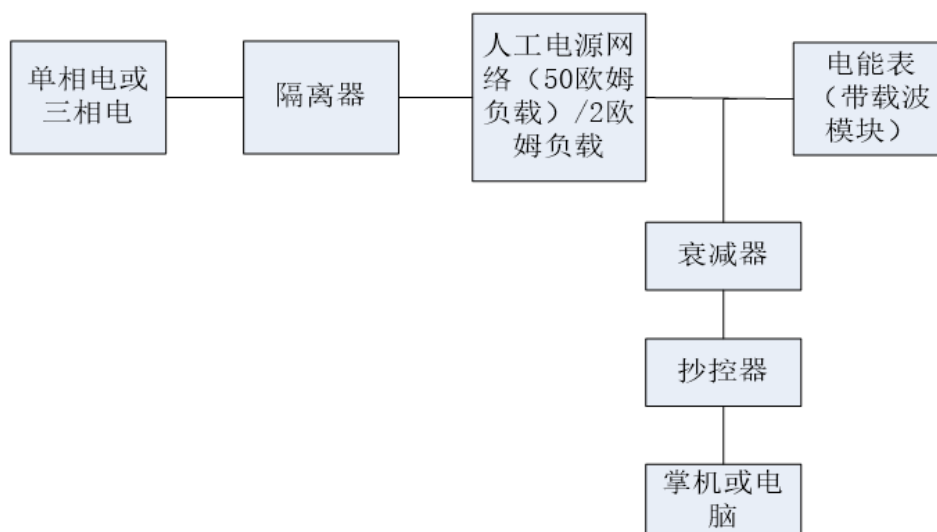


图 4.2 载波通信系统测试图

#### 4.4.2 停电上报

常温下，带超级电容模块需要对停电上报功能进行验证，采用图4.3所示测试电路，模块和路由需在组网抄表无问题条件下工作15分钟（给超级电容充电），断开底座和电表之间的火线，保留零线连接，通过电脑上位机监控停电上报报文。

研发自测样品高低温下停电上报性能是否满足要求，高温70℃、低温-45℃。

[注：实验未结束前，空开上电后无需断电；220V从路由+底座端接入。]

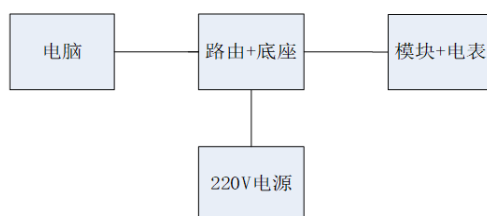


图 4.3 停电上报测试图

#### 4.4.3 窄带载波灵敏度（研发自测）

分别在市电、高噪、白噪的环境下，测试载波灵敏度并保存波形。

#### 4.4.4 宽带载波灵敏度（研发自测）

在弱电灵敏度测试环境下，依据表格测试条件测试载波灵敏度，与标准模块和历史数据对比。

频段	模式和信道环境
2.4M-5.6M	Mode4 直连
	Exmodel 直连
	Mode4+单频 3M -30dBm
	Mode4+1us 脉冲 100k 4Vpp
0.7M-3M	Mode4 直连
	Exmodel 直连

表4.5 灵敏度测试标准

#### 4.5 外观结构

##### 4.5.1 一般检测

外观检测，不应有凹凸痕、划伤、裂缝和毛刺，镀层不应脱落，标牌文字、符号应清晰、耐久。

##### 4.5.2 外壳与端子着火试验

在非金属外壳和有端子排及相关连接件的模拟样机上按 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的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；或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。

##### 4.5.3 接线端子间隙和爬电距离

具体的电压与爬电之间的关系见表4.6：

额定电压 (V)	电气间隙 (mm)	爬电距离 (mm)
$\leq 25$	1	1.5
$\leq 250$	3	4

表 4.6 电压与爬电距离关系

因模块接口为规范定义尺寸，不开壳测量裸露的端子间隙满足规范要求。

#### 4.6 绝缘性能要求

##### 4.6.1 绝缘电阻

在正常试验条件和湿热试验条件下，按照 Q/GDW 374.3—2013 中的要求，各电气回路对地和各电气回路间的绝缘电阻要求见表 4.7 绝缘电阻要求：

技术要求	测试方案			
正常条件 $\geq 10\text{M}\Omega$ 湿热条件 $\geq 2\text{M}\Omega$	测试回路	测试电压 (V)	正常条件 (M $\Omega$ )	湿热条件 (M $\Omega$ )
	电源回路对地	500V	$\geq 10$	$\geq 2$
	通信回路对地	250V	$\geq 10$	$\geq 2$
	电源与通信回路间	500V	$\geq 10$	$\geq 2$

表 4.7 绝缘电阻要求

##### 4.6.2 绝缘强度

**窄带模块**，电源回路对地应耐受 500V（低于 60V 直流电源回路）或 2500V（220V 交流电源回路）的 50Hz 的交流电压，历时 1min 的绝缘强度试验。试验时不得出现击穿、闪络现象，泄漏电流应不大于 5mA。具体参数如表 4.8 绝缘强度实验电压。

技术要求	测试方案		
漏电流 $\leq 5\text{mA}$ ，施加时间 1min， 试验时终端无击穿、无闪络、	测试回路	试验电压 (V)	漏电流 (mA)
	电源回路对地	2500	$\leq 5$

无损坏。试验后终端能正常工作，数据采集功能满足要求。	通信回路对地	500	≤5
	电源与通信回路间	2500	≤5

表 4.8 绝缘强度试验电压

**宽带模块**，电源回路对地应耐受**1000V**(<60 直流电源回路) 或**4100V**(STA,220V交流电源回路) 的 50Hz的交流电压，历时1min的绝缘强度试验。试验时不得出现击穿、闪络现象，泄漏电流应不大于5mA。具体参数如表4.9绝缘强度实验电压。

参照双模通信互联互通技术要求。

技术要求	测试方案		
漏电流≤5mA，施加时间 1min，试验时终端无击穿、无闪络、无损坏。试验后终端能正常工作，数据采集功能满足要求。	测试回路	试验电压 (V)	漏电流 (mA)
	电源回路对地	4100	≤5
	通信回路对地	1000	≤5
	电源与通信回路间	4100	≤5

表4.9 绝缘强度试验电压

#### 4.6.3 冲击电压

回路对地电压，应耐受如表 4.10 中规定的冲击电压峰值，正负极性各 10 次。试验时应无破坏性放电（击穿跳火、闪络或绝缘击穿）现象。参照 Q/GDW10827-2020、南方电网低压电力线宽带载波通信设备技术规范书-专用部分 2022 版执行。

技术要求	测试方案	
每一回路正、负极性施加各 10 次，试验时终端无击穿跳火、无闪络、无损坏；试验后终端能正常工作，数据采集功能满足要求。	额定回路对地电压 V	试验电压 V
	≤100，通信回路对地	5100
	≤300，电源回路对地	6100
	试验时终端无击穿跳火、闪络、损坏现象：	

表4.10 冲击电压峰

#### 4.7 数据传输信道

##### 4.7.1 窄带载波信号最大输出电平和频外干扰电平的测试

图 4.4 中虚线框内 T 网络为 GB/T 6113.102—2008 第 4 章和附录 A 的 50 Ω/50uH+5 Ω (9kHz~150kHz)和 50 Ω/50uH(>150kHz)的 V 型人工电源网络，频率 9kHz~800kHz 的各元件值见表 4.11。频谱分析仪的峰值检测器带宽分辨率应选择 200Hz。

使模块处于连续发送状态，用频谱仪在载频频带内找出输出电平最高点，此时的电平值记作 V1。在载频频带外找出输出电平最高点，此时的电平值记作 V2。V1 和 V2 的值应符合相关的要求。

内容	技术要求		测试结果
低压窄带电力线载波通信单元性能	信号频率	3kHz~500 kHz	频率： /
	最大输出信号电平	频率 (kHz)	输出电平限值 (峰值) (dB μV)
		3~9	134
		9~95	带宽<5 kHz, 134~120 (随频率对数线性减少) 带宽 ≥5 kHz, 134
		95~148.5	122

		148.5~500	120	
	干扰频率	3kHz~500 kHz		频率: /
	工作频带外的干扰 电平	频率 (kHz)	限值 (准峰值) (dB $\mu$ V)	/
		3~9	89	
		9~150	89~66	
		150~500	66~56 (随频率对数线性减少)	
		500~5000	56	

表 4.11 低压窄带电力线载波通信单元性能

测试环境搭建如图 4.4 载波信号频率和电平测试电路：

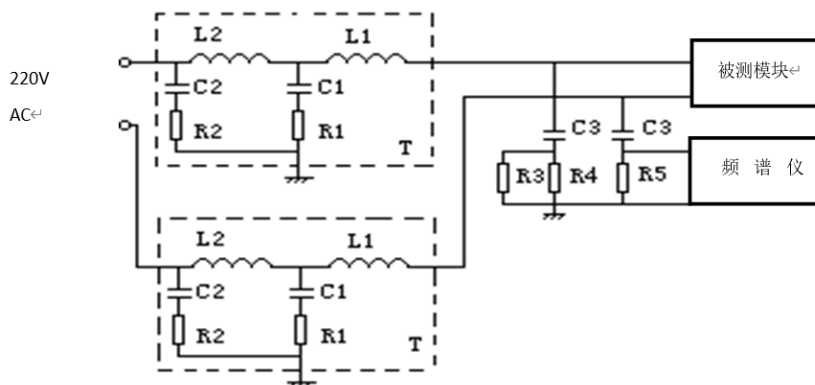


图 4.4 载波信号频率和电平测试电路

图 4.4 中器件的值请参考表 4.12 元器件值

元件	R1	R2	R3	R4	R5	L1	L2	C1	C2	C3
值	5 $\Omega$	10 $\Omega$	1000 $\Omega$	50 $\Omega$	50 $\Omega$	50 $\mu$ H	250 $\mu$ H	8 $\mu$ F	4 $\mu$ F	0.25 $\mu$ F

表 4.12 元器件值

#### 4.7.2 窄带发射频率偏移测试

发射频率偏移应不大于  $\pm 0.25\%$ ，且不大于带宽范围的  $5\%$ 。

判定标准范围 X1、X2：

( $414.96\text{kHz} \leq X1 \leq 417.04\text{kHz}$ ,  $424.935\text{kHz} \leq X2 \leq 427.065\text{kHz}$ )。

具体测试方法见《载波发送频率偏移测试作业指导书》。

#### 4.7.3 窄带发射温升测试

设置为从节点持续发送，连续发射 30min，载频负载为  $2\Omega$  时，温升应小于 35K。

#### 4.7.4 宽带功率谱密度（研发自测）

测试结果请参考表 4.13 宽带功率谱密度：

方案	带内指标	带外指标
1-3M	低于 -30dBm/Hz	低于 -58dBm/Hz
2-6M	低于 -35dBm/Hz	低于 -58dBm/Hz

表4.13 宽带功率谱密度

#### 4.7.5 宽带载波频率（研发自测）

测试结果请参考表4.14 宽带载波频率：

方案	频率范围
V1 1-3M	1MHz~3MHz
V1 2-6M	2MHz~6MHz

表4.14 宽带载波频率

### 4.8 电磁兼容性要求

#### 4.8.1 抗接地故障能力

电源过压额定值的 1.9 倍，过压时间 4h，模块不应损坏；供电电源恢复正常后模块不应该出现损坏，数据采集功能应符合要求，抗接地故障后，缓降电压至额定电压 5min，观察能否退出保护状态。

#### 4.8.2 射频辐射电磁场抗扰度

按照 GB\_T 17626.3-2016 的规定，在严酷等级 3(射频辐射电磁场中骚扰施加值:10V/m)和严酷等级 4(射频辐射电磁场中骚扰施加值:30V/m)的射频辐射电磁场影响下，通信模块不应发生死机或损坏，同时通信模块不应导致终端出现死机或损坏，应能正常通信。

#### 4.8.3 电压暂降和短时中断

模块在通电状态下，按 GB/T 17626.11—2008 的规定，并在下述条件下进行试验：。

##### 1) 电压暂降 $\Delta U=60\%$

暂降时间:1min，3000 个周期；

暂降次数:1 次；

##### 2) 电压中断 $\Delta U=100\%$

中断时间:1s，50 个周期；

中断次数：3 次，各次中断之间的恢复时间为 10s；

中断时间间隔：10s；

##### 3) 电压中断 $\Delta U=100\%$

中断时间:20ms，1 个周期；

中断次数:1 次

以上电源电压的突变发生在电压过零处。

试验后模块无损坏或死机，工作正常，功能和性能符合要求。

#### 4.8.4 工频磁场抗扰度

试验按 IEC 61000-4-8, Ed 2.0(2009-09)要求，将模块置于与系统电源电压相同频率（如 50Hz）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，通信单元在正常工作状态下，应符合相关的规定。窄带模块测试时使用 68dB 衰减。宽带模块测试时使用 30dB 衰减。

#### 4.8.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

模块在正常工作状态下，按GB/T 17626.6-2017的规定，并在下述条件下进行试验：

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

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，功能和性能应符合相关的规定。

#### 4.8.6 静电放电抗扰度

模块在正常工作状态下，按GB/T 17626.2-2018的规定，并在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：  
接触放电和间接放电（1Hz） $\pm 9\text{kV}$ ，正负极性各 10 次；  
空气放电 $\pm 16.5\text{kV}$ ；
- b) 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；
- c) 间接放电。施加部位：模块各个侧面；
- d) 每个敏感试验点放电次数：正负极性各 10 次。

试验时模块可以出现短时通信中断，其它功能和性能应正常；试验后模块应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

#### 4.8.7 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按GB/T 17626.4—2018的规定，并在下述条件下进行试验：

模块在工作状态下，试验电压施加于单相表的供电电源端和保护接地端：

- a) 试验电压： $\pm 4\text{kV}$ ；
- b) 重复频率：2.5kHz、5kHz 或 100kHz；
- c) 试验时间：1min/次；
- d) 施加试验电压次数：正负极性各 3 次。

试验时可以出现短时通信中断，其它功能和性能应正常，试验后模块应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

#### 4.8.8 阻尼振荡波抗扰度

模块在正常工作状态下，按GB/T 17626.12-2013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： $200\Omega \pm 40\Omega$ ；
- g) 电压峰值：共模方式 $\pm 2.5\text{kV}$ 、差模方式 $\pm 1.25\text{kV}$ （电源回路）；
- h) 试验次数：正负极性各 3 次。
- i) 测试时间：60s。

试验时可以出现短时通信中断，其它功能和性能应正常，试验后模块应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

#### 4.8.9 浪涌抗扰度



通信单元在正常工作状态下，按GB/T 17626.5—2008的规定，并在下述条件下进行试验：

- a) 试验电压：电源回路间 5kV（差模），电源回路与地之间 6kV（共模）；
- b) 波形：1.2/50 $\mu$ s；
- c) 极性：正、负；
- d) 试验次数：正负极性各 10 次；
- e) 重复率：每分钟一次。

试验时，可以出现短时通信中断和液晶显示瞬时闪屏，其它功能和性能应正常，试验后终端应能正常工作，功能和性能应符合相关的规定。

## 4.9 气候影响试验

### 4.9.1 高温试验

按照 GB/T 2423.2-2008 规定，模块高温需要满足以下要求：

**无超级电容的产品：**模块（非带超级电容产品）在 85℃保温 6h，然后通电 0.5h，进行功能和性能测试；温度 85℃，电压 1.2 倍  $U_n$ ，全跌，持续 20s，上电 20s（带超级电容产品不需做该实验），试验 2000 次，试验后模块不应出现损坏，数据采集功能应符合要求。

**带超级电容的产品：**高温试验温度均使用 70℃，应符合技术规范要求。

**针对窄带福建模块：**高温 85℃，在电表电压输入端并联 4 $\mu$ F 电容，120%额定电压，额定电流（电表）下，稳定 1h 后进行载波抄表 1h，间隔时间 2s，抄收过程中重点监控：观察电能表能否正常工作，载波上的 12V 电源不能低于 10V，短接载波模块 12V 时不应出现复位、黑屏现象。（研发自测）

### 4.9.2 低温试验

按照 GB/T 2423.1，模块在 -45℃保温 6h，然后通电 0.5h，进行功能和性能测试，应符合技术规范要求。

### 4.9.3 交变湿热

参考海南交变湿热的规定进行，实验前对样品进行 4.5kVac/1min 交流耐压实验、5.4kV/各 5 次脉冲电压实验样品的可靠性。样品不带包装且不通电状态下放入试验箱，环境试验箱程式设置如下：

- ① 温度:25° C 湿度 75%运行时间 1 分钟；
- ② 温度:25C 湿度 75%运行时间 59 分钟；
- ③ 温度:75° C 湿度 95%运行时间 1 分钟；
- ④ 温度:75C 湿度 95%运行时间 15 小时；
- ⑤ 温度:25C 湿度 55%运行时间 1 分钟；
- ⑥ 温度:25° C 湿度 55%运行时间 8 小时；

本阶段共计循环 6 次(总计 6 天)

实验结束后将样品放入常温环境下(勿靠近高温(控制温度范围 25℃ $\pm$ 2℃,湿度范围 60 $\pm$ 15%RH)24 小时后，针对规格书中要求的满足足双重绝缘要求的绕组进行 4.2kVac/1min 交流耐压实验、 $\pm$ 5.4kV/各 5 次脉冲电压实验,样品应无击穿，无闪络。

### 4.9.4 双 85 试验

按 GBT 2423.50-2012 的规定进行，1.2 倍  $U_n$ (264V)，温度 85℃、湿度 85℃，每 200 小时暂停试验进行功能、性能及结构验证，共进行 1000h。试验完成后，数据采集功能应符合要求。

带超级电容的模块做双 85 试验时，温度需更改为 70℃，实验 2000h，试验完成后，外观及数据采



集功能应符合要求。

#### 4.9.5 高温耐久试验

按 GB/T 17215.9321-2016 要求，正常工作状态下，1.2 倍  $U_n(264V)$ ,  $80^{\circ}C$ ，加谐波影响，持续通电，每天进行一次断电后通电观察产品是否可以正常启动，观察指示灯运行是否正常，实验结束前 1 小时内测试温升。200h 后取出常温放置 2h 后，进行功能验证。

带超级电容的模块做耐久试验时，温度需更改为  $70^{\circ}C$ 。

#### 4.10 双模无线性能测试

##### 4.10.1 无线通信测试

使用无线路由配合底座进行无线抄表，路由与模块强电取电需隔开，统计抄表成功率(路由与模块的无线速率需一致)。

##### 4.10.2 无线通信距离测试（研发自测）

模块配合电表进行测试，模块烧写收发专用程序，在空旷地域进行通信距离测试，无线发送的电表固定在一个位置，使用 220V 供电；接收电表的 12V 引出电源线，通过 12V 移动电源提供 12V 电源，移动接收电表的位置来判定无线的通信距离（ $\geq 180m$ ）。

#### 4.11 其他内控测试

##### 4.11.1 波形测试

窄带：

测试窄带载波模块通讯时 RXD/TXD 波形：模块在开漏方式、高阻常态下，低电平电流驱动能力  $\geq 2mA$ ，在驱动 2mA 的负载电流时对地电压应  $\leq 0.4V$ 。

针对带超级电容的窄带模块，还需增加以下测试：模块插到电能表上电正常工作后，在电能表断电瞬间测试模块 RXD\_PLC、TXD\_PLC、STA\_PLC 拉低至低电平；产品检测到上电后，RXD\_PLC、TXD\_PLC 恢复高电平。

宽带：

测试宽带载波模块通讯时 TXD 波形：模块在开漏方式、高阻常态下，低电平电流驱动能力  $\geq 2mA$ ，在驱动 2mA 的负载电流时对地电压应  $\leq 0.4V$ 。

针对带超级电容的宽带模块，还需增加以下测试：模块插到电能表上电正常工作后，在电能表断电瞬间测试模块 TXD\_PLC、STA\_PLC 拉低至低电平；产品检测到上电后，RXD\_PLC、TXD\_PLC 恢复高电平。

##### 4.11.2 自激验证

针对窄带三级管方案，将三只电表并联到 220V,对其中一只电表 220V 进行模块热插拔，测试另外两只电表发送三极管的集电极（图 4.5 中 TXA 或 TXB）与 GND 之间的波形，被测模块进行抄表命令，查看是否有自激问题出现。

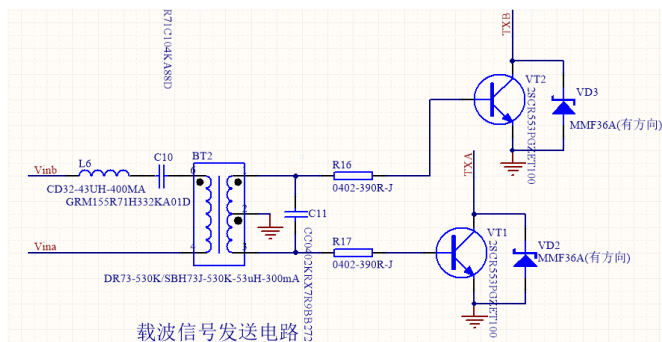


图 4.5 三极管发送电路原理

若抄表命令结束后波形恢复正常，则无自激问题（图 4.6）。展开波形发送时间正常占比为 1/3，即 3.3ms 为发送时间，6.7ms 间歇时间（图 4.7）。

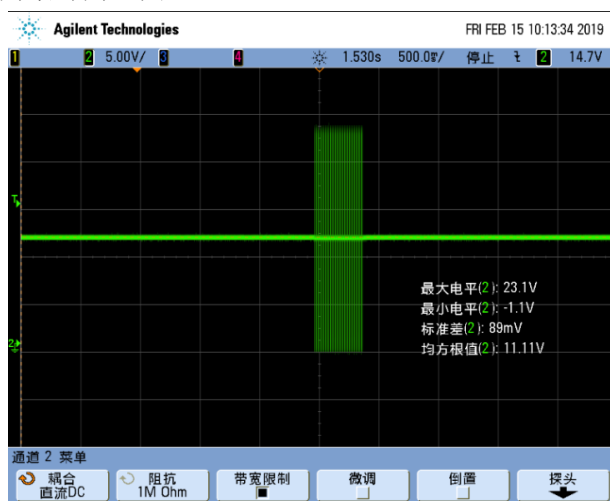


图 4.6

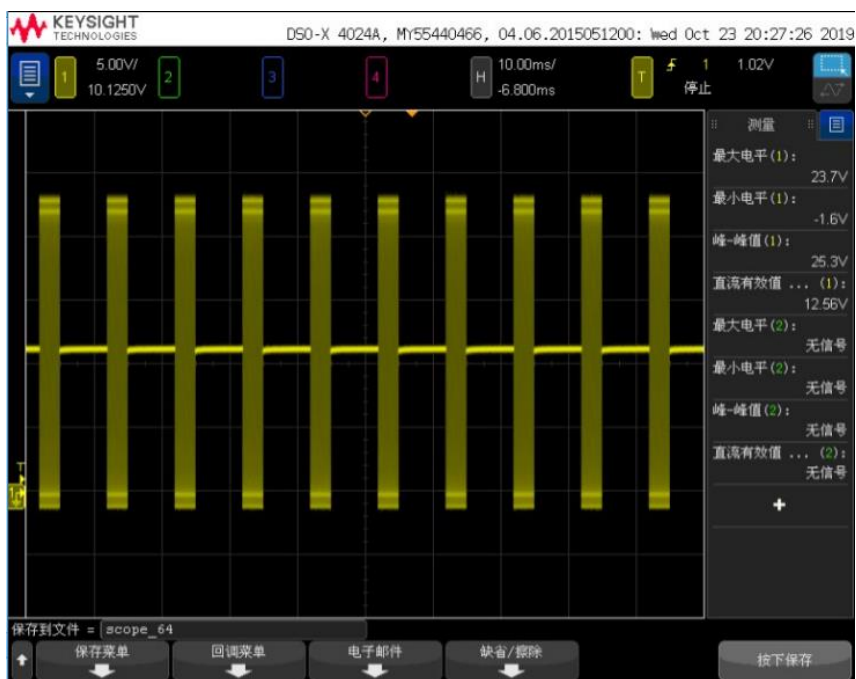


图 4.7

若抄表命令结束后波形显示还处于发送状态，则存在自激问题（图 4.8）。

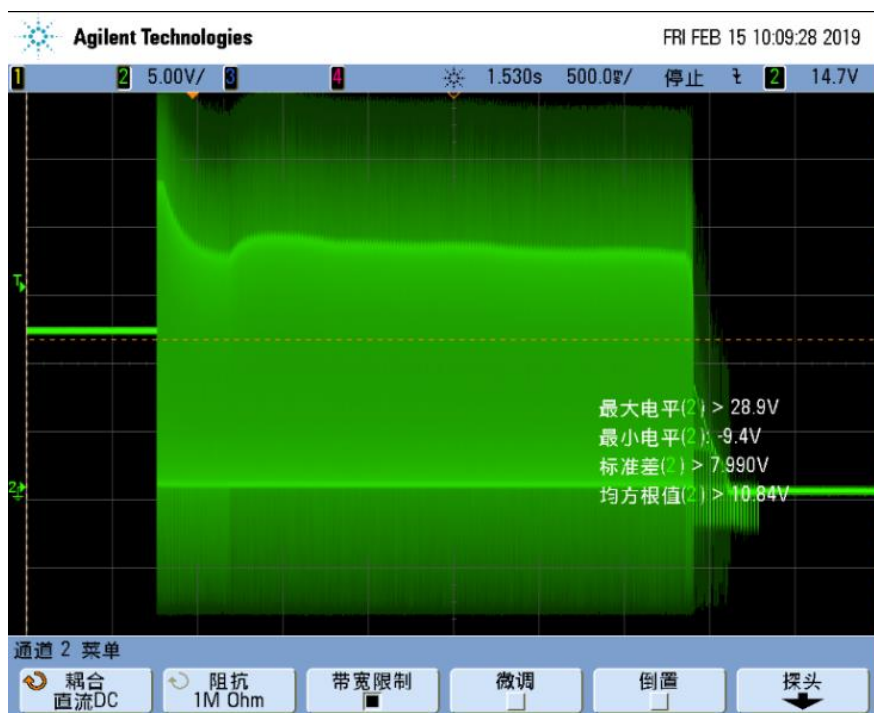


图 4.8

#### 4.11.3 热插拔

电表输入  $120\%U_n$ , 正常供电，模块分别带电插拔 50 次，插拔过程中允许出现重启,但停止热插拔后产品要能正常工作，试验后模块无损坏或死机，工作正常，功能和性能符合要求。

#### 4.11.4 芯片缓慢上电（研发自测）

窄带主芯片 5V 供电模块，使用线性变压器的电表或外部供电给模块，缓慢上电，用示波器观察 5V 缓升的速度，要求从 0V 升到 1.8V 的时间大于 0.5s。然后继续缓升到 5V。观察模块是否读表号（可用示波器检测 TXD 有无波形）、芯片是否发热。

#### 4.11.5 谐波干扰试验

室温条件下，通过谐波干扰设备对被测样品施加干扰 2h，实验中重点监控模块是否出现死机、重启、计量紊乱的现象，试验结束后模块正常工作。

#### 4.11.6 三相电相位差偏差验证

三相模块安装到电表上，在表台上标准的三相四线  $3 \times 220/380V$  供电。调整 B 相、C 相的电压相位差，观察模块 LED 闪烁是否异常：

1、B 相、C 相分别单独调整相位差：相位差从标准相位逐步上调或下调  $10^\circ$ ，调整期间观察模块灯闪烁是否出现异常，并进行载波抄表确定模块没有死机；

2、B 相相位差直接上调或下调  $10^\circ$ ，C 相相位差从标准相位逐步上调或下调  $10^\circ$ ，调整期间观察模块灯闪烁是否出现异常，并进行载波抄表确定模块没有死机。

#### 4.11.7 单三相户变功能验证

单三相载波模块实验室进行内部认证时，品名带电网神经元或者HBSB时，即此模块拥有户变电路可进行户变识别功能。实验室进行验证功能时需要配合多表位表箱检测单元检测PWM信号使能户变功能发送电路，测试环境如下所示：

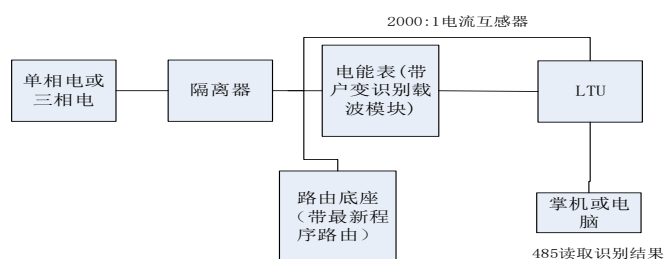


图4.9 测试环境



图4.10 串口报文

1、串口工具通过485端口发送清G55报文，报文：发送清除结果指令：68 01 00 00 00 00 00 68 14 05 38 34 3B 3C 34 01 16(该地址支持手动设置，即多表位表箱监测单元地址-000000000001，)响应报文：68 01 00 00 00 00 00 68 94 00 cs 16

2、路由、模块组网后，设置主节点地址，设置表地址，特征位宽设置3000，码字信息为AAE9高电平位宽400，低电平位宽800，确认后发送，等待15s后，串口工具通过485端口读取识别报文：

读取：68 XX XX XX XX XX XX 68 11 04 38 33 3B 3C DE 16

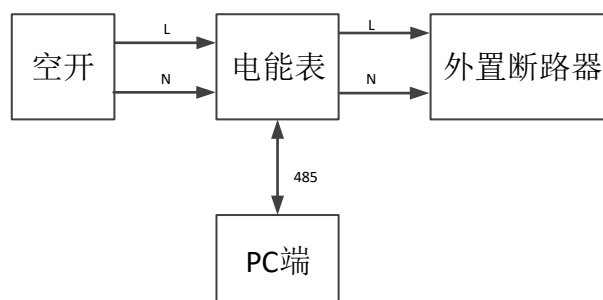
接收：68 XX XX XX XX XX XX 68 91 0C 38 33 3B 3C 33 34 49 33 33 33 34 15 16

其中：0x34经-33H=0x01：表示识别到PWM信号，如果=0：表示没有识别到PWM信号，需要重新发一次。

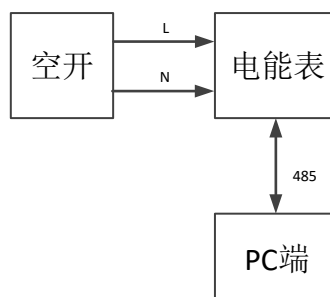
#### 4.11.8 开关控制功能验证

单三相IR46载波模块实验室进行内部认证时，品名带开关控制时，即此IR46模块具有RS485通信及控制外置负荷开关控制的功能。

1. 外置负荷开关控制功能验证时，可通过上位机对电能表下发拉闸命令，即电能表负载连接的智能外置断路器进行跳闸动作；上位机下发合闸命令时，与电能表连接的智能外置断路器进行合闸动作。



2. RS485通信功能验证时，可通过698上位机软件抄送电能表内部记录的数据、信息。



## 附 录 A单、三相通道板检验项目

单三相模块产品检测项目									
说明： 1、生产功能测试+QA/IPQC 抽检=全项功能测试，功能项不应该有漏项 2、试验项目各产品线根据自己实际需求可增加或者删减 3、“√”表示全检验收的项目，a 表示功能检验时，只检数据通信、参数配置和控制功能；“√*”表示抽样验收的项目。 4、原理、功能与普通单三相模块一致的非标准类 03 层硬件(无外壳)不需要检测红色字体标注的检测项目，其他检测项目同普通单三相模块检测方法一致，且由研发提供转接板进行测试。									
序号	试验项目	研发D版本样机自测	研发设计变更自测	生产功能检测	新品质量全性能试验(35台)(PA45台)	设计变更型式试验(8台)(PA18台)	可靠性测试	生产QA/IPQC抽检	质量认证
	试验大类/执行部门	研发	研发	工艺	质量	质量	质量	质量	质量
1	一般检测	外观检测	√	√	√ a	√	√		√
2		外壳着火试验	新外壳		新外壳				√
3		接线端子间隙和爬电距离	√		√				√
4	EMC	阻尼震荡波试验	√	√	√	√			√
5		工频磁场试验	√	√	√	√			√
6		传导抗扰度试验	√	√	√	√			√
7		雷击浪涌试验	√	√	√	√			√
8		群脉冲试验	√	√	√	√			√
9		静电试验	√	√	√	√			√
10	数据传输	窄带带内带外干扰	√	√	√	√			√

11		窄带发射频偏	√			√				√
12		窄带发射温升	√			√				√
13	电源类	功率消耗	√	√		√	√			√
14		4uF 电容插拔试验	√			√				√
15		抗接地故障能力	√	√		√	√			√
16		电压暂降和短时中断	√	√		√	√			√
17		电源缓升	√							√
18		热插拔	√	√		√	√			√
19		谐波干扰试验	√	√		√	√			√
20		三相电相位差偏差验证	√	√		√	√			√
21	高低温	高温试验	√	√		√	√			√
22		低温试验	√	√		√	√			√
23	机械影响	跌落试验	√			√				√
24		机械振动	√			√				√
25	绝缘性能	绝缘电阻	√	√		√	√			√
26		绝缘强度	√	√		√	√			√
27		冲击电压	√	√		√	√			√
28	可靠性	交变湿热	√			√				√
29		双 85 试验	√			√		√		√
30		高温耐久试验	√			√		√		√
31	载波通讯类	灵敏度测试	√	√						
32		载波通信	√	√		√	√			√
33		高低温对 冲试验 (窄带 PA 方案)	√	√		√	√			√
34		自激验证 (窄带三 极管方 案)	√			√				√

35		波形测试	√	√		√	√			√
36		停电上报	√	√		√	√			√
37	无线性能测试	无线通信测试	√	√		√	√			√
38		无线通信距离测试	√	√						
39	生产	功率消耗试验			√ a					
40		版本读取试验			√ a					
41		整机功能试验			√ a					
42		生产工艺说明	系统审批							
43		打标文件	系统审批							
44		BOM	系统审批							



附录 B 单相 09/11 规范外观形式要求

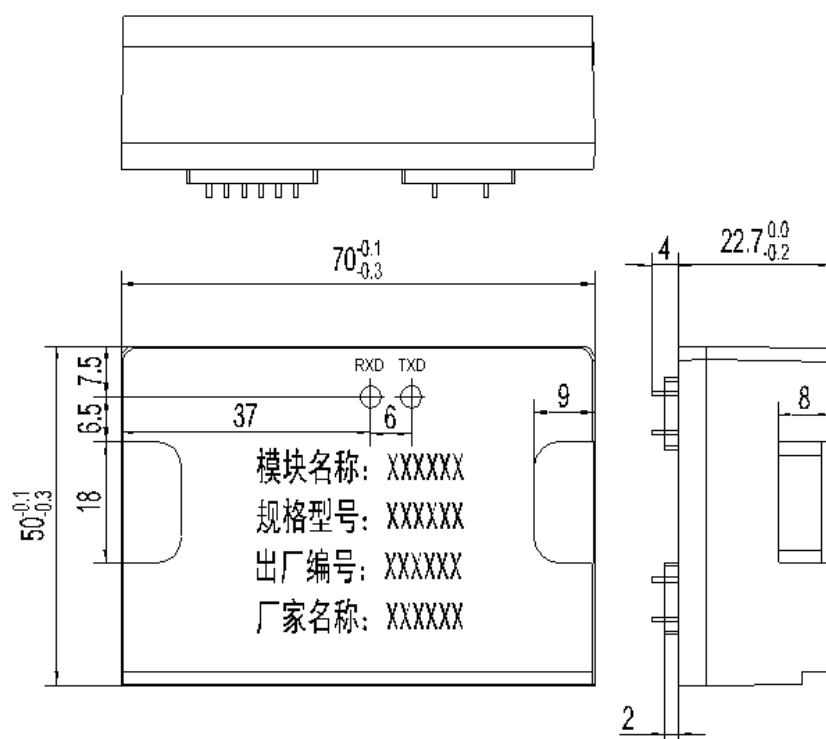


图 B.1 09/11 规范单通结构示意图和尺寸图

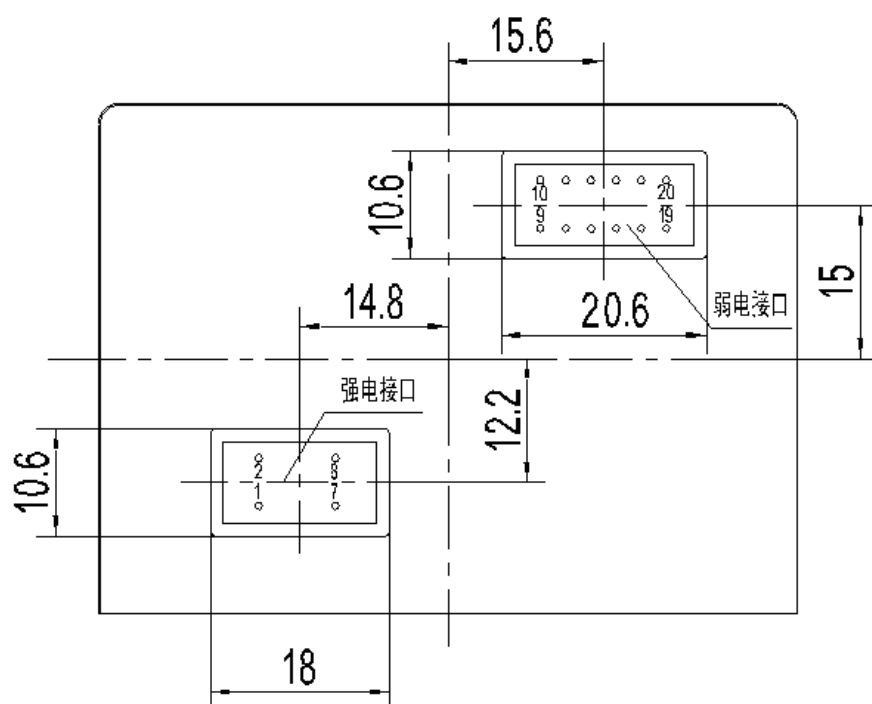


图 B.2 09/11 规范单通结构示意图和尺寸图

附 录 C单相 13/15 规范外观形式要求

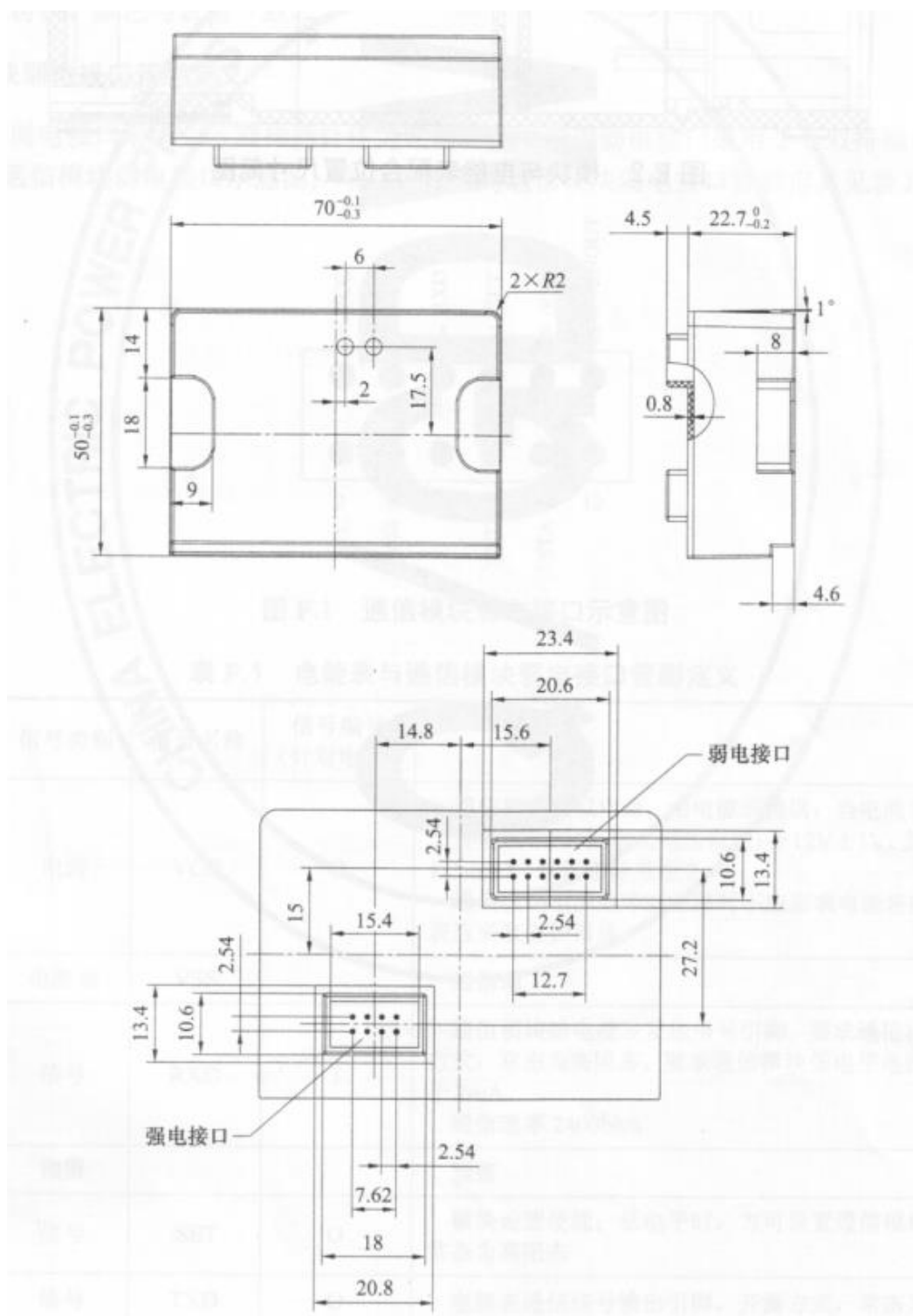


图 C.1 13/15 规范单通结构示意图和尺寸图

附录 D 单相国网 20 规范外观形式要求

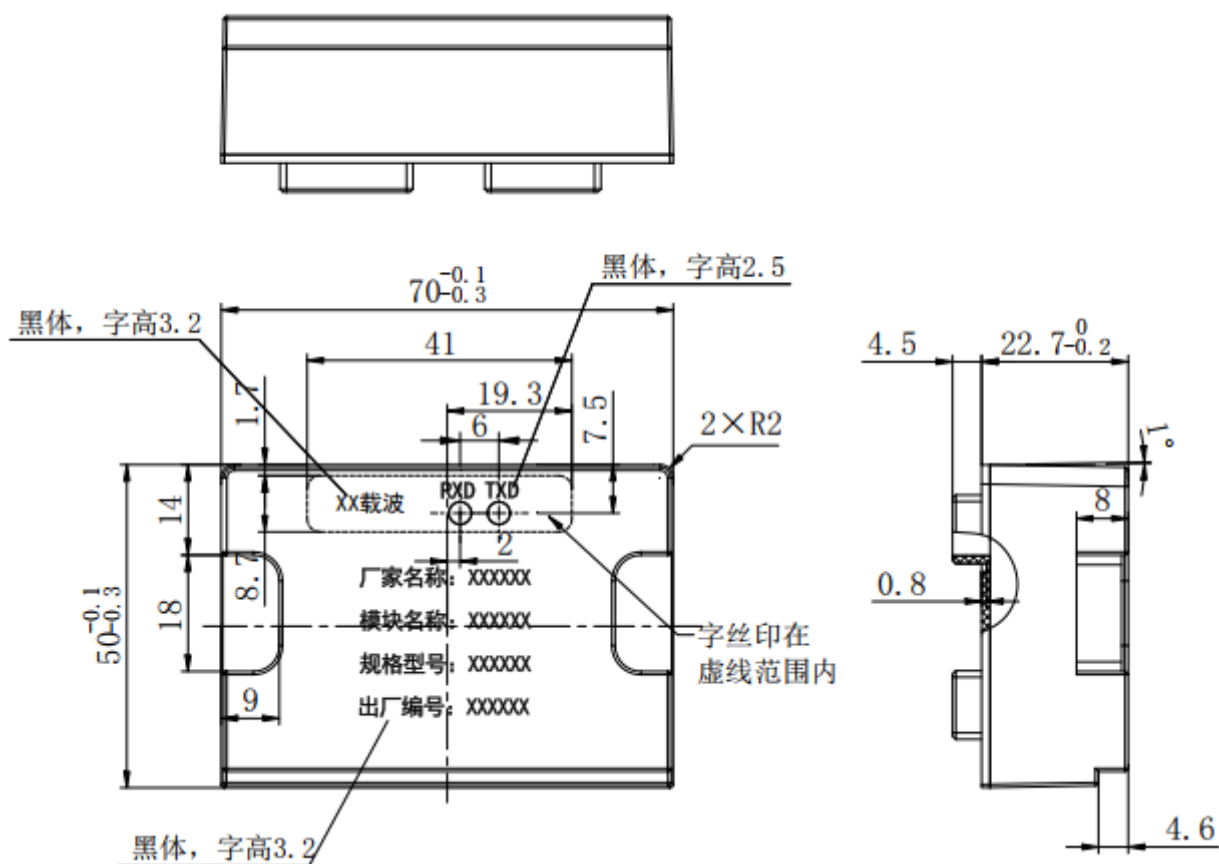


图 D.1 国网 20 规范单通结构示意图和尺寸图

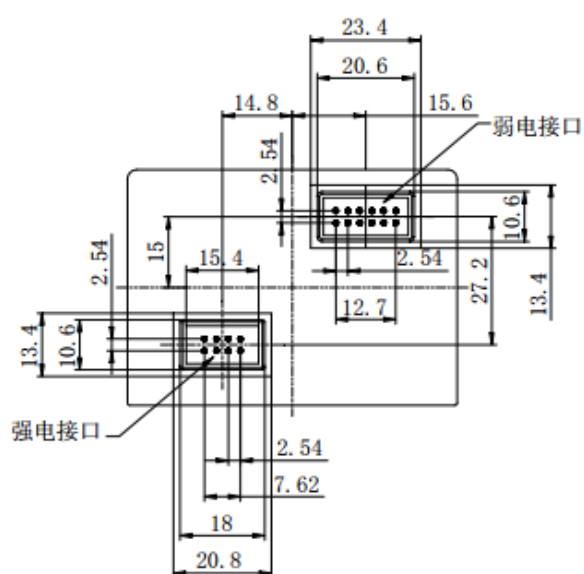


图 D.2 国网 20 规范单通结构示意图和尺寸图

附录 E 单相南网 21 规范外观形式要求

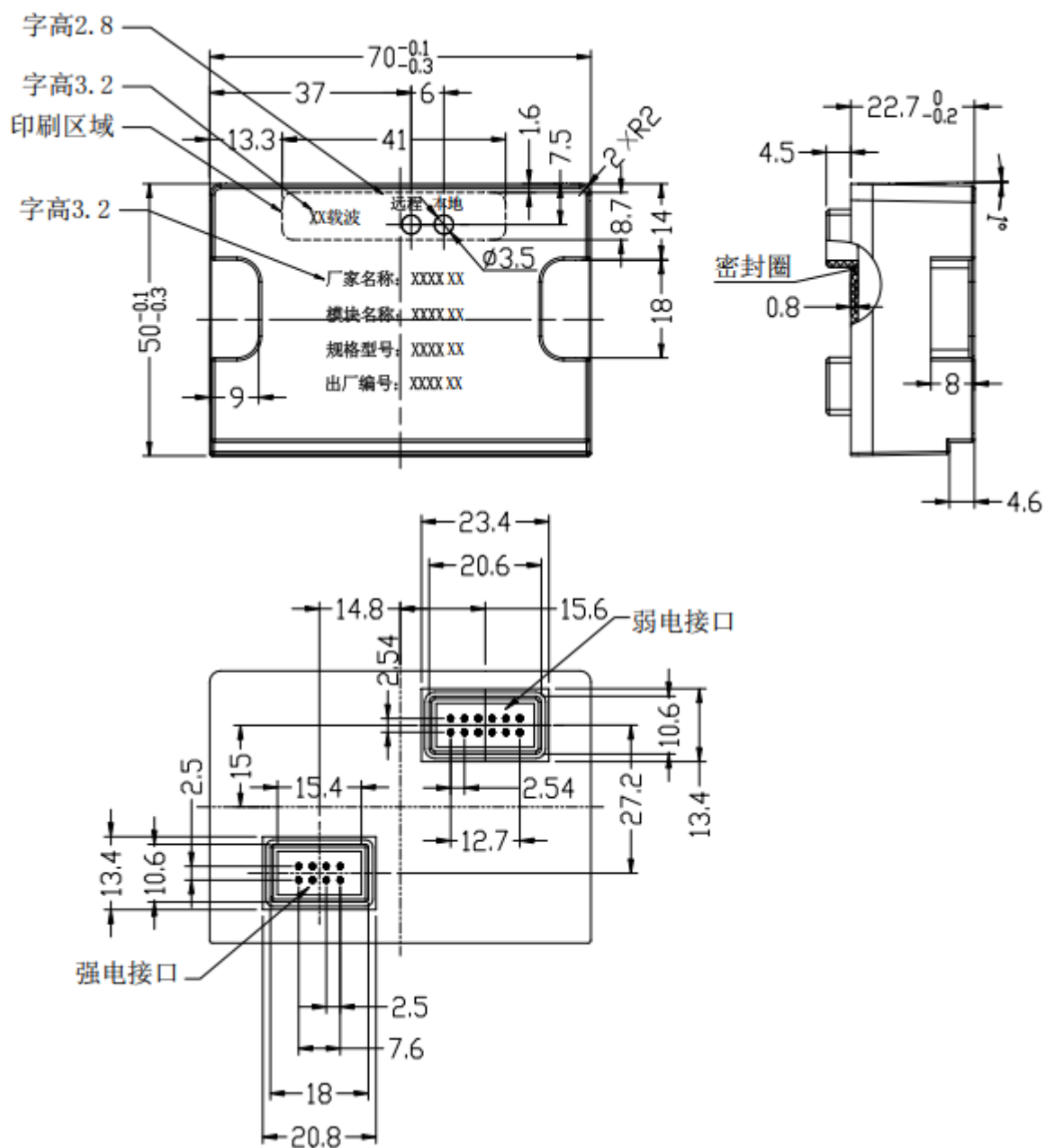


图 E.1 国网 20 规范单通结构示意图和尺寸图



### 附录 H 三相 20 规范外观形式要求

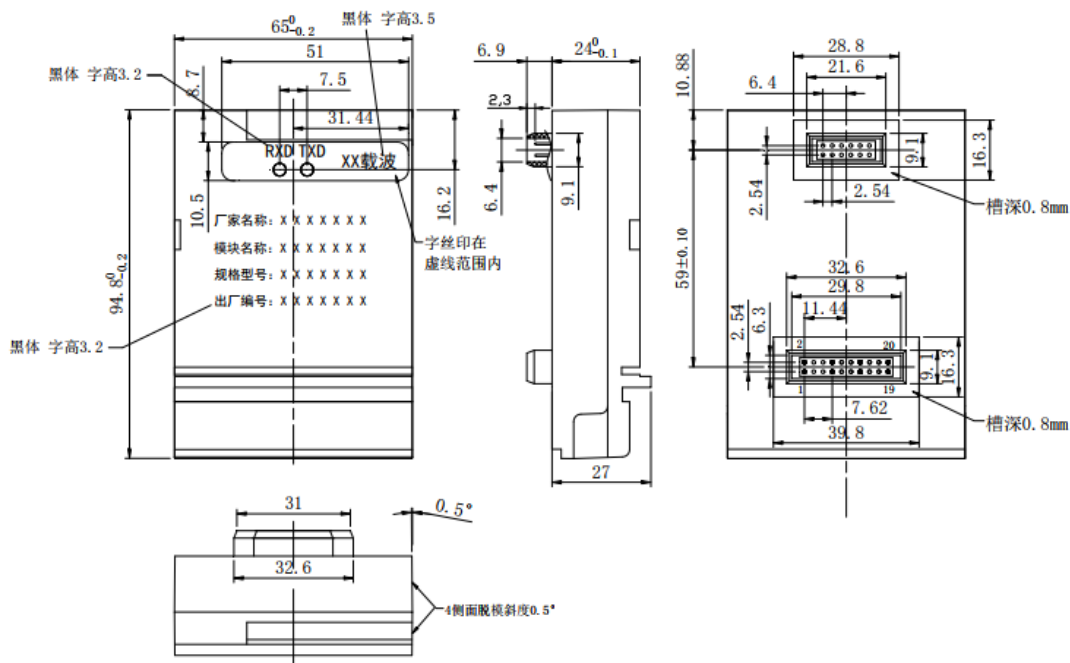


图 H. 1 20 规范三通结构示意图和尺寸图

### 附录 I 三相南网 21 规范外观形式要求

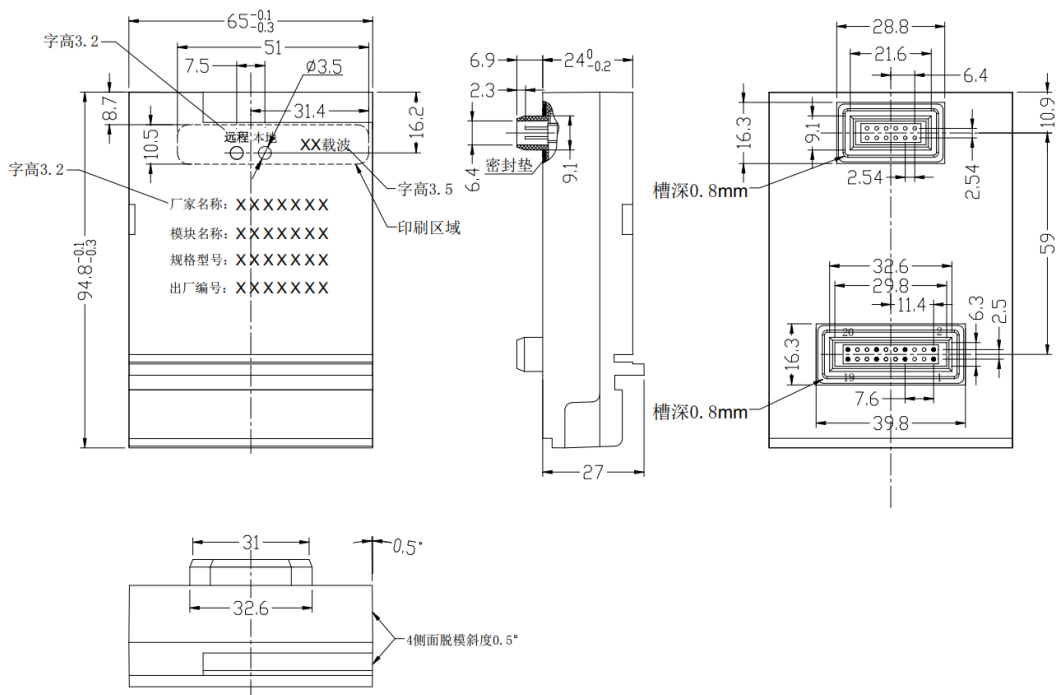


图 H. I 南网 21 规范三通结构示意图和尺寸图

## 版本记录

版本编号/ 修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V1.0	王国庆、张希刚、张琳、李少兴			
V1.1	王国庆、张希刚、张林 1			1、增加跌落面定义； 2、对 68dB 衰减进行解释，按实际测试环境调整系统测试图 3、明确带超级电容产品不需做高温电压跌落试验 4、带超级电容产品双 85 实验，70 度高温，增加时长要求 2000h 5、自激验证，增加展开后波形及波形说明 6、增加 V2 宽带单通、三通功耗范围
V1.2	赵金华、张洪兴、王国庆			1、更改项：双模模块不测交流磁通密度； 2、单通双模静态功耗改为 0.6W； 3、三通双模静态功耗改为 0.65W；
V1.3	张洪兴			增加原理、功能与普通单三相相同的非标准类 03 层硬件(无外壳)的检测项目说明，在产品检测项目表格中用红色字体标注该类产品无需检测的项目。
V1.4	杨大海、龙震中			1、在 (4.3.2.1 窄带功耗) 处增加窄带单、三相模块测试方法。 增加原因：台体测试的直流 12V 功耗测量数据不稳定。在台体测试稳定前，使用增加的测试方法测试窄带单、三相模块功耗； 2、增加真三相 V1 功耗测试要求、去掉所有假三相 V1 功耗测试、更改南网 V2 单相功耗测试要求。 3、增加射频辐射电磁场抗扰度测试要求。
V1.5	曹金龙、龙震中			1、增加 V3 相关测试标准，在 4.3.2.2 宽带功耗处增加 V3 双模功耗测试要求、在 4.4.4 宽带载波灵敏度（研发自测）处增加 V3 灵敏度测试要求； 2、冲击电压参数更新，更新位置为 4.6.3 冲击电压； 3、增加停电上报测试要求，更新位置为 4.4.2 停电上报； 4、湿热实验更改为交变湿热，更新位置为 4.9.3 交变湿热； 5、电瓶车充电干扰实验更改为谐波干扰实验，更新位置为 4.11.5 谐波干扰实验； 6、增加单、三相模块外观形式要求，更新位置附录 B~附录 I。
V1.6	公飞、龙震中、孙永琦			1. 增加 4.11.7 单三相户变模块户变功能验证； 2. 增加 4.11.8 开关控制功能验证；

---

				3. 更改静电放电频率为 1Hz。
--	--	--	--	-------------------