



中华人民共和国国家标准

GB/T 46695—2025

电力负荷柔性调控终端 通用要求

Power load flexible adjustment and control terminal—General requirements

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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 1

4 标准量值 2

 4.1 电压 2

 4.2 输入(测量)电流 2

 4.3 标称频率和允许偏差 3

 4.4 辅助电源及功率消耗 3

5 环境条件 3

 5.1 参比温度及参比相对湿度 3

 5.2 气候条件 4

 5.3 大气压力 4

 5.4 高温试验 4

 5.5 低温试验 5

 5.6 交变湿热试验 5

6 结构和机械性能 5

 6.1 结构 5

 6.2 铭牌 5

 6.3 接线标识 6

 6.4 信息指示 6

 6.5 安装方式 6

 6.6 机械试验 6

 6.7 阻燃性能 7

 6.8 耐盐雾 7

 6.9 电气间隙和爬电距离 7

7 电气性能 7

 7.1 抗接地故障能力 7

 7.2 耐受长期过电压 8

 7.3 绝缘性能 8

8 测量性能 9

 8.1 测量功能 9

 8.2 电能质量监测 9

9 柔性调控..... 10

 9.1 通用要求 10

 9.2 柔性调节 10

9.3 控制功能 11

9.4 调控状态监测 11

10 通信与安全 11

10.1 通信要求 11

10.2 安全要求 12

11 数据采集与管理 12

11.1 数据采集 12

11.2 数据存储 13

11.3 时钟召测与对时 13

12 电磁兼容性 13

12.1 通用要求 13

12.2 交流电压暂降和短时中断试验 13

12.3 静电放电抗扰度 14

12.4 射频电磁场(电流电路中无电流)抗扰度试验 14

12.5 射频电磁场(电流电路中有电流)抗扰度试验 14

12.6 快速瞬变脉冲群试验 15

12.7 浪涌试验 15

附录 A(资料性) 电力负荷柔性调控终端典型应用场景 16

参考文献 17

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国电工仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 104)归口。

本文件起草单位：哈尔滨电工仪表研究所有限公司、南方电网数字电网研究院股份有限公司、科陆国际技术有限公司、河南许继仪表有限公司、浙江恒业电子股份有限公司、青岛鼎信通讯股份有限公司、烟台东方威思顿电气有限公司、深圳友讯达科技股份有限公司、深圳市中业智能系统控制有限公司、唐山航空未来科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司、青岛拓维科技有限公司、广东电网有限责任公司广州供电局、广东电网有限责任公司佛山供电局、国创能源互联网创新中心(广东)有限公司、海南电网有限责任公司、国网河北省电力有限公司营销服务中心、威胜信息技术股份有限公司、青岛海信日立空调系统有限公司、南网综能数字服务(广州)有限公司、青岛乾程科技股份有限公司、中国科学院广州能源研究所、浙江正泰仪器仪表有限责任公司、华立科技股份有限公司、云南电网有限责任公司、北京智信天朗科技有限公司、广东浩宁达实业有限公司、浙江万胜智能科技股份有限公司、天津大学、山东德源电力科技股份有限公司、中国电气装备集团科学技术研究院有限公司、南方电网数字电网集团有限公司、安徽顺开电气有限公司、徐州新电高科电气有限公司、珠海思创电气有限公司、海南电力产业发展有限责任公司、宁波迦南智能电气股份有限公司、中电装备山东电子有限公司、上海利乾电力科技有限公司、汕头华电发电有限公司、深圳供电局有限公司、南方电网电力科技股份有限公司、先极数字能源科技(深圳)有限公司、南京赫曦电气有限公司、胜业电气股份有限公司、珠海市中力电力设备有限公司、深圳市先行电气技术有限公司、云谷技术(珠海)有限公司、中船赛思亿(无锡)电气科技有限公司、南京海兴电网技术有限公司、国网江苏省电力有限公司宿迁供电分公司、佳源科技股份有限公司、北京煜邦电力技术股份有限公司、武汉盛帆电子股份有限公司、杭州西力智能科技股份有限公司、南京协胜智能科技有限公司、广东信通通信有限公司、中国电建集团重庆工程有限公司、南京江行联加智能科技有限公司、宁波三星医疗电气股份有限公司、浙江晨泰科技股份有限公司、浙江松夏仪表有限公司、昀诺能源科技(江苏)有限公司、江苏祥华科技有限公司、杭州昊美科技有限公司、郑州三晖电气股份有限公司、中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司、扬州万泰电子科技有限公司、广州市美硕生富能源科技有限公司、安徽南瑞中天电力电子有限公司。

本文件主要起草人：赵伟、郭闯、谢宁、成国胜、王军、张志颖、胡萌、葛玉磊、刘时光、郭小广、胡勇、李建江、瞿亚运、吕振彦、余志文、李新、赵志刚、张昌庆、阎超、谭震宇、何成军、韩帅、杨志萌、舒杰、袁志民、朱虹、陈闻新、孙立元、沈鑫、林聪、赵永辉、王云鹏、蔡方辉、刘亚东、冀浩然、李鹏、李太焰、叶红恩、杜锦阳、解山、狄夫岱、黎鉴明、洪杰、章恩友、刘亮、黄鑫、刘其常、黄媚、詹隼、黄树权、姚蓝霓、孙高强、顾维菱、崔鹏琨、周永文、李彩桂、于丽娇、常国梅、曾俊、毛王清、冯海东、贾化萍、余红昌、张敏、王爱民、周玉白、何宗宝、邵俊松、邹连明、胡东方、薛特、白皞、王玉祥、刘海军、邢占锋、殷超、储蕾、叶权卿、陆昌琪。

电力负荷柔性调控终端 通用要求

1 范围

本文件规定了电力负荷柔性调控终端的标准量值、环境条件、结构和机械性能、电气性能、测量性能、柔性调控、通信与安全、数据采集与管理、电磁兼容性等技术要求并描述了试验方法。

本文件适用于电力负荷柔性调控终端(以下简称“终端”)的设计、制造、检验、安装和调试。

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/T 2423.1 环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温
GB/T 2423.2 环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温
GB/T 2423.4—2008 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)
GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击
GB/T 2423.17 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾
GB/T 2423.56 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fh:宽带随机振动和导则
GB/T 4208—2017 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 12326 电能质量 电压波动和闪变
GB/T 15148—2024 电力负荷管理系统技术规范
GB/T 16935.1—2023 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验
GB/T 17215.211—2021 电测量设备(交流) 通用要求、试验和试验条件 第11部分:测量设备
GB/T 17215.3(所有部分) 电测量设备(交流) 特殊要求
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 第3部分: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 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 第11部分:对每相输入电流小于或等于 16 A 设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
GB/T 17627—2019 低压电气设备的高电压试验技术 定义、试验和程序要求、试验设备
DL/T 1862 电能质量监测终端检测技术规范

3 术语和定义

GB/T 17215.211—2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电力负荷柔性调控 power load flexible adjustment and control

在不中断供电的条件下,通过调整负荷侧设备运行参数、运行时间等方式,改变负荷侧设备运行功率的操作。

注:负荷侧设备主要包括分布式光伏、用户侧电力储能、充电桩、非生产性空调、移动通信基站及其他可调节的电力设备。

3.2

电力负荷柔性调控终端 power load flexible adjustment and control terminal

部署于负荷侧,能够实现电力负荷柔性调控功能的终端。

注:电力负荷柔性调控终端应用场景见附录 A。

3.3

负荷管理装置 power load management device

部署于用户侧,能够实现用电负荷数据采集、存储、分析、计算、负荷调节控制功能的装置。

[来源:GB/T 15148—2024,3.3]

3.4

电力负荷管理系统 power load management system

采用计算机应用技术、信息传输技术、电力自动控制技术为基础的对电力负荷进行监测、调节、控制和运行优化的实时监控系统。

[来源:GB/T 15148—2024,3.2]

4 标准量值

4.1 电压

4.1.1 标称电压

标称电压见表 1。

表 1 标称电压

供电方式	标称电压 U_{nom} V
单相供电	220
三相供电	$3 \times 220/380$

4.1.2 电源电压工作范围

电源电压工作范围见表 2。

表 2 电压工作范围

规定的工作范围	扩展的工作范围	极限工作范围
$0.9U_{nom} \sim 1.1U_{nom}$	$0.8U_{nom} \sim 1.15U_{nom}$	$0.0U_{nom} \sim 1.2U_{nom}$

4.2 输入(测量)电流

推荐电流规格见表 3。



表 3 输入(测量)电流规格

终端接入方式	电流规格
电流交流模拟量直接输入	0.4 A~1(100)A、2 A~5(300)A、4 A~10(500)A
电流交流模拟量经低功率电流传感器接入	50(60)mA
注：经低功率电流传感器接入时，互感器二次侧额定电流 I_n 为 50 mA。	

4.3 标称频率和允许偏差

标称频率 f_{nom} 为 50 Hz，允许偏差为 $-2\% \sim +2\%$ 。

4.4 辅助电源及功率消耗

4.4.1 辅助电源电压

具备辅助电源的终端，辅助电源电压为 220 V，允许偏差为 $-20\% \sim +20\%$ 。

4.4.2 功率消耗

功率消耗应在参比条件下，以任何适用的方法测得。功率消耗测量的综合最大不确定度不应超出表 4 中规定值的 5%。

对每一电压电路和每一电流电路，在 I_n 电流条件下测得的有功功率消耗和视在功率消耗不应超过表 4 的给出值。

在终端规定多个标称频率、标称电压或转折电流的情况下，应采用导致终端功率消耗最高情况的标称值进行测试。

如终端具有除负荷柔性调控之外的其他辅助装置，在辅助装置不工作情况下需测试功率消耗，例如：非通信状态、液晶指示器背光灯等。

表 4 功率消耗

仪表电路	单相	三相(每相) ^a
终端通过电压电路供电	6 W、10 VA	8 W、15 VA
终端通过辅助电源电路供电	通用值为每相 0.5 VA,其他值可由制造商与用户之间协商一致	
辅助电源电路	通用值为 2 W、10 VA,其他值可由制造商与用户之间协商一致	
终端电流电路	每相 1 VA	
^a 功率消耗期望在两相或三相供电之间均匀分配。在一相电压缺失时,允许每相的最大功率消耗高于规定值,但任何情况下不应超出独立一相允许极限的 3 倍。任何情况下,终端应持续正常工作。		

5 环境条件

5.1 参比温度及参比相对湿度

参比温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；参比相对湿度为 $40\% \sim 60\%$ 。

5.2 气候条件

终端工作温度范围应符合表 5 的规定。

表 5 温度范围

场景	类型		
	规定的工作范围 ℃	工作范围的极限 ℃	贮存和运输的极限 ℃
室内	−10~45	−25~55	−25~70
室外	−25~55	−40~70	−40~70
注：对于特殊应用,按采购合同使用其他的温度值。			

其他气候条件应符合表 6 的规定。

表 6 其他气候条件

场景	类型		
	规定的工作范围	工作范围的极限	贮存和运输的极限
室内	3K23 ^a	3K23 ^a	贮存:1K22 ^c ; 运输:2K11 ^d
室外	3K26 ^b	3K26 ^b	贮存:1K22 ^c ; 运输:2K11 ^d
^a 室内使用规定的工作范围和工作范围的极限取自 GB/T 4798.3—2023 中表 1 的 3K23,凝露、结冰以及水(降水除外)除外。 ^b 室外使用规定的工作范围和工作范围的极限取自 GB/T 4798.1—2019 中表 1 的 3K26,凝露、降雨和结冰除外。 ^c 室内使用和室外使用的贮存极限取自 GB/T 4798.1—2019 中表 1 的 1K22,凝露、降雨和结冰除外。 ^d 室内使用和室外使用的运输极限取自 GB/T 4798.2—2021 中表 1 的 3K26,凝露、降雨和结冰除外。			

5.3 大气压力

终端应能在大气压力为 63 kPa~108 kPa(海拔 4 000 m 及以下)的环境条件下正常工作,功能不受影响,特殊要求除外。

5.4 高温试验

高温试验按照 GB/T 2423.2 的规定,并在下述条件下进行试验。

——终端在非工作状态。

——温度：

- 室内终端为 55 ℃±2 ℃；
- 室外终端为 70 ℃±2 ℃。

——试验持续时间 72 h。

——试验后恢复时间 2 h。

试验中终端没有发生损坏和死机现象。

试验后终端功能和性能满足要求。

5.5 低温试验

低温试验按照 GB/T 2423.1 的规定,并在下述条件下进行试验。

——终端在非工作状态。

——温度:

- 室内终端为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 室外终端为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

——试验持续时间 72 h。

——试验后恢复时间 2 h。

试验中,终端没有发生损坏和死机现象。

试验后,终端功能和性能满足要求。

5.6 交变湿热试验

交变湿热试验按照 GB/T 2423.4—2008 的规定,并在下述条件下进行试验。

——终端在额定电源条件下工作,输入施加参比电压/电流。

——严酷程度:试验温度 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$,循环次数 2 次。

——电压电路施加标称电压。

——电流电路无电流。

——降温方法:GB/T 2423.4—2008 中 7.3.3 方法 1。

——试验上限温度:

- 室内终端: $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 室外终端: $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

——不采取任何特殊预防措施来排除表面潮气。

——试验持续时间:6 个周期。

——试验后恢复时间:24 h。

试验中,终端没有发生损坏和死机现象。

试验后,终端能正常工作,检查终端金属部分无腐蚀和生锈现象。

试验结束后 24 h,对终端进行以下试验:

- 绝缘试验,但脉冲电压应乘以系数 0.8,如果不可能在整体设备上试验,可进行子组件试验;
- 功能试验,终端应正常工作,不出现任何可能影响终端功能特性的机械损伤或腐蚀的痕迹。

6 结构和机械性能

6.1 结构

终端外壳应满足下列要求:

- a) 外物撞击造成的变形不影响正常工作;
- b) 防护性能不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP51 要求,防尘和防滴水。

试验方法:

采用目视法检查终端外观,外壳防护等级按 GB/T 4208—2017 中第 11 章和第 14 章的规定进行试验,试验后,判定终端功能和性能是否满足要求。

6.2 铭牌

终端的铭牌应满足下列要求。

——位于终端本体上,不破坏本体,不可拆卸。

——内容清晰、不褪色,且易于阅读。

——至少包括下列内容:

- 产品名称及型号;
- 制造厂名或商标;
- 制造日期及厂内编号;
- 制造标准编号。

试验方法:

采用目视法检查铭牌内容。采用非溶剂类湿抹布轻拭铭牌标识,检查字迹无褪色迹象。

6.3 接线标识

终端的接线端子应具备下列永久性标识:

——交流三相电源端子标以字母 A、B、C,中线端子标以字母 N;

——交流单相电源端子标以字母 L、N;

——直流电源端子标以字母 DC 及额定电压;

——通信端子标以可区分的对应标识。

试验方法:

采用目视法检查接线标识。采用非溶剂类湿抹布轻拭接线标识,检查字迹无褪色迹象。

6.4 信息指示

终端应具有用于状态指示和警示的显示部件或指示灯。

试验方法:

采用目视法检查信息指示内容。

6.5 安装方式

终端采用导轨式或壁挂式安装,导轨式安装宜采用标准 35 mm 的导轨。

6.6 机械试验

6.6.1 冲击试验

冲击试验按 GB/T 2423.5 的规定,并在下述条件下进行试验。

——终端在非工作状态,无包装。

——半正弦脉冲。

——峰值加速度 $300g_n$ (m/s^2)。

——脉冲持续时间 18 ms。

试验后,终端无损坏或信息变化,并能正常工作。

6.6.2 振动试验

振动试验按 GB/T 2423.56 的规定,并在下述条件下进行试验。

——终端在非工作状态,无包装。

——依次在三个相互垂直轴的方向上对终端进行试验,试验时终端以正确的安装方式安装在刚性支架上。终端通常安装在正常使用时与重力方向相同的方向,如果重力的影响不重要,终端可安装在任何位置。

- 总频率范围 10 Hz~150 Hz。
- 试验严酷等级：
 - 加速度方均根值:7 m/s²；
 - 加速度频谱密度(ASD)水平(10 Hz~20 Hz):1 m²/s³；
 - 加速度频谱密度(ASD)水平(20 Hz~150 Hz):−3 dB/倍频程。
- 每轴上的持续时间至少 2 min。

6.7 阻燃性能

终端非金属外壳应能经受时间为 30 s±1 s、温度为 650 ℃±10 ℃的灼热丝试验,试验中不应起火,或发生起火但在移开灼热丝后 30 s 内熄灭,同时位于试样下方的铺底层未起火。

试验方法:

按照 GB/T 5169.11 规定的方法进行阻燃性能试验。

6.8 耐盐雾

设计用于在高盐雾环境(如海岸、沿海以及近海地区)中的终端,其外壳(包括配备的螺钉等)应能承受 GB/T 2423.17 规定的盐雾试验,试验结束并按规定恢复后,不应出现锈蚀、色泽明显改变等现象。

试验方法:

按照 GB/T 2423.17 规定的方法进行耐盐雾试验。

6.9 电气间隙和爬电距离

裸露的带电部分对地和对其他带电部分之间,以及接线端子螺钉对金属盖板之间应符合表 7 中规定的最小电气间隙和爬电距离。对于工作在海拔高度 2 000 m 以上的终端的电气间隙应按 GB/T 16935.1—2023 中表 A.2 规定的电气间隙海拔修正系数进行修正。

表 7 最小电气间隙和爬电距离

 工作电压 U_n V	电气间隙 mm	爬电距离 mm
$U_n \leq 25$	1	1.5
$25 < U_n \leq 60$	2	2
$60 < U_n \leq 250$	3	4
$250 < U_n \leq 380$	4	5

试验方法:

按照 GB/T 16935.1—2023 中第 6 章规定的方法进行试验。

7 电气性能

7.1 抗接地故障能力

电源由非有效接地系统或中性点不接地系统的三相四线配电网供电时,在接地故障及相对地产生 10%过电压的情况下,没有接地的两相对地电压将会达到 1.9 倍的额定电压。在此情况下,终端不应出现损坏。供电恢复正常后,终端应正常工作,保存数据应无改变。

试验方法:

终端由三相四线试验交流电源供电,在电源端子间施加 1.1 倍的额定电压值,终端工作正常。然后将终端电源的中性端与三相四线试验电源的接地端断开,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 倍的额定电压。每相试验时间 4 h,试验后,判定是否符合上述要求。

7.2 耐受长期过电压

单相电源供电的终端,电源端子之间达到 1.9 倍的额定电压时,终端不应出现损坏。供电恢复正常后,终端应正常工作,保存数据应无变化。

试验方法:

终端由单相试验交流电源供电,在电源端子之间施加 1.9 倍的额定电压值,试验时间 4 h。试验后,判定是否符合上述要求。

7.3 绝缘性能

7.3.1 绝缘电阻

终端各电气回路对地和各电气回路之间的绝缘电阻要求见表 8。



表 8 绝缘电阻

额定绝缘电压 U V	绝缘电阻 M Ω		测试电压 V
	正常条件	湿热条件	
$U \leq 60$	≥ 10	≥ 2	250
$60 < U \leq 250$	≥ 10	≥ 2	500
$U > 250$	≥ 10	≥ 2	1 000

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路采用 $U > 250$ V。

试验方法:

在正常试验条件和湿热试验条件下,按表 8 的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之间的绝缘电阻值,判定是否符合表 8 的规定。

7.3.2 交流电压试验

终端各电气回路对地和各电气回路之间应能承受的电压等级见表 9。历时 1 min 的交流电压试验,试验中不应出现闪络、火花放电或击穿现象,且漏电流不超过 5 mA。试验后,终端应能正常工作。

表 9 试验电压

额定绝缘电压 U V	试验电压有效值 V
$U \leq 60$	1 000
$60 < U \leq 125$	2 500
$125 < U \leq 250$	4 000
$250 < U \leq 400$	4 000

注：输出继电器常开触点间的试验电压大于或等于 1 500 V。RS-485 接口与电源回路间试验电压大于或等于 4 000 V。有辅助电源供电时,主电源和辅助电源间试验电压大于或等于 2 500 V。

试验方法：
按照 GB/T 17627—2019 中第 6 章规定的方法进行试验。

7.3.3 脉冲电压试验

终端电源回路对地和电气隔离的各回路之间，应能承受表 10 规定的试验电压峰值，正负极各 5 次。试验中不应有破坏性放电（击穿跳火、闪络或绝缘击穿）现象。

表 10 试验电压峰值

额定绝缘电压 U V	试验电压峰值 V
$U \leq 60$	2 000
$60 < U \leq 125$	5 000
$125 < U \leq 250$	5 000
$250 < U \leq 400$	6 000

试验方法：
按照 GB/T 17627—2019 中第 7 章规定的方法进行试验。

8 测量性能

8.1 测量功能

终端具有测量功能时，测量功能应满足下列要求：

- 电压测量范围 $0.8U_{nom} \sim 1.2U_{nom}$ ，电压测量误差绝对值不大于 0.5%；
- 电流测量范围 $0.1I_n \sim 1.2I_n$ ，电流测量误差绝对值不大于 0.5%；
- 有功功率测量误差绝对值不大于 1%。

8.2 电能质量监测

终端具有电能质量监测功能时，电能质量监测的稳态指标应满足表 11 的要求。

表 11 电能质量监测稳态指标

电能质量监测稳态指标		允许误差
电压有效值		$\pm 0.5\%$
电压偏差		$\pm 0.5\%$
电流有效值		$\pm 0.5\%$
频率/Hz		± 0.05
频率偏差/Hz		± 0.05
 三相不平衡	三相电流负序和零序不平衡度	$\pm 1\%$
	三相电压负序和零序不平衡度	$1\% \sim 5\%, \pm 0.3\%$ $5\% \sim 40\%, \pm 0.6\%$

表 11 电能质量监测稳态指标 (续)

电能质量监测稳态指标		允许误差
谐波	2~21 次谐波电压含有率	$U_h \geq 3\% U_n, \pm 5\% U_h$ $U_h < 3\% U_n, \pm 0.15\% U_n$
	2~21 次谐波电流含有率	$I_h \geq 10\% I_n, \pm 5\% I_h$ $I_h < 10\% I_n, \pm 0.5\% I_n$
	2~21 次电压总谐波畸变率	$U_h \geq 3\% U_n, \pm 5\% U_h$ $U_h < 3\% U_n, \pm 0.15\% U_n$
	2~21 次谐波有功功率	$P_h \geq 3 \text{ W}, \pm 1\% P_h$ $P_h < 3 \text{ W}, \pm 0.03 \text{ W}$
注: U_h ——第 h 次谐波电压值; U_n ——工作电压; I_h ——第 h 次谐波电流值; I_n ——额定电流; P_h ——第 h 次谐波有功功率。		

试验方法:

按照 DL/T 1862 和 GB/T 12326 规定的试验方法进行试验。

9 柔性调控

9.1 通用要求

终端的电力负荷柔性调控功能应满足以下要求:

- 终端能与负荷侧设备进行信息交互,可对负荷侧设备发送调控指令,调节设备运行参数,以改变设备运行功率;
- 终端能接收负荷侧设备反馈的调控状态信息;
- 终端支持协同调控、自主调控等多种调控策略,柔性调控典型应用场景见附录 A;
- 终端支持在通信中断或断电等异常情况下终止当前调控操作的功能。

终端具备所连接断路器的分合闸控制功能。

试验方法:

将测试主机、被测终端、负荷侧设备(可采用模拟方式实现)、断路器和相应信道连接成一个测试系统,用来测试柔性调控和断路器分合闸控制功能。

9.2 柔性调节

9.2.1 协议转换

终端应能与负荷侧设备进行通信,应具备将负荷侧设备通信协议与电力负荷管理系统通信协议进行转换的功能,通信协议应满足以下要求:

- 终端与负荷侧设备的通信符合 Modbus-RTU 等负荷侧设备的通信协议;
- 终端与电力负荷管理系统的通信符合系统统一制定的通信协议。

试验方法:

测试主机向被测终端下发抄读或调控命令,验证终端协议转换后发出的报文帧、负荷侧设备返回的报文帧及终端上传至测试主机的报文帧是否正确。

9.2.2 调控策略

9.2.2.1 协同调控

终端应具备协同调控功能,应能接收电力负荷管理系统或负荷管理装置的符合调控命令,经协议转换后下发至负荷侧设备,实现对负荷侧设备运行功率的柔性调节。

试验方法:

测试主机向被测终端下发调控命令,验证负荷侧设备运行功率变化情况是否符合协同调控功能要求。

9.2.2.2 自主调控

终端宜具备自主调控方式,能根据对负荷侧设备运行状态的实时监测,按照设定条件自主生成调控指令,下发至负荷侧设备,实现对负荷侧设备运行功率的柔性调节。

试验方法:

模拟终端自主调控触发条件,验证终端生成的自主调控命令是否正确。下发调控命令后,验证负荷侧设备运行状态变化情况是否符合自主调控功能要求。

9.3 控制功能

终端支持断路器分合闸控制。

试验方法:

测试主机向被测终端下发断路器分合闸控制指令,验证断路器开关状态是否正确。

9.4 调控状态监测

9.4.1 柔性调控状态监测

终端应能对电力负荷柔性调控状态进行监测。具备可记录调控命令执行情况的事件记录功能。具备可对负荷侧设备运行状态进行监测,并记录相关负荷数据的负荷状态记录功能。

试验方法:

测试主机向被测终端下发调控指令,验证终端生成的事件记录功能和负荷状态记录功能是否符合柔性调控状态监测功能要求。

9.4.2 断路器控制状态监测

终端宜具备断路器控制状态监测功能,可记录断路器分合闸控制及开关状态变位等事件。

试验方法:

测试主机向被测终端下发断路器控制命令,验证终端生成的事件记录及断路器开关状态是否符合断路器控制状态监测功能要求。

10 通信与安全

10.1 通信要求

终端应具备与负荷侧设备、负荷管理装置的通信功能,并满足以下要求:

- 与负荷侧设备的通信方式包括但不限于 RS-485、以太网、控制器局域网总线(CAN)、家庭总线系统(HBS)等,兼容负荷侧设备通信协议;
- 终端与负荷管理装置的通信方式包括但不限于 RS-485、载波、微功率无线等,兼容负荷管理装置通信协议。

终端应具备与电力负荷管理系统、手持设备的通信功能,并满足以下要求:

- a) 终端与电力负荷管理系统主站的通信方式包括但不限于无线公网、以太网等,兼容电力负荷管理系统通信协议,终端与电力负荷管理系统主站通信的实时性、误码率、传输规约等相关要求符合 GB/T 15148—2024 中 6.3.2、7.3、7.4 的规定;
- b) 终端与手持设备的通信方式包括但不限于 RS-485、蓝牙无线技术等,兼容手持设备通信协议。终端宜支持通信方式扩展能力。

试验方法:

- 测试主机向被测终端下发抄读或调控命令,终端通过 RS-485、以太网、CAN、HBS 等不同接口与负荷侧设备通信,验证终端协议转换后发出的报文帧、负荷侧设备返回的报文帧及终端上传至测试主机的报文帧是否正确。利用负荷管理装置通过 RS-485、载波、微功率无线等方式与被测终端进行通信,抄读终端存储数据,查看负荷管理装置发出的报文帧、终端返回的报文帧是否正确。
- 测试主机通过无线公网、以太网等方式向被测终端下发抄读命令,验证测试主机发出的报文帧、终端返回的报文帧是否正确。
- 被测终端通过外扩模块的方式与负荷侧设备连接,测试主机向被测终端下发抄读或调控命令,终端通过外扩模块接口与负荷侧设备通信,验证终端协议转换后发出的报文帧、负荷侧设备返回的报文帧及终端上传至测试主机的报文帧是否正确。
- 利用手持设备通过 RS-485、蓝牙无线技术等方式与被测终端进行通信,抄读终端存储数据,验证手持设备发出的报文帧、终端返回的报文帧是否正确。

10.2 安全要求

终端宜满足以下安全防护要求:

- a) 采用安全芯片及国家密码管理部门认可的密码算法,实现终端的密钥生成、存储和使用,安全芯片支持终端与电力负荷管理系统、负荷管理装置交互时的安全防护功能;
- b) 终端与电力负荷管理系统、负荷管理装置等设备进行通信时,可实现身份认证,并对传输中的重要数据采取机密性和完整性保护措施。

试验方法:

测试主机向被测终端获取 ESAM(嵌入式安全控制模块)相关信息、进行应用连接、密钥恢复和密钥更新,根据执行结果判断终端具备安全防护功能。

11 数据采集与管理

11.1 数据采集

终端应支持以下方式采集负荷侧设备的数据:

- 定时自动采集:根据设置的抄读方案自动采集负荷侧设备数据;
- 召测功能:根据召测命令采集负荷侧设备数据;
- 自动补抄:对规定抄读间隔内未抄读到的数据应进行自动补抄。

采集数据项应包含但不限于负荷侧设备的基本信息、状态信息、故障信息、事件信息等数据。采集频率可设置,以满足柔性调控正常工作为原则,可支持不低于 1 min 的采集周期。

试验方法:

测试主机向被测终端发送定时自动采集命令,在规定的响应时间内,验证终端定时自动采集数据是否正确。

测试主机向被测终端发送召测命令,在规定的响应时间内,验证终端召测数据是否正确。

模拟末端设备离线状态并在超出规定的响应时间后恢复,在规定的补抄间隔内,验证终端自动补抄数据是否正确。

11.2 数据存储

终端的数据存储应满足以下要求：

- 存储的数据类型包括但不限于事件记录、负荷状态记录，当存储容量不足时，按照“先入先出”的原则进行存储；
- 终端进行升级、参数初始化等操作时，不影响存储数据；
- 供电电源中断后，存储数据可保持，电源恢复时，保存数据不丢失。

试验方法：

测试主机向被测终端发送数据查询命令，在规定的响应时间内，验证接收到的数据符合数据存储要求。

测试主机对被测终端进行软件升级或发送参数初始化命令，完成后抄读终端存储数据无改变和丢失。

切断终端供电电源并在间隔 10 min 后恢复供电，抄读终端存储数据无改变和丢失。

11.3 时钟召测与对时

终端的时钟召测和对时功能应满足以下要求：

- 有计时功能，在参比温度 23 ℃（允差±2 ℃）时，日计时误差绝对值≤0.5 s/d；
- 外电源失电后，时钟能维持正常工作；
- 能接收电力负荷管理系统、负荷管理装置或手持设备等外部设备的时钟召测和对时命令。

试验方法：

将被测设备进行校时，在参比温度 23 ℃（允差±2 ℃）条件下，经过 48 h 后，比对被测设备与标准时间源的差异，计算误差值，测试终端时钟准确度满足日计时误差要求；

记录终端已有的各项数据和时钟显示，断开工作电源 72 h，再上电，检查各项数据无改变和丢失，时钟走时正确；

利用电力负荷管理系统或本地手持设备向终端发出对时命令，抄读终端时钟正确。

12 电磁兼容性

12.1 通用要求

终端在进行电磁兼容性试验时，不应出现死机或数据出错，各项功能、性能指标满足本文件相关要求，交流模拟量输入回路测量误差的偏移量不应大于等级指数 200%，试验后终端应能正常工作和通信，存储数据应无异常。

12.2 交流电压暂降和短时中断试验

试验按照 GB/T 17626.11，在下述条件下进行。

——终端在工作状态。

- 电压电路施加标称电压；
- 电流电路无电流，且电流端子开路。

——三相电源供电的终端。

- 所有三相同时施加电压中断试验；
- 具有中线的三相系统，电压暂降试验应施加在每一独立的相对中线电压，每次一相，其他相与电源电压连接；
- 没有中线的三相系统，电压暂降试验应施加在每一独立的相对相电压，每次一相，其他相与电源电压连接。

——试验等级和试验时间见表 12。

表 12 交流电压暂降和短时中断试验

试验	ΔU (电压降低)	持续时间 (周期)	试验次数	试验之间的间隔 s
电压终端试验	100 %	250	10	10
电压暂降试验	60 %	1	10	10
电压暂降试验	60 %	25	10	10
电压暂降试验	30 %	0.5	10	10

12.3 静电放电抗扰度

终端应能经受下列静电放电抗扰度试验,试验后终端不应损坏。试验按照 GB/T 17626.2 给出的方法,在下述条件下进行。

- 终端在工作状态。
- 电压电路施加标称电压;
 - 电流电路无电流,且电流端子应开路。
- 试验施加在终端的每个表面。
- 间接放电:8 kV 的试验电压以接触方式施加于水平合板和垂直耦合板。水平和垂直耦合板试验,终端的所有面都经受放电。
 - 接触放电:8 kV 接触放电试验电压施加在正常操作易触及的金属部分。
 - 空气放电:如果终端的外表面没有易触及的金属部分,施加 15 kV 试验电压的空气放电。
- 放电次数:以最敏感极性放电 10 次;如果敏感极性未知,则正负极性各 10 次;相邻放电之间至少间隔 1 s。

12.4 射频电磁场(电流电路中无电流)抗扰度试验

终端应能经受下列射频电磁场抗扰度试验,试验后终端不应损坏。试验按照 GB/T 17626.3 给出的方法,在下述条件下进行。

- 终端在工作状态。
- 电压电路施加标称电压;
 - 电流电路无电流,且电流端子应开路。
- 暴露于电磁场中的电缆长度:1 m。该要求适用于电压电缆、输入/输出电缆和通信电缆。如有分离指示显示器,分离指示显示器和终端之间的电缆长度按制造商规定,但不小于 1 m。
- 试验施加在终端的每个表面。
- 频带:80 MHz~6 GHz;以 1 kHz 正弦波对信号进行 80%调幅载波调制;
 - 未调制的试验场强:30 V/m;
 - 频率增加的步长:1%;
 - 驻留时间:在每个步进频率试验的驻留时间不应小于 3 s。

12.5 射频电磁场(电流电路中有电流)抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.3 的规定,在下述条件下进行。

- 终端在工作状态。
- 电压电路施加标称电压;
 - 电流电路施加 I_n 电流;

- 功率因数(或 $\sin\varphi$)为 1.0;
 - 此外,被测试验信号应保持恒定。
- 暴露于电磁场中的电缆长度:1 m。该要求适用于电压电缆、输入/输出电缆和通信电缆。如有分离指示显示器,分离指示显示器和终端之间的电缆长度按制造商规定,但不小于 1 m。
- 试验应施加在终端的每个表面。
- 频带:80 MHz~6 GHz;以 1 kHz 正弦波对信号进行 80%调幅载波调制;
 - 未调制的试验场强:10 V/m;
 - 频率增加的步长:1%。
- 载波频率的每个增量间隔的误差都应被监测,并符合 GB/T 17215.3(所有部分)对各准确度等级终端规定的误差偏移极限。
- 驻留时间:在每个步进频率试验的驻留时间不小于 3 s。

12.6 快速瞬变脉冲群试验

试验按照 GB/T 17626.4 的规定,在下述条件下进行。

- 终端在工作状态。
- 电压电路施加标称电压;
 - 电流电路施加 I_n 电流;
 - 功率因数(或 $\sin\varphi$)为 1.0;
 - 此外,被测试验信号应保持恒定。
- 耦合器与被测终端之间的电缆长度 1 m。
- 试验电压以共模模式每次作用于一个端口。
- 电网电源端口和电流互感器端口:±4 kV;
 - HLV 信号端口:±2 kV(所有端子作为一个信号组一起试验);
 - ELV 辅助电源端口和 ELV 信号端口:±1 kV(所有端子作为一个信号组一起试验)。
- 试验持续时间:每一极性 60 s。
- 重复速率:100 kHz。

12.7 浪涌试验

试验按照 GB/T 17626.5 的规定,在下述条件下进行。

- 终端在工作状态。
- 电压电路施加标称电压;
 - 电流电路无电流,且电流端子开路;
 - 浪涌发生器与终端之间的电缆长度 1 m。
- 浪涌试验信号施加在:
- 电网电源端口和电流互感器端口。差模模式(每一线对线,每一线对中线)4 kV,发生器源阻抗 $2\ \Omega$,在每一电流输入端子悬空(不连接,开路)的情况下,对电流互感器端口进行试验;
 - HLV 辅助电源端口及 HLV 信号端口。差模模式 2 kV,发生器源阻抗 $2\ \Omega$;
 - ELV 辅助电源端口和 ELV 信号端口。仅以共模模式,作为一个信号组试验 1 kV,发生器源阻抗 $42\ \Omega$ 。
- 浪涌试验信号在交流电压基波波形的 0° 、 90° 、 180° 和 270° 相位角施加。
- 试验持续时间:5 次正极性和 5 次负极性,以每分钟一次的速率施加浪涌试验信号。

附 录 A
(资料性)

电力负荷柔性调控终端典型应用场景

电力负荷柔性调控典型应用场景由电力负荷柔性调控终端、负荷管理装置、电力负荷管理系统以及负荷侧设备组成。

电力负荷柔性调控终端接收负荷管理装置、电力负荷管理系统下发的负荷调控命令或自主生成负荷调控命令,在不中断负荷侧设备供电的条件下,通过与负荷侧设备进行信息交互,调整设备运行参数,改变设备运行功率,从而达到电力负荷柔性调控的目的。

电力负荷柔性调控终端典型应用场景示意图见图 A.1。

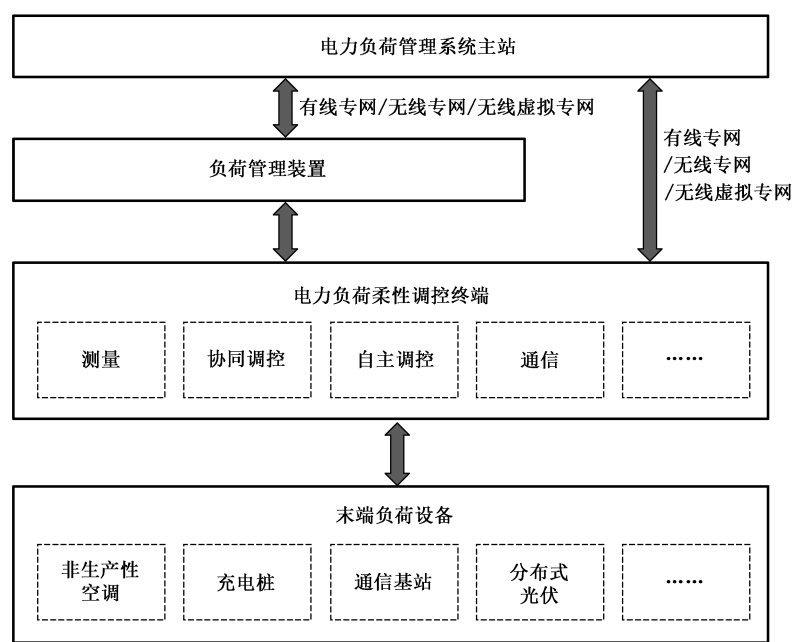


图 A.1 电力负荷柔性调控终端应用场景示意图

参 考 文 献

[1] GB/T 4798.1—2019 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第1部分:贮存

[2] GB/T 4798.2—2021 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第2部分:运输和装卸

[3] GB/T 4798.3—2023 环境条件分类 环境参数组分类及其严酷程度分级 第3部分:有气候防护场所固定使用

