ICS 29.120.70;29.240.30
CCS K 45

中华人民共和国国家标准

GB/T 7261—2026
代替 GB/T 7261—2016

继电保护和安全自动装置基本试验方法

Basic testing method for relaying protection and security automatic equipment

2026-07-02 发布　　2027-02-01 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 …… Ⅴ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语、定义和缩略语 …… 2
3.1　术语和定义 …… 2
3.2　缩略语 …… 3
4　试验条件 …… 3
4.1　试验的环境条件 …… 3
4.2　安装位置 …… 3
4.3　试验用仪器、仪表 …… 3
5　结构及外观检查 …… 4
5.1　检查内容及方法 …… 4
5.2　检查要求 …… 4
6　基本性能试验 …… 4
6.1　触点基本参数试验 …… 4
6.2　线圈基本参数试验 …… 7
6.3　变换器基本参数试验 …… 8
6.4　有或无继电器功能试验 …… 11
6.5　量度继电器及装置特性量的准确度试验 …… 12
6.6　时间特性试验 …… 18
6.7　开关量输入和输出试验 …… 20
6.8　测控性能试验 …… 20
6.9　时间同步性能试验 …… 20
6.10　守时性能试验 …… 22
7　数字化接口试验 …… 22
8　功率消耗和光功率试验 …… 22
8.1　功率消耗试验 …… 22
8.2　光功率试验 …… 26
9　温升试验 …… 26
9.1　试验方法 …… 26
9.2　试验要求 …… 27
10　气候环境试验 …… 28
10.1　运行温度试验 …… 28

10.2 贮存温度试验 …… 29
10.3 温度变化试验 …… 31
10.4 恒定湿热试验 …… 32
10.5 交变湿热试验 …… 33
10.6 低气压试验 …… 36
10.7 盐雾试验 …… 37
10.8 交变盐雾试验 …… 37
11 电源影响试验 …… 37
11.1 电源电压变化影响试验 …… 37
11.2 交流电源频率变化影响试验 …… 37
11.3 直流电源极性反接试验 …… 38
12 机械性能试验 …… 38
12.1 振动试验 …… 38
12.2 冲击与碰撞试验 …… 38
12.3 地震试验 …… 38
13 电磁兼容试验 …… 38
13.1 被试设备的端口 …… 38
13.2 电磁发射试验 …… 38
13.3 抗扰度试验 …… 39
14 过载试验 …… 44
14.1 概述 …… 44
14.2 短时耐热极限值试验 …… 44
14.3 激励量动稳定极限值试验 …… 45
14.4 连续过载试验 …… 45
14.5 多输入激励量的过载试验 …… 45
15 电寿命和机械寿命试验 …… 45
15.1 概述 …… 45
15.2 电寿命试验 …… 45
15.3 机械寿命试验 …… 46
16 安全试验 …… 47
16.1 绝缘电阻测量 …… 47
16.2 介质强度试验 …… 47
16.3 冲击电压试验 …… 48
16.4 电气间隙试验 …… 49
16.5 爬电距离测量 …… 49
16.6 接触电流测量 …… 49
16.7 保护导体电流测量 …… 49

16.8 外壳防护等级试验 …… 49
16.9 保护联结试验 …… 50
16.10 着火危险试验 …… 50
16.11 安全标志检查 …… 51
17 信息安全试验 …… 51
18 通信及规约试验 …… 51
18.1 通信规约一致性试验 …… 51
18.2 通信性能试验 …… 51
18.3 通信可靠性试验 …… 52
18.4 信息规范试验 …… 53
18.5 日志记录功能试验 …… 53
18.6 多客户端同时召唤录波文件试验 …… 53
18.7 装置通信中断后的多客户端连接恢复试验 …… 54
18.8 装置重启后的多客户端连接恢复试验 …… 54
18.9 多客户端同时读定值试验 …… 54
18.10 多客户端同时修改定值试验 …… 54
18.11 多客户端同时投退软压板试验 …… 54
18.12 只允许唯一的同一 IP 地址的客户端 COTP 连接试验 …… 54
18.13 通信安全试验 …… 54
18.14 远方操作成功率试验 …… 54
18.15 远方操作失败试验 …… 55
18.16 SV 单光纤接收能力试验 …… 55
18.17 通信接口独立性试验 …… 55
18.18 通信接口同步性试验 …… 55
18.19 网络压力试验 …… 56
19 装置功能试验 …… 56
附录 A（资料性） 测时电路 …… 57
A.1 测量时间参数的典型电路 …… 57
A.2 时间参数的典型示波图 …… 58
附录 B（资料性） 数字化接口试验 …… 59
B.1 概述 …… 59
B.2 SCL 配置工具试验 …… 59
B.3 采样值接收试验 …… 64
B.4 GOOSE 开关量输入试验 …… 66
B.5 GOOSE 开关量输出试验 …… 67
B.6 网络压力试验 …… 67
附录 C（资料性） 用热电偶测量温度的推荐方法 …… 69

C.1 热电偶的选择 …… 69
C.2 热电偶的制造 …… 69
C.3 热电偶的固定 …… 69
C.4 测量仪器 …… 69
附录 D（资料性） 型式试验导则 …… 70
D.1 概述 …… 70
D.2 试验导则 …… 70
参考文献 …… 72

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。

本文件代替GB/T 7261—2016《继电保护和安全自动装置基本试验方法》，与GB/T 7261—2016相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 删除了地震相关术语和定义（见2016年版的3.7～3.15）；
b) 删除了术语和定义“基本试验方法”“试验条件允许偏差”“一致性测试”“通用面向对象的变电站事件”“信息模型”“合并单元”“否定测试”“采样值”及“智能终端”（见2016年版的3.1、3.3、3.16～3.22）；
c) 增加了术语和定义“NTP乒乓算法”（见3.1.5）；
d) 增加了缩略语（见3.2）；
e) 更改了试验基准条件（见4.1，2016年版的4.1）；
f) 删除了目测及对外包装检查的要求（见2016年版的5.1.1、5.1.3、5.1.7）；
g) 增加了守时试验（见6.10）；
h) 更改了气候环境试验试验方法（见10.1～10.6，2016年版的第10章）；
i) 增加了盐雾试验、交变盐雾试验（见10.7、10.8）；
j) 增加了直流电源极性反接试验方法（见11.3）；
k) 增加了满足CISPR 32的信号/控制端口和有线网络端口的概念（见13.1）；
l) 增加了有线网络端口传导发射限值测试（见13.2.2）；
m) 增加了慢速和快速阻尼振荡波抗扰度试验（见13.3.6）；
n) 增加了接触电流试验方法（见16.6）；
o) 增加了保护导体电流测量方法（见16.7）；
p) 增加了信息安全试验方法（见17）；
q) 增加了信息规范试验、日志记录功能试验、多客户端同时召唤录波文件试验、网络压力试验方法（见18.4、18.5、18.6、18.19）。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会（SAC/TC 154）归口。

本文件起草单位：许昌开普检测研究院股份有限公司、国家电网有限公司、许昌开普电气研究院有限公司、国网浙江省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司南京供电分公司、中国电力科学研究院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、国网电力科学研究院有限公司、南京南瑞继保工程技术有限公司、长园深瑞继保自动化有限公司、国电南京自动化股份有限公司、东方电子股份有限公司、许继电气股份有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、北京四方继保工程技术有限公司、云南电网有限责任公司、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司电力调度控制中心、国网河南省电力公司电力科学研究院、国网甘肃省电力公司电力科学研究院、贵州电网有限责任公司电力科学研究院、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司、国网辽宁省电力有限公司、广西电网有限责任公司、国网湖北省电力有限公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、南方电网数字电网研究院股份有限公司、国网山西省电力有限公司电力科学研究院、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网上海市电力公司、云南电力试验研究院（集团）有限公司、珠海开普检测技术有限

公司、国家电投集团云南国际电力投资有限公司、国网浙江省电力有限公司温州供电公司、广东粤电科试验检测技术有限公司、积成电子股份有限公司、石家庄科林电气股份有限公司、江苏金智科技股份有限公司、珠海万力达电气技术股份有限公司、上海正泰自动化软件系统有限公司、南京磐能电力科技股份有限公司、北京清能继控科技集团有限公司、西门子电力自动化有限公司、重庆新世杰电气股份有限公司、南京电研电力自动化股份有限公司、河北北恒电气科技有限公司、上海华建电力设备股份有限公司、武汉市豪迈电力自动化技术有限责任公司、武汉凯默电气有限公司、南宏电力科技有限公司、ABB(中国)有限公司、北京北斗银河科技有限公司、珠海瑞捷电气股份有限公司、深圳市中电电力技术股份有限公司。

本文件主要起草人：刘园伟、张志、胡晓静、裘愉涛、陈昊、胡卫东、刘慧海、刘阳、周永荣、凌刚、刘宏君、岳峰、赵洪强、李旭、王寅丞、于昊夫、石恒初、李铁成、王峰、韩伟、郑伟、徐长宝、于同伟、叶远波、马强、田君杨、吴迪、李鹏、李肖博、王亮、王冠南、周德生、沐润志、李梁、陶林、孔凡坊、刘玲、滕兆宏、陈贺、高亮、姚鹏、徐骏、陆帅、尹明铉、王飞、张太勤、韩晋、杨春丽、胡骏奔、石旭刚、孙祥波、郭锋、李智秀、康习梅、李澎涛、肖沙。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1987 年首次发布为 GB 7261—1987；

——2000 年第一次修订时，将文件名称修改为《继电器及装置基本试验方法》；

——2008 年第二次修订时，将文件名称修改为《继电保护和安全自动装置基本试验方法》；

——2016 年第三次修订；

——本次为第四次修订。

继电保护和安全自动装置基本试验方法

1 范围

本文件描述了继电保护和安全自动装置的基本试验方法。

本文件适用于电力系统的量度继电器、有或无继电器、继电保护和安全自动装置及其接口设备(以下简称“装置”)等产品的试验。

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 2422 环境试验 试验方法编写导则 术语和定义

GB/T 2423.1 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 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 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 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(12 h+12 h循环)

GB/T 2423.17 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾

GB/T 2423.18 环境试验 第2部分:试验方法 试验Kb:盐雾,交变(氯化钠溶液)

GB/T 2423.21 环境试验 第2部分:试验方法 试验M:低气压

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.17 电工术语 量度继电器和保护设备

GB/T 2900.49 电工术语 电力系统保护

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 4365 电工术语 电磁兼容

GB 4824 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法

GB/T 5169.10 电工电子产品着火危险试验 第10部分:灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法

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 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分:试验火焰50 W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分:发射要求

GB/T 11287 电气继电器 第21部分:量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇:振动试验(正弦)

GB/T 12113—2023 接触电流和保护导体电流的测量方法

GB/T 13729 远动终端设备

GB/T 14537　量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 14598.2—2025　量度继电器和保护装置　第1部分:通用要求

GB/T 14598.23　电气继电器　第21部分:量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验　第3篇:地震试验

GB/T 14598.26—2025　量度继电器和保护装置　第26部分:电磁兼容要求

GB/T 14598.27—2025　量度继电器和保护装置　第27部分:产品安全要求

GB/T 17626.9—2025　电磁兼容　试验和测量技术　第9部分:脉冲磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10—2017　电磁兼容　试验和测量技术　阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 21711.1　基础机电继电器　第1部分:总则与安全要求

GB/T 25919.1　Modbus测试规范　第1部分:Modbus串行链路一致性测试规范

GB/T 25919.2　Modbus测试规范　第2部分:Modbus串行链路互操作测试规范

GB/T 26864　电力系统继电保护产品动模试验

DL/T 634.56　远动设备及系统　第5-6部分:IEC 60870-5配套标准一致性测试导则

DL/T 860(所有部分)　变电站通信网络和系统

DL/Z 860.2　变电站通信网络和系统　第2部分:术语

DL/T 860.10　电力自动化通信网络和系统　第10部分:一致性测试

DL/T 2336　电力监控系统设备及软件网络安全检测要求

3　术语、定义和缩略语

3.1　术语和定义

GB/T 2422、GB/T 2900.1、GB/T 2900.17、GB/T 2900.49、GB/T 4365、GB/T 14598.2—2025、GB/T 14598.26—2025、GB/T 14598.27—2025、DL/Z 860.2和DL/T 860.10界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

变差　variation

产品处于标称范围极限值的某个影响量或影响因素与处于基准条件下的同一个影响量或影响因素的差值。

3.1.2

被试设备　equipment under test;EUT

被试验的设备。

注:除另有规定外,包含所有附属设备。

3.1.3

冷态　cold state

在不施加激励量的情况下,其各部分的温度与周围环境温度之差不大于3 K的状态。

3.1.4

热态　thermal state

在规定的激励量的作用下,产品温升达到稳定的状态。

注:在该状态下每隔半小时测得的温度差不超过1 K。

3.1.5

NTP乒乓算法　NTP Ping-Pong Algorithm

NTP客户端与服务器之间通过交换报文的方式精确测量网络延迟和时间偏差的计算方法。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

APPID:应用标识(Application Identification)

EUT:被试设备(Equipment Under Test)

GOOSE:面向通用对象的变电站事件(Generic Object Oriented Substaiton Event)

ICD:IED 能力描述文件(IED Capability Description)

IED:智能电子设备(Intelligent Electronic Device)

MU:合并单元(Merging Unit)

SCL:变电站自动化系统配置语言(Substation Automation System Configuration Language)

SV:采样值(Sampled Value)

4 试验条件

4.1 试验的环境条件

除另有规定外,所有试验应在表 1 规定的条件下进行。

表 1 试验基准条件

影响量	基准条件
工作温度	20 ℃±5 ℃
相对湿度	25%～75%
大气压力	78 kPa～106 kPa
辅助电源电压	偏差不超过额定电源电压的±1%
零序电压[a]	不大于额定电源电压的 1%
外部持续磁场	磁场感应强度不大于 50 μT
交流电压和电流中的直流分量	不超过峰值的 2%
直流辅助激励量中的交流分量	峰值纹波系数不超过直流额定值的 5%
波形	正弦波,畸变因数不超过 5%
频率	偏差不超过额定频率的 0.2%
[a] 三相系统中所有相对地电压的相量和。	

4.2 安装位置

试验时,按正常工作位安装,安装位置对于任一方向的允许偏差为 2°。

4.3 试验用仪器、仪表

4.3.1 试验使用仪器、仪表的准确度应根据被测量的误差等级按表 2 进行选择。

表 2　仪器、仪表准确度等级

误差	＜0.5%	≥0.5%～1.5%	＞1.5%～5%	≥5%
仪器、仪表准确度	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级

4.3.2　测量相位用仪器、仪表的准确度应优于 1.0 级。

4.3.3　测量温度用仪器、仪表的误差不应超过 1 ℃。

4.3.4　测量时间用仪器、仪表：当测量时间大于 1 s 时，相对误差不大于 0.1%；测量时间不大于 1 s 时，误差不大于 1 ms，分辨率不低于 0.1 ms。

5　结构及外观检查

5.1　检查内容及方法

5.1.1　检查被试设备所有零件锡焊处的质量，如是否存在针孔、气泡、裂纹、挂锡、拉尖、桥接及焊点润湿不良等现象。

5.1.2　检查被试设备是否按产品标准规定对有关部位进行漆封。

5.1.3　检查被试设备表面的涂覆层的颜色是否均匀一致，有无明显的色差和眩光，检查涂覆层表面是否有砂粒、趋皱、流痕等缺陷。

5.1.4　检查被试设备连接导线的颜色、线径及连接方式等是否符合产品标准的规定。

5.1.5　检查被试设备铭牌标志和端子号是否符合标准的规定。

5.1.6　检查被试设备的接插件插拔的灵活性和互换性。

5.1.7　被试设备的外形尺寸和安装尺寸等可采用钢直尺和钢带卷尺进行检查，必要时可采用精度更高的测量仪器。

5.1.8　被试设备的质量用天平或磅秤等进行检查。

5.1.9　检查被试设备中电镀零件、喷漆零件、塑料零件的表面质量，例如有无划伤、碰伤和变形现象。

5.1.10　检查被试设备中是否存在引起电化学腐蚀的不同金属材料或电镀层的直接连接。

5.2　检查要求

5.2.1　检查被试设备应在非破坏条件下进行。

5.2.2　检查应在正常照明和视觉条件下进行。

5.2.3　对于严重缺陷或缺陷无法用文字叙述时，可用相机拍照记录。

6　基本性能试验

6.1　触点基本参数试验

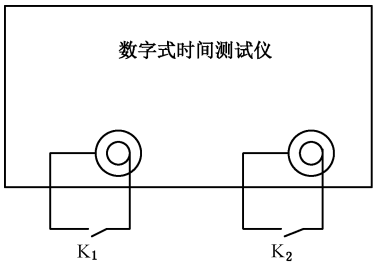
6.1.1　触点接触同步试验

6.1.1.1　试验方法

试验方法如下。

a）　触点接触不同步时差可分别测量各触点组的动作时间或返回时间，然后再进行比较。

b）　两组触点接触不同步时差测试方法试验电路如图 1 所示。对于多组触点应以某一组触点为基准，其他各组触点分别与该组触点进行测试。



标引符号说明：

K_1、K_2——触点。

图 1　两组触点接触不同步时差试验电路示例

6.1.1.2　试验程序

试验程序如下：

a）　触点 K_1、K_2 同时接触，数字时间测试仪指示为零；

b）　触点 K_1 先于 K_2 接触，数字时间测试仪指示数值为两触点不同步时差；

c）　触点 K_1 后于 K_2 接触，数字时间测试仪指示数值连续不停增加时，交换两触点测试回路位置再进行测试。

6.1.1.3　试验要求

试验要求如下：

a）　当对动合触点不同步时差进行测试时，应对继电器突然施加额定激励量，使继电器动作；

b）　当对动断触点不同步时差进行测试时，应对继电器突然去除激励量，使继电器返回。

6.1.2　触点接触电阻试验

6.1.2.1　试验方法

试验方法如下。

a）　采用伏-安法测触点接触电阻的试验电路如图 2 所示。

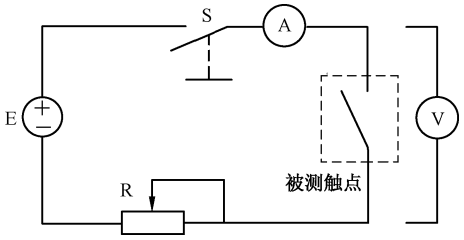
按产品标准要求，使触点回路通过规定的电流，测量触点两端电压，根据电流、电压值按公式(1)计算触点接触电阻 R_j。

$$R_j = \frac{U}{I} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

U ——触点两端电压，单位为伏特(V)；

I ——通过触点电流，单位为安培(A)。



标引符号说明：

E——直流电源；

R——可调电阻；

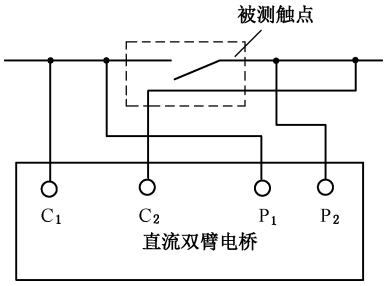
A——电流表；

V——电压表；

S——单刀开关。

图 2　采用伏-安法测触点接触电阻的试验电路示例

b）　采用直流双臂电桥测触点接触电阻的试验电路如图 3 所示。



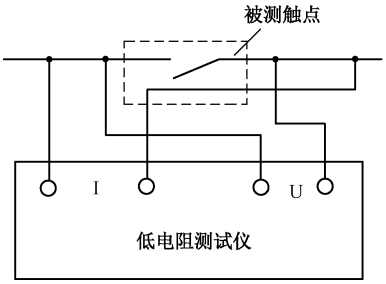
标引符号说明：

C_1、C_2——电流端纽；

P_1、P_2——电位端纽。

图 3　采用直流双臂电桥测触点接触电阻的试验电路示例

c）　采用低电阻测试仪或毫欧表测触点接触电阻的试验电路如图 4 所示。



标引符号说明：

I——电流端子；

U——电位端子。

图 4　采用低电阻测试仪或毫欧表测触点接触电阻的试验电路示例

6.1.2.2　试验程序

试验程序如下：

a） 继电器处于释放状态时，单独测量动断触点的接触电阻；

b） 继电器处于动作状态时，单独测量动合触点的接触电阻；

c） 测量 6 次，计算平均值。

6.1.2.3 试验要求

试验要求如下。

a） 测试接触电阻的方法选择、测试时电流和电压按产品标准规定执行。

b） 测试触点接触电阻，是指包括触点的输出端在内的整个触点回路（例如，触点输出端、连接导线、触点组等）。

c） 采用伏-安法测试时，电压表的内阻不低于被测量电阻的 100 倍。采用直流电源作测试源时，可用直流电位差计或数字式电压表代替电压表。

d） 采用直流电源作测试源时，分别在两种不同极性下各测量 3 次，计算 6 次测量平均值。

e） 触点在开闭过程中，触点回路不应加负载。

f） 采用四端子法测量接触电阻时，电流两端子接在电压两端子外面，各端子连接良好，同时被测部分的连接导线尽可能粗而短，减少因接触不良及导线电阻所带来的测量误差。

g） 测试时，防止触点受到超过规定电流的冲击。

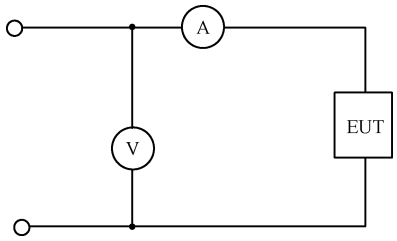
6.2 线圈基本参数试验

6.2.1 试验方法

试验方法如下。

a） 伏-安法测量线圈电阻：

电压型线圈电阻的测量电路如图 5 所示，电流型线圈电阻的测量电路如图 6 所示。

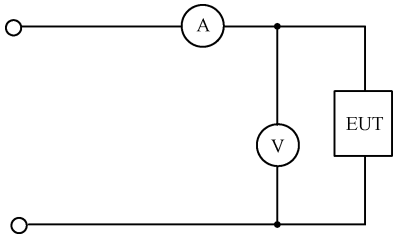


标引符号说明：

A ——电流表；

V ——电压表。

图 5 电压型线圈电阻测量电路示例



标引符号说明：

A——电流表；

V——电压表。

图 6　电流型线圈电阻测量电路示例

b）　电桥法测量线圈电阻：

1）　电压型线圈电阻用直流单臂电桥测量；

2）　电流型线圈电阻用直流双臂电桥测量。

c）　电阻测量仪测量线圈电阻：

根据线圈的类型，选用电阻测试仪测量电压型或电流型线圈的电阻。

6.2.2　试验要求

试验要求如下：

a）　测试前被测线圈放置在测试环境的时间不小于 2 h；

b）　测试方法的选用按产品标准规定；

c）　用伏-安法测量线圈电阻时，电压表采用高内阻电压表，电流表采用低内阻电流表；

d）　用伏-安法测量线圈电阻时，通过线圈的电压或电流不宜过大，一般不超过继电器的额定工作电压或额定工作电流，通过时间不宜过长，以免线圈发热增大测量误差；

e）　被测线圈电阻较小时，宜尽量减少测试接线引起的测量误差；

f）　测量线圈电阻时包括线圈输入端子在内的整个回路部分的电阻。

6.3　变换器基本参数试验

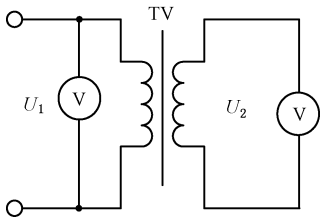
6.3.1　变换器变比试验

变换器变比试验。

a）　电压变换器变比试验电路如图 7 所示，电流变换器变比试验电路如图 8 所示。

b）　对电压变换器初级绕组施加电压 U_1 为额定电压，测量次级绕组电压 U_2；

对电流变换器初级绕阻施加电流 I_1 为额定电流，测量次级绕组电流 I_2。



标引符号说明：

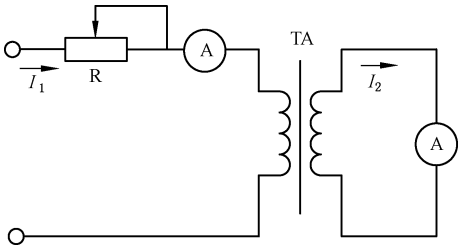
V ——电压表；

U_1 ——初级绕组电压；

U_2 ——次级绕组电压；

TV ——电压变换器。

图 7　电压变换器变比电路示例



标引符号说明：

R ——可调电阻；

A ——电流表；

I_1 ——初级绕组电流；

I_2 ——次级绕组电流；

TA ——电流变换器。

图 8　电流变换器变比试验电路示例

c)　计算变比：

电压变换器变比按公式(2)计算：

$$K_U = \frac{U_1}{U_2} \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

U_1——初级绕组施加电压，单位为伏特(V)；

U_2——次级绕组电压，单位为伏特(V)。

电流变换器变比按公式(3)计算：

$$K_I = \frac{I_1}{I_2} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

I_1——初级绕组施加电流，单位为安培(A)；

I_2——次级绕组电流，单位为安培(A)。

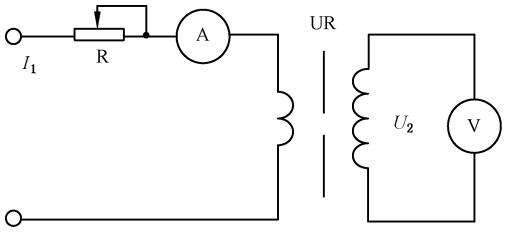
6.3.2　转移阻抗和转移阻抗角试验

转移阻抗和转移阻抗角试验如下。

a） 转移阻抗的试验电路如图 9 所示，转移阻抗角的试验电路如图 10 所示。

b） 初级绕组施加电流 I_1 为额定电流。

c） 测量次级绕组空载时电压 U_2。



标引符号说明：

R ——可调电阻；

A ——电流表；

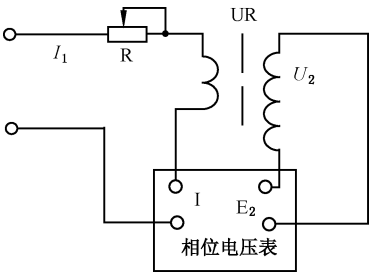
V ——电压表；

I_1 ——初级绕组电流；

U_2 ——次级绕组电压；

UR——电抗变换器。

图 9 转移阻抗试验电路示例



标引符号说明：

R ——可调电阻；

I ——一次侧电流采集端；

E_2 ——二次侧电压采集端；

I_1 ——初级绕组电流；

U_2 ——次级绕组电压；

UR——电抗变换器。

图 10 转移阻抗角试验电路示例

d） 转移阻抗按公式(4)计算：

$$Z=\frac{U_2}{I_1} \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：

I_1——初级绕组施加电流，单位为安培(A)；

U_2——次级绕组电压，单位为伏特(V)。

e） 测量转移阻抗角，用相位电压表测量初级绕组电流 I_1 和次级绕组空载电压 U_2 之间的相角差。

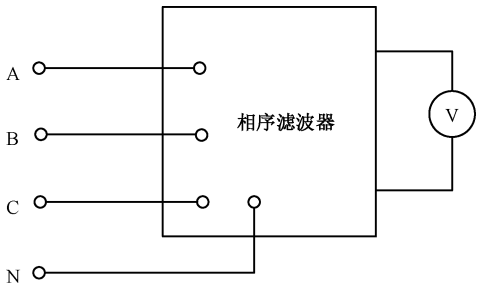
6.3.3 伏安特性试验

伏安特性试验：

a） 试验电路如图 9 所示；
b） 变换器在试验前应先去磁；
c） 初级绕组输入不同的电流值 I；
d） 测量不同电流值下次级绕组的空载电压 U；
e） 作出伏-安特性曲线 $U=f(I)$。

6.3.4 相序滤波器输出电压试验

相序滤波器输出电压试验：
a） 试验电路如图 11 所示；
b） 输入三相正序额定电压(或电流),测量二次输出电压；
c） 输入三相负序额定电压(或电流),测量二次输出电压。



标引符号说明：
A、B、C、N ——三相电压激励量；
V ——电压表。

图 11 相序滤波器输出电压试验电路示例

6.4 有或无继电器功能试验

6.4.1 试验程序

有或无继电器的功能试验按照 GB/T 21711.1。试验程序如图 12 所示。图中上面的波形表示激励值,下面的波形表示触点的状态(“0”表示释放状态,“1”表示动作状态)。试验时继电器施加激励量采用突然施加的方法,每个程序试验 5 次。

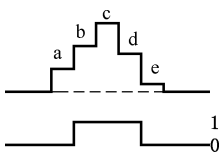


图 12 有或无继电器功能试验程序

施加的激励量及继电器相应的工作状态见表 3。

表 3 继电器工作状态

图 12 中符号	施加值	继电器工作状态
a	不动作值[a]	不动作
b	动作值	动作

表 3　继电器工作状态（续）

图 12 中符号	施加值	继电器工作状态
c	额定值	保持动作
d	不返回值[a]	保持动作
e	返回值	释放
[a] 当产品标准有要求时才进行试验。		

6.4.2　试验要求

试验要求如下：

a）　除另有规定外，继电器试验在无自热状态下进行；

b）　继电器在突然施加激励量时，动作或返回前后电压变化不超过 5%，当电压有变化时，取动作前的电压为动作电压，返回前的电压为返回电压；

c）　当产品标准规定在不同极性下进行试验时，分别在不同电源极性下进行试验；

d）　继电器的动作状态可用中间继电器或灯光信号显示；

e）　对具有延时功能的继电器注意延时特性对继电器工作状态的影响；

f）　对于多个输出触点的继电器注意不同触点对继电器功能的影响；

g）　合格判据：根据所施加激励量的大小，继电器是否处于规定的工作状态来判断；

h）　如果不按上述规定的试验方法进行试验，可在产品标准中另行规定。

6.5　量度继电器及装置特性量的准确度试验

6.5.1　与特性量相关的准确度表示

与特性量有关的准确度可采用以下任一种方式表示：

a）　一个固定的绝对值；

b）　一个整定值的百分比；

c）　一个整定值的百分比和一个固定的绝对值，以较大者为准。

准确度可用最大误差值或平均误差值表示。

6.5.2　与特性量相关的极性检查

通过极性标识或者施加激励量观察显示的角度，检查量度继电器及装置的极性。

6.5.3　单输入激励量量度继电器及装置特性量的准确度试验

6.5.3.1　试验方法

试验方法分为：

a）　激励量缓慢施加的方法；

b）　激励量突然施加的方法。

6.5.3.2　试验程序

6.5.3.2.1　单激励量缓慢施加法的试验程序。

a）　过量继电器及装置

1） 激励量连续缓慢施加

过量继电器及装置特性量准确度缓慢施加方法的试验程序如图 13 所示。试验时，所施加的激励量从零开始逐渐增大到动作值，然后逐渐减少至返回值，再由返回值降至零，测量 5 次。

2） 激励量阶梯缓慢施加

激励量采用阶梯缓慢施加试验方法时，按下列方式施加：

——激励量的初始值：测试动作值时，初始值为不大于定值规定准确度的 2 倍；测试返回值时，初始值为不小于定值规定准确度的 2 倍；

——激励量的步长不大于规定值；

——时间步长应至少是规定动作时间值的 2 倍，但不超过 5 倍。

例如，定值为 100 V，误差为±10%，动作时间为 20 ms，步长规定为准确度的 1/10。在动作值测试时，激励量的初始值 80 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。在返回值测试时，激励量的初始值 120 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。

动作值试验时，激励量从初始值开始以设定的步长增加，直到元件动作。重复试验 5 次。

返回值试验时，施加激励量为初始值，使元件动作。激励量从初始值开始以设定的步长减少，直到元件复归。重复试验 5 次。

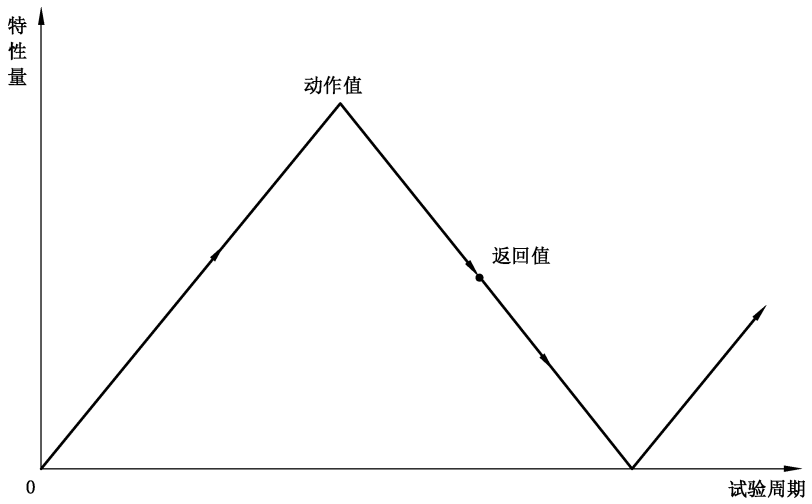


图 13 缓慢法测量过量继电器及装置的准确度试验程序

b） 欠量继电器及装置

1） 激励量连续缓慢施加

欠量继电器及装置特性量准确度缓慢施加方法的试验程序如图 14 所示。试验时，首先使激励量从零开始缓慢增大到初始值，初始值为至少高于定值规定准确度的 2 倍。此阶段不测量欠量继电器及装置特性量的准确度。然后，将激励量从初始值开始缓慢下降至动作值，再逐渐增大至返回值，然后由返回值增大至初始值，测量 5 次。

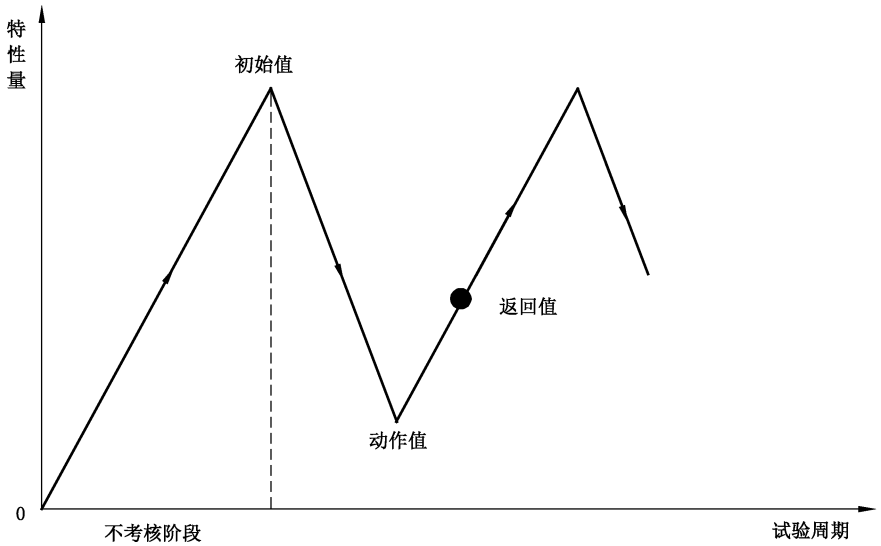


图 14　缓慢法测量欠量继电器及装置的准确度试验程序

2）　激励量阶梯缓慢施加

激励量采用阶梯缓慢施加试验方法时，按下列方式施加：

——激励量的初始值：在测试动作值时，初始值为不小于定值规定准确度的 2 倍；在测试返回值时，初始值为不大于定值规定准确度的 2 倍；

——激励量的步长不应大于规定值；

——时间步长应至少是规定动作时间值的 2 倍，但不超过 5 倍。

例如，定值为 100 V，误差为±10%，动作时间为 20 ms，步长规定为准确度的 1/10。在动作值测试时，激励量的初始值 120 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。在返回值测试时，激励量的初始值 80 V，变化步长为 1 V，时间步长为 40 ms～100 ms。

动作值试验时，激励量从初始值开始以设定的步长减少，直到元件动作。重复试验 5 次。

返回值试验时，施加激励量为初始值，使元件动作。激励量从初始值开始以设定的步长增加，直到元件复归。重复试验 5 次。

6.5.3.2.2　**单激励量突然施加方法的试验程序**。

a）　过量继电器及装置

过量继电器及装置特性量准确度突然施加方法的试验程序如图 15 所示。

试验时，先设定目标激励量的大小分别为 $A_z-\Delta A$ 和 $A_z+\Delta A$（A_z 为特性量的整定值，ΔA 为误差要求）。然后，激励量分别从零增加到 $A_z-\Delta A$ 和 $A_z+\Delta A$，合闸相角为随机任意角，观察被试设备的动作情况。

当激励量从零增加到 $A_z-\Delta A$，被试设备不应动作。

当激励量由零增加到 $A_z+\Delta A$，被试设备应可靠动作。

重复试验 5 次。

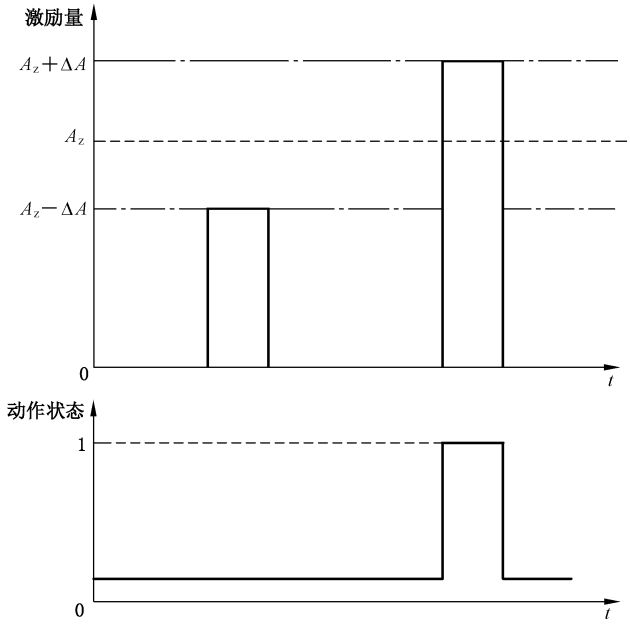


图 15　突然施加方法测量过量继电器及装置的准确度试验程序

b)　欠量继电器及装置

欠量继电器及装置特性量准确度突然施加方法的试验程序如图 16 所示。

试验时，先将激励量增大至初始值 B_n，初始值为至少高于定值规定准确度的 2 倍。分别设定目标激励量的大小分别为 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$（B_z 为特性量的整定值，ΔB 为误差要求）。然后，使激励量分别由 B_n 下降到 $B_z+\Delta B$ 和 $B_z-\Delta B$，合闸相角为随机任意角，观察被试设备的动作情况。

当激励量从初始值下降到 $B_z+\Delta B$，被试设备不应动作。

当激励量从初始值下降到 $B_z-\Delta B$，被试设备应可靠动作。

重复试验 5 次。

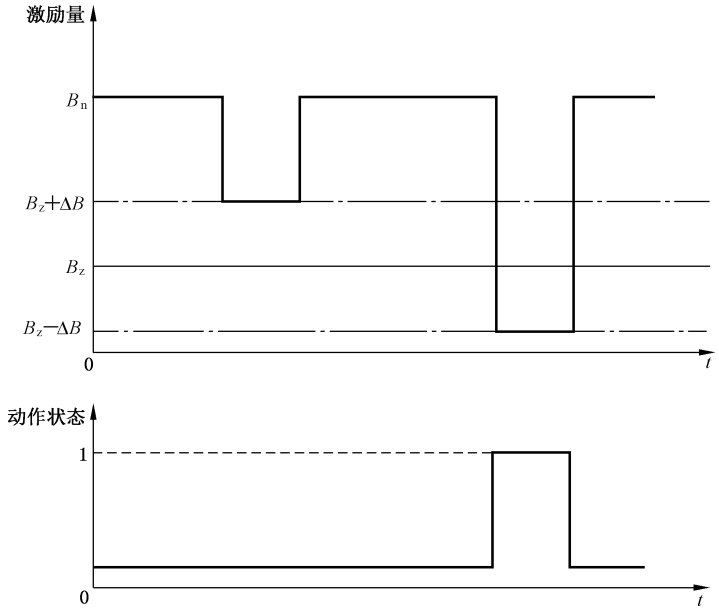


图 16　突然施加法测量欠量继电器及装置的准确度试验程序

6.5.4 多激励量量度继电器及装置特性量准确度试验

6.5.4.1 试验方法

试验方法分为：

a） 激励量缓慢施加的方法；

b） 激励量突然施加的方法。

6.5.4.2 试验程序

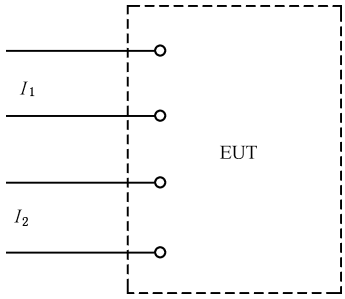
6.5.4.2.1 两个电流激励量的试验程序：

a） 试验电路如图 17 所示；

b） 将其中一个激励量固定；

c） 改变另一个电流激励量，其程序同 6.5.2；

d） 需要改变两个激励量相位时，可通过改变施加电流的相位来改变两激励量间的相位角。



标引符号说明：

I_1、I_2——电流激励量。

图 17 两个电流激励量的试验电路示例

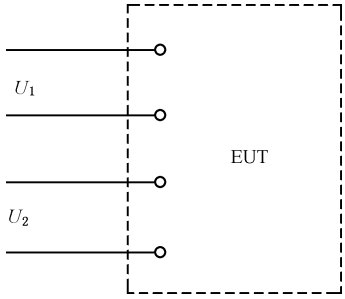
6.5.4.2.2 两个电压激励量的试验程序：

a） 试验电路示例如图 18 所示；

b） 将其中一个激励量固定；

c） 改变另一个电压激励量，其程序同 6.5.2；

d） 需要改变两个激励量相位时，可通过改变施加电压的相位来改变两个激励量间的相位角。



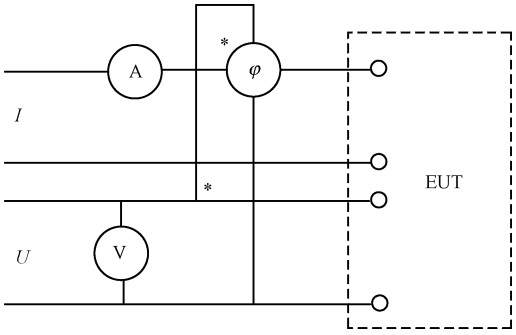
标引符号说明：

U_1、U_2——电压激励量。

图 18 两个电压激励量的试验电路示例

6.5.4.2.3 一个电流、一个电压激励量的试验程序。

a) 试验电路示例如图 19 所示，要求两个激励量之间的相位角能任意改变。



标引符号说明：

I ——电流激励量；

U——电压激励量；

A——电流表；

V——电压表；

φ ——相位表。

图 19 一个电流、一个电压激励量的试验电路示例

b) 固定电流、电压和电流间的相位角，改变电压激励量：

施加电流、电压和电流间的相位为产品标准的规定值，改变电压激励量，其程序同 6.5.2。

c) 固定电压，电压和电流间的相位角，改变电流激励量：

施加电压、电压和电流间的相位为产品标准的规定值，改变电流激励量，其程序同 6.5.2。

d) 固定电流、电压，改变电压和电流激励量间的相位角：

1) 激励量连续缓慢施加

施加电流、电压激励量为产品标准的规定值，缓慢改变电流和电压间的相位角 ϕ 至元件动作，确定被试设备的动作区的边界角；

2) 激励量连续阶梯施加

激励量步长及时间步长同单激励量。施加电流、电压激励量为产品标准的规定值。动作值试验时，相位由初始值逐步减小或增加至元件动作，确定被试设备的动作区的边界角；

3) 激励量突然施加

施加电流、电压为产品标准的规定值，动作值试验时，调整电流、电压间的相位角，使其分别为动作区边界角 $\pm\Delta\phi$（$\Delta\phi$ 为误差要求），观察被试设备动作是否正确。

6.5.5 影响量和影响因素的变差确定方法

影响量和影响因素的变差确定方法有缓慢施加激励量的变差确定方法和突然施加激励量的变差确定方法两种方法：

a) 缓慢施加激励量的变差 δ 确定方法见公式(5)：

$$\delta = E_{xm} - E_x \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：

E_{xm}——影响量或影响因素标称范围的极限值下的平均误差；

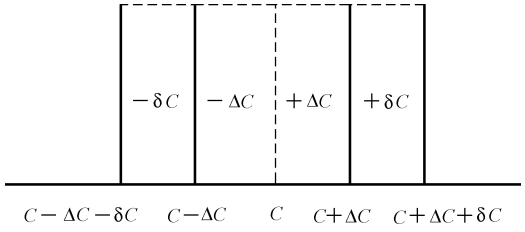
E_x ——基准条件的平均误差。

b) 突然施加激励量的变差 δC 确定方法：

施加的激励量如图 20 所示。

突然施加激励量的试验方法见 6.5.2 和 6.5.3。设定目标激励量分别为 $C-\Delta C-\delta C$ 和

$C+\Delta C+\delta C$，观察被试设备的动作情况。



标引符号说明：

C ——被试设备的激励量的整定值；

$\pm\Delta C$ ——被试设备的激励量的误差要求；

$\pm\delta C$ ——被试设备在影响量及影响因素标称范围的极限值下的变差要求。

图 20 突然施加激励量的变差的确定方法

6.5.6 确定基准条件下的准确度

确定基准条件下特性量的最大误差、平均误差、一致性和返回系数：

a) 最大误差(绝对值)：用 5 次测量结果中的最大值或最小值减去整定值，所得差值即为最大误差的绝对值；

b) 最大误差(相对值)：先计算 5 次测量结果中的最大值或最小值与整定值的差值，再将该差值除以整定值，最后乘以 100%，得到最大误差的相对值；

c) 平均误差(绝对值)：用 5 次测量结果的平均值减去整定值，所得差值即为平均误差的绝对值；

d) 平均误差(相对值)：先计算 5 次测量结果的平均值与整定值的差值，再将该差值除以整定值，最后乘以 100%，得到平均误差的相对值；

e) 一致性(绝对值)：用 5 次测量结果中的最大值减去最小值，所得差值即为一致性的绝对值；

f) 先计算 5 次测量结果中最大值与最小值的差值，再将该差值除以整定值，最后乘以 100%，得到一致性的相对值；

g) 返回系数：用 5 次测量返回值的平均值，除以 5 次测量动作值的平均值，所得结果即为返回系数。

6.5.7 试验要求

6.5.7.1 除产品标准另有规定，特性量整定值应分别整定在最大、最小和中间任意整定值下进行试验。

6.5.7.2 测试特性量的动作值、返回值，当触点回路用快速中间继电器监视时，中间继电器的动作时间不应大于 10 ms。

6.5.7.3 产品标准规定了试验程序的，按产品标准的规定进行。

6.6 时间特性试验

6.6.1 时间元件的准确度表示

6.6.1.1 延时元件的准确度表示

延时元件动作时间的准确度采用以下任一种方式表示。

a) 一个整定时间的百分比。

b) 一个整定时间的百分比和一个固定的最小延时误差值(这个值可能会超过整定时间的百分比值)。例如 5%或 20 ms，以较大者为准。

c) 一个固定的绝对值,例如 20 ms。

6.6.1.2 瞬时元件的准确度表示

瞬时元件动作时间的测量准确度用最大误差值表示,最大误差值由 5 次连续的测量值来进行验证。动作时间最大值应表示为绝对时间,例如 20 ms。

6.6.2 试验内容

6.6.2.1 时间特性试验适用于触点时

时间特性试验适用于触点时,内容如下:

a) 动合触点闭合时间试验;
b) 动断触点断开时间试验;
c) 动合触点断开时间试验;
d) 动断触点闭合时间试验;
e) 动合触点在动作(或返回)过程中回跳时间试验;
f) 动断触点在动作(或返回)过程中回跳时间试验。

6.6.2.2 时间特性试验适用于继电器及装置时

时间特性试验适用于继电器及装置时,内容如下。

a) 动作时间试验:
   1) 对处于释放状态的继电器或装置,当激励量突变至规定值的瞬间开始到继电器或装置动作出口可靠动作为止所经历的时间,此时间为动作时间;
   2) 对于动作出口采用触点的继电器或装置,动作出口可靠动作是指其动合触点可靠闭合或者动断触点可靠断开。对于动作出口采用其他形式的继电器或装置,动作出口可靠动作是指输出信号变换至可靠动作状态。
b) 返回时间试验:
   1) 对处于动作状态的继电器或装置,当激励量突变至规定值的瞬间开始到继电器触点或装置的动作出口可靠返回为止所经历的时间,此时间为返回时间;
   2) 对于动作出口采用触点的继电器或装置,出口可靠返回是指其动断触点可靠闭合或者动合触点可靠断开。对于动作出口采用其他形式的继电器或装置,动作出口可靠返回是指输出信号变换至可靠返回状态。

6.6.3 试验方法

试验方法如下:

a) 按产品标准或技术条件规定,突然施加规定的激励量;
b) 测量 5 次;
c) 确定时间参数的准确度,用最大误差(绝对值)或最大误差(相对值),也可用平均误差(绝对值)或平均误差(相对值);
d) 确定时间参数准确度的一致性,用一致性(绝对值)或一致性(相对值)。

6.6.4 试验要求

试验要求如下。

a) 时间参数测试用示波器或具备时间测试功能的仪器进行测试;对测试时间大于 1 h 时,可配合

时钟进行测试。触点回跳时间测试，采用示波器或触点回跳时间测量仪进行；用示波器测量时间参数的试验电路见附录 A。

b） 试验过程中，被试设备动作前后线圈电压波动不超过 5%。

c） 对直流继电器的时间参数测试，当时间参数小于 1 s 时，注意测试电路参数对测试结果的影响。

d） 注意试验电路中操作开关不同步对时间参数测试引起的误差。

e） 注意多组触点由于触点不同步对测试结果的影响。

6.7 开关量输入和输出试验

6.7.1 开关量输入试验

6.7.1.1 开关量输入的配置检查

开关量输入特性和配置应符合产品标准的规定。

6.7.1.2 开关量输入为光电隔离输入的特性试验

该试验包括：

a） 对开关量输入元件施加额定动作电压信号且施加时间大于消抖时间时，开关量输入元件应当正确变位；

b） 当施加电压在工作范围上限和下限值且施加时间大于消抖时间时，开关量输入元件应当正确变位。

6.7.2 开关量输出试验

6.7.2.1 开关量输出的配置检查

开关量输出特性和配置应符合产品标准的规定。

6.7.2.2 开关量输出为触点输出的触点性能试验

开关量输出为触点输出时，按产品标准规定的触点额定参数进行触点性能试验，试验方法详见第 15 章电寿命和机械寿命试验。

6.8 测控性能试验

测控性能试验按 GB/T 13729 规定的方法进行。

6.9 时间同步性能试验

6.9.1 时钟信号比对法

时钟信号比对法是比较标准时钟源的时钟信号与被试设备输出的时钟信号，获得被试设备的时间同步精度。

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，利用时间精度测量仪测量被试设备输出的时钟信号和标准时钟源输出的时钟信号的时间差，连续测量多次，记录多次测量时间差的平均值、最大值或最小值。

时钟信号比对法试验接线示意图如图 21 所示。

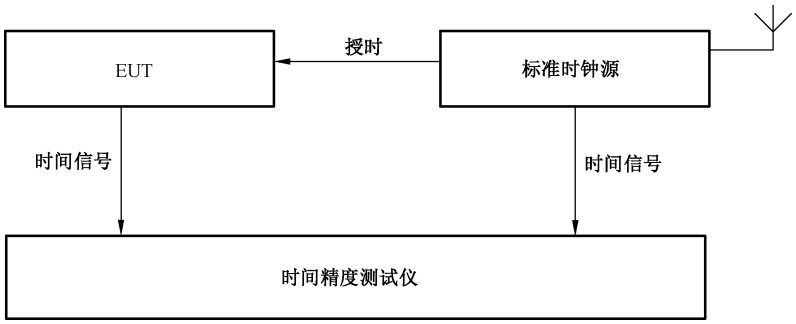


图 21　时钟比对法试验接线示意图

6.9.2　开关量输入时标比对法

开关量输入时标比对法是比较标准时钟源输出空触点信号的闭合时刻与被试设备记录开关量输入信号的闭合时刻的时间差，获得被试设备的时间同步精度。

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，利用标准时钟源定时触发空触点闭合作为被试设备的开入，被试设备当地记录带有时标的变位事件。比较标准时钟源空触点闭合时刻与被试设备当地开入变位事件时标的差值 Δt，连续测量多次，记录多次测量时间差的平均值、最大值或最小值。

开关量输入时标比对法试验接线示意图如图 22 所示。

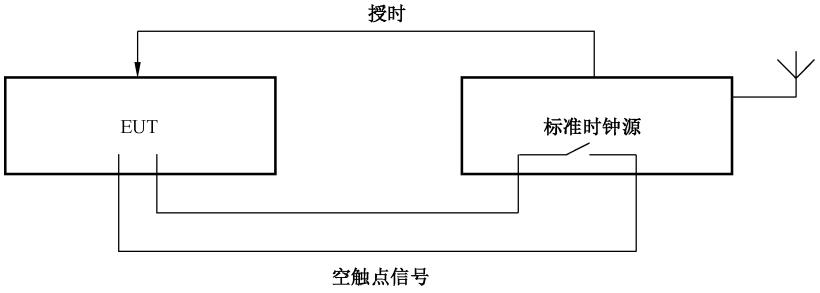


图 22　开关量输入时标比对法试验接线示意图

6.9.3　基于 NTP 乒乓算法的时间同步管理测量法

基于 NTP 乒乓算法的时间同步管理测量法是基于 NTP 乒乓算法比较时间同步管理报文的时标信息，获得被试设备的时间同步精度。

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，时间同步管理装置向被试设备发送时间同步管理请求，被试设备响应时间同步管理请求并发送被试设备时间。

记录时间同步管理命令发送时刻 T_1、被试设备收到时间管理命令时刻 T_2、被试设备发送时间同步管理响应时刻 T_3、时间同步管理装置接收到被试设备时间同步管理响应报文时刻 T_4，基于 NTP 乒乓算法，计算出被试设备时钟偏差 θ，连续测量多次（不少于 5 次），记录多次测量时间差的平均值、最大值或最小值。

时间偏差 θ 按公式(6)计算：

$$\theta = \frac{(T_2 - T_1) + (T_3 - T_4)}{2} \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：

T_1——同步管理命令发送时刻；

T_2——被试设备收到时间管理命令时刻；

T_3——被试设备发送时间同步管理响应时刻；

T_4——时间同步管理装置接收到被试设备时间同步管理响应报文时刻。

6.9.4 录波文件标定法

录波文件标定法是定时触发启动录波，获得被试设备的时间同步精度。

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，定时向被试设备施加模拟量阶跃变化或开关量变位等，触发被试设备启动录波，获取被试设备录波文件，记录录波文件中模拟量阶跃变化时间或开关量变位时间与施加时间的时间差。

6.10 守时性能试验

6.10.1 运行中的守时性能试验

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，断开被试设备的对时信号。被试设备保持带电运行，运行时间达到相关标准要求后，记录被试设备时间与标准时钟源的时间差。

6.10.2 断电守时性能试验

标准时钟源对被试设备授时，待被试设备对时稳定后，断开被试设备的对时信号，断开被试设备电源。被试设备断电时间达到相关标准要求后，接通被试设备电源，待被试设备运行稳定后，记录被试设备时钟与标准时钟源的时间差。

7 数字化接口试验

数字化接口试验按照 DL/T 860(所有部分)的规定，包括 SCL 配置工具试验、采样值接收试验、GOOSE 开关量输入试验和 GOOSE 开关量输出试验，具体测试方法见附录 B。

8 功率消耗和光功率试验

8.1 功率消耗试验

8.1.1 概述

除另有规定外，交流电路功率消耗应采用伏-安法(VA)；直流电路功率消耗采用瓦特法。

按产品标准将规定的激励量施加于被试设备的输入端，测量被试设备的功率消耗。

试验时，被试设备放置在测试环境中的持续时间不小于 2 h。

8.1.2 单输入激励量被试设备功率消耗试验

电压型试验电路如图 23 a)所示，电流型试验电路如图 23 b)所示。



a） 电压型试验电路　　b） 电流型试验电路

标引符号说明：

A——电流表；

V——电压表。

图 23　单输入激励量试验电路示例

电压型：输入激励电压为额定输入电压，用伏-安法或瓦特法进行测量。

电流型：输入激励电流为额定输入电流，用伏-安法或瓦特法进行测量。

功率消耗按公式(7)计算：

$$P = U \times I \qquad \cdots\cdots(7)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安或瓦特(VA 或 W)；

U ——线圈两端电压，单位为伏特(V)；

I ——通过线圈电流，单位为安培(A)。

8.1.3　多输入激励量功率消耗试验

8.1.3.1　三相四线对称输入电路

试验电路如图 24 所示。



a） 电压型　　b） 电流型

标引符号说明：

A、B、C、N——电压输入；

A　　——电流表；

V　　——电压表。

图 24　三相四线对称输入电路示例

三相总功率消耗按公式(8)计算：

$$P = 3 \times U \times I \qquad \cdots\cdots(8)$$

各相功率消耗按公式(9)计算：

$$P_A = P_B = P_C = U \times I \qquad \cdots\cdots(9)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安(VA)；

P_A ——A 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

P_B ——B 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

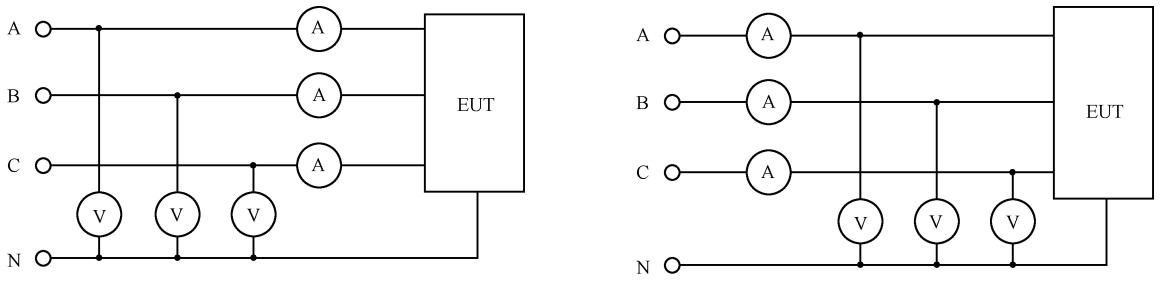
P_C ——C 相功率消耗，单位为伏安(VA)；

U ——相电压，单位为伏特(V)；

I ——相电流，单位为安培(A)。

8.1.3.2 三相四线不对称输入电路

试验电路如图 25 所示。



标引符号说明：

A、B、C、N ——电压输入；

A ——电流表；

V ——电压表。

图 25 三相四线不对称输入电路示例

三相总功率消耗按公式(10)计算：

$$P = U_A \times I_A + U_B \times I_B + U_C \times I_C \quad \cdots\cdots (10)$$

相功率消耗按公式(11)、公式(12)、公式(13)计算：

$$P_A = U_A \times I_A \quad \cdots\cdots (11)$$

$$P_B = U_B \times I_B \quad \cdots\cdots (12)$$

$$P_C = U_C \times I_C \quad \cdots\cdots (13)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安(VA)；

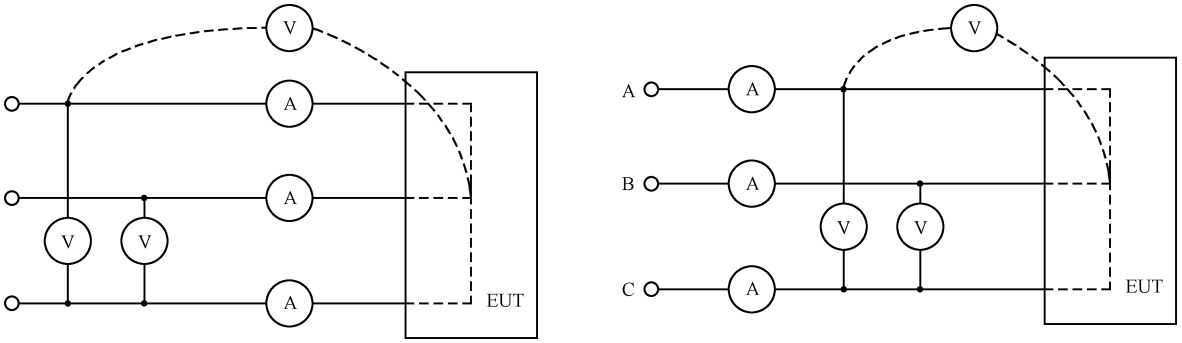
P_A、P_B、P_C ——相功率消耗，单位为伏安(VA)；

U_A、U_B、U_C ——相电压，单位为伏特(V)；

I_A、I_B、I_C ——相电流，单位为安培(A)。

8.1.3.3 三相三线输入电路

试验电路如图 26 所示。



a） 电压型　　b） 电流型

标引符号说明：

A、B、C、N ——电压输入；

A ——电流表；

V ——电压表。

图 26　三相三线输入电路示例

三相总功率消耗按公式(14)计算：

$$P = U_{AC} \times I_A + U_{BC} \times I_B \quad \cdots\cdots(14)$$

各相功率消耗分别按公式(15)、公式(16)、公式(17)计算。

$$P_A = U_A \times I_A \quad \cdots\cdots(15)$$

$$P_B = U_B \times I_B \quad \cdots\cdots(16)$$

$$P_C = U_C \times I_C \quad \cdots\cdots(17)$$

式中：

P ——被试设备功率消耗，单位为伏安(VA)；

P_A、P_B、P_C ——相功率消耗，单位为伏安(VA)；

U_{AC} ——AC 相间线电压，单位为伏特(V)；

U_{BC} ——BC 相间线电压，单位为伏特(V)；

U_A、U_B、U_C ——相电压，单位为伏特(V)；

I_A、I_B、I_C ——相电流，单位为安培(A)。

8.1.4　辅助激励量电路消耗测试

8.1.4.1　静态功耗

被试设备辅助激励电压施加额定值，在无任何激励量输入的情况下，测量辅助激励量电路的功率消耗。

8.1.4.2　最大功率消耗

被试设备辅助激励电压施加额定值，除另有规定外，施加激励量使继电器动作并驱动至少 50%的输出，测量辅助激励量电路的功率消耗。

8.1.4.3　涌流和电源启动时间

被试设备辅助激励电压施加额定值，在无任何激励量输入的情况下，记录上电启动过程中的输入电流峰值，以及从上电时刻到输入电流达到静态状态下输入电流的±10%范围内时所用时间。

8.1.4.4 开关量输入功率消耗

在额定电压相同的每组开关量输入中，应至少选择一个开关量输入进行试验。开关量输入施加额定电压，待开关量状态切换暂态过程结束后记录其输入电流值。

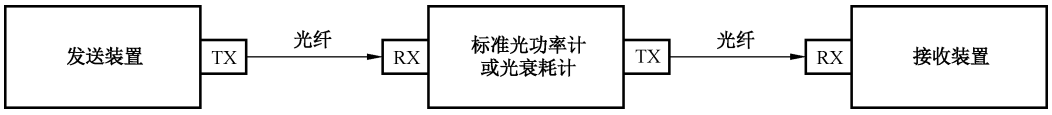
8.2 光功率试验

8.2.1 光口发送功率试验

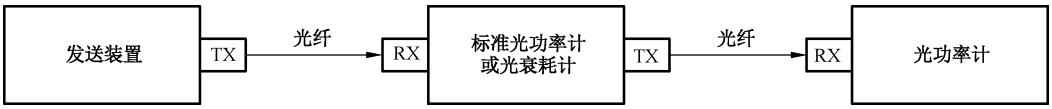
将光功率计接入被试设备的光纤输出端口，记录光功率计显示的功率值。

8.2.2 光口接收功率灵敏度试验

将输出功率可调的标准光源或光衰耗计串入发送装置(标准信号源)与被试设备之间，调节标准光源输出功率或光衰耗，使被试设备出现异常或出现链路中断告警信息的临界点，如图 27 a)所示。将被试设备光纤接收端的光纤接入光功率计，记录光功率计显示的功率值，如图 27 b)所示。



a) 光口接收功率试验方法步骤 1



b) 光口接收功率试验方法步骤 2

标引符号说明：

TX——装置发送端；

RX——装置接收端。

图 27 光口接收功率试验方法

8.2.3 光口接收功率范围试验

将输出功率可调的标准光源或光衰耗计串入发送装置(标准信号源)与光功率计之间，调节标准光源输出功率或光衰耗，使接入被试设备的光功率高于相关标准要求的上限或低于相关标准要求的下限，如图 27 b)所示。将光功率计接收端的光纤接入被试设备，检查被试设备是否出现异常告警，数据接收功能是否正常，如图 27 a)所示。

9 温升试验

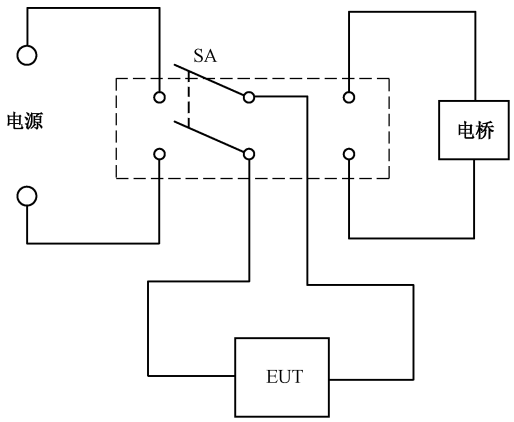
9.1 试验方法

9.1.1 电阻法

电阻法用于测量线圈的平均温升。对于直流设备可采用电桥测量线圈冷态电阻和热态电阻，也可用伏-安法进行测量。

对于交流设备除电桥法外，还可采用等值的直流回路法。

用伏-安法等测试方法测量线圈的冷态和热态的直流电阻，试验电路示意图如图 28 所示。



标引符号说明：

SA——转换开关。

图 28　线圈直流电阻试验电路示例

将被试设备置于被试环境中，放置不少于 2 h 后测量线圈的冷态电阻，然后按产品标准的规定施加激励量。当线圈达到热稳定状态时，测量热态电阻并按公式(18)计算线圈温升。

$$\tau=\frac{R_2-R_1}{R_1}(234.5+T_1)+T_1-T_2 \quad \cdots\cdots(18)$$

式中：

τ ——温升，单位为开尔文(K)；

T_1 ——测量线圈冷态电阻时的环境温度，单位为摄氏度(℃)；

T_2 ——测量线圈热态电阻时的环境温度，单位为摄氏度(℃)；

R_1 ——温度为 T_1 时线圈电阻值，单位为欧姆(Ω)；

R_2 ——温度为 T_2 时线圈电阻值，单位为欧姆(Ω)。

公式(18)仅适用于铜材料绕制的线圈。

9.1.2　热电偶法

热电偶法用于测量线圈的表面温升，也可测量其他发热体的表面温升，试验方法见附录 C。

测量时，将热电偶的热端用锡焊、胶粘等方法固定在被试线圈或发热体的表面，按产品标准的规定施加激励量，当达到热稳定状态时，用电位差计或数字电压表测试热电偶两端的电动势，根据测量的电压值查热电偶分度表，得到对应的温度 t，按公式(19)计算温升。

$$\tau=t+T_1-T_2 \quad \cdots\cdots(19)$$

式中：

τ ——温升，单位为开尔文(K)；

t ——热电偶读取的温度，单位为摄氏度(℃)；

T_1 ——热电偶冷端环境温度，单位为摄氏度(℃)；

T_2 ——热电偶热端环境温度，单位为摄氏度(℃)。

9.2　试验要求

试验要求如下。

a)　根据不同的被试设备选择适当的试验方法。

b) 除另有规定外，试验的环境温度为+40 ℃。
c) 试验箱容积至少为被试设备体积的5倍。
d) 试验时，按产品标准的规定施加激励量，从冷态开始至热态。
e) 对于多输入激励量的被试设备，同时施加多个规定的激励量。对于具有辅助激励量的被试设备分别对激励量和辅助激励量回路进行温升试验。

10 气候环境试验

10.1 运行温度试验

10.1.1 最高运行温度

10.1.1.1 概述

最高运行温度试验依据GB/T 2423.2规定的试验Be进行。

10.1.1.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行。
试验温度按照产品相关标准规定的最高运行温度。
暴露持续时间为达到试验温度后持续至少16 h。

10.1.1.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.1.1.4 初始检测

按产品相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.1.1.5 条件试验

在5 min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min。试验温度准确度为±2 K；绝对湿度不应超过20 g/m^3（约相当于温度35 ℃时相对湿度50%），相对湿度不超过50%。

当产品标准规定试验期间施加激励量时，在被试设备放入温度为试验室温度的试验箱后施加规定的激励量。

10.1.1.6 中间检测

在规定的气候条件下暴露至规定的持续时间。在试验箱内，检验产品标准规定的试验项目。在最高额定工作温度下进行功能验证后，应关闭电源，直至内部温度稳定。然后重新上电并进行验证，以确保设备能正常上电并能在该温度下正常运行。

10.1.1.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中，将试验箱温度下降至4.1规定的基准温度范围内。在5 min时间内，试验箱内的温度最大变化率不超过1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少1 h，在此之前不进行试验。

恢复时间从试验箱内的温度达到基准温度范围开始计算。

恢复期间，被试设备电源持续带电。

10.1.1.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查及产品标准规定的其他试验项目的测试。

10.1.2 最低运行温度

10.1.2.1 概述

最低运行温度试验依据 GB/T 2423.1 规定的试验 Ae 进行。

10.1.2.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行。

试验温度按照产品相关标准规定的最低运行温度。

暴露持续时间为达到试验温度后持续至少 16 h。

10.1.2.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.1.2.4 初始检测

按产品相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.1.2.5 条件试验

在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±2 K。

当产品标准规定试验期间施加激励量时，在被试设备放入温度为试验室温度的试验箱后施加规定的激励量。

10.1.2.6 中间检测

在规定的气候条件下暴露至规定的持续时间。在试验箱内，检验产品标准规定的试验项目。在最低额定工作温度下进行功能验证后，应关闭电源，直至内部温度稳定。然后重新上电并进行验证，以确保设备能正常上电并能在该温度下正常运行。

10.1.2.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中，将试验箱温度上升至 4.1 规定的基准温度范围内。在 5 min 时间内，试验箱内的温度最大变化率不超过 1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少 1 h，在此之前不进行试验。

恢复时间从试验箱内的温度达到基准温度范围开始计算。

恢复期间，被试设备电源持续带电。

10.1.2.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查及产品相关标准规定的其他试验项目的测试。

10.2 贮存温度试验

10.2.1 最高贮存温度

10.2.1.1 概述

最高贮存温度试验依据 GB/T 2423.2 规定的试验 Bb 进行。

10.2.1.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行。

试验温度按照产品相关标准规定的最高贮存温度。

暴露持续时间为达到试验温度后持续至少 16 h。

10.2.1.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.2.1.4 初始检测

按产品相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.2.1.5 条件试验

在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±2 K；绝对湿度不应超过 20 g/m^3（约相当于温度 35 ℃时相对湿度 50%），相对湿度不超过 50%。

试验期间被试设备不施加激励量。

10.2.1.6 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中。将试验箱温度下降至 4.1 规定的基准温度范围内。在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少 1 h，在此之前不进行试验。

恢复期间，被试设备不施加激励量。

10.2.1.7 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的测试。

10.2.2 最低贮存温度

10.2.2.1 概述

最低贮存温度试验依据 GB/T 2423.1 规定的试验 Ab 进行。

10.2.2.2 严酷等级

除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行。

试验温度按照产品相关标准规定的最低贮存温度。

暴露持续时间为达到试验温度后持续至少 16 h。

10.2.2.3 预处理

根据产品相关标准的要求进行。

10.2.2.4 初始检测

按相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.2.2.5 条件试验

试验箱温度在 5 min 时间内，温度的最大变化率不超过 1 K/min。试验温度准确度为±2 K。

试验期间被试设备不施加激励量。

10.2.2.6 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中。将试验箱温度上升至 4.1 规定的基准温度范围内。在 5 min 时间内，试验箱温度的最大变化率不超过 1 K/min。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少 1 h，在此之前不进行试验。

恢复期间，不施加激励量。

10.2.2.7 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的测试。

10.3 温度变化试验

10.3.1 概述

温度变化试验依据 GB/T 2423.22 规定的试验 Nb 进行。

10.3.2 严酷等级

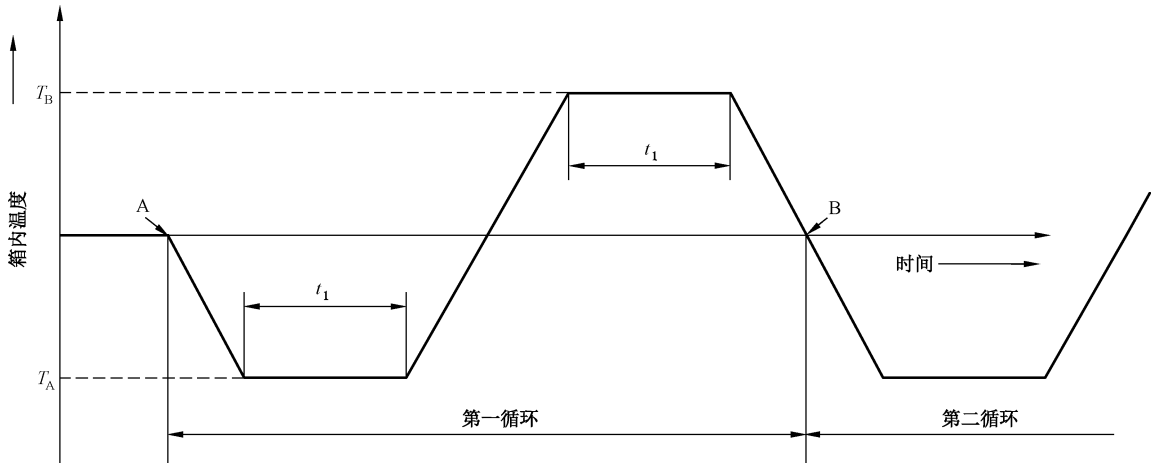
除另有规定外，试验温度和暴露持续时间按下列严酷等级进行。

低温温度按照产品相关标准规定的最低运行温度。

高温温度按照产品相关标准规定的最高运行温度。

高温、低温下各保持 3 h。温度升高或降低的变化速率为(1±0.2) K/min。

试验持续时间为 5 次循环。温度变化试验温度循环周期如图 29 所示。



标引符号说明：

A ——第一循环开始；

T_A ——试验低温温度；

T_B ——试验高温温度；

t_1 ——高温或低温条件下的暴露时间；

B ——第二循环开始。

图 29 温度循环周期

10.3.3 预处理

被试设备在温度为 25 ℃±5 ℃ 的试验箱中稳定 1 h。

10.3.4 初始检测

按相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.3.5 条件试验

试验温度准确度为±2 K。

试验期间被试设备连续激励并保持在工作状态。

10.3.6 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中，保持工作状态不变。按温度转换时的变化速率，将试验箱温度上升至4.1规定的基准温度范围内。

在基准温度条件下进行恢复，恢复时间至少1 h，在此之前不进行试验。

除另有规定，恢复期间，被试设备电源持续带电。

10.3.7 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查及相关标准规定的其他试验项目的测试。

10.4 恒定湿热试验

10.4.1 概述

恒定湿热试验依据GB/T 2423.3规定的试验Cab进行。

10.4.2 严酷等级

除另有规定外，按下列要求进行。

a) 试验温度：40 ℃±2 ℃。

b) 试验持续时间：至少10 d(240 h)。

c) 相对湿度：93%±3%。

10.4.3 预处理

被试设备置于试验箱内在4.1规定的试验环境条件下达到稳定。

10.4.4 初始检测

试验前，应在4.1规定的试验环境条件下对外观和产品相关标准规定的其他试验项目进行测试。

10.4.5 条件试验

调整试验箱温度，到达所要求的严酷等级，且使样品达到温度稳定。温度变化率不超过1 K/min。

在2 h之内，调整试验箱内的湿度达到规定的严酷等级。

在试验箱内温度和相对湿度达到规定值并稳定后，开始计算试验持续时间。

试验期间被试设备连续激励并保持在工作状态。

10.4.6 中间检测

被试设备保持连续激励。

10.4.7 恢复

除另有规定外，恢复过程采用受控的恢复条件。在 0.5 h 之内，将相对湿度降至 75%±2%，然后再另外的 0.5 h 将温度调到实验室环境温度(实验室环境温度应在基准温度范围内)，容差为±1 K。

恢复时间的计算是从规定的恢复条件达到时算起，恢复时间至少 1 h。

除另有规定，恢复期间，被试设备电源持续带电。

10.4.8 最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查、绝缘电阻测量、介质强度试验及规定的其他试验项目的测试。除另有规定外，介质强度试验电压为规定值的 75%。

绝缘电阻测量在恢复 1 h 后开始，并在 1 h 内完成，介质强度应在绝缘电阻后进行，但不要求在恢复内的 1 h 内完成。

试验时，对湿度最敏感的参数要最先测量，如绝缘电阻、介质强度等项目。

注：在被试设备与电源重新连接前，宜用气流将所有内部和外部的冷凝物去除。

10.5 交变湿热试验

10.5.1 概述

交变湿热试验依据 GB/T 2423.4 规定的试验 Db 进行。

10.5.2 严酷等级

除另有规定外，按下列要求进行。

a) 试验温度：低温：25 ℃±3 ℃。

高温：用于户内的设备为 40 ℃±2 ℃。

用于户外的设备为 55 ℃±2 ℃。

b) 试验持续时间：每周期 24 h(12 h+12 h)，共 6 周期。

交变湿热循环试验的方法如图 31 和图 32。

10.5.3 预处理

被试设备置于试验箱内在 4.1 规定的试验环境条件下达到稳定。

10.5.4 初始检测

按相关标准的要求对被试设备进行外观检查及其他试验项目的测试。

10.5.5 条件试验

被试设备在试验箱内稳定后，将试验箱内的相对湿度提高到不低于 95%。

试验期间被试设备连续激励并保持在工作状态。

10.5.6 试验温度

试验温度如下。

a) 低温周期：25 ℃±3 ℃。

b) 高温周期：规定用于户内的设备，40 ℃±2 ℃。

c) 规定用于户外的设备：55 ℃±2 ℃。

试验周期，如图 31 或图 32 的渐升和渐降。

10.5.7 试验湿度

在较低温度时，相对湿度为：97%，－2%～＋3%；

在较高温度时，相对湿度为：93%±3%；

试验周期，如图 30 或图 31 所示的渐升和渐降。

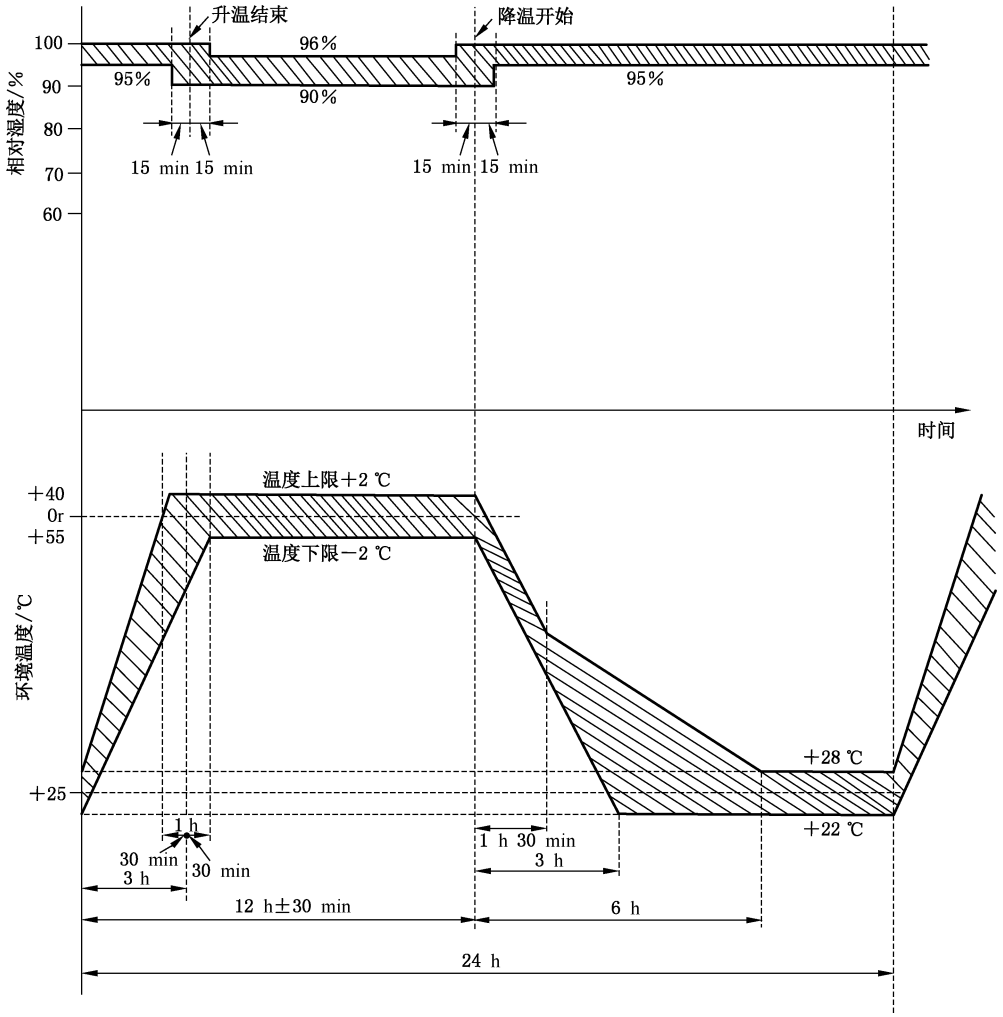


图 30 交变湿热循环方法一

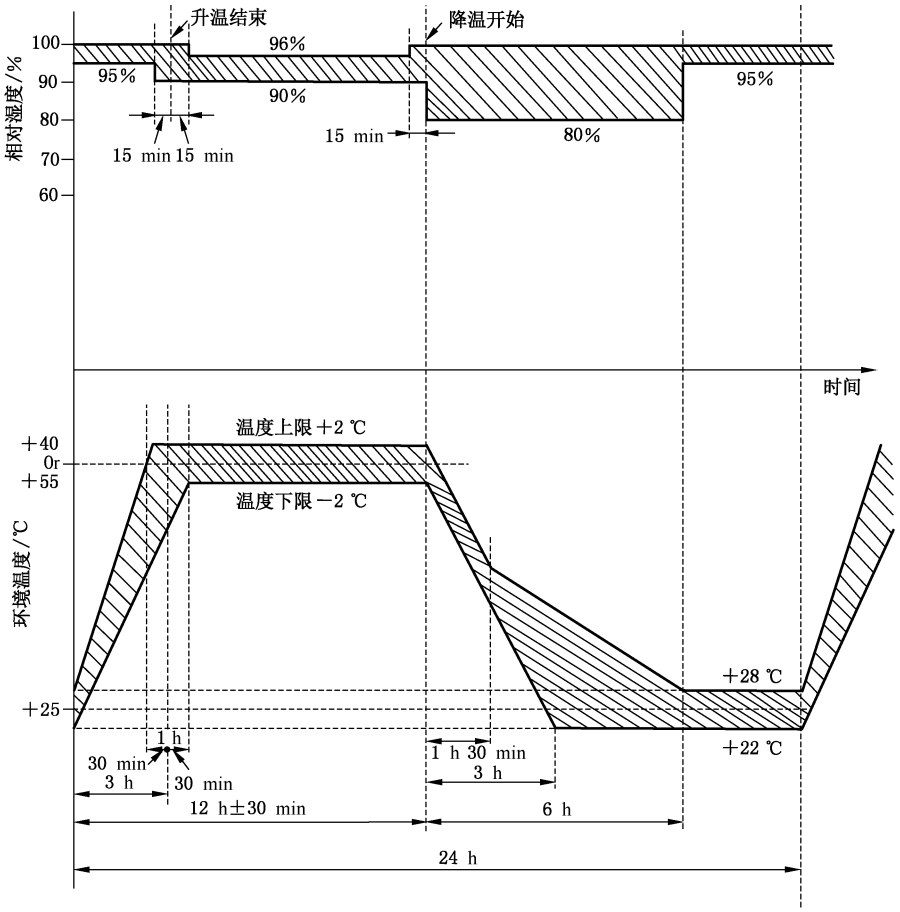


图 31　交变湿热循环方法二

10.5.8　试验持续时间

24 h(12 h +12 h)循环,6 次。

10.5.9　中间检测

被试设备保持连续激励。

10.5.10　恢复

除另有规定外,恢复过程采用受控的恢复条件。在 1 h 之内,将相对湿度降至 75%±2%,然后在随后的 1 h 将温度调到实验室环境温度(实验室环境温度应在基准温度范围内),容差为±1 K。受控条件下的恢复过程如图 32 所示。

恢复时间的计算是从规定的恢复条件达到时算起,恢复时间至少 1 h。

除另有规定,恢复期间,被试设备电源持续带电。

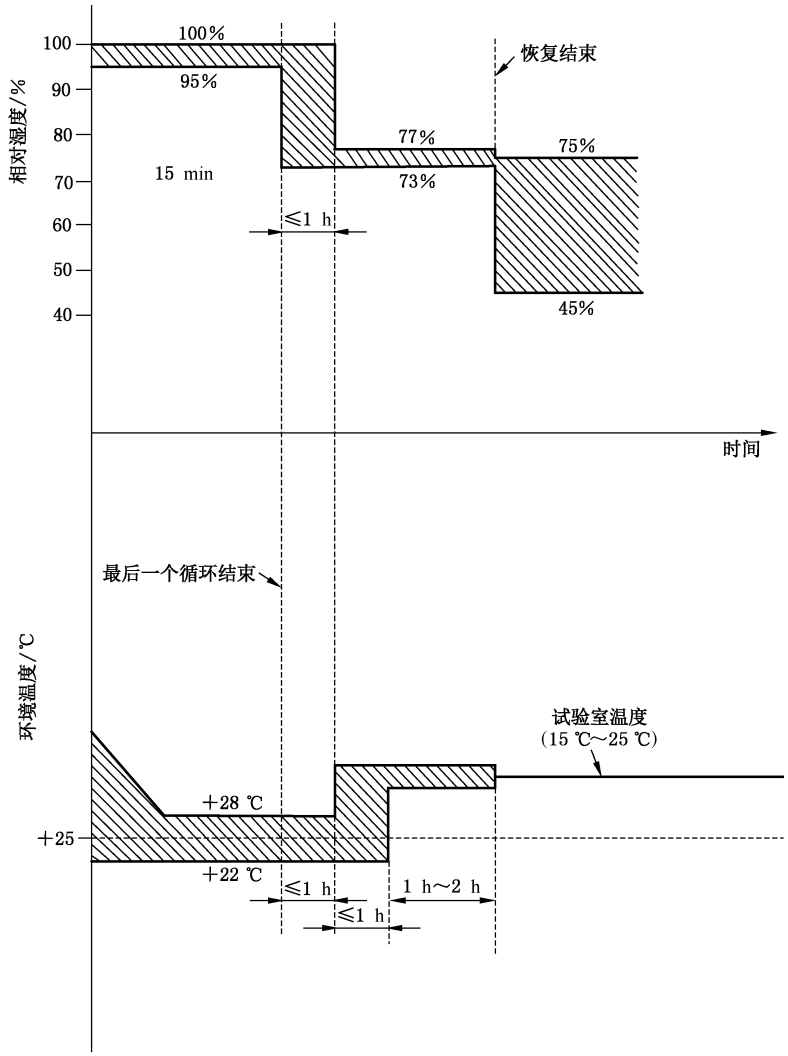


图 32　受控条件下的恢复过程

10.5.11　最终检测

最终检测在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查、绝缘电阻测量、介质强度试验及规定的其他试验项目的测试。

绝缘电阻测量在恢复 1 h 后开始，并在 1 h 内完成，介质强度应在绝缘电阻后进行，但不要求在恢复内的 1 h 内完成。

试验时，对湿度最敏感的参数要最先测量，如绝缘电阻、介质强度等项目。

10.6　低气压试验

10.6.1　概述

低气压试验依据 GB/T 2423.21 规定的试验 M 进行。

10.6.2　严酷等级

试验的气压由产品相关标准规定。

试验持续时间：除另有规定外，在达到规定的气压后持续 2 h。

10.6.3 预处理

按照产品相关标准的要求进行。

10.6.4 初始检测

试验前，应在 4.1 规定的试验环境条件下对外观和产品标准规定的其他试验项目进行测试。

10.6.5 条件试验

试验箱气压准确度为±5%或±0.1 kPa(取较大值)，在严酷等级为 84 kPa 时，容差为±2 kPa。

将试验的气压降到规定的严酷等级。在相关规范有要求时，气压变化的速率不大于 10 kPa/min。

10.6.6 中间检测

试验结束前，应在试验箱内按产品相关标准规定的试验项目进行试验。

10.6.7 恢复

当规定的试验持续期结束后，被试设备保持在试验箱中，保持工作状态不变。使气压恢复到常压。若相关规范有要求时，气压变化的速率不大于 10 kPa/min。

在标准大气条件下进行恢复，时间至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成。

10.6.8 最后检测

试验应在恢复期结束后进行，对被试设备进行外观检查和产品标准规定的其他试验项目的测试。

10.7 盐雾试验

盐雾试验按 GB/T 2423.17 规定的方法进行。

10.8 交变盐雾试验

交变盐雾试验按 GB/T 2423.18 规定的方法进行。

11 电源影响试验

11.1 电源电压变化影响试验

电源电压变化影响试验要求。

a) 除另有规定外，交流或直流电源电压按 GB/T 14598.2—2025 推荐的工作范围进行试验。电源电压分别在规定工作电压范围的上限和下限进行试验。其他影响量或影响因素为基准值。

b) 按产品标准规定的试验项目进行试验，确定准确度等性能指标，并与基准条件下的测试结果进行比较，按 6.5.4 规定的方法计算变差。

11.2 交流电源频率变化影响试验

交流电源频率变化影响试验要求：

a) 按产品标准规定分别将电源频率调整至其标称范围的极限值，施加于被试设备进行试验，其他影响量或影响因素为基准值；

b) 按 11.1 b)进行试验，并计算变差。

11.3 直流电源极性反接试验

直流电源反极性施加，历时 1 min。被试设备应能正常工作。

12 机械性能试验

12.1 振动试验

振动响应试验和振动耐久试验按 GB/T 11287 规定的方法进行。

振动响应试验时，应使用典型测试点进行试验，延时定值应设置为最小值，输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型测试点的选取和激励量的施加参考附录 D。

12.2 冲击与碰撞试验

冲击响应试验和冲击耐受试验按 GB/T 14537 规定的方法进行。

碰撞试验按 GB/T 14537 规定的方法进行。

冲击响应试验时，应使用典型测试点进行试验，延时定值设置为最小值，输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内。典型测试点的选取和激励量的施加参考附录 D。

12.3 地震试验

地震试验按 GB/T 14598.23 规定的方法进行。

13 电磁兼容试验

13.1 被试设备的端口

端口是被试设备与外部电磁环境的特定接口，包含外壳端口、辅助电源端口、输入端口、输出端口、信号/控制端口、有线网络端口和接地端口，被试设备端口示意图如图 33 所示。



图 33 被试设备的端口示意图

13.2 电磁发射试验

13.2.1 试验条件

试验应在 GB/T 14598.2—2025、GB 4824 和 GB/T 9254.1 规定的基准条件下进行。

试验过程中，如有光纤通信，应保证通信正常。

对于具有多种输入电压额定值的装置，在 1 GHz 以下频率范围内辐射发射试验应在声明的电源输入电压范围的最低和最高额定电压下进行(如适用，交流和直流均测试)。1 GHz 以上辐射发射不受装置电源的影响，可在一种给定额定电压下测试。

示例：额定电压范围为 100 V～200 V(容差±20%)的被试设备应在 100 V 和 200 V 额定电压下测试。

传导发射应在电源的所有额定电压下进行(如适用,交流和直流均测试)。如果装置配备了多种电源端口(例如冗余电源系统),则所有的这些端口应端接相应的 AMN,每个端口均应进行测试。

关于传导发射的设置和测量进一步的指南见 GB/T 9254.1-2021 的 D.2。

有线网络端口的测量程序见 GB/T 9254.1-2021 的 C.4。

13.2.2 试验部位

辐射发射限值试验部位为外壳端口。

传导发射限值试验部位为辅助电源端口和有线网络端口。

13.2.3 试验程序

辐射发射限值试验程序按 GB/T 14598.26—2025 中 7.2.2 的规定。辐射发射频率小于 1 GHz 时,试验配置按 GB 4824 的规定;辐射发射频率大于 1 GHz 时,试验配置按 GB/T 9254.1 的规定。

传导发射限值试验程序按 GB/T 14598.26—2025 中 7.2.3 的规定,试验配置按 GB/T 9254.1 的规定执行。

13.2.4 验收准则

辐射发射限值不超过 GB/T 14598.26—2025 中表 1 给出的限值,传导发射限值不超过 GB/T 14598.26—2025 中表 3 和表 4 给出的限值。

13.3 抗扰度试验

13.3.1 试验条件

13.3.1.1 一般试验条件

除另有规定外,按 GB/T 14598.26—2025 中规定的试验条件执行。

13.3.1.2 试验基准条件

除非本文件从 GB/T 17626(所有部分)中引用的相关部分声明有更严格范围的试验基准条件,试验基准条件应符合 GB/T 14598.2—2025 中表 11 的规定。

13.3.1.3 配置

按 GB/T 14598.26—2025 中规定的试验配置执行。

13.3.1.4 电缆规范

所有的电缆类型应由制造厂推荐使用。

每个输入和输出端口应采用制造厂推荐的电缆类型。当需要限制电缆的最大长度和有特殊屏蔽需求时,制造厂应在技术文件或产品说明书中进行声明。

13.3.1.5 辅助和监测设备

辅助和监测设备应连接到被试设备上并为其提供信号,以便在试验过程中检验被试设备的所有功能并监测被试设备。辅助和监测设备的选择不应对试验有不利影响,也不应在整个抗扰度试验过程中受施加干扰所影响。试验影响到辅助和监测设备的地方,应使用合适的不影响试验的耦合去耦网络,以确保最佳的去耦性能和对辅助设备的保护。应实施案例分析来选择去耦元件,相关示例见基础标准。

13.3.1.6 定值

被试设备的保护定值和功能定值的设置应参照 GB/T 14598.2—2025 中附录 A 的指南，以使其工作在试验基准条件下。

13.3.1.7 功能试验

验证被试设备在准确度等级范围内正确动作的功能试验应在抗扰度试验施加前后进行。

个别抗扰度试验也应要求在干扰过程中进行功能试验。需要时在相关试验的试验程序中声明。如果是多功能继电保护装置，制造厂宜至少声明一种保护功能，通常为主要功能，以便在电磁兼容抗扰度试验中检验其充分动作。

13.3.1.8 试验发生器验证

试验发生器的输出应按基础标准中的规定验证。

13.3.2 抗扰度试验验收准则

抗扰度试验的验收准则见表 4。试验结果能达到 GB/T 14598.26—2025 中第 6 章给出的验收准则的要求时，判定试验合格。

表 4 抗扰度试验验收准则

准则	功能	验收条件
A	保护	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	命令与控制	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	测量	试验期间没有性能下降
	模拟量输出	试验期间没有性能下降
	人机接口和可视报警	试验期间没有性能下降或功能丧失，存储数据不丢失
	数据通信[a]	误码率可能增加，但传输数据不丢失
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间无不需要的状态改变
B	保护	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	命令与控制	试验中和试验后，在规定限值内性能正常
	测量	试验期间暂时性能下降，试验后自行恢复，存储数据不丢失
	模拟量输出	试验期间暂时性能下降，试验后自行恢复，存储数据不丢失
	人机接口和可视报警	试验期间暂时性能下降或功能丧失，试验后自行恢复，存储数据不丢失
	数据通信[a]	误码率可能增加，但传输数据不丢失
	开关量输入、开关量输出和输出触点	试验期间无不需要的状态改变
C	保护	暂时丧失功能，功能可自行恢复。 应无误动作出现
	命令与控制	暂时丧失功能，功能可自行恢复。 应无误动作出现

表 4　抗扰度试验验收准则（续）

准则	功能	验收条件
C	测量	暂时丧失功能，功能可自行恢复
	模拟量输出	暂时丧失功能，功能可自行恢复
	人机接口和可视报警	暂时丧失功能，功能可自行恢复
	数据通信[a]	暂时丧失功能，功能可自行恢复，可能丢失传输数据
	开关量输入、开关量输出和输出触点	暂时丧失功能，功能可自行恢复。 配置保护功能的输出触点应依据保护功能的验收准则
注：如果制造厂在试验期间或试验后使用了比本文件要求低的规范，含特殊设置，该规范在用户可获得的产品文档中体现。		
[a] 含保护或控制功能的通信端口依据保护、命令与控制对应的验收准则，或特定通信标准采用的验收准则。		

13.3.3　静电放电抗扰度试验

静电放电抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.2 规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 5 的 5.2 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 B。

13.3.4　射频电磁场辐射抗扰度试验

射频电磁场辐射抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.3 规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 5 的 5.1 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 A。

13.3.5　电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验

电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.4 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、输入端口、输出端口、信号/控制端口、有线网络端口和接地端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 的 6.2、表 7 的 7.2、表 8 的 8.2 及表 9 的 9.2 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 B。

13.3.6　慢速和快速阻尼振荡波抗扰度试验

慢速和快速阻尼振荡波抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.5 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、输入端口、输出端口、信号/控制端口和有线网络端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 的 6.3、表 7 的 7.3 及表 8 的 8.3 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 B。

13.3.7　浪涌(冲击)抗扰度试验

浪涌(冲击)抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.6 规定的方法进行。试验部位为辅助电源端口、输入端口、输出端口、信号/控制端口和有线网络端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 的 6.4、表 7 的 7.4、表 8 的 8.4 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 B。

13.3.8　射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

射频场感应的传导骚扰抗扰度试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.7 规定的方法进行。试验部位

为辅助电源端口、输入、输出端口、信号/控制端口和有线网络端口、功能地端口。试验规格按GB/T 14598.26—2025中表6的6.1、表7的7.1、表8的8.1及表9的9.1的要求进行。试验结果应满足表4中的验收准则A。

13.3.9 工频抗扰度试验

工频抗扰度试验按GB/T 14598.26—2025中7.3.8规定的方法进行。试验部位为开关量输入端口。试验规格按GB/T 14598.26—2025中表8的8.5的要求进行。试验结果应满足表4中的验收准则A。

13.3.10 工频磁场抗扰度试验

工频磁场抗扰度试验按GB/T 14598.26—2025中7.3.9规定的方法进行。试验部位为外壳端口。试验规格按GB/T 14598.26—2025中表5的5.3的要求进行。持续磁场验收准则应满足表4中的验收准则A，1 s～3 s磁场试验结果应满足表4中的验收准则B。

13.3.11 脉冲磁场抗扰度试验

13.3.11.1 试验等级

试验的严酷等级见表5。试验严酷等级的选择见GB/T 17626.9—2025的附录C。

表5 脉冲磁场试验等级

试验等级	磁场强度(峰值) A/m
1	—
2	—
3	100
4	300
5	1 000
X	待定
注：磁场强度用A/m表示，1 A/m相应于自由空间中1.26 μT的磁场强度。	

13.3.11.2 试验设备

试验设备按GB/T 17626.9—2025的第6章执行。

13.3.11.3 试验布置

试验布置按GB/T 17626.9—2025的第7章执行。

13.3.11.4 试验程序

试验程序按GB/T 17626.9—2025的第8章执行。

13.3.11.5 验收准则

试验结果应满足表4中的验收准则B。

13.3.12 阻尼振荡磁场抗扰度试验

13.3.12.1 试验等级

试验的严酷等级见表 6。试验严酷等级的选择见 GB/T 17626.10—2017 的附录 C。

表 6 阻尼振荡磁场试验等级

试验等级	磁场强度(峰值) A/m
1	—
2	—
3	10
4	30
5	100
X	待定
注：磁场强度用 A/m 表示，1 A/m 相应于自由空间中 1.26 μT 的磁场强度。	

13.3.12.2 试验设备

试验设备按 GB/T 17626.10—2017 的第 6 章执行。

13.3.12.3 试验布置

试验布置按 GB/T 17626.10—2017 的第 7 章执行。

13.3.12.4 试验程序

试验程序按 GB/T 17626.10—2017 的第 8 章执行。

13.3.12.5 验收准则

试验结果应满足表 4 中的验收准则 B。

13.3.13 电源电压暂降试验

电源电压暂降试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.10 规定的方法进行。试验部位为辅助交流或直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 项目 6.5 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 A。

13.3.14 电源电压中断试验

电源电压中断试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.10 规定的方法进行。试验部位为辅助交流或直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 项目 6.6 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 C。

13.3.15 直流电源电压的电压纹波试验

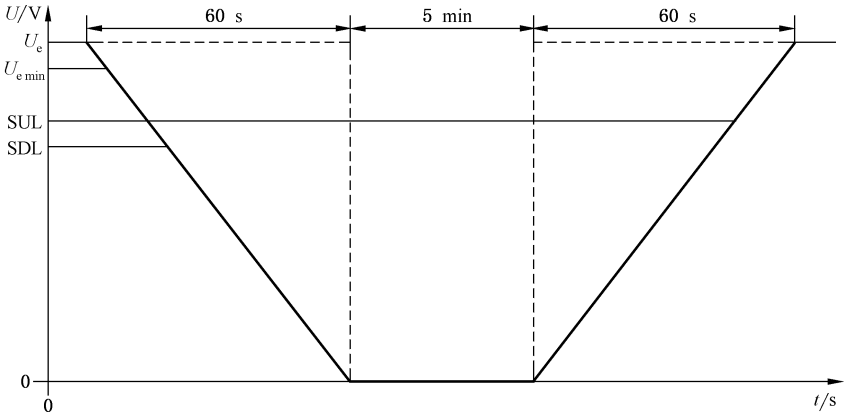
直流电源电压的电压纹波试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.11 规定的方法进行。试验部位为

直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 项目 6.7 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 A。

13.3.16 电源电压缓降/缓升试验

电源电压缓降/缓升试验按 GB/T 14598.26—2025 中 7.3.12 规定的方法进行。试验部位为直流电源端口。试验规格按 GB/T 14598.26—2025 中表 6 项目 6.8 的要求进行。试验结果应满足表 4 中的验收准则 C。

电源电压缓降/缓升电压变化过程如图 34 所示。



标引符号说明：

U_e ——辅助电源额定电压；

$U_{e\,min}$ ——辅助电源额定电压的下限值；

SDL ——关断限值；

SUL ——启动限值。

图 34 辅助激励量缓升缓降试验

14 过载试验

14.1 概述

除另有规定外，对通过电磁型电流互感器和电磁型电压互感器直接激励的电流和电压回路进行短时耐热极限值试验。

14.2 短时耐热极限值试验

14.2.1 试验方法

按产品标准规定，激励电路输入规定的过载激励量，试验时间应满足产品相关标准的规定。

对于电流回路，当试验设备无法提供符合要求的大电流时，可用降低过载电流并延长电流作用时间的等效方法进行试验，所施加电流激励量的倍数按公式(20)计算，但过载电流作用时间最长不应超过 5 s。

$$K_t = K\sqrt{\frac{1}{t}} \qquad \cdots\cdots(20)$$

式中：

K_t——t 时间过载电流倍数；

K ——1 s 过载电流倍数；

t ——实际的作用时间，单位为秒(s)。

14.2.2 合格判据

除另有规定外，试验中和试验结束后应满足下列要求：

a) 无绝缘损坏，无液化、碳化或烧焦现象；

b) 线圈及结构零件无永久性机械变形；

c) 电气性能符合产品相关标准的规定。

14.3 激励量动稳定极限值试验

14.3.1 试验方法

按产品标准规定，激励电路输入规定的过载激励量(动稳定极限值的峰值大小至少应为短时耐热极限值的 2.5 倍)。

试验持续时间为额定频率正弦波的半个周波。

14.3.2 合格判据

满足 14.2.2 的要求。

14.4 连续过载试验

14.4.1 试验方法

按产品标准规定，电流及电压激励电路输入规定的过载激励量，试验时间应满足产品相关标准的规定。

14.4.2 合格判据

满足 14.2.2 的要求。

14.5 多输入激励量的过载试验

14.5.1 试验方法

对于多输入激励量被试设备的过载试验应分别对每一激励电路进行。对于未试的激励电路应输入额定值，达到热稳定后再对被试的激励电路输入过载激励量。

14.5.2 合格判据

满足 14.2.2 的要求。

15 电寿命和机械寿命试验

15.1 概述

电寿命和机械寿命试验按 GB/T 14598.2—2025 及 GB/T 21711.1 规定的方法进行。

15.2 电寿命试验

15.2.1 试验条件

试验条件如下：

a) 被试设备安装在正常工作状态；
b) 辅助激励量为额定值；
c) 除另有规定外，所有影响量或影响因素为基准条件；
d) 按产品标准或技术条件规定的速率和占空比进行；
e) 对于整定可调的被试设备，动作值及动作时间应整定在最小整定值。

15.2.2 试验程序

按产品标准的规定施加输入激励量，施加的激励量应使被试设备每一次都能可靠动作或释放。
除另有规定外，感性负载的接通时间不小于 5 倍负载的 L/R，阻性负载为 25 ms。
试验期间不应进行维护或调整，也不应更换其他部件。

15.2.3 合格判据

除另有规定外，试验结束后满足下列要求：
a) 被试设备应能按照规定次数可靠接通和断开规定的负载；
b) 无机械损坏或紧固件松动现象；
c) 电气性能符合产品相关标准的规定；
d) 介质强度试验：能耐受的试验电压值为规定值的 0.75 倍，或由产品标准规定的其他试验电压值。

15.3 机械寿命试验

15.3.1 试验条件

试验条件如下。
a) 被试设备安装在正常工作状态。
b) 辅助激励量为额定值。
c) 除另有规定外，所有影响量或影响因素为基准条件。
d) 按产品标准或技术条件规定的速率和占空比进行。
e) 对于动作值整定可调的被试设备，动作值整定在最小整定值；对于时间整定可调的被试设备，应整定在对机械寿命影响最恶劣的时间整定值。

15.3.2 试验程序

为了便于机械寿命试验的进行，可在输出触点电路施加一个不至于引起触点机械寿命失效的电压(不大于 6 V)和电流(不大于 0.1 A)的信号负载，便于监测触点行为。
按产品标准的规定施加输入激励量，施加的激励量应使被试设备每一次都能可靠动作或释放。
试验期间不应进行维护或调整，也不应更换其他部件。

15.3.3 合格判据

除另有规定外，试验结束后满足下列要求：
a) 被试设备应能在空载条件下按照规定次数可靠接通和断开；
b) 无机械损坏或紧固件松动现象；
c) 电气性能符合产品相关标准的规定；
d) 介质强度试验：能耐受的试验电压值为规定值的 0.75 倍，或由产品标准规定的其他试验电压值。

16 安全试验

16.1 绝缘电阻测量

16.1.1 概述

绝缘电阻的测量按 GB/T 14598.27—2025 中 9.6.4.4 规定的方法进行。

16.1.2 试验部位

除另有规定外，对下列部位进行试验：

a) 各电路和可触及的导电部分之间，各端子独立电路连接在一起；

b) 独立电路之间，每个独立电路的端子连接在一起。

除非很明显，独立电路是由制造商描述的那些电路。

在对外露可导电部分试验时，同一额定绝缘电压的电路可连接在一起。

试验电压应直接施加于端子。

对于具有绝缘外壳的设备，可触及的导电部件应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙。采用金属箔的绝缘试验只应作为型式试验。

16.1.3 试验电压

试验电压按产品相关标准的规定。

16.1.4 试验程序

在施加规定的直流电压达到稳态值并持续规定的试验时间之后，测定绝缘电阻值。

16.1.5 验收准则

绝缘电阻不应低于产品相关标准的规定值。

16.2 介质强度试验

16.2.1 概述

介质强度试验按 GB/T 14598.27—2025 中 9.6.4.3 规定的方法进行。

16.2.2 试验部位

除另有规定外，试验部位按 16.1.2 规定的部位进行试验。

如果适用，动合触点的介质强度按制造商声明试验电压进行。如果安装了瞬态抑制器件，不宜对触点间进行试验。试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

16.2.3 试验电压

试验电压按产品相关标准的规定。

除非另有规定，两个独立电路间进行试验时，应采用这两个额定介质强度电压中的较高值。

16.2.4 试验电压源

试验电压源应满足在对被试设备施加的电压达到规定值的一半时，所观察到的电压降小于 10%。

电源电压误差不大于 5%。

试验电压应为标准的正弦波电压，频率在 45 Hz～65 Hz 之间。也可选用直流电压进行试验，试验电压值应等于给定交流试验电压值的 1.4 倍。

16.2.5 试验程序

对于型式试验，试验发生器的开路电压应在零伏时施加到设备上。试验电压平稳地上升至规定值，其间应无明显的暂态现象发生，保持 1 min，然后应平稳降至零。

对于例行试验，试验电压可保持至少 1 s。在此情况下，试验电压应比规定的 1 min 型式试验电压高出 10%。

重复进行介质强度试验时，试验电压值应等于规定值的 0.75 倍。

16.2.6 验收准则

在介质电压试验期间，不应发生击穿或闪络。不超过产品相关标准规定的最大试验电流值的局部放电可忽略。

16.3 冲击电压试验

16.3.1 概述

冲击电压的试验按 GB/T 14598.27—2025 中 9.6.4.2 规定的方法进行。

16.3.2 试验部位

除非另有规定，对下列部位进行试验：

a) 在规定采用同一冲击电压的每个电路(或每组电路)与可触及的导电部分之间，对该电路(或该组电路)施加规定的冲击电压；

b) 独立的电路之间进行，每个独立电路的端子连接在一起；

c) 给定电路的端子之间进行。

试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

除非很明显，独立电路是由制造商描述的那些电路。

对于具有绝缘外壳的设备，可触及的导电部分应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙以避免对端子发生闪络。

除非另有规定，两个独立电路之间的试验，应以这两个电路所规定的较高的冲击电压施加。

如果并非由于电气击穿引起，施加到与浪涌抑制、感性器件或分压器件连接的各测试点上的冲击电压波形允许衰减或畸变。除非绝缘不能耐受冲击电压试验，施加到没有和这些器件连接的测试点上的波形不应显著衰减或畸变。

16.3.3 试验电压

试验电压按产品相关标准的规定。

当试验在设备的两个独立电路之间进行时，应采用这两个额定冲击电压中的较高值。

16.3.4 波形和发生器特性

发生器的参数如下。

a) 波前时间：1.2(1±30%) μs。

b) 半峰值时间：50(1±20%) μs。

c) 输出阻抗：500(1±10%) Ω。

d) 输出能量:0.5(1±10%) J。

e) 每根试验导线的长度不应超过 2 m。

16.3.5 试验程序

冲击电压应施加到从设备外部可触及的合适的点上,其他电路和可触及的导电部分应连接在一起并接地。

电气间隙的验证试验,在每一极性至少施加 3 次冲击,且冲击间隔至少为 1 s。

固体绝缘能力的验证试验,在每个极性施加 5 次冲击,并应记录每次冲击的波形。

用于电气间隙和固体绝缘的这两个试验可合并为一个通用的试验程序。

如有必要,对于新的设备可重复进行冲击电压试验以验证其性能。该试验电压值应等于原来规定值的 0.75 倍,或由制造厂指明。

16.3.6 验收准则

试验期间不应出现破坏性放电(火花、闪络或击穿)。未造成击穿的电气间隙的局部放电可被忽略。此项试验后,设备应满足所有相关的性能要求。

16.4 电气间隙试验

电气间隙的试验按 GB/T 14598.27—2025 中 4.9.2 规定的方法进行。

16.5 爬电距离测量

爬电距离的测量按 GB/T 14598.27—2025 中 4.9.3 规定的方法进行。

16.6 接触电流测量

16.6.1 接触电流的允许限值

16.6.1.1 正常条件下的限值

正常条件下的接触电流限值按 GB/T 14598.27—2025 中 4.3.3.2 规定的方法进行。

16.6.1.2 单一故障条件下的限值

单一故障条件下的接触电流限值按 GB/T 14598.27—2025 中 4.10.4.1.2 规定的方法进行。

16.6.2 试验方法

按 GB/T 12113—2023 规定的方法进行。

16.7 保护导体电流测量

被试设备不直接接地,通过阻抗可忽略不计(例如 0.5 Ω)的电流表与保护导体串联来测量安装处的保护导体电流,保护导体电流的测量是在被试设备的正常工作状态下进行的。

16.8 外壳防护等级试验

外壳防护等级(IP 代码)的试验按 GB/T 4208—2017 规定的方法进行。

第一位特征数字所代表的对接近危险部件防护的试验方法见 GB/T 4208—2017 的第 12 章。

第一位特征数字所代表的对防止异物进入防护的试验方法见 GB/T 4208—2017 的第 13 章。

第二位特征数字所代表的对防水进入防护的试验方法见 GB/T 4208—2017 的第 14 章。

附加字母所代表的对接近危险部件防护的试验方法见 GB/T 4208—2017 的第 15 章。

16.9 保护联结试验

16.9.1 概述

保护联结试验包括保护联结阻抗试验和保护联结的连续性试验。保护联结试验按 GB/T 14598.27—2025 中 9.6.4.5 规定的方法进行。

16.9.2 保护联结阻抗试验

16.9.2.1 试验条件

试验条件如下：

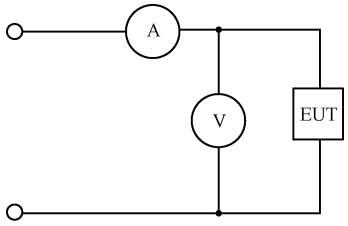
a) 试验电压：试验电源开路电压应不超过交流 12 V(有效值)或直流 12 V；

b) 试验电流：在产品相关标准中规定的过流保护方式中最大电流额定值的两倍，但不小于 20 A。

16.9.2.2 试验方法

保护联结阻抗试验电路如图 35 所示。

试验电源开路电压不应超过交流 12 V(有效值)或直流 12 V，调节试验电流为规定的电流值，持续 60 s 后，读取 PV 显示值。也可采用开路电压不超过 12 V 的接地阻抗测试仪进行测试。



标引符号说明：

A——电流表；

V——电压表。

图 35 保护联结阻抗试验电路示例

保护联结阻抗按公式(21)计算：

$$Z = U/I \qquad \cdots\cdots(21)$$

式中：

Z ——被试设备被试部分的保护联结阻抗，单位为欧姆(Ω)；

U ——被测试两点间的电压，单位为伏特(V)；

I ——施加的电流，单位为安培(A)。

16.9.3 保护联结的连续性试验

保护联结的连续性试验按 GB/T 14598.27—2025 中 9.6.4.5.2 规定的方法进行。

16.10 着火危险试验

16.10.1 水平垂直火焰试验

水平垂直火焰试验按 GB/T 5169.16 规定的方法进行。

16.10.2 灼热丝试验

灼热丝试验按 GB/T 5169.10 和 GB/T 5169.11 规定的方法进行。

16.11 安全标志检查

被试设备安全标志的检查按 GB/T 14598.27—2025 中 8.1 规定的方法进行。

17 信息安全试验

信息安全试验按 DL/T 2336 规定的方法进行。

18 通信及规约试验

18.1 通信规约一致性试验

18.1.1 DL/T 860(所有部分)规约一致性试验

DL/T 860(所有部分)规约一致性试验按 DL/T 860.10 规定的方法进行。

18.1.2 DL/T 634(所有部分)规约一致性试验

DL/T 634(所有部分)规约一致性试验按 DL/T 634.56 规定的方法进行。

18.1.3 Modbus 规约一致性试验和互操作试验

Modbus 规约一致性试验和互操作试验按 GB/T 25919.1 和 GB/T 25919.2 规定的方法进行。

18.1.4 其他规约试验

其他规约试验按相应的规约标准规定的方法进行。

18.2 通信性能试验

18.2.1 与多主站通信试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信,模拟被试设备状态量变位、模拟量变化、告警信号动作、保护信号动作等,检查多主站是否收到对应报告,并检查事件顺序记录站内分辨率和信息响应时间是否满足相关标准要求。

18.2.2 文件传输时间试验

模拟保护动作,从主站召唤保护动作产生的录波文件,记录从主站召唤录波文件开始至录波文件完整上送主站的时间,检查文件传输时间是否满足相关标准要求。

18.2.3 远方操作响应时间试验

试验方法如下:

a) 定值传输响应时间:主站发送读取当前区定值/非当前区定值命令,检查从主站发出命令至所有定值读取完毕的时间是否满足相关标准要求;

b) 定值区切换响应时间:主站发送切换定值区命令,检查从主站发出命令至定值区号变化的时间是否满足相关标准要求;

c) 定值修改响应时间：主站发送修改当前区定值/非当前区定值命令，检查从主站发出命令至定值变化的时间是否满足相关标准要求；
d) 软压板投退响应时间：主站发送选择/执行软压板分/合命令，检查从主站发出命令至收到返校报文的时间是否满足相关标准要求。

18.2.4 信息响应时间试验

试验方法如下：
a) 被试设备与最大允许数量的主站建立通信，模拟任意一路开关变位，检查主站是否接收到开关变位报告，检查从开关变位到主站接收开关变位报告的时间差是否满足相关标准要求；
b) 被试设备与最大允许数量的主站建立通信，在被试设备模拟量输入回路施加超过传送死区的模拟量，检查主站是否接收到遥测变化报告，检查从模拟量变化到主站接收遥测变化报告的时间差是否满足相关标准要求；
c) 被试设备与最大允许数量的主站建立通信，模拟保护动作，检查主站是否接收到保护动作事件报告，检查从保护动作到主站接收保护动作事件报告的时间差是否满足相关标准要求。

18.2.5 雪崩试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，模拟所有开关量同时断开或闭合，连续变化若干次（变化次数参考产品技术要求），检查主站界面记录的事件数量是否与被试设备变化事件数量一致。

注：此项测试中，被试设备不处于检修状态，接入的 GOOSE 信号品质为正常。

18.3 通信可靠性试验

18.3.1 操作可靠性试验

在主站连续进行以下操作若干次，检查被试设备是否正确响应：
a) 召唤任意区定值；
b) 召唤同一录波文件；
c) 遥控/遥调同一控制对象。

18.3.2 报告上送可靠性试验

在被试设备连续模拟状态变位若干次（具体参考产品相应的技术要求），检查变位及事件信息是否正确上送主站。

18.3.3 通信缓存能力试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，进行以下试验验证被试设备的通信数据缓存能力。
a) 在通信已经建立的条件下，利用被试设备支持的事件顺序记录分辨率作为状态变位的时间间隔，连续模拟若干次变位（被试设备最大允许缓存的变位数量＋1），在各主站处检查所有缓存变位事件是否完整上送。
b) 断开被试设备与各主站的通信，离线模拟产生若干次变位（被试设备最大允许缓存的变位数量＋1）；在恢复各主站与被试设备的通信连接后，在各主站处检查所有缓存变位事件是否完整上送。
c) 断开被试设备与各主站的通信，断电重启被试设备，被试设备启动完成后，离线模拟产生若干次变位（被试设备最大允许缓存的变位数量＋1）；在恢复各主站与被试设备的通信连接后，在各主站处检查所有缓存变位事件是否完整上送。

18.3.4 并发任务工作能力试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，同时进行以下的模拟操作：

a） 被试设备所有的遥信变位；

b） 被试设备所有的遥测越限或越死区；

c） 主站向被试设备发送遥控/遥调命令；

d） 被试设备主要保护动作；

e） 被试设备启动录波或报文记录，并向各主站传输文件。

在各主站检查所有遥信变位、保护动作事件是否完整，遥控、遥调指令是否正确执行，录波文件是否完整上送。

18.3.5 扰动通信的恢复能力试验

在以下工作状态下，模拟被试设备与主站通信中断：

a） 修改定值；

b） 遥控/遥调；

c） 录波文件传输；

d） 开关变位；

e） 保护动作事件上送。

发生通信中断时，检查被试设备是否运行正常、是否误修改定值、是否误动作；通信中断恢复后，是否能与主站重新建立通信，响应主站新的定值修改、遥控/遥调、录波文件召唤命令，是否正确重传缓存的各类事件。

18.4 信息规范试验

18.4.1 静态信息规范试验

试验方法如下：

a） 检查被试设备模型文件信息数量和命名是否满足相关信息规范要求，信息内容包括：保护动作信息、告警信息、在线监测信息、状态变位信息等；

b） 检查被试设备模型文件虚端子定义是否满足相关信息规范要求。

18.4.2 动态信息规范试验

模拟被试设备保护动作、告警动作、状态变位、在线监测信息变化等，检查被试设备输出信息是否正确，是否满足相关信息规范要求。

18.5 日志记录功能试验

试验方法如下：

a） 模拟被试设备保护动作、状态变位等，检查被试设备输出的日志信息是否正确，是否满足相关信息规范要求；

b） 连续触发保护动作、状态变位等，直到被试设备记录存储满，检查被试设备记录的日志条目数量是否满足相关规范要求，是否循环覆盖最早的日志记录；

c） 检查被试设备是否支持 QueryLogByTime 和 QueryLogAfter 服务调阅被试设备日志。

18.6 多客户端同时召唤录波文件试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，模拟被试设备保护动作，使用标准要求的多个主站同时

召唤同一录波文件，检查多个主站是否能获取同一录波文件；比较多个主站收到的录波文件，检查录波文件名、录波文件时间、录波文件大小及内容是否一致。

18.7 装置通信中断后的多客户端连接恢复试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，在被试设备与主站正常通信过程中，拔掉被试设备与网络交换机之间的网线。持续时间超过 1 min 后，恢复网线连接，所有主站同时与被试设备建立通信连接，检查被试设备是否能与所有主站通信正常；模拟被试设备状态变化、保护动作、采样变化等，检查被试设备是否能向所有主站发送相应报告。

18.8 装置重启后的多客户端连接恢复试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，在被试设备与主站正常通信过程中，断电重启被试设备。被试设备重启完成后，检查被试设备是否能与所有主站通信正常；模拟被试设备状态变化、保护动作、采样变化等，检查被试设备是否能向所有主站发送相应报告。

18.9 多客户端同时读定值试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，启动所有主站同时读取当前区定值/非当前区定值，检查多个主站读定值操作是否成功。

18.10 多客户端同时修改定值试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，启动所有主站同时修改当前区定值/非当前区定值，检查多个主站修改定值操作是否成功。

18.11 多客户端同时投退软压板试验

被试设备与最大允许数量的主站建立通信，启动所有主站同时投退同一个软压板/不同软压板，检查多个主站投退软压板操作是否成功。

18.12 只允许唯一的同一 IP 地址的客户端 COTP 连接试验

被试设备与同一 IP 的多个主站建立通信关联，检查被试设备是否允许同一 IP 的多个主站通信关联成功。

18.13 通信安全试验

被试设备经过交换机与主站保持正常通信，在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪向被试设备施加网络攻击报文，攻击报文类型包括：SYN_Flood 攻击、UDP_Flood 攻击、ICMP_Flood 攻击、Smurf 攻击、Ping of death、ARP 缓存攻击、TCP 攻击、异常 COTP 报文攻击、异常 MMS 报文攻击等，每种攻击报文类型单独施加，持续时间不少于 2 min。网络攻击过程中，检查被试设备是否出现死机、重启、人机界面死机、与主站通信中断等现象；模拟保护区内外故障，检查被试设备是否出现误动、拒动等情况；模拟被试设备点对点端口及组网端口订阅 GOOSE 控制块状态变化，检查被试设备是否能正确接收并使用变化的 GOOSE 状态。网络攻击结束后，检查被试设备是否运行正常，功能是否正常，与主站通信是否正常。

18.14 远方操作成功率试验

被试设备连接主站，进行如下试验。

a) 远方读取定值成功率：使用主站远方读取当前区所有定值，重复读取 100 次，检查远方读取定

值成功率是否满足相关规范要求；使用主站逐次远方读取全部非当前区所有定值，重复读取100次，检查远方读取定值成功率是否满足相关规范要求。

b) 远方切换定值区成功率：使用主站远方发送定值区切换命令，对切换的目标定值区号逐次加1，直至完成对所有定值区的切换。重复对所有定值区切换100次，检查定值区切换成功率是否满足相关规范要求。

c) 远方修改定值成功率：使用主站远方发送修改当前定值区所有定值命令，重复对当前定值区所有定值修改100次，检查定值修改成功率是否满足相关规范要求。使用主站远方发送修改非当前定值区所有定值命令，重复对所有非当前定值区的所有定值修改100次，检查定值修改成功率是否满足相关规范要求。

d) 远方投退软压板成功率：使用主站远方发送投退软压板命令，对所有软压板逐次重复投退100次，检查所有软压板投退成功率是否满足相关规范要求。

e) 远方复归成功率：使用主站远方发送装置复归命令，重复复归100次，检查被试设备复归成功率是否满足相关规范要求。

f) 召唤录波文件成功率检验：使用主站远方发送召唤录波文件命令，重复对录波文件召唤100次，检查召唤录波文件成功率是否满足相关规范要求。

18.15 远方操作失败试验

被试设备连接主站，进行如下试验。

a) 不具备远方操作权限：退出远方操作压板，使用主站远方读取当前区定值/非当前区定值、远方切换定值区、远方修改当前区定值/非当前区定值、远方投退软压板、远方复归等，检查远方操作是否成功。

b) 设置参数错误：使用主站远方切换定值区为无效区(超出定值区号范围)、修改当前区定值/非当前区定值为无效值(超出定值范围)、预置软压板状态与软压板当前状态一致、预置软压板状态与执行软压板状态不一致、未预置的状态下直接执行软压板操作、预置软压板超时后执行软压板操作等，检查远方操作是否成功。

c) 远方操作过程中通信中断：使用主站远方切换定值区、修改当前区/非当前区定值、投退软压板，在命令下发过程中，断开被试设备与主站的通信。1 min后恢复被试设备与主站的通信，检查被试设备定值区、当前区/非当前区定值、软压板状态是否正常。

d) 远方操作过程中被试设备掉电：使用主站远方切换定值区、修改当前区/非当前区定值、投退软压板，在命令下发过程中，断开被试设备电源。被试设备重新上电，检查被试设备定值区、当前区定值/非当前区定值、软压板状态是否正常。

18.16 SV单光纤接收能力试验

将SV单光纤接入被试设备，检查被试设备是否能正确接收SV报文。

18.17 通信接口独立性试验

通过网络测试仪向被试设备站控层通信接口、过程层通信接口施加流量为端口线速的广播报文，在被试设备正常运行和重启过程中，检查各通信接口是否转发其他通信接口的输入报文。

18.18 通信接口同步性试验

被试设备的多个GOOSE输出端口均接入网络分析仪，进行如下试验：

a) 断电重启被试设备，检查被试设备重启后多个GOOSE输出端口发出初始化GOOSE的同步性是否满足相关标准要求；

b） 被试设备正常运行，检查被试设备多个 GOOSE 输出端口发出的心跳 GOOSE 的同步性是否满足相关标准要求；

c） 模拟保护动作，检查被试设备多个 GOOSE 输出端口发出的变化 GOOSE 的同步性是否满足相关标准要求。

18.19 网络压力试验

试验方法见附录 B 中 B.6。

19 装置功能试验

装置功能试验分为静态模拟试验和动态模拟试验。功能试验宜在性能试验后进行。

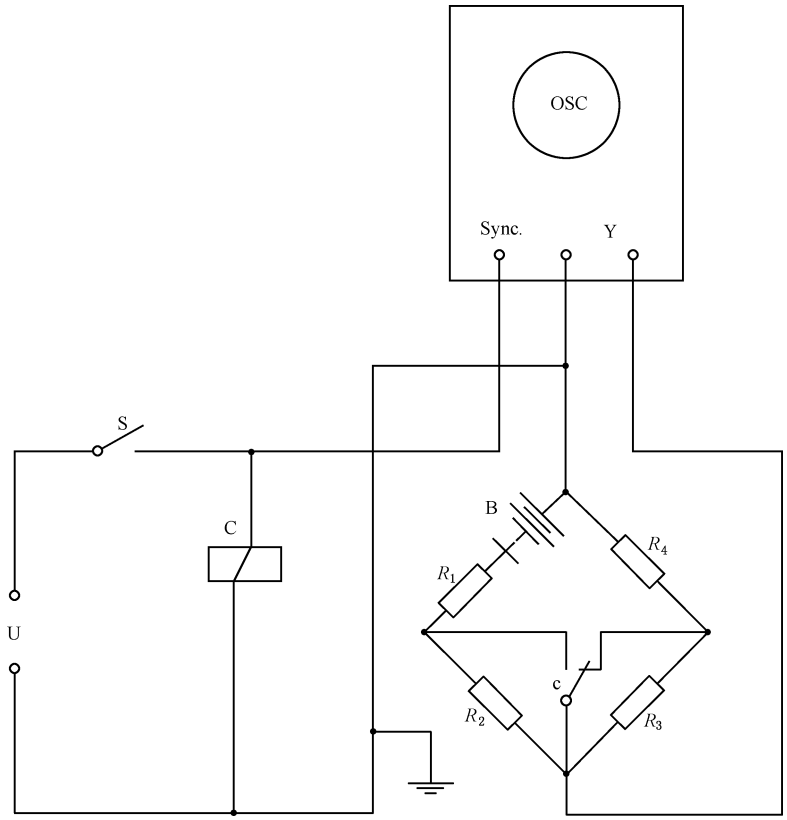
静态模拟试验按产品相关标准规定的试验方法，用继电保护试验设备对被试设备的功能进行试验。

动态模拟试验按 GB/T 26864 及产品相关标准规定的试验方法，在电力系统动态模拟系统上进行，也可在电力系统数字式实时仿真系统上进行。

附 录 A
（资料性）
测时电路

A.1 测量时间参数的典型电路

测量时间参数的典型电路如图 A.1 所示。



标引符号说明：

C ——继电器线圈；

c ——继电器触点；

U ——激励电源；

S ——无回跳开关；

B ——电池；

R_1～R_4 ——电阻器；

OSC ——示波器；

Sync. ——触发信号输入端；

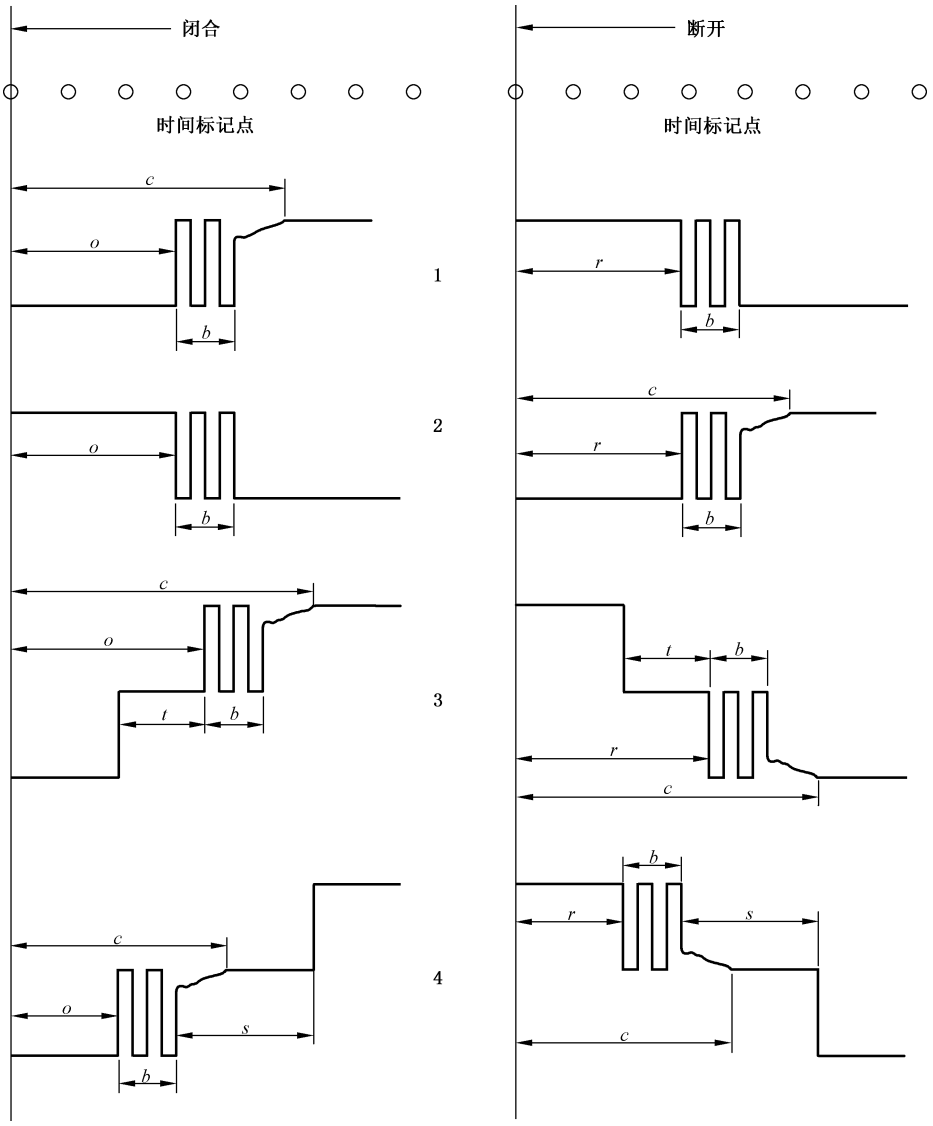
Y ——垂直偏转输入端。

建议：$R_1=1$，$R_2=2$，$R_3=\frac{2}{3}$，$R_4=1$。

图 A.1 时间参数试验典型电路

A.2 时间参数的典型示波图

各种时间参数的典型示波图如图 A.2 所示。



标引序号(符号)说明：

1——动合触点；

2——动断触点；

3——先断后合触点；

4——先合后断触点；

o——动作时间；

r ——返回时间；

b ——回跳时间；

t ——转换时间；

s ——过渡时间；

c ——稳定闭合时间。

图 A.2 时间参数典型示波图

附 录 B
（资料性）
数字化接口试验

B.1 概述

本试验是基于 DL/T 860(所有部分)规约的数字化接口，其他数字化接口参考执行。

B.2 SCL 配置工具试验

B.2.1 装置配置工具试验

B.2.1.1 ICD 文件导出功能试验

ICD 文件导出功能试验的测试项目和测试方法见表 B.1。

表 B.1 ICD 文件导出功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	导出文件语法检查	通过装置配置工具修改 IED 的配置，检查导出的 ICD 文件语法及内容
2	文件修改一致性检查	检查生成的 ICD 文件与未经修改的 ICD 文件保持相同的通信和 services 能力
3	VALKIND 检查	检查生成的 ICD 文件包含正确的 valKind 值(如有)
4	虚端子地址及关联性检查	检查 IED 工程预配置的输入信号的内部地址在 ICD 的 Input 节出现。如果支持 Input/ExtRef 属性，intAddr 与 GOOSE、RCB、SMV 匹配显示
5	UTF-8 编码支持性检查	检查导出的 ICD 文件使用 UTF-8 编码

B.2.1.2 ICD 文件导入功能试验

ICD 文件导入功能试验的测试项目和测试方法见表 B.2。

表 B.2 ICD 文件导入功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	模型检查	ICD 模型检测：是否按照模型规范建模[逻辑节点(LN)、数据属性(DO)、数据对象类型或实例(DA)等]
2	属性检查	间隔层 IED 基本属性检测：例如包含 LLN0 和 LPHD，间隔层 IED 的 type、manufacture 和 configVersion 属性不为空
3	数据集检查	数据集检测：例如检查 FCDA 引用的有效性——每个 FCDA 引用的数据结构存在
4	报告控制块检查	报告控制块检测：如检测通过报告控制块发送的数据集的有效性——报告控制块关联的数据集是否存在

表 B.2　ICD 文件导入功能试验（续）

序号	测试项目	测试方法
5	实例化检查	实例化检测：如检测实例化 LN、实例化数据对象（DOI）、实例化（SDI）、实例化数据属性（DAI）引用的有效性——实例化的 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板存在
6	数据类型模板检查	数据类型模板检测：如检测数据模板的冗余结构——检测未被实例化的 LNodeType，未被引用的 DOType、DAType、EnumType

B.2.1.3　数据模型编辑功能试验

数据模型编辑功能试验的测试项目和测试方法见表 B.3。

表 B.3　数据模型编辑功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	模型导出能力检查	导出 ICD 文件，检查 ICD 文件符合 SCL schema
2	模型修改生效检查	修改某个 LN 的前缀/实例号，重新配置 IED 并装载 IED。浏览数据模型并检查实际改变，检查 IED 的功能运行正常
3	LN 修改能力检查	检查工具是否具备修改 LN、增删 LN 功能
4	数据模型与变量映射能力检查	检查数据模型与内部变量之间的映射，通过短地址或其他方式是否正确

B.2.2　系统配置工具试验

B.2.2.1　IED 导入功能试验

IED 导入功能试验的测试项目和测试方法见表 B.4。

表 B.4　IED 导入功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	版本检查	检查工具版本与说明书一致
2	导入功能检查	导入 ICD 文件（至少支持 UTF-8 格式）
3	预定义数据集、控制块导入能力检查	检查 ICD 文件中预定义的数据集和控制块能导入，在工具界面或导出的 SCD 文件可见
4	关联信息导入能力检查	导入带有 LN 与一次设备连接的 ICD 文件，实例化间隔模板和 IED 模板，检查间隔和 IED 逻辑设备的关联能被导入
5	重复导入相同 ICD 检查	导入相同的 ICD 两次，第二个 ICD 被实例化为另一个 IED。已经存在的 Data type template 重新使用，不重复导入
6	私有信息导入能力检查	导入带有私有 XML 元素的 ICD 文件。检查导出的 SCD 文件中，这些元素仍然存在
7	重复导入不同 CID 检查	导出 SCD 文件。检查经过装置配置工具修改的 CID 文件重新导入后，工具能记录或显示这些变化，如配置值、定值、增加 LN 实例、删除 LN 实例或 DO

B.2.2.2 通信配置功能试验

通信配置功能试验的测试项目和测试方法见表 B.5。

表 B.5 通信配置功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	ICD 导入功能检查	导入 ICD 文件，为 IED 实例命名
2	通信网络配置功能检查	创建 MMS、GOOSE 和 SV 子网，为 IED 分配 IP 地址
3	客户端 IED 的添加功能检查	导入客户端 IED 的 ICD 文件，分配子网的 IP 地址
4	时钟 IED 的添加功能检查	导入时钟主钟的 ICD 文件，分配子网的 IP 地址
5	物理连接的配置能力检查	配置各类 IED 的物理连接 PhysConn，导出 SCD 文件，检查该参数（可选）
6	修改记录功能检查	导出 SCD 文件，检查以上修改都存在于文件中，检查是否包含新的修订记录

B.2.2.3 配置 SSD 文件导入功能试验

配置 SSD 文件导入功能试验的测试项目和测试方法见表 B.6。

表 B.6 配置 SSD 文件导入功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	SSD 的导入和显示功能检查	导入 SSD 文件，检查变电站接线图是否正确 或导入 SCD 文件，检查所有 IED 显示正确
2	一次间隔添加功能检查	编辑或增加一个新的间隔，正确导出 SCD 文件
3	一二次关联功能检查	为 Substation 节的一次设备分配 LN 实例，例如 CSWI 关联断路器，PTOC 或 MMXU 关联一个间隔，检查导出的 SCD 文件 LN 连接关系正确
4	带一二次关联的 IED 添加功能检查	导入一个间隔的模板或者一个关联间隔模板的 IED，实例化该间隔或 IED（LN 连接保持），导出 SCD 中包含新的间隔，该间隔的所有 LN 连接正确
5	一次设备拓扑编辑功能检查	将导入的间隔连接到已存在的母线上，导出 SCD 文件，确认新的间隔已经连到母线
6	一次设备描述编辑功能检查	修改一个导入间隔的名称和描述，导出 SCD 文件包含新的名称和描述
7	添加一次接线端功能检查	如果 terminal 不存在，编辑 terminal 连接到一次设备，导出 SCD 文件，terminal 存在 改变 terminal 名称，导出 SCD 文件，确认 terminal 名称改变
8	修改记录功能检查	导出 SCD 文件，检查每次更改都有修订记录

B.2.2.4 SCD 修改功能试验

SCD 修改功能试验的测试项目和测试方法见表 B.7。

表 B.7 SCD 修改功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	SCD 文件编辑功能检查	导入 SCD 文件，更改 SCD 中部分的变电站、通信参数，手工或自动输入修订记录，检查导出的 SCD 文件具有正确的修订记录
2	数据属性配置功能检查	修改 SCD 文件中一个以上的 CF 属性中 valKind＝Set 的对象，导出 SCD，检查修改的值是否正确
3	定值修改功能检查	设置 SP 约束的定值，以及不同定值组的 SG 参数，检查导出 SCD 的值是否正确
4	一次接线图编辑功能检查	移动 SCD 中变电站的一个对象，检查导出的 SCL 语法正确
5	IED 服务能力显示功能检查	导入 ICD 文件，检查显示的 IED 支持的 service 服务是否与导入的 ICD 相符
6	数据读写属性修改功能检查	将 valKind＝Set 的数据属性，改为 RO，导出 SCD，检查其属性变为 RO

B.2.2.5 SCD 导出功能试验

SCD 导出功能试验的测试项目和测试方法见表 B.8。

表 B.8 SCD 导出功能试验

序号	测试项目	测试内容
1	SCD 编码格式检查	导出 SCD 文件以 UTF-8 编码
2	ICD 私有信息保留检查	导出 SCD，检查从 ICD 导入的所有私有信息仍然保留且位置正确
3	同类 ICD 数据模板的合并功能检查	导入至少两个 ICD，检查在 SCD 文件中能对相同数据结构、不同名称的 DataTypeTemplate 进行合并
4	同名 ICD 数据模板的区分能力检查	导入两个 ICD，检查相同名称、不同数据结构和内容的 DataTypeTemplate，能进行重命名（建议具有添加前缀、后缀的功能）
5	其他非 UTF-8 格式 SCD 文件导出能力检查	导出非 UTF-8 格式的 SCD 文件，再次导回并转换为 UTF-8 格式，检查内容没有变化

B.2.2.6 CID 导出功能试验

CID 导出功能试验的测试项目和测试方法见表 B.9。

表 B.9 CID 导出功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	SCD 文件解析能力检查	导入 SCD 文件到 IED 工具。能选择特定名称的 IED 进行处理，识别 SCD 文件中以下实例配置内容： a) 通信参数，如通信子网配置、网络 IP 地址、网关地址等； b) IED 名称； c) GOOSE 配置，如 GOOSE 控制块、GOOSE 数据集、GOOSE 通信地址等； d) DOI 实例值配置； e) 数据集和报告的实例配置

表 B.9 CID 导出功能试验（续）

序号	测试项目	测试方法
2	虚端子关联正确性检查	能完成来自其他 IED 的输入 Input 信号关联
3	CID 导出和下载能力检查	生成 IED 配置，能检查并装载到 IED 上
4	SERVICES 服务一致性检查	检查 ICD 的能力 services 与实际 IED 一致
5	配置值及其约束检查	检查配置值正确装载，读写数据的 valKind 约束实际生效（如果有）
6	互操作能力检查	检查客户端能正确通信，数据按照配置发送（如 GOOSE 和报告机制）

B.2.2.7 SCD 导入功能试验

SCD 导入功能试验的测试项目和测试方法见表 B.10。

表 B.10 SCD 导入功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	SCD 再次导入显示功能检查	导入 SCD 文件，检查变电站、通信和 IED 各部分显示正确
2	一二次模型关联关系的显示功能检查	验证一次变电站模型和 LN 关联关系发生变化（如增加 LN 到一次设备）的 SCD 导入时显示正确
3	数据属性值变化的显示功能检查	验证属性值（定值、参数）变化的 SCD 文件导入时显示正确，能更新
4	IED 模型变化的显示功能检查	验证增加了新 IED 的 SCD 在导入时显示正确
5	SCD 再次导出的正确性检查	检查导入的 SCD 文件在经过编辑后，模型和数据更新，支持导出包含修改内容的 SCD

B.2.2.8 SCD 文件验证功能试验

SCD 文件验证功能试验的测试项目和测试方法见表 B.11。

表 B.11 SCD 文件验证功能试验

序号	测试项目	测试方法
1	全站 IP 地址冲突检测	间隔层 IED 的 IP 地址进行检查，防止 IP 地址冲突、不规范的 IP 地址
2	GOOSE 数据有效性检测	对 GOOSE 引用的有效性进行检查
3	全站 APPID 冲突检测	通信配置的 APPID 全站唯一性进行检查，防止冲突
4	GOOSE GoID 冲突检测	间隔层 IED 配置的 GSEControl appID 全站唯一性进行检查，防止冲突
5	模型实例化正确性检测	LN 实例模型进行检查：实例化 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板存在
6	数据集引用的有效性检查	Dataset 数据引用有效性进行检查
7	GOOSE 虚端子有效性检查	GOOSE 虚端子连线检查
8	SV 虚端子有效性检查	SV 虚端子连线检查

表 B.11 SCD 文件验证功能试验（续）

序号	测试项目	测试方法
9	ICD 格式导入检测	ICD 模型检测：是否按照模型规范建模（LN、DO、DA 等）
10		间隔层 IED 基本属性检测：例如包含 LLN0 和 LPHD，间隔层 IED 的 type、manufacture 和 configVersion 属性不为空
11		数据集检测：如检查 FCDA 引用的有效性——每个 FCDA 引用的数据结构存在
12		报告控制块检测：如检测通过报告控制块发送的数据集的有效性——报告控制块关联的数据集是否存在
13		实例化检测：如检测实例化 LN、DOI、SDI、DAI 引用的有效性——实例化的 LN、DOI、SDI、DAI 引用的数据模板存在
14		数据类型模板检测：如检测数据模板的冗余结构——检测未被实例化的 LNodeType，未被引用的 DOType、DAType、EnumType

B.3 采样值接收试验

B.3.1 采样值接收容量试验

采样值接收容量试验方法如下：

a) 被试设备采用组网采样，使用数字化继保测试仪模拟被试设备最大接收容量的 MU 数量且 SV 通道总数也为最大接收容量，接入装置；

b) 被试设备采用点对点采样，使用数字化继保测试仪模拟被试设备最大接收容量的 MU 数量且 SV 通道总数也为最大接收容量，接入装置；

c) 分别在 a)和 b)条件下，所有接收的采样值按 10％额定值步长进行变化，变化若干次（参考产品技术要求），检查被试设备对采样值的解析正确性。

B.3.2 采样值传输模式试验

输入被试设备以点对点方式运行的 SV 采样值报文：

a) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以异步方式运行，以点对点方式接入到装置中，检查被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系；

b) 模拟被试设备接收不同采样延时的多路采样值数据（异步方式），检查被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系。

输入被试设备以组网方式运行的 SV 采样值报文：

a) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以同步方式运行，分 3 组经过不同交换机的端口接入到装置中，检查被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系；

b) 模拟最大采样值接收容量的 MU 以同步方式运行，模拟其中一台 MU 失去时钟信号后失步，检查被试设备采集的不同 MU 之间的相位关系。

B.3.3 采样同步精度试验

通过继电保护测试仪的两个端口将被试设备采集的两路采样值报文接入被试设备，继电保护测试仪对每组采样数据的同一相序输出相同相位，检查被试设备两组采样值的相位差是否满足相关标准要

求，试验示意图如图 B.1 所示。

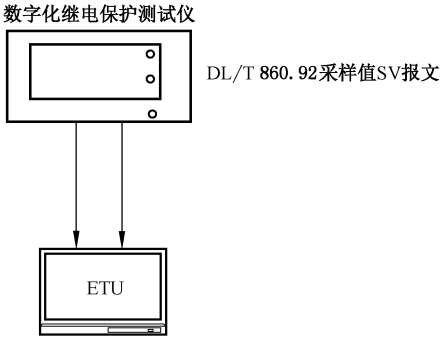


图 B.1　采样同步精度测试系统

B.3.4　采样值异常的影响试验

B.3.4.1　采样值传输异常的影响试验

采样值传输异常的影响试验如下：

a）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别依次模拟采样值丢失 1 点～6 点（具体上限可参考产品技术要求），检查被试设备是否动作或告警，未动作或告警时的采样值丢点个数为采样值接收有效的临界值；

b）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别模拟组网采样值在采样计数零序号和其他序号错序，检查被试设备是否动作或告警；

c）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，模拟发送点对点采样值报文的频率抖动（抖动范围超过产品标准或技术条件的规定值），检查被试设备是否动作或告警；

d）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，模拟发送采样值报文中断一段时间（中断时间可参考产品技术要求），然后施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警，检查被试设备是否动作或告警；

e）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，连续模拟采样值的采样计数重复持续一段时间（具体时间可参考产品技术要求），检查被试设备是否动作或告警；

f）　在施加数字激励量满足和不满足被试设备特性量动作或告警的情况下，连续模拟采样值的 CRC 错误持续一段时间（具体时间可参考产品技术要求），检查被试设备是否动作或告警。

B.3.4.2　采样值报文异常的影响试验

在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下，分别模拟发送采样值与被试设备配置的采样值订阅报文格式不一致（APPID，组播地址、svID、dataSet、ConfRev、数据对象数目等不同），检查被试设备是否动作或告警。

B.3.4.3　采样值数据异常的影响试验

采样值数据异常的影响试验如下：

a）　模拟双 A/D 采样值的一路 A/D 连续发送异常采样数据（采样值品质位有效），包括电流采样值连续、不连续畸变放大，电压采样值连续、不连续畸变缩小等，异常数据值达到被试设备保护元件的动作门槛或告警定值，另一路 A/D 采样数据正常，检查被试设备的动作或告警情况；

b) 模拟双 A/D 采样值的两路 A/D 连续发送异常采样数据(采样值品质位有效),包括电流采样值连续、不连续畸变放大,电压采样值连续、不连续畸变缩小等,异常数据值达到被试设备保护元件的动作门槛或告警定值,检查被试设备的动作或告警情况;
c) 在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下,分别模拟发送采样值额定延时 DelayTRtg 字段大于 2 ms 或发生变化时,检查被试设备的动作或告警情况;
d) 在施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警的情况下,分别模拟发送采样值失步和失步再同步过程,检查被试设备的动作或告警情况;
e) 模拟不少于 2 路 SV 采样值向被试设备发送,模拟其中一路 SV 采样值失步(其他保持同步),施加数字激励量满足被试设备特性量动作或告警条件,检查被试设备的动作或告警情况。

B.3.4.4 采样值数据品质异常的影响试验

模拟发送 SV 采样值出现品质位置无效和检修状态的情况,施加激励量,测试被试设备特性量动作或告警功能。SV 采样值恢复正常后,检查装置功能是否恢复正常。

模拟发送 GOOSE 采样值(直流量)出现品质位置无效和检修状态的情况,施加激励量,测试被试设备特性量动作或告警功能。GOOSE 采样值恢复正常后,检查装置功能是否恢复正常。

B.4 GOOSE 开关量输入试验

B.4.1 GOOSE 开入接收容量试验

按照被试设备支持的最大 GOOSE 路数向被试设备发送 GOOSE 信号,其中 100%的 GOOSE 信号进行状态变化,检查被试设备对 GOOSE 状态解析的正确性。

B.4.2 GOOSE 开入异常的影响试验

B.4.2.1 GOOSE 传输异常的影响试验

GOOSE 传输异常的影响试验如下:

a) 模拟施加 CRC 校验错误的 GOOSE 开入变位报文,检查被试设备开入是否变位;
b) 模拟施加报文重复、错序、超时的 GOOSE 开入变位报文,检查被试设备开入是否变位;
c) 模拟 GOOSE 中断,在 GOOSE 中断恢复后第一帧发送变位 GOOSE,检查被试设备开入是否变位;
d) 在 GOOSE 通信正常的情况下,模拟发送初始化 GOOSE(StNum 和 SqNum 均为 1)且其中包含开入变位状态,检查被试设备开入是否变位。

B.4.2.2 GOOSE 报文异常的影响试验

模拟施加 GOOSE 参数异常的变位报文(APPID、组播地址、GoID、GoCBref、dataSet、ConfRev、数据对象数目和数据类型等参数不同),检查被试设备是否变位。

B.4.2.3 GOOSE 数据异常的影响试验

GOOSE 数据异常的影响试验如下:

a) 模拟异常 GOOSE 变位报文——GOOSE 虚变(StNum 改变,但无变位)和异常跳变(StNum 未改变但实际有变位),检查被试设备是否变位;
b) 模拟施加 GOOSE 双点开关无效位置(00 或 11),检查被试设备开入是否变位。

B.4.2.4 GOOSE 数据品质异常的影响试验

GOOSE 数据品质异常的影响试验如下：

a) 模拟 GOOSE 报文检修标志 test 置为 true 的变位报文，检查被试设备开入是否变位；

b) 模拟 GOOSE 数据中带无效品质的变位报文，检查被试设备开入是否变位。

B.5 GOOSE 开关量输出试验

B.5.1 GOOSE 出口动作延时试验

模拟 GOOSE 开入量变位，从 GOOSE 开入变位时刻开始计时，到被试设备出口变位为止，作为 GOOSE 出口动作延时。

B.5.2 开入响应时间试验

模拟开入量变位(其中消抖时间宜 不大于 5 ms)，从开入变位时刻开始计时，到被试设备发送正确的 GOOSE 变位信号为止，作为 GOOSE 开出响应时间。

B.5.3 GOOSE 事件时间精度试验

利用给保护装置同步时间源的秒脉冲作为保护装置的开关变位信号，检查装置变位 GOOSE 报文中时标的精度，试验示意图如图 B.2 所示。

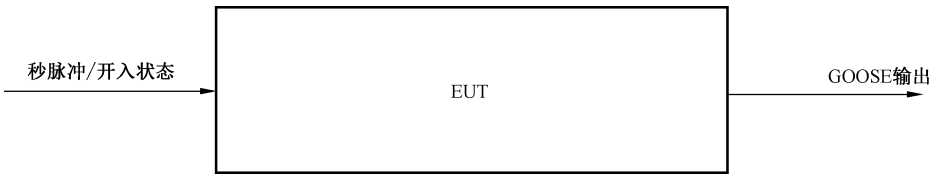


图 B.2 GOOSE 事件时间精度试验系统示例

B.6 网络压力试验

B.6.1 非订阅报文过程层网络压力试验

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加非订阅 GOOSE、SV、ARP 等类型的报文，网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

B.6.2 订阅报文过程层网络压力试验

试验方法如下。

a) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加单个或多个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变，SqNum 不变)，网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

b) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备点对点端口施加单个订阅 SV 报文(SmpCnt 不变，报文内容不变)，网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力持续过程中，模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障，检查被试

设备动作情况是否满足产品技术要求。

c) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变,SqNum 递增),网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力持续过程中,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

d) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 递增,SqNum 为 0),网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力持续过程中,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

e) 在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口同时施加多个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变,SqNum 递增),注入流量和持续时间满足产品技术要求。网络压力持续过程中,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

B.6.3 订阅报文过程层网络压力极限试验

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 不变,SqNum 递增),网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力消失后,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪对被试设备组网端口施加单个订阅 GOOSE 报文(StNum 递增,SqNum 为 0),网络压力注入流量和持续时间参考产品技术要求。网络压力消失后,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

B.6.4 站控层网络压力试验

关闭站控层交换机广播风暴抑制功能,在原有网络数据流量的基础上使用网络测试仪向交换机端口注入广播报文(ARP、UDP、TCP),注入流量和持续时间满足产品技术要求。网络压力持续过程中,模拟激励量满足动作条件及与各订阅 GOOSE 控制块报文相关的故障,检查被试设备动作情况是否满足产品技术要求。

附 录 C
（资料性）
用热电偶测量温度的推荐方法

C.1 热电偶的选择

热电偶的测量范围很广，不同材料组成的热电偶能测量不同的温度，对允许温升在100 K以内的继电器和保护装置，采用铜-康铜热电偶。

C.2 热电偶的制造

继电器及装置试验用的热电偶丝以直径0.1 mm～0.3 mm为宜。为了使热电偶的特性好、测量误差小，注意如下问题：

a) 选材：热电偶的电极材料对其测温性能影响很大，不能任意选取普通漆包铜线和康铜线制作，应选用专为热电偶生产的偶丝；

b) 绝缘：在测温电路中，除热电偶测量端外，各个部分间均要有良好的绝缘，铜-康铜热电偶可采用浸漆加塑料套管或直接涂有机绝缘材料加以绝缘；

c) 制作：为减少热电偶测温电路受交变磁场感应电动势的影响，将两根偶丝绞合；

d) 焊接：热电偶制作好后，用电弧焊或用锡焊将工作端焊在一起，测量温度高于160 ℃时，采用电弧焊，测量温度低于160 ℃时可用锡焊。焊接时先将焊头清理干净，并绞1圈～2圈，用电弧将焊头焊成球形。焊好后，把焊头以外的偶丝分开，并有良好的绝缘；

e) 分度：分度误差在(0.5或0.5% t)℃的热电极材料制作的热电偶不必重新分度，其中 t 为被测量温度。

C.3 热电偶的固定

固定热电偶的工作端时，使其与被测发热体之间有良好的热传导性。固定的方法包括绑扎、粘接、胶粘、锡焊和钻孔埋入等：

a) 绑扎：用细线绑扎，将热电偶固定于测温表面。主要用于圆形物体的表面，如绝缘导线。

b) 粘接：用粘合剂将热电偶固定于测温表面。在粘接前，热电偶先固定在位。

c) 胶粘：将热电偶工作端焊在厚0.1 mm～0.2 mm小铜片上，并把被试设备与小铜片清理干净，在小铜片上涂上粘合剂，压在被测点上，待其固化即可。

d) 锡焊：用锡将热电偶工作端焊在被测点上，焊头尺寸不宜过大，表面光滑以盖着热电偶工作端，免受气流影响为限。

e) 钻孔埋入：在被试设备上钻孔，将热电偶工作端固定在孔洞内。

为了减少因热电偶对外界的热传导产生的测量误差，尽量将热电偶沿发热体表面敷设一段距离后再引出，避免直接引出。

C.4 测量仪器

由于热电偶的工作端的热电势很小，所以选择灵敏的测量仪表，测量电路基本上无损耗。例如选择电位差计、毫伏计、数字电压表等进行测量。不论选择哪种仪表，经校正后，误差不超过1 ℃。

附 录 D
（资料性）
型式试验导则

D.1 概述

在电磁兼容、机械及环境试验中，量度继电器和保护装置有许多不同类型的输入/输出端口，包括为保护功能提供测量值的电流、电压输入等。由于现代基于软件技术的保护设备的复杂性，其功能往往包含了大量的定值设置，因此在测试中涵盖所有的定值非常困难。

本附录并不特指任何保护设备，而是为基本的保护功能提供一个总的测试原则。本原则适用于各种保护功能，包括本附录中没有提及的距离保护、差动保护或发电机保护。

D.2 试验导则

D.2.1 概述

本导则是为了向设计人员在产品设计阶段和/或型式试验阶段提供帮助。如果在下一级标准中有相应规定，优先采用。

除电磁兼容、机械及环境试验外，此试验导则可扩展至其他试验。

D.2.2 各输入模拟量的典型测试点

典型测试点是整定范围内的一个特定值（可能与其他典型测试点相关联），通常用它来检验某一产品在其整个整定范围内能否正确动作。

对于每一个输入模拟量，由制造商给出其整定范围内最灵敏的整定点。一般来说，根据不同的故障类型，整定范围内的最小值、放大器增益变化所对应的值都可能是最灵敏整定点。

这些灵敏点宜作为典型测试点。

D.2.3 投入的保护功能

表 D.1 列举了一些保护功能，制造商选择与产品相关的保护功能。

表 D.1 试验中可能用到的保护功能示例

序号	隔离的输入模拟量	过电流或过电压保护功能	欠电流或欠电压保护功能
1	电流	相电流过流保护	相电流欠流保护
2	零序电流	接地故障	—
3	电压	相电压过压保护	相电压欠压保护
4	零序电压	中性点电压偏移	—

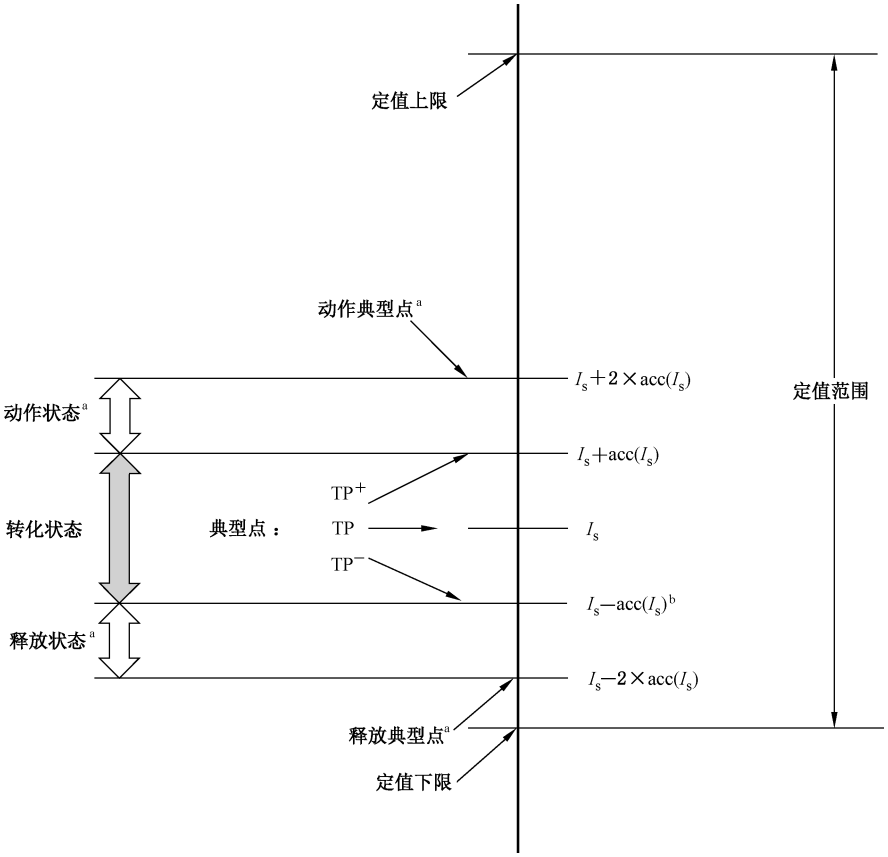
D.2.4 测试点

使用典型测试点。对于每一个典型测试点的测试，都需要将输入激励量施加在相应的回路中。输入激励量在动作值上/下两倍给定误差以内，见表 D.2。如适用，辅助激励量应为额定值。

表 D.2　电磁兼容试验中的输入模拟量示例

状态	对于暂态性电磁现象：1 MHz 脉冲群、静电放电、快速瞬变脉冲群和浪涌	对于永久性电磁现象：射频场辐射骚扰和传导骚扰
释放状态 （如图 D.1 所示）	选择适当的输入模拟量使处于“TP 释放状态”；然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中设备不应发出动作信号[c]	选择适当的输入模拟量使处于“TP 释放状态”；然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中设备不应发出动作信号[c]
动作状态 （如图 D.1 所示）	调整输入模拟量使由“TP 释放状态”转换为“TP 动作状态”。此时设备应发出动作信号；[a,b,c] 然后进行电磁兼容试验，并检验在试验过程中动作信号应一直保持[a,b,d]	在试验所规定的每个频点上，调整输入模拟量使由“TP 释放状态”切换至“TP 动作状态”； 检验在试验过程中动作信号应一直保持[c]

[a] 对静电放电试验没有强制要求，见 GB/T 14598.26—2025。
[b] 对浪涌试验没有强制要求，见 GB/T 14598.26—2025。
[c] 此要求仅针对延时动作信号，不适用于瞬时动作信号。
[d] 某些设备可能含有闭锁逻辑，在电流激励量一直保持的情况下，达到设定的延时时间后会使动作信号复位。在这种情况下，使测试周期短于闭锁延时时间。



[a] 过电流或过电压保护典型点/释放典型点与图示相同。相反，对于欠电流或欠电压保护，则将“动作”和“释放”调换。
[b] $acc(I_s)$=激励量为 I_s 时的允许准确度，例如 $acc(I_s)=5\%$ 在 $I_s=1$ A 时。在这种情况下：TP=1 A；TP^+=1.05 A；TP^-=0.95 A；TP 动作值=1.1 A；TP 释放值=0.9 A。

图 D.1　动作状态、转换状态、释放状态的定义

D.2.5　延时时间

被试设备的延时时间应整定为实际应用中所规定范围的最小值。

参 考 文 献

[1] GB/T 17626(所有部分) 电磁兼容 试验和测量技术