

ICS 29.120.40

CCS K 31



团 标 准

T/CEATEC XXX-2025

低壓空氣斷路器短路分斷性能試驗方 法

Test methods for short-circuit breaking performance of low-voltage air
circuit breakers

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验条件	2
4.1 环境条件	2
4.2 试验电源	2
4.3 试验电路	2
4.4 试验连接	2
5 试验设备	3
5.1 设备总体要求	3
5.2 主要设备技术参数	3
5.3 设备校准要求	3
6 试验对象和样品处理	3
6.1 试验对象	3
6.2 样品选取与分组	3
6.3 样品预处理与安装	4
7 试验步骤	4
7.1 试验流程总则	4
7.2 试验准备与预调校	4
7.3 额定运行短路分断能力(I_{cs})试验步骤	4
7.4 额定极限短路分断能力(I_{cu})试验步骤	4
7.5 短时耐受电流(I_{cw})试验步骤	5
8 试验数据处理	5
8.1 数据采集要求	5
8.2 关键参数计算与判定	5
8.3 数据记录与存档	5
9 试验人员	5
9.1 人员资质与职责	5
9.2 安全培训与防护	6
10 试验报告	6

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

低压空气断路器短路分断性能试验方法

1 范围

本文件规定了低压空气断路器短路分断性能的试验条件、试验设备、试验对象、样品处理、试验步骤、试验数据处理、试验人员和试验报告。

本文件适用于额定电压不超过1000 V AC或1500 V DC的低压空气断路器的短路分断性能试验。

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 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 2900.20 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 10963.1 电气附件 家用及类似场所用过电流保护断路器 第1部分：用于交流的断路器

GB/T 14048.2 低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器

GB/T 15289 数字存储示波器通用规范

GB/T 19001 质量管理体系 要求

GB/T 22071.1 互感器试验导则 第1部分：电流互感器

GB/T 22071.2 互感器试验导则 第2部分：电磁式电压互感器

GB/T 43343 高压绝缘电阻表

3 术语和定义

GB/T 14048.2和GB/T 2900.20界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

短路分断能力 short-circuit breaking capacity

断路器在规定的条件下能够成功分断的预期短路电流值，以千安（kA）表示。

3.2

额定运行短路分断能力 rated service short-circuit breaking capacity (I_{cs})

断路器在规定的条件下能够分断的短路电流值，该分断后断路器继续承载其额定电流的能力。

3.3

额定极限短路分断能力 rated ultimate short-circuit breaking capacity (I_{cu})

断路器在规定的条件下能够分断的短路电流值，该分断后不要求断路器继续承载电流。

3.4

功率因数 power factor

短路试验回路中电压与电流的相位差余弦值，反映回路感性负载的影响程度，直接影响短路电流的峰值和分断难度。

3.5

燃弧时间 arcing time

从断路器主触头开始分离、电弧产生的瞬间到电弧完全熄灭的时间。

3.6

分断时间 breaking time

从短路电流开始上升的瞬间到断路器电弧完全熄灭、主触头间恢复绝缘能力的总时间，包括燃弧时间和预击穿时间。

4 试验条件**4.1 环境条件**

4.1.1 试验应在下列标准环境条件下进行：

- a) 环境温度：15°C～35°C；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

4.1.2 试验环境应无严重影响试验结果的振动、冲击、爆炸危险、腐蚀性介质、电磁干扰及其他有害因素。

4.2 试验电源

试验电源应满足以下要求：

- a) 电源频率：50 Hz±0.5 Hz 或 60 Hz±0.5 Hz；
- b) 电压波形：总谐波失真度不超过 5%；
- c) 电源容量：应能保证在试验过程中电压波动不超过规定值的±5%。

4.3 试验电路

试验电路应包括电源、阻抗调节装置、被试断路器和记录设备。试验电路应符合GB/T 14048.2规定的基本要求。

试验电路的功率因数应符合表1规定，其测量方法应按照GB/T 14048.2进行。

表1 试验电路特性参数

预期短路电流 (kA)	功率因数范围	相应时间常数 (ms)
$I \leq 1.5$	0.95～1.00	1～2
$1.5 < I \leq 3.0$	0.90～0.95	2～4
$3.0 < I \leq 4.5$	0.80～0.90	4～6
$4.5 < I \leq 6.0$	0.70～0.80	6～8
$6.0 < I \leq 10.0$	0.50～0.70	8～12
$10.0 < I \leq 20.0$	0.30～0.50	12～18
$20.0 < I \leq 50.0$	0.25～0.30	18～22
$I > 50.0$	0.20～0.25	22～25

4.4 试验连接

试验连接应模拟实际使用情况，包括导线截面、连接长度和布置方式。主电路的连接导线应采用铜质材料，其截面积应按断路器的额定电流选择，具体符合GB/T 14048.2的规定。

5 试验设备

5.1 设备总体要求

试验设备应符合GB/T 10963.1要求，具备稳定输出短路电流、精确测量试验参数的能力，且所有测量设备需经校准合格，校准证书在有效期内。

5.2 主要设备技术参数

5.2.1 短路试验回路

具体参数如下：

- a) 电流输出范围：0.5 kA~100 kA（有效值），满足不同规格断路器的试验需求；
- b) 电压输出范围：0 V~1200 V AC，可连续调节，纹波系数≤2%；
- c) 短路持续时间：0.01 s~1 s（可设定），确保分断试验完成前电流稳定；
- d) 回路拓扑：采用“电压源-电感-电阻-被试品”串联结构，电感和电阻可调节，以满足不同要求。

5.2.2 测量设备

测量设备的准确度等级和技术参数应符合表2要求，确保试验数据的准确性。

表2 测量设备技术参数要求

设备名称	型号要求	标准依据	准确度等级
电流互感器（CT）	户外式或户内式	GB/T 22071.1	0.2 级
电压互感器（PT）	电磁式	GB/T 22071.2	0.2 级
示波器（OSC）	数字存储式	GB/T 15289	采样率≥1 GS/s，带宽≥100 MHz
绝缘电阻表	数字式	GB/T 43343	1 级
温度记录仪	多路通道	GB/T 2423.1	±0.5°C

5.2.3 控制设备

具体要求如下：

- a) 合闸控制：采用电磁式合闸机构，合闸时间≤50 ms，动作可靠性≥99.9%；
- b) 分断触发：支持手动触发和自动触发两种触发方式；
- c) 安全保护：具备过流保护（动作电流1.2倍额定输出电流）、过压保护（动作电压1.2倍额定输出电压）和紧急停机功能，确保试验安全。

5.3 设备校准要求

设备校准应满足以下要求：

- a) 校准周期：所有测量设备每12个月校准1次，短路试验回路每24个月校准1次；
- b) 校准机构：需具备CNAS认可资质；
- c) 校准项目：
 - 1) CT/PT：比值误差、相位误差；
 - 2) 示波器：采样率、带宽、幅值误差、时间误差；
 - 3) 短路试验回路：输出电流有效值、峰值、电压稳定性。

6 试验对象和样品处理

6.1 试验对象

试验对象应为按正式生产工艺制造的、检验合格的低压空气断路器成品。

6.1.2 试验前应明确样品的额定电流、额定电压、极数、短路分断能力类别等关键参数。

6.2 样品选取与分组

- 6.2.1 应从同一生产批次中随机抽取样品，抽样基数不应少于 10 台，样品数量不应少于 3 台。
 6.2.2 若进行破坏性试验（如 I_{cu} 试验），样品数量应加倍。
 6.2.3 样品应按表 3 进行分组，以确保试验的系统性。

表3 试验样品分组与试验项目对应表

样品组别	样品数量	核心试验项目	试验性质
A 组	1 台	额定运行短路分断能力 (I_{cs})	非破坏性/综合考核
B 组	1 台	额定极限短路分断能力 (I_{cu})	破坏性/极限考核
C 组	1 台	短时耐受电流 (I_{cw})	非破坏性/性能考核
备用组	1 台	出现争议或无效数据时补充试验	备用

6.3 样品预处理与安装

- 6.3.1 样品应在标准试验环境条件下放置不少于 24 小时，以消除非试验应力的影响。
 6.3.2 安装时应使用制造商规定的额定扭矩拧紧接线端子，推荐扭矩值参照表 4。连接导线规格应符合 GB/T 14048.2 中的规定。
 6.3.3 安装状态应模拟实际使用情况，包括安装方位、安装板（轨）类型等。

表4 接线端子推荐紧固扭矩

断路器额定电流 (A)	铜导线标称截面积 (mm^2)	推荐紧固扭矩 (N·m)
$I \leq 63$	6~16	2.0~2.5
$63 < I \leq 250$	35~95	5.0~8.0
$250 < I \leq 630$	120~240	10.0~15.0
$630 < I \leq 1250$	$2 \times (150 \sim 400)$	20.0~30.0

7 试验步骤

7.1 试验流程总则

试验应按照严格的顺序进行：试验准备、预调校、正式试验、试验后检查与数据处理。每个阶段必须在前一阶段的所有要求被确认满足后方可开始。

7.2 试验准备与预调校

- 7.2.1 按第 6 章要求完成样品的选取、预处理与安装。
 7.2.2 依据试验项目 (I_{cs} , I_{cu} , I_{cw}) 和预期电流值，参照表 1 设置试验电路的功率因数与时间常数。
 7.2.3 在不接入样品的情况下，进行空载预合闸，测量并调整试验回路的空载电压和预期短路电流至目标值，其偏差应在 $\pm 5\%$ 以内。

7.3 额定运行短路分断能力 (I_{cs}) 试验步骤

- 7.3.1 将 A 组样品调整至合闸状态。
 7.3.2 执行标准操作程序：0-t-C0-t-C0。
 a) 0（分断操作）：闭合试验回路电源，使样品在短路电流冲击下自动分断；
 b) t（时间间隔）：让样品充分冷却，间隔时间为 $180 \text{ s} \pm 10 \text{ s}$ ；
 c) C0（接通-分断操作）：远程控制将样品合闸于已预设的短路故障上，使其立即分断。
 7.3.3 使用校准后的示波器（符合 GB/T 15289）记录每一次操作的电流波形、电压波形、燃弧时间和分断时间。

7.4 额定极限短路分断能力 (I_{cu}) 试验步骤

- 7.4.1 将 B 组样品调整至合闸状态。
 7.4.2 执行标准操作程序: 0-t-C0。操作定义同 7.3.2。
 7.4.3 记录所有关键参数, 方法同 7.3.3。

7.5 短时耐受电流(Icw)试验步骤

- 7.5.1 将 C 组样品调整至合闸状态。
 7.5.2 闭合试验回路, 施加规定的短时耐受电流(有效值), 持续时间为产品标准规定的 0.5 s 或 1 s。
 7.5.3 在此期间, 监测样品不应发生脱扣或非正常分断。
 7.5.4 记录完整的电流-时间曲线, 以验证电流有效值和持续时间的符合性。

8 试验数据处理

8.1 数据采集要求

- 8.1.1 所有电信号(电流、电压)应使用带宽不低于 100 MHz、采样率不低于 1 GS/s 的数字存储示波器进行采集。
 8.1.2 用于测量的电流互感器(CT)和电压互感器(PT)的准确度等级应不低于 0.2 级。

8.2 关键参数计算与判定

- 8.2.1 分断成功率: 成功完成全部分断操作的次数与总操作次数的百分比。对于 Ics 试验, 成功率应为 100%。
 8.2.2 燃弧时间与分断时间: 应从记录的电流-时间波形中提取。
 8.2.3 功率因数计算: 通过示波器记录的电压与电流波形, 计算相位差 ϕ , 则功率因数 $\cos \phi = \cos(\phi)$ 。

8.3 数据记录与存档

8.3.1 记录参数

试验过程中应记录以下参数:

- a) 预期短路电流;
- b) 恢复电压;
- c) 燃弧时间;
- d) 分断时间;
- e) 电流和电压波形。

表5 试验参数记录表

参数名称	符号	单位	测量方法	准确度要求
试验电压	U	V	在断路器的电源端测量	±1%
试验电流	I	kA	在断路器的进线端测量	±2%
功率因数	$\cos \phi$	—	根据电流电压相位差计算	±0.05
燃弧时间	ta	ms	从电流开始变化到电弧熄灭	±0.1 ms
分断时间	tt	ms	从电流开始到电路完全分断	±0.1 ms

- 8.3.2 电子数据应至少备份两份, 独立存储, 保存期限不少于 10 年, 或符合 GB/T 19001 中关于质量记录的控制要求。

9 试验人员

9.1 人员资质与职责

- 9.1.1 试验团队应由试验负责人、操作员和数据记录员构成。

9.1.2 试验负责人应具备电气工程相关专业中级及以上技术职称，或5年以上从事低压电器检测工作的经验，负责全面指挥、结果判定和报告签发。

9.1.3 操作员应具备低压电工操作证，熟悉试验设备，能准确执行操作规程和应急处理。

9.1.4 数据记录员应经过专业培训，能熟练操作测量仪器，准确记录数据。

9.2 安全培训与防护

9.2.1 所有试验人员每年必须接受一次低压短路试验安全规程和应急预案的培训与考核。

9.2.2 试验期间，人员必须穿戴符合要求的绝缘鞋、绝缘手套和防护眼镜，并在安全屏蔽网后进行操作与观测。

10 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 被试断路器信息：型号、规格、生产厂、序列号；
 - b) 试验依据：本文件编号及相关引用标准；
 - c) 试验条件：环境温度、相对湿度、大气压力；
 - d) 试验电路：电路图、连接方式、导线规格；
 - e) 试验参数：试验电压、试验电流、功率因数、时间常数等；
 - f) 试验结果：每次操作的分断时间、燃弧时间、恢复电压等；
 - g) 试验波形：每次试验的电流和电压波形；
 - h) 试验后验证结果：介电性能、温升、操作性能等；
 - i) 结论：试验合格或不合格；
 - j) 试验人员：试验、审核、批准人员签名；
 - k) 试验日期：试验开始和结束日期；
 - l) 试验机构：试验单位名称和地址。
-