

ICS 29.120.50

CCS K 31

T

团体标准

T/CWDPA XXX—2026

微型断路器可靠性试验方法

Reliability test methods for miniature circuit breakers

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国西部开发促进会 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	1
4.1 环境条件	1
4.2 电源条件	2
4.3 安装条件	2
5 仪器设备	2
5.1 核心试验设备	2
5.2 设备校准与维护	3
6 样品要求	4
6.1 样品数量	4
6.2 样品状态	4
6.3 样品预处理	4
6.4 样品标识	4
7 试验步骤	4
7.1 试验前准备	4
7.2 机械寿命可靠性试验	4
7.3 电气寿命可靠性试验	5
7.4 过载可靠性试验	5
7.5 短路可靠性试验	6
7.6 环境适应性可靠性试验	6
7.7 绝缘可靠性试验	7
7.8 操作可靠性试验	7
8 数据处理	7
8.1 数据整理	7
8.2 数据计算	7
8.3 数据修正	8
8.4 数据结果分析	8
8.5 数据存档	8
9 试验报告	8
9.1 报告格式	8
9.2 报告内容	8

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。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

微型断路器可靠性试验方法

1 范围

本文件规定了微型断路器可靠性试验的试验条件、仪器设备、样品要求、试验步骤、数据处理、试验报告。

本文件适用于各类微型断路器的可靠性试验。

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 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案

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 10963.2 电气附件 家用及类似场所用过电流保护断路器 第2部分：用于交流和直流的断路器

GB/T 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则

3 术语和定义

GB/T 10963.1、GB/T 10963.2、GB/T 5080.7界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微型断路器 miniature circuit breaker

额定电流不超过63A，具有过载和短路保护功能，可手动操作、不可拆卸的小型断路器。

3.2

失效 failure

断路器丧失规定功能，或性能指标超出本文件及产品标准规定限值的状态，分为相关失效和非相关失效。

3.3

相关失效 relevant failure

由断路器自身设计、材料、制造工艺等内部原因导致的失效，应计入可靠性统计。

3.4

非相关失效 non-relevant failure

由试验设备故障、供电异常、操作失误、外部干扰等非断路器自身原因造成的失效，不计入可靠性统计。

4 试验条件

4.1 环境条件

试验环境应符合以下规定：

- a) 环境温度：(23±5)℃，试验过程中温度波动不超过±2℃；
- b) 相对湿度：(45~75)%RH，无凝露；
- c) 大气压力：(86~106)kPa（相当于海拔0~2000m，若海拔超过2000m，按GB/T 14048.1的要求进行修正）；
- d) 试验场地：无明显振动、无电磁干扰、无腐蚀性气体，周围无易燃易爆物品，通风良好，噪音控制在60dB以下。

4.2 电源条件

4.2.1 交流试验电源

正弦交流电，频率(50±1)Hz，电压波动不超过±1%，波形失真度≤3%；

4.2.2 直流试验电源

纹波系数不超过5%，电压调节精度不低于0.5级。

4.3 安装条件

垂直安装（面板与水平面夹角90°±2°），铜质导线截面积、端子紧固扭矩符合表1，断路器水平间距≥10mm，与障碍物垂直间距≥20mm。

表1 接线导线截面积及端子紧固扭矩要求

额定电流 I_n (A)	导线截面积 (mm ²)	紧固扭矩 (N·m)	螺栓规格
6~16	2.5	1.2±0.06	M4
20~32	4	1.2±0.06	M4
40~63	6	1.5±0.075	M5
80~125	10/16	2.0±0.1	M6

5 仪器设备

5.1 核心试验设备

试验设备应符合GB/T 14048.1、GB/T 10963.1的规定，本试验所需主要仪器设备、用途、技术参数及参考标准如表2所示。

表2 仪器设备要求

设备名称	技术参数要求
交流试验电源	电压范围：0~500V，连续可调
	频率：50Hz，波动不超过±1%
	额定电流：0~200A，可扩展至500A
	波形失真度：≤3%
	保护功能：过流、过压、过热保护
直流试验电源	电压范围：0~2000V，连续可调
	额定电流：0~100A
	纹波系数：≤5%
	保护功能：过流、过压、反接保护
大电流发生器	输出电流：0~100kA，连续可调
	电流波形：正弦波，波前时间符合GB/T 10963.1要求
	工作方式：单次、连续触发

	测量精度：±1%
操作机构试验机	操作频率：1~30 次/min，连续可调
	操作行程：0~50mm，可调
	操作力：0~500N，可调
	计数精度：±1 次
	可实现自动合闸、分闸循环操作
温度测量仪	测量范围：-50~200℃
	精度：±0.1℃
	传感器类型：热电偶（K 型）
	可实时记录、存储温度数据
绝缘电阻测试仪	测试电压：250V、500V、1000V，可选择
	测量范围：0~10 ¹² Ω
	精度：±2%
	具备过载保护功能
耐压试验仪	输出电压：0~5000V，连续可调
	试验电流：0~100mA
	耐压时间：0~999s，可调
	具备击穿报警功能
接触电阻测试仪	测量范围：0~1000 μ Ω
	测试电流：1~10A，可调
	精度：±1%
	可实时显示测量数据
数据采集系统	采样频率：1~1000Hz，可调
	数据存储容量：不小于 100GB
	可导出数据格式：Excel、CSV
	具备数据异常报警功能
高低温试验箱	温度范围：-40~85℃
	温度波动：±0.5℃
	温度均匀度：±2℃
	工作室容积：不小于 0.1m ³
湿热试验箱	温度范围：0~85℃
	相对湿度：20%~98RH
	温度波动：±0.5℃
	湿度波动：±3RH

5.2 设备校准与维护

5.2.1 设备校准

试验设备应送具备资质的校准机构进行校准，校准项目包括电压、电流、温度、时间、操作力等关键参数，校准周期不超过1年，校准合格后方可使用，校准证书应归档保存。

5.2.2 设备维护

试验设备应进行维护保养，包括清洁、检查、紧固、润滑等，每周至少检查1次设备的运行状态，每月进行1次全面维护，每年进行1次大修，确保设备性能稳定。

5.2.3 维护记录

设备维护保养应做好记录，包括维护时间、维护内容、维护人员、设备运行状态等，记录应归档保存，保存期限不低于3年。

6 样品要求

6.1 样品数量

每种规格、每种型号的断路器，样品数量不少于5台，其中3台用于可靠性试验，2台作为备用样品（当试验过程中样品出现不可逆故障时，用备用样品替换）。

6.2 样品状态

应满足以下要求：

a) 样品应符合产品设计要求，外观无损伤、无变形、无锈蚀，零部件齐全、紧固，操作机构灵活，无卡滞现象；

b) 样品应经过出厂检验合格，且在有效期内，其额定参数（额定电压、额定电流、脱扣类型、分断能力等）应明确标注；

c) 样品材质、结构应符合相关产品标准，气密度、机械强度等指标满足设计要求。

6.3 样品预处理

应满足以下要求：

a) 试验前，将样品置于试验环境中静置24h，使样品温度与环境温度一致；

b) 对样品进行3次手动合闸、分闸操作，检查操作机构的灵活性，确保样品处于正常工作状态；

c) 样品应保持干燥，无油污、灰尘等污染物，存放期限不超过产品保质期。

6.4 样品标识

对样品进行唯一标识，标注样品编号、型号、规格、额定参数、生产批号、试验日期等信息，避免样品混淆，标识应清晰、牢固，不易脱落。

7 试验步骤

7.1 试验前准备

应按照以下步骤进行：

a) 检查试验场地、设备符合本文件4、5章要求，设备空载试运行正常；

b) 样品预处理后完成初始性能检测，按4.3安装接线，紧固扭矩符合表1；

c) 调试设备并设置试验参数，准备试验记录表格，确认无误后启动试验。

7.2 机械寿命可靠性试验

7.2.1 试验目的

验证断路器在无负载条件下长期合、分闸操作的可靠性，测定机械寿命及平均无故障工作次数。

7.2.2 试验条件

试验应在无负载状态下进行：

a) 操作频率为 (10 ± 2) 次/min，采用自动循环合闸、分闸方式，合闸时间与分闸时间均不应小于0.5s，操作行程应满足产品设计要求；

b) 试验次数不应少于10000次，试验期间若无故障，可延长至20000次。

7.2.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 将预处理后的样品安装于操作机构试验机，调整行程与操作力；
- b) 启动设备，设置参数并开始试验；
- c) 每1000次操作停机检查操作机构、触头及外壳状态；
- d) 出现故障立即停机并记录；
- e) 试验结束后拆卸样品，检查磨损情况，测量接触电阻并与初始值对比。

7.2.4 数据记录

实时记录操作次数、频率及故障情况，每1000次记录接触电阻、操作力。

7.3 电气寿命可靠性试验

7.3.1 试验目的

验证断路器在额定负载下长期合、分闸操作的可靠性，测定电气寿命及平均无故障工作次数。

7.3.2 试验条件

应在以下条件下进行：

- a) 电源为额定电压，交流频率（ 50 ± 1 ）Hz，直流纹波系数不大于5%；
- b) 负载为额定电流，功率因数0.8（感性）；
- c) 操作频率（ 5 ± 1 ）次/min，合闸、分闸时间均不小于1s；
- d) 试验次数不小于1000次，试验过程无故障可延长至2000次。

7.3.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 安装样品并正确接线；
- b) 接通电源，调节至额定电流并稳定5min；
- c) 启动试验机，每100次操作停机检查温升、触头及绝缘状况；
- d) 出现故障断电停机记录；
- e) 试验结束后检查样品，测量接触电阻、绝缘电阻并对比初始值。

7.3.4 数据记录

实时记录操作、电气参数、温升及故障情况，每100次记录完整数据。

7.4 过载可靠性试验

7.4.1 试验目的

验证断路器过载条件下持续工作可靠性及过载保护稳定性。

7.4.2 试验条件

电源为额定电压，按表3规定分级施加过载电流，每级试验持续时间为100h，端子温升不应超过60K。

表3 过载电流等级及试验要求

过载电流倍数（ I/I_n ）	试验持续时间（h）	脱扣要求（参考 GB/T 10963.1）	适用脱扣类型
1.13	100	不脱扣，持续工作	B型、C型、D型
1.45	100	脱扣时间：1h~2h	B型、C型、D型
2.55	100	脱扣时间：2min~10min	B型、C型、D型
4.5	100	脱扣时间：0.1s~1s	B型、C型、D型

7.4.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 安装样品，布置温度传感器；
- b) 调节电流至 $1.13I_n$ ，稳定后记录初始温升；

- c) 每10h检测温升、接触电阻、绝缘电阻，脱扣后重新合闸；
- d) 依次完成各等级试验，出现故障立即断电并记录。

7.4.4 数据记录

实时记录电流、电压、温升、时间、脱扣及故障情况，每10h记录完整数据。

7.5 短路可靠性试验

7.5.1 试验目的

验证断路器短路分断可靠性及短路保护功能稳定性，测定短路分断能力。

7.5.2 试验条件

电源为额定电压，交流频率（ 50 ± 1 ）Hz，按表4规定设定短路电流，每个电流等级试验次数为10次，采用O-CO-CO操作循环，分闸后间隔时间为3min，合闸后间隔时间为1min。

表4 短路电流等级及试验要求

短路电流倍数 (I_{sc}/I_n)	试验次数 (次)	分断要求 (参考 GB/T 10963.1)	额定分断能力等级
10	10	可靠分断，无故障	B型 ($I_n \leq 63A$)
15	10	可靠分断，无故障	C型 ($I_n \leq 63A$)
20	10	可靠分断，无故障	D型 ($I_n \leq 63A$)
30	10	可靠分断，允许触头轻微烧蚀，但不影响功能	高分断型 ($I_{cu} \geq 10kA$)

7.5.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 安装样品，连接大电流发生器，设定对应短路电流；
- b) 按规定循环试验，记录分断状态；
- c) 每循环后检查并测量参数；完成所有等级试验；最终检查触头及灭弧系统。

7.5.4 数据记录

实时记录短路参数、分断时间、循环次数及故障情况。

7.6 环境适应性可靠性试验

7.6.1 试验目的

验证断路器在低温、湿热环境下工作可靠性及性能稳定性。

7.6.2 试验条件

按表5环境条件试验，每项持续200h；额定电压、额定电流；每24h进行10次合分闸循环，其余时间保持合闸。

表5 环境适应性试验条件

试验类型	环境参数	试验持续时间 (h)	性能要求
低温试验	温度： $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：45~75RH	200	操作灵活，无卡滞；绝缘电阻 $\geq 100M\Omega$ ；温升 $\leq 60K$
高温试验	温度： $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：45~75RH	200	操作灵活，无卡滞；绝缘电阻 $\geq 10M\Omega$ ；温升 $\leq 60K$
湿热试验	温度： $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：93RH ± 3 RH	200	操作灵活，无卡滞；绝缘电阻 $\geq 1M\Omega$ ；无锈蚀、凝露

7.6.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 将样品放入试验箱，接线并布置传感器；
- b) 设定环境参数，稳定后通电试验；
- c) 每24h执行操作循环，每48h检测参数；
- d) 环境波动及时调整；出现故障停机记录；
- e) 单项试验结束后恢复至标准环境，检查并测量参数，依次完成所有环境试验。

7.6.4 数据记录

实时记录环境、电气参数及故障情况，每48h记录完整数据。

7.7 绝缘可靠性试验

7.7.1 试验目的

验证断路器空载、负载及环境试验后绝缘可靠性。

7.7.2 试验条件

试验分为空载、负载后、环境试验后三个阶段：

- a) 绝缘电阻测试电压按额定电压 (U_e) 确定, $U_e \leq 250V$ 时为500V, $250V < U_e \leq 440V$ 时为1000V;
- b) 耐压试验电压为 $2U_e + 1000V$, 持续时间1min, 试验过程中应无击穿、闪络现象

7.7.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 空载试验：样品静置2h, 测绝缘电阻并进行耐压试验；
- b) 负载后试验：完成电气/过载试验冷却后重复测试；
- c) 环境后试验：完成环境试验恢复后重复测试；

注：任一阶段不合格即判定绝缘失效。

7.7.4 数据记录

记录测试电压、绝缘电阻、耐压时间及故障情况, 各阶段完整记录并对比。

7.8 操作可靠性试验

7.8.1 试验目的

验证断路器在不同环境、工况下手动及自动操作可靠性。

7.8.2 试验条件

应在以下条件下进行：

- a) 环境条件分为常温、 $-25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、 $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 三种；
- b) 试验工况分为空载、额定负载两种；
- c) 操作方式分手动和自动, 手动操作频率为1次/min, 自动操作频率为 (10 ± 2) 次/min;
- d) 每种环境条件、每种试验工况下, 操作次数均不应少于100次

7.8.3 操作步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 常温空载：静置2h, 手动、自动各操作100次并检查；
- b) 常温负载：加额定电流稳定后重复操作；
- c) 低温/高温：样品在对应温度下静置24h, 重复空载、负载操作；
- d) 出现故障停机记录, 修复后累计完成次数。

7.8.4 数据记录

记录操作方式、次数、环境、工况及故障情况, 每20次记录操作灵活性。

8 数据处理

8.1 数据整理

对试验过程中记录的所有数据进行整理：

- a) 按试验项目（机械寿命、电气寿命、过载等）、样品编号、试验条件、试验时间等维度进行归档, 剔除无效数据（如因设备故障、操作失误导致的异常数据），标注无效数据的剔除原因；
- b) 整理后的数据应清晰、规范, 包括原始数据、测量数据、故障数据、环境参数数据等, 原始记录需保留完整, 不得随意涂改, 若需修改, 应注明修改原因、修改时间及修改人员。

8.2 数据计算

10.2.1 平均无故障工作时间 (MTBF) 计算

根据试验过程中记录的故障次数和累计工作时间, 按公式 (1) 计算MTBF, 单位为小时 (h)。

$$MTBF = \frac{T}{n} \quad (1)$$

式中：

T——所有样品的累计工作时间(h)，包括试验过程中的持续工作时间、操作循环对应的工作时间；
n——试验过程中出现的总故障次数（不包括备用样品替换后产生的故障次数，备用样品故障单独记录）。

10.2.2 机械寿命、电气寿命计算

以样品出现首次故障时的操作次数作为该样品的机械寿命或电气寿命。若样品完成规定试验次数未出现故障，以规定试验次数作为其寿命值，同型号、同规格样品的寿命取所有试验样品的平均值，保留整数。

10.2.3 绝缘电阻、温升、接触电阻等参数计算

对同一样品、同一试验阶段的多次测量数据，取算术平均值作为最终测量结果，保留两位小数；温升数据应扣除环境温度，计算实际温升值，单位为K。

10.2.4 故障发生率计算

按公式（2）计算故障发生率，单位为次/1000h或次/1000次（根据试验项目选择）。

$$\text{故障发生率} = \frac{\text{故障次数}}{\text{累计工作时间或累计操作次数}} \times 1000 \quad (2)$$

8.3 数据修正

10.3.1 若试验过程中环境参数（温度、湿度、大气压力）出现轻微波动，且波动范围在允许范围内，对测量数据进行修正，修正方法参考GB/T 14048.1、GB/T 22200.4的相关规定。

10.3.2 若试验过程中出现设备校准偏差，导致数据异常，需根据校准证书的修正值对数据进行调整，标注修正依据和修正过程。

8.4 数据结果分析

对比试验数据与相关国家标准、产品设计要求，分析数据变化规律，判断样品的可靠性水平；
针对异常数据、故障数据，分析故障原因，提出改进建议；
整理数据结果，形成数据汇总表，明确各项参数的合格情况。

8.5 数据存档

试验原始记录、数据处理结果、失效分析报告等，电子化（PDF格式）和纸质化存档，保存至少5年，包含试验、审核、批准人员签字，确保可追溯。

9 试验报告

9.1 报告格式

包含封面、扉页、正文、附录，封面标注报告编号、试验项目、样品信息、委托/试验单位、试验/报告日期，扉页应标注审核、批准人员及签字日期、试验单位资质信息。

9.2 报告内容

应至少包含以下内容：

- a) 试验基本信息：报告编号、样品型号规格、额定参数、制造商、批号、样品数量、试验类型、试验日期及人员；
- b) 试验依据与条件：本文件及相关标准编号、环境条件、电源条件、仪器设备名称及校准状态；
- c) 试验过程与数据：试验步骤、各项目原始数据、统计结果、失效样品信息（编号、失效模式、失效时间）；
- d) 数据处理与可靠性指标：数据筛选过程、计算公式、指标计算结果；
- e) 试验结论：明确样品是否符合本文件要求，说明失效原因及改进建议。