ICS 29.120.50
CCS K 43

T/CS

团　　体　　标　　准

T/CS 100—2025

混合型直流限流断路器技术规范

Technical specification for hybrid DC current-limiting circuit breaker

2025－08－06 发布　　2025－08－06 实施

中国商品学会　　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　正常和特殊使用条件 1
5　额定值 1
6　设计与结构 2
7　型式检验 3
8　出厂检验 5
9　运输和贮存 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。

本文件由武汉杭久电气有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：武汉杭久电气有限公司、武汉电源学会、武汉羿变电气有限公司。

本文件主要起草人：盖忠伟、雷元林、魏彦、周一波、段三丁。

混合型直流限流断路器技术规范

1 范围

本文件规定了混合型直流限流断路器的正常和特殊使用条件、额定值、设计与结构、型式检验、出厂检验、运输和贮存。

本文件适用于混合型直流限流断路器（以下简称“断路器”）的生产和检验。

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 1984—2024 高压交流断路器

GB/T 2900.20 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 11022—2020 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 13498 高压直流输电术语

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求

GB/T 20990.1—2020 高压直流输电晶闸管阀 第 1 部分：电气试验

GB/T 38328—2019 柔性直流系统用高压直流断路器的共用技术要求

NB/T 10441—2020 混合式高压直流断路器

3 术语和定义

GB/T 2900.20、GB/T 1984—2024、GB/T 13498 和 GB/T 38328—2019 界定的术语和定义适用于本文件。

4 正常和特殊使用条件

应符合 GB/T 11022—2020 的第 4 章关于户内开关设备和控制设备的使用条件。不同的元件可参照其相关标准，但任一元件均不应在符合其他元件的运行条件而处于该元件额定性能以外的条件下使用。

5 额定值

5.1 断路器的额定值应从下列各项中选取（适用的）：

a) 额定直流电压；

b) 额定绝缘水平；

c) 额定直流电流；

d) 最大持续运行电流；

e) 截断时间；

f) 辅助和控制回路的额定电源电压；

g) 辅助和控制回路的额定电源频率；

h) 绝缘和/或开合用的额定充入水平；

i） 无线电干扰电压水平（RIV）。

注：组成断路器的元件可以有符合其相关标准的其他独立的额定值。

5.2 各额定值宜从 NB/T 10441—2020 第 5 章的推荐值中选取。

6 设计与结构

6.1 系统原理

6.1.1 断路器主要由负荷开关、混合型限流开关组成，其中混合型限流开关由高速触头机构、电力电子关断电路及检测控制电路等组成。

6.1.2 正常状态时电流从高速触头机构上流过，通流损耗小，短路故障时高速触头机构在 200 us 内快速分离，电流转移到电力电子关断电路上并关断短路电流，实现无弧分断。

6.1.3 系统原理如图 1 所示。

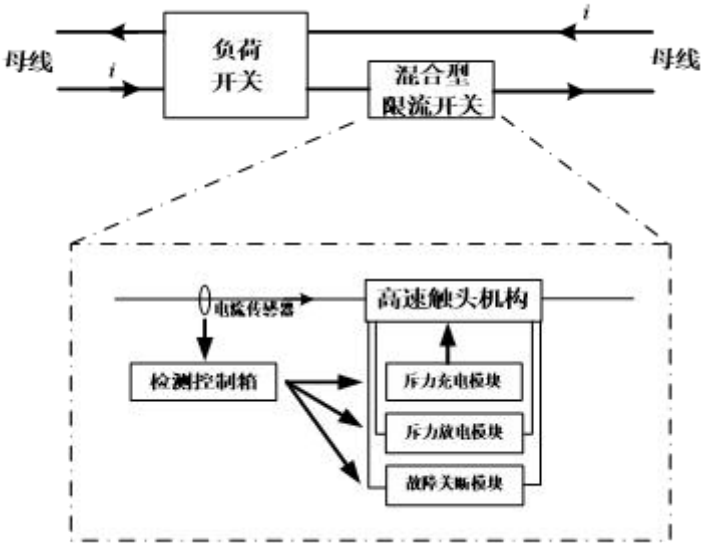


图 1 系统原理框图

6.1.4 在系统正常工作（1 000 A 以下）时，可通过负荷开关面板上的按钮进行手动分合闸（额定关断）操作。

6.1.5 在系统过载（1 000 A～3 000 A）时，由负荷开关进行过载电流分断。

6.1.6 在系统短路（大于 3 000 A）时，先由混合型限流开关分断电流，负荷开关再分闸进行电气隔离，混合型限流开关合闸复位。

6.2 端子机械负荷

接线载荷应满足实际工况的要求。

6.3 辅助和控制设备

除应符合 GB/T 38328—2019 中 6.6 的规定外，还应符合以下要求：

a） 通过高电位触发与监控单元实现电力电子元件的控制和状态监测，并将状态信息通过地电位光电转换设备回报给控制保护装置；

b） 具备过电流保护、组部件冗余保护以及辅助系统保护；

c） 具备系统电流、电压测量功能和录波功能。

6.4 快速机械隔离开关装置

6.4.1 应具备分合能力，分合的间隔时间应满足断路器的重合闸要求。

6.4.2 分闸时间宜小于 5 ms。对于多断口串联的快速机械隔离开关装置，各串联断口分闸不同期性应小于分闸时间的 20%。

6.5 供能设备

6.5.1 供能设备应具备取能状态监测功能，以确保当取能设备发生异常时向断路器控制保护装置发送报警信号。

6.5.2 供能设备应具备不间断工作的能力。

7 型式检验

7.1 总则

7.1.1 应符合 GB/T 38328—2019 中 7.1 的规定。

7.1.2 应在典型的、完整的断路器上，根据其中包含的组件和内部连接线的各相关标准对其进行检验，若这些组件和内部连接线已按其各自的产品标准通过了型式检验，且与本文件中规定施加的试验条件一致，则其组件与内部连接线不要求进行重复检验。

7.1.3 型式检验项目见表 1，整个型式检验过程不允许检修。

表 1 型式检验项目

项目	章条号
绝缘试验	7.2
主回路电阻的测量	7.3
最大持续运行直流电流试验	7.4
短时耐受电流试验	7.5
防护等级验证	7.6
电磁兼容性（EMC）试验	7.7
常温下的机械操作试验	7.8
端子静负荷试验	7.9
关合和开断试验	7.10
真空灭弧室的 X 射线程序	7.11

7.1.4 型式检验期间及检验后半导体器件故障率判定如下：

a) 若任何一项型式检验后，发生短路的半导体器件数大于试品半导体器件总数的 1%，则认为断路器未通过该项型式检验；

b) 若在整个型式检验期间，短路的半导体器件数量累计大于试品半导体器件总数的 3%，则认为试品未通过整体型式检验；

c) 每项型式检验后，都应检查试品，以判断是否有半导体器件发生短路。在进一步检验前，型式检验中或检验后发现的故障半导体器件或辅助元件可以更换；

d) 完成全部检验程序后，断路器应进行半导体器件耐受电压、门控电路、监测电路、作为整体一部分的所有保护电路和均压电路的检查；

e) 检查期间，发生的半导体器件短路应作为上面定义的验收准则的一部分计算。除了短路的半导体器件之外，在型式检验中和后期的检查中发生的、未导致半导体器件短路后果的故障半导体器件总数，不应超过一个断路器半导体器件总数的 3%。若这样的半导体器件总数超过了 3%，在购买方与供货方达成一致的情况下，对故障的性质及其成因进行复查并采取措施，按未通过整体型式检验处理；

f) 用百分比准则来决定允许的短路半导体器件最大数目和允许的未导致短路的故障半导体器件最大数目，向上取整数，型式检验中在不影响正常操作的情况下允许损坏的半导体器件数量按表 2 执行。

表 2 型式试验中在不影响正常操作的情况下允许损坏的半导体器件数量

受试断路器半导体器件总数/个	在任何单项型式试验中允许出现的短路半导体器件数/个	在全部型式试验中允许出现的半导体器件短路的总数/个	在全部型式试验中其他的未导致短路的故障半导体器件数/个
33 及以下	1	1	1
34～66	1	2	2
67～100	1	3	3
100 以上	总数的 1% 向上取整	总数的 3% 向上取整	总数的 3% 向上取整

7.2 绝缘试验

7.2.1 试验时周围的大气条件

按 GB/T 38328—2019 中 7.2.1 的规定进行。

7.2.2 雷电冲击耐压试验

7.2.2.1 按 GB/T 38328—2019 中 7.2.2 的规定进行。

7.2.2.2 试验期间，供能设备处于工作状态。主通流支路或转移支路的电力电子阀组在进行端间绝缘试验时的避雷器（如有）仅装设避雷器外套，或断开避雷器连接，拆除非线性电阻器（如有）。试验用两种极性的雷电冲击电压分别进行。

7.2.2.3 若试验条件受限，可采用分部试验代替整体试验。

7.2.3 操作冲击耐压试验

7.2.3.1 按 GB/T 38328—2019 中 7.2.3 的规定进行。

7.2.3.2 试验期间，供能设备处于工作状态。主通流支路或转移支路的电力电子阀组在进行端间绝缘试验时的避雷器（如有）仅装设避雷器外套，或断开避雷器连接，拆除非线性电阻器（如有）。

注：对试验时间有特殊要求时，由供需双方协商确定。试验用两种极性的操作冲击电压分别进行。

7.2.3.3 若试验条件受限，可采用分部试验代替整体试验。

7.3 主回路电阻的测量

按 GB/T 38328—2019 中 7.4 的规定进行。

7.4 最大持续运行直流电流试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.5 的规定进行，冗余的半导体器件不应短路，试验过程中不允许发生部件损坏或者失效，整个过程中半导体器件（如有）的结温不超过 120 ℃。

7.5 短时耐受电流试验

7.5.1 按 GB/T 38328—2019 中 7.6 的规定进行。试品的主通流支路应与实际工况安装一致，试验前应达到热平衡(在 5 min 内出阀冷却介质温度变化不超过 1 K)。

7.5.2 试验完成后不应发生部件损坏或失效，冗余的半导体器件不应被短路。

7.6 防护等级验证

按 GB/T 38328—2019 中 7.7 的规定进行。

7.7 电磁兼容性（EMC）试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.9 的规定进行。

7.8 常温下的机械操作试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.10 的规定进行。试验可对完整的快速机械隔离开关装置单独进行。

7.9 端子静负载试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.11 的规定进行。

7.10 关合和开断试验

7.10.1 试验条件

按 GB/T 38328—2019 中 7.12 的规定进行。若为双向直流断路器，则每个方向各进行 3 次。对于在单一支路上进行的试验，冗余的半导体器件应被短路；对于在整个断路器上进行的试验，冗余的半导体器件不应被短路。

7.10.2 关合试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.12.2 的规定进行。增加额定短路关合电流试验，试验后数据记录补充如下：

a) 关合时间；
b) 合闸时间；
c) 额定关合电流；
d) 额定短路关合电流。

7.10.3 开断试验

按 GB/T 38328—2019 中 7.12.3 的规定进行。试验电流的允许公差如下：

a) 额定直流电流：±20%；
b) 5% 的额定直流电流：±20%；
c) 30% 的额定截断电流：±20%；
d) 60% 的额定截断电流：±10%；
e) 100% 的额定截断电流：0%～5%。

7.10.4 重合闸试验

断路器开断短路故障后，经过约定的时间自动重合闸，但所在线路故障未消除，应具备再次开断短路电流的能力。按 NB/T 10441—2020 中 7.12.4 的规定进行。

7.11 真空灭弧室的 X 射线试验程序

按 GB/T 38328—2019 中 7.13 的规定进行。

8 出厂检验

8.1 总则

8.1.1 出厂检验应由制造厂对每台成品进行。经与用户协商，可在现场进行。

8.1.2 断路器在运输前不完成总装的，应对所有的运输单元单独进行试验。产品出厂应附有出厂试验报告。

8.1.3 各组件应符合各自标准要求，并按这些要求进行检验。

8.2 主回路的绝缘试验

8.2.1 雷电冲击电压试验

8.2.1.1 按 GB/T 11022—2020 中 7.2.7.3 和 7.2.8.4 的规定进行。

8.2.1.2 开断装置处于合闸位置时，在端子和地之间施加对地雷电冲击耐受电压；开断装置处于分闸位置时，在端子间施加断口间雷电冲击耐受电压。

注：试验时，断开能量吸收支路的避雷器连接。

8.2.2 直流耐受电压试验

按 GB/T 16927.1—2011 中第 5 章以及 GB/T 20990.1—2020 中 8.3.1 的规定进行。

8.3 辅助和控制回路试验

按 GB/T 11022—2020 中 7.3 的规定进行。

8.4 主回路电阻的测量

适用于主通流支路的机械开关，按 GB/T 11022—2020 中 7.4 的规定进行。

8.5 设计和外观检查

按 GB/T 1984—2024 中 9.6 的规定进行。

8.6 机械操作试验

按 GB/T 1984—2024 中 8.101 的规定进行。（适用时）

9 运输和贮存

9.1 如果在运输、储存和安装时不能保证订货单中规定的使用条件(温度和湿度)，制造厂和用户应就此达成专门的协议。为了在运输、储存和安装中以及在带电前对绝缘进行保护，以防由于雨、雪或凝露等而吸潮，宜采取特殊的预防措施。运输中的振动也应予以考虑。这些应由制造厂给以适当的说明。

9.2 根据用户的要求，用于维护的需要长期储存的部件，制造厂应给出特殊包装的建议。