

船用低压空气断路器

本标准参照采用 IEC 92《船舶电气设备》以及 IEC947—2(1989 年)《低压开关设备和控制设备 第二部分:断路器》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了船用低压空气断路器(以下称断路器)的分类、技术要求、试验方法和检验规则等。

本标准适用于直流、交流 50Hz 或 60Hz、额定电压 1000V 及以下的船用低压空气断路器,包括带熔断器的断路器。

2 引用标准

GB 998	低压电器基本试验方法
GB 1497	低压电器基本标准
GB 2423.4	电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db: 交变湿热试验方法
GB 2423.16	电工电子产品基本环境试验规程 试验 J: 长霉试验方法
GB 2423.17	电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka: 盐雾试验方法
GB 2900.1	电工名词术语 基本名词术语
GB 2900.18	电工名词术语 低压电器
GB 3321	船舶交流电力系统短路计算
GB 3783	船用低压电器基本标准
GB 4026	电器接线端子的识别和用字母数字符号标志接线端子的通则
GB 4205	控制电气设备的操作标准运动的方向
GB 7094	船用电气设备振动(正弦)试验方法
JB 1284	低压断路器
JB 4013.1	控制电路电器和开关元件的一般要求

3 名词、术语、符号、代号

3.1 名词、术语

除下列名词、术语外,本标准还引用 GB 2900.1、GB 2900.18、GB 1497、GB 3783 和 JB 1284 中与本标准有关的名词、术语和定义。

3.1.1 带熔断器断路器

integrally—fused circuit—breaker

由断路器和熔断器组合而成的一种单一的电器,其每一相均由一个熔断器和断路器的一极串联而成。

3.1.2 插入式断路器

plug—in circuit—breaker

除了分断触头外,还具有一组插入式触头,以方便断路器装、卸的一种断路器。

3.1.3 抽屉式断路器

withdrawable circuit—breaker

是插入式断路器的一种，除了分断触头外，还具有一组隔离触头，在抽出位置时，该触头能使断路器与主电路脱开，并保证得到规定要求的隔离距离。抽屉式断路器一般有接通、试验、隔离（抽出）三个位置。

3.1.4 塑料外壳式断路器

moulded case circuit—breaker

具有一个用模压绝缘材料制成的外壳将所有构件组装成一整体的断路器。

3.1.5 框架式断路器

frame circuit—breaker

以具有绝缘衬垫的框架结构底座将所有构件组装成一整体，并具有多种结构变化方式、用途的断路器。

3.1.6 空气断路器

air circuit—breaker

触头在自由空气中断开或闭合的一种断路器。

3.1.7 极限短路分断能力

ultimate short—circuit breaking capacity

指规定条件下的分断能力，按规定的试验顺序后，不考虑断路器继续承载它的额定电流。

3.1.8 运行短路分断能力

service short—circuit breaking capacity

指规定条件下的分断能力，按规定的试验顺序后，须考虑断路器继续承载其额定电流。

3.1.9 约定脱扣电流

conventional tripping current

在约定时间内能使继电器或脱扣器动作的规定电流值。

3.1.10 约定不脱扣电流

conventional non—tripping current

在约定时间内能使继电器或脱扣器不动作的规定电流值。

3.1.11 选择性极限电流 (I_S)

Selectivity limit current (I_S)

选择性极限电流是靠近负载端的保护装置的时间—电流特性和其他保护装置的燃弧(对熔断器)或脱扣(对断路器)时间—电流特性的交接配合。

选择性极限电流是一个电流极限值

a. 当低于该值时：

在两个过电流保护装置串联情况下，靠近负载一端的保护装置及时完成它的断开动作，以防止其他保护装置开始动作（即保证了选择性）。

b. 当高于该值时：

在两个过电流保护装置串联情况下，靠近负载端的保护装置不能及时完成它的断开动作以防止其他保护装置开始动作（即选择性不能保证）。

3.1.12 电容器脱扣装置

condenser tripping device

在控制电源电压消失的情况下，通过电容器的放电作用，在规定的一段时间内仍可由分励脱扣器使断路器断开一次的装置。

3.2 符号、代号

3.2.1 符号

本标准中出现的符号：

- U 额定工作电压
 U_i 额定绝缘电压
 U_c 额定控制电路电压
 U_e 额定控制电源电压
 $U_{\text{分}}$ 分断电压(稳态恢复电压)
 I 电流
 I_n 断路器额定电流
 $I_{\text{壳}}$ 断路器壳架等级额定电流
 I_r 脱扣器电流整定值
 I_{Δ} 约定发热电流
 $I_{\Delta\text{壳}}$ 约定封闭发热电流
 I_c 额定短路分断能力(电流)
 I_{cs} 额定运行短路分断能力(电流)
 I_{cn} 额定极限短路分断能力(电流)
 $I_{\text{热}}$ 额定短时耐受电流
 I_p 持续电流
 $I_{\text{工}}$ 额定工作电流
 $I_{\text{选}}$ 组合电器选择性极限电流
 I_g 组合电器交接电流
 I_G 发电机额定电流
 $T_{0.95}$ 电流上升到 95% 稳定值的时间
 T_a 周围空气温度
 Db 交变湿热试验
 CTI 相比漏电起痕指数
 AC 交流
 DC 直流

3.2.2 代号

本标准采用的主要使用类别代号见表 1

表 1

电 流 种 类	使用类别代号	典 型 用 途
AC	AC-14	控制容量(闭合状态下)小于 72VA 的电磁铁负载
	AC-15	控制容量(闭合状态下)大于 72VA 的电磁铁负载
DC	DC-13	控制直流电磁铁负载
	DC-14	控制电路中有经济电阻的直流电磁铁负载
AC 和 DC	A	非选择型保护
	B	选择型保护

4 分类

4.1 按使用类别分:

- A 类(非选择型);
 B 类(选择型)。

4.2 按结构型式分:

框架式;

塑料外壳式(包括带熔断器的塑料外壳式断路器)。

4.3 按操作方式分:

有关人力操作;

无关人力操作;

有关动力操作;

无关动力操作;

储能操作。

4.4 按极数分:

单极;

二极;

三极。

4.5 按是否适合隔离分:

适合隔离;

不适合隔离。

4.6 按是否需要维修分:

需要维修;

不需要维修。

4.7 按安装方式分:

固定式;

插入式;

抽屉式。

4.8 按外壳防护等级分:

按 GB 3783 中 6.7 条表 9 的规定。

5 技术要求

5.1 断路器的特性概述

断路器的特性必须用下列项目来说明:

a. 断路器的型式(见 5.2 条);

b. 主电路的额定值和极限值(见 5.3 条);

c. 使用类别(见 5.4 条);

d. 控制电路(见 5.5 条);

e. 辅助电路(见 5.6 条);

f. 脱扣器(见 5.7 条);

g. 组成的熔断器(带熔断器的断路器)(见 5.8 条);

h. 耐受环境气候和环境机械力的能力(见 5.10 条)。

5.2 断路器的型式

断路器的型式可用下列项目说明:

a. 极数;

b. 电流种类(交流或直流)和额定频率(交流)。

5.3 主电路的额定值和极限值

断路器的额定值按 5.3.1~5.3.5 条的规定,但不必规定全部所列举的额定值。

5.3.1 额定电压

5.3.1.1 额定工作电压 (U_n)

额定工作电压是指与通断能力以及使用类别相关的电压值。

对于单相电路,此电压系指单极断路器的上、下端之间的电压,对于多相电路系指相间电压。

一个电器对应于不同工作制和不同使用类别可以有不同的额定工作电压和额定工作电流的组合。

断路器的额定工作电压可按表 2 的规定选择。

表 2

电 流 种 类	额 定 工 作 电 压 V	额 定 频 率 Hz
AC	(24), (36), (110), 220, 660	50 或 60
	380	50
	440	60
DC	(12), 24, (36), 110, 220, 440, 750	—

注: 带括号的电压值不推荐选用。

5.3.1.2 额定绝缘电压 (U_i)

断路器的额定绝缘电压与介电性能试验,爬电距离有关,任何情况下,最大额定工作电压都不应超过额定绝缘电压。

断路器若未明确规定额定绝缘电压,则可将最大额定工作电压视作额定绝缘电压。

5.3.1.3 额定冲击耐受电压

见 GB 1497 中 5.3.1.3 条。

5.3.2 电流

5.3.2.1 约定发热电流 (I_n)

断路器的约定发热电流是不封闭断路器在自由空气中做温升试验时的最大试验电流值。严格说来 I_n 不是一个额定值,也可不标志在断路器上。

不封闭断路器是指制造厂不提供外壳,或者虽提供外壳,但此外壳是断路器的一个组成部份,一般不用作断路器的防护外壳。

5.3.2.2 约定封闭发热电流 (I_{nc})

见 GB 1497 中 5.5.2.2 条。

5.3.2.3 额定电流

a. 断路器的额定电流 (I_n)

对于断路器来说,额定电流就是过电流脱扣器能长期通过的电流。

b. 断路器的壳架等级额定电流 (I_{max})

断路器的壳架等级额定电流用尺寸和结构相同的框架或塑料外壳中能装的最大脱扣器额定电流表示。

除非产品技术文件另有规定,壳架等级额定电流采用 6, 10, 20, 32, 40, (60), 63, 100, (150), 160, 200, (225), 250, 315, 400, (600), 630, 800, 1000, 1250, (1500), 1600, 2000, (3000), 3150, (3200), 4000, 5000, (6000), 6300, 8000, 10000, 12500A。

注: 不带括号的数值优先采用。

5.3.2.4 过电流脱扣器的电流整定值 (I_r)

过电流脱扣器的电流整定值用电流值或以断路器额定电流 I_n 的倍数表示。

5.3.3 额定频率

除非产品技术文件另有规定,额定频率为 50Hz 或 60Hz

5.3.4 额定工作制、安装类别、污染等级

除产品技术文件另有规定外，断路器的额定工作制为长期工作制，安装类别为Ⅲ，污染等级为3。

5.3.5 短路特性

5.3.5.1 额定短路接通能力 (I_{cn})

额定短路接通能力是指在额定工作电压，规定的频率和功率因数 (AC) 或时间常数 (DC) 下，断路器的短路接通电流值，以最大预期电流峰值表示，该值在产品技术文件中规定。

对于交流，断路器的额定短路接通能力应不小于额定极限分断能力乘以系数 n 。 n 的数值列于 GB 3783 中 6.6.1 条表 7。

对于直流，假定稳态短路电流是常数，断路器的额定短路接通能力应不低于额定极限短路分断能力。

额定短路接通能力就是断路器在相应于电源电压为额定工作电压的 105% (不超过 110%) 时能够接通的电流值。

5.3.5.2 额定短路分断能力 (I_n)

额定短路分断能力是指在额定工作电压和规定的条件下，断路器的短路分断电流值，该值应规定在产品技术文件中。

额定短路分断能力要求断路器在工频恢复电压等于额定工作电压的 105% 时，能够分断额定短路分断能力及以下的任何电流。工频恢复电压三相平均值大于额定工作电压的 110% 时，额定短路分断能力不作保证。

额定短路分断能力的功率因数及时间常数按表 3。

表 3

额定短路分断能力 I_n kA	功率因数 $\cos\phi$	时间常数 ms
$I_n \leq 10$	0.5	5
$10 < I_n \leq 20$	0.3	10
$I_n > 20$	0.2	15

对于功率因数低于表 3 所列值的额定短路分断能力，可以按照 GB 3321 附录 B 断路器短路分断能力的计算中所述的方法进行换算。

断路器在额定分断能力下的飞弧距离必须限制在安全的范围内，具体数值在产品技术文件中规定。

额定短路分断能力用以下方式说明：

a. 额定极限短路分断能力 I_{cn} ；

b. 额定运行短路分断能力 I_{cn} ；

对于重要设备和发电机保护用的断路器用 I_{cn} 和 I_{cn} 表示；

对非重要设备的断路器也可以仅用 I_{cn} 或 I_{cn} 表示。

5.3.5.2.1 额定极限短路分断能力 (I_{cn})

额定极限短路分断能力是断路器在规定的额定工作电压和其他规定条件下的极限短路分断电流值。该值由制造厂用预期分断电流值表示 (交流情况下为对称短路电流有效值)。

5.3.5.2.2 额定运行短路分断能力 (I_{cn})

额定运行短路分断能力是断路器在规定的额定工作电压和其他规定的条件下的运行短路分断电流值。该值由制造厂用预期分断电流值表示。

额定运行短路分断能力是额定极限短路分断能力的一个百分值并圆整到最接近的整数。 I_{cn} 和 I_{cn} 的比值按表 4。

表 4

使用类别 A ($\frac{I_a}{I_m}$ %)	使用类别 B ($\frac{I_a}{I_m}$ %)
25	—
50	50
75	75
100	100

当额定运行短路分断能力等于额定短时耐受电流时,可以规定额定运行短路分断能力为该值,只要此值不低于表 4 所列的最小比值。

若使用类别 A 断路器的 I_m 超过 200kA 或使用类别 B 断路器的 I_m 超过 100kA,则制造厂可规定 I_a 为 50kA。

5.3.5.3 额定短时耐受电流 (I_m)

断路器的额定短时耐受电流是指断路器在 6.1.6.2 条的试验条件下短时间承受的电流值。

对于交流,此电流值是预期短路电流的对称短路电流有效值(在短延时期间保持恒定)。

与额定短时耐受电流有关的短延时至少为 0.05s,其优先值为:0.05,0.1,0.25,0.5,1s。

额定短时耐受电流不小于表 5 的规定。

表 5

壳架等级额定电流 I_m A	额定短时耐受电流 I_m 的最小值
≤ 2500	$12I_m$ 或 5kA,取大值
>2500	30kA

5.4 使用类别

5.4.1 使用类别 A

在短路情况下,断路器不是用作串联在负载侧的另一台短路保护装置的选择性保护,即无人为的短延时,因而无 5.3.5.3 条规定的短时耐受电流的要求。

除短路情况以外,使用类别 A 的断路器可以具有短时耐受电流小于表 5 规定的值提供选择性的人为短延时,这时试验包括在该短时耐受电流下的顺序试验 N (见 6.1.6 条)。

5.4.2 使用类别 B

在短路情况下,断路器明确用作串联在负载侧的另一台短路保护装置的选择性保护,即有人为的短延时(可以是可调节),因而有 5.3.5.3 条规定的短时耐受电流额定值的要求。

为了保证选择性短时耐受电流额定值不一定要达到断路器的极限短路分断能力,(例如在有瞬时脱扣器动作时),但至少要达到表 5 规定的数值。

5.5 控制电路

控制电路的特性

- 电流种类;
- 额定频率(交流时);
- 额定控制电路电压, U_c ;
- 额定控制电源电压, U_n 。

U_c 是控制电路中控制电路电器常开触头上所出现的电压; U_n 是施加到电器的控制电路的输入端上的电压,由于接入变压器、整流器、电阻器等,控制电路电压可能与控制电源电压不同。

额定控制电路电压 U_c 和额定频率是确定控制电路的工作和温升特性的参数。

正确的工作条件是控制电源电压值既不应小于额定值的 85% (当控制电路通过最大电流时), 也不应大于额定值的 110%。

除产品技术文件另有规定, 一般, 断路器的额定控制电源电压 U_c 是它的主电路电压。若控制电源电压与主电路不同, 或主电路电压为 500V 及以上时, 则控制电源电压应限制在 250V 及以下。

5.6 辅助电路

辅助电路的特性是指在这些电路中辅助触头的数量、种类和特性, 辅助触头的特性和额定值均应符合 JB 4013.1 的要求。

一般, 辅助触头的额定电压与主电路的电压相同, 若辅助触头的额定电压与主电路电压不同, 或主电路电压为 500V 及以上时, 则辅助触头的额定电压应限制在 250V 及以下。

辅助触头的数量根据断路器的大小而定, 产品技术文件中作具体规定。

5.7 脱扣器的型式和特性

5.7.1 型式

5.7.1.1 分励脱扣器

- a. 一般的;
- b. 带电容器脱扣装置。

5.7.1.2 欠电压脱扣器

- a. 瞬时的;
- b. 延时的。

5.7.1.3 过电流脱扣器

5.7.1.3.1 瞬时的

5.7.1.3.2 定时限的

- a. 长延时;
- b. 短延时。

5.7.1.3.3 反时限的

- a. 长延时
与原先负载无关;
与原先负载有关(如热式脱扣器)。
- b. 短延时。

5.7.1.4 其他脱扣器

5.7.2 脱扣器特性

5.7.2.1 分励与欠电压脱扣器

- a. 额定控制电路电压;
- b. 电流种类;
- c. 额定频率(交流);
- d. 延时。

5.7.2.2 过电流脱扣器

- a. 额定电流;
- b. 电流种类;
- c. 额定频率(交流);
- d. 电流整定值(或整定值的范围);
- e. 时间整定值(或整定值的范围)。

过电流脱扣器的额定电流是脱扣器在 6.1.2.5 条规定的试验条件下, 必须能够承载并且温升不超过

表 13 规定的最大电流整定值。

5.7.3 过电流脱扣器的电流整定值

对装有可调式过电流脱扣器的断路器，电流整定值或电流整定值的范围应在产品技术文件中规定并标志在脱扣器上或它的刻度上。该标志可以直接用电流值 A 或者用标志在脱扣器上电流值的倍数表示。

对装有不可调式脱扣器的断路器可以标志在断路器上；如过载脱扣器的动作特性符合表 7 或表 8 的要求，则可以仅标志断路器的额定电流 (I_n)。

对通过电流互感器动作的过电流脱扣器，可以用电流互感器的初级电流或者过电流脱扣器的电流整定值标记，在这两种情况下，都应标明电流互感器的变化。

除产品技术文件另有规定，过电流脱扣器的动作值除热式脱扣器外，在 $-5\sim+45^\circ\text{C}$ 的范围内与周围空气温度无关。若有关，制造厂应说明周围空气温度的变化对特性的影响。

5.7.4 过电流脱扣器的脱扣时间整定。

a. 定时限过电流脱扣器

脱扣器的延时不取决于过电流的大小。如延时不可调，脱扣时间整定值用断路器的断开时间以秒为单位表示；如延时可调，用断开时间的最大值和最小值表示。

b. 反时限过电流脱扣器

脱扣器的延时取决于过电流的大小。制造厂应以曲线的形式提供时间—电流特性。曲线应表明从冷态开始的断开时间与脱扣器动作范围内的电流变化关系，制造厂要以合适的方法表明使用这些曲线的允差。

这些曲线对应于最大和最小的电流整定值。如果电流整定值已定，则建议给出最大和最小的时间整定值。

时间—电流曲线按 GB 1497 中 5.8 条的要求。

5.7.5 过电流脱扣器的电流整定值和时间整定值的要求

5.7.5.1 定时限过电流脱扣器

除产品技术文件另有规定外，短延时定时限过电流脱扣器的电流、整定值和时间整定值列于表 6，可返回系数在产品技术文件中规定。

$$\text{可返回系数} = \frac{\text{可返回时间}}{\text{延时时间}}$$

表 6

使用场合	电 流 整 定 值 I_s	时 间 整 定 值 s	周围空气基准温度 $^\circ\text{C}$
发电机保护	$2 \sim 4I_c$	0.05~0.6	45
配 电	$3 \sim 6I_n$ 或 $5 \sim 10I_n$		

5.7.5.2 反时限过电流脱扣器

除产品技术文件另有规定外，过电流脱扣器各极同时通电，断路器的反时限断开动作特性如下：

a. 发电机保护用断路器的电流整定值 $I_s = I_c$ ，其断开动作特性见表 7，可返回系数不小于 0.5。

表 7

约定不脱扣电流	约定脱扣电流	约定脱扣时间 s	周围空气基准温度 $^\circ\text{C}$
$1.0I_c$	$1.25 \sim 1.35I_c$	15~30	45

b. 配电用断路器的电流整定值 $I_s = I_n$ ，其断开动作特性见表 8。

表 8

约定不脱扣电流	约定脱扣电流	约定脱扣时间 h	周围空气基准温度 ℃
$1.05I_n (I_n \leq 63A)$	$1.3I_n$	<1	45
$1.05I_n (I_n > 63A)$		<2	

5.7.5.3 瞬时过电流脱扣器

瞬时过电流脱扣器的电流整定值 I , 可根据需要在 $3 \sim 7, 5 \sim 10, 8 \sim 20 I_n$ (或 I_c) 之中选择一适当的值。
额定电流 100A 以下的断路器的瞬时动作脱扣器可根据需要在 $3 \sim 50 I_n$ 之中选择一适当的值。

5.8 带熔断器的断路器

按照 GB 1497 中 5.8 条的规定, 制造厂应提供必要的参数。

5.9 开关过电压

断路器在接通和分断中所产生的最大允许过电压应不超过 GB 1497 中 5.9 条规定的额定冲击耐压峰值。

5.10 正常工作条件和安装条件

5.10.1 正常工作条件

5.10.1.1 周围空气温度

- 周围空气温度上限为 $+45^{\circ}\text{C}$;
- 周围空气温度下限为 -5°C 或 -25°C (用于露天甲板)。

5.10.1.2 海拔

安装地点的海拔一般不超过 2000m。

5.10.1.3 环境气候影响

有海上潮湿空气、盐雾、霉菌和油雾的影响。

5.10.1.4 环境机械力影响

有偏离海平面垂直线不大于 $22^{\circ}30'$ 的倾斜, 有摇摆和振动的影响。

5.10.2 安装条件

正常安装条件应按制造厂的安装说明书。

5.11 结构要求

5.11.1 材料

制造断路器的材料应满足结构和性能上的有关要求。绝缘材料一般应采用耐久、耐油、耐燃、耐潮的材料, 并应尽量采用无毒性的以及不释放出有毒性气体的材料。

金属材料除本身具有较好的耐蚀性能外, 应有可靠的防腐层。

5.11.2 载流部件及其连接

载流部件应具有足够的机械强度和足够的载流能力。

电气连接的接触压力不应通过绝缘材料(陶瓷或者性能不比陶瓷差的绝缘材料除外)来传递, 除非在金属部件中有足够的弹性来补偿绝缘材料的变形和收缩。

5.11.3 电气间隙和爬电距离

电气间隙和爬电距离的计算和测量参见 GB 1497 中附录 A

5.11.3.1 电气间隙

断路器的最小电气间隙不小于表 9 所列的值

表 9

相对地额定工作电压(交流有效值或直流电压) V	最小电气间隙 mm
$U_n \leq 50$	0.8
$50 < U_n \leq 100$	0.8
$100 < U_n \leq 150$	1.5
$150 < U_n \leq 300$	3
$300 < U_n \leq 600$	5.5
$600 < U_n \leq 1000$	8

注：对于不接地系统，相对相电压应视为相对地电压。

5.11.3.2 爬电距离

断路器的最小爬电距离不小于表 10 所列的值。

表 10

额定绝缘电压 或工作电压 V	最小爬电距离 mm			
	材料类别 I	材料类别 II	材料类别 IIIa	材料类别 IIIb
25	1.25	1.25	1.25	1.25
32	1.3	1.3	1.3	1.3
40	1.4	1.6	1.8	1.8
50	1.5	1.7	1.9	1.9
63	1.6	1.8	2	2
80	1.7	1.9	2.1	2.1
100	1.8	2	2.2	2.2
125	1.9	2.1	2.4	2.4
160	2	2.2	2.5	2.5
200	2.5	2.8	3.2	3.2
250	3.2	3.6	4	4
320	4	4.5	5	5
400	5	5.6	6.3	6.3
500	6.3	7.1	8	8
630	8	9	10	10
800	10	11	12.5	
1000	12.5	14	16	

注：① 绝缘材料按它们的相比漏电起痕指数 (CTI) 划分以下四个类别：

材料类别 I：600 ≤ CTI

材料类别 II：400 ≤ CTI < 600

材料类别 IIIa：175 ≤ CTI < 400

材料类别 IIIb：100 ≤ CTI < 175

CTI 值的测定参见 GB 1497 中 8.1.2。

② 材料类别 IIIb 的绝缘材料不推荐用于电压大于 630V 的场所。

5.11.4 操作机构

5.11.4.1 绝缘

断路器的操作机构按它的额定绝缘电压应与带电部件有良好的绝缘。

如果操作机构由金属制成，则它应连接到保护导体，除非它有附加的加强绝缘措施。

如果操作机构由绝缘材料构成或由绝缘材料做成的罩壳所遮盖,对因绝缘损坏而成为可触及的任何内部金属部件也应按额定绝缘电压与带电部件有良好的绝缘。

5.11.4.2 运动方向

断路器操作机构的运动方向应符合 GB 4205 的规定。

5.11.5 触头位置指示

5.11.5.1 指示方法

断路器需要指示闭合和断开位置时,这些位置指示应明显、清晰。带外壳的断路器该指示可(或不)显示在外面。

如用位置指示器作指示时,在产品技术文件中规定。如用文字或符号作指示则按表 11 的规定分别指示闭合和断开的位置。

表 11

闭 合	断 开
合	分
1	0
ON	OFF

用两个按钮来进行闭合和断开操作的断路器。只有断开按钮用红色或者用“0”表示,其他按钮不得用红色。

5.11.5.2 用操作机构作指示

若用操作机构指示触头位置,在脱扣器脱扣时它应自动占据或停留在相应于动触头的位置。在这种情况下,操作机构应有二个对应于动触头的明显的停止位置,但对于自动断开,操作机构可以有第三个不同的位置。

5.11.6 接线端子

5.11.6.1 结构要求

接线端子中保持接触和承载电流的所有零件应是具有足够机械强度的金属制成。

接线端子与导线的连接可以用螺钉,弹簧或其他等效的措施来实施,以保证维持必要的接触压力,并能承受船舶的正常振动而不致引起松脱。

接线端子的结构应既能紧固导线,但又不损伤导线和接线端子,接线端子要保证不使导线移动或者不产生有害于电器工作和使绝缘电压降低到额定值以下的移动。

5.11.6.2 接线端子连接导线的的能力

制造厂应规定连接至接线端子上的导线的类型(硬线或软线)最小和最大导线的截面积,以及能同时接到端子上的导线数。导线的最大截面应不小于温升试验中所规定的导线截面积。接线端子还应能连接比规定截面小二级的同类型导线(硬线或软线)。

圆形铜导线的标准截面如下:0.5, 0.75, 1, 1.5, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300mm²。

5.11.6.3 连接

与外部导线连接的接线端子在安装期间应容易接近。

紧固导线的螺钉和螺母虽然它们可以把接线端子固定在应有位置上或防止接线端子转动,但不应同时作为固定其他元件之用。

5.11.6.4 接线端子的识别和标志

每个接线端子应有清晰和耐久的标志以便识别,并应符合 GB 4026 的规定。

保护接地端子的标志与识别见 5.11.7 条。

5.11.7 有关接地的规定


接地端子应安置在容易接近的地方，应保证接地端子与接地极或保护导体有良好的电气连接。接地螺钉应符合表 12 的规定。接地端子标记应采用图形符号或字母符号 PE，接到接地端子上的接地线应采用黄绿相间的双色线。接地的结构要求和具体规定见 GB 1497 中 7.1.7 条。

表 12

额 定 电 流 A $I_{\Delta n}$	接 地 螺 钉 最 小 尺 寸
$I_{\Delta n} \leq 20$	M4
$20 < I_{\Delta n} \leq 200$	M6
$200 < I_{\Delta n} \leq 630$	M8
$630 < I_{\Delta n} \leq 1000$	M10
$1000 < I_{\Delta n}$	M12

5.11.8 外壳防护等级

断路器的外壳防护等级见 GB 3783 中 6.7 条。

5.11.9 抽屉式断路器

抽屉式断路器一般应具有接通、试验和隔离三个位置，在试验位置，抽屉式断路器的主电路断开，控制电路仍接通，可用手动或电动操作断路器；在隔离位置时，抽屉式断路器的主电路和控制电路的隔离触头应具有符合隔离功能要求的隔离距离（见表 9 和表 10）还要考虑到制造上的允差和因磨损而致的尺寸变动。

抽屉机构应设有能明显地表示隔离触头位置的指示装置，抽屉机构应装有仅在主触头断开的情况下才允许隔离触头分开和再接通的联锁机构。

此外，抽屉机构还应装有在下列情况下才允许主触头闭合的联锁机构：

- 隔离触头完全接通时；或
- 隔离触头的动、静触头之间已达到规定的隔离距离时（隔离位置）。

断路器位于隔离位置时应采取措施以保证隔离触头间的隔离距离不因偶然事件而减小。

5.11.10 带有隔离功能的断路器的补充安全要求

具有隔离功能的断路器在断开位置时，应有符合隔离功能要求的隔离距离，并应装有指示动触头位置的指示装置，该位置指示装置用可靠的方法与动触头连接。如以手柄作为指示装置，则手柄位于断开位置时，所有动触头均应处于打开位置。

安装就位的断路器（可以带有盖），假如从外部可以看到触头的分离状况，则不需要指示器。

额定电压为 50V 以上的指示器应按产品技术文件中规定的试验校核它的可靠性。

注：如脱扣位置不是指示断开位置，则应清楚地表明，指示断开位置是保证触头间达到规定隔离距离的唯一的位置。

5.11.11 其他

本标准未规定的断路器参数（如触头压力、开距、超额行程等）如在试验时必须检查，其数值由制造厂在产品技术文件中规定。

5.12 性能要求

5.12.1 操作条件

5.12.1.1 闭合

为了断路器能安全地闭合相当于额定短路接通能力的接通电流，必须用验证短路接通能力的型式试验相同的速度和力量来操作断路器。

5.12.1.1.1 有关人力闭合

对装设有关人力闭合的断路器，不考虑机械操作情况就不能规定短路接通能力的额定值。这种断路器，不能用于预期接通电流的峰值超过 10kA 的电路中。

有关人力闭合的断路器装有能使断路器安全断开的快速断开机构，当闭合 10kA 以上的预期峰值电

流可以不考虑速度和力的大小时,上述规定就不适用。这时,可以规定额定短路接通能力。

5.12.1.1.2 无关人力闭合

装设无关人力闭合机构的断路器,它与机械操作条件无关,能规定短路接通能力的额定值。

5.12.1.1.3 有关动力闭合

电动闭合机构,必要时包括控制的中间继电器,当闭合操作期间测量的电源电压保持在额定控制电源电压的85%~110%之间(交流在额定频率)时,应能保证断路器在空载和额定接通能力之间可靠闭合。

在110%额定控制电源电压下,进行空载闭合操作,应不致使断路器发生任何损坏。

在85%额定控制电源电压下,当由断路器建立的电流等于额定接通能力(在它的继电器或脱扣器的运行允许范围内)时应能完成闭合操作。如果闭合操作有最大时间极限的规定,则闭合时间不应超过此极限。

5.12.1.1.4 无关动力闭合

具有无关动力闭合的断路器,能够规定一个额定短路接通能力而不考虑闭合操作的条件。操作机构储能装置以及闭合控制元件应能按制造厂的说明进行操作。

5.12.1.1.5 储能闭合

这种类型的闭合机构应能保证断路器在无载和它的额定接通能力之间的任何情况下可靠闭合。

当能量储存在断路器机构内部时,必须有表示能量完全储足的指示装置。

当辅助电源电压为额定控制电源电压的85%~110%之间时,操作机构储能装置以及闭合控制元件应能运行。

除非能量足以完成一次完整的闭合操作外,不允许动触头从断开位置开始移动。

储能机构为手动操作时,应表明它的操作方向,此要求不适用于无关人力闭合。

5.12.1.2 断开

5.12.1.2.1 一般要求

除另有规定外,自动断开的断路器应具有自由脱扣机构。

5.12.1.2.2 用分励脱扣器断开

当分励脱扣器在脱扣运行期间测得电源电压为额定控制电源电压的70%~110%之间(交流,额定频率),则在断路器的所有操作条件下应使断路器脱扣。

电容器脱扣装置应在电源电压消失后不大于15min情况下仍能以分励脱扣器使断路器脱扣一次。

5.12.1.2.3 用欠电压脱扣器断开

a. 动作电压

当电压下降(甚至缓慢下降)到额定电压的70%~35%范围内,欠电压脱扣器应动作使断路器脱扣。欠电压脱扣器在电源电压低于脱扣器额定电压的35%时,应能防止断路器闭合;电源电压等于或大于85%时,应能保证断路器的闭合。除产品技术文件另有规定外,电源电压的上限值欠电压脱扣器额定电压的110%。

发电机保护用断路器的欠电压脱扣器,当发电机转速显著下降时仍保持有效。

失压脱扣器是欠电压脱扣器的特殊形式,它的动作电压,在额定电压的35%~10%的范围内。

b. 断开时间

带有延时的欠电压脱扣器,其延时的时间应与短延时过电流脱扣器的延时互相协调,应在产品技术文件中规定。

5.12.1.2.4 过电流脱扣器在瞬时和短延时情况下断开

对所有电流整定值,脱扣器均以±20%的准确度使断路器脱扣。

有过电流配合要求时,制造厂应提供有关资料(以曲线形式)说明最大截断电流与预期电流(对称有效值)的关系曲线以及 I^2t 特性曲线。

5.12.1.2.5 过电流脱扣器在反时限情况下断开

a. 发电机保护用断路器(见表 7)

断路器通以约定不脱扣电流,应长期不动作。通以约定脱扣电流,经 15~30s 延时,断路器应断开。

b. 配电用断路器(见表 8)

断路器在周围空气基准温度 45℃(冷态)下各极同时通以约定不脱扣电流。通电 1h ($I_n \leq 63A$) 或 2h ($I_n > 63A$),断路器应不脱扣。然后立即把电流上升到约定脱扣电流。断路器应在约定脱扣时间内脱扣。

若反时限动作特性与周围空气温度有关。制造厂应说明周围空气温度的变化对特性的影响。

5.12.2 温升

5.12.2.1 温升极限

断路器进行 6.1.3.6 条试验时,断路器零部件的温升极限值,除绝缘线圈外,都可以比表 13 的温升极限值高 10K,进行 6.1.4.3.,6.1.6.3,6.1.7.2 和 6.1.8.5 条试验时,可以仅测定接线端的温升,其温升极限值比表 13 的规定值高 10K。

表 13

零 部 件		温 升 极 限 K	测 量 方 法
绝 缘 线 圈	A 极	80	电 阻 法
	E 极	95	
	B 极	105	
	F 级	130	
连接外部绝缘导体的接线端(镀银)		65	热 电 偶 法
手动操作部件	金 属	15	
	非 金 属	25	
手能触及但不握紧的零件	金 属	35	温 度 计 法
	非 金 属	45	

注: 周围空气温度以 45℃为基准。

5.12.2.2 主电路

断路器的主电路,(如装有过电流脱扣器也包括在内),应能承载约定发热电流,其温升不超过表 13 规定的极限值。

5.12.2.3 控制电路

用于断路器的闭合和断开操作的控制电路,包括控制电路装置应按额定工作制(见 5.3.4 条)进行温升试验,温升极限应不超过表 13 的规定。

5.12.2.4 辅助电路

辅助电路包括辅助装置,应能承载约定发热电流,其温升极限应不超过表 13 的规定。

5.12.3 介电性能

a. 额定冲击耐压

如断路器的电气间隙小于表 9 规定的最小电气间隙时,应进行额定冲击耐压试验,试验方法和参数按 GB 1497 中 7.2.2 条的规定。

b. 工频耐压

对主电路及规定接到主电路的控制电路和辅助电路,其工频耐压值按表 14。

表 14

V

额定绝缘电压 U_i	工频耐压试验值 (交流有效值)
$U_i \leq 60$	1000
$60 < U_i \leq 300$	2000
$300 < U_i \leq 660$	2500
$660 < U_i \leq 800$	3000
$800 < U_i \leq 1000$	3500

对于规定不接到主电路的控制电路和辅助电路的工频耐压值如下:

$U_i \leq 60V$ 为 1000V; $U_i > 60V$ 为 $2U_i + 1000V$ 但不小于 1500V。

对于电子式脱扣器, 应按产品技术文件的规定进行工频耐压试验, 工频耐压值如下:

$U_i \leq 60V$ 为 500V; $U_i > 60V$ 为 $2U_i + 1000V$ 但不小于 1500V。

5.12.4 过载性能、机械寿命和电寿命情况下的接通和断开

5.12.4.1 过载性能

断路器按 6.1.3.4 条的试验条件和主电路按表 15 的要求应能完成 12 次过载操作循环。每个操作循环包括一个接通操作和紧接着一个分断操作。

此要求适用于额定电流不大于 630A 的断路器, 630A 以上的断路器, 其过载操作性能可在产品技术文件中另行规定。

表 15

交 流			直 流		
电 流	电 压	$\cos \phi$	电 流	电 压	时间常数
$6I_{\text{em}}$	$1.05U_i$	0.5	$2.5I_n$	$1.05U_i$	2.5ms

5.12.4.2 机械寿命和电寿命

断路器的使用寿命应满足表 16 的要求。

a. 机械寿命, 在 6.1.3.3 条规定的试验条件下, 主电路不通电, 控制电路通电;

b. 电寿命, 在 6.1.3.4 条规定的试验条件下, 主电路通电。

每个操作循环是包括一个闭合操作, 接着一个断开操作 (机械寿命); 或者是一个接通操作, 接着一个分断操作 (电寿命)。

表 16

壳架等级额定电流 I_{em} A	功率因数 (交流) 或 时间常数 (直流)	每小时操作 循环次数 (操作频率)	操 作 循 环 次 数		
			机械寿命 (不通电)	电 寿 命 (通电)	总 计
$I_{\text{em}} \leq 100$	0.8 或 2ms	120	8500	1500	10000
$100 < I_{\text{em}} \leq 315$		120	7000	1000	8000
$315 < I_{\text{em}} \leq 630$		60	4000	1000	5000
$630 < I_{\text{em}} \leq 2500$		20	2500	500	3000
$2500 < I_{\text{em}}$		10	1500	500	2000

注: ① 第 3 列中给出的是每小时最少的操作循环次数, 若征得制造厂同意, 可提高操作频率, 这样, 实际操作频率应记录在试验报告中。

② 每个操作循环期间, 断路器应有足以使全电流建立的通电时间, 但最长不超过 2s。

辅助触头根据它的使用类别应符合 GB 1497 中 7.2.11.3 条的要求, 其操作频率和寿命次数与断路

器相同。

5.12.5 短路情况下的接通和分断能力

断路器应设计成能承受因短路电流而引起的热效应，电动力效应和电场强度效应。

断路器可以用下列一个或几个参数来表征：

- a. 额定短路接通能力；
- b. 额定短路分断能力；
- c. 额定短时耐受电流。

5.12.6 带熔断器的断路器的补充要求

带熔断器的断路器应符合本标准规定的包括额定极限短路分断能力在内的各项要求。尤其应满足顺序试验 V（见 6.1.7 条）的要求。

过电流不超过制造厂规定的选择性极限电流时，断路器应分断而不引起熔断器动作。

对于过电流达到组合元件规定的额定极限短路分断能力，当有一个或几个熔断器动作，断路器应断开（防止单相运行）。如果断路器装有防止闭合的联锁装置，则在熔断器的熔体（或熔断体）更换以前或联锁装置复位以前应能防止断路器闭合。

5.12.7 耐受环境气候的性能

5.12.7.1 耐湿热性能

断路器经 55℃，2 周期的交变湿热试验后，其性能应符合下列规定：

- a. 断路器的绝缘电阻应不小于表 17 的规定。

表 17

额定绝缘电压 V	兆欧表电压等级 V	绝缘电阻 MΩ	
		湿热试验前	湿热试验后
$U_i \leq 60$	250 ¹⁾	10	1
$U_i > 60$	500 ¹⁾	100	10

注：1) 电子式脱扣器当 $U_i \leq 60V$ 时兆欧表电压等级为 $2U_i$ ，但不小于 24V。

2) 额定绝缘电压大于 660V 时，兆欧表电压等级为 1000V。

- b. 断路器的脱扣特性要符合 5.7.5 条的有关规定。
- c. 除产品技术文件另有规定外，断路器的零部件不应有变形和裂纹。

5.12.7.2 耐霉性能

断路器外露于空气中的绝缘零部件应具有耐霉性能，经 28d 长霉试验后，长霉面积一般不得超过其表面积的 50%。

5.12.7.3 耐盐雾性能

断路器外露于空气中的金属电镀件应具有耐盐雾的性能，经 48h 盐雾试验后，其外观的变化应符合表 18 的要求。

表 18

镀层类别	底 金 属	合 格 要 求
铜+镍+铬	炭 钢	主要表面无棕锈
低锡青铜+铬		
锌	炭 钢	主要表面无白色或灰黑色腐蚀物
镉		
镍+铬	铜和铜合金	主要表面无浅绿色腐蚀物
铜或高锡青铜	铜和铜合金	主要表面无灰色或浅绿色腐蚀物
锡	铜和铜合金	主要表面无灰黑色腐蚀物
银	铜和铜合金	主要表面无铜绿
金		

5.12.8 耐受环境机械力的性能

5.12.8.1 耐受倾斜的性能

断路器向任意方向(前、后、左、右)与铅垂线成 $22^{\circ}30'$ 的长期倾斜时,其脱扣特性除瞬时过电流脱扣器的准确度为 $\pm 25\%$ 外,其余均应符合5.7.5条的有关要求。

5.12.8.2 耐受振动的性能

断路器应具有耐受船舶营运振动的性能。当按表19规定的参数进行振动时,断路器不应改变工作位置;试验后断路器应无机械损伤,动作值的准确度应在产品技术文件规定的范围内。

表 19

频 率 范 围 Hz	位 移 或 加 速 度
20~13.2	位移 $\pm 1\text{mm}$
13.2~80	加 速 度 7m/s^2

5.12.9 电子式脱扣器的附加要求

5.12.9.1 运行性能

- 在周围空气温度达 $+55^{\circ}\text{C}$ 以下,电子式脱扣器应能正常工作;
- 在周围空气温度达 70°C 时,电子式脱扣器应能连续工作2h而不使断路器改变工作位置;
- 电子式脱扣器出厂前应在周围空气温度不低于 $+55^{\circ}\text{C}$ 时至少运行16h,运行条件和要求在产品技术文件中规定。

5.12.9.2 电源电压和频率变化

电子式脱扣器应能在表20规定的电源电压和频率变化范围内正常工作。

表 20

电 源 参 数	变化范围(额定值的%)
电 压	± 10
频 率	± 5

5.12.9.3 抗电磁干扰性能

电子式脱扣器的抗电磁干扰性能按GB 1497中7.2.12条的要求。

6 试验

被试断路器应符合经规定程序批准的图样和文件。

如果产品技术文件中明确规定了必须满足的结构要求(5.11.1, 5.11.6条), 可按 GB 1497 中 8.1.2, 8.1.3 条规定的方法进行试验。

除产品技术文件另有规定外, 每一顺序试验必须在新的、清洁的同一台(或一组)断路器上进行。

除产品技术文件另有规定外, 试验在应有的电流种类下进行; 在交流情况下, 试验应在断路器的额定频率和相数下进行。

制造厂应根据产品的特性在产品技术文件中规定必需的顺序分组, 不必包括表 21 所列的全部顺序分组。

试验方法除了本标准另有规定外, 均按 GB 998 中有关的规定。

6.1 型式试验

对于同一试验适用于不同的顺序试验时, 为了避免重复叙述, 将一般试验条件分为:

- a. 适用于所有顺序的试验条件(6.1.2.1~6.1.2.4条);
- b. 适用于温升试验的试验条件(6.1.2.5条);
- c. 适用于短路试验的试验条件(6.1.2.6条)。

在整个第六章中使用的术语“试验”是指每一项该进行的试验; “验证”是指顺序试验中, 紧接在前一项试验后验证断路器状况的试验, 每一顺序中只有完成各项“验证”才认为该顺序“合格”。

6.1.1 顺序试验

型式试验采用分组顺序试验方法。顺序试验的分组列于表 21 在每个顺序中, 试验应按所列的项目进行。

表 21

顺 序 试 验	适 用 于	试 验 项 目	章 条
I 一般工作特性	所有断路器	脱扣极限和特性	6.1.3.1
		介电性能	6.1.3.2
		机械寿命和电寿命	6.1.3.3
		过载性能(如有)	6.1.3.4
		验证工频耐压	6.1.3.5
		验证温升	6.1.3.6
		验证过载脱扣器	6.1.3.7
II 额定运行短路分断能力	使用类别 B 或 A 的断路器	额定运行短路分断能力	6.1.4.1
		验证工频耐压	6.1.4.2
		验证温升	6.1.4.3
		验证过载脱扣器	6.1.4.4
III 额定极限短路分断能力	使用类别 A 和使用类别 B 带瞬时过载脱扣器的断路器	过载脱扣器的整定	6.1.5.1
		额定极限分断能力	6.1.5.2
		验证工频耐压	6.1.5.3
		验证过载脱扣器	6.1.5.4

续表 21

顺 序 试 验	适 用 于	试 验 项 目	章 条
IV 额定短时耐受电流	使用类别 B 的断路器	过载脱扣器的整定	6.1.6.1
		额定短时耐受电流	6.1.6.2
		验证温升	6.1.6.3
		额定极限短延时分断能力	6.1.6.4
		验证工频耐压	6.1.6.5
		验证过载脱扣器	6.1.6.6
V 带熔断器的断路器	带熔断器的断路器	在选择性极限电流(I_d)下短路	6.1.7.1
		验证温升	6.1.7.2
		验证工频耐压	6.1.7.3
		验证过载脱扣器	6.1.7.4
		在交接电流(I_d)下短路	6.1.7.5
		在额定极限短路分断能力下短路	6.1.7.6
		验证工频耐压	6.1.7.7
		验证过载脱扣器	6.1.7.8
VI 组合顺序试验	使用类别 B 断路器,当 $I_{cw} = I_{cn}$ 时,代替 I, 及 N; 当 $I_{cw} = I_{cn} = I_{cs}$ 时,代替 I, II 及 N。	额定短时耐受电流	6.1.8.1
		额定运行短路(延时)分断能力	6.1.8.2
		验证工频耐压	6.1.8.3
		验证温升	6.1.8.4
		验证过载脱扣器	6.1.8.5
VII 耐受环境气候性能	所有断路器	55℃交变湿热试验	6.1.9.1
		验证绝缘电阻	6.1.9.2
		验证脱扣极限和特性	6.1.9.3
		长霉试验(绝缘零部件)	6.1.9.4
		盐雾试验(金属电镀件)	6.1.9.5
VIII 耐受环境机械力的性能	所有断路器	倾斜条件下的脱扣极限和特性	6.1.10.1
		振动试验	6.1.10.2
		验证脱扣极限和特性	6.1.10.3
IX 电子式脱扣器的附加要求	电子式脱扣器	运行性能	6.1.11.1
		电源电压和频率变化	6.1.11.2
		抗干扰性能	6.1.11.3

6.1.2 一般试验条件

6.1.2.1 一般要求

除非另有规定,试验应在几何尺寸和结构相同的断路器中选用最大额定电流的断路器上进行,如果构成不同额定电流的断路器必须改变的零部件(通常是双金属片)对断路器的性能有影响时,必须加试最小额定电流断路器的短路特性。

如果是电动操作机构,则应按 5.12.1.1.3 条的规定施加最低的电压,此外电动操作机构应通过合适

的带有开闭装置的断路器控制电路通电,还应验证当上述条件下操作时,断路器应能正常地无载操作。

被试断路器应按制造厂的规定完整地安装在固有的支架上或者装在等效的支架上。

预定带外壳使用的断路器必须安装在由制造厂规定的最小的外壳中,预定不带外壳的断路器,在大气下进行试验。对短路试验,应在断路器的上方设置金属丝网,断路器与金属丝网之间距离(飞弧距离)按产品技术文件的规定,并记录在试验报告中。

试验过程中不允许维修或更换零部件。

为试验的方便,可以提高试验的严酷度(例如选用较高的操作频率以缩短试验周期),但应取得制造厂的同意。

6.1.2.2 试验参数

6.1.2.2.1 试验参数的值

试验应按产品技术文件中规定的试验参数进行。

6.1.2.2.2 试验参数的允差

除另有规定外,记录在试验报告中的试验参数应在表 22 规定允差内,如果制造厂同意,试验可以在比表 22 更严酷的条件下进行。

表 22

所 有 试 验	电寿命、过载条件下的试验	短路条件下的试验
电 流 $+5\%$ 0	功率因数 ± 0.05	功率因数 0 -0.05
电 压 $+5\%$ 0 (包括工频恢复电压)	时间常数 $+15\%$ 0	时间常数 $+25\%$ 0
	频 率 $\pm 5\%$	频 率 $\pm 5\%$

注:① 带型号产品技术文件如规定为最大和(或)最小动作极限时,则表 22 不适用。

② 60Hz 的试验若因试验设备限制达不到试验要求时,除产品技术文件另有规定外,可以用 50Hz 的代替。

6.1.2.2.3 交流试验回路的频率

所有试验应在断路器的额定频率下进行。对所有的短路试验,如额定分断能力与频率有关,频率的允差不超过 $\pm 5\%$,如制造厂规定额定分断能力与频率无关,则频率的允差不超过 $\pm 25\%$ 。

6.1.2.2.4 试验回路的功率因数

对于交流,试验回路每相的功率因数根据 GB 998 附录 H 的方法确定,该方法必须在试验报告中说明。

三相电路的功率因数为三相功率因数的平均值,不同相的功率因数最大值或最小值与平均值之差为 ± 0.05 。

功率因数规定在各有关的试验项目中。

6.1.2.2.5 试验回路的时间常数

对于直流,试验电路的时间常数根据 GB 998 附录 H 的方法确定,时间常数规定在各有关的试验项目中。

6.1.2.2.6 工频恢复电压

对所有的分断能力和短路分断能力,工频恢复电压应是额定工作电压的 105%,或者在产品技术文件中规定,可以认为工频恢复电压为 1.05 额定工作电压包括了正常运行条件下系统电压变化的影响。

6.1.2.3 试验结果的评价

试验后断路器的状态应以每个顺序中的验证试验进行复核。如果符合每个项目的要求,则认为断路器符合本标准的要求。

断路器的壳体不应碎裂,但可以有细裂纹。不致影响正常操作。

6.1.2.4 试验报告

证明断路器符合产品标准的型式试验报告由制造厂提供,试验的细节均应列在报告中,如类型、外壳的规格(如有)、导线规格带电部件离外壳的距离等等。试验参数的测量值也应列入试验报告中。

6.1.2.5 温升试验条件

断路器应符合 5.12.2 条的要求。

6.1.2.5.1 周围空气温度

温升试验应在周围空气温度为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的范围内进行。周围空气温度的测量按 GB 998 中 5.1 条,试验时周围空气温度变化应不超过 10K 。

6.1.2.5.2 各零部件的温度测量

各零部件的温度测量按 GB 998 中 5.2.1.1 和 5.3.1 条。

6.1.2.5.3 零部件的温升

按 6.1.2.5.2 条测得各零部件的温度和按 6.1.2.5.1 条测得的周围空气温度之差即为零部件的温升。

6.1.2.5.4 主电路的温升

断路器应按 6.1.2.1 条的规定安装。试前操作按 GB 998 中 5.2.1 条的规定进行。带外壳的断路器和用于规定的外壳中的断路器应按 GB998 中 5.2.4 条的规定进行试验。当断路器可用于多种外壳中时,应在最小的外壳中试验。外壳上不允许有供临时通风用的开孔。

对三相断路器,每相的电流应平衡,保持 $\pm 5\%$ 的允差,三相电流的平均值应不小于规定的试验电流,如不计磁场效应,也可以三相串联通电进行试验。对装有相同极的多极直流断路器,把各级串联后通电试验。征得制造厂同意,直流断路器也可用交流电源进行试验。

对 50Hz 或 60Hz 的断路器。试验时试验电源的频率为 $45\sim 62\text{Hz}$ 。

如控制电路和辅助电路对主电路的热交换有较大影响时,则应与主电路同时进行试验。

试验结束主电路各零部件的温升应符合表 13 的规定。

温升试验连接导线(导体)的规定

a. 试验电流小于等于 400A

连接导线采用单芯聚氯乙烯(PVC)绝缘铜导线或铜电缆,其截面见表 23。从断路器的一个接线端子至另一端子,或者到试验电源,或到星点连接处的最短连接线长度规定如下:

连接导线截面小于等于 35mm^2 时,连接长度为 1m。

连接导线截面大于 35mm^2 时,连接长度为 2m。

表 23

试验电流范围 A	导线截面 mm^2	试验电流范围 A	导线截面 mm^2
$0 < I \leq 8$	1.0	$85 < I \leq 115$	35
$8 < I \leq 12$	1.5	$115 < I \leq 150$	50
$12 < I \leq 20$	2.5	$150 < I \leq 175$	70
$20 < I \leq 25$	4.0	$175 < I \leq 225$	95
$25 < I \leq 32$	6.0	$225 < I \leq 250$	120
$32 < I \leq 50$	10	$250 < I \leq 275$	150
$50 < I \leq 65$	16	$275 < I \leq 350$	185
$65 < I \leq 85$	25	$350 < I \leq 400$	240

b. 试验电流大于 400A,但不超过 800A

连接导线应是单芯 PVC 绝缘铜电缆或铜排，截面按表 24 规定。对电缆或铜排的技术要求。试验时的安放及连接方式按 GB 998 中 5.2.9 条的规定。

表 24

试验电流范围 A	电 缆		铜 排	
	根 数	截 面 mm ²	根 数	尺 寸 mm×mm
$400 < I \leq 500$	2	150	2	30×5
$500 < I \leq 630$	2	185	2	40×5
$630 < I \leq 800$	2	240	2	50×5

c. 试验电流大于 800A，但不超过 3150A

连接导线应采用铜排，截面按表 25

表 25

试 验 电 流 范 围 A	铜 排	
	根 数	尺 寸 mm×mm
$800 < I \leq 1000$	2	60×5
$1000 < I \leq 1250$	2	80×5
$1200 < I \leq 1600$	2	100×5
$1600 < I \leq 2000$	3	100×5
$2000 < I \leq 2500$	4	100×5
$2500 < I \leq 3150$	3	100×10

如电流超过 3150A，则连接铜排的截面在产品技术文件中规定。

6.1.2.5.5 控制电路的温升

控制电路的温升应该用规定的电流种类进行试验。在交流的情况下应是额定频率，一般应在额定电压下进行。长期工作制的控制电路，其温升试验应进行足够长的时间，以保证温升达到稳定值；断续工作制的控制电路的温升试验应在产品技术文件中规定。

试验结束，控制电路的温升应符合表 13 的规定。

6.1.2.5.6 电磁铁线圈的温升

长期工作制的电磁铁线圈温升试验按 GB 998 的 5.2.2 条和 5.3 条规定进行试验。断续工作制的电磁铁线圈温升试验应在产品技术文件中规定。

试验结束，电磁铁线圈的温升应符合表 13 的规定。

6.1.2.5.7 辅助电路的温升

与 6.1.2.2.5 条控制电路的温升相同。

6.1.2.6 短路试验条件

6.1.2.6.1 一般要求

断路器应按 6.1.2.1 条的规定安装，试前操作按 GB 998 的 5.2.1 条规定，试验时断路器应尽可能接近运行情况。

有关动力闭合的断路器在试验中闭合时控制电源电压为额定电压的 85%；无关动力闭合的断路器在试验时以储能到制造厂规定的最大值的操作机构进行闭合。

对储能操作的断路器试验时是以辅助电源额定电压的 85% 储能的操作机构进行闭合。

断路器如装有可调式过电流脱扣器, 则整定值应规定在每个顺序试验中。

试验电路的出线侧应接到制造厂标明的断路器上相应的接线端, 如无此标记, 试验应从严考核 (见 GB 1497 中 8.2.3.1.2 条)。

6.1.2.6.2 试验电路

试验电路见 GB 998 图 7~图 9。

6.1.2.6.3 试验电路的校正

按 GB 998 中 8.2.3.1 条的规定进行。飞弧距离的测定按 GB 1497 中 8.2.3.1.2 条的规定。

6.1.2.6.4 试验过程

试验电路校正后, 拆去临时连接线, 接入待试断路器及其连接线 (如有)。

对额定电流为 630A 及以下的断路器还包括长为 75cm, 截面与温升试验相对应的连接电缆, 其中 50cm 接在断路器的电源侧 25cm 接在断路器的负载端。

用下列符号说明操作顺序。

O——表示分断操作

CO——表示接通后紧接着一个分断操作

t——表示两个连续短路操作之间的间隔时间, 一般为 3min 也可以是断路器的再扣时间, 两者取较长者, 实际的 t 值在试验报告中说明。

必须时试验报告中也可以记录 I^2t 的最大值。

6.1.2.6.5 短路接通和分断试验中断路器的状态

断路器的极间和极与框架间不应有燃弧和闪络, 检测飞弧的熔丝不应熔断。

6.1.2.6.6 示波图的说明

外施电压、工频恢复电压、预期分断电流和预期接通电流峰值的确定按 GB 998 中 8.2.3.3 条的 a, b, c。

6.1.3 顺序试验 I: 一般工作特性

此顺序试验适用于所有断路器, 顺序内包括的试验见表 21 中的 I。

6.1.3.1 脱扣极限和特性试验

6.1.3.1.1 一般要求

周围空气温度的测量按 6.1.2.5.1 条。

过电流脱扣器如为断路器的组成部件, 试验时过电流脱扣器应装在对应断路器的内部; 如为独立的过电流脱扣器, 则其安装方式应接近正常运行状态, 断路器的安装应符合 6.1.2.1 条的要求。

单独脱扣器 (如合适) 或整台断路器应按正常运行情况连接。连接导线 (或导体) 的截面和长度按 6.1.2.5.4 条的规定, 具有可调式过电流脱扣器的断路器, 试验应在最大和最小电流整定值下进行连接导线的截面应与额定电流 I_n 对应。试验可以在任意合适的电压下进行。

通电方式, 电子式脱扣器按产品技术文件的规定, 其他型式的过电流脱扣器按 6.1.3.1.2 和 6.1.3.1.3 条的规定。

6.1.3.1.2 瞬时和短延时下的断开

在脱扣器电流整定值的 80% 和 120% 时试验, 试验电流应不含有非对称电流。

a. 试验电流为电流整定值的 80% 时, 脱扣器不能动作。试验电流的维持时间为:

对瞬时脱扣器为 0.2s;

对短延时脱扣器为制造厂规定的延时的二倍。

b. 试验电流为电流整定值的 120% 时, 脱扣器必须在下列时间内动作:

对瞬时脱扣器为 0.2s。

对短延时脱扣器为制造厂规定的延时的二倍。

对瞬时脱扣器，多极断路器以两极串联通以试验电流进行试验，然后逐极轮换；对于短延时脱扣器，断路器各极同时通电进行试验。

短延时脱扣器的附加试验要求见 6.1.3.1.4 条。

6.1.3.1.3 反时限条件下的断开

多极断路器的各极同时通以试验电流。

a. 发电机保护用断路器

发电机保护用断路器的动作特性按 5.1.2.1.2.5 条的 a 进行试验应符合 5.7.5.2 条的 a 的要求。

长延时脱扣器的附加试验要求见 6.1.3.1.4 条。

b. 配电用断路器

配电用断路器的动作特性按 5.1.2.1.2.5 条的 b 进行试验，应符合 5.7.5.2 条 b 的要求。脱扣器的动作特性如与周围空气温度有关，则试验时的周围空气温度为 $+45^{\circ}\text{C}$ ；如试验时周围空气温度不是 $+45^{\circ}\text{C}$ ，则应按制造厂规定的温度—电流数据予以修正。

6.1.3.1.4 反时限和定时限脱扣器的附加试验要求。

a. 延时时间的测定

进行该试验时，对发电机保护用断路器，反时限脱扣器的试验电流为约定脱扣电流；定时限脱扣器的试验电流为 1.5 倍电流整定值。测得的延时时间应符合产品技术文件的规定；对配电用断路器，定时限脱扣器的试验电流为 1.5 倍电流整定值，测得的延时时间应符合产品技术文件的规定。

b. 可返回时间(不脱扣时间)

反时限和定时限脱扣器在与 a 相同的条件下进行试验。试验开始时，试验电流为约定脱扣电流(反时限)或 1.5 倍电流整定值(定时限)，维持时间为制造厂规定的不脱扣时间然后把电流降到约定不脱扣电流，保持时间为制造厂规定的延时的二倍，断路器应不脱扣。

6.1.3.2 介电性能试验

a. 电气间隙不小于表 9 规定的最小电气间隙可以不进行额定冲击耐压试验，否则按 GB 1497 中 7.2.2 条的规定进行额定冲击耐压试验。

b. 工频耐压试验按 6.1.3.2.1~6.1.3.2.4 条的规定进行。验证工频耐压则按有关的条文。

6.1.3.2.1 试验断路器的状态

按 GB 998 的 6.1 条的规定。

6.1.3.2.2 试验电压的施加

当断路器的电路包括装置。如电动机、仪表、微动开关和半导体装置时，若这些元件已按有关规定进行了低于 5.12.3 条规定的工频耐压试验值时，则在断路器进行介电强度试验前将此类元件拆除。

a. 主电路

主电路进行试验时，应将不与主电路连接的控制电路和辅助电路连接到断路器在正常运行时接地的零部件上。

试验电压施加 1min，施加的部位如下：

断路器在闭合位置时：

连接在一起的各极带电部件与断路器的框架之间。

每一极和连接到断路器框架上的其他极之间。

断路器在断开位置，附加脱扣位置(如有)：

连接在一起的一侧端子和连接在一起的另一侧端子之间。

b. 控制电路和辅助电路

控制电路和辅助电路进行试验时，主电路连接到断路器在正常运行时接地的零部件上。

试验电压施加 1min，施加的部位如下：

不接到主电路的控制电路和辅助电路连接在一起与断路器的框架之间；

如有需要,在正常运行时可能与其他部件隔离的控制电路和辅助电路的各个部件连接在一起与相互连接在一起的所有其他部件之间。

6.1.3.2.3 试验电压的值

工频耐压试验的试验电压应当是正弦波,频率在 45~62Hz 之间,当试验电压调整至要求值,然后将其短路,电流不应小于 0.5A。

工频耐压试验的试验电压值见 5.12.3 条的 b。

6.1.3.2.4 试验结果

试验中无击穿或闪络,则可认为试验合格。

6.1.3.3 机械寿命和电寿命试验

6.1.3.3.1 一般试验条件

除了断路器可以安装在金属框架(用于本试验)外,断路器应按 6.1.2.1 条安装。断路器应防止外部来的不正常发热和冷却。试验在试验室的周围空气温度下进行。

6.1.3.3.2、6.1.3.3.3 和 6.1.3.3.4 条的试验应在同一台断路器上进行,但次序可以是任意的。

对可维修的断路器,如操作循环次数多于 5.12.4.2 条表 16 规定的次数,则试验首先进行比表 16 多的操作循环次数,接着按制造厂的说明对断路器进行维修,然后完成表 16 规定的操作循环次数,在后半段的试验过程中就不允许再作维修。

6.1.3.3.2 结构和机械操作

a. 结构

对抽屉式断路器应按 5.11.9 条规定的要求进行检查。对储能操作的断路器按 5.12.1.1.5 条的要求检查,并注意储能指示器和手动储能操作的方向。

b. 机械操作

在 6.1.3.3.1 条规定的条件下进行下列试验:

闭合装置带电情况下断路器应能正常脱扣;

当闭合操作开始,脱扣器装置动作时,断路器的性能应正常;

当断路器已经闭合,动力操作装置的操作不应引起断路器的损伤或危及操作人员。

断路器的机械操作可以在无载情况下进行。

有关动力操作的断路器要满足 5.12.1.1.3 条的要求。有关动力操作的断路器应由储能到制造厂规定的最大和最小值的操作机构进行操作。

储能操作断路器在辅助电源电压为额定控制电源电压的 85% 和 110% 时,应能满足 5.12.1.1.5 条的要求。当操作机构的储能稍低于全部储能(如指示装置指示)时,动触头不能从打开位置向闭合方向移动。

对自由脱扣的断路器,当脱扣器位于使断路器脱扣的位置上,动、静触头不应保持接触,动触头不应保持在闭合位置上。

断路器带有分励脱扣器应满足 5.12.1.2.2 条的要求;如断路器带有欠电压脱扣器则应满足 5.12.1.2.3 条的要求。

如制造厂规定断路器的闭合和断开时间,则闭合和断开时间应符合规定的值。

6.1.3.3.3 机械寿命

试验应在 6.1.2.1 条规定的条件下进行,试验应完成的操作循环次数以及试验时的操作频率按表 16 的规定。

试验是在断路器的主电路不带电下进行,如断路器带有分励脱扣器或欠电压脱扣器则试验总次数的 10% 为闭合—脱扣操作,也就是脱扣机构由主触头闭合而施加最大操作电压,对带有电动闭合装置的断路器,在进行本试验时应以断路器本身的闭合机构进行操作,这时闭合机构施加额定控制电源电压。但应注意,要保证电气元件在试验中的温升不超过表 13 的规定,对手动操作的断路器应在类似于正常使用

的情况进行操作。

6.1.3.3.4 电寿命

断路器按 6.1.2.1 条的规定安装,按 GB 998 中 11.5 条的规定进行试验。在断路器电源侧端子的预期电流不小于试验电流的 10 倍或 50kA,取较小的值。功率因数、时间常数、操作频率和操作循环次数等按表 16。

断路器在制造厂规定的最大额定工作电压下接通和分断额定电流。交流断路器试验电源频率在 45~62Hz 范围内。

试验应在同一壳架中额定电流最大的断路器上进行。断路器如装有可调式脱扣器,则过载脱扣器整定在最大值,短路脱扣器整定在最小值。

对带有电动闭合装置的断路器,在进行本试验时应以断路器本身的闭合机构进行操作,这是闭合机构施加额定控制电源电压。但应注意,要保证电气元件在试验中的温升不超过表 13 的规定,对手动操作的断路器应在类似于正常使用的情况进行操作。

6.1.3.3.5 抽屉式断路器机械寿命的附加试验

抽屉式断路器的抽屉机构和联锁装置应进行 100 次的机械寿命试验,试验后应检查隔离触头,抽屉机构和联锁装置。它们应仍能继续使用。

6.1.3.4 过载性能

额定电流 630A 及以下的断路器应进行过载性能试验。

断路器按 6.1.2.1 条规定安装。试验在同一壳架中额定电流最大的断路器上,以制造厂规定的最高工作电压进行。

断路器应手动分断 9 次,由过载脱扣器自动分断 3 次。对短路脱扣器的最大整定值低于试验电流值的断路器则 12 次全部为自动分断。若在新断路器上单独进行本试验则操作循环总次数为 25 次,其中人力断开 20 次,自动断开 5 次。

每次手动操作循环期间,断路器应维持闭合,其时间足以使电流能全部建立,但不超过 2s。操作频率同表 16,如在此操作频率下断路器不能再扣,则可以降低操作频率直到断路器能再扣,全电流能建立,如试验设备不允许在规定操作频率下进行试验,也可降低操作频率,但应在试验报告中说明。

试验电流、恢复电压、功率因数等见 5.12.4.1 条的表 15。对交流断路器试验电源的频率可以在 45~62Hz 的范围内。断路器电源侧端子的预期电流为试验电流的 10 倍或 50kA,取其小者。

6.1.3.5 验证工频耐压

6.1.3.4 条试验后,按 6.1.3.2.2 条的 a,验证工频耐压,断路器应能耐受 2 倍额定绝缘电压的工频耐压试验。

6.1.3.6 验证温升

6.1.3.5 条试验后,按 6.1.2.5 条验证断路器的温升,试验終了,断路器的温升不超过 5.12.2.1 条的规定。

6.1.3.7 验证过载脱扣器

6.1.3.6 条试验后立即验证过载脱扣器。把电流升到 1.45 倍 I_c (或 I_n),过载脱扣器的动作时间不应超过表 7 或表 8 规定的约定脱扣时间。如动作特性与周围空气温度有关,验证可以在周围空气温度下进行,但试验电流应根据制造厂给出的温度—电流数据予以修正。

6.1.4 顺序试验 I: 额定运行短路分断能力

除了采用组合顺序试验的断路器外,本顺序试验适用于所有的断路器,所包含的试验参见表 21。

6.1.4.1 额定运行短路分断能力试验

短路试验应在 6.1.2 条的一般要求的条件下进行。预期电流 I_e 按制造厂的规定值,功率因数按表 3 取与 I_e 相应的值,操作顺序为 O—t—CO—t—CO。

对带熔断器的断路器每个操作顺序后要更换熔断的溶体(或熔断体),间隔时间 t 可相应放长些。

6.1.4.2 验证工频耐压

6.1.4.1 条试验后,按 6.1.3.5 条验证工频耐压

6.1.4.3 验证温升

6.1.4.2 条试验后,按 6.1.2.5 条验证断路器接线端子的温升,接线端子的温升应不超过 5.12.2.1 条的规定。

6.1.4.4 验证过载脱扣器

6.1.4.3 条试验后,立即按 6.1.3.7 条验证断路器的过载脱扣器。

6.1.5 顺序试验Ⅲ:额定极限短路分断能力

除了采用组合顺序试验的断路器外,本顺序试验适用于使用类别 A 的断路器以及额定极限分断能力高于额定短时耐受电流的使用类别 B 的断路器。

注:这种使用类别 B 的断路器,瞬时脱扣器的动作电流值超过 5.3.5.3 条表 5 第 2 列的值。此瞬时脱扣器称作瞬时过载脱扣器。

对额定短时耐受电流等于额定极限分断能力的使用类别 B 的断路器,此顺序试验可以免试,这种情况下,极限短路分断能力在顺序试验 N 中进行。

对带熔断器的断路器以顺序试验 V 代替本顺序试验。

6.1.5.1 过载脱扣器的整定

以 2 倍 I_{oc} (或 I_n) 按每一极逐极整定断路器的过载脱扣器,动作时间不应超过制造厂规定的 2 倍 I_{oc} (或 I_n) 的最大动作时间。试验可以用任意合适的电压。

6.1.5.2 额定极限短路分断能力

6.1.5.1 条后进行额定极限短路分断能力试验,预期电流要等于制造厂规定的额定极限短路分断能力的值。操作顺序为 O—t—CO。

6.1.5.3 验证工频耐压

6.1.5.2 条试验后按 6.1.3.5 条验证工频耐压,但电压值为相应的额定工作电压的 2 倍,然而不低于 1000V。

6.1.5.4 验证过载脱扣器

6.1.5.3 条试验后,按 6.1.5.1 条逐极验证过载脱扣器,但此时试验电流为 2.5 倍 I_{oc} (或 I_n)。过载脱扣器的动作时间不应超过制造厂规定的 2 倍 I_{oc} (或 I_n) 的最大动作时间。

6.1.6 顺序试验 N:额定短时耐受电流

除了采用组合顺序试验的断路器外,本顺序试验适用于使用类别 B 的断路器。

6.1.6.1 过载脱扣器的整定

按 6.1.5.1 条整定过载脱扣器。

6.1.6.2 额定短时耐受电流试验

6.1.6.1 条试验后,处于闭合状态的断路器在规定的工作电压和额定短时耐受电流下进行试验。

如试验设备在额定工作电压下进行试验有困难时,则可以用任意电压进行试验。实际的试验电流应等于额定短时耐受电流 I_{sc} 。并应在试验报告中说明。如果在试验过程中触头有短时的斥开,就应以额定工作电压重新试验。试验时对易于动作的过电流脱扣器应使它失去作用。

a. 交流

试验时的频率为额定频率,允差 $\pm 25\%$;功率因数按表 5 的规定。试验电流是三相对称电流有效值的平均值,其允差见 6.1.2.2.2 条的表 22,当在额定工作电压下进行试验时,试验电流是预期电流;当以较低电压进行试验时,则为实际的试验电流,耐受电流的持续时间和电流值的确定均按 GB 1497 的 8.2.3.3.1 条的规定。

b. 直流

按 GB 1497 的 8.2.3.3.2 条的规定。

6.1.6.3 验证温升

6.1.6.2 条试验后,按 6.1.2.5 条验证温升,接线端子的温升应不超过 5.12.2.1 条的规定。

6.1.6.4 额定极限短延时分断能力试验

在 6.1.6.3 条试验后进行 O—t—CO 的短路试验。预期电流等于额定极限短延时分断电流。

断路器应保持闭合,闭合的持续时间为短延时短路脱扣器的最大时间整定值。

试验中瞬时过载脱扣器(如有)不应动作,接通电流脱扣器(如有)应当动作。

6.1.6.5 验证工频耐压

6.1.6.4 条试验后,按 6.1.3.5 条验证工频耐压。

6.1.6.6 验证过载脱扣器

6.1.6.5 条试验后,按 6.1.5.4 条验证过载脱扣器。

6.1.7 顺序试验 V: 带熔断器的断路器

此顺序试验适用于带熔断器的断路器,代替顺序试验 I。试验分成两组:

a. 第一组按 6.1.7.1 至 6.1.7.3 条进行试验;

b. 第二组按 6.1.7.4 至 6.1.7.8 条进行试验。

两组试验的试品可以是

两台新的断路器上分别试验,或

同一台断路器上,但两组试验之间可以维修,或

同一台断路器上,两组试验之间不经维修,此时 6.1.7.3 条试验可省略。

6.1.7.2 条的试验仅在 $I_m > I_n$ 情况才需进行,6.1.7.1,6.1.7.5 和 6.1.7.6 条要在断路器的最大工作电压下进行。

6.1.7.1 选择性极限电流下的短路

断路器在 6.1.2 条的条件下进行试验,试验电流为制造厂规定的选择性极限电流。试验时断路器中应装上熔断器。试验为一次“O”操作,试验结束时熔断器仍保持完好。

6.1.7.2 验证温升

6.1.7.1 条试验后,按 6.1.2.5 条验证断路器接线端子的温升,温升应不超过 5.12.2.1 条的规定。

6.1.7.3 验证工频耐压

6.1.7.2 条试验后,按 6.1.3.5 条验证工频耐压。

6.1.7.4 验证过载脱扣器

按 6.1.5.1 条验证过载脱扣器的性能。

6.1.7.5 在 1.1 倍交接电流下的短路

6.1.7.4 条试验后,按 6.1.7.1 条的条件进行试验。试验预期电流是制造厂规定的交接电流的 1.1 倍。断路器中应装入熔断器试验为一次“O”操作,试验结束至少要有两只熔断器熔断。

6.1.7.6 极限短路分断能力下短路

6.1.7.5 条试验后进行本项试验。试验预期电流是制造厂规定的极限短路分断能力 I_m 。断路器中装有熔断器,试验的操作顺序是 O—t—CO,在 t 的期间更换上新的熔体(或熔断体)。

6.1.7.7 验证工频耐压

6.1.7.6 条试验后,换上新的熔体(或熔断体),按 6.1.5.3 条验证工频耐压。

6.1.7.8 验证过载脱扣器

6.1.7.7 条试验后按 6.1.5.4 条验证过载脱扣器。

6.1.8 顺序试验 M: 组合顺序试验

本顺序试验适用于下列使用类别 B 的断路器:

a. 当额定短时耐受电流等于额定运行分断能力 ($I_m = I_n$) 时,代替顺序试验 I 和 N;

b. 当额定短时耐受电流,额定运行短路分断能力和额定极限分断能力三者相等 ($I_m = I_n = I_m$)

时,代替顺序试验 I、II 及 N。

6.1.8.1 额定短时耐受电流

按 6.1.6.2 条进行额定短时耐受电流试验。

6.1.8.2 额定运行短路(延时)分断能力

6.1.8.1 条试验后按 6.1.4.1 条进行额定运行短路(延时)分断能力试验。断路器保持闭合的持续时间是与短时耐受电流有关的短延时。操作顺序为 O—t—CO—t—CO。

试验中,瞬时过载脱扣器(如有)应不动作,接通电流脱扣器(如有)应动作。

6.1.8.3 验证工频耐压

6.1.8.2 条试验后按 6.1.3.5 条验证工频耐压。

6.1.8.4 验证温升

6.1.8.3 条试验后按 6.1.2.5 条验证接线端子的温升,温升应不超过 5.12.2.1 条的规定。

6.1.8.5 验证过载脱扣器

6.1.8.4 条试验后按 6.1.3.7 条验证过载脱扣器。

6.1.9 顺序试验 VI: 耐受环境气候性能

本顺序试验适用于所有的断路器。

6.1.9.1 55℃ 交变湿热试验

试验按 GB 2423.4 的规定进行,高温温度为 +55℃ 周期为 2。在试验前的稳定阶段下(相对湿度不超过 75%),待断路器温度稳定时测量断路器的绝缘电阻。绝缘电阻值应符合 5.12.7.1 条表 17 的要求。

6.1.9.2 验证绝缘电阻

6.1.9.1 条试验后按 GB 2423.4 的第 7 章进行恢复处理,在恢复处理结束前半小时测量断路器的绝缘电阻,绝缘电阻应不低于 5.12.7.1 条表 17 的规定。

6.1.9.3 验证脱扣极限和特性

6.1.9.2 条试验后按 6.1.3.1 条验证脱扣极限和特性。

6.1.9.4 长霉试验

断路器外露于空气中的绝缘零部件(5.12.7.2)按 GB 2423.16 的长霉试验方法进行长霉试验,试验后应符合 5.12.7.2 条的要求。

6.1.9.5 盐雾试验

断路器外露于空气中的金属电镀件按 GB 2423.17 的盐雾试验方法进行盐雾试验,试验后应符合 5.12.7.3 条的要求。

6.1.10 顺序试验 VII: 而受环境机械力的性能

本顺序试验适用于所有的断路器

6.1.10.1 倾斜条件下的脱扣极限和特性

断路器在向任意方向(前、后、左、右)与铅垂线成 22°30' 长期倾斜的安装条件下,按 6.1.3.1 条验证断路器的脱扣极限和特性,脱扣器的动作值应符合 5.12.8.1 条的要求。

6.1.10.2 振动试验

断路器按照 GB 7094 的方法安装在振动台上,根据 5.12.8.2 条表 19 的振动频率和位移(加速度)以 GB 7094 的试验方法进行断路器的振动试验。在试验过程中,断路器应通以额定电流,如通电有困难时应与用户单位协商。

试验中断路器不应发生工作位置的改变。试验结束后断路器不应有机械损伤,操作应灵活。

6.1.10.3 验证脱扣极限和特性

6.1.10.2 条试验后,按 6.1.3.1 条验证脱扣极限和特性。

6.1.11 顺序试验 VIII: 电子式脱扣器的附加要求

本顺序试验适用于单独的电子式脱扣器或所有带电子式脱扣器的断路器,所有试验项目可在同一台

试品进行,或按产品技术文件的规定。

6.1.11.1 运行性能

a. 电子式脱扣器或带电子式脱扣器的断路器在周围空气温度为 $+55^{\circ}\text{C}$ 和 -5°C (露天甲板为 -25°C)的条件下按 6.1.3.1 条验证脱扣极限和特性。

b. 在周围空气温度为 $+70^{\circ}\text{C}$ 下,电子式脱扣器或带电子式脱扣器的断路器通以额定电流(或与之相对应的互感器次级电流值)应能连续运行 2 h 而不改变工作位置。

c. 电子式脱扣器或带电子式脱扣器的断路器在周围空气温度不低于 55°C 的条件下,以正常的电源条件连续运行 16h,其要求按产品技术文件的规定。

6.1.11.2 电源电压和频率变化

以 5.12.9.3 条表 20 规定的电压和频率变化的范围按 6.1.3.1 条验证电子式脱扣器或带电子式脱扣器的断路器的脱扣极限和特性。电压和频率变化的组合按表 26。

表 26

组 合	电 压 变 化 (额定工作电压的%)	频 率 变 化 (额定频率的%)
1	+10	+5
2	+10	-5
3	-10	-5

6.1.11.3 抗电磁干扰性能

按 GB 998 第 12 章的试验方法验证电子式脱扣器的抗电磁干扰性能(见 5.12.9.5 条)。

6.1.12 辅助触头的非正常接通与分断能力、电寿命和额定熔断短路电流试验。

若辅助触头为外购的合格产品,则可以不进行本章条规定的试验。

6.1.12.1 辅助触头的非正常接通和分断能力、电寿命

辅助触头的非正常接通和分断能力按 GB 1497 中 8.2.4.1 条的规定进行。但其中正常接通和分断能力的试验方法不适用于断路器。

辅助触头的电寿命按 GB 1497 中 8.2.4.2 条规定的试验方法进行。

6.1.12.2 辅助触头的额定熔断短路电流试验

辅助触头和熔断器串联接至电路中,试验点的预期短路电流为 1000A。试验电压为 110%额定工作电压,功率因数在 0.5~0.7 之间。试验共三次。两次试验之间的间隔时间不小于 3min

6.1.13 临界负载电流试验

此项试验仅在直流断路器试制完成时进行。

试验线路与短路试验相同,试验电压为 105%额定工作电压,试验电流一般从 $4I_n$ 开始,以大约 50% 的递减率进行试验,最小试验电流不大于 3% I_n (也可以从小电流开始)。特别是在电寿命试验时,若燃弧时间比额定运行短路分断能力的燃弧时间增大两倍以上时,则应在该试验电流附近多试几次。

时间常数和电寿命试验的要求相同。

临界负载电流试验的燃弧时间不大于 0.4s。

6.1.14 断路器主要绝缘材料的性能试验和接线端子的机械性能试验均按 GB 1497 的 8.1 条进行。

6.2 出厂或抽样试验

6.2.1 机械操作试验

- 在最大控制电源电压下 5 次闭合操作和 5 次断开操作;
- 在最小控制电源电压下 5 次闭合操作和 5 次断开操作;
- 在额定控制电源电压下 5 次自由脱扣操作;对自动重合闸的断路器,5 次自动重合闸操作;
- 手动操作的断路器,5 次闭合操作和 5 次断开操作。

除脱扣器需动作外，试验时主电路不通电，断路器不应调整，动作正常，试验后断路器的任何零部件不应损伤，所有零部件运行良好。

6.2.2 脱扣器整定值验证

对下列脱扣器的整定值进行验证

- 过电流脱扣器(包括长延时、短延时、瞬时脱扣器)；
- 欠电压脱扣器；
- 所有其他脱扣器。

过电流脱扣器可以只进行电流整定的倍数试验，以验证脱扣器的动作时间(包括允差)是否与制造厂提供的曲线一致。

6.2.3 工频耐压试验

试验在新的和干净的断路器上进行。

试验电压值按 5.12.3 条的表 14，每次试验的持续时间可降低到 1s。施加电压的部位如下：

- 断路器闭合时，各极之间和所有极与框架之间；
- 断路器断开时，每一极的进、出线端子之间；
- 控制电路和辅助电路按 6.1.3.2.2 条的 b。

试验时不需使用 6.1.3.2.1 条规定的金属箔。

7 检验规则

7.1 检验规则分类

- 型式试验规则(见 7.2 条)；
- 定期试验规则(见 7.3 条)；
- 出厂或抽样试验规则；
- 特殊试验规则。

7.2 型式试验规则

型式试验的目的是用以检验断路器的设计和性能是否符合本标准及产品技术文件的要求。

型式试验必须在新产品研制或投产时进行。通常型式试验只需进行一次，当产品设计上有更改或制造工艺，原材料、零部件结构更改而可能影响其工作性能时，需进行有关项目的型式试验。

型式试验采用分组顺序试验方法，每一顺序试验一般用两台断路器(但 630A 以上的断路器为一台，振动试验是一个系列一台)若两台都不合格则该顺序试验不合格。若有一台不合格，则：

- 按该顺序试验再用两台试品进行复试，若仍有一台不合格则该顺序试验不合格；
- 找出原因，经修改后用两台断路器(630A 以上一台)进行考核，如修改后其他顺序试验受影响，

则有关的顺序试验也必须重新考核。

有关试验的详细情况应在型式试验报告中说明。

7.3 定期试验规则

定期试验是指产品型式试验后，并进入稳定生产阶段为检查产品的质量，每隔一定年限进行的试验。

用作定期试验的断路器应从出厂试验合格的产品中随机抽出。试品的数量及合格的评定按型式试验规则。

定期试验的周期为：

$I_{\text{m}} \leq 100\text{A}$	4 年
$100 < I_{\text{m}} \leq 630\text{A}$	5 年
$630 < I_{\text{m}} \leq 1600\text{A}$	6 年
$1600 < I_{\text{m}} \leq 4000\text{A}$	8 年

定期试验的项目从型式试验的项目中挑选，一般有以下试验项目：

- a. 温升;
- b. 工频耐压;
- c. 短路分断能力;
- d. 机械操作和寿命;
- e. 脱扣特性;
- f. 电子式脱扣器的运行性能。

7.4 出厂或抽样试验规则

出厂试验是断路器出厂前制造厂必须在每台断路器上进行的试验项目,其目的是检验材料、工艺和装配上有无缺陷。试验项目如下:

- a. 操作试验;
- b. 脱扣器的整定;
- c. 一秒钟工频耐压;
- d. 电子式脱扣器的 16 h 运行试验。

如果以抽样试验代替出厂试验,则具体抽样方案应在产品技术文件中规定。

7.5 特殊试验规则

特殊试验按制造厂和用户之间的协议进行。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 下面数据应以清晰和耐久的方式标志在断路器本体或一块(或几块)铭牌上,并置于断路器醒目的地方。

- a. 制造厂厂名或商标;
- b. 型号和出厂号、出厂年月;
- c. 断路器符合的标准号;
- d. 断开或闭合位置指示(如使用数字符号的话,用 0 和 1 相对应);
- e. 船检标志;
- f. 额定工作电压(或多个额定工作电压);
- g. 额定电流 I_n ;
- h. 额定频率(或范围),直流记号“DC”(或记号——);
- i. 额定运行短路分断能力, I_{cs} ;
- j. 额定极限短路分断能力, I_{cn} ;
- k. 额定短时耐受电流 I_{ts} 和相关的短延时(如有规定);
- l. 过电流脱扣器整定值;
- m. 外壳防护等级 IP××(如有)。

注: IP00 可以不标出。

8.1.2 下面数据标志在断路器铭牌上或载明在制造厂提供的有关资料中:

- a. 额定短路接通能力(如它不同于 5.3.5.1 条规定);
- b. 额定绝缘电压, U_i ;
- c. 电源端和负载端(如有必要区别)。

对于装有可更换或可调节的脱扣器,电流整定值(可调的指整定值范围)应在脱扣器上或它的调节刻度上标明。

对于装有不可更换的或不可调节的脱扣器,可标明在断路器上,在依靠电流互感器间接动作脱扣器的情况下,标志可以标明供给的电流互感器的初级电流或过电流脱扣器的电流整定值。不论怎样标明,都

应说明互感器的变比。

8.1.3 下面关于断路器的断开和闭合装置的数据应标志在这些装置的铭牌上或在断路器的铭牌上,若位置不够,则在制造厂提供的有关资料中载明:

- a. 闭合装置的额定电压和额定频率;
- b. 分励脱扣器和欠电压脱扣器的额定电压和频率;
- c. 辅助触头的数量、型式及电流种类、额定频率、辅助触头的额定电压(如果它不同于主电路)。

注: 如果小型断路器没有足够的位置标志上述数据,至少要求标明 8.1.1 中 a、b、g 和 l 等项资料,以便从制造厂得到全部数据。

8.2 包装

断路器的包装必须坚固,防止运输过程受损受潮,并且包装箱内一般应附有必要的运输、安装、使用、操作、维修说明书。

包装箱上应标明:

- a. 收货单位名称及地址;
- b. 制造厂厂名或商标;
- c. 产品名称、型号及规格;
- d. 包装箱外形尺寸;
- e. 每箱中产品台数;
- f. 每箱的重量;
- g. “小心轻放”、“不准倒置”、“防潮”字样和标记(如需要时)。

8.3 运输、贮存

按 GB 1497 中 10.5 规定。

9 质量保证

备品、备件和质量保证在产品技术文件中规定。

附加说明:

本标准由机械电子工业部上海电器科学研究所提出并归口。

本标准由机械电子工业部上海电器科学研究所等单位负责起草。

本标准主要起草人章定邦、朱贤林、葛诗慧、孙令黄、吕德增、景燕灵、朱承采。