ICS 29.200
M41

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3693—2020

通信240V/336V供电系统用直流断路器

DC circuit breaker for 240V/336V DC power supply system

2020-04-16 发布　　2020-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部　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　分类 6
5　技术要求 6
5.1　断路器特性 6
5.2　标志 7
5.3　使用条件 7
5.4　结构要求 8
5.5　性能要求 8
6　试验方法 11
6.1　试验种类 11
6.2　常规试验 11
6.3　型式试验 12
附录 A（资料性附录）两极断路器单极额定短路分断能力试验 18
附录 B（资料性附录）分断 150A 及以下的小直流电流的可靠性试验 19
附录 C（资料性附录）蓄电池短路电流计算方法 20
附录 D（资料性附录）蓄电池组内电阻及出口短路电流参考数值 21
附录 E（资料性附录）电缆内阻计算方法 23
附录 F（资料性附录）断路器内阻参考数值 25

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国电信集团有限公司、北京人民电器厂有限公司、上海良信电器股份有限公司、中国信息通信研究院、中国移动通信集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司、浙江天正电气股份有限公司、维谛技术有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、中兴通讯股份有限公司、烽火科技集团有限公司、日海智能科技股份有限公司、北京动力源科技股份有限公司、华为技术有限公司、上海乐通通信设备（集团）股份有限公司、北京北元电气有限公司。

本标准主要起草人：杜民、孙文波、赵志群、王金贵、齐曙光、王振、刘郑海、李玉昇、吴星、朱莉、周焱、王新军、孙昊、魏建军、戎攀、肖海林、王跃、张威。

通信 240V/336V 供电系统用直流断路器

1 范围

本标准规定了在通信用 240V/336V 直流供电系统中运行的直流断路器的技术要求、试验方法。

本标准适用于通信局站和数据机房中采用悬浮供电方式向通信设备供电，标称电压为 240V/336V 的直流供电系统中使用的直流断路器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2900.18—2008 电工术语 低压电器

GB/T 10963.1—2005 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 10963.3—2016 家用及类似场所用过电流保护断路器 第 3 部分：用于直流的断路器

GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第1部份：总则

GB/T 14048.2—2008 低压开关设备和控制设备 第 2 部分：断路器

YD/T 2378—2011 通信用 240V 直流供电系统

YD/T 3089—2016 通信用 336V 直流供电系统

3 术语和定义

GB/T 2900.18—2008、GB/T 10963.1—2005、GB/T 14048.1—2012、GB/T 14048.2—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 2900.18—2008、GB/T 10963.1—2005、GB/T 14048.1—2012、GB/T 14048.2—2008 中的某些术语和定义。

3.1

（机械的）断路器 circuit-breaker（mechanical）

在正常电路条件下能接通、承载以及分断电流，也能在规定的非正常电路条件下（例如短路）下接通、承载一定时间和分断电流的机械开关电路。

[GB 2900.18—2008，定义 4.1.1]

3.2

万能式断路器 conventional circuit-breaker

框架式断路器

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

[GB 2900.18—2008，定义 4.1.2]

3.3

塑料外壳式断路器 moulded case circuit-breaker

模压外壳式断路器

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。

[GB 2900.18—2008，定义 4.1.3]

3.4

小型断路器 miniature circuit-breaker

用于配电终端的具有模数化结构的塑料外壳式断路器。

3.5

直流断路器 circuit-breaker for DC

采用悬浮供电方式向通信设备供电，标称电压为 240V/336V 的直流供电系统中直流回路使用的断路器（以下简称断路器）。

3.6

（断路器的）极 pole（of a circuit-breaker）

仅与主电路的一个独立的导电路径相连的断路器的部件，具有用来连接和断开主电路本身的触头。它不包括那些用来将各极固定在一起并使各极一起动作的部件。

[GB/T 10963.1—2005，定义 3.2.7]

3.7

脱扣器 release

与开关电器机械联结的，用以释放锁扣件并使开关电器断开或闭合的装置。

[GB 2900.18—2008，定义 4.5.6]

3.8

过电流继电器或脱扣器 overcurrent relay or release

当继电器或脱扣器中电流超过预定值时，引起开关电器有延时或无延时动作的继电器或脱扣器。在某些情况下，整定值取决于电流的上升率。

[GB 2900.18—2008，定义 4.5.8]

3.9

保护极 protected pole

具有过电流脱扣器的极。

[GB/T 10963.1—2005，定义 3.2.7.1]

3.10

工作电压 working voltage

在额定电源电压下可能产生（局部地）在任何绝缘端实际出现的最高交流电压有效值或最高直流电压值。

此定义不考虑瞬态电压。

开路条件和正常工作条件应考虑在内。

[GB 2900.18—2008，定义 6.1.52]

3.11

额定工作电压 rated operational voltage

在规定条件下，保证电器正常工作的工作电压值。

[GB 2900.18—2008，定义 6.1.53]

3.12

额定工作电流 rated operational current

在规定条件下，保证电器正常工作的工作电流值。

[GB 2900.18—2008，定义 6.1.14]

3.13

（开关电器或熔断器的）分断能力 breaking capacity（for a switching device or a fuse）

在规定的使用和性能条件下，开关电器或熔断器在规定的电压下能分断的预期分断电流值。

规定的电压和条件见有关产品标准。

对交流电流用交流分量对称有效值表示。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.24]

3.14

短路分断（或接通）能力 short-circuit breaking（or making）capacity

在规定的条件下，包括开关电器接线端短路在内的分断能力。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.24]

3.15

运行短路分断能力（ICS）service short-circuit breaking capacity

按规定的试验程序所规定的条件，要求断路器连续承载其额定电流能力的分断能力。

[GB/T 14048.2—2008，定义 2.15.2]

3.16

极限短路分断能力（ICU）ultimate short-circuit breaking capacity

按规定的试验程序所规定的条件，不要求断路器连续承载其额定电流能力的分断能力。

[GB/T 14048.2—2008，定义 2.15.1]

3.17

约定不脱扣电流 conventional non-tripping current

在规定的时间（约定时间）内，脱扣器能承载而不动作的规定电流值。

[GB/T 14048.1—2012，定义 2.5.30]

3.18

约定脱扣电流 conventional tripping current

在规定的时间（约定时间）内，引起脱扣器动作的规定电流值。

[GB/T 14048.1—2012，定义 2.5.31]

3.19

冲击耐压 impulse withstand voltage

在规定的试验条件下，不造成击穿的具有一定形状和极性的冲击电压最高峰值。

[GB/T 14048.1—2012，2.5.55]

3.20

电气间隙 clearance

两个导电部件间最短的直线距离。

[GB 2900.18—2008，定义 6.1.1]

3.21

爬电距离 creepage distance

两导电部件之间沿固体绝缘材料表面的最短距离。

[GB 2900.18—2008，定义 6.1.6]

3.22

污染 pollution

使绝缘的电气强度和表面电阻率下降的外来物质（固体、液体或气体）的任何组合。

[GB 2900.18—2008，定义 7.1.3]

3.23

（环境条件的）污染等级 pollution degree（of environmental conditions）

根据导电的或吸湿的灰尘、游离气体或盐类和相对湿度的大小以及由于吸湿或凝露导致表面介电强度和/或电阻率下降事件发生的频度而对环境条件作出的分级。

[GB 2900.18—2008，定义 7.1.4]

3.24

（一极或熔断器的）燃弧时间 arcing time（of a pole or a fuse）

从一个极或一个熔断器中开始出现电弧的瞬间起到该极或熔断器中电弧最终熄灭的瞬间止的时间间隔。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.2]

3.25

（多极开关电器的）燃弧时间 arcing time（of a multipole switching device）

从第一个电弧产生的瞬间起到所有极中电弧最终熄灭的瞬间止的时间间隔。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.3]

3.26

（熔断器的）弧前时间 pre-arcing time（of a fuse）

（熔断器的）熔化时间 melting time（of a fuse）

从一个足够分断熔体的电流出现至电弧产生的瞬间之间的时间间隔。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.11]

3.27

（熔断器的）熔断时间 operating time（of a fuse）

（熔断器的）总熔断时间 total clearing time（of a fuse）

弧前时间和燃弧时间之和。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.12]

3.28

时间—电流带 time-current zone

在规定的条件下，最小弧前时间—电流特性和最大熔断时间-电流特性所包括的范围。

[GB 2900.18—2008，定义 6.2.16]

3.29

周围空气温度 ambient air temperature

在规定条件下确定的整个开关电器或熔断器周围的空气温度

对于有封闭外壳的开关电器或熔断器，此温度是指壳外温度。

[GB 2900.18—2008，定义 7.1.2]

4 分类

4.1 按断路器型式可分为：

——万能式（框架）断路器；

——塑料外壳式（塑壳）断路器；

——小型（微型）断路器。

4.2 按断路器电流方向（有无极性）可分为：

——与电流方向有关的断路器（有极性）；

——与电流方向无关的断路器（无极性）。

5 技术要求

5.1 断路器特性

5.1.1 标准值和优选值

5.1.1.1 额定工作电压（Ue）优选值

在240V供电系统中使用的断路器的工作电压范围应满足YD/T 2378—2011的要求，断路器的额定工作电压应不低于300V。

在336V供电系统中使用的断路器的工作电压范围应满足YD/T 3089—2016的要求。断路器的额定工作电压应不低于400V。

额定工作电压（Ue）如图1所示。

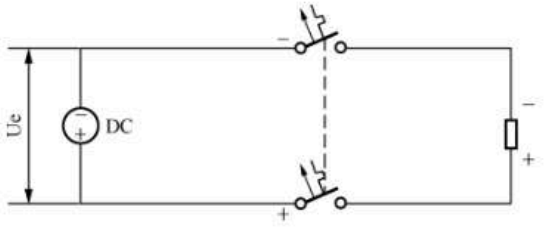


图1 断路器额定工作电压Ue

5.1.1.2 额定工作电流（In）优选值

断路器额定工作电流优选值包括以下几种。

——小型断路器：10A、16A、20A、25A、32A、40A、50A、63A、80A、100A。

——塑壳断路器：63A、80A、100A、125A、160A、200A、250A、315A、350A、400A、500A、630A、700A、800A、1000A、1250A、1600A。

——万能式断路器：630A、800A、1000A、1250A、1600A、2000A、2500A、3200A、4000A。

5.1.1.3 额定极限短路分断能力（Icu）优选值

在额定工作电压时，断路器的额定极限短路分断能力优选值包括以下几种。

——小型断路器：6kA、10kA。

——塑壳断路器：20kA、25kA、35kA、50kA。

——万能式断路器：35kA、50kA、65kA。

5.1.1.4 额定冲击耐受电压（Uimp）的优选值

断路器额定冲击耐受电压优选包括以下几种。

——小型断路器：4kV。

——塑壳断路器：6kV。

——万能式断路器：8kV。

5.1.2 瞬时脱扣电流范围

断路器瞬时脱扣电流（I）范围见表 1。

表 1 瞬时脱扣电流范围

断路器类别	脱扣形式	瞬时脱扣电流范围
小型断路器	B	3In<I≤5In
	C	5In<I≤10In
	x [a]	xIn±20%
塑壳断路器 万能式断路器		8In<I≤12In
[a] 特殊脱扣形式，其脱扣代号（x）、脱扣电流范围由制造商根据用户的要求规定		

5.2 标志

断路器的标志应满足 GB/T 14048.2—2008 中 5.2 的要求。

5.3 使用条件

5.3.1 周围空气温度范围

周围空气温度不超过+40℃，并且在 24h 内的平均温度不超过+35℃。

周围空气温度的下限是–5℃。

在周围空气温度高于+40℃或低于–5℃的条件下使用的断路器应采用特殊设计或按制造厂样本中提供的数据使用。

5.3.2 海拔高度

安装地点的海拔高度一般不超过 2000m。

对于安装在更高海拔的装置，应考虑介电强度和空气冷却效果的降低。预期在此条件下使用的断路

器应特殊设计或按制造厂与用户间的协议使用。

5.3.3 湿度

工作相对湿度范围：≤90%（40℃±2℃）。

储运相对湿度范围：≤95%（40℃±2℃）。

5.3.4 污染等级

污染等级与断路器使用所处的环境条件有关。

电气间隙或爬电距离的微观环境确定对断路器绝缘的影响，而不是断路器的环境确定其影响。电气间隙或爬电距离的微观环境可能好于或差于断路器的环境。微观环境包括所有影响绝缘的因素，例如：气候条件、电磁条件、污染的产生等。

对用在外壳中的断路器或本身带有外壳的断路器，其污染等级可选用壳内的环境污染等级。

为了便于确定电气间隙和爬电距离，微观环境可分为4个污染等级，见表2，除非另有规定，断路器应适用于污染等级3的环境条件下安装。

表2 污染等级

污染等级	说明
1	无污染或仅有干燥的非导电性污染
2	一般情况仅有非导电性污染，但是应考虑偶然由于凝露造成短暂的导电性
3	有导电性污染，或由于凝露使干燥的非导电性污染变成导电性的
4	造成持久性的导电性污染，例如由于导电尘埃或雨雪所造成的污染

注：断路器微观环境的污染等级可能受外壳安装方式的影响。

5.4 结构要求

断路器的结构应满足GB/T 14048.2—2008中7.1的要求。

5.5 性能要求

5.5.1 操作条件

断路器的操作条件应满足GB/T 14048.2—2008中7.2.1的要求。

5.5.2 温升

断路器的温升应满足GB/T 14048.2—2008中7.2.2的要求，接线端子及易接近部件的温升要求见表3、表4。

表3 接线端子的温升极限

接线端子材料	温升极限 K
裸铜	60

表 3　接线端子的温升极限（续）

接线端子材料	温升极限　K
裸黄铜	65
铜（或黄铜）镀锡	65
铜（或黄铜）镀银或镀镍	70
其他金属	65

表 4　易接近部件的温升极限

易接近部件			温升极限　K
人力操作部件	金属		15
	非金属		25
可触及但不能握住的部件	金属		30
	非金属		40
非常操作时不触及的部件	外壳接近电缆进口外表面	金属	40
		非金属	50
	电阻器外壳的外表面		200
	电阻器外壳通风口的气流		200

5.5.3　介电性能

断路器的介电性能应满足 GB/T 14048.2—2008 中 7.2.3 的要求，冲击耐受电压见表 5，最小电气间隙见表 6，最小爬电距离见表 7。

表 5　冲击耐受电压

额定冲击耐受电压 Uimp/kV	试验电压和相应的海拔				
	U1.2/50 a.c.峰值 kV				
	海平面	200m	500m	1000m	2000m
4	4.8	4.8	4.7	4.4	4
8	9.8	9.6	9.3	9	8

表 6　空气中最小电气间隙

额定冲击耐受电压 Uimp/kV	最小电气间隙 mm							
	情况 A 非均匀电场条件（2.5.63）				情况 B 均匀电场条件（2.5.62）			
	污染等级				污染等级			
	1	2	3	4	1	2	3	4
4	3	3	3	3	1.2	1.2	1.2	1.6
8	8	8	8	8	3	3	3	3
注：空气中最小电气间隙是以 1.2 μ s /50 μ s 冲击电压为基础，其气压为 80 kPa 相当于 2 000 m 海拔处正常大气压								

表 7　最小爬电距离

电器的额定绝缘电压或实际工作电压，交流有效值或直流 [d] V	承受长期电压的电器的最小爬电距离 mm												
	污染等级			污染等级			污染等级			污染等级			
	1[e]	2[e]	1	2			3			4			
	材料组别			材料组别			材料组别			材料组别			
	[a]	[b]	[a]	I	II	IIIa IIIb	I	II	IIIa IIIb	I	II	IIIa	IIIb
200	0.4	0.63	0.56	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2	4	5	6	[c]
250	0.56	1	0.75	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4	5	6.3	6.3	
320	0.75	1.6	1	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5	6.3	8	8	
400	1	2	1.3	2	2.8	4	5	5.6	6,3	8	10	10	
500	1.3	2.5	1.8	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8	10	12.5	12.5	

[a] 材料组别Ⅰ、Ⅱ、IIIa 、IIIb；

[b] 材料组别Ⅰ、Ⅱ、IIIa；

[c] 区域的爬电距离尚未确定，因此材料组别IIIb 一般不推荐用在污染等级 3、电压 630V 以上和污染等级 4；

[d] 作为例外，额定绝缘电压 127V、208V、415V/440V、660V/690V 和 830V 的爬电距离可采用相应的较低的电压值 125V、200V、400V、630V 和 800V 的爬电距离。

[e] 印刷线路材料专用的最小爬电距离可以在此两列数值中选定

5.5.4　在空载、正常负载以及过载条件下的接通和分断能力

在空载、正常负载及过载的条件下，断路器的接通和分断能力应满足表 8 的要求。

表 8　操作循环次数

1	2	3	4	5
额定电流 [a]A	每小时操作循环次数 [b]	操作循环次数		
		不通电流	通电流 [c]	总数
In≤100	120	8500	1500	10000

表 8　操作循环次数（续）

1	2	3	4	5
100＜In≤315	120	7000	1000	8000
315＜In≤630	60	4000	1000	5000
630＜In≤2500	20	2500	500	3000
2500＜In	10	1500	500	2000
[a] 指给定壳架等级的最大额定电流。 [b] 第 2 栏给出的是最小的操作频率。如果经制造厂同意，可提高该操作频率，在这种情况下，所用的操作频率应在试验报告中说明。 [c] 在每个操作循环期间，断路器应保持闭合足够的时间，以保证通过全电流，但不超过 2s				

5.5.5　短路条件下的接通和分断能力

短路条件下的接通和分断能力应满足 GB/T 14048.2—2008 中 7.2.5 的要求，并做如下补充。

a）　两极断路器单极额定短路分断能力（Icu1）应满足：

——单极额定短路分断能力是制造厂规定的两极断路器的每一极单独在规定条件下能接通、承载和分断的预期短路电流值。

——单极额定短路分断能力应不低于产品额定极限短路分断能力的 30%（即 Icu1≥30%Icu）。

——通过附录 A 试验来验证是否符合要求。

b）　对于小型断路器，其直流电流分断能力应满足能在规定条件下可靠分断 150A 及以下的小直流电流，通过附录 B 试验来验证是否符合要求。

5.5.6　适用于隔离的断路器的补充要求

应满足 GB/T 14048.2—2008 中 7.2.7 的要求。

5.5.7　电磁兼容（EMC）

应满足 GB/T 14048.2—2008 中 7.3 的要求。

6　试验方法

6.1　试验种类

试验类型分为常规试验和型式试验。

6.2　常规试验

常规试验按表 9 规定进行。

表 9　常规试验内容

试验项目	要求
标志	见 GB/T 14048.2—2008 中 5.2
过载（电流）脱扣试验	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.4.2
机械操作试验	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.4.1
验证欠电压和分励脱扣器的动作	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.4.3
介电试验	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.4.5
验证电气间隙	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.4.6

6.3　型式试验

6.3.1　试验条件

试验条件按表 10 规定。

表 10　型式试验条件

一般试验条件	要求
断路器试验一般要求	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.1
断路器短路试验要求	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.6.1
记录（说明）	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.6.6
恢复电压	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.2.6
短路试验条件	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.6
温升试验	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.5
时间常数	见本标准 6.2.5.3
允差	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.2.2

6.3.2　试验项目

型式项目要求按表 11 规定。

表 11　型式试验项目及要求

试验项目	要求
介电性能	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.2
介电耐受能力（验证）	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.5、8.3.4.3、8.3.5.3、8.3.6.5、8.3.7.3、8.3.7.7、8.3.8.5
主触头位置指示	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.9
操作性能能力	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.3、8.3.4.2、8.3.4.4
过载性能	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.4

表 11　型式试验项目及要求（续）

试验项目	要求
过载脱扣器（验证）	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.7、8.3.4.5、8.3.5.1、8.3.5.4、8.3.6.1、8.3.6.6、8.3.7.4、8.3.7.8、8.3.8.1、8.3.8.7
运行短路分断能力	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.4、8.3.8.3
温升（验证）	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.5、8.3.3.6、8.3.4.4、8.3.6.3、8.3.7.2、8.3.8.6
脱扣极限和特性	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.1
极限短路分断能力	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.5
抽屉式断路器（附件（补充）试验）	见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3.3.5
两极断路器单极额定短路分断能力	见本标准附录 A
分断 150A 及以下小直流电流的可靠性	见本标准附录 B

型式试验应由制造商进行，可在其车间或任何合适的试验室里进行，由其任选。

6.3.3　试验程序

型式试验程序按表 12 规定。

表 12　试验程序总分类表 [a]

试验程序	适用于	试验顺序
I 一般工作特性	全部断路器	a）　脱扣极限和特性； b）　介电性能； c）　机械操作和操作性能能力； d）　过载性能； e）　验证介电耐受能力； f）　验证温升； g）　验证过载脱扣器； h）　验证欠压和分励脱扣器（如适用）； i）　验证主触头位置指示
II 额定运行短路分断能力	全部断路器	a）　额定运行短路分断能力； b）　操作性能能力； c）　验证介电耐受能力； d）　验证温升； e）　验证过载脱扣器
III 额定极限短路分断能力	全部断路器 [b]	a）　验证过载脱扣器； b）　额定极限短路分断能力； c）　验证介电耐受能力； d）　验证过载脱扣器

表 12　试验程序总分类表[a]（续）

试验程序	适用于	试验顺序
Ⅳ 两极断路器单极额定短路分断能力 （附录 E）	全部断路器	a）　验证过载脱扣器； b）　单极额定短路分断能力； c）　验证介电耐受能力； d）　验证过载脱扣器
Ⅴ 分断 150A 及以下的小直流电流的可靠性 （附录 B）	小型断路器	验证规定电流时断开的可靠性
a　按 Ics 和 Icu 之间的关系选用不同的试验程序和选择试验用的断路器，见表 13 b　除了 Ics=Icu		

表 13　按 Ics 和 Icu 之间的关系选用的试验程序

Ics 和 Icu 的关系	试验程序	
情况 1 Ics≠Icu	Ⅰ	√
	Ⅱ	√
	Ⅲ	√
情况 2 Ics=Icu	Ⅰ	√
	Ⅱ	√
	Ⅲ	
注 1：本表适用任何一个 Ue，对多个 Ue 额定值，本表适用于每个 Ue 额定值。 注 2：“√”表示适用于该试验程序		

6.3.4　试品数量要求

试品数量按表 14 规定。

表 14　试品数量

试验程序	标志的额定电压 Ue 个数			端子标记电源/负载		试品数量	试品编号	电流整定值[a)]		试验电压	试验电流		温升验证	注
	1	2	多个	有	无	1	1	最小	最大		相应	最大		
Ⅰ	√	√	√	√	√	1	1		√	Ue 最大	见 6.2.6		√	j
Ⅱ （Ics）	√			√		2	1 2	√	√	Ue Ue	√ √		√	j,k b

表 14　试品数量（续）

试验程序	标志的额定电压Ue个数			端子标记电源/负载		试品数量	试品编号	电流整定值[a)]		试验电压	试验电流		温升验证	注
	1	2	多个	有	无	1	1	最小	最大		相应	最大		
Ⅰ	√	√	√	√	√	1	1		√	Ue 最大	见 6.2.6		√	j
Ⅱ（Ics）	√				√	3	1 2 3	√	√ √	Ue Ue Ue	√ √ √		√	j b c,j
		√		√	√	3	1 2 3	√	√ √	相应的 Ue 最大值 相应的 Ue 最大值 Ue 最大	√	√ √	√	j b c,j,k
			√	√	√	4	1 2 3 4	√	√ √ √	相应的 Ue 最大值 相应的 Ue 最大值 Ue 中间值 Ue 最大	√ √	√ √	√	j b f,j d,j,k
Ⅲ（Icu）	√			√		2	1 2	√	√ √	Ue Ue	√ √			k b
	√				√	3	1 2 3	√	√ √	Ue Ue Ue	√ √ √			b c
		√		√	√	3	1 2 3	√	√ √	相应的 Ue 最大值 相应的 Ue 最大值 Ue 最大	√	√ √		b c,k
			√	√	√	4	1 2 3 4	√	√ √ √	相应的 Ue 最大值 相应的 Ue 最大值 Ue 中间值 Ue 最大	√ √	√ √		b f d,k
Ⅳ 单极（附录 A）（Isu1）	√	√	√	√	√	1	1		√	Ue 最大	Isu1			

表 14　试品数量（续）

试验程序	标志的额定电压Ue个数			端子标记电源/负载		试品数量	试品编号	电流整定值[a]		试验电压	试验电流		温升验证	注
	1	2	多个	有	无	1	1	最小	最大		相应	最大		
I	√	√	√	√	√	1	1		√	Ue 最大	见 6.2.6		√	j
V 分断小电流 （附录 B）	√	√	√	√	√	3	1 2 3	√	√ √	Ue 最大 Ue 最大 Ue 最大	附录 B			

a　最小电流指一给定壳架等级的最小 In；在可调过载脱扣器情况，指最小 In 的最小整定值。最大电流指一给定壳架等级的最大 In。

b　在下列情况下，此样品可以省去：

——在一给定壳架等级中，断路器只有一个不可调电流整定值；

——断路器只装分励脱扣器（即没有内装过电流脱扣器）

——带电子过电流保护的断路器，对一给定壳架等级有一个仅靠电子方法调整电流整定值（即不变传感器）。

c　接线相反。

d　接线相反，如端子无标记。

e　试验站和制造商协商。

f　如果端子无标记应在附加试品上进行接线相反试验。

g　如果 In 值因外部载流部件（即可更换的端子或抽屉座连接）不同而有差异的断路器，这种连接的最小和最大额定值应承受全部程序，程序完毕，最大额定值样品应对每种外部载流部件增加温升验证。

h　对于有标记电源/负载的无极性小型断路器应按最大整定电流、Ue 最大值、相应试验电流的试验条件再增加 1 台样品，增加的样品试验接线正负极性应相反方向

6.3.5　试验参数

6.3.5.1　试验参数值

试验参数值见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.2.1。

6.3.5.2　试验参数允许偏差

试验参数允许偏差见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.2.2。

6.3.5.3　试验电路的时间常数

试验电路的时间常数按表 15 规定。

表 15　试验电路的时间常数

试验电流 I/kA	时间常数 ms		
	短路	操作性能能力	过载
I≤3	5	2	2.5
3<I≤4.5	5		
4.5<I≤6	5		
6<I≤10	5		
10<I≤20	10		
20<I≤50	15		
50<I	15		

6.3.5.4　试验结果的评定

试验结果的评定见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.2.3。

6.3.5.5　试验报告

试验报告见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.4。

6.3.6　试验程序Ⅰ：一般工作特性

见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.3。

6.3.7　试验程序Ⅱ：额定运行短路分断能力

见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.4。

6.3.8　试验程序Ⅲ：额定极限短路分断能力

见 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.5。

6.3.9　试验程序Ⅳ：两极断路器单极额定短路分断能力

按照附录 A 进行验证。

6.3.10　试验程序Ⅴ：分断 150A 及以下小直流电流的可靠性

按照附录 B 进行验证。

附 录 A
（资料性附录）
两极断路器单极额定短路分断能力试验

A.1 概述

本试验适用于两极（按 3.9 定义的极）直流断路器在对地悬浮直流供电系统中发生正负极短路且短路电流仅经过断路器的其中一极时的系统故障情况（短路电流计算可参考附录 C）。本试验包括单极的短路分断能力（Isu1）、验证介电耐受能力、验证过载脱扣器三个试验项目。

A.2 单极短路分断能力试验

单极短路分断能力试验的试验方法如下：

a） 试验电压为断路器最高 Ue；

b） 时间常数按 6.3.3.3 规定；

c） 试验电路应按 GB/T 14048.1—2012 中 8.3.4.1.2 和图 10；

d） 操作顺序为 O-t-CO；

e） 需轮换对每个单独极进行试验。

A.3 验证介电耐受能力

继 A.2 试验后，应按 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.5.3 验证介电耐受能力。

A.4 验证过载脱扣器

继 A.3 试验后，应按 GB/T 14048.2—2008 中 8.3.5.4 验证过载脱扣器。

附 录 B
（资料性附录）
分断 150A 及以下的小直流电流的可靠性试验

B.1 概述

本试验适用于小型直流断路器在小电流情况下正常开断电路的可靠性验证。

B.2 试验方法

本试验的试验方法如下：

a） 断路器试验条件及安装方式按照 GB/T 10963.3—2016 中 9.11.1 要求；

b） 本试验应按照生产厂家所宣称的 Ue 最大值进行；

c） 断路器应断开下面所列的每一个试验电流 3 次，操作条件自由脱扣或手动断开；

d） 试验电流为 1A、2A、4A、8A、16A、32A、63A、150A。

B.3 注意事项

本试验的注意事项如下：

a） 试验电流时间常数 T=2ms（$^{+15}_{0}$%）；

b） 对于标记有极性的断路器按规定的极性接线，对于没有规定极性的断路器，两台试品按一个电流方向接线，第三台试品按相反方向接线；

c） 每个 CO 操作循环之间的时间间隔至少 10s，闭合时间不应大于 2s，不同试验电流之间的间隔时间至少 2min；

d） 试验时，熄弧时间不应大于 1s。

附 录 C
（资料性附录）
蓄电池短路电流计算方法

C.1 在蓄电池出口位置上发生短路，则短路电流应按公式（C.1）计算：

$$I_{dk}=\frac{U_n}{n(r_b+r_l)} \quad (C.1)$$

式中：

I_{dk} —断路器安装处短路电流，单位：A；

U_n —系统标称电压，单位：V；

r_l —蓄电池连接条的电阻，单位：Ω，参考数值见附录 D；

r_b —蓄电池内阻，单位：Ω，参考数值见附录 D；

n —蓄电池个数。

C.2 在蓄电池组连接的直流回路上发生短路，则短路电流应按公式（C.2）计算：

$$I_{dk}=\frac{U_n}{n(r_b+r_l)+\sum r_j+\sum r_k} \quad C.2)$$

式中：

I_{dk} —断路器安装处短路电流，单位：A；

U_n —系统标称电压，单位：V；

r_l —蓄电池连接条的电阻，单位：Ω，参考数值见附录 D；

r_b —蓄电池内阻，单位：Ω，参考数值见附录 D；

n —蓄电池个数；

Σr_j —蓄电池组至断路器安装处连接电缆电阻之和，单位：Ω，参考数值见附录 E；

Σr_k —相关断路器触头电阻（即断路器内阻）之和，单位：Ω。参考数值见附录 F。

附 录 D
（资料性附录）
蓄电池组内电阻及出口短路电流参考数值

蓄电池内阻及出口短路电流参考数值见表 D.1。

表 D.1 阀控式密封铅酸蓄电池组内阻及出口短路电流值

蓄电池容量 Ah	连接条数量类型及电阻			蓄电池内阻 mΩ	蓄电池组电阻 mΩ		短路电流 kA
	数量	连接条电阻 mΩ			240V	336V	
200	1	硬连接	0.0150	0.6600	81.000	113.400	2.963
		软连接	0.0382	0.6600	83.783	117.296	2.865
300	1	硬连接	0.0150	0.4400	54.600	76.440	4.396
		软连接	0.0382	0.4404	57.429	80.401	4.179
400	1	硬连接	0.0150	0.3300	41.400	57.960	5.797
		软连接	0.0382	0.3300	44.183	61.856	5.432
500	1	硬连接	0.0150	0.2640	33.480	46.872	7.168
		软连接	0.0382	0.2640	36.263	50.768	6.618
600	2	硬连接	0.0075	0.2200	27.300	38.220	8.791
		软连接	0.0191	0.2200	28.692	40.168	8.365
800	2	硬连接	0.0075	0.1650	20.700	28.980	11.594
		软连接	0.0191	0.1650	22.092	30.928	10.864
900	2	硬连接	0.0075	0.1465	18.480	25.872	12.987
		软连接	0.0191	0.1465	19.872	27.820	12.078
1000	2	硬连接	0.0075	0.1320	16.740	23.436	14.337
		软连接	0.0191	0.1320	18.132	25.384	13.237
1200	4	硬连接	0.0038	0.1100	13.650	19.110	17.582
		软连接	0.0095	0.1101	14.347	20.086	16.728
1500	3	硬连接	0.0050	0.0880	11.160	15.624	21.505
		软连接	0.0127	0.0880	12.088	16.923	19.855
1600	4	硬连接	0.0038	0.0825	10.350	14.490	23.188
		软连接	0.0095	0.0826	11.047	15.466	21.726
1800	6	硬连接	0.0025	0.0733	9.099	12.739	26.376
		软连接	0.0064	0.0733	9.563	13.388	25.097

表 D.1　阀控式密封铅酸蓄电池组内阻及出口短路电流值（续）

蓄电池容量 Ah	连接条数量类型及电阻			蓄电池内阻 mΩ	蓄电池组电阻 mΩ		短路电流 kA
	数量	连接条电阻 mΩ			240V	336V	
2000	8	硬连接	0.0019	0.0660	8.148	11.408	29.453
		软连接	0.0048	0.0660	8.497	11.896	28.246
2400	6	硬连接	0.0025	0.0550	6.900	9.660	34.783
		软连接	0.0064	0.0550	7.364	10.309	32.592
3000	8	硬连接	0.0019	0.0440	5.508	7.712	43.569
		软连接	0.0048	0.0440	5.857	8.200	40.977
注 1：同容量 240V（120 节/2V 电池）和 336V（168 节/2V 电池）蓄电池组的出口短路电流相同。 注 2：同容量、同电压的蓄电池组，蓄电池节数不同，短路电流略有差异。 注 3：n（$n \leqslant 4$）并联组成的系统蓄电池组，其短路电流为单组蓄电池组的 n 倍							

附 录 E
（资料性附录）
电缆内阻计算方法

E.1 电缆内阻的计算公式见公式（E.1）：

$$r_j \frac{\rho \cdot L}{s} \quad \text{（E.1）}$$

式中：

r_j—电缆内阻，单位：Ω；

ρ—电阻率，单位：Ω.mm^2/m；

L—线缆长度，单位：mm；

s—线缆截面，单位：mm^2。

E.2 为了便于计算，线缆截面采用等效截面的形式，如 2 根 185mm^2 的电缆，按 370mm^2 计算。

E.3 常用电缆的内阻参考值见表E.1。

表 E.1 常用线缆内阻参考数值

标称截面 mm^2	导体中单线最大直径 mm		20℃时导体最大电阻Ω/km	
	阻燃型	耐火型	圆铜线	镀锡圆铜线
1.5	0.25	-	13.3	13.7
2.5	0.25	-	7.98	8.21
4	0.25	0.52	4.95	5.09
6	0.25	0.52	3.30	3.39
10	0.45	0.52	1.91	1.95
16	0.45	0.64	1.21	1.24
25	0.45	0.64	0.780	0.795
35	0.45	0.68	0.554	0.565
50	0.45	0.68	0.386	0.393
70	0.45	0.68	0.272	0.277
95	0.45	0.68	0.206	0.210
120	0.45	0.68	0.161	0.164
150	0.45	0.68	0.129	0.132
185	0.45	0.68	0.106	0.108
240	0.45	0.68	0.0801	0.0817

表 E.1　常用线缆内阻参考数值（续）

标称截面 mm^2	导体中单线最大直径 mm		20℃时导体最大电阻Ω/km	
	阻燃型	耐火型	圆铜线	镀锡圆铜线
300	0.50	0.68	0.0641	0.0654
400	0.50	0.68	0.0495	0.0495
500	0.60	0.68	0.0391	0.0391

附 录 F
（资料性附录）
断路器内阻参考数值

F.1 小型断路器

小型断路器内阻参考数值见表 F.1。

表 F.1 小型断路器内阻参考数值

序号	规格	额定电流 A	单极内阻值 mΩ	
			Min	Max
1	63A 及以下	1A	680.0	1400
2		2A	200.0	420
3		3A	160.0	200
4		4A	78.0	144
5		6A	22.0	33.4
6		10A	9.6	13.8
7		16A	5.6	10.5
8		20A	3.7	5.4
9		25A	2.7	3.8
10		32A	2.0	2.5
11		40A	1.6	2.1
12		50A	1.2	1.6
13		63A	0.9	1.2
14	80A	80A	0.8	1.8
15	100A	100A	0.6	1.4
16	125A	125A	0.5	0.9

F.2 塑壳断路器

塑壳断路器内阻参考数值见表 F.2。

表 F.2　塑壳断路器内阻参考数值

序号	规格（壳架等级）	额定电流 A	单极内阻值 mΩ	
			Min	Max
1	125 壳架	10	8.000	10.000
2		16	4.900	5.900
3		20	4.000	5.000
4		25	4.000	5.000
5		32	1.800	2.600
6		40	1.600	2.200
7		50	1.050	1.650
8		63	1.050	1.650
9		80	1.050	1.650
10		100	0.450	0.850
11		125	0.450	0.850
12	250 壳架	100	0.500	0.650
13		125	0.380	0.650
14		140	0.380	0.650
15		160	0.300	0.500
16		180	0.300	0.500
17		200	0.250	0.400
18		225	0.250	0.400
19		250	0.150	0.280
20	400/630 壳架	250	0.300	0.400
21		315	0.300	0.400
22		350	0.200	0.300
23		400	0.150	0.220
24		500	0.100	0.200
25		630	0.070	0.100
26	800 壳架	400	0.150	0.220
27		500	0.100	0.200
28		630	0.070	0.100
29		700	0.070	0.100
30		800	0.070	0.100

表 F.2　塑壳断路器内阻参考数值（续）

序号	规格（壳架等级）	额定电流 A	单极内阻值 mΩ	
			Min	Max
31	1250 壳架	1000	0.035	0.045
32		1250	0.035	0.045

F.3　万能式断路器（框架断路器）

万能式断路器内阻参考数值见表 F.3。

表 F.3　万能式断路器（框架断路器）内阻参考数值

序号	规格（壳架等级）	额定电流 A	单极内阻值 mΩ	
			Min	Max
1	2000 壳架	630	0.019	0.038
2		800	0.019	0.038
3		1000	0.017	0.034
4		1250	0.017	0.034
5		1600	0.017	0.034
6		2000	0.015	0.030
7	3200 壳架	2000	0.0135	0.027
8		2500	0.0135	0.027
9		3200	0.012	0.024