

T/CES

团 体 标 准

T/CES XXXX—XXXX

## 光储系统用低压直流隔离开关

Low-voltage DC switch-disconnector for Photovoltaic and energy storage systems

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

发 布

目 次

前言 ..... III

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 分类 ..... 1

4.1 按使用类别分类 ..... 1

4.2 按操作方式分类 ..... 2

5 特性 ..... 2

5.1 特性概述 ..... 2

5.2 电器型式 ..... 2

5.3 主电路的额定值和极限值 ..... 2

5.4 使用类别 ..... 3

5.5 控制电路 ..... 3

5.6 辅助电路 ..... 3

5.7 继电器和脱扣器 ..... 错误!未定义书签。

5.8 与短路保护电器（SCPD）的配合 ..... 3

6 产品资料 ..... 3

6.1 资料种类 ..... 3

6.2 标志 ..... 4

6.3 安装、使用和维修说明 ..... 4

7 正常使用、安装和运输条件 ..... 5

7.1 一般要求 ..... 5

7.2 补充要求 ..... 5

8 结构要求和性能要求 ..... 5

8.1 结构要求 ..... 5

8.2 性能要求 ..... 5

8.3 电磁兼容性（EMC） ..... 8

9 试验 ..... 8

9.1 试验种类 ..... 8

9.2 结构要求试验 ..... 8

9.3 性能试验 ..... 8

9.4 EMC ..... 14

9.5 特殊试验 ..... 14

9.6 功耗 ..... 14

附录 A（资料性） 温度降容 ..... 15

参考文献 .....	18
------------	----

## 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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会归口。

本文件起草单位：上海电器科学研究所、施耐德电气（中国）有限公司上海分公司、上海良信电器股份有限公司、常熟开关制造有限公司（原常熟开关厂）、德力西电气有限公司、西门子（中国）有限公司、浙江正泰电器股份有限公司、上海电器科学研究所（集团）有限公司、阳光电源股份有限公司、华为数字能源技术有限公司、江苏洛凯机电股份有限公司、伊顿辉能低压电器（江苏）有限公司、浙江天正电气股份有限公司、温州华嘉电器有限公司、环宇高科有限公司、上海思源低压开关有限公司、浙江金莱勒电气股份有限公司、上海电器股份有限公司人民电器厂、杭州之江开关股份有限公司、江苏大全凯帆开关股份有限公司、上海京硅智能技术有限公司。

本文件主要起草人：易颖、韩志刚、赵鹏、俞晓峰、施健、熊磊、秦治斌、张森林、刘书章、孙吉升、彭昆明、胡义琴、张红伟、李方西、顾翔、曹林、范林、范琨、马雪峰、侯魁、袁高普。

## 引 言

目前行业在高电压直流场景下，受制于原有产品平台的限制存在着诸多弊端，包括串联电阻的产品温升高、短耐能力不足、全生命周期寿命次数不足等问题。同时，对于系统整体而言，行业面向配用电侧“源+网+荷+储+充”多能互补的协调应用较少，尚无主体开展系统性全面性的研究，导致配套的软硬件体系能力也尚未形成。因此，有必要通过本项目开展新型配用电系统关键技术及标准化研究，推动新型配用电系统建设，尽快达成双碳目标。

本文件选取主要用于光伏、储能混合系统的隔离开关产品进行研究，预期解决隔离开关在光伏系统和储能系统中的应用问题，包括高电压下的冲击耐受和直流耐受性能、温升极限的提高、特殊环境中产品的性能要求和试验要求等。主要用于光伏发电、储能等系统变流器端，作为电气安全隔离装置，在电源端维护时确保人身安全，或发生故障时，与熔断器配合快速切断电源，确保系统安全，降低火灾风险。

# 光储系统用低压直流隔离开关

## 1 范围

本文件规定了光储系统用低压直流隔离开关（简称“隔离开关”）的分类、特性、产品资料、正常工作、安装和运输条件、结构要求、性能要求和试验等。

本文件适用于额定电压不超过直流2 000V的隔离开关，预期用于光伏发电、储能等系统。

## 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—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（IEC 60068-2-1:2007，IDT）

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（IEC 60068-2-2:2007，IDT）

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）（IEC 60068-2-30:2005，IDT）

GB/T 2423.16—2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉（IEC 60068-2-10:2018，IDT）

GB/T 2423.18—2021 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）（IEC 60068-2-52:2017，IDT）

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化（IEC 60068-2-14:2009，IDT）

GB/T 7094—2016 船用电气设备振动（正弦）试验方法

GB/T 14048.1—2023 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则（IEC 60947-1:2020，MOD）

GB/T 14048.3—20XX 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器（IEC 60947-3:2020，IDT）

GB/T 20645—2021 特殊环境条件 高原用低压电器技术要求

## 3 术语和定义

GB/T 14048.3—20XX中第3章界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 远程操作设备 remotely operated equipment

从远离受控开关电器的点电动操作的开关设备。

注1：远程操作开关可以具有本地或手动（非电气）操作或两者兼具的附加功能。

注2：远程操作可以由集成电器或与开关设备相关的辅助电器执行，例如电机操动器或线圈。

注3：远程操作可以通过产品文件中定义的物理布线、wifi、蓝牙等实现。

### 3.2 远程操作设备的动作时间 operating time of a remotely operated equipment

从开关电器开始开关操作的时刻到（i）主触点闭合或（ii）主触点断开的的时间。

注1：从闭合到断开（断开时间）和从断开到闭合（闭合时间）的操作时间可能不同。

注2：闭合时间和断开时间的定义分别见GB/T 14048.1-2023的3.7.44和3.7.39。

## 4 分类

GB/T 14048.3—20XX中第4章适用并作下列修改。

### 4.1 按使用类别分类

见 5.4。

## 4.2 按操作方式分类

### 4.2.1 人力操作电器

- 有关人力操作(见 GB/T 14048.1—2023 的 3.6.12)；
- 无关人力操作(见 GB/T 14048.1—2023 的 3.6.15)；
- 半无关人力操作(见 GB/T 14048.3—20XX 的 3.3.10 )。

### 4.2.2 远程操作电器

——远程操作

- 自供电远程操作电器；
- 外部供电远程操作电器。

远程操作类型：

- 断开和闭合：远程控制所有断开和闭合；
- 仅断开：仅远程控制断开操作。

## 5 特性

### 5.1 特性概述

GB/T 14048.3—20XX的5.1适用。

### 5.2 电器型式

隔离开关的型式规定如下：

——极数：二极、二极和中间极；

注：二极指正极和负极。实际使用中可以由隔离开关的多个断点串联派生为二极直流隔离开关。

——电流种类：直流；

——电流方向：无极性。

### 5.3 主电路的额定值和极限值

#### 5.3.1 额定电压

GB/T 14048.1—2023的5.3.1.1~5.3.1.3适用。隔离开关的额定工作电压为两个极间直流电压，是一个与工作电流组合共同确定电器用途的电压值，它与相应的试验有关。

#### 5.3.2 电流

GB/T 14048.1—2023的5.3.2适用。

#### 5.3.3 额定工作制

GB/T 14048.1—2023的5.3.4.1~5.3.4.2适用。

#### 5.3.4 正常负载和过载特性

##### 5.3.4.1 额定接通能力

GB/T 14048.1—2023的5.3.5.2适用。并修改如下：

额定接通能力按照表4，并参照额定工作电压、额定工作电流及其使用类别加以确定。

##### 5.3.4.2 额定分断能力

GB/T 14048.1—2023的5.3.5.3适用。并修改如下：

额定分断能力按照表4，并参照额定工作电压、额定工作电流及其使用类别加以确定。

##### 5.3.5 短路特性

5.3.5.1 额定短时耐受电流（ $I_{cw}$ ）

GB/T 14048.3—20XX的5.3.7.1适用。对于通电持续时间不大于0.2s的额定短时耐受电流由制造商进行宣称。

5.3.5.2 额定限制短路电流（ $I_{sc}$ ）

GB/T 14048.1—2023的5.3.6.4适用。

5.4 使用类别

各使用类别所规定的预期用途见表1。

表1 使用类别

使用类别		典型用途
类别 A	类别 B	
DC—21A	DC—21B	-通断电阻性负载，包括适当的过负载
DC—22A	DC—22B	-通断电阻和电感混合负载，包括适当的过载（如并激电动机）
DC—23A	DC—23B	-通断高电感负载（如串激电动机）
DC-PV1		在不可能出现反向电流及较大过电流时连接与断开单独的 PV 组件串
DC-PV2		连接与断开可能出现较大过载电流以及电流方向可以是双向的 PV 电路；例如，几个组件串以并联方式连至同一个逆变器，或是一个或多个组件串并联至一个电池。
DC-BPS1		当电流可以是双向时，可能存在严重的过电流，断开与闭合 BPS 电路以提供隔离。
注：本文件中光伏系统简称“PV”，电池储能系统简称“BPS”。		

每种使用类别用额定工作电流的倍数和额定工作电压的倍数表示的电流和电压值、以及电路的时间常数来表征其特性。表4规定的接通和分断条件基本上与表1所列的用途相对应。

5.5 控制电路

5.5.1 一般要求

GB/T 14048.1—2023的5.5适用并增加以下内容。

5.5.2 远程操作

制造商应规定如下信息：

- a) 控制电源电压动作限值的最小值和最大值，以及相应的频率（如适用）；
- b) 闭合时间（GB/T 14048.1—2023的3.7.44）；
- c) 断开时间（GB/T 14048.1—2023的3.7.39）；
- d) 动作信号类型：
  - 1) 持久信号；
  - 2) 单个脉冲。
- e) 远程操作功耗信息：
  - 1) 标称功耗和持续时间；
  - 2) 浪涌功耗和持续时间（如适用）；
  - 3) 连接配置。

5.6 辅助电路

GB/T 14048.1—2023的5.6适用。

5.7 与短路保护电器（SCPД）的配合

GB/T 14048.1—2023的5.8适用。

6 产品资料

6.1 资料种类



GB/T 14048.1—2023的6.1适用。

6.2 标志

应以易于识别和经久耐磨的方式标志产品信息，具体见表 2。

表2 产品信息

项目	信息	标志位置 <sup>a</sup>
1.1	断开位置和闭合位置的指示。如使用符号，断开位置应用 IEC 60417-5008:2002-10 的图形符号表示，闭合位置应用 IEC 60417-5007:2002-10 规定的图形符号表示（见 GB/T 14048.1-2023 中 8.1.6.1）。	可见
1.2	应在电器上标志符号  。	可见
1.3	远程操作电器的附加标志。 当提供远程闭合模式时，如果未提供在 OFF 位置的锁定装置，则应在产品上明确指示此操作模式	可见
2.1	制造商名称或商标	标志
2.2	型号或参考目录	标志
2.3	使用类别（可不止一种）和额定工作电压下的额定工作电流	标志
2.4	标明“DC”（或用符号  （IEC 60417-5031:2002-10））	标志
2.5	本文件或 PV/BPS，若制造商宣称符合	标志
2.6	电器的外壳防护等级（见 GB/T 14048.1-2023 附录 C）	标志
2.7	电源接线端子和负载接线端子，除非电源连接哪个端子都无关紧要（见 9.3.4.4.1）	标志
2.8	保护接地接线端子，用符号  （IEC 60417-5019:2006-08）（见 GB/T 14048.1-2023 中 8.1.10.3）	标志
2.9	约定自由空气发热电流（ $I_{th}$ ）或约定封闭发热电流（ $I_{the}$ ）（如电器带外壳）及不降容情况下的最大周围空气温度（+50℃或更高）	标志
3.1	额定绝缘电压	资料
3.2	额定冲击耐受电压	资料
3.3	污染等级（若污染等级不是 3 时）	资料
3.4	额定工作制	资料
3.5	额定短时耐受电流及持续时间（如适用）	资料
3.6	额定短路接通能力	资料
3.7	额定限制短路电流（如适用）	资料
3.8	在每个额定工作条件下机械式开关电器极点串联的示意图与方法	资料
3.9	与 PV 或 BPS 发电机和负载的接线（如适用）	资料
3.10	电器远程闭合的闭合时间	资料
3.11	远程操作电器断开时间	资料
3.12	远程操作连接配置	资料
3.13	远程操作的动作信号类型： —持久信号； —单个脉冲	资料
3.14	远程操作功耗信息： —标称功耗和持续时间； —浪涌功耗和最大持续时间（如适用）	资料
3.15	控制电源电压动作限值的最小值和最大值，以及相应的频率（如适用）	资料
3.16	适用于户内或户外使用	资料
<sup>a</sup> 标志含义如下： 可见：电器安装在运行位置，操动器易触及，从正前方可见； 标志：标明在产品上； 资料：在制造商的资料中提供。 应在辅助装置或产品上标明辅助信息。如果空间不足，应在制造商出版的资料中载明。		

6.3 安装、使用和维修说明

GB/T 14048.3—20XX 中 6.3 适用。

## 7 正常使用、安装和运输条件

### 7.1 一般要求

GB/T 14048.3—20XX中第7章相关内容适用，并补充以下内容。

### 7.2 补充要求

#### 7.2.1 周围空气温度

周围空气温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 。

在不降容情况下的最大周围温度 $+50^{\circ}\text{C}$ ，24h内日平均周围温度不超过最大温度 $35^{\circ}\text{C}$ 。隔离开关温度降容方法见附录A。

制造商提供关于安装在高于 $+50^{\circ}\text{C}$ ，最高能达到 $+85^{\circ}\text{C}$ 的最高周围温度和/或低于 $-5^{\circ}\text{C}$ ，最低能达到 $-40^{\circ}\text{C}$ 最低周围温度场所的使用指南。低温环境下隔离开关的塑料件、润滑脂的选用应考虑低温性能要求。

#### 7.2.2 储存温度

隔离开关的储存温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ ，应通过9.3.13储存试验验证。

注：储存时间不宜超过隔离开关的保质期，隔离开关的保质期由制造商规定。

#### 7.2.3 海拔

隔离开关应能在海拔不超过5000m时正常运行，超过2000m的性能要求见GB/T 20645—2021，隔离开关的额定工作电压、额定工作电流、使用类别的降容由制造商确定。超过5000m至6000m，由制造商与用户协商隔离开关的设计与性能。

#### 7.2.4 安装地点的湿度

隔离开关的湿度范围为4%~100%，允许产生凝露。通过9.3.8和9.3.9试验验证。

#### 7.2.5 盐雾、防霉

隔离开关用于海上、近海光储系统时，应考虑盐雾、霉菌的影响，通过9.3.10和9.3.11进行验证。

#### 7.2.6 振动

用于海上光储系统的隔离开关在运行中可能会受到一定程度冲击振动而影响正常工作。通过9.3.12试验验证。

#### 7.2.7 特殊使用条件

超出上述规定的其他特殊使用条件，应由制造商与用户协商确定。

## 8 结构要求和性能要求

### 8.1 结构要求

GB/T 14048.3—20XX中8.1适用，并作如下修改。

当远程操作电源不可用时，所有远程操作电器应具有人力断开操作方式。

### 8.2 性能要求

#### 8.2.1 操作条件

GB/T 14048.3—20XX中8.2.1适用，并作如下修改。

所有远程操作电器应具有与无关人力操作性能相同的操作机构。

#### 8.2.2 温升

GB/T 14048.1—2023中8.2.2适用并作如下修改：

外部极间连接件应符合温升要求，限值应符合与外部连接的接线端子的要求。采用铜排连接时，不同环境温度与温升极限之和不超过110℃。如果采用铝排连接，由制造商和用户协商确定。

注：本条款不适用于具有端子罩保护的外部极间连接件。

### 8.2.3 介电性能

GB/T 14048.3—20XX中8.2.3适用并作如下修改：

隔离开关应具有表3中规定的额定冲击耐受电压。

表3 隔离开关的额定冲击耐受电压等级

额定工作电压最大值 V	额定冲击耐受电压值 kV		
	过电压类别 II	过电压类别 III	过电压类别 IV
300	2.5	4.0	6.0
600	4.0	6.0	8.0
1 000	6.0	8.0	12.0
1 250	6.0	8.0	12.0
1 500	8.0	10.0	15.0
2 000	12.0	15.0	18.0
注3：主电路中不允许采用插值法。			
注4：GB/T 17045-2020和GB/T 16895.22-2022要求隔离电器最低过电压类别III。			

### 8.2.4 空载、正常负载和过载条件下的接通和分断能力

#### 8.2.4.1 接通与分断能力

隔离开关应具有分断任何达到额定接通与分断电流的能力。通过9.3.3中的试验来检验这些要求。

额定接通和分断能力按照表4，并参照额定工作电压、额定工作电流及使用类别加以规定。

试验条件规定于9.3.3.3中。

对于使用类别为DC-PV1的隔离开关，试验电源应按照端子标志（发电装置，负载）来连接。未有端子标志的DC-PV1、使用类别为DC-PV2和DC-BPS1的电器应在一个样品上进行一个试验程序，为方便可将电源和负载连至主电极上。除非制造商能够证明在每个电极上触头系统与电弧电流流向控制布局对称，否则电源和负载位置互换后试验程序要再次在新样品上进行。

表4 验证额定接通和分断能力（见 9.3.3.3）— 对应 DC 类别的接通和分断条件

使用类别	接通和分断			操作循环次数 <sup>a</sup>
	$I/I_e$ 和 $I_c/I_e$	$U/U_e$	$L/R$ (ms)	
DC-21A DC-21B	1.5	1.05	1	5
DC-22A DC-22B	4	1.05	2.5	5
DC-23A DC-23B	4	1.05	15	5
DC-PV1	1.5	1.05	1	5
DC-PV2	4	1.05	1	5
DC-BPS1	1.5	1.05	1	5
<sup>a</sup> 允许在每次接通和分断操作之间进行一次不带电流的切换操作，只要此操作不改变 9.3.3.3 中规定操作之间的时间间隔。				

对于预期与不带预充功能的变流器配合使用的隔离开关，需要考虑浪涌电流对产品性能的影响。通过 9.3.16 的试验来检验。

#### 8.2.4.2 操作性能

与验证电器操作性能有关的试验是用来验证电器在达到额定工作电流时能够接通和分断任何电流而不发生故障的试验，包括临界负载电流。通过9.3.4中的试验来检验操作性能要求的符合性。

注：在临界负载电流时的操作要求单独列于8.2.7。

表5中规定了DC-21A、DC-21B、DC-22A、DC-22B、DC-23A、DC-23B的工作性能试验的循环次数。

表6中规定了DC-PV1、DC-PV2、DC-PV3、DC-BPS1的工作性能试验的循环次数。

表7中规定了试验电路参数。

9.3.4中规定了试验条件。

对于使用类别为DC-PV1的隔离开关，试验电源应按照端子标志（发电装置，负载）来连接。未有端子标志的DC-PV1、使用类别为DC-PV2和DC-BPS1的电器应在一个样品上进行一个试验程序，为方便可将电源和负载连至主电极上。除非制造商能够证明在每个电极上触头系统与电弧电流流向控制布局对称，否则电源和负载位置互换后试验程序要再次在新样品上进行。

表5 操作循环次数（使用类别为 DC-21A、DC-21B、DC-22A、DC-22B、DC-23A、DC-23B）

1	2	3	4	5	6	7	8
额定工作电流 $I_e$ A	每小时操作循环次数 次/h	操作循环次数					
		使用类别 A			使用类别 B		
		不通电流	通电流	总次数	不通电流	通电流	总次数
$0 < I_e \leq 100$	120	8 500	1 500	10 000	1 700	300	2 000
$100 < I_e \leq 315$	120	7 000	1 000	8 000	1 400	200	1 600
$315 < I_e \leq 630$	60	4 000	1 000	5 000	800	200	1 000
$630 < I_e \leq 2\,500$	20	2 500	500	3 000	500	100	600
$2\,500 < I_e$	10	1 500	500	2 000	300	100	400
注：表中第2 列给出最低每小时操作循环数，经制造商同意，可提高任何一种使用类别的每小时操作循环数。							

表6 操作循环次数（使用类别为 DC-PV1、DC-PV2、DC-PV3、DC-BPS1）

额定工作电流 $I_e$ A	每小时操作循环次数 <sup>b</sup>	操作循环次数 <sup>a</sup>		
		不通电流	通电流 <sup>c</sup>	总次数
$I_e \leq 100$	120	9 700	300	10 000
$100 < I_e \leq 315$	120	7 800	200	8 000
$315 < I_e \leq 630$	60	4 800	200	5 000
$630 < I_e \leq 2\,500$	20	2 900	100	3 000
$2\,500 < I_e$	10	1 900	100	2 000
<sup>a</sup> 由制造商决定是否增加有载时的操作循环次数而总次数不变。				
<sup>b</sup> 第2 列给出最小操作速度。经制造商同意可提高操作速度，此时速度应在试验报告上注明。				
<sup>c</sup> 在每个操作循环期间，隔离开关应有足够的时间保持闭合，以确保通以全电流，但不超过 2s。				

表7 表 5 和表 6 中试验电路的参数

使用类别	接通和分断		
	$I/I_e$ 和 $I_c/I_e$	$U/U_e$	$L/R$ (ms)
DC-21A DC-21B	1	1	1
DC-22A DC-22B	1	1	2
DC-23A DC-23B	1	1	7.5
DC-PV1	1	1	1
DC-PV2	1	1	1
DC-BPS1	1	1	1
$I$ : 接通电流 $I_c$ : 分断电流 $I_e$ : 额定工作电流 $U$ : 外施电压 $U_e$ : 额定工作电压			

8.2.4.3 机械寿命

GB/T 14048.1—2023中8.2.4.3.1适用。试验条件规定在9.5.1.1中给出。

8.2.4.4 电寿命

GB/T 14048.1—2023中8.2.4.3.2适用。试验条件规定在9.5.1.2中给出。

8.2.5 接通、分断或耐受短路电流的能力

GB/T 14048.3—20XX中8.2.5适用。  
对于飞弧安全距离的进一步试验要求，可参照T/CEEIA 516-2021。

8.2.6 隔离性能要求

GB/T 14048.3—20XX中8.2.7适用。

8.2.7 临界负载电流性能

根据9.3.7电器主电路应能够接通和分断其临界电流，并以试验程序V来验证。

8.3 电磁兼容性（EMC）

GB/T 14048.3—20XX中8.3适用。

9 试验

9.1 试验种类

GB/T 14048.3—20XX中9.1适用。

9.2 结构要求试验

GB/T 14048.3—20XX中9.2适用。并满足8.1的要求。

9.3 性能试验

GB/T 14048.3—20XX中9.3适用并作以下修改。

9.3.1 试验程序

GB/T 14048.3—20XX中9.3.1条适用并增加以下内容：  
型式试验如表8所示：

表8 试验程序综合表

试验程序	试验
试验程序 I：一般性能特性 （见 9.3.3）	温升 <sup>b,c</sup> 介电性能 <sup>b</sup> 接通和分断能力 验证介电性能 泄漏电流 验证温升 操动器机构强度
试验程序 II：操作性能能力 （见 9.3.4）	操作性能 验证介电性能 泄漏电流 验证温升
试验程序 III：短路性能能力 <sup>a</sup> （见 9.3.5）	短时耐受电流 短路接通能力 验证介电性能 泄漏电流 验证温升
试验程序 IV：限制短路电流 <sup>a</sup> （见 9.3.6）	熔断器保护的短路耐受能力 熔断器保护的短路接通能力 验证介电性能 泄漏电流 验证温升

试验程序 V：临界负载电流性能 (见 9.3.7)	临界负载电流试验 验证介电性能 泄漏电流 验证温升
热循环试验 (见 9.3.8)	热循环试验 验证温升 机械操作 验证介电性能
交变湿热试验 (见 9.3.9)	交变湿热试验
盐雾试验 (见 9.3.10) 用于近海、海上场所的隔离开关	盐雾试验
长霉试验 (见 9.3.11) 用于近海、海上场所的隔离开关	长霉试验
振动试验 (见 9.3.12) 用于海上场所的隔离开关	振动试验
储存试验 (见 9.3.13)	储存试验
验证绝缘材料耐非正常热和火 (见 9.3.14)	灼热丝试验
电气间隙和爬电距离 (见 9.3.15)	爬电距离及间隙的测量
浪涌试验 (见 9.3.16)	浪涌试验
EMC (见 9.4)	EMC 试验
<sup>a</sup> 试验程序 III 或试验程序 IV 按制造商规定的额定值进行试验。 <sup>b</sup> 可以在程序外进行，见 9.3.1。 <sup>c</sup> 仅适用于 GB/T 14048.3—20XX 的 9.3.3.4。	

9.3.2 一般试验条件

9.3.2.1 一般要求

GB/T 14048.3—20XX 中 9.3.3.1 适用并增加以下内容。  
对于所有试验而言，隔离开关的各极应按照制造商的安装指南来连接。

9.3.3 试验程序 I：一般性能特性

9.3.3.1 一般要求

GB/T 14048.3—20XX 中 9.3.4.1 适用并增加以下内容。  
当电器适用于有关或半无人力操作和远程操作时，应通过人力和远程进行完整的试验程序来验证接通和分断能力。可以使用两个试品。当电器适用于无人力操作，并使用相同的操作机构进行远程操作时，应使用无人力或远程操作模式进行验证。

9.3.3.2 温升

GB/T 14048.3—20XX 中 9.3.4.2 适用并作如下修改：  
试验中，周围空气温度应为 +50℃ ± 2℃。温升限值符合 8.2.2 的规定。

9.3.3.3 介电性能试验

GB/T 14048.3—20XX 中 9.3.4.3 适用。  
试验电压按表 3 和表 9 的规定。

表9 与额定绝缘电压对应的介电试验电压

额定绝缘电压 $U_i$ V	直流试验电压 V
-------------------	-------------

$U_i \leq 60$	1 415
$60 < U_i \leq 300$	2 120
$300 < U_i \leq 690$	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 830
$800 < U_i \leq 1\ 000$	3 110
$1\ 000 < U_i \leq 1\ 500$	3 820
$1\ 500 < U_i \leq 2\ 000$	$2U_i + 1000$

### 9.3.3.4 接通和分断能力

GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.4适用，并作如下修改。  
 对于试验量值和试验条件，将所有原本对GB/T 14048.3—20XX中表4的引用替换为表4。  
 GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.4.1第6段不适用。

### 9.3.3.5 验证介电性能

GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.5适用。

### 9.3.3.6 泄漏电流

GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.6适用。

### 9.3.3.7 验证温升

GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.7适用。

### 9.3.3.8 操动机构的强度

GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.8适用。

## 9.3.4 试验程序Ⅱ：操作性能能力

### 9.3.4.1 一般要求

GB/T 14048.3—20XX中9.3.5适用并作如下修改：  
 分别将所有原本对GB/T 14048.3—20XX中表5、表6的引用替换为表5、表6、表7。  
 如果试品包含带外部连接的电流互感器，则电流互感器的铁芯（如果预期接地）和用于外部连接的二次绕组的所有端子应接地。  
 当电器适用于有关或半无关人力操作和远程操作时，应通过人力和远程进行完整的试验程序来验证接通和分断能力。可以使用两个试品。

### 9.3.4.2 操作性能试验

#### 9.3.4.2.1 一般要求

GB/T 14048.3—20XX中9.3.5.2适用并作如下修改：  
 当电器适用远程和无关人力操作时，80%的操作应远程执行，20%的操作应由人力执行，操作次数四舍五入至最接近的整数。对于通电流操作，80%应通过远程方式进行，20%的操作应在人力模式下进行。  
 注：远程操作为远程控制断开和闭合。

#### 9.3.4.2.2 在较低周围温度下的操作性能

对于封闭式室外电器，在进行试验前，应将电器放置在不超过-40℃的环境下至少24小时。  
 重复操作性能试验，并做如下修改：  
 ——所有操作循环都不应通电流；  
 ——根据表5和表6给出的频率，操作循环次数应为100次；  
 ——电器应在-40℃~-45℃的周围温度下进行循环操作试验。

### 9.3.5 试验程序Ⅲ：短路性能能力

GB/T 14048.3—20XX中9.3.6适用并作如下修改：

当电器适用于有关或半无关人力操作和远程操作时，应通过人力和远程进行完整的试验程序来验证接通、分断能力和短时耐受电流。当电器适用于无关人力操作和远程操作时，应使用无关人力或远程操作模式进行验证。

试验电路的时间常数按表10。

表10 对应使用类别的时间常数

使用类别	时间常数 ms
DC-21A DC-21B	1
DC-22A DC-22B	2.5
DC-23A DC-23B	15
DC-PV1	1
DC-PV2	1
DC-BPS1	0.3~0.5

由制造商来决定是否使用较高的时间常数值。在这种情况下，应在试验报告上注明。

9.3.6 试验程序Ⅳ：限制短路电流

GB/T 14048.3—20XX中9.3.7适用。

试验电路的时间常数按表10。

9.3.7 试验程序Ⅴ：临界负载电流性能

9.3.7.1 确定临界负载电流

9.3.7.1.1 试验量值和试验条件

如果已在更高的时间常数下确定了临界负载电流，则无需重复确定临界负载电流试验。

试验应在制造商规定的最大工作电压 $U_n$ 下进行。

试验电路的时间常数见表12。

由制造商来决定是否使用较高的时间常数值。同样的时间常数值应用于确定临界负载电流的所有试验中。在这种情况下，应在试验报告上注明。

试验电流值应为：直流1A、2A、4A、8A、16A、32A、63A，可以有±10%允差，但不超过最大额定工作电压下的额定工作电流。如有必要，应施加2倍率的电流值来向上扩展试验电流的范围。

隔离开关电器应在每个试验电流点根据制造商的规定手动或机械断开7次，在每个循环中，隔离开关应有足够的时间保持闭合，以确保通以全电流，但不超过2s。

每小时的操作循环次数应按照表11。

对于电源端接线端子和负载端接线端子都作标志的电器，所有操作的电源都应根据电源端和负载端标志来连接。对电源端接线端子和负载端接线端子均未标志的电器试验时：

a) 当制造商能够证明在每个电极上触头系统与电弧电流流向控制布局对称时，电源连接至制造厂所规定的端子上，或；

b) 当每个电极上触头系统与电弧电流流向控制布局不对称时，在同一个样品上进行前4个操作循环时，电源以一个方向连接，进行后3个操作循环时，以反方向连接。

对每个试验电流，计算平均燃弧时间。如果允许两个电流方向，则使用该试验电流的两个最大值进行下一步评估。如果某个试验电流的平均燃弧时间超过最高额定工作电压下额定工作电流值的平均燃弧时间的1.3倍，则认为这是临界电流。

注：在寻找临界电流值时，如果试验电流值低于之前的电流值，建议使用新样品来避免剩余电磁的影响。

按此方式如果找到多个临界电流，应对具有最高燃弧时间的电流进行试验。

如果电流的临界值不在这些标准值里，则无需进行下一步试验。按照制造商的规定，每个电流试验可在一个新样品上进行。

9.3.7.1.2 试验电路

GB/T 14048.1—2023中9.3.3.5.2适用。



9.3.7.1.3 临界负载电流

应记录下试验时的燃弧时间且该时间不超过1s。

当在相同电流方向上进行所有操作时，对每一个试验电流值计算后6次操作的平均燃弧时间。当在两个电流方向上进行所有操作时，应计算在每一个方向上最后3次操作的平均值。 $I_{crit}$ 为对应于最大平均燃弧时间的电流。如果在额定工作电流下没有找到临界负载电流，那么不必进行临界电流性能试验。

9.3.7.2 临界负载电流性能试验

本试验可在新样品上进行。试验程序等同于试验程序II（9.3.4），采用表11和表12。试验电源应按照电源-负载以及极性标志来连接（若适用）。根据9.3.7.1.3规定，对于具备接通两个方向电流的开关，电源的连接应为能在临界电流时提供最长燃弧时间时的方式。

每次分断操作的燃弧时间应不超过1s。

表11 对应于临界电流的操作循环次数

类别	产品分级	每小时操作循环次数 <sup>a</sup>	在 $I_{crit}$ 时操作循环次数
DC21、DC22、DC23、DC-PV1、DC-PV2、DC-PV3 和 DC-BPS1	$I_e \leq 315$	120	100
	$315 < I_e \leq 630$	60	100
	$630 < I_e \leq 2\,500$	20	100
	$I_e > 2\,500$	10	100
<sup>a</sup> 经制造商同意，可以提高每小时的操作循环次数。			

表12 表 11 的试验电路参数

使用类别	额定工作电压	接通和分断		
		$I$	$U/U_e$	$L/R\ (ms)$
DC21A、DC21B	所有值	$I_{crit}$	1	1
DC22A、DC22B	所有值	$I_{crit}$	1	2
DC23A、DC23B	所有值	$I_{crit}$	1	7.5
DC-PV1	所有值	$I_{crit}$	1	1
DC-PV2	所有值	$I_{crit}$	1	1
DC-BPS1	所有值	$I_{crit}$	1	1

9.3.8 热循环试验

隔离开关应进行GB/T 2423. 22—2012规定的温度循环试验，包括外壳（如适用）。试验Nb，包含50个循环，每个循环包含了-40℃持续1h后在+85℃持续1h。在产品闭合位置进行试验。温度变化速率应为1K/min。50个周期完成之后，电器应恢复到室温25±5℃最少3h。

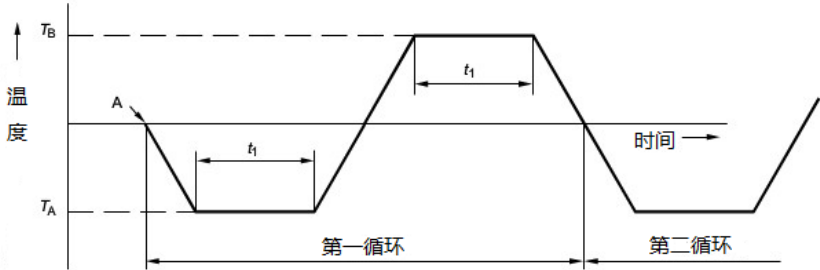


图1 隔离开关热循环试验的温度变化率

随后电器应进行：

- a) 目测确定对零部件无影响其正常使用与防护的变形或损坏；
- b) 进行一次断开一次闭合操作，以确定正常机械操作；

- c) 进行 9.3.3.7 的温升试验；
- d) 进行 9.3.3.5 的介电试验。
- e) 进行一次远程合分操作，以确定正常操作。

样品数量应按照 GB/T 14048.3—20XX 试验程序 I 中表 11 的要求。

### 9.3.9 交变湿热试验

按照 GB/T 2423.4—2008 的规定进行，严酷程度为：高温 55℃，试验持续时间为 2 个周期（48h），降温方法 1。试品不包装，不通电。试品测试引用 GB/T 14048.1—2023 中表 Q.1 的注脚 g），功能试验应包括：

- GB/T 14048.3—20XX 中 9.1.3.2 的机械操作；
- 按 9.3.3.5 验证介电性能；
- 目测隔离开关接线端子无铜绿。
- 进行一次远程合分操作，以确定正常操作。

样品数量应按照试验程序 I 的要求。该试验由制造商来决定是否要结合热循环试验并且在同一样品上进行。

### 9.3.10 盐雾试验

试验方法按照 GB/T 2423.18—2021 中的试验方法 2 进行。试品不包装、不通电。试后功能测试同 9.3.9。

### 9.3.11 长霉试验

按照 GB/T 2423.16—2022 中的试验方法 1 进行试验，培养期为 28 天。试品不包装，不通电。试后外露于空气中的绝缘零部件长霉程度符合 GB/T 2423.16—2022 中 13.3 的 2b 等级要求。

注：用户如有其他要求，由制造商与用户协商确定。

### 9.3.12 振动试验

按 GB/T 7094—2016 规定的方法和要求进行试验。振动试验参数按 GB/T 7094—2016 中一般振动条件，试品不包装，并做如下修改：

隔离开关安装用以指示触头闭合或断开状态转换状态的辅助触头及延时型欠电压脱扣器，并分别施以额定控制电路电压。闭合隔离开关，主电路不通电。试验过程中不应有触头状态的转换。

隔离开关试后验证应符合以下要求：

- 通过目测检查确定没有会影响正常运行和保护变形和损坏；
- 无连接件的松动或脱落；
- 进行一次断开一次闭合操作，以确定正常机械操作。
- 进行一次远程合分操作，以确定正常操作。

### 9.3.13 储存试验

光储系统用低压直流隔离开关不包装、不施加激励量，先按 GB/T 2423.1—2008 规定进行 -40℃、16h 的低温贮存试验。在室温下恢复到正常状态后，再按 GB/T 2423.2—2008 的规定，进行 +85℃、16h 的高温贮存试验。

上述试验在室温下恢复到正常状态后，隔离开关应符合以下要求：

- 通过目测检查确定没有会影响正常运行和保护变形和损坏；
- 无连接件的松动或脱落；
- 进行一次断开一次闭合操作，以确定正常机械操作；
- 进行 9.3.3.3 的介电试验。
- 进行一次远程合分操作，以确定正常操作。

### 9.3.14 验证绝缘材料的抗非正常热和火

绝缘材料应满足 GB/T 14048.1—2023 中 9.2.2.1 的灼热丝试验要求。

### 9.3.15 电气间隙和爬电距离

应按照见GB/T 14048.1—2023附录G测量电气间隙和爬电距离。

### 9.3.16 浪涌试验

#### 9.3.16.1 试验条件

隔离开关用一个电流发生器进行试验，电流发生器能产生一个8/20  $\mu$ s衰减浪涌电流。对隔离开关所有极合闸串联试验，正负各5次，连续两次施加浪涌电流之间的时间间隔约30s。

浪涌电流应满足下列要求：

- 峰值电流：10kA<sub>0</sub><sup>+10</sup> %；
- 前沿时间：8（1±20%） $\mu$ s；
- 至半值时间：20（1±20%） $\mu$ s；
- 反向电流峰值：小于峰值的30%。

#### 9.3.16.2 试验结果

在试验过程中，隔离开关不应脱扣。

试验后，隔离开关应能正常合分，且温升符合9.3.3.7的要求。

### 9.4 EMC

电磁兼容性按照GB/T 14048.3—20XX中9.4来验证。

### 9.5 特殊试验

#### 9.5.1 机械寿命和电寿命

机械和(或)电气耐磨损性能用9.3.4.2规定的操作性能进行验证。

如果预期有非正常工作条件的场合（见GB/T 14048.1—2023中8.2.4.3.1注），需要进行下列试验。

##### 9.5.1.1 机械寿命

机械寿命试验（见GB/T 14048.3—20XX中的8.2.4.3和9.1.5）按9.3.4.2的有关要求进行试验（若要求进行），每极的最大泄漏电流值均不得超过2mA。

操作循环总次数应由制造商规定。

##### 9.5.1.2 电寿命

当要求进行电寿命试验（见GB/T 14048.3—20XX中的8.2.4.4和9.1.5）时，该试验按照按试验程序II中修改的试验量值和试验条件进行，每极的最大泄漏电流值不应超过2mA。

操作循环总次数应按制造商规定。

#### 9.5.2 功耗

GB/T 14048.3—20XX 的附录 F 适用。

## 附录 A

### (资料性)

### 温度降容

#### A.1 一般要求

为了帮助用户正确使用隔离开关,制造商应按本文件要求提供必要的技术参数,并应提供隔离开关的降容系数图表。降容系数图表按照本附录相关要求条件下获得,也可通过制造商和用户协商的方法获得。无论通过何种方式,均应确保结果的可靠性和有效性。提供隔离开关温度降容曲线时,应确保隔离开关性能和功能符合要求。

#### A.2 温升试验

##### A.2.1 安装要求

隔离开关安装的一般要求应符合GB/T 14048.3—20XX中9.3.3.1的规定。

##### A.2.2 设备要求

###### A.2.2.1 恒温箱要求

试验箱为符合要求的恒温箱,恒温箱的温度可调范围为 $+20^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ ;恒温箱空载条件及有电阻性发热功率约30kW的情况下,在 $+30^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 工作范围内,温度偏差 $\leq\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,温度均匀度 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ,温度波动度 $\leq\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;在空载条件的情况下,从室温上升到 $80^{\circ}\text{C}$ ,全程升温平均速率不低于 $1.0\text{K}/\text{min}$ ;恒温阶段,在空载情况下,有效容积内的平均风速 $\leq 0.5\text{m}/\text{s}$ (按GB/T 5170.2的8.1.1.7中要求的15个点),升温阶段平均风速 $\leq 2\text{m}/\text{s}$ 。

###### A.2.2.2 电源要求

对于多相电流试验,各相电流应平衡,每相电流在 $\pm 2\%$ 的允差范围内,多相电流的平均值应不小于相应的试验电流值,试验可在任何合适的电压下进行(GB/T 14048.1—2023中9.3.3.4适用)。允许在电源频率在 $\pm 5\text{Hz}$ 的允差范围内进行试验。交流电流和电压波形应基本上保持正弦,无明显畸变,波形的失真度不大于5%。

##### A.2.3 试验

###### A.2.3.1 一般要求

温升试验主要参照GB/T 14048.3—20XX要求进行。由于本文件测量的要求在原产品标准的基础上有所增加,为了测量数据的准确性和一致性,对温升测量中的试验有如下要求。

温升测量的试验条件主要依照GB/T 14048.3—20XX中9.3.4.2进行,GB/T 14048.1—2023中9.3.3.3适用,并补充如下。

###### A.2.3.2 周围空气温度的测量

在试验周期的最后1/4时间内应记录周围空气温度。测量时至少用两个温度检测器(如温度计或热电偶),均匀分布在被试电器的周围,放置在被试电器高度的1/2处离开被试电器的距离约为1m。温度检测器应保证免受气流、热辐射影响和由于温度迅速变化产生的显示误差。

###### A.2.3.3 连接导体要求

温升试验用导体应根据试验电流按照规定选取,具体选取要求依照GB/T 14048.1—2023中9.3.3.3.4。

选择合适的安装支架将试品固定,铜排(或导线)与试品接线端子相连。如果产品有横排(水平)连接与竖排(垂直)连接两种连接方式的,由于这两种连接方式的不同,对温升测量试验的结果有较大的影响,在试验数据或结果表述中应明确记录或标示。试验中连接方式可由制造商和试验站协商确定。通

常横排（水平）连接方式的结果可以被竖排（垂直）连接方式使用，竖排（垂直）连接方式的结果不能被横排（水平）连接方式使用。

注：在横排（水平）连接时，若采用专用横排转接排作为接线端子的延伸，需要在产品资料中明确转接排的规格和尺寸。

#### A.2.3.4 热电偶的固定位置

在试验中，热电偶的布置位置为隔离开关进出线端子处。对于框架式隔离开关，在每个接线端子螺栓连接处的两个侧面以及正上面三个面各布置一个热电偶，位置为搭接区域各个面的中心处。测量接线端子温升时，取这3个点中最高温度为接线端子的温度。对于其他类型隔离开关，推荐采用热电偶焊接方式。

### A.3 降容曲线试验

#### A.3.1 室温条件下工作电流与温升的关系

室温条件下加载60%~100%额定电流（以10%为梯度），按A.2的要求进行温升试验，根据试验数据，描绘出横坐标为试验电流、纵坐标为温升的关系曲线。推导出隔离开关工作电流（额定电流百分比）与温升的关系。

#### A.3.2 推导降容曲线

计算出110℃极限温度值与不同环境温度之间的差值，该差值为隔离开关不同环境温度下的温升限值。若 $110^{\circ}\text{C}-T_0$ （环境温度）大于70K，则温升限值固定为70K，反之，温升限值则为 $110^{\circ}\text{C}-T_0$ 的计算值。不考虑温升随环境温度变化的情况下，推导不同环境温度下温升限值对应的电流降容曲线。电流的降容系数取值范围不超过100%，如果计算结果大于100%，则修正为100%。

#### A.3.3 测量50℃及以上环境温度下接线端子温升变化曲线

在恒温箱内50℃，55℃，65℃的环境条件下，测试接线端子温升随环境温度变化的关系，采用曲线拟合法推导出其它高温情况下的接线端子温升值。

#### A.3.4 修正降容曲线

将A.3.3测得的接线端子温升随环境温度变化的关系曲线，修正A.3.2的降容曲线，得到修正后的隔离开关降容曲线图及相应的温升降容示例。

自由空气中隔离开关的温度降容示例见表A.1。

表A.1 自由空气中隔离开关的温度降容示例

$I_{th}$ A	环境温度						
	40℃	45℃	50℃	55℃	60℃	65℃	70℃
160	160	160	160	160	160	155	145
500	500	500	500	500	500	500	480
1250	1250	1250	1250	1250	1250	1227	1157
2500	2500	2500	2500	2500	2475	2350	2225

### A.4 配电柜中隔离开关的温度降容

影响配电柜中隔离开关温升的因素有：

- 柜体尺寸：高/宽/深；
- 柜体的安装类型；
- 柜体的防护等级，即具有或不具有通风开口；
- 内部水平分隔的数量；
- 柜体外的环境温度；
- 接线端子的类型和连接型式。

配电柜中隔离开关的温度降容示例见表A.2，其中开关柜尺寸为2300 mm x 1100 mm x 500 mm，母排尺寸为60 mm x 5 mm，IP等级为IP54，接线方式为垂直连接。

表A.2 配电柜中隔离开关的温度降容示例

$I_{the}$ A	隔离开关数量	环境温度		
		35℃	45℃	55℃
1000	1	1000	1000	1000
	2	1000	1000	1000
	3	1000	1000	1000
1250	1	1250	1250	1250
	2	1250	1250	1210
	3	1250	1220	1150
1600	1	1500	1430	1350
	2	1400	1320	1250

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 16895.32 低压电气装置 第7-712部分：特殊装置或场所的要求 太阳能光伏（PV）电源系统
- [2] GB/T 16935.1 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- [3] GB/Z 16935.2—2013 低压系统内设备的绝缘配合 第2-1部分：应用指南 GB/T 16935系列应用解释, 定尺寸示例及介电试验