



中华人民共和国国家标准

GB/T 311.11—2025

绝缘配合 第 11 部分：高压直流系统 绝缘配合的定义、原则和规则

Insulation co-ordination—Part 11: Definitions,
principles and rules for HVDC system

(IEC 60071-11:2022, MOD)

2025-06-30 发布

2026-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	5
4.1 概述	5
4.2 符号	6
4.3 缩略语	6
5 绝缘配合原则	6
5.1 概述	6
5.2 交直流系统的主要差异	7
5.3 绝缘配合程序	7
5.4 交流系统与直流系统耐受电压选取的差异	7
6 绝缘配合设计程序	9
6.1 概述	9
6.2 避雷器的特性	9
6.3 绝缘特性	9
6.4 代表性过电压的确定(U_{rp})	9
6.5 配合耐受电压的确定(U_{cw})	11
6.6 要求耐受电压的确定(U_{rw})	11
6.7 规定耐受电压的确定(U_w)	12
7 耐受电压试验的要求	12
8 爬电距离	12
8.1 通则	12
8.2 爬电距离基准电压	13
9 空气间隙距离	13
附录 A (资料性) 典型高压直流换流站的结构图	14
附录 B (资料性) 空气间隙距离计算示例	17
B.1 一般说明	17
B.2 操作冲击电压作用下最小空气间隙距离的计算	17
B.3 雷电冲击电压作用下最小空气间隙距离的计算	18
附录 C (规范性) 典型高压直流设备的绝缘水平和相应空气间隙距离	19
C.1 一般说明	19
C.2 规定冲击耐受电压系列值	19

C.3 操作冲击绝缘水平与最小空气间隙距离	19
C.4 雷电冲击绝缘水平与最小空气间隙距离	19
C.5 推荐的规定直流耐受电压	19
参考文献	24
图 1 确定高压直流设备绝缘水平的流程图	8
图 A.1 单极采用双 12 脉动换流器单元串联结构的 LCC 换流站典型的避雷器布置示意图	14
图 A.2 双极 VSC 换流站中一个极的典型避雷器布置示意图	15
图 A.3 对称单极 VSC 换流站中的典型避雷器布置示意图	16
表 1 交流系统与直流系统绝缘配合程序的比较	7
表 2 过电压的分类和波形、标准电压波形以及标准耐受电压试验	10
表 3 要求冲击耐受电压与冲击保护水平的比值	12
表 A.1 图形符号	16
表 C.1 高压直流设备的绝缘水平	20
表 C.2 规定操作冲击耐受电压和最小相对地空气间隙距离的关系	21
表 C.3 规定雷电冲击耐受电压与最小相对地空气间隙距离的关系	22

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。

本文件是 GB/T 311《绝缘配合》的第 11 部分。GB/T 311 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：定义、原则和规则；
- 第 2 部分：使用导则；
- 第 3 部分：高压直流换流站绝缘配合程序；
- 第 4 部分：电网绝缘配合及其模拟的计算导则；
- 第 11 部分：高压直流系统绝缘配合的定义、原则和规则；
- 第 14 部分：高压直流系统 AC/DC 滤波器绝缘配合。

本文件修改采用 IEC 60071-11:2022《绝缘配合 第 11 部分：高压直流系统绝缘配合的定义、原则和规则》。

本文件与 IEC 60071-11:2022 相比做了下述结构调整。

- a) 第 3 章对应 IEC 60071-11:2022 的第 3 章,其中:3.5~3.8 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.4~3.7;3.9~3.10 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.7.1~3.7.2;3.10.1~3.10.4 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.7.2.1~3.7.2.4;3.12 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.8;3.13~3.15 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.9~3.11;3.16 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.12;3.17~3.19 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.14~3.16;3.20~3.23 对应 IEC 60071-11:2022 的 3.18~3.21。删除了 IEC 60071-11:2022 的 3.3、3.7.2.5、3.8.1、3.8.2、3.8.3、3.11.1、3.11.2、3.11.3、3.13、3.17。增加了 3.3~3.4、3.11。
- b) 第 4 章对应 IEC 60071-11:2022 的第 4 章,其中 4.2~4.3 对应 4.3~4.4,删除了 IEC 60071-11:2022 的 4.2。
- c) 第 8 章对应 IEC 60071-11:2022 的第 8 章,其中 8.1~8.2 对应 8.1~8.2,删除了 IEC 60071-11:2022 的 8.3~8.5。
- d) 删除了 IEC 60071-11:2022 的附录 D。

本文件与 IEC 60071-11:2022 相比,存在较多技术差异,在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示。这些技术差异及其原因如下。

- a) 范围中增加了电压范围描述,“适用于标称电压在 1.5 kV 以上的 HVDC 系统”。我国 200 kV 以下直流工程较多,而国际上除中国外数量较少,明确电压范围旨在适应我国工程实际需求;同时,也与 GB/T 311.1 对电压范围描述保持一致。
- b) 关于规范性引用文件,本文件做了技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,具体调整如下:
 - 用规范性引用的 GB/T 311.1 代替 IEC 60071-1:2019,两个文件之间没有一致性对应关系;
 - 用规范性引用的 GB/T 311.2 代替 IEC 60071-2:2018,两个文件之间没有一致性对应关系;
 - 用规范性引用的 GB/T 11032—2020 代替 IEC 60099-4:2014,两个文件之间的一致性程度为修改;
 - 用规范性引用的 GB/T 16927.1 代替 IEC 60060-1,两个文件之间没有一致性对应关系;
 - 用规范性引用的 GB/T 26218(所有部分)代替 IEC/TS 60815-1:2008、IEC/TS 60815-2:

2008、IEC/TS 60815-3:2008,两个文件之间没有一致性对应关系;

- 新增引用 GB/T 2900.19—2022、GB/T 22389。
- c) 修改了相关术语,使得更加符合绝缘配合的基础标准要求,并适应本文件内容,具体调整如下:
 - 增加了术语“电网换相换流器”“电压源换流器”“用于试验的标准电压波形”(见 3.3、3.4、3.11);
 - 删除了术语“最高直流电压”“联合过电压”“代表性缓波前过电压”“代表性快波前过电压”“代表性陡波前过电压”“操作冲击耐受电压”“雷电冲击耐受电压”“陡波前冲击耐受电压”“避雷器等效持续运行电压”“直接保护的设备”(见 IEC 60071-11:2022 的 3.3、3.7.2.5、3.8.1、3.8.2、3.8.3、3.11.1、3.11.2、3.11.3、3.13、3.17);
 - 调整术语“操作冲击保护水平”“雷电冲击保护水平”“陡波前冲击保护水平”(见 IEC 60071-11:2022 的 3.16.1、3.16.2、3.16.3),合并为:“操作(或雷电/陡波前)冲击保护水平”(见 3.20)。
- d) 术语“绝缘配合”的定义中增加“从安全运行和技术经济合理性两方面”(见 3.1),与 GB/T 311.1 中绝缘配合定义保持一致。
- e) 修改了“快波前过电压”的定义(见 3.10.2),以便符合国家标准的表述规定。
- f) 删除了 IEC 60071-11:2022 中的 4.2“下脚标”(见 IEC 60071-11:2022 的 4.2)。本文件未使用这些下脚标。
- g) 修改了第 5 章“绝缘配合原则”中的图 1(见 5.4)。IEC 60071-11:2022 中的流程图布置侧重比较,修改图 1 与 GB/T 311.1 保持一致并使流程清晰化。
- h) 6.4 的表 2 对应 IEC 60071-11:2022 中的表 1,表 2 中增加陡波前冲击电压波形及参数,并在“暂时”栏中增加暂时直流过电压波形(见表 2)。对于直流设备,暂时直流过电压和陡波前冲击过电压在实际工况中是存在的,且陡波前冲击是重要的考核项目。
- i) 增加了海拔修正因数的推荐方法及安全因数的推荐值(见 6.6)。对于绝缘配合,这两个因数是必要的,因此增加该内容。
- j) 在“爬电距离”中删除了涉及户内、户外绝缘的爬电距离及交流绝缘子爬电距离的条款(见第 8 章)。本文件只给出选择原则,且 8.1 中已明确参考 GB/T 26218(所有部分),因此删除该内容。
- k) 修改附录 C 的标题为“典型高压直流设备的绝缘水平和相应空气间隙距离”,优化表述。
- l) 修改了 C.1 的内容。为了更好适应本文件的使用,对本条内容进行了精简。
- m) 在附录 C 中 C.2 规定冲击耐受电压系列值中增加“1 600”,以满足我国工程需要。
- n) 修改 C.2 的标题为“规定冲击耐受电压系列值”,以便与正文对应。
- o) 删除 C.3、C.4 标题中的“推荐的”,附录 C 是规范性附录。
- p) 附录 C 中增加了 $\pm 10\text{ kV}$ 、 $\pm 20\text{ kV}$ 、 $\pm 50\text{ kV}$ 、 $\pm 100\text{ kV}$ 、 $\pm 120\text{ kV}$ 、 $\pm 125\text{ kV}$ 、 $\pm 160\text{ kV}$ 、 $\pm 660\text{ kV}$ 、 $\pm 1\,100\text{ kV}$ 直流系统标称电压的绝缘水平(见表 C.1)及相关空气间隙距离计算数据(见表 C.2、表 C.3)。根据我国直流工程,增加完善相应绝缘水平及相关空气间隙距离数据。
- q) 修改 C.5.3 标题为“标准额定短时工频耐受电压系列值”,参照交流绝缘配合的表述。

本文件做了下列编辑性改动:

- a) 纳入 IEC 60071-11:2022/COR1:2023 的勘误内容,所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直双线(∥)进行了标示;
- b) 4.2 符号中增加了 f 、 T_1 、 T_2 、 T_p 、 T_i 的符号及说明;
- c) 删除 IEC 60071-11:2022 中的资料性附录 D。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会(SAC/TC 163)归口。

本文件起草单位：西安高压电器研究院股份有限公司、西安西电电力系统有限公司、中国电力科学研究院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、国网经济技术研究院有限公司、西安西电避雷器有限责任公司、西安高压电器研究院常州有限责任公司、国网宁夏电力有限公司电力科学研究院、西安交通大学、重庆大学、西安西电变压器有限责任公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司电力科研院、中国启源工程设计研究院有限公司、华东电力试验研究院有限公司、西安西电开关电气有限公司、沈阳变压器研究院有限公司、河南省高压电器研究所有限公司、国网河南省电力公司电力科学研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、国网四川省电力公司电力科学研究院、西安西电高压套管有限公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网北京市电力公司、许继电气股份有限公司柔性输电分公司、西安西电电力电容器有限责任公司。

本文件主要起草人：崔东、王建生、苟锐锋、何慧雯、赵晓斌、申笑林、刘大鹏、程晓绚、张宏涛、同聪维、刘宸、孙泉、危鹏、张小勇、苏春强、吴旭涛、戴敏、王磊、邹铁锐、梁涛、王有元、张鹏飞、张长虹、李华良、司文荣、徐迪臻、南振乐、黄志峰、赵晶、杨葆鑫、马书豪、赵书杰、刘杰、李秀卫、余世峰、杨鼎革、刘强、陈晓东、周仿荣、魏唐斌、黄永瑞、信建伟。

引 言

GB/T 311《绝缘配合》旨在确立高压交流和高压直流绝缘配合的原则和导则。由于交流绝缘配合和直流绝缘配合有明显的差别,需分为交流绝缘配合和直流绝缘配合两个方面,拟由以下部分构成。

- 第 1 部分:定义、原则和规则。目的在于确立绝缘配合定义、原则和规则并为交流系统的绝缘配合提供指导。
- 第 2 部分:使用导则。目的在于对正确执行第 1 部分提供使用指导。
- 第 3 部分:高压直流换流站绝缘配合程序。目的在于对高压直流换流站的绝缘配合提供指导。
- 第 4 部分:电网绝缘配合及其模拟的计算导则。目的在于确定绝缘配合数字化计算的导则。
- 第 11 部分:高压直流系统绝缘配合的定义、原则和规则。目的在于确立直流系统绝缘配合的定义、原则和规则并为高压直流系统的绝缘配合提供指导。
- 第 12 部分:高压直流换流站(LCC)绝缘配合应用导则。目的在于对以 LCC 为换流器的高压直流换流站的绝缘配合提供指导。
- 第 13 部分:高压直流换流站(VSC)绝缘配合应用导则。目的在于对以 VSC 为换流器的高压直流换流站的绝缘配合提供指导。
- 第 14 部分:高压直流系统 AC/DC 滤波器绝缘配合。目的在于确定高压直流系统中交流和直流滤波器的绝缘配合。
- 第 15 部分:直流输电线路绝缘配合。目的在于确定直流输电线路及接地极线路的绝缘配合。

本文件是 GB/T 311《绝缘配合》的第 11 部分。交流和直流系统绝缘配合程序及耐受电压的选择存在差异。我国直流工程建设和运行经验日益丰富,亟需对直流系统绝缘配合统一规范,为我国直流工程建设提供指导性技术文件。

绝缘配合 第 11 部分：高压直流系统

绝缘配合的定义、原则和规则

1 范围

本文件规定了高压直流(HVDC)系统中电网换相换流器(LCC)和电压源换流器(VSC)相关的绝缘配合程序原则。适用于标称电压在 1.5 kV 以上的 HVDC 系统,其主要原则也适用于 LCC 其他特殊结构的换流器,如电容换相换流器(CCC)及可控串补换流器(CSCC)。

本文件规定了确定系统中设备及装置的规定耐受电压、爬电距离和最小空气间隙距离的程序原则;并给出了典型直流电压、规定耐受电压及对应最小空气间隙距离。

本文件适用于换流站交流母线(包括交流谐波滤波器、换流变压器、断路器)和直流线路侧之间连接设备的绝缘配合。线路和电缆对换流站设备绝缘配合的影响也包括在内。

本文件仅适用于电力系统中的高压直流系统,不适用于工业用换流设备。给出的原则和规则仅用于绝缘配合目的。本文件不涉及对人身安全的要求。

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 311.1 绝缘配合 第 1 部分:定义、原则和规则(GB/T 311.1—2012,IEC 60071-1:2006,MOD)

GB/T 311.2 绝缘配合 第 2 部分:使用导则(GB/T 311.2—2013,IEC 60071-2:1996,MOD)

GB/T 2900.19—2022 电工术语 高电压试验技术和绝缘配合

GB/T 11032—2020 交流无间隙金属氧化物避雷器(IEC 60099-4:2014,MOD)

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分:一般定义及试验要求(GB/T 16927.1—2011,IEC 60060-1:2010,MOD)

GB/T 22389 高压直流换流站无间隙金属氧化物避雷器(GB/T 22389—2023,IEC 60099-9:2014,MOD)

GB/T 26218(所有部分) 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定

注:GB/T 26218.1—2010 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分:定义、信息和一般原则(IEC/TS 60815-1:2008,MOD)

GB/T 26218.2—2010 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 2 部分:交流系统用瓷和玻璃绝缘子(IEC/TS 60815-2:2008,MOD)

GB/T 26218.3—2011 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 3 部分:交流系统用复合绝缘子(IEC/TS 60815-3:2008,MOD)

GB/T 26218.4—2019 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 4 部分:直流系统用绝缘子

3 术语和定义

GB/T 2900.19—2022、GB/T 11032—2020 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。