

DB54

西藏自治区地方标准

DB54/T 0481—2025

西藏地区 220kV 和 110kV 变压器中性点
过电压间隙保护技术规范

2025 - 06 - 20 发布

2025 - 07 - 20 实施

西藏自治区市场监督管理局

发布

目 次

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 变压器中性点接地方式 | 2 |
| 5 中性点保护间隙和避雷器参数配置 | 2 |
| 6 避雷器和可控间隙并联 | 3 |
| 7 中性点继电保护配置 | 4 |
| 8 安装和运行维护 | 4 |
| 附录 A（资料性附录）西藏地区棒-棒间隙击穿电压试验值 | 6 |
| 附录 B（规范性附录）间隙距离校核方法 | 9 |

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。

为了规范西藏电网 220kV 及 110kV 主变中性点间隙距离和避雷器参数配置，制定本标准。

本文件由国网西藏电力有限公司电力科学研究院提出并解释。

本文件由国网西藏电力有限公司归口。

本文件主要起草单位：国网西藏电力有限公司电力科学研究院、国网西藏电力有限公司、中国电力科学研究院有限公司、重庆大学、国网西藏电力有限公司那曲供电公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网西藏电力有限公司林芝供电公司、国网西藏电力有限公司日喀则供电公司、国网西藏电力有限公司拉萨供电公司、国家电投集团西藏能源有限公司、国科能创（北京）科技有限公司。

本文件主要起草人：尼玛石达、拉贵、邓春灿、李刚、岳嵩、宋军、陈秀娟、王大飞、黄爱军、朱真兵、杨峰、刘子全、多布杰、扎西曲达、吴元香、扎西、洛桑平措、次罗、普布顿珠、李畅、李树震、姜占斌、岳喜稳、高磊、吴莹、白玛央金、彭书敬、陶晓莉、洛桑土登、邓江、刘烨、扎西巴姆、谢宝财、次仁旺加、欧宇航、胡桂珍。

西藏地区 220kV 和 110kV 变压器中性点过电压间隙保护技术规范

1 范围

本文件规定了 220kV 和 110kV 主变压器中性点的接地方式、保护间隙和避雷器参数配置、避雷器与可控间隙并联、中性点继电保护配置及安装和运行维护要求。

本文件适用于海拔 2500m 至 5500m 的 220kV 和 110kV 发输变电工程中主变压器中性点过电压间隙保护的设计、安装和运行维护。

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，仅注日期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 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 50064 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范

DL/T 1848 220kV 及 110kV 变压器中性点过电压保护技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

中性点有效接地系统 neutral grounding system

全部变压器或部分变压器中性点直接接地或经低阻抗接地的电力系统。

[来源：DL/T 1848，3.1]

3.2

中性点过电压保护 neutral point overvoltage protection

变压器中性点加装一定的装置，用以限制中性点过电压。

[来源：DL/T 1848，3.4]

3.3

保护间隙 protection interval

安装在变压器中性点与地之间水平安装的棒-棒间隙，用以限制过电压。

[来源：DL/T 1848，3.5]

3.4

有效接地系统失地 neutral losing ground in effectively earthed system

中性点有效接地系统由于某种原因局部失去中性点有效接地的条件，而成为局部不接地的系统。
[来源：DL/T 1848，3.8]

4 变压器中性点接地方式

4.1 接地类别

220kV 及 110kV 变压器均为半绝缘变压器，中性点接地方式主要有直接接地、经小电阻接地、经小电抗接地、经避雷器接地、经间隙接地和经避雷器并联间隙接地，其中变压器中性点直接接地、经小电阻接地和经小电抗接地的系统为中性点有效接地系统。

4.2 接地方式选择原则

220kV 及 110kV 主变中性点接地方式选择原则如下：

- 220kV 变压器中性点如没有特殊要求，应采用直接接地方式运行；
- 自耦变压器中性点禁止开路运行，应直接接地或经小电抗器接地运行；
- 发电厂或中低压侧有电源的变电站，厂站内宜保持至少一台变压器中性点直接接地运行；
- 有两台及以上变压器的 220kV 厂站，220kV 或 110kV 侧母线任意一侧或两侧分列运行时，每段母线上应保持至少一台变压器直接接地运行。

5 中性点保护间隙和避雷器参数配置

5.1 避雷器参数选择

变压器中性点避雷器的选取原则如下：

- 变压器中性点避雷器宜选择瓷外套 MOA 避雷器，外绝缘参数应按海拔系数进行修正；
- 避雷器在工频过电压和操作过电压下不应动作，但在雷电过电压下应动作；
- 避雷器残压应小于变压器绝缘耐操作波强度；
- 综合考虑变压器中性点绝缘水平和过电压，变压器中性点避雷器参数应按表 1 选择。

表 1 变压器中性点避雷器参数的选择

| 变压器 | | | 避雷器 | |
|---------------|-------------------------|-------------------------|---|--------------|
| 中性点绝缘等级 kV | 工频耐受电压(有效 值) kV | 雷电冲击耐受电压 (峰值) kV | 选择参数 | 雷电冲击保 护裕度 |
| 35 | $85 \times 0.85 = 72$ | $185 \times 0.85 = 157$ | 标称放电电流 1.5kA, 额定电压 72kV, 标称放电电流下的残压 125kV | 1.26 |
| 60 | $140 \times 0.85 = 119$ | $325 \times 0.85 = 276$ | 标称放电电流 1.5kA, 额定电压 72kV, 标称放电电流下的残压 186kV | 1.48 |
| 110 | $200 \times 0.85 = 170$ | $400 \times 0.85 = 340$ | 标称放电电流 1.5kA, 额定电压 144kV, 标称放电电流下的残压 320kV | 1.06 |

注：考虑早期老、旧、弱绝缘变压器中性点绝缘水平较低，为安全起见乘以安全系数 0.85，实际避雷器雷电冲击保护裕度比上述值大。

5.2 间隙距离的整定原则

间隙由保持一定间隔距离的一对金属电极组成，用以限制带电部分与地之间的过电压。按照 GB/T 50064 中要求，中性点有效接地系统发生单相接地故障时，间隙不应动作；当因接地故障形成局部不

接地系统时，间隙应动作。间隙距离还应兼顾雷电过电压下保护变压器中性点标准分级绝缘的要求，具体要求为：

- a) 中性点有效接地系统发生单相接地故障时，在工频稳态和暂态过电压下间隙不应动作；
- b) 间隙的标准雷电冲击放电电压应低于变压器中性点的雷电冲击保护水平；
- c) 中性点有效接地系统发生单相接地时放电间隙不应动作，当系统形成局部不接地系统，此时的中性点电压值更高，近视为相电压，若系统发生单相接地时间隙应动作。

5.3 间隙参数选择

间隙的参数按下述方式选择：

- a) 220kV 和 110kV 变压器的中性点间隙应采用水平布置的棒-棒结构的球型电极。棒宜采用 $\Phi 16\text{mm}$ 的圆钢，头部为半球形，表面光滑、无毛刺并镀锌；尾部应留有 15mm~20mm 的螺纹，用于调节间隙；
- b) 间隙应考虑海拔和地域气候影响，并根据间隙击穿电压试验值（选择 3 个不同高海拔点的棒-棒间隙工频、雷电冲击、操作冲击试验值，参见附录 A）和变压器中性点绝缘水平进行距离核算（核算方法参见附录 B），校验得到的 3 个海拔点变压器中性点间隙距离典型值见表 2。

表 2 变压器中性点间隙距离典型值（单位：mm）

| 海拔（m） 中性点绝缘等级 | 2900 | 3500 | 4300 |
|------------------|------|------|------|
| 35kV、60kV | 132 | 158 | 185 |
| 110kV | 475 | 592 | 720 |

注：海拔 2400m 以下按照 DL/T 1848 提出的间隙距离为准，海拔 2500m~5500m 可以按照公式 5.1 和 5.2 计算，海拔超过 3500m 以上且中性点绝缘水平为 110kV 的变压器宜采用中性点直接接地方式。

海拔 2500m~5500m 的 220kV 及 110kV 变压器中性点间隙距离计算公式如下：

$$L_{220} = 0.1742H - 25 \quad (5.1)$$

$$L_{110} = 0.03764H + 24 \quad (5.2)$$

L_{220} —— 220kV 变压器中性点间隙距离，单位 mm；

L_{110} —— 110kV 变压器中性点间隙距离，单位 mm；

H —— 海拔高度绝对值。

5.4 固定间隙距与避雷器配合原则

变压器中性点采用固定间隙与避雷器并联时，间隙距离除满足 5.2 要求外，其工频击穿电压还应小于 0.9 倍中性点避雷器额定电压与局部失地系统单相短路故障时中性点工频稳态电压中的较小值，保证避雷器不因为失地系统短路故障损坏。

6 避雷器与可控间隙并联

6.1 结构

可控间隙的放电电压是受控的。在雷电过电压下，可控间隙不击穿；当系统产生威胁变压器绝缘的工频过电压时，可控间隙受控击穿。

6.2 控制方式

控制方式如下：

- a) 在运行电压下，可控间隙和避雷器均不动作；
- b) 当有效接地系统发生单相接地故障但不失地时，其工频过电压对中性点绝缘无威胁，可控间隙和避雷器均不动作；当孤立不接地系统发生单相接地故障且失地或非全相运行故障时，控制回路向可控间隙发送信号，可控间隙动作，保护变压器中性点绝缘和避雷器；
- c) 在雷电过电压下，避雷器动作限制变压器中性点过电压，可控间隙不动作。

7 中性点继电保护配置

7.1 配置原则

对于分级绝缘且中性点装设间隙的变压器，除了装设两段零序电流保护用于变压器中性点直接接地运行情况以外，还应增设反映间隙放电电流及零序电压的间隙保护，作为变压器中性点经放电间隙接地时的接地保护。

7.2 间隙接地保护配置

间隙接地保护配置的要求如下：

- a) 间隙零序电流保护的启动电流整定应使间隙击穿时有足够的灵敏度，一次电流定值可整定为100A，保护动作后可带一定延时跳变压器各侧断路器；
- b) 为防止避雷器间隙在线路重合闸和雷电侵入波等瞬态过电压下误击穿，导致保护装置误动作，根据实际情况间隙零序电流保护动作整定时间应考虑与出现自动重合闸时间配合，以躲过线路自动重合闸时间，宜取1.2s~1.5s，配合时间可根据各地系统运行情况酌情调整；
- c) 变压器中性点零序电压保护 $3U_0$ 定值（ $3U_0$ 额定值为300V）宜整定为180V和0.5s。

7.3 间隙保护动作逻辑

变压器中性点间隙保护动作逻辑以及间隙保护动作的时间整定情况应满足DL/T 1848相关要求。

8 安装和运行维护

8.1 保护间隙的安装要求

保护间隙的安装要求如下：

- a) 安装前应进行外观检查；
- b) 安装时应考虑与周围物体的距离，间隙与周围接地物体的距离大于1m，离地面的距离应大于等于2m；
- c) 安装时应可靠固定螺栓，确保保护间隙与变压器中性点、发电厂或变电站主接地网可靠连接；
- d) 间隙安装后，应测量间隙的实际距离，确认距离满足要求，并做好记录；
- e) 为防止变压器中性点接地引下线或中性点隔离开关在零序电流冲击下断开，造成事故扩大，应确保变压器中性点至接地引下线整个回路的通流能力满足要求，安装时应做好接头的接触和腐蚀情况的检查。

8.2 避雷器安装要求

避雷器的安装要求如下：

- a) 安装前应进行外观检查；
- b) 安装前完成避雷器交接验收试验；

- c) 安装时应可靠固定螺栓，确保避雷器与变压器中性点、发电厂或变电站主接地网可靠连接。

8.3 避雷器和保护间隙并联安装要求

避雷器和保护间隙并联安装要求如下：

- a) 生产厂家应随产品提供安装使用说明书，说明书至少包含产品电气参数、安装图样、安装步骤、操作要求等方面内容，对于文字不易表述清楚的地方应配图示加以说明；
- b) 安装前应进行外观检查；
- c) 安装前完成避雷器交接验收试验；
- d) 安装时应可靠固定螺栓，确保避雷器、保护间隙之间，以及避雷器、保护间隙与变压器中性点、发电厂或变电站主接地网可靠连接；
- e) 安装完毕后，应测量固定间隙的实际距离，确认距离满足要求，并做好记录。

8.4 运行维护要求

避雷器和保护间隙运行维护要求如下：

- a) 变压器的中性点间隙每月外观检查一次，并无明显破损、歪斜情况；
- b) 间隙距离应满足设计要求或本规程（表2）的间隙距离范围，且无明显偏差；
- c) 在雷雨的天气或其他原因引起间隙放电过后，对棒-棒头部烧蚀部分或不均匀表面进行处理；
- d) 应定期开展中性点避雷器底座绝缘电阻、1mA 下的直流参考电压 U_{1mA} 及 $0.75U_{1mA}$ 下的泄漏电流测试，结果应满足 GB/T 11032 相关要求。

附录 A

(资料性附录)

西藏地区棒-棒间隙击穿电压试验值

A.1 海拔 2900m (林芝) 棒-棒短间隙击穿电压试验值

在标准间大气压力状态下,棒-棒间隙在工频、标准操作波和标准雷电波作用下的间隙放电电压(见表 A.1-表 A.3)。棒-棒间隙水平距离,棒为 $\Phi 16\text{mm}$ 的圆钢,头部为半球形,表面光滑、无毛刺并镀锌。

表 A.1 (林芝) 工频作用下间隙平均放电电压 U_{CP} (有效值) 单位:kV

| 间隙距离/mm | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| U_{CP} | 45.67 | 60.36 | 73.78 | 86.78 | 93.34 | 100.76 | 105.32 | 115.80 | 127.31 |
| 标准偏差 | 0.52 | 0.84 | 0.36 | 0.66 | 0.80 | 1.26 | 0.85 | 0.76 | 0.56 |
| $U_{CP-3\sigma}$ | 44.11 | 57.84 | 72.7 | 84.8 | 90.94 | 96.98 | 102.77 | 113.52 | 125.63 |
| $U_{CP+3\sigma}$ | 47.23 | 62.88 | 74.86 | 88.76 | 95.74 | 104.54 | 107.87 | 118.08 | 128.99 |

表 A.2 (林芝) 标准雷电波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| 间隙距离/mm | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 雷电 $U_{50\%}$ | 72.83 | 118.85 | 161.81 | 202.08 | 243.33 |
| 标准偏差 | 3.73 | 2.68 | 5.4 | 6.97 | 7.98 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 61.64 | 110.81 | 145.61 | 181.17 | 219.39 |
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 84.02 | 126.89 | 178.01 | 222.99 | 267.27 |

表 A.3 (林芝) 标准操作波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| 间隙距离 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $U_{50\%}$ | 68.46 | 87.44 | 110.97 | 134.27 | 150.83 | 177.57 | 215.15 |
| 标准偏差 | 4.61 | 3.46 | 4.5 | 3.69 | 2.98 | 4.19 | 3.22 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 54.63 | 77.06 | 97.47 | 123.2 | 141.89 | 165 | 205.49 |
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 82.29 | 97.82 | 124.47 | 145.34 | 159.77 | 190.14 | 224.81 |

A.2 海拔 3600m (拉萨) 棒-棒短间隙击穿电压试验值

在标准大气压状态下,棒-棒间隙在工频、标准操作波和标准雷电波作用下的间隙放电电压(见表 A.4-表 A.6)。棒-棒间隙参数及要求同上(A.1)。

表 A.4 (拉萨) 工频作用下间隙平均放电电压 U_{CP} (有效值) 单位:kV

| | | | | | |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 间隙距离/mm | 5 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| U_{cp}/kV | 24.89 | 43.95 | 57.63 | 69.7 | 80.64 |
| 标准偏差 | 0.43 | 0.78 | 0.67 | 0.88 | 0.55 |
| $U_{CP-3\sigma}$ | 23.6 | 41.61 | 55.62 | 67.06 | 78.99 |
| $U_{CP+3\sigma}$ | 26.18 | 46.29 | 59.64 | 72.34 | 82.29 |
| 间隙距离/mm | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| U_{cp}/kV | 89.1 | 95.24 | 101.84 | 108.18 | 113.38 |

| | | | | | |
|------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 标准偏差 | 1.42 | 1.18 | 0.96 | 1.11 | 0.83 |
| $U_{CP-3\sigma}$ | 84.84 | 91.7 | 98.96 | 104.85 | 110.89 |
| $U_{CP+3\sigma}$ | 93.36 | 98.78 | 104.72 | 111.51 | 115.87 |

表 A.5 (拉萨) 标准雷电波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 间隙距离/mm | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| $U_{50\%}/kV$ | 158.98 | 183.09 | 215.39 | 247.69 | 280.00 |
| 标准偏差 | 8.31 | 7.82 | 9.62 | 9.46 | 9.56 |
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 183.91 | 206.55 | 244.25 | 276.07 | 308.68 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 134.05 | 159.63 | 186.53 | 219.31 | 251.32 |

表 A.6 (拉萨) 标准操作波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 间隙距离/mm | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| $U_{50\%}/kV$ | 125.8 | 156.6 | 175.2 | 237.6 | 272.6 |
| 标准偏差 | 6.49 | 6.91 | 6.27 | 7.8 | 7.56 |
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 145.27 | 177.33 | 194.01 | 261 | 295.28 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 106.33 | 135.87 | 156.39 | 214.2 | 249.92 |

A.3 海拔 4300m (羊八井) 棒-棒短间隙击穿电压试验值

在标准大气压状态下, 棒-棒间隙在工频、标准操作波和标准雷电波作用下的间隙放电电压 (见表 A.7-表 A.9)。棒-棒间隙参数及要求同上 (A.1)。

表 A.7 (羊八井) 工频作用下间隙平均放电电压 U_{CP} (有效值) 单位:kV

| | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 间隙距离/mm | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 |
| U_{cp}/kV | 24.98 | 42.5 | 56.34 | 64.81 | 77.47 | 85.43 | 99.56 | 105.16 |
| 标准偏差 | 0.46 | 0.82 | 0.75 | 1.78 | 0.69 | 0.95 | 1.61 | 1.04 |
| $U_{CP-3\sigma}$ | 23.6 | 40.04 | 54.09 | 59.47 | 75.4 | 82.58 | 94.73 | 102.04 |
| $U_{CP+3\sigma}$ | 26.36 | 44.96 | 58.59 | 70.15 | 79.54 | 88.28 | 104.39 | 108.28 |

表 A.8 (羊八井) 标准雷电波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| | | | | | |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 间隙距离/mm | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| $U_{50\%}/kV$ | 65.04 | 101.76 | 137.28 | 165.12 | 202.99 |
| 标准偏差 | 3.48 | 3.69 | 3.21 | 3.58 | 3.84 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 54.6 | 90.69 | 127.65 | 154.38 | 191.47 |
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 75.48 | 112.83 | 146.91 | 175.86 | 214.51 |

表 A.9 (羊八井) 标准操作波作用下间隙冲击放电电压 $U_{50\%}$ (峰值) 单位:kV

| | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 间隙距离/mm | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| $U_{50\%}/kV$ | 63.75 | 77.53 | 88.42 | 100.32 | 120.48 | 150.32 |
| 标准偏差 | 1.65 | 1.1 | 1.8 | 3.82 | 4.8 | 4.93 |
| $U_{50\%-3\sigma}$ | 58.8 | 74.23 | 83.02 | 88.86 | 106.08 | 135.53 |

DB54/T 0481—2025

| | | | | | | |
|--------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $U_{50\%+3\sigma}$ | 68.7 | 80.83 | 93.82 | 111.78 | 134.88 | 165.11 |
|--------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|

附录 B
(规范性附录)
间隙距离校核方法

变压器中性点装设间隙和避雷器时，间隙和避雷器的技术参数核算如下：

按照间隙的保护原则，有效接地运行在最高电压下发生单相接地故障时，间隙不应击穿，在工频放电电压下满足的技术条件为

$$U_{Og} > k_1 U_{GB}(1-3\sigma) > U_{yom} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

U_{Og} ——变压器中性点短时工频耐受电压；

U_{GB} ——空气间隙的工频放电电压

σ ——空气间隙工频放电电压的标准偏差，一般取 0.02；

k_1 ——环境修正系数，一般取 1.05

U_{yom} ——系统运行在最高运行电压下发生单相接地故障且中性点未失地时中性点上的过电压最大值。即：

$$U_{yom} = \frac{v}{2+v} U_{xg} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

U_{xg} —系统最高运行相电压，kV。

$$v = \frac{X_0}{X_1}$$

其中 X_0 和 X_1 分别为从故障点看进去的系统零序电抗和正序电抗，对有效接地系统 $v \leq 3$ ，将 $v=3$ 代入上式 $U_{yom}=0.6U_{xg}$ 。

故 110kV、220kV 接地系统单相接地稳态电压 U_{yom} 分别为 43.7kV 和 87.6kV。

即：110kV 满足 $72kV > k_1 U_{GB}(1-3\sigma) > 43.7kV$

220kV 满足 $170kV > k_1 U_{GB}(1-3\sigma) > 87.6kV$

间隙距离核算值举例如下，其他海拔参照执行：

表 B.1 变压器中性点棒-棒间隙最大距离核算

| 电压等级 | 110kV | | | | 220kV | | | |
|---------------------|---------|------------------------------|-------|-------|---------|------------------------------|-------|-------|
| | 稳态电压 kV | $U_{CP}+3\sigma$ 下的间隙距离/mm | | | 稳态电压 kV | $U_{CP}+3\sigma$ 下的间隙距离/mm | | |
| 2900m | | 3600m | 4300m | 2900m | | 3600m | 4300m | |
| 不接地系统单相接地稳态电压下间隙应动作 | | | | | | | | |
| 正常 | 63.5 | 151 | 165 | 205 | 127 | 490 | 630 | 845 |
| 最低 | 57.2 | 118 | 143 | 170 | 114.1 | 460 | 555 | 599 |
| 不接地系统单相接地稳态电压下间隙应动作 | 暂态电压 kV | $U_{50\%}+3\sigma$ 下的间隙距离/mm | | | 暂态电压 kV | $U_{50\%}+3\sigma$ 下的间隙距离/mm | | |
| | | 2900m | 3600m | 4300m | | 2900m | 3600m | 4300m |
| 暂态电压取 1.6 倍的最低相电压峰值 | 129.3 | 223 | 263 | 294 | 258.6 | 587 | 641 | 683 |

表 B.2 变压器中性点棒-棒间隙最小距离核算

| 电压等级 | 110kV | | | | 220kV | | | |
|--|------------|-------------------------------|-------|-------|------------|-------------------------------|-------|-------|
| 接地系统单相接地稳态电压下 间隙不应动作 | 稳态电压 kV | U _{CP-3σ} 下的间隙距离/mm | | | 稳态电压 kV | U _{CP-3σ} 下的间隙距离/mm | | |
| | | 2900m | 3600m | 4300m | | 2900m | 3600m | 4300m |
| | 43.7 | 67 | 99 | 103 | 87.6 | 298 | 305 | 354 |
| 接地系统单相接地暂态电压下 间隙不应动作 (取 1.6 倍的稳态值) | 暂态电压 kV | U _{50%-3σ} 下的间隙距离/mm | | | 暂态电压 kV | U _{50%-3σ} 下的间隙距离/mm | | |
| | | 2900m | 3600m | 4300m | | 2900m | 3600m | 4300m |
| | 99.1 | 205 | 296 | 265 | 170 | 397 | 488 | 554 |