



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25084—2010

## 标称电压高于 1 000 V 的架空线路 用绝缘子串和绝缘子串组 交流工频电弧试验

**Insulator strings and sets for overhead lines with a nominal  
voltage greater than 1 000 V—AC power arc tests**

(IEC 61467:2008, Insulators for overhead lines—  
Insulator strings and sets for lines with a nominal  
voltage greater than 1 000 V—AC power arc tests, MOD)

2010-09-02 发布

2011-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和缩写 .....	2
5 试验电流特性 .....	3
6 供电电路和返回电路条件 .....	3
7 绝缘子串组的试验 .....	5
7.1 引言 .....	5
7.2 试验布置 .....	5
7.3 试验电流 .....	5
7.4 供电电路和返回电路条件 .....	5
7.5 起弧 .....	5
7.6 环境条件 .....	7
7.7 试验组和工频电弧的特性 .....	7
8 短串试验 .....	7
8.1 引言 .....	7
8.2 试验布置 .....	7
8.3 试验电流 .....	9
8.4 供电电路和返回电路条件 .....	9
8.5 起弧 .....	9
8.6 环境条件 .....	9
8.7 试验组和工频电弧特性 .....	9
9 试验报告 .....	9
10 结果评价 .....	10
10.1 引言 .....	10
10.2 外观检查 .....	10
10.3 瓷或玻璃绝缘子 .....	10
10.4 复合绝缘子 .....	10
10.5 判定准则 .....	10
附录 A (规范性附录) 试验布置和杆塔模拟适用方法示例(返回电路) .....	12
附录 B (规范性附录) 电流方均根值的确定 .....	15
B.1 试验电流实际持续期内交流分量方均根值的确定 .....	15
B.2 三峰法 .....	15
附录 C (资料性附录) 工频电源的空载电压 .....	17
附录 D (资料性附录) 绝缘子串组上的工频电弧及其真实模拟(适当布置熔丝) .....	18
附录 E (资料性附录) 电弧试验中的风速 .....	19
附录 F (资料性附录) 故障电流大小及规定试验参数的选择 .....	20
附录 G (资料性附录) 本标准与 IEC 61467:2008 的技术差异及其原因 .....	22
参考文献 .....	23

## 前 言

本标准修改采用 IEC 61467:2008《架空线路用绝缘子 标称电压高于 1 000 V 的架空线路用绝缘子串和绝缘子串组 交流工频电弧试验》(英文版)。

本标准和 IEC 61467:2008 相比,做了一些技术性修改,修改之处用垂直单线(|)在它们所涉及的章  
5 条的页边空白处标识,并在附录 G 中说明了这些修改及其原因。

本标准引用了采用国际标准的国家标准。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- b) 删除 IEC 61467:2008 的前言;
- c) “本国际标准”一词改为“本标准”。

考虑到文本的适用性,本标准删除了 IEC 61467:2008 的附录 G 和附录 H。本标准章条编号和 IEC 61467:2008 一致。

本标准的附录 A 和附录 B 为规范性附录,附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 和附录 G 均为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国绝缘子标准化技术委员会(SAC/TC 80)归口。

本标准起草单位:中国电力科学研究院、西安高压电器研究院有限责任公司西安电瓷研究所、国网武汉高压研究院、国家绝缘子避雷器质量监督检验中心、大连电瓷有限公司、广州市迈克林电力有限公司、襄樊国网合成绝缘子股份有限公司、东莞市高能电气股份有限公司、新疆新能天宁电工绝缘材料有限公司、河北新华高压电器有限公司、山东泰光电气有限公司、江苏祥源电气设备有限公司。

本标准主要起草人:王来、姚君瑞、吴光亚、危鹏、范建斌、张锐、任贵清、欧阳旭丹、杨红军、张德进、蔡东葆、及荣军、滕国利、张宏祥。

# 标称电压高于 1 000 V 的架空线路 用绝缘子串和绝缘子串组 交流工频电弧试验

## 1 范围

本标准规定了绝缘子串组的工频电弧试验标准试验程序,也提出短串的工频电弧试验标准试验程序。

本标准适用于标称电压高于 1 000 V、频率 15 Hz~100 Hz 的交流架空线路和牵引线路用瓷、玻璃或复合材料绝缘子串元件构成的绝缘子串和绝缘子串组。

本标准也适用于类似结构的变电站用绝缘子串和绝缘子串组。

本标准不适用于安装在非金属电杆或杆塔上的绝缘子串组。

本标准不能直接用于线路柱式绝缘子及其绝缘子组,也不能用于斜撑型线路柱式绝缘子,这是由于本标准描述的安装布置不能重现其安装状况。然而,本标准的基本原理可以用于这些绝缘子的试验及其安装布置。

本标准的目的是:

——定义所使用的术语;

——规定标准试验程序;

——规定评价试验结果的准则。

电弧试验不是线路绝缘子规范中的必试项目。本标准规定的标准试验程序和评价准则是为了在有必要进行电弧试验时对其提供指导,不是要把电弧试验列为必做的通用试验项目。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 22709—2008 架空线路用瓷或玻璃绝缘子串元件绝缘体机械损坏后的残余强度(IEC 60797:1984,MOD)

IEC 60862 架空传输线路设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

注:本标准中使用的其他术语和定义可以在 GB/T 2900.8、GB/T 1001.1—2003 和 IEC 60383-2:1993 中查到。

### 3.1

**试验 test**

对绝缘子串或串组施加一次规定持续时间的规定试验电流。

### 3.2

**试验序列 test sequence**

对同一绝缘子串或串组的 3 次连续试验。

### 3.3

#### 试验组 test series

用来表征绝缘子串或串组工频电弧特性试验序列的组。

### 3.4

#### 电流初始不对称百分率 percent initial asymmetry of current

工频电弧第一周波中由不对称波引起的电流偏差。

注：其值为电弧第一周波电流峰值绝对值除以该电流的方均根值，用函数式表示如下：

$$\left[ \frac{|I_m|}{I \times \sqrt{2}} - 1 \right] \times 100$$

### 3.5

#### 供电电路 supply circuit

使电弧电流从电源流向试品线路侧的电气连接。

### 3.6

#### 返回电路 return circuit

使电弧电流从试品接地侧流向电源的电气连接。

### 3.7

#### 平衡电路 balanced circuit

电流在两个完全相反方向流动的供电电路或返回电路。

### 3.8

#### 非平衡电路 unbalanced circuit

电流主要在一个方向流动的供电电路或返回电路。

### 3.9

#### 盘形悬式元件短串 short string (cap and pin units)

最小电弧距离 400 mm 的 3 至 6 片绝缘子元件串。

### 3.10

#### 长棒形和复合元件短串 short string (long rod and composite units)

电弧距离 400 mm~1 000 mm 的一个或多个绝缘子元件串。

## 4 符号和缩写

下列符号和缩写主要用于本标准的表和图中。

除非另有说明，电流和电压均表示为方均根值。

$I$  电弧电流

$I_n$  规定电弧电流

$t$  电弧持续时间

$t_n$  规定电弧持续时间

$I_m$  峰值电流

$I_{R1,2}$  返回电路电流

$I_{S1,2}$  供电电路电流

$I_{sys}$  系统额定短路电流

$L_A$  绝缘子串长度

$L_B$  绝缘子串组长度

$L_R$  返回电路的模拟长度

$L_s$  供电电路的模拟长度

- D 被试绝缘子串组中心点到周围构架的距离
- $M_L$  被试绝缘子串组上的机械负荷
- $\alpha$  耐张绝缘子串组偏离水平面的角度
- SFL 最小规定机械(电)破坏负荷
- SML 规定机械负荷

5 试验电流特性

本试验应施加单相交流电流,初始不对称(直流分量)百分率应不超过 30%。

注:事实上运行中污秽绝缘子串组上的闪络通常出现在电压峰值附近区域,这时的直流分量最小。

对于频率为 50 Hz 或 60 Hz 系统,试验电路的频率应为 45 Hz~65 Hz。对于其他频率系统,试验电源的频率偏差原则上不应超过规定值的 10%。经用户同意,试验可以在比预期运行频率高或低的频率下进行。每次试验中,频率可以在上述限度内变化。

试验电路应足以提供规定的电弧电流(方均根值)和持续时间。附录 C 给出了为获得规定电流值空载电压的推荐信息。除非另有协议,规定电弧电流方均根值的允许偏差为±10%。

试验中实际电弧电流应近似为正弦波,其方均根值从试验持续时间内各峰值的算术平均值求得(见附录 B)。若测量设备允许,该方均根值可以用电流函数计算。

试验电流在燃弧期内应基本保持恒定,并允许与规定值有如下偏差:

- 电弧电流峰值偏离规定值( $I_n\sqrt{2}$ )应不超过±20%。
- 对于燃弧时间大于 0.2 s 的情况,若总燃弧时间不超过 20%,可以超出上述允许偏差。

任何情况下实际电弧电流和其持续时间的乘积( $I \cdot t$ )均应在规定电弧电流和其持续时间乘积( $I_n \cdot t_n$ )的±10%范围内。

在弧根向杆塔或沿线路导线移动的情况下,可能会超出这些允许偏差。

6 供电电路和返回电路条件

供电电路和返回电路取决于运行条件,特别是绝缘子串组沿线路的位置和杆塔的几何结构。试验中的模拟特性列于表 1,完整绝缘子串组示于图 1,短串示于图 3。

表 1 供电电路和返回电路条件

电 路	平衡供电电路	非平衡供电电路
平衡返回电路	A 电路 $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{s1} = I_n/2$ $I_{s2} = I_n/2$ 例如线路中段杆塔中相窗中的绝缘子串组。	B 电路 $I_{R1} = I_n/2$ $I_{R2} = I_n/2$ $I_{s1} = I_n$ $I_{s2} = 0$ 例如线路末端杆塔中相窗中的绝缘子串组。
非平衡返回电路	C 电路 $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{s1} = I_n/2$ $I_{s2} = I_n/2$ 例如线路中段杆塔外伸边相上的绝缘子串组。	D 电路 $I_{R1} = I_n$ $I_{R2} = 0$ $I_{s1} = I_n$ $I_{s2} = 0$ 例如线路末端杆塔外伸边相上的绝缘子串组。

电流  $I_{R1}$ 、 $I_{R2}$ 、 $I_{s1}$  和  $I_{s2}$  与各自规定值的允许偏差应不超过 20%,并可以用电路校准试验来校验。

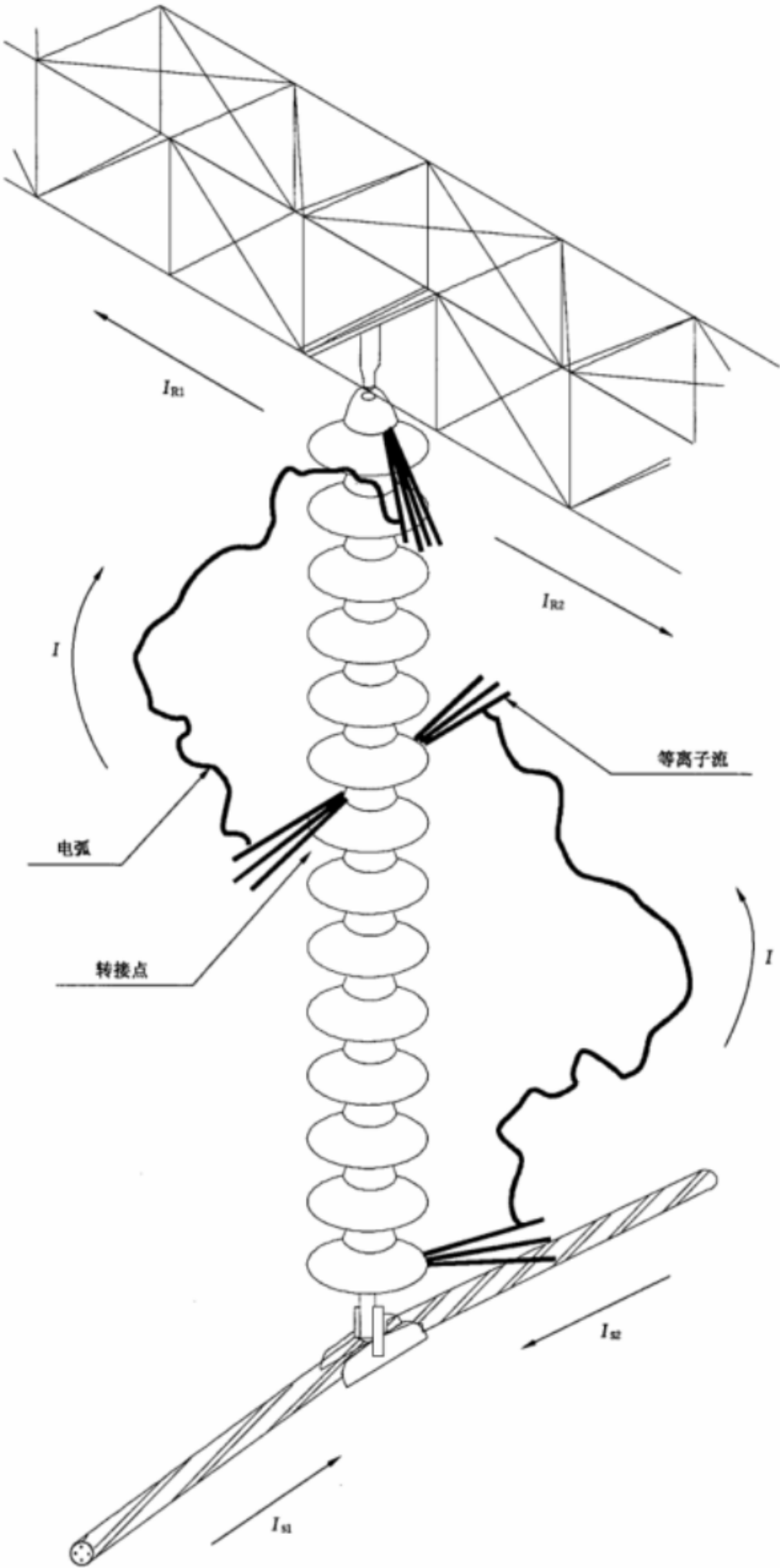


图 1 供电电流和返回电流图示

## 7 绝缘子串组的试验

### 7.1 引言

本标准所述对绝缘子串组的试验程序由 2 组试验构成,每组试验中施加 3 次不同电流和不同持续时间的工频电弧(一个试验序列)。预期本试验程序能够涵盖沿线路典型点出现的故障电流情况,同时也预期能够重现污秽工频闪络,这种状况最为严重。

由于预期本标准所述对绝缘子串组的试验程序能够模拟实际运行状况,应注意事实上不可能把给定长度绝缘子的性状外延用于不同长度的绝缘子串组,或安装不同结构或材料附件的绝缘子串组。

### 7.2 试验布置

试验布置应能再现完整绝缘子串组的实际状况,并尽可能再现导体和最接近于绝缘子串组的杆塔部件的实际状况。试验应使用实际使用的防护附件,应重现这些附件和绝缘子元件、线夹及导体的相对位置。真实模拟实际状况的目的是再现真实的电磁场,因为电磁场会影响电弧运动。

绝缘子串组和模拟杆塔接地构件之间的距离应与运行状态时相同。对于某些绝缘子串组(例如超高压、特殊结构),模拟实际杆塔可能受到试验室设备的限制。在这种长绝缘子串组( $L_B > 6\text{ m}$ )情况下,杆塔和导体之间的距离  $D$  有 6 m 就行了。

导体离接地平面的距离应至少为  $L_B/2$ ,或  $L_B > 6\text{ m}$  时不少于 3 m。

试验布置应包括与运行中特性相同的导体或导线束。为产生实际影响电弧移动的电力,绝缘子串组两侧导体的长度应至少等于绝缘子串组的长度,但最短应为 2.5 m。对于长绝缘子串组( $L_B > 6\text{ m}$ ),导体长度有 6 m 就行了(见附录 A)。

几种试验布置和模拟杆塔(返回电路)示于附录 A。

为了避免电气接触不良并确保绝缘子串组准确定位,应对绝缘子串组施加一定机械负荷。对于悬垂绝缘子串组,该负荷可以用在线夹或导体上悬挂适当与导体绝缘的重物施加,对完整绝缘子串组,负荷值应至少为 5 kN。对于耐张绝缘子串组,有必要施加较大的负荷,以便再现绝缘子串组运行中与水平面的夹角。如果按照绝缘子的实际运行状况考虑,施加于绝缘子串组的负荷可增大至绝缘子规定机电(械)破坏负荷的 40%。

### 7.3 试验电流

试验电流特性应符合第 5 章的要求。

### 7.4 供电电路和返回电路条件

为了再现所要模拟的运行条件,应选择供电电路和返回电路(见第 6 章)。

### 7.5 起弧

电弧应用一根总截面最大为  $1\text{ mm}^2$  的低电阻材料(如银、铝、铜)熔丝引燃。如果使用多根熔丝,应将其并联绞连在一起。

注:如果起弧存在问题,可以使用较大直径的熔丝。但应注意,由于这样会降低初始电弧的可移动性,以及金属在绝缘子表面沉积,会对试验结果产生不利影响。

规定起弧的目的是要创造和污秽绝缘子串组出现闪络时相同的条件。这种闪络能使电弧弧根处于绝缘子串中间部位。燃弧现象描述及熔丝细节解释示于附录 D。

熔丝以下列方式单点接触连接到金属部件上,如图 2 所示。

#### a) 盘形悬式绝缘子串组

将第一根熔丝连接到接地侧绝缘子串元件的铁帽上,并隔 3 片~5 片绝缘子串元件连接到某一中间元件的钢脚上。随后以相同方式布置第二根熔丝,但其在绝缘子串上的位置与第一根熔丝相对。反复以这种方式布置熔丝,直到绝缘子串的末端。图 2a)给出了确定熔丝位置示意及熔丝和铁帽、伞、钢脚连接的示意。若把熔丝连接到钢脚上确有困难时(例如因绝缘子的形状),允许将熔丝连接到下一只绝缘子的铁帽上。



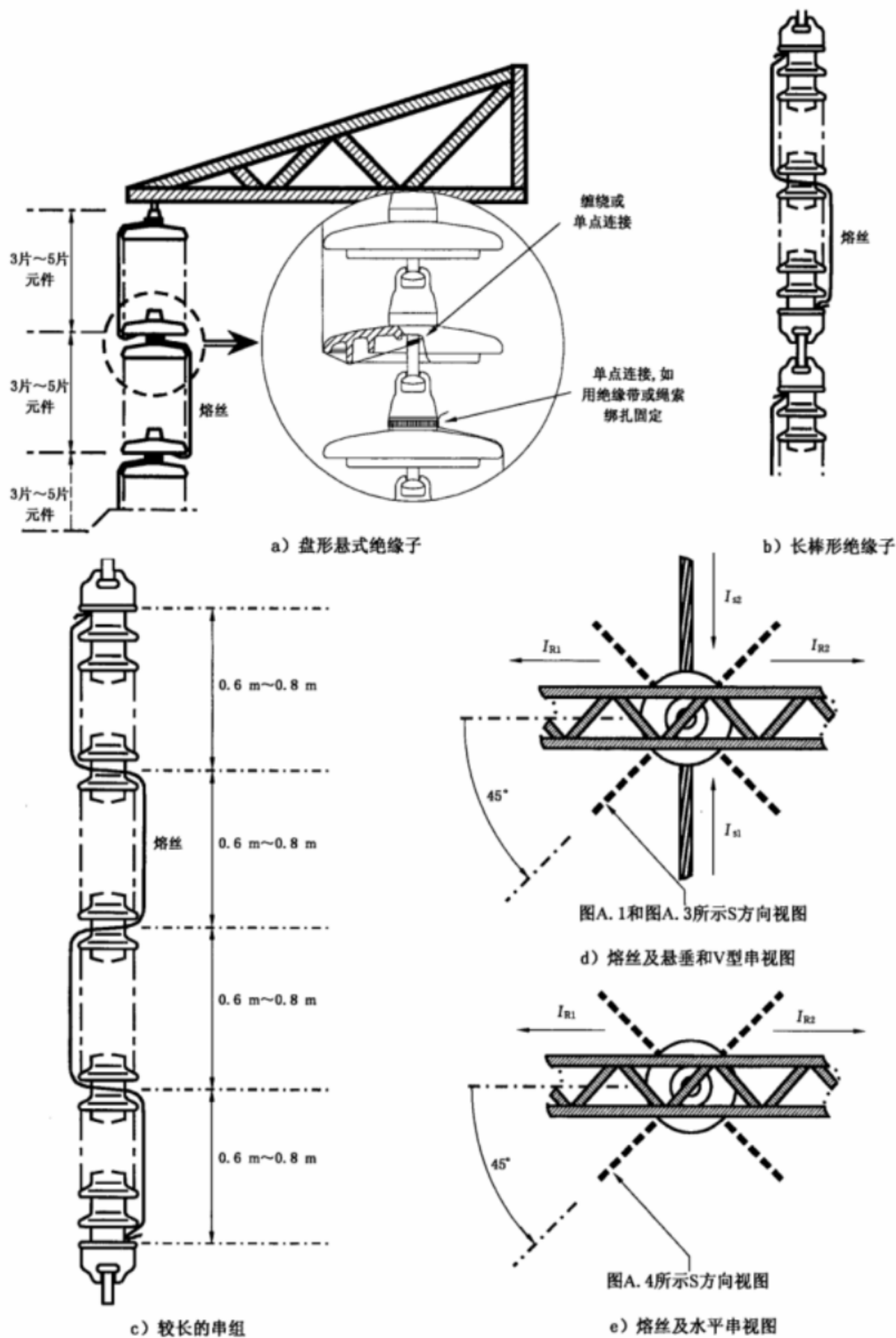


图 2 起弧

对于少于 6 片元件组成的短绝缘子串组,应在绝缘子串的大致中间位置设置一个转接点。

b) 长棒形和复合绝缘子串组

熔丝应于绝缘子的一侧连接在金属部件之间,并于中部绕绝缘子主体缠绕后在绝缘子的另一侧延伸。不同元件应分别使用熔丝(见图 2b))。

对于较长的绝缘子串组(长度大于 1.5 m 的绝缘子元件),应每隔 0.6 m~0.8 m 绕绝缘子主体缠绕一次,每次缠绕后熔丝均沿和前一次相对的侧面延伸(见图 2c))。

任何情况下(盘形悬式、长棒形、复合绝缘子串组,以及悬垂、V 型、水平绝缘子串组),熔丝所在平面都应与导体呈 45°角(见图 2d)和图 2e))。

每一次连续试验都应将熔丝连接点转动 90°。

对于多串绝缘子串组(V 型、双串等),一个试验序列中电弧应总是在同一绝缘子串上引燃。为此,应选择绝缘子串,使电力引起的电弧移动朝向该绝缘子串组中的其它绝缘子串。

7.6 环境条件

任何情况下均应记录风速及所有其他环境条件(大气压力、降雨、湿度和温度)。

由于风对电弧移动有影响,试验可以在试验室内进行。若在室外,应尽量选择晴朗气候试验。为了保证较小电流工频电弧试验(<10 kA)的可比性,最大允许风速为 5 m/s 。

附录 E 给出了有关风对电弧试验重要性的解释。

认为其他大气条件对工频电弧试验结果没有显著影响。

7.7 试验组和工频电弧的特性

按照表 1 和图 1,应根据杆塔型式从表 2 选择 X 组试验或 Y 组试验。仅当返回电路总是非平衡电路时,才选择 Y 组试验,例如当杆塔没有中相相窗时。实际上,因杆塔几何结构不同要求 X 组和 Y 组两组试验时,优先选择 X 组试验,因为 X 组试验更为严格。在任何情况下,如果进行了 X 组试验,则不必再进行 Y 组试验。

两次连续试验之间的时间间隔最小应为 20 min。在电流相同的每 3 次试验后,允许更换损坏的绝缘子元件或整个绝缘子串组。

选取的试验次数及其持续时间应能代表出现在大部分系统上的情况,若要求用不同的数值代表特殊的网络特性,应经事先协商。

附录 F 给出了上述规定数值的解释。

表 2 绝缘子串组的试验组

试验组	试验电路(见表 1)	短路电流	试验次数及持续时间(试验序列)
X	A	$I_n=0.2 I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=1\text{ s}$ 一次
	A	$I_n=0.5 I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=1\text{ s}$ 一次
	B	$I_n=I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=0.5\text{ s}$ 一次
Y	C	$I_n=0.2 I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=1\text{ s}$ 一次
	C	$I_n=0.5 I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=1\text{ s}$ 一次
	D	$I_n=I_{Iys}$	$t_n=0.2\text{ s}$ 二次, $t_n=0.5\text{ s}$ 一次

8 短串试验

8.1 引言

本标准包含了短串试验程序,其目的是评价在工频电弧热应力作用下绝缘子的材料、设计、结构的性状,不能用本试验来确定或预测整个绝缘子串组的性状。

8.2 试验布置

短串试验布置示于图 3。短串应用绝缘导体(线、管、棒)垂直悬挂于一块绝缘板下,以避免引导电

弧迁移到周围设备。在绝缘子短串下部经另一绝缘导体加挂重物或施加机械负荷。供电电路和返回电路均应垂直于这些导体,离绝缘子串的距离为该串电弧距离的 1~2 倍。

绝缘子串和接地构件之间的距离应足以避免电弧迁移到这些构件上。导体到地面的距离应至少为 1 m。

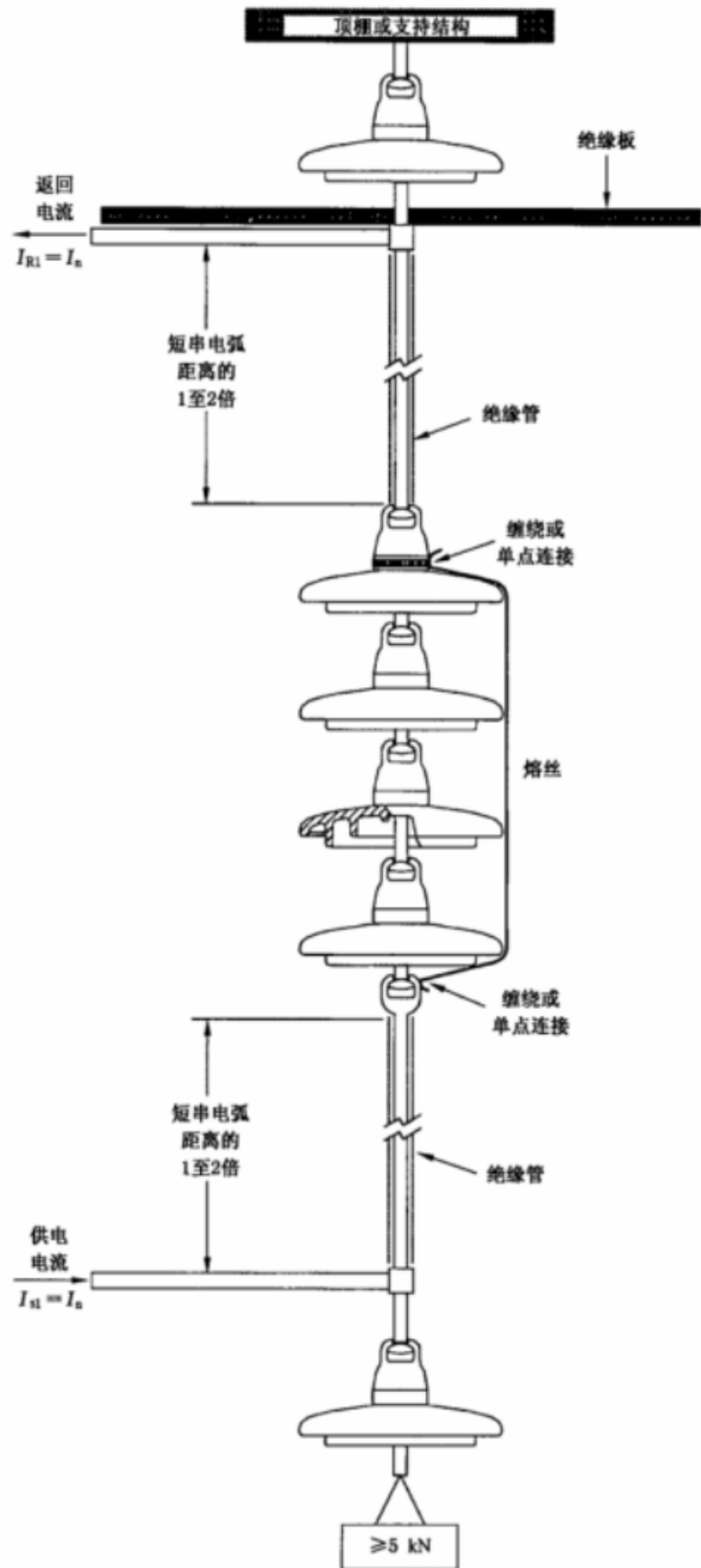


图 3 短串安装布置

施加于短串的负荷应至少为 5 kN。如果按照绝缘子的实际运行状况考虑,施加于短串的负荷可增大至绝缘子规定机电(械)破坏负荷的 40%。

用于连接导体和短串的附件的尺寸和形状应适宜,并与试验中短串端部附件相匹配。

8.3 试验电流

试验电流特性应符合第 5 章。

8.4 供电电路和返回电路条件

供电电路和返回电路应为非平衡电路(见第 6 章和图 3)。

8.5 起弧

电弧应用一根总截面最大为 1 mm<sup>2</sup> 的低电阻材料(如银、铝、铜)熔丝引燃。如果使用多根熔丝,应将其并联绞接在一起。

注:如果起弧存在问题,可以使用较大直径的熔丝。但应注意,由于这样会降低初始电弧的可移动性,以及金属在绝缘子表面沉积,会对试验结果产生不利影响。

熔丝应单点接触或缠绕连接到绝缘子串的上部和下部金属附件上,沿短串的燃弧路径布置,如图 3 所示。如果短串没有金属质端部附件,熔丝应连接到试验布置中相配附件的最近点上。

可能时(盘形悬式、长棒形、复合绝缘子串),熔丝所在平面应与供电电路和返回电路导体呈 45°角。每一次连续试验都应将熔丝连接点转动 90°。

8.6 环境条件

如果试验在户外进行,应记录风速和所有其他环境条件(大气压力、降雨、湿度和温度)。对于户内试验,应记录大气压力、湿度和温度。

由于风对电弧移动有影响,试验可以在试验室内进行。若在室外,应尽量选择晴朗气候试验。为了保证较小电流工频电弧试验(<10 kA)的可比性,最大允许风速为 5 m/s。

附录 E 给出了有关风对电弧试验重要性的解释。

认为其他大气条件对工频电弧试验结果没有显著影响。

8.7 试验组和工频电弧特性

短串试验组由 3 次连续试验组成,每串仅施加一次短路电弧。每次施加电弧后应更换整个短串。表 3 给出了该组中试验的电流及持续时间。

施加电弧后,短串上的机械负荷应保持 5 min。

表 3 绝缘子短串的试验组

试验电路(见表 1)	短路电流 <sup>a</sup>	试验次数和持续时间(试验序列)
D	$I_a=20\text{ kA}$	$t_a=0.12\text{ s}$ 一次
D	$I_a=20\text{ kA}$	$t_a=0.12\text{ s}$ 一次
D	$I_a=20\text{ kA}$	$t_a=0.12\text{ s}$ 一次
<sup>a</sup> 经当事各方协议,试验可以分别用 $I_a=10\text{ kA}$ 、 $t_a=0.24\text{ s}$ 替代。		

9 试验报告

为了统一试验报告格式,试验文件包括的信息应按下列顺序列出:

- a) 适当的首页;
- b) 试验委托方给出的有关额定值的完整细节;
- c) 试验情况列表,试验人员列表,以及试验文件的发放范围。

试验文件留存按照试验室惯例。

10 结果评价

10.1 引言

本章提出的准则仅用做评价绝缘子串组或绝缘子串使用可靠性的导则。

结果评价由两部分组成。首先是外观检查,随后开展一系列分析试验,以确定绝缘子是否能继续使用。

对于绝缘子串组试验,外观检查也包括所有机械部件和绝缘子串组的附件,记录的检查信息必要时可用于其他相关产品标准。附件和连接件的评价准则超出了本标准的范围。

10.2 外观检查

详细外观检查包括拍照,应记录绝缘子元件、附件、保护附件和导体的所有显著损坏:

- 检查绝缘子的金属部件和所有承载附件,对影响其机械强度的电弧损坏拍照,包括局部熔化、弧疤和金属蒸发。
- 检查电镀金属部件上可能导致进一步腐蚀的镀层损坏。
- 检查表面电场集中的金属部件是否存在可能导致电晕和无线电干扰的局部外形变化。

10.3 瓷或玻璃绝缘子

除绝缘子金属部件外观损坏检查外,还应检查瓷或玻璃绝缘子绝缘件的损坏。绝缘件损坏包括:

- 伞裙部分或全部破裂;
- 绝缘件表面釉层灼伤或剥落。

作为一种初步手段,辨析敲击盘形悬式绝缘子伞盘发出的响声有助于检测瓷绝缘子内部电介质损坏。然而,这种方法易受主观影响,仅能用于在进行表 4 所列分析前的初步估价。

10.4 复合绝缘子

除绝缘子金属部件损坏外观检查外,还应检查复合绝缘子绝缘件的损坏。绝缘件损坏包括:

- 表面变化,如变色、蚀损或电弧等离子体沉积;
- 伞裙开裂或击穿;
- 护套损坏使玻璃纤维芯体裸露、端部附件或连接处密封失效,或密封脂渗出(如使用)。

10.5 判定准则

判定的总原则是在一组试验结束后,绝缘子串或绝缘子串组应能安全运行。应按照表 4 定义的准则从机械和电气性能两方面对能否安全运行进行验证。

试验结果判定应特别小心。

表 4 试验评价准则

准则或试验项目	评价准则	
	绝缘子串组	绝缘子短串
试验中绝缘子脱落	不允许	不允许
伞裙或棱灼伤、开裂,脱釉,镀锌表面熔化	允许*	允许
玻璃纤维芯体裸露和端部密封失效 (仅对复合绝缘子)	不允许	不允许
干工频闪络试验(检查是否击穿,仅对 B 型绝缘子)	对所有绝缘子元件试验,并应出现外闪	对所有绝缘子元件试验,并应出现外闪,闪络电压不应低于绝缘子元件的湿耐受电压

表 4 (续)

准则或试验项目	评价准则	
	绝缘子串组	绝缘子短串
机械破坏负荷试验	所有元件的机械破坏负荷不小于 70% 最小规定机械(电)破坏负荷 (SFL)或规定机械负荷(SML) <sup>b,c</sup>	所有元件的机械破坏负荷不小于 70% 最小规定机械(电)破坏负荷 (SFL)或规定机械负荷(SML) <sup>c</sup>
附件和导体试验	根据相关要求,或经协商	不适用
<p><sup>a</sup> 如果绝缘子串组中有三分之一的元件或三分之一的长度出现可能影响其电气性能的严重损坏(伞裙破裂、严重灼伤、导电体沉积等),有必要进行附加电气试验,以验证该绝缘子串组的耐受特性。</p> <p><sup>b</sup> 对于盘形悬式绝缘子串组,被试元件应包括分别与线路侧和接地侧相邻的 3 个元件,以及从起弧部分和其他损坏严重的元件中选择的 3 个元件。对于长棒形和复合绝缘子串组,所有绝缘子元件均应进行试验。</p> <p><sup>c</sup> 取值 70%是为了和 IEC 60826 对绝缘子的要求相适应。另外,经供需双方协议,也可以采用 GB/T 22709—2008 的判定准则。</p>		

附录 A  
(规范性附录)

试验布置和杆塔模拟适用方法示例(返回电路)

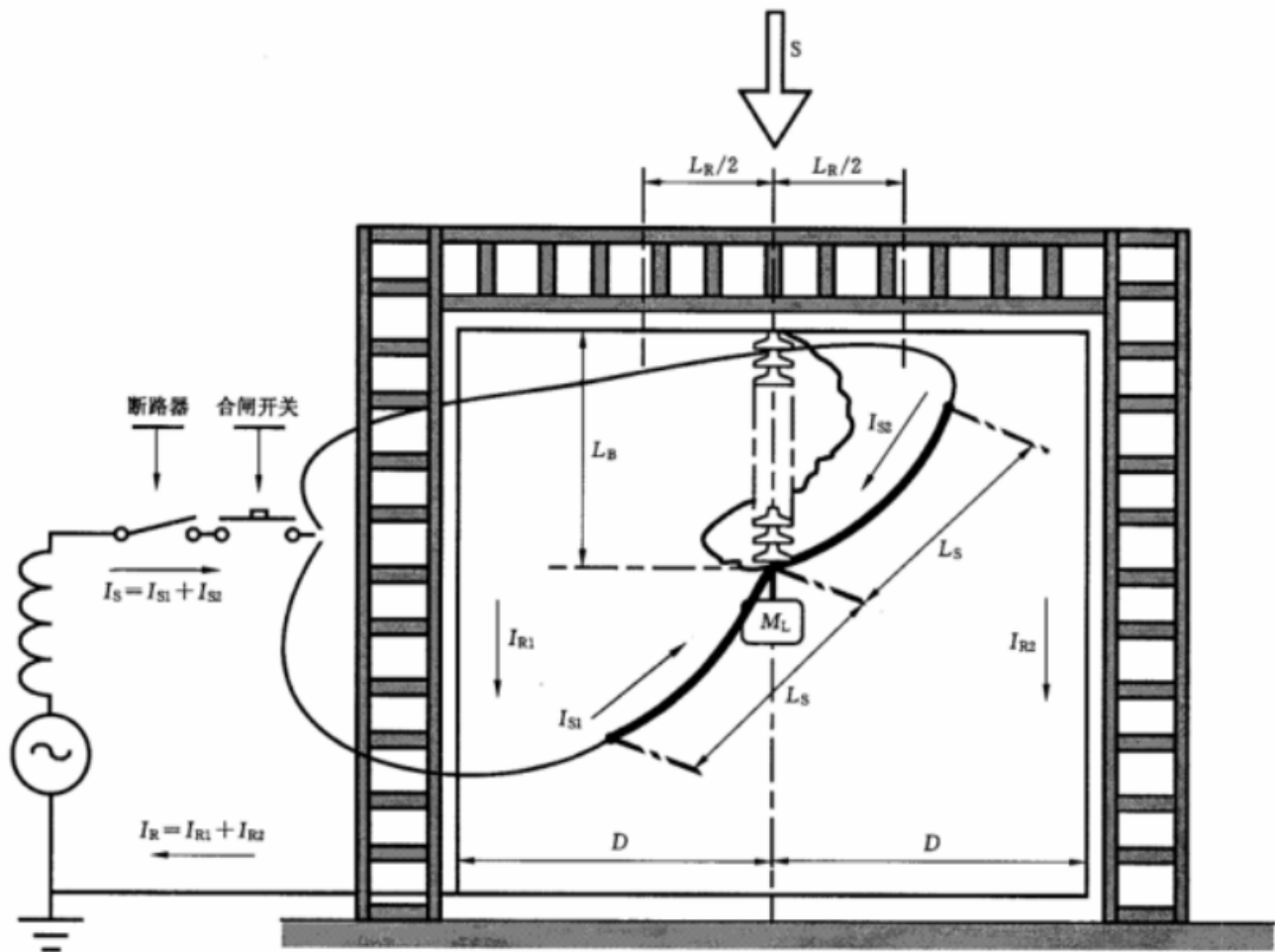
返回电路可以通过模拟杆塔的金属构件或放置在构件中的导线形成回路。在后一种情况下,导线沿钢铁构件固定,不必与其绝缘,但经协议,导线也可沿钢铁构件固定,并与其绝缘(见图 A. 2)。

两种情况下邻近绝缘子串组的杆塔部件的构造都应适宜,构架尺寸不小于绝缘子串组长度,但最小为 2.5 m(见图 A. 1、图 A. 2 和图 A. 3 中的  $L_R$ )。

对长绝缘子串组,  $L_R$  最长 6 m(见图 A. 1、图 A. 2 和图 A. 3)即可。

对用于  $U_m$  为 90 kV 及以下网络的绝缘子串组试验,导体长度  $L_S$  可以降低到 1.25 m。

若杆塔构架未知,模拟杆塔的实际尺寸应经协商同意。靠近绝缘子串组接地端的杆塔模拟是为了能使弧根转移到构架上。



- 特别注意:
- $L_R \geq L_B$ , 且  $L_R \geq 2.5 \text{ m}$   
 $L_S \geq L_B$ , 且  $L_S \geq 2.5 \text{ m}$
  - 对于长绝缘子串组 ( $L_B \geq 6 \text{ m}$ )  
 $D, L_R$  和  $L_S \geq 6 \text{ m}$

图 A. 1 悬垂绝缘子串组试验安装布置

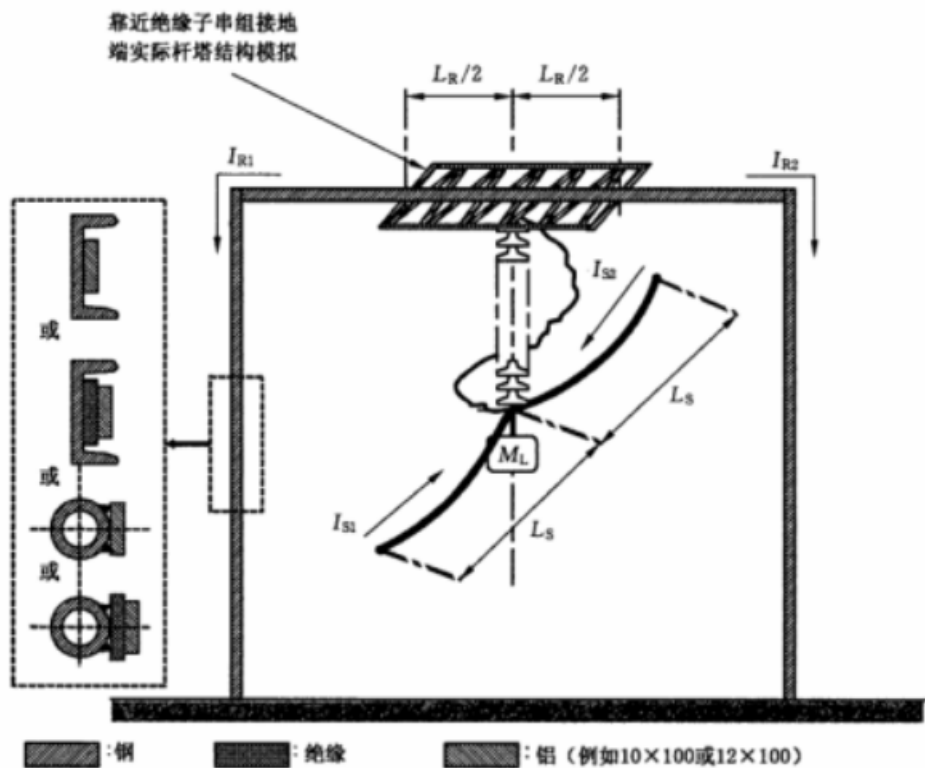
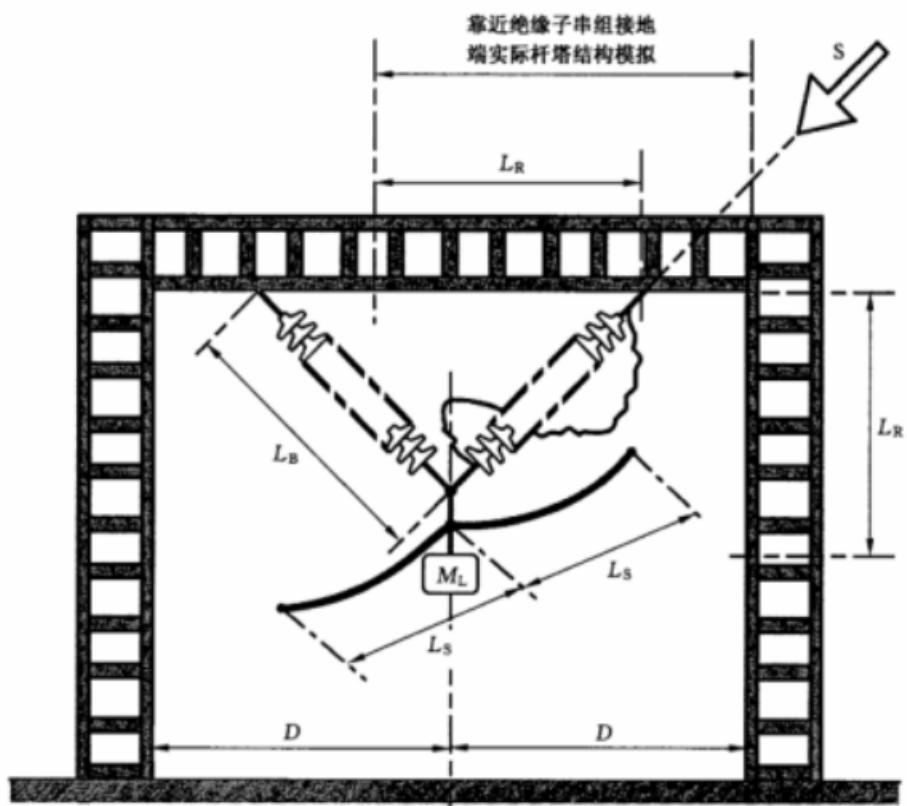


图 A.2 使用简化钢结构杆塔绝缘子串组的试验布置

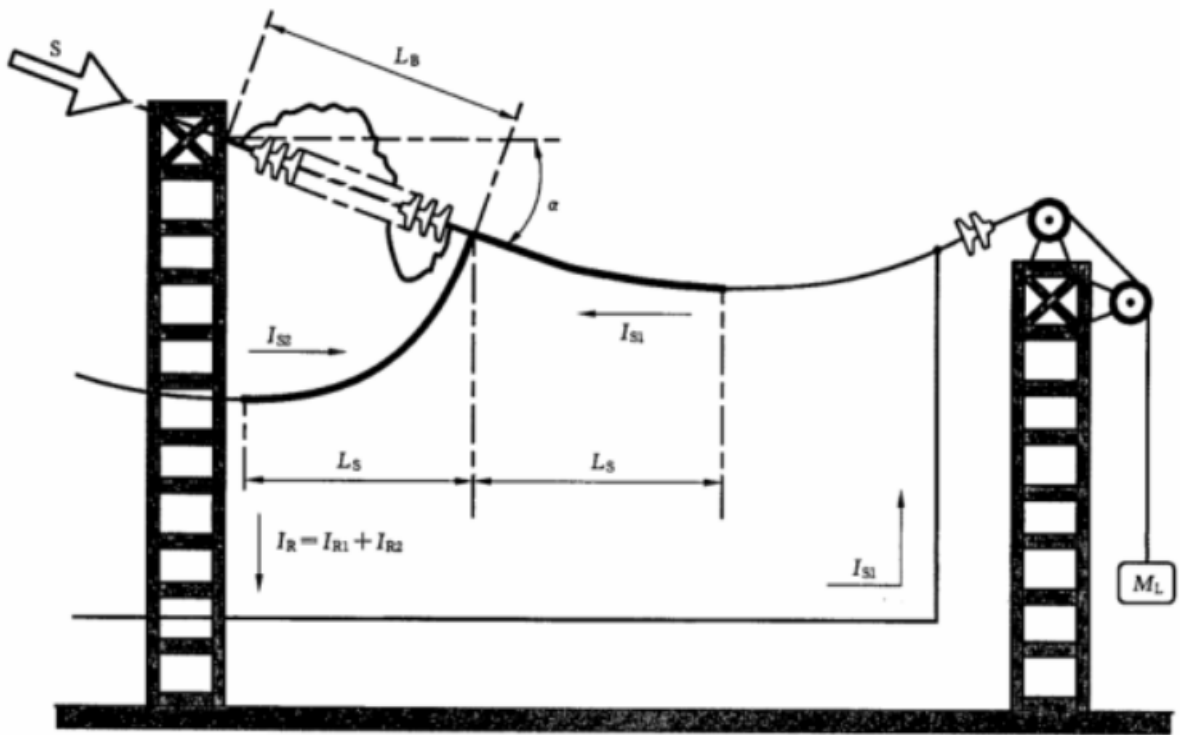


特别注意:

- $L_R \geq L_B$ , 且  $L_R \geq 2.5$  m
- $L_S \geq L_B$ , 且  $L_S \geq 2.5$  m
- 对于长绝缘子串组 ( $L_B \geq 6$  m)
- $D, L_R$  和  $L_S \geq 6$  m

图 A.3 杆塔中相 V 型绝缘子串组试验布置(简化钢结构杆塔及返回电路见图 A.1 和图 A.2)





特别注意：

- $10^{\circ} \leq \alpha \leq 20^{\circ}$
- $L_R \geq L_B$ ，且  $L_R \geq 2.5 \text{ m}$   
 $L_S \geq L_B$ ，且  $L_S \geq 2.5 \text{ m}$
- 对于长绝缘子串组 ( $L_B \geq 6 \text{ m}$ )  
 $D$ 、 $L_R$  和  $L_S \geq 6 \text{ m}$

图 A.4 水平安装绝缘子串组试验布置(简化钢结构杆塔及返回电路见图 A.1 和图 A.2)

附 录 B  
(规范性附录)  
电流方均根值的确定

B.1 试验电流实际持续期内交流分量方均根值的确定

为了避免电流和(或)频率波动可能造成的影响,该电流方均根值由各方均根值的非加权平均(三峰法)得到。每一方均根值均由一个峰向前一个峰滑移的方法取得。为了消除边界效应,第一个波和最后一个波(若可能)应予以省略,最后一个波会因保护用主断路器而衰减。

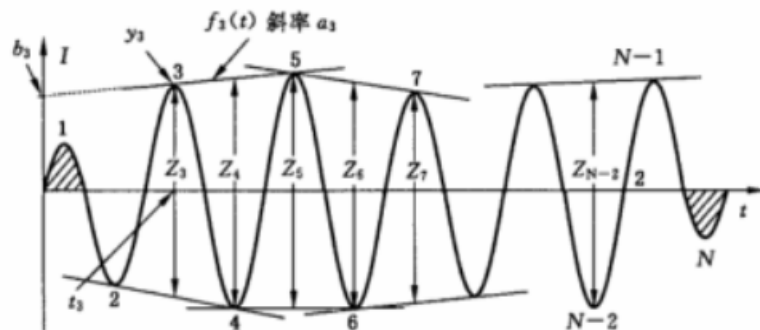


图 B.1

具有  $N(1, \dots, N)$  个峰值信号的方均根值用下式表示:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \sum_{i=3}^{N-2} (X_i) \text{ 或 } I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (Z_i) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- $X_i$ ——波峰序号为  $i$  的电弧电流的方均根值;
- $Z_i$ ——波峰序号为  $i$  的电弧电流的峰-峰值。

具有  $N(1, \dots, N)$  个峰值信号的方均根值用以下解析式表示:

$$I = \frac{1}{N-4} \times \frac{1}{\sqrt{8}} \times \sum_{i=3}^{N-2} (a_i \times t_i + b_i - y_i) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中(见 B.2 的三峰法,以及图 B.1 中  $i=3$  的示例点):

- $t_i$ —— $i$  波峰时时间坐标上的瞬态时间;
- $y_i$ —— $i$  波峰时的电流峰值;
- $a_i$ ——直线  $f_i(t)$  的斜率;
- $b_i$ —— $t=0$  时  $f_i(t)$  的值。

B.2 三峰法

这种方法用来从三个连续峰波  $A(t_{i-1}, y_{i-1})$ ,  $B(t_i, y_i)$  和  $C(t_{i+1}, y_{i+1})$  求算信号交流分量的方均根值,如图 B.2 所示。

该方均根值估算为:

$$\frac{|DD'|}{\sqrt{8}} \dots\dots\dots (B.3)$$

—— $f_i(t)$  是连接  $A$  和  $C$  两点确定的一条直线:

$$f_i(t) = a_i t + b_i \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

$$a_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$$

$$b_i = y_{i+1} - a_i t_{i+1} \text{ 或 } b_i = y_{i-1} - a_i t_{i-1}$$

$g_i(t)$ 是平行于  $f_i(t)$ 的直线。

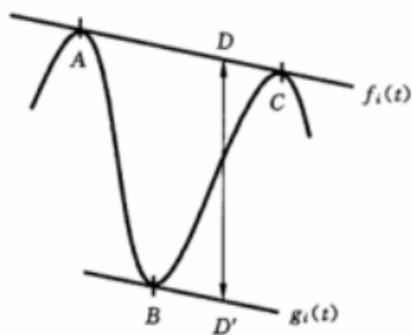


图 B. 2

## 附录 C

(资料性附录)

## 工频电源的空载电压

工频电源的空载电压应足够高,以使电弧电流保持在规定允许偏差内,并在电流过零时重燃。这一要求的限制性条件是电弧不能移动得离起初的弧根太远,特别是不能远到到达导体。任何情况下工频电源的空载电压都不应超过绝缘子串组的耐受电压。

作为指导,给出了以下工频电源空载电压( $L_B$  的单位为 m):

- 对于系统电压  $U < 72.5 \text{ kV}$  用绝缘子串组,  $7 \text{ kV} \sim 10 \text{ kV}$ ;
- 对于系统电压  $72.5 \text{ kV} \leq U < 245 \text{ kV}$  用绝缘子串组,  $L_B \times 7 \text{ kV}$ ;
- 对于系统电压  $U \geq 245 \text{ kV}$  用绝缘子串组,  $L_B \times (5 \sim 6) \text{ kV}$ 。

附录 D  
(资料性附录)

绝缘子串组上的工频电弧及其真实模拟(适当布置熔丝)

污秽绝缘子串在额定电压或操作过电压下的闪络沿绝缘子表面出现。闪络发生瞬间,电弧由不同的区段组成。这些弧段或部分电弧从绝缘子的某些金属附件向其他金属附件延伸(对盘形悬式绝缘子串,则为从铁帽到钢脚),而且其相互位置随机地处于不同平面。若相邻的部分电弧处在相隔较远的平面内(约 $180^\circ$ ),则中间的弧根存在时间较长。电弧试验可以用污秽闪络模拟,因为污秽闪络能产生中间弧根并比单独的放电桥接在绝缘子串上产生的场强更大。这种现象以最初几毫秒的部分电弧和中间弧根(形成转接点)为例示于图 D.1。电弧试验时,转接点必须用适当布置熔丝的方式强制设置。

高压绝缘子串上显现的工频电弧运动以及由其在绝缘子上引起的场强受三个因素影响。

- a) 首先是和弧根紧邻的电弧不移动。强烈的等离子体流从弧根喷出,由于弧根不移动,电弧被固定在弧根处。紧邻弧根的弧段朝向高导电性的等离子体流的流动方向。等离子体流实际上不受电力、风和热上浮效应的影响。
- b) 其次是电弧段离弧根的距离(指位于 a) 因素作用范围以外的部分)受电力、风和热上浮效应的影响,这些因素使弧段频繁运动。
- c) 第三,在 b) 因素作用下,运动弧段上的各点会相互接近或向某些金属部件靠近,从而因各点之间存在电位差击穿形成新的弧道,这通常又会使原来的电弧熄灭。这样,原有的弧根消失或转移到其他位置,新的弧根发展,电弧位置出现急剧变化。强电流情况下电离更为强烈,击穿概率更高。

图 D.1 所示为 5 kA 工频电弧试验的高速摄影照片,试品为七片盘形悬式绝缘子元件组成的 145 kV 染污绝缘子串。可以看到在最初几毫秒内随机出现的部分电弧,以及长时间存在的中间弧根(转接点)。对于长棒形和复合绝缘子元件,闪络瞬间同一元件上的部分电弧通常并不处于一条线上,转接点仅存在于该元件的端头。

总结大量污秽闪络和试验室用熔丝起弧进行工频电弧试验的经验,提出了熔丝布置建议,如图 2 所示。强制设置转接点模拟沿绝缘子串组的场强分布是一种适宜的起弧方式。

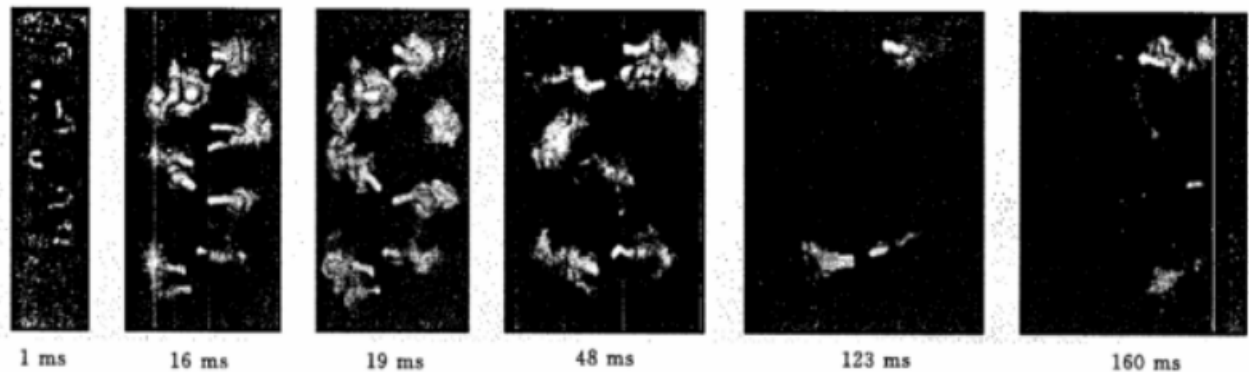


图 D.1 7 片盘形悬式元件组成的 145 kV 绝缘子串的 5 kA 工频电弧试验

附 录 E  
(资料性附录)  
电弧试验中的风速

本标准模拟导致最高场强污秽绝缘子串的闪络,并用于电弧试验。

故障电流较小且平衡电路条件下(见第7章及附录F),不存在使电弧运动的电动力,因此,离弧根一定距离的弧段主要受风的影响,实际上弧段随风而动。

污秽闪络通常发生在有雾气候下,此时空气运动一般忽略不计( $<5\text{ m/s}$ ),工频电弧试验时也应保持这一条件。为能使小电流( $<10\text{ kA}$ )工频电弧试验具有可比性,允许最大风速为  $5\text{ m/s}$ 。

附录 F  
(资料性附录)

故障电流大小及规定试验参数的选择

故障电流大小随故障在传输线路上的位置而变化。在大功率母线附近(线路末端),短路电流大且供电电路不平衡。在线路中部,故障电流较小且供电电路几乎是平衡电路。

平衡电路中保持较小电弧电流靠近绝缘子串对绝缘子的危害比非平衡电路中强电力使较大电弧电流移动更为严重。因此,试验必须在不同电流下用适当的试验电路进行。

图 F.1 给出了沿 100 km 145 kV 线路电弧电流和供电电路组成的分布,线路与短路电流 28 kA 的母线相连。可以看出,线路特性是电弧电流较小且供电电路平衡。

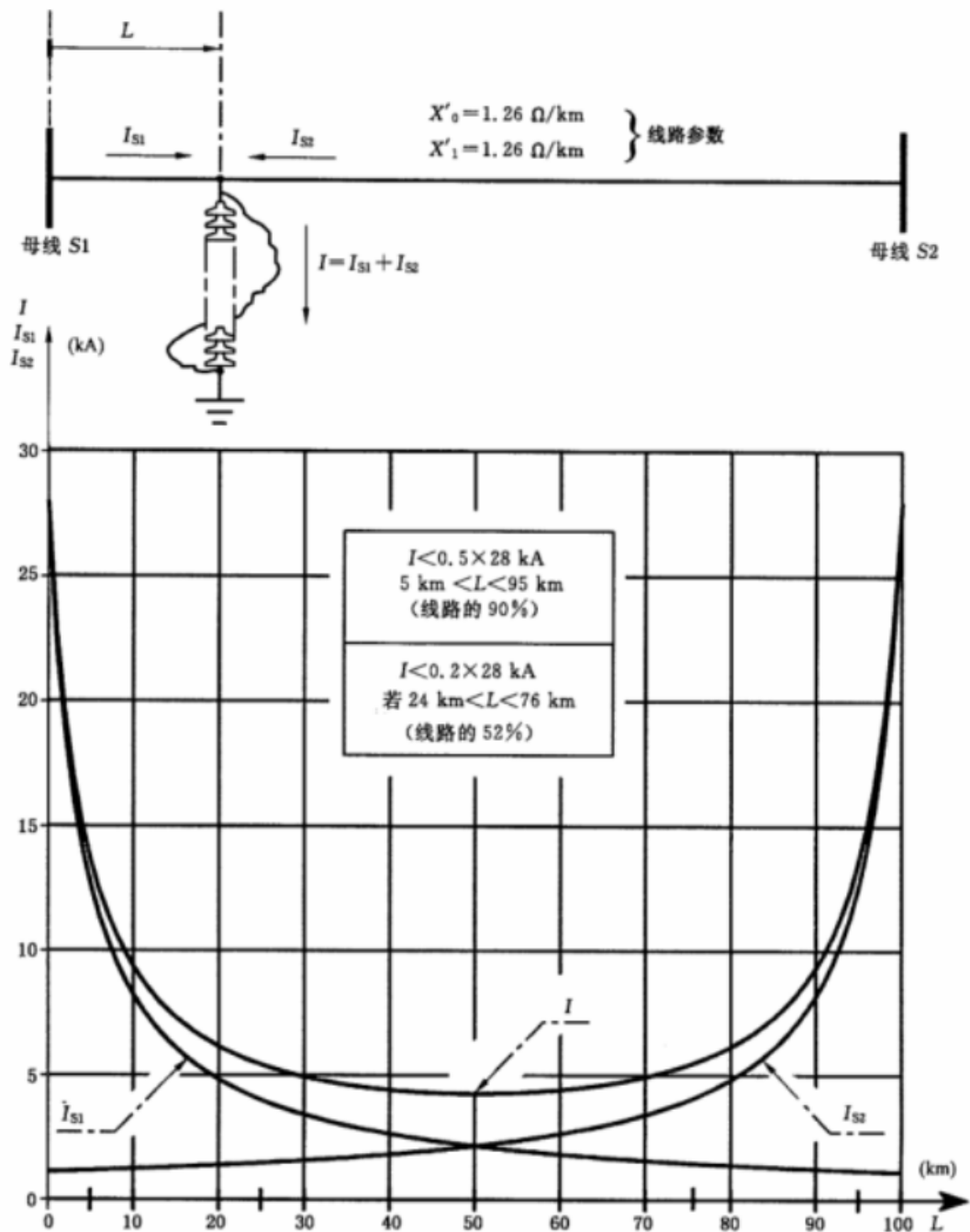


图 F.1 电弧电流和供电电路电流分布(100 km 和短路电流 28 kA 母线相连的 145 kV 线路)

试验序列规定的短路电流为  $0.2 I_{sys}$ ,  $0.5 I_{sys}$  和  $I_{sys}$ , 符合沿传输线路典型故障电流水平。一个试验序列中的 3 次试验均符合线路断路器的设定操作顺序。电弧持续时间和断路器正常动作时间设定匹配。第 3 次试验持续时间较长, 对应于后备保护的时间设定。



附录 G  
(资料性附录)

本标准与 IEC 61467:2008 的技术差异及其原因

本标准与 IEC 61467:2008 的技术差异及其原因见表 G.1。

表 G.1 本标准与 IEC 61467:2008 的技术差异及其原因

本标准条款编号	技术性差异	原因简述
7.2,8.2	增加了“如果按照绝缘子的实际运行状况考虑,施加于绝缘子串组的负荷可增大至绝缘子规定机电(械)破坏负荷的 40%。”。	在 IEC 61467 中,工频电弧试验时施加力的目的仅限于使绝缘子串组或短串与水平面保持一定的相对位置,并保证电气接触良好。本标准考虑了运行燃弧时绝缘子的实际承受负荷状况。
表 3	把试验参数等级修改为:短路电流 20 kA,持续时间 0.12 s。	总结采纳了近年来国内盘形悬式瓷或玻璃绝缘子的交流工频电弧试验经验,以及对棒形悬式复合绝缘子进行的电弧验证试验结果。
表 4	试验评价准则中增加了不允许复合绝缘子端部密封失效的要求。	根据我国的运行经验,复合绝缘子的端部密封良好对其运行的安全性至关重要。因而增加了这一要求。
表 4	试验评价准则中对短串的元件试验增加了要求:“闪络电压不应低于绝缘子元件的湿耐受电压”。	主要考虑电弧冲击后若绝缘子元件的伞盘或伞破损严重,则不能耐受运行电压。
附录 G	增加。	便于对照本标准与 IEC 61467:2008 的技术性差异。
原附录 G	删除。	我国试验室不适用。
附录 H	删除。	我国试验室不适用。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1001.1—2003 标称电压高于1 000 V的架空线路绝缘子 第1部分:交流系统用瓷或玻璃绝缘子元件——定义、试验方法和接收准则
- [2] IEC 60383-2:1993 标称电压高于1 000 V的架空线路绝缘子 第2部分:交流系统用绝缘子串及绝缘子串组 定义、试验方法和接收准则
- [3] GB/T 2900.8 电工术语 绝缘子
-

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
标称电压高于 1 000 V 的架空线路  
用绝缘子串和绝缘子串组  
交流工频电弧试验  
GB/T 25084—2010

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街 16 号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
电话:68523946 68517548  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 44 千字  
2010 年 11 月第一版 2010 年 11 月第一次印刷

书号: 155066 · 1-40560 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533



GB/T 25084-2010