

ICS 33.040.50
M 42



中华人民共和国国家标准

GB/T 19856.1—2005/IEC 61663-1:1999

雷电防护 通信线路 第1部分:光缆

Lightning protection—Telecommunication lines—
Part 1: Fibre optic installation

(IEC 61663-1:1999, IDT)

2005-07-29 发布

2006-04-01 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
雷 电 防 护 通 信 线 路
第 1 部 分 : 光 缆

GB/T 19856.1—2005/IEC 61663-1:1999

*

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.bzcb.com

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

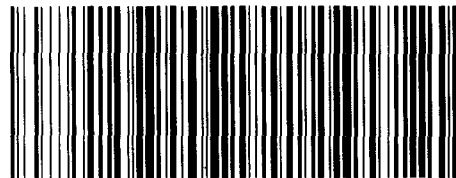
*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 47 千字
2006年2月第一版 2006年2月第一次印刷

*

书号:155066·1-26910 定价 16.00 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 19856.1-2005

前 言

本标准由以下两部分组成：

雷电防护 通信线路 第1部分：光缆；

雷电防护 通信线路 第2部分：金属导线。

本部分为 GB/T 19856 的第1部分，等同采用 IEC 61663-1:1999《雷电防护 通信线路 第1部分：光缆》(英文版)。技术内容和编写规则与上述 IEC 标准等同。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 G 是规范性附录，附录 D、附录 E、附录 F、附录 H 是资料性附录。

本部分由全国雷电防护标准化技术委员会(SAC/TC 258)提出并归口。

本部分由清华大学负责起草，湖南省电信公司、广东省防雷中心参加起草。

本部分主要起草人：曾嵘、何金良、陈水明、李冬根、杨少杰、黄智慧。

引 言

采用光缆的通信线路的雷电防护,涉及雷电在通信线路产生的过电压及过电流的防护。GB/T 19856的本部分的目标是希望将指定安装条件下,光缆上可能出现的主要故障次数限制在一定限值内。

GB/T 19856的本部分首先定义了雷电特征,光缆故障类型及其评估标准参数;提出了参考光缆装置评估结构,不同安装位置、不同结构特性的光缆故障情况,光缆防护需求及其应对措施等。

因此,遵照本部分采用的通信线路防雷措施不能绝对保证通信线路及所连设备的保护。然而,采用本部分会显著减小雷电引起的对线路及其连接设备的损害风险。

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围和目的	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 参考结构	4
5 光缆的结构特征	4
5.1 概述	4
5.2 埋地光缆的故障电流	4
5.3 架空光缆的故障电流	5
6 防护需求	5
7 防护措施	6
7.1 概述	6
7.2 电介质的或无金属的光缆	7
7.3 埋地和架空安装对光缆特性的选择	7
7.4 埋地光缆中屏蔽线的使用	7
7.5 路径冗余	7
附录 A (规范性附录) 埋地、架空光缆以及进入暴露在可遭受直击雷的构筑物中的光缆的一次事故频度 F_p	8
A.1 埋地光缆	8
A.2 架空光缆	9
A.3 进入暴露在可遭受直击雷的构筑物的光缆	10
附录 B (规范性附录) 埋地和架空光缆屏蔽层击穿电流 I_s	11
B.1 埋地光缆	11
B.2 架空光缆	11
附录 C (规范性附录) 屏蔽系数值	13
C.1 屏蔽系数的定义	13
C.2 单根屏蔽线的屏蔽系数	13
C.3 沿光缆轴线方向对称布置的两条屏蔽线的屏蔽系数表达式	13
C.4 应用实例	14
附录 D (资料性附录) 埋地和架空光缆采用冗余路径的计算	15
D.1 埋地光缆	15
D.2 架空光缆	15
附录 E (资料性附录) 损害校正因子 K_d	16
附录 F (资料性附录) 主要故障频率限值 F_d	17
附录 G (规范性附录) 冲击电流耐受测试	18
G.1 概述	18
G.2 击穿电压测试	18

G.3 互连元件耐冲击电流测试	18
G.4 光缆埋入沙盒中进行测试	19
G.5 架空光缆测试	20
附录 H (资料性附录) 确定故障电流的步骤	21
H.1 埋地光缆	21
H.2 架空光缆	22
参考文献	23
图 1 参考结构	4
图 2 光缆测试样本中的电流	5
图 3 金属线连接的举例	6
图 A.1 等效放电距离与土壤电阻率关系曲线	8
图 A.2 埋地和架空结构的雷电流幅值累积概率分布曲线	9
图 C.1 单根屏蔽线保护下的光缆	13
图 C.2 两条屏蔽线保护的光缆	14
图 G.1 互连元件耐冲击电流测试装置	19
图 G.2 耐冲击电流测试装置	19
图 H.1 确定埋地光缆故障电流步骤	21
图 H.2 确定架空光缆故障电流步骤	22
表 F.1 每个主要故障造成的服务停止时间	17
表 G.1 几种不同类型光缆具有代表性的实验结果	18

雷电防护 通信线路

第1部分:光缆

1 范围和目的

GB/T 19856 的本部分适用于采用光缆的通信线路的雷电防护。

本部分的目标是将指定安装条件下,光缆上可能出现的主要故障次数限制到小于或等于限值,该限值定义为主要故障耐受频度。

本部分提出了计算主要故障可能次数、选择可行的保护措施和分析主要故障容许频度的方法。

次要故障不在本部分中考虑。

本部分的附录 G 中描述的试验只满足和雷击光缆有关的风险评估。光缆设计认证试验不在本部分的范围内。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 19856 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

- GB/T 19271.1—2003 雷电电磁脉冲的防护 第1部分:通则(IEC 61312-1:1995, IDT)
- IEC 61024-1:1990 建筑物防雷 第一部分:通则
- IEC 61024-1-1:1993 建筑物防雷 第一部分:通则 第一节:防雷装置保护级别的选择
- IEC 61662:1995 雷击引起的损害风险评估
- ITU 雷电手册 通信线路和设备的雷电防护(ITU, 1974, 1978 和 1995)

3 术语和定义

以下术语和定义适用于 GB/T 19856 的本部分。

3.1

主要故障 primary failures

光缆的主要故障是指那些导致服务中断的故障,主要由以下原因引起:一条或多条光缆破损,光缆衰减增加到不可接受的程度,或者由光缆中的金属导体供电的远程电能供应中断。

主要故障也可能是光缆损坏的故障,比如防护层、防潮层、互连元件和保护胶的破裂等。这些源于其他机理的破坏,可以导致光缆性能衰减增加到不可接受的程度。

3.2

次要故障 secondary failures

光缆的次要故障是指那些虽然光缆有损坏(如塑胶保护层上的针孔缺陷等),但不导致主要故障的故障。

3.3

主要故障频度 frequency of primary failures

F_p

直击雷造成光缆预期主要故障的年均次数。 F_p 的倒数为损害出现的平均时间间隔,单位为年。

3.4

主要故障风险 risk of primary failures

R_d

直击雷造成的光缆可能的年均功能损失。

3.5

主要故障容许频度 tolerable frequency of primary failures

F_a

无需采取附加保护措施,预期的由直击雷造成光缆的年均主要故障次数的最大值。

3.6

容许的主要故障风险 tolerable risk of primary failures

R_a

无需附加防护措施,由直击雷造成的主要故障风险 R_d 的最大限值。

3.7

直击雷 direct lightning flash

雷击架空光缆,或雷击地表面与埋地光缆的距离小于等效电弧放电距离 D 。

3.8

直击雷频度 direct lightning frequency

N_d

雷电直击光缆的预期年均次数。

3.9

等效放电距离 equivalent arcing distance

D

引起光缆建弧时,雷击点和埋地光缆之间的平均距离。

3.10

故障电流 failure current

I_a

引起与光缆直接建弧放电并导致主要故障的雷电流的最小峰值。

3.11

屏蔽层击穿电流 sheath breakdown current

I_s

在光缆屏蔽层中流过,产生光缆芯内部金属加强芯与光缆金属屏蔽层间击穿电压,并导致主要故障的电流。

3.12

连通电流 connection current

I_c

导致主要故障的最小电流值(见 3.1)。通过测试互联元件对浪涌电流的耐受能力来估计(见 G.3)。

3.13

互联元件 interconnecting elements

连接光缆接头和光缆终端金属部分的金属元件。

3.14

测试电流 test current

I_t

造成主要故障的电流。通过测试 G.3 所示的互联元件和 G.4、G.5 所示的埋地和架空光缆对浪涌电流耐受能力来估计。

3.15

冲击电流 impulse current I_p

测试光缆对浪涌电流耐受能力时使用的电流。这种测试电流发生器目前在研究中^[2]。

注：各国使用的测试电流如下：

——上升时间为 10 μs ，半波时间为 350 μs 的双指数电流波(10/350 μs 波形)；

——最大峰值时间 15 μs ，最大频率 30 kHz 的阻尼振荡电流波。达到波形包络线一半值的时间应为 40 μs ~70 μs 。
这些值用于接入试样后测量的波形。

3.16

击穿电压 breakdown voltage U_b

光缆金属加强芯与金属屏蔽层间的脉冲击穿电压。

3.17

损坏修正系数 damage correction factor K_d

允许保守估计主要故障次数的系数。

注：主要故障系数的出处 K_d 请参看附录 E。

3.18

浪涌保护器(SPD) surge protection device (SPD)

用以限制瞬态过电压以及分流浪涌电流的装置，它至少包含一个非线性元件。

3.19

等电位连接排(EBB) equipotential bonding bar

用于公共电位参考的良好导体排。金属装置、外部导体、电力和电信线路以及其他光缆可以与之连接(见 IEC 61024-1)。

3.20

架空光缆直击雷电流 direct lightning current to aerial cables J

雷击架空光缆导致对地闪络的雷电流的最小值。

3.21

暴露建筑物 exposed structure

诸如电信塔或高层建筑等按 IEC 61024-1-1 的要求需防直击雷的建筑物。

3.22

雷暴日 thunderstorm days T_d

雷暴日是指每年的雷暴日数，可从雷暴日分布图上或当地气象部门得到。

注：一天中可听到一次以上的雷声称为一个雷暴日。

3.23

地面落雷密度 ground flash density N_g

建筑物或光缆所在区域的平均每年每平方公里雷电对地闪络次数。

3.24

引雷范围 lightning collection factor

与建筑物或线路有相同的年直击雷频度的等效地表面区域。

3.25

等效引雷宽度系数 stroke diversion factor

对于独立的建筑物或导线,引雷范围定义如下:从该物体的外沿包络线向地面引斜率为 1/3 的直线,旋转此直线,在地面形成的范围。数值 3 是以上斜率的倒数,定义为等效引雷宽度系数(见 IEC 61024-1-1)。

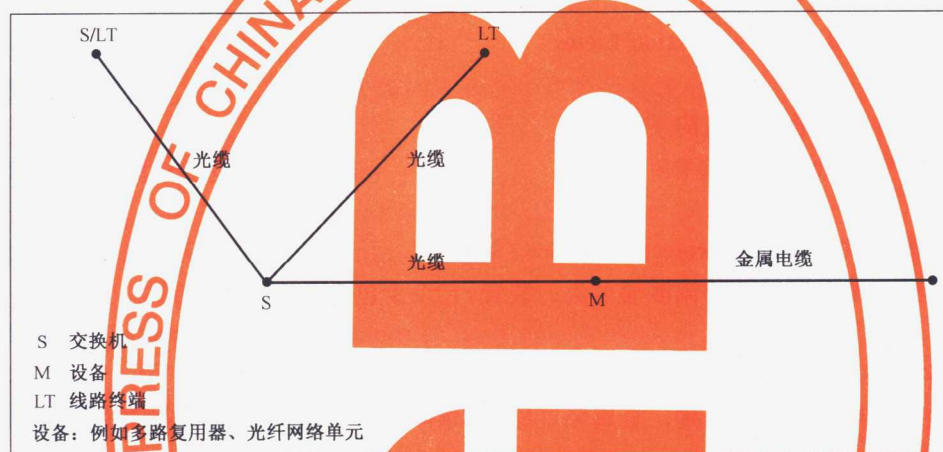
3.26

通信线路或网络 telecommunication line or network

置于设备(可能布置在分离建筑物中)之间通信用的传输介质。

4 参考结构

图 1 为光缆的参考结构,表示了交换机之间,交换机和线路终端之间,以及交换机和线路设备之间的光缆连接。



注:设备和用户间采用金属电缆设施的防雷保护要求见参考文献[1]。

图 1 参考结构

5 光缆的结构特征

5.1 概述

GB/T 19856 的本部分适用于以下类型的光缆:

- 类型 A:采用电介质芯线,但无金属部分的光缆(电介质或无金属光缆);
- 类型 B:有一层或几层金属屏蔽层与电介质芯线的光缆:芯线中没有金属成分,但是有金属屏蔽层(如防潮层)或金属支撑线;
- 类型 C:有一层或几层金属屏蔽层,芯线中也有金属线的光缆:芯线中有金属线,如导体芯或金属加强芯;
- 类型 D:没有金属屏蔽层,但芯线中有金属线的光缆。

光缆类型 B、C 和 D 需要估算故障电流 I_a 的可能值。

5.2 埋地光缆的故障电流

故障电流 I_a 是下列值中较小者(图 2)(见 H. 1):

- 通过互连元件耐浪涌电流能力测试,估算两倍连接电流 $2I_c$ (见 G. 3);
- 通过 G. 4 中介绍的埋地光缆耐浪涌电流能力型式试验,对不同类型的光缆估算测试电流 I_t ;
- 两倍屏蔽层击穿电流 $2I_s$,在光缆屏蔽层中流过,引起光缆芯线内金属导芯与带有或不带有塑料覆盖层的金属屏蔽层间击穿电压。该电流 I_s 由附录 B 中公式(B. 1)计算。

则

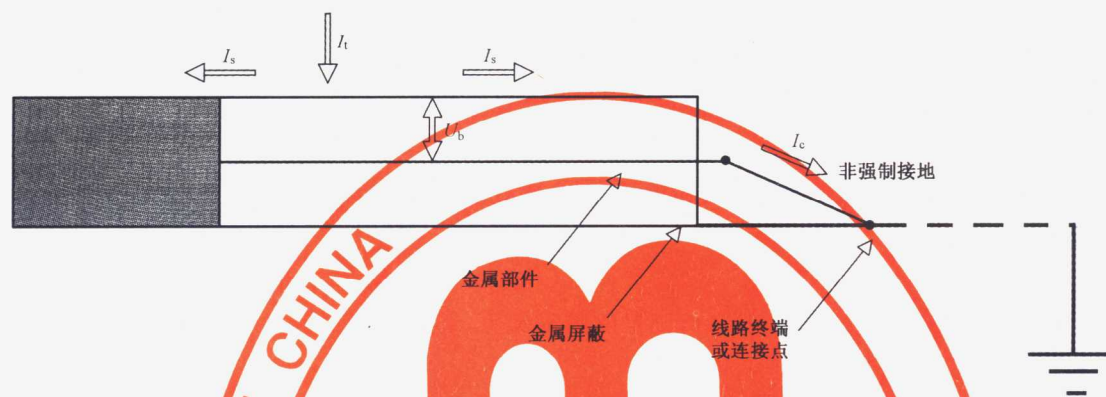
$$I_a = I_t \quad \text{如果} \quad I_t < 2I_s; I_t < 2I_c \quad (1)$$

或者

$$I_a = 2I_s \quad \text{如果} \quad I_t > 2I_s; I_s < I_c \quad (2)$$

或者

$$I_a = 2I_c \quad \text{如果} \quad I_t > 2I_c; I_c < I_s \quad (3)$$



I_t ——测试电流；
 I_s ——导致击穿的最小屏蔽层电流；
 I_c ——在连接元件间建弧的最小屏蔽层电流。

图 2 光缆测试样本中的电流

5.3 架空光缆的故障电流

故障电流 I_a 是下列值中较小的值(图 2)(见 H. 2)；

——通过互联元件耐浪涌电流能力测试,估算两倍连接电流 $2I_c$ (见 G. 3)；

——通过 G. 5 中介绍的架空光缆耐浪涌电流能力型式试验,对不同类型光缆估算测试电流 I_t 。

a) 金属屏蔽层不接地的架空光缆。

直击雷电流 J (见 3.20)击中架空光缆并导致对地闪络。雷击电流 J 用方程(B. 3)来估算。

则

$$I_a = I_t \quad \text{如果} \quad I_t < J; I_t < 2I_c \quad (4)$$

或者

$$I_a = J \quad \text{如果} \quad I_t > J; J < 2I_c \quad (5)$$

或者

$$I_a = 2I_c \quad \text{如果} \quad I_t > 2I_c; 2I_c < J \quad (6)$$

b) 金属屏蔽层接地的架空光缆。

两倍的击穿屏蔽层电流 $2I_s$,在这种情况下可以用方程(B. 4)来估算。

则

$$I_a = I_t \quad \text{如果} \quad I_t < 2I_s; I_t < 2I_c \quad (7)$$

或者

$$I_a = 2I_s \quad \text{如果} \quad I_t > 2I_s; I_s < I_c \quad (8)$$

或者

$$I_a = 2I_c \quad \text{如果} \quad I_t > 2I_c; I_c < I_s \quad (9)$$

对于芯线中不含金属成分的光缆和不止一层金属屏蔽层的光缆,不用估算电流 I_s 。

6 防护需求

光缆雷电防护的需求取决于主要故障频度 F_p 和容许主要故障频度 F_a 。

主要故障频度 F_p 由下列方程给出：

$$F_p = F_{pb} + F_{pa} + F_{ps} \quad (10)$$

式中：

F_{pb} ——埋地光缆的主要故障频度；

F_{pa} ——架空光缆的主要故障频度；

F_{ps} ——由雷电直击接入光缆的暴露建筑物导致的主要故障频度。

由附录 A 所述内容估算主要故障频度 F_p ，方程(A.6)对应 F_{pb} ，方程(A.9)对应 F_{pa} ，方程(A.10)对应 F_{ps} 。如果主要故障频度 F_p 高于容许主要故障频度 F_a ，需要采用保护措施来减少 F_p ，降低主要故障风险 R_d 。主要故障风险由下式估算(见附录 F 及 IEC 61662)：

$$R_d = F_p \times \delta \quad (11)$$

其中， δ 是每次主要故障预期损失的相对量，而主要故障频度 F_p 由公式(10)给出。

因此，

$$R_d = F_{ps} \times \delta_s + (F_{pb} + F_{pa}) \times \delta_d \quad (12)$$

每个网络操作单元都应该定义容许的主要故障频度 F_a 和容许的损坏风险 R_a ；典型的 F_a 和 R_a 值在附录 F 中给出。

7 防护措施

7.1 概述

光缆的金属部件应该是全长范围内连续的(它们应该是跨过绞接处、中继器等相连接)。金属线应该直接或通过一个 SPD，在光缆末端连接到等电位连接排(EBB)上(见图 3)。

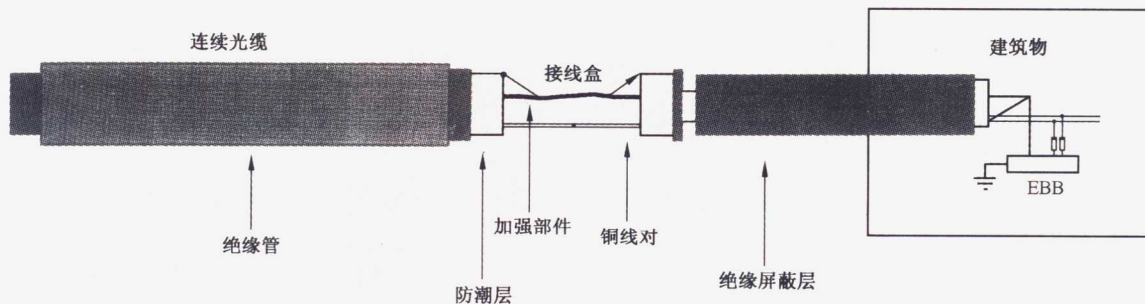


图 3 金属线连接的举例

在不用金属导体进行信号或电功率传播的光缆中，各个独立的金属元件，比如防护层、防潮层或加强芯线等在光缆内部不要求强制互联(见 7.4 注)。

如果用户建筑物没有 EBB，光缆的金属部分应该连接到光纤网络终端内一个指定的 EBB 上。

对于有金属芯线的光缆，下列常用防护措施可以一起考虑使用：

- 使用电介质的或非金属的光缆；
- 选择具有较高故障电流耐受值的埋地和架空光缆；
- 仅对埋地光缆使用屏蔽线；
- 仅对沿架空光缆路径的金属屏蔽层接地(见 5.1)；
- 埋地和架空光缆的路径冗余；
- 使用 SPD 对埋地和架空光缆的金属线对进行防护。

注 1：有关对金属线对使用 SPD 的内容，见[1]。

注 2：没有考虑沿内核中含有金属芯线的埋地光缆路径的金属屏蔽层接地，因为这种保护措施对于减少主要故障次数的作用可以忽略不计。

注 3：根据 ITU 防雷手册，连入暴露建筑物的光缆(见 IEC 61662)需要附加的防护措施以减少 F_{ps} (见附录 A)。

7.2 电介质的或无金属的光缆

使用电介质的或无金属的光缆可以防止光缆的雷击损害。

注1: 无金属的架空光缆不易受直击雷损害。实际上至今还没有这种损害的例子。

注2: 对于埋地光缆,需要在后续维护中考虑造成光缆防潮能力的降低以及进行定位的难度。另外,同一条沟中的金属电缆可能被雷电直接击中,因此,光缆也可能被破坏(这种损害至今未知)。同样的问题也可能发生在那些靠近树木,或附近有定位光纤用的金属导体的无金属光缆上。

7.3 埋地和架空安装对光缆特性的选择

每种光缆都有自身特定的故障电流 I_a 值,由 H.1 和 H.2 中指定的方法估算。

选择光缆类型暗含着一个特定的故障电流 I_a 值,该数值用于公式(A.6)或(A.9)来估算主要故障频度 F_p 。 I_a 值越高, F_p 值越低。

7.4 埋地光缆中屏蔽线的使用

使用屏蔽线可以减少埋地光缆损害的可能性。

屏蔽线截流一部分故障电流,这样可以减少雷击光缆的电流值。

对于正确安装的屏蔽线(见 ITU 防雷手册),屏蔽系数值 η 指雷击电流的 $100\eta\%$ 流过光缆屏蔽层。屏蔽系数值可以用附录 C 介绍的方法计算。

注1: 我国电信部门习惯上将屏蔽线称为排流线。

考虑屏蔽线后主要故障频度 F_p 可以按照下列公式计算:

$$F_p = N_d \times p \quad (p \geq I_a/\eta) \quad (13)$$

式中:

N_d ——雷电直击光缆的年平均预期数(见 3.8),参考附录 A 计算;

p ——雷电流峰值等于或高于 I_a/η 值的概率;

I_a ——故障电流;

η ——屏蔽系数。

注2: 在光缆芯线中不含金属(比如只有屏蔽层中含有金属成分)的情况下,对电力线感应的防护可以采用保持屏蔽层在绞接处连续,转发器接地和仅在要求限制屏蔽层对地电压低于击穿电压的连接处采用接地极等方法。

屏蔽线的安装也允许使用另一种折中的防护方案,在每一个连接处或有接地要求的中间位置截断金属屏蔽层(例如防潮层),以保持屏蔽层对地感应电压值低于击穿电压限值[8]。

7.5 路径冗余

使用并联的第二条路径来实施路径冗余可以改进总体服务可用性,这可能是其他原因所要求的,比如增加设备所需要的。

这种情况下,附录 D 中介绍的方法有助于确定优化的路径间距,改进埋地光缆和架空光缆的总体服务有效性。

附录 A
(规范性附录)

埋地、架空光缆以及进入暴露在可遭受直击雷的构筑物中的光缆的一次事故频度 F_p

A.1 埋地光缆

为了评估每年的主要故障率,首先要根据下式确定直击雷频度:

$$N_d = 2DL \times K_d \times N_g / 1\,000 \text{ (次/年)} \quad (\text{A.1})$$

式中:

$K_d=2.5$ 为损坏修正系数,在 3.17 中定义。

N_g 是落雷密度,是指每年每平方公里地面内落雷的次数。如果 N_g 未知,可以用以下关系式(随气候变化而变化)估算(参见 IEC 61024-1-1):

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25} \quad (\text{A.2})$$

式中:

T_d 是雷暴日数。 T_d 可以用雷暴日图估算,特定区域详细等雷暴日图可以从相关政府机构获得。

$2DL$ 在公式(A.1)中是易受直击雷或雷击点电弧影响的区域面积。

L 为光缆长度,单位为千米(km)。

D 是等效放电距离,可以基于图 A.2 埋地和架空结构的雷电流概率分布,通过公式(A.3)、(A.4)计算获得(参见附录 E):

$$D = 0.482 \sqrt{\rho} \text{ (m)}; \rho \leq 100 \Omega \cdot \text{m} \quad (\text{A.3})$$

$$D = 0.283 \sqrt{\rho} \text{ (m)}; \rho \geq 1\,000 \Omega \cdot \text{m} \quad (\text{A.4})$$

式中:

ρ 为土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot \text{m}$),是土壤电导率的倒数。 ρ 值可以通过查找土壤电阻率图或者测量得到。

当 ρ 的值介于 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 和 $1\,000 \Omega \cdot \text{m}$ 之间时,使用代数或者图形插值法计算 D 的值。图形方法如图 A.1 所示,图中各点利用公式(A.5)得到:

$$D = 0.191(\sqrt{\rho} - 10) + 4.82 \quad (\text{A.5})$$

举例来说,从图 A.1 可以得到,对应 $\rho=500 \Omega \cdot \text{m}$,等效放电距离 $D=7.2 \text{ m}$ 。

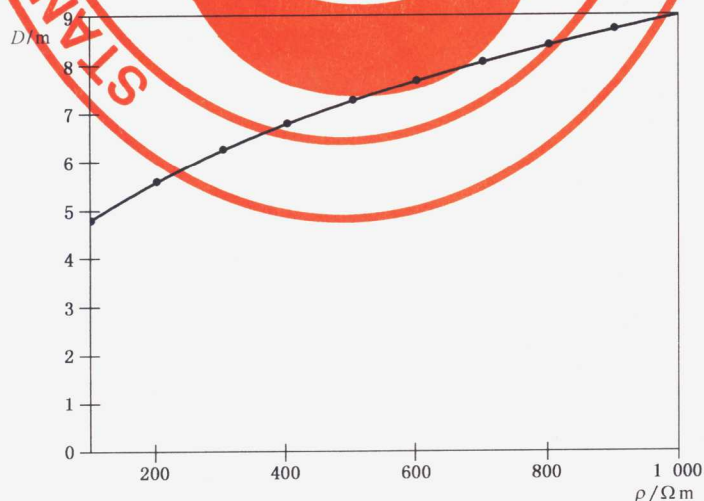


图 A.1 等效放电距离与土壤电阻率关系曲线

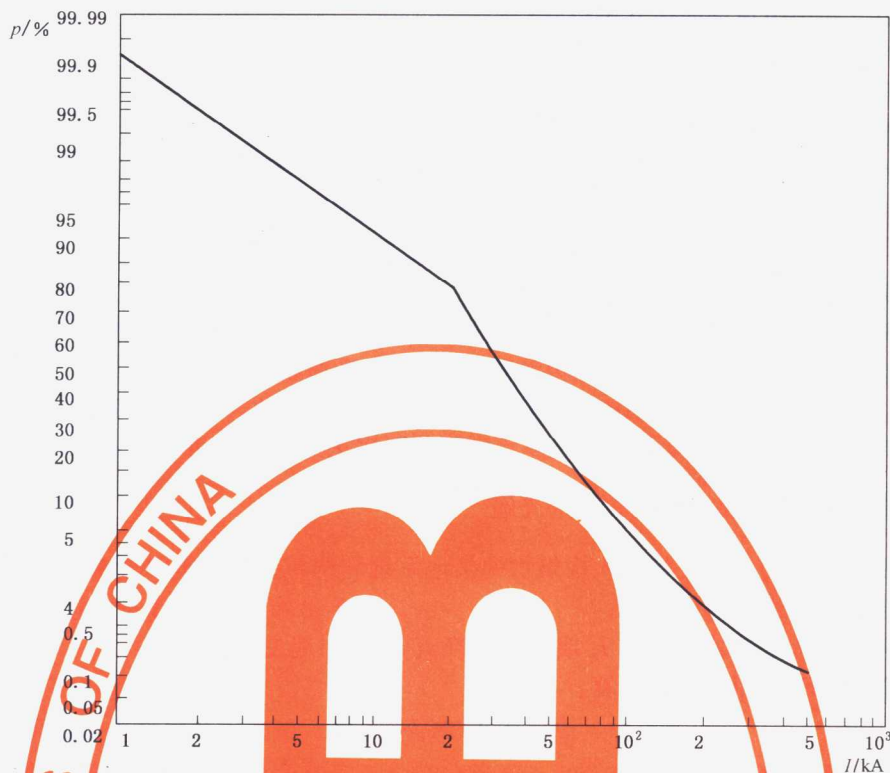


图 A.2 埋地和架空结构的雷电流幅值累积概率分布曲线

估计主要故障频度 F_{pb} 时,要用直击雷频度乘以埋地光缆中破坏电流的概率:

$$F_{pb} = N_d \times p(\geq I_a) \quad (\text{次/年}) \quad (\text{A.6})$$

式中:

N_d 是平均每年光缆遭受的直击雷频度(参见 3.8),用公式(A.1)计算;

p 是雷电流幅值大于等于 I_a 的概率。埋地和架空结构的雷击电流概率分布如图 A.2 所示,可以用下式表达(参见 IEC 61312-1):

$$p(I) = 0 \quad I \leq 0$$

$$p(I) = 10^{-2} \times e^{-bI} \quad I \geq 0$$

式中:

$$a = 4.617, b = 0.0117 \quad (I < 20 \text{ kA})$$

$$a = 5.075, b = 0.0346 \quad (I \geq 20 \text{ kA})$$

I_a 是故障电流(参见 3.10),即引起主要故障的电流,与光缆设计有关(参见 5.1)。

雷电引起的主要故障频度 F_{pb} 的倒数是以年计的相邻两次故障之间时间间隔的平均值。

A.2 架空光缆

对一根长度为 L 的架空光缆,直击雷频度 N_d 可以用下式计算:

$$N_d = N_g \times A_e \quad (\text{A.7})$$

$$A_e = 2 \times 10^{-3} \times C_e \times F_d \times H \times L \quad (\text{次/km}^2) \quad (\text{A.8})$$

式中:

A_e 是有效引雷范围;

C_e 是环境系数;

$C_e = 0.25$, 架空线被相同高度或更高构筑物(如电力线、树木)包围;

$C_e = 0.5$, 架空线被较低构筑物包围;

$C_e = 1$, 孤立架空线;

$C_c=2$,小山上和小山顶部的孤立架空线;

$F_d=3$ 是架空线的等效引雷宽度系数;

H 是架空线高度。

其他变量定义和上文相同。

F_{pa} 用每年雷击次数与架空线闪络雷电流概率的积计算:

$$F_{pa} = N_d \times p \quad (\text{次/年}) \quad (\text{A.9})$$

式中:

p 是雷电流幅值大于等于 I_a 的概率。架空结构的雷电流概率分布如图 A.2 所示(参见 GB/T 19271.1—2003);

I_a 是故障电流(参见 3.10),即引起主要故障的电流,与光缆设计有关(参见 5.1)。

注:公式(A.7)中对架空光缆遭受的直击雷次数取值比较保守,因而没有引入损坏修正系数 K_d 。

雷电引起的主要故障频度 F_{ps} 的倒数是多年内相邻两次主要故障之间时间间隔的平均值。

A.3 进入暴露的可遭受直击雷的构筑物的光缆

构筑物遭受直击雷的雷电流将流入构筑物的接地系统和构筑物的某些装置中。因此,一部分雷电流将进入光缆连接线和光缆的屏蔽层。

如果这部分电流大于屏蔽层电流 I_s 或连接电流 I_c ,就会引起主要故障。

因此,损坏频度 F_{ps} 可以用下式估算:

$$F_{ps} = N_d \times p(\geq I) \quad (\text{A.10})$$

式中:

N_d 是平均每年外露构筑物和邻近构筑物遭受的直击雷的预期次数(参见 3.8),根据 IEC 61024-1-1 计算;

I 是击中构筑物的雷电流幅值,这个电流将会分别在光缆屏蔽层或连接线上产生屏蔽层击穿电流 I_s 或连通电流 I_c 。假设外露构筑物遭受的雷电流的 50% 流入接地系统,其余 50% 的雷电流进入构筑物的其他设备。

注:雷电流分流采用实际计算值更好。

$p(\geq I)$ 为外露构筑物遭受雷击的雷电流幅值大于 I 的概率,其值用图 A.2 得到。

附录 B

(规范性附录)

埋地和架空光缆屏蔽层击穿电流 I_s

B.1 埋地光缆

对有金属屏蔽层和金属缆芯的光缆,不管是否存在绝缘保护外皮,其屏蔽层击穿电流 I_s 都可以用公式(B.1)估算^[4]:

$$I_s \cong U_b / (KR\sqrt{\rho}) \quad (\text{kA}) \quad (\text{B.1})$$

式中:

$K=8$ ——雷电流波形系数(10/350 μs 波形),单位为 $(\text{m}/\Omega)^{0.5}$;

R ——屏蔽层单位长度电阻,单位为欧每千米(Ω/km);

U_b ——光缆击穿电压,其值通过 G.2 中的试验得到;

ρ ——土壤电阻率,单位为欧姆米($\Omega \cdot \text{m}$)。

B.2 架空光缆

主要故障可能发生在屏蔽层和缆芯都有金属的架空线路光缆中。

屏蔽层中的雷电流会造成屏蔽层和缆芯之间的击穿。如果光纤靠近或者穿越电弧路径,光纤就可能遭到损坏。

下面给出的方法假设缆芯和金属屏蔽层之间的击穿电压已知。

B.2.1 金属屏蔽层无接地连接的架空光缆

当雷电击中架空光缆时,雷电流 J 中的大部分向地面电弧放电。

给定击穿电压,屏蔽层击穿电流峰值 I_s 可以用下式(B.2)计算(假设光缆很长):

$$I_s \cong U_b / (250K \times R) \quad (\text{kA}) \quad (\text{B.2})$$

雷电流 J 可以用下式(B.3)估算^[5]:

$$J = 4I_s^2 / k \quad (\text{B.3})$$

式中:

$$k = \rho E_0 / S^2$$

E_0 是土壤表面击穿电压梯度, $\rho \leq 100 \Omega \cdot \text{m}$ 时近似取值为 250 kV/m, $\rho \geq 1000 \Omega \cdot \text{m}$ 时近似取值为 500 kV/m;

S 是屏蔽层冲击阻抗。

B.2.2 金属屏蔽层有接地连接的架空光缆

给定击穿电压,屏蔽层击穿电流峰值 I_s 可以用下式(B.4)计算^{[4][5]}:

$$I_s = U_b / (KR\sqrt{\rho_e}) \quad (\text{B.4})$$

式中:

ρ_e 是等效接地电阻率($\Omega \cdot \text{m}$),所有其他变量的定义与上述(B.1)相同。

等效接地电阻率定义如下:

$$\rho_e = \pi s R_g / \ln(2H/a) \quad (\text{B.5})$$

式中:

s ——接地极间距;

H ——光缆高度;

a ——光缆半径;

R_g ——接地极阻抗。