



中华人民共和国国家标准

GB/T 7424.4—2003

光缆 第4部分:分规范 光纤复合架空地线

Optical fibre cables—Part 4:Section specification—
Optical fibre composite overhead ground wire

(IEC 60794-4-1:1999,Optical fibre cables Part 4-1:Aerial optical
cables for high-voltage power line,NEQ)

2003-11-24 发布

2004-08-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

GB/T 7424 的本部分对应于 IEC 60794-4-1:1999《光缆 第 4-1 部分:用于高压输电线的架空光缆》(英文版),与 IEC 60794-4-1:1999 的一致性程度为非等效。

本部分根据 IEC 60794-4-1:1999 重新起草。考虑到我国国情,本部分作了一些修改,与 IEC 60794-4-1:1999 主要技术差异如下:

- a) 对光纤的要求,IEC 60794-4-1:1999 引用的标准是 IEC 60793,本部分引用的标准是 GB/T 9771(所有部分)和 GB/T 12357,它们之间是非等效,但它们对光纤的技术要求的规定基本上一致;
- b) 在第 3 章中增加了“年平均运行应力”定义;
- c) 增加了第 4 章产品型号和标记;
- d) 删除了关于 OPGW 椭圆度的相关内容,另外,在性能特性中未列出 OPGW 与附件的兼容性要求;
- e) 修改了包装和标志的内容,构成第 9 章;
- f) 将风激振动试验的振动次数由 10^7 改为 3×10^7 并增加了一种试验条件;
- g) 对试验时的光衰减变化要求,参照 IEEE Std 1138—1994《用于输电线的光纤复合架空地线》进行了量化(作为检验判据);
- h) 将 IEC 60794-4-1:1999 中的附录 A“额定拉断力、单层扇形线的横截面积、弹性模量、线膨胀系数、直流电阻的推荐计算方法”改为附录 B“相关性能参数推荐计算方法”,同时增加了“短路电流容量”的计算方法;
- i) 根据我国现行雷击试验情况,对雷击试验方法进行重新编写;
- j) 增加了资料性附录,即“附录 A OPGW 常用结构图”和“附录 I 安装导则”。

按我国的标准表述习惯,对文本结构进行了较大的调整,尤其是对性能特性、试验方法和检验规则的条文进行了较大的调整,本部分章条号及附录编号与 IEC 60794-4-1:1999 不存在一一对应关系。

本部分的附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G 为规范性附录。

本部分的附录 A、附录 B、附录 H 和附录 I 为资料性附录。

本部分由中华人民共和国信息产业部提出。

本部分由中国电子技术标准化研究所(CESI)归口。

本部分起草单位:信息产业部电子第八研究所、中国技术监督情报协会、国家电力公司电力建设研究所、上海光通信公司、上海电缆研究所和中国电力科学院通信研究所。

本部分起草人:杨可贵、胡红军、徐乃管、黄俊华、黄豪士、孙德栋、马军。

本部分首次发布。

光缆 第4部分:分规范 光纤复合架空地线

1 范围

GB/T 7424 的本部分规定了光纤复合架空地线(OPGW)的产品型号、结构、性能特性、试验方法、检验规则和包装、标志要求。

GB/T 7424 的本部分适用于沿高压输电线杆塔布放的光纤复合架空地线(OPGW)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 7424 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 1179—1999 圆线同心绞架空导线(eqv IEC 61089:1991)

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 7424.1 光缆总规范 第1部分:总则(IEC 60794-1-1:2001, Optical fiber cables Part 1-1: Generic specification-General, MOD)

GB/T 7424.2 光缆总规范 第2部分:光缆基本试验方法(IEC 60794-1-2:1999, MOD)

GB/T 9771(所有部分) 通信用单模光纤系列

GB/T 12357 通信用多模光纤系列

GB/T 15972(所有部分) 光纤总规范(GB/T 15972—1998, eqv IEC 60793-1:1995, Optical fibers Part 1: Generic specification)

GB/T 17048—1997 架空绞线用硬铝线(idt IEC 889:1987)

GB/T 17937—1999 电工用铝包钢线(idt IEC 61232:1993)

GB/T 3428—2002 架空绞线用镀锌钢线

JB/T 8134—1997 架空绞线用铝-镁-硅系合金圆线(idt IEC 60104:1987)

YD/T 839.3—2000 通信电缆光缆用填充和涂覆复合物 第3部分:冷应用型填充复合物

YD/T 908 光缆型号命名方法

IEC 61312 抗雷电波冲击的保护

IEC 61394:1997 架空线 铝、铝合金及钢裸线用油膏

IEC 61395:1998 绞合导线蠕变试验方法

3 定义

本部分采用下列定义。

3.1

光纤复合架空地线 optical fiber composite overhead ground wire (OPGW)

具有普通架空地线和光纤通信能力双重功能的复合线。

3. 2

光单元 optical unit

由光纤及其保护材料构成的 OPGW 部件。

注:保护材料可以是金属和/或非金属,它可构成 OPGW 的承力部分和传输电流部分。

3. 3

额定拉断力 rated tensile strength (RTS)

OPGW 结构的计算拉断负荷。

3. 4

最大允许张力 maximum allowable tension (MAT)

在预期最恶劣运行条件下的最大张力。

注:一般推荐为 RTS 的 40%。

3. 5

年平均运行应力 everyday stress (EDS)

OPGW 在无风无冰年平均气温的气象条件下所承受的应力。

注:一般推荐为 RTS 的 15%~25%。

3. 6

应变限量 strain margin

在光纤无纵向应变时 OPGW 能承受的最大应变量。

注:一般推荐这时 OPGW 所承受的拉力不小于 RTS 的 60%。

4 产品型号和标记

4. 1 型号

OPGW 的型号由型式和规格组成,两者之间用短横线隔开。

4. 1. 1 型式

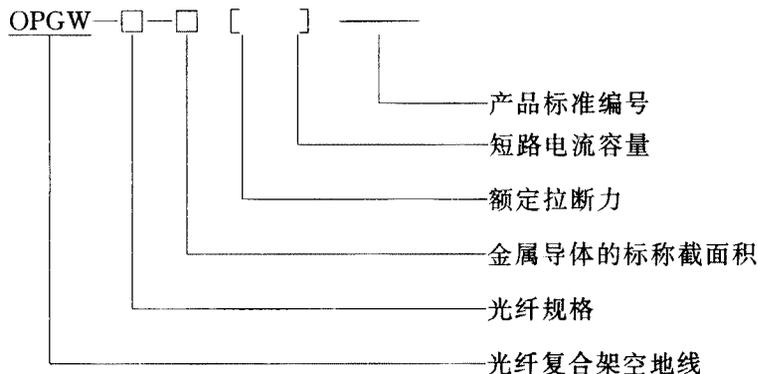
光纤复合架空地线的型式由其英文名称缩写“OPGW”表示。

4. 1. 2 规格

OPGW 的规格由光单元中光纤规格、金属导体的标称截面积、额定拉断力和短路电流容量组成。光纤类型的表示应符合 YD/T 908 的规定,当 OPGW 同时采用两种或两种以上的不同类型的光纤时应分别表明光纤根数和类型并用“+”连接;金属导体的标称截面积以“mm²”为单位,截面积的值修约到以修约间隔为 5 的整数;额定拉断力以“kN”表示,修约到整数;短路电流的容量以“kA²·s”为单位,修约到小数点后 1 位。额定拉断力和短路电流容量列在中括号内并用分号隔开。

4. 2 标记

OPGW 的标记由型号和产品标准编号两部分组成,表示方法如下:



示例 1:12 根 B1.1 类单模光纤、金属导体标称截面为 98.7 mm^2 、额定拉断力为 86.2 kN 、 20°C 至 200°C 时短路电流容量为 $73.14 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}$ 的光纤复合架空地线,表示为:

OPGW-12B1.1—100 [86;73.1]GB/T ×××××—××××。

示例 2:16 根 B1.1 类和 8 根 B4 类单模光纤、金属标称截面 103.9 mm^2 、额定拉断力为 69.82 kN 、 20°C 至 200°C 时短路电流容量为 $93.47 \text{ kA}^2 \cdot \text{s}$ 的光纤复合架空地线,表示为:

OPGW-16B1.1+8B4—105[70;93.5]GB/T ×××××—××××。

5 结构

5.1 一般要求

OPGW 应由一根或多根光单元和一层或多层绞合单线组成,常见结构见附录 A。

5.2 光纤

光单元中的单模光纤应符合 GB/T 9771 的规定,多模光纤应符合 GB/T 12357 的规定。

为了便于区别,光纤和光纤单元应着色或采用其他方式识别。

5.3 光单元

光单元应是能容纳光纤的金属管、塑料管或骨架槽,保护光纤免受环境影响,免受纵向收缩、冲击、弯曲、扭转、拉伸等机械力和长期热效应及潮气引起的损坏。光单元可以包含合适的阻水材料以保护光纤免受潮气和振动的影响。

5.4 绞合单线

绞合单线可以是符合 GB/T 1179—1999 规定的圆形线,也可以是扇形、管形和 Z 形等异形线,可以是下列材料的一种或几种混合。

- 符合 JB/T 8134—1997 规定的铝镁硅系合金圆线;
- 符合 GB/T 3428—2002 规定的镀锌钢线;
- 符合 GB/T 17048—1997 规定的硬铝线;
- 符合 GB/T 17937—1999 规定的铝包钢线。

外层绞合单线和所有的铝包钢线、镀锌钢线均不允许有接头。

5.5 防腐油膏

为了减少腐蚀,OPGW 的绞合线上可以涂覆防腐油膏。油膏的性能应符合 IEC 61394:1997 的规定。

5.6 阻水材料

在许多环境下,OPGW 中应使用合适的阻水材料来防止水或潮气渗入光单元。阻水材料的性能应符合 YD/T 839.3—2000 的规定。

6 性能特性

下列大多数特性参数都与杆塔距离、弧垂要求、冰荷、风荷和悬挂点的允许张力有关。其他要求可由用户与制造厂协商确定。

6.1 设计结构

OPGW 的结构应符合第 5 章的规定。OPGW 的外径、单位长度质量及其金属导体的标称截面积由用户与制造厂协商确定。

6.2 光学性能

OPGW 中的光纤的根数、类型由用户与制造厂协商确定。OPGW 中的单模光纤应符合 GB/T 9771 的规定,多模光纤应符合 GB/T 12357 的规定。

6.3 机械性能

OPGW 的机械性能包括额定拉断力(RTS)、最大允许张力(MAT)、年平均运行应力(EDS)、弹性

模量、线膨胀系数、及负荷条件下的架线适用性。

6.3.1 抗拉

OPGW 应按 7.3 进行抗拉试验,当 OPGW 承受的拉力不大于 RTS 的 95%时应无任何单线破断。

6.3.2 应力—应变

OPGW 应按 7.4 进行应力—应变试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 550 nm 波长下附加衰减应不大于 0.2 dB/km,多模光纤在 1 300 nm 波长下附加衰减应不大于 0.5 dB/km;
- b) 试验后:OPGW 应无明显机械损伤,应变应不大于规定值;光纤衰减应无明显变化。

6.3.3 滑轮

OPGW 应按 7.5 进行滑轮试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 550 nm 波长下和多模光纤在 1 300 nm 波长下衰减变化应不大于 1.0 dB/km。
- b) 试验后:绞线应无明显机械损伤,如松股、呈鸟笼状或断线;光纤衰减应无明显变化。

6.3.4 风激振动

OPGW 应按 7.6 进行风激振动试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 550 nm 波长下和多模光纤在 1 300 nm 波长下衰减变化应不大于 1.0 dB/km;
- b) 试验后:绞线应无明显机械损伤,如松股、呈鸟笼状或断线;光纤衰减应无明显变化。

6.3.5 舞动

OPGW 应按 7.7 进行舞动试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 550 nm 波长下和多模光纤在 1 300 nm 波长下衰减变化应不大于 1.0 dB/km;
- b) 试验后:绞线应无明显机械损伤,如松股、呈鸟笼状或断线;光纤衰减应无明显变化。

6.3.6 蠕变

OPGW 应按 7.8 进行蠕变试验,试验期间和试验后光纤衰减应无明显变化。

6.4 环境适应性

OPGW 的环境适应性包括最大允许温度范围和渗水性能,最大允许温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。

6.4.1 温度循环

OPGW 应按 7.9 进行温度循环试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 310 nm 和 1 550 nm 波长下衰减变化应不大于 0.2 dB/km,多模光纤在 1 300 nm 波长下衰减变化应不大于 0.5 dB/km。
- b) 试验后:光纤衰减应无明显变化。

6.4.2 渗水

OPGW 应按 7.10 进行渗水试验,试验后,在试样的另一端应无水渗出。

6.5 电气性能

OPGW 的电气性能包括线性直流电阻、短路电流容量和耐雷击性,其要求由用户与制造厂协商确定。

6.5.1 短路

OPGW 应按 7.11 进行短路试验。

- a) 试验期间:单模光纤在 1 550 nm 波长下和多模光纤在 1 300 nm 波长下衰减变化应不大于 1.0 dB/km;
- b) 试验后:OPGW 中的非金属元件应无损伤;OPGW 的任何组成部分(铠装层或光单元)达到的最高温度应是短路期间承载导体最大允许温度;试样应经受拉力试验以确定其拉断力,它应

承受不小于 RTS 的 75% 拉力而无任何单线破断。

6.5.2 雷击

6.5.2.1 给定条件的雷击验证试验

OPGW 应按 7.12.1 进行给定条件的雷击验证试验,其中:

- a) 试验期间和试验后光衰减变化应不大于规定值;
- b) 若有线断裂,OPGW 的残余强度应用余下的未断线股计算,残余强度应不小于 RTS 的 75%。

6.5.2.2 耐雷击能力的评估试验

OPGW 应按 7.12.2 进行耐雷击能力的评估试验,试验后,断线数量应与相当的地线比较,合格判据应由用户与制造厂协商确定。

7 试验方法

本部分规定的参数可能受测量误差或/和校准误差的影响,接收判据应针对允许测量误差或/和校准误差作出规定。本部分光衰减测量的允许测量误差或/和校准误差应不大于 0.03 dB,衰减无明显变化意味着测量值在规定的允许测量误差或/和校准误差内或正或负的任何变化,均应忽略。

7.1 外观和结构

OPGW 外观和结构采用目力检查。OPGW 外径的推荐计算方法见 GB/T 1179—1999 中附录 D.2。OPGW 部分性能的推荐计算方法见附录 B。

7.2 光学性能

OPGW 光学性能的测量按 GB/T 15972 进行。

7.3 抗拉

抗拉试验用以确定 OPGW 的额定拉断力,按 GB/T 1179—1999 的规定进行。试样长度应不小于 10 m(经用户与制造厂协商,也可采用较短的试样)。终端夹具采用预绞丝,或经用户同意使用环氧树脂型或焊接型。其弹性模量、线膨胀系数的计算方法参见附录 B。

7.4 应力—应变

应力—应变试验用以确定 OPGW 在负荷情况下的机械性能和光学性能,包括光纤的衰减变化、光纤应变和 OPGW 应变限量。机械性能的试验方法按 GB/T 1179—1999 附录 B 进行。OPGW 试样长度应不小于 10 m(经用户与制造厂协商也可采用较短的试样)。作为光衰减测试的光纤试样长度应不小于 100 m,光纤应变测试的长度应不小于 30 m。试验张力不小于 RTS 的 60%。光纤衰减应采用连接在光纤一端的光源和光功率计测量,也可采用光时域反射计(OTDR)测量,但试验光纤的最小长度应由 OTDR 决定。样品应用合适的夹具进行终端处理。在光纤应变前,光单元相对于 OPGW 应不产生位移。

7.5 滑轮

滑轮试验用以验证 OPGW 在架设安装时不受损害或性能降低。两种类型的试验按附录 C 进行,经用户与制造厂协商选择其中一种试验。

7.6 风激振动

风激振动试验用以评价 OPGW 的疲劳性能和光纤在典型风激振动下的光学特性,试验按附录 D 进行。

7.7 舞动

舞动试验用以评价 OPGW 的疲劳性能和光纤在典型舞动下的光学特性,试验按附录 E 进行。

7.8 蠕变

蠕变试验用以评价 OPGW 在恒定温度和受力情况下的长期伸长量,试验按 IEC 61395:1998 进行。试样有效长度至少 2 m;试验温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;除用户与制造厂另有协商外,试样张力一般推荐为 RTS 的 20%~25%;试验持续时间 1 000 h。

7.9 温度循环

温度循环试验用以评价 OPGW 在环境温度变化时的性能变化,试验按 GB/T 7424 中方法 F1 进行。光纤长度至少 500 m,光纤根数由用户确定;除用户与制造厂另有协商外,循环次数为 2 次;温度范围为-40℃~65℃,保温时间不少于 12 h,应以适当的速率升温或冷却。

7.10 渗水

渗水试验用以验证 OPGW 的阻水性能,试验按 GB/T 7424 中方法 F5 进行,只对含有阻水材料的光单元进行试验。

7.11 短路

短路试验用以评定在典型短路条件下 OPGW 的性能和光纤的光学特性,试验按附录 F 进行。其中,直流电阻、短路电流容量的计算方法参见附录 B。

7.12 雷击

两种可选择的试验方法在附录 G 和附录 H 中规定,用户和制造厂协商确定选择其中一种方法进行试验。

7.12.1 给定条件的雷击验证试验

试验时 OPGW 及其组成部分应承受规定雷电冲击电流产生的短时温升而无任何性能降低,典型的试验方法在附录 G 中规定。OPGW 的光学监测应由用户与制造厂协商确定。

7.12.2 耐雷击能力的评估试验

耐雷击能力的评估试验用以评估 OPGW 在规定条件下与相当的地线比较的性能,典型的试验方法在附录 H 中规定。OPGW 的光学监测应由用户与制造厂协商确定。

8 检验规则

8.1 检验分类

本规范规定的检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

型式检验应在鉴定机构认可的试验室进行,所用的样本单位应是在生产中用通常使用的设备和正常工艺所生产的产品。

型式检验是为了考核结构的基本设计,当基本结构、工艺、材料改变时或停产半年后恢复生产时应进行全部或部分试验。型式检验应按表 1 规定的顺序进行,当产品规范另有规定时,适用的某些检验和试验应按产品规范规定的顺序进行。

表 1 检验项目表

检验项目	型式检验	出厂检验			要求章条号	试验方法章条号
		A 组	B 组	C 组		
外观和结构	●	●			6.1	7.1
衰减系数	●	●			6.2	7.2
衰减均匀性	●	●			6.2	7.2
色散	●		●		6.2	7.2
额定拉断力	●	● ^a			6.3	7.3
弹性模量	●			●	6.3	7.3
线膨胀系数	●			●	6.3	7.3
抗拉	●			●	6.3.1	7.3
应力-应变	●		●		6.3.2	7.4

表 1 (续)

检验项目	型式检验	出厂检验			要求章条号	试验方法章条号
		A组	B组	C组		
滑轮	●			●	6.3.3	7.5
风激振动	●			●	6.3.4	7.6
舞动	●			●	6.3.5	7.7
蠕变	●			○	6.3.6	7.8
温度循环	●	●			6.4.1	7.9
渗水	●	●			6.4.2	7.10
直流电阻	●		●		6.5	7.11
短路电流容量	●	●			6.5	7.11
短路	●			●	6.5.1	7.11
雷击	○			○	6.5.2	7.12
注:●——必检项目;○——用户与制造厂协商检验项目。						
a 相同规格的 OPGW, 一批抽一根。						

8.2.1 样本单位

鉴定检验的样本单位为 2, 从经制造厂检验合格的检验批中随机抽取, 其规格应具有代表性。

8.2.2 不合格

出现一项不合格, 则鉴定检验不合格, 不能给予鉴定批准。

8.3 出厂检验

OPGW 应经制造厂质量部门检验, 检验合格后方能出厂。出厂的 OPGW 应附有制造厂的产品质量合格证。

8.3.1 逐批检验

逐批检验即为交货检验, 由 A 组检验和 B 组检验组成。

8.3.1.1 A 组检验

A 组检验应符合表 1 的规定, 采用 100% 检验。

8.3.1.2 B 组检验

B 组检验应符合表 1 的规定。当产品规范另有规定时, 适用的某些检验和试验应按产品规范规定的顺序进行。B 组检验应对已通过 A 组检验的样本单位进行。B 组检验抽样方案按 GB/T 2828.1 进行, 采用 S-2 正常检查一次抽样方案, 合格质量水平(AQL)为 2.5。

8.3.1.3 不合格

出现不合格时, 应重新抽取双倍数量的样本对该项目进行检验, 如是光纤项目不合格应重测双倍数量样本中的全部光纤。如仍有不合格时, 则该检验批为不合格产品。在剔除不合格产品后的该批, 经制造厂与用户协商可以交货。

不合格样品经修复后如符合制造长度要求时可重新提交检验, 重新检验时应和新的检验批分开并作出标记。重新检验的项目包括原不合格项目和其他项目。

8.3.1.4 样本单位的处理

即使所提交的检验批被接收, 但在 B 组检验的任何一项检验或试验中有一个试样不合格的样本单位不得作为成品交货。

8.3.2 周期检验

周期检验由 C 组检验组成,按表 1 的规定进行,当产品规范另有规定时,适用的某些检验和试验应按产品规范规定的顺序进行。C 组检验在已通过 A 组和 B 组检验的样本单位上进行,样本大小为 2。

C 组检验的周期为两年,但出现以下情况时应进行 C 组检验:

- a) 结构、材料和工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- b) 停产半年以上,恢复生产时;
- c) 大批量产品的用户要求在交货检验中进行时;
- d) 质量监督部门提出或有重大质量事故时。

8.3.2.1 不合格

若 C 组检验出现不合格,则应停止交货验收并采取纠正措施,直至周期检验合格后才恢复交货验收。

8.3.2.2 样本的处理

经 C 组检验过的样本,如是短段试样,不得作为成品交货;如果是在端部进行的大长度试样,切除由机械试验产生的缺陷部分后只要不小于允许交货长度,可作为成品交货。

9 包装、标志

9.1 包装

9.1.1 OPGW 成品应整齐地绕在光缆盘上出厂,缆盘的筒体直径应不小于 OPGW 外径的 25 倍。在包装时,OPGW 的外端应牢固地固定在缆盘侧板的内表面,其最外层与侧板边缘的距离应不小于 30 mm;而其内端在不损坏光缆盘的情况下,应能很容易地拉出不小于 2.5 m 的长度,以便于进行光纤的性能测试。

9.1.2 OPGW 的内外端头均应妥善地密封处理,以防止在运输和贮存过程中进入潮气或使阻水材料溢出。

9.1.3 每盘 OPGW 上应附有合格书。合格证书上应标明:

- a) 包装盘号;
- b) 产品标记;
- c) 每个包装盘上 OPGW 内每根光纤的光衰减实测值。

9.2 标志

缆盘外侧应标明:

- a) “OPGW”字样;
- b) 长度,km;
- c) 质量(毛质量与净质量),kg;
- d) 制造厂名称或商标;
- e) 制造日期:年、月;
- f) 表示缆盘正确旋转方向的箭头;
- g) 保证贮运安全的其他标志。

附录 A
(资料性附录)
OPGW 常用结构图

A.1 OPGW 常用结构图

OPGW 常用结构图参见图 A.1。

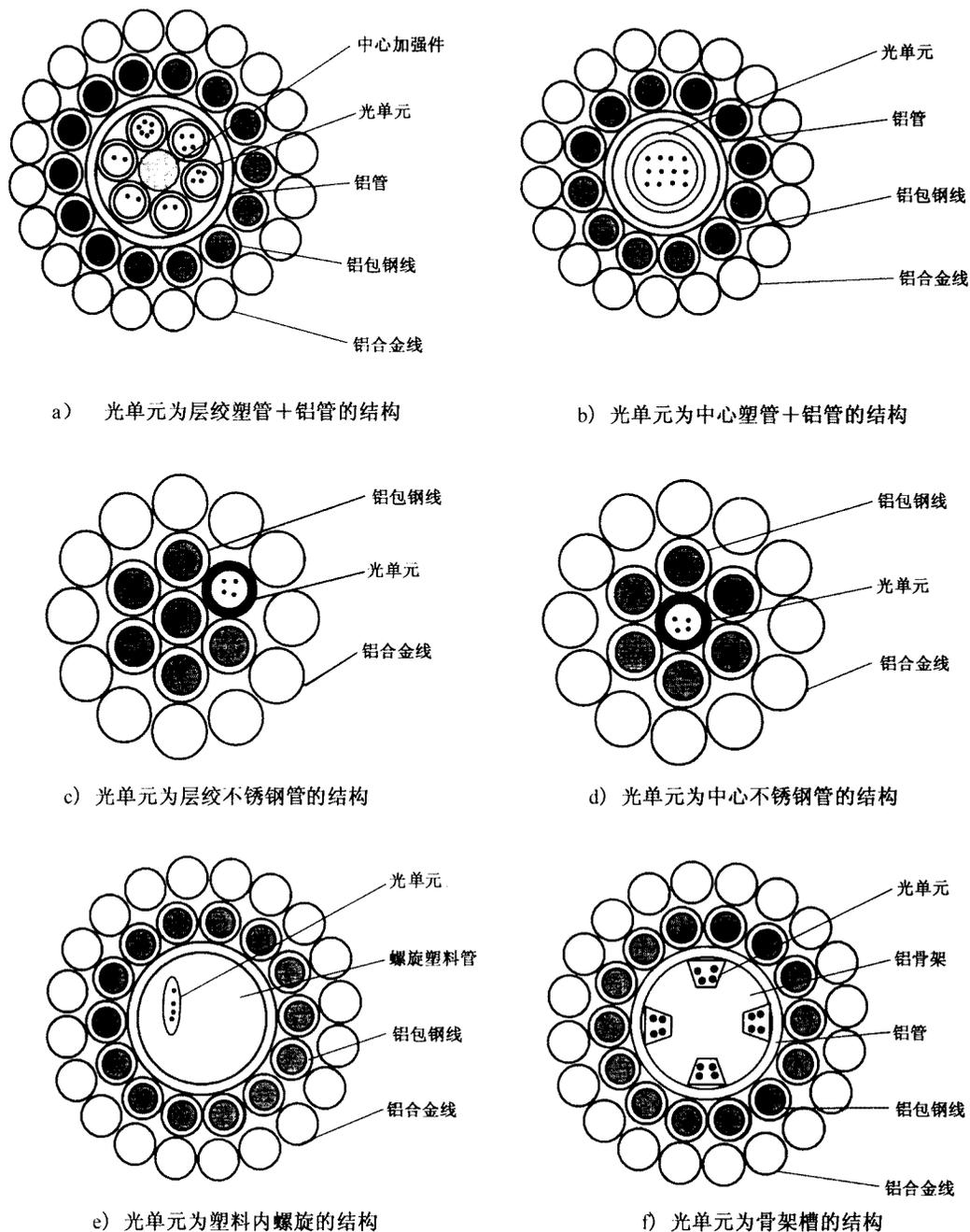


图 A.1 OPGW 常用结构图

附录 B

(资料性附录)

相关性能参数推荐计算方法

B.1 额定拉断力(RTS)的计算

额定拉断力应根据绞合前铠装层和光单元材料(适用时)的拉断力计算。

若 OPGW 的金属导线是 GB/T 1179—1999 规定的绞线,则 RTS 应按 GB/T 1179—1999 的规定计算。若负荷承载元件是单一钢线或铝包钢线,则 RTS 应是各单线总拉断力的 90%。

B.2 单层扇形或 Z 形线横截面积的计算

单层扇形或 Z 形线的横截面积应按式(B.1)计算。

$$A = \frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi f}{4} \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

A——型线的总截面积,单位为平方毫米(mm²);

D_o——型线层的外径,单位为毫米(mm);

D_i——型线层的内径,单位为毫米(mm);

f——面积系数。

其中面积系数的典型值为铝包钢线、镀锌钢线时, f=0.90;铝线、铝合金线时, f=0.92。

B.3 最终弹性模量(E)的计算

最终弹性模量(E)应按式(B.2)计算:

$$E = \frac{\sum(E_n \cdot A_n)}{\sum A_n} \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

E_n——每种材料的弹性模量,单位为牛每平方毫米(N/mm²);

A_n——对应材料的横截面积,单位为平方毫米(mm²)。

由式(B.2)得出的弹性模量是一条直线,它是按 7.4 规定的试验测得的近似值。

B.4 线膨胀系数(β)的计算

线膨胀系数(β)按式(B.3)计算:

$$\beta = \frac{\sum(\beta_n E_n \cdot A_n)}{\sum(E_n \cdot A_n)} \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

E_n——每种材料的弹性模量,单位为牛每平方毫米(N/mm²);

A_n——对应材料的横截面积,单位为平方毫米(mm²);

β_n——每种材料的线膨胀系数,单位为每摄氏度(1/°C)。

B.5 直流电阻的计算

直流电阻应按式(B.4)计算:

$$R = \frac{1}{\sum_n 1/R_n} \dots\dots\dots (B. 4)$$

式中:

R ——OPGW 的线性直流电阻,单位为欧每千米(Ω/km);

R_n ——每种材料的线性直流电阻,单位为欧每千米(Ω/km)。

$$R_n = \frac{\rho}{\sum_i A_i/F_i} \dots\dots\dots (B. 5)$$

式中:

ρ ——材料的电阻率,单位为欧平方毫米每千米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$);

A_i ——第 i 层给定材料的面积,单位为平方毫米(mm^2);

F_i ——第 i 层的绞合系数。

注:如上述计算包括光单元时,则 $F_i = 1$ 。

B. 6 短路电流容量的计算

注:金属导体中铝包钢线的电导率按 20.3%IACS(国际退火铜标准)计算。

钢加强的铝合金或铝导体,承载的额定短路电流计算方法如下。

对铝包钢线:

$$I_{\text{thr}} = S_{\text{thr}}(A_{\text{AL/AA}} + 0.25 A_{\text{ACS}}) \dots\dots\dots (B. 6)$$

对钢加强的铝导线:

$$I_{\text{thr}} = S_{\text{thr}} A_{\text{AL/AA}} \dots\dots\dots (B. 7)$$

如钢或铝包钢线在 OPGW 中较多,应考虑钢部分承载电流。假定钢温度的升高是铝或铝合金的 0.5 倍,则这时的短路电流按下式计算:

对铝包钢线:

$$I_{\text{thr}} = 0.25 S_{\text{thrAL}} \times A_{\text{ACS}} + 0.75 S_{\text{thrSt}} A_{\text{ACS}} \dots\dots\dots (B. 8)$$

对钢部分:

$$I_{\text{thr}} = S_{\text{thrSt}} \times A_{\text{St}} \dots\dots\dots (B. 9)$$

式 B. 7~式 B. 10 中:

I_{thr} ——1 秒内额定承载电流,单位为安(A);

S_{thr} ——1 秒内额定承载电流密度,单位为安每平方米(A/m^2);

A_{AL} ——铝导线的横截面积,单位为平方米(m^2);

A_{AA} ——铝合金导线的横截面积,单位为平方米(m^2);

A_{ACS} ——铝包钢线的横截面积,单位为平方米(m^2)。

A_{St} ——钢的横截面积。

$$S_{\text{thr}} = \sqrt{\frac{k_{20} \times c \times \rho}{\alpha_{20}} \ln \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_e - 20)}{1 + \alpha_{20}(\theta_b - 20)}} \dots\dots\dots (B. 10)$$

式中:

k_{20} ——20°C 时的导电率,单位为每欧米($1/(\Omega\text{m})$);

c ——比热,单位为焦每千克摄氏度($\text{J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$);

ρ ——质量密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

α_{20} ——电阻温度系数,单位为每摄氏度($1/^{\circ}\text{C}$);

θ_b ——短路时初始温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

θ_e ——短路时最终温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

各种材料的参数参见表 B.1。

表 B.1 材料参数

符 号	单 位	铝合金钢加强的铝导体	钢
c	J/(kg $^{\circ}\text{C}$)	910	480
ρ	kg/m ³	2 700	7 850
k	1/(Ωm)	34.8×10^6	7.25×10^6
α_{20}	1/ $^{\circ}\text{C}$	0.004	0.004 5

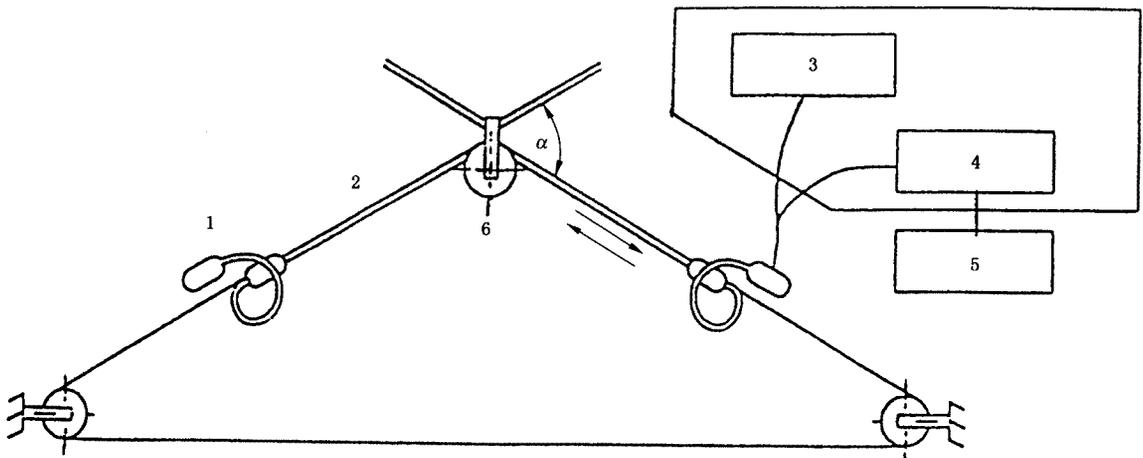
如基础温度不是 20°C ,则 k 值应调整。短路期间承载导体最大允许温度是:铝及铝合金绞线为 200°C ;钢及铝包钢线为 300°C 。

附录 C
(规范性附录)
滑轮试验方法

C.1 方法 A

C.1.1 试验装置

典型试验装置如图 C.1 所示。试样两端用合适的终端夹具处理, 光纤试样长度至少 100 m。用光功率计测量光衰减, 也可用光时域反射仪(OTDR)测量, 但光纤最小长度应由 OTDR 的特性决定。



- 1—光纤环;
2—OPGW 试样;
3—光源;
4—光功率计;
5—记录仪;
6—滑轮座。

图 C.1 滑轮试验装置——方法 A

C.1.2 试验条件

试验条件如下:

- a) 拉力角(α), 除用户与制造厂另有协商外, 一般为 30° ;
- b) 拉力负荷, 除用户与制造厂另有协商外, 一般为 RTS 的 15%;
- c) 循环次数, 10 次(向前和向后为一次循环);
- d) 滑轮直径, 40 倍 OPGW 直径。

C.1.3 试验程序

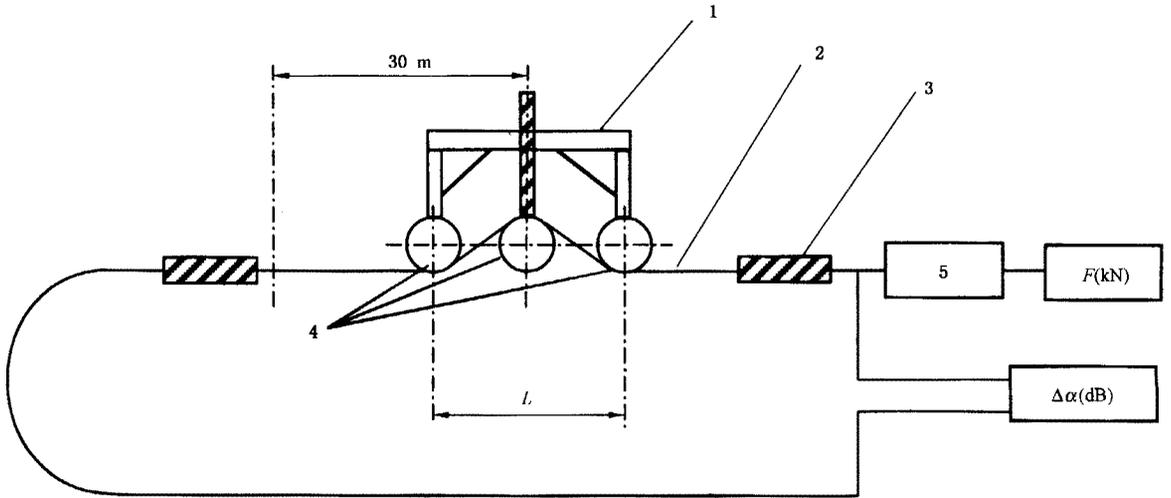
将最短为 5 m 的试样通过滑轮牵引, 完成规定的过滑轮次数。开始之前, 试样始端、中间和末端作上标记。试验过程中应监测光衰减。

C.2 方法 B

C.2.1 试验装置

典型的试验装置如图 C.2 所示。试样两端用合适的终端夹具处理。光纤试样长度至少 100 m。用

光功率计测量光衰减,也可用 OTDR 测量,但光纤最小长度应由 OTDR 的特性决定。



- 1——滑轮机构;
- 2——OPGW 试样;
- 3——终端夹具;
- 4——牵引设备;
- 5——三个滑轮。

图 C.2 滑轮试验装置——方法 B

C.2.2 试验条件

试验条件如下:

- a) 中间滑轮的拉力角(α),除用户与制造厂另有协商外,一般为 30° ;
- b) 拉力负荷,除用户与制造厂另有协商外,一般为 RTS 的 15%;
- c) 循环次数,3 次(向前和向后为一次循环);
- d) 滑轮直径跨距 L ,由用户与制造厂协商确定。

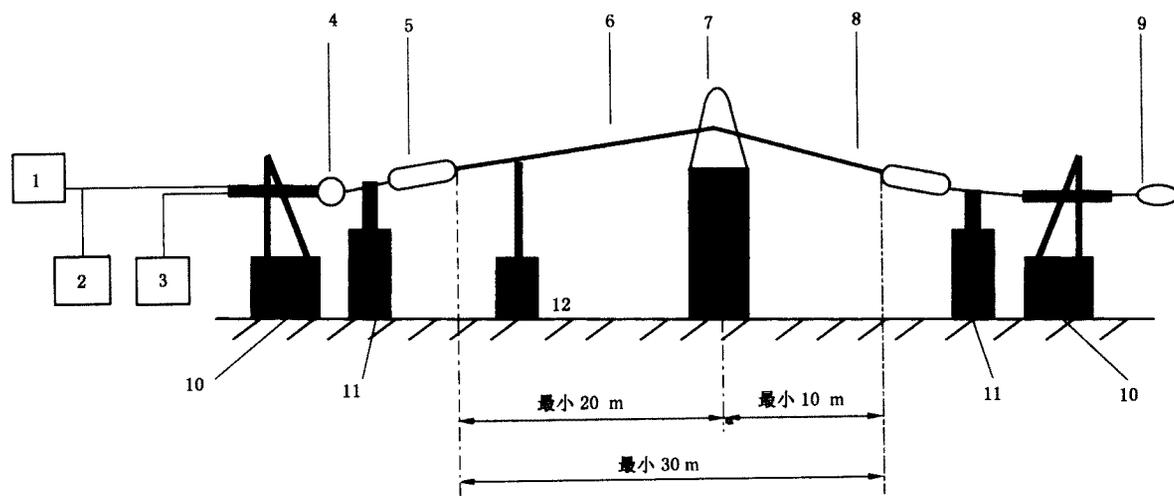
C.2.3 试验程序

应取最短为 50 m 的试样在 RTS 的 15% 的拉力下进行试验。将超过 30 m 长的试样通过滑轮机构,并运行规定的过滑轮循环次数,第一次循环前试样的始端、中间和终端应作标记。试验过程中应监测光衰减。

附录 D
(规范性附录)
风激振动试验方法

D.1 试验装置

典型的试验装置如图 D.1 所示。



- 1——光源；
- 2——仪表输入端；
- 3——仪表输出端；
- 4——测力计或传感器；
- 5——耐张线夹；
- 6——活动档距；
- 7——悬重线夹；
- 8——后档距；
- 9——光纤接头；
- 10——终端支座；
- 11——中间支座；
- 12——激振器。

图 D.1 风激振动试验装置

在施加拉力前试样的两端应作适当的处理以保证光纤与 OPGW 间不产生相对位移。使用测力计、负荷传感器、标定杆或其他仪器来测量 OPGW 的应变，还应采取保持恒定应变的方法以使试验不受温度波动的影响。

系统终端夹具间的档距至少为 30 m，最小自由档距为 20 m。悬垂线夹大约位于两耐张夹的 2/3 处，也可以使用更长的活动性档距和/或后档距。应将悬垂线夹支撑在使 OPGW 在活动档距内对于水平面的静态弧度角为 $1.5^\circ \pm 0.5^\circ$ 的高度。应采取措施控制波腹的振动幅度为一个自由弧度而不是一个支撑弧度。

试验光纤的长度至少为 100 m。

D.2 试验条件

D.2.1 试验条件 A

- a) 振动循环次数, 3×10^7 次;
- b) 振动频率, (40 ± 10) Hz;
- c) OGPW 拉力负荷, $(20 \pm 5)\%$ 的 RTS;
- d) 振动角, $25' \sim 30'$ 。

注: 振动频率应调整到最接近共振频率。

D.2.2 试验条件 B

- a) 循环次数, 至少 10^7 ;
- b) 振动频率, $(830/d)$ Hz ± 10 Hz;
- c) 拉力负荷, $(20 \pm 5)\%$ 的 RTS。

峰—峰幅值按以下确定:

- a) 钢或铝包钢线, $d/3(1 \pm 10\%)$;
- b) 铝或铝合金线, $d/5(1 \pm 10\%)$ 。

其中, d 是 OPGW 的直径, 单位为 mm。

注: 振动频率应调整到最接近共振频率。

D.3 试验程序

采用电控激振器在垂直面激振 OPGW。激振器位于档距里面, 使悬垂线夹和激振器间产生至少 6 个波节。

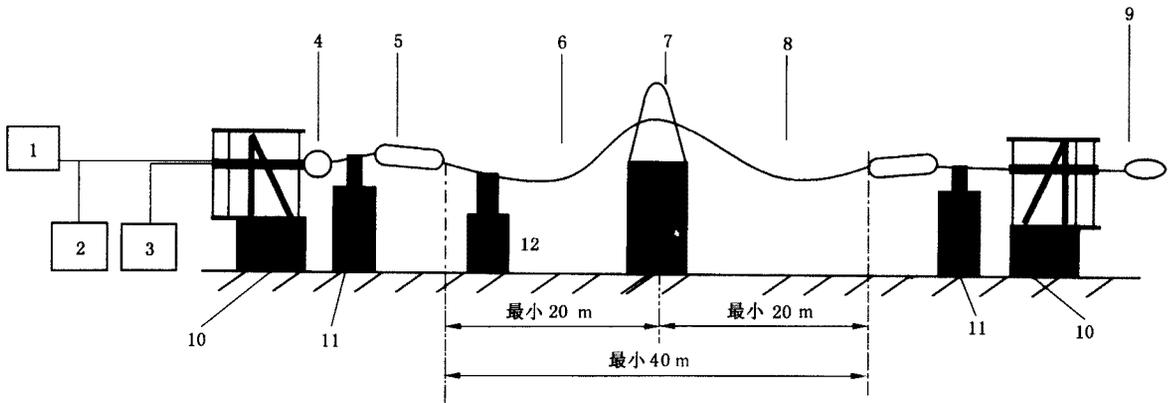
在开始阶段, 试验档距要求连续测量, 大约 15 min 记录一次机械和光学参数, 直到档距确定下来。用连接在光纤一端的光源和光功率计测量光衰减, 然后每天记录两次, 尤其在试验开始和结束的几天。

试验完成 2 h 后进行最终光学测量。

附录 E
(规范性附录)
舞动试验方法

E.1 试验装置

典型的试验装置如图 E.1 所示。



- 1——光源；
- 2——仪表输入端；
- 3——仪表输出端；
- 4——测力计或传感器；
- 5——耐张线夹；
- 6——活动档距；
- 7——悬重线夹；
- 8——后档距；
- 9——光纤接头；
- 10——终端支座；
- 11——中间支座；
- 12——激振器。

图 E.1 舞动试验装置

系统夹具间整个档距至少为 40 m。试样的两端应作适当的处理以保证光纤与 OPGW 间不产生相对位移。使用测力计、负荷传感器、标定杆或其他仪器来测量 OPGW 的应变，还应采取保持恒定应变的方法以使试验不受温度波动的影响。

悬垂线夹，大约位于两个耐张线夹的中间，支撑在使 OPGW 在活动档距内对于水平面的静态弧度角为 1° 的高度，且连接在支撑结构上，这样馈入的舞动在后档距形成。

应提供测量和监视波腹、单环线舞动幅度的方法。

试验光纤的长度至少为 100 m。

E.2 试验条件

对 OPGW 施加最小为 2% 的 RTS 的张力。舞动次数至少 10^5 次。试验频率为 1 Hz~4 Hz，也可以是单环或双环共振频率。在实际试验档距测得的峰—峰波腹幅度与环线长度的比值应保持在大约 1/25。

E.3 试验程序

采用电控激振器在垂直面激振 OPGW，激振器的衔铁应紧紧抓住 OPGW 且和它在垂直平面正交。

大约每 500 次循环或每 15 min 测试和记录一次机械和光学参数。用连接在光纤一端的光源和光功率计测量光衰减，采用光功率计在试验前至少 1 h 至试验后至少 2 h 期间进行连续测量。

附录 F
(规范性附录)
短路电流试验方法

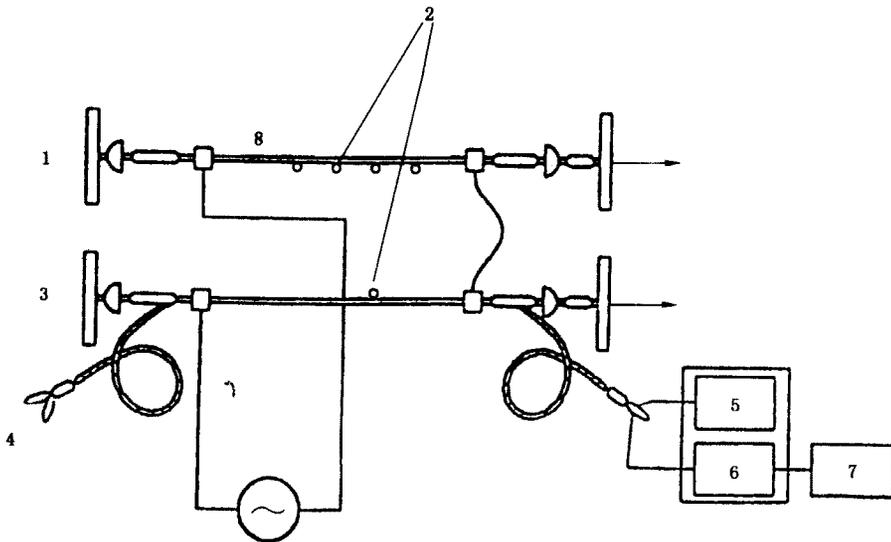
F. 1 试验装置

F. 1. 1 两个试样

应采用适当的夹具对两个试样的两端进行端部处理。对试样 A, 应将一个或多个热电偶插进通到光单元的孔中以测量光单元温度; 对试样 B, 应将一个或多个热电偶接触到试样的绞线层以测量试样温度。用连接在试验光纤一端的光源和光功率计测量光衰减。采用两个试样的典型装置如图 F. 1 所示。

F. 1. 2 一个试样

应采用适当的夹具对一个试样的两端进行端部处理。将一个或多个热电偶插进试样的绞线中接触到光单元的表面以测量光单元温度, 将一个或多个热电偶接触到试样的绞线层以测量试样温度。用连接在试验光纤一端的光源和光功率计测量光衰减。



- 1——试样 A;
- 2——热电多线记录仪;
- 3——试样 B;
- 4——光纤环接;
- 5——光源;
- 6——光功率计;
- 7——记录仪;
- 8——OPGW 试样。

图 F. 1 短路试验装置

F. 2 试验条件

试验条件如下:

- a) 拉力负荷, $(15 \pm 5)\%$ 的 RTS;
- b) 试样长度, 至少 10 m;

- c) 试验光纤长度,至少 100 m;
- d) 试样初始温度,由用户与制造厂协商确定;
- e) 电流持续时间,由用户与制造厂协商确定;
- f) 脉冲次数,至少 2 次;
- g) 波形,第三次循环后对称;
- h) 频率,(50 ± 10) Hz。

F.3 试验程序

在电流脉冲前试样的初始温度设置在(20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 或(40 ± 5) $^{\circ}\text{C}$,在每次电流脉冲之间试样应冷却到初始温度。从每次电流脉冲开始前至少 2 min 直到结束后至少 5 min 期间连续测量光纤的衰减。应测量和记录试样和光单元的温度。

附录 G
(规范性附录)
给定条件的雷击试验方法

G.1 试验装置

试验应在一段长度不小于 10 m 的试样上进行。试验光纤的最小长度为 100 m。用连接在试验光纤一端的光源和光功率计测量光衰减。

G.2 试验条件

试样应承受表 G.1 中 4 个组成部分的模拟雷击。

表 G.1 雷击试验条件

组成部分	项 目	参 数	容 差
初冲击	峰值电流	120 kA	±10%
	累计作用量	$2(\text{kA})^2\text{s}$	±10%
	脉冲宽度	$<500\ \mu\text{s}$	
	上升时间	25 μs	
中间电流	平均电流	2 kA	±10%
	脉冲宽度	$<5\ \text{ms}$	
	转移电荷	10 C	±10%
连续电流	峰值电流	a	
	持续时间	a	
	转移电荷	a	
再冲击	峰值电流	100 kA	±10%
	累计作用量	$0.25(\text{kA})^2\text{s}$	±10%
	脉冲宽度	500 μs	

^a 由用户与制造厂协商确定。

G.3 试验程序

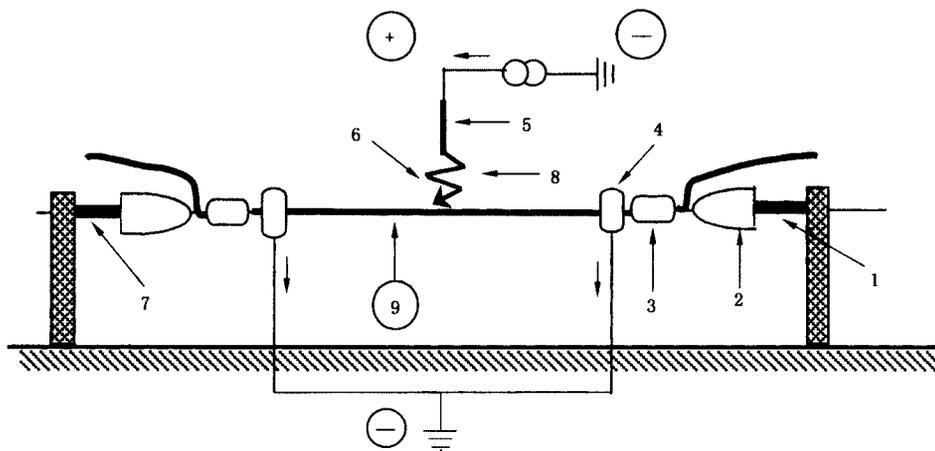
在电流脉冲前试样的初始温度设置在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ 或 $(40\pm 50)^\circ\text{C}$ ，在每次电流脉冲之间试样应冷却到初始温度。

在同一试样上实施模拟雷击 5 次，但不在同一位置。

附录 H
(资料性附录)
耐雷击能力的评估试验方法

H.1 试验装置

典型的试验装置如图 H.1 所示。



- 1——紧线螺丝；
- 2——绝缘子；
- 3——固定夹具；
- 4——对称接地连接器；
- 5——钨铜平面电极；
- 6——金属保险丝；
- 7——拉力计；
- 8——电极与 OPGW 表面间隙=6 cm；
- 9——OPGW 试样。

图 H.1 雷击试验装置图

H.2 试验条件

施加在 OPGW 试样上的拉力为 15%~25%RTS。也可采用制造厂和用户相互协商确定的其他拉力。

H.3 试验程序

应在一段长度不小于 1 m 的 OPGW 试样的中点上进行试验。试验光纤的最小长度为 100 m。用连接在试验光纤任一端的光功率计测量光衰减。

根据 OPGW 试样的结构特性,并按制造厂和用户协商确定的试验严酷等级进行试验。试验严酷等级从表 H.1 中选出。

表 H.1 试验严酷等级

	0 级	1 级	2 级	3 级
电流	100 A	200 A	300 A	400 A
持续时间	0.5 s	0.5 s	0.5 s	0.5 s
转移电荷	50 C	100 C	150 C	200 C

OPGW 初始温度应设置在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。在同一光缆的不同点上按相同的条件应模拟重复试验 5 次。

附录 I
(资料性附录)
安 装 导 则

I.1 金具和附件

由于 OPGW 的特殊性,不可能设计出通用于 OPGW 所有尺寸规格的安装用金具和附件,例如耐张线夹、悬垂线夹、防振金具和接续附件,因此对于每种规格的 OPGW 就必须单独设计制造相应的金具和附件。

影响金具和 OPGW 界面的相互作用的因素如下:

- a) 金具的过大接触压力超过 OPGW 的设计挤压极限;
- b) 如果没有足够的接触面积,金具和 OPGW 之间的接触电流传输容量过大;
- c) 不同材料的接触在某些环境里可能产生过度腐蚀。

因此,连接 OPGW 的金具和附件在电气和机械上都应与所安装的 OPGW 相适应。

I.2 安装程序

可按 OPGW 制造厂的建议程序进行安装,主要包括:

- a) 展放和架设 OPGW;
- b) 安装金具并调节 OPGW 弧垂;
- c) 安装接续附件和光纤熔接。

I.3 安装方法

除了 OPGW 的连接和光纤的接续以外,OPGW 的安装方法与普通架空地线的安装方法基本相近,但在安装架设时应使用至少为 40 倍 OPGW 直径的放线导轮,保证不产生能引起光纤损伤或降低性能的额外弯曲、扭转、过大张力或侧压力,这是安装架设中应遵守的基本原则。

张力放线法是架设 OPGW 最常用的方法,但张力必须满足 OPGW 的允许张力。
