



中华人民共和国国家标准

GB/T 7424.2—2008
代替 GB/T 7424.2—2002

光缆总规范 第2部分：光缆基本试验方法

Optical fibre cable generic specification—
Part 2: Basic optical cable test procedures

(IEC 60794-1-2:2003, Optical fibre cable—
Part 1-2: Generic specification—
Basic optical cable test procedures, MOD)

2008-03-31 发布

2008-11-01 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 总则	1
4 光缆试验	3
5 方法 E1:拉伸性能	4
6 方法 E2:磨损	6
7 方法 E3:压扁	8
8 方法 E4:冲击	9
9 方法 E5:已成缆光纤的剥离力稳定性	11
10 方法 E6:反复弯曲	12
11 方法 E7:扭转	14
12 方法 E8:曲挠	16
13 方法 E10:弯折	17
14 方法 E11:弯曲	18
15 方法 E12:抗切穿	18
16 方法 E13:枪击	19
17 方法 E17:刚性	23
18 方法 E18:张力下弯曲(过滑轮试验)	26
19 方法 E19:风振	28
20 方法 E20:成圈性能	30
21 方法 F1:温度循环	31
22 方法 F3:护套完整性	33
23 方法 F5:渗水	33
24 方法 F6:复合物滴流	34
25 方法 F7:核辐照	36
26 方法 F8:气阻	36
27 方法 F9:老化	37
28 方法 F10:耐静水压	37
29 方法 G1:光缆元件的弯曲	37
30 方法 G2:光纤带几何尺寸的观测法	38
31 方法 G3:光纤带尺寸的孔规法	39
32 方法 G4:光纤带尺寸的千分表法	39
33 方法 G5:光纤带撕裂(可分性)	40
34 方法 G6:光纤带扭转	41
35 方法 G7:套管弯折	42
36 方法 H1:短路电流试验	43
37 方法 H2:沿电力线路的架空光缆的雷电试验	46

前 言

GB/T 7424《光缆总规范》分为以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：光缆基本试验方法。

.....

本部分为 GB/T 7424《光缆总规范》的第 2 部分。

本部分修改采用 IEC 60794-1-2:2003《光缆 第 1-2 部分：光缆基本性能试验方法》，其主要差异如下：

- 第 3 章“总则”中，量的数值按 GB/T 8170 规定修约；监测和检查的方法和抽样，按国内现行情况规定；
- 将 IEC 中的“3.3 定义”与“3.6 图形符号和术语”合并为本条“3.3 术语和定义”，并将 IEC 文本列于第 29 章中的光纤带定义移至本条中；“3.4 标准大气条件”的标题改为“试验环境条件和预处理条件”，增加的具体规定摘录于“GB/T 2421—1999 电工电子产品环境试验 第 1 部分：总则”规定的标准试验大气条件；
- IEC 中方法 E14“复合物滴流”应是环境性能试验，本部分中改为方法 F6。IEC 中方法 E15“析油和蒸发”是材料试验，本部分不列入；
- 方法 E1 和方法 E3 中，补充了部分细节和具体数据；
- 方法 E4 中，建议落高为 1 m；
- 方法 E7 中，扭转角度增加了按有关规范规定的角度；
- 方法 E10 中，将光缆是否弯折的判定改为“使圆环的直径减小到有关规范规定的最小值”后再观察；
- 方法 E11 中，方法 E11A 加上名称“卷绕”，为方法 E11B 加上名称“U 型弯曲”；
- 方法 F1 中，增加了“试样应在 20℃±5℃下处理 24 h”的一般性规定。

本部分代替 GB/T 7424.2—2002《光缆总规范 第 2 部分：光缆基本试验方法》。

本部分与 GB/T 7424.2—2002 的主要差异如下：

- 3.4 标题由“标准大气条件”改为“试验环境条件和预处理条件”，并直接引用 GB/T 2421—1999 的具体规定；
- 取消“3.6 图形符号与术语”，以下条目编号顺减；
- 3.8 改为 3.7，增加了具体内容；
- 增加了第 4 章“光缆试验”，以便与 IEC 60794-1-2:2003 相同。本章说明本部分中的方法编号情况。以后的各章的编号顺延；
- 方法 E7 中的扭转角增加了建议值“±180°”；
- 方法 E13 又分为两个方法 E13A 和 E13B。E13A 与原来内容基本相同，但去掉了对弹着点数量的限制。E13B 为新增加的方法；
- 方法 E18 分成了 E18A 和 E18B 两个方法，程序由 2 个增加为 4 个。增加了单一局部弯曲和多个局部弯曲的程序；
- 方法 E19“风振”制定了详细的内容，它等同采用 IEC 60794-1-2:2003 中的方法 E19；
- 增加并制定了方法 E20“成圈性能”的详细内容，它等同采用 IEC 60794-1-2:2003 中的方法 E20；

- 方法 F6 的预处理限值由“光缆试样总质量的 0.5% 或 0.5 g”改为两者的较小者；
- 增加并制定了方法 F10“耐静水压”及其具体内容，它等同采用 IEC 60794-1-2:2003 中的方法 F10；
- 增加并制定了方法 H1“短路电流试验”及其具体内容，它等同采用 IEC 60794-1-2:2003 中的方法 H1；
- 增加并制定了方法 H2“沿电力线路的架空光缆的雷电试验”及其具体内容，它等同采用 IEC 60794-1-2:2003 中的方法 H2。

本部分由中华人民共和国信息产业部提出。

本部分由中国通信标准化协会归口。

本部分由四川汇源光通信股份有限公司、成都大唐线缆有限公司、信息产业部有线通信产品质量监督检验中心、电信科学技术第五研究所起草。

本部分主要起草人：王则民、赵秋香、陈方春、薛梦驰、虞春、宋志佗、时彬。

本部分所代替标准的历次版本发布情况：

- a) GB/T 7425(所有部分)—1987、GB/T 8405(所有部分)—1987；
- b) GB/T 7424.1—1998 的第 3 章和第 6 章；
- c) GB/T 7424.2—2002。

光缆总规范

第2部分：光缆基本试验方法

1 范围

GB/T 7424 的本部分规定了光缆的机械性能、环境性能和元件的各试验方法的目的、试样、设备、程序和要求等。

本部分适用于 GB/T 7424.1 规定的光缆。

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 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化 (IEC 60068-2-14:1984, IDT)

GB 5023.2—1997 额定电压450/750 V及以下聚氯乙烯绝缘电缆 第2部分：试验方法 (idt IEC 60227-2:1979)

GB/T 7424.1—2003 光缆总规范 第1部分：总则 (IEC 60794-1-1:2001, MOD)

GB/T 8170 数值修约规则

GB/T 15972.22—2008 光纤试验方法规范 第22部分：尺寸参数的测量方法和试验程序——长度 (IEC 60793-1-22:2001, MOD)

GB/T 15972.32 光纤试验方法规范 第32部分：机械性能的测量方法和试验程序——涂覆层可剥性 (GB/T 15972.32—2008, IEC 60793-1-32:2001, MOD)

GB/T 15972.46—2008 光纤试验方法规范 第46部分：传输特性和光学特性的测量方法和试验程序——透光率变化 (IEC 60793-1-46:2001, MOD)

GB/T 15972.54 光纤试验方法规范 第54部分：环境性能的测量方法和试验程序——伽玛辐照 (GB/T 15972.54—2008, IEC 60793-1-54:2003, MOD)

YD/T 629(所有部分) 光纤传输衰减变化的监测方法

IEC 60544(所有部分) 电气绝缘材料 离子辐照影响的确定

3 总则

3.1 引言

除非详细规范中另有规定，本章的各条规定应适用于本部分规定的各试验方法。

3.2 试验方法格式

各试验方法格式应按如下标准顺序编制。在保持这个总体顺序的同时，可插入附加条款。

目的

试样

设备

程序

要求
待规定细节

3.3 术语和定义

下列术语和定义适用于图 1 所示的光纤带横截面。

3.3.1

宽度和厚度 width and thickness

光纤带的宽度 w 和厚度 t 是包围光纤带横截面的最小矩形的长边和短边的尺寸。

3.3.2

基线 basis line

基线是在光纤带横截面中通过第一根光纤(光纤 1)中心和最后一根光纤(光纤 n)中心的直线。

3.3.3 光纤排列

3.3.3.1

光纤水平间距 horizontal fibre separation

光纤水平间距是在纤带横截面中两光纤中心在基线上的垂直投影距离。

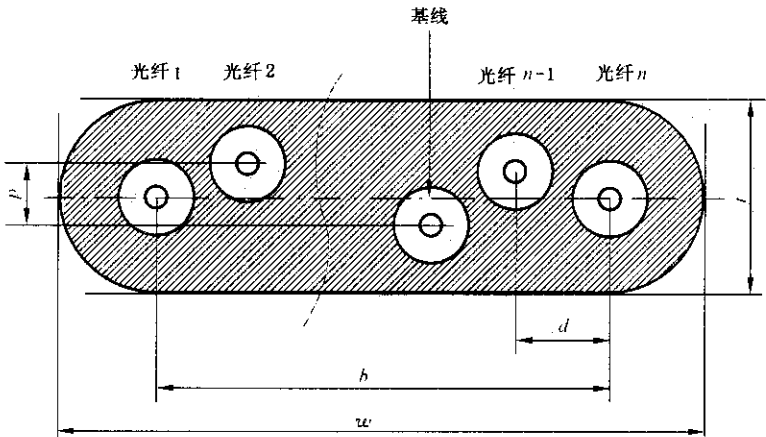
可区别为两个水平间距参数：

- a) 相邻光纤中心间的距离 d ；
- b) 两侧光纤中心间的距离 b 。

3.3.3.2

平整度 planarity

光纤带的平整度 p 是这些光纤中心到基线的垂直间距最大正值和最大负值的绝对值之和。光纤中心在基线“之上”时,垂直间距为正,光纤中心在基线“之下”时,垂直间距为负。



- w ——光纤带宽度；
- t ——光纤带厚度；
- d ——光纤带中相邻光纤中心间的距离；
- b ——光纤带中两侧光纤中心间的距离；
- p ——光纤带平整度。

图 1 光纤带横截面几何结构示意图

3.4 试验环境条件和预处理条件

3.4.1 除非另有规定,本部分规定的试验环境条件应是标准试验大气条件,即应符合如下规定：

- 温度为(15~35)℃；
- 相对湿度为 25%~75%；
- 气压为(86~106) kPa。

3.4.2 除非另有规定,本部分规定的试验样品应在上述试验环境条件下预处理 24 h。

3.5 量的数值

本部分规定的量的数值应有明确的有效位数,测量值应按 GB/T 8170 规定修约到与规定值同样的有效位数后,再与规定值比较。

3.6 安全

待定。

3.7 定标

3.7.1 定标

定标程序可规定为这一套操作:在指定的条件下,建立测量系统指出的值和基准材料的已知值之间的相互关系。一旦建立起来,这个关系可用于调节测量系统,以纠正统计显著偏差。只要知道确定性的关系存在,系统调节可以采取例如硬件或软件调节的形式。

保证设备在使用前按制造商的说明书定标和调节,以便使测量不确定性最小。

记录定标过程的有关资料,例如基准材料或所用试验设备的定标值和不确定性。

3.7.2 评估不确定度¹⁾

测量不确定度可被定义为估计被测量(被测物理量)的真值落在处于给定可信度(或置信水平)以内的范围。测量不确定度通常包含几个成分,其中有些可用统计技术估算(所谓的 A 型不确定度),而另一些可在实验或其他资料的基础上估算(所谓的 B 型不确定度)。不确定度的成分或变化是加成的,置信间隔可针对基于变化成分的总和的测量来计算。

不确定度的典型构成可包括如下来源的不确定度:

- 基准材料或所用设备的定标不确定度——通常在标准的定标证书上陈述;
- 转换不确定度——基准材料或设备的认证值因其被定标而产生的估算变化;
- 操作不确定度——环境条件(例如温度和湿度)的估算影响;
- 试样和定标标准的测量的统计(随机)不确定度——起因于诸如电气噪音、振动、数据量化等。

3.8 监测和检查

3.8.1 光纤传输衰减变化(即透光度变化)的监测

在本部分方法 F1 中应按 GB/T 15972.46—2008 中方法 B 或 YD/T 629.2 规定进行,在本部分其他方法中应按 GB/T 15972.46—2008 中方法 A 或 YD/T 629.1 规定进行。在受试光缆芯数不多于 12 芯时应监测全部光纤,在多于 12 芯时应监测至少 12 根光纤,抽样时应考虑到光纤结构位置和色谱等方面的代表性。

3.8.2 光纤的光学连续性和断裂的检测

可采用通可见光目视检测方法或按 GB/T 15972.46—2008 中方法 B 或 YD/T 629.2 规定方法进行检测,应检测受试光缆中的全部光纤。

3.8.3 光缆护层检查

护套开裂检查,应以正常视力进行目视检查。

3.8.4 适时检测

应按有关规定,在试验之前、之中和(或)之后进行适时监测和检查。

4 光缆试验

下面的测量程序叙述光缆的机械性能试验(编号 E 系列)和环境性能试验(编号 F 系列)、光缆元件的几何尺寸和机械性能试验(编号 G 系列)以及沿电力线路的架空光缆的电性能试验(编号 H 系列)。其中某些试验还在考虑中。

注:由于本部分中的试验编号尽可能与 IEC 60794-1-2 中相同,较早 IEC 版本中的某些试验已被其他试验取代或已确定是不适用的,因此,在试验编号顺序中缺少 E9、E16、F2 和 F4 等号码。

1) 见 ISO/IEC 关于表达测量不确定度的导则。

5 方法 E1: 拉伸性能

5.1 目的

本方法适用于测量光缆在规定拉伸负载(通常是安装期间允许的负载)范围内的拉伸性能,即测定光缆中光纤的衰减变化、光纤应变和(或)光缆的应变与拉伸负载的函数关系。本方法的意图是非破坏性的,即施加的拉伸负载应在允许的最大拉力以内。

本方法依所监测的项目不同,分为:

- a) 方法 E1A,是确定光纤衰减变化的方法;
- b) 方法 E1B,是确定光纤伸长应变和光缆伸长应变的方法。它能提供光缆安装时的最大允许拉力和光缆应变限量的资料。

应按照详细规范或用户和制造厂间的协议,可单独使用方法 E1A 或方法 E1B,或者联合使用这两个方法来分别测量光缆的不同拉伸性能。

5.2 试样

从盘装或成圈的光缆上取出一段受试光缆,其长度足以取得希望的精度。

当采用图 2 设备时,除非另有规定,光缆受试段长度近似为两卡盘入口切点间的光缆长度与一个卡盘周长之和,它应不小于 50 m。

当采用图 3 设备时,除非另有规定,光缆受试段长度为两夹头间的光缆长度,它应不小于 25 m。

受监测的光纤两端应制备成平整、清洁并垂直于光纤轴的端面。

5.3 设备

试验设备示例见图 2 和图 3。试验设备的拉力量程不得超过被试光缆最大允许拉力的 5~10 倍。

试验设备应包括:

a) 机械装置

- 1) 一套夹持装置,用于抓住光缆各元构件,使它们相互间无实质性滑移,且不会影响试验结果。例如图 2 中的卡盘和图 3 中的夹头,其卡盘直径应不小于试样外径 30 倍。

注:对于自承式架空光缆,当详细规范有要求时,应借助与其光缆吊挂型式相关的装置来进行光缆固定。对于某些重型铠装光缆,其夹持装置可以采用网套夹或类似锚桩装置。

- 2) 一套可选用的传递装置,可用于图 2 设备中使较短的设备长度能容许较长的受试段长度,其滑轮直径应不小于试样外径 30 倍。
- 3) 一台拉力装置,用于以规定拉伸速率在规定的拉力范围内提供平稳的拉伸负载。

b) 监测设备

- 1) 一套测力装置(含拉力传感器),用于测量试样所受拉伸负载,其传感器最大误差应是它的最大测量范围的 $\pm 3\%$ 。
- 2) 一台光纤衰减变化测量设备,用于方法 E1A,它应符合 GB/T 15972.46—2008 中方法 A 或 YD/T 629.1 规定。
- 3) 一台光纤应变测量设备,用于方法 E1B,它应符合 GB/T 15972.22—2008 中方法 C 规定。
- 4) 一套可选用的光缆伸长测量装置,用于方法 E1B,它可基于机械方法,也可基于电气方法,其精度应确保光缆应变测量结果的误差不大于 $\pm 0.01\%$ 。
- 5) 一只可选用的多路光开关,用于多路光纤监测的转换。

5.4 程序

- a) 试验环境条件应符合 3.4 规定。
- b) 把光缆装在拉伸设备上,在两端用夹持装置把光缆均匀地固紧,防止光缆的各元构件相互滑移。对于大多数光缆结构,例如层绞式光缆,实际是夹持住除光纤以外的各元构件,这足以用于测量拉伸性能,例如衰减变化、光纤应变、光缆应变和最大允许拉力。但是,对于某些光缆

结构,例如中心管式光缆,可能需要注意防止光纤纵向滑移,以便得到正确的光纤应变。

- c) 把受试光缆中的受监测光纤连接到监测设备。在拉伸试样时,应注意受监测的基准长度不得变化。
- d) 拉伸力应连续地增加到详细规范中规定的(各)要求值,例如长期允许拉伸力和最大拉伸力(通常为短暂允许拉伸力),除非另有规定,保持时间至少为 1 min,拉伸速率应为 5 mm/min~10 mm/min。然后,逐渐卸去负载。这样一个加载和卸载的过程,构成一个循环。
- e) 在加载过程中,应作为光缆拉伸负载的函数来记录规定波长下的衰减变化、光纤应变和(或)光缆应变。除非另有规定,对于 12 芯以下光缆,应监测全部光纤,对于 12 芯及以上光缆,应监测至少 12 根光纤。
- f) 除非另有规定,试验循环次数应为 1 次。
- g) 当有要求时,在最终卸载 5 min 后,测量衰减变化、光纤应变和(或)光缆应变的残余值。

5.5 要求

试样的衰减变化、光纤应变和(或)光缆应变,以及去除拉力后它们的残余值,应符合详细规范中规定。

当详细规范有要求时,应提供和评价光纤应变和(或)光缆应变与拉伸负载的函数关系,如图 4 所示。当有要求时,应确定光纤应变始发点的拉伸负载数值,即光纤应变与拉伸负载的函数曲线图上,曲线的线性部分与拉伸负载轴的交点处的拉伸负载。

5.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 光缆长度和受拉伸长度;
- b) 负载传感器;
- c) 注入条件和衰减测量装置(当必要时);
- d) 光纤应变测量装置(当必要时);
- e) 是否要求在规定波长下衰减变化、光纤应变和(或)光缆应变与拉伸负载的函数关系;
- f) 拉伸增加的速率(当另有规定时);
- g) 光缆长度测量的最小精确度(当另有规定时);
- h) 环境温度(当不同于 3.4 规定时)。

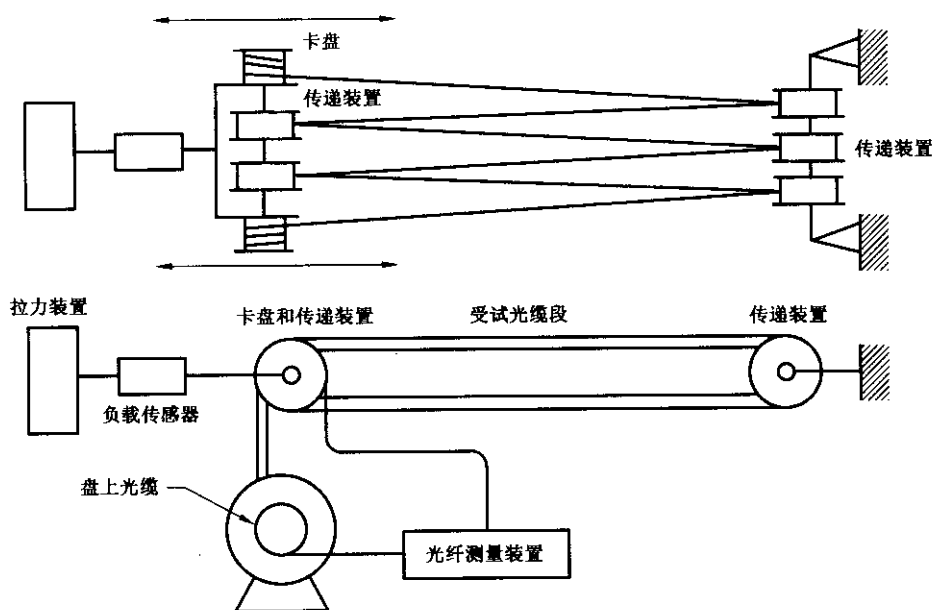


图 2 使用传递装置和卡盘的拉伸性能测量设备示例

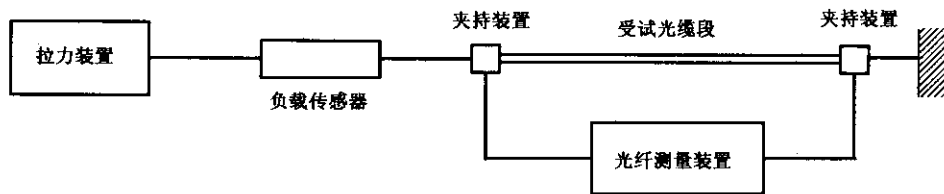
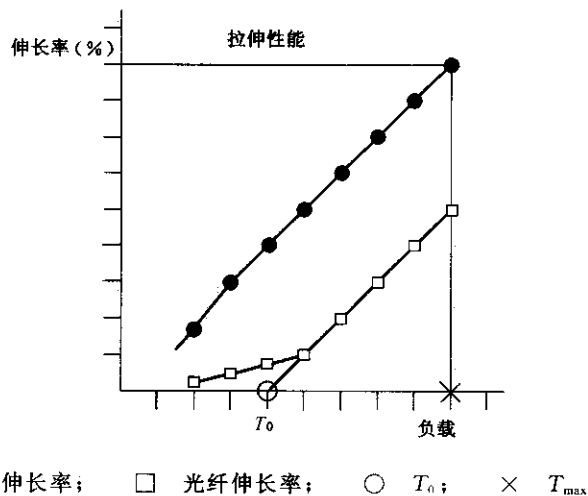


图 3 拉伸性能测量设备



注：T₀ 相应于光纤开始受应变的负载；T_{max} 相应于规定的最大拉力负载。

图 4 光纤和光缆的伸长与负载的函数关系实例

6 方法 E2: 磨损

光缆耐磨损性包括两个方面：

- a) 护套耐磨损的能力；
- b) 光缆标志耐磨损的能力。

6.1 方法 E2A: 光缆护套耐磨损

6.1.1 目的

本试验的目的是确定光缆护套耐磨损的能力。

6.1.2 试样

试样应是一段足以实施规定试验的光缆，其长度通常为 750 mm。

6.1.3 设备

磨损试验装备应能在(10±1) mm 的长度上，以(55±5)循环/分的频率，沿平行于光缆纵轴的方向来回擦磨光缆表面。擦磨刃口来回各移动一次，构成一个循环。

擦磨刃口应是一根钢针，其直径应符合详细规范中的规定。

典型设备示例见图 5。

6.1.4 程序

- a) 试验环境条件应符合 3.4 规定。
- b) 用光缆夹把长度大约 750 mm 的试样紧固在支撑板上。然后，应以重物对擦磨刃口加载，在光缆上产生详细规范中陈述的力，同时要避免冲撞光缆。
- c) 除非详细规范中另有规定，在每个试样上进行 4 次试验，在后一次试验前把试样向前移动 100 mm 并总是沿相同方向旋转 90°角。

6.1.5 要求

在完成规定的循环次数之后,护套应无穿孔,光纤应保持光学连续性。

6.1.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 循环次数;
- b) 针棒直径;
- c) 施加的力。

6.2 方法 E2B: 光缆标志耐磨损

6.2.1 目的

本试验的目的是确定光缆标志耐磨损的能力。

依据标志的种类和详细规范中的规定,应使用如下两种方法之一:

- 方法 1,适用于坚硬的标志类型,例如压凸纹、压凹纹和熔结的标志;
- 方法 2,适用于上述类型之外的标志。

6.2.2 试样

试样应是足以实施规定试验的一段光缆,其长度通常为 750 mm。

6.2.3 设备

6.2.3.1 方法 1

典型设备示例见图 5。

该装置应能在 40 mm 的长度上,以 (55 ± 5) 循环/分的频率,擦磨平行于光缆纵轴的光缆标志。擦磨刃口来回各移动一次,构成一个循环。

擦磨刃口应是一根钢针,其直径为 1 mm 或按详细规范中的规定。

6.2.3.2 方法 2

该设备包括:

- a) 一台试验装置,用于把力通过羊毛毡施加到受试光缆上。典型示例见图 6;
- b) 两块白色羊毛毡;
- c) 对试样施加力的重物。

6.2.4 程序

试验环境条件应符合 3.4 规定。

6.2.4.1 方法 1

用光缆夹把长度约 750 mm 的试样紧固在支撑板上,使试样标志直接处于擦磨刃口下施行试验。然后,应以重物对擦磨刃口加载,在光缆上产生详细规范中规定的力,同时要避免冲撞光缆。然后,施行详细规范中规定的循环次数的擦磨。

6.2.4.2 方法 2

应把带标志的光缆试样放在用水浸透的两块羊毛毡之间。然后,应把详细规范中规定的标称力 (F) 施加到在 100 mm 上前后移动的试样标志上,施行详细规范中规定的擦磨循环次数。

6.2.5 要求

在完成详细规范中规定的循环次数之后,标志应字迹清晰可辨。

6.2.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 循环次数;
- b) 所用方法;
- c) 针棒直径(方法 1);
- d) 施加的力。

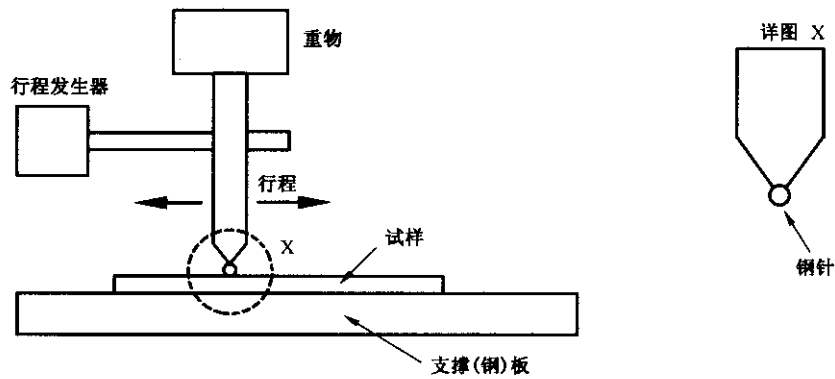


图 5 用于试验 E2A 和 E2B 方法 1 的典型试验装置

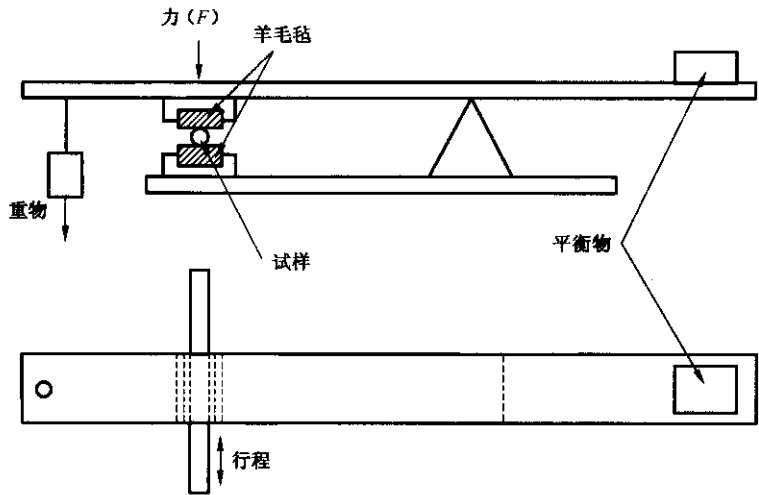


图 6 用于试验 E2B 方法 2 的典型试验装置

7 方法 E3: 压扁

7.1 目的

本试验的目的是确定光缆承受压扁的能力。

7.2 试样

试样应是一段足以实施规定试验的光缆。

7.3 设备

该设备的可移动钢板应能在光缆试样的 100 mm 长度上均匀地施加压扁力,使试样在平的钢板基座和可移动钢板之间受到压扁。

可移动钢板的边缘应以约 5 mm 半径倒角,倒角边缘不包括在钢板的 100 mm 平整部分之内。设备示意图见图 7。

7.4 程序

试验环境条件应符合 3.4 规定。

应把试样安放在两块钢板之间,防止横向移动,然后,逐渐地而无任何突然变化地施加力。如果以步级方式增加力,其增长比率应不超过 1.5 : 1。

除非详细规范中另有规定,施加的压扁力应增加到详细规范中规定的(各)值,例如长期允许压扁力和最大压扁力(通常为短暂允许压扁力),并在保持时间至少 1 min 后进行监测,然后逐渐卸去压扁力,过 5 min 后再进行最终监测和检查。

除非另有规定, 试验应施行三次, 把力加在试样上间距不小于 500 mm 且不转动光缆的 3 个不同地方。

当详细规范中有要求模拟特殊的工作条件时, 可垂直于试样插入一根或多根钢棒来实施一个附加试验或替代试验(除非详细规范中另有规定, 钢棒直径为 25 mm)。

7.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套不开裂。

7.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 施加的(各)压扁力;
- b) 施加力的持续时间(当另有规定时);
- c) 试验次数;
- d) 试验点之间的间距;
- e) 钢棒排列方式(当采用时)。

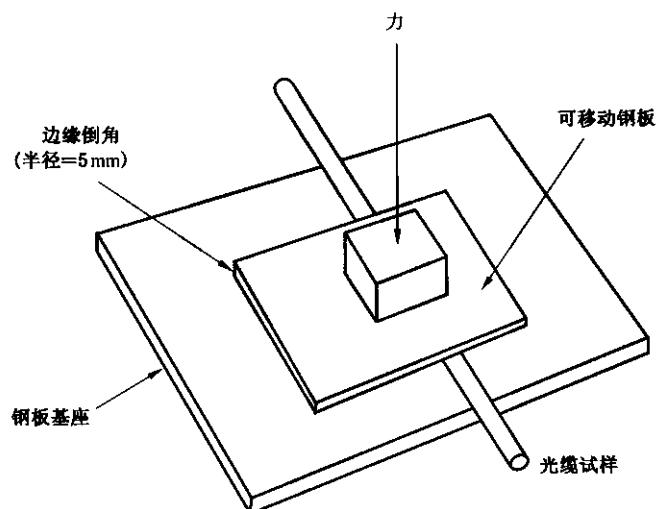


图 7 压扁试验

8 方法 E4: 冲击

8.1 目的

本试验的目的是确定光缆承受冲击的能力。

8.2 试样

8.2.1 试样长度

试样长度应足以施行规定的试验。当只是评定物理损伤时, 长度范围可从 1 m(例如小直径的软跳线或双芯光缆)到 5 m(例如较大直径光缆)。当要求监测衰减变化时, 则试样应是足够长度的光缆端部的一段。

8.2.2 终端

试样可在两端以连接器或者以把所有的光纤、护套和张力的构件夹持在一起的适当方式进行终端。冲击设备上的夹子可能适用, 或者试样足够长而不再需要作终端约束。

8.3 设备

该设备应能把冲击施加到固定在坚实的平钢座上的光缆试样上。当要求一次或仅仅几次冲击时,可采用图 8a)所示的设备,它使一个重物垂直跌落在一个钢块上,钢块再把冲击传递到光缆试样。当要求反复冲击时(例如大于 5 次),可采用图 8b)所示的设备,它用一个跌落的重锤进行多次冲击。

在这两种情况中,也可采用其他等效的设备。

接触试样的撞击表面应是详细规范中规定的表面半径为 R 的圆弧形,或者象一个半球(图 8c)的 A),或者是一个圆柱面(图 8c)的 B)。

当详细规范中规定监测光纤衰减变化等时,试验设备应包括 3.8 规定的设备。

8.4 程序

试验环境条件应符合 3.4 规定。当必要时,试样应在标准大气条件下预处理 24 h。

应调整重物或跌落重锤的质量和正对试样下落的高度来产生详细规范中规定的冲击能量值。除非另有规定,下落高度通常为 1 m。然后,按详细规范中规定的速率和冲击次数,在详细规范中规定的试样位置上进行冲击。试验期间,按详细规范的要求进行监测和检查。

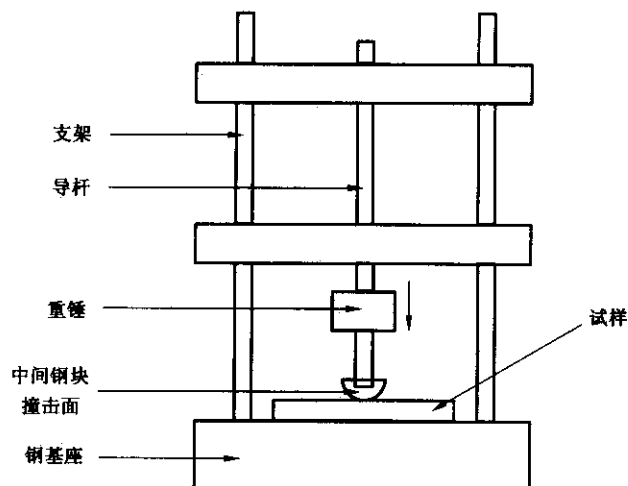
8.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套不开裂。

8.6 待规定细节

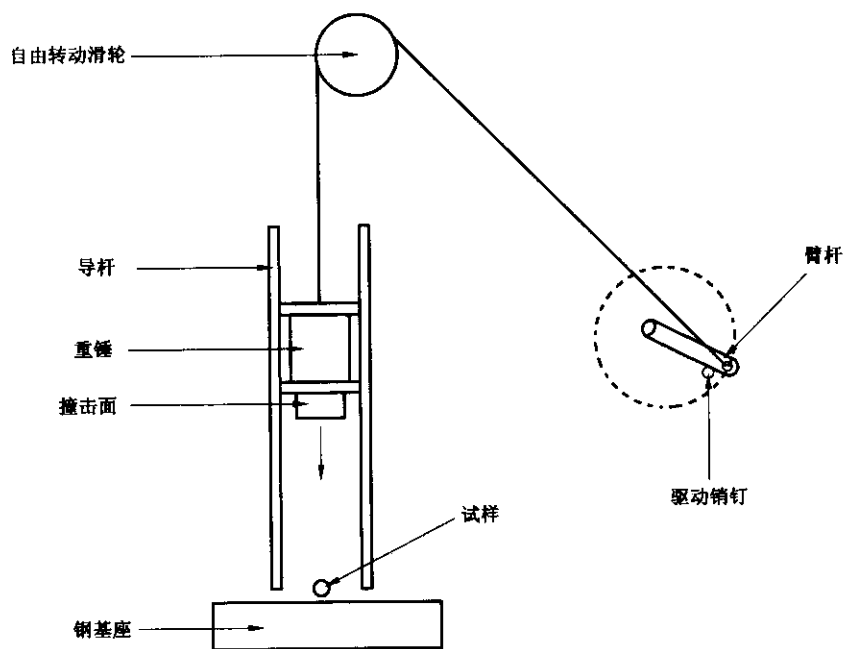
详细规范应包括如下内容:

- a) 冲击次数;
- b) 冲击能量;
- c) 试验温度;
- d) 撞击表面的半径 R ;
- e) 多次冲击的频率(当需要时);
- f) 在试样上的冲击位置;
- g) 光纤衰减变化(当要求时)。

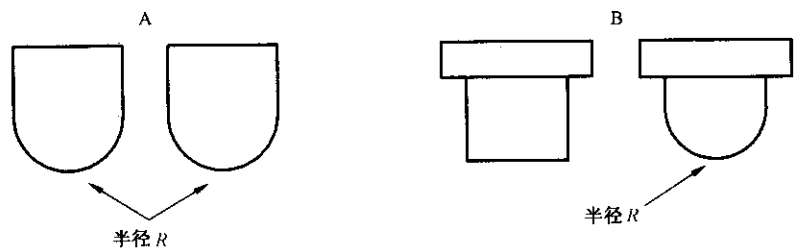


a) 用于几次冲击的设备

图 8 冲击试验



b) 用于多次冲击的设备



c) 撞击面详图

图 8 (续)

9 方法 E5: 已成缆光纤的剥离力稳定性

9.1 目的

本试验通过测量已成缆光纤暴露到各种环境条件后可剥性的变化来确定已成缆光纤剥离力的稳定性。

9.2 试样

9.2.1 试样长度

光缆或光纤试样的长度应足以施行规定的试验。

9.2.2 试样制备

抽取光纤的光缆,在抽出光纤之前应按详细规范中的规定作预处理。

试验应在取自分成两段(最小 2 m)的光缆试样中的光纤上执行。一段用于试验,另一段用于参考测量。

应提供足够的光纤试样,可用于测量的试验用试样和参考测量用试样各 10 个。

光纤抽出之后,应小心地去掉粘在光纤上的所有填充复合物,例如用柔软的薄纸擦净。

光缆的环境处理要求宜在详细规范中规定,也可由用户和制造厂之间商定。

9.3 设备

设备包括处理设备(当需要时)和光纤可剥性设备(见 GB/T 15972.32)。

9.4 程序

光纤可剥性应在环境处理过的试样上,在按详细规范中规定的恢复时间和修整之后,按 GB/T 15972.32 规定测量。应采用同样的方法测量取自参考光缆段的光纤试样的可剥性,并且应通过比较试验结果来确定剥离力的变化。

9.5 要求

剥离力的变化应满足详细规范中规定的要求。

9.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 光缆预处理;
- b) 光纤处理;
- c) 恢复时间和修整;
- d) 剥离力的允许变化。

10 方法 E6:反复弯曲

10.1 目的

本试验的目的是测定光缆承受反复弯曲的能力。

10.2 试样

10.2.1 试样长度

试样长度应足以施行规定的试验。当只是评定物理损伤时,长度范围可从 1 m(例如小直径的软跳线或双芯光缆)到 5 m(例如较大直径光缆)。当要求监测衰减变化时,则试样应是大长度光缆端部的一段。

10.2.2 终端

试样可在两端以连接器或者以把所有的光纤、护套和张力的构件夹持在一起的适当方式进行终端。弯曲设备上的夹子可能适用,或者试样足够长而不再需要终端约束。

10.3 设备

该设备应能使试样承受拉伸负载的同时,允许向铅垂线左右两边各弯曲 90°角。

适用光缆试验的设备示例见图 9,适用于光缆/连接器组件试验的设备示例见图 10。可使用其他等效的设备。

弯曲臂应有一个可调节的夹具或定位器,用于在整个试验期间有效地固定光缆,同时还不会挤压光纤和增加光纤损耗。对于带连接器的光缆,可通过连接器在弯曲臂上固定住光缆。

该设备应能循环运转。试样从铅垂位置摆动到右极限位置,然后摆动到左极限位置,再返回到起始的铅垂位置,构成 1 个循环。除非详细规范中另有规定,弯曲的速率应约为 2 s 1 个循环。

当详细规范中规定监测光纤衰减变化等时,试验设备应包括 3.8 规定的设备。

10.4 程序

- a) 试验环境条件应符合 3.4 规定。
- b) 本程序可规定为 6 步:
 - 第 1 步:在标准大气条件下预处理试样 24 h;
 - 第 2 步:应把试样固定到如图 9 或图 10 所示的设备上;
 - 第 3 步:按详细规范中规定,加上重物;
 - 第 4 步:测量合格判据参数,建立原始值;

- 第5步:按详细规范中规定的循环次数施行反复弯曲;
- 第6步:进行合格判据参数测量。当要求时,可把试样从设备取出来作目视检查。

10.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套不开裂。

10.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 循环次数;
- b) 重物质量;
- c) 弯曲半径 R 。

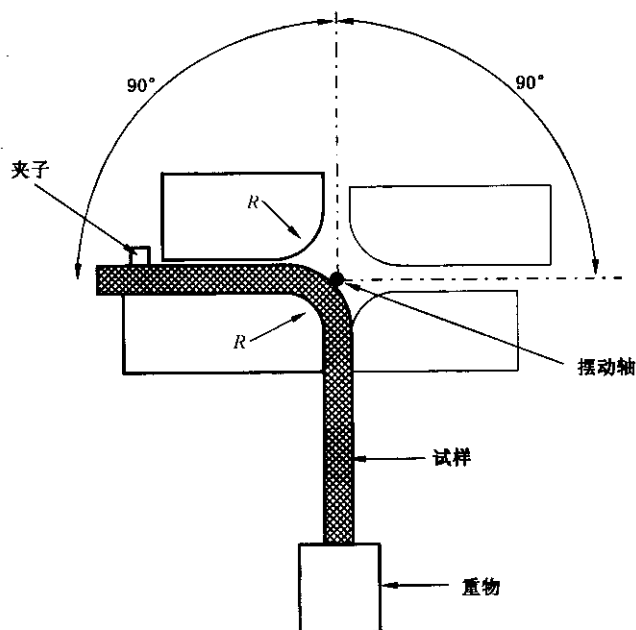


图9 光缆的反复弯曲试验

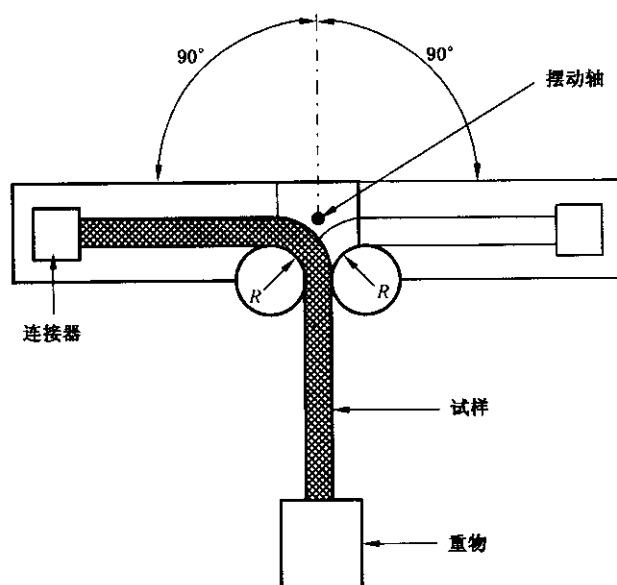


图10 光缆/连接器组件的反复弯曲试验

11 方法 E7: 扭转

11.1 目的

本试验的目的是测定光缆承受机械扭转的能力,首先是测量光缆外护套经受到外部扭转力时光纤的传输衰减变化,第二是评价由于扭应力产生物理损伤的可能性。

11.2 试样

试样长度应足以施行规定的试验,并能足以进行详细规范中要求的衰减变化监测。

11.3 设备

扭转设备实质上由两个夹持装置或夹头组成,一个固定,一个旋转,它们的间距可调。其中,旋转夹头由转动装置驱动,各夹头支座、夹持装置和旋转设备应便于安装试样。扭转设备示例见图 11、图 12 和图 13。

光缆夹持装置应能:

- a) 沿光缆四周夹持光缆,足以防止在夹具内滑移;
- b) 使牢固夹持的光缆成一直线;
- c) 既不产生由于夹具内口引起的光缆局部扭伤,也不在光缆上产生过分的局部压力集中;
- d) 使夹持过程不得在试样上产生任何显著的附加衰减。

如果详细规范有要求和(或)为了使试样接近直线形状,应使用重物或适当的加载机械,把张力负载加到光缆夹具架上(见图 12 和图 13)。

当详细规范中规定监测光纤衰减变化时,试验设备应包括 3.8 规定的设备。

11.4 程序

把试样装入试验设备中,使试验长度 L (见图 11、图 12 和图 13) 符合详细规范中要求,并使试样上无起始扭转应力。除了必需的扭转操作之外,在整个试验中不要移动或扰动试样端。

尽可能使试样的垂度(图 11 或图 12)或对铅垂直线的偏离(图 13)最小。

当详细规范中规定监测光纤衰减变化时,则应测量试样夹持前后的输出光功率变化,要求达到无显著劣化。

只要详细规范不禁止,可采用支撑受试段的方法或对受试段试样施加张力的方法,使试样的垂度或弯曲减至最小。详细规范要求施加张力时,除非详细规范另有规定,所施加的张力应符合表 1 规定。

表 1 施加的张力

光缆标称直径范围 mm	最小负载 N
≤ 2.5	15
2.6~4.0	25
4.1~6.0	40
6.1~9.0	45
9.1~13.0	50
13.1~18.0	55
18.1~24.0	65
24.1~30.0	70
≥ 30.1	75

当详细规范中规定监测光纤衰减变化时,则应测量夹持和施加张力负载之后试样的输出光功率。

按如下旋转可转动夹头:

- a) 顺时针旋转 180° 或有关规范规定的角度;
- b) 返回起始位置;
- c) 逆时针旋转 180° 或有关规范规定的角度;
- d) 返回起始位置。

这四步转动构成 1 个循环。除非详细规范中另有规定,每个循环在 1 min 内完成,总计 10 个循环。

第 10 个循环完成后,在最后的第 10 个循环期间的顺时针旋转的极限位置上和反时针旋转的极限位置上,以及在第 10 个循环完成后,确定通光光纤数。

让试样静置 5 min 后,进行合格判据参数的测量。当有要求时,试样可从设备中移出来,用正常视力作目视检查。

11.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套与(或)缆芯元件不损坏。

11.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 受试长度 L ;
- b) 施加的张力;
- c) 监测衰减变化的光纤数;
- d) 允许的最大衰减变化。

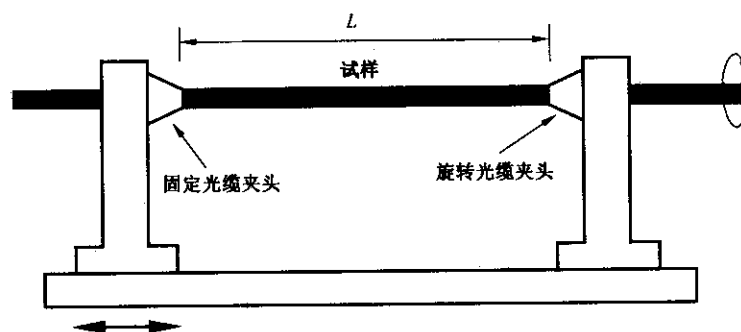


图 11 光缆扭转设备

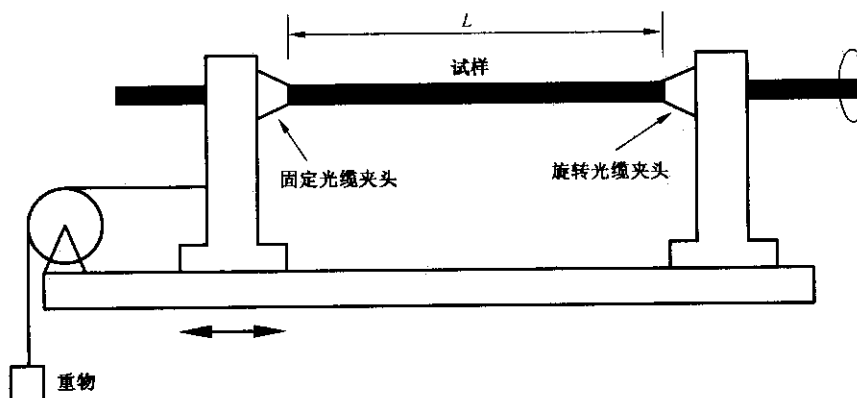


图 12 施加张力的光缆扭转设备

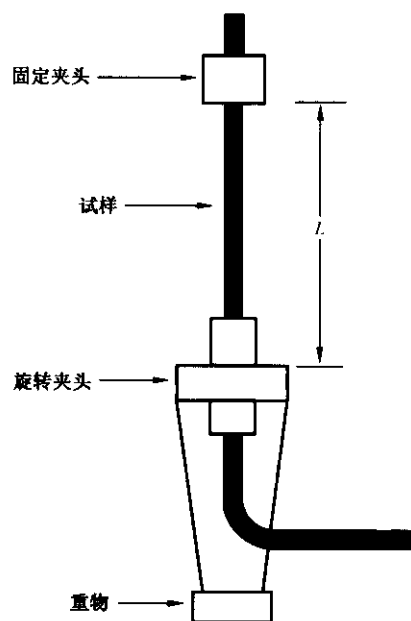


图 13 施加张力的代用光缆扭转设备

12 方法 E8: 曲绕

12.1 目的

本试验的目的是测定光缆(例如升降机光缆)承受运行中反复曲绕的能力。

12.2 试样

试样可在两端以连接器或者以把所有的光纤、护套和张力的构件夹持在一起的适当方式进行终端。试样长度应足以施行规定的试验。

12.3 设备

本试验设备示例见图 14。

对于圆形光缆各滑轮应具有半圆形槽,对于扁形光缆应具有平底槽。应把限位夹头 D 固定,使拉力总是由小车正在移离的那个重物施加。可使用其他等效的设备,例如 GB 5023.2 中指出的设备。

12.4 程序

试验环境条件应符合 3.4 规定。

试样应在这些滑轮上拉紧,各端用一个重物加上负载。这些重物的质量及滑轮 A 和 B 的直径应符合详细规范中规定。

小车从它的起始位置移动到横梁一端,随后在反方向移动到另一端,然后再返回到起始位置,构成 1 个循环。试样应曲绕详细规范中规定的循环次数。

12.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套与(或)缆芯元构件不损坏。

12.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- 滑轮 A 和 B 的直径;
- 重物的质量;
- 循环次数。

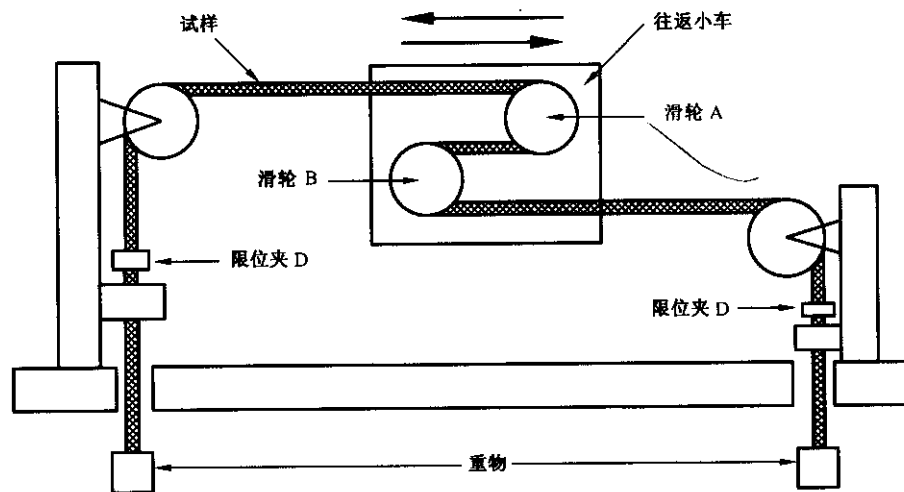


图 14 曲绕设备

13 方法 E10: 弯折

13.1 目的

本试验的目的是确定光缆成环直径缩小到规定值时是否引起光缆弯折。

13.2 试样

试样长度应足以施行规定的试验。

13.3 设备

不需要特殊的设备。

13.4 程序

试验环境条件应符合 3.4 规定。

应构成一个环(见图 15 中(1))，在圆环的底部的两端(见图 15 中(2))用处于一个平面内的两个力慢慢地拉，使圆环的直径减小到有关规范规定的最小值。观察光缆是否发生弯折。

13.5 要求

在详细规范中规定的最小环直径下，应不发生图 15 中(3)所示的弯折。

13.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容：

- a) 不发生弯折的最小环直径；
- b) 温度。

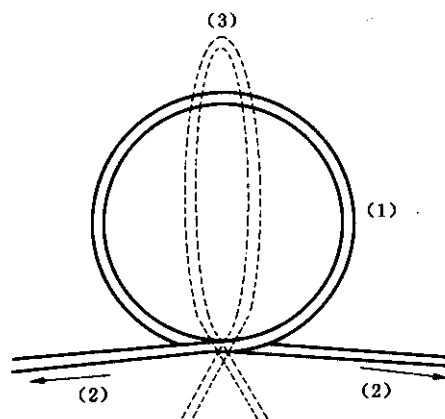


图 15 弯折试验

14 方法 E11:弯曲

14.1 目的

本试验的目的是测定光缆或光缆元件承受环绕在心轴上弯曲的能力。

14.2 试样

试样应在两端以一种适当方式把所有的光纤、护套和张力构件夹持在一起进行终端。

14.3 设备

一个单心轴设备,它应能使试样环绕试验心轴切向地密绕成螺旋线。

14.4 程序

按详细规范中规定,应采用下列两种程序之一。

14.4.1 程序 1——方法 E11A:卷绕

应把试样环绕心轴,以均匀速率卷绕成密绕螺旋线。卷绕时,应施加一个足够的张力,以保证试样紧靠着心轴。然后,应把试样退绕展开。

一次卷绕和一次退绕展开构成 1 个循环。

应在详细规范中规定心轴直径、每个螺旋线的圈数和循环次数。

14.4.2 程序 2——方法 E11B:U 型弯曲

应把试样围绕心轴弯过 180° ,并在弯曲期间保持拉紧。一次 U 形弯曲和紧接一次反向 U 形弯曲,然后返回到直线状态,构成 1 个循环。应在详细规范中规定心轴直径和循环次数。

14.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套不开裂。

14.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 所采用的程序(程序 1 或程序 2);
- b) 试验心轴直径(或心轴直径与光缆直径的比率);
- c) 循环次数;
- d) 螺旋线圈数(当采用程序 1 时);
- e) 最大允许附加衰减:
 - 试验期间(当必要时);
 - 试验之后(当必要时);
- f) 试验温度。

15 方法 E12:抗切穿

15.1 目的

本试验的目的是确定光缆(例如航空器光缆)护套抗切穿的能力。

15.2 试样

试样长度应足以施行规定的试验。

15.3 设备

试验设备应能以一个规定的速率施加一个规定的切入力。适用设备示例见图 16。针棒的半径应符合详细规范中的规定。

15.4 程序

除非另有规定,应以 (50 ± 10) N/min 的速率逐渐施加力,直至达到详细规范中规定的力值,并持续详细规范中规定的时间。

试验后,应利用 5 到 10 倍放大镜以目视检查试样损坏情况,以及检测光纤是否保持光学连续性。

15.5 要求

护套应无穿孔,光纤应不断裂。

15.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 针棒的半径;
- b) 试验温度;
- c) 施加的力;
- d) 施加力的速率;
- e) 施加力的保持时间。

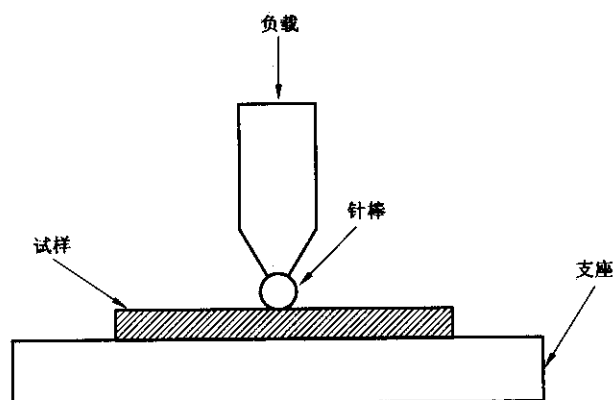


图 16 切穿设备示例

16 方法 E13:枪击

16.1 目的

本试验的目的是测定架空光缆承受霰弹猎枪枪击损坏的能力。

16.2 概述

有两种试验方法:

- a) 方法 E13A,它用霰弹猎枪对安放在架子上的光缆试样射击;
- b) 方法 E13B,它模拟来自霰弹猎枪小弹丸的冲击,单个弹丸以等于在至多 40 m 的给定射程上从霰弹猎枪射出弹丸的能量撞击到光缆试样内。

16.3 方法 E13A

16.3.1 试样

通常是一段 3 m 长的光缆。

16.3.2 设备

设备包括:

- a) 一支猎枪,应符合详细规范中的规定。
- b) 一个用于紧固光缆试样的支架,它应不妨碍试样自由摆动和适应射击的弹丸可能散射成椭圆形形状。
- c) 枪弹:
 - 1) 4 号或 7 号,或者按详细规范中的规定。
注 1: 枪弹尺寸宜体现出对架空光缆的严重危害。
 - 2) 弹丸的类型应符合详细规范中的规定。
注 2: 通常使用铅弹或钢弹,铅弹丸在冲击下会变形,其破坏性小于钢弹丸。

3) 弹壳的类型应符合详细规范中的规定。

16.3.3 程序

光缆试样应安放在架子上,在详细规范中规定的距离上射击。枪口和试样间的距离通常为 20 m。

16.3.4 要求

试验后,光缆试样中的光纤应不断裂。

试验报告应包括如下信息:

- a) 试验布置的细节,包括光缆的方位;
- b) 遭受损坏的报告,包括光纤是否断裂;
- c) 弹丸直径;
- d) 弹丸材料。

16.3.5 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 枪的类型;
- b) 枪弹尺寸;
- c) 弹丸的类型;
- d) 弹壳的类型;
- e) 枪口和试样间的距离;
- f) 合格判据。

16.4 方法 E13B

16.4.1 试样

试样长度应足以实施规定的试验。当只评价物理损害时,一段短长度已足够。当要求监测光学性能变化时,则试样应是必需的较大长度。

16.4.2 设备

合用的设备给于图 17。设备包括如下:

- a) 一个跌落重物。

跌落重物的示意图给于图 18,它由跌落重物主体和一个弹丸支撑销钉组成。

当从相应高度跌落时,使用的重物应足以模拟从给定射程射击的弹丸的能量。作为资料介绍,对于一个给定弹丸尺寸计算合用的质量和跌落高度的导则,给于 16.4.6 中。

选择的弹丸支撑销钉要使它的直径“B”不大于霰弹猎枪小弹丸的全直径,通常小 0.2 mm。为了降低小弹丸剪切和销钉损坏的危险,销钉表面宜作成用“A”示出的剖面,以提供平坦着陆。

对于小的光缆(通常小于 10 mm)而言,可用一个替代的跌落重物和弹丸支撑销钉来改良试验精度(见图 19),以便防止在试验期间试样转动和(或)弹丸偏斜。

- b) 跌落重物的导筒把重物导向试样,它装有释放销钉,以保障跌落重物在要求的跌落高度。通常,采用 25.4 mm 的正方形截面,使导筒内表面和柱形跌落重物体的外表面之间的摩擦最小。
- c) 一个定位板。
- d) 枪弹,4 号或 7 号,或者按详细规范中的规定。
- e) 塑料粘合剂。
- f) 当需要时,测量光学性能的光学试验装置。

16.4.3 程序

光缆试样应安放在定位板上,在靶区孔的正上方。安装在定位板上的夹具,可用于确保试样定位。如果记录光纤衰减变化,则安放的试样应使小弹丸冲击在至少一根被测量的光纤附近。用合适的材料,例如可反复使用的塑料粘合剂,把小弹丸安放到跌落重物的销钉上。粘合剂使用量宜少,以使冲击力不被粘合剂吸收。然后,把重物以释放销钉固定在导筒内的适当高度。然后,抽出释放销钉,使跌落重物

冲击到光缆试样上。

除非另有规定,在同一试样位置上只实施试验一次。

16.4.4 要求

试验合格判据应在详细规范中陈述。通常的合格判据包括缆心元件无损害(例如,未刺穿松套管)和光纤不断裂。

16.4.5 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 弹丸的尺寸;
- b) 弹丸的类型;
- c) 跌落质量;
- d) 跌落高度;
- e) 在分开的位置上冲击的次数;
- f) 合格判据;
- g) 试验温度。

16.4.6 跌落重物和高度的计算

霰弹猎枪小弹丸的动能计算式为:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E_k ——动能,单位为焦耳(J);

m ——小弹丸质量,单位为千克(kg);

v ——小弹丸速度,单位为米每秒(m/s)。

它等于跌落重物的势能:

$$E_k = E_p = Mgh \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

E_p ——势能,单位为焦耳(J);

M ——跌落重物的质量,单位为千克(kg);

g ——重力加速度,单位为米每秒平方(m/s²);

h ——跌落的距离,单位为米(m)。

于是,跌落重物的质量可用跌落高度来规定:

$$M = \frac{E_k}{gh} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

E_k ——动能,单位为焦耳(J);

g ——跌落重物的加速度,单位为米每秒平方(m/s²);

h ——跌落高度,单位为米(m)。

利用代表性弹壳数据,可规定适当的试验。例如,一粒铅弹丸具有平均质量为 0.083 3 g,从 25 m 射程射击,通常具有 234 m/s 的冲击速度。因此,利用式(1)可得:

$$E_k = 2.281 5 \quad (\text{J})$$

假设通常的跌落高度为 1 m,利用式(2)可得:

$$M = 233 \quad (\text{g})$$

当使用同一重物更便利时,可针对不同射程计算出跌落高度。

当需要定标时,可用护套材料制成的薄板来对比模拟方法和真正的野外试验,例如,高密度聚乙烯的 2 mm 薄板在距离 40 m 处射击。

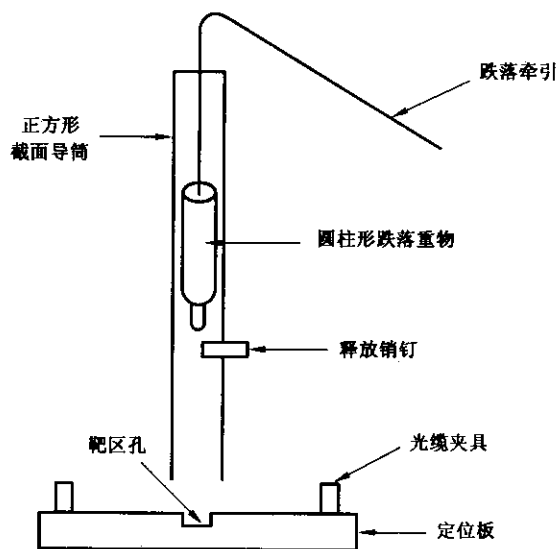


图 17 方法 E13B 的试验装置

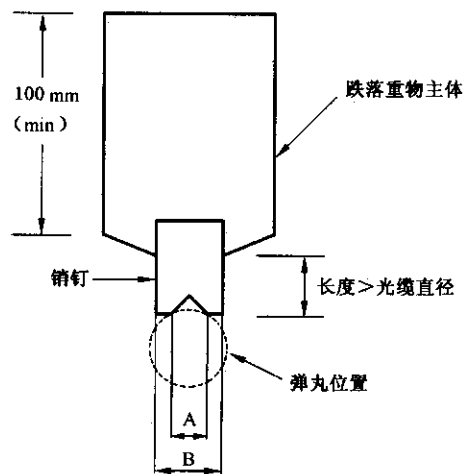


图 18 组装上弹丸支撑销钉的跌落重物

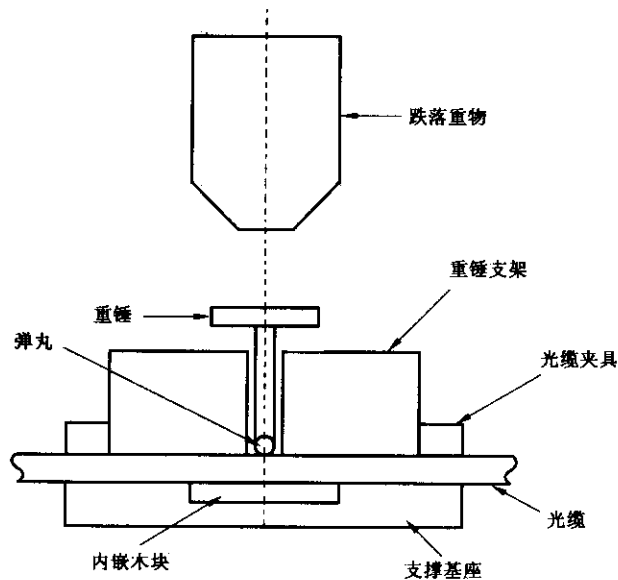


图 19 代用的跌落重物和弹丸支撑销钉

17 方法 E17:刚性

17.1 目的

本试验的目的是测定光缆的刚性。

17.2 概述

刚性是用于评价(例如在管道、线槽、导管或地板下)采用常规牵引技术安装时以及采用吹送技术时的光缆性能参数。刚性还用于保证跳线和室内光缆足够结实而又柔软,足以承受安装和正常使用。

依光缆型式而定,有三种可选的适用方法。各方法所测得的值可能不等同。

方法 E17A 和 E17B 适用于粗大的光缆。

方法 E17B 也适用于较细小的光缆,包括轻铠装光缆和室内光缆。

方法 E17C 适用于细小的光缆,例如加强型单芯光缆。

17.3 方法 E17A

17.3.1 试样

试样长度应大于试验用支架间的距离,并确保光缆元构件的任何内部移动都不得影响试验结果。

17.3.2 设备

三点弯曲试验装置示例见图 20。试样放在两个支架上,例如用可转动的棒支持试样,试样能自由移动。应提供措施把力施加到两支架间的中点,并测量随之产生的位移。

17.3.3 程序

按详细规范中规定的间距放置两支架。

把试样放在支架上,可用固定在拉伸试验机上的叶片或用重物钩在试样上加力,测量产生的位移。

当支架间距为 X (单位 m)、力 F (单位 N)引起的位移为 Y (单位 m)时,则刚性 B 为(单位 $N \cdot m^2$):

$$B = \frac{X^3}{48} \frac{F}{Y}$$

由于某些光缆,例如铠装光缆,可能显示出由弹性到非弹性的性能变化,如图 21 所示,因此,力的增量应能适宜于识别所有变化点。规定的刚性是弹性刚性,其数值由下式给出(单位 $N \cdot m^2$):

$$B = \frac{X^3}{48} \tan \alpha$$

17.3.4 要求

光缆刚性应满足详细规范中的规定。

17.3.5 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 光缆型式;
- b) 支架间距离;
- c) 试样长度;
- d) 最大力;
- e) 受试试样数;
- f) 加载速率。

17.4 方法 E17B

17.4.1 试样

试样长度应足以实施规定的试验,并确保光缆元构件的任何内部移动都不得影响试验结果。

17.4.2 设备

悬臂试验装置示例见图 22。试样用夹具紧固,应把力施加在试样远离夹具的那一端,测量产生的

位移。

在某些情况下,例如小跳线光缆,所用夹具应能控制试样的弯曲半径,如图 22b)所示。

17.4.3 程序

用夹具把试样固牢,可用拉伸试验机或用重物在距离夹具 L 处加力,测量产生的位移。

当跨距长度为 L (单位 m)、力 F (单位 N)引起的位移为 Y (单位 m)时,则刚性 B 为(单位 $\text{N} \cdot \text{m}^2$):

$$B = \frac{L^3}{3} \frac{F}{Y} \text{ 或 } B = \frac{L^3}{3} \tan \alpha$$

式中:

α ——弯曲角度。

17.4.4 要求

光缆刚性应满足详细规范中的规定。

17.4.5 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 光缆型式;
- b) 光缆跨距(L);
- c) 最大力;
- d) 试样长度;
- e) 受试试样数。

17.5 试验方法 E17C

17.5.1 试样

试样长度应足以施行规定的试验。

17.5.2 设备

试验装置示例见图 23,它能测量受试试样弯曲成 U 形时施加的力。适用设备是一台配有负载传感器的拉伸试验机,它能在规定的夹板间距下持续规定的时间。

17.5.3 程序

把试样安装在设备中呈直线状态。把夹板间距减小到由 $s \times d$ 得到的值,此处 d 为光缆直径, s 为详细规范中给定的间距系数。在详细规范中规定的持续时间之后,记录施加在试样上的力。

此时,刚性 B 为(单位 $\text{N} \cdot \text{m}^2$):

$$B = F\pi r^2$$

式中:

F ——实测的力,单位为牛顿(N);

r ——夹板处于最终间距时的光缆弯曲半径,单位为米(m)。

17.5.4 要求

光缆刚性应满足详细规范中的规定。

17.5.5 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 间距系数(s);
- b) 试验持续时间;
- c) 试样长度;
- d) 受试试样数。

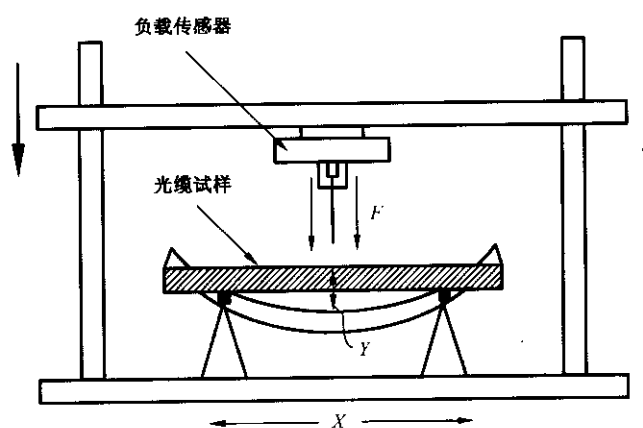


图 20 方法 E17A 的试验装置

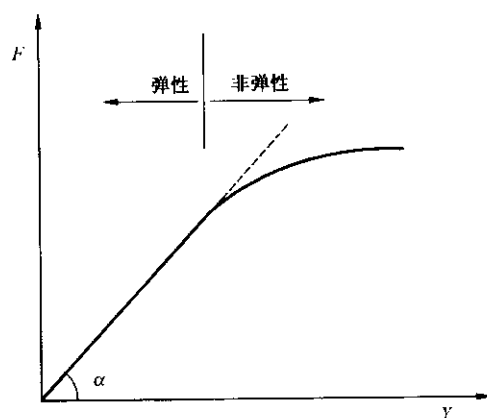


图 21 施加的力和位移的试验结果示例

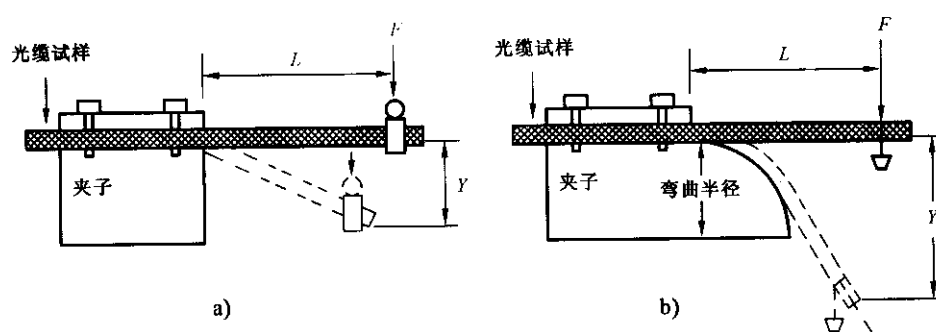


图 22 方法 E17B 的试验装置

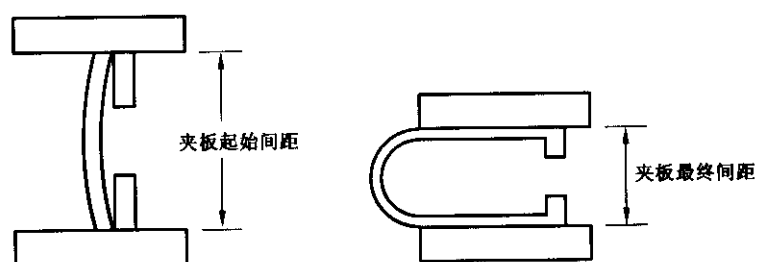


图 23 方法 E17C 的试验装置

18 方法 E18: 张力下弯曲(过滑轮试验)

18.1 目的

本试验的目的是测定光缆承受在安装期间施加规定负载时围绕滚筒或弓形物弯曲的能力。不同的程序叙述在下面的各条中。

——对于张力下一般的弯曲试验(方法 E18A), 程序 1 和 2(用固定的设备)适用。

——对于架空光缆(过滑轮试验)(方法 E18B), 程序 1、2、3 和 4 适用。

18.2 试样

试样应取自成品光缆的一端, 通常不用切断。试样的两端应适当终端, 以便于施加规定负载。

试样应在如图 24、图 25、图 26 和图 27 所示的 A 点和 B 点作上标记。标记 A 点和 B 点之间的间距应大于螺旋绞光缆的节距长度, 大于 S-Z 绞光缆的绞合反向点之间的距离。

18.3 设备

设备包括:

- 一台拉伸动力装置, 其力值的最大误差为 $\pm 3\%$ 。
- 当有要求时, 用于测定衰减变化的衰减测量设备和(或)光纤伸长应变测量设备。光纤的试验长度应最少 100 m。
- 所用的程序应在详细规范中规定, 宜反映可能经历的最严峻的安装设想。

程序 1:

一个滚筒/滑轮, 见图 24, 其半径 r 在详细规范中的规定。

程序 2:

两个滚筒/滑轮, 见图 25, 其半径 R 、距离 Y 和弯曲角度 θ 在详细规范中的规定。

程序 3:

一个滑轮, 见图 26, 其半径 R 和弯曲角度 θ 在详细规范中的规定。

程序 4:

三个滑轮, 见图 27, 其半径 R 和弯曲角度 θ 在详细规范中的规定。

18.4 程序

当详细规范中有要求时, 在施加规定负载之前和在试验之后负载为零时, 应监测记录传输光功率。按详细规范中的规定, 应采用依安装方法而定的如下各程序之一。

程序 1

- 除非另有规定, 光缆应围绕圆筒或详细规范中规定的装置最少 180° (U 型弯曲), 如图 24 所示。
- 应把张力连续地增加到详细规范中规定的值。
- 应把光缆从 A 点拉动到 B 点(见图 24), 然后返回到 A 点, 其速度和循环次数应符合详细规范中的规定。

程序 2

- 除非另有规定, 光缆应围绕两个圆筒弯成 S 形(S 型弯曲), 如图 25 所示。
- 应把张力连续地增加到详细规范中规定的值。
- 按如下两方法之一:
 - 应把光缆从 A 点移动到 B 点(见图 25), 然后返回到 A 点, 其速度和循环次数应符合详细规范中的规定。或者
 - 应把设备相对于光缆从 A 点移动到 B 点(见图 25), 然后返回到 A 点, 其速度和循环次数应符合详细规范中的规定。

程序 3

- 光缆应围绕一个圆筒或详细规范中规定的装置, 绕过详细规范中规定的角度, 如图 26 所示。

- b) 应把张力连续地增加到详细规范中规定的值。
- c) 应把光缆从 A 点移动到 B 点(见图 26),然后返回到 A 点,其速度和循环次数按详细规范中的规定。

程序 4

- a) 光缆应以详细规范中规定的角度绕过详细规范中规定的那些圆筒,如图 27 所示。
- b) 应把张力连续地增加到详细规范中规定的值。
- c) 按如下两方法之一进行:
 - 1) 把光缆从 A 点移动到 B 点(见图 27),然后返回到 A 点,其速度和循环次数应符合详细规范中的规定。或者
 - 2) 应把设备相对于光缆从 A 点移动到 B 点(见图 27),然后返回到 A 点,其速度和循环次数按详细规范中的规定。

18.5 要求

在无放大的情况下用目视检查,护套和(或)光缆元件应无明显损伤。

当有规定时,试验之后光纤的永久性残余附加衰减应不超过详细规范中规定的值。

其他详细要求,如光纤应变、护套伸长和光缆所含导电线的电气参数变化,宜在详细规范中规定。

18.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 采用的程序(程序 1、程序 2、程序 3 或程序 4);
- b) 试验期间施加的最大张力(通常最大负载为安装期间可能施加的负载);
- c) 光缆长度和张线下弯曲长度;
- d) 端头制备;
- e) 张力装置;
- f) 程序 1 中滚筒的半径 r ;
- g) 程序 2、3 或 4 中滚筒或圆筒或心轴的半径 R ;
- h) 程序 2 中距离 Y ;
- i) 程序 2、3 或 4 中弯曲角度 θ ;
- j) 移动速度(通常不大于安装速度);
- k) 移动循环次数;
- l) 试验期间光纤的允许应变(当有规定时);
- m) 试验后护套允许伸长(当要求时);
- n) 注入条件和衰减测量装置(当有关时);
- o) 光缆中所包含导电线的电气参数的允许变化(当有规定时)。

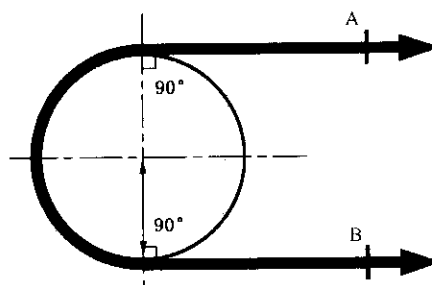


图 24 U 型弯曲

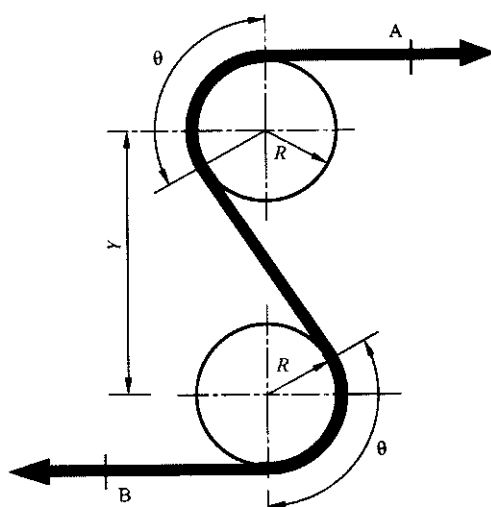


图 25 S型弯曲

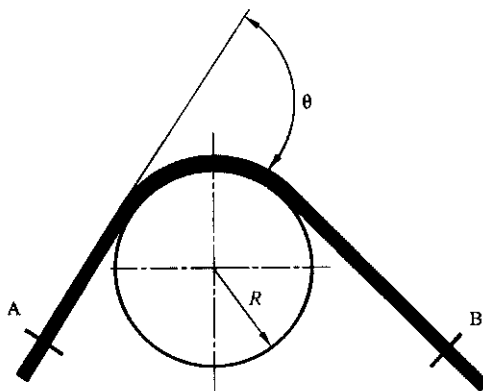


图 26 单一局部弯曲

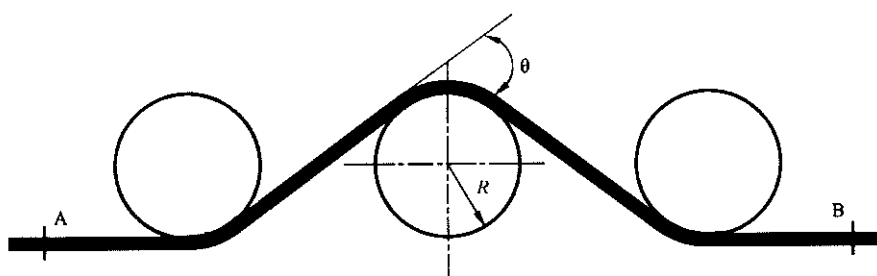


图 27 多个局部弯曲

19 方法 E19: 风振

19.1 目的

本试验的目的是使架空光缆遭受类似于架空线路中层流风引起的振动所强加的动态应力。

19.2 试样

试样的最小长度为 50 m, 或按详细规范中的规定。为了试验期间(按详细规范中的规定)在一根或几根光纤中监测传输光功率而制备光缆两端。光纤的最小监测长度应为 100 m, 当必要时, 各光纤允许在光缆端部作接头。

19.3 设备

试验设备应包括如下：

- 试验装置(典型安排示于图 28)；
- 电子控制的震动器；
- 测力计,负载传感器,已定标的测力杆或测量光缆张力的其他装置；
- 标称波长为 1 550 nm 的光源和光功率计,用于测量光功率和测量 0~300 Hz 频率范围内的光功率波动；
- OTDR,当详细规范中有要求时。

19.4 程序

在加张力之前,试样两端应进行终端,以使光纤相对于光缆不能移动。测力计、负载传感器、已标定的测力杆或其他装置,应用于测量光缆张力。同样的方法宜用于在试验期间温度波动时保持张力恒定。光缆应加载到约(15~25)%RTS(额定拉断力)或按详细规范中给定的值。

系统终端之间的总档距应最小 30 m。最小活动档距宜约为 20 m,一个适当的吊挂组件位于两堵塞端组件之间距离的约三分之二处。可采用较长的活动档距和(或)后档距。档距应吊挂在一个高度上,使活动档距中光缆对水平的静态弧垂角为 $(1.5 \pm 0.5)^\circ$ 。

应提供措施,在自由弧环处,而不在支撑弧环处,测量和监控弧环中点(波腹)的振幅。

利用电子控制的震动器,在垂直平面内激振光缆。震动器衔铁应牢固地扣住光缆,使它在竖直平面内垂直于光缆。震动器宜位于档距内,使吊挂组件和震动器之间至少成六个振动弧环。

试验应在给定风态的频率范围内的一个或几个谐振频率下实施。风振通常在 0.5 m/s 到 7 m/s 的层流风下发生。

振动频率 f (Hz) 正比于风速 v (m/s),反比于缆径 D (m),由下式给出:

$$f = kv/D \quad (\text{Hz}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

k ——斯德鲁哈尔常数(对于架空缆和导线为 0.2)。

振动的波长(λ)(等于两个弧环长度)由下式给出:

$$\lambda = (1/f) \sqrt{T/m} \quad (\text{m}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

T ——光缆张力,单位为牛顿(N);

m ——单位长度的质量,单位为千克每米(kg/m)。

注:当光缆结构属性需要时,光缆宜解除初始应力。因此,在起始阶段,试验档距需要连续关注和监测试验参数,直至试验档距稳定为止。

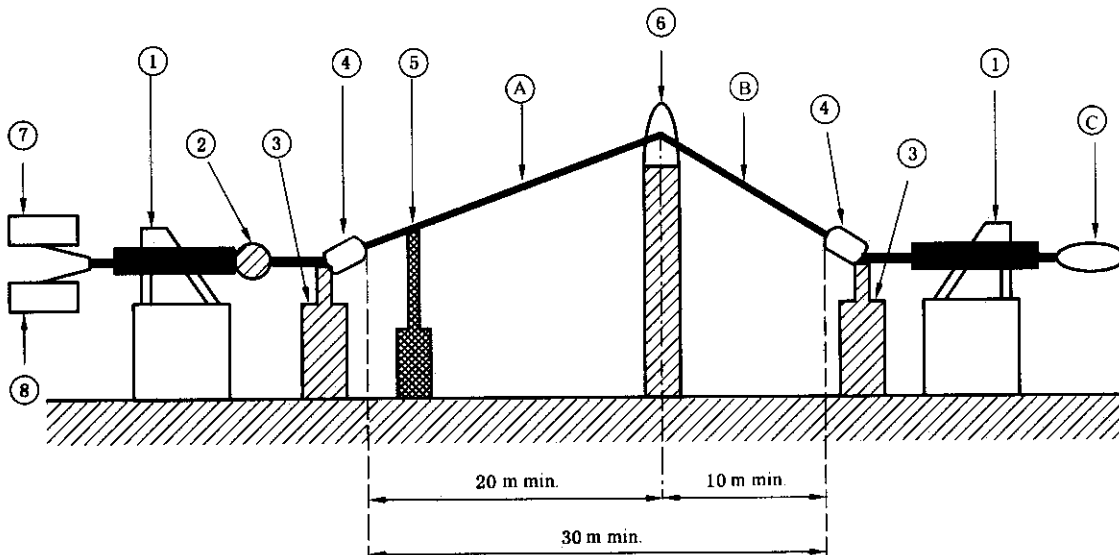
19.5 要求

任何对光缆或各元构件部分的短暂或长期的损害迹象,或有要求时,衰减变化大于详细规范中规定的值,都应是一次失效。

19.6 待规定细节

- a) 振动试验台的特性;
- b) 档距长度;
- c) 所用的吊挂装置和锚定装置的特性;
- d) 光缆安装张力,包括当第一阶段施加时的任何过张力系数;
- e) 受试光缆和光纤的长度(当光纤之间存在接头时,接头的特性);
- f) 进行光学监测的波长;
- g) 试验期间保持的振动模式(特性);
- h) 端头的制备;

- i) 测量设备的特性,包括测量装置和注入条件;
- j) 试验期间的环境温度和湿度;
- k) 光缆的单位长度质量和直径。



- 1——端部支座;
- 2——负载传感器;
- 3——中间支座;
- 4——堵塞端组件;
- 5——适用的震动器;
- 6——吊挂组件;
- 7——测量入口;
- 8——测量出口;
- A——活动档距;
- B——后档距;
- C——光纤接头。

图 28 风振试验

20 方法 E20:成圈性能

20.1 目的

本试验的目的是验证铠装的水下光缆在安装时成圈和解脱的能力。

20.2 试样

从受试光缆取下足够长度的光缆,应能以规定直径构成规定圈数(例如,10 圈)。

20.3 设备

除了一个足以圈成规定圈数的平地之外,试验不需要设备。圈的直径应符合规定的最小成圈直径。

20.4 程序

除非另有规定,试验应在相应于装船和敷设环境条件的一个规定温度下实施。

试样应取自光缆产品的端部,在合适的地面上圈成扁平状。在试验期间,光缆始端应固牢。成圈宜从光缆制造、装载和敷设期间通常所设想的高度上进行。

成圈应以制造商规定的直径开始。成圈的方向宜按制造商所指明的方向。

20.5 要求

光缆应形成光滑的圆形,在地面上所有围绕圆周的路径保持扁平。其他要求可在详细规范中规定。

20.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容：

- a) 试样长度；
- b) 成圈直径；
- c) 圈数；
- d) 温度。

21 方法 F1: 温度循环

21.1 目的

本方法适用于用温度循环来试验光缆，以确定遭受温度变化时光缆衰减的稳定性。

光缆衰减变化可能伴随温度变化而发生，这通常是因为光纤的热胀系数与光缆加强构件和护层的热胀系数不同而引起光纤弯曲或拉紧的结果。温度相关性测量的试验条件应模拟最坏的情况。

本试验能用于监测在贮存、运输和使用期间可能发生的温度范围内的光缆性能，或者检验在一个选定的温度范围内（通常比上述情况所要求的更宽）光缆结构中（与光纤基本无微弯状态有关联的）衰减稳定性。

21.2 试样

试样应当是一个制造长度，或者是详细规范中指出的、而且适合于取得期望的衰减测量精度的足够长度的样品。按详细规范中的规定，宜监测分布于光缆结构上足够数量的有代表性的光纤。

为了获得可重复的数值，光缆试样应当以松弛的圈或绕在盘上放入气候室中。

光缆的弯曲半径可能影响光纤适应光缆各元构件热胀冷缩有差异的能力（例如通过在光缆内滑动），因此，试样处理条件宜尽可能实现接近正常的使用条件。

潜在的问题在于试样和支持物（线盘、笼式线架、托盘等）的膨胀系数间的实际不同，只要“无影响”的条件未完全实现，它就能在热循环期间对试验结果产生显著影响。

有影响的参数主要是温度处理的细节、支持物的类型和材料、试样圈和缆盘的直径等。

通常推荐：

- a) 卷绕直径应当足够大，以保持光纤适应膨胀差和收缩差的能力。卷绕直径显著大于光缆交货选定的值，可能是必要的。
- b) 应抑制由于温度处理所产生的光缆膨胀（或收缩）受到限制的任何危险性。尤其宜特别小心避免试验期间在光缆上残留张力。例如，不推荐紧绕在缆盘上，因为这会限制低温下光缆收缩。另一方面，多层紧绕能限制高温下的膨胀。
- c) 推荐采用松绕，例如大直径成圈，带柔软层的或简易零张力装置的缓冲缆盘等。

当需要时，为了限制受试光缆长度，允许把光缆中几根光纤连接起来后进行测量。应限制接点数量，宜把接点放置在气候室外面。

21.3 设备

设备包括：

- a) 一台适合测定衰减变化的衰减测量设备（见 GB/T 15972.46—2008 中方法 B 或 YD/T 629.2）。
- b) 一个气候室，其大小应适合于容纳光缆试样，其温度应可控制，以保持在规定的试验温度的 $\pm 3^\circ\text{C}$ 以内。GB/T 2423.22—2002 第 2 章“试验 Nb”中指出一个适用的气候室示例。

21.4 程序

本方法的程序如下：

- a) 初始测量

除非另有规定，试样应在 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 下预处理 24 h。然后，应对试样作目力检查，并应在初始温度下测定衰减的基准值。

b) 处理

- 1) 应把处于环境下的试样放进也处于那个温度下的气候室内。
- 2) 然后,应以适当的冷却速率把气候室内的温度降低到适当的低温 T_A 。
- 3) 在气候室内的温度达到稳定之后,试样应暴露于该低温条件下适当时期 t_1 。
- 4) 然后,应以适当的加热速率把气候室内的温度升高到适当的高温 T_B 。
- 5) 在气候室内的温度达到稳定之后,试样应暴露于该高温条件下适当时期 t_1 。
- 6) 然后,应以适当的冷却速率把气候室内的温度降低到环境温度值。这个程序构成一个循环(见图 29)。
- 7) 除非在有关的详细规范中另有要求,试样应经受两个循环。
- 8) 有关的规范应陈述:
 - 在处理期间的衰减变化和检查要求;
 - 在哪个(些)时期之后进行这些检验。
- 9) 在从气候室取出之前,受试试样应在环境温度下已达到温度稳定。

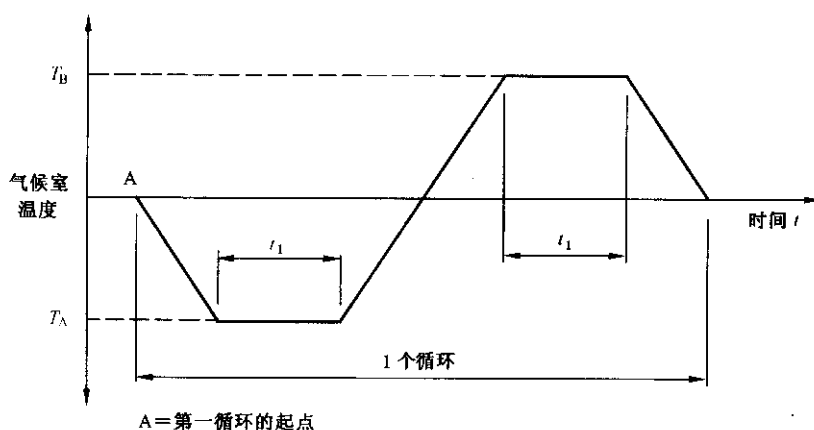


图 29 一个循环的温度循环图

- 10) 如果有关规范指出贮存和使用时的温度范围不同,则允许按图 30 用一个组合试验程序来代替两个不同温度的试验。

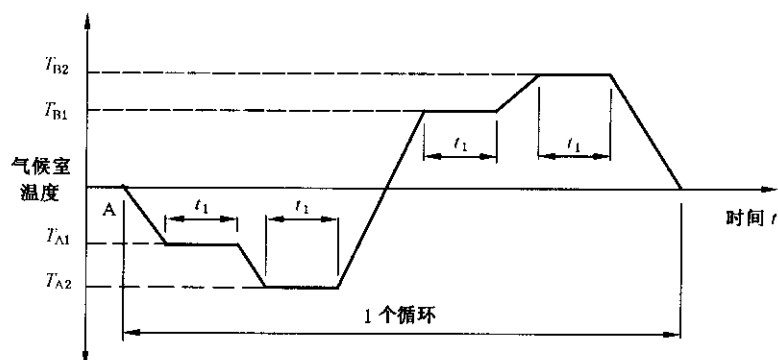


图 30 组合试验温度循环图

- 11) T_A 、 T_B 和 t_1 的数值和冷却(或加热)的速率应在详细规范中规定。
依光缆结构而定,光缆缆芯的温度可能不同于气候室的规定温度。

c) 恢复

- 1) 如果从气候室取出之后环境温度不是试验用标准大气条件,则试样应在标准大气条件下达到温度稳定。

2) 有关的详细规范可对给定型式的试样要求一个规定的恢复期。

21.5 要求

试验的合格判据应在详细规范中规定。通常的合格判据是光纤不断裂、衰减变化不超过详细规范中规定的值和光缆护套与(或)缆芯元构件不损坏。

21.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 光缆试样长度;
- b) 光纤总数和监测光纤数;
- c) 受试光纤长度;
- d) 光纤之间的连接类型(当有它时);
- e) 卷绕的型式
 - 1) 成圈、装盘、其他(在带缓冲垫的缆盘情况下,应陈述缓冲垫的类型和所用的材料);
 - 2) 卷绕的直径;
 - 3) 单层或多层;
 - 4) 卷绕张力和简易零张力装置(当有它时);
- f) 测量设备的类型;
- g) 注入条件;
- h) 温度循环图;
- i) 循环次数;
- j) 在每个温度极值下的湿度水平(当需要时);
- k) 在规定波长下的衰减变化与温度循环的函数关系。

22 方法 F3:护套完整性

待定。

23 方法 F5:渗水

23.1 目的

本试验适用于连续阻水的光缆,其目的在于确定光缆阻止水沿着规定长度迁移的能力。

应按详细规范中的规定,采用如下两个方法(F5A 或 F5B)之一在光缆试样上来检验合格性。方法 F5A 试验缆芯和护套之间的水迁移,而方法 F5B 试验整个阻水截面上的水迁移。

23.2 试样

23.2.1 方法 F5A

应在距离光缆试样段一端 3 m 处环状去除 25 mm 宽的护套和包带,应把一个水密闭套管施加在暴露的缆芯上,如同桥接在护套间隙上,并容许施加 1 m 高水头。

23.2.2 方法 F5B

光缆样品的长度应大于受试长度(一般为 3 m)约 1 m。当有要求时,试样按 14.4.2 经受 U 型弯曲程序。然后,应从样品的中央部分取一段 3 m 的光缆试样,把一个水密闭套管施加到试样的一端,施加 1 m 高水头。

注:对于铠装层未设计为阻水的铠装光缆,在施加密封之前可剥除铠装。

23.3 设备

合适的试验安排见图 31。

23.4 程序

除非详细规范中另有规定,试样应水平地支撑,并应在 $(20\pm5)^{\circ}\text{C}$ 温度下施加 1 m 水高 24 h。

可使用水溶性荧光染料或其他合适的着色剂来检测水泄漏。宜仔细选择荧光染料,使它不得与光缆的任何组件发生反应。

23.5 要求

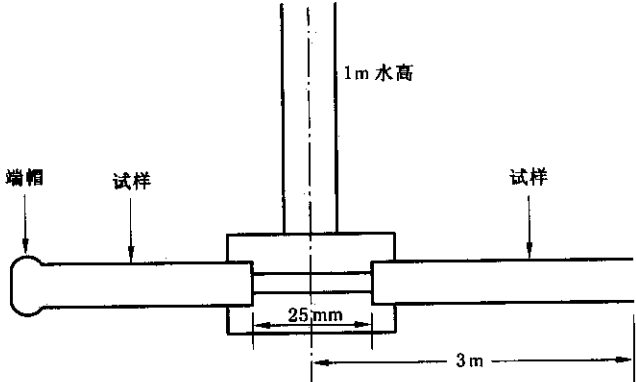
在试样未密封端应检测不到水。如果使用荧光染料,可使用紫外光来检查。

注:上述试验程序是一种基本验收要求,对日常试验,可以用较短长度的试样试验较短的时间。

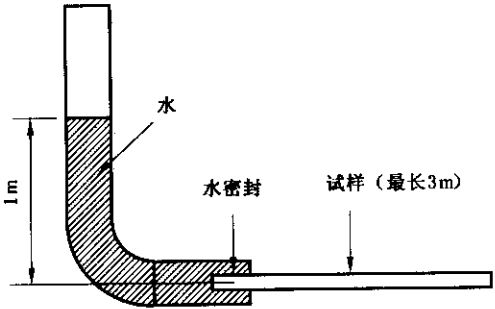
23.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 采用的方法和试验的横截面;
- b) 施加的弯曲程序(当要求时);
- c) 染料的量和类型(当应用时)。



a) 方法 F5A



b) 方法 F5B

图 31 渗水试验

24 方法 F6:复合物滴流

24.1 目的

本试验用于验证填充和浸渍的复合物在规定的温度下不会从填充光缆中流出。

24.2 试样

a) 数量和类型

除非另有规定,应从被试光缆的样品中取有代表性的 5 个试样。

b) 长度

除非另有规定,每个试样的长度应是 (300 ± 5) mm。

c) 制备

按如下制备各光缆试样,但当 d)项中有要求时可作一些修改:

- 1) 从试样一端去除一段(130±2.5) mm 的外护套材料。
 - 2) 从同一光缆端去除(80±2.5) mm 长度的所有残留的非填充光缆构件(例如,铠装、屏蔽、内护套、螺旋施加的加强构件、止水带和其他缆芯包带等)。不得扰动光缆的留下部分(例如,含光纤的松套管和为整成圆形用的填充绳等)。
 - 3) 去除在 1)或 2)中受扰动而松散附着的填充材料或浸渍材料,但是保证试样实质上保持被填充材料或浸渍材料所涂覆(即不得擦拭干净)。
 - 4) 如果允许预处理,则在施加夹子、塞子等之前把每个试样称重。
 - 5) 对于含有诸如光纤束或光纤带之类组件的光缆,在试验期间这些组件可能在它们的自重下移动,可在试样的未制备端以不扰动试样余留部分的方式,用夹子、环氧堵塞或其他满足本程序意图的方法把这些组件固定。
 - 6) 当详细规范许可时,可以把松套管和护套的上端密封起来,以便模拟大长度光缆段。
- d) 试样终端
- 如果详细规范允许,对于实际使用的终端光缆而言,光缆试样的下端按照制造厂的建议终端。
- c)项的各部分可能受这个终端的影响,但是 c)项的意图仍要遵循。

24.3 设备

执行本试验需要如下的设备:

- a) 一台温度试验箱,其内部空间应足以使试样保持垂直位置,它具有足够的热容量,以便在试验期间保持规定的温度。如果温度试验箱是空气循环型的,空气应不直接吹在试样上。
- b) 非吸湿性的容器,用于接住滴落的复合物材料。
- c) 一台天平,其精度不劣于 0.001 g,它能称出空容器和装有允许量滴落物的容器之间的质量差。

24.4 程序

应按如下规定进行试验:

- a) 把温度箱预热到详细规范中规定的温度。
- b) 把每个制备好的试样垂直悬挂在箱中,制备端向下。把预称重的清洁容器放在悬挂试样的正下方,但是不接触。
- c) 如果详细规范允许,可按下面 1)到 3)的规定实施预处理;否则继续 d)。
- 1) 保持温度箱的温度稳定,除非详细规范中另有规定,各试样预处理 1 h 时间。
- 2) 在规定的预处理时间结束时,用另一个预称重的清洁容器来代替原来那个容器。然后,把原来那个容器再称重,以测定预处理期间可能已从光缆中滴出的复合物量。当测定的量大于规定的预处理限值时,应构成为失效。除非详细规范中另有规定,预处理限值应小于光缆试样总质量的 0.5%与 0.5 g 的较小者。
- 3) 除非详细规范中另有规定,继续试验 23 h,然后,继续 e)。
- d) 保持温度箱的温度稳定,除非详细规范中另有规定,试验 24 h 时间。
- e) 在规定的试验时间结束时,把容器取出称重,计算出可能已经从光缆中滴出的复合物量。
- f) 记录每个光缆试样滴出的复合物量。除非详细规范中另有规定,当滴流量不大于 0.005 g 时,报告为“未滴流”。

24.5 要求

除非详细规范中另有规定,应允许所有光缆试样的最大滴流量为 0.050 g。如果从 5 个初始试样之一的滴流量超过 0.050 g,但是不超过 0.100 g,则按 24.2 c)制备 5 个附加的光缆试样,并按 24.4 的 a)到 f)进行试验。如果第二组试样中没有一滴流量超过 0.050 g,则应认为试验合格。

24.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 试验温度;

- b) 预处理细节(当有要求时):
 - 1) 陈述允许预处理(当有要求时);
 - 2) 对不按 24.4 c)规定履行预处理程序的规定;
 - 3) 预处理通过/失效的判据;
- c) 对应用本程序要求的任何异议;
- d) 合格(通过/失效)判据(当另有失效判据时)。

25 方法 F7:核辐照

25.1 背景

光缆暴露于核辐照中能引起光纤的衰减变化和光缆结构所用材料的物理特性变化。

当暴露于核辐照时,成缆光纤和未成缆光纤的衰减通常增加,这首先是由于在玻璃中的缺陷位置俘获放照电子和空穴的缘故。聚合物材料暴露于辐照中通常引起性能劣化,例如拉断力、断裂伸长率和冲击性能随着材料变脆而劣化(虽然某些材料在相对低的辐照下由于交链而初期表现出改善)。

在光缆工作环境包括暴露于核辐照中的特殊情况下,例如军用和核电站及核试验室用的光缆,可选用具有适当辐照响应的光纤和材料,也可考虑光缆结构中加入金属护套或复合屏蔽层。

25.2 测量程序

- a) 光纤

对于包括已成缆光纤在内的光纤的辐照响应,采用方法 GB/T 15972.54。
- b) 材料

对于材料的辐照响应,采用 IEC 60544 规定方法。

26 方法 F8:气阻

26.1 目的

本试验仅适用于采用充气保护的非填充光缆。其目的是测量这种光缆的充气气阻。

26.2 试样

成品光缆的试样应具有足以施行规定试验的长度。

26.3 设备

设备包括:

- a) 充气设备,用于给试样提供受控气压;
- b) 一只流量计;
- c) 一只气压表;
- d) 一只温度计。

26.4 程序

应测量环境温度和大气压。

成品光缆段应有一端连接到提供稳态干燥空气流的受控气压源,在 20℃ 下气流的相对湿度为 5% 或更低。光缆的另一端应向大气敞开。

除非另有规定,施加在光缆两端间的气压差应为 62 kPa,其相对误差为 ±2%。采用定标到 ±10% 的流量计记录稳态气流。

应只测量那些在护套以内通过的气路。

应以反方向的气流进行第二次测量,其测量结果应分别记录。

由下式计算气阻:

$$\text{气阻} = \frac{3\,720}{f \cdot L} \text{ kPa} \cdot \text{s}/(\text{m}^3 \cdot \text{m})$$

式中:

L ——试样长度,单位为米(m);

f ——流量,单位为立方米每秒(m^3/s)。

26.5 要求

气阻应满足详细规范中的最大值规定。

26.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 最大气阻;
- b) 试样长度;
- c) 气压(当不同于 62 kPa 时)。

27 方法 F9:老化

本试验程序在考虑中。

28 方法 F10:耐静水压

28.1 目的

本试验的目的是通过测量衰减或监测衰减变化来确定水下光缆承受静水压的能力。

28.2 试样

试样的长度应足以在加压桶外面的两端进行终端。

28.3 设备

设备应包括如下:

- a) 合适的衰减测量设备,用于监测衰减变化(见 3.8);
- b) 加压桶。加压桶的大小应足以容纳详细规范要求的最小长度。

28.4 程序

试验在室温下进行。除非另有规定,压力应保持 24 h。

光缆应安装在加压桶中。加压桶内的水压在试验期间应是光缆将安装的海底处水压的 1.1 倍。

在试验之前、之中和之后,应监测衰减变化。

注:要特别注意加压桶两端不密封会影响试验结果。

28.5 要求

除非详细规范中另有规定,试验期间和之后,应无附加衰减。

28.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 试样长度;
- b) 压力;
- c) 加压持续时间。

29 方法 G1:光缆元件的弯曲

29.1 目的

本试验的目的是通过确定光纤元件在接头盒或类似装置内弯曲时的附加衰减来表征光缆元件的接续特性。

29.2 试样

光纤元件试样的长度应足以实施规定的试验。

29.3 设备

设备包括:

- a) 一个具有平滑表面的心轴,其直径符合详细规范的规定。
- b) 一台衰减监测设备(3.8)。

29.4 程序

受试元件应松绕在心轴上,其圈数应符合详细规范的规定。

然后,测量光纤衰减,在扣除光纤的固有衰减后得到弯曲引起的附加衰减。

29.5 要求

任何附加衰减应满足详细规范中规定的限制值。

29.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 监测衰减的波长;
- b) 心轴直径;
- c) 卷绕圈数;
- d) 设备和衰减监测技术;
- e) 温度。

30 方法 G2: 光纤带几何尺寸的观测法

30.1 目的

本试验的目的是确定用宽度、厚度和光纤排列来定义的光纤带几何结构,作为接受特定制造工艺的型式试验。除非另有规定,本试验一般不用于产品的出厂检验。

30.2 试样

受试试样数应在详细规范中规定。选定的这些试样应在统计上独立代表被试光纤带总体。

30.3 设备

设备包括一台有合适放大倍数的显微镜或剖面投影仪。

30.4 程序

对于规定数量的试样而言,应测量所有尺寸的平均值以及最大值和最小值。

可采用如下两个程序之一。

30.4.1 方法 1

试样制备时,把它垂直于光纤带的轴线切断,放入可固化的树脂中或夹持工具内。当需要时,试样应被研磨和抛光,制备成平滑的垂直端面。保证制备好的试样端面垂直于光路,并用显微镜或剖面投影仪来测量。

注:宜小心制备试样,不得改变光纤带的结构,使它代表光纤包层和光纤带横截面的未扰动图像。

30.4.2 方法 2

把光纤带放置在一个光纤带夹具内,用热剥带工具去除光纤涂覆层和成带材料 20 mm~25 mm,并用浸湿酒精的薄纸擦净光纤的剥除部分。调节光纤带在夹具中的位置,在距离光纤带剥离边缘 250 μm ~500 μm 处折断光纤。把光纤带的另一端切断并抛光,用聚焦光源照亮它。在显微镜下调准和测量光纤带的折断端。

注:宜小心制备试样,不得改变光纤带的结构,使它代表光纤包层和光纤带横截面的未扰动图像。

30.5 要求

除非详细规范中另有规定,宽度、厚度和光纤排列应符合有关光纤带的规范规定。

30.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 允许的最大和最小值；
- b) 平均值；
- c) 受试试样数。

31 方法 G3: 光纤带尺寸的孔规法

31.1 目的

本试验的目的是验证光纤带的功能性,用于评估光纤带的总尺寸。为了保证功能性,边缘粘连型光纤带的尺寸可用孔规进行控制和最终检验。其意图是验证光纤带端部是否能插入并适当对准商用剥离工具的导槽。适用于封包型光纤带的本方法在考虑中。

31.2 试样

除非详细规范中另有规定,应从受试光纤带取 5 个试样,每个的最小长度为 50 mm。

31.3 设备

如图 32 所示的一只孔规,它有一个基于光纤带尺寸要求在详细规范中规定的孔。

31.4 程序

拿住受试光纤带试样中间,把 10 mm 端部插入并穿过孔规。

31.5 要求

光纤带端部 10 mm 必须能自由地插入并穿过孔规,且试样无机械损伤。

31.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 孔规的尺寸；
- b) 受试试样数。

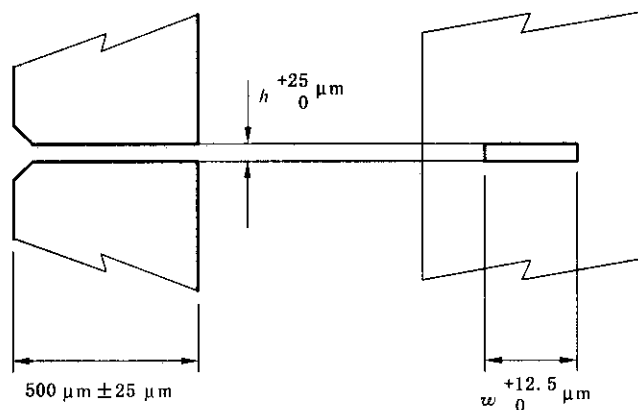


图 32 孔规

32 方法 G4: 光纤带尺寸的千分表法

32.1 目的

本试验的目的是确定光纤带的宽度和厚度。

32.2 试样

受试光纤带数量应在详细规范中规定。选定的光纤带试样应在统计上独立代表受试光纤带总体。

32.3 设备

应采用一只度盘式千分表测量光纤带的宽度和厚度,其最大测量力为 1.4 N。典型的千分表见图 33。

32.4 程序

应在受试光纤带两端各进行至少 5 次宽度和厚度测量,然后求取平均值。当测量宽度时,应把光纤带弯成一个环,如图 33 所示,使光纤带垂直于千分表的测量表面。

32.5 要求

除非详细规范中另有规定,宽度和厚度应符合有关光纤带的规范中的要求。并且应记录带宽和带厚的各最小值、最大值和平均值。

32.6 待规定细节

详细规范应规定受试光纤带数量。

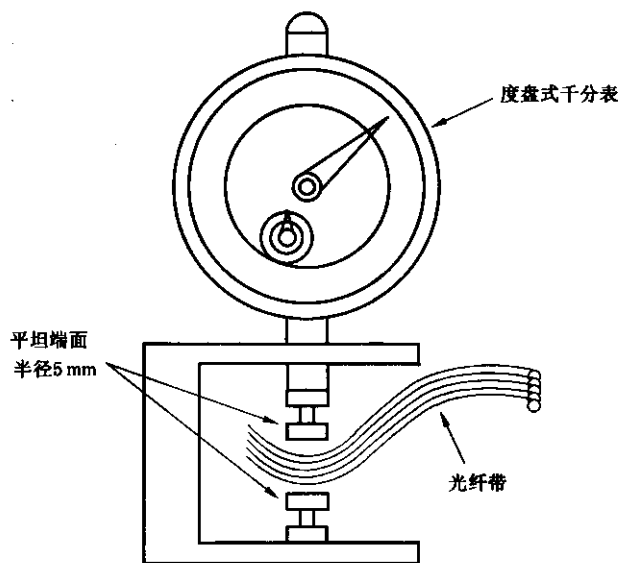


图 33 千分表

33 方法 G5: 光纤带撕裂(可分性)

33.1 目的

本试验的目的是保证不需要光纤可分时光纤带足以抗撕开,或者保证需要光纤可分时光纤带的光纤有足够可分性。

33.2 试样

对于 n 芯光纤带而言,在每段约 1 m 长度的受试光纤带上取 $n/2$ 个最小长度 100 mm 的试样,作为一组。共取 x 组, x 在详细规范中规定,典型值为 3 到 5。

用小刀或其他合适的方法把被试光纤分开适当长度,用于夹持(见图 34a))。对 x 个试样(每组取 1 个),把 1 根光纤同光纤带中的其他光纤分开。对另外 x 个试样(每组取 1 个),把 2 根光纤同光纤带中的其他光纤分开,依次类推,直到 $n/2$ 根光纤。

33.3 设备

设备包括:

- 一台有合适夹持装置的拉力测量设备;
- 一台至少 100 倍的显微镜。

33.4 程序

把各试样插入拉力测量设备,如图 34b)所示。受试光纤撕裂两端以大约 100 mm/min 的速率分离撕开,并连续记录 50 mm 长度上撕开光纤的力。必要时,依据各试样的最小值、平均值和最大值计算得到 $xn/2$ 个试样的最小值、平均值和最大值。

在要求光纤分开的情况下,应通过显微镜目视检查已分开的各光纤预涂覆层。

33.5 要求

撕裂力的最小值或最大值和平均值应符合详细规范中的规定。
任何光纤的色码应充分完整地保留,以便能识别各光纤。

33.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 当光纤不需要分开时允许的最小和平均撕裂力,单位为牛顿(N);
- b) 当光纤需要分开时允许的最大和平均撕裂力,单位为牛顿(N);
- c) 试样数;
- d) 光纤带类型(可分的或不可分的)。

单位为毫米

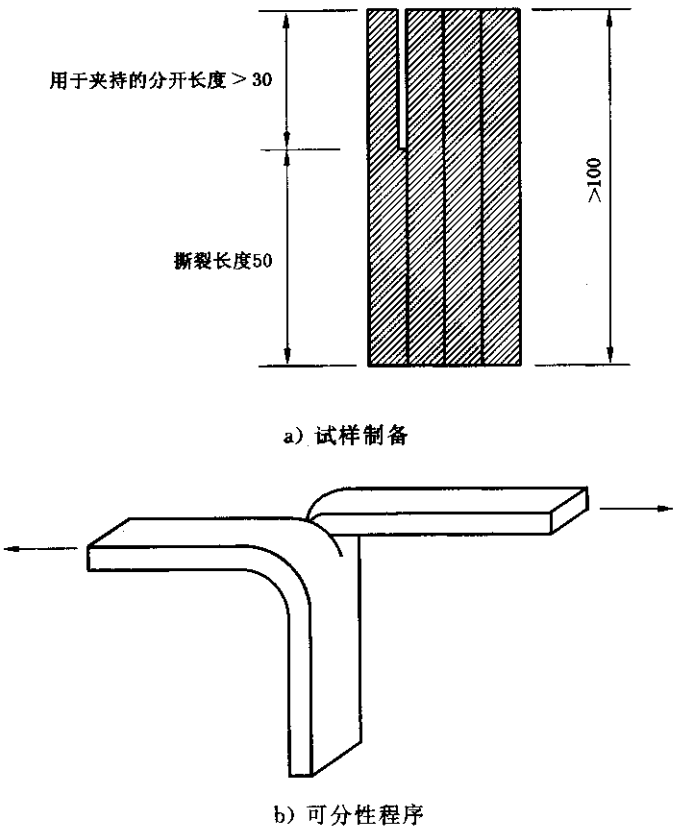


图 34 撕裂(可分性)试验

34 方法 G6: 光纤带扭转

34.1 目的

本试验的目的是验证光纤带结构的机械完整性和功能完整性,确定光纤带经受扭转而不分层能力,以及在有要求时保持光纤可分性的能力。

34.2 试样

除非详细规范中另有规定,从受试光纤带取 5 个代表性试样,每个长度最小为 120 mm。

34.3 设备

试验设备的示例见图 35,它包括两个垂直放置的夹子,用于握持试样,同时使试样在最小 1 N 张力下扭转。最小受试长度为 100 mm。

34.4 程序

把试样在设备中固牢,以 2 s 时间内 $180^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 增量作扭转。在每个扭转增量之后的最小驻留时间

为 5 s。继续增加扭转到详细规范中规定的值或直到发生分层。

34.5 要求

光纤带发生分层之前承受 180° 转动的次数应符合详细规范中的规定。

34.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容：

- a) 试样数；
- b) 转动数。

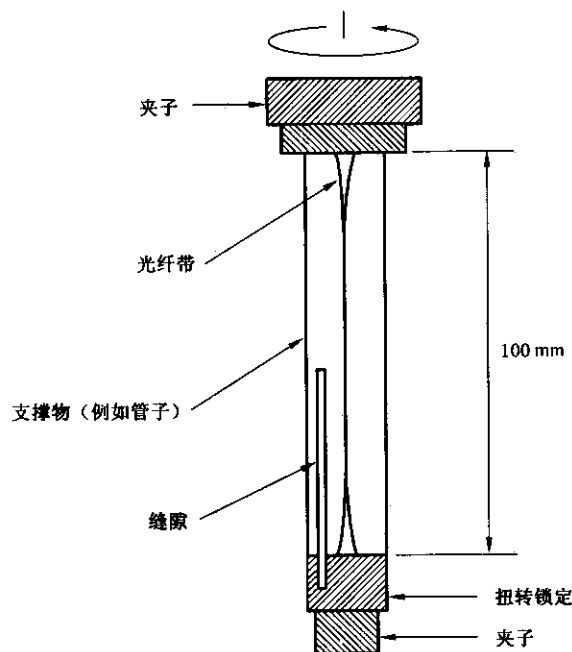


图 35 光纤带扭转试验

35 方法 G7: 套管弯折

35.1 目的

本试验的目的是确定含光纤套管承受在光缆安装和接头期间遭受到的机械应力的能力。本试验在取自光缆的套管上施行。

35.2 试样

取自光缆的含光纤套管,其长度至少为 $(L_1 + 50)$ mm。

35.3 设备

设备包括：

- a) 一台试验装置(见图 36)；
- b) 一台热风扇(选择项)。

35.4 程序

本试验环境条件应符合 3.4 规定。

根据安装实践,当详细规范中有规定时,可使用热风扇在温度约 80°C 下平整试样,但要防止因过热而损坏试样。

试样应标出一段长度 L_1 ,并且如图 36 所示安装在试验设备内,可移动夹头和固定夹头分开距离 L_2 。

可移动夹头应以约 10 mm/s 的速度从在位置 1 移动到相距 L 的位置 2,然后返回到位置 1,构成 1

个循环。应移动规定的循环次数,并应在最后的循环期间使试样在位置 2 停留 60 s 后再返回到位置 1。

试验参数 L 、 L_1 、 L_2 的值和循环次数宜模拟运行使用条件,并应在有关规范中规定。

注 1: 由于在试验设备内弯曲的缘故,环的最小直径是不固定的,而且只受到依套管直径而定的试样固定长度 L_1 和移动长度 L 的控制。

注 2: 固定导槽保证试样有一个规定的位置。透明罩使试样在进行试验时保持在同一平面内并便于观察。两个罩板间的距离通常为套管直径的 3 倍。

35.5 要求

在试验期间应未见试样弯折。

35.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 循环次数(典型为 5 次);
- b) 长度 L 、 L_1 、 L_2 ;
- c) 用热风扇弄平整的情况(当使用时)。

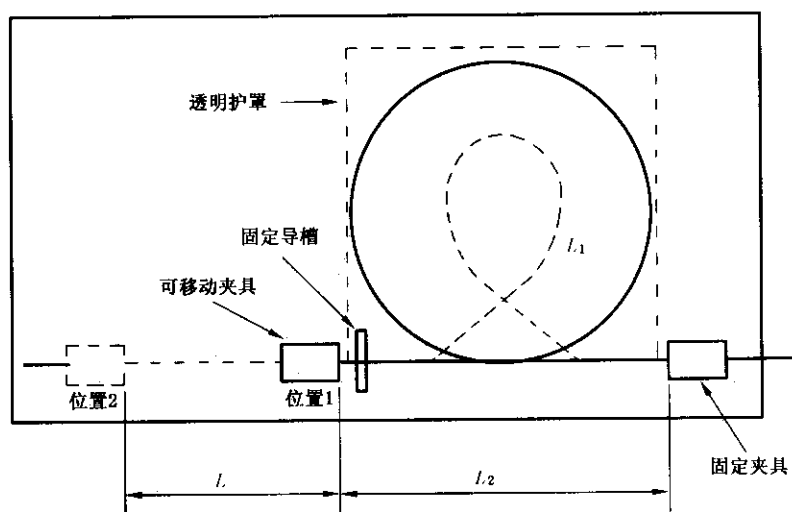


图 36 套管弯折试验

36 方法 H1: 短路电流试验

36.1 目的

短路电流试验用于评定 OPGW(光纤复合地线)在典型短路电流下的特性,或评定在吊线上的短路电流对 OPAC(附挂式光缆)性能的影响。

36.2 试样

36.2.1 OPGW 试验

36.2.1.1 两试样试验方法

每个至少长 10 m 的两个试样,应在两端用合适的附件终端。在试样 A 中,应把一个或多个热电偶插入到钻在光单元中的孔内,监测光单元温度。在试样 B 中,应把一个或多个热电偶贴在 OPGW 的金属线上,监测 OPGW 温度。应使用连接到试样 B 的受试光纤各端的光源和光功率计,监测光纤衰减变化。光纤的受试长度至少 100 m。

用两个试样的典型安排示于图 37。

36.2.1.2 单试样试验方法

至少长 10 m 的试样应在两端用合适的附件终端。应把一个或多个热电偶穿过 OPGW 的绞层插到光单元表面上,监测光单元温度。应把一个或多个热电偶贴在 OPGW 的金属线上,监测 OPGW 温度。应使用连接到受试光纤各端的光源和光功率计,监测光纤衰减变化。光纤的受试长度至少 100 m。

36.2.2 OPAC 试验

至少长 10 m 的 OPAC 试样用合适的附件附着到商定的吊线上。应把多个热电偶贴在吊线上,记录试验期间达到的温度。温度由用户规定。此外,应把光源和光功率计连接到 OPAC 的受试光纤各端,监测光纤衰减变化。光纤的受试长度至少 100 m。

用于试验 OPAC 的典型安排示于图 38。

36.3 设备

OPGW 短路试验设备的典型安排见图 37。OPAC 短路试验设备的典型安排见图 38。

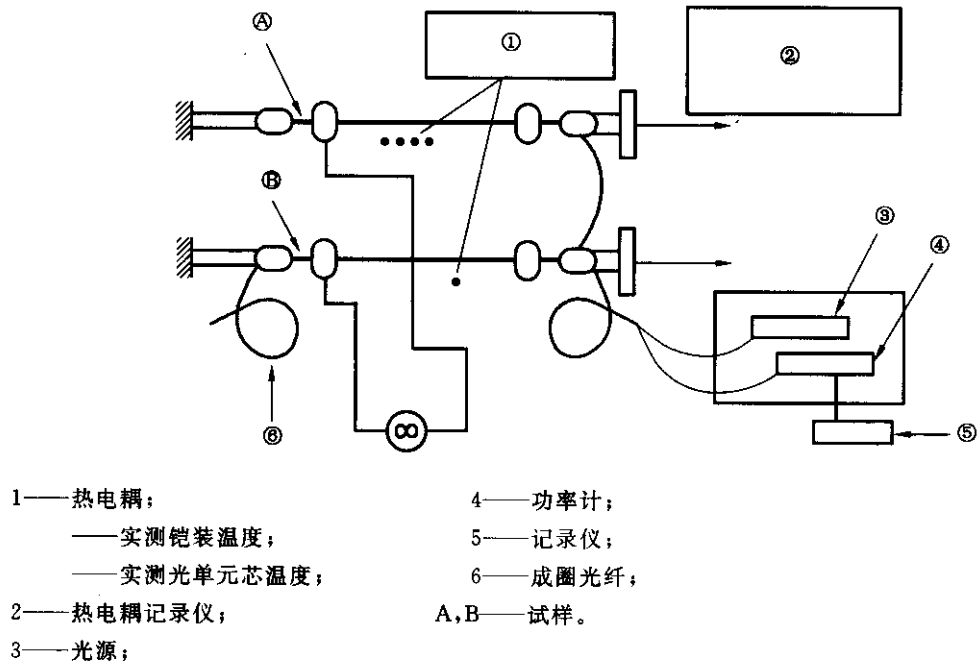


图 37 OPGW 短路试验安排

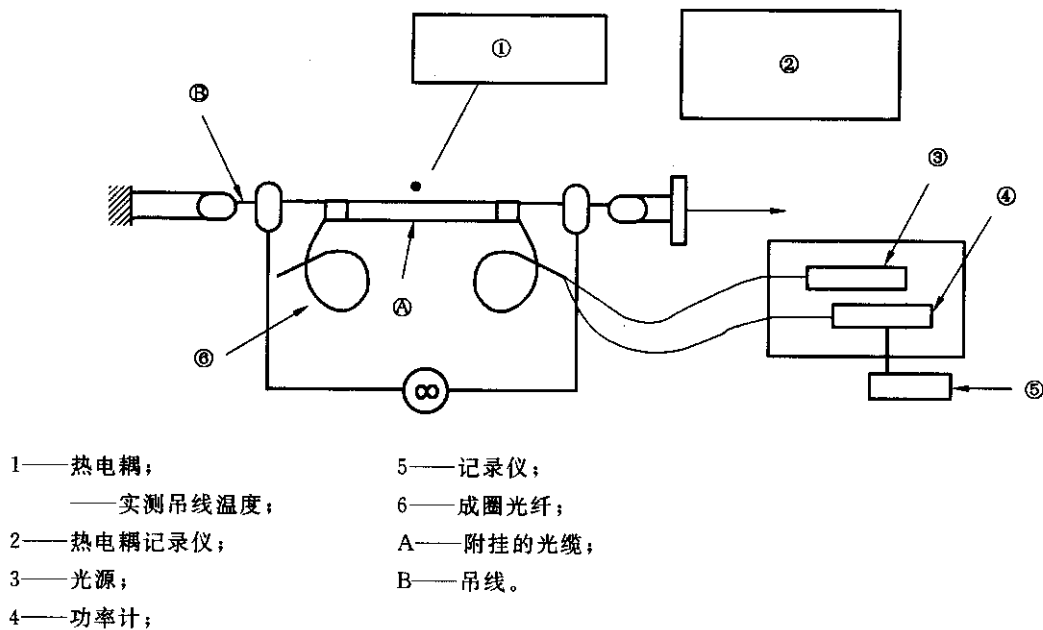


图 38 OPAC 短路试验安排

36.4 程序

36.4.1 OPGW 试验

通用试验条件如下：

- 张力负载：(15±5)%RTS(额定拉断力)；
- 试样长度：至少 10 m；
- 光纤试验长度：至少 100 m；
- 试样起始温度：按用户和制造厂之间的商定；
- 故障短路电流密度：按用户和制造厂之间的商定；
- 故障短路电流持续时间：按用户和制造厂之间的商定；
- 脉冲冲击次数：至少 3 次；
- 波形：在第 3 周期之后是对称的。

试样起始温度应由用户和制造厂之间商定。电流脉冲应以金属电缆施加，在各次脉冲之间要使金属电缆冷却到起始温度以下 5℃之内。

在每次电流脉冲之前至少 2 min 到之后至少 5 min，应连续监测受试光纤的衰减变化。

应监测 OPGW 和光单元的温度。

36.4.2 OPAC 试验

通用试验条件如下：

- 张力负载：用户和制造厂之间商定；
- 试样长度：至少 10 m；
- 光纤试验长度：至少 100 m；
- 试样起始温度：按用户和制造厂之间的商定；
- 吊线最高温度：参照用户规范；
- 故障短路电流持续时间：参照用户规范；
- 脉冲冲击次数：至少 3 次；
- 波形：在第 3 周期之后是对称的。

吊线起始温度应由用户和制造厂之间商定。电流脉冲应以吊线施加，在各次脉冲之间要使吊线冷却到起始温度以下 5℃之内。

在每次电流脉冲之前至少 2 min 到之后至少 5 min，应连续监测受试光纤的衰减变化。吊线温度也应监测。

36.5 要求

应无明显的永久附加衰减，即永久附加衰减不大于允许的测量不确定度。

试验完成时，OPGW 中任何元件达到的最高温度，应在制造厂为这个元件规定的允许温度范围之内。

OPGW 所附着的吊线在试验期间宜达到用户规定的温度。

短路电流试验之后，OPGW 和 OPAC 应拆除，把缆的各元件分开，检查是否有严重磨损、变色、变形或断裂迹象。要特别注意最接近终端金具和档距中点的光缆段。

36.6 待规定细节

36.6.1 OPGW 试验

详细规范应包括如下内容：

- a) 所采用的程序(单试样或两试样试验方法)；
- b) 试样起始温度；
- c) 故障短路电流密度；
- d) 故障短路电流持续时间；

e) 脉冲冲击次数。

36.6.2 OPAC 试验

详细规范应包括如下内容：

- a) 吊线张力负载；
- b) 试样起始温度；
- c) 吊线达到的最高温度；
- d) 故障短路电流持续时间；
- e) 脉冲冲击次数。

37 方法 H2：沿电力线路的架空光缆的雷电试验

37.1 目的

本试验用于评定雷击对 OPGW(光纤复合地线)或 OPAC(附挂式光缆)的影响。在 OPGW 情况下,进行雷电试验仅仅是为了不同结构设计之间的比较。在 OPAC 光缆情况下,光缆应安装在吊线上,以尽可能严密地模拟真实安装,进行雷电试验是为了确定护套未受严重损坏。

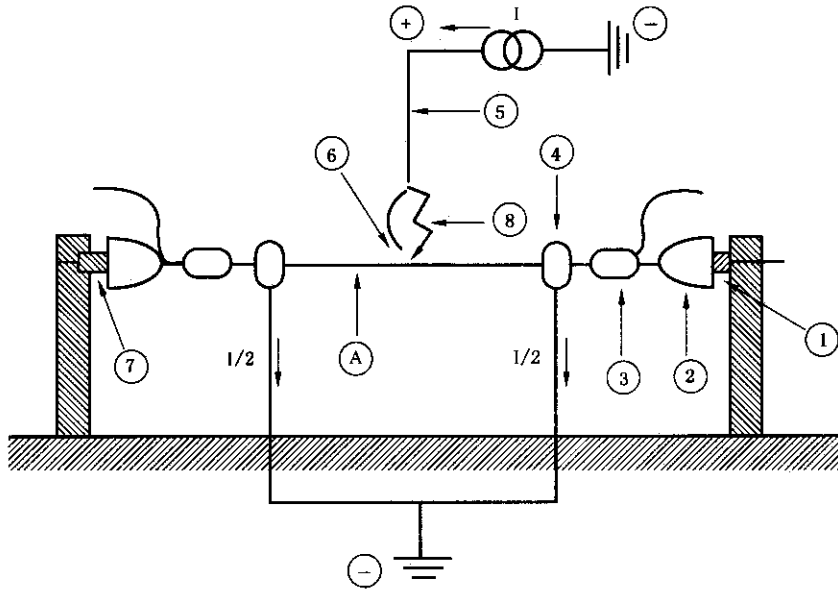
37.2 试样

试验应在 OPGW 试样中点实施,或者在附着到商定的吊线上的 OPAC 试样上实施。

试样在拉线夹之间应至少 1 m。

37.3 设备

能用于雷电试验的典型试验安排示于图 39。



- 1——螺丝扣；
- 2——绝缘子；
- 3——拉线夹；
- 4——对称接地连接器；
- 5——具有最好是钨-铜平表面的电极；
- 6——点火用金属熔丝；
- 7——张力计；
- 8——电极和光缆表面之间的间隙=6 cm；
- A——试样(包含 OPAC 吊线)。

图 39 雷电试验安排

电极由铜棒或铁棒构成,它应位于金属缆上方。电极和金属缆应在它们自身之间用金属熔丝连接。金属缆上施加的张力负载应是 EDS(日平均张力),为 15%~25%RTS(额定拉断力)。如果用户和制造厂之间协商一致,则可施加其他张力负载。

当试验 OPAC 时,金属熔丝应尽可能紧密连接到 OPAC 和可施加的绑扎绳与吊线接触的一点。

37.4 程序

试样应经受产生熔融效应的模拟雷击。

依结构特征而定,试验参数按照表 2 在 0 级到 3 级之间选择,或者在用户和制造厂之间商定。

表 2 试验参数

试验等级	0 级	1 级	2 级	3 级
电流/A	100	200	300	400
持续时间/s	0.5	0.5	0.5	0.5
电荷迁移/C	50	100	150	200

缆的起始温度宜为 23℃±5℃。试验应在同样的条件下的不同试样上重复 5 次。

37.5 要求

试验完成时,失效判据如下:

- a) 任何永久的或短暂的光纤附加衰减大于规定值,应构成一次失效(OPGW/OPAC)。
- b) 对于 OPGW 而言,如果发现任何金属线断裂,则 OPGW 的残留强度应对保持不断的金属线计算。如果算得的残留强度小于最初宣称的 RTS 的 75%,则构成一次失效。

37.6 待规定细节

详细规范应包括如下内容:

- a) 试验条件:0 级、1 级、2 级或 3 级;
 - b) 允许的光纤附加衰减值。
-