GD

中华人民共和国广播电视和网络视听行业技术文件

GD/J 101—2020

光耦合器技术要求和测量方法

Technical requirements and measurement methods for optical coupler

2020－08－31 发布　　2020－08－31 实施

国家广播电视总局科技司　发布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　光纤分支器件描述 3
4.1　光纤宽带耦合器 3
4.2　光纤波分复合耦合器 3
5　技术要求 4
5.1　外观要求 4
5.2　光学特性 4
6　测量方法 6
6.1　测量环境 6
6.2　外观检查 6
6.3　插入损耗、插入损耗变化量的测量 6
6.4　方向性的测量 8
6.5　通道均匀性的测量 9
6.6　工作波长的测量 9
6.7　工作带宽的测量 9
6.8　偏振相关损耗的测量 10
6.9　波长隔离度测量 10
6.10　回波损耗测量 10
6.11　振动测量 11
6.12　冲击测量 11
6.13　光缆抗拉测量 12
6.14　光缆扭转测量 12
6.15　低温测量 13
6.16　高温测量 14
6.17　高低温循环测量 14
6.18　湿热（静态）测量 15
6.19　水浸泡测量 15
参考文献 17

前　　言

本技术文件按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

本技术文件由国家广播电视总局科技司归口。

本技术文件起草单位：国家广播电视总局广播电视规划院、东方有线网络有限公司、深圳市天威视讯股份有限公司、广东有线广播电视网络有限公司、华数数字电视传媒集团、江苏亨通光电股份有限公司、中天宽带技术有限公司、山东华新通信科技有限公司。

本技术文件主要起草人：杨皓月、姚琼、吴钟乐、茹伟光、李强、李世平、杜申利、沈小红、李莉华、张立志。

光耦合器技术要求和测量方法

1 范围

本技术文件规定了全光纤型分支器件的“光纤宽带耦合器”、“光纤波分复用耦合器”系列产品的技术要求和测量方法。

本技术文件适用于全光纤型分支器件的“光纤宽带耦合器”、“光纤波分复用耦合器”系列产品的开发、生产、应用、测量、运行和维护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18311.2—2001 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-2部分 检查和测量：单模纤维光学器件偏振依赖性（IEC 61300-3-2:1995，IDT）

GB/T 20440—2006 密集波分复用器/解复用器技术条件

YD/T 964—1998 1310nm/1550nm波分复用器技术要求和测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

端口 port

光无源器件的光信号输入口或输出口。

3.2

光纤分支器件 optical fiber branching device

在两根或两根以上光纤之间实现光信号的耦合及再分配的光无源器件。

3.3

光纤波分复用耦合器 optical fiber wavelength division multiplexing coupler

用于实现两个不同波长光信号的复用和解复用功能的光纤器件，也称为“波长选择性光分支器件”。

3.4

工作带宽 bandwidth

器件光学性能指标适用的光波长范围，用纳米（nm）表示。

3.5

光纤宽带耦合器　optical fiber broadband coupler

工作带宽大于等于“标称中心波长±40nm”的光纤耦合器。

3.6

插入损耗　insertion loss

光分路器在工作带宽范围内，在规定输出端口的光功率相对全部输入光功率的比值的分贝数，见式(1)。

$$IL_i=-10\lg\frac{P_{out}}{P_{in}} \cdots\cdots (1)$$

式中：

IL_i ——第 i 个输出端口的插入损耗，单位为分贝（dB）；

P_{out}——第 i 个输出端口的输出光功率，单位为毫瓦（mW）；

P_{in} ——输入端口的全部输入光功率，单位为毫瓦（mW）。

3.7

方向性　directivity

在器件正常工作时，输入端非注入光端口的输出光功率与总注入光功率（被测波长）的比值，该值通常用分贝（dB）表示，见式(2)。

$$DL_y=-10\lg\frac{P_j}{P_i} \cdots\cdots (2)$$

式中：

DL_y——第 i 端口输入光功率对同一侧非注入光端口 j 的方向性，单位为分贝（dB）；

P_i ——第 i 端口注入光功率，单位为毫瓦（mW）；

P_j ——输入端非注入光端口的输出光功率，单位为毫瓦（mW）。

3.8

通道均匀性　uniformity

用来衡量均分器件的“不均匀程度”的参数，为在工作带宽范围内，均匀分光的光耦合器各输出端口输出光功率的最大变化量，见式(3)。

$$FL=-10\lg\frac{(P_{out})_{min}}{(P_{out})_{max}} \cdots\cdots (3)$$

式中：

FL　　——均匀分光的光耦合器的均匀性，单位为分贝（dB）；

$(P_{out})_{min}$ ——器件输出口中最小输出光功率，单位为毫瓦（mW）；

$(P_{out})_{max}$ ——器件输出端口中最大输出光功率，单位为毫瓦（mW）。

3.9

偏振相关损耗　polarization dependent loss

传输光信号的偏振态在全偏振态变化时，器件各输出端口输出光功率的最小值与最大值之比，见式(4)。

$$PDL_j=-10\lg\frac{(P_{outj})_{min}}{(P_{outj})_{max}} \cdots\cdots (4)$$

式中：

PDL_j ——第 j 个输出端口的偏振相关损耗，单位为分贝（dB）；

$(P_{outj})_{min}$——第 j 个输出端口的最小输出光功率，单位为毫瓦（mW），j=1、2.....n；

$(P_{outj})_{max}$——第 j 个输出端口的最大输出光功率，单位为毫瓦（mW），j=1、2.....n。

3.10

回波损耗 return loss

光纤分支器引起的后向反射光功率对输入光功率的比值，又称为后向反射损耗，通常用分贝（dB）表示，见式(5)。

$$RL_i=-10\lg\frac{P_r}{P_i} \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

RL_i——表示输入端口 i 的回波损耗，单位为分贝（dB）；

P_r ——后向反射光功率，单位为毫瓦（mW）；

P_i ——入射到输入端口i的输入光功率，单位为毫瓦（mW）。

4 光纤分支器件描述

4.1 光纤宽带耦合器

4.1.1 分类

光纤宽带耦合器可按照以下方式进行分类：

——按器件性能覆盖的工作窗口分为单窗口宽带耦合器和双窗口宽带耦合器；

——按器件工作形态分为树形宽带耦合器（1×N）和星形宽带耦合器（N×N）；

——按器件引出端口的组态分为尾纤型和连接器型。

4.1.2 光纤宽带耦合器用光纤

所用光纤一般为单模光纤。

4.2 光纤波分复合耦合器

4.2.1 分类

熔融拉锥型光纤波分复用耦合器通常为两波长复用/解复用器件。按复用波长的不同主要有下列几种类型：

a) 1310nm/1550nm 波分复用耦合器；

b) 1480nm/1550nm 波分复用耦合器；

c) 980nm/1550nm 波分复用耦合器；

d) 980nm/1310nm 波分复用耦合器。

按器件引出端口的组态分为尾纤型和连接器型。

4.2.2 光纤波分复用耦合器用光纤光缆

4.2.1中的类型a）和b）采用单模光纤，c）和d）采用截止波长满足980nm（规定工作带宽内）传输为单模的石英光纤。

5 技术要求

5.1 外观要求

外观应平滑、洁净、无油渍、无伤痕和裂纹，整个器件应牢固，引线应无松动，与连接器插拔应平顺。

5.2 光学特性

5.2.1 1x2 或 2x2 光纤宽带耦合器

光学特性见表1。

表1 1x2 或 2x2 光纤宽带耦合器光学特性

性能参数	指标要求	
	单窗口带宽	双窗口带宽
工作波长（nm）	1310或1550	1310和1550
工作带宽（nm）	±40	±40
插入损耗变化量（dB）	≤0.2	≤0.3
插入损耗（dB）[a]	≤22.4-11.0lg（P×100）	≤24.0-11.8lg（P×100）
通道均匀性（dB）[b]	≤0.9	≤1.2
方向性（dB）	≥55	≥55
偏振相关损耗（dB）	≥0.3	≤0.3
注：上述指标针对0.25mm尾纤型耦合器芯件，不包括连接器损耗。		
[a] P 是以百分比表示的相关一端的光功率百分数，如某一端的光功率为 50%，则 IL=22.4-11.0lg（50%×100）=3.7（dB）。 [b] 针对均匀分光器件。		

5.2.2 1xN（N＞2）树型光纤宽带耦合器

光学特性见表2。

表2 1xN（N＞2）树型光纤宽带耦合器光学特性

性能参数	指标要求	
	单窗口宽带	双窗口宽带
工作波长（nm）	1310或1550	1310和1550
工作带宽（nm）	±40	±40
插入损耗（dB）[a、b]	≤0.5＋3.5$\log_2$N	≤0.6＋3.6$\log_2$N
通道均匀性（dB）[b]	≤1.0＋0.7$\log_2$N	≤1.5＋0.7$\log_2$N
方向性（dB）[a]	≥55	
偏振相关损耗（dB）[a]	≤0.1（1＋$\log_2$N）	
[a] 不包括连接器损耗。 [b] 针对均匀分光器件。		

5.2.3 NxN（N＞2）星型光纤宽带耦合器

光学特性见表3。

表3 NxN（N＞2）星型光纤宽带耦合器光学特性

性能参数	指标要求	
	单窗口宽带	双窗口宽带
工作波长（nm）	1310或1550	1310和1550
工作带宽（nm）	±40	±40
插入损耗（dB）[a、b]	≤1.0＋3.5$\log_2N$	≤0.9＋3.6$\log_2N$
通道均匀性（dB）[b]	≤1.0＋0.7$\log_2N$	≤1.5＋0.7$\log_2N$
方向性（dB）[a]	≥55	
偏振相关损耗（dB）[a]	≤0.1（1＋$\log_2N$）	

[a] 不包括连接器损耗。

[b] 针对均匀分光器件。

5.2.4 光纤波分复用耦合器

光学特性见表4。

表4 光纤波分复用耦合器光学特性

性能参数	指标要求[a]			
	类型a）	类型b）	类型c）	类型d）
工作波长(nm)	1310/1550	1480/1550	980/1550	980/1310
工作带宽(nm)	±15	±5	±10	
插入损耗(dB)[b]	≤0.3	≤0.5	≤0.4	
波长隔离度（dB）	≥18	≥15	≥18	
方向性(dB)	≥55	≥55	≥55	
回波损耗(dB)[c]	≥40	≥40	≥40	
偏振相关损耗(dB)	≤0.15	≤0.2	≤0.15	

[a] 波分复用耦合器均为单级（非级连）基本型器件，全光纤结构。

[b] 插入损耗值为0.25mm尾纤型芯件指标，不包括连接器损耗。

[c] 回波损耗指器件本身的指标，若端口为连接器，则连接器回波损耗应优于40dB。

5.2.5 环境和机械性能

环境和机械性能测量后的插入损耗变化量要求见表5。

表5 环境和机械性能测量后的插入损耗变化量要求

测量项目	插入损耗变化量 dB
振动测量	≤0.1$\log_2N$
冲击测量	≤0.1$\log_2N$

表 5（续）

测量项目	插入损耗变化量 dB
湿热测量	≤0.1$\log_2 N$
高温测量	≤0.2$\log_2 N$
低温测量	≤0.2$\log_2 N$
高低温循环测量	≤0.2$\log_2 N$
光缆抗拉测量	≤0.1$\log_2 N$
光缆扭转测量	≤0.1$\log_2 N$
水浸泡测量	≤0.1$\log_2 N$

6 测量方法

6.1 测量环境

环境条件如下：

——温度：15℃～35℃；

——相对湿度：25%～75%；

——大气压力：86kPa～106kPa。

6.2 外观检查

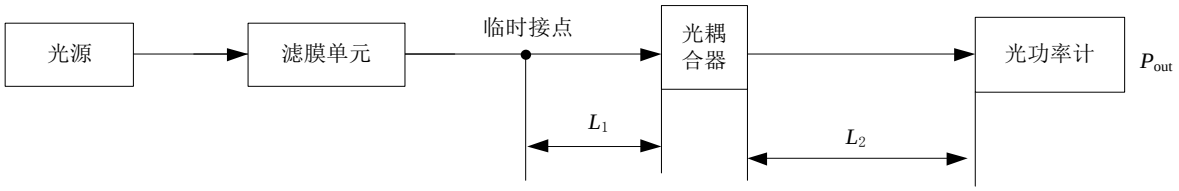
检测方法：目测法。

6.3 插入损耗、插入损耗变化量的测量

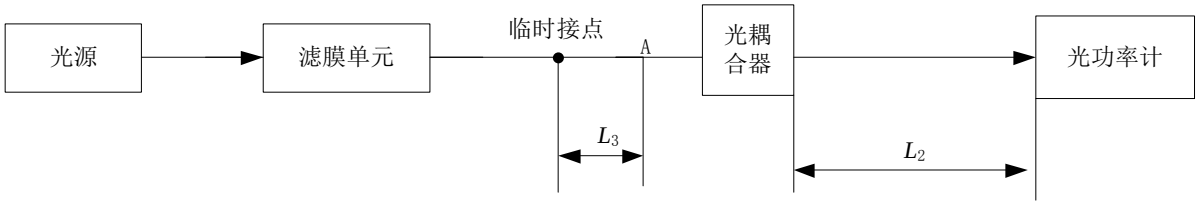
6.3.1 基准法

6.3.1.1 测量框图

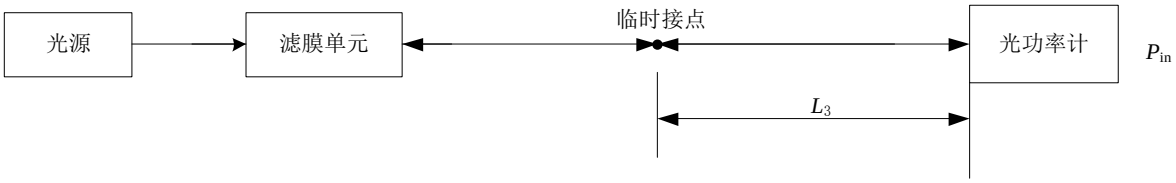
测量框图见图 1。



a）输出端口光功率的测量



b）切断器件尾纤



c）输入光功率测量

图1　插入损耗、插入损耗变化量测量框图

6.3.1.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　按图 1 中 a)装置测量并记录第 i 输出端口的输出光功率 P_{outi}，L_1 为输入端尾纤长度，L_2 为输出端尾纤长度；

b)　按图 1 中 b）所示，在距离临时接点右边 A 处切断器件尾纤，临时接点与 A 处之间的距离 L_3 应不少于 30cm；

c)　按图 1 中 c）所示，从测量装置中取出光耦合器，制备好切断点中的光纤端面，使光纤端面与检测单元相耦合，测量并记录输入光功率 P_{in}；

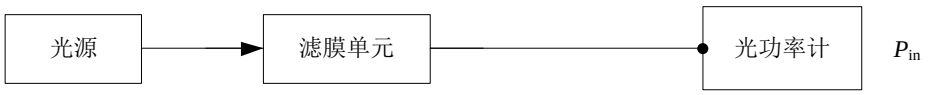
d)　按式（1）计算相关端口的插入损耗；

e)　插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

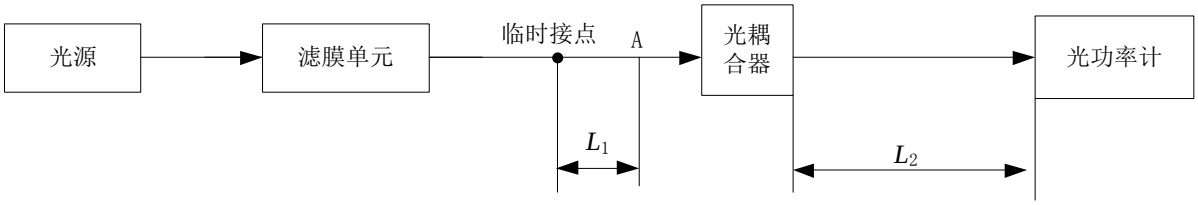
6.3.2　替代法—熔接法

6.3.2.1　测量框图

测量框图见图 2。



a）输入光功率的测量



b）输出端口光功率的测量

图2　插入损耗、插入损耗变化量测量框图

6.3.2.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　测量系统清零，制备好滤模单元输出光纤端面，使光纤端面与检测单元相耦合，测量并记录输入光功率 P_{in}，如图 2 中 a)所示；

b)　在滤模单元后面的尾纤熔接入被测器件，如图 2 中 b)所示，L_1 为输入端尾纤长度，L_2 为输出端尾纤长度；

c)　测量并记录第 i 输出端口的输出光功率P_{outi}；

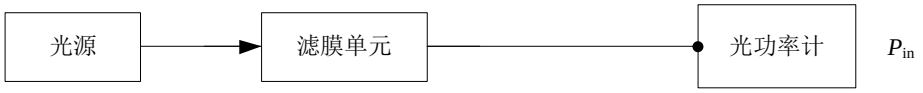
d)　输出光功率P_{outi}与输入光功率 P_{in} 之差则为相关端口的插入损耗；

e)　插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

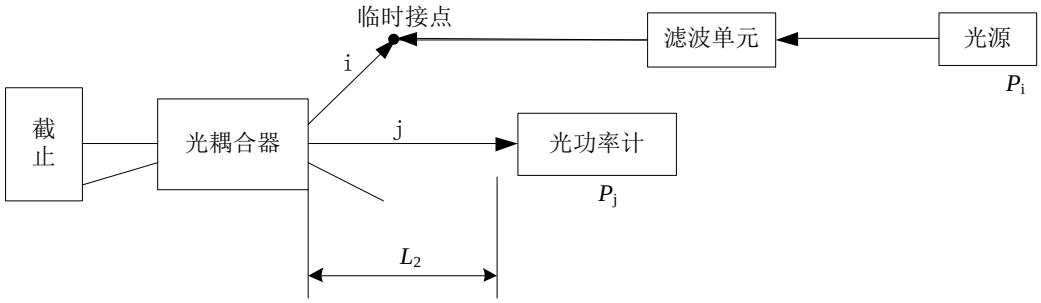
6.4　方向性的测量

6.4.1　测量框图

测量框图见图 3。



a）　输入光功率的测量



b）　同侧端口输出光功率的测量

图3　方向性的测量框图

6.4.2　测量步骤

测量步骤如下：

a) 测量系统清零，制备好滤模单元输出光纤端面，使光纤端面与检测单元相耦合，测量并记录输入光功率 P，如图 3 中 a）所示；

b) 将滤模单元后面的尾纤与被测器件的 i 端口熔接，j 端口与功率计连接，如图 3 中 b）所示；

c) 测量并记录第 j 端口的输出光功率 P_j；

d) 由式(2)计算相关端口的方向性。

6.5 通道均匀性的测量

按 6.3.1 或 6.3.2 规定的测量方法，分别在输入波长条件下，测量光耦合器各输出端口的插入损耗值，其最大值与最小值的差便是器件的通道均匀性。对于在多个波长下测量的情况，选择其中的最大值作为被测光耦合器的通道均匀性，指标应满足表 1 或表 2 的要求。

6.6 工作波长的测量

测试中所用的光源应是规定波长的激光器光源，性能指标满足：

——输出功率：≥-3dBm；

——中心波长：（1310±0.02）nm/(1550±0.02)nm；

——-30dB谱宽：≤5nm（λ=1310nm）、10nm（λ=1550nm）；

——功率稳定度：优于±0.05dB（-10℃～50℃、1h）。

将光源波长分别调制1310nm和1550nm与光耦合器连接，测输出的插入损耗。

6.7 工作带宽的测量

6.7.1 测量框图

测量框图见图 4。

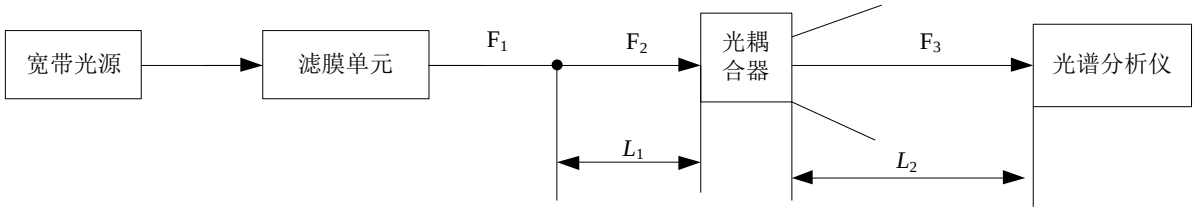


图4 器件工作带宽测量框图

6.7.2 测量步骤

测量步骤如下：

a) 打开各有源部件（宽带光源、光谱分析仪）预热；

b) 待有源部件稳定后，首先直接连接宽带光源和光谱分析仪，在各被测样品测量涉及的光谱区存储光谱曲线 P_1,测量条件可以采用：分辨率为 1nm 或 10nm、开始和终止波长刚好覆盖所规定的通带宽度；

c) 按图 4 连接测量系统，注意 F_1、F_2、F_3三段应采用同种光纤类型；

d) 在 b）选定的光谱区，光谱分析仪进行测量扫描，获得光谱曲线 P_2；

e) 在光谱分析仪中执行 P_2—P_1功能，得到被测样品的插入损耗随波长变化的光谱特性；

f) 从光谱区记录被测样品插入损耗及隔离度的变化量，在表 1～表 4 规定的器件指标范围内，读

取最大和最小的波长值，两者之间就是器件的工作带宽。

6.8 偏振相关损耗的测量

6.8.1 基准法

按GB/T 18311.2—2001中的方法A进行。

6.8.2 替代法

6.8.2.1 测量框图

测量框图见图 5。

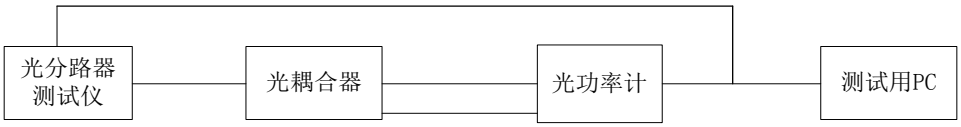


图5 偏振相关损耗的测量框图

6.8.2.2 测量步骤

测量步骤如下：

a) 按图 5 连接测量系统，并打开系统预热；
b) 设定光分路器测试仪的波长扫描范围、偏振控制器的偏振态变化；
c) 对系统各通道进行初始化；
d) 接入待测光耦合器，稳定后，进行扫描并导出数据。

6.9 波长隔离度测量

按 YD/T 964—1998 中 6.6 的规定进行。

6.10 回波损耗测量

6.10.1 基准法

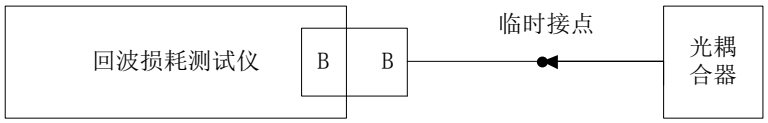
按GB/T 20440—2006中5.4.6的规定进行。

6.10.2 替代法

6.10.2.1 测量框图

测量框图见图 6。

a）回波损耗测试仪的定标



b）回波损耗测量

图6　回波损耗测量框图

6.10.2.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　选择需要测量的通道波长，按图 6 中 a)连接测量用尾纤与回损测试仪，测量用尾纤的连接头，类型 B 与回波损耗测试仪的连接头类型相同，并且将尾纤尾端用直径应不大于 5mm 的圆棒，缠绕至少 5 圈，进行回波损耗测试仪的定标；

b)　按图 6 中 b）将光耦合器与测量尾纤连接；

c)　被测光耦合器另一端所有端口的尾纤用直径应不大于 5mm 的圆棒，缠绕至少 5 圈，记录此时的测量结果即为回波损耗值。

6.11　振动测量

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行放置，测量其插入损耗并记录；

b)　将被测样品固定在振动台上，在X,Y,Z的3个垂直方向的每个方向上承受振动，方向之一与器件的公共轴线平行，每个方向振动持续时间为30min；

c)　观察并记录其插入损耗数据；

d)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差,为负数时则为零。

6.12　冲击测量

6.12.1　测量要求

测量要求见表6。

表6　冲击严酷度和波形

加速度 m/s^2	波形	脉冲待续时间 ms
294	半正弦波	18
490	半正弦波	11
981	半正弦波	6
4900	半正弦波	1

6.12.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量其插入损耗并记录；

b) 选择表 6 中的一种条件做测量，将被测样品放在冲击台上（应使被测样品刚性固定，使冲击可以传到器件内部而不被引出线吸收或缓冲）在 X,Y 两个垂直方向的每个方向上承受冲击，每个方向冲击 3 次；
c) 测量并记录其插入损耗数据；
d) 计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.13 光缆抗拉测量

6.13.1 测量示意图

测量示意图见图7。

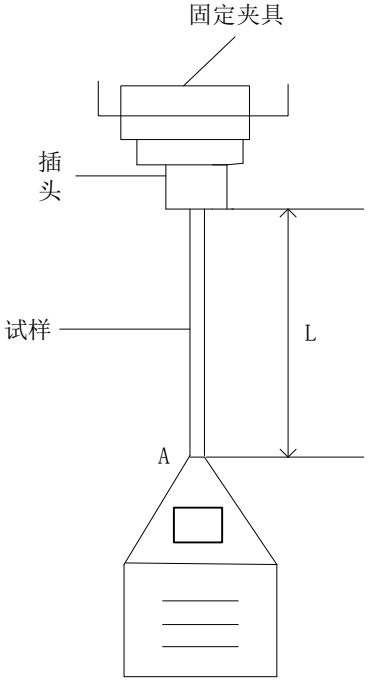


图7 光缆抗拉测量示意图

6.13.2 测量步骤

测量步骤如下：
a) 先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；
b) 将被测样品固定在固定夹具上，自然下垂，以50N/min＜速率＜250N/min的速率在A点处施加负荷，负荷为90N（φ2.0mm～φ3.0mm尾缆）持续2min，负荷施加点A离插头距离L为22cm～28cm；
c) 取下被测样品进行插入损耗测量；
d) 测量后，被测样品应满足无机械损伤，如变形、裂痕、松弛等，不应出现光纤断裂、光缆拉出、光纤端点处的故障以及光缆密封损坏等。光学性能应满足表5的技术要求；
e) 计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.14 光缆扭转测量

6.14.1 测量示意图

测量示意图见图8。

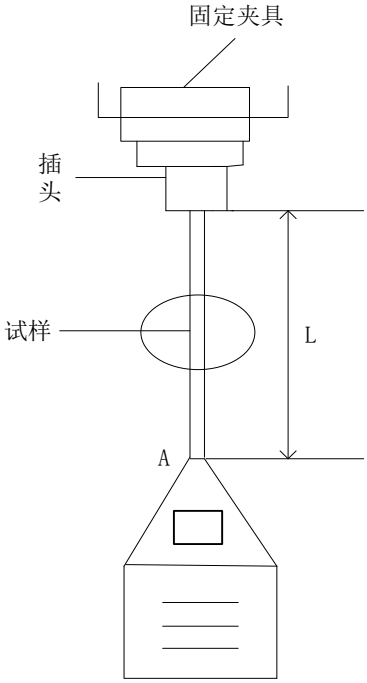


图8　光缆扭转测量示意图

6.14.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；

b)　将被测样品固定在固定夹具上，自然下垂，在 A 点处悬挂规定的负载重量，将尾缆按规定速率扭转±180°，共计 25 次，负载重量为 1.5kg（φ2.0mm～φ3.0mm 尾缆），载重点 A 离插头距离 L 为 22cm～28cm，扭转速率为 10 次每分钟；

c)　取下被测样品进行插入损耗测量；

d)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

注：6.11和6.12两项测量仅针对尾缆引出器件，可任选一个引出尾缆进行测量。

6.15　低温测量

6.15.1　测量示意图

测量示意图见图9。

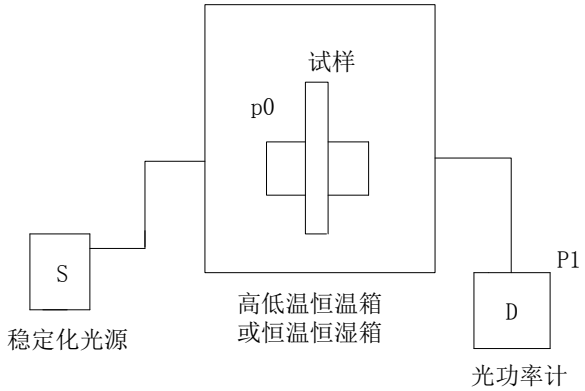


图9　温度特性测量示意图

6.15.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；

b)　把其放入精度为±2℃的高低温恒温箱中，降低温度，每降低5℃观察并记录一次插入损耗值，直至-40℃，保持恒温2h，记录其插入损耗；

c)　恢复到室温1h后，记录其插入损耗值；

d)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.16　高温测量

6.16.1　测量示意图

测量示意图见图9。

6.16.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；

b)　把其放入精度为±2℃的高低温恒温箱中，升高温度，每升高 5℃观察并记录一次插入损耗值，直至 85℃，保持恒温 2h，记录其插入损耗；

c)　恢复到室温 1h 后，记录其插入损耗值；

d)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.17　高低温循环测量

6.17.1　测量变化图

测量变化图见图10。

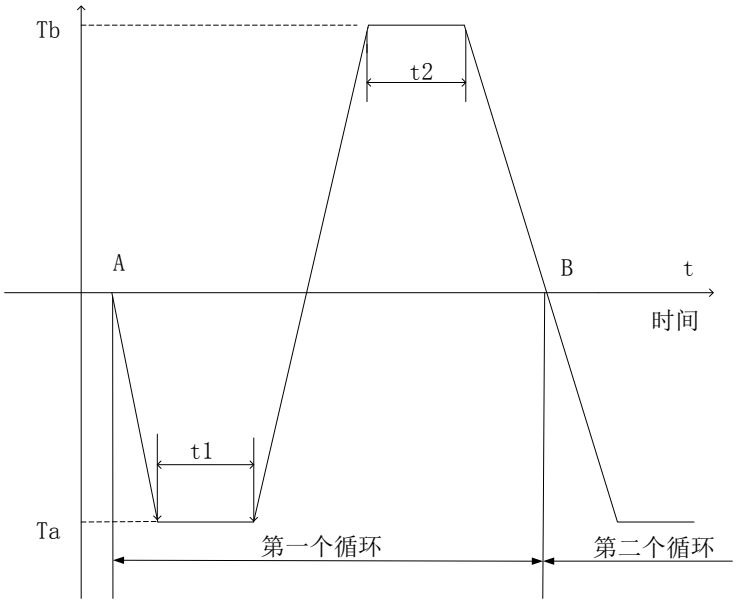


图10　高低温度循环测量变化图

6.17.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；

b)　把其放入精度为±2℃的高低温恒温箱中，以不大于1℃/min的速率降低温度至Tb，保持恒温1h，接着，再以不大于1℃/min的速率升高温度至Ta，保持恒温1h，最后，以不大于1℃/min的速率恢复到室温，至此构成一个完整的循环；

c)　以同样的程序继续进行第二个循环，测量过程如图10所示；

d)　结束规定的12次循环后，取出被测样品，擦净水珠，在常温下恢复2h，测量并记录其插入损耗值；

e)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.18　湿热（静态）测量

6.18.1　测量示意图

测量示意图见图9。

6.18.2　测量步骤

测量步骤如下：

a)　先将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；

b)　把其放入精度为±2℃的高低温恒温箱中，以不大于1℃/min的速率升高温度至40℃，相对湿度调至90%～95%，保持4d，最后，以不大于1℃/min的速率恢复到室温2h后，取出被测样品并清洁干净，测量并记录其插入损耗值；

c)　计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

6.19　水浸泡测量

测量步骤如下：

a) 将被测样品在室温下进行预处理，测量插入损耗并记录；
b) 然后将被测样品放入符合规定的水中浸泡 7d，浸泡用水的 PH=5.5±0.5，温度（43±2）℃期间应定期检查 PH 值并保持（PH 值的确定是通过混合溶有氢氧化钠的标准缓冲溶剂和醋酸）；
c) 浸泡期结束后，拿出被测样品并进行清洗、擦净，室温下自然干燥 24h 后，进行插入损耗测量；
d) 计算测试前后的插入损耗变化量即为试验后插入损耗与试验前插入损耗之差，为负数时则为零。

参 考 文 献

[1] SJ/T 11364—2014 电子电气产品有害物质限制使用标识要求
[2] YD/T 1117—2001 全光纤型分支器件技术条件
[3] YD/T 1198.1—2014 光纤活动连接器插芯技术条件 第1部分：陶瓷插芯
[4] YD/T 1272.3—2015 光纤活动连接器 第3部分：SC型
[5] YD/T 2152—2010 光纤活动连接器 可靠性要求及试验方法