

ICS 33 180 20

M 33

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1689-2007

机械式光开关技术要求和测试方法

Technical Reqeirements and Test Methods for Mechanical Optical Switch

2007-09-29 发布

2008-01-01 实施

中华人民共和国信息产业部 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 分类	4
5 技术要求	4
6 试验方法	5
7 检验	10
8 标识、包装、运输、储存	10

前 言

本标准参考 IEC 60876-1 ED: 3 (2001)《纤维光学空间开关 第 1 部分: 总规范》和 Telcordia GR-1073-CORE (2001),《单模纤维光学开关 总规范》根据我国机械式光开关的实际情况制定。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准由武汉邮电科学研究院起草。

本标准主要起草人: 梁臣桓、向金山、肖清明

机械式光开关技术要求和测试方法

1 范围

本标准规定了机械式光开关（以下简称光开关）的相关术语和定义、技术要求及试验方法，检验规则和标志、包装、运输、储存要求。

本标准适用于机械式单模光纤 $1 \times N$ 、 $M \times N$ 光开关。

2 规范性引用文件

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

GB/T 2421-1999	电工电子产品环境试验 第1部分 总则；
GB/T 2829-2002	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）；
Telcordia GR-1073-CORE（2001）	单模纤维光学开关总规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

机械式光开关 Mechanical Optical Switch

机械式光开关是指在外部激励作用下，通过光路中光学元件的机械运动，改变或者阻断光束传输方向的光无源器件。机械式光开关应具有1个或者多个光输入和输出端口。

3.2

插入损耗 Insertion Loss, IL

通道的插入损耗是指输出端口的输出光功率与输入端口输入光功率之比，以 dB 为单位。插入损耗与输入波长有关，也与开关状态有关。定义为：

$$IL_{ij}(\lambda) = -10 \log[P_j(\lambda) / P_i(\lambda)]$$

式中：

$P_i(\lambda)$ ：从输入端口 i 输入的中心波长为 λ 的光功率，以 mW 为单位；

$P_j(\lambda)$ ：从输出端口 j 输出的中心波长为 λ 的光功率，以 mW 为单位。

光开关的插入损耗是以工作窗口的两个典型波长 1 310nm 和 1 550nm 来定义的。光开关的插入损耗通常取所有通道插入损耗的最大值。

$$IL = \max[IL_j(\lambda)]$$

3.3

偏振相关损耗 Polarization Dependent Loss, PDL

通道的偏振相关损耗是指在工作波长带宽范围内，对于所有偏振态，由于偏振态的变化导致的插入损耗的最大变化值，以 dB 为单位。

偏振相关损耗与输入波长有关，也与开关状态有关。定义为：

$$PDL_{ij}(\lambda) = IL_{\max}(\lambda) - IL_{\min}(\lambda)$$

光开关的偏振相关损耗通常取所有通道偏振相关损耗的最大值:

$$PDL = \max[PDL_{ij}(\lambda)]$$

3.4

回波损耗 Return Loss, RL

回波损耗是指从光开关的某端口返回的光功率与从该端口输入的光功率之比,以 dB 为单位。回波损耗与波长有关,也与开关状态有关,定义为:

$$RL_j(\lambda) = -10 \log[P_{jr}(\lambda) / P_{ji}(\lambda)]$$

式中:

$P_{jr}(\lambda)$: 从输入端口 j 输入的中心波长为 λ 的光功率,以 mW 为单位;

$P_{ji}(\lambda)$: 在某种开关状态下,返回到输入端口 j 的中心波长为 λ 的光功率,以 mW 为单位。

光开关的回波损耗则通常取所有端口回波损耗的最小值:

$$RL = \min(RL_j)$$

3.5

串扰 Crosstalk, XT

串扰是指反映光开关端口之间隔离度的一个指标,通常定义为光信号从输入端口 i 输入后,非输出端口 j 处所测量到的光功率与输入端口 i 的光功率之比,以 dB 为单位。串扰与输入波长有关,也与开关状态有关。定义为:

$$XT_{ij}(\lambda) = 10 \log[P_j(\lambda) / P_i(\lambda)]$$

式中:

$P_i(\lambda)$: 从输入端口 i 输入的波长为 λ 的光功率,以 mW 为单位;

$P_j(\lambda)$: 从非输出端口 j 测量到的波长为 λ 的光功率,以 mW 为单位。

光开关的串扰是所有开关状态下各通道串扰最大值:

$$XT = \max XT_{ij}(\lambda)$$

3.6

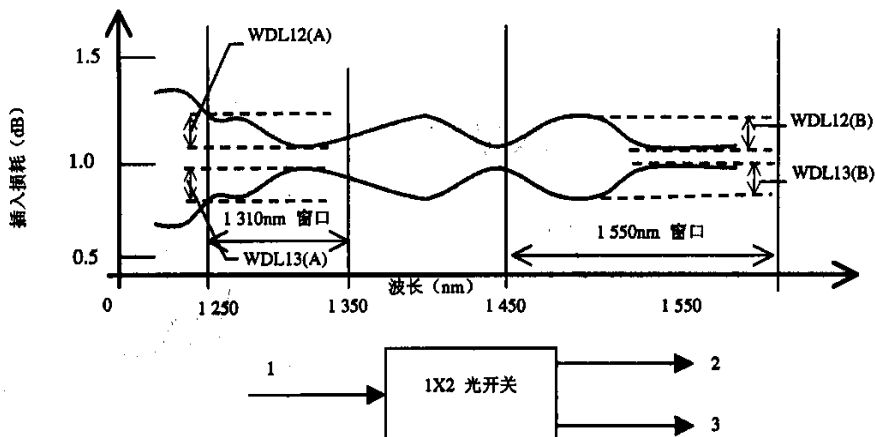
波长相关损耗 Wavelength Dependent Loss, WDL

波长相关损耗又称“波长平坦度”,是指在光开关的工作波长带宽范围内,开关的任意连通通道输入任意波长时,通道的插入损耗的差值的最大值。定义为:

$$WDL_{ij} = \max[IL_{ij}(\lambda_m)] - \min[IL_{ij}(\lambda_n)]$$

光开关的波长相关损耗是开关的所有通道的波长相关损耗的最大值。定义为:

$$WDL = \max[WDL_{ij}(\lambda)]$$



注：WDL12 (A) 表示 1310nm 窗口中 1×2 开关 1-2 通道的波长相关损耗；
 WDL13 (A) 表示 1310nm 窗口中 1×2 开关 1-3 通道的波长相关损耗；
 WDL12 (B) 表示 1550nm 窗口中 1×2 开关 1-2 通道的波长相关损耗；
 WDL13 (B) 表示 1550nm 窗口中 1×2 开关 1-3 通道的波长相关损耗。

图 1 光开关波长相关损耗示意图

3.7

重复性 Repeatability, REP

通道重复性是指光开关在规定的切换次数（通常为 100 次）内，两个被测端口在连通状态下插入损耗最大变化值，以 dB 为单位。定义为：

$$REP_{ij} = IL_{ij \max} - IL_{ij \min}$$

光开关的重复性是所有通道的重复性的最大值。即：

$$REP = \max(REP_{ij})$$

3.8

开关时间 Switch Time, ST

开关时间（也称开关速度或切换时间），任何光开关都具有一个以上的光通路，因此光开关的开关时间是以通道的开关时间为基础的。

通道开关时间包含两方面的情况：一是通道连通时间 ST_{on} ，二是通道关断时间 ST_{off} 。

通道连通时间是指从光开关接收到控制信号开始，到连通光路的光功率达到稳定功率的 90% 时的这段时间，以 ms 为单位。

通道关断时间是指从光开关接收到控制信号开始，到光路的光功率达到稳定功率的 10% 时的这段时间，以 ms 为单位。

它们分别表示为（如图 2 所示）：

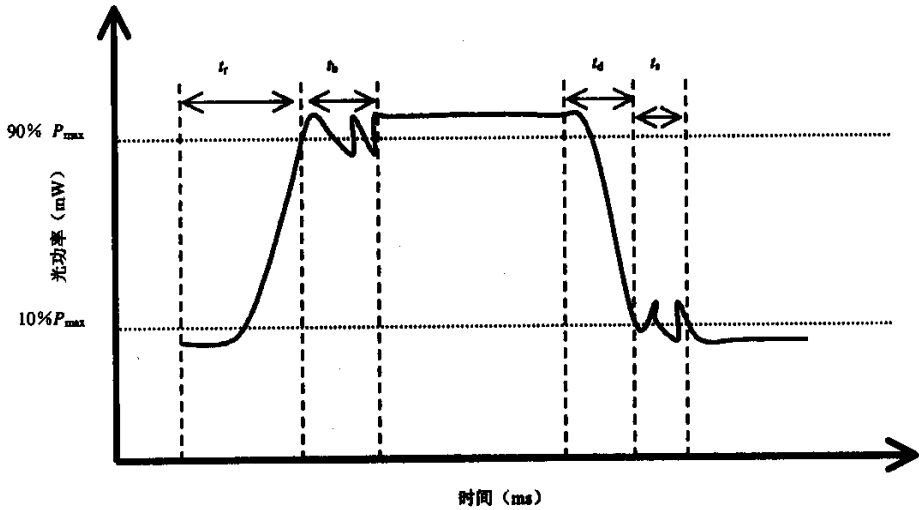


图2 开关时间示意图

光开关通道连通时间 ST_{on} :

$$ST_{onij} = t_r + t_b$$

光开关通道关断时间 ST_{off} :

$$ST_{offij} = t_d + t_s$$

光开关的开关时间也分两种形式，一是光开关的接通时间 (ST_{on})，二是光开关的关断时间 (ST_{off}) 分别定义为：

$$ST_{on} = \max(ST_{onij})$$

$$ST_{off} = \max(ST_{offij})$$

3.9

最大允许光功率 Maximum Allowable Optical Power MAOP

光开关的最大允许光功率是指能从任意连通通道传输的、可使器件正常工作而不导致器件或器件的元件永久性损伤的最大光功率。

4 分类

a) 按光开关端口数分为下面两类：

- $1 \times N$ 型光开关；
- $M \times N$ 型光开关。

b) 按光开关驱动方式分为下面三类：

- 继电器式光开关；
- MEMS 式光开关；
- 微电机式光开关。

5 技术要求

机械光开关的技术要求见表 1。

表1 光开关的技术要求

参数		单位	指标	
开关类型			$1 \times N$ ($N \leq 8$)	$M \times N$ ($1 < M \leq 8$)
工作波长	单窗口	nm	1 310±50 或 1 550±50	
	双窗口	nm	1 310±50 与 1 550±50	
插入损耗			$IL_{\max} = 0.25 + 0.5 \text{Log}_2^{(N)}$	$IL_{\max} = 0.15 + 1.5 \text{Log}_2^{(N)}$
参数		单位	指标	
偏振相关损耗		dB	<0.2	<0.5
串扰		dB	≤ -55	≤ -55
波长相关损耗		dB	<0.2	<0.5
回波损耗		dB	≥ 45	≥ 45
开关时间		ms	≤ 10	≤ 50
重复性		dB	≤ 0.1	≤ 0.2
工作寿命		次	$\geq 1\,000\,000$	$\geq 1\,000\,000$
最大允许光功率		mW	300	100
工作温度		℃	0~+65	
储存温度		℃	-40~+70	

6 试验方法

6.1 试验条件

- a) 操作人员和测试工作台均有静电防护措施;
- b) 环境温度和湿度符合 GB/T 2421-1999 中相关规定:
 - 温度: 15℃~35℃;
 - 相对湿度: 25%~75%;
 - 气压: 86kPa~106kPa。
- c) 测量仪表及测试设备均经过有效校验, 并在有效期内使用。

6.2 试验仪表设备

6.2.1 光源

光源要求如下。

- 光源类型: 常规测试时, 一般选择 1 310nm 或 1 550nm 的 DFB 激光器的光源, 光功率在 -10~0dBm; 当进行大功率测试时, 选择输出功率约 30dBm 的大功率光源进行测试。
- 波长范围: 根据工作波长选择适当的波长。
- 输出功率稳定度: $\pm 0.1\text{dB}/10\text{min}$ 。

6.2.2 光功率计

光功率计要求如下。

- 测量范围: 根据工作波长范围选择适当的波长。
- 光功率最大动态范围: 常规测试时, 光功率计的动态范围为: -80~+3dBm (直流)。进行大功率测试时, 光功率计的动态范围要求为: -45~+33dBm。
- 测量精度: $\pm 5\%$ 。

6.2.3 偏振控制器

偏振控制器要求如下。

- 工作波长范围：根据工作波长选择适当的波长；
- 偏振消光比：大于 40dB；
- 最大允许输入光功率：+20dBm。

6.2.4 回波损耗测试仪

回波损耗测试仪要求如下。

- 工作波长：1310nm、1550nm；
- 测量范围：-75~0dB；
- 测量精度：±1.0dB（绝对精度）、±0.4dB（相对精度）。

6.2.5 高低温试验箱

高低温试验箱要求如下。

- 工作温度范围：-40℃~+120℃；
- 温度波动：±2℃；
- 温度变化率：大于 2℃/min。

6.3 测量

6.3.1 插入损耗测量

a) 测量原理

测量原理如图 3 所示。



图3 插入损耗测量原理

b) 测量步骤

- 1) 将光源输出端接入功率计，把光功率键置于“dBm”档，存储光源输入功率 P_{in} 为 0dB 参考功率，功率计显示的数值为 0.00dB；
- 2) 将光开关的输入端与光源输出端连接，并将光开关的待测试通道打开，并使之稳定，输出端接入功率计；
- 3) 功率计显示数值即为该通道的插入损耗。

6.3.2 串扰测量

a) 测量原理与图3相同。

b) 测量步骤

- 1) 将光源输出端接入功率计，光功率键置于“dBm”档，存储光源输入功率 P_{in} 为 0dB 参考功率，功率计显示的数值为 0.00dB；
- 2) 将光源的输出端与光开关输入端口 i 连接，使光开关处于正常工作状态，非连通输出端口 j 连接到功率计，此时功率计显示数值即为该非连通端口的串扰。
- 3) 所有非连通端口串扰值的最大值为光开关的串扰值。

6.3.3 偏振相关损耗测量

a) 测量原理

测量原理如图 4 所示。

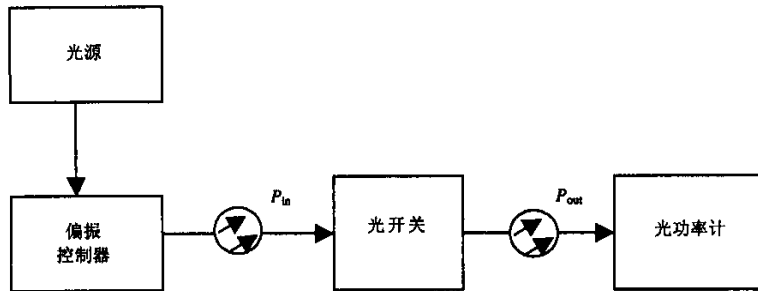


图 4 偏振相关测量原理

b) 测量步骤

- 1) 将光源输出端连接到光功率计，光功率键置于“dBm”档，存储光源输入功率 P_{in} 为 0dB 参考功率，功率计显示的数值为 0.00dB；
- 2) 将光源的输出端与偏振控制器的输入端连接；
- 3) 将光开关的输入端与偏振控制器的输出端连接；并将光开关的待测试通道打开，并使之稳定。
- 4) 将光开关的某输出端 j 接入功率计，同时启动偏振控制器，随机改变光源的偏振态，此时功率计显示的最大值与最小值之差即为该通道的偏振相关损耗。表达式为：

$$PDL = |IL_{max} - IL_{min}| \text{ (dB)}$$

所有通道的偏振相关损耗的最大值为光开关偏振相关损耗值。

6.3.4 回波损耗测量

用回波损耗测试仪直接测得光开关各端口的回波损耗。

a) 测量原理

测量原理如图 5 所示。

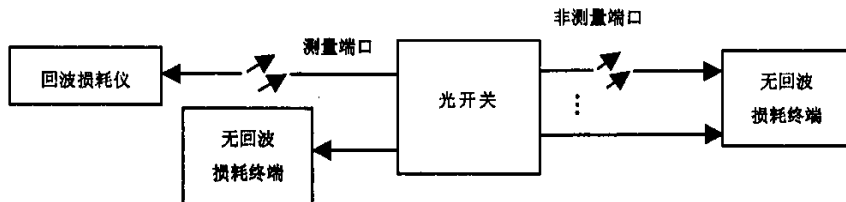


图 5 回波损耗测量方框图

b) 测量步骤

- 1) 选择合适的光源，并用专用的标准连接器连接到回波损耗仪的光功率输出端口，将连接器的另一端绕模，待回波损耗仪显示稳定后存储该光源的光功率数值。
- 2) 将光开关待测端口通过标准连接器与回波损耗仪无回波损耗终端接，其他非测量端口为无回波损耗终端。回波损耗测试仪显示值为该端口的回波损耗值。
- 3) 测量所有端口的回波损耗值，其中最小的值为该光开关的回波损耗值。

6.3.5 开关时间的测量

a) 测量原理

测量原理如图 6 所示。

b) 测量步骤

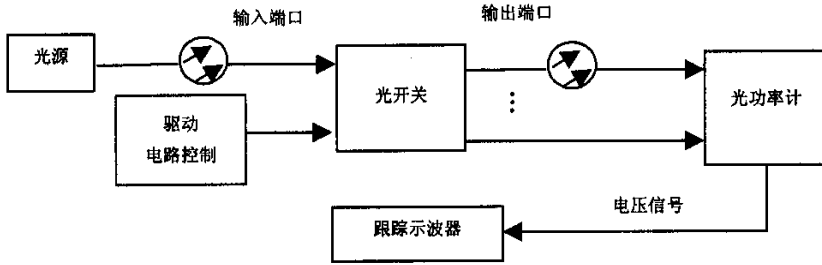


图6 开关时间测量原理

1) 光源从光开关输入端口输入，从任意一个连通输出口连接至光功率计，光功率计将光功率转换为电信号（要求功率计的电路处理时间小于 10ms），将该电信号（电压信号）从功率计的电接口取出并连接到示波器的输入端。

2) 示波器的纵轴为电压、横轴为时间，示波器设置为上升沿或者下降沿触发模式。

3) 根据示波器扫描的曲线，可测量各通道的连通时间 ST_{onij} 、关断时间 ST_{offij} ；

4) 取所有通道中最大的连通时间和关断时间为光开关的连通时间和关断时间，分别表示为：

$$\text{光开关的连通时间: } ST_{on} = \max (ST_{onij})$$

$$\text{光开关的关断时间: } ST_{off} = \max (ST_{offij})$$

6.3.6 重复性测量

a) 测量原理

测量原理如图7所示。

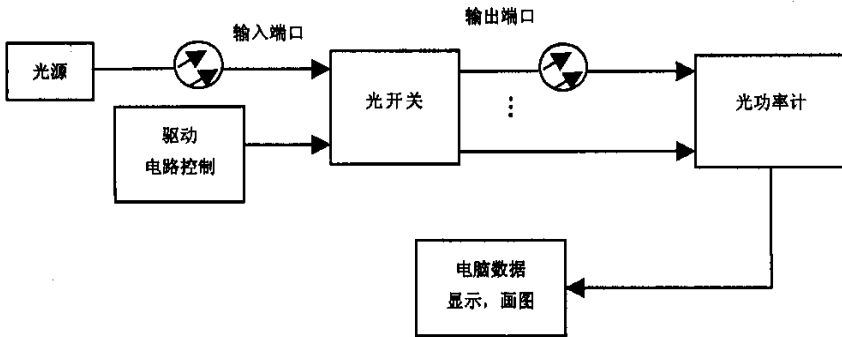


图7 开关重复性测量原理

b) 测量步骤

1) 利用外部指令或控制按键，使光开关的光切换开关不停地切换，测量并记录每次切换时该通路的插入损耗，

2) 从测量的数据中任意连续选取100个数据。重复性为这连续100个数据中最大值与最小值之差，即：

$$Rep = IL_{max} - IL_{min} \text{ (dB)}$$

6.4 可靠性试验

可靠性试验按 Telcordia GR-1073-CORE (2001) 中表 5-1 的规定进行，具体可靠性试验的要求见表 2。

表2 光开关可靠性试验要求

类别	试验名称	试验方法	试验条件	工作环境		抽样原则			合格判据
				CO ^f	UNC ^f	LTPD ^g	SS ^g	C ^g	
运输 存储 和 维护	湿热试验 (温—湿度老化)	5.2.1.1	60℃, 90% RH, 7天 (168h)	R ^f	—	20	11	0	插入损耗变化量: 小于等于 0.5dB
			75℃, 90% RH, 7天 (168h)	—	R	20	11	0	
	温度循环	5.2.1.2	-40℃ ~ +70℃, 在两极各停留15min, 速率≥1℃/min, 10个循环	R	R	20	11	0	
	机械振动 (不同频率)	5.2.1.3	10~55Hz, 振幅1.52mm, 3个轴向每轴20min	R	R	20	11	0	
	机械冲击—元件	5.2.1.4	500G, 3个轴向, 每轴每方向2次冲击, 共12次, 1ms的脉冲	R	R	20	11	0	
机械冲击—模块	5.2.1.4	200G, 3个轴向, 每轴每方向2次冲击, 共12次, 1.33ms的脉冲	R	R	20	11	0		
光纤的 完整性 试验	弯曲	5.2.2.1	紧套缓冲型和涂敷型光纤 ^b	—	—	20	11	0	
			松套缓冲型 ^b 和加强型光缆: 0.45kg, 30个循环	R	R				
			加强型光缆: 0.45kg, 100个循环	O ^f	O				
	扭曲	5.2.2.2	紧套缓冲型和涂敷型光纤	—	—	20	11		
			松套缓冲型和加强型光缆: 0.45kg, 10个循环	R	R				
	侧拉	5.2.2.3	紧套缓冲型和涂敷型光缆: 0.23kg, 90°, 5s, 2个方向 ^c	R	R	20	11		
松套缓冲型和加强型光缆: 0.45kg, 90°, 5s, 2个方向 ^c			R	R					
在线实时监控 ^d			CR ^f	CR					
光缆保持力 (直拉)	5.2.2.4	紧套缓冲型和涂敷型光缆: 0.45kg, 5s, 3次	R	R	20	11			
		松套缓冲型和加强型光缆: 1.0kg, 5s, 3次	R	R					
运行性能 试验 ^e	温湿循环	5.2.3.1	-10℃ ~ 60℃、90% RH、23℃; 20%RH、60℃, 42个循环	R	—	20	11	0	
		5.2.3.2	-40℃ ~ 85℃、90% RH、23℃; 20%RH、85℃, 42个循环	—	R				
其他	耐久性	5.2.4	1 000次循环	R	R	20	11	0	
			1 000 000次循环	CR	CR				

注：“元件”是指能独立实现光束方向切换的光开关单元；“模块”是指由不同的开关单元组合配置而成的光开关集成

- a 产品簇中的每种产品应进行直拉试验，每种光纤连接器件都应进行侧拉、弯曲和扭曲试验。
- b 松套型和紧套缓冲型光纤在术语中定义，表中定义的试验设定松套缓冲光纤是连接到器件的，并且是用作强度部件。如果不是用作强度部件，那么对涂敷型和紧套缓冲型光纤，该要求也应提供应用。
- c 在产品设计中应允许两个相互垂直进行侧拉试验，例如：一个具有小于底座板延伸线的光纤端线可以不做一个方向的侧拉试验。
- d 以上所述条件的侧拉要求适用光纤/光缆所有产品，结果应使最终用户接受。
- e 在器件试验期间该类试验既可以连续通光试验，也可以周期性通光（对于插销式光开关）试验。
- f CO——中央局可控环境；其周围环境温度长期在+4℃~+38℃，短期低温可降至+2℃，高温可升至+49℃；UNC——非控制环境，其环境温度在-40℃~+46℃，最高温度可达+65℃；R——满足典型通信运营商需求的特性或功能；CR——满足专门用户应用的特性或功能；O——由典型通信运营商要求并可达到的特性或功能。
- g LTPL——批允许不合格率；SS——最小样本数；C——允许失效数

7 检验

7.1 检验职责

光开关由具有独立职能的质量检验部门按标准要求检验合格并发给合格证后方可出厂。

7.2 检验分类

检验分出厂检验和型式检验两类。

7.2.1 出厂检验

出厂检验分日常检验和抽样检验两种。

7.2.1.1 日常检验

日常检验是生产厂家对产品进行 100% 的检验，其检验数据应随同产品提交给用户，光开关需要进行检验的项目是插入损耗、回波损耗、串扰和开关时间。

7.2.1.2 抽样检验

抽样检验是从批量生产中或不同时期产品中按 GB/T 2829-2002 规定抽样，检验项目按 6.2.1.1 条规定。

7.2.2 型式检验

a) 光开关有下列情况之一时，一般进行形式检验。形式检验需要进行全部项目的测量和可靠性试验。

- 1) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 2) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 3) 正常生产时，定期或积累一定产量后，应周期性（36 个月）进行一次检验；
- 4) 产品长期停产（12 个月）后，恢复生产时；
- 5) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差别时；
- 6) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

经过了型式检验的样品不能作为合格品交付使用。

b) 型式检验的各项试验后，出现以下任意一种情况，即可判定为这批产品不合格。

- 1) 光开关不能正常工作；
- 2) 光开关技术指标不符合本标准规定或技术指标，虽然满足本标准的规定，或插入损耗变化量超过 0.5dB。

8 标识、包装、运输、储存

8.1 标识

产品上应标有产品名称、型号规格、编号、生产厂家及生产日期。

8.2 包装

产品一般为一只一个内包装，包装内应有产品性能指标测试数据、附件及说明书，外包装盒上应标有产品名称、规格型号、生产厂家及产品执行标准号。

8.3 运输

当产品需要长途运输时，需用木箱或硬纸箱作外包装，在箱上写明不能大力抛甩、碰、压，应有防雨标志，以免损坏产品。

8.4 储存

产品不能放置在露天或有严重腐蚀的环境中，应放置在允许的储存温度及湿度范围内环境中保存。