



# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1066—2000

---

## 纤维光学环行器技术条件

Technical requirements for fiber optic circulators

2000-06-27 发布

2000-09-01 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 引用标准 ..... 1

3 术语和符号 ..... 1

4 分类 ..... 3

5 技术要求 ..... 3

6 检验 ..... 8

7 包装、标志、运输和贮存 ..... 9

## 前 言

本标准参照 IEC 62077—1999: 纤维光学环行器总规范并结合国家标准 GB2421—89 和 ITU—T G671—96 编写而成。

本标准规定了光纤通信和其他光纤技术应用的纤维光学环行器技术条件，内容包括适用范围、产品分类、技术要求、特性试验、检验、包装、标志、运输和贮存等。在技术要求条款中，对纤维光学环行器的工作波长、隔离、串扰、衰减、偏振相关损耗、偏振模色散和回波损耗等光学性能的测量方法作出规定，也规定了各种环境和机械性能的试验技术、程序和要求。

本标准适用作通信行业科研、生产、工程应用的纤维光学环行器的标准，也适用作其他光纤应用部门应用纤维光学环行器的标准。

本标准由信息产业部电信科学研究院提出并归口。

本标准由信息产业部武汉邮电科学研究院起草。

本标准主要起草人：胡台光 阮银兰

纤维光学环行器技术条件

Technical requirements for fibre optic circulator

YD/T 1066—2000

1 范围

本标准规定了纤维光学环行器的产品分类、技术要求、特性试验、检验、包装、标志、运输和贮存等。

本标准适用于光纤通信和其他光纤技术应用的纤维光学环行器。

2 引用标准

下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 2421—89 电子电工产品基本环境试验规程 总则

ITU-T G671—96 无源光器件的传输特性

IEC 62077—1 纤维光学环行器总规范

3 术语和符号

3.1 术语

3.1.1 纤维光学环行器 (Fiber optic circulator)

纤维光学环行器是一种正向导通、反向隔离的多端口 (≥3 个端口) 非互易无源器件，端口顺序为 1、2、…、*n*。对于完整环环行器 (见 3.1.15 条)，由端口 1→2、…、*i*→*i*+1、…、*n*-1→*n*、*n*→1 传递光功率是非互易的。对于非完整环环行器，由端口 1→2、…、*n*-1→*n* 传递光功率是非互易的。纤维光学环行器简称光环行器。

3.1.2 端口 (Port)

光环行器的端口是连接到器件上，作为光功率输入和/或输出的光纤或光纤连接器。

3.1.3 传输矩阵 (Transfer matrix)

光环行器的光学特性可按 *n*×*n* 的系数矩阵给予定义。*n* 是光环行器的端口数，系数表示选定端口之间传递的部分光功率。在一般情况下，传输矩阵可表示为：

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ & t_{22} & & \\ & & t_{ij} & t_{ii} \\ t_{n1} & & & t_{nn} \end{bmatrix}$$

(1)

在上式中，*t<sub>ij</sub>* 是从端口 *j* 输出的光功率 *P<sub>j</sub>* 与由端口 *i* 输入的光功率 *P<sub>i</sub>* 之比，即：

$$t_{ij} = P_j / P_i$$

系数 *t<sub>ij</sub>* 标称大于零 [对于完整环环行器，*j*=*i*+1 (*i*=*n* 时，*j*=1)；对于非完整环环行器，*j*=*i*+1，但 *i*≠*n*]，而其他系数标称等于零。

### 3.1.4 传输系数 (Transfer coefficient)

传输系数是传输矩阵的系数  $t_{ij}$

### 3.1.5 对数传输矩阵 (Logarithmic transfer matrix)

在一般条件下, 对数传输矩阵可表示为:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ & a_{22} & & \\ & a_{ij} & a_{ii} & \\ a_{n1} & & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

在上式中,  $a_{ij}$  是从端口  $j$  输出的光功率对端口  $i$  输入的单位光功率的衰减值, 以 dB 表示:

$$a_{ij} = -10 \log_{10} t_{ij} \quad (3)$$

### 3.1.6 衰减 (Attenuation)

对数传输矩阵系数  $a_{ij}$  即为光环行器的衰减 (对于完整环行器,  $j=i+1$ , 对于非完整环行器,  $j=i+1$ , 但  $i \neq n$ )。这些矩阵系数代表输入端口与输出端口之间的光功率下降程度, 以 dB 表示。可定义为:

$$a = -10 \log_{10} (P_{01}/P_{i1}) \quad (4)$$

上式中,  $P_{i1}$  是输入端口的输入光功率,  $P_{01}$  是输出端口的输出光功率。

### 3.1.7 隔离度 (Isolation)

对数传输矩阵系数  $a_{ij}$  ( $j=i-1$ ) 即为光环行器的隔离度。该矩阵系数代表输入端口和输出端口之间的光功率下降程度, 以 dB 表示。可定义为:

$$a = -10 \log_{10} (P_{02}/P_{i2}) \quad (5)$$

上式中,  $P_{i2}$  是输入端口的输入光功率,  $P_{02}$  是输出端口的输出光功率。

### 3.1.8 串扰 (Directivity)

对数传输矩阵系数  $a_{ij}$  ( $j \neq i+1, j \neq i, j \neq i-1$ ) 即为光环行器的串扰。该矩阵系数代表输入端口和输出端口之间的光功率下降程度, 以 dB 表示。可定义为:

$$a = -10 \log_{10} (P_{03}/P_{i3}) \quad (6)$$

上式中,  $P_{i3}$  是输入端口的输入光功率,  $P_{03}$  是输出端口的输出光功率。

### 3.1.9 偏振相关损耗 (Polarisation dependent loss)

对于偏振无关光环行器输入光  $P_i$  的任意偏振状态, 其衰减波动最大值 (见 3.1.6 条) 即为光环行器的偏振相关损耗。

### 3.1.10 偏振模色散 (Polarisation mode dispersion)

对于偏振无关光环行器, 两个正交偏振状态通过光环行器所产生的最大延迟差即为光环行器的偏振模色散。

### 3.1.11 导通端口 (Conduction ports)

$t_{ij}$  大于标称零值的端口  $i$  和端口  $j$  即为光环行器的两个导通端口。

### 3.1.12 隔离端口 (Isolated ports)

$t_{ij}$  等于标称零值而  $a_{ij}$  等于标称无穷大时的端口  $i$  和端口  $j$  即为光环行器的两个隔离端口。

### 3.1.13 工作波长 (Operating wavelength)

光环行器的工作波长是一个标称的波长  $\lambda$ , 在这一波长上设计的光环行器能在规定的技术指标下工作。

### 3.1.14 工作波长范围 (Operating wavelength range; bandpass)

光环行器的工作波长范围是在一个标称的波长  $\lambda$  附近, 指定从  $\lambda_{\min}$  至  $\lambda_{\max}$  的波长区域, 在这一波长区域内, 设计的光环行器能在规定的技术指标下工作。

### 3.1.15 完整环行器 (Completely circulated type)

具有  $t_{n1}$  标称大于零的光环行器称为完整环行器。

### 3.1.16 回波损耗 (Return loss)

数传输矩阵系数  $a_{ii}$  ( $i=1\cdots n$ ) 即为光环行器的回波损耗。该矩阵系数代表输入端口的反射光功率对输入光功率的下降程度, 以 dB 表示。可表示为:

$$a = -10\log_{10}(P_r/P_{i4}) \quad (7)$$

式中,  $P_{i4}$  是输入端口的输入光功率,  $P_r$  是输入端口的反射光功率。

### 3.2 符号

各种参数名称所对应的符号见表 1。

表 1 参数名称、符号及其单位

参 数 名 称	符 号	单 位
工作波长	$\lambda$	nm
衰减	$A$	dB
隔离度	$IS$	dB
串扰	$D$	dB
偏振相关损耗	PDL	dB
偏振模色散	PMD	ps
回波损耗	RL	dB

## 4 分类

### 4.1 分类

光环行器按下列原则分类:

- (1) 端口数, 如三端口、四端口、……;
- (2) 类型, 如完整环行器、非完整环行器;
- (3) 工作原理, 如法拉弟效应 (磁光效应)、科顿—穆顿效应 (磁场屈折效应) 和克尔效应 (电介质内的光电效应);
- (4) 工作波长, 如短波长环行器 (630nm) 和长波长环行器 (1310nm、1550nm)。

### 4.2 识别

光环行器的识别应包括工作原理、工作波长、类型、端口数、端口形式、评定水平等信息。

## 5 技术要求

### 5.1 光学性能

光环行器的光学性能如表 2 所示。

表 2 光环行器光学性能

工作波长(nm)	1310 或 1550
衰减(dB)	$\leq 1.2$
隔离度(dB)	$\geq 40$
串扰(dB)	$\geq 40$
偏振相关损耗(dB)	$\leq 0.4$
偏振模色散(ps)	$\leq 0.2$
回波损耗(dB)	$\geq 45$

## 5.2 环境和机械性能

光环行器经环境和机械试验后的光学性能如表 3 所示。

表 3 光环行器的环境机械特性

试 验 项 目	衰减变化量(dB)	隔离度(dB)
高温	$\leq 0.3$	$\geq 40$
低温	$\leq 0.3$	$\geq 40$
振动	$\leq 0.3$	$\geq 40$
冲击	$\leq 0.3$	$\geq 40$
温度循环	$\leq 0.3$	$\geq 40$

## 5.3 试验环境要求

光环行器的试验环境应符合 GB 2421—89 的规定，即：

- 温度：15℃～25℃；
- 相对湿度：45%～75%；
- 气压：86～106kPa。

## 5.4 试验条件

光环行器的试验条件如下：

- 试验用仪表和设备应在计量检定有效期内。
- 试验用光源稳定度优于 0.05dB/h。
- 试验用光功率计分辨力为 0.01dB，动态范围大于 80dB。
- 光源注入条件。

单模注入条件应在光环行器输入端及检测处仅有基模传输，光纤的配置及光纤长度均应使可能注入的高次模得到足够的衰减。

## 5.5 光学特性试验方法

### 5.5.1 衰减

#### 5.5.1.1 光环行器衰减测量框图如图 1 所示。

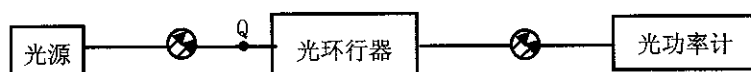


图 1 衰减测量框图

#### 5.5.1.2 测量步骤

- a) 按光环行器的工作波长选用相应的光源和光功率计；
- b) 按图 1 连接好各仪器。对于非完整环行器，光功率的输入端口不能是端口顺序最末的一个端口；
- c) 测量光环行器输入端口所对应的正向顺序相邻第 1 端口输出的光功率  $P_{01}$ ；
- d) 在测量框图的 Q 点断开，测量输入光环行器的光功率  $P_{i1}$ ；
- e) 衰减按计算公式如下：

$$A = -10 \log_{10} \frac{P_{01}}{P_{i1}} \quad (8)$$

### 5.5.2 隔离度

5.5.2.1 光环行器隔离度的测量框图参照图 1。

#### 5.5.2.2 测量步骤

- 按光环行器的工作波长选用相应的光源和光功率计；
- 按图 1 连接好各仪器。对于非完整环行器，光功率的输入端口不能是光环行器的第 1 端口；
- 测量光环行器输入端口所对应的反向顺序相邻第 1 端口输出的光功率  $P_{02}$ ；
- 在测量框图的 Q 点断开，测量输入光环行器的光功率  $P_{i2}$ ；
- 隔离度按下面公式计算：

$$IS = -10 \log_{10} \frac{P_{02}}{P_{i2}} \quad (9)$$

### 5.5.3 串扰

5.5.3.1 光环行器串扰的测量框图参照图 1。

#### 5.5.3.2 测量步骤

- 按光环行器的工作波长选用相应的光源和光功率计；
- 按图 1 连接好各仪器，光功率从光环行器的端口  $i$  输入；
- 测量光环行器端口  $j$  的光功率  $P_{03}$  ( $j \neq i+1$ ,  $j \neq i$ ,  $j \neq i-1$ )；
- 在测量框图的 Q 点断开，测量输入光环行器的光功率  $P_{i3}$ ；
- 串扰按下列公式计算：

$$D = 10 \log_{10} \frac{P_{03}}{P_{i3}} \quad (10)$$

### 5.5.4 偏振相关损耗

5.5.4.1 光环行器偏振相关损耗的测量框图如图 2 所示。

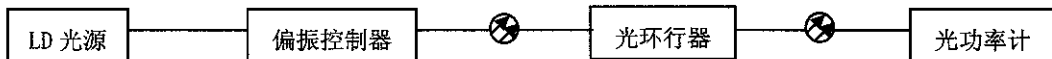


图 2 偏振相关损耗测量框图

#### 5.5.4.2 测量步骤

- 按光环行器的工作波长选用相应光源和光功率计；
- 按图 2 连接好各仪器，光环行器应处在正向导通状态，即对于非完整环行器，譬如三端口或四端口的光环行器，光信号的流向规定为  $1 \rightarrow 2$ 、 $2 \rightarrow 3$  或  $1 \rightarrow 2$ 、 $2 \rightarrow 3$ 、 $3 \rightarrow 4$ ；对于完整环行器，光信号的流向规定为  $i \rightarrow i+1$ ；
- 启动偏振控制器，全方位改变输入光信号的偏振状态；
- 从光功率计中测量并记录被测光环行器的偏振相关损耗，以最大的变化值定为光环行器的偏振相关损耗。

### 5.5.5 偏振模色散

5.5.5.1 光环行器偏振模色散的测量框图如图 3 所示。

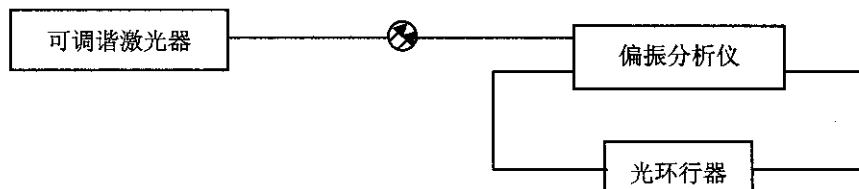


图 3 偏振模色散测量框图



5.5.5.2 测量步骤

- a) 按光环行器的工作波长选用相应的可调谐激光器和偏振分析仪；
- b) 按图 3 连接好各仪器，光环行器应处在正向导通状态，即对于非完整环行器，譬如三端口或四端口的光环行器，光信号的流向规定为 1→2、2→3、或 1→2、2→3、3→4；对于完整环行器，光信号的流向规定为  $i \rightarrow i+1$ ；
- c) 打开偏振分析仪系统菜单，在光环行器的工作波长范围内测量偏振模色散；
- d) 记录被测光环行器的偏振模色散值。

5.5.6 回波损耗

5.5.6.1 光环行器回波损耗的测量框图如图 4 所示。

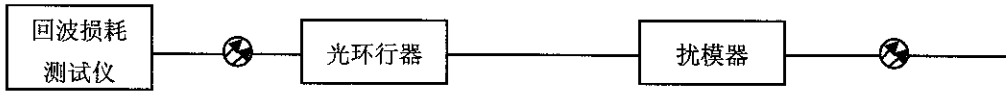


图 4 回波损耗测量框图

5.5.6.2 测量步骤

- a) 调整回波损耗测试仪的工作波长，使其与光环行器的工作波长相一致，并将回波损耗测试仪校零。
- b) 按图 4 连接好各仪器，光环行器应处在正向导通状态，即对于非完整环行器，譬如三端口或四端口的光环行器，光信号的流向规定为 1→2、2→3、或 1→2、2→3、3→4；对于完整环行器，光信号的流向规定为  $i \rightarrow i+1$ ；
- c) 操作扰模器，滤除光环行器输出尾纤的高次模；
- d) 记录回波损耗测试仪的显示值，此值即为光环行器的回波损耗。

5.6 环境机械特性试验方法

5.6.1 温度特性试验

5.6.1.1 高温试验

- a) 条件
  - 高温温度：+70℃；
  - 温度变化速率：不大于 1℃/min（5min 内平均值）；
  - 按图 5 所示对试样进行在线测量衰减。

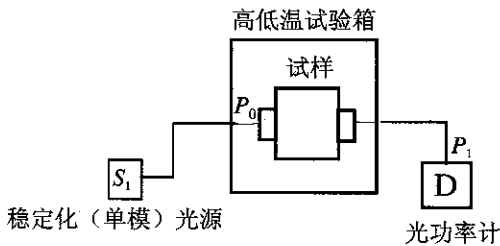


图 5 高温试验框图

- b) 程序

将试样置于高低温试验箱内，构成高温试验系统（见图 5），高低温试验箱精度±3℃。

将试样在室温下进行预处理并测量其衰减，记录其数据。

按 5.6.1.1 a)规定的速率升高温度，每升 5℃记录一次数据，直至+70℃；保温 2h，每 30min 记录一次数据。再按相同的速率降温，每降 5℃记录一次数据，直至室温；保温 2h，测量其衰减，并记录其数据。
- c) 结果

试验结束后，试样应满足下列要求：

- 1) 不能有机机械损伤，如变形、龟裂、松动等现象；
- 2) 光学性能符合表 2、表 3 的要求。

### 5.6.1.2 低温试验

#### a) 条件

- 低温温度： $-10^{\circ}\text{C}$ ；
- 温度变化速率：不大于  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ （5min 内平均值）；
- 按图 5 所示对试样进行在线测量衰减。

#### b) 程序

将试样置于高低温试验箱内，构成低温试验系统（见图 5）。高低温试验箱精度  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

按 5.6.1.2 a) 规定的速率降低温度，每降  $5^{\circ}\text{C}$  记录一次数据，直至  $-10^{\circ}\text{C}$ ；保温 2h，每 30min 记录一次数据。再按相同的速率升温，每升  $5^{\circ}\text{C}$  记录一次数据，直至室温；保温 2h，测量其衰减，记录其数据。

#### c) 结果

试验结束后，试样应满足下列要求：

- 1) 不能有机机械损伤，如变形、龟裂、松动等现象；
- 2) 光学性能应符合表 2、表 3 的要求。

### 5.6.1.3 温度循环试验

#### a) 条件

- 高温温度： $T_A = +70^{\circ}\text{C}$ ；
- 低温温度： $T_B = -10^{\circ}\text{C}$ ；
- 温度变化速率：不大于  $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ （5min 内平均值）；
- 高、低温恒温时间： $t_1 = t_2 = 1\text{h}$ ；
- 循环次数：5；
- 对试样不进行在线光学性能监测。

#### b) 程序

先将试样在室温下进行预处理，并测量其光学性能，记录其数据。然后将试样从测量系统取下，并置于高低温试验箱内。高低温试验箱精度  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

按 5.6.1.3 a) 规定的速率由室温升温至  $T_A$ ，恒温 1h；接着按规定的速率降低至  $T_B$ ，恒温 1h；再以相同速率上升到室温，至此构成一个温度循环。如此循环 5 次后保温 2h。试验的温度变化曲线如图 6 所示。取出试样，测量其光学性能，记录其数据。

#### c) 结果

试验结束后，试样应满足下列要求：

- 1) 不能有机机械损伤，如变形、龟裂、松动等现象。
- 2) 光学性能应符合表 2、表 3 的要求。

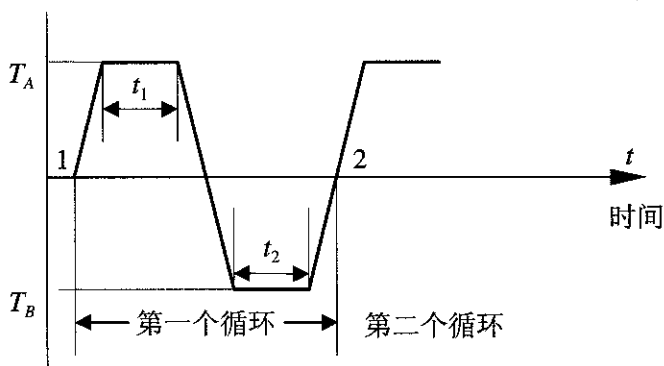


图 6 温度试验的温度变化曲线

## 5.6.2 机械性能试验

### 5.6.2.1 振动试验

#### a) 条件

- 振动波形：正弦波；
- 频率范围：10~55Hz；
- 扫频速度：1oct/min（每分钟1个倍频程）；
- 振幅：0.75mm（单振幅保持）；
- 每个方向持续时间：30min；
- 对试样进行在线衰减监测。

#### b) 程序

先将试样在室温进行预处理，并测量其光学性能，记录其数据。然后将试样固定在振动台上，并在3个互相垂直方向的每一个方向振动，每一方向5次。方向之一应与光环行器的公共轴线平行。每一个方向振动持续时间为30min。观察并记录其光学性能数据。

#### c) 结果

试验结束后，试样应满足下列要求：

- 1) 不能有机机械损伤，如变形、龟裂、松动等现象；
- 2) 光学性能应符合表2、表3的要求。

### 5.6.2.2 冲击试验

#### a) 条件

- 冲击严酷度和波形从表4中选择；
- 对试样进行在线衰减监测。

表4 冲击严酷度和波形

加速率( $\text{m/s}^2$ )	波 形	脉冲持续时间(ms)
150	半正弦波形	11
294	半正弦波形	18
490	半正弦波形	11
981	半正弦波形	6

#### b) 程序

将试样固定在冲击台上，并在3个相互垂直方向的每一个方向承受冲击，每个方向冲击3次。观察并记录其光学性能数据。

#### c) 结果

试验结束后，试样应满足下列要求：

- 1) 不能有机机械损伤，如变形、龟裂、松动等现象；
- 2) 光学性能应符合表2、表3的要求。

## 6 检验

光环行器应由具有独立职能的质保部门按本标准检验合格并发给合格证后方可出厂。光环行器检验分两类：出厂检验和型式检验。

### 6.1 出厂检验

分日常检验和抽样检验两种。

### 6.1.1 日常检验

该检验是对全部产品进行检验，其检验数据随同产品交给用户。光环行器需要进行日常检验的项目是：外观、衰减、隔离度、串扰、偏振相关损耗、偏振模色散、回波损耗。

### 6.1.2 抽样检验

质保部门每年至少进行两次抽样检验，检验项目与 6.1.1 的规定相同。它是从批量（生产线一周生产）的产品中随机抽取完整的产品或样品进行检验，抽样数：11 只，不合格判定数为零。

## 6.2 型式检验

型式检验项目包括 6.1.1 的规定和高温试验、低温试验、温度循环试验、振动试验、冲击试验。随机抽取至少 2 只样品，进行型式检验。

有以下情况之一，一般进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响性能时；
- c) 正常生产时，一般 12 个月进行一次检验；
- d) 产品长期停产后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差别时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

## 7 包装、标志、运输和贮存

### 7.1 包装

产品应用盒子包装并固定在盒内，包装盒上应有产品名称、规格、型号、生产厂名称。包装盒内应附有技术指标和使用说明。

### 7.2 标志

产品上应标有产品型号、编号、方向和商标。

### 7.3 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，应有防雨防潮标志。

### 7.4 贮存

产品不能放置在磁场、露天或有严重腐蚀的环境中，应放置在  $-10^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$  的温度范围之内贮存。