



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 12511.1—XXXX/IEC 60876-1:2014

代替 GB/T 12511—1990

## 纤维光学互连器件和无源器件 纤维光学空间开关 第1部分：总规范

Fiber optic interconnecting devices and passive components—Fiber optic spatial  
switches—Part 1:Generic specification

(IEC 60876-1:2014,IDT)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
3.1 基本术语和定义 .....	2
3.2 元器件定义 .....	3
3.3 性能参数定义 .....	4
4 要求 .....	8
4.1 分类 .....	8
4.2 文档 .....	13
4.3 标准化体系 .....	15
4.4 设计与建造 .....	18
4.5 质量 .....	18
4.6 性能 .....	18
4.7 标识和标志 .....	18
4.8 包装 .....	19
4.9 储存条件 .....	19
4.10 安全 .....	19
附录 A (资料性) 磁光 (MO) 效应开关技术示例 .....	20
附录 B (资料性) 机械式光开关技术示例 .....	21
附录 C (资料性) 微机电系统 (MEMS) 开关技术示例 .....	22
附录 D (资料性) 热光 (TO) 开关技术示例 .....	23
附录 E (资料性) 切换时间定义摘要 .....	25
参考文献 .....	26
图 1 延迟时间、上升时间、下降时间、回跳时间和切换时间的表示 .....	8
图 2 单刀单掷开关 .....	9
图 3 一个输入端口和一个输出端口的传输矩阵 .....	9
图 4 单刀 $N$ 掷开关 .....	9
图 5 一个输入端口和 $N$ 个输出端口的传输矩阵 .....	10
图 6 $N$ 端口矩阵开关 .....	10
图 7 $N$ 端口开关的传输矩阵 .....	10
图 8 无交叉的四端口光开关 .....	11
图 9 带交叉的四端口光开关 .....	11

图 10	配置 A, 包含集成光纤尾纤且不带连接器的设备 .....	12
图 11	配置 B, 包含集成光纤尾纤的设备, 每个尾纤上都有一个连接器 .....	12
图 12	配置 C, 包含光纤连接器作为设备外壳的组成部分的设备 .....	12
图 13	标准体系 .....	17
图 A.1	1×2 M0 开关示例 .....	20
图 B.1	机械开关示例 (驱动反射镜型) .....	21
图 B.2	机械开关示例 (驱动光纤型) .....	21
图 C.1	MEMS 开关示例 .....	22
图 D.1	T0 开关示例 .....	23
图 D.2	T0 开关输出功率 .....	23
图 D.3	T0 开关的开关响应示例 .....	24
图 D.4	T0 开关的 1×N 和 N×N 例子 .....	24
表 1	典型开关分类示例 .....	8
表 2	无交叉的四端口光开关的传输矩阵 .....	11
表 3	具有交叉的四端口光开关的传输矩阵 .....	11
表 4	系列规范结构 .....	13
表 5	标准互连矩阵 .....	18
表 E.1	延迟时间的定义摘要 .....	25
表 E.2	上升时间的定义摘要 .....	25
表 E.3	下降时间的定义摘要 .....	25

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T 12511《光纤互连器件和无源元器件 光纤空间开关》的第1部分。GB/T 12511已经发布了以下部分。

——第1部分：总规范。

本文件代替GB/T 12511—1990《纤维光学开关 第1部分：总规范（可供认证用）》，与GB/T 12511—1990相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了范围（见第1章，1990年版第一章的1）；
- 更改了术语和定义（见第3章，1990年版的6.1）；
- 更改了分类（见4.1，1990年版第一章的7）；
- 更改了符号、规范体系（见4.2.1、4.2.2，1990年版第一章的6.2和3）；
- 更改了图纸（见4.2.3，1990年版第一章的6.3和12）；
- 更改了试验和测量（见4.2.4，1990年版第三章）；
- 增加了标准化体系、设计与制造、性能、包装和储存条件（见4.3、4.4、4.6、4.8和4.9）；
- 更改了质量（见4.5，1990年版的第二章）；
- 更改了标识和标志（见4.7，1990年版第一章的8）；
- 更改了安全（见4.10，1990年版第一章的10和第四章）；
- 删除了目的、IEC型号命名、订货资料（见1990年版第一章的2、9、11）。

本文件等同采用IEC 60876-1:2014《纤维光学互连器件和无源器件 纤维光学空间开关 第1部分：总规范》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 将第2章的规范性引用文件ISO 8601更正为ISO 8601（所有部分）；
- 勘误，更正了附录D，将“图A.5”修改为“图D.1”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由工业和信息化部（电子）归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第二十三研究所、青岛浦芮斯光电技术有限公司、广州三石园科技有限公司、中国电子技术标准化研究院。

本文件主要起草人：马云亮、

本文件所代替标准的历次版本发布情况为：

- 1990年首次发布为GB/T 12511—1990，本次为第一次修订。

## 引 言

光纤通信技术的问世和发展给通信业带来了革命性的变革，目前世界大约85%的通信业务经光纤传输，长途干线网和本地中继网也已广泛使用光纤。特别是近几年，以IP为主的 Internet业务呈现爆炸性增长，这种增长趋势不仅改变了IP网络层与底层传输网络的关系，而且对整个网络的组网方式、节点设计、管理和控制提出了新的要求。一种智能化网络体系结构——自动交换光网络(Automatic Switched Optical Networks, ASON)成为当今系统研究的热点，它的核心节点由光交叉连接(Optical Cross-connect, OXC)设备构成，通过OXC, 可实现动态波长选路和对光网络灵活、有效地管理。OXC技术在日益复杂的DWDM网中是关键技术之一，而光开关作为切换光路的功能器件，则是OXC中的关键部分。光开关矩阵是OXC的核心部分，它可实现动态光路径管理、光网络的故障保护、波长动态分配等功能，对解决目前复杂网络中的波长争用，提高波长重用率，进行网络灵活配置均有重要的意义。随着光传送网向超高速、超大容量的方向发展，网络的生存能力、网络的保护倒换和恢复问题成为网络关键问题，而光开关在光层的保护倒换对业务的保护和恢复起到了更为重要的作用。

作为产业链成熟化的关键环节，如何实现更快的切换速度、更低的插入损耗、更大的开关矩阵已成为产业的热点。值此之际，转化国外先进标准并全面制定光开关基础标准，对于规范、引导光开关设计和技术发展，促进产品的通用化、系列化、标准化具有重要指导意义。

GB/T 12511旨在规范光纤互连器件和无源元器件光纤空间开关，拟由5部分构成。

- 第1部分：总规范；
- 第2部分：磁光开关门类；
- 第3部分：MEMS 开关门类；
- 第4部分：机械式光开关门类；
- 第5部分：热光开关门类。

# 光纤光学互连器件和无源器件

## 光纤光学空间开关 第1部分：总规范

### 1 范围

本文件适用于具有以下所有一般特性的光纤光学光开关：

——无源的，因为不包含光电或其他转换元器件；

——具有一个或多个用于传输光功率的端口，以及在这些端口之间可以路由或阻止功率的两种或多种状态；

——端口是光纤或光纤连接器。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

IEC 60027(所有部分) 电工用字母符号(Letters symbols to be used in electrical technology)

IEC 60050-731 国际电工词汇 第731部分：光纤通信(International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Part 731: Optical fibre communication)

注：GB/T 14733.12—2008 电信术语 光纤通信(IEC 60050-731:1991, IDT)

IEC 60617(所有部分) 简图用图形符号(Graphical symbols for diagrams)

IEC 60695-11-5 着火危险试验 第11-5部分：试验火焰 焰试验方法 装置、确认试验方法和导则(Fire hazard testing—Part 11-5: Test flames—Needle-flame test method—Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance)

注：GB/T 5169.5-2020 电工电子产品着火危险试验 第5部分：试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则(IEC 60695-11-5:2016, IDT)

IEC 60825-1 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求(Safety of laser products—Part 1: Equipment classification and requirements)

注：GB/T 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求(IEC 60825-1:2007, IDT)

IEC 61300(所有部分) 光纤光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序(Fibre optic interconnecting devices and passive components—Basic test and measurement procedures)

IEC TR 61930 光纤光学图形符号(Fibre optic graphical symbology)

IEC 62047-1 半导体器件 微机电器件 第1部分：术语和定义(Semiconductor devices—Micro-electromechanical devices—Part 1: Terms and definitions)

注：GB/T 26111—2023 微机电系统(MEMS)技术 术语(IEC 62047-1:2016, MOD)

ISO 129-1 技术制图尺寸和公差表示 第1部分：一般准则(Technical product documentation (TPD)—Presentation of dimensions and tolerances—Part 1: General principles)

ISO 286-1 产品几何技术规范(GPS) 线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础(Geometrical product specifications (GPS)—ISO code system for tolerances on linear sizes—Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits]

注：GB/T 1800.1—2020 产品几何技术规范（GPS） 线性尺寸公差ISO代号体系 第1部分：公差、偏差和配合的基础（ISO 286-1:2010, MOD）

ISO 1101 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注（Geometrical product specifications (GPS)—Geometrical tolerancing—Tolerances of form, orientation, location and run-out）

注：GB/T 1182—2018 产品几何技术规范（GPS） 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注（ISO 1101:2017, MOD）

ISO 8601（所有部分） 日期和时间 信息交换的表示方法（Date and time—Representations for information interchange）

注：GB/T 7408.1—2023 日期和时间 信息交换表示法 第1部分：基本原则（ISO 8601-1:2019, IDT）

### 3 术语和定义

IEC 60050-731界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 基本术语和定义

##### 3.1.1

**端口 port**

连接到无源元器件的光纤或光纤连接器，用于光功率的输入和/或输出

##### 3.1.2

**传输矩阵 transfer matrix**

光纤开关的光学特性可以定义为 $n \times n$ 的系数矩阵（ $n$ 是端口数）

注：T矩阵表示通态路径（最坏情况下的传输）， $T^\circ$  矩阵表示关闭状态路径（最坏情况下的隔离）。

##### 3.1.3

**传输系数 transfer coefficient**

传递矩阵的元素 $t_{ij}$ 或 $t^\circ_{ij}$

注：每个传输系数 $t_{ij}$ 是从端口i传输到的功率的最坏情况（最小）部分端口j用于路径ij开启的任何状态。每个系数 $t^\circ_{ij}$ 是功率的最坏情况（最大）部分对于路径ij关闭的任何状态，从端口i转移到端口j。

##### 3.1.4

**对数传输矩阵 logarithmic transfer matrix**

见公式（1）。

$$a_{ij} = -10 \times \lg t_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$a_{ij}$  ——从端口j输出的光功率以分贝为单位减少到端口i的单位功率；

$t_{ij}$  ——是传递系数。

注：类似地，对于关闭状态， $a^\circ_{ij} = -10 \times \lg t^\circ_{ij}$

##### 3.1.5

**开关状态 switch state**

开关的特定光学配置，从而以预定方式在特定端口之间传输或阻止光功率。

##### 3.1.6

**驱动机制 actuation mechanism**

物理手段（机械的、电气的、声学的、光学的等），开关被设计为在状态之间进行转换。



## 3.1.7

**驱动能量** actuation energy

使开关处于特定状态所需的输入能量。

## 3.1.8

**阻塞** blocking

由于存在其他已建立的连接，无法建立从空闲输入端口到空闲输出端口的连接。

注：阻塞和不同程度的非阻塞操作功能有不同的类型：

“严格意义上的非阻塞”是指一种开关矩阵，通常是在任何空闲输入端口和任何空闲输出端口之间建立连接，而与先前建立的连接无关。

“广义非阻塞”是指一个矩阵，只要在建立连接时遵循一些系统程序，就可以在其中建立所需的连接。一些多级交换架构属于这一类。

“可重排非阻塞”是指一种开关矩阵，其中任何空闲输入端口都可以连接到任何空闲输出端口，前提是其他已建立的连接未连接，然后作为建立新连接的一部分重新连接。

## 3.1.9

**开关开** normally on

当非锁存开关没有施加驱动能量时，端口对处于导通状态的条件。

## 3.1.10

**开关关** normally off

当没有为非锁存开关施加驱动能量时，端口对处于隔离状态的情况。

## 3.2 元器件定义

## 3.2.1

**光开关** optical switch

处理一个或多个端口的无源元器件，该端口选择性地传输、重定向或阻止光纤传输线中的光功率。

## 3.2.2

**自保持开关** latching switch

当启动变化的驱动能量被移除时，开关保持其最后状态和指定的性能水平。

## 3.2.3

**非自保持开关** non-latching switch

当启动变化的驱动能量被移除时，开关恢复到初始状态或未定义状态。

## 3.2.4

**磁光开关** magneto-optic effect switch**M0效应开关**

利用M0效应的光开关（透射光和反射光由于磁场而发生偏振态变化的现象）。

注：附录A给出了一个使用M0效应的光开关技术。

## 3.2.5

**机械式光开关** mechanical switch

通过驱动可动部分实现开关功能的光开关

注：附录B给出了一个使用机械方式的光开关技术。

## 3.2.6

**微机电系统开关** micro-electromechanical system switch

MEMS开关

使用MEMS技术的光开关，见IEC 62047-1定义。

注：附录C给出了一个MEMS方式的光开关技术。

### 3.2.7

热光效应开关 thermo-optic effect switch

TO效应开关

利用热光效应的光开关（温度变化引起的折射率变化现象）。

注：附录D给出了一个使用热光效应的光开关技术。

## 3.3 性能参数定义

### 3.3.1

工作波长 operating wavelength

$\lambda$

无源元器件设计为以指定性能运行的标称波长。

### 3.3.2

插入损耗 insertion loss

对数传输矩阵的元素 $a_{ij}$ （其中 $i \neq j$ ）。

注1：无源元器件的输入和输出端口之间的光功率降低，以分贝表示，定义见公式（2）：

$$a_{ij} = -10 \times \lg(P_j/P_i) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$P_i$  ——发射到输入端口的光功率；

$P_j$  ——从输出端口接收到的光功率。

注2：插入损耗值取决于开关的状态。

### 3.3.3

回波损耗 return loss

对数传递矩阵的元素 $a_{ii}$ （其中 $i=j$ ）

注1：从无源元器件的输入端口返回的输入功率的一部分，定义见公式（3）：

$$RL_i = -10 \times \lg(P_{\text{refl}}/P_i) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$P_i$  ——发射到输入端口的光功率；

$P_{\text{refl}}$  ——从同一端口接收回的光功率。

注2：回波损耗值取决于开关的状态。

### 3.3.4

串音 crosstalk

对于一个输出端口，隔离输入端口的输出功率与导电输入端口的输出功率之比。

### 3.3.5 延迟时间

#### 3.3.5.1

延迟时间 latency time

$t_1$

〈从隔离状态切换到导通状态〉从施加驱动能量开始，指定输出端口的输出功率达到其稳态值的 10% 所经过的时间。从隔离状态切换到导通状态时，关闭非保持开关，或保持开关。见图1。

## 3.3.5.2

**延迟时间** $t_1'$ 

〈从导通状态切换到隔离状态，非锁存开关常关〉指定输出端口的输出功率从去除驱动能量时达到其稳态值的90%所经过的时间。从导通状态切换到隔离状态，关闭非保持开关。见图1。

## 3.3.5.3

**延迟时间** $t_1'$ 

〈从导通状态切换到隔离状态，对于锁存开关〉从施加驱动能量开始，指定输出端口的输出功率达到其稳态值的90%所经过的时间。从导通状态切换到隔离状态，用于自保持开关。见图1。

注：见附录E。

## 3.3.6

**上升时间 rise time**

指定输出端口的输出功率从稳态值的10%上升到稳态值的90%所经过的时间。

## 3.3.7

**下降时间 fall time**

指定输出端口的输出功率从稳态值的90%下降到稳态值的10%所经过的时间。

## 3.3.8 回跳时间

## 3.3.8.1

**回跳时间 bounce time** $t_b$ 

〈从隔离状态切换到导通状态〉指定输出端口的输出功率从第一次达到额定输出功率的90%到指定输出端口的输出功率保持在其稳态值的90%和110%之间所经过的时间。见图1。

## 3.3.8.2

**回跳时间 bounce time** $t_b'$ 

〈从导通状态切换到隔离状态〉指定输出端口的输出功率从第一次达到其稳态值的10%到指定输出端口的输出功率保持在其稳态值的0%到10%之间所经过的时间。见图1。

## 3.3.9 切换时间

## 3.3.9.1

**切换时间 switching time** $t_s$ 

〈从隔离状态切换到导通状态〉切换时间定义见公式（4）：

$$t_s = t_1 + t_r + t_b \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$t_1$ ——延迟时间；

$t_r$ ——下降时间；

$t_b$ ——回跳时间。

## 3.3.9.2

**切换时间 switching time** $t_s'$

〈从导通状态切换到隔离状态〉切换时间定义见公式（5）：

$$t_s' = t_l' + t_f + t_b' \dots\dots\dots (5)$$

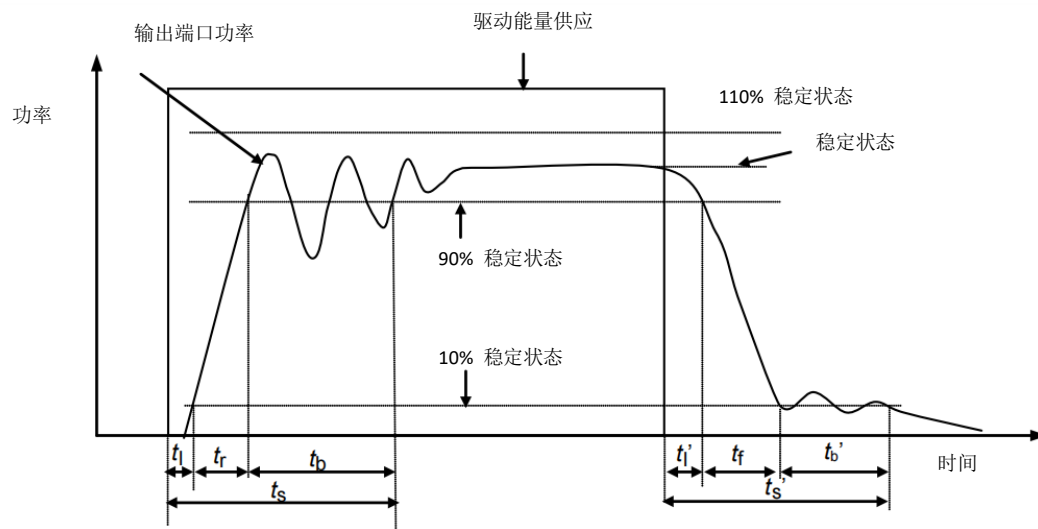
式中：

- $t_l'$  ——延迟时间；
- $t_f$  ——上升时间；
- $t_b'$  ——回跳时间；。

3.3.10

切换时间矩阵 switching time matrix

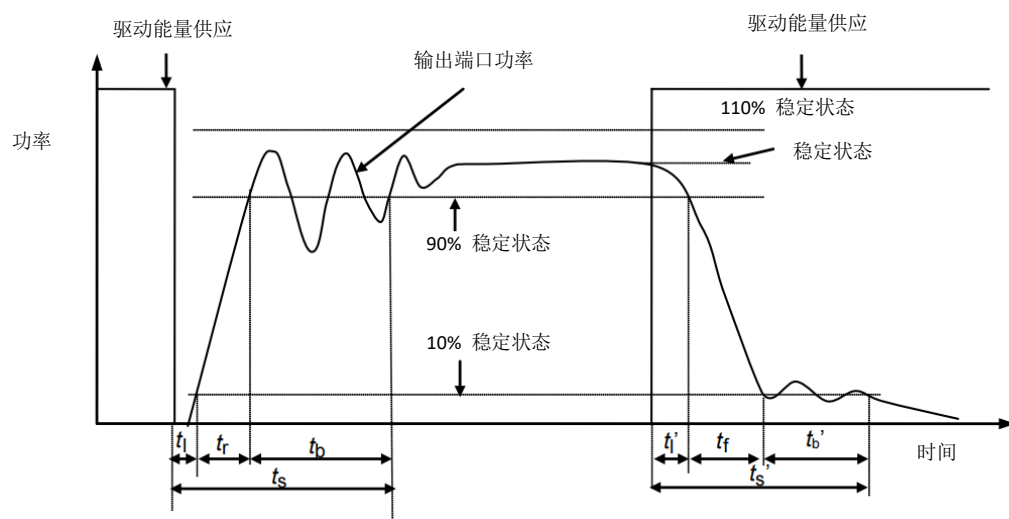
系数矩阵，其中每个系数  $S_{ij}$  是从任何初始状态打开或关闭路径  $ij$  的最长切换时间



说明：

- $t_s$ 、 $t_s'$ ——切换时间；
- $t_l$ 、 $t_l'$  ——延迟时间；
- $t_r$ ——上升时间；
- $t_f$ ——下降时间；
- $t_b$ 、 $t_b'$  ——回跳时间。

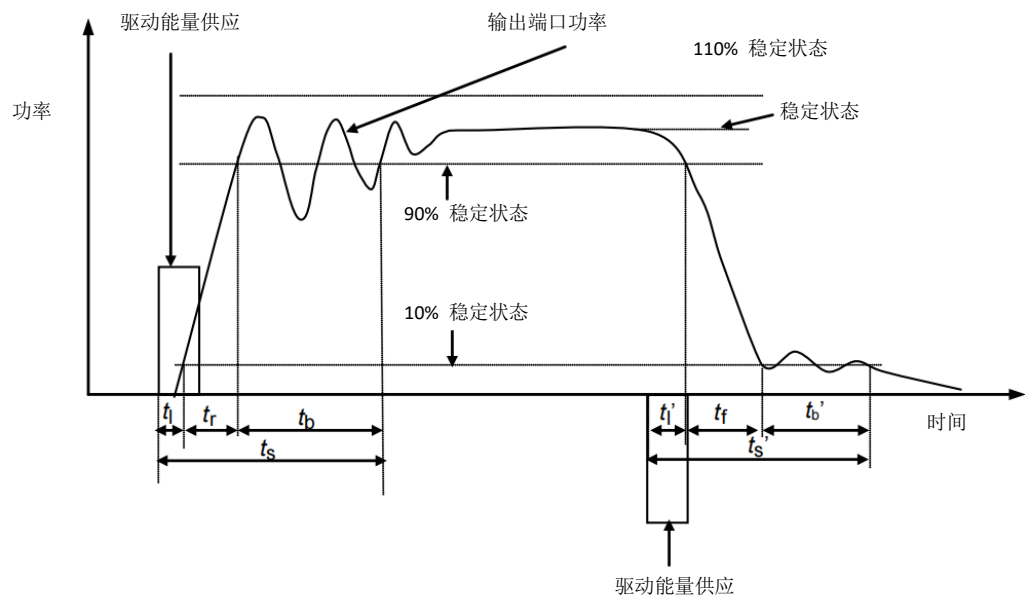
a) 非自保持开关，开关关



说明:

- $t_s$ 、 $t_s'$ ——切换时间;
- $t_1$ 、 $t_1'$ ——延迟时间;
- $t_r$ ——上升时间;
- $t_f$ ——下降时间;
- $t_b$ 、 $t_b'$ ——回跳时间。

b) 非自保持开关, 开关开



说明:

- $t_s$ 、 $t_s'$ ——切换时间;
- $t_1$ 、 $t_1'$ ——延迟时间;
- $t_r$ ——上升时间;
- $t_f$ ——下降时间;

$t_b$ 、 $t_b'$  ——回跳时间。

图1c 自保持开关

图1 延迟时间、上升时间、下降时间、回跳时间和切换时间的表示

注：如果出于任何原因，隔离状态的稳态功率不为零，则所有功率电平都会导致延迟时间、上升时间、下降时间、回跳时间。因此，在应用此类定义之前，应将开关时间归一化，从中减去隔离状态的稳态功率。

4 要求

4.1 分类

4.1.1 概述

光纤空间开关按以下分类：  
——类型；  
——样式；  
——规格；  
——评定水平；  
——规范性引用文件以外的延伸要求。  
开关分类示例见表1。

表1 典型开关分类示例

类型：	1×2机械式光开关
样式：	配置 B IEC A1类光纤 F-SMA 连接器
规格：	安装方式
评定水平：	A
规范性引用文件以外的延伸要求：	.....

4.1.2 类型

4.1.2.1 概述

开关按其驱动机构、自保持和拓扑结构（光开关功能）分为多种类型。  
有多种开关的致动机制。行业中的当前技术示例的非详尽列如下：  
——MO 效应；  
——机械式；  
——MEMS；  
——TO 效应。

开关按自保持功能分为以下两种：

——自保持开关；

——非自保持开关。

基本上有无数种可能的拓扑。每个拓扑都由示意图说明，并由唯一的传输矩阵定义。

以下器件拓扑仅包括目前业界常用的器件拓扑。下面的示意图不一定与实物光开关及其端口的布局相对应。

4.1.2.2至4.1.2.4中给出的示例仅适用于单向开关，其中 $t_{ij} \neq t_{ji}$ 。对于双向开关，下面每个传输矩阵中的 $t_{ij}=t_{ji}$ 。

#### 4.1.2.2 单刀单掷开关

单刀单掷开关见图2。

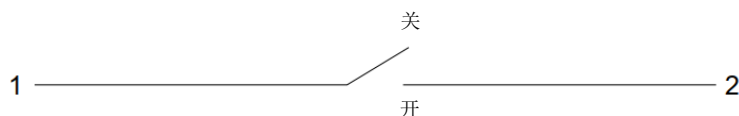


图2 单刀单掷开关

该开关有一个输入端口和一个输出端口。该器件的传输矩阵见图3。

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{21} \\ t_{12} & t_{22} \end{bmatrix}$$

图3 一个输入端口和一个输出端口的传输矩阵

理想情况下，当开关打开时， $t_{12}$ 为1，其他系数为0。当开关关闭时，所有系数都为0。

#### 4.1.2.3 单刀 $N$ 掷开关

单刀 $N$ 掷开关见图4。

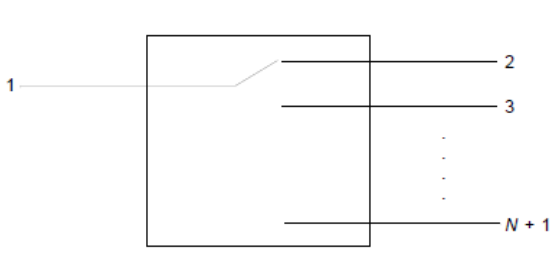


图4 单刀  $N$  掷开关

该开关有一个输入端口和 $N$ 个输出端口。该器件的传输矩阵见图5。

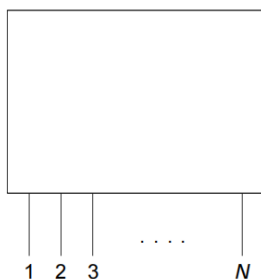
$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N+1} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & t_{ij} & & \cdot \\ \cdot & & & & & \\ t_{N+11} & \cdot & & & & t_{N+1N+1} \end{bmatrix}$$

图5 一个输入端口和  $N$  个输出端口的传输矩阵

理想情况下，在开关的第一个位置， $t_{12}$ 为1，其他系数为0。在开关的通用第 $i$ 个位置， $t_{1\ i+1}$ 传递系数为1，其他系数为0。

#### 4.1.2.4 $N$ 端口矩阵开关

$N$ 端口矩阵开关见图6。

图6  $N$ 端口矩阵开关

该开关有 $N$ 个端口。该器件的传输矩阵见图7。

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & t_{1N} \\ t_{21} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & t_{ij} & & \cdot \\ \cdot & & & & & \\ t_{N11} & \cdot & & & & t_{NN} \end{bmatrix}$$

图7  $N$ 端口开关的传输矩阵

$2 \times 2$  矩阵开关是具有两个输入和两个输出端口的特殊情况。

在一种类型中，可能有四个位置，其中传输系数 $t_{14}$ 和 $t_{23}$ 始终为零，而 $t_{13}$ 和 $t_{24}$ 见表2。没有交叉的四端口开关见图8。



表2 无交叉的四端口光开关的传输矩阵

传递系数	状态			
	1	2	3	4
$t_{13}$	1	0	1	0
$t_{24}$	1	1	0	0

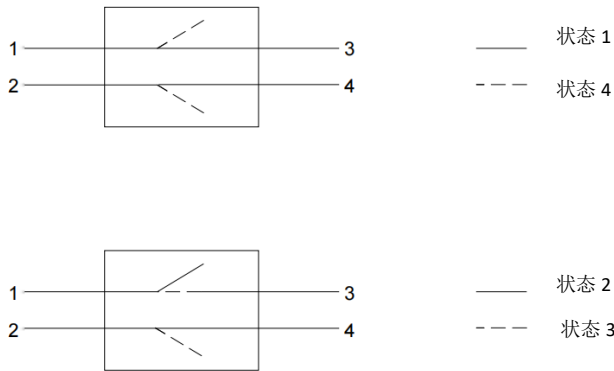


图8 无交叉的四端口光开关

在另一种类型中，描述了四端口交叉开关或旁路开关。这个开关有两个输入和两个输出端口。传输系数见表3。带有交叉的四端口开关见图9。

表3 具有交叉的四端口光开关的传输矩阵

传递系数	状态	
	1	2
$t_{13}$	1	0
$t_{24}$	1	0
$t_{14}$	0	1
$t_{23}$	0	1

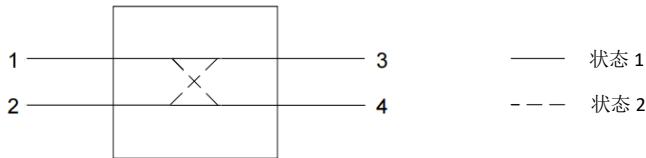


图9 带交叉的四端口光开关

4.1.3 样式

开关可以根据光纤类型、连接器类型、电缆类型、外壳形状以及尺寸和配置分类。开关端口的配置分为以下几类。

配置A见图10，设备包含没有连接器的整体光纤尾纤。



图10 配置 A，包含集成光纤尾纤且不带连接器的设备

配置B见图11，设备包含集成光纤尾纤，每个尾纤上都有一个连接器。

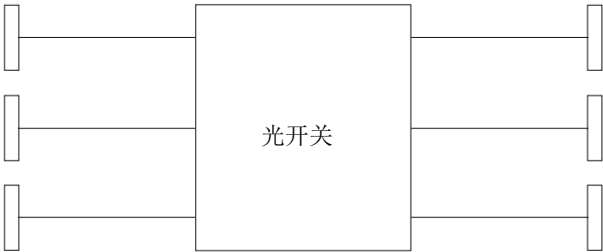


图11 配置 B，包含集成光纤尾纤的设备，每个尾纤上都有一个连接器

配置C见图12，设备包含光纤连接器作为设备外壳的组成部分。



图12 配置 C，包含光纤连接器作为设备外壳的组成部分的设备

配置D是包含上述配置的接口特征的某种组合的设备。

4.1.4 规格

开关规格标识了包含结构相似元器件的那些特征。

定义规格的特征示例包括但不限于以下内容：

- 外壳端口的方向；
- 安装装置。

4.1.5 规范性引用文件以外的延伸要求

规范性引用文件以外的延伸要求旨在集成独立的标准规范或空白详细规范内的其他参考文件。

除非特别注明例外情况，否则延伸的附加要求是强制性的。主要用于合并相关元器件形成复合设备，或集成使用光纤以外的技术的功能应用需求。

ITU出版的与相关IEC规范系列的范围声明一致的参考文件可用作扩展。由其他区域标准化机构（如ANSI、CENELEC、JIS 等）制定的已出版文件可在总规范的参考书目中引用。

一些空间开关配置需要特殊质量规定，不应采用相同规定。考虑单独的元器件设计配置、专业的现场工具或特定的应用程序。在这种情况下，对于确保可重复的性能或足够的安全性并为完整的产品规范提供额外的指导要求是必要的，应在相关规范中定义。每当准备、组装或安装空间开关以用于现场应用或鉴定试验样本时，这些延伸要求都是强制性的。应在相关规范中规定所有要求。另外，设计和式样相关的延伸要求不应采用相同规定。

在需求冲突的情况下，优先级（按降序排列）应是总规范优先于强制性延伸要求、空白详细规范、详细规范、特定应用延伸要求。

规范性引用文件以外的延伸要求示例如下：

- 一些商业或住宅建筑应用可直接参考特定的安全法规和法规，或结合其他特定材料的可燃性或专门位置的毒性要求。
- 专业的现场工具可规定延伸要求，以实现特定的眼部安全、电击、避免烧伤危险的要求，或需要隔离程序以防止可燃气体的潜在点燃。

4.2 文档

4.2.1 符号

图形和字母符号应尽可能符合IEC 60027系列、IEC 60617系列和IEC TR 61930。

4.2.2 规范体系

4.2.2.1 概述

本文件是GB/T 12511系列的一部分。所属规范应包含空白详细规范和详细规范。规范体系见表4。不包含关于开关的分规范。

表4 系列规范结构

规范层次	包含的信息示例	适用范围
基础标准	评定体系规则 检验规则 光学测量方法 环境试验方法 抽样方案 识别规则 标志标准 尺寸标准 术语 符号标准 优先数系 SI 单位	两个或多个元器件门类或分门类

总规范	专用术语 专用符号 专用单位 优先值 标志 质量评定程序 试验选择 鉴定批准程序 能力批准程序	元器件门类
空白详细规范	质量一致性试验一览表 检验要求 对若干类型的通用信息	具有同一试验一览表的类型组
详细规范	特定值 专门信息 完成质量一致性试验一览表	特定元器件

4.2.2.2 空白详细规范

空白详细规范本身并不是详细规范。与总规范关联使用。

每个空白详细规范应包含：

- 最低强制性试验一览表和性能要求；
- 一个或多个评定水平；
- 为阐明详细规范中要求的信息所需的首选格式；
- 如果是复合元器件（包括连接器）添加适当的输入字段以显示参考规范文件、文件标题和发布日期。

4.2.2.3 详细规格

通过填写空白详细规范的空格来编制相应的详细规范来规定特定的开关。在本文件规定的限制范围内，可由任意IEC国家委员会填写空白详细规范，进而将特定的开关制定为正式的IEC标准。

适用时，详细规范应规定以下内容：

- 类型（见 4.1.2）；
- 样式（见 4.1.3）；
- 规格（S）（见 4.1.4）；
- 评定水平（见 4.1.5）；
- 每个规格的零件识别号（见 4.7.2）；
- 所需的图纸和尺寸（见 4.2.3）；
- 质量一致检验试验一览表（见 4.1.5）；
- 性能要求（见 4.6）。

4.2.3 图纸

4.2.3.1 通则

在详细规范中给出的图纸和尺寸不应限制结构细节，也不应作为制造图纸使用。

#### 4.2.3.2 投影法

本文件涵盖的文件中的图纸应使用第一角或第三角投影。在同一文件中的所有图纸应采用相同的投影法，并且应说明图纸中采用的投影法。

#### 4.2.3.3 尺寸体系

应按ISO 129-1、ISO 286-1和ISO 1101给出全部尺寸。

在所有规范中均应采用公制单位。

尺寸应不多于五位有效数字。

当单位换算时，应在每一详细规范中增加注释。

#### 4.2.4 试验和测量

##### 4.2.4.1 试验和测量程序

所用开关的光学、机械和环境特性的试验和测量程序应优先从IEC 61300 系列中定义和选择。

对规定的公差范围等于或小于0.01 mm的尺寸，在详细规范中应规定所采用的尺寸测量方法。

##### 4.2.4.2 参照元器件

要求时，应在详细规范中规定测量用的参照元器件。

##### 4.2.4.3 量规

要求时，应在详细规范中规定量规。

#### 4.2.5 试验报告

对进行的每项试验，应按照相关规范要求拟制试验报告。在鉴定报告和周期检验报告中应含有试验报告。

试验报告应至少包含以下内容：

- 试验名称和日期；
- 包括规格识别号的试样说明（见 4.7.2）；
- 所采用的试验设备和最近的校正日期；
- 所有适用的试验细节；
- 所有测量值和观察结果；
- 为失效分析提供跟踪信息的足够详细的文件；
- 使用说明。

要求时，制造商应提供使用说明，应包括：

- 装配和端接说明；
- 清洁方法；
- 安全事宜；
- 必要的附加资料。

#### 4.3 标准化体系

##### 4.3.1 接口标准

接口标准为制造商和用户制造或使用符合该标准接口物理特性的产品所需的所有信息。接口标准完全定义和标注了光纤连接器和其他元器件的配合和拔出所必需的特征。它们还用于将定义的光学基准目标相对于其他参考基准定位。

接口标准可确保符合标准的连接器和适配器能够装配在一起。该标准还可能包含套圈和对准装置的公差等级。公差等级用于提供不同级别的对齐精度。

接口尺寸也可用于设计将与连接器匹配的其他元器件。例如，可以使用适配器接口尺寸设计有源设备安装。将这些尺寸与标准插头的尺寸结合使用，为设计人员提供了标准插头将适合光学设备安装座的保证。它们还提供插头的光学基准目标的位置。

标准接口尺寸本身并不能保证光学性能。它们仅保证连接器以指定的配合配合。目前通过制造规范保证光学性能。使用相同标准接口的相同或不同制造规格的产品将始终组合在一起。任何单一制造商只能为交付到相同制造规范的产品提供保证性能。然而，可以合理地预期，通过匹配不同制造规格的产品可以获得一定程度的性能，尽管不能期望性能水平比最低规定性能更好。

#### 4.3.2 性能标准

性能标准包含一系列具有明确定义的条件、严重性和通过/失败标准的试验和测量（可能会或可能不会根据该标准的要求分组到指定的时间表中）。这些试验旨在一次性运行，以证明任何产品满足性能标准要求的能力。每个性能标准都有一组不同的试验和/或严重性（和/或分组），代表市场部门、用户组或系统位置的要求。

已证明满足性能标准的所有要求的产品可以声明为符合性能标准，但随后应由质量保证/质量一致性程序控制。

可以结合产品间兼容性的接口标准，为其应用定义试验和测量标准的关键点（特别是关于插入损耗和回波损耗）。将确保每个单独的产品都符合该标准。

#### 4.3.3 可靠性标准

可靠性标准旨在确保元器件能够在规定的条件下在规定的时段内满足性能规范。

对于每种类型的元器件，应确定以下内容（并出现在标准中）：

- 失效模式（失效的可观察的、一般的机械或光学效应）；
- 失效机制（失效的一般原因，几个元器件共有）；
- 失效影响（失效的详细原因，特定于元器件）。

以上都与环境和材料方面有关。

在元器件生产后，存在早期失效阶段。在此阶段，如果将许多元器件部署到现场，就会发生失效。为避免出现早期的现场失效，所有元器件均应在制造厂内经过筛选工序，包括可能与机械、热或湿度有关的环境应力。这样做的目的是在受控环境条件下，通过诱发已知的失效机理，使其比通常情况下未经筛选的元器件更早出现失效。对于那些通过筛选（随后被交付）的元器件，由于这些失效机理已被消除，因此故障率会降低。

筛选是制造过程的一个可选部分，而不是一种试验方法。它不会影响元器件的使用寿命，即元器件按照规范的运行时间。最终，出现其他故障，并且故障率会增长并超过某个定义的阈值。此时，使用寿命结束，磨损阶段开始，必须更换元器件。

在使用寿命开始时，供应商、制造商或第三方可以对一组元器件样本进行性能试验。这是为了确保元器件在初始时间满足预期环境范围内的性能规范。另一方面，可靠性试验用于确保元器件在至少指定

的最小使用寿命或指定的最大故障率内满足性能规格。这些试验通常通过利用性能试验来执行，但会增加持续时间和严重性以加速故障机制。

可靠性理论将元器件可靠性试验与元器件参数以及试验中的寿命或故障率联系起来。然后，该理论将这些外推到压力较小的服务条件下的寿命或故障率。可靠性规范包括确保在服务中达到规定的最小寿命或最大故障率所需的元器件参数值。

4.3.4 互连性

目前正在制定的标准如图13所示。来自IECQ（IEC电子元器件质量评估系统）的大量试验和测量标准以及质量保证鉴定批准标准已经存在，并且已存在多年。如上所述，“能力批准”和“技术批准”标题下正在开发质量保证/质量一致性的替代方法（有关更多详细信息，请参阅IEC Guide 102）。

当所有这三类标准都现存可用，矩阵（表5）给出了在接口、性能和可靠性标准可用于产品标准化的一些其他选项，。

产品A是完全符合IEC标准，具有标准接口并符合性能标准和可靠性标准规定的产品。

产品B是具有专有接口但符合IEC性能标准和可靠性标准规定的产品。

产品C是符合IEC标准接口但不满足IEC性能标准或可靠性标准规定的产品。

产品D是同时符合IEC标准接口和性能标准但不满足任何可靠性要求的产品。

显然，矩阵比显示的更复杂，因为存在许多交叉的接口、性能和可靠性标准。此外，这些产品可受制于质量保证计划，该计划可能在IEC鉴定批准、能力批准、技术批准（如表4所示）下，甚至在国家或公司质量保证体系下。

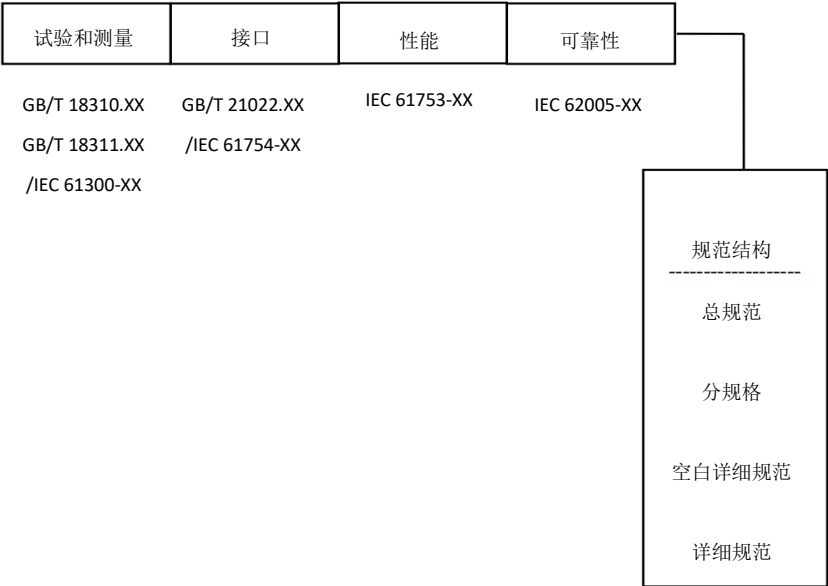


图13 标准体系

表5 标准互连矩阵

	接口标准	性能标准	可靠性标准
产品 A	是	是	是
产品 B	否	是	是
产品 C	是	否	否
产品 D	是	是	否

4.4 设计与结构

4.4.1 材料

4.4.1.1 耐腐蚀性能

开关结构中采用的所有材料应耐腐蚀，或经过适当表面处理以满足相关规范的要求。

4.4.1.2 阻燃性材料

当要求阻燃性材料时，应在相关规范中规定这种要求并应参照IEC 60695-11-5。

4.4.2 工艺

制造的元器件和有关硬件质量应一致，无尖锐边缘、毛刺或会影响寿命、使用性和外观的其他缺陷。应特别注意标志、电镀、焊接、粘结等的清洁和完善。

4.5 质量

应由质量评定程序对开关加以控制。适用时，应采用IEC 61300系列的试验和测量程序进行质量评定。

4.6 性能

开关应符合相关规范中规定的性能要求。

4.7 标识和标志

4.7.1 通则

当相关规范要求时，应对元器件、辅助构件和运输包装加以永久和清晰的标识与标志。

4.7.2 规格识别号

详细规范中的每个规格都应分配一个规格识别号。应包括分配给详细规范的编号，后跟一个四位数的破折号和一个指定评估级别的字母。破折号的第一位数字应按顺序分配给详细规范所涵盖的每个元器件类型。最后三位数字应按顺序分配给元器件的每个规格。

4.7.3 元器件标志

要求时，应在详细规范中规定元器件标志。标志的优先顺序如下：

- a) 端口标识；



- b) 制造商零件号（包括序列号，适用时）；
- c) 制造商识别标志或商标（logo）；
- d) 生产日期；
- e) 规格识别号；
- f) 细规范要求的任何附加标志。

如果空间不允许将所有要求标志都标在元器件上，则应对每一元器件作单独包装，包装中应有包括全部要求的、元器件上未标出的信息的资料单。

#### 4.7.4 包装标志

要求时，应在相关规范中规定包装标志。标志的优先顺序为：

- a) 制造商识别标志或商标（logo）；
- b) 制造商零件号；
- c) 制造日期代码（年/周；见 ISO 8601-1）；
- d) 规格识别号（见 4.7.2）；
- e) 评估等级；
- f) 型号名称（见 4.1.2）；
- g) 详细规范要求的任何附加标志。

适用时，单个器件包装（在密封包装内）应标有放行批证明记录的参照号、制造商的工厂识别编码和元器件标识。

#### 4.8 包装

当详细规范要求时，包装应包含使用说明。

#### 4.9 贮存条件

当短期可降解材料（如粘接剂）和连接器一起打包供应时，制造商应在这些材料上标记有效期（按 ISO 8601 标记年数与周数）和安全危害或储存环境条件有关的任何要求或注意事项。

#### 4.10 安全

在光纤传输系统和/或设备上使用时，光开关可从无封盖或未端接的输出端口或光纤端发出潜在的危险辐射。

光开关制造商应提供足够的信息以提醒系统设计人员和用户注意潜在的危险，并应说明所需的预防措施和工作经验。

此外，每个详细规范应包括以下内容。

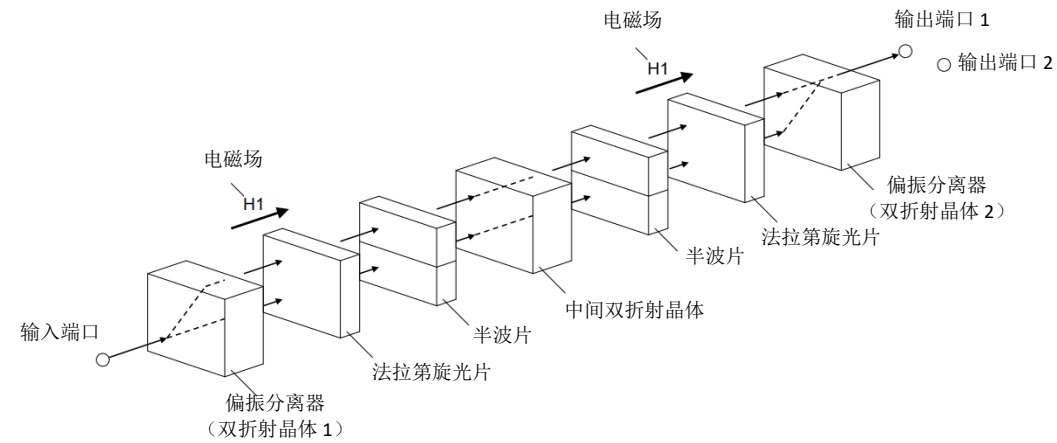
**警告：**处理小直径纤维时应小心，以防止刺破皮肤，尤其是眼部区域。不建议在传输能量时直接观察光纤末端或光纤连接器，除非事先已获得安全能量输出水平的保证。

应参考相关安全标准 IEC 60825-1。

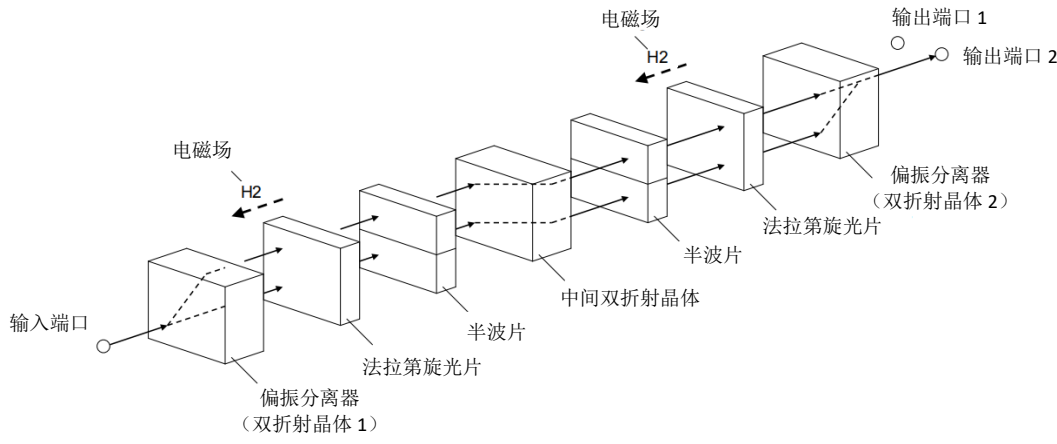
附录 A  
(资料性)

磁光 (MO) 效应开关技术示例

基于MO效应的1×2开关示例见图A. 1。该开关由法拉第旋转器、偏振分离器/组合器(双折射晶体)、半波片和电磁铁组成。来自输入端口的入射光被偏振分离器(双折射晶体1)分成两个交叉偏振。两个交叉极化由法拉第旋转器和半波片平行。在电磁场H1中,来自输入端口的两个平行偏振通过半波片、法拉第旋转器和偏振合路器(双折射晶体2)重新组合,然后从输出端口1出射。在反向电磁场H2中,由于反向法拉第旋转器改变了偏振方向,来自输入端口的两个平行偏振通过中间双折射晶体移动,然后从输出端口2退出。通过反转来实现切换非机器的电磁场方向。



a) 输入端口到输出端口1



b) 输入端口到输出端口2

图A. 1 1×2 MO 开关示例

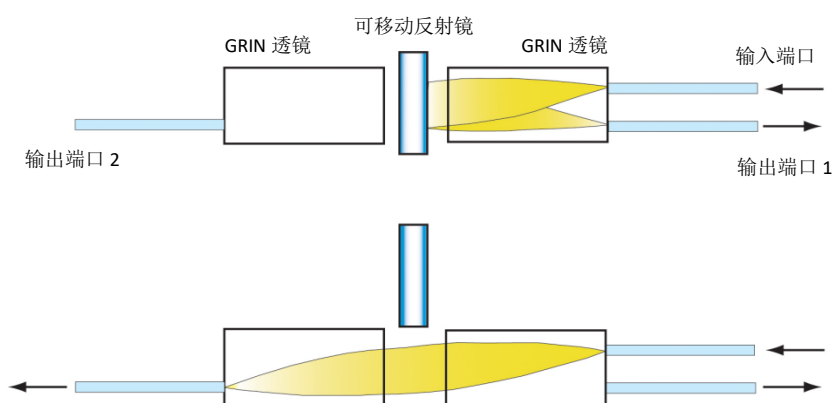
## 附录 B

### （资料性）

### 机械式光开关技术示例

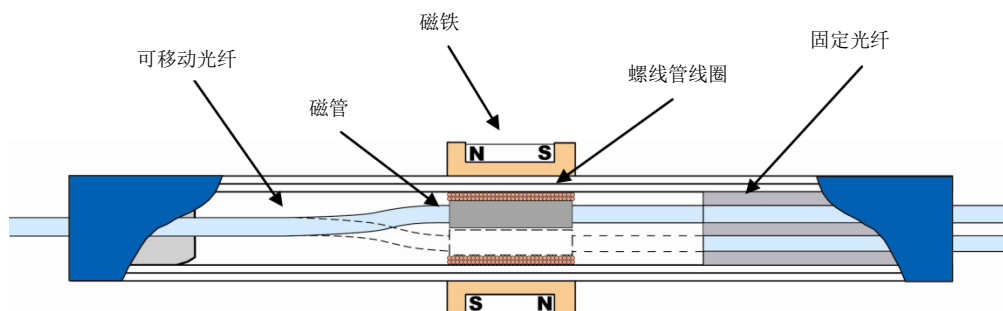
1×2机械开关的示例见图B.1和图B.2。

镜面驱动型机械开关见图B.1。在两个梯度折射率透镜（GRIN透镜）之间有一个可移动的反射镜。来自输入端口的光在GRIN透镜中变成光束，当反射镜设置在GRIN透镜之间时，它被可移动反射镜反射。反射光聚焦在输出端口1的另一根光纤的末端。然后可移动反射镜从GRIN透镜的中间移开，光束进入另一个GRIN透镜。光聚焦在连接输出端口2的GRIN透镜末端。切换是通过将镜子放入和取出来实现的。



图B.1 机械开关示例（驱动反射镜型）

光纤驱动型机械开关见图B.2。输入端口有一根可移动光纤，末端有磁性管，输出端口有两根固定光纤。由于管道的磁极，可移动光纤被设置为一个磁体，并且光纤末端与固定光纤之一对齐。当向螺线管线圈施加电流并且管道的磁极反转时，可移动光纤被设置到另一个磁铁并且光纤末端连接到另一个固定光纤。电流停止后，由于磁吸引力，光纤连接将保持，从而开关可以作为自锁开关工作。



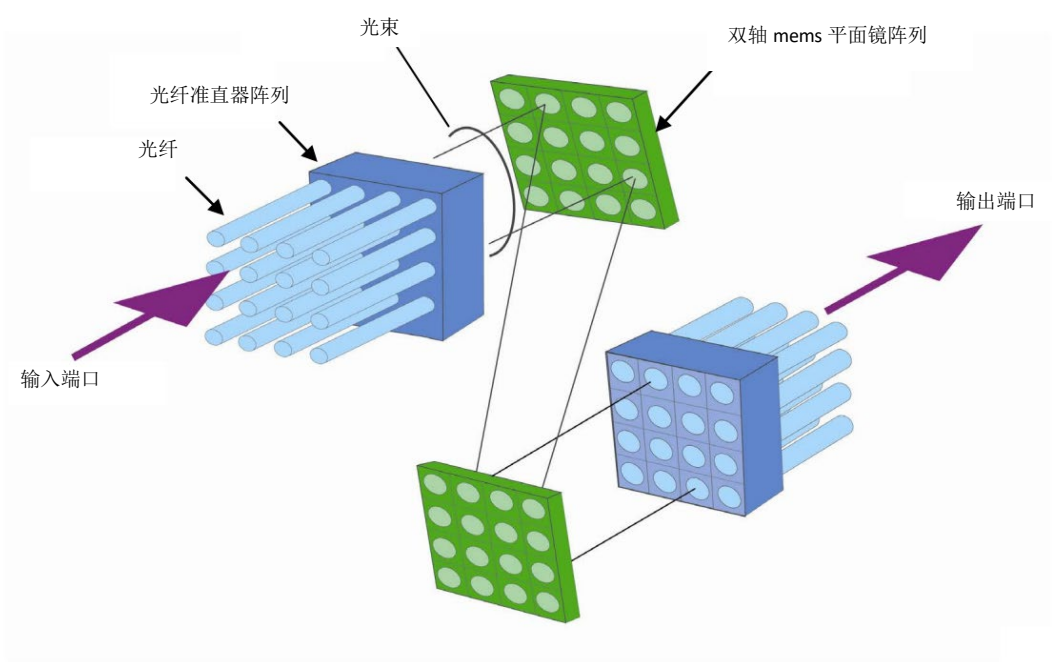
图B.2 机械开关示例（驱动光纤型）

附录 C  
(资料性)

微机电系统 (MEMS) 开关技术示例

$N \times N$  MEMS开关的示例见图C.1。

MEMS开关具有双轴MEMS反射镜阵列和光纤准直器阵列。来自输入端口的光通过准直器阵列变为准直光。准直光被第一MEMS反射镜阵列反射到第二MEMS反射镜阵列中的反射镜。通过控制第一MEMS反射镜阵列中反射镜的倾斜角，将光连接到第二MEMS反射镜阵列中的任何反射镜。然后光被第二个镜子反射并通过准直器阵列进入输出端口光纤。任意输入端口与任意输出端口之间的连接是通过控制每个反射镜的倾斜角度来实现的，从而实现 $N \times N$ 切换功能。



图C.1 MEMS 开关示例

附录 D  
(资料性)  
热光 (T<sub>0</sub>) 开关技术示例

通过平面光波电路 (PLC) 进行 2×2 T<sub>0</sub> 开关的示例见图 D. 1。

2×2 PLC 开关元器件是基于二氧化硅的波导型马赫-曾德干涉仪 (MZI)。该开关由两个 2×2 耦合器和耦合器之间的两个波导臂组成。波导臂在其包层上配备了薄膜加热器。图 D. 1 分别给出了开关配置的俯视图和横截面图。

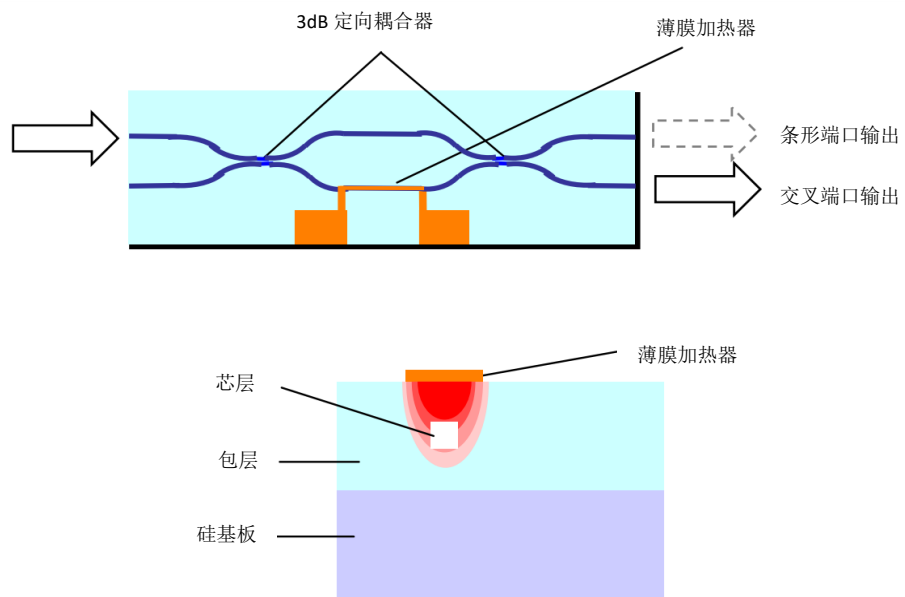


图 D. 1 T<sub>0</sub> 开关示例

当没有加热功率时，输入光被引导到交叉端口。通过利用热光效应改变一个波导臂的折射率，光程长度差可以改变半个波长。在这种情况下，输入光切换到条形端口。

输出光与光程差的关系见图 D. 2。切换响应的示例见如图 D. 3。

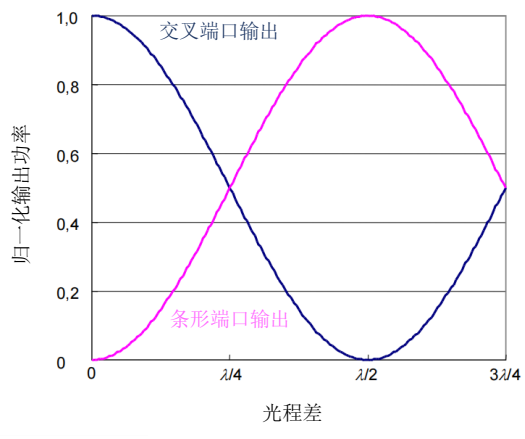
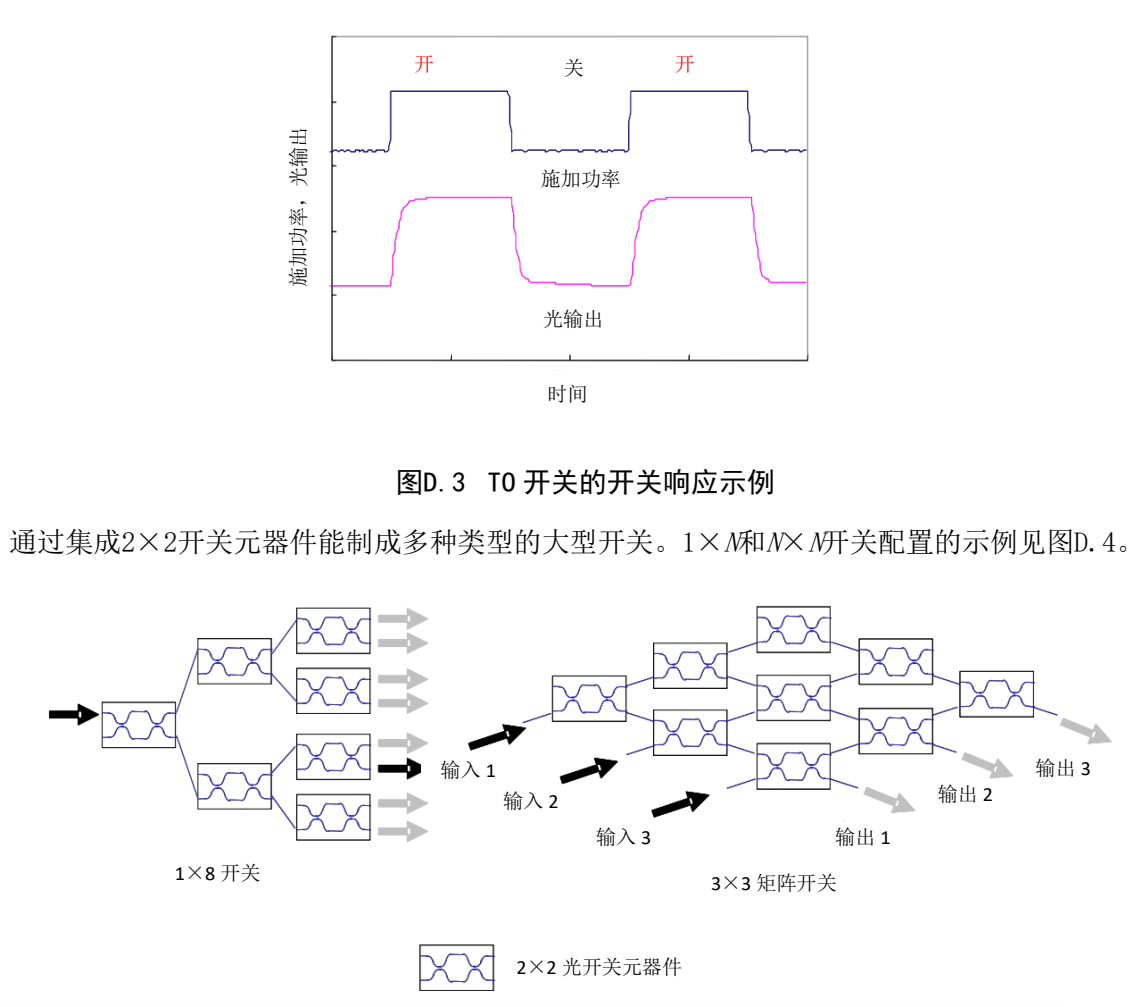


图 D. 2 T<sub>0</sub> 开关输出功率



图D.4 T0 开关的  $1 \times N$  和  $N \times N$  例子

附 录 E  
(资料性)  
切换时间定义摘要

延迟时间、上升时间和下降时间的定义摘要见表E. 1、表E. 2和表E. 3。

表E. 1 延迟时间的定义摘要

状态	开关类型	从	到
隔离到连接	自保持和非自保持常关	驱动能量开启	在稳定的连接状态下达到 10% 的光功率
	非自保持常开	驱动能量关闭	
连接到隔离	自保持和非自保持常关	驱动能量关闭	在稳定的连接状态下达到 90% 的光功率
	非自保持常开	驱动能量关闭	

表E. 2 上升时间的定义摘要

状态	开关类型	从	到
隔离到连接	自保持	在稳定的连接状态下达到 10% 的光功率	在稳定的连接状态下达到 90% 的光功率
	非自保持常关		
	非自保持常开		

表E. 3 下降时间的定义摘要

状态	开关类型	从	到
连接到隔离	自保持	在稳定的连接状态下达到 90% 的光功率	在稳定的连接状态下达到 10% 的光功率
	非自保持常关		
	非自保持常开		

### 参 考 文 献

- [1] IEC 60410 Sampling plans and procedures for inspection by attributes
  - [2] IEC 60869-1 Fibre optic interconnecting devices and passive components—Fibre optic passive power control devices—Part 1: Generic specification
  - [3] IEC 61073-1 Fibre optic interconnecting devices and passive components—Mechanical splices and fusion splice protectors for optical fibres and cables—Part 1: Generic specification
  - [4] IEC Guide 102 Electronic components—Specification structures for quality assessment (Qualification approval and capability approval)
-