

# 光纤

## 光纤结构

光纤是由玻璃或树脂构成的细小纤维，光线则从纤维中心部位通过。光纤主要由纤芯、包层和外侧的保护层三个部分组成。

(a) 纤芯 (core)

光纤的中心部位，其折射率高于周围部位，是光传输的主要部位。

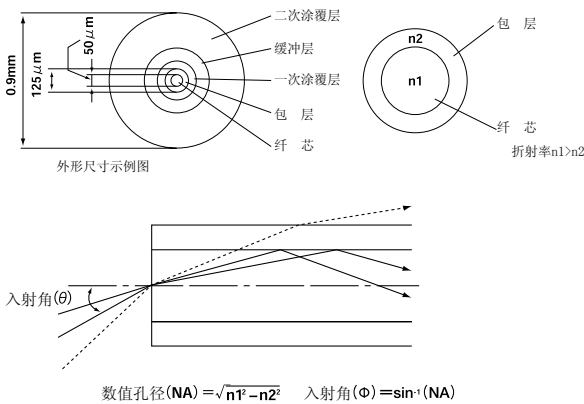
(b) 包层 (clad)

纤芯的外侧部位，折射率略低于纤芯，包层本身不传输光线。

(c) 保护层

玻璃只要完好无损，通常具有高强度性能，但一旦稍有划痕，其强度会明显下降。为了防止因构件受损而显著减弱光强度以及使用方便，确保光传输的稳定性，通常在纤维外面涂覆一层保护层。保护层通常采用一次涂覆层(底涂层)、缓冲层和二次涂覆层三层结构，其典型断面图如下图所示。

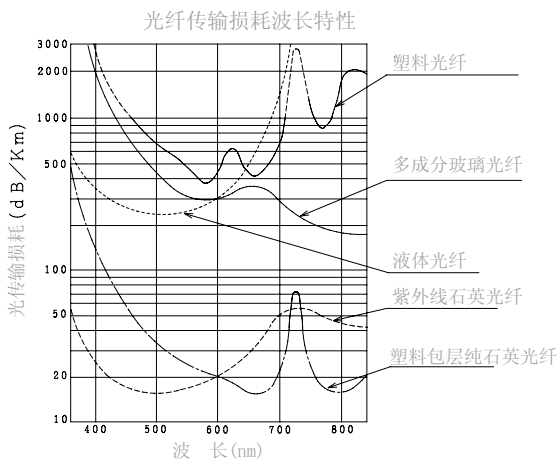
图:通信光纤



## 光纤分类

光纤	按材料分类	石英玻璃纤维 多成分玻璃光纤 塑料包层纯石英光纤 塑料光纤
	按传输模式数目分类	多模光纤 单模光纤
	按折射率分布分类	阶跃光纤 (SI) 梯度光纤 (GI)

## 光纤传输损耗的波长特性



## 不同光纤的性能特性

光纤种类	石英光纤	多成分光纤	复合材料光纤 (塑料包层纯石英光纤)		塑料光纤
构成	纤芯: 石英玻璃	多成分玻璃	石英玻璃		塑料
材料	包层: 石英玻璃	多成分玻璃	硅树脂	特殊氟化树脂	塑料 特殊氟化树脂
折射率分布	SM ※2   SI※3	SI	SI	HPCF SI	SI
传输损耗※1 (dB/km)	0.5~5.0	3~10	10~100	3~10	200~800
传输频率 (Hz·km)	10 G~   1G	10 M	5 M ~	15 M	1 M~
特征	传输损耗低 传输带宽宽 化学性能稳定	数值孔径大 低成本	数值孔径大 纤芯直径大	数值孔径大 可采用铆接式	传输损耗大 光透射性强 光线端部易加工
用途	通信	光缆光纤PLG, CR, FOW, 传感器	光缆光纤 近距离通信	通信	传感器 近距离通信照明

※1 上述传输损耗仅供参考。  
※2 SM: 单模光纤 (传输模式)  
※3 SI: 阶跃式光纤

## 传输模式

种类	传输模式 (--- 高阶模, — 低阶模)	衍射率分布
多模光纤 SI系列	Multiple modes with varying paths	包层, 纤芯, 包层
多模光纤 GI系列	Multiple modes with varying paths	包层, 纤芯, 包层
单模光纤	Single mode with a straight path	包层, 纤芯, 包层

## 有效面积

多成分光纤通常由数十根至数万根纤维成缆而成，这种结构称作光导纤维束。其中，光纤束的各光纤之间产生一定缝隙。由于光纤导光的有效直径一般仅限于纤芯部分，因此，采用光束时的光传输效率不可能高于光束断面面积中纤芯面积所占的比例 (即光透射率)。以下公式表示采用光纤成缆形式时的光传输临界值。

$$\frac{\pi}{2\sqrt{3}} \times \left( \frac{\text{纤芯直径}}{\text{光纤直径}} \right)^2$$

比如，单线外径为50 μm，纤芯直径为45 μm时，光传输效率最高可达73%左右。

## 光传输损耗

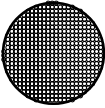

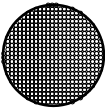
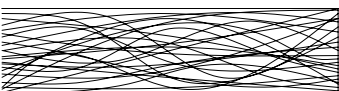
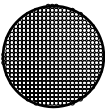
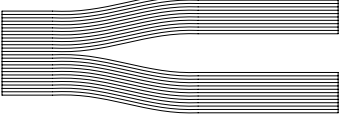
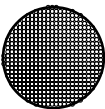
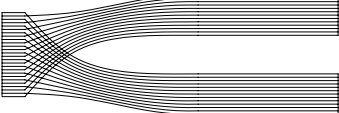

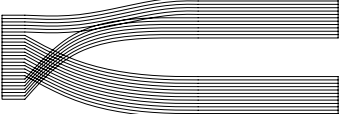
由于无法实现纤芯和包层界面的无缝隙加工，加上芯材本身吸收部分光线而产生光传输损耗，成为光纤生产加工的难题。光传输损耗定义如下。

$$\frac{dB}{L} = \frac{10}{L} \lg_{10} \frac{I}{I_0}$$

上述公式中光传输损耗不包括光纤两端面的反射损耗，仅光纤内部的传输损耗。石英光纤的传输损耗最少，为1dB/km以下。多成分系列或塑料光纤的传输损耗大多在100~1000dB/km左右。

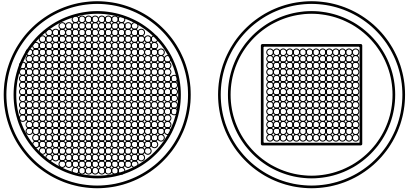
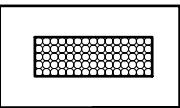
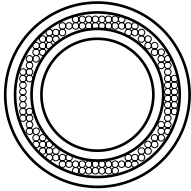
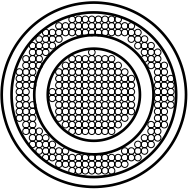
## 光纤束排列形式

### ■排列形状

排列形式	端面排列形状	光纤排列	特点
简单排列			一般应用领域，万能型
无序混合排列			均一亮度的聚光照明；光源设计(入射侧)相对简单
简单双分叉排列			分叉通用型
无序双分叉排列			双分叉亮度的均一性；适用于高精度图像处理
同轴排列			中心对称；适用于高精度光电传感器

## 端面形状

### ■端面基本形状

种类				
主要用途	聚光照明、光电传感器	线形照明	显微镜、CCD相机 无影照明等	高精度光电传感器

## 光缆传输损耗



光纤由环氧树脂保护层封装。