

2.3 光纤特性

光纤的特性较多，这里介绍光纤的几何特性、光学特性及传输特性（损耗、色散、机械和温度）。

2.3.1 光纤的几何特性

光纤的几何特性与光缆施工有着紧密的关系，光纤的几何参数直接影响到光纤的连接损耗，无论是多模光纤还是单模光纤，都对芯直径、包层直径、纤芯/包层同心度、不圆度和光纤翘曲度提出了严格要求。

2.3 光纤特性

1. 芯直径

芯直径主要是对多模光纤的要求。ITU-T规定，多模光纤的芯直径为 $50/62.5\pm 3\mu\text{m}$ 。

2. 包层直径

包层直径指光纤的外径（系石英玻璃光纤），ITU-T规定，多模及单模光纤的包层直径均要求为 $125\pm 3\mu\text{m}$ 。

目前，光纤生产制造商已将光纤外径规格从 $125.0\pm 3\mu\text{m}$ 提高到 $125.0\pm 1\mu\text{m}$ 。

■ 3. 纤芯/包层同心度和不圆度

- 纤芯/包层同心度是指纤芯在光纤内所处的中心程度。
- 目前光纤制造商已将纤芯/包层同心度从 $\leq 0.8\mu\text{m}$ 的规格提高到 $\leq 0.5\mu\text{m}$ 的规格。
- 不圆度包括芯径的不圆度和包层的不圆度。
- ITU-T规定，纤芯/包层同心度误差 $\leq 6\%$ （单模为 $< 1.0\mu\text{m}$ ），芯径不圆度 $\leq 6\%$ ，包层不圆度（包括单模） $< 2\%$ 。

2.3 光纤特性

4. 光纤翘曲度

光纤翘曲度指在特定长度光纤上测量到的弯曲度，可用曲率半径来表示弯曲度。

可以设想将光纤放在一个大平面上并伸出平面一些，伸出部分因光纤属性（非重力）所自然形成的弯曲就是光纤翘曲，光纤翘曲度就是此弯曲的曲率半径。翘曲度（即曲率半径）数值越大，意味着光纤越直。

在包层直径、光纤翘曲度、纤芯/包层同心度这3个光纤几何特性中，纤芯/包层同心度对接续损耗的影响最大，其次就是翘曲度。光纤翘曲度和纤芯/包层同心度共同作用，可以对接续效果造成很大影响。

2.3 光纤特性

5. 带状光纤的几何特性

光缆网络的迅速发展，使得大芯数光缆被更多地采用，对于大芯数光缆建设，采用带状光缆可以提高施工速度。

带状光纤通常由4、6、8、12、24芯涂覆光纤，采取紫外线固化粘结材料粘结成带状，通过粘结材料把带状光纤组合成阵列排列（如图2-14所示）。接续时一般可以同时一次性完成一个带状光纤的接续。

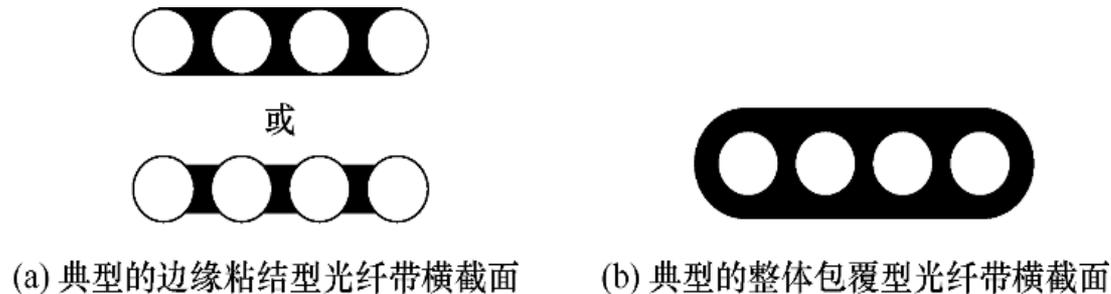


图2-14 带状光纤截面图

2.3 光纤特性

带状光纤的主要性能指标

(1) 几何参数

带状光纤的的几何参数如图2-15所示。

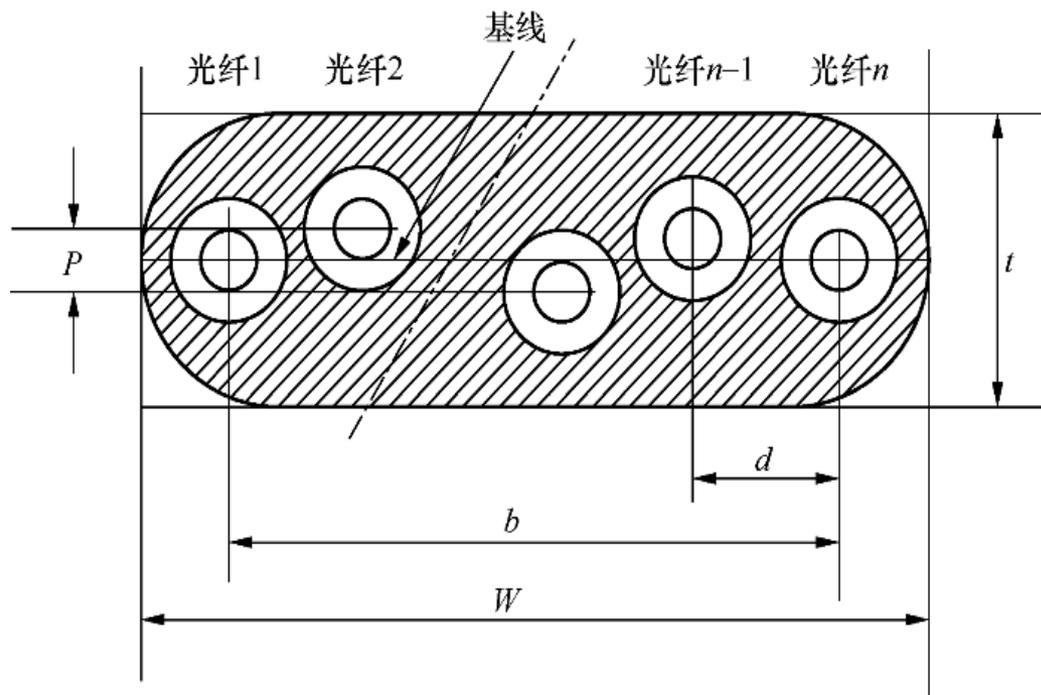


图2-15 几何参数示意

(2) 标识

12芯带状光纤全色谱标识规则如表2-4所示。光纤涂覆表面应着色，其颜色不褪色，不迁移，光纤带层叠体中各光纤带的识别应采用在各光纤带上印字方式进行识别，字迹应明显、清晰和牢固。印字相对距离为15~20cm。

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
色谱	蓝	桔	绿	棕	灰	白	红	黑	黄	紫	粉红	天蓝

2.3 光纤特性

(3) 可分离性

光纤带结构应允许光纤能从带中分离出来，分成若干根光纤的子单元或单根的光纤，并且满足如下要求：

- ① 不使用特殊工具或器械就能完成分离。撕开时所需的力应不超过**4.4N**；
- ② 光纤分离过程不应对光纤的光学及机械性能造成永久性的损害；
- ③ 对光纤着色层无损害，在任意一段**2.5cm**长度的光纤上应留有足够的色标，以便光纤带中光纤能够相互区别。

(4) 接续

带状光纤的护层剥离工具为电加热剥除器，使用不同芯数匹配夹具的专用带状熔接机，热熔加强保护管也是特制的。

2.3 光纤特性

2.3.2 光纤的传输特性

光纤的传输特性主要是指光纤的损耗特性、色散特性和光纤的非线性效应。

1. 光纤的损耗特性

光波在光纤中传输，随着传输距离的增加，而光功率强度逐渐减弱，光纤对光波产生衰减作用，称为光纤的损耗（或衰减）。

损耗一般用损耗（衰减）系数 α 表示，是指光在单位长度光纤中传输时的衰耗量。其表达式为

$$\alpha = \frac{10}{L} \lg \frac{p_i}{p_o} \quad \text{dB/km}$$

2.3 光纤特性

光纤损耗的大小与波长有密切的关系。单模光纤中有两个低损耗区域，分别在1 310nm和1 550nm附近。

光纤的损耗特性产生的原因有很多，主要有吸收损耗、散射损耗和其他损耗。光纤的损耗特性如图2-16所示。

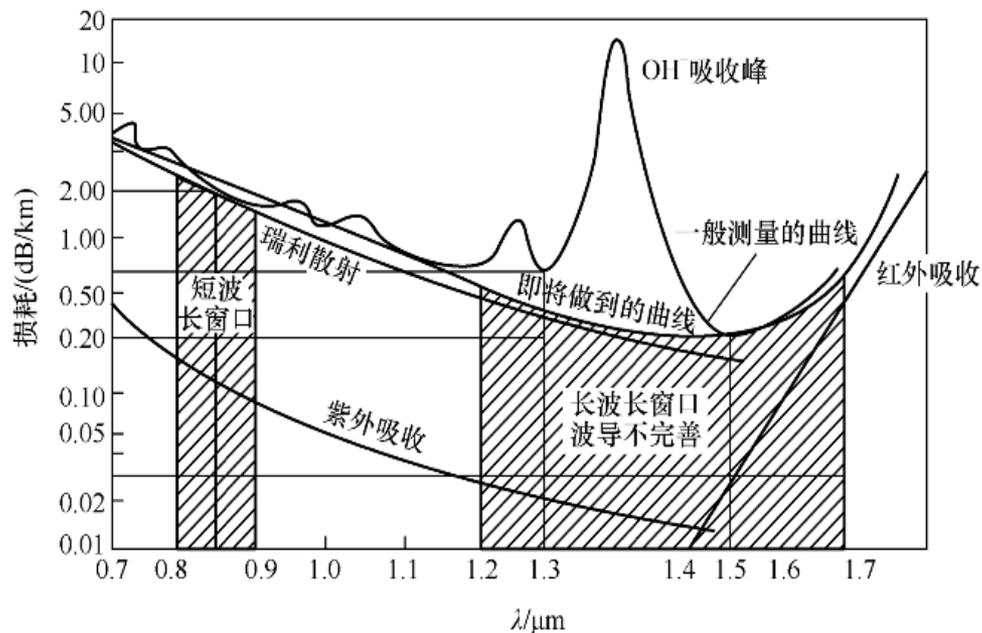


图2-16 光纤的总损耗谱

2.3 光纤特性

(1) 吸收损耗

光纤吸收损耗是制造光纤的材料本身造成的损耗，包括紫外吸收、红外吸收和杂质吸收。

① 红外和紫外吸收损耗

光纤材料组成的原子系统中，一些处于低能级状态的电子会吸收光波能量而跃迁到高能级状态，这种吸收的中心波长在紫外的 $0.16\mu\text{m}$ 处，吸收峰很强，其尾巴延伸到光纤通信波段。

在红外波段，吸收带损耗在 $9.1\mu\text{m}$ 、 $12.5\mu\text{m}$ 及 $21\mu\text{m}$ 处峰值可达 10dB/km 以上。红外吸收带的带尾也向光纤通信波段延伸，但其影响小于紫外吸收带。

2.3 光纤特性

② 氢氧根离子（OH⁻）吸收损耗

在光纤的传输频带内产生一系列的吸收峰，在峰之间的低损耗区构成了光纤通信的3个传输窗口。目前，由于工艺的改进，降低了氢氧根离子（OH⁻）的浓度，这些吸收峰的影响已很小。

③ 杂质吸收损耗

光纤材料中的金属杂质造成损耗。现在由于工艺的改进，使这些杂质的含量低于 10^{-9} 以下，因此它们的影响已很小。

2.3 光纤特性

(2) 散射损耗

散射损耗是指在光纤中传输的一部分光由于散射而改变传输方向，从而使一部分光不能到达收端所产生的损耗。主要包含瑞利散射损耗、结构不完善引起的散射损耗（波导散射损耗）和非线性散射损耗。

① 瑞利散射损耗

由于材料的不均匀使光信号向四面八方散射而引起的损耗称为瑞利散射损耗。瑞利散射的大小与光波长的4次方成反比。因此，对短波长窗口的影响较大。

2.3 光纤特性

② 波导散射损耗

在光纤制造过程中，由于工艺、技术问题以及一些随机因素，可能造成光纤结构上的缺陷，当光线通过这样的光纤时，将引起光的散射，产生散射性损耗。这种散射损耗与波长无关，要降低这种损耗，就要提高光纤制造工艺。目前，可将损耗做到 $0.02\sim 0.2\text{dB/km}$ 。

③ 非线性效应散射损耗

非线性散射损耗是当光强度大到一定程度时，产生非线性喇曼散射和布里渊散射，使输入光信号的能量部分转移到新的频率成分上而形成损耗。因此，非线性散射损耗是随光波频率变化的。在常规光纤中由于半导体激光器发送光功率较小，该损耗可忽略。但在WDM系统中，由于总功率很大，就必须考虑其影响。

2.3 光纤特性

(3) 其他损耗

① 弯曲损耗

光纤的弯曲会引起辐射损耗。光纤的弯曲有两种形式：

一种是曲率半径比光纤的直径大得多的弯曲，我们习惯称为弯曲或宏弯，在光缆的生产、接续和施工过程中，不可避免地出现弯曲。

另一种是光纤轴线产生微米级的弯曲，这种高频弯曲习惯称为微弯。微弯是由于光纤成缆时产生不均匀的侧压力，导致纤芯与包层的界面出现局部凹凸引起。

② 连接损耗

连接损耗是由于进行光纤接续时端面不平整或光纤位置未对准等原因造成接头处出现损耗。

③ 耦合损耗：光器件与光纤之间的耦合产生的损耗。

2.3 光纤特性

2. 光纤的色散特性

光脉冲中的不同频率或模式在光纤中的群速度不同，因而这些频率成分和模式到达光纤终端有先有后，使得光脉冲发生展宽，这就是光纤的色散，如图2-17所示。色散一般用时延差来表示，所谓时延差，是指不同频率的信号成分传输同样的距离所需要的时间之差。光纤中的色散可分为模式色散、色度色散、偏振模色散。

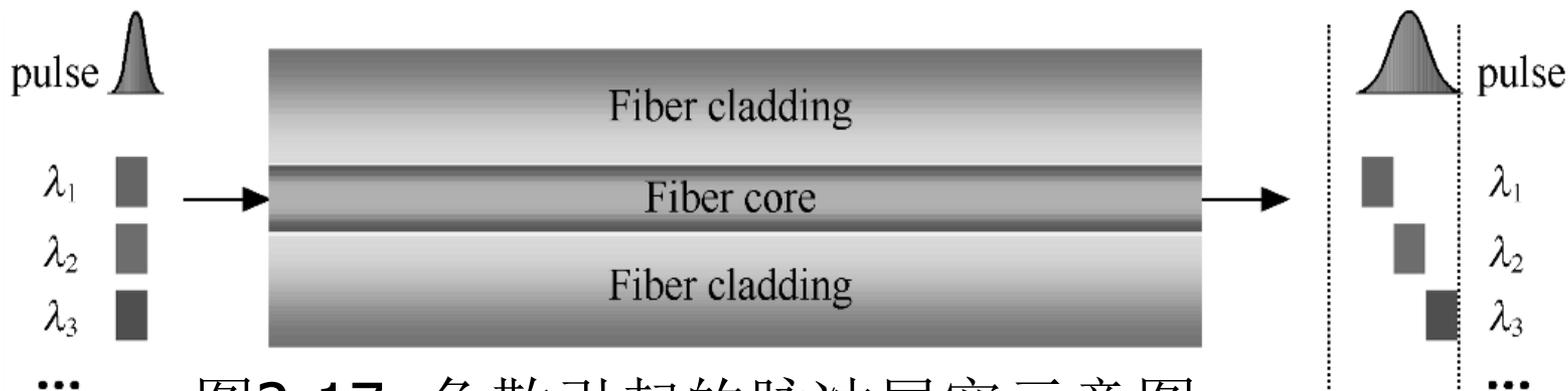


图2-17 色散引起的脉冲展宽示意图

2.3 光纤特性

(1) 模式色散

对于多模光纤中不同模式的光束有不同的群速度，在传输过程中，不同模式的光束的时间延迟不同而产生的色散，称模式色散。模式色散主要存在于多模光纤中，单模光纤无模式色散。

(2) 色度色散

由于光源的不同频率（或波长）成分具有不同的群速度，在传输过程中，不同频率的光束的时间延迟不同而产生色散称为色度色散。色度色散包括材料色散和波导色散。

① 材料色散

含有不同波长的光脉冲通过光纤传输时，不同波长的电磁波会导致光纤材料折射率不同，因而传播速率不同，引起脉冲展宽，导致色散。

2.3 光纤特性

② 波导色散

波导色散又称结构色散。它是由光纤的几何结构决定的色散。

材料色散 (D_M) 和波导色散 (D_W) 两个色散值在1 310nm处基本相互抵消，色散值接近于零，称之为零色散波长，如图2-18所示。

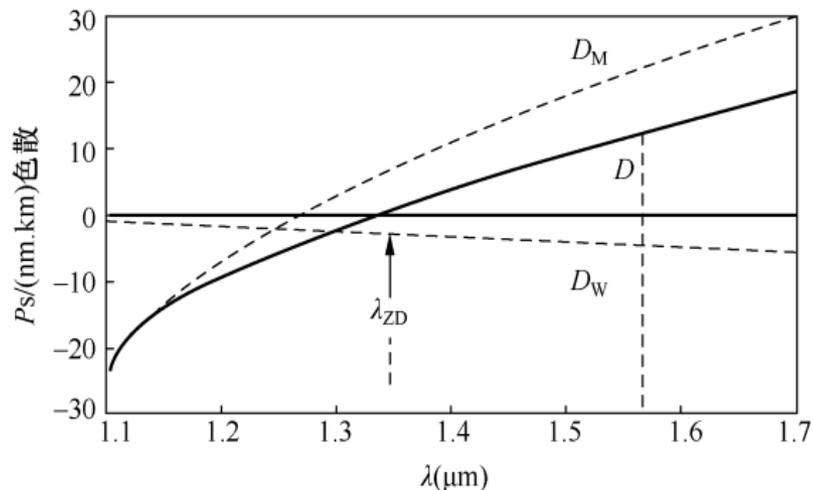


图2-18 普通单模光纤的色度色散

2.3 光纤特性

(3) 偏振模色散 (PMD)

光信号的两个正交偏振态在光纤中有不同的传播速度而引起的色散称偏振模色散 (PMD)，它也是光纤的重要参数之一。

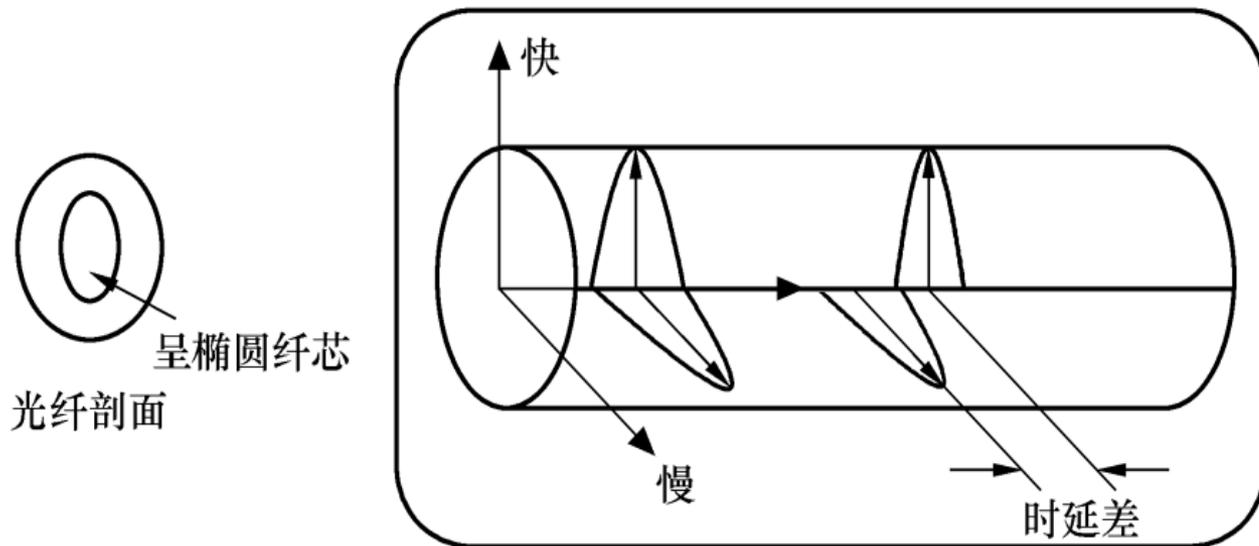


图2-19 偏振模色散

2.3 光纤特性

(4) 码间干扰

色散将导致码间干扰，由于各波长成分到达的时间先后不一致，因而使得光脉冲加长了（ $T \rightarrow T + \Delta T$ ），引起脉冲展宽。光脉冲传输的距离越远，脉冲展宽越严重。

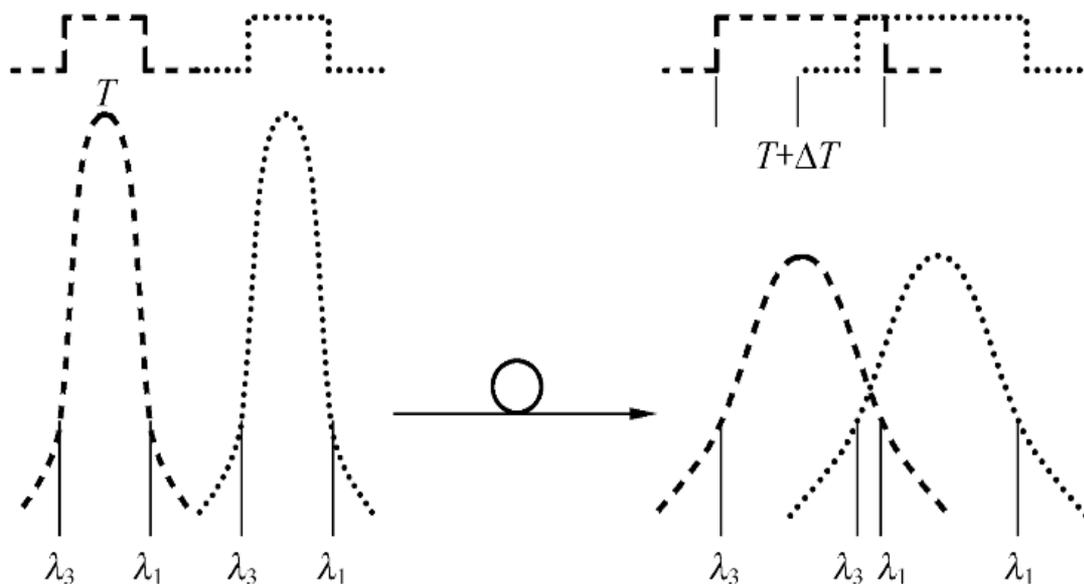


图2-20 码间干扰

2.3 光纤特性

2.3.3 光纤的机械特性

(1) 光纤的抗拉强度

光纤的抗拉强度很大程度上反映了光纤的制造水平。实用化光纤的抗拉强度，要求 $\geq 240\text{g}$ 拉力。目前商品化光纤的抗拉强度已达到 432g 拉力，国内用于工程的光纤，一般都大于 400g 拉力，国外较好的光纤在 700g 拉力以上，用于海底光缆的光纤强度还要高一些。

影响光纤抗拉强度的主要因素是光纤制造材料和制造工艺。如预制棒的质量，拉丝炉的加温质量和环境污染、涂覆技术、光纤拉丝、复绕、套塑等工艺过程都对抗拉强度有影响。当然，光纤在成缆以及安装使用中存在过大的残余应力，也会影响光纤的抗拉强度。

2.3 光纤特性

(2) 光纤断裂分析

存在气泡、杂物的光纤，会在一定张力下断裂，但多数是由于光纤表面有一定程度的损伤，当光纤受到一定的张力时，应力首先集中于有微裂纹的地方（最薄弱点），如果超过该部位容许应力时，则立即断裂，如图2-21所示。光纤制造过程中利用此现象进行强度筛选，即光纤拉丝、复绕和套塑过程中用**0.5%**应力进行筛选，凡合格的为成品，其标称抗拉强度 $\geq 432\text{g}$ 。

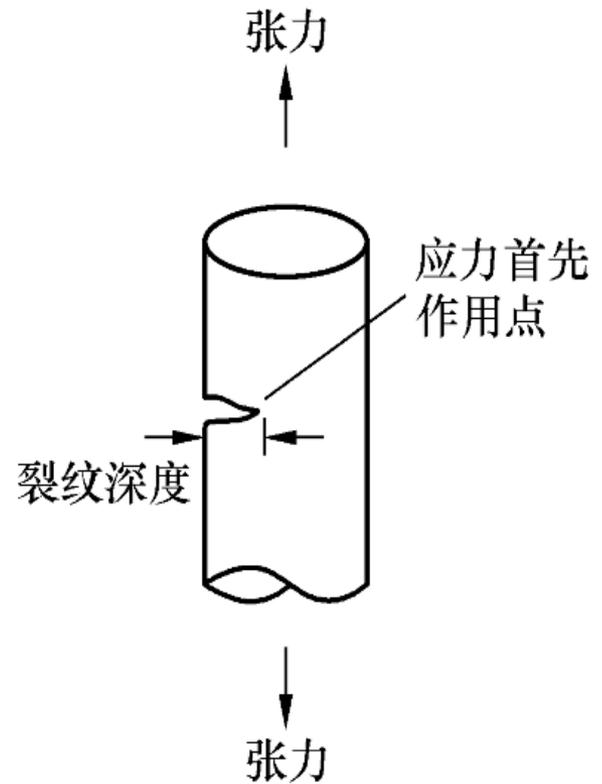


图2-21 光纤断裂和应力关系

2.3 光纤特性

(3) 光纤的寿命

光纤的寿命，习惯称使用寿命，当光纤损耗加大以致系统开通困难时，称其已达到了使用寿命。从机械性能讲，寿命指断裂寿命。

由于光纤的脆性，使表面不同程度存在微裂纹，这些微裂纹便决定了光纤寿命，当长期应力作用于裂纹处，使伤痕达到断裂应力时，光纤即断裂，因此光纤的断裂寿命由达到断裂时的时间确定。

2.3 光纤特性

(4) 光纤的机械可靠性

为了提高光纤的机械可靠性，在光纤的外包层中掺入二氧化钛。掺钛光纤与二氧化硅光纤相比，掺钛光纤可多承受**10kpsi (40%)**的应力，从而可以增加网络的寿命。

2.3 光纤特性

2.3.4 光纤的温度特性

光纤的温度特性，是指在高、低温条件下对光纤损耗的影响，一般是损耗增大。

目前，光纤的低温特性已普遍达到较好水平，一般在 -20°C 时，损耗增加在 0.1dB/km 以下，优质光纤在 0.055dB/km 以下。

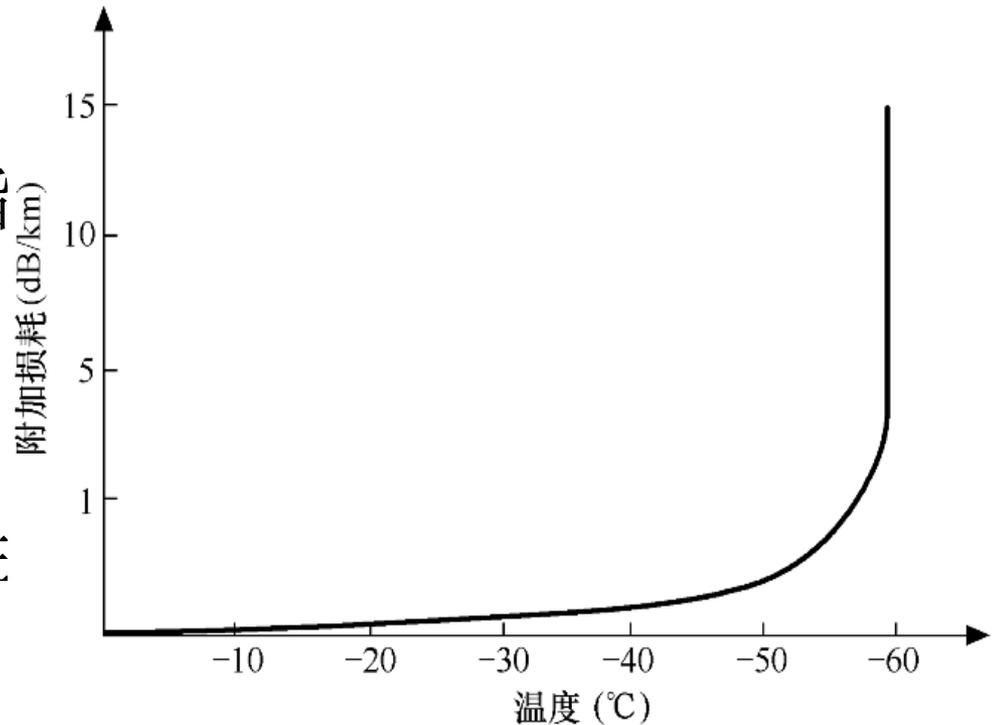


图2-19 光纤低温特性曲线

2.4 光缆的结构和种类

2.4.1 光缆的结构

在实际应用中，都是将光纤制成不同结构形式的光缆。

1. 光缆的结构

光缆，是以一根或多根光纤或光纤束制成符合光学、机械和环境特性的结构，它由缆芯、护层和加强芯组成。

(1) 缆芯

将套塑后且满足机械强度要求的单根或多根光纤纤芯以不同的形式组合起来，就组成了缆芯，有单芯缆和多芯缆两种。单芯缆由单根光纤芯线组成，多芯缆由多根光纤芯线组成，它又可分为带状结构和单位式结构。

2.4 光缆的结构和种类

(2) 加强芯

加强芯主要承受敷设安装时所加的外力。

(3) 护层

光缆的护层主要是对已成缆的光纤芯线起保护作用，避免受外界机械力和环境损坏。

要求护层具有耐压力、防潮、温度特性好、重量轻、耐化学浸蚀和阻燃等特点。

光缆的护层可分为内护层和外护层。内护层一般采用聚乙烯或聚氯乙烯等；外护层可根据敷设条件而定，采用铝带和聚乙烯组成的LAP外护套加钢丝铠装等。

2.4 光缆的结构和种类

(4) 其他部件

① 阻水油膏：为了防止水和潮气渗入光缆，需要往松套管内纵向注入纤用阻水油膏，并沿缆芯纵向的其他空隙填充缆用阻水油膏。

② 聚酯带：聚酯带在光缆中用作包扎材料，具有良好的耐热性、化学稳定性和抗拉强度，并具有收缩率小、尺寸稳定性好、低温柔性好等特点。

2.4 光缆的结构和种类

2. 各种典型结构的光缆

(1) 层绞式结构光缆

把经过套塑的光纤绕在加强芯周围绞合而构成。层绞式结构光缆类似传统的电缆结构，故又称之为古典光缆。

它属于中心构件配置方式，中心增强构件采用塑料被覆的多股绞合或实心钢丝和纤维增强塑料两种增强件。层绞式结构光缆是由紧套或松套光纤扭绞在中心增强件周围，用包带方法固定，然后根据管道、架空或直埋等不同敷设要求，用PVC（聚氯乙烯）或Al-PE（铝-聚乙烯）粘接护层作外护层，埋式光缆还增加皱纹钢带或钢丝铠装层。

2.4 光缆的结构和种类

图2-23~图2-27所示是目前在市话中继和长途线路上采用的几种层绞式结构光缆的示意图（截面）。

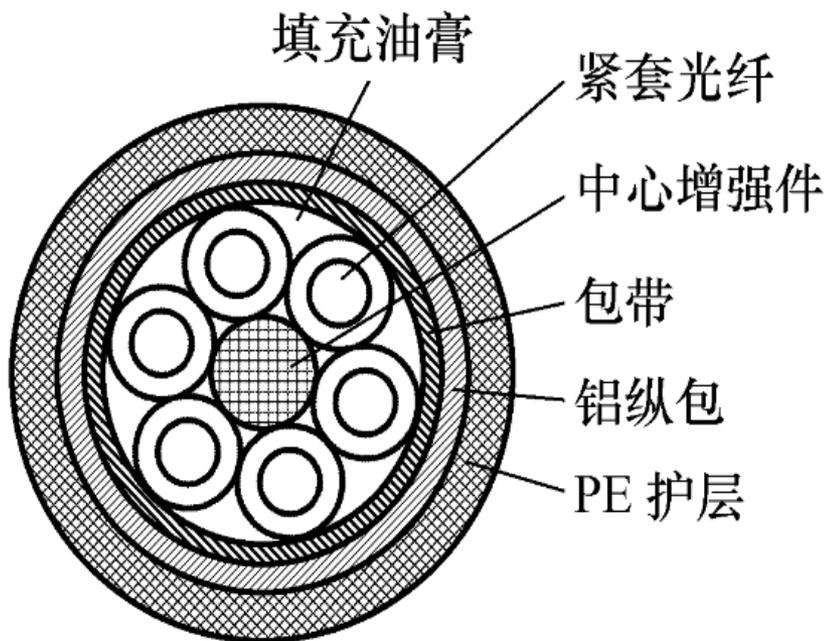


图2-23 6芯紧套层绞式光缆

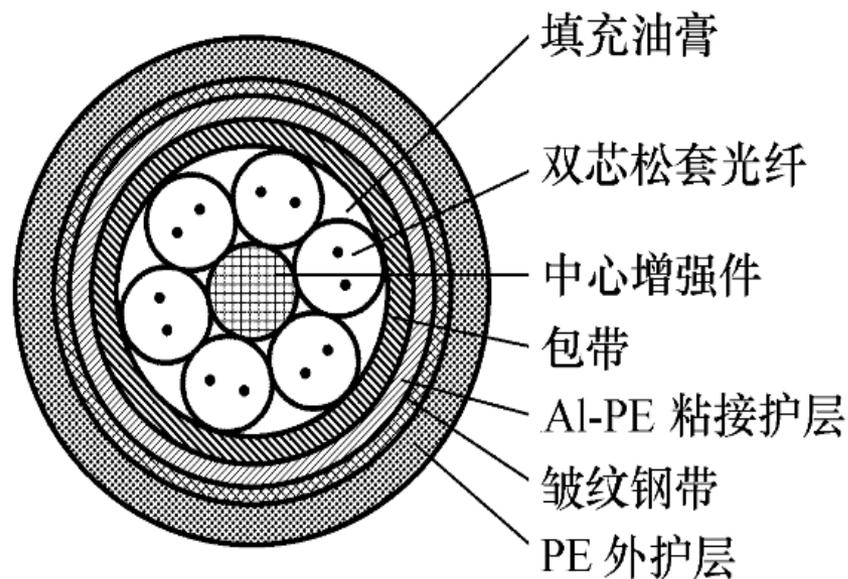


图2-24 12芯松套层绞式直埋光缆

2.4 光缆的结构和种类

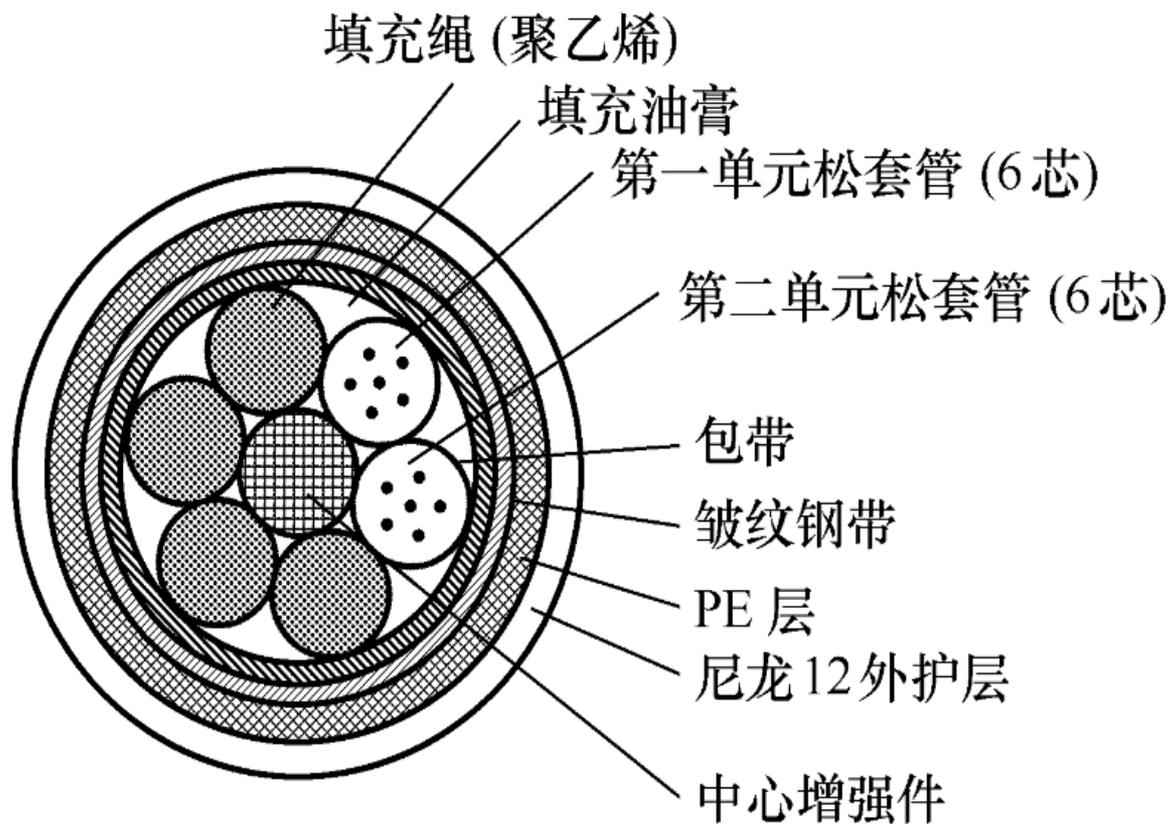


图2-25 12芯松套层绞式直埋防蚁光缆

2.3 光缆的结构和种类

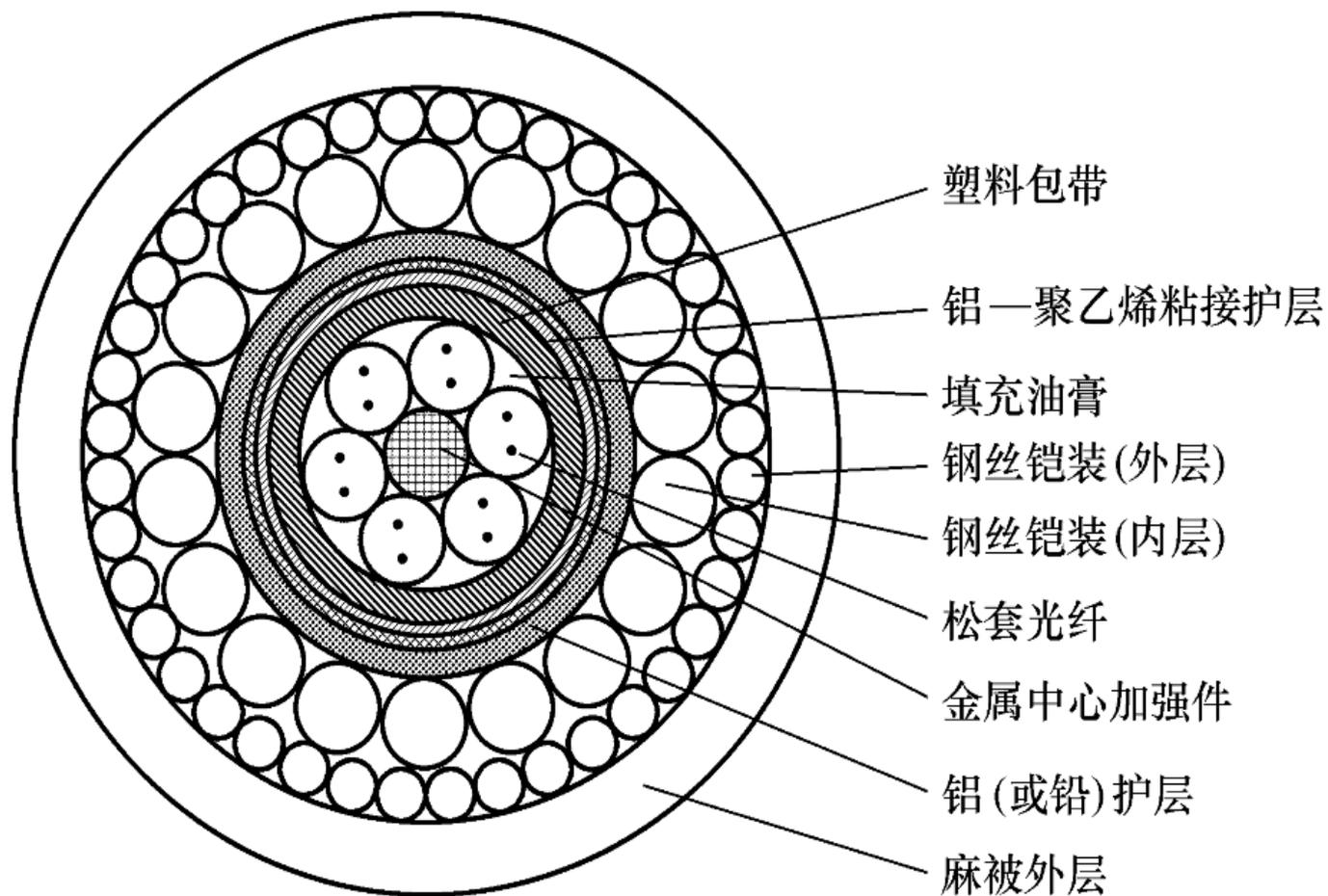


图2-26 6~48芯松套层绞式水底光缆

2.4 光缆的结构和种类

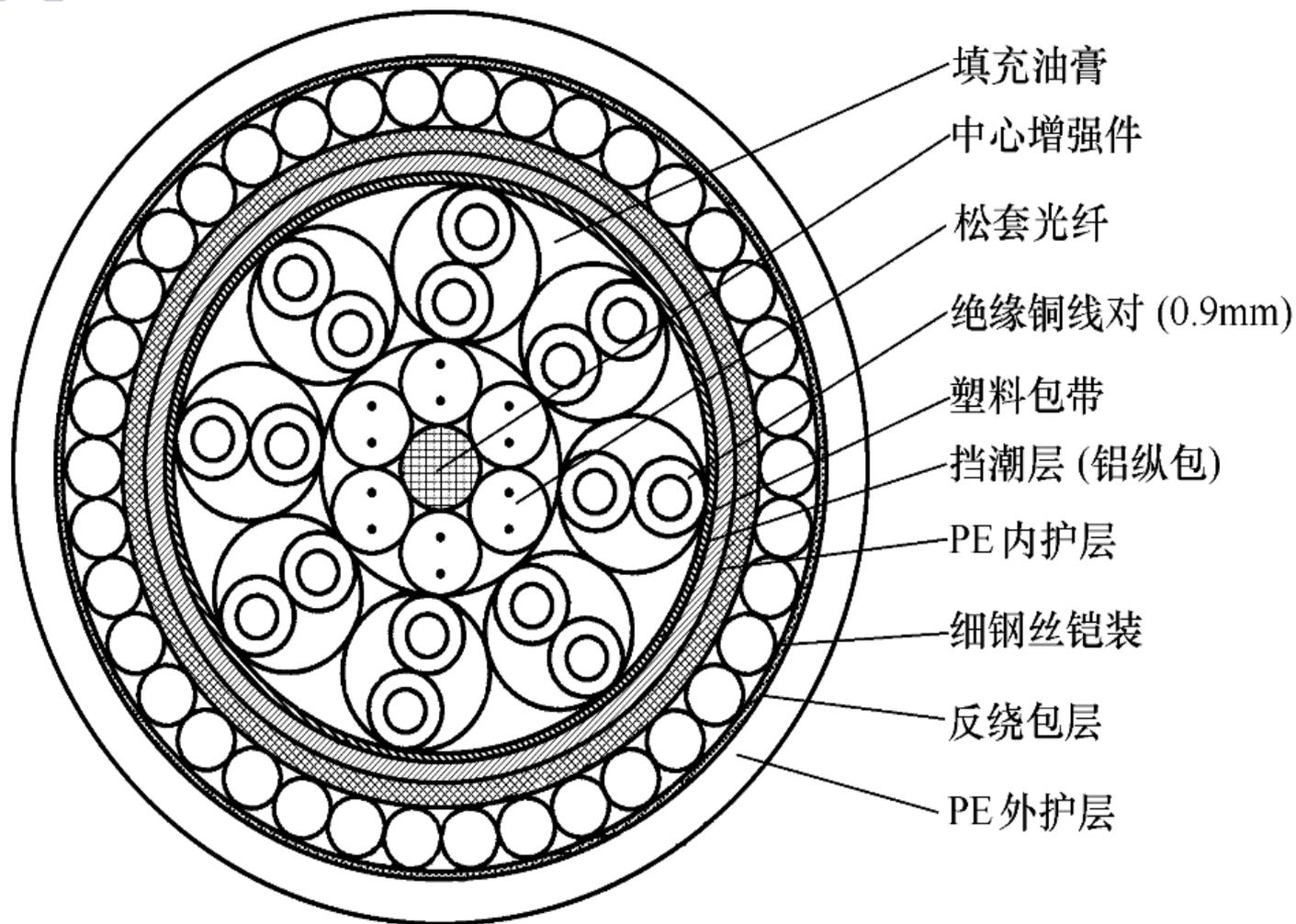


图2-27 12芯松套+8芯×2线对层绞式直埋光缆

2.4 光缆的结构和种类

从这几种层绞式结构可以看出，对于架空、管道、直埋等不同敷设条件的光缆，在结构上的主要区别是护层的材料、方式以及中心加强件的截面积。

对于用于白蚁地区的埋式防蚁（防鼠害）光缆，只是将埋式普通光缆的外护层外边，再增加一层尼龙12外护层，如图2-25所示。

由于紧套光纤的一根紧套管内可放1根~6根一次涂覆光固化光纤，因此图中除图2-23外，其余结构的光缆均可以是4芯~48芯光缆，若对光缆直径、松套管数量上适当改变，则光缆的芯数还可增加。

2.4 光缆的结构和种类

(2) 骨架式结构光缆

骨架式结构光缆是把紧套光纤或一次涂覆光纤放入加强芯周围的螺旋形塑料骨架凹槽内而构成。骨架式结构光缆具有下列特点。

- ① 骨架结构对光纤有良好的保护性能、侧压强度高，对施工尤其是管道布放有利。
- ② 它可以用一次涂覆光纤直接放置于内架槽内，省去松套管二次被覆过程。
- ③ 可用 n 根光纤基本骨架组成不同光纤数量和性能的光缆。如图2-28所示，每个光纤槽内放1根~4根一次涂覆光固化光纤，则可满足12芯~48芯光缆的要求。
- ④ 不需要特殊设备，对原有电缆制造设备进行适当改进就能满足要求。

2.4 光缆的结构和种类

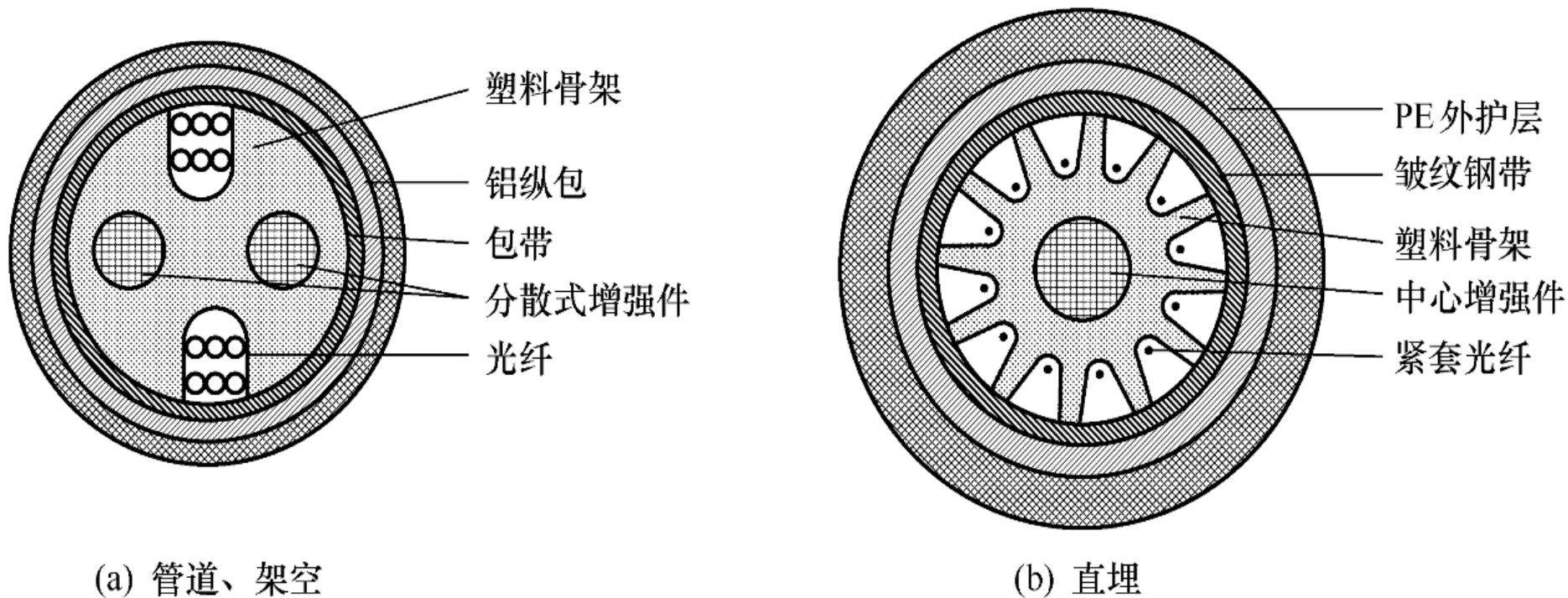


图2-28 12芯骨架式光缆

2.4 光缆的结构和种类

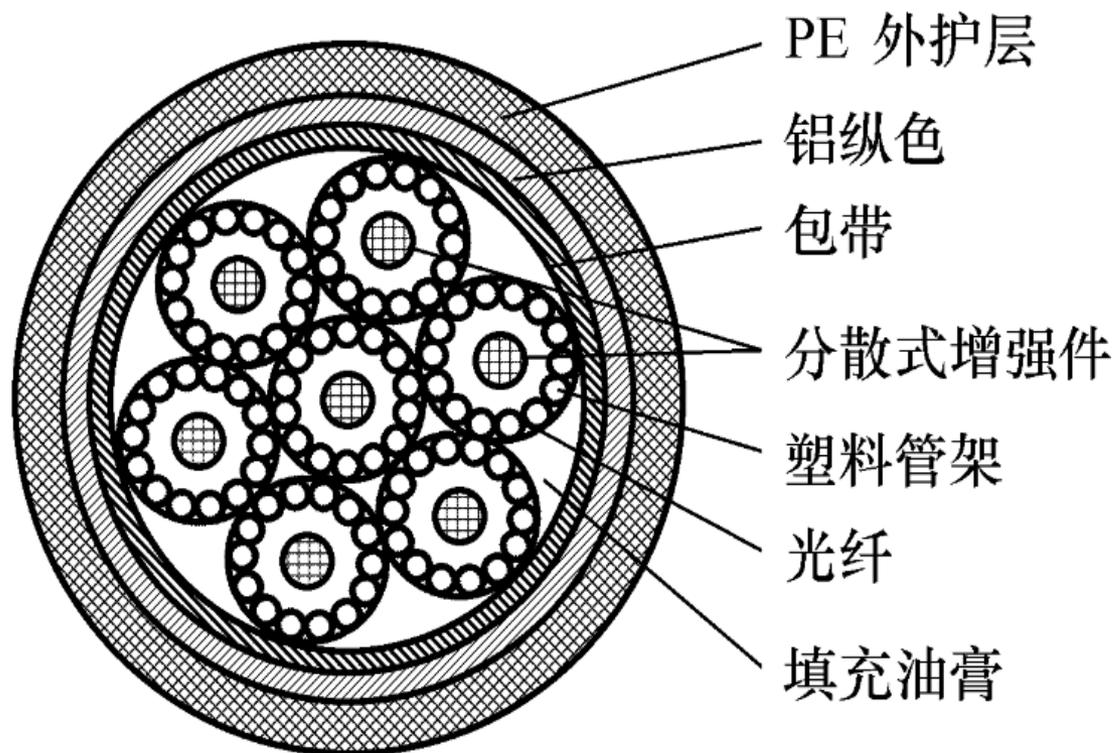


图2-29 70芯骨架式光缆

2.4 光缆的结构和种类

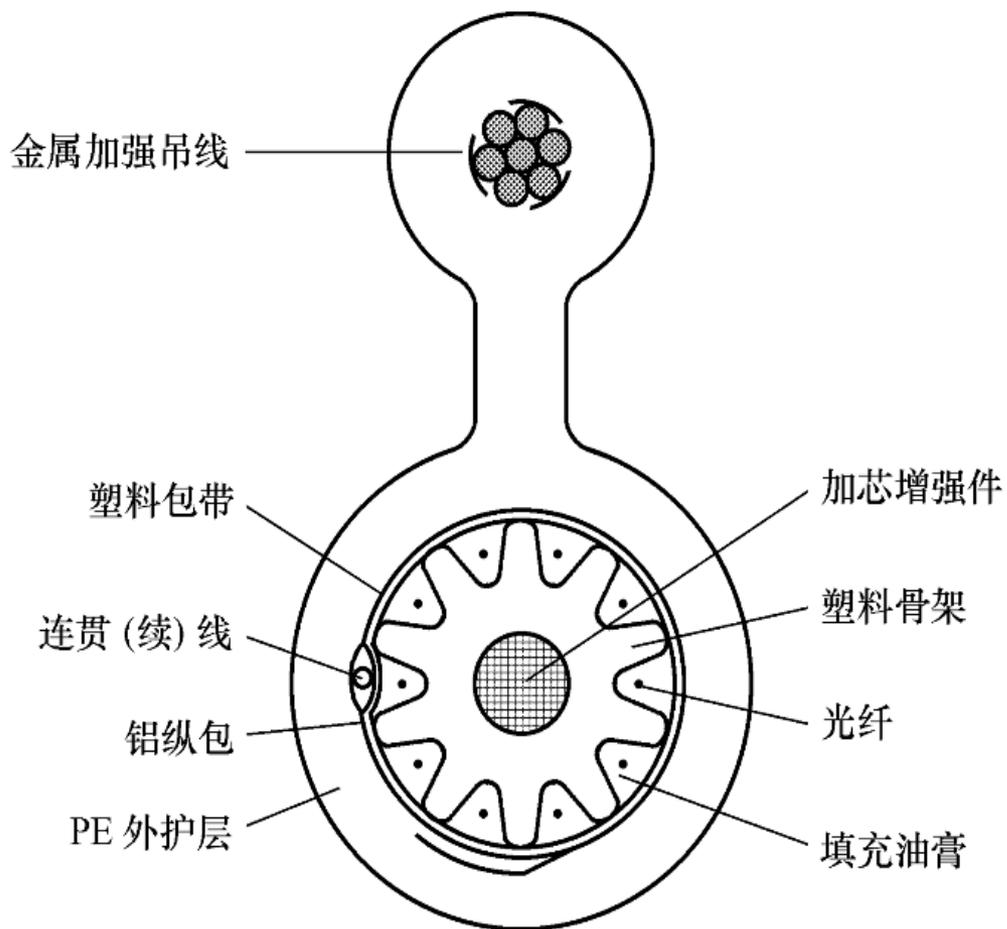


图2-30 骨架式自承式架空光缆

2.4 光缆的结构和种类

骨架式结构光缆，关键在具有光纤槽的塑料骨架，其材料一般是低密度聚乙烯，加强芯是多股细钢丝或增强型塑料。骨架结构有中心增加螺旋型、正反螺旋型、分散增强基本单元型，图2-28（b）为螺旋型结构，图2-29为基本单元结构。目前，我国采用的骨架式结构光缆，都是采用如图2-28所示的结构。图2-30所示是采用骨架式结构的自承式架空光缆。

2.4 光缆的结构和种类

(3) 束管式结构光缆

把一次涂覆光纤或光纤束放入大套管中，加强芯配置在套管周围而构成。

图2-31所示的光缆结构即属护层增强构件配制方式，其特点是在护层用细钢丝来增强，光纤则在中间束管内。

图2-32、2-33所示是属于分散加强构件配置方式的束管式结构光缆。

由于束管式光纤与加强芯分开，因而提高了网络传输的稳定可靠性，同时束管式结构由于直接将一次涂覆固化光纤放置于束管中，所以光缆的光纤容量灵活。

图2-37所示的浅海光缆实际上就是双层加铠装束管式光缆。

2.4 光缆的结构和种类

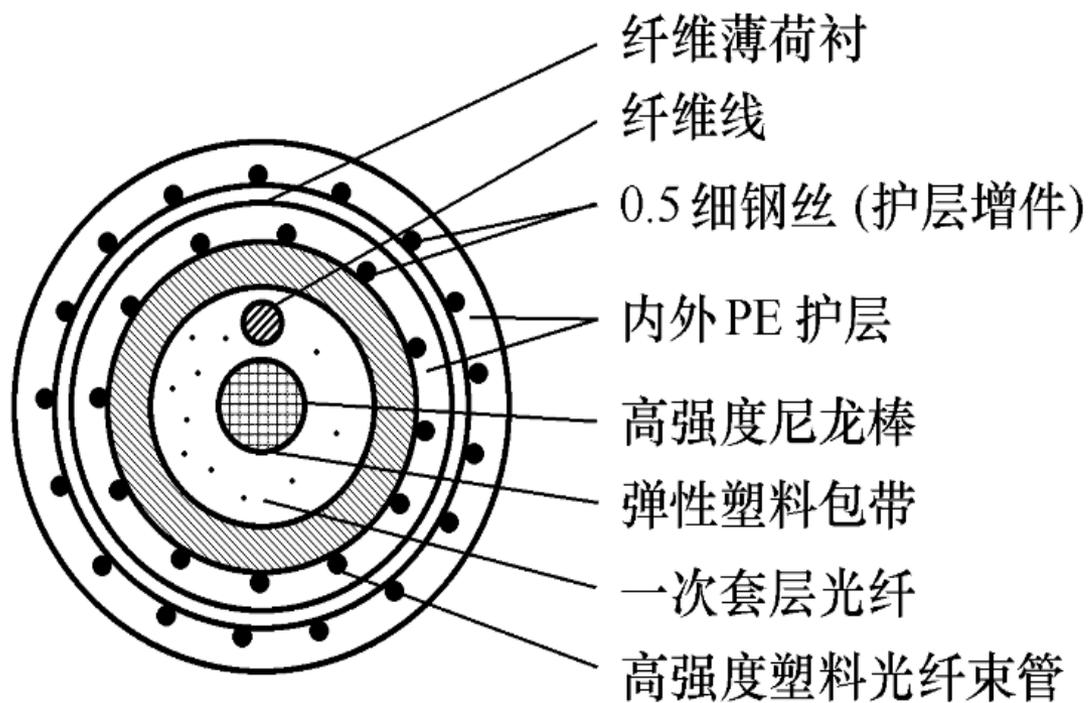


图2-31 12芯束管式光缆

2.4 光缆的结构和种类

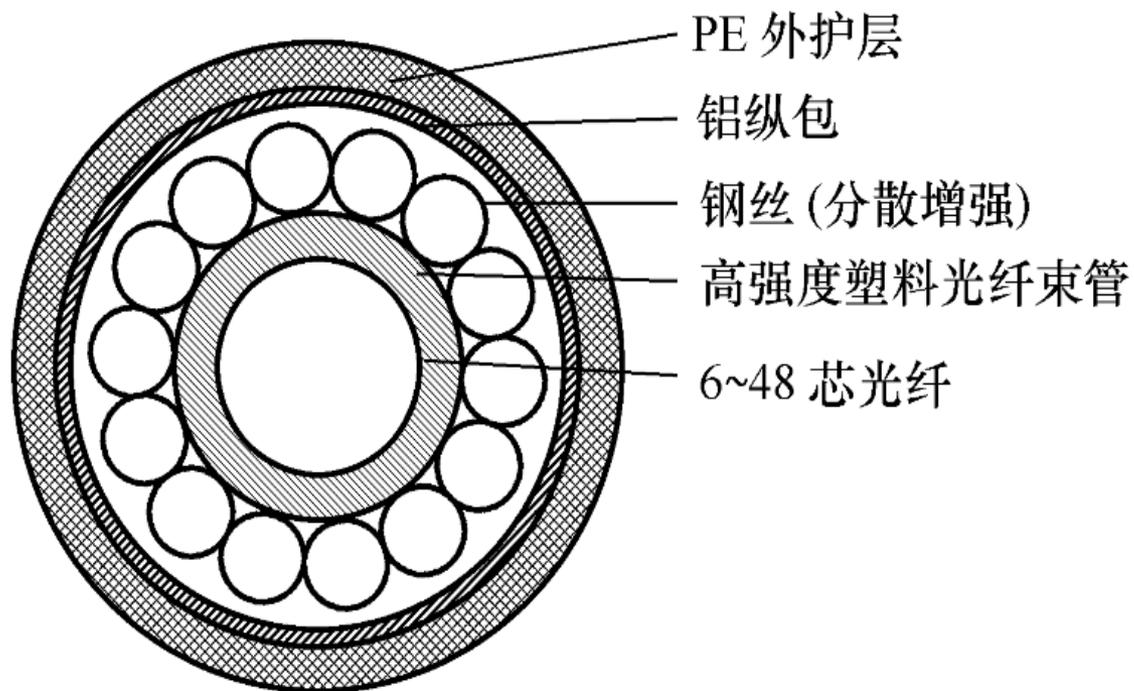


图2-32 6~48芯束管式光缆

2.4 光缆的结构和种类

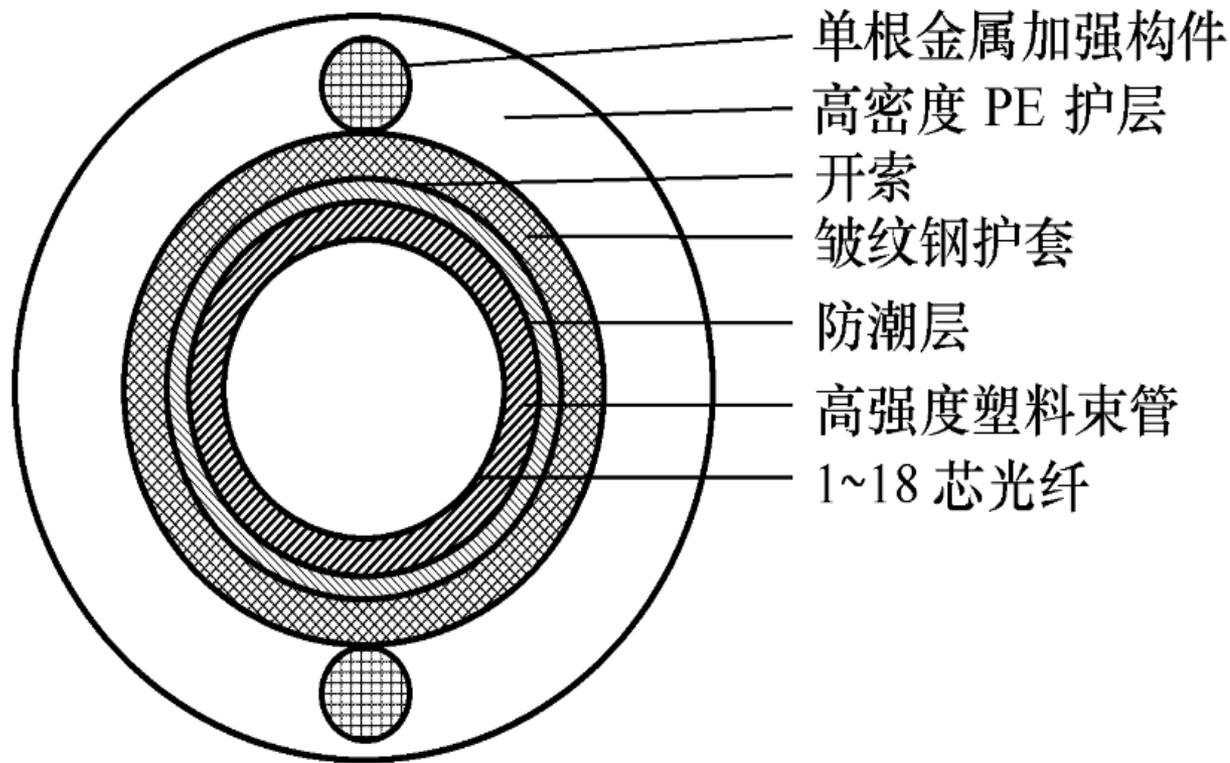


图2-33 LEX束管式光缆

2.4 光缆的结构和种类

(4) 带状结构光缆

把带状光纤单元放入大套管中，形成中心束管式结构；也可把带状光纤单元放入凹槽内或松套管内，形成骨架式或层绞式结构。

带状结构光缆的优点是可容纳大量的光纤，图2-34、2-35所示的带状结构光缆，其光纤数量在100芯以上，作为用户光缆可满足实际需要。同时带状光缆还可进行单元光纤的一次连接，以适应大量光纤接续、安装的需要。随着光通信的发展，光纤接入网将大量使用这种结构的光缆。

2.4 光缆的结构和种类

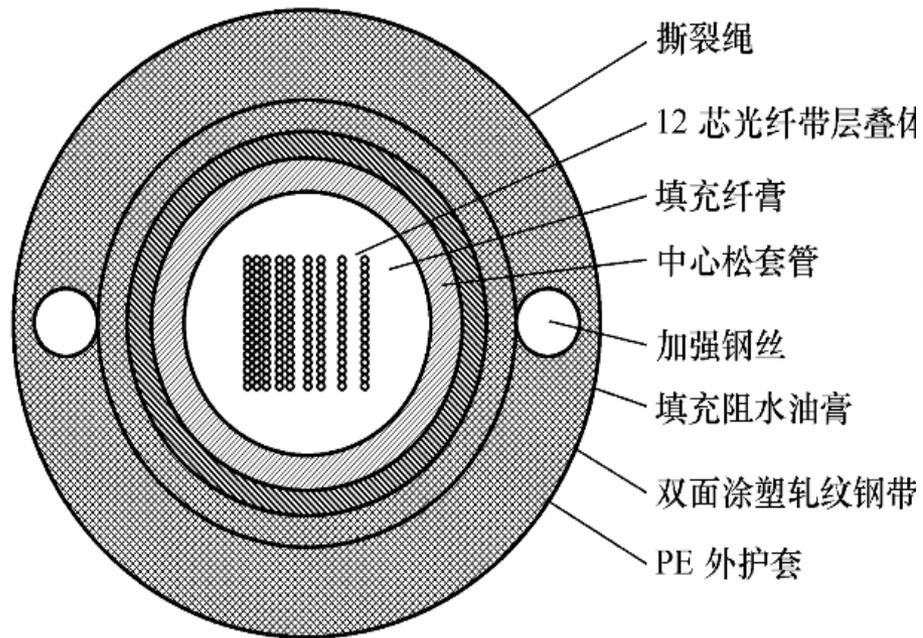


图2-34 中心束管式带状光缆

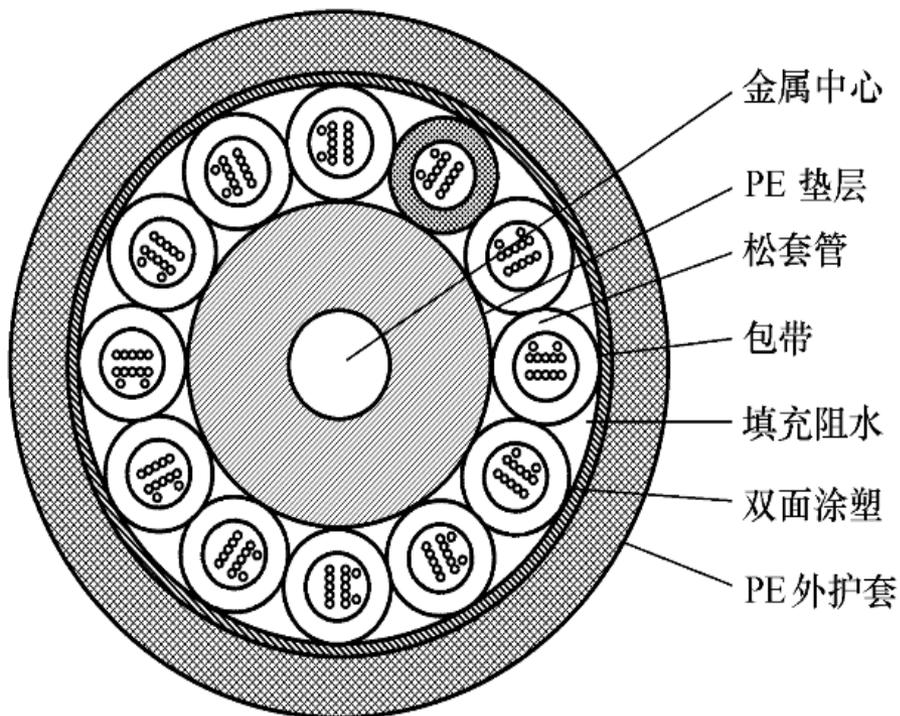


图2-35 层绞式带状光缆

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/298002135045007007>