

第 2 章 综合布线系统使用的线缆

学习目标

本章对综合布线中常用的介质作了较为详尽的介绍，读者应掌握以下基本能力：

- 认识网络传输介质，能在具体的应用中正确选择
- 能将传输介质的性能参数运用于工程实际
- 在选择传输介质时，能说明选择理由
- 正确表述光纤的特性，并在不同应用选择合适的连接器
- 掌握关于无线的标准

在学习综合布线系统的设计和施工前，首先要了解综合布线系统中用到的各种传输介质。传输介质的物理特性直接决定了网络的传输性能极限，并一定程度上限定了网络连接的形式；第二个面临的问题是连接器，连接器的形状与工艺水平不仅影响到网络的连接形式，同时影响到网络的传输性能及网络的硬件兼容性。

目前，计算机通信分为有线通信和无线通信两种。有线通信是利用铜缆或光缆等有线介质来充当传输导体，通过连接器、配线设备及交换设备将计算机连接起来。无线通信是利用卫星、微波、红外线等无线技术，借助空气来进行信号的传输，通过相应的信号收发器将计算机连接起来。

有线通信中的线缆主要有两大类：铜缆、光纤。铜缆主要有两种形式：一种是同轴式电缆；另一种是双绞线式电缆，也包括大对数电缆。光纤依据其光信号在光纤中的传播模式来分，可分为单模光纤和多模光纤。

本章主要介绍双绞线，大对数，光缆的品种、性能、标准与安装规程。

2.1 网络传输介质的选择

当为计算机网络选择最佳介质时，充分考虑各种类型的介质的能力和局限性是很重要的，其包含的因素如下：

- 数据传输速度。
- 在某网络拓扑结构中的使用。
- 距离要求。
- 电缆和电缆组件的成本。
- 要求的其他网络设备。
- 安装的灵活性和方便性。
- 可防止外界干扰。
- 升级选择。

- 在具体实施时，应注意传输频率与传输速率的区别。

传输频率和传输速率是在综合布线系统设计中接触最多的两个基本概念。线缆的频带带宽（MHz）和线缆上传输的数据速率（Mb/s）是两个截然不同的概念。MHz 表示的是单位时间内线路中的信号振荡的次数，是一个表征频率的物理量，而 Mb/s 表示的是单位时间内线路中传输的二进制位的数量，是一个表征速率的物理量。

传输频率表示传输介质提供的信息传输的基本带宽，带宽取决于所用导线的质量、每一根导线的精确长度及传输技术。传输频率表征了器件或介质对信息进行传输的带宽，衡量器件或介质传输性能时，可以采用带宽。在这种情况下，传输性能的指标包括衰减和近端串音，整体链路性能的指标则用衰减/串音比 ACR 来衡量。带宽越宽传输越流畅，允许传输速率越高。网络系统中的编码方式建立了 MHz 和 Mb/s 之间的联系，某些特殊的网络编码方案能够在有限的频率带宽上高速地传输数据。一般情况下，人们关心特定传输介质在满足系统传输性能下的最高传输速率。表 2-1 直观地体现了二者的区别。

表 2-1 传输频率与传输速率

	三类	四类	五/超五类	六类	七类
传输频率 MHz	16	20	100	250	600
传输速率 Mb/s	10	16	155	1000	10000

2.2 双绞线

双绞线是局域网布线中最常用到的一种传输介质，尤其在星型网络拓扑结构中，双绞线是必不可少的布线材料，已经成为网络中最常用的传输介质。

双绞线既可以传输模拟信号，又能传输数字信号。用双绞线传输数字信号时，其数据传输率与电缆的长度有关。距离短时，数据传输率可以高一些。

2.2.1 概述

双绞线（Twisted Pairwire, TP）是综合布线工程中最常用的一种传输介质，由两根具有绝缘保护层的铜导线组成。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起，可降低信号干扰的程度，每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根导线上发出的电波抵消。双绞线一般由两根美国线规（AWG）22~26 号绝缘铜导线相互缠绕而成。如果把一对或多对双绞线放在一个绝缘套管中便成了双绞线电缆。在双绞线电缆（也称双扭线电缆）内，不同线对具有不同的扭绞长度，一般地说，扭绞长度在 13~14mm 内，按逆时针方向扭绞，相临线对的扭绞长度在 12.7cm 以上。与其他传输介质相比，双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定限制，但价格较为低廉。目前，双绞线可分为非屏蔽双绞线（Unscreened Twisted Pair, UTP）和屏蔽双绞线（Screened Twisted Pair, STP）。

虽然双绞线主要是用来传输模拟声音信息的，但同样适用于数字信号的传输，特别适用于较短距离的信息传输。在传输期间，信号的衰减比较大，并且产生波形畸变。采用双绞线的局域网的带宽取决于所用导线的质量、长度及传输技术。只要精心选择和安装双绞线，就可以

在有限距离内达到每秒几百万位的可靠传输率。当距离很短,并且采用特殊的电子传输技术时,五类/超五类双绞线的传输率可达 100~155Mb/s。由于利用双绞线传输信息时要向周围辐射,信息很容易被窃听,因此要花费额外的代价加以屏蔽。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹,以减小辐射,但并不能完全消除辐射。

屏蔽双绞线在线径上要明显粗过非屏蔽双绞线,而且由于它具有较好的屏蔽性能,所以也具有较好的电气性能。但由于屏蔽双绞线的价格较非屏蔽双绞线贵,且非屏蔽双绞线的性能对于普通的企业局域网来说影响不大,甚至说很难察觉,所以在企业局域网组建中所采用的通常是非屏蔽双绞线。不过七类双绞线除外,因为它要实现全双工 10Gb/s 速率传输,只能采用屏蔽双绞线,而没有非屏蔽的七类双绞线。六类双绞线通常也建议采用屏蔽双绞线。

所有的双绞线电缆根据其是否屏蔽可以分为两类:屏蔽双绞线电缆(STP)、非屏蔽双绞线电缆(UTP)。常用线缆分类如图 2-1 所示。

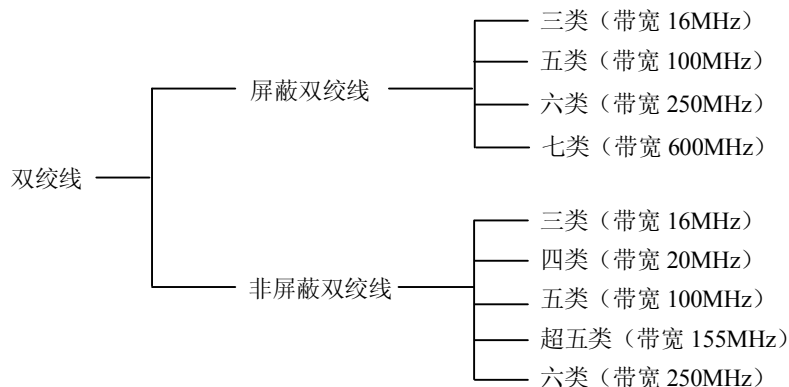


图 2-1 综合布线工程常用的双绞线种类

1. 屏蔽双绞线

屏蔽双绞线(STP)电缆中的缠绕电线对被一种金属制成的屏蔽层包围,而且每个线对中的电线也是相互绝缘的。一些屏蔽双绞线电缆使用网状金属屏蔽层,该屏蔽层能将噪声转变成直流电。屏蔽层上的噪声电流与双绞线上的噪声电流相反,因而两者可以相抵消。影响屏蔽双绞线屏蔽作用的因素包括:环境噪声的级别和类型、屏蔽层的厚度和所使用的材料、接地方法以及屏蔽的对称性和一致性。

屏蔽双绞线电缆的结构如图 2-2 所示。

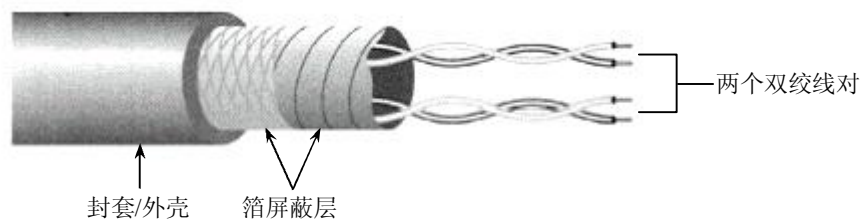


图 2-2 双绞线结构

2. 非屏蔽双绞线

非屏蔽双绞线（UTP）电缆包括一对或多对由塑料封套包裹的绝缘电线对。非屏蔽双绞线没有用来屏蔽双绞线的额外屏蔽层。因此，非屏蔽双绞线比屏蔽双绞线便宜，但其抗噪性也相对较低。IEEE 已将非屏蔽双绞线电缆命名为 X Base T，其中 X 代表最大数据传输速度为 X Mb/s，Base 代表采用基带传输方法传输信号，T 代表 UTP。

非屏蔽双绞的结构如图 2-3 所示。



图 2-3 非屏蔽双绞线结构

3. 屏蔽双绞线与非屏蔽双绞线的比较

(1) 吞吐量。STP 和 UTP 能以 10Mb/s 的速度传输数据，CAT5 UTP 以及在某些环境下的 CAT3 UTP 的数据传输速度可达 100Mb/s。高质量的 CAT5 UTP 也能以每秒 1GB 的速度传输数据。

(2) 成本。STP 和 UTP 的成本区别在于所使用的铜线级别、缠绕率以及增强技术。一般来说，STP 比 UTP 更昂贵，但高级 UTP 也是非常昂贵的。例如，增强型 CAT5 每英尺比常规 CAT5 多花费 20%，新的 CAT6 电缆甚至比增强型 CAT5 还要昂贵得多。

(3) 连接器。STP 和 UTP 使用的连接器和数据插孔看上去类似于电话连接器和插孔。

(4) 抗噪性。STP 具有屏蔽层，因而它比 UTP 具有更好的抗噪性。但是，在另一方面，UTP 可以使用过滤和平衡技术抵消噪声的影响。

(5) 尺寸和可扩展性。STP 和 UTP 的最大网段长度都是 100m，即 328 英尺。它们的跨距小于同轴电缆所提供的跨距，这是因为双绞线更易受环境噪声的影响。双绞线的每个逻辑段最多仅能容纳 1024 个结点，整个网络的最大长度与所使用的网络传输方法有关。

另外，非屏蔽双绞线电缆具有以下优点：

- (1) 无屏蔽外套，直径小，节省所占用的空间。
- (2) 重量轻、易弯曲、易安装。
- (3) 将串扰减至最小或加以消除。
- (4) 具有阻燃性。
- (5) 具有独立性和灵活性，适用于结构化综合布线。

2.2.2 常见双绞线的型号

目前国际上存在不同的双绞线标注方法，如果是标准类型则按 CATx 方式标注，如常用的五类线和六类线，则在线的外包皮上标注为 CAT5、CAT6。如果是改进版，就按 xe 方式标注，如超五类线就标注为 5e（字母是小写，而不是大写），也有采用国际标准 ISO 11801 进行标注。

下面是对标准中规定的各双绞线类型的一些简单说明。计算机网络综合布线使用第三、四、五类、六类和七类。

(1) 一类双绞线。一类线是 ANSI/EIA/TIA-568A 标准中最原始的非屏蔽双绞铜线电缆，但它开发之初的目的不是用于计算机网络数据通信，而是用于电话语音通信。

(2) 二类双绞线。二类线是 ANSI/EIA/TIA-568A 和 ISO 2 类/A 级标准中第一个可用于计算机网络数据传输的非屏蔽双绞线电缆，传输频率为 1MHz，传输速率达 4Mb/s。二类线主要用于旧的令牌网。

(3) 三类双绞线。三类线是 ANSI/EIA/TIA-568A 和 ISO 3 类/B 级标准中专用于 10Base-T 以太网的非屏蔽双绞线电缆，传输频率为 16 MHz，传输速度可达 10Mb/s。三类线主要应用于语音和最高传输速率为 10Mb/s 的 10Base-T 以太网中，最大网段长度为 100m，连接器采用 RJ 形式。

(4) 四类双绞线。四类线是 ANSI/EIA/TIA-568A 和 ISO 4 类/C 级标准中用于令牌环网络的非屏蔽双绞线电缆，传输频率为 20MHz，传输速度达 16Mb/s。四类线主要用于基于令牌的局域网和 10Base-T/100Base-T，最大网段长度也是 100m，连接器采用 RJ 形式。

(5) 五类双绞线。五类线是 ANSI/EIA/TIA-568A 和 ISO 5 类/D 级标准中用于运行 CDDI (CDDI 是基于双绞铜线的 FDDI 网络) 和快速以太网的非屏蔽双绞线电缆。由于五类双绞线增加了绕线密度，使用了特殊的绝缘材料，使其最高传输频率达到 100MHz，最高传输速率达 100Mb/s，既可用于语音，也可用于 100 Base-T 以太网的数据传输。其最大网段长度也是 100m，连接器采用 RJ 形式。

双绞线分为屏蔽双绞线与非屏蔽双绞线两大类。在这两大类中又分 100Ω 电缆、双体电缆、大对数电缆、150Ω 屏蔽电缆。具体型号有多种，图 2-4 为五类线的横截面。

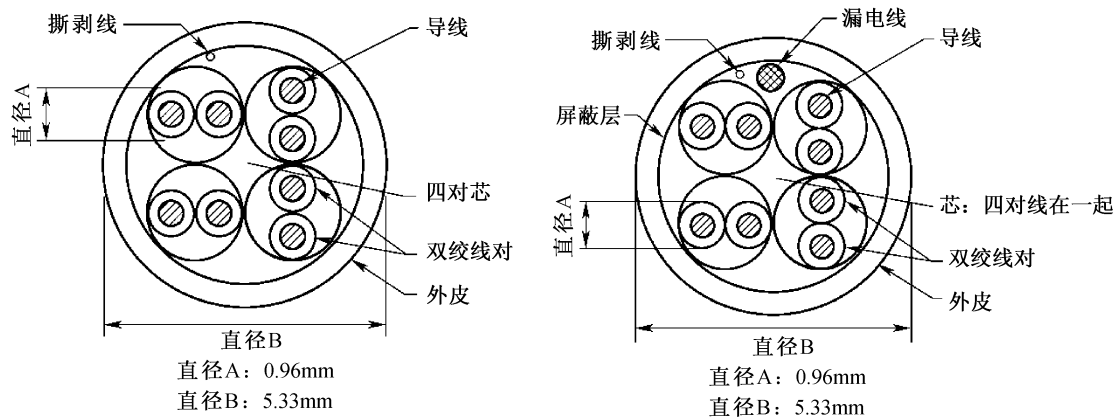


图 2-4 五类双绞线的横截面结构

(6) 超五类双绞线。超五类线是 ANSI/EIA/TIA-568B.1 和 ISO 5 类/D 级标准中用于运行快速以太网的非屏蔽双绞线电缆，传输频率也为 100MHz，传输速度也可达到 100Mb/s。与五类线缆相比，超五类是增强型的五类双绞线，由于材料技术的提高，超五类双绞线在近端串扰、串扰总和、衰减和信噪比 4 个主要指标上都有较大的改进，故可以提供更坚实的网络基础，满足大多数应用的需求，给网络安装和测试带来了便利，成为目前国内网络应用中较好的解决方

案。虽然原标准规定超五类的传输特性与普通五类的相同，但现在许多厂家的产品都已远远超出标准的要求，最高的传输频率可达 200MHz，在四对线都工作于全双工通信时，最高传输速率可达近 1000Mb/s。其最大网段长度也是 100m，连接器采用 RJ 形式。

(7) 六类双绞线。六类线是 ANSI/EIA/TIA-568B.2 和 ISO 6 类/E 级标准中规定的一种非屏蔽双绞线电缆，它也主要应用于百兆位快速以太网和千兆位以太网中。因为它的传输频率可达 200~250MHz，是超五类线带宽的 2 倍，最大速度可达到 1000Mb/s，能满足千兆位以太网需求。其最大网段长度也是 100m，连接器采用 RJ 形式。六类线结构如图 2-5 所示。

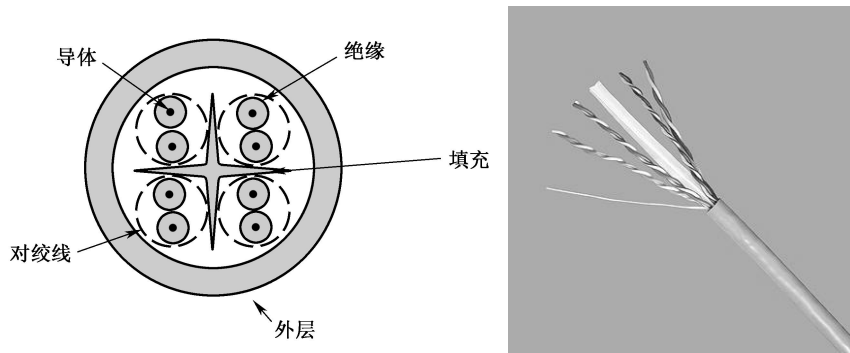


图 2-5 六类双绞线的结构

(8) 超六类双绞线。超六类线是六类线的改进版，同样是 ANSI/EIA/TIA-568B.2 和 ISO 6 类/E 级标准中规定的一种非屏蔽双绞线电缆，主要应用于千兆位网络中。在传输频率方面与六类线一样，也是 200~250MHz，最大传输速度也可达到 1000Mb/s，只是在串扰、衰减和信噪比等方面有较大改善。

(9) 七类双绞线。七类线是 ISO 7 类/F 级标准中最新的一种双绞线，它主要为了适应万兆位以太网技术的应用和发展。但它不再是一种非屏蔽双绞线了，而是一种屏蔽双绞线，所以它的传输频率至少可达 500MHz，是六类线和超六类线的 2 倍以上，传输速率可达 10Gb/s。

现在市场上关于双绞线种类有三类、四类、五类、超五类、六类和七类。

图 2-6 为常见的双绞线包装方式。



图 2-6 常见的双绞线包装方式

按我国《综合布线系统工程设计规范》GB50311-2007，铜缆布线系统的分级与类别如表 2-2 所示。

表 2-2 铜缆布线系统的分级与类别

系统分级	支持带宽 (Hz)	支持应用器件	
		电缆	连接器件
A	100K	—	—
B	1M	—	—
C	16M	3类	3类
D	100M	5/5e类	5/5e类
E	250M	6类	6类
F	600M	7类	7类

2.2.3 双绞线有关的技术名词

对于双绞线，用户最关心的是表征其性能的几个指标，包括衰减、近端串扰、衰减串音比、阻抗特性、分布电容、直流电阻等。这里介绍与传输介质有关的技术名词，及综合布线中与介质相关的性能参数。

1. 接线图 (Wiremap)

导通性主要包括线序是否正确，是否存在断路或短路、阻抗。

2. 长度 (Length)

线缆的物理路径长度与电子长度是两个完全不同的概念，这里的长度是指电子长度。常见的标准中规定的长度参数一般都是指信号传输时所经过的距离，即电子长度。

3. 衰减 (Attenuation)

电信号在介质上传输时，一定会有能量损耗，这就意味着在接收端接收到的信号能量一定会比发送端发送的信号能量小。如果信号经过损耗，其能量与干扰信号相当，则接收端就无法分辨原先所传送的信号。

衰减是沿链路的信号损失度量。衰减与线缆的长度有关系，随着长度的增加，信号衰减也随之增加。衰减用“dB”作单位，表示源发送端信号到接收端信号强度的比率。由于衰减随频率而变化，因此，应测量在应用范围内的全部频率上的衰减。

4. 近端串音 (Near End Cross-talk, NEXT)

当电信号在线缆及连接器上传送时，会在导体周围产生一个电磁场。这个电磁场辐射到相邻线对上，就会对其信号传输造成不良干扰。

串扰分近端串扰和远端串扰 (FEXT)，近端串扰表征了这种干扰对同在近端的传送线对与接收线对所造成的影响。测试仪主要是测量 NEXT，由于存在线路损耗，因此 FEXT 的量值的影响较小。近端串扰 (NEXT) 损耗是测量一条 UTP 链路中从一对线到另一对线的信号耦合。对于 UTP 链路，NEXT 是一个关键的性能指标，也是最难精确测量的一个指标。随着信号频率的增加，其测量难度将加大。

NEXT 并不表示在近端点所产生的串扰值，它只是表示在近端点所测量到的串扰值。这个量值会随电缆长度不同而变化，电缆越长，其值变得越小。同时发送端的信号也会衰减，对其他线对的串扰也相对变小。实验证明，只有在 40m 内测量得到的 NEXT 是较真实的。如果另

一端是远于 40m 的信息插座，那么它会产生一定程度的串扰，但测试仪可能无法测量到这个串扰值。因此，最好在两个端点都进行 NEXT 测量。现在的测试仪都配有相应设备，使得在链路一端就能测量出两端的 NEXT 值。NEXT 测试的结果参照表 2-3 和表 2-4。

表 2-3 信道衰减极限

频率 (MHz)	最大衰减 (dB)					
	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级	F 级
0.1	16.0	5.5	—	—	—	—
1	—	5.8	4.2	4.0	4.0	4.0
16	—	—	14.4	9.1	8.3	8.1
100	—	—	—	24.0	21.7	20.8
250	—	—	—	—	35.9	33.8
600	—	—	—	—	—	54.6

表 2-4 信道 NEXT 衰减极限

频率 (MHz)	最大衰减 (dB)					
	A 级	B 级	C 级	D 级	E 级	F 级
0.1	27.0	40.0	—	—	—	—
1	—	25.0	39.1	60.0	65.0	65.0
16	—	—	19.4	43.6	53.2	65.0
100	—	—	—	30.1	39.9	62.9
250	—	—	—	—	33.1	56.9
600	—	—	—	—	—	21.2

5. 综合近端串扰 (Power Sum Cross-talk, PSNEXT)

综合近端串扰表明 4 对线缆中 3 对线缆传输信号时对另一对在近端所造成的影响。

6. 平衡等级远端串扰 (Equal Level Far End Cross-talk, ELFEXT)

平衡等级远端串扰是传送端的干扰信号对相邻线对在远端所造成的影响，平衡等级远端串扰对进行同步双向传输的应用极为重要。

7. 综合平衡等级远端串扰 (Power Sum ELFEXT, PSELFEXT)

综合平衡等级远端串扰表明 3 对线缆处于通信状态时，对另一对线缆在远端所造成的干扰。

8. 衰减串扰比 (Attenuation to Cross-talk Ratio, ACR)

衰减串扰比是在某一频率上测得的串扰与衰减的比值。这个比值是表征衰减与串扰关系的一个重要参数，它由最差的衰减量与 NEXT 量值的差值计算。对于一个两对线的应用来说，ACR 是体现整个系统信号与串扰比的唯一参数，因此 ACR 是体现系统性能余量的重要参数。如果 ACR 为负值，则说明噪音的强度高于所传送的信号强度。ACR 有时也以信噪比 (Signal-Noise Ratio, SNR) 表示，ACR 值较大，表示抗干扰的能力更强，一般系统要求其至少大于 10dB。

9. 综合衰减串扰比 (Power Sum Attenuation to Cross-talk Ratio, PSACR)

综合衰减串扰比反映了 3 对线同时进行信号传输时对另一对线所造成的综合影响。它主要用于保证布线系统的高速数据传输，即多线对传输协议。

10. 回波损耗 (Return Loss)

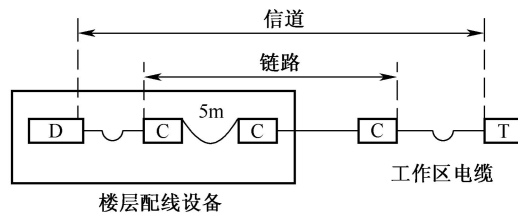
电信号在遇到端接点阻抗不匹配的情况时，部分能量会反射回传送端。回波损耗表征了因阻抗不匹配反射回来的能量大小，回波损耗对全双工传输的应用非常重要。

11. 传输时延差 (Delay Skew)

传输时延差是不同线对的传输时延的差值，以传输时延的最小值为基准点，其余线对的时延与之的差值即为传输时延差。

12. 信道 (Channel Link)

信道是通信系统中必不可少的组成部分，它是从发送输出端到接收输入端之间传送信息的通道。



注：D 为设备，T 为终端。

图 2-7 信道与链路

以狭义来定义，它是指信号的传输通道，即传输介质，不包括两端的设备。综合布线系统中的有线信道和链路如图 2-7 所示，可看出信道不包括两端设备。

上述名词解释中关于“综合”一词的含义如图 2-8 所示。

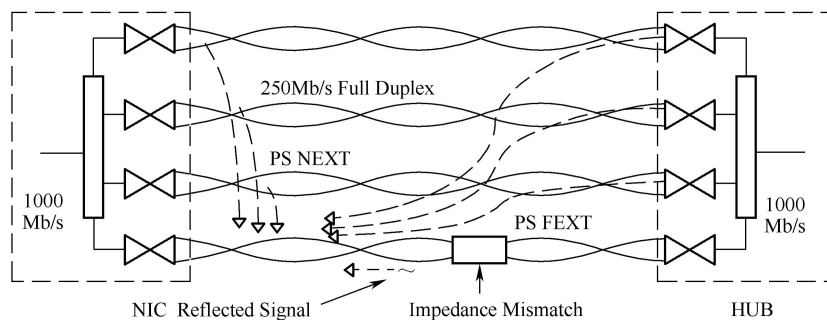


图 2-8 “综合”的含义

2.2.4 超五类布线系统

虽然双绞线的类型到目前为止已有七大类了，但在实际的企业局域网组建中，目前主要应用的还是中间的两大类，即五类和六类。七类线在一些大型企业网络中，为了支持 10 Gb/s 万兆位网络才采用，该网络构建成本非常贵，一般企业在目前来说是不可能采用的。

在五类和六类中又可细分为五类、超五类、六类、超六类（有的称为“增强型六类”）4种。虽然是在性能指标上这4个小类各有不同，但总地来说，这4个小类的双绞线都差不多，而且在局域网组建中基本上都是采用非屏蔽类型。

超五类双绞线国际标准于1999年正式发布。与五类双绞线一样，它也有屏蔽双绞线(STP)与非屏蔽双绞线(UTP)两类，但在企业局域网组建中，基本都是采用廉价的非屏蔽双绞线布线系统。

超五类布线系统通常是一个非屏蔽双绞线(UTP)布线系统，通过对其“链路”和“信道”性能的测试表明，它超过TIA/EIA568的五类线要求。与普通的五类UTP比较，其衰减更小，串扰更少，同时具有更高的衰减与串扰的比值(ACR)和信噪比(SRL)、更小的时延误差，性能得到了提高。它具有四大优点：

- (1) 提供了坚实的网络基础，可以方便转移、更新网络技术。
- (2) 能够满足大多数应用的要求，并且满足低偏差和低串扰总和的要求。
- (3) 被认为是为将来网络应用提供的解决方案。
- (4) 充足的性能余量，给安装和测试带来方便。

与五类线缆相比，超五类在近端串扰、串扰总和、衰减和信噪比四个主要指标上都有较大的改进。

近端串扰(NEXT)是评估性能的最重要的标准。一个高速的LAN在传送和接收数据时是同步的。NEXT是当传送与接收同时进行时所产生的干扰信号。NEXT的单位是dB，它表示传送信号与串扰信号之间的比值。

在普通应用中，衡量NEXT的标准方法是用一对线进行传送，另一对线用于接收，如10Base-T和Token Ring，甚至100Base-T和155Mb/s ATM。但是，有时候也可以使用另外两对线，并接到另一工作站，这样可以加快LAN的速度，如622Mb/s ATM和1000Base-T，不只用一对（可能用全部的4对线）来传送和接收。在一根线缆中使用多对线进行传送会增加这根线缆的串扰。现在的4对五类双绞线没有考虑这种情况。

串扰总和(Power Sum NEXT)是从多个传输端产生NEXT的和。如果一个布线系统能够满足五类线在Power Sum下的NEXT要求，就能处理从应用共享到高速LAN应用的任何问题。超五类布线系统的NEXT只有五类线要求的1/8。

信噪比(Structural Return Loss)是衡量线缆阻抗一致性的标准，阻抗的变化引起反射。一部分信号的能量被反射到发送端，形成噪声。SRL是测量能量变化的标准，由于线缆结构变化而导致阻抗变化，使得信号的能量发生变化。反射的能量越少，意味着传输信号越完整，在线缆上的噪声越小。

比起普通五类双绞线，超五类系统在100MHz的频率下运行时，为用户提供8dB近端串扰的余量，用户的设备受到的干扰只有普通五类线系统的1/4，使系统具有更强的独立性和可靠性。

超五类布线系统性能大大超过五类UTP的性能要求，五类UTP系统传输速率为100MHz，而超五类布线系统传输速率可达350MHz。

1. 超五类系统的主要性能与测试

超五类布线系统的主要性能指标如下（100m 长度、100MHz 时）：

频率范围：100MHz

电缆插入损耗：22.0dB

连接器插入损耗：0.4dB

线对间的近端串扰：35.3dB

线对间的综合近端串扰：32.3dB

连接器线对间的近端串扰：40.3dB

连接器线对间的综合近端串扰：40.0dB

信道的近端串扰：30.1dB

信道的综合近端串扰：27.1dB

衰减串扰比：6.1dB

综合衰减串扰比：3.1dB

电缆的远端串扰：23.8dB

电缆的综合远端串扰：20.8dB

连接器的远端串扰：35.1dB

连接器的综合远端串扰：32.1dB

信道的远端串扰：17.4dB

信道的综合远端串扰：14.4dB

电缆回波损耗：20.1dB

连接器回波损耗：20.0dB

信道回波损耗：10.0dB

缆线最大延时：538ns

连接器最大延时：2.5ns

信道最大延时：548ns

缆线最大延时差：45ns

连接器最大延时差：1.25ns

信道最大延时差：50ns

2. 超五类双绞线的应用

超五类双绞线一般用于星型网络的布线，每条双绞线通过两端安装的 RJ-45 连接器（又称水晶头）与网卡和集线器或交换机相连，最大网线长度为 100m，如果要加大网络的范围，可在两段双绞线电缆间安装中继器。中继器可以通过共享式集线器或交换机实现，但在实际应用中注意一条链路最多可安装 4 个中继器进行级联，使网络的最大范围达到 500m。

RJ-45 接头中的 8 个 PIN 分布如图 2-9 所示。其中 1 脚为发送的正极 TX+，2 脚为发送的负极 TX-，3 脚为接收的正极 RX+，6 脚为接收的负极 RX-。

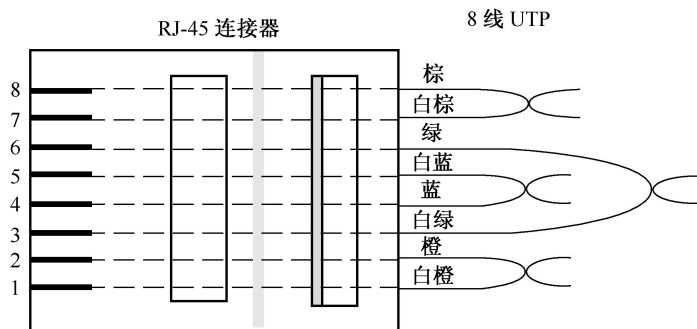


图 2-9 RJ-45 引脚分布

2.2.5 六类布线系统

在过去 10 年中，满足高带宽应用需要的布线技术发生了巨大的变化，布线系统支持的带宽已从最初的 10MHz 发展到今天的 250MHz。六类技术采用与以往超五类之前完全不同的线缆结构，可支持高达 250MHz 的网络传输带宽。尽管布线厂商采用不同的制造工艺和布线结构，但是殊途同归，最后必须满足六类标准规定的 250MHz 带宽要求。

2002 年 6 月，TIA/EIA 组织最终核准了六类布线标准，这是对电信业及智能建筑业的巨大贡献。六类标准的推出将最终促使所有厂商的布线产品实现标准化，而网络设备制造商也将保证它们的设备在六类布线上高速运行。

六类布线系统的性能等级定义为 200MHz，是五类系统带宽的 2 倍。因此，五类涉及的一些性能参数同样也定义于六类系统，如近端串扰、衰减等，只不过六类的带宽更大，它表明六类的数据传输通道比五类宽一倍，就好比马路被拓宽了一倍的道理一样。

当系统传输带宽从 100MHz 扩展到 200MHz。任何微小的性能不匹配都可能对整个系统性能产生很大影响，例如跳线。也许，某一元器件的性能作了提升，但整个系统的性能却并未提升。因此，将系统中的所有器件作为一个有机的整体来设计整个系统是非常重要的。这就是布线设计中的“端到端设计理念（End to End）”。

端到端的设计方式将确保整个系统发挥最高性能。因为其设计是从信源端到信宿端，所以系统的性能衡量应该是从信息的发出端到信息的接收端，而不是网络的各个链路段和设备。

1. 六类系统与五类系统的主要区别

尽管六类线缆被认为是一种标准的 4 对线缆，但是，它与五类或超五类线缆完全不同。六类线缆一般由稍粗一些的内芯构成，具体情况视各布线厂商的六类技术而定。由于采用较粗的内芯规格，六类线缆能够支持更高的网络传输带宽。此外，与五类或超五类线缆不同，六类线缆通常在线缆护套中包含隔离构件，这种构件用来隔离不同的线缆对。通过将同一条线缆中的线缆对相互隔离，减少了串音干扰，并提高了传输质量。因此，六类线缆的总直径略粗一些，线缆体一般也更硬。

除了六类线缆本身的物理差异之外，六类连接硬件的差异也必须予以考虑。由于线缆中采用更粗的导线，因此，六类连接硬件（插座、面板等）一般使用更粗规格的端接针。与五类或超五类连接硬件不同，这些端接针常常是偏置排列（offset）而非平行（inline）排列，因此，选择六类布线产品时，一定要同时关注六类连接硬件和六类线缆两方面的因素。

TIA/EIA 规定的六类系统的标准与五类系统有较大的差别，主要有以下几个方面：

(1) 结构变化。新的 568-B 标准从结构上分为三部分：568-B1 综合布线系统总体要求、568-B2 平衡双绞线布线组件和 568-B3 光纤布线组件。

568-B1 综合布线系统总体要求：在新标准中，包含电信布线系统设计原理、安装准则与现场测试相关的内容。

568-B2 平衡双绞线布线组件：在新标准中，包含组件规范、传输性能、系统模型和用于验证电信布线系统的测量程序相关内容。

568-B3 光纤布线组件：在新标准中，包含与光纤电信布线系统的组件规范和传输相关要求的内容。

(2) 关键新项目。568-B 标准除了结构上的变化外，还增加了一些关键新项目。

新术语：术语“衰减”改为“插入损耗”，用于表示链路与信道上的信号损失量，电信间 TC 改为 TR。

介质类型：在水平电缆方面，为 4 对 100Ω 三类 UTP 或 SFTP；4 对 100Ω 超五类 UTP 或 SFTP；4 对 100Ω 六类 UTP 或 SFTP；2 条或多条 62.5/125μm 或 50/125μm 多模光纤。在主干电缆方面，为 100 Ω 双绞线，三类或更高；62.5/125μm 或 50/125μm 多模光纤；单模光纤。568B 标准不认可 4 对四类 and 五类电缆。150 Ω 屏蔽双绞线是认可的介质类型，然而，不建议在安装新设备时使用。混合与多股电缆允许用于水平布线，但每条电缆都必须符合相应等级要求，并符合混合与多股电缆的特殊要求。

接插线、设备线与跳线：对于 24AWG (0.51mm) 多股导线组成的 UTP 跳接线与设备线的额定衰减率为 20%，采用 26AWG (0.4mm) 导线的 SFTP 缆线的衰减率为 50%。多股线缆由于具有更大的柔韧，建议用于跳接线装置。

距离变化：现在，对于 UTP 跳接线与设备线，水平永久链路的两端最长为 5m (16 英尺)，以达到 100m (328 英尺) 的总信道距离。对于二级干线，中间跳接到水平跳接 (IC 到 HC) 的距离减为 300m (984 英尺)。从主跳接到水平跳接 (MC 到 HC) 的干线总距离仍遵循 568-A 标准的规定。中间跳接中与其他干线布线类型相连的设备线和跳接线不应超过 20m (66 英尺) 改为不得超过 20m (66 英尺)。

安装规则：4 对 SFTP 电缆在非重压条件下的弯曲半径规定为电缆直径的 8 倍。2 股或 4 股光纤的弯曲半径在非重压条件下是 25mm，在拉伸过程中为 50mm。电缆生产商应确定光纤主干线的弯曲半径要求。如果无法从生产商获得弯曲半径信息，则建筑物内部电缆在非重压条件下的弯曲半径是电缆直径的 10 倍，在重压条件下是 15 倍。2 芯或 4 芯光纤的牵拉力是 222N (50lbf)。超五类双绞线开绞距离距端接点应保持在 13mm 以内，三类双绞线应保持在 75mm 以内。

(3) 永久链路替代基本链路。水平布线永久链路测试连接方式和测试指标要求永久链路方式供安装人员和数据电信用户用来认证永久安装电缆的性能，今后将替代基本链路方式。永久链路信道由 90m 水平电缆和一个接头，必要时再加一个可选转接/汇接头组成。永久链路配置不包括现场测试仪插接软线和插头。

超五类及六类双绞线除了测试接线图、线缆链路长度、特性阻抗、直流环路电阻、衰减、近端串扰损耗外，还在各项测试参数上有一定区别。

(4) 测试参数的变化。超五类及六类双绞线除了测试导通性 (Wiremap)、线缆链路长度、

特性阻抗、直流环路电阻、衰减、近端串扰、插入损耗外，各项测试参数的限定值上也有所变化。

六类布线系统测量中新增加的两个参数为传播时延、传播时延差。

传播时延是传播信号延长时间。在确定通道和基本链路传播时延时，连接硬件的传播时延在 1MHz 至 250MHz 的范围内不超过 2.5ns。所有各类通道配置的最大传播时延不超过 10MHz 下的 555ns。所有各类基本链路配置的最大传播时延不超过 100MHz 下的 518ns 和 250MHz 下的 498ns。

延时偏移是最快线对与最慢线对发送信号延时差的尺度。对于安装每米的配备接线来说，延时偏移不超过 1.25ns。对于所有各类通路配置的最大延时倾斜不大于 50ns。所有各类链路配置的最大延时偏移不超过 45ns。

(5) 推动高速应用。为保证网络的高效运行以及对未来高速网络的支持，目前至少要选择超五类电缆系统。而对于更高要求，特别是考虑长远的投资时，建议选择六类布线系统。它使高速数据的传输变得简单，用户可以利用更廉价的 1000Base-TX 设备。其传输性能远远高于超五类标准，适用于传输速率等于或高于 1Gb/s 的应用，打开了通往未来高速应用发展的大门。六类布线不仅提供了新的网络应用平台，还大大提升了数字语音和视频应用到桌面的服务质量。六类标准的出台，极大推动了电信工业的发展。

2. 六类产品

目前的六类产品主要有：六类双绞线、六类 RJ-45 连接器、六类布线架、六类信息插座等，如图 2-10 所示。

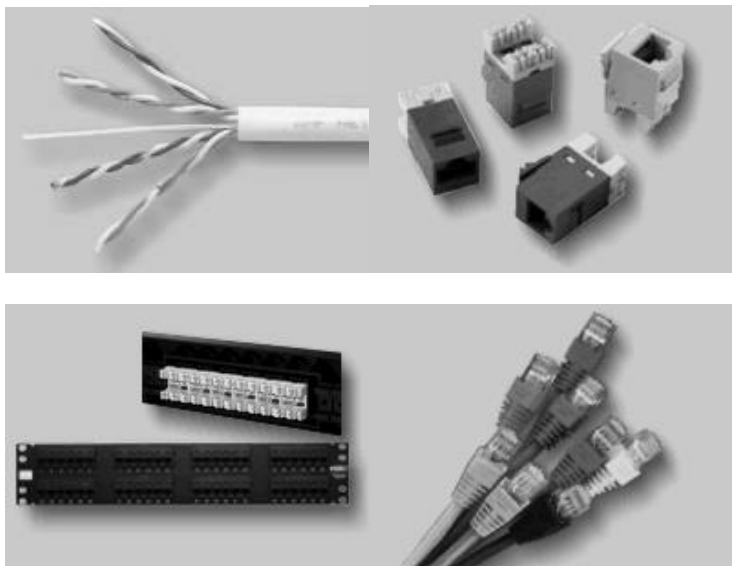


图 2-10 六类布线产品

3. 六类系统的安装注意事项

六类布线系统在传输速率上可提供高于超五类 2.5 倍的高速带宽，在 100MHz 时高于超五类 300% 的 ACR 值。在施工安装方面，六类比超五类难度也要大很多。

六类布线系统的施工人员必须按照国际标准要求的规范去执行。因为越是高级的铜缆，

对外界的异常就越敏感。随着传输速率的上升,安装施工的正确与否对系统性能的影响就越大。不合理的管线设计、不规范的安装步骤、不到位的管理体制,都会对六类布线的测试结果(包括物理性能和电气性能)带来影响,而且有些会成为难以修复的故障,甚至只能重新敷设一条链路来代替。

六类布线系统施工时应该注意以下六大方面:

(1) 由于六类线缆的外径要比一般的五类线粗,为了避免线缆的缠绕(特别是在弯头处),在管线设计时一定要注意管径的填充度,一般内径 20mm 的线管以放 2 根六类线为宜。

(2) 桥架设计合理,保证合适的线缆弯曲半径。上下左右绕过其他线槽时,转弯坡度要平缓,重点注意两端线缆下垂受力后是否还能在不压损线缆的前提下盖上盖板。

(3) 放线过程中主要是注意对拉力的控制,对于带卷轴包装的线缆,建议两头至少各安排一名工人,把卷轴套在自制的拉线杆上,放线端的工人先从卷轴箱内预拉出一部分线缆,供合作者在管线另一端抽取,预拉出的线不能过多,避免多根线在场地上缠结环绕。

(4) 拉线工序结束后,两端留出的冗余线缆要整理和保护好,盘线时要顺着原来的旋转方向,线圈直径不要太小,有可能的话用废线头固定在桥架、吊顶上或纸箱内,做好标注,提醒其他人员勿动勿踩。

(5) 在整理、绑扎、安置线缆时,冗余线缆不要过长,不要让线缆叠加受力,线圈顺势盘整,固定扎绳不要勒得过紧。

(6) 在整个施工期间,工艺流程及时通报,各工种负责人做好沟通,发现问题马上通知甲方,在其他后续工种开始前及时完成本工种任务。

2.2.6 七类布线系统

飞速发展的网络应用对带宽的需求不断增加。六类布线系统凭借其 250MHz 的带宽满足了目前大多数的商业应用。然而,随着技术的不断进步,250MHz 带宽要充分地满足人们的需求只是一个时间的问题。

早在 1997 年布线标准化机构和制造商就已经提出了七类铜缆布线系统的构想,其中康宁公司在 1997 年发布了 600MHz 的七类布线。它能提供至少 500MHz 的综合衰减对串扰比和 600MHz 的整体带宽,其接头要求在 600MHz 时所有的线对提供至少 60dB 的综合近端串绕。而超五类系统只要求在 100MHz 提供 43dB,六类在 250MHz 的数值为 46dB。而且,由于其绝佳的屏蔽设计和高带宽,一个典型的七类信道甚至可以同时提供一对线 862MHz 的带宽用于传输有线电视信号,在另外一个线对传输模拟音频信号,然后在第三、四线对传输高速局域网信息。这种应用在目前是无法想象的,但不久将由七类布线系统实现,目前的七类布线系统已经领先业界达到 1200MHz 的带宽。

七类标准是一套在 100Ω 双绞线上支持最高 600MHz 带宽传输的布线标准。1997 年 9 月,ISO/IEC 确定七类布线标准的研发。与四类、五类,超五类和六类相比,七类具有更高的传输带宽(至少 600MHz)。从七类标准开始,布线历史上出现和“RJ 型”和“非 RJ”型接口的划分。由于“RJ 型”接口目前达不到 600MHz 的传输带宽,七类标准还没有最终论断,目前国际上正在积极研讨七类标准草案。但是在 1999 年 7 月,ISO/IEC 接受了西蒙 TERA 为非 RJ 类接口标准,并于 2002 年 7 月最终确定西蒙的 TERA 为七类非 RJ 接口。

在 FCC(美国联邦通信委员会标准和规章)中 RJ(Registered Jack)是描述公用电信网络

的接口,常用的有 RJ-11 和 RJ-45, 计算机网络的 RJ-45 是标准 8 位模块化接口的俗称。在以往的四类、五类、超五类,包括刚刚出台的六类布线中,采用的都是 RJ 型接口。

“非-RJ 型”七类布线技术完全打破了传统的 8 芯模块化 RJ 型接口设计,从 RJ 型接口的限制脱离出来,不仅使七类的传输带宽达到 1.2GHz,还开创了全新的 1、2、4 对的模块化形式。这是一种新型的满足线对和线对隔离、紧凑、高可靠、安装便捷的接口形式。

七类布线系统的竞争优势主要体现在以下几个方面:

(1) 至少 600MHz 的传输速率。正在制定中的“非-RJ 型”七类标准,不仅要求七类部件的链路和信道标准将提供过去双绞布线系统不可比拟的传输速率(逼近光纤传输速率,目前标准要求七类的传输带宽高达 600MHz),而且要求使用“全屏蔽”的电缆,即每线对都单独屏蔽而且总体也屏蔽的双绞电缆,以保证最好的屏蔽效果。此七类系统的强大噪声免疫力和极低的对外辐射性能使得高速局域网(LAN)不需要更昂贵的电子设备来进行复杂的编码和信号处理。

“全屏蔽”的七类电缆在外径上比六类电缆大得多,并且没有六类电缆的柔韧性好。这要求在设计安装路由和端接空间时要特别小心,要留有很大的空间和较大的弯曲半径。另外二者在连接硬件上也有区别。正制定中的七类标准要求连接头要在 600MHz 时,提供至少 60dB 的线对之间的串扰隔离,这个要求比超五类在 100MHz 时的要求严格 32dB,比六类在 250MHz 时的要求严格 20dB,因此,七类具有强大的抗干扰能力。

(2) 节约一半成本。人们可能有这样的疑问:既然“非-RJ 型”七类布线可以达到光纤的传输性能,为什么不使用光纤来代替“非-RJ 型”七类布线系统呢?

其一是成本问题。与一个光纤局域网(LAN)的全部造价相比较,“非-RJ 型”七类布线具有明显优势。对 24 个 SYSTEM7 (SYSTEM7 采用全屏蔽的 TERA 连接头,具有每一线对可达 1GHz 传输性能的标准双绞布线系统解决方案)和 62.5/125 μm 多模光纤信道系统的安装作一个成本比较研究后发现,二者的安装成本接近,但一个光纤局域网设备大约是铜缆设备的 6 倍。当考虑全部的局域网络安装成本时,SYSTEM7 不仅能提供高带宽,而且其成本只是多模光纤的一半。

其二是“非-RJ 型”七类/F 级具有光纤所不具备的功能。由于“非-RJ 型”七类/F 级的每对均单独屏蔽,极大地减少了线对之间的串扰,这样允许 SYSTEM7 能在同一根电缆内支持语音、数据、视频多媒体三种应用。

2.3 光纤

自从 1975 年光纤革命以来,在过去的 25 年里,我们已经看到了巨大的变化。光纤作为一种通信链路,其幼年时期是从 1975 年开始的。从那以后它的发展令人惊奇。由光纤带来的带宽革命将在未来几十年里继续保持快速发展势头。

2.3.1 什么是光纤

因光在不同物质中的传播速度是不同的,所以光从一种物质射向另一种物质时,在两种物质的交界面处会产生折射和反射。而且,折射光的角度会随入射光的角度变化而变化。当入射光的角度达到或超过某一角度时,折射光会消失,入射光全部被反射回来,这就是光的全反射。

不同的物质对相同波长光的折射角度是不同的（即不同的物质有不同的光折射率），相同的物质对不同波长光的折射角度也是不同的。光纤通信就是基于以上原理而形成的。

光纤即光导纤维，是一种传输光束的细而柔韧的媒质。光导纤维电缆由一捆纤维组成，简称为光缆。光缆是数据传输中最有效的一种传输介质。

光纤和同轴电缆相似，只是没有网状屏蔽层。光纤通常是由石英玻璃制成，其横截面积很小的双层同心圆柱体，也称为纤芯，中心是光传播的玻璃芯。在多模光纤中，芯的直径是15~50mm，大致与人的头发的粗细相当。而单模光纤芯的直径为8~10mm。芯外面包围着一层折射率比芯低的玻璃封套，以使光纤保持在芯内。再外面是一层薄的塑料外套，用来保护封套。光纤通常被扎成束，外面有外壳保护。纤芯通常是由石英玻璃制成的横截面积很小的双层同心圆柱体，它质地脆，易断裂，因此需要外加一保护层。其结构如图2-11所示。

随着光通信技术的飞速发展，现在人们已经可以利用光导纤维来传输数据。人们用光脉冲的出现表示“1”，不出现表示“0”。由于可见光所处的频段为10¹⁴~10¹⁵Hz左右，因而光纤传输系统可以使用的带宽范围极大。

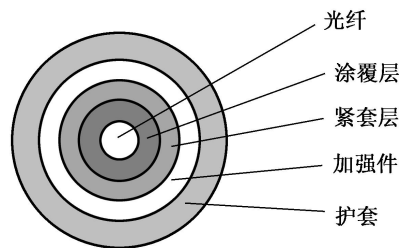


图 2-11 光纤剖面结构示意图

事实上，目前为止的光纤传输技术使得人们可以获得超过50000GHz的带宽，今后还可能更高。当前实际使用的10Gb/s限制是因为光/电以及电/光信号转换的速度跟不上。在实验室里，短距离可以获得100Gb/s的带宽，甚至更高。今后将有可能实现完全的光交叉和光互连，即构成全光网络，到那时网络的速度将成倍地增加。

2.3.2 光纤的种类

1. 光纤的种类

(1) 按光在光纤中的传输模式可分为：单模光纤和多模光纤。

多模光纤（Multi Mode Fiber）是在给定的工作波长上，能以多个模式同时传输的光纤。中心玻璃芯较粗（50 μ m或62.5 μ m），可传多种模式的光。但其模间色散较大，这就限制了传输数字信号的频率，而且随距离的增加会更加严重。例如：600MB/km的光纤在2km时则只有300MB的带宽了。因此，多模光纤传输的距离就比较近，一般只有几公里。

单模光纤（Single Mode Fiber）中心玻璃芯较细（芯径一般为8 μ m或10 μ m），只能传一种模式的光。因此，其模间色散很小，适用于远程通信，但其色度色散起主要作用，这样单模光纤对光源的谱宽和稳定性有较高的要求，即谱宽要窄，稳定性要好。

单模和多模光纤的特性比较如表2-5所示。

表 2-5 光纤单模、多模特性比较

单模	多模
用于高速度、长距离	用于低速度、短距离
成本高	成本低
窄芯线，需要激光源	宽芯线，聚光好
耗散小，高效	耗散大，低效

(2) 按最佳传输频率窗口分：常规型单模光纤和色散位移型单模光纤。

常规型：光纤生产厂家将光纤传输频率最佳化在单一波长的光上，如 1300 μm 。

色散位移型：光纤生产厂家将光纤传输频率最佳化在两个波长的光上，如 1300 μm 和 1550 μm 。

(3) 按折射率分布情况分：突变型和渐变型光纤。

突变型：光纤中心芯到玻璃包层的折射率是突变的。其成本低，模间色散高。适用于短途低速通信，如工控。但单模光纤由于模间色散很小，所以单模光纤都采用突变型。

渐变型：光纤中心芯到玻璃包层的折射率是逐渐变小，可使高模光按正弦形式传播，这能减少模间色散，提高光纤带宽，增加传输距离，但成本较高，现在的多模光纤多为渐变型光纤。光束的传播过程如图 2-12 所示。

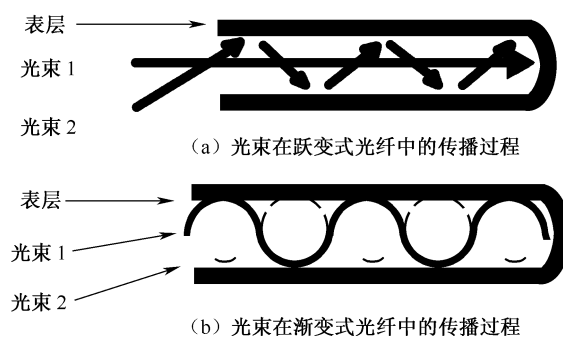


图 2-12 光在按折射率分布分类光纤中的传输过程

(4) 常用光纤规格。

单模：8/125 μm ，9/125 μm ，10/125 μm 。

多模：50/125 μm 欧洲标准、62.5/125 μm 美国标准。

工业、医疗和低速网络：100/140 μm ，200/230 μm 。

塑料：98/1000 μm ，用于汽车控制。

2. 光纤的优点

(1) 光纤的通频带很宽，理论可达 30 亿兆赫兹。

(2) 无中继段长。几十到 100 多公里，铜线只有几百米。

(3) 不受电磁场和电磁辐射的影响。

(4) 重量轻，体积小。例如：通 2.1 万话路的 900 对双绞线，其直径为 3 英寸，重量 8 吨/km。而通信量为其十倍的光缆直径为 0.5 英寸，重量 450kg/km。

- (5) 光纤通信不带电，使用安全可用于易燃，易爆场所。
- (6) 使用环境温度范围宽。
- (7) 耐化学腐蚀，使用寿命长。

3. 光纤通信概述

光缆在普通计算网络中的安装是从用户设备开始的。因为光缆只能单向传输，为实现双向通信，必须成对出现，一个用于输入，另一个用于输出。光缆两端接到光学接口器上。

光纤透明、纤细，虽比头发丝还细，却具有把光封闭在其中并沿轴向进行传播的导波结构。光纤通信就是因为光纤的这种神奇结构而发展起来的以光波为载频，光导纤维为传输介质的一种通信方式。

光纤通信系统主要由光源、光纤、光发送机和光接收机组成，如图 2-13 所示。

- (1) 光源。光源是光波产生的根源。
- (2) 光纤。光纤是传输光波的导体。
- (3) 光发送机。光发送机负责产生光束，将电信号转变成光信号，再把光信号导入光纤。
- (4) 光接收机。光接收机负责接收从光纤上传输过来的光信号，并将它转变成电信号，经解码后再作相应处理。



图 2-13 光通信系统结构

通过光波进行信号传输时，传输行为和光的波长有关。有些波长的光在光纤中进行传输时比其他波长的光效率更高。光的波长所使用的计量单位为纳米 (nm)。可见光的波长范围为 400~700nm，这种波长的光在光纤中进行传输时，其数据传输的效率不高。使用波长范围为 700~1600nm 的红外光进行数据传输的效率较高。光波通信的理想波长范围或者说窗口有 3 个，分别是 850nm、1300nm、1550nm。高速的数据传输使用的波长窗口为 1300nm。

使用光学信号进行数据传输，当光信号到达接收方时必须具有足够的强度，这样接收方才能够准确地检测到它。光衰减是指当信号从源节点（传送节点）向目标节点进行传输时，光信号在通信介质中的损失。在光纤中的衰减是用分贝 (dB) 进行度量的。光信号的能量损失与光纤的长度、光纤弯曲的程度、弯曲的数量有直接关系。在光波经过接合点或结合部时也会有能量损失。

为了能够准确地传输到接收方，当光波离开传输设备时，必须具有一定的能量级别。这个最小的能量级别称为功率分配。对于光纤电缆通信而言，功率分配就是按分贝度量传送能量和接收方最终得到的信号强度之间的关系。它是发送信号能够完好无损地到达接收方所必须具有的最小发送能量和接收方敏感度。对于高速通信，光功率分配必须为 11dB。

光纤通信的主要特点如下：

- (1) 传输频带宽、通信容量大，短距离时达几千兆的传输速率；
- (2) 线路损耗低、传输距离远；
- (3) 抗干扰能力强，应用范围广；
- (4) 线径细、质量小；

(5) 抗化学腐蚀能力强;

(6) 光纤制造资源丰富。

正是由于光纤的以上优点,使得从 20 世纪 80 年代开始,宽频带的光纤逐渐代替窄频带的金属电缆。但是,光纤本身也有缺点,如质地较脆、机械强度低就是它的致命弱点。稍不注意就会折断于光缆外皮中。施工人员要有比较好的切断、连接、分路和耦合技术。然而,随着技术的不断发展,这些问题是可以克服的。

在网络工程中,一般是 62.5/125 μm 规格的多模光纤,有时也用 50/125 μm 和 100/140 μm 规格的多模光纤。户外布线大于 2km 时可选用单模光纤。在进行综合布线时需要了解光纤的基本性能,下面以 AMP (安普) 公司的光纤线缆产品为例介绍多模光纤的特性、光纤的温度适用范围,如表 2-6 和表 2-7 所示。

表 2-6 光纤特性说明

		单模 (1310/1550nm)	多模 50/125 μm (850/1330nm)	多模 LSZH 50/125 μm (850/1330nm)	多模 62.5/125 μm (850/1330nm)	多模扩展型 Grade 62.5/125 μm (850/1330nm)
室内 光纤	最大衰减值	0.7/0.7	3.5/2.0	3.5/2.0	3.5/1.0	3.5/1.0
	典型衰减值	0.5/0.5	2.6/1.1	2.6/1.1	2.9/0.9	2.9/0.9
	带宽 (MHz/km)	-/-	400/400	400/400	160/500	200/600
室外 光纤	最大衰减值	0.5/0.4	3.5/2.0	3.5/2.0	3.5/1.0	3.5/1.0
	典型衰减值	0.4/0.3	2.6/1.1	2.6/1.1	2.9/0.9	2.9/0.9
	带宽 (MHz/km)	-/-	400/400	400/400	160/500	200/600

2.3.3 单模光纤和多模光纤

光纤主要有两种分类的方法:一是按照模数来分,可分为单模、多模;二是按照折射率分布来分,可分为跳变式光纤和渐变式光纤。

表 2-7 光纤使用温度范围

	室内和阻燃型	低烟及无毒气性能 (SZH)
室内光纤		
储存	-40~+85 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+185 $^{\circ}\text{F}$)	-10~+60 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+140 $^{\circ}\text{F}$)
应用	-20~+85 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+185 $^{\circ}\text{F}$)	-10~+60 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+140 $^{\circ}\text{F}$)
	标准光纤	LSZH 及铝外衣
室内光纤		
储存	-40~+75 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+167 $^{\circ}\text{F}$)	-20~+60 $^{\circ}\text{C}$ (-4~+190 $^{\circ}\text{F}$)
应用	-40~+75 $^{\circ}\text{C}$ (-40~+167 $^{\circ}\text{F}$)	-20~+60 $^{\circ}\text{C}$ (-4~+190 $^{\circ}\text{F}$)

1. 单模/多模

光纤网线可分为单模、多模两类。它们主要的区别在于模的数量,或者说是它们能够携带的信号的数量。

单模光纤（Single Mode Fiber, SMF）主要用于长距离通信，纤芯直径很小，其芯直径为 $8\sim 10\mu\text{m}$ ，而包层直径为 $125\mu\text{m}$ 。单模光纤在给定的时间、给定的工作波长上只能以单一模式传输，即只能有一个光波在光纤中进行传输，所以传输频带宽，传输容量大。单模光纤使用的通信信号是激光。激光光源包含在发送方发送接口中，由于带宽相当大，所以能够以很高的速度进行长距离传输。

单模光纤中光的传输如图 2-14 所示。



图 2-14 单模光纤

TIA/TIS-568A 规范规定的单模光纤电缆的主要特征如表 2-8 所示。

表 2-8 标准中的单模光纤规格

属性	值或特征
主干段的最大长度	3000m
一水平段（到桌面）的最大长度	不建议用于水平布线
每段上结点的最大数目	2
最大衰减	不高于 0.5dB/km
缆线类型	8.3/125 μm
连接器	ST 或 SC 连接器

多模光纤（Multi Mode Fiber, MMF）是在给定的工作波长上，能以多个模式同时传输的光纤。在传输距离上没有单模光纤那么长，因为其可用的带宽较小，光源也较弱。对于多模光纤，在传输时使用的光源为 LED，该设备位于发送结点的网络接口中。

多模光纤中光的传输如图 2-15 所示。

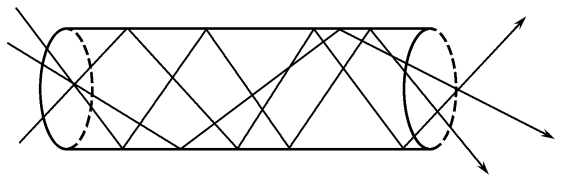


图 2-15 多模光纤

TIA/TIS-568A 规范规定的多模光纤电缆的主要特征如表 2-9 所示。

表 2-9 标准中的单模光纤规格

属性	值或特征
主干段的最大长度	2000m
一水平段（到桌面）的最大长度	100m

续表

属性	值或特征
每段上结点的最大数目	2
最大衰减	850nm 波长下传输的衰减为 3.75 dB/km 1300nm 波长下传输的衰减为 1.5 dB/km
段的最大数目	1024
带有结点的段的最大数目	1024
菊花链集线器的最大数目	4
缆线类型	62.5/125 μ m
连接器	ST 或 SC 连接器

2. 折射率分布

跳变式光纤芯的折射率和保护层的折射率都是常数。在纤芯和保护层的交界面折射率呈阶梯型变化。

渐变式光纤芯的折射率随着半径的增加而按一定规律减小，到纤芯与保护层交界处减小为保护层的折射率。纤芯的折射率的变化近似抛物线型。

3. 光纤的其他分类方法

可用波长：即用来传输数据的光的波长，一个特定的光源的波长是指从光源发出的一束标准光波中相邻波峰间的距离，这个长度是以 nm 来度量的。由此可以分为长波与短波光纤。一般来说光纤使用波长在 800nm 到 1500nm 之间的光信号，具体由光源而定。

芯层/包层的尺寸：芯层和包层的尺寸是指网线中一根单个光纤的芯层和包层的尺寸，一根光纤常常以芯层和包层的尺寸来划分等级，这个尺寸包括两个数字，用一个比值来表示。第一个数据是光纤芯层的直径，单位是 μ m，第二个数据是光纤包层的外径，单位也是 μ m。现在常见的主要有 3 种：8/125 主要应用于高速网，如 FDDI、ATM 等；62.5/125 作为一种通用光纤使用在局域网或广域网中；100/140 主要应用于令牌环网中。

光纤线芯的数目：线芯的数目指一根缆线中的线芯个数，主要有 3 类：单芯的网线护套中只有一根光纤，通常有一个较大的缓冲层和一个较厚的外衣；双芯网线的网线护套中有两根光纤线芯，通常用于光纤局域网的主干网线；多芯光纤是指一个护套中包裹了两根以上的线芯，主要应用于局域网。常见网络使用的光纤型号如表 2-10 所示。

表 2-10 常见的网络类型与光纤的型号对照表

网络类型	单模光纤波长—尺寸	多模光纤波长—尺寸
以太网	1300nm—8/125 μ m	850nm—62.5/125 μ m
高速以太网	1300nm—8/125 μ m	1300nm—62.5/125 μ m
令牌环网	专利—8/125 μ m	专利—62.5/125 μ m
ATM 网	1300nm—8/125 μ m	1300nm—62.5/125 μ m
高速光纤环网	1300nm—8/125 μ m	1300nm—62.5/125 μ m

2.3.4 光缆

1. 光缆的制造

光缆的制造过程一般分以下几个过程：

- (1) 光纤的筛选。选择传输特性优良和张力合格的光纤。
- (2) 光纤的染色。应用标准的全色谱来标识，要求高温不褪色、不迁移。
- (3) 二次挤塑。选用高弹性模量，低线胀系数的塑料挤塑成一定尺寸的管子，将光纤纳入并填入防潮防水的凝胶，最后存放几天（不少于两天）。
- (4) 光缆绞合。将数根挤塑好的光纤与加强单元绞合在一起。
- (5) 挤光缆外护套。在绞合的光缆外加一层护套。

2. 光缆的种类

- (1) 按敷设方式分有：自承重架空光缆、管道光缆、铠装地埋光缆和海底光缆。
 - (2) 按光缆结构分有：束管式光缆、层绞式光缆、紧抱式光缆、带式光缆、非金属光缆和可分支光缆。
 - (3) 按用途分有：长途通信用光缆、短途室外光缆、混合光缆和建筑物内用光缆。
- 光缆的截面图如图 2-16 所示。

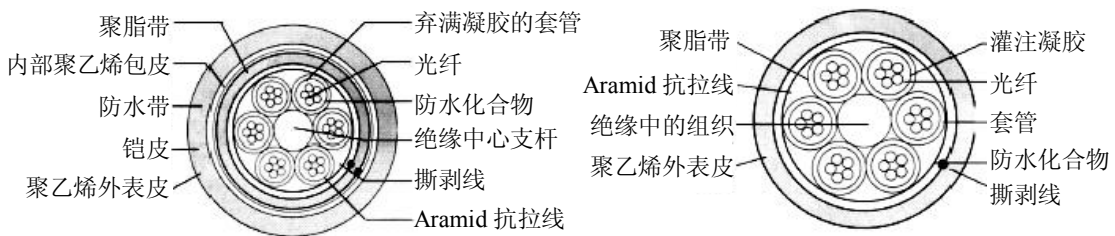


图 2-16 某种室外光缆截面图

3. 光缆的标号

光缆型号及规格标注形式如图 2-17 所示。

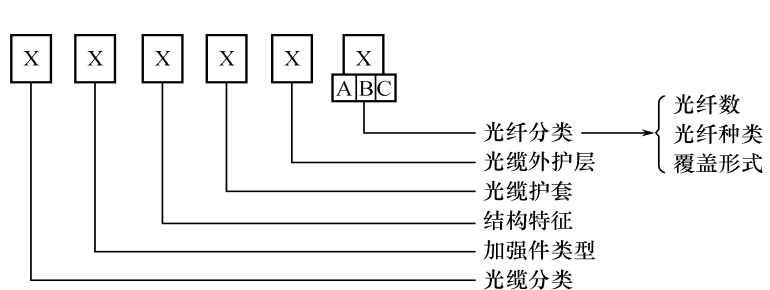


图 2-17 光缆型号标注形式

光缆型号中的常见代号如表 2-11 所示。

表 2-11 光缆型号中的常见符号

分类代号		加强件类型		结构特征		护套		外护层	
代号	含义	代号	含义	代号	含义	代号	含义	代号	含义
GY	通信用室（野）外光缆		金属加强件	T	填充式光缆	Y	聚乙烯护套	23	绕包钢带铠装聚乙烯护层
GR	通信用软光缆	F	非金属加强件		非填充式光缆	V	聚氯乙烯护套	22	绕包钢带铠装聚氯乙烯护层
GJ	通信用室（局）内用光缆	G	金属重型加强件	Z	自承式结构	U	聚氨酯护套	53	纵包钢带铠装聚乙烯护层
GS	通信用设备内光缆	H	非金属重型加强件	B	扁平形状	A	铝塑综合护套	52	绕包钢带铠装聚氯乙烯护层
GH	通信用海底光缆					S	钢塑综合护套	33	细圆钢丝铠装聚乙烯护层
						L	铝护套	32	细圆钢丝铠装聚氯乙烯护层

2.3.5 光缆在综合布线中的应用

1. 光缆应用于结构化布线中的数据干线

早在五类 UTP（非屏蔽双绞线）推出之前，计算机网络的桌面应用速率是 10Mb/s 时，100Mb/s 的骨干网是采用 FDDI（Fiber Distributed Data Interface，光纤分布数据接口）网，FDDI 完全基于光纤构建。因此可以说，综合布线的数据干线绝大多数工程都采用光缆是由来已久的事实。

表 2-12 是常见光缆型号。

在计算机网络引入基于 100Mb/s 的以太网以来，光纤在综合布线系统中的应用仍然主要集中于干线级，只是在拓扑结构上发生了变化。

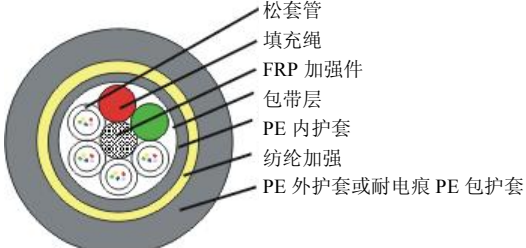
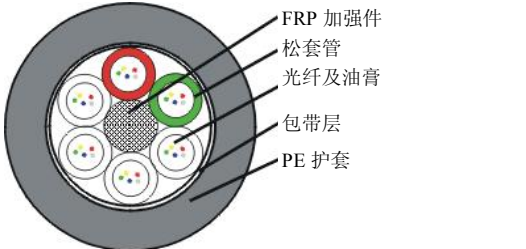
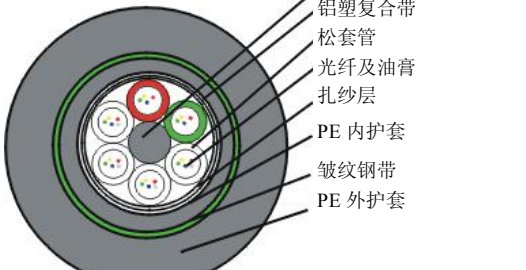
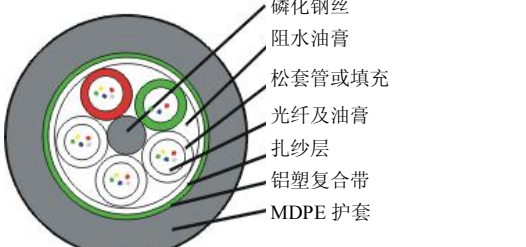
大约是 1996 年前后，尽管是出现了可以支持快速以太网的五类 UTP，价格大大低于光缆线，并且易于安装。但是，至今在主干级，鉴于以下原因，人们一直倾向于选择光缆。

（1）干线用缆量不大。计算机网络采用光纤 HUB（集线器），每 48 个数据信息插座只需要配置 2 根光纤。于是，一条 4 芯光缆通过 HUB 可以连接 96 个数据信息插座。众所周知，UTP 的水平布线长度不宜超过 90m，去掉端接余量和上、下走线，有效长度只不过是 70m 左右。也就是说，在 HUB 的主干侧（输入端口）用一条 4 芯光缆，所管辖的 70m 水平范围内，可有 96 个数据点。可见干线用缆量不大，即便是考虑备份，布放一条 6 芯光缆应当是足够了。

（2）用光缆干线升级容易。计算机网络不断在向高速发展，今日主干用 1000Mb/s，过若干年就很可能要用万兆或几十万兆。网络布线若用铜缆，到时候是否还能升级，总归是个问题；若用光缆，则不必为升级疑虑。何况干线的应用常常是多对芯线同时传输信号，铜缆容易引入线对之间的近端串扰（NEXT）以及它们之间的叠加问题，对高速数据传输十分不利。

（3）对于电磁干扰较严重的弱电井，光缆比较理想。光缆布线具有最佳的防电磁干扰性能，既能防电磁泄漏，也不受外界电磁干扰影响，这对于干线处于电磁干扰较严重的弱电井情况来说，是比较理想的防电磁干扰布线系统。

表 2-12 常见的光缆型号

产品名称	产品描述
<p>标准全介质自承式光缆 ADSS</p>  <p>松套管 填充绳 FRP 加强件 包带层 PE 内护套 芳纶加强 PE 外护套或耐电痕 PE 包护套</p>	<p>ADSS 光缆采用松套管层绞式结构，将单模或多模光纤套入由高模量的塑料做成的松套管中，套管内填充阻水化合物。松套管（和填充绳）围绕中心非金属加强芯（FRP）绞合成紧凑和圆形的缆芯，缆芯内的缝隙充以阻水填充物，缆芯外挤制聚乙烯内护套，然后双向绞绕两层起加强作用的芳纶，最后挤制聚乙烯外护套或耐电痕外护套</p>
<p>标准非金属松套管层绞式光缆 GYFTY</p>  <p>FRP 加强件 松套管 光纤及油脂 包带层 PE 护套</p>	<p>GYFTY 光缆的结构是将单模或多模光纤套入由高模量的塑料做成的松套管中，套管内填充阻水化合物。缆芯的中心是一根非金属加强芯（FRP），对于某些芯数的光缆来说，非金属加强芯外还需挤上一层聚乙烯，松套管（和填充绳）围绕中心加强芯绞合成紧凑和圆形的缆芯，缆芯内的缝隙充以阻水填充物，最后挤制聚乙烯护套成缆</p>
<p>标准松套管加强铠装光缆 GYTA53</p>  <p>加强钢丝 铝塑复合带 松套管 光纤及油脂 扎纱层 PE 内护套 皱纹钢带 PE 外护套</p>	<p>GYTA53 光缆的结构是将单模或多模光纤套入由高模量的塑料做成的松套管中，套管内填充阻水化合物。缆芯的中心是一根金属加强芯，对于某些芯数的光缆来说，金属加强芯外还需挤上一层聚乙烯，松套管（和填充绳）围绕中心加强芯绞合成紧凑和圆形的缆芯，缆芯内的缝隙充以阻水填充物。涂塑铝带（APL）纵包后挤上一层聚乙烯护层，双面涂塑钢带（PSP）纵包后聚乙烯外护套成缆</p>
<p>标准松套管层绞式非铠装光缆 GYTA</p>  <p>磷化钢丝 阻水油脂 松套管或填充 光纤及油脂 扎纱层 铝塑复合带 MDPE 护套</p>	<p>GYTA 光缆的结构是将单模或多模光纤套入由高模量的塑料做成的松套管中，套管内填充阻水化合物。缆芯的中心是一根金属加强芯，对于某些芯数的光缆来说，金属加强芯外还需挤上一层聚乙烯，松套管（和填充绳）围绕中心加强芯绞合成紧凑和圆形的缆芯，缆芯内的缝隙充以阻水填充物。涂塑铝带（APL）纵包后聚乙烯外护套成缆</p>

(4) 光缆在弱电井布放，安装难度较小。况且光缆的布放和安装，供货厂商本来就是提供一条龙服务，由专业技术人员实施，保证工程质量。

(5) 对于大对数“超五类”线缆提出质疑。大对数超五类线缆，所有线对都全双工传输信号时，是否能保证 5E 系统的 Power Sum? 有些厂商将优于五类的大对数电缆称为“超五类大对数

电缆”。超五类相对于千兆以太网,必须强调各参数的功率和 Power Sum 指标。

2. 全光网

全光网络是指光信息流在网络中的传输及交换时始终以光的形式存在,而不需要经过光/电、电/光变换。也就是说,信息从源结点到目的结点的传输过程中始终在光域内,波长成为全光网络的最基本积木单元。由于全光网络中的信号传输全部在光域内进行,因此,全光网络具有对信号的透明性,它通过波长选择器件实现路由选择。全光网络以其良好的透明性、波长路由特性、兼容性和可扩展性,成为下一代高速(超高速)宽带网络的首选。

全光网波分复用技术分涉及传输技术、结点技术、网络管理技术和成网技术等。

(1) 传输技术:具有动态可调增益的宽带增益平坦型光纤放大器(EDFA)和光纤非线性对抗技术是当前波分复用技术传输中的关键性技术。目前,EDFA 的带宽已达 35~40nm,只能够满足普通波长密度(即每根光纤 4~16 个波长)的 WDM 系统的传输要求。另外,WDM 通信网要求网络中 EDFA 能够根据信号的变化,实时地动态调整自身的工作状态,从而减小信号波动的影响,保证整个信道的稳定。光纤通信系统中非线性现象存在于光纤信道的各个部分,其累计效应非常可观。光纤中非线性现象主要有自相位调制(SPM)、互相位调制(XPM)、四波混频(FWM)、受激布里渊散射(SBS)和受激喇曼散射(SRS)。影响最大的是互相位调制,只能通过增大光纤有效面积的办法来解决。

(2) 结点技术:WDM 全光网中结点分为光上下路结点(OADM)、光交叉连接结点(OXC)和混合结点(兼有 OADM 和 OXC 功能的结点)。OADM 结点利用 WDM 技术直接实现光波信号的上下。OADM 结点可分为静态 OADM 结点和动态 OADM 结点。静态 OADM 中,使用上下固定波长的光路信号。动态 OADM 结点中,可以根据需要选择上下不同波长的光路信号。OXC 结点也可分为静态 OXC 结点和动态 OXC 结点。静态 OXC 结点中,不同光信号的物理连接是固定的。动态 OXC 结点中不同光路信号的物理连接状态则是可以根据需要进行实时改变的,是真正实现全光网许多关键性功能的必要前提。

(3) 网络管理技术:监测、控制和管理是所有网络运营的基本问题。

网络及其各组成系统的电气特性(或光频特性)的监测,包括对光信号功率变化与波长(或频率)的系统噪声与非线性效应、系统的传输色散与衰减、系统各单元部件的接口状态等的监测,还包括对网络的部分单元工作状态的控制等。网络的故障监测与保护管理包括局部或全部的故障诊断(故障位置诊断和故障状态诊断)、故障结点或路由的回避、自适应实时保护倒换和网络自愈、重构的实现控制等。

(4) 成网技术:成网技术主要处理对全光网的设计规划,如网络传输结构管理,包括波长路由管理、波长变换的控制管理等,这是在光域内实现网络无阻塞连接和重组的关键。

在全光网中,主要设备在于光交换和光路由。光交换/光路由属于全光网络中的关键光结点,主要完成光结点处任意光纤端口之间的光信号交换及路由选择,它完成的最关键工作就是波长变换。由于实质上是对光的波长进行处理,所以更确切地说,光交换/光路由应该称为波长交换/波长路由。全光网络的几大优点(如带宽优势、透明传送、降低接口成本等)都是通过该技术体现的。从功能上划分,光交换/光路由、OXC、OADM 是顺序包容的,即 OADM 是 OXC 的特例,而 OXC 是光交换/光路由的特例。由于 OXC 和光交换/光路由还在发展之中,目前对光交换/光路由的命名比较混乱。有的把现有的 OADM、OXC 都称为光交换系列,有的又称之为光路由器。所以目前的光交换/光路由大多以 OXC 甚至 OADM 暂时充当。

通常 OXC 有 3 种实现方式：光纤交叉连接、波长交叉连接和波长变换交叉连接。其中，光纤交叉连接以一根光纤上所有波长的总容量为基础进行交叉连接，容量大但不灵活；波长交叉连接可将任何光纤上的任何波长交叉连接到使用相同波长的任何光纤上。比如，波长 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 和 λ_4 从输入端 1 号光纤输入，波长交叉连接可以将这 4 个波长选路到输出端口的 1~4 号光纤上去。现在也有人将这种波长交叉连接称为无源光路由器，它的波长可以通过空间分割实现重用。波长的选路路由由内部交叉矩阵决定，一个交叉矩阵可以同时建立 N^2 条路由。它的其他几个别名是拉丁路由器、波导光栅路由器 WGRs 和波长路由器 WRs；波长变换交叉连接可将任何光纤上的任何波长交叉连接到使用不同波长的任何光纤上，具有最高的灵活性。它和波长交叉连接的区别是可以进行波长转换。

3. 全光网络中的新型光纤

全光网络的出现，使原来为单波长信道设计的光纤已经不能满足全光网络的要求，即波长窗口多且宽（即能容纳更多波长）、允许注入更高的光功率（满足每个波长信号对光功率的要求）等。开发适合全光网络的光纤已经成为开发全光网络基础设施的重要组成部分。为适应全光网飞速发展的需要，新一代各具特色的非零色散光纤已经应运而生。

由于城域网的典型距离小于 80km，光放大器很少被使用，而且光纤的群速度色散并不是首要的限制。更为重要的是，城域网通常要求支持大量到端的用户，并且倾向于频率带宽的不断增加以及加强管理能力，减少光纤中增加业务和取消业务的成本。实现这一要求的办法之一是将业务分配到数百个波长上（每个波长采用低速中等速率）并采用全光的分路、上下波长。能够被单模光纤传输的波长数目在短波长端受到光纤截止波长的限制（大约在 1260nm），并且在长波长端受到二氧化硅材料吸收和弯曲引入损耗的限制（大约在 1650nm）。从这个角度考虑，理想的光纤应当能够容纳多数目的波长。

新型光纤中，单位面积上的光功率的强度小。

海底光纤通信系统的特点是在几千公里的传输途中仅需少量或不需要上下业务，使用具有大有效面积光纤可以减少昂贵的光放大器的数量来节省开支。这种光纤的大有效面积减小了光纤中单位面积上的光功率的强度，允许更大光功率入射进光纤。因此，信号传输更远的距离后才需要放大。另外，与光纤的正色散相关的一种被称为调制不稳定性的光纤非线性效应，会使光信号通过长距离海底后变差。在实际的海底光纤通信系统线路中巧妙地采用大有效面积光纤、具有负色散的光纤和色散非位移光纤混合使用的办法来解决这个问题。色散非位移光纤的正色散用来补偿负色散，从而实现整个线路的平均色散接近于零。

对不同波长的群速度色散，其变化量应达到最小。

陆地长途光缆网中光纤的波长带宽应更宽，每个波长传输的信号具有更高速率。在光纤中，传输的不同波长的光产生的群速度色散变化量应达到最小，尽量少用或者不用复杂而昂贵的色散补偿器件。

2.3.6 光纤连接器

光纤连接器是很独特的，光纤必须同时在其中建立光学连接和机械连接。这种连接不像铜介质网线的连接器，铜介质网线的连接器只要金属针接触就可以建立起足够的连接。光纤连接器则必须使网线中的光纤几乎完美地对齐在一起。

在安装所有的光纤系统时，都必须考虑以低损耗的方法把光纤或光缆相互连接起来，以

实现光链路的接续。光纤链路的接续，又可以分为永久性的和活动性的两种。永久性的接续，大多采用熔接法、粘接法或固定连接器来实现；活动性的接续，一般采用活动连接器来实现。因为布线中连接器与光纤的连接只使用活动连接器，这里只对活动连接器作介绍。

光纤活动连接器，俗称活接头，一般称为光纤连接器，是用于连接两根光纤或光缆形成连续光通路的可以重复使用的无源器件，已经广泛应用在光纤传输线路、光纤配线架和光纤测试仪器、仪表中，是目前使用数量最多的光无源器件。

1. 光纤连接器的一般结构

光纤连接器的主要用途是实现光纤的接续。现在已经广泛应用在光纤通信系统中的光纤连接器，其种类众多，结构各异。但细究起来，各种类型的光纤连接器的基本结构是一致的，即绝大多数的光纤连接器一般采用高精密组件（由两个插针和一个耦合管共三个部分组成）实现光纤的对准连接。

这种方法是将光纤穿入并固定在插针中，将插针表面进行抛光处理后，在耦合管中实现对准。插针的外组件采用金属或非金属的材料制作。插针的对接端必须进行研磨处理，另一端通常采用弯曲限制构件来支撑光纤或光纤软缆以释放应力。耦合管一般是由陶瓷、或青铜等材料制成的两半合成的、紧固的圆筒形构件做成，多配有金属或塑料的法兰盘，以便于连接器的安装固定。为尽量精确地对准光纤，对插针和耦合管的加工精度要求很高。

2. 光纤连接器的性能

首先是光学性能，此外还要考虑光纤连接器的互换性、重复性、抗拉强度、温度和插拔次数等。

（1）光学性能。对于光纤连接器的光性能方面的要求，主要是插入损耗和回波损耗这两个最基本的参数。

插入损耗（Insertion Loss）即连接损耗，是指因连接器的导入而引起的链路有效光功率的损耗。插入损耗越小越好，一般要求应不大于 0.5dB。

回波损耗（Return Loss, Reflection Loss）是指连接器对链路光功率反射的抑制能力，其典型值应不小于 25dB。实际应用的连接器，插针表面经过专门的抛光处理，可以使回波损耗更大，一般不低于 45dB。

（2）互换性、重复性。光纤连接器是通用的无源器件，对于同一类型的光纤连接器，一般都可以任意组合使用，并可以重复多次使用，由此而导入的附加损耗一般都在小于 0.2dB 的范围内。

（3）抗拉强度。对于做好的光纤连接器，一般要求其抗拉强度应不低于 90N。

（4）温度。一般要求，光纤连接器必须在-40℃~+70℃的温度下能够正常使用。

（5）插拔次数。目前使用的光纤连接器一般都可以插拔 1000 次以上。

3. 部分常见光纤连接器

按照不同的分类方法，光纤连接器可以分为不同的种类，按传输媒介的不同可分为单模光纤连接器和多模光纤连接器；按结构的不同可分为 FC、SC、ST、D4、DIN、Bionic、MU、LC、MT 等类型；按连接器的插针端面可分为 PC（UPC）和 APC；按光纤芯数还有单芯、多芯之分。

下面具体介绍插针端面 PC 与 APC。

PC 型：端面呈球形，表明其对接端面是物理接触。即端面呈凸面拱型结构，微球面研磨

抛光，常应用于数据传输网，应用普遍。

APC 型：接触端中央部分仍保持 PC 型的球面，但端面其他部分加工成斜面，增大接触面积。端面与光纤轴线夹角一般为 8° ，插入损耗小于 0.5dB，俗称斜八度，常用于广播电视光纤传输系统。所以光纤连接器的型号一般表示为结构形式/端面形式，如 FC/PC-FC/APC、FC/PC-ST/PC 等。

在实际应用过程中，一般按照光纤连接器结构的不同来加以区分。以下简单介绍一些目前比较常见的光纤连接器。

(1) FC 型光纤连接器。这种连接器最早是由日本 NTT 研制。FC 是 Ferrule Connector 的缩写，表明其外部加强方式是采用金属套，紧固方式为螺丝扣。最早，FC 类型的连接器采用的陶瓷插针的对接端面是平面接触方式 (FC)。此类连接器结构简单，操作方便，制作容易，但光纤端面对微尘较为敏感，且容易产生菲涅尔反射，提高回波损耗性能较为困难。后来，对该类型连接器做了改进，采用对接端面呈球面的插针 (PC)，而外部结构没有改变，使得插入损耗和回波损耗性能有了较大幅度的提高。

(2) SC 型光纤连接器。这是一种由日本 NTT 公司开发的光纤连接器。其外壳呈矩形，所采用的插针和耦合套筒的结构尺寸与 FC 型完全相同，其中插针的端面多采用 PC 或 APC 型研磨方式；紧固方式是采用插拔销闩式，不需要旋转。此类连接器价格低廉，插拔操作方便，介入损耗波动小，抗压强度较高，安装密度高。

(3) 双锥型连接器 (Biconic Connector)。这类光纤连接器中最有代表性的产品由美国贝尔实验室开发研制，它由两个经精密模压成形的端头呈截头圆锥形的圆筒插头和一个内部装有双锥形塑料套筒的耦合组件组成。

(4) DIN47256 型光纤连接器。这是一种由德国开发的连接器。这种连接器采用的插针和耦合套筒的结构尺寸与 FC 型相同，端面处理采用 PC 研磨方式。与 FC 型连接器相比，其结构要复杂一些，内部金属结构中有控制压力的弹簧，可以避免因插接压力过大而损伤端面。另外，这种连接器的机械精度较高，因而介入损耗值较小。

(5) MT-RJ 型连接器。MT-RJ 起步于 NTT 开发的 MT 连接器，带有与 RJ-45 型 LAN 电连接器相同的闩锁机构，通过安装于小型套管两侧的导向销对准光纤，为便于与光收发信机相连，连接器端面光纤为双芯 (间隔 0.75mm) 排列设计，是主要用于数据传输的下一代高密度光连接器。

(6) LC 型连接器。LC 型连接器是著名 Bell 研究所研究开发出来的，采用操作方便的模块化插孔 (RJ) 闩锁机理制成。其所采用的插针和套筒的尺寸是普通 SC、FC 等所用尺寸的一半，为 1.25mm。这样可以提高光纤配线架中光纤连接器的密度。目前，对于单模，LC 类型的连接器实际已经占据了主导地位，在多模方面的应用也增长迅速。

(7) MU 型连接器。MU (Miniature Unit Coupling) 连接器是以目前使用最多的 SC 型连接器为基础，由 NTT 研制开发出来的世界上最小的单芯光纤连接器，该连接器采用 1.25mm 直径的套管和自保持机构，其优势在于能实现高密度安装。利用 MU 的 1.25mm 直径的套管，NTT 已经开发了 MU 连接器的系列。它们有用于光缆连接的插座型光连接器 (MU-A 系列)、具有自保持机构的底板连接器 (MU-B 系列)、用于连接 LD/PD 模块与插头的简化插座 (MU-SR 系列) 等。随着光纤网络向更大带宽、更大容量方向的迅速发展和 DWDM 技术的广泛应用，对 MU 型连接器的需求也将迅速增长。

图 2-18 为常用的几种光纤连接器。

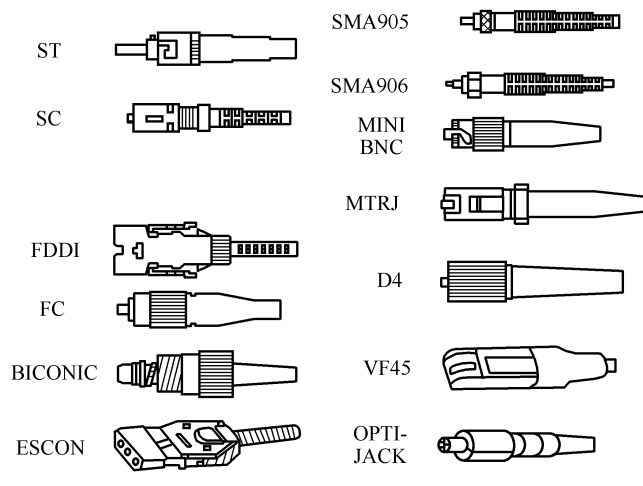


图 2-18 常用的几种光纤连接器

（8）光纤接头小结。

- FC 圆形带螺纹，ST 卡接式圆形，SC 卡接式方形，LC 类似于 SC，但体形小一半。
- PC 微球面研磨抛光，APC 呈 8° 并做微球面研磨抛光，MR-TJ 方型，一头是双纤收发一体（多为 3COM 上用）。
- GBIC 使用的光纤接口多为 SC 或 ST 型。
- SFP、小型封装 GBIC 使用的光纤为 LC 型。
- 单模 L，波长 1310；单模长距 LH，波长 1310、1550；多模 SM，波长 850；
- SX/LH 表示可以使用单模或多模光纤。

图 2-19 为常用的几种光纤接头。

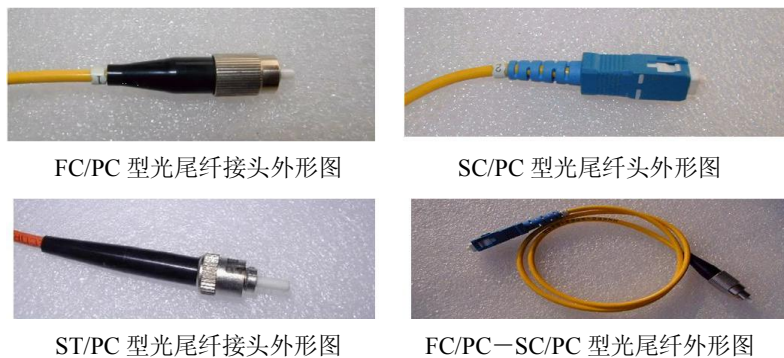


图 2-19 常用的几种光纤接头

4. 常用的光纤跳线

（1）LC-LC。图 2-20 是 LC 到 LC 的，LC 就是路由器常用的 SFP、Mini-GBIC 所插的线头。LC 接头和 SC 接头形状相似，较 SC 接头小些。插拔式锁紧结构的外形为矩形。Cisco 比较新的设备基本上都是这种接口了。



图 2-20 LC-LC 光纤跳线

(2) FC-SC。FC 到 SC，FC 一端插光纤布线架，SC 一端就是 catalyst 交换机或其他设备上面的 GBIC 所插线缆，如图 2-21 所示。



图 2-21 FC-SC 光纤跳线

(3) ST-FC。ST 到 FC，对于 10Base-F 连接来说，连接器通常是 ST 类型，ST 为卡接式圆形，即金属圆形卡口式结构，圆形接口，通过卡口连接。ST 头插入后旋转半周后，由一卡口固定。另一端 FC 连的是光纤布线架，如图 2-22 所示。



图 2-22 ST-FC 光纤跳线

(4) SC-SC。SC 到 SC 两头都是连接到 GBIC 的。SC 为卡接式方形，简称大方。即塑料矩形插拔式结构，方形接口。SC 曾最常用在交换机、路由器上，如图 2-23 所示。



图 2-23 SC-SC 光纤跳线

(5) SC 到 LC。SC 到 LC，一头连接 GBIC，另一头连接 Mini-GBIC 或 SFP。

2.4 大对数电缆

2.4.1 大对数电缆的概念

大对数电缆（Multipairs Cable）即多对数的意思，系指很多一对一对的电缆组成一小捆，再由很多小捆组成一大捆（更大对数的电缆则再由一大捆一大捆组成一根更大的电缆）。

在综合布线系统中，大对数线缆产品主要在垂直干线子系统和建筑群子系统中作为语音主干。

1. 大对数电缆的传输距离

传输距离与对数的多少没有关系。

线径为 0.4mm 的电话电缆每公里损耗为 1.64dB、环阻为 296Ω。如果允许用户线路的最大衰减为 7.0dB，则线径为 0.4mm 的电话电缆在衰减 7.0dB 时，长度可达 4.26km；如果按用户线路（语音）环阻不大于 1700Ω 计算，则线径为 0.4mm 的电话电缆最大通信距离为 5.74km，但此时衰减为 9.42dB。而开通 ADSL 业务的用户线路环阻应当小于 900Ω，则最大传输距离不大于 3km。

2. 大对数电缆的分类

按传输频率分：大对数线缆一般分为三类大对数和五类大对数；

按线缆芯数分：5 对、10 对、20 对、25 对、30 对、50 对、100 对、200 对、300 对等。

2.4.2 大对数电缆的色谱组成

1. 大对数电缆的色谱

大对数通信电缆色谱组始终由 10 种颜色组成，5 种主色和 5 种次色；5 种主色和 5 种次

色又组成 25 种色谱, 不管通信电缆对数多大, 通常大对数通信电缆都是按 25 对色为一小把标识组成。

线缆主色为: 白、红、黑、黄、紫;

线缆配色为: 蓝、橙、绿、棕、灰。

其中红字最为关键, 一般把“白红黑黄紫”称做 a 线, 把“蓝橙绿棕灰”称做 b 线。

2. 大对数电缆的分组

一组线缆为 25 对, 以色带来分组, 一共分到 24 组:

1~5 组: 白兰、白桔、白绿、白棕、白灰

6~10 组: 红兰、红桔、红绿、红棕、红灰

11~15 组: 黑兰、黑桔、黑绿、黑棕、黑灰

16~20 组: 黄兰、黄桔、黄绿、黄棕、黄灰

21~24 组: 紫兰、紫桔、紫绿、紫棕

分到 24 组后就有 600 对了, 每 600 对再分成一大组, 每大组用白、红、黑、黄、紫分别来标识, 就可以标识 3000 对线了。

3. 大对数电缆的线对序

50 对通信大对数电缆色谱线序:

说明: 50 对通信电缆里有 2 种标识线, 前 25 对是用“白兰”标识线缠着的, 后 25 对是用“白桔”标识线缠着的。

第 1 对到第 25 对的线序是:

1~5 对: 白兰、白桔、白绿、白棕、白灰

6~10 对: 红兰、红桔、红绿、红棕、红灰

11~15 对: 黑兰、黑桔、黑绿、黑棕、黑灰

16~20 对: 黄兰、黄桔、黄绿、黄棕、黄灰

21~24 对: 紫兰、紫桔、紫绿、紫棕、紫灰

第 26 对到第 50 对的线序同上。关于大对数的线序图可以通过图 2-24 记忆。

次色 主色	蓝	橙	绿	棕	灰
白	1	2	3	4	5
红	6	7	8	9	10
黑	11	12	13	14	15
黄	16	17	18	19	20
紫	21	22	23	24	25

图 2-24 25 对大对数电缆的线序图

习题二

1. 综合布线中的传输介质主要性能参数有哪些？
2. IEEE 对双绞线是如何分类的？试比较各类双绞线的性能。
3. 试说明 End to End 布线理念。
4. 按照光在光纤中的传播模式来分，光纤可分为哪几类？各有什么特点？
5. 按照适用于光纤传输的波长分类，光纤可分为哪几类？
6. 光纤通信有哪些特点？
7. 常见的光纤连接器有哪些？
8. 光纤接续分为哪两种？分别适用于什么场合？