

## DWDM 技术在 CATV 中的应用(一)

作者：济南历泰信息科技有限公司 丁炜

目前基于 SDH 技术的国家光纤干线网已经完成，省级的 SDH 网络也初具规模，随着付费数字电视业务的发展，节目源的增多以及宽带数据的海量传输，传统的传输技术已经受到挑战，DWDM 技术的出现为有线电视运营商解决它们的带宽瓶颈问题提供了最关键和最重要的选择。

DWDM 技术对网络升级、发展宽带业务（如 CATV、HDTV 和 IP over WDM）等充分挖掘光纤带宽潜力、实现超高速光纤通信等都具有十分重要意义。目前 EDFA+密集波分复用+非零色散光纤+光子集成已成为国际上长途高速光纤通信线路的主要技术方向。

### 一、光波分复用原理

在早期的光通信波分复用的应用是在光纤的两个低损耗窗口，1310nm 和 1550nm 窗口各传送 1 路光波长信号，也就是 1310/1550nm 的两波分复用系统，这种系统在国内也被普遍采用。随着 1550nm 窗口 EDFA 的商用化，光传输工程可以利用 EDFA 对传送的光信号进行放大，实现长距离无电再生中继传输，WDM 系统的应用进入了一个新时期，在 1550nm 窗口传送多路的载波信号，这些信道相邻波长间隔较窄，且工作在一个共享的 EDFA 工作带宽内，为了与两波长的 WDM 系统进行区分，人们将这种波长间隔紧密的 WDM 系统称为密集型波分复用系统，所谓密集是指特定波长区内有更多的工作波长。总的来讲，DWDM 系统是指波长间隔相对较小、波长复用密集、各信道共用光纤一个低损耗窗口，在传输过程中共享光纤放大器的高容量 WDM 系统，可以认为 DWDM 是 WDM 的一种特殊形式，一般来讲，在没有特指 1310nm/1550nm 的两波长 WDM 系统的情况下，通常说的 WDM 系统指的都是 DWDM 系统。

1、DWDM 的概念。光波分复用技术是在一根光纤中同时传输多个波长的信号的技术，其基本原理是在发送端将不同波长的光信号组合起来（复用）并耦合到光缆线路上的同一根光纤中进行传输，在接收端又将组合波长的光信号分开（解复用），并作进一步处理，恢复出原信号后，送入不同的终端，因此将此项技术称为光波长分割用，简称为光波分复用技术。在光纤的两个低损耗窗口，波长为 1310nm

（1250—1350nm）的窗口相应的带宽为 17700GHZ，波长为 1550nm

（1500—1600nm）的窗口，相应的带宽为 12500GHZ，两个窗口合在一起，总带宽为 30THZ，如果信道频率间隔为 10GHZ，在理想的情况下，一根光纤可以容纳 3000

个信道。由于目前一些元器件与技术还不十分成熟，因此要实现光信道十分密集的光频分复用（OFDM）还较为困难，目前该系统在 1550nm 波长区段内，同时用 8、16 或更多个波长在一根光纤窗口构成光通信系统，其中各个波长的间隔为 1.6 $\mu$ m、0.8 $\mu$ m 或更低，约对应于 200GHZ、100GHZ 或更窄的带宽，DWDM 和 OFDM 在本质上并没有多大的区别。

2、DWDM 的基本工作方式。光波分复用器和解复用器是 DWDM 技术中的关键器件，将不同波长的信号结合在一起经一根光纤输出的器件称为复用器（也叫合波器）；反之，经同一传输光纤送来的多波长信号分解为多个波长分别输出的器件称为解复用器（也叫分波器）。从原理上讲，这种器件是互易的，即只要将解复用器的输入端和输出端反过来使用，就是复用器，因而其是相同的。

DWDM 的基本构成主要有两种：（1）双纤单向传输，单向 DWDM 是指一根光纤只完成一个方向光信号的传输，反向光信号的传输由另一根光纤来完成。因此，同一波长在两个方向上可以重复利用，这种 DWDM 系统可以充分利用光纤的巨大带宽资源，使一根光纤的传输容量扩大几倍至几十倍，在长途网中可以根据实际业务量需要逐步增加波长——实现扩容，十分灵活。在实际光缆极化模色散不清的前提下，也是一种暂时避免采用超高速光系统而利用多个低速系统实现超大容量传输的手段。

（2）单纤双向传输。单纤双向传输是指在一根光纤中实现两个方向光信号的同时传输，两个方向的光信号应安排在不同的波长上，单纤双向传输允许单根光纤携带全双工通路，通常可以比单向传输节约一半光纤器件，由于两个方向传输的信号不会交互产生 FWM（回波混频）产物，因此其总的 FWM 产物比双纤单向传输少得多，其缺点是：该系统需要采用特殊的措施来对付光反射（包括光节点引起的离散反射和光纤本身的瑞利后向反射），以防多径干扰；当需要进行光信号放大，以延长传输距离时，必须采用双向光纤放大器以及光环形器等元件，其噪声系数稍差。

另外，通过在光链路中间设置光分插复用器（OADM）和光交叉连接器（OXC），可以实现多波长光信号的分出与插入，即完成上/下光路和路由分配，这样就可以根据光纤通信线路和光网的业务量分布情况，合理的安排插入和分出信号。

3、DWDM 系统的基本组成。实际的 DWDM 系统主要由五部分组成：光发射机、光中继放大器、光接收机、光监控信道和网络管理系统组成。见图一

光发射机位于 DWDM 系统的发送端，在发送端首先将来自光发射机设备输出的光信号利用光复用器（合波器）合成多路光信号，通过功率放大器 BA 放大输出多路光信号，经过一定距离传输后，要用 EDFA 对光信号进行中继放大，在应用时可根据实际情况将 EDFA 用作线放（LA）、功放（BA）和前放（PA）。在 DWDM 系统中，对 EDFA

必须采用平坦技术，使得 EDFA 对不同波长的光信号具有接近相同的放大增益。在接收端，光前置放大器（PA）放大了分传输而衰减的主信道信号，光解复用器（分波器）从主信道光信号中分出特定波长的光信号，接收机要求不但要满足一般接收机对光信号的灵敏度及过载功率参数的要求，还要能承受一定光噪声，并有足够的电带宽。光监控信道（OSC）的主要功能是监控系统内各信道的传输情况，在发送端插入本结点产生的波长为 $\lambda_S$ （1510nm）的光监控信号，与各信道的信号合波输出，在接收端将接收到的光信号分离出 $\lambda_S$ 波长光监控信号和主信道光信号，帧同步字节、公务字节和网管所用的开销字节等都是通过光监控信道来传送的，网络管理系统通过光监控信道物理层传送开销字节到其它节点或接收来自其它节点的开销字节，对 DWDM 系统进行管理，实现配置管理、故障管理、性能管理和安全管理等功能，与上层管理系统相连。

4、DWDM 的主要特点。DWDM 作为一项光通信新技术具有以下特点：（1）充分挖掘光纤的巨大带宽资源，光纤具有巨大的带宽资源，DWDM 技术使一根光纤的传输容量，比单波长增加几倍至几十倍乃至上百倍，从而增加光纤的传输容量、降低成本，具有很大的应用价值和经济价值。（2）同时传输多种不同类型的信号，由于 DWDM 技术使用的各波长的信道相互独立，因而可以传输特性和速率完全不同的信号，完成各种业务信号的综合传输，如 PDH 信号和 SDH 信号、数字信号和模拟信号、多种业务（音频、视频、数据等）的混合传输。（3）降低线路成本，采用 DWDM 技术可以使 N 个波长复用起来在单根光纤中传输，也可实现单根光纤的双向传输，在长途大容量传输时可以节省大量光纤，另外对已建成的光纤通信系统扩容方便，只要原系统的功率余量较大，就可进一步增容而不必对原系统作大的改动。（4）降低器件的超高速要求。随着传输速率的不断提高，许多光器件的响应速度已明显不足，使用 DWDM 技术可降低对一些光器件在性能上的极高要求，同时也可实现大容量的传输。（5）高度的组网灵活性、经济性和可靠性，DWDM 技术有很多应用形式，如长途干线网、CATV 广播分配网、多路寻址局域网等，可以利用 DWDM 技术选择路由，实现网络交换和故障恢复，从而实现未来透明、灵活、经济且具有高度生存性的光网络。

## 二、DWDM 系统的核心设备

波分复用系统的常用设备包括：光发射机、光接收机、光放大器、光复用器和解复用器及光波长转换器等，此处仅讲述光复用器、解复用器及波长转换器三种。

1、波分复用器。波分复用系统的核心部件是波分复用器，即光复用器和光解复用器（有时也称合波器和分波器），实际均为光学滤波器，其特性的好坏在很大程度上

度上决定了整个系统的性能。目前最常用的波分复用器主要有光栅型波分复用器、介质薄膜型波分复用器、集成光波导波分复用器三种。

(1) 光栅型波分复用器。光栅型波分复用器属于角色散型器件，是利用角色散元件来分离和合并不同波长的光信号，最流行的是衍射光栅，其是在玻璃衬底上沉积环氧树脂，然后再在环氧树脂上制造光栅线，构成所谓反射型闪烁光栅，入射光照射到光栅上后，由于光栅的角色散作用，不同波长的光信号以不同的角度反射，然后经透镜会聚到不同的输出光纤，从而完成波长选择功能；反过程也同样可行。闪烁光栅型滤波器具有优良的波长选择性，可以使波长的间隔数缩小到数 nm，甚至 0.5nm 左右；另外，光栅型器件是并联工作的，插入损耗不会随复用通路波长数的增加而增加，因而可以获得较多的复用通路数，目前已能实现 131 个波长间距 0.5nm 的复用，其隔离度也好，波长间隔 1nm 时隔离度可以高达 55dB。其缺点是插入损耗稍大。除上述传统的光纤器件外，布拉格光纤光栅波分复用器的制造技术也逐渐成熟，其是利用高功率紫外光波束干涉在光纤芯区中形成周期性的折射率变化，精细度可达每厘米 10000 线，布拉格光栅的设计和制造比较快捷方便，成本较低，插入损耗很小，温度特性稳定，其滤波特性带内平坦，带外十分陡峭，整个器件可以直接与系统中光纤熔为一体，目前该种波分复用器在 DWDM 系统得到了广泛的应用。■