



# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1060—2000

---

## 光波分复用系统(WDM)技术要求 —— $32 \times 2.5\text{Gbit/s}$ 部分

Technical requirements of optical wavelength division  
multiplexing (WDM) system ——  $32 \times 2.5\text{Gbit/s}$  part

2000-05-31 发布

2000-10-01 实施

---

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 光波长区的分配 .....	2
3.1 绝对频率参考和最小通路间隔 .....	2
3.2 标称中心频率 .....	2
3.3 通路分配表 .....	2
3.4 中心频率偏移 .....	4
4 波分复用器件的基本要求 .....	4
4.1 波分复用器件 .....	4
4.2 波分复用器件的参数 .....	5
4.3 合波器 (OMU) .....	5
4.4 分波器 (ODU) .....	6
5 光放大器 .....	6
5.1 光放大器参数定义 .....	6
5.2 光放大器的参数要求 .....	7
5.3 安全要求 .....	9
5.4 可靠性要求 .....	9
5.5 光放大器自动增益控制要求 .....	9
6 光接口分类 .....	10
6.1 有线路光放大器系统 .....	10
6.2 系统分类和应用代码 .....	10
7 WDM 系统光接口参数的要求 .....	11
7.1 光接口参数的要求 .....	11
7.2 不中断业务光监测接口 .....	12
8 波长转换器(OTU)的要求 .....	13
8.1 集成系统和开放系统 .....	13
8.2 OTU 功能 .....	14
8.3 OTU 接口指标 .....	15
8.4 OTU 抖动转移特性 .....	17
8.5 OTU 输入抖动容限 .....	17
9 WDM 系统监控通路要求 .....	18
9.1 光监控通路要求 .....	18
9.2 监控波长规定 .....	18
9.3 监控波长速率规定 .....	18

9.4	线路编码 .....	18
9.5	监控通路定时 .....	18
9.6	监控通路接口参数 .....	18
9.7	监控通路的帧结构 .....	19
9.8	公务通路和使用者通路接口 .....	19
9.9	误码性能 .....	19
10	OADM 要求 .....	19
10.1	OADM 功能 .....	20
10.2	波长上下能力 .....	20
10.3	OADM 特性参数 .....	20
10.4	OADM 的网管功能要求 .....	21
11	网络管理要求 .....	22
12	网络性能 .....	27
12.1	误码性能 .....	28
12.2	抖动性能 .....	28
13	APR 和 ALS 进程 .....	29
13.1	APR 在 WDM 系统和 OTN 应用 .....	29
13.2	ALS 进程 .....	30
13.3	ALS 功能要求时间常数 .....	32

# 前 言

本标准是根据国际电信联盟电信标准部门 (ITU-T) 有关建议 G.692、G.691 和国内标准 YDN 120—1999，结合我国具体情况制定的。编写格式和方法采用我国标准化工作导则的有关规定。

本标准的主要目的是规范应用于骨干网的  $32\times 2.5\text{Gbit/s}$  波分复用 (WDM) 系统的技术要求。包括波长区分配、波分复用器件的基本要求、光放大器要求、WDM 系统光接口参数、光监控通路要求、OADM 要求、网络管理要求、网络性能和光安全进程要求等。

本标准由信息产业部电信研究院提出并归口。

本标准起草单位：信息产业部电信传输研究所

本标准主要起草人：张海懿 张成良 张佰成

中华人民共和国通信行业标准

**光波分复用系统（WDM）技术要求**

**——32×2.5Gbit/s 部分**

Technical requirements of optical wavelength  
division multiplexing (WDM) system——32×2.5Gbit/s part

YD/T 1060—2000

## 1 范围

本标准规定了 32×2.5Gbit/s 的 WDM 系统的技术要求，针对采用共享掺铒光纤放大器 EDFA 技术和光纤 1550nm 窗口的密集波分复用系统。它的目标是将来提供不同系统间的横向兼容性，目前则只能达到部分横向兼容目的。本标准给出的某些具体参数针对 32 通路 WDM 系统，如波长区划分、光接口参数等，本标准中有关光放大器和主光通道的参数适用于单方向使用增益范围为 192.1THz~196.1THz 的光放大器的 WDM 系统。本标准规范的是点到点线性 WDM 系统和在 OADM 应用于线性结构的要求，不考虑 OADM 设备在环网中的应用。

本标准适用于 32×2.5Gbit/s 的 WDM 系统，即以 SDH STM-16 速率为基础的干线网 32 通路单纤单向 WDM 系统的应用，承载信号为其它数字格式或速率的 WDM 系统可参照执行。本标准规定的光接口参数指标适用于零色散窗口为 1310nm 的常规 G.652 光缆系统，对非零色散位移(G.655)光缆系统可以参照执行。

## 2 引用标准

下列标准包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

YDN 120—1999	光波分复用系统总体技术要求(暂行规定)
ITU-T 建议 G.652(1993)	单模光纤光缆的特性
ITU-T 建议 G.653(1993)	色散位移单模光纤光缆的特性
ITU-T 建议 G.655(1996)	非零色散单模光纤光缆的特性
ITU-T 建议 G.661(1993)	光纤放大器的相关通用参数的定义和测试方法
ITU-T 建议 G.662(1994)	光纤放大器设备和子系统的主要特性
ITU-T 建议 G.663(1996)	与光放大器有关传输问题
ITU-T 建议 G.664(1996)	光传送系统的光安全进程和要求
ITU-T 建议 G.671(1996)	无源光器件要求
ITU-T 建议 G.681(1997)	使用光放大器，包括光复用器的局间和长途线路系统的功能特性
ITU-T 建议 G.691(1997)	有光放大器 SDH 单通路系统和 STM-64 系统的光接口
ITU-T 建议 G.692(1998)	有光放大器多通路系统的光接口
ITU-T 建议 G.957(1995)	SDH 系统和设备的光接口

### 3 光波长区的分配

光纤有两个长波长的低损耗窗口, 1310nm 窗口和 1550nm 窗口, 均可用于光信号传输, 但由于目前常用的掺铒光纤放大器的工作波长范围为 192.1~196.1THz。因此, 光波分复用系统的工作波长区为 192.1~196.1THz。

#### 3.1 绝对频率参考和最小通路间隔

选择 193.1THz 作为频率栅隔的参考频率比基于任何特殊物质的绝对频率参考 (AFR) (对于不同的应用需要选择特定的 AFR) 更好, 193.1THz 值处于几条 AFR 线附近。一个光频率参考可以为光信号提供较高的频率精度和频率稳定度, 具体的频率精度和频率稳定度的值正在研究当中, 这两者都应符合理想的频率标准, 包括碘稳定氦—氖激光器和甲烷稳定氦—氖激光器。

对 AFR 的要求可以用频率和真空中的光速表示, AFR 精确度指 AFR 信号相对于理想频率的长期频率偏移 (其中长期是指 AFR 预定的工作时间)。频率精度包括温度、湿度和其他环境条件变化可能引起的频率变化, 也包括了理想频率标准的稳定性、可重复性和跟踪能力。AFR 的稳定性待研究。

通路间隔指的是相邻通路间的标称频率差, 可以是均匀间隔也可以是非均匀间隔的, 非均匀间隔可以用来抑制 G.653 光纤中的四波混频效应(FWM)。但本标准只规范通路间隔均匀的系统。

#### 3.2 标称中心频率

标称中心频率指的是光波分复用系统中每个通路对应的中心波长。在 G.692 中允许的通路频率是基于参考频率为 193.1THz、最小间隔为 100GHz 的频率间隔系列。

#### 3.3 通路分配表

32 通路 WDM 系统的 32 个光通路的中心频率有两种选择方案, 一种是连续的频带方案, 也就是说, 这 32 个波长在同一个频带内, 且采取的是均匀间隔, 连续的频带分配方案; 另一种是分别在两个频带内的分离频带分配方案, 一般来说是分别在红带和蓝带内安排 16 个波长, 中间留有一定的保护频带, 我们将这两种方案作为可选项列在下面。

##### 3.3.1 连续频带方案

采取连续波的 32 通路 WDM 系统是基于近年来掺铒光纤放大器 (EDFA) 技术的迅速发展, EDFA 的增益平坦度和平坦输出范围都有了很大提高, 采用这种方案的 WDM 系统的中心频率应满足表 1 的要求。

表 1 32 通路 WDM 系统连续频带中心频率

序号	中心频率(THz)	波长(nm)
1	192.1	1560.61
2	192.2	1559.79
3	192.3	1558.98
4	192.4	1558.17
5	192.5	1557.36
6	192.6	1556.55
7	192.7	1555.75
8	192.8	1554.94
9	192.9	1554.13
10	193.0	1553.33
11	193.1	1552.52
12	193.2	1551.72
13	193.3	1550.92
14	193.4	1550.12

序号	中心频率(THz)	波长(nm)
15	193.5	1549.32
16	193.6	1548.51
17	193.7	1547.72
18	193.8	1546.92
19	193.9	1546.12
20	194.0	1545.32
21	194.1	1544.53
22	194.2	1543.73
23	194.3	1542.94
24	194.4	1542.14
25	194.5	1541.35
26	194.6	1540.56
27	194.7	1539.77
28	194.8	1538.98
29	194.9	1538.19
30	195.0	1537.40
31	195.1	1536.61
32	195.2	1535.82

分离频带方案的 32 通路 WDM 系统采用蓝带和红带两个频带, 每个频带中安排 16 个波长, 它将现有的频带分为两部分, 适于在单根光纤上分别用这两个频带的信号传送两个方向的光信号, 采用这种方案的 WDM 系统的中心频率应满足表 2 的要求。

序号	频带	中心频率(THz)	波长(nm)
1	红                带	192.1	1560.61
2		192.2	1559.79
3		192.3	1558.98
4		192.4	1558.17
5		192.5	1557.36
6		192.6	1556.55
7		192.7	1555.75
8		192.8	1554.94
9		192.9	1554.13
10		193.0	1553.33
11		193.1	1552.52
12		193.2	1551.72
13		193.3	1550.92
14		193.4	1550.12
15		193.5	1549.32
16		193.6	1548.51

序号	频带	中心频率(THz)	波长(nm)
17	蓝             带	194.5	1541.35
18		194.6	1540.56
19		194.7	1539.77
20		194.8	1538.98
21		194.9	1538.19
22		195.0	1537.40
23		195.1	1536.61
24		195.2	1535.82
25		195.3	1535.04
26		195.4	1534.25
27		195.5	1533.47
28		195.6	1532.68
29		195.7	1531.90
30		195.8	1531.12
31		195.9	1530.33
32		196.0	1529.55

中心频率偏移定义为标称中心频率与实际中心频率之差。

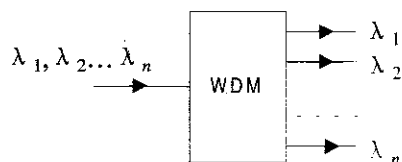
32 通路 WDM 系统的通道间隔为 100GHz，最大中心频率偏移为  $\pm 20\text{GHz}$ (约为 0.16nm)，该值为寿命终了值，即在系统设计寿命终了，考虑到温度、湿度等各种因素仍能满足的数值。

波分复用器件是波分复用系统的重要组成部分，为了确保波分复用系统的性能，对波分复用器件提出了基本要求，主要是插入损耗小、隔离度大、带内平坦、带外插入损耗变化陡峭，温度稳定性好，复用通路数多，尺寸小等。

将不同光源波长的信号结合在一起经一根传输光纤输出的器件称为合波器，如图 1(a)所示。反之，经同一传输光纤送来的多波长信号分解为个别波长分别输出的器件称分波器，如图 1(b) 所示。有时同一器件既可作分波器，又可以作合波器。WDM 系统中使用的波分复用器件的性能应满足 ITU-T G.671 及相关建议的要求。







(b) 分波器

图1 波分复用器件

WDM 器件有多种制造方法, 制造的器件各有特点, 目前已广泛商用的 WDM 器件可以分为四大类, 即光栅型 WDM 器件、干涉滤波器型 WDM 器件、集成光波导型 WDM 器件、光纤布喇格光栅型 WDM 器件。下面将分别定义器件的参数并提出相应的指标要求。可以采用分级的方式来实现复用和解复用方案, 参数的规定是针对整个系统的复用和解复用模块。

## 4.2 波分复用器件的参数

### 4.2.1 插入损耗

插入损耗指的是无源器件的输入和输出端口之间的光功率之比, 单位是 dB, 定义为:

$$IL = -10 \log(P_1 / P_0)$$

其中  $P_0$  指的是发送到输入端口的光功率;  $P_1$  指的是从输出端口接收到的光功率。

### 4.2.2 回波损耗

回波损耗指的是从无源器件的输入端口返回的光功率与输入光功率的比例, 它定义为:

$$RL = -10 \log(P_r / P_j)$$

其中  $P_j$  是发送进输入端口的光功率;  $P_r$  指的是从同一个输入端口接收到的返回的光功率。

### 4.2.3 反射系数

反射系数指的是对于给定条件的谱组成、偏振和几何分布, 在 WDM 器件的给定端口的反射光功率  $P_r$  与入射光功率  $P_i$  之比, 通常用 dB 表示:

$$R = -10 \log(P_r / P_i)$$

### 4.2.4 工作波长范围

规定的从  $\lambda_{\min}$  到  $\lambda_{\max}$  的波长范围是标称工作波长  $\lambda_1$ , 在这个波长范围内 WDM 器件能够按照规定的性能工作。

### 4.2.5 偏振相关损耗(PDL)

偏振相关损耗指的是对于所有的偏振态, 由于偏振态的变化造成的插入损耗的最大变化值。

### 4.2.6 远端串音

WDM 器件可以将来自一个输入端口的  $n$  个波长( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ )信号分离后送到  $n$  个输出端口, 每个端口对应一个特定的标称波长  $\lambda_j(j=1 \dots n)$ , 远端串音由以下公式定义:

$$FC_j(\lambda_i) = -10 \lg[P_j(\lambda_i) / P_i(\lambda_i)] \quad i, j = 1, \dots, n, \text{ 且 } j \neq i$$

其中  $P_j(\lambda_i)$  是从第  $j$  个端口发出的波长为  $\lambda_i$  的信号的光功率,  $P_i(\lambda_i)$  是从第  $i$  个端口发出的波长为  $\lambda_i$  的信号的光功率。

## 4.3 合波器 (OMU)

WDM 系统的合波器可以采用各种技术来实现, 目前常用的 32 通路合波器可以分为波长敏感型和波长不敏感型, 它们的相关参数指的是  $S_n$  参考点与 BA 输入之前的插损等参数, 即若有多级合波, 作为一个整体器件考虑, 它应满足表 3 要求。

表 3 32 通路合波器参数要求

项目	单位	波长敏感型	波长不敏感型
插入损耗	dB	<12	<17
光反射系数	dB	>40	>40
工作波长范围	nm	1530~1561	1530~1561
偏振相关损耗	dB	<0.5	-
相邻通路隔离度	dB	>22	-
非相邻通路隔离度	dB	>25	-
各通路插损的最大差异	dB	<3	<3

#### 4.4 分波器 (ODU)

WDM 系统的分波器的相关参数应满足表 4 要求。

表 4 WDM 系统分波器参数要求

项目	单位	32 通路指标
通路间隔	GHz	100
插入损耗	dB	<10
光反射系数	dB	40
相邻通路隔离度	dB	>25
非相邻通路隔离度	dB	>25
偏振相关损耗	dB	0.5
各通路插损的最大差异	dB	<3
温度特性	nm/°C	*
-1dB 带宽	nm	>0.2
-20dB 带宽	nm	*

\*: 待研究。

## 5 光放大器

光放大器在 WDM 系统中的应用主要有 3 种形式。在发送端,光放大器可用在光发送端机的后面作为系统的功率放大器(Booster Amplifier),简称 BA,用于提高系统的发送光功率。在接收端,光放大器可用在光接收端机之前作为系统的预放大器(Preamplifier),简称 PA,用于提高信号的接收灵敏度。光放大器作为线路放大器时可用在无源光纤段之间以补充光纤损耗,延长中继长度,称为线路光放大器(Line Amplifier),简称 LA。

### 5.1 光放大器参数定义

#### 5.1.1 线路放大器噪声系数 (NF)

散弹噪声信号通过光放大器传输引起的具有特定量子效率光检测器输出端信噪比降低,即输入端信噪比与输出端信噪比之比,以 dB 表示,它的定义如下:

$$N_F = \frac{(S_{in}/N_{in})}{(S_{out}/N_{out})}$$

式中， $S_{in}$ ：输入信号光功率  
 $N_{in}$ ：输出光噪声功率  
 $S_{out}$ ：输出信号光功率  
 $N_{out}$ ：输出光噪声功率

光放大器的噪声来自不同方面，如信号—ASE 差拍噪声、ASE—ASE 差拍噪声、内部反射噪声、信号散弹噪声、ASE 散弹噪声，每种来源的大小都与不同的条件有关。

该参数对于系统性能、特别是整个光链路光信噪比（OSNR）有重要影响。该参数的大小与泵浦源的选择有重要关系。EDFA 利用光纤中掺杂的铒元素引起的增益机制实现光放大，它有 980nm 和 1480nm 两种泵浦光源。1480nm 泵浦源泵浦增益系数高，可以获得较大的输出功率。采用 980nm 虽然功率较小，但它引入的噪声小，效率更高，可以得到好的噪声系数。也可采用 1480nm 和 980nm 双泵浦源运用，980nm 的泵浦源工作在放大器的前端，用以优化噪声系数性能；1480nm 泵浦源工作在放大器的后端，以便获得最大的功率转换效率，既获得高的输出功率，又能得到较好的噪声系数。

5.1.2 增益变化

增益变化是光放大器增益在光放大器工作波段内（多通路）的变化，最大和最小增益变化的数值与通路数无关。

5.1.3 接收功率

光放大器输入口的总输入功率。

5.1.4 总发送功率

光放大器出口口的总发送功率。

5.1.5 增益倾斜

在工作波长区处，增益变化的最大值与总输入功率之间的函数。

参见 YDN 120-1999 相应的章节。

5.2 光放大器的参数要求

光放大器是 WDM 系统的一种重要器件，对于不同应用代码有不同参数要求，本标准规定了 8×22dB、5×30dB 和 3×33dB 三种标称系统，光放大器也就这三种应用提出性能参数要求。

5.2.1 光功率放大器要求

光功率放大器的参数要求如表 5 所示。

表 5 光功率放大器性能参数

项 目	单位	32 通路系统指标		
		8×22	5×30	3×33
通路分配	nm	*	*	*
总输入功率范围	dBm	*	*	*
噪声系数	dB	<7	<7	<7
通路输入功率范围	dBm	*	*	*
通路输出功率范围	dBm	*	*	*
输入反射系数	dB	>30	>30	>30
输出反射系数	dB	>30	>30	>30
泵浦在输入的泄漏	dB	*	*	*
输入可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*

续表 5

项 目	单位	32 通路系统指标		
输出可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*
最大总输出功率	dBm	17 [注]	20	20
通路增加/移去增益响应时间（稳态）	ms	<10	<10	<10
通路增益	dB	20~25	*	*
增益平坦度	dB	±1	±1	±1
增益斜度	dB/dB	<2	<2	<2
偏振相关损耗	dB	<0.5	<0.5	<0.5

\*：待研究。  
注：特殊情况时可为+20dBm。

5.2.2 光线路放大器要求

光线路放大器的参数要求如表 6 所示。

表 6 光线路放大器性能参数

项 目	单位	32 通路系统指标		
	dB	8×22	5×30	3×33
通路分配	nm	*	*	*
总输入功率范围	dBm	*	*	*
噪声系数	dB	<6.5	<6.5	<6.5
通路输入功率范围	dBm	*	*	*
通路输出功率范围	dBm	*	*	*
输入反射系数	dB	>30	>30	>30
输出反射系数	dB	>30	>30	>30
泵浦在输入的泄漏	dB	*	*	*
输入可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*
输出可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*
最大总输出功率	dBm	17 [注]	20	20
通路增加/移去增益响应时间（稳态）	ms	<10	<10	<10
通路增益	dB	20~25	*	*
增益平坦度	dB	±1	±1	±1
增益斜度	dB/dB	<2	<2	<2
偏振相关损耗	dB	<0.5	<0.5	<0.5

\*：待研究。  
注：特殊情况时可为+20dBm。

5.2.3 光前置放大器要求

光前置放大器的参数要求如表 7 所示。

表 7 光前置放大器性能参数

项 目	单位	32 通路系统指标		
	dB	8×22	5×30	3×33
通路分配	nm	*	*	*
总输入功率范围	dBm	*	*	*
噪声系数	dB	<5.5	<5.5	<5.5
通路输入功率范围	dBm	*	*	*
通路输出功率范围	dBm	*	*	*
输入反射系数	dB	>30	>30	>30
输出反射系数	dB	>30	>30	>30
泵浦在输入的泄漏	dB	*	*	*
输入可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*
输出可容忍的最大反射系数	dB	*	*	*
最大总输出功率	dBm	15	15	15
通路增加/移去增益响应时间（稳态）	ms	<10	<10	<10
通路增益	dB	20~25	*	*
增益平坦度	dB	±1	±1	±1
增益斜度	dB/dB	<2	<2	<2
偏振相关损耗	dB	<0.5	<0.5	<0.5

\*：待研究。

5.3 安全要求

单路或合路光纤最大光功率电平为+17dBm 或+20dBm，应保持光接头和光连接器的清洁。

光放大器必须有明显的安全标志以确保人身安全。当光纤断开时，应具有泵浦源自动关闭功能或将 EDFA 输出功率降低到安全功率以内。

5.4 可靠性要求

光放大器光器件（泵浦源）寿命应不小于 30 万 h。

5.5 光放大器自动增益控制要求

在 WDM 系统中，应有光放大器自动增益控制功能。当 32 路信号中的某些信号失去时，应不影响其他通路的正常工作，没有突发误码产生。在极限情况下，如同时失去 31 个通路，剩余的一个通路在 10ms 内恢复正常无误码工作。

对 32 路 WDM 系统，当逐路增加承载的通路数量时，不应影响其他通路的性能；当同时增加多个通路时，系统也应不受影响。

当运行中增加或减少承载的通路数量时，系统的各项参数应可以进行自动调整，不需要进行其他任何硬件或软件的改动。

6 光接口分类

6.1 有线路光放大器系统

6.1.1 有线路光放大器系统的参考配置

图 2 是一般 WDM 系统的配置图，Tx 1，Tx 2，TxN 是通常 2.5 Gbit/s 系统的终端发送机，在发送端采用波分复用器（合波器），将不同规定波长的信号光载波合并起来并送入一根光纤进行传输。在接收端，再由一波分复用器（分波器）将这些不同波长承载不同信号的光载波分开。由于不同波长的光载波信号可以看作互相独立（不考虑光纤非线性时），因而只需将两个方向的信号分别安排在不同波长传输，即使一根光纤也可实现双向传输。

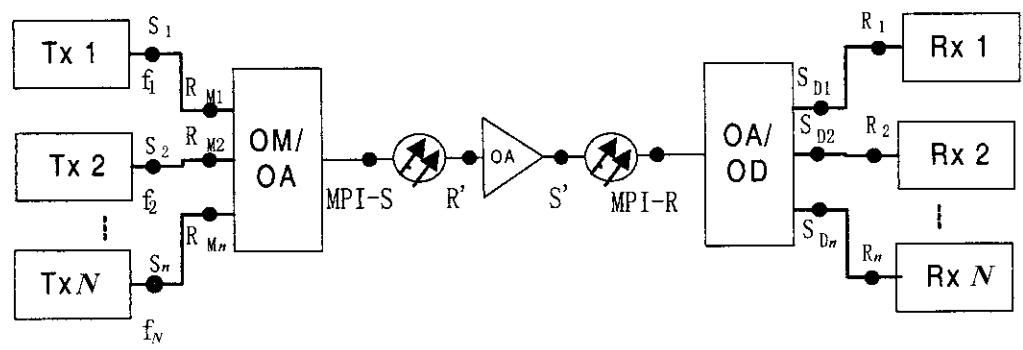


图 2 有线路光放大器系统的参考配置

图 2 所示的 WDM 系统具有下列参考点：

- $S_1 \cdots S_n$ : 通路 1...n 在发射机光输出连接器处光纤上的参考点；
- $R_{M1} \cdots R_{Mn}$ : 通路 1...n 在 OM/OA 的光输入连接器处光纤上的参考点；
- MPI-S: OM/OA 的光输出连接器后面光纤上的参考点；
- $S'$ : 线路光放大器的光输出连接器后面光纤上的参考点；
- $R'$ : 线路光放大器的光输入连接器前面光纤上的参考点；
- MPI-R: OA/OD 的光输入连接器前面光纤上的参考点；
- $S_{D1} \cdots S_{Dn}$ : 是 OA/OD 的光输出连接器处的参考点；
- $R_1 \cdots R_n$ : 接收机光输入连接器处的参考点。

6.2 系统分类和应用代码

由于现在应用的 WDM 系统都是用于长途传输，因而我国只选用有线路光放大器的系统，不考虑两点之间的无线路光放大器的 WDM 系统。我们考虑确定 32 通路的应用。

我国所选用的 WDM 系统的分类和应用代码见表 8。

表 8 我国选用的有线路放大器线路系统的应用代码

应用	长距离间隔 (每个间隔的目标距离为 80km)	很长距离间隔 5×30dB 系统	超长距离间隔 (每个间隔的目标距离为 120km)
Span 数目	8	5	3
32 波长	32L8-16.2	32V'5-16.2	32V3-16.2

注：目标距离仅用来分类而非指标。

7 WDM 系统光接口参数的要求

7.1 光接口参数的要求

表 9 和表 10 分别给出适用于点到点 WDM 系统的参数的规范。规范的目标是为将来提供不同系统间的横向兼容性，目前则只能达到部分横向兼容的目的。

表 9 和表 10 中的光信噪比（OSNR）的要求为系统寿命开始时值，其它值均为寿命终了值，即在系统设计寿命终了，并处于所允许的最坏工作条件下仍然能满足的数值。

7.1.1 应用在 32 通路 WDM 系统中的 S1-Sn 和 R1-Rn 接口

表 9 应用在 32 通路 WDM 系统中的 S1-Sn 和 R1-Rn 接口 (暂定)

	单位	数值
单个发送机输出 S1..Sn		
标称光源类型		*
线路码型		NRZ
光谱特性		
— 最大-20dB 谱宽	nm	0.2
— 最小边模抑制比	dB	35
— 啁啾系数		*
中心频率		
— 标称中心频率	THz	*
— 最大中心频率偏移	GHz	±20
通路间隔	GHz	100
平均发送功率		
— 最大	dBm	0
— 最小	dBm	-10
最小消光比	dB	+10
眼图模板		符合 G.957 建议眼图模板
光通道(Sn -Rn 参考点之间)		
光通道代价(BER=10E-12)	dB	2
单个接收机输入(R1..Rn 参考点)		
接收机类型		*
接收机最差灵敏度(BER=1.0E-12)	dBm	-25
接收机最大过载	dBm	-9
接收机反射	dB	-27
光信噪比	dB	22(20)
最大接收波长	nm	>1565
最小接收波长	nm	<1310

\*：待研究。

注 1：光接口的线路码型应符合 ITU-T 建议 G.707，为加扰 NRZ 码。

注 2：光缆在 S1..Sn 参考点的回波损耗（含有任何活接头）为 24dB。

7.1.2 32 通路 WDM 系统主光通道参数

本节所列 32 通路 WDM 系统主光通道参数适用于在单方向使用一个光放大器模块的系统，而不考虑红带和蓝带分别使用不同放大器模块的系统的参数。32 通路 WDM 系统主光通道参数参见表 10。

表 10 32 通路 WDM 系统主光通道参数(暂定)

	单位	8×22dB	5×30dB	3×33dB
通路数		32	32	32
比特速率/通路的格式		STM-16	STM-16	STM-16
<b>MPI-S 和 S'点的光接口</b>				
光发送端串音	dB	*	*	*
每通路输出功率				
— 最大	dBm	5.0(8.0)	7.0	6.0
— 最小	dBm	0(3.0)	3.0	4.0
总发送功率				
— 最大	dBm	17(20)	20	20
MPI-S 点每通路信噪比	dB	>30	>30	>30
MPI-S 点的最大通路功率差	dB	5.0	4.0	2.0
<b>光通道(MPI-S — MPI-R)</b>				
光通道代价(BER=10E-12)	dB	2	2	2
衰减范围				
— 最大	dB	24	30	33
— 最小	dB	22	28	31
色散	ps/nm	12800	12000	7200
反射	dB	-27	-27	-27
最小回损	dB	24	24	24
<b>MPI-R 和 R'点的光接口</b>				
平均每通路的输入功率				
— 最大	dBm	-17(-14)	-21	-25
— 最小	dBm	-24(-21)	-27	-29
平均总输入功率				
— 最大	dBm	-5(-2)	-10	-13
MPI-R 点每通路最小光信噪比	dB	22	20	20
光信号串音	dB	-22	-22	-22
MPI-R 点的最大通路功率差	dB	7	6	4

\*: 待研究。  
 ( )中的值为特殊情况下, 8×22dB WDM 系统光放大器的最大输出为+20dBm 时的参数, 其余的参数为 8×22dB WDM 系统光放大器的最大输出为+17dBm 时的参数。

7.2 不中断业务光监测接口

在每一个 EDFA 光中继站和 WDM 系统终端站上, 主光通道应有不中断业务监测接口(仪表可以接入), 允许在不中断业务的情况下, 对波分复用终端站和线路放大器中继站的主光通道进行实时监测。  
 在波分复用终端站和线路放大器中继站中, 应有估算每个光通路的光功率和光信噪比的功能, 并可将相应的数据送到网管系统中, 在网管上可以查看相应的物理量。估算功率的精度应不低于±1.5dB,



估算光信噪比的精度应不低于±1.5dB。

8 波长转换器(OTU)的要求

8.1 集成系统和开放系统

WDM 系统可以分为集成式 WDM 系统和开放式 WDM 系统。

集成式系统就是 SDH 终端具有满足 G.692 的光接口：标准的光波长、满足长距离传输的光源。这两项指标都是当前 SDH 系统不要求的，即把标准的光波长和长色散受限距离的光源集成在 SDH 系统中。整个系统构造比较简单，没有增加多余设备。在接纳过去的老 SDH 系统时，还必须引入波长转换器 OTU，完成波长的转换，而且要求 SDH 系统与 WDM 系统是一个厂商的产品，在网络管理上很难彻底分开。

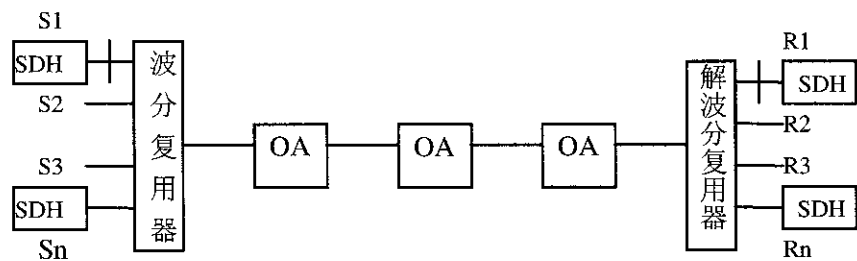
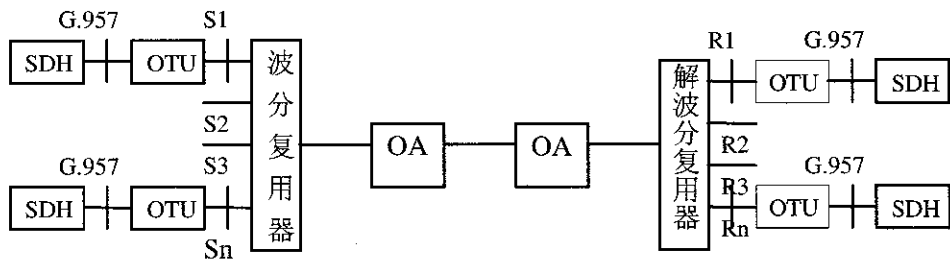


图 3 集成式 WDM 系统

对于集成式 WDM 系统 STM-16 的 TM、ADM 和 REG 设备都应具有符合 WDM 系统要求的光接口，以满足 8×22 dB、5×30 dB 和 3×33dB 系统的需要。

开放系统就是在波分复用器前加入 OTU（波长转换器），将 SDH 非规范的波长转换为标准波长。开放是指在同一 WDM 系统中，可以接入不同厂商的 SDH 系统。OTU 对输入端的信号波长没有特殊要求，可以兼容任意厂家的 SDH 信号。OTU 输出端满足 G.692 的光接口：标准的光波长、满足长距离传输的光源。具有 OTU 的 WDM 系统，不再要求 SDH 系统具有 G.692 接口，可继续使用符合 G.957 接口的 SDH 设备，接纳过去的 SDH 系统，实现不同厂家 SDH 系统工作在一个 WDM 系统内。但 OTU 的引入可能带来成本增加等负面影响，开放的 WDM 系统适用于多厂家环境，彻底实现 SDH 与 WDM 分开。



注：接收端的 OTU 是可选项

图 4 开放式 WDM 系统

在开放式 WDM 系统中，OTU 应该被纳入 WDM 系统的网元管理范围，看作 WDM 系统的网元，通过 WDM 的网元管理系统进行配置和管理。

运营者可以根据需要，进行集成式系统和开放式系统的选取。在多厂商 SDH 系统的环境中，可以

选择开放式系统，而新建干线和 SDH 系统较少的地区，可以选择集成式系统。但是现在 WDM 系统采用开放式系统的越来越多。

8.2 OTU 功能

开放式 WDM 系统在发送端采用波长转换器(OTU)将非标准的波长转换为标准波长，OTU 具有符合 G.692 的标准接口，而 SDH 设备可继续使用符合 G.957 接口要求的设备。

图 5 是一个波长转换器。该器件的主要作用在于把非标准的波长，转换为 ITU-T 所规范的标准波长，以满足系统的波长兼容性。在现在已商用的产品中，使用的依然是 光/电/光 (O/E/O) 的变换。即先用光电二极管 PIN 或 APD 把接收到的光信号转换为电信号，然后用该电信号对标准波长的激光器重新进行调制，从而得到新的合乎要求的光波长信号。

在 S 点，符合 G.957 的 Tx 发送功率有时会超过 OTU 的输入过载功率，这时可以在 S 点插入固定衰减器。

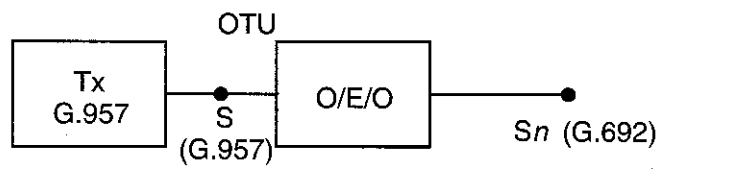


图 5 符合 G.957 的发射机与波长转换器(OTU)合并使用的示意图

OTU 的前端为符合 G.957 要求的 SDH 发送机接口 S，OTU 的输出端为符合 WDM 系统 G.692 要求的接口 Sn。



图 6 光—电—光转换器

在系统中采用的将是如图 6 所示的 O/E/O 的转换器。其输出信号将为合乎 G.692 要求的标准波长。本标准规范的 OTU 均可实现 3R 功能，即有定时再生电路。没有定时再生电路的 OTU 待规定。

8.2.1 发送端的 OTU

位于具有 G.957 接口 SDH 设备的后面，OTU 的输出为标准波长、符合 G.692 输出特性的光信号。

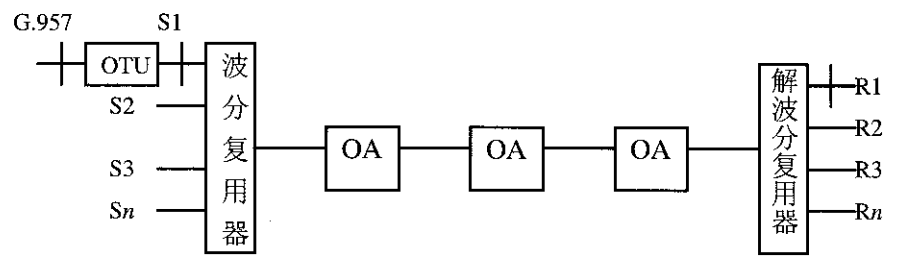


图 7 发送端 OTU 的应用

S<sub>2</sub>..S<sub>n</sub>: 符合 WDM 系统要求的 SDH 接口系统

当把符合 G.957 的发射机和波长转换器结合起来作为 G.692 光发射机时，参考点 Sn 位于波长转换器的输出光连接器后面，如图 7 所示。

发送端 OTU 应具有对再生段开销字节 (B1、J0) 进行监视的功能。

8.2.2 作为再生中继器的 OTU

作为再生中继器的 OTU 除执行 3R 中继, 完成 光/电/光 转换外, 还需要具有对某些再生段开销字节进行监视的功能, 至少包括对再生段开销字节 (B1,J0) 的监测。

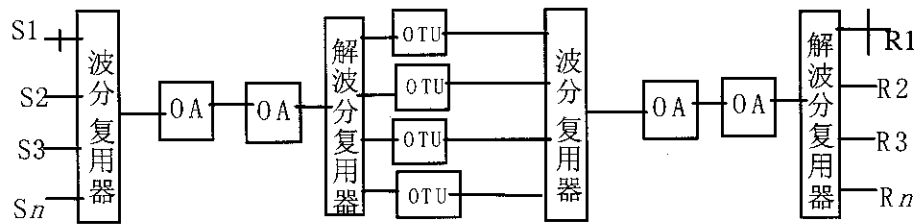


图 8 有再生中继功能的 OTU 的应用

$S_2...S_n$ :符合 WDM 系统要求的 SDH 接口系统。如图 8 所示。

8.2.3 接收端的 OTU

位于具有 G.957 接口 SDH 接收机的前面, OTU 的输出为符合 G.957 输出特性的光信号。

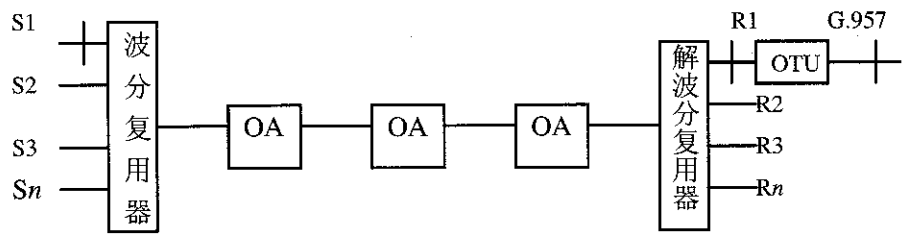


图 9 接收端 OTU 应用

$S_2...S_n$ : 符合 WDM 系统要求的 SDH 接口系统

当把符合 G.957 的接收机和波长转换器 OTU 结合起来作为光接收机时, G.957 接收机参考点位于波长转换器 OTU 的输出光连接器后面, 如图 9 所示。

接收端 OTU 具有对再生段开销字节 (B1、J0) 进行监视的功能。

8.3 OTU 接口指标

8.3.1 发送端 OTU 接口参数

表 11 发送端 OTU 接口参数

OTU 的输入端 S 点参数要求:		
接收灵敏度	dBm	-18 注[1]
接收机反射	dB	<-27
过载功率	dBm	0
输入信号波长区	nm	1280~1565
OTU 的输出端 Sn 点参数要求:		
标称光源类型		*
光谱特性		

续表 11

— 最大-20dB 谱宽	nm	0.2
— 最小边模抑制比	dB	+35
— 啾啾系数		*
中心频率		
— 标称中心频率	THz	192.1~193.5
— 中心频率偏移	GHz	≤±20
平均发送功率		
— 最大	dBm	0
— 最小	dBm	-10
最小消光比	dB	+10
色散容纳值	ps/nm	12800/12000/7200 [2]
眼图模框		符合 G.957 要求

注 1：在某些情况下可以适当放松；

注 2：表中色散容纳值与选用的系统类型有关，例如 8×22 dB 为 12800ps/nm，5×30 dB 为 12000ps/nm，3×33 dB 则为 7200ps/nm，与复用波长数目无关。

8.3.2 再生中继器 OTU 接口参数

表 12 作为再生中继器的 OTU 的接口参数

OUT 的输入端 S 点参数要求：		
接收灵敏度	dBm	-25
接收机反射	dB	<-27
过载功率	dBm	-9
输入信号波长区	nm	1280~1565
OUT 的输出端 Sn 点参数要求：		
标称光源类型		*
光谱特性		
— 最大-20dB 谱宽	nm	0.2
— 最小边模抑制比	dB	+35
— 啾啾系数		*
中心频率		
— 标称中心频率	THz	192.1~193.5
— 中心频率偏移	GHz	≤±20
平均发送功率		
— 最大	dBm	0
— 最小	dBm	-10
最小消光比	dB	+10
色散容纳值	ps/nm	12800 /12000/7200 [1]
眼图模框		符合 G.957 要求

注 1：表中色散容纳值与选用的系统类型有关，例如 8×22 dB 为 12800ps/nm，5×30 dB 为 12000ps/nm，3×33 dB 则为 7200ps/nm，与复用波长数目无关。

8.3.3 接收端 OTU 接口参数

表 13 接收端 OTU 接口参数

OTU 的输入端 S 点参数要求: 接收灵敏度 接收机反射 过载功率 输入信号波长区	dBm dB dBm nm	-25 <-27 -9 1280~1565
OTU 的输出端 Sn 点参数要求: 平均发送功率 [1] — 最大 — 最小 平均发送功率 [1] — 最大 — 最小 最小消光比	dBm dBm  dBm dBm dB	-9 -18  +3 -2 8.2

注 1: 平均发送功率有 2 种选项, 一种是远距离的光接口, 另一种是局内接口。

8.4 OTU 抖动转移特性

OTU 波长转换器应具有和 SDH 再生中继器一样的抖动传递特性。OTU 抖动传递函数应该在图 10 所示曲线的下方, 参数值如表 14 所示。

表 14 抖动转移特性参数值

STM 等级	$f_c(\text{kHz})$	$p(\text{dB})$
STM-16(A)	2000	0.1

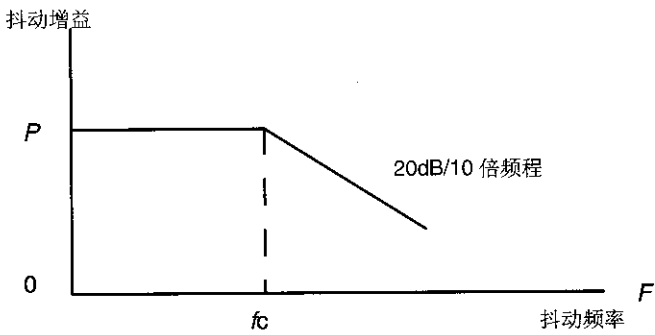


图 10 OTU 抖动传递特性

8.5 OTU 输入抖动容限

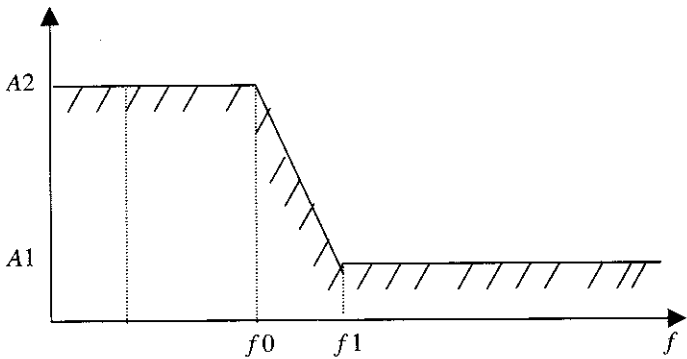


图 11 OTU 输入口的输入抖动容限

OTU 输入口应至少容忍图 11 所施加的输入抖动模框，相应的参数值如表 15 所示。

表 15 OTU 输入抖动容限数值

STM 等级	$f_1$ (kHz)	$f_0$ (kHz)	A1(UIp-p)	A2(UIp-p)
STM-16(A)	1000	100	0.15	1.5

## 9 WDM 系统监控通路要求

与常规 SDH 系统不同，带光放大器的 WDM 系统增加了对 EDFA 光放大器监视和管理。由于在 EDFA 的光中继器上业务信号不进行上下，无电接口接入，只有光信号的放大，而且业务信号的开销（如 SDH）上也没有对 EDFA 进行控制和监控的字节，因而必须增加一个电信号对 EDFA 的运行状态进行监控。现在经常采用的是在一个新波长上传送监控信号。

### 9.1 光监控通路要求

目前光监控通路所能取得的共识主要是 OSC 功能，应满足以下条件：

- (a) 监控通路不限制光放大器的泵浦波长；
- (b) 监控通路不应限制两线路放大器之间的距离；
- (c) 监控通路不能限制未来在 1310 nm 波长的业务；
- (d) OSC 仅对使用光线路放大器的 SDH 系统是必须的，此时没有直接的电接口接入到监控系统；
- (e) 线路放大器失效时监控通路仍然可用；
- (f) OSC 传输应该是分段的且具有 3R 功能和双向传输功能。在每个光放大器中继站上，信息能被正确的接收下来，而且还可附加上新的监控信号；
- (g) 只考虑在两根光纤上传输的双向系统，允许 OSC 在双方向传输。以防一旦一根光纤被切断后，监控信息仍然能被线路终端接收到。

### 9.2 监控波长规定

对于使用线路放大器的波分复用系统需要一个额外的光监控通路，这个通路能在每个光中继器—光放大器处以足够低的误码率进行分插。对于采用掺铒光纤放大器（EDFA）技术的光线路放大器，EDFA 的增益区为 1530 nm ~1565 nm，光监控通路必须位于 EDFA 有用增益带宽的外面（带外 OSC），本标准规定为 1510 nm。

### 9.3 监控波长速率规定

这是由于对于现在的点到点的干线 WDM 系统，监控信息量只局限在 EDFA 中继器的工作状态。因为实际系统中真正需要的监控信息量并不太大，采用这样低速率的传输，监控通路传输设备的接收机灵敏度较高，因而使监控通路信号很容易提供足够的光功率预算值来覆盖业务主信号的最大传输距离。

### 9.4 线路编码

本标准规定监控通路采用信号翻转码 CMI 为线路码型。

### 9.5 监控通路定时

在每个 EDFA 光放大中继器上，可采取通过定时方式获得定时源。当外输入信号消失时，应具有内部定时源，通过内部自由振荡实现定时。具体要求如下：

- (a) 在发送端及每个 WDM 系统终端站上，监控信道应有外定时接口(或从 SDH 设备获取定时信号)，提供 2Mbit/s 的外定时信号。
- (b) 在每个光放大中继器上，通过提取定时方式获得定时源。当外定时源输入信号消失时，应具有内部定时源，通过内部自由振荡获得时钟，自由振荡时的输出频率准确度应 $\leq \pm 20$ ppm。

### 9.6 监控通路接口参数

监控通路的接口参数如表 16。

表 16 监控通路的接口参数

监控波长	1510nm
监控速率	2Mbit/s
信号码型	CMI
信号发送功率	(0~7dBm)
光源类型	MLM LD
光谱特性	*
最小接收灵敏度	-48dBm

9.7 监控通路的帧结构

监控通路的 2Mbit/s 系统物理接口应符合 G.703 要求。其帧结构和比特率符合 G.704 的规定，如图 12 所示。

0	1	2	3	.....	16	17	.....	29	30	31
---	---	---	---	-------	----	----	-------	----	----	----

图 12 监控通路的帧结构

时隙 0：帧同步字节

帧结构中至少有 2 个时隙作为公务联络通路，一个作为光中继段公务联络，可在光放大器中继站上接入。另一个作为光复用段之间的业务联络，可在 WDM 系统终端站接入。

帧结构中至少有 1 个时隙供使用者(通常为网络提供者)使用，可以在光线路放大器中继站上接入。

帧结构中必须有 4 个字节作为光中继段的 DCC 通道， 8 个字节作为光复用段的 DCC 通道，以传送有关 WDM 系统的网络管理信息。终端设备有公务联络和使用者通路两个接口。

至少有空闲字节，以准备扩容时采用。

9.8 公务通路和使用者通路接口

光线路放大器上应有光中继段公务联络和使用者通路两个接口。

WDM 系统终端设备上有光复用段公务联络、光中继段公务联络和使用者通路 3 个接口。

公务通路接口和使用者通路接口应符合 64kbit/s G.703 的同向型接口或 V.11 接口规范。

9.9 误码性能

OSC 的误码性能为  $1 \times 10^{-11}$ 。

10 OADM 要求

基于 WDM 系统的容量增长迅速，通路数也越来越多，在这种情况下，点到点的线性系统就不能满足网络的需要，因为两点之间的容量达到  $32 \times 2.5\text{Gbit/s}$  并不是很寻常的事情，因此，引入光分插复用器（OADM）在线路的中间上下波长成为非常必要的一种功能，否则对于容量越来越高的 WDM 系统，对容量的浪费将是非常可观的。

鉴于  $32 \times 2.5\text{Gbit/s}$  WDM 系统的通路数较多，在点到点的应用中业务量未必有如此之大，因此，在本技术要求中规范在线路上分插复用波长的 OADM 设备，对于可应用于环网的 OADM 设备暂不进行规定。OADM 设备外部参考点示意图如图 13 所示。

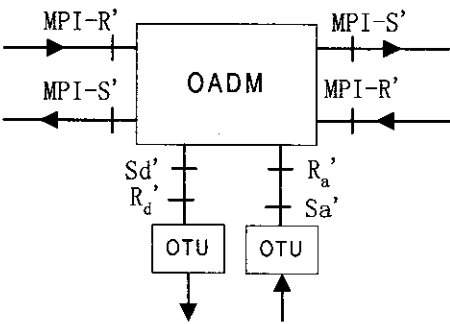


图 13 OADM 设备外部参考点示意

10.1 OADM 功能

- (1) 可分插复用以 2.5Gbit/s 为单通路速率的波长；
  - (2) 直接通过 OADM 的波长不被上下路的操作中断；
  - (3) 可以在本地或远端进行控制；
- 注：对于固定上下波长的 OADM 只需满足功能(1)的要求。

10.2 波长上下能力

应用于 32 通路 WDM 系统中的 OADM 上下的波长数目可以是固定的，也可以是可配置的，可配置的 OADM 应至少具有 4 个波长的上下能力。

10.3 OADM 特性参数

从图 13 中可以看出 OADM 设备对于波长的处理分为三类：通过波长、上路波长和下路波长。通过波长指的是群路上的多通路信号，有一部分不必在本地上下路，直通过去。上路波长指的是在本地上路的波长。下路波长指的是在本地下路的波长。OADM 的外部光接口包括两个群路口、两个上下波长的光接口，如图 13 所示的群路入口、群路出口、上路口和下路口的 MPI-R'、MPI-S'、Sa'和 Rd'参考点应分别符合 WDM 系统的 MPI-R、MPI-S、Sn 和 Rn 参考点的光接口特性参数，如表 17 和 18 所示。

表 17 32 通路 WDM 系统 OADM 群路光接口参数(暂定)

	单位	8×22dB	5×30dB	3×33dB
通路数		32	32	32
比特速率/通路的格式		STM-16	STM-16	STM-16
<b>MPI-S 点的光接口(群路出口)</b>				
光发送端串音	dB	*	*	*
每通路输出功率				
— 最大	dBm	5(8)	7.0	6.0
— 最小	dBm	0(3)	3.0	4.0
总发送功率				
— 最大	dBm	17(20)	20	20
每通路信噪比	dB	>30	>30	>30
最大通路功率差	dB	5	4.0	6.0
<b>MPI-R 点的光接口(群路入口)</b>				
平均每通路的输入功率				
— 最大	dBm	-17(-14)	-21	-25
— 最小	dBm	-24(-21)	-27	-29
平均总输入功率				
— 最大	dBm	-5(-2)	-10	-13
MPI-R 点每通路最小光信噪比	dB	22	20	20
光信号串音	dB	-22	-22	-22
MPI-R 点的最大通路功率差	dB	7	6	4

\*: 待研究。



()中的值为特殊情况下，8×22dB WDM 系统光放大器的最大输出为+20dBm 时的参数，其余的参数同 8×22dB WDM 系统光放大器的最大输出为+17dBm 时的参数。

表 18 应用在 32 通路 WDM 系统中 OADM 的上下路光接口参数 (暂定)

	单位	数值
单个发送机输出 Sa'		*
标称光源类型		NRZ
线路码型		
光谱特性		
— 最大-20dB 谱宽	nm	0.2
— 最小边模抑制比	dB	35
— 啁啾系数		*
中心频率		
— 标称中心频率	THz	*
— 最大中心频率偏移	GHz	±20
通路间隔	GHz	100
平均发送功率		
— 最大	dBm	0
— 最小	dBm	-10
最小消光比	dB	+10
眼图模板		符合 G.957 建议眼图模板
单个接收机输入(Rd'参考点)		*
接收机类型		
接收机最差灵敏度(BER=1.0E-12)	dBm	-28
接收机最大过载	dBm	-9
接收机反射	dB	-27
光信噪比	dB	22(20)
光通道代价	dB	2
最大接收波长	nm	>1565
最小接收波长	nm	<1310

\*: 待研究。  
注 1: 光接口的线路码型应符合 ITU-T 建议 G.707，为加扰 NRZ 码。  
注 2: 光缆在 Sa'参考点的回波损耗（含有任何活接头）为 24dB。

10.4 OADM 的网管功能要求

本规范引入了 OADM 设备或模块，因此 WDM 网管系统中又增加了一种网元，对于 OADM 的网络管理功能应包括故障管理、性能管理、配置管理和安全管理，在相应的功能中所指的网元也应包括 OADM 设备或模块。

10.4.1 故障管理

- 网元管理系统应能对 OADM 支持下列告警功能：
- 群路输入信号丢失；
  - 上路支路输入信号丢失；
- 其他待研究。

#### 10.4.2 性能管理

网元管理系统应支持对 OADM 设备或模块的下列性能进行监视：

- 群路输入光功率；
- 群路输出光功率；
- 每通路光信噪比；
- 上路支路输入光功率；
- 下路支路输出光功率；

其他待研究。

#### 10.4.3 配置管理

网元管理系统对可灵活配置的 OADM 设备应提供下述配置管理功能：

- OADM 的初始化设置；
- 配置上下路波长的状态；

其他待研究。

#### 10.4.4 安全管理

安全管理应至少能提供下述管理功能：

- 操作级别及权限划分；
- 用户登录管理；
- 日志管理；
- 口令管理；
- 管理区域划分；
- 用户管理；
- 操作记录；
- 安全告警；
- 未经授权的人不能接入管理系统，具有有限授权的人只能接入相应授权的部分；
- 应能对所有试图接入受限资源的申请进行监视和实施控制。

### 11 网络管理要求

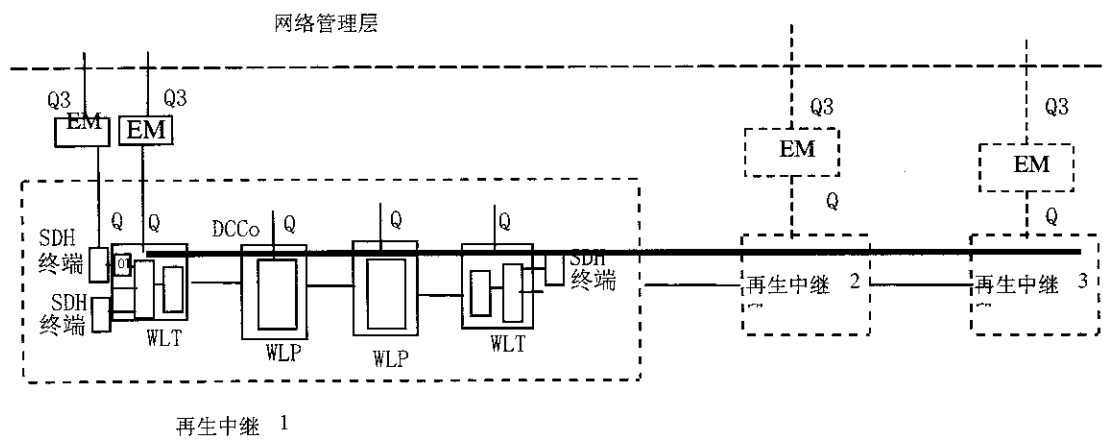
#### 11.1 系统概述

本标准所述的 WDM 网络管理系统主要由网元管理系统（EM）以及辅助的本地维护终端（LCT）组成。其管理功能、网络的结构、ECC 功能以及协议栈等均应符合 ITU-T 建议 G.784、Q.811 和 Q.812，管理信息模型应符合 ITU-T 建议 G.774 系列。

由于 WDM 和 SDH 系统是处于不同“层”的信号，分别处于“光网络层”与业务信号层，其网络管理也应彻底分开。对于实际运行的 WDM 系统，它既可以承载标准的 SDH 信号，也可以承载 PDH 信号或其它任何不受限的数字信号或模拟信号。因而 WDM 的网管系统也应与其传送的信号网管分离，即与 SDH 分离，至少在 EM 层要彻底分开。WDM 系统的网管与 SDH 网管平行，分别通过 Q3 接口同时送给上层的网络管理层。这样可以增加 WDM 系统的承载的多样性，真正发挥 WDM 技术“业务透明”的特点。

WDM 系在现阶段至少应设置自己独立的网元管理功能 EM 层，应具有在一个平台上至少管理 EDFA、波分复用器、波长转换器 OTU、监控信道性能的功能，对设备进行性能、故障、配置及安全等方面的管理。

在 WDM 系统 EM 管理系统的配置上，既可以一个 WDM 光复用段（即 SDH 再生段）设置一个 EM 管理系统，也可以相邻几个光复用段采用一个 EM 管理系统。如图 14 所示。



WLP: 光线路放大器  
WLT: 波分复用线路终端  
OSC: 光监控通路  
DCCo: 光监控通路的数据通信通路

图 14 WDM 网络管理和 SDH 网络管理的关系

在一个 WDM 系统中，可以承载多家 SDH 设备，但 WDM 系统的网元管理系统应独立于其所承载的 SDH 设备，如图 15 所示。

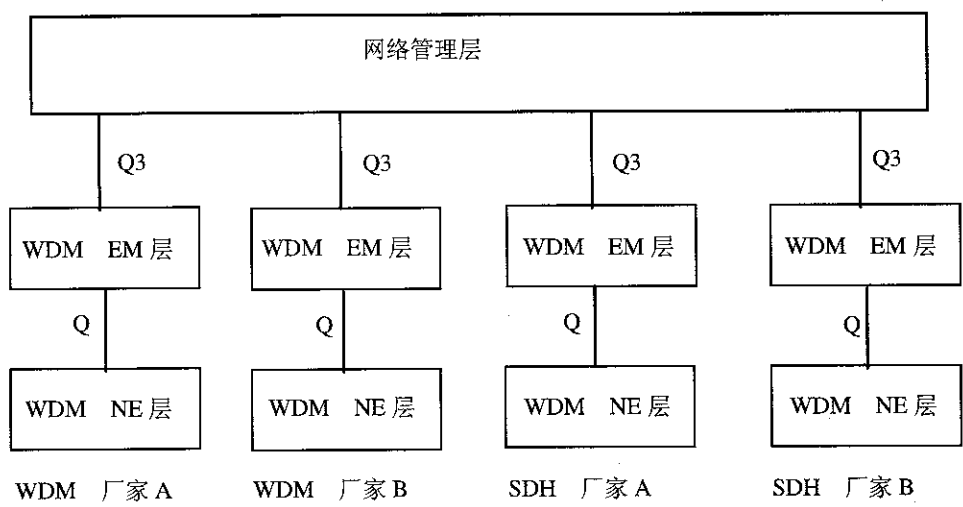


图 15 WDM 系统网管分层结构

对于同一厂家：既能提供 SDH 设备，又提供 WDM 系统时，当 WDM 的网元和 SDH 的网元具有相同的 Q 接口时，可以采用同一网元管理系统，但其网管系统也可以分离，并且其 WDM 系统仍然必须具有承载其他厂家 SDH 系统的功能。

11.2 管理接口

11.2.1 网络管理层接口

网络管理层接口另行规定。

11.2.2 工作站接口

WDM 光缆线路系统的终端站应配置与工作站的通信接口，接口特性应符合 F 接口的要求；目前可

采用 ITU-T 建议 V.10/V.11 或 V.28/V.24 的规定。

11.2.3 本地终端(LCT)应符合 f 接口要求。

### 11.3 网元管理系统

网元管理系统承担授权区域内各网络单元的管理,并提供部分网络管理功能,被管理网络中的各网元均由一个管理软件和硬件平台进行管理。在工作站的用户窗口界面上应能监视被管理的区域网络,并能显示被管理的整个网络拓扑结构。通过 WIMP (窗口、图标、菜单、光标) 方式的人机接口,网元管理系统应能监视和控制到整个被管理网络中的每一个网元,告警和事件记录追踪至 WDM 系统的每一块电路板。

#### 11.3.1 WDM 系统网元划分

图 16 给出 WDM 系统网元划分的逻辑示意图,一个虚框内可看作一个 WDM 系统的网元。在发送端和接收端,除 EDFA、光监控通路外,网元还包括波分复用器/解复用器。对它们的控制也要统一纳入 WDM 系统的网元级管理。这样,就明确划分了 SDH 系统和 WDM 系统的网元管理界限,一个面向 SDH 系统终端设备,另外一个面向 WDM 设备。

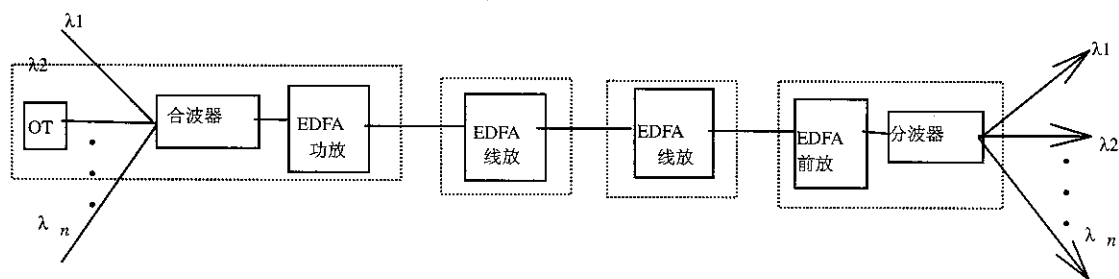


图 16 WDM 系统网元划分

对网元管理包含对组成网元的各子单元的配置,故障,性能等管理功能,除提供通向高级网管系统的接口外,还提供 OSC 光监控通路 DCC 网管信息的上下。

11.3.2 网元管理系统(EM)应同时具有 Q 接口和 Q<sub>3</sub> 接口。EM 与网元连接通过“网管”的 Q 接口,EM 与上级管理系统相连的接口为 Q<sub>3</sub>/CORBA。WDM 系统的网元与网元之间互连通过 OSC 中的 DCC 通道传递监控信息。

11.3.3 网元管理系统(EM)应具有自身的管理功能,如系统启动、关闭、备份等;数据库和运行情况记录(log)等功能;打印功能;在线帮助功能,以帮助操作人员对各功能和命令正常操作。

11.3.4 网元管理系统在以下情况均应对正常传输的业务电路和各传输通道不产生任何影响:

- (1) 投入服务和退出服务;
- (2) 发生故障;
- (3) 网元中与网管有关的机盘的插入和拔出等。

11.3.5 网元管理系统应具有与上层网络管理层(或子网管理层)互通的 Q<sub>3</sub>/CORBA 接口。

### 11.4 网元管理系统管理功能

WDM 网元管理系统的管理功能包括故障管理、性能管理、配置管理和安全管理。

#### 11.4.1 故障管理

故障管理应能对传输系统进行故障诊断、故障定位、故障隔离、故障改正,以及路径测试功能。

##### 11.4.1.1 告警功能

网元管理系统应该至少能支持下列告警功能:

- 可利用内部诊断程序识别所有故障并能故障定位至单块插板,
- 能报告所有告警信号及其记录的细节,如时间、来源、属性及告警等级等。
- 应具有可闻、可视告警指示。

- 告警历史记录应便于查看和统计。
- 具有告警过滤和遮蔽功能，
- 能够设置故障严重等级，
- 激光器寿命预告警。

在 WDM 系统中，故障管理必须监视的告警参数：

(a) 光发射单元告警参数（SDH 终端）

- 激光器输出光功率值不足或过载
- 输入信号丢失(LOS)
- 发送器劣化
- 激光器发送失效
- 激光器寿命告警
- 调制器输出光功率告警（采用铌酸锂调制器时）

(b) OTU

- 激光器输出光功率值不足或过载
- 输入信号丢失（LOS）
- 发送器劣化
- 激光器发送失效
- 激光器寿命告警
- 调制器输出光功率告警（采用铌酸锂调制器时）
- 光输入信号电平过高或过低
- 再生段 B1 误码超限
- J0 踪迹字节失配

(c) 光放大器

- 输入合路信号丢失
- 输入单波长丢失
- 泵浦激光器偏流过高
- 泵浦激光器温度过高
- 监测失效

(d) 接收单元 ODU

- 输入合路波长信号丢失
- 单个波长丢失
- 分波器温度控制告警（对采用温度敏感的分波器件）

(e) 光监控通路

- 激光器发送失效
- 光信号丢失
- 光信号帧丢失
- 光信号帧失步

(f) 外部事件告警管理功能(例如无人中继站的开门告警和火警告警等)。

#### 11.4.2 性能管理

故障管理中必须监视的基本参数也是性能管理必须监视的参数，此外，性能管理还至少有以下管理功能。

——能对监控信道 OSC 的误码性能参数进行自动采集和分析，并能以 ASCII 码文件形式传给外部存储设备。

- 能同时对所有终端点进行性能监视;
- 能同时对性能监视门限进行设置(如泵浦源功率、激光器偏置电流);
- 能存储和报告监控通路 15 分钟和 24 小时两类性能事件数据;
- 能报告“当前”和“近期”两种性能监视数据。

在 WDM 系统中,性能管理必须监视的参数有:

#### (1) 光发射单元 (SDH 终端)

- 激光器输出光中心波长值 (可选项)
- 激光器输出光中心波长偏移值 (可选项)
- 激光器输出光功率值
- 激光器波长控制对应的实测温度值
- 激光器偏置电流值
- 外调制器偏置电压值 (如采用分离的外调制器件时)

#### (2) 光发送单元 (OTU)

- 光输入信号电平
- OTU 的输出功率
- 激光器输出光中心波长值 (可选项)
- 激光器输出光中心波长偏移值 (可选项)
- 激光器输出光功率值
- 激光器波长控制对应的实测温度值
- 激光器偏置电流值
- 外调制器偏置电压值 (如采用分离的外调制器件时)

#### (3) 光放大器

- 总输入光功率
- 总输出光功率
- 每通路输出光功率
- 每通路输入光功率
- 泵浦激光器工作温度
- 泵浦激光器偏置电流

#### (4) 接收单元

- 总输入光功率
- 单波长输出功率
- 分波器温度 (对采用温度敏感的分波器件)

#### (5) 光监控通路

- 激光器输出光功率
- 激光器工作温度
- 误码性能

### 11.4.3 配置管理

设备管理系统应至少能提供下述配置管理功能:

网元配置:

- 网元 (包括各组成单元 NE) 的初始化设置;
- 建立和修改网络拓扑图;
- 配置网元状态;
- NE 的状态和控制;

——实际网络的配置应能按用户请求以图形方式在网元管理系统屏幕上完成。

#### 11.4.4 安全管理

安全管理应至少能提供下述管理功能：

- 操作级别及权限划分；
- 用户登录管理；
- 日志管理；
- 口令管理；
- 管理区域划分；
- 用户管理；
- 操作记录；
- 安全检查，如核查口令；
- 安全告警；
- 未经授权的人不能接入管理系统，具有有限授权的人只能接入相应授权的部分；
- 应能对所有试图接入受限资源的申请进行监视和实施控制。

### 11.5 网元管理系统的保护

#### 11.5.1 网元管理系统的通道保护

(1) 当某光纤段中 OSC 通路双向都断路时(如光纤段的两根光纤都断开时)，网元管理系统将无法获取网元的监控信息，为防止这种情况带来的严重后果，WDM 系统必须具有监控通路的保护功能。

(2) 在 WDM 系统的两个终端站提供 OSC 中 DCC 通道的保护路由(如 IP、X.25)是对 OSC 数据通道保护的方案之一，如图 17 所示。

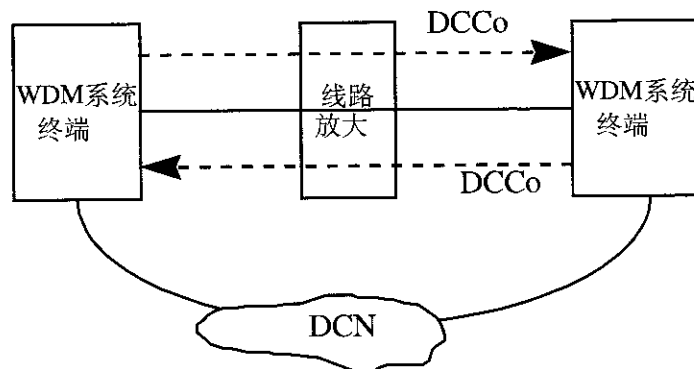


图 17 DCC 通道保护路由方案

(3) EM 与 EM 之间、EM 与远端 X 终端之间应具有通过  $n \times 64 \text{ kbit/s}$  ( $1 \leq n \leq 30$ ) 或  $2 \text{ Mbit/s}$  通道或 X.25 进行互通能力。

(4) 网元管理系统数据库应具有相应的保护方案，以保证不丢失数据库中的数据。

#### 11.6 本地维护终端 LCT

本地维护终端提供对所供设备的本地维护能力，其管理能力应符合 9.3 项中有关网元的管理功能。运营者可以根据自己的需要，决定 LCT 是否具有远端接入功能。

### 12 网络性能

目前，WDM 系统还缺少一套衡量其传输质量的标准。虽然光信噪比 OSNR 可以衡量系统传输质量，但还存在一定缺陷。当光信噪比 OSNR 很高时 ( $> 22 \text{ dB}$ )，系统的质量可以保证(一般  $\text{BER} < 10^{-15}$ )。当 OSNR 工作在临界状态，例如  $(15 \sim 17) \text{ dB}$  时，OSNR 就很难定量地评估信号的传输质量。再考虑到信号脉冲传输中出现的波形失真，有时 OSNR 较高时相应的误码率有可能较差。因而承载信号的

质量很大程度上还需要在电域上进行评估。

实际国家骨干网的大容量光缆波分复用系统是基于 SDH 系统的多波长系统，因而其网络性能应该全部满足我国 SDH 体制及标准规定的指标，主要考虑误码、抖动和漂移的指标。

在 WDM 系统承载的 SDH 系统中，相对于 WDM 系统，SDH 只是它的承载信号，因而当衡量 WDM 系统传输质量时，必须以 SDH 2.5 Gbit/s 的信号作为标准，而不是传统上的 SDH 支路 155Mbit/s 电接口。系统必须增加对 2.5Gbit/s 误码和抖动的测试。测试信号应为满负载的 SDH 2.5Gbit/s 成帧信号。

12.1 误码性能

WDM 系统所承载的 SDH 传输性能仍满足 SDH 的相应误码性能规范。

12.1.1 WDM 系统光复用段误码性能

WDM 系统光复用段的误码性能，应不劣于表 19 的指标。该指标与具体 WDM 系统光复用段长度无关(可以为 8×80km、3×120km 或其它)。

鉴于通道指标是对经由多个系统转接的要求，而 WDM 系统在一个光复用段内，没有转接，只有一个电再生段，因而不能通道指标进行衡量，采用复用段指标进行要求。但是现在 ITU-T 对复用段的性能指标没有进行定义，暂定采用复用段的投入业务指标作为 WDM 光复用段系统性能指标。

表 19 WDM 系统光复用段误码 性能指标

速率	155.52Mbit/s	622.08 Mbit/s	2.488 Gbit/s
ESR	$1.6 \times 10^{-5}$	$(8 \times 10^{-6})$	$(8 \times 10^{-6})$
SESR	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$
BBER	$2 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$

注 1：在 M.2101 中只有 STM-1 的 ESR 和 SESR，表中值相当于 M.2101 总指标的 0.2%；

( )中的值是暂定的推荐值。

注 2：工程验收比 M.2101 复用段投入业务应更严。推荐严化一倍，即表中值乘以 0.5。

12.2 抖动性能

WDM 系统承载的 SDH 接口的抖动应继续满足 SDH 体制的要求。

12.2.1 WDM 系统承载的 SDH 网络输出口的最大容许输出抖动

SDH 网络接口的最大容许输出抖动应不超过表 20 中所规定的数值。滤波器频响按 20dB/10 倍频程滚降，低频部分按 60dB/10 倍频程滚降，测量时间为 60s。表中数值为各网元时钟同步工作，且输入信号无抖动时的输出抖动要求。

表 20 SDH 网络输出口最大允许输出抖动

接口	测量滤波器	峰—峰值 (UI)
STM-1(电)	500Hz~1.3MHz	1.50 (0.75)
	65kHz~1.3MHz	0.15
STM-16 (光)	5000Hz~20MHz	1.50 (0.75)
	1MHz~20MHz	0.15

12.2.2 WDM 系统承载的 SDH 网络的输入口的抖动和漂移容限



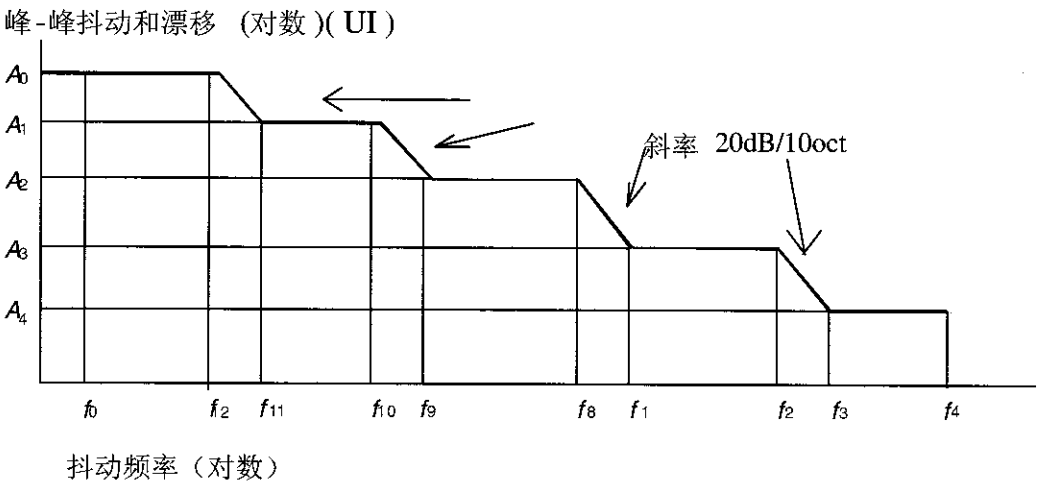


图 18 STM-N 输入口抖动和漂移容限

WDM 系统承载的 SDH 网络输入口应至少容忍图 18 模框所施加的输入抖动和漂移，相应的参数值如表 21 所示。

表 21 SDH 设备输入抖动和漂移容限参数

STM 等级	UIp-p					频率(Hz)									
	A <sub>0</sub> (18μs)	A <sub>1</sub> (2 μs)	A <sub>2</sub> (0.25 μs)	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	f <sub>0</sub>	f <sub>12</sub>	f <sub>11</sub>	f <sub>10</sub>	f <sub>9</sub>	f <sub>8</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>
STM-1 (电)	2800	311	39	1.5	0.075	12 μ	178 μ	1.6 m	15.6 m	0.125	19.3	500	3.25 k	65 k	1.3 M
STM-16 (光)	44790	4977	622	1.5	0.15	12 μ	178 μ	1.6m	15.6 m	0.125	12.1	5000	100k	1M	20 M

13 APR 和 ALS 进程

为了保持后向兼容性，与已经存在建议光安全部分的规定不相矛盾,本标准同时定义了 ALS 、APR 进程，为 WDM 系统提供了两种光安全进程选项。对于已经敷设承载 SDH 系统的 WDM 系统，可以采用 ALS 进程。但新敷设的 WDM 系统应支持 APR 功能。

光缆切断、设备失效或光连接器拔出等等均会导致光功率丢失，出于人眼安全的考虑，在主光通道一个光段内光功率丢失的情况下，需要系统实施 ALS、APR 进程。为便于在链路重新连好以后系统能容易地恢复，同时考虑实施自动（或人工）重启动进程。

13.1 APR 在 WDM 系统和 OTN 应用

在受限的地点，对那些运行输出功率为危险等级 1 的光接口都需要 APR 技术。在功率减少后，剩余的所有通道的功率（包括由光监控通路 OSC 来的功率）减少 0dBm 水平以内，不排除光放大器的完全关闭。

假设如图 19 所示 A 点光缆断裂，接收接口 R<sub>2</sub> 处出现的光传输段的连续性丢失（LOC-OTS）缺陷，则用来减少传输接口 T<sub>2</sub> 的输出功率。这又导致接收接口 R<sub>1</sub> 处的 LOC-OTS 缺陷，后者又使得传输接口 T<sub>1</sub> 处的输出功率减少。对于 OTN 和 WDM 系统，R<sub>1</sub>、T 处 LOC-OTS 的定义和检测准则待研究。

在受影响的 OTS 内，在受限地点的所有光输出端处的功率应在 3s 之内（OTS 中断时刻起）减成 0 dBm 以下。

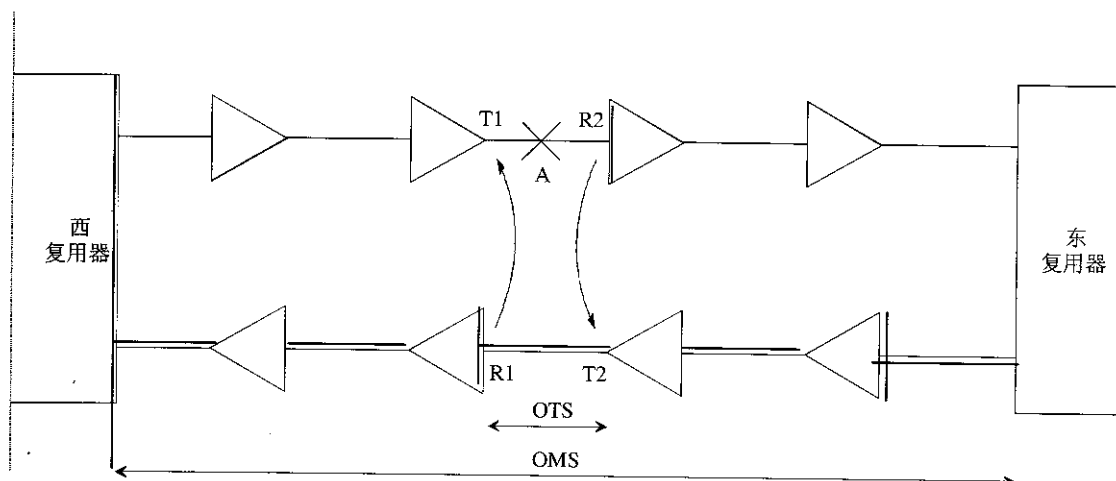


图 19 APR 功能示意

当该 OTS 内的连接修复以后，需要有一种自动的或人工的重启动来恢复这 OTS 内的传输。在连接中断以后或在前一次（不成功的）重启动动作以后的 100 秒内不应激活重启动，除非连接性能得到保证。重启动期间和重启动以后，直至连接性得到保证之前，在受影响的 OTS 内的功率电平危险等级不应超过等级 1。

APR 程序不应导致下游产生告警，即只有受影响的 OTS 知道。

APR 不排除在受影响的 OMS 段内对其它放大器的二次动作，也不排除 OMS 外正在工作的设备，如 SDH 单波长设备的关断。然而这不能干扰受影响的 OTS 的安全程序。

适于支持横向兼容的光接口的重启动的详细内容尚需作一步研究。

对于双向系统 (bi-directional systems) 也必须满足同样的光安全要求，并采用单向系统一样的原则。但详细过程还需研究。

### 13.2 ALS 进程

为了支持后向兼容性，对于已经敷设承载 SDH 系统带线路放大器的 WDM 系统，可以采用 ALS 进程。Tx 可以是一个 SDH 发送机与 MUX/OA 适配设备的组合或者是 MUX/OA 设备。Rx 可以是一个 SDH 接收机与 OA/DMUX 适配设备的组合或者是 OA/DMUX 设备。

若在 MPI-S 和 MPI-R 之间的某一点光缆断开，不仅受影响的段会被关闭，MPI-S 和 MPI-R 之间的所有段均会被关闭。因为，关闭与否的判断准则是检测到 LOS，此功能只有“常规”的接收器能执行。所有的线路放大器应工作在主/从状态。

在 dLOS (Loss of signal defect) 至少连续存在 500ms 以后，实际关闭命令就会激活。如此导致 MPI-S 处光输出功率会在 MPI-R 处光信号丢失瞬间 800ms 以内减少。对受限位置上的设备，在“常规”发送器关闭以后，相关光放大器的剩余输出功率应在危险等级 1 之内（直至完全关闭）。

“发送器/接收器”组合的激活响应时间（在 MPI-R 与 MPI-S 点之间测量）应小于 0.85s。这响应时间指光在 MPI-R 点进入“接收器”的时刻与处于关闭状态的“发送器”在 MPI-S 点又开始发出光的时刻之间的时间差。规定 0.85s 的响应时间是因为光放大器的重启动时间必须足够地慢以尽可能避免光浪涌。为了避免受危险光功率的影响，所有链路上的放大器（BA 和 PA）应具有足够短的去激活时间，以允许 MPI-S 和 MPI-R 之间的所有放大器能在连接实际中断瞬间以后的 3s 内全部关闭。

为了允许已关闭的带线路放大器的 WDM 系统能自动重启动，重启动脉冲的宽度  $9 \pm 0.5s$ 。这种宽度与插入的线路放大器的实际个数和它们的输出功率有关。重启动脉冲应属危险等级 3A。符合 3A 等级的实际功率与重启动脉冲的宽度有关，窄脉冲可比宽脉冲具有更高功率。

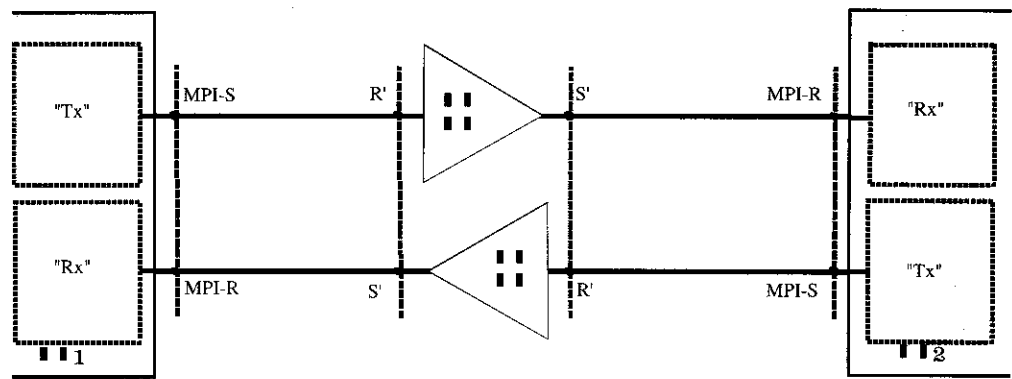
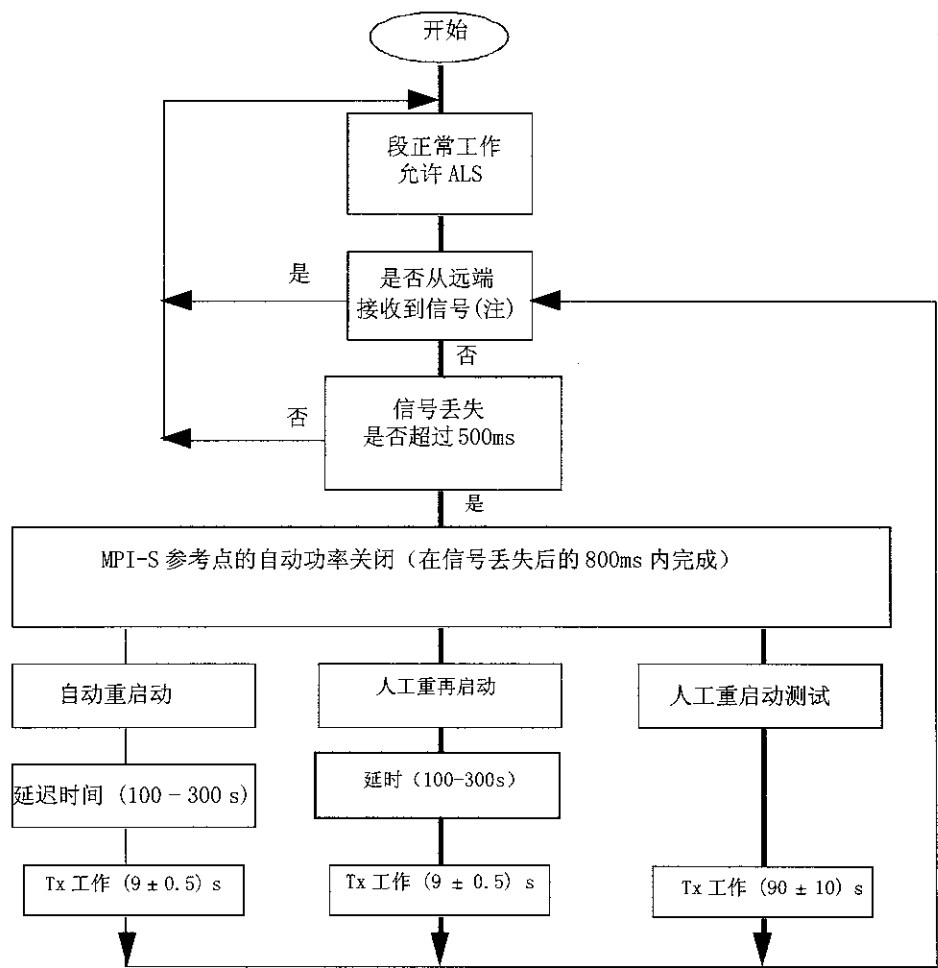


图 20 ALS 功能描述的参考配置

在光缆连接修好以后，为了恢复传输，在 Tx<sub>1</sub> 或 Tx<sub>2</sub> 处需据图 21 进行自动的或人工的重启动。对关闭系统的重启动，原则是利用重启动脉冲——为了尽可能减少暴露在危险功率之下的可能性，重启动脉冲应在危险 3A（不排除危险等级 1）之内。最小重启动脉冲之间至少 100s。为了和已经存在的建议相兼容，脉冲间隔为 60s 也是允许的，但功率电平必须比 100s 时延的低 3dB。



注：“是否从远端接收到信号？”在发送器关闭状态下仍工作。

注 1：本图并不意味着可以同时实施自动或手动进程。

图 21 终端设备自动功率切断和重启动进程（包括可选的测试进程）

为了测试和监视，应可以人工强制打开激光器而跳过自动关闭机制。不过，应注意：在“人工重新启动测试”期间应特别注意确保连接的完整性，以避免暴露于危险光功率，尤其对受限地点的具有危险等级 3B 的设备应更加小心。为了避免强功率的暴露，在两次人工重新启动之间采用足够的时延，例如 100s。

对于在电域采用保护的系统（如复用段保护或 MS-SPRING 保护），工作通路的接收机可以关断工作通路的发送机。反之，保护通路的接收机也可以关断保护通路的发送机。

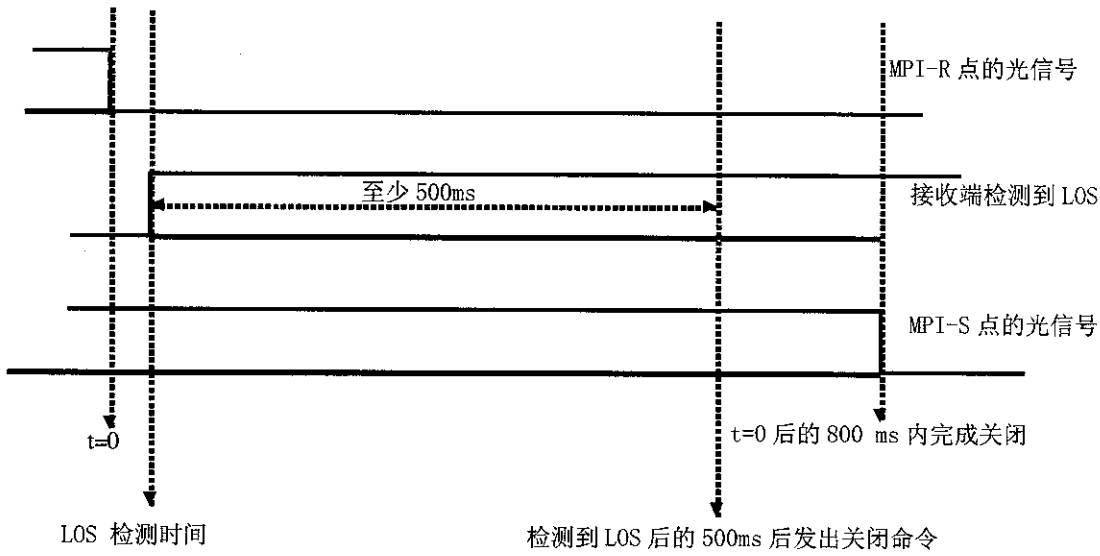


图 22 线路终端关闭的时间流程

13.3 ALS 功能要求时间常数

表 22 为 ALS 功能所要求的一些 APS 时间常数。

表 22 APSD 功能要求的 APS 时间常数

时间常数	参考点	数值	注释
终端激活响应时间	MPI-R 至 MPI-S	最大 850ms	1)
终端去激活时间	MPI-R 至 MPI-S	500~800ms	
BA 去激活时间	R' - MPI-S	最大 100ms	
BA 激活时间	R' - MPI-S	最大 100ms	
PA 去激活时间	MPI-R - S'	最大 100ms	
PA 激活时间	MPI-R - S'	最大 300ms	
LA 激活时间	R' ---- S'	最大 300ms	
LA 去激活时间	R' ---- S'	最大 100ms	
手动重新启动和自动重新启动的脉冲长度	N.A	8.5~9.5s	
自动重新启动的脉冲保持重复时间	N.A	100~300s	

注 1：在含光放大器 ASE 噪声的情况下，LOS 的条件与 G.958 中相同。