

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1339-2005

城市光传送网波分复用 (WDM) 环网 测试方法

Test methods of metropolitan optical transport network WDM ring

2005-05-11 发布

2005-11-01 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 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 WDM 环网的参考结构和测试参考点定义	2
4.1 WDM 环网的参考结构	2
4.2 WDM 环网的 OADM 测试参考点定义	3
5 主光通道测试	4
5.1 MPI-S 点光接口性能参数测试	4
5.2 MPI-R 点光接口性能参数测试	6
5.3 光通道代价	8
6 波长转发器 (OTU) 的测试	10
6.1 上路 OTU	10
6.2 下路 OTU	17
6.3 上路+下路 OTU 的 B1/J0 不介入监视功能	23
6.4 具备 FEC 功能的 OTU (可选)	24
7 OADM 的节点结构、波长上下数量和基本功能验证	29
7.1 OADM 的节点结构类型和波长上下数量	29
7.2 基本功能验证	29
8 WDM 环网的保护倒换方式、准则和时间测试	30
8.1 支持的保护倒换方式	30
8.2 保护倒换准则测试	30
8.3 保护倒换时间测试	32
9 WDM 环网的传输性能测试	33
9.1 SDH 信号的系统误码性能测试	33
9.2 SDH 信号的系统输出抖动测试	34
9.3 以太网信号的吞吐量测试	34
9.4 以太网信号的过载丢包率测试	34
9.5 以太网信号的长期丢包率测试	35
9.6 以太网信号的时延测试	35
10 子速率透明复用器的功能和性能测试 (可选)	36
10.1 子速率透明复用器的复用信号类型和复用方式	36
10.2 基于 SDH 帧结构的子速率透明复用器 SDH 开销处理功能测试	36
10.3 基于 OTN 帧结构的子速率透明复用器 SDH 开销处理功能测试	38
10.4 子速率透明复用器的性能测试	39
10.5 基于 SDH 帧结构的子速率复用器的同步功能和性能测试	41
11 WDM 环网光监控通路测试 (可选)	47
11.1 检查 OSC 的实现方式、信号类型和速率	47
11.2 光监控通路中心波长的测试	48

11.3	公务通路和使用者通路接口检查 (可选)	48
12	WDM 环网的网元管理系统 (EMS) 功能验证	48
12.1	故障管理	48
12.2	性能管理	53
12.3	配置管理	57
12.4	安全管理	61
13	WDM 环网的子网管理系统 (SNMS) 功能验证	62
13.1	故障管理	62
13.2	性能管理	62
13.3	配置管理	63
13.4	安全管理	64
附录 A (资料性附录)	WDM 环网错连、阻错及其测试方法	65
附录 B (资料性附录)	WDM 环网自激振荡测试方法	68

前 言

本标准与 YD/T 1205-2002《城市光传送网波分复用（WDM）环网技术要求》相配套。在本标准的制定过程中，还注意了与以下标准的协调统一：

YD/T 1205-2002 城市光传送网波分复用（WDM）环网技术要求；YD/T 1159-2001 光波分复用（WDM）系统测试方法。

本标准的附录 A、附录 B 是资料性附录。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：信息产业部电信传输研究所

深圳市中兴通讯股份有限公司

上海贝尔阿尔卡特股份有限公司

华为技术有限公司

武汉邮电科学技术研究院

本标准主要起草人：李 芳 王 郁 张海懿 魏晓强 黄 峰 谭 松 雷 非

城市光传送网波分复用 (WDM) 环网测试方法

1 范围

本标准主要规范了开放式二纤双向 WDM 环网的测试方法, 包括 WDM 环网的主光通道性能、波长转换器 (OTU) 的功能和性能、光分插复用器 (OADM) 的节点结构和基本功能、环网的保护倒换方式、保护倒换准则和时间、系统传输性能、子速率透明复用器的功能和性能、光监控通路的性能、网元和网络管理系统功能测试等具体内容。

本标准适用于 WDM 环网产品, 其它类型的产品也可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件, 其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 15941-1995	同步数字体系 (SDH) 光缆线路系统进网要求
YD/T 1060-2000	光波分复用系统 (WDM) 技术要求——32×2.5Gb/s 部分
YD/T 1141-2001	千兆以太网交换机测试方法
YD/T 1143-2001	光波分复用系统 (WDM) 技术要求——16×10Gb/s 部分和 32×10Gb/s 部分
YD/T 1159-2001	光波分复用 (WDM) 系统测试方法
YD/T 1205-2002	城市光传送网波分复用 (WDM) 环网技术要求
YD/T 1266-2003	SDH 环网保护倒换测试方法
YDN 099 -1998	光同步传送网技术体制 (暂行规定)
YDN 120 -1999	光波分复用系统总体技术要求 (暂行规定)
ITU-T G.664	光传送系统的光安全进程和要求
ITU-T G.691	有光放大器 SDH 单通路系统和 STM-64 系统的光接口
ITU-T G.692	有光放大器多通路系统的光接口
ITU-T G.693	局内系统的光接口
ITU-T G.707	SDH 网络节点接口
ITU-T G.783	SDH 设备功能块
ITU-T 建议 G.825	SDH 数字网的抖动和漂移的控制
ITU-T 建议 G.957	同步数字体系设备和系统的光接口技术要求
IEEE 802.3-2000	CSMA/CD 接入方式和物理层规范

3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

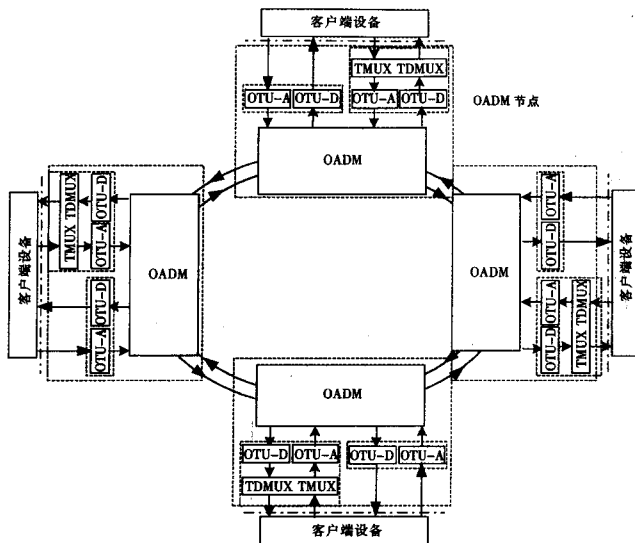
APR	Automatic Power Reduction	自动功率降低
BER	Bit Error Rate	比特误码率
BA	Booster Amplifier	功率放大器
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
DGD	Differential Group Delay	差分群时延
ECC	Embedded Control Channel	嵌入控制通路

EMS	Element Management System	网元管理系统
ES	Error Second	误码秒、误块秒
GE	Gigabit Ethernet	千兆以太网
LCT	Local Craft Terminal	本地维护终端
NE	Network Element	网元
OA	Optical Amplifier	光放大器
OADM	Optical Add/Drop Multiplexer	光分插复用器
OSA	Optical Spectrum Analyser	光谱分析仪
OTU	Optical Transponder Unit	波长转发器
OTU-A	Optical Transponder Unit -Add	上路波长转发器
OTU-D	Optical Transponder Unit -Drop	下路波长转发器
PA	Pre-amplifier	前置放大器
SES	Severely Errored Second	严重误码秒、严重误块秒
SD	Signal Degrade	信号劣化
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SNMS	Subnetwork Management System	子网管理系统
LOS	Loss Of Signal	信号丢失
SSM	Synchronization Status Message	同步状态信息
STM	Synchronous Transport Modal	同步传送模块
TMUX	Trans-Multiplexer	子速率复用器
TDMUX	Trans- Demultiplexer	子速率解复用器
UAS	Unavailable Second	不可用秒
WDM	Wavelength Division Multiplex	波分复用

4 WDM 环网的参考结构和测试参考点定义

4.1 WDM 环网的参考结构

两纤 WDM 环网的结构见图 1，是由 4 个 OADM 节点构成的。OADM 节点内部可采用光放大器，但两个 OADM 节点之间不采用光线路放大器。OADM 节点应在与客户端设备的接口侧配置上路波长转换器 (OTU-A) 和下路波长转换器 (OTU-D)，为开放式 WDM 系统。对客户端设备的 STM-1、STM-4、STM-16 和其他速率数据业务，OADM 节点设备可提供子速率复用/解复用器 (可选)。



OADM: 光分插复用设备

OTU-A: 上路波长转发器

OTU-D: 下路波长转发器

TMUX: 子速率复用器

TDMUX: 子速率解复用器

注: 子速率复用/解复用器为针对 STM-1、STM-4、STM-16 或其他低速率数据业务的可选单元。

图 1 2 纤 WDM 环网参考结构

WDM 环网系统的具体配置, 如环网的光纤长度及光功率预算、系统光通路数、OADM 节点数量和类型、采用的保护方式、波长通路的分配、每个节点的上下波长数量等, 应根据具体应用情况和承载业务的分布类型进行规划和设计。WDM 环网的应用类型可分为两大类, 见表 1。

表 1 WDM 环网应用类型 (暂定)

应用类型	WDM 环网长度 L (km)	环网线路光功率预算 (dB)	系统光通路数 (单方向满配置)	OADM 节点数量	OADM 节点是否采用光放大器
A	$L \leq 100$	≤ 40 dB	16/20, 32/40	3~8	选用
B	$100 < L \leq 250$	40~100 dB	16/20, 32/40	3~8	采用

注: 在表 1 中, 假设城市 G.652 光纤在 1550 nm 的衰减系数为 0.4 dB/km。环网线路光功率预算仅为光纤线路的功率预算, 不包含 OADM 节点的功率预算。在工程应用中, 需要根据实际测量的节点之间的光纤跨段损耗值和环网的光功率预算具体选择合适的应用类型, 而不能仅根据 WDM 环网的光纤长度来选择应用类型。

4.2 WDM 环网的 OADM 测试参考点定义

WDM 环网的 OADM 测试参考点如图 2 所示。

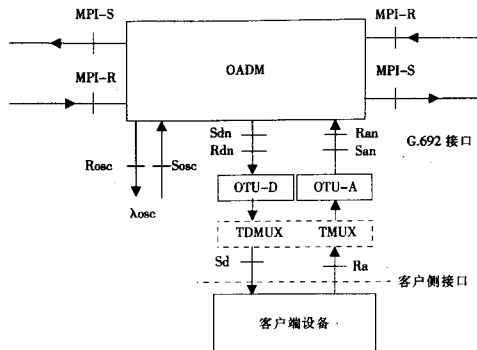


图2 OADM 外部参考点示意图

MPI-S: OADM 的主光通道输出参考点

MPI-R: OADM 的主光通道输入参考点

Sdn: OADM 的下路输出参考点

Ran: OADM 的上路输入参考点

San: OTU-A 的发送参考点

Ra: OTU-A 的接收参考点

Rdn: OTU-D 的接收参考点

Sd: OTU-D 的发送参考点

注1: 子速率复用/解复用器 (TMUX/TDMUX) 为可选单元。

注2: OSC 为可选单元。

5 主光通道测试

5.1 MPI-S 点光接口性能参数测试

5.1.1 MPI-S 点总发送光功率

5.1.1.1 定义

MPI-S 点总发送光功率指的是在参考点 MPI-S 的平均发送光功率。指标见 YD/T1205—2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

5.1.1.2 测试配置

测试配置: 如图 3 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下, 断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表: 光功率计。(应注意选择测量波长和范围满足要求的光功率计)

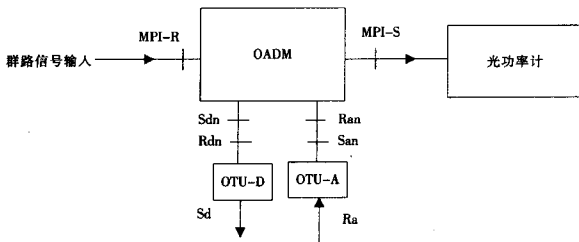


图3 MPI-S 点总发送光功率测试配置

5.1.1.3 测试步骤

- (1) 如图 3 连接好测试配置。(注意：应分别连接并测试 OADM 东向和西向的 MPI-S 点)
- (2) 将光功率计设置在 1550 nm 窗口，待光功率计的读数稳定之后，读出并记录该功率值。

5.1.2 MPI-S 点每通路输出光功率

5.1.2.1 定义

MPI-S 点每通路输出光功率指的是在 MPI-S 点的每通路的平均发送光功率。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

5.1.2.2 测试配置

测试配置如图 4 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下，断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表：光谱分析仪。

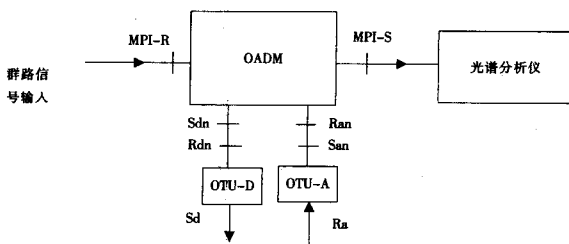


图 4 MPI-S 点每通路输出光功率、光信噪比和最大通路功率差测试配置

5.1.2.3 测试步骤

- (1) 如图 4 连接好测试配置。
- (2) 调整光谱分析仪的显示波长范围，将需要测试的所有通路波长显示在屏幕的中间。为准确的测试信号功率，应将光谱分析仪的分辨率设置为 0.2 nm。
- (3) 将光标定位在波长脉冲的峰值处，根据仪表的数字显示，记录下该波长的光功率值。(注：某些类型的光谱仪可自动测量各通路的光功率)
- (4) 重复步骤 (2) 和 (3)，测试并记录其他通路的输出光功率。

5.1.2.4 注意事项

对于能同时自动测量和显示出每个波长通路光功率值的光谱分析仪，无需测试多次。

5.1.3 MPI-S 点每通路光信噪比

5.1.3.1 定义

MPI-S 点每通路光信噪比 (OSNR) 指的是在 MPI-S 点的每通路信号峰值光功率和 ASE 噪声光功率之比。指标见 YD/T 1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

5.1.3.2 测试配置

测试配置：与“5.1.2.2”的测试配置相同，如图 4 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下，断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表：光谱分析仪。

5.1.3.3 测试步骤

- (1) 按图 4 所示连接好测试配置。
- (2) 调整光谱分析仪的显示波长范围，将需要测试的通路波长和 ASE 噪声的功率显示在屏幕的中间。
- (3) 对于可自动测量光信噪比的光谱分析仪，在正确设置仪表参数后直接读出和记录各通路的

OSNR 即可。

(4) 对于不能自动测量光信噪比的光谱分析仪, 设置光谱分析仪中的分辨率为 0.2 nm, 将光标定位在需要测试的通路波长脉冲的峰值处, 根据仪表的数字显示, 记录下该波长的光功率值。

(5) 设置光谱分析仪中的分辨率为 0.1 nm, 将在中心波长左右 $\Delta\lambda$ 处测得一个左边带 ASE 噪声值和一个右边带 ASE 噪声值, $\Delta\lambda = 0.3 \sim 0.5$ nm, 将两个值平均即得该处 ASE 噪声功率。

(6) 计算 (4) 和 (5) 测得的两个光功率值 (单位为 dBm) 的差值, 即为该通路的光信噪比。

(7) 重复步骤 (4) 和 (5)、(6), 测试并记录其他多个通路的光信噪比。

5.1.4 MPI-S 点最大通路功率差

5.1.4.1 定义

MPI-S 点最大通路功率差指的是在同一时间内、在给定的光分辨率下, MPI-S 点的所有通路中的最大光功率与最小光功率的差值。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

5.1.4.2 测试配置

测试配置与“5.1.2.2”的测试配置相同, 如图 4 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下, 断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表: 光谱分析仪。

5.1.4.3 测试步骤

(1) 如图 4 连接好测试配置。

(2) 调整光谱分析仪的波长范围, 使所有的波长通路都显示在屏幕上。为了准确的测试信号功率, 应将光谱分析仪的分辨率设置为 0.2 nm。

(3) 将一个纵向光标定位在所有通路中功率最大的那个波长通路的峰值处, 将另一个纵向光标定位在所有通路中功率最小的那个波长通路的峰值处。读出这两个光标指示的功率间的差值, 即为最大通路功率差。

5.1.4.4 注意事项

(1) 对于可自动测量和显示最大通路功率差的光谱分析仪, 不需要按照测试步骤 (3) 进行人工计算。

(2) 该项指标可以在光监控口进行测试。

5.2 MPI-R 点光接口性能参数测试

5.2.1 MPI-R 点总输入光功率

5.2.1.1 定义

MPI-R 点总输入光功率指的是在参考点 MPI-R 的平均接收光功率。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 节的表 4 和表 5。

5.2.1.2 测试配置

测试配置如图 5 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下, 断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表: 光功率计。

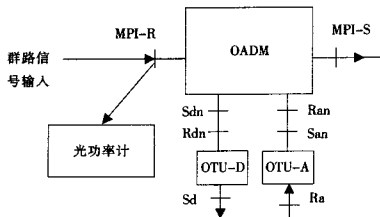


图 5 MPI-R 点总输入光功率测试配置

5.2.1.3 测试步骤

- (1) 按图 5 所示连接好测试配置。(注意：应分别连接并测试 OADM 东向和西向的 MPI-R 点)
- (2) 将光功率计设置在 1550 nm 窗口，待光功率计的读数稳定之后，读出并记录该功率值。

5.2.2 MPI-R 点每通路输入光功率

5.2.2.1 定义

MPI-R 点每通路输入光功率指的是在参考点 MPI-R 的每通路的平均输入光功率。指标见 YD/T 1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

5.2.2.2 测试配置

测试配置如图 6 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下，断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表：光谱分析仪。

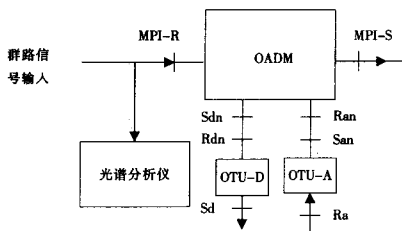


图 6 MPI-R 点每通路输入光功率、光信噪比和最大通路功率差测试配置

5.2.2.3 测试步骤

- (1) 按图 6 所示连接好测试配置。
- (2) 调整光谱分析仪的显示波长范围，将需要测试的波长通路显示在屏幕的中间。为准确的测试信号功率，应将光谱仪的分辨率设置为 0.2 nm。
- (3) 将光标定位在波长脉冲的峰值处，根据仪表的数字显示，记录下该波长的光功率值。
- (4) 重复步骤 (2) 和 (3)，测试并记录其他多个通路的输出光功率。

5.2.2.4 注意事项

- (1) 对于能同时自动测量和显示出每个波长通路光功率值的光谱分析仪，无需测试多次。
- (2) 测试每通路光功率也可采用多波长分析仪等。

5.2.3 MPI-R 点每通路输入光信噪比

5.2.3.1 定义

MPI-R 点每通路输入光信噪比 (OSNR) 指的是输入到 MPI-R 点的每通路信号峰值光功率和 ASE 噪声光功率之比。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 节的表 4 和表 5。

5.2.3.2 测试配置

测试配置与“5.2.2.2”的测试配置相同，如图 6 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下，断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表：光谱分析仪。

5.2.3.3 测试步骤

- (1) 如图 6 连接好测试配置。
- (2) 调整光谱分析仪的显示波长范围，将需要测试的通路波长和 ASE 噪声的功率显示在屏幕的中间。
- (3) 对于可自动测量光信噪比的光谱分析仪，在正确设置仪表参数后直接读出和记录各通路的

OSNR 即可。

(4) 对于不能自动测量光信噪比的光谱分析仪, 设置光谱分析仪中的分辨率为 0.2 nm, 将光标定位在需测试的通路波长脉冲的峰值处, 根据仪表的数字显示, 记录下该波长的光功率值。

(5) 设置光谱分析仪中的分辨率为 0.1 nm, 将在中心波长左右 $\Delta\lambda$ 处测得一个左边带 ASE 噪声值和一个右边带 ASE 噪声值, $\Delta\lambda = 0.3 \sim 0.5$ nm, 将两个值平均即得该处 ASE 噪声功率。

(6) 计算 (4) 和 (5) 测得的两个光功率值 (单位为 dBm) 的差值, 即为该通路的光信噪比。

(7) 重复步骤 (4) 和 (5)、(6), 测试并记录其它多个通路的光信噪比。

5.2.4 MPI-R 点最大通路功率差

5.2.4.1 定义

MPI-R 点最大通路功率差指的是在同一时间内、在给定的光分辨率下, MPI-R 点所有通路中的最大功率与最小功率的差值。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 节的表 4 和表 5。

5.2.4.2 测试配置

测试配置: 与 5.2.2 相同, 如图 6 所示, 在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下, 断开主光通道的光路进行测试。

测试仪表: 光谱分析仪。

5.2.4.3 测试步骤

(1) 按图 6 所示连接好测试配置。

(2) 调整光谱分析仪的波长范围, 使所有波长通路显示在屏幕的中间。为了准确的测试信号功率, 应将光谱分析仪的分辨率设置为 0.2 nm。

(3) 将一个纵向光标定位在所有通路中功率最大的那个波长通路的峰值处, 将另一个纵向光标定位在所有通路中功率最小的那个波长通路的峰值处, 读出这两个光标指示的功率的差值即为最大通路功率差。

5.2.4.4 注意事项

(1) 对于可自动测量和显示最大通路功率差的光谱分析仪, 不需要按照测试步骤 (3) 进行人工计算。

(2) 该项指标可以在光监控口进行测试。

5.3 光通道代价

5.3.1 主光通道 (MPI-S 到 MPI-R) 的光通道代价

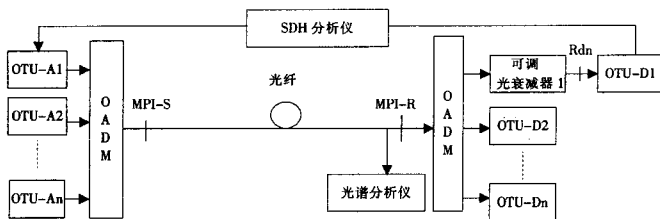
5.3.1.1 定义

主光通道的光通道代价指的是脉冲在主光通道 (从 MPI-S 点到 MPI-R 点) 的传输导致的接收机灵敏度的变化。(接收灵敏度在误码率为 1.0×10^{-12} 时测量) 指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

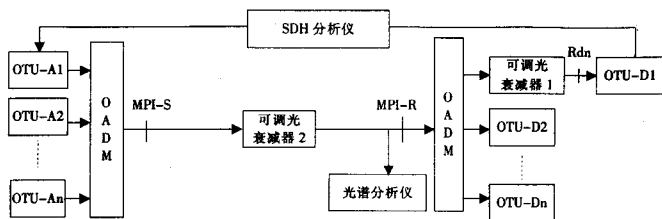
5.3.1.2 测试配置

测试配置如图 7 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下进行测试。

测试仪表: 光功率计、光衰减器、SDH 分析仪、光谱分析仪。



(a) 连接主光通道后的灵敏度测试配置



(b) 主光通道背靠背的灵敏度测试配置

图 7 主光通道的光通道代价测试配置

5.3.1.3 测试步骤

- (1) 如图 7 (a) 连接好测试配置。
- (2) 用光谱分析仪测出此时 MPI-R 点的光信噪比并记录下来。
- (3) 调节光衰减器 1，使误码仪的误码率读数在 10^{-10} 的量级上，待误码仪上的读数稳定之后，读出并记录误码率。
- (4) 从光功率计上读出并记录此时 OTU-D 的接收端光功率。
- (5) 重复步骤 (3) 和 (4) 多次，测得对应误码率为 10^{-9} 、 10^{-8} 、 10^{-7} 和 10^{-6} 量级的 OTU-D 的接收光功率值。
- (6) 按图 7 (b) 所示将主光通道背靠背测试配置，即将 MPI-S 到 MPI-R 之间的光纤线路用一个光衰减器 2 替代。
- (7) 用光谱分析仪测试接收端的光信噪比，调节光衰减器 2，使光谱仪测出的光信噪比值等于步骤 (2) 测得的光信噪比值。
- (8) 重复步骤 (3) 到 (5)，测出背靠背配置情况下的误码率与接收光功率的对应数值。
- (9) 采用外推法，在双对数坐标纸上分别画出两种配置情况下的误码率与接收光功率的对应曲线，延长曲线至 1.0×10^{-12} 误码率处，分别记录两条曲线对应误码率为 1.0×10^{-12} 时的接收光功率值，即为两种配置情况下的 OTU-D 的接收灵敏度。
- (10) 利用公式：光通道代价=连接主光通道的接收灵敏度-主光通道背靠背的接收灵敏度，即可得到主光通道的光通道代价数值。

5.3.1.4 注意事项

- (1) 注意在测量过程中，除被测通路以外的其他通路应当正常工作。
- (2) 由于直接测试误码率为 1.0×10^{-12} 的接收灵敏度的时间过长且不易操作，因此采用外推法是测试接收机灵敏度的一种替代方法，适用于需要快速、大量测试接收机灵敏度的场合。

5.3.2 光通道 (S_m 到 R_n) 的光通道代价

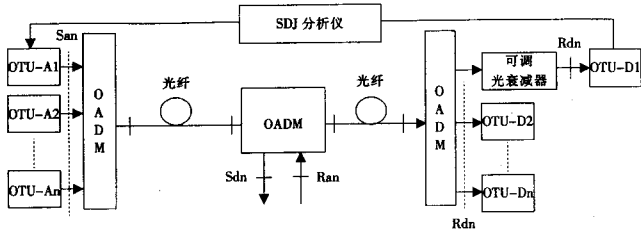
5.3.2.1 定义

光通道 (S_m 到 R_n) 的光通道代价指的是脉冲在光通道 (从 S_m 到 R_n) 的传输导致的接收机灵敏度的变化 (接收灵敏度在误码率为 1.0×10^{-12} 时测量)。指标见 YD/T1205-2002 中 7.2 的表 4 和表 5。

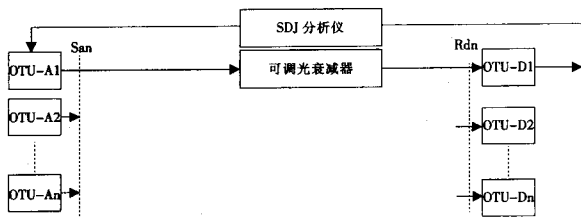
5.3.2.2 测试配置

测试配置：如图 8 所示。在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下进行测试。

测试仪表：光功率计、光衰减器、SDH 分析仪。



(a) 连接光通道后灵敏度测试配置



(b) 背靠背灵敏度测试配置

图 8 光通道 (S_{an} 到 R_{dn}) 的光通道代价测试配置

5.3.2.3 测试步骤

- (1) 如图 8 (a) 连接好测试配置。
- (2) 调节可调光衰减器, 使 SDH 分析仪的误码率读数在 10^{-10} 的量级上, 待读数稳定后读出并记录误码, 并从光功率计上读出并记录此时 OTU-D 接收端的光功率。
- (3) 重复步骤 (2) 多次, 测得对应误码率为 10^{-9} 、 10^{-8} 、 10^{-7} 和 10^{-6} 量级的 OTU-D 接收光功率值。
- (4) 按照图 8 (b) OTU 背靠背的测试配置, 即将被测的一对 OTU 用一个可调光衰减器和光纤背靠背连接。
- (5) 调节可调光衰减器, 重复步骤 (3) 到 (4), 测出背靠背配置情况下的误码率与接收光功率的对应数值。
- (6) 采用外推法, 在双对数坐标纸上分别画出两种配置情况下的误码率与接收光功率的对应曲线, 延长曲线至 1.0×10^{-12} 误码率处, 分别记录两条曲线对应误码率为 1.0×10^{-12} 时的接收光功率值, 即为两种配置情况下的 OTU-D 的接收灵敏度。
- (7) 利用公式: 光通道代价=连接光通道的接收灵敏度-背靠背的接收灵敏度, 即可得到光通道代价的数值。

6 波长转发器 (OTU) 的测试

6.1 上路 OTU

6.1.1 上路 OTU 的平均发送光功率

6.1.1.1 定义

上路 OTU 的平均发送光功率指的是在参考点 S_{an} 由发送机耦合到光纤的平均功率。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.1.2 测试配置

测试配置：如图 9 所示。

测试仪表：信号发生器（对 SDH 类型的 OTU 为 SDH 分析仪，对 GE 类型的 OTU 为数据网络性能分析仪），光功率计。

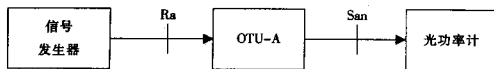


图 9 上路 OTU 的平均发送光功率测试配置

6.1.1.3 测试步骤

(1) 按图 9 所示连接好测试配置。

(2) 将光功率计设置在 1550 nm 窗口，待读数稳定之后，读出并记录光功率数值。

6.1.2 上路 OTU 的接收灵敏度

6.1.2.1 承载 SDH 信号的 OTU-A (STM-1/4/16/64)

6.1.2.1.1 定义

上路 OUT（承载 SDH 信号）的接收机灵敏度，是指误码率达到 1.0×10^{-12} 时在参考点 Ra 处的平均接收光功率的最小值。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.2.1.2 测试配置

测试配置：如图 10 所示。

测试仪表：SDH 误码分析仪、光功率计、光衰减器。

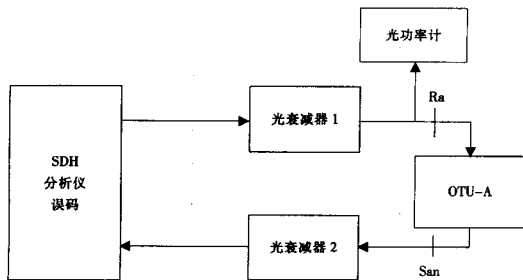


图 10 上路 OTU（承载 SDH 信号）的接收灵敏度和过载功率测试配置

6.1.2.1.3 测试步骤

(1) 如图 10 所示连接好测试配置，设置 SDH 误码分析仪的输出信号波长在上路 OTU 的接收波长区。

(2) 设置 SDH 误码分析仪向上路 OTU 发送适当的 PRBS 测试信号。

(3) 调整光衰减器 1，用误码分析仪测量误码率保持在 10^{-11} 量级。

(4) 从光功率计上读出并记录光功率值。

(5) 逐渐增加光衰减值，重复步骤 (3) 和 (4)，分别测出误码率处于 10^{-10} 、 10^{-9} 、 10^{-8} 和 10^{-7} 量级时 Ra 点的接收光功率值。

(6) 按照外推法，在双对数坐标纸（纵坐标应取两次对数，横坐标为线性）上画出接收光功率-BER 的对应曲线，BER= 1.0×10^{-12} 所对应的光功率即为接收灵敏度。

6.1.2.2 承载 GE 信号的 OUT-A (1 000 Base-SX/1 000 Base-LX)

6.1.2.2.1 定义

承载 GE 信号的 OTU 的接收机灵敏度,是指误码率达到 1.0×10^{-12} 时在参考点 Ra 处的平均接收光功率的最小值。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.2.2.2 测试配置

测试配置:如图 11 所示。

测试仪表:数据网络性能分析仪、光功率计、光衰减器。

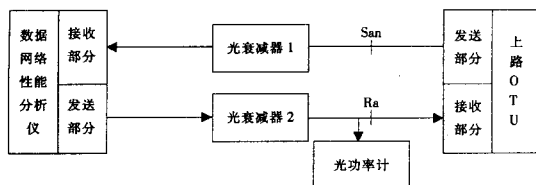


图 11 上路 OUT (承载 GE 信号) 的接收灵敏度和过载功率测试配置 (1000Base-SX/1000Base-LX)

6.1.2.2.3 测试步骤

(1) 如图 11 连接测试配置。

(2) 控制数据网络性能分析仪以线速发送数据包,调整光衰减器 2,衰减由小到大,直到出现与比特误码率 (BER) 为 1.0×10^{-12} 所对应的丢包率为止。

(3) 用光功率计读出并记录此时的光功率值。

6.1.2.2.4 注意事项

对于与比特误码率 (BER) 所对应的丢包率,可以采用如下计算方法:

$$\text{丢包率} = 1 - (1 - \text{BER})^n$$

其中, n 为以太网帧的比特数,64 字节情况最坏;千兆比特误码率为 1.0×10^{-12} 。

6.1.3 上路 OTU 的过载光功率

6.1.3.1 承载 SDH 信号的 OTU-A (STM-1/4/16/64)

6.1.3.1.1 定义

上路 OTU (承载 SDH 信号) 过载功率是指误码率达到 1.0×10^{-12} 时在参考点 Ra 处的平均接收光功率的最大可接受值。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.3.1.2 测试配置

测试配置:如图 10 所示。

测试仪表:SDH 分析仪、光功率计、光衰减器。

6.1.3.1.3 测试步骤

(1) 如图 10 所示连接好测试配置。

(2) 设置 SDH 误码分析仪向上路 OTU 送入 PRBS 测试信号。

(3) 调整光衰减器,逐渐减小衰减值,使上路 OTU 的接收光功率为过载功率指标要求的值,如果测试无误码即为满足标准要求。

(4) 若想测得过载功率的具体值,则继续减小衰减值,使误码仪测得的误码率尽量接近但不大于 1.0×10^{-12} ,从光功率计上读出并记录此时接收的光功率值。

6.1.3.2 承载 GE 信号的 OUT-A (1000Base-SX/1000Base-LX)

6.1.3.2.1 定义

上路 OTU (承载 GE 信号) 过载功率是指误码率达到 1.0×10^{-12} 时在参考点 Ra 处的平均接收光功率的

最大可接受值。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.3.2.2 测试配置

测试配置：如图 11 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪、光功率计、光衰减器。

6.1.3.2.3 测试步骤

(1) 如图 11 连接测试配置。

(2) 控制数据网络性能分析仪以线速发送数据包，调整光衰减器，衰减由大到小，直到出现与比特误码率 (BER) 10^{-12} 所对应的丢包率为止。

(3) 用光功率计读出并记录此时的光功率值。

6.1.4 上路 OTU 的发送信号眼图

6.1.4.1 定义

发送信号波形以眼图模板的形式规定了发送机的光脉冲形状特性，包括上升时间、下降时间等。指标见 YD/T1205-2002 中“8.4.1”的表 9。

6.1.4.2 测试配置

测试配置：如图 12 所示。

测试仪表：信号发生器（对 SDH 类型的 OTU 为 SDH 分析仪，对 GE 类型的 OTU 为数据网络性能分析仪）、光衰减器、通信信号分析仪。

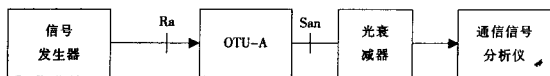


图 12 发送信号眼图和消光比测试配置

6.1.4.3 测试步骤

(1) 如图 12 所示连接好测试配置。

(2) 调整光衰减器，使通信信号分析仪的输入光功率处于它的动态范围内。

(3) 调整通信信号分析仪，开启与被测信号相应的滤波器。待波形稳定后，调出通信信号分析仪内存储的相应眼图模板，通过调整，与波形对准。

(4) 等待扫描次数至少 1 000 次后，观察并记录波形是否均符合相应的眼图模板。

6.1.5 上路 OTU 的消光比

6.1.5.1 定义

消光比是指在最坏反射条件时，全调制条件下，逻辑“1”的中心平均电平与逻辑“0”的中心平均电平的比值。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.5.2 测试配置

测试配置：如图 12 所示。

测试仪表：信号发生器（对 SDH 类型的 OTU 为 SDH 分析仪，对 GE 类型的 OTU 为数据网络性能分析仪）、光衰减器、通信信号分析仪。

6.1.5.3 测试步骤

(1) 如图 12 连接好测试配置。

(2) 调整光衰减器，使通信信号分析仪的输入光功率处于它的动态范围内。

(3) 调整通信信号分析仪，开启与被测信号相应的滤波器。待波形稳定后，从仪表上读出消光比的数值。

6.1.6 上路 OTU 的中心波长（频率）

6.1.6.1 定义

中心波长（频率）是指上路 OTU 在参考点 San 处发出的光信号峰值的实际中心波长（频率）。指标见 YD/T1205-2002 中 5.4.1 的表 2。在 WDM 系统中，中心波长视同光信号的峰值波长。

6.1.6.2 测试配置

测试配置：如图 13 所示。

测试仪表：信号发生器、多波长计。

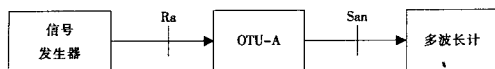


图 13 上路 OTU 的中心波长（频率）和中心波长（频率）偏移测试配置

6.1.6.3 测试步骤

(1) 如图 13 所示连接好测试配置。

(2) 设置多波长分析仪的显示波长范围并将波形显示在屏幕中央，读出并记录峰值处的中心波长（频率）值。

6.1.7 上路 OTU 的中心波长（频率）偏移

6.1.7.1 定义

中心波长（频率）偏移是指标称中心波长（频率）与实际中心波长（频率）之差，其中包含光源啁啾、信号带宽、SPM 的展宽以及温度和老化的影响。指标见 YD/T1205-2002 中的 5.5 节。

6.1.7.2 测试配置

测试配置：如图 13 所示。

测试仪表：信号发生器、多波长计。

6.1.7.3 测试步骤

(1) 如图 13 所示连接好测试配置。

(2) 设置多波长分析仪的显示波长范围并将波形显示在屏幕中央，读出并记录峰值处的中心波长（频率）值。

(3) 测得的中心波长（频率）值与标称中心波长（频率）值的差值即为中心波长（频率）偏移。

6.1.8 上路 OTU 的-20dB 谱宽

6.1.8.1 定义

-20dB 谱宽是指相对于光信号最大峰值功率跌落 20dB 时的最大谱宽。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.8.2 测试配置

测试配置：如图 14 所示。

测试仪表：信号发生器、光谱分析仪。

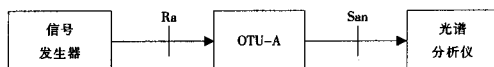


图 14 -20dB 谱宽和最小边模抑制比测试配置

6.1.8.3 测试步骤

(1) 如图 14 所示连接好测试配置。

(2) 设定光谱分析仪显示的波长范围, 将光谱分析仪的分辨率设置为最小值 (不大于 0.05 nm), 调节光谱分析仪的幅度标尺, 使波形以适当的幅度显示在屏幕的中间, 以便于观察和读数。

(3) 将光标定位在主纵模的峰值处, 找到相对于峰值跌落 20dB 处, 并读出此时的光谱宽度。支持自动测量-20dB 谱宽的光谱分析仪可直接读取。

6.1.9 上路 OTU 的最小边模抑制比

6.1.9.1 定义

边模抑制比 (SMSR) 指的是最坏发射条件时, 全调制条件下主纵模的平均光功率与最显著边模的光功率之比。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.1 的表 9。

6.1.9.2 测试配置

测试配置: 如图 14 所示。

测试仪表: 信号发生器、光谱分析仪。

6.1.9.3 测试步骤

(1) 如图 14 连接好测试配置。

(2) 设定光谱分析仪显示的波长范围, 将光谱分析仪的分辨率设置为最小值 (不大于 0.05 nm), 调节光谱分析仪的幅度标尺, 使主纵模和边模以适当的幅度显示在屏幕上, 以便于观察和读数。

(3) 调整纵向光标, 分别读出主纵模和最大边模的平均峰值光功率, 计算两功率 (单位为 dBm) 之差即得到边模抑制比的数值 (单位为 dB)。支持自动测量边模抑制比的光谱分析仪, 可直接读取。

6.1.10 上路 OTU 的抖动产生 (仅适于 SDH 端口)

6.1.10.1 指标

承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的抖动产生指标见 YD/T1205-2002 中 8.5 的表 12。

6.1.10.2 测试配置

测试配置: 如图 15 所示。

测试仪表: SDH 抖动分析仪、光衰减器。

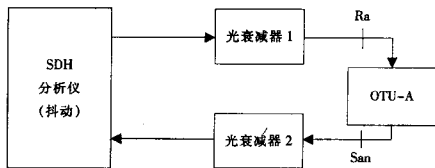


图 15 OTU 的抖动性能测试配置

6.1.10.3 测试步骤

(1) 按图 15 所示连接好测试配置。

(2) 调节光衰减器 1 和 2 的衰减, 使输入到上路 OTU 和 SDH 抖动分析仪的信号功率在抖动测试的动态范围内。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} , 信号映射复用结构采用 VC-4-16c; STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} , 信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式, 根据被测 SDH 信号的速率, 适当设置 SDH 抖动分析仪的抖动测量滤波器。注意 SDH 分析仪的输出应是无抖动的信号。

(4) 分别测试 B1 和 B2 值, 连续进行不少于 60s 的测量, 读出并记录最大峰-峰值。

6.1.11 上路 OTU 的输入抖动容限 (仅适于 SDH 端口)

6.1.11.1 指标

承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的输入抖动容限指标见 YD/T1205-2002 中 8.7 的图 12 和表 14。

6.1.11.2 测试配置

测试配置：如图 15 所示。

测试仪表：SDH 抖动分析仪、光衰减器。

6.1.11.3 测试步骤

(1) 按图 15 所示连接好测试配置。

(2) 调节光衰减器 1 和 2 的衰减，使输入到上路 OTU 和 SDH 抖动分析仪的信号功率在抖动测试的范围内。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，在 SDH 抖动分析仪上激活抖动容限的测试项，选择 G.825 的抖动容限模板，并设置合适的测试频率点数目（建议为 15~25 个测试点），启动仪表开始自动测试。

(4) 将测试所得的抖动容限曲线与相应的 G.825 抖动容限模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

6.1.12 上路 OTU 的抖动传递函数（仅适于 SDH 端口）

6.1.12.1 定义

抖动传递函数指的是设备输出信号的抖动与所加输入信号的抖动之比依抖动频率变化的关系。承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的抖动传递函数指标见 YD/T1205-2002 中 8.6 的图 10 和表 13。

6.1.12.2 测试配置

测试配置：如图 16 所示。

测试仪表：SDH 抖动分析仪、光衰减器。

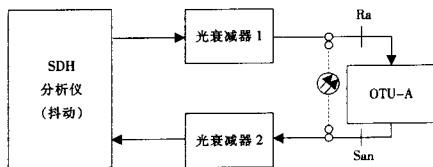


图 16 OTU 的抖动传递函数测试配置

6.1.12.3 测试步骤

(1) 如图 16 所示连接好测试配置。

(2) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，在 SDH 抖动分析仪上激活抖动传递函数的测试项，选择相应的抖动传递模板，并设置合适的测试频率点数目（建议为 15~25 个测试点）。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 首先断开被测的 OTU，用短路光纤（如图中虚线所示）将 SDH 分析仪自环，调整光衰减器使 SDH 抖动分析仪的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传递函数的自动校准。

(4) 校准完毕后，连接好被测的 OTU，调整光衰减器 1 和 2 使 SDH 抖动分析仪和 OTU 的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传递函数的自动测试。

(5) 将测试所得的抖动传递函数曲线与相应的抖动传递模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

6.1.12.4 注意事项

在 SDH 抖动分析仪上选择抖动传递模板时，对 STM-1/4/16 信号，应选择 G.958A 模板，而对 STM-64 信号，应设置其抖动传递模板的 f_c 为 1MHz，且具有 20dB/10 倍频程滚降特性。

6.1.13 上路 OTU 的接收机反射系数

6.1.13.1 定义

接收机反射系数是指在参考点 R_a 处的反射光功率与人射光功率之比。指标见 YD/T1205-2002 中

8.4.1 中的表 9。

6.1.13.2 测试配置

测试配置：如图 17 所示。

测试仪表：光回波损耗测试仪。



图 17 接收机反射测试配置

6.1.13.3 测试步骤

a) 将光回波损耗测试仪的波长设置在上路 OTU 的接收窗口 (1310 nm 或 1550 nm)，校准好光回波损耗测试仪。

b) 如图 17 连接好测试配置。将 OTU 设为正常工作状态。从光回波损耗测试仪上读出反射系数并记录。

6.2 下路 OTU

6.2.1 下路 OTU 的平均发送光功率

6.2.1.1 定义

下路 OTU 的平均发送光功率是指在参考点 Sd 由发送机耦合到光纤的平均功率。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.1.2 测试配置

测试配置：如图 18 所示。

测试仪表：信号发生器（对 SDH 类型的 OTU 为 SDH 分析仪，对 GE 类型的 OTU 为数据网络性能分析仪）、光功率计。

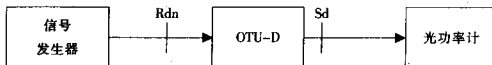


图 18 下路 OTU 的平均发送光功率测试配置

6.2.1.3 测试步骤

(1) 如图 18 所示连接好测试配置。

(2) 将光功率计设置在下路 OTU 的发送信号的波长窗口，待读数稳定之后，读出并记录光功率数值。

6.2.2 下路 OTU 的接收灵敏度

6.2.2.1 承载 SDH 信号的 OTU-D (STM-1/4/16/64)

6.2.2.1.1 定义

定义同 6.1.2.1.1。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.2.1.2 测试配置

测试配置：如图 19 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光功率计、光衰减器。

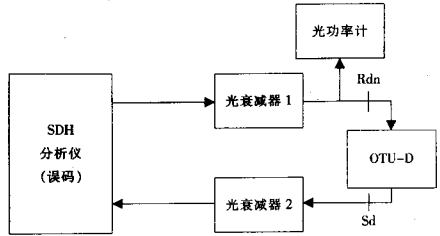


图 19 下路 OTU (承载 SDH 信号) 的接收灵敏度和过载功率测试配置

6.2.2.1.3 测试步骤

- (1) 如图 19 所示连接好测试配置，设置 SDH 误码分析仪的输出信号工作在 1 550 nm 窗口。
- (2) 设置 SDH 误码分析仪向下路 OTU 送入适当的 PRBS 测试信号。
- (3) 调整光衰减器 1，用 SDH 误码分析仪测量误码率保持在 10^{-11} 量级。
- (4) 从光功率计上读出并记录光功率值。
- (5) 逐渐增加光衰减值，重复步骤 (3) 和 (4)，分别测出误码率处于 10^{-10} 、 10^{-9} 、 10^{-8} 和 10^{-7} 量级时 Rdn 点的接收光功率值。
- (6) 按照外推法，在双对数坐标纸（纵坐标应取两次对数，横坐标为线性）上画出接收光功率-BER 的对应曲线， $BER=1.0 \times 10^{-12}$ 所对应的光功率即为下路 OTU 的接收灵敏度。

6.2.2.2 承载 GE 信号的 OUT-D (1000Base-SX/1000Base-LX)

6.2.2.2.1 定义

定义同 6.1.2.2.1，指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.2.2.2 测试配置

测试配置：如图 20 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪、光功率计、光衰减器。

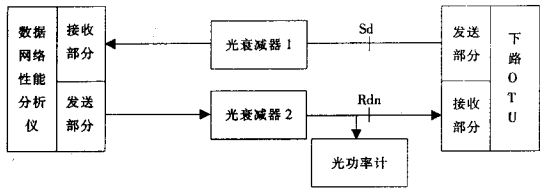


图 20 下路 OUT (承载 GE 信号) 的 (1000Base-SX/1000Base-LX) 接收灵敏度和过载功率测试配置

6.2.2.2.3 测试步骤

- (1) 如图 20 所示连接测试配置。
- (2) 控制数据网络性能分析仪发送数据包，调整光衰减器 2，衰减由小到大，直到出现与比特误码率 (BER) 为 1.0×10^{-12} 所对应的丢包率为止。
- (3) 用光功率计读出并记录此时的光功率值。

6.2.2.2.4 注意事项

对于与比特误码率 (BER) 所对应的丢包率，可以采用如下计算方法。

丢包率 = $1 - (1 - BER)^n$

其中： n 为以太网帧的比特数，1518 字节情况最坏；千兆比特误码率为 1.0×10^{-12} 。

6.2.3 下路 OTU 的过载功率

6.2.3.1 承载 SDH 信号的 OTU-D (STM-1/4/16/64)

6.2.3.1.1 定义

定义同 6.1.3.1.1。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.3.1.2 测试配置

测试配置：如图 19 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光功率计、光衰减器。

6.2.3.1.3 测试步骤

- (1) 如图 19 所示连接好测试配置。
- (2) 设置 SDH 误码分析仪向下路 OTU 送入 PRBS 测试信号。
- (3) 调整光衰减器，逐渐减小衰减值，使下路 OTU 的接收光功率为过载功率指标要求的值，如果测试无误码即为满足标准要求。
- (4) 若想测得过载功率的具体值，则继续减小衰减值，使误码仪测得的误码率尽量接近但不大于 1.0×10^{-12} ，从光功率计上读出并记录此时接收的光功率值。

6.2.3.2 承载 GE 信号的 OTU-D (1000Base-SX/1000Base-LX)

6.2.3.2.1 定义

定义同 6.1.3.2.1。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.3.2.2 测试配置

测试配置：如图 20 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪、光功率计、光衰减器

6.2.3.2.3 测试步骤

- (1) 如图 20 连接测试配置。
- (2) 控制数据网络性能分析仪发送数据包，调整光衰减器，衰减由大到小，直到出现与比特误码率 (BER) 10^{-12} 所对应的丢包率为止。
- (3) 用光功率计读出并记录此时的光功率值。

6.2.4 下路 OTU 的发送信号眼图

6.2.4.1 定义

定义同 6.1.4.1。指标见 YD/T 1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.4.2 测试配置

测试配置：如图 21 所示。

测试仪表：信号发生器、通信信号分析仪。

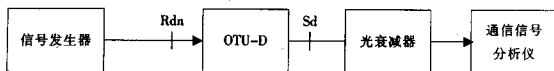


图 21 下路 OTU 的发送信号眼图和消光比测试配置

6.2.4.3 测试步骤

- (1) 如图 21 所示连接好测试配置。
- (2) 调整光衰减器，使通信信号分析仪的输入光功率处于它的动态范围内。
- (3) 调整通信信号分析仪，开启与被测信号相应的滤波器。待波形稳定后，调出通信信号分析仪内存储的相应眼图模板，通过调整，与波形对准。
- (4) 观察波形是否符合相应的眼图模板。

6.2.5 下路 OTU 的消光比

6.2.5.1 定义

定义同 6.1.5.1。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.5.2 测试配置

测试配置：如图 21 所示。

测试仪表：信号发生器、通信信号分析仪。

6.2.5.3 测试步骤

- (1) 如图 21 所示连接好测试配置。
- (2) 调整光衰减器，使通信信号分析仪的输入光功率处于它的动态范围内。
- (3) 调整通信信号分析仪，待波形稳定后，从仪表上读出消光比的数值。

6.2.6 下路 OTU 的 GE 光发送信号波形参数 (适于 GE 端口)

6.2.6.1 定义

光发送信号波形参数包括上升时间、下降时间、脉冲过冲及振荡等。上升时间是发射光信号的 20%~80% 的时间。下降时间是发射光信号的 80%~20% 的时间。指标见 YD/T1141-2001 的 5.1.1 (1000Base-LX, <0.26ns) 和 5.1.2 (1000Base-SX, <0.21ns)。

6.2.6.2 测试配置

测试配置：如图 21 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪、通信信号分析仪

6.2.6.3 测试步骤

- (1) 如图 21 所示连接好测试配置。
- (2) 调整光衰减器，使通信信号分析仪的输入光功率处于它的动态范围内。
- (3) 调整通信信号分析仪，待波形稳定后，从仪表上测试并记录上升时间和下降时间的数值。

6.2.7 下路 OTU 的中心波长

6.2.7.1 定义

定义同 6.1.6.1。指标见 YD/T 1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.7.2 测试配置

测试配置：如图 22 所示。

测试仪表：信号发生器、光谱分析仪。

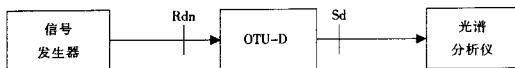


图 22 下路 OTU 的中心波长测试配置

6.2.7.3 测试步骤

- (1) 如图 22 所示连接好测试配置。
- (2) 设置信号发生器的发送信号工作在 1550 nm 窗口。
- (3) 设置光谱分析仪的显示波长范围并将波形显示在屏幕中央，读出并记录峰值处的中心波长值。

6.2.8 下路 OTU 的最小边模抑制比

6.2.8.1 定义

定义同 6.1.9.1。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.8.2 测试配置

测试配置：如图 22 所示。

测试仪表：信号发生器、光谱分析仪。

6.2.8.3 测试步骤

- (1) 如图 22 所示连接好测试配置。
- (2) 设置信号发生器的发送信号工作在 1 550 nm 窗口。
- (3) 设定光谱分析仪显示的波长范围, 将光谱分析仪的分辨率设置为最小值 (不大于 0.05nm), 调节光谱分析仪的幅度标尺, 使主纵模和边模以适当的幅度显示在屏幕上, 以便于观察和读数。
- (4) 调整纵向光标, 分别读出主纵模和边模的平均光功率, 计算两功率 (单位为 dBm) 之差即得到边模抑制比的数值 (单位为 dB)。对于支持自动测量边模抑制比的光谱分析仪, 可直接读取。

6.2.9 下路 OTU 的最大-20dB 谱宽 (适于 SLM 激光器)

6.2.9.1 定义

最大-20dB 谱宽是单纵模 (SLM) 激光器的光谱特性参数, 它表示相对于光信号最大峰值功率跌落 20dB 时的最大全宽。指标见 GB/T 15941-1995 中 7.3.3.1 的表 4、表 5、表 6。

6.2.9.2 测试配置

测试配置: 如图 22 所示。

测试仪表: 信号发生器、光谱分析仪。

6.2.9.3 测试步骤

- (1) 如图 22 所示连接好测试配置。
- (2) 设置信号发生器的发送信号工作在 1 550 nm 窗口。
- (3) 设定光谱分析仪显示的波长范围并将波形显示在屏幕中央, 将分辨率设置为最小值 (不大于 0.05nm)。调节光谱分析仪的幅度标尺, 使波形以适当的幅度显示在屏幕的中间, 以便于观察和读数。
- (4) 将光标定位在主纵模的峰值处, 找到相对于峰值跌落 20dB 处, 并读出此时的光谱宽度。对于支持自动测量-20dB 谱宽的光谱分析仪, 可直接读取。

6.2.10 下路 OTU 的最大均方根谱宽 (σ_{rms}) (适于 MLM 激光器)

6.2.10.1 定义

最大均方根谱宽是发光二极管 (LED) 和多纵模 (MLM) 激光器的光谱特性参数。 σ_{rms} 表示规定光谱积分区内的总功率, 积分区的边界功率相当于主峰跌落 20dB-30dB。指标见 GB/T 15941-1995 中 7.3.3.1 表 4、表 5、表 6。

6.2.10.2 测试配置

测试配置: 如图 22 所示。

测试仪表: 信号发生器、光谱分析仪。

6.2.10.3 测试步骤

- (1) 如图 22 连接好测试配置。
- (2) 设置信号发生器的发送信号工作在 1550nm 窗口。
- (3) 设定光谱分析仪显示的波长范围并将波形显示在屏幕中央。
- (4) 定义积分区边界 λ_1 和 λ_2 , 通常选取光功率下降到-20dB, -25dB, 或-30dB 的点对应的波长为 λ_1 和 λ_2 。
- (5) 读出最大均方根谱宽

$$\sigma_{\text{rms}} = \sqrt{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (\lambda - \lambda_0)^2 \cdot \rho(\lambda) d\lambda} / \sqrt{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) d\lambda}$$

6.2.11 下路 OTU 的抖动产生 (仅适于 SDH 端口)

6.2.11.1 指标

承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的抖动产生指标见 YD/T1205-2002 中 8.5 的表 12。

6.2.11.2 测试配置

测试配置: 如图 23 所示。

测试仪表: SDH 抖动分析仪、光衰减器。

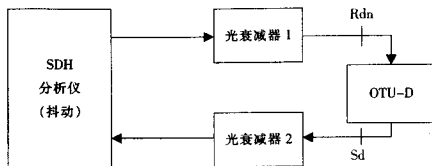


图 23 下路 OTU 的抖动性能测试配置

6.2.11.3 测试步骤

(1) 按图 23 所示连接好测试配置。

(2) 调节光衰减器 1 和 2 的衰减，使输入到下路 OTU 和 SDH 抖动分析仪的信号功率在抖动测试的动态范围内。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，根据被测 SDH 信号的速率，适当设置 SDH 抖动分析仪的抖动测量滤波器。注意 SDH 分析仪的输出应是无抖动的信号。

(4) 分别测试 B1 和 B2 值，连续进行不少于 60s 的测量，读出并记录最大峰—峰值。

6.2.12 下路 OTU 的输入抖动容限 (仅适于 SDH 端口)

6.2.12.1 指标

承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的输入抖动容限指标见 YD/T 1205-2002 中 8.7 的图 12 和表 14。

6.2.12.2 测试配置

测试配置：如图 23 所示。

测试仪表：SDH 抖动分析仪、光衰减器。

6.2.12.3 测试步骤

(1) 按图 23 所示连接好测试配置。

(2) 调节光衰减器 1 和 2 的衰减，使输入到下路 OTU 和 SDH 抖动分析仪的信号功率在抖动测试的范围内。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，在 SDH 抖动分析仪上激活抖动容限的测试项，选择 G.825 的抖动容限模板，并设置合适的测试频率点数目（建议为 15~25 个测试点），启动仪表开始自动测试。

(4) 将测试所得的抖动容限曲线与相应的 G.825 抖动容限模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

6.2.13 下路 OTU 的抖动传递函数 (仅适于 SDH 端口)

6.2.13.1 定义

定义同 6.1.12.1。承载 SDH 信号格式的 3R OTU 的抖动传递函数指标见 YD/T 1205-2002 中 8.6 的图 10 和表 13。

6.2.13.2 测试配置

测试配置：如图 24 所示。

测试仪表：SDH 抖动分析仪、光衰减器。

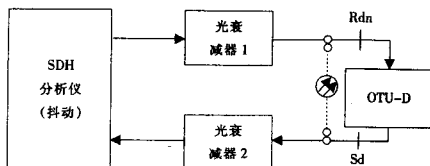


图 24 下路 OTU 的抖动传递函数测试配置

6.2.13.3 测试步骤

- (1) 如图 24 连接好测试配置。
- (2) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，在 SDH 抖动分析仪上激活抖动传递函数的测试项，选择 G.958A 的抖动传递函数模板，并设置合适的测试频率点数目（建议为 15~25 个测试点）。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。
- (3) 首先断开被测的 OTU，用短路光纤（如图中虚线所示）将 SDH 分析仪自环，调整光衰减器使 SDH 抖动分析仪的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传递函数的自动校准。
- (4) 校准完毕后，连接好被测的 OTU，调整光衰减器 1 和 2 使 SDH 抖动分析仪和 OTU 的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传递函数的自动测试。
- (5) 将测试所得的抖动传递函数曲线与相应的 G.958A 抖动传递函数模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

6.2.14 下路 OTU 的接收机反射系数

6.2.14.1 定义

同“6.1.13.1”。指标见 YD/T1205-2002 中 8.4.2 的表 10。

6.2.14.2 测试配置

测试配置：如图 25 所示。

测试仪表：光回波损耗测试仪。

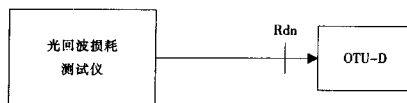


图 25 下路 OTU 的接收机反射测试配置

6.2.14.3 测试步骤

- a) 将光回波损耗测试仪的波长设置在下路 OTU 的接收窗口（1550nm），校准好光回波损耗测试仪。
- b) 如图 25 连接好测试配置。将 OTU 设为正常工作状态。从光回波损耗测试仪上读出反射系数并记录。

6.3 上路+下路 OTU 的 B1/J0 不介入监视功能

6.3.1 定义

根据 YD/T1205-2002 8.3.1 和 8.3.2 的规定，对采用 STM-N 信号结构的 SDH、ATM 或 IP POS 业务，上路和下路 OTU 应具有监视再生段开销 B1 和 J0 字节的功能。具体如下：

- a. 对 B1 字节的不介入监视功能，可以监视和统计接收信号的误码个数，但不终结 B1 字节。
- b. 对 J0 字节的不介入监视功能，应可以查看所接收的 J0 字节的内容；当 J0 踪迹字节失配时网管系统应产生相应的告警。

6.3.2 测试配置

测试配置：如图 26 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光衰减器。

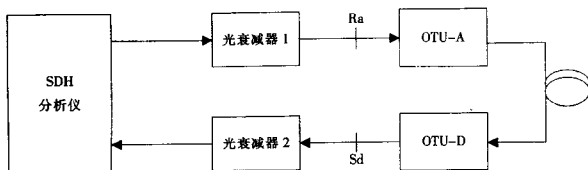


图 26 B1/J0 的不介入监视功能测试配置

6.3.3 测试步骤

(1) 如图 所示，选择一个波长通路作为被测信道，分别连接好 SDH 分析仪和上路、下路 OTU。

(2) 在网管系统上将上路和下路 OTU 的 B1 误码计数清 0，设置 SDH 分析仪的发送信号，用插入单个 B1 误码的方式插入 n 个误码。可在 SDH 分析仪的接收端检测到 B1 误码计数 m ， m 应等于 n 。在网管系统上应查看到该波长通路的上路 OTU 和下路 OTU 的误码计数都等于 n ，表明具备 B1 字节的不介入监视功能。

(3) 设置 SDH 分析仪发送信号的 J0 字节内容，应在 SDH 分析仪的接收端检测到相同的 J0 字节内容。通过网管系统可查看上路和下路 OTU 所接收 J0 字节的内容。设置 OTU 的 J0 期望值与所接收的 J0 字节不同，网管系统应产生相应的 J0 踪迹字节失配告警。

6.4 具备 FEC 功能的 OTU（可选）

在 OTU 具备 FEC 功能的情况下，若 FEC 可以关闭且信号速率降为标准的 STM-N 信号速率，则按照 6.2 节和 6.3 节对上路和下路 OTU 分别进行测试。若 FEC 不能关闭或关闭 FEC 后信号速率仍不是标准的 STM-N 信号速率，则应采用上路 OTU+下路 OTU 的测试配置，对与信号格式和速率相关的以下性能参数进行测试，而平均发送光功率、中心波长、边模抑制比、接收反射系数等参数的测试，可参照 6.2 节和 6.3 节的相应部分。

6.4.1 上路 OTU 的平均发送光功率

同“6.1.1”。

6.4.2 上路 OTU 的接收灵敏度和过载功率（FEC 打开）

6.4.2.1 测试配置

测试配置：如图 27 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光功率计、光衰减器。

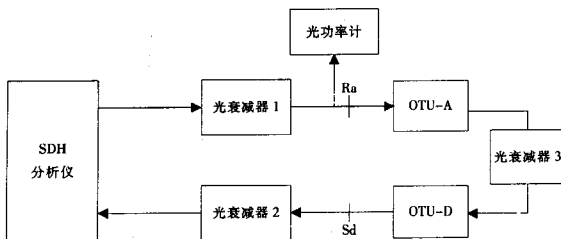


图 27 上路 OTU 的接收灵敏度和过载功率测试配置（FEC 打开）

6.4.2.2 测试步骤

(1) 如图 27 所示连接好测试配置, 设置 SDH 误码分析仪的发送信号工作在上路 OTU 的接收窗口, 并向上路 OTU 送入适当的 PRBS 测试信号。

(2) 调整光衰减器 1, 用 SDH 误码分析仪测量误码率保持在 10^{-11} 量级, 从光功率计上读出并记录 R_a 点的接收光功率值。

(3) 逐渐增加光衰减值, 重复步骤 (2), 分别测出误码率处于 10^{-10} 、 10^{-9} 、 10^{-8} 和 10^{-7} 量级时 R_a 点的接收光功率值。

(4) 按照外推法, 在双对数坐标纸 (纵坐标应取两次对数, 横坐标为线性) 上画出接收光功率-BER 的对应曲线, $BER=1.0 \times 10^{-12}$ 所对应的光功率即为上路 OTU 的接收灵敏度。

(5) 逐渐减小光衰减值, 使上路 OTU 的接收光功率为过载功率指标要求的值, 如果测试无误码即为满足标准要求。

(6) 若想测得过载功率的具体值, 则继续减小衰减值, 使 SDH 分析仪测得的误码率尽量接近但不大于 1.0×10^{-12} , 从光功率计上读出并记录此时的光功率值, 即为接收过载功率。

6.4.3 上路 OTU 的发送信号眼图和消光比

同 6.1.4 和 6.1.5。

注意: 通信信号分析仪应支持开启 FEC 后的信号速率的时钟恢复和滤波器。

6.4.4 上路 OTU 的中心波长 (频率) 和中心波长 (频率) 偏移

同 6.1.6 和 6.1.7。

6.4.5 上路 OTU 的 -20dB 谱宽和最小边模抑制比

同 6.1.8 和 6.1.9。

6.4.6 上路 OTU 的接收机反射系数

同 6.1.13。

6.4.7 下路 OTU 的平均发送光功率

6.4.7.1 测试配置

测试配置: 如图 28 所示。

测试仪表: SDH 分析仪、光功率计、光衰减器。

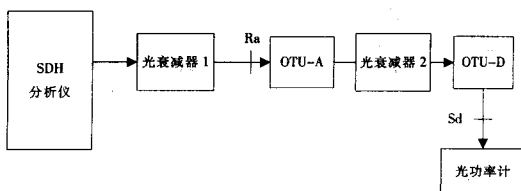


图 28 下路 OTU 的平均发送光功率测试配置 (FEC 打开)

6.4.7.2 测试步骤

同 6.2.1.3。

6.4.8 下路 OTU 的接收灵敏度和过载功率

6.4.8.1 测试配置

测试配置: 如图 29 所示。

测试仪表: SDH 分析仪、光可调衰减器、光功率计。

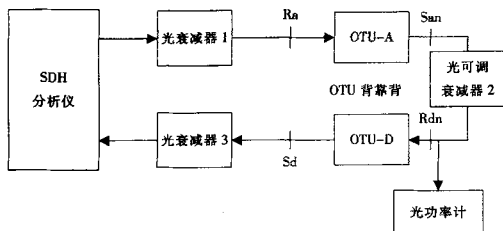


图 29 下路 OTU 的接收灵敏度和过载功率测试配置 (FEC 打开)

6.4.8.2 测试步骤

- (1) 如图 29 所示连接好测试配置，设置 SDH 分析仪的发送信号工作在上路 OTU 的接收窗口。
- (2) 设置 SDH 分析仪向上路 OTU 送入适当的 PRBS 测试信号，调整光衰减器，使 SDH 分析仪、上路 OTU 和下路 OTU 工作在适合的接收功率状态。
- (3) 调整光可调衰减器 2，用 SDH 误码分析仪测量误码率保持在 10^{-11} 量级，从光功率计上读出并记录 Rdn 点的接收光功率值。
- (4) 逐渐增加光衰减值，重复步骤 (3)，分别测出误码率处于 10^{-10} 、 10^{-9} 、 10^{-8} 和 10^{-7} 量级时 Rdn 点的接收光功率值。
- (5) 按照外推法，在双对数坐标纸（纵坐标应取两次对数，横坐标为线性）上画出接收光功率-BER 的对应曲线， $\text{BER}=1.0 \times 10^{-12}$ 所对应的光功率即为下路 OTU 的接收灵敏度。
- (6) 调整光衰减器，逐渐减小衰减值，使下路 OTU 的接收光功率为过载功率指标要求的值，如果测试无误码即为满足标准要求。
- (7) 若想测得过载功率的具体值，则继续减小衰减值，使 SDH 误码分析仪测得的误码率尽量接近但不大于 1.0×10^{-12} ，从光功率计上读出并记录此时接收的光功率值，即为接收过载功率。

6.4.9 下路 OTU 的发送信号眼图和消光比

6.4.9.1 测试配置

测试配置：如图 30 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、通信信号分析仪、光衰减器。

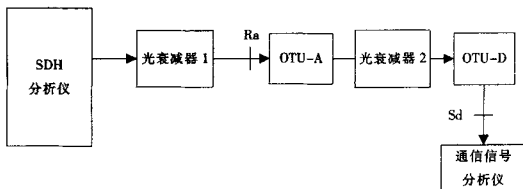


图 30 下路 OTU 的发送信号眼图和消光比测试配置 (FEC 打开)

6.4.9.2 测试步骤

同 6.2.4.3 和 6.2.5.3。

6.4.10 下路 OTU 的中心波长和最小边模抑制比

6.4.10.1 测试配置

测试配置：如图 31 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光谱分析仪、光衰减器。

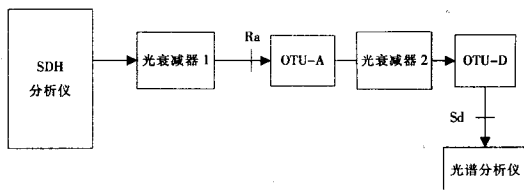


图 31 下路 OTU 的中心波长和最小边模抑制比测试配置 (FEC 打开)

6.4.10.2 测试步骤

同 6.2.7.3 和 6.2.8.3。

6.4.11 下路 OTU 的接收机反射系数

同 6.2.14。

6.4.12 上路+下路 OTU 的输入抖动容限

6.4.12.1 指标

该项测试适于 FEC 打开的状态，上路+下路 OTU 的输入抖动容限指标可参见 YD/T1205-2002 中“8.7”图 12 和表 14 的规范。

6.4.12.2 测试配置

测试配置：如图 29 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光衰减器、光功率计。

6.4.12.3 测试步骤

(1) 按图 15 所示连接好测试配置。

(2) 调节光衰减器 1、2 和 3 的衰减，使输入到上路 OTU、下路 OTU 和 SDH 分析仪的信号功率在抖动测试的范围内。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} ，信号映射复用结构采用 VC-4-16c；STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} ，信号映射复用结构采用 VC-4-64c。

(3) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式，在 SDH 抖动分析仪上激活抖动容限的测试项，选择 G.825 的抖动容限模板，并设置合适的测试频率点数目（建议为 15~25 个测试点），启动仪表开始自动测试。

(4) 将测试所得的抖动容限曲线与相应的 G.825 抖动容限模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

6.4.13 上路+下路 OTU 的抖动传递函数

6.4.13.1 指标

该项测试适于 FEC 打开的状态，上路+下路 OTU 的抖动传递函数指标可参见 YD/T1205-2002 中 8.6 图 10 和表 13 的规范。

6.4.13.2 测试配置

测试配置：如图 32 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、光衰减器。

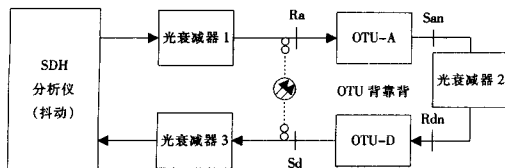


图 32 上路+下路 OTU 的抖动传递函数测试配置

6.4.13.3 测试步骤

- (1) 如图 32 所示连接好测试配置。
- (2) 设置 SDH 抖动分析仪为内部定时方式, 在 SDH 抖动分析仪上激活抖动传递函数的测试项, 选择相应的抖动传函模板, 并设置合适的测试频率点数目 (建议为 15~25 个测试点)。设定 STM-16 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-23} , 信号映射复用结构采用 VC-4-16c; STM-64 采用的 PRBS 为 1.0×10^{-31} , 信号映射复用结构采用 VC-4-64c。
- (3) 断开被测的上路和下路 OTU, 用短路光纤 (如图中虚线所示) 将 SDH 分析仪自环, 调整光衰减器 1 和 3, 使 SDH 分析仪的接收信号功率在抖动测试的范围内, 启动抖动传函的自动校准。
- (4) 校准完毕后, 连接好被测的上路和下路 OTU, 调整光衰减器 1、2 和 3 使 SDH 分析仪和 OTU 的接收信号功率在抖动测试的范围内, 启动抖动传函的自动测试。
- (5) 将测试所得的抖动传递函数曲线与相应的抖动传函模板进行比较, 判定是否合格并存储结果。

6.4.14 带外 FEC 功能验证

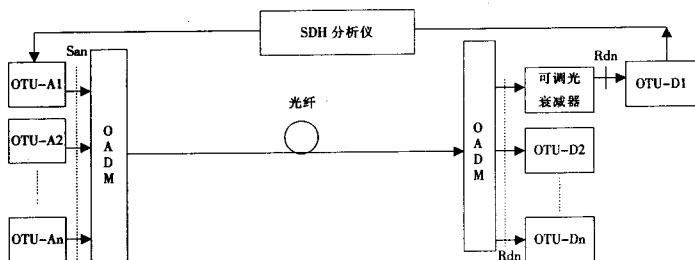
6.4.14.1 定义

带外 FEC 即在原有的 SDH 信号帧结构之外采用额外的冗余字节进行前向纠错, 改善了系统光信噪比 (OSNR) 和接收灵敏度的预算, 延长了系统传输距离。

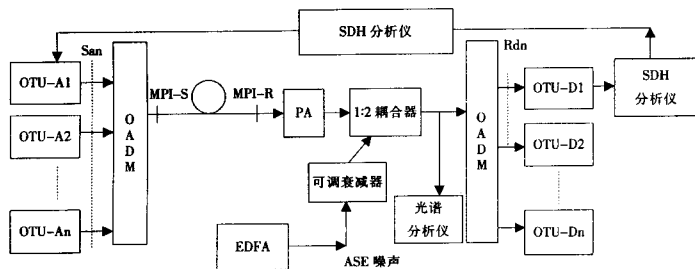
6.4.14.2 测试配置

测试配置: 如图 33 所示, 在两纤双向 WDM 环网正常工作并且禁止 APR 和环网保护功能的条件下进行测试。注意该测试项仅适用于 FEC 功能可以关闭的设备。

测试仪表: 光衰减器、SDH 分析仪、光谱分析仪。



(a) OADM 节点未配置光放大器的测试配置



(b) OADM 节点配置光放大器的测试配置

图 33 带外 FEC 功能验证

6.4.14.3 测试步骤

a) OADM 节点未配置光放大器的情况

(1) 关闭 FEC 功能, 通过调节光衰减器 1, 使 SDH 分析仪的误码率读数在 10^{-10} 的量级上, 待误码仪上的读数稳定后读出并记录误码率, 并从光功率计上读出并记录此时下路 OTU 接收端的光功率。

(2) 重复步骤 (1), 分别测得对应误码率为 10^{-9} 、 10^{-8} 、 10^{-7} 和 10^{-6} 量级的接收光功率值, 通过外推法得到误码率为 1.0×10^{-12} 时下路 OTU 的接收灵敏度值。

(3) 开启 FEC 功能, 用同样的方法得到误码率为 1.0×10^{-12} 时下路 OTU 的接收灵敏度值。

(4) 两次得到的接收灵敏度值之差即为带外 FEC 对系统的改善量。

b) OADM 节点配置光放大器的情况

(1) 关闭 FEC 功能, 通过在前置放大器 (PA) 后加入 ASE 噪声, 改变 OSNR 的大小, SDH 分析仪在下路 OTU 的输出端监测误码率的多少, 一个 OSNR 值对应一个误码率, 分别测得误码率在 10^{-10} 、 10^{-9} 、 10^{-8} 和 10^{-7} 时的 OSNR 值, 通过外推法得到误码率为 1.0×10^{-12} 时的 OSNR 值。

(2) 开启 FEC 功能, 用同样的方法得到误码率为 1.0×10^{-12} 时的 OSNR 值。

(3) 两次得到的 OSNR 值之差即为带外 FEC 对系统所能容纳 OSNR 的改善量。

7 OADM 的节点结构、波长上下数量和基本功能验证

7.1 OADM 的节点结构类型和波长上下数量

参照 YD/T 1205-2002 的附录 A 和 6.2, 检查并验证 OADM 的节点结构类型及其波长上下的具体数量, 如表 2 所示。

表 2 OADM 的节点结构类型和波长上下数量

设备型号	并型	串型	串并型混合	波长上下数量	备注

7.2 基本功能验证

根据 YD/T 1205-2002 的“6.1”, 检查并验证 OADM 的 7 个基本功能, 如表 3 所示。

表 3 OADM 基本功能验证

OADM 基本功能	是否支持	备注
1. 可分插复用不同信号速率的波长		
2. 支持 5 种环网保护倒换方式中的一种		
3. 对上下路波长的操作不应影响直接通过 OADM 的波长		
4. 可以在本地或远端进行上下波长的控制		
5. 上游光纤断纤的情况下, 不影响下游业务的正常工作		
6. 在 WDM 环网上应采取措施防止光通路错连, 避免造成光信号自环		具体测试方法见附录 A。
7. 在环网光功率预算允许的情况下, 并行结构的 OADM 应能实现波长数量的在线升级, 有保护功能的串行结构 OADM 进行波长升级时保护倒换时间应小于 50ms		
注: 对于波长固定上下路的 OADM 只需满足功能 1、2、5、6 的要求。		

8 WDM 环网的保护倒换方式、准则和时间测试

8.1 支持的保护倒换方式

按照 YD/T 1205-2002 的 10.1 对保护方式的规定，检查并记录 WDM 环网具体支持的保护倒换方式，如表 4 所示。

表 4 WDM 环网支持的保护倒换方式

	保护方式	是否支持	备注
1	单向光通道保护倒换 (UPSR)		
2	单向光线路保护倒换 (ULSR)		
3	双向光线路共享保护倒换 (BLSR)		
4	双向光通道共享保护倒换 (BPSR)		
5	光子网连接保护倒换 (OSNCP)		

8.2 保护倒换准则测试

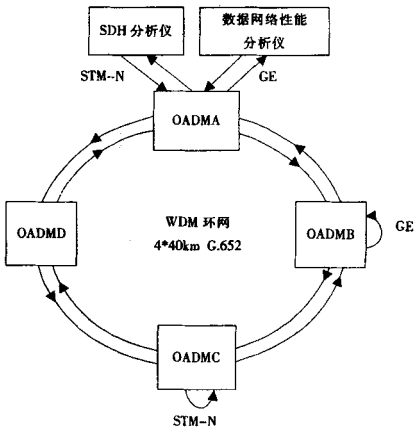
8.2.1 指标

光通道和子网连接保护倒换环的保护倒换准则应符合 YD/T 1205-2002 的 10.3.1 的规范，光线路保护倒换环的保护倒换准则应符合 YD/T 1205-2002 的 10.3.2 的规范。

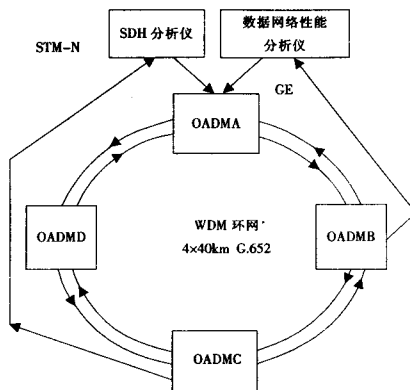
8.2.2 测试配置

测试配置：如图 34 所示。

测试仪表：SDH 分析仪、数据网络性能分析仪。



(a) 双向业务配置 (远端环回，适合工程现场测试)



(b) 单向业务配置 (适合实验室测试)

图 34 WDM 环网的保护倒换测试配置

8.2.3 测试步骤

(1) 如图 34 所示连接好测试配置。

(2) 设置好 SDH 分析仪的发送和接收信号，配置一个从节点 A 到节点 C 的双向波长业务 (STM-N)，激活 SDH 分析仪的 APS 时间或业务受损时间测试项。设置好数据网络性能分析仪的发送和接收信号，配置一个从节点 A 到节点 B 的双向波长业务 (GE)，测试 GE 信号的丢包个数。

(3) 对于光通道和子网连接保护倒换环，通过仪表或人工模拟下列倒换条件：检查 WDM 环网是否发生保护倒换，记录相应的保护倒换时间。（对于 SDH 信号，记录业务受损时间；对于 GE 信号，记录丢包数量并换算为相应的业务受损时间。）详见表 5。

表 5 WDM 环网的保护倒换准则测试结果

STM-N 信号	测试操作	是否支持
1.输入光通道信号丢失 (LOS)	测试在以下情况是否发生倒换： 1. 人工拔上路 OTU 的 Tx 光纤或下路 OTU 的 Rx 光纤。 2. 通过 SDH 分析仪在下路 OTU 的 Rx 前插入 LOS 告警。 (该仪表以直通模式插入在 ODU 和接收 OTU 之间)	
2.输入光通道信号劣化 (SD)		
(1) 采用 STM-N 信号结构的 SDH、POS、ATM 业务的 B1 误码超限	通过 SDH 分析仪在下路 OTU 的 Rx 前插入 B1 误码，测试是否发生倒换。（该仪表以直通模式插入在 ODU 和接收 OTU 之间）	
(2) 其它待定	-	
GE 信号	测试操作	是否支持
1.输入光通道信号丢失 (LOS)	测试在以下情况是否发生倒换： 人工拔上路 OTU 的 Tx 光纤或下路 OTU 的 Rx 光纤	

(4) 对于光线路保护倒换环 (ULSR 和 BLSR), 人工模拟下列倒换条件: 检查 WDM 环网是否发生保护倒换, 记录相应的保护倒换时间。(对于 SDH 信号, 记录业务受损时间; 对于 GE 信号, 记录丢包数量并换算为相应的业务受损时间。)

STM-N 信号	测试操作	是否支持
线路光信号丢失 (LOS)	人工拔线路光纤, 测试是否发生保护倒换	
GE 信号		是否支持
线路光信号丢失 (LOS)		

8.3 保护倒换时间测试

8.3.1 指标

按照 YD/T 1205-2002 的 10.2 的规定, 无论 WDM 环网采用哪一种保护方式, 保护倒换时间应不大于 50 ms。

8.3.2 测试配置

测试配置: 如图 34 所示。

测试仪表: SDH 分析仪、数据网络性能分析仪。

8.3.3 测试步骤

(1) 如图 34 连接好测试配置。

(2) 设置好 SDH 分析仪的发送和接收信号, 配置一个从节点 A 到节点 C 的双向波长业务 (STM-N), 激活 SDH 分析仪的 APS 时间或业务受损时间测试项。设置好数据网络性能分析仪的发送和接收信号, 配置一个从节点 A 到节点 B 的双向波长业务 (GE), 测试 GE 信号的丢包个数。

(3) 对于光通道和子网连接保护倒换环, 通过仪表或人工模拟下列倒换条件: 检查 WDM 环网是否发生保护倒换, 记录相应的保护倒换时间。(对于 SDH 信号, 记录业务受损时间; 对于 GE 信号, 记录丢包数量并换算为相应的业务受损时间。)

表 6 WDM 环网的保护倒换时间测试结果

STM-N 信号	测试操作	保护倒换时间
1. 输入光通道信号丢失 (LOS)	测试以下情况的倒换时间: 1) 人工拔上路 OTU 的 Tx 光纤或下路 OTU 的 Rx 光纤; 2) 通过 SDH 分析仪在下路 OTU 的 Rx 前插入 LOS 告警。 (该仪表以直通模式插入在 ODU 和接收 OTU 之间)	
2. 输入光通道信号劣化 (SD)		
(1) 采用 STM-N 信号结构的 SDH、POS、ATM 业务的 B1 误码超限	通过 SDH 分析仪在下路 OTU 的 Rx 前插入 B1 误码, 测试是否发生倒换。(该仪表以直通模式插入在 ODU 和接收 OTU 之间)	
(2) 其它待定	-	
GE 信号	测试操作	保护倒换时间
1. 输入光通道信号丢失 (LOS)	测试以下情况的倒换时间: 人工拔上路 OTU 的 Tx 光纤或下路 OTU 的 Rx 光纤	

(4) 对于光线路保护倒换环 (ULSR 和 BLSR), 人工模拟下列倒换条件: 检查 WDM 环网是否发生保护倒换, 记录相应的保护倒换时间。(对于 SDH 信号, 记录业务受损时间; 对于 GE 信号, 记录丢包数量并换算为相应的业务受损时间。)

STM-N 信号	测试操作	保护倒换时间
线路光信号丢失 (LOS)	人工拔线路光纤, 有条件时应采用光开关的关断模拟线路中断来测试其保护倒换时间。	
GE 信号		保护倒换时间
线路光信号丢失 (LOS)		

8.3.4 注意事项

进行以上测试时, 各仪表测试出来的“保护倒换时间”都是“业务受损时间”。一般来说, 业务受损时间 = 告警检测时间 + 检测到告警后的倒换时间 + 业务恢复时间 + 传输时延 + 其他不确定因素引起的时间偏差, 具体内容可参见 YD/T 1266-2003《SDH 环网保护倒换测试方法》附录 A《SDH 环网保护倒换时间》。

9 WDM 环网的传输性能测试

9.1 SDH 信号的系统误码性能测试

9.1.1 测试配置

测试配置: 如图 35 所示。

测试仪表: SDH 分析仪。

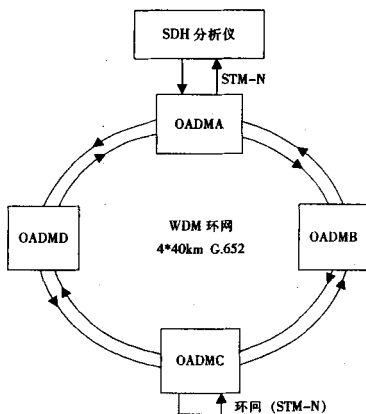


图 35 WDM 环网的系统误码性能测试

9.1.2 测试步骤

- (1) 如图 35 所示连接好测试配置。
- (2) 设置 SDH 分析仪的发送和接收信号, SDH 分析仪为内部定时方式, 配置一个从节点 A 到节点 C 的 STM-N 双向波长业务, 并从来自 SDH 分析仪的接收信号中提取定时。
- (3) 调节光信号的衰减, 使其输入到上路 OTU、下路 OTU 和 SDH 分析仪的信号功率在误码测试的范围内。
- (4) 测试并记录 STM-N 信号的 24h 误码性能。

9.2 SDH 信号的系统输出抖动测试

9.2.1 测试配置

测试配置如图 35 所示。

测试仪表：SDH 分析仪。

9.2.2 测试步骤

- (1) 如图 35 连接好测试配置。
- (2) 设置 SDH 分析仪的发送和接收信号，SDH 分析仪为内部定时方式，配置一个从节点 A 到节点 C 的 STM-N 双向波长业务，并从来自 SDH 分析仪的接收信号中提取定时。
- (3) 调节光信号的衰减，使其输入到上路 OTU、下路 OTU 和 SDH 分析仪的信号功率在抖动测试的范围内。
- (4) 测试 STM-N 信号的系统输出抖动。在 SDH 分析仪上设置适当的测量滤波器，连续进行不少于 60 S 的测量，读出测到的最大抖动峰—峰值，分别记录 B1 和 B2 值。

9.3 以太网信号的吞吐量测试

9.3.1 定义

被测设备不丢包的最大速率。

9.3.2 测试配置

测试配置：如图 36 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪。

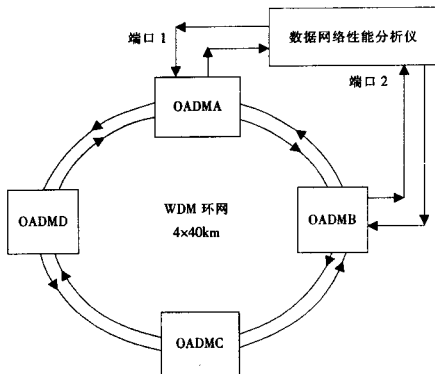


图 36 以太网信号的吞吐量测试配置

9.3.3 测试步骤

- (1) 如图 36 所示连接好测试配置。
- (2) 配置一个点到点的双向 GE 业务，对数据网络性能分析仪进行吞吐量测试设置。
- (3) 测试采用 7 个典型字节：64、128、256、512、1024、1280 和 1518。
- (4) 测试允许的丢包率设置为 0，分辨率设置为 0.1%。
- (5) 测试时间设置为 10 s。
- (6) 执行吞吐量测试，记录测试结果。

9.4 以太网信号的过载丢包率测试

9.4.1 定义

在一稳定的流量下，由于设备的资源缺乏（例如设备上行带宽不足）等原因，导致不能被转发的流

量所占的百分数，表现了设备在超负荷情况下的转发能力。

9.4.2 测试配置

测试配置：如图 36 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪。

9.4.3 测试步骤

- (1) 如图 36 所示连接好测试配置。
- (2) 配置一个点到点的双向 GE 业务，对数据网络性能分析仪进行丢包率测试设置。
- (3) 测试采用 7 个典型字节：64、128、256、512、1024、1280 和 1518。
- (4) 测试的流量以吞吐量为起点，递增到 100% 流量，步长为 10%。
- (5) 测试时间设置为 10s。
- (6) 执行丢包率测试，记录测试结果。

9.5 以太网信号的长期丢包率测试

9.5.1 定义

在正常负荷的情况下，设备长时间（24h）运行下的丢包性能。

9.5.2 测试配置

测试配置：如图 36 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪。

9.5.3 测试步骤

- (1) 如图 36 所示连接好测试配置。
- (2) 配置一个点到点的双向 GE 业务，对数据网络性能分析仪进行丢包率测试设置。
- (3) 数据网络性能分析仪发送等于吞吐量 90% 的固定流量。
- (4) 测试持续 24h，记录丢包结果。

9.5.4 注意事项

- (1) 该项测试在吞吐量测试后执行。

9.6 以太网信号的时延测试

9.6.1 定义

对于存储转发设备来说，时延指输入帧的最后一位到达输入端口，到该帧的第一位出现在输出端口的时间间隔。

对于位转发设备来说，时延指输入帧的第一位到达输入端口到该帧的第一位出现在输出端口的时间间隔。

9.6.2 测试配置

测试配置：图 36 所示。

测试仪表：数据网络性能分析仪。

9.6.3 测试步骤

- (1) 如图 36 所示连接好测试配置。
- (2) 配置一个点到点的双向 GE 业务，对数据网络分析仪进行时延测试设置。
- (3) 测试采用 7 个典型字节：64、128、256、512、1024、1280 和 1518。
- (4) 测试的流量设置为 90% 吞吐量。
- (5) 测试时间设置为 10 s。
- (6) 执行时延测试，记录测试结果。

9.6.4 注意事项

- (1) 该项测试在吞吐量测试后执行。
- (2) 根据设备选用的转发模式记录相应结果数据。

(3) 根据被测设备之间的实际光纤距离估算光纤传输时延，再与时延测试结果比较，得到节点的处理时延。

10 子速率透明复用器的功能和性能测试（可选）

10.1 子速率透明复用器的复用信号类型和复用方式

按《4×2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》第 5 和第 6 章的规定，子速率透明复用器分为基于 SDH 帧结构和基于 OTN 帧结构两种，两者的复用方式不同。检查并记录 WDM 环网所支持的子速率透明复用器的类型和具体复用的信号种类，如表 7 所示。

表 7 子速率复用器复用信号类型和复用方式

	要 求	结 果
子速率透明复用器的类型	(1) 基于 SDH 帧结构 (2) 基于 OTN 帧结构 注：要求支持两种类型中的一种。	
复用信号种类	(1) STM-N 信号 (2) GE 信号 (3) 其他业务信号（如 FE、ESCON、FICON、Fiber Channel 等）	

10.2 基于 SDH 帧结构的子速率透明复用器 SDH 开销处理功能测试

10.2.1 指标要求

基于 SDH 帧结构的子速率透明复用器对 SDH 开销的处理应符合《4×2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》5.2 节的规范，具体如下表 8 所示。

表 8 子速率透明复用器的 SDH 开销处理

支路段开销 字节	处理方式
A1, A2	每一支路的帧定位字节 A1 和 A2 均被再生，以确保帧封装的准确性
B1	每一支路的 B1 均被终结
B2	如群路 B2 字节在复用段中未被更改，则原各支路 B2 携带的误码信息将被透明传输，否则，解复用器将携带的复用段误码信息写入相应支路的 B2 字节
D1~D12	保证每一支路 DCC 通道的透明性
E1, E2	保证每一支路公务通道的透明性，即对 E1 和 E2 字节透明
F1	保证每一支路 F 字节的透明性
J0	能够监视每一支路的 J0 字节并保证透明传输
K1, K2	每一支路的 APS 字节 K1、K2 在通过子速率透明复用器复用和解复用后应保持原来状态的准确性，即每一支路信号不应通过子速率透明复用器复用和解复用而影响其所在链路或环路保护功能的正常执行
S1	每一支路的 S1 字节被终结，并重新计算采用新时钟。子速率透明复用器线路口应支持 SSM 功能（按 TMUX 设备处理）

10.2.2 测试配置

测试配置：如图 37 所示。

测试仪表：SDH 分析仪。

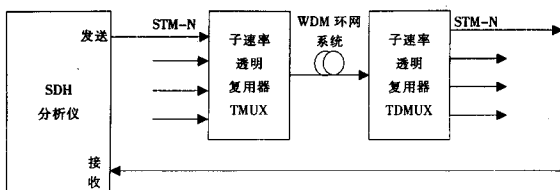


图 37 子速率复用器对开销处理功能的验证测试

10.2.3 A1、A2 字节

10.2.3.1 定义

A1 和 A2 是两种帧定位字节，A1 为 F6 (HEX)，A2 为 28 (HEX)。

10.2.3.2 测试步骤

- (1) 按图 37 连接好测试配置；
- (2) 当被测子速率复用器正常运行时，SDH 分析仪接收到的帧定位字节应为 A1=11110110 或 F6 (Hex)，A2=00101000 或 28 (Hex)，对于 STM-N 帧，它的帧定位字节为 $3 \times N$ 个 A1 字节和 $3 \times N$ 个 A2 字节；
- (3) SDH 分析仪（发送）向子速率复用器发送有差错的帧定位字节，当达到连续 N 帧（差错的帧定位字节和 N 值由设备生产厂家提供）定位字节差错，被测子速率复用器应产生帧丢失 (LOF) 告警。

10.2.4 B1 字节

10.2.4.1 定义

B1 字节用于再生段的误码监测，是使用偶校验的比特间插奇偶校验 8 位码 (BIP-8)。该 BIP-8 码通过计算前一个 STM 帧扰码后的所有比特而得到的，并置于扰码前的 B1 位置。

10.2.4.2 测试步骤

- (1) 按图 37 所示连接好测试配置；
- (2) 使用 SDH 分析仪的 B1 误码插入功能，发送 N 个差错信号给被测子速率复用器的一个支路光接口；
- (3) 被测子速率复用器的网管性能监视报告必须得到相应支路光接口的 B1 误码差错，而 SDH 分析仪接收的子速率复用器的群路口发送 STM-N (N=16 或 64) 信号没有 B1 误码差错指示。

10.2.5 B2 字节

10.2.5.1 定义

B2 字节用于一个复用段误码监测（对 N=1，即 STM-1 来说，B2 有 3 个字节，共 24 比特）。其功能是一个比特间插奇偶校验 $N \times 24$ 编码 (BIP- $N \times 24$)，使用偶校验。BIP- $N \times 24$ 是对前一个 STM-N 帧中除再生段开销以外的全部比特进行 BIP 运算，并将结果置于当前 STM-N 帧扰码前的 B2 字节处。

10.2.5.2 测试步骤

- (1) 按图 37 连接好测试配置；
- (2) 使用 SDH 分析仪的 B2 误码插入功能，在某个支路 STM-N 中给被测子速率复用器 (TDMUX) 的群路光接口插入 N 个 B2 差错信号；
- (3) 被测子速率复用器 (TDMUX) 的网管性能监视报告必须得到相应支路光接口的 B2 误码差错；
- (4) SDH 分析仪（接收）检测到被测子速率复用器 (TDMUX) 对应于该 STM-N 的一个支路光接口所发送的 STM-N 信号中有相应的 B2 误码差错，即应与 SDH 分析仪（发送）所嵌入的差错数一致。

10.2.6 D1-D12 字节

10.2.6.1 定义

段开销中的 DCC (D1-D12) 用来构成 SDH 网管信息的传送链路。其中 D1-D3 字节被称为再生段

DCC, 用于再生段终端之间交流 OAM 信息, 速率为 192kbit/s; D4~D12 字节被称为复用段 DCC, 用于复用段终端之间交流 OAM 信息, 速率为 576kbit/s。

10.2.6.2 测试步骤

(1) 按图 37 所示连接好测试配置;

(2) 分别改变 SDH 分析仪发送信号的一个 STM-1 的 D1~D3 和 D4~D12 字节, 在 SDH 分析仪的接收信号中监测相应 STM-1 的 D1~D3 和 D4~D12 字节是否随之发生相同改变, 若接收信号的 DCC 跟随发送信号变化, 则说明子速率复用器对 D1~D12 字节透传。

10.2.7 E1 和 E2 字节

10.2.7.1 定义

E1 和 E2 字节用于提供公务联络语音通路。E1 为再生段开销, 用于本地公务通路, 可以在再生器接入。E2 为复用段开销, 用于直达公务通路, 可以在复用段终端接入。公务通路的速率为 64kbit/s。

10.2.7.2 测试步骤

(3) 按图 37 连接好测试配置;

(4) 改变 SDH 分析仪发送信号中的一个 STM-1 的 E1 和 E2 字节, 在 SDH 分析仪的接收信号中监测相应 STM-1 的 E1 和 E2 是否随之发生相同改变, 若接收信号的 E1 和 E2 跟随发送信号变化, 则说明子速率复用器对 E1 和 E2 字节透传。

10.2.8 F1 字节

10.2.8.1 定义

F1 字节为使用者专用, 主要为特定维护目的而提供临时的数据/语音通路连接。

10.2.8.2 测试步骤

(1) 按图 37 连接好测试配置;

(2) 改变 SDH 分析仪发送信号中的一个 STM-1 的 F1 字节, 在 SDH 分析仪的接收信号中监测相应 STM-1 的 F1 是否随之发生相同改变, 若接收信号的 F1 跟随发送信号而变化, 则说明子速率复用器对 F1 字节透传。

10.2.9 J0 字节

10.2.9.1 定义

J0 字节位于 STM-N 中的 S (1, 7, 1) 或 [1, 6N+1], 被用作“再生段踪迹字节”。用该字节来重复地发送“段接入点识别符”, 使段接收机能够确认它和所连接的发送端是否保持着持续连接状态。

10.2.9.2 测试步骤

(1) 按图 37 所示连接好测试配置;

(2) 改写 SDH 分析仪发送信号的 J0 字节, 并发送给被测子速率复用器的一个支路光接口;

(3) 被测子速率复用器的网管应检测到相应的 J0 字节。

10.2.10 K1 和 K2 (b1~b5) 字节

10.2.10.1 定义

K1 和 K2 (b1~b5) 字节用于完成复用段的自动保护倒换 (APS) 信令, 子速率复用器应对其进行透明传输。

10.2.10.2 测试步骤

(1) 按图 37 所示连接好测试配置;

(2) 改变 SDH 分析仪发送信号中的一个 STM-1 的 APS 字节 (K1 和 K2), 在 SDH 分析仪的接收信号中监测相应 STM-1 的 K1 和 K2 是否随之发生相同改变, 若接收信号的 K1 和 K2 跟随发送信号变化, 则说明子速率复用器对 K1 和 K2 字节透传。

10.3 基于 OTN 帧结构的子速率透明复用器 SDH 开销处理功能测试

10.3.1 指标要求

按照《4x2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》6.2 节的要求, 基于 OTN 帧结构的子速率透明复

用器对 2.5Gbit/s 信号的开销不作任何修改。该子速率透明复用器客户侧接口应能对速率为 2.5Gbit/s 的信号进行适配，将输入的光信号转换为电信号，并完成定时、整形和放大功能，将其完全透明的映射进光负荷单元中，对信号的格式、协议、帧结构不进行任何的终结，保证信号的透明传输。

10.3.2 测试配置

由于 SDH 分析仪无法接收和发送 G.709 帧结构和速率的 OTN 信号，因此采用一对 TMUX 和 TDMUX，具体测试配置如图 38 所示。

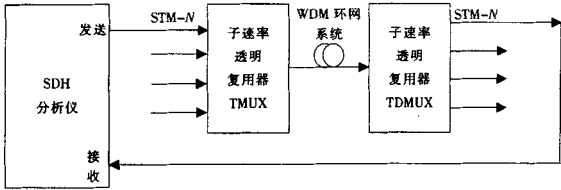


图 38 基于 OTN 的子速率复用器测试配置

10.3.3 测试步骤

A1、A2、B1、B2、D1~D20、E1、E2、F0、J0、K1、K2 (b1~b5)、S1 字节的定义和基于 SDH 帧结构的子速率透明复用器相同，测试步骤也基本相同，但要求对所有的开销字节进行透传，不作任何改变。按照表 9，测试并记录基于 OTN 帧结构的子速率透明复用器的开销处理功能。

表 9 基于 OTN 帧结构的子速率透明复用器的开销处理功能测试

支路段开销字节	是否透明传输
A1, A2	
B1	
B2	
D1~D12	
E1, E2	
F1	
J0	
K1, K2	
S1	

10.4 子速率透明复用器的性能测试

10.4.1 群路光接口性能测试

子速率复用器的 STM-64 群路光接口参数应符合《4×2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》7.1 节的要求，STM-16 群路光接口参数应符合 YD/T1205-2002 第 8 章的要求。Sn 点的信道中心频率及中心频率最大偏差、-20dB 谱宽、边模抑制比、平均发送功率、眼图、消光比，Rn 点的接收灵敏度、过载功率、最大反射系数等参数以及抖动性能的测试方法参照本标准第 6 章“波长转发器（OTU）的测试”的相应部分。

10.4.2 支路光接口性能测试

子速率复用器的 STM-16 支路光接口参数应符合《4×2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》7.2

节的要求，STM-4 和 STM-1 支路光接口参数应符合 YDN099-1998 的要求，GE 支路光接口应符合 IEEE 802.3 的要求。 S_n 点的中心波长工作范围、最大谱宽、边模抑制比、平均发送功率、眼图、消光比， R_n 点的接收灵敏度、过载功率、最大反射系数等参数以及抖动性能的测试方法参照本标准第 6 节“波长转换器（OTU）的测试”的相应部分。

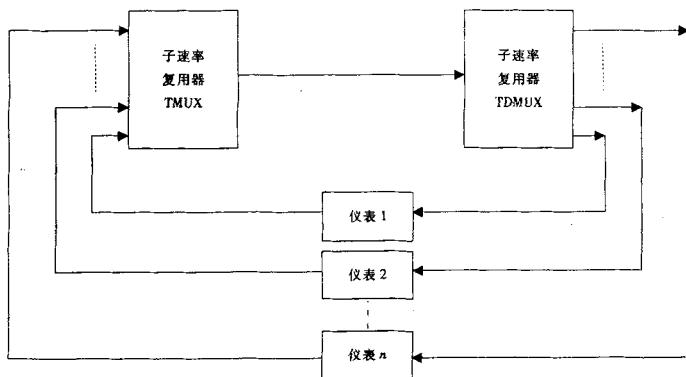
10.4.3 不同于速率业务的共存与切换性能测试

10.4.3.1 指标要求

在部分或全部配置时，应保证子速率复用器各支路的子速率信号之间互不干扰，当用作子速率复用器时钟源的支路信号进行切换时，其他支路的信号应不受影响。

10.4.3.2 测试配置

测试配置：如图 39 所示。



（注：时钟配置为来自某一支路，当该支路信号失效时，时钟倒换）

图 39 不同子速率业务的共存与切换性能测试

10.4.3.3 测试步骤

（1）按照图 39 连接好光路。（可以对子速率复用器进行部分配置或满配置，并根据支路信号类型如 STM-1/STM-4/STM-16/GE 等选择相应的仪表）

（2）通过仪表发送子速率复用器对应的支路光口业务，并经 TMUX、TDMUX 后返回仪表。

（3）选择子速率复用器的时钟跟踪源为某一支路信号。（可以在多次测试中分别选择不同的支路）

（4）对步骤（3）中选择的支路信号进行删除或切换测试，其他支路业务均应不受影响，没有误码和丢包/错包产生。

（5）根据子速率复用器的类型，在部分配置和满配置的情况下，通过仪表测试并记录各种业务的 24h 误码和长期丢包率。

10.4.4 GE 业务的性能监视测试（可选）

10.4.4.1 不同长度包的统计

10.4.4.1.1 指标要求

将不同长度 64、128、256、512、1024、1280 和 1518 等的包数量统计值正确上报网管。

10.4.4.1.2 测试配置

测试配置：如图 40 所示。

测试仪表：数据网络分析仪。

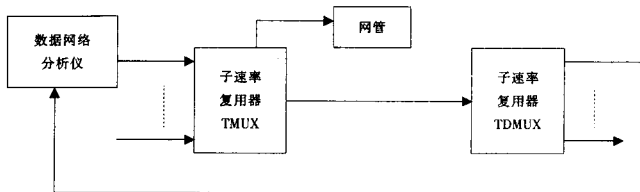


图 40 GE 业务的性能监视测试配置

10.4.4.1.3 测试步骤

- (1) 按照图 40 所示连接好光路；
- (2) 通过数据网络分析仪向子速率复用器发送不同长度的包（64、128、256、512、1024、1280 和 1518），数据网络分析仪应能正常接收；
- (3) 通过网管查询接收和发送包的数量，与数据网络分析仪发送和接收不同长度包的数量相同。

10.4.4.2 发送与接收坏包的统计

10.4.4.2.1 指标要求

GE 业务传送过程中发送与接收坏包的统计值正确上报网管。

10.4.4.2.2 测试配置

测试配置：如图 40 所示。

10.4.4.2.3 测试步骤

- (1) 按照图 40 所示连接好光路；
- (2) 通过数据网络分析仪设置发送坏包，再通过仪表正常接收相应包；
- (3) 通过网管查询发送与接收到的坏包数量，与数据网络分析仪发送与接收到的坏包数量相同。

10.4.4.3 CRC 校验错误的监测

10.4.4.3.1 指标要求

GE 业务传送过程中 CRC 校验错误的监测，CRC 错误数量统计并正确上报网管。

10.4.4.3.2 测试配置

测试配置：如图 40 所示。

10.4.4.3.3 测试步骤

- (1) 按照图 40 所示连接好光路；
- (2) 通过数据网络分析仪设置 CRC 校验错误；
- (3) 通过网管查询 CRC 校验错误数，应与数据网络分析仪的设置相同。

10.5 基于 SDH 帧结构的子速率复用器的同步功能和性能测试

10.5.1 同步功能测试

同步功能测试的项目包括：同步参考源、SSM 功能、设备时钟工作模式及结构、网管对设备时钟部分监控功能。

10.5.1.1 同步参考源

10.5.1.1.1 定义

根据《4×2.5Gbit/s SDH 信号透明复用器技术要求》的规定，子速率透明复用器的定时基准可以从下列信号的输入中获得：

- (1) 2Mbit/s 或 2MHz 外部定时接口；
- (2) STM-64 线路接口；
- (3) STM-16 支路口。

基于 SDH 成帧的子速率透明复用器设备应至少配备一路外时钟输入接口，其外同步时钟输出接口可选。外部 2048kbit/s 接口性能应满足 ITU-T G.703 建议。

同步参考源的具体功能如图 41 所示。其中 T1 为低速率的支路信号接口；T2 为外定时输入接口（2048kbit/s 或 2048kHz）；T3 为外定时输出接口（2048kbit/s 或 2048kHz）；T0 为高速率的线路信号接口（2048kbit/s 或 2048kHz）。

按技术规范要求，外定时输出接口 T3 作为可选。需要说明的是，若子速率复用器只是在网上局部使用，可以不考虑外定时输出接口；若子速率复用器在网上大范围使用且可能用于组建同步网的定时链路，则必须提供外定时输出接口，且必须满足 SDH 设备外定时输出接口的功能要求。

以下所有的功能和性能测试项目均不考虑子速率复用器提供外定时输出接口。

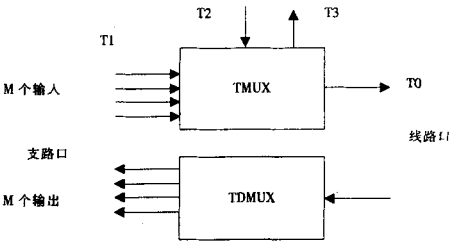


图 41 子速率复用器时钟结构和输入输出信号结构

子速率复用器的时钟功能应该包含下面的内容：

(1) 识别功能

能够识别每一路支路信号 T1、外部定时信号 T2 和线路信号 T3 的时钟 SSM 级别；能够闭塞/打开每一个时钟源。

(2) 排序功能

能够按照识别或者预置的 SSM 级别进行优先级排序。

(3) 选择功能和设置

根据选择的时钟参考源，能够使每一路支路信号 T1 输出或线路信号 T3 输出同步于已选时钟源，并且输出信号的 SSM 质量与选择的参考时钟相同或者可以重新设置。

10.5.1.1.2 测试配置

被测子速率复用器应配置支持外定时输入接口 2048kbit/s 或 2048kHz 接口以及 STM-N 支路信号、线路信号输入输出，如图 42 所示。

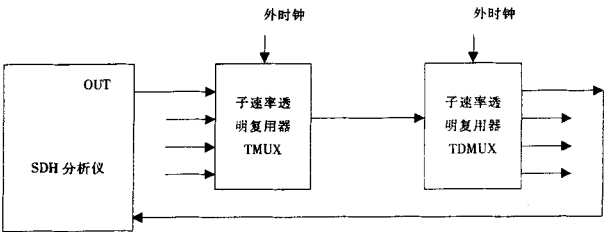


图 42 同步参考源测试配置

10.5.1.1.3 测试步骤

- (1) 检查同步参考源的种类和数量：
 - (a) 通过网管/终端对被测设备的同步参考源进行查询。
 - (b) 通过调频偏对所选用同步参考源进行检查。
- (2) 检查对同步参考源闭塞/打开/设定优先级的设置。
- (3) 检查外定时输入/输出信号的种类、数量、类型。

10.5.1.2 SSM 功能

10.5.1.2.1 定义

SDH 复用层必须具有 SSM 功能，在 ITU-T 建议 G.707 中规定使用 STM-N 帧结构复用段 S1 字节的 5~8 比特表示 SSM 质量等级，其定义如表 10 所示。

表 10 同步状态信息 (SSM) 的编码及描述

SSM 编码	质量等级描述	对应我国的时钟等级
0000	QL_UNK	质量等级未知
0010	QL_PRC	一级基准时钟
0100	QL_SSUT	二级节点时钟
1000	QL_SSUL	三级节点时钟
1011	QL_SEC	SDH 网元设备时钟
1111	QL_DNU	同步信号不可用

在不同状态下对 SSM 的响应规则及相应时延也有要求，详见 ITU-T 建议 G.781 中的规定。

10.5.1.2.2 测试配置

测试配置：如图 42 所示。

10.5.1.2.3 测试步骤

- (1) 检查 SSM 功能的设置：
 - (a) 通过网管/终端检查被测设备是否支持全面启用/禁用 SSM。
 - (b) 通过网管/终端检查是否支持对任意一个 STM-N 线路/支路启用/禁用 SSM。
 - (c) 设置同步参考源及内部时钟源的质量等级。
 - (d) 通过仪表对以上所有设置进行确认。
- (2) SSM 信息的识别和转发（设置单个同步参考源）：
 - (a) 设备跟踪由 SDH 测试仪产生的 STM-N 线路信号，见表 11；

表 11 设备跟踪由 SDH 测试仪产生的 STM-N 线路信号

主用 STM-N 发送的 S1	相应返回 STM-N 发送的 S1	其它 STM-N 支路发送的 S1	线路口输出信号发送的 S1
x2			
x4			
x8			
x0			
xB			
xF			

(b) 设备跟踪由 SSM 测试仪产生的 2 048 kbit/s 外定时信号，见表 12；

表 12 设备跟踪由 SSM 测试仪产生的 2 048 kbit/s 外定时信号

外定时输入信号发送的 SSM	其他 STM-N 支路发送的 S1	线路口输出信号发送的 S1
2		
4		
8		
0		
B		
F		

(3) SSM 的响应规则的检查，见表 13；

表 13 SSM 的响应规则的检查结果

STM-N 支路信号 1 发送的 S1	STM-N 支路信号 2 发送的 S1	2Mbit/s 外定时信号 发送的 SSM	所有输出信号选用的参考
x2	x4	8	
x4	x8	2	
x8	x2	4	
xB	x4	8	
x4	xB	8	

(4) 根据上面各表中的测试结果经过综合分析确定设备的 SSM 响应规则是否符合 ITU-T 建议的要求。

10.5.1.3 设备时钟工作模式及结构

10.5.1.3.1 定义

设备时钟应能工作在自由运行跟踪或保持状态。

10.5.1.3.2 测试配置

测试配置：如图 42 所示。

10.5.1.3.3 测试步骤

- (1) 通过对同步参考源的检查及导出功能的检查确认被测设备时钟的结构是否符合图所示；
- (2) 过网管/终端检查被测设备是否可以设置时钟的工作模式并通过仪表测试不同工作模式下输出信号的频偏。

10.5.1.4 网管对设备时钟部分监控功能

10.5.1.4.1 定义

网管可以按照一定的原则对同步参考源的优选顺序进行设置，网管应对时钟部分的告警及事件进行管理。

10.5.1.4.2 测试配置

测试配置：如图 42 所示。

10.5.1.4.3 测试步骤

- (1) 时钟源恢复的设置：

- (a) 设置同步参考源的自动恢复或不自动恢复状态;
- (b) 设置同步参考源的恢复等待时间;
- (c) 通过仪表对以上设置进行确认。
- (2) 时钟源的优选顺序检查:
 - (a) 通过网管/终端设置参考源的锁定、强制倒换、人工倒换、信号失效、SSM 级别、优先级;
 - (b) 设置多个同步参考源确认各种设置的优选顺序。
- (3) 网管中关于时钟部分的告警管理:
 - (a) 模拟时钟部分的故障观察设备及网管的告警及记录;
 - (b) 对时钟部分功能进行配置, 检查管理记录。

10.5.2 同步性能测试

同步性能测试的项目包括噪声产生、噪声容限/转移特性、牵引入/牵引出范围、保持特性、频率准确度。

10.5.2.1 噪声产生

10.5.2.1.1 定义

噪声产生指在时钟输入口没有外加输入漂动/抖动(即输入理想基准信号)的情况下, 时钟输出口漂动/抖动出现的过程。抖动/漂动指标满足 G.957 或 G.691 规定。

10.5.2.1.2 测试配置

测试配置: 如图 43 所示。

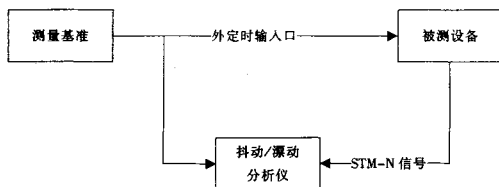


图 43 噪声产生测试配置

10.5.2.1.3 测试步骤

- (1) 被测设备正常跟踪理想输入。
- (2) 测试 STM-N 信号输出的漂动 12 000 s;
- (3) 测试 STM-N 信号的抖动。

10.5.2.2 噪声容限/传递特性

10.5.2.2.1 定义

漂动/抖动输入容限, 指输入口应具有接受一定幅度漂动/抖动的能力, 在此幅度内输入口应不产生任何告警和进行输入信号倒换。漂动/抖动传递特性指对于时钟, 要求它能产生一个具有低漂动/抖动的输出, 甚至于当输入信号具有较高的漂动/抖动时也能如此。

子速率输入口应能接受规范要求的最大相位噪声幅度(单频正弦漂动/抖动噪声、MTIE 模板噪声 DEV), 声传递特性可以用低通滤波器等效带宽来规定, 应为 1~10Hz。

10.5.2.2.2 测试配置

测试配置: 如图 44 所示。

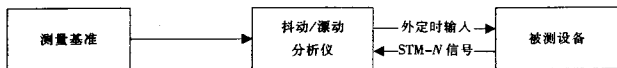


图 44 噪声容限/转移特性测试配置

10.5.2.2.3 测试步骤

- (1) 被测设备正常跟踪理想输入；
- (2) 在外定时输入口叠加规范要求的抖动/漂移模板；
- (3) 观察被测设备时钟的工作状态，并测试 STM-N 输出口的抖动/漂移；
- (4) 计算设备低通滤波器带宽。

10.5.2.3 牵引入/牵引出范围

10.5.2.3.1 定义

牵引入范围是指输入时钟的参考频率（也就是输入子速率线路时钟或者外部定时输入时钟）和规定的标称频率间的最大频率偏差范围，在这个范围之内输入信号/时钟将达到锁定状态；牵引出范围是指输出时钟的参考频率和规定的标称频率间的频率偏差范围，在这个范围之内输出时钟将工作在锁定状态，在这个范围之外输出时钟不能工作在锁定状态，而无论参考频率如何变化。

无论内部振荡器频率偏差是什么，时钟的最小牵引入范围应为 $\pm 4.6 \times 10^{-6}$ ，最小牵引出范围应为 $\pm 4.6 \times 10^{-6}$ 。

10.5.2.3.2 测试配置

测试配置：如图 45 所示。

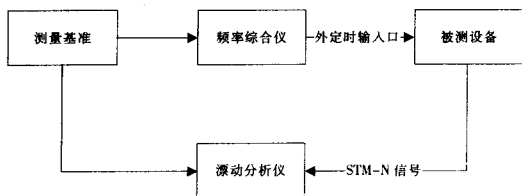


图 45 牵引入/牵引出范围测试配置

10.5.2.3.3 测试步骤

- (1) 被测设备正常跟踪理想输入；
- (2) 调整输入信号频偏直至输出时钟进入保持状态，得到牵引出范围；
- (3) 断掉参考输入信号然后再恢复，使被测设备进入保持工作状态，反向调小输入信号频偏直至输出信号重新进入跟踪状态，得到牵引入范围。

10.5.2.4 保持特性

10.5.2.4.1 定义

保持特性指在失去全部输入信号/时钟的情况下（工作在保持方式）时钟频率相对于时间的最大变化率，在时钟进入保持工作状态后，初始频率偏差应优于 5.0×10^{-8} ，每天的频率变化率应优于 5.0×10^{-6} 。

10.5.2.4.2 测试配置

测试配置：如图 46 所示。

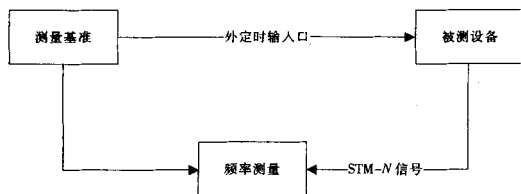


图 46 保持特性测试配置

10.5.2.4.3 测试步骤

- (1) 被测设备正常跟踪理想输入信号 1 天以上；
- (2) 断掉参考输入信号使被测设备时钟进入保持状态；
- (3) 测试输出信号 3 天。

10.5.2.5 频率准确度

10.5.2.5.1 定义

频率准确度指在规定的时间内时钟频率偏离的的最大幅度。

时钟自由运行状态下的频率准确度应优于 $\pm 4.6 \times 10^{-6}$ 。

10.5.2.5.2 测试配置

测试配置：如图 47 所示。

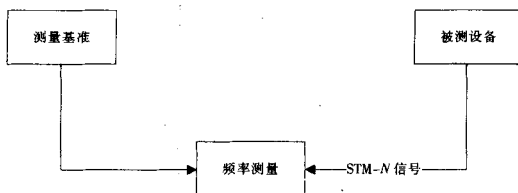


图 47 频率准确度测试配置

10.5.2.5.3 测试步骤

- (1) 设备上电 1 天后且处于自由运行状态；
- (2) 测试 STM-N 输出信号 3h。

11 WDM 环网光监控通路测试（可选）

11.1 检查 OSC 的实现方式、信号类型和速率

按照 YD/T1205-2002 第 9 章对 OSC 的要求，检查并记录 OSC 的实现方式、信号类型和速率，见表 14。

表 14 检查 OSC 的信号类型和速率

检查项目	要求	检查结果
OSC 的实现方式	(1) 单独的光监控通路，波长为 (1510 ± 10) nm (2) 其他方式（注：应说明具体实现方式）	

表 14 (续)

检查项目	要 求	检查结果
OSC 的信号类型	(1) TDM 信号 (包括 E1、STM-1 或其他) (2) 以太网信号 (3) 其他信号 (注明具体类型)	
OSC 的信号速率	(1) E1: 2Mbit/s (2) STM-1: 155.520Mbit/s (3) 以太网: 10Mbit/s (4) FE: 100Mbit/s (5) 其他速率 (注明具体速率)	

11.2 光监控通路中心波长的测试

按照 YD/T1205-2002 第 9 章的规定, OSC 的光接口参数中心波长为 (1510 ± 10) nm。

11.2.1 测试配置

测试配置: 如图 48 所示。

测试仪表: 光谱分析仪。

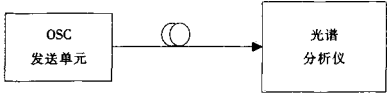


图 48 OSC 的中心波长测试配置

11.2.2 测试步骤

- a) 如图 48 所示连接好测试配置。
- b) 根据光监控通路波长的标称值调节光谱分析仪的显示波长范围, 将波形显示在屏幕的中间。
- c) 调节横向光标, 将它定位在光脉冲的中心处, 读出并记录该处的波长值。

11.3 公务通路和使用者通路接口检查 (可选)

按照 YD/T1205-2002 第 9 章的规定, OADM 节点设备可提供公务联络和使用者通路两个接口, 公务通路接口和使用者通路接口应符合 G.703 的 64kbit/s 同向型接口或 V.11 接口的规范。检查并记录 OADM 节点是否提供公务联络和使用者通路, 以及具体的接口情况, 见表 15。

表 15 公务通路和使用者通路接口检查

	是否提供	接口类型
公务联络通路		
使用者通路		

12 WDM 环网的网元管理系统 (EMS) 功能验证

12.1 故障管理

用于故障管理的测试项目见表 16。

表 16 故障管理测试项目

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.1.1	实时告警监视功能	通过模拟故障测试网管实时告警功能, 故障定位应到网元、站、架、框、盘;	
12.1.2	可闻、可视告警提示	<p>a) EMS 应能实时收集网元发出的告警信息, 并自动更新当前告警列表。</p> <p>b) 对于新接收到的告警, EMS 至少应支持如下提示方式:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 颜色的变化; - 图标闪烁 (可选); - 声音。 	
12.1.3	告警收集和显示	<p>a) EMS 应能实时收集网元发出的告警信息, 并自动更新当前告警列表。对于新接收到的告警, EMS 至少应支持如下提示方式:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 颜色变化; - 声音提示; - 图标闪烁 (可选); - E-mail 提示 (可选); - 呼机, 短消息提示 (可选)。 <p>b) EMS 应允许用户根据下列条件设置新接收到告警的提示方式:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 告警严重级别; - 告警源 (可选); - 告警类型 (可选)。 	
12.1.4	告警确认	EMS 应提供告警确认功能。EMS 应支持操作用户对所有从网元接收到尚未确认的告警进行确认。未经确认的告警应保持对用户的提示, 直到用户进行确认或告警已经被清除。	
12.1.5	告警清除	EMS 应提供告警清除功能。EMS 提供的清除手段包括手工和自动清除两种方式。当 EMS 收到网元上报的告警清除后, 应将当前告警中相应的记录转移至历史告警中。对由网络通信故障造成告警清除信息丢失的, 操作用户可手动清除指定告警。EMS 应在日志中记录用户的手动清除操作。	
12.1.6	告警过滤	<p>a) 告警上报过滤 (可选):</p> <p>EMS 根据用户设定的告警上报条件, 有选择地接收网元上报的告警。告警上报过滤不应影响网元上任何告警事件的上报和存储。用户可设定下面的告警上报条件及以下信息的任意组合: 告警源 (可选); 告警级别; 告警类型。</p> <p>另外, 用户能设置网元告警延迟时间, 在指定延迟时间内, 网元不应产生告警振荡 (可选)。</p> <p>b) 告警显示过滤:</p> <p>告警显示过滤是指 EMS 根据用户设定的过滤条件, 有选择地显示当前或历史告警事件并可对生成的报告进行打印。告警显示过滤仅是告警信息的屏幕显示过滤, 不应影响任何告警事件的上报及其存储。告警显示过滤的条件可为以下信息或以下信息的任意组合: 告警源; 告警级别; 告警类型; 告警产生时间; 告警状态。</p>	

表 16 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.1.7	告警屏蔽	EMS 应根据用户设定的告警屏蔽条件, 屏蔽所有符合条件的告警, 禁止网元监视指定的告警。用户可设定下面的告警屏蔽条件及以下信息的任意组合: 告警源; 告警级别; 告警类型。	
12.1.8	告警级别设置	检查用户能够在 EMS 上对告警事件的严重等级进行设置。	
12.1.9	告警同步	告警同步是把 EMS 显示的告警与网元实际的告警状态进行核准, 有人工和自动两种校正模式, 可适用于以下情况: - 当 EMS 与网元建立管理连接时; - 当 EMS 与网元出现通信失败并且恢复后; - 当 EMS 出现系统故障并且恢复后; - 当主用 EMS 与备用 EMS 发生倒换时; - 当操作者对 EMS 显示的告警与网元实际的告警状态有疑问时 (如 EMS 显示的告警信息与站内机架显示告警信息不一致时)。	
12.1.10	告警相关性抑制与故障定位 (可选)	a) EMS 可根据网络配置信息, 以及接收的告警信息频度和种类, 对告警信息的关联进行综合分析, 在多个告警中确定故障根源。 b) 通过分析, EMS 应以图形显示方式将故障定位在机架、子架、单元盘; 或者以文本显示的方式将故障定位至局站、机架、子架、单元盘, 并给出可能的故障原因。故障原因描述应为全称。	
12.1.11	告警查询和统计	a) EMS 应提供根据如下条件进行当前告警或者历史告警查询功能: 告警源; 告警发生时间; 告警严重等级; 告警原因 (可选); 告警状态; 告警清除时间; 告警确认时间与确认用户; 告警历时 (可选)。 上述条件可以任意进行 '与'/'或' 组合使用。 b) 告警统计是指 EMS 对当前告警的计数功能, 给出当前的告警状态。 - 基本的告警统计功能: 根据告警级别进行统计, 统计数据为告警总数、已确认或未确认的告警数; - 可选的告警统计功能: 根据告警源进行统计, 统计数据为最高级别告警、告警总数、已确认或未确认的告警数。	
12.1.12	告警类型、严重等级及状态	a) EMS 应能支持 ITU-T Rec. X.733 中定义的以下 5 种告警类型: 设备告警 (Equipment alarm); 服务质量告警 (Quality of service alarm); 通信告警 (Communications alarm); 环境告警 (Environment alarm); 处理失败告警 (Processing error alarm)。 b) EMS 应能支持以下告警严重等级: 紧急告警 (Critical); 严重告警 (Major); 一般告警 (Minor); 提示告警 (Warning); 未确定告警 (Indeterminate, 可选); 清除告警 (Clear, 可选)。 c) EMS 应支持以下告警状态: - 未确认当前告警, 用户尚未确认且未被清除的告警; - 已确认当前告警, 用户已确认且未被清除的告警; - 未确认历史告警, 即锁定告警, 用户尚未确认而已被清除的告警; - 已确认历史告警, 用户已确认且已被清除的告警。	

表 16 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.1.13	告警输出	<p>a) EMS 应提供图形化界面以方便操作人员设置告警输出条件、告警输出目的地和告警输出方式。网管系统支持的告警输出条件为以下信息或以下信息的任意组合： 告警类型；严重级别；告警源。</p> <p>b) EMS 应至少支持如下告警查询/统计报告的输出方式： 输出到打印机；保存为一个文件。</p>	
12.1.14	环回测试功能	<p>a) EMS 应对收发一体的 OTU 或 TMUX 进行环回操作，并支持如下控制：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 激活/释放本地环回； - 激活/释放远端环回。 <p>b) EMS 应提供以下测试管理功能：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 环回测试的查询和统计功能，用于察看哪些网元正在执行何种环回测试动作； - 能同时执行多条光通道路径的环回测试。 	

12.1.15 故障监视的主要告警

WDM 环网系统中故障监视的主要告警内容见表 17。

表 17 故障告警内容

序号	告警原因	测试结果
1 波长转发器		
1.1	再生段 B1 误码超限 (适用于传送 SDH 帧结构的 OTU)	
1.2	J0 踪迹字节失配 (适用于传送 SDH 帧结构的 OTU)	
1.3	CRC 误码超限 (适用于传送 GE 信号的 OTU)	
1.4	输入信号丢失	
1.5	输入信号帧丢失 (适用于传送 SDH 帧结构的 OTU)	
1.6	输入光功率超限	
1.7	输出光功率超限	
1.8	激光器发送失效	
1.9	激光器寿命预告告警 (可选)	
1.10	激光器背光功率告警 (可选)	
1.11	激光器温度超限 (可选)	
1.12	激光器制冷电流超限 (可选)	
1.13	纠错前过量误码告警 (适用于带 FEC 功能的接收端 OTU)	
1.14	纠错后误码过量告警 (适用于带 FEC 功能的接收端 OTU)	

表 17 (续)

序号	告警原因	测试结果
2 子速率复用器 (具有 OTU 功能的 TMUX)		
2.1 支路侧 (包括所有支路信号)		
2.1.1	再生段 B1 误码超限	
2.1.2	复用段 B2 误码超限 (针对基于 SDH 帧结构的 TMUX)	
2.1.3	J0 踪迹字节失配	
2.1.4	输入信号丢失	
2.1.5	输入信号帧丢失	
2.1.6	CRC 误码超限 (适用于传送 GE 信号的 TMUX)	
2.2 群路侧		
2.2.1	再生段 B1 误码超限	
2.2.2	J0 踪迹字节失配	
2.2.3	输入信号丢失	
2.2.4	输入信号帧丢失	
2.2.5	输入光功率超限	
2.2.6	输出光功率超限	
2.2.7	激光器发送劣化	
2.2.8	激光器发送失效	
2.2.9	激光器寿命预告警 (可选)	
2.2.10	激光器背光功率告警 (可选)	
2.2.11	激光器温度超限 (可选)	
2.2.12	激光器制冷电流超限 (可选)	
2.2.13	纠错前过量误码告警 (适用于带 FEC 功能的 TMUX)	
2.2.14	纠错后误码过量告警 (适用于带 FEC 功能的 TMUX)	
3 光合波/分波器		
3.1	输入/输出合路信号丢失	
3.2	输入/输出合路光功率过低	
4 光分插复用器		
4.1	输入合路信号丢失	
5 光放大器 (包括 EDFA 和 RAMAN)		
5.1	输入信号丢失	

表 17 (续)

序号	告警原因	测试结果
5.2	输入光功率超限	
5.3	输出光功率超限	
5.4	泵浦激光器偏流超限	
5.5	泵浦激光器温度超限 (可选)	
6 光监控信道		
6.1	信号丢失	
6.2	信号帧失步 (可选)	
6.3	信号劣化	
6.4	误码超限	
6.5	激光器发送失效	
6.6	激光器寿命预告警 (可选)	
7 硬件设备告警		
7.1	单元盘脱位	
7.2	单元盘故障	
7.3	单元盘失配 (可选)	
8 外部环境告警		
8.1	外部告警事件 (如电源故障, 环境温度超限, 继电器告警等)	

12.2 性能管理

12.2.1 收集和监视的性能参数

在 WDM 环网系统中, 性能管理监视的主要参数见表 18。

表 18 性能管理监视的主要参数

序号	性能监测参数	测试结果
1 波长转发器		
1.1 SDH 业务 (当光通路传送的信号是 SDH 帧信号时)		
1.1.1	误码秒	
1.1.2	严重误码秒	
1.1.3	帧失步秒	
1.1.4	不可用秒	
1.1.5	背景块误码	
1.1.6	连续严重误码秒 (可选)	
1.2 GE 业务 (当该光通路传送的信号是 GE 信号时)		

表 18 (续)

序号	性能监测参数	测试结果
1.2.1	接收总数据包数	
1.2.2	接收总字节数	
1.2.3	接收 CRC 错包数	
1.2.4	发送总数据包数	
1.2.5	发送总字节数	
1.3 光层		
1.3.1	输入光功率	
1.3.2	输出光功率	
1.3.3	激光器偏置电流	
1.3.4	激光器制冷电流 (可选)	
1.3.5	激光器温度 (可选)	
1.3.6	纠错前 FEC 误码率 (支持 FEC 的 OTU)	
1.3.7	纠错后 FEC 误码率 (支持 FEC 的 OTU)	
2 子速率复用器 (具有 OTU 功能的 TMUX)		
2.1 支路侧 (包括所有支路信号)		
2.1.1	SDH 业务 (当承载的支路信号是 SDH 帧信号时)	
2.1.1.1	误码秒	
2.1.1.2	严重误码秒	
2.1.1.3	帧失步秒	
2.1.1.4	不可用秒	
2.1.1.5	背景块误码	
2.1.1.6	连续严重误码秒 (可选)	
2.1.2 GE 业务 (当承载的支路信号是 GE 信号时)		
2.1.2.1	接收总数据包数	
2.1.2.2	接收总字节数	
2.1.2.3	接收 CRC 错包数	
2.1.2.4	发送总数据包数	
2.1.2.5	发送总字节数	
2.2 群路侧		
2.2.1	误码秒	
2.2.2	严重误码秒	
2.2.3	帧失步秒	

表 18 (续)

序号	性能监测参数	测试结果
2.2.4	不可用秒	
2.2.5	背景块误码	
2.2.6	连续严重误码秒 (可选)	
2.2.7	输出光功率	
2.2.8	输入光功率	
2.2.9	激光器偏置电流	
2.2.10	激光器制冷电流 (可选)	
2.2.11	激光器温度 (可选)	
2.2.12	纠错前 FEC 误码率 (支持 FEC 的 TMUX)	
2.2.13	纠错后 FEC 误码率 (支持 FEC 的 TMUX)	
3 合波/分波器		
3.1	总输入光功率	
3.2	总输出光功率	
3.3	单板温度 (适用于有源器件)	
4 光分插复用器		
4.1	总输入光功率	
4.2	总输出光功率	
4.3	单板温度 (适用于有源器件)	
5 光放大器 (包括 EDFA 和 RAMAN)		
5.1	输入光功率	
5.2	输出光功率	
5.3	泵浦激光器偏置电流	
5.4	泵浦激光器温度 (可选)	
5.5	制冷电流 (可选)	
6 光监控信道		
6.1	误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号)	
6.2	严重误码秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号)	
6.3	不可用秒 (适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号)	
6.4	激光器输出光功率	
6.5	激光器偏置电流	
6.6	激光器工作温度 (可选)	
6.7	激光器制冷电流 (可选)	

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.2.2	性能检测管理	设定/查询/修改如下性能检测参数： <ul style="list-style-type: none"> - 性能监测对象 (指定的网元、单元盘、端口、通道、功能块等)； - 需要监测的参数名称； - 监测周期 (15min 或者 24h)； - 监测状态 (打开/关闭)； - 开始时间、结束时间； - 是否自动上报。 	
12.2.3	性能数据的查询、显示与统计	a) EMS 应能查询指定性能事件的所有属性，如监测时段、监测周期、监测对象及监测属性、状态 (正在运行、已经结束、暂停、尚未开始) 等； b) EMS 应能查询和统计指定性能监测的所有性能数据，并以表格和图形方式 (如折线图、直方图、饼图) 等显示查询和统计结果； c) EMS 应能对查询和统计的结果进行打印输出。	
12.2.4	性能参数复位	检查网管系统是否可对 NE 内性能计数器进行复位，即当开始新的性能监测时，EMS 允许操作人员对计数器清零。	
12.2.5	性能参数上报	a) 性能参数的上报可按指定的参数，累计周期进行上报。应有以下几种模式：定期上报、请求上报、禁止/允许上报、性能超限自动报告等。 b) EMS 应将上报的性能数据保存到数据库中，性能数据包括监测对象、监测属性及其值、监测周期、本次监测间隔的结束时间。	
12.2.6	性能数据的补取	检查在规定的时间内 (15min~4h) 内由于某种原因 EMS 接收不到性能数据，系统能重新读取丢失的性能数据。	
12.2.7	性能数据的存储	a) 性能测量数据在 EMS 存储设备上的保存期限最少为： <ul style="list-style-type: none"> - 测量周期为 15min 的测量数据：30 天； - 测量周期为 24h 的测量数据：60 天。 b) EMS 应允许操作人员设置性能数据的存储期限，对超过期限的性能数据，应提示操作人员进行归档和删除。	
12.2.8	性能数据输出	性能数据应支持以下输出方式： <ul style="list-style-type: none"> a) 性能数据显示 <ul style="list-style-type: none"> - 显示方式：文本方式、报表方式和图形方式； - 显示类别：指定时间间隔、指定性能参数、指定再生段、复用段和通道。 b) 性能数据输出到外围设备 <ul style="list-style-type: none"> - 应能输出到打印机； - 应能以 ASCII 码文件的形式输出到外围存储设备 (必须提供磁盘、磁带两种方式)。 	
12.2.9	性能门限的设置与查询	a) 对性能监视门限进行设置 (如误码门限、激光器偏置电流门限)，在性能值超出门限范围时产生性能超限告警。 b) 用户应能查询当前所有性能参数的门限值。	

表 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.2.10	性能趋势分析 (可选)	EMS 应能通过分析告警记录和性能测量数据给出引发性能监测参数劣化的大致原因, 并能通过对当前和历史性能测量数据的分析, 预测性能监测参数今后的变化趋势。	
12.2.11	光谱分析功能 (可选)	网管系统可以通过设备安装的光谱分析模块, 监测 WDM 系统中各波长的输入/输出光功率、光信噪比、中心波长值, 波长偏移等性能数据, 并提供图形化的光谱分析能力。	

12.3 配置管理

配置管理的项目见表 19。

表 19 配置管理的项目

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.3.1	网络拓扑管理	<p>a) 系统应能够建立、修改和删除网络拓扑, 包括</p> <ul style="list-style-type: none"> - 网络资源图: 显示所管辖的所有网元, 以相应的图标表示; - 机架/子架组成图: 显示机架的组成, 包括子架编号, 具体的槽位、单元盘等, 并标注相应的名称, 名称应充分反映出其实际的物理含义; - 波长配置图 (可选): 显示 WDM 系统中波长配置的上下情况。 <p>b) 网络监视功能: 网络拓扑应能够动态、实时显示被管网元的运行状态和状况。应能反映出实际的站与站之间以及设备与设备之间的物理连接关系和实际工作状态, 实时反映被管网元的告警事件。</p> <p>c) 网络浏览功能: 提供拓扑图查看、导航和定位功能。</p> <p>d) 拓扑编辑功能: 可通过拓扑编辑功能手工生成部分拓扑图。</p>	
12.3.2	网元配置管理	<p>a) 创建网元: 人工配置法、自动发现法 (可选)。</p> <p>b) 删除网元: 应能删除当前不存在的网元。删除网元时, EMS 应检查操作人员是否具有该项权限。</p> <p>c) 查询/修改网元: EMS 应能提供直观的机架配置图和子架正面板配置图, 分别以图形方式显示机架中子架布局 and 子架中槽道和单元盘的布局 (子架中所包含的槽道、每个槽道所安装的单元盘) 信息, 可通过对图形界面的操作完成网元硬件配置参数的查询和修改功能。主要包括插槽、OTU、合波/分波单元盘、光放大器、OADM 单元盘、监控信道单元盘的信息。</p>	
12.3.3	网元状态监控	EMS 应实时监控网元的工作状态, 以确保系统的正常运行。网元状态主要包括网元的管理状态、通信状态、可用状态等。	
12.3.4	J0 字节管理	<p>检查系统是否具有对 SDH OTU J0 字节具有非介入监视功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 设置 J0 字节的期望值; - 应可以查看接收 J0 字节内容; - 当 J0 踪迹字节失配时产生相应告警。 	

表 19 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.3.5	OADM 波长配置管理	<p>a) OADM 类型包括固定波长上下和可配置的 OADM, EMS 应支持以下 OADM 的配置功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 提供对波长通路名称, 承载的业务类型, 速率等的配置功能; - 应对 OADM 波长配置和使用情况进行查询。 <p>b) 对于采用可配置的 OADM, EMS 还应支持以下配置功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - OADM 交叉连接的配置, 包括设定光通路的直通、上/下路状态; - 通过 EMS 可在 OADM 上进行远端/近端、支路口/群路口的环回配置 (可选)。 	
12.3.6	子速率复用器管理功能 (可选)	<p>a) 如果 OADM 具有子速率复用设备, 应提供子速率复用配置功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 支持 TMUX 支路侧业务类型 (STM-N/GE 等)、业务速率和复用方式的配置; - 通过 EMS 可在 TMUX 上进行远端/近端、支路口/群路口的环回配置 (可选)。 <p>b) 接入 SDH 的 TMUX 时钟管理功能。</p> <p>可对 TMUX 的同步定时源进行管理, 包括:</p> <p>1) 指配同步定时源的人工倒换模式, 用户可选取的定时源包括:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 外时钟; - 线路侧时钟 (解复用器) 或支路侧时钟 (复用器); <p>2) 指配同步定时源的自动倒换模式, 包括:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 按照上述两种定时源的 S1 字节优先级进行定时源自动选取; - 通过设置 TMUX 外时钟源的最低可用质量等级, 当外时钟源质量低于该最低可用等级时, 网元时钟进入保持模式或自由振荡模式。 <p>3) 选择外时钟输入/输出类型: 2MHz 或 2Mbit/s。</p> <p>4) 设置定时源恢复等待时间 (WTR)。</p> <p>5) 查询时钟源状态 (跟踪, 自由振荡, 保持等)。</p> <p>6) 设置和查询时钟源失效条件。</p>	
12.3.7	保护管理功能	<p>a) 保护指配: 提供保护的创建、删除功能。</p> <p>支持的保护方式包括</p> <ul style="list-style-type: none"> - 光通道保护: 光通道的 1+1/1:N 保护; - 光线路保护: 1+1 OMS 保护; - 环网保护: ULSR\ UPSR\ BLSR\ BPSR\ OSNCP 保护 (适用于城域网应用); - 设备冗余保护。 <p>b) 保护信息的查询、修改功能: 可通过 EMS 查询/修改管理域内的所有符合条件的保护组信息, 可查询/修改的保护组属性, 并可查询相关保护的组业务信息。</p> <p>c) 保护倒换管理</p> <p>1) 光通道保护和光线路保护 (1+1) 倒换: EMS 应可设置以下保护倒换信息</p>	

表 19 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.3.7	保护管理功能	<ul style="list-style-type: none"> - 恢复模式 (返回式\非返回式); - 恢复等待时间 (WTR); - 设置自动保护倒换参数。 <p>EMS 应允许选择保护倒换类型, 包括: 保护锁定、强制倒换、人工倒换、清除倒换类型设置、自动倒换。</p> <p>2) WDM 环网保护倒换</p> <p>保护倒换信息包括: 保护方式、保护倒换准则、恢复等待时间 (WTR)、设置自动保护倒换参数 (APS) 等 (适用于城域网应用);</p> <p>EMS 应允许选择的保护倒换类型包括保护锁定、强制倒换、人工倒换、清除倒换类型设置、自动倒换。</p> <p>3) 设备冗余保护倒换</p> <p>EMS 应能为 WDM 设备中的保护组提供保护倒换执行/释放功能。在执行保护倒换时, EMS 应允许选择保护倒换类型, 支持的保护倒换类型同上。</p> <p>d) 保护倒换状态查询: 应能通过 EMS 查询 WDM 系统中保护组的保护倒换状态信息, 掌握保护组所处的当前状态。保护组状态信息包括保护组标识、保护倒换类型、保护状态 (工作/保护) 等。</p>	
12.3.8	APR 功能	<p>对于 APR, EMS 应该支持以下参数</p> <ul style="list-style-type: none"> - 自动重启、人工重启的选择; - 打开持续时间: APR 对打开的持续时间 (可选); - 关断持续时间: APR 对关断的持续时间; - 测试时间: APR 重启测试的时间。 	
12.3.9	FEC 功能管理 (可选)	<p>当系统采用前向纠错编码 (FEC) 技术时, EMS 应支持对 FEC 功能的管理。EMS 应对具有 FEC 功能的设备进行 FEC 工作状态的设置, 可选择的工作状态包括:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 无 FEC 模式; - FEC 编解码模式。 	
12.3.10	光线路功率自动控制 (系统具有该功能时适用)	<p>当系统需进行光线路功率自动控制时, EMS 可以提供相应的初始配置, 状态显示, 人工设置相关参数以及启动/停止调节操作等功能。</p>	
12.3.11	光通道自动功率均衡 (系统具有该功能时适用)	<p>当系统需进行光通道自动功率均衡时, EMS 可以提供相应的初始配置, 状态显示, 各波长功率的显示以及启动/停止操作等功能。</p>	
12.3.12	NE 时间管理	<p>EMS 应为所管辖的 WDM 设备提供时间管理功能。</p> <p>a) 如果网元不支持 NTP 协议, EMS 应能</p> <ul style="list-style-type: none"> - 查询指定网元的当前时间; - 设置单个网元的当前时间 (年、月、日、时、分、秒); - 以广播式设置一组网元的当前时间 (年、月、日、时、分、秒)。 <p>b) 如果网元支持 NTP 协议, EMS 应能</p>	

表 19 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.3.12	NE 时间管理	<ul style="list-style-type: none"> - 设置网元的角色 (NTP 客户端, NTP 服务器) (可选); - 为每个 NTP 客户端网元设置主用 NTP 服务器和备用 NTP 服务器及轮询时间间隔; - 为 NTP 服务器设置当前时间; - 查询指定网元的当前时间。 	
12.3.13	配置数据管理	<p>a) 备份配置数据: EMS 应保存网元配置数据变化的记录, 包括所改变配置内容, 时间, 用户名等。</p> <p>b) 检查配置数据合法性: 当改变网络或设备配置时, EMS 应首先检查被管理网元是否能提供此类配置、与其他配置是否冲突、是否有足够权限等。如有差错, 应及时向用户报告, 并生成相应日志。</p> <p>c) 检查配置数据一致性: 应能检查 EMS 中保存的配置数据与网元中的实际数据的一致性, 在检查一致性结束后, 给出一致性报告。</p> <p>d) 自动生成配置数据: 当通过直接操作网元修改设备数据时, EMS 收到相应通知后应在网管系统上作出标识或自动更新配置数据, 并提示用户。</p> <p>e) 上载配置数据: 上载配置数据是通过 EMS 与网元之间的连接将网元中的配置信息上载到 EMS 上, EMS 据此产生拓扑视图。每个网元在其控制机盘中保存有相应的网元数据, 用户能通过一定的命令将网元的配置数据同步获取。</p> <p>f) 下载配置数据: 下载配置数据是利用 EMS 中现有网元数据将配置信息下载到网元的控制机盘上。</p> <p>g) 查询/打印配置数据: 可实时浏览网元的配置数据, 并可根据需要将指定的数据打印出来。</p> <p>h) 拷贝配置数据: 可将一个成功配置好的网元配置数据拷贝到其他与此网元具有相同或相似配置的一个或多个 (广播式) 网元中, 然后修改配置数据。</p>	
12.3.14	NE 软件下载	<p>EMS 应支持以下 NE 软件下载功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - NE 软件的在线下载; - 放弃下载的 NE 软件; - 激活下载的 NE 软件。 	
12.3.15	公务管理 (可选)	<p>EMS 应为所管辖的 WDM 网元设备提供如下公务管理功能:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 设置网元的公务号码; - 设置公务群呼号码; - 禁止/允许公务群呼。 	

12.4 安全管理

安全管理内容见表 20。

表 20 安全管理内容

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.4.1	用户管理	EMS 可将用户划分为: 系统管理用户、系统维护用户、系统操作用户、系统监视用户 4 个等级, 但不局限如此。提供的管理功能包括: a) 添加/删除用户; b) 锁定/解锁用户; c) 查询用户信息; d) 修改用户密码。	
12.4.2	权限控制	权限控制功能为指定用户赋予一个或多个操作权限。EMS 应按系统功能细分操作权限。EMS 应具有灵活地划分其管理区域的功能, 管理区域的划分应包括被管理网元的划分和操作权限的划分。其他权限控制功能包括: a) 用户登录鉴权 当用户登录 EMS 时, 系统应提示用户输入密码, 并校验该密码是否正确, 只有成功通过鉴权的用户才能登录本系统, 鉴权失败时系统应给出提示信息。 b) 用户操作鉴权 当用户执行 EMS 某个功能时, 系统应自动校验该用户是否有执行该功能的权限, 只有成功通过鉴权的用户才能执行该功能, 鉴权失败时系统应给出提示信息。 c) 当用户操作出现以下情况时, 系统应能及时产生告警信息, 并禁止当前用户的进一步操作。	
12.4.3	操作日志管理	操作日志记录用户在系统中所执行的各种操作, 主要管理功能包括: a) 查询操作日志: 查询信息包括操作时间、操作人、操作名称、操作结果; b) 备份操作日志: 将操作日志备份到指定的外围存储器中; c) 删除操作日志: 给定时间 (段)、用户、操作结果删除操作日志。	
12.4.4	登录日志管理	a) 查询登录日志: 给定时间 (段)、用户、操作类型进行查询, 可查询的信息包括登录时间、退出时间、用户名称、登录结果、在系统中逗留时间; b) 备份登录日志: 将登录日志备份到指定的外围存储器中; c) 删除登录日志: 给定时间 (段)、用户、操作结果删除登录日志。	
12.4.5	系统自身管理	a) EMS 应提供对自身的管理功能如系统启动、初始化、关闭、备份等。 b) EMS 应提供其与网元之间链路的监视功能。 c) 一旦 EMS 本身出现故障, 或者 EMS 与网元之间链路出现故障时, EMS 应能及时提醒操作人员并提供相应的安全和故障恢复功能。	
12.4.6	系统备份和恢复管理	a) 系统中的数据和文件应能全部或部分备份到外围存储设备。工作模式应有手工和定时 (1~30 天可设) 两种。 b) 当网管系统发生故障时, 应可利用备份数据进行系统恢复。	
12.4.7	软件管理	a) EMS 应提供对自身软件的管理功能, 包括: - 软件安装管理, EMS 提供详细、友好的软件安装向导并生成相应的日志文件。	

表 20 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
12.4.7	软件管理	<ul style="list-style-type: none"> - 软件升级功能; - 软件版本管理。 b) EMS 应能支持对其所辖网元上软件进行远程维护功能, 包括: <ul style="list-style-type: none"> - EMS 应能查询网元的软件版本信息; - EMS 应能下载并升级网元的软件版本; - 在下载、升级网元的软件版本之前, EMS 应备份网元的配置参数, 如设备参数, 门限设置和交叉连接信息等以及当前运行的软件到本地硬盘指定目录或者外设上, 当软件升级失败时, EMS 应能恢复备份的软件和数据。 	
12.4.8	F 口的接入控制 (可选)	支持对 F 口 (LCT 接口) 的接入控制 (允许接入/禁止接入)。	

13 WDM 环网的子网管理系统功能验证

子网管理系统 (SNMS) 应具有 EMS 所有管理功能, 或通过访问 EM 来实现。此外, SNMS 应具有网络层的故障管理、性能管理、配置管理、安全管理功能。(注: SNMS 指同一厂家的网络层管理系统)

13.1 故障管理

子网管理系统的故障管理项目见表 21。

表 21 子网管理系统的故障管理项目

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
13.1.1	实时告警监视功能	a) 通过模拟故障测试网管实时告警功能, 系统应能将线路发生的故障定位在网元之间。 b) 子网管理系统主要监视网络层的告警。系统应具有将设备告警映射为光通道或光网络各段层告警的功能; 同时给出引起光网络告警的相应设备告警信息。	
13.1.2	告警相关性分析 (可选)	提供告警相关性分析功能, 可根据网络配置信息以及接收的告警信息频度和种类, 对告警信息的关联进行综合分析, 在多个告警中确定故障根源。	
13.1.3	告警级别设置	SNMS 可以对网络告警严重级别进行重定义。	
13.1.4	告警同步功能	检查是否能以人工和自动两种方式对子网管理系统和网元管理系统上的告警进行同步。	

13.2 性能管理

子网管理系统的性能管理项目见表 22。

表 22 子网管理系统的性能管理项目

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
13.2.1	性能数据的存储	提供端到端光通道的 15min 和 24h 性能数据报告和存储功能, 并支持性能报告的转储。	

表 22 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
13.2.2	性能数据的收集	端到端光通道的性能数据采集的设置, 应可以指定对某一个端到端的光通道打开或关闭性能监视。	
13.2.3	性能数据的统计分析	具有光通道性能数据的统计分析能力。	

13.3 配置管理

子网管理系统的配置管理项目见表 23。

表 23 子网管理系统的配置管理

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
13.3.1	网络拓扑管理	系统应支持网元、光链路、子网 (可嵌套)、网管系统等拓朴元素的显示; 同时, 应支持显示如下几层的网络拓扑结构: <ul style="list-style-type: none"> — 物理媒质层 (光传送段和光复用段) — WDM 光通道层 	
13.3.2	光通道管理	测试端到端光通道的管理。测试网管系统在 WDM 网络光通道硬件连接好以后, 可以在网管系统中建立端到端光通道, 并进行管理。系统应具有以下几种功能: <ul style="list-style-type: none"> a) 光通道起止点和端口选择; b) 光通道方向: 单向、双向; c) 光通道命名: 系统应可以对通道进行有规则的命名, 应提供系统自动命名和用户命名两种方式。 d) 光通道保护配置 (可选) 	
13.3.3	端到端光通道配置功能	系统应能提供端到端光通道配置功能, 在采用光通道保护时, 应能同时实现端到端保护通道的配置。光通道配置支持以下 3 种方式: <ul style="list-style-type: none"> — 手工方式, 由操作人员逐条选择确定电路的路径 (包括工作路径和保护路径); — 半自动方式, 由操作人员选择确定电路的源、宿端点及中间点, 系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电路路径供操作人员选择; — 自动方式, 由操作人员选择确定电路的源、宿端点, 系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电路路径供操作人员选择。 (可选) 采用自动方式和半自动方式进行电路设计时系统进行路由选择时, 应考虑如下因素: 成本, 带宽, 可靠性, 距离, 线路的性能, 节点数目等, 选择最合理的路由。	
13.3.4	光通道业务信息管理	系统应支持记录、查询光通道业务信息, 包括速率, 服务等级 (是否需要保护, 保护类型), 业务类型, 业务方向 (单向, 双向, 广播), 电路的 A、Z 端点, 客户信息, 开通时间等信息。	
13.3.5	光通道的保护管理功能	包括光通道保护条件设置, 保护切换控制命令, 保护倒换事件记录, 保护倒换状态查询等。	

表 22 (续)

编号	测试项目 (必选/可选)	测试说明	测试结果
13.3.6	配置数据的一致性检查	<p>a) 系统应提供对数据库中信息和实际网络中数据进行一致性比较的功能。</p> <p>b) 当系统数据库信息与实际网络配置不一致时, 系统应提供以下两种方式之一进行数据同步:</p> <ul style="list-style-type: none"> — 系统应可以利用上载的方式, 用网元管理系统的配置数据同步子网管理系统数据; — 系统应可以利用下载的方式, 用子网管理系统数据同步网元管理系统的配置数据。 	

13.4 安全管理

安全管理功能同网元管理系统。

附录 A

(资料性附录)

WDM 环网错连、阻错及其测试方法

A.1 WDM 环网错连的种类

在城域范围应用的 WDM 环网应具有高效可靠的网络保护功能, 因此 WDM 环网系统一般支持多种类型的保护方式, 如单向光通道保护倒换 (UPSR)、单向光线路保护倒换 (ULSR)、双向光线路共享保护倒换 (BLSR)、双向光通道共享保护倒换 (BPSR)。其中共享保护的最大优点是波长资源的利用率高, 并且双向传输可实现波长重用, 进一步节约了波长资源, 另外保护通道在闲置情况下还可传送一些低等级业务, 因此共享保护具有明显的优越性。

如果 WDM 环网采用了波长重用和共享保护, 当系统中出现多点故障或节点失效故障, 使系统产生保护倒换时, 两个本没有业务互通的节点就有可能出现不该有的业务互通, 这可称之为保护共享错连。

配置了光放大器的 WDM 环网有潜在的正反馈效应的系统, 有可能在光通道上出现本不应该出现而且会对系统的稳定工作带来灾难性影响的问题——光通路错连成没有下话通道的环路通道, 即该波长通道在各节点全部直通。这样就可能使该通道环路的增益大于损耗, 致使系统在该波长通道上对放大器的自发辐射信号不断进行放大, 产生自激振荡, 从而损耗大量的反转增益粒子, 使光放大器难以为其其他正常传输信号提供足够的增益能量, 影响信号的正常放大与传输。这种错连可称之为通道环路错连。

在城域 WDM 环网中, 错连现象具有存在的可能性, 因此需要采取一定的措施来避免。在双向光线路共享保护环中, 有保护共享错连的可能, 这取决于通道共享保护的表征。保护共享错连只会使相关节点的相关通道产生连接错误, 而不会使正常传输的业务受到影响; 而通道环路错连却可能会使整个系统瘫痪, 使其无法正常传输业务。在采用波长固定上下 OADM 的 WDM 环网系统中, 系统和工程设计时可以避免出现通道环路错连, 所以一般不考虑通道环路错连的情况。而对于采用可灵活配置波长上下 OADM 的 WDM 环网系统, 有存在通道环路错连的可能性, 灵活配置 OADM 的技术规范及其相应的通道环路错连的测试方法待研究。本附录仅涉及保护共享造成的错连、阻错及其测试方法。

A.2 保护共享错连与阻错

保护共享错连是由波长重用与共享保护所带来的传输隐患。如在图 A.1 的 (a) 中, 当两个传输业务为相同波长通道时, 可视为一种共享保护, 即环中的同一个工作波长在多个跨段上可被重复利用, 以提高系统资源的利用率。图 A.1 (b) 则示出了在两个不同跨段的光纤出现故障时, 受损业务从工作通道倒换到另一环的保护通道的情况 (图中虚线所示), 由此可见, 保护通道是被多个工作通道的业务所共享。

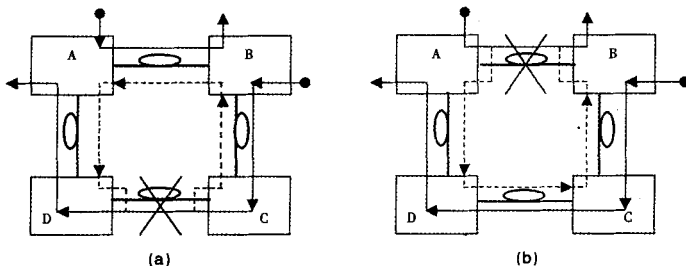


图 A.1 WDM 环网中共享的含义

在图 A.2 所示的两纤双向复用段共享环中, 业务 t_1 和 t_2 重用了同一个波长。当节点 C 发生节点失效故障时, B 点与 D 点在靠近故障的一侧都发生倒换 (见图 A.3), 可以看到, 业务 t_1 被错误地从 t_2 的下路节点 B 下路了, 即发生了错连 (misconnection)。如果不采取任何措施, B 点的业务层无法知道业务发生了错连。

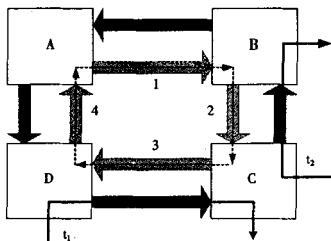


图 A.2 正常工作时重用同一波长的两个业务 t_1 和 t_2

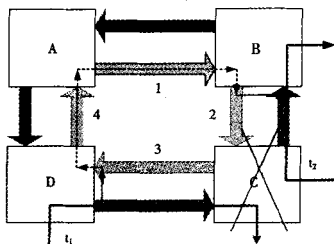


图 A.3 发生故障时 t_1 和 t_2 发生了错连

概括的说, 错连就是在发生保护倒换时, 一条业务被传送到另外的节点而不是预定的节点并且没有纠正动作的情形。

必须采取一定的措施来防止这种情况。在 G.841 协议中, 建议使用环图和阻错表, 通过在错连的业务中插入 AU-AIS 信号来指示错连, 这种措施称为阻错 (squelching, 有译作压制或抑制)。在 WDM 环网中, 必须考虑其他实现方法。无论哪种实现方法, 都必须能有效的防止这种错连现象的出现, 即具有阻错手段, 因此在 WDM 环网测试时应测试此系统是否具有阻错的功能。

产生错连的条件为: 1) 系统为共享保护环网; 2) 有波长重用业务传输通道, 且它们共享一部分保护通道; 3) 在波长重用的相关业务传输通道中同时出现保护倒换。如图 A.4 所示。在阻错功能验证测试中必须首先制造出产生错连的条件, 造成错连, 看系统能否发出错连告警甚至产生禁止错连通道传输的动作。

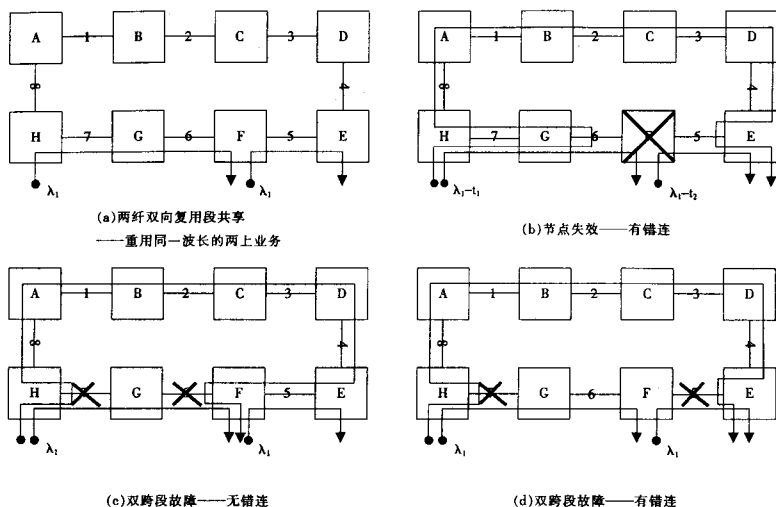


图 A.4 错连现象分析

A.3 保护共享错连的测试方法

保护共享错连的阻错验证及测试步骤如下：

(1) 根据前面所述原则，在双向共享保护环中寻找具有相同工作波长通道，且在几个不同节点间有两个及两个以上业务传输的波长重用传输通道。

(2) 取其中的两个传输业务进行监测，将信号分析仪的输出信号由一个业务的输入端输出，而将另一个业务的信号输出连接于信号分析仪的输入端。在图 A.4 (a) 中，信号分析仪应接于节点 H 与节点 E 之间。此时，信号分析仪应有 LOS 或 LOF 告警，即一个业务的信号不会传输到另一业务中。

(3) 暂不启动设备的阻错功能，分别在两个待监测业务的传输通道上制造光纤阻断事件，如图 A.4 (b) 或图 A.4 (d) 所示，使系统产生保护倒换，验证系统是否产生了保护共享错连，即一个业务的信号传输到另一业务中，信号分析仪的 LOS 或 LOF 告警消失。

(4) 启动设备的阻错功能，此时网管系统应发出错连告警，并指示发生错连的业务通道，甚至使监测错连的信号分析仪再次发出 LOS 或 LOF 或其他能够阻断信号传输的告警。若网管不发出告警，信号分析仪也呈现出正常传输状态，则表示系统不具备阻错功能。

附录 B (资料性附录)

WDM 环网自激振荡测试方法

B.1 WDM 环网自激的产生

由于 WDM 环网中的 OADM、光放大器以及光纤传输链路的透明性，在一定条件下，可能会形成一种特殊光路：闭合的全光透明环路。当该环路的总增益大于总损耗时，就会形成激射，出现类似于环形腔激光器的环路激射现象。

在 WDM 环网中，作为核心部件的光分插复用器件 (OADM) 实际是光学滤波器。滤波器可分为两类，即带通滤波器和带阻滤波器。当环路中同时包含这两种类型的滤波器，且一个波长在由带阻滤波器构成的 OADM 下路时，如果带阻滤波器的带宽小于带通滤波器的带宽，或两者的中心波长不一致，尽管这个信道在逻辑上已经被下路了，但位于带阻滤波器的带宽之外且同时仍在带通滤波器的带宽内的波长将能够通过这个环网中的所有节点，形成泄漏环。如果泄漏的部分在环路中的净增益大于 1，则环路中将形成自激。

综上所述，全光环路自激的形成有两个条件：

- (1) 必须形成闭合的光传输环路。
- (2) 相关波长的环路总增益 G_{Total} 必须大于总损耗 L_{Total} ，即 $G_{\text{Total}} > L_{\text{Total}}$ 。

强烈的环路激射不仅会消耗大量的网络功率，使 EDFA 饱和，还可能造成网络不稳定，其余波长引入的串扰较大等不良影响，并且对网络管理相关信道中信号有无的识别产生一定的干扰，在网络设计和规划中应予以避免。如图 B.1 所示，其中 (a) 中几个较小较细的光谱信号线为传输业务信号，它已受到了自激振荡的抑制。

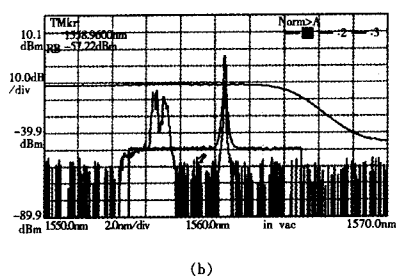
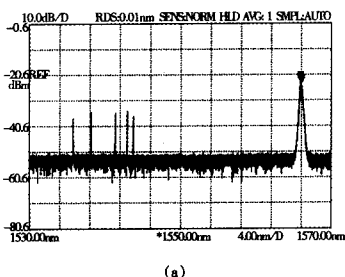


图 B.1 强烈自激振荡谱线及其对传输的影响

但是自激振荡并不总是有害的，当自激振荡较弱，且振荡波长稳定，又不在工作波长通道内时，并不会影响信号的传输与系统的稳定。而在两纤单向保护环中，适当的自激振荡可以为系统提供保护环路正常的信息。而且当环路的总增益略大于总损耗时，由于业务信号输入光的存在，EDFA 中模式竞争的结果会使自激振荡难以发生。

由于城域 WDM 环网必然构成光传输环路，所以自激振荡的“条件 (1)”是自然满足的。为了保证系统的各通道信号平坦度，一般要将系统调整，使每段线路与设备的损耗总和等于或略小于相关光放大器的增益，系统环路总增益就必将与环路总损耗相当，也就比较容易产生自激振荡了。

为了抑制给系统带来灾难的强烈自激振荡,可以采用下述办法来解决:在保证通道平坦度的前提下,提高环路总损耗,使环路自激振荡条件始终无法满足。图 B.2 给出了光分插复用盘的传输特性。

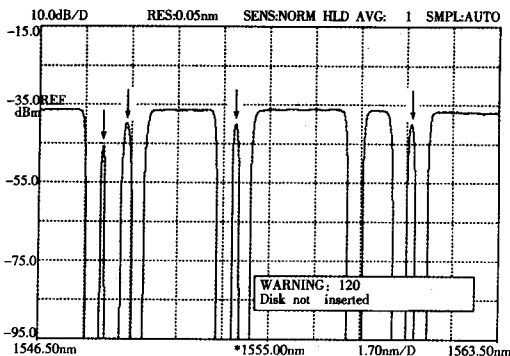


图 B.2 光分插复用盘的传输特性

即使这样,由于系统存在更换传输光纤、整理光接头以及光纤盘纤状态的可能,这些都会使系统的环路衰减降低,使原本没有自激振荡的系统出现自激振荡,所以若系统不具备线路损耗的随动功能,将会有更大的自激振荡风险。这样测试并评判系统是否存在损害系统传输性能的自激振荡,并评判其损害风险,估计系统余度,以及系统在出现通道环路错连的情况下的表现,对判定系统能否稳定工作具有十分现实的意义。由于系统的自激振荡危害以及风险情况并无确定的技术指标要求,所以本测试方法仅具备一定的指导意义,不能作为实际工程的判据。

B.2 WDM 环网自激的测试方法

由于 WDM 环网具有产生自激的潜在性,因此有必要进行自激方面的测试,即在网络开通时,按照网络实际应用和配置条件,在保证系统正常工况的条件下检测系统是否存在自激现象,并判定系统的自激振荡风险,以及自激振荡对系统的影响。

测试步骤与方法:

(1) 测试中需用到可调光衰减器。当系统的光纤线路中存在可调光衰减器时,可直接加以利用;没有时,可将光纤线路中的某个固定光衰减器替换为可调光衰减器,并将总插入损耗调节到与采用固定光衰减器时相同的值。

(2) 在系统主光通道的某个 MON 口(如 OPA、OBA 的 MON 端口)上用光谱分析仪监测传输光谱。

(3) 观察光谱曲线是否存在宽谱光信号、极高峰值功率光信号以及波长与峰值功率不稳定的光信号。若有且在断开环路时,上述现象消失,则表明系统中存在极强的自激振荡,并会严重影响系统的性能。

(4) 若光谱曲线基本正常,则可缓慢增加可调光衰减器的衰减量(约 1dB),观察光谱曲线的变化,若存在峰值功率急剧下降的光信号,则表明系统中存在较弱的自激振荡,如图 B.3 中的箭头所示。恢复可调光衰减器的衰减量,若该信号波长不在任何节点的上下话波长通道内(中心波长 $\pm 0.5\text{nm}$ 范围),信号功率不大于最大的通道平均光功率的 6dB,而且系统具有线路损耗随动功能,则该自激振荡不影响系统的传输。若系统不具有线路损耗随动功能,则该系统具有极大的自激振荡隐患。判决方法见表 B.1。

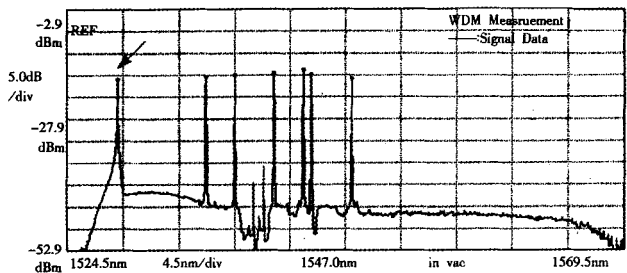


图 B.3 系统中不影响传输的自激振荡

表 B.1 测试步骤（4）的判据

判据条件	是否有自激振荡	无	有	有	有	有
	振荡波长是否稳定	—	不稳定	—	稳定	稳定
	振荡波长是否处于某工作通道波长范围内	—	—	—	是	否
	振荡峰值功率是否大于最大工作通道平均光功率的 6dB	—	—	是	否	否
测试结论	系统具有线路衰减随动功能	稳定	不稳定	不稳定	相关通道不可用	稳定或步骤 5
	系统不具备线路衰减随动功能	步骤 5	不稳定	不稳定	不稳定	隐患大

（5）缓慢减小可调光衰减器的衰减值（1dB），若光谱曲线在原来没有自激振荡信号的情况下出现了新的光波长信号，新波长信号不在工作波长通道范围内，而系统又不具备线路衰减随动功能，则系统具有较大的自激振荡风险。若系统不具备线路衰减随动功能，则应将可调光衰减器的衰减值继续减小直至比正常值小 3dB，若此时系统仍未出现自激振荡，则表明系统具有较大的衰减富裕度，可以稳定工作。若新产生的波长信号在某个工作波长通道范围内，则无论系统是否具有线路衰减随动功能，均应判定为系统具有很严重的自激振荡隐患。判决方法见表 B.2。

当系统不具有通道环路错连的阻错功能时，则应将各节点的可配置光分插复用通道直通。没有可配置光分插复用盘时，选择总插损较小的通道，通过短光纤跳线互连直通，以构成通道环路错连。再依上述步骤（1-5）的方法，判定系统在出现通道环路错连的情况下，系统的自激振荡风险与富裕度。（注意：再此测试条件下，自激振荡波长是否处于工作波长范围内不作为判据条件使用）

表 B.2 测试步骤（5）的判据

判据条件	是否有自激振荡	无	有	有	有	有
	振荡波长是否稳定	—	不稳定	—	稳定	稳定
	振荡波长是否处于某工作通道波长范围内	—	—	—	是	否
	振荡峰值功率是否大于最大工作通道平均光功率的 6dB	—	—	是	否	否

表 B.2 (续)

测试结论	系统具有线路衰耗随动功能	稳定	不稳定	裕度小	相关通道 不可用	稳定
	系统不具备线路衰耗随动功能	稳定	不稳定	不稳定	相关通道 不可用	富裕度小
