

ICS 33.040.20

M 33

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2489-2013

可重构的光分插复用 (ROADM)设备测试方法

Test methods for reconfigurable optical add drop multiplexing
(ROADM) equipment

2013-04-25 发布

2013-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 系统参考点	2
4.1 两方向ROADM设备的系统参考点	2
4.2 多方向ROADM设备的系统参考点	3
5 ROADM设备的单机功能测试	4
5.1 方向数	4
5.2 上下波数量	5
5.3 波长可重构能力	6
5.4 波长调谐能力(可选)	6
5.5 波长不相关性(可选)	8
6 ROADM设备的单机性能测试	8
6.1 ROADM器件的主要性能参数	8
6.2 线路入口至本地下波的性能参数	12
6.3 本地上波至线路出口的性能参数	18
6.4 线路入口至线路出口的性能参数	24
7 ROADM设备的主光通道测试	31
7.1 MPI-SM/SM点接口参数	31
7.2 MPI-SM~MPI-RM之间参数	31
7.3 MPI-RM/RM点接口参数	31
8 光波长转换器测试	31
8.1 OTU的接口参数	31
8.2 OTU的开销及维护信号	31
8.3 客户信号的映射	31
8.4 ODUk复用功能	31
9 监控通路测试	31
9.1 光监控通路(OSC)	31
9.2 电监控通路(ESC)	31
10 ROADM设备和网络保护功能	32
11 ROADM系统性能测试	32
11.1 误码/丢包率性能	32

11.2	以太网业务性能	32
11.3	纠错前误码率	33
11.4	系统抖动	34
12	ROADM设备的网元管理系统功能验证	35
12.1	ROADM网管的基本功能	35
12.2	网管的功率自动管理功能	35
12.3	波长管理功能	36
12.4	波长踪迹监控功能（可选）	39
13	ROADM设备的控制平面功能测试（可选）	41
14	ROADM设备的APR功能验证	41

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准在参考YD/T 1159-2001《光波分复用（WDM）系统测试方法》、YD/T 2148-2010《光传送网（OTN）测试方法》和YD/T 2147-2010《 $N \times 40$ Gbit/s光波分复用（WDM）系统测试方法》的基础上，结合我国具体情况制定。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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：工业和信息化部电信研究院、华为技术有限公司、江苏富士通通信技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海贝尔股份有限公司。

本标准主要起草人：李 芳、赵文玉、徐云斌、陈 亘、李时星、颜颖璐、武成宾、程绪明。

可重构的光分插复用 (ROADM)设备测试方法

1 范围

本标准规定了可重构的光分插复用 (ROADM) 设备的测试方法, 主要包括ROADM设备的系统参考点定义、单机功能测试、单机性能测试、主光通道测试、光波长转换器测试、监控通路测试、设备和网络保护功能测试、系统性能测试、网元管理系统功能验证、控制平面功能测试、APR功能验证等内容。

本标准适用于应用在WDM或OTN系统中的ROADM设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本文件。

GB/T 16814-2008 同步数字体系(SDH)光缆线路系统测试方法

自动交换光网络 (ASON) 测试方法 第1部分: 基于 SDH 的 ASON

YD/T 1159-2001 光波分复用 (WDM) 系统测试方法

YD/T 1205-2010 城域光传送网波分复用 (WDM) 环网技术要求

YD/T 1259-2003 波分复用系统(WDM)光安全进程技术要求

YD/T 1383-2005 波分复用 (WDM) 网元管理系统技术要求

YD/T 2003-2009 可重构的光分插复用 (ROADM) 设备技术要求

YD/T 2147-2010 $N \times 40\text{Gbit/s}$ 光波分复用 (WDM) 系统测试方法

YD/T 2148-2010 光传送网 (OTN) 测试方法

ITU-T G.825-2000 基于同步数字体系 (SDH) 的数字网内的抖动和漂移控制(The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH))

ITU-T G.8251-2010 光传送网(OTN)内的信号抖动和漂移控制(The control of jitter and wander within the optical transport network (OTN))

IETF RFC2544 网络互联设备基准测试方法 (Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices)

3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

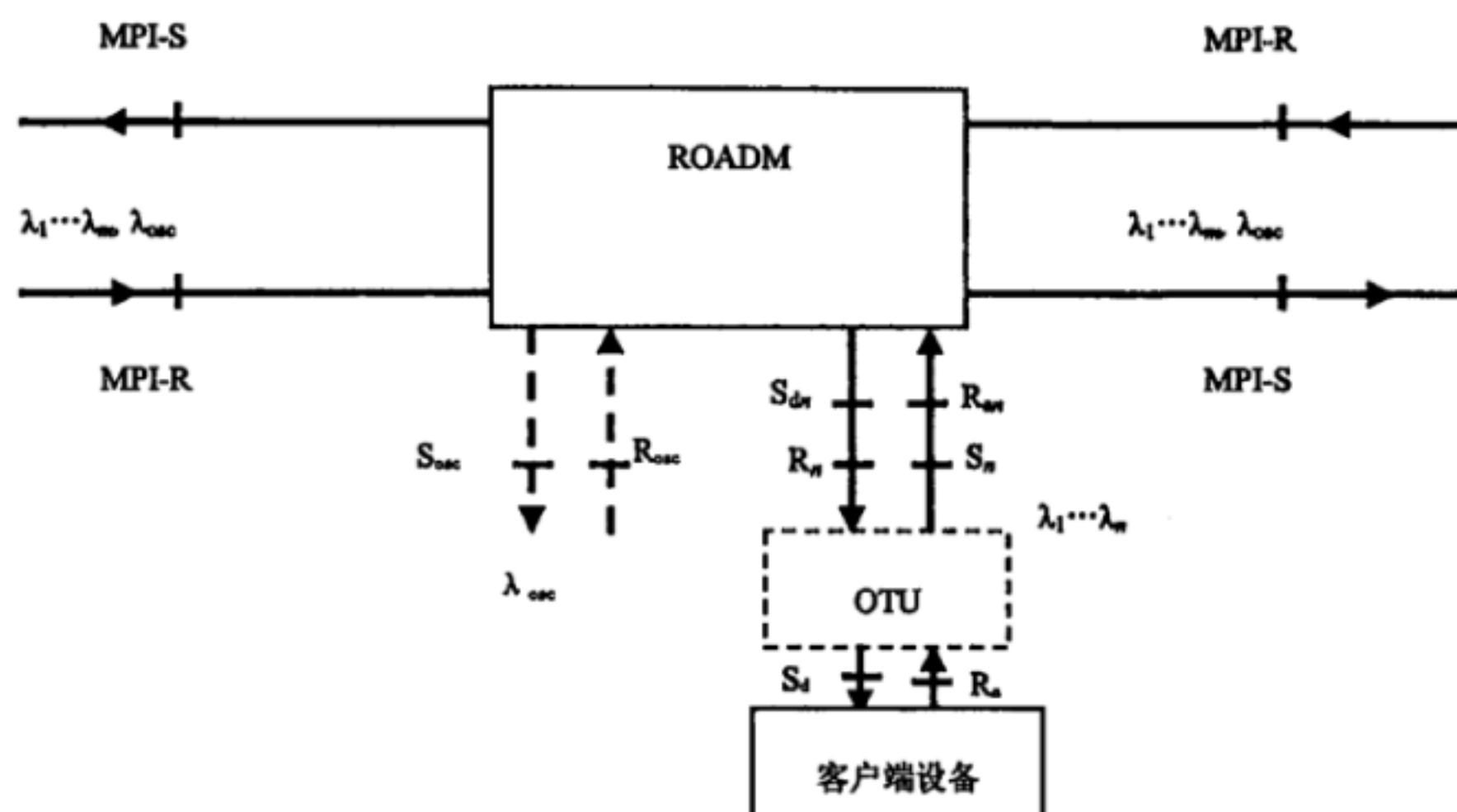
AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
APR	Automatic Power Reduction	自动功率减小
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
DEG	Degraded	(性能) 劣化
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	密集波分复用
ESC	Electric Supervisory Channel	电监控通路

EXC	Excessive	(性能) 越限
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
GCC	General Communication Channel	通用通信通道
GE	Gigabit Ethernet	千兆比特以太网
LCK	Locked	锁定
LOF	Loss of Frame	帧丢失
LOS	Loss of Signal	信号丢失
MPI	Main Path Interface	主通道接口
OCI	Open Connection Indication	开放连接指示
ODUk	Optical Channel Data Unit-k	K 阶光通道数据单元
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控通路
OSNR	Optical Signal Noise Ratio	光信噪比
OTM	Optical Terminal Multiplexer	光终端复接器
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OTU	Optical Transponder Unit	光波长转换器
OTUk	Optical channel Transport Unit-k	k 阶光通道传送单元
PM	Path Monitoring	通道监视
PMD	Polarization Mode Dispersion	偏振模色散
ROADM	Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer	可重构光分插复用器
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SM	Section Monitoring	段监视
STM	Synchronous Transfer Mode	同步传输模式
TCM	Tandem Connection Monitoring	串联连接监视
TIM	Trail trace Identifier Mismatch	路径踪迹标识符不匹配
VOA	Variable Optical Attenuator	可调光衰减器
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波分复用
WSS	Wavelength Selective Switch	波长选择性交叉

4 系统参考点

4.1 两方向 ROADM 设备的系统参考点

两方向ROADM设备的系统参考点示意如图1所示。



MPI-S: ROADMs 的主光通道输出参考点;

S_{dn} : ROADMs 的下路输出参考点;

R_n : OTU 的下路输入参考点;

S_{osc} : ROADMs 的 OSC 输出参考点;

S_d : OTU 的客户侧输出参考点;

MPI-R: ROADMs 的主光通道输入参考点;

R_{dn} : ROADMs 的上路输入参考点; $i=1 \sim n$

S_n : OTU 的上路输出参考点;

R_{osc} : ROADMs 的 OSC 输入参考点;

R_a : OTU 的客户侧输入参考点。

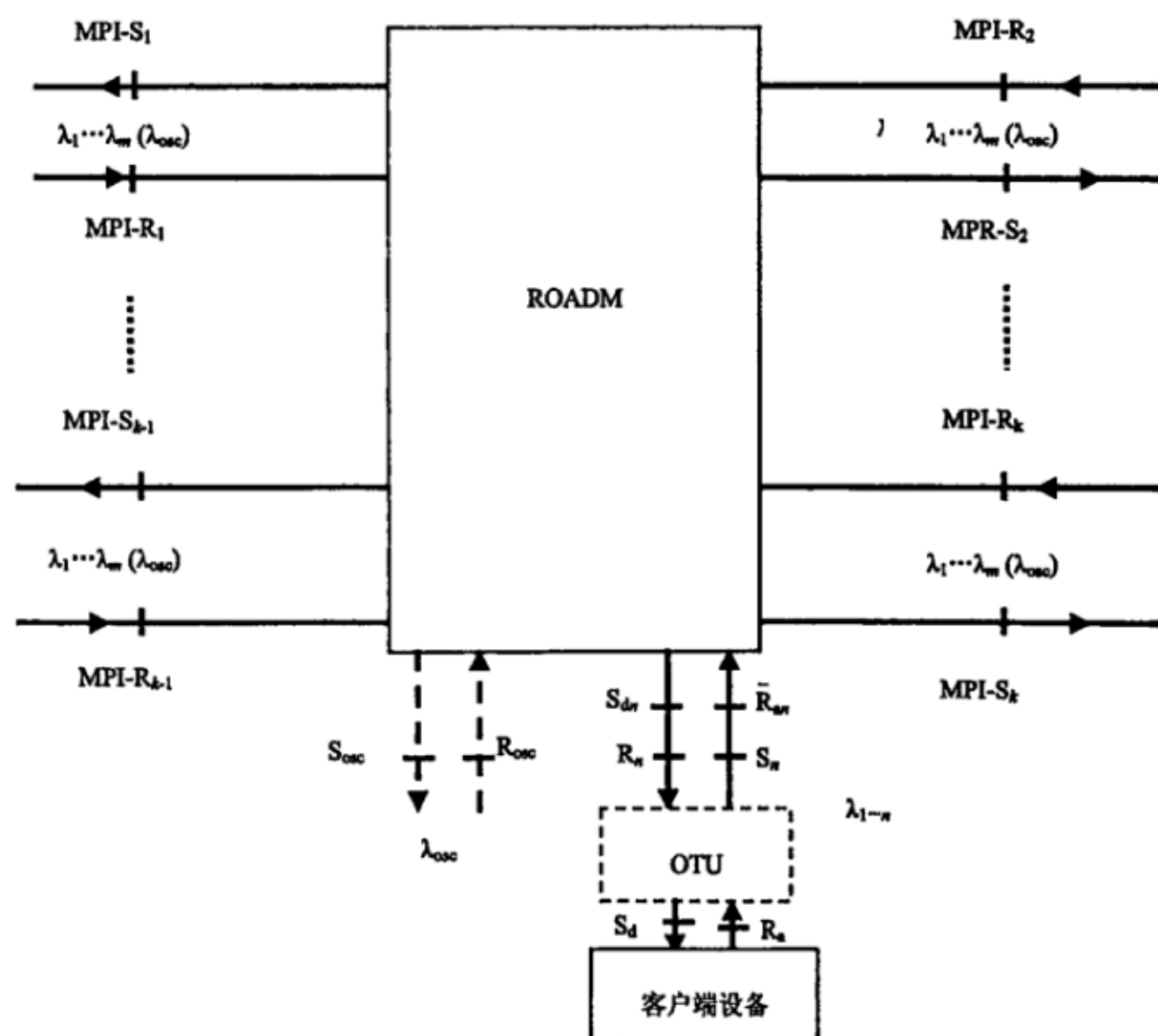
注 1: n 或 m 表示第 n 或 m 个波长通道, 对于两方向 ROADMs 而言, $n \leq 2 \times m$ 。

注 2: S_{dn} 和 R_n 点是逻辑分离的参考点, 在物理上是同一点; R_{dn} 和 S_n 点也类似。

图1 两方向 ROADMs 的系统参考点

4.2 多方向 ROADMs 设备的系统参考点

多方向 ROADMs 设备的系统参考点示意如图 2 所示。



- MPI-S_k: ROADM 的 k 方向主光通道输出参考点; MPI-R_k: ROADM 的 k 方向主光通道输入参考点;
 S_{dn}: ROADM 的下路输出参考点; R_{un}: ROADM 的上路输入参考点;
 R_n: OTU 的下路输入参考点; S_n: OTU 的上路输出参考点;
 S_{osc}: ROADM 的 OSC 输出参考点; R_{osc}: ROADM 的 OSC 输入参考点;
 S_d: OTU 的客户侧输出参考点; R_s: OTU 的客户侧输入参考点。
 注 1: n 或 m 表示第 n 或 m 个波长通道, k 表示线路方向数, 其中 $n \leq k \times m$ 。
 注 2: S_{dn} 和 R_n 点是逻辑分离的参考点, 在物理上是同一点; R_{un} 和 S_n 点也类似。
 注 3: 不同线路方向输入的波长可以不同, m 代表最大波长数。

图2 多方向 ROADM ($K \geq 3$) 的系统参考点

5 ROADM 设备的单机功能测试

5.1 方向数

5.1.1 定义

ROADM 设备的方向数是指 ROADM 单机支持的 MPI 线路数量。

5.1.2 测试配置

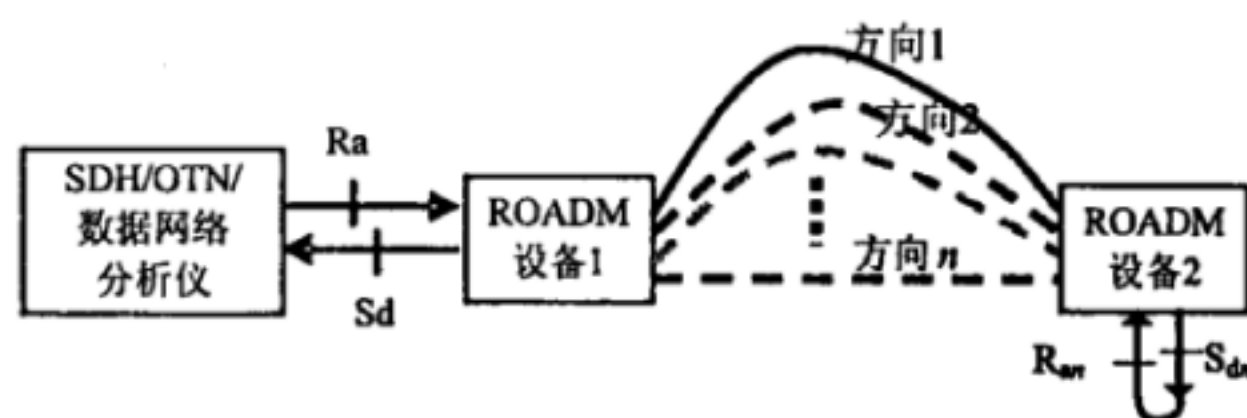


图3 ROADM 设备的方向数测量配置——多设备方案

5.1.3 测试步骤

测试步骤如下:

- 两端 ROADM 设备配置为 50GHz 通路间隔, 如图 3 所示连接测试配置;
- ROADM 设备 1 的线路方向 1 与 ROADM 设备 2 的方向 1 连接, 配置 1 条业务到 ROADM 设备 2, 在 ROADM 设备 2 的下路端口进行业务环回;
- 查看 SDH 分析仪, 确认业务是否正常连通;
- ROADM 设备 1 的线路方向 2 与 ROADM 设备 2 连接, 重构当前 1 条业务到 ROADM 设备 2;
- 查看 SDH 分析仪, 确认业务是否正常连通;
- ROADM 设备 1 的线路方向 n 与 ROADM 设备 2 连接, 重构当前 1 条业务到 ROADM 设备 2;
- 查看 SDH 分析仪, 确认业务是否正常连通, 记录最大 n 值;
- 配置 ROADM 设备为 100GHz 通路间隔, 重复步骤 b) ~g)。

5.1.4 注意事项

注意事项如下:

- 测试业务可以是 SDH、OTUk 或以太网业务;
- 也可在 ROADM 单个设备情况下测试, 方向 1 的收发环回, 方向 2 的收发环回, 方向 n 的收发环回, 网管分别配置业务上路到方向 1、方向 n , 测试配置图如图 4 所示。

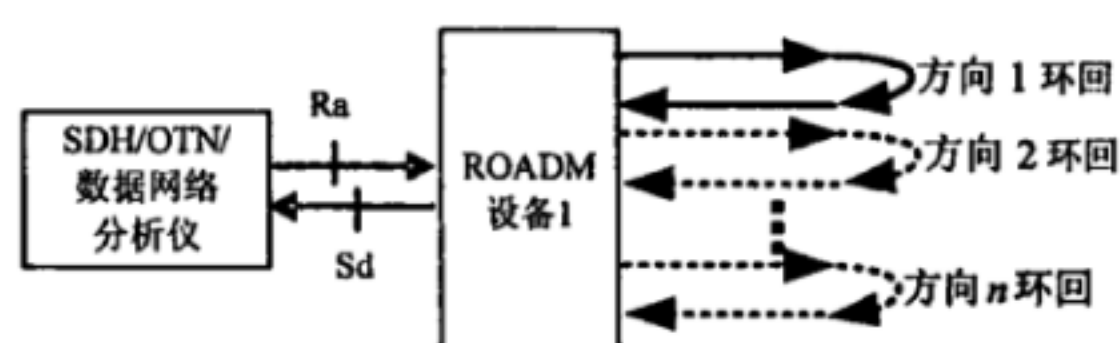


图4 ROADM 设备的方向数测量配置——单设备方案

c) n 个方向可同时连接，测试时通过拔纤验证不同的方向支持能力，例如先配置业务到方向 1，然后拔方向 1 光纤，业务中断；然后重构业务到方向 2，业务接通，然后再拔掉方向 2 光纤，业务中断，依此类推。

5.2 上下波数量

5.2.1 定义

对于100GHz/50GHz等间隔的光通道系统，ROADM应具有动态灵活的波长上下通道能力：

- a) 对于两方向的ROADM，可以从每个方向的 m 个波长中自由选择 n 个上下 ($n \leq m$)；
- b) 对于多方向ROADM，可以从多个 (K 个) 光方向中自由选择 n 个波长上下 ($n \leq m \times K$)。

5.2.2 测试配置

测试配置如图5所示。

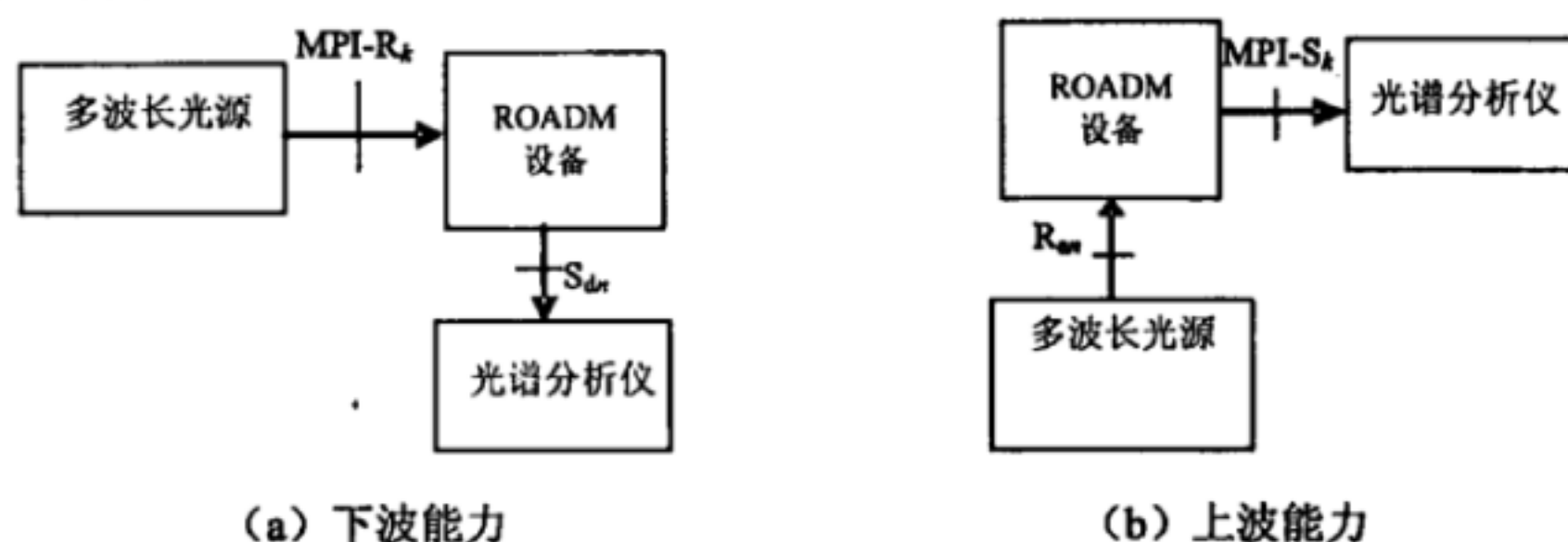


图5 ROADM 设备的上下波数量测试配置

5.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 5 (a) 连接测试配置；
- b) 调节波长为 λ_1 ，网管重构该波长在节点下路，利用光谱分析仪监测该波长业务是否下路到本地；
- c) 调节波长为 $\lambda_2 \sim \lambda_k$ ，网管重构该波长在节点下路，利用光谱分析仪监测该波长业务是否下路到本地；
- d) 记录最大可下路波长数；
- e) 如图 5 (b) 连接测试配置；
- f) 调节波长为 λ_1 ，网管重构该波长在节点上路，利用光谱分析仪监测该波长业务是否上路到指定方向；
- g) 调节波长为 $\lambda_2 \sim \lambda_k$ ，网管重构该波长在节点上路，利用光谱分析仪监测该波长业务是否上路到指定方向；
- h) 记录最大可上路波长数。

5.2.4 注意事项

注意事项如下：

a) 测试业务可以是SDH、OTUk或以太网业务。

b) 若ROADM的上下路端口为与波长相关的，则上下波能力为合波/分波器的波长端口数，若ROADM的上下路端口为与波长无关的（即无色的），则上下波能力为单节点上下路无色端口数。

5.3 波长可重构能力

5.3.1 定义

ROADM设备的波长可重构能力是指在本地或远端进行波长上下路和直通的配置控制，而不影响其他波长通道的传输，并保持光层的透明性。

5.3.2 测试配置

测试配置如图6所示。

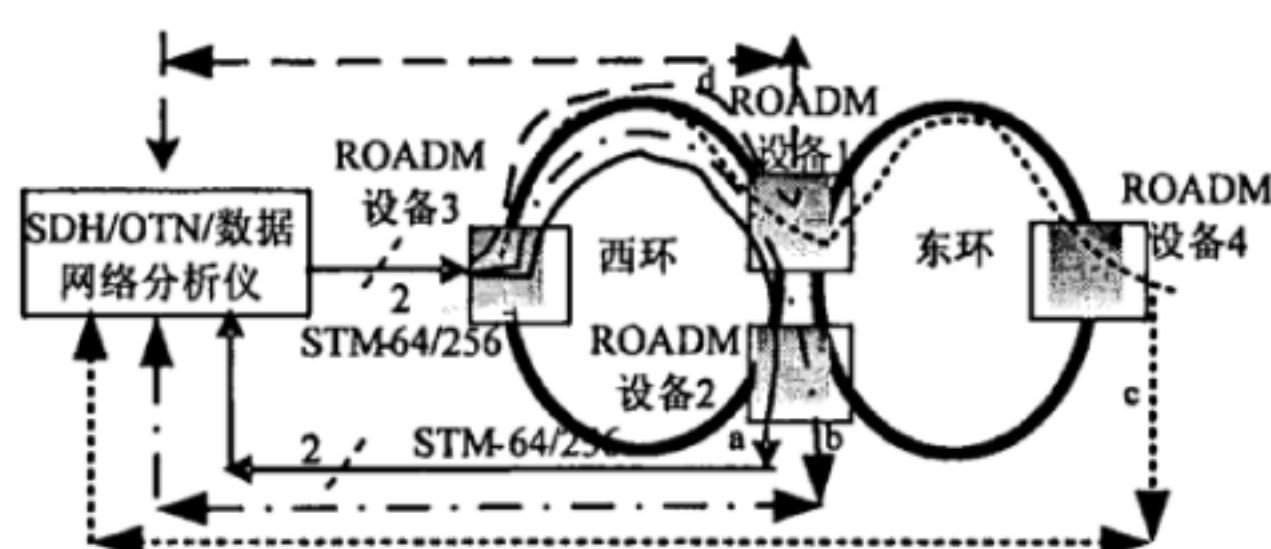


图6 ROADM 设备的波长可重构能力测试配置

5.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

a) 如图6所示连接测试配置(黑色实线a连接，即ROADM设备3—设备1—设备2（西环）)；

b) 检查两条业务（定义为业务1和业务2，中心波长相邻）是否正常接通；

c) 网管重构业务1路由为ROADM设备3—设备1—设备2（东环），图6中显示为黑色点线虚线

b，检查业务1是否正常接通，重构过程中查看业务2是否受影响，即无误码、无告警；

d) 网管重构业务1路由为ROADM设备3—设备1—设备4，图6中显示为黑色虚线c，检查业务1是否正常接通，重构过程中查看业务2是否受影响；

e) 网管重构业务1路由为节点3—节点1，图6中显示为黑色虚线d，检查业务1是否正常接通，重构过程中查看业务2是否受影响；

f) 网管重构业务1路由为ROADM设备3—设备1—设备2（西环），图6中显示为黑色实线a，检查业务1是否正常接通，重构过程中查看业务2是否受影响。

5.3.4 注意事项

测试业务可以是SDH、OTUk或以太网业务。

5.4 波长调谐能力（可选）

5.4.1 定义

波长调谐能力：是指ROADM设备的OTU支持的波长可调谐的最大范围（即 $\lambda_{\max} \sim \lambda_{\min}$ ）。

不同波长功率平坦度：是指ROADM设备MPI-Sk参考点输出的所有波长的最大功率和最小功率之差。

波长调谐时间：假设OTU从C波段的最小波长调谐到最大波长的调谐时间为T1，OTU从C波段的最大波长调谐到最小波长的调谐时间为T2，则波长调谐时间是T1和T2中的最大值。

5.4.2 测试配置

测试配置如图7所示。

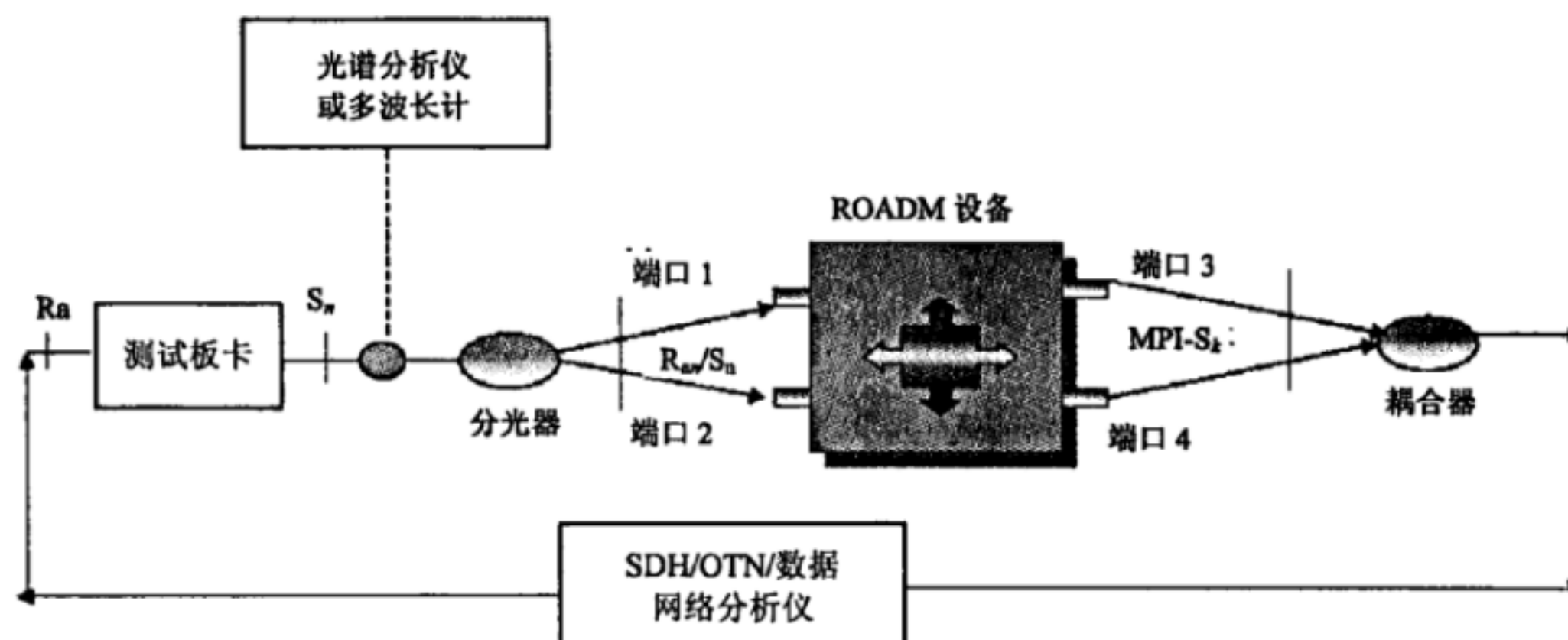


图7 ROADM 设备的波长调谐能力测试配置

5.4.3 测试步骤

测试步骤如下：

a) 如图7所示连接测试配置；

b) 网管设置 OTU 的中心波长为最小值 λ_{\min} ，然后通过网管调谐 OTU 的中心波长依次按照 50GHz/100GHz 间隔增加，直到 OTU 的中心波长调谐到最大值 λ_{\max} ；然后通过网管调谐 OTU 的中心波长依次按照 50GHz/100GHz 间隔减少，直到 OTU 的中心波长调谐到最小值 λ_{\min} ，配置过程通过光谱分析仪或多波长计查看，记录 OTU 的波长可调谐范围为 $\lambda_{\max} \sim \lambda_{\min}$ ，可调谐的波长数量为 n ；通过光谱分析仪或多波长计查看，记录各波长稳定后的光功率值，则不同波长的功率平坦度为各波长中最大功率值和最小功率值之差；

c) 配置 ROADM 设备把 OTU 最小标准波长从端口 1 交叉到端口 3，把 OTU 最大标准波长从端口 2 交叉到端口 4；

d) 网管设置 OTU 的中心波长为图 7 中 ROADM 设备可接入的 ITU-T 标准波长的最小值，启动 SDH 分析仪的 APS 功能，然后通过网管设置 OTU 的中心波长调谐为 ROADM 设备可接入的 ITU-T 标准波长的最大值，记录 SDH 分析仪的 APS 时间，即为波长调谐过程时间 T1；

e) 网管设置 OTU 的中心波长为图 7 中 ROADM 设备可接入的 ITU-T 标准波长的最大值，启动 SDH 分析仪的 APS 功能，然后通过网管设置 OTU 的中心波长调谐为 ROADM 设备可接入的 ITU-T 标准波长的最小值，记录 SDH 分析仪的 APS 时间，即为波长调谐过程时间 T2。

5.4.4 注意事项

注意事项如下：

a) T1 和 T2 的精确量级不易测量，步骤 d) 和 e) 是从对客户业务损伤的角度测试。也可以从光功率角度来测试，即从开始调谐到调谐为指定中心波长后光功率与最终稳定值相比小于 0.5dB 时的时间差值（以秒为单位）。

b) 测试的业务可以是 SDH、OTU k 或以太网业务。

5.5 波长不相关性 (可选)

5.5.1 定义

波长不相关性是指ROADM设备在波长下路端口是否具备无色特性, 即支持任意波长从任意端口下路。

5.5.2 测试配置

测试配置如图8所示。

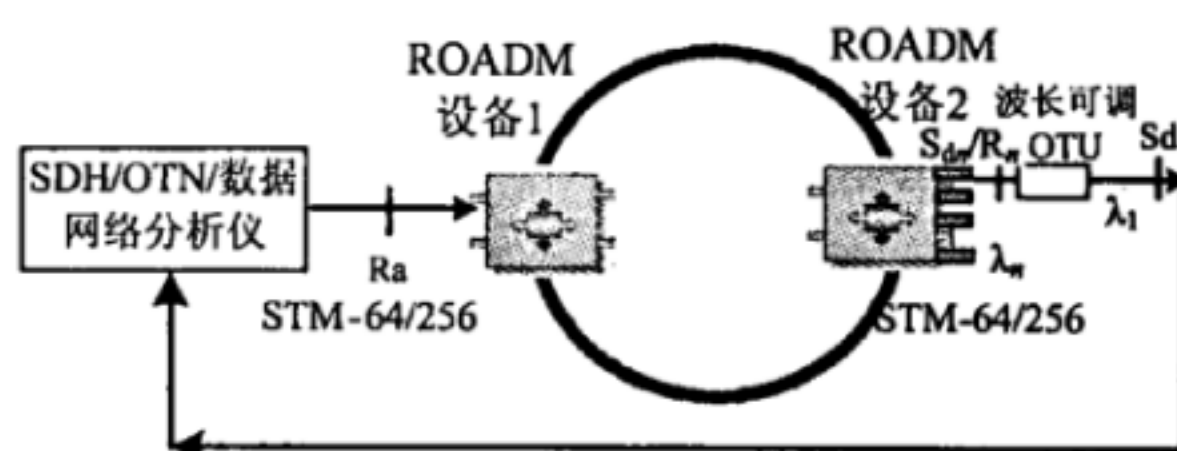


图8 ROADM 设备下路波长不相关性的测试配置

5.5.3 测试步骤

测试步骤如下:

- 如图8所示连接测试配置;
- 配置ROADM设备1到ROADM设备2的业务 λ_1 , 在ROADM设备2通过OTU将波长调谐为中心波长为 λ_1 下路, 验证业务正常接通;
- 业务其他配置不变, 修改业务在ROADM设备2通过OTU将波长调谐为中心波长为 λ_2 下路, 验证业务是否正常接通;
- 业务其他配置不变, 修改业务在ROADM设备2通过OTU将波长调谐为中心波长为 λ_n 下路, 验证业务是否正常接通;
- 通过步骤b)~d)测试并记录可实现无色特性的波长范围, 如支持多少波、波长间隔是50GHz还是100GHz。

5.5.4 注意事项

测试业务可以是SDH、OTU k 或以太网业务。

6 ROADM 设备的单机性能测试

6.1 ROADM 器件的主要性能参数

6.1.1 工作波长范围

6.1.1.1 定义

工作波长范围为ROADM所能控制的波长范围, 与DWDM系统所用的波段适配。

6.1.1.2 测试配置

测试配置如图9所示，根据ROADM的类型选择其中一种或者多种配置测试。

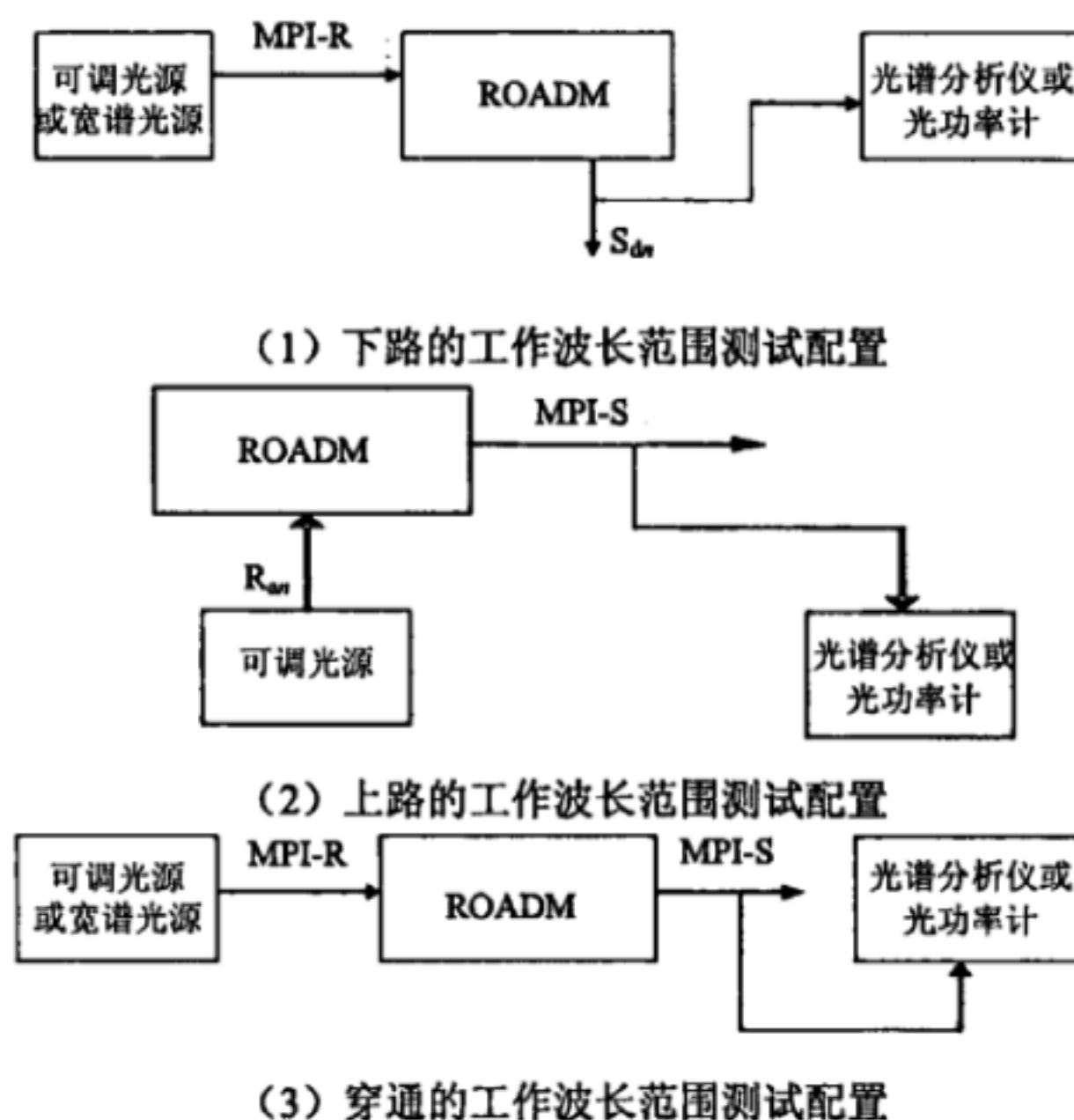


图9 工作波长范围测试配置

6.1.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 如图9所示连接好测试配置；
- 把所有待测通道设置为接通状态，并将所有待测通道的衰减设置为0；
- 在MPI-R或 R_{in} 参考点扫描可调光源的波长，从ROADM最短波长开始遍历所有支持的波长，或者在MPI-R参考点采用宽谱光源，采用光功率计来测量出口光功率值，或采用光谱分析仪来扫描输出的光谱信号，要求未被阻断；
- 工作波长范围等于位于最短波长与最长波长之间的范围。

6.1.1.4 注意事项

为提高效率，一般只测试工作波长范围内的最短和最长波长即可。

6.1.2 通道中心波长及其偏移

6.1.2.1 定义

中心波长指根据该器件某通道的损耗谱，当损耗值从峰值下降3 dB时，所覆盖的光谱范围的中心处对应的波长值为中心波长 λ_c ，也称为3 dB中心波长。

中心波长还有ITU中心波长以及峰值中心波长两个附加概念，峰值中心波长指某通道损耗谱峰值处所对应的波长；ITU中心波长指ITU-T规定的某通道的标准波长。

中心波长的偏移是指ROADM器件的各通道3 dB中心波长 λ_c 与ITU-T波长 λ_{ITU} 之间的偏差 $\Delta\lambda = \lambda_c - \lambda_{ITU}$ 。

通道中心波长及其偏移的示意图10。

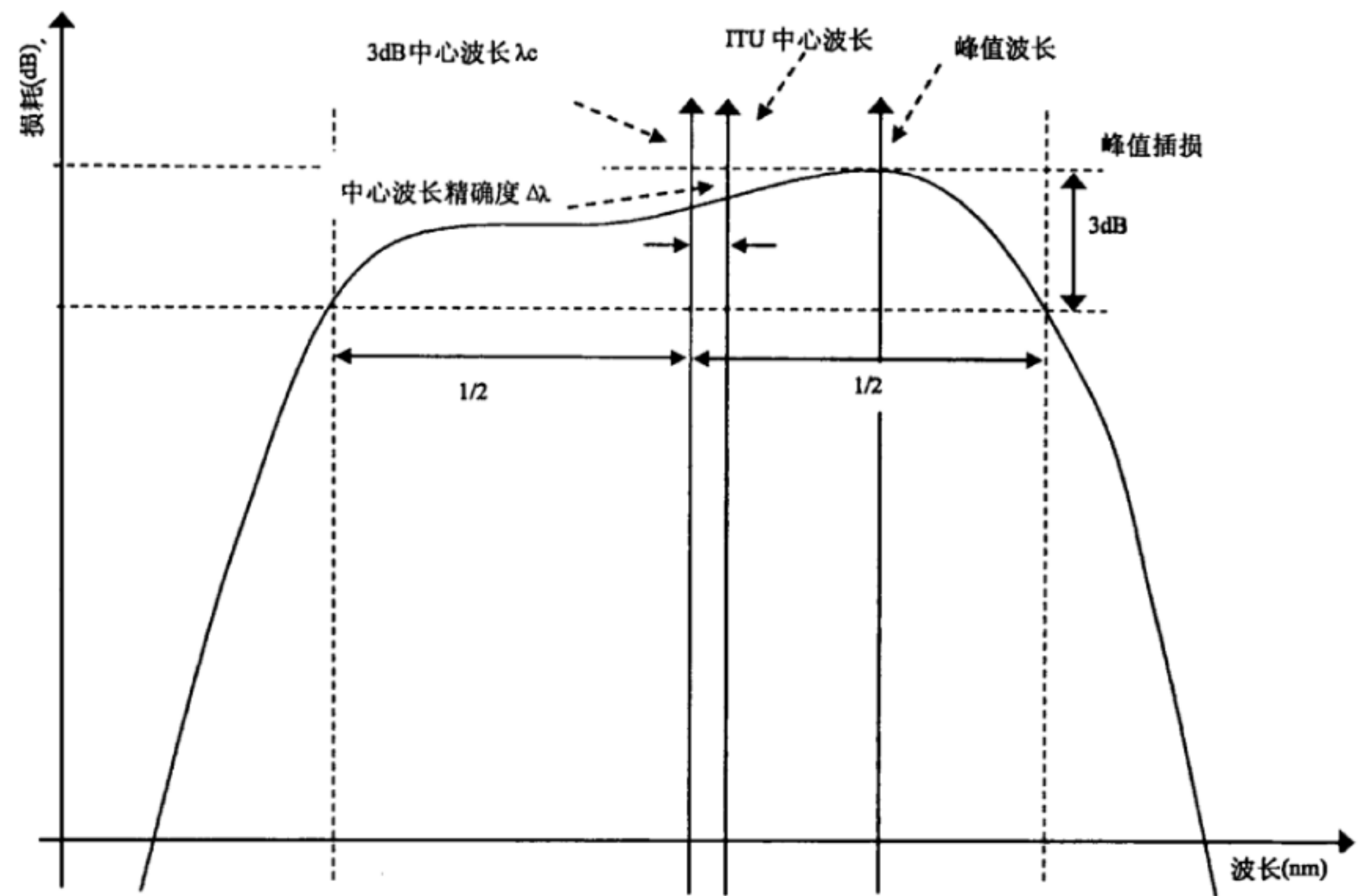


图10 通道中心波长及其偏移的定义示意

6.1.2.2 测试配置

测试配置如图11所示，根据ROADM的类型选择其中一种或者多种配置测试。

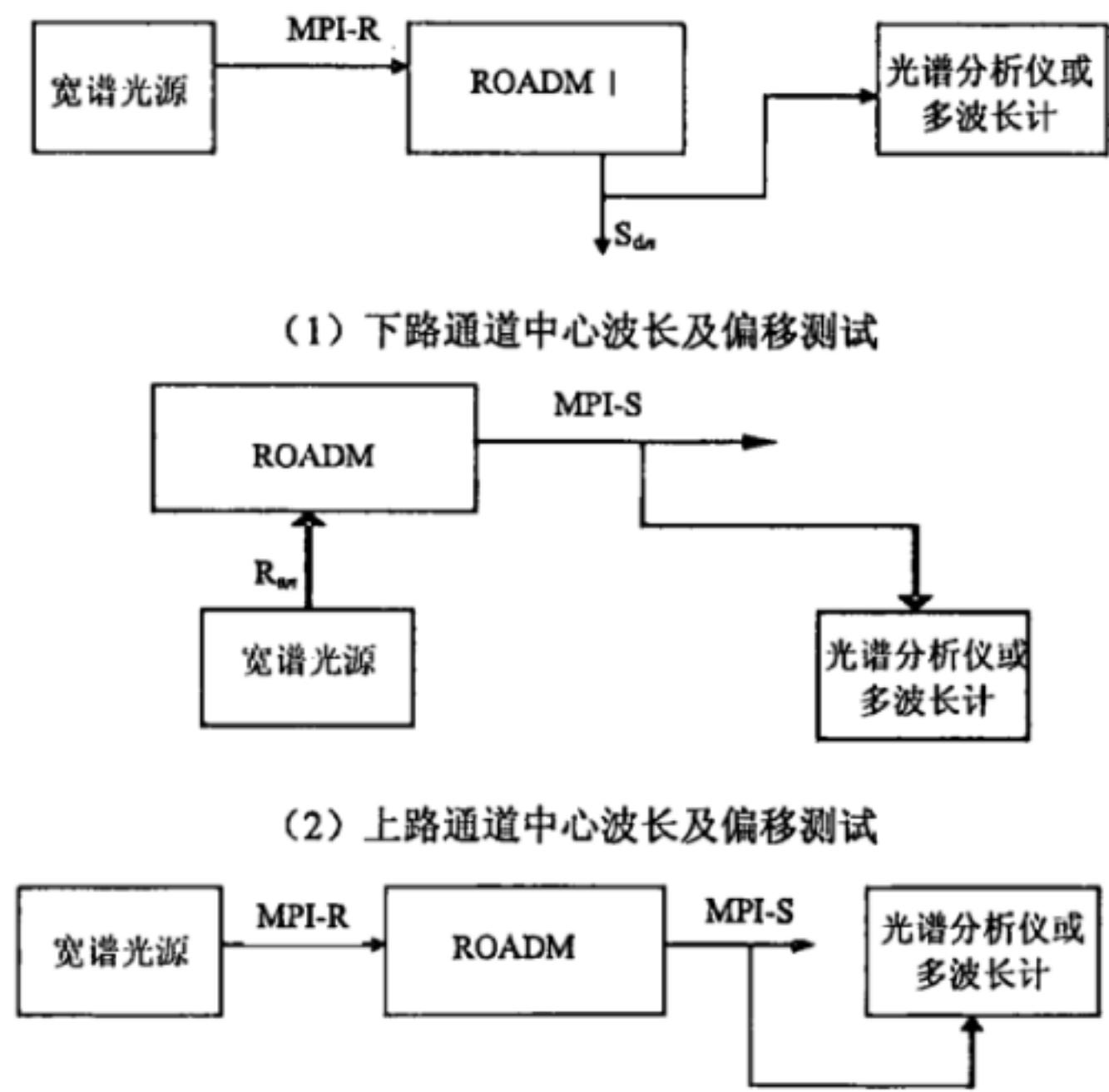


图11 通道中心波长及其偏移的测试配置

6.1.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 11 所示连接好测试配置；

- b) 把待测试通道设置为接通状态, 并把该通道衰减设置为 0;
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A, 扫描 S_{d1} 并记录到通道 B, 设置通道 C 等于 B-A, 得到图 10 所示插损谱;
- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到峰值位置, 移动标线 2 到下降 3dB 位置;
- e) 中心波长 λ_c 等于功率标线 2 与插损谱的两个交点连线的中心位置对应的波长值;
- f) 中心波长偏移 $\Delta\lambda$ 等于 ITU 中心波长与中心波长 λ_c 的差值;
- g) 更改为不同通道, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.1.2.4 注意事项

无。

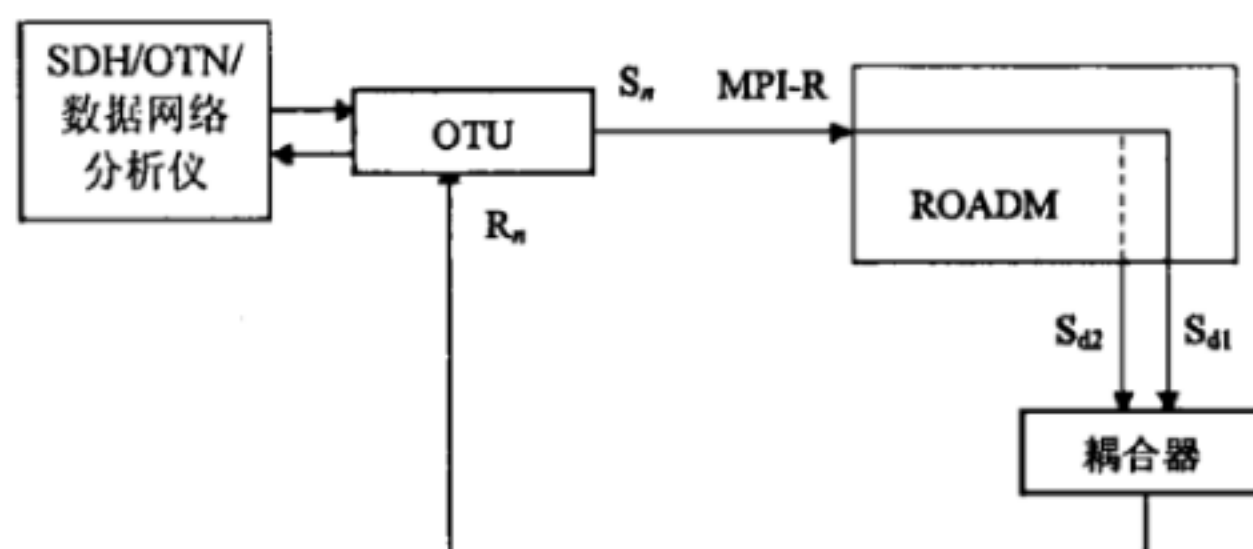
6.1.3 通道切换时间

6.1.3.1 定义

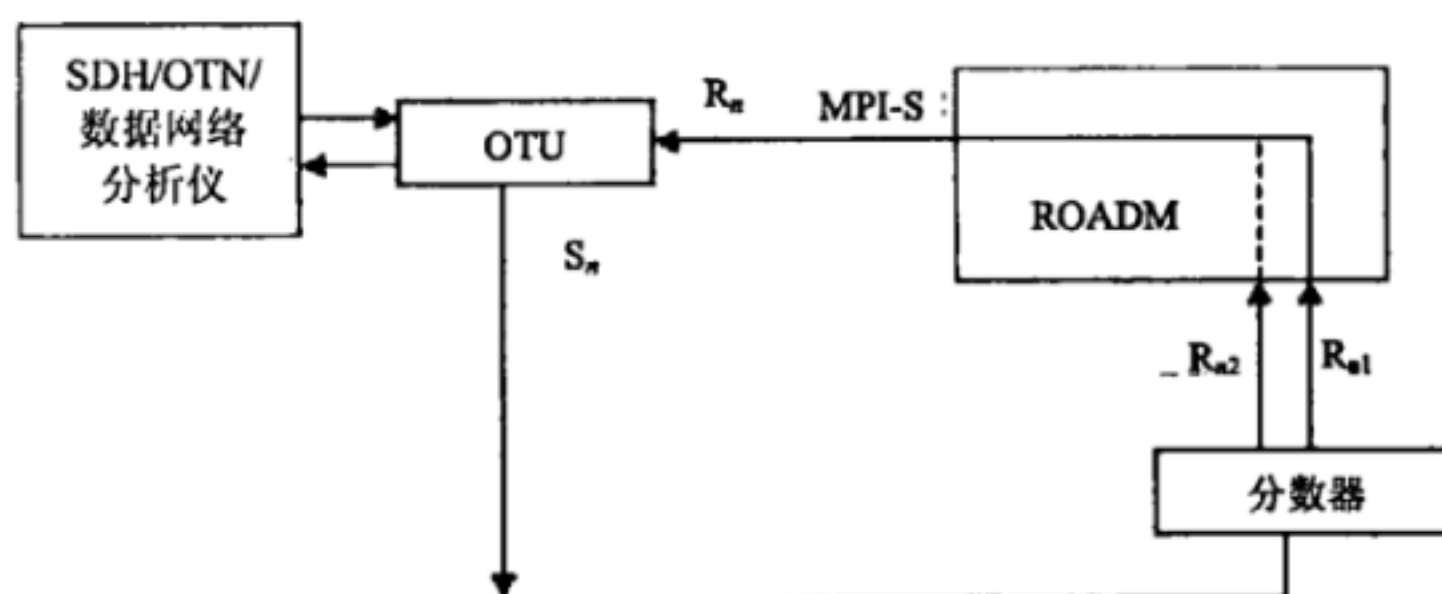
通道切换时间指WSS从接收指令到执行波长切换完毕所耗费的时间。

6.1.3.2 测试配置

测试配置如图12所示, 根据ROADM的类型选择其中一种或者两种配置测试。



(1) 下路通道切换时间的测试



(2) 上路通道切换时间的测试

图12 通道切换时间测试配置

6.1.3.3 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 如图 12 所示连接好测试配置;
- b) 把待测试通道切换时间的通道设置为接通状态, 从 MPI-R 到 S_{d1} , 或者从 R_{a1} 到 MPI-S;
- c) 根据 OTU 的业务类型选择配置仪表的业务类型, 使业务工作正常;
- d) 通过网管修改通道接通状态, 改为从 MPI-R 到 S_{d2} , 或者从 R_{a2} 到 MPI-S;
- e) 通道切换时间等于 SDH 分析仪记录的业务中断时间;
- f) 修改不同通道和端口, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.1.3.4 注意事项

通道切换时间的测试对象为WSS。根据OTU单板的业务类型，可以选取不同类型的业务分析仪。

6.2 线路入口至本地下波的性能参数

6.2.1 下路固有插入损耗

6.2.1.1 定义

下路固有插入损耗指某通道从 ROADM 设备的线路入口 MPI-R 到下路端口 S_{dn} 的损耗，如图 13 所示。

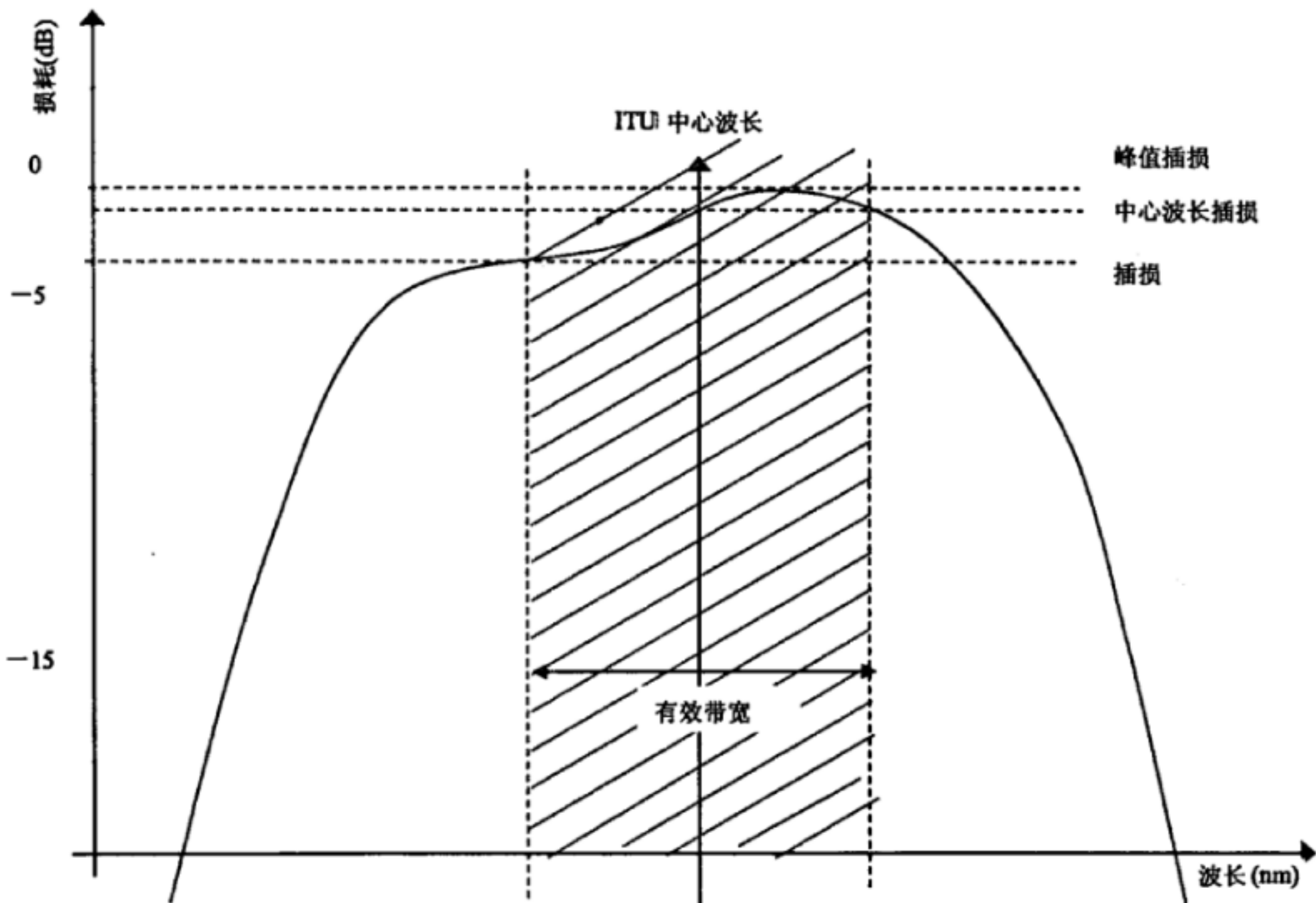


图13 下路固有插入损耗的定义示意

6.2.1.2 测试配置

测试配置如图14所示，把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光谱分析仪分别接到光源输出和下路端口 S_{dn} 处，分别扫描这两次的光谱。

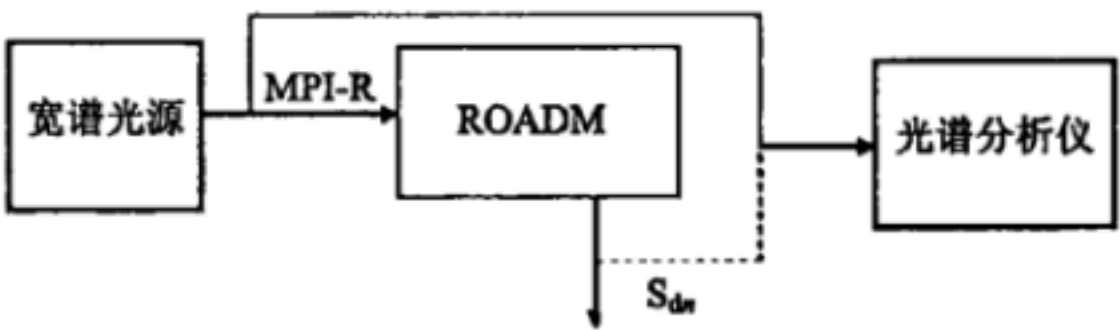


图14 下路插损的测试配置

6.2.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 14 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试插损的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 S_{dn} 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A，得到图 13 所示插损谱；
- d) 移动光谱分析仪的波长标线使其落在有效带宽的位置；

e) 移动光谱分析仪的功率标线, 使其落在与通道有效带宽范围内插损最差处, 此即为下路固有插入损耗值;

f) 更改不同通道和不同端口, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.2.1.4 注意事项

有效带宽对于不同类型的 ROADM 取值不一样, 对于 100GHz 间隔取 0.22nm, 对于 50GHz 间隔取 0.12nm。

6.2.2 下路透过谱谱宽

6.2.2.1 定义

下路透过谱谱宽指某通道从 ROADM 设备的线路入口参考点 MPI-R 到下路端口 S_{dn} 的 n dB 插损谱谱宽, 常见的如 3 dB 谱宽, 如图 15 所示。

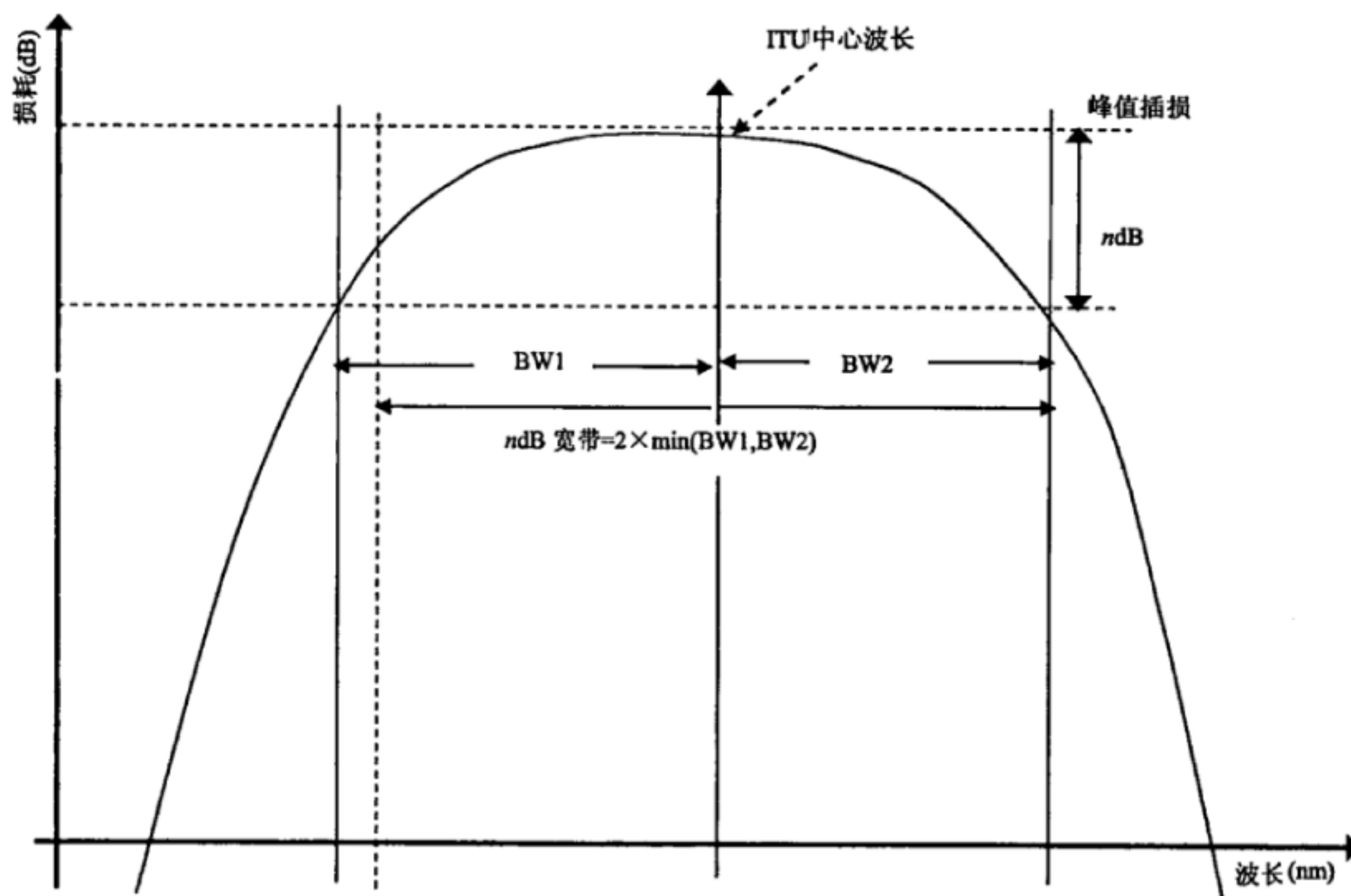


图15 下路透过谱谱宽的定义示意

6.2.2.2 测试配置

测试配置如图16所示, 把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R, 用光谱分析仪接到下路端口 S_{dn} 处, 扫描插损谱。

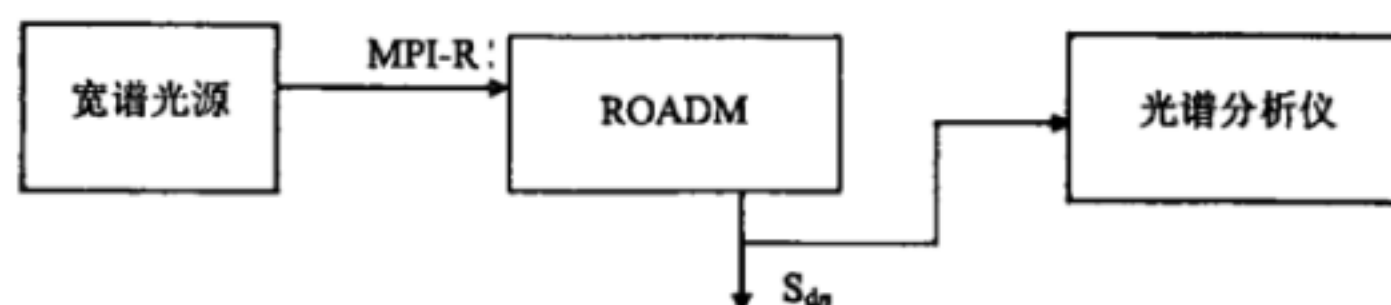


图16 下路透过谱谱宽的测试配置

6.2.2.3 测试步骤

测试步骤如下:

a) 如图 16 所示连接好测试配置;

- b) 把待测试 n dB 透过谱谱宽的通道设置为接通状态, 并把该通道衰减设置为 0;
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A, 扫描 S_{dn} 并记录到通道 B, 设置通道 C 等于 B-A, 得到图 15 所示插损谱;
- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到峰值位置, 移动标线 2 到下降 n dB(n 取 3)位置;
- e) 标线 2 与插损谱的两个交点与中心波长的位置构成谱宽 BW1 和 BW2, n dB 透过谱谱宽= $2 \times \min\{BW1, BW2\}$;
- f) 改变 n 值和不同通道, 重复上述操作, 并且记录结果。

6.2.2.4 注意事项

这里的中心波长值需要选取 ITU 标准波长, 不是器件本身的中心波长。

6.2.3 下路通道隔离度

6.2.3.1 定义

下路通道隔离度指某通道从 ROADM 设备的线路入口参考点 MPI-R 到下路端口 S_{dn} 的插损谱上的通道隔离度 (异频), 如图 17 所示。

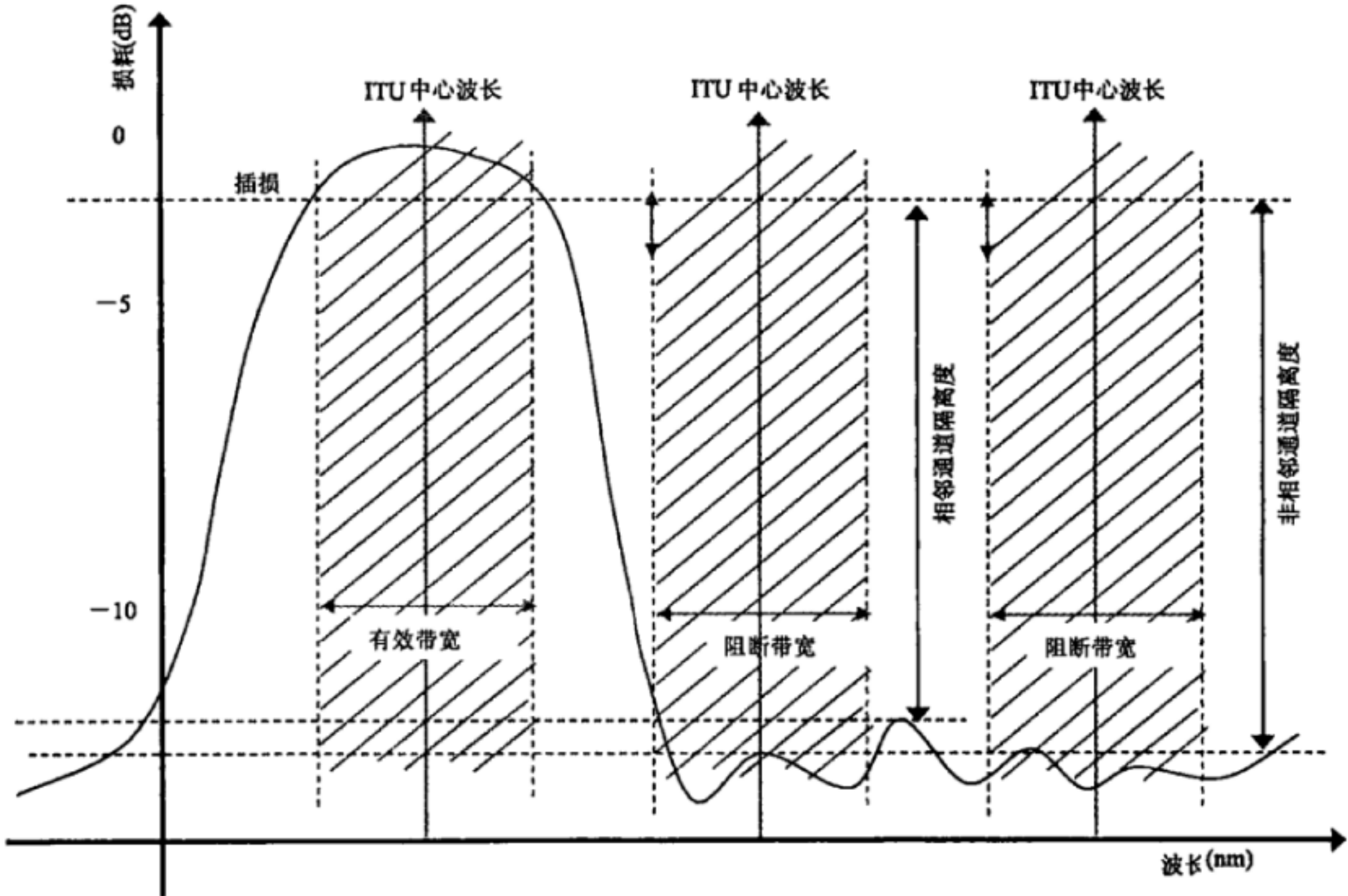


图17 下路通道隔离度的定义示意

6.2.3.2 测试配置

测试配置如图 18 所示, 把宽谱光源发送光信号接到线路输入口 MPI-R, 用光谱分析仪接到下路端口 S_{dn} 处, 扫描插损谱。

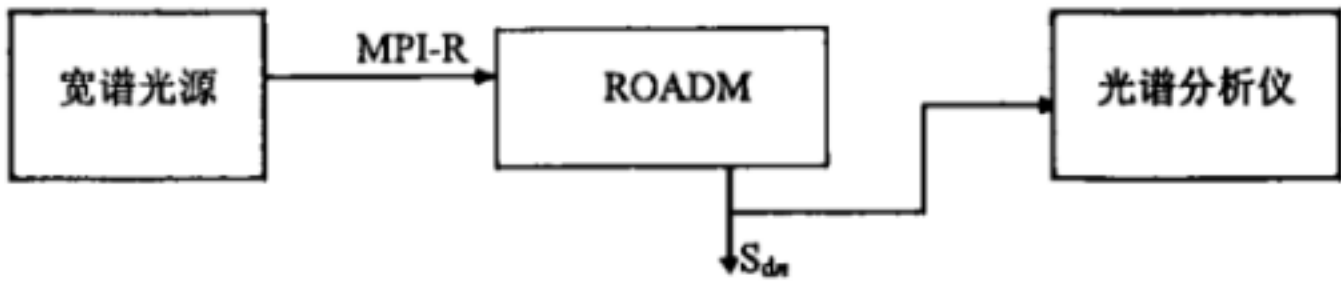


图18 下路通道隔离度的测试配置

6.2.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 18 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道隔离度的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 S_{dn} 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A。光谱分析仪展开到合适的宽度，能显示相邻通道和非相邻通道，得到图 17 所示插损谱；
- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到有效带宽范围内的最低功率位置，移动标线 2 到相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置；
- e) 相邻通道隔离度等于功率标线 1 与标线 2 位置的功率差值；
- f) 移动标线 2 到非相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置；
- g) 非相邻通道隔离度等于功率标线 1 与标线 2 位置的功率差值；
- h) 更改为不同通道，重复上述操作，并记录测试结果。

6.2.3.4 注意事项

ROADM分100GHz间隔和50GHz间隔，需要根据ROADM的类型选择相邻通道间隔。

6.2.4 下路通道串扰

6.2.4.1 定义

下路通道总串扰指某通道在ROADM设备的某下路端口 S_{dn} 输出，其他通道在 S_{dn} 端口对该通道造成的最大串扰之和。

6.2.4.2 测试配置

测试配置如图19所示，把标准光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光功率计接到下路端口 S_{dn} 测量光功率值。

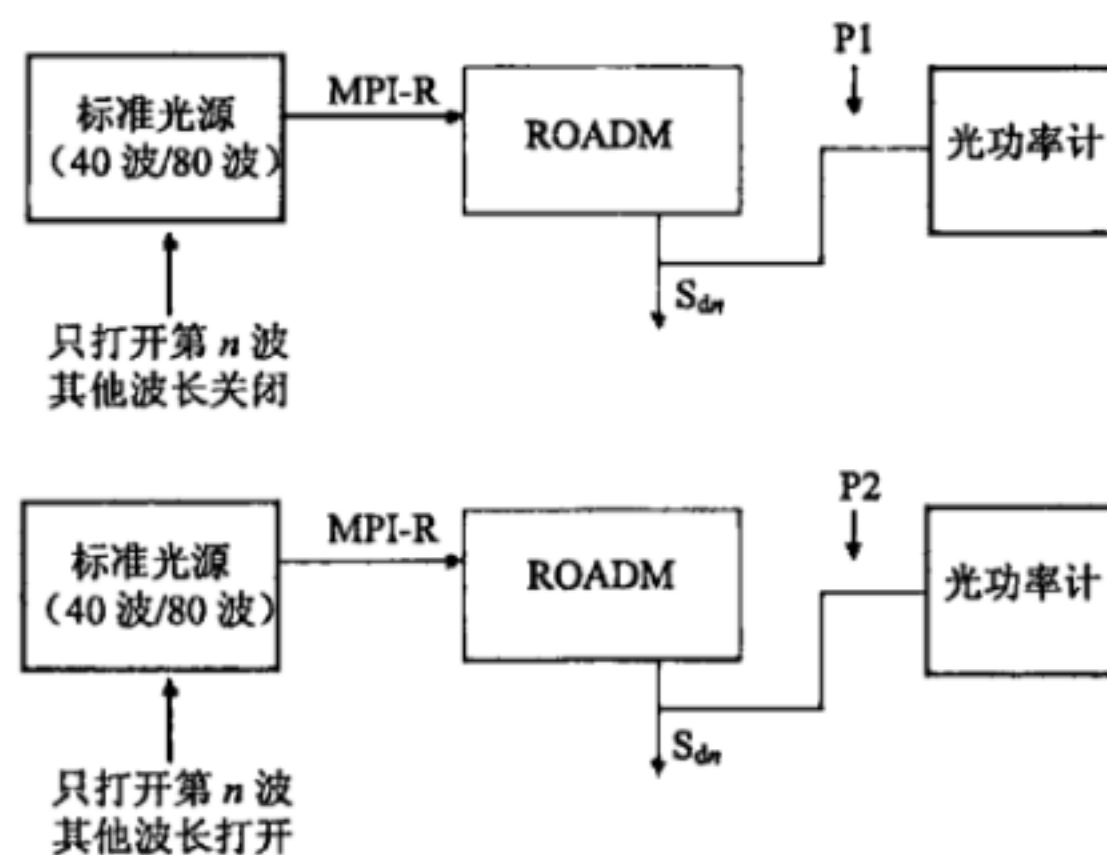


图19 下路通道串扰的测试配置

6.2.4.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 19 所示连接好测试配置，先把标准光源各通道光功率调平坦；
- b) 把待测试通道串扰的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 只打开标准光源的第 n 个通道输出到 MPI-R，用光功率计在 S_{dn} 测量光功率值 $P1(\text{dBm})$ ；

- d) 关闭标准光源的第 n 个通道，其他通道打开输出到 MPI-R，用光功率计在 S_{dn} 测量光功率值 $P2(\text{dBm})$;
- e) 通道串扰等于 $P1$ 与 $P2$ 的差值;
- f) 更改为不同通道，重复上述操作，并记录测试结果。

6.2.4.4 注意事项

需要根据不同类型的ROADM选择相应的标准光源，100GHz间隔的选择40波，50GHz间隔的选择80波。

6.2.5 下路通道端口隔离度

6.2.5.1 定义

下路通道隔离度指某通道在ROADM设备的某下路端口 S_{dn} 输出在其他端口被阻断时，该通道在输出端口和阻断端口之间的插损差值，如图20所示。

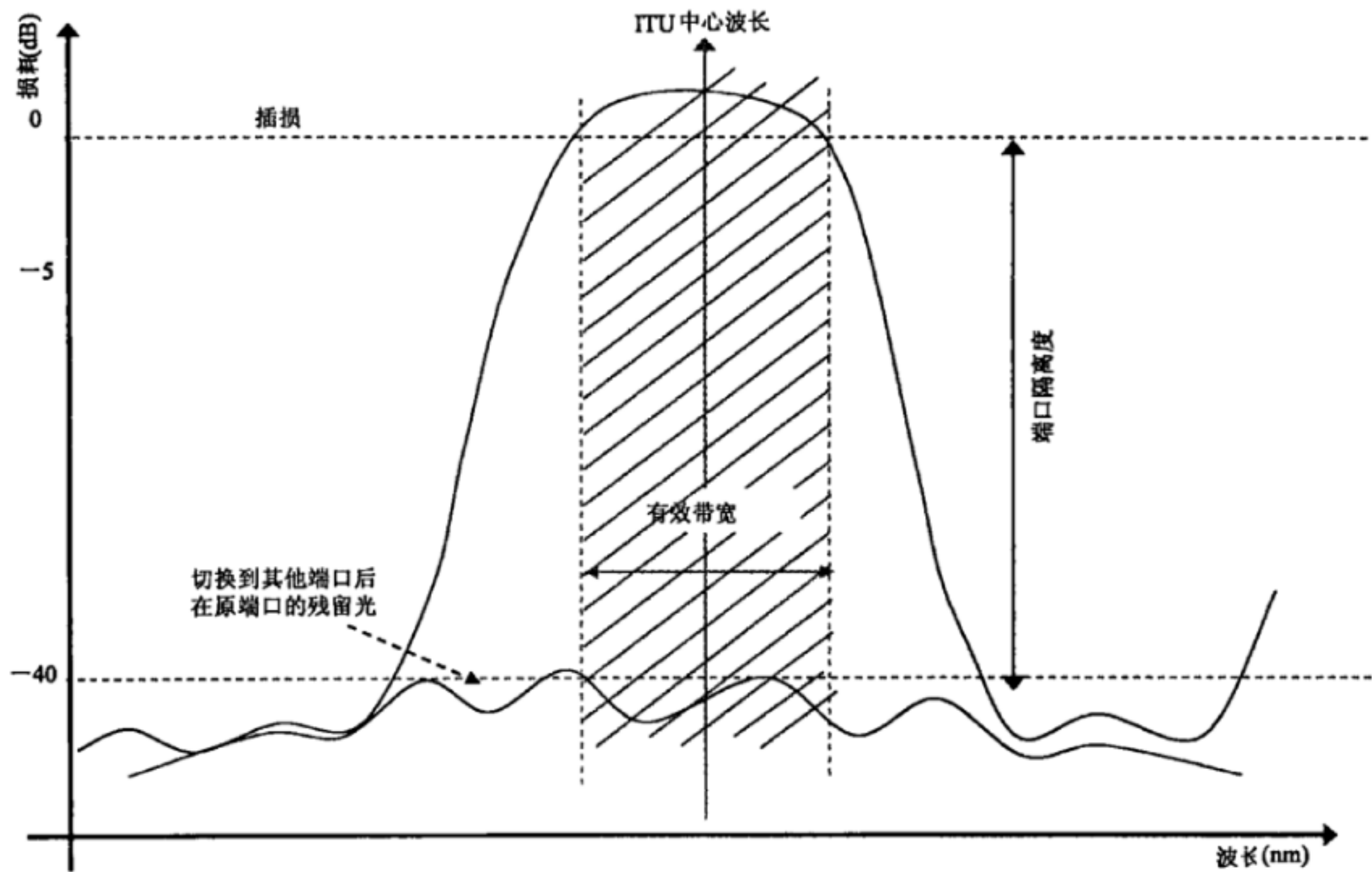


图20 下路通道端口隔离度的定义示意

6.2.5.2 测试配置

测试配置如图21所示，把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光谱分析仪接到下路端口 S_{dn} 处，扫描光谱插损谱。

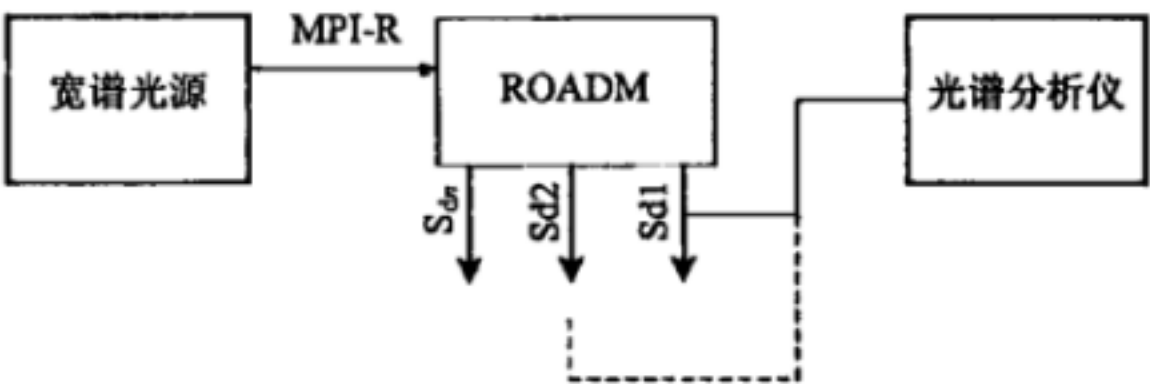


图21 下路通道端口隔离度的测试配置

6.2.5.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 21 所示连接好测试配置;
- b) 把待测试通道端口隔离度的通道设置为 MPI-R 到 Sd1 接通状态, 并把该通道衰减设置为 0;
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A, 扫描 Sd1 并记录到通道 B, 设置通道 C 等于 B-A;
- d) 移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最低功率位置, 记录为插损 1;
- e) 把光谱分析仪连接到 S_{d2}。光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A, 扫描 S_{d2} 并记录到通道 B, 设置通道 C 等于 B-A;
- f) 移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最高功率位置, 记录为插损 2;
- g) 通道端口隔离度等于插损 1 与插损 2 的差值;
- h) 更改为不同通道和端口, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.2.5.4 注意事项

无。

6.2.6 下路通道端口消光比

6.2.6.1 定义

下路通道消光比指某通道在ROADM设备的某下路端口S_{d_n}输出和阻断时, 该通道在该输出端口的插损差值, 如图22所示。

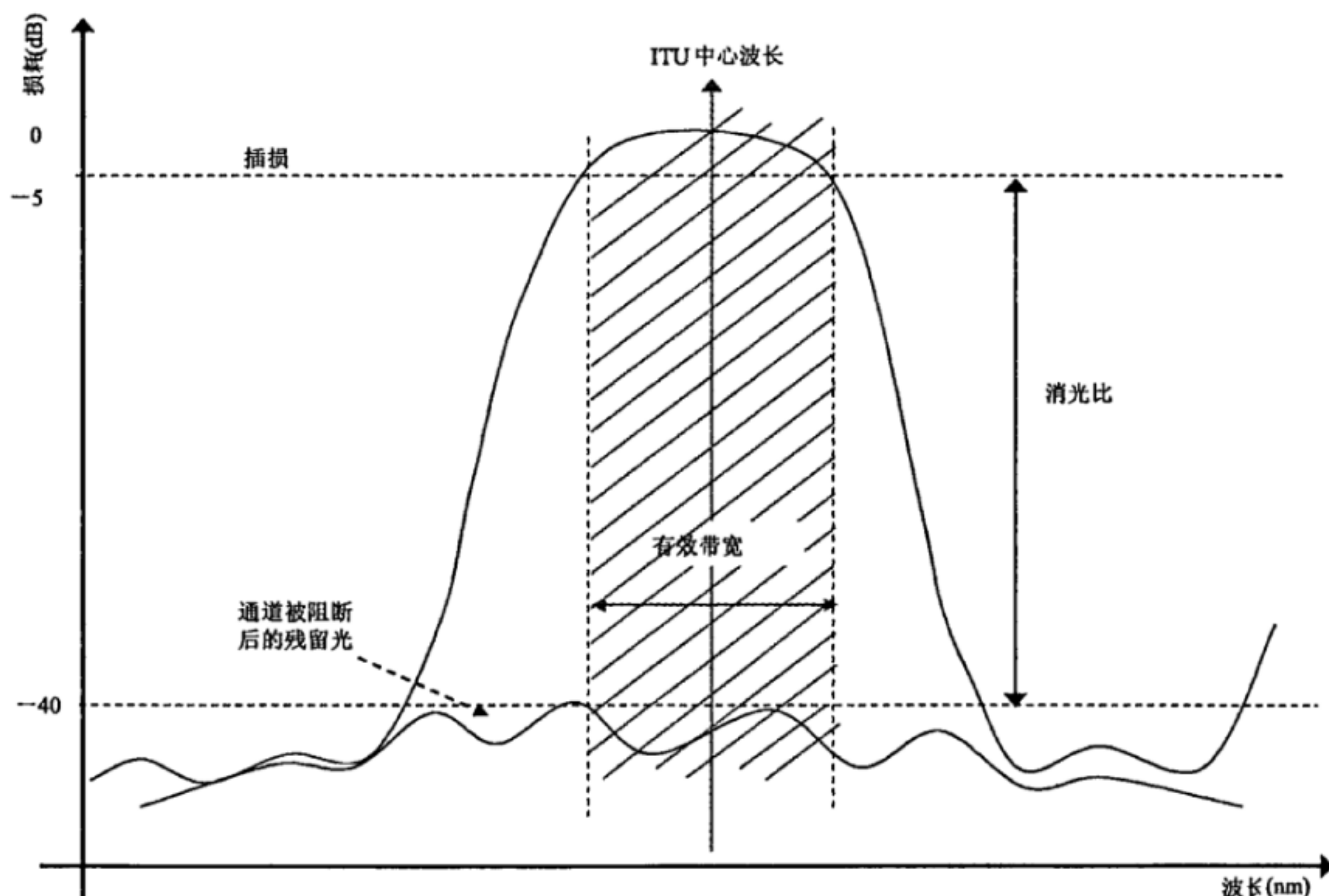


图22 下路通道消光比的定义示意

6.2.6.2 测试配置

测试配置如图23所示, 把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R, 用光谱分析仪接到下路端口S_{d_n}处, 扫描插损谱。

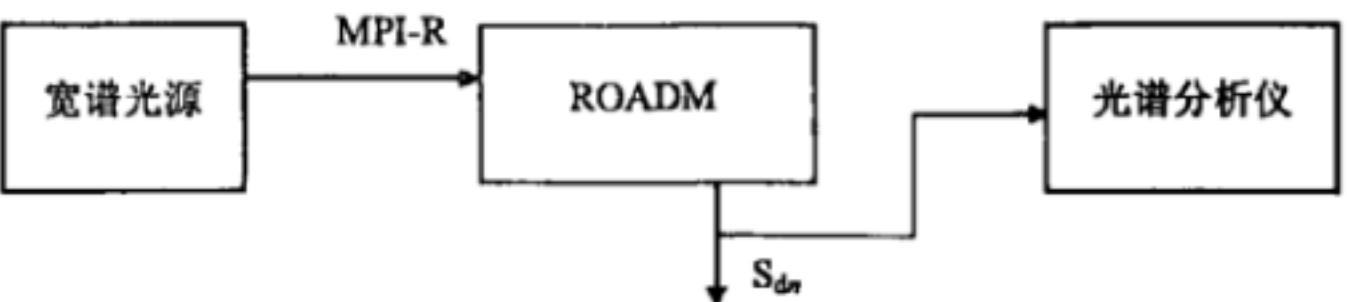


图23 下路通道消光比的测试配置

6.2.6.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图23所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道消光比的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道A，扫描 S_{dn} 并记录到通道B，设置通道C等于B-A；
- d) 移动光谱分析仪的功率标线1到有效带宽范围内的最低功率位置，记录为插损1；
- e) 把待测试通道消光比的通道设置为阻断状态；
- f) 移动光谱分析仪的功率标线2到有效带宽范围内的最高功率位置，记录为插损2；
- g) 通道消光比等于标线1插损1与标线2插损2的差值；
- h) 更改为不同通道和端口，重复上述操作，并记录测试结果。

6.2.6.4 注意事项

无。

6.3 本地上波至线路出口的性能参数

6.3.1 上路固有插入损耗

6.3.1.1 定义

上路固有插入损耗指某通道从ROADM设备的上路端口 R_{an} 到线路出口MPI-S的损耗，如图24所示。

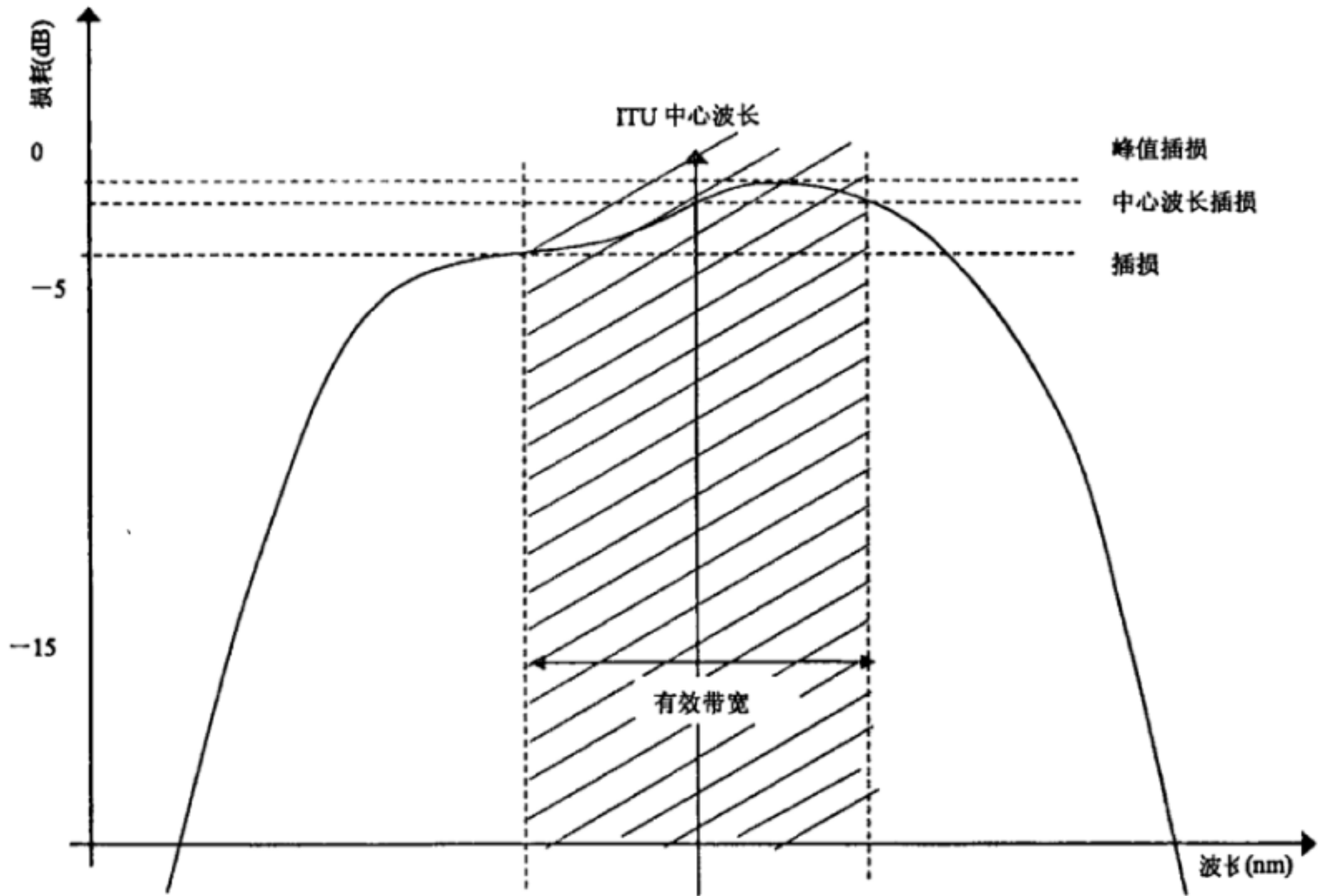


图24 上路固有插入损耗的定义示意

6.3.1.2 测试配置

测试配置如图25所示,把宽谱光源发送光信号接到上路端口 R_{an} ,用光谱分析仪分别接到光源输出和线路出口MPI-S处,分别扫描这两次的光谱。

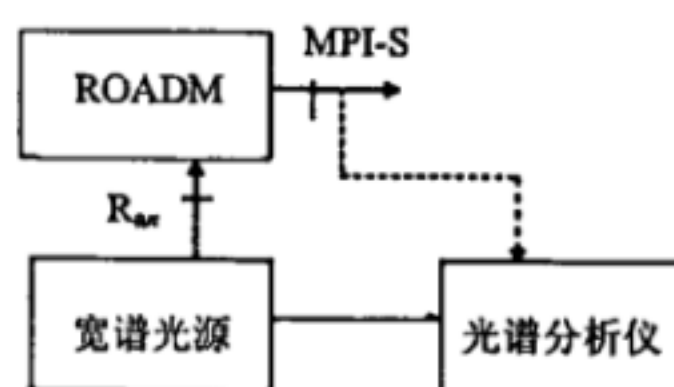


图25 上路插损的测试配置

6.3.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 如图 25 所示连接好测试配置；
- 把待测试插损的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A，得到图 24 所示插损谱；
- 移动光谱分析仪的波长标线使其落在有效带宽的位置；
- 移动光谱分析仪的功率标线，使其落在与通道有效带宽范围内插损最差处，此即为上路固有插入损耗值；
- 更改不同通道和不同端口，重复上述操作并记录测试结果。

6.3.1.4 注意事项

有效带宽对于不同类型的ROADM取值不一样，对于100GHz间隔取0.22nm，对于50GHz间隔取0.12nm。

6.3.2 上路透过谱谱宽

6.3.2.1 定义

上路透过谱谱宽指某通道从ROADM设备的上路端口 R_{an} 到线路出口参考点MPI-S的 ndB 插损谱谱宽，常见的如3dB谱宽，如图26所示。

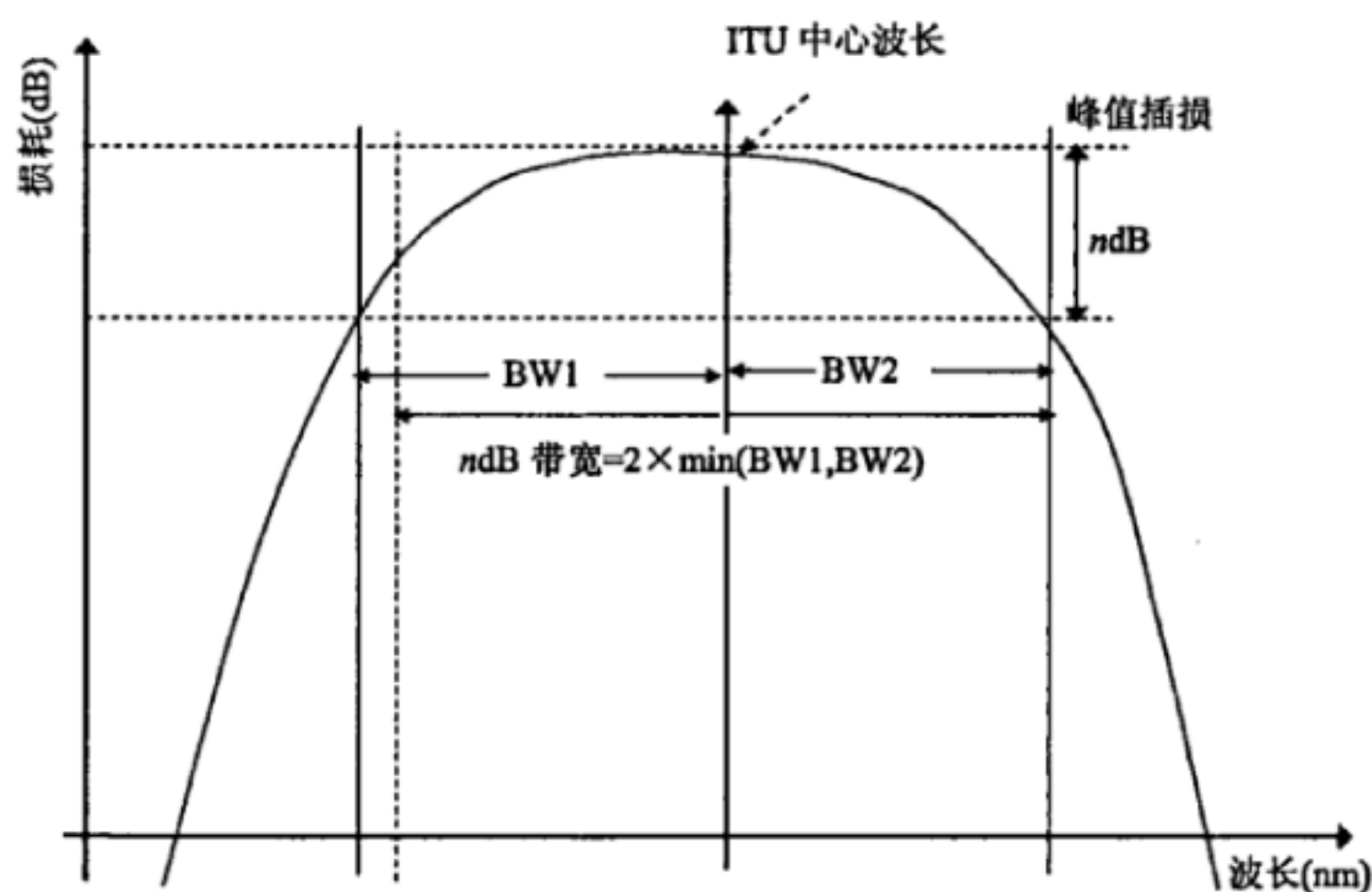


图26 上路透过谱谱宽的定义示意

6.3.2.2 测试配置

测试配置如图27所示,把宽谱光源发送光信号接到上路端口 R_{an} ,用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S处,扫描插损谱。

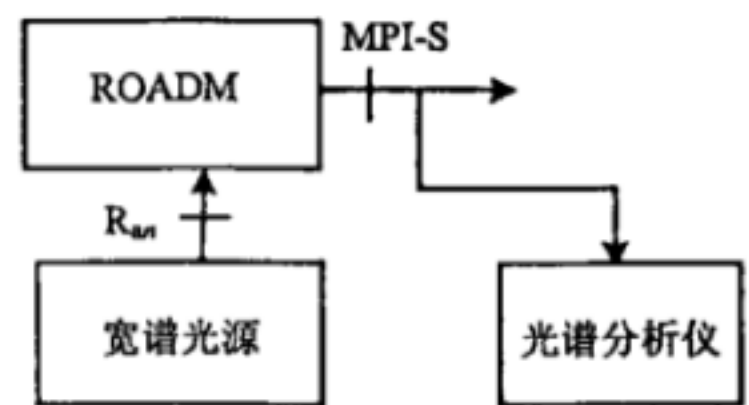


图27 上路透过谱谱宽的测试配置

6.3.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 如图27所示连接好测试配置；
- 把待测试 n dB透过谱谱宽的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为0；
- 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道A，扫描MPI-S并记录到通道B，设置通道C等于B-A，得到图26所示插损谱；
- 移动光谱分析仪的功率标线1到峰值位置，移动标线2到下降 n dB(n 取3)位置；
- 标线2与插损谱的两个交点与中心波长的位置构成谱宽BW1和BW2， n dB透过谱谱宽= $2 \times \min\{BW1, BW2\}$ ；
- 改变 n 值和不同通道，重复上述操作，并且记录结果。

6.3.2.4 注意事项

这里的中心波长值需要选取ITU标准波长，不是器件本身的中心波长。

6.3.3 上路通道隔离度

6.3.3.1 定义

上路通道隔离度指指定通道和非指定通道从ROADM设备的相同上路端口 R_{up} 到线路出口参考点MPI-S的插损差值，如图28所示。

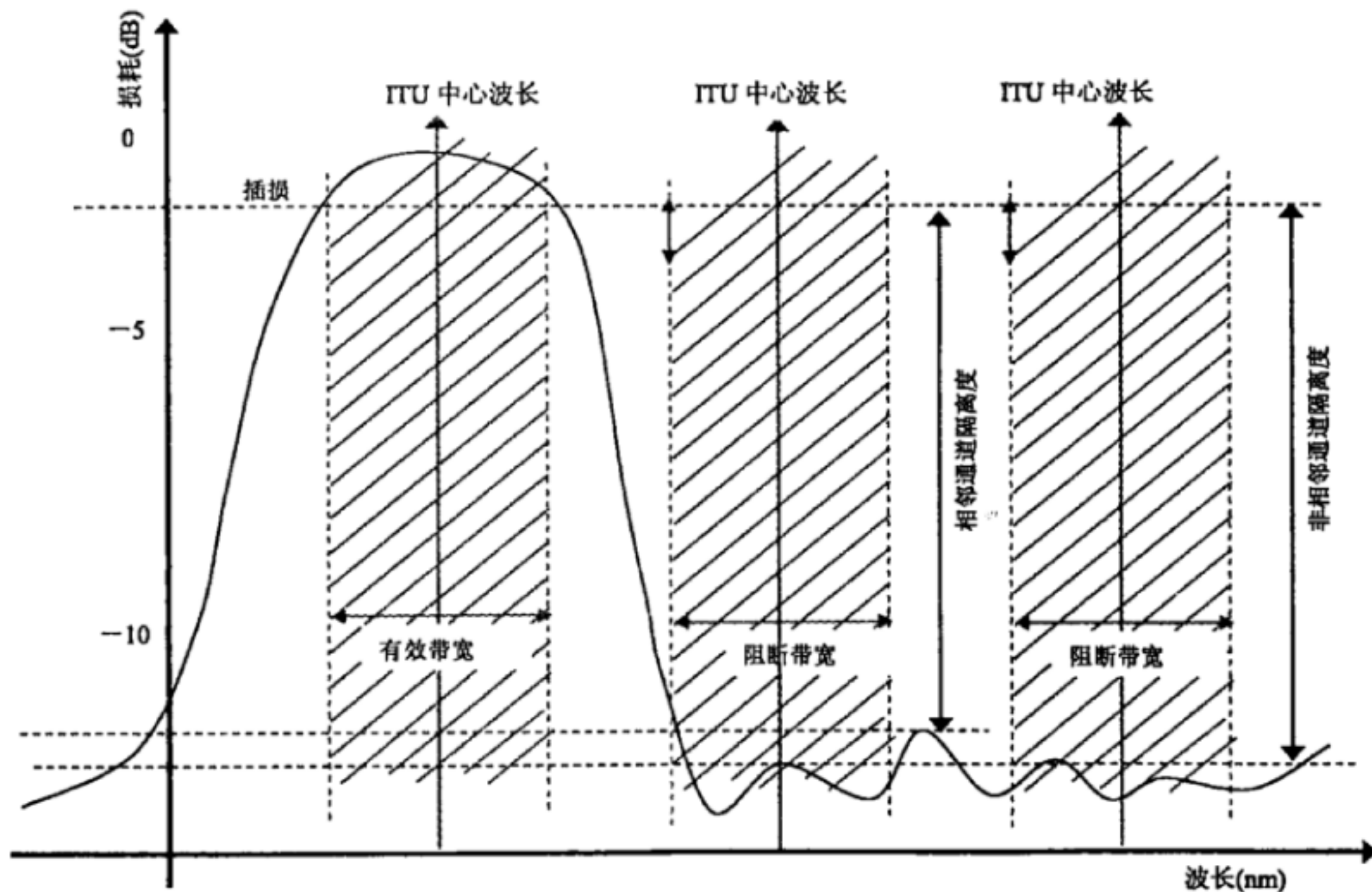


图28 上路通道隔离度的定义示意

6.3.3.2 测试配置

测试配置如图29所示,把宽谱光源发送光信号接到上路端口 R_{up} ,用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S处,扫描插损谱。

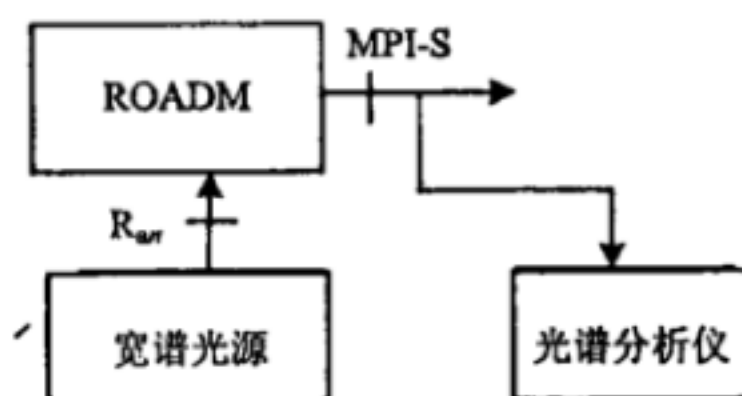


图29 上路通道隔离度的测试配置

6.3.3.3 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 如图29所示连接好测试配置;
- b) 把待测试通道隔离度的通道设置为接通状态,并把该通道衰减设置为0;
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道A,扫描MPI-S并记录到通道B,设置通道C等于B-A。光谱分析仪展开到合适的宽度,能显示相邻通道和非相邻通道,得到图28所示插损谱;
- d) 移动光谱分析仪的功率标线1到有效带宽范围内的最低功率位置,移动标线2到相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置;
- e) 相邻通道隔离度等于功率标线1与标线2位置的功率差值;
- f) 移动标线2到非相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置;
- g) 非相邻通道隔离度等于功率标线1与标线2位置的功率差值;
- h) 更改为不同通道,重复上述操作,并记录测试结果。

6.3.3.4 注意事项

ROADM分100GHz间隔和50GHz间隔,需要根据ROADM的类型选择相邻通道间隔。

6.3.4 上路通道端口隔离度

6.3.4.1 定义

上路通道端口隔离度指两个或两个以上相同波长通道在ROADM设备的不同上路端口 R_{up} 输入,指定波长和非指定波长在输出端口的插损差值,如图30所示。

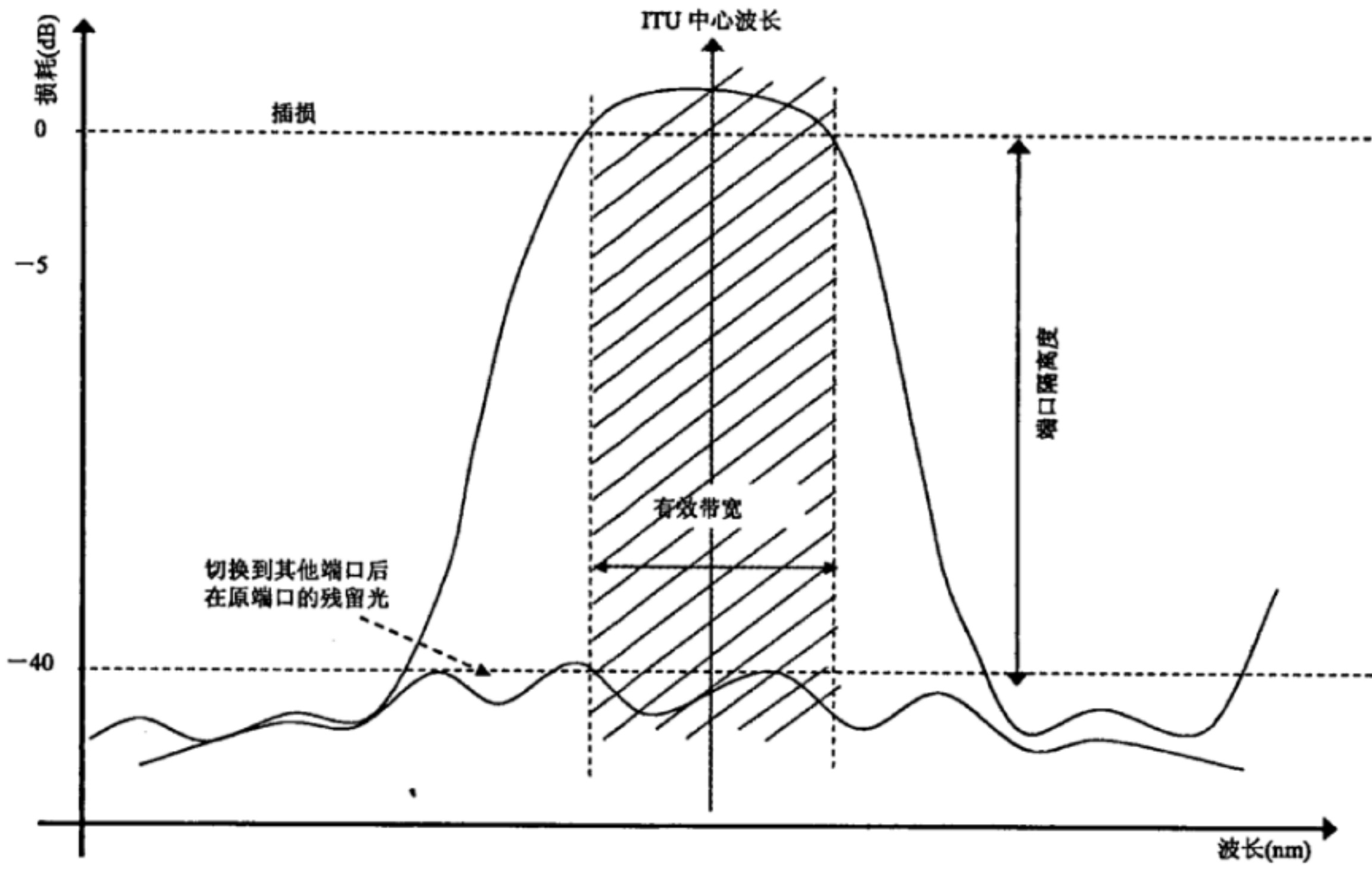


图30 上路通道端口隔离度的定义示意

6.3.4.2 测试配置

测试配置如图31所示，把宽谱光源发送光信号接到上路端口Ran，用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S处，扫描光谱插损谱。

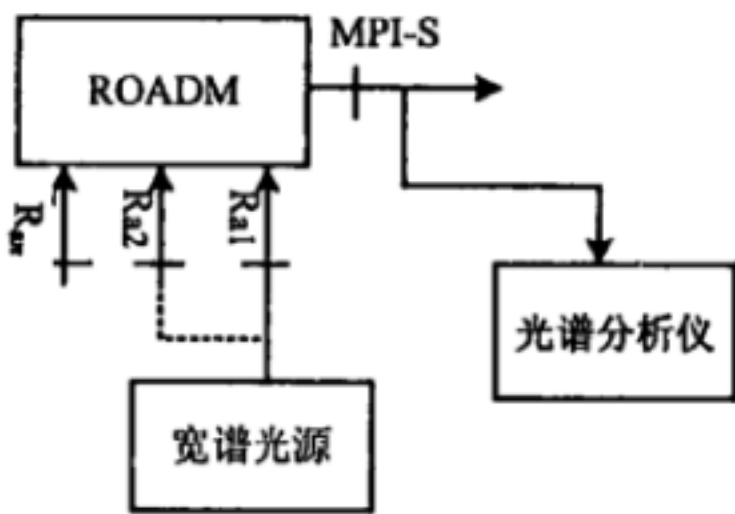


图31 上路通道端口隔离度的测试配置

6.3.4.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 31 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道端口隔离度的通道设置为 Ra1 到 MPI-S 接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A；
- d) 移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最低功率位置，记录为插损 1；
- e) 把宽谱光源连接到 Ra2，移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最高功率位置，记录为插损 2；
- f) 通道端口隔离度等于插损 1 与插损 2 的差值；
- g) 更改为不同通道和端口，重复上述操作，并记录测试结果。

6.3.4.4 注意事项

无。

6.3.5 上路通道端口消光比

6.3.5.1 定义

上路通道消光比指某通道在ROADM设备的某上路端口 R_{in} 输入和阻断时，该通道在MPI-S上的插损差值，如图32所示。

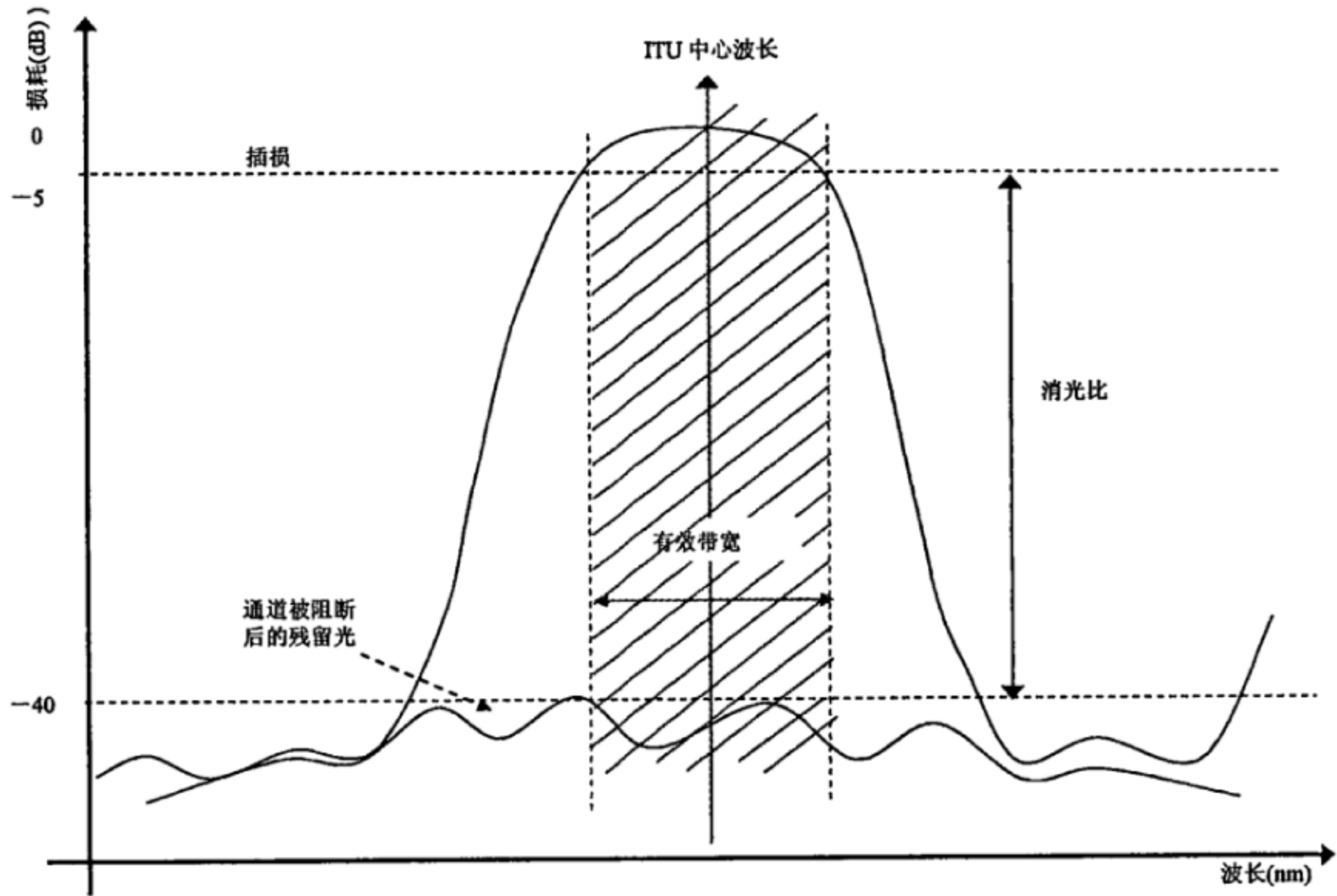


图32 上路通道端口消光比的定义示意

6.3.5.2 测试配置

测试配置如图33所示，把宽谱光源发送光信号接到上路端口 R_{in} ，用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S处，扫描插损谱。

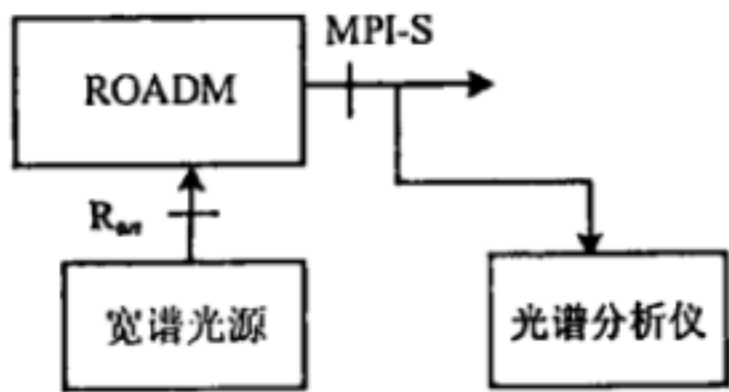


图33 上路通道端口消光比的测试配置

6.3.5.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 33 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道消光比的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A；

- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到有效带宽范围内的最低功率位置, 记录为插损 1;
- e) 把待测试通道消光比的通道设置为阻断状态;
- f) 移动光谱分析仪的功率标线 2 到有效带宽范围内的最高功率位置, 记录为插损 2;
- g) 通道消光比等于插损 1 与插损 2 的差值;
- h) 更改为不同通道和端口, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.3.5.4 注意事项

无。

6.4 线路入口至线路出口的性能参数

6.4.1 穿通损耗

6.4.1.1 定义

穿通插损指某通道从ROADM设备的线路入口MPI-R到线路出口MPI-S的损耗, 如图34所示。

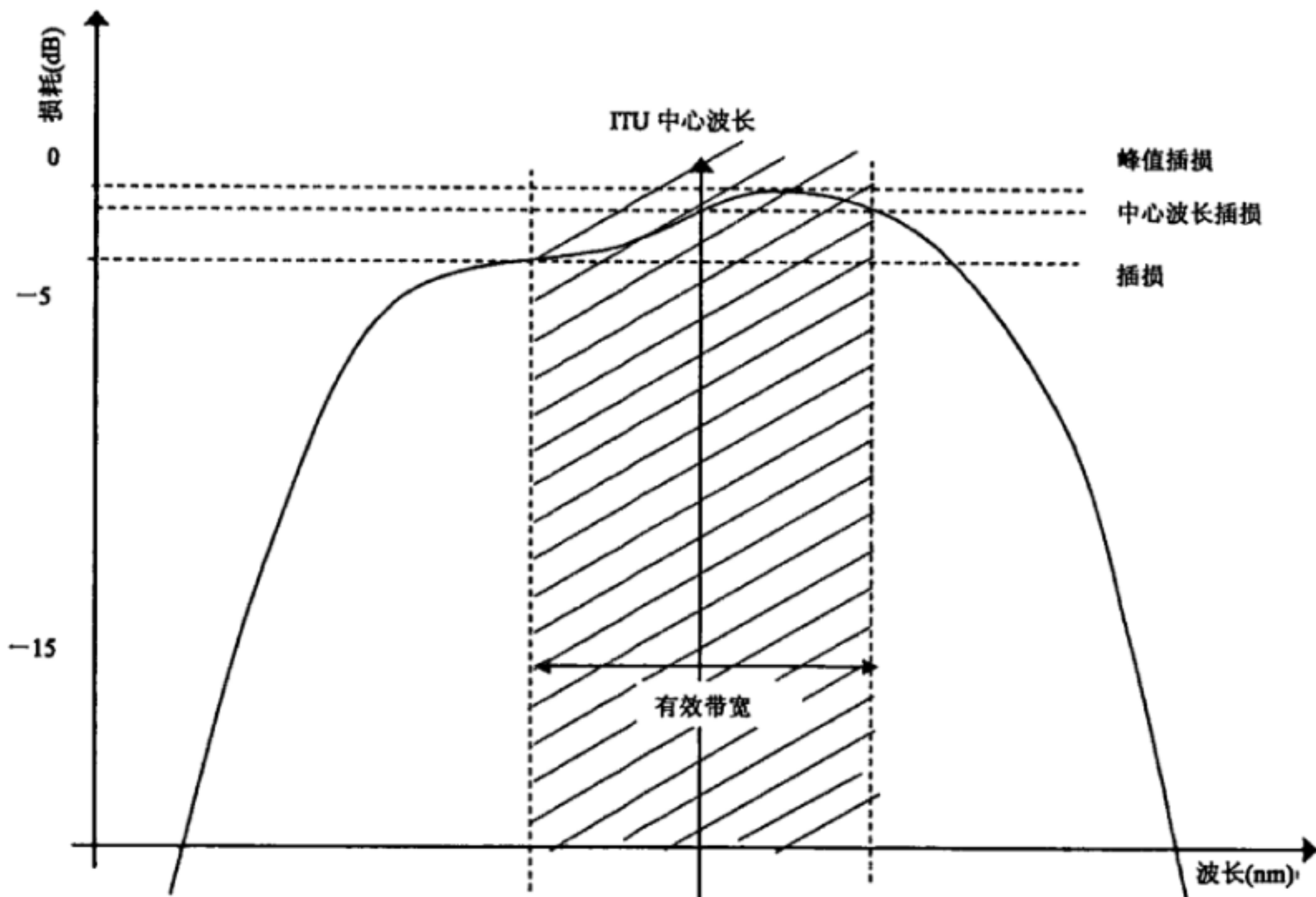


图34 穿通插损的定义示意

6.4.1.2 测试配置

测试配置如图35所示, 把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R, 用光谱分析仪分别接到光源输出和线路输出口MPI-S处, 分别扫描这两次的光谱。

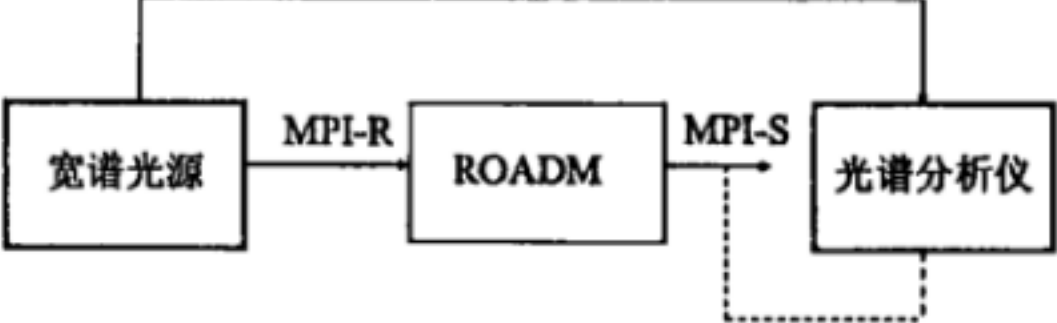


图35 穿通插损的测试配置

6.4.1.3 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 如图 35 所示连接好测试配置;
- b) 把待测试插损的通道设置为接通状态, 并把该通道衰减设置为 0;
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A, 扫描 MPI-S 并记录到通道 B, 设置通道 C 等于 B-A, 得到图 34 所示插损谱;
- d) 移动光谱分析仪的波长标线使其落在有效带宽的位置;
- e) 移动光谱分析仪的功率标线, 使其落在与通道有效带宽范围内插损最差处, 此即为穿通插损值;
- f) 更改不同通道和不同端口, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.4.1.4 注意事项

有效带宽对于不同类型的ROADM取值不一样, 对于100GHz间隔取0.22nm, 对于50GHz间隔取0.12nm。

6.4.2 穿通透过谱谱宽

6.4.2.1 定义

穿通透过谱谱宽指某通道从ROADM设备的线路入口参考点MPI-R到线路出口MPI-S的 n dB插损谱谱宽, 常见的如3 dB谱宽, 如图36所示。

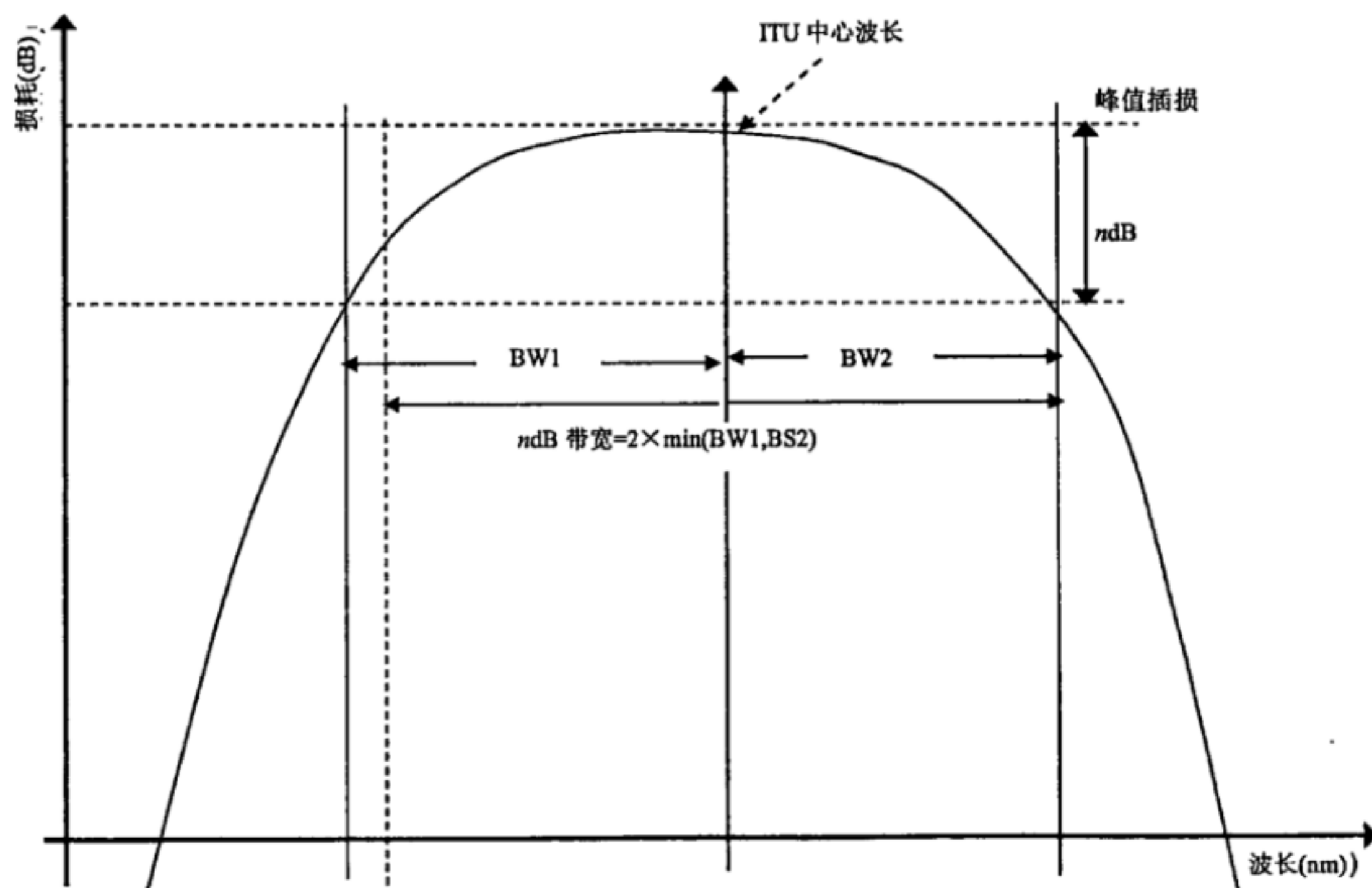


图36 穿通透过谱谱宽的定义示意

6.4.2.2 测试配置

测试配置如图37所示, 把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R, 用光谱分析仪接到线路输出 MPI-S处, 扫描插损谱。

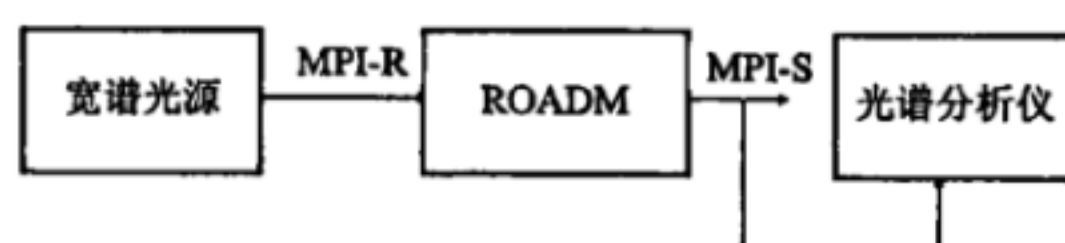


图37 穿通透过谱谱宽测试配置

6.4.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 如图 37 所示连接好测试配置；
- 把待测试 n dB 透过谱谱宽的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A，得到图 36 所示插损谱；
- 移动光谱分析仪的功率标线 1 到峰值位置，移动标线 2 到下降 n dB (n 取 3) 位置；
- 标线 2 与插损谱的两个交点与中心波长的位置构成谱宽 BW1 和 BW2， n dB 透过谱谱宽 = $2 \times \min(\text{BW1}, \text{BW2})$ ；
- 改变 n 值和不同通道，重复上述操作，并记录测试结果。

6.4.2.4 注意事项

这里的中心波长值需要选取ITU标准波长，不是器件本身的中心波长。

6.4.3 穿通通道隔离度

6.4.3.1 定义

穿通通道隔离度指某通道从ROADM设备的线路入口参考点MPI-R到线路出口MPI-S的插损谱上的通道隔离度，如图38所示。

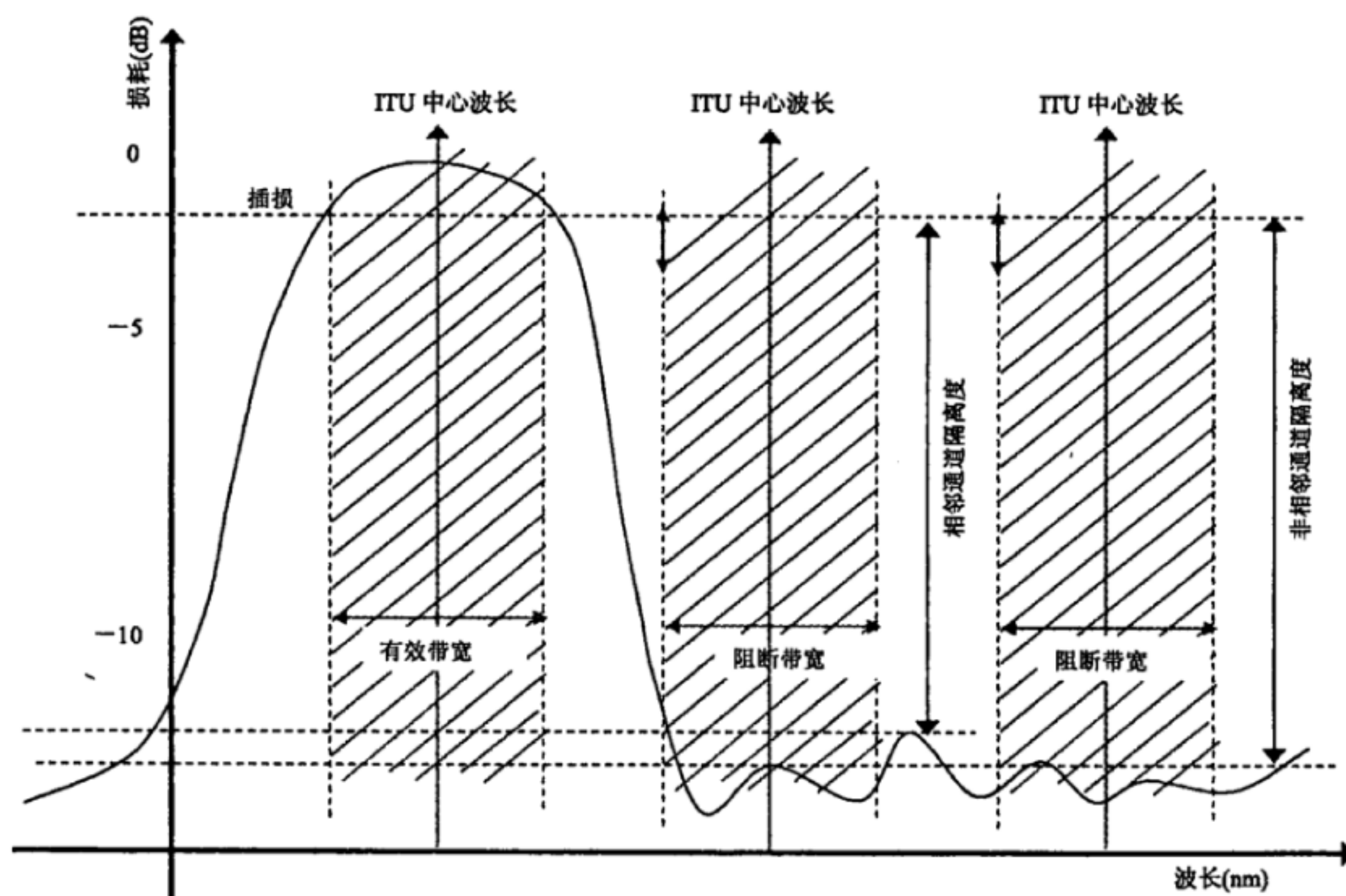


图38 穿通通道隔离度的定义示意

6.4.3.2 测试配置

测试配置如图39所示，把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S，扫描插损谱。



图39 穿通通道隔离度的测试配置

6.4.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 39 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道隔离度的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A。光谱分析仪展开到合适的宽度，能显示相邻通道和非相邻通道，得到图 38 所示插损谱；
- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到有效带宽范围内的最低功率位置，移动标线 2 到相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置；
- e) 相邻通道隔离度等于功率标线 1 与标线 2 位置的功率差值；
- f) 移动标线 2 到非相邻通道阻断带宽范围内的最高功率位置；
- g) 非相邻通道隔离度等于功率标线 1 与标线 2 位置的功率差值；
- h) 更改为不同通道，重复上述操作，并记录测试结果。

6.4.3.4 注意事项

ROADM分100GHz间隔和50GHz间隔，需要根据ROADM的类型选择相邻通道间隔。

6.4.4 穿通通道串扰

6.4.4.1 定义

穿通通道串扰指某通道在ROADM设备的某线路输出口MPI-S输出，其他通道在MPI-S端口对该通道造成的最大串扰之和。

6.4.4.2 测试配置

测试配置如40图所示，把标准光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光功率计接到线路输出口MPI-S测量光功率值。

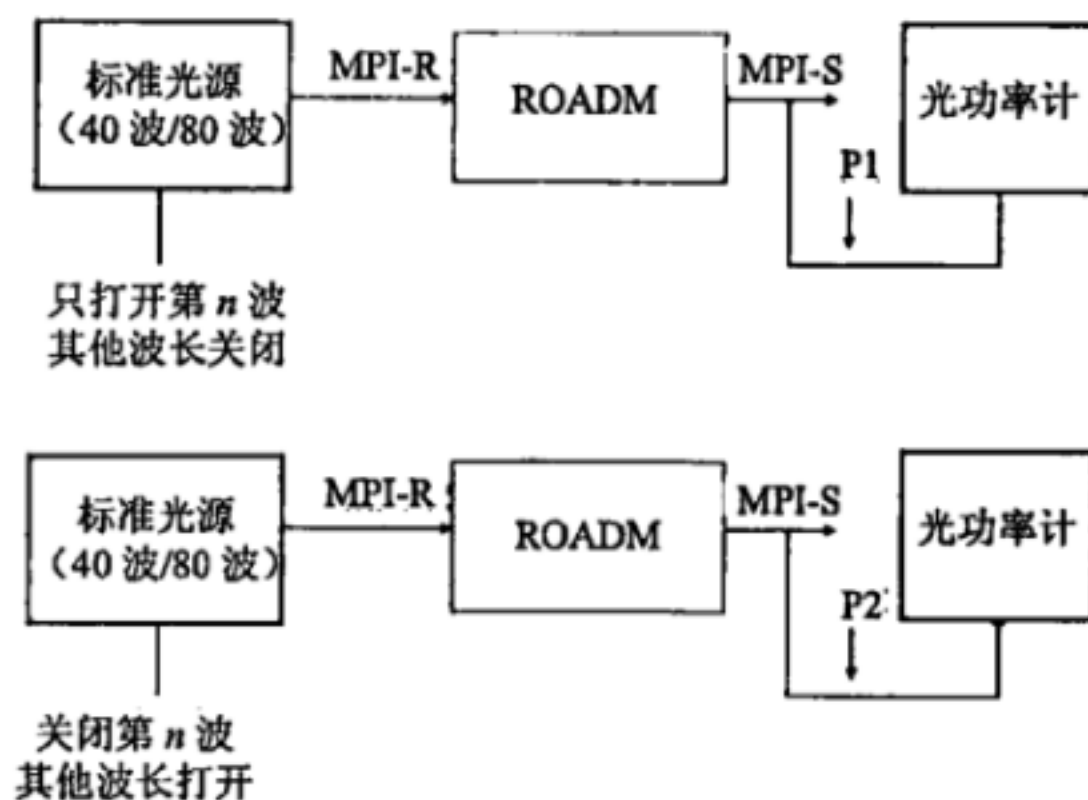


图40 穿通通道串扰的测试配置

6.4.4.3 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 如图 40 所示连接好测试配置, 先把标准光源各通道光功率调平坦;
- b) 把待测试通道串扰的通道设置为接通状态, 并把该通道衰减设置为 0;
- c) 只打开标准光源的第 n 个通道输出到 MPI-R, 用光功率计在 MPI-S 测量光功率值 $P1(\text{dBm})$;
- d) 关闭标准光源的第 n 个通道, 其他通道打开输出到 MPI-R, 用光功率计在 MPI-S 测量光功率值 $P2(\text{dBm})$;
- e) 通道串扰等于 $P1$ 与 $P2$ 的差值;
- f) 更改为不同通道, 重复上述操作, 并记录测试结果。

6.4.4.4 注意事项

需要根据不同类型的ROADM选择相应的标准光源, 100GHz间隔的选择40波, 50GHz间隔的选择80波。

6.4.5 穿通通道端口隔离度

6.4.5.1 定义

穿通通道隔离度指某通道在ROADM设备的某线路出口MPI-S输出在其他线路出口被阻断时, 该通道在不同线路出口之间的插损差值, 如图41所示。

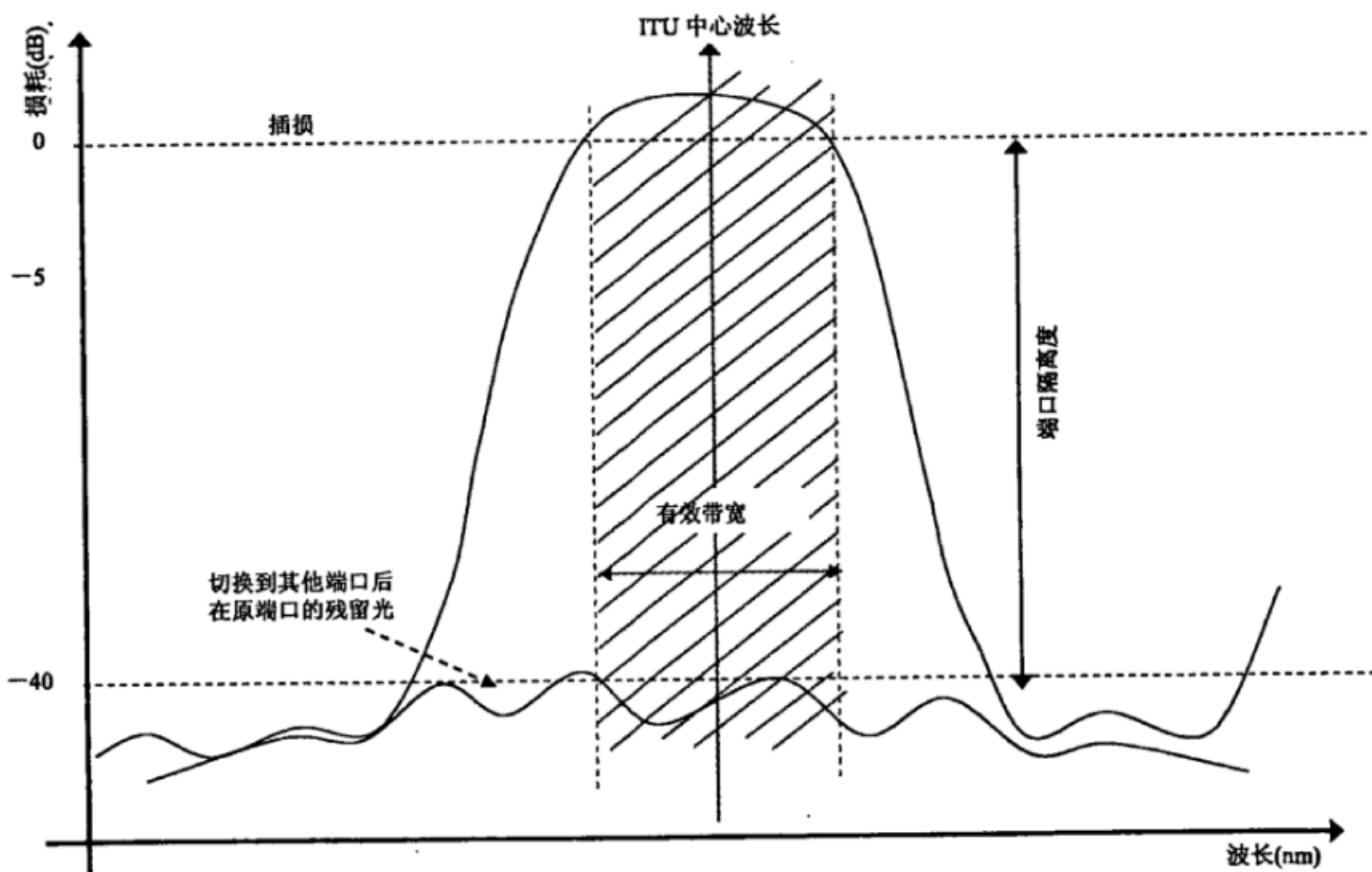


图41 穿通通道端口隔离度的定义示意

6.4.5.2 测试配置

测试配置如图42所示，把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R_n，用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S_n处，扫描光谱插损谱。

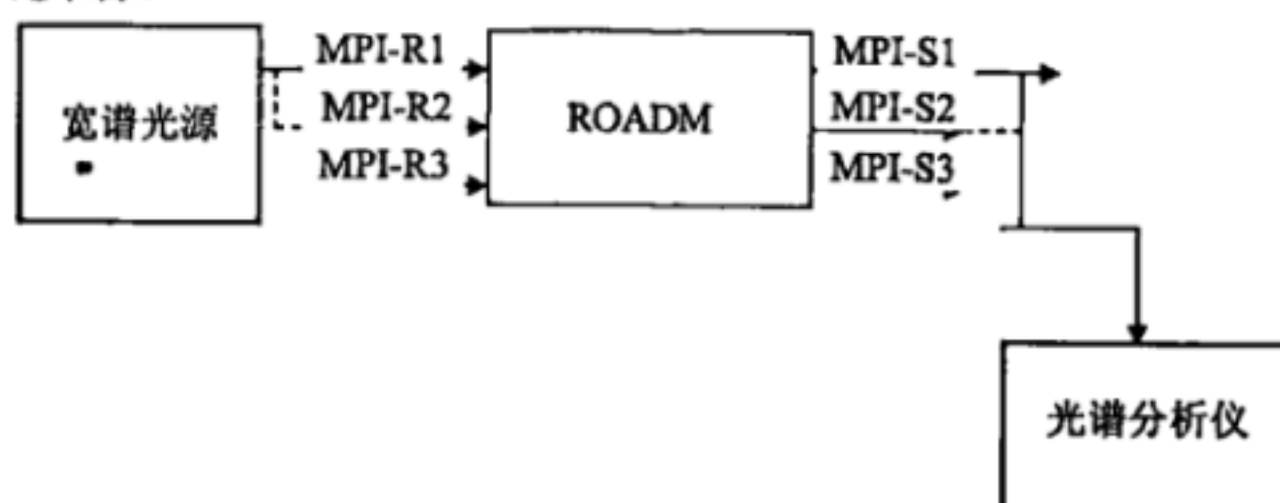


图42 穿通通道端口隔离度的测试配置

6.4.5.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 42 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道端口隔离度的通道设置为 MPI-R1 到 MPI-S1 接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 把宽谱光源接到 MPI-R1，把光谱分析仪接到 MPI-S1，光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S1 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A，移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最低功率位置，记录为插损 1；
- d) 把光谱分析仪连接到 MPI-S2，移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最高功率位置，记录为插损 2；
- e) 线路出口通道端口隔离度等于插损 1 与插损 2 的差值；
- f) 把宽谱光源连接到 MPI-R2，把光谱分析仪接到 MPI-S1，光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S1 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A，移动光谱分析仪的功率标线到有效带宽范围内的最高功率位置，记录为插损 3；
- g) 线路入口通道端口隔离度等于插损 1 与插损 3 的差值；
- h) 更改为不同通道和端口，重复上述操作，并记录测试结果。

6.4.5.4 注意事项

无。

6.4.6 穿通通道端口消光比

6.4.6.1 定义

穿通通道端口消光比指某通道在ROADM设备的某线路出口MPI-S输出和阻断时，该通道在该输出端口的插损差值，如图43所示。

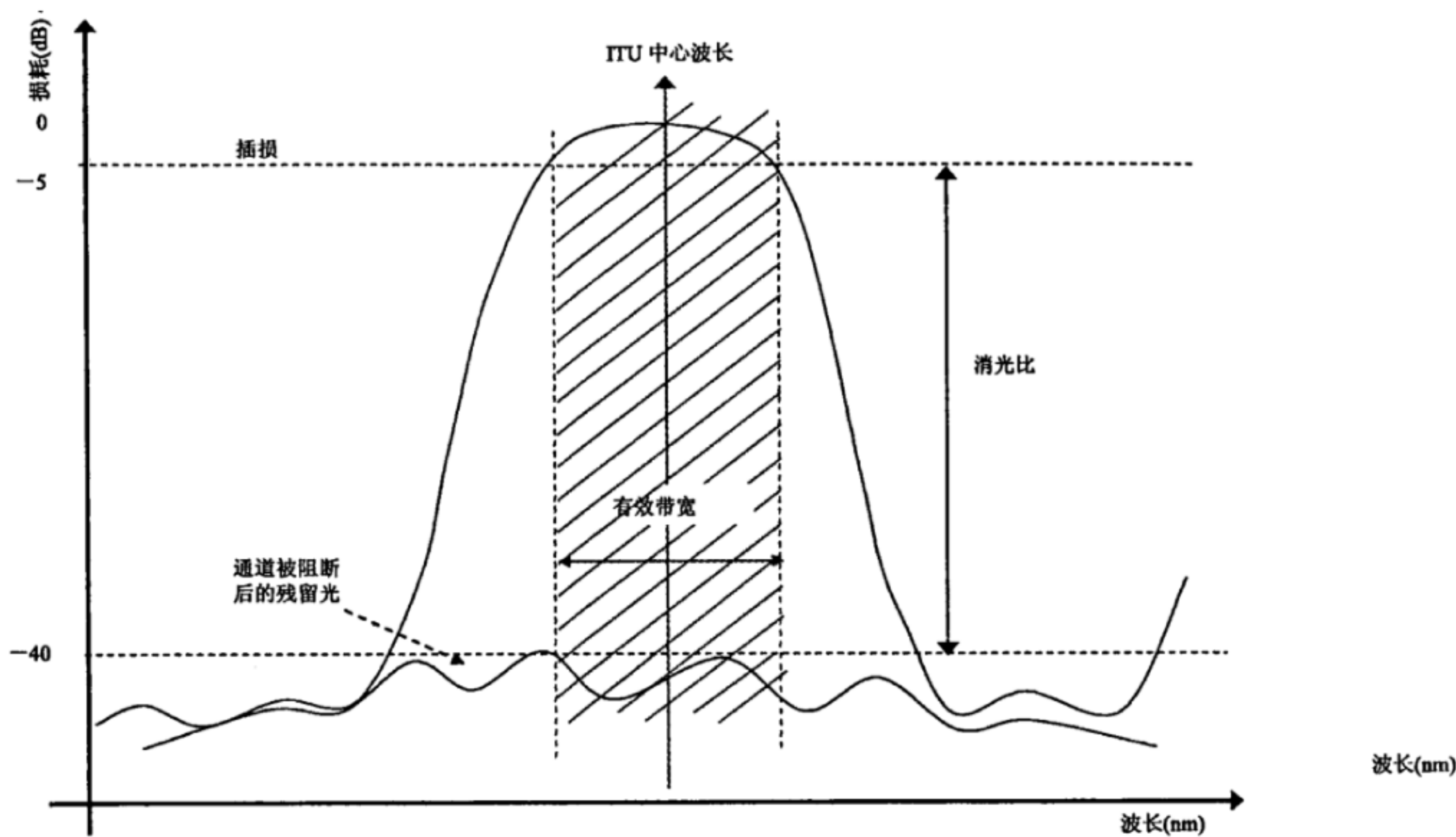


图43 穿通通道端口消光比的定义示意

6.4.6.2 测试配置

测试配置如图44所示，把宽谱光源发送光信号接到线路输入口MPI-R，用光谱分析仪接到线路输出口MPI-S处，扫描插损谱。

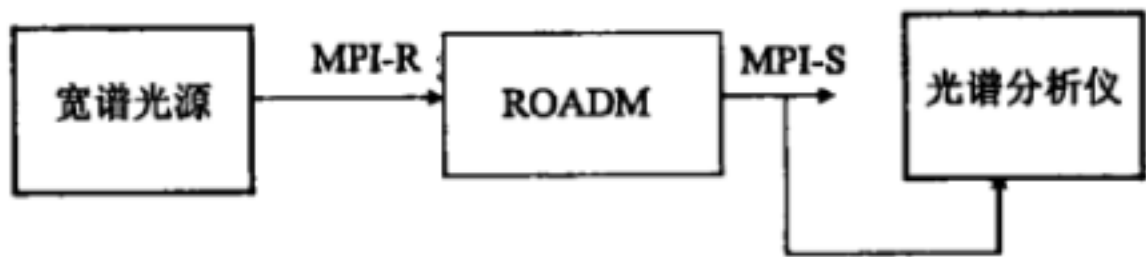


图44 穿通通道端口消光比的测试配置

6.4.6.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 44 所示连接好测试配置；
- b) 把待测试通道消光比的通道设置为接通状态，并把该通道衰减设置为 0；
- c) 光谱分析仪扫描宽谱光源并记录到通道 A，扫描 MPI-S 并记录到通道 B，设置通道 C 等于 B-A；
- d) 移动光谱分析仪的功率标线 1 到有效带宽范围内的最低功率位置，记录为插损 1；
- e) 把待测试通道消光比的通道设置为阻断状态；
- f) 移动光谱分析仪的功率标线 2 到有效带宽范围内的最高功率位置，记录为插损 2；
- g) 通道消光比等于插损 1 与插损 2 的差值；
- h) 更改为不同通道和端口，重复上述操作，并记录测试结果。

6.4.6.4 注意事项

无。

7 ROADM 设备的主光通道测试

7.1 MPI-SM/SM 点接口参数

MPI-S_M/S_M参考点的每通路输出功率、最大通路功率差、总发送功率和光信噪比等参数的测试方法见YD/T 2147-2010的第5.1节。

7.2 MPI-SM~MPI-RM 之间参数

MPI-S_M~MPI-R_M之间主光通道的残余色散、偏振模色散、最大反射系数和回损等参数的测试方法见YD/T 2147-2010的第5.2节。

7.3 MPI-RM/RM 点接口参数

MPI-R_M/R_M每通路输入功率、MPI-R_M/R_M总接收功率、MPI-R_M/R_M光信噪比、MPI-R_M最大通路功率差和光通道OSNR代价等参数的测试方法见YD/T 2147-2010的第5.3节。

8 光波长转换器测试

8.1 OTU 的接口参数

OTU的接口参数包括接收机灵敏度、过载功率、反射系数、平均发送光功率、传输脉冲形状（眼图模板）、消光比、色度色散容限、偏振模色散容限、光信噪比容限、-20dB谱宽、边模抑制比、中心频率（波长）及偏移、输入抖动容限、抖动产生、抖动传递函数等参数的测试，见YD/T 2147-2010的第6.1.1和6.1.2节。

8.2 OTU 的开销及维护信号

8.2.1 OTN 开销及维护信号

ROADM设备的OTU支持的OTN开销及维护信号的测试方法见YD/T 2148-2010的第5章。

8.2.2 SDH 开销及维护信号

ROADM设备的OTU支持的SDH开销及维护信号的测试方法见GB/T 16814-2008的第14章。

8.2.3 光层开销和维护信号

光层开销包括光通路（OCh）开销、光复用段（OMS）开销和光传送段（OTS）开销。光层开销和维护信号具体格式未规范，测试方法待研究。

8.3 客户信号的映射

OTU对SDH（STM-16/64/256）、OTUk（OTU1/2/3）、以太网（GE、10GE LAN/WAN）以及其他等客户信号的映射功能测试方法见YD/T 2148-2010的第9.1节。

8.4 ODUk 复用功能

OTU支持的ODUk复用功能的测试方法见YD/T 2148-2010的第9.2节。

9 监控通路测试

9.1 光监控通路（OSC）

对于OSC的测试方法，见YD/T 1159-2001的第10章。

9.2 电监控通路（ESC）

对于采用OTN的GCC实现ESC的测试方法，具体待研究。

10 ROADM 设备和网络保护功能

目前, ROADM设备和网络保护主要采用1+1光波长保护方式。1+1光波长保护的测试方法见YD/T 2148-2010的10.1.1.1节。

YD/T 2003-2009的附录E中列出的同源同宿/非同源同宿的1:N设备级OTU保护和1:N光波长保护, 具体测试方法见YD/T 2148-2010的10.1.1.2节。

YD/T 2003-2009的附录E中列出的光通道共享保护, 具体测试方法见YD/T 2148-2010的10.2.1节。

YD/T 2003-2009的附录E中列出的光复用段共享保护, 具体测试方法待研究。

11 ROADM 系统性能测试

11.1 误码/丢包率性能

11.1.1 定义

误码/丢包率性能指一定测试周期内 WDM 系统的误码率或丢包率。

11.1.2 测试配置

测试配置如图 45 所示。测试仪表为 SDH/OTN 误码分析仪或数据网络分析仪, 业务接口可选择 SDH、OTN 或以太网业务等。

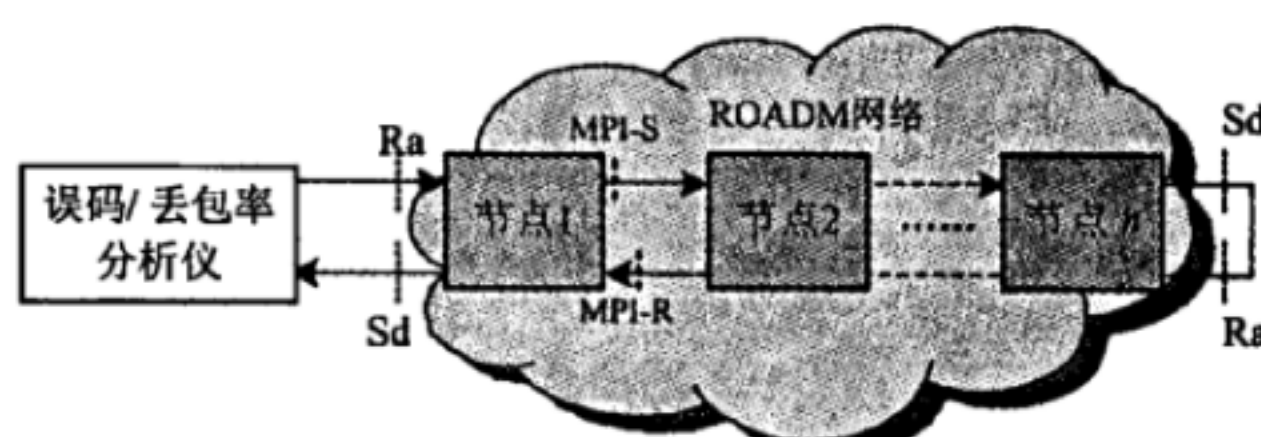


图45 误码/丢包率测试配置

11.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 选择测试通路，如图 45 所示连接好测试配置，检查仪表和 ROADM 系统的各个参考点接收功率处于正常范围；
- 设定仪表测试时间，启动长期误码/丢包测试。若无特别要求，测试周期一般为 24h；
- 测试时间结束后，记录并保存测试结果。

11.1.4 注意事项

注意事项如下：

- 其他通路在测试期间应正常工作；
- 更严格的条件也可选择进行所有光通路经过 ROADM 系统传输后级联后同时进行测试；
- 对于无法进行环回测试的业务，采用源宿两端配置仪表的方式进行测试。

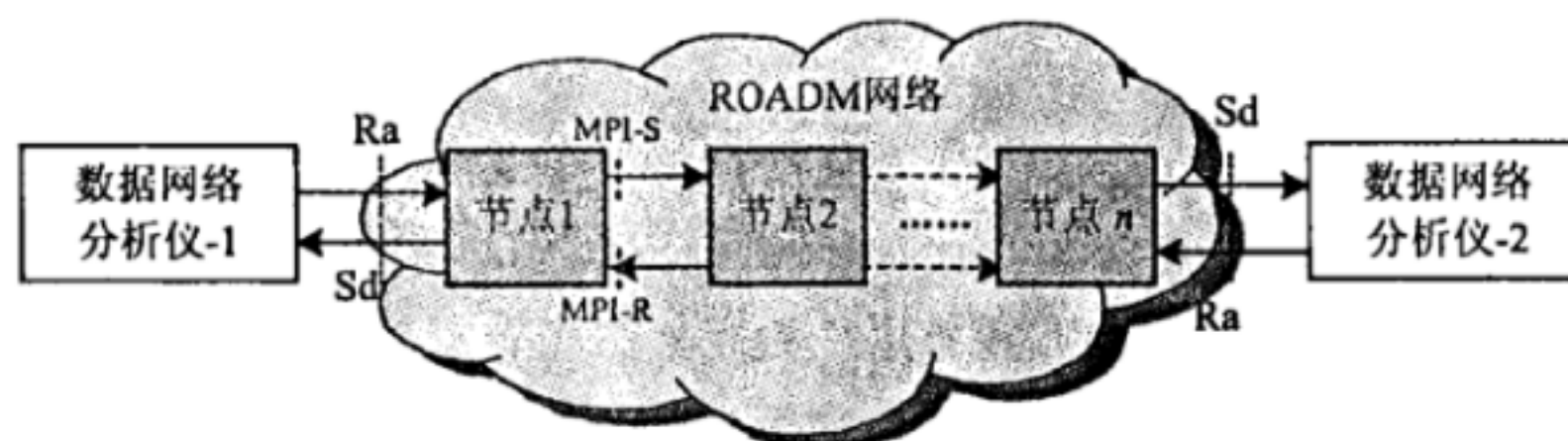
11.2 以太网业务性能

11.2.1 定义

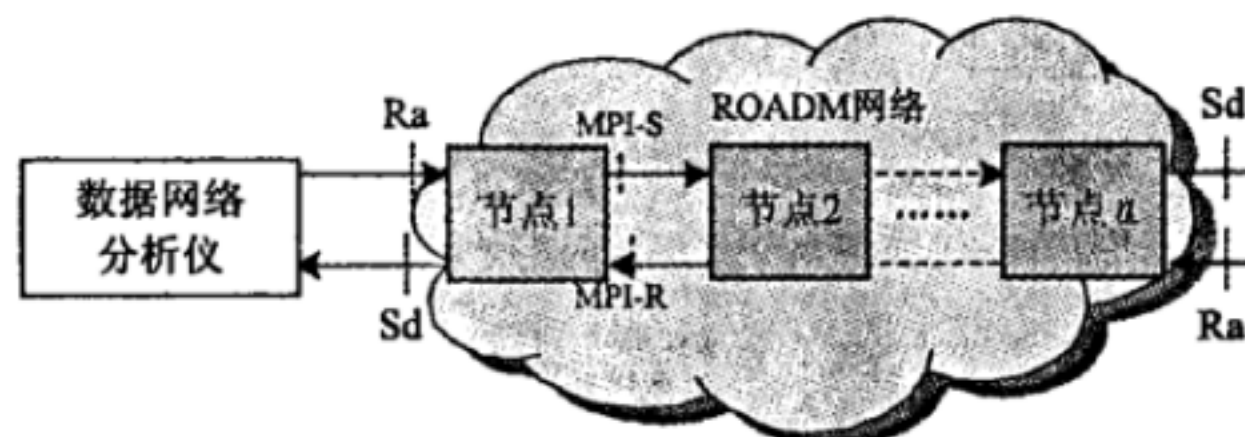
以太网业务性能指基于 IETF RFC 2544 规范的以太网性能参数，包括吞吐量、时延、过载丢包率和背靠背帧数等。

11.2.2 测试配置

测试配置如图 46 所示，测试仪表为数据网络分析仪。



(a) 以太网业务性能双向测试配置（时延性能需两仪表实现同步）



(b) 远端以太网业务端口环回的测试配置

图46 以太网性能测试配置

11.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 按图 46 所示连接好测试配置，检查仪表和 ROADM 系统的各个参考点接收功率处于正常范围；
- 配置数据网络分析仪，启动 RFC 2544 性能测试，包括吞吐量、时延、过载丢包率和背靠背帧数等。

11.2.4 注意事项

无。

11.3 纠错前误码率

11.3.1 定义

误码/丢包率性能指系统经过传输后 FEC 纠错前的误码率，监测时间至少大于 4min。

11.3.2 测试配置

测试配置如图 45 所示。测试仪表为误码分析仪，其中误码分析仪可根据业务接口选择 SDH 或 OTN 分析仪。

11.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 选择测试通路，如图 45 所示连接好测试配置，检查仪表和 ROADM 系统的各个参考点接收功率处于正常范围，误码分析仪应无任何告警和误码；
- 关闭 FEC 的纠错功能，启动误码分析仪测试 FEC 纠错前误码性能（暂采用净荷比特误码统计，统计时间至少大于 4min），同时启动网管的 FEC 纠错前性能统计；
- FEC 纠错前性能统计时间大于设定时间后，记录并比较误码分析仪和网管统计的 FEC 纠错前误码率差异。

11.3.4 注意事项

对于不同的通路，可随机抽样进行测试。

11.4 系统抖动

11.4.1 系统输入抖动容限

11.4.1.1 定义

系统输入抖动容限指 WDM 系统传输时参考点 S 处光接口可容忍的最低水平的相位噪声，应满足无告警、无失锁和滑码、无误码和功率代价小于 1dB 三个条件。

11.4.1.2 测试配置

测试配置如图 47 所示，测试仪表为 SDH/OTN 抖动分析仪。

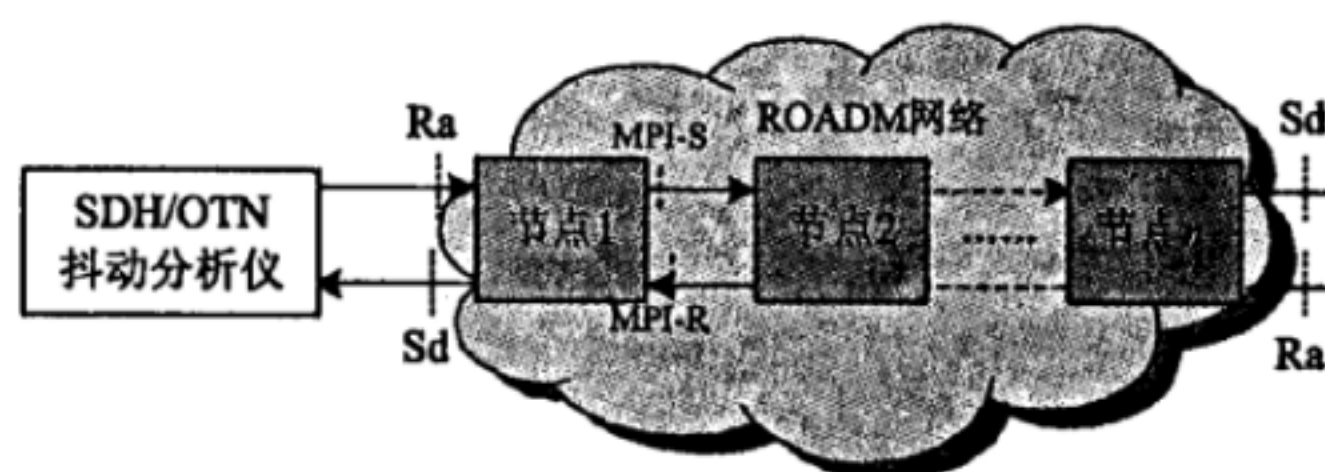


图47 系统输入抖动容限/输出抖动配置（图中 S_n/R_n ）

11.4.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

a) 选择测试通路，如图 47 所示连接好测试配置，检查仪表和 WDM 系统的各个参考点接收功率处于抖动测试正常范围，测试信号的 PRBS 选择为 223-1 或更长，通道层信号结构选择为 VC-4 连续级联（对于 SDH 信号）或 ODU k （对于 OTN 信号， $k=1,2,3$ ，与最高接口速率有关）；

b) 设置抖动分析仪为内部定时方式，在抖动分析仪上激活抖动容限的测试项，选择 ITU-T G.825（对于 SDH 信号）或 ITU-T G.8251（对于 OTN 信号）的输入抖动容限模板，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；

c) 将测试所得的抖动容限曲线与该相应的抖动容限模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

11.4.1.4 注意事项

注意事项如下：

a) 对于 STM-256 或 OTU-3 信号，较早生产的仪表可能没有内置满足 ITU-T G.825 或 ITU-T G.8251 的输入抖动容限模板，需人工手动编辑符合标准的模板。

b) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被业务两端等情形，可采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。

11.4.2 系统输出抖动

11.4.2.1 定义

系统输出抖动指在 WDM 系统 S 点无输入抖动时，参考点 R 处光接口输出的固有抖动，一般观察或测量的周期为 60s。

11.4.2.2 测试配置

测试配置如图 47 所示。测试仪表为 SDH/OTN 抖动分析仪。

11.4.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

a) 如图 47 所示连接好测试配置，检查仪表和 ROADM 系统的各个参考点接收功率处于抖动测试正常范围，测试信号的 PRBS 选择为 223-1 或更长，通道层信号结构选择为 VC-4 连续级联（对于 SDH 信号）或 ODU k （对于 OTN 信号， $k=1,2,3$ ，与最高接口速率有关）；

b) 设置抖动分析仪为内部定时方式，在抖动分析仪上激活抖动产生的测试项，选择 ITU-T G.825（对于 SDH 信号）或 ITU-T G.8251（对于 OTN 信号）所对应的抖动测量滤波器；

c) 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。

11.4.2.4 注意事项

无。

12 ROADM 设备的网元管理系统功能验证

12.1 ROADM 网管的基本功能

ROADM 网元管理系统的基本功能包括故障管理、性能管理、配置管理和安全管理，应符合 YD/T 1383-2005 所规定的 WDM 网元管理功能要求和 YD/T 1205-2010 的 11.3 节要求。

ROADM 网元管理系统还需支持一些与 OTN 帧格式管理相关的配置管理、告警管理和性能管理参数要求，见 YD/T 2147-2010 的 15.1 节。

12.2 网管的功率自动管理功能

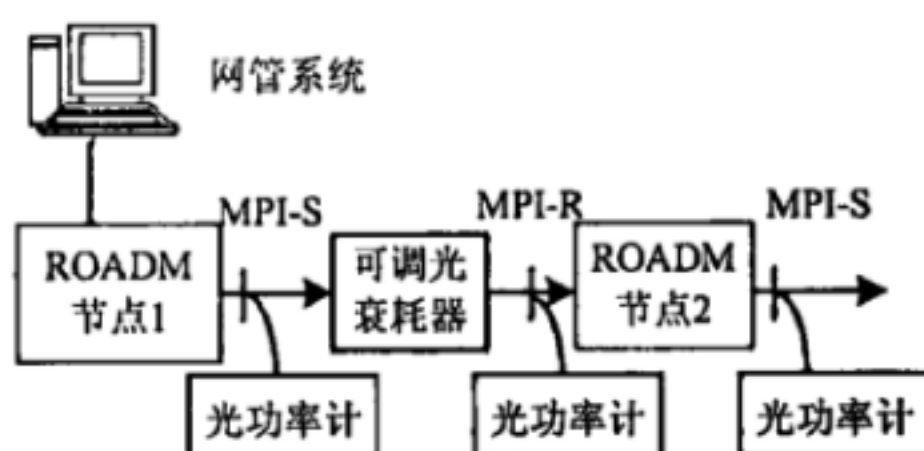
12.2.1 线路光功率自动管理功能

12.2.1.1 定义

为了保证动态上下和直通的波长业务性能，ROADM 网管和设备应具有线路光功率的自动管理功能，即支持线路光功率的自动检测和控制功能。

12.2.1.2 测试配置

测试配置如图 48 所示。



注：通过可调光衰减器或节点1增减波长来模拟节点2的线路输入光功率变化。

图48 光功率自动管理测试配置

12.2.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

a) 选择测试配置通路，如图 48 所示连接好测试配置；

b) 通过网管系统在节点 1 查询光线路 MPI-S 点的输出光功率，在节点 2 查询光线路 MPI-R 点的输入光功率，得出当前线路衰耗值，用光功率计在两个参考点测试并记录光功率值，验证网管的功率测试精度；

c) 通过网管系统调整节点1的光功率控制, 调整光衰减器的衰减值, 验证节点2在线路MPI-R点的输入光功率变化时, 节点2线路MPI-S点输出的光功率控制功能, 用光功率计在两个参考点测试并记录光功率值, 验证网管的功率控制精度;

d) 利用增减波来模拟线路光功率的变化, 验证节点2在线路MPI-R点输入光功率变化时, 节点2线路MPI-S点输出的光功率控制功能;

e) 通过网管系统在节点1查询光线路MPI-S点的输出光功率, 在节点2查询光线路MPI-R点的输入光功率, 得出当前线路衰耗值, 用光功率计在两个参考点测试并记录光功率值, 验证网管的功率控制精度。

12.2.1.4 注意事项

无。

12.2.2 通道光功率自动管理功能

12.2.2.1 定义

为了保证动态上下和直通的波长业务性能, ROADM网管和设备应具备通道光功率自动管理功能, 即应具有通道光功率的自动检测和控制/均衡功能。

12.2.2.2 测试配置

测试配置如图49所示。

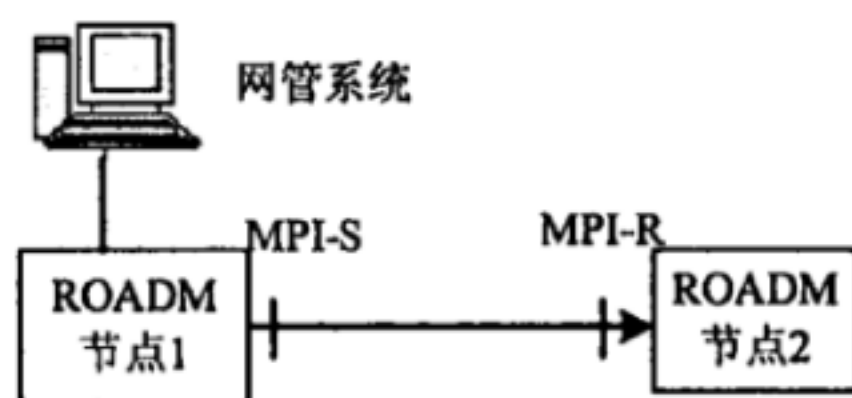


图49 通道光功率自动管理测试配置

12.2.2.3 测试步骤

测试步骤如下:

a) 如图49所示连接好测试配置;

b) 通过网管系统对ROADM设备MPI-S和MPI-R点各个光通道的光功率进行检测, 并记录光通道的光功率值;

c) 在网管禁止通道光功率自动均衡功能的条件下, 通过网管系统对单个通道的光功率进行调整(VOA的设置范围), 通过网管系统对光通道的光功率进行检测, 分别记录节点1和节点2上调整后的光通道的光功率值;

d) 通过网管系统实现对通道光功率自动均衡的配置功能, 如禁止和使能、均衡参数的设置;

e) 在网管开启通道光功率自动均衡功能的条件下, 增加或降低某个通道的光功率, 通过网管系统查看通道间光功率的均衡功能, 分别记录节点1和节点2上各个光通道的值。

12.2.2.4 注意事项

对多方向的ROADM设备, 应至少对两个方向的光通道进行测试。

12.3 波长管理功能

12.3.1 波长路径管理功能

12.3.1.1 定义

ROADM设备的网管应支持波长路径的管理功能,包括可建立、删除上路、下路和穿通方向的任意波长,应能查询各波长业务信号的源宿节点以及经由节点等。对两方向和多方向ROADM设备,可建立、删除MPI-R₁~MPI-R_n中的任意波长,到其他方向的MPI-S₁~MPI-S_n(不包括同方向)、或S_{d1}~S_{dn}等出口间的组播、广播波长路径。同时可建立、删除R_{a1}~R_{an}等入口中特定波长到MPI-S间的组播、广播波长路径。

12.3.1.2 测试配置

测试配置如图50所示。

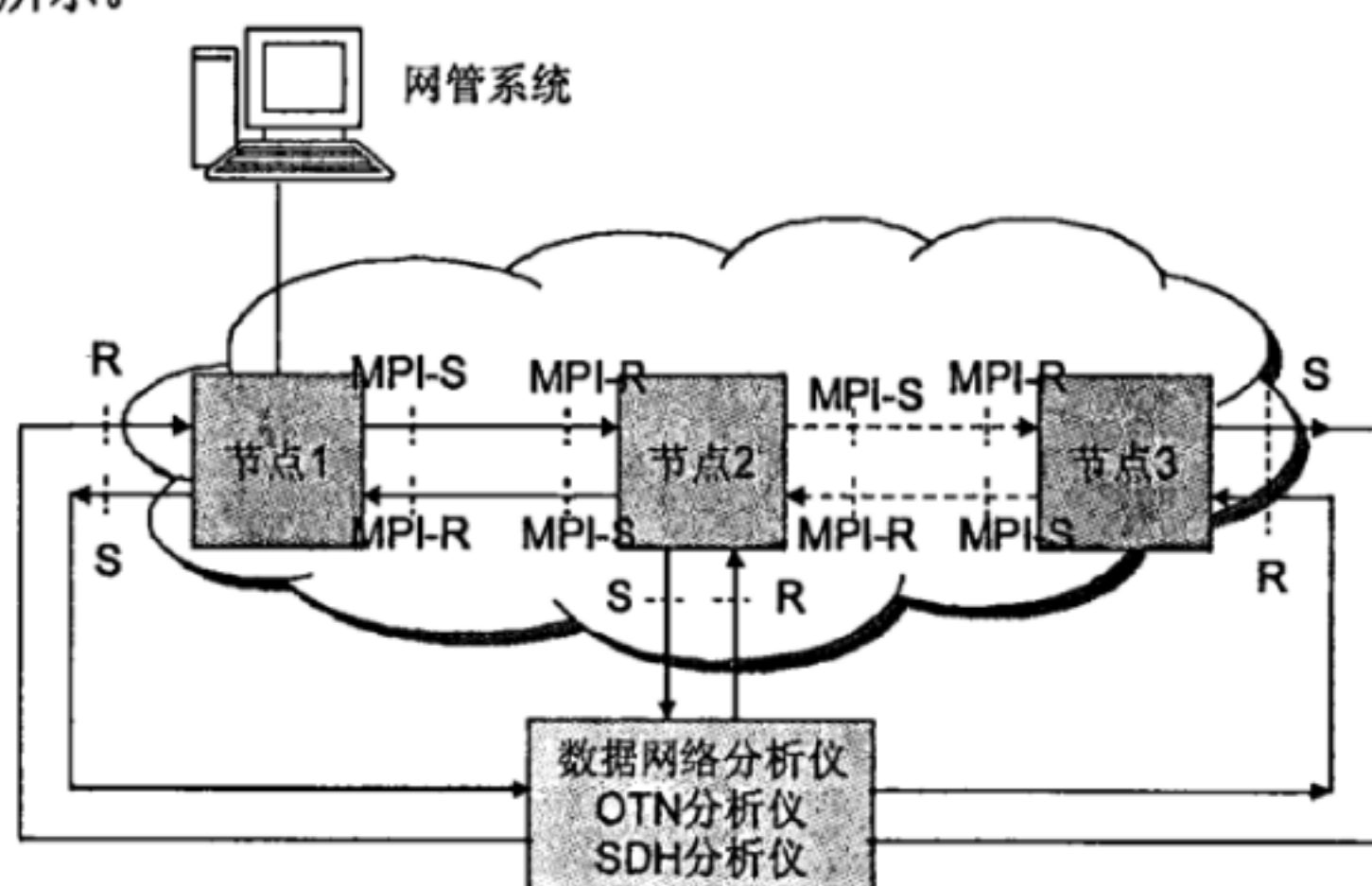


图50 波长路径管理测试配置

12.3.1.3 测试步骤

测试步骤如下:

a) 如图50所示连接好测试配置。

对节点1,选择R点的任一波长,创建到节点1的MPI-S的任一波长的交叉连接,在节点2,在MPI-R点选择上述波长,创建到节点2的S点的任一波长的交叉连接。

通过测试仪表验证上述业务创建成功。

通过网管系统查询波长业务信号的源、宿节点以及经由节点,以及各个节点上所使用的光纤及通道信息。

删除上述创建的波长路径,通过测试仪表验证上述业务删除成功。

创建节点1到节点2和节点3的组播和广播业务。测试过程中分别选择节点1的R点、节点2的S和MPI-S点以及节点3的S点中的任意波长。

通过测试仪表验证组播和广播业务创建成功。

通过网管系统查询波长业务信号的源、宿节点以及经由节点,以及各个节点上所使用的光纤及通道信息。

删除上述创建的波长路径,通过测试仪表验证组播和广播业务删除成功。

12.3.1.4 注意事项

对多方向的ROADM,对波长业务创建过程中,应选择任一方向上的任一波长。

12.3.2 端到端波长自动配置(可选)

12.3.2.1 定义

ROADM设备的网管可具备端到端的波长路径管理能力。建立、删除任意波长的路径时，应该将ROADM设备视为黑盒，操作维护时对象是波长路径的源宿，不对具体器件中的路径进行操作。

ROADM设备的网管可支持端到端的波长路径功率管理。建立波长路径时，设备可根据当前配置情况（包括光放配置、ROADM器件配置、光纤连接等），支持对光功率进行自动调节，使对应波长的光功率满足系统的传送需求，不需要进行额外的光功率调节操作。

ROADM设备具备波长冲突管理能力，能自动避免出现特定波长多源一宿的情况。

12.3.2.2 测试配置

测试配置如图51所示。

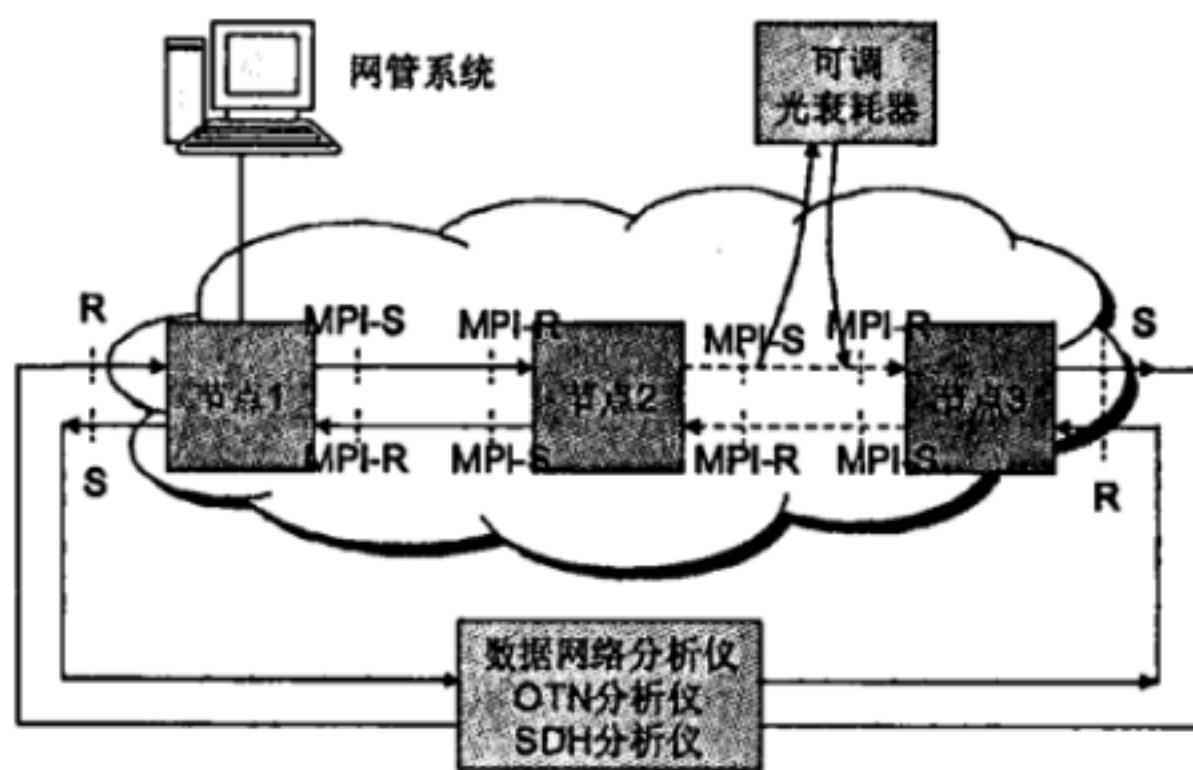


图51 端到端发现和配置管理

12.3.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 51 所示连接好测试配置。
- b) 创建节点 1 到节点 3 的波长路径，创建节点 1 到节点 3 的 SDH/OTN/ETH 业务，记录网管配置业务端口和波长路径的关联过程。
- c) 通过网管系统验证端到端波长路径的创建模式：
 - 1) 自动创建：波长路径的路由通过网管系统自动生成；
 - 2) 半自动创建：选择波长路径的约束条件，其余路径由网管系统自动生成；
 - 3) 手工方式：指定波长路径上的所经节点、所经路径、所使用的波长。
- d) 通过网管系统验证路径计算过程中的约束条件：
 - 1) 包含/排斥节点资源；
 - 2) 包含/排斥链路资源。
- e) 通过测试仪表验证上述创建的业务是否成功。
- f) 删除上述创建的业务，通过测试仪表验证上述创建的业务是否删除成功。
- g) 通过网管系统开启端到端路径光功率自动管理功能，设置路径光功率自动管理的初始配置参数，如光功率检测门限等。
- h) 创建节点 1 到节点 3 的波长路径，并创建节点 1 到节点 3 的 SDH/OTN/ETH 业务，通过测试仪表验证业务创建成功。记录波长路径宿端的光通道功率值。
- i) 调整节点 2 到节点 3 的可调光衰减器，记录当前的光衰减器的衰减值。通过网管系统查看波长路径宿端的光通道功率值，验证波长路径的光功率管理功能。

j) 创建节点 1 到节点 3 的波长路径, 选择节点 1 到节点 2 之间链路以及节点 2 到节点 3 之间链路上的波长为 λ_1 , 创建节点 2 到节点 3 的波长路径, 选择节点 2 到节点 3 之间链路上的波长为 λ_1 , 查看网管系统是否上报波长冲突提示, 验证波长冲突管理功能。

12.3.2.4 注意事项

无。

12.4 波长踪迹监控功能 (可选)

12.4.1 波长通道监视功能

12.4.1.1 定义

波长通道监测功能是指ROADM设备可正确地唯一标识和监视各线路方向上的波长通道, 具体实现机制包括电层和光层的标识和监视方法。电层的标识和监视机制是在波长源宿节点的上下路波长转换器 (OTU) 处进行; 而光层的标识是在OTU处插入波长标签, 在MPI-R和MPI-S参考点进行监视。

12.4.1.2 测试配置

测试配置如图 52 所示。

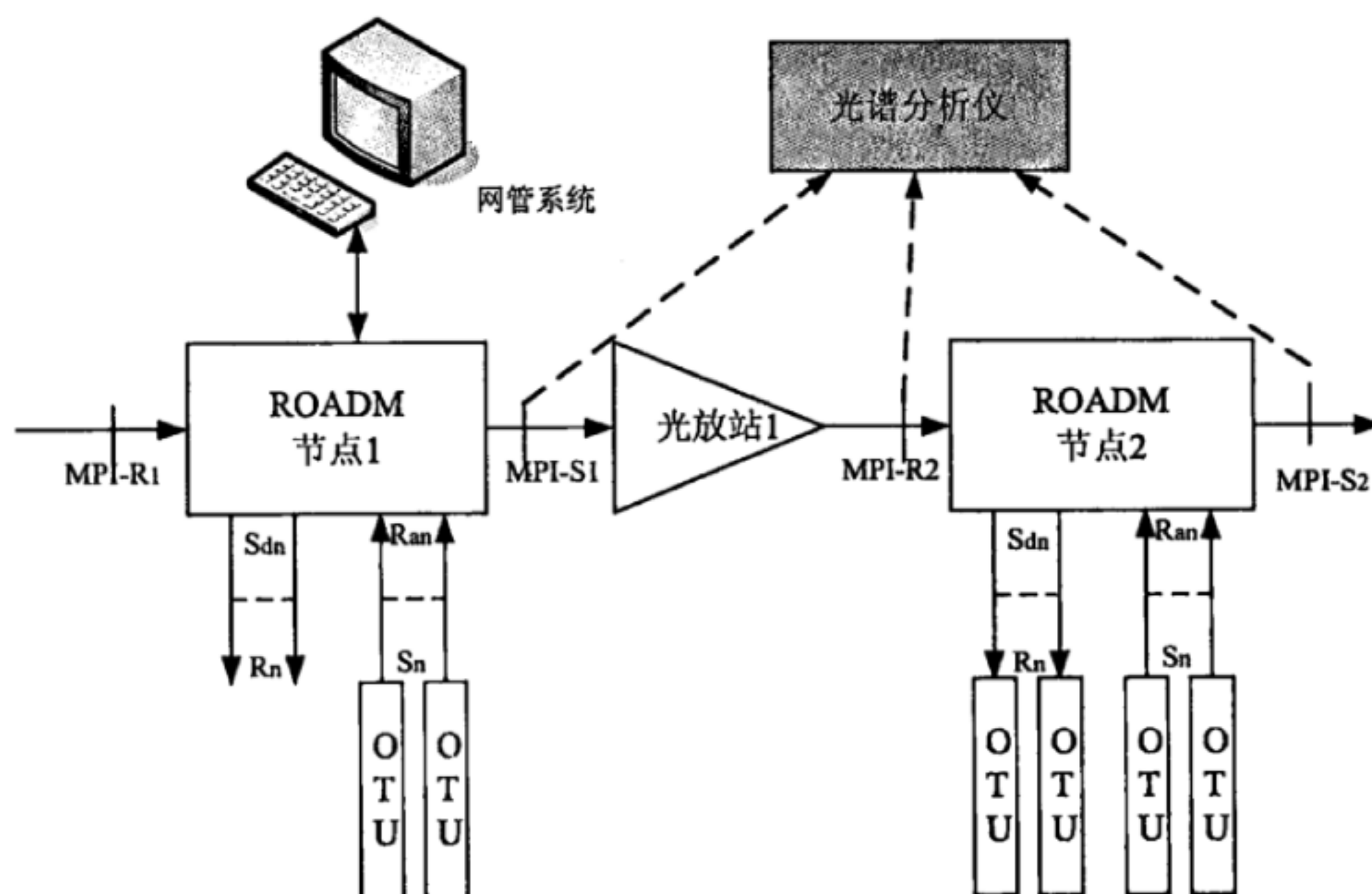


图52 ROADM 波长踪迹监视功能的测试配置

12.4.1.3 测试步骤

测试步骤如下:

- 如图 52 所示连接好测试配置;
- 插入具有不同发射波长的 OTU 板卡;
- 网管配置好各 ROADM 节点的波长路由;
- 使用光谱分析仪测试 ROADM 节点 1 的下游方向各检测点的光谱;
- 通过网管系统查询下游方向各检测点探测到的波长情况, 记录并与步骤 d) 的测试结果进行对比。

12.4.1.4 注意事项

无。

12.4.2 ROADM 节点内波长连接监测功能

12.4.2.1 定义

ROADM节点内波长连接监测功能是指支持监视和确认各线路方向的波长在本ROADM节点被正确地调度和连接。

12.4.2.2 测试配置

测试配置如图52所示。

12.4.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图52所示连接好测试配置；
- b) 插入具有不同发射波长的OTU板卡；
- c) 配置好各ROADM节点的波长路由；
- d) 通过网管系统查询ROADM节点2内的波长连接；
- e) 人工记录网管查询结果并与实际连接情况进行比对。

12.4.2.4 注意事项

无。

12.4.3 波长阻断和冲突管理功能

12.4.3.1 定义

ROADM设备的波长阻断和冲突管理功能是指能发现波长阻断和冲突的节点，波长阻断是指通过设置节点内部的光衰减器来阻止该波长通过，波长冲突管理功能可自动避免出现特定波长多源一宿的情况。

12.4.3.2 测试配置

测试配置如图 53 所示。

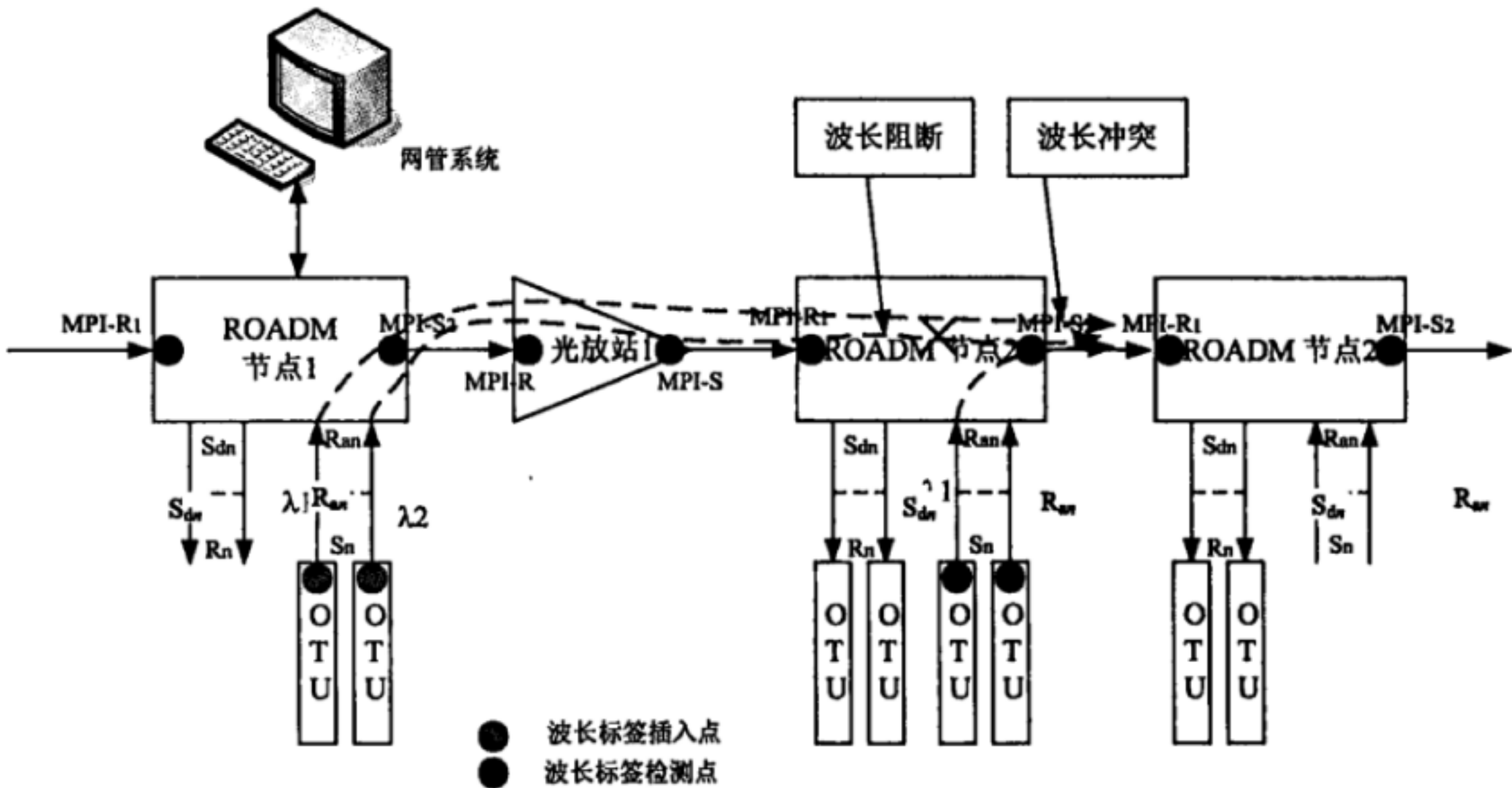


图53 波长阻断和冲突管理功能测试

12.4.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 53 所示连接好测试配置；
- b) 配置 λ_2 在各 ROADM 节点的路由；
- c) 通过设置 ROADM2 节点内部衰减器阻断 λ_2 ；
- d) 查询网管系统，应能得到 λ_2 在 ROADM 节点 2 被阻断的告警信息；
- e) 网管配置 ROADM 节点 1 上路波长 λ_1 在 ROADM 节点 2 为直通，然后再配置 ROADM 节点 2 的上路波长为 λ_1 ；
- f) 查询网管系统，应能得到 λ_1 在 ROADM 节点 2 存在波长冲突的相关告警信息提示。

12.4.3.4 注意事项

无。

12.4.4 波长通路由发现及故障定位功能

12.4.4.1 定义

波长通路由发现功能是指发现已配置波长经过的各个中间网络节点；

故障定位功能是指在波长通道重构出现问题后，能够准确快速地定位故障点。

12.4.4.2 测试配置

测试配置参如图52所示。

12.4.4.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 如图 52 所示连接好测试配置；
- b) 配置各波长在各 ROADM 节点的路由；
- c) 通过网管系统查询任意已配置波长的路由信息，应能看到该波长经过的各个网络节点(波长通道)；
- d) 人工制造波长通道故障，如关断光放大器输出、人为增大线路衰减等；
- e) 通过网管系统查询任意波长通道，应能看到波长通道故障及故障点位置。

12.4.4.4 注意事项

制造波长通道故障时，应注意使监控通路处于正常工作状态。

13 ROADM 设备的控制平面功能测试（可选）

ROADM设备控制平面的基本功能如信令功能、路由功能、自动发现功能、分布式控制功能以及控制平面的可靠性的测试方法，见《自动交换光网络(ASON)测试方法 第1部分：基于SDH的ASON》的第6章。

ROADM设备与光波长相关的其他控制平面功能的测试方法具体待研究。

14 ROADM 设备的 APR 功能验证

ROADM 设备的 APR 功能验证见 YD/T 1259-2003 的第 7 章。

中华人民共和国
通信行业标准
可重构的光分插复用 (ROADM)设备测试方法
YD/T 2489-2013

*

人民邮电出版社出版发行
北京市丰台区成寿寺路 11 号邮电出版大厦
邮政编码: 100164
宝隆元 (北京) 印刷技术有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本: 880×1230 1/16 2014 年 9 月第 1 版
印张: 3.25 2014 年 9 月北京第 1 次印刷
字数: 82 千字

15115 • 149

定价: 35 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)81055492