



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2148-2010

光传送网（OTN）测试方法

Test methods of optical transport network (OTN)

2010-12-29 发布

2011-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 符号和缩略语..... 1

4 系统参考点定义..... 3

 4.1 OTN终端复用设备..... 3

 4.2 OTN电交叉设备..... 3

 4.3 OTN光交叉设备..... 4

 4.4 OTN光电混合交叉设备..... 5

5 开销及维护信号测试..... 5

 5.1 开销及维护信号分类..... 5

 5.2 帧定位开销..... 6

 5.3 OTUk开销及维护信号测试..... 7

 5.4 ODUk开销及维护信号测试..... 9

 5.5 OPUk开销测试..... 14

 5.6 恒定比特速率客户维护信号..... 15

 5.7 光层开销和维护信号测试..... 15

6 光接口测试..... 16

 6.1 S/R 点光接口测试..... 16

 6.2 S_M/R_N 点光接口测试..... 22

 6.3 MPI-S_M (S_M) /MPI-R_M(R_M)点光接口测试..... 28

7 抖动测试..... 29

 7.1 输入抖动容限..... 28

 7.2 抖动产生..... 29

 7.3 抖动传递函数..... 30

8 网络性能测试..... 32

 8.1 误码率/丢包率..... 31

 8.2 以太网性能..... 31

 8.3 系统抖动..... 32

9 OTN设备功能测试..... 35

 9.1 客户信号映射..... 33

 9.2 ODUk复用功能..... 39

 9.3 交叉连接功能测试..... 40

9.4 OTN开销处理测试.....45

10 保护倒换测试.....48

10.1 线性保护.....45

10.2 环网保护.....54

11 网管功能验证.....60

11.1 网管系统一般要求功能验证.....56

11.2 网元管理功能验证.....56

11.3 子网管理功能验证.....66

11.4 DCN管理功能验证.....69

11.5 接口能力验证.....69

12 控制平面测试.....71

12.1 控制平面连接管理功能.....69

12.2 路由功能.....70

12.3 自动发现和链路管理功能验证.....73

12.4 基于控制平面的保护恢复测试.....75

附录A（资料性附录） OTN设备类型与测试项目对应关系.....83

附录B（资料性附录）. ODU0/OPU0开销测试方法.....84

前 言

本标准与YD/T 1990—2009《光传送网（OTN）网络总体技术要求》配套使用。

本标准的附录A和附录B为资料性附录。

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：工业和信息化部电信研究院、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、上海贝尔股份有限公司、北京邮电大学。

本标准主要起草人：赵文玉、徐云斌、任 凯、王 东、李 伟、胡昌军、陈 亘、黄 峰、张 杰。

光传送网（OTN）测试方法

1 范围

本标准规定了光传送网（OTN）的测试方法，主要包括：系统参考点定义、开销及维护信号测试、光接口测试、抖动测试、网络性能测试、OTN 设备功能测试、保护倒换测试、网管功能验证和控制平面测试等。

本标准适用于 OTN 终端复用设备和 OTN 交叉连接设备，其中 OTN 交叉设备主要包括 OTN 电交叉设备、OTN 光交叉设备和 OTN 光电混合交叉设备。

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。然而，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。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

YD/T 1159-2001	光波分复用（WDM）系统测试方法
YD/T 1383-2005	波分复用（WDM）网元管理系统技术要求
YD/T 1462-2006	光传送网（OTN）接口
YD/T 1990-2009	光传送网（OTN）网络总体技术要求
YD/T 2147-2010	N×40Gbit/s 光波分复用（WDM）系统测试方法
IETF RFC 2544	网络互连器件的基本方法论
ITU-T G.783	SDH 设备功能块
ITU-T G.825	基于同步数字体系（SDH）的数字网内的抖动和漂移控制
ITU-T G.8251	光传送网（OTN）内的信号抖动和漂移控制

3 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本标准。

ACT	Activation (in the TCM ACT byte)	激活（在 TCM ACT 中的字节）
AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
APS	Automatic Protection Switching	自动保护倒换
BDI	Backward Defect Indication	后向缺陷指示
BDI-O	Backward Defect Indication Overhead	后向缺陷指示开销
BDI-P	Backward Defect Indication Payload	后向缺陷指示净荷
BEI	Backward Error Indication	后向误码指示
BIAE	Backward Incoming Alignment Error	后向输入定位误码
BIP	Bit Interleaved Parity	比特奇偶间插
CBR	Constant Bit Rate	固定比特速率

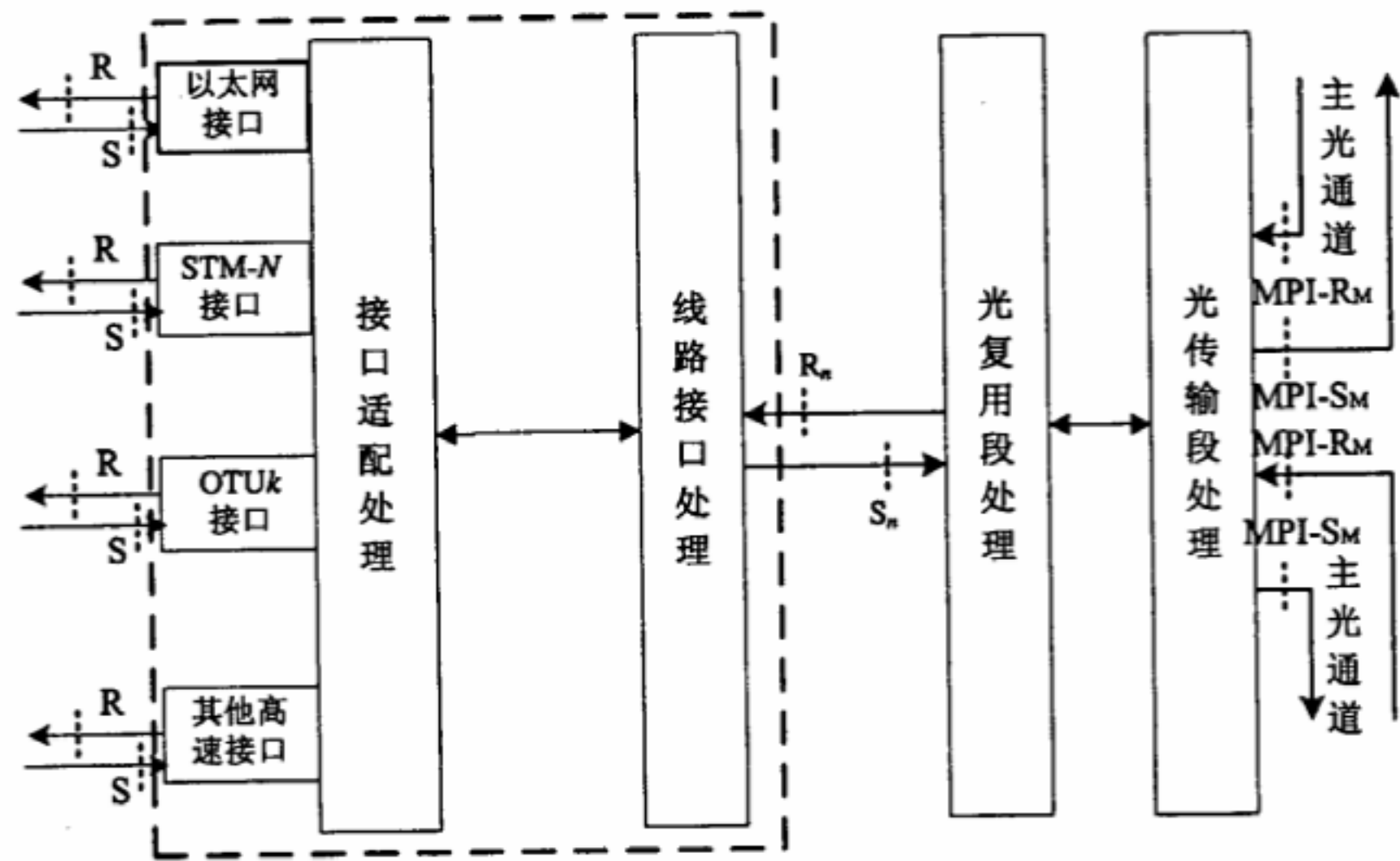
CP	Connection Point	连接点
DAPI	Destination Access Point Identifier	目的接入点标识符
DNU	Do Not Use	不可用
EXP	Experimental	实验
ExTI	Expected Trace Identifier	期望踪迹标识
FAS	Frame Alignment Signal	帧定位信号
FDI	Forward Defect Indication	前向缺陷指示
FDI-O	Forward Defect Indication Overhead	前向缺陷指示开销
FDI-P	Forward Defect Indication Payload	前向缺陷指示净荷
FEC	Forward Error Correction	前向误码纠错
FSC	Fiber Siwtching Capacity	光纤交换能力
GCC	General Communication Channel	通用通信通路
IAE	Incoming Alignment Error	输入定位误码
IrDI	Inter-Domain Interface	域间接口
JOH	Justification Overhead	调整开销
LED	Light Emitting Diode	发光二极管
LSC	Lambda Siwtching Capacity	波长交换能力
LSP	Label Siwtching Path	标签交换路径
MFAS	MultiFrame Alignment Signal	复帧定位信号
MFI	Multiframe Indicator	复帧标识
MLM	Multi-longitudinal Mode	多纵模
MPI	Main Path Interface	主光通道接口
MPI-S _M	Multichannel Source Main Path Interface Reference Point	多通路源主光通道接口参考点
MPI-R _M	Multichannel Receive Main Path Interface Reference Point	多通路接收主光通道接口参考点
MS	Maintenance Signal	维护信号
MSB	Most Significant Bit	最高有效比特
MSI	Multiplex Structure Identifier	复用结构标识
OCh	Optical channel with full functionality	全功能光通路
OCI	Open Connection Indication	开放连接指示
ODU	Optical Channel Data Unit	光通路数据单元
ODU _k	Optical Channel Data Unit- <i>k</i>	光通路数据单元 <i>k</i>
ODU _k -X _v	X virtually concatenated ODU _k 's	X 个 ODU _k 的虚级联
OH	Overhead	开销
OMS	Optical Multiplex Section	光复用段
OMS-OH	Optical Multiplex Section Overhead	光复用段开销
OMU	Optical Multiplex Unit	光复用单元
OPU	Optical Channel Payload Unit	光通路净荷单元

OPU k	Optical Channel Payload Unit- k	光通路净荷单元 k
OPU k -Xv	X virtually concatenated OPU k 's	X 个 OPU k 的虚级联
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控信道
OTH	Optical Transport Hierarchy	光传送系列
OTM	Optical Terminal Mutiplexer	终端复用设备
OTN	Optical Transport Network	光传送网络
OTS	Optical Transmission Section	光传送段
OTS-OH	Optical Transmission Section Overhead	光传送段开销
OTU	Optical Channel Transport Unit	光通路传送单元
OTU k	Completely standardized Optical Channel Transport Unit- k	完全标准化光通路传送单元- k
PCC	Protection Communication Channel	保护通信通路
PM	Path Monitoring	通道监测
PMI	Payload Missing Indication	净荷丢失指示
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	伪随机比特序列
PSI	Payload Structure Identifier	净荷结构标识
PT	Payload Type	净荷类型
R	Client Interface Source Reference Point	客户侧接口发送参考点
R _M	Multichannel Receive Reference Point	多通路接收参考点
R _{n}	The n -th Channel Receive Reference Point	第 n 路通路接收参考点
RES	Reserved for future international standardization	为将来国际标准预留
S	Client Interface Receive Reference Point	客户侧接口接收参考点
S _M	Multichannel Source Reference Point	多通路源参考点
S _{n}	The n -th Channel Source Reference Point	第 n 路通路源参考点
SAPI	Source Access Point Identifier	源接入点标识
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SLM	Single Longitudinal Mode	单纵模
SM	Section Monitoring	段监测
SNC	Subnetwork Connection	子网连接
TC	Tandem Connection	串联连接
TCM	Tandem Connection Monitoring	串联连接监测
TDM	Time Division Multiplexing	时分复用
TS	Tributary Slot	支路时隙

4 系统参考点定义

4.1 OTN终端复用设备

OTN 终端复用设备（OTM）系统参考点如图 1 所示，适用测试项目参见附录 A。

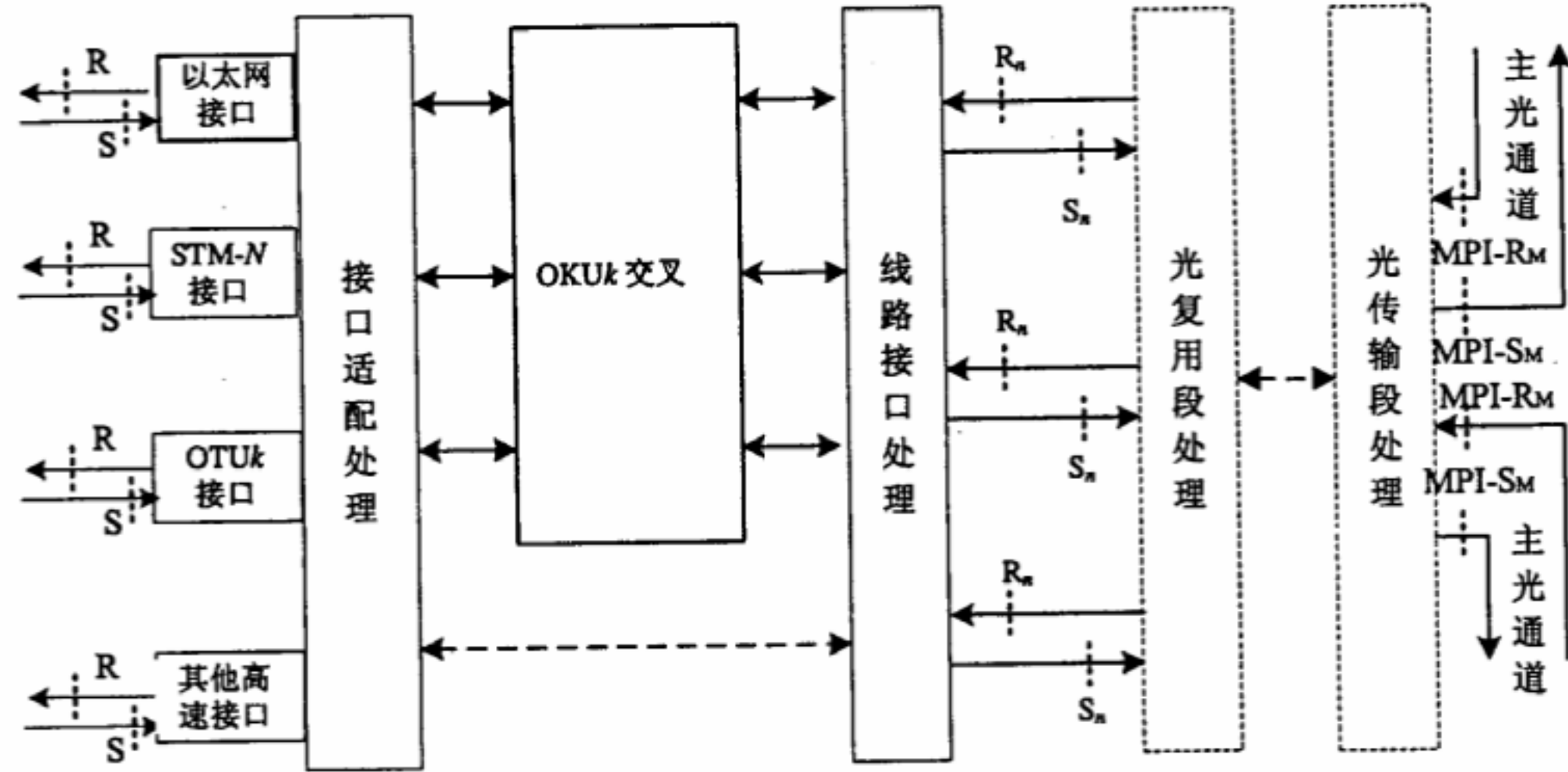


注：图中虚框的含义是部分设备实现方式可采用将接口适配处理、线路接口处理合一的方式完成。

图 1 OTN 终端复用设备系统参考点

4.2 OTN电交叉设备

OTN 电交叉设备系统参考点如图 2 所示，适用测试项目参见附录 A。

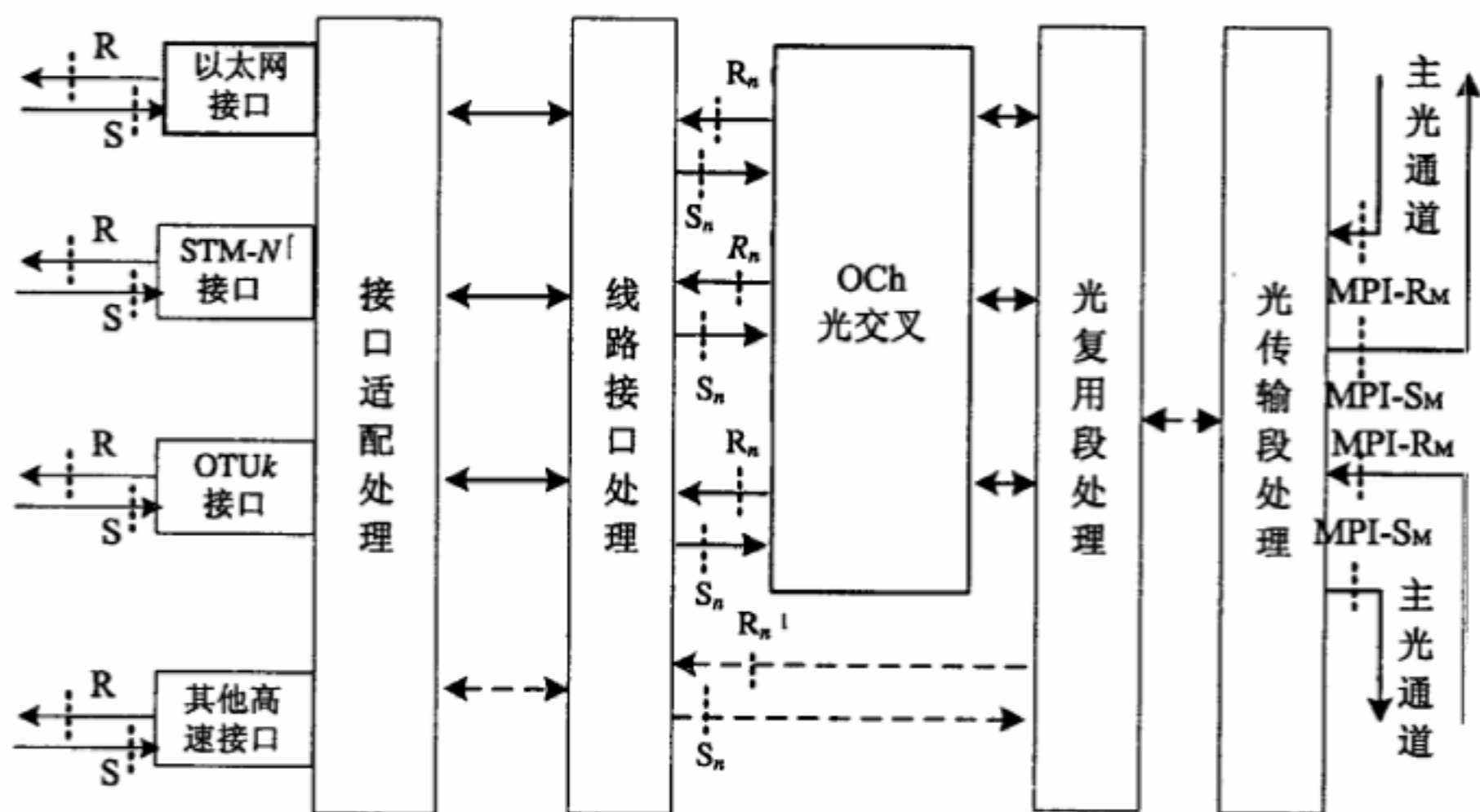


注：图中虚框/虚线的含义是设备实现方式可选为 ODUk 交叉功能与 WDM 功能单元集成的方式。

图 2 OTN 电交叉设备系统参考点

4.3 OTN光交叉设备

OTN 光交叉设备系统参考点如图 3 所示，适用测试项目参见附录 A。

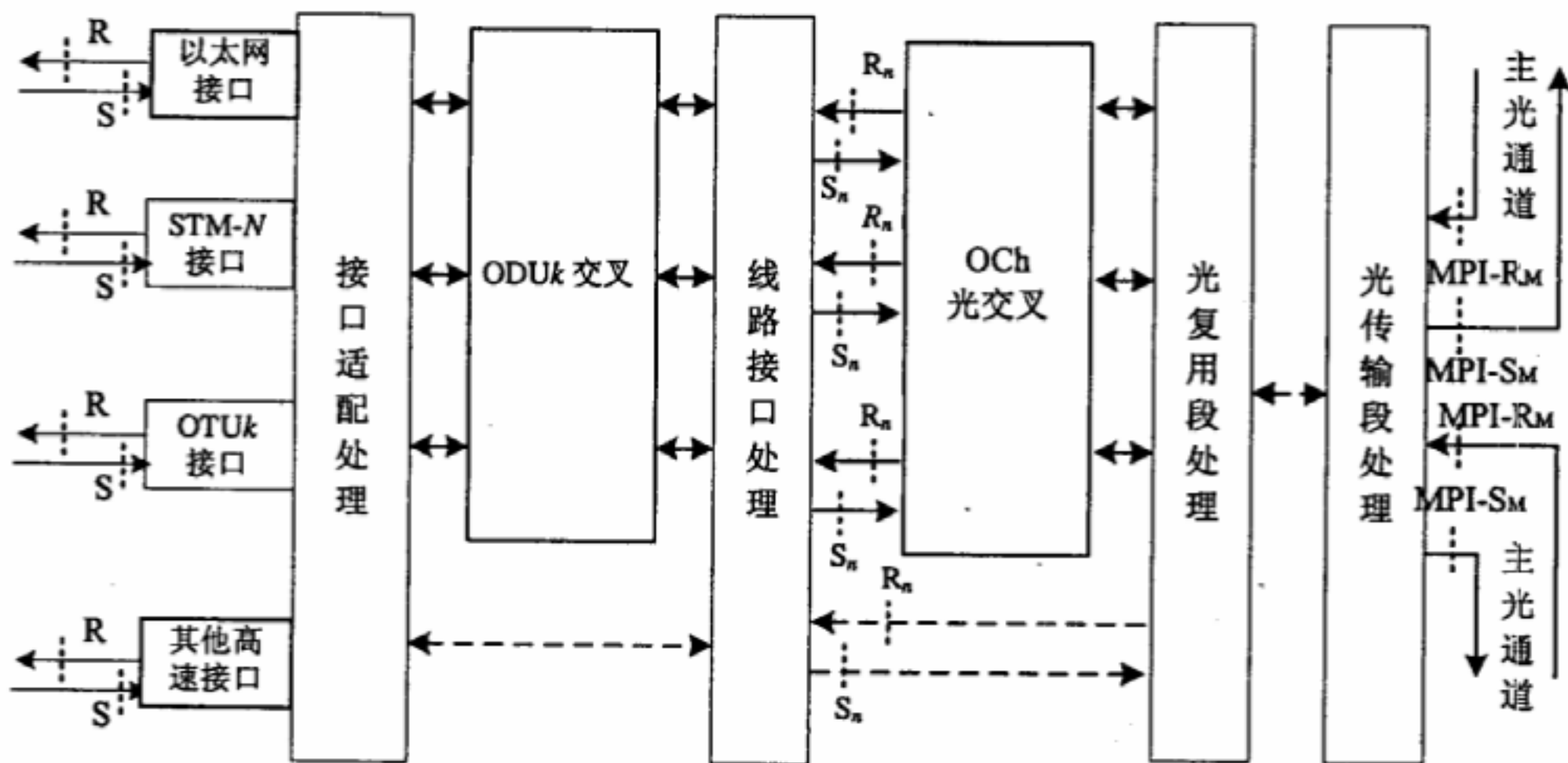


注：图中虚线的含义是设备实现方式可选为终端复用功能与光交叉功能功能单元集成的方式。

图3 OTN 光交叉设备系统参考点

4.4 OTN光电混合交叉设备

OTN 光电混合交叉设备系统参考点如图 4 所示，适用测试项目参见附录 A。



注：图中虚线的含义是设备实现方式可选为终端复用功能与光电混合交叉功能功能单元集成的方式。

图4 OTN 光电混合交叉设备系统参考点

5 开销及维护信号测试

5.1 开销及维护信号分类

OTN 帧开销主要包括帧定位(FAS)和复帧定位 (MFAS) 开销、光通路传送单元 (OTUk, $k=1,2,3,4$) 开销、光通路数据单元 (ODUk, $k=0,1,2,2e,3,4$) 开销、光通路净荷单元 (OPUk, $k=0,1,2,2e,3,4$) 开销、光通路(OCh)开销、光复用段(OMS)开销和光传送段(OTS)开销等。OTN 维护信号包括 OTUk($k=1,2,3,4$) 维护信号、ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 维护信号、客户维护信号、OCh 维护信号、OMS 维护信号和 OTS 维护信号等。具体开销和维护信号描述见 YD/T 1990-2009 的 6.3 节、6.4 节和 YD/T 1462-2006 的 15 章和 16 章。

5.2 帧定位开销

5.2.1 FAS

5.2.1.1 定义

在 OTUk 开销中定义了 6 字节的 FAS 信号，如图 5 所示。OA1 为“11110110”，OA2 是“00101000”。

FAS OH 字节 1								FAS OH 字节 2								FAS OH 字节 3								FAS OH 字节 4								FAS OH 字节 5								FAS OH 字节 6							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
OA1								OA1								OA1								OA2								OA2								OA2							

图 5 FAS 开销结构

5.2.1.2 测试配置

测试配置如图 6 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

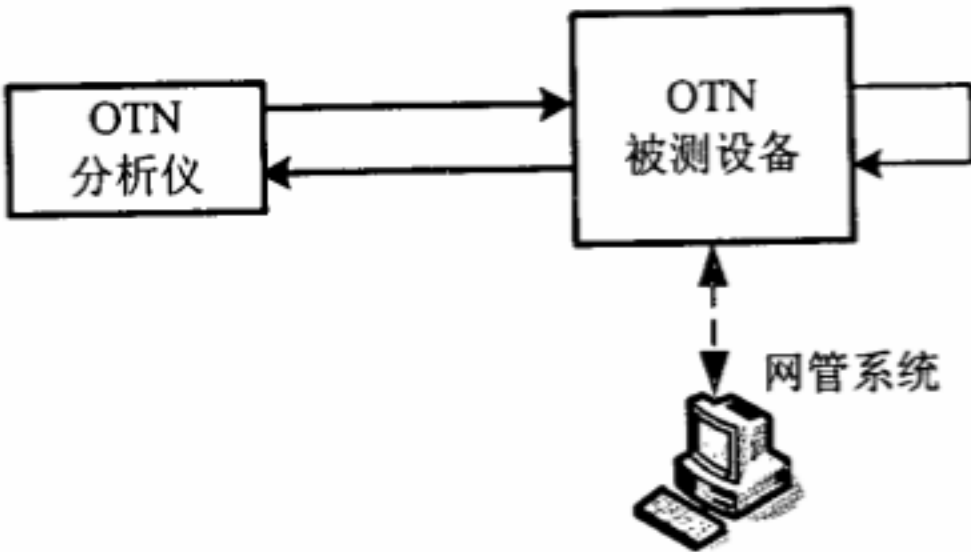


图 6 帧定位开销测试配置

5.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 如图 6 所示连接测试配置。

b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。OTN 分析仪接收到的帧定位字节为 OA1=11110110 或 F6 (Hex)，A2=00101000 或 28 (Hex)。

c) OTN 分析仪向被测设备连续发送有差错的帧定位字节，观察被测设备网管是否上报帧丢失 (LOF) 告警。

d) OTN 分析仪停止发送有差错的帧定位字节，观察被测设备网管上报 LOF 告警是否消失。

5.2.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

b) 开销测试配置中 OTN 分析仪与 OTN 被测设备的互联接口、环回接口为 S/R 或 S_n/R_n，下同。

5.2.2 MFAS

5.2.2.1 定义

MFAS 位于 OTUk/ODUk 开销的第 1 行第 7 列。MFAS 占用 1 字节，其值将随着每个 OTUk/ODUk 帧而增加，可提供多达 256 帧的复帧。

5.2.2.2 测试配置

测试配置如图 6 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 6 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备连续发送有差错的复帧定位字节, 观察被测设备网管是否上报复帧丢失 (LOM) 告警。
- d) OTN 分析仪停止发送有差错的帧定位字节, 观察被测设备网管上报 LOM 告警是否消失。

5.2.2.4 注意事项

OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

5.3 OTUk开销及维护信号测试

5.3.1 OTUk开销及维护信号组成

OTUk ($k=1,2,3,4$) 开销包括段监视 (SM)、通用通信通路 (GCC0) 和两个保留字节 (RES), 其中 SM 包括路径踪迹标识 (TTI)、比特交叉奇偶校验-8 (BIP-8)、后向差错指示 (BEI)、后向输入定位误码 (BIAE)、后向缺陷指示 (BDI)、输入定位误码 (IAE) 和两个保留比特 (RES), GCC0 具体格式未规范。这些开销在 OTUk ($k=1,2,3,4$) 帧中的具体位置见 YD/T 1990-2009 的 6.3 节和 YD/T 1462-2006 的 15 章。

OTUk($k=1,2,3,4$)的维护信号为 OTUk-AIS, 具体描述见 YD/T 1990-2009 的 6.4 节和 YD/T 1462-2006 的 16 章。

5.3.2 OTUk开销

5.3.2.1 SM-TTI 和 SM-BDI

5.3.2.1.1 定义

SM-TTI 为段监视路径踪迹标识, SM 采用 1 字节通过复帧来传送 64 字节长度的 TTI。SM-BDI 为段监视后向缺陷指示, 采用单个比特来传送在上游方向段终结宿功能处检测到的信号失效状态。

5.3.2.1.2 测试配置

测试配置如图 7 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

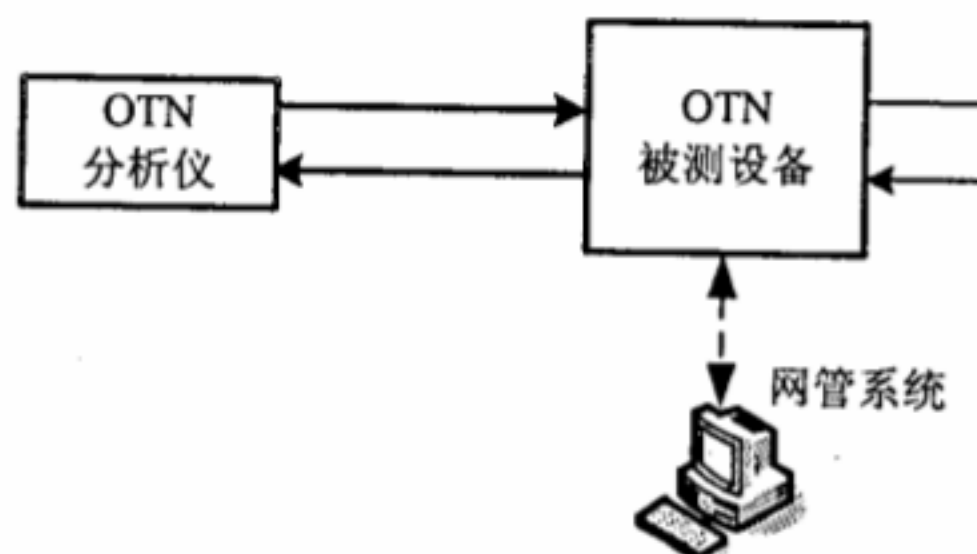


图 7 OTUk 开销/维护信号测试测试配置

5.3.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 7 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送人工指定的 SM-TTI 标识符, 观察被测设备接收到的 SM-TTI 是否与 OTN 分析仪发送的相一致。
- d) 通过网管设置设备检测 SM-TTI 的方式为源接入点标识符 (SAPI)、宿接入点标识符(DAPI)或者

SAPI 结合 DAPI 中的一种, OTN 分析仪向被测设备发送与设备期望值不一致的 SM-TTI 标识符, 观察被测设备网管是否上报 SM-TIM 告警, 同时 OTN 分析仪显示 SM-BDI 告警。

e) OTN 分析仪发送与设备期望值一致的 SM-TTI 标识符, 观察被测设备网管上报的 SM-TIM、OTN 分析仪显示的 SM-BDI 告警是否消失。

f) 依次修改设备检测 TTI 方式为其他两种方式, 重复步骤 d) ~e)。

g) OTN 分析仪向被测设备发送 SM-BDI, 观察被测设备网管是否上报 SM-BDI。

h) 修改被测设备发送的 SM-TTI 标识符, 观察 OTN 分析仪接收到的 SM-TTI 是否与被测设备的设置值一致。

5.3.2.1.4 注意事项

OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

5.3.2.2 SM-BIP8 和 SM-BEI

5.3.2.2.1 定义

SM-BIP8 为段监视比特交叉奇偶校验-8, SM 采用 1 字节来表示误码检测编码。SM-BEI 为段监视后向误码指示, SM 采用 4bit 共同表示 BEI 和 BIAE (该 4bit 为“1011”时表示 BIAE, 此时 BEI 统计无效)。

5.3.2.2.2 测试配置

测试配置如图 7 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.3.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 7 所示连接测试配置。

b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。

c) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 SM-BIP8 误码, 观察被测设备接收到的 SM-BIP8 误码是否与 OTN 分析仪发送的相一致, 同时查看 OTN 设备仪显示的 SM-BEI 误码个数与发送的 SM-BIP8 误码个数是否相等。

d) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 SM-BEI 误码, 观察被测设备接收到的 SM-BEI 误码个数是否与 OTN 分析仪发送的相一致。

5.3.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

b) 测试过程中 OTN 分析仪和被测设备的 IAE 字节比特值均为“0”。

5.3.2.3 SM-IAE 和 SM-BIAE

5.3.2.3.1 定义

SM-IAE 为段监视输入定位误码, SM 采用 1bit 来表示 IAE。SM-BIAE 为段监视后向输入定位误码, SM 采用 4bit 共同表示 BIAE 和 BEI (该 4bit 为“1011”时表示 BIAE, 此时 BEI 统计无效)。

5.3.2.3.2 测试配置

测试配置如图 7 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.3.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 7 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送 SM-IAE, 观察被测设备是否在网管显示 IAE 状态 (段监视输入定位误码秒 (SM-IAES) 性能统计), 同时查看 OTN 设备仪是否上报 SM-BIAE 状态。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送 SM-BIAE, 观察被测设备是否在网管上报 BIAE 状态 (段监视后向输入定位误码秒 (SM-BIAES) 性能统计)。

5.3.2.3.4 注意事项

OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

5.3.3 OTUk 维护信号

5.3.3.1 OTUk-AIS

5.3.3.1.1 定义

OTUk-AIS 为 OTUk 层维护信号, 是采用 PN-11 编码的通用维护信号。

5.3.3.1.2 测试配置

测试配置如图 7 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.3.3.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 7 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送 OTUk-AIS, 观察被测设备是否在网管上报 OTUk-AIS。

5.3.3.1.4 注意事项

OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

5.4 ODUk 开销及维护信号测试

5.4.1 ODUk 开销及维护信号组成

ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 开销包括通路监视 (PM)、串联连接监视 (TCMi, $i=1\sim6$, 下同)、通用通信通路 (GCC1 和 GCC2)、自动保护倒换/保护通信通路 (APS/PCC)、故障类型和故障定位报告通信通路 (FTFL)、实验字节 (EXP) 和保留字节 (RES) 等。其中 PM 包括 TTI、BIP-8、BDI、BEI 和状态 (STAT), TCMi 包括 TTI、BIP-8、BDI、BEI/BIAE、STAT 和激活 (ACT), GCC1/GCC2、APS/PCC、FTFL、EXP、ACT 等具体格式未规范。这些开销在 OTUk ($k=1,2,3,4$) 帧中的具体位置见 YD/T 1990-2009 的 6.3 节和 YD/T 1462-2006 的 15 章。

ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 的维护信号包括 ODUk-AIS、ODUk-LCK 和 ODUk-OCI。

ODU0 开销及维护信号的测试方法参见附录 B。

5.4.2 PM 开销

5.4.2.1 PM-TTI 和 PM-BDI

5.4.2.1.1 定义

PM-TTI 为通道监视路径踪迹标识, PM 采用 1 字节通过复帧来传送 64 字节长度的 TTI。PM-BDI 为通道监视后向缺陷指示, 采用单个比特来传送在上游方向段终结宿功能处检测到的信号失效状态。

5.4.2.1.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

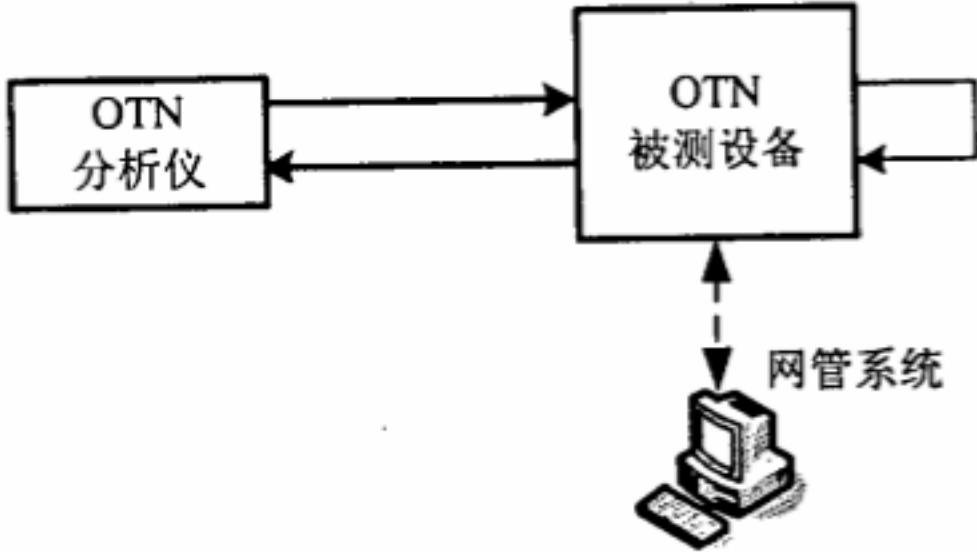


图 8 ODUk(k=1,2,2e,3,4)开销测试配置

5.4.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送人工指定的 PM-TTI 标识符，观察被测设备接收到的 PM-TTI 是否与 OTN 分析仪发送的相一致。
- d) 通过网管设置设备检测 PM-TTI 的方式为源接入点标识符（SAPI）、宿接入点标识符(DAPI)或者 SAPI 结合 DAPI 中的一种，OTN 分析仪向被测设备发送与设备期望值不一致的 PM-TTI 标识符，观察被测设备网管是否上报 PM-TIM 告警，同时 OTN 分析仪显示 PM-BDI 告警。
- e) OTN 分析仪停止发送与设备期望值不一致的 PM-TTI 标识符，观察被测设备网管上报的 PM-TIM，OTN 分析仪上报的 PM-BDI 告警是否消失。
- f) 依次修改设备检测 TTI 方式为其他两种方式，重复步骤 d) ~e)。
- g) OTN 分析仪向被测设备发送 PM-BDI，观察被测设备网管是否上报 PM-BDI。
- h) 修改被测设备发送的 PM-TTI 标识符，观察 OTN 分析仪接收到的 PM-TTI 是否与被测设备的设置值一致。

5.4.2.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) 对于 ODU2e 的 PM 开销的测试，OTN 被测设备接口可配置为 OTU2e 模式或其他支持 ODU2e 的接口，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- c) 被测 OTN 接口对于 PM 子层终结时才会回告告警。

5.4.2.2 PM-BIP8 和 PM-BEI

5.4.2.2.1 定义

PM-BIP8 为段监视比特交叉奇偶校验-8，PM 采用 1 字节来表示误码检测编码。PM-BEI 为段监视后向误码指示，PM 采用 4bit 表示 BEI。

5.4.2.2.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.4.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 PM-BIP8 误码，观察被测设备接收到的 PM-BIP8 误码是否与 OTN 分析仪发送的相一致，同时查看 OTN 设备仪显示的 PM-BEI 误码个数与发送的 PM-BIP8 误码个数是否相等。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 PM-BEI 误码，观察被测设备接收到的 PM-BEI 误码个数是否与 OTN 分析仪发送的相一致。

5.4.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTU_k 模式，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) 对于 ODU_{2e} 的 PM 开销的测试，OTN 被测设备接口可配置为 OTU_{2e} 模式或其他支持 ODU_{2e} 的接口，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- c) 被测 OTN 接口对于 PM 子层终结时才会回告误码。

5.4.2.3 PM-STAT

5.4.2.3.1 定义

PM-STAT 是通道监视的状态开销，PM 采用 3bit 共计可表示 8 种通路状态，其中包括正常通路状态（“001”）、3 种维护信号（“111”，ODU_k-AIS；“101”，ODU_k-LCK；“110”，ODU_k-OCI），其余 4 种状态为预留。

5.4.2.3.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.4.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送 PM-STAT 为“111”码，观察被测设备网管是否上报 PM ODU_k-AIS 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 PM-BDI 告警。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送 PM-STAT 为“101”码，观察被测设备网管是否上报 PM ODU_k-LCK 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 PM-BDI 告警。
- e) OTN 分析仪向被测设备发送 PM-STAT 为“110”码，观察被测设备网管是否上报 PM ODU_k-OCI 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 PM-BDI 告警。

5.4.2.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTU_k 模式，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) 对于 ODU_{2e} 的 PM 开销的测试，OTN 被测设备接口可配置为 OTU_{2e} 模式或其他支持 ODU_{2e} 的接口，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。

c) 被测 OTN 接口对于 PM 子层终结时才会回告告警。

5.4.3 TCM开销

5.4.3.1 TCMi-TTI 和 TCMi-BDI

5.4.3.1.1 定义

TCMi-TTI 为串联连接监视路径踪迹标识, TCMi 采用 1 字节通过复帧来传送 64 字节长度的 TTI。TCMi-BDI 为串联连接监视后向缺陷指示, 采用单个比特来传送在上游方向段终结宿功能处检测到的信号失效状态。

5.4.3.1.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.4.3.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送人工指定的 TCMi-TTI 标识符, 观察被测设备接收到的 TCMi-TTI 是否与 OTN 分析仪发送的相一致。
- d) 通过网管设置设备检测 TCMi-TTI 的方式为源接入点标识符 (SAPI)、宿接入点标识符(DAPI)或者 SAPI 结合 DAPI 中的一种, OTN 分析仪向被测设备发送与设备期望值不一致的 TCMi-TTI 标识符, 观察被测设备网管是否上报 TCMi-TIM 告警, 同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BDI 告警。
- e) OTN 分析仪停止发送与设备期望值不一致的 TCMi-TTI 标识符, 观察被测设备网管上报的 TCMi-TIM, OTN 分析仪上报的 TCMi-BDI 告警是否消失。
- f) 依次修改设备检测 TTI 方式为其他两种方式, 重复步骤 d) ~e)。
- g) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-BDI, 观察被测设备网管是否上报 TCMi-BDI。
- h) 修改被测设备发送的 TCMi-TTI 标识符, 观察 OTN 分析仪接收到的 TCMi-TTI 是否与被测设备的设置值一致。

5.4.3.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- 对于 ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 的 TCMi-TTI/TCMi-BDI 测试, 应注意:
- a) TCMi 共 6 级, 根据设备支持情况选择测试级别。
 - b) 测试时 TCMi 模式为“运行模式”, 若为其他模式, 则 OTN 接口不会回告告警。

5.4.3.2 TCMi-BIP8 和 TCMi-BEI

5.4.3.2.1 定义

TCMi-BIP8 为段监视比特交叉奇偶校验-8, TCMi 采用 1 字节来表示误码检测编码。TCMi-BEI 为段监视后向误码指示, TCMi 采用 4bit 共同表示 BEI 和 BIAE (该 4bit 为“1011”时表示 BIAE, 此时 BEI 统计无效)。

5.4.3.2.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.4.3.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 TCMi-BIP8 误码，观察被测设备接收到的 TCMi-BIP8 误码是否与 OTN 分析仪发送的相一致，同时查看 OTN 设备仪显示的 TCMi-BEI 误码个数与发送的 TCMi-BIP8 误码个数是否相等。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送若干个 TCMi-BEI 误码，观察被测设备接收到的 TCMi-BEI 误码个数是否与 OTN 分析仪发送的相一致。

5.4.3.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式，其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) TCMi 共 6 级，根据设备支持情况选择测试级别。
- c) 测试时 TCMi 模式为“运行模式”，若为其他模式，则 OTN 接口不会回告误码。

5.4.3.3 TCMi-STAT 和 TCMi-BIAE

5.4.3.3.1 定义

TCMi-STAT 是串联连接监视的状态开销，TCMi 采用 3bit 共计可表示 8 种通路状态，其中包括无源串联连接（“000”）、正常通路状态（“001”）、IAE（“010”）、三种维护信号（“111”，ODUk-AIS；“101”，ODUk-LCK；“110”，ODUk-OCI），其余两种状态为预留。

TCMi 采用 4bit 共同表示 BEI 和 BIAE（该 4bit 为“1011”时表示 BIAE，此时 BEI 统计无效）

5.4.3.3.2 测试配置

测试配置如图 8 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

5.4.3.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 8 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时，OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-STAT 为“000”码，观察被测设备网管是否上报 TCMi 串联连接丢失（LTC）告警，同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BDI 告警。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-STAT 为“111”码，观察被测设备网管是否上报 TCMi ODUk-AIS 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BDI 告警。
- e) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-STAT 为“101”码，观察被测设备网管是否上报 TCMi ODUk-LCK 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BDI 告警。
- f) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-STAT 为“110”码，观察被测设备网管是否上报 TCMi ODUk-OCI 维护状态，同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BDI 告警。
- g) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-STAT 为“010”码，观察被测设备网管是否上报串联连接监视后向输入定位误码秒（TCMi-IAES）性能统计，同时 OTN 分析仪是否显示 TCMi-BIAE 状态。
- h) OTN 分析仪向被测设备发送 TCMi-BIAE，观察被测设备网管是否上报 TCMi-BIAES 性能统计。

5.4.3.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTUk 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) TCMi 共 6 级, 根据设备支持情况选择测试级别。
- c) 测试时 TCMi 模式为“运行模式”, 若为其他模式, 则 OTN 接口不会回告告警/误码

5.4.4 ODUk维护信号

5.4.4.1 ODUk-AIS

见 5.4.2.3 和 5.4.3.3 节。

5.4.4.2 ODUk-LCK

见 5.4.2.3 和 5.4.3.3 节。

5.4.4.3 ODUk-OCI

见 5.4.2.3 和 5.4.3.3 节。

5.5 OPUk开销测试

OPUk 开销由包含净荷类型(PT)的净荷结构标识(PSI)、与级联相关的开销和映射客户信号进 OPUk 净荷相关的开销 (如调整控制和机会比特等)。这些开销在 OTUk 帧中的具体位置见 YD/T 1990-2009 的 6.3 节和 YD/T 1462-2006 的 15 章。

OPU0 开销的测试方法参见附录 B。

5.5.1 PSI

5.5.1.1 定义

PSI 为净荷结构标识开销, OPUk 采用 1 字节并结合 ODUk 复帧 (共计 256 帧) 来表示, 其中 PSI[0] 为 PT, PSI[1]~PSI[255]为映射和级联相关开销。

5.5.1.2 测试配置

测试配置如图 9 所示。测试仪表为 OTN 分析仪。

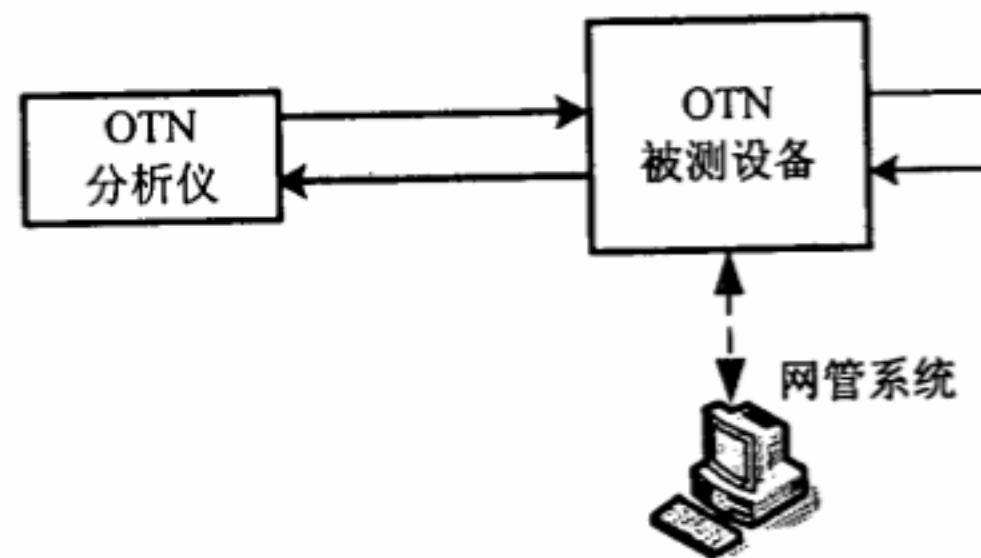


图 9 OPUk 开销测试配置

5.5.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 9 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, OTN 分析仪应无任何告警和误码。
- c) OTN 分析仪向被测设备分别发送不同的 PT 类型, 观察被测设备接收到 PT 类型是否与 OTN 分析仪发送的相一致。
- d) OTN 分析仪向被测设备发送与设备不同的 PT 类型, 观察被测设备网管是否上报净荷失配 (PLM)

告警。

e) 配置 OTN 分析仪和 OTN 被测设备采用相同的 ODU k 复用结构 (如 4 个 ODU1 复用到 ODU2), OTN 分析仪和 OTN 被测设备应无任何告警和误码。

f) OTN 分析仪在信号复用结构中的较低阶 ODU k (如 ODU1) 中连续发送有差错的帧定位字节, 观察被测设备网管是否上报 LOFLOM 告警。

g) 修改 OTN 分析仪发送的信号复用结构中 ODU 类型或端口编号与被测设备配置不一致, 观察被测设备网管是否上报复用结构标识适配 (MSIM) 告警。

5.5.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) OTN 被测设备接口需要配置为标准 OTU k 模式, 其中设备 FEC 设置应与仪表相同。
- b) 对于与复用结构相关开销的测试, 根据 OTN 设备支持的复用结构类型选择。
- c) PSI 中与映射和级联相关其他开销的测试待研究。

5.5.2 映射和级联相关开销

与映射和级联相关开销的测试待研究。

5.6 恒定比特速率客户维护信号

5.6.1 定义

恒定比特速率客户维护信号为基于 PN-11 编码重复序列的通用 AIS 维护信号。

5.6.2 测试配置

测试配置如图 10 所示。测试仪表为 SDH 分析仪。

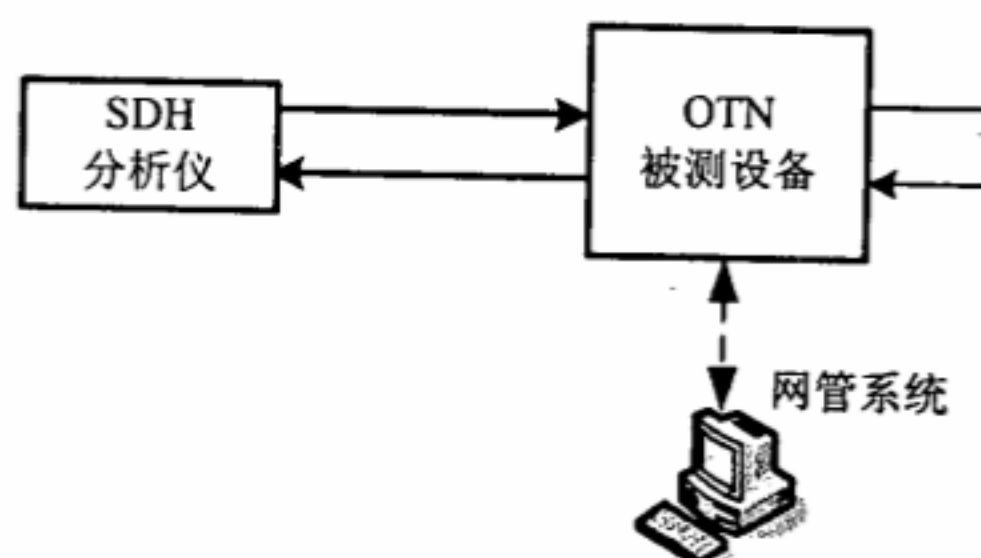


图 10 恒定比特速率客户维护信号测试配置

5.6.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 10 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, SDH 分析仪应无任何告警和误码。
- c) 关闭 SDH 分析仪激光器或拔掉 SDH 分析仪的发送光纤, SDH 分析仪应接收到 LOF 告警。

5.6.4 注意事项

无。

5.7 光层开销和维护信号测试

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。OCh 开销包括前向缺陷指示-净荷 (FDI-P)、前向缺陷指示-开销 (FDI-O) 和开放连接指示 (OCI), OMS 开销包括前向缺陷指示-净荷 (FDI-P)、前向缺陷指示-开销 (FDI-O)、后向缺陷指示-净荷 (BDI-P)、后向缺陷指

示-开销 (BDI-O) 和净荷丢失指示 (PMI), OTS 开销包括后向缺陷指示-净荷 (BDI-P)、后向缺陷指示-开销 (BDI-O) 和净荷丢失指示 (PMI)。

光层维护信号包括光通路 (OCh) 维护信号、光复用段 (OMS) 维护信号和光传送段 (OTS) 维护信号。OCh 维护信号包括 OCh-FDI-P、OCh-FDI-O 和 OCh-OCI, OMS 维护信号包括 OMS-FDI-P、OMS-FDI-O 和 OMS-PMI, OTS 维护信号包括 OTS-PMI。

光层开销和维护信号具体格式未规范, 测试方法待研究。

6 光接口测试

6.1 S/R点光接口测试

6.1.1 平均发送光功率

6.1.1.1 定义

指参考点 R 处由发射机耦合到光纤的平均功率。

6.1.1.2 测试配置

测试配置如图 11 所示, 测试仪表为信号发生器和光功率计, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。



图 11 平均发送光功率测试配置

6.1.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 11 所示连接好测试配置, 并将 OTN 设备设为正常工作状态。
- b) 待光功率计读数稳定后, 从光功率计上读出功率值并记录。

6.1.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) 功率计选择正确的波长窗口。
- b) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送伪随机比特序列 (PRBS), 则信号发生器在测试中可不配置。

6.1.2 传输脉冲形状 (眼图模板)

6.1.2.1 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、脉冲过冲及振荡等。

6.1.2.2 测试配置

测试配置如图 12 所示, 测试仪表为信号发生器和通信信号分析仪, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

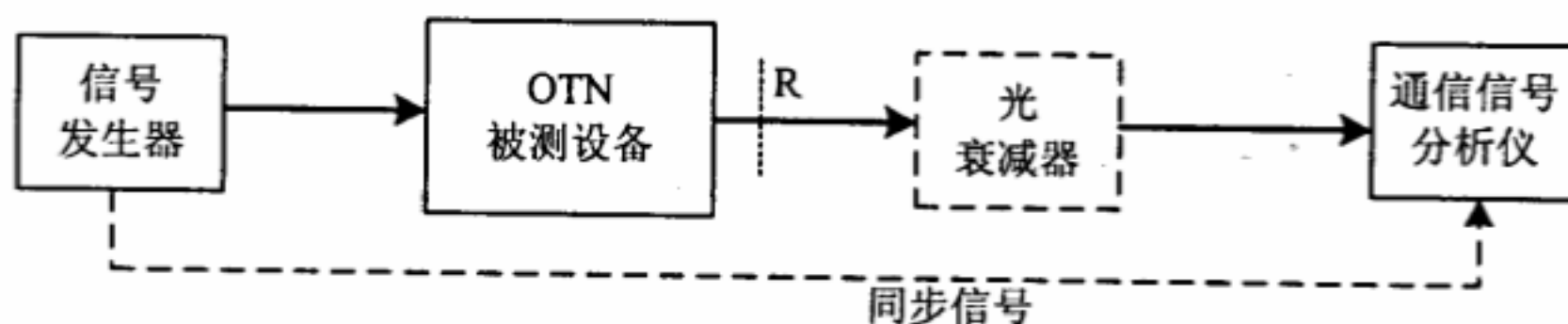


图 12 传输脉冲形状（眼图模板）/消光比测试配置

6.1.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- 如图 12 所示连接好测试配置。
- 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。
- 调整通信信号分析仪，开启与被测信号相对应的内部参考接收机滤波器。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。
- 等待波形采样点累计至少 1000 次以后，保存并记录结果。
- 对于以太网信号，关闭滤波器后，从通信信号分析仪读出上升时间、下降时间和输出抖动，采样点不小于 1000 个。

6.1.2.4 注意事项

通信信号分析仪一般不支持 40Gbit/s 光接口的时钟恢复功能，其同步信号由被测设备电接口或者专门的 40Gbit/s 时钟恢复模块提供

6.1.3 消光比

6.1.3.1 定义

指在最坏反射条件时，全调制条件下，逻辑“1”平均光功率与逻辑“0”平均光功率的比值。

6.1.3.2 测试配置

测试配置如图 12 所示，测试仪表为信号发生器和通信信号分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.1.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- 如图 12 所示连接好测试配置；
- 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。
- 调整通信信号分析仪，待波形稳定后，采样点累计至少 1000 次，保存并记录消光比的数值。

6.1.3.4 注意事项

测试时通信信号分析仪内部参考接收机的滤波器关闭。

6.1.4 激光器工作波长

6.1.4.1 定义

是指在参考点 R 处发出的光信号的实际中心波长。

6.1.4.2 测试配置

测试配置如图 13 所示，测试仪表为信号发生器和光谱分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。



图 13 激光器工作波长测试配置

6.1.4.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 13 所示连接好测试配置，光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。
- b) 设定光谱仪显示的波长范围，调节光谱仪的幅度标尺，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。
- c) 设定光谱仪显示的波长范围，读出并记录峰值处的波长值。

6.1.4.4 注意事项

若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS，则信号发生器在测试中可不配置。

6.1.5 最大均方根谱宽 (σ_{rms})

6.1.5.1 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}^2 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。

6.1.5.2 测试配置

测试配置如图 14 所示，测试仪表为信号发生器和光谱分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

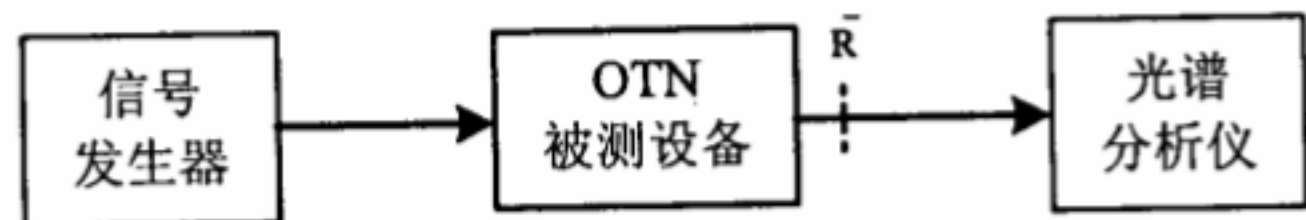


图 14 光谱测试配置

6.1.5.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 14 所示连接好测试配置，设置光谱分析仪工作模式为 LED 或 MLM 激光器，光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。
- b) 设定光谱仪显示的波长范围，调节光谱仪的幅度标尺，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。

c) 设定光谱仪显示的波长范围，读取并计算均方根谱宽值，其中

$\sigma_{rms} = \sqrt{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (\lambda - \lambda_0)^2 \cdot \rho(\lambda) d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) d\lambda}$ 。 λ_1 和 λ_2 为主峰功率跌落 20~30dB 时对应的波长值。对于支持自动测量均方根谱宽值的光谱分析仪，则可直接读取。

6.1.5.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS，则信号发生器在测试中可不配置。
- b) 该测试项仅适用于 LED 和 MLM 激光器光源。

6.1.6 最大-20dB谱宽 (σ_{-20})

6.1.6.1 定义

指相对于光信号最大峰值功率跌落 20dB 时的最大全宽。

6.1.6.2 测试配置

测试配置如图 14 所示, 测试仪表为信号发生器和光谱分析仪, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.1.6.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 14 所示连接好测试配置, 设置光谱分析仪工作模式为 DFB, 光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。

b) 设定光谱仪显示的波长范围, 调节光谱仪的幅度标尺, 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。

c) 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, 则可直接读取。

6.1.6.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS, 则信号发生器在测试中可不配置。

b) 该测试项仅适用于单纵模 (SLM) 激光器光源。

6.1.7 最小边模抑制比 (SMSR)

6.1.7.1 定义

指最坏发射条件时, 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。

6.1.7.2 测试配置

测试配置如图 14 所示, 测试仪表为信号发生器和光谱分析仪, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.1.7.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 14 所示连接好测试配置, 设置光谱分析仪工作模式为 DFB, 光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。

b) 设定光谱仪显示的波长范围, 调节光谱仪的幅度标尺, 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。

c) 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)。对于支持自动测量 SMSR 的光谱分析仪, 则可直接读取。

6.1.7.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS, 则信号发生器在测试中可不配置。

b) 该测试项仅适用于 SLM 激光器光源。

6.1.8 接收机灵敏度

6.1.8.1 定义

指误码率达到 10^{-12} 时在参考点 S 处的平均接收光功率的最小值。

6.1.8.2 测试配置

测试配置如图 15 所示，测试仪表为误码分析仪、光功率计和光可调衰减器，其中误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

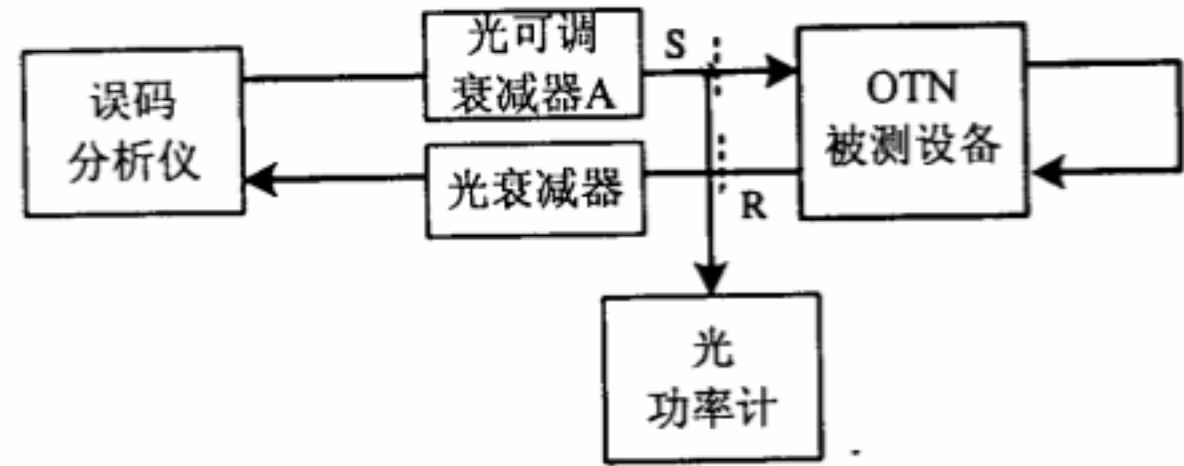


图 15 接收灵敏度测试配置

6.1.8.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 15 所示连接好测试配置，确认误码分析仪接收到合适的光功率；
- b) 调整光可调衰减器 A，使得误码分析仪的误码显示在 10^{-7} 左右；
- c) 调整光可调衰减器 A，分别测试误码显示为 10^{-8} 、 10^{-9} 、 1.0^{-10} 、 10^{-11} 时参考点 S 所对应的光功率值；

d) 按照外推法（如最小二乘法），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—误码率的对应曲线， $BER=10^{-12}$ 所对应的光功率即为接收灵敏度。

6.1.8.4 注意事项

对于业务接口为以太网情况，可采用误码均匀分布下误码率与丢包率的一般关系进行转换，即：丢包率 = $1 - (1 - BER)^n$ ，其中：n 为以太网帧的比特数。

6.1.9 接收机过载功率

6.1.9.1 定义

指误码率达到 10^{-12} 时在参考点 S 处平均接收光功率的最大可接受值。

6.1.9.2 测试配置

测试配置如图 15 所示，测试仪表为误码分析仪、光功率计和光可调衰减器，其中误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.1.9.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 15 所示连接好测试配置，确认误码分析仪接收到合适的光功率。
- b) 调整光可调衰减器 A，使得 S 点的光功率值为过载功率值，如果此时误码分析仪无误码或误码率小于等于 10^{-12} ，则记录过载功率小于当前设置功率值。
- c) 如需测试过载功率精确值，可进一步降低光可调衰减器 A 的衰减值，直到误码率接近但小于 10^{-12} 为止。

6.1.9.4 注意事项

对于业务接口为以太网情况，可采用误码均匀分布下误码率与丢包率的一般关系进行转换，即：丢包率=1-(1-BER)ⁿ，其中：n 为以太网帧的比特数。

6.1.10 接收机反射系数

6.1.10.1 定义

指在参考点 S 处的反射光功率与入射光功率之比。

6.1.10.2 测试配置

测试配置如图 16 所示，测试仪表为光反射（回损）测试仪。



图 16 反射系数测试配置

6.1.10.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 16 所示连接好测试配置，根据 S 点实际接入信号波长将光反射（回损）测试仪的波长设置在合适接收窗口（850nm、1310nm、1550nm 等），校准好光反射（回损）测试仪。
- b) 将 OTN 被测设备接口设为非上电状态，待仪表读数稳定后，从光反射（回损）测试仪上读出反射系数并记录。

6.1.10.4 注意事项

无。

6.1.11 光输入口允许频偏

6.1.11.1 定义

指允许输入信号频率与对应标称频率之间的最大偏差。

6.1.11.2 测试配置

测试配置如图 17 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、OTN 或数据网络分析仪等。

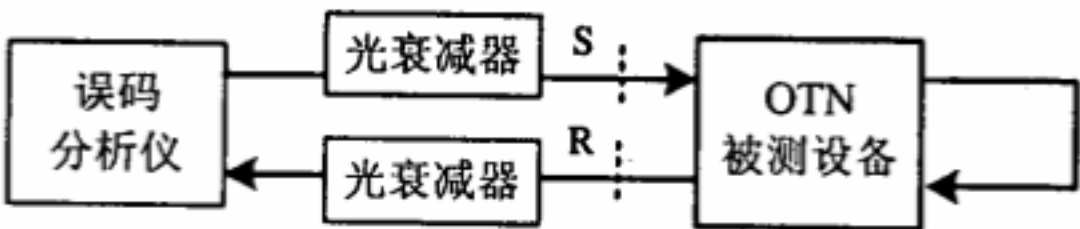


图 17 允许频偏测试配置

6.1.11.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 17 所示连接好测试配置。
- b) 误码分析仪逐渐增加发送信号频率与对应标称频率之差，直到误码分析仪出现任何告警或误码，记录出现告警或误码之前的频偏值；
- c) 误码分析仪逐渐减少发送信号频率与对应标称频率之差，直到误码分析仪出现任何告警或误码，记录出现告警或误码之前的频偏值。

6.1.11.4 注意事项

对于误码分析仪不支持更大频偏的情形，记录其不出现告警和误码时的最大可设置值，但该值至少应大于不同业务接口要求的频偏值。

6.2 S_n/R_n 点光接口测试

6.2.1 平均发送光功率

6.2.1.1 定义

指参考点 S_n 处由发射机耦合到光纤的平均功率。

6.2.1.2 测试配置

测试配置如图 18 所示，测试仪表为信号发生器和光功率计，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

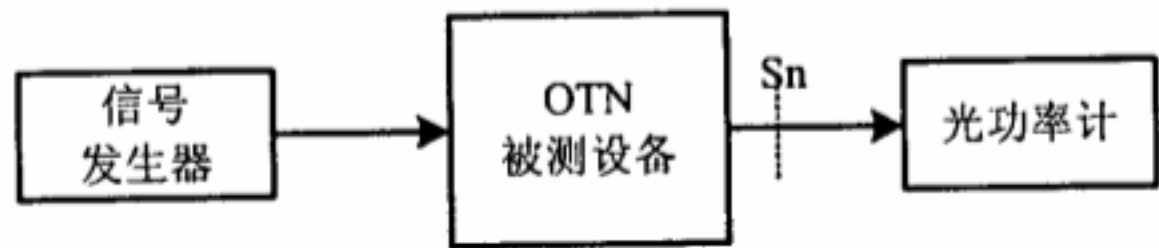


图 18 平均发送光功率测试配置

6.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 18 所示连接好测试配置，并将 OTN 设备设为正常工作状态。
- b) 待光功率计读数稳定后，从光功率计上读出功率值并记录。

6.2.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 功率计选择正确的波长窗口。
- b) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS，则信号发生器在测试中可不配置。

6.2.2 传输脉冲形状（眼图模板）

6.2.2.1 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、脉冲过冲及振荡等。

6.2.2.2 测试配置

测试配置如图 19 所示，测试仪表为信号发生器和通信信号分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

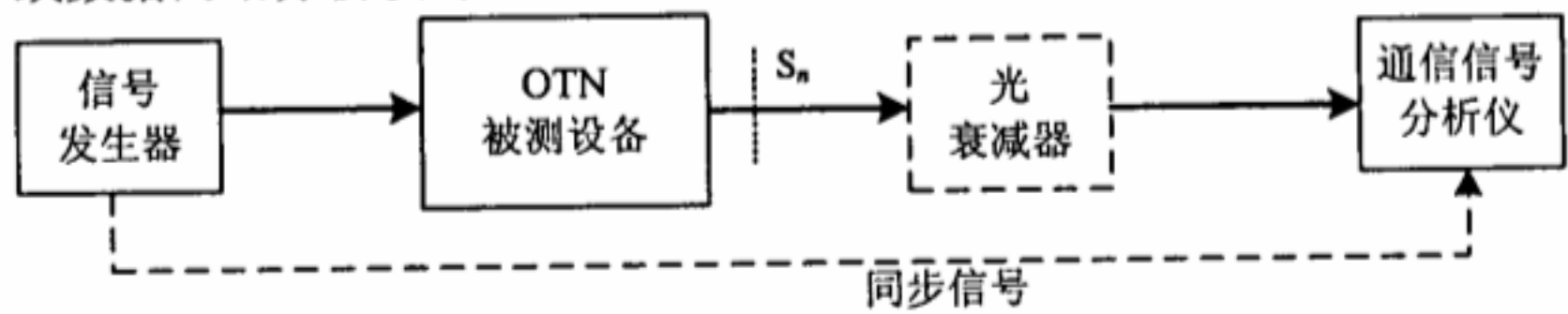


图 19 传输脉冲形状（眼图模板）/消光比测试配置

6.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 19 所示连接好测试配置。

b) 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。

c) 调整通信信号分析仪, 开启与被测信号相对应的内部参考接收机滤波器。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。

d) 等待波形采样点累计至少 1000 次以后, 保存并记录结果。

e) 对于以太网信号, 关闭滤波器后, 从通信信号分析仪读出上升时间、下降时间和输出抖动, 采样点不小于 1000 个。

6.2.2.4 注意事项

若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS, 则信号发生器可仅用于提供同步信号。

6.2.3 消光比

6.2.3.1 定义

指在最坏反射条件时, 全调制条件下, 逻辑“1”平均光功率与逻辑“0”平均光功率的比值。

6.2.3.2 测试配置

测试配置如图 19 所示, 测试仪表为信号发生器和通信信号分析仪, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 19 所示连接好测试配置。

b) 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。

c) 调整通信信号分析仪, 待波形稳定后, 采样点累计至少 1000 次, 保存并记录消光比的数值。

6.2.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 测试时通信信号分析仪内部参考接收机的滤波器关闭。

b) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS, 则信号发生器可仅用于提供同步信号。

6.2.4 中心频率 (波长) 及偏移

6.2.4.1 定义

中心频率 (波长) 是指在参考点 S_n 处发出的光信号的实际中心频率 (波长)。中心频率 (波长) 偏移是指标称中心频率与实际中心频率 (波长) 之差, 其中包含了光源啁啾、信号带宽、SPM 的展宽以及温度和老化的影响。

6.2.4.2 测试配置

测试配置如图 20 所示, 测试仪表为信号发生器和多波长计, 其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

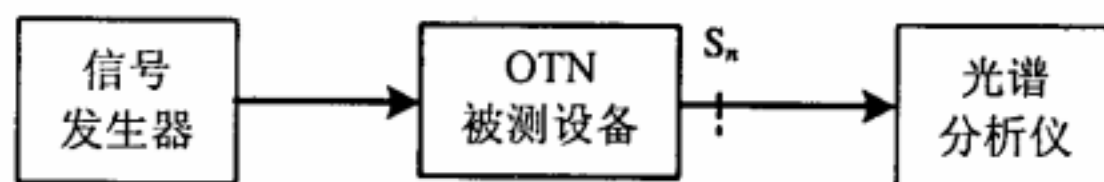


图 20 中心频率 (波长) 及偏移测试配置

6.2.4.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 20 所示连接好测试配置, 光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。

- b) 设定多波长计显示的频率（波长）范围，读出并记录峰值处的中心频率（波长）值。
- c) 标称中心频率（波长）与测试中心频率（波长）之差即为中心频率（波长）偏移。

6.2.4.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS，则信号发生器在测试中可不配置。
- b) 测试过程可以灵活选择波长(nm)或频率(THz)为量纲进行测试。
- c) 波长/频率经与多波长计校准的光谱分析仪也可进行测试中心频率，测试方法与采用多波长计相同。

d) 对于一些双（多）峰值的调制码型光谱，中心频率（波长）采用双（多）峰值的平均值计算光谱的中心频率（波长）。

6.2.5 最大-20dB谱宽（ σ_{-20} ）

6.2.5.1 定义

指相对于光信号最大峰值功率跌落 20dB 时的最大全宽。

6.2.5.2 测试配置

测试配置如图 21 所示，测试仪表为信号发生器和光谱分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

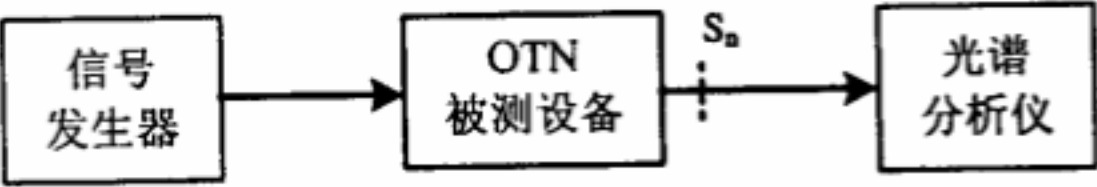


图 21 光谱测试配置

6.2.5.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 21 所示连接好测试配置，设置光谱分析仪工作模式为 DFB，光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。
- b) 设定光谱仪显示的波长范围，调节光谱仪的幅度标尺，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。
- c) 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，则可直接读取。

6.2.5.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS，则信号发生器在测试中可不配置。
- b) 对于一些双（多）峰值的调制码型光谱，可同时采用左右两边峰值计算-20dB 谱宽。

6.2.6 最小边模抑制比（SMSR）

6.2.6.1 定义

指最坏发射条件时，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。

6.2.6.2 测试配置

测试配置如图 21 所示，测试仪表为信号发生器和光谱分析仪，其中信号发生器可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.2.6.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a)如图 21 所示连接好测试配置,设置光谱分析仪工作模式为 DFB,光谱分析仪分辨带宽设置为 0.1nm 或者更小。
- b) 设定光谱仪显示的波长范围,调节光谱仪的幅度标尺,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。
- c) 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)。对于支持自动测量 SMSR 的光谱分析仪,则可直接读取。

6.2.6.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 若 OTN 被测设备接口默认或可设置发送 PRBS,则信号发生器在测试中可不配置。
- b) 对于一些双(多)峰值的调制码型光谱,对于左右两边峰值分别测试 SMSR 并取其中最小值。

6.2.7 接收机灵敏度

6.2.7.1 定义

指误码率达到 10^{-12} 时在参考点 R_n 处的平均接收光功率的最小值。

6.2.7.2 测试配置

测试配置如图 22 所示,测试仪表为误码分析仪、光功率计和光可调衰减器,其中误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

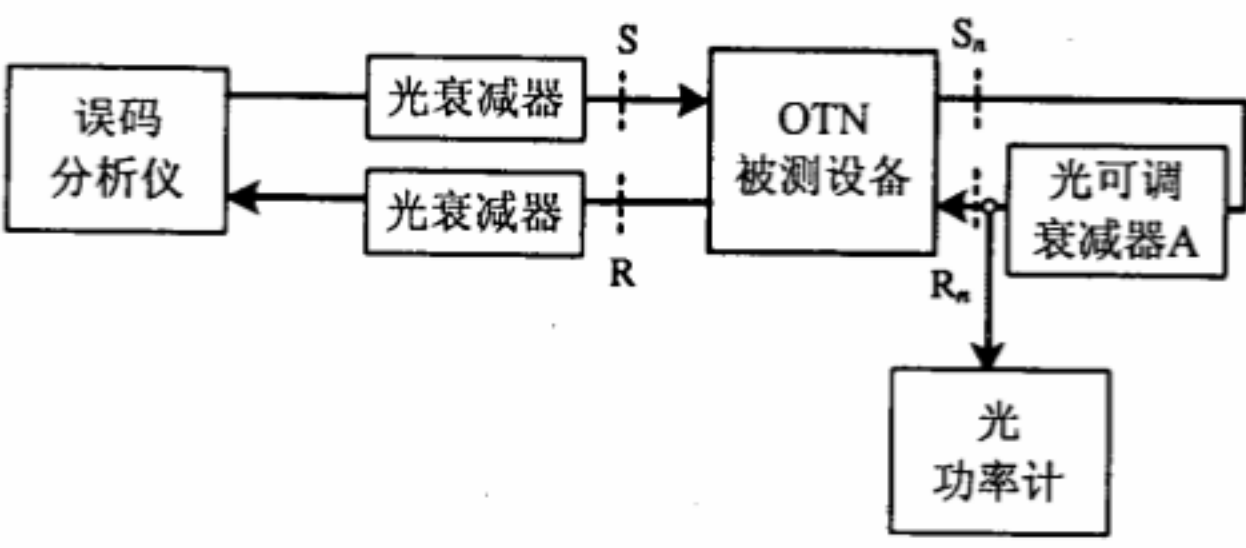


图 22 接收灵敏度测试配置

6.2.7.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 22 所示连接好测试配置,确认误码分析仪接收到合适的光功率。
- b) 调整可调光衰减器 A,使得误码分析仪的误码显示在 10^{-7} 左右。
- c) 调整可调光衰减器 A,分别测试误码显示为 10^{-8} 、 10^{-9} 、 10^{-10} 、 10^{-11} 时参考点 S 所对应的光功率值。
- d) 按照外推法(如最小二乘法),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—误码率的对应曲线, $BER=10^{-12}$ 所对应的光功率即为接收灵敏度。

6.2.7.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于业务接口为以太网情况,可采用误码均匀分布下误码率与丢包率的一般关系进行转换,即:丢包率 $= 1 - (1 - BER)^n$, 其中: n 为以太网帧的比特数。

b) FEC 按照正常工作模式配置;

c) 对于 40Gbit/s 接口, 在特定条件下 (如大批量测试等) 也可直接记录仪表误码率为 10^{-12} (或者临界无误码, 观察时间持续 4min 以上) 时对应的光功率值。

6.2.8 接收机过载功率

6.2.8.1 定义

指误码率达到 10^{-12} 时在参考点 R_n 处平均接收光功率的最大可接受值。

6.2.8.2 测试配置

测试配置如图 22 所示, 测试仪表为误码分析仪、光功率计和光可调衰减器, 其中误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.2.8.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 22 所示连接好测试配置, 确认误码分析仪接收到合适的光功率。

b) 调整可调光衰减器 A, 使得 R_n 点的光功率值为过载功率值, 如果此时误码分析仪无误码或误码率小于等于 10^{-12} , 则记录过载功率小于当前设置功率值。

c) 如需测试过载功率精确值, 可进一步降低可调光衰减器 A 的衰减值, 直到误码率接近但小于 10^{-12} 为止。

6.2.8.4 注意事项

对于业务接口为以太网情况, 可采用误码均匀分布下误码率与丢包率的一般关系进行转换, 即: 丢包率 = $1 - (1 - BER)^n$, 其中: n 为以太网帧的比特数。

6.2.9 光信噪比容限

6.2.9.1 定义

指误码率达到 10^{-12} 时在参考点 R_n 处光信噪比的最小值。

6.2.9.2 测试配置

测试配置如图 23 所示。误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

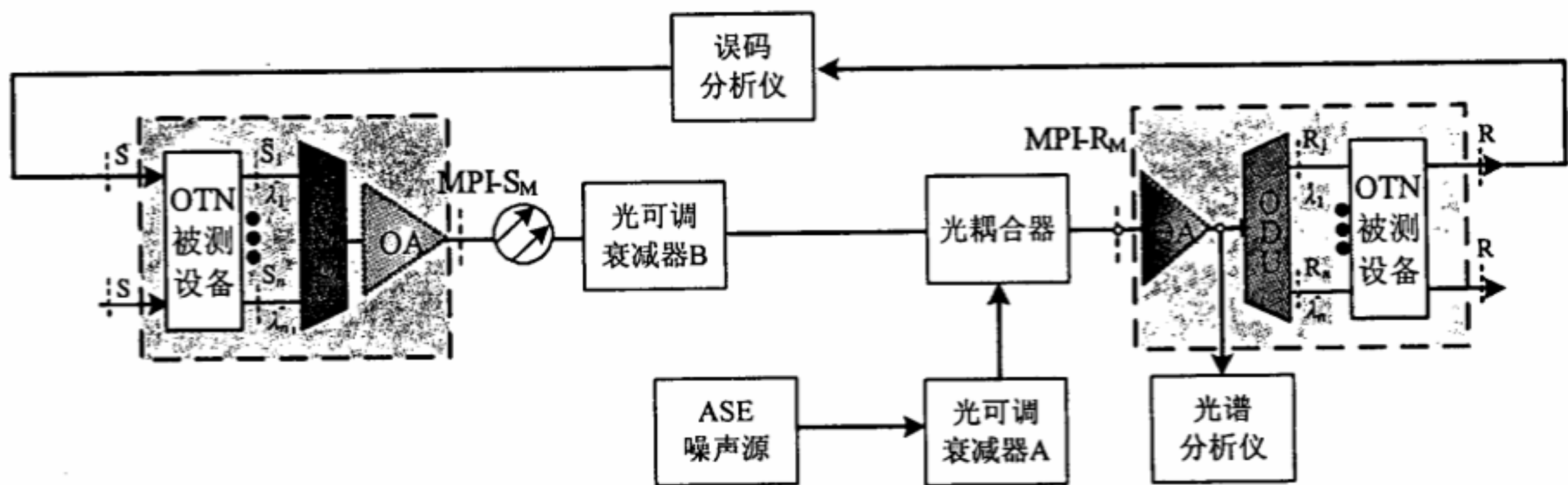


图 23 光信噪比容限测试配置

6.2.9.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 23 所示连接好测试配置。

b) 调整可调衰减器 A 和 B, 测试误码分析仪误码 10^{-8} 、 10^{-9} 、 10^{-10} 所对应测试通路的 $OSNR$ 值, 采用外推法 (如最小二乘法) 计算出误码率 10^{-12} 所对应的 $OSNR$ 值, 即为 $OSNR$ 容限值。

6.2.9.4 注意事项

对于 40Gbit/s 及其以上速率的 $OSNR$ 容限测试方法, 可采用直接误码观察法进行测试, 即测试误码分析仪误码显示为 10^{-12} (或临界无误码, 观察时间持续 4min 以上) 时所对应的测试通路的 $OSNR$ 值为 $OSNR$ 容限值。

6.2.10 FEC增益

6.2.10.1 定义

指参考接收机误码率达到 10^{-12} 时, FEC 功能打开和关闭时参考接收机所要求的 (光/电) 信噪比的差值, 本标准采用光信噪比衡量。由于 FEC 功能打开时有可能导致线路速率增加, 实际的编码增益应该减去由于速率增加产生的“增益”, 即为编码净增益。

6.2.10.2 测试配置

测试配置如图 23 所示。误码分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

6.2.10.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- 如图 23 所示连接好测试配置。
- 关闭 FEC 功能, 根据 6.2.9 节测试 $OSNR$ 容限, 记录为 $OSNR_{OFF}$, 线路速率记录为 B_{OFF} 。
- 打开 FEC 功能, 根据 6.2.9 节测试 $OSNR$ 容限, 记录为 $OSNR_{ON}$, 线路速率记录为 B_{ON} 。
- FEC 编码增益为 $OSNR_{OFF} - OSNR_{ON} + 10 \times \lg (B_{OFF}/B_{ON})$, 单位为 dB。

6.2.10.4 注意事项

无。

6.2.11 接收机反射系数

6.2.11.1 定义

指在参考点 R_n 处的反射光功率与入射光功率之比。

6.2.11.2 测试配置

测试配置如图 24 所示, 测试仪表为光反射 (回损) 测试仪。

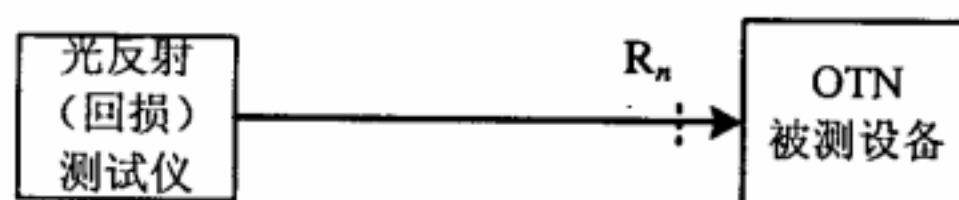


图 24 反射系数测试配置

6.2.11.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- 如图 24 所示连接好测试配置, 根据 R_n 点实际接入信号波长将光反射 (回损) 测试仪的波长设置在合适接收窗口 (1550nm), 校准好光反射 (回损) 测试仪。
- 并将 OTN 被测设备接口设置为非上电状态, 待仪表读数稳定后, 从光反射 (回损) 测试仪上读出反射系数并记录。

6.2.11.4 注意事项

无。

6.2.12 光输入允许频偏

6.2.12.1 定义

指允许输入信号频率与对应标称频率之间的最大偏差。

6.2.12.2 测试配置

测试配置如图 25 所示，测试仪表为误码分析仪，其中误码分析仪选择 OTN 分析仪。

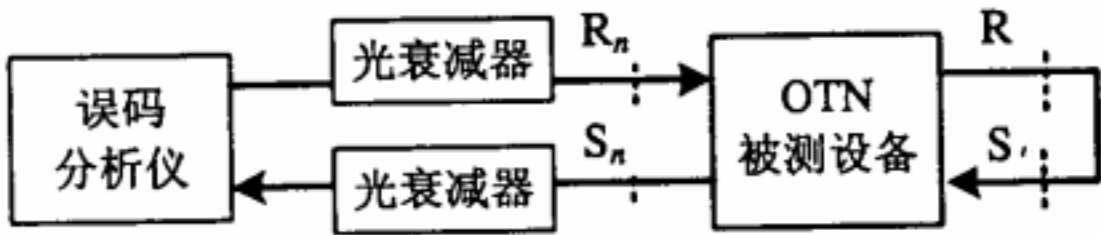


图 25 允许频偏测试配置

6.2.12.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 25 所示连接好测试配置。
- b) 误码分析仪逐渐增加发送信号频率与对应标称频率之差，直到误码分析仪出现任何告警或误码，记录出现告警或误码之前的频偏值。
- c) 误码分析仪逐渐减少发送信号频率与对应标称频率之差，直到误码分析仪出现任何告警或误码，记录出现告警或误码之前的频偏值。

6.2.12.4 注意事项

对于误码分析仪不支持更大频偏的情形，记录其不出现告警和误码时的最大可设置值，但该值至少应大于 OTUk 接口要求的频偏值。

6.3 MPI-S_M (S_M) /MPI-R_M(R_M)点光接口测试

对于线路速率为 $N \times 2.5\text{Gbit/s}$ 和 $N \times 10\text{Gbit/s}$ (NRZ 编码) 的 OTN 系统，测试参数及测试方法见 YD/T 1159-2001 的 7 章，对于线路速率为 $N \times 40\text{Gbit/s}$ 和采用特殊宽谱型码型的 $N \times 10\text{Gbit/s}$ OTN 系统，测试参数及测试方法见 YD/T 2147-2010 《 $N \times 40\text{Gbit/s}$ 光波分复用 (WDM) 系统测试方法》。

7 抖动测试

7.1 输入抖动容限

7.1.1 定义

指参考点 S 或 R_n 处光接口可容忍的最低水平的相位噪声，应满足无告警、失锁和滑码，无误码，和功率代价小于 1dB 等三个条件。

7.1.2 测试配置

测试配置如图 26 所示，测试仪表为抖动分析仪，其中抖动分析仪可根据 OTN 设备接口选择支持抖动功能分析的 SDH 或 OTN 分析仪。

7.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 26 所示连接好测试配置。
- b) 调节光衰减器 A、B 和 C 的衰减，使抖动分析仪和 OTN 设备接口的信号功率在抖动测试的动态范围内，测试信号的 PRBS 选择为 $2^{23}-1$ 或更长，通道层信号结构选择为 VC-4 最大连续级联 (对于 SDH 信号) 或 ODU_k (对于 OTN 信号，选择最大 k 值)。

- c) 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 G825（对于 SDH 信号）或 ITU-T G8251（对于 OTN 信号）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。
- d) 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。

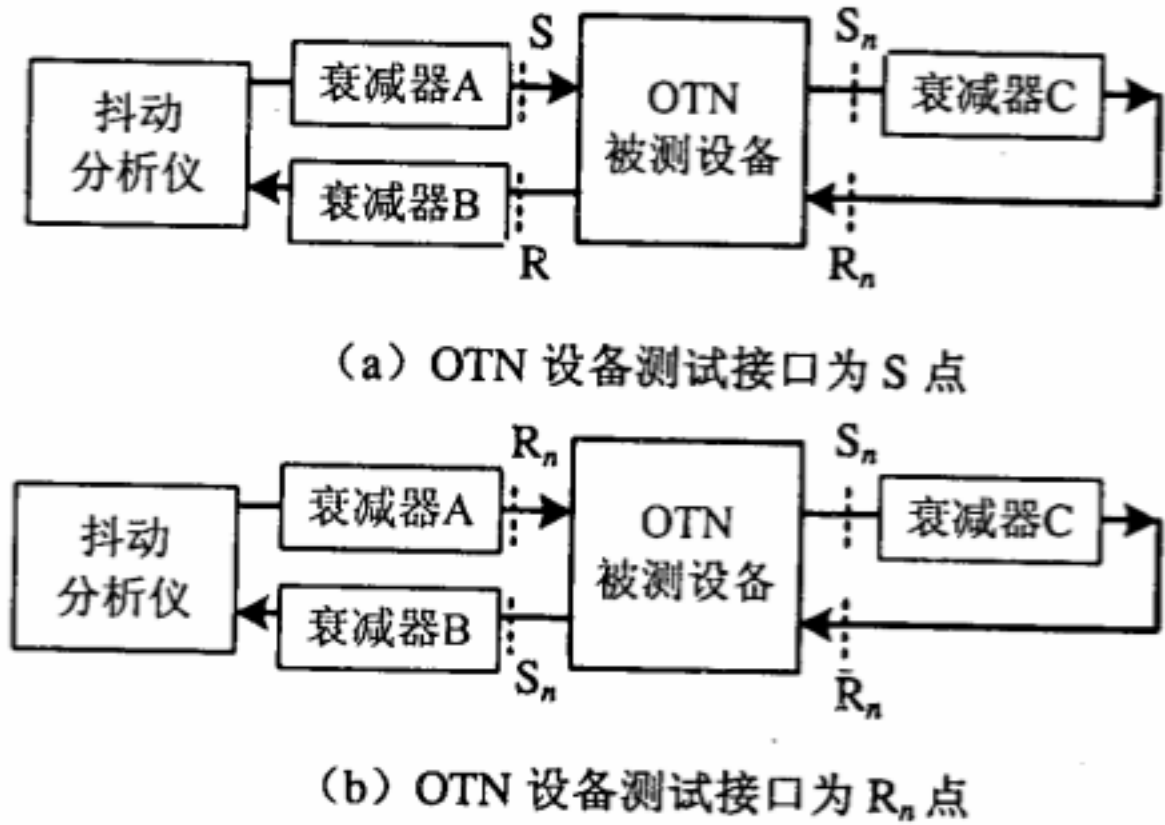


图 26 输入抖动容限测试配置

7.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 STM-256 或 OTU3 信号，较早生产的仪表可能没有内置满足 ITU-T G825 或 ITU-T G8251 的输入抖动容限模板，需人工编辑符合标准的模板。
- b) 对于 S_n/R_n 点的测试，抖动分析仪需要支持不同的传输码型。
- c) 对于 OTU_k 接口，测试时应设置为标准 OTU_k 接口，且 FEC 设置与抖动分析仪相同。
- d) 对于 OTU_k 接口，目前仅可测试时钟类型为 ODC_r，对于其他时钟类型，测试方法待研究。
- e) S_n/R_n 点的抖动测试仅适用于中继型 OTU。
- f) 该测试项不适用于以太网接口。

7.2 抖动产生

7.2.1 定义

指在无输入抖动时，参考点 R 或 S_n 处光接口输出的固有抖动，一般观察或测量的周期为 60s。

7.2.2 测试配置

测试配置如图 26 所示，测试仪表为抖动分析仪，其中抖动分析仪可根据 OTN 设备接口选择支持抖动功能分析的 SDH 或 OTN 分析仪。

7.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 26 所示连接好测试配置。
- b) 调节光衰减器 A、B 和 C 的衰减，使抖动分析仪和 OTN 设备接口的信号功率在抖动测试的动态范围内，测试信号的 PRBS 选择为 2²³-1 或或更长，通道层信号结构选择为 VC-4 最大连续级联（对于 SDH 信号）或 ODU_k（对于 OTN 信号，选择最大可支持 k 值）。
- c) 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，选择测试信号所对应的抖动测量滤波器。

d) 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。

7.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTU_k 接口，测试时应设置为标准 OTU_k 接口，且 FEC 设置与抖动分析仪相同。
- b) 对于 S_n/R_n 点的测试，抖动分析仪需要支持不同的传输码型。
- c) 对于 OTU_k 接口，目前仅可测试时钟类型为 ODCr，对于其他时钟类型，测试方法待研究。
- d) S_n/R_n 点的抖动测试仅适用于中继型 OTU。
- e) 该测试项不适用于以太网接口。

7.3 抖动传递函数

7.3.1 定义

指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。

7.3.2 测试配置

测试配置如图 27 所示，测试仪表为抖动分析仪，其中抖动分析仪可根据业务接口选择支持抖动功能分析的 SDH 或 OTN 分析仪。

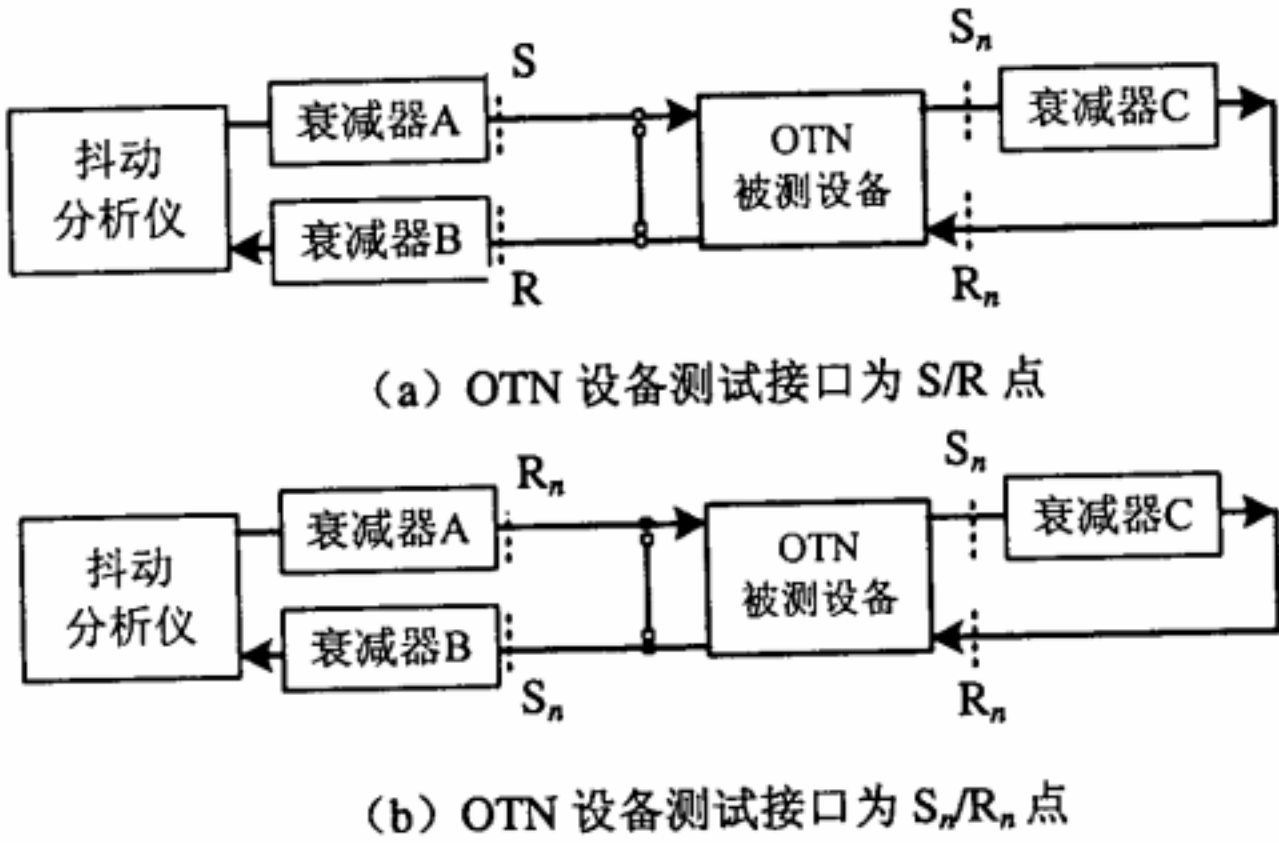


图 27 抖动传递函数测试配置

7.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 按图 27 所示连接好测试配置。

b) 设置抖动分析仪为内部定时方式，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 最大连续级联（对于 SDH 信号）或 ODU_k（对于 OTN 信号，选择最大可支持 k 值），在抖动分析仪上选择抖动传递函数的测试项，选择 ITU-T G.783（对于 SDH 信号）或 ITU-T G.8251（对于 OTN 信号）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）

c) 首先断开被测被测设备，用短路光纤将抖动分析仪自环，调整光衰减器使抖动分析仪的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传函的自动校准。

d) 校准完毕后，连接好被测被测设备，调整光衰减器 A、B、C 使抖动分析仪和 OTU 的接收信号功率在抖动测试的范围内，启动抖动传函的自动测试。

e) 将测试所得的抖动传递函数曲线与该相应的抖动传函模板进行比较，判定是否合格并存储结果。

7.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTU_k 接口，测试时应设置为标准 OTU_k 接口，且 FEC 设置与抖动分析仪相同。
- b) 对于 OTU_k 接口，目前仅可测试时钟类型为 ODCr，对于其他时钟类型，测试方法待研究。
- c) 本测试项目仅适用于 OTN 设备接口为再生器功能（无交叉连接等功能）。
- d) S_n/R_n 点的抖动测试仅适用于中继型 OTU。
- e) 该测试项不适用于以太网接口。

8 网络性能测试

8.1 误码率/丢包率

8.1.1 定义

指一定测试周期内 OTN 网络的误码率或丢包率。

8.1.2 测试配置

测试配置如图 28 所示，测试仪表为误码/丢包分析仪，其中误码/丢包分析仪可根据业务接口选择 SDH、OTN 或数据网络分析仪等。

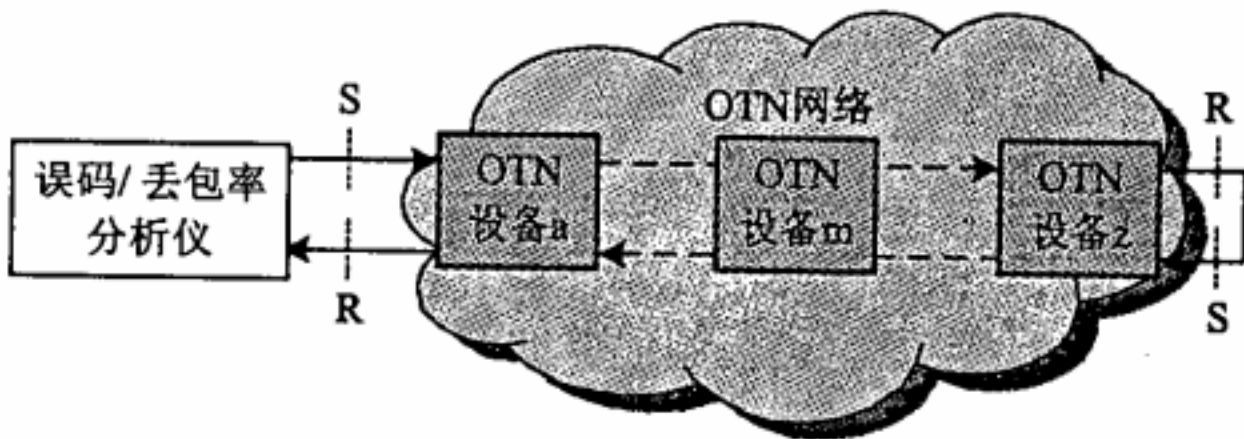


图 28 误码率/丢包率测试配置

8.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 选择测试通路，按图 28 所示连接好测试配置，检查仪表和 OTN 网络的各个参考点接收功率处于正常范围。
- b) 分析仪测试业务设置为最大净荷带宽（SDH 为最大连续级联、OTU_k 业务的 ODU_k 中 *k* 值选择可支持的最大值）或 90% 的流量（以太网业务）。
- c) 设定仪表测试时间，启动长期误码/丢包测试。
- d) 测试时间结束后，记录并保存测试结果。

8.1.4 注意事项

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。

8.2 以太网性能

8.2.1 定义

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。

8.2.2 测试配置

测试配置如图 28 所示，测试仪表为数据网络分析仪。

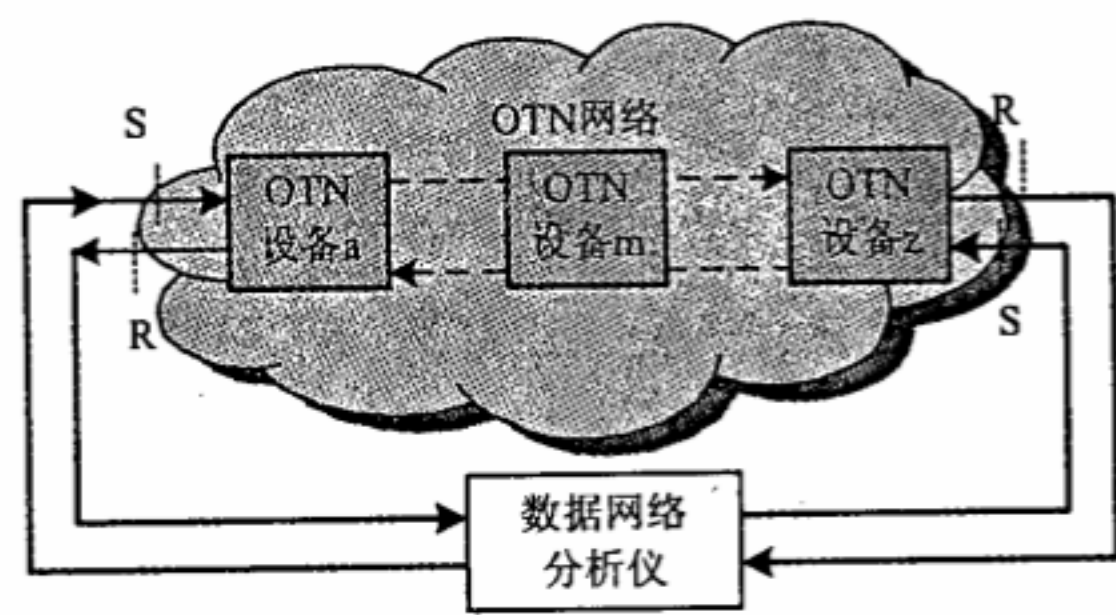


图 29 以太网性能测试配置

8.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 29 所示连接好测试配置，检查仪表和 OTN 网络的各个参考点接收功率处于正常范围。
- b) 配置数据网络分析仪，启动 IETF 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。

8.2.4 注意事项

无。

8.3 系统抖动

8.3.1 输入抖动容限

8.3.1.1 定义

指 OTN 网络指定业务传输时参考点 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 等三个条件。

8.3.1.2 测试配置

测试配置如图 30 所示，测试仪表为抖动分析仪，其中抖动分析仪可根据业务接口选择支持抖动功能分析的 SDH 或 OTN 分析仪。

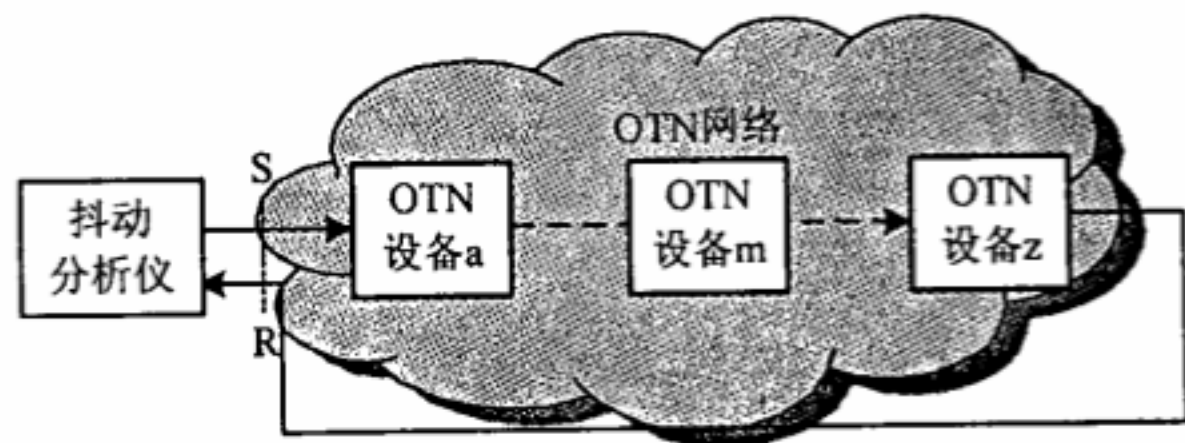


图 30 输入抖动容限测试配置

8.3.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 选择测试通路，按图 30 所示连接好测试配置，检查仪表和 OTN 网络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 $2^{23}-1$ 或更长，通道层信号结构选择为 VC-4 最大连续级联（对于 SDH 信号）或 ODUk（对于 OTN 信号，选择最大可支持 k 值）。
- 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。

8.3.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) 该测试项不适用于以太网接口。
- 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, 应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。

8.3.2 输出抖动

8.3.2.1 定义

指在 OTN 网络无输入抖动时, 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。

8.3.2.2 测试配置

测试配置如图 30 所示, 测试仪表为抖动分析仪, 其中抖动分析仪可根据业务接口选择支持抖动功能分析的 SDH 或 OTN 分析仪。

8.3.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 选择测试通路, 按图 30 所示连接好测试配置, 检查仪表和 OTN 网络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 $2^{23}-1$ 或更长, 通道层信号结构选择为 VC-4 最大连续级联 (对于 SDH 信号) 或 ODU_k (对于 OTN 信号, 选择最大可支持 k 值)。
- 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。

8.3.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) 该测试项不适用于以太网接口。
- 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, 应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。

9 OTN 设备功能测试

9.1 客户信号映射

9.1.1 SDH业务

9.1.1.1 STM-16

9.1.1.1.1 定义

指 OTN 设备对于 STM-16 业务接入适配能力, 即 STM-16 到 OPU1/ODU1 的映射功能。

9.1.1.1.2 测试配置

测试配置如图 31 所示, 测试仪表为 SDH 分析仪和 OTN 分析仪。

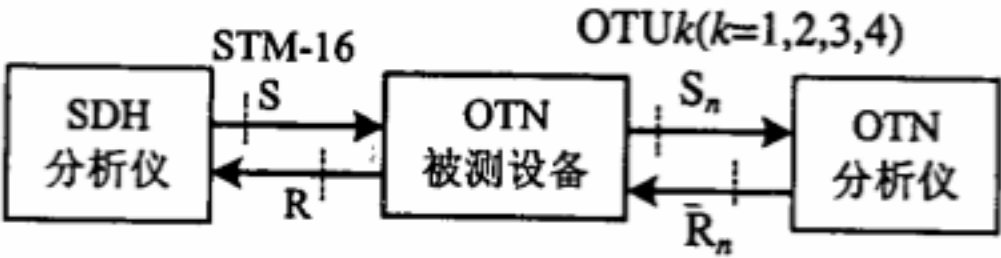


图 31 STM-16 业务映射测试配置

9.1.1.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 31 所示连接好测试配置，配置 OTN 被测设备和 OTN 分析仪之间的接口为 OTU1。
- b) 配置被测设备STM-16到OPU1的业务映射方式为以下方式的其中一种：
 - 1) 异步CBR映射。
 - 2) 比特同步 CBR 映射。
- c) 检查 SDH 分析仪和 OTN 分析仪是否有告警和误码。

9.1.1.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTU k 接口，测试时应设置为标准 OTU k 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 若测试步骤 b) 中的两种映射方式都支持，则分别测试。
- c) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTU k ($k=2,3,4$) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.1.2 STM-64

9.1.1.2.1 定义

指 OTN 设备对于 STM-64 业务接入适配能力，即 STM-64 到 OPU2/ODU2 的映射功能。

9.1.1.2.2 测试配置

测试配置如图 32 所示，测试仪表为 SDH 分析仪和 OTN 分析仪。

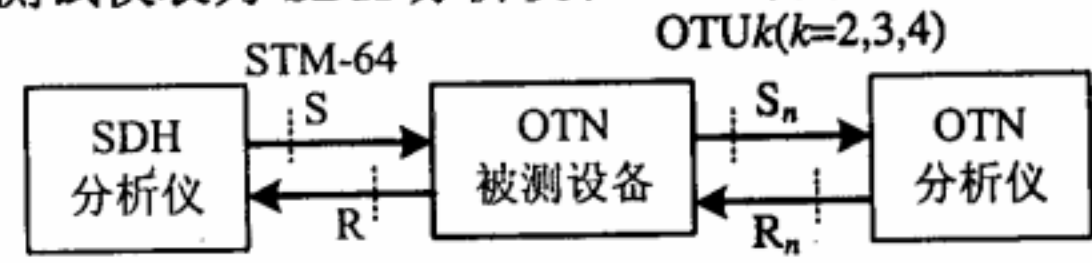


图 32 STM-64 业务映射测试配置

9.1.1.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 32 所示连接好测试配置，选择 OTN 被测设备和 OTN 分析仪之间的接口为 OTU2。
- b) 配置被测设备STM-64到OPU2的业务映射方式为以下方式的其中一种：
 - 1) 异步CBR映射。
 - 2) 比特同步 CBR 映射。
- c) 检查 SDH 分析仪和 OTN 分析仪是否有告警和误码。

9.1.1.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTU k 接口，测试时应设置为标准 OTU k 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 若测试步骤 b) 中的两种映射方式都支持，则都需要测试。
- c) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTU k ($k=3,4$) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.1.3 STM-256

9.1.1.3.1 定义

指 OTN 设备对于 STM-256 业务接入适配能力，即 STM-256 到 OPU3/ODU3 的映射功能。

9.1.1.3.2 测试配置

测试配置如图 33 所示，测试仪表为 SDH 分析仪和 OTN 分析仪。

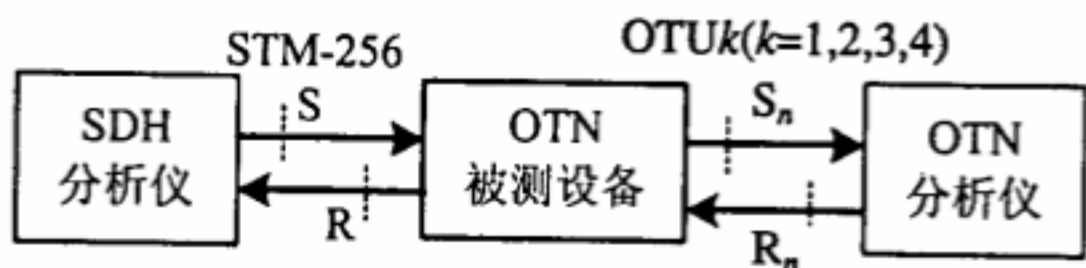


图 33 STM-256 业务映射测试配置

9.1.1.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 33 所示连接好测试配置，选择 OTN 被测设备和 OTN 分析仪之间的接口为 OTU3。
- b) 配置被测设备STM-256到OPU3的业务映射方式为以下方式的其中一种：
 - 1) 异步CBR映射。
 - 2) 比特同步 CBR 映射。
- c) 检查 SDH 分析仪和 OTN 分析仪是否有告警和误码。

9.1.1.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTUk 接口，测试时应设置为标准 OTUk 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 若测试步骤 b) 中的两种映射方式都支持，则都需要测试。
- c) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTUk (k=4) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.2 OTUk业务

9.1.2.1 OTU1

9.1.2.1.1 定义

指 OTN 设备对于 OTU1 业务接入适配能力，即 OTU1 和 ODU1 之间的解映射/映射功能。

9.1.2.1.2 测试配置

测试配置如图 34 所示，测试仪表为 OTN 分析仪。

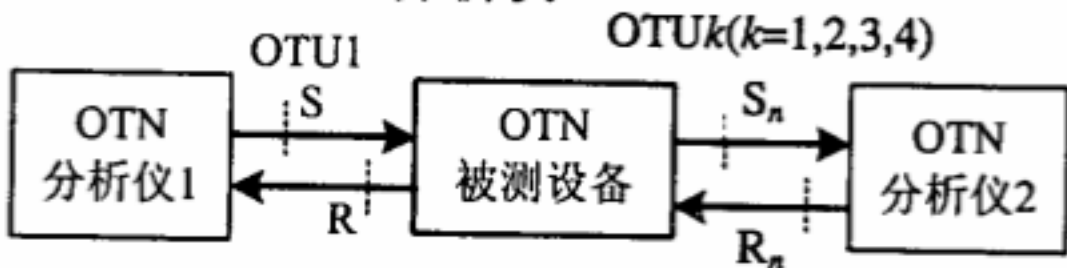


图 34 OTU1 业务映射测试配置

9.1.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 34 所示连接好测试配置，选择 OTN 被测设备和 OTN 分析仪 2 之间的接口为 OTU1。
- b) 检查 OTN 分析仪 1 和 OTN 分析仪 2 是否有告警和误码。

9.1.2.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTUk 接口，测试时应设置为标准 OTUk 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTUk (k=2, 3, 4) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.2.2 OTU2

9.1.2.2.1 定义

指 OTN 设备对于 OTU2 业务接入适配能力，即 OTU2 和 ODU2 之间的解映射/映射功能。

9.1.2.2.2 测试配置

测试配置如图 35 所示，测试仪表为 OTN 分析仪。

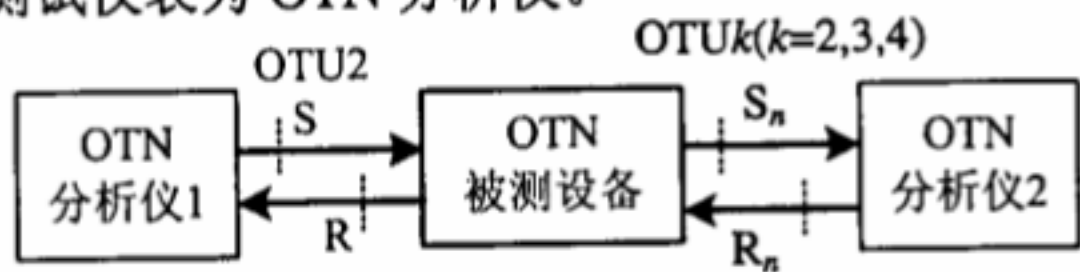


图 35 OTU2 业务映射测试配置

9.1.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 35 所示连接好测试配置，选择 OTN 被测设备和 OTN 分析仪 2 之间的接口为 OTU2。
- b) 检查 OTN 分析仪 1 和 OTN 分析仪 2 是否有告警和误码。

9.1.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTUk 接口，测试时应设置为标准 OTUk 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTUk (k=3, 4) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.2.3 OTU3

9.1.2.3.1 定义

指 OTN 设备对于 OTU3 业务接入适配能力，即 OTU3 和 ODU3 之间的解映射/映射功能。

9.1.2.3.2 测试配置

测试配置如图 36 所示，测试仪表为 OTN 分析仪。



图 36 OTU3 业务映射测试配置

9.1.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 36 所示连接好测试配置，选择 OTN 被测设备和 OTN 分析仪 2 之间的接口为 OTU3。
- b) 检查 OTN 分析仪 1 和 OTN 分析仪 2 是否有告警和误码。

9.1.2.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于 OTUk 接口，测试时应设置为标准 OTUk 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。
- b) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTUk (k=4) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.3 以太网业务

9.1.3.1 GE

9.1.3.1.1 定义

指 OTN 设备对于 GE 业务接入适配能力，即 GE 到 OPUk/ODUk (k=0,1,2) 映射功能。

9.1.3.1.2 测试配置

测试配置如图 37 所示，测试仪表为 GE 数据分析和 OTN 分析仪。

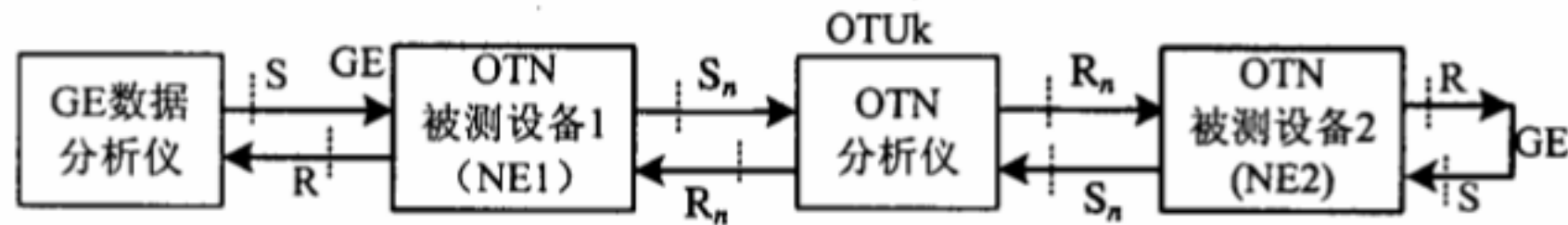


图 37 GE 业务适配测试配置

9.1.3.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 按图 37 所示连接好测试配置，选择 NE1 和 NE2 之间的接口为 OTU k ($k=1,2$)，设置 OTN 分析仪工作模式为透传可介入模式。

b) 配置被测设备GE业务映射方式为以下方式的其中一种（前面三种为标准方式，后面两种为非标准方式）：

1) GE码字转换后->GFP-T->GMP->OPU0->ODU0;

2) GE->GFP-T/F->VC-4-Xv->STM-16->OPU1->ODU1, 或者 GE->GFP-T/F->VC-4-Xv-> STM-16->STM-64->OPU2->ODU2;

3) GE->GFP-T/F 复用->OPU1->ODU1, 或者 GE->GFP-T/F 复用->OPU2->ODU2;

4) GE->GFP-T/F->ODU1 的 TS->ODU1, 或者 GE-> GFP-T/F-> ODU2 的 TS-> ODU1-> ODU2;

5) GE->GFP-T/F->VC-4-8C->STM-16（段开销可不支持）->OPU1->ODU1。

c) 根据映射方式选择 OTN 被测设备与 OTN 分析的 OTU k ($k=1, 2$) 接口级别;

d) GE 数据分析师发送 100%流量，检查 GE 数据分析师是否有告警和丢包，OTN 分析仪是否有告警和误码。

9.1.3.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

a) 对于 OTU k 接口，测试时应设置为标准 OTU k 接口，且 FEC 设置与 OTN 分析仪相同。

b) 若 GE 业务支持多种不用映射方式，应分别测试。

c)对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTU k ($k=2, 3, 4$, 对应 GE 映射到 ODU1 和 ODU0; 或 $k=3, 4$, 对应 GE 映射到 ODU2) 的情形，测试方法见 9.2 节。

9.1.3.2 10GE WAN

9.1.3.2.1 定义

指 OTN 设备对于 10GE WAN 业务接入适配能力，即 10GE WAN 到 OPU2/ODU2 的映射功能。

9.1.3.2.2 测试配置

测试配置如图 38 所示，测试仪表为 10GE 数据分析师和 OTN 分析仪。

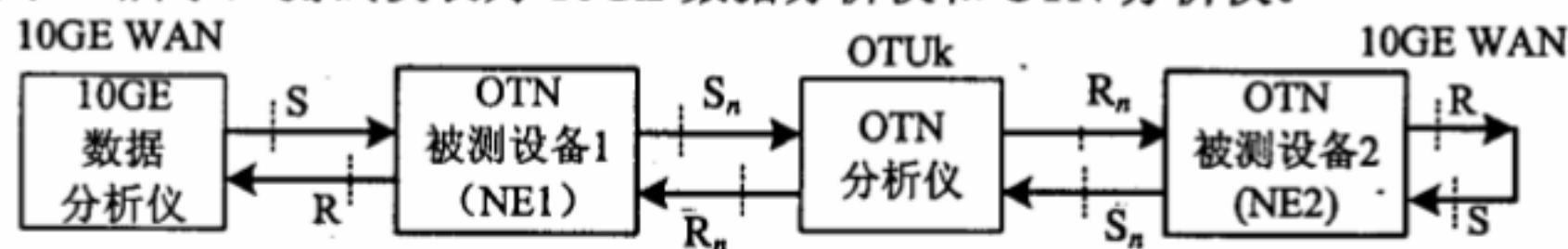


图 38 10GE WAN 业务适配测试配置

9.1.3.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 按图 38 所示连接好测试配置，选择 NE1 和 NE2 之间的接口为 OTU2，设置 OTN 分析仪工作模式为透传可介入模式。

b) 配置被测设备10GE WAN业务映射方式为以下方式的其中一种:

- 1) 异步CBR映射;
- 2) 比特同步 CBR 映射。

c) 10GE 数据分析师发送 100%流量, 检查 10GE 数据分析师是否有告警和丢包, OTN 分析师是否有告警和误码。

9.1.3.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) 对于 OTUk 接口, 测试时应设置为标准 OTUk 接口, 且 FEC 设置与 OTN 分析师相同。
- b) 若 10GE WAN 业务支持多种不用映射方式, 应分别进行测试。
- c) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析师对接接口为 OTUk (k=3,4) 的情形, 测试方法见 9.2 节。

9.1.3.3 10GE LAN

9.1.3.3.1 定义

指 OTN 设备对于 10GE LAN 业务接入适配能力, 即 10GE LAN 到 ODU2/2e 的映射功能。

9.1.3.3.2 测试配置

测试配置如图 39 所示, 测试仪表为 10GE 数据分析师和 OTN 分析师。

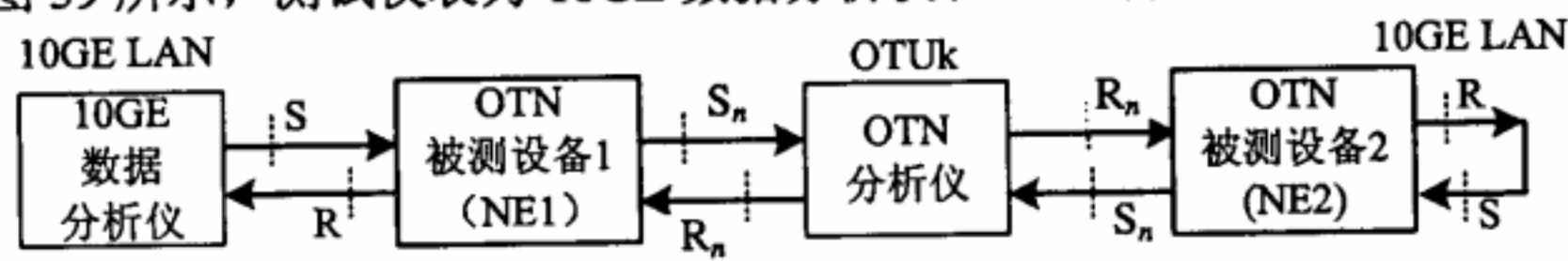


图 39 10GE LAN 业务适配测试配置

9.1.3.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 按图 39 所示连接好测试配置, 选择 NE1 和 NE2 之间的接口为 OTU2/OTU2e/OTU1e, 设置 OTN 分析师工作模式为透传可介入模式。

b) 配置被测设备10GE LAN业务映射方式为以下方式的其中一种 (前四种为标准方式, 最后一种为非标准方式):

- 1) 10GE LAN->OPU2e->ODU2e;
- 2) 10GE LAN->GFP-F->OPU2->ODU2;
- 3) 10GE LAN->GFP-F->OPU2(前导码和有序集透传)->ODU2;
- 4) 10GE LAN->GFP-T->OPU1-Xv->ODU1-Xv (X=1~4);
- 5) 10GE LAN->OPU1e->ODU1e。

c) 根据 10GE LAN 映射方式选择 OTN 被测设备和 OTN 分析师之间的 OTUk (k=2, 2e,1e 等) 接口;

d) 10GE 数据分析师发送 100%流量, 检查 10GE 数据分析师是否有告警和丢包, OTN 分析师是否有告警和误码。

9.1.3.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 对于 OTUk 接口, 测试时应设置为标准 OTUk 接口 (或 OTU2e 和 OTU1e), 且 FEC 设置与 OTN 分析师相同。

b) 若 10GE LAN 业务支持多种不用映射方式, 应分别进行测试。

c) 对于 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTU_k ($k=3,4$) 的情形, 测试方法见 9.2 节。

9.1.4 其他业务

9.1.4.1 定义

指 OTN 设备对于 1G/2G/4G/8G/10G FC、FICON/FICON EXPRESS、CPRI 以及 STM-1/4、FE、ESCON 业务接入适配能力等, 即其他业务到 OPU_k/ODU_k ($k=0,1,2,2e$) 的映射功能。

9.1.4.2 测试配置

测试配置如图 39 所示, 测试仪表为对应 1G/2G/4G/8G/10G FC、FICON/FICON EXPRESS、CPRI 以及 STM-1/4、FE、ESCON 等相关业务的业务分析仪。

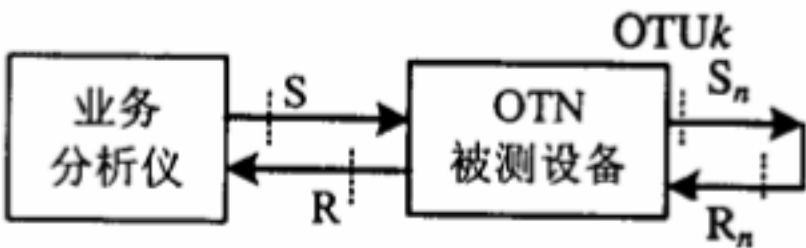


图 40 其他业务适配测试配置

9.1.4.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 按图 40 所示连接好测试配置, 选择 OTN 被测设备环回的接口为 OTU_k ($k=1,2,2e$ 等)。
- b) 配置被测设备对于 1G/2G/4G/8G/10G FC、FICON/FICON EXPRESS、CPRI 以及 STM-1/4、FE、ESCON 等业务的映射方式。
- c) 检查对应业务分析仪是否有告警、丢包和误码。

9.1.4.4 注意事项

对于 1G/2G/4G/8G/10G FC、FICON/FICON EXPRESS、CPRI 以及 STM-1/4、FE、ESCON 等业务的映射方式, 根据设备具体实现在网管上配置和确认。

9.2 ODU_k复用功能

9.2.1 定义

指 ODU_j ($j=0,1,2,2e,3$) 到 ODU_k ($k=1,2,2e,3,4$, 且 $k>j$) 的复用功能。

9.2.2 测试配置

测试配置如图 41 所示。测试仪表为业务分析仪和 OTN 分析仪, 其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析师或 OTN 分析仪等。



图 41 ODU_k 复用测试配置

9.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 按图 41 所示连接好测试配置, 选择 OTN 被测设备与 OTN 分析仪对接接口为 OTU_k ($k=1,2,3,4$ 等)。
- b) 配置业务映射到 OPU_j/ODU_j 并复用到 ODU_k ($k>j$), 配置 OTN 分析仪采用和业务相同的复用结构。
- c) 检查 OTN 分析仪是否有告警和误码, 对应业务分析仪是否有告警、丢包/误码。
- d) 配置多条业务分别映射到 OPU_i/ODU_i 和 OPU_j/ODU_j 并混合复用到 ODU_k ($k>j$), 配置 OTN 分

析仪采用和业务相同的复用结构。

e) 检查 OTN 分析仪是否有告警和误码，对应业务分析仪是否有告警、丢包/误码。

9.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

a) 对于不同的复用结构，应分别测试。

b) 对于 OTN 分析仪不支持 ODU_j 到 ODU_k 复用、混合复用或者不支持 OTU_k($k=3,4$)新型传输码型的情形，在 OTN 被测设备 OTU_k ($k=1,2,3,4$) 端口直接环回即可。

9.3 交叉连接功能测试

9.3.1 ODU_k 交叉连接功能测试

9.3.1.1 交叉连接方式

9.3.1.1.1 定义

指 OTN 设备基于 ODU_k($k=0,1,2,2e,3,4$)的交叉连接方式，即支路接口到支路接口、线路接口到线路接口、支路接口到线路接口、线路接口到支路接口的单向、双向、环回和广（多）播等交叉连接方式。

9.3.1.1.2 测试配置

测试配置如图 42 所示，测试仪表为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析和 OTN 分析仪等。

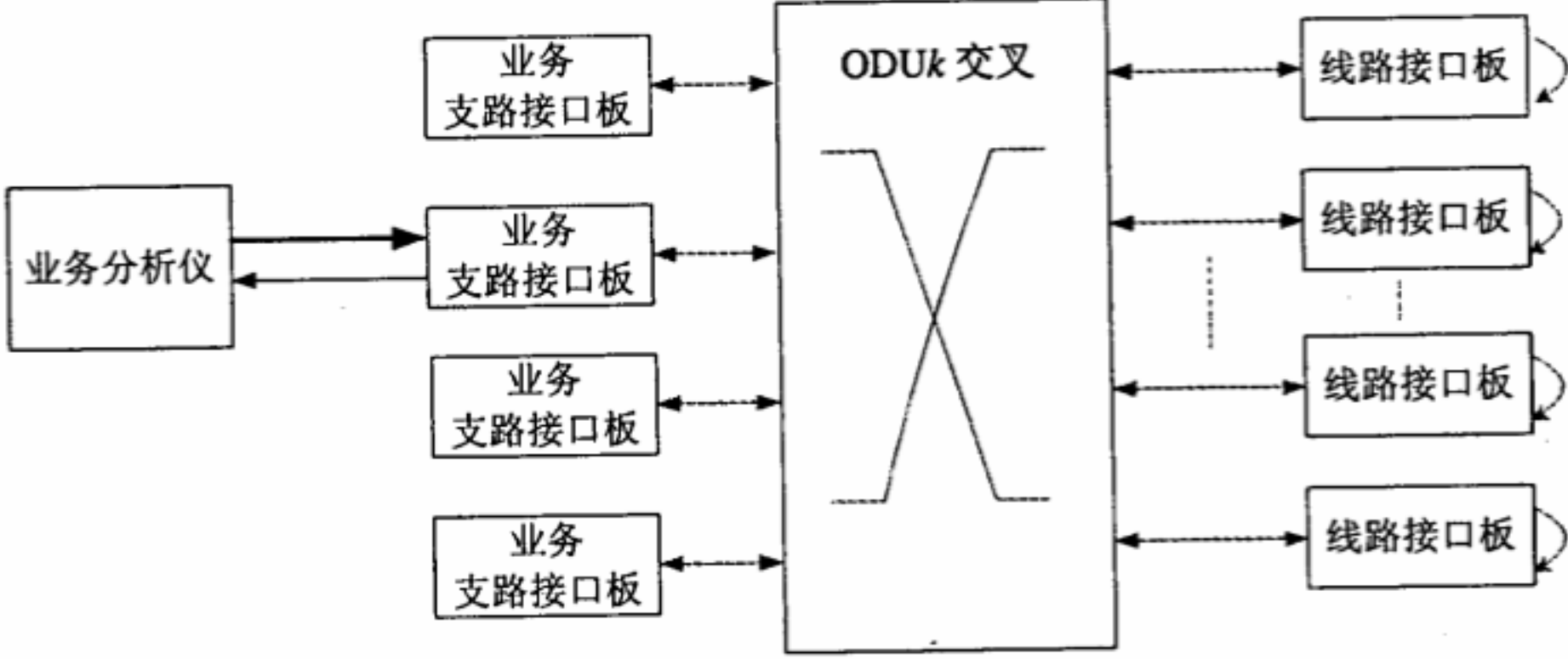


图 42 ODU_k 交叉连接方式测试配置

9.3.1.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 按图 42 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。

b) 配置业务流向为支路到支路，依次选择单向、双向、环回和广（组）播等基于 ODU_k($k=0,1,2,2e,3,4$)交叉连接方式，通过业务分析仪检查相应功能是否支持。

c) 依次配置业务流向为支路到线路、线路到支路、线路到线路，重复步骤 b)。

d) 对于支路到线路、线路到支路、线路到线路的单向或双向交叉连接方式，启动 OTN 分析仪测试对应的转接时延。

9.3.1.1.4 注意事项

对于不同支路业务应分别测试 ODU_k ($k=0,1,2,2e,3,4$) 交叉连接方式。

9.3.1.2 转接时延

9.3.1.2.1 定义

指客户业务经过 OTN 交叉连接后所经历的时延值。

9.3.1.2.2 测试配置

测试配置如图 42 所示，测试仪表为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪和 OTN 分析仪等。

9.3.1.2.3 测试步骤

- 按照下述步骤进行测试：
- a) 按图 42 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。
 - b) 对于支路到线路、线路到支路、线路到线路的单向或双向交叉连接方式，启动业务分析仪测试对应的转接时延。

9.3.1.2.4 注意事项

无。

9.3.1.3 交叉连接容量

9.3.1.3.1 定义

指 OTN 设备基于 $ODU_k(k=0,1,2,2e,3,4)$ 的交叉连接容量，通常可验证的为包含所有支路板卡和线路板卡的可接入容量。

9.3.1.3.2 测试配置

测试配置如图 43 所示，测试仪表为 OTN 分析仪。

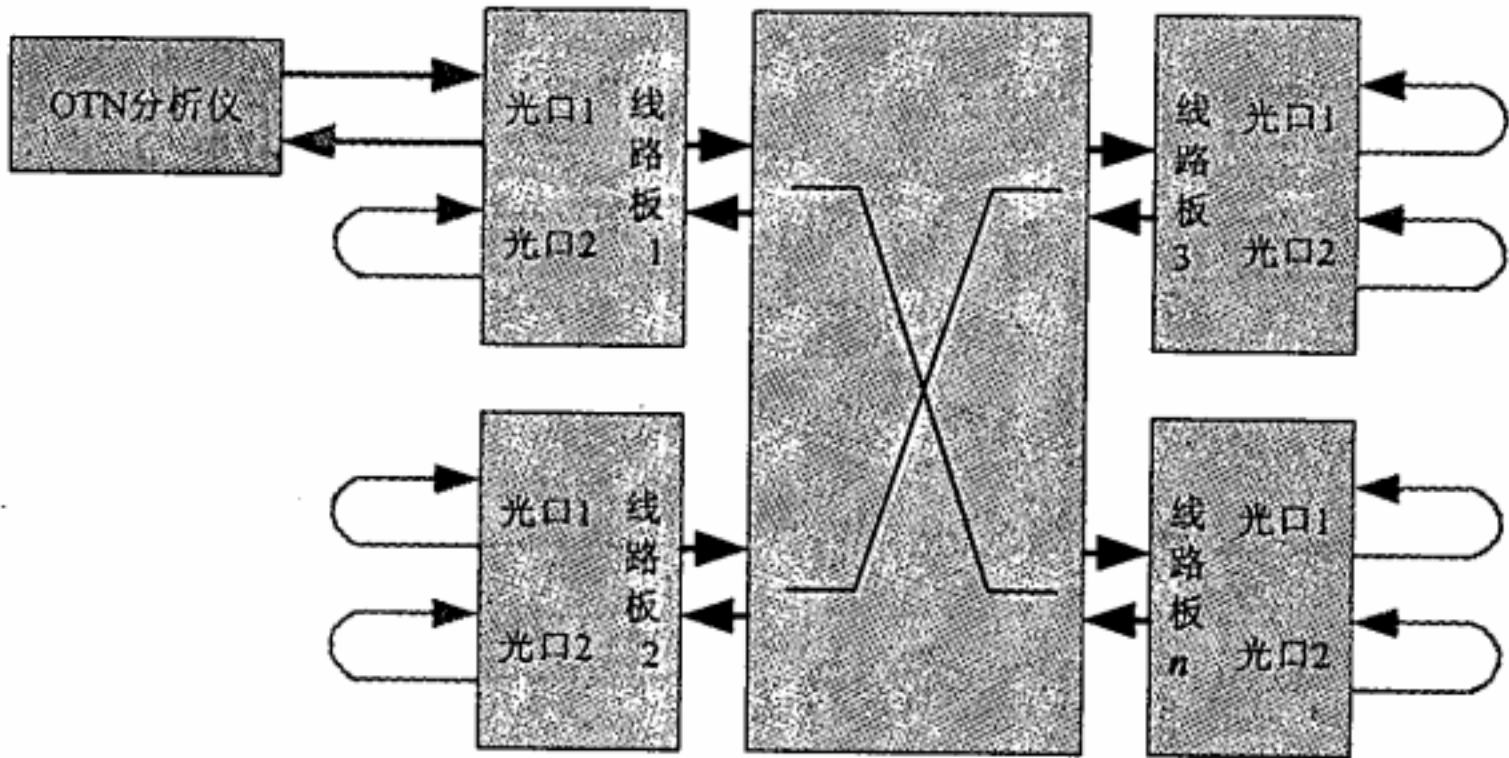


图 43 ODUk 交叉连接容量测试配置

9.3.1.3.3 测试步骤

- 按照下述步骤进行测试：
- a) 依据系统 $OTU_k(1,2,2e,3,4)$ 的最大容量配置相应类型的线路板，按上图连接好测试配置。
 - b) 线路板 1 从 OTN 分析仪上下业务，其余线路板的光口都自环。
 - c) 通过网管在被测 OTN 设备中配置业务如下：从线路板 1 光口 1 上业务，交叉到线路板 1 的光口 2；线路板 1 的光口 2 交叉到线路板 2 的光口 1，线路板 2 的光口 1 交叉到线路板 2 的光口 2，依次级联，最后线路板 n 光口 n 的输入业务交叉到线路板 1 的光口，并输出接到 OTN 分析仪进行监控，OTN 分析仪上应无告警和误码。
 - d) 拔掉线路板 1~ n 中任一块线路板，业务应中断。计算所有接入线路板卡的总量即为系统总的交叉容量。
 - e) 随机抽取 2 对板卡不配置业务，然后仍按照 c) 配置业务并检查业务正常工作；
 - f) 在被抽取的 2 对板卡之间随机配置若干条业务，检查已有业务是否受到影响，新建业务是否正常工作。

9.3.1.3.4 注意事项

对于设备子架支路板卡和线路板卡不通用槽位的情形，相应槽位应插入对应支路板卡进行测试。

9.3.1.4 交叉连接单元冗余

9.3.1.4.1 定义

指 ODUk 交叉连接单元 1+1 等冗余备份功能。

9.3.1.4.2 测试配置

测试配置如图 44 所示，测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数
据分析仪或 OTN 分析仪等。

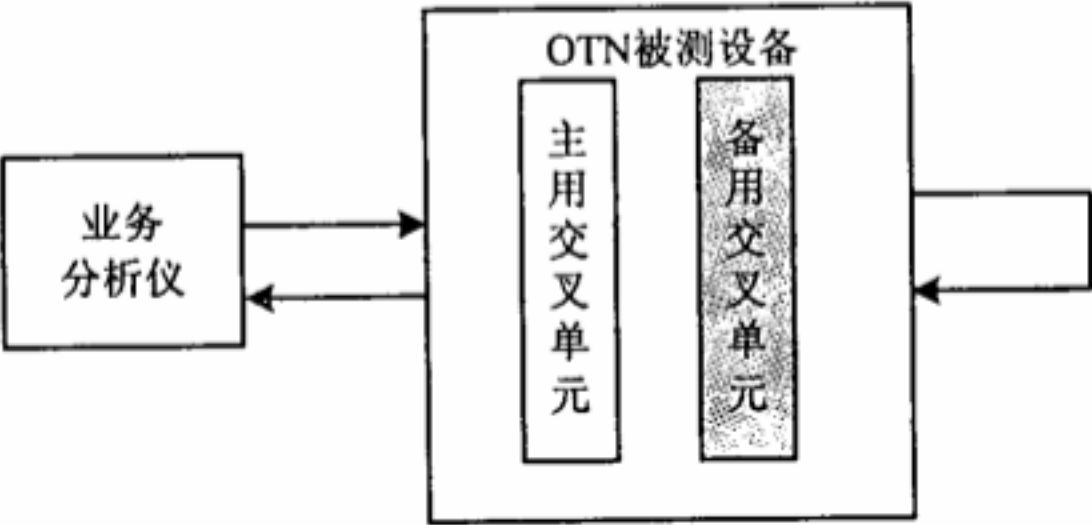


图 44 交叉连接单元冗余测试配置

9.3.1.4.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 44 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。
- b) 配置业务基于 ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 交叉连接经过主用交叉单元，业务从对端环回；
- c) 业务正常后，启用业务分析仪的 APS 功能，依次采用拔主（备）用交叉单元、网管人工切换主到备（备到主）、网管强制切换主到备（备到主）等方式，测试交叉连接单元发生切换时业务的受损时间。

9.3.1.4.4 注意事项

对于不同业务类型应分别测试 ODUk ($k=0,1,2,2e,3,4$) 交叉连接单元冗余切换时的受损时间。

9.3.1.5 ODUk 调度功能

9.3.1.5.1 定义

指 OTN 设备基于 ODUk 的业务调度功能。

9.3.1.5.2 测试配置

测试配置如图 45 所示，测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数
据分析仪或 OTN 分析仪等。

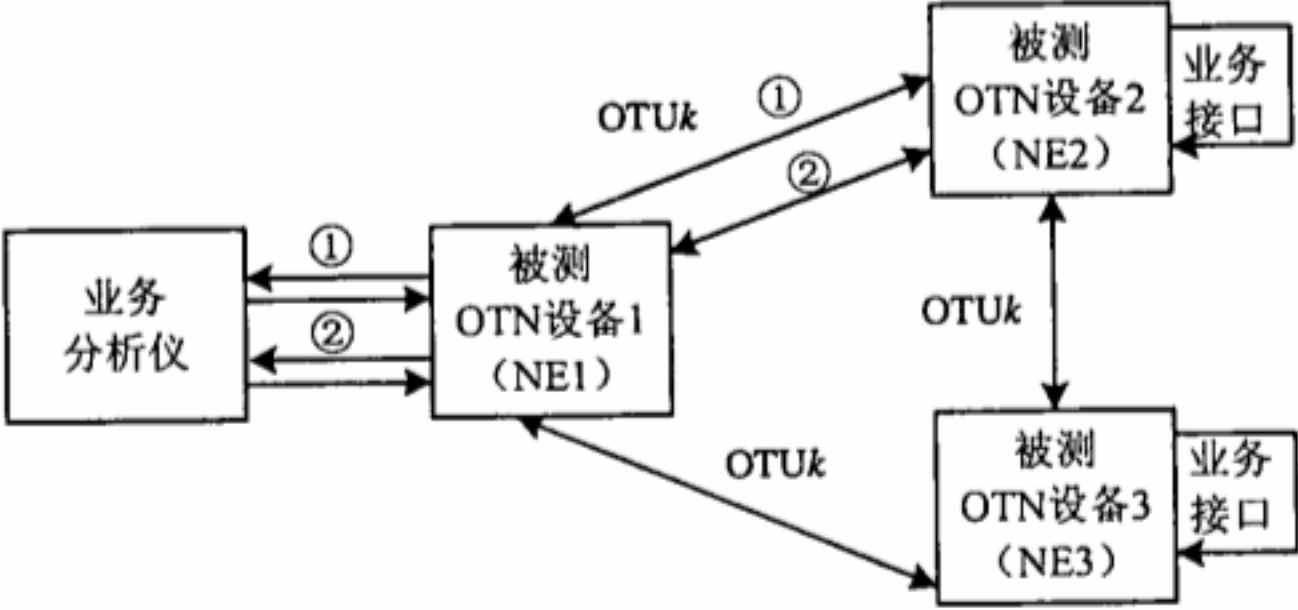


图 45 ODUk 调度测试配置

9.3.1.5.3 测试步骤

- 按照下述步骤进行测试：
- a) 按图 45 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。
 - b) 配置业务 1 在 OTN 网络中路径为 $NE1 \leftarrow \textcircled{1} \rightarrow NE2$ ，业务 2 在 OTN 网络中路径为 $NE1 \leftarrow \textcircled{2} \rightarrow NE2$ ，业务交叉连接颗粒为基于 ODU_k ($k=0,1,2,2e,3,4$)，在 $NE2$ 处环回。
 - c) 业务正常后，将业务 1 在 OTN 网络中路径修改为 $NE1 \leftrightarrow NE3$ ，业务交叉连接颗粒为基于 ODU_k ($k=0,1,2,2e,3,4$)，在 $NE3$ 处环回，检查业务 1 是否正常工作，是否对于已有业务 2 产生影响。
 - d) 拔掉被测 $NE1$ 和 $NE2$ 之间的连纤①，检查业务 1 是否受影响。
 - e) 修改接入业务为其他业务类型，重复步骤 b) ~d)。
- 对于实际业务调度容器与 OTN 线路接口 ODU_k 容器之间存在复用的情形（如调度容器为 ODU_0 ，线路接口容器为 ODU_k ($k=1,2,3,4$)；调度容器为 ODU_1 ，线路接口容器为 ODU_k ($k=2,3,4$)；调度容器为 $ODU_{2/2e}$ ，线路接口容器为 ODU_k ($k=3,4$) 等等），还需进行如下步骤测试：
- f) 修改业务 1 在 OTN 网络中的路径为 $NE1 \leftarrow \textcircled{1} \rightarrow NE2 \leftrightarrow NE3$ ，在 $NE3$ 业务接口处环回，修改业务 2 在 OTN 网络中的路径为 $NE1 \leftarrow \textcircled{2} \rightarrow NE2 \leftrightarrow NE3$ ，在 $NE3$ 业务接口处环回，检查业务 1 和 2 是否正常工作。
 - g) 修改业务 1 在 OTN 网络中的路径为 $NE1 \leftarrow \textcircled{2} \rightarrow NE2$ ，在 $NE2$ 业务接口处环回，检查业务 1 是否正常工作，是否对于已有业务 2 产生影响。
 - h) 拔掉被测 $NE2$ 和 $NE3$ 之间的连纤，检查业务 1 是否受影响。

9.3.1.5.4 注意事项

基于不同接入业务类型应分别测试 ODU_k ($k=0,1,2,2e,3,4$) 调度功能。

9.3.2 OCh 交叉连接功能测试

9.3.2.1 交叉连接方式

9.3.2.1.1 定义

指基于波长的交叉连接方式，即单向、双向、环回、广（多）播等交叉连接方式。

9.3.2.1.2 测试配置

测试配置如图 46 所示，测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

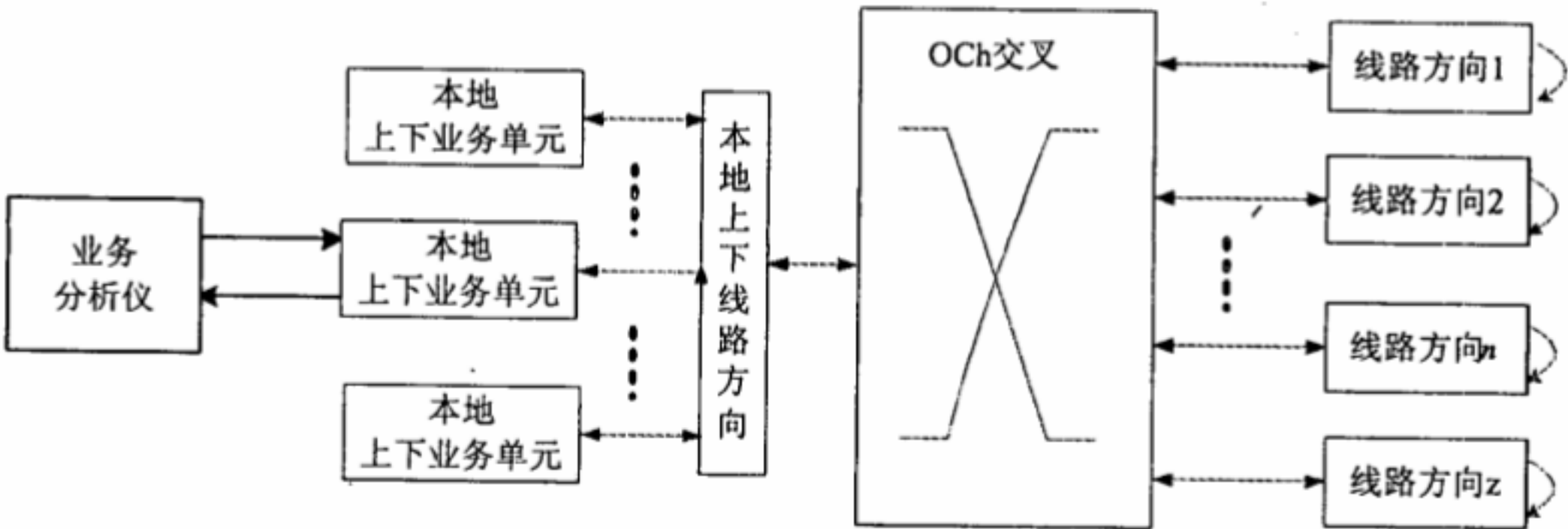


图 46 OCh 交叉连接方式测试配置

9.3.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 46 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。
- b) 配置业务流向为本地到线路方向，依次选择单向、双向、环回和广（多）播等基于 OCh 交叉连接方式，通过业务分析仪检查相应功能是否支持。

9.3.2.1.4 注意事项

对于不同本地上下业务单元应分别测试 OCh 交叉连接方式。

9.3.2.2 OCh 调度功能

9.3.2.2.1 定义

指 OTN 设备基于波长的调度功能。

9.3.2.2.2 测试配置

测试配置如图 47 所示，测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数
据分析仪或 OTN 分析仪等。

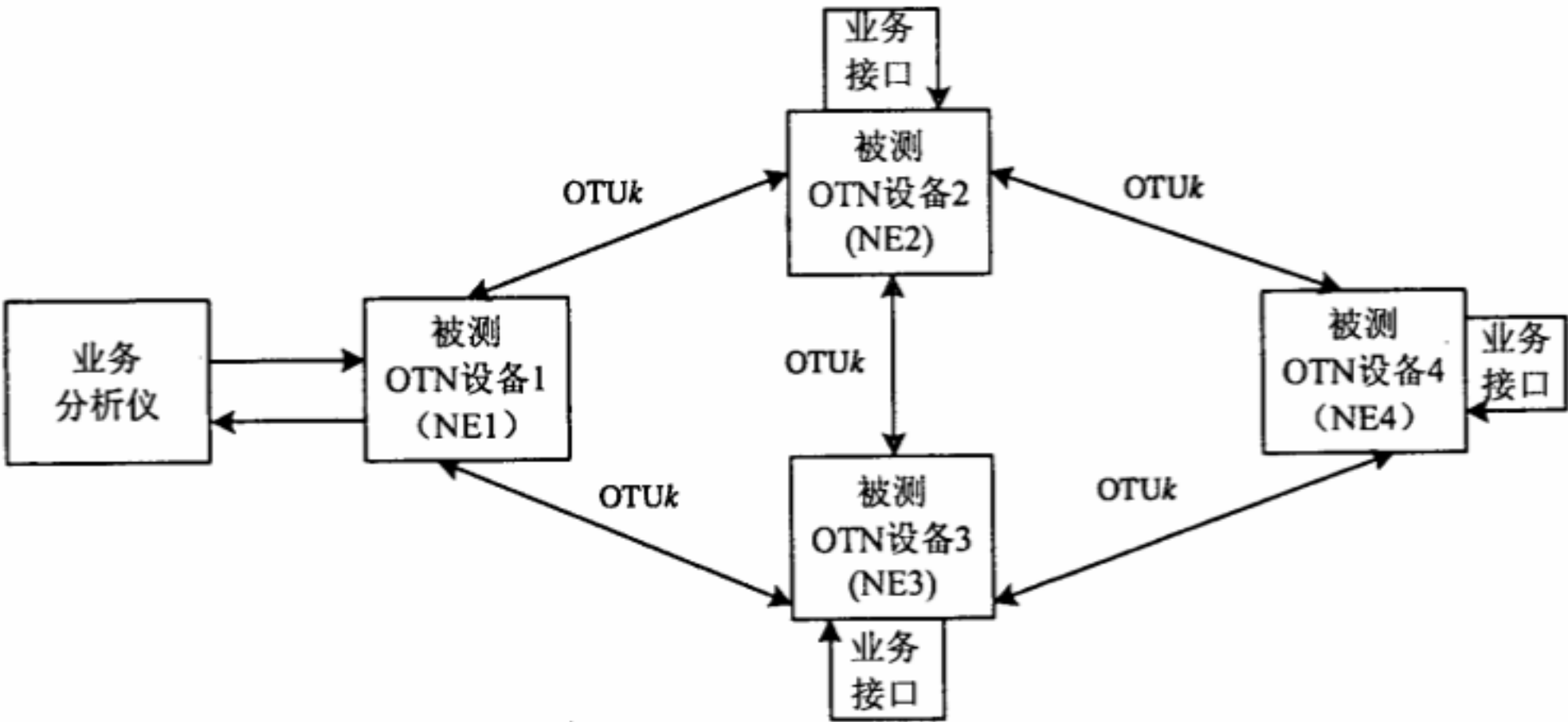


图 47 OCh 调度测试配置

9.3.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 47 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪。
- b) 配置业务 1 在 OTN 网络中路径为 NE1<->NE2，占用波长 λ_1 ，业务交叉连接颗粒为波长，在 NE2 处的本地上下业务单元环回。
- c) 业务正常后，将业务 1 在 OTN 网络中路径修改为 NE1<->NE2<->NE3，占用波长仍为 λ_1 ，业务交叉连接颗粒为波长，在 NE3 处的本地上下业务单元环回，检查业务 1 是否正常工作，是否对于已有其他业务产生影响。
- d) 将业务 1 在 OTN 网络中路径修改为 NE1<->NE2<->NE4，占用波长仍为 λ_1 ，业务交叉连接颗粒为波长，在 NE4 处的本地上下业务单元环回，检查业务 1 是否正常工作，是否对于已有其他业务产生影响。
- e) 拔掉 NE2 和 NE3 之间的连纤，检查业务 1 是否受影响，然后恢复光纤。
- f) 采用波长 λ_1 新建业务 2 的业务路径 NE1<->NE3<->NE4，NE4 采用和业务 1 相同的分波器/滤波器上下业务，检查业务 2 是否可以成功建立，若无法建立，网管是否有正确的波长冲突提示。
- g) 修改接入业务为其他业务类型，重复步骤 b) ~f)。

9.3.2.2.4 注意事项

基于不同接入业务类型应分别测试 OCh 调度功能。

9.4 OTN开销处理测试

9.4.1 OTUk SM层开销处理

对于接口适配处理单元、线路处理单元、接口线路合一（普通波长转换）单元和线路中继（中继波长转换）单元的具体 OTUk SM 层开销处理要求见 YD/T 1990-2009 的 9.3.6 节，测试方法见的 5.3 节。

9.4.2 ODUk PM层开销处理

对于接口适配处理单元、线路处理单元、接口线路合一（普通波长转换）单元和线路中继（中继波长转换）单元的具体 ODUk PM 层开销处理要求见 YD/T 1990-2009 的 9.3.6 节，测试方法见第 5.4.2 节。

9.4.3 ODUk TCM层开销处理

对于接口适配处理单元、线路处理单元、接口线路合一（普通波长转换）单元和线路中继（中继波长转换）单元的具体 ODUk TCMi 层开销处理要求见 YD/T 1990-2009 的 9.3.6 节，测试方法见的 5.4.3 节。

9.4.4 OPUk 开销处理

对于接口适配处理单元、线路处理单元 接口线路合一（普通波长转换）单元和线路中继（中继波长转换）单元的具体 OPUk 开销处理要求 YD/T 1990-2009 第 9.3.6 节，测试方法见的 5.5 节。

10 保护倒换测试

10.1 线性保护

10.1.1 OCh保护

10.1.1.1 OCh 1+1 保护

10.1.1.1.1 定义

OCh 1+1 保护是采用 OCh 信号并发选收的原理。保护倒换动作只发生在宿端，在源端进行永久桥接。一般情况下，OCh 1+1 保护工作于不可返回操作类型，但同时支持可返回操作，并且允许用户进行配置。

10.1.1.1.2 测试配置

测试配置如图 48 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

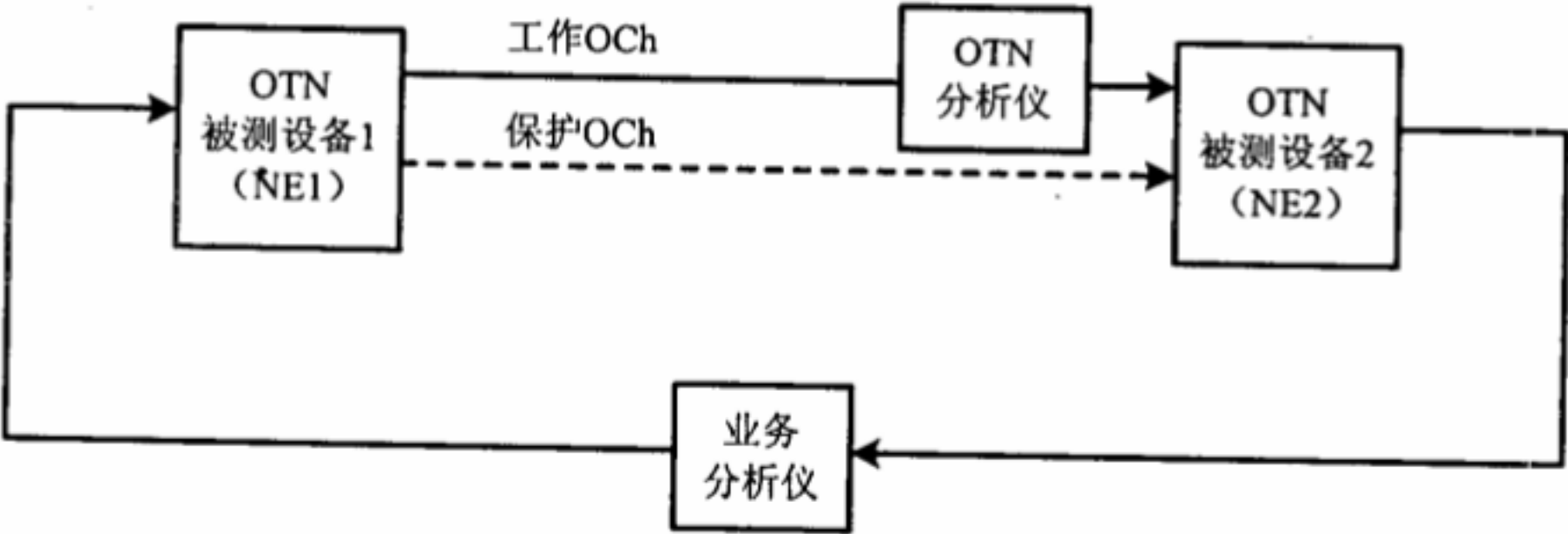


图 48 OCh 1+1 保护测试配置

10.1.1.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 48 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 OCh 1+1 保护倒换设置为可返回模式。

- b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。
- c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件：LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件：OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态
- e) 通过网管执行人工倒换和强制倒换，记录业务受损时间。
- f) OTN 设备 OCh 1+1 保护倒换修改为不可返回模式，重复步骤 b) ~e)。

10.1.1.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。
- b) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.1.2 OCh 1: N 保护

10.1.1.2.1 定义

1 个或者多个工作通道共享 1 个保护通道资源。当超过 1 个工作通道处于故障状态时，OCh 1: N 保护类型只能对其中优先级最高的工作通道进行保护。OCh 1: N 保护支持可返回与不可返回两种操作类型，并允许用户进行配置。OCh 1: N 保护支持单向倒换与双向倒换，并允许用户进行配置。不管对于单向倒换还是双向倒换，OCh 1: N 保护都需要在保护组内进行 APS 协议交互。OCh 1: N 保护可以支持额外业务。

10.1.1.2.2 测试配置

测试配置如图 48 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

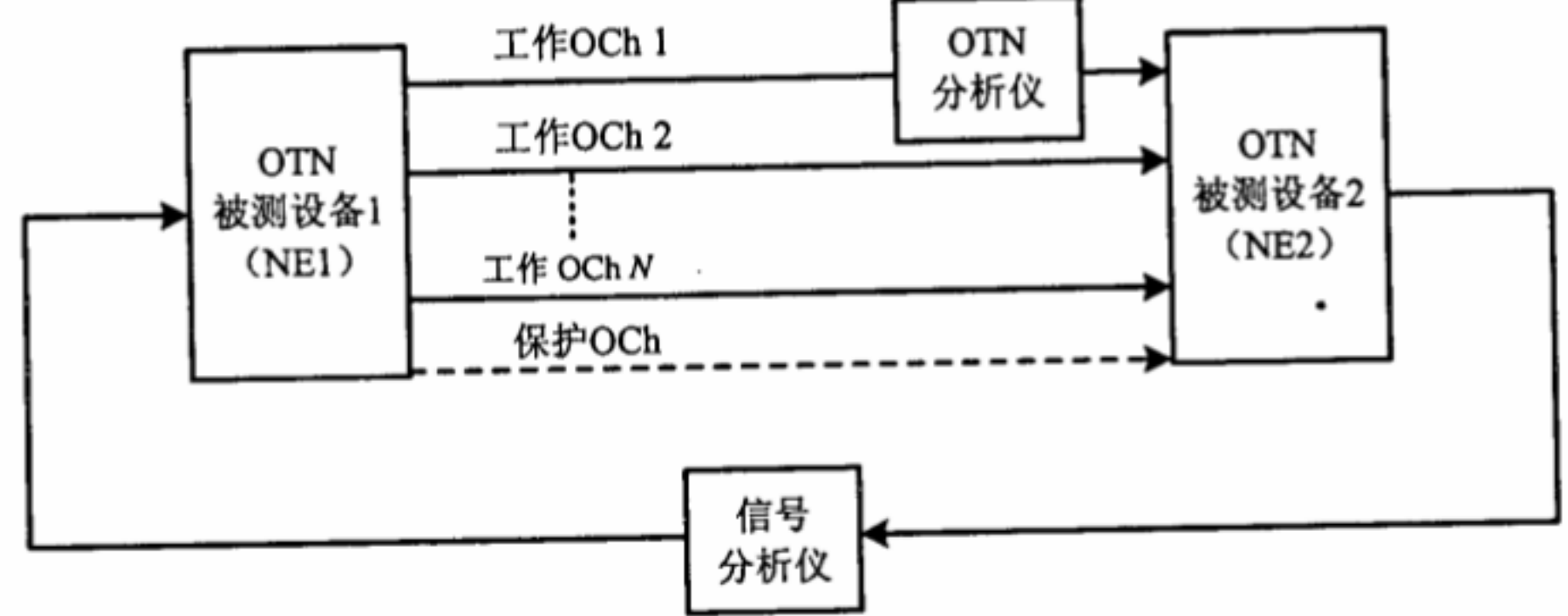


图 49 OCh 1: N 保护测试配置

10.1.1.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 49 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 OCh 1: N 保护倒换设置为可返回模式，N 值根据 OTN 设备支持选择。

b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。

c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等在工作 OCh 1 产生如下信号失效 (SF) 条件: LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。

d) 通过 OTN 分析仪在工作 OCh 1 产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG 等，同时记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。

e) 依次选择在 OCh 2~N 中穿通可介入模式的 OTN 分析仪，依次产生 c) 和 d) 中 SF 和 SD 故障和性能条件，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。

f) 依次选择在工作 OCh 1~N 中通过网管执行人工倒换和强制倒换，记录业务受损时间。

g) 设置工作 OCh1 的优先级为最高，同时中断工作 OCh1~N，查看被保护的 OCh 编号，并记录业务受损时间。

h) OTN 设备 OCh 1: N 保护倒换修改为不可返回模式，重复步骤 b) ~g)。

10.1.1.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 测试过程中保护 OCh 可介入额外业务，同时应查看额外业务是否发生倒换时中断，在倒换返回后自动恢复。

b) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。

c) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2 ODUk SNC保护

10.1.2.1 ODUk 1+1 SNCP/I 保护

10.1.2.1.1 定义

一个单独的工作信号由一个单独的保护实体进行保护。保护倒换动作只发生在宿端，在源端进行永久桥接，采用固有监视方式。

10.1.2.1.2 测试配置

测试配置如图 50 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

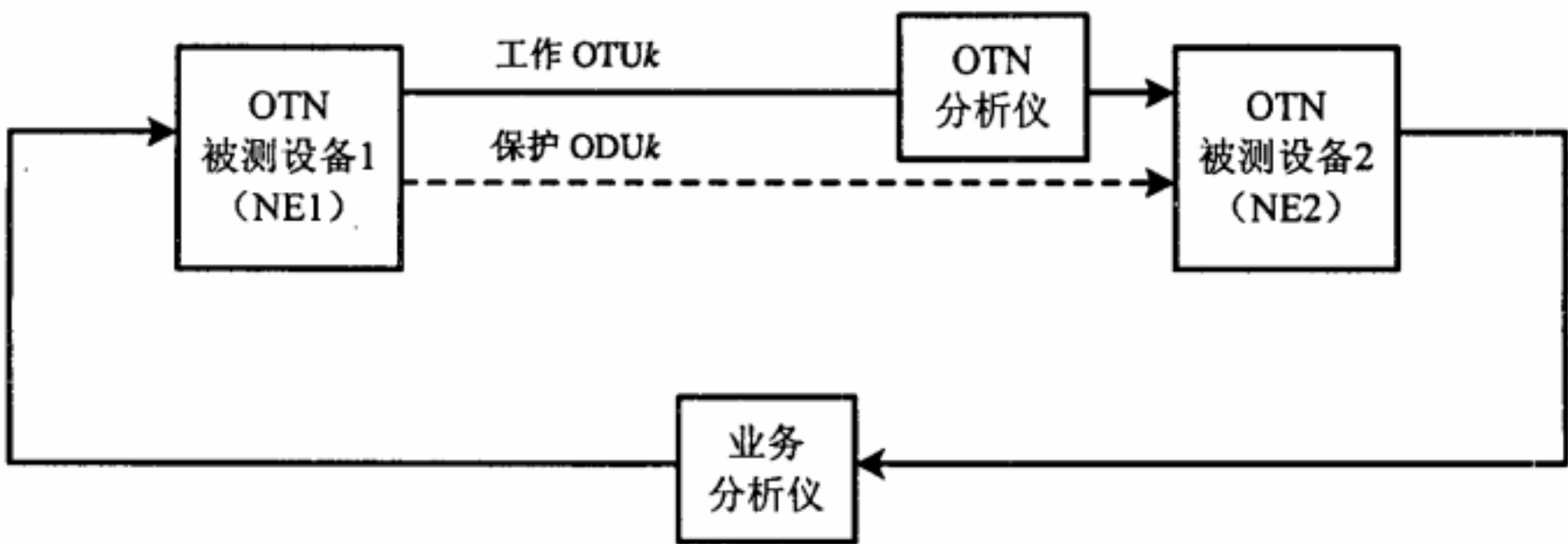


图 50 ODUk 1+1 SNCP/I 保护测试配置

10.1.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 50 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 ODUk ($k=0.1.2.2e.3.4$) 1+1 保护倒换设置为可返回模式。
- b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。
- c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件：LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、(ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等，仅在存在复用结构时适用) 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件：OTUk_DEG、(ODUk_PM_DEG，仅在存在复用结构时适用) 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- e) 通过网管执行人工倒换和强制倒换，记录业务受损时间。
- f) OTN 设备 ODUk 1+1 SNCP/I 保护倒换修改为不可返回模式，重复步骤 b) ~e)。

10.1.2.1.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 存在复用结构时所导致的 ODUk PM 子层触发倒换条件仅对于被复用的 ODUk 适用，如从 ODUk 直接复用到 ODUj ($j>k$)，ODUj 的 PM 子层相关告警和误码仅对于 ODUk 业务适用。
- b) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。
- c) 对于其他触发条件不应发生倒换动作。
- d) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2.2 ODUk 1+1 SNCP/N 保护

10.1.2.2.1 定义

一个单独的工作信号由一个单独的保护实体进行保护。保护倒换动作只发生在宿端，在源端进行永久桥接，采用非介入监视方式。

10.1.2.2.2 测试配置

测试配置如图 51 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

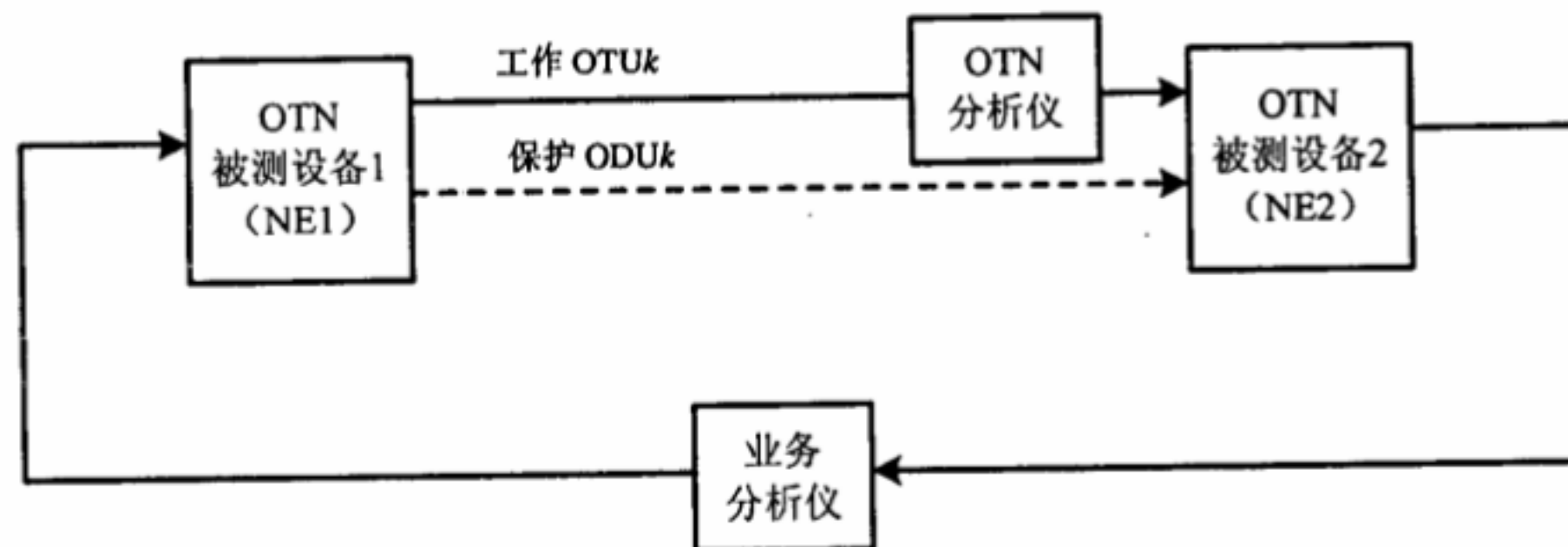


图 51 ODUk 1+1 SNCP/N 保护测试配置

10.1.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- 按图 51 所示连接好测试配置, 根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪, OTN 分析仪设置为穿通可介入模式, OTN 设备 ODU k ($k=0.1.2.2e.3.4$) 1+1 保护倒换设置为可返回模式。
- 业务连接正常后, 启动业务分析仪 APS 测试功能。
- 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件: LOS、OTU k _LOF、OTU k _LOM、OTU k _AIS、OTU k _TIM; ODU k _TCM n _OCI、ODU k _TCM n _LCK、ODU k _TCM n _AIS、ODU k _TCM n _TIM、ODU k _TCM n _LTC; ODU k _LOFLOM、ODU k _PM_AIS、ODU k _PM_LCK、ODU k _PM_OCI、ODU k _PM_TIM 等, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。
- 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTU k _DEG、ODU k _PM_DEG、ODU k _TCM n _DEG 等, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。
- 通过网管执行人工倒换和强制倒换, 记录业务受损时间。
- OTN 设备 ODU k 1+1 SNCP/ N 保护倒换修改为不可返回模式, 重复步骤 b) ~e)。

10.1.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- 测试时 TCM i 设置为“监测模式”。
- 对于双向倒换的配置, 应同时监视反方向业务的倒换受损时间。
- 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。
- 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形, 应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2.3 ODU k 1+1 SNCP/S 保护

10.1.2.3.1 定义

一个单独的工作信号由一个单独的保护实体进行保护。保护倒换动作只发生在宿端, 在源端进行永久桥接, 采用子层监视方式。

10.1.2.3.2 测试配置

测试配置如图 52 所示。测试仪表为业务分析仪, 根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

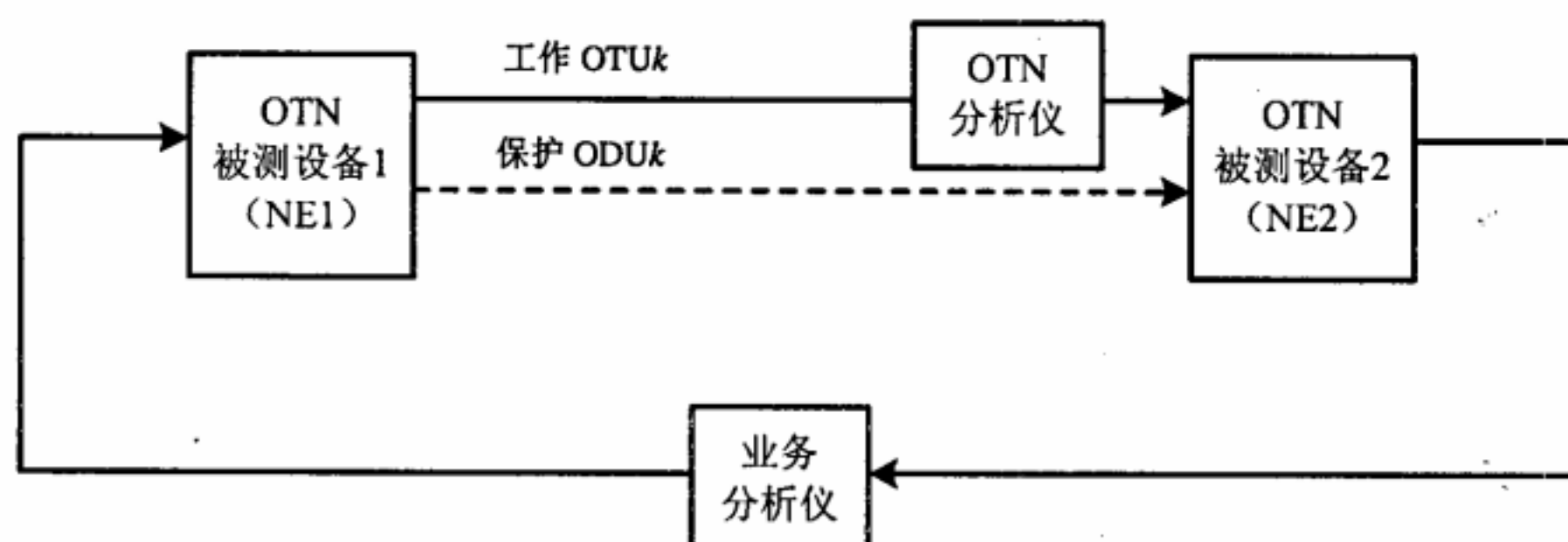


图 52 ODU k 1+1 SNCP/S 保护测试配置

10.1.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 52 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 ODU_k ($k=0.1.2.2e.3.4$) 1+1 保护倒换设置为可返回模式。
- b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。
- c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件：LOS、OTU_k_LOF、OTU_k_LOM、OTU_k_AIS、OTU_k_TIM；ODU_k_TCM_n_OCI、ODU_k_TCM_n_LCK、ODU_k_TCM_n_AIS、ODU_k_TCM_n_TIM、ODU_k_TCM_n_LTC (ODU_k_PM_AIS、ODU_k_PM_LCK、ODU_k_PM_OCI、ODU_k_PM_TIM 等，仅在存在复用结构时适用) 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件：OTU_k_DEG、ODU_k_TCM_n_DEG (ODU_k_PM_DEG，仅在存在复用结构时适用) 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- e) 通过网管执行人工倒换和强制倒换，记录业务受损时间。
- f) OTN 设备 ODU_k 1+1 SNCP/S 保护倒换修改为不可返回模式，重复步骤 b) ~e)。

10.1.2.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 测试时 TCM_i 设置为“运行模式”。
- b) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。
- c) 存在复用结构时所导致的 ODU_k PM 子层触发倒换条件仅对于被复用的 ODU_k 适用，如从 ODU_k 直接复用到 ODU_j ($j>k$)，ODU_j 的 PM 子层相关告警和误码仅对于 ODU_k 业务适用。
- d) 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。
- e) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2.4 ODU_k M:N SNCP/I 保护

10.1.2.4.1 定义

指一个或 N 个工作 ODU_k 共享 1 个或 M 个保护 ODU_k 资源，采用固有监视方式。

10.1.2.4.2 测试配置

测试配置如图 53 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

10.1.2.4.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 53 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 ODU_k ($k=0.1.2.2e.3.4$) $M:N$ 保护倒换设置为可返回模式。
- b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。
- c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件：LOS、OTU_k_LOF、OTU_k_LOM、OTU_k_AIS、OTU_k_TIM、(ODU_k_PM_AIS、ODU_k_PM_LCK、ODU_k_PM_OCI、ODU_k_PM_TIM 等，仅

在存在复用结构时适用), 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTU_k_DEG、(ODU_k_PM_DEG, 仅在存在复用结构时适用) 等, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

e) 依次选择在 ODU_k 2~*N* 中穿通可介入模式的 OTN 分析仪, 依次产生 c) 和 d) 中 SF 和 SD 故障和性能条件, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

f) 依次选择在工作 ODU_k 1~*N* 中通过网管执行人工倒换和强制倒换, 记录业务受损时间。

g) 设置工作 ODU_k 1~*N* 的优先级依次为由高到低, 同时中断工作 ODU_k 1~*N*, 查看被保护的 ODU_k 业务 ODU_k 编号, 记录业务受损时间。

h) OTN 设备 ODU_k M:*N* SNCP/S 保护倒换修改为不可返回模式, 重复步骤 b) ~g)。

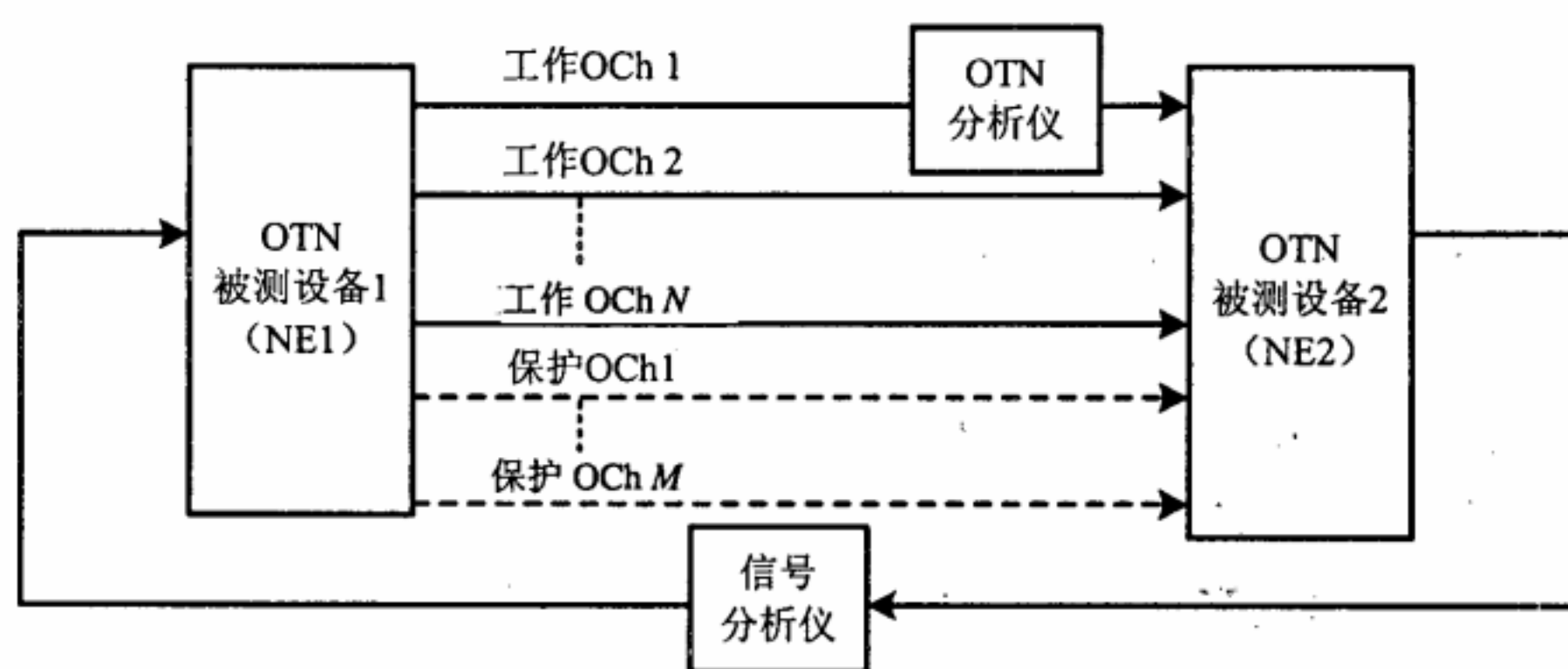


图 53 ODU_k M:*N* SNCP/I 保护测试配置

10.1.2.4.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 测试过程中保护 ODU_k 1~*M* 可介入额外业务, 同时应查看额外业务是否发生倒换时中断, 在倒换返回后自动恢复。

b) 对于双向倒换的配置, 应同时监视反方向业务的倒换受损时间。

c) 存在复用结构时所导致的 ODU_k PM 子层触发倒换条件仅对于被复用的 ODU_k 适用, 如从 ODU_k 直接复用到 ODU_j (*j*>*k*), ODU_j 的 PM 子层相关告警和误码仅对于 ODU_k 业务适用。

d) 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。

e) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形, 应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2.5 ODU_k M:*N* SNCP/N 保护

10.1.2.5.1 定义

指一个或 *N* 个工作 ODU_k 共享 1 个或 *M* 个保护 ODU_k 资源, 采用可介入监视方式。

10.1.2.5.2 测试配置

测试配置如图 54 所示。测试仪表为业务分析仪, 根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

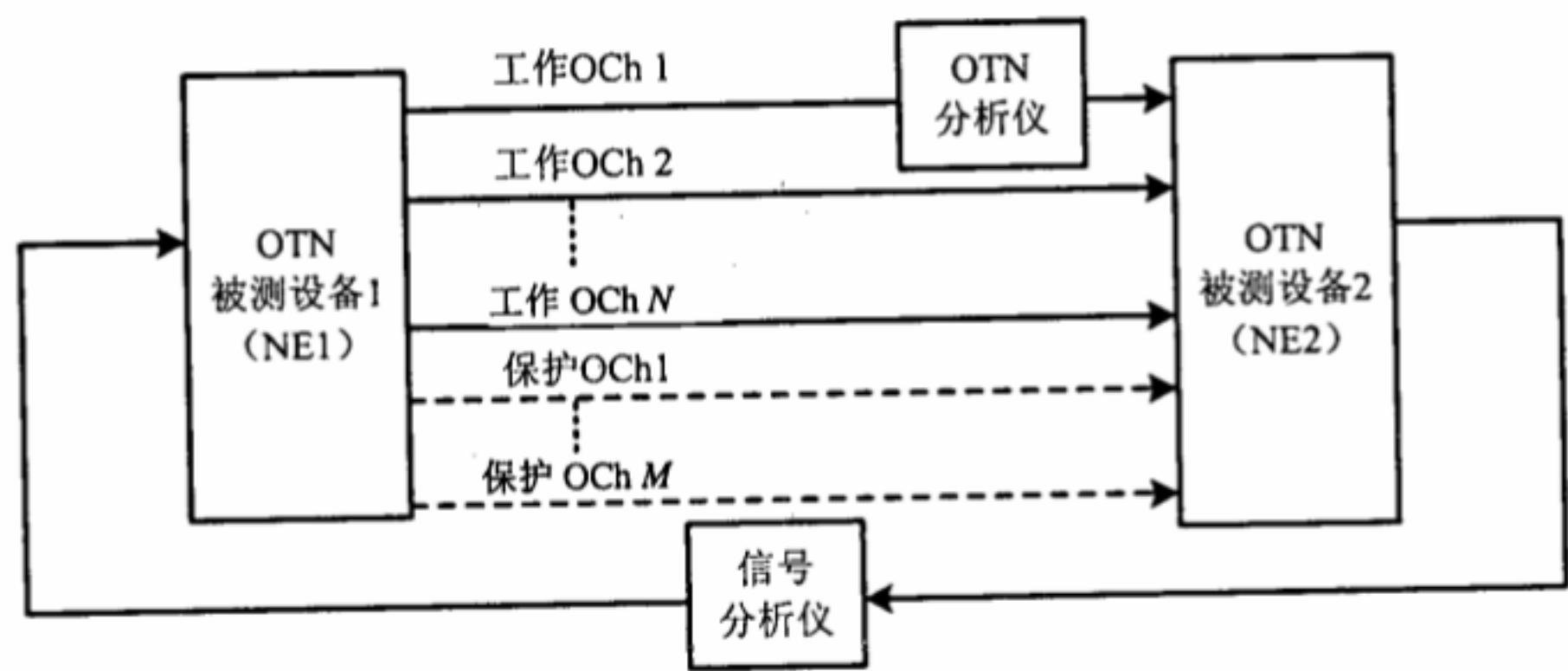


图 54 ODUk M:N SNCP/N 保护测试配置

10.1.2.5.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 按图 54 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式，OTN 设备 ODUk ($k=0.1.2.2e.3.4$) $M:N$ 保护倒换设置为可返回模式。
- b) 业务连接正常后，启动业务分析仪 APS 测试功能。
- c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件：LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM；ODUk_TCMn_OCI、ODUk_TCMn_LCK、ODUk_TCMn_AIS、ODUk_TCMn_TIM、ODUk_TCMn_LTC；ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件：OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG、ODUk_TCMn_DEG 等，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- e) 依次选择在 ODUk 2~N 中穿通可介入模式的 OTN 分析仪，依次产生 c) 和 d) 中 SF 和 SD 故障和性能条件，记录业务受损时间，并从网管上检查业务保护倒换状态。
- f) 依次选择在工作 ODUk 1~N 中通过网管执行人工倒换和强制倒换各两次，记录业务受损时间。
- g) 设置工作 ODUk 1~N 的优先级依次为由高到低，同时中断工作 ODUk 1~N，查看被保护的業務 ODUk 编号，记录业务受损时间。
- h) OTN 设备 ODUk M:N SNCP/S 保护倒换修改为不可返回模式，重复步骤 b) ~g)。

10.1.2.5.4 注意事项

测试时应注意下述事项：

- a) 测试时 TCMi 设置为“运行模式”。
- b) 测试过程中保护 ODUk 1~M 可介入额外业务，同时应查看额外业务是否发生倒换时中断，在倒换返回后自动恢复。
- c) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。
- d) 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。
- e) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.1.2.6 ODUk M:N SNCP/S 保护

10.1.2.6.1 定义

指一个或 N 个工作 ODUk 共享 1 个或 M 个保护 ODUk 资源, 采用子层监视方式。

10.1.2.6.2 测试配置

测试配置如图 55 所示。测试仪表为业务分析仪, 根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

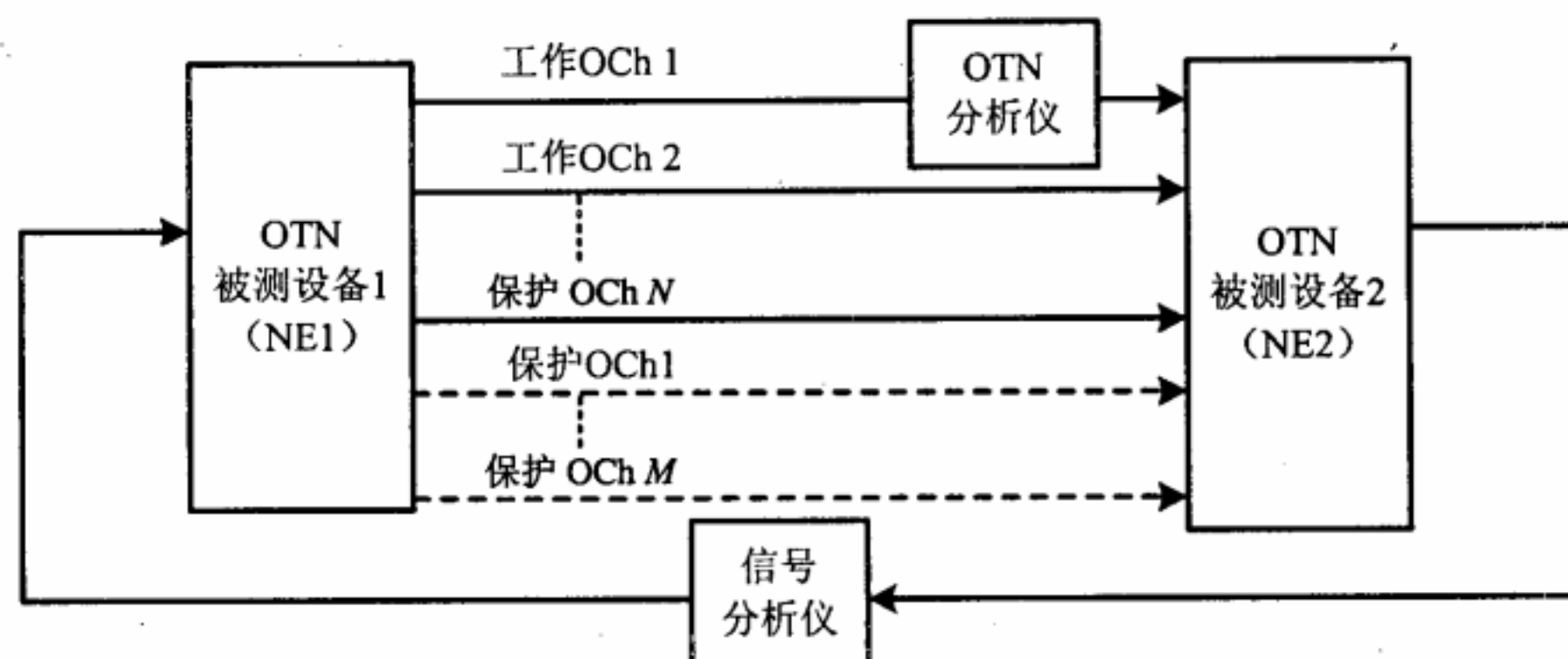


图 55 ODUk M:N SNCP/S 保护测试配置

10.1.2.6.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 按图 55 所示连接好测试配置, 根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪, OTN 分析仪设置为穿通可介入模式, OTN 设备 ODUk ($k=0.1.2.2e.3.4$) M:N 保护倒换设置为可返回模式。

b) 业务连接正常后, 启动业务分析仪 APS 测试功能。

c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件: LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM; ODUk_TCMn_OCI、ODUk_TCMn_LCK、ODUk_TCMn_AIS、ODUk_TCMn_TIM、ODUk_TCMn_LTC (ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等, 仅在存在复用结构时适用) 等, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTUk_DEG、ODUk_TCMn_DEG (ODUk_PM_DEG, 仅在存在复用结构时适用) 等, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

e) 依次选择在 ODUk 2~N 中穿通可介入模式的 OTN 分析仪, 依次产生 c) 和 d) 中 SF 和 SD 故障和性能条件, 记录业务受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态。

f) 依次选择在工作 ODUk 1~N 中通过网管执行人工倒换和强制倒换, 记录业务受损时间。

g) 设置工作 ODUk 1~N 的优先级依次为由高到低, 同时中断工作 ODUk 1~N, 查看被保护的 ODUk 编号, 记录业务受损时间。

h) OTN 设备 ODUk M:N SNCP/S 保护倒换修改为不可返回模式, 重复步骤 b) ~g)。

10.1.2.6.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 测试时 TCMi 设置为“运行模式”。

b) 测试过程中保护 ODUk 1~M 可介入额外业务, 同时应查看额外业务是否发生倒换时中断, 在倒

换返回后自动恢复。

c) 对于双向倒换的配置，应同时监视反方向业务的倒换受损时间。

d) 存在复用结构时所导致的 ODU_k PM 子层触发倒换条件仅对于被复用的 ODU_k 适用，如从 ODU_k 直接复用到 ODU_j ($j>k$)，ODU_j 的 PM 子层相关告警和误码仅对于 ODU_k 业务适用。

e) 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。

f) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形，应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.2 环网保护

10.2.1 OCh SPRing 保护

10.2.1.1 定义

指基于 OCh 共享的环网保护方式，见 YD/T 1990-2009 第 10.3.1 节。

10.2.1.2 测试配置

测试配置如图 56 所示。测试仪表为业务分析仪，根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数
据分析仪或 OTN 分析仪等。

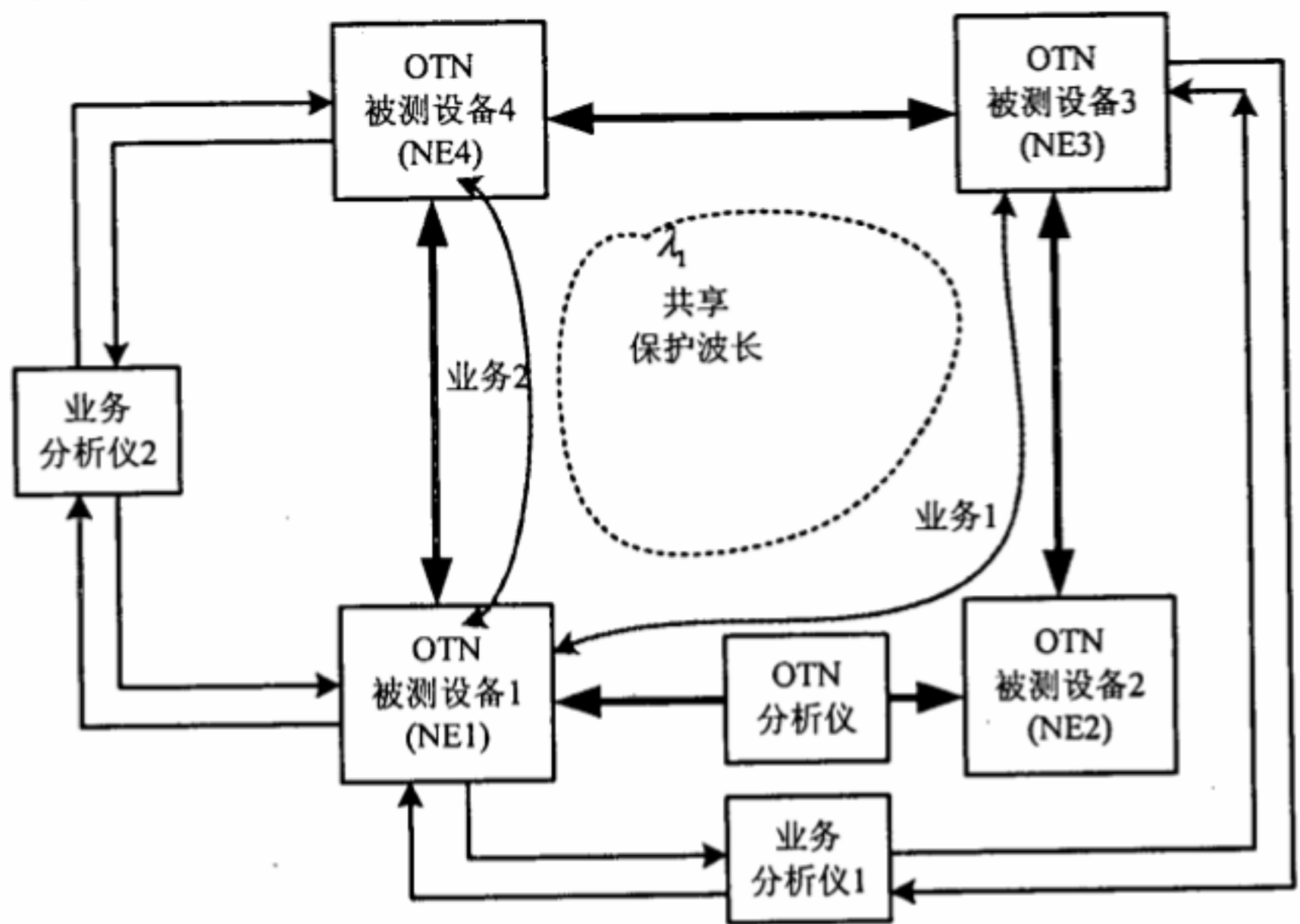


图 56 OCh SPRing 保护测试配置

10.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 按图 56 所示连接好测试配置，根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪，OTN 分析仪设置为穿通可介入模式。OTN 设备 OCh SPRing 保护倒换设置为可返回模式。

b) 选择波长 λ_1 为共享保护波长，通过网管配置建立从 NE1->NE2->NE3 的业务 1 和 NE1->NE4 的业务 2。

c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效(SF)条件: LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等,记录业务 1 受损时间,并从网管上检查业务保护倒换状态,同时查看业务 2 是否受到影响。

d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG 等,记录业务 1 受损时间,并从网管上检查业务保护倒换状态,同时查看业务 2 是否受到影响。

e) 通过网管对于业务 1 执行人工倒换和强制倒换,记录业务受损时间,同时查看业务 2 是否受到影响。

f) 节点 NE2 掉电,记录业务 1 受损时间,同时查看业务 2 是否受到影响。

g) 节点 NE1 掉电,检查业务是否发生错连。

h) OTN 设备 OCh SPRing 保护倒换修改为不可返回模式,重复步骤 b) ~g)。

10.2.1.4 注意事项

对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形,应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

10.2.2 ODUk SPRing 保护

10.2.2.1 定义

指基于 ODUk 共享的环网保护方式,见 YD/T 1990-2009 第 10.3.2 节。

10.2.2.2 测试配置

测试配置如图 57 所示。测试仪表为业务分析仪,根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

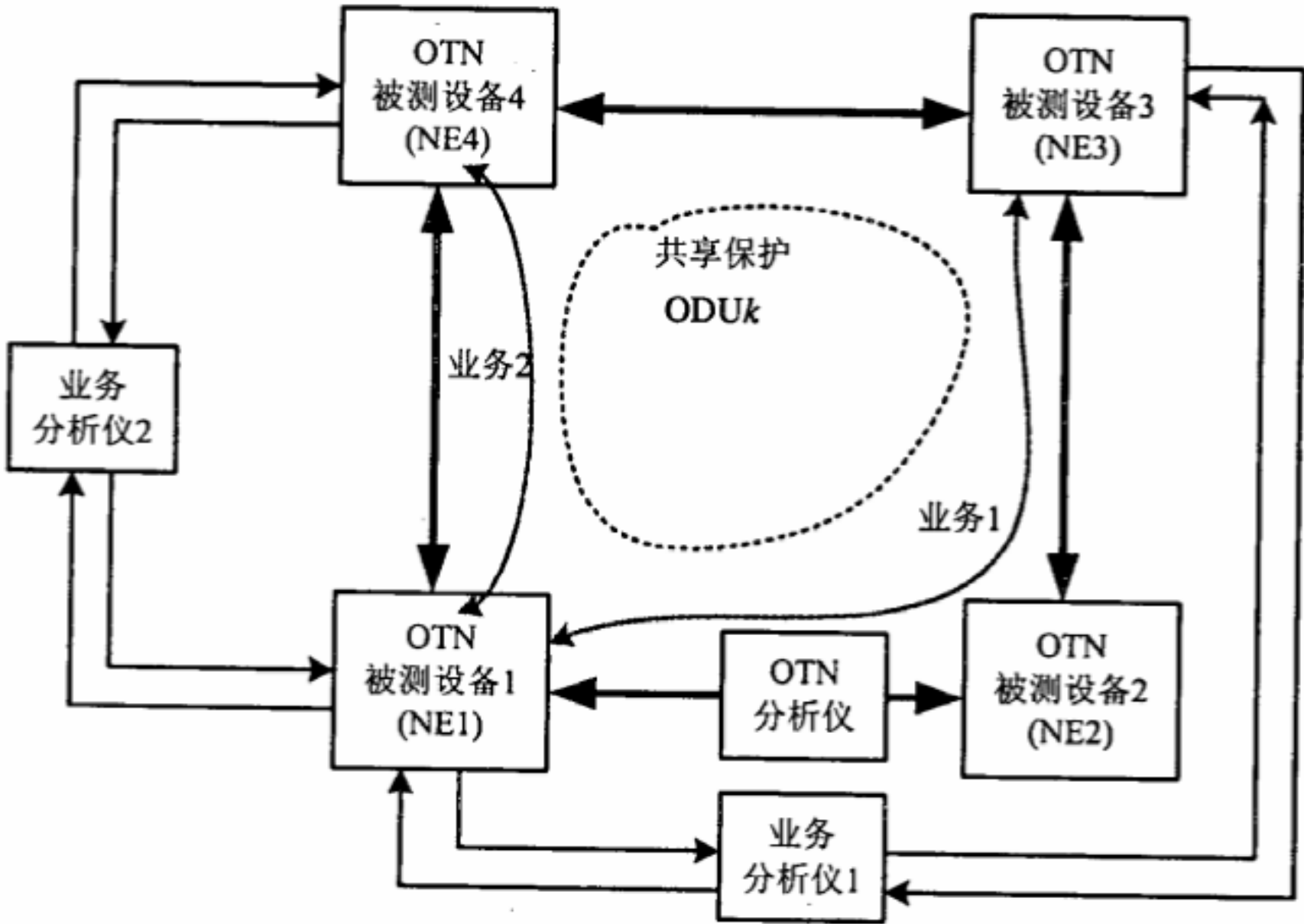


图 57 ODUk SPRing 保护测试配置

10.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 按图 57 所示连接好测试配置,根据客户侧业务接入类型连接相应的业务分析仪; OTN 分析仪设

置为穿通可介入模式。OTN 设备 ODUk SPRing 保护倒换设置为可返回模式。

b) 通过网管配置建立从 NE1<->NE2<->NE3 的业务 1 和 NE1<->NE4 的业务 2。

c) 通过 OTN 分析仪和拔纤等产生如下信号失效 (SF) 条件: LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM (ODUk_TCMn_OCI、ODUk_TCMn_LCK、ODUk_TCMn_AIS、ODUk_TCMn_TIM、ODUk_TCMn_LTC、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等, 仅在存在复用结构时适用) 等, 记录业务 1 受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态, 同时查看业务 2 是否受到影响。

d) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTUk_DEG (ODUk_PM_DEG、ODUk_TCMn_DEG 等, 仅在存在复用结构时适用) 等, 记录业务 1 受损时间, 并从网管上检查业务保护倒换状态, 同时查看业务 2 是否受到影响。

e) 通过网管对于业务 1 执行人工倒换和强制倒换, 记录业务受损时间, 同时查看业务 2 是否受到影响。

f) 节点 NE2 掉电, 记录业务 1 受损时间, 同时查看业务 2 是否受到影响。

g) 节点 NE1 掉电, 检查业务是否发生错连。

h) OTN 设备 ODUk SPRing 保护倒换修改为不可返回模式, 重复步骤 b) ~g)。

10.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) 存在复用结构时所导致的 ODUk 子层触发倒换条件仅对于被复用的 ODUk 适用, 如从 ODUk 直接复用到 ODUj ($j > k$), ODUj 子层相关告警和误码仅对于 ODUk 业务适用。

b) 对于其他触发条件不应发生保护倒换动作。

c) 对于现网测试和其他一些单台业务分析仪无法连接被保护业务两端等情形, 应采用两端挂表或者远端环回的方式进行测试。基于环回测试配置的实际业务受损时间应为仪表测试业务受损时间减去环回本身产生的时延值。

11 网管功能验证

11.1 网管系统一般要求功能验证

OTN 网管系统的接入方式、故障处理要求、用户界面、时间标记以及系统管理功能、软件技术等方面的功能实现应符合 YD/T 1383-2005 第 6.1 节。

网元同网元之间通过数据通讯网或 ECC 通讯, 网管同网元之间通过数据通讯网通讯, 其中 ECC 协议栈可以选择: OSI 或 TCP/IP。网管和网元之间的管理支持 Q3 或 Qx 协议。

11.2 网元管理功能验证

11.2.1 故障管理

11.2.1.1 告警类型、严重等级及状态

告警类型、严重等级及状态的功能实现应符合 YD/T 1383-2005 第 6.2.1.1 节。

11.2.1.2 告警收集与显示

告警收集与显示的功能实现应符合 YD/T 1383-2005 第 6.2.1.2 节。

11.2.1.3 告警和维护信号类型

告警和维护信号类型的具体实现应满足表 1。

表 1 OTN 网络告警和维护信号类型

告警分类	告警和维护信号参数名称
以太网客户层告警	<div>— 以太网物理端口信号丢失告警 (ETH-LOS);</div> <div>— 以太网链路丢失 (LINK-ERR) (可选);</div> <div>— CRC 错包超限告警;</div> <div>— 接收坏包超限告警 (可选);</div> <div>— 接收对齐错包超限告警 (可选)</div>
SDH客户层告警	<div>— 信号丢失 (LOS);</div> <div>— 帧丢失 (LOF);</div> <div>— 再生段信号劣化 (RS-DEG);</div> <div>— 复用段远端缺陷指示 (MS-RDI) (可选);</div> <div>— 复用段告警指示信号 (MS-AIS) (可选);</div> <div>— 高阶通道告警指示信号 (AU-AIS) (可选);</div> <div>— 高阶通道指针丢失 (AU-LOP) (可选);</div> <div>— J0 踪迹字节失配</div>
ODUk子层 OPUk 告警	<div>— OPUk 净荷失配 (OPUk_PLM);</div> <div>— OPUk VCAT 虚级联净荷失配 (OPUk_VCAT_VcPLM);</div> <div>— OPUk VCAT 序列号失配 (OPUk_VCAT_SQM);</div> <div>— OPUk 复用结构标识符失配 (OPUk_MSIM)</div>
ODUk子层TCMi告警	<div>— ODUk TCMi 告警指示 (ODUk_TCMi_AIS);</div> <div>— ODUk TCMi 锁定缺陷 (ODUk_TCMi_LCK);</div> <div>— ODUk TCMi 开放连接指示 (ODUk_TCMi_OCI);</div> <div>— ODUk TCMi 踪迹标识失配 (ODUk_TCMi_TIM);</div> <div>— ODUk TCMi 信号劣化 (ODUk_TCMi_DEG);</div> <div>— ODUk TCMi 后向缺陷指示 (ODUk_TCMi_BDI);</div> <div>— ODUk TCMi 串联连接丢失 (ODUk_TCMi_LTC);</div> <div>— ODUk TCMi 服务信号失效 (OUUk_TCMi_SSF)</div>
ODUk子层PM告警	<div>— ODUk PM 告警指示 (ODUk_PM_AIS);</div> <div>— ODUk PM 锁定缺陷 (ODUk_PM_LCK);</div> <div>— ODUk PM 开放连接指示 (ODUk_PM_OCI);</div> <div>— ODUk PM 踪迹失配 (ODUk_PM_TIM);</div> <div>— ODUk PM 信号劣化 (ODUk_PM_DEG);</div> <div>— ODUk PM 后向缺陷指示 (ODUk_PM_BDI);</div> <div>— ODUk PM 服务信号失效 (ODUk_PM_SSF)</div>
OTUk子层告警	<div>— OTUk 帧丢失 (OTUk_LOF);</div> <div>— OTUk 复帧丢失 (OTUk_LOM);</div> <div>— OTUk 告警指示 (OTUk_AIS);</div> <div>— OTUk 踪迹失配 (OTUk_TIM);</div> <div>— OTUk 信号劣化 (OTUk_DEG);</div> <div>— OTUk 反向缺陷指示 (OTUk_BDI);</div> <div>— OTUk 信号失效 (OTUk_SSF);</div> <div>— FEC 纠错前过量误码告警;</div> <div>— FEC 纠错后误码过量告警</div>

表 1（续）

告警分类	告警和维护信号参数名称
OCh子层告警	<div>— OCh 层净荷信号丢失（OCH_LOS_P）（可选）；</div> <div>— OCh 层净荷前向缺陷指示（OCH_FDI_P）（可选）；</div> <div>— OCh 层开销前向缺陷指示（OCH_FDI_O）（可选）；</div> <div>— OCh 层开放连接指示（OCH_OCI）（可选）；</div> <div>— OCh 层前向缺陷指示（OCH_FDI）（可选）；</div> <div>— OCh 层服务层信号故障（OCH_SSF）（可选）；</div> <div>— OCh 层净荷服务层信号故障（OCH_SSF_P）（可选）；</div> <div>— OCh 层开销服务层信号故障（OCH_SSF_O）（可选）；</div> <div>— 输入光功率过限；</div> <div>— 输出光功率过限；</div> <div>— 激光器发送失效；</div> <div>— 激光器寿命预告警（可选）；</div> <div>— 激光器背光功率告警（可选）；</div> <div>— 激光器温度过限（可选）；</div> <div>— 激光器制冷电流过限（可选）</div>
OMS 层告警	<div>— OMS 层净荷信号丢失（OMS_LOS_P）（可选）；</div> <div>— OMS 开销后向缺陷指示（OMS_BDI_O）（可选）；</div> <div>— OMS 净荷后向缺陷指示（OMS_BDI_P）（可选）；</div> <div>— OMS 开销前向缺陷指示（OMS_FDI_O）（可选）；</div> <div>— OMS 净荷前向缺陷指示（OMS_FDI_P）（可选）；</div> <div>— OMS 后向缺陷指示（OMS_BDI）（可选）；</div> <div>— OMS 前向缺陷指示（OMS_FDI）（可选）；</div> <div>— OMS 服务信号故障（OMS_SSF）（可选）；</div> <div>— OMS 净荷服务信号故障（OMS_SSF_P）（可选）；</div> <div>— OMS 开销服务信号故障（OMS_SSF_O）（可选）；</div> <div>— 输入/输出合路信号丢失（可选）；</div> <div>— 输入/输出合路光功率过限（可选）</div>
OTS 层告警	<div>— OTS 净荷信号丢失（OTS_LOS_P）（可选）；</div> <div>— OTS 开销信号丢失（OTS_LOS_O）（可选）；</div> <div>— OTS 开销后向缺陷指示（OTS_BDI_O）（可选）；</div> <div>— OTS 净荷后向缺陷指示（OTS_BDI_P）（可选）；</div> <div>— OTS 净荷丢失指示（OTS_PMI）（可选）；</div> <div>— OTS 后向缺陷指示（OTS_BDI）（可选）；</div> <div>— 输入光功率过限；</div> <div>— 输出光功率过限（可选）；</div> <div>— 光放大器泵浦激光器偏流过限；</div> <div>— 泵浦激光器温度过限（可选）</div>
光监控通路告警	<div>— 信号丢失；</div> <div>— 信号帧丢失（可选）；</div> <div>— 信号劣化；</div> <div>— 误码过限；</div> <div>— 激光器发送失效；</div> <div>— 激光器寿命预告警（可选）</div>

表 1（续）

告警分类	告警和维护信号参数名称
硬件设备告警	— 单元盘脱位； — 单元盘故障； — 单元盘失配（可选）
外部环境告警	— 电源故障； — 环境温度超限

11.2.1.4 告警相关操作

网管系统应支持对告警进行如下操作：

- a) 告警确认；
- b) 告警清除；
- c) 告警屏蔽；
- d) 告警过滤；
- e) 告警级别设置；
- f) 告警同步；
- g) 告警相关性抑制与故障定位；
- h) 告警查询与统计；
- i) 告警输出；
- j) 环回测试功能。

具体功能实现应满足 YD/T 1383-2005 的 6.2.1 节。

11.2.2 性能管理

11.2.2.1 性能参数

性能参数的具体实现应满足表 2。

表 2 OTN 网络性能参数列表

性能分类	性能参数名称
以太网客户层性能	— 接收的正常包数； — 发送的正常包数； — 接收 CRC 错包； 以下性能为可选： — 接收/发送不同长度的包统计； — 接收超长包计数； — 接收超短包； — 接收对齐错
SDH客户层性能	— 再生段误码秒（RS-ES）； — 再生段严重误码秒（RS-SES）； — 再生段背景块误码（RS-BBE）； — 再生段不可用秒（RS-UAS）； 以下性能为可选： — 复用段误码秒（MS-ES）； — 复用段严重误码秒（MS-SES）； — 复用段背景块误码（MS-BBE）；

表 2（续）

性能分类	性能参数名称
SDH客户层性能	<div>— 复用段不可用秒（MS-UAS）；</div> <div>— 复用段远端背景误码块（MS-FEBBE）</div> <div>— 复用段远端误码秒（MS-FEES）</div> <div>— 复用段远端严重误码秒（MS-FESES）</div> <div>— 复用段远端不可用秒（MS-FEUAS）</div>
ODUk子层PM性能	<div>— PM 背景块误码（PM-BBE）；</div> <div>— PM 背景块误码比（PM-BBER）（可选）；</div> <div>— PM 误码秒（PM-ES）；</div> <div>— PM 严重误码秒（PM-SES）；</div> <div>— PM 严重误码秒比（PM-SESR）（可选）；</div> <div>— PM 不可用秒（PM-UAS）；</div> <div>— PM 远端背景块误码（PM-FEBBE）；</div> <div>— PM 远端背景块误码比（PM-FEBBER）（可选）；</div> <div>— PM 远端误码秒（PM-FEES）；</div> <div>— PM 远端严重误码秒（PM-FESES）；</div> <div>— PM 远端不可用秒（PM-FEUAS）；</div> <div>— PM 远端严重误码秒比（PM-FESESER）（可选）</div>
ODUk 子层 TCM 性能	<div>— TCMi 背景误码块（TCMi-BBE）；</div> <div>— TCMi 背景误码块比（TCMi-BBER）（可选）；</div> <div>— TCMi 后向输入定位误码秒（TCMi-BIAES）；</div> <div>— TCMi 输入定位误码秒（TCMi-IAES）；</div> <div>— TCMi 误码秒（TCMi-ES）；</div> <div>— TCMi 严重误码秒（TCMi-SES）；</div> <div>— TCMi 严重误码秒比（TCMi-SESR）（可选）；</div> <div>— TCMi 不可用秒（TCMi-UAS）；</div> <div>— TCMi 远端背景块误码（TCMi-FEBBE）；</div> <div>— TCMi 远端背景块误码比（TCMi-FEBBER）（可选）；</div> <div>— TCMi 远端误码秒（TCMi-FEES）；</div> <div>— TCMi 远端严重误码秒（TCMi-FESES）；</div> <div>— TCMi 远端严重误码秒比（TCMi-FESESER）（可选）；</div> <div>— TCMi 远端不可用秒（TCMi-FEUAS）</div>
OTU 子层 SM 段性能	<div>— SM 背景块误码（SM-BBE）；</div> <div>— SM 背景块误码比（SM-BBER）（可选）；</div> <div>— SM 后向输入定位误码秒（SM-BIAES）；</div> <div>— SM 误码秒（SM-ES）；</div> <div>— SM 严重误码秒（SM-SES）；</div> <div>— SM 严重误码秒比（SM-SESR）（可选）；</div> <div>— SM 不可用秒（SM-UAS）；</div> <div>— SM 远端背景块误码（SM-FEBBE）；</div> <div>— SM 远端背景块误码比（SM-FEBBER）（可选）；</div> <div>— SM 输入定位误码秒（SM-IAES）；</div> <div>— SM 远端误码秒（SM-FEES）；</div>

表 2（续）

性能分类	性能参数名称
OTU 子层 SM 段性能	<div>— SM 远端严重误码秒（SM-FESES）；</div> <div>— SM 远端严重误码秒比（SM-FESES_R）（可选）；</div> <div>— SM 远端不可用秒（SM-FEUS）；</div> <div>— FEC 纠错前误码率（支持 FEC 的 OTU）；</div> <div>— FEC 纠错后误码率（支持 FEC 的 OTU）</div>
OCh 子层性能	<div>— 输入光功率；</div> <div>— 输出光功率；</div> <div>— 激光器偏置电流；</div> <div>— 激光器制冷电流；</div> <div>— 激光器工作电流；</div> <div>— 激光器温度</div>
OMS 层性能	<div>— 总输入光功率；</div> <div>— 总输出光功率；</div> <div>— 单板温度（适用于有源器件）</div>
OTS 层性能	<div>— 输入光功率；</div> <div>— 输出光功率；</div> <div>— 光放大器泵浦激光器偏置电流；</div> <div>— 光放大器泵浦激光器温度（可选）；</div> <div>— 制冷电流（可选）</div>
光监控通路性能	<div>— 误码秒（适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号）；</div> <div>— 严重误码秒（适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号）；</div> <div>— 远端误码秒（适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号）；</div> <div>— 远端严重误码秒（适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号）；</div> <div>— 不可用秒（适用于 2Mbit/s 和 STM-1 信号）；（可选）</div> <div>— 输入光功率；</div> <div>— 激光器输出光功率；</div> <div>— 激光器偏置电流；</div> <div>— 激光器工作温度（可选）；</div> <div>— 激光器制冷电流（可选）</div>

11.2.2.2 性能参数操作管理

网管系统应支持以下性能参数的操作管理功能：

- a) 性能监测管理，包括设定、查询和修改性能监测参数；
- b) 性能数据的上报；
- c) 性能数据的查询、显示与统计；
- d) 性能数据的存储；
- e) 性能计数器复位；
- f) 性能数据的补取；
- g) 性能门限的设置与查询；
- h) 性能数据的输出。

具体功能实现要求见YD/T 1383-2005的6.2.2节。

11.2.2.3 光谱分析功能

当光终端复用设备、光交叉或光电混合交叉设备配备光谱分析模块时，网管系统应能通过该模块，实时监测 OTN 系统各节点中每波长的输入/输出光功率、光信噪比（可选）、中心波长值（或波长偏移）等性能数据，并提供图形化的光谱分析功能，实时反映配置波长的工作状态。

11.2.2.4 性能趋势分析

具体功能实现要求见 YD/T 1383-2005 的 6.2.2 节。

11.2.3 配置管理

11.2.3.1 拓扑管理

网元的拓扑管理应提供网管提供网络资源拓扑视图。另外拓扑视图应能够动态、实时显示被管网元的运行状态和状况，反映告警事件。

网络拓扑管理还应支持网络浏览功能，网络监视功能、拓扑编辑功能等，具体功能实现见 YD/T 1383-2005 的 6.2.3.1 节。

11.2.3.2 配置数据管理

具体功能实现要求见 YD/T 1383-2005 的 6.2.3.2 节。

11.2.3.3 网元配置管理

网元配置管理应支持以下功能的实现：

a) 网元视图管理

网管系统提供机架、子架的拓扑视图，可以显示波长配置视图，可显示系统的波长上下配置情况。拓扑视图应能动态显示被管网元的运行状态和状况，反映告警时间。网管系统还应支持网元拓扑视图的浏览、编辑、监视、导航功能。

b) 创建网元

EMS在安装完成后并没有当前网络中的网元数据，EMS应能提供网元的创建功能。网元的创建方法可为人工配置法和自动发现法（可选）。网元创建后应能通过上载和下载方式配置网元数据。

c) 删除网元

用户应能删除已创建的网络。删除网元时，EMS应检查操作元是否具有该项权限。

d) 查询/修改网元

对于OTN电交叉设备，用户可查询和修改的网元信息包括（标*者为可修改信息），见表3。

表 3 OTN 网元查询/修改信息

信息类型	信息名称
网元配置信息	— 网元名称； — 网元类型； — 软件状态； — 所属子网； — 告警状态
机架/子架配置信息	— 机架/子架名称； — 版本； — 序列号； — 告警状态

表3 (续)

信息类型	信息名称
插槽配置信息	<div>— 槽道中是否安装单元盘 (*) ;</div> <div>— 槽道中的单元盘信息 (*) ;</div> <div>— 在指定槽位安装/删除一个指定的单元盘</div>
单元盘配置信息	<div>— 单元盘名称;</div> <div>— 单元盘型号;</div> <div>— 单元盘的类型;</div> <div>— 单元盘详细信息;</div> <div>— 光接口类型</div>
以太网客户层配置信息	<div>— 以太网端口详细信息;</div> <div>— 接口速率;</div> <div>— GFP 的协议参数 (*)</div>
SDH 客户层配置信息	<div>— 接口速率;</div> <div>— J0 字节期望值 (*) ;</div> <div>— J0 字节实收值</div>
ODU 子层配置信息	<div>— 以太网接口/SDH 映射方式 (*) ;</div> <div>— PM/TCM 的 TTI 开销字节期望值 (*) ;</div> <div>— PM/TCM 的 TTI 开销字节的实收值;</div> <div>— TCM 当前所配置的应用模式;</div> <div>— TCM 当前所配置的层次 (*)</div>
OTU 子层配置信息	<div>— SM 的 TTI 字节的期望值 (*) ;</div> <div>— SM 的 TTI 字节的实收值;</div> <div>— 线路速率;</div> <div>— FEC 工作状态 (无 FEC 模式、标准 FEC 模式、增强型 FEC) (*) (当系统配置时适用)</div>
OCh 层配置信息	<div>— 是否有保护及保护方式 (*) ;</div> <div>— 光波长信息 (中心波长等);</div> <div>— 可调谐激光器配置信息 (*) ;</div> <div>— 激光器选项 (*) : 自动关断, 人工/自动打开</div>
OMS 层配置信息	<div>— 复用段的光通路数;</div> <div>— 通路间隔;</div> <div>— 每通路分配状态</div>
OTS 层配置信息	<div>— 放大器类型 (EDFA、RA);</div> <div>— 光放大器的增益;</div> <div>— 泵浦激光器选项 (*) : 人工/自动打开, APR 功能</div>
监控信道配置信息	<div>— 监控通路类型 (如 OSC、ESC);</div> <div>— 监控信道波长信息</div>

11.2.3.4 TMUX 配置管理

当系统配备子速率复用器 (TMUX) 时, EMS 应支持对 TMUX 的指配。EMS 应支持以下 TMUX 的指配功能:

- a) 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。
- b) 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)。

c) 接入 SDH 的 TMUX 时钟管理功能见 YD/T 1383-2005 的 6.2.3.5 节。

11.2.3.5 交叉连接配置管理

交叉连接配置管理应支持以下功能的实现：

a) ODU_k 交叉配置管理

- 1) 支持查询交叉连接信息；
- 2) 上报交叉连接变化；
- 3) 支持创建交叉连接，支持的交叉连接类型包括：
 - 单向；
 - 双向；
 - 广播；
 - 环回。
- 4) 支持删除交叉连接
- 5) 支持检查网管所能配置的 ODU_k 交叉连接颗粒。

b) 波长交叉连接配置

- 1) 应能对波长配置和使用情况的查询；
- 2) 当系统配置光分插复用器 (ROADM) 时，EMS 应支持对于 ROADM 交叉连接的配置，波长交叉的设置可以为：

● 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 Sd1~Sdn 等出口间的波长路径。

● 可建立、删除 R_{a1}~R_{an} 等入口中特定波长，到 MPI-S 间的波长路径。

3) 波长交叉连接的方式可以为：

- 单向；
- 双向；
- 多播。

4) 通过 EMS 可在光交叉 OTN 设备 (ROADM) 上进行远端/近端、支路口/群路口的环回配置 (可选)。

11.2.3.6 保护配置管理

对于 ODU_k 子层，EMS 应支持以下保护方式的配置：

- a) ODU_k SNCP 保护
- b) ODU_k 共享保护环 (ODU_k SPRing)
- c) ODU_k M:N 保护

对于 OCh 层，EMS 应支持以下保护方式的配置：

- a) 光通道 1+1 (OCh SNCP)
- b) 光通道 1:N 保护 (可选)
- c) 光通道共享保护 (OCh SPRing)

EMS 应支持上述保护类型的创建和删除操作。

用户可通过EMS查询/修改管理域内的所有或符合条件的保护组信息，可查询/修改的保护组属性包括：

- a) 保护组标识符或保护组名称；
- b) 保护组类型；
- c) 返回方式（返回式/非返回式）；
- d) 恢复等待时间（WTR）；
- e) 保护使能标识（指示是否启动保护功能）；
- f) 额外业务标识（指示是否存在额外业务，可选）；
- g) 保护组当前工作状态。

EMS 应支持设备保护倒换操作，用户可以对如下影响业务的单元指配保护组：

- a) 网元支路单元；
- b) 交叉连接矩阵单元（适用于 OTN 电交叉设备）；
- c) 主控制器；
- d) 电源单元等。

对于业务保护和设备保护，EMS 应支持以下保护倒换操作：

- a) 保护锁定；
- b) 强制倒换；
- c) 人工倒换；
- d) 清除倒换类型设置；
- e) 倒换练习。

11.2.3.7 APR 配置管理

对于APR，EMS应该支持以下参数的管理：

- a) 自动重启、人工重启的选择；
- b) APR 重启打开持续时间：APR 对打开的持续时间（可选）；
- c) APR 重启关断持续时间：APR 对关断的持续时间；
- d) 测试时间 APR 重启测试的时间。

11.2.3.8 光线路功率自动控制

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。

网管应支持光线路功率自动和人工两种控制方式。

网管系统应支持光线路功率自动控制的开启、关闭功能，应支持设置光功率均衡门限范围。

11.2.3.9 光通道自动功率均衡

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。

网管应支持光通道功率自动方式。

对于光交叉 OTN (ROADM) 设备，网管系统应具有光线路功率自动控制的开启、关闭功能，应支持对各个通道间光功率设置均衡门限范围。

11.2.3.10 网管时间管理

具体管理功能实现要求见 YD/T 1383-2005 的 6.2.3.11 节。

11.2.3.11 公务管理

具体管理功能实现要求见 YD/T 1383-2005 的 6.2.3.13 节。

11.2.4 安全管理

具体管理功能实现要求见 YD/T 1383-2005 的 6.2.4 节。

11.2.5 计费管理

待研究。

11.3 子网管理功能验证

11.3.1 拓扑管理

子网管理系统的拓扑管理应提供以下功能的实现：

a) 应支持拓扑视图的查询与显示。支持物理层拓扑、逻辑层拓扑的查询和显示。

b) 网络级（或者子网级）网管系统应支持网络级管理功能，包括：支持各层次路径路由的图形显示，用户可以看到路径经过的每一个节点以及相应的资源信息；对于 OTN 网络，网管支持 OTS、OMS、OCh、OTUk、ODUk、Client 六个层次的路径。

11.3.2 端到端电路管理

11.3.2.1 端到端电路设计

子网管理系统的端到端电路设计管理应提供以下功能实现：

a) 应支持端到端电路的设计功能

支持以太网、SDH、ODUk 的端到端电路设计功能，应支持以下参数的设定：

- 1) 电路方向；
- 2) 电路类型；
- 3) 电路速率；
- 4) A/Z 端口；
- 5) 保护类型和方式；
- 6) 选择客户业务的映射模式（如 GFP，针对以太网业务接口类型）。

b) 应具有光通道自动管理功能

支持 OCh 光通道的端到端设计功能，应支持以下参数的设定：

- 1) 光通道方向；
- 2) 光波长；
- 3) A/Z 端口：可设置波长路径的源节点和宿节点上下路，中间节点波长路径自动生成；
- 4) 保护类型和方式。

c) 应提供三种电路设计方式

1) 人工方式，即由用户逐条选择确定电路的路径（包括工作路径和保护路径）；

2) 半自动方式，即由用户选择确定电路的 A、Z 端点及中间端点，进行路由约束条件设置，系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电路路径供用户选择；

3) 自动方式，即由用户选择确定电路的 A、Z 端点，系统自动按照一定的原则给出一条或者多条电

路路径供用户选择。

d) 波长功率端到端管理

具备端到端的波长路径功率管理能力。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），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。

为满足特殊场合的需求，ROADM设备需要同时提供对MPI-S等出口处各波长的单独光功率调节能力。

e) 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。

11.3.2.2 电路信息的查询与修改

子网管理系统的电路信息的查询与修改管理应提供以下功能实现：

a) 应支持端到端以太网、SDH、ODUk客户电路的查询和修改功能，用户可查询/修电路的业务信息，包括（标*者为可修改信息）：

- 1) 电路 A 端点；
- 2) 电路 Z 端点；
- 3) 电路速率；
- 4) 业务类型；
- 5) 电路方向（单向，双向，组播）；
- 6) 路由信息；
- 7) 保护类型；
- 8) 客户信息（*）；
- 9) 开通时间等。

b) 应支持端到端光通道的查询和修改功能，用户可查询/修电路的业务信息，包括（标*者为可修改信息）：

- 1) A 端点；
- 2) Z 端点；
- 3) 方向（单向，双向，组播）；
- 4) 光波长信息；
- 5) 路由信息；
- 6) 保护类型；
- 7) 客户信息（*）；
- 8) 开通时间等。

11.3.3 端到端告警管理

子网管理系统端到端告警管理应提供以下功能实现。

支持端到端电路和光通道的告警管理：能够查询路径相关的告警等；当设备上有告警时，告警应能定位到受影响的路径上。

a) 可设置端到端电路的故障检测点。

b) 支持以下电路的端到端告警监视，能够对端到端电路的故障进行定位。

- 1) 以太网电路;
- 2) SDH 电路;
- 3) ODUk 电路;
- 4) OCh 光通道。

c) 告警关联功能，能够通过告警信息查看该告警所影响的电路信息。

支持对告警参数的相关管理操作，具体操作功能要求见 11.2.1.4 节。

11.3.4 端到端性能管理

子网管理系统端到端性能管理应提供以下功能实现。

支持端到端电路和光通道的性能管理，能够查询路径相关的性能等。

a) 支持以下电路的端到端性能监视

- 1) 以太网电路;
- 2) SDH 电路;
- 3) ODUk 电路;
- 4) OCh 光通道。

b) 应提供对端到端通道的性能监视功能，指定电路性能监测的如下属性：

- 1) 性能监测对象（指定电路 ID、功能块）;
- 2) 可设置端到端电路的性能监测点。
- 3) 需要监测的性能参数;
- 4) 监测周期（15min 或者 24h）;
- 5) 监测状态（打开/关闭）;
- 6) 是否自动上报。

c) 应提供电路相关性能数据的查询功能

- 1) 当前性能数据;
- 2) 历史性能数据。

d) 应支持对性能参数的相关管理操作，见 11.2.2.2 节。

11.3.5 保护倒换管理

保护倒换功能应支持以下功能实现。

NMS可指定保护组的保护属性。

用户可根据一定的查询条件查询/修改符合条件的保护业务信息，用户可查询如下部分或全部信息（标*者为可修改信息）：

a) 保护业务名称（*）;

b) 保护类型：ODUk SNCP 保护、ODUk 共享保护环（ODUk SPRing）、光通道 1+1（OCh SNCP）、光通道 1:N 保护、光通道 M:N 保护、光通道共享保护（OCh SPRing）、OMS 线性保护、OMS 环网保护；

c) 返回方式（返回式/非返回式）（*）;

d) 恢复等待时间（WTR）（*）;

e) 保护使能标识（指示是否启动保护功能）（*）;

- f) 额外业务标识（指示是否存在额外业务，可选）；
- g) 保护组当前工作状态。

对于保护组，SNMS 应支持以下保护倒换操作：

- a) 保护锁定；
- b) 强制倒换；
- c) 人工倒换；
- d) 清除倒换类型设置；
- e) 倒换练习（仅限于支持保护倒换协议的保护方式）。

用户可查询业务的保护倒换状态，查询工作路由和保护路由，形成业务保护拓扑视图。

11.3.6 安全管理

同 11.2.4 节。

11.4 DCN管理功能验证

网管和网元之间通过 TCP/IP 协议栈进行通讯，网元同网元之间通过 OSC、GCC 或者 TCP/IP 协议栈进行通讯。网管系统应支持对于 DCN 系统的配置和状态监视。

- a) 应支持 DCN 实现方式的选择，如嵌入式监控信道 GCC、OSC 监控信道和带外通信网络。
- b) 应支持嵌入式监控信道的配置管理，支持 GCC 通道的选择（GCC0、GCC1、GCC2），支持 GCC 通道的禁止和使能。
- c) 应支持 OSC 监控信道的配置管理，支持 OSC 监控信道的禁止和使能。
- d) 应支持带外通信网络的配置管理，支持带外通信接口的禁止和使能，支持带外通信接口的初始参数的配置、查询和修改等操作。
- e) 支持通信网络的状态查询和显示。
- f) 支持 DCN 网络的故障监视，支持通道告警信息的上报与查询操作。

11.5 接口能力验证

11.5.1 北向接口

网管系统的北向接口应符合 CORBA 或 CMISE 的规范，接口的协议栈、信息模型以及接口功能另行规定。

11.5.2 南向接口

待研究。

12 控制平面测试

12.1 控制平面连接管理功能

12.1.1 定义

控制平面应支持以下几种连接类型的创建：时分交换（TDM）、波长交换（LSC）和光纤交换（FSC）。

12.1.2 测试配置

测试配置如图 58 所示。测试仪表为业务分析仪、协议分析仪等。其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析师或 OTN 分析师等。

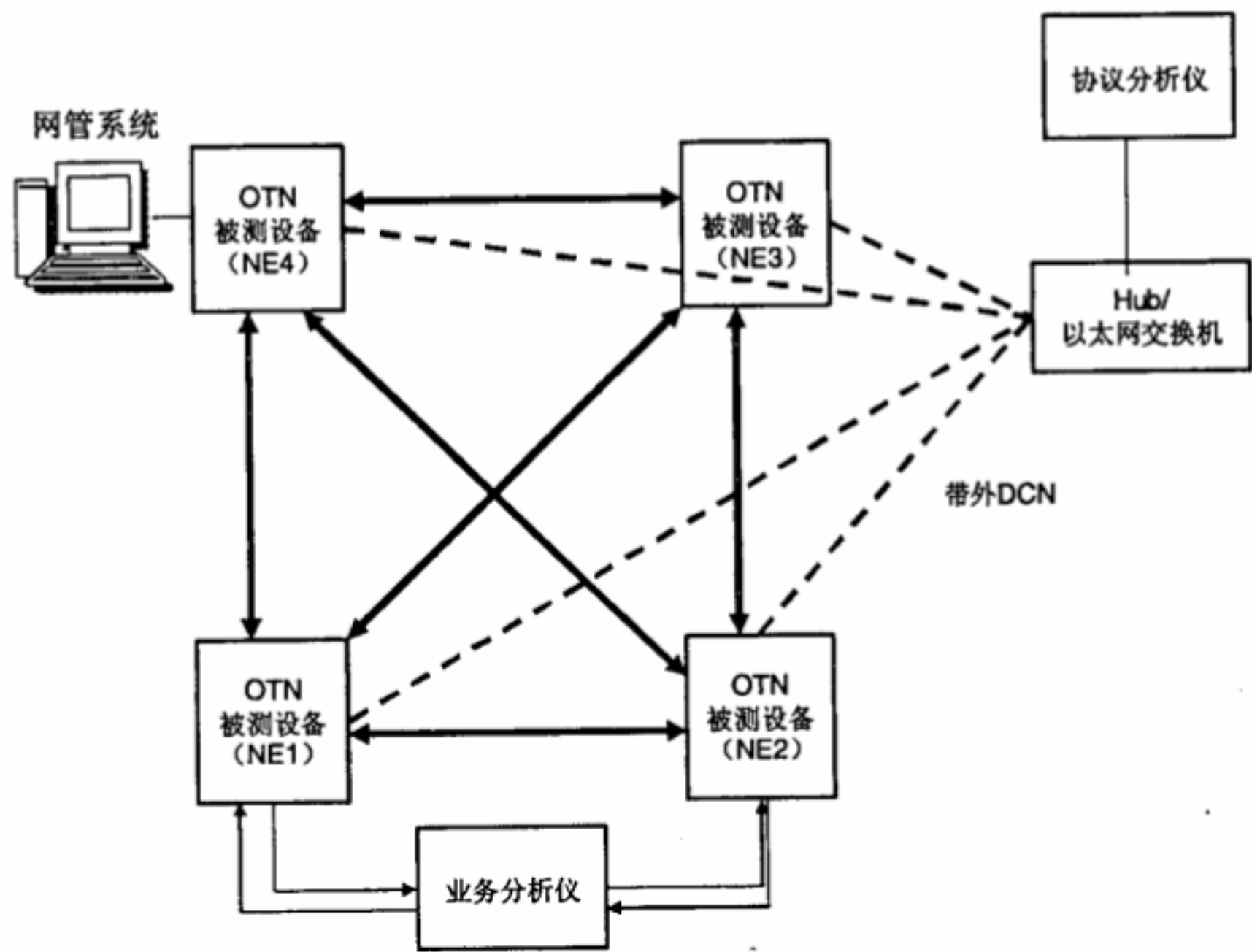


图 58 控制平面交换能力验证测试配置

12.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 58 所示连接好测试配置，控制平面通信通道应采用带外网络的方式。
- b) 通过控制平面，创建 NE1<->NE2 的业务，业务路由为 NE1-NE4-NE3-NE2。

根据 OTN 设备类型选择支持的业务颗粒应支持以下几种：

- 1) 以太网业务 (ODUk (k=0,1,2,2e,3,4)，波长)；
- 2) SDH 业务 (ODUk (k=1,2,3,4)，波长)；
- 3) OTN 业务 (ODUk (k=1,2,3,4)，波长)。

根据 OTN 设备类型选择选择业务承载路径所经过节点配置的交叉应支持以下几种：

- 1) 时分交换 (TDM)；
- 2) 波长交换 (LSC)；
- 3) 光纤交换 (FSC)。

- e) 通过业务分析仪查看业务是否创建成功，并通过网管查询业务路径。
- f) 在带外信令网络配置的情况下，通过协议分析仪抓包分析控制平面信令流程。
- g) 删除上述创建的业务，通过业务分析仪查看业务是否删除成功，通过网管系统查询业务是否成功

删除。通过协议分析仪抓包分析控制平面的信令消息。

12.1.4 注意事项

OTN 设备类型包括电交叉 OTN 设备、光交叉 OTN 设备和光电混合交叉 OTN 设备。

12.2 路由功能

12.2.1 路由计算能力

12.2.1.1 定义

控制平面支持跨层业务的集中路径计算功能，满足多层流量工程的需求。控制平面路由选择应考虑

光层上的一些光学限制，如功率、色散、信噪比等。

12.2.1.2 测试配置

测试配置如图 59 所示。测试仪表为业务分析仪、协议分析仪等。其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析师或 OTN 分析仪等。

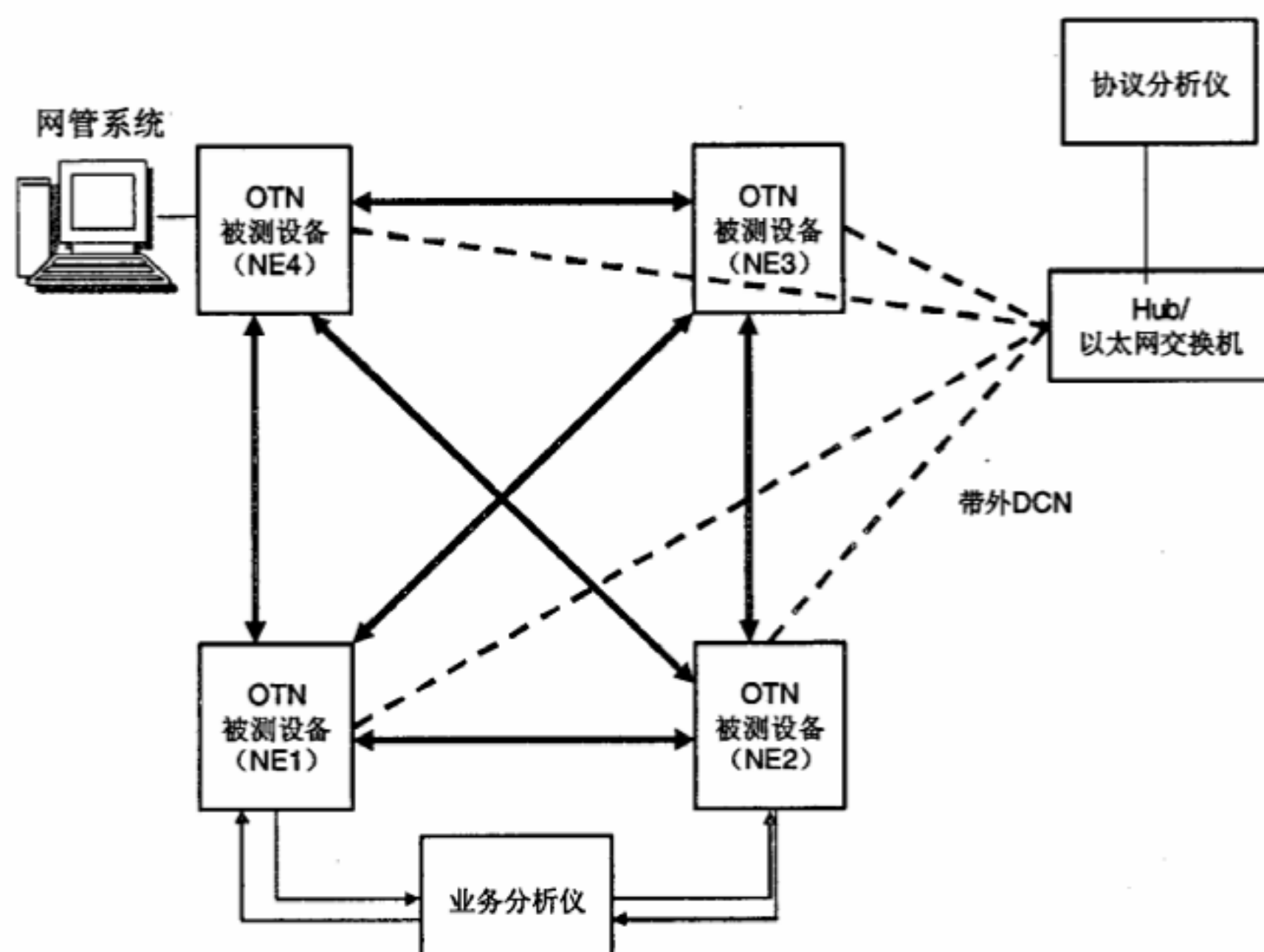


图 59 控制平面路由计算能力验证测试配置

12.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 59 所示连接好测试配置，控制平面通信通道应采用带外网络的方式。
- b) 网络节点 NE1~NE4 分别具有不同多个层面的交换能力。通过控制平面创建 NE1<->NE2 之间的业务 1，其为以下几种交换能力的组合。
 - 1) 时分交换（TDM）；
 - 2) 波长交换（LSC）；
 - 3) 光纤交换（FSC）。
- c) 路由计算应支持以下几种方式：
 - 1) 节点数量约束；
 - 2) 链路代价约束；
 - 3) 包含特定网络资源；
 - 4) 排斥特定网络资源；
 - 5) 路由分集约束（节点、链路、SRLG）；
 - 6) 负载均衡；
 - 7) 物理特性约束（传输链路上的光学特性，如功率、信噪比等）；
 - 8) 以上多种约束条件的组合。
- d) 通过业务分析仪查看业务 1 是否创建成功，并通过网管查看业务路径。

e) 在带外信令网络配置的情况下，通过协议分析仪抓包分析控制平面信令消息对不同交叉颗粒业务的处理过程。

f) 创建 NE3<->NE4 的波长/光纤交换能力的业务路径 2，创建 NE1<->NE2 时分交换（TDM）能力的业务 3，指定 NE1<->NE2 的业务 3 采用 NE3<->NE4 的已创建的波长/光纤交换能力的业务 2。

g) 通过业务分析仪查看业务 3 是否创建成功，并通过网管查看业务路径。

h) 在带外信令网络配置情况下，通过协议分析仪抓包分析控制平面信令消息的处理流程。

12.2.1.4 注意事项

对于多层交换能力跨层的路由集中计算功能，不同层的组合根据 OTN 设备实际支持程度选择。

12.2.2 路由信息自动更新

12.2.2.1 定义

在控制平面 TE 链路状态或者带宽等属性信息发生变化后，控制平面的路由信息广播能力应自动的发起路由广播，广播的路由信息应携带更新后的 TE 链路信息。

12.2.2.2 测试配置

测试配置如图 60 所示。测试仪表为协议分析仪。

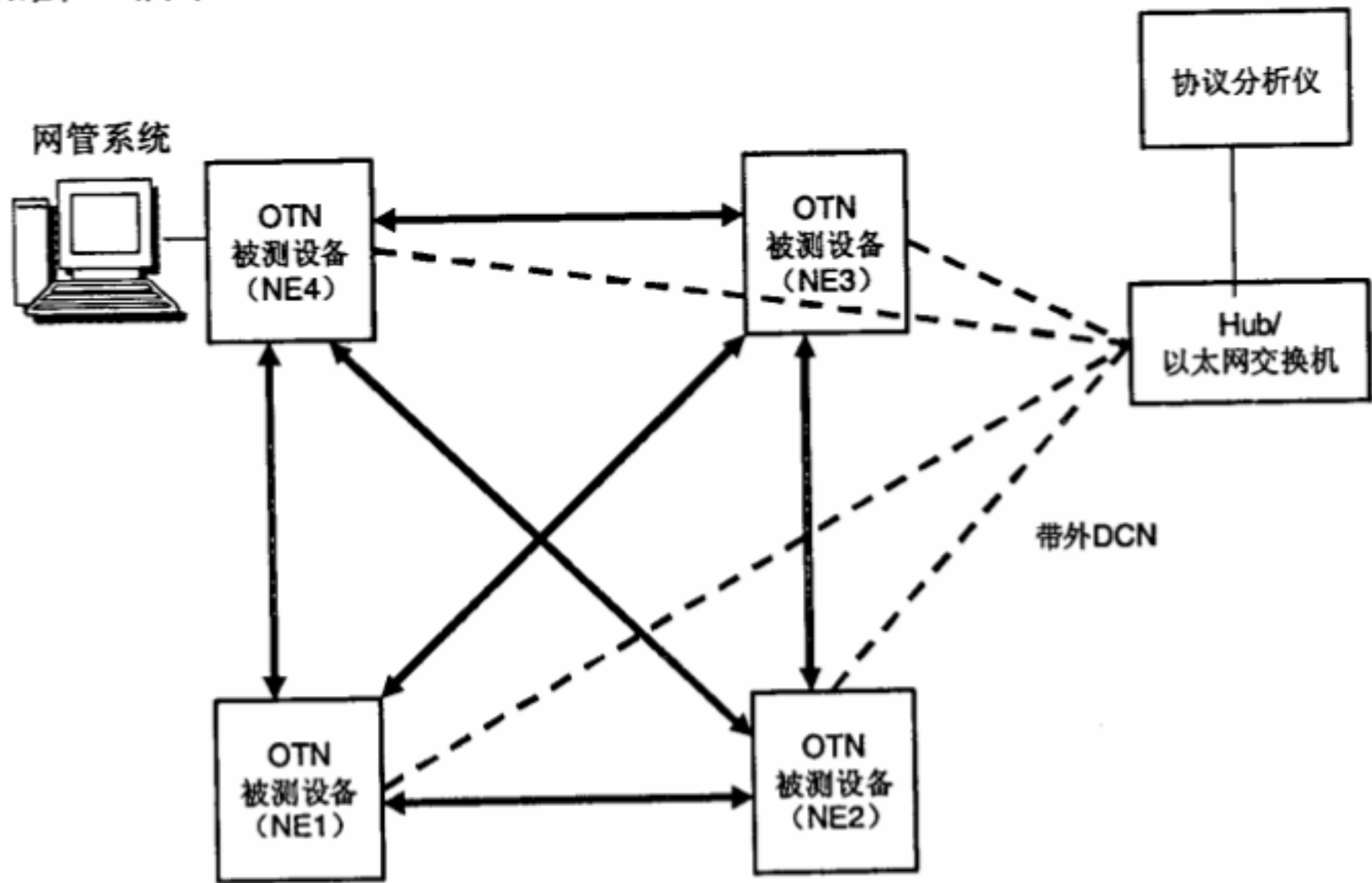


图 60 路由信息更新测试配置

12.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 60 所示所示连接测试配置。
- b) 断开被测设备 1 到被测设备 2 的一条光纤连接。
- c) 通过网管系统查看拓扑更新，查看 TE 链路数据库的更新。
- d) 通过协议分析仪抓包分析路由功能发送的链路状态更新包，查看路由协议收敛过程。
- e) 恢复光纤连接。

f) 对具备波长交换能力的设备，通过网管协调对被测设备 1 到被测设备 2 的一条光纤连接内部的波长进行预留，使得光纤中的可用波长信息发生变化。

- g) 重复步骤 c) ~d)。

- h) 对于具备 ODUk 电交叉能力的设备, 通过预留光纤链路 ODUk/OTUk 的一个时隙, 使得光纤中的带宽可用信息发生变化。
- i) 重复步骤 c) ~d)。
- j) 通过创建/删除一条端到端的具备波长交换能力的 LSP, 该 LSP 未承载上层业务信息, 该 LSP 信息应通过路由信息进行广播。
- k) 重复步骤 c) ~d)。

12.2.2.4 注意事项

无。

12.3 自动发现和链路管理功能验证

12.3.1 控制平面的自动发现功能

12.3.1.1 定义

控制平面应该具有发现连接两个节点间光纤的能力。

控制平面应该具备波长资源的自动发现功能, 包括: 各网元各线路光口已使用的波长资源、可供使用的波长资源。

控制平面应该具有 OTUk/ODUk 的层邻接发现功能。

链路资源管理包括网元内各 OTU 线路光口已使用的 ODUk 资源、可供使用的 ODUk 资源。控制平面应支持基于 GCC 开销的 LMP 自动发现和端口校验功能。

12.3.1.2 测试配置

测试配置如图 61 所示。测试仪表为协议分析仪。

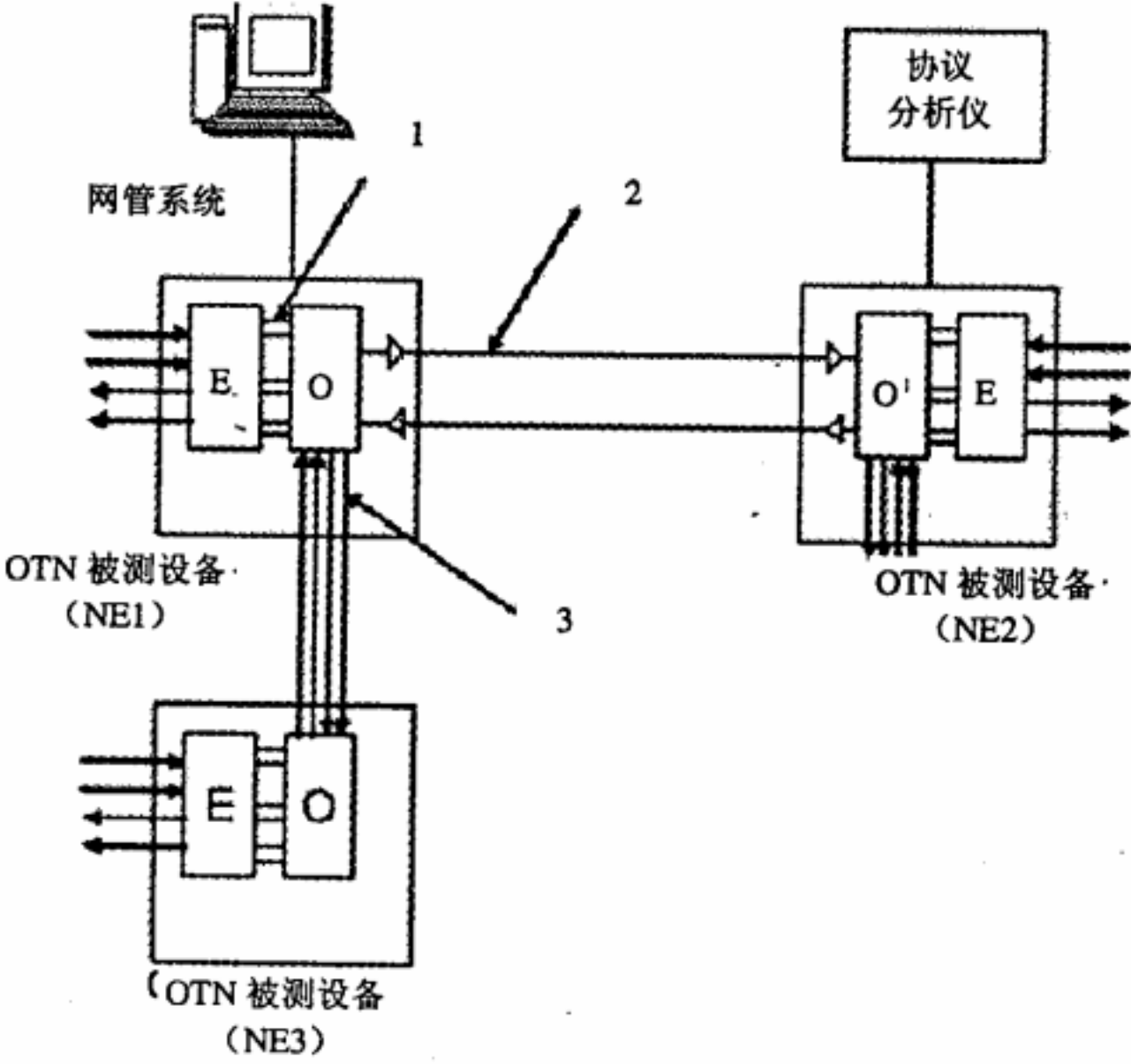


图 61 控制平面的自动发现功能测试配置

12.3.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 61 所示连接好测试配置。
- b) 断开并恢复 2 处的光纤, 验证控制平面的 TE 链路发现能力。

- c) 通过网管系统查询光纤发现的结果，通过网管系统查询控制平面 TE 链路数据库的结果。
- d) 通过协议分析仪查看信令流程。
- e) 断开并恢复 1 处的光纤，验证控制平面的波长资源的自动发现功能。
- f) 通过网管系统查询波长发现的结果，查询控制平面 TE 数据库的刷新。
- g) 通过网管系统查询各网元各线路光口已使用的波长资源、可供使用的波长资源。
- h) 通过交换节点 NE1 的 2 处和 3 处的任意两对光口的收或发光纤，使得相邻节点的链路光纤发生错连。
- i) 通过协议分析仪验证链路验证消息，检查网管系统是否上报错连告警。
- j) 通过交换节点 NE1 的 1 处的任意两对光纤的收或发光纤，使得光纤发生错连。
- k) 通过协议分析仪验证链路验证消息，检查网管系统是否上报错连告警。

12.3.1.4 注意事项

- 测试时应注意下述事项：
- a) 被测设备 NE1 和 NE2、NE3 具有相同的节点结构。
 - b) 在节点之具备电交换或只具备光交换能力的情况下，只测试步骤 h)。

12.3.2 控制平面的人工配置功能

12.3.2.1 定义

控制平面同时应支持手工配置。

12.3.2.2 测试配置

测试配置如图 62 所示。

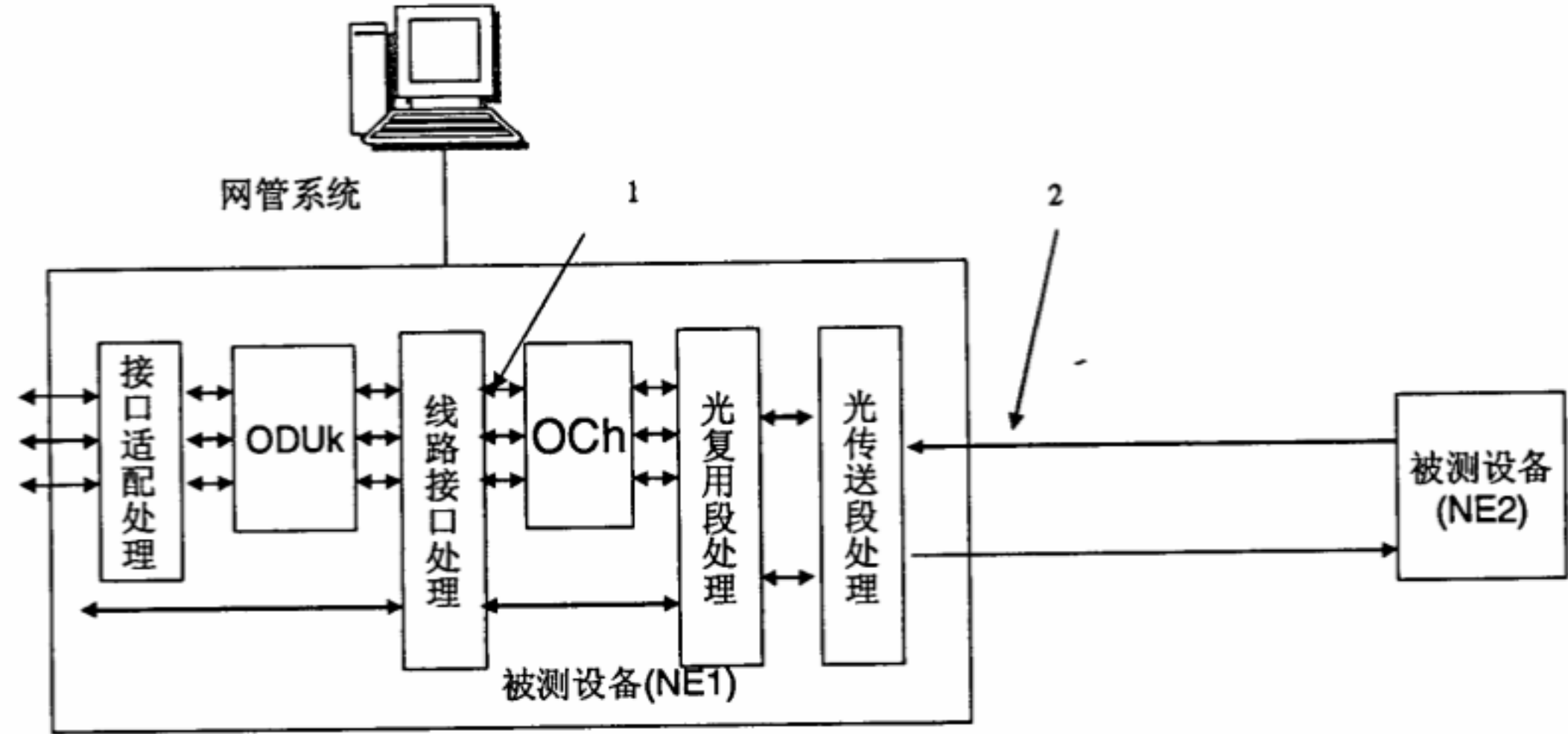


图 62 控制平面的人工配置功能测试配置

12.3.2.3 测试步骤

- 按照下述步骤进行测试：
- a) 如图 62 所示连接好测试配置。
 - b) 禁止控制平面的自动发现功能。
 - c) 断开并恢复 2 处的光纤。
 - d) 通过网管系统手工配置控制平面的 TE 链路数据库，完成光纤的手工配置。
 - e) 断开并恢复 1 处的光纤。

- f) 通过网管系统手工配置波长层面控制平面的 TE 链路数据库。
- g) 通过网管系统手工配置 OTUk/ODUk 层面控制平面的 TE 链路数据库。

12.3.2.4 注意事项

被测设备 NE1 和 NE2 具备相同的节点结构。

12.4 基于控制平面的保护恢复测试

12.4.1 基于光层的保护恢复测试

12.4.1.1 定义

基于光层的保护恢复方式包括 OCh 1+1 保护、OCh 1: N 保护、OCh 1+1 保护与恢复的结合、OCh 1: N 保护与恢复的结合（可选）、OCh SPRing 保护与恢复的结合（可选）、OCh 永久 1+1 保护、预置重路由恢复和动态重路由恢复等。

12.4.1.2 测试配置

测试配置如图 63 所示。测试仪表为业务分析仪、协议分析仪和 OTN 分析仪等。其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析师或 OTN 分析仪等。

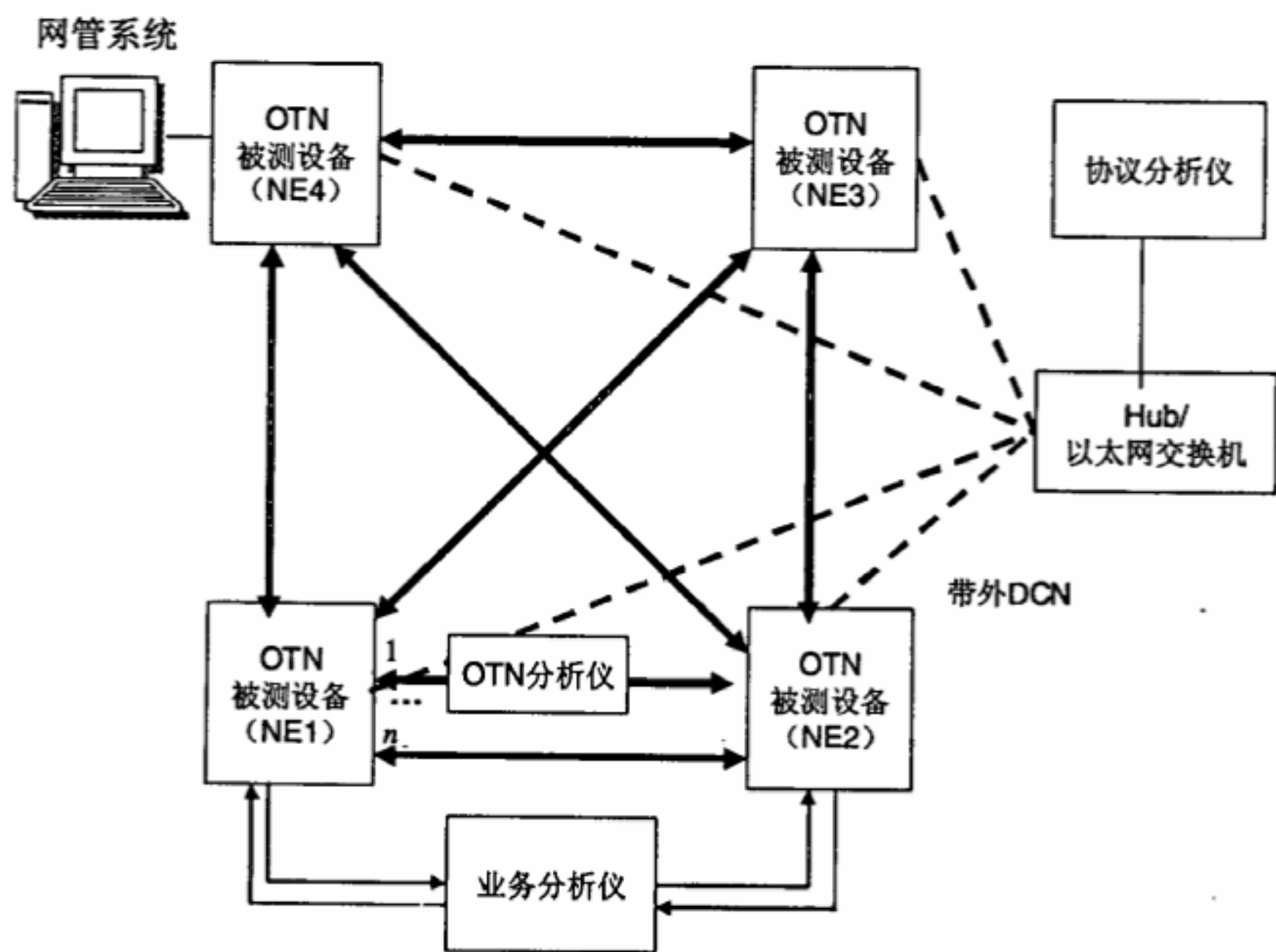


图 63 基于光层的保护恢复能力测试配置

12.4.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 63 所示连接好测试配置，控制平面通信通道应采用带外网络的方式，OTN 分析仪为穿通可介入方式。
- b) 根据 OTN 设备类型选择支持的业务颗粒应支持以下几种：
 - 1) 以太网业务（波长）；
 - 2) SDH 业务（波长）；
 - 3) OTN 业务（波长）。
- c) 通过控制平面为 NE1-NE2 之间建立带保护恢复属性的 SPC/SC 业务 1，其保护恢复属性为以下方

式之一，保护恢复属性为可返回式：

- 1) OCh 1+1 保护；
- 2) OCh 1: N 保护；
- 3) OCh 1+1 保护与恢复的结合；
- 4) OCh 1: N 保护与恢复的结合（可选）；
- 5) OCh SPRing 保护与恢复的结合（可选）；
- 6) OCh 永久 1+1 保护；
- 7) 预置重路由恢复；
- 8) 动态重路由恢复。

d) 通过业务分析仪查看业务 1 是否创建成功，并通过网管查看业务路径。

e) 假设业务工作路径通过 NE1<->NE2 之间的链路 1。通过 OTN 分析仪、拔纤、掉电等产生如下信号失效（SF）条件：LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等，记录业务 1 受损时间，同时通过网管查看业务路径。SF 条件消失且过了等待恢复时间（WTR）后，通过网管查看业务是否回到初始路径，并记录业务返回时受损时间。

f) 通过 OTN 分析仪产生如下信号劣化（SD）条件：OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG 等，记录业务 1 受损时间，同时通过网管查看业务路径。SD 条件消失且过了等待恢复时间（WTR）后，通过网管查看业务是否回到初始路径，并记录业务返回时受损时间。

12.4.1.4 注意事项

对于保护与恢复结合、永久 1+1、恢复等保护恢复方式，在网络资源允许时，应增加 2 次以上的 SF/SD 条件。

12.4.2 基于电层的保护恢复测试

12.4.2.1 定义

基于电层的保护恢复方式包括 ODUk 1+1 保护、ODUk M: N 保护（可选）、ODUk 1+1 保护与恢复的结合、ODUk M: N 保护与恢复的结合（可选）、ODUk SPRing 保护与恢复的结合（可选）、ODUk 永久 1+1 保护、预置重路由恢复、动态重路由恢复等。

12.4.2.2 测试配置

测试配置如图 64 所示。测试仪表为业务分析仪、协议分析仪和 OTN 分析仪等。其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析仪或 OTN 分析仪等。

12.4.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

a) 如图 64 所示连接好测试配置，控制平面通信通道应采用带外网络的方式，OTN 分析仪为穿通可介入方式。

b) 根据 OTN 设备类型选择支持的业务颗粒应支持以下几种：

- 1) 以太网业务（ODUk (k=0,1,2,2e,3,4)）；
- 2) SDH 业务（ODUk (k=1,2,3,4)）；
- 3) OTN 业务（ODUk (k=1,2,3,4)）。

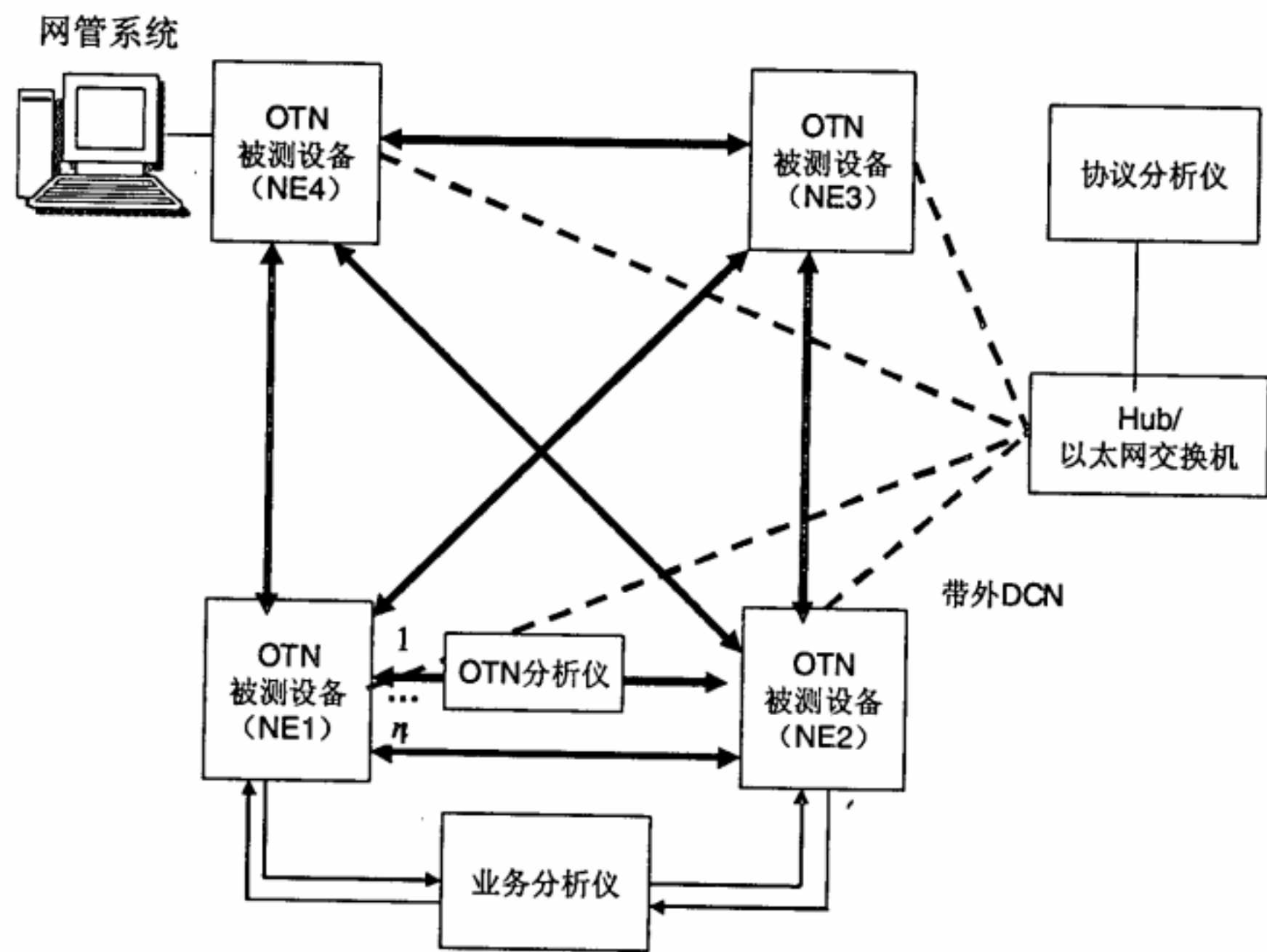


图 64 基于电层的保护恢复能力测试配置

c) 通过控制平面为 NE1-NE2 之间建立带保护恢复属性的 SPC/SC 业务 1，其保护恢复方式为以下方式之一，保护恢复属性为可返回式：

- 1) ODUk 1+1 保护；
- 2) ODUk M: N 保护（可选）；
- 3) ODUk 1+1 保护与恢复的结合；
- 4) ODUk M: N 保护与恢复的结合（可选）；
- 5) ODUk SPRing 保护与恢复的结合（可选）；
- 6) ODUk 永久 1+1 保护；
- 7) 预置重路由恢复；
- 8) 动态重路由恢复。

d) 通过业务分析仪查看业务 1 是否创建成功，并通过网管查看业务路径。

e) 假设业务工作路径通过 NE1<->NE2 之间的链路 1。通过 OTN 分析仪、拔纤、掉电等产生信号失效（SF）条件。对于不同的保护方式，具体 SF 要求见第 10 章，对于恢复的 SF 条件同 ODUk SPRing 保护要求，记录业务 1 受损时间，同时通过网管查看业务路径。SF 条件消失且过了等待恢复时间（WTR）后，通过网管查看业务是否回到初始路径，并记录业务返回时受损时间。

f) 通过 OTN 分析仪产生信号劣化（SD）条件。对于不同的保护方式，具体 SD 要求见第 10 章，对于恢复的 SD 条件同 ODUk SPRing 保护要求，记录业务 1 受损时间，同时通过网管查看业务路径。SD 条件消失且过了等待恢复时间（WTR）后，通过网管查看业务是否回到初始路径，并记录业务返回时受损时间。

12.4.2.4 注意事项

对于保护与恢复结合、永久 1+1、恢复等保护恢复方式，在网络资源允许时，应增加 2 次以上的 SF/SD 条件。

12.4.3 基于光电混合的保护恢复测试

12.4.3.1 定义

在一个光电混合网络中，当其中的传输线路或节点出现故障时，两层各自的保护和恢复机制必然都会有所响应和动作，此时需要一个良好的机制加以协调和控制。可以采用以下三种协调机制：

- a) 自下而上：首先在光层进行恢复，若光层无法恢复再转由上层电层进行处理。
- b) 自上而下：首先在电层进行恢复，若无法恢复再转由光层进行处理。
- c) 混合机制：将上述两种机制进行优化组合以获取最佳的恢复方案。

12.4.3.2 测试配置

测试配置如图 65 所示。测试仪表为业务分析仪、协议分析仪和 OTN 分析仪等。其中业务分析仪根据业务接口可选择为 SDH 分析仪、GE/10GE 数据分析师或 OTN 分析仪等。

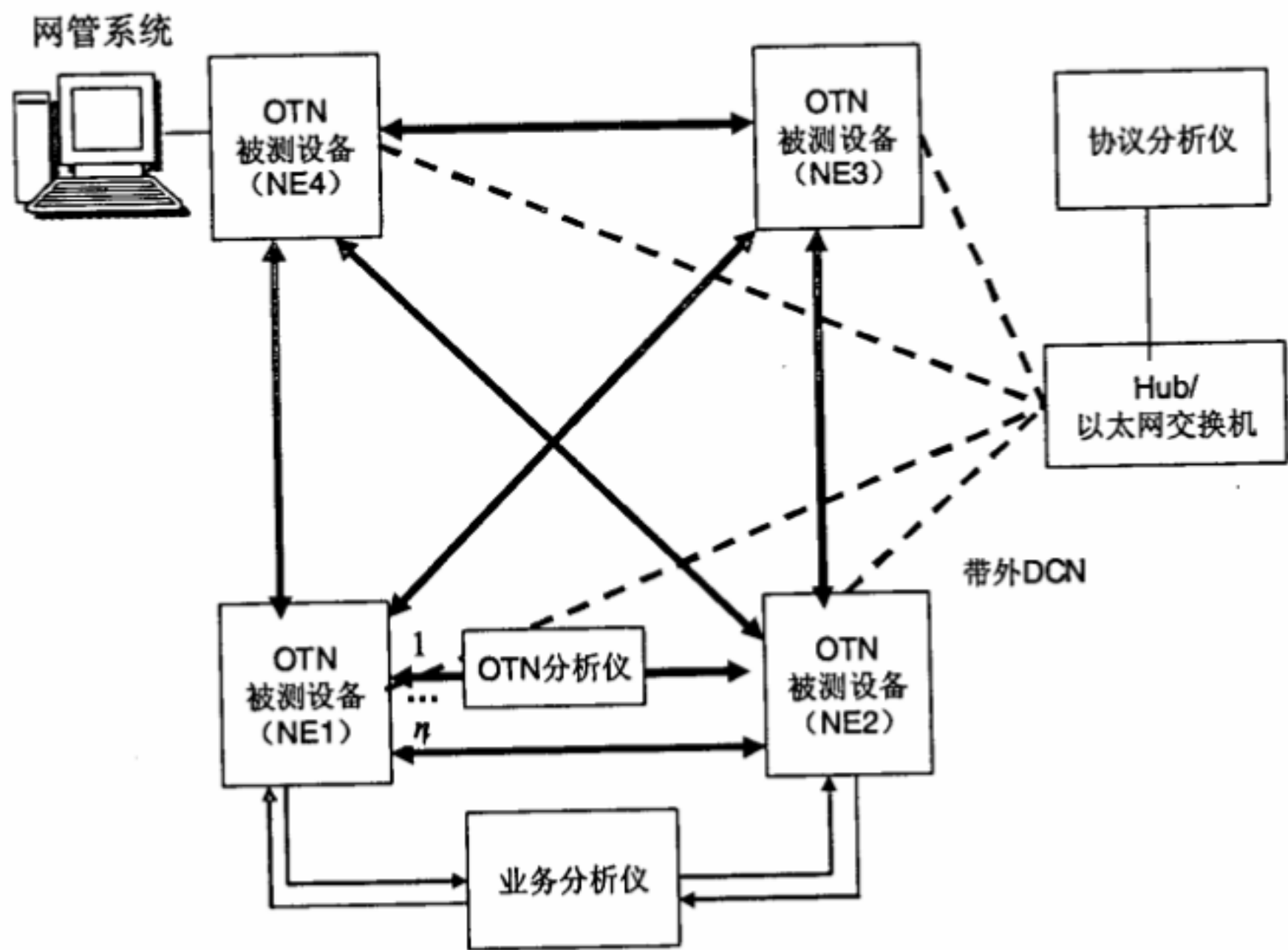


图 65 基于光电混合的保护恢复能力测试配置

12.4.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试：

- a) 如图 65 所示连接好测试配置，控制平面通信通道应采用带外网络的方式，OTN 分析仪为穿通可介入方式。
- b) 根据 OTN 设备类型选择支持的业务颗粒应支持以下几种：
 - 1) 以太网业务 (ODUk (k=0,1,2,2e,3,4), 波长)；
 - 2) SDH 业务 (ODUk (k=1,2,3,4), 波长)；
 - 3) OTN 业务 (ODUk (k=1,2,3,4), 波长)。
- e) 通过控制平面为 NE3-NE4 之间建立基于波长的带保护恢复属性的 SPC/SC 业务 1，其保护恢复方式为以下方式之一，保护恢复属性为可返回式：
 - 1) OCh 1+1 保护；
 - 2) OCh 1: N 保护；

- 3) OCh 1+1 保护与恢复的结合;
- 4) OCh 1: N 保护与恢复的结合 (可选);
- 5) OCh SPRing 保护与恢复的结合 (可选);
- 6) OCh 永久 1+1 保护;
- 7) 预置重路由恢复;
- 8) 动态重路由恢复。

d) 通过业务分析仪查看业务 1 是否创建成功, 并通过网管查看业务路径。

c) 通过控制平面为 NE1-NE2 之间建立基于 ODUk 带保护恢复属性的 SPC 业务 2, 其保护恢复方式为以下方式之一, 保护恢复属性为可返回式, 业务 2 使用 NE4 和 NE3 之间已创建好的波长业务管道—业务 1:

- 1) ODUk 1+1 保护;
- 2) ODUk M: N 保护 (可选);
- 3) ODUk 1+1 保护与恢复的结合;
- 4) ODUk M: N 保护与恢复的结合 (可选);
- 5) ODUk SPRing 保护与恢复的结合 (可选);
- 6) ODUk 永久 1+1 保护;
- 7) 预置重路由恢复;
- 8) 动态重路由恢复。

d) 通过业务分析仪查看业务 1 是否创建成功, 并通过网管查看业务路径。

e) 通过 OTN 分析仪、拔纤、掉电等在 NE3-NE4 之间的链路产生如下信号失效 (SF) 条件: LOS、OTUk_LOF、OTUk_LOM、OTUk_AIS、OTUk_TIM、ODUk_LOFLOM、ODUk_PM_AIS、ODUk_PM_LCK、ODUk_PM_OCI、ODUk_PM_TIM 等。对于不同的保护方式, 具体 SF 要求见第 10 章, 对于恢复的 SF 条件同 ODUk SPRing 保护要求。记录业务 1 和业务 2 受损时间, 同时通过网管查看业务路径。SF 条件消失且过了等待恢复时间 (WTR) 后, 通过网管查看业务是否回到初始路径, 并记录业务返回时受损时间。

f) 通过 OTN 分析仪在 NE3-NE4 之间的链路产生如下信号劣化 (SD) 条件: OTUk_DEG、ODUk_PM_DEG 等, 记录业务 1 和业务 2 受损时间, 通过网管查看业务路径。SD 条件消失且过了等待恢复时间 (WTR) 后, 通过网管查看业务是否回到初始路径, 并记录业务返回时受损时间。

g) 在带外信令网络配置的情况下, 通过协议分析仪抓包分析控制平面信令消息对不同交叉颗粒业务的处理过程。

h) 将故障监测点设置为 NE1-NE4 之间的链路, 重复步骤 e) ~f)。

12.4.3.4 注意事项

对于光层和电层混合的保护恢复测试, 应根据 OTN 设备支持光层和电层的保护恢复方式以及层间协调机制进行组合。

附 录 A
(资料性附录)
OTN 设备类型与测试项目对应关系

OTN 设备类型与测试项目对应关系如表 A.1 中所示。

表 A.1 OTN 设备类型与测试项目对应关系

OTN 设备类型	适用本标准章节
OTN 终端复用设备	第 4~8 章、第 9 章 (不含 9.3 节)、第 10 章 (不含 10.1.2、10.2 节)、第 11 章 (不含 11.2.3.5)、附录 B
OTN 光交叉设备	第 4~8 章、第 9 章 (不含 9.3.1 节)、第 10 章 (不含 10.1.2、10.2.2 节)、第 11 章、第 12 章 (不含 12.2.2 节)、附录 B
OTN 电交叉设备	第 4~8 章 (6.2 节和 6.3 节为可选)、第 9 章 (不含 9.3.2 节)、第 10 章 (不含 10.1.1、10.2.1 节)、第 11 章 (OCH/OMS/OTS 层/光监控通道相关的性能管理和故障管理、11.2.3.7~11.2.3.9 节为可选)、第 12 章 (不含 12.1.2、12.2.1 节)、附录 B
OTN 光电混合交叉设备	第 4~12 章、附录 B

附录 B
(资料性附录)
ODU0/OPU0 开销测试方法

B.1 PM 开销

B.1.1 PM-TTI 和 PM-BDI

B.1.1.1 定义

PM-TTI 为通道监视路径踪迹标识, PM 采用 1 字节通过复帧来传送 64 字节长度的 TTI。PM-BDI 为通道监视后向缺陷指示, 采用单个比特来传送在上游方向段终结宿功能处检测到的信号失效状态。

B.1.1.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

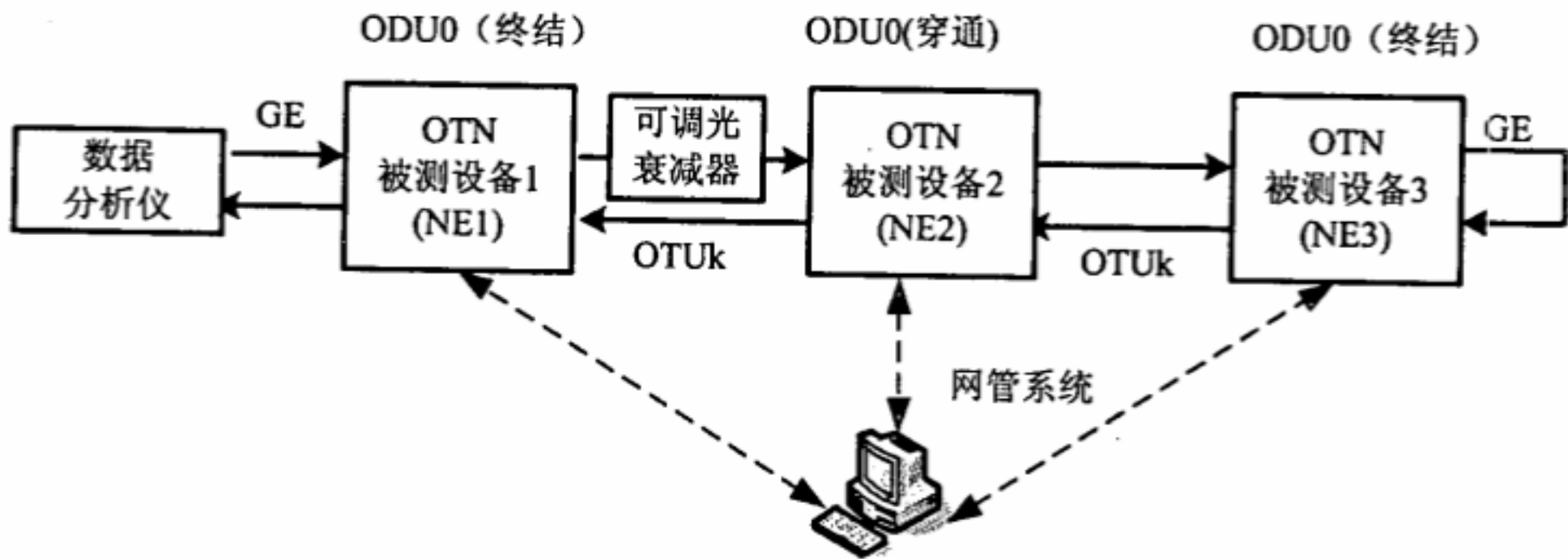


图 B.1 ODU0 开销测试配置

B.1.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 B.1 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, 数据分析仪应无任何告警和丢包。
- c) NE1 通过网管设置发送人工指定的 PM-TTI 标识符, 观察 NE3 接收到的 PM-TTI 是否与 NE1 发送的相一致。
- d) 通过网管设置 NE3 检测 PM-TTI 的方式为源接入点标识符 (SAPI)、宿接入点标识符 (DAPI) 或者 SAPI 结合 DAPI 中的一种, NE1 向 NE3 发送与设备期望值不一致的 PM-TTI 标识符, 观察 NE3 网管是否上报 PM-TIM 告警, 同时 NE1 上报 PM-BDI 告警。
- e) NE1 停止发送与设备期望值不一致的 PM-TTI 标识符, 观察 NE3 网管上报的 PM-TIM, NE1 上报的 PM-BDI 告警是否消失。
- f) 依次 NE3 检测 TTI 方式其他两种方式, 重复步骤 d) ~e)。

B.1.1.4 注意事项

对于 ODU0 开销的测试, 待支持 ODU0 容器、复用和映射结构的 OTN 测试仪表成熟后应参照 ODUk (k=1,2,2e,3,4) 的测试步骤进行, 下同。

B.1.2 PM-BIP8 和 PM-BEI

B.1.2.1 定义

PM-BIP8 为段监视比特交叉奇偶校验-8, PM 采用 1 字节来表示误码检测编码。PM-BEI 为段监视后向误码指示, PM 采用 4bit 表示 BEI。

B.1.2.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.1.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 B.1 所示连接测试配置。
- b) 当设备正常运行时, GE 数据分析仪应无任何告警和丢包。
- c) 增加 NE1<->NE2 之间可调衰减器的率减值, 使得 NE3 接收到若干 PM-BIP8 误码, 查看 NE1 是否接收到的 PM-BEI,同时比较 NE1 的 PM-BEI 误码个数与 NE3 的 PM-BIP8 误码个数是否相等。
- d) 逐渐减少 NE1<->NE2 之间可调衰减器的衰减值, 查看 NE3 的 PM-BIP8 和 NE1 的 PM-BEI 是否不再发生变化。

B.1.2.4 注意事项

无。

B.1.3 PM-STAT

B.1.3.1 定义

PM-STAT 是通道监视的状态开销, PM 采用 3bit 共计可表示 8 种通路状态, 其中包括正常通路状态 (“001”)、3 种维护信号 (“111”, ODUk-AIS; “101”, ODUk-LCK; “110”, ODUk-OCI), 其余 4 种状态为预留。

B.1.3.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.1.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 B.1 所示连接好测试配置。
- b) 当设备正常运行时, 数据分析仪应无任何告警和丢包。
- c) 网管设置 NE1 发送 PM-STAT 为“101”码, 观察 NE3 是否上报 PM ODU0-LCK 维护状态,同时 NE1 是否上报 PM-BDI 告警。
- d) 网管删除 NE2 的 ODU0 交叉连接, 观察 NE3 是否上报 PM ODU0-OCI 维护状态, 同时 NE1 是否上报 PM-BDI 告警。
- e)中断 NE1 到 NE2 的光纤,观察 NE3 是否上报 PM ODU0-AIS 维护状态,同时 NE1 是否上报 PM-BDI 告警。

B.1.3.4 注意事项

无。

B.2 TCM 开销

B.2.1 TCM/TTI 和 TCM/BDI

B.2.1.1 定义

TCMi-TTI 为串联连接监视路径踪迹标识, TCMi 采用 1 字节通过复帧来传送 64 字节长度的 TTI。TCMi-BDI 为串联连接监视后向缺陷指示, 采用单个比特来传送在上游方向段终结宿功能处检测到的信号失效状态。

B.2.1.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.2.1.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 B.1 所示连接测试配置, NE1 和 NE3 启动 TCMi 为工作模式。
- b) 当设备正常运行时, 数据分析仪应无任何告警和丢包。
- c) 通过网管设置 NE1 发送人工指定的 TCMi-TTI 标识符, 观察 NE3 接收到的 TCMi-TTI 是否与 OTN 分析仪发送的相一致。
- d) 通过网管设置 NE3 检测 TCMi-TTI 的方式为源接入点标识符 (SAPI)、宿接入点标识符 (DAPI) 或者 SAPI 结合 DAPI 中的一种, OTN 分析仪向被测设备发送与设备期望值不一致的 PM-TTI 标识符, 观察 NE3 是否上报 TCMi-TIM 告警, 同时 NE1 是否上报 TCMi-BDI 告警。
- e) OTN 分析仪停止发送与设备期望值不一致的 TCMi-TTI 标识符, 观察被测设备网管上报的 TCMi-TIM, NE1 上报的 TCMi-BDI 告警是否消失。
- f) 依次修改设备检测 TTI 方式为其他两种方式, 重复步骤 d) ~e)。

B.2.1.4 注意事项

测试时 NE2 的 TCMi 模式为“检测或透传模式”, 其他被测设备的 TCMi 模式为“运行模式”。

B.2.2 TCMi-BIP8 和 TCMi-BEI

B.2.2.1 定义

TCMi-BIP8 为段监视比特交叉奇偶校验-8, TCMi 采用 1 字节来表示误码检测编码。TCMi-BEI 为段监视后向误码指示, TCMi 采用 4bit 共同表示 BEI 和 BIAE (该 4bit 为“1011”时表示 BIAE, 此时 BEI 统计无效)。

B.2.2.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.2.2.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

- a) 如图 B.1 所示连接好测试配置, NE1 和 NE3 的 TCMi 设置为正常工作模式。
- b) 当设备正常运行时, 数据分析仪应无任何告警和丢包。
- c) 增加 NE1<->NE2 之间可调衰减器的率减值, 使得 NE3 接收到若干 TCMi-BIP8 误码, 查看 NE1 是否接收到的 TCMi-BEI, 同时比较 NE1 的 TCMi-BEI 误码个数与 NE3 的 TCMi-BIP8 误码个数是否相等。
- d) 逐渐减少 NE1<->NE2 之间可调衰减器的衰减值, 查看 NE3 的 TCMi-BIP8 和 NE1 的 TCMi-BEI 是否不再发生变化。

B.2.2.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

- a) TCMi 共 6 级, 根据设备支持情况选择测试级别。

b) 测试时 TCMi 模式为“运行模式”。

B.2.3 TCMi-STAT 和 TCMi-BIAE

B.2.3.1 定义

TCMi-STAT 是串联连接监视的状态开销, TCMi 采用 3bit 共计可表示 8 种通路状态, 其中包括无源串联连接 (“000”)、正常通路状态 (“001”)、IAE (“010”)、3 种维护信号 (“111”, ODUk-AIS; “101”, ODUk-LCK; “110”, ODUk-OCI), 其余两种状态为预留。

TCMi 采用 4bit 共同表示 BEI 和 BIAE (该 4bit 为“1011”时表示 BIAE, 此时 BEI 统计无效)

B.2.3.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.2.3.3 测试步骤

按照下述步骤进行测试:

a) 如图 B.1 所示连接测试配置, NE1 和 NE3 的 TCMi 设置为正常工作模式。

b) 当设备正常运行时, 数据分析仪应无任何告警和丢包。

c) 修改 NE1 的 TCMi 为透传模式, 观察 NE3 是否上报 TCMi LTC 告警, 同时 NE1 是否上报 TCMi-BDI 告警。

d) 网管设置 NE1 发送 TCMi-STAT 为“101”码, 观察 NE3 是否上报 TCMi ODU0-LCK 维护状态, 同时 NE1 是否上报 TCMi-BDI 告警。

e) 网管删除 NE2 的 ODU0 交叉连接, 观察 NE3 是否上报 TCMi ODU0-OCI 维护状态, 同时 NE1 是否上报 TCMi-BDI 告警。

f) 中断 NE1 到 NE2 的光纤, 观察 NE3 是否上报 TCMi ODU0-AIS 维护状态, 同时 NE1 是否上报 TCMi-BDI 告警。

B.2.3.4 注意事项

测试时应注意下述事项:

a) TCMi 共 6 级, 根据设备支持情况选择测试级别。

b) 测试时 NE2 的 TCMi 模式为“检测或透传模式”, 其他被测设备的 TCMi 模式为“运行模式”。

c) TCMi-IAE 和 TCMi-BIAE 的测试待研究。

B.3 ODU0 维护信号

B.3.1 ODU0-AIS

见附录 B 的 B.2.3.1 节。

B.3.2 ODU0-LCK

见附录 B 的 B.2.3.1 节。

B.3.3 ODU0-OCI

见附录 B 的 B.2.3.1 节。

B.4 OPU0 开销测试

OPU0 开销由包含净荷类型(PT)的净荷结构标识(PSI)、与级联相关的开销和映射客户信号进 OPU0 净荷相关的开销 (如调整控制和机会比特等)。这些开销在 OTUk 帧中的具体位置见 YD/T 1990-2009 的

6.3 节和 YD/T 1462-2006 第 15 章。

B.4.1 PSI

B.4.1.1 定义

PSI 为净荷结构标识开销，OPU_k 采用 1 字节并结合 ODU_k 复帧（共计 256 帧）来表示，其中 PSI[0] 为 PT，PSI[1]~PSI[255]为映射和级联相关开销。

B.4.1.2 测试配置

测试配置如图 B.1 所示。测试仪表为 GE 数据分析仪。

B.4.1.3 测试步骤

- 按照下述步骤进行测试：
- a) 如图 B.1 所示连接测试配置。
 - b) 当设备正常运行时，数据分析仪应无任何告警和丢包。
 - c) 通过网管配置 NE1 和 NE3 的 GE 业务适配选择相同的方式，观察 NE1 和 NE3 接收到 PT 类型是否一致。
 - d) 通过网管配置 NE1 和 NE3 的 GE 业务适配选择不同的方式，观察被测设备网管是否上报 NE1 和 NE3 出现净荷失配（PLM）告警。
 - e) 配置 NE1 和 NE3 采用相同的 ODU_k 复用结构（如 2 个 ODU₀ 复用到 ODU₁），OTN 分析仪和 OTN 被测设备应无任何告警和误码。
 - f) 修改 NE1 和 NE3 信号复用结构中 ODU 类型或端口编号不一致，观察被测设备网管是否上报 NE1 和 NE3 出现复用结构标识适配（MSIM）告警。

B.4.1.4 注意事项

- 测试时应注意下述事项：
- a) 对于与复用结构相关开销的测试，根据 OTN 设备支持的复用结构类型选择,LOFLOM 的告警测试待研究。
 - b) PSI 中与映射和级联相关其他开销的测试待研究。

B.4.2 映射和级联相关开销

与映射和级联相关开销的测试待研究。

中华人民共和国
通信行业标准
光传送网（OTN）测试方法
YD/T 2148-2010

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街14号A座
邮政编码：100061
北京新瑞铭印刷有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2011年2月第1版
印张：6 2011年2月北京第1次印刷
字数：160千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 2167/11 - 118

定价：60元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)67114922