

2024 环球网校一级建造师《通信与广电工程管理与实务》考点精讲-第 13 讲

第 2 章 通信与广电工程施工技术

2.2 传输系统及核心网的测试

| 章节目录 | 2023 | 2022 | 2021 | 2020 | 2019 | 2018 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|
| 基于时分复用技术的传输系统测试 | | 2 | 5 | | | |
| 基于波分复用技术的传输系统测试 | 12 | 6 | | 2 | 7 | 5 |
| 核心网设备的测试 | 2 | 1 | | 3 | | |

2.2.1 基于时分复用技术的传输系统测试

传输系统测试包括**传输设备（网元级）的性能测试和传输系统（系统级）**的性能测试。

1. 时分复用传输设备（网元级）性能测试

| 项目 | 测试内容 | SDH | MSTP | PTN/IPRAN |
|---------|--|-----|------|-----------|
| PDH 接口 | 输入抖动容限及频偏、输出抖动、映射抖动和结合抖动（口诀： 出入映结合 ） | √ | | |
| SDH 光接口 | 平均发送光功率、发送信号波形、光接收灵敏度 和 最小过载光功率、再生器抖动 转移特性、 输入抖动容限及频偏、输出抖动 （口诀：平 发小灵出入再抖 ） | √ | √ | √ |
| 以太网接口 | 平均发送光功率、时延、吞吐量、过载丢包率、背靠背 、接收 灵敏度 和 最小过载光功率 （ 口诀：平时吞过背小灵 ） | | √ | √ |
| ATM 接口 | 交换容量、 最大流量测试 、信元 丢弃 优先级、端口环 回 功能、 信元 传送优先级（ 口诀：交大丢回信 ） | | √ | √ |

4) 主要项目的测试方法

(1) 平均发送光功率

指发送机耦合到光纤的伪随机数据序列的平均功率在**S 参考点**（Tx/OUT）上的测试值。测试仪表有**图案发生器、光功率计**，其中图案发生器不是必需仪表，仅当一些设备需要在输入口送信号，输出口才能发光时选用。



图 2.2-1 平均发送光功率测试连接图

(2) 发送信号波形（眼图）

以发送眼图模框的形式规定了发送机的光脉冲形状特征，包括**上升、下降时间，脉冲过冲及振荡**。测试仪表主要有**通信信号分析仪（高速示波器）**



图 2.2-2 光发送信号眼图测试配置图

(3) 接收灵敏度和最小过载光功率

(2018. 一. 4) 【2022-12】

指输入信号处在 1550nm 区，误码率达到 10^{-12} 时设备输入端口处的平均接收光功率的最小值和最大值。

测试仪表：**传输分析仪、可变衰耗器及光功率计**

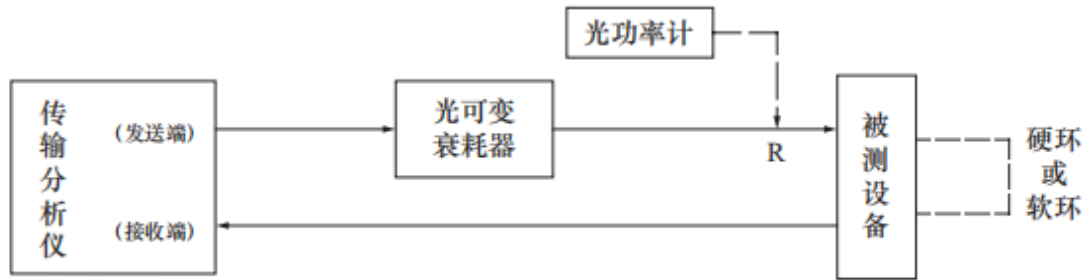


图 2.2-3 接收灵敏度和最小过载光功率测试连接图



（4）抖动性能

抖动为数字信号的特定时刻相对其理想参考时间位置的**短时间偏离**。

- ①输入抖动容限及频偏
- ②输出抖动（固有抖动）
- ③传输设备的映射抖动和结合抖动
- ④再生器抖动转移特性，一般用抖动传递函数表示。

（5）吞吐量

是指以太网设备可以转发的**最大数据量**，通常表示为**每秒钟转发的数据量**。

测试仪表为**数据通信测试仪**。

（6）时延

是以太网设备对数据包接收和发送之间**延迟的时间**，单机测试的数据主要体现网络节点设备的性能。

测试仪表为**数据通信测试仪**。

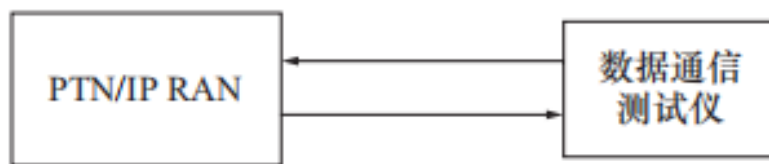


图 2.2-5 吞吐量、时延、过载丢包率、背靠背测试连接图

（7）过载丢包率

是指以太网设备在不同负荷下转发数据过程中**丢弃数据包占应转发包的比例**，不同负荷通常指在典型数据包长下从吞吐量测试到端口标称速率。

测试仪表为**数据通信测试仪**。

（8）背靠背（2017-13）

指端口工作在最大速率时，在不发生报文丢失前提下，被测设备可以接收的**最大报文序列的长度**，反映设备对于突发报文的**容纳能力**。

测试仪表为**数据通信测试仪**。

| 测试项目 | 仪表 |
|---------------|------------------|
| 平均发送光功率 | 图案发生器（非必须）、光功率计 |
| 发送信号波形 | 通信信号分析仪 |
| 接收灵敏度和最小过载光功率 | 传输分析仪、可变衰耗器及光功率计 |
| 抖动性能 | 含抖动模块的传输分析仪 |
| 吞吐量 | 数据通信测试仪 |
| 时延 | |
| 过载丢包率 | |
| 背靠背 | |

2. 时分复用传输系统（系统级）性能测试
主要包括系统性能指标测试和系统功能验证两部分。
主要测试项目如下：（2023 案例四）

- 1) 光线路接收光功率
- 2) 系统输出抖动测试
- 3) 系统误码测试
- 4) 以太网链路测试
- 5) ATM 链路测试
- 6) 系统保护倒换测试
- 7) 设备冗余保护功能验证
- 8) 交叉连接设备功能验证
- 9) 网管功能验证

（1）光线路接收光功率
传输系统线路侧接收实际光功率应介于光接收机灵敏度和最小过载光功率之间，并宜有一定的冗余。一般在接收端 ODF 侧测试。

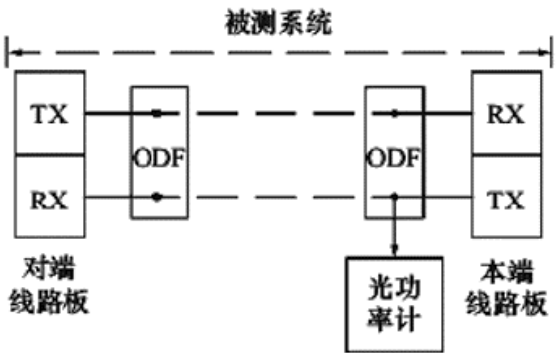


图 2.2-6 光线路接收光功率测试连接图

（3）系统误码测试
主要测试仪表有传输分析仪、数据通信测试仪

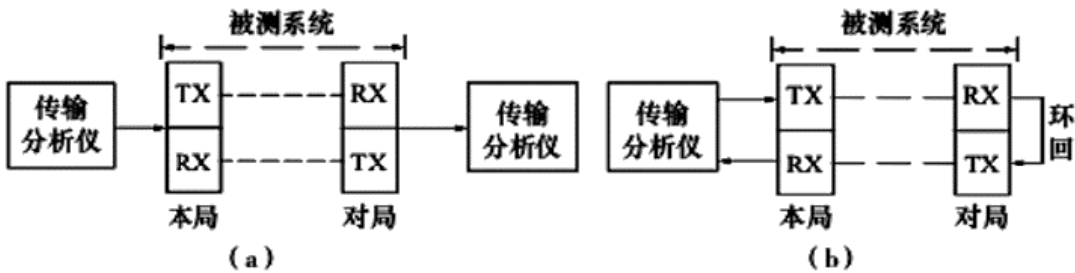


图 2.2-8 系统误码测试连接图
(a) 单向测试；(b) 环回测试

(4) 以太网链路测试

主要包括**链路时延和长期丢包率**测试。

使用仪表为**数据通信测试仪**。

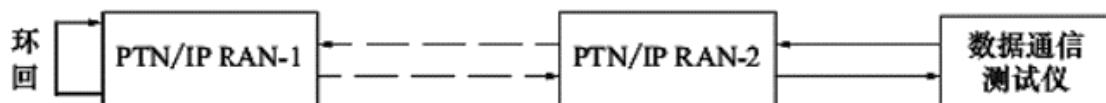


图 2.2-9 链路时延及长期丢包率测试连接图

(5) ATM 链路测试

包括**信元丢失率和信元差错率**测试。

(6) 系统保护倒换测试

①SDH、MSTP 系统复用段和通道保护倒换业务中断时间测试，如光纤长度小于 1200km，则倒换时间应小于**50ms**，测试仪表为**传输分析仪**。

②PTN/IPRAN 系统的 1+1 和 1:1 保护倒换测试，倒换时间小于**50ms**，测试仪表为**数据通信测试仪**。

2.2.2 基于波分复用技术的传输系统测试

1. 波分复用设备网元级测试 (2019.26) (2020、10)

1) 波长转换器 (OTU) 测试 (口诀：平发抖小灵中转抑 20)

(1) **平**均发送光功率

(2) **发**送信号波形 (眼图)

(3) 光接收机**灵**敏度和最**小**过载光功率

(4) 输入**抖**动容限

(5) 抖动**转**移特性

(6) OTU 中心频率与偏离：是指在参考点 S_n ，发射机发出的光信号的实际中心频率，该值应当符合设计规定。设备工作的实际中心频率与标称值的偏差称为中心频率偏离，一般该值不应超出系统选用信道间隔的**10%**。

测试仪表为**多波长计或光谱分析仪**。

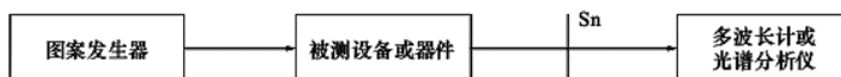


图 2.2-10 中心频率测试连接图

(7) 最小边模**抑**制比：指在最坏的发射条件时，全调制下主纵模的平均光功率与最显著边模的光功率之比。仪表为**光谱分析仪**。

(8) 最大**-20dB**带宽：指在相对最大峰值功率跌落 20dB 时的最大光谱宽度。仪表为**光谱分析仪**。

2) 合波器 (OMU) 测试 (口诀：合极插)

测试仪表有**可调激光器光源、偏振控制器、光功率计**

(1) **插入损耗及偏差**；

(2) **极化相关损耗**。

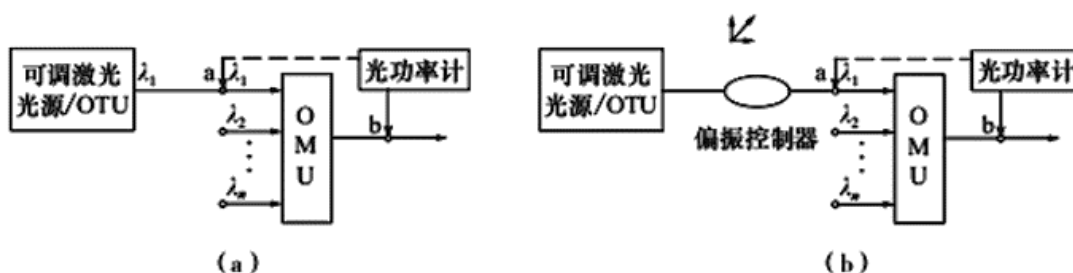


图 2.2-11 合波器测试连接图

(a) 合波器插入损耗测试连接图；(b) 极化相关损耗测试连接图

- 3) 分波器 (ODU) 测试 (2021. 11) (口诀: 分信极插)
- 测试仪表有可调激光器光源、偏振控制器、光功率计和光谱分析仪。
- (1) 插入损耗及偏差; (2) 极化相关损耗; (3) 信道隔离度。

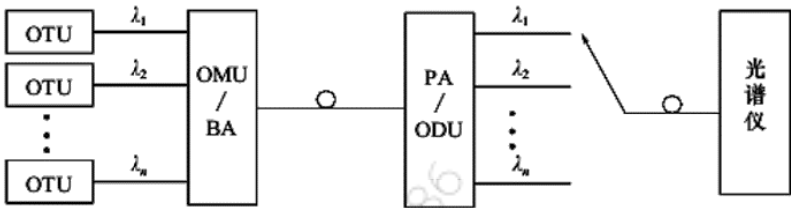
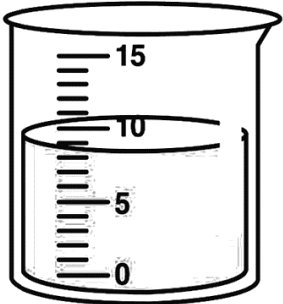


图 2.2-12 分波器隔离度测试连接图

- 4) 光纤放大器 (OA) 测试 (2020、11) (口诀: 出入噪)
- 测试仪表有光谱分析仪和光功率计。
- (1) OA 输入光功率范围: 实测范围应大于指标标称范围。
- (2) 输出光功率范围: 实测范围应小于指标标称范围。
- (3) 噪声系数: 是指光信号在进行放大的过程中, 由于放大器的自发辐射 (ASE) 等原因引起的光信噪比的劣化值, 用 dB 度量。
- 噪声系数=输入光信号的信噪比-输出光信号的信噪比



- 5) 光监测信道 (OSC) 测试 (2022 年案例一)
- DWDM 系统在正常的业务信道之外增加一个波长信道专用于对系统的管理, 这个信道就是光监控信道 (OSC)。监控通路采用信号翻转码 CMI 为线路码型。
- (1) 光监测信道光功率: 测试仪表为光功率计。
- (2) 光监测信道工作波长及偏差: 测试仪表为多波长计或光谱仪。
- 6) 可重构光分插复用器 (ROADM) 功能测试
- 口诀: 上下方向选择间隔映射复用

| 测试项目 | 宽谱光源 | 光谱分析仪 | 光谱分析仪 |
|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| (1) 方向数 | √ | √ | |
| (2) 上下波数量 | √ | √ | |
| (3) 波长选择开关 (WSS) 工作波长范围 | √ | | √ |
| (4) WSS 通道间隔 | √ | | √ |
| (5) 客户信号映射测试 | SDH 分析仪、数据分析仪或 OTN 分析仪 | | |
| (6) ODUk 复用功能 | | | |

- (1) 方向数: ROADM 设备的方向数是指 ROADM 单机支持的 MPI 线路数量。

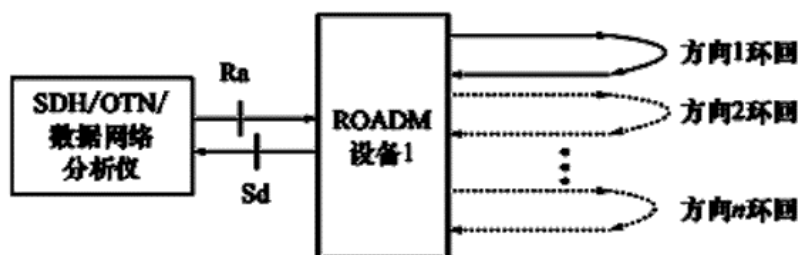


图 2.2-13 方向数测试连接图

(2) 上下波数量:

对于两个方向的 ROADM，从每个方向的 m 个波长中可以选择 n 个波长上下 $(n \leq m)$ ；
对于多个方向的 ROADM，可以从多个（如 k 个）方向（每个方向 m 个波长）中自由选择 n 个波长上下 $(n \leq m \times k)$ 。

2. 波分复用系统测试 (2023 年案例四)

系统首先需进行各业务信道的信噪比优化，所以首先需进行信噪比测试 (2023 单 14)。

(1) DWDM 波分复用系统主要测试项目：MPI-Rm/Rm 点总输入光功率、MPI-Rm/Rm 点每通道光信噪比、系统中心波长及偏差、系统输出抖动、系统误码测试、网管功能验证。

(3) 各测试项目常用测试方法

① MPI-Rm 点总输入光功率 光功率计

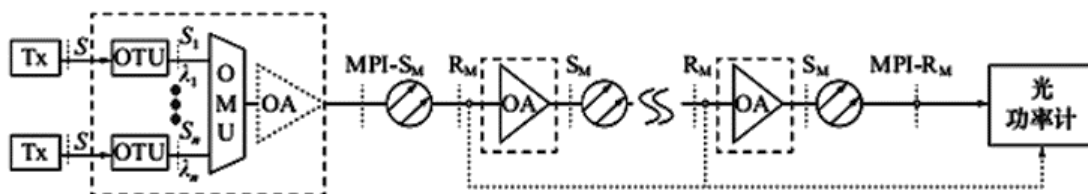


图 2.2-18 MPI-Rm/Rm 总接收光功率测试配置图

② MPI-Rm/Rm 光信噪比测试 光谱分析仪

信号光功率与 ASE 噪声功率的比值，其中 ASE 噪声功率的参考带宽一般选择为 0.1nm 。

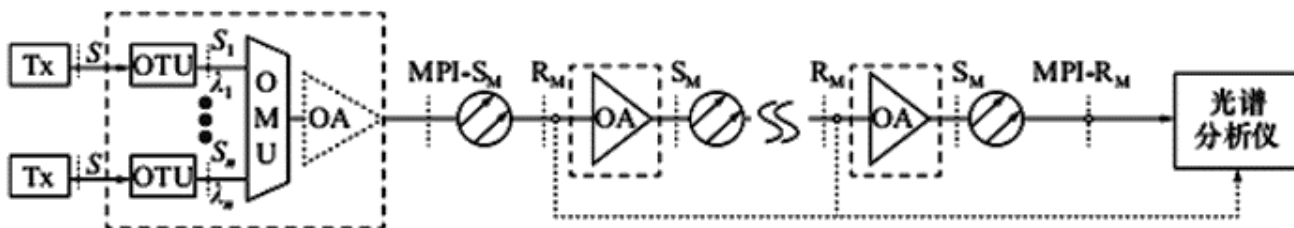


图 2.2-19 MPI-Rm/Rm 每通道输入功率 / OSNR 测试配置图

对于 10Gbit/s 及以下速率 NRZ 信号，工程测试可用光谱仪自动扫描接收端的检测口在线测试。

对于 100Gbit/s 系统，传统的 OSNR 测试方法不适用，建议采用积分法测试。

③ 波分复用系统中心波长及偏差。光谱分析仪，高精度测试时，使用多波长计代替光谱分析仪。

④ 系统输出抖动测试。

⑤ DWDM 波分复用系统误码测试。传输网络分析仪

⑥ OTN 系统误码率/丢包率测试。指一定测试周期（一般为 24h ）内 OTN 网络的误码率或丢包率。
测试仪表可为 SDH 分析仪、数据分析仪或 OTN 分析仪。

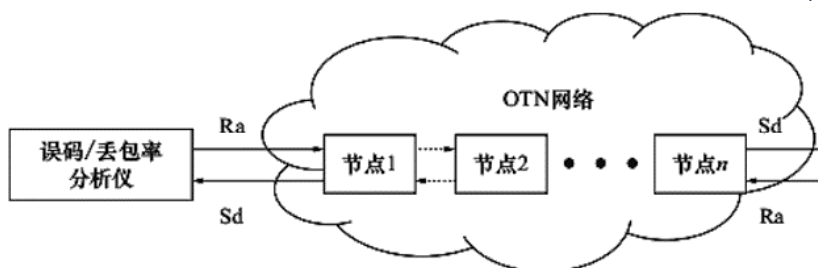


图 2.2-20 OTN 误码率 / 丢包率测试配置图

⑦以太网链路测试。使用仪表为**以太网测试仪**。

⑧可重构的本地波长通道上下路功能。测试验证 ROADM 设备的可重构本地波长通道**上下路能力**。

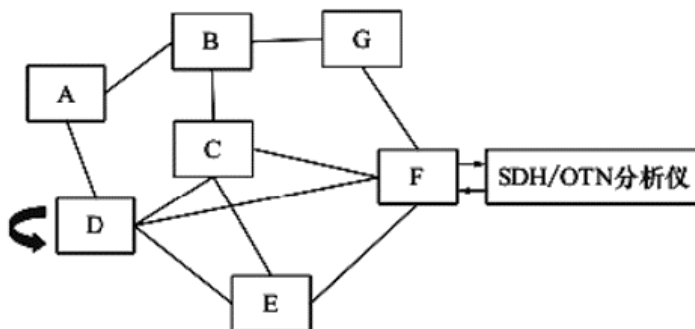


图 2.2-21 可重构的本地波长通道上下路功能测试配置图

⑨可重构的线路方向间波长通道调度功能、波长无关上下路功能、方向无关上下路功能等验证。

2.2.3 核心网设备的测试

1. LTE 核心网测试

1) LTE 设备通电前检查

(1) 设备、配线架应从接地汇集排引入**保护接地**。

(2) 设备的标称工作电压应为**-48V**，设备通电前应在机房主电源端子上测量电源电压

(3) 使用交流电源的设备和使用直流电源的设备**不得安装在同一机架内**。

2) LTE 系统检查测试（略）

3) LTE 工程初验测试项目（2020.12）

包括**核**心网功能测试、**业**务测试、性**能**测试、网**管**测试、系统**安**全测试及可**靠**性测试。（口诀：核业能管安靠）

(1) 功能测试

①移动性管理实体（MME）功能**（2023 多 26）**。包括：接入控制、移动性管理、会话管理、网元选择、标识管理、MMEPOOL 等功能的测试。

②服务网关（S-GW）功能**（2020 多 26）**。会话管理、路由选择和数据转发、QoS、计费等功能的测试。

③分组数据网关（P-GW）功能**（2020 多 26）**。会话管理、IP 地址分配、路由选择和数据转发、接入外部数据网、DPI、QoS、计费等功能的测试。

④归属签约用户服务器（HSS）功能**（2022-13）**。用户数据存储管理、用户鉴权和授权、移动性管理、Diameter 路由选择等项目的测试。

⑤策略及计费规则功能（PCRF）。策略控制、计费策略控制、Gx 会话、Rx 会话、Gxa 会话等功能的测试。

(2) 业务测试

业务测试应在所有网元功能测试完成后进行。

①**语音业务**。

②**数据承载业务**。承载类业务包括但不限于浏览类业务、下载类业务、电子邮件类业务、流媒体业务、P2P 类业务、VoIP 类业务、即时消息类业务。

(3) 性能测试

性能测试主要测试核心网设备的处理能力。

③若现场测试不具备测试条件，可提供已认证的测试报告

(5) 系统安全测试

①网管系统安全管理功能；

②分权分域管理安全验收；

③网络设备安全验收；

④数据库安全验收。

(6) 可靠性测试

④计费不准确率指标应小于十万分之一。

2. 5G 核心网测试

1) 通电测试前的检查

(1) 机房交直流电源电压应满足工程设计文件的要求，一般在电源分配架输入端测量主电源电压进行确认。

3) 业务测试

(1) 高清视频业务测试。

(2) FTP 下载业务测试。