

**中国移动通信企业标准**

**QB-××-×××-××××**

**中国移动极简光传送网（OTN）系统和设备技术规范**

Technical Requirements for Minimal Optical Transport Network (OTN) Systems and Equipments

版本号：1.0.0

**××××**-**××**-**×**发布

**××××**-**××**-**××**实施

中国移动通信集团有限公司 发布

目 录

[前 言 III](#_Toc143132123)

[极简光传送网（OTN）系统和设备技术规范 4](#_Toc143132124)

[1 范围 4](#_Toc143132125)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc143132126)

[3 术语、定义和缩略语 5](#_Toc143132127)

[4 系统分类 6](#_Toc143132128)

[4.1 极简OTN系统分类和应用代码 6](#_Toc143132129)

[4.2 极简OTN系统光波长区的分配 7](#_Toc143132130)

[4.2.1 标称中心频率（波长） 7](#_Toc143132131)

[4.2.2 频率间隙（通路分配） 8](#_Toc143132132)

[4.2.3 固定波长间隔的极简OTN系统光波长区的分配 8](#_Toc143132133)

[5 系统参数要求 10](#_Toc143132134)

[5.1 参考点定义 10](#_Toc143132135)

[5.2 主光通道接口参数要求 10](#_Toc143132136)

[5.2.1 采用单载波1×400Gbit/s技术方案的极简OTN系统 10](#_Toc143132137)

[6 OTU技术要求 13](#_Toc143132138)

[6.1 OTU分类 13](#_Toc143132139)

[6.2 OTU功能要求 14](#_Toc143132140)

[6.2.1 收发一体型OTU 14](#_Toc143132141)

[6.2.2 子速率复用型OTU 14](#_Toc143132142)

[6.2.3 中继型OTU 15](#_Toc143132143)

[6.3 OTU光接口参数 15](#_Toc143132144)

[6.4 OTU抖动特性 16](#_Toc143132145)

[6.4.1 抖动产生 16](#_Toc143132146)

[6.4.2 输入抖动容限 16](#_Toc143132147)

[6.4.3 抖动转移特性 17](#_Toc143132148)

[6.4.4 以太网业务抖动特性 17](#_Toc143132149)

[7 波分复用器件的技术要求 17](#_Toc143132150)

[7.1 波分复用器件的基本要求及分类 17](#_Toc143132151)

[7.2 固定通路间隔的合波器（OMU）和分波器（ODU）参数要求 17](#_Toc143132152)

[8 光放大器技术要求 18](#_Toc143132153)

[9 FEC技术要求 18](#_Toc143132154)

[10 动态功率控制和增益均衡技术要求 19](#_Toc143132155)

[10.1 通路功率动态控制 19](#_Toc143132156)

[10.2 线路功率动态控制 19](#_Toc143132157)

[10.3 动态增益均衡 19](#_Toc143132158)

[10.4 OTDR技术要求 19](#_Toc143132159)

[11 监控通路要求 20](#_Toc143132160)

[11.1 光监控通路要求 20](#_Toc143132161)

[12 传输功能和性能要求 20](#_Toc143132162)

[12.1 保护倒换功能 20](#_Toc143132163)

[12.1.1 光复用段线性1+1保护 20](#_Toc143132164)

[12.1.2 业务中断时间监测功能 20](#_Toc143132165)

[12.2 不中断业务监测功能 21](#_Toc143132166)

[12.3 误码/丢包率性能 21](#_Toc143132167)

[12.4 抖动性能 21](#_Toc143132168)

[12.4.1 系统输出抖动 21](#_Toc143132169)

[12.4.2 系统输入抖动容限 21](#_Toc143132170)

[12.5 电源电压容限范围 22](#_Toc143132171)

[12.6 温度循环容忍范围 22](#_Toc143132172)

[13 网络管理系统技术要求 22](#_Toc143132173)

[14 APR进程要求 22](#_Toc143132174)

[15 设备形态要求 22](#_Toc143132175)

[16 编制历史 23](#_Toc143132176)

[附录A（资料性附录） Rn参考点纠错前误码率（Pre-FEC）指标分析 24](#_Toc143132177)

[A.1 背景 24](#_Toc143132178)

[A.2 理论基础 24](#_Toc143132179)

[A.3 指标要求 25](#_Toc143132180)

前 言

本标准适用于中国移动通信集团公司极简光传送网（OTN）系统和设备，规范了极简OTN设备的功能和性能要求指标，为网络规划与建设、设备制造和招投标、工程设计和通信组织、网络维护和运营等提供技术参考和依据。

本标准主要包括极简OTN通信系统的设备和系统功能要求、指标定义。

本标准是WDM/OTN系列标准之一，该系列标准的结构、名称或预计的名称如下：

表1 WDM/OTN系列标准

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 标准编号 | 标准名称 |
| [1] | QB-B-001-2008 | 中国移动WDM传送网技术体制 |
| [2] | QB-B-003-2008 | 中国移动光波分复用（WDM）系统测试规范 |
| [3] | QB-B-007-2011 | 光传送网（OTN）设备互联互通规范 |
| [4] | QB-B-019-2014 | N×100Gbit/s 波分复用(WDM)/光传送网（OTN）设备技术规范 |
| [5] | QB-B-020-2014 | N×100Gbit/s 波分复用(WDM)/光传送网（OTN）设备测试规范 |
| [6] | QB-B-006-2017 | 光传送网（OTN）设备技术规范 |
| [7] | QB-B-008-2017 | 光传送网（OTN）设备测试规范 |
| [8] | 待发布 | N×400Gbit/s 波分复用(WDM)/光传送网（OTN）设备技术规范 |
| [9] | 待发布 | N×400Gbit/s 波分复用(WDM)/光传送网（OTN）设备测试规范 |
| [10] | 待发布 | 软件定义光传送网（SOTN）总体技术要求 |
| [11] | 待发布 | 软件定义光传送网（SOTN）系统测试规范 |

本标准需与（QB-B-006-2017）《光传送网（OTN）设备技术规范》配套使用。

本标准的附录A为资料性附录。

本标准由中移     号文件印发。

本标准由中国移动通信集团公司计划建设部提出，集团公司技术部归口。

本标准起草单位：中国移动通信集团公司研究院

本标准主要起草人：王东 李允博 李晗 王磊 张德朝 赵阳 葛大伟

极简光传送网（OTN）系统和设备技术规范

# 范围

本标准规定了面向数据中心间光互联和3AZ互联等类型业务的极简光传送网（OTN）系统和设备在C波段传输时的技术要求，主要包括系统分类、系统参数要求、OTU技术要求、波分复用器件的技术要求、光放大器技术要求、FEC技术要求、动态功率控制和增益均衡技术要求、监控通路要求、传输功能和性能要求、网络管理要求、APR进程要求、同步功能要求、运维调测等。

# 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。

表 1 规范性引用文件

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准编号 | 标准名称 | 发布单位 |
| [1] | QB-B-001-2008 | 中国移动WDM传送网技术体制 | 中国移动通信集团公司 |
| [2] | QB-B-019-2014 | N×100Gbit/s 波分复用（WDM）/光传送网（OTN）设备技术规范 | 中国移动通信集团公司 |
| [3] | QB-B-006-2017 | 光传送网（OTN）设备技术规范 | 中国移动通信集团公司 |
| [4] | YD/T 1259-2003 | 波分复用系统（WDM）光安全进程技术要求 | 中华人民共和国工业和信息化部 |
| [5] | YD/T 2000.1-2014 | 平面光波导集成光路器件 第1部分：基于平面光波导(PLC)的光功率分路器 | 中华人民共和国工业和信息化部 |
| [6] | YDN 120-1999 | 光波分复用系统总体技术要求（暂行规定） | 中华人民共和国工业和信息化部 |
| [7] | ITU-T G.652 | 单模光纤光缆的特性 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [8] | ITU-T G.654 | 截止波长位移单模光纤和光缆的特性 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [9] | ITU-T G.655 | 非零色散单模光纤光缆的特性 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [10] | ITU-T G.691 | 有光放大器SDH单通路系统和STM-64系统的光接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [11] | ITU-T G.692 | 有光放大器多通路系统的光接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |

表 1 规范性引用文件（续）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 标准编号 | 标准名称 | 发布单位 |
| [12] | ITU-T G.693 | 局内光接口要求 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [13] | ITU-T G.709 | 光传送网（OTN）接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [14] | ITU-T G.709.1 | 灵活光传送网（OTN）短距接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [15] | ITU-T G.709.3 | 灵活光传送网（OTN）长距接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [16] | ITU-T G.798 | 光传送网体系设备的功能块特性 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [17] | ITU-T G.959.1 | 光传输网络物理光接口 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [18] | ITU-T G.975 | 高比特率DWDM海底系统的前向纠错 | ITU-T（国际电信联盟远程通信标准化组） |
| [19] | IEEE 802.3-2015 | 以太网标准 | IEEE（美国电气和电子工程师协会） |
| [20] | IEEE 802.3ba | 局域和城域网络标准协议第三部分：基于冲突检测的载波侦听多路接入(CSMA/CD)方案和物理层指标，增补4：40Gb/s和100Gb/s 媒质接入控制参数，物理层和管理层参数 | IEEE（美国电气和电子工程师协会） |
| [21] | IEEE 802.3bs-2017 | 以太网标准增补：200Gb/s和400Gb/s媒质接入控制参数，物理层和管理层参数  | IEEE（美国电气和电子工程师协会） |
| [22] | IEC TR 61282-12 | 光纤通信系统设计指引第12部分：带内光信噪比 | IEC（国际电工委员会） |
| [23] | OIF-FLEXE-01.1 | 灵活以太网协议 | OIF（光互联网论坛） |
| [24] | 10×10 MSA | 10×10 多源协议（MSA）技术规范—2km、10km、40km光参数 | MSA（多源协议） |
| [25] | QB-XX-XXX-XXXX | N×400Gbits波分复用（WDM）光传送网（OTN）设备技术规范 | 中国移动通信集团公司 |

# 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本标准：

表 2 术语、定义和缩略语

|  |  |
| --- | --- |
| 英文缩写 | 解释 |
| 3R | Reamplification, Reshaping and Retiming（再放大，再整型，再定时） |
| AIS | Alarm Indication Signal（告警指示信号） |
| APR | Automatic Power Reduction（自动功率降低） |
| AWG | Arrayed Waveguide Grating（阵列波导光栅） |
| BER | Bit Error Rate（误码率） |
| BOL | Begin of Life（寿命初始值） |
| CD | Chromatic Dispersion（色度色散） |
| DCC | Data Communications Channel（数据通信通路） |
| DCI | Data Center Interconnect（数据中心互连） |
| DEG | Degraded defect（劣化缺陷） |
| DSP | Digital Signal Processing（数字信号处理） |
| DWDM | Dense Wavelength Division Multiplexing（密集波分复用） |
| EDFA | Erbium Doped Fiber Amplifier（掺铒光纤放大器） |
| EOL | End of Life（寿命终了值） |
| ERFC | Complementary Error Function（互补误差函数） |
| ESC | Electrical Supervisory Channel （电监控通道） |
| FEC | Forward Error Correction（前向纠错） |
| GCC | General Communication Channel（通用通信通路） |
| GFEC | Generic Forward Error Correction（通用前向纠错） |
| LCK | Locked defect（锁定缺陷） |
| LLDP | Link Layer Discovery Protocol（链路层发现协议） |
| LOF | Loss of Frame（帧丢失） |
| LOS | Loss of Signal（信号丢失） |
| MPI | Main Path Interface（主通道接口） |
| MSA | Multiple Source Agreement（多源协议） |
| OA | Optical Amplifier（光放大器） |
| OADM | Optical Add/Drop Multiplexer（光分插复用器） |
| OCI | Open Connection Indication（开放连接指示） |
| ODU | Optical Demultiplex Unit（光解复用单元） |
| ODU | Optical Channel Data Unit（光通路数据单元） |
| ODUk | Optical Channel Data Unit-k（光通路数据单元k） |
| OMSn | Optical Multiplex Section of level n（n阶光复用段） |
| OMU | Optical Multiplex Unit（光复用单元） |
| OSC | Optical Supervisory Channel（光监控信道） |
| OSNR | Optical Signal to Noise Ratio（光信噪比） |
| OTDR | Optical Time Domain Reflectometer（光时域反射仪） |
| OTN | Optical Transport Network（光传送网） |
| OTSn | Optical Transmission Section of level n（n阶光传送段） |
| OTU | Optical Transfer Unit（光转发单元） |
| OTUk | Completely standardized Optical Channel Transport Unit-k（完全标准化光通路传送单元-k） |
| PM | Path Monitoring（通道监测） |
| PMD | Polarization Mode Dispersion（偏振模色散） |
| PM-16QAM | Polarization Multiplexing – 16 Quadrature Amplitude Modulation（偏振复用16阶正交幅度调制） |
| ROADM | Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer（可重构光分插复用器） |
| RS | Reed-Solomon（里德-所罗门（编码）） |
| SD | Signal Degrade（信号劣化） |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy（同步数字系列） |
| SF | Signal Fail（信号失效） |
| SM | Section Monitoring（段监测） |
| TCM | Tandem Connection Monitoring（串联连接监测） |
| TIM | Trail trace identifier mismatch（路径踪迹标识符失配） |
| TS | Telemetry Streaming（遥感测试流技术） |
| WDM | Wavelength Division Multiplex（波分复用） |
| WSS | Wavelength Selected Switch（波长选择开关） |

# 系统分类

极简OTN系统分类和应用代码

极简OTN系统分为多跨段传输系统和单跨段传输系统。

系统应用代码如下：

Tn.Bc-xW-z(S)

其中：

T表示极简OTN系统属于单跨段或多跨段系统：

——S：表示单跨段WDM系统；

——M：表示多跨段WDM系统；

N表示WDM系统所支持的最大波长数量。

B表示极简OTN系统所支持的单通路速率：

——400G：表示极简OTN系统单通路速率为400Gbit/s～560Gbit/s，随着FEC开销的增加，此速率值上限可能进一步增大。

c表示极简OTN系统所支持的通路间隔（GHz）；

x表示极简OTN系统所支持的最大跨段数量；

W表示极简OTN系统所支持的跨段损耗值（dB）：

——A：表示跨段损耗为22dB；

——B：表示跨段损耗为28dB；

——C：表示跨段损耗为34dB；

z表示WDM/OTN系统所支持的光纤类型：

——652：表示光纤为ITU-T G.652类型；

——655：表示光纤为ITU-T G.655类型；

S表示WDM/OTN系统的工作波段：

——C：表示工作波段为C波段；

——L：表示工作波段为L波段。

表 3 极简OTN系统应用代码示例

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基本参数应用代码Tn.Bc-xW-z(S) | 系统类型 | 通路速率 | 通路间隔 | 跨段损耗 | 光纤类型 | 工作波段 |
| M80.400G75-4A- 652(C) | 多跨段固定栅格WDM/OTN系统 | 400Gbit/s | 75GHz | 4×22dB | G.652 | C波段 |
| M60.400G100-4A- 652(C) | 多跨段固定栅格WDM/OTN系统 | 400Gbit/s | 100GHz | 4×22dB | G.652 | C波段 |
| S80.400G75-1C- 652(C) | 单跨段固定栅格WDM/OTN系统 | 400Gbit/s | 75GHz | 1×34dB | G.652 | C波段 |
| S60.400G100-1C- 652(C) | 单跨段固定栅格WDM/OTN系统 | 400Gbit/s | 100GHz | 1×34dB | G.652 | C波段 |

极简OTN系统光波长区的分配

### 标称中心频率（波长）

极简OTN系统采用常用的C波段1550nm窗口。标称中心频率基于参考频率193.1THz，其中光频率和波长之间可采用真空光速（2.99792458×108m/s）进行转换。

标称中心频率*f*按照193.1THz为基准，左右按照频率间隙宽度调整粒度一半（即x/2）的整数倍数步长增加或减少，相应中心频率*f*表示为：

f=193.1+n×x/2 (THz)

当 *x*为 0.0125THz（12.5GHz）时，标称中心频率*f*可表示为：

f=193.1+n×0.00625（THz）

极简OTN系统的通路及子载波标称中心频率建议在190.65~196.675THz范围内（-392≤n≤572）。

### 频率间隙（通路分配）

极简OTN系统的频率间隙由标称中心频率和频率间隙宽度表示，其中频率间隙宽度规定为频率间隙宽度调整粒度的正整数倍，即频率间隙宽度(*W*)可表示为：

W=m×x（GHz）

上式中：

*m* 为正整数；

*x* 为频率间隙宽度调整粒度，单位为 GHz。

极简OTN系统指定频率间隙（通路分配）的数值时，也需要兼顾不同光通路之间的频率保护间隔的影响。

### 固定波长间隔的极简OTN系统光波长区的分配

固定波长间隔的极简OTN系统采用常用的C波段1550nm窗口。标称中心频率基于参考频率193.1THz，最小频率间隔为100GHz或75GHz。C波段可支持75GHz频率间隔的80通路（见表4）和100GHz频率间隔的60通路（见表5）。

表 4 基于扩展C波段的80通路（75GHz间隔）极简OTN设备波长分配方案

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扩展C波段编号 | 间隔75GHz的标称中心频率（THz） | 标称中心波长（nm） | 扩展C波段编号 | 间隔75GHz的标称中心频率（THz）  | 标称中心波长（nm） |
| 1 | 196.6375 | 1524.59 | 41 | 193.6375 | 1548.21 |
| 2 | 196.5625 | 1525.18 | 42 | 193.5625 | 1548.81 |
| 3 | 196.4875 | 1525.76 | 43 | 193.4875 | 1549.42 |
| 4 | 196.4125 | 1526.34 | 44 | 193.4125 | 1550.02 |
| 5 | 196.3375 | 1526.92 | 45 | 193.3375 | 1550.62 |
| 6 | 196.2625 | 1527.51 | 46 | 193.2625 | 1551.22 |
| 7 | 196.1875 | 1528.09 | 47 | 193.1875 | 1551.82 |
| 8 | 196.1125 | 1528.68 | 48 | 193.1125 | 1552.42 |
| 9 | 196.0375 | 1529.26 | 49 | 193.0375 | 1553.03 |
| 10 | 195.9625 | 1529.85 | 50 | 192.9625 | 1553.63 |
| 11 | 195.8875 | 1530.43 | 51 | 192.8875 | 1554.23 |
| 12 | 195.8125 | 1531.02 | 52 | 192.8125 | 1554.84 |
| 13 | 195.7375 | 1531.60 | 53 | 192.7375 | 1555.44 |
| 14 | 195.6625 | 1532.19 | 54 | 192.6625 | 1556.05 |
| 15 | 195.5875 | 1532.78 | 55 | 192.5875 | 1556.66 |
| 16 | 195.5125 | 1533.37 | 56 | 192.5125 | 1557.26 |
| 17 | 195.4375 | 1533.96 | 57 | 192.4375 | 1557.87 |
| 18 | 195.3625 | 1534.54 | 58 | 192.3625 | 1558.48 |
| 19 | 195.2875 | 1535.13 | 59 | 192.2875 | 1559.08 |
| 20 | 195.2125 | 1535.72 | 60 | 192.2125 | 1559.69 |
| 21 | 195.1375 | 1536.31 | 61 | 192.1375 | 1560.30 |
| 22 | 195.0625 | 1536.90 | 62 | 192.0625 | 1560.91 |
| 23 | 194.9875 | 1537.50 | 63 | 191.9875 | 1561.52 |
| 24 | 194.9125 | 1538.09 | 64 | 191.9125 | 1562.13 |
| 25 | 194.8375 | 1538.68 | 65 | 191.8375 | 1562.74 |
| 26 | 194.7625 | 1539.27 | 66 | 191.7625 | 1563.35 |
| 27 | 194.6875 | 1539.86 | 67 | 191.6875 | 1563.96 |
| 28 | 194.6125 | 1540.46 | 68 | 191.6125 | 1564.58 |
| 29 | 194.5375 | 1541.05 | 69 | 191.5375 | 1565.19 |
| 30 | 194.4625 | 1541.65 | 70 | 191.4625 | 1565.80 |
| 31 | 194.3875 | 1542.24 | 71 | 191.3875 | 1566.42 |
| 32 | 194.3125 | 1542.84 | 72 | 191.3125 | 1567.03 |
| 33 | 194.2375 | 1543.43 | 73 | 191.2375 | 1567.64 |
| 34 | 194.1625 | 1544.03 | 74 | 191.1625 | 1568.26 |
| 35 | 194.0875 | 1544.63 | 75 | 191.0875 | 1568.88 |
| 36 | 194.0125 | 1545.22 | 76 | 191.0125 | 1569.49 |
| 37 | 193.9375 | 1545.82 | 77 | 190.9375 | 1570.11 |
| 38 | 193.8625 | 1546.42 | 78 | 190.8625 | 1570.72 |
| 39 | 193.7875 | 1547.02 | 79 | 190.7875 | 1571.34 |
| 40 | 193.7125 | 1547.62 | 80 | 190.7125 | 1571.96 |

表 5 基于扩展C波段的60通路（100GHz间隔）极简OTN设备波长分配方案

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扩展C波段编号 | 间隔100GHz的标称中心频率（THz） | 标称中心波长（nm） | 扩展C波段编号 | 间隔100GHz的标称中心频率（THz）  | 标称中心波长（nm） |
| 1 | 196.625 | 1524.69 | 31 | 193.625 | 1548.31 |
| 2 | 196.525 | 1525.47 | 32 | 193.525 | 1549.11 |
| 3 | 196.425 | 1526.24 | 33 | 193.425 | 1549.92 |
| 4 | 196.325 | 1527.02 | 34 | 193.325 | 1550.72 |
| 5 | 196.225 | 1527.8 | 35 | 193.225 | 1551.52 |
| 6 | 196.125 | 1528.58 | 36 | 193.125 | 1552.32 |
| 7 | 196.025 | 1529.36 | 37 | 193.025 | 1553.13 |
| 8 | 195.925 | 1530.14 | 38 | 192.925 | 1553.93 |
| 9 | 195.825 | 1530.92 | 39 | 192.825 | 1554.74 |
| 10 | 195.725 | 1531.7 | 40 | 192.725 | 1555.55 |
| 11 | 195.625 | 1532.49 | 41 | 192.625 | 1556.35 |
| 12 | 195.525 | 1533.27 | 42 | 192.525 | 1557.16 |
| 13 | 195.425 | 1534.05 | 43 | 192.425 | 1557.97 |
| 14 | 195.325 | 1534.84 | 44 | 192.325 | 1558.78 |
| 15 | 195.225 | 1535.63 | 45 | 192.225 | 1559.59 |
| 16 | 195.125 | 1536.41 | 46 | 192.125 | 1560.4 |
| 17 | 195.025 | 1537.2 | 47 | 192.025 | 1561.22 |
| 18 | 194.925 | 1537.99 | 48 | 191.925 | 1562.03 |
| 19 | 194.825 | 1538.78 | 49 | 191.825 | 1562.84 |
| 20 | 194.725 | 1539.57 | 50 | 191.725 | 1563.66 |
| 21 | 194.625 | 1540.36 | 51 | 191.625 | 1564.47 |
| 22 | 194.525 | 1541.15 | 52 | 191.525 | 1565.29 |
| 23 | 194.425 | 1541.94 | 53 | 191.425 | 1566.11 |
| 24 | 194.325 | 1542.74 | 54 | 191.325 | 1566.93 |
| 25 | 194.225 | 1543.53 | 55 | 191.225 | 1567.75 |
| 26 | 194.125 | 1544.33 | 56 | 191.125 | 1568.57 |
| 27 | 194.025 | 1545.12 | 57 | 191.025 | 1569.39 |
| 28 | 193.925 | 1545.92 | 58 | 190.925 | 1570.21 |
| 29 | 193.825 | 1546.72 | 59 | 190.825 | 1571.03 |
| 30 | 193.725 | 1547.52 | 60 | 190.725 | 1571.86 |

# 系统参数要求

参考点定义

极简OTN 系统的参考配置见图 1。图中OTU主要实现3R功能（再放大、再整形和再定时）；OMU为光复用器单元，实现多个波长的复用功能；OA为光放大单元，实现信号的光域放大；ODU为光解复用器单元，实现多个波长的解复用功能，Tx/Rx为客户侧光接口。



图 1 极简OTN C波段系统参考配置

图 1定义了6个系统外参考点S、MPI-SM、RM、SM、MPI-RM和R,以及2个系统内参考点，即Sn和Rn。其中S、R是极简OTN系统与客户系统的接口参考点；MPI-SM、RM、SM、MPI-RM是极简OTN系统主光通道的参考点；Sn、Rn是极简OTN系统内OTU分别与OMU和ODU之间的参考点。这些参考点具体含义如下：

S表示客户信号发射机输出接口之后光纤连接处的参考点；

Sn表示OTU连接到OMU的输出接口之后光纤连接处的参考点；

MPI-SM表示OMU后面OA（光功率放大器）光输出接口之后光纤连接处的参考点；

RM表示OA（光线路放大器）输入接口之前光纤连接处的参考点；

SM表示OA（光线路放大器）输出接口之后光纤连接处的参考点；

MPI-RM表示ODU前面OA（光前置放大器）输入接口之前光纤连接处的参考点；

Rn表示ODU后面连接OTU的输入接口之前光纤连接处的参考点；

R表示客户信号接收机输入接口之前光纤连接处的参考点。

主光通道接口参数要求

### 采用单载波1×400Gbit/s技术方案的极简OTN系统

采用PM-16QAM码型的单载波1×400Gbit/s技术方案的极简OTN多跨段系统主光通道接口参数要求见表6。采用PM-16QAM-PCS码型和PM-QPSK码型的单载波1×400Gbit/s技术方案相关指标待研究。

表6 极简OTN多跨段系统主光通道接口参数(单载波1×400Gbit/s PM-16QAM)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数名称 | 单位 | 参数值 |
| 基本参数 400Gbit/s PM-16QAM a |
| 应用代码 | ―― | M80.400G75-5A- 652(C) | M60.400G100-5A- 652(C) |
| 光纤类型 | ―― | G.652 | G.652 |
| 跨段损耗  | n×W dB | 5×22 | 5×22 |
| 通路总数 | 个 | 80 | 60 |
| 通路间隔 | GHz | 75 | 100 |
| 调制格式 | ―― | 偏振复用16阶正交幅度调制 PM-16QAM | 偏振复用16阶正交幅度调制 PM-16QAM |
| 比特速率 | Gbit/s | 400～560 | 400～560 |
| **MPI-SM/ SM点参数** |
| 每通路输出功率（平均功率） | dBm | 3.5 | 4.5 |
| ——最大 | dBm | 6.5 | 7.5 |
| ——最小 | dBm | 0.5 | 1.5 |
| MPI-SM 点最大通路功率差 | dB | 6 | 6 |
| 最大总发送功率 | dBm | 22.5 | 22.5 |
| **光通道（MPI-SM～MPI-RM）参数** |
| 链路残余色散b | ps/nm | 8000 | 8000 |
| 最大离散反射 | dB | -27 | -27 |
| MPI-SM 点最小回损 | dB | 24 | 24 |
| 典型衰减值（1550nm） | dB | 22 | 22 |
| **MPI-RM/ RM点参数** |
| 每通路输入功率（平均功率） | dBm | -19 | -18 |
| ——最大 | dBm | -16 | -15 |
| ——最小 | dBm | -22 | -21 |
| MPI-RM 点最大通路功率差 | dB | 6 | 6 |
| MPI-RM点每通路最小光信噪比 | dB | 27 | 27 |
| 最大总接收功率 | dBm | 0 | 0 |
| 每通路接收机光信噪比容限c (EOL) | dB | 22.5 | 22.5 |
| 光通道 OSNR 代价 | dB | ＜2 | ＜2 |
| 光通道最大纠前误码率(BOL) d | ―― | 类型1：3.0E-3类型2：1.0E-3 | 类型1：3.0E-3类型2：1.0E-3 |
| FEC 纠错容限范围 | ―― | 类型1：2.5E-2（含）～3.5E-2类型2：1.5E-2（含）～2.5E-2 | 类型1：2.5E-2（含）～3.5E-2类型2：1.5E-2（含）～2.5E-2 |
| a 本表格定义了采用单载波400Gbit/s 极简OTN多跨段系统主光通道参数，其中单通路光功率、光信噪比等参数采用400Gbit/s单波长通路方式定义。b 按照G.652光纤色散系数20ps/nm\*km@C计算。 若系统采用G.652光纤，按照衰耗0.275dB/km计算。若系统采用具有低损耗特性的G.652光纤，则按照衰耗0.24dB/km计算。c MPI-RM点每子载波最小OSNR指标根据接收机OSNR容限（EOL）加上OSNR裕量得到；400Gb/s WDM系统的OSNR裕量要求如下：小于或等于12跨的系统OSNR裕量指标为4.5dB，大于12跨且小于等于20跨的系统OSNR裕量指标为5.0dB，大于20跨且小于等于28跨系统OSNR裕量指标为5.5dB，大于28跨系统OSNR裕量指标为6.0dB。d FEC纠错容限对应指标见附录A，纠错前误码率(Pre-FEC)指标分析见附录A。 |

采用PM-16QAM码型的单载波1×400Gbit/s技术方案的极简OTN单跨段系统主光通道接口参数要求见表7。

表7 极简OTN单跨段系统主光通道接口参数(单载波1×400Gbit/s PM-16QAM)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数名称 | 单位 | 参数值 |
| 基本参数 400Gbit/s PM-16QAM a |
| 应用代码 | ―― | M80.400G75-1B- 652(C) | M60.400G100-1B- 652(C) |
| 光纤类型 | ―― | G.652 | G.652 |
| 跨段损耗  | n×W dB | 28 | 28 |
| 通路总数 | 个 | 80 | 60 |
| 通路间隔 | GHz | 75 | 100 |
| 调制格式 | ―― | 偏振复用16阶正交幅度调制 PM-16QAM | 偏振复用16阶正交幅度调制 PM-16QAM |
| 比特速率 | Gbit/s | 400～560 | 400～560 |
| **MPI-SM/ SM点参数** |
| 每通路输出功率（平均功率） | dBm | 5 | 6 |
| ——最大 | dBm | 8 | 9.5 |
| ——最小 | dBm | 2 | 3.5 |
| MPI-SM 点最大通路功率差 | dB | 6 | 6 |
| 最大总发送功率 | dBm | 24 | 24 |
| **光通道（MPI-SM～MPI-RM）参数** |
| 链路残余色散b | ps/nm | 2000 | 2000 |
| 最大离散反射 | dB | -27 | -27 |
| MPI-SM 点最小回损 | dB | 24 | 24 |
| 典型衰减值（1550nm） | dB | 28 | 28 |
| **MPI-RM/ RM点参数** |
| 每通路输入功率（平均功率） | dBm | -23 | -22 |
| ——最大 | dBm | -20 | -19 |
| ——最小 | dBm | -26 | -25 |
| MPI-RM 点最大通路功率差 | dB | 6 | 6 |
| MPI-RM点每通路最小光信噪比 | dB | 27 | 28 |
| 最大总接收功率 | dBm | -5 | -5 |
| 每通路接收机光信噪比容限c (EOL) | dB | 22.5 | 22.5 |
| 光通道 OSNR 代价 | dB | ＜2 | ＜2 |
| 光通道最大纠前误码率(BOL) d | ―― | 类型1：3.0E-3类型2：1.0E-3 | 类型1：3.0E-3类型2：1.0E-3 |
| FEC 纠错容限范围 | ―― | 类型1：2.5E-2（含）～3.5E-2类型2：1.5E-2（含）～2.5E-2 | 类型1：2.5E-2（含）～3.5E-2类型2：1.5E-2（含）～2.5E-2 |
| a 本表格定义了采用单载波400Gbit/s 极简OTN单跨段系统主光通道参数，其中单通路光功率、光信噪比等参数采用400Gbit/s单波长通路方式定义。b 按照G.652光纤色散系数20ps/nm\*km@C计算。 若系统采用G.652光纤，按照衰耗0.275dB/km计算。若系统采用具有低损耗特性的G.652光纤，则按照衰耗0.24dB/km计算。c MPI-RM点每子载波最小OSNR指标根据接收机OSNR容限（EOL）加上OSNR裕量得到；400Gb/s WDM系统的OSNR裕量要求如下：小于或等于12跨的系统OSNR裕量指标为4.5dB，大于12跨且小于等于20跨的系统OSNR裕量指标为5.0dB，大于20跨且小于等于28跨系统OSNR裕量指标为5.5dB，大于28跨系统OSNR裕量指标为6.0dB。d FEC纠错容限对应指标见附录A，纠错前误码率(Pre-FEC)指标分析见附录A。 |

# OTU技术要求

OTU分类

用于极简OTN系统中的OTU分为收发一体型OTU（见图2）、子速率复用型OTU（见图3）和中继型OTU（见图4），相关OTU外部参考点S/R定义见图1。

对线路侧速率为400Gb/s的收发一体型OTU，应支接入400GE客户业务，可选接入OTUC4客户业务。（可选）

对线路侧速率为400Gb/s的子速率复用型OTU，应支持接入100GE客户业务，可选接入OTU4客户业务，可选灵活配置端口客户类型，改动任一端口100GE或OTU4，不应影响其他端口业务。

中继型OTU实现OTU4、OTUC2、OTUC4等线路业务的电再生。（可选）

OTU的具体形态支线路合一，即在单块板卡上实现OTU的全部功能。

400GE

OTUC4等

（客户信号）

收发一体型

**OTU**

OMU+OA

OA+ODU

S

R

Sn

Rn

图 2 收发一体型OTU

100GE

OTU4等

（多路客户信号）

子速率复用型

OTU

OMU+OA

OA+ODU

S

R

Sn

Rn

图 3 子速率复用型OTU

OA+ODU

OMU+OA

中继型

OTU

OMU+OA

OA+ODU

Rn

Sn

Sn

Rn

图 4 中继型OTU

OTU功能要求

### 收发一体型OTU

支持400GE客户业务映射到OTUC4，从OTUC4解映射到400GE等功能；映射/解映射过程应符合《光传送网（OTN）设备技术规范》（QB-B-006-2017）第6章；OTN开销处理应符合《光传送网（OTN）设备技术规范》（QB-B-006-2017）第10章要求； 400GE开销处理符合IEEE 802.3bs-2017标准。

以太网客户侧接口应支持LLDP协议的只收工作模式，符合IEEE 802.1ab（2009）标准。

### 子速率复用型OTU

子速率复用型OTU的详细映射路径，及OTN开销处理应符合《光传送网（OTN）设备技术规范》（QB-B-006-2017）、YD/T 1462-2011、YD/T 1990-2019及ITU-T G.798。100GE开销处理符合IEEE 802.3标准要求。

客户侧OTU4应支持开启/关闭FEC功能，FEC类型应符合ITU-T G.975和ITU-T G.709的要求。线路侧OTUC4可支持开启/关闭FEC功能（可选），本标准不规范线路侧OTUC4采用的FEC算法。

以太网客户侧接口应支持LLDP协议的只收工作模式，符合IEEE 802.1ab（2009）标准。

### 中继型OTU

中继型OTU完成OTUC4业务的中继功能。

开销处理符合《光传送网（OTN）设备技术规范》（QB-B-006-2017）第10章、ITU-T G.709.1和ITU-T G.709.3要求。

可支持开启/关闭FEC功能（可选），本标准不规范FEC算法。

OTU光接口参数

对于OTU S/R侧的光接口参数，应满足ITU-T G.691、ITU-T G.693、ITU-T G.959.1、IEEE 802.3-2015、IEEE 802.3bs-2017、10×10 MSA技术规范等规范定义的一种或者多种光接口标准。

对于Sn/Rn侧的光接口参数，应满足表8要求。

表8 OTU的Sn/Rn侧光接口参数(单载波1×400Gbit/s PM-16QAM)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数名称 | 单位 | 参数值 |
| 基本参数 |
| 频率间隙 | GHz | n×12.5 |
| 调制格式 | ―― | PM-16QAM |
| OTU发送端Sn点参数 |
| 光谱特性 | ―― |  |
| ——最大-3dB谱宽 | nm | 0.6 |
| ——最大-20dB谱宽 | nm | 待研究 |
| 平均发送功率 | ―― |  |
| ——最大 | dBm | 5 |
| ——最小a | dBm | -10 |
| 眼图模板 | ―― | 待研究 |
| 星座图影像 | ―― | 待研究 |
| 最小消光比 | dB | NA |
| 中心频率 | 　 |  |
| ——标称中心频率 | THz | 见4.2节 |
| ——最大中心频率偏移 | GHz | ±2.5 |
| OTU接收端Rn点参数  | 　 |  |
| 接收机最差灵敏度 | dBm | -14 |
| 接收机最小过载 | dBm | 0 |
| 接收机最大反射系数 | dB | -27 |
| 接收机可接收波长范围 | nm | 见4.2节 |
| 最小色散容纳值(1dB OSNR代价)b | ps/nm | ≥7000 |
| 最小差分群时延容限(1dB OSNR代价) | ps | ≥30 |
| a 对于采用硅光等技术时平均发送光功率较小的情况，可以通过放大器实现正常功率输出。b 实际传输系统一般处于正色散，故此处定义了最大正色散容纳值，最大负色散容纳值参考值不作规范。 |

相干线路模块可实现400G线路接口的在线插拔，便于现网业务的开通，以及设备的维护，减少备品备件数量，同时可以提高设备集成度，降低功耗。

OTU抖动特性

### 抖动产生

OTL4.4的抖动产生参数要求见表9、表10。

表9 OTU抖动产生指标（ODCa，ODCb 和ODCr）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **接口类型** | **测量带宽** | **峰-峰抖动值（UIpp）** |
| **低通（Hz）** | **高通（Hz）** |
| OTL4.4 | 50 k | 200 M | 1.2 |
| 10 M 4阶Bessel-Thomson滤波器定义见IEEE 802.3(2018)第88.8.8章节 | 每通道定义见IEEE 802.3(2018)第88.7.1、表88-7、88.8.8章节 |

表10 OTU抖动产生指标（ODCp）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **接口类型** | **测量带宽** | **峰-峰抖动值（UIpp）** |
| **低通（Hz）** | **高通（Hz）** |
| 100GE | 50 k | 200 M | 1.0 |
| 10 M 4阶Bessel-Thomson滤波器定义见IEEE 802.3(2018)第88.8.8章节 | 每通道定义见IEEE 802.3(2018)第88.7.1、表88-7、88.8.8章节 |

OTUC4业务的抖动产生参数待研究。

### 输入抖动容限

OTL4.4每通道输入抖动容限应满足表11、图5要求。

表11 OTL4.4每通道输入抖动容限

|  |  |
| --- | --- |
| **频率 *f* (Hz)** | **峰峰抖动值(UIpp)** |
| 20 k < *f* ≤ 50 k | 3.0 × 105 *f* −1 |
| 50 k < f ≤ 83 k | 6.0 |
| 83k < f ≤ 4阶Bessel-Thomson滤波器定义见IEEE 802.3(2018)第88.8.8章节 | 每通道定义见IEEE 802.3(2018)第88.7.2、表88-8、88.8.10章节 |



图5 OTL4.4每通道输入抖动容限

OTUC2、OTUC4、FlexO业务的输入抖动容限参数待研究。

### 抖动转移特性

OTU4的抖动转移特性参见表12。（可选）

表12 抖动转移特性指标（ODCr）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **接口类型** | **测量带宽** | **抖动增益P（dB）** |
| *f*L (kHz) | *f*C (kHz) | *f*H (MHz) |
| OTU4 | 100 | 10000 | 800 | 0.1 |

OTUC4的抖动转移特性待研究。

### 以太网业务抖动特性

对于100GE业务，抖动特性应满足IEEE 802.3ba第86、88、95章要求。

对于400GE业务，抖动特性应满足IEEE 802.3(2018)第122、123、124章要求。

# 波分复用器件的技术要求

波分复用器件的基本要求及分类

按照极简OTN系统波分复用器件的基本构成，波分复用器件可分为合波器（OMU）、分波器(ODU)。若仅需支持75GHz或100GHz固定通路间隔，OMU和ODU采用AWG等器件。

固定通路间隔的合波器（OMU）和分波器（ODU）参数要求

固定通路间隔的扩展C波段80波/60波OMU和ODU参数见表13：

表13 OMU参数要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 80通路指标 | 60通路指标 |
| 光谱配型 |  | 平顶型 | 平顶型 |
| 通道间隔 | GHz | 75 | 100 |
| 插入损耗 | dB | <6.5 | <6.5 |
| 光反射系数 | dB | >40 | >40 |
| 工作波长范围 | nm | 见表4 | 见表5 |
| 偏振相关损耗 | dB | <0.7 | <0.5 |
| 相邻通路隔离度 | dB | >10 | >15 |
| 非相邻通路隔离度 | dB | >25 | >30 |
| 各通路插损的最大差异 | dB | <1.5 | <1 |
| 中心频率偏差 | GHz | ±2.5 | ±2.5 |
| 1dB最小谱宽 | GHz | 待研究 | >50 |
| 3dB最小谱宽 | GHz | 待研究 | >75 |
| 20dB最大谱宽 | GHz | 待研究 | <150 |
| 器件PMD | ps | 0.5 | <0.5 |

# 光放大器技术要求

本标准放大器如如无特殊说明，均指掺铒光纤放大器（EDFA），其技术参数要求见表14。放大器应具备随线路衰耗变化保证系统性能稳定的功能。

表14 扩展C波段（6THz宽度）EDFA参数要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数名称 | 单位 | 最大输出功率23dBm的EDFA | 最大输出功率25dBm的EDFA（可选） |
| 工作波长范围 | nm | 1524.30~1572.27 | 1524.30~1572.27 |
| 参数名称 | 单位 | 最大输出功率23dBm的EDFA | 最大输出功率25dBm的EDFA |
| 总输入功率范围 | dBm |  |  |
| 噪声系数 | dB | <5.5（增益≥22dB)<6（20dB≤增益<22dB) | <6（增益≥20dB) |
| 通路输入功率范围 | dBm | \* | \* |
| 通路输出功率范围 | dBm | \* | \* |
| 输入反射系数 | dB | <-40 | <-40 |
| 输出反射系数 | dB | <-40 | <-40 |
| 泵浦在输入的泄漏 | dBm | <-20 | <-20 |
| 输入可容忍的最大反射系数 | dB | -27 | -27 |
| 输出可容忍的最大反射系数 | dB | -27 | -27 |
| 最大总输出功率 | dBm | +23 | +25 |
| 通路增加/移去的增益响应（稳态） | ms | <10 | <10 |
| 通路增益 | dB | \* | \* |
| 增益平坦度 | dB | <2 | <2 |
| 多通路增益斜度 | dB/dB | -5~0 | -5~0 |
| 偏振模式色散 | ps | <0.5 | <0.5 |
| 偏振相关损耗 | dB | <0.5 | <0.5 |
| 注：\*为待研究 |

对于现网中数据中心机房之间的距离较短、跨段损耗较小的场景，在不影响传输性能的情况下，可以采用其他低成本的EDFA进行组网。

# FEC技术要求

对于极简OTN系统，一般采用高编码增益的超强FEC编码技术，纠错容限原则上不应低于2.0E-2。

设备应支持纠错前误码率在线监测、纠错性能统计等功能。纠前误码率在线监测精度原则上要求在+/-10%以内。网管系统应支持纠错前误码越限等事件和告警。

# 动态功率控制和增益均衡技术要求

通路功率动态控制

在光纤衰耗发生变化，光路割接，中间各站点光参数和各通路接收性能发生改变等情况下，系统动态调整各通路的光功率，实现每个通路的光功率和OSNR的优化，使系统整体性能最佳。通路功率动态控制过程不能影响被调整的通路和其他通路在线业务的正常工作，同时通路功率的动态调整支持自动启动或人工启动方式。

通路功率动态控制的反馈参数，可以采用各通路信号功率、误码率、OSNR或者其他参数。

通路功率动态控制的具体实现方法、计算方法和具体调整参数待研究。

线路功率动态控制

极简OTN系统可支持线路功率动态调整功能，可以选择内置光放大器中的可调衰减器(VOA)、或其他方式来实现线路功率的动态调整。

线路功率动态控制模块的具体参数要求待研究。

线路功率动态控制不能影响所有通路业务的正常工作。

可选在开通业务时，WDM/OTN系统应具备快速打通光通道和性能自动优化功能，实现OTU接收端BER、光功率或OSNR最优。

可选在业务运行时，WDM/OTN系统应具备光通道性能自动优化功能，实现OTU接收端BER、光功率或OSNR最优。

动态增益均衡

极简OTN系统支持光放大器的动态增益均衡功能，可由内置于光放大器的均衡滤波器、VOA或其他方式来实现（可选）。

当逐路增加承载的通路数量时，不应影响其他通路的性能；当同时增加多个通路时，系统也应不受影响。当运行中增加或减少承载的通路数量时，系统的各项参数应可以进行自动调整，不需要进行其他任何硬件或软件的改动。在极限情况下，对于N路WDM/OTN系统，如同时失去N-1多个通路，剩余通路在10ms内恢复正常无误码工作。

对于光放大器增益的调整，可以基于单个光放大器或整个光复用段进行，整个光复用段全部光信号调整完成时间应为5～l0分钟，包括各个波长的发送功率、预均衡和全部光放大器的增益调整时间。

动态增益均衡功能模块的其他具体参数要求待研究。

动态增益均衡不应影响所有通路业务的正常工作。

OTDR技术要求

极简OTN系统应支持内嵌OTDR功能，可以支持光纤线路的在线故障定位。（可选）

# 监控通路要求

光监控通路要求

OSC传输应是分段的，且具有3R和双向传输功能。在每个节点设备，监控信息能被正确地接收下来，而且还可附加上新的监控信号。光放大器失效时OSC仍然可用。可采用双纤双向或单纤双向两种方式。

光监控通路波长可为1491nm±10nm或1510nm±10nm。

OSC不限制在1310nm波长的业务。

光监控通道主要是用来监控WDM设备间的工作状态及保护的信息量，信号速率可选择100Mb/s以太网或其他更高速率，应确保OSC对业务通道性能不造成损伤。

可提供公务通路和使用者通路接口（可选）。

# 传输功能和性能要求

保护倒换功能

本标准定义极简OTN系统的复用段层线性1+1保护。

### 光复用段线性1+1保护

极简OTN系统应支持光复用段线性1+1保护，其保护倒换原理见图6，保护倒换触发条件和业务受损时间的要求见表15。



图6 光复用段线性1+1保护

表15 光复用段线性1+1保护倒换触发条件和业务受损时间

| 保护倒换方式 | 倒换触发条件 | 业务最大受损时间(ms) |
| --- | --- | --- |
| 光复用段保护 | 光复用段层（OMSn） | LOS | 待定b |
| 光传送段层（OTSn） | LOS |
| 主备路径功率差>3～8dBa |
| 网管人工倒换 |
| 网管强制倒换 |
| a 该值可以在3～8dB之间进行设置。b 由于系统配置中OA级联个数及设备DSP算法的差异，该参数可能出现不满足50ms指标要求的情况，具体指标待定。 |

### 业务中断时间监测功能（可选）

设备应当支持在保护倒换发生过程中实时检测业务中断时间，并通过网管系统显示，测试精度应不低于1ms；网管系统应当支持将业务中断时间作为电路性能参数之一，具备存储和查询功能。

* + 1. 光电联动保护倒换（可选）

设备应支持基于电层业务性能（如丢包、误码等），或基于特定开销字段，触发光复用段保护倒换，避免业务中断。

不中断业务监测功能

在每一个EDFA光放站和WDM/OTN系统终端站上，主光通道应有不中断业务监测接口(仪表可以接入)，允许在不中断业务的情况下，对波分复用终端站和线路放大器中继站的主光通道进行实时监测。

在WDM/OTN系统终端站、光放站应具有在不中断业务的情况下测量主光通道总光功率的功能，并将相应的数据送到网管系统中，在网管上可以查看相应的物理量，测量精度应不低于±1.0dB。

在WDM/OTN系统终端站应具有在不中断业务的情况下测量或估算每个光通路的光功率和光信噪比（OSNR）等功能，并将相应的数据送到网管系统中，在网管上可以查看相应的物理量，测量或估算精度应不低于±1.5dB。

在WDM/OTN系统终端站应具有测量或估算每个400G光通路性能的功能，可采用附录A所示方法通过pre-FEC误码率或等效监测值得到，并可将相应的数据送到网管系统中，在网管上可以查看相应监测值，并可设置性能预警门限。Pre-FEC误码率测量或估算的误差应不高于±20%。

在WDM/OTN系统终端站应支持CD/PMD的在线监测能力。

可选在WDM/OTN系统终端站应具有在线检测偏振相关损耗（PDL）的功能，测量精度应不低于+/-1dB，并可将相应的数据送到网管系统中，在网管上可以查看相应监测值。

在WDM/OTN系统终端站，应具有在不中断业务的情况下测量电路端到端时延的功能，并将相应的数据送到网管系统中，在网管上可以查看相应的物理量，测量精度应不低于±0.1ms(单向)。

误码/丢包率性能

对于OTN业务，短期误码性能要求为24小时无误码。

对于以太网业务，短期丢包率性能指标要求为线速转发24小时无丢包。

抖动性能

### 系统输出抖动

待研究。

### 系统输入抖动容限

系统的输入抖动容限和OTU接口输入抖动容限要求一致。

电源电压容限范围

设备应支持交流、直流和高压直流等多种供电方式。

对于交流供电方式，电源电压容限范围是100～240V，47～63Hz。

对于直流供电方式，电源电压容限范围为-40V～-57V。

对于高压直流供电方式，其电源输入接口应符合YD/T 2656-2013的要求，应支持标称值为240V的高压直流供电方式，电源电压容限范围为192V～288V。

温度循环容忍范围

温度循环容忍范围为-5℃～+45℃。测试要求参见图 10，温度变化速度为0.5℃/分钟，测试的起始和终止温度均为室温（约20～30℃），总测试时间不少于72小时。相对湿度要求为90%(35℃)。

要求测试结果无误码。



图 10 温度变化测试曲线

# 网络管理系统技术要求

网络管理系统技术满足《中国移动极简OTN设备管控南向接口规范》的技术要求，秒级性能上报能够通过Telemetry方式支持实现。

# APR进程要求

APR进程应满足YD/T 1259-2003中要求。

# 设备形态要求

极简OTN设备应为盒式设备，可堆叠组网。设备宽度应满足600mm（19英寸）标准机柜安装要求。设备高度应该为2RU，可选1RU。设备深度应小于600mm，并保证可以安装到800mm深标准数据中心设备机柜中。其它安装尺寸应满足YD/T 2319-2011的相关要求。

单台设备（纯光层设备除外）应至少支持4通道，线路侧总传输速率不低于1600Gb/s。

单台设备中的各个功能单元建议采用可插拔的模块化设计方式。对于支持内嵌OTDR功能的设备，OTDR模块应做成单独的光层板卡，或者集成在光放板卡中。

可选支持光电同框的设备应能够支持将单台设备配置成纯电层设备或纯光层设备。

极简OTN设备的散热方式应为前面板进风，后面板出风（无需风扇散热的设备除外）。

极简OTN设备后部应提供电源接入和风扇。电源应支持1+1冗余备份功能，并支持热插拔。风扇应支持冗余备份功能，并支持热插拔。

极简OTN设备的主控模块应支持热插拔，并且在主控模块失效时，设备的其他功能应该不受影响。主控应支持冗余备份功能。

极简OTN设备应支持设备IP地址、重要告警信息等在前面板可显示的功能。（可选）

极简OTN设备应支持通过颜色等方式区分不同类型光接口的功能，具体颜色区分待定。（可选）

# 编制历史

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 版本号 | 更新时间 | 主要内容或重大修改 | 编制人 | 技术审核人 | 部门审核人 |
| 1.0.0 | 2023-8-17 | 初次制定 | 葛大伟 | 王东 | 张德朝 |

附录A（资料性附录）
Rn参考点纠错前误码率（Pre-FEC）指标分析

1. 背景

基于50GHz的极简OTN系统目前采用常规OSNR测试方法无法实现在线测试，新的测试方法尚不成熟，这样极简OTN系统中采用OSNR指标进行在线运行维护时将带来不便。因此有必要引入一种便于在线评估极简OTN系统性能的辅助指标，以进一步增强极简OTN系统的运行维护能力。Rn参考点纠错前误码率（Pre-FEC BER）则是满足上述要求的有效的辅助手段之一。

1. 理论基础

误码率（BER）是衡量一个数字传输系统最本质的参数，但是在低误码率传输系统中，BER的准确测试需要非常长的时间，使用起来极其不便，因此一般可采用与BER密切相关的Q因子进行表征，其定义如下：

  （A-1）

其中，*μ*1和*μ*0分别表示接收机接收到的“1”和“0”信号的电流/电压平均值，*σ*1和*σ*0分别表示接收机接收到的“1”和“0”信号的电流/电压标准差。

对于强度调制光传输系统，在接收机噪声为高斯分布，接收机处于最佳判决和最佳取样等假设条件下，Pre-FEC BER与Q（Linear）之间近似存在如下关系：

  （A-2）

其中erfc是误差函数。

在高斯噪声近似的带EDFA的WDM/OTN系统中，在ASE噪声与信号光偏振方向一致等假设条件下，OSNR与Q值之间有如下近似关系：

  （A-3）

其中，*B*o和*B*e分别表示传输链路末级接收机的光带宽和电带宽。

当OSNR远大于1时，（A-3）可以进一步简化为：

  （A-4）

在ASE噪声与信号光偏振状态不一致时，（A-4）将会发生一些变化，但Q（Linear）与OSNR（Linear）之间的平方根关系不变，变化的只是系数，因此在dB表达式下，两者只相差一个常数。

通常人们更习惯于用dB来表示Q值和OSNR，由于OSNR是强度比，Q值是电流比或电压比，因此习惯上人们采用不同的方式进行换算：

 （A-5）

  （A-6）

从（A-5）和（A-6）可以看到，Q（dB）和OSNR（dB）在数值上相差一常数。

综上所述，通过Q值作为桥梁，Pre-FEC BER与OSNR之间也可以建立近似的对应关系，从而可以选择Pre-FEC BER作为在线评估极简OTN系统性能的辅助指标。

对于相位调制光传输系统，上述Q、BER和OSNR之间的关系近似成立（此时Q值不具备（A-1）式定义的物理意义，只具备（A-2）式定义的数学意义），具体关系待研究。

1. 指标要求

目前WDM系统技术规范中定义MPI-Rm参考点接收OSNR与背靠背OSNR容限（EOL）值之间的差值要求4.5～5dB。其中包含了两部分内容：第一部分是光通道OSNR代价2dB；第二部分是系统OSNR裕量2.5～3dB。另外接收机还包含0.5dB老化裕量，即背靠背OSNR容限BOL值与EOL值之间的差值。则通道OSNR裕量（BOL）至少应该达到3～3.5dB。因此，对应的通道Q裕量也应该至少达到3～3.5dB。

目前各厂商极简OTN设备采用的FEC技术存在较大差异，FEC纠错能力不尽相同，这给定义统一的Rn参考点纠错前误码率指标带来的一定困难。采用Q余量（Margin）指标虽然可以规避由于FEC纠错能力差异带来的指标多样化问题，但是在工程建设和运行维护中的可操作性不强。因此，本标准针对目前常用的几种FEC纠错技术，根据其纠错能力，制定了对应的Rn参考点Pre-FEC BER指标，如表A-1所示。

表A-1 不同FEC纠错能力等级对应的Rn参考点Pre-FEC BER指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| FEC纠错容限范围 | Rn参考点Pre-FEC BER指标 | Pre-FEC BER指标对应Q值(dB) | FEC纠错容限 | FEC纠错容限对应Q值(dB) | 实际Q值裕量(dB) |
| 3.5E-2(含)～4.5E-2 | 5.0E-03 | 8.2 | 4.5E-02 | 4.6 | 3.6 |
| 3.5E-02 | 5.2 | 3.0 |
| 2.5E-2(含)～3.5E-2 | 2.5E-03 | 9.0 | 3.5E-02 | 5.2 | 3.8 |
| 2.5E-02 | 5.9 | 3.1 |
| 1.5E-2(含)～2.5E-2 | 1.0E-03 | 9.8 | 2.5E-02 | 5.9 | 3.9 |
| 1.5E-02 | 6.7 | 3.1 |
| 3.5E-3(含)～6.0E-3 | 7.0E-05 | 11.6 | 6.0E-03 | 8.0 | 3.6 |
| 3.5E-03 | 8.6 | 3.0 |
| 注：FEC纠错容限的定义是对应纠后平均误码率为1E-12的最大纠前平均误码率 |