



中华人民共和国广播电视和网络视听行业技术文件

GD/J 116—2020

波分复用系统设备技术要求和测量方法

Technical requirements and measurement methods for wavelength division
multiplexing system equipment

2020 - 09 - 11 发布

2020 - 09 - 11 实施

国家广播电视总局科技司 发 布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 系统分类	2
4.1 N×10Gbit/s DWDM 系统	2
4.2 N×100Gbit/s DWDM 系统	3
4.3 中心波长分配	4
5 系统功能模型	6
6 主光通道技术要求	7
6.1 10Gbit/s 主光通道技术要求	7
6.2 100Gbit/s 主光通道技术要求	8
7 波长转换器 (OTU) 技术要求	8
7.1 OTU 分类	8
7.2 OTU 光接口技术要求	9
7.3 输出抖动技术要求	9
8 波分复用器件技术要求	9
8.1 合波器技术要求	9
8.2 分波器技术要求	10
9 光放大器技术要求	10
10 监控通路接口技术要求	10
11 误码/丢包要求	11
12 保护倒换要求	11
13 测量方法	11
13.1 主光通道测量方法	11
13.2 波长转换器 (OTU) 测量方法	14
13.3 波分复用器件测量方法	17
13.4 光放大器测量方法	21
13.5 监控通路接口测量方法	21
13.6 误码/丢包测量方法	23
13.7 保护倒换测量方法	24
参考文献	25

前 言

本技术文件按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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

本技术文件由国家广播电视总局科技司归口。

本技术文件起草单位：国家广播电视总局广播电视规划院、中国有线电视网络有限公司、东方有线网络有限公司、江苏省广电有线信息网络股份有限公司、四川省有线广播电视网络股份有限公司成都分公司、甘肃省广播电视网络股份有限公司、中兴通讯股份有限公司、烽火通信科技股份有限公司、上海诺基亚贝尔股份有限公司、瑞斯康达科技发展股份有限公司、鹧骐科技（北京）股份有限公司。

本技术文件主要起草人：杨家胜、李征昊、聂明杰、赵虎、管晓科、王正军、陆炜、温中焰、赵鸿志、孙岩、陶涛、许敬旭、董欣、桂新华、周惠琴、涂勇、杨文超。

波分复用系统设备技术要求和测量方法

1 范围

本技术文件规定了波分复用系统设备的技术要求和测量方法。

本技术文件适用于单通道速率为10Gbit/s和100Gbit/s,波长间隔为50GHz和100GHz的超长距离多跨波分复用系统设备的设计、生产和测试。

2 规范性引用文件

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

YD/T 1960—2009 N×10Gbit/s 超长距离波分复用(WDM)系统技术要求

YD/T 3070—2016 N×100Gbit/s 超长距离光波分复用(WDM)系统技术要求

YD/T 3391—2018 光波分复用(WDM)系统总体技术要求

ITU-T G. 691 具有光放大器的单路 STM-64 和其他 SDH 系统的光接口 (Optical interfaces for single channel STM64 and other SDH systems with optical amplifiers)

ITU-T G. 692 带光放大器的多信道系统的光接口 (Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers)

ITU-T G. 693 办公室内部系统的光接口 (Optical interfaces for intra-office systems)

ITU-T G. 957 与同步数字系列有关的设备和系统的光接口 (Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy)

ITU-T G. 959.1 光传送网物理层接口 (Optical transport network physical layer interfaces)

IEEE 802.3ba 信息技术局域网和城域网特定要求 第3部分: CSMA/CD访问方法和物理层规范修订 4:40Gb/s 和 100Gb/s 操作的媒体访问控制参数、物理层和管理参数 (Information technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications - Amendment 4: Media Access Control Parameters, Physical Layers and Management Parameters for 40 Gb/s and 100 Gb/s Operation)

3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIS 告警指示信号 (Alarm Indication Signal)

BER 误码率 (Bit Error Rate)

DWDM 密集波分复用 (Dense Wavelength Division Multiplexing)

FEC 前向纠错 (Forward Error Correction)

LOF 帧丢失 (Loss of Frame)

LOS 信号丢失 (Loss of Signal)
MSTP 多业务传送平台 (Multi-Service Transport Platform)
MPI 主光通道接口 (Main Path Interface)
MPI-S 源主光通道接口参考点 (Source Main Path Interface Reference Point)
MPI-R 接收主光通道接口参考点 (Receive Main Path Interface Reference Point)
OA 光放大器 (Optical Amplifier)
ODU 光分波器 (Optical Demultiplexing Unit)
OMU 光合波器 (Optical Multiplexing Unit)
OSNR 光信噪比 (Optical Signal to Noise Ratio)
OTDR 光时域反射仪 (Optical Time Domain Reflectometer)
OTN 光传送网 (Optical Transport Network)
OTU 光波长转换器 (Optical Transponder Unit)
SDH 同步数字系列 (Synchronous Digital Hierarchy)
STM-N 同步传输模块等级N (Synchronous Transport Module Level N)
WDM 波分复用 (Wavelength Division Multiplexing)
3R 再定时、再整形和再放大 (Re-timing、Re-shaping、Re-amplification)

4 系统分类

4.1 N×10Gbit/s DWDM 系统

N×10Gbit/s多跨超长距离传输DWDM系统应用代码如下:

Mn.Bc-xWz(s)(E)

其中:

M表示MS-ULH WDM系统。

n表示WDM系统所支持的最大波长数量。

B表示WDM系统所支持的单通路速率:在本技术文件中10G表示WDM系统单通路速率为9.953Gbit/s~12.5Gbit/s。

c表示WDM系统所支持的通道间隔 (GHz)。

x表示WDM系统所支持的最大跨段数量。

W表示WDM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27dB;

——其他跨段待定。

z表示WDM系统所支持的光纤类型:

——652:表示光纤为G.652类型;

——655:表示光纤为G.655类型。

s表示WDM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。

E表示WDM系统的FEC码型,即增强型FEC。

N×10Gbit/s多跨超长距离传输DWDM系统应用代码示例见表1。

表1 N×10Gbit/s 多跨超长距离传输 DWDM 系统应用代码示例

应用代码	基本参数			系统容量
	通路间隔 GHz	跨段损耗 (M×NdB)	光纤类型	
M40. 10G100-25A652 (C) (E)	100	25×22dB	G. 652	40×10Gbit/s
M80. 10G50-38A652 (C) (E)	50	38×22dB	G. 652	80×10Gbit/s
M80. 10G50-15B652 (C) (E)	50	15×27dB	G. 652	80×10Gbit/s

4.2 N×100Gbit/s DWDM 系统

N×100Gbit/s多跨超长距离传输DWDM系统应用代码如下：

Mn. Bc-xW-D-z (S)

其中：

M表示多跨100Gbit/s WDM系统。

n表示WDM系统所支持的最大波长数量。

B表示WDM系统所支持的单通路速率：在本技术文件中100G表示WDM系统单通路速率为100Gbit/s～130Gbit/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WDM系统所支持的通道间隔（GHz）。

x表示WDM系统所支持的最大跨段数量。

W表示WDM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25dB；

——其他跨段待定。

D表示WDM系统是否有色散补偿模块：

——1：表示有色散补偿模块；

——0：表示无色散补偿模块。

z表示WDM系统所支持的光纤类型：

——652：表示光纤为G. 652类型；

——655：表示光纤为G. 655类型。

S表示WDM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。

N×100Gbit/s多跨超长距离传输DWDM系统应用代码示例见表2。

表2 N×100Gbit/s 多跨超长距离传输 DWDM 系统应用代码示例

应用代码	基本参数			系统容量
	通路间隔 GHz	跨段损耗 (M×NdB)	光纤类型	
M80. 100G50-26A-0-652 (C)	50	26×22dB	G. 652	80×100Gbit/s
M80. 100G50-20A-0-652 (C)	50	20×22dB	G. 652	
M80. 100G50-12B-0-652 (C)	50	12×27dB	G. 652	

4.3 中心波长分配

$N \times 100\text{Gbit/s}$ WDM系统采用常用的C-band 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50GHz。可支持50GHz和100GHz的频率间隔的80波和40波系统。基于C波段的40通路（100GHz间隔）100G设备波长分配方案见表3，基于C波段的80通路（50GHz间隔）100G设备波长分配方案见表4。

表3 基于C波段的40通路（100GHz间隔）100G设备波长分配方案

C波段 编号	间隔 100GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm	C波段 编号	间隔 100GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm
1 ^a	196.20	1527.99	27	193.60	1548.51
2 ^a	196.10	1528.77	28	193.50	1549.32
3	196.00	1529.55	29	193.40	1550.12
4	195.90	1530.33	30	193.30	1550.92
5	195.80	1531.12	31	193.20	1551.72
6	195.70	1531.90	32	193.10	1552.52
7	195.60	1532.68	33	193.00	1553.33
8	195.50	1533.47	34	192.90	1554.13
9	195.40	1534.25	35	192.80	1554.94
10	195.30	1535.04	36	192.70	1555.75
11	195.20	1535.82	37	192.60	1556.55
12	195.10	1536.61	38	192.50	1557.36
13	195.00	1537.40	39	192.40	1558.17
14	194.90	1538.19	40	192.30	1558.98
15	194.80	1538.98	41	192.20	1559.79
16	194.70	1539.77	42	192.10	1560.61
17	194.60	1540.56	43 ^a	192.00	1561.42
18	194.50	1541.35	44 ^a	191.90	1562.23
19	194.40	1542.14	45 ^a	191.80	1563.05
20	194.30	1542.94	46 ^a	191.70	1563.87
21	194.20	1543.73	47 ^a	191.60	1564.68
22	194.10	1544.53	48 ^a	191.50	1565.50
23	194.00	1545.32	49 ^a	191.40	1566.32
24	193.90	1546.12	50 ^a	191.30	1567.14
25	193.80	1546.92	51 ^a	191.20	1567.95
26	193.70	1547.72	52 ^a	191.10	1568.77
注：波段编号与标称中心波长的具体对应关系仅用来区分波长，不作为规范。					
^a 为可扩展波长，可供 41 通路~52 通路 DWDM 系统选用。					

表4 基于 C 波段的 80 通路 (50GHz 间隔) 100G 设备波长分配方案

C 波段 编号	间隔 50GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm	C 波段 编号	间隔 50GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm
1*	196.25	1527.61	53	193.65	1548.11
2*	196.20	1527.99	54	193.60	1548.51
3*	196.15	1528.38	55	193.55	1548.91
4*	196.10	1528.77	56	193.50	1549.32
5	196.05	1529.16	57	193.45	1549.72
6	196.00	1529.55	58	193.40	1550.12
7	195.95	1529.94	59	193.35	1550.52
8	195.90	1530.33	60	193.30	1550.92
9	195.85	1530.72	61	193.25	1551.32
10	195.80	1531.12	62	193.20	1551.72
11	195.75	1531.51	63	193.15	1552.12
12	195.70	1531.90	64	193.10	1552.52
13	195.65	1532.29	65	193.05	1552.93
14	195.60	1532.68	66	193.00	1553.33
15	195.55	1533.07	67	192.95	1553.73
16	195.50	1533.47	68	192.90	1554.13
17	195.45	1533.86	69	192.85	1554.54
18	195.40	1534.25	70	192.80	1554.94
19	195.35	1534.64	71	192.75	1555.34
20	195.30	1535.04	72	192.70	1555.75
21	195.25	1535.43	73	192.65	1556.15
22	195.20	1535.82	74	192.60	1556.55
23	195.15	1536.22	75	192.55	1556.96
24	195.10	1536.61	76	192.50	1557.36
25	195.05	1537.00	77	192.45	1557.77
26	195.00	1537.40	78	192.40	1558.17
27	194.95	1537.79	79	192.35	1558.58
28	194.90	1538.19	80	192.30	1558.98
29	194.85	1538.58	81	192.25	1559.39
30	194.80	1538.98	82	192.20	1559.79
31	194.75	1539.37	83	192.15	1560.20
32	194.70	1539.77	84	192.10	1560.61
33	194.65	1540.16	85°	192.05	1561.01
34	194.60	1540.56	86°	192.00	1561.42
35	194.55	1540.95	87°	191.95	1561.83
36	194.50	1541.35	88°	191.90	1562.23
37	194.45	1541.75	89°	191.85	1562.64
38	194.40	1542.14	90°	191.80	1563.05

表 4（续）

C 波段 编号	间隔 50GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm	C 波段 编号	间隔 50GHz 的标称中心频率 THz	标称中心波长 nm
39	194.35	1542.54	91 ^a	191.75	1563.46
40	194.30	1542.94	92 ^a	191.70	1563.87
41	194.25	1543.33	93 ^a	191.65	1564.27
42	194.20	1543.73	94 ^a	191.60	1564.68
43	194.15	1544.13	95 ^a	191.55	1565.09
44	194.10	1544.53	96 ^a	191.50	1565.50
45	194.05	1544.92	97 ^a	191.45	1565.91
46	194.00	1545.32	98 ^a	191.40	1566.32
47	193.95	1545.72	99 ^a	191.35	1566.73
48	193.90	1546.12	100 ^a	191.30	1567.14
49	193.85	1546.52	101 ^a	191.25	1567.54
50	193.80	1546.92	102 ^a	191.20	1567.95
51	193.75	1547.32	103 ^a	191.15	1568.36
52	193.70	1547.72	104 ^a	191.10	1568.77

注：波段编号与标称中心波长的具体对应关系仅用来区分波长，不作为规范。

^a 为可扩展波长，可供 81 通路~104 通路 DWDM 系统选用。

5 系统功能模型

WDM 系统功能模型框图如图 1 所示，对于支线路分离的 OTN 系统，其参考点定义与此相同。图 1 中 OTU 主要实现 3R 功能（再定时、再整形和再放大），并将非标准波长转换为符合 ITU-T G. 692 的标准波长；OMU 为光合波器，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（可不包含色散补偿功能）；ODU 为光分波器，实现多个波长的解复用功能，Tx/Rx 为客户侧光接口。

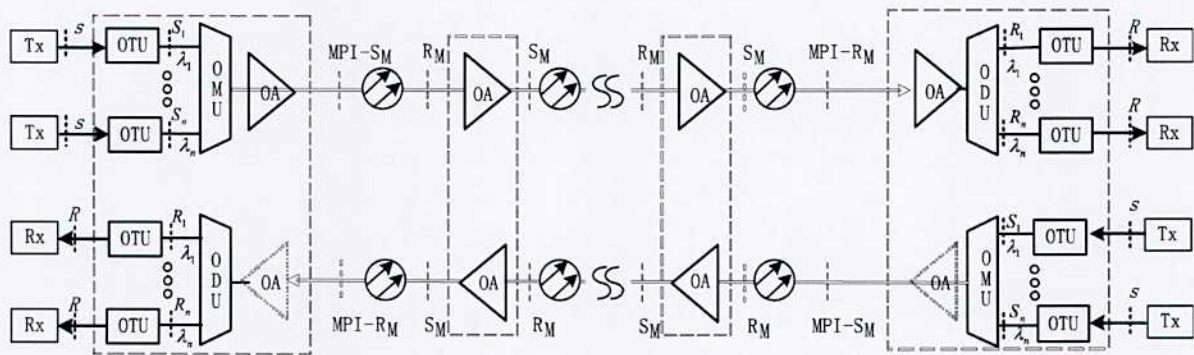


图1 WDM 系统功能模型框图

图 1 定义了 6 个系统外参考点 S、MPI-S_M、R_M、S_M、MPI-R_M 和 R，以及 2 个系统内参考点，即 S_n 和 R_n。其中 S、R 是 WDM 系统与客户系统的接口参考点；MPI-S_M、R_M、S_M、MPI-R_M 是 WDM 系统主光通道的参考点；S_n、R_n 是 WDM 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：

- a) 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;
- b) S_n表示 OTU 连接到 OMU 的输出接口之后光纤连接处的参考点;
- c) MPI-S_w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;
- d) R_w表示 OA (光线路放大器) 输入接口之前光纤连接处的参考点;
- e) S_w表示 OA (光线路放大器) 输出接口之后光纤连接处的参考点;
- f) MPI-R_w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;
- g) R_n表示 ODU 后面连接 OTU 的输入接口之前光纤连接处的参考点;
- h) 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。

6 主光通道技术要求

6.1 10Gbit/s 主光通道技术要求

10Gbit/s主光通道技术要求见表5、表6。

表5 G. 652 光纤 10Gbit/s 主光通道技术要求

序号	项目	技术要求			
		N ^a ×22dB	N×22dB	N×30dB	N×30dB
		G. 652 光纤			
	通路数	80 路	160 路	80 路	160 路
	比特速率/通路的格式	STM-64	STM-64	STM-64	STM-64
	—	MPI-S 点			
1	每通路输出功率	2dBm~6dBm	0dBm~4dBm	3dBm~6dBm	0dBm~3dBm
2	最大总发送功率	23dBm	23dBm	23dBm	23dBm
3	每通路信噪比	>35dB	>35dB	>35dB	>35dB
4	最大通路功率差	4dB	4dB	3dB	3dB
—	—	MPI-R 点			
5	每通路输入功率	-22dBm~-16dBm	-24dBm~-18dBm	-27dBm~-22dBm	-30dBm~-25dBm
6	最大平均总输入功率	1dBm	1dBm	-5dBm	-5dBm
7	每通路最小光信噪比 ^b	20 (18) dB	20 (18) dB	20 (18) dB	20 (18) dB
8	最大通路功率差	6dB	6dB	5dB	5dB
^a 放大段的数目。					
^b 对于采用常规带外 FEC 的 WDM 系统, 光接口信噪比为 20dB; 对于采用超强带外 FEC 的 WDM 系统, 光接口 OSNR 为 18dB。					

表6 G. 655 光纤 10Gbit/s 主光通道技术要求

序号	项目	技术要求			
		N×22dB	N×22dB	N×30dB	N×30dB
		G. 655 光纤			
	通路数	80 路	160 路	80 路	160 路
	比特速率/通路的格式	STM-64	STM-64	STM-64	STM-64
	—	MPI-S 点			
1	每通路输出功率	2dBm~6dBm	0dBm~4dBm	3dBm~6dBm	0dBm~3dBm
2	最大总发送功率	23dBm	23dBm	20dBm	23dBm
3	每通路信噪比	>35dB	>35dB	>35dB	>35dB
4	最大通路功率差	4dB	4dB	3dB	3dB
—	—	MPI-R 点			
5	每通路输入功率	-22dBm~-16dBm	-24dBm~-18dBm	-27dBm~-22dBm	-30dBm~-25dBm
6	最大平均总输入功率	1dBm	1dBm	-5dBm	-5dBm
7	每通路最小光信噪比	20 (18) dB	20 (18) dB	20 (18) dB	20 (18) dB
8	最大通路功率差	6dB	6dB	5dB	5dB

6.2 100Gbit/s 主光通道技术要求

100Gbit/s主光通道技术要求见表7。

表7 100Gbit/s 主光通道技术要求

序号	项目	技术要求			
	跨段损耗	18×22dB	14×22dB	16×22dB	10×22dB
	通路数	80 路	80 路	80 路	80 路
	调制格式	偏振复用（差分）正交相移键控			
	比特速率	100Gbit/s~130Gbit/s			
	—	MPI-S 点			
1	每通路输出功率	-2dBm~4dBm	-2dBm~4dBm	-3dBm~3dBm	-3dBm~3dBm
2	最大总发送功率	20dBm	20dBm	19dBm	19dBm
3	最大通路功率差	6dB	6dB	6dB	6dB
—	—	MPI-R 点			
4	每通路输入功率	-24dBm~-18dBm	-24dBm~-18dBm	-25dBm~-19dBm	-25dBm~-19dBm
5	最大平均总输入功率	-2dBm	-2dBm	-3dBm	-3dBm
6	每通路最小光信噪比	18.5dB	20dB	18.5dB	19.5dB
7	最大通路功率差	6dB	6dB	6dB	6dB

7 波长转换器（OTU）技术要求

7.1 OTU 分类

本技术文件将OTU分为收发一体型OTU、子速率复用器型OTU、中继型OTU和支线路分离OTU四种。

7.2 OTU 光接口技术要求

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和IEEE 802.3ba（GE、10GE）定义的光接口标准，100GE接口应满足IEEE 802.3ba定义的一种或者多种光接口标准。

OTU系统Sn/Rn侧光接口参数技术要求见表8。

表8 OTU 系统 Sn/Rn 侧光接口技术要求

参数名称		N×100Gbit/s WDM	N×10Gbit/s WDM
光谱特性	最大-20dB 谱宽	1nm	0.3nm
	最小边模抑制比	35dB	35dB
平均发送光功率	最大	5dBm	-1dBm
	最小	-5dBm	-10dBm
眼图		符合 ITU-T G. 957	符合 ITU-T G. 691
最小消光比		NA	8.2dB
中心频率	标称中心频率	见表 2	见表 2
	最大中心频率偏移	±2.5GHz	±5GHz
接收机最差灵敏度		-14dBm	-21dBm
接收机最大过载		0dBm	-9dBm

7.3 输出抖动技术要求

输出抖动技术要求见表9。

表9 输出抖动技术要求

序号	接口	测量带宽 (-3dB 频率)	峰-峰值
1	STM-1	500Hz~1.3MHz	0.3UIpp
2		65kHz~1.3MHz	0.1UIpp
3	STM-4	1kHz~5MHz	0.3UIpp
4		250kHz~5MHz	0.1UIpp
5	STM-16	5kHz~20MHz	0.3UIpp
6		1MHz~20MHz	0.1UIpp
7	STM-64	20kHz~80MHz	0.3UIpp
8		4MHz~80MHz	0.1UIpp
9	STM-256	80kHz~320MHz	0.3UIpp
10		16M~320M	0.14UIpp

8 波分复用器件技术要求

8.1 合波器技术要求

合波器技术要求见表10。

表10 合波器技术要求

序号	项目	技术要求	
		40 路	80 路
1	通道间隔	100GHz	50GHz
2	各通道插损最大差异	<3dB	<3dB
3	插入损耗	<10dB	<10dB
4	光反射系数	>40dB	>40dB
5	相邻通路隔离度	>22dB	>22dB
6	非相邻通路隔离度	>25dB	>25dB

8.2 分波器技术要求

分波器技术要求见表11。

表11 分波器技术要求

序号	项目	技术要求	
		40 路	80 路
1	通道间隔	100GHz	50GHz
2	插入损耗	<8dB	<8dB
3	光反射系数	>40dB	>40dB
4	通路-20dB 带宽	<1.2nm	<0.6nm
5	相邻通路隔离度	>22dB	>25dB
6	非相邻通路隔离度	>25dB	>25dB

9 光放大器技术要求

光放大器技术要求见表12。

表12 光放大器技术要求

序号	项目	技术要求	
		N×10Gbit/s	N×100Gbit/s
1	增益	应符合 YD/T 1960—2009 中第 8 章的相关要求	应符合 YD/T 3070—2016 中第 10 章的相关要求
2	增益平坦度	<2dB	<2dB

10 监控通路接口技术要求

监控通路接口技术要求见表13。

表13 监控通路接口技术要求

序号	项目	技术要求
1	监控工作波长	1510nm
2	监控工作波长偏移	$\pm 10\text{nm}$
3	信号发送光功率	$-7\sim 0\text{dBm}$
4	最小接收灵敏度	$\leq -48\text{dBm}$

11 误码/丢包要求

对于SDH和OTN业务，误码性能应连续24h无误码，即BER为0。

对于以太网业务，丢包率性能指标应连续线速转发24h无丢包。

12 保护倒换要求

保护倒换功能应符合YD/T 3391—2018的相关要求。

出现下列情况之一倒换，倒换时间小于50ms（有效传送距离在1200km以内）：

- a) 信号丢失（LOS）；
- b) 帧丢失（LOF）；
- c) 告警指示信号（AIS）；
- d) 信号劣化。

13 测量方法

13.1 主光通道测量方法

13.1.1 MPI-S 点

13.1.1.1 最大总发送功率

测量框图见图2。

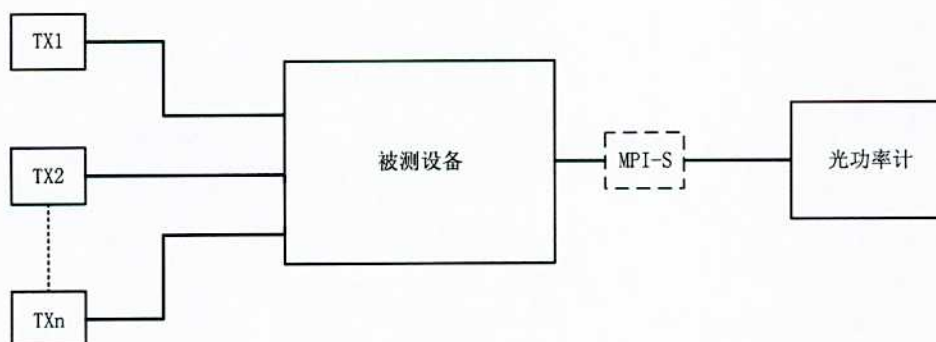


图2 最大总发送功率测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 2 所示正确连接设备;
- b) 配置光功率计, 测量主光通路 MPI-S 点所有通路的总发送功率;
- c) 记录数值。

13.1.1.2 每通路输出功率

测量框图见图 3。

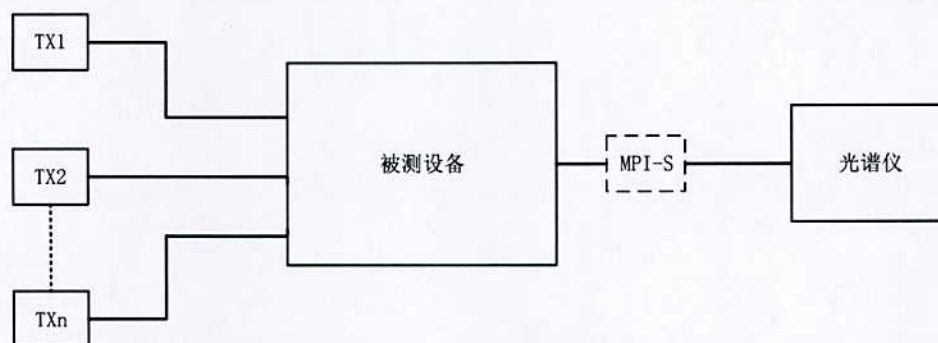


图3 每通路输出功率、每通路信噪比、最大通路功率差测量框图

测量步骤如下:

- a) 按图 3 所示正确连接设备;
- b) 配置光谱仪, 测量主光通路中的每通路输出功率 MPI-S_n;
- c) 记录数值。

13.1.1.3 每通路信噪比

测量框图见图 3。

测量步骤如下:

- a) 按图 3 所示正确连接设备;
- b) 配置光谱仪, 测量主光通路中的每通路信噪比;
- c) 记录数值。

13.1.1.4 最大通路功率差

测量框图见图 3。

测量步骤如下:

- a) 按图 3 所示正确连接设备;
- b) 配置光谱仪, 测量主光通路中的每通路输出功率;
- c) 记录数值;
- d) 在记录数值中找出最大功率记为 A, 最小功率记为 B;
- e) 计算最大通路功率差 $P=A-B$ 。

13.1.2 MPI-R 点

13.1.2.1 最大平均总输入功率

测量框图见图 4。

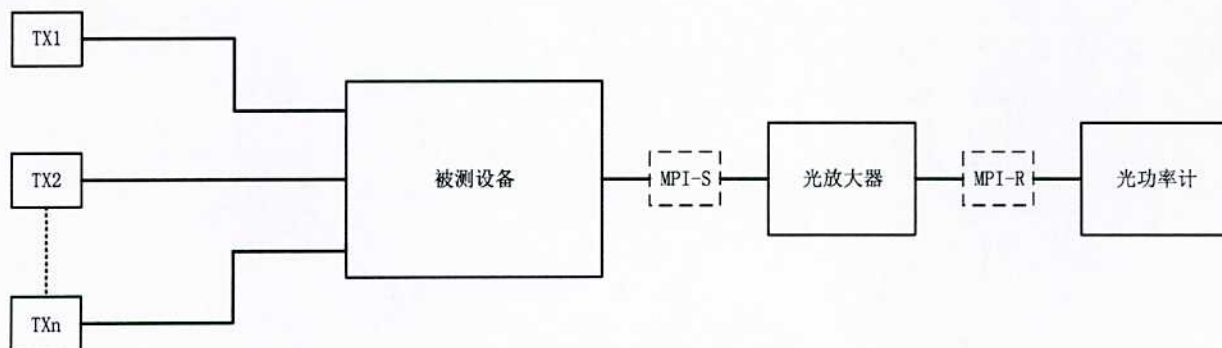


图4 总接收功率测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 4 所示正确连接设备；
- b) 配置光功率计，测量主光通路 MPI-R 点所有通路的总接收功率；
- c) 记录数值。

13.1.2.2 每通路输入功率

测量框图见图 4。

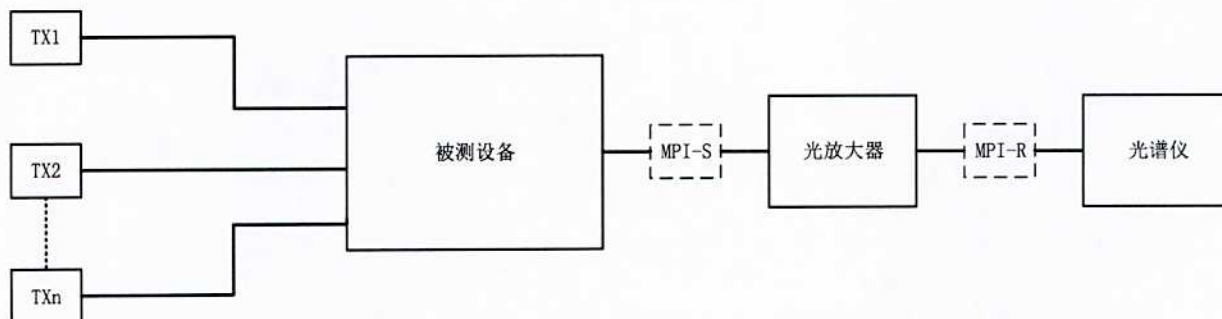


图5 每通路输入功率、每通路最小光信噪比、最大通路功率差测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 5 所示正确连接设备；
- b) 配置光谱仪，测量主光通路中的每通路输入功率 MPI-R_{in}；
- c) 记录数值。

13.1.2.3 每通路最小光信噪比

测量框图见图 5。

测量步骤如下：

- a) 按图 5 所示正确连接设备；
- b) 配置光谱仪，测量主光通路中的每通路光信噪比；
- c) 记录数值。

13.1.2.4 最大通路功率差

测量框图见图 5。

测量步骤如下：

- a) 按图 5 所示正确连接设备；
- b) 配置光谱仪，测量主光通路中的每通路输入功率；
- c) 记录数值；
- d) 在记录数值中找出最大功率记为 A，最小功率记为 B；
- e) 计算最大通路功率差 $P=A-B$ 。

13.2 波长转换器（OTU）测量方法

13.2.1 最大-20dB 谱宽

测量框图见图 6。

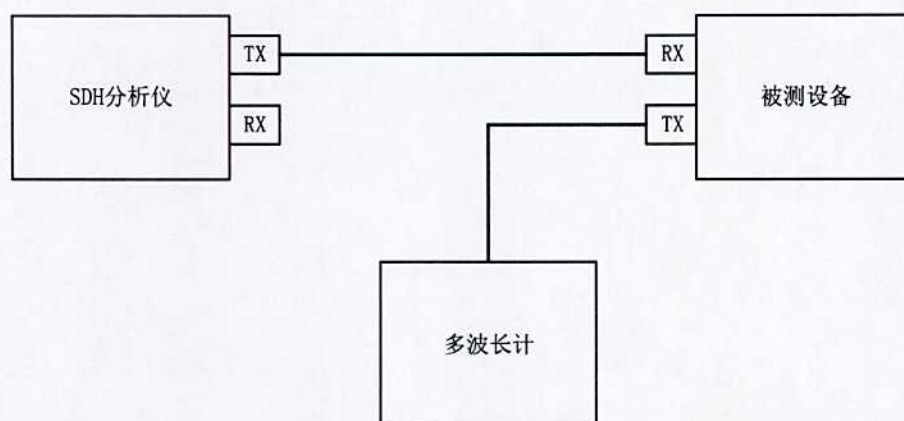


图6 最大-20dB 谱宽、最小边模抑制比、中心频率测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 6 所示正确连接设备；
- b) SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- c) 设置多波长计，测量-20dB 谱宽；
- d) 从多波长计上读取并记录测量出的-20dB 谱宽。

13.2.2 最小边模抑制比

测量框图见图 6。

测量步骤如下：

- a) 按图 6 所示正确连接设备；
- b) SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- c) 设置多波长计，测量最小边模抑制比；
- d) 从多波长计上读取并记录测量出的最小边模抑制比。

13.2.3 平均发送光功率

测量框图见图7。

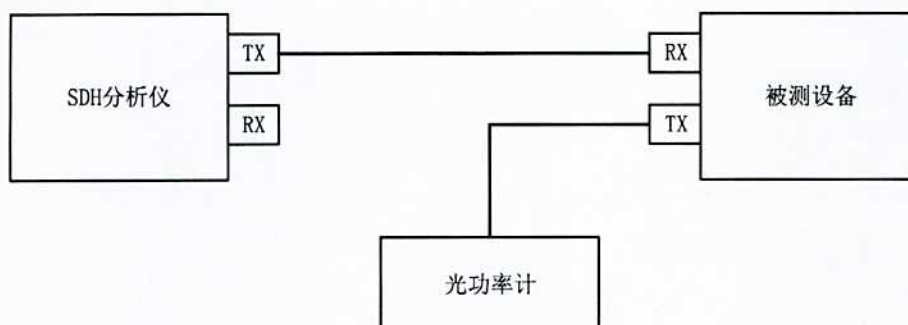


图7 平均发送光功率测量框图

测量步骤如下：

- 按图 7 所示正确连接设备；
- SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- 光功率计设置在被测波长上；
- 待输出稳定后，从光功率计上读取并记录平均发送光功率。

13.2.4 眼图

测量框图见图 8。

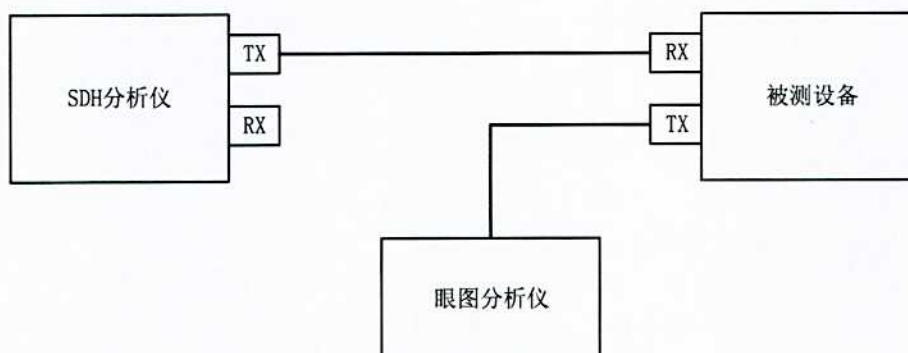


图8 眼图、最小消光比测量框图

测量步骤如下：

- 按图 8 所示正确连接设备；
- SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- 设置眼图分析仪，获得稳定眼图；
- 保存眼图。

13.2.5 最小消光比

测量框图见图 8。

测量步骤如下：

- 按图 8 所示正确连接设备；
- SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- 设置眼图分析仪，获得稳定眼图；
- 记录消光比数值。

13.2.6 中心频率

测量框图见图 6。

测量步骤如下：

- a) 按图 6 所示正确连接设备；
- b) SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号；
- c) 设置多波长计，测量波长；
- d) 从多波长计上读取并记录测量出的中心波长；
- e) 换算为中心频率，并计算中心频率偏移值。

13.2.7 接收机最差灵敏度

测量框图见图 9。

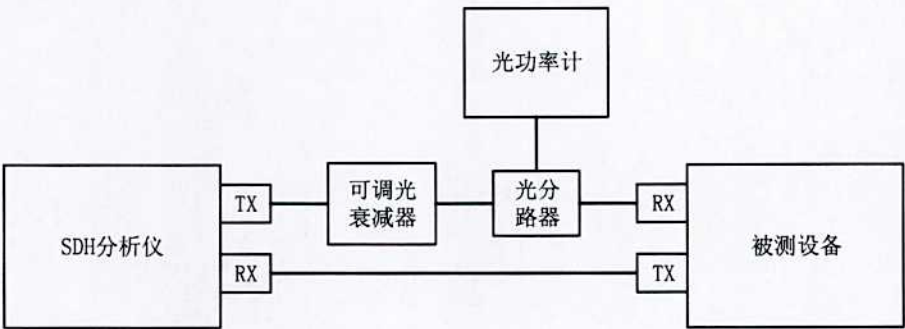


图9 接收机最差灵敏度、最大过载测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 9 所示正确连接设备；
- b) SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号，信号经过被测设备后返回 SDH 分析仪，SDH 分析仪无告警；
- c) 逐渐增大光衰减器值，使 SDH 分析仪检测出的误码率尽量接近但不大于标准规定值；
- d) 在光功率计上读取并记录检测出的光功率。

13.2.8 输出抖动

测量框图见图 10。

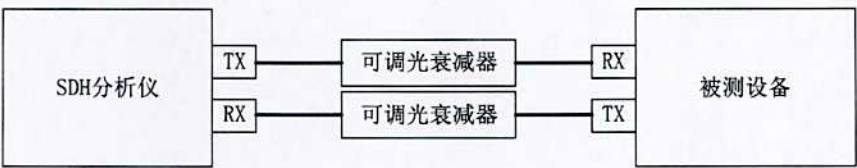


图10 输出抖动测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 10 所示正确连接设备；

- b) 调整光衰减器，使 SDH 分析仪输入口处的光功率在仪表要求的范围内；
- c) 根据被测输出等级，设置 SDH 分析仪的测量速率和相应的测量滤波器带宽；
- d) 待指示抖动锁定后，连续进行至少 60s 测量，读取观测时间间隔内的最大抖动峰峰值作为测量结果。

13.2.9 接收机最大过载

测量框图见图 9。

测量步骤如下：

- a) 按图 9 所示正确连接设备；
- b) SDH 分析仪向被测设备发送 STM-N 的信号，信号经过被测设备后返回 SDH 分析仪，SDH 分析仪无告警；
- c) 逐渐减小光衰减器值，使 SDH 分析仪检测出的误码率尽量接近但不大于标准规定值；
- d) 在光功率计上读取并记录检测出的光功率。

13.3 波分复用器件测量方法

13.3.1 合波器

13.3.1.1 通道间隔

测量框图见图 11。

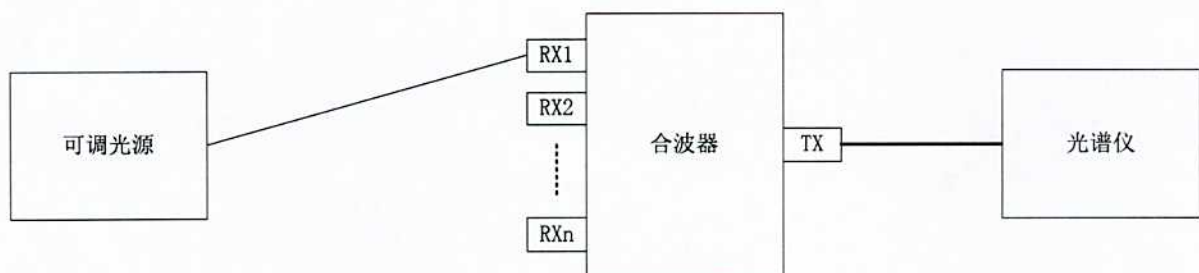


图11 通道间隔测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图 11 所示正确连接设备；
- b) 依次配置可调光源，使输出光波长为合波器各通路所对应波长；
- c) 配置光谱仪，依次测量合波器输出波长；
- d) 通过光谱仪测量出的合波器各通路输出波长计算所对应的频率；
- e) 相邻通路所对应的频率相减作为通道间隔。

13.3.1.2 插入损耗、各通道插损最大差异

测量框图见图 12。

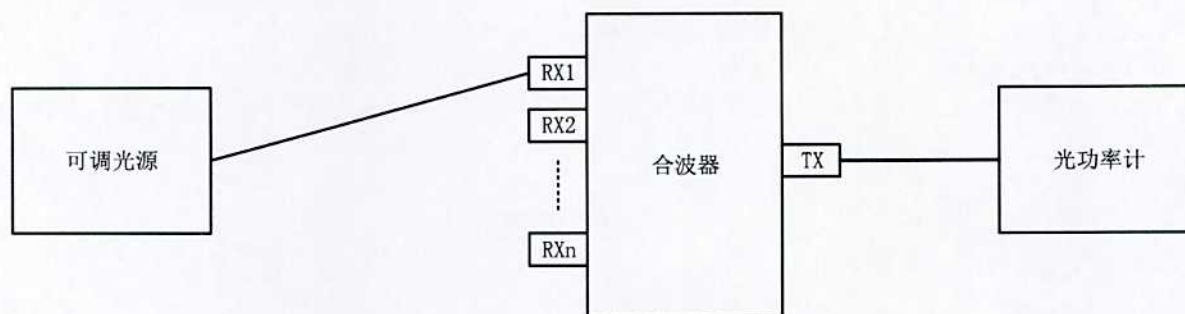


图12 插入损耗、各通道插损最大差异、相邻通路隔离度、非相邻通路隔离度测量框图

测量步骤如下：

- 按图 12 所示正确连接设备；
- 依次配置可调光源，使输出光波长为合波器各通路所对应波长，输出光功率记为 A；
- 依次记录合波器各通路输出的光功率数值记为 B，计算插入损耗 $C=A-B$ ；
- 插入损耗最大值与最小值的差值，即为各通路插损最大差异。

13.3.1.3 光反射系数

测量框图见图 13。

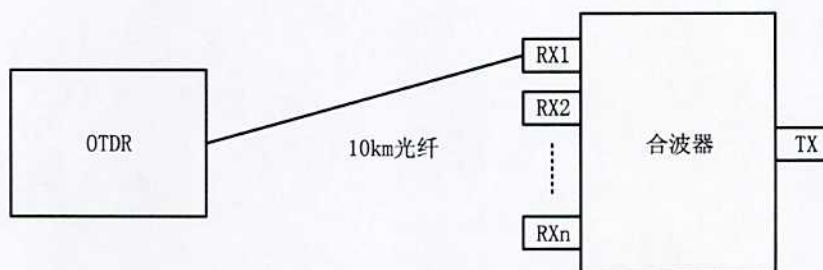


图13 光反射系数测量框图

测量步骤如下：

- 按图 13 所示正确连接设备；
- 配置 OTDR，测量光反射系数；
- 查看并记录数值。

13.3.1.4 相邻通路隔离度

测量框图见图 12。

测量步骤如下：

- 按图 12 所示正确连接设备；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 M 路所对应波长，输出光功率记为 A；
- 光功率计读出输出光功率记为 B，计算插入损耗 $C=A-B$ ；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 $M\pm 1$ 路对应波长，输出光功率记为 D；
- 光功率计读出输出光功率记为 E，计算插入损耗 $F=D-E$ ；
- 计算第 $M\pm 1$ 路波长对第 M 路端口的相邻通路隔离度 $G=F-C$ ；
- 记录数值。

13.3.1.5 非相邻通路隔离度

测量框图见图 12。

测量步骤如下：

- 按图 12 所示正确连接设备；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 M 路所对应波长，输出光功率记为 A ；
- 光功率计读出输出光功率记为 B ，计算插入损耗为 $C=A-B$ ；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 $M \pm N (N \geq 2)$ 路对应波长，输出光功率记为 D ；
- 光功率计读出输出光功率记为 E ，计算插入损耗 $F=D-E$ ；
- 计算第 $M \pm N (N \geq 2)$ 路波长对第 M 路端口的非相邻通路隔离度 $G=F-C$ ；
- 记录数值。

13.3.2 分波器

13.3.2.1 通道间隔

测量框图见图 14。

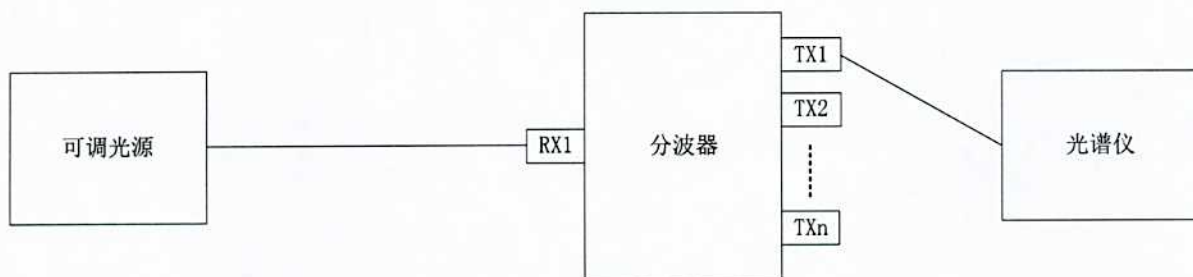


图14 通道间隔、通路-20dB 带宽测量框图

测量步骤如下：

- 按图 14 所示正确连接设备；
- 依次配置可调光源，使输出光波长为分波器各通路所对应波长；
- 配置光谱仪，依次测量分波器输出波长；
- 通过光谱仪测量出的分波器各通路输出波长计算所对应的频率；
- 相邻通路所对应的频率相减可得出通道间隔；
- 查看间隔是否符合要求。

13.3.2.2 插入损耗

测量框图见图 15。

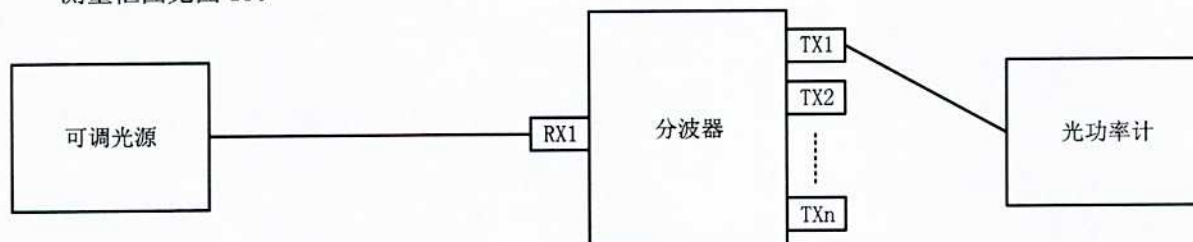


图15 插入损耗、相邻通路隔离度、非相邻通路隔离度测量框图

测量步骤如下：

- 按图 15 所示正确连接设备；
- 依次配置可调光源，使输出光波长为分波器各通路所对应波长，输出光功率记为 A；
- 依次记录分波器各通路输出的光功率数值记为 B，计算插入损耗 $C=A-B$ ；
- 插入损耗最大值与最小值的差值，即为各通路插损最大差异。

13.3.2.3 光反射系数

测量框图见图 16。

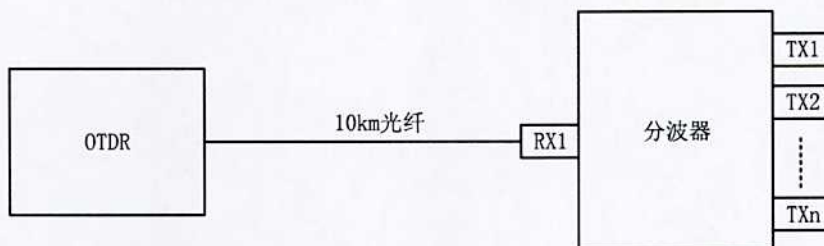


图16 光反射系数测量框图

测量步骤如下：

- 按图 16 所示正确连接设备；
- 配置 OTDR，测量光反射系数；
- 查看并记录数值。

13.3.2.4 通路-20dB 带宽

测量框图见图 14。

测量步骤如下：

- 按图 14 所示正确连接设备；
- 顺序配置可调光源，使输出光波长为分波器各通路所对应波长；
- 配置光谱仪依次测量分波器各通路输出光波的-20dB 带宽；
- 查看并记录数值。

13.3.2.5 相邻通路隔离度

测量框图见图 15。

测量步骤如下：

- 按图 15 所示正确连接设备；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 M 路所对应波长，输出光功率记为 A；
- 光功率计读出输出光功率记为 B，计算插入损耗 $C=A-B$ ；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 $M \pm 1$ 路对应波长，输出光功率记为 D；
- 光功率计读出输出光功率记为 E，计算插入损耗 $F=D-E$ ；
- 计算第 $M \pm 1$ 路波长对第 M 路端口的相邻通路隔离度 $G=F-C$ ；
- 记录数值。

13.3.2.6 非相邻通路隔离度

测量框图见图 15。

测量步骤如下：

- 按图 15 所示正确连接设备；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 M 路所对应波长，输出光功率记为 A ；
- 光功率计读出输出光功率记为 B ，计算插入损耗为 $C=A-B$ ；
- 配置可调光源，使输出光波长为合波器第 $M \pm N (N \geq 2)$ 路对应波长，输出光功率记为 D ；
- 光功率计读出输出光功率记为 E ，计算插入损耗 $F=D-E$ ；
- 计算第 $M \pm N (N \geq 2)$ 路波长对第 M 路端口的非相邻通路隔离度 $G=F-C$ ；
- 记录数值。

13.4 光放大器测量方法

13.4.1 增益

测量框图见图 17。

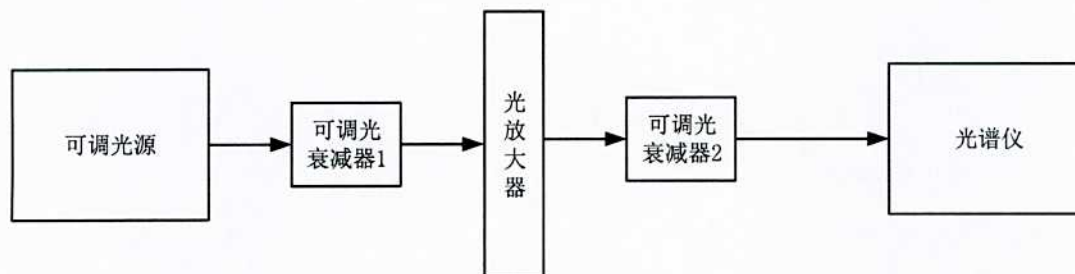


图17 增益测量框图

测量步骤如下：

- 按图 17 所示正确连接设备；
- 调节光衰减器 1，使光放大器各波长输入功率为系统的额定最小工作功率 P_{IN-i} ；
- 通过光谱仪测试光放大器各波长的输出功率 P_{OUT-i} ；
- 计算各波长输出功率与输入功率之间的差为各波长的增益。

13.4.2 增益平坦度

测量框图见图 17。

测量步骤如下：

- 按图 17 所示正确连接设备；
- 按 13.4.1 中步骤 b)～步骤 d) 测量 $1 \sim n$ 各波长的增益；
- 记录增益最大值与最小值之间的差为增益平坦度。

13.5 监控通路接口测量方法

13.5.1 监控工作波长

测量框图见图 18。

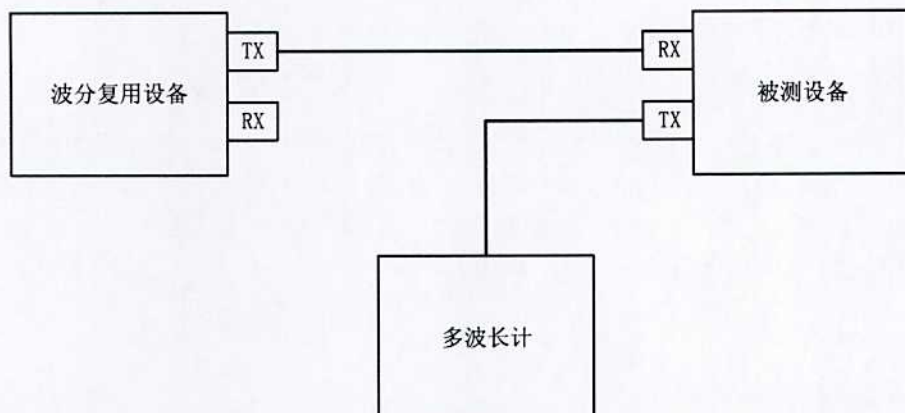


图18 监控工作波长、监控工作波长偏移测量框图

测量步骤如下：

- 按图 18 所示正确连接设备；
- 设置波分复用设备向被测设备发送监控的信号；
- 设置多波长计，测量波长；
- 从多波长计上读取并记录测量出的监控波长。

13.5.2 监控工作波长偏移

测量框图见图 18。

测量步骤如下：

- 按图 18 所示正确连接设备；
- 设置波分复用设备向被测设备发送监控的信号；
- 设置多波长计，测量波长；
- 从多波长计上读取并记录测量出的波长偏移数值。

13.5.3 信号发送光功率

测量框图见图19。

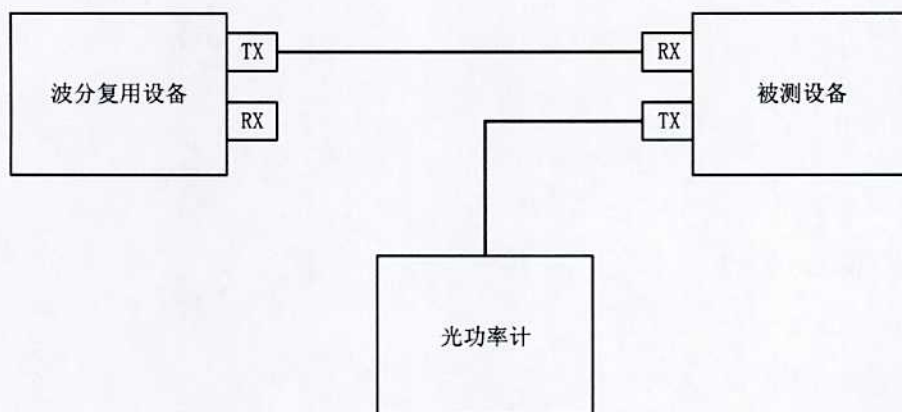


图19 信号发送光功率测量框图

测量步骤如下：

- 按图 19 所示正确连接设备；
- 设置波分复用设备向被测设备发送监控的信号；
- 光功率计设置在被测波长上；
- 待输出稳定后，从光功率计上读取并记录信号发送功率。

13.5.4 最小接收灵敏度

测量框图见图 20。

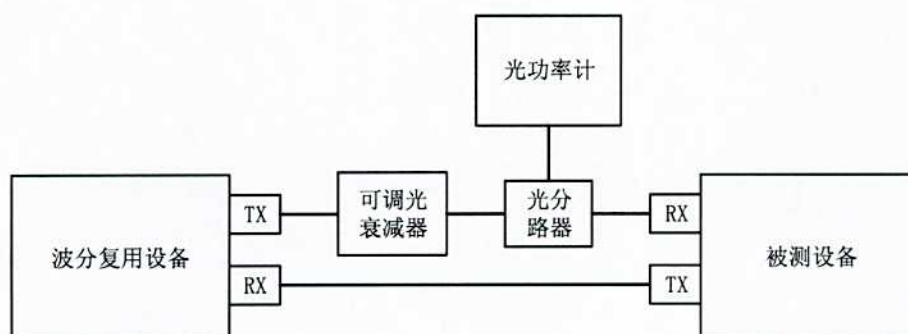


图20 最小接收灵敏度测量框图

测量步骤如下：

- 按图 20 所示正确连接设备；
- 设置波分复用设备向被测设备发送监控的信号，信号经过被测设备后返回波分复用设备，链路无告警；
- 逐渐增大光衰减器值，使检测链路尽量接近误码指标临界值；
- 在光功率计上读取并记录检测出的光功率，即为最小接收机灵敏度。

13.6 误码/丢包测量方法

测量框图见图 21。

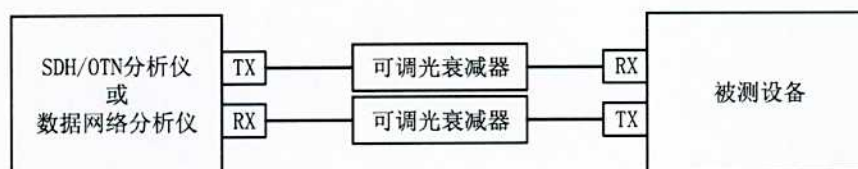


图21 误码/丢包性能测量框图

测量步骤如下：

- 按图 21 所示正确连接设备。
- 调整光衰减器，使 SDH/OTN 分析仪或数据网络分析仪输入口处的光功率在仪表要求的范围内。
- 根据被测输出等级，设置 SDH/OTN 分析仪或数据网络分析仪的测量信号。
- 在进行长时间测量前，应做系统工作正常性判断。在第一个测量周期（15min），在此周期内仪表和网管系统没有检测到任何误码和不可用等事件，则可确认系统已工作正常，可以进行长

期测量；在此周期内，如果检测到任何误码或其他事件，则应重复测量一个周期（15min），但至多重复两次。如果第三次测量周期内，仍然检测到误码或其他事件，则认为系统工作异常，需要查明原因后，再进行测量。

- e) 确定系统工作正常后，可进行长期测量，按指标要求设置总的测量时间（24h），根据需要设置 SDH/OTN 分析仪或数据网络分析仪的内部或外部存储及打印设备，最后启动测量，并锁定仪表按键。
- f) 读取误码/丢包性能测量结果。

13.7 保护倒换测量方法

测量框图见图 22。

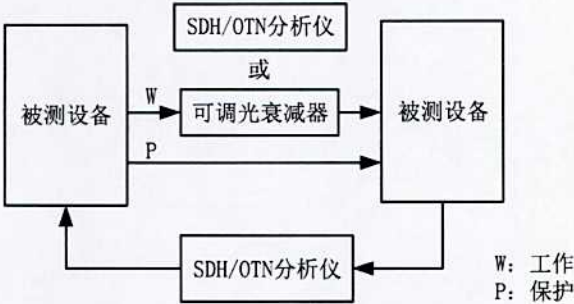


图22 保护倒换测量框图

测量步骤如下：

- a) 按图22所示正确连接设备；
- b) 按支路接口速率等级，使用SDH/OTN分析仪向支路输入口发送测量信号，在支路输出口用SDH/OTN分析仪监视；
- c) 调整光衰减器使输出光功率稍高于灵敏度数值，使SDH/OTN分析仪正常接收信号，系统没有误码；
- d) 通过网管，设置保护倒换为恢复方式；
- e) 设置倒换条件，制造工作光通路（W）信号丢失；
- f) 用SDH分析仪测出倒换时间；
- g) 重复进行e)和f)步骤5次，保护倒换测量结果取平均值。

参 考 文 献

- [1] GB/T 16814—2008 同步数字体系 (SDH) 光缆线路系统测试方法
 - [2] YD/T 1060—2000 光波分复用系统 (WDM) 技术要求— $32 \times 2.5\text{Gb/s}$ 部分
 - [3] YD/T 1143—2001 光波分复用系统 (WDM) 技术要求— $16 \times 10\text{Gb/s}$ 、 $32 \times 10\text{Gb/s}$ 部分
 - [4] YD/T 1159—2016 光波分复用 (WDM) 系统测试方法
 - [5] YD/T 1205—2010 城域光传送网波分复用 (WDM) 环网技术要求
 - [6] YD/T 1274—2003 光波分复用系统 (WDM) 技术要求— $160 \times 10\text{Gb/s}$ 、 $80 \times 10\text{Gb/s}$ 部分
 - [7] YD/T 2485—2013 $N \times 100\text{Gbit/s}$ 光波分复用 (WDM) 系统技术要求
 - [8] YD/T 2649—2013 $N \times 100\text{Gbit/s}$ 光波分复用 (WDM) 系统测试方法
 - [9] YD/T 3402—2018 城域 $N \times 100\text{Gbit/s}$ 光波分复用 (WDM) 系统技术要求
-