

ICS 33.180.20

M 33

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2618.3-2014

---

## 40Gb/s 相位调制光收发合一模块 第 3 部分: 相干接收和双极性相移键控调制

40Gb/s phase modulation formats optical transponder  
Part 3: Coherent reception and dual-polarization  
quadrature phase shift keying

2014-10-14 发布

2014-10-14 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 缩略语	1
4 术语和定义	2
5 技术要求	4
5.1 光接口技术要求	4
5.2 电接口技术要求	8
5.3 光模块极限条件要求	10
5.4 40Gb/s DP-QPSK 光模块封装形式要求	10
5.5 环保符合性	10
6 测试方法	10
6.1 测试环境要求	10
6.2 测试仪器要求	10
6.3 测试方法	10
7 可靠性试验	11
7.1 可靠性试验环境要求	11
7.2 可靠性试验要求	11
7.3 失效判据	12
7.4 电磁兼容试验要求	12
8 检验规则	13
8.1 检验分类	13
8.2 出厂检验	13
8.3 型式检验	14
9 标志、包装、运输和储存	15
9.1 标志	15
9.2 包装	15
9.3 运输	15
9.4 储存	15
附录 A (规范性附录) 40Gb/s DP-QPSK 光模块标称波长定义	16
附录 B (规范性附录) 40Gb/s DP-QPSK 光模块电接口规范	18
附录 C (资料性附录) 40Gb/s DP-QPSK 光模块抖动测试	23

## 前 言

《40Gb/s相位调制光收发合一模块》已经或计划发布下面三个部分：

- 第1部分：差分相移键控（DPSK）调制；
- 第2部分：差分正交相移键控（DQPSK）调制；
- 第3部分：相干接收和双极性相移键控调制。

本部分为《40Gb/s相位调制光收发合一模块》第3部分。

本部分按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本部分主要参考ITU-TG.693《局内系统光接口》、ITU-TG.825《基于同步数字体系的数字网抖动和漂移的控制》、ITU-T G.825《基于同步数字体系的数字网抖动和漂移的控制》增补文件1、ITU-T G.8251《光传送网（OTN）内抖动和漂移控制》、ITU-T G.8251《光传送网（OTN）内抖动和漂移控制》增补文件1和ITU-T G.959.1《光传送网物理层接口》等文件编制。

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

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：中兴通讯股份有限公司、武汉邮电科学研究院、工业和信息化部电信研究院、无锡市中兴光电子技术有限公司、深圳新飞通光电子技术有限公司。

本部分主要起草人：张 琦、尚冬冬、邹 辉、赵文玉、李现勤、陈 悦、高 健、李 蒙。



## 40Gb/s相位调制光收发合一模块

### 第3部分：相干接收和双极性相移键控调制

#### 1 范围

本部分规定了40Gb/s（通常指的是从39.813Gb/s~44.584Gb/s）相干接收和双极性相移键控调制光收发合一模块的术语和定义、技术要求、测试方法、可靠性试验、检验规则、标志、包装、运输和储存要求。

本部分适用于40Gb/s相干接收和双极性相移键控调制光收发合一模块（以下简称40Gb/s DP-QPSK光模块），BPSK光收发合一模块及DP-（D）QPSK光收发合一模块可参照执行。

#### 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。

GB/T 2828.1-2012 计数抽样检验程序

GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 17626.3-2006 电磁兼容试验和测量技术射频电磁场辐射抗扰度试验

YD/T 1111.1-2001 SDH光发送/光接收模块技术要求—2.488320Gbit/s光接收模块

YD/T 1111.2-2001 SDH光发送/光接收模块技术要求—2.488320Gbit/s光发送模块

YD/T 1991-2009  $N \times 40$ Gbit/s光波分复用（WDM）系统技术要求

YD/T 2492-2013 40Gb/s强度调制光收发模块技术条件

YD/T 2618.1-2013 40Gb/s相位调制光收发合一模块 第1部分：差分相移键控（DPSK）调制

YD/T 2618.2-2013 40Gb/s相位调制光收发合一模块 第2部分：差分正交相移键控（DQPSK）调制

SJ/T11363-2006 电子信息产品中有毒有害物质的限量要求

SJ/T11364-2006 电子信息产品污染控制标识要求

SJ/T11365-2006 电子信息产品中有毒有害物质的检测方法

ITU-TG.694.1 WDM应用的光谱栅格：DWDM频率栅格（Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid）

ANSI/ESD STM5.1-2007 静电放电敏感度试验-人体放电模型（HBM）组成等级（For Electrostatic Discharge Sensitivity Testing-Human Body Model（HBM）Component Level）

Telcordia GR-468-CORE:2004 用于通信设备的光电器件通用可靠性保证要求（Generic reliability assurance requirements for optoelectronic devices used in telecommunications equipment）

OIF-SFI5-01.0串并及并串转换与成帧器的5级接口：40Gb/s物理层设备接口协议（Serdes Framing Interface Level 5（SFI-5）：Implementation agreement for 40Gb/s Interface for Physical Layer Devices.）

#### 3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

3R                      Regeneration, Reshaping, Retiming

重生，重整形，重定时

ADC	Analog-to-Digital Converter	模数转换
APS	Auto Power Supply	自动电源供给
ASIC	Application Specific Integrated Circuit	专用集成电路
CBR	Constants Bit Rate	固定码率
CML	Current Mode Logic	电流模式逻辑电路
DGD	Differential Group Delay	差分群时延
DP-DQPSK	Dual-Polarization - (Differential) Quadrature Phase Shift Keying	双极性差分正交相移键控
DP-QPSK	Dual-Polarization - Quadrature Phase Shift Keying	双极性正交相移键控
DSP	Digital Signal Processing	数字信号处理
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	密集波分复用
EOL	End of Life	寿命终止
FSR	Free Spectrum Range	自由光谱范围
LOS	Loss of Signal	信号丢失
MSA	Multi-Source Agreement	多源协议
NRZ	None Return to Zero	非归零
ODC	Optical data of clients	客户侧光数据
ODU	Optical channel transport unit	光通道传输单元
ORL	Optical Return Loss	光回波损耗
OSNR	Optical Signal-to-Noise Ratio	光信噪比
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OUT	Optical Transponder Unit	光转发单元
PBS	Polarization Beam Splittter	偏振分束器
PM	Polarization Multiplex	偏振复用
PMD	Polarization Mode Dispersion	偏振模色散
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	伪随机二进制序列
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	正交相移键控
SDH	Synchronous Digital Hierarchy)	同步数字体系
SFI-5	Serdes Framer Interface Lever 5	串并及并串转换与成帧器的5级接口
SMSR	Side Mode Suppression Ratio	边模抑制比
STM	Synchronous Transfer Module	同步传输
TIA	Transimpedance Amplifier	跨阻放大器
TTL	Transistor-Transistor Logic	逻辑门电路

#### 4 术语和定义

YD/T 1111.1-2001、YD/T 1111.2-2001和YD/T 1991-2009界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 4.1

### 相移键控 Phase Shift Keying

一种用载波相位表示输入数字信号信息的调制技术。相移键控调制分为绝对相移键控调制和相对相移键控调制两种。绝对相移键控调制指以未调载波的相位作为基准的相位调制。相对相移键控调制指用前后码元的相对载波相位差传送数字信息的相位调制。

## 4.2

### 双极性 Dual-Polarization

光调制过程中对互相正交的两个偏振态（*X*偏振态和*Y*偏振态）同时进行调制，也即偏振复用，英文缩写PM，我们一般称之为双极性，英文缩写DP。

## 4.3

### 相干接收 Coherent Reception

在接收设备中利用本地光载波与同频光载波信号进行相干混频，检测并接收载波信号的相位信息。

## 4.4

### 光信噪比容限 Optical Signal-To-Noise Ratio Tolerance

接收光功率在最佳接收范围内，纠错前误码率达到规定值时接收端可以容忍的最小光信噪比。

## 4.5

### 光信噪比代价 Optical Signal-To-Noise Ratio Penalty

在一定接收光功率下，由于光传输时光波形畸变所导致的接收机光信噪比容限的劣化值。它表明光系统中反射、码间干扰、模分配噪声以及激光器频率啁啾所引起的光接收机性能总的劣化。

## 4.6

### 色散容限 Chromatic Dispersion Tolarence

光信噪比代价达到特定值时所对应的色散值。

## 4.7

### 偏振模色散容限 Polarization Mode Dispersion Tolarence

光信噪比代价达到特定值时所对应的偏振模色散值，主要源于一阶偏振模色散，采用DGD平均值或最大值表示，其中最大值一般取为平均值的3倍。本部分中采用最大值表示。

## 4.8

### 输出功率稳定度 Stability of the Expore Power

输出功率稳定度分为通道内的输出功率稳定度和通道间的输出功率稳定度。通道内的输出功率稳定度是指在一个通道内功率的变化范围。通道间的输出功率稳定度是指不同通道间功率差的范围。测试时需等待足够长的时间以得到精确的变化范围，一般不少于半小时。

## 4.9

### 中心频率稳定度 Stability of the Center Frequency

光频率在中心频率附近的变化范围。

## 4.10

### 双极性正交相移键控调制 DP-QPSK



对光的两个正交偏振态同时调制QPSK信号。40Gb/s光模块中采用双极性相位调制的光模块，均需采用相干接收的方式，所以，40Gb/s相干接收和双极性相移键控调制光模块可统称40Gb/s DP-QPSK光模块。DP也为偏振复用之意，即也可称为40Gb/s PM-QPSK光模块。

本部分也包含可选的差分预编码，英文简称DP-DQPSK，即双极性差分正交相移键控调制。

5 技术要求

5.1 光接口技术要求

5.1.1 40Gb/s DP-QPSK 光模块功能

40Gb/s DP-QPSK光模块是由光发送部分和光接收部分组成。

a) 光发送部分

40Gb/s DP-QPSK 光模块光发送部分如图 1 所示，主要包括时钟倍频及数据复用、QPSK 预编码、调制器驱动、激光器偏置及控制、激光器、DP-QPSK 调制器、DP-QPSK 调制器控制、光功率监测单元等。图 1 中虚框内 X 偏振态及 Y 偏振态 QPSK 预编码是可选功能。虚框内的调制器驱动可以选择分立器件也可选择集成器件。

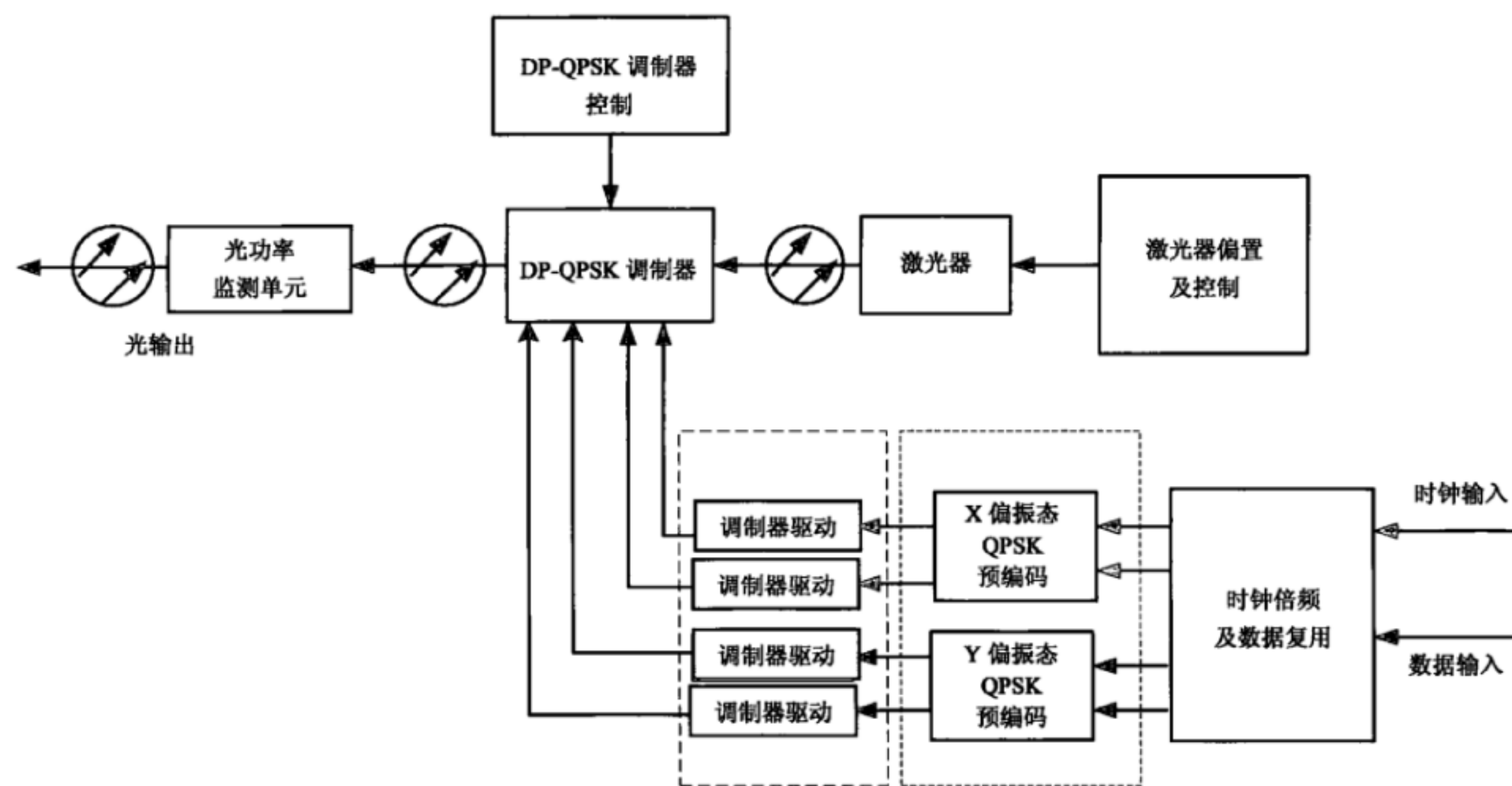


图1 40Gb/s DP-QPSK 光模块发射部分功能框图

光接收部分

40Gb/s DP-QPSK 光模块光接收部分如图 2 所示，主要包括相干接收机（PBS、光耦合器、90 度混频器、光电检测、TIA）、ASIC 芯片（ADC+DSP）、激光器等部分。图 2 中相干接收机可采用分立器件，也可采用集成器件。

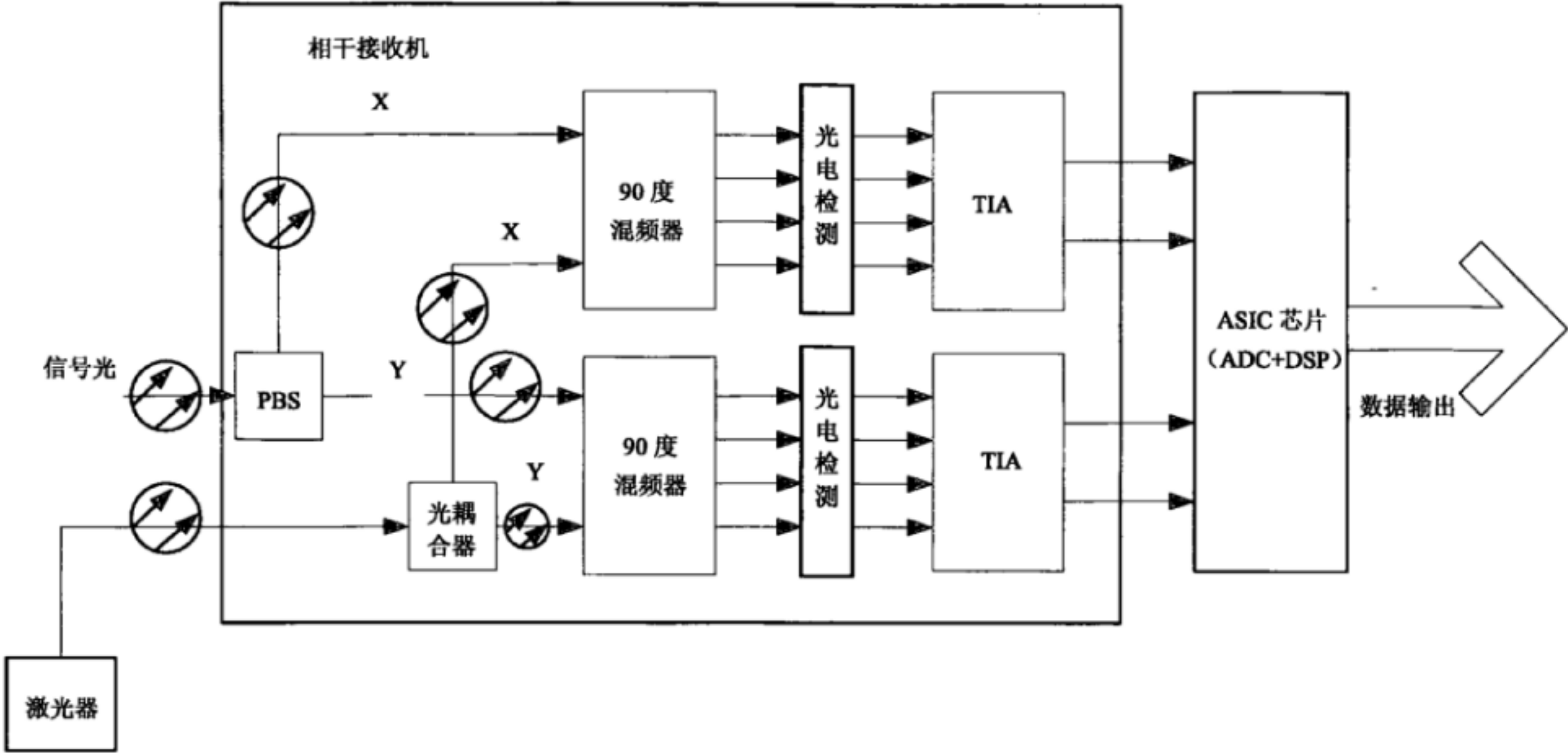


图2 40Gb/s DP-QPSK 光模块光接收部分功能框图

5.1.2 光接口指标要求

40Gb/s DP-QPSK 光模块的光接口指标按相应的测试方法测定符合表 1 的规定。

表1 40Gb/s DP-QPSK 光模块光接口指标要求

参数	符号	最小值	最大值	单位
光发送部分				
工作速率范围	—	39.813	44.584	Gb/s
中心频率	$f_c$	中心频率的划分见附录 A		GHz
中心频率稳定度	$\Delta f_c$	-2.5	+2.5	GHz
输出平均光功率	$P_{avg}$	-5	+5	dBm
每通道输出功率稳定度	$\Delta P_{avg1}$	-1	+1	dB
通道间输出功率稳定度	$\Delta P_{avg2}$	-1.2	+1.2	dB
-20dB 谱宽	$\Delta \lambda$	—	0.17	nm
边模抑制比	$SMSR_r$	35	—	dB
光回波损耗	ORL	27	—	dB
色散容限 <sup>a</sup>	—	-55000	+55000	ps/nm
DGD 容限 <sup>a</sup>	—	+100	—	ps
光接收部分				
接收光功率范围	$P_{RX}$	-14	0	dBm
接收灵敏度	$P_{sen}$	—	—	
接收机 OSNR 容限 <sup>a</sup> (EOL) <sup>b</sup>	—	—	10.5	dB
接收信号波长范围	—	1527.61	1568.77	nm
接收过载光功率 <sup>c</sup>	$P_{ovr}$	0	—	dBm
注 a: 波长 1550nm, OSNR 代价应小于 2dB (依据 YD/T 1991-2009 表 4)。				
b: 波长 1550nm, 比特差错率小于 2.0E <sup>-3</sup> , 参考光带宽 0.1nm。				
c: OTU3 业务, 背靠背测试				

5.1.3 眼图及星座图

5.1.3.1 眼图模板及数值要求

40Gb/s DP-QPSK 光模块输出的光信号的眼图模板和数值要求如图 3 和表 2 所示。

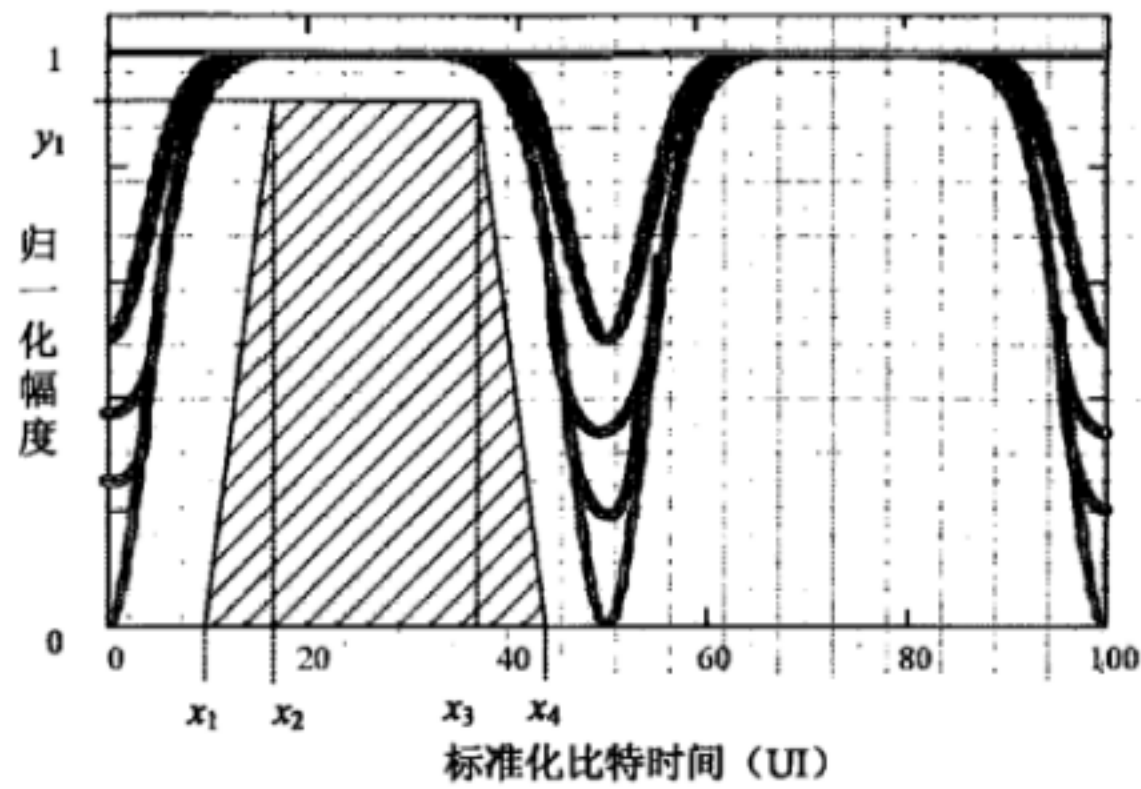


图3 40Gb/sDP-QPSK 光调制信号眼图模板

表2 40Gb/s DP-QPSK 光模块眼图模板中的数值要求

数值	类型
	DP-QPSK
$x_3 - x_2$	待研究
$x_4 - x_1$	待研究
$y_1$	待研究

5.1.3.2 星座图模板及数值要求

40Gb/s DP-QPSK 光模块输出的光信号星座图模板见 YD/T 2618.2-2013, 5.2.3.2;

40Gb/s DP-QPSK 光模块分两个偏振态  $X$  和  $Y$ 。每一个偏振态的星座图模板及参数均需见 YD/T 2618.2-2013, 5.2.3.2;

5.1.4 抖动特性

5.1.4.1 输出抖动特性

40Gb/s DP-QPSK 光模块输出抖动特性见表 3 所示。

表3 40Gb/s DP-QPSK 光模块输出抖动特性

接口类型	指标名称	测量带宽		峰-峰抖动值 (UI <sub>pp</sub> )
		低通 (Hz)	高通 (Hz)	
ODU3/OTU3 <sup>a</sup> (43.01841Gb/s)	B1	20k	320M	1.20
	B2	16M	320M	0.14
CBR40G <sup>b</sup> (39.81312Gb/s)	B1	80k	320M	1.00
	B2	16M	320M	0.14
STM256 <sup>c</sup> (39.81312Gb/s)	B1	80k	320M	0.30
	B2	16M	320M	0.14

注 a: OTU3 1UI=236×4/[(255)×(39.91312)](ns)=93.00ps。  
b: CBR40G 1UI=4/39.91312(ns)=100.48ps。  
c: STM256 1UI=100.48ps



5.1.4.2 输入抖动容限

1) 对于 OTU3 业务，40Gb/s DP-QPSK 光模块的输入抖动容限应满足表 4 和图 4 要求。

表4 OTU3 输入抖动容限

频率 $f$ (Hz)	峰峰抖动值 (UI <sub>pp</sub> )
8 k < $f$ ≤ 20 k	$1.2 \times 10^5 f^{-1}$
20 k < $f$ ≤ 480 k	6.00
480 k < $f$ ≤ 16 M	$2.88 \times 10^6 f^{-1}$
16 M < $f$ ≤ 320 M	0.18

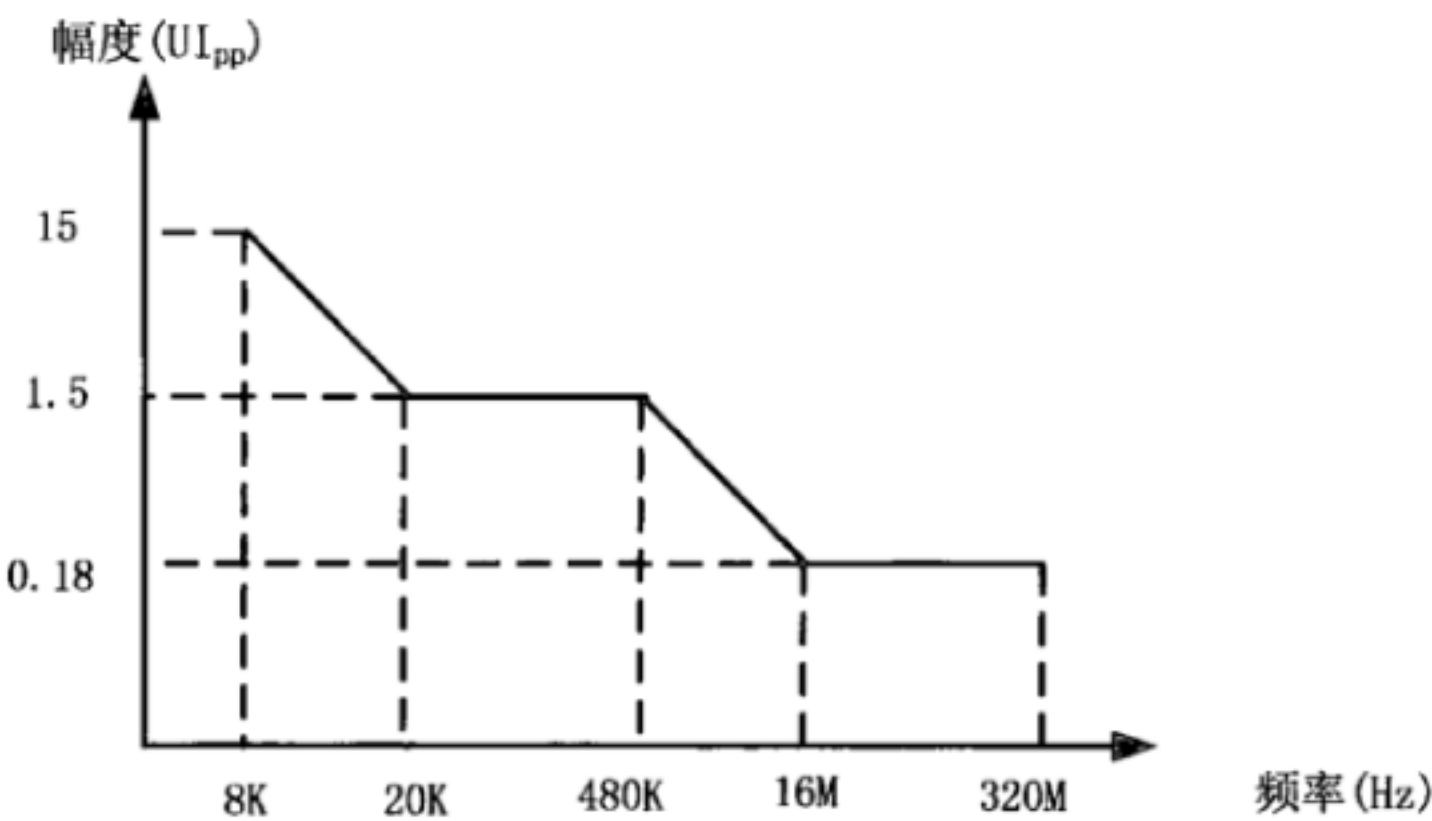


图4 OTU3 输入抖动容限

对于 STM-256 业务，40Gb/s DP-QPSK 光模块的输入抖动容限应满足表 5 和图 5 要求。

表5 STM-256 输入抖动容限

频率 $f$ (Hz)	峰峰抖动值 (UI <sub>pp</sub> )
8 k < $f$ ≤ 20 k	$1.2 \times 10^5 f^{-1}$
20 k < $f$ ≤ 480 k	1.50
480 k < $f$ ≤ 16 M	$2.88 \times 10^6 f^{-1}$
16 M < $f$ ≤ 320 M	0.18

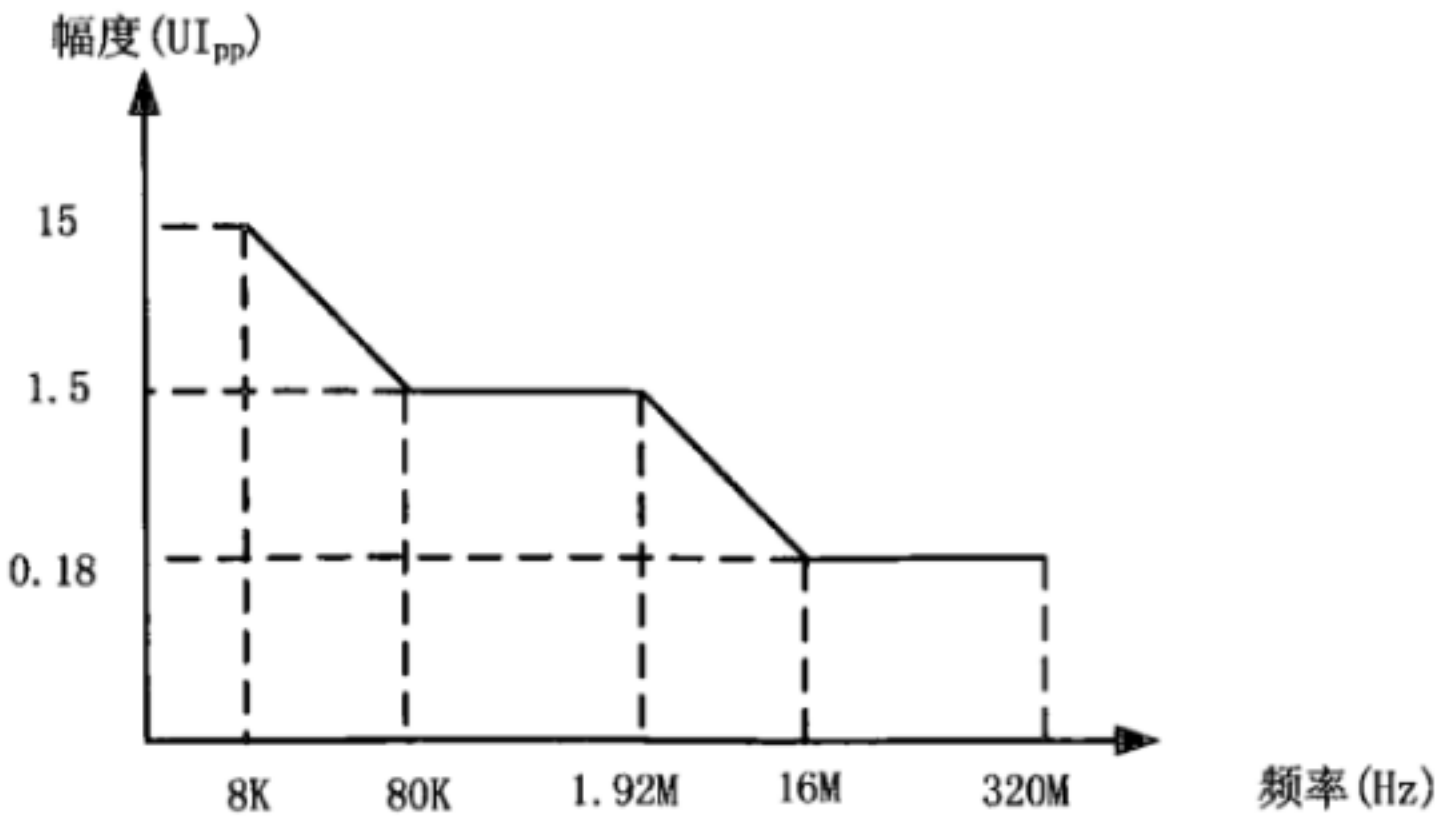


图5 STM-256 输入抖动容限

5.1.4.3 抖动传递函数

抖动传递函数定义为 40Gb/s 光收发模块输出信号抖动与所输入信号抖动之比与频率变化的关系。其

中，抖动增益用  $P$  表示， $f_l$  和  $f_h$  为输入频率的最小及最大值， $f_c$  为最大抖动增益时所允许的最大频率。  
抖动传递函数要求如下：

1) 40Gb/sDP-QPSK 光模块的抖动传递函数应满足图 6 要求。

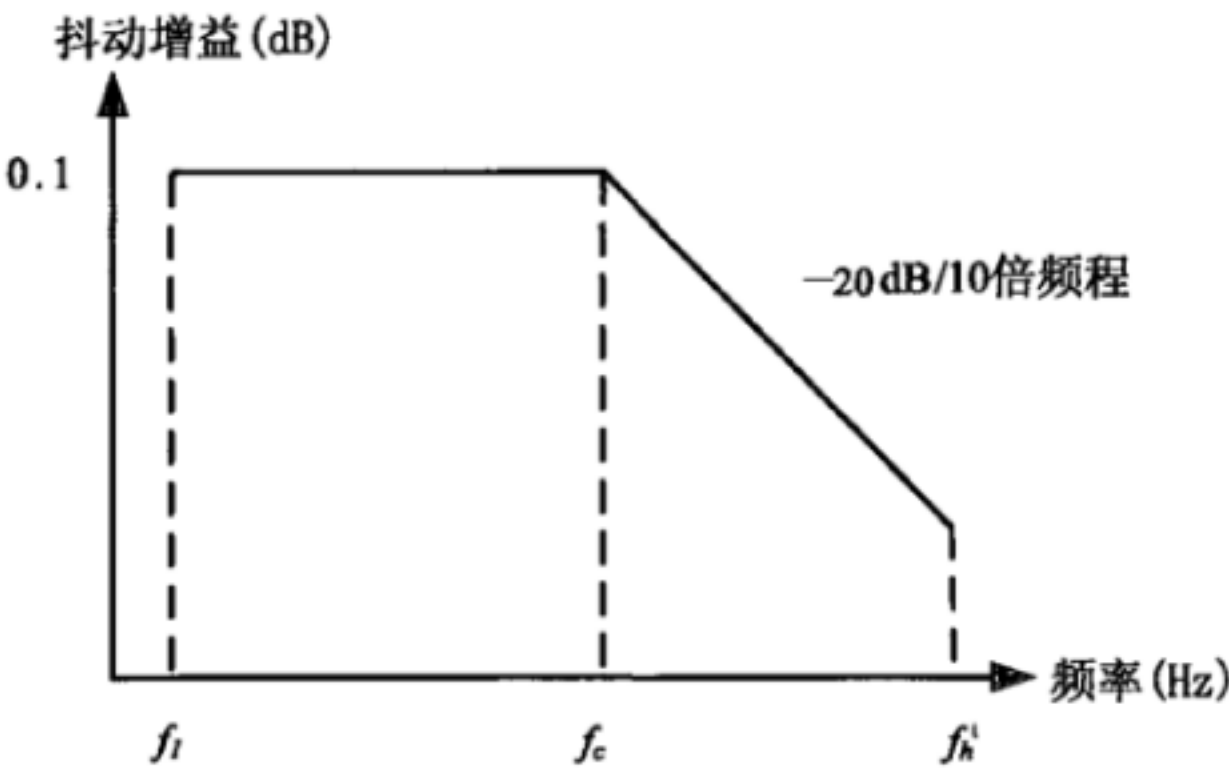


图6 抖动传递函数

2) 适用于 40Gb/s DP-QPSK 光模块 (A)、(B) 型 SDH 再生中继器的抖动传递函数定义见表 6。  
其中 (A) 型的发送参考时钟不带滤波器，(B) 型的发送参考时钟带滤波器。

表6 (A)、(B) 型 SDH STM-256 再生中继器抖动传递函数

接口	$f_l$ (kHz)	$f_c$ (kHz)	$f_h$ (kHz)	抖动增益 $P$ (dB)
STM-256 (A)	40	4000	320000	0.1
STM-256 (B)	待研究	待研究	待研究	待研究

3) 适用于 40Gb/sDP-QPSK 光模块抖动传递函数要求的 OTU3 的 4 种时钟应用类型，包括：ODCa (asynchronous mapping of clients into ODUk)、ODCb (bit-synchronous mapping of clients into ODUk)、ODCr (3R regeneration) 和 ODCp。ODCa 无抖动转移特性的要求，ODCp 时钟的 3dB 带宽不超过 300Hz，最大增益峰值为 0.1dB，在输入抖动容限模板的情况下 ODCb、ODCr 的抖动传递函数应该在图 6 所示曲线的下方，其参数值见表 7。

表7 OTU3 的抖动传递函数

接口类型	测量带宽			抖动增益 $P$ (dB)
	$f_l$ (kHz)	$f_c$ (kHz)	$f_h$ (MHz)	
ODCa <sup>a</sup>	—	—	—	—
ODCb <sup>b</sup>	160	16	1600	0.1
ODCr <sup>c</sup>	40	4000	320	0.1
ODCp <sup>d</sup>	—	—	—	—

注 a: 对于准同步映射，没有传递条件。  
b: 对于位同步映射。  
c: 对于 3R。  
d: 对于恒定速率去映射，去映射 3dB 带宽应不超过 300Hz，最大的去映射增益峰值为 0.1dB

5.2 电接口技术要求

5.2.1 40Gb/sDP-QPSK 光模块电接口技术要求

5.2.1.1 低速逻辑电平接口

低速逻辑电平按照标准的TTL电平规范要求。

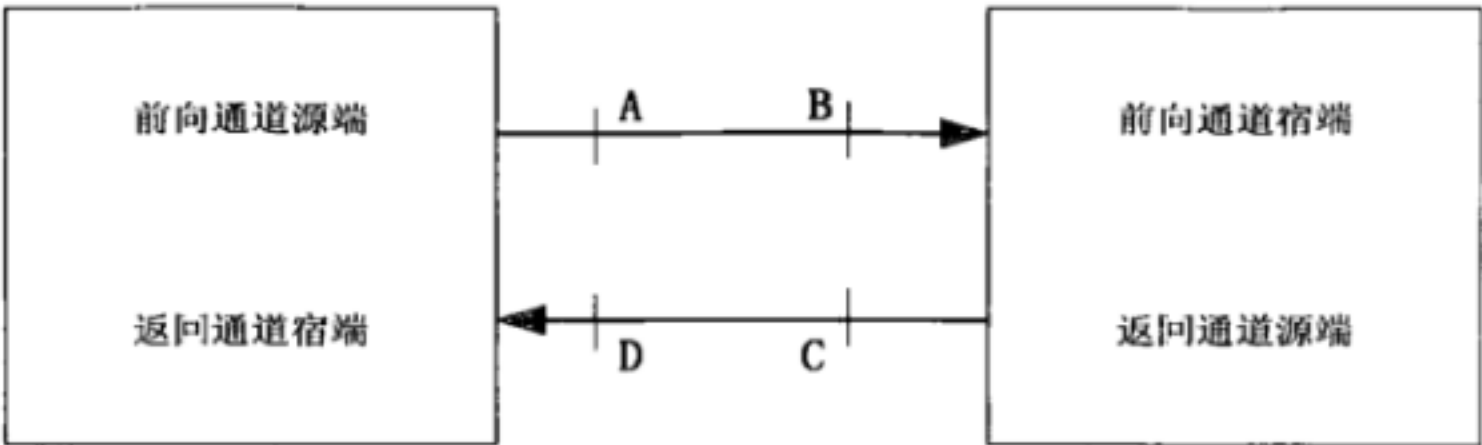
5.2.1.2 高速 SFI-5 接口 CML 电平特性

高速 SFI-5 接口 CML 电平特性见附录 B 中 B.4。

5.2.2 高速 SFI-5 接口眼图模板及其数值要求

5.2.2.1 SFI-5 接口眼图

SFI-5 接口眼图测试参考点如图 7 所示，眼图模板如图 8 所示。



注：C点定时源于B点。

图7 SFI-5 眼图测试参考点

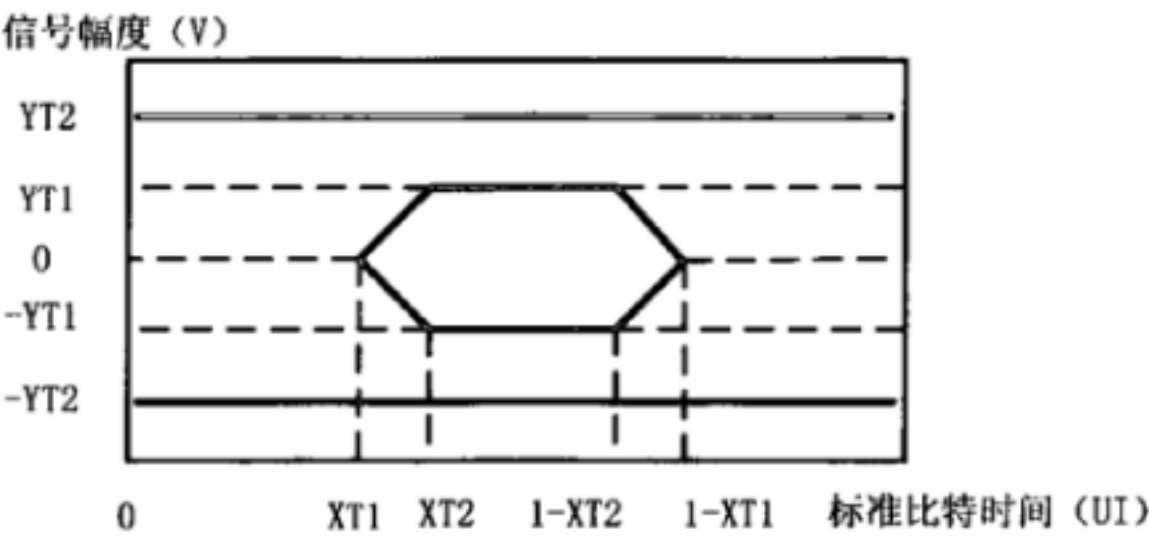


图8 SFI-5 眼图模板

5.2.2.2 SFI-5 接口眼图数值要求

SFI-5接口眼图数值要求分为接口发射眼图数值要求和接口接收眼图数值要求。

表中，DJ为确定性抖动（Deterministic Jitter），TOL（Total）为总抖动。

1) SFI-5 接口发射眼图数值要求见表 8。

表8 SFI-5 接口发射眼图数值要求

参考点	类型	XT1 (UI)	XT2 (UI)	YT1 (V)	YT2 (V)	DJ [UI <sub>pp</sub> ]	TOL [UI <sub>pp</sub> ]
A	数据	0.175	0.45	0.50	0.25	0.17	0.35
	时钟	0.15	0.45	0.50	0.25	0.12	0.30
C	数据	0.225	0.50	0.50	0.25	0.20	0.45
	时钟	0.2	0.50	0.50	0.25	0.15	0.40

2) SFI-5 接口接收眼图数值要求见表 9。

表9 SFI-5 接口接收眼图数值要求

参考点	类型	XT1 (UI)	XT2 (UI)	YT1 (V)	YT2 (V)	DJ [UI <sub>pp</sub> ]	TOL [UI <sub>pp</sub> ]
B	数据	0.28	0.39	0.50	0.0875	0.321	0.56
	时钟	0.23	0.36	0.50	0.0875	0.21	0.45
D	数据	0.33	0.42	0.50	0.0875	0.35	0.65
	时钟	0.27	0.39	0.50	0.0875	0.24	0.54

5.3 光模块极限条件要求

40Gb/s DP-QPSK 光模块极限工作条件见表 10。

表10 40Gb/s DP-QPSK 光模块极限工作条件

参数		单位	最小值	最大值
储存温度		℃	-40	+85
储存相对湿度		%	5	80
电源电压	+3.3V	V	-0.3	+3.6
	+1.8V	V	-0.3	+2.0
	+5.0V	V	-0.3	+5.5
	-5.2V	V	-5.5	+0.3
尾纤弯曲半径		mm	30	—
功耗		W	—	25
模块管壳温度		℃	-5	+70

5.4 40Gb/s DP-QPSK 光模块封装形式要求

40Gb/s DP-QPSK光模块采用300PIN具有复用和解复用的光收发合一模块的封装形式，300PIN管脚定义及封装机械尺寸要求见YD/T 2492-2013附录A中A.4。

5.5 环保符合性

40Gb/s DP-QPSK光模块的组成单元分类应符合SJ/T 11363-2006中表1的规定，有毒有害物质的限量要求应符合SJ/T 11363-2006中表2的规定，并按照SJ/T 11365-2006进行检测。

6 测试方法

6.1 测试环境要求

环境要求如下：

- 温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：45%～75%；
- 大气压力：86kPa～106kPa。

当不能在标准大气条件下进行测试时，应在试验报告上写明测试环境条件。

6.2 测试仪器要求

测试所用的仪器仪表应在有效校准期内，其精度应至少高于所测参数精度的一个数量级。

6.3 测试方法

6.3.1 中心频率、边模抑制比、眼图、-20dB 谱宽、输出平均光功率的测试

按YD/T 2618.1-2013 6.2规定测试。

6.3.2 星座图的测试

按YD/T 2618.1-2013 6.3规定测试。

6.3.3 光回波损耗测试

按YD/T 2618.1-20136.4规定进行。

6.3.4 OSNR 容限测试

按YD/T 2618.1-20136.5规定测试。

6.3.5 DGD 容限测试



按YD/T 2618.1-20136.6规定测试。

### 6.3.6 色度色散容限测试

按YD/T 2618.1-20136.7规定测试。

### 6.3.7 接收灵敏度和过载光功率测试

按YD/T 2618.1-20136.8规定测试。

### 6.3.8 抖动测试

参见附录C。

### 6.3.9 高速电接口测试

按YDB 033-20096.9节规定进行测试。

## 7 可靠性试验

### 7.1 可靠性试验环境要求

试验环境要求同6.1。

### 7.2 可靠性试验要求

#### 7.2.1 试验要求

40Gb/s DP-QPSK光模块可靠性试验要求见表11。

表11 可靠性试验要求

试验类别	试验项目	引用标准	试验条件	抽样要求		
				LTPD <sup>a</sup>	SS <sup>a</sup>	C <sup>a)</sup>
物理特性试验	可焊性	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.2.10.5	不要求蒸汽老化, 焊槽法	20	11	0
	ESD 等级	ANSI/ESD-STM5.1-2007	标准人体放电模型	—	6	0
机械完整性试验	机械冲击	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.1.1	冲击次数: 每方向 5 次, 加速度 500g, 脉冲持续时间 1.0ms, 方向 X1、X2、Y1、Y2、Z1、Z2	20	11	0
	变频振动	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.1.2	频率: 20Hz~2000Hz, 加速度: 20g, 扫频速率: 4min/循环, 循环次数: 4 循环/轴向, 方向 X、Y、Z	20	11	0
	热冲击 <sup>bc</sup>	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.2	$\Delta T=100^{\circ}\text{C}$ $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 循环次数: 10 次	20	11	0
	内部水汽含量 <sup>bc</sup>	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.2.10.1.1	<5000ppm	20	11	0
	光纤扭转	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.3.1	涂覆层或紧套、松套光纤: 负载4.9N, 循环次数: 10次, 扭折点离器件3cm 增强型光纤: 负载9.8N, 循环次数: 10次, 扭折点离器件3cm	20	11	0
	光纤侧拉力	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.3.2	涂覆层或紧套光纤: 拉力 2.45N, 90°, 离光纤保护套 22cm 到 28cm 松套或增强型光纤: 拉力 4.9N, 90°, 离光纤保护套 22cm 到 28cm	20	11	0
	光纤保持力	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.1.3.3	涂覆层或紧套光纤: 拉力 4.9N, 保持时间 1min 松套或增强型光纤: 拉力 9.8N, 保持时间 1min	20	11	0

表11 (续)

试验类别	试验项目	引用标准	试验条件	抽样要求		
				LTPD <sup>a</sup>	SS <sup>a</sup>	C <sup>a)</sup>
非工作环境试验	高温储存	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.2.1	储存温度: 85℃, 时间 2000h	20	11	0
	低温储存	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.2.1	储存温度: -40℃, 时间 72h	20	11	0
	温度循环	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.2.2	极限温度: -40℃~+85℃, 循环次数: 500, 温度变化速率>10℃/min, 极限温度下的停留时间 10 min	20	11	0
	恒定湿热	Telcordia GR-468-CORE:2004 3.3.2.3	温度: 85℃, 相对湿度: 85%, 时间: 500h	20	11	0
工作环境试验	寿命 (高温)	Telcordia GR-468-CORE:20043.3.1	最高工作温度和正常工作条件下, 时间: 2000h	20	11	0
注 a: LTPD—批允许不合格品率, SS—最少样品数, C—允许失效数; b: 不要求参数测试, 可用参数不合格的产品进行; c: 仅适用于气密性封装的产品						

7.3 失效判据

7.3.1 ESD 阈值、机械完整性、非工作环境试验、工作环境试验失效判据

7.3.2 各项试验完成后, 出现下列故障中的任意一种情况即判定为不合格:

- a) 外壳破裂或有裂纹、40Gb/s DP-QPSK 光模块内部的元器件发生脱落;
- b) 在相同的测试条件下, 试验前后, 平均输出光功率变化量大于 1.0dB (寿命实验为 1.5dB) 。
- c) 不满足参数表 1 的要求

7.3.3 ESD 抗扰度

试验中, 40Gb/s DP-QPSK光模块出现下列任意一种情况即判定为不合格:

- a) 出现误码, 并且恢复时间在1s以上;
- b) 出现告警显示丢帧,并且重新开机不能恢复;
- c) 光模块已经损坏。

7.4 电磁兼容试验要求

7.4.1 电磁兼容试验分类

- 电磁兼容试验分两类:
- 射频电磁场辐射抗扰度试验
  - 射频电磁场辐射发射试验。

7.4.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

7.4.2.1 试验条件

40Gb/s DP-QPSK光模块的射频电磁场辐射抗扰度应符合GB/T 17626.3-2006 试验等级2的要求。其试验频率、电场强度和幅度调制见表12。

表12 射频电磁场辐射抗扰度试验条件

试验要求	试验条件
频率范围	80MHz≤f≤1000MHz
试验场强	3V/m
幅度调制	80%幅度调制 (1kHz 正弦波)



#### 7.4.2.2 合格判据

在每次独立的被作用期间，比特误码数为零。

#### 7.4.3 射频电磁场辐射发射试验

##### 7.4.3.1 发射试验要求

40Gb/s DP-QPSK光模块的射频电磁场发射试验方法按GB 9254-2008 B级信息技术设备要求进行。

##### 7.4.3.2 样品测量频率上限的选择

测量频率上限为6 GHz。

##### 7.4.3.3 辐射发射限值

###### 7.4.3.3.1 频率低于1GHz辐射发射限值试验

频率低于1GHz以下辐射发射限值和判据如下：

a) 1GHz以下辐射发射限值试验见表13。

表13 1GHz 以下，B 级信息技术设备在测量距离 3m 处的辐射发射限值

频率范围 MHz	准峰值限制 dB $\mu$ V/m
$30 < f \leq 230$	40
$230 < f \leq 1000$	47
当出现环境干扰时，可以采取附加措施	

b) 合格判据：辐射强度小于准峰值限值。

###### 7.4.3.3.1.2 频率高于1GHz辐射发射限值试验

频率高于1GHz以上辐射发射限值和判据如下：

a) 1GHz以上辐射发射限值见表14。

表14 1GHz 以上，B 级信息技术设备在测量距离 3m 处的辐射发射限值

频率范围 GHz	平均值 dB $\mu$ V/m	峰值 dB $\mu$ V/m
$1 < f \leq 3$	50	70
$3 < f \leq 6$	54	74
$6 < f \leq 40$	待研究	待研究

b) 合格判据：辐射强度小于平均值、峰值。

### 8 检验规则

#### 8.1 检验分类

40Gb/s DP-QPSK光模块检验分为出厂检验和型式检验。

#### 8.2 出厂检验

出厂检验分为常规检验和抽样检验。

##### 8.2.1 常规检验

常规检验应百分之百进行，检验项目如下：

a) 光电性能检验。按第6章要求，对光接口参数输出平均光功率、中心波长和接收机 OSNR 容限进行检测，检测结果应满足表1规定。

b) 高温电老化。在最高工作温度下，模块正常工作状态，老化时间至少 24h。

——恢复：在正常大气条件下恢复 1h 后测试。

——失效判据：输出平均光功率、中心波长和接收机 OSNR 容限不满足表 1 规定。

### 8.2.2 抽样检验

从批量生产中生产的同批或若干批产品中，按 GB/T 2828.1-2012 规定抽样，取一般检查水平 II，接收质量（AQL）和检验项目及方法如下：

#### a) 外观

- AQL 取 1.5；
- 检验方法：目测，表面无明显划痕，无各种污点，产品标识清晰牢固。

#### b) 外形尺寸

- AQL 取 1.5；
- 检测方法：用满足精度要求的量度工具测量，符合产品 5.4 规定。

#### c) 光电性能检测

- AQL 取 0.4；
- 检测方法：按 6 章的规定对光电参数进行测试，其结果应符合表 1 要求。

## 8.3 型式检验

### 8.3.1 检验条件

40Gb/s DP-QPSK 光模块有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品定型或老产品转场时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品长期停产 12 个月后，恢复生产时；
- 出厂检验结果与鉴定时的型式检验有较大差别时；
- 正常生产 24 个月后；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

### 8.3.2 检验要求

在进行型式检验前，按第 6 章的规定对样品的光电特性进行测试，其结果应符合表 1 要求，并记录测试结果。

### 8.3.3 检验项目及抽样方案

型式检验的检验项目及抽样方案见表 12 要求进行。

### 8.3.4 样品处理

凡经受了型式检验的样品，一律不能作为合格品交付使用。

### 8.3.5 产品不合格的判定

可靠性试验不合格的判定按 7.3 条规定执行，各项试验完成后，在相同测试条件下，试验的光电特性应满足本标准相关规定，若其中任何一项试验不符合时，则判该批不合格。

### 8.3.6 不合格批的重新提交

对不合格分组的产品，可进行返工，以纠正缺陷或剔除失效产品，然后重新检验。重新检验应采用加严抽样方案，如通过检验，判为合格。但重新检验不得超过 2 次，并应清楚标明为重新检验批。

### 8.3.7 检验规则

在不影响检验和测试结果的情况下，一组样品可用于其他分组的检验和试验。

#### 8.3.8 检验批的构成

提交检验的批，可由一个生产批构成，或由符合下述条件的几个生产批构成：

- 这些生产批是在相同材料、工艺、设备等条件下制造出来的；
- 若干个生产批构成一个检验批的时间不超过 1 个月。

### 9 标志、包装、运输和储存

#### 9.1 标志

##### 9.1.1 标志的内容

每个产品应标明产品型号、规格、编号、批的识别代码等标志。

##### 9.1.2 标志要求

进行全部试验后，标志应保持清晰。标志损伤了的产品应重新打印标志，以保证发货之前标志的清晰。

##### 9.1.3 污染控制标志

产品的污染控制标识应符合SJ/T 11364-2006中第5章规定，在包装盒和产品上打印电子信息产品污染控制标识。

#### 9.2 包装

产品应有良好的包装及防静电措施，避免在运输过程中受到损坏。包装盒上应标有产品名称、型号和规格、生产厂家、产品执行标准号、防静电标志、绿色产品标志等。

包装盒内应有产品说明书。说明书内容包括：产品名称、型号、简要工作原理和主要技术指标、安装尺寸和管脚排列、使用注意事项等。

#### 9.3 运输

包装好的产品使用常用的交通工具运输，运输中避免雨、雪的直接淋袭，烈日曝晒和猛烈撞击。

#### 9.4 储存

产品应储存在环境温度为 $(-10\sim+45)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于80%且无腐蚀性气体、液体的仓库里。储存期超过一年的产品，出库前，应按第6章的规定进行光电特性测试，测试合格方可出库。

附 录 A  
(规范性附录)

40Gb/s DP-QPSK 光模块标称波长定义

用于DWDM系统的40Gb/s DP-QPSK光模块输出中心波长（频率）应满足ITU-T G.694.1要求，如表A.1和表A.2所示。

表A.1 C波段符合 ITU-T G.694.1 标准的 100GHz 间隔的波长及其对应的频率

标准波长 (nm)	对应频率 (THz)	标准波长 (nm)	对应频率 (THz)
1529.55	196.00	1548.52	193.60
1530.33	195.90	1549.32	193.50
1531.12	195.80	1550.12	193.40
1531.90	195.70	1550.92	193.30
1532.68	195.60	1551.72	193.20
1533.47	195.50	1552.52	193.10
1534.25	195.40	1553.33	193.00
1535.04	195.30	1554.13	192.90
1535.82	195.20	1554.94	192.80
1536.61	195.10	1555.75	192.70
1537.40	195.00	1556.55	192.60
1538.19	194.90	1557.36	192.50
1538.98	194.80	1558.17	192.40
1539.77	194.70	1558.98	192.30
1540.56	194.60	1559.79	192.20
1541.35	194.50	1560.61	192.10
1542.14	194.40	1561.42	192.00
1542.94	194.30	1562.23	191.90
1543.73	194.20	1563.05	191.80
1544.53	194.10	1563.86	191.70
1545.32	194.00	1564.68	191.60
1546.12	193.90	1565.50	191.50
1546.92	193.80	1566.31	191.40
1547.72	193.70	1567.13	191.30

表A.2 C+波段符合 ITU-T G.694.1 标准的 100GHz 间隔的波长及其对应的频率

标准波长 (nm)	对应频率 (THz)	标准波长 (nm)	对应频率 (THz)
1529.16	196.05	1548.11	193.65
1529.94	195.95	1548.91	193.55
1530.72	195.85	1549.72	193.45
1531.51	195.75	1550.52	193.35
1532.29	195.65	1551.32	193.25
1533.07	195.55	1552.12	193.15



表 A.2 (续)

标准波长 (nm)	对应频率 (THz)	标准波长 (nm)	对应频率 (THz)
1533.86	195.45	1552.93	193.05
1534.64	195.35	1553.73	192.95
1535.43	195.25	1554.54	192.85
1536.22	195.15	1555.34	192.75
1537.00	195.05	1556.15	192.65
1537.79	194.95	1556.96	192.55
1538.58	194.85	1557.77	192.45
1539.37	194.75	1558.58	192.35
1540.16	194.65	1559.39	192.25
1540.95	194.55	1560.20	192.15
1541.75	194.45	1561.01	192.05
1542.54	194.35	1561.83	191.95
1543.33	194.25	1562.64	191.85
1544.13	194.15	1563.45	191.75
1544.92	194.05	1564.27	191.65
1545.72	193.95	1565.09	191.55
1546.52	193.85	1565.90	191.45
1547.32	193.75	1566.72	191.35

附 录 B

(规范性附录)

40Gb/s DP-QPSK 光模块电接口规范

B.1 电源

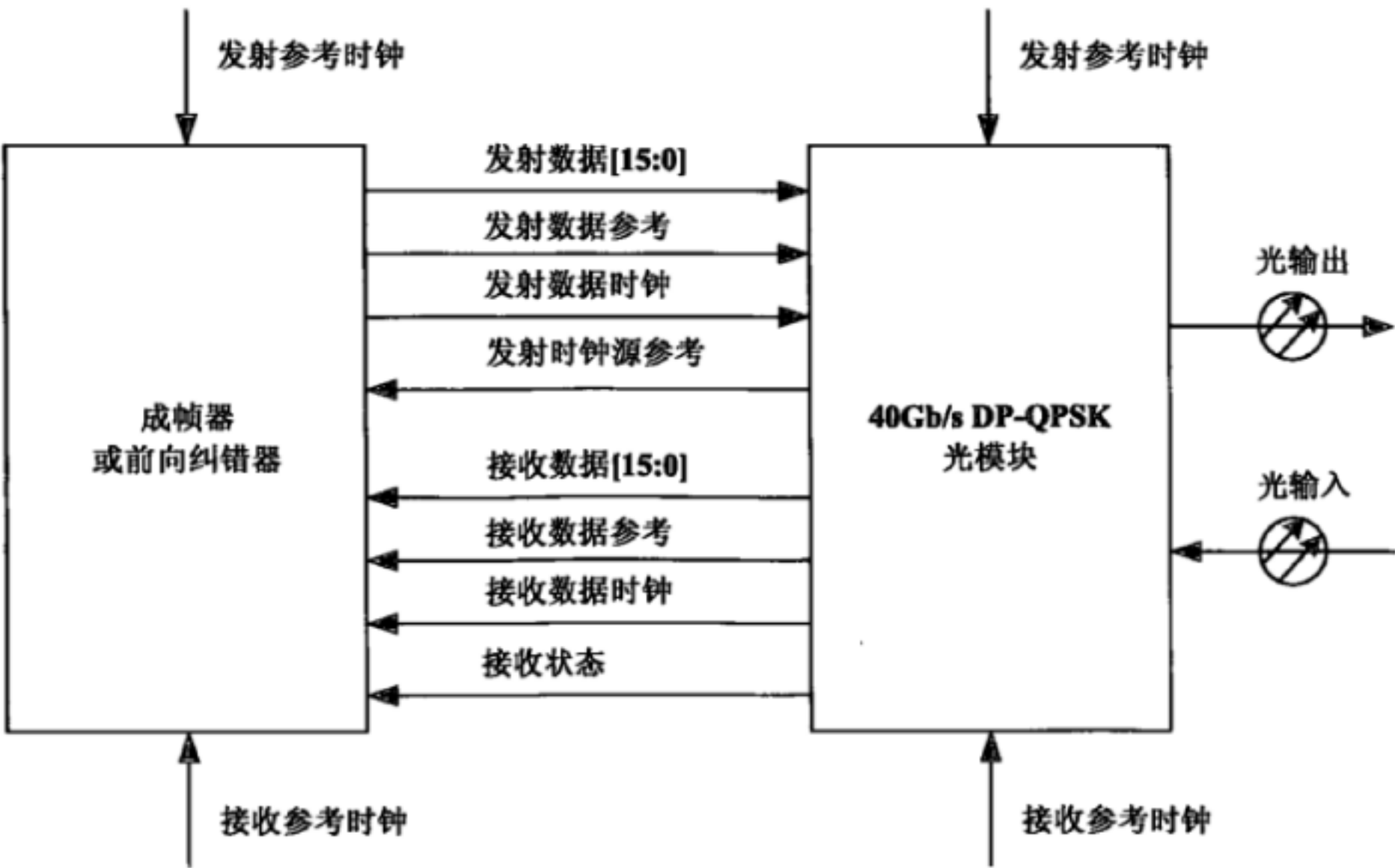
电源推荐工作条件见表B.1。

表B.1 电源推荐工作条件

参数	单位	最小值	最大值
+5V模拟电压	V	4.75	5.25
+5V模拟电流	A	—	1.35
+3.3V模拟电压	V	3.13	3.47
+3.3V模拟电流	A	—	2.7
+3.3V数字电压	V	3.13	3.47
+3.3V数字电流	A	—	3.6
−5.2V模拟电压	V	−5.45	−4.94
−5.2V模拟电流	A	—	2.7
−5.2V数字电压	V	−5.45	−4.94
−5.2V数字电流	A	—	3.15
APS 电压	V	1.2	2.5
APS 电流	A	—	4.5
功耗	W	—	25
纹波	%	—	1

B.2 40Gb/s DP-QPSK光模块至成帧器的接口规范

40Gb/s DP-QPSK光模块至成帧器的接口符合OIF-SFI5-01.0串并及并串转换与成帧器的5级接口：40Gb/s物理层设备接口规范。成帧器或前向纠错处理器与40Gb/s DP-QPSK光模块连接的示意如图B.1所示。



图B.1 成帧器与40Gb/s DP-QPSK光模块接口



## B.3 LVCMOS电平信号参数

40Gb/s DP-QPSK光模块中的数字信号包括光模块输出的告警信号和有关光模块的控制信号。所有数字信号均符合LVCMOS电平逻辑规范。

## B.4 差分CML电平信号参数

## B.4.1 差分CML 输出信号参数

40Gb/s DP-QPSK光模块电接口CML输出信号参数见表B.2。

表B.2 差分CML 输出信号参数

参数	符号	最小值	最大值	单位	说明
输出共模电压 <sup>f</sup>	$V_{cm}$	0.72	1.23	V	
驱动上升沿/下降沿	$T_{rise/fall}$	50	—	ps	20%~80%,负载100欧姆
短路电流	$I_{dshort}$	-100	+100	mA	
单位间隔	$UI_D$	372	402	ps	信号速率2.488Gb/s到2.689Gb/s, ±100ppm
单端输出阻抗	$R_{se}$	35	65	$\Omega$	直流
差分阻抗	$R_d$	75	125	$\Omega$	直流
单端回波损耗	$R_{hs}$	7.5	—	dB	从0.004倍到0.75倍波特率
差分回波损耗	$RL_{diff}$	7.5	—	dB	从0.004倍到0.75倍波特率
差分输出高电平	$V_{oh}$	$V_{cm}+0.17$	$V_{cm}+0.5$	V	
差分输出低电平	$V_{ol}$	$V_{cm}-0.5$	$V_{cm}-0.17$	V	

注 a: 共模与差模定义见图 B.2

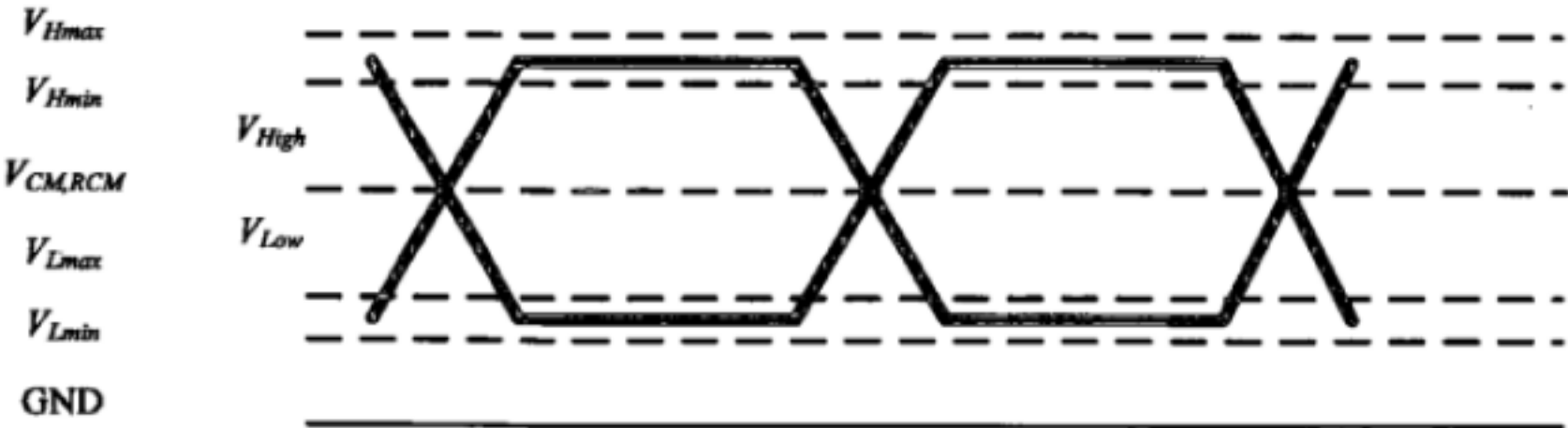
## B.4.2 差分CML 输入信号参数

40Gb/s DP-QPSK光模块差分CML输入信号参数见表B.3。

表B.3 差分CML 输入信号参数

参数	符号	最小值	最大值	单位	说明
终端电压	$V_H$	1.10	1.30	V	在有隔直电容情况下, 参数确定
输入灵敏度	$V_{Rsense}$	0.175	—	$V_{pp}$	
偏置电压源阻抗	$Z_{VH}$	—	30	$\Omega$	在无隔直电容情况下, 从直流到0.75倍波特率。在有隔直电容情况下, 从500MHz到0.75倍波特率
上升沿/下降沿	$t_{rise/fall}$	—	0.36	UI	20%~80% <sup>b</sup> , 100欧姆负载
最大输入电压	$V_{Rmax}$	—	1.15	$V_{pp}$	负载50欧姆
输入共模电压 <sup>g</sup>	$V_{RCM}$	0.7	$V_H$	V	
差分输入阻抗 <sup>g</sup>	$Z_{INDIFF}$	75	125	$\Omega$	直流
差分回波损耗	$L_{DR}$	10	—	dB	从0.004倍到0.75倍波特率
差分输入高电平	$V_{IH}$	$V_{RCM}+0.125$	$V_{RCM}+0.5$	V	
差分输入低电平	$V_{IL}$	$V_{RCM}-0.5$	$V_{RCM}-0.125$	V	

注 a: 共模与差模定义见图 B.2。  
b: 上升下降时间的 20%~80%部分



注： $V_{CM}$ 、 $R_{CM}$ 分别为共模和差模电压。 $V_{Hmax}$ 和 $V_{Hmin}$ 高电压的最大值和最小值。 $V_{Lmax}$ 和 $V_{Lmin}$ 低电压的最大值和最小值，GND为地。

图B.2 共模与差模定义示意

B.5 时钟信号参数

B.5.1 发射监控时钟与接收监控时钟

发射监控时钟与接收监控时钟是50Ω单端时钟，用于监控发射与接收时钟，速率为 $F_{data}$ （ $F_{data}$ 为单通道SFI-5数据速率）或四分之一 $F_{data}$ ，可用I<sup>2</sup>C总线配置其使能状态。发射监控时钟与接收监控时钟参数见表B.4。

表B.4 发送监控时钟与接收监控时钟参数

参数	符号	最大值	最小值	单位
发射监控时钟频率	TXMON_Freq	$F_{data,min}$ 或 $F_{data,min}/4$	$F_{data,max}$ 或 $F_{data,max}/4$	MHz
发射监控时钟电平	TXMON_LVL	0.20	0.45	$V_{pp}$
接收监控时钟频率	RXMON_Freq	$F_{data,min}$ 或 $F_{data,min}/4$	$F_{data,max}$ 或 $F_{data,max}/4$	MHz
接收监控时钟电平	RXMON_LVL	0.20	0.45	$V_{pp}$

B.5.2 参考时钟指标

B.5.2.1 发送参考时钟输入特性

发送侧输入参考时钟信号TxREFCLKP/N质量要求见表B.5。

表B.5 发送侧输入参考时钟TxREFCLKP/N的质量要求

参数	符号	最小值	最大值	单位
时钟频率	$F_{req}$	$F_{data,min}/4$	$F_{data,max}/4$	Hz
占空比	$T_W/UI$	45	55	%
上升/下降时间（20~80%）	$t_{rise/fall}$	—	400	ps
频率偏移	$\Delta f_{REFCLK}$	-30	30	ppm
抖动	Jitter	—	1.8	ps (rms)

B.5.2.2 接收参考时钟输入特性

接收侧输入参考时钟信号RxREFCLKP/N质量要求见B.6。

表B.6 接收侧输入参考时钟RxREFCLKP/N的质量要求

参数	符号	最小值	最大值	单位
时钟频率	$F_{req}$	$F_{data,min}/4$	$F_{data,max}/4$	Hz
占空比	$T_W/UI$	45	55	%
上升/下降时间（20~80%）	$t_{rise/fall}$	50	400	ps
频率偏移	$\Delta f_{REFCLK}$	×30	30	ppm
抖动	Jitter	—	1.8	ps (rms)

B.6 监控及告警信号参数

B.6.1 响应时间

B.6.1.1 可配置告警响应时间

表B.7为可配置告警响应时间。

表B.7 可配置告警信号响应时间

参 数	符号	最小值	最大值	单位
Tx 激光器偏置电流告警产生响应时间	LsBIASALM	—	10	ms
Tx 激光器偏置电流告警消失响应时间		—	10	ms
Tx 激光器管芯温度告警产生响应时间	LsTEMPALM	—	10	ms
Tx 激光器管芯温度告警消失响应时间		—	10	ms
Tx LOL 告警产生响应时间	TxLOCKERR	—	10	ms
Tx LOL 告警消失响应时间		—	10	ms
Tx MUX FIFO 错误指示响应时间	TxFIFOERR	—	10	ms
Tx MUX FIFO 错误消失响应时间		—	10	ms
Tx OOA 指示响应时间	TxOOA	—	10	ms
Tx OOA 消失响应时间		—	10	ms
RxLOP 告警产生响应时间	RxPOWALM	—	10	ms
RxLOP 告警消失响应时间		—	10	ms
PRBS 误码检测告警产生响应时间	PRBSERRDET	—	10	ms
PRBS 误码检测告警消失响应时间		—	10	ms
Rx LOL 告警产生响应时间	RxLOCKERR	—	10	ms
Rx LOL 告警消失响应时间		—	10	ms
EOL 告警产生响应时间	EOL	—	10	ms
EOL 告警消失响应时间		—	10	ms
电源失效告警产生响应时间	PSUMMARY	—	10	ms
电源失效告警消失响应时间		—	10	ms

B.6.1.2 硬件告警

表B.8列出了硬件告警信号响应时间。

表B.8 硬件报警信号参数

参 数	符号	最小值	最大值	单位
Rx LOS 告警信号产生响应时间	LOS	—	10	ms
Rx LOS 告警信号消失响应时间		—	10	ms
Rx 状态告警产生响应时间	RXS	—	10	ms
Rx 状态告警消失响应时间		—	10	ms

B.6.2 告警和控制信号真值表

40Gb/s光模块硬件告警信号和控制信号的真值表，见表B.9~表B.14。

表B.9 模块全局复位信号真值表

MOD_RESET	状态
0	复位 40Gb/s 光模块
1	正常工作

表B.10 可写寄存器复位信号真值表

REG_RESET	状态
0	复位 40Gb/s 光模块的可写寄存器
1	正常工作

表B.11 激光器关断使能

LsENABLE	状态
0	由软件寄存器决定
1	激光器关断

表B.12 模块线路时钟选择模式

TxLINETIMSEL	状态
0	选择线路时钟模式 (TxREFCLK=RxDCK)
1	正常工作

表B.13 模块接收端工作状态异常指示

RXS	状态
0	正常工作
1	接收端工作状态异常

表B.14 模块接收端信号丢失状态真值表

LOS	状态
0	接收端信号丢失告警
1	正常工作



## 附录 C

(资料性附录)

## 40Gb/s DP-QPSK 光模块抖动测试

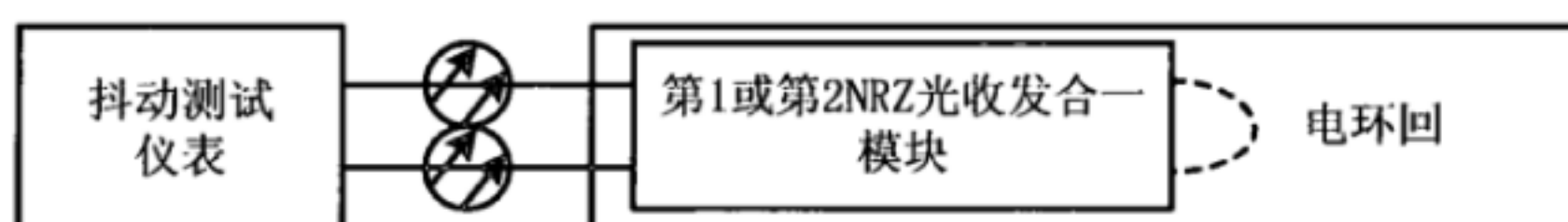
目前抖动仪表一般不提供40Gb/sDP-QPSK调制码型的光接口，40Gb/sDP-QPSK光模块的抖动性能无法直接测试，使用40Gb/s DP-QPSK光模块的单板需满足客户侧抖动性能相应规范，40Gb/sDP-QPSK光模块不应导致单板客户侧抖动性能不合格。

抖动测试在光转发单板上进行，包括客户侧NRZ光模块和待测40Gb/sDP-QPSK光模块，通过测试单板客户侧接口抖动性能间接判断线路侧光模块是否影响单板的抖动性能。

40Gb/sDP-QPSK光模块抖动测试步骤如下：

## 1) 测试客户侧 NRZ 光模块抖动性能

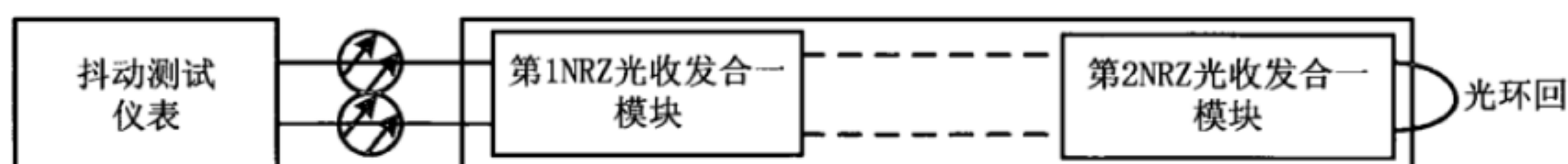
客户侧 NRZ 光模块抖动性能测试框图如图 C.1 所示。NRZ 光模块 1, 2 依次和抖动仪表相连，单板电环回，测试 NRZ 光模块 1、2 抖动性能，要求完全合格。



图C.1 40Gb/s DP-QPSK光模块抖动测试步骤1框图

## 2) 测试单板抖动性能

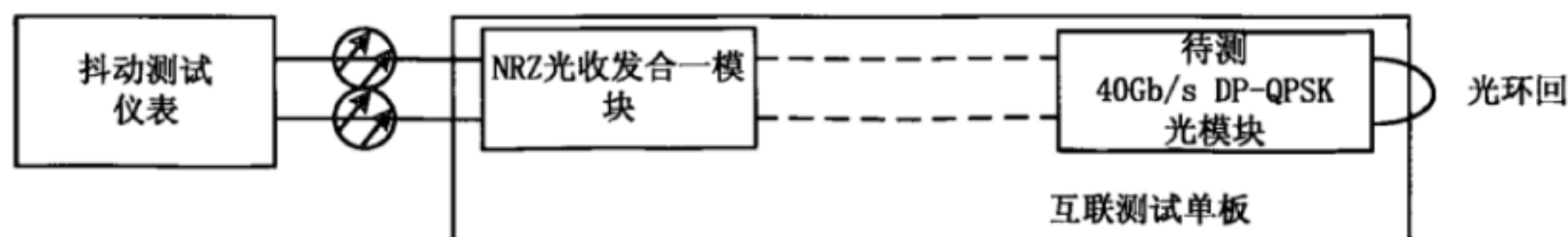
测试单板抖动性能框图如图 C.2 所示。NRZ 光模块 1 和抖动仪表相连，线路侧配置 NRZ 光模块 2，光纤环回 NRZ 光模块 2，测试单板客户侧抖动性能，要求光转发单板抖动性能合格。



图C.2 40Gb/s DP-QPSK光模块抖动测试步骤2框图

## 3) 测试线路侧光模块抖动性能

测试线路侧光模块抖动性能框图如图 C.3 所示。NRZ 光模块 1 和抖动仪表相连，线路侧配置 40Gb/s DP-QPSK 光模块，光纤环回 40Gb/sDP-QPSK 光模块，测试单板客户侧抖动性能，从而判断 40Gb/sDP-QPSK 光模块抖动性能是否合格。



图C.3 40Gb/s DP-QPSK光模块抖动测试步骤3框图

中 华 人 民 共 和 国  
通 信 行 业 标 准  
40Gb/s 相位调制光收发合一模块  
第 3 部分：相干接收和双极性相移键控调制  
YD/T 2618.3-2014

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市丰台区成寿寺路 1 号邮电出版大厦  
邮政编码：100164  
北京康利胶印厂印刷  
版权所有 不得翻印

\*

开本：880×1230 1/16 2015 年 9 月第 1 版  
印张：2 2015 年 9 月北京第 1 次印刷  
字数：48 千字

15115 · 576

定价：20 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492