

易飞扬营销报告

2023

特色产品专刊

第一期

► 100G短距布线新方案

100G QSFP28 SR BiDi  
100G QSFP28 SWDM4

► 4×100G PAM4方案

400G QSFP-DD DR4 (硅光)  
400G QSFP-DD XDR4/PLR4  
400G QSFP-DD FR4/LR4

► 400G长距离电信方案

400G QSFP-DD LR8/ER8  
400G CFP2 DCO  
400G QSFP-DD DCO ZR

# 100G短距布线新方案

## ——平滑升级,简化布线

跟传统采用MPO光纤的100G短距光模块相比，易飞扬新发布的两款100G短距光模块采用双芯布线系统，当网络架构从GE/10G升级到100G时，可以直接利用已部署的LC双工布线基础设施，不需要新增MPO布线，节省布线成本，是数据中心布线的新选择。



### 100G QSFP28 SR BiDi

#### 概述

100GE QSFP28 SR BiDi光收发模块产品符合QSFP28 SFF-8436/8636 MSA协议，内置DSP& 4:2 Gearbox变速芯片，电口端采用4x25G NRZ调制，在光口端转换为2x50 PAM4调制。每个通道的上行和下行采用不同的工作波长（850nm或910nm），KP4 FEC默认开启，满足传输距离最高可达70m（OM3 MMF）或100m（OM4 MMF），该光模块功耗小于4W。多模双工LC光接口可以重复利用原来10G多模系统，从而降低用户成本。

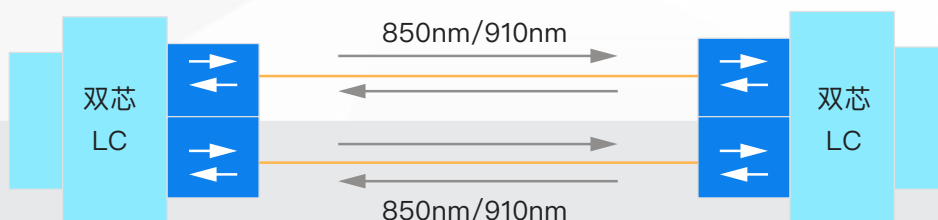
#### 关键参数

发射器参数	最小	典型	最大	单位	注释
波长CH1	844	850	863	nm	-
波长CH2	900	910	918	nm	-
平均发射功率	-6.2	-	4	dBm	-
光调制幅度 (OMA outer)	-4.2	-	3	dBm	-
发射器和色散眼图闭合 (TDEC)	-	-	4.5	dB	-

接收器参数	最小	典型	最大	单位	注释
波长CH1	844	850	863	nm	-
波长CH2	900	910	918	nm	-
平均接收功率	-8.2	-	4	dBm	-
接收器灵敏度 (OMA outer)	-	-	-6.6 -3.5	dBm	1

\*在TP3使用一致性测试信号测量BER=2.4E-4Pre-FEC

#### 100G QSFP28 SR BiDi内部结构





# 100G QSFP28 SWDM4

## 概述

100GBASE-SWDM4光模块采用SWDM (Short Wavelength Division Multiplexing) 短波分复用技术，通过内部的创新无源MUX/DMUX光器件实现光模块内部合分波，在一芯多模光纤上传输4路25G NRZ不同光信号，四个波段分别是850nm、880nm、910nm、940nm，传输距离最高可达70m (OM3) /100m (OM4) /150m (OM5) 。内部采用传统25G CDR，光模块功耗低于3.5W。

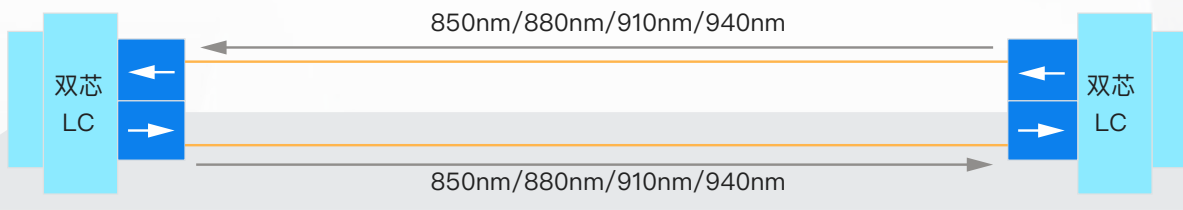
## 关键参数

发射器参数	通道	最小	典型	最大	单位
单通道速率		25.78125±100ppm			Gb/s
波长范围	Lane0	844		858	nm
	Lane1	874		888	
	Lane2	904		918	
	Lane3	934		948	
调制格式		NRZ			
每通道光调制幅度 (OMA)		-5.5		3	dBm

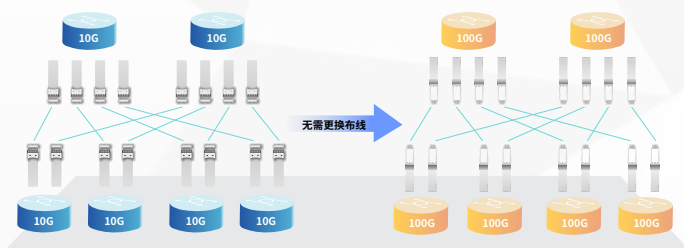
接收器参数	通道	最小	典型	最大	单位
单通道速率		25.78125±100ppm			Gb/s
波长范围	Lane0	844		858	nm
	Lane1	874		888	
	Lane2	904		918	
	Lane3	934		948	
调制格式		NRZ			
无应力接收灵敏度 (OMA)	Lane0			-8.2	dBm
	Lane1			-8.4	
	Lane2			-8.6	
	Lane3			-8.8	

\*无应力灵敏度为BER 5E-5(pre FEC)数据

## 100G QSFP28 SWDM4内部结构



## 应用示意图



采用100G QSFP28 SR BiDi和100G QSFP28 SWDM4从原有的10GE多模系统升级到新的100GE系统，整个数据中心无须部署任何新的多模光纤资源，节省了用户运营费用，和及时开通了100GE内部互联。

**请注意:**100G QSFP28 SR BiDi与100G QSFP28 SR BiDi互通, 100G QSFP28 SWDM4与100G QSFP28 SWDM4互通。

# 4x100G PAM4方案

## ——低成本架构

数据中心内部的光连接需要借助光模块和光纤连接来实现。为应对数据流量的增长，兼顾更灵活的扩展升级和备份功能，新一代大型数据中心普遍开始采用叶脊网络架构，内部数据交换和吞吐量更大。

对于数据中心互连的光模块，需要从成本考虑选择。对于一些数据中心到Leaf Layer、Leaf Layer到Spine Layer的脊型架构对应的TOR服务器，需要使用中远程光模块进行数据交换。400G中远程光模块可选用400G QSFP-DD DR4（硅光）、400G QSFP-DD XDR4/PLR4以及400G QSFP-DD FR4/LR4。



### 400G QSFP-DD DR4（硅光）

## 概述

易飞扬在数通硅光技术领域采用硅透镜技术实现了硅光的高效耦合，使得三温情况下光耦合响应度高达0.8A/W，可以克服多路串扰给链路带来的不利影响，完美实现了400G QSFP-DD DR4硅光模块的商业化生产。得益于硅光技术带来的高信号质量和低量产成本的优势，以及单波100G PAM4调制技术和并行光引擎技术带来的低器件成本的优势，这款产品目前已成为数据中心500m以内400G互连最具性价比的解决方案之一。

## 关键参数

发射器参数	最小	典型	最大	单位	注释
中心波长	1304.5		1317.5	nm	-
边模抑制比	30	-	--	dB	-
单通道平均发射功率	-2.9	-	4.0	dBm	-
单通道光调制幅度 (OMA outer)	-1.46	-	4.2	dBm	-
单通道PAM4发射色散眼图闭合 (TDEC)	-		3.4	dB	

接收器参数	最小	典型	最大	单位	注释
中心波长	1304.5		1317.5	nm	-
OMA外部的接收器灵敏度			-4.4	dBm	-
单通道平均接收功率	-5.9		4	dBm	-

\*在TP3使用一致性测试信号测量BER = 2.4E-4 Pre-FEC



## 400G QSFP-DD XDR4/PLR4

### 概述

400G QSFP-DD xDR4/PLR4(EML)光模块是400G QSFP-DD DR4的升级版本，采用EML激光器，拥有更高的灵敏度和更长的传输距离，支持2km/10km传纤@FEC symbol error $\leq$ 2。波长1310nm，采用博通7nm DSP，最大功耗10W。

### 关键参数

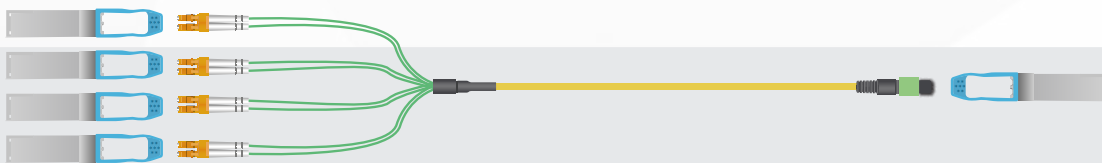
发射器参数	最小	典型	最大	单位	注释
中心波长	1304.5		1317.5	nm	-
单通道平均发射功率	-3.2	-	4.4	dBm	XDR4
单通道平均发射功率	-1.4	-	4.5	dBm	PLR4
单通道光调制幅度 (OMA outer)	-0.2	-	3.7	dBm	XDR4
单通道光调制幅度 (OMA outer)	0.7	-	4.7	dBm	PLR4
单通道PAM4发射色散眼图闭合 (TDEC)			3.4	dB	

接收器参数	最小	典型	最大	单位	注释
中心波长	1304.5		1317.5	nm	-
OMA外部的接收器灵敏度			-4.6	dBm	XDR4
OMA外部的接收器灵敏度			-6.1	dBm	PLR4
单通道平均接收功率	-7.2		4.4	dBm	XDR4
单通道平均接收功率	-7.7		4.5	dBm	PLR4

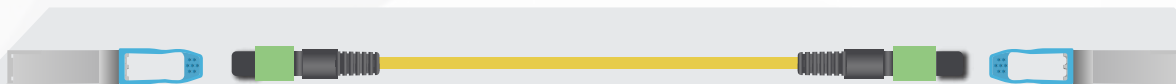
\*在TP3使用一致性测试信号测量BER = 2.4E-4 Pre-FEC

### 产品应用示意图

场景1:400G QSFP-DD DR4/XDR4/PLR4 与4X 100G QSFP28 DR1/FR1/LR1连接



场景2:400G QSFP-DD与400G QSFP-DD的连接





## 400G QSFP-DD FR4

### 概述

采用QSFP-DD Type2封装，双工LC光口，CWDM4波长且内部集成光学MUX/DeMUX；最大可支持10公里SMF传输(需打开Host KP4 FEC)。光口采用双工LC接口，单波106.25Gbps的速率，采用博通7nm DSP，发端眼图TDECQ<2dB，接收端OMA灵敏度<-8.5dBm@2E-4，支持2km 传纤@FEC symbol error≤2，最大功耗10W。

### 关键参数

参数	最小	典型	最大	单位	注释
通道波长	1264.5	1271	1277.5	nm	
	1284.5	1291	1297.5	nm	
	1304.5	1311	1317.5	nm	
	1324.5	1331	1337.5	nm	
边模抑制比	30	-	-	dB	
单通道平均发射功率	-3.2	-	4.4	dBm	1
单通道外部光调制幅度 (OMAouter)	-	-	3.7	dBm	
单通道PAM4发射色散眼图闭合(TDECQ)	-	-	3.4	dB	
单通道平均接收功率	-7.2	-	4.4	dBm	2
单通道接收器灵敏度 (OMAouter)					
当TECQ <1.4dB	-	-	-4.6	dBm	
当1.4≤TECQ≤3.4dB			-6+TECQ		
单通道压力接收器灵敏度 (OMAouter)	-	-	-2.6	dBm	



## 400G QSFP-DD LR4

### 概述

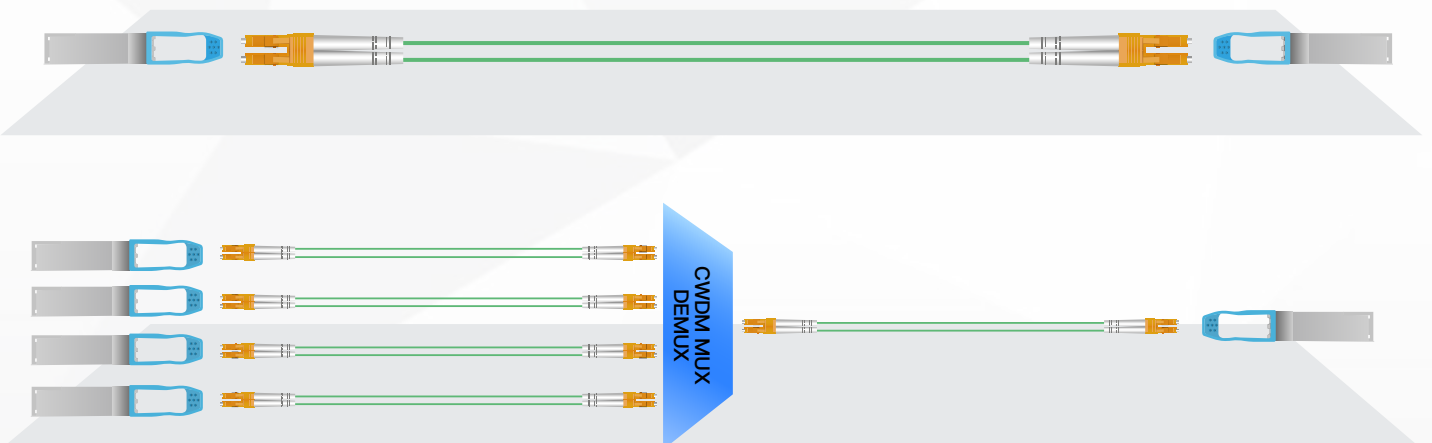
易飞扬400G QSFP-DD LR4 采用QSFP-DD Type2封装，双工LC光口，CWDM4波长且内部集成光学MUX/DeMUX；最大可支持10公里SMF传输(需打开Host KP4 FEC)。光接口标准满足IEEE 802.3cu for 400GBASE-LR4-6km及100G Lambda MSA for 400G-LR4-10km；电接口标准满足400GAUI-8/CEI-56G-VSR-PAM4；全温功耗<10W。

为实现单波100G PAM4 CWDM4波长满足10km传输。易飞扬优化了EML激光器的设计（提升EML chirp性能），其次是优化平衡EML激光器的偏压等参数，最终实现了单波100G PAM4 10km传输。

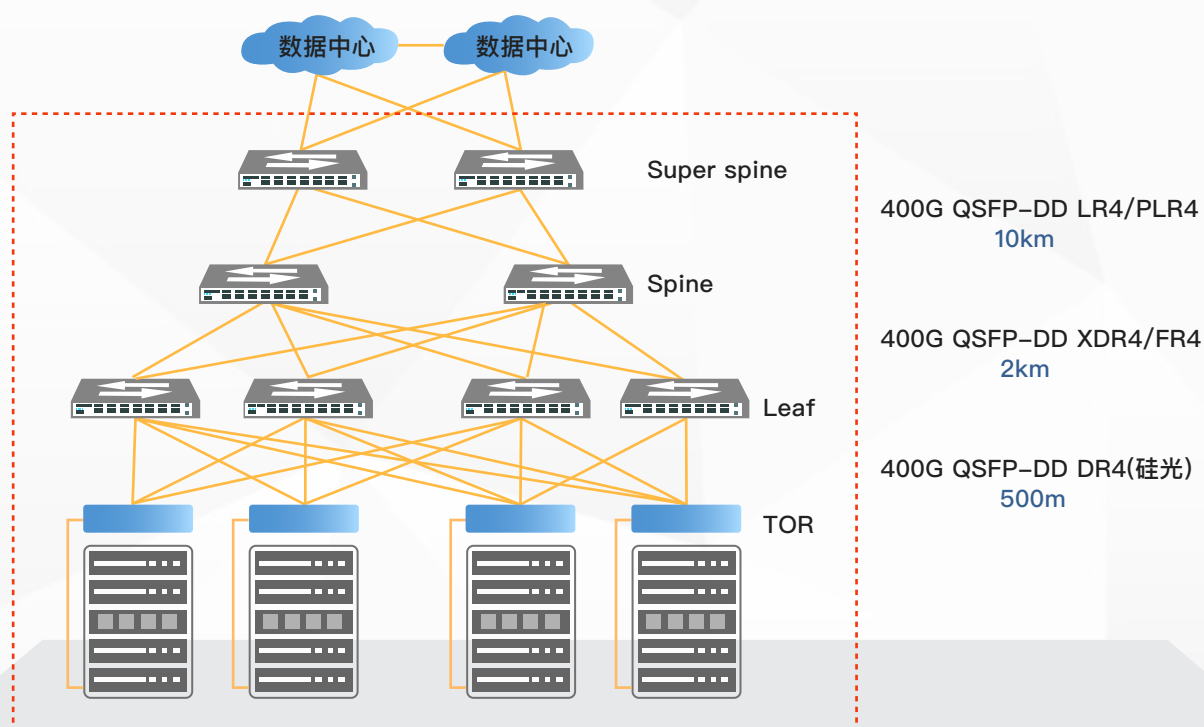
## 关键参数

参数	最小	典型	最大	单位	注释
波长 L0	1264.5	1271	1277.5	nm	
波长 L1	1284.5	1291	1297.5	nm	
波长 L2	1304.5	1311	1317.5	nm	
波长L3	1324.5	1331	1337.5	nm	
单通道平均发射功率	-2.7	-	5.1	dBm	1
外部光调制幅度 (OMA <sub>outer</sub> )	-	-	4.4	dBm	
每通道的外部光调制幅度 (OMA <sub>outer</sub> ): 当TDECQ <1.4dB 当1.4 ≤ TDECQ ≤ 3.4dB	0.3 -1.1+	TDECQ			
单通道PAM4发射色散眼图闭合(TDECQ)	-	-	3.9	dB	
PAM4的发射眼图闭合(TECQ)	-	-	3.9	dB	
单通道平均接收功率	-9	-	5.1	dBm	1
单通道接收功率 (OMA <sub>outer</sub> )	-	-	4.4	dBm	
单通道接收灵敏度 (OMA <sub>outer</sub> ) 当TECQ <1.4dB 当1.4 ≤ TECQ ≤ 3.4dB	-	-	-6.8 -8.2+TE CQ	dBm	
单通道压力接收器灵敏度 (OMA <sub>outer</sub> )	-	-	-4.3	dBm	

## FR4/LR4应用示意图



## 总体方案示意图



## 易飞扬400G QSFP-DD产品组合列表

400G QSFP-DD	DR4硅光	XDR4	PLR4	FR4	LR4
传输距离	500m	2km	10km	2km	10km
波长	1310nm	1310nm	1310nm	CWDM4	CWDM4
光引擎技术	并行	并行	并行	波分	波分
光口	MPO12	MPO12	MPO12	双ILC	双ILC
参考价格	3850	6930	6930	5530	7700



# 400G长距离电信方案

## ——为长距离传输应用而生

### 400G光模块如何实现长距离传输？

DCI、城域场景需要传输超长距离，对光模块的传输性能有更高的需求。随着速率升级到400G，对400G长距光模块的需求也越来越多，业界也在不断突破400G光模块的传输距离。

#### 提高光学元件的波特率

可以通过增加光学元件的比率来提高线路容量，但是由于III-V半导体激光器的性能瓶颈，该方法受到限制。根据城域网的要求，已批量应用了25Gbps的光学组件（DML和EML）。但是，在56Gbps级别，仅EML可用。

#### 更多通道

鉴于光学元件的带宽和性能改进受到限制，可以并行使用多个通道来实现100G传输，如4x25G NRZ技术所示。25G组件的成熟产业链可以重复使用，以提前提供大容量解决方案，从而满足实际应用需求。在400G时代，多通道解决方案将是必不可少的，考虑到成本和功耗，x4或x8多通道架构是最合适的。

#### 使用高阶调制

当使用高阶调制格式时，可以在不增加信号波特率的情况下提高频谱效率，从而提高总承载率。当前，PAM4具有25G的发射器和接收器，是业界主流的调制方式，因为它有助于实现单通道50G传输速率，从而降低了单位比特功耗和成本。

鉴于城域集成承载网络对光模块的可靠性和性能要求很高，因此一直受业界高度重视。

## 使用更可靠的组件

在城域集成承载网中，光模块主要应用于运营商机场景。它们要求具有10年的生命周期，在0°C至70°C的温度范围内能充分工作，并采用密封包装以确保其可靠性。降低成本对于数据中心模块变得越来越重要，从而推动了非密封封装技术的发展。但是，此类技术在电信级场景中仍面临以下挑战：

- **激光二极管（LD）的可靠性风险：**非密封封装对LD端面的涂层要求更高。
- **热电冷却器（TEC）的冷凝和化学腐蚀风险：**LAN波分复用（LWDM）组件使用TEC进行温度控制。结果，LWDM组件的某些部分（TEC所在的位置）的温度低于环境温度，在非密封环境中存在凝露的风险，长期暴露于水蒸气中可能会导致电化学腐蚀。
- **光路污染风险：**在非密封封装和LD芯片与光口之间的空间中，非密封包装无法避免以下问题：由于凝结和污染，光表面功率可能会发生变化；并且组件内部的胶水可能会吸水并导致光路的相对位置发生变化，这也会改变光功率输出。

## 使用高性能LWDM发射器

粗波分复用（CWDM）波长间隔为20nm，并且不需要TEC进行冷却，从而大大降低了成本。CWDM发射器支持2km的应用，并且是数据中心方案的主流解决方案。与CWDM相比，LWDM具有5nm的波长间隔，并具有低色散损失和更高的传输性能。因此，它是城域网中运营商机方案的首选。以100G/通道解决方案为例。传输10km之后，CWDM的色散窗口和色散损失（2.5dB）远大于LWDM（1dB）。在400G时代，CWDM无法支持10km以上的远程传输，因此LWDM发射器将成为城域集成承载网络的主流解决方案。

## 将高性能接收器与APD结合使用

通常，25G发射器的输出功率为0–3dBm，25G PIN接收器的灵敏度约为-7dBm，无法满足电信级光模块的长距离（40km）传输要求。因此，需要高性能的APD来提高接收器的灵敏度。

	灵敏度	接收器	成本
400G LR8	-6.6dMB	PIN	低
400G ER8	-16.1dMB	APD	高

## 易飞扬产品举例

400G QSFP-DD LR8/ER8是8通道全双工收发一体模块，采用可热插拔的QSFP-DD封装，速率高达425Gbps，采用双LC接口，中心波长为8个LAN-WDM 50G PAM4调制。



### 400G QSFP-DD LR8

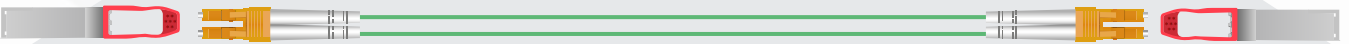
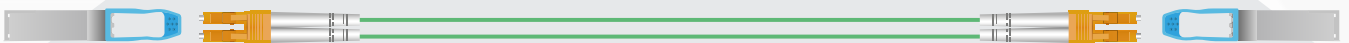
符合QSFP-DD MSA和IEEE 802.3bs 400GBASE-LR8以太网标准，在系统开启KP4 FEC的前提下，通过单模光纤传输距离最高可达10km，最大功耗小于12.5W。



### 400G QSFP-DD ER8

符合QSFP-DD MSA和性能IEEE 802.3bs 400GBASE-ER8以太网标准，接收端采用高性能APD光探测器，在系统开启KP4 FEC的前提下，通过单模光纤传输距离最高可达40km，最大功耗小于14W。

## 产品应用示意图



产品	调制方式	激光器/PD	波长	光纤数量	光口	距离	RX Sen.(dBm)
400G QSFP-DD LR8	8x50G PAM4	EML/PIN	LWDM8	2(8λ)	双工 LC	10km	$\leq -7.1(2e-4)$
400G QSFP-DD ER8	8x50G PAM4	EML/APD	LWDM8	2(8λ)	双工 LC	40km	$-18.6(2e-4)$

## 引入相干技术

受组件性能的限制，400G PAM4解决方案不支持80km以上的远程传输。为了克服这一挑战，应该引入已经成功部署在长距离传输网络上的成熟的相干技术。此外，SiP和InP集成技术以及互补金属氧化物半导体（CMOS）技术不断发展，以支持具有更低功耗的更小的相干光模块。借助紧凑的ICT/ICR和低功耗7nm oDSP，可以实现400GE紧凑的QSFP-DD相干光模块。2017年，OIF 400ZR项目启动，该项目定义了串联前向纠错（CFEC）模式和低复杂度400G-16QAM调制模式。性能和功耗都被认为可以支持80-120km的城域网和数据中心应用。

## 易飞扬产品举例



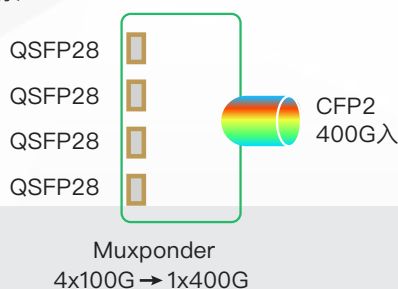
### 400G CFP2 DCO

易飞扬400G CFP2 DCO工作速率高达425Gbps，光口侧支持灵活的相干调制方式，可支持200G PM-QPSK & 200G PM-16QAM(PS) & 400G PM-16QAM等多种高阶调制模式；业务侧支持100GE, 200GE, 400GE和OTU4 / OTUCn；符合OTL4.4, FOIC1.4, CAUI-4和FOIC1.2电口支持近端/远端数据回环测试和等OTN数据监控功能。

可调谐波长（频率）范围	DWDM: 1529.16nm-1567.14nm(191.3THz-196.05THz)
调制方式	DP-QPSK@100G 50Ghz; DP-16QAM@200G 50Ghz; DP-16QAMps@200G 50Ghz; DP-QPSK@200G 75Ghz; DP-16QAM@400G 75Ghz
RX OSNR容限	<12dBG@100G QPSK; <20.5dB@200G DP-16QAM; <16dB@200G DP-16QAMps; <13.5dB@200G DP-QPSK; <22dB@400G DP-16QAM
可调谐波长（频率）范围	100GE、OTU4
色散容限	±40000ps/nm@100G

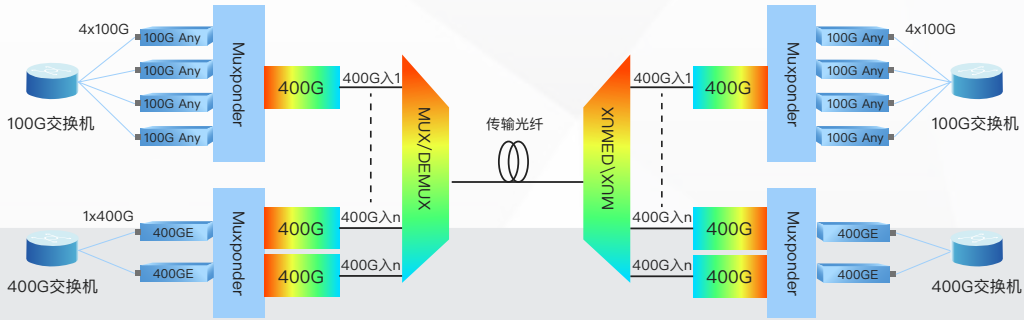
## 400G CFP2 DCO应用场景

\*用于400G Muxponder业务卡，服务DCI互连应用场景



## 400G DWDM波分点对点传输

\*用于DCI互连



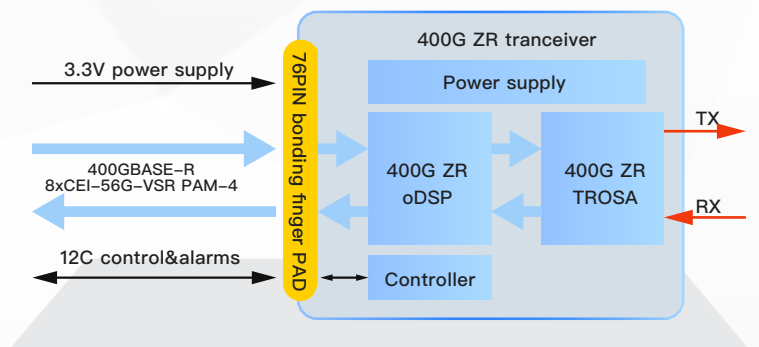
### 400G QSFP-DD DCO ZR

易飞扬400G QSFP-DD DCO相干光模块应用于数据中心互连，支持点对点DWDM放大器80km~120km传输场景和点对点非放大器40km传输场景。该产品符合OIF-400GZR-01.0协议标准(400GZR: 60G Baud OIF 400GZR(开启FEC)), 采用先进制程7nm DSP和单波DWDM 400G 16QAM调制, 支持75GHz/100GHz DWDM, 支持Flex grid 6.25Ghz调整步长, 色散容限满足2400 ps/nm, RX OSNR容限满足26dB/0.1nm, 产品的三温功耗小于16.5W。

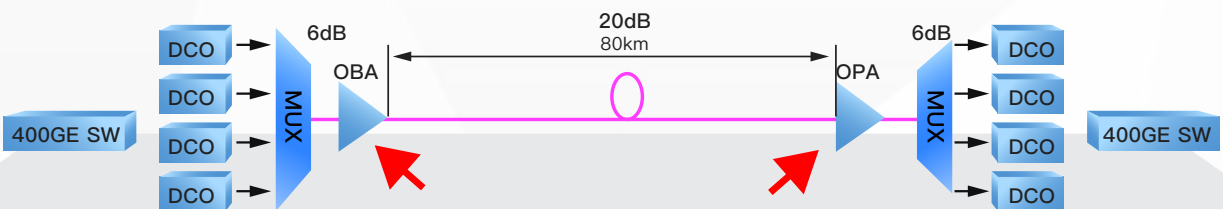
#### 关键参数

关键参数	规格值	
输出光功率可调	-10dBm 到 -6dBm	
接收灵敏度	DWDM (放大)	> -12dBm
	灰光链路 (非放大)	> -20dBm
光信噪比 (DWDM链路)	26dB/0.1nm SEN -8 to -10dBm	
TX OSNR	>35dbm	

#### 内部原理介绍示意图



#### 400G QSFP-DD DCO ZR产品应用示意图



开放光网络器件的向导

如需订购,请直接回复电子邮件,我们会尽快与您联系!

<https://www.gigalight.com.cn/>