

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI XXXX—XXXX

全光交叉 OXC 设备应用规范

Technology and Application Specifications For Optical Cross Connect Equipment

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前 言	II
1 总则	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 OXC 应用诉求	4
5 OXC 应用价值	5
6 OXC 设备形态构成、关键组成单元的功能	5
7 OXC 设备的节点连纤及配置模型	8
8 OXC 设备的应用场景	9
9 OXC 设备与现网设备融合应用	9
10 绿色节能	13

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由中国通信企业协会团体标准管理委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国移动通信集团设计院有限公司北京分公司

本文件参加起草单位：上海邮电设计咨询研究院有限公司

辽宁邮电规划设计院有限公司

华为技术有限公司

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

全光交叉 OXC 设备应用规范

1 总则

目前业界网络能力和业务需求已达到单波200G/400G，且业务增长较快，时延要求更短，在大容量/多方向的物理调度节点，传统光网络容易出现设备叠加、管理复杂、运维困难、占用空间大、功耗高、时延的问题，OXC全光交叉新技术由此应运而生。OXC（Optical Cross-Connect，全光交叉连接，X即交叉）是一种实现光信号无阻塞调度的“数字化立交桥”技术，业界通常对应用OXC全光交叉技术的OTN（Optical Transport Network：光传送网络）设备简称OXC设备。

OXC设备类似于交通网中的“立交桥”，可以实现不同光信号的任意方向调度。相比于传统的类似“红绿灯十字路口”的手动光信号调度方式，OXC设备在调度/维护效率、业务容量扩展、用户体验感知等方面，都有巨大的提升，是未来全光城市的基础设施，在快速发展的数字经济中起着不可替代的作用。虽OXC技术已有商用案例，但业界并未形成相关的应用标准，本标准结合设备能力制定了OXC应用规范，是实现全光城市、简化网络、解决波分维度快速增长，带来光纤/机房/功耗等多种资源挑战的全光调度解决方案的标准规范。

本标准适用于适用于基于光背板的full mesh 光交叉OXC设备，对光背板的full mesh 光交叉OXC设备行统筹规划、明确建设方式、安装方案的标准规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 51152-2015	波分复用(WDM)光纤传输系统工程设计规范
YD 5208-2014	光传送网(OTN)工程设计暂行规定
YD/T 5166-2009	本地网光缆波分复用系统工程设计规范
YD 5205-2014	通信建设工程节能与环境保护监理暂行规定
YD/T 5184-2018	通信局(站)节能设计规范
YD/T 2003-2009	可重构的光分插复用(ROADM)设备技术要求
YD/T2489-2013	可重构的光分插复用(ROADM)设备测试方法

3 术语和定义

3.1 FOADM

FOADM(Fixed Optical Add/Drop Multiplexer) 静态光分插复用器,由光波长转换类单板和光分插复用类单板构成。采用不同类型的光波长转换类单板和光分插复用类单板，可适用于DWDM系统和CWDM系统。

3.2 ROADM

ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer) 技术，ROADM通过对波长的阻塞或交叉实现了波长的可重构，从而将静态的波长资源分配变成了灵活的动态分配。ROADM技术配合网管调配波长上下和穿通状态，实现远程动态调整波长状态，支持1维至32维的灵活光层调度。

3.3 Flexible ROADM

Flexible ROADM采用flexible grid带宽调度方式，不同的信号适配不同的带宽，提高频谱利用率，满足超100 Gbit/s速率时代的灵活调度要求。

3.4 OXC

OXC (Optical Cross Connect), 一种更为灵活的全光交叉调度方式。相比于传统ROADM基于分离板件的方式, OXC采用集成式互连构建全光交换资源池, 实现高集成度、无纤化的全光交叉, 有效地提升了大颗粒业务的交换效率。

3.5 基于OXC的ROADM

基于OXC (Optical Cross-Connect, 全光交叉) 的ROADM站点可通过高集成度光线路板实现一块单板一个线路维度的应用, 同时基于全光交换背板, 实现波长资源动态分配, 支持1维至32维的灵活光层调度。

3.6 Colorless

波长无关性, 上下波端口(波长可调), 配合可调波长的OTU或线路单板, 业务可以灵活调整波长, 从而避免发生波长冲突。在ASON网络, 如果配合可调波长的OTU或线路单板, 业务重路由时可以灵活调整波长, 从而避免发生波长冲突。

3.7 Directionless

方向无关性, 承载本地业务的波长可以传送到任意方向。在ASON网络中, 自动重路由功能可以自动发现路径并自动创建光交叉。

3.8 Contentionless

波长冲突无关性, 任何波长的光可以来自任何方向, 并可以同一个模块中上下波, 没有任何波长阻塞, 在ASON网络, 可以实现相同波长的自动重路由, 不会发生波长冲突。

3.9 CDG

CDG (colorless & directionless & flexible grid) 场景可以满足业务灵活转换波长, 避免重路由的波长阻塞, 并可实现本地业务到任意方向的传送以及波长带宽灵活调整。

3.10 CDCG

CDCG (colorless & directionless & contentionless & flexible grid) 场景不仅可以满足业务灵活转换波长以及本地业务到任意方向的传送, 还可实现一个本地维度上下多个相同波长以及带宽灵活调整, 有效节省光层空间以及提高频谱利用率。

4 OXC 应用诉求

光交叉技术最初应用的方式是引入FOADM(Fixed Optical Add/Drop Multiplexer/静态光分插复用器)节点, 以实现波长粒度的全光固定上下功能, 随着波长粒度组网应用需求越来越多, 以及光交叉技术的逐步革新, 出现了基于ROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer/动态光分插复用)的光交叉技术。ROADM从网络基础技术上满足光波长快速调度的要求, 但也遇上了一些问题, 主要原因是传统ROADM设备是将交叉能力构建在各个独立的模块上, 在搭建光交叉系统时完全依靠单板堆叠, 需要大量复杂的手工连纤将各模块连接起来, 耗时长, 容易存在错连风险。随着网络规模的扩大, 调度方向也越来越多, 系统越发复杂, 后续运维也存在巨大挑战, 并且大量的独立模块和连纤将占用大量机房空间, 对运营商机房资源造成很大压力。为了保留ROADM的方便, 又要简化维护, 一直是光传输产业, 包括器件商、设备商致力去解决的问题。经过整个行业的努力, 新一代的全光交叉产品OXC设备应运而生。

5 OXC 应用价值

5.1 高集成度，节省空间

全光交换背板OXC设备具有高集成度优势（1个槽位1个线路维度，共支持32个槽位），维度扩展能力强，采用OXC构建高效光交叉系统，可大大节省机房空间，对于超大城市核心机房及维度较多的机房有很大吸引力。

5.2 时延基本几乎为零

由于OXC是纯光层设备，穿通节点时延等于在这一点上的光纤距离，光纤距离是几乎是零，所以穿通节点上的时延几乎为零。

5.2 远程“自动ODF”，快速建立波长连接，分钟级故障快速定位

通过带宽资源池+远程“自动ODF”，通过空闲的支路端口和提前备好的线路波道构筑的带宽资源池，在网管上远程端到端配置业务，具备波长无关、方向无关功能的OXC可以自动建立波长连接，免去逐站ODF跳纤，业务开通和调整效率大幅提升，时间可缩短至30分钟，未来配合T-SDN等软件可以进一步减少到分钟级。除此之外，免光放、免转接可减少故障点，并做到波长级网络资源与性能可视化，实现分钟级故障快速定位。OXC方案优势如图1所示。

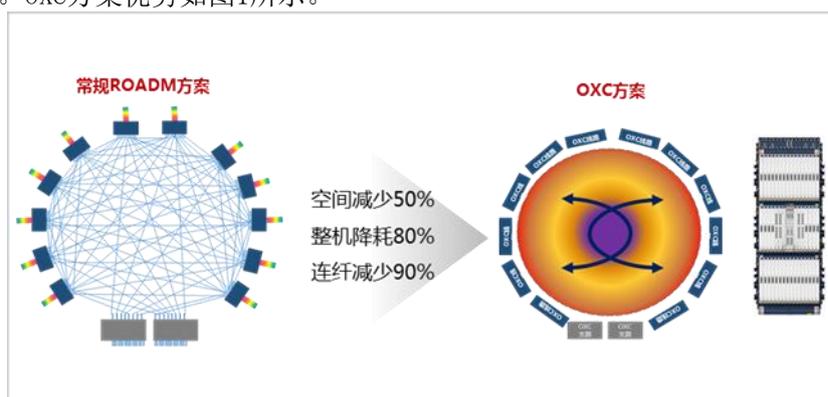


图5-1 ROADM与OXC应用对比

6 OXC 设备形态构成、关键组成单元的功能

OXC设备形态主要由光背板、光线路板、光支路板组成，通过控制平面的智能调度实现高维ROADM节点间链路的灵活调度。OXC设备结构示意图见下图4-1所示，其中：

- 1) 光背板单元：实现设备内部免光纤连接。
- 2) 光线路板单元：实现任意一个光通路从一个光线路方向传输到另一个线路方向。
- 3) 光支路板单元：实现任意线路方向的光通路下路和本地光通路上路到任意线路方向。支路板单元又分为CD光支路板和CDC光支路板。

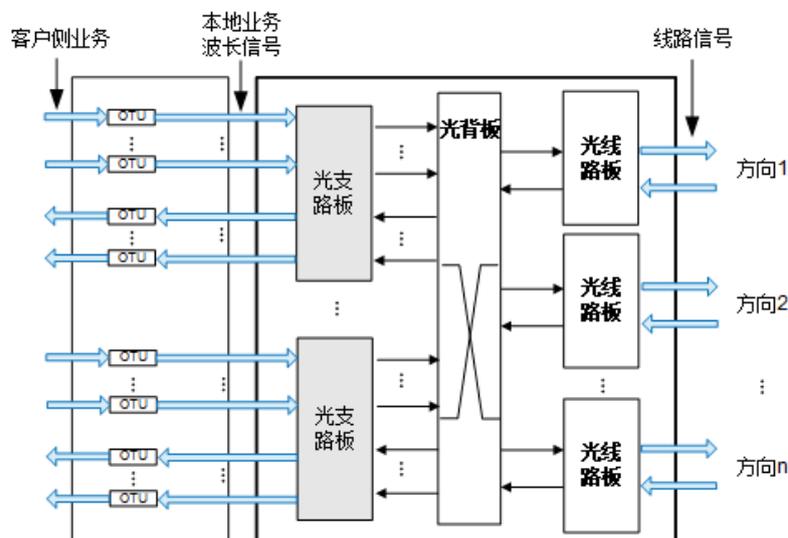


图6-1 OXC设备结构示意图

6.1 光背板

光背板主要包含光路板（或称光柔性板，以下统称“光路板”）和光连接器（或称光适配器，以下统称“光连接器”）等，由纤维丝在纳米聚合物薄膜进行编织，经过涂覆有机凝胶和紫外线曝光固化而成，在光路板边缘伸出的大量纤维丝（MT带缆）包覆为光纤束，连接至光连接器。光连接器为光路板提供向外可插拔接口，形成对外光接口，光信号再通过全光背板实现各槽位之间的光信号传递，一种在背板上实现高密度光纤互连的部件，为光线路板、光支路板提供光信号的物理连接和物理支撑。

采用光背板提供光路连纤功能取代原有各光支路板、光线路板之间复杂的内部连纤，可以大幅减少跳纤工作量，并减少连纤错误可能性。

6.2 光支路板

光支路板是OXC设备中实现OTU业务上下波的单元，具备合波和分波功能。其面板侧与OTU单板相连，实现OTU业务的上下和合分波，其背板侧与光背板相连，通过光背板与光线路板单元相连，实现多个线路维度的动态光波长调度。

光支路板应支持即插即用。

根据能力不同，光支路板分为CD光支路板和CDC光支路板两种。其中CD光支路板具备波长无关（Colorless）和方向无关（Directionless）功能；CDC光支路板具备波长无关（Colorless）、方向无关（Directionless）和冲突无关（Contentionless）功能。

6.2.1 CD光支路板

CD光支路板主要由光放大器OA、波长选择开关WSS模块组成，其原理框图如图4.2.1所示。

CD光支路板可以支持从不同的AM光口接入不同波长（同一个CD光支路板不可接入相同波长），并通过光背板交叉到光线路板输出。

可以将合波信号从不同光线路板经光背板输入后，根据光交叉配置将任意波长从DM光口输出，同一个CD光支路板可以输出多路波长信号，但所有波长不可相同。

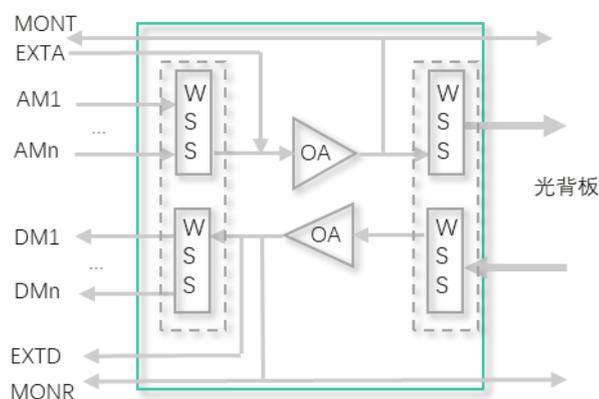


图6-2 CD光支路板原理框图

6.2.2 CDC光支路板

CDC光支路板目前有两个技术路线，即MCS技术和M*N WSS技术。

MCS技术主要通过耦合器、光开关、EDFA阵列组成，实现 8×16 或者 8×24 维CDC光支路板功能。

M*N WSS技术主要通过光开关、WSS阵列组成，实现 8×24 甚至更高维度CDC功能。

以M*N WSS技术为例，CDC光支路板主要由具备上下波能力的波长选择开关M*N WSS模块组成，其原理框图如图4.2.2所示。

1) 上波方向：

CDC光支路板可以支持从不同的AM光口接入任意波长（含相同波长），并通过光背板交叉到光线路板输出；其中相同波长需从不同光线路板输出。

即从本地上波的光信号通过AM1~AMn光口输入，经过ADWSS光模块调度到背板侧，由OUT1~OUTm光口进入光背板，可将光信号调度到m个光线路板单元。

2) 下波方向：

合波信号从不同光线路板经光背板输入后，根据光交叉配置额将任意波长从DM光口输出。同一块CDC单板可以输出多路相同波长信号；相同波长需从不同的DM光口输出。

即从背板侧接入多路光信号，经IN1~INm光口进入ADWSS光模块，再通过光交叉配置，将不同波长调度到DM1~DMn光口输出。

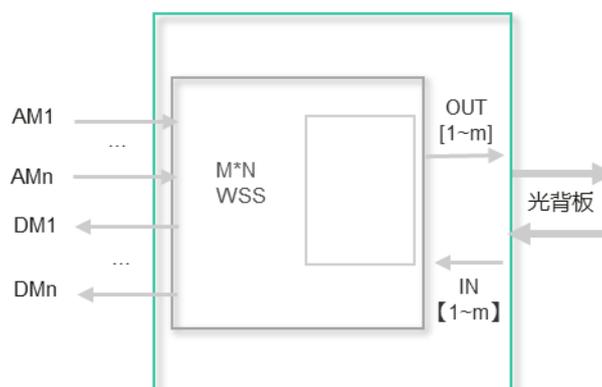


图6-3 M*N技术CDC光支路板原理框图

6.3 光线路板

光线路板是OXC设备中实现将波分信号进行线路传输的单板，具备光放大和OSC光监控信号处理功能。其面板侧通过ODF架与光缆相连，可进行长距离业务传输。其背板侧与光背板相连，通过光背板与光支路板单元相连，实现动态光波长调度。

支持即插即用，主要由光放大器OA、双向波长选择开关WSS模块、滤波器、光监控信道OSC等组成，其原理框图如图4.3所示。

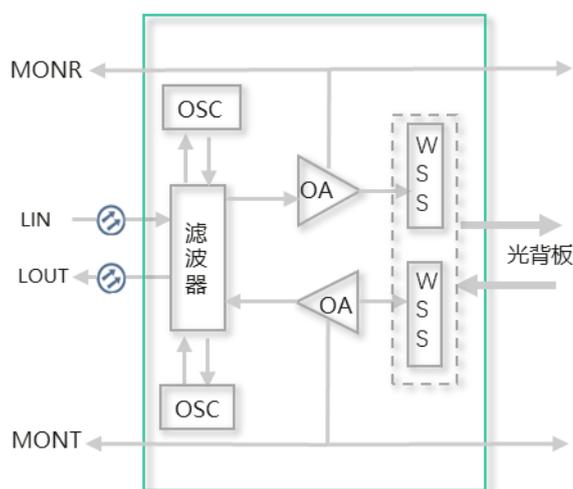


图6-4 光线路板原理框图

1) 接收方向:

从LIN光口接收线路光信号，通过滤波器分出主光通道信号和监控通道信号。其中监控通道信号输入OSC模块，主光通道信号输出至收端OA光放大器模块。由光放大器完成对光信号的功率放大后，光信号经过DWSS光模块解复用为多路任意波长组合的光信号，经光背板调度到其他业务槽位。

2) 发送方向:

从光背板侧接入多路光信号，通过DWSS光模块复用为合波光信号，经OA光放大器模块完成功率放大后，合波信号被送入滤波器，滤波器将主光通道的合波信号与监控信道OSC信号合成线路光信号，由LOUT光口输出。

7 OXC 设备的节点连纤及配置模型

7.1 OXC设备站点连纤模型

OXC设备将超过1000根光纤印刷到一张A4纸尺寸的光背板上，打造出的全光交叉，无需内部连纤，仅上下波*2根连纤即可实现本地上下波长任意调度、穿通波长任意调度，可节省90%的机房空间，降低60%的功耗。

项目	线路维度	线路穿通	本地上下
尾纤数量	0	0	上下波长数*2

表7-1 OXC连纤表

7.2 光支路板站点配置

光支路板可以按照两种模式进行配置，共享/非共享模式

共享模式：光支路板按需配置，供各个光线路板使用（如以4个线路维度为例，每个本地维度80波/4个线路 = 每个线路维度分配20波）

非共享模式：每个光线路板，配置对应的光支路板

项目	波道规划	初期成本	远期成本
----	------	------	------

项目	波道规划	初期成本	远期成本
非共享模式	简单	高	与 CD 光支路板共享模式相同
CD 光支路板共享模式	难	低	与非共享模式相同
CDC 光支路板共享模式	简单	中	高于 SD 光支路板共享模式&非公共共享模式

表7-2 光支路板配置应用对比

综合波道规划难度及成本，建议初期采用CD光支路板进行开局配置，考虑到保护，可在每个站点配置2块CD光支路板。

7.3 光线路板站点配置

根据方向数按需配置，最大支持32维度（一块光支路板也算一个维度）。

7.4 光子交叉子架站点配置

光交叉子架主要包括：电源、主控、光监控及接口区、风扇区、走纤槽和业务板区。站点初期至少配置一端，若考虑安全性建议新增两端，参考裂站的方式将两端子架用光线路板互联。

8 OXC 设备的应用场景

采用光交叉（ROADM）组网是城域网的发展方向，可以满足未来网络的大带宽、低时延、MESH组网的所有要求。考虑到成本、空间及连纤复杂度等问题，作为ROADM Plus版本的OXC，建议在方向维度超过4个时使用，适用于城域网核心节点。

9 OXC 设备与现网设备融合应用

9.1 OXC与存量FOADM对接

网络现状：核心层为早期构建的FOADM网络，波道利用率较高，受限于空间电源等限制，已全面建设OXC系统，汇聚环采用传统FOADM方式建网，已初具规模但波道利用率较低，短期内无重建可能，个别节点补充覆盖。

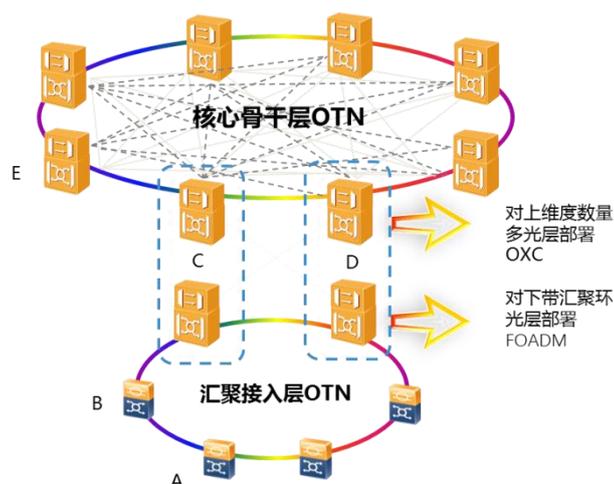


图9-1 商用案例组网模式

业务诉求：部分由业务需要从汇聚层上下（例：A-E开通1条100Gbit/s）

业务承载：业务由A点、E点通过电层上下业务，B点、C点光层串通。C节点内部连线图如图4所示。

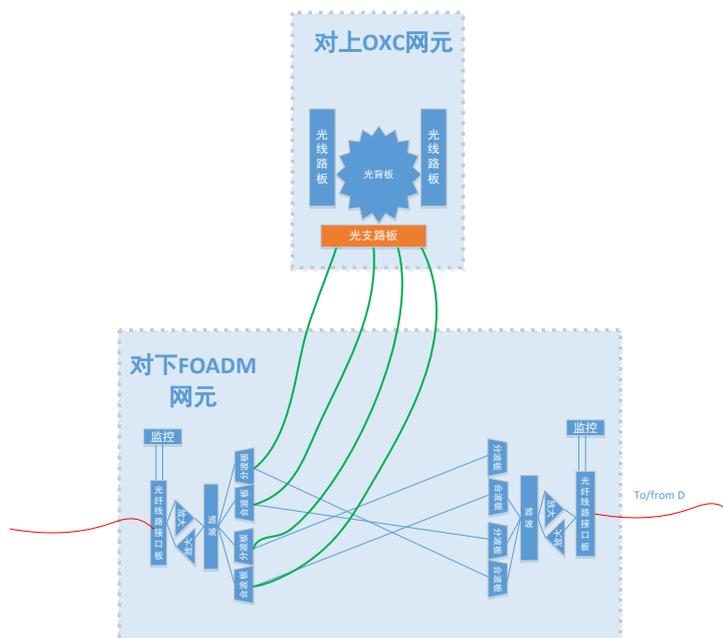


图9-2 C节点内部连线图

当前OXC+FOADM模式存在主要问题：C节点OXC光支路板与传统FOADM分波和波器直接串通，单波功率预算不足，不利于长期稳定运行，且扩容时老波业务会受损。

解决方案：

方案一：每个汇聚环创建一个线路方向跟OXC对接

增加可与OXC系统串通的本地光方向并增加与光线路板匹配的光线路接口盘+光放板，每个汇聚环消耗一个光线路板，单汇聚方向独享80波容量。具体内部连线图如图9.1-3所示

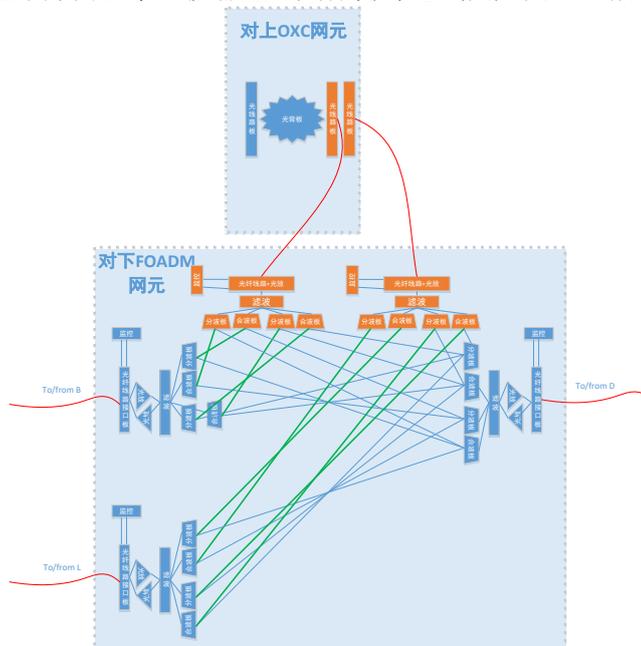


图9-3 方案一内部连线图

方案二：多个汇聚环共用一个线路方向跟OXC对接

增加可与OXC系统串通的本地光方向并增加与光线路板匹配的光线路接口盘+光放板，多个汇聚环消耗一个光线路板，多汇聚方向共享80波容量。具体内部连线图如图9.1-4所示。

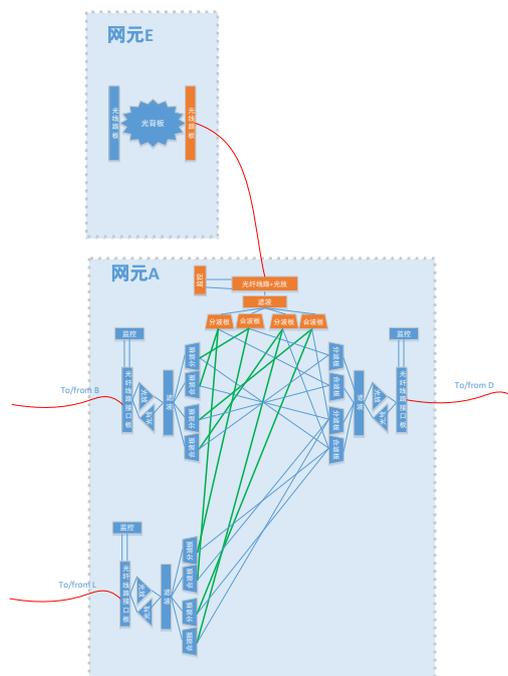


图9-4 方案二内部连线图

方案对比：

	方案一	场景二：
适用场景	城域核心节点槽位资源充足，且各汇聚环 未来业务量较大	城域核心节点槽位资源紧张，且各汇聚环 未来业务量较大
方案 优缺点	管理与规划简洁 每个汇聚环消耗一个光线路板，成本较高	节省城域核心资源，成本低 业务规划管理较复杂，各汇聚环的波长冲 突时要扩建新的线路方向
网络运维复 杂度	较低	较高
推荐	★★★	★★★★★

表9-1 方案对比表

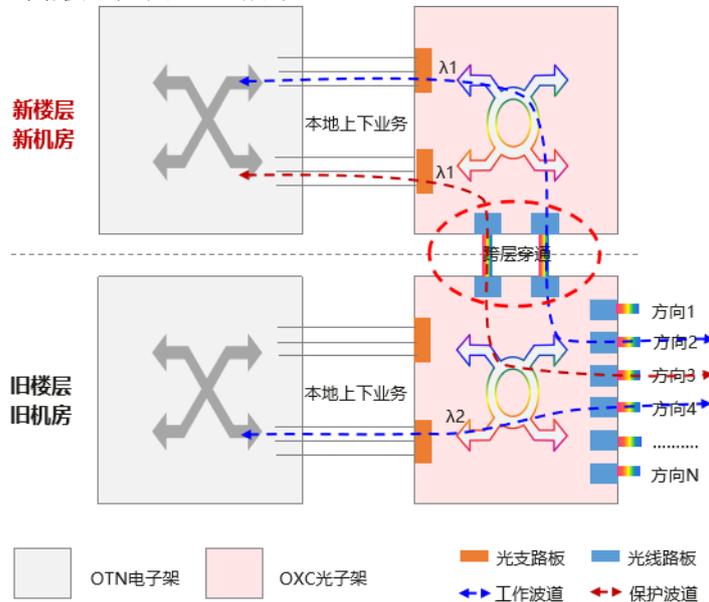
从对比分析来看对于大多数城域网来说场景二即可满足需求，若OXC网络定位为需要承载汇聚上行业务建议采用场景二模式，若网络定位为核心层高等级、大颗粒业务互联则无需考虑传统FOADM与OXC融合的问题。类似局部OXC部署方案也会面临以上问题，可参考本规范思路进行解决。

9.2 多局向/同局址裂站

随着业务不断发展，核心机房存在机房机位紧张现象，为缓解现有机房压力，部分机房均申请了新机房用于保障各业务正常承载，故出现了同局址多个核心机房并存的状态。波分因初期搭建均为80/96波系统，在波道未用完的情况下机房已无空间装电子架，造成了光子架在老机房电子架在新机房的光电分离现象。考虑到大量业务需占用楼间联络缆安全性、可靠性降低的同时还会占用大量纤芯从而导致占用大量机房资源，故而这种光电分离的方式自传统FOADM就不被大众认可。当遇到同局址异机房的情况对于OXC的部署有两种方式。

方案一：新老机房通过OXC线路板对接

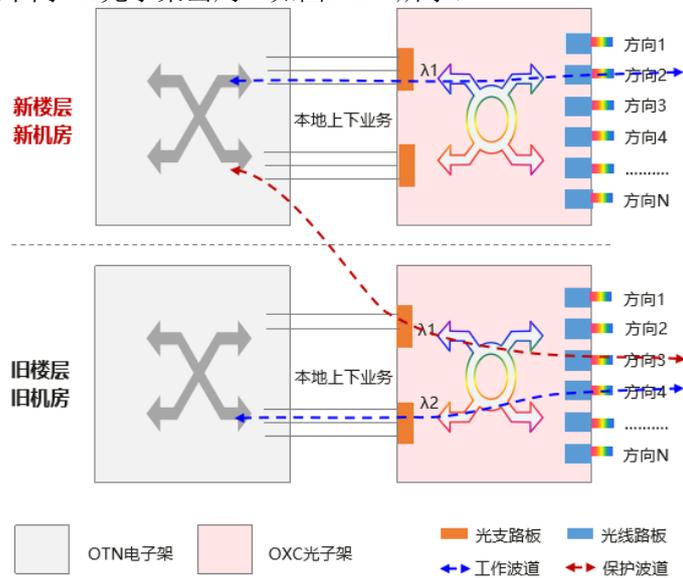
新机房OTN电子架进行本地业务上下，新机房OXC光子架仅用于楼内跨层连接，通过楼内跨层OXC光线路板对接老机房OXC光子架（初始配置2对OXC光线路板），在老机房OXC光子架出局，互为保护业务的波道需要走不同OXC光线路板。如图9.2-1所示：



9-5 新老机房通过OXC线路板对接方案图

方案二：新机房业务走新的出局方向

初期针对出局业务较多方向，适当在新机房OXC光子架上增扩OXC线路板，出局业务较少方向仍然利用旧走跨层OXC线路板对接；后续新机房启用站点，新机房OXC光子架上增扩所有出局方向OXC线路板，互为保护业务的波道可走不同OXC光子架出局。如图9.2-2所示：



9-6 新机房业务走新的出局方向方案图

	方案一	方案二
波道规划	难	易
	波长易冲突，规划困难	波长不冲突，规划简单
建设成本	稍低	稍高

	方案一	方案二
	初期波长冲突少成本稍低，后期通过扩容 OXC 线路板减少冲突，成本逐步增加	与出局光方向相关，小于 5 个出局方向时，成本与当前方案相当
出局纤芯	稍少	稍多
	仅老机房出局占用纤芯	新机房出局也占用纤芯
资源利用率	低	高
	跨层 OXC 线路板越少，出局方向波道利用率越低，全波长难以用满	出局方向全波长可以用满

表9-1 方案对比表

方案一适用于临时快开或机房条件较差的情况，对于机房条件较好的，长远考虑应优选方案二对同局址多个核心机房进行OXC覆盖。

10 绿色节能

一台OXC设备至少节省传统光网络的八个机柜的空间，节约宝贵机房资源；全光调度，节能减排，功耗节省达60%；助力打造全球领先的碳排放最低、最环保的数字基础设施，促进达成“碳中和”的远景目标。