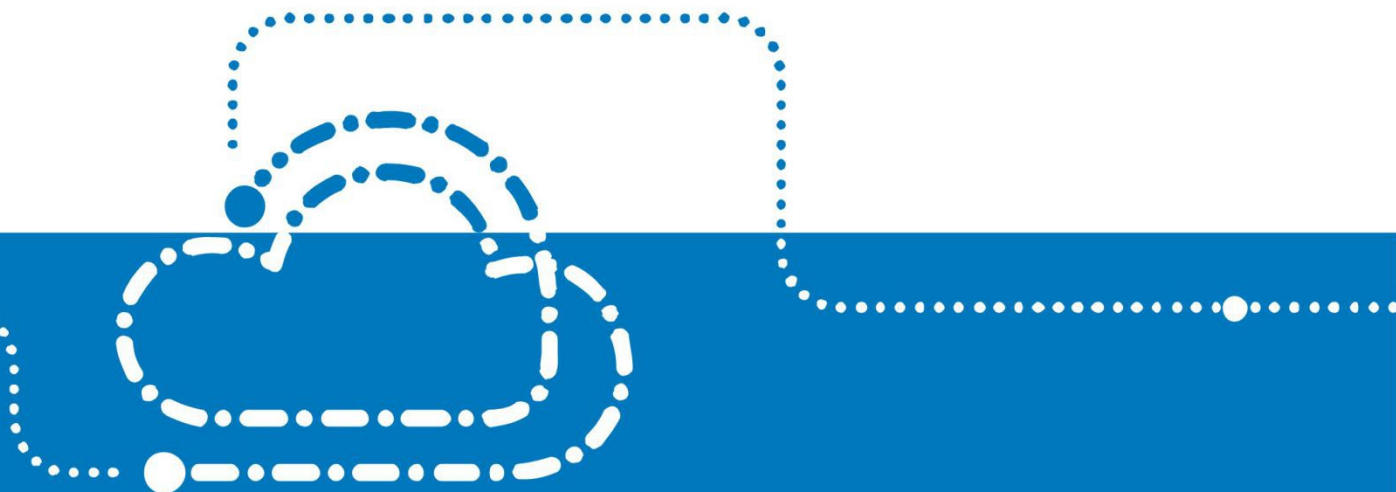


ZTE中兴

中兴通讯 E-OTN 2.0 智宽新光 网解决方案白皮书



中兴通讯 E-OTN 2.0 智宽新光网解决方案白皮书

版本	日期	作者	审核者	备注
V1.0	2020/09/29	ZTE	ZTE	新建
V1.1	2021/03/03	ZTE	ZTE	修订

关键词：5G 新基建，Flex Shaping，频谱扩展，OXC，集群，AI

摘要：中兴通讯 E-OTN 2.0 智宽新光网构建了以 DC 为中心，以 OTN 设备作为 DC 互联纽带，实现固网、无线、政企专线业务统一承载，具备大带宽、低时延、灵活调度及智简运维特性的全光传输网络。其核心亮点为基于“新算法”构建极速超宽传输管道，依托“新平台”实现灵活高效业务承载，依靠“新智能”加速垂直行业业务部署，全方位满足 5G 时代千行百业的高品质连接需求。

© 2021 ZTE Corporation. All rights reserved.

2021 版权所有 中兴通讯股份有限公司 保留所有权利

版权声明：

本文档著作权由中兴通讯股份有限公司享有。文中涉及中兴通讯股份有限公司的专有信息，未经中兴通讯股份有限公司书面许可，任何单位和个人不得使用 and 泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。

本文档中的信息随着中兴通讯股份有限公司产品和技术的进步将不断更新，中兴通讯股份有限公司不再通知此类信息的更新。

目录

1 趋势和挑战	4
1.1 5G 时代 ICT 展开与千行百业融合新纪元.....	4
1.2 超高清视频业务逐渐普及带来网络流量激增.....	5
1.3 多样化的政企专线为运营商营收增长注入新动力.....	6
1.4 数据中心互联正在引领新的投资热潮.....	7
1.5 光网络整体发展趋势及需求汇总.....	8
2 E-OTN 2.0 智宽新光网解决方案整体架构	9
3 E-OTN 2.0 解决方案核心亮点及客户价值	11
3.1 新算法：独创 Flex Shaping 技术，显著提升传输性能.....	11
3.2 新平台：光电混合调度体系，构建 OTN 大容量交叉平台.....	15
3.2.1 率先引入 C++ 波段频谱资源，大幅提高单纤传输容量.....	15
3.2.2 新型全光交叉 OXC 平台，实现光层业务灵活疏导.....	17
3.2.3 业内最大单子架电交叉容量，完成精细化电层业务调度.....	19
3.2.4 业内最强无阻电交叉集群，满足单站点超大规模业务调度需求.....	21
3.3 新智能：AI+SDN 管控系统，打造开放、智慧光网络.....	24
4 全球实践及未来展望	28
5 术语及缩略语	29

图目录

图 1-1	光网络市场整体收入预测 (Source: Optical Networks Forecast, Omdia)	8
图 2-1	E-OTN 2.0 智宽新光网整体架构	10
图 3-1	线路侧光口出货量预测 (Source: Optical Networks Forecast, Omdia)	12
图 3-2	Flex Shaping 技术中的电域整形	13
图 3-3	Flex Shaping 技术中的光域整形	14
图 3-4	中兴通讯 OTN 设备频谱资源拓展演进方向	16
图 3-5	中兴通讯新型 OXC 技术	18
图 3-6	中兴通讯业内最大 128T OTN 电交叉平台	20
图 3-7	中兴通讯 “M+N” OTN 集群系统架构	22
图 3-8	E-OTN 2.0 智能管控系统快速实现业务部署	25
图 3-9	E-OTN 2.0 智能管控系统高效可靠运维辅助功能	27

表目录

表 5-1	术语及缩略语说明表	29
-------	-----------	----

1 趋势和挑战

1.1 5G 时代 ICT 展开与千行百业融合新纪元

2020 年 5 月，“新基建”的概念被首次纳入国务院政府工作报告中，备受各行各业的关注。“新基建”关系到我国经济的转型升级，将为新一轮经济的增长提供强大的推动力，持续引爆投资热点。5G 作为“新基建”之首，能够为大数据中心、人工智能和工业互联网等提供重要的基础网络支撑，是我国数字经济全面发展的基本保障。

“4G 改变生活，5G 改变社会”，5G 新基建将对社会的各个层面产生深远的影响。相较于 4G，5G 不仅能为 To C 消费者市场提供高质量的服务，还会进军 To B 市场，实现面向千行百业的数字化连接。来自咨询公司 IHS 的预测表明到 2035 年 5G 的全球经济产出将超过 12 万亿美元。在 5G 的驱动下，传统行业正在与 ICT 行业进行深度融合，智慧电网、智能制造、远程医疗、远程教育等行业应用场景得到蓬勃发展。

目前国际标准化组织 3GPP 定义的 5G 三大应用场景中，eMBB 业务场景已率先得到应用，例如赛事直播、AR/VR、远程教育等。特别是在 2020 年受到 COVID-19 疫情的影响，在家学习、在家办公已成为一种常态，远程教育、远程视频会议类软件在全球迅速普及。eMBB 场景对于承载网的核心需求在于超大带宽，这是保证业务稳定传输、提升用户体验的基础。

紧随 eMBB 场景的脚步，5G uRLLC 和 mMTC 场景也逐渐展露头角。uRLLC

场景的典型代表包括远程医疗、自动驾驶等，这类场景对于时延和可靠性有着极为苛刻的要求，业务的端到端单向传输时延需要低至 1ms，可靠性需要高达 99.999%。mMTC 场景主要面向大规模物联网业务，例如智慧交通、智能农业、环境监测等以数据采集为目标的应用场景。这类场景的终端设备数量多、分布广，要求承载网络具备支持海量连接的能力。

总的来说，大带宽、低时延、高可靠性以及海量连接是 5G 网络建设的核心诉求。同时，5G 网络需要通过端到端的网络切片以及基于 AI 的智能管控平台，推动垂直行业应用创新，实现“一网万业”的远景目标。

1.2 超高清视频业务逐渐普及带来网络流量激增

视频作为 ICT 产业信息制造、传播和消费的核心载体，在人们的生活和工作中占据着重要的位置。根据咨询公司 Omdia 的分析报告，预计从 2019 年到 2024 年固网和 WiFi 的总流量将提升 3.4 倍，到达约 500 万 PB，占全部网络流量的 80%以上。从业务的角度来看，视频业务是全球网络流量最主要的来源，同样贡献了 80%以上的网络流量，有着广阔的市场空间。

作为大带宽建设的主要推动力，视频业务具有着重要的商业价值，是运营商巩固和开拓消费者市场的关键支撑点。目前各大运营商均已将视频定位成战略性的基础业务，对于大视频业务的发展非常关注。视频业务的高清化、实时性一直是用户的核心诉求，通过不断提升视频的清晰度、减少业务的传输时延，可以为用户带来极致的观感体验，能够有效增加用户粘性和留存率。

视频业务的发展历经标清视频、高清视频，到以 4K、8K、VR/AR 等为代表的超高清视频对网络带宽的需求越来越大，对网络时延的要求也越来越苛刻。例如 4K 视频业务的带宽需求约 45Mbps，RTT 时延要求小于 20ms。VR 业务的带宽需求更是可能达到 1Gbps 以上，RTT 时延要求小于 12ms。因此运营商迫切需要承载网络具备更大的传输管道、更低的传输时延，防止在观看视频的过程中出现卡顿、拖延等现象，以此来保障优质的用户体验，提升其市场占有率。

1.3 多样化的政企专线为运营商营收增长注入新动力

政企专线业务是运营商的主要收入来源之一，目前已成为运营商收入增长的新引擎。政企专线的显著特征在于其专线类型的多样性，不同种类的专线对于承载网络的要求差异很大。

对于政企机关、金融机构等客户，其业务颗粒一般较小，需要网络具备高可靠性和低时延的特性，在较长的一段时期倾向于采用 SDH 设备承载，利用 VC 级别小颗粒刚性管道传输业务。但是随着这类政企专线数量不断增多，业务速率不断提升，现网 SDH 设备的带宽利用率已接近饱和，难以满足运营商政企专线的发展需要。同时 SDH 设备在网时间较长，运营商所面临的运维方面的风险也与日俱增。鉴于此，国内运营商已逐步启动了 SDH 的退网流程，寻求融合 VC 交叉功能、具备大容量交叉特性的 OTN 设备作为替代方案。

对于 OTT、医疗等大型企业客户，其业务颗粒较大，尤为关注网络的大带宽特性，同时对于网络的可靠性和时延指标也比较重视。这类的专线业务往往需要

采用 ODUk 大颗粒刚性管道进行传输。而对于一些中小型企业，往往比较关注专线业务的性价比，对于带宽资源的利用率以及组网的灵活性要求较高，此类的专线一般采用分组软管道进行承载。

综合来看，政企专线业务的需求主要集中于高可靠性、低时延、大带宽、灵活组网等方面，同时各类专线的需求也不尽相同。这就要求运营商的专线网络能够提供差异化的服务，以此来满足不同目标客户的个性化需求。

1.4 数据中心互联正在引领新的投资热潮

云和大数据正在驱动新一轮的 ICT 变革，数据中心已成为新的投资热点。来自 Omdia 的预测表明，预计至 2025 年，全球 DCI 市场规模将达到 59 亿美元，占总体光网络市场的 30% 以上，将成为光网络市场最重要的收入增长点。

随着网络云化的加速，业务流量快速向数据中心集中，大带宽互联的场景正变得越来越多，DCI 网络的建设已成为运营商的迫切需要。目前全球数据中心的规模正在急剧扩大，并开始逐步向网络边缘节点发展，覆盖的区域日趋广泛。各级数据中心之间需要由长途 DCI 网络提供高速无阻塞的数据传送管道，满足海量业务的传输需求。

受限于大城市的土地、水、电等资源，一般无法直接建设超大规模的数据中心机房，采用分布式的数据中心建设方式已成为目前业内的主流选择。伴随城域数据中心站点数量的增加，数据中心之间的资源共享、容灾备份、快速的流量迁移等需求也日益增多，使得数据中心的流量不再局限于南北向流量，东西向流量

也得到迅速增长。城域数据中心站点之间同样需要超大容量的传输管道，以适应日益增长的带宽需求。

总的来说，DCI 场景的核心诉求在于构建高速率、低延时的光传输网络，以应对数据中心流量的不断攀升，实现低成本的业务互联。

1.5 光网络整体发展趋势及需求汇总

由于 COVID-19 疫情在全球的流行，未来几年光网络市场的发展会受到一定程度的冲击。但是随着 5G、4K、VR 等业务的蓬勃发展，作为通讯网络“基石”工程的光网络仍会保持较为稳定的增长。根据 Omdia 的最新报告，到 2025 年全球光网络市场的收入将会超过 174 亿美元。从网络层次来看，接入 WDM 和城域 WDM 发展较快，在整体光网络中的占比逐渐增大，这主要得益于 DC 的下沉及 MEC 的建设导致城域和接入网带宽需求提升，使得 WDM 下沉部署成为未来的发展趋势。

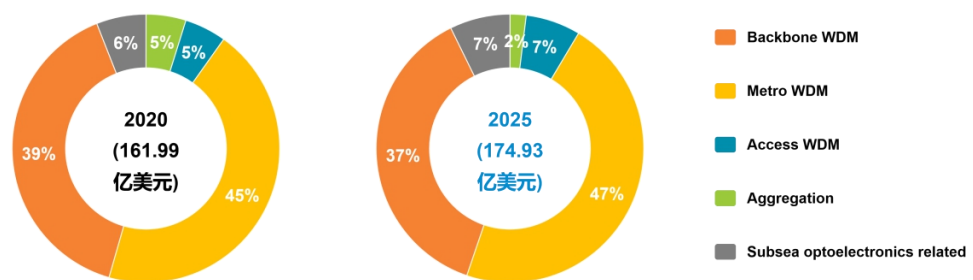


图 1-1 光网络市场整体收入预测 (Source: Optical Networks Forecast, Omdia)

所谓机遇与挑战共存，在光网络市场规模不断扩大的同时，其所面临的业务传输、调度及管理等方面的压力也愈发凸显。通过对 5G、固网、政企专线以及

DCI 场景的分析可以看到，这些业务领域对于光传输网络的需求可以概括为 6 大方面。

- 1) 超大的传输容量：满足日益增长的网络带宽需求，在线路速率提升的同时，还要能保障业务的超长距离传输。
- 2) 超低的传输时延：匹配时延敏感型业务的传输需求，提供极致的用户体验。
- 3) 便捷的业务调度：适应云化网络无处不在的连接，实现业务的快速开通。
- 4) 灵活的业务接入：对于 2Mbps~400Gbps 任意速率的业务，均能提供高效的业务承载方式。
- 5) 智能的网络运维：针对垂直行业丰富的新型业务场景，千差万别的业务需求，要能够实现精细化网络管理和控制。
- 6) 超高的可靠性：达到 99.999% 的高可靠性要求，显著提升网络的鲁棒性。

2 E-OTN 2.0 智宽新光网解决方案整体架构

为助力国家 5G 新基建的发展，实现基于家宽高清视频的互动交流，满足政企行业用户多样化的业务场景需求，推动 DCI 网络的建设部署，中兴通讯推出了新一代光网络解决方案 E-OTN 2.0 智宽新光网，依托先进的技术，为运营商构建了一个超宽无阻、灵活高效的光传输平台。基于 AI 智能管控系统，还可以实现业务智慧互联，网络智能运营。

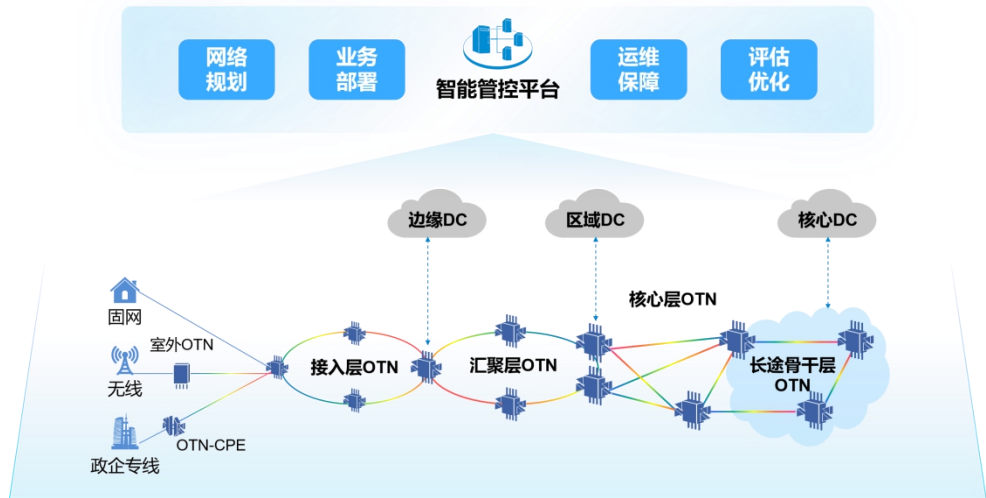


图 2-1 E-OTN 2.0 智宽新光网整体架构

E-OTN 2.0 智宽新光网旨在为运营商打造面向 5G 时代的光传输网络，网络以 DC 为中心，以大容量集中式的 OTN 设备作为 DC 之间互联的管道，可实现对固网、无线以及政企专线业务的统一承载。

在传输容量方面，E-OTN 2.0 解决方案率先引入 C++ 波段的频谱资源，最高单纤传输容量提升至 48T，处于业内领先水平，能够为业务传输提供充足的带宽资源保障。

在传输性能方面，基于中兴通讯独创的 Flex Shaping 算法，显著提升了业务传输能力，在业务提速的同时能够保障实现业务超长距离传输。结合 SDO 技术，可实现业务板线路侧单载波速率 100G~800G 连续可调，达到传输距离与系统容量的最佳平衡。

在业务调度方面，依托业内领先的 OXC 及集群技术，打造了超大容量、灵活高效的光电混合交叉调度平台。在光层，E-OTN 2.0 产品支持 32 维 OXC，光交

叉容量超过 1000T，未来还能向 40 维+ OXC 升级演进。对于波长级的业务，可采用光层穿通、“一跳直达”的传输方式，以显著降低传输时延。在电层，E-OTN 2.0 产品的单子架和集群的交叉能力均为业内最强，其中单子架交叉容量最高可达 128T，集群交叉容量可达 192T，后续还能向 384T 平滑升级演进。此外，E-OTN 2.0 设备支持 ODUk/PKT/VC 统一交叉，可实现对 2Mbps~400Gbps 速率业务的灵活接入、综合承载。中兴通讯还在积极推动 OSU 技术标准的进展，推出了 Pixel OTN 方案，期待在未来为运营商打造更加超简、高效、精准的业务承载平台。

在智能管控方面，基于“SDN+AI+大数据分析”的新型智能管控系统，在业务部署、开通、运维、优化的整个生命周期进行了能力的全新提升，能够帮助运营商加速业务创新，提升用户体验，降低网络运维的复杂度及成本，提高网络的可靠性。

E-OTN 2.0 智宽新光网解决方案的核心内涵可以归纳为三个方面，基于“新算法”构建极速超宽传输管道，依托“新平台”实现灵活高效业务承载，依靠“新智能”加速垂直行业业务部署，全方位满足 5G 时代千行百业的高品质连接需求。

3 E-OTN 2.0 解决方案核心亮点及客户价值

3.1 新算法：独创 Flex Shaping 技术，显著提升传输性能

随着 5G 网络建设的加速，家宽、专线及 DCI 带宽需求的增大，亟待对光网络全面提速。根据 Omdia 的分析报告未来几年 400G 及以上高速端口的发货量将

继续强势增长。预计到 2025 年，400G+端口的发货量占比将达到约 35%，带宽占比将达到约 70%。随着运营商积极部署 200G 网络替换原有的 100G 网络，200G 端口的发货规模也将不断增大，预计到 2024 年达到巅峰，发货量占比超过 40%。可以预见后续超 100G 端口将成为光网络市场骨干网及城域网的标配。

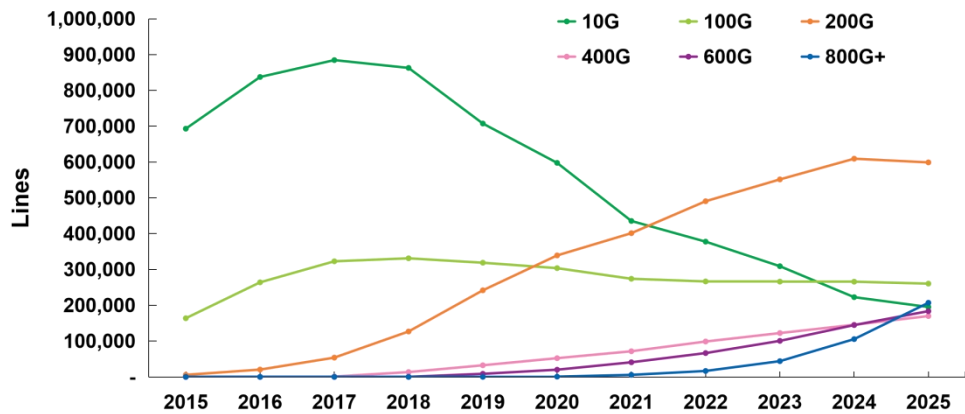


图 3-1 线路侧光口出货量预测 (Source: Optical Networks Forecast, Omdia)

中兴通讯最新推出的线路侧光模块速率高达 800G，基于 SDO 技术可实现线路速率从 100G 到 800G 的连续调整，能快速响应网络流量的变化，灵活改变传输速率。

在传输速率提升的同时，基于中兴通讯专有的 Flex Shaping 新算法，显著提升了业务传输距离。与业界传统的电域整形技术不同，Flex Shaping 技术采用电域整形及中兴通讯专利的光域整形联动设计。通过电域整形对星座图进行优化，从而在等效带宽下实现更长距离传输，或者在相同距离下实现最大的带宽。利用光域整形对业务穿通 ROADM 站点的光谱进行整形，从而减少对光信号的滤波损伤，实现城域网场景下更多 ROADM 站点的穿通能力。

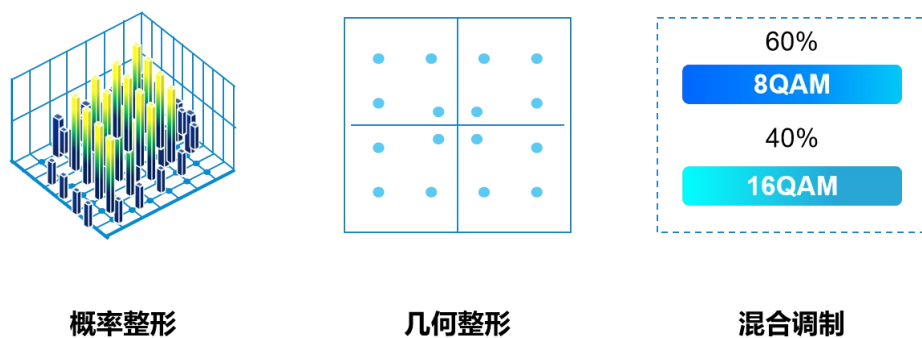


图 3-2 Flex Shaping 技术中的电域整形

Flex Shaping 技术中的电域整形由概率整形，几何整形和混合调制组成。

- 1) **概率整形:** 通过改变星座点出现的概率，提升低能级点出现的概率，减少高能级点出现的概率，从而可以降低发射功率，减少非线性效应，大大提高通信系统的传输性能。
- 2) **几何整形:** 针对调制格式中各星座点在星座图平面中的位置分布进行整形，将不同星座点之间的间隔调整为非均匀的值，以此来获得更大的最小欧式距离，从而让系统容量更加接近信道的香农极限。
- 3) **混合调制:** 线路侧信号传输可同时采用多种调制方式。比如对于 200G 信号，可以不单独采用 PM-16QAM 或 PM-8QAM 调制技术，而是采用两者的组合。通过分析实际链路情况，灵活调整不同调制方式所占比例，以此达到任意传输距离下系统容量和传输性能的最佳平衡。

结合这三种技术，中兴通讯超 100G 传输系统的性能得到了显著提升，传输距离提升 30%以上。针对不同的应用场景，可以选择最为匹配的传输速率及调制方式，能够适用于骨干和城域网络的业务传输。目前中兴通讯已具备在城域网络

波分网络，单光纤容量达到 21.2T。基于中兴通讯光域均衡专利技术，ROADM 级联穿通数量超过业内水平 50%。在提升传输容量的同时，减少了中继单板配置，大大降低了客户 CAPEX 投入。

2019 年，在中国移动现网测试中，中兴通讯单载波 400G 传输距离超过 600KM，明显优于其他测试厂商，成为唯一实现从北京到济南长距离业务传输的厂商。中兴通讯的 OTN 产品还支持最为丰富的传输码型，依靠差异化的调制方案，可以满足城域、长途等多种应用场景的需求。

2020 年 7 月，山东联通携手中兴通讯共同完成光传输网 800G OTN 创新应用场景测试，将单光纤 8T 传输容量提升至 48T，实现 6 倍带宽提升。依靠中兴通讯优秀的 800G 传输性能，可以灵活地适配 DCI 互联等应用场景，有效支撑新一代的云网融合体系。

3.2 新平台：光电混合调度体系，构建 OTN 大容量交叉平台

3.2.1 率先引入 C++波段频谱资源，大幅提高单纤传输容量

为了应对用户快速增长的带宽需求，除了提升单波传输速率，在香农极限下最大化频谱效率之外，还可以对频谱宽带本身进行扩展。

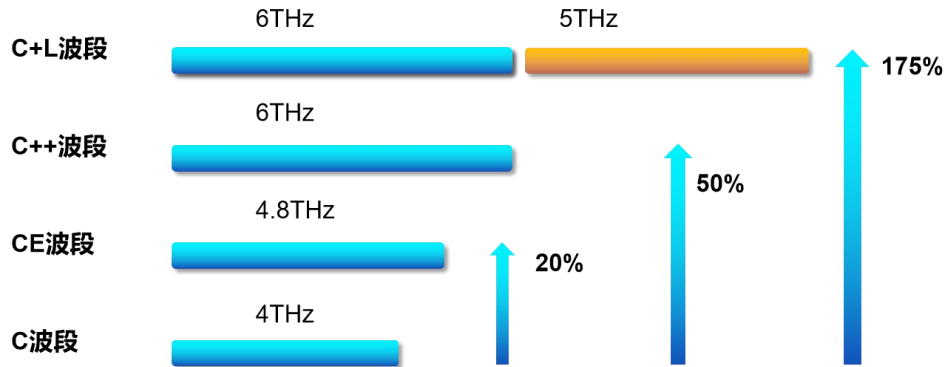


图 3-4 中兴通讯 OTN 设备频谱资源拓展演进方向

中兴通讯智宽新光网已从传统 C 波段（4THz 频谱宽度）演进至当前的 C++ 波段（6THz 频谱宽度），这一突破使得单光纤带宽增加了 50%。目前 E-OTN 2.0 产品的单纤传输容量已高达 48T（80 波 600G 或 60 波 800G），能够有效降低每 Gbit 的成本。

为实现频谱扩展，涉及的系统组件需同步升级。除了新系列的业务单板外，还需要配套新系列光放大器、光合分波器及全光交叉系统（OXC）等。就当前业界推出方案来看，支持基于 C++ 波段的 OXC 系统商用的厂家仅有两个。未来 E-OTN 2.0 产品所能支持的频谱资源还将向 L 波段进一步扩展，相较于 C 波段，频谱宽度将提升 175%（C+L 波段共 11THz 频谱宽度），单纤传输容量将达到 96T（80 波 1.2T）。随着系统容量的持续提升，在为客户提供充足的带宽资源的同时，还能够帮助客户不断缩减建网成本。

2020 年 3 月 31 日，在中国移动第十三期跨省干线的中标公示中，中兴通讯获得了西部区域平面的全部份额。在中移西部环网络中，中兴通讯采用了 C++ 波段的 200G QPSK 系统，将单波速率提升及频谱宽度扩展有效结合，相较于传统

的 80 波 100G 系统，单纤容量提升 1 倍。该网络覆盖 19 个省份，链路总长度达 53,828 公里，建成后将成为全球规模最大的 100G/200G OTN 商用网络，满足中国移动西部省际干线在 5G 时代的海量业务承载需求。

3.2.2 新型全光交叉 OXC 平台，实现光层业务灵活疏导

在网络云化时代，城域核心节点的流量激增，不仅对带宽资源的需求显著增大，同时由于业务具有更高的动态特性和不可预测性，因此对光传输网灵活性的要求也明显增强。随着城域网络逐渐采用 Mesh 组网架构，要求光传输网必须具备多维度的业务调度和控制功能。

目前主流的光层业务调度技术是可重构光分插复用技术（ROADM）。基于 ROADM 设备可实现波长级业务智能快速调度，其核心器件是波长选择光开关（WSS）。WSS 可使光路系统的任意波长被分配到任意路径，从而实现光层波长级业务灵活疏导。通过将 WSS 与放大器、分光器、耦合器等相结合，以搭积木的方式即可实现不同维度、不同类型的 ROADM 站点，适配不同的应用场景。基于 ROADM 技术虽然可以实现灵活的业务调度，但是其缺点也非常明显。随着 ROADM 站点维度的提升，内部连纤将呈现指数级的增长，会给现场操作人员带来巨大的挑战，影响工程开局效率，导致光纤错连，大大增加客户 OPEX 成本。

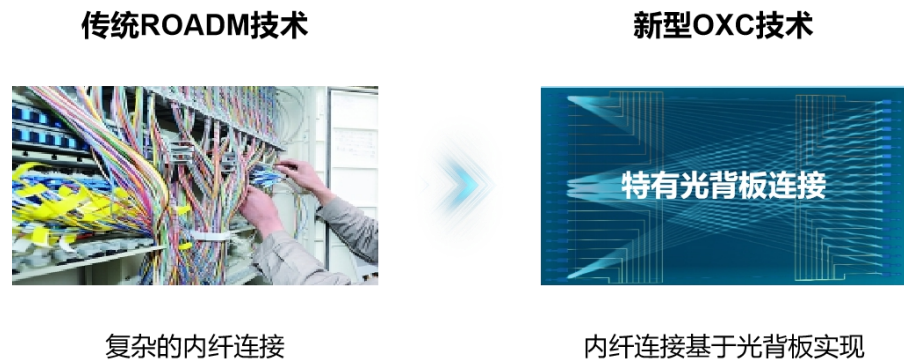


图 3-5 中兴通讯新型 OXC 技术

为解决传统 ROADM 技术面临的问题，中兴通讯推出了新型 OXC 光交叉平台。OXC 系统支持 32 维光方向业务的灵活调度，光交叉容量超过 1000T，可实现扁平云化城域核心网络 full-mesh 快速连接及光层一跳直达，满足时延敏感型业务的需求。OXC 系统所涉及的关键技术及其核心亮点如下。

- 1) 采用光纤编织技术，固化 ROADM 内部连纤形成全光背板，实现“0”内纤连接。结合高速光连接器和自动插拔技术，可实现插板即连纤，极大的提升了设备易用性。先进技术及器件的应用，使得业务开通时间从周级降至小时级，显著降低客户运维压力。
- 2) OXC 单板集成 WSS、放大器、光线路保护、OTDR、OSC 等诸多模块，单块板卡即可实现一个线路维度所有的光层功能，从而大大提升了设备集成度。相比传统 ROADM 单板，最多可以节省 80%的机房空间，降低 70%的功耗。同时基于功能强大的 OXC 单板，可实现 OXC 网络规模的便捷扩张。
- 3) 通过光标签技术对各波道信号进行标识，可实现对 OXC 系统内成百上千条波道信号的端到端追踪及智能化管理，从而有效防止错连，提高系统可靠性。

总的来说，中兴通讯的新型 OXC 系统，能够满足多维度大容量的城域核心节点业务快速开通、灵活调度的要求，具备低功耗、易维护、高可靠性等优势，极大提升初期建网、设备开通和后期运维的效率，降低运营商的整体投资。随着网络的发展和 OXC 技术的应用，高维度的 OXC 节点需求会进一步增长，目前中兴通讯已实现 32 维 OXC 的商用部署，未来还会向 40 维+ OXC 升级演进，以满足更多方向业务的灵活调度需求。

在 2020 年中国移动第十三期集采项目中，中兴通讯除了率先引入 C++ 波段用于业务传输之外，还首次部署了基于 C++ 波段的 32 维 OXC 平台用于实现各节点之间灵活的业务疏导，就当前业界推出的方案来看，仅有两个厂家具备此实力。随着后续中兴通讯更高维度 OXC 设备的出现，将能为中国移动编织一张更加庞大、更加灵活的 full-mesh 网络。

3.2.3 业内最大单子架电交叉容量，完成精细化电层业务调度

光交叉技术可以实现波长级的业务疏导，在功耗、成本、交叉容量等方面相较电交叉技术有明显优势，但是无法实现电层小颗粒业务的灵活调度。电交叉技术能够实现更加精细化的颗粒调度，但随着电交叉设备容量的不断提升，所面临的设备功耗、机房供电、散热等方面的压力也愈发明显。因此将两者有机结合，取长补短，构建一个超大容量光电混合交叉系统，已成为未来的发展趋势。

超大容量OTN设备，单槽位2T背板



图 3-6 中兴通讯业内最大 128T OTN 电交叉平台

在 OTN 电交叉领域，中兴通讯是业内最早实现 64T 单子架商用的厂家。目前中兴通讯推出的新一代超高集成度、超大容量及超低功耗精品电交叉平台，其核心亮点如下：

- 1) 支持 2T 单槽位背板带宽及 128T 单子架交叉容量，引领业界之最。
- 2) Framer 集成了 FIC (Fabric interface chip) 的功能，相较于业界其他厂商 Framer 和 FIC 分离的方式，节能降耗超过 50%。
- 3) 可构建 ODUk/PKT/VC 统一交叉平台，适应未来设备融合的发展趋势。作为业务综合承载平台，可实现 2Mbps~400Gbps 任意速率业务灵活接入、高效承载，支持 SLA 服务等级按需随选。

未来中兴通讯 OTN 产品的性能将持续迭代提升，为城域及骨干网核心节点的海量业务调度提供更大容量的电交叉平台。

同时为了进一步提升业务承载的效率及业务调度的灵活性，中兴通讯正积极推动 OSU 标准的制定，并推出了 Pixel OTN 方案。该方案通过采用 OSU 精细

化颗粒，可以简化业务处理过程，减少单板类型，降低 60%的空间和功耗，有效节省客户的 TCO。基于 Pixel OTN 方案，还能够实现带宽按需无损调整，保障带宽资源得到充分利用，为各类企业提供高品质连接及高价值服务。中兴通讯 E-OTN 2.0 产品能够支持 OSU 功能的平滑演进，引领高效业务承载的发展方向。

从现阶段来看，中兴通讯 64T 超大容量电交叉子架已广泛部署商用，实现了针对大量不同颗粒度业务快速准确、灵活便捷的调度。如 2020 年初，广西移动携手中兴通讯商用部署了业界超大容量光电混合交叉 OTN+OXC 系统。该系统部署于省干长途平面的六个核心调度站点，采用了 64T 单机柜电交叉子架及 OXC 光交叉平台，显著提高了网络部署和运维效率。在未来无论是子架本身的容量，还是所支持的业务颗粒种类都可以平滑升级拓展，以满足中长期网络容量增长及新型业务颗粒调度的需要。

3.2.4 业内最强无阻电交叉集群，满足单站点超大规模业务调度需求

在提升单子架交叉容量的同时，中兴通讯还推出了超大容量电交叉集群解决方案，即通过将站点内多个独立的 OTN 设备相互连接，形成共享资源池，满足多维度、大容量的业务调度需求。

事实上，如果单纯提升 OTN 单子架交叉容量，会面临比较明显的技术上的瓶颈。一方面单子架的槽位数毕竟是有限的，无法满足多个方向、多层网络聚合带来的大量业务端口数量的需求；另一方面随着单子架交叉容量及背板带宽的快速提升，设备的功耗密度也持续增大，过大的功耗密度将给客户机房的制冷系统带

来巨大的压力。而基于集群的解决方案，不仅能够提供更多的业务槽位，同时有效分担了节点功耗，降低了功耗密度，解决了大容量电交叉 OTN 设备的容量增长和可部署性之间的矛盾。

中兴通讯具备 192T 超大交叉容量集群系统，交叉能力业内最强，后续还能向 384T 平滑升级演进。中兴通讯的集群系统采用了全无阻的电交叉方案，相较于其他厂商有阻的方案，无阻电交叉集群能够更加有效地应对网络的突发业务调度需求，保证业务调度的灵活性，便于业务的开通和维护。

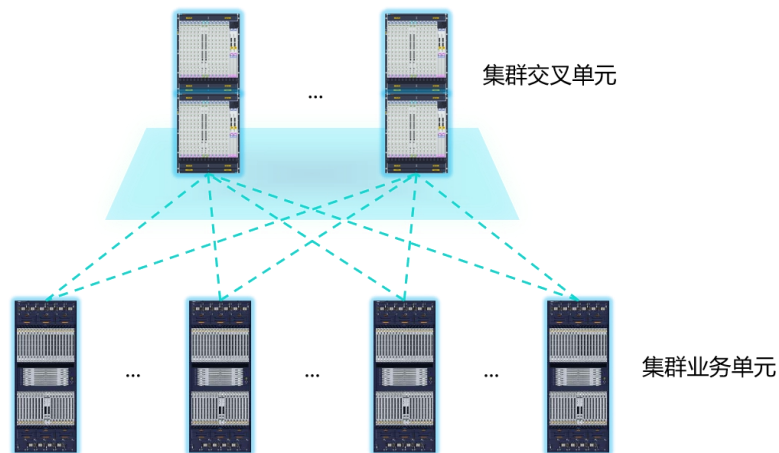


图 3-7 中兴通讯“M+N” OTN 集群系统架构

中兴通讯典型的集群系统架构如图 3-7 所示，由 M 个中央交叉子架和 N 个业务子架组成，最大能够支持“3+12”的系统模型。在集群系统中 OTN 子架的数量可以平滑增加，OTN 子架的交叉容量可以平滑升级。采用集群方案的优势主要体现在如下几个方面：

- 1) 槽位、板卡及端口资源池化，可根据不同方向的业务需求灵活调配。每个业务子架可仅放置一个方向的板卡，不同方向之间的业务调度通过中央交叉子

架实现，可以降低业务规划及维护的难度。

- 2) 带宽资源池化，业务单板带宽可共享，能够节省单板数量，减少客户投资。
不同业务子架可以互相使用各自的支路板和线路板带宽，且业务子架之间的业务调度无需占用额外子架槽位及业务单板，从而能够充分利用业务单板的带宽资源，提升业务配置的灵活性和可扩展性。
- 3) 集群系统的可靠性高，有效提升了业务的生存能力。集群系统能够提供子架级保护功能，在合理的业务规划情况下，可以抗子架级故障，保证业务不受损。通过共享整个集群池的冗余资源作为恢复资源，可以轻松应对单板级别的故障。
- 4) 降低子架功耗密度，提升机房空间效率。OTN 集群采用分布式架构，站点的功耗分布于多个子架上，可以降低子架功耗密度，将单个子架功耗控制在 7KW 以内，满足客户机房动能、制冷等配套系统的部署要求。在功耗均担后，单子架功耗不超过 1 万 W，设备仍可连续布放，无需间隔布放，仅增加了少量中央交叉子架的布放空间，空间效率接近 100%。

总的来看，中兴通讯推出的 OTN 集群方案采用了资源池化设计，系统交叉容量可平滑扩展升级，槽位、单板及业务端口的利用率可达到最大化，能够满足未来 Mesh 化网络多维节点电层调度的需求以及机房供电等条件限制。该方案一经推出，即获得业界的普遍认可。

目前，深圳正在积极推进深港澳信息基础设施互联互通和共建共享，打造低延时、高可靠、广覆盖的大湾区互联网络。为响应这一号召，深圳电信联合中兴

中兴通讯在城域网络多个核心节点部署了业界首个 400G OTN 集群方案。该方案支持单站点 128 个业务槽位，64T 交叉容量，能够满足 SDH 退网带来的大量小颗粒业务无阻交叉调度的需求，可以有效支撑 5G、千兆宽带及政企专线等业务的高速高品质互联。

3.3 新智能：AI+SDN 管控系统，打造开放、智慧光网络

如今业界已达成共识，通信网络正在从服务于人，走向服务于整个数字化社会。随着 5G 网络建设的展开，垂直行业新型应用场景不断出现，业务需求千差万别。如何高效匹配新业务的需求，保证新业务快速部署上线，直接关系到运营商网络的市场竞争力。同时新业务的随机性、突发性、多变性也让业务的管理控制更加复杂，而光网络本身由环网向 Mesh 化网络的演进，组网复杂度的提高，也导致运营商运维成本的持续增长。总之，业务部署的实时化、网络运维的复杂化、管控需求的精细化，导致传统的以人为本的网络管理模式越来越难以适应网络发展的要求，网络运维向智能化的方向进化已经成为必然趋势。

面对网络智能化、业务多样化的诉求和挑战，中兴通讯推出了业界领先的基于“SDN+AI+大数据分析”的智能管控系统。该系统作为 E-OTN 2.0 智宽新光网的重要组成部分，能够帮助运营商构建智能、弹性、开放、可靠的光传输网络。E-OTN 2.0 智能管控系统具备超强的管控能力，拥有 30 万等效网元的管理能力。该系统采用 B/S 微服务架构，支持集中云化部署，能够按需弹性扩容，节省了运营商的初期建设成本和后期维护成本。

E-OTN 2.0 智能管控系统拥有丰富的标准化南北向接口，与上层应用对接方便，能够快速实现业务创新，完成业务部署，帮助运营商快速实现管道变现。同时基于云原生 SDN 平台，在网络规划、业务部署、运维保障、评估优化的整个业务生命周期进行了性能的全面优化提升，降低了运营商网络运维的复杂度及成本，提供了优质的用户体验。

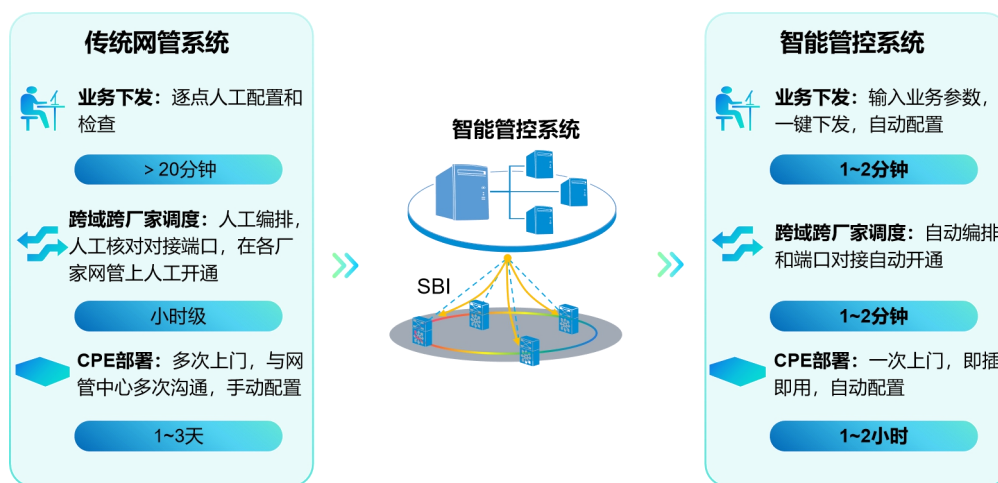


图 3-8 E-OTN 2.0 智能管控系统快速实现业务部署

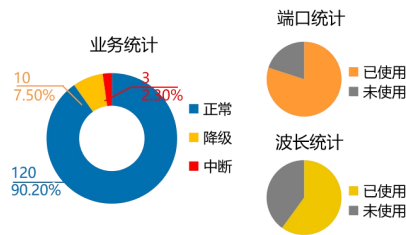
在业务部署方面，E-OTN 2.0 智能管控系统采用了多种举措提升了业务发放的效率，增强了运营商的市场竞争力，有助于运营商营收的增长。

- 1) **业务配置和下发:** 对于传统网管，需要逐点配置，并由操作人员人为检查，耗时长、易出错。而对于 E-OTN 2.0 智能管控系统，仅需输入简单的业务参数，即可自动完成业务配置和校验，业务下发时间缩短到 1~2 分钟，显著提升了业务开通效率，且避免了人为因素所导致的配置错误。
- 2) **跨域跨厂商业务调度:** 在传统网管情况下，需要由操作人员去核对异厂商对接端口，并在各厂商的网管上由人工分段完成业务开通。而 E-OTN 2.0 智

能管控系统，通过编排系统就能实现自动编排和异厂家端口自动对接，从而将跨域跨厂商的业务调度耗时从小时级降至 1~2 分钟。

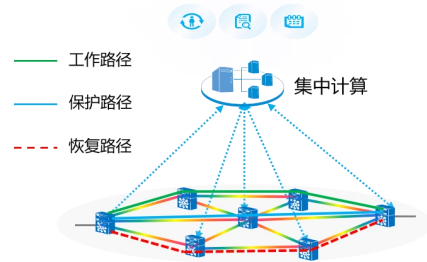
- 3) 政企专线业务所需的 CPE 设备部署：传统方式需要调试人员多次上门，与网管中心反复沟通，并手动完成业务的配置，设备开通往往需要几天的时间。而 E-OTN 2.0 智能管控系统提供了 CPE 即插即用自动上线功能，由调试人员一次上门完成硬件安装及设备通电，即可通过软件协议实现业务自动开通，耗时仅 1~2 小时。不仅节省了调试人员的上站成本，同时显著减少了设备开通时间。

网络资源可视化



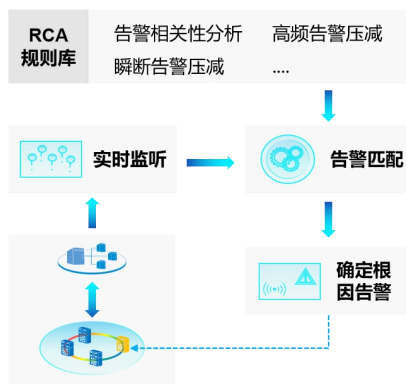
实时显示全网链路资源状态及波长/端口利用率等信息

丰富的保护恢复策略



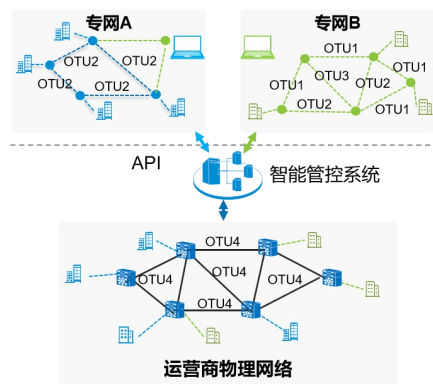
抵抗多次故障，保证业务正常运行，减少紧急维护

告警根因分析



根据接收的告警信息及分析规则进行智能根因分析

光虚拟专网OVPN



通过网络切片划分专网，部分运维工作由用户自助完成

图 3-9 E-OTN 2.0 智能管控系统高效可靠运维辅助功能

在网络运维方面，E-OTN 2.0 智能管控系统实现了自动化主动运维，能够帮助运营商提前规避网络中的风险，提升业务的可靠性，提高运维效率，降低运维支出。E-OTN2.0 智能管控系统典型的智能化运维辅助功能包括如下几个方面：

- 1) 可视化资源视图：能够实时显示全网链路资源状态、波长/端口的利用率信息等。也可根据客户选择的目标，如链路、站点等，针对性地显示相关资源的使用情况。结合收集到的全网资源信息，可自动预测分析关键节点的资源瓶颈，为后续的网络扩容提供精准指导。
- 2) 多样化业务保护和恢复方式：结合集中式的算法单元以及丰富的路由策略，可以实现光、电交叉统一调度、协同保护，为客户的业务提供不同等级的安全服务。基于智能化的管控平面及 Mesh 化的网络，可实现资源自动发现、业务自动重路由等功能，能够抗多次故障，业务可靠性可达 99.999%。
- 3) 智能化告警根因分析：基于 AI 和大数据分析，能够帮助维护人员快速找到故障的根因，省去了人工层层分析排查的过程，故障定位时间减少 85%。同时通过不断丰富故障诊断规则库，积累故障诊断经验，还能降低运营商运维培训的成本。
- 4) 光虚拟专网 OVPN：基于智能管控系统可以将网络资源抽象化，运营商可根据用户或应用需求，对抽象资源进行切片划分，形成不同的虚拟网络，实现网络资源的充分利用。用户还能基于虚拟网络进行自助服务，实现业务自助调整，自助维护。不仅优化了用户体验，还减少了运营商的运维工作量。

中兴通讯 E-OTN 2.0 智能管控系统以服务于客户和业务为导向,全面提升了用户体验,丰富了行业应用,增加了运营商的盈利模式,提升了运营商的盈利能力。未来 E-OTN 2.0 智能管控系统将进一步深度融合 AI 及大数据技术,通过 AI 算法实现对光网络的精准设计,创建更加智能、便捷、高效、可靠的光传输网络,带来更加友好的用户使用体验。

2019 年,中兴通讯依托智能管控系统,助力宁夏联通构建了开放的省本一体化管控平台,推动了业务创新,打造了智能化精品 OTN 网络。中兴通讯的智管控系统支持对省干、本地网业务的统一管控,便于实现多厂家组网情况下业务的统一调度。基于集中管控的方式,可实现端到端业务的快速发放,分发时间由几小时缩减至分钟级。通过引入故障分析、告警相关性分析等技术,大幅提升网络的智能化运维能力。结合周期性巡检、网络预测等方案,降低了网络的潜在风险。在 2019 年上海世界移动通信大会期间,宁夏联通和中兴通讯携手打造的《SDON 方案》荣获“最佳 5G 网络解决方案奖”。

2020 年,中兴通讯首家完成中国移动组织的 CPE HUB OTN 开放场景测试,成功实现了异厂家端到端业务开通和业务汇聚场景下的管控解耦,满足了中国移动灵活开放的组网需求,提升了网络部署效率,对后续 CPE OTN 异厂家端到端业务部署具有积极的指导意义。

4 全球实践及未来展望

中兴通讯已在 WDM/OTN 领域探索和耕耘了 20 多年,积累了丰富的技术经

验，拥有深厚的技术底蕴和强大的技术创新能力。E-OTN 2.0 智宽新光网能够全面满足 5G 时代各行业应用场景的业务传输需求，致力于为运营商打造超宽、灵活、智能、便捷的全光传输网络，实现网络价值的最大化，提供优质的用户体验。

凭借着技术和方案的优势，中兴通讯与全球主流运营商展开了广泛的合作，光网络产品已在全球大规模商用部署。截至目前，中兴通讯 100G/超 100G OTN 网络全球实践已超过 600 个，包括中国移动、中国电信、中国联通、Telefonica、VEON、MTN、韩国 LG U+、泰国 true、越南 Viettel、印度 Vi 等。

根据 Omdia 的最新报告，中兴通讯在全球 WDM 市场的份额排名位列全球前三，在 OTN Switching 市场的份额排名为全球前二。在 GlobalData 最新的产品评级报告中，中兴通讯 ZXONE 9700 产品保持在“核心分组-光传送”及“城域分组-光传送”类别的“Leader”地位，ZXMP M721 产品保持在“接入分组-光传送”类别的“Very Strong”地位，均处于业内领先水平。

“精诚服务，凝聚客户身上”是中兴通讯一直秉承的宗旨。未来，中兴通讯将持续加强 WDM/OTN 领域的研发投入，不断推动光网络相关技术的创新升级。中兴通讯将积极迎接 5G 时代的浪潮，与全球运营商建立更加亲密的合作关系，共同构建“极速超宽”、“高效承载”、“智能便捷”的智宽新光网，共创人类社会的美好未来。

5 术语及缩略语

表 5-1 术语及缩略语说明表

英文缩写	英文全称	中文全称
ICT	Information and communications technology	信息与通信技术
eMBB	Enhanced mobile broadband	增强移动宽带
uRLLC	Ultra reliable & low latency communication	超高可靠与低延迟通信
mMTC	Massive machine type of communication	海量机器类通信
DCI	Data center interconnect	数据中心互联
MEC	Mobile edge computing	移动边缘计算
SDO	Software-defined optical	软件定义光
OXC	Optical cross-connect	光交叉连接
SDN	Software defined network	软件定义网络
ROADM	Reconfigurable optical add / drop multiplexer	可重构光分插复用器
WSS	Wavelength selective switch	波长选择开关
OTDR	Optical time-domain reflectometer	光时域反射仪
OSC	Optical supervisory channel	光监控信道
SBI	Standardized southbound / northbound interface	标准化南北向接口
CPE	Customer premise equipment	客户终端设备
RCA	Root cause analysis	根本原因分析
OVPN	Optical virtual private network	光虚拟专网
API	Application programming interface	应用程序接口