

# 50G-PON技术与应用



## Technologies and Applications of 50G-PON

张宏熙/Zhang Hongxi, 孙砚峰/Sun Yanfeng,  
傅华明/Fu Huaming

(中兴通讯股份有限公司, 中国 深圳 518057)  
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.202602009

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/34.1228.TN.20260430.1011.002>

网络出版日期: 2026-04-30

收稿日期: 2026-01-25

**摘要:** 结合技术标准与产品研发实践, 分析了50G-PON的物理层、低时延等关键技术。针对现网部署需求, 探讨了从10G-PON向50G-PON平滑演进中的时分复用技术与兼容性升级方案。基于高带宽、低时延特性, 分析了50G-PON在宽带接入、无线回传、工业控制等场景中的应用。指出50G-PON作为第3代PON技术, 是构建“泛在万兆全光网”的关键支撑。

**关键词:** 50G-PON; 时分动态带宽分配; 低时延; 单帧多突发

**Abstract:** Based on technical standards and product development practices, key technologies of 50G-passive optical network (50G-PON), including physical layer and low latency techniques, are analyzed. Addressing the requirements of existing network deployment, time-division multiplexing and compatibility upgrade solutions for the smooth evolution from 10G-PON to 50G-PON are explored. Leveraging the high-bandwidth and low-latency characteristics, applications of 50G-PON in scenarios such as broadband access, wireless backhaul, and industrial control are discussed. As the third-generation PON technology, 50G-PON is identified as a key enabler for constructing the "ubiquitous 10-gigabit all-optical network".

**Keywords:** 50G-PON; time-division-multiplexing dynamic bandwidth allocation; low latency; single frame multiple burst

**引用格式:** 张宏熙, 孙砚峰, 傅华明. 50G-PON技术与应用 [J]. 中兴通讯技术, 2026, 32(2): 56-62. DOI: 10.12142/ZTETJ.202602009

**Citation:** Zhang H X, Sun Y F, Fu H M. Technologies and applications of 50G-PON [J]. ZTE technology journal, 2026, 32(2): 56-62. DOI: 10.12142/ZTETJ.202602009

## 1 无源光接入技术演进

无源光网络 (PON) 是一种基于点到多点 (P2MP) 拓扑结构的光纤接入技术。其光分配网络 (ODN) 由纯无源光器件构成, 无需供电, 具备抗电磁干扰能力强、环境适应性强、部署灵活、易于扩展等优势, 广泛应用于宽带接入网、政企专网及工业互联网等领域。

自21世纪初以来, PON技术历经3代发展:

1) 第1代: 以千兆无源光网络 (GPON) 和以太网无源光网络 (EPON) 为代表, 自2005年起实现商用, 支持百兆级到千兆级带宽接入, 推动了“光进铜退”的网络转型。

2) 第2代: 以10G无源光网络 (XG(S)-PON) 和10G-EPON为主, 自2010年开始试商用, 现已进入大规模部署阶段, 提供1 Gbit/s以上带宽, 支撑4K/8K超高清视频、虚拟现实 (VR)/增强现实 (AR) 等高带宽业务的发展。

3) 第3代: 即50G-PON, 单波长速率提升至50 Gbit/s, 是10G-PON的5倍, 同时具备更低时延、更高安全性和更强的业务承载能力。50G-PON已于2025年启动试商用,

2026年起进入批量部署阶段。

目前, 业界已启动对第4代PON技术的预研, 200G-PON被视为下一代光接入网络的重要演进方向。如图1所示, PON技术大约每8~10年完成一次代际升级, 持续推动接入网向“泛在万兆”演进。

50G-PON的标准主要有电气与电子工程师协会 (IEEE) 和国际电信联盟电信标准化部门 (ITU-T) 两大标准体系。IEEE定义的是 $N \times 25G$ -EPON技术, 采用双波长绑定方式实现50 Gbit/s传输速率; ITU-T定义的是单波长50G-PON。其中, ITU-T定义的单波长50G-PON已被多数运营商接受, 成为10G-PON之后的主流方案<sup>[1-4]</sup>。

## 2 50G-PON关键技术

### 2.1 物理层技术

图2展示了50G-PON的物理层架构。与10G-PON类似, 光线路终端 (OLT) 和光网络单元 (ONU) 均配备光发射组件 (TOSA) 与光接收组件 (ROSA), 分别用于光信号的发

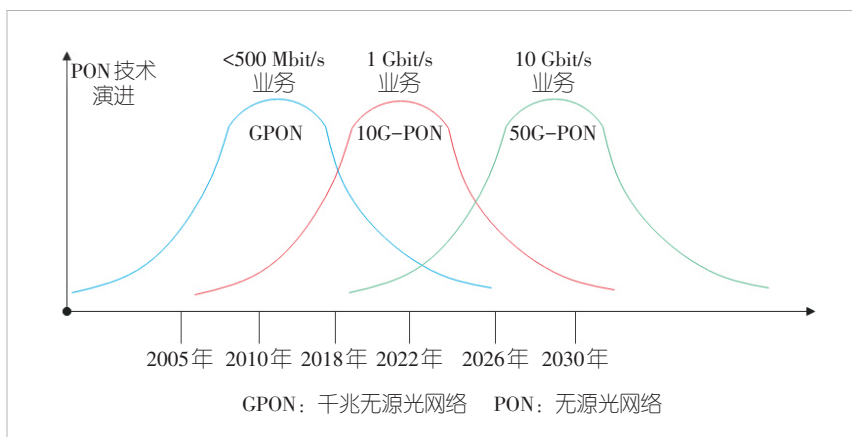


图1 PON技术演进趋势

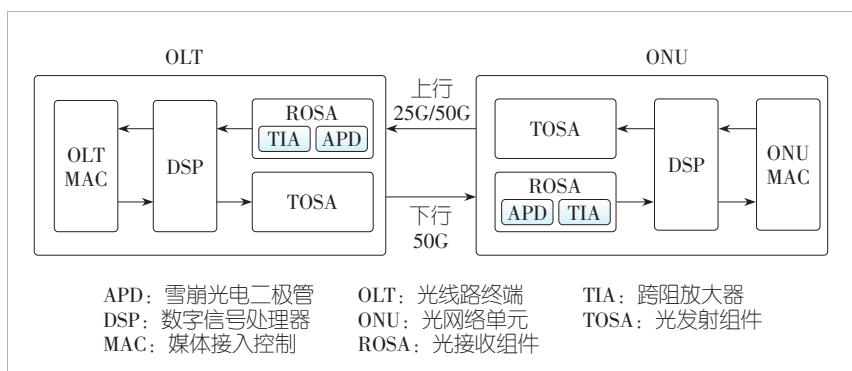


图2 OLT和ONU物理层组网

送和接收。其中，ROSA包含雪崩光电二极管（APD）和跨阻放大器（TIA），支持突发接收；TOSA需支持突发发送，尤其是在上行方向。

相较于10G-PON，50G-PON的速率提升了5倍，但其链路色散容限仅为前者的1/25，导致信号失真加剧，对接收灵敏度提出了更高要求。在应用方面，50G-PON需与10G-PON的光功率预算对齐（通常为32 dB）。为此，50G-PON引入了数字信号处理（DSP）技术，其功能主要包括：1）信号均衡：补偿高速信号在光纤中传输产生的畸变；2）前向纠错（FEC）：提升误码容忍能力，保障链路可靠性。

在APD器件方面，存在两种技术路线：1）锗硅（GeSi）体系：工艺成熟，成本可控；2）锑化物（Sb-based）体系：在高增益下具有更低暗电流，理论灵敏度更优，但制造难度较大，尚未实现大规模商用。

### 2.2 灵活的FEC

50G-PON采用低密度奇偶校验码（LDPC），替代传统GPON/XG(S)-PON所使用的里德-所罗门（RS）码。LDPC具备更强的纠错能力，可在高误码率环境下恢复原始数据，是实现32 dB功率预算的关键支撑技术，通常集成于

DSP芯片中。

根据ITU-T G.9804.2标准，50G-PON定义了3种上行的LDPC编码模式，分别适用于不同场景，具体如表1所示。

该机制支持按ONU粒度动态调整上行FEC编码类型：1）对于链路质量好、带宽需求高的ONU，可启用高吞吐率模式以提升有效带宽；2）对于链路劣化或远距离ONU，则切换至高开销模式以增强容错能力；3）默认工作于缺省模式，兼顾性能与效率。

下行FEC通常以PON口为单位统一配置，也可结合网络负载进行灵活扩展。

### 2.3 低时延技术

针对上行低时延需求，50G-PON重点引入了单帧多突发（即单帧多Burst）技术。具体来说，对于时延敏感的业务，OLT在125 μs（GPON帧周期）的时间片内等间隔地为ONU进行多次带宽分配。由于每两个突发之间的间隔显著减小，时延也随之大幅降低。

PON网络由于存在动态带宽分配（DBA）调度机制，上行方向会引入较大的时延和时延抖动。为缓解该影响，传统GPON和XG(S)-PON通常采用免开窗技术（即ONU正常上线后关闭发现窗口，以避免引入时延抖动），或减小DBA调度周期。如果将调度周期减小至125 μs，时延抖动可控制在100 μs级别，这即为单帧单突发技术。由于每个业务突发都需要消耗额外的突发开销（包括前导码和保护时间，用于每个突发的信号恢复以及避免前后两个突发重叠），通常需要几百纳秒。而传统GPON或XG(S)-PON带宽有限，因此一般情况下每个125 μs的周期内只传送一次业务。

相比10G-PON，50G-PON将带宽提升了5倍，从而使单帧多突发成为可能，也为低时延业务的传送带来了更多可能性。图3展示了单帧2突发的场景，每个ONU的业务每隔

表1 LDPC算法差异

算法类型	开销占比	纠错效果	应用场景
高吞吐率	8%	较差	吞吐率要求高,线路质量较优
缺省	15.6%	较好	普通的应用场景
高开销	24%~35.3%	最好	吞吐率要求不高,线路质量较差

LDPC: 低密度奇偶校验码

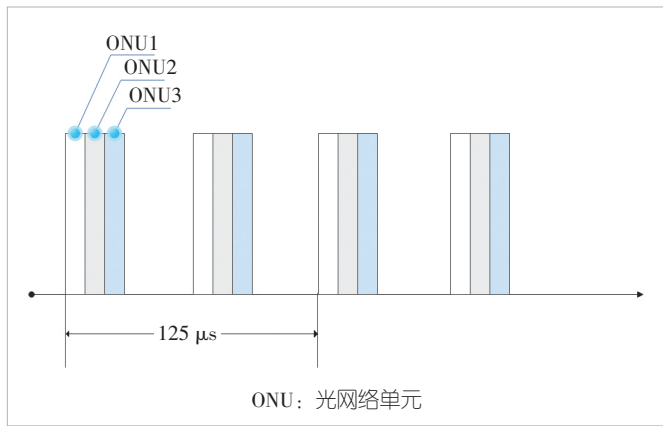


图3 单帧2突发场景

62.5 μs 传送一次，传送时延约为 62.5 μs。根据 ITU-T G.9804.3 标准，50G-PON 的突发开销范围为 205.8~823.1 ns<sup>[3]</sup>。假设 50G-PON 设备突发开销为 500 ns，如果采用单帧 8 突发技术，那么在 8 ONU 的情况下，64 个突发开销占用的时间片总额为 32 μs。剩余可用于传送业务的带宽为 37 Gbit/s，扣除 FEC（按缺省 LDPC 码型）开销后，净带宽为 30 Gbit/s。因此，在该组网场景下，能够在提供 15.6 μs 时延能力的同时，传送 30 Gbit/s 的业务流量。

为更好地支持低时延需求，50G-PON 技术还引入了专用激活波长（DAW）、协同动态带宽分配（CoDBA）等技术。采用专用激活波长技术时，ONU 在专用波长上进行注册激活，业务波长不再进行注册开窗，从而减少因注册开窗带来的传输时延。CoDBA 通过 OLT 与上层业务系统（如 5G 基站）之间的协同调度，实现带宽资源的预测性分配。例如，在无线回传场景中，基站可提前通知 OLT 终端数据的到达时间，OLT 据此为 ONU 预留带宽，实现“即到即发”，大幅减少排队等待时延<sup>[5]</sup>。

### 2.4 安全技术

50G-PON 继承了 10G PON 已有的安全技术，包括净荷加密、ONU 接入认证、PON 层光纤保护（Type B、Type C、Type D 保护）等。新一代 50G-PON 进一步增强了加密算法的强度：无论是净荷加密还是完整性校验，相关算法均由原有的 AES-128 升级为 AES-256，并新增支持 SM4、Camellia-128、Camellia-256 等加密算法。其中，国密算法 SM4 成为必选项<sup>[2]</sup>。加密性能的提升有助于满足政企应用的合规性要求，同时也显著增强了设备的数据保密性与防篡改能力。

基于 PON 层的低时延控制技术与设备层面的刚性管道技术，50G-PON 网络能够提供增强的端到端业务切片功能，实现业务的硬隔离。尤其在工业与政企应用场景中，通过将生产网络与其他管理、办公网络部署于不同切片，从 OLT 到 ONU、从物理层到业务层均可实现有效隔离。这种立体纵深的防御机制不仅保障了低时延性能，还提升了网络安全性，避免了不同业务之间的相互干扰及潜在攻击。

## 3 基于原有 PON 网络的平滑演进

考虑到 ODN 网络建设成本高、周期长，50G-PON 必须支持与现有 GPON/XG(S)-PON/EPON 系统的共存，实现“一次部署、长期演进”。

### 3.1 GPON/XG(S)-PON 共存方案

从 PON 技术波长分布图（图 4）可以看出，ITU 标准为 50G-PON 上行波长规定了 3 种选项（Option）。其中，Option 1 和 Option 2 均与 GPON 或 XG(S)-PON 的波长重叠，而 Option 3（1 284~1 288 nm）位于独立波段，无重叠干扰，是实现 3 代 PON 共存的最佳选择。通过部署三模 Combo PON 板卡（集成 GPON、XG(S)-PON 和 50G-PON 功能），可在同一 PON 端口上实现 3 种技术的波分复用共存，无须更换

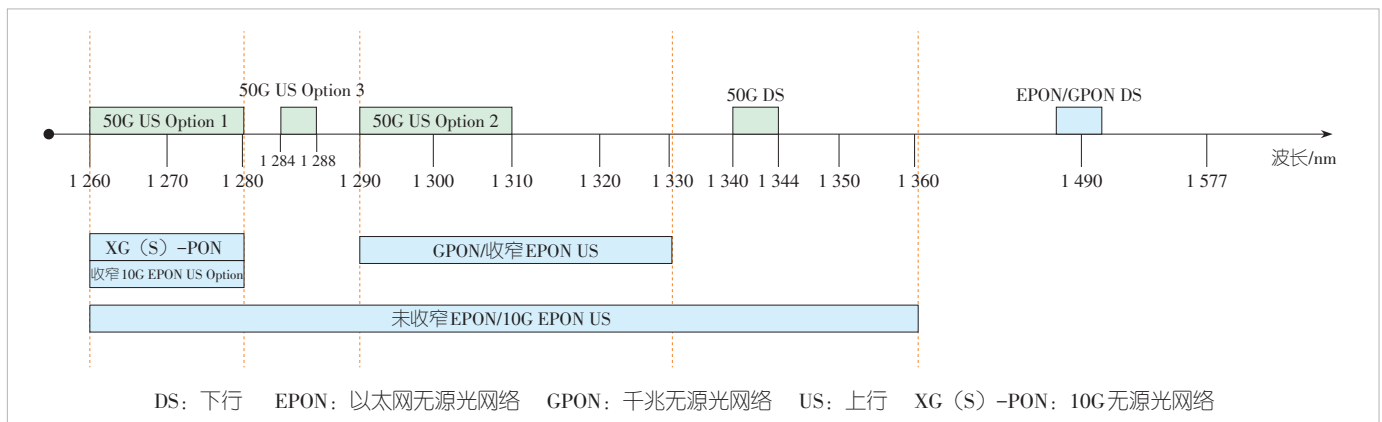


图4 PON 技术波长分布

ODN, 从而平滑升级。

### 3.2 EPON/10G-EPON 共存方案

#### 3.2.1 波分共存方案

与 GPON 相比, EPON 体系的演进具有特殊性。现网中 EPON ONU 有两类上行波长: 收窄后的波长 (1 290~1 330 nm) 和早期的宽波长 (1 260~1 360 nm)。对于仅有窄波长上行的 EPON 场景, 50G-PON 上行只须选用 ITU 标准中的 Option 3 波段 (1 284~1 288 nm), 各代 PON 系统的上下行波长便不会重叠。

宽波长 EPON ONU 的上行波段 (1 260~1 360 nm) 与 50G-PON 的所有上行可选波段及下行波段均重叠, 无法在同一 PON 端口下实现 3 代技术的波分兼容共存。其演进方案主要有两种: 一种是替换现网中的宽波长 EPON ONU。该方案技术难度较小, 但会增加投资成本, 且 50G-PON 的建设进程受限于 EPON ONU 的退网进度。在该方案下, 50G-PON 与 EPON 仍通过波分复用方式实现共存。另外一种方案则是后文提到的时分共存方案。

波分共存方案的一个难点在于, 现网中的宽波长 EPON ONU 需要进行有效检测, 否则波长干扰可能引起 50G-PON 上行或下行业务丢包。这是部署波分共存方案时需要重点考虑的问题, 但目前尚无有效的检测方法。

#### 3.2.2 时分共存方案

实现宽波长 EPON 共存的另一方案是时分方案。该方案面临两个问题: 一是波长如何选择, 二是如何进行时分复用。

##### 3.2.2.1 波长选择

50G-PON 的上行波长仍采用 ITU 定义的 Option 3 波段 (1 284~1 288 nm), 但为避免信号冲突, 需采用时分复用方式实现共存。对于下行方向, 需考虑标准定义的 1 342 nm 波长与非收窄 EPON 上行波长之间可能存在相互干扰, 可选用 1 360~1 430 nm 范围内的波长作为 50G-PON 的下行工作波长。此外, 在该波段内进行波长选择时, 还需避开早期光纤的水峰高损耗点 (约 1 383 nm 附近) 等影响因素<sup>[6]</sup>。

##### 3.2.2.2 时分 DBA

在波长冲突情况下进行时分复用需要依

赖时分 DBA 技术。该技术在统一调度周期的前提下, 将 50G-PON 与 EPON/10G-EPON 的带宽进行统一分配。以固定带宽为例, 如图 5 所示, 在 DBA 调度周期为 500  $\mu$ s 的情况下, ONU4 占用 1/5 的带宽。升级前, 原有的 EPON ONU 可使用 200 Mbit/s 的带宽; 升级为 50G-PON 后, 带宽扩大 50 倍, 可使用 10 Gbit/s 的物理带宽。

在每个带宽分配周期, EPON 和 50G-PON 的带宽依据相同的规则进行统一调度。在带宽分配上, 按照先分配固定带宽、再分配保证带宽、最后考虑尽力而为带宽的原则, 实现 EPON 与 50G-PON 的公平调度。这样既能保证新升级的 50G-PON 用户获得高速接入服务, 又能确保原有 EPON 用户的使用体验不受影响。

时分共存方案虽然能够解决兼容性问题, 但尚不够成熟。运营商和设备厂商正积极推动产业链发展及国际标准落地工作。2025 年, 中兴通讯与中国电信合作, 联合发布了 50G-PON 与宽波长 EPON 的共存方案。该方案采用 1 366 nm 的波长作为 50G-PON 的下行波长, 有效避免了下行波长与宽波长 EPON 上行波长的重叠问题。同时, 上行采用时分 DBA 技术, 在存在上行波长冲突的情况下, 实现了共存与演进的可能<sup>[6]</sup>。

## 4 商用部署落地方案

2026 年起, 50G-PON 在各大运营商的商用部署规模将逐步扩大。在此过程中, 也存在一些关键的技术方案需要统筹考虑。

### 4.1 基于 10G-PON 的割接升级

无论是从 GPON/XG (S) -PON 网络升级, 还是从 EPON/10G-EPON 网络升级, 都需要采用 COMBO 技术。具体而言, 三模 Combo PON 光模块集成了 50G-PON、XG (S) -PON、

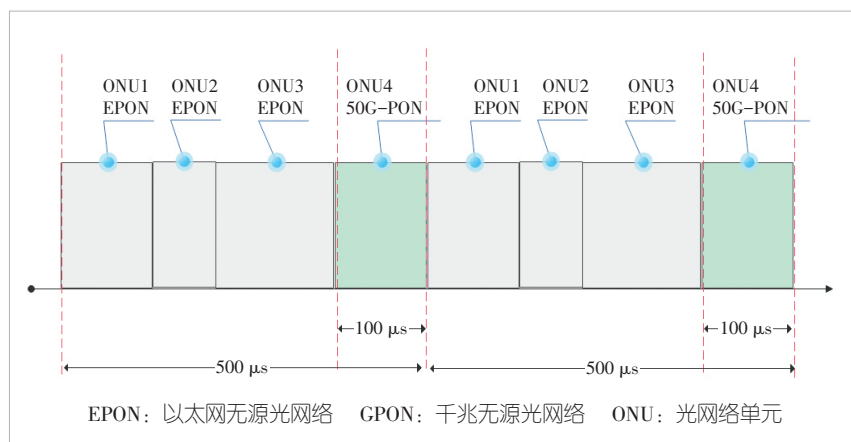


图5 时分动态带宽分配

GPON（或50G-PON、10G-EPON、EPON）的物理层功能，同时COMBO PON板卡集成了3个通道的MAC层功能。在升级过程中，ODN无须改动。升级OLT的COMBO板卡及光模块后，原有终端割接到新板卡上，业务可快速恢复；新的50G-PON ONU业务开通流程前向兼容，用户体验应与原有10G-PON无差别。

特别地，针对EPON体系向50G-PON升级的场景，存在波分和时分两种方案，分别适用于不同场景。对于存在宽波长EPON ONU的网络场景，需采用时分方案。考虑到后续宽波长EPON ONU逐步退网，而波分方案可提供更大带宽，因此需提前规划从时分方案向波分方案演进的路径。OLT侧可通过更换光模块的方式进行升级，也可采用同时支持波分和时分功能的光模块进行提前部署；而ONU侧则建议部署同时支持时分和波分两种下行波长的ONU。

## 4.2 管理和运维

当50G-PON与10G-PON组网时，在管理方面应考虑前向兼容，即升级后10G-PON网络的管理能力及管理接口应与原有网络对齐，而50G-PON的管理能力及管理接口也应在10G-PON的基础上先对齐，再新增50G-PON特有的部分。

在运维诊断方面，需要考虑引入数字信号处理器（DSP）后的影响。例如，均衡能力的提升增加了系统的复杂度，同时也需要考虑更多的故障引入点。此外，DSP的引入带来了一些链路质量分析的新方案，可以通过更靠近物理线路的环节对接收信号进行智能分析，以便更有效地对线路故障进行定位。

其他需要考虑的方面还包括：引入EPON时分方案后，由于带宽分配方案较为复杂，管理层面对50G-PON与10G-EPON/EPON的带宽进行统一折算，以避免带宽分配冲突。此外，在50G-PON与EPON波长重叠的情况下，对于可能存在的流氓ONU，需考虑其会对两个通道均产生影响。

## 5 应用场景分析

### 5.1 超宽带接入

50G-PON应用于家庭宽带接入场景时，主要为家庭客户提供高速上网、视频和语音服务。为满足不断增长的固网带宽需求，特别是4K/8K、AR、Cloud VR等业务（典型带宽需求为每户1~5 Gbit/s），接入网需要更大的带宽。在光纤到房间（FTTR）-H + Wi-Fi 7场景下，主从网关之间采用GPON或10G-PON组网，因此主网关上联OLT的链路采用

50G-PON是必然趋势。

园区或政企接入一般采用FTTR-B技术。对于有大容量业务接入且具备Wi-Fi 7加持的场景，50G-PON是主网关上联的首选方案。

2025年，工业和信息化部发布关于开展万兆光网试点工作的通知。截至2025年底，万兆小区和万兆园区已基于50G-PON完成部署试点。图6（a）展示了典型的FTTR-H应用场景，图6（b）展示了典型的FTTR-B应用场景。针对园区应用，主网关的接入需支持上联保护，图中跨OLT设备的Type B保护是典型的保护应用方案<sup>[7]</sup>。

为保证低时延业务的可靠性，端到端切片是一种非常有效的技术。在如图6所示的FTTR-B场景中，生产网络对时延要求最高，而办公网和管理网对时延要求不高。将办公网、生产网和管理网分别划分到不同的业务切片中，针对时延性能要求高的生产网切片，PON层采用单帧多突发、固定带宽配置等低时延技术，转发面采用刚性管道等硬隔离技术，可以有效避免办公网和管理网对生产网的冲击，从而提升网络的安全性<sup>[7]</sup>。

### 5.2 低时延应用

低时延确定性的应用主要体现在对时延及时延抖动的严格要求，例如远程医疗。为确保手术顺利完成，患者与医生之间的端到端通信时延须小于50 ms，且抖动小于200  $\mu$ s。在工业控制场景中，基本时延要求为8 ms，高生产效率和高精度控制场景下要求时延低于4 ms，而抖动需控制在10  $\mu$ s级别乃至1  $\mu$ s以下。图7展示了工业控制场景下控制端与被控端的典型组网。在PON中，时延抖动的主要瓶颈在于上行DBA所引入的抖动。对于一般应用场景，采用免开窗或专用激活波长的技术可满足200  $\mu$ s的基本抖动控制要求；若要实现100  $\mu$ s以下的抖动控制，则需引入单帧多突发机制；而欲达到微秒级或小于1  $\mu$ s的时延，还需结合时间敏感网络（TSN）及时间同步进行精确控制。

50G-PON凭借其大带宽及低于100  $\mu$ s的时延能力，能够较好地满足移动无线网络对回传网络的技术指标要求。在10G-PON时代，5G回传场景中峰值带宽为3~20 Gbit/s的需求难以得到充分满足；而50G-PON基本不存在带宽压力。此外，在5G回传场景中，还可应用CoDBA技术，在PON网络与5G系统之间实现协同调度，从而有效降低传送时延。

2022年9月，中兴通讯在发布50G-PON样机期间，与中国移动合作，在现网完成了基于50G-PON承载5G小基站回传的外场试点，验证了其支持高带宽、低时延业务的能力。

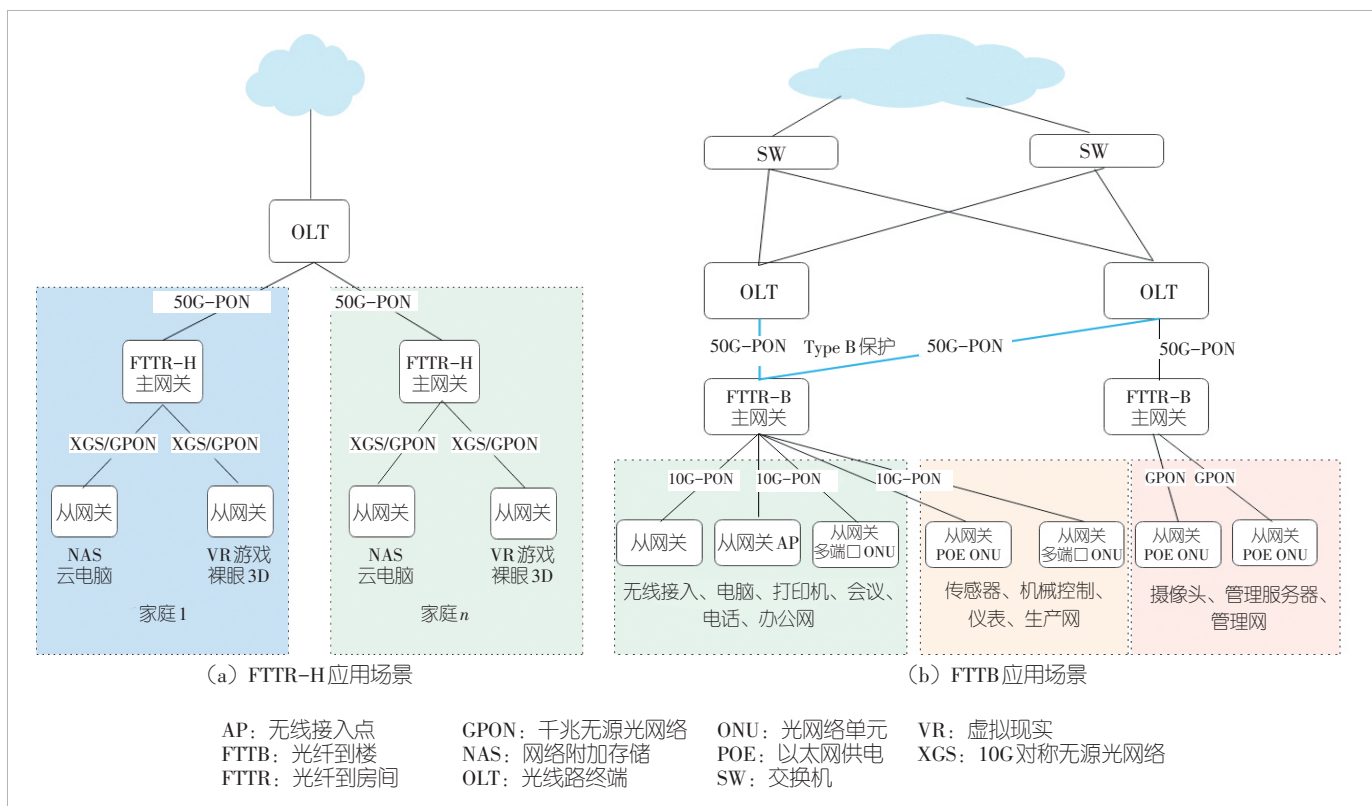


图6 FTTR-H及FTTB的应用场景

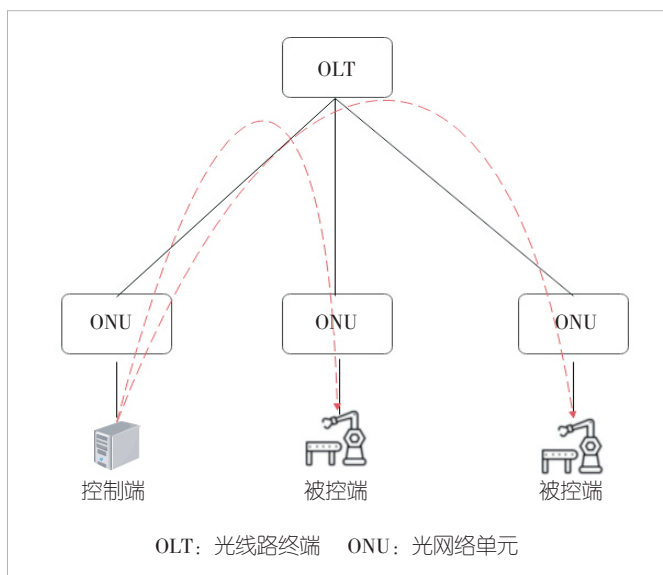


图7 工业控制应用场景

### 5.3 车载应用

随着智能驾驶技术的发展，汽车通信架构正由分布式计算向集中式演进。与此同时，车载传感器的带宽需求不断提升，数量成倍增长。传统的铜介质车载通信系统已难以满足汽车智能化发展的需求。相较于铜传输，光纤传输通信具有

带宽高、传输时延低、抗干扰能力强等优势，使得基于光纤介质的车载通信网络成为发展趋势。在此背景下，PON技术有望成为车载光通信的关键技术之一。其中，50G-PON凭借其高带宽与确定性低时延特性，未来将成为车载PON应用的主要技术方向。

### 5.4 智能化算力网络的接入底座

随着AI大模型、工业4.0等应用的爆发，全球算力需求正以年均30%以上的速度增长。中国信息通信研究院在《算力时代全光网架构研究报告（2024年）》中明确指出，算力网络需具备“大带宽、安全高可靠、确定性低时延、智能服务化”四大核心能力。在此背景下，50G-PON作为下一代万兆光接入技术，正成为连接用户与云端算力的“最后一公里”关键基础设施，推动算力服务从中心向边缘、从云端向终端全面渗透<sup>[8]</sup>。

典型应用场景之一是AI算力服务下沉至OLT。借助50G-PON的大带宽与低时延特性，ONU上的智能应用可快速获取AI算力服务；同时，OLT侧的算力卡与ONU侧的算力主机共同构建高效的算力网络，使50G-PON技术真正成为高效算力网络的接入底座。值得注意的是，基于该50G-PON算力网络，PON网络自身还可获得AI流量感知、AI运

维助手等能力，从而进一步提升50G-PON光接入网服务的稳定性和可靠性<sup>[9]</sup>。

## 6 结束语

50G-PON作为第3代PON技术，凭借单波50 Gbit/s的高速率、微秒级低时延特性以及良好的平滑演进能力，正成为构建“泛在万兆全光网”的关键支撑技术。该技术不仅能够满足超高清视频、云游戏、VR/AR等消费升级场景对带宽的需求，还可深度赋能工业互联网、远程医疗、智能驾驶、算力网络等新型生产性场景，推动光通信从“连接万物”向“智能服务”演进。随着2026年的规模部署，50G-PON将为数字中国与智能化社会构筑坚实可靠的光接入底座。

### 参考文献

- [1] ITU G. 9804.1 Amendment 3 Higher speed passive optical networks-requirements [S]
- [2] ITU G. 9804.2 Amendment 3 Higher speed passive optical networks-common transmission convergence layer specification [S]
- [3] ITU G. 9804.3 Amendment 3. 50-Gigabit-capable passive optical networks (50G-PON): physical media dependent (PMD) layer specification [S]
- [4] 黄新刚, 杨波. 50G-PON 标准进展及关键技术 [J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(3): 72-80. DOI: 10.12142/ZTETJ.202403012
- [5] 张伟良, 黄新刚, 马壮. 基于专用激活波长的低时延50G-PON原理与实现 [J]. 中兴通讯技术, 2022, 28(4): 58-62. DOI: 10.12142/ZTETJ.202204012
- [6] 杨波, 张德智, 刘波. 50G-PON平滑演进的挑战和方案研究 [J]. 中兴通讯技术, 2025, 31(6): 20-28. DOI: 10.12142/ZTETJ.202506004
- [7] 中兴通讯. 50G-PON 技术白皮书 V2.0 [R]. 2023

- [8] 张平化, 王会涛, 付志明. 数据中心光模块技术及演进 [J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(1): 89-98. DOI: 10.12142/ZTETJ.202401015
- [9] 张伟良, 王霄雨, 黄新刚. 基于动态通道绑定的更高速无源光网络 [J]. 中兴通讯技术, 2024, 30(2): 100-106. DOI: 10.12142/ZTETJ.202402014

### 作者简介



**张宏熙**，中兴通讯股份有限公司光接入产品技术总工；主要负责PON领域的技术研究和产品竞争力提升工作；发表论文2篇，获授权专利20余项。



**孙砚峰**，中兴通讯股份有限公司光接入局端产品经理；长期从事光接入产品的研发工作；所负责的PON OLT产品技术创新成果显著，曾获国家科学技术进步奖二等奖。



**傅华明**，中兴通讯股份有限公司有线研究院FM研发中心副主任；长期从事光通信领域的大容量系统设备的研发与产品创新，带领团队在多个重大专项中实现关键技术突破，推动产品竞争力持续提升；获得多项专利授权。