国内外无源光网标准对比分析

陆勇 何晓燕 陆贇 范历
上海市建筑科学研究院有限公司 上海 200032

摘 要 当前无源光网（Passive Optical Network，PON）方案已成为智慧城市及智慧建筑实现千兆互联的重要通信创新技术之一。为更好地支持建筑通信市场发展，实现建筑通信领域技术协同、产业升级、规则互认，本文梳理了PON标准的发展历史及现状，并对国内外PON标准内容进行对比分析，以推动PON技术在国内建筑通信市场的应用，同时也为光通信技术的国际合作与发展提供支撑。研究结果表明，中国和新加坡在无源光网络（PON）技术标准上总体框架一致，但具体应用存在差异。中国标准在工程应用层面要求更细化，如性能、检测标准；而新加坡标准在关键性能技术要求上更具体，如连接、防火、认证。随着PON技术向“光无线协同2.0”阶段发展，国内外标准的融合与互认将促进智慧城市及智慧建筑通信技术的国际化发展。

关键词 PON；建筑通信；标准对比

A Comparative Study on Domestic and International Standards of Passive Optical Networks (PON)

Lu Yong, He Xiao-yan, Lu Yun, Fan Li
Shanghai Research Institute of Building Sciences Co., Ltd. Shanghai 200032

Abstract The Passive Optical Network (PON) has become one of the key innovative communication technologies enabling gigabit connectivity for smart cities and intelligent buildings. To better support the development of the building communications market and to achieve technical coordination, industrial upgrading, and regulatory harmonization within the field, this paper reviews the historical evolution and current status of PON standards and conducts a comparative analysis of domestic and international PON standards. The aim is to promote the application of PON technology in China’s building communications industry and to provide a foundation for international cooperation and further advancement of optical communication technologies. The research results indicate that the overall framework of Passive Optical Network (PON) technology standards in China and Singapore is consistent, but there are differences in specific applications. Chinese standards require more detailed requirements at the engineering application level, such as performance and testing standards; The Singapore standards are more specific in terms of key performance technology requirements, such as connectivity, fire protection, and certification. With the development of PON technology towards the “Optical Wireless Collaboration 2.0” stage, the integration and mutual recognition of domestic and foreign standards will promote the international development of communication technology for smart cities and smart buildings.

Key words PON; Building Communication; Standard Comparison

随着全球信息基础设施建设和宽带化进程的持续推进，无源光网络（Passive Optical Network，PON）技术已成为固定接入网的主流发展方向[1]。PON以光纤作为传输介质，利用无源光分路器实现多用户共享一条光纤链路，具有高带宽、低维护、节能低成本等优势。其应用场景已从传统家庭宽带接入逐步延伸至5G承载、工业互联网、政企专线以及城市“全光化”网络建设[2]。

全球各国在过去20年中相继制定了各自的PON标准体系，其中国际电信联盟（ITU-T）、电气和电子工程师协会（IEEE）和宽带论坛（BBF）主导了国际标准化工作。中国和新加坡则分别代表了两种典型发展路径——中国通过自主标准体系（YD/T系列）构建“千兆宽带与全光承载网”技术框架，强调自主可控与产业协同；新加坡紧随国际标准，以开放互通为主导，打造国家级统一光接入基础设施（NetLink Trust）。中国体系和新加坡体系在总体技术架构趋同的同时，在标准来源、互通机制、安全体系、设备生态等方面存在显著差异。

本文希望通过中国—新加坡在无源光网络应用技术标准的差异分析，为推动中国企业海外通信项目的建设以及中国“数

[基金项目] 上海市住房和城乡建设管理委员会2024年度科研项目，项目名称：中外标准对比研究，项目编号：沪建科 2024-005-012。

字丝绸之路”战略顺利实施提供有力支撑。

1 PON技术发展历史

无源光网络（PON）的发展始于20世纪80年代末期，当时各国电信运营商为解决“最后一公里”接入瓶颈，开始探索由光纤和无源分光器组成的接入方案。

最初阶段由国际电信联盟制定了APON/BPON（G.983系列）标准，以ATM技术为核心，速率仅在百兆级；但此阶段为后续PON结构奠定了基础。

随后，2003年至2010年间，ITU-T发布G.984系列（GPON）标准，电气电子工程协会（IEEE）同步推出802.3ah（EPON）标准，实现下行2.5 Gbit/s、上行1.25 Gbit/s的高性能对称传输。进入2010年后，宽带需求提升，ITU-T发布G.987（XG-PON）与G.9807.1（XGS-PON）标准，实现10 Gbit/s等级速率；同时推出NG-PON2（G.989系列）支持波分复用，多波长合成最高可达40 Gbit/s，率先由日本、韩国、新加坡商用。

当前阶段则以50G PON（G.9804系列）为代表进入超宽带时代，中国与国际同步进行测试与标准验证，技术正向“全光承载网、智能化接入、云化运维”演进。这一历程体现出PON技术从以速度为核心向多场景融合的全面升级，标准化工作成为支撑产业发展的核心驱动力。

2 中国—新加坡GPON标准发展

中国的光接入标准体系由工业和信息化部（MIIT）和中国通信标准化协会（CCSA）主导，主要技术标准包括：《接入网技术要求吉比特的无源光网络（GPON）》（GB/T 33845—2017）、《接入网技术要求吉比特的无源光网络（GPON）系统互通性》（GB/T 37173—2018）、《接入网设备测试方法吉比特的无源光网络（GPON）》（GB/T 33849—2017）。

新加坡的标准体系以国际标准直接采用为特征，由新加坡资讯通信媒体发展局（Infocomm Media Development Authority, IMDA）监管，全国光接入网络由NetLink Trust统一建设与运营，所有服务提供商共享同一光接入基础设施。主要采用的标准体系包括：ITU-T G.984.x、G.987.x、G.9807.x系列以及宽带论坛BBF TR-156、TR-255管理规范等，详情见表1。

表1 中国-新加坡无源光网标准对比

维度	中国	新加坡
主导机构	工信部、国家标准化管理委员会、通信标准化协会（CCSA）及电信运营商（如中国电信、中国移动）	新加坡资讯通信媒体发展局（IMDA）为主导，标准依据国际标准（ITU-T、IEEE、BBF）
体系来源	自主标准结合国际标准	采用ITU-T G系列、IEEE 802.3系列标准
设备互通性	中国标准建立了国产设备互通性测试平台，强调本地厂商兼容性	新加坡采用开放采购标准，要求OLT/ONU设备必须通过国际互通认证（BBF.247）
管理机制	有自主认证体系，偏重运营商统一部署规范	依靠国际认证体系，侧重供应商多元化与跨国兼容性

3 标准对比分析

由于兼容性要求，底层技术领域的国内外标准已经高度统一。但在工程应用层面，由于各国的发展基础、设计理念、施工管理上存在语言、文化和习惯上的差异，导致国内外在无源光网络应用实践的标准对标上会有不同要求。

在无源光网工程应用标准中，中国勘察设计协会2019年发布了《无源光局域网工程技术标准》（T/CECA20002—2019）。首次提出了无源光局域网工程建设的设计、配置、施工、调试、检测、验收全过程的相关技术规定。新加坡无源光网络的重要标准是《Optical Fibre Deployment》，为新加坡无源光网的实施提供了工程和技术基础。以下针对这两个标准的技术差异进行对比分析。

3.1 架构

国内在技术路线上更倾向于GPON实现方式，标准规定应根据终端用户数量确定PON系统的关键设备和端口数量，以及光分路器的分光比和部署位置。新加坡明确提出了EPON与GPON两种技术路线，并规定了两种技术路线的最大分光比[3]。

GPON与EPON技术性能上并无差异，在保证技术要求的前提下，EPON成本会低于GPON。在端口数量上，国内标准更具灵活性。在一定条件下，如EPON要支持1：64，必须采用PX20+光模块。GPON采用ClASS C+，支持1：128分光比[4]。

3.2 性能

国内工程实践需计算全程光信道衰减，并核查是否小于最大光链路损耗，并大于最小光链路损耗。新加坡标准要求根据平均发送功率和接收灵敏度计算功率预算，计算全程光信道衰减，确保全程光信道衰减应小于功率预算。

国内标准规定了不同PON形式的最大光链路损耗，并大于最小光链路损耗。新加坡标准要求动态计算功率预算，并确保

全程光信道衰减应小于功率预算。

3.3 连接

国内应用中光纤连接器宜采用SC、LC和FC型，并未对光纤研磨方式进行规定。新加坡在工程实践中明确建议，在用于光纤传输射频视频信号（1 550 nm）中，所有中间光纤分配面板、无源光分路器及后续ONT的连接点均需使用用户端角度物理接触（APC）连接器，以减少反射光（即回波反射）的影响。

单模光纤连接安装角度物理接触（APC）连接器，可减少回波反射，并确保对以下场景中1 500 nm及以上波长的有效传输，也为将来10G-PON提供兼容基础，降低重复布线升级的必要性。

3.4 熔接

国内对于光纤的接续和光连接器件的终端一般采用熔接方式，光纤熔接处应进行固定和保护。新加坡则明确要求重新涂覆或使用接续保护套管进行防护，以永久防止接续点断裂。新加坡对于熔接的施工要求较为具体，规定了熔接后的两种保护形式，提高了施工的质量和光纤网络的运行稳定性。

3.5 安全

国内标准对于光缆防火要求为采用阻燃低烟无卤线缆。新加坡明确要求对于不同区域的光缆，要符合保险商实验室（UL）的相关防火等级认证，如OFNP、OFNR、OFN。我国对于室内光缆的防火等级要求仅为低烟无卤，没有进一步要求相关防火等级认证。而新加坡明确提出不同区域的光缆的防火认证要求。

3.6 认证

国内对于相关组件（如线缆、跳线、分光器）的关键参数给出参考值，对组件产品的可靠性不做强制要求。新加坡明确要求光纤符合GR、IEC的相关可靠性测试要求。在海外PON网络建设项目中，应注意提供相关组件的测试报告和性能验证标志，从而有助于提升产品的市场接受度，并符合当地的规范要求。

3.7 检测

国内工程建设项目应在工程竣工验收前进行自行检测和竣工验收检测。所有无源光网工程均应由有资质的第三方检测单位检测。验证网络的连通性，并测试以太网/IP类业务上下行吞吐量、上下行传输时延、长期丢包率并满足相关测试要求[5-6]。

新加坡无源光网验收以建设方自检为主，通常需要测量以下参数：吞吐量、帧丢失、抖动、延迟、误码率（BER），但没有规定参数的测试要求。国内规范的测试要求和新加坡的检测基本一致，国内测试更为严格，除检测由专业资质地方单位完成以外，对于测试内容更为量化。

4 结束语

综上分析，中国和新加坡对于PON的总体技术框架基本保持一致，但国内PON近几年发展较快，积累了较为丰富的工程经验，对于实际应用层面的要求更为明确，如性能、检测方面，均比国外标准要求更细化。而国外标准在基础关键性能技术要求上，较国内标准更为具体明确，如连接、防火、认证等方面。

当前，PON技术发展已进入“光无线协同2.0”阶段，从单纯的带宽供给转变为多维网络能力的精准适配，最终达成“光联万物，智享未来”的数字化转型愿景。PON技术作为智慧城市及智慧建筑通信的重要一环，未来必将得到广泛应用。对国内外PON标准进行深入对比研究，分析其差异和共性，促进国内建筑通信技术的发展。

参考文献

[1]陈永红,李振宇,张峰.PON资源核查仪校准方法研究[J].中国计量,2021(10):116-119.

[2]田苗.无源POL网络在科研园区的应用[J].绿色建筑,2021,13(4):96-99,103.

[3]严俊.运营商PON网络对接城域网保护方案研究[J].长江信息通信,2022,35(10):220-223.

[4]张光胜.基于无源光网络技术的接入层通信线路设计分析[J].信息记录材料,2024,25(6):10-12.

[5]曹清源,罗远源,李雯,等.工业PON关键技术探析[J].山西电子技术,2023(4):82-84,104.

[6]唐路生.基于XG-PON技术的广电网络的接入网升级实践研究[J].中国宽带,2024,20(10):37-39.

（本文编辑 杜宇琪）

