

团 体 标 准

T/GDNS 013—2024

数智校园多业务全光承载网 建设规范

Specification for Construction of Digit-Smart Campus Multi-Service All-Optical
Bearer Network

2024 - 10 - 30 发布

2025 - 01 - 01 实施

广东省计算机信息网络安全协会 发布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩率语	1
3.1 术语和定义	2
3.2 缩略语	3
4 基本要求	4
4.1 建设目标	4
4.2 建设原则	4
5 系统规划设计	5
5.1 网络架构与设计	5
5.2 系统配置与选型	8
5.3 网络管理与网络安全	12
5.4 机房与布线系统	13
5.5 系统供电、防雷与接地	15
6 安装与调试	15
6.1 一般规定	15
6.2 施工安装	15
6.3 调试	16
7 检测与验收	16
7.1 一般规定	17
7.2 光信道检测	17
7.3 业务检测	17
7.4 竣工验收	17
8 运行维护	17
8.1 一般规定	17
8.2 硬件维护	18
8.3 软件维护	18
8.4 故障定位	18
附 录 A （规范性） PON 系统参数表	19
A.1 PON 技术参数	19
A.2 全程光信道设计	19
附 录 B （资料性） 设备选型参考	21
附 录 C （资料性） 工程检验内容及项目表	24
附 录 D （资料性） 数智校园全光网典型应用	26
D.1 智慧教室	26
D.2 智慧办公	26
D.3 全光宿舍	27
D.4 平安校园	27

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。

本规范由广东省计算机信息网络安全协会提出并归口。

本规范起草单位：广东工业大学，南方医科大学，仲恺农业工程学院，广东金融学院，广州大学，华南师范大学，广东外语外贸大学，广东财经大学，广州中医药大学，广东药科大学，广州医科大学，广州美术学院，广州航海学院，佛山大学，广东工贸职业技术学院，广东机电职业技术学院，广东科贸职业学院，广东食品药品职业学院，佛山职业技术学院，广东工程职业技术学院，广东省计算机信息网络安全协会，华为技术有限公司，中国移动通信集团广东有限公司广州分公司，中国联合网络通信有限公司广州市分公司，广州市毕西成信息技术有限公司。

本规范主要起草人：冯广，李彭军，吴亚榕，黄创英，徐建挺，林聪，娄会东，郑凯，杨柱，陈泽生，陈沁群，王斌，蔡永铭，陈戏墨，王巧巧，唐润华，黄雄波，陈建兵，朱靖，封斌，伍文燕，杨洋，郭文明，刘岳，张振博，卢克静，施少杰，吴广生，关雪峰，邹军，夏勇，李斯涵。

数智校园多业务全光承载网建设规范

1 范围

本文件规定了数智校园多业务全光承载网的基本要求、系统规划设计、安装与调试、检测与验收、运行维护的建设标准。

本文件适用于学校新建、改建和扩建的校园多业务全光承载网工程采用无源光局域网技术的建设项目。

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 36342—2018 智慧校园总体框架
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50312 综合布线系统工程验收规范
- GB 50314 智能建筑设计标准
- GB 51433 公共建筑光纤宽带接入工程技术标准
- GB 50846 住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范
- GB/T 51380 宽带光纤接入工程技术标准
- GB 51348—2019 民用建筑电气设计标准
- GB 17859 计算机信息系统 安全保护等级划分准则
- GB/T 25058 信息安全技术 网络安全等级保护实施指南
- GB 50373 通信管道与通道工程设计规范
- GB 51158 通信线路工程设计规范
- GB 51171 通信线路工程验收规范
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50981 建筑机电工程抗震设计规范
- GB 55024 建筑电气与智能化通用规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB/T 17618 信息技术设备 抗扰度 限值和测量方法
- GB/T 21671 基于以太网技术的局域网系统验收测评规范
- GB 50174 数据中心设计规范
- GB 50462 数据中心基础设施施工及验收规范
- 20X1010—3 综合布线系统工程设计与施工 国家建筑标准设计图集
- YD/T 778 光纤配线架
- YD/T 988 通信光缆交接箱
- YD/T 1997.4 通用引入光缆第4部分：光电混合缆
- YD/T 2000.1 平面光波导集成光路器件第1部分：基于平面光波导(PLC)的光功率分路器
- YD/T 1823 IPTV业务系统总体技术要求
- YD 5059 电信设备安装抗震设计规范
- YD 5201 通信建设工程安全生产操作规范
- YD 5207 宽带光纤接入工程验收规范
- 教科信函〔2021〕14号 高等学校校园数字建设规范（试行）
- 教职成函〔2015〕1号 职业院校数字校园建设规范（试行）

3 术语、定义和缩率语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

数智校园 digit-smart campus

数智校园是数字校园和智慧校园的结合体，强调利用大数据、人工智能等技术提升教育、管理和服务效率。它致力于创建一个智能化、互动性强的学习环境，推动个性化教育和资源优化配置。

数字校园是指以网络为基础，利用信息技术将学校的主要信息资源数字化，并实现网络化的信息产生、管理、传播和使用方式，从而形成信息化、智能化的校园环境。[来源：GB/T 36342—2018 3.1]

智慧校园是物理空间和信息空间有机衔接，使任何人、任何时间、任何地点都能便捷地获取资源和服务，是数字校园的进一步发展和提升，是教育信息化的更高级形态。[来源：GB/T 36342—2018 3.2]

3.1.2

全光网络 all-optical network

全光网络是指在光层直接完成网络通信的功能，信号仅在进出网络时才进行电/光和光/电的变换，在网络中传输的过程中始终以光的形式存在，中间采用无源汇聚取代电节点，具备高速、安全、节能和智能运维管理功能的光网络。无源光局域网是全光网络的主流形式。

3.1.3

多业务全光承载网 multi-service all-optical bearer network

采用无源光局域网技术构建的校园网络，能够实现校园网多种业务的统一承载和高效传输，促进教育、管理和服务的数字化和智能化转型，是数智校园网络建设的新一代方案。

3.1.4

无源光网络 (PON) passive optical network

由光线路终端 (OLT)、无源光分配网 (ODN)、光网络单元 (ONU) 组成的点到多点信号传输系统，简称PON系统。

3.1.5

无源光局域网 (POL) passive optical local area network

基于无源光网络PON技术的局域网组网方式。该组网方式采用无源光网络技术为园区用户提供融合的数据、语音、图像、多媒体等信息通信业务。

3.1.6

光分路器 optical splitter

基于光功率分路，将一路或两路光信号分成多路光信号以及完成相反过程的无源器件。

3.1.7

类型 B 双归属冗余保护 type B dual-homing redundancy protection

一种PON系统的保护方式，可对OLT的上行链路、OLT设备、OLT的PON端口、主干光缆均实现双路冗余保护，简称Type B双归属保护。

3.1.8

类型 C 双归属冗余保护 type C dual-homing redundancy protection

一种PON系统的保护方式，可对OLT的上行链路、OLT设备、OLT的PON端口、主干光缆、光分路器、分支光缆和ONU上行PON端口均实现双路冗余保护，简称Type C双归属保护。

3.1.9

网络切片 network slicing

一种网络隔离技术，将一张物理网络切分成多个专用网络，每个专用网络切片都有单独的切片带宽和切片资源，可提供类似多张物理网络隔离的体验。本文件中网络切片也称为硬管道切片。

3.1.10

哑终端 dumb terminal

哑终端是指功能有限的终端，在校园内通常是指打印机、摄像机等不支持802.1X认证和Portal认证的终端。

3.1.11

对称万兆无源光网络 Combo 10-gigabit-capable symmetric PON combo

一种双模PON技术，一个PON端口同时支持XGS-PON和GPON，GPON ONU和XGS-PON ONU在该端口下可同时工作，简称XGS-PON Combo。

3.1.12

50G 无源光网络 50-gigabit-capable passive optical network

国际电信联盟制定的下一代PON技术，支持50Gbit/s的带宽，支持和GPON、XGS-PON在一根光纤上同时传输数据。

3.1.13

主干光缆 feeder fiber

OLT设备至各光分路器之间的光缆。

3.1.14

分支光缆 distribution fiber

光分路器至各ONU之间的光缆。

3.1.15

光电混合缆 optical and electrical hybrid cable

一种由光纤单元和绝缘导线复合而成的，能够同时传输光信号和供电与电力信号的复合型线缆。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC Access Control 接入控制器

AES Advanced Encryption Standard 高级加密标准

AP Access Point 接入点

BGP Border Gateway Protocol 边界网关协议

DHCP Dynamic Host Configuration Protocol 动态主机配置协议

GPON Gigabit-capable Passive Optical Network 吉比特无源光网络

IS-IS Intermediate System to Intermediate System 中间系统到中间系统的路由协议

ODN Optical Distribution Network 光分配网络

ODF Optical Distribution Frame 光纤配线架

OLT Optical Line Terminal 光线路终端

ONU Optical Network Unit 光网络单元

OSPF Open Shortest Path First 开放式最短路径优先

PoE Power over Ethernet 以太网供电

POTS Plain Old Telephone Service 模拟电话业务

RIP Routing Information Protocol 路由信息协议

RIPng Routing Information Protocol next generation 下一代路由信息协议

RTP Real time Transport Protocol 实时传输协议

SC Square Connector 方形光纤连接器

SFP Small Form Factor Pluggable 小封装可插拔

TCP Transmission Control Protocol 传输控制协议

UDP User Datagram Protocol 用户数据报协议

XGS-PON 10-Gigabit-capable Symmetric Passive Optical Network 10Gbit/s对称无源光网络

VoIP Voice over Internet Protocol IP电话

4 基本要求

4.1 建设目标

数智校园通过人工智能和大数据等技术，实现个性化教育、智能管理和高效服务，从而提升教育质量和资源配置效率。

数智校园信息设施网络承载全校师生教学、办公、科研、学习、生活等业务，按接入类型分为有线接入网、无线接入网、智能物联网。数智校园全光承载网总体架构如下图所示。



图1 数智校园多业务全光承载网总体架构

数智校园网应结合校园不同区域需求，建设有线接入网、无线接入网、智能物联网。有线接入网覆盖办公、教学和宿舍区，提供高带宽、稳定可靠的有线网络。无线接入网覆盖各公共区域、房间，满足校内人员随时、高速无线上网诉求。智能物联网支持视频监控、公共广播、建筑智能化设备等的通信需求。同时，通过网络管理、智能运维、网络安全等模块保障整体运营。

数智校园多业务全光承载网建设应满足以下目标：

- 应根据数智校园需求，适度超前建设多业务全光网络基础设施，以支持多种教育应用和智能化服务，支撑教育质量和校园管理水平提升。
- 应保证带宽、可靠性、安全、运维、可扩展性等满足校园多业务承载要求，满足校园网未来持续发展需求。
- 应支持校园各种场景各种用户各异构智能设备的有线和无线接入，实现运营范围全覆盖，为本校区、分校区和远程接入用户提供稳定高效的校园网资源和远程资源。
- 应支持有线无线一体化运营，支持统一认证，全校网漫游，提升用户的上网体验。
- 应通过网管软件实现对校园网整网的拓扑管理、网络资源管理、性能管理、故障管理和配置管理，并能通过故障精准定位，故障主动发现，主动干预等智能手段提升用户体验，减少运维人力投入。
- 应实施严格的网络安全措施，保护用户数据和校园信息安全，防止外部攻击和内部泄漏。
- 应采用绿色节能技术，优化设备和网络架构，降低能源消耗，支持可持续发展目标。
- 应支持 IPv6 平滑演进方案，提供双栈过渡技术、隧道互联技术和地址转换技术保证 IPv4 到 IPv6 的平滑过渡。
- 应符合国家相关政策要求，核心设备和芯片应采用自主核心技术，保证供应链安全。

4.2 建设原则

数智校园多业务全光承载网应本着以下原则进行建设：

- a) 统一规划和标准原则：遵循国家有关数智校园的标准与规范，站在全局的高度，进行系统性规划，系统开发过程的控制、开发技术的管理、系统编码、文档编写及提交均应做到规范化，最终形成数智校园网建设规范。
- b) 先进性原则：设计理念、技术体系、产品选用等方面要求先进，便于扩充，满足系统在很长的生命周期内有持续的可维护和可扩展性。
- c) 实用性原则：项目设计技术先进的同时，要求技术方案实用可行，做到系统功能完善并易于使用，确保系统的生命力。
- d) 可扩展原则：所有产品（包括软硬件）应采用自主研发国产供应商，产品及配置具有灵活性，满足随着业务的发展而不断增加数据量、用户、软硬件产品的需求。业务处理功能在一定程度内的增加或变更等需求不会影响系统的体系结构。
- e) 安全性原则：系统设计严格按照国家计算机信息系统安全保密的有关规定和要求，建立有效的安全保障体系，将安全保密方案纳入数智校园的总体设计方案。运用先进技术，全面强化安全管理，建立健全防范机制，确保应用系统和校园数据的安全。
- f) 兼容性原则：可与以太网等校园网主要网络标准实现兼容和对接。

5 系统规划设计

5.1 网络架构与设计

5.1.1 网络总体架构

5.1.1.1 总体架构

数智校园多业务全光承载网总体架构如下图所示。校园网作为用户高密度网络，注重网络的高带宽、高性能、高可靠、易部署、易维护。校园网应能为办公、教学、生活、安全管理等各种业务场景提供稳定可靠的有线和无线网络连接，应能为学校的各种用户提供高效、稳定和安全的网络服务。

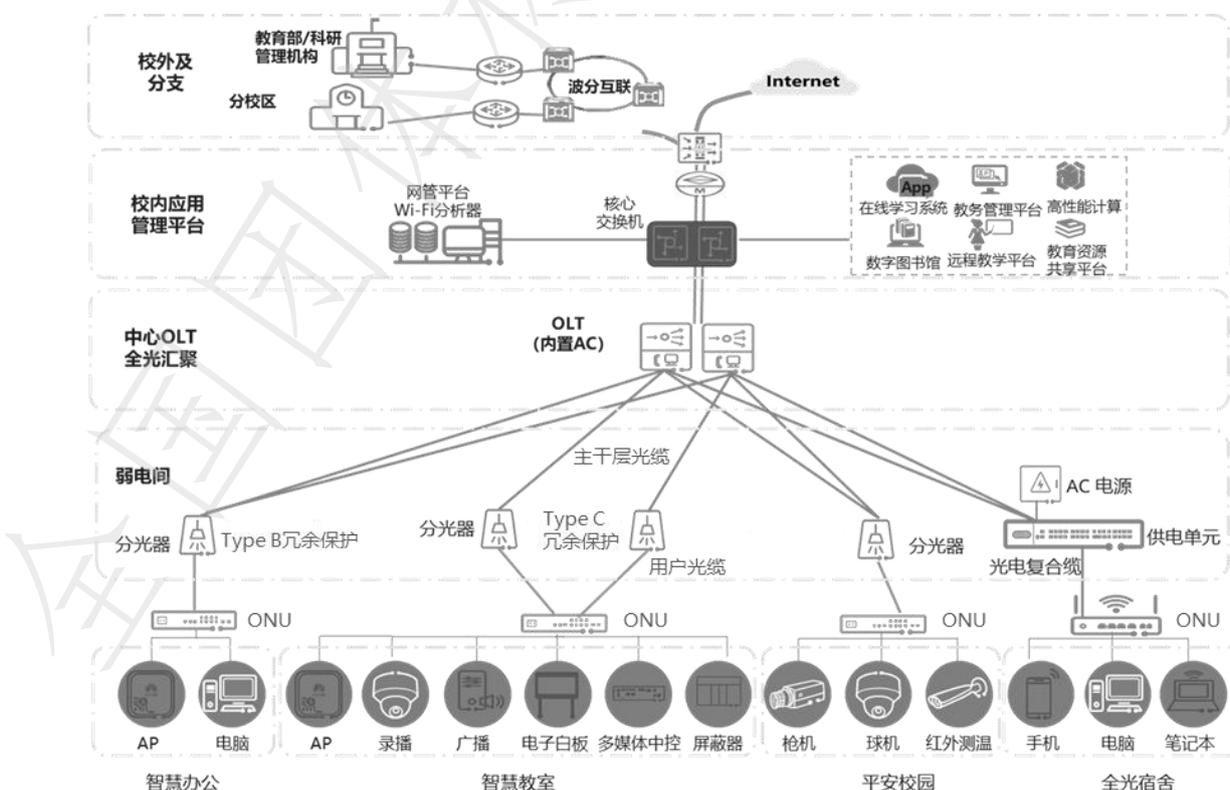


图2 数智校园多业务全光承载网信息设施网络总体架构

- a) 有线接入网：承载学校教学、办公、生活、管理等业务，由校园出口、核心交换层、接入层等组成。按照业务类型分为办公接入网络、教室接入网络、宿舍接入网络等。针对不同场景的可靠性要求，可选择 Type B 或 Type C 冗余保护架构。
 - 1) 在宿舍区域，因为其小隔间结构，信息点数量庞大，应采用光纤到房间建设，可通过光电混合缆为 ONU 远程供电，满足断电不断网的需求；
 - 2) 教室场景有线接入终端繁杂，且有业务扩展需求，宜采用光纤入教室建设，宜采用 Type C 架构实现网络高可靠保护及双 PON 流量负载，保障教学网络的高可靠性；
 - 3) 办公网络可采用光纤到桌面，ONU 提供多种网络接入及综合业务支持。
- b) 无线接入网：覆盖学校内主要区域，如教室、实验室、办公区、宿舍区、图书馆、体育馆、操场等，为校内人员、访客提供随时随地的无线网络接入。
 - 1) 应按场景部署 AP 设备实现校园无线覆盖，按 AP 接入带宽和 PoE 供电要求选择合适的 ONU 设备，宿舍场景宜选择支持无线 AP 功能的 ONU 设备实现房间无线覆盖；
 - 2) 应满足校园无线接入网络的高带宽、高并发需求，选择支持 WI-FI 6/WI-FI 7 功能的 AP 设备。
- c) 智能物联网：承载校园内视频监控、门禁闸机、楼宇智能化设备等业务，信息点位分散，且大多数需要 POE 供电。可在本地部署支持 PoE 的 ONU 设备，实现终端设备的接入及供电。

5.1.1.2 设计要求

网络设计应遵循如下要求：

- a) 根据业务需求和应用场景设计网络，网络设计应满足学校信息网络规划和业务发展需要，并宜适度超前。
 - 1) 应根据校园业务要求，用户规模、流量带宽需求等确定网络规模、系统配置等，技术选择应满足当前及发展需求；
 - 2) 应根据校园网应用规划，确定系统组成与架构规划、网络管理与安全性策略、无线局域网、网络互联、广域网接口等；
 - 3) 网络架构应简洁高效，具备高带宽、易扩展、平滑升级、低能耗等优势，便于运维管理；
- b) 网络系统设计和配置应遵循层次化、模块化、冗余性、安全性、可管可维原则。
 - 1) 层次化：将校园网络划分为校园出口、核心层、汇聚层、接入层等。每层功能清晰，架构稳定，易于扩展和维护。POL 架构汇聚层由光纤和无源分光器构成，节省机房和布线资源；
 - 2) 模块化：将校园网络中的每个区域或者每个功能区划分为一个模块，模块内部的调整涉及范围小，易于进行问题定位。有线网络、无线网络、智能化设备专网均可独立维护；
 - 3) 冗余性：关键设备采用双节点冗余设计；关键链路采用链路聚合方式冗余备份或者负载分担；关键设备的电源、主控板等关键部件冗余备份，保证网络的可靠性；
 - 4) 安全性：校园网络应具备有效的安全控制。接入网络的设备要进行统一认证，同时按接入用户身份、按权限进行分区逻辑隔离。对特别重要的业务采取物理隔离。对进出校园网的流量要进行识别、过滤，确保网络安全；
 - 5) 可管理性和可维护性：为了易于管理，可选择适用于全网的网管软件来管理网络。为了便于维护，应尽可能选取集成度高、模块可通用的产品。

5.1.2 有线接入网

有线接入网采用 POL 系统组网，POL 系统由网络核心层、OLT、ODN、ONU、网络管理系统和用户电话交换系统等组成。系统组成如下图所示。

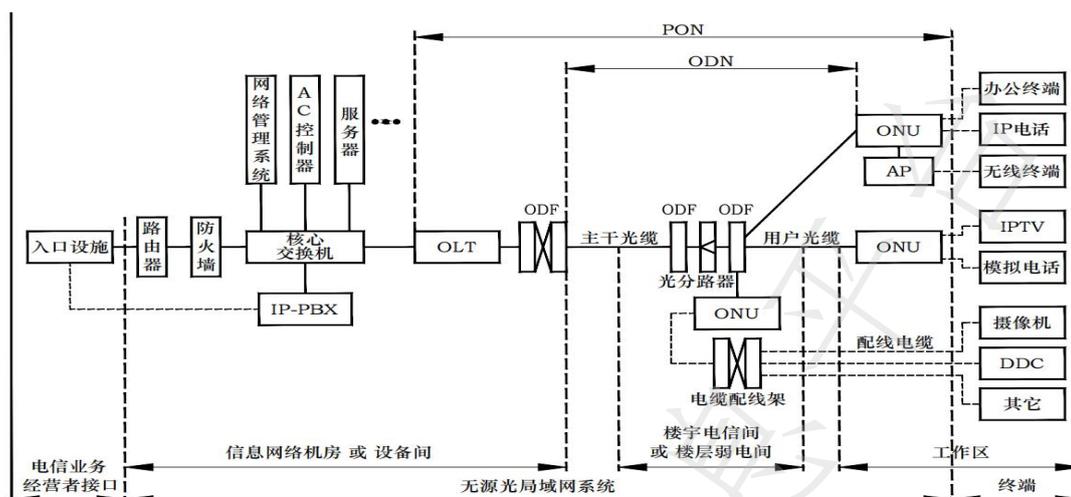


图3 有线接入网（POL系统）组成图

POL系统按以下要求设计：

- 带宽设计应满足校园不同场所的带宽需求，应根据所需的业务需求设计带宽，选择合适的PON技术和合适的分光比，PON技术选择宜符合附录A的规定。
- POL校园多业务承载存在多种应用场景可靠性需求，应采用单归属或Type B单归属保护、Type B与Type C双归属冗余保护的组合网络架构。
- POL系统采用冗余保护的网路拓扑结构时，OLT与核心交换机应采用2台设备热备，宜支持负荷分担。
- POL布线系统由主干层光缆、配线子系统（用户光缆、配线电缆）和配线设备组成，其与入口线缆、工作区插座构成系统通信信道。系统组成如图4所示。
 - 主干层光缆由建筑区子系统、建筑物干线子系统组成，采用单模光纤；
 - 信息插座（TO）可以经过水平线缆跨过信息箱（RD）连至FD；
 - 建筑物配线设备（BD）之间、建筑物楼层配线设备（FD）之间可以设置主干光缆互通；
 - FD可以经过主干光缆连至建筑群配线设备（CD）；
 - 设置了设备间的建筑物，设备间所在楼层的FD可以和设备间中的BD和CD及入口设施安装在同一场地。

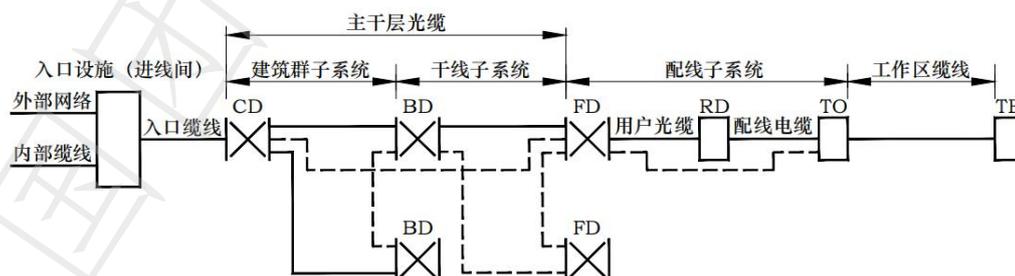


图4 POL布线系统组成图

5.1.3 无线接入网

校园网应按照场景化需求部署无线局域网（WLAN），WLAN网络设计要求如下：

- 应结合POL系统实现无线覆盖，满足各类智能终端设备无线接入的需求。
 - 学生宿舍等小隔间场景宜部署支持无线AP功能的ONU设备实现房间无线覆盖；
 - 教室等大开间场景宜按覆盖半径要求部署独立的无线AP设备，通过ONU为无线AP设备提供POE供电和有선宽带接入。

- b) WLAN 网络应满足接入高速度、转发高容量、频谱能防护、安全可管控、准入无感知、终端可识别、控制虚拟化的设计要求。
- c) WLAN 网络架构选择应符合下列规定：
 - 1) 在无线 AP 上完成接入和控制的，应采用独立的 AP 架构（胖 AP 架构）；
 - 2) 在大规模的无线局域网中，应采用基于无线控制器（AC）的 AP 架构（瘦 AP 架构）；
 - 3) 在瘦 AP 架构网络中，应根据网络覆盖和设备与用户的管控特点，选择集中式、分布式或二者混合使用的 AC 设置模式。

5.1.4 智能物联网

智能物联网承载校园安防等业务，POL 系统承载智能化专网设计要求如下：

- a) POL 系统宜采取硬管道切片隔离或物理隔离措施，实现智能化专网业务与其他业务的安全隔离；
- b) 宜在各楼层弱电间或楼栋/楼层信息箱部署支持 POE 功能的 ONU 设备，用于本楼栋/楼层安防点位的接入。

5.1.5 校园网出口

校园网出口设计应满足以下要求：

- a) 应在校园网出口区部署出口路由器和防火墙等安全防护设备；
- b) 应采用设备冗余部署等方法保证可靠性；
- c) 出口带宽应能满足学校使用需求与发展需求。

5.2 系统配置与选型

5.2.1 一般规定

- a) 系统配置应以近期需求为基础，兼顾中长期发展需求，配置和选用的设备应具有扩展性、持续演进和升级能力。
- b) POL 系统配置设计应包括 OLT、ODN、ONU、网络核心层、配线设备、网络管理与网络安全等内容。
- c) POL 系统应根据带宽需求和全程光信道损耗进行设备部件配置。

5.2.2 光线路终端（OLT）

- a) OLT 应根据支持的业务类型、用户规模和功能要求确定配置和选型，应具备高密度、高带宽、低时延和高转发性能。
- b) 大中型 POL 系统宜采用可扩展的多功能插卡式 OLT 设备，小型 POL 系统宜采用盒式 OLT 设备。
- c) 插卡式 OLT 设备应符合以下规定：
 - 1) 应支持 GPON 板卡、XGS-PON 板卡混插功能，宜支持 50G-PON 板卡混插；
 - 2) 主控板应支持冗余保护，应支持负荷分担，上行链路端口应均匀分布于主用/备用主控板；
 - 3) 电源板、风扇模块应支持冗余保护，应支持双路电源备份，保障网络运行稳定。。
- d) OLT 应提供网络侧端口和用户侧端口，应符合下列规定：
 - 1) OLT 的网络侧应提供支持 10GE/100GE 以太网光口对接核心交换机或其他网络设备；
 - 2) OLT 的用户侧应提供支持 GPON、XGS-PON 端口，宜提供 50G-PON 端口。
- e) OLT 应支持软件不中断业务升级功能，包括主控板和 PON 板卡升级。
- f) OLT 配置选型可参考附录 B：表 B.3 OLT 选型表。
- g) OLT 应采用标准 19 英寸或 21 英寸机柜安装于学校建筑的设备间，并留有足够的扩展空间。

5.2.3 无源光分配网（ODN）

- a) ODN 配置设计应包括光缆、光分路器、ODN 配线设备等内容。
- b) POL 系统光缆应采用单模光纤，选型要求如下：
 - 1) 主干层光缆应采用 G.652 类单模光纤；
 - 2) 用户光缆可采用 G.652 光纤或采用模场直径与 G.652 光纤相匹配的 G.657 类光纤。
- c) 光电混合缆的选型和成端方式

- 1) 光电混合缆宜符合 YD/T 1997.4 的要求;
- 2) 光电混合缆可采用分离成端和合一成端 2 种方式:
 - 分离成端时, 将光电混合缆的光纤和供电导体剥离, 光纤熔接为 SC 接头连接至 ONU 的光纤接口处, 电导体成端为电源插头连接至 ONU 的电源接口处;
 - 合一成端时, 将光电混合缆的光纤和电导体成端为光电合一接口, 光纤接头同时具备供电接触点, 实现插拔一次即可以同时完成光和电的连接, 通电的同时通光。
- 3) 光电混合缆可采用光电一体化连接器或光纤/电线分别采用各自符合要求的连接器终接于各自的连接器件。
- d) 光缆芯数的配置要求应符合下列规定:
 - 1) 每 ONU 的用户光缆应根据用户分布情况进行配置, 至少配置一条 2 芯光缆;
 - 2) 主干层光缆应满足光缆总容量的需求, 并应根据光缆规格预留不小于 10% 的余量。
- e) 光分路器应根据业务带宽需求和光功率预算选择合适的分路比。
- f) 插片式、盒式和机架式光分路器指标应符合 YD/T 2000.1 的规定。光分路器光学性能参考附录 B: 表 B.5, B.6 参数。
- g) 光分路器安装位置要求如下:
 - 1) 当楼层信息点数量较多时光分路器宜安装于建筑物楼层弱电间;
 - 2) 当整栋建筑物信息点较少时光分路器宜安装于楼宇电信间, 也可安装于楼层弱电间。
- h) 光纤配线架配置设计应符合下列规定:
 - 1) 宜优先采用按照 19 英寸机柜标准设计的机架式光纤配线架;
 - 2) 宜采用抽屉式结构, 并支持左右出纤要求;
 - 3) 应保证充足的盘纤空间保障光缆的弯曲半径, 支持预端接光缆、熔接等接入方式;
 - 4) 主干侧端接容量、模块类型和规格应与主干光缆芯数、光连接器件相匹配;
 - 5) 用户侧端接容量、模块类型和规格应与用户光缆芯数、光连接器件相匹配, 并应根据光纤配线架规格预留不小于 10% 的余量;
 - 6) 应具有室外光缆接地装置;
 - 7) 应符合 YD/T 778 配线设备标准的规定。
- i) 光纤跳线管理模组选型应符合下列规定:
 - 1) 宜按照 19 英寸机柜标准设计的机架式光纤跳线管理模组;
 - 2) 宜采用托盘式结构模块化设计, 每个配线架 (1U) 配置多个储纤型托盘组件, 支持即插即用; 并支持左右方向同时出纤;
 - 3) 应保证充足的盘纤空间保障光纤的弯曲半径, 储纤型托盘组存储并管理光纤跳线冗长功能, 每个组件含多只绕线盘, 每只绕线盘容纳存储一条光纤跳线, 单个托盘可存储 8~12 条跳线;
 - 4) 跳线管理模组容量应与光纤配线架端接容量相一致。
- j) 光纤跳线选型应符合下列规定:
 - 1) 光纤连接器件应与光纤配线架模块类型和规格、分光器光连接器件相一致;
 - 2) 模场直径应与主干光缆、用户光缆相匹配;
 - 3) 应采用工厂制造的光纤跳线, 跳线放出程度不应小于 2.0 米;
- k) 光缆交接箱及光缆配线箱容量应根据进、出光缆的远期规划光缆总容量及备用量确定, 选型应符合下列规定:
 - 1) 箱体内应有光分路器的安装位置;
 - 2) 箱体内应有光缆终接、保护和跳纤的位置;
 - 3) 箱体内应设置固定光缆的保护装置和接地装置;
 - 4) 箱体内宜配置熔接配线一体化模块, 适配器或连接器宜采用 SC 或 LC 类型;
 - 5) 箱体孔洞应满足进出光缆管孔的需求;
 - 6) 箱体应具有良好的抗腐蚀、耐老化、抗冲击损坏性能及防破坏性能, 门锁应为防盗结构;
 - 7) 应根据安装环境选择防护等级, 室内防护等级应不低于 IP20; 室外箱体应防雨、通风, 光缆进、出口应采取密封防潮措施, 防护等级应不低于 IP65;
 - 8) 光缆交接箱及光缆配线箱应符合 YD/T 988 的有关规定。

- 1) 光缆交接箱及光缆配线箱安装规定如下：
 - 1) 电信间/弱电间壁挂式配线箱底部离地面的高度不宜小于 0.5m；
 - 2) 室内公共场所安装配线箱时，暗装箱体底边距地不宜小于 0.5m，明装时箱体底面距地不宜小于 1.8m；
 - 3) 室外场所安装配线箱时，采用落地安装或壁挂式安装方式，壁挂式安装箱体底面距地不宜小于 1.8m。

5.2.4 光网络单元（ONU）

- a) ONU 类型、数量及端口规格应按照实际应用场所和带宽需求，根据支持的业务类型、数量和功能要求确定配置和选型。
- b) ONU 的网络侧端口应支持 GPON 或 XGS-PON 接口，可进一步向上支持 50G-PON 接口，并根据冗余保护模式配置 ONU：
 - 1) 采用 Type B 保护时选择单 PON 端口上行的 ONU；
 - 2) 采用 Type C 保护时选择双 PON 端口上行的 ONU。
- c) ONU 的用户侧端口支持以太网、POTS、Wi-Fi 等各种端口，并符合下列规定：
 - 1) ONU 的用户侧可支持 GE、2.5GE、10GE 以太网端口；
 - 2) ONU 的用户侧以太网端口，可支持 PoE 供电功能，类型包括 PoE、PoE+、PoE++；
 - 3) ONU 的用户侧可支持 POTS 接口，用于连接传统模拟语音电话；
 - 4) ONU 可内置 Wi-Fi 功能，应支持 Wi-Fi 5/6/7 标准，应至少支持 2+2 双频四条空间流。
- d) ONU 安装位置规定如下：
 - 1) 宜安装于建筑物的房间内靠近终端设备处；
 - 2) 接入楼层公共空间终端设备的 ONU 宜安装于楼层弱电间或楼宇电信间；
 - 3) 可采用 SFP ONU 方式安装于终端设备内。
- e) ONU 安装方式规定如下：
 - 1) 室内宜采用信息配线箱内嵌墙安装、墙面明装，可采用桌面放置；室外宜采用信息配线箱内抱杆安装、墙面明装；
 - 2) ONU 位于楼层弱电间时宜采用 19 英寸标准机柜安装；
 - 3) 面板式 ONU 宜采用嵌墙 86 型电源盒或者桌面标准 86 盒安装。
- f) ONU 的供电方式规定如下：
 - 1) 教室、办公室等场所，ONU 宜采用本地交流供电，宜给 ONU 提供单独的电源插座；
 - 2) 宿舍区域可采用光电混合缆对 ONU 进行集中供电：
 - 光电混合缆的供电设备宜设置于弱电间，和光分路器放置在一起，从供电设备到 ONU 的光电混合缆的供电距离应符合设计要求；
 - 采用低压安全电压供电，直流电压应为 48V~57V。
- g) ONU 设备接口类型和安装方式可参照附录 B：表 B.4 ONU 常用型号选型表。

5.2.5 网络核心交换机

- a) 核心交换机设备应根据网络规模、功能要求和业务类型配置选型，应具有高可靠性和高可扩展性，带宽及性能宜适度超前。
- b) 核心层设备应具有数据交换、网络调度、协议转换和设备监控等功能，并应具有为 POL 系统提供优化的网络数据传输能力。
- c) 核心层交换机应采用高速、高带宽、支持不同网络协议和容错结构的多层交换机；大中型局域网宜采用机箱式可扩展的多功能主干交换机。
- d) 核心层交换机应具有与 OLT 网络侧上联端口类型相匹配的以太网端口。
- e) POL 系统采用 Type B/Type C 双归属冗余保护时，核心交换机应采用 2 台及以上，并宜将多台交换机组合成一个逻辑核心单元。
- f) 采用机箱式核心交换机时，应支持主控板、电源板、风扇模块冗余保护功能。
- g) 核心交换机的配置选型可参考附录 B：表 B.2 核心交换机选型表。

- h) 核心交换机应采用标准 19 英寸或 21 英寸机柜安装于学校建筑的设备间，并留有足够的扩展空间。

5.2.6 校园网出口

- a) 校园网与公共网之间的界面应配置防火墙，防火墙应根据用户数量及性能要求选型。
- b) 出口路由器部署在信息网络机房，应根据整机容量、端口需求、路由表等需求选型。

5.2.7 电话、电视系统

- a) 根据项目性质、用户业务使用需求设置用户电话交换系统，宜采用 VoIP 技术将电话网融合到无源光局域网，系统宜由用户电话交换机、终端及辅助设备组成。
 - 1) 用户电话交换系统应利用 POL 系统的综合通信传输性能采用 IP 用户交换机(IP PBX)或软交换用户电话交换机，交换机宜安装于信息网络机房。
 - 2) 用户电话交换机的配置选型应根据网络容量和功能要求确定。
 - 3) 终端可采用模拟电话或 IP 电话，办公室等场所接入模拟电话终端时应选用提供 POTS 接口的 ONU。
- b) 根据项目性质、用户业务使用需求设置电视系统，可采用有线电视网络运营商单独敷设的系统，或通过 POL 系统提供 IPTV 功能。采用 POL 系统提供 IPTV 功能时网络电视 YD/T 1823 的有关规定。

5.2.8 机柜与信息配线箱

- a) 机柜配置设计应符合下列规定：
 - 1) 机柜应满足 POL 系统设备、光分路器、配线设备、网络设备、服务器、出口路由器、安全控制设备等安装与散热、通风空间，并应根据机柜规格预留不小于 10%的余量；
 - 2) 应采用框架结构形式的标准 19 英寸或 21 英寸机柜；
 - 3) 应根据布线方式选择顶部或底部出线的机柜，出线孔宜按需调节大小；
 - 4) 应具有良好的抗腐蚀、耐老化、抗冲击损坏性能及防破坏性能，门锁应为防盗结构；
 - 5) 应根据安装环境选择防护等级，室内机柜防护等级应不低于 IP20；室外壁挂式机柜应防雨、通风，光缆/电缆进、出口应采取密封防潮措施，防护等级应不低于 IP65；
 - 6) 壁挂式机柜宽度宜为 600mm，落地式机柜宽度宜为 600mm 或 800mm，800mm 宽度机柜宜为双开门。
- b) 机柜安装符合下列规定：
 - 1) 电信间/弱电间壁挂式机柜底部离地面的高度不宜小于 0.5m，公共场所机柜底面距地不宜小于 1.8m；
 - 2) 机柜单排安装时，前面净空不应小于 1.0m，后面及侧面净空不应小于 0.8m；多排安装时，列间距不应小于 1.2m。
- c) 信息配线箱应根据箱体内存装的 ONU 个数、ONU 端口数、安装方式、缆线容量、模块容量成套配置，并符合下列规定：
 - 1) 箱体宜为 1 个或多个 ONU 提供安装空间，尺寸应能满足 ONU 的散热要求，室内箱体门开孔率不宜低于 40%；
 - 2) 箱内应有光缆终接、保护及跳纤的安装位置，应有不小于 0.5m~1.0m 光缆的盘留空间；
 - 3) 当采用 220V 交流电接入箱体内电源插座时，应采取强弱电安全隔离措施；
 - 4) 箱体应具有抗腐蚀、耐老化、抗冲击损坏及防破坏能力，门锁应为防盗结构；
 - 5) 应根据安装环境选择防护等级，室内箱体防护等级应不低于 IP20；室外箱体应防雨、通风，光缆/电缆进、出口应采取密封防潮措施，防护等级应不低于 IP65。
- d) 信息配线箱安装符合下列规定：
 - 1) 室内嵌墙暗装箱体底边距地面不宜小于 0.3m，室内挂墙明装时箱体底面距地不宜小于 1.8m；
 - 2) 办公桌下或家具内安装时可根据出线信息点位置、办公桌、家具布置等综合因素确定；
 - 3) 室外采用抱杆安装或挂墙明装，挂墙明装时箱体底面距地不宜小于 1.8m。

5.2.9 工作区配线系统

- a) 工作区配线系统水平线缆应采用非屏蔽或屏蔽 4 对双绞电缆，电缆等级与类别的选用应综合建筑物的功能、应用网络、业务类型及发展、性能价格、现场安装条件等因素确定。
- b) 系统中同一信道及链路中选用的线缆、连接器件、跳线等级和类别应保持一致，并满足传输性能的要求。
- c) 配线子系统信道的最大长度不应大于 100m；水平线缆最小长度不应小于 15m，最大长度不应大于 90m；跳线最小长度不应小于 2m。
- d) 信息配线箱中 ONU 至终端设备距离不超过 15m 时，可采用设备线缆（水平线缆）直接连接；超过 15m 时，宜在终端设备处设置信息插座（TO）通过设备线缆（工作区跳线）连接。
- e) 建筑物内公共空间终端设备信息接入的水平线缆，在弱电间/电信间应设置可管理的配线设备（电缆配线架），通过跳线与 ONU 交叉连接。
- f) 电缆配线架应采用 19 英寸标准机柜安装，用于端接水平电缆，应符合 YD/T 926.3 的规定。
- g) 工作区配线系统尚应符合 GB 50311 标准的相关规定。

5.3 网络管理与网络安全

5.3.1 一般规定

- a) POL 系统应具有网络运维管理、网络安全与网络安全策略功能。网络的安全控制设备和全网管理策略应在核心层设置。
- b) 服务器网络管理系统应采用能支持网络中所有客户端网络通信协议的系统；网络管理操作站宜采用能支持多种网络通信协议的网络管理系统。
- c) 网络安全应具有机密性、完整性、可用性、可控性及网络审计等功能。网络安全设计应对非授权访问、信息泄露或丢失、破坏数据完整性、拒绝服务攻击和病毒传播等采取防范措施。
- d) 网络安全策略应根据网络的安全性需求，按照 GB 17859、GB/T 25058 等国家现行标准进行系统定级，并制定相应的防范策略。

5.3.2 网络管理

- a) POL 网络管理系统应根据 POL 系统规模按照网络运行的业务信息流量、服务质量要求设置；大中型网络应采用服务器网络管理系统，小型网络可采用网络管理操作站。
- b) POL 网络管理系统应具备支持 POL 全网设备的拓扑管理、配置管理、性能管理、故障管理、安全管理以及网络部署、资源管理等功能。
- c) 网络管理应满足支持分层分级的拓扑管理，支持端到端业务配置，提供差异化的 QoS 管理，支持故障管理、性能管理和安全管理。
- d) 网络管理系统应通过操作员认证机制和权限管理、日志管理等功能保证操作管理的安全性。
- e) 网络管理系统功能应满足下列规定：
 - 1) 应支持远程通知功能，以短消息、邮件或微信等方式发送给相关人员；
 - 2) 应支持多场景的配置能力，支持 POL 系统自动化开通；
 - 3) 应满足对关键网络设备的监控，包括设备 CPU、内存、设备连通性、设备响应时间、接口流量、网络通断率、利用率等性能指标；
 - 4) 应支持界面的统一视图，集中展示网络设备关键指标。

5.3.3 智能运维

POL Wi-Fi 分析器提供 Wi-Fi 可视可管易运维的功能，应满足以下要求：

- a) 应支持 Wi-Fi 网络健康可视，以图形化界面方式，呈现 Wi-Fi 网络整体和 ONU Wi-Fi 个体的健康度 KPI 评分，按照干扰、漫游、连接数、占空比、覆盖等维度呈现；
- b) 应支持 Wi-Fi 故障定位可视，通过 Wi-Fi 健康度 KPI 分析，快速定位 ONU Wi-Fi 问题；
- c) 应支持用户体验分析可视，通过 STA 用户接入、漫游过程质量分析、网络关键 KPI 分析及回放、上下线事件等定位用户问题。

5.3.4 网络安全

- a) POL 安全系统应由 PON 网络、核心交换机、防火墙、出口路由器以及配套专用软件等共同组成。
- b) POL 系统应支持内网、外网和智能化设备网等的隔离，宜采用硬管道切片隔离，可采用逻辑隔离或物理隔离。
- c) 硬管道切片隔离应符合下列规定：
 - 1) 应支持不少于 4 个网络切片，宜支持 8 个网络切片；
 - 2) 应支持根据物理接口或逻辑接口划分网络切片，物理接口应支持 ONU 端口、ONU 设备、OLT PON 端口、OLT 上行以太网端口，逻辑接口应支持 VLAN；
 - 3) 应支持设置 PON 端口或 OLT 上行以太网端口内各网络切片的带宽，该端口内所有网络切片带宽之和不应超过该端口的物理带宽，应支持物理端口内各网络切片带宽的灵活调整；
 - 4) 应支持设置每个网络切片的 MAC 地址表项数目，该 MAC 地址表项数目应支持灵活调整。
- d) POL 系统安全主要功能应符合下列规定：
 - 1) 应支持对使用网络资源的授权及对通信实体身份或其他授权属性的鉴别；
 - 2) 应支持对基础网络设备可用性的安全保护策略和对网内业务的安全防护；
 - 3) 应支持用户的有线终端和 Wi-Fi 无线终端的安全接入；
 - 4) 应支持防 DOS 攻击和实时入侵检测；
 - 5) 应支持对非法帧和非法组播源的过滤功能
 - 6) 应支持 ONU 侧的环网检测功能，出现环网后可自动关闭环网的 ONU 端口；
 - 7) 应支持 PON 端口加密，应开启 AES 加密功能；
 - 8) OLT 应支持广播报文、未知单播报文、未知组播报文的流量抑制功能。
- e) 终端设备的网络准入认证应根据安全要求选择 802.1X 认证、Portal 认证或 MAC 旁路认证，网络准入认证符合下列规定：
 - 1) 802.1X 认证宜在 ONU 开启；Portal 认证和 MAC 旁路认证宜在核心交换机或 OLT 开启；
 - 2) 内网有线接入宜开启 802.1X 认证，哑终端接入宜开启 MAC 旁路认证；
 - 3) 内网无线 Wi-Fi 接入宜开启 WPA2-802.1X 认证或 WPA3-802.1X 认证，哑终端接入宜开启 MAC 旁路认证；
 - 4) 外网有线接入宜开启 Portal 认证，可开启 MAC 优先的 Portal 认证；
 - 5) 外网无线 Wi-Fi 接入宜开启 Portal 认证，可开启 MAC 优先的 Portal 认证；
 - 6) 智能化设备网有线接入宜开启 802.1X 认证，哑终端接入宜开启 MAC 旁路认证。
- f) ONU 安全主要功能应符合下列规定：
 - 1) 应支持静态 MAC 地址绑定功能，宜支持基于以太网端口限制 MAC 地址学习数量；
 - 2) 应支持启用防私接 DHCP Server 功能，应支持基于以太网端口启用或禁用，启用后应丢弃接收的 DHCP Offer 和 DHCP Reply 报文；
 - 3) 应支持 TCP/UDP 端口过滤功能，禁止病毒通过如 135、139、445 端口进行传播。

5.4 机房与布线系统

5.4.1 一般规定

- a) 布线系统应根据网络架构进行设计，设计范围应包括校园室外布线和室内布线的配线设施。
- b) 应在校园建筑内适当的部位设置设备间（信息网络机房或数据中心）、弱电间（电信间、弱电间竖井）及进线间（信息接入机房），用于安装网络、配线等通信设备。
- c) 机房及布线系统设计除符合本标准规定外，尚应符合现行国家标准 GB 50311、GB 51433 和 GB 51348 的相关规定；数据中心部分应符合 GB 50174 的相关规定。

5.4.2 网络机房

- a) 设备间（信息网络机房或数据中心）的空间和设备布置符合下列规定：
 - 1) 宜结合智能化设备信息网络、智能化各子系统中心设备合并设置设备间。
 - 2) 信息网络机房的选址、运行环境和与其它智能化机房设置要求应符合 GB 51348—2019 中 23.2 节的规定。
 - 3) 信息网络机房设计与机房设备布置应符合 GB 51348—2019 中 23.3 节的规定。

- 4) 信息网络机房应具有 POL 系统网络设备、配线设备及电源等安装空间及预留网络扩展空间，并满足 POL 系统安全运行的环境条件。
- b) 进线间（信息接入机房）的设置符合下列规定：
 - 1) 宜设置不少于 1 个进线间，多家电信业务经营者宜合设进线间。
 - 2) 进线间宜设置在地下一层并靠近市政信息接入点的外墙部位；进线间的面积应按通局管道及入口设施的最终容量设置，面积不应小于 10 m²。
 - 3) 进线间应满足缆线的敷设路由、成端位置及数量、光缆的盘长空间和缆线的弯曲半径、配线设备、入口设施安装对场地空间的要求。
- c) 弱电间（电信间、弱电间竖井）的设置符合下列规定：
 - 1) 弱电间宜设在进出线方便，便于设备安装、维护的公共部位，且为其配线区域的中心位置。
 - 2) 弱电间的面积应满足设备安装、线路敷设、操作维护及扩展的要求。
 - 3) 弱电间面积符合下列规定：
 - 采用落地式机柜的电信间，面积不宜小于 2.5m（宽）×2.0m（深）；
 - 采用壁挂式机柜的弱电间，系统较多时，弱电间面积不宜小于 3.0m（宽）×0.8m（深）；系统较少时，面积不宜小于 1.5m（宽）×0.8m（深）；
 - 当多层建筑弱电间短边尺寸不能满足 0.8m 的要求时，可利用门外公共场地作为维护、操作的空间，弱电间房门应将设备安装场地全部敞开，但弱电间短边尺寸不应小于 0.6m。
 - 4) 弱电间内的设备箱宜明装，安装高度宜为箱体底边距地 0.5m~1.5m
 - 5) 弱电间与配线间宜分开设置，当受条件限制必须合设时，强、弱电设备及其线路必须分设在房间的两侧，各种设备箱体前宜留有不小于 0.8m 的操作、维护距离。

5.4.3 室外布线

- a) 室外光缆线路的设计应与室外地下综合管网相结合，应与电力电缆、燃气管、给水管、排水管或排水沟保持安全的距离。
- b) 地下通信管道应由通信管道和人孔或手孔构成，并应根据光缆敷设要求采用不同管径的管道进行组合
- c) POL 系统采用 Type B/Type C 冗余保护时，两根室外光缆应采用不同的管孔敷设，高可靠性场所宜选择不同的敷设路由。
- d) 配线设施（交接、配线、有源设备箱柜）宜优先置于就近建筑物的弱电配线设施用房内；在室外安装时的位置及安装方式应符合 GB 51158 的有关规定。
- e) 室外线路敷设应符合 GB 50373 的有关规定。

5.4.4 引入管

- a) 校内建筑进线间或合并了进线间的设备间应提供室外光缆引入管道管孔，管道管孔的尺寸应满足多家电信业务经营者通信业务接入及校园光缆引入的需求，地下管道宜预留不少于 3 个备用管孔。
- b) 校园内建筑室外引入管道设计应符合 GB 51348 的相关规定。

5.4.5 室内布线

- a) 室内配线管网应包括建筑外线引入管、建筑内弱电间、导管、槽盒等。
- b) 楼层弱电间至信息配线箱、信息配线箱至信息插座的线路应符合下列规定：
 - 1) 线路明敷设时，应采用槽盒、导管保护；
 - 2) 线路暗敷设在墙内、楼板内时，应采用导管保护；
 - 3) 管线敷设应符合 GB 51348 和 GB 55024 的相关规定。
- c) 室内光缆布线应选择距离较短、安全和经济合理的路由，应满足以下布线要求：
 - 1) 缆线的型号、规格和数量需要符合设计要求；缆线布放需要顺直、整齐，无明显扭绞和交叉，绑扎间距均匀、松紧适度。
 - 2) 电源线与信号线需要分开绑扎，不能布放在同一线束内，在机架、机柜或机箱内分侧布放。

- 3) 光纤连接线布放时，需要尽量减少转弯，建议采用活扣扎带绑扎，扎带不能过紧；光跳线需要保持自然顺直，无扭绞现象，盘留曲率半径需要不小于 30mm；光纤布放时不能受压，不能把光纤折成直角，需拐弯时，需要弯成圆弧，圆弧直径不能小于 60mm。
- 4) 光电混合缆及对绞电缆作为 PoE 供电应用时，缆线不宜绑扎和成束布放。光电混合缆可以通过导管敷设，导管内径不小于 16mm，导管路由需要满足施工规范要求，用弯管器折角时，圆管弯曲半径需要大于圆管半径的 5 倍，角度需要大于 90°；光电混合缆沿槽盒敷设时，光电混合缆的弯曲半径需要大于 42mm。

5.5 系统供电、防雷与接地

- a) POL 系统用电负荷分级及供电方式应根据项目性质结合智能化各子系统工程供电要求确定，应符合 GB 50052 的有关规定。
- b) 核心交换机和 OLT 宜采用不间断电源 UPS 供电，其蓄电池组连续供电时间屋内有发电机时不小于 0.25h，无发电机时不小于 2h。
- c) POL 系统与公共安全系统等合设不间断电源 UPS 时，应按系统分别设置供电回路。
- d) 当弱电间内用电设备较多时，宜设置电源配电箱并留有备用回路；用电设备较少时可设两个交流 220V/10A 的单相三孔电源插座。
- e) 信息配线箱内应配置 220VAC 带保护的单相交流电源插座为 ONU 设备供电，箱内接地端子板应接地，信息箱内应采用强、弱电安全隔离措施。
- f) 具有公共安全系统接入的 ONU 设备应采用不间断电源 UPS 供电。
- g) POL 系统的保护性接地和功能性接地宜共用一组接地装置，其接地电阻应按其中最小值确定。当单独设置系统接地体时，其接地电阻不应大于 4Ω；当采用联合接地系统时，其接地电阻不应大于 1Ω。
- h) 布线系统的接地系统中存在两个不同的接地体时，其接地电位差不应大于 1Vr.m.s。
- i) 配线机柜（箱）应采用两根不等长度，且截面不小于 6mm² 的绝缘多股铜芯软导线接至就近的等电位联结端子板，接地线应加装铜接线端子，并应压（焊）接牢固。
- j) 在建筑物的进线间、设备间及弱电间均应设置局部等电位联结端子板。上述区域内所有设备的可导电金属外壳、各类金属导管、金属槽盒、建筑物金属结构等均应作等电位联结并可靠接地。
- k) 建筑物内布线光缆采用金属管槽敷设时，管槽应保持连续的电气连接，并应有不少于两点的可靠接地连接点。
- l) 当光缆从建筑物外引入建筑物时，光缆的金属护套或金属构件应在入口处就近与等电位联结端子板连接。
- m) POL 系统防雷与接地除应符合本标准外，尚应符合国家现行标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057、GB 50343 的有关规定。

6 安装与调试

6.1 一般规定

- a) POL 系统所用材料和设备的规格、数量、质量应符合设计要求，应具有产品合格证、出厂检验证明材料、质量文件。
- b) 隐蔽工程应在下一道工序施工前完成，应有现场施工记录或相应资料。
- c) 系统设备及线缆应标识清晰、准确，标识应符合校方要求，标识应统一、清楚、明确，位置适当。
- d) 系统工程的施工准备、施工安装、施工管理、质量控制、进度控制、成品保护以及安全、环保、节能措施等均应符合 GB 50312 和 GB 51171 等的相关规定；抗震要求应符合 GB 50981 的相关规定。

6.2 施工安装

- a) POL 系统工程施工安装前应进行所用材料和设备的检验，并应记录检验的结果。

- b) 系统所用材料和设备外包装应完整，不应出现破损、凹陷、受潮等现象。
- c) 系统工程施工的分部工程和分项工程应包括建筑室内外线缆敷设、设备安装、软件安装等。
- d) 信息配线箱的安装应符合下列规定：
 - 1) 嵌墙式箱体应安装于墙体内，应在院内建筑建造时同步完成或预留安装位置；
 - 2) 箱体内的 ONU 与配线模块应安装牢固；
 - 3) 引入线缆应在箱内终接，连接端子应标识清晰、准确；
 - 4) 箱内应预留 0.5m~1.0m 的线缆盘置空间，线缆应排列整齐、绑扎松紧适度；
 - 5) 箱体散热措施应符合设计要求。
- e) 施工单位应履行施工单位的安全生产责任，做好项目的安全生产管理工作，并配备专职安全生产管理人员。
- f) 作业工序及作业场景的现场安全生产管理应符合 YD 5201 的相关规定。

6.3 调试

- a) POL 系统调试前应制定调试方案、测试计划，完成 IP 和 VLAN 规划。
- b) 系统调试前应检查各种软件版本包中相关的数据文件、版本文件、软件调测工具等是否符合本项目的测试要求。
- c) 系统调试前应根据发货信息及工程文档收集调测设备的硬件配置、组网、数据规划等信息，准备工作应符合下列规定：
 - 1) 检查 OLT 的主控板、业务板的类型及槽位分布，确定上行端口类型、PON 业务端口类型及物理位置，完成硬件配置准备工作；
 - 2) 检查 POL 系统组网方式、IP 地址规划、VLAN 划分，应符合组网规划及数据规划。
- d) POL 系统的设备调试应符合下列规定：
 - 1) 网管软件版本、OLT 软件版本、业务板卡软件版本和 ONU 软件版本应符合调试方案要求；
 - 2) 网管系统、OLT 系统名称、ONU 命名应修改为与项目及物理位置相关的名称；
 - 3) 网管设备增加的系统操作用户名称、密码复杂程度、权限应修改符合调试方案要求；
 - 4) 已承载业务的板卡运行状态、PON 端口运行状态、ONU 运行状态、ONU 端口状态应调试为正常无故障；
 - 5) 上行端口状态数据流量、MAC 地址表及 ONU 下联业务端口状态流量、MAC 地址表应调试为正常。
- e) OLT 设备与其他设备的对接调试应符合下列规定：
 - 1) OLT 设备与网管系统的功能对接应满足管理和维护的要求；
 - 2) OLT 设备与上层核心设备对接状态应正常，上行链路应完成光纤中断场景及硬件损坏场景的现场模拟测试；
 - 3) OLT 设备到 ONU 管理通道及网管设备对 ONU 的管理通道状态应正常，应满足维护人员管理 ONU 的要求；
 - 4) OLT 应检测 ONU 的上线状态，对未上线的 ONU 进行告警查看及故障处理；
 - 5) 网管的各功能模块应调试至满足监控整网 OLT 和 ONU 设备各项指标的要求；
 - 6) 应调试 ONU 下挂各项业务至客户使用感知满足要求，包括 IP 数据速率达标，VoIP 网络电话无延迟，AP 所带设备速率达标，视频监控图像流畅等。
- f) 应验证设备的可维护性及可靠性，维护管理应符合下列规定：
 - 1) 执行各种操作触发对应的警告和事件，设备应能正确上报警和事件；
 - 2) 日志信息应能准确确定设备是否处于故障状态；
 - 3) 执行相应动作，主控板卡主备倒换、PON 端口的 Type B 或 Type C 切换功能及指标应符合方案要求；
 - 4) 网管和 OLT 应能实现自动或手动的数据备份。
- g) 调试结束后应将正式文档移交，包括调试的命令、配置的系统账号、系统密码、配置脚本、软件许可证文件。

7 检测与验收

7.1 一般规定

- a) POL 系统建设项目在工程竣工前应进行竣工检测。无源光局域网工程均应由有资质的第三方检测单位检测。
- b) POL 系统具备验收条件时应由建设方、设计方、监理方、施工方等单位对工程进行验收。
- c) 各项检测结果应有详细记录，并作为竣工文档资料的一部分。

7.2 光信道检测

- a) OLT 至 ONU 之间的光信道应全部检测，测试方法宜采用插入损耗法，最大光信道损耗和最小光信道损耗应符合表 A.2 的规定。
- b) 在网管或 OLT 读取 OLT PON 端口和 ONU PON 端口同一时刻的接收和发送实时光功率值，实际测量值应满足附录 A.2 中公式计算值的要求。
- c) 应对 POL 系统的 Type B 或 Type C 光纤保护进行检测，检测结果应符合下列规定：
 - 1) 当采用拔掉光纤等模拟被测光纤故障时，POL 系统应自动切换至保护光纤；
 - 2) Type B 或 Type C 双归属组网切换时，业务丢包时间应小于 1s。

7.3 业务检测

- a) 应检测 POL 系统的基本业务，检测结果应符合设计要求。
 - 1) 内网的有线和无线上网速率应符合设计要求；
 - 2) 外网的 POTS 电话或 IP 电话业务应正常，无杂音；
 - 3) 智能化设备网应满足建筑设备网络运营的要求。
- b) 网管功能测试应包括拓扑管理、配置管理、性能管理、故障管理、安全管理等，具体检查项目应设计要求。
- c) 应对 POL 系统的性能进行检测，采用 64 Byte~1518 Byte 之间的任意包长测试时，检测结果应符合下列规定：
 - 1) GPON 的上行吞吐量不应小于 1Gbit/s，下行吞吐量不应小于 2.2Gbit/s；
 - 2) 采用 1:32 分光且全部采用 XGS-PON ONU 测试时，XGS-PON 的上行吞吐量不应小于 8Gbit/s，下行吞吐量不应小于 8.3Gbit/s；
 - 3) 采用 XGS-PON Combo 时，PON 端口的吞吐量应能达到 GPON 吞吐量与 XGS-PON 吞吐量之和。
- d) POL 系统基于以太网或 IP 业务的传输时延、长期丢包率等传输性能指标应符合 GB/T 51380 的相关规定。

7.4 竣工验收

- a) 应完成网络设备的验收，网络设备的性能和功能应满足设计要求。
- b) 隐蔽工程应随工检验，隐蔽工程不合格，不应进行下一道工序。
- c) POL 系统工程质量评判应符合下列规定：
 - 1) 工程质量评判指标应满足设计文件要求；
 - 2) 通信管道的管孔试通、封堵应符合 GB 51348 的相关规定；
 - 3) 暗管、槽盒等院内建筑配线管网的位置及大小应符合 GB 50312 的相关规定；
 - 4) 院内建筑室外通信光缆的敷设安装及成端接续测试验收应符合 GB 51171 的相关规定；
 - 5) 院内建筑室内线缆布放应符合 GB/T 50312 的相关规定；
 - 6) OLT、ONU 设备的安装应符合 YD 5207 的相关规定；
 - 7) 工程被检验项目全部合格时，工程质量判定为合格。
- d) 竣工文档应内容真实全面、数据正确完整、图纸规范清晰、签字手续完备，应包括工程准备阶段资料、监理文件资料、施工文件资料、竣工资料等。
- e) POL 系统工程检验内容应按附录 B 执行，检验结果应作为工程竣工资料的组成部分。

8 运行维护

8.1 一般规定

- a) POL 系统应建立技术档案，运行维护人员应经过 POL 网络运维专业培训。
- b) POL 系统运行期间应对操作人员的权限进行管理和记录。
- c) POL 系统运行记录应定期备份。
- d) POL 系统应建立设备运行维护管理制度，并应明确以下内容：
 - 1) 运行维护工作责任人和工作岗位职责；
 - 2) 运行维护事件的处理管理流程；
 - 3) 有关运行维护紧急事件的应急预案；
 - 4) 应有运行维护日志，系统软硬件的维修和更新应有记录。
- e) 若发生火灾或水淹等重大事故之后，无源光局域网设备应维护及调测正常后才能重新运行。

8.2 硬件维护

- a) POL 系统设备应定期维护保养。维护保养应包括下列内容：
 - 1) 检查标签、接线、配线表、槽盒和设备工作情况；
 - 2) 检查电源的状态；
 - 3) 清理设备、信息配线箱和机柜灰尘。
- b) 关键设备或部件应提供备件，数量应能满足故障替换或修复需要。
- c) 设备专网等网络不能中断场所的 ONU 达到使用寿命后应进行更换。
- d) 设备单板应支持热插拔，插拔单板应不影响其它单板正常运行。
- e) ONU 故障更换时应支持即插即用，网管应支持远程快速恢复功能。

8.3 软件维护

- a) POL 系统应支持通过网管和设备命令行进行远程维护。
- b) 网管应支持对无源光网络设备进行集中监控、维护和管理，支持物理通道、业务相关的公共属性配置和业务的开通和控制。
- c) 网管应支持设备的配置管理、故障管理、性能管理和安全管理。
- d) 网管宜支持监控功能，监控界面宜支持配置显示关键 KPI 指标。
- e) 网管和设备命令行宜支持单板的状态、内存利用率、CPU 利用率、温度和电压查询。
- f) 网管和设备命令行宜支持端口的状态、流量统计和带宽利用率查询。
- g) 网管和设备命令行宜支持 ONU 状态、流量统计和带宽利用率查询。
- h) 网管宜支持无源光网络拓扑监控，拓扑图宜支持显示主干光缆和分支光缆状态，宜采用不同颜色表示光纤链路的正常或故障状态。
- i) 网管和设备命令行应支持告警级别、告警源、发生时间和定位信息查询。
- j) 网管和设备命令行应支持光模块光功率信息查询，查询内容应包括发送光功率、接收光功率、光模块温度、供电电压、发送偏置电流信息。
- k) 设备应支持远程升级功能：
 - 1) 核心交换设备和 OLT 应支持升级不中断业务功能，业务丢包时间宜小于 10s；
 - 2) 网管应支持 ONU 批量升级功能。

8.4 故障定位

- a) 网管和设备命令行应支持 MAC 地址查询。
- b) OLT 和 ONU 宜支持 DHCP 拨号仿真功能，宜支持从 ONU 端口发起 DHCP 拨号仿真任务。
- c) 当 ONU 支持 POTS 语音业务时，宜支持语音呼叫仿真功能。
- d) OLT 和 ONU 宜支持视频质量监控功能，应支持如下功能：
 - 1) 应支持在 OLT 上行端口、OLT PON 端口和 ONU 设备上启动 TCP 流或 UDP 流的监控；
 - 2) TCP 流监控应支持周期性统计平均速率、上游丢包率、下游丢包率、下行平均时延，监控周期可设置；
 - 3) UDP 流监控应支持 RTP 报文周期统计，统计报文应包括丢弃报文数、乱序报文数、连续丢包的最大值，监控周期可设置。

附 录 A
(规范性)
PON 系统参数表

A.1 PON 技术参数

PON系统应按照带宽要求选择GPON、XGS-PON或50G-PON技术，PON技术参数应符合表A.1的规定。

表 A.1 PON 技术参数表

技术参数	PON 技术		
	GPON	XGS-PON	50G-PON
下行线路速率 (Mbit/s)	2488	9953	49766
上行线路速率 (Mbit/s)	1244	9953	49766
下行波长 (nm)	1480~1500	1575~1580	1340~1344
上行波长 (nm)	1290~1330	1260~1280	1284~1288
下行有效带宽 (Mbit/s) *	2440~2490	8600~9500	42200~48900
上行有效带宽 (Mbit/s) *	1050~1240	8500~9400	40100~46500
光功率预算 (dB)	Class B+: 28 Class C+: 32 Class D: 35	Class N1: 29 Class N2: 31 Class E1: 33	Class N1: 29

注：*下行和上行有效带宽按照每个 PON 口接 64 个 ONU 估算

A.2 全程光信道设计

- a) POL 系统光链路预算应满足网络端到端的全程光信道损耗要求，全程光信道损耗值应控制在表 A.2 要求的最大值和最小值之间。

表 A.2 全程光信道损耗值表 (dB)

光信道损耗	光模块类型				
	GPON		XGS-PON		50G-PON
	Class B+	Class C+	Class N1	Class N2	Class N1
最大光信道损耗	28	32	29	31	29
最小光信道损耗	13	17	14	16	14

- b) POL 系统中 OLT 至单个 ONU 之间全程光信道衰减指标的设计应根据光纤信道的实际配置、结合设计中选定的各种无源器件的技术性能指标，计算出工程实施后预期指标应满足表 A.2 全程光信道损耗要求，可按下列公式计算：

$$1) \text{ 全程光信道衰减 } A = \sum_{i=1}^n L_i \times A_f + X \times A_{\text{熔}} + N \times A_C + \sum_{i=1}^m L_{\text{分}} + \beta + M_C$$

式中：A —— 全程光信道衰减；

$\sum_{i=1}^m L_i$ ——OLT 至单个 ONU 之间光信道中各段光纤长度的总和(km)；

A_f ——设计中规定不含接头的光纤衰减系数 (dB/km)；

X ——OLT 至单个 ONU 之间光信道中光纤熔接 (含光缆接续、尾纤熔接) 接头数 (个)；

$A_{熔}$ ——设计中规定的光纤熔接方式接续平均衰耗指标 (dB)；

N ——OLT 至单个 ONU 之间光信道中活动接头数量 (个)；

A_C ——设计中规定的活动连接器的损耗指标 (0.5dB/个)；

$\sum_{i=1}^m L_{分}$ ——OLT 至单个 ONU 之间光信道中所有光分路器插入损耗的总和 (dB)；

β ——OLT 至单个 ONU 之间光信道中存在模场直径不匹配的光纤连接时所引入的附加损耗(dB)；

M_C ——线路维护余量 (单位: dB)。

- 2) 单模光纤衰减系数应符合表 A. 3 的规定

表 A. 3 单模光纤衰减系数 (dB/km)

测试波长	光纤种类	
	G. 652	G. 657
1310nm 衰减系数最大值	0.35	0.38
1550nm 衰减系数最大值	0.21	0.24
1625nm 衰减系数最大值	0.24	0.28

- 3) 设计中规定的光纤接续 (熔接方式) 平均衰耗指标 (dB)，参数参照表 A. 4 取值。

表 A. 4 光纤接续损耗指标

光纤类别	接续损耗 (dB)				测试波长 (nm)
	单芯光纤		多芯光纤		
	平均值	最大值	平均值	最大值	
G. 652	≤0.06	≤0.12	≤0.12	≤0.38	1310 或 1550
G. 657	≤0.06	≤0.12	≤0.12	≤0.38	1310 或 1550

- 4) 设计中规定的线路维护余量，参数参照表 A. 5 取值。

表 A. 5 线路维护余量取值要求

传输距离 L (km)	线路维护余量取值 (dB)
$L \leq 5$	≥1
$5 < L \leq 10$	≥2
$L > 10$	≥3

附录 B
(资料性)
设备选型参考

应根据校园网用户规模大小及对流量的诉求选择合适的网络设备。目前校园网网络规模大小没有统一的定义，可参照下表。

表 B.1 校园网网络规模

网络规模	大型网络	中型网络	小型网络
信息点位数量	>20000	5000~20000	<5000

a) 核心交换机选型，参考表 B.2 核心交换机选型表

表 B.2 核心交换机选型表

规格类型	大容量	中容量	小容量
交换容量 (Tbit/s)	≥256	≥128	≥64
堆叠	支持	支持	支持
MAC 地址数 (个)	≥512k	≥256k	≥128k
IPv4 路由表 (条)	≥256k	≥128k	≥64k
IPv6 路由表 (条)	≥64k	≥32k	≥16k
IPv4 路由协议	支持 RIP、OSPF、IS-IS、BGP 等 IPv4 路由协议		
IPv6 路由协议	支持 RIPng、OSPFv3、IS-ISv6、BGP4+ 等 IPv6 路由协议		
随板 AC 控制器	支持	支持	支持
100GE 端口数 (个)	≥64	≥32	≥16
10GE 端口数 (个)	≥480	≥288	≥144

b) OLT 设备选型，参考表 B.3 OLT 选型表

表 B.3 OLT 选型表

规格类型	大容量	中容量	小容量	
设备类型	插卡式			盒式
交换容量 (Gbit/s)	≥3 600	≥3 600	≥240	≥40
业务板槽位带宽能力 (Gbit/s)	≥100	≥100	≥40	—
MAC 地址数 (个)	≥256k	≥128k	≥128k	≥32k
IPv4 路由表 (条)	≥64k	≥64k	≥32k	≥8k
IPv6 路由表 (条)	≥16k	≥16k	≥16k	≥4k
每块主控板上行端口数 (个)	≥4×10GE 或 1×100GE	≥4×10GE 或 1×100GE	≥2×10GE 或 4×GE	—
单框支持 GPON 端口数 (个)	≥240	≥112	≥32	≤16
单框支持 XGS-PON 端口数 (个)	≥240	≥112	≥32	≤16

规格类型	大容量	中容量	小容量	
设备类型	插卡式			盒式
PON 端口传输距离 (km)	≥20	≥20	≥20	≥20
PON Type B 和 PON Type C 保护	支持	支持	支持	支持
双主控板、双电源板冗余备份	支持	支持	支持	—

c) ONU 设备选型，参考表 B.4 ONU 常用型号选型表

表 B.4 ONU 常用型号选型表

类型	主要功能	网络侧端口	用户侧端口	支撑业务	安装方式
1	数据接入	GPON	2GE	PC/IP 数据/IP 视频	86 盒安装
2	数据、语音接入	GPON	1GE+1POTS	PC/IP 数据/IP 视频/电话/传真	86 盒安装
3	数据、IP 语音接入	GPON/ XGS-PON	4GE	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	信息配线箱/桌面
4	数据、语音接入	GPON/ XGS-PON	4GE+2POTS	PC/IP 数据/IP 视频/电话/传真	信息配线箱/桌面
5	数据接入+POE	GPON/ XGS-PON	4GE (PoE/PoE+)	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	信息配线箱/桌面
6	数据、IP 语音接入	GPON/ XGS-PON	8GE	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	信息配线箱/桌面
7	数据、语音接入	GPON/ XGS-PON	8GE+2POTS	PC/IP 数据/IP 视频/电话/传真	信息配线箱/桌面
8	数据接入+POE	GPON/ XGS-PON	8GE (PoE/PoE+)	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	信息配线箱/桌面
9	数据接入	GPON/ XGS-PON	24GE	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	网络机柜
10	数据接入+POE	GPON/ XGS-PON	24GE (PoE/PoE+)	PC/IP 数据/IP 视频/IP 电话	网络机柜
11	数据、语音接入/Wi-Fi	GPON/ XGS-PON	4GE+1POTS+2.4GHz & 5GHz Wi-Fi 6	PC/IP 数据/IP 视频/电话/传真	吸顶、挂墙

注：各制造生产商类型、端口配置数量多样，此表仅为参考选用。

d) 光分路器光学性能应符合表 B.5, B.6 的规定

表 B.5 1×N PLC 均分光分路器光学特性

参数	指标				
	1×4	1×8	1×16	1×32	1×64
工作波长 (nm)	1260~1650				
插入损耗 (dB)	≤7.4	≤10.5	≤13.5	≤16.8	≤20.5
偏振相关损耗 (dB)	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
通道均匀性 (dB)	≤0.8	≤1.0	≤1.4	≤1.5	≤2.0
回波损耗 (dB)	≥55				
方向性 (dB)	≥55				

参数	指标
工作/贮存温度范围 (°C)	-40~+85

表 B.6 2: N PLC 均分光分路器配置选型表

参数	指标				
2:N 分光比	2: 4	2: 8	2: 16	2: 32	2: 64
工作波长 (nm)	1260~1650				
插入损耗 (dB)	≤7.6	≤10.8	≤13.8	≤17.1	≤20.8
偏振相关损耗 (dB)	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3	≤0.3
通道均匀性 (dB)	≤1.0	≤1.2	≤1.5	≤1.8	≤2.0
回波损耗 (dB)	≥55				
方向性 (dB)	≥55				
工作温度范围 (°C)	-40~+85				

注:表中插入损耗、通道均匀性的测试波长为1310nm、1490nm、1550nm,在1260nm~1300nm和1600nm~1650nm波长区间的插入损耗、通道均匀性在以上指标基础上分别增加0.3dB、0.5dB。

附 录 C
(资料性)
工程检验内容及项目表

表 C.1 工程检验内容及项目表

序号	阶段	检验项目	检验内容	检验方式
1	施工前检查	设备安装环境	设备间和电信间环境条件	施工前检查
			<ol style="list-style-type: none"> 1. 规格、数量、外观等检查 2. 通信管道、人孔或手孔器材检查 3. 线缆及连接器件检验 4. 配线设备检查 	
2	管道敷设	室外通信管道	<ol style="list-style-type: none"> 1. 室外预埋管道路由及施工条件 2. 管道沟开挖和回填土 3. 管道埋深 4. 管道敷设和连接 5. 进入建筑物及防护措施 6. 支管敷设 	随工检验 隐蔽工程 签证记录
		人孔或手孔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地基、外形、尺寸等 2. 施工质量 3. 管道进入位置 	
		建筑物内配线管网	<ol style="list-style-type: none"> 1. 导管敷设 2. 槽盒敷设 3. 其他 	
3	线缆敷设与连接	室外光缆	<ol style="list-style-type: none"> 1. 管孔孔位及占用数量 2. 敷设及保护措施 	随工检验
		建筑物内光缆	<ol style="list-style-type: none"> 1. 线缆敷设路由 2. 线缆保护措施 	
		光缆接续与成端	<ol style="list-style-type: none"> 1. 光缆接续与成端 2. 光电混合缆接续与成端 	
4	电源线敷设与取电	电源线规格及电源线布放, 电源供给容量, 工作区、信息箱等电源插座检验	<ol style="list-style-type: none"> 1. 交、直流电源线规格及布放 2. 电源容量、电源保护及告警功能 3. 工作区、信息箱等电源插座 	随工校验
5	设备安装	接出口设备、管理设备、交换机设备、	<ol style="list-style-type: none"> 1. 规格、容量 2. 安装位置及安装工艺 	随工检验

		POL 系统设备, 交接箱、配线设备、多功能配线箱等设备	3. 抗震加固措施 4. 接地措施	
6	系统测试	光信道测试	光信道衰减指标	随工或竣工检验
		POL 系统设备	参照相关网络和通信系统设备的规范和标准	
		应用和管理系统功能测试	参照《基于以太网技术的局域网系统验收测评规范》GB/T 21671	
7	工程总验收	竣工技术资料	按照所在城市城建档案馆接收建设工程档案的规范要求清点、交接工程竣工技术资料	竣工检验

附录 D (资料性) 数智校园全光网典型应用

随着教育数字化和智能化的发展，云计算、大数据、人工智能逐步应用，智慧教育在全面关注“人、教育”的基础上，依托云计算、大数据、人工智能、千兆光网、VR/AR、物联网等新一代信息技术打造智能化、感知化、泛在化的教育新模式，通过个性化、精细化、沉浸式学习教学，提升课堂教学效果，增强学生学习兴趣，提升学习效率。

数智校园采用全光网技术打造“多网融合”的新型网络基础设施，实现高数据传输速率、低网络时延，满足云化、高清视频、虚拟现实、物联网通信等大数据量传输，为 AI 的应用提供了坚实的技术支撑和运作基础。

数智校园多业务全光承载网络的典型应用包括智慧教室、智慧办公、全光宿舍、平安校园等多种不同的应用场景。无源全光网简架构、易演进、智运维、高可靠的特征很好地适配了数智校园的诉求，为师生提供全新的教学体验。

D.1 智慧教室

智慧教室和智慧课堂是智慧教育最关键的环节，无源全光网以大带宽、确定性低时延、一跳入云支持互动课堂、VR/AR 课堂，为学生提供沉浸式学习环境。

采用 POL 技术实现光纤到教室，支持一网多业务。POL 技术既可采用时隙隔离的方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的时隙）；也可采用波长隔离的方式进行业务隔离（不同等级的业务采用不同的波长）；匹配不同业务的时延、带宽要求。

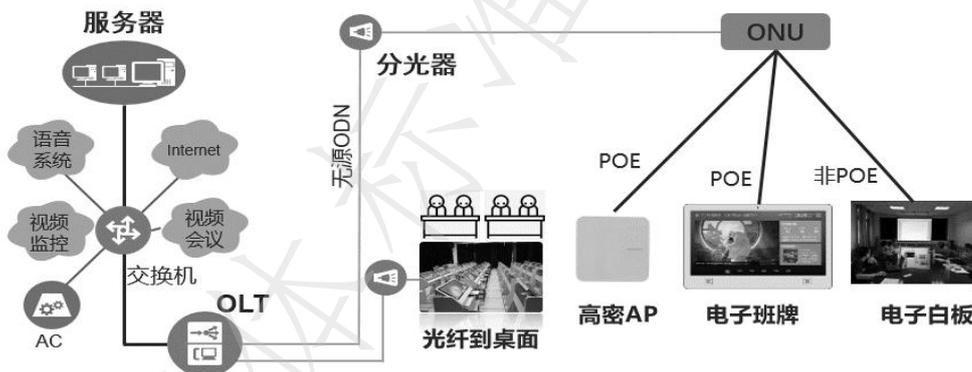


图 D.1 全光网络在智慧教室的应用

POL 系统支持光纤线路数据加密处理，通过 OLT 统一管理，不同的 ONU 采用不同的加密密钥并定期更新，增强了光纤线路上数据传输的安全性。

POL 系统提供更高的可靠性，在校园教学网中可采用 Type B 双归属保护组网以提供网络的冗余保护，为网络提供高可靠、高稳定的数据传输能力，确保网络 7×24 小时稳定运行，确保不出现教学事故，无需老师带着 U 盘上课。

智慧教室使用全光网络时，可支持以下课堂业务：

- a) 互动课堂，通过“互联网+教育”，在实体课堂、在线课堂、云课堂上提供不同层次的互动教学环境，师生互动、分组/分层教学、研讨教学、翻转教学等。
- b) VR/AR 课堂，通过虚拟现实技术，将传统课堂 VR/AR 化，提供沉浸式教学、研讨教学等。
- c) 全息课堂，全息影像技术应用于教学课堂，除了提供直观鲜活的立体沉浸式体验，还可实现实时、多点虚实交互。

D.2 智慧办公

数智校园的智慧办公采用全光网络进行建设，提供高速、安全、快速的网络连接功能。

POL 系统中，ONU 设备可提供多种业务接口，满足办公场景不同业务终端的接入要求，可根据不同的接口要求选择不同的 ONU 设备。ONU 可提供 POTS 接口连接普通语音话机，提供电话功能；ONU 可提供带 PoE 的 10GE/GE 以太网接口，可接无线 Wi-Fi 5/6 AP，提供 Wi-Fi 接入的功能，也可接视频监控摄

摄像头，提供视频监控的功能；ONU 可提供不带 POE 的 10GE/GE 以太网接口，可接桌面云/PC、视频会议终端、IP 话机、打印机等设备，提供智慧办公的功能；ONU 也可提供 10GE/GE 以太网接口，通过物联网关连接校园 IoT 设备等。

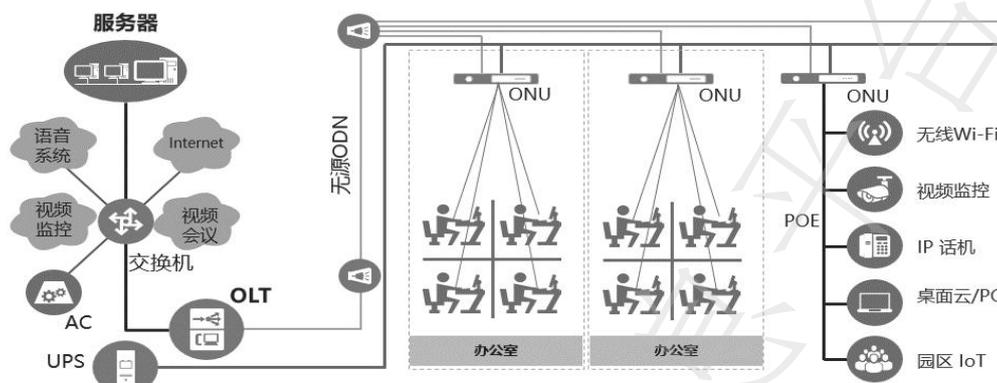


图 D.2 全光网络在智慧办公的应用

D.3 全光宿舍

宿舍是数智校园的一个重要组成部分。全光网络打造有线、无线融合的超宽校园宿舍网络，提供宿舍区域学生连接 Internet 网、教育专网、学校内网、网课等，并提多业务及物联网融合承载。

POL 系统中，ONU 可提供 GE/10GE 等标准以太网接口，连接到宿舍内的台式机，提供提供高速、安全的 Internet 上网功能；ONU 可通过以太网接口接 Wi-Fi AP，或者 ONU 设备本身提供 Wi-Fi 6 无线接入功能，支持联接各种上网终端设备，如：上网的电脑，便携，PAD，手机等，以及宿舍区域的互联网终端等。

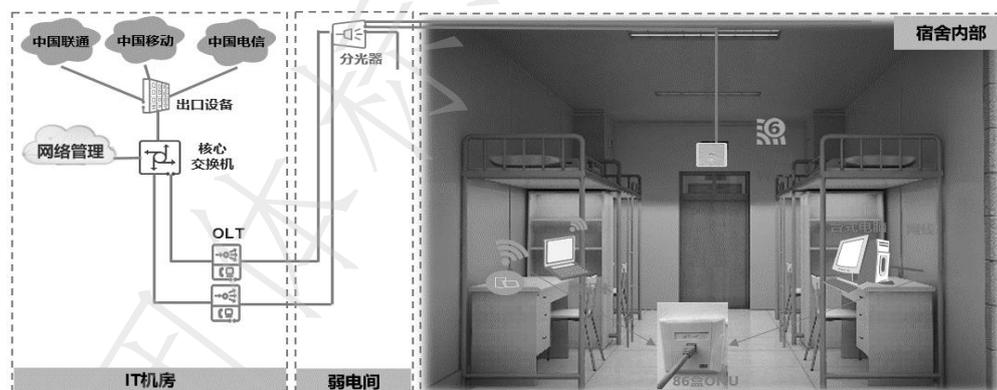


图 D.3 全光网络在全光宿舍的应用

POL 系统中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 对 ONU 侧上来的信息进行转换/汇聚后送到核心交换机，核心交换机通过防火墙和出口路由器接到电信、移动和联通等运营商网络，高速访问 Internet。

可考虑为校园宿舍网单独建设一张全光网络，也可考虑和校园内的其他网络合并为一张物理网络，凭借全光网络的时隙隔离或者波长隔离等技术，实现校园内网和 Internet 网之间的隔离，满足网络系统安全的相关要求。

D.4 平安校园

校园安全技术防范系统主要包括入侵报警系统、视频安防监控系统，出入口控制系统、电子巡查系统、停车库（场）管理系统等。目前视频安防监控系统一般采用不低于 720P 的高清图像，具有数据流量大、持续时间长的特点，对网络的承载能力提出了较高的要求。且由于安全技术防范系统需要满足对校园建筑物、操场等的视频监控，以及重点场所出入口的门禁控制以及停车场等区域的管理，所以需要支持长距离传输。

全光网络采用光纤传输，打破了网线 100 米的距离限制，可支持长距离传输，具有长距离广覆盖、大带宽的特点，非常适合用于校园视频安防监控网的建设。校园视频安防监控网也可和智慧办公网等共

用一张物理网络，并进行隔离。

POL 系统中，ONU 可提供标准的以太网接口接入监控摄像机、门禁等各种安防设备。ONU 也可提供 PoE 的功能，为监控摄像机等设备进行供电。安全技术防范系统网中，OLT 到 ONU 之间采用无源的 ODN 网络进行连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。OLT 对 ONU 侧上来的信息进行转换/汇聚后，通过核心交换机连接到视频监控服务器。

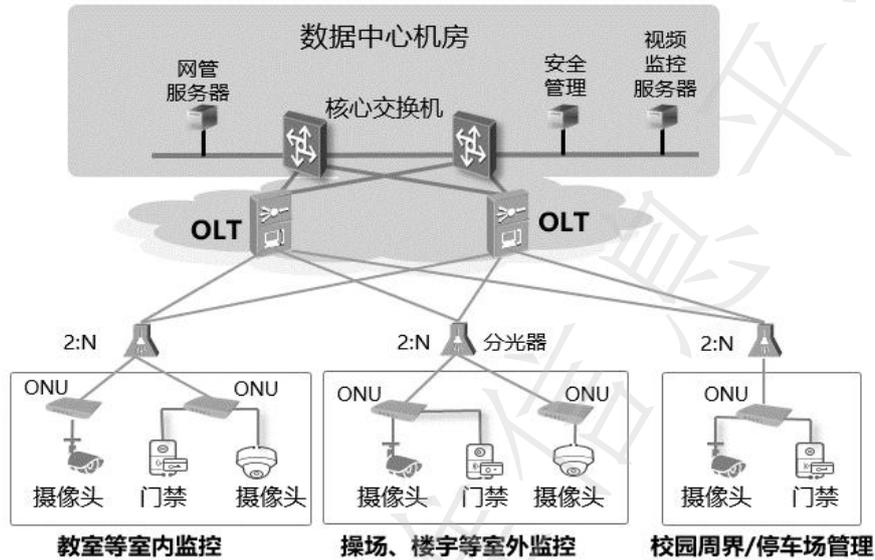


图 D.4 全光网络在平安校园的应用

全光网络支持增强型媒体传输质量指标（eMDI）检测、摄像头黑头检测等功能，能够对视频监控出现的花屏、黑屏等问题进行快速定位，高效承载视频安防监控系统业务，实现对校园区域的实时监控与管理。