



团 体 标 准

T/XXX XXXX—2026

# 面向人工智能应用的中小学 全光校园网络配置指南

Configuration guide for AI-Oriented All-Optical campus networks in  
primary and secondary schools

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

发 布

## 目 次

|  |     |
|--|-----|
| 前 言 .....  | III |
| 1 范围 .....   | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....  | 1   |
| 3 术语和定义 .....  | 1   |
| 3.1 以太全光 ethernet-based all-optical network .....                  | 1   |
| 3.2 光纤入室 fiber to the room (FTTR) .....                            | 2   |
| 3.3 房间接入节点 room access node .....                                  | 2   |
| 3.4 软件定义网络 software defined network (SDN) .....                    | 2   |
| 3.5 端网协同 end-to-end network coordination .....                     | 2   |
| 3.6 人工智能运维 artificial intelligence for IT operations (AI 运维) ..... | 2   |
| 3.7 光电复合缆 optical-electric composite cable .....                   | 2   |
| 3.8 增强型以太网供电 power over ethernet plus plus (PoE++) .....           | 2   |
| 3.9 Wi-Fi 7 .....  | 2   |
| 3.10 多链路操作 Multi-Link Operation (MLO) .....                        | 2   |
| 4 总体原则 .....   | 3   |
| 4.1 模块化设计原则 .....  | 3   |
| 4.2 光纤入室原则 .....   | 3   |
| 4.3 智能联动原则 .....   | 3   |
| 4.4 安全防护原则 .....   | 3   |
| 5 全光校园网总体架构 .....  | 3   |
| 5.1 物理架构与全光布线 .....  | 3   |
| 5.2 软件定义网络与自动化策略 .....   | 4   |
| 5.3 中心机房与智能化运维 .....   | 5   |
| 5.4 无线网络与光电融合供电 .....  | 6   |
| 6 普通教室、专用室及实验室网络配置 .....   | 6   |
| 6.1 应用场景与需求特征分析 .....  | 7   |
| 6.2 房间节点部署与自动接入 .....  | 7   |
| 6.3 无线覆盖与全光供电设计 .....  | 8   |
| 6.4 普通与常规专用教室网络设备配置表 .....   | 8   |
| 7 公共区域与室外空间网络配置 .....  | 9   |
| 7.1 应用场景与特征分析 .....  | 9   |
| 7.2 智慧体育与安全监控接入 .....  | 9   |
| 7.3 实践园地与校园周界配置 .....  | 9   |
| 7.4 公共区域与室外空间网络配置建议表 .....   | 9   |
| 8 中心机房与智能运维中枢网络配置 .....  | 10  |
| 9 综合评价与验收 .....  | 11  |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 9.1 综合验收评价指南 .....       | 11 |
| 9.2 校园网综合性能测试与评价简表 ..... | 11 |
| 9.3 验收交付要求性能判定标准 .....   | 12 |

## 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专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：南京市教育技术装备中心

本文件主要起草人：

# 面向人工智能应用的中小学全光校园网络配置指南

## 1 范围

本文件规定了面向人工智能应用的中小学全光校园网络的术语和定义、总体原则、基础物理架构、网络交换与路由系统、中心机房智能运维、泛在无线底座与准入控制等方面的技术要求。

本文件适用于新建、改建和扩建的中小学全光校园网络工程的规划、设计、施工、验收及运维管理。幼儿园、中等职业学校及其他教育机构可参照执行。

本文件涵盖的网络系统包括：

- 校园主干传输网络（含光缆敷设、光交箱配置）；
- 楼宇内部接入网络（含光纤入室、房间接入节点部署）；
- 无线网络系统（含 Wi-Fi 7 AP 部署、无线控制器配置）；
- 中心机房系统（含核心交换、运维管理、安全与基础保障设施）；
- 智能运维管理系统（含 AI 运维平台、网络管理平台）；
- 网络安全系统（含防火墙、准入控制、行为审计、日志审计）。

## 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 2887-2011 计算机场地通用规范
- GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 25069-2022 信息安全技术 术语
- GB/T 36342-2018 智慧校园总体框架
- GB 50174-2017 数据中心设计规范
- GB 50311-2016 综合布线系统工程设计规范
- GB 50312-2016 综合布线系统工程验收规范
- GB/T 50314-2022 智能建筑设计标准
- YD/T 5026-2005 电信机房铁架安装设计标准
- IEEE 802.3 以太网技术标准
- IEEE 802.11 无线局域网技术标准
- IEEE 802.11be-2024 信息技术-系统间电信和信息交换-局域网和城域网-特殊要求-第11部分：无线局域网MAC和PHY规范：极高吞吐量增强（Wi-Fi 7）
- ISO/IEC 11801 信息技术-用户建筑群的通用布缆
- TIA-568 商业建筑电信布线标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 以太全光 ethernet-based all-optical network

以以太网交换与光纤传输技术为基础，将光纤延伸至教学及管理空间末端，并在房间侧完成接入与汇聚的园区网络架构。该架构适用于中小学多业务并发、东西向流量占比较高、管理人员熟悉以太网运维方式的校园场景。

### 3.2 光纤入室 fiber to the room (FTTR)

将光纤直接敷设至教室、办公室、功能室等末端房间，并通过房间接入节点实现光电转换和本地接入的网络部署模式。该模式可有效缩短铜缆段长度，提升带宽与供电能力。

### 3.3 房间接入节点 room access node

部署于教室、办公室等功能房间内的网络接入设备，通过光纤与上层网络连接，为房间内终端设备提供有线接入端口和无线局域网接入服务。房间接入节点通常具备 PoE/PoE+ 供电能力，可为无线 AP、IP 摄像头等设备远程供电。

### 3.4 软件定义网络 software defined network (SDN)

一种新型网络架构，通过控制平面与数据平面分离，实现网络流量的灵活控制和网络资源的集中管理。SDN 控制器通过南向接口管理网络设备，通过北向接口为上层应用提供编程接口。

### 3.5 端网协同 end-to-end network coordination

终端设备与网络设备之间通过协议交互实现协同工作的机制。端网协同可实现终端认证、策略下发、流量调度、故障联动等功能，提升网络整体性能和用户体验。

### 3.6 人工智能运维 artificial intelligence for IT operations (AI 运维)

将人工智能技术应用于 IT 运维领域，通过机器学习、大数据分析等技术实现故障预测、根因分析、自动修复、容量规划等智能化运维功能。

### 3.7 光电复合缆 optical-electric composite cable

将光纤和电力线集成在同一护套内的复合线缆，可同时传输数据信号和提供电力供应，简化布线施工，降低部署成本。

### 3.8 增强型以太网供电 power over ethernet plus plus (PoE++)

符合 IEEE 802.3bt 标准的以太网供电技术，单端口可提供最高 90W 的输出功率，满足高功率设备（如 Wi-Fi 7 AP、云台摄像机）的供电需求。

### 3.9 Wi-Fi 7

基于 IEEE 802.11be 标准的无线局域网技术，支持 2.4GHz、5GHz、6GHz 三频段，采用 MLO 多链路操作、4096-QAM 调制、16×16 MU-MIMO 等技术，理论最大速率可达 46Gbps。

### 3.10 多链路操作 Multi-Link Operation (MLO)

Wi-Fi 7 引入的核心技术，允许终端设备同时在多个频段（如 5GHz 和 6GHz）建立连接，实现带宽聚合和链路冗余，提升吞吐量和可靠性。

## 4 总体原则

### 4.1 模块化设计原则

校园网络应采用模块化架构设计，实现计算、存储、网络资源的独立配置与平滑升级。网络核心设备应具备横向扩展能力，确保其性能能够支撑未来 5 年至 10 年人工智能应用的持续演进与业务需求。

### 4.2 光纤入室原则

全面推广光纤到房间（FTTR）的部署模式，采用光纤逐步替代传统铜缆。通过取消楼层有源弱电间，消除电气引发的消防安全隐患，并释放原弱电间占用的物理空间用于教学或办公。

### 4.3 智能联动原则

构建终端设备、网络环境与管理平台协同工作的智能体系。终端侧应实现智能感知与自动接入，网络侧应通过策略统一调度实现资源的高效配置，从而优化用户体验并提升全网运维效率。

### 4.4 安全防护原则

将安全能力整合于网络基础架构之中，实现业务访问的安全可控。通过身份认证、访问控制、数据加密、威胁检测及安全审计等手段，构建多层次安全防御体系。

## 5 全光校园网总体架构

### 5.1 物理架构与全光布线

#### 5.1.1 全光网络架构设计

中小校园全光网络宜采用“核心-接入”扁平化两级架构，通过光纤直接延伸至教学空间，减少中间转发层级，以实现 AI 教学应用所需的低时延与高带宽。

对于校区占地面积大、楼栋分布广或业务逻辑极其复杂的学校，可根据实际需求在核心层与接入层之间增设楼宇汇聚层或光交分配层。

核心层、接入层部署宜符合如下要求：

- a) 核心层部署：在校园中心机房部署核心交换设备，作为全网数据交换、策略控制与统一运维的核心节点；
- b) 接入层部署：在楼宇设备间或邻近教学空间设置楼宇光纤汇聚节点，光纤直接延伸至各教室、办公室和功能室，在房间内部署接入节点实现用户接入。

#### 5.1.2 主干光缆设计

校园主干光缆采用单模光纤，宜符合以下技术要求：

- a) 光缆芯数：主干光缆芯数宜根据接入楼栋的房间总数及无线 AP 部署密度综合计算，预留充足冗余；
- b) 光缆类型：室外主干宜采用铠装光缆，室内宜采用束状软光缆；
- c) 敷设方式：光缆选型与敷设方式宜符合 GB 50311 等现行国家标准。

#### 5.1.3 水平光纤设计

水平光纤从楼宇光交箱延伸至各末端房间，宜符合以下要求：

- a) 光纤芯数：至普通教室、办公室的水平光纤 $\geq 2$ 芯，至计算机教室、多功能厅的水平光纤 $\geq 4$ 芯；
- b) 敷设方式：采用 PVC 线槽或金属桥架敷设，穿越防火分区时应做防火封堵；
- c) 光纤保护：在走廊、楼梯间等公共区域，光纤宜穿金属软管保护。

#### 5.1.4 无楼层汇聚的扁平化设计

取消楼层弱电间是全光网络的核心优势之一，宜符合以下要求：

- a) 取消原则：除中心机房和必要的楼宇设备间外，不再单独设置楼层弱电间，房间接入节点宜直接部署于末端空间；
- b) 消防合规：消除弱电间内汇聚交换机、UPS 电池等消防隐患设备，降低火灾风险；
- c) 空间释放：释放原弱电间占用的教学空间，用于教学或办公用途；
- d) 维护便利：接入节点部署于房间内或临近可维护位置，便于日常巡检和故障排查。

#### 5.1.5 房间接入节点部署规范

房间接入节点作为末端接入设备，采用光纤入室、光口上行的部署模式。每间教室部署一台房间接入节点，其部署应符合以下要求：

- a) 设备选型：应根据房间类型和终端规模选择不同端口配置的接入节点，宜选用不少于 8 个业务端口的接入节点；
- b) 安装位置：接入节点宜安装于弱电信息箱内或便于维护的位置；
- c) 供电方式：接入节点可采用本地 220 V 供电方式，为保障教学业务、校园监控和 AP 等设备不中断建议通过远端 UPS 供电方式接入，供电设计应与接入终端功率需求相匹配；
- d) 端口配置：接入节点应为千兆业务端口，宜支持 PoE/PoE+或更高等级远端供电输出。

### 5.2 软件定义网络与自动化策略

#### 5.2.1 SDN 架构设计

SDN架构是实现网络智能化和业务灵活调度的关键技术，宜符合以下要求：

- a) 控制平面集中：部署 SDN 控制器，实现全网设备的统一管理和策略下发；
- b) 数据平面转发：核心交换设备和汇聚接入设备作为数据转发节点，宜支持开放接口或标准化管理协议；
- c) 南北向接口：南向接口支持多种设备协议适配，北向接口提供开放式 API 供上层应用调用；
- d) 控制器部署：SDN 控制器采用主备部署模式，保障控制平面高可用。

#### 5.2.2 网络带宽保障

在统一物理基础设施上构建多个逻辑隔离的虚拟网络，并根据不同业务的特征与优先级，实施精细化的带宽保障策略，策略宜符合如下要求：

- a) 教学业务带宽保障：重点承载 AI 智慧课堂、虚拟现实（VR/AR）沉浸式教学及高清教学资源共享等核心业务。为确保 AI 应用的实时性，单教室带宽保障宜不低于 1Gbps，端到端网络时延控制在 10ms 以内；
- b) 安防监控带宽保障：承载校园全时段高清视频监控、智能门禁及入侵报警数据。应支持组播传输，并实现与教学业务的硬隔离，单路 4K 视频流的峰值带宽保障宜不低于 100Mbps；
- c) 办公管理带宽保障：管理系统及家校互动平台业务。应确保管理人员的稳定接入体验，单用户并发带宽保障宜达到 100Mbps；

- d) 访客网络隔离与限速：为校外访客提供受控的互联网接入服务，且必须与校内办公及教学网络实施逻辑隔离。为防止非教学流量占用核心资源，单用户接入速率宜根据学校出口总带宽进行合理限速（如  $\leq 20\text{Mbps}$ ）；
- e) 物联感知保障：承载电子班牌、环境传感器、智能插座及穿戴式运动设备等海量物联终端。该切片应优化小包数据传输效率，支持高密度终端并发接入，确保感知数据的实时、可靠上传。

### 5.2.3 端网协同机制

端网协同实现终端与网络的智能联动：

- a) 终端识别：网络设备自动识别终端类型（PC、手机、AP、摄像头等），匹配相应的接入策略；
- b) 策略随行：用户在不同区域接入时，网络自动下发该用户的访问策略，实现策略随行；
- c) 流量调度：根据业务优先级动态调度网络资源，保障关键业务的服务质量；
- d) 故障联动：终端检测到网络异常时，自动上报网络管理平台，触发故障处理流程。

### 5.2.4 路由与组播设计

- a) 组播支持：核心交换机支持 IGMP Snooping 和 PIM 协议，满足视频监控等业务组播需求；
- b) VLAN 规划：按业务类型划分 VLAN，教学业务 VLAN、办公业务 VLAN、安防业务 VLAN、访客 VLAN 等相互隔离；
- c) QoS 策略：基于 802.1p 优先级标记，实现业务流量的差异化服务保障。

## 5.3 中心机房与智能化运维

### 5.3.1 中心机房建设要求

中心机房是校园网络的核心枢纽，宜符合以下建设要求：

- a) 机房等级：宜按 GB 50174 规定的 C 级标准进行建设；
- b) 选址要求：位于校园中心区域，远离强电磁场、易燃易爆物及水源；
- c) 环境要求：温度  $18\text{--}28^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $40\%\text{--}70\%$ ，洁净度宜符合 GB/T 2887 规定；
- d) 供电要求：宜采用双路市电引入，并配置不间断电源（UPS）及柴油发电机组；UPS 后备供电时间不宜少于 2 小时；
- e) 防雷接地：电源系统宜设置三级防雷保护，接地电阻不宜大于  $1\ \Omega$ 。

### 5.3.2 智能运维体系

智能化运维体系（AIOps）应利用大模型（LLM）等技术构建自然语言交互式的“智能运维驾驶舱”，并符合以下要求：

- a) 状态可视化：应具备全网设备、链路及业务流量的自动发现与可视化呈现能力，实现拓扑图实时更新；
- b) 风险预测：应支持基于历史数据的异常检测与趋势分析，实现网络拥塞及硬件老化的预防性维护；
- c) 根因分析：应支持多维告警的自动关联与智能分析，实现故障源的精准定位与排障引导；
- d) 自然语言交互（LUI）：
  - 1) 意图驱动查询：应支持通过自然语言对话获取网络运行简报、压力评估等核心监控指标；
  - 2) 知识库检索增强：应支持挂载校园专属运维知识库及设备手册，利用 RAG 技术提供针对性的故障处置方案。

- e) 故障自愈：应支持通过自动化脚本对基础配置错误或端口异常进行自动修复或辅助处置；
- f) 集约化部署：应优先选用轻量化推理模块或云端 AI 运维服务，避免大规模本地算力资源的冗余建设。

### 5.3.3 网络管理平台功能

网络管理平台宜提供以下核心功能：

- a) 设备管理：支持交换机、路由器、AP、房间接入节点等设备的统一纳管和配置下发；
- b) 拓扑管理：自动发现网络拓扑，支持拓扑的多维度展示；
- c) 性能监控：实时监测设备 CPU、内存、端口流量、丢包率等关键指标；
- d) 告警管理：支持告警分级、告警抑制、告警关联、告警通知等功能；
- e) 报表统计：提供网络运行报表、流量分析报表、故障统计报表等；
- f) 配置管理：支持配置备份、配置对比、配置回滚、批量配置等功能。

## 5.4 无线网络与光电融合供电

校园网络底座应具备有线无线深度融合、光电传输一体化的能力，为AI教学应用提供泛在、高带宽、低时延的接入能力。

### 5.4.1 Wi-Fi 7 技术应用准则

校园无线局域网应基于Wi-Fi 7 (IEEE 802.11be) 及后续演进协议构建。通过引入多链路操作 (MLO)、高阶调制 (4096-QAM) 等核心技术，实现对AI智慧课堂、大规模移动终端并发及超高清视频业务的稳定支撑。无线局域网设计应优先保障2.4GHz与5GHz频段的高效协同，并具备良好的抗干扰能力以应对复杂教学环境。

### 5.4.2 光电融合与远程供电架构

为解决末端接入设备（如Wi-Fi 7 AP、房间接入节点）的取电与高速传输需求，宜采用光电复合缆 (Hybrid Cable) 布线方案。通过中心化供电+远端受电模式，在一根线缆内集成光纤数据通道与电力传输通道，实现主干及水平链路的简化部署。该架构应能支持跨楼层的长距离稳定供电，并宜与楼宇UPS系统联动，确保在极端情况下核心无线接入业务不中断。

### 5.4.3 高密度并发与无感漫游保障

高密度并发与无感漫游保障宜符合如下要求：

- a) 针对教室、场馆等人员密集区域，无线局域网应具备精细化的资源调度能力；
- b) 高密调度宜采用智能天线、多用户并发增强 (MU-MIMO) 等技术，确保在多终端同步进行 AI 互动教学时，每位用户均能获得流畅的业务体验；
- c) 无感漫游应通过标准化的快速漫游协议，确保师生在教学楼宇间移动时，教学终端、语音视频应用等业务能够实现平滑切换，达到业务不掉线、视觉无感知的效果。

### 5.4.4 业务识别与智能化资源管理

无线局域网系统应具备业务感知的灵活性，结合服务质量 (QoS) 策略，自动识别并优先保障高优先级AI教学流量。管理平台宜具备自动射频调优与故障自愈能力，通过智能化手段降低日常运维复杂度。

## 6 普通教室、专用室及实验室网络配置

## 6.1 应用场景与需求特征分析

针对中小学三类典型教学空间的 AI 应用需求，进行网络承载能力的细化设计。

### 6.1.1 空间类型与应用定位

- 普通教室：以互动式教学显示、常态化录播及师生终端交互（10-40 台平板/答题器）为核心，侧重于高频的音视频互动与学情采集；
- 专用室：涵盖劳动、美术、音乐及各类功能教室。应用侧重于多媒体信息展示、环境物联管控及特定教学平台的接入；
- 实验室：包括理化生实验室及计算机教室。特别是计算机教室，作为典型的高带宽、高并发场景，其网络环境需支撑大规模数据集传输与精准教学任务，区别于普通教室的松散接入特征。

### 6.1.2 业务流量特征量化

根据三类空间的终端密度，网络配置应满足以下差异化保障：

- 高带宽实时流：保障交互式显示设备（含教学 PC）与常态录播系统的 4K 视频回传，总带宽保障需求宜在 100-200Mbps。
- 高并发接入：实验室（计算机教室）及配置分组平板的普通教室，需支持万兆/千兆到桌面的高性能接入，确保瞬时响应。
- 泛在物联感知：包含电子班牌、传感器及 IP 音箱，要求全时段连通与低时延控制。

### 6.1.3 独立并发需求的量化分析

普通教室在 AI 应用高峰期，四类业务同时并发运行的典型场景见表 1。

表 1 教室 AI 应用带宽需求表

| 应用场景             | 典型并发规模   | 单设备推荐带宽     | 总带宽保障需求      | 关键性能目标 (时延)   |
|------------------|----------|-------------|--------------|---------------|
| 互动触控一体设备(含教学 PC) | 1 台      | 10-100 Mbps | 100 Mbps     | < 50ms (稳定接入) |
| 常态化录播系统          | 2-3 路高清流 | 8-15 Mbps   | 16-45 Mbps   | < 50ms (低抖动)  |
| 师生终端接入(平板/移动端)   | 10-40 台  | ≥ 20 Mbps   | 200-800 Mbps | < 30ms (高响应)  |
| 物联感知传感管理系统       | 5-10 个节点 | 0.1-1 Mbps  | 1-10 Mbps    | < 100ms       |

上述数据表明，普通教室在高峰期总带宽需求可达 3-6Gbps，且四类业务对网络质量的要求差异显著，必须通过 VLAN 隔离和 QoS 策略实现差异化保障。

## 6.2 房间节点部署与自动接入

### 6.2.1 部署方式与安装

每间教室/实验室应部署一台房间接入节点，采用光纤入室、光口上行的部署模式。设备宜采用高位悬挂或安装于超薄信息箱内，确保学生安全与维护便利。

### 6.2.2 业务自动识别与映射

利用软件定义网络技术实现端口自动识别与接入。系统应能自动识别接入的是教学 PC、AI 摄像头还是物联终端，并自动将其划分至预设的逻辑网络（VLAN），实现自动识别与接入及业务隔离。

### 6.2.3 实施与运维保障要求

实施与运维保障宜符合以下要求：

- d) 识别策略维护：系统宜建立并持续更新常用教学终端的识别特征库，确保新入网设备能够被系统准确识别；
- e) 异常终端处理：系统应具备对识别失败或未知终端的默认处理机制（如告警或隔离），确保网络边界的安全性；
- f) 性能导向目标：自动化配置过程应追求较短的响应时延，确保终端从物理连接到业务上线的过程平滑、无感知，识别准确率应满足校园大规模并发接入的需求。

## 6.3 无线覆盖与全光供电设计

### 6.3.1 Wi-Fi 7 高性能覆盖

室内无线网络应基于 Wi-Fi 7 协议构建，通过多链路操作（MLO）技术保障 AI 教学终端的吞吐量与漫游稳定性。

### 6.3.2 远程供电与可靠性保障

宜采用光电复合缆为房间接入节点及无线AP供电。宜配合楼栋UPS集中供电方案，确保核心教学与监控业务在断电状态下持续运行不少于2小时。

## 6.4 普通与常规专用教室网络设备配置表

普通与常规专用教室网络设备配置表见表 2。

表 2 普通与常规专用教室网络设备配置表

| 系统类别   | 设备名称                     | 必/选配        | 功能及性能要求建议（支撑 AI 应用特征）                                | 配置与落地原则   |
|--------|--------------------------|-------------|--|---|
| 有线接入系统 | 房间接入节点<br>(远端模块)         | 必配          | 支持光纤上行，提供多路千兆/<br>万兆电口接入<br>具备免规划、即插即用及业务<br>自动识别能力  | 每教室部署 1 台，宜高位隐<br>蔽安装于门头或连廊侧  |
| 无线接入系统 | Wi-Fi 7 无线接入<br>点 (标准型)  | 必配<br>(二选一) | 基于 802.11be 协议，支持多<br>链路操作（MLO）及高阶调制<br>具备 AI 射频优化能力 | 普通教室、办公室等常规空<br>间，每间 1 台  |
|        | Wi-Fi 7 无线接入<br>点 (高密型)  |             | 具备更高阶的空间流支撑及智<br>能天线技术，增强高带宽业务的<br>并发稳定性             | 阶梯教室、合班教室等高密<br>度接入空间   |
| 传输布线系统 | 室内光缆（单模）<br>/ 光电复合缆（PoF） | 必配          | 满足万兆及以上数据传输需<br>求；供电系统应具备高可靠性，<br>保障核心业务不断电。         | 供电与传输方案应具备灵活<br>性：既可采用“光电复合缆”<br>实现数据与电力一体化远端供<br>电，也可采用“室内单模光缆 +<br>楼宇 UPS 独立供电体系”的组<br>合方案，以满足房间接入节点<br>及无线 AP 的用电需求。 |

## 7 公共区域与室外空间网络配置

### 7.1 应用场景与特征分析

针对操场、连廊及实践园地等非教室空间，网络设计应体现以下特征：

- 大跨度传输：点位跨度通常超过 100 米，需突破传统铜缆传输距离限制；
- 高环境适应性：室外设备应具备 IP65/IP67 等级的防护能力，以应对风雨及温差变化；
- 电力供给多样化：针对取电困难区域，应支持灵活的远程供电方案；
- 业务分散接入：终端以 AI 摄像头、物联传感器及少量移动终端为主，呈现低密度接入特征。

### 7.2 智慧体育与安全监控接入

针对操场及公共区，网络应侧重于支撑视觉 AI 分析与基础无线覆盖，宜符合以下要求：

- AI 视觉采集：应在体育活动区部署支持 4K 回传的 AI 摄像头，单路带宽保障不低于 20Mbps；
- 灵活传输链路：本地取电方便时应采用光纤接入；取电困难且距离较远时，应采用光电复合缆（PoF）实现数据与电力一体化传输；
- 无线覆盖：室外 AP 部署应以宽覆盖为目标，支持师生移动终端的平滑接入。

### 7.3 实践园地与校园周界配置

实践园地与校园周界的网络配置宜符合以下要求：

- 物联感知汇聚：劳动实践园地的各类传感器数据应通过边缘物联网关进行汇聚与预处理，实现数据高效回传；
- 综合业务承载：门厅、连廊等区域应利用全光网络架构，实现电子班牌、安防监控及 IP 音箱的统一接入与逻辑隔离。

### 7.4 公共区域与室外空间网络配置建议表

公共区域与室外空间网路配置建议表见表 3。

表 3 公共区域与室外空间网路配置建议表

| 空间类型       | 应用场景           | 终端设备  | 网络配置建议   | 配置原则与备注   |
|------------|----------------|---|--|---|
| 室外操场与校园周界  | 智慧数字体育与安全监控    | AI 视觉摄像头<br>体育测试设备<br>数字传输音箱（含定向音箱）           | 无线：部署室外标准型 Wi-Fi 7 AP，提供泛在覆盖。<br>有线：采用高带宽电口直连 AI 摄像头。<br>链路：远端点位宜采用光电复合缆（PoF）解决取电与万兆/千兆数据回传需求。 | 大跨度覆盖：侧重覆盖半径（宜 >100 米），而非高并发。<br>高等级防护：设备需满足 IP65/IP67 防护等级，适应恶劣天气。 |
| 室外连廊与半开放区域 | 信息发布与安全防范、数智体育 | 校园信息发布系统<br>AI 视觉摄像头<br>数智运动角<br>紧急 IP 求助对讲终端 | 无线：利用室内外通用 AP 实现连续覆盖。<br>有线：部署房间接入节点或 8 口以太全光交换机。<br>链路：利用走廊光电复合缆或 PoE 交换机为轻量终端供电。             | 场景联动：支持信息发布系统与安防系统的逻辑隔离。<br>隐蔽安装：接入设备宜采用高位悬挂或安装于连廊侧信息箱。             |

表3 公共区域与室外空间网路配置建议表（续）

| 空间类型     | 应用场景               | 终端设备   | 网络配置建议  | 配置原则与备注   |
|----------|--------------------|--|---|---|
| 劳动教育实践园地 | 课程教学与环<br>境管控      | 课程教学平台与多媒体显示终端<br>农业物联网传感设备（温湿度、土壤采集）<br>物联网自动控制单元（智能灌溉等）                    | 物联：部署边缘物联网关，汇聚零散传感器数据。<br>有线：实践室内宜配万兆/千兆房间接入节点。<br>链路：跨度较大区域（如大棚）推荐使用光电复合缆或 PoF 主机。             | 数据闭环：通过边缘网关实现物联数据流的本地汇聚，减轻骨干网压力。<br>业务隔离：为物联感知设备分配独立 VLAN。                    |
| 门厅与室内大厅  | 泛在学习、图书<br>借阅、互动展示 | AI 泛在学习仪器（智能机器人、机器狗等移动端）<br>互动多媒体显示与信息发布时间系统<br>数字传输音箱与物联互动系统<br>RFID 数字借阅终端 | 无线：部署高密度 Wi-Fi 7 AP，支持移动端的高速漫游。<br>有线：部署 8 口或更多端口的房间接入节点。<br>链路：推荐楼栋 UPS 集中供电，确保移动机器人等设备接入的稳定性。 | 策略随行：<br>利用 SDN 实现 AI 学习机器人在不同区域间的“访问策略随行”。<br>高响应保障：为语音交互及控制指令提供高优先级 QoS 保障。 |

## 8 中心机房与智能运维中枢网络配置

### 8.1 中心机房与智能运维中枢网络配置见表 4。

表 4 中心机房与智能运维中枢网络配置表

| 功能模块    | 系统名称   | 必/选配 | 设备名称         | 规格与性能要求（含 AI 支撑特征）  | 配置落地原则                |
|---------|--------|------|--------------|---|-----------------------|
| 核心交换模块  | 核心交换系统 | 必配   | 核心交换设备       | 支持 SDN 架构与南北向开放接口<br>具备超大规模交换容量与线速转发能力<br>支持 IPv6、虚拟化硬隔离技术    | 建议采用双机热备或集群部署，确保核心不中断 |
|         | 光纤配线系统 | 必配   | 高密度光配线架（ODF） | 支持主干与水平光纤的集中接续与标识管理<br>模块化结构，预留 25% 以上扩容空间                    | 标签与端口编号应与逻辑拓扑严格一致     |
| 无线与接入管理 | 无线管理系统 | 必配   | 无线控制器（AC）    | 支持 Wi-Fi 7 协议调度<br>具备多链路操作（MLO）协调及射频资源动态优化功能<br>漫游时延优化需支持无感切换 | 授权数量应按 AP 总数预留 30% 冗余 |
|         | 统一认证系统 | 选配   | 认证与准入平台      | 支持 802.1X、Portal 及 MAC 终端指纹识别<br>实现师生、访客及物联终端的分类准入管控          | 宜与校园身份中心或一卡通系统联动      |

表4 中心机房与智能运维中枢网络配置表（续）

| 功能模块            | 系统名称   | 必/选配 | 设备名称              | 规格与性能要求（含 AI 支撑特征）  | 配置落地原则                    |
|-----------------|--------|------|-------------------|---|---------------------------|
| 边界安全与行为<br>审计管理 | 边界安全系统 | 必配   | 下一代防火墙            | 集成 AI 驱动的威胁检测引擎<br>支持入侵防御（IPS）、恶意流识别<br>及多维访问控制           | 部署于校园网出口及<br>关键业务边界       |
|                 | 行为审计系统 | 选配   | 上网行为管理设备          | 支持实名关联审计、应用识别及异<br>常流量封堵<br>审计日志留存不少于 180 天               | 需满足网络安全等级<br>保护相关规定       |
| 智能运维管理          | 统一运维系统 | 必配   | 网络管理平台            | 支持全网拓扑自动发现、配置批量<br>下发及性能实时监测<br>提供 Telemetry 秒级数据采集能<br>力 | 应纳管全网交换、无<br>线及房间接入节点     |
|                 | 智能运维系统 | 选配   | AI 运维分析平台         | 具备 AI 故障根因分析与预防性<br>维护功能<br>支持告警降噪及能耗智能管控策<br>略           | 规模较大或 AI 业务<br>并发密集的学校宜配置 |
| 机房基础保障          | 供配电系统  | 必配   | 高可靠 UPS 及配<br>电单元 | 集中供电架构<br>后备时间宜满足核心设备及部分<br>末端接入节点运行不少于 2 小时              | 宜具备电量统计与远<br>程告警监测功能      |
|                 | 环境保障系统 | 必配   | 精密/专用空调及<br>消防设施  | 满足 GB 50174 规定的温度与湿<br>度标准<br>具备联动监测与烟感报警功能               | 满足机房环境等级与<br>消防合规要求       |

## 9 综合评价与验收

### 9.1 综合验收评价指南

验收过程应遵循现行国家标准（如 GB 50312、GB/T 22239 等），重点对全光架构下的带宽保障、AI 业务承载力及系统稳定性进行综合测评。

### 9.2 校园网综合性能测试与评价简表

校园网综合性能测试与评价简表见表 5。

表5 校园网综合性能测试与评价简表

| 测试项目     | 测试目的                             | 推荐工具/仪器                      | 测试方法简述                             |
|----------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 基础带宽吞吐量  | 验证核心、汇聚及接入链路是<br>否达到万兆/千兆的设计带宽   | 硬件流量测试仪或专业打<br>流软件（如 Iperf3） | 在关键节点间进行单/双向并发流<br>量测试，统计吞吐量       |
| 网络时延与抖动  | 评估网络对 AI 互动教学等<br>实时业务的响应速度与稳定性  | 网络性能分析仪或高精度<br>Ping 工具       | 连续发送测试报文，记录平均时<br>延、最大时延及抖动范围      |
| 4K 视频流承载 | 验证网络对多路 4K 高清 AI<br>视觉识别流的实时回传能力 | 4K 视频流发生器及分析平台               | 模拟多路 4K 视频并发运行，观察<br>是否有丢包、卡顿或画质下降 |

表5 校园网综合性能测试与评价简表（续）

| 测试项目         | 测试目的                           | 推荐工具/仪器                 | 测试方法简述                               |
|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 海量物联并发连接     | 验证智慧操场、感知基地等大规模 IoT 终端的同时在线稳定性 | 物联网模拟器或集成网管平台           | 模拟大规模并发接入场景，统计接入成功率及持续在线率            |
| Wi-Fi 7 无感漫游 | 评估移动终端在校园内跨 AP 移动时的业务连续性       | 支持 Wi-Fi 7 的测试终端及漫游分析软件 | 携带测试终端按指定路线移动，记录漫游切换时间及丢包情况          |
| 业务切片与隔离      | 验证教学、安防及办公等不同业务网络间的逻辑隔离效果      | 网络协议分析仪或安全渗透工具          | 尝试跨 VLAN 访问关键资源，检查 ACL 规则与带宽保障策略的有效性 |
| 物理链路损耗       | 确保全光骨干及水平光纤链路的施工质量符合传输要求       | 光时域反射仪（OTDR）或光功率计       | 对光链路进行全程损耗测试，核对光纤端面清洁度与熔接质量          |
| 集中供电可靠性      | 验证楼栋 UPS 集中供电对接入节点及无线底座的续航能力   | 智能电量监测仪表或网管告警系统         | 模拟市政电力中断，测试核心设备及末端节点的持续工作时长          |

### 9.3 验收交付要求性能判定标准

各项实测指标应达到设计值的 95% 以上，且 AI 专项测试（如漫游、视频流）应无明显业务体感异常。

**文档归档清单：** 验收通过后，施工单位应提交完整的网络拓扑图、IP/VLAN 规划表、端口对应表及各项测试报告。

**运行稳定性观察：** 建议正式交付前进行不少于 30 天的试运行，通过智能运维平台持续监测网络波动