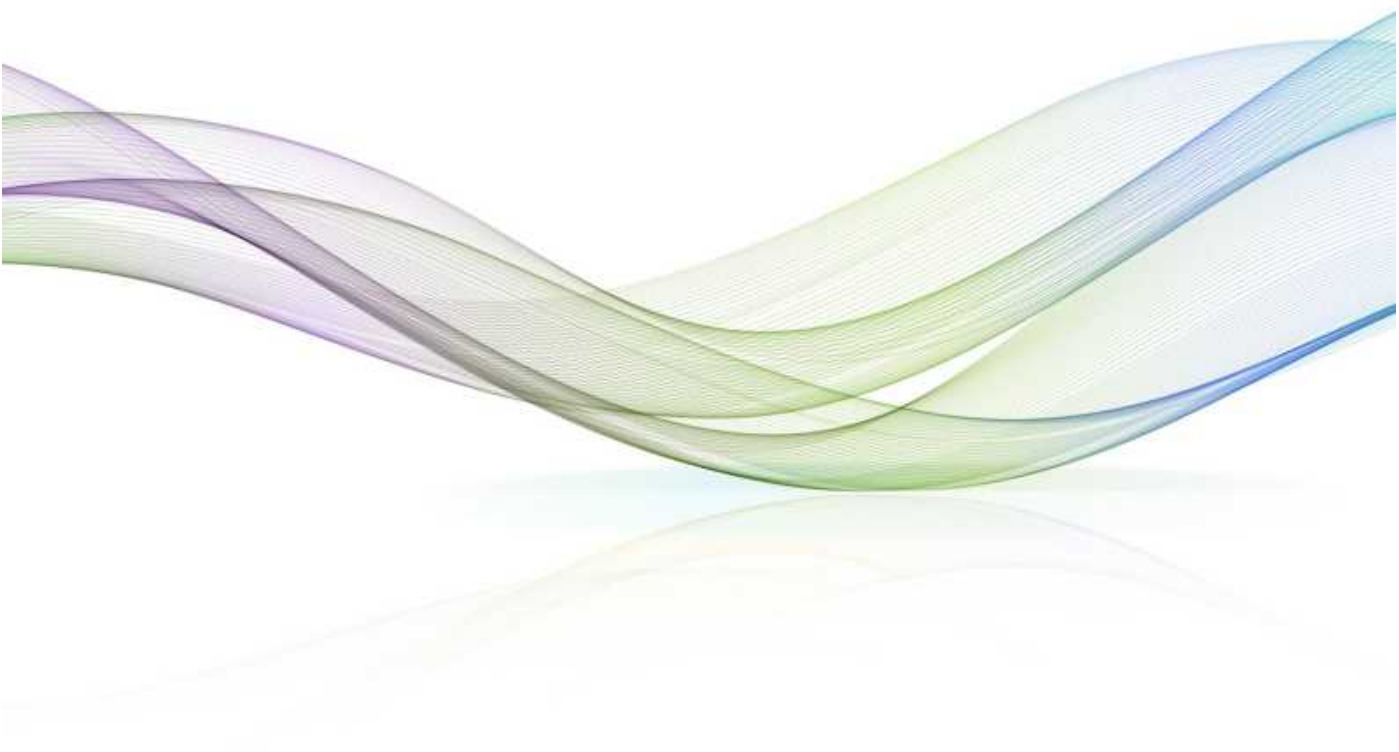


智慧教育F5G全光网 设计指南(高教版)

Design Guide to F5G All-Optical Network
for Smart Education



智慧教育 F5G 全光网 设计指南（高教版）

编写人员：（排名不分先后）

张 军	张锐利	朱立彤	张小平	周 至
黎 胤	赵泽宇	查贵庭	冯 广	罗国富
王 斌	赖 敏	于海鹰	郭红艳	包顺强
臧 胜	孟 磊	刘晓峰	熊 江	张胜强
宋海军	刘力红	吴 寰	郑 驹	王曾璞
刘 涛	陈 昊	杨春勇	王兴虎	姚圣军
陆玉隆	李彭军	陈 哲	张兴旺	娄会东
徐建挺	林 聪	刘 永	杜治国	黄伟强
陈沁群	罗志聪	魏文红	黄创英	吴亚榕
梁伟雄	赵法信	高 原	林能影	何 伟
刘智宏	施 松	刚轶金	何 鑫	毛海彬
卢 勇	潘秀琴	王卫苹	杨 宇	刘 岳
高洪福	邱 晔	文潇江	向正权	李东青
马继涛	万席锋	张 翔	宋志明	吴文竞

编写单位：（排名不分先后）

绿色全光网络技术委员会（ONA）

清华大学

复旦大学

南京农业大学

中央民族大学

广东工业大学

河海大学

南方医科大学

山东建筑大学

广东财经大学

华南师范大学

广州大学

成都中医药大学

广东理工学院

仲恺农业工程学院

东莞理工学院

广东轻工职业技术大学

中国五洲工程设计集团有限公司

东南大学建筑设计研究院有限公司

中南建筑设计院股份有限公司

中国建筑西南设计研究院有限公司

北京市建筑设计研究院股份有限公司

福建省建筑设计研究院有限公司

神州数码集团股份有限公司

长飞光纤光缆股份有限公司

成都康宁光缆有限公司

华为技术有限公司

中南大学

南京航空航天大学

北京科技大学

四川农业大学

贵州医科大学

广东外语外贸大学

湖北大学

华南农业大学

中南民族大学

湖北经济学院

中国民用航空飞行学院

四川邮电职业技术学院

广东金融学院

广州中医药大学

岭南师范学院

铜仁学院

清华大学建筑设计研究院有限公司

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

合肥工业大学设计院(集团)有限公司

哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司

重庆市设计院有限公司

湖南省建筑设计院集团股份有限公司

太原市建筑设计研究院

上海诺基亚贝尔股份有限公司

江苏百盛云尚数据技术有限公司

PREFACE

前言

高等教育正在数字化浪潮中发生深刻变革，在线课程、虚拟仿真实验、科研大数据分析等应用不断涌现，构建支撑数字化转型的新型基础设施已成为高等教育现代化发展的核心命题。

F5G 全光网是新一代的网络基础设施，具有全光联接、超宽带宽、超低时延、安全可靠等优势，通过光纤延伸至教室/办公桌面，支持高清视频传输、大规模在线学习平台等业务，为远程实验操作、实时互动教学等提供近乎无感的体验。F5G 全光网络助力智慧化教育体系搭建，打造了新一代教育基础网络，提供了更优质的服务。目前，产业上下游正在持续加大 F5G 全光网络投入，教育信息化示范场景也在不断丰富，在科技的催化下，教育行业的智慧化转变将很快实现。

智慧教育 F5G 全光设计指南是在业界全光高校的优秀设计经验基础上，归纳总结出的智慧高校设计参考及推荐配置，供各学校/设计单位等使用，各学校/设计单位可根据实际情况进行增删或者调整。

C O N T E N T S

目 录

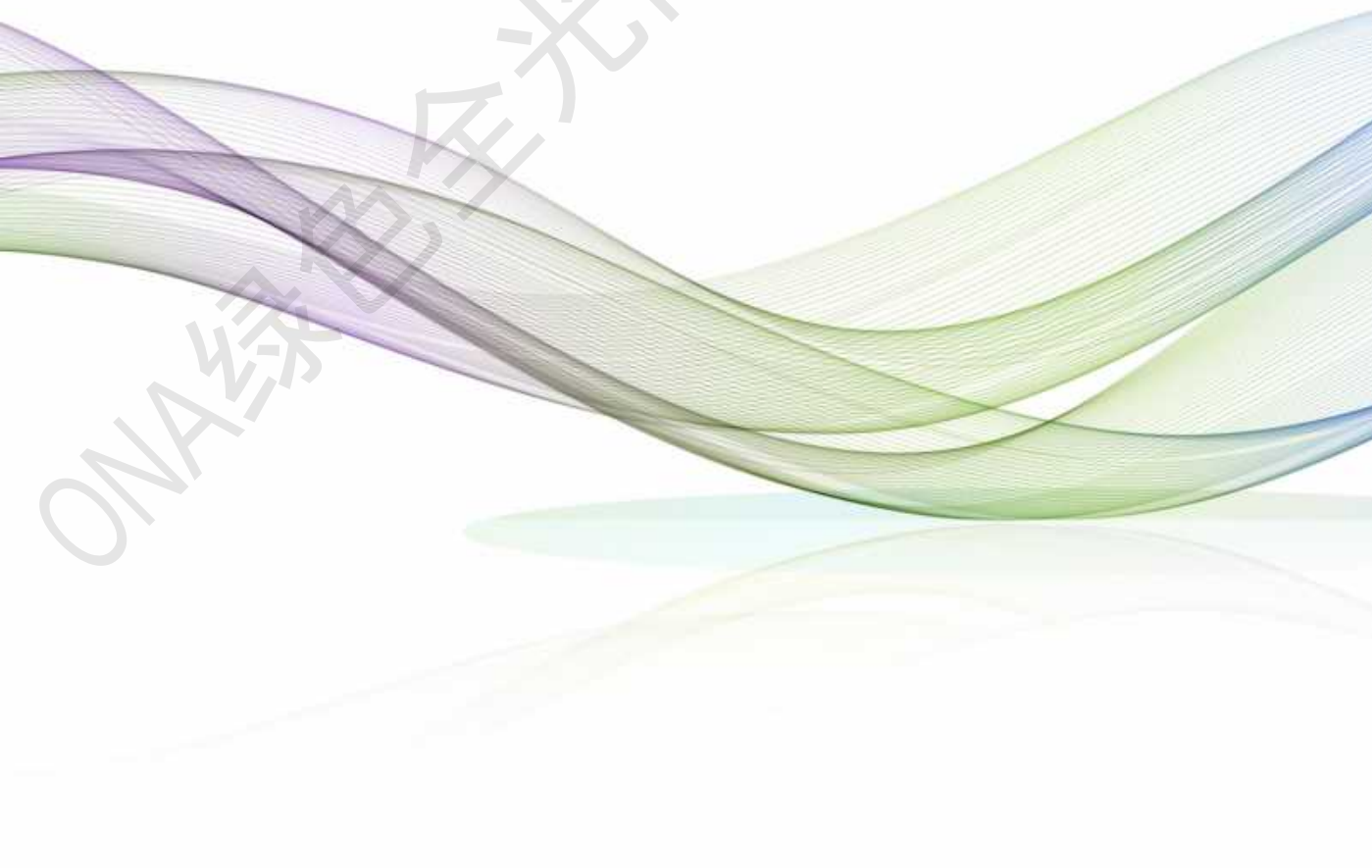
前 言	3
目 录	4
第一章 智慧教育 F5G 全光网简介	7
1.1 术语	8
1.2 缩略语	9
1.3 F5G 全光网网络架构	10
1.4 F5G 全光网络技术特点	14
1.4.1 高带宽且平滑演进	15
1.4.2 简架构且运维简单	19
1.4.3 高能效且绿色低碳	22
1.5 F5G 全光网络技术线路选择	24
1.5.1 PON 标准演进性	25
1.5.2 PON 产业健康度	26
1.5.3 PON 技术领先性	27
第二章 智慧教育 F5G 全光网设计参考	34
2.1 F5G 全光网网络设计原则	35
2.1.1 智慧高教的范围	35
2.1.2 网络设计原则	35

2.2	F5G 全光网组网模式	36
2.2.1	F5G 全光网络组网	36
2.2.2	F5G 全光网建网模式	36
2.3	F5G 全光网保护方式设计	38
2.3.1	Type B 保护方式	39
2.3.2	Type C 保护方式	39
2.4	F5G 全光网 PON 技术选择	41
2.4.1	PON 的技术差异	41
2.4.2	PON 技术选择原则	42
2.5	F5G 全光网信息点设计	43
2.5.1	教室场景	43
2.5.2	办公场景	47
2.5.3	宿舍场景	48
2.6	F5G 全光网 ONU 选择	49
2.6.1	ONU 选择原则	49
2.6.2	ONU 选型指南	50
2.6.3	ONU 部署位置	54
2.7	F5G 全光网信息配线箱选择	57
2.7.1	嵌墙暗装信息配线箱	57
2.7.2	挂墙安装信息配线箱	60
2.7.3	办公家具安装信息配线箱	62
2.7.4	86 信息面板底盒	63
2.8	F5G 全光网光纤及光分路器选择	64
2.8.1	光纤种类选择	64
2.8.2	光分路器选型指南	66

2.8.3	光分路器部署位置	72
2.9	OLT 设备选择和部署	74
2.9.1	OLT 设备选择原则	74
2.9.2	OLT 选型指南	75
2.9.3	OLT 设备部署位置	76
第三章 智慧教育 F5G 全光网智能化设计说明		78
3.1	设计依据	79
3.2	设计范围	81
3.3	信息网络系统	81
3.4	综合布线系统	84
3.5	数字电视系统	85
声 明		122

第一章

智慧教育F5G全光网简介



1.1 术语

F5G: The 5th Generation Fixed Networks, 第五代固定网络, 以 10G PON, Wi-Fi 6, 200G/400G、下一代 OTN 等为代表技术。

F5G 全光网: 采用 F5G 建设的全光园区网络, 主要包括 F5G 无源光局域网 (POL), 同时也包含 F5G 全光承载。

无源光局域网 POL: Passive Optical LAN, 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通信技术为用户提供融合的数据、语音、图像、多媒体等信息通信业务。

无源光网络 PON: Passive Optical Network System, 由光线路终端 (OLT)、无源的光分配网 (ODN)、光网络单元 (ONU) 组成。

光分配网 ODN: Optical Distribution Network, PON 系统中 OLT 与 ONU 之间的光传输物理通道, 由光纤、光分路器以及安装连接无源光元件的配套设备组成。

光分路器: Optical Fiber Splitter, 是一种可以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, 本文中的光分路器指的是基于光功率均分分路的器件。

Type B 保护: Type B Protection, PON 网络中 OLT 的 PON 口、主干光缆均双路冗余的保护。

Type C 保护: Type C Protection, PON 网络中 ONU 双 PON 口, 主干光缆、光分路器和用户光缆均双路冗余的保护。

主干光缆: Main Fiber Optic Cable, 设备间 OLT 处配线设备至各光分路器处配线设备之间的光缆;

用户光缆: Subscriber Optical Cable, 光分路器处配线设备至各 ONU 或 ONU 处配线设备之间的光缆。

1.2 缩略语

AES: Advanced Encryption Standard, 高级加密标准。

AI: Artificial Intelligence 人工智能。

AP: Access Point, 无线接入点。

CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing, 稀疏波分复用。

DBA: Dynamic Bandwidth Allocation, 动态带宽分配。

eFBB: enhanced fixed broadband, 增强型固定宽带。

ETSI: European Telecommunications Standards Institute, 欧洲电信标准协会。

F5G: The 5th Generation Fixed Networks, 第五代固定网络。

FFC: Full-fiber connection, 全光联接。

FTTH: Fiber to the Home, 光纤到家庭用户。

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

GRE: Guaranteed reliable experience, 极致体验。

IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 美国电气及电子工程师学会。

IoT: Internet of Things, 物联网

IP-PBX: IP Private branch exchange, IP 化的用户交换机。

ITU: International Telecommunication Union, 国际电信联盟。

MPCP: Multi Point Control Protocol, 多点控制协议

OAM: operations, administration and maintenance, 操作、管理和维护。

OLT: Optical Line Terminal, 光线路终端。

ODF: Optical Fiber Distribution Frame, 光配线架。

ODN: Optical Distribution Network, 光分配网络。

OMCI: Optical network terminal Management and Control Interface, 光网络终端管理控制接口。

ONU: Optical Network Unit, 光网络单元。

OTN: Optical Transport Network, 光传送网。

PC: Personal Computer, 个人电脑。

PON: Passive Optical Network, 无源光网络。

POL: Passive Optical Local Area Network, 无源光局域网。

POTS: Plain Old Telephone Service, 模拟电话业务。

PLOAM: Physical Layer OAM, 物理层运行管理维护。

T-CONT: Traffic Container, 流量容器。

VDSL: Very-high-data-rate Digital Subscriber Line, 超高速数字用户线路。

VR: Virtual Reality, 虚拟现实。

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

50G-PON: 50 Gigabit-capable symmetric Passive Optical Networks, 50G 比特无源光网络。

1.3 F5G 全光网网络架构

第五代固定网络 F5G 是由中国提出, 欧洲电信标准协会 ETSI 接纳, 由业界广泛参与的固定网络代际。

2020 年 2 月, ETSI 面向全球宣布成立 F5G 产业标准工作组, 提出了从“光纤到户”迈向“光联万物 (Fibre to Everywhere)”的产业愿景。2020 年 9 月, ETSI 发布《F5G 代际定义标准》, 确定 F5G 三个主要特征: 增强固定宽带 eFBB、全光联接 FFC 和可保障品质的体验 GRE。F5G 的参与者包括诸多机构成员, 如电信运营商 (中国电信、中国联通、意大利电信、法国电信等)、设备商 (华为、烽火、康普等)、研究机构 (中国信通院、英国标准研究所等)。

F5G 与 5G 是协同关系, F5G 的有线网络和 5G 的无线网络互相补充, 为万物感知和网络应用赋能。ETSI 预测 F5G 与 5G 将一同开启万物互联时代。F5G 的代

表性技术为 10G PON 技术及 Wi-Fi6 技术等，并逐渐往 50G-PON 和 Wi-Fi 7 等技术演进。

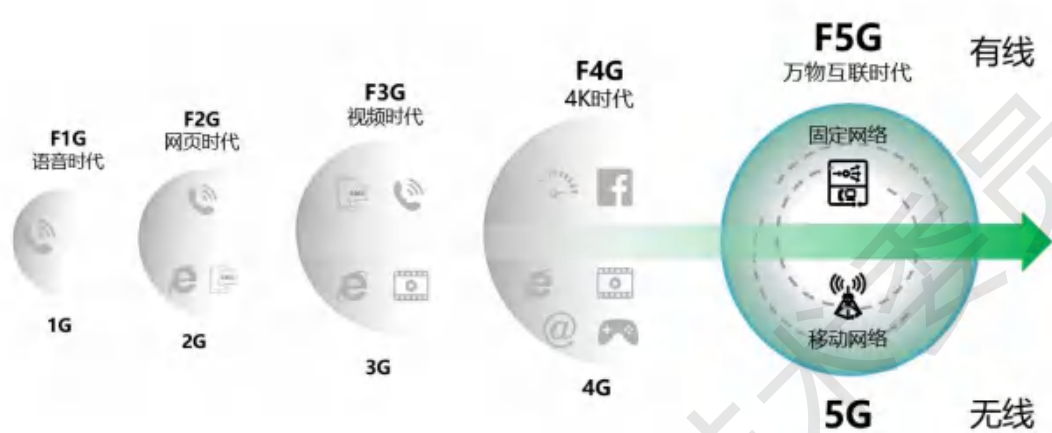


图 1-1 F5G 网络代际定义

智慧教育 F5G 全光网主要指采用 F5G 无源光局域网（POL）建设的校园网络，同时也包含了用于高校多校区之间互连的 F5G 全光承载。

无源光局域网 POL 是一种基于 PON 技术组网的局域网方式。该组网方式采用无源光通信技术为用户提供融合的数据、语音、视频及其他智能化系统业务。无源光局域网采用的 PON 技术主要包括 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 等。

表 1-1 PON 技术参数表

速率和波长	PON 技术		
	GPON	XGS-PON	对称 50G-PON
下行线路速率（Mbit/s）	2488	9953	49766
上行线路速率（Mbit/s）	1244	9953	49766
下行波长范围（nm）	1480~1500	1575~1580	1340~1344
上行波长范围（nm）	1290~1330	1260~1280	1284~1288

除了上述的 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 之外，还存在 Combo 的模式，如 XGS-PON Combo 为在一个 OLT PON 端口同时支持 GPON 和 XGS-PON 两种模

式，在该 PON 端口下可同时接入 GPON 和 XGS-PON 的 ONU，两种 ONU 可同时工作，GPON ONU 和 XGS-PON ONU 通过不同的波长进行隔离。50G-PON 也存在 Combo 模式，50G-PON Combo 为一个 OLT PON 端口同时支持 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 三种不同的 PON 模式共存，三种不同的 ONU 可同时工作，并通过波长进行隔离。

F5G 全光网除了在教育园区广泛使用外，也在医疗、企业、酒店、机场、商业综合体等场景有着广泛的应用。

智慧教育 F5G 全光网主要由 OLT、ODN（含无源的光分路器）、ONU 和核心交换机等设备构成，智慧教育 F5G 全光网的构成及系统图如下所示：

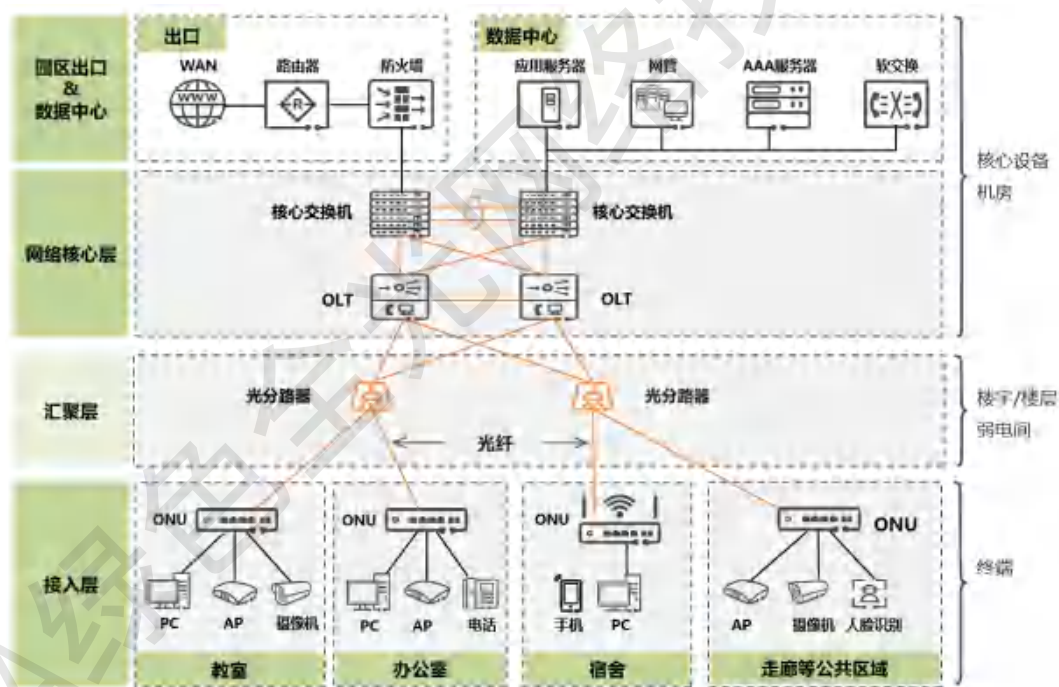


图 1-2 智慧教育 F5G 全光网构成

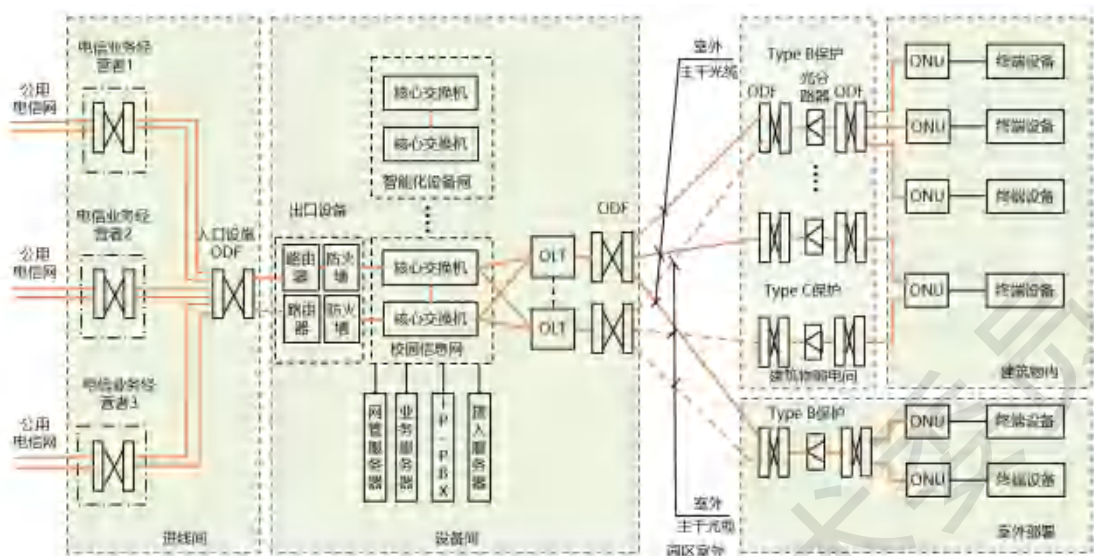


图 1-3 智慧教育 F5G 全光网系统图

智慧教育 F5G 全光网构成如下：

OLT：OLT 设备一般放置在核心机房，是终结从各个 ONU 上来 PON 信号的设备，通过 PON 接口和 ODN 网络连接，并对 ONU 进行集中管理。在实际应用中通常采用两台 OLT 设备进行双机热备份。

ODN：ODN 是由光纤、一个或多个光分路器（也叫分光器）等无源光器件组成的无源网络。

ONU：ONU 设备放置在用户侧（宜放置在靠近如用户 PC、办公设备、摄像机、无线 AP、打印机、电话机等最终用户终端的位置），提供各种接口连接用户终端设备，将用户终端设备信号转换成 PON 信号，通过 PON 上行接口与 ODN 连接后传输给 OLT，OLT 和 ONU 通过中间的 ODN 连接起来进行互相通信。

核心交换机：核心交换机连接出口路由器、防火墙、接入服务器、IP-PBX、各种管理服务器和业务服务器、存储设备和 OLT 等。在实际应用中通常采用双机热备份。

F5G 全光网具有网络架构简单，光纤介质无源，带宽演进平滑，运维管理简

单等优点，非常适合在教育场景使用。F5G 全光网支撑教育的智慧化演进与数据融合，且通过波长/时隙隔离技术实现各子网的隔离，确保不同应用业务满足网络安全等级保护要求。F5G 全光网支持多网合一，将学校的校园信息网、智能化设备网（含安防网）等融合在一张光纤网络中进行承载，简化了学校的网络架构。F5G 全光网也可建设多张物理 PON 网络，每张物理 PON 网络分别承载学校的校园信息网和智能化设备网（含安防网）等。智慧教育 F5G 全光网网络架构如下图所示：

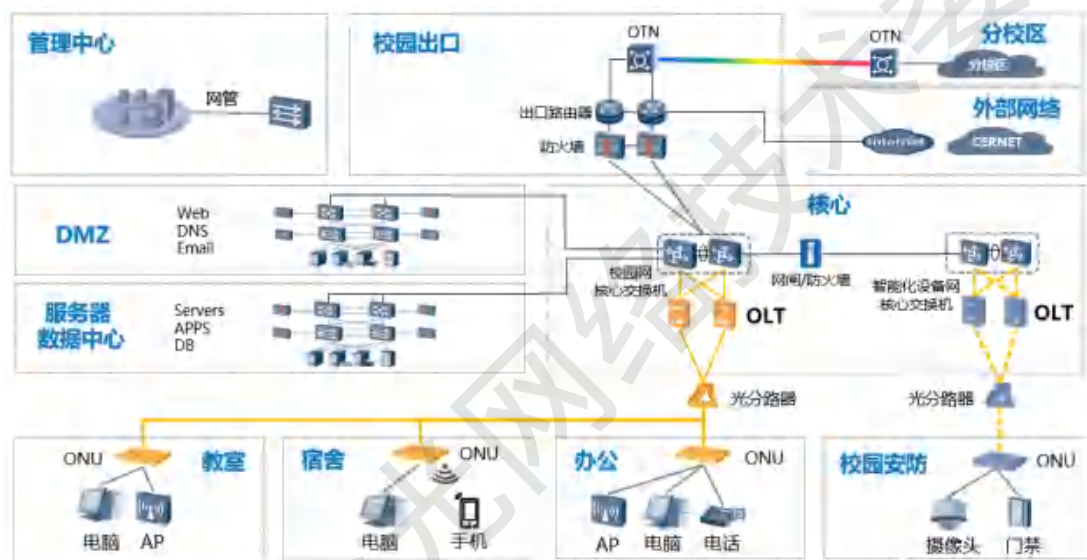


图 1-4 智慧教育 F5G 全光网网络架构

智慧教育 F5G 全光网需针对智慧教育的要求，在 PON 技术选择、保护方式选择、ONU 类型选择、ODN 选择和 OLT 选择上充分考虑，进行规划设计。

1.4 F5G 全光网络技术特点

面向 AI 时代，园区流量爆发等将推动“光进铜退”全面加速，万兆全光网成为 AI 时代园区的标配。F5G 全光网主要在传输介质和系统架构等方面进行了创新，更好地契合了未来 AI 的演进趋势，推进了 AI 在园区的使用。

随着 DeepSeek 等在园区本地加速部署，AI 将广泛应用到教育、医疗、车间

等场景。在教育场景，AI 可实时生成 3D 视频等教学资源，并为每位学生实时提供个性化学习辅导建议，但带来教室终端数量激增，要求网络支持高密度联接等，随着 AR/VR 的 AI 应用，对基础网络提出超万兆带宽等要求。

F5G 全光网具有高带宽且平滑演进、简架构且运维简单、高能效且绿色低碳等特点，可实现 50Gbps 到房间，10Gbps 到桌面/AP，让每个园区的每个人可以随时随地使用 AI。

1.4.1 高带宽且平滑演进

F5G 全光网的水平布线采用光纤替代原来的网线，实现了光纤下沉，支持更高的带宽且支持后续带宽的平滑演进。

光纤具备高带宽的特点。F5G 全光网在 OLT 和 ONU 之间通过 ODN 连通，采用光纤进行数据传输。ODN 采用的单模光纤具有超过 1Tbps 的带宽能力，远高于传统的 Cat5e 或者 Cat6A 网线。

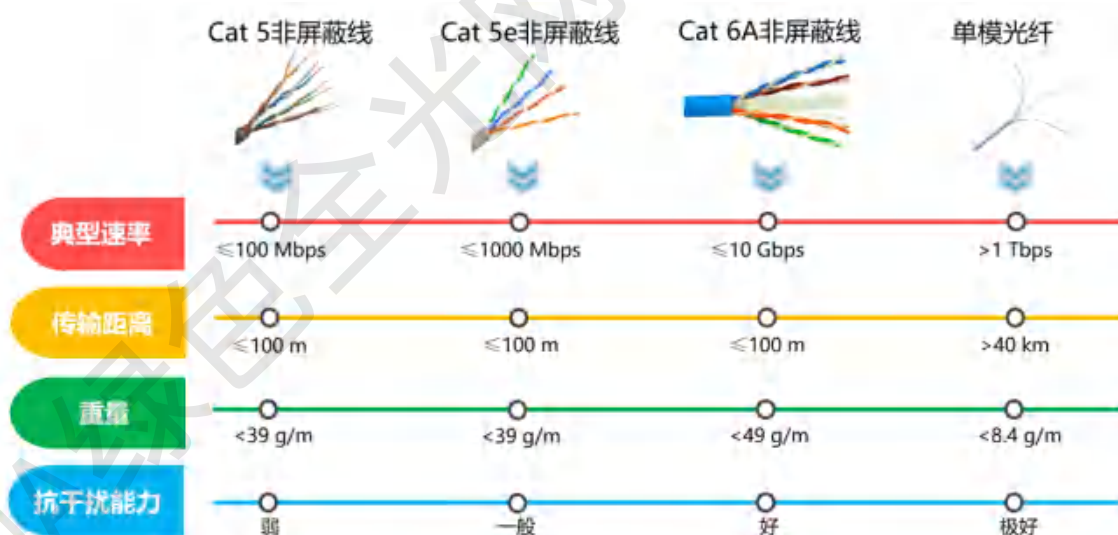


图 1-5 网线与光纤的传输性能/重量对比

F5G 全光网使用的单模光纤具有抗干扰、耐腐蚀的能力，使用寿命长，正常使用可达 30 年以上。单模光纤的带宽容量大，可达 Tbit/s 级别，带宽的平滑升级

只需升级两端的有源设备即可，故采用单模光纤的基础网络可支持向更高的带宽平滑演进，光纤一次建设到位，可实现带宽平滑升级无需更换光纤传输介质；而传统的网线若要提升带宽则需重新敷设更高规格的网线，以前已敷设的网线需要全部抽掉更换。

F5G 全光网的无源 ODN 包括光纤和无源光分路器等部件，无源的光分路器在传输能力上等同于光纤，也可支持带宽的平滑演进。由于带宽升级时无源基础网络无需变更，故 F5G 全光网带宽演进平滑，升级过程改动小，升级快捷。而传统以太网方案带宽升级时，需要重新更换弱电间的汇聚以太网交换机及更改相关的配置数据，工作量大，改造时间长。

F5G 全光网可通过在光纤上叠加波长灵活实现带宽和业务的平滑演进。

在 PON 技术的标准定义中，已定义 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 分别采用不同的波长范围，可支持基于波长的平滑叠加，故 F5G 全光网可实现在同一根光纤中通过叠加新波长的方式提升带宽及支撑新业务，且在提升带宽及新增业务过程中不会影响已部署的业务。F5G 全光网中可首先部署 GPON（采用 GPON 波长，连接至安防网等）和 XGS-PON（对称 10G GPON，采用 XGS-PON 波长，连接至各院系的办公网等）；待 Wi-Fi 7/Wi-Fi 8 应用普及时，可在 F5G 全光网中新叠加 50G-PON（采用 50G-PON 波长）来提供 Wi-Fi 7/Wi-Fi 8 业务；如未来随着 360 度全景 24k 极致体验 VR 等大带宽业务兴起，还可在 F5G 全光网中叠加 200G-PON（采用新波长）来支撑业务平滑演进。

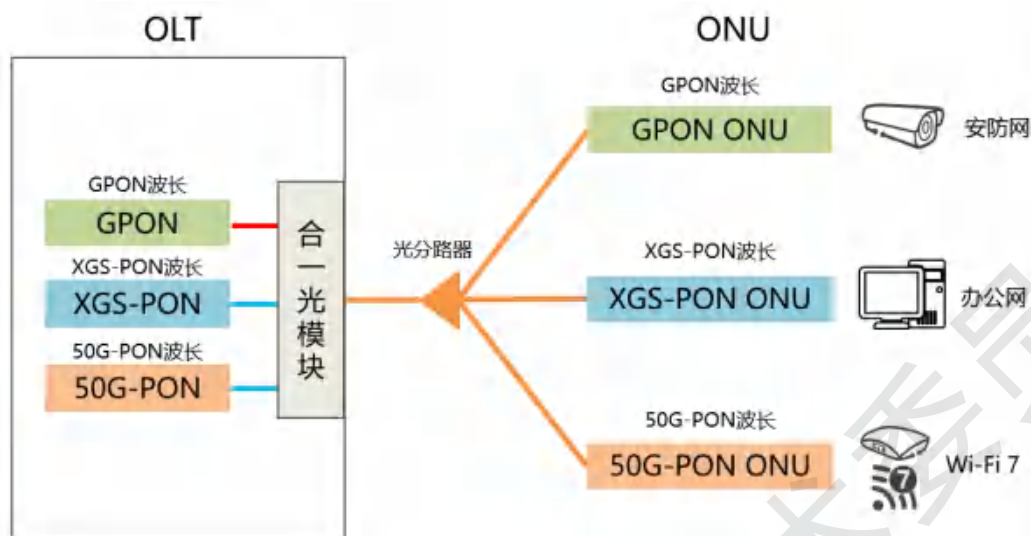


图 1-6 F5G 全光网通过波长叠加实现带宽平滑演进

光纤体积小，重量轻，部署方便，占用桥架的空间小，更好地支持在既有建筑中平滑演进。F5G 全光网采用的是单模光纤，单模光纤的重量小于 8.4 克/米，Cat6A 非屏蔽网线的重量约为 49 克/米，单模光纤的重量是 Cat6A 非屏蔽网线的 5 分之一。若需要对现有建筑进行带宽升级，需考虑将 Cat5e 非屏蔽网线升级到 Cat6A 非屏蔽网线，Cat6A 非屏蔽网线的重量和体积大于 Cat5e 非屏蔽网线，原有建筑物综合布线使用的桥架大小和承重能力不一定能满足要求，采用光纤可以很好地解决桥架大小和承重能力不足的问题。

F5G 全光网可支持在既有建筑中平滑演进，F5G 全光网方案可支持和以太网交换机方案在同一校区中共存。F5G 全光网可按教学网、宿舍网、智能化设备网（含安防网）等粒度分别建设，逐步演进，例如在同一个校园局域网中，已存在的教学网仍采用以太网交换机的组网方式，新建设/升级的宿舍网采用 F5G 全光网来建设，F5G 全光网和已存在的以太网交换机网络共存，通过核心交换机实现两个网络的互通。共存组网如下图所示。

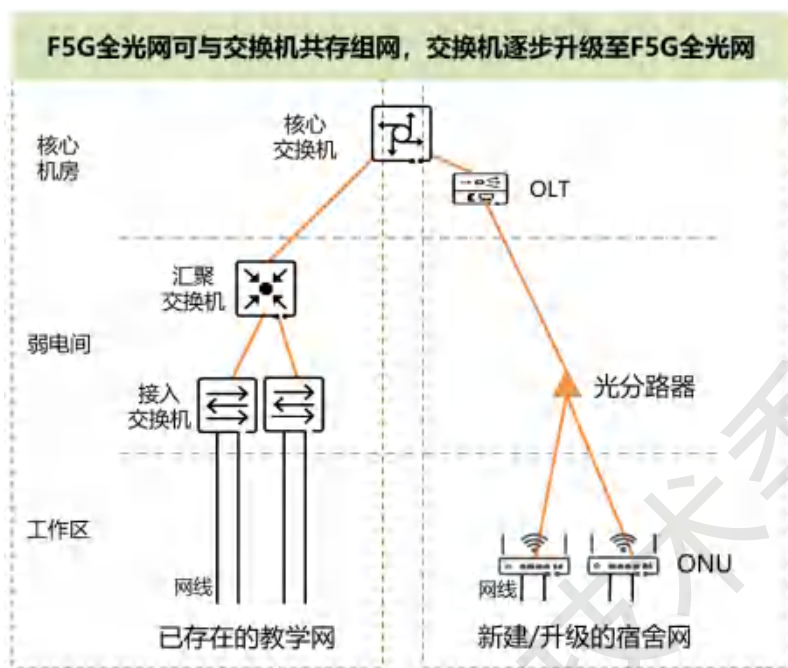


图 1-7 F5G 全光网可与交换机共存组网

光纤具备传输距离远的特点。F5G 全光网采用光纤作为传输介质，光纤的传输距离可达 40 公里，而传统网线只有约 100 米的传输距离，光纤更适合学校楼宇内、楼宇之间、各校区之间组网使用。

智慧教育园区除了采用光纤支持高带宽之外，在宿舍和教室等场所大量使用 Wi-Fi 6 或 Wi-Fi 7 技术以提供更高的无线带宽，Wi-Fi 6/Wi-Fi 7 在同样的频谱和空间流下，凭借更强的编码格式支持更高的带宽。

智慧教育园区的宿舍主要使用提供 Wi-Fi 功能的 ONU，每个宿舍部署一个提供 Wi-Fi 的 ONU，实现光纤到宿舍，在支持有线接入的同时，提供 Wi-Fi 6/Wi-Fi 7 的高速接入。

不同代际的 Wi-Fi 技术演进如下图所示。

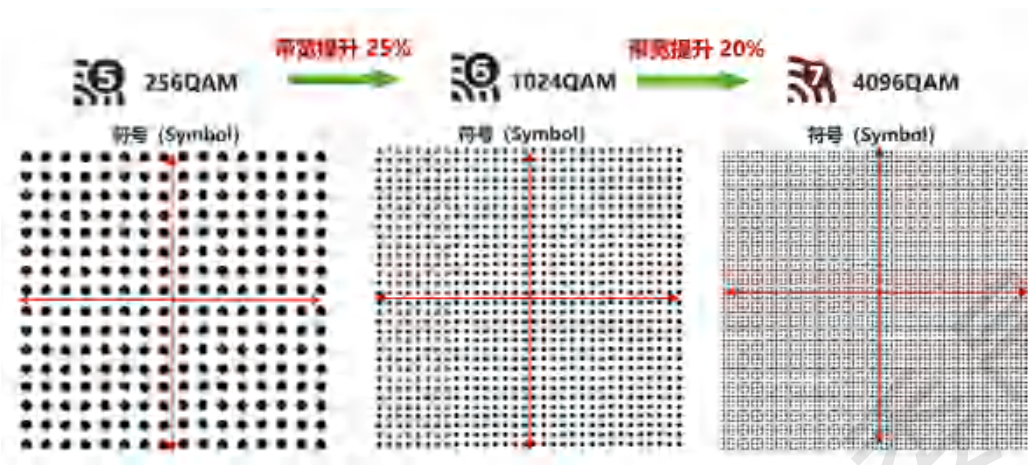


图 1-8 F5G 全光网 Wi-Fi 接入的编码方式

1.4.2 简架构且运维简单

F5G 全光网为简化的二层架构，采用无源的光分路器替代了汇聚交换机，减少了汇聚层，实现了网络扁平化。F5G 全光网的 OLT 设备和核心交换机一起部署于核心机房；ONU 尽可能靠近最终的用户终端，中间采用无源的光纤和光分路器来进行连接。

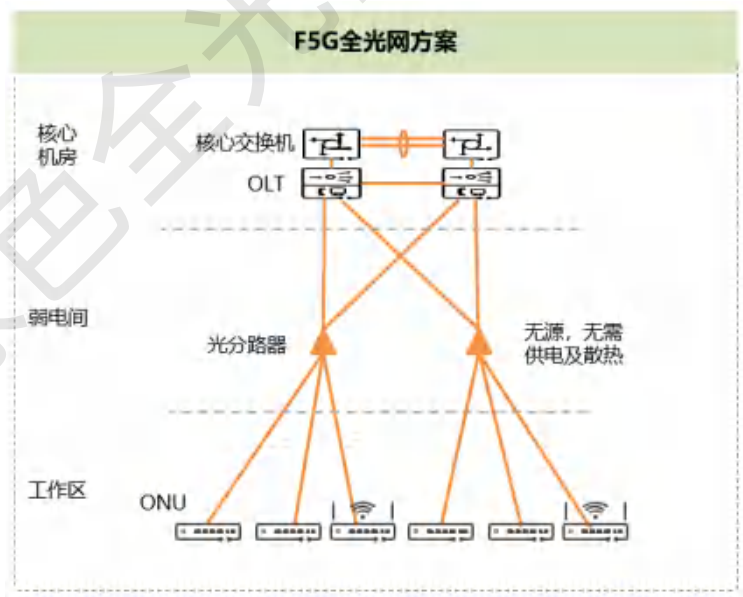


图 1-9 F5G 全光网简化网络

F5G 全光网降低了楼宇/楼层弱电机房的使用要求。F5G 全光网采用的光分路器无需供电,和以前的有源汇聚设备相比,无需在楼宇/楼层弱电机房中部署电源、空调等设备,大幅缩小楼宇/楼层弱电机房的空間占用,提升学校建筑的空間利用率,消除了某些学校弱电机房空間/散热能力不足导致的消防隐患。

F5G 全光网的管理架构也进行了简化,采用了点对多点的架构,由 OLT 集中管理 ONU 设备,故只需配置 2 台 OLT,极大减少了网络的独立管理节点,减少了管理配置工作量。

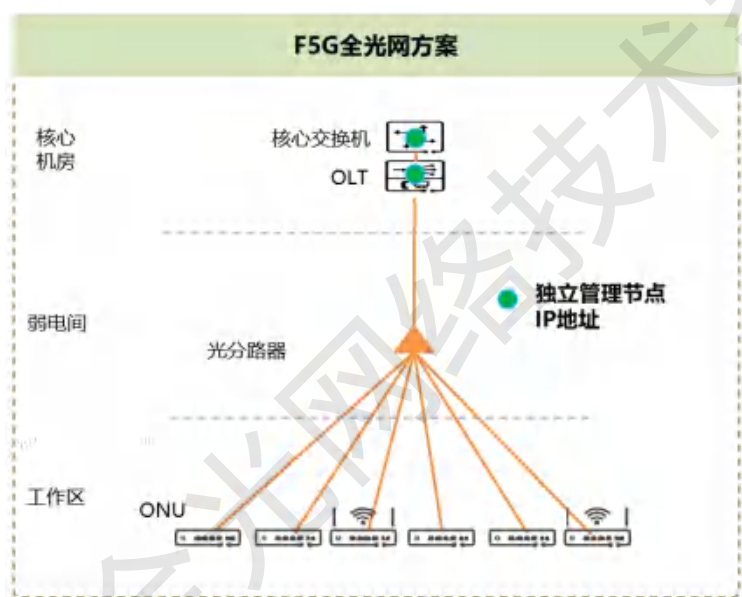


图 1-10 F5G 全光网对网络节点进行集中管理

F5G 全光网中海量的 ONU 设备无需独立的管理 IP 地址,而是由 OLT 设备集中管理和统一配置(类 SDN),可将 ONU 理解为 OLT 的一个远端功能模块。设备部署和业务发放时仅需在 OLT 上统一操作即可,无需再到 ONU 侧进行业务配置,故 F5G 全光网可实现 ONU 即插即用及免配置部署。F5G 全光网通过网管系统,自动完成 ONU 设备的上线和业务发放,实现业务分钟级的开通。F5G 全光网架构简单,无源 ODN 故障率低,且海量的 ONU 通过 OLT 进行统一管理,极大降低了网络运维的工作量。

OLT 设备可配合 SDN 控制器实现 SDN 功能,满足《基于 SDN 的宽带接入

网技术要求 OLT 设备》（YD/T 3963-2021）的要求。

F5G 全光网通过可视化的网络设备管理系统对 OLT 和 ONU 进行有效控制，能够实现用户认证、告警管理、性能管理、报表管理、PON 网络部署、PON 资源管理等功能。支持光纤诊断功能，可显示光模块及光纤的状态，以及光纤故障点等信息。

F5G 全光网支持一根光纤承载多种业务的功能，可将教学子网和办公子网等网络融合，实现园区网的多网合一，减少网络数量，简化整个网络的运维。通过多网合一，支持针对将来万物互联时各种智能 IoT 终端的接入，为智慧教育建设提供强有力的网络支撑。

F5G 全光网在多业务承载时可提供多种业务隔离方式，增强安全性。F5G 全光网采用 PON 技术，PON 技术可采用时隙隔离的方式进行隔离（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隔离（不同等级的业务采用不同的波长）。F5G 全光网还在光纤线路上进行了数据加密处理，不同的 ONU 单独采用不同的加密密钥且支持分钟级的密钥更新，增强了光纤线路上的安全性。

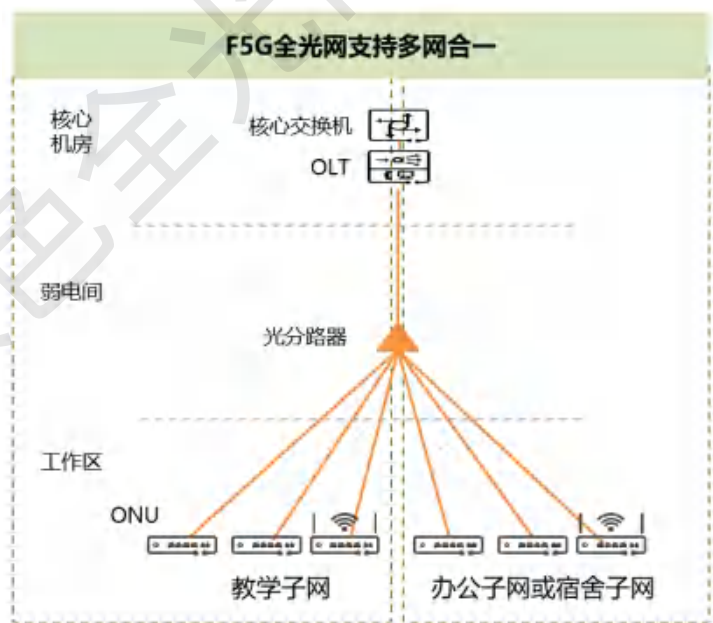


图 1-11 F5G 全光网支持多网合一

1.4.3 高能效且绿色低碳

F5G 全光校园采用点对多点的 PON 技术，和以前的点对点技术相比，存在高能效/绿色节能的优势。

F5G 全光校园采用的 PON 技术已在光纤到家庭场景中得到广泛使用，德国曾针对光纤 PON（FTTH）、铜线（VDSL）、无线（5G）等各种接入技术端到端的功耗进行了比较，结果为采用 PON 光纤入户（FTTH）技术的功耗最低，碳排放最小，PON 光纤入户的平均每户功耗相比采用 VDSL 铜线接入有约 50%左右的降低。F5G 全光网是碳排放最低、最环保的网络。

F5G 全光网实现了架构上的优化，采用无源的光分路器替代有源的汇聚交换机，减少了原汇聚交换机中的光-电-光转换功能，节省了大量的电能消耗，通过架构优化实现了节能减排。F5G 全光网减少了学校运营中的碳排放，帮助学校承担公共服务机构在生态文明建设中的示范引领责任。且由于 F5G 全光网减少了有源汇聚设备等转发节点，减少了拥塞冲突的风险，降低了时延，提高了传输质量，为持续高效地支撑业务应用系统的数据交互奠定了基础。

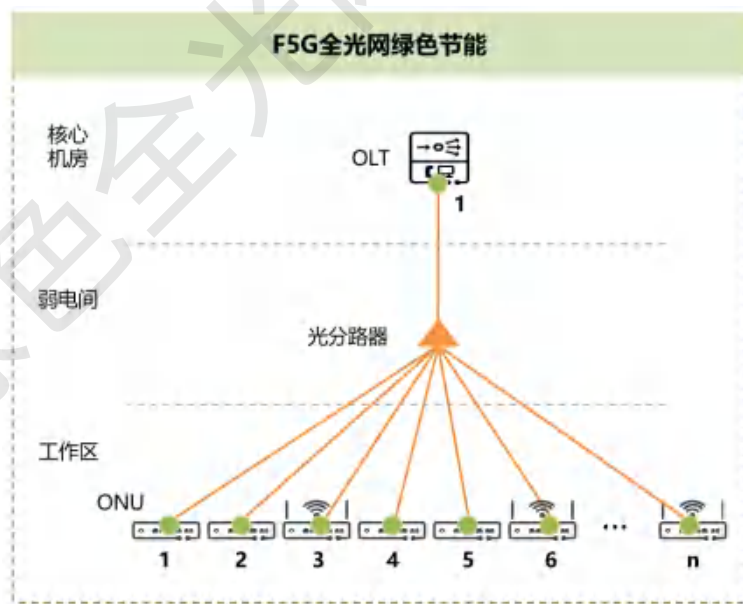


图 1-12 F5G 全光网点对多点架构更绿色节能

F5G 全光校园的点对多点架构更绿色节能。OLT PON 下行端口可通过无源光

分路器接到多个 ONU 的上行 PON 端口（一个 OLT PON 下行端口可接 32 个甚至 64 个 ONU 的 PON 上行端口），OLT 要求 ONU 在规定的时间内按需发送数据，实现整网业务数据的有效管理，以达到整个网络绿色节能的目的。如在 1:32 分光的情况下，相比以前的点对点方案，OLT 侧的 PON 光接口减少了 31 个光口处理模块及光模块，实现了更高效的绿色节能。

F5G 全光网采用光纤作为传输介质，光纤更节能环保。光纤的主要原料为石英，而网线的主要原料为铜。相对于石英材料，铜矿开采和铜制品冶炼均需要消耗大量的自然资源和能源，产生大量碳排放，生产过程中也会对环境造成较严重的污染。采用光纤，有助于实现碳达峰、碳中和的“3060”双碳目标。



图 1-13 F5G 全光网采用的光纤绿色节能

F5G 全光网采用点对多点的 PON 技术，简化了末端 ONU 设备的管理，减少了管理维护节点，减少了维护工作量，实现绿色维护。F5G 全光网的 OLT 设备是整个 PON 网络的管理中枢，通过光网络终端管理控制接口 OMCI 协议对整个 PON 网络的 ONU 设备进行管理和配置；无需在 ONU 设备进行本地业务和数据配置。F5G 全光网所有 ONU 的数据配置统一由 OLT 设备进行管理，OLT 完成 ONU 设备配置数据的保存和下发，从运维上实现了节能减排。

1.5 F5G 全光网络技术线路选择

F5G 全光网在演进和发展过程中，也经历过多次不同的技术线路选择的讨论，包括选择 GPON 系列标准线路还是 EPON 系列标准线路，是否要选用 CWDM 技术等。经过对标准/技术演进等推演及长时间的讨论，最终确定了采用 GPON/XGS-PON 线路，不再选择 EPON/10G EPON 线路，也不选择 CWDM 技术线路。

在 PON 发展的早期，EPON 在市场上推广上量的速度快于 GPON，业界主流的 PON 系统厂家（如华为、Nokia 上海贝尔、烽火等）也都开发了 EPON 系列产品，但在使用过程中，逐渐发现 EPON/10G EPON 线路在标准的演进性、技术上有缺陷，故后续都转向 GPON 线路。XGS-PON/GPON 技术的标准演进性更好，长期演进性远优于 10G EPON/EPON，更适合 F5G 全光校园的长期发展要求。XGS-PON/GPON 是当前业界主流选择的 PON 技术，当前业界约 90%以上的运营商都是采用 XGS-PON/GPON，GPON 系列产品的发货量也占 90%以上，10G EPON/EPON 已被边缘化，发货量逐年减少，产业链也越来越不健康，相关产品有停产的风险；此外 XGS-PON 的安全性、性能和可靠性等都更优。综上所述，**F5G 全光校园采用 XGS-PON/GPON 技术，不采用 10G EPON/EPON 技术。**

F5G 全光网的演进过程中也曾讨论过是否采用 CWDM 技术（如 WDM PON 等）。CWDM 技术为传输层的技术，用于例如城市间的长途传输场景，因城市间的光缆距离长，光缆的芯数也不够，故希望采用 CWDM 技术通过多个波长叠加提升传输带宽，解决城市间的光缆芯数不足的问题。而对于教育园区等场景，光缆/光纤主要是短距的室内铺设，部署光缆的难度不大，光缆芯数也足够，若采用昂贵的 CWDM 技术节省园区内便宜的室内光缆，得不偿失。且由于 CWDM 技术需进行波长规划，需按照波长进行设计施工等，如采用 CWDM 方案规划难、运维难、功耗高、性价比差，由于这些原因导致 CWDM 技术无法在园区接入网络中批量使用。**CWDM 技术是在 F5G 全光网中被证明不可用，被抛弃了的技术线路。不宜在园区网络中使用。**

1.5.1 PON 标准演进性

GPON/XGS-PON 系列标准可演进性更好。

GPON/XGS-PON 系列标准是由国际电信联盟（ITU）制定的，是业界主流使用的系列化标准，GPON 系列标准的主要参与者包括中国、欧洲等地区的主流运营商等。GPON/XGS-PON 系列标准的下一步是演进到 50G-PON，以提供更高的接入带宽。

➤ EPON/10G EPON 系列标准演进困难

EPON/10G EPON 系列标准是由电气电子工程师协会（IEEE）制定的，当前使用的标准是 EPON 和 10G EPON 标准，下一步计划往 25G EPON 标准上演进。但 25G EPON 标准的主要参与者都是北美厂家，受北美厂家的影响大。

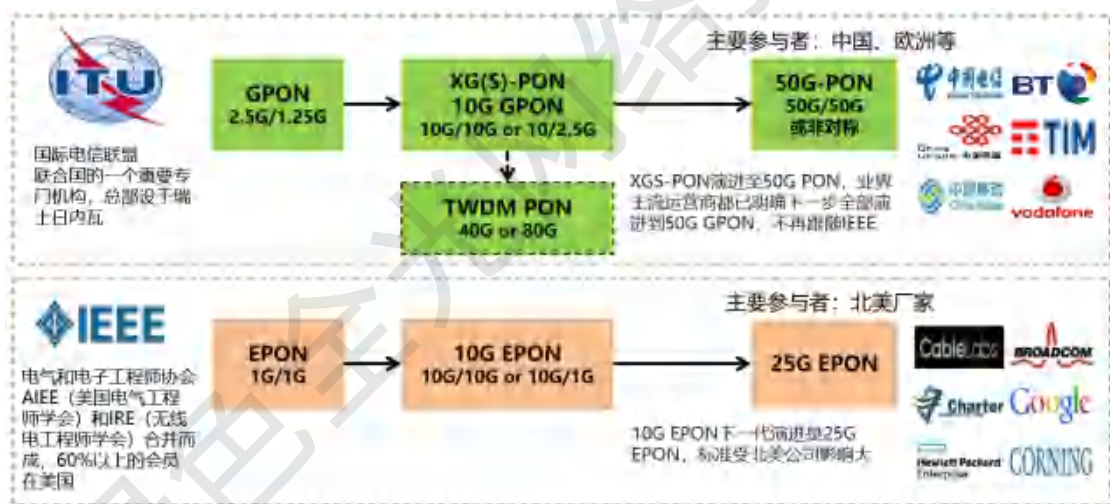


图 1-14 PON 技术标准演进图

GPON/XGS-PON 系列标准是当前主流使用的标准。业界主流的 PON 用户（包括运营商）也已明确，后续 PON 的演进也不会往 IEEE 的 EPON 系列标准演进，而是会沿着 GPON 线路向 50G-PON 等下一步标准持续演进。从标准的可演进性上看，GPON/XGS-PON 系列标准的可演进性更好。

➤ CWDM 无法平滑从 10Gbit/s 演进至 25Gbit/s

2004 年发布了《粗波分复用（CWDM）系统技术要求》（YD/T 1326-2004）对 CWDM 波长进行了定义，并于 2013 年进行了标准刷新。YD/T 1326 标准虽然定义了 CWDM 的 18 个波长（上下行各需 1 个波长，故每通道需使用 2 个波长，所以 18 个波长最多支持 9 个通道），但只定义了 4~8 个通路相关的光接口参数等，每通道带宽只定义了 1.25G、2.5G 和 10G 带宽的能力。25G CWDM 标准不完善，《城域 N×25Gbit/s 波分复用（WDM）系统技术要求 第 2 部分：CWDM》（YD/T 4013.2-2022）中只定义了 3 个通道（上下行 6 个波长）的 25G CWDM，提到了更多波长数的 WDM 系统波长分配方案还待研究。此外，该标准明确提出只适用于 5G 前传等场景下不带放大器的单纤双向 N×25Gbit/s CWDM 系统的设计、开发和生产，而非园区等使用场景。

从标准演进上看，CWDM 技术的演进性弱，10Gbit/s 的 CWDM 系统（8 个通道，16 个波长）无法平滑演进至 25Gbit/s 的 CWDM 系统（只定义 3 个通道，6 个波长）。考虑到 CWDM 标准无法支持平滑演进，F5G 全光网没有使用 CWDM 技术及相关的 CWDM 波长。

1.5.2 PON 产业健康度

GPON/XGS-PON 系列是当前的主流发货技术，发货量大，各个厂家大力投入，GPON/XGS-PON 的产业链更加健康。

➤ EPON/10G EPON 的产业链不健康

GPON/XGS-PON 系列产品是当前市场上发货的主流，市场发货的占比大，而使用 EPON 产品的市场持续萎缩，厂家投入意愿低，产业链不健康。全球历年 OLT 和 ONU/ONT 的发货情况如下图所示。

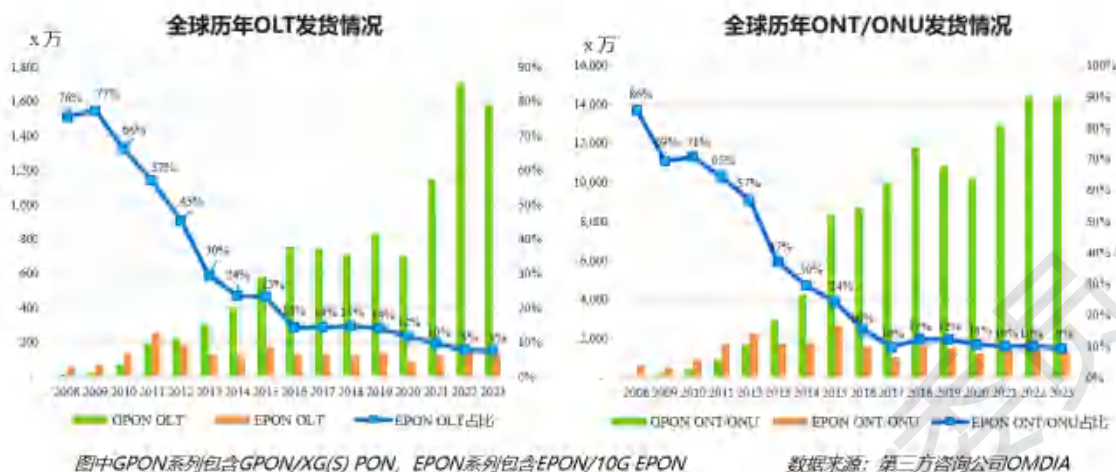


图 1-15 PON 系列产品的发货量占比

EPON 产品的发货占比逐年减少，包括中国在内的大部分运营商已停止 EPON OLT 的新建，现阶段 EPON 的建设只是将存量 EPON 升级 10G EPON（部分升级为 10G EPON，部分更改为 GPON/XGS-PON）；EPON 发货量持续下降，市场萎缩，业界厂家投入意愿低，产业链不健康，相关产品有逐渐停产的风险。

XGS-PON/GPON 系列产品的产业链健康，业界持续投入，厂家持续创新，在高带宽/低时延/高光功率等上面的创新层出不穷。

➤ CWDM 技术的产业链远比不上 PON 的产业链

由于 CWDM 技术通常只用于长距离的城市间互联，网络节点数远小于园区/家庭等接入网络节点。据第三方的发货量统计，CWDM 光模块每年的市场发货量大约为百万级别，而且主要是前 3 个通道（6 波）或少量的 6 个通道（12 波），而 ONU 每年的发货量为几十亿级别。

CWDM 的产业链远弱于 PON 的产业链。

1.5.3 PON 技术领先性

GPON/XGS-PON 系列的安全性更优。

XGS-PON/GPON 技术的安全性远优于 10G EPON/EPON，更适合 F5G 全光校园的高安全要求。

➤ EPON 技术弱于 GPON 技术

XGS-PON/GPON 采用的帧格式安全性更强。EPON 帧格式是在原以太网的帧格式上进行了扩展，当前业界有很多基于以太网帧格式（以太网报文）的分析软件，可通过这些分析软件对 EPON 的报文进行抓取、识别和分析；而 XGS-PON/GPON 的报文采用了全新的增强帧格式，当前通用的以太网帧格式分析软件无法捕获识别 XGS-PON/GPON 的帧格式，更无法识别里面的报文。XGS-PON/GPON 的安全性更高。

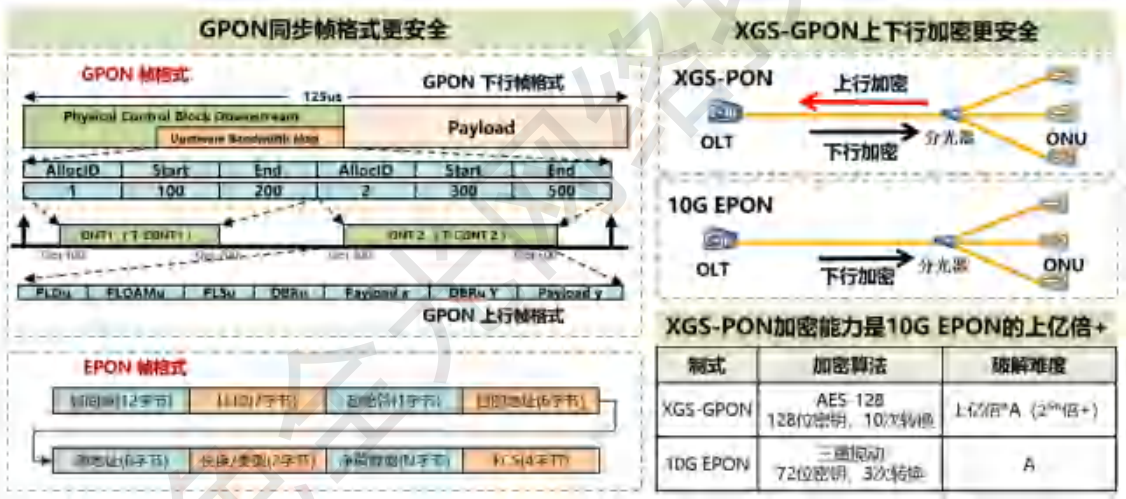


图 1-16 GPON/EPON 系列安全性比较

XGS-PON/GPON 的加密功能更全面，支持针对每个 ONU 的上下行报文进行了加密（对于 OLT 而言，就是发送方向和接收方向的数据都进行了加密操作），而 10G EPON 技术的加密功能比较弱，只支持 ONU 下行方向的数据加密操作（对于 OLT 而言，只有发送方向的数据进行了加密操作，接收方向没有加密操作）。

XGS-PON/GPON 的加密算法更强大。XGS-PON/GPON 采用 AES128 加密算法，采用 128 位的密钥，破解难度大，远超出了 10G EPON 技术所采用的加密算

法（采用 72 位的密钥）。如果采用超级计算机破解 10G EPON 的密钥破解需要 1 秒时间，那么同等计算算力的前提下，破解 XGS-PON/GPON 的密钥需要上亿年的时间。

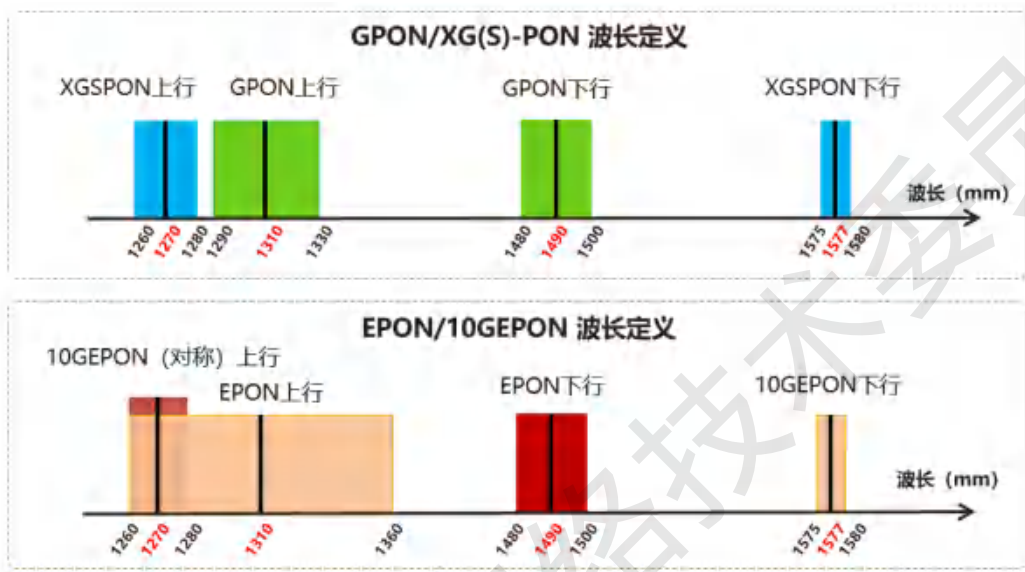


图 1-17 各种 PON 技术的波长划分

XGS-PON/GPON 技术的可靠性远优于 10G EPON/EPON，更适合 F5G 全光校园的高可靠性要求。

XGS-PON 和 GPON 共存时，XGS-PON 和 GPON 的上行、下行光波长都是独立的，XGS-PON 和 GPON 严格按照不同的光波长进行隔离，GPON 出现故障的时候不会影响到 XGS-PON 的业务；而 10G EPON 和 EPON 共存时，10G EPON 和 EPON 上行的光波长没有隔离，采用的是同样的波长，如果 EPON 出现故障，将会直接影响到 10G EPON 的业务，可能会导致 10G EPON 的业务中断等。XGS-PON 和 GPON 技术的可靠性和故障隔离能力远优于 10G EPON/EPON。

XGS-PON/GPON 的业务优先级保证的能力远优于 10G EPON/EPON。XGS-PON/GPON 将业务带宽分配方式分成 4 种类型，优先级从高到低分别是固定带宽 (Fixed)、保证带宽 (Assured)、非保证带宽 (Non-Assured) 和尽力而为带宽 (Best Effort)。DBA 带宽分配上定义了业务容器 T-CONT 作为上行流量调度单位。T-

CONT 分为 5 种业务类型，不同类型的 T-CONT 具有不同的带宽分配方式，可以满足不同业务流对时延、抖动、丢包率等不同的 QoS 要求。而 10G EPON/EPON 只是在 Ethernet 包头增加了 64 字节的 MPCP 多点控制协议，但是协议中并没有对业务的优先级进行分类处理，所有的业务随机竞争带宽。XGS-PON/GPON 具有更优秀的 QoS 服务能力。

XGS-PON/GPON 的运营、维护 OAM 能力远优于 10G EPON/EPON。XGS-PON/GPON 定义了 OMCI 协议用于提升 PON 的运营/维护等 OAM 能力，可更好支持数据加密、状态检测、误码监视等功能。OMCI 信道协议用来管理高层定义的业务，包括 ONU 的功能参数集、T-CONT 业务种类与数量、QoS 参数，请求配置信息和性能统计，自动通知系统的运行事件，实现 OLT 对 ONU 的配置、故障诊断、性能和安全的管理。而 10G EPON/EPON 没有对 OAM 进行过多的考虑，只是简单的定义了对 ONU/ONT 远端故障指示、环回和链路监测。XGS-PON/GPON 具备了更优的运营、维护 OAM 能力；

XGS-PON/GPON 的时延抖动能力、多业务接入能力优于 10G EPON/EPON。XGS-PON/GPON 按照报文块进行调度，保证高优先级业务的时延很小。XGS-PON 将以太网报文切成小的报文块，在发送低优先级报文块（普通上网报文）时，如果发现有高优先级的报文块（例如 VIP 客户的视频会议）需发送，就会停止发送低优先级的报文块，优先发高优先级的报文块，发完高优先级再发低优先级的报文块；XGS-PON 的发送机制保证了高优先级的业务时延很小；10G EPON 无此机制，只能按以太网报文进行调度，受低优先级报文大小影响，时延大，不可控。

➤ CWDM 规划难，维护难，功耗高

CWDM 技术本质上还是点对点的传输技术（在汇聚设备和接入设备都需采用合/分波器将多个波长合一到一根光纤中传输，汇聚设备侧的端口和接入侧的端口需要 1:1 配置）。

以 CWDM 方案的下行方向为例，汇聚设备的不同端口（如第一组的端口 1～端口 8）通过不同的彩光模块发出不同波长的光（波长 1～波长 8），通过合分波器合到在一根光纤传输，在接收方向先通过合分波器分离出不同波长的光（波长 1～波长 8），这些分离出来的波长和发送的波长相同，连接至远端接入设备的接收光模块中。

CWDM 方案的技术原理示意图如下所示(需配置 16 种不同种类的光模块)。



图 1-18 CWDM 方案技术原理示意图

CWDM 方案中，汇聚设备的不同端口需要发出不同波长的光，故汇聚设备上的光模块是不一样的（不同波长）；且远端接入设备上光模块的收发方向和汇聚设备上光模块的收发方向相反，所以远端接入设备上的 CWDM 光模块和汇聚设备上的 CWDM 光模块也不一样。当前 CWDM 支持 8 个通道（上下行共 16 个波长），故汇聚设备和远端接入设备两端一共需要使用 $2 \times 8 = 16$ 种不同的 CWDM 光模块，此 16 种不同的 CWDM 光模块不能混用，否则会互相干扰，导致网络无法正常使用。此外，汇聚设备上的 CWDM 光模块必须和远端接入设备的 CWDM 光模块波长一一对应，且 CWDM 光模块的波长必须和合分波器的波长一一对应，

如果波长对应出错，也会导致网络无法使用。

CWDM 方案必须 8 个一组一起规划，在 8 个端口一组内，光模块的种类必须唯一，否则会出现波长冲突导致其他光模块无法使用，该限制影响非常大。对于学校教室多、宿舍多等使用场景（点位多，设备分散，规划变更多），由于必须保证一组内的光模块不能重复，网络很难规划（特别是在信息点变化较多的场景，要整网统一调整，影响大），很难维护（在维护时，备件多，器件更换必须一一对应，稍有不慎将会导致别的端口业务不通），无法在网络上实际部署。

CWDM 方案也有些变种方案，如上图所示，有种处理方式是将汇聚设备侧的 8 个 CWDM 光模块和合分波器在合并成一个光模块，在物理上对外呈现为一个光模块；远端接入设备也把合分波器和远端光模块合并成一个光模板，对外也呈现为一个物理光模块，但该变种本质上还是点对点的方案，只是在物理上做了一个合封，且远端接入设备侧还是需要配置 8 种不同的 CWDM 光模块，还需保证在同一个组中 CWDM 光模块不能相同，如果相同将会导致网络不可用，网络规划和维护的难度太大。

CWDM 方案的功耗远高于 PON 方案。

CWDM 方案本质上是点对点的方案，POL 方案是点对多点的方案。

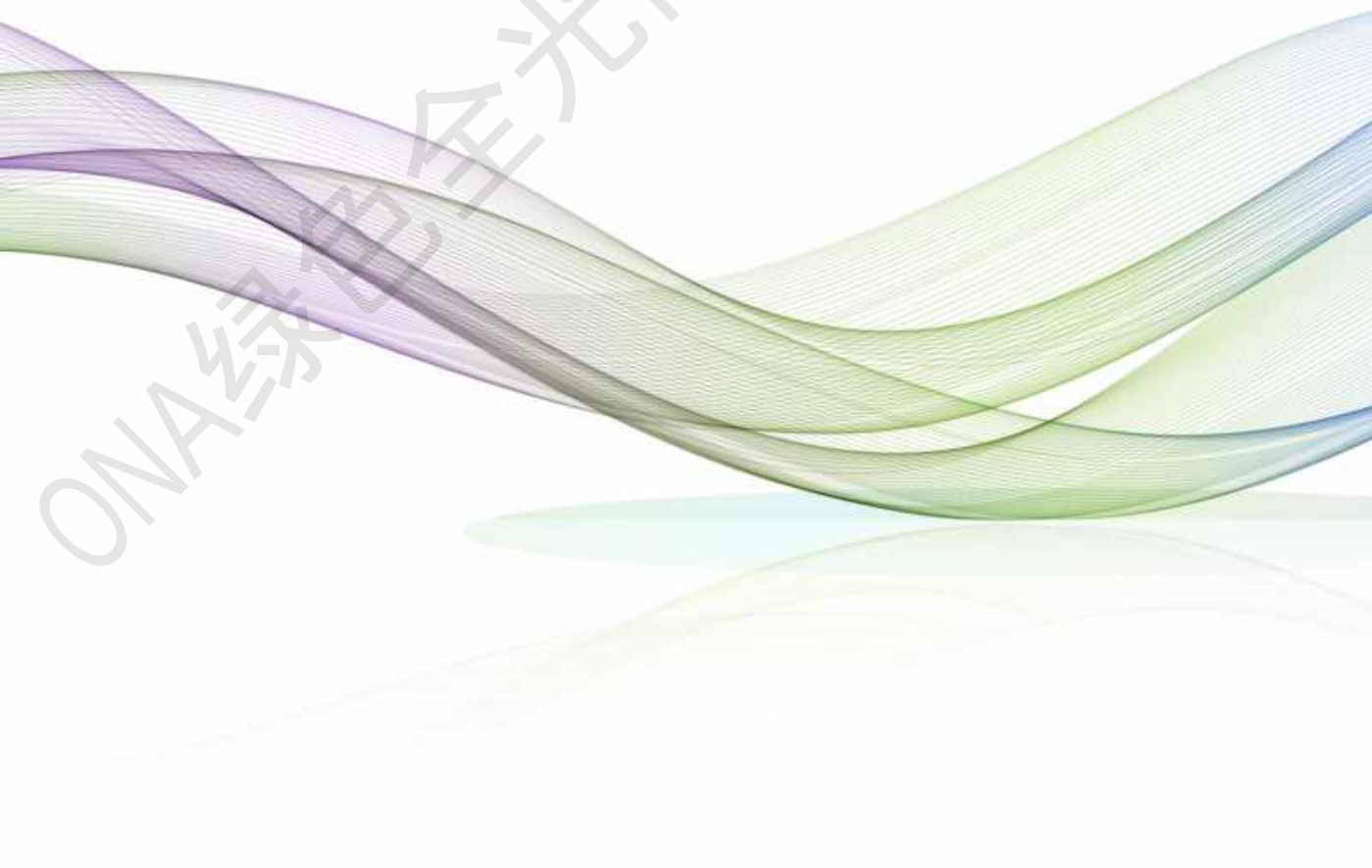
以一个 10000 个信息点的园区为例，POL 方案采用 XGS-PON 技术及 4 个 GE 接口的 ONU 设备，覆盖 10000 个信息点位共需 2500 台 ONU；POL 采用 2:16 的分光比，2500 台 ONU 需要 $2500 \div 16 = 156.3$ 个 XGS-PON 端口；考虑备份需配置 2 台 OLT（每台 OLT 设备最大可支持 240 个 XGS-PON 端口，但案例中只使用 157 个端口），2 台 OLT 所需的 PON 端口总数为 314 个。2 台 OLT 采用 Type B 双归属保护。

CWDM 方案也采用 4 个 GE 接口的远端接入设备，覆盖 10000 个信息点位共需 2500 台远端接入设备；2500 台远端接入设备上行接到 2 台汇聚交换机以实现保护，需要占用 $2500 \times 2 = 5000$ 个 10GE 端口。汇聚设备侧也需要 5000 个 10GE

端口。POL 方案使用的 314 个 OLT PON 端口及相关的光模块远少于 CWDM 方案使用 5000 个汇聚设备端口及相关的光模块；总体而言，POL 方案的功耗比 CWDM 方案功耗低 40%以上。

第二章

智慧教育 F5G全光网设计参考



2.1 F5G 全光网网络设计原则

2.1.1 智慧高教的范围

高等教育是指在中等教育的基础上，培养具有专门知识、技能人才的教育，通常包括以高层次的学习、培养、教学、研究和社会服务为主要任务和活动的各类教育机构。高等教育包括普通高等教育、高等职业教育等。

高等学校是指进行高等教育的学校，是本科院校、专门学院和专科院校的统称，简称高校，主要划分为普通高等学校、职业高等学校、成人高等学校等。

2.1.2 网络设计原则

- **客户需求优先原则：**规划设计应基于高校应用场景等正式需求文件进行设计，满足高校的使用要求。
- **可靠性原则：**组网和设备可靠性应满足高校要求，充分考虑设备及物理线路的冗余备份。
- **可扩展性原则：**网络设备及 ODN 基础设施应具备良好的可扩展性，如 OLT 预留用于扩展的槽位，ONU 预留空闲接口，光缆有一定的光纤资源预留，光路连接设备有多余的连接接口，及安装空间有预留等，方便后续满足其他业务接入、带宽扩容、信息点扩容、网络整体升级等要求。
- **经济性原则：**网络系统综合成本应最优。应统筹考虑设备成本、工程成本、维护成本，及后期管理的便利性，充分利用既有可用资源。
- **可实施性原则：**项目建设应尽量做到线缆少、节点少，布线路由合理，布线空间充足，设备安装位置及空间适当，以便于工程实施与维护。
- **易维护性原则：**应选择通用型的基础设施结构件及光路器件等，以便备件替换等。
- **易管理性原则：**应在网络中配置网络管理单元，对于 ODN 管理要求高的场合，宜配置相应的线路管理系统，以便于日常监控网络状态、快速定位故障节点。

2.2 F5G 全光网组网模式

2.2.1 F5G 全光网络组网

智慧高教的典型组网图如下：

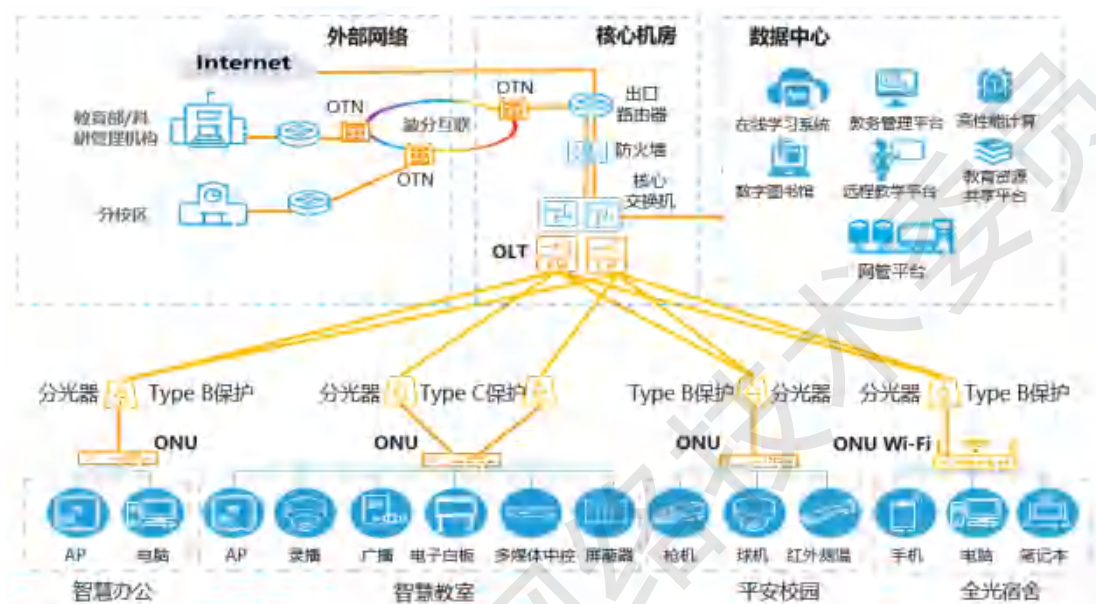


图 2-1 高教学校网络组网

智慧高教的主流场景主要包括智慧教室、智慧办公、全光宿舍和平安校园。主校区和分校区之间可采用 OTN 等实现波分互联。

2.2.2 F5G 全光网建网模式

高校网络从功能和应用上通常划分为校园信息网络和智能化设备网络，通常采用 2 套独立的核心交换机-OLT-ODN-ONU 网络分别承载。但也有些学校的 F5G 全光网采用多网融合的建网方式，将校园信息网络和智能化设备网络合并为一张网络，以简化网络架构。

校园信息网络常分为教学子网、办公子网、宿舍子网、图书馆子网、科研子网等，上述网络可共用核心交换机和 OLT 等设备；智能化设备网络常分为安防网、一卡通网、信息发布网等，上述网络也可共用核心交换机和 OLT 等设备。

各子网具体如下：

教学子网：主要是通过教学网络，满足老师和学生们多媒体教学的要求，例如交互式多媒体课堂、远程教学等。教学子网主要是通过网络实现高清视频信号的传输以及教学课件的分享等，主要属于高并发、大流量的流量模型。

办公子网：主要面向校园内的各职能部门及相关的老师/学校领导等，实现办公的自动化，同时需要满足访问 Internet 网，及实现在办公子网之内的互通和各种数据共享，属于小流量的流量模型。

宿舍子网：主要应用于学生宿舍，便于学生在宿舍内实现网络链接，浏览校园发布的信息及查阅一些电子文档资料，或通过校园网浏览 Internet 网等，通常属于小流量的流量模型。

图书馆子网：图书馆通常是校园网内的数据集中地，主要是满足海量高密度的数字图书存储，大并发量的数字图书检索与视频观看，学校间图书资源共享，以及图书管理办公，属于高密度、大流量的流量模型。

科研子网：高等学校是国家科技力量的重要组成部分。高校内有组织的科研是高等学校科技创新实现建制化、成体系服务国家和区域战略需求的重要形式。科研子网针对高等学校科技创新提供支撑网络，科研子网的流量模型属于大流量、高安全的流量模型。

校园安防网：主要通过视频监控系统、校园进出身份识别系统等多种手段，以实现校园的平安、避免各种事故发生的一体化防范体系。视频监控子系统是采用摄像机对包括室内外各个敏感点进行视频采集，并进行存储分析等功能。校园进出身份识别子系统为在进出校园的大门处安装识别系统，对进出人员的身份进行识别和甄选。安防网的流量模型属于小流量模型。

一卡通网：校园一卡通系统是智慧校园的基础，是集身份识别、校内消费、校务管理、金融服务为一体的数字化校园核心应用。校园卡可以作为借书卡、上机卡、就餐卡、医疗收费卡、洗澡卡、购物卡、门禁卡、存车卡、乘车卡等使用，

实现“一卡通用，一卡多用”。一卡通网的流量模型属于小流量、高可靠模型。

信息发布网：主要采取集中控制、统一管理的方式将视音频信号、图片和滚动字幕等多媒体信息通过网络平台传输到显示终端，以高清数字信号播出，有效覆盖校区教学楼、实验楼、宿舍楼、操场、食堂等人流密集场所，在校区实时发布教学计划、课外活动、教师风采、放假通知等重要信息，属于小流量模型。

高等教育 F5G 全光网各网络组网模式如下表所示。

表 2-1：学校网络的常见网络组网模式

子网名称	教学子网	办公子网	图书馆子网	宿舍子网	科研子网	校园安防网	一卡通网	信息发布网
组网方式 1	多网融合（学校网）							
组网方式 2	多网融合（校园信息网）					多网融合（智能化设备网）		
组网方式 3	多网融合			独立	独立	独立	独立	独立

高等教育的各种子网种类较多，通常情况下，采用多网融合的建网模式，融合为校园信息网络和智能化设备网络两张网，但不同规模的高校和不同类型的高校也可根据自身情况进行选择和增删。

综述：当前高等学校的建设中，不同的高校的组网融合建设模式不同。通常情况下会分为校园信息网和智能化设备网 2 张网络进行建设。

2.3 F5G 全光网保护方式设计

高等教育对网络可靠性的要求比较高，网络设计时需考虑保护的功能，特别是考虑网络设备和物理线路（光纤）的保护方案。F5G 全光网的组网保护方式分为 Type B 保护和 Type C 保护 2 种，配置了 Type B 保护和 Type C 保护后，若被保护部件出现了故障，F5G 全光网络可自动触发倒换，无需人工干预。

2.3.1 Type B 保护方式

F5G 全光网的 Type B 保护方式：PON 网络中 OLT 的 PON 端口、主干光纤均实现双路冗余的保护。

单归属保护方式：分光器的 2 根上行光纤（主干光纤）接到 1 台 OLT 的 2 个不同 PON 端口进行保护。

双归属保护方式：分光器的 2 根上行光纤（主干光纤）分别接到 2 台 OLT 的不同 PON 端口进行保护。

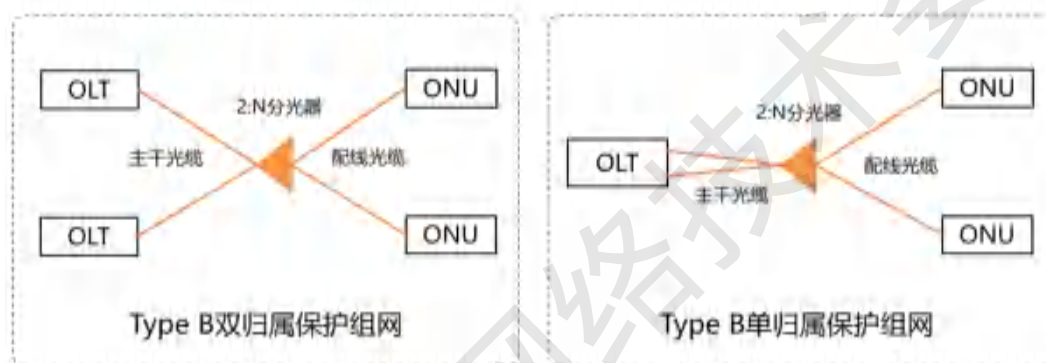


图 2-2：F5G 全光网 Type B 保护方式

Type B 双归属保护方式可实现对主干光纤和 OLT（包括 OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口）的保护。

Type B 双归属保护方式需配置 2 台独立的 OLT 设备，采用 2：N 的分光器，主干光缆连接至 2 台 OLT，ONU 设备采用单 PON 口上行。

高等教育院校对网络的可靠性要求高，高等教育 F5G 全光网宜采用 Type B 双归属的方式进行组网保护。

2.3.2 Type C 保护方式

F5G 全光网的 Type C 保护方式：PON 网络中 OLT 的 PON 端口、ONU 的 PON 端口、主干光纤、配线光纤、分光器均双路冗余的保护。

单归属保护方式：不同的分光器上行光纤（主干光纤）接到 1 台 OLT 的 2 个不同 PON 端口进行保护。

双归属保护方式：不同的分光器上行光纤（主干光纤）分别接到 2 台 OLT 的不同 PON 端口进行保护。

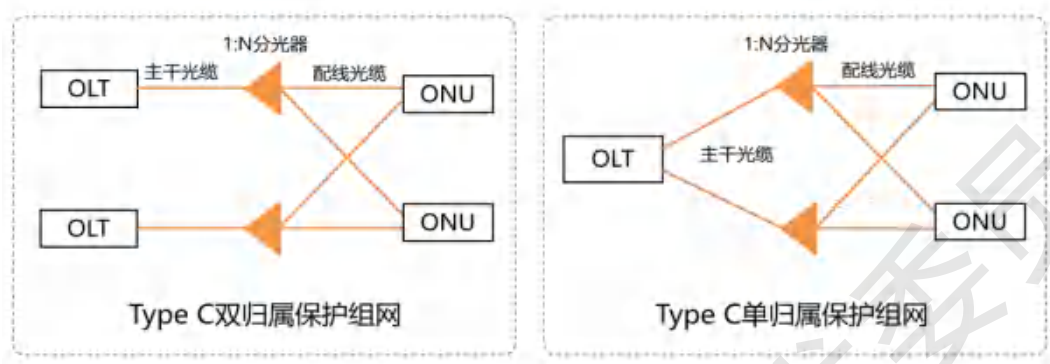


图 2-3：F5G 全光网 Type C 保护方式

Type C 双归属保护方式可实现对 OLT（包括 OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口）、主干光缆、分光器、配线光缆和 ONU 上行 PON 端口的保护。

Type C 双归属保护方式需配置 2 台独立的 OLT 设备，2 台独立的 1：N 分光器，独立的主干光缆，独立的配线光缆及支持双 PON 端口上行的 ONU 设备。

Type C 双归属保护支持了端到端的冗余备份保护，可靠性高，高等教育 F5G 全光网的高可靠性区域如科研子网、考试教室、智慧教室等可采用 Type C 双归属的方式进行组网保护。

Type B/Type C 的保护范围如下表所示。

表 2-2：Type B/Type C 保护的比较

保护方案	保护范围	推荐场景
Type B 单归属	OLT 的 PON 口、主干光纤	/
Type B 双归属	OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口、主干光纤	教育子网、办公子网、安防子网、设备网等
Type C 单归属	OLT 的 PON 口、ONU 的 PON 口、主干光纤、配线光纤、分光器	/
Type C 双归属	OLT 设备，OLT 的 PON 端口和 OLT 的上行端口、主干光缆、分光器、配线光缆和 ONU 上行 PON 端口	科研子网、考试教室、智慧教室等

综述：高等教育 F5G 全光网宜采用 Type B 双归属保护的组网方式；对于更高可靠性的区域（如科研子网、考试教室、智慧教室等），可采用 Type C 双归属保护的组网方式。

2.4 F5G 全光网 PON 技术选择

2.4.1 PON 的技术差异

国际电信联盟 ITU 制定了 GPON 系列化标准，当前主流使用的是 GPON 和 XGS-PON 技术，50G-PON 标准也已发布。50G-PON 标准的主要参与者为中国的主流电信运营商和英国/意大利等欧洲主流电信运营商，GPON/XGS-PON 下一步将会演进至 50G-PON，50G-PON 于 2025 年开始批量商用。

高等教育 F5G 全光网采用的 PON 技术主要为 GPON 技术、XGS-PON 技术或 50G-PON 技术。GPON 提供 2.5G/1.25G 线路带宽；XGS-PON 提供 10G/10G 的线路带宽；对称 50G-PON 提供 50G/50G 的线路带宽。GPON、XGS-PON 和对称 50G-PON 技术的具体技术参数如下表所示：

表 2-3 GPON/XGS-PON/50G-PON 的主要技术参数

技术参数	GPON	XGS-PON	对称 50G-PON
下行线路速率（Gbit/s）	2.5	10	50
上行线路速率（Gbit/s）	1.25	10	50
下行波长（nm）	1480~1550	1575~1580	1340~1344
上行波长（nm）	1290~1330	1260~1280	1284~1288
下行有效带宽（Gbit/s）	2.44~2.49	8.6~9.5	42.2~48.9
上行有效带宽（Gbit/s）	1.05~1.24	8.5~9.4	40.1~46.5
光功率预算（dB）	CLASS B+：28 CLASS C+：32 CLASS D：35	N1：29 N2：31 E1：33	N1：29

注：有效带宽按照每 PON 端口带 64 个 ONU 计算

此外，还存在多种 PON 技术共存的 PON Combo 技术，如 XGS-PON Combo，在 OLT 的一个 XGS-PON Combo 端口下同时支持 XGS-PON 和 GPON 接入，可同时接 XGS-PON ONU 和 GPON ONU。50G-PON 也支持 50G-PON Combo 模式，在 OLT 的一个 50G-PON Combo 端口下同时支持 50G-PON、XGS-PON 和 GPON 接入，可同时接入 50G-PON ONU、XGS-PON ONU 和 GPON ONU。

在同一个高等教育项目中，可同时采用 GPON 技术、XGS-PON 技术或对称 50G-PON 技术，如在 Wi-Fi 6/7 回传网络、科研子网等超高流量区域可采用对称 50G-PON，教学子网、办公子网、宿舍子网等高流量区域可采用 XGS-PON 技术，在安防子网、智能化设备网等普通流量区域可采用 GPON 技术。50G-PON 技术、XGS-PON 技术和 GPON 技术可通过采用不同的光波长耦合到一根光纤上进行数据传输，并通过不同的波长进行隔离。

2.4.2 PON 技术选择原则

高等教育中不同的区域对数据流量的带宽要求也不同，按照流量带宽的要求划分，可分为高流量区域和普通流量区域。不同的区域可选择不同的 PON 技术。

（1）超高流量区域

高等教育的超高流量区域主要包括科研子网、高速率的大量无线回传（Wi-Fi7 AP）等场景，这些区域可考虑采用 50G-PON（含 50G-PON Combo）。

（2）高流量区域

高等教育的高流量区域主要包括教学子网（普通教室等）、办公子网和宿舍子网等区域，这些区域有较大流量业务的需求（如教室有远程教育的要求等）。

高流量区域推荐采用 XGS-PON（含 XGS-PON Combo）技术，以支撑大流量的业务上传和下载。

（3）普通流量区域

高等教育的普通流量区域主要包括安防子网和智能化设备网等。这些区域对带宽的要求不高。

普通流量区域可使用 GPON 技术。

(4) 高等教育根据流量区域选择 PON 技术总结

高等教育各区域之间的 PON 技术选择总结如下表所示。

表 2-4：高等教育各流量区域的 PON 技术选择建议

流量区域	推荐选用的 PON 技术
超高流量区域（科研子网、大量 Wi-Fi7 AP 承载）	50G-PON 技术
高流量区域（教学子网、办公子网、宿舍子网）	XGS-PON 技术
普通流量区域（安防子网）	GPON 技术
普通流量区域（智能化设备网）	GPON 技术

综述：高等教育 F5G 全光网可根据高校的情况选择 PON 技术，推荐高流量区域（如教学子网、办公子网、宿舍子网）采用 XGS-PON 技术，普通流量区域（如安防子网、智能化设备网）采用 GPON 技术，但考虑到高校网络带宽长期演进发展的需要，也可采用 XGS-PON 技术进行建设。

2.5 F5G 全光网信息点设计

不同地域（如西北/华南等）的智慧高等院校的具体情况不一样，高等教育和职业教育等不同学校的部署也不一样。所以建议根据高校客户的要求，适当考虑将来的扩展性，按照不同的场景选择相应的信息点数量。

2.5.1 教室场景

智慧高等院校的教室分为普通教室、智慧教室、计算机教室、其他功能教室等，不同的教室所需的信息点数量也不同。

1、普通教室校园信息网信息点推荐配置参见下表，表中配置情况为“推荐”的信息点为默认推荐配置，表中配置情况为“可选”的信息点为可选配置，可预留相应管道支持后续的扩展。具体项目中普通教室的信息点位置及数量需要和院校客户提前沟通确认，并根据具体的要求增删。

表 2-5 普通教室校园信息网信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
1	电子白板	1		推荐
2	教师电脑	1		推荐
3	教学一体机	1		推荐
4	电子班牌	1		推荐
5	无线 AP	1	POE 供电	推荐
6	面朝学生摄像机	1	POE 供电	推荐
7	教学扬声器（音箱）	1		推荐
8	面朝老师摄像机	1	POE 供电	推荐
9	吸顶收音器	1		可选
10	电子时钟	1		可选
11	考试身份识别	1		可选
12	考场摄像机	2	POE 供电	可选

普通教室中，校园信息网 ONU 通常部署于教室前部嵌墙安装的信息配线箱内，再通过网线连接至各个信息点。从信息配线箱引出的网线分别连接至教学扬声器（主音箱）、教师电脑、教学一体机、电子白板、面朝学生摄像机（前置摄像机）、无线 AP、面朝老师摄像机（后置摄像机）和电子班牌。无线 AP、面朝学生摄像机（前置摄像机）和面朝老师摄像机（后置摄像机）需考虑提供 POE 的功能。

普通教室校园信息网信息点分布图如下图所示。

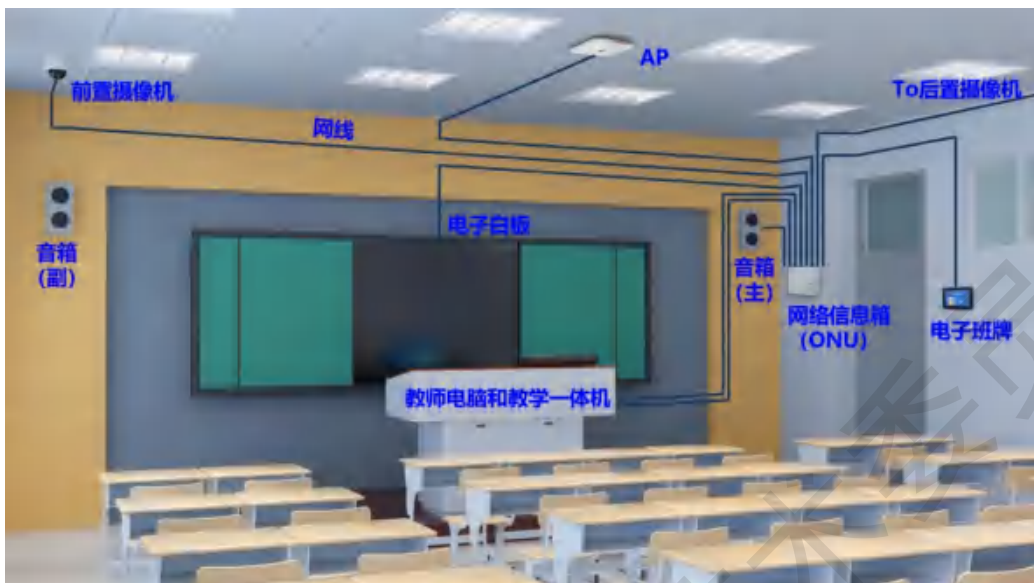


图 2-4：普通教室的校园信息网信息点分布

2、智慧教室的校园信息网信息点推荐配置参见下表，表中配置情况为“推荐”的信息点为默认推荐配置，表中配置情况为“可选”的信息点为可选配置，可预留相应管道支持后续的扩展。具体项目中智慧教室的信息点位置及数量需要和院校客户提前沟通确认，并根据具体的要求增删。

表 2-6 智慧教室校园信息网信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
1	教师屏	1		推荐
2	小组屏	4		推荐
3	教师电脑	1		推荐
4	教学一体机	1		推荐
5	电子班牌	1		推荐
6	无线 AP	1	POE 供电	推荐
7	面朝学生摄像机	1	POE 供电	推荐
8	教学扬声器（音箱）	1		推荐
9	面朝老师摄像机	1	POE 供电	推荐

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
10	吸顶收音器	1		可选
11	电子时钟	1		可选
12	考试身份识别	1		可选
13	考场摄像机	2	POE 供电	可选

3、计算机教室的校园信息网信息点推荐配置和普通教室类似，计算机教室和普通教室相比，每个学生座位新增了 1 个信息点。具体项目中计算机教室的信息点位置及数量需要和高校客户提前沟通确认，并根据具体的要求增删。

表 2-7 计算机教室内信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
1	电子白板	1		推荐
2	讲台电脑	1		推荐
3	教学一体机	1		推荐
4	电子班牌	1		推荐
5	无线 AP	1	POE 供电	推荐
6	面朝学生摄像机	1	POE 供电	推荐
7	学生上课计算机	1/座位		推荐
8	教学扬声器（音箱）	1		推荐
9	面朝老师摄像机	1	POE 供电	推荐
10	吸顶收音器	1		可选
11	电子时钟	1		可选
12	考试身份识别	1		可选
13	考场摄像机	2	POE 供电	可选

4、其他功能教室的校园信息网信息点推荐配置可参见普通教室的校园信息网信息点推荐，并根据具体的情况增删考场摄像机等信息点。

5、智能化设备网的信息点主要是走廊及电梯间等的安防摄像机以及机房中接 DDC 的信息插座，按需部署即可。

2.5.2 办公场景

智慧高教校园的办公场景主要包括教师办公室、会议室等，办公室校园信息网信息点推荐配置参见下表。具体项目中办公室场景的校园信息网信息点位置及数量需要和高校客户提前沟通确认，并根据具体的要求增删。

表 2-8 办公场景校园信息网信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
1	办公室：无线 AP	1 个/办公室	POE 供电	推荐
2	办公室：数据信息点	1 个/办公位		推荐
3	办公室：预留数据信息点	2 个/办公室		可选

办公室场景中，每间办公室通常部署 1 个无线 AP（一个无线 AP 通常的覆盖半径约为 20 米~30 米），如果存在面积较大的大型办公室，可按需增加无线 AP 的数量。

会议室的校园信息网信息点推荐配置参见下表。具体项目中会议室场景的校园信息网信息点位置及数量需和高校客户提前沟通，并根据具体的要求增删。

表 2-9 办公场景校园信息网各信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注	配置情况
1	会议室：无线 AP	1 个/会议室	POE 供电	推荐
2	会议室：数据信息点	6 个/会议室		推荐
3	大型会议室：无线 AP（预留）	1 个/会议室	POE 供电	可选

会议室场景中，每间会议室通常部署 1 个无线 AP，如果存在面积较大的大型会议室，可按需增加无线 AP 的数量。

智能化设备网的信息点主要是走廊及电梯间等的安防摄像机以及机房中接 DDC 的信息插座，按需部署即可。

2.5.3 宿舍场景

智慧高教宿舍场景的校园信息网信息点推荐配置参见下表。不同的高校（如高等教育和职业教育）的宿舍场景也有差异，通常高等教育的宿舍为4人间，也有部分宿舍存在6~8人间的情况，具体项目中宿舍场景的校园信息网信息点位置及数量需要和高校客户提前沟通确认，并根据具体的要求增删。

4人间宿舍场景校园信息网信息点分布参考如下表所示：

表 2-10 4 人间宿舍校园信息网信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注
1	数据信息点	4	每学生一个信息点
2	Wi-Fi 接入点（AP）	1	每宿舍一个，ONU 内置 Wi-Fi

宿舍校园信息网 ONU 通常挂装在宿舍内门口的上方，通过 ONU 提供的 Wi-Fi 覆盖本宿舍，此外 ONU 通过网线连接至墙上的信息面板。宿舍校园信息网各信息点的分布如下图所示。

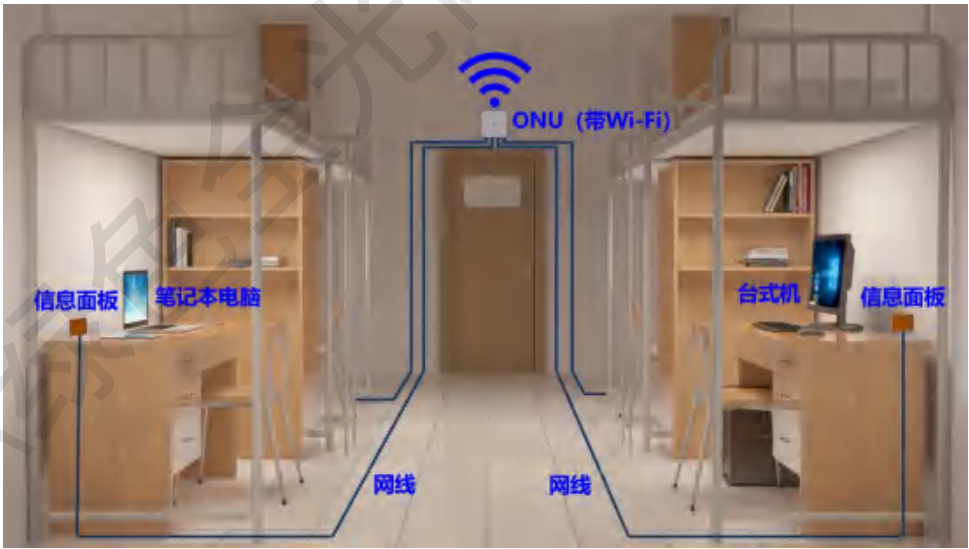


图 2-5：4 人宿舍校园信息网信息点分布

6~8 人间宿舍场景校园信息网信息点分布参考如下表所示：

表 2-11 6~8 人间校园信息网宿舍信息点分布

序号	信息点名称	数量	备注
1	数据信息点	6~8	每学生一个信息点
2	Wi-Fi 接入点 (AP)	1	每宿舍一个, ONU 内置 Wi-Fi

高等教育宿舍校园信息网中,通常按照每个学生一个数据信息点部署;每个宿舍部署一个 Wi-Fi 接入点(采用 ONU 自带的 Wi-Fi 功能),每个宿舍都需要支持 Wi-Fi 的覆盖;

宿舍场景所使用的 ONU 宜采用本地供电,如果有集中供电的诉求,也可采用光电复合缆实现远程集中供电。

智能化设备网的信息点主要是走廊及电梯间等的安防摄像机以及机房中接 DDC 的信息插座,在走廊需部署监控摄像机(通常是在走廊两端各部署一个监控摄像机,若走廊两端不在一个直线上,可按需增加监控摄像机),按需部署即可。

2.6 F5G 全光网 ONU 选择

ONU 是高等教育 F5G 全光网络的重要组成部分,应根据不同的应用场景和功能等选择 ONU 类型。

2.6.1 ONU 选择原则

- ONU 的选择和放置应尽可能靠近最终用户终端,以缩短以太网线缆(铜缆)的距离,支撑未来带宽的平滑演进。
- 宿舍宜采用带 Wi-Fi 功能的 ONU,宿舍 ONU 统一提供有线接入和无线接入功能。
- 一个封闭区间(如房间)应采用 1 个或多个 ONU 覆盖,尽量避免出现一个 ONU 覆盖多个房间,以降低故障定位和维护难度。

- ONU 选型时要考虑设备安装，保证安装的规范性、设备散热等。为便于部署与维护，项目中选用的 ONU 类型不宜过多。
- ONU 安装应尽量考虑美观，尽可能将信息配线箱暗装在墙内，光纤、网线和电源线等需提前预留。ONU 宜就近引入 220V 交流电源，也可采用光电复合缆等进行远程供电。

2.6.2 ONU 选型指南

高等教育 F5G 全光网根据不同的场景和业务选择 ONU 种类。

(1) 根据 F5G 全光网所采用的 PON 技术选择 ONU 型号。GPON 网络选择 GPON ONU，XGS-PON 网络选择 XGS-PON ONU，50G-PON 网络选择 50G-PON ONU；如采用 Combo 组网，可选择多种 ONU。

(2) 根据 F5G 全光网的保护模式选择 ONU 型号。如采用 Type B 保护，选择单 PON 口上行的 ONU；如采用 Type C 保护，选择双 PON 口上行的 ONU。

(3) 根据 F5G 全光网所支持的业务类型选择 ONU 型号。若要承载高端的 Wi-Fi 6/7 AP，宜选择提供 2.5GE/10GE 接口和 POE+/POE++功能的 ONU；若要接摄像机等监控设备，宜选择提供 GE 接口和 POE 功能的 ONU；若需提供 Wi-Fi 功能，应选择提供 Wi-Fi 功能的 ONU 设备；若需提供 POTS 接口，应选择带 POTS 接口的 ONU 设备。

(4) 根据不同区域的信息点数量要求选择 ONU 型号。对于教室或者办公室场景，可采用 8 个 GE 口、4 个 GE 口或 8 个 GE+2 个 2.5GE/10GE 的 ONU 设备；对于宿舍场景，可根据宿舍的学生数量选用支持 Wi-Fi 功能且带 4 个 GE 口或 8 个 GE 口的 ONU 设备；对于智慧教室或 4/6 级考场场景，可采用双 PON 口上行的 ONU 设备。如在开放办公区/走廊等公共区域，可考虑就近放置信息配线箱，若无法放置信息配线箱，可考虑在弱电间放置 24 个 GE 口的 ONU；

➤ SFP ONU

SFP ONU 的尺寸和常见的 SFP 以太网光模块相当，可直接替代通用 SFP 以太网光模块，插入到提供光接口的 AP/摄像机等设备，支持光纤到设备。

若智慧教育的某些场所需要高带宽高密 AP 覆盖时（如体育馆、大礼堂等场所），可采用 SFP ONU 加高性能 Wi-Fi AP 的方式，实现光纤到高性能 AP，提供高速高密的无线上网体验。



图 2-6: SFP ONU

➤ 86 盒面板 ONU

86 盒面板 ONU 和当前使用的 86 信息面板尺寸板类似，通常为 86mm×86mm 的尺寸，可考虑将 86 盒面板 ONU 直接替换安装于原桌面 86 信息面板位置，借用原来的 86 信息面板底盒安装，可减少信息配线箱，可在办公桌面等位置安装，进一步缩短网线的长度。

在智慧高教中的某些大开间场景（如大开间办公室的办公桌等），可采用 86 盒面板 ONU，安装于办公桌面上，实现光纤到桌面。



图 2-7: 86 盒面板 ONU

➤ 盒式 ONU

盒式 ONU 根据安装方式和安装位置的不同也分为 2 种，一种盒式 ONU 是在桌面放置或者桌子下方或侧面挂装，属于光纤到桌面类型，光纤到桌面的 ONU 用户侧端口数量有 4 个/8 个 GE 接口，也有些 ONU 可提供更高速以太网接口；另外一种盒式 ONU 是安装于房间内的信息配线箱内，属于光纤到房间类型。

光纤到房间的 ONU 用户侧端口数有 4 个 GE 接口、8 个 GE 接口或者更多数量 GE 接口，有部分盒式 ONU 还可提供 2.5GE 或 10GE 的以太网高速接口。信息配线箱安装的部分盒式 ONU 还可提供 POE 的功能，部分盒式 ONU 也可提供 POTS 接口功能。常见纯以太网口的盒式 ONU 种类如下：

- 4 个 GE 接口（POE 或非 POE），GPON 或 XGS-PON 上行；
- 8 个 GE 接口（POE 或非 POE），GPON 或 XGS-PON 上行；
- 8 个 GE 接口+2 个 2.5GE 接口（POE 或非 POE），XGS-PON 上行；
- 8 个 GE 接口+2 个 10GE 接口（POE 或非 POE），XGS-PON 上行；
- 12 个 GE 接口+4 个 2.5GE 接口（POE 或非 POE），XGS-PON 上行；



图 2-8 盒式 ONU

➤ 盒式 ONU（带 Wi-Fi）

盒式 ONU（带 Wi-Fi）可同时提供 Wi-Fi 接入和有线接入的功能，通常部署于学生宿舍及一些小型的会议室等，有线接入的用户侧端口可有 4 口 GE 或者 8

口 GE 等类型。

盒式 ONU（带 Wi-Fi）通常采用挂墙安装的方式，也有部分是采用吸顶安装的方式。盒式 ONU（带 Wi-Fi）如下图所示。



图 2-9 盒式 ONU（带 Wi-Fi）

➤ 机架式 ONU

机架式 ONU 通常为 19 英寸宽，提供大于 16 个 GE 接口，一般应用于大量信息点接入的场景或者满足较大范围内的稀疏覆盖场景。

机架式 ONU 通常安装于弱电间/教室内的 19 英寸机架中，提供大于 8 个 GE 以上的端口接入，满足电梯间、走廊等稀疏场景的信息点覆盖（通常接电梯间、走廊等的 Wi-Fi AP 或者摄像机，需提供 POE 功能）。机架式 ONU 也常用于多媒体教室等高密度接入的场景。常用的机架式 ONU 如下图所示。



图 2-10 机架式 ONU

➤ 智慧高教 ONU 选型推荐

智慧高教的校园信息网各个场景 ONU 选择推荐可参考下表

表 2-12 校园信息网各场景的 ONU 选型推荐

场景区域	ONU 选型推荐	ONU 上行
普通教室	每教室 1 台 8 个 GE 接口 ONU 或 每教室 1 台 8 个 GE+2 个 2.5GE 或 10GE 接口 ONU	XGS-PON Type B 或 XGS-PON Type C
计算机教室	每教室 2~3 台 24 个 GE 接口 ONU（根据 PC 数量选择）	XGS-PON Type C
智慧教室	每教室 1 台 12 个 GE+2/4 个 2.5GE 或 10GE 接口 ONU	XGS-PON Type C
办公室	每办公室 1 台 8 个 GE 接口 ONU 或 每办公室 1 台 8 个 GE+2 个 2.5GE 或 10GE 接口 ONU	XGS-PON Type B
会议室	每会议室 1 台 8 个 GE 接口 ONU 每会议室 1 台 8 个 GE+2 个 2.5GE 或 10GE 接口 ONU	XGS-PON Type B
图书馆	按面积采用多台 8 个 GE 接口 ONU	XGS-PON Type B
食堂	按面积采用多台 8 个 GE 接口 ONU	XGS-PON Type B
宿舍	每宿舍 1 台 4 个 GE 接口 ONU（带 Wi-Fi）	XGS-PON Type B
公共区域	采用 24 个 GE 接口 ONU	XGS-PON Type C

智慧高教智能化设备网的各个场景 ONU 选择推荐可参考下表

表 2-13 智能化设备网各场景的 ONU 选型推荐

场景区域	ONU 选型推荐	ONU 上行	配置情况
智能化设备网	24 个 GE 接口 ONU	GPON Type C	通用配置
智能化设备网	24 个 GE 接口 ONU	XGS-PON Type C	有高带宽需求客户

2.6.3 ONU 部署位置

机架式 ONU 通常安装于弱电间的 19 英寸机架中，提供大于 8 个 GE 以太网接口接入，满足电梯间、走廊等稀疏场景的信息点覆盖（通常接电梯间、走廊等的 Wi-Fi AP 或者摄像机，需提供 POE 功能）。机架式 ONU 也常用于多媒体教室等高密度接入的场景。

盒式 ONU 可安装在房间的信息配线箱内。实现光纤到房间，信息配线箱宜

采用嵌墙暗装的方式嵌于墙内，在 ONU 无法嵌墙安装场景（如部分改造场景或学生宿舍等）也可采用挂墙明装的方式挂装在墙上。

可根据信息配线箱内安装的 ONU 的个数及 ONU 端口数选择不同尺寸的信息配线箱。通常情况下，嵌墙安装的信息配线箱箱底宜距地面 0.3 米。



图 2-11 信息配线箱嵌墙暗装的安装方式

盒式 ONU 也可安装在开放型办公室的办公家具内。盒式 ONU 可侧挂或者下挂在办公家具内，实现光纤到桌面。下图为 ONU 安装在办公桌底部的方式，左边的图为 ONU 安装实际场景图，右下角是将 ONU 安装位置放大图示，ONU 安装于最顶端一层，中间层放置光纤转接器，最下面一层放置 ONU 的 DC 电源模块。ONU 提供 4 个 GE 以太网接口接到周边的 4 台 PC 上，满足 4 台 PC 的上网业务需求。

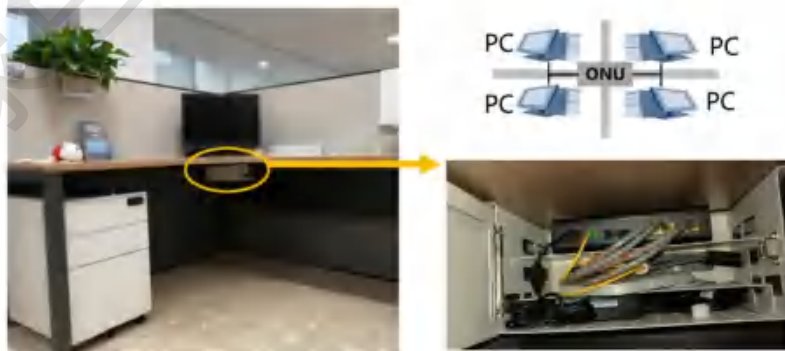


图 2-12 ONU 安装于办公家具内的安装方式

支持 Wi-Fi 的盒式 ONU 可挂墙安装在宿舍等类房间场景，同时提供 Wi-Fi 无线接入和 GE 等有线接口；支持 Wi-Fi 的盒式 OLT 也可吸顶安装。



图 2-13 支持 Wi-Fi 的盒式 ONU 挂墙安装方式

面板 ONU 安装于办公桌面或墙壁内的 86 底盒中，直接替代原 86 盒的信息插座，减少安装部件，实现光纤到桌面。

室外 ONU 可采用盒式 ONU 放置于室外箱内挂杆安装；也有室外一体化的 ONU，ONU 自带室外箱，支持室外摄像机等回传功能。

表 2-14：智慧教育 F5G 全光网部分 ONU 类型及安装方式

ONU 类型	ONU 种类	用户侧接口	安装方式
光纤到设备	SFP ONU	以太网	内置于光接口的 AP 等
光纤到桌面	86 盒面板 ONU	以太网或语音	桌面 86 信息盒安装
光纤到桌面	盒式 ONU	以太网或语音	办公桌面或桌下安装
光纤到房间	盒式 ONU	以太网、语音或 POE	信息配线箱安装
光纤到房间	盒式 ONU（带 Wi-Fi）	以太网、Wi-Fi 或语音	挂墙安装或吸顶安装
光纤到弱电间	机架式 ONU	以太网、POE	弱电间机架安装
室外安装	盒式 ONU 或一体化 ONU	以太网	室外箱安装或室外一体化设备安装

综述：24 口机架式 ONU 通常是安装于弱电间的 19 英寸机架中，满足走廊/电梯间/电梯间等区域的 Wi-Fi AP 和摄像机的联网要求；盒式 ONU 通常安装于

信息配线箱内，信息配线箱采用嵌墙安装方式或挂墙安装方式；在开放型办公室场景，盒式 ONU 也可安装于家具内；86 盒面板 ONU 安装于 86 底盒处。在宿舍场景下，带 Wi-Fi 的 ONU 直接挂装在墙上，或者吸顶安装在宿舍。室外 ONU 安装于室外箱，支持室外摄像机等的回传。

2.7 F5G 全光网信息配线箱选择

智慧高教的信息配线箱的安装方式有多种，可嵌墙暗装，或挂墙明装，也可安装于办公家具内。可根据信息点数量及 ONU 的数量选择信息配线箱类型。信息配线箱内宜配置带保护接地的交流电源插座，并应采取强、弱电安全隔离措施。

2.7.1 嵌墙暗装信息配线箱

智慧高教 F5G 全光网的教室/办公室等场景，宜采用信息配线箱安装 ONU，且考虑到美观等因素，信息配线箱宜嵌墙安装。

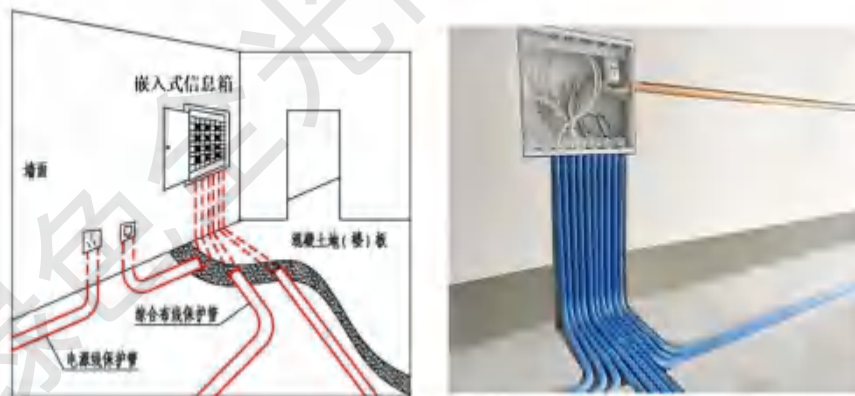


图 2-14 信息配线箱嵌墙暗装示意图

应提前考虑将 220V 交流电源及光纤引至信息配线箱，信息配线箱内应提供 220V 电源插座给 ONU 供电，提供固定架以固定 ONU 和 ONU 的电源模块，宜提供光纤熔纤盘和配线模块。安装单台非 POE ONU 的信息配线箱如下图所示：



图 2-15 嵌墙式信息配线箱内部安装位置图（单台非 POE ONU）

信息配线箱的左上角部署一个 220V 电源插座（可考虑采用一个 2 位 5 孔插座，预留扩展性），该电源插座给 ONU 供电，且提前将 220V 交流电源引入至信息配线箱中。因当前通用的 ONU 都采用电源适配器供电，故信息配线箱内需预留电源适配器的固定位置及电源线的固定支架。

信息配线箱的左下角可安放一台非 POE 的 ONU 设备，信息配线箱的右下角提供理线区，ONU 输出端的以太网线及 ONU 输入端的单模光纤在理线区内理线、盘纤。信息配线箱内也可预留光纤熔纤盘和配线模块。

若独立空间（如办公室、教室等）的信息点数量较多，需配置 2 台 ONU 设备，则需选择更大尺寸的信息配线箱，放置 2 台 ONU 设备，此信息配线箱内部部署示意图如下图所示：

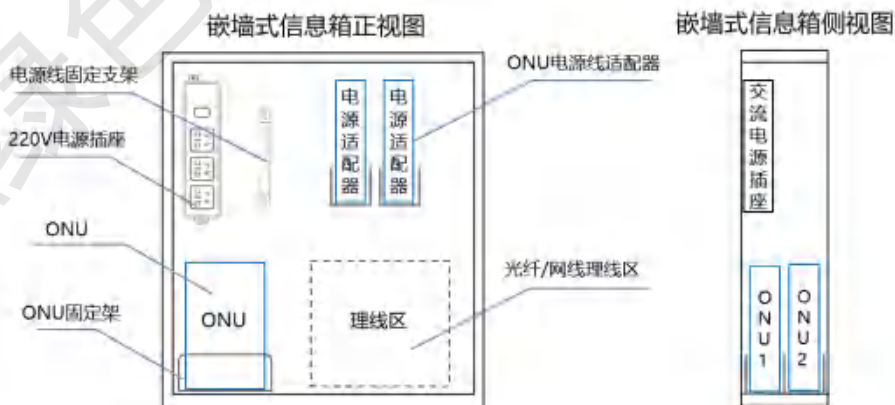


图 2-16 嵌墙式信息配线箱内部安装位置图（2 台 POE ONU）

信息配线箱的左上角部署 220V 交流电源插座（可考虑采用一个 3 位 5 孔插座，预留扩展性），该电源插座给 ONU 供电，需提前将 220V 交流电源引入至信息配线箱中。因当前 POE ONU 的电源适配器的体积比非 POE ONU 的体积大，故电源适配器安装位置需预留更大的空间；信息配线箱内需预留电源适配器的固定位置及电源线的固定支架。

信息配线箱的左下角可安放 2 台 POE ONU 设备，2 台 ONU 叠装于信息配线箱内，2 台 ONU 间需预留一定的空隙，以方便 ONU 的散热。信息配线箱的右下角提供理线区，ONU 输出端的以太网线及 ONU 输入端的单模光纤在理线区内理线、盘纤。信息配线箱内也可预留光纤熔纤盘和配线模块。

当前业界提供的信息配线箱种类较多，可根据需要选择使用，在信息配线箱选择时，需考虑 ONU 的安装尺寸和散热等要求，根据安装的 ONU 种类和数量进行选择。下表为业界安装非 POE ONU 的不同信息配线箱尺寸样例。

表 2-15 安装非 POE ONU 的嵌墙式信息配线箱尺寸

序号	安装方式	尺寸（高×宽×深）mm	安装 ONU 数量
1	嵌墙安装	底壳尺寸：400×300×100mm 面板尺寸：430×330×18mm	1 台非 POE ONU
2	嵌墙安装	底壳尺寸：450×350×120mm 面板尺寸：480×380×18mm	2 台非 POE ONU
3	嵌墙安装	底壳尺寸：500×350×130mm 面板尺寸：530×380×18mm	3 台非 POE ONU

下表为业界安装 POE ONU 的不同信息配线箱尺寸样例。

表 2-16 安装 POE ONU 的嵌墙式信息配线箱尺寸

序号	安装方式	尺寸（高×宽×深）mm	安装 ONU 数量
1	嵌墙安装	底壳尺寸：530×480×120mm 面板尺寸：560×510×18mm	1 台 POE ONU
2	嵌墙安装	底壳尺寸：530×480×130mm 面板尺寸：560×510×18mm	2 台 POE ONU

2.7.2 挂墙安装信息配线箱

某些智慧高教 F5G 全光网的宿舍/教室等改造场景中，原建筑物没有预留嵌墙安装信息配线箱的位置，也可考虑采用挂墙安装的信息配线箱安装 ONU。

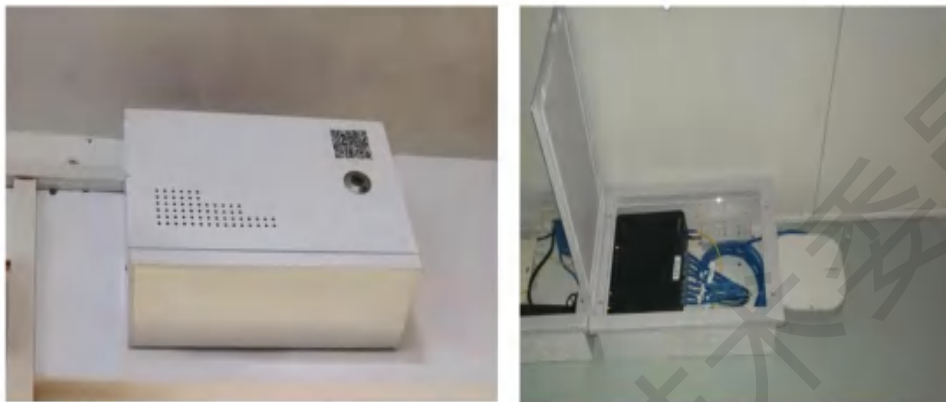


图 2-17 信息配线箱挂墙安装示意图

安装单台非 POE ONU 的信息配线箱中，设计时应提前将 220V 电源及光纤引入至信息配线箱，信息配线箱内应提供 220V 交流电源插座给 ONU 供电，提供固定架以固定 ONU 和 ONU 的电源，建议提供光纤熔纤盘和配线模块的功能。

信息配线箱的左上角部署 220V 电源插座（可考虑采用一个 2 位 5 孔插座，预留扩展性），用于给 ONU 供电，需提前将 220V 交流电源引入至信息配线箱中。因当前通用的 ONU 都采用电源适配器供电，故在信息配线箱内需预留电源适配器的固定位置及电源线的固定支架。

信息配线箱的左下角可安放一台非 POE 的 ONU 设备，信息配线箱的右下角提供理线区，ONU 输出端的以太网线及 ONU 输入端的单模光纤在理线区内理线、盘纤。信息配线箱也可预留光纤熔纤盘和配线模块。

不同信息配线箱内各个部件的安放位置也有差异，安装单台非 POE ONU 的挂墙式信息配线箱内部安装位置图建议参考下图：

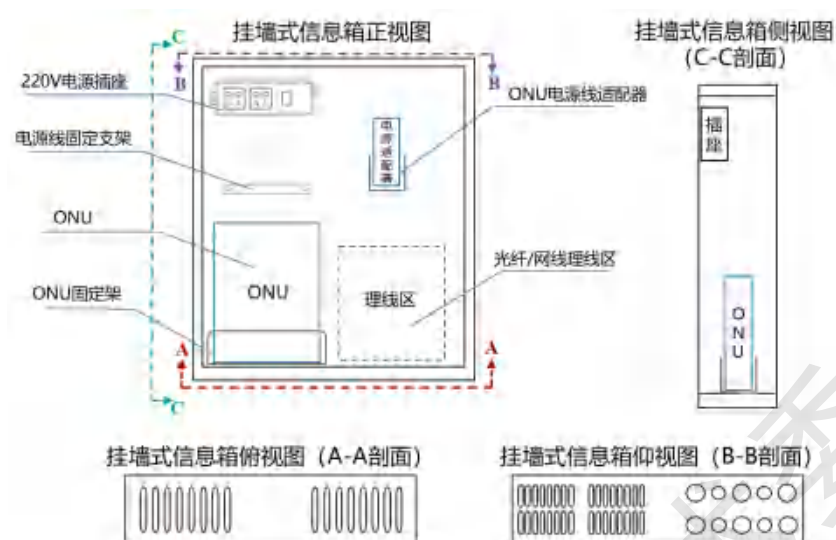


图 2-18 挂墙式信息配线箱内部安装位置图（单台非 POE ONU）

若一个信息配线箱内需放置 2 台 ONU 设备，需选择更大尺寸的信息配线箱，用于放置 2 台 ONU 设备，放置 2 台 POE ONU 的信息配线箱内部部署示意图如下图所示：

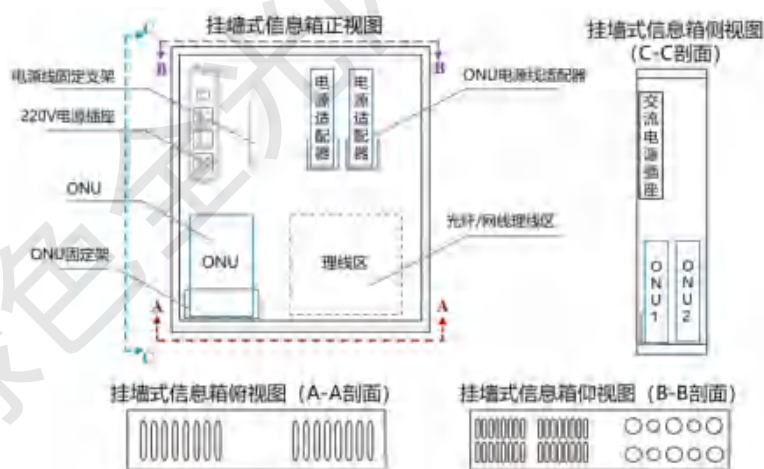


图 2-19 挂墙式信息配线箱内部安装位置图（2 台 POE ONU）

挂墙安装信息配线箱和嵌墙安装信息配线箱类似，挂墙安装信息配线箱内部空间部署和嵌墙安装信息配线箱相同。部分挂墙安装信息配线箱的尺寸可考虑参见下表。

表 2-17 部分挂墙安装信息配线箱尺寸

序号	安装方式	尺寸（高×宽×深）	安装 ONU 数量
1	挂墙安装	尺寸：400×300×100mm	1 台非 POE ONU
2	挂墙安装	尺寸：450×350×120mm	2 台非 POE ONU
3	挂墙安装	尺寸：500×350×130mm	3 台非 POE ONU
4	挂墙安装	尺寸：530×480×120mm	1 台 POE ONU
5	挂墙安装	尺寸：530×480×130mm	2 台 POE ONU

2.7.3 办公家具安装信息配线箱

在一些办公场景，也可采用光纤到桌面的方式建设，将 ONU 放置在办公家具中，实现光纤到办公桌，最大程度缩短以太网网线（4 对对绞电缆）的长度，提供更高的带宽和更灵活的扩展性。

在办公家具中安装信息配线箱也有多种方式，可根据不同家具的形态选择和安装，下图为业界的一个安装在办公桌下的信息配线箱示意图。

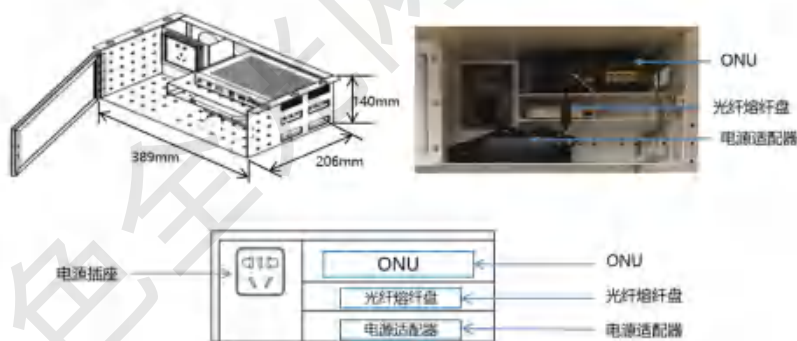


图 2-20 办公桌下安装 ONU 的信息配线箱

上图中，信息配线箱的左边是交流 220V 电源插座位置，需提前考虑将 220V 交流电引入至信息配线箱内。

信息配线箱的右边分为 3 个部分，最上面一层放置 ONU；中间层放置光纤熔纤盘；最下层放置 ONU 的电源适配器。

2.7.4 86 信息面板底盒

在一些开放区间的办公场景，也可采用光纤到桌面的方式建设，可考虑采用 86 盒面板 ONU 直接替换原桌面上的 86 信息面板，安装于办公家具中，实现光纤到办公桌面。

采用 86 盒面板 ONU，通常是和 86 信息面板底盒配套使用，86 盒面板 ONU 的电源线及光缆等需要在 86 信息面板底盒中盘留，故对 86 信息面板底盒有相应的要求，前期施工的预埋管需和 86 信息面板底盒相匹配。按 GB 50311-2016 《综合布线系统工程设计规范》7.1.1 中的要求，信息插座模块宜采用标准 86 系列面板安装，安装光纤模块的底盒深度不应小于 60mm。

86 盒面板 ONU 应遵循安装光纤模块的要求，其 86 信息面板底盒深度不应小于 60mm。

按照中华人民共和国行业标准 JB/T 8593-2013 电器附件用面板、调整板和安装盒尺寸要求，86 信息面板底盒的要求如下。

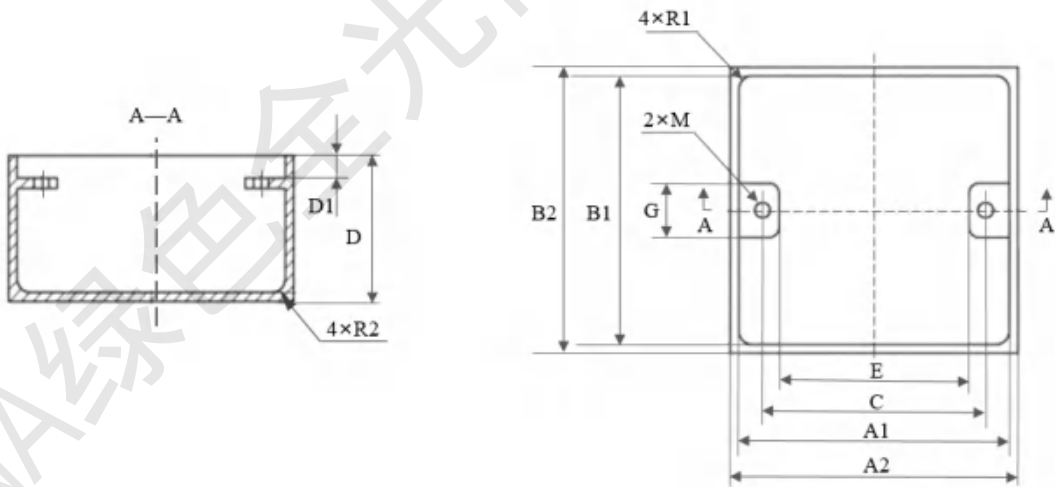


图 2-21 86 信息面板底盒尺寸图

上图中 86 信息面板底盒的各尺寸如下表所示

表 2-18 86 信息面板底盒的内腔体深度

安装盒材质	相关尺寸 (mm)							
	A1/B1	A2/B2	C	D1	E	G	R1	R2
金属材料	73 min	78 max	60 ^{+0.5} _{-0.2}	4~7	51 min	15 max	8 max	8 max
绝缘材料	69 min	78 max	60 ^{+0.5} _{-0.2}	4~7	51 min	15 max	8 max	8 max

86 信息面板底盒的深度 D 如下表所示。

表 2-19 86 信息面板底盒的内腔体深度

内腔体深度 D mm	适用范围
30 ⁺¹ ₀	适用于明装式安装盒
35 ^{+1*} ₀	适用于明装式安装盒
40 ^{+1.5} ₀	适用于暗装式安装盒
45 ^{+2*} ₀	适用于暗装式安装盒、地面插座的安装盒
54 ⁺² ₀	适用于暗装式安装盒、地面插座的安装盒
64 ^{+2*} ₀	适用于地面插座的安装盒
注：带*为优选值	

2.8 F5G 全光网光纤及光分路器选择

2.8.1 光纤种类选择

F5G 全光网主要采用光纤替代原来的以太网线（4 对对绞电缆），实现更高速率的接入。

F5G 全光网采用单模光纤，根据应用场景可分为室内光缆和室外光缆，室内光缆通常采用 G.657，室外光缆通常采用 G.652。

智慧高教 F5G 全光网中，从楼层弱电间的光分路器到 ONU，建议采用 2 根单芯的光纤，一芯光纤正常使用，另外一芯光纤作为备份。

室内光纤采用 G.657 光纤，也可分为通用的蝶形光缆、外表有保护的铠装光

缆等，可根据不同的要求选择使用。在智慧高教中使用较多的为蝶形光缆，蝶形光缆已经在 FTTH 家庭宽带中广泛使用，可靠性等已经过长期的考验，价格也比较适中。

蝶形光缆的截面外形像蝴蝶，故命名为蝶形光缆，主要是有 3 个部分构成，第一部分是单模光纤（通常是单芯，也有双芯的），放置于蝶形光缆中心；第二部分是加强件，放置于光缆的两侧；第三部分是低烟无卤的护套，对光缆进行保护。加强件也可分为金属加强件及非金属的玻璃纤维两种。蝶形光缆的外形尺寸通常为 $3.0\pm0.1\text{mm}\times2.0\pm0.1\text{mm}$ ，蝶形光缆的示意图如下所示。

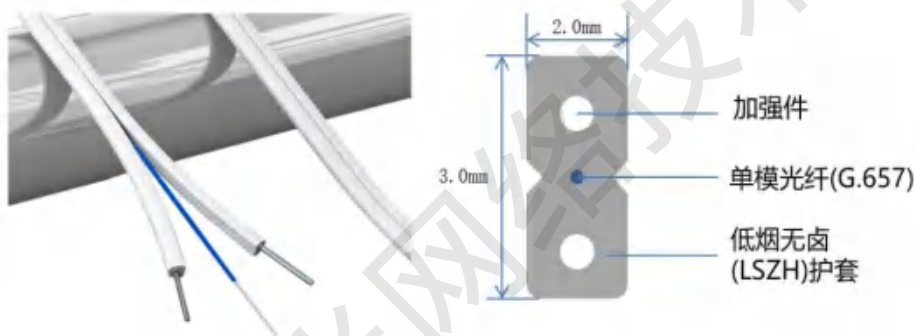


图 2-22 室内蝶形光缆示意图

通用的蝶形光缆的参数如下所示

表 2-20 蝶形光缆的参数

光缆型号	芯数	光缆参考重量 (kg/km)	允许拉伸力(N) 长期/短期	允许压扁力 (N/100mm) 长期/短期	弯曲半径(mm) 动态/静态
GJXFH -1Xn	1	8	40/80	500/1000	15/30
GJXFH -2Xn	2	8.5	40/80	500/1000	15/30

对于某些场景（如学生宿舍等），为解决取电不方便的问题，或为实现更精细的供电管理，也可采用光电复合缆的方式给 ONU 设备供电。常用的光电复合缆种类如下所示：

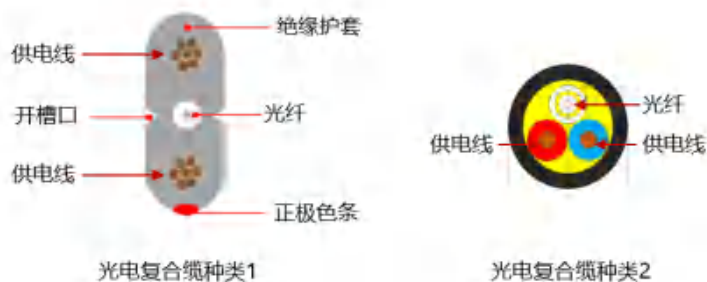


图 2-23 光电复合缆示意图

光电复合缆种类 1 借用了原来的蝶形光缆的外形，保留了原来蝶形光缆中的单模光纤，将原蝶形光缆中的金属/非金属的加强件更换为供电线导体，通过供电线导体实现对 ONU 等设备的远程供电；光电复合缆种类 2 采用圆形光缆，内部包含了 2 根供电线，以及一根单模光纤，光纤实现数据信号的传输；供电线实现对 ONU 等设备进行供电。

2.8.2 光分路器选型指南

F5G 全光网通过无源的光分路器实现了光纤的无源汇聚及交换，F5G 全光网光分路器的原理如下图所示。

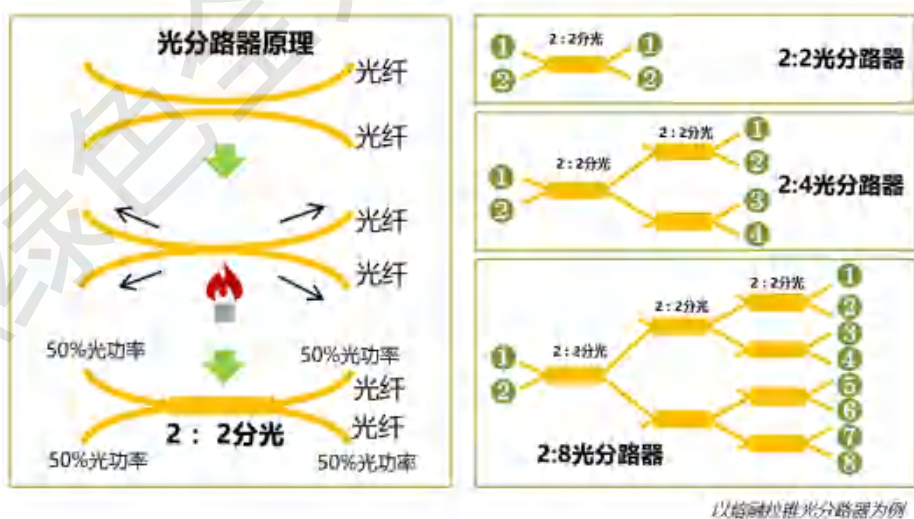


图 2-24 F5G 全光网光分路器原理

2: 2 光分路器为将 2 根光纤通过熔融拉伸合到一起，实现了光信号从一根光纤发送到 2 根光纤的功能。**光分路器只分 PON 光功率，不分 PON 带宽**，2:2 分光之后，每个光分路器输出的光功率只有输入的 50%，但是带宽可为输入的 100% 带宽。

F5G 全光网中，每个 ONU 的带宽是由 OLT 动态分配的（也可静态固定配置），和光分路器分光比无关，例如 OLT 的一个 XGS-PON 端口通过 2: 16 的光分路器接 1 个 8 口 ONU（VIP 用户）和 9 个 4 口 ONU（普通用户），OLT 可指定这个 8 口 ONU（VIP 用户）的带宽为 5Gbps，其余的 9 个 4 口 ONU（普通用户）共享 5Gbps 的带宽；如果这 10 个 ONU 的带宽需变更调整，只需在 OLT 上进行软件设置即可，光分路器等硬件设备无需变更。OLT 可支持每秒 8000 次对 ONU 进行带宽的动态调整和分配，更高效地实现各个 ONU 之间的带宽分配和共享，更适合园区网络的带宽模型。

光分路器进行 2:2 的分光之后，单个输出端口和输入端口相比，光功率减少了约 50%（有 50% 的能量分到另外一个输出端口了，2 个输出端口（各 50%）的总能量加起来为 100%），2:2 分光之后 PON 的光功率会减少约 3.5dB 左右（光功率减少 50% 引入的衰减约 3dB，其他的接口等衰减引入约 0.5dB），1: n PLC 均分光分路器和 2: n PLC 均分光分路器的光学性能分别如下表所示（PLC 器件插入损耗的测试波长为 1310nm、1490nm、1550nm，在 1260~1300nm 和 1600~1650nm 波长区间的插入损耗在表中指标基础上增加 0.3dB）。

表 2-21 1: n PLC 均分光分路器的光学性能

参数	光学性能指标			
1: n 分光比	1:4	1:8	1:16	1:32
工作波长 (nm)	1260~1650	1260~1650	1260~1650	1260~1650
PLC 器件插入损耗 (dB)	≤7.4	≤10.5	≤13.5	≤16.8

表 2-22 2: n PLC 均分光分路器的光学性能

参数	光学性能指标			
2: n 分光比	2:4	2:8	2:16	2:32
工作波长 (nm)	1260~1650	1260~1650	1260~1650	1260~1650
PLC 器件插入损耗 (dB)	≤7.6	≤10.8	≤13.8	≤17.1

➤ F5G 全光网光分路器类型选择:

光分路器（也叫分光器）的种类比较多，包括盒式光分路器，托盘式光分路器，插片式光分路器等。在智慧高教中光分路器应采用全带宽型（工作波长的范围是 1260nm~1650nm）和均匀分光型的平面波导型光分路器。光分路器端口类型的选用既要考虑方便维护管理又要考虑减少活动连接点的数量。

从应用和规划简化等方面考虑，推荐采用盒式光分路器插箱或者机架式光分配箱，直接安装于楼层弱电间的 19 英寸机架上。光分路器可对外提供标准的 SC 接头，可方便地完成光纤的跳纤和连接。



图 2-25 F5G 全光网光分路器的类型选择

➤ F5G 全光网光分路器的分光比选择:

智慧高教 F5G 全光网中，通常每个教室/宿舍放置一个 ONU，分光比的选择可由每个 ONU（每个教室/宿舍）的最恶劣情况下保证带宽和光路衰减确定：

分光比= OLT 的 PON 端口带宽 ÷ 每个 ONU 最恶劣情况下保证带宽。

上述公式中，各个参数的含义如下：

(1) 分光比：按照 2、4、8、16、32、64 等数值进行选择，如果计算结果位于 2 个数字中间，则向下取值，例如分光比计算结果为 18，则向下取值 16。

(2) OLT 的 PON 端口带宽：根据所采用的 PON 技术确定端口带宽，如采用 GPON 技术，则下行带宽可按 2.5Gbps 计算，上行带宽可按 1.25Gbps 计算；如采用 XGS-PON 技术，其上下行方向的带宽都可按 10Gbps 计算。

(3) 最恶劣情况下保证带宽：每个教室/宿舍（每 ONU）在各种最恶劣环境下的业务保证带宽。注：该带宽指的是最恶劣情况下的可保证最小带宽，正常使用情况下每个教室/宿舍（每 ONU）的带宽都会远高于此值。每个教室/宿舍（每个 GPON ONU）的下行峰值带宽都可达到 2.5Gbps，每个教室/宿舍（每个 XGS-PON ONU）的下行峰值带宽可达到 10Gbps。

智慧高教校园信息网各个场景推荐的分光比如下表所示：

表 2-23 智慧高教校园信息网分光比推荐

场景区域	PON 技术	ONU 类型	每 ONU 带宽	ONU 分光比
普通教室	XGS-PON	8 口 ONU	500Mbps	16
计算机教室	XGS-PON	24 口 ONU	1000Mbps	8
办公室	XGS-PON	8 口 ONU	500Mbps	16
会议室	XGS-PON	8 口 ONU	500Mbps	16
图书馆	XGS-PON	8 口 ONU	500Mbps	16
食堂	XGS-PON	8 口 ONU	500Mbps	16
宿舍	XGS-PON	4 口 ONU（带 Wi-Fi）	300Mbps	32
公共区域	XGS-PON	24 口 ONU	2000Mbps	4

智慧高教智能化设备网推荐的分光比如下所示：

表 2-24 智慧高教智能化设备网分光比推荐

场景区域	PON 技术	ONU 类型	每 ONU 带宽	分光比参数
智能化设备网	GPON	24 口 ONU	300Mbps	4

➤ 光功率预算计算：

F5G 全光校园的 ODN 需要满足网络端到端的全程光信道损耗要求。应根据 ODN 设计测算出 OLT 到 ONU 之间最大、最小链路衰减，若测算结果超出标准范围，可重新审视分光比、线路路由设计等以调节光路衰减达到标准，或通过添加光路衰减器的方式调节光路衰减。

ONU 的接收光功率需满足光模块的过载光功率及接收灵敏度的区间要求，因此，在明确 ODN 方案之后需要按下面的公式对光路的衰减进行测算。

$$\text{全程光信道衰减} = L \times A_f + X \times A_r + N \times A_c + A_s + M_c$$

式中：

L——OLT 到单个 ONU 之间的各段光纤长度的总和（km）。

A_f ——设计中规定的光纤（不含接头）的衰减系数（dB/km）。

X——OLT 到单个 ONU 之间的所有光纤熔接接头总数（个）。

A_r ——设计中规定的光纤熔接的平均衰减系数（dB）。

N——OLT 到单个 ONU 之间的所有光纤活动接头的总数（个）。

A_c ——设计中规定的光纤活动接头的平均衰减系数（通常为 0.5 dB/个）。

A_s ——OLT 到单个 ONU 之间的所有光分路器插入损耗的总和（dB）。

M_c ——线路维护余量。

通常情况下，智慧高教 F5G 全光网采用 2:32 的光分路器，且智慧高教 F5G 全光校园覆盖范围在 5km 以内，光功率预算都可以满足要求。

➤ 光分路器的端口预留

为了考虑采购/施工简化，方便部署，在智慧高教校园网建设中，可尽量统一采购 1~2 种光分路器，例如小于 16 分光的都可统一采购 2:16 的光分路器。2:16 的光分路器可当做 2:8 甚至 2:4 的光分路器使用。如 2:16 的光分路器当作 2:8 使用时，可只使用无源光分路器 16 个输出端口中的 8 个输出端口，另外 8 个输出端口空闲备用；



图 2-26 2:16 光分路器当作 2:8 使用

如 2:16 的光分路器当作 2:4 的光分路器使用时，只能使用无源光分路器的 4 个输出接口，剩余的 12 个输出接口空闲备用。

在教学楼的校园信息网中存在普通教室和公共区域 Wi-Fi 承载两种场景，普通教室采用的 8 口 ONU 承载，分光比是 2:16，公共区域 Wi-Fi 承载采用 24 口 ONU 承载，分光比采用 2:4，可将 8 口 ONU 和 24 口 ONU 接到同一个 2:16 的光分路器下。由于 24 口 ONU 采用的分光比是 2:4，如果采用 2:4 的光分路器，每一台 ONU 占无源光分路器 4 个输出端口的 4 分之一（1 个端口）；如果采用 2:16 的光分路器，每一台 ONU 仍占 2:16 光分路器输出端口的 4 分之一（4 口端口），4 个端口中的一个接到 24 口 ONU 上，另外 3 个输出端口空闲备用；2:16 光分路器其他的 12 个输出端口可继续接 12 个 8 口 ONU。具体的使用方式如下图所示：

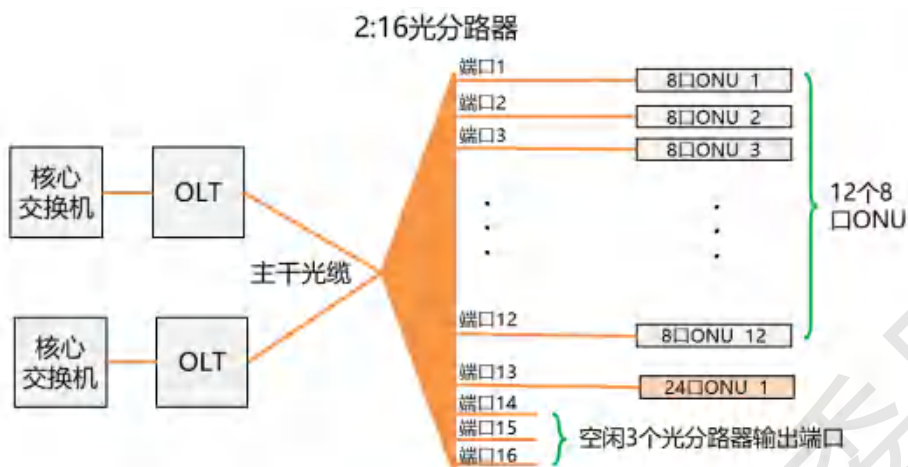


图 2-27 校园信息网中 8 口 ONU 和 24 口 ONU 同接到一个光分路器下

上图中，教学楼的校园信息网的 2：16 光分路器共连接 12 个 8 口 ONU 和 1 个 24 口 ONU，这 13 个 ONU 可连接至 2:16 光分路器 16 个输出端口中的任意端口，接入的端口可混插。

2.8.3 光分路器部署位置

F5G 全光网存在一级分光 and 二级分光的 2 种部署方式。一级分光指的是在整个 PON 链路中，只有一个光分路器，只进行一次分光；而二级分光指的是在整个 PON 链路中，放置了两个光分路器，且光分路器放置在不同的物理位置，进行二次分光。从技术原理上看，智慧高教 F5G 全光网可支持一级分光或者二级分光，但由于二级分光方式部署复杂，且出现故障维护较麻烦，所以智慧高教的 F5G 全光网宜采用一级分光的方式。

F5G 全光网的光分路器从部署位置区分，存在光分路器放置于建筑群/物设备间，或者放置于楼层弱电间两种不同的部署方式。

由于光分路器部署在楼层弱电间的方式规划简单，可扩展性好，并且从施工习惯上看，和以前的网线的施工方式比较类似，可降低施工变更难度，所以 F5G 全光网的光分路器建议部署在每个楼层的楼层弱电间，替代原来楼层弱电间的接入交换机。

智慧高教的校园信息网的光分路器宜部署在楼层弱电间，每楼层都部署光分路器，负责本楼层 ONU 的接入。

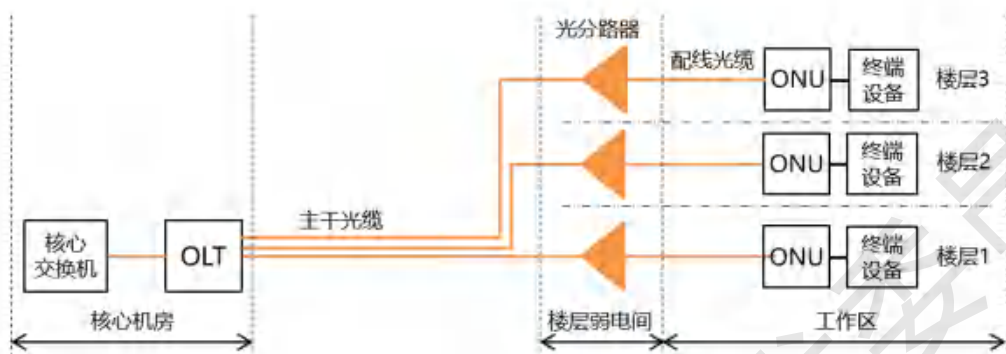


图 2-28 校园信息网中光分路器部署于楼层弱电间

若智慧高教的智能化设备网 ONU 数量较多，也可将智能化设备网的光分路器部署于楼层弱电间，若智能化设备网 ONU 数量少（如每个楼层只放置 1~2 台 24 口 ONU 设备），也可考虑将智能化设备网的光分路器部署在楼宇弱电间，只在楼宇弱电间部署光分路器，负责整个楼宇 ONU 的接入，在楼层弱电间不再部署光分路器。

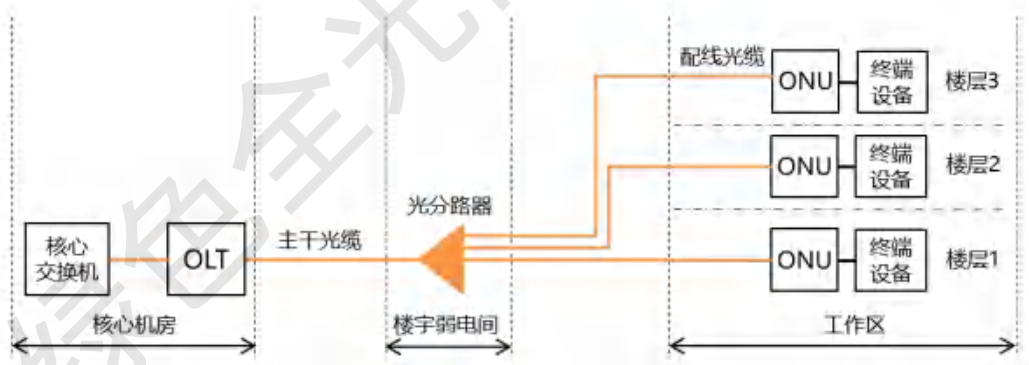


图 2-29 智能化设备网中光分路器部署于楼宇弱电间

综述：智慧高教 F5G 全光网的光分路器宜采用一级分光的方式，光分路器部署于每个楼层的楼层弱电间中。智慧高教 F5G 全光网的教室建议采用 2:16 的分光比；宿舍建议采用 2:32 的分光比。

2.9 OLT 设备选择和部署

从 OLT 的 PON 端口数量及 OLT 的尺寸规模划分,OLT 可以分为大规格 OLT,中规格 OLT 和小规格 OLT,选型时可根据 PON 端口数量及业务需求选择相应规格的 OLT,另 OLT 选择需考虑预留未来用户量增长和业务增长的空间。

2.9.1 OLT 设备选择原则

根据所选用的不同 PON 技术选择不同的 OLT,如选择支持 GPON 的 OLT,或选择支持 XGS-PON 的 OLT 等。支持插卡式的大规格 OLT 和中规格 OLT 应支持 GPON 板卡和 XGS-PON 板卡的混插(即在同一台 OLT 机框中支持 GPON 板卡和 XGS-PON 板卡同时正常工作)。

F5G 全光网应根据 ONU 的总数量,结合选定的光分路器的分光比(如果考虑光分路器有预留,需要考虑光分路器下实际带 ONU 的个数)进行计算,计算出每台 OLT 下所需的 PON 端口数量。OLT 的 PON 端口总数可采用以下公式计算:

$$\text{PON 端口数量} = \text{ONU 总数} \div \text{分光比参数}$$

式中:

- (1) PON 端口数量:单台 OLT 或多台 OLT 所需的 PON 端口数量。
- (2) ONU 总数:整个 F5G 全光网中(或 OLT 覆盖范围内)所接入的 ONU 总数。
- (3) 分光比参数:根据业务带宽需求选择的分光比参数,如果是光分路器下满配 ONU,则分光比参数为分光比;如果分光比下不满配 ONU,则分光比参数为实际带 ONU 的个数。例如采用的是 2:16 光分路器,但是每个光分路器下只会接 8 个 ONU,那么这个分光比参数就按照 8 来计算。

OLT 需根据业务所需的可靠性需求进行选择,智慧教育场景下,建议选择支持主控板卡 1+1 备份的插卡式 OLT 设备。

F5G 全光网的 OLT 推荐采用双归属保护,所以需配置 2 台 OLT 设备,上述

公式计算出的 PON 端口数量需乘以 2。

2.9.2 OLT 选型指南

大规格/中规格/小规格 OLT 设备均采用插卡式结构,也即 OLT 按需插入 PON 单板,实现容量的平滑扩容,也支持 GPON/XGS-PON/50G-PON 等 PON 单板的混插,以支持未来的平滑演进。

对于一些较小的独立建设的网络,也可采用单机版 OLT,单机版 OLT 通常为盒式结构,不支持 PON 单板的插拔和增加 PON 单板扩容。



图 2-30 常见 OLT 设备

可按照要求选择插卡式 OLT 或者单机版的 OLT,具体的 OLT 种类划分如下表所示:

表 2-25 OLT 种类划分

OLT 类型	插卡式			单机版
规格类型	大规格	中规格	小规格	单机版
双主控、双电源热备	支持	支持	支持	-
单台设备支持 GPON 端口数量 (个)	≥200	≥96	≥32	≤16
单台设备支持 XGS-PON 端口数量 (个)	≥200	≥96	≥32	≤16

2.9.3 OLT 设备部署位置

F5G 全光网中的 OLT 设备通常是 19 英寸宽，可安装于 19 英寸机柜中，如有需要也可选择采用 21 英寸的 OLT 设备，在 21 英寸机柜安装。

F5G 全光网中，OLT 部署可分为集中式部署和分布式部署。

(1) OLT 集中式部署是指 OLT 集中部署在 F5G 核心机房内。智慧高教推荐采用 OLT 集中部署的方式，以减少管理节点，方便集中运维。

智慧高教采用 OLT 集中式部署方式，可考虑将 OLT 部署于如综合楼的园区核心机房内，在其他的建筑物（如教学楼、行政楼、图书馆和食堂等）只放置光分路器（分光器），从综合楼的园区核心机房到教学楼/行政楼/图书馆/食堂等建筑物采用室外光缆连接。教学楼/行政楼/图书馆/食堂等建筑按需从室外光缆中取用本建筑所需的光纤数量。考虑到室外光缆的保护，室外光缆宜采用环形组网的方式进行部署，如果某段损坏（如不小心被挖断），智慧高教的 F5G 网络可自动触发倒换，不影响业务。

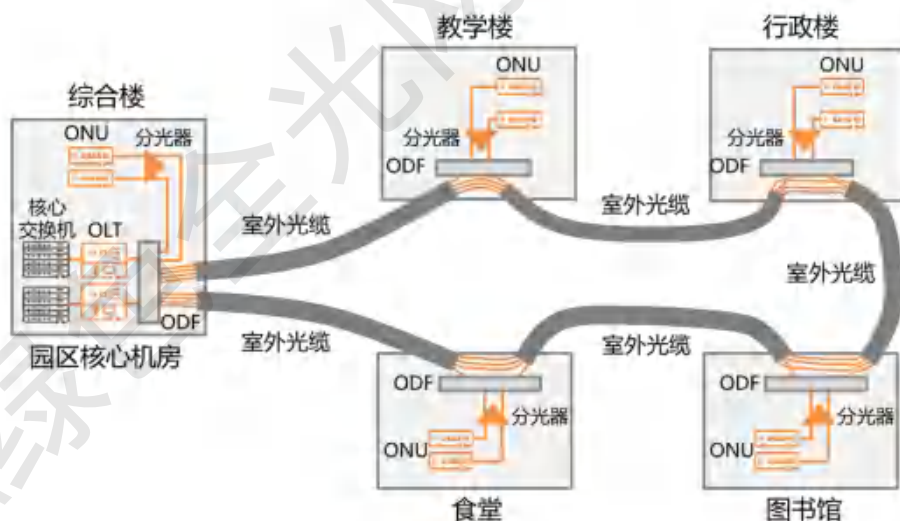


图 2-31 F5G 全光校园 OLT 集中部署方式

(2) OLT 分布式部署是指可将 OLT 分散在 F5G 全光校园的不同建筑内，实现部分建筑内信息节点的覆盖。在智慧高教中通常不建议采用 OLT 分布式的模

式，但在某些特别大型的宿舍楼建筑（某些宿舍楼每层约 50 个宿舍，有约 10~15 层），也可考虑将 OLT 部署于宿舍楼建筑内，通过 OLT 的上行接口接到核心机房的的核心交换机上，以减少室外光缆纤芯的占用。

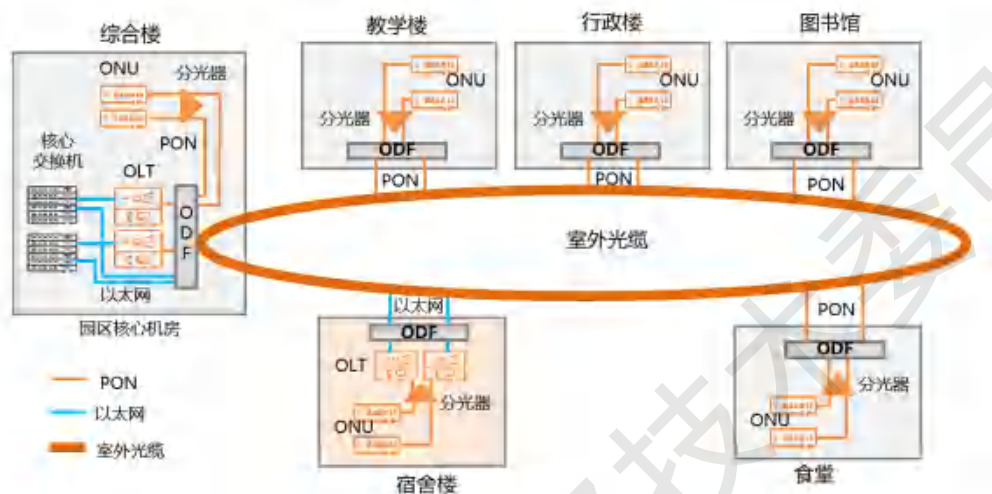


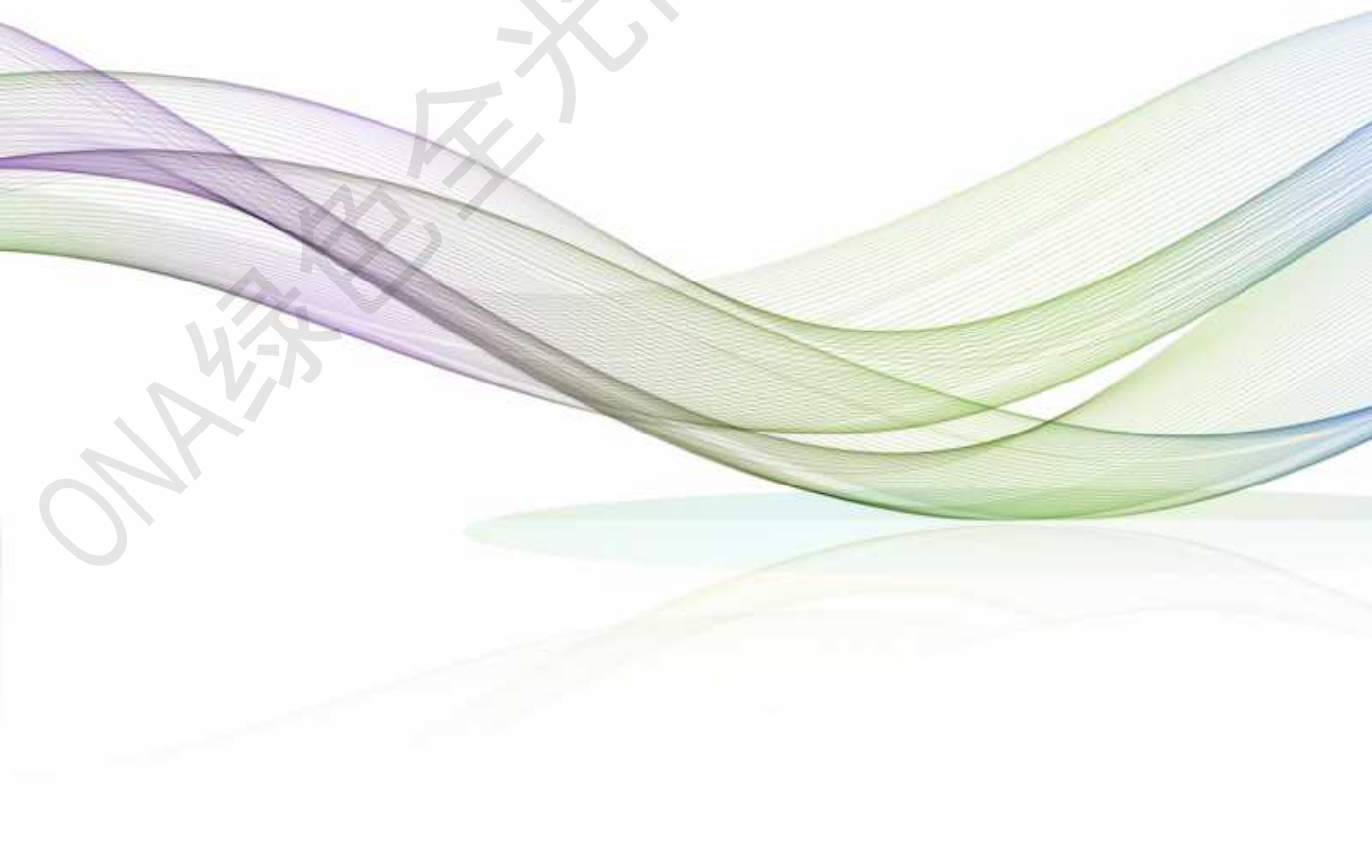
图 2-32 OLT 可下沉至大型宿舍楼部署

综述:智慧教育 F5G 全光网 OLT 建议采用双主控板卡备份的大规格 OLT 和中规格 OLT。需考虑采用 Type B 双归属保护，OLT 需要配置 2 台，相应的 PON 端口也是 2 倍。推荐 OLT 在学校的核心机房内集中部署。

第三章

智慧教育

F5G全光网智能化设计说明



以下为设计案例，以*****大学建设项目为例，提供相关的设计说明及 CAD 图纸样例。

3.1 设计依据

1、 项目概况

- (1) 项目名称：*****大学建设项目
- (2) 建设单位：*****
- (3) 建设地点：*****
- (4) 建筑概况：****大学建设项目位于*****，由 1 个地块及其上建设的建筑物、园林、道路、停车场所构成。本项目规划用地面积*****m²，约合*亩。本项目规划总建筑面积*****m²，主要包括教学楼，办公楼，图书馆，学生宿舍，学生食堂等。
- (5) 智能化机房布置如下：数据中心与监控中心设置于**楼信息中心机房；信息接入机房位于一层东侧**方向；消防安防控制室位于**楼一层**侧；*栋主体建筑每层各设置多处弱电间兼做弱电竖井上下贯通；各单体智能化系统均由地下层智能化专用金属槽盒接至对应机房。各个机房均严禁与其无关的电气线路和管道穿过机房。

2、 建设单位方设计需求，有关部门认定的工程设计资料、设计任务书及设计要求。

3、 现行相关规范、标准

《智能建筑设计标准》GB 50314-2015

《综合布线系统工程设计规范》GB 50311-2016

《综合布线系统工程验收规范》GB 50312-2016

《无源光局域网工程技术标准》T/CECA 20002-2019

《数据中心设计规范》GB 50174-2017

《通信管道与通道工程设计规范》GB50373-2019

《民用建筑电气设计标准》 GB 51348-2019

《民用闭路监视电视系统工程技术规范》 GB 50198-2011

《有线电视网络工程设计标准》 GB/T 50200-2018

《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303-2015

《智能建筑工程质量验收规范》 GB 50339-2013

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》 GB 50343-2012

《安全防范工程技术标准》 GB 50348-2018

《厅堂扩声系统设计规范》 GB 50371-2006

《入侵报警系统工程设计规范》 GB 50394-2007

《视频安防监控系统工程设计规范》 GB 50395-2007

《出入口控制系统工程设计规范》 GB 50396-2007

《建筑物防雷设计规范》 GB 50057-2010

《公共建筑节能设计标准》 GB 50189-2015

《建筑机电工程抗震设计规范》 GB 50981-2014

《建筑电气工程电磁兼容技术规范》 GB 51204-2016

《建筑电气与智能化通用规范》 GB55024-2022

《安全防范工程通用规范》 GB55029-2022

《入侵和紧急报警系统技术要求》 GB/T 32581-2016

《安全防范系统供电技术要求》 GB/T 15408-2011

《建筑设备监控系统工程技术规范》 JGJ/T 334-2014

《LED 显示屏通用规范》 SJ/T 11141-2012

《入侵报警系统技术要求》 GA/T 368-2001

《联网型可视对讲系统技术要求》 GA/T 678-2007

《电子巡查系统技术要求》 GA/T 644-2006

《安全防范视频监控摄像机通用技术要求》 GA/T 1127-2013

《安全防范高清视频监控系统技术要求》 GA/T 1211-2014

《安全防范工程技术文件编制深度要求》 GA/T 1185-2014

《教育建筑电气设计规范》 JGJ310-2013

3.2 设计范围

1、 设计范围

- (1) 信息网络系统
- (2) 综合布线系统
- (3) 信息接入系统
- (4)

2、 工程界面

- (1) 信息接入系统由学校信息部门和运营商提供及安装。
- (2) 移动通信信号覆盖系统由相关运营商（中国移动、中国电信、中国联通）或中国铁塔公司负责设计及施工。
- (3) 本设计提供智能化各系统及各子系统的系统框图及平面图，待建筑装修及功能确定后根据实际要求由施工中标方进行二次深化设计，本设计院负责审核图纸配合满足接口要求。
- (4)

3.3 信息网络系统

1、 系统内容：

信息网络系统具有对建筑内外相关的语音、数据、图像和多媒体等形式的信息予以接受、交换、传输、处理、存储等功能，实现各种网络设备（如台式计算机、服务器、工作站等）等高速数据互连。信息网络系统完成学校内语音、数据、图像的传输功能，及完成网络设备的高速互连功能。

2、 信息网络系统划分

本项目设计 2 个网络，分别为校园信息网和智能化设备网，校园信息网及智能化设备网两套网络均采用 F5G 全光网（无源光局域网 POL）进行承载。语音业务保留既有的 PSTN 网络。

校园信息网：校园信息网主要用于学校日常教学、办公使用，采用无源光局域网 POL 建设。校园信息网从场景划分，可以分为教学楼普通教室场景、教学楼计算机教室场景、办公楼办公室和会议室场景、办公楼多功能研究生办公室场景、图书馆场景、宿舍场景、食堂场景等（包含有线接入和 Wi-Fi 无线接入两种接入方式）。大楼公共区域设计无线 Wi-Fi 覆盖，无线 Wi-Fi 覆盖系统采用无源光局域网承载。AP 采用 POE 供电。

智能化设备网：智能化设备网主要用于安防视频监控、一卡通、广播等设备接入使用，采用无源光局域网 POL 建设。安防视频监控就是在学校主要出入口、公共走廊、大厅等场所设置不同的摄像机，对校园进行视频监控；一卡通系统采用统一的一张校园卡，支持包含食堂消费等功能。广播系统采用数字技术、通过园区网络传输，提供日常宣传、业务通知、背景音乐等广播服务，在火灾确认后应自动切换为消防应急广播。

PSTN 网络：PSTN 网主要提供普通 POTS 语音通话的功能。本网络中，采用既有的 PSTN 交换机进行承载。

3、 网络系统架构

本项目的校园信息网和智能化设备网采用 F5G 全光网（无源光局域网 POL）进行建设。

F5G 全光网由光线路终端 OLT、光分配网络 ODN（含光纤配线架和光分路器）、光网络单元 ONU 等主要设备组成。OLT 和 ODF 部署于信息中心机房内；光分路器部署于楼层弱电间的机柜内；24 口 ONU 部署于楼层弱电间中（计算机教室中的 24 口 ONU 部署于教室内），其他 ONU 部署于教室/办公室/会议室/图

书馆/食堂/宿舍房间的信息配线箱内或办公家具内。

语音业务采用既有的 PSTN 语音交换机支持。电话网中，PSTN 交换机设置于信息中心机房，通过双绞线连接到每个语音信息点位。

核心交换机采用双机热备的方式进行保护。

4、 光线路终端 OLT

OLT 采用双机热备的方式，OLT 选择双主控板卡保护的大规格 OLT。

光线路终端 OLT 安装于核心机房的机柜内，机柜内预留网络设备空间。

5、 光网络单元 ONU

ONU 选择千兆 GE 接口的 ONU，ONU 的参考配置为：第一款为 8 个千兆以太网接口，XGS-PON 上行；第二款为 24 个千兆以太网接口，XGS-PON 上行，支持 POE 供电；第三款为 24 个千兆以太网接口（无需 POE 供电），XGS-PON 上行。第四款为 4 个千兆以太网接口/支持 Wi-Fi 功能，XGS-PON 上行。上述几款 ONU 均为采用 220VAC 电源供电。

由于智慧高教需要保证上课任务的正常运行，故采用 Type B 双归属保护组网，光分路器选择 2: N 的光分路器。

6、 光分路器的分光比

经所需带宽计算，校园信息网中教室/办公室/会议室/图书馆/食堂等场景的 8 口 XGS-PON ONU 所采用的光分路器需选择 2:16 分光比，计算机教室场景的 24 口 XGS-PON ONU 需选择 2:8 分光比，宿舍场景的 4 口 XGS-PON ONU（带 Wi-Fi）需选择 2:32 分光比，公共区域场景的 24 口 XGS-PON ONU 需选择 2:4 的分光比；智能化设备网的 24 口 GPON ONU 需选择 2:4 的分光比。

7、 校园信息网信息插座的设置

- 普通教室：每个教室设置 8 个信息点，其中三个信息点分别联接电子白板/中控/教师电脑；其余 5 个信息点分别联接 AP（吸顶安装）/教学扬声器（音箱）/2 个摄像机/电子班牌；

- 计算机教室：每个教室公共部分设置 8 个信息点，其中三个信息点分别联接电子白板/中控/教师电脑；其余 5 个信息点分别联接 AP（吸顶安装）/教学扬声器（音箱）/2 个摄像机/电子班牌；除此之外，每个学生座位提供一个信息点；
- 办公室：每个办公工位设置 1 个网络信息点和 1 个 POTS 语音接口，此外，每个办公室额外增加一个接 AP 的信息点和 1 个语音信息点；
- 会议室：每个会议室设置 5 个网络信息点和 1 个 POTS 语音接口，再提供一个网络信息点联接 AP（吸顶安装）；
- 4 人宿舍：每个宿舍设置 4 个网络信息点（每学生一个信息点），每个宿舍部署一个 ONU，ONU 提供 Wi-Fi 功能；
- 图书馆：在服务台部署 6 个网络信息点，在其他的柱子处布放 2 个网络信息点。并按需部署接 AP 设备的网络信息点；
- 食堂：在柱子上部署接电视机的网络信息点，并按需部署接 AP 设备的网络信息点。

3.4 综合布线系统

本次综合布线系统主要为校园信息网和智能化设备网综合布线，本工程综合布线系统，可支持建筑物内数据传输。

1、 垂直干线

垂直干线通过光纤配线架、光分路器，采用相应芯数的单模光纤，穿钢线槽在竖井或竖向通道内敷设；光缆应预留不小于 10% 的备份。

语音采用 3 类 25 对大对数电缆。

2、 水平布线

从弱电间穿钢线槽引出单模光纤敷设至水平区域信息配线箱内 ONU，每台 ONU 采用 2 根单芯单模光纤（1 芯光纤正常使用，另外 1 芯光纤备用），ONU 的

输出采用 6 类 4 对 UTP 穿钢管埋墙及埋地敷设至信息插座；

由于语音独立成网，单独敷设语音的水平布线连接至普通 POTS 话机。

3、 安装 ONU 的信息配线箱：

ONU 设置于房间信息配线箱内安装，安装 1 台非 POE ONU 的信息配线箱（IBU-1）底壳尺寸为 $400 \times 300 \times 100\text{mm}$ ，面板尺寸为 $430 \times 330 \times 18\text{mm}$ ；安装 1 台 POE ONU 的信息配线箱（IBU-5）底壳尺寸为 $530 \times 480 \times 120\text{mm}$ ，面板尺寸为 $560 \times 510 \times 18\text{mm}$ ；信息配线箱内含 220VAC 电源插座，采用嵌墙安装的方式，底边距地 0.3m，信息配线箱电源就近接入本房间插座回路（如果有不间断供电的要求，需要考虑从 UPS 处取电）。

在办公家具内安装的信息配线箱尺寸为 $389 \times 140 \times 206\text{mm}$ ，可安装 1 台非 POE ONU，采用 220VAC 供电，需提前预留 220V 交流电源接口。

4、 工作区信息插座：

按照工作区设置，末端信息插座均采用 6 类插座模块。

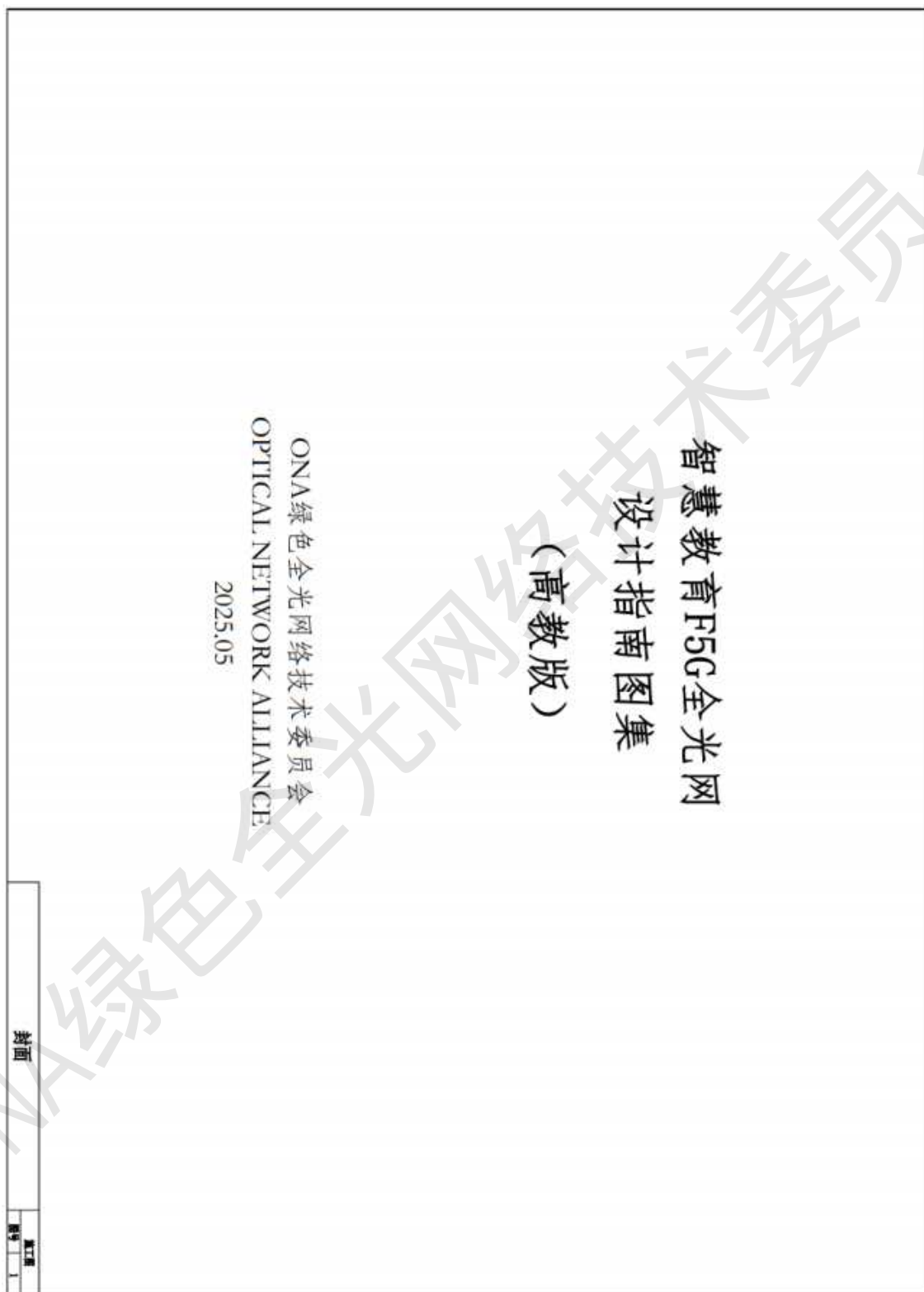
3.5 数字电视系统

F5G 全光网提供 IPTV 功能，网络电视功能满足现行的行业标准《IPTV 业务系统总体技术要求》YD/T 1823 的有关规定。

.....

该项目的设备选型表，系统图，各个场景的平面图请参见智慧教育 F5G 全光网设计指南图集（高教版）.dwg 文件。

封面，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



目录，详图请参见设计指南图集.dwg 文件

目 录

序号	名 称	图号
1	封面	1
2	编写人员及修改	2
3	目录	3
4	设计说明 (一)	4
5	设计说明 (二)	5
6	图例 (一)	6
7	图例 (二)	7
8	主要设备材料表	8
9	智慧新校园信息网络安全图	9
10	智慧新校园智能化设备网络安全图	10
11	广播系统和语音电话系统图	11
12	校园信息网络安全有线网络拓扑图	12
13	智能化设备网络安全有线网络拓扑图	13
14	教学设备网络安全信息网络安全图	14
15	教学设备网络安全信息网络安全图	15
16	教学设备网络安全信息网络安全图	16
17	教学设备网络安全信息网络安全图	17
18	办公综合办公室和会议室信息网络安全图	18
19	办公综合办公室和会议室信息网络安全图	19
20	办公综合办公室和会议室信息网络安全图	20
21	办公综合办公室和会议室信息网络安全图	21
22	图书馆信息网络安全图	22
23	图书馆信息网络安全图	23
24	图书馆信息网络安全图	24
25	图书馆信息网络安全图	25
26	图书馆信息网络安全图 (补充复合图)	26

目 录

序号	名 称	图号
27	食堂信息网络安全图	27
28	食堂信息网络安全图	28
29	教学设备网络安全图	29
30	教学设备网络安全图	30
31	教学设备网络安全图	31
32	教学设备网络安全图	32
33	教学设备网络安全图	33
34	教学设备网络安全图	34
35	信息安全管理大样图 (附录)	35
36	信息安全管理大样图 (附录)	36
37	弱电网络安全图	37
38	弱电网络安全图	38

目 录

设计说明 (一)	
一、设计依据	
1. 项目概况	
(1) 项目名称: *****大学建设项目	
(2) 建设单位: *****	
(3) 建设地点: *****	
(4) 建设概况: *****大学建设项目位于*****山, 占地约*****亩, 建设内容包括: 图书馆、教学楼、宿舍楼、食堂、办公楼、图书馆、学生宿舍、学生餐厅等。	
(5) 建设规模: 本项目总建筑面积*****㎡, 其中: 教学楼*****㎡, 图书馆*****㎡, 宿舍楼*****㎡, 食堂*****㎡, 办公楼*****㎡, 图书馆*****㎡, 学生宿舍*****㎡, 学生餐厅*****㎡。	
2. 设计依据	
(1) 国家及地方有关标准: *****	
(2) 建设单位提供的相关资料: *****	
(3) 设计依据: *****	
(4) 设计依据: *****	
(5) 设计依据: *****	
(6) 设计依据: *****	
(7) 设计依据: *****	
(8) 设计依据: *****	
(9) 设计依据: *****	
(10) 设计依据: *****	
(11) 设计依据: *****	
(12) 设计依据: *****	
(13) 设计依据: *****	
(14) 设计依据: *****	
(15) 设计依据: *****	
(16) 设计依据: *****	
(17) 设计依据: *****	
(18) 设计依据: *****	
(19) 设计依据: *****	
(20) 设计依据: *****	
(21) 设计依据: *****	
(22) 设计依据: *****	
(23) 设计依据: *****	
(24) 设计依据: *****	
(25) 设计依据: *****	
(26) 设计依据: *****	
(27) 设计依据: *****	
(28) 设计依据: *****	
(29) 设计依据: *****	
(30) 设计依据: *****	
(31) 设计依据: *****	
(32) 设计依据: *****	
(33) 设计依据: *****	
(34) 设计依据: *****	
(35) 设计依据: *****	
(36) 设计依据: *****	
(37) 设计依据: *****	
(38) 设计依据: *****	
(39) 设计依据: *****	
(40) 设计依据: *****	
(41) 设计依据: *****	
(42) 设计依据: *****	
(43) 设计依据: *****	
(44) 设计依据: *****	
(45) 设计依据: *****	
(46) 设计依据: *****	
(47) 设计依据: *****	
(48) 设计依据: *****	
(49) 设计依据: *****	
(50) 设计依据: *****	
(51) 设计依据: *****	
(52) 设计依据: *****	
(53) 设计依据: *****	
(54) 设计依据: *****	
(55) 设计依据: *****	
(56) 设计依据: *****	
(57) 设计依据: *****	
(58) 设计依据: *****	
(59) 设计依据: *****	
(60) 设计依据: *****	
(61) 设计依据: *****	
(62) 设计依据: *****	
(63) 设计依据: *****	
(64) 设计依据: *****	
(65) 设计依据: *****	
(66) 设计依据: *****	
(67) 设计依据: *****	
(68) 设计依据: *****	
(69) 设计依据: *****	
(70) 设计依据: *****	
(71) 设计依据: *****	
(72) 设计依据: *****	
(73) 设计依据: *****	
(74) 设计依据: *****	
(75) 设计依据: *****	
(76) 设计依据: *****	
(77) 设计依据: *****	
(78) 设计依据: *****	
(79) 设计依据: *****	
(80) 设计依据: *****	
(81) 设计依据: *****	
(82) 设计依据: *****	
(83) 设计依据: *****	
(84) 设计依据: *****	
(85) 设计依据: *****	
(86) 设计依据: *****	
(87) 设计依据: *****	
(88) 设计依据: *****	
(89) 设计依据: *****	
(90) 设计依据: *****	
(91) 设计依据: *****	
(92) 设计依据: *****	
(93) 设计依据: *****	
(94) 设计依据: *****	
(95) 设计依据: *****	
(96) 设计依据: *****	
(97) 设计依据: *****	
(98) 设计依据: *****	
(99) 设计依据: *****	
(100) 设计依据: *****	

设计说明(二)

據說，在「文革」期間，中國四川重慶市郊區發生過一件事。一個「紅衛兵」組織與重慶市郊區的一個「黑社會」組織發生衝突，雙方都動了槍。結果，重慶市郊區的一個「黑社會」組織被「紅衛兵」組織打垮了。事後，重慶市郊區的一個「黑社會」組織的頭目被「紅衛兵」組織抓了去，並被「紅衛兵」組織處決了。這件事在當時引起了很大的轟動，也反映了當時社會的混亂和殘暴。

2. 网络资源库

本项目的校園信息列和智能化设备門采用IP68全光网（POL）进行建设。

根據中國海關統計，去年中國對美國出口貨物總值為 150 億美元，比前年增長 10%。其中，美國對中國出口貨物總值為 100 億美元，比前年增長 10%。去年中國對美國出口貨物總值中，美國對中國出口貨物總值為 100 億美元，比前年增長 10%。去年中國對美國出口貨物總值中，美國對中國出口貨物總值為 100 億美元，比前年增長 10%。

该设备采用政府认证的 PSTN 语音线路支持。电话网中，PSTN 交换机设置于任意一台机器，通过系统快速连接到另一个语音信息节点。

无线局域网(WLAN)

OLT采用双机热备的方式，OLT选择及主控制卡保护的大规模OLT。

—电动机应安装在电动机底座内，电动机底座应设置空间

5. 光网络单元 ONU

因为世界上没有进口的国家，我国信息资源的配置量为：第一款为8千兆以太网接口，

[illegible]

在十加蘭坡新嘉坡山脈公路的圓形分行，其專用型號為三萬五千呎，其設計時參考了M20半徑圓形，

五、紫外吸收的分光比

[illegible]

了, 雙面信息同樣是相連的位置

「我之所謂『國』者，非指疆域而言也。乃指人民而言。」

二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百。

本報記者 王曉明 攝

[illegible]

有人警告：每个国家设置十个网络节点，每个学生一个信息点），每个国家设置一个GNI，GNI提供

[illegible]

四、聯合資訊系統

本志採今體或新體詩，兼力我國舊體詩，其體裁合於新體，文字雅潔，而內容則多作新體。

1. 垂直于底

将上述溶液充分搅拌均匀，充分溶解SPN，采用膜过滤法将溶液中的未溶解物过滤掉，得到澄清溶液，该溶液即为不含于100的溶液。

語言系統3和25對大對象電纜。

2. 水平布風

◆ 因为不同设备对帧的封装不同，ONU 封装出来的是以太网帧，因此它需要封装成以太网帧。

3. 获取CPU的信息前:

(3) 设置传感器的初始值并安装, 安装位置如图 10-1-1 所示。传感器的

[illegible]

在市場最熱門採用的信譽配鏡船尺寸為389×140×200mm，可安裝1台淨功率10W，使用220VAC供电，實裝型號220V交流電源接口。

4. 工作区信息摘要:

按照工作区设置(ON)，未激活后激活后采用新式抽提器。

五、數字電視系統

Figure 1. The structure of the PPTs. The structure of the PPTs is shown in Figure 1. The structure of the PPTs is shown in Figure 1.

图 1-10 文件

图例（一），详图请参见设计指南图集.dwg 文件

图例（一）		
序号	图例	名称
1		千兆以太网交换机
2		千兆以太网交换机
3		千兆以太网交换机
4		千兆以太网交换机
5		千兆以太网交换机
6		千兆以太网交换机
7		千兆以太网交换机
8		千兆以太网交换机
9		千兆以太网交换机
10		千兆以太网交换机
11		千兆以太网交换机
12		千兆以太网交换机
13		千兆以太网交换机
14		千兆以太网交换机
15		千兆以太网交换机
16		千兆以太网交换机
17		千兆以太网交换机
18		千兆以太网交换机
19		千兆以太网交换机
20		千兆以太网交换机
21		千兆以太网交换机
22		千兆以太网交换机
23		千兆以太网交换机
24		千兆以太网交换机
25		千兆以太网交换机
26		千兆以太网交换机
27		千兆以太网交换机

说明：

1.本图例以CAT6 6.1TP/IDC20/WC/ACC/CT/IC 为例标注。

2.本图例为IDC室内网络标注，具体名称和数量以实际项目为准。

图例（一）

图例（一）

图例（一）

图例（二），详图请参见设计指南图集.dwg 文件

图例（二）

序号	图例	名称	型号及规格	安装方式及安装要求
1		2x4暗光分路器	2x4暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
2		2x8暗光分路器	2x8暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
3		1x8暗光分路器	1x8暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
4		2x16暗光分路器	2x16暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
5		1x16暗光分路器	1x16暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
6		2x32暗光分路器	2x32暗光分路器	暗敷设于吊顶板内安装
7		2暗单芯光缆	室内：G.657，室外：G.652	室内光纤使用裸纤光缆，2暗单芯单模光纤/IDC20/W/C/CC/CT/TC
8		6暗单芯光缆 (6x2)	单模光缆，室内采用G.657光纤，室外采用G.652光纤	室内光纤使用裸纤光缆，6暗单芯单模光纤/IDC20/W/C/CC/CT/TC
9		6x4暗光分路器	6x4暗光分路器	暗敷设于吊顶板内
10		6x4暗光分路器	6x4暗光分路器	暗敷设于吊顶板内
11		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
12		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
13		吊顶内敷设		吊顶内敷设
14		吊顶内敷设		吊顶内敷设
15		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
16		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
17		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
18		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
19		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
20		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
21		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
22		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内
23		暗敷设吊顶板内		暗敷设吊顶板内

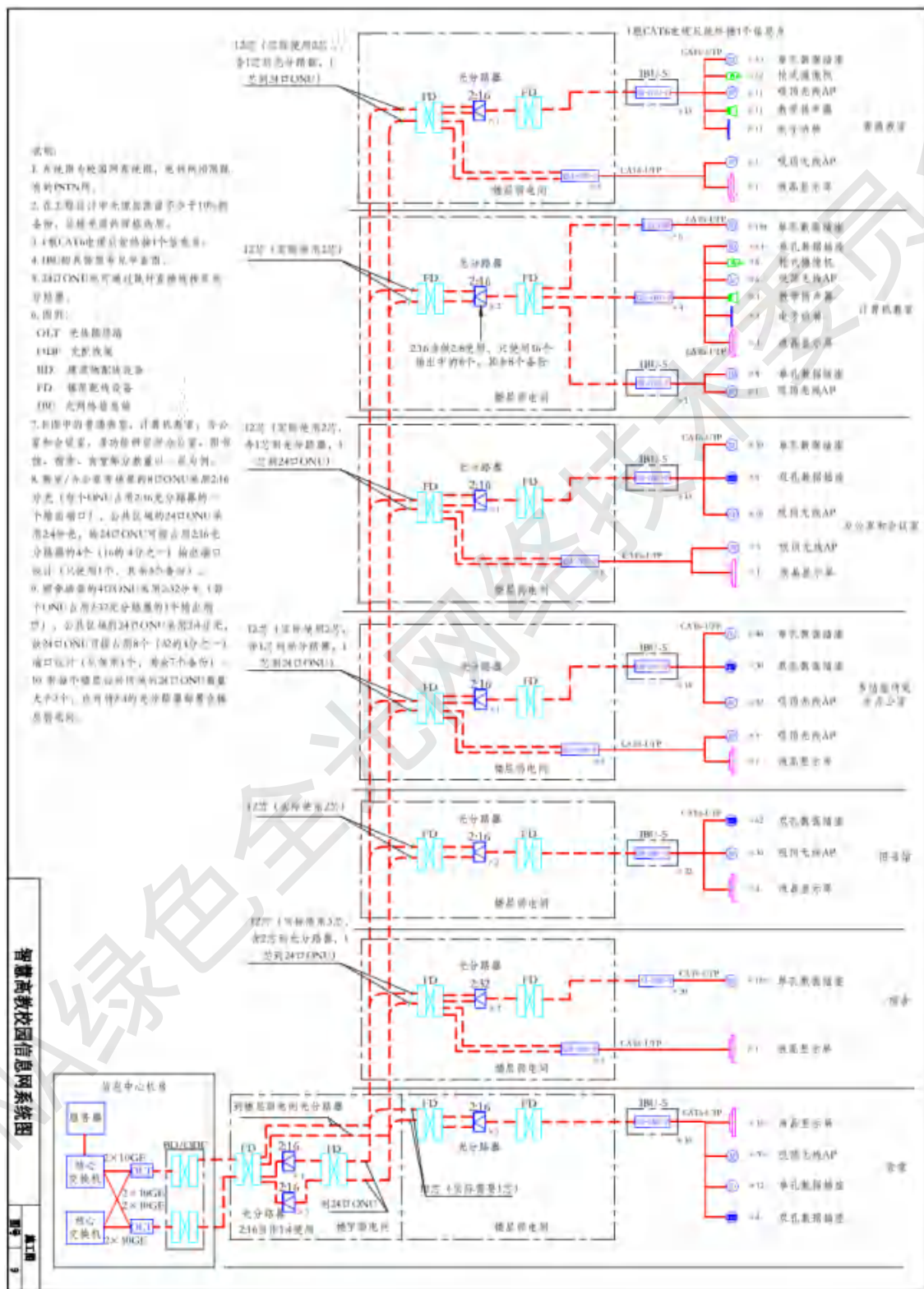
图例（二）

主要设备材料表，详图请参见设计指南图集.dwg 文件

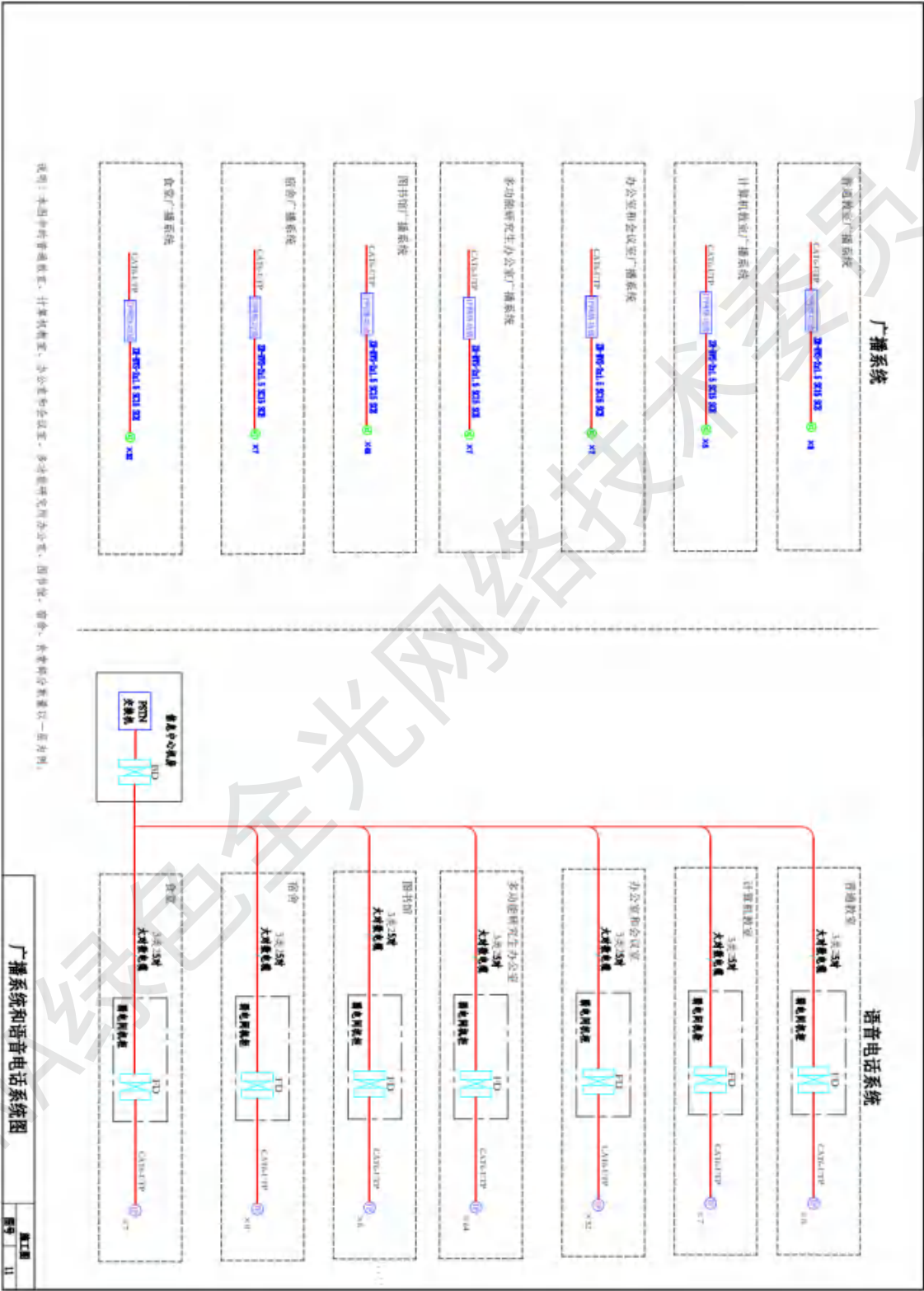
主要设备材料表					
图例	名称	型号及规格	单位	数量	备注
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	436	
	二芯塑料光缆	塑料光纤模块	个	102	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	136	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	128	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	40	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	61	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	14	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	116	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	25	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	40	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	30	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	71	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	17	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	6	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	9	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	4	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	2	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	32	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	0	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	12	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	16	
	单孔光纤光缆	塑料光纤模块	个	6	

主要设备材料表					
图例	名称	型号及规格	单位	数量	备注
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	
	12芯光缆	塑料光纤模块	个	0	

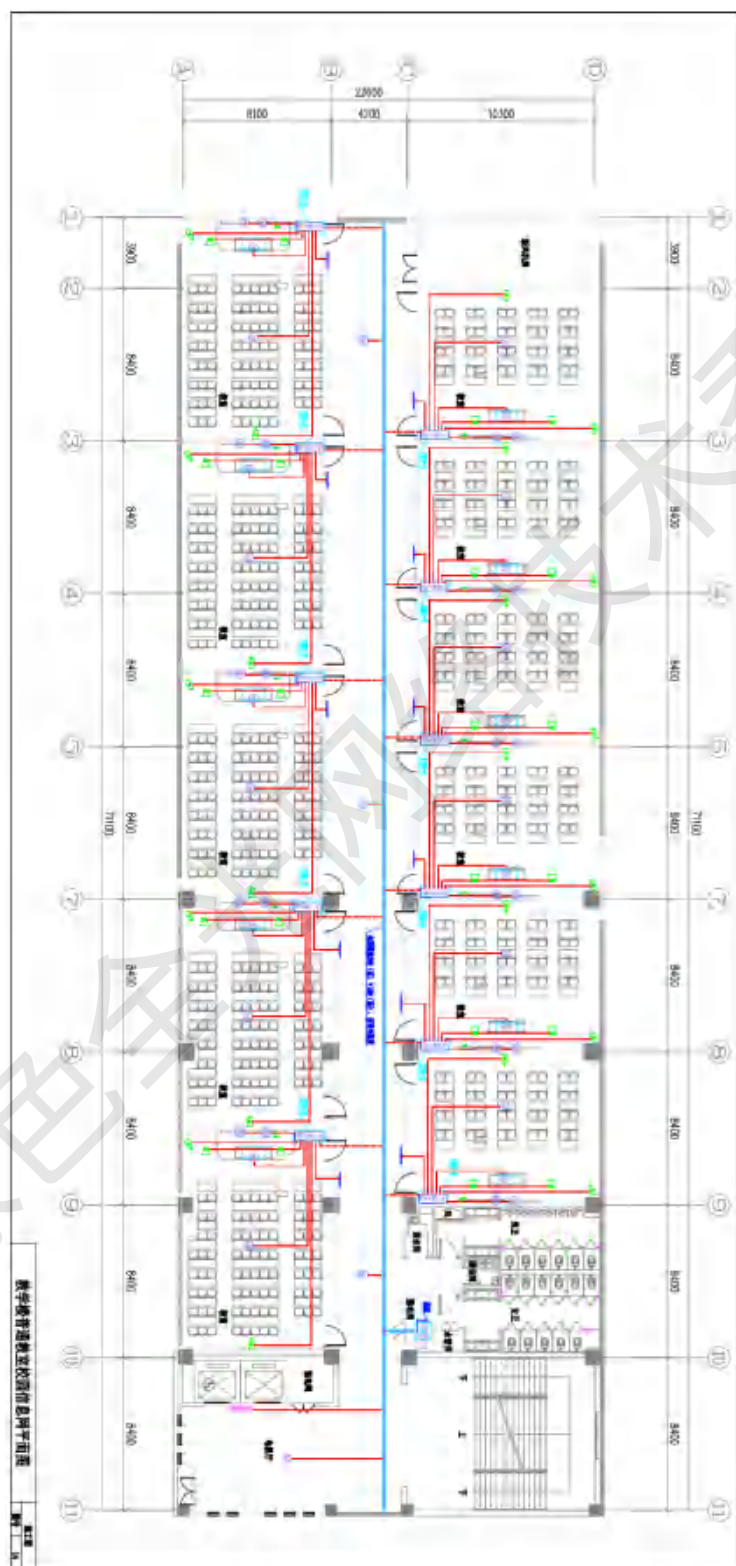
智慧高教校园信息网系统图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



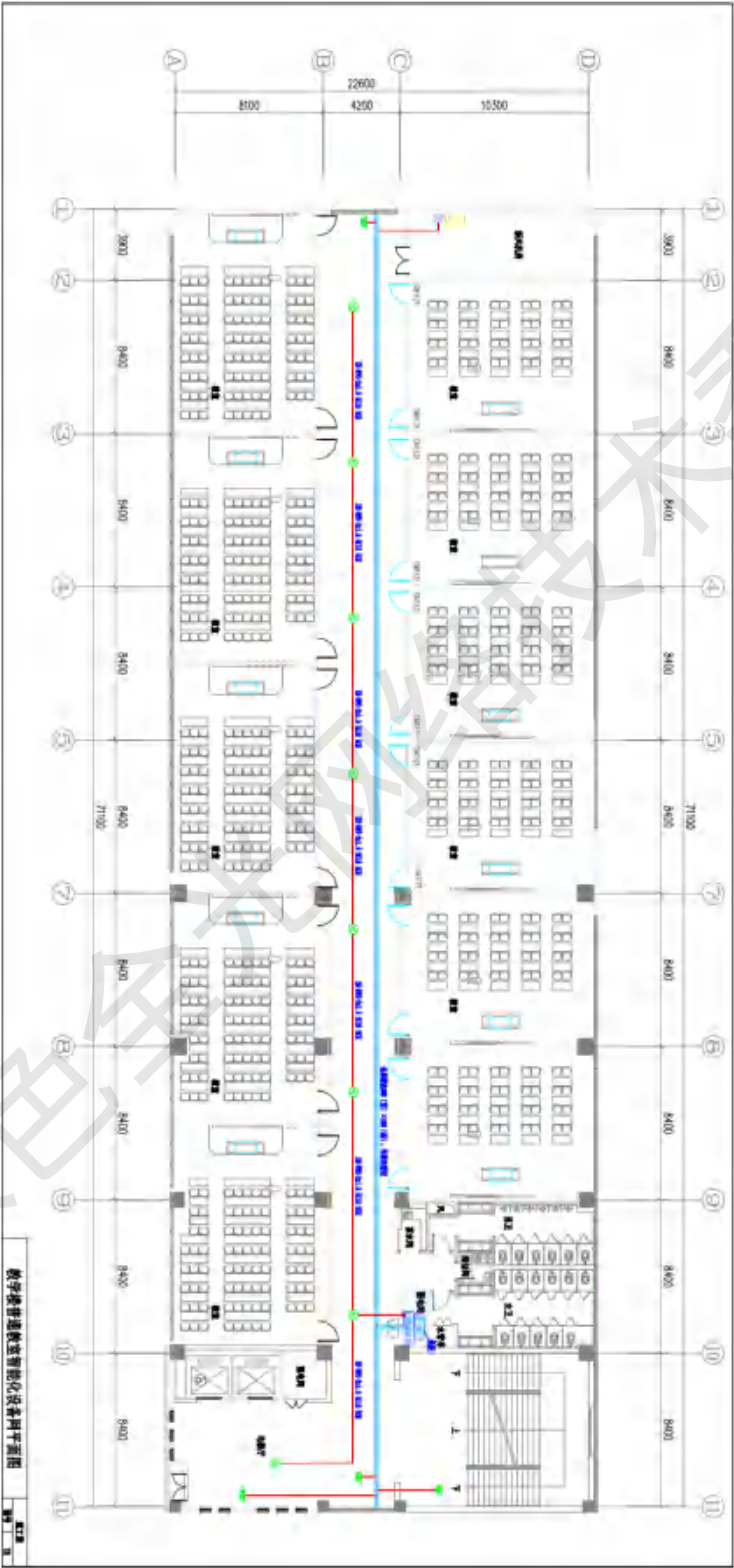
广播系统和语音电话系统图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



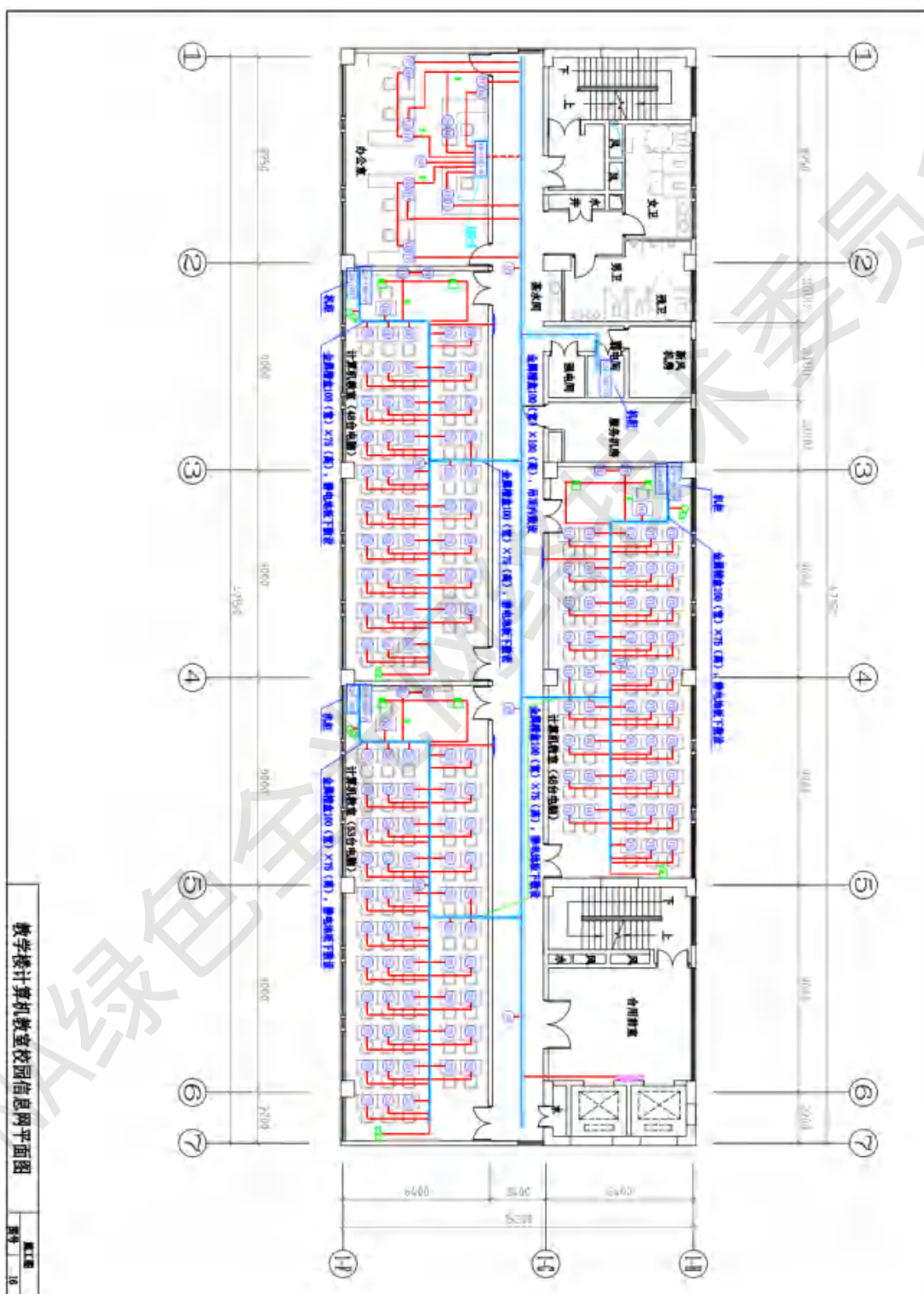
普通教室校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



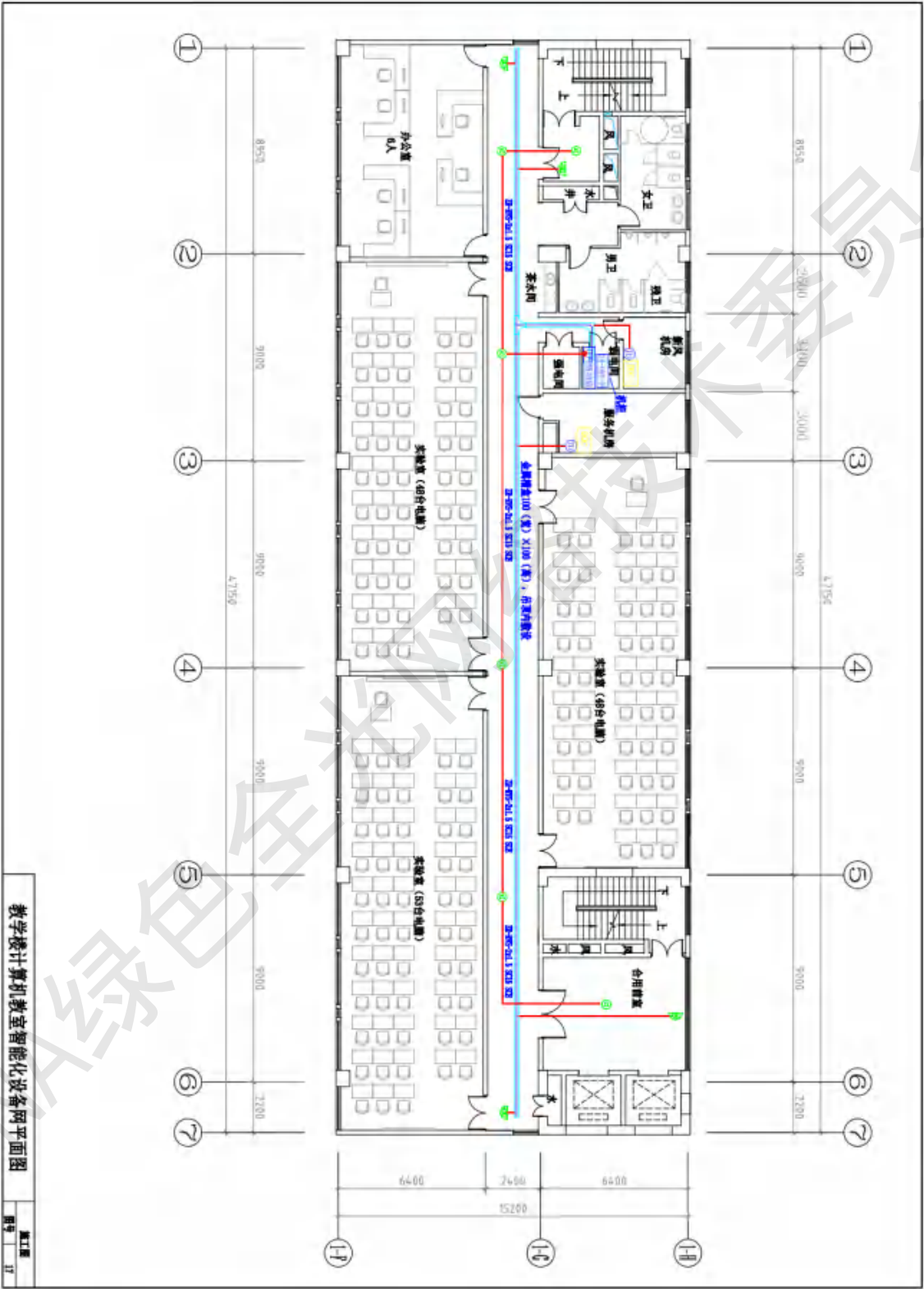
普通教室智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



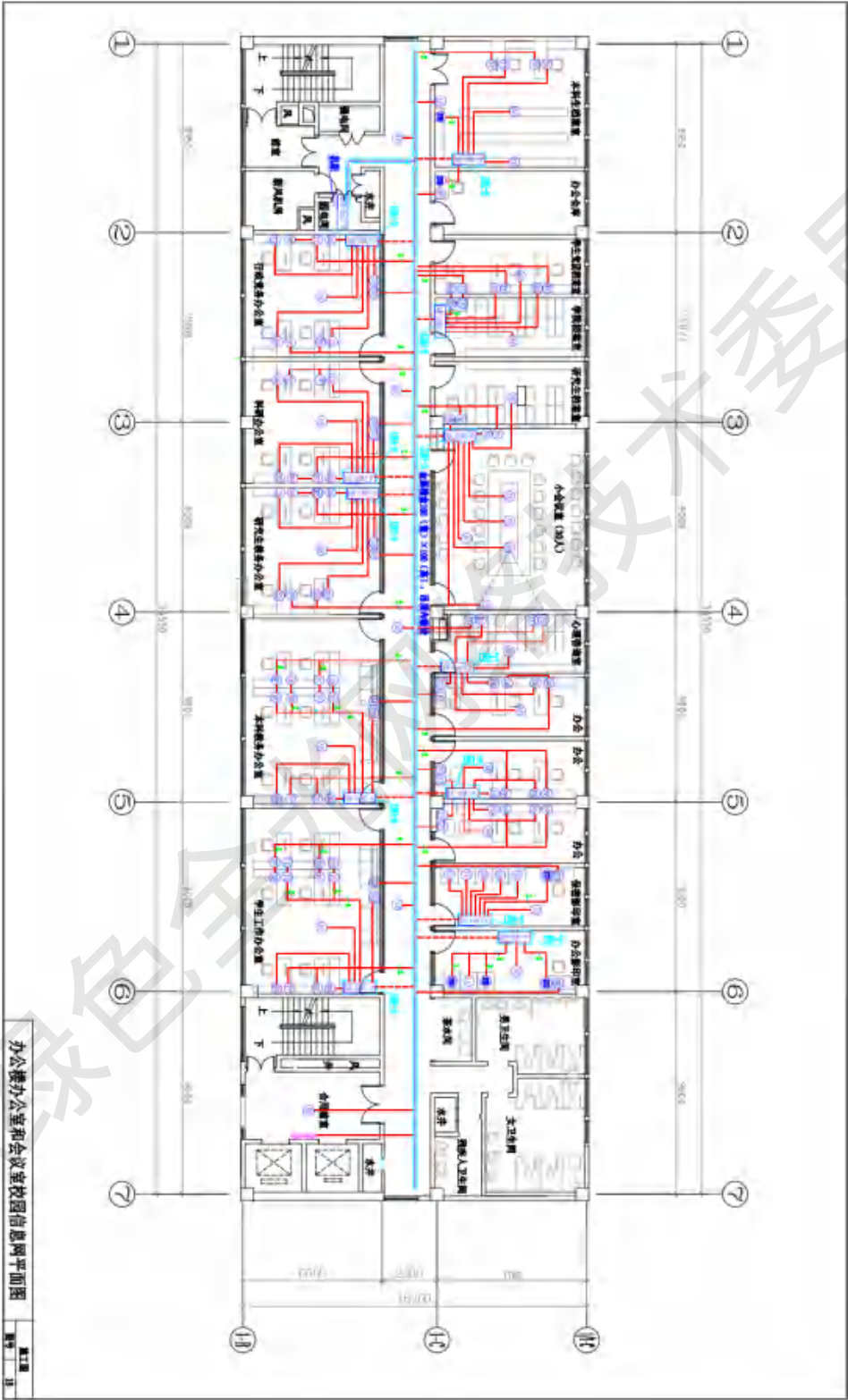
计算机教室校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



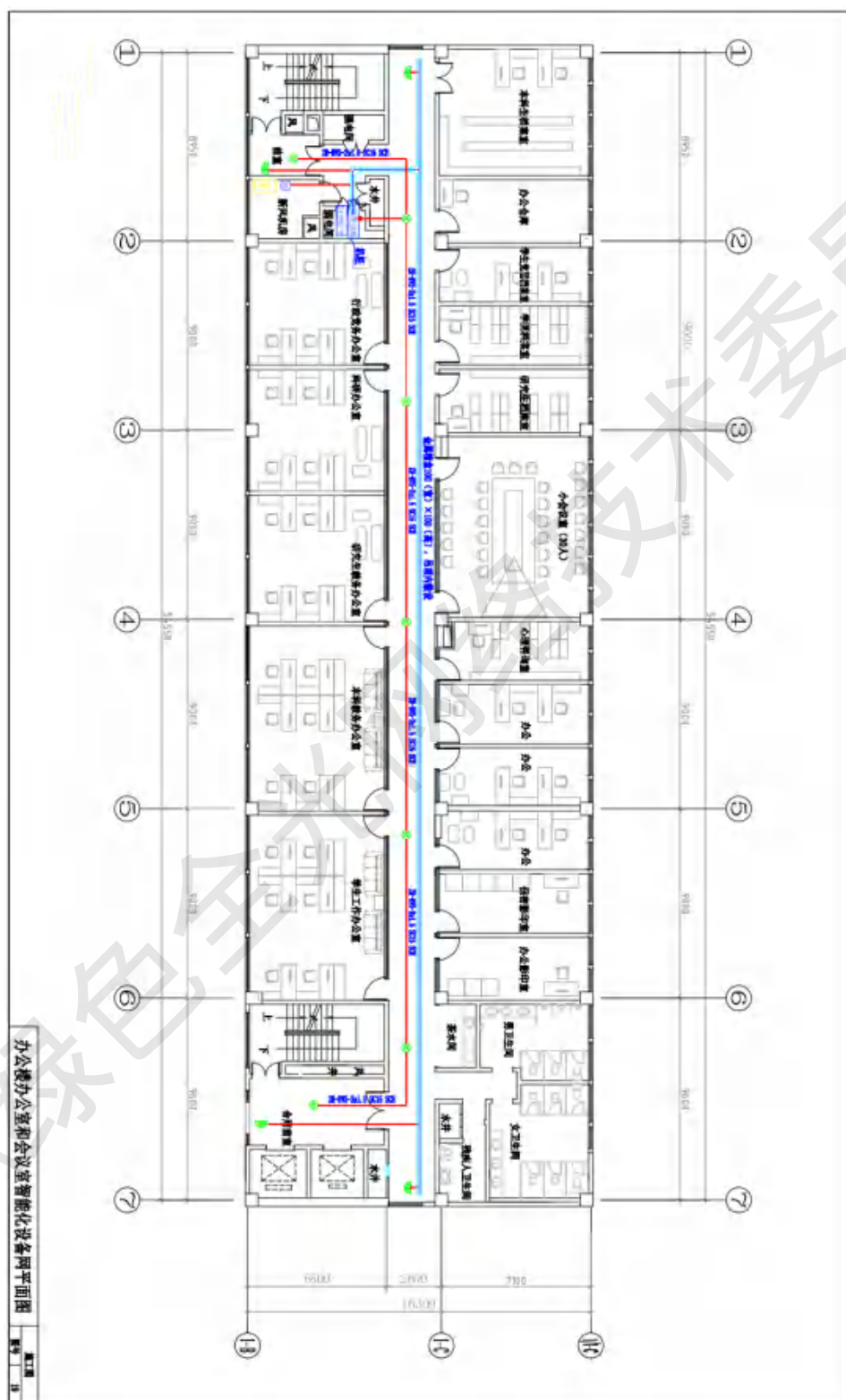
计算机教室智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



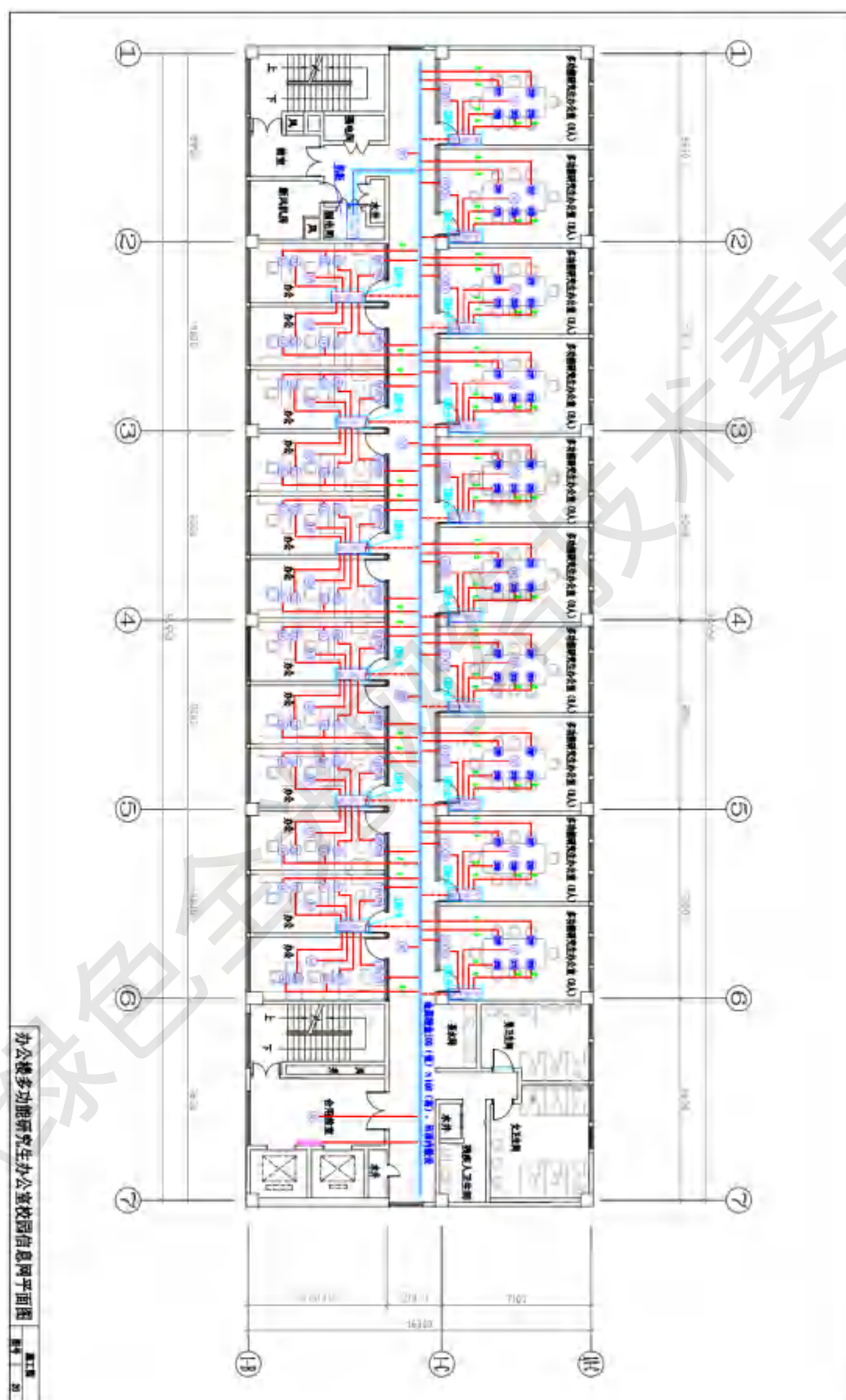
办公室和会议室校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



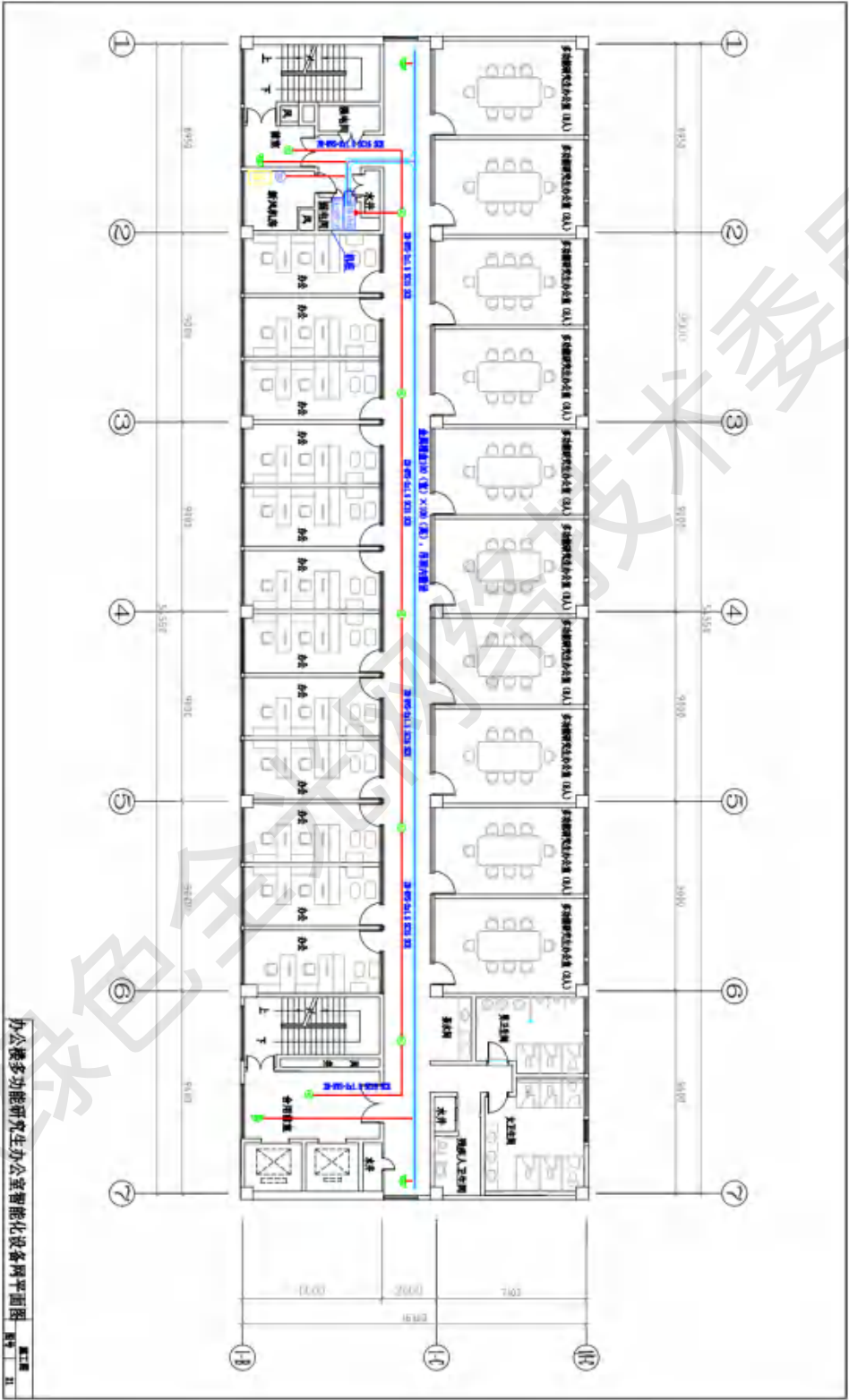
办公室和会议室智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



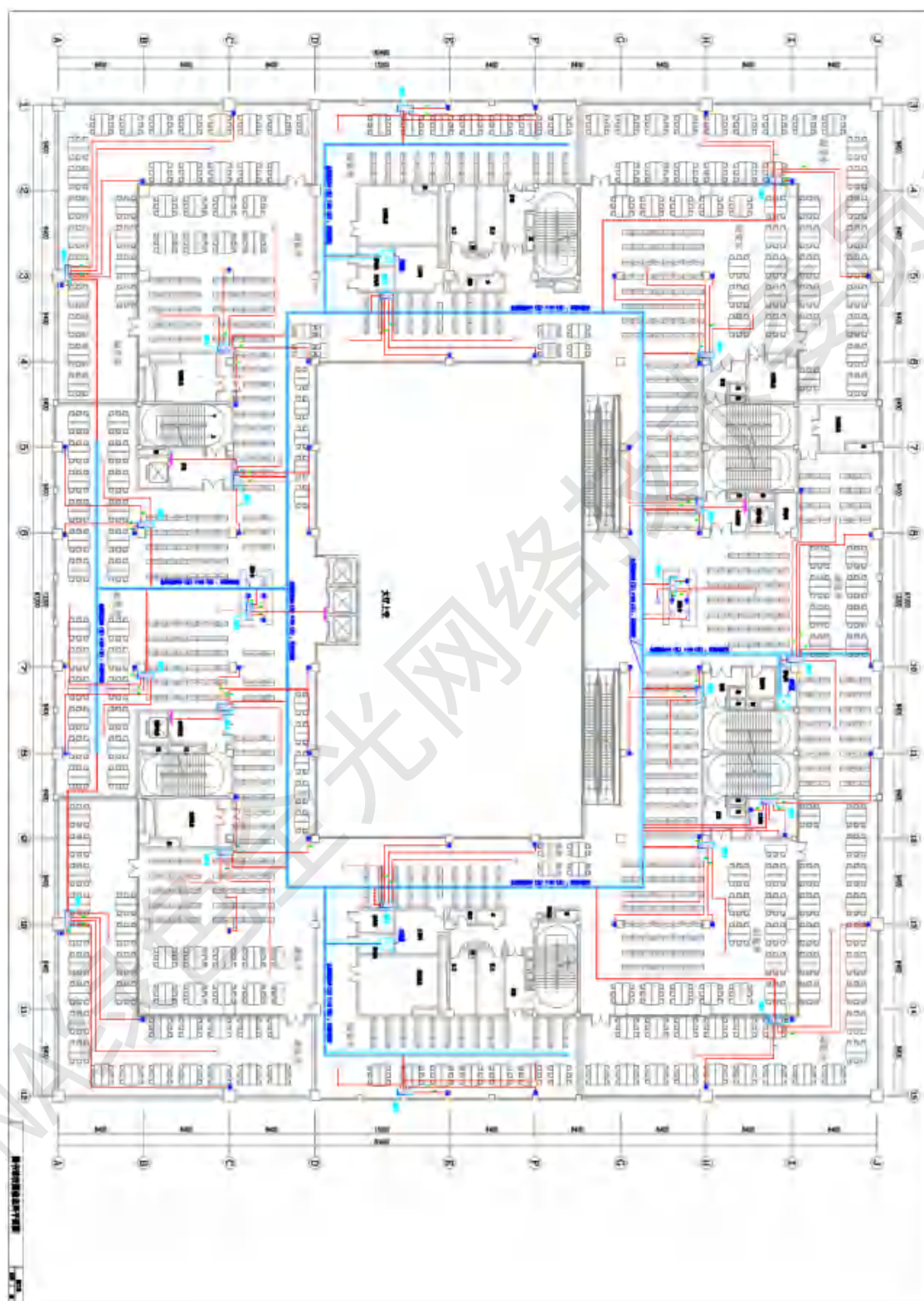
多功能研究生办公室校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



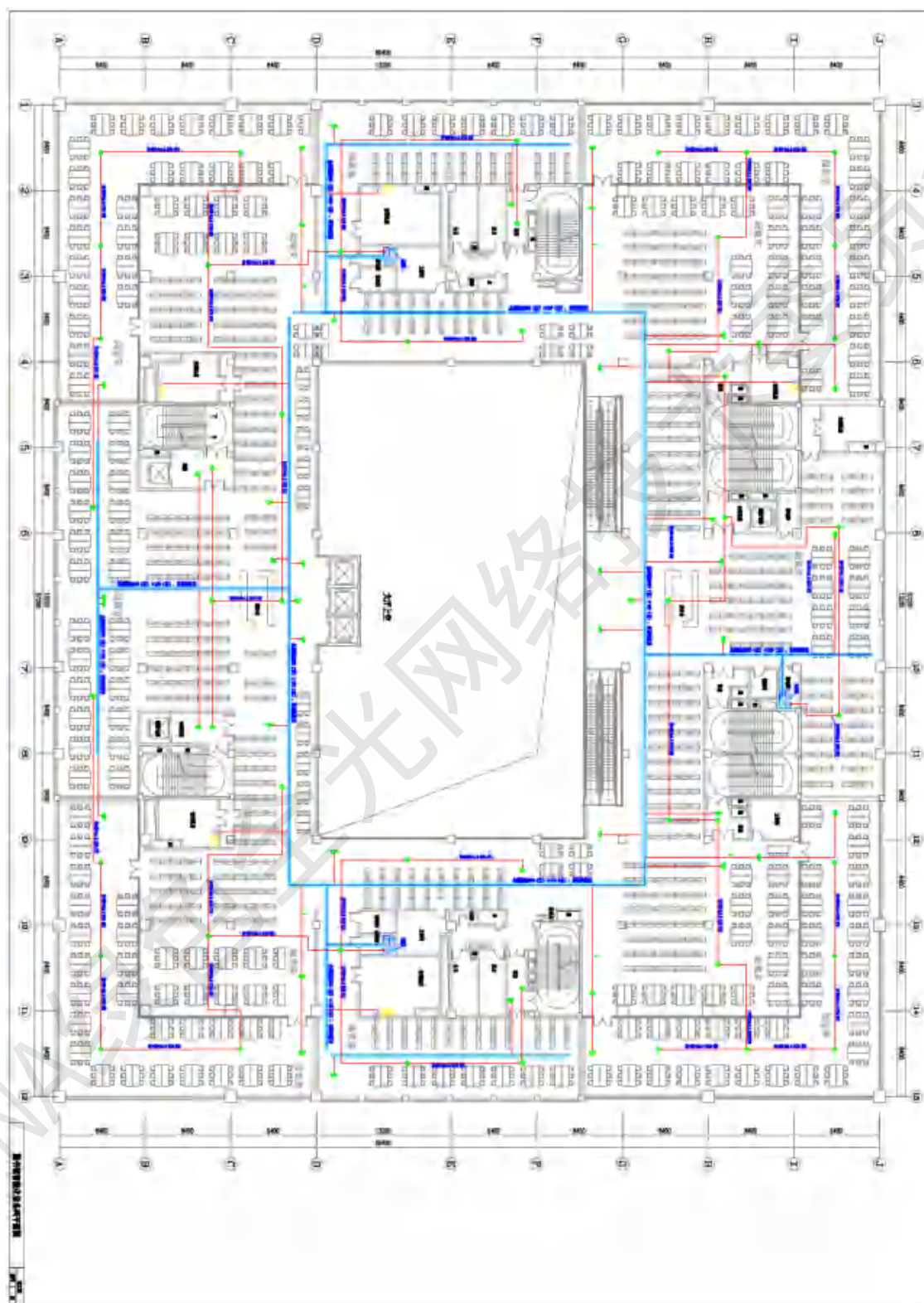
多功能研究生办公室智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



图书馆校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



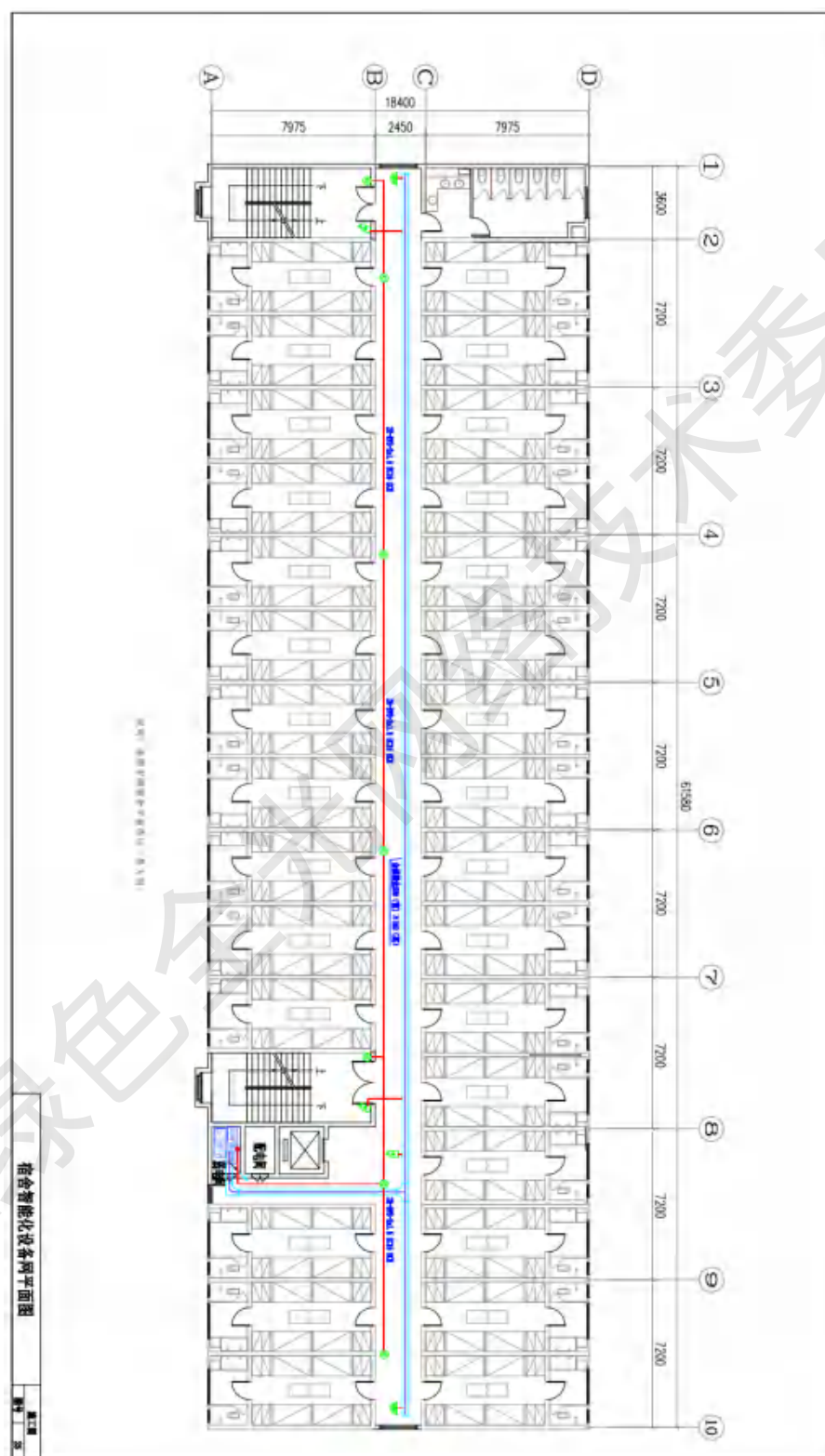
图书馆校园设备网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



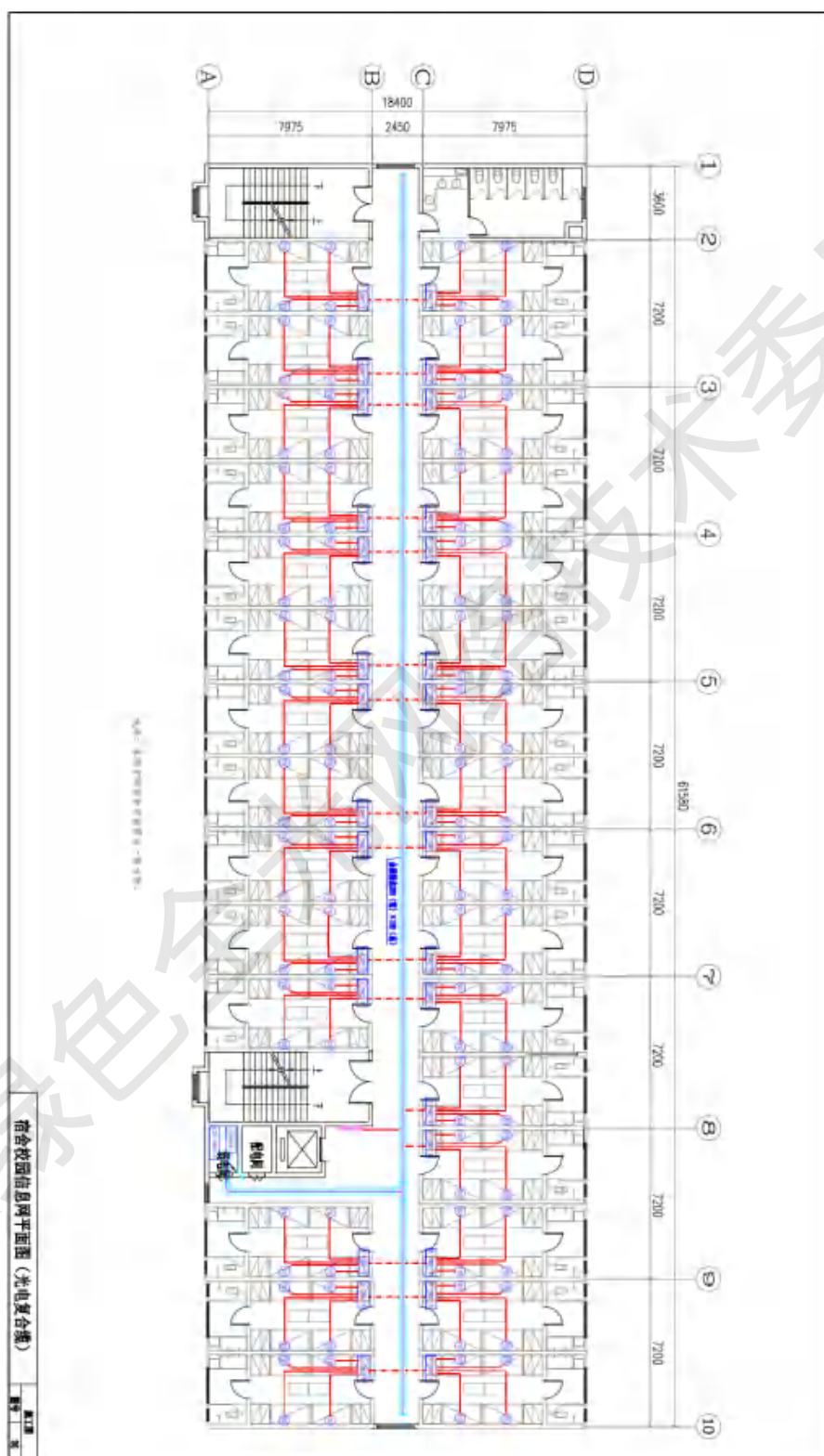
宿舍校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



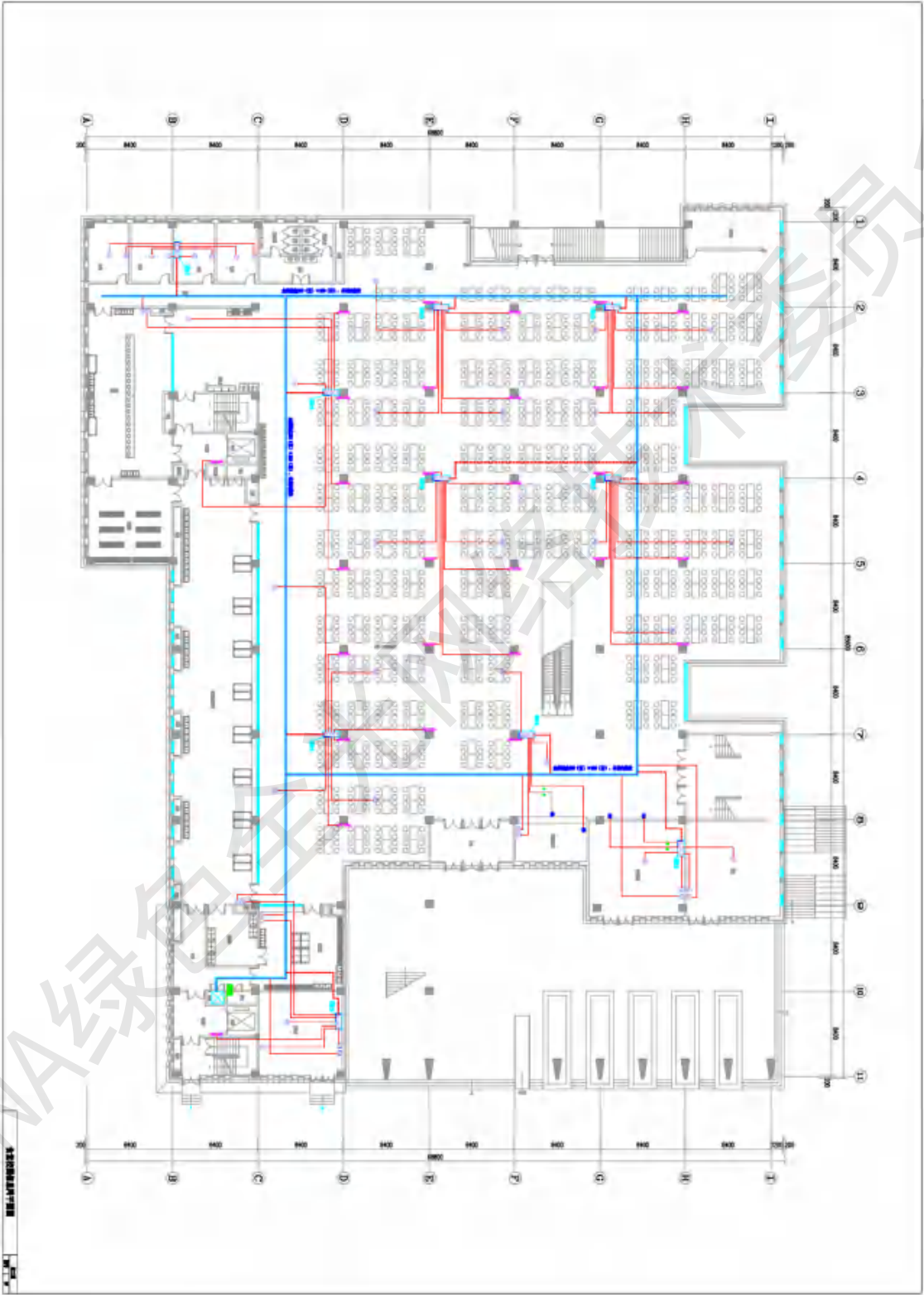
宿舍智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集. dwg 文件



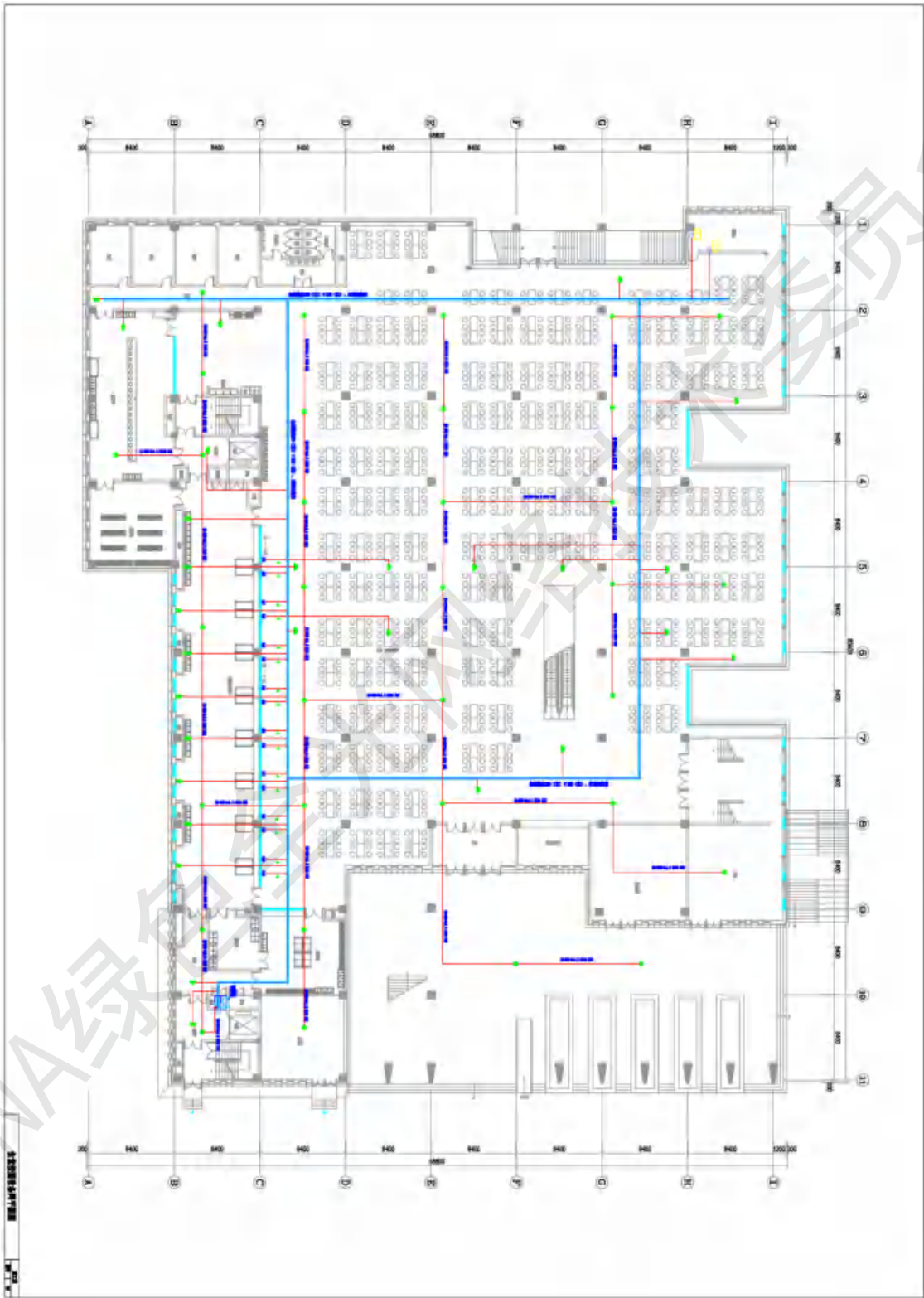
宿舍校园信息网平面图（光电复合缆），详图请参见设计指南图集.dwg 文件



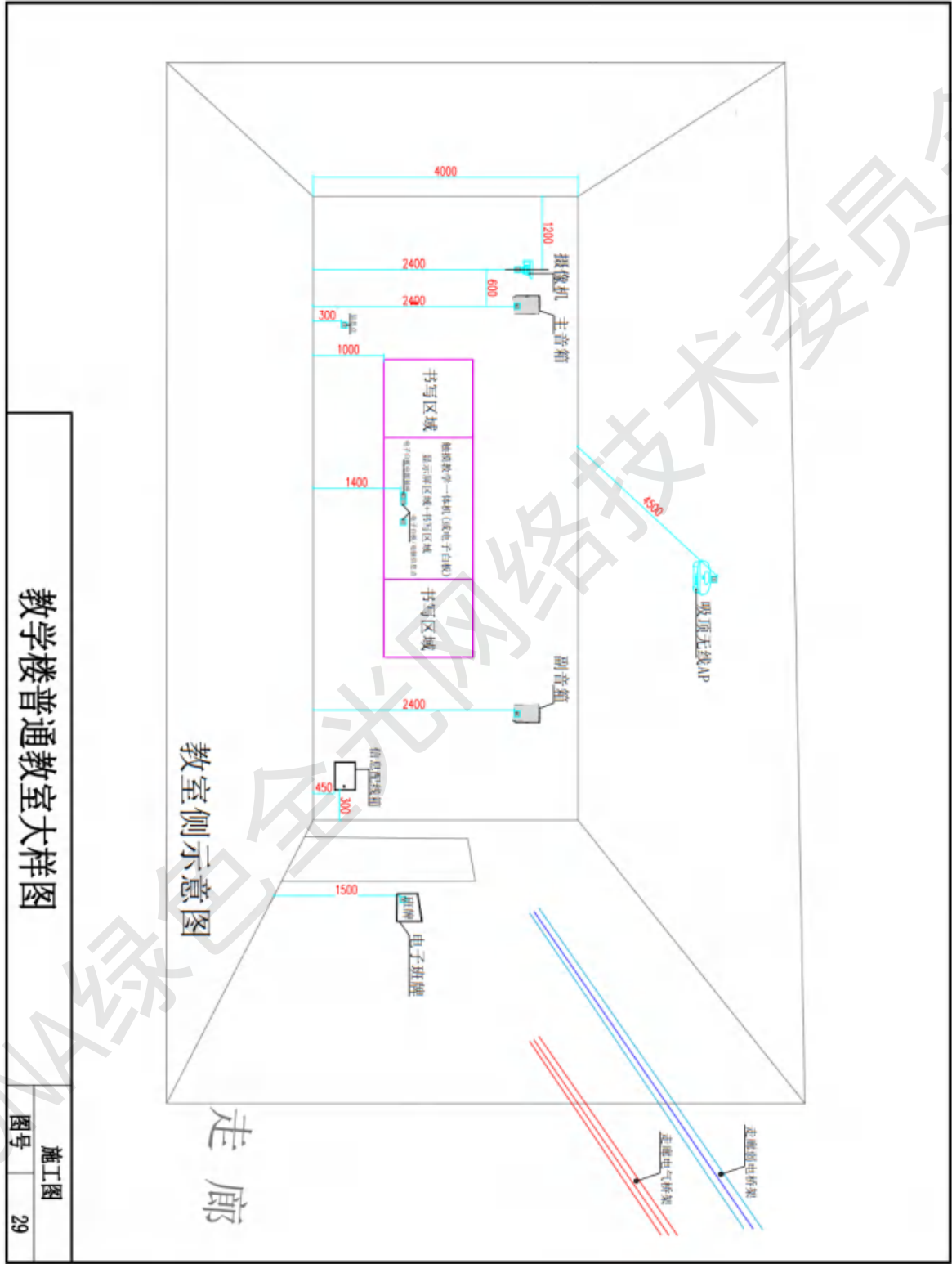
食堂校园信息网平面图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



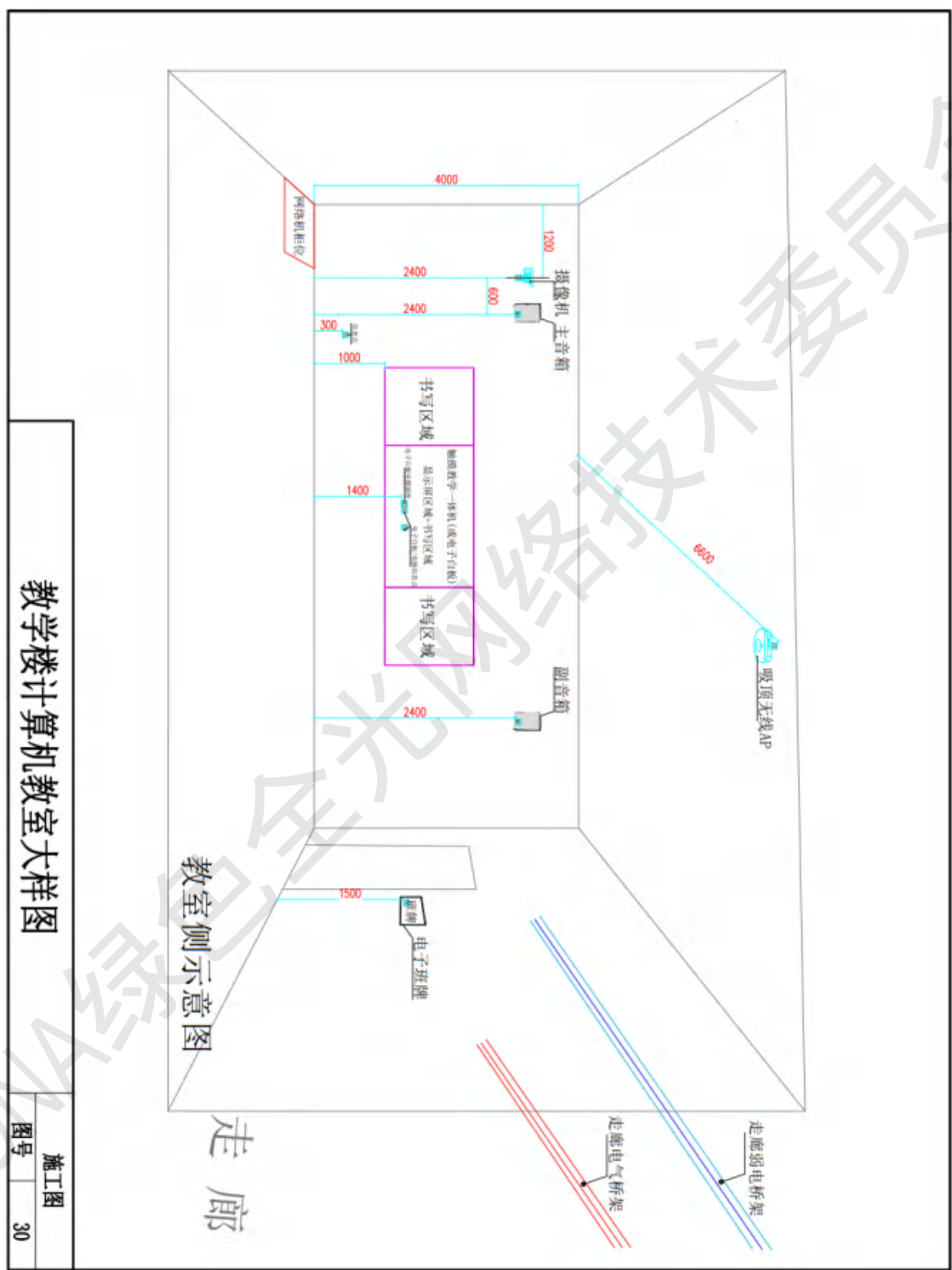
食堂智能化设备网平面图，详图请参见设计指南图集. dwg 文件



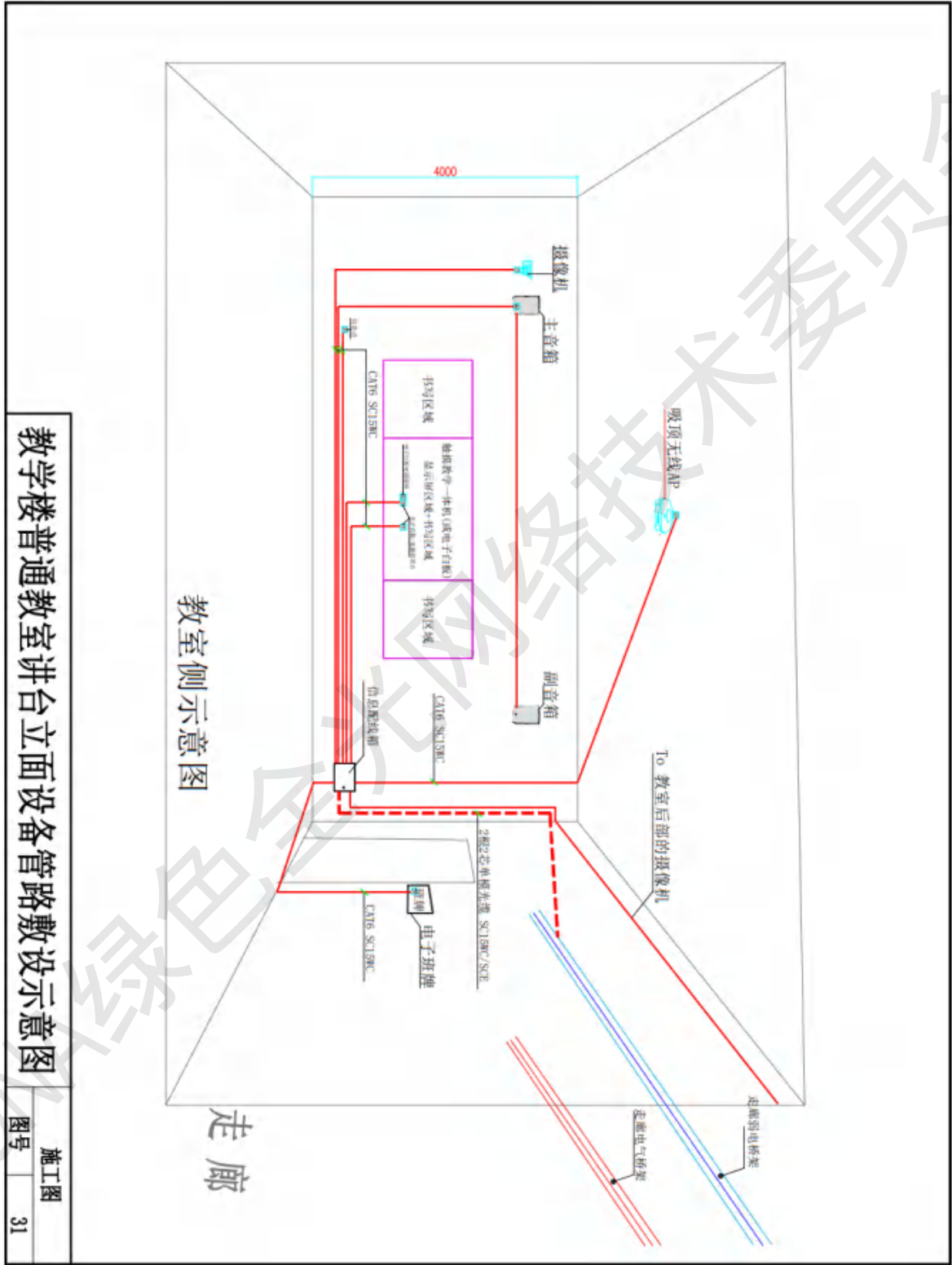
普通教室大样图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



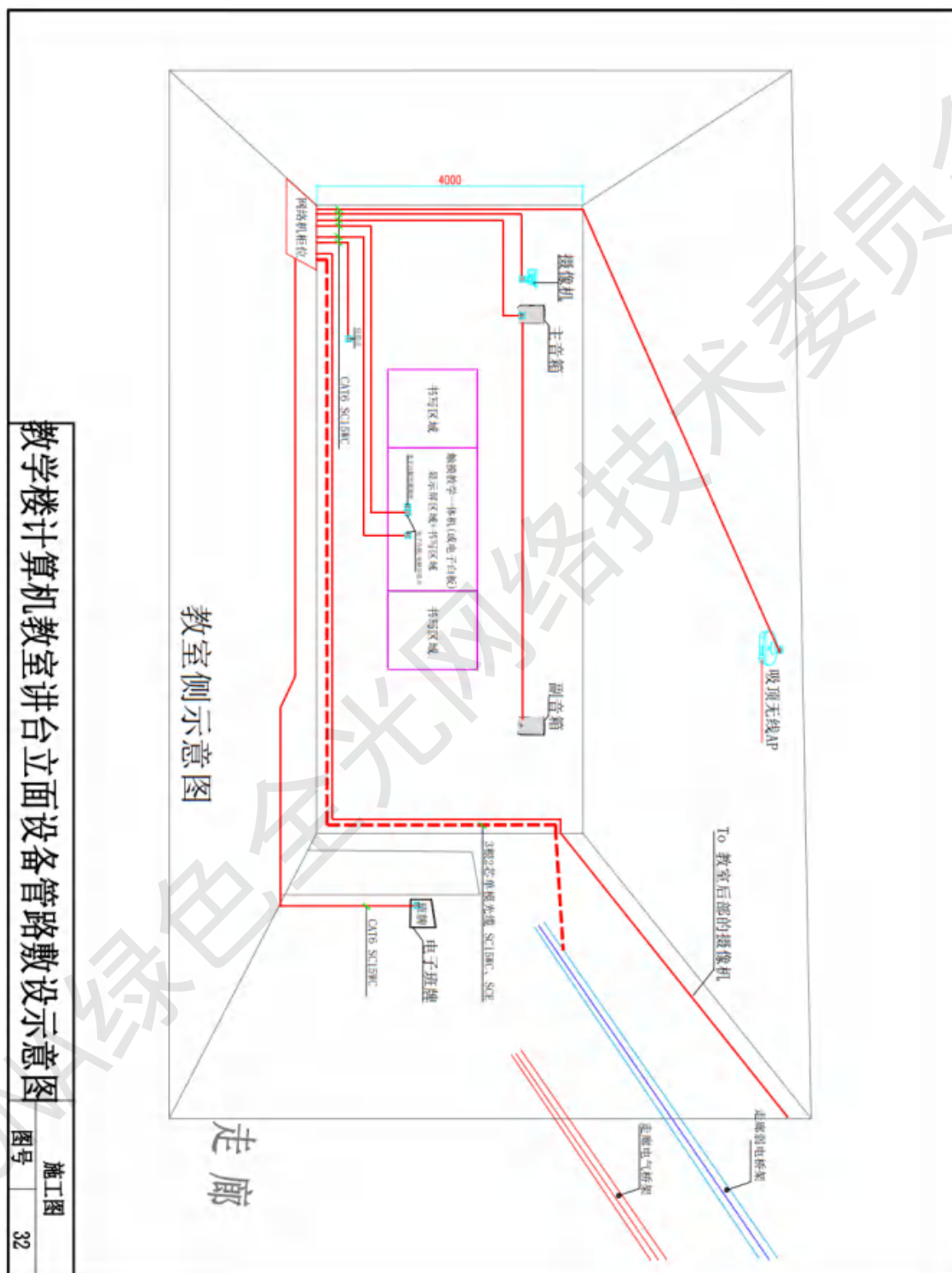
计算机教室大样图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



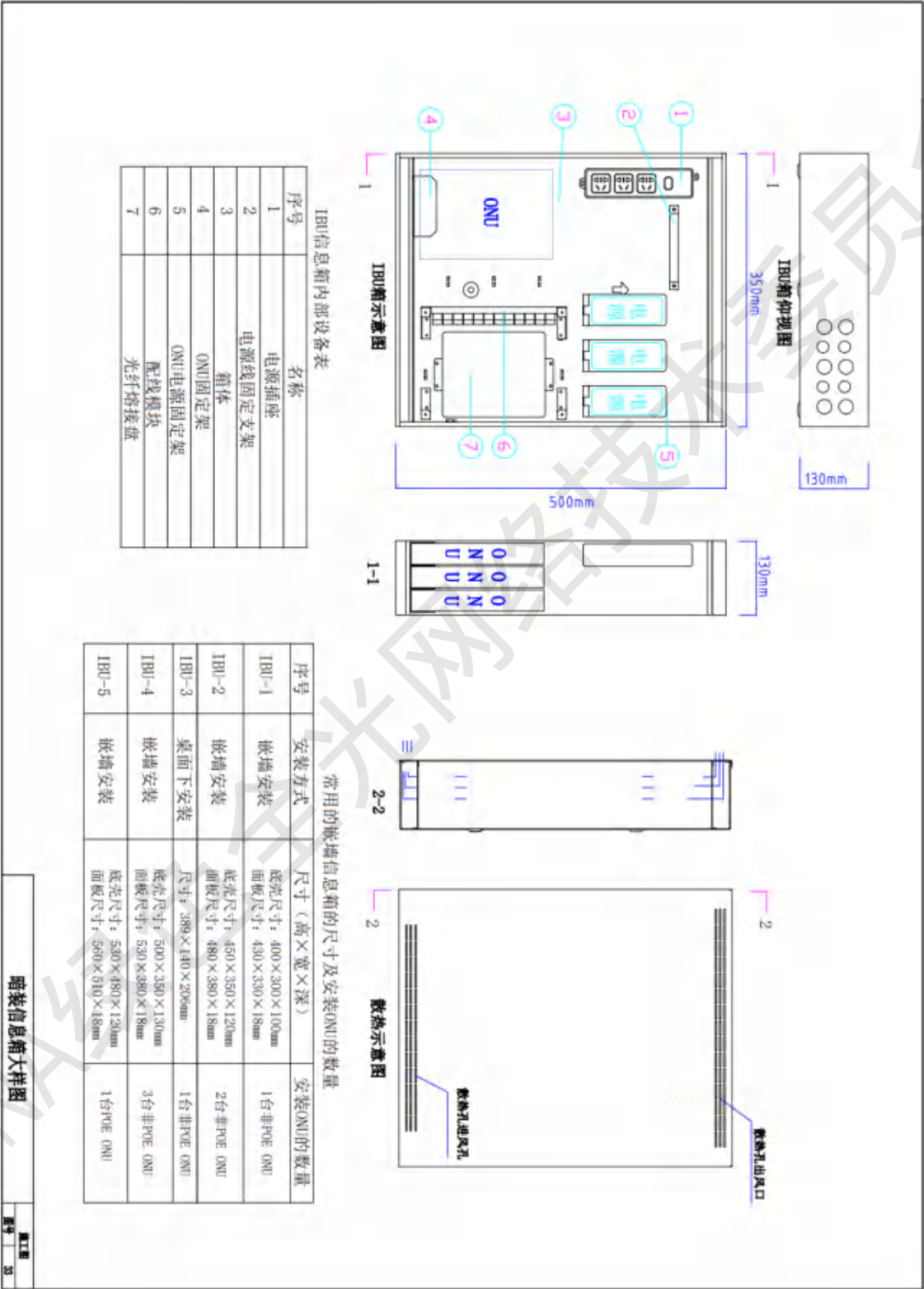
普通教室讲台立面设备管路敷设，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



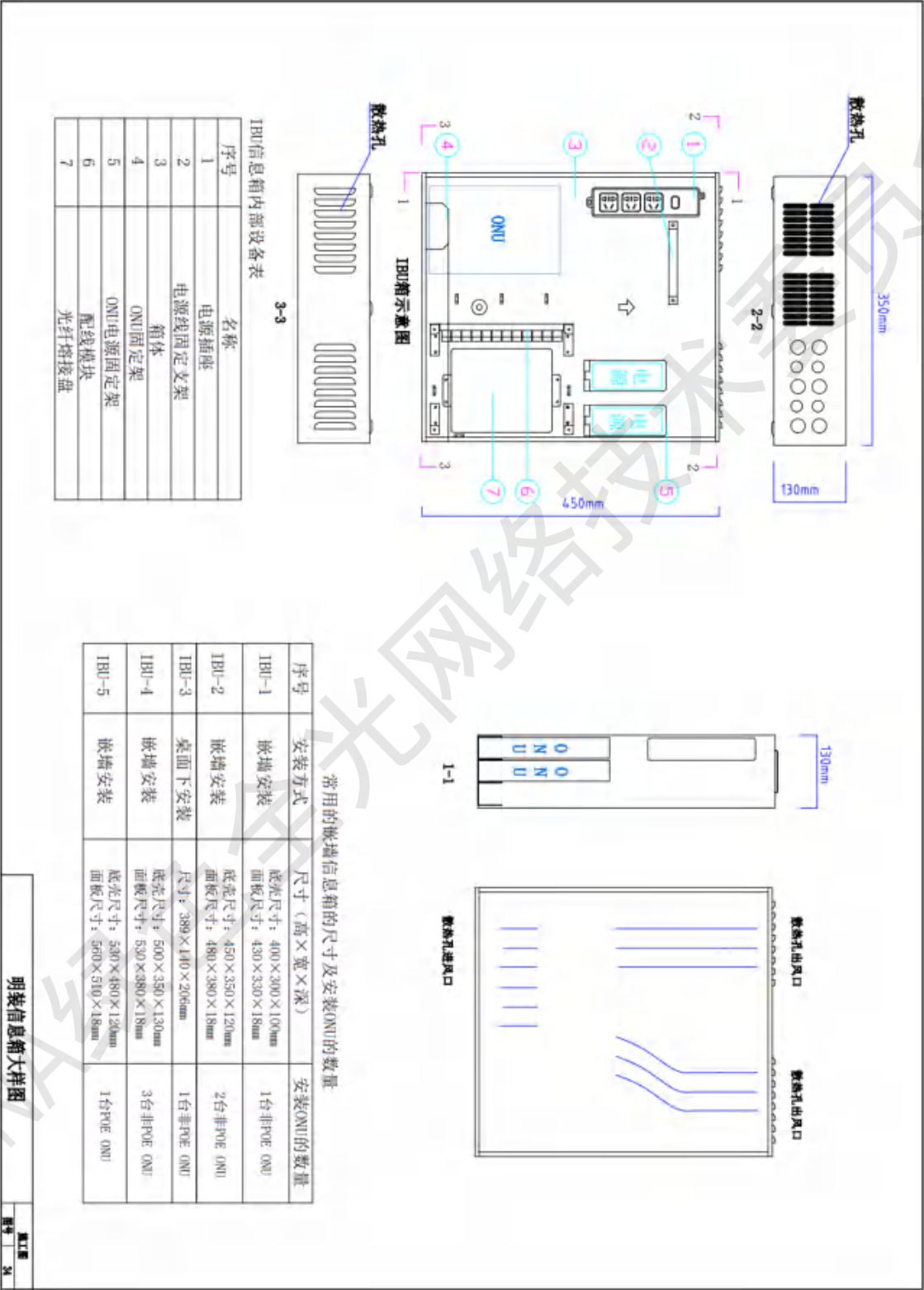
计算机教室讲台立面设备管路敷设，详图请参见设计指南图集.dwg 文件

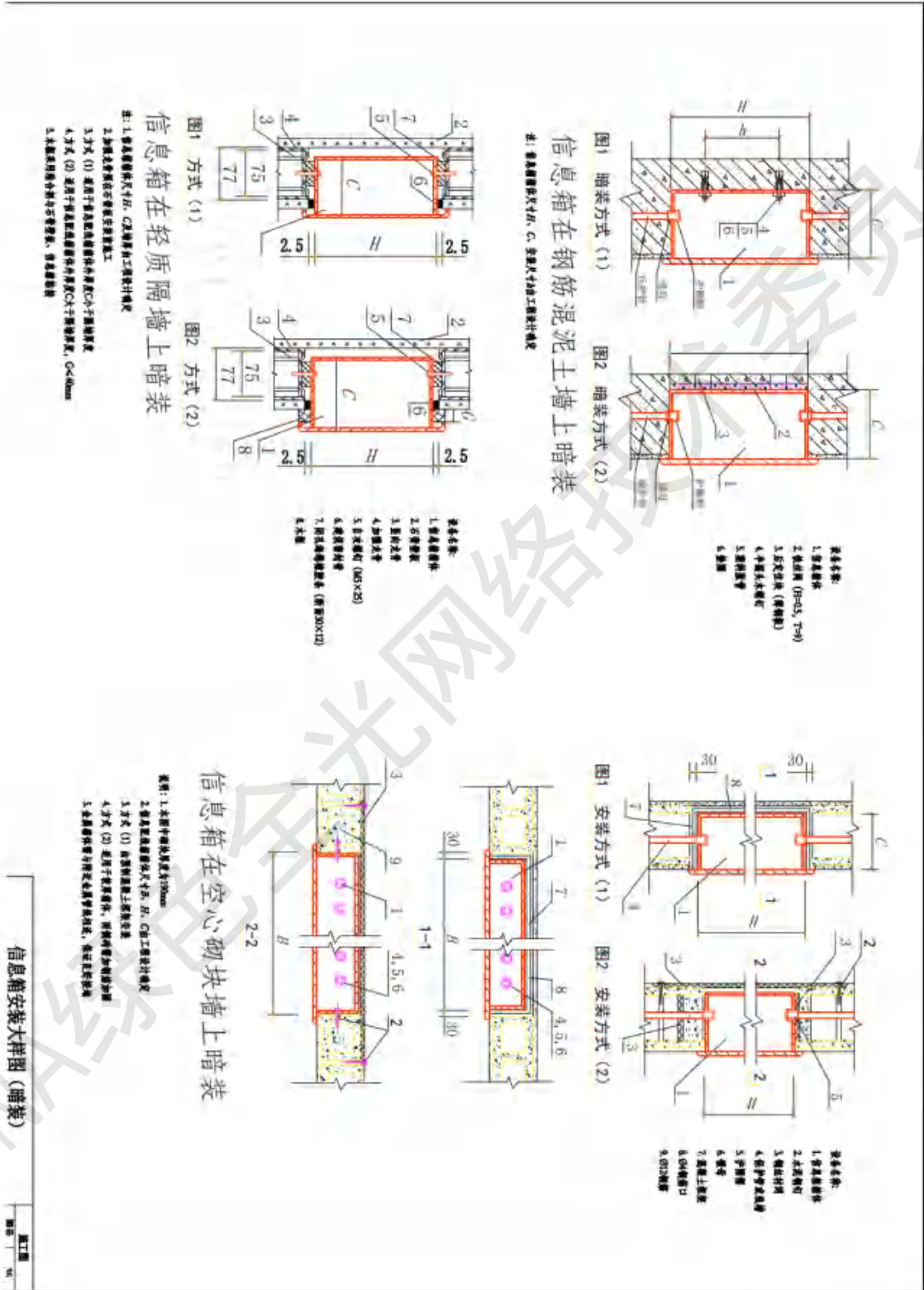


暗装信息配线箱大样图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



明装信息配线箱大样图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件





信息箱安装大样图 (暗装)

信息配线箱安装大样图（明装），详图请参见设计指南图集.dwg 文件

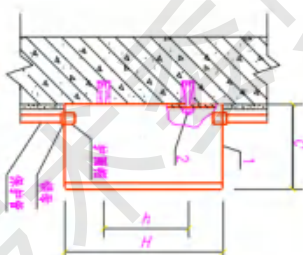


图1 明装方式

信息箱在钢筋混凝土墙上明装

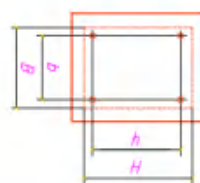


图4 箱体外形、安装尺寸

注：留声机箱体尺寸B、H、C，按图尺寸A、B由工程设计确定

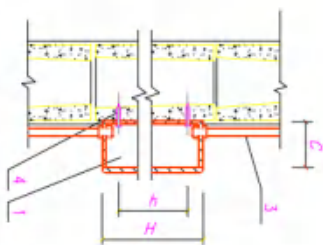


图2 明装安装方式

信息箱在空心砌块墙上暗装

说明：1.本图中桩坑厚度为120mm

2. 金属箱体与附近金属管或相近, 保证良好接地

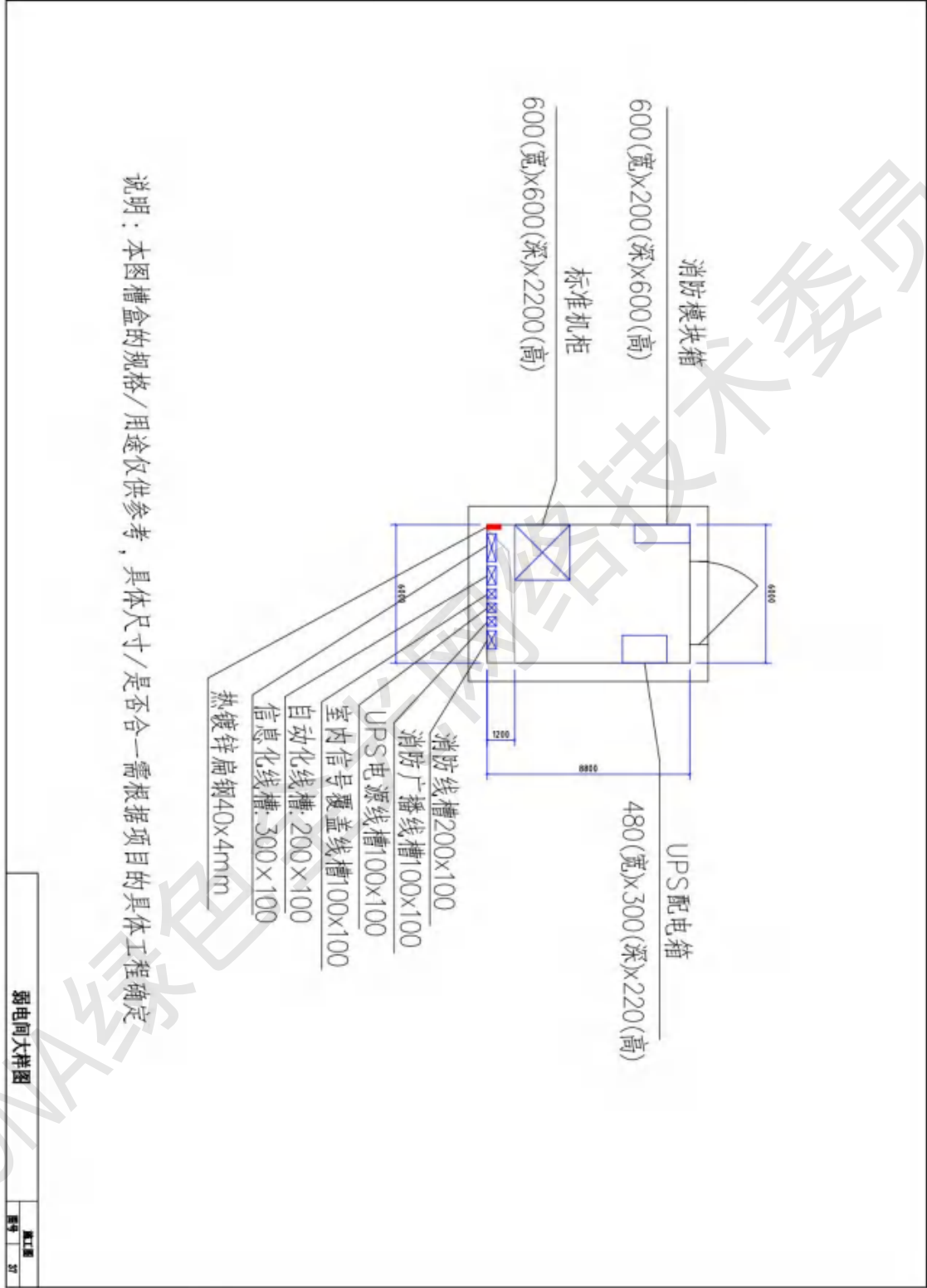
设备材料表					
序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	聚丙烯材料	—	个	1	—
2	测试笔	MIOX-60	套	4	总包检测、操作
3	聚丙烯管状物	见图纸设计	m	—	—
4	扩圈器	—	个	1	—

设备材料表

信息箱安装大样图（明装）

施工图	
图号	36

弱电间大样图，详图请参见设计指南图集.dwg 文件



STATEMENT

声 明

本白皮书著作权属于绿色全光网络技术委员会（ONA）所有。转载、摘编或以其他方式使用本设计说明的全部或部分内容的，应注明来源，违反上述声明者，著作权方将追究其相关法律责任。

绿色全光网络技术委员会

ONA 于 2019 年 10 月 22 日成立，中文名称中国电子节能技术协会绿色全光网络技术委员会，旨在搭建全光网络产业的沟通协同平台，繁荣产业生态、消除产业瓶颈、推动行业标准落地、推广行业示范应用、培育产业人才，**打造无处不在的光联接（OPTICAL NETWORK ANYWHERE）**，做大全光网络产业空间，推动产业快速、健康、持续发展。ONA 成立后获得产业上下游生态伙伴大力支持，产业头部企业、顶级设计院、优质集成商及典型行业客户纷纷加盟，目前价值会员超过 200 家。ONA 推动《无源光局域网工程技术标准》、《智慧医院无源光局域网工程技术规程》等 10 个标准发布，推动将无源光局域网首次纳入国家标准设计图集，参与 20+国家/行业/团体标准制定；发布《F5G 全光园区技术应用白皮书》、《智慧医院 F5G 全光网应用产业白皮书》、《智慧医院 F5G 全光网设计指南》、《智慧教育 F5G 全光网设计指南》、《F5G 全光网络精品案例集》等多项产业成果，打造 24 家全光网络示范点，快速提升了 F5G 全光网络产业影响力。

新时代、新发展、新网络，ONA 积极推动 F5G 普及，推进 F5G-A 绿色万兆全光园区启航，携手产业力量为政府、企业数字化转型和高质量发展做出贡献！

ONA 官网：www.onalliance.org



中国电子节能技术协会
绿色全光网络技术委员会

