



央企重工F5G-A万兆光网 应用技术白皮书

F5G-A 10G Optical Network Application Technology White
Paper for Central SOE Heavy Industry

A decorative graphic element at the bottom of the page, consisting of multiple overlapping, wavy lines in various shades of blue, creating a sense of motion and depth. The lines are more densely packed on the right side and become more sparse towards the left.

央企重工F5G-A万兆光网 应用技术白皮书

F5G-A 10G Optical Network Application Technology White
Paper for Central SOE Heavy Industry

编写人员：（排名不分先后）

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 张 军 | 杜淼鑫 | 杨卫兵 | 张锐利 | 李 涛 |
| 向 路 | 王 滨 | 袁 璐 | 周 华 | 朱立彤 |
| 张 旭 | 刚轶金 | 卢青峰 | 童跃光 | 焦鹤勇 |
| 刘 岳 | 高洪福 | 邱 晔 | 文潇江 | 李东青 |
| 向正权 | 万席锋 | 龚 奎 | 汤春荣 | 刘 鹏 |
| 高时兵 | 冯 义 | 刘金星 | | |

编写单位：（排名不分先后）

中国电子节能技术协会绿色全光网络技术委员会（ONA）
中国舰船研究设计中心
西安航天动力研究所
西安航空计算技术研究所
中航西安飞机工业集团股份有限公司
西安云雀软件有限公司
中国五洲工程设计集团有限公司
中国电子工程设计院有限公司
航天规划设计集团有限公司
中国机械工业建设集团有限公司
中国船舶集团国际工程有限公司
华为技术有限公司
神州数码集团股份有限公司
长飞光纤光缆股份有限公司
北京神州鲲泰信息技术有限公司

PREFACE

前 言

当前，新一轮科技革命与产业变革加速演进，智能化与数字化转型正重塑全球工业格局。对关系国家经济命脉与战略安全的央企重工而言，这既是培育新质生产力，实现从规模扩张向质量效益提升、从传统制造向高端智造转型的战略窗口期，更是突破关键核心技术瓶颈、构建新型工业体系的攻坚关键期。随着人工智能、数字孪生、工业互联网等创新应用的规模化部署，传统工业网络已难于满足超大带宽、超低时延、超高可靠等智能制造核心需求，打造面向未来的确定性极简智能工厂网络，正成为央企重工智能化转型的必由之路。

F5G-A 凭借 50G-PON、智能自治等核心技术，融合抗强电磁干扰、易部署、绿色节能、自主可控、安全可靠等独特优势，实现带宽、时延、可靠性、能效等关键指标的量级跃升。央企重工布局 F5G-A 万兆光网，不仅是筑牢网络安全屏障，大幅降低布线与运维成本、提升网络韧性与绿色能效的战略举措，更是响应国家战略、破解转型痛点的关键支撑。F5G-A 万兆光网为央企重工打造了“一纤承载多业务、超万兆入房间、全光到终端”的新一代联接底座，构筑起央企重工数字化转型的“光纤神经网络”。

展望未来，央企重工将依托 F5G-A 万兆光网基石，持续深化融合光联、感知与通感算控，突破核心关键技术瓶颈，构建自主可控、安全高效的工业无源光纤网络基础设施，为建设制造强国、质量强国注入强劲动能！

CONTENTS

目 录

第一章 央企重工环境及趋势分析 5

| | | |
|------------|------------------------|-----------|
| 1.1 | 央企重工总体介绍 | 6 |
| 1.2 | 政策推动央企重工发展..... | 8 |
| 1.3 | 央企重工发展趋势 | 9 |
| 1.3.1 | 智能化升级趋势 | 9 |
| 1.3.2 | 数字化转型趋势 | 10 |
| 1.3.3 | 国产化替代趋势 | 12 |
| 1.4 | 央企重工网络演进趋势..... | 13 |
| 1.4.1 | 网络光纤化演进诉求 | 13 |
| 1.4.2 | 国家力推网络光纤化 | 14 |
| 1.4.3 | 光纤通信演进趋势 | 16 |

第二章 F5G-A 万兆光网定义与特点 17

| | | |
|------------|-----------------------------|-----------|
| 2.1 | F5G-A 万兆光网网络架构 | 18 |
| 2.1.1 | F5G-A 万兆光网定义 | 18 |
| 2.1.2 | F5G-A 万兆光网架构 | 20 |
| 2.1.3 | F5G-A 万兆光网演进 | 21 |
| 2.1.4 | F5G-A 万兆光网构成 | 22 |
| 2.2 | F5G-A 万兆光网特点..... | 26 |
| 2.2.1 | 技术先进和超高带宽 | 27 |

| | | |
|------------|---------------------------------|-----------|
| 2.2.2 | 网络安全和组网可靠 | 29 |
| 2.2.3 | 技术自主和供应安全 | 32 |
| 2.2.4 | 灵活调整和平滑演进 | 33 |
| 2.2.5 | 部署方便和运维简单 | 35 |
| 2.2.6 | 绿色低碳和节能环保 | 38 |
| 2.3 | F5G-A 万兆光网和其他网络的关系 | 40 |
| 2.3.1 | F5G-A 万兆光网和以太网共存 | 40 |
| 2.3.2 | F5G-A 万兆光网和以太网络的差异 | 42 |

第三章 央企重工 F5G-A 万兆光网应用场景 45

| | | |
|------------|----------------------------------|-----------|
| 3.1 | 央企重工 F5G-A 万兆光网网络划分 | 46 |
| 3.1.1 | 央企重工技术架构 | 46 |
| 3.1.2 | 科研办公网 | 48 |
| 3.1.3 | 工控网 | 50 |
| 3.1.4 | 安防网 | 51 |
| 3.1.5 | 其他网络 | 53 |
| 3.2 | 央企重工科研办公应用场景 | 53 |
| 3.2.1 | 办公室应用场景 | 53 |
| 3.2.2 | 开放办公区应用场景 | 54 |
| 3.3 | 央企重工制造应用场景 | 55 |
| 3.3.1 | 信息点密集型车间应用场景 | 55 |
| 3.3.2 | 信息点稀疏型车间应用场景 | 56 |
| 3.4 | 央企重工安防应用场景 | 58 |
| 3.4.1 | 室内安防应用场景 | 58 |
| 3.4.2 | 室外安防应用场景 | 59 |

第四章 央企重工 F5G-A 万兆光网应用案例61

| | | |
|-----|--------------|----|
| 4.1 | 西北某单位 1..... | 62 |
| 4.2 | 西北某单位 2..... | 64 |
| 4.3 | 西南某单位 1..... | 66 |

第五章 央企重工 F5G-A 万兆光网发展展望68

| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 5.1 | 从“全光联接”到“生产使能” | 69 |
| 5.2 | 从“合规安全”到“内生可信” | 69 |
| 5.3 | 从“成本中心”到“效率引擎” | 70 |
| 5.4 | F5G-A 万兆光网在央企重工的应用展望 | 71 |

附录 术语与缩略语72

| | | |
|-------|-----------|----|
| 附录 A: | 术语..... | 73 |
| 附录 B: | 缩略语 | 74 |

第一章

央企重工环境及趋势分析

1.1 央企重工总体介绍

央企重工隶属于国务院国资委，覆盖核工业、航天、航空、船舶、电子信息等多个关键领域。央企重工以创新为核心驱动力，持续深化技术革新与产业升级，不断提升核心竞争力，是重型装备制造领域的核心力量，也是国家战略科技力量的重要组成部分，承载着国家工业发展、国防建设与产业升级的关键使命，在维护国家国防安全、科技安全、能源安全和产业安全中具有不可替代的战略地位。

在建国之初，国家的重工业基础薄弱，为了筑牢国家的安全防线、构建自主的工业体系，国家集中资源布局了以核工业、航天、航空、船舶、电子信息等行业的核心科研与生产力量，从零起步，逐步攻克技术难关，建立起自主可控的产业生态。央企重工从最开始的仿制改进到后来的自主研发，从开始的单一产品制造到后来的全产业链布局，经历了资源整合、技术革新与体制优化等阶段，不断突破国外技术垄断，实现了从跟跑、并跑到部分领域领跑的跨越。进入新世纪之后，央企重工聚焦高端化、智能化、绿色化发展，深度融入国家重大战略，持续攻克核心技术，形成了完整的科研生产体系和产业链布局，打造出一系列国之重器，在全球高端装备制造领域占据重要席位。

核工业领域： 央企重工构建了覆盖核燃料循环全产业链的尖端体系，汇聚铀矿采冶、燃料制造、核电设计建造运营及核技术应用全链条力量，确保关键技术与装备自主供给，支撑核工业创新发展。核工业的突破不仅在于成功研发建造自主三代核电“华龙一号”等机组，实现技术从跟跑到并跑/领跑的飞跃；更在于核技术在医疗健康、工业检测、材料处理、农业育种等领域的规模化高价值应用，有效打破垄断，惠及民生。作为国家能源安全与“双碳”战略的基石，央企重工不仅保障清洁能源稳定供应，更以创新成果服务人民健康与产业升级，是推动我国从核工业大国坚实迈向核工业强国的中流砥柱。

航天领域： 央企重工构筑了全球领先的航天科研生产体系，依托强大研发与产业基础，实现了运载火箭、通信/导航/遥感卫星、载人飞船、深空探测

器及关键系统等全链条自主可控，支撑航天事业历史性跨越。中国航天的辉煌成就不仅体现于从卫星发射到空间站长期驻留、从月球采样到火星巡视的里程碑突破，更在于建成独立自主的北斗全球导航系统与高时效高分辨率对地观测网，大幅提升了国家空间能力与国际地位。央企重工肩负国家太空安全与深空探索使命，通过卫星应用广泛赋能通信、交通、农业、环保等经济社会发展关键环节，是引领我国从航天大国昂首迈向航天强国的核心引擎。

航空领域：央企重工深耕航空装备研制，已建立起完整而先进的航空科研生产体系，拥有百余家成员单位，能够自主研发先进战机、民用客机、通用航空、航空发动机、机载系统等等全谱系产品，助力我国航空工业实现跨越式发展。航空工业不仅仅实现了从第二代战机升级至第五代隐身战斗机，而且大型客机项目也取得了突破性进展，支线客机投入商业运营，逐步打破国际垄断格局。央企重工不仅是国防现代化的坚强后盾，更是通过民用航空产品，服务于应急救援、低空经济、通用航空等国民经济领域，推动着我国从航空大国向航空强国迈进。

船舶领域：央企重工打造了全球规模领先的造船集团，资产总额超万亿元，拥有遍布沿海的造修船基地及数十家顶尖科研院所，已具备自主设计建造航空母舰、大型驱逐舰、大型邮轮、散货船、油轮、集装箱船、海洋工程装备等的的能力。除了海军装备现代化水平实现质的飞跃外，民用船舶制造也长期位居世界前列，大型液化天然气（LNG）船、万箱级集装箱船、极地破冰船等高端产品不断取得突破。央企重工手持订单量稳居世界前列，彰显了在全球造船市场中的领先地位。

电子信息领域：央企重工坚持自主创新，拥有电子信息领域相对完备的科技创新体系，打造了覆盖芯片、设备、网络、应用的全产业链能力，在电子装备、网信体系、产业基础、网络安全等领域占据技术主导地位，肩负着支撑科技自立自强、推进国防现代化、加快数字经济发展、服务社会民生的重要职责，是国家安全的重要基石。央企重工以国家战略需求为导向，加快建设原始

创新策源地、激发人才创新活力、完善创新制度基础，着力破解各类“卡脖子”和改革发展的瓶颈问题，支撑高水平科技自立自强。

1.2 政策推动央企重工发展

国家政策是央企重工行业发展的核心驱动力。近年来，我国围绕国防现代化与科技强国战略，出台一系列顶层设计与专项政策，从自主可控、资金保障、法规护航等多维度发力，推动央企重工向智能化、数字化、国产化加速转型，为央企重工行业长期增长筑牢政策根基。

央企重工行业始终被置于国家安全与发展战略的核心位置，国家政策关于央企重工的顶层设计持续完善，战略地位不断拔高。2016年，中共中央、国务院等印发了《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》，明确国防与民用工业融合是统筹国家安全和全局的必然选择。2017年国务院办公厅发布了国发办【2017】91号文，提出扩大央企重工行业开放、引入社会资本、完善准入退出机制，推动央企重工行业从“封闭内循环”向“开放大协作”的转变。

国家政策对于央企重工有明确定调，战略部署高位统筹，发展路径更加清晰。2024年党的二十届三中全会《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》中明确提出，要深化国防科技工业体制改革，优化国防科技工业布局，构建装备现代化管理体系。

国家政策持续推动央企重工改革深化，2025年以来以中国船舶、中国动力为代表的并购重组事件不断涌现，标志着央企重工行业迈入了“政策预期驱动”和“业绩兑现与改革落地”双轮驱动阶段。

国家政策推动央企重工行业的产业升级，近年来央企重工迎来需求刚性化、结构高端化和财务健康化的关键转折，出口实现了从“性价比替代”到“技术标杆”，从“单品出口”到“体系解决方案”的跃迁。

国家政策推动了央企重工新质战斗力的发展，无人化、智能化、网络电磁对

抗等方向正逐渐成熟。2026 年政府报告首次将航空航天明确为“新兴支柱产业”，并明确提出“加快发展卫星互联网”，低空经济、商业航天等赛道持续突破，推动央企重工行业从技术积累期正式进入产业化爆发期。

国家政策的全方面，多层次支持，推动央企重工行业迈入高质量发展的黄金时代。在政策红利持续释放、需求刚性增长、技术加速突破的多重驱动下，央企重工行业将不断提升综合实力，为建筑经济强国和科技强国提供坚实的支撑。

1.3 央企重工发展趋势

1.3.1 智能化升级趋势

AI 技术正经历从感知智能到认知智能，甚至到决策智能的变迁。随着 Deepseek、通义千问 Qwen 等模型的出现，推动了多模态能力的普惠化，AI 大模型多模态融合已成为标配，已从单一的文本/图像理解进化为多模态的全息感知；AI 的推理能力也持续深化，已从知识检索转为复杂推理，可以分析一些现象的根因；AI 的智能体 (Agent) 自主执行能力也有极大提升，已具备了从感知、决策到执行的闭环能力。

2024 年 2 月 19 日国务院国资委召开了“AI 赋能 产业焕新”中央企业人工智能专题推进会，提出中央企业要主动拥抱人工智能带来的深刻变革，加快推动人工智能发展，抢抓战略机遇，培育新质生产力；会议强调中央企业要统筹谋划发展人工智能，深入推进产业焕新，加快布局和发展智能产业。开展 AI+ 专项行动，强化需求牵引，加快重点行业赋能，构建一批产业多模态优质数据集，打造从基础设施、算法工具、智能平台到解决方案的大模型赋能产业生态。

2025 年 7 月 11 日工业和信息化部发布了“信息化和工业化融合 2025 年工作要点”，提出需要实施“人工智能+制造”行动，开展智能工厂梯度培育，依托智能工厂建设，带动智能制造装备、工业软件和系统集成创新成果加速应用和迭代升级。



图 1-1 智能化升级趋势

传统的园区管理依赖人工经验，效率较低且响应较慢，园区网络仅发挥了支撑设备联网的作用，而 AI 的出现，彻底改变了这一局面。AI 让园区网络拥有了感知、认知和决策的能力，使得网络从被动的数据管道升级为主动的智能中枢。AI 通过对海量的数据（特别是物联网数据）进行智能识别、分析及决策，实现了园区的智能化服务。

央企重工需要深化 AI 与网络/智能技术融合，在 AI 质检、智能决策、预测性维护等场景实现突破，推动园区运营全流程智能优化。且持续深化数字孪生与园区的融合，构建虚实联动的智能管控体系，提升生产精准度与应急响应能力。通过深化跨区域、跨行业协同，依托国家新型互联网交换中心，实现算力资源高效调度与产业数据互联互通，打造全国性工业数字枢纽节点。

1.3.2 数字化转型趋势

央企重工正以智能化改造为核心抓手，加速网络数字化转型进程。

国家持续下发政策推动园区的数字化。工业和信息化部的《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》明确提出要推动制造业企业数字化、网络化、智能化发展，加快工业互联网普及应用，提出了“以智能制造为主攻方向，以数字化转型为主要抓手，推动工业互联网创新发展，培育融合发展新模式新业态，加快重点行业领域数字化转型”，并在重点工程中明确了“制定制造业数字化

转型行动计划。制定重点行业领域数字化转型路线图。构建制造企业数字化转型能力体系”。

工业和信息化部的《高标准数字园区建设指南》设定了明确目标“到 2027 年，建成 200 个左右高标准数字园区，实现园区规上工业企业数字化改造全覆盖，园区管理、服务数字化水平明显提升，形成一批可复制可推广的数智赋能园区发展的典型模式，园区发展质量和效益显著提升”。



图 1-2 数字化转型趋势

在数字经济蓬勃发展的时代背景下，传统产业园区面临前所未有的转型压力。网络是数字化转型的“大动脉”，央企重工需顺应数字化需求，升级网络，构建适配智能制造的数字网络体系。在数字化的坚实底座之上，全面重塑生产运营模式，实现从“经验驱动”向“数据驱动”的根本转变。通过智能传感、机器视觉、工业机器人与网络的深度融合，加速打造无人车间、数字化车间等先进生产场景。

随着技术创新与生态完善，央企重工将引领工业数字化转型，成为数字经济与实体经济深度融合的关键典范，为制造强国、网络强国建设提供坚实支撑。

2026 年 1 月，工信部部长特别提到要促进制造业的数智化转型，首先是要筑牢数字化基础，一方面要启动工业数据筑基行动，建设一批高质量行业数据集，壮大数据咨询、数据标注等经营主体；另一方面要加快制造业数字化转型，

推动规上企业“应转尽转”，深化中小企业数字化转型赋能专项行动。其次关键是要畅通网络化纽带，网络化是连接数字化和智能化的桥梁，要一手抓“连接”，加快网络技术升级，有序推进“双千兆”网络向 5G-A 和万兆光网演进升级，着力破解工业标准协议兼容互通等瓶颈。

1.3.3 国产化替代趋势

在全球产业链重构与科技竞争白热化的背景下，央企重工作为国家战略科技力量的核心组成部分，是中国制造的压舱石和顶梁柱，是支撑中国式现代化建设的工业脊梁，在保障产业链安全、推动高端装备自主化中扮演不可替代的角色，其国产化进程已成为保障产业链安全、支撑高质量发展的关键支柱，国产化战略正从“被动防御”转向“主动破局”。

央企重工的国产化是保障产业链安全、破解卡脖子难题、夯实国家发展根基的核心支撑。依托新型举国体制优势，央企重工在核心领域集中攻关，推动关键零部件自主化率持续提升。大型的高端装备已实现国产化及自主可控，央企重工所使用的办公自动化设备、制造设备和网络设备等也在采用国产化替代，装备及设备的底层芯片、操作系统、数据库等也在全面实施国产化替代。

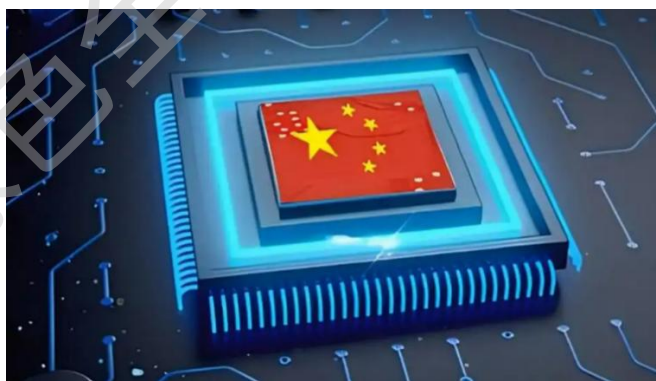


图 1-3 国产化替代趋势

2026 年 3 月 13 日国务院公布了第 834 号中华人民共和国国务院令《国务院关于产业链供应链安全的规定》，对于产业链供应安全提出了要求。

近年来，央企重工以创新驱动、改革赋能、产业整合为抓手，在国产替代领域取得系列突破性成果，实现从跟随到持平，再到局部领先的跨越。

1.4 央企重工网络演进趋势

央企重工的数智化转型离不开高速率、高稳定、高可靠、海量接入、安全隔离的智慧网络。

央企重工的网络基础设施应顺应“光进铜退”的趋势，采用 F5G-A 万兆光网等新兴技术架构，通过光纤下沉，实现光纤到设备、光纤到终端、光纤到桌面，提供高带宽、低时延、高可靠的智慧网络联接。

1.4.1 网络光纤化演进诉求

央企重工的网络覆盖科研办公、生产等多元场景，其中生产环境尤为严苛，生产环境具有强电磁干扰、广域长距离分布等极端特征，对生产连续性、安全可靠性与数据传输精度要求极高。传统铜缆（网线）易受干扰，导致网络丢包、卡顿或业务中断，在稳定性、抗干扰性及带宽承载能力上，难以满足重型装备全生命周期数字化、智能化升级需求。

光纤采用光信号传输，天然免疫强电磁干扰，且本质安全（不导电、无电火花风险），完美适配核电、油气、危化品等高危区域。其超宽承载与极致可靠的优势，使之成为央企重工筑牢数字底座、实现“制造”向“智造”跃升的核心基础设施。

央企重工肩负重大装备制造、工程建设与能源保障的核心使命，对网络安全要求极高。传统屏蔽网线仍存在电磁泄漏隐患，需依赖复杂的物理隔离（如不同密级线缆间隔布放）来缓解，实际部署限制重重。而光纤传输无电磁辐射，从根本上杜绝了通过电磁泄漏窃取数据的风险，为数据安全构筑坚固屏障，同时简化了布线设计（无需间隔走线），显著降低部署约束。

1.4.2 国家力推网络光纤化

创新是引领发展的第一动力，是我国建设现代化经济体系的战略支撑。固定网络通信技术具有发展速度快、技术更新迭代周期短、对业务应用支撑显著等特点。我国政府高度重视网络技术的发展，在《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》中更是明确提出要加强核心技术研发和标准研制，鼓励龙头企业、科研机构等加大超高速光纤传输、下一代光网络技术等的研发投入，深入参与国际标准化工作，加强团体标准研制，形成我国“双千兆”网络技术核心竞争力。

随着“千兆光网”的逐渐普及，国家也在大力推动下一步的“万兆光网”的试点及落地。万兆光网是下一代光网络的升级演进方向，是新型信息基础设施的重要组成部分。国内已组织开展万兆光网试点工作，推动网络向超高速、大容量、智能化升级演进，助力推进新型工业化。以下是国家近年来在固定网络通信技术方面的相关政策。

表 1-1 信息化技术创新及政策推动

| | | | |
|------|---|------|-------------|
| 政策名称 | 关于印发信息通信行业发展规划（2016—2020年）的通知 （工信部规〔2016〕424号） | | |
| 发布机构 | 工业和信息化部 | 发布日期 | 2016年12月18日 |
| 相关内容 | 优化网络结构布局。以数据中心为核心，打破传统地域和行政区划组网模式，推动传统网络的转型升级，构建能够支撑互联网业务发展的新型网络。 | | |
| 政策名称 | 中华人民共和国国民经济和社会发展 第十四个五年规划和2035年远景目标纲要 | | |
| 发布机构 | 全国人民代表大会 | 发布日期 | 2021年3月12日 |
| 相关内容 | 围绕强化数字转型、智能升级、融合创新支撑，布局建设各类信息基础设施、融合基础设施、创新基础设施等新型基础设施。建设高速泛在、天地一体、集成互联、安全高效的信息基础 | | |

| | | | |
|------|--|------|-------------|
| | 设施，增强数据感知、传输、存储和运算能力，推广升级千兆光纤网络的应用普及。 | | |
| 政策名称 | 关于印发《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》的通知（工信部通信〔2021〕34号） | | |
| 发布机构 | 工业和信息化部 | 发布日期 | 2021年3月24日 |
| 相关内容 | 加强核心技术研发和标准研制。鼓励龙头企业、科研机构等加大超高速光纤传输、下一代光网络技术和无线通信技术等的研发投入，深入参与国际标准化工作，加强团体标准研制，形成我国“双千兆”网络技术核心竞争力。千兆光纤网络具备覆盖4亿户家庭的能力，10G-PON及以上端口规模超过1000万个，千兆宽带用户突破3000万户。 | | |
| 政策名称 | 关于印发“十四五”数字经济发展规划的通知（国发〔2021〕29号） | | |
| 发布机构 | 国务院 | 发布日期 | 2021年12月12日 |
| 相关内容 | 加快建设信息网络基础设施，协同推进千兆光纤网络和5G网络基础设施建设。有序推进基础设施智能升级，稳步构建智能高效的融合基础设施，提升基础设施网络化、智能化、服务化、协同化水平。高效布局人工智能基础设施， | | |
| 政策名称 | 关于印发“十四五”全国城市基础设施建设规划的通知（建城〔2022〕57号） | | |
| 发布机构 | 住房和城乡建设部、国家发展改革委 | 发布日期 | 2022年07月07日 |
| 相关内容 | 构建信息通信网络基础设施系统。推进第五代移动通信技术（5G）网络设施规模化部署，推广升级千兆光纤网络设施。城市基础设施智能化建设行动，加快建设“千兆城市”。严格落实新建住宅、商务楼宇及公共建筑配套建设光纤等通信设施的标准要求，促进城市光纤网络全覆盖。加速光纤网络扩容提速，积极推进光纤接入技术演进，建设高速信息通信网络，全面开展家庭千兆接入和企业万兆接入升级改造，推动实现光纤到桌面、光纤进车间。 | | |

| | | | |
|------|---|------|-------------|
| 政策名称 | 关于开展万兆光网试点工作的通知 (工信厅通信函(2025)3号) | | |
| 发布机构 | 工业和信息化部办公厅 | 发布日期 | 2025年01月02日 |
| 相关内容 | 开展“万兆小区”、“万兆工厂”和“万兆园区”试点，在小区、工厂、园区等重点场景，开展万兆光网试点，实现50G-PON（无源光网络）超宽光接入、FTTH（光纤到户）/FTTR（光纤到房间）与第7代无线局域网协同、高速大容量光传输、光网络与人工智能融合等技术的部署应用。 | | |

1.4.3 光纤通信演进趋势

自1966年高锟博士论证了光纤通信的可行性后，光纤通信开始快速发展，人类进入光纤通信时代。光纤通信技术在学术界和工业界均取得了突破性的发展，光纤成为20世纪最重要的发明，是构建万物互联世界的基石。光纤已在家庭宽带市场成为绝对主流的接入手段，并逐渐延伸至教育院校、医院、酒店、办公园区、工厂等其他各种场景。

欧洲电信标准协会（ETSI）于2020年2月面向全球宣布成立F5G产业工作组，致力于研究固定网络的代际演进和长期发展，推动从光纤到户（FTTH）迈向光联万物，为产业的发展指明了方向。相较于使用传统铜线作为主要传输介质，F5G-A万兆光网不仅具备大带宽、低时延、高稳定的全光联接特性，还在远距离传输、碳排放、使用寿命等方面有着明显的优势。在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》中提出了“推进万兆光网部署应用，建设100万个高速无源光网络（50G-PON）端口”，进一步推动了F5G-A万兆光网（50G-PON）在网络基础设施中的应用。

随着万物互联的发展趋势，园区网络的联接将会以指数级增长。F5G-A万兆光网将推动光纤网络进一步延伸覆盖到园区的每一个场景，从光纤到弱电间，到光纤到办公室，光纤到桌面等，最终迈向光联万物。

第二章

F5G-A万兆光网定义与特点

2.1 F5G-A 万兆光网网络架构

2.1.1 F5G-A 万兆光网定义

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，由业界广泛参与的一代固定网络。

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。F5G 的参与者包含诸多机构成员，包括电信运营商（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），ETSI F5G 标准组的会员超过了 100 家。

2020 年 9 月，ETSI 发布《F5G 代际定义标准》，确定 F5G 三个主要特征：即增强固定宽带 eFBB、全光联接 FFC 和可保障品质的体验 GRE。

- 增强固定宽带 eFBB：可提供千兆至万兆级接入带宽，满足高清视频、VR 体验等大流量业务需求。
- 全光联接 FFC：实现光纤从机房延伸至房间、大堂等终端场景，无中间光电转换环节，减少信号损耗。
- 可保障品质的体验 GRE：通过带宽动态分配、低时延传输，确保科研办公系统、安防监控等关键业务稳定运行。

F5G 是地上的一张网，5G 是天上的一张网，F5G 适合于企业园区、电力交通数据承载等场合；而 5G 主要适用于需要移动性的场合，例如个人通信、无人机、车联网等。F5G 的有线网络和 5G 的无线网络互为协同，互相补充，为万物感知和网络应用赋能。

F5G 标准发布后，ETSI 开始致力于 F5G 标准升级版本的研讨和制定，并识别出 F5G 向下一代演进的两大主要驱动力：

- 新兴应用驱动：如数字孪生、元宇宙、应用数字化/云化等；

- 网络基础设施演进驱动：如更大带宽和更好体验需求、数字化和自动化、计算与网络融合，无处不在的光纤网络覆盖、绿色网络等。

基于上述驱动力，欧洲电信标准化协会在 2023 年 11 月重磅发布《F5G Advanced 代际标准》，正式定义了 F5G Advanced（简称 F5G-A）代际，明确了 F5G-A 的六大特征，阐述了其驱动因素及关键技术，并探讨了从 F5G 到 F5G-A 的演进路径。F5G-A 的定义如下图所示。

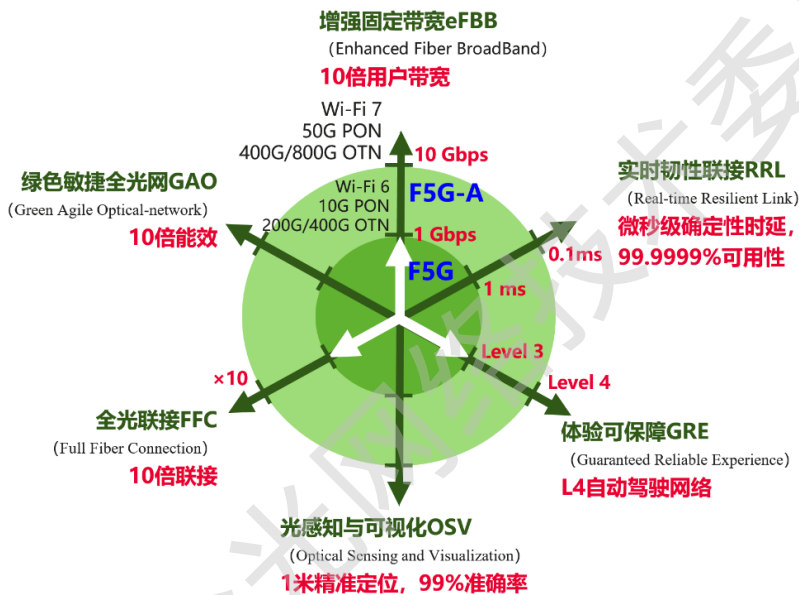


图 2-1 F5G-A 网络代际

2025 年 1 月，工业和信息化部发布《关于开展万兆光网试点工作的通知》，明确定义了万兆光网是采用 50G-PON（无源光网络）超宽光接入，实现高速大容量光传输、光网络与人工智能融合等技术的部署应用。

在万兆光网的万兆工厂场景，50G-PON 接入端口已覆盖厂房、车间，且大容量工业 PON 技术和工业光网技术已在车间、生产线等开始使用，支撑了确定性、低时延、高可靠的生产业务应用。万兆工厂场景还持续开展工业 OTN（光传送网）、工业光总线、第 7 代无线局域网等技术的应用研究。万兆工厂场景持续推进万兆光网和人工智能融合技术验证，在工业 AOI（光学自动质检）、生产和安全监控等领域试点应用。

在万兆光网的万兆园区场景，面向高新技术产业开发区、经济开发区、产业园区（特色产业园区）、办公园区等各类园区，50G-PON 接入端口覆盖园区内生产、科研办公、宿舍等区域，具备支撑万兆光网接入能力。

2.1.2 F5G-A 万兆光网架构

央企重工 F5G-A 万兆光网主要由 OLT、ODN（含无源的光分路器）、ONU 和核心交换机等设备构成，F5G-A 万兆光网的构成如下图所示：

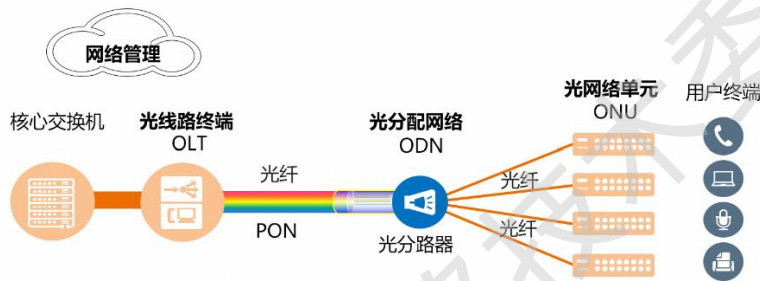


图 2-2 F5G-A 万兆光网络构成

F5G-A 万兆光网在央企重工中应用时，主要用于有线部分的承载，央企重工 F5G-A 万兆光网的网络架构如下：

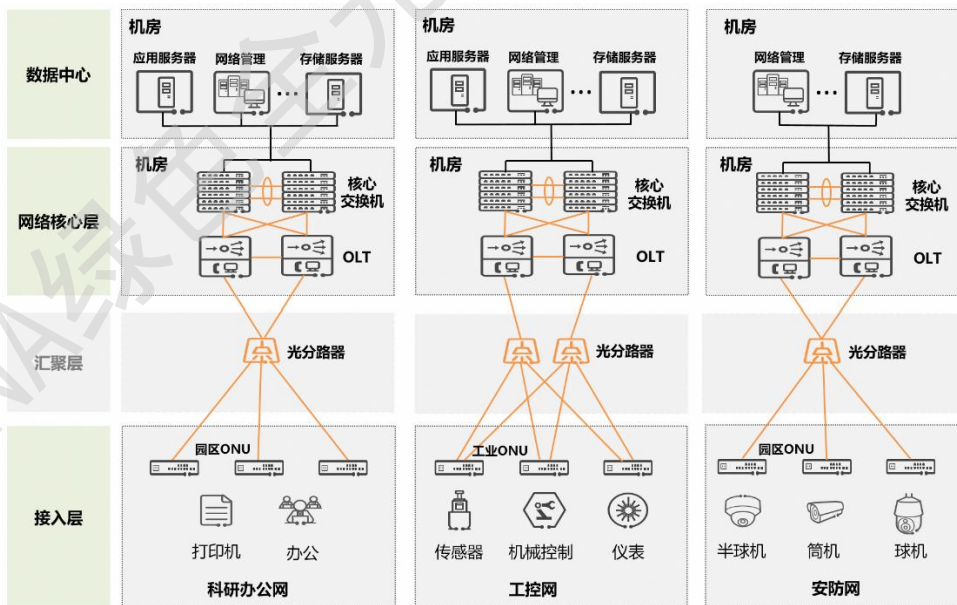


图 2-3 央企重工 F5G-A 万兆光网的网络架构

F5G-A 万兆光网具有端到端 TCO 最优，运维简单，技术先进，绿色低碳，支持平滑演进等优点，适合在央企重工场景使用。F5G-A 万兆光网可支撑央企重工的数智化演进，可通过波长/时隙隔离实现各子网的隔离，确保不同应用业务满足网络安全等级保护要求，支持多网络合一，简化了网络架构。

2.1.3 F5G-A 万兆光网演进

F5G-A 万兆光网也称无源光局域网 POL，采用点对多点的 PON 技术，PON 技术主要包括 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 等。F5G-A 万兆光网为用户提供融合的数据、语音、视频及其他智能化系统业务。PON 技术已在 FTTH（光纤到家庭）场景中成熟商用十多年，其技术的稳定性、经济性等都经过了长期的验证。央企重工 F5G-A 万兆光网就是在 FTTH 场景的基础上增强了安全性、可靠性、稳定性等，针对企业级的应用进行了适配。

国际电信联盟 ITU 已制定和发布了 GPON、XG(S)-PON 和 50G-PON 的标准，当前正在讨论下一代更高带宽 PON（200G-PON）的技术标准。在标准制定时已充分考虑了各代 PON 在同一根光纤中共存传输的需求，各代 PON 技术采用不同的波长实现共存，故在代际演进时无源 ODN 网络无需变更，已建好的光纤基础设施网络可做到 30 年不变，各代 PON 技术的标准演进如下图所示。

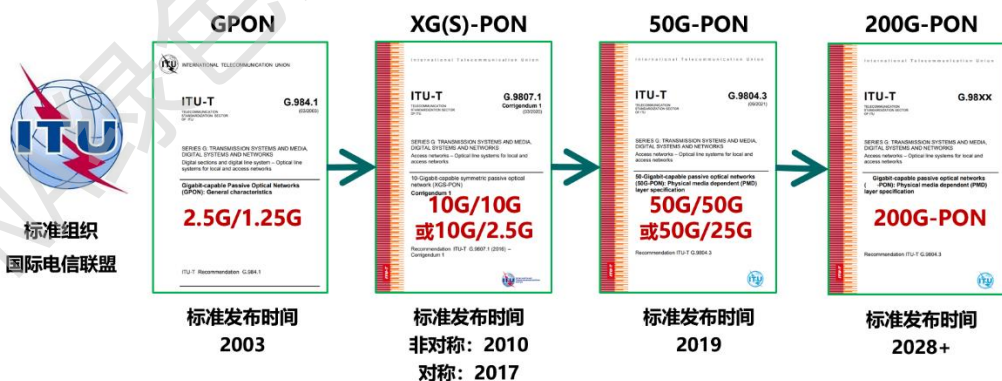


图 2-4 PON 技术标准演进

F5G-A 万兆光网中采用的各种 PON 技术采用了不同的波长和不同的速率，

具体的参数如下表所示。

表 2-1 PON 技术参数表

| 速率和波长 | PON 技术参数 | | |
|-----------------|-----------|-----------|------------|
| | 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 |
| 下行中心波长 (nm) | 1490 | 1577 | 1342 |
| 下行波长范围 (nm) | 1480~1500 | 1575~1580 | 1340~1344 |
| 上行中心波长 (nm) | 1310 | 1270 | 1286 |
| 上行波长范围 (nm) | 1290~1330 | 1260~1280 | 1284~1288 |

除了上述 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 技术之外，还存在 Combo 模式。Combo 模式就是多种 PON 技术在同一个 OLT PON 端口下共存的模式，如 XGS-PON Combo 就是在 OLT 的一个 PON 端口下同时支持 GPON 和 XGS-PON 两种模式，在该 OLT 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，互不干涉。50G-PON 也存在 Combo 模式，50G-PON Combo 是在 OLT 的同一个 PON 端口下同时支持 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 三种不同的 PON 模式，三种不同的 ONU 可同时工作，并通过波长进行隔离。

2.1.4 F5G-A 万兆光网构成

F5G-A 万兆光网主要是由 OLT、ODN 和 ONU 等设备构成。

OLT：OLT 一般部署在核心机房，是终结从各个 ONU 上来 PON 信号的设备，通过 PON 端口和 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。F5G-A 万兆光网通用场景建议采用 Type B 双归属保护方式；对于可靠性要求更高的场景，建议采用 Type C 双归属保护方式。

ONU: ONU 部署在用户侧（宜部署在靠近用户计算机、科研办公设备、摄像机、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，将用户终端设备的上行信号转换成 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、各种管理服务器和存储服务器、存储设备和 OLT 等。在实际应用中通常采用双机热备份。

网络管理: F5G-A 万兆光网的网络管理设备，可提供图形化的管理界面和模板化的相关配置，简化网络的配置及运维。网络管理设备宜通过图形化界面对以太网设备和 PON 网络设备实现统一管理。

➤ OLT 设备

OLT 设备按插卡方式和 PON 端口数量可分为插卡式 OLT（大规格、中规格和小规格）和盒式单机版 OLT，选型时可按需选择，且选择 OLT 时需考虑预留未来用户量增长和业务增长的空间，OLT 的类型如下表所示。

表 2-2 OLT 种类划分

| OLT 类型 | 插卡式 | | | 单机版 |
|------------------------|------|-----|-----|-----|
| | 大规格 | 中规格 | 小规格 | 单机版 |
| 规格类型 | | | | |
| 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 |

常用的插卡式 OLT 可分为大规格 OLT、中规格 OLT 和小规格 OLT，插卡式 OLT 支持按需插入 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，以支持未来带宽的平滑演进。对于一些较

小的独立建设的网络，也可采用盒式单机版 OLT，盒式单机版 OLT 不支持 PON 单板的插拔和 PON 单板扩容，业界常见的插卡式 OLT 如下图所示。



图 2-5 业界常见插卡式 OLT 设备

➤ ONU 设备

ONU 类型较多，可分为机架式 ONU、盒式 ONU、86 面板型 ONU 和 SFP ONU 等，常见的盒式 ONU 和 86 面板型 ONU 如下图所示。



图 2-6 盒式 ONU 类型



图 2-7 86 面板型 ONU 类型

➤ 光分路器

光分路器包括盒式光分路器、托盘式光分路器和机架式光分路器等，常使用 19 英寸的盒式光分路器插箱和机架式光分配箱(分路器)，部署于弱电间中。

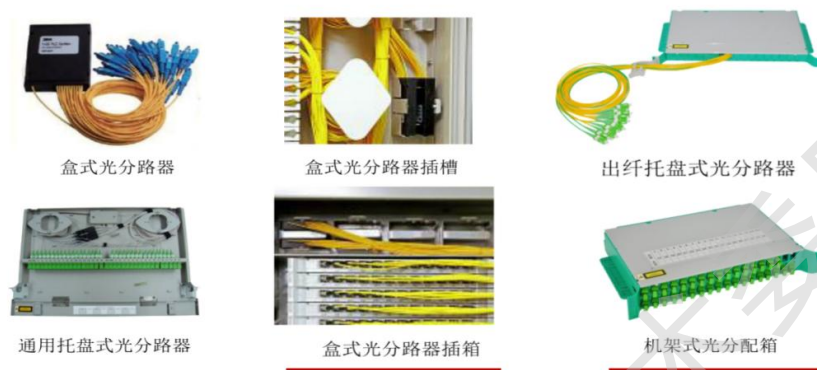


图 2-8 光分路器类型

➤ 光纤

央企重工 F5G-A 万兆光网使用的是单模光纤，通常垂直布线采用 G.652G 光纤，水平布线采用 G.657 光纤。G.657 系列光纤具有优异的抗弯性能（最小弯曲半径 7.5mm），且与 G.652D 光纤（室外/主干使用）有着良好的兼容性。

央企重工 F5G-A 万兆光网从光分路器到 ONU 的光缆通常采用蝶形光缆(又称皮线光缆)，蝶形光缆主要由 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），位于蝶形光缆中心；第二部分是加强件，位于光缆的两侧，加强件也可分为金属加强件及非金属的玻璃纤维两种；第三部分是低烟无卤的护套，对光缆进行保护。蝶形光缆的示意图如下所示。

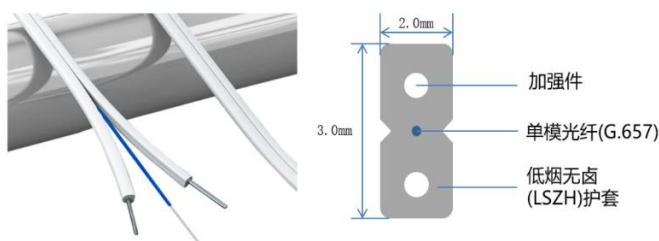


图 2-9 室内蝶形光缆示意图

蝶形光缆是光纤下沉场景（光纤到楼，光纤到户等）主要使用的光缆，已在家庭宽带场景广泛应用，该光缆部署便捷且成本较低，其抗拉性、可靠性历经长期实践验证。

对于不方便本地取电的场景，央企重工业可采用光电复合缆进行远程供电。光电复合缆的示意图如下所示。

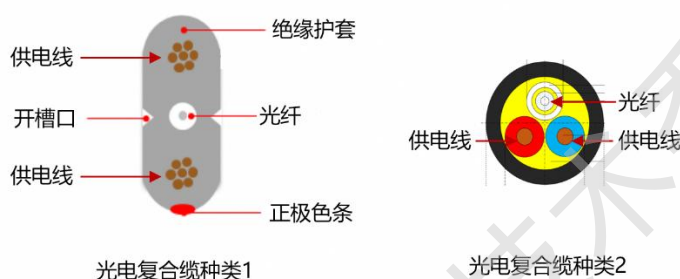


图 2-10 光电复合缆示意图

常见的光电复合缆有 2 种，其中光电复合缆种类 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。

2.2 F5G-A 万兆光网特点

随着 DeepSeek 等在园区本地加速部署，AI 将广泛应用到园区、医疗、教育等场景。面向 AI 时代，园区流量爆发式的增加，将推动“光进铜退”全面加速，万兆光网成为 AI 时代的标配。F5G-A 万兆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。

F5G-A 万兆光网具有技术先进和超高带宽、网络安全和组网可靠、技术自

主和供应安全、部署方便和运维简单、绿色低碳和节能环保、灵活调整和平滑演进、经济效益最优等优点，能够提供 50Gbps 到房间，10Gbps 到桌面，从而使园区的每个用户均可以随时随地使用 AI。

2.2.1 技术先进和超高带宽

央企重工 F5G-A 万兆光网相比传统的以太网络，具备技术先进和超高带宽的特点。F5G-A 万兆光网在网络架构和传输介质进行了创新。

网络架构的创新：央企重工 F5G-A 万兆光网的核心交换机和 OLT 部署于核心机房，无源的光分路器通常部署于楼层弱电间，ONU 通常部署于房间/办公室中，OLT 和 ONU 之间采用单模光纤互连。F5G-A 万兆光网采用光分路器实现无源的光汇聚，网络层次由核心层/汇聚层/接入层简化为核心层/接入层，减少了汇聚层，简化了网络层次。架构的创新减少了网络对弱电间的空间和供电/散热的要求。

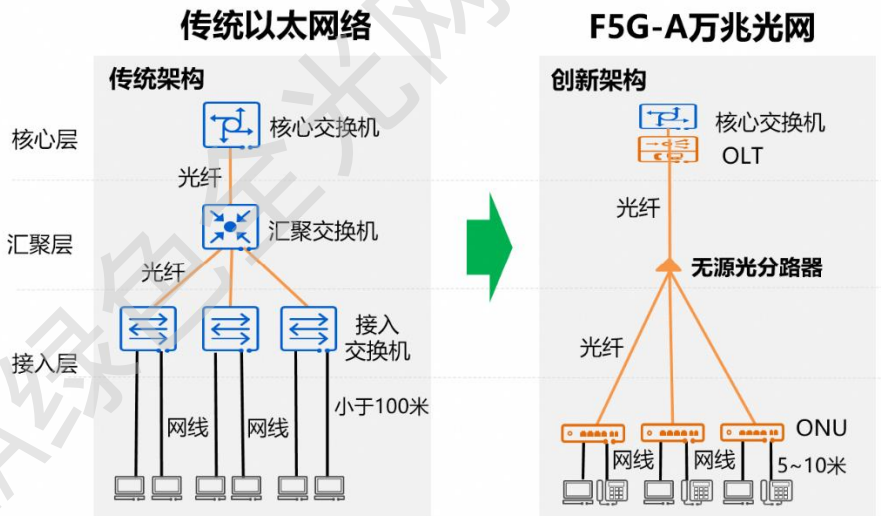


图 2-11 F5G-A 万兆光网实现架构上的创新

传输介质的创新：F5G-A 万兆光网的水平布线采用光纤介质作为传输介质，光纤具有高带宽、高可靠的等特点，也能降低后期链路升级的改造成本。

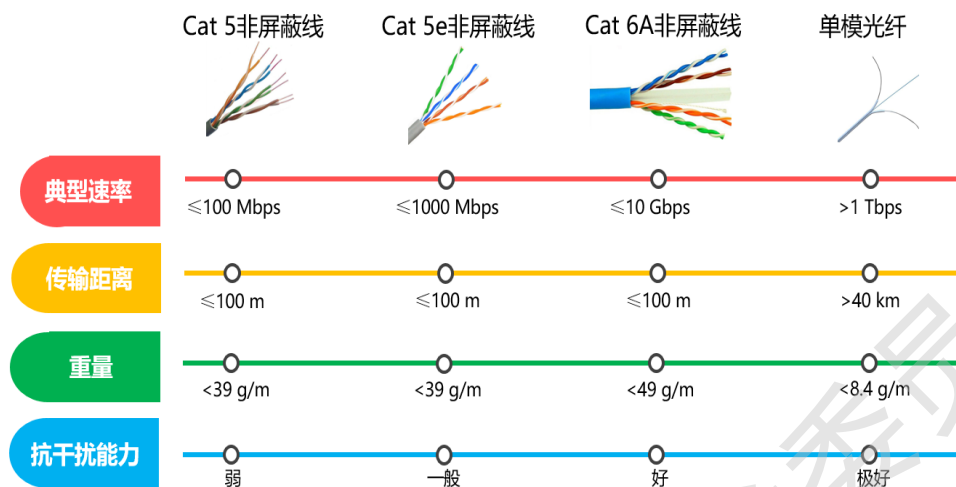


图 2-12 单模光纤的速率/距离/重量等更优

传统以太网交换机网络，核心交换机部署于核心机房，汇聚交换机、接入交换机部署于楼层弱电间。楼层弱电间的接入交换机提供标准的以太网端口，从接入交换机到各种用户终端采用小于 100 米的网线。而央企重工 F5G-A 万兆光网推动光纤持续下沉，从光纤下沉至弱电间，到光纤下沉至房间，房间中的 ONU 提供标准的以太网端口，提供各种接入终端的接入能力。从 ONU 到各种接入终端采用网线，网线长度通常小于 10 米。

央企重工 F5G-A 万兆光网实现光纤到房间，也可支持光纤下沉至桌面或光纤下沉至设备，光纤下沉有利于发挥光纤高带宽的优势。单模光纤相比于传统的 Cat5e、Cat6A、Cat7 等网线，具有超过 1Tbps 的带宽能力。光纤的带宽及演进性更好，且使用寿命长，正常使用可达 30 年以上。F5G-A 万兆光网的无源光纤基础设施建成后可 30 年不落后，持续支持高带宽演进。

光纤下沉带来了带宽的增长，采用 F5G-A 万兆光网可实现超万兆（50G）到房间（办公室），相比传统的以太网方案，提供万兆甚至超过万兆的超高带宽，满足越来越高的带宽诉求。

2.2.2 网络安全和组网可靠

央企重工 F5G-A 万兆光网比传统方案更安全，更可靠。PON 技术通过多种技术提升了自身的安全性。

光纤传输介质的安全性更高。F5G-A 万兆光网实现光纤从弱电间下沉到房间或者桌面，把网线控制在房间内。网线在传输过程中会向外辐射电磁信号，不法分子可借助电磁接收设备在不接触网线的情况下，截获并解析出数据信息。而光纤传输的是光信号，光信号是在光纤的纤芯中通过全反射进行传播，几乎不会产生电磁辐射，外界难以通过常规手段窃取信号。

传统的以太网协议是异步传输模式，可通过网络抓包工具分析帧间隔/帧头等识别出具体的承载数据；而 PON 技术采用的是同步数据流传输模式，ONU 需要和 OLT 实现时钟同步和时间同步之后才能接入网络，且通过不同的 TDM 时隙来区分不同 ONU 的数据。同步数据流的安全性更高。

F5G-A 万兆光网中，OLT 是整个网络的管理核心，对整网的 ONU 进行入网的安全性管理，ONU 只有通过 OLT 的认证后才能接入网络。每台 ONU 在出厂时都烧录有一个唯一的身份编码，在 OLT 上可设置哪些 ONU 的身份编码是合法的身份编码，只有合法身份编码的 ONU 才被允许接入到 OLT 中。

F5G-A 万兆光网采用的 PON 技术在安全上进行了很多创新，PON 上行方向可保证不同的 ONU 之间相互隔离，每台 ONU 都无法直接访问别的 ONU（只能在 OLT 上实现受控的访问）。PON 采用的光分路器原理上就是将 2 根光纤熔融拉伸合成一个光分路器，由于光信号在光纤中只能直线传输，所以光信息只能从光分路器的输入端传送到输出端（或从输出端传送到输入端），故 ONU 发出的光信号只能通过光分路器传送到 OLT 设备，无法在光分路器上反射到其他的 ONU 设备，故在上行方向各个 ONU 之间是互相隔离的，每台 ONU 都无法收到其他 ONU 发送的光信号，在安全上有保证。F5G-A 万兆光网上行方向的安全性如下图所示。

F5G-A的ONU上行信息互相隔离

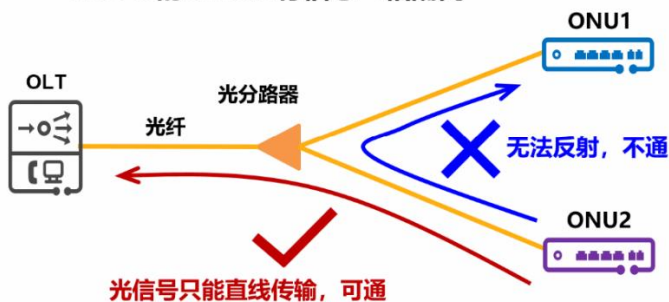


图 2-13 ONU 的上行信息互相隔离

F5G-A 万兆光网的下行方向，OLT 在发送给 ONU 的 PON 报文也并不是采用广播的方式发送，而是每个 PON 报文都有明确的标识，标识这个报文是发送给哪台 ONU。ONU 设备的 PON 协议处理模块会判断收到的 PON 报文是否为发给本 ONU 的报文，如果确认该报文为发给本 ONU 的有效 PON 报文，才将 PON 报文送到以太网报文处理模块转换为以太网报文；如果 PON 协议处理模块识别出该 PON 报文不是发给本 ONU，则直接丢弃，也不会送到以太网报文处理模块。所以每台 ONU 的下行的以太网端口只能看到本 ONU 的报文，无法看到非本 ONU 的报文。PON 协议处理模块是固化在 ONU 芯片内部，无法在外部通过软件等更改，安全性高。F5G-A 万兆光网下行方向 ONU 收取 PON 报文的安全性如下图所示。

F5G-A的ONU下行方向只收取自己的信息

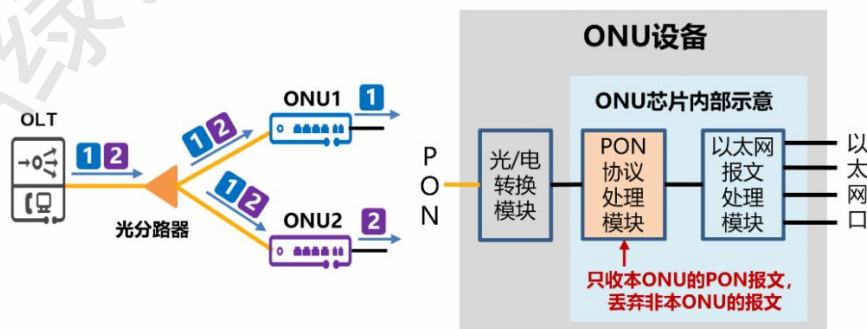


图 2-14 PON 下行方向 ONU 只收取自己的信息

F5G-A 万兆光网的下行方向，除了 ONU 的 PON 协议处理模块会识别丢弃非本 ONU 的报文外，每台 ONU 还针对传输的报文进行了独立的加密处理，每台 ONU 都会独自生成自己的加密密钥，对本 ONU 的以太网报文进行加密处理；且每台 ONU 的密钥支持分钟级动态更新，确保 ONU 上下行数据的安全性。对于 XGS-PON 或 50G-PON，每台 ONU 的下行报文和上行报文都会加密传输。F5G-A 万兆光网加密传输的安全性如下图所示。

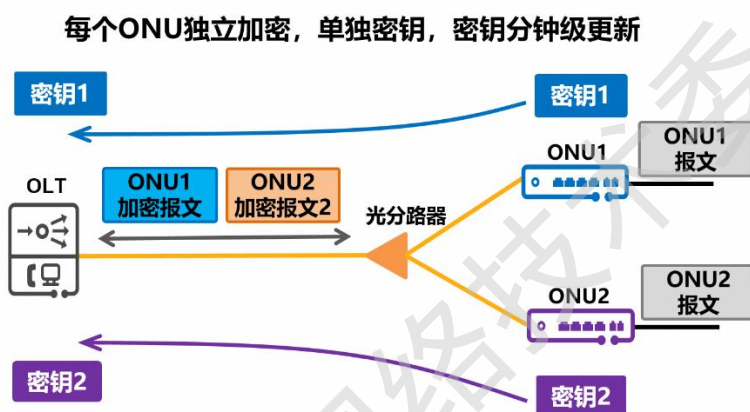


图 2-15 每台 ONU 独立加密&单独密钥

央企重工 F5G-A 万兆光网还可支持将多张相近密级的网络合并为一张网络传输的功能。F5G-A 万兆光网可以将一张光纤网络通过波长隔离或时序隔离的方式划分为多张网络，在光纤链路上，通过波长或者时隙实现多个网络之间的硬隔离；在 OLT 设备和 ONU 设备上，每个网络都采用独立的转发核及独立的存储单元，实现多个网络之间的硬隔离。

央企重工对网络可靠性的要求较高，网络需考虑保护的功能，特别是考虑网络设备和物理线路（光纤）的保护方案。F5G-A 万兆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-A 万兆光网络可自动触发倒换，无需人工干预。

F5G-A 万兆光网的 Type B 双归属保护方式支持对 OLT 的 PON 端口、主干光纤实现双路冗余保护。

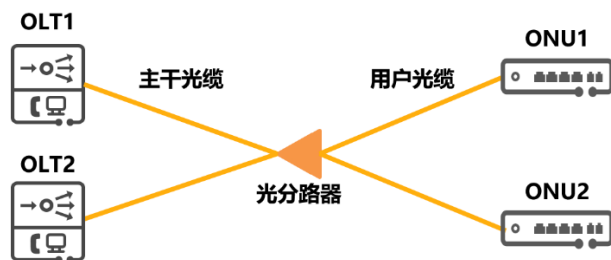


图 2-16 F5G-A 万兆光网的 Type B 双归属保护

F5G-A 万兆光网的 Type C 保护方式支持对 OLT 的 PON 端口、主干光缆、光分路器、用户光缆、ONU 的 PON 端口均实现双路冗余保护。

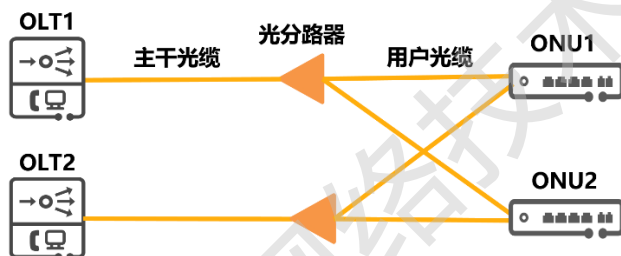


图 2-17 F5G-A 万兆光网的 Type C 双归属保护

F5G-A 万兆光网通过光纤介质和 PON 技术实现了高网络安全；通过 Type B、Type C 保护实现了组网的高可靠。

2.2.3 技术自主和供应安全

F5G-A 万兆光网的核心组件主要包括光线路终端 OLT、光网络单元 ONU、无源的光分路器及相关的光纤光缆等，这些组件的核心技术都是掌握在中国手中，且已实现完全国产化替代，实现供应安全。

在标准定义上，以华为、烽火、中国电信和中国信通院等为代表的国内企业和研究机构，在 F5G/F5G-A 标准制定阶段便深度参与，深度参与甚至主导定义了标准的应用场景、适用范围、具体要求等，中国力量在 F5G-A 标准的制定中发挥了重要的作用。

在关键设备上，以华为、烽火等为首的中国企业，掌握了从芯片研发到设备制造的全链条核心技术。以核心设备 OLT 为例，2024 年华为/烽火等中国厂家的 OLT 设备市场发货量占全球的 75% 以上。这些 OLT 设备都是采用国产自研的芯片，也即是国产的 OLT PON 芯片的市场份额也超过了 75%。

在关键的光模块上，PON OLT 光模块的国产化率也非常高，例如华为、光迅和海信等国产厂家占领了市场的主要份额，光模块内部的光器件和电芯片也已实现了国产化。ONU 上的单纤双向光组件 BOSA 也主要是国产化的器件。国产化已深入到光器件及电芯片中。

综上所述，F5G-A 万兆光网已形成涵盖标准制定、关键设备制造、核心器件研发与行业应用的完整自主产业链，并且中国的 F5G-A 万兆光网技术与产业已领先全球。F5G-A 万兆光网的自主可控，不仅打破了国外技术垄断，更为我国数字经济的高质量发展筑牢了安全防线。随着 F5G-A 技术的不断演进，其在网络带宽、连接密度与可靠性方面的优势将进一步凸显，为我国产业数字化转型提供更加安全、高效、自主的网络支撑。

2.2.4 灵活调整和平滑演进

F5G-A 万兆光网支持网络的灵活调整。F5G-A 万兆光网实现了光纤到房间，若房间内信息点数量增加，可直接采用更多端口数的 ONU 替换原 ONU，从房间到弱电间之间的光纤无需变更，演进改动工作量小。此外，F5G-A 万兆光网可在光分离器预留一些空闲端口以备后续演进（光分路器的价格较低，且无需考虑供电等变更，端口预留成本沉淀少），从光分路器到房间的光缆也可采用多芯的光缆，预留后续扩展的空间，后续若要增加 ONU，只需在房间内扩容调整即可，光分路器、从弱电间到房间的水平布线都无需变更。

F5G-A 万兆光网简化和减少了从弱电间到房间的水平走线，后续办公信息点的变更无需再调整水平走线，灵活调整的扩展性更好。

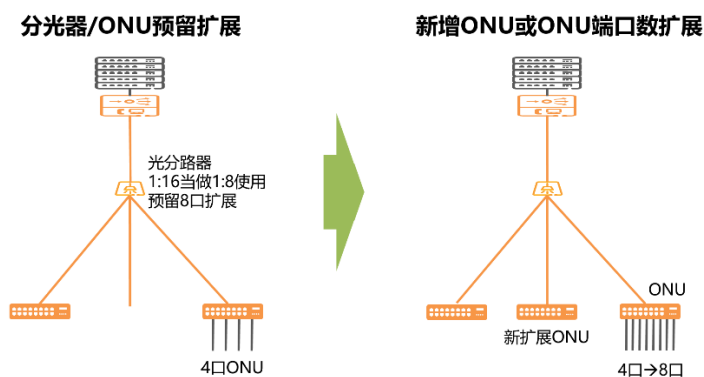


图 2-18 F5G-A 万兆光网支持灵活调整

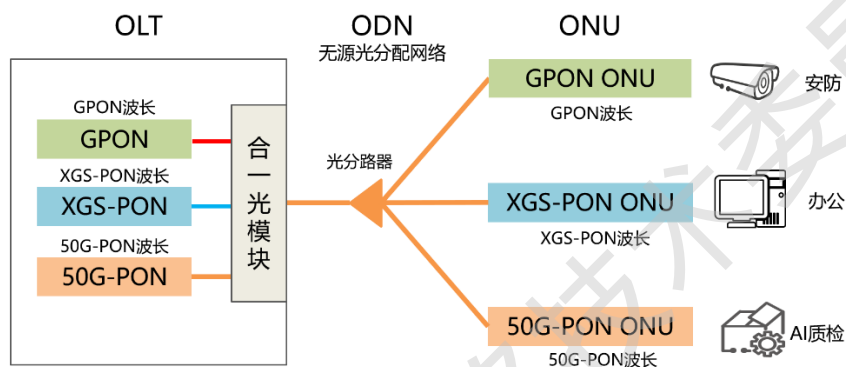
央企重工 F5G-A 万兆光网使用的单模光纤具备抗干扰、耐腐蚀的能力，使用寿命长，正常使用可达 30 年以上。单模光纤的带宽容量大，可达 Tbit/s 级别，只需升级两端的有源设备即可支持带宽的平滑升级，故采用单模光纤的基础网络可支持向更高的带宽平滑演进，可实现光纤一次建设到位，带宽平滑升级无需更换，而传统的网线不仅需要增加设备的投入还需重新敷设更高规格的网线，以前已敷设的网线需要全部抽掉更换，动作非常大。

F5G-A 万兆光网的无源 ODN 包括光纤和无源的光分路器等部件，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。在带宽升级的时候，由于无源的基础网不变，F5G-A 万兆光网带宽演进平滑，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。

央企重工 F5G-A 万兆光网所使用的单模光纤体积小，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至高带宽。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。

央企重工 F5G-A 万兆光网在实现光纤到房间等之后，可实现带宽的灵活扩

展。PON 技术标准规定 GPON、XGS-PON 和 50G-PON 分别采用不同的波长，可支持不同波长的平滑叠加，所以 F5G-A 万兆光网可在同一根光纤中通过灵活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（GPON、XGS-PON 和 50G-PON 波长都是独立的，可支持平滑叠加）。F5G-A 万兆光网通过波长叠加支持更高带宽如下图所示。



ONU带宽支持从2.5G→10G→50G平滑演进，已部署的无源光分配网络无需变更

图 2-19 F5G-A 万兆光网通过波长叠加支持更高带宽

央企重工 F5G-A 万兆光网中可首先部署 GPON（采用 GPON 波长，连接摄像机等）和 XGS-PON（对称 10G GPON，采用 XGS-PON 波长，连接科研办公计算机等）；若要新增加 AI 质检等高带宽应用，可在 F5G-A 万兆光网中叠加 50G-PON（采用 50G-PON 波长）来提供 AI 质检业务；如随着未来 360 度全景 24k 极致体验 VR 等大带宽业务兴起，还可在 F5G-A 万兆光网中叠加 200G-PON（新波长）来提供 200G 等更高的带宽，支撑业务平滑演进。

2.2.5 部署方便和运维简单

央企重工 F5G-A 万兆光网部署方便和运维简单。F5G-A 万兆光网采用光纤作为主要传输介质，光纤光缆体积小、重量轻，对桥架的走线空间的要求小，且光纤光缆无电磁辐射的问题，不同安全等级的光缆可在同一个走线桥架内走线，部署方便，更是减少了大量走线桥架的空间。

F5G-A 万兆光网的光纤光缆常采用蝶形光缆，蝶形光缆已广泛应用在家庭宽带场景，其抗拉性、可靠性历经长期实践验证。该光缆部署便捷且成本较低。在接续方面，除通用的热熔方式外，现已大量使用冷接或预端接技术，大幅提升了现场光缆施工的便利性。

F5G-A 万兆光网采用了点对多点的 PON 技术架构，OLT 设备是整个 PON 网络的智慧大脑，通过独立的光网络终端管理控制接口协议及管道对整个 PON 网络的 ONU 设备进行管理和配置；无需再到 ONU 设备进行本地的业务和数据配置，减少了网络的独立管理节点，减少了管理配置工作量。

央企重工 F5G-A 万兆光网中可将 ONU 理解为 OLT 的一个远端功能模块。在设备部署和业务发放时，仅需在 OLT 上统一进行业务配置和业务发放，无需再到 ONU 侧进行业务配置，故 F5G-A 万兆光网方案只需配置 2 台 OLT 的 2 个独立管理节点，管理节点极大减少。F5G-A 万兆光网还支持 ONU 即插即用及免配置部署，通过网管系统，自动完成 ONU 设备的上线和业务发放，可实现业务分钟级的开通，网络越大，节省的独立管理节点数量越多。网管系统提供可视化拓扑图，支持鼠标拖拽完成 ONU 配置，故障告警可精准定位至具体房间或设备，无需现场排查。

央企重工 F5G-A 万兆光网的 OLT 和 ONU 之间采用的是无源光纤网络，无源光纤网络中的光纤或者无源分光器等器件无需管理，也可极大简化了运维。也可考虑采用 OTDR 或者 DQ ODN 等方案实现对无源光纤等的诊断和运维。

OLT 设备实现了对 ONU 设备的集中管理，OLT 设备或者网络管理设备上都可支持整个网络数据的快速收集和处理，可在网络管理设备上支持对整个网络的部署情况、告警情况、健康度等各种报表进行收集、显示和快速处理。实现整个园区网络的故障实时感知，高效管理，保障业务实时在线。

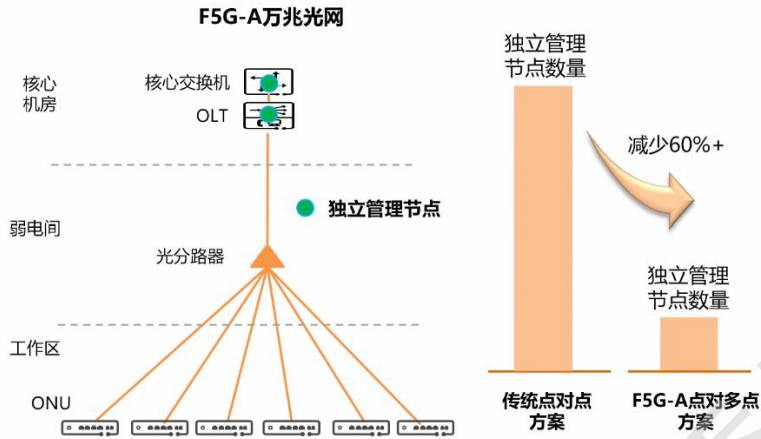


图 2-20 央企重工 F5G-A 万兆光网对网络节点进行集中管理

央企重工 F5G-A 万兆光网支持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、警告管理、性能管理、报表管理、PON 网络部署、PON 资源管理等功能。支持网络检测及光纤诊断功能,可显示光模块及光纤的状态,以及光纤故障点等信息。

央企重工 F5G-A 万兆光网为集中管理,运维简单,实现 1 分钟业务开通,实现 1 站式设备管理,1 分钟故障分责。1 分钟业务开通支持零配置开局,支持 ONU 即插即用;1 站式设备管理可实现全方位、多维度网络状态监控;1 分钟故障分责可区断纤还是断电故障,且 ONU 可实现即插即通。



图 2-21 央企重工 F5G-A 万兆光网简化运维

F5G-A 万兆光网采用光纤介质,实现了网络的更简单的部署;由于 OLT 实现对 ONU 的统一纳管,运维更加简单。

2.2.6 绿色低碳和节能环保

央企重工 F5G-A 万兆光网采用点对多点的 PON 技术，和以前的点对点以太网技术相比，具备绿色低碳和节能环保的特点。

央企重工 F5G-A 万兆光网采用的 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）等各种接入技术的功耗情况进行了比较，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-A 万兆光网是碳排放最低、最环保的网络。

F5G-A 万兆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。



数据来源《中国铜冶炼节能减排现状与发展》

图 2-22 央企重工 F5G-A 万兆光网采用的光纤绿色节能

F5G-A 万兆光网采用无源的光分路器替代有源的汇聚交换机，减少了有源汇聚层，减少了原汇聚层内的光-电-光转换功能，通过架构优化实现了节能减排。F5G-A 万兆光网实现了架构上的优化，节省了大量的电能消耗，减少了园区运营中的碳排放。且由于 F5G-A 万兆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。

央企重工 F5G-A 万兆光网采用点对多点的技术，也即是 OLT 的一个 PON 下行端口可通过无源的光分路器接到多个 ONU 的上行 PON 端口（OLT 的 1 个 PON 下行端口可接 32 个甚至 64 个 ONU），OLT 的 PON 下行端口支持整网时钟同步，OLT 要求在同一个 OLT PON 端口下的 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。例如在 1:32 分光的情况下，以前的以太网点对点方案在核心侧需要配置 32 个端口，而采用 F5G-A 万兆光网支持点对多点之后，核心侧（OLT 侧）只需要配置 1 个 PON 光接口，相比传统以太网方案，减少了 31 个交换机接口及相关的光模块，实现了更高效的绿色节能。网络越大，节能效果越明显。

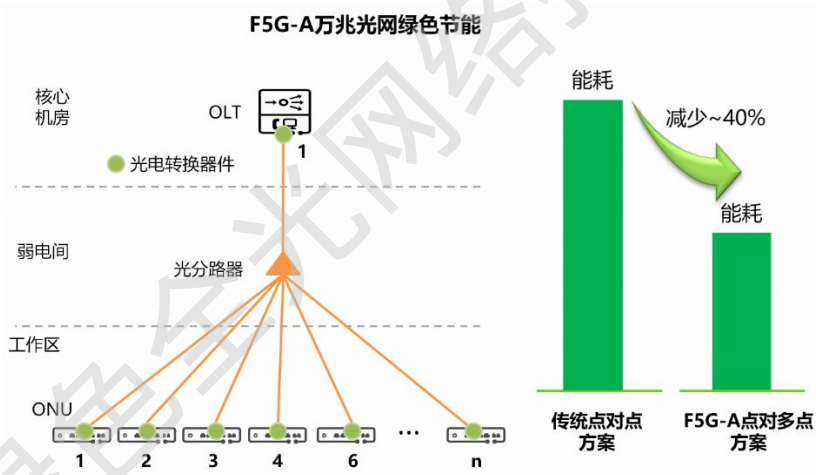


图 2-23 央企重工 F5G-A 万兆光网绿色节能

F5G-A 万兆光网中 OLT 完成 ONU 设备配置数据的保存和下发，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，在运维上也实现了节能环保。

F5G-A 采用光纤介质，实现了绿色低碳；采用了 PON 点对多点的架构和简化的运维，实现了节能环保。

2.3 F5G-A 万兆光网和其他网络的关系

F5G-A 万兆光网在演进和发展过程中，也考虑了如何和传统以太网络进行共存。此外对于 F5G-A 万兆光网所采用的技术，也经历过多次技术线路选择的讨论，包括是否要选用 CWDM 技术（如开发 WDM PON 等）。经过长时间的推演及讨论，综合考虑了技术的演进性、部署的易用性、成本/价格等因素，最终确定了采用 GPON/XGS-PON/50G-PON 线路。

2.3.1 F5G-A 万兆光网和以太网共存

F5G-A 万兆光网是央企重工园区网络未来的演进方向，央企重工 F5G-A 万兆光网并不是全部取消以太网协议，而是和以太网协议长期并存。F5G-A 万兆光网中的 ONU 下行接口及 OLT 的上行接口仍采用标准的以太网接口，传输标准的以太网报文。

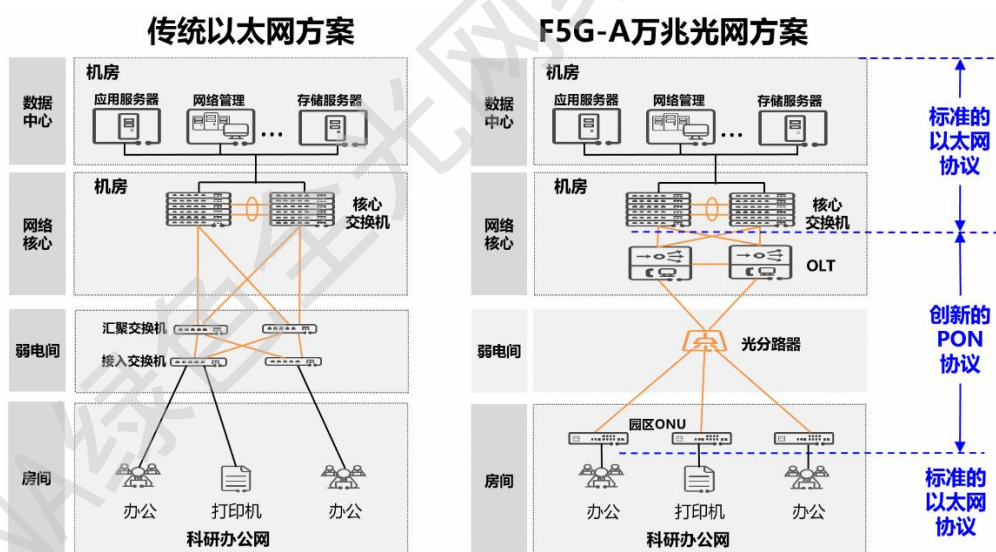


图 2-24 F5G-A 万兆光网和以太网的关系

央企重工 F5G-A 万兆光网中，原机房的服务器等设备和以前的网络相比无变化，都是采用标准的以太网接口进行对接；核心机房的的核心交换机也无需变化，和 OLT 设备通过标准以太网接口对接（对于一些中小型园区，OLT 功能和

核心交换机功能实现了合并，OLT 也提供标准以太网接口和数据中心服务器、防火墙等对接)；房间内的各种用户终端设备也无需变化，原计算机、电视、摄像机等终端设备可继续使用，这类终端原来采用以太网接口连接接入交换机，而在 F5G-A 万兆光网中采用以太网接口连接至 ONU 设备。

创新点为中间的传输层，F5G-A 万兆光网对标准以太网报文进行了封装，实现更先进、更高效、更绿色的传输，后续的带宽演进也更平滑。

F5G-A 万兆光网是将来的演进方向，在演进的过程中也可与传统网络并存，可按照区域单独升级的方式进行演进。如下图所示，某单位的网络计划升级为万兆光网，区域 1 的网络投入使用时间较长、性能和质量欠佳，故将该区域的网络升级改造为 F5G-A 万兆光网，而区域 2 的网络投入使用时间较短、性能和质量尚可满足要求，则暂不改造，仍继续使用现有以太网。F5G-A 万兆光网和既有的以太网可接入既有的核心交换机上，实现传统以太网络和 F5G-A 万兆光网同时共存，逐步平滑过渡。

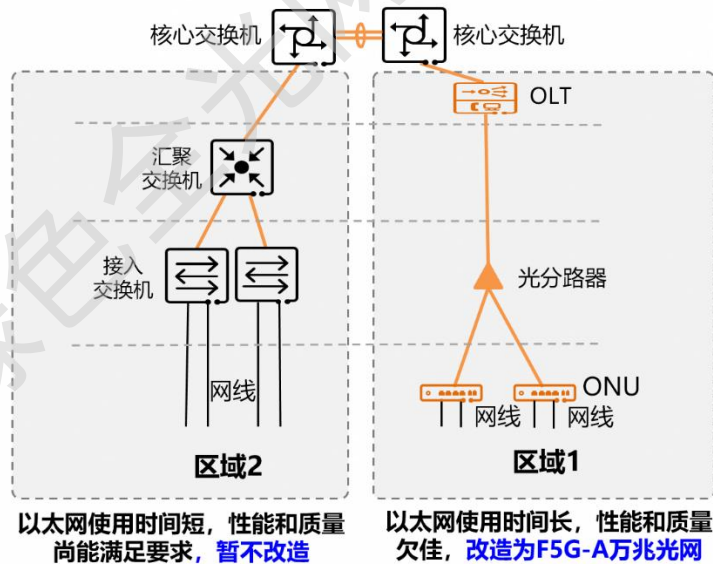


图 2-25 F5G-A 万兆光网和既有交换机网络共存

F5G-A 万兆光网与传统以太网在配置命令等方面存在差异。为简化网络配置与运维，可通过部署统一的网络管控平台实现对两者的集中管理。该平台需

兼容 F5G-A 万兆光网设备及传统以太网设备。采用统一管控后，用户无需额外学习 F5G-A 配置命令，仅需在图形化界面中进行点选操作，即可按业务需求快速部署及调整两种网络，显著降低了从传统以太网向 F5G-A 万兆光网平滑过渡的难度。

2.3.2 F5G-A 万兆光网和以太网络的差异

当前的以太网方案可分为传统的以太网方案、光纤以太网方案和彩光以太网方案。而 F5G-A 万兆光网是一种创新的网络方案，和以太网相比有差异化的优势。

表 2-3 F5G-A 万兆光网和以太网络的差异

| 网络类型 | 网络架构 | 采用技术 | 弱电间 | 带宽演进方式 | 部署维护 |
|------------|------|------|-----|---------|------|
| F5G-A 万兆光网 | 二层 | PON | 无源 | ODN 不变 | 简单 |
| 传统以太网 | 三层 | 以太 | 有源 | 更换网线 | 简单 |
| 全光以太网 | 三层 | 以太 | 有源 | 更换汇聚交换机 | 较复杂 |
| 彩光以太网 | 二层 | CWDM | 无源 | 增加光纤数量 | 复杂 |

F5G-A 万兆光网为创新架构，网络层次进行了简化，简化为二层架构（核心层的核心交换机和 OLT---接入层的 ONU），从 OLT 到 ONU 中间都是无源的分光器和光纤，不管楼宇弱电间还是楼层弱电间都是无源的。采用的是 PON 技术，带宽演进只需更换两端有源设备，中间的 ODN 不变。

传统以太网采用的是传统的三层架构（核心层的核心交换机---汇聚层的汇聚交换机---接入层的接入网交换机），核心交换机部署在核心机房，汇聚交换机部署在楼宇弱电间，接入交换机部署于楼层弱电间；从楼层弱电间的接入交换机通过 100 米内的 4 对对绞电缆（俗称网线）接到房间。楼宇弱电间和楼层弱电间都是有源设备，带宽演进时需要更换水平布线的网线。

全光以太网也仍是传统的三层架构（核心层的核心交换机---汇聚层的全光汇聚交换机---接入层的光接入网交换机），网络架构和传统以太网类似，

差异点就是把接入交换机从楼层弱电间下移到房间内，本质上都是点到点的交换机技术。楼宇弱电间仍需要有源的汇聚设备，带宽演进时需要更换汇聚交换机设备。

彩光以太网在某些中小园区中采用了二层架构（核心层的核心交换机/彩光交换机---远端交换机），远端交换机也下沉到房间内，采用的还是点对点的技术，但是采用 CWDM 光模块将多个波长合并传输。由于不同带宽（如 10G/波长或 25G/波长）的 CWDM 可使用的波长数量不一样，所以带宽演进时需要增加光纤数量。

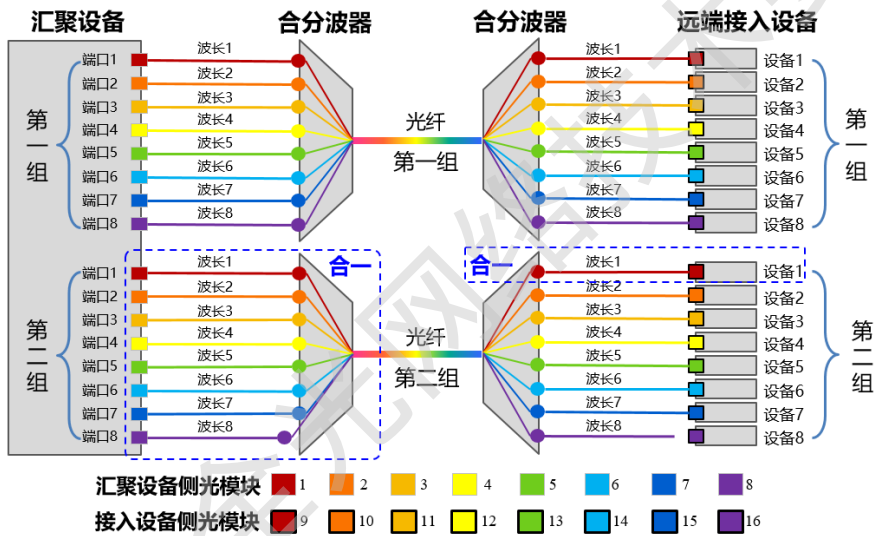


图 2-26 CWDM 方案技术原理示意图

CWDM 技术为传输层技术，主要用于如城市之间的长途传输场景，城市之间的光缆属于室外部署，受成本等影响，光缆的纤芯数量有限，故希望采用 CWDM 技术通过多波长叠加以提升传输带宽，解决城市间的光缆芯数不足的问题。而对于工厂/学校/医院等园区场景，光缆/光纤主要是短距的室内铺设，部署光缆的难度不大，部署的光缆芯数也较多，如果采用昂贵的 CWDM 技术来节省便宜的园区内室内光缆，得不偿失。同时 CWDM 技术需进行专业的波长规划，需严格按照波长进行设计施工和运维等，导致采用 CWDM 方案后规划难、运维

难、功耗高、性价比差。

彩光以太网采用 CWDM 技术，当前定义的 10Gbit/s CWDM 系统只有 16 个波长，无法平滑演进至 25Gbit/s 的 CWDM 系统（6 个波长），带宽升级需要增加光纤及合分波器。

CWDM 技术本质上还是点对点的传输模式（在汇聚设备和远端接入设备都需采用波分合波/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），汇聚设备、合分波器、远端接入设备的端口需要严格一一对应，否则业务不通，部署和维护很复杂。

由于 CWDM 本质是点对点技术，所以汇聚设备的端口数和远端接入设备的端口数量一一对应，所以在功耗上 CWDM 技术的功耗远高于 F5G-A 网络，同等条件下，CWDM 技术的功耗比 F5G-A 高 40% 以上。

F5G-A 万兆光网在演进和发展过程中，经过长时间的推演及讨论，最终确定了采用 GPON/XGS-PON/50G-PON 线路。

第三章

央企重工F5G-A 万兆光网应用场景

OM绿色全光网络技术委员会

3.1 央企重工 F5G-A 万兆光网网络划分

3.1.1 央企重工技术架构

央企重工的技术架构主要包括智慧应用、使能平台、全光联接和智能终端等几大部分。央企重工的技术架构如下图所示。

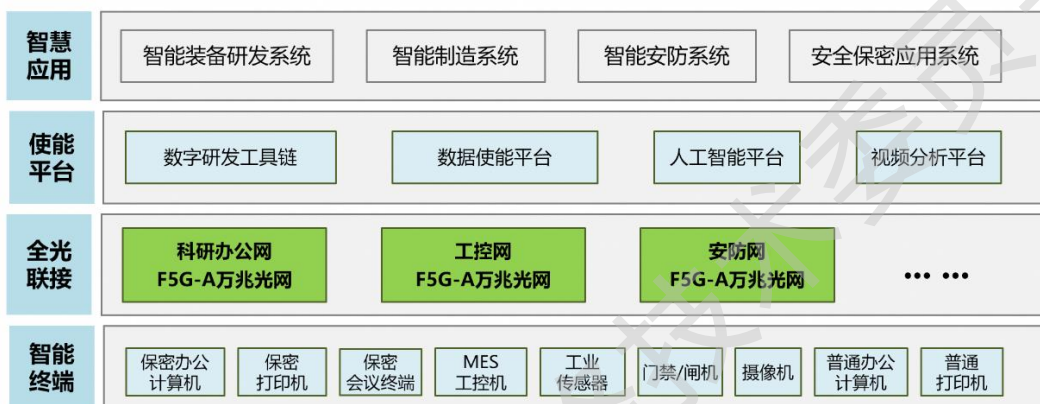


图 3-1 央企重工的技术架构图

智慧应用包括智能装备研发系统、智能制造系统、智慧安防系统和安全保密应用系统等核心业务。

- 智能装备研发系统是指支撑智能装备从概念设计、研发制造到运维服务全生命周期的软硬件集成体系。系统包括了需求管理、系统设计、功能验证、性能验证、工艺验证和样机验证等功能。
- 智能制造系统是以智能技术为核心，融合新一代信息技术与制造技术，贯穿产品全生命周期的先进制造体系。系统包括了数据采集与监控系统 SCADA、制造执行系统 MES、先进规划排程系统 APS、企业资源计划 ERP、产品生命周期管理 PLM、质量管理体系 QMS 等子系统。
- 安全保密应用系统主要围绕核心数据资产的全生命周期防护展开，确保办公数据、核心科研数据、生产数据等业务安全，是保障央企重工应用安全的综合平台。

- 智慧安防系统是融合物联网（IoT）、大数据、边缘计算等先进技术的综合性安全防护体系。系统主要包括人员/访客管理、周界防护、车辆/物流安检、应急指挥、保密区域管控、视频巡逻等功能。

使能平台支撑了央企重工的数字化、智能化转型，其核心是通过技术手段赋能制造全过程，使能平台包括了数字研发工具链、数据使能平台、人工智能和视频分析等平台。

全光联接是央企重工万兆光网技术架构的网络基础设施，具有高安全、高可靠和简运维的特点。央企重工的全光联接按照业务属性一般分为科研办公网、工控网、安防网和互联网等，全光联接实现了智能终端和使能平台等的联接，支撑央企重工各网络/业务的高效/安全使用。

智能终端是实现园区智能化运行的“神经末梢”和关键执行单元，是安全生产与保密管理的“前沿触点”。智能终端包括了科研办公终端、现场感知设备、智能控制终端等。

央企重工 F5G-A 万兆光网的组网架构如下图所示。

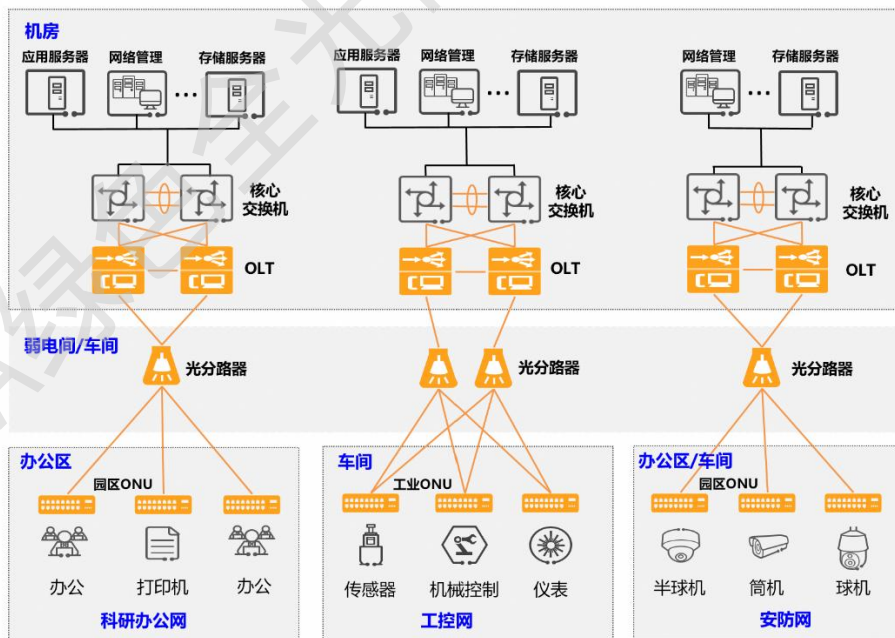


图 3-2 央企重工 F5G-A 万兆光网组网架构

央企重工的主流场景主要包括科研办公场景、制造场景、安防场景等，其对应的 F5G-A 万兆光网络可划分为科研办公网、工控网和安防网等多张网络。可分开独立建网，或者考虑依据相关国家和行业标准合并建网。

3.1.2 科研办公网

央企重工的科研办公网主要支撑企业的数字化办公，承载着企业办公、科研开发、技术研究等部门及业务，是企业数字化转型的核心载体。

央企重工关系到国计民生、国家工业发展、国防建设等关键行业，有着不可替代的战略地位，央企重工科研办公网的安全性要求很高，通常独立建网。央企重工 F5G-A 科研办公网的组网如下图所示。

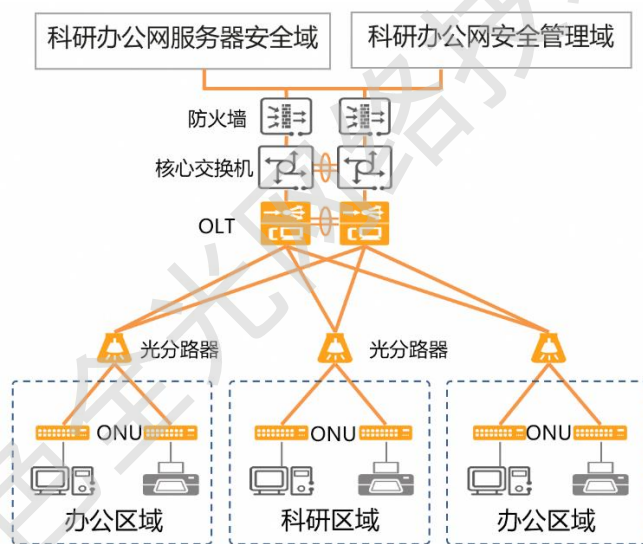


图 3-3 央企重工 F5G-A 科研办公网组网

央企重工 F5G-A 科研办公网包括了科研办公网服务器安全域、科研办公网安全管理域和网络设备等。网络设备方面由核心交换机/OLT/光分路器/ONU 等构成，核心交换机和 OLT 设备部署于核心机房；无源光分路器通常部署于楼层弱电间；多种形态的 ONU 通常部署于房间内或者桌面上，实现光纤到房间、光纤到桌面和光纤到 PC。不同的 ONU 设备分别覆盖普通办公区域、科研区域等，针对这些区域的科研办公人员或者其他办公设备提供高速网络连接的功能。

央企重工 F5G-A 科研办公网采用 Type B 双归属保护组网方式，配置 2 台 OLT 设备和 2 根主干光缆，实现对 OLT 的上行端口、OLT 设备、OLT PON 端口和主干光缆的冗余保护。Type B 倒换为 PON 系统根据光信号的情况自动倒换，无需人工控制，倒换时间小于 50ms。

如果科研办公网是高安全等级网络或者是需要参照高安全等级进行防护的网络，还需要达到以下管理要求：

非授权设备接入防护：需采用相关部门认可的产品实现终端 MAC、IP 和 ONU 端口绑定并实现非授权设备接入防护；

电源供电要求：ONU 设备供电需采用相关部门认可的电源插座进行本地供电；若不方便本地取电，可采用光电复合缆实现远程统一供电，远程统一供电设备建议安装到配线间内且要采用相关部门认可的电源插座取电。

央企重工 F5G-A 科研办公网有如下特点：

- 光纤到房间/桌面：央企重工现阶段普遍有部署万兆接入的需求，传统双绞网线只能使用超六类以上型号线缆满足，这类线缆成本高且较粗硬，敷设和安装等施工难度非常大。F5G-A 万兆光网通过将 ONU 部署到办公室实现光纤下沉，光纤满足了科研办公业务高带宽需求。
- 网络高安全：央企重工的安全要求很高，传统的双绞网线存在电磁泄漏的风险，需要间隔布线，而 F5G-A 采用的光纤介质无电磁泄露风险，且 F5G-A 万兆光网具备 PON 数据链路加密、ONU 终端接入认证、OLT/ONU 设备自身安全等安全措施确保科研办公网业务安全；
- 灵活扩展：央企重工由于人员调动、单位重新整合，单位迁移等原因，导致办公室空间和用途需要不断调整，若采用传统方案，每次调整都代表大量的线缆需要重新敷设，而老的网线一般保留，所以常年累积导致弱电间、走廊桥架中大量废弃的线缆堆积如山，占用大量空间，管理难度大。采用光纤之后，仅需要调整办公室内 ONU 到办公位的布线，弱

电间和走线桥架无需变化。

- 运维简单：通过网络管理设备或 OLT 实现海量 ONU 的远程管理，通过模板化等快速调整办公点位的调整。

3.1.3 工控网

央企重工的工控网为科研试制与生产制造的工业控制网络，主要支撑承载包括生产过程控制、工艺参数下发与监控、试验测试数据采集、设备监测与故障诊断、质量检测与全过程追溯等业务。工控网有时也和试验网统一建设。

工控网要求高可靠连续运行，并需满足产线快速调整的需求。央企重工 F5G-A 工控网的组网如下图所示。

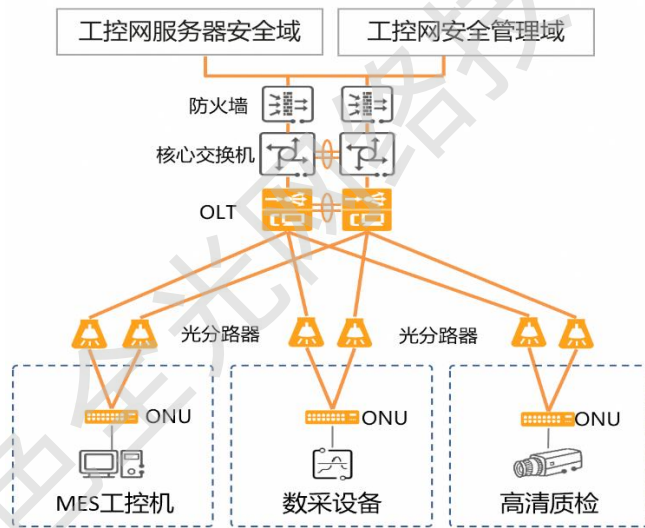


图 3-4 央企重工 F5G-A 工控网组网

央企重工 F5G-A 工控网包括了工控网服务器安全域、工控网安全管理域和网络设备等。网络设备方面由核心交换机/OLT/光分路器/ONU 等构成，核心交换机和 OLT 设备部署于核心机房；无源光分路器根据车间信息点位密集程度部署在生产车间弱电间或区域机柜；多种形态的 ONU 通常部署在车间的承重柱信息配线箱或者制造设备机台内部；如果生产区域有防爆要求，ONU 可在防爆区域外的弱电间集中部署。

央企重工 F5G-A 工控网采用 Type C 双归属保护组网方式，配置 2 台 OLT 设备、2 根主干光缆、2 个光分路器和 2 根用户光缆，实现对 OLT 的上行端口、OLT 设备、OLT PON 端口、主干光缆、光分路器、用户光缆和 ONU PON 端口端到端的冗余保护。Type C 倒换为 PON 系统根据光信号的情况自动倒换，无需人工控制，倒换时间小于 50ms。

如果工控网是高安全等级网络或者是需要参照高安全等级进行防护的网络，还需要达到以下管理要求：

非授权设备接入防护：需采用相关部门认可的产品实现终端 MAC、IP 和 ONU 端口绑定并实现非授权设备接入防护；

电源供电要求：ONU 设备供电需采用相关部门认可的电源插座进行本地供电；若不方便本地取电，应采用光电复合缆实现远程统一供电，远程统一供电设备建议安装到配线间内且要采用相关部门认可的电源插座取电。

央企重工 F5G-A 工控网有如下特点：

- 光纤到机台：满足产线高清质检等智能化业务的带宽需求；
- 网络高可靠：Type C 双归属及双发选收功确保生产数据无损传输；
- 柔性生产：试制换型、增减工位或工艺变更时可利用就近部署的 ONU 实现产线快速调整。

3.1.4 安防网

安防网是面向科研、生产、试验及办公等场所建设的专用安全防护网络，融合视频监控、门禁管理、入侵检测、应急指挥等系统，实现对重点区域、重要人员、关键设备和敏感信息载体的全天候、可视化、智能化防护。央企重工 F5G-A 安防网的组网如下图所示。

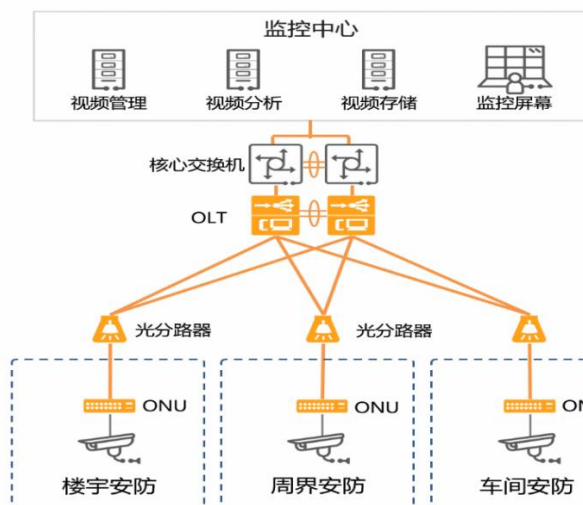


图 3-5 央企重工安防网组网

央企重工安防网的监控中心包括视频管理、视频分析、视频存储和监控屏幕等。网络设备方面由核心交换机/OLT/光分路器/ONU 等构成，核心交换机和 OLT 设备部署于核心机房；无源光分路器通常部署在楼宇或生产车间弱电间；ONU 靠近安防网终端就近部署，通常安装在楼宇房间或过道、生产车间承重柱等位置的信息配线箱内。

央企重工安防网采用 Type B 双归属保护组网方式，配置 2 台 OLT 设备和 2 根主干光缆，实现对 OLT 的上行端口、OLT 设备、OLT PON 端口和主干光缆的冗余保护。Type B 倒换为 PON 系统根据光信号的情况自动倒换，无需人工控制，倒换时间小于 50ms。

央企重工 F5G-A 安防网有如下特点：

- 广覆盖：ONU 支持与摄像机等安防终端就近部署，光纤 20km 长距离传输，不受限于弱电间网线 100 米距离限制；
- 视频零卡顿：通过 PON 传输通道的保障带宽+最大带宽弹性管道，满足摄像机 I 帧突发和多摄像机 I 帧碰撞时的带宽动态变化需求。

3.1.5 其他网络

除了上述网络外，央企重工也还会存在其他网络，如接入互联网的网络等，这些相关的网络也可采用 F5G-A 万兆光网独立建网。

3.2 央企重工科研办公应用场景

央企重工的科研办公场景主要包括办公区域、会议室区域等，涉及到的网络包括科研办公网等。从 F5G-A 万兆光网的 ONU 部署方式上划分，办公区域通常分为办公室场景和开放办公区场景。

3.2.1 办公室应用场景

央企重工的办公室场景包括 8 人以下的办公室和中小型的会议室。办公室场景通常采用盒式 ONU，安装于办公室/会议室内信息配线箱中，然后通过网线连接至办公桌上的计算机。



图 3-6 办公室应用场景

信息配线箱建议采用嵌墙安装的方式，在深化设计或者装修时需提前预埋

光缆及网线的走线管道，并将相应等级的供电电源引入至信息配线箱内。



图 3-7 信息配线箱的安装与走线

办公室应用场景中，光分路器通常部署在楼层弱电间的 19 英寸机柜中，OLT 设备通常部署在核心机房。

3.2.2 开放办公区应用场景

央企重工的开放办公区应用场景由于区域面积比较大，且信息点（网口）数量比较多，通常采用 86 面板型 ONU，ONU 常安装于办公家具内，覆盖附近 2~4 个办公桌。

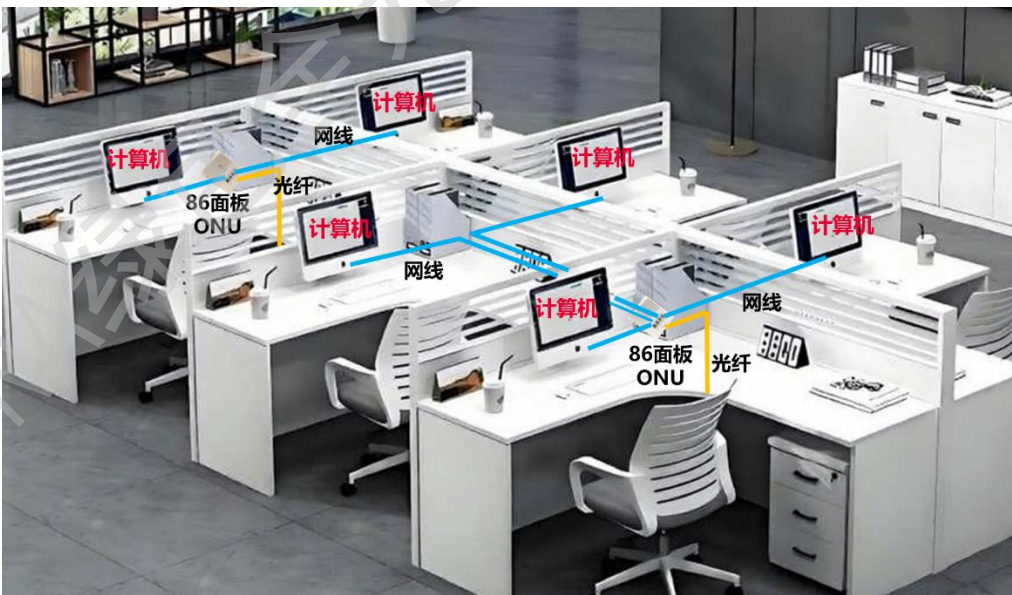


图 3-8 开放办公区应用场景

86 面板型 ONU 安装于 86 底盒（深度 60mm 及以上）中。取电可采用光电复合缆实现远程统一供电，远程统一供电设备宜部署在弱电间内且需从经相关部门认可的电源插座取电；86 面板型 ONU 也可本地取电。



图 3-9 86 面板型 ONU 的安装

开放办公区应用场景中，光分路器通常部署在楼层弱电间的 19 英寸机柜中，OLT 设备通常部署在核心机房。

3.3 央企重工制造应用场景

央企重工的制造场景可按照每个车间的信息点数量分为两大类，一类为信息点密集场景，另外一类为信息点稀疏场景。两种不同场景的划分以及典型的行业如下表所示。

表 3-1 制造场景分类划分

| 场景方案 | 单车间信息点数量 | 典型应用 |
|---------|----------|--------------------|
| 信息点密集场景 | ~1000 | 半导体电子、光伏电池、新能源电池等 |
| 信息点稀疏场景 | ~200 | 车辆制造、重型工业制造、轻工业制造等 |

3.3.1 信息点密集型车间应用场景

央企重工工控网的信息点密集场景由于单车间信息点数量多（~1000 个），需要的 ONU 数量也比较多，故推荐将 ONU 下沉至生产设备机台内，信息点密集型车间应用场景下的 F5G-A 万兆光网各部件部署如下图所示。

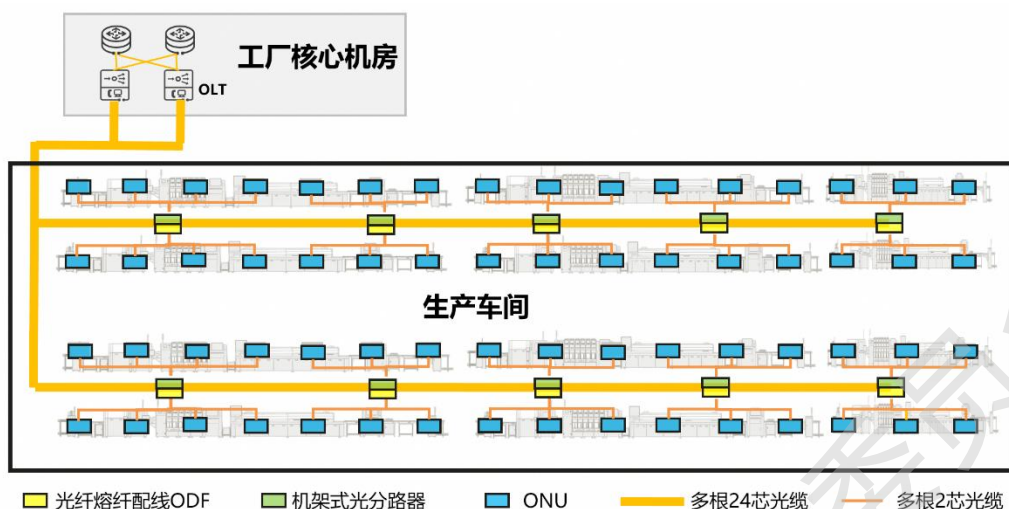


图 3-10 信息点密集型车间应用场景

信息点密集型车间通常采用盒式 ONU（导轨安装），部署于生产线上的生产设备内，通过上行光纤连接至光分路器。ONU 的供电可采用本地取电，也可通过光电复合缆实现远程供电，光电复合缆的供电单元部署于光分路器旁。

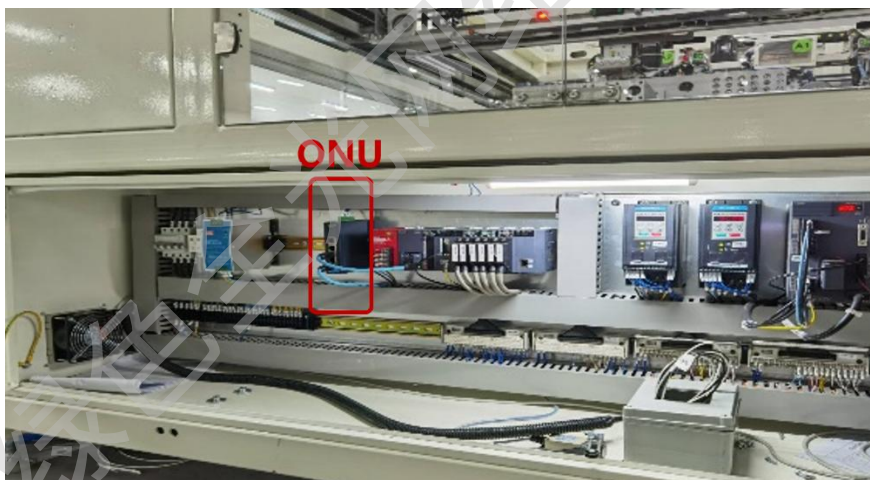


图 3-11 ONU 部署于生产设备内

信息点密集型车间应用场景中，光分路器部署在工厂车间顶部夹层或地面的机柜中；OLT 部署在工厂核心机房内。

3.3.2 信息点稀疏型车间应用场景

央企重工工控网的信息点稀疏场景由于单车间信息点数量较少(~200 个)，

每台 ONU 覆盖的范围比较广，故 ONU 可不下沉至机台内，而是安装在机台边上的信息配线箱内，信息点稀疏型车间应用场景下 F5G-A 万兆光网各部件部署如下图所示。

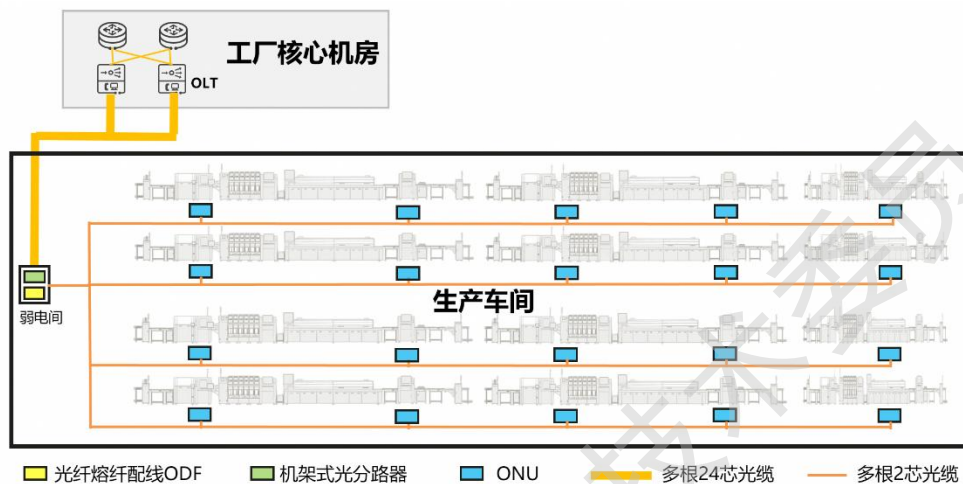


图 3-12 信息点稀疏型车间应用场景

信息点稀疏密集型车间采用盒式 ONU，部署在生产线生产设备附近的立柱上，通过网线连接至生产设备。



图 3-13 信息点稀疏型车间应用场景

信息点密集型车间应用场景中，光分路器部署在工厂车间弱电间，OLT 部

署在工厂核心机房。

3.4 央企重工安防应用场景

央企重工安防场景可分为室内和室外场景。室内主要涵盖科研办公楼宇和生产车间，室外主要涵盖园区周界、园区出入口、道路和建筑物外围等。

3.4.1 室内安防应用场景

央企重工安防网室内场景的安防终端集中在科研办公楼宇和生产车间内的过道和出入口等公共区域。

对于生产车间区域，由于安防终端（如摄像机等）数量相对较多且比较集中，所以建议将 ONU 下沉至安防终端旁边，ONU 用户侧接口通过 PoE 方式给摄像机供电。生产车间室内安防应用场景下 F5G-A 万兆光网的各部件部署如下图所示。

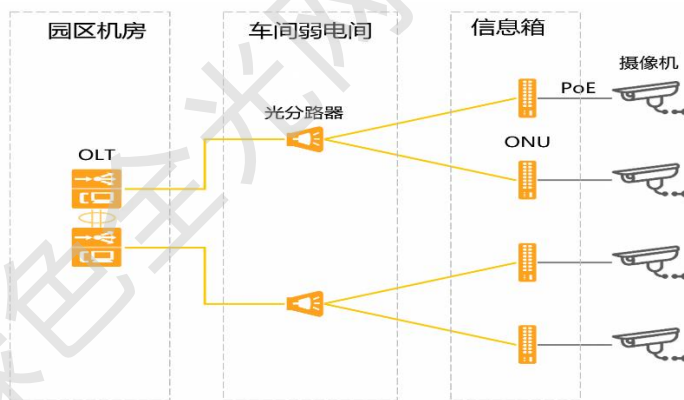


图 3-14 生产车间室内安防用于场景

对于科研办公区的公共活动区域，由于安防终端（如摄像机等）的数量较少且比较分散，所以可以考虑使用部署于弱电间的 24 口 ONU，ONU 用户侧接口通过 PoE 方式给摄像机供电。科研办公区室内安防应用场景下 F5G-A 万兆光网各部件部署如下图所示。

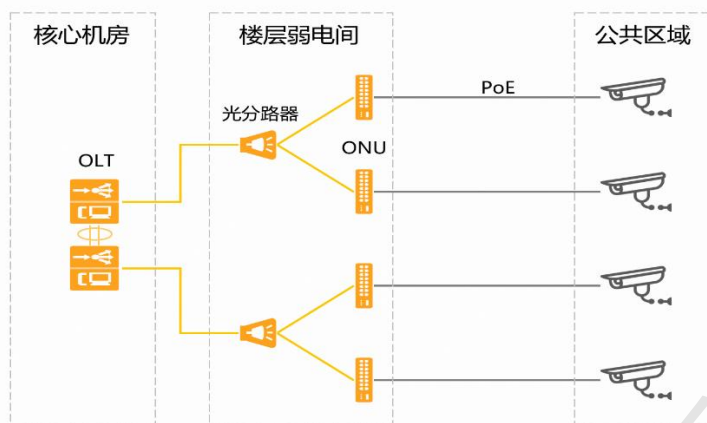


图 3-15 科研办公区室内安防应用场景

室内安防应用场景中，光分路器部署在弱电间，OLT 部署在工厂核心机房。

3.4.2 室外安防应用场景

央企重工安防网的室外场景主要涵盖园区周界、园区出入口、道路和建筑物外围等，建议将 ONU 下沉至安防终端旁边，ONU 用户侧接口通过 PoE 方式给摄像机供电，室外安防应用场景下 F5G-A 万兆光网各部件部署如下图所示。

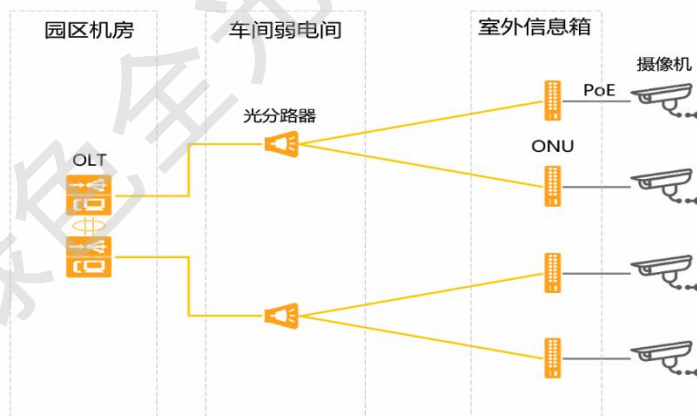


图 3-16 室外安防应用场景

室外安防应用场景 ONU 可部署在和摄像机同一根室外杆上的室外型远端信息箱内，同一个室外杆相邻的 4 台摄像机共用一台 4×GE 端口的 ONU。



图 3-17 室外安防应用部署

室外安防应用场景中，光分路器部署在弱电间，OLT 部署在工厂核心机房。

第四章

央企重工F5G-A 万兆光网应用案例

4.1 西北某单位 1

西北某单位 1 在数智化转型中传统园区网络面临着业务上线慢、铜缆传输距离短、电磁干扰导致生产线中断、多网络并行运维难等挑战，希望通过构建新的网络架构实现极致安全、架构极简、灵活调整和高效运维的核心目标，经过内外部多种技术评估后，最终选择采用 F5G-A 万兆光网建网。

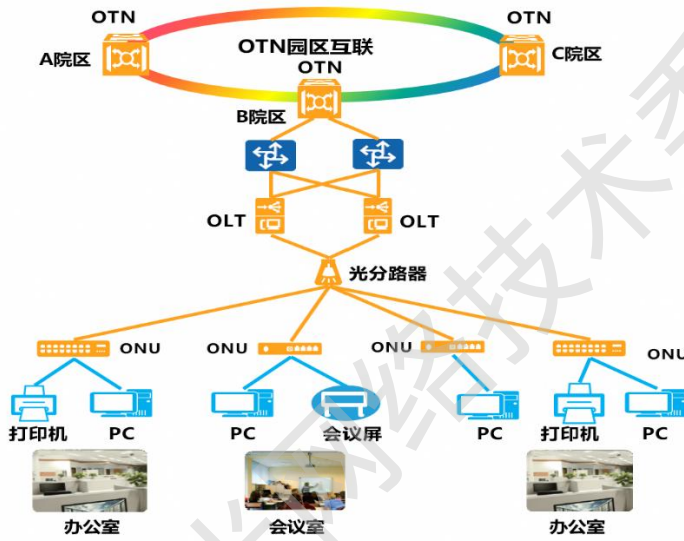


图 4-1 西北某单位 1

本项目涉及三个园区的网络建设，其中 2 个园区为新建场景，1 个园区为旧改场景，统一采用 F5G-A 以光纤为基础的网络架构承载，涉及科研办公、安全会议、工控试验、安防监控以及互联网等业务场景。三大园区采用 OTN 专网互联，实现一纤多业务的超宽承载。

关键技术：

1. 一光到底技术：突破距离与介质瓶颈，重塑物理架构。从核心机房到用户终端（办公桌面、生产机器、监控摄像头等）全程采用无源光网络（PON），彻底消除中间有源汇聚层，实现超长距传输，支持大带宽与平滑演进，中间环节无源分光，零取电、零故障，更易维护。

2. 全链路安全管控及加密技术：构建内生式安全体系。不同于传统网络“边

界防护+事后审计”模式，F5G-A 将安全能力内嵌于光传输的物理层、链路层（SM4 加密）和管控层（ONU 设备入围认证），实现从 OLT→光纤→分光器→ONU→终端的全链路主动防御。

3. 高效智能的运维技术：从被动排障到主动自治。基于 AI 算法和数字孪生技术，F5G-A 实现全网拓扑自动发现与实时可视、光链路智能诊断和基于安全认证的 ONU 即插即用，将光网络运维从“人工命令行、逐段排查”升级为“可视化、自感知、自愈性”的自动驾驶网络。

创新亮点、成果与效益：

1. 组网架构更简单（极简）：弱电综合成本比传统网络降低 30%，施工周期比传统网络减少 50%

- 层级减少：由“核心-汇聚-接入”三级变为“核心-接入”两级。
- 空间释放：弱电井和桥架空间节省 90%，无需空调散热，绿色节能。

2. 业务调整更灵活（柔性）：基于安全认证的业务自动化部署和扩容，实现园区 2000+人员平滑搬迁，IT 部门接近 0 投入，业务上线 0 投诉。

- 弹性扩展：光纤带宽升级无需更换，从千兆到万兆仅需更换板卡。
- 即插即用：产线扩容，管理员云端配置，现场插上光纤即可开通业务。

3. 运维管理高效（智能）：

- 可视化运维：通过网管实现全网拓扑自动发现，网络健康度一目了然。
- 预测性维护：算法主动分析光纤链路线路质量，主动识别告警，协助 IT 人员快速定障排障。

- 效率提升：网络运维仅剩光纤的例行巡检和零星的修护，和传统网络相比，F5G-A 万兆光网方案提升运维效率 60%+。

通过三大园区的 F5G-A 万兆光网业务的成功落地，F5G-A 技术以“安全为基、极简为骨、灵活为肌、高效为智”的核心特点，彻底解决了传统园区网络的顽疾。

4.2 西北某单位 2

西北某单位采用了 F5G-A 万兆光网和以太网共同建设其网络，具体的组网拓扑图如下图所示。

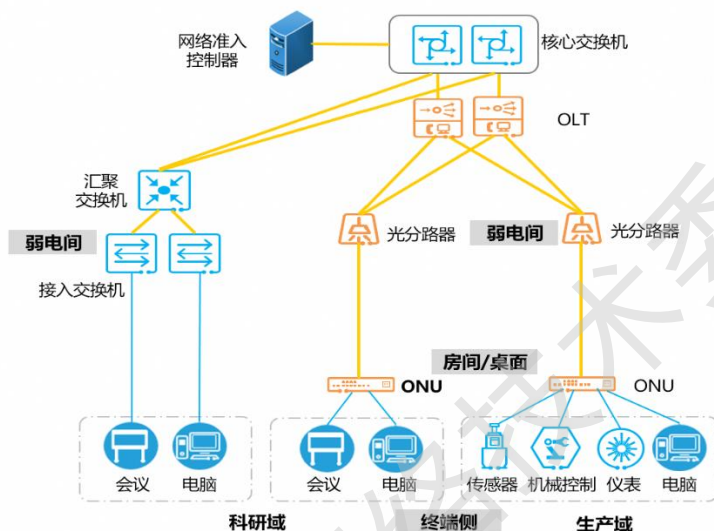


图 4-2 西北某单位 2

网络整体采用光网和以太网双架构，光网采用 XGS-PON，OLT 和核心交换机部署在核心机房，分光器部署在楼层弱电间，光纤到房间，ONU 部署在前端工位附近。结合单位实际情况，采用 Type B 双归属保护，保障高可用。通过部署网络准入控制器和网管平台进行统一管理。园区、楼宇间通过光缆、光纤皮线、ODF、光纤面板等打通至房间，接入了计算机、测试设备、摄像头、服务器等多类型设备，支持了工控调测、智能质检、智能制造、安全生产、AI 大模型、视频会议、设计办公等业务。

关键技术：

可靠性保障技术：采用 Type B 对 OLT 和分光器之间的光链路进行保护，保证了网络的高可靠性。

智能运维技术：通过智能运维工具，实时检测网络的运行性能、网络状态，支持快速故障诊断和主动预测。

低时延确定性技术：通过光网针对其确定性的度量能力，在不过度消耗资源的前提下对时延和抖动进行准确度量，实时监测网络情况，确保“准时、准确、快速”的数据传输能力。

光链路加密技术：在 OLT 与 ONU 之间的光纤链路上采用 SM4 国密加密算法，使得数据满足非明文传输要求。

双架构融合技术：现有网络改造过程中，通过光网和以太网双架构融合运行、统一纳管，支撑了分布实施网络改造的平滑过渡，保障改造过程终端网络应用不中断。

创新亮点、成果与效益：

1、简架构。网络架构精简至两层，采用光纤和无源设备部署主干链路，解决以往传统网线部署的屏蔽要求和复杂空间难施工的问题，弱电间轻量、整洁、环保，光纤布线空间要求低、安全约束少、施工难度小，点位调整灵活、简便、快速。

2、超灵活。采用光纤入户，ONU 前端部署，信息点位新增或调整代价小，从以往几十米屏蔽线变为末端几米网线的部署，点位变更响应速度大幅提升。

3、易管理。运维管理简单，交换机/ONU 集中控制，日常网络调整免配置，通过管理平台方便的在可视化界面秒级快速精准定位故障节点，故障设备 1 分钟替换。

4、高安全。PON 全光链路层加密，更可靠、更安全，非法 ONU 无法接入，终端接入网络实时感知、发现、判断、处置并记录。

5、智运维。通过准入控制器的控制，规避传统人工配置网络的诸多弊端，大幅提升网络配置效率和准确性。联动业务系统，业务流程驱动网络自适应调整，业务审批完毕，管控自动到位。

4.3 西南某单位 1

西南某单位在数智化转型中存在以下关键挑战：型号研制周期长、配置变更频繁且跨单位；历史数据分散在多系统中，标准不统一等。经过充分评估后，选择了 F5G-A 万兆光网建网。

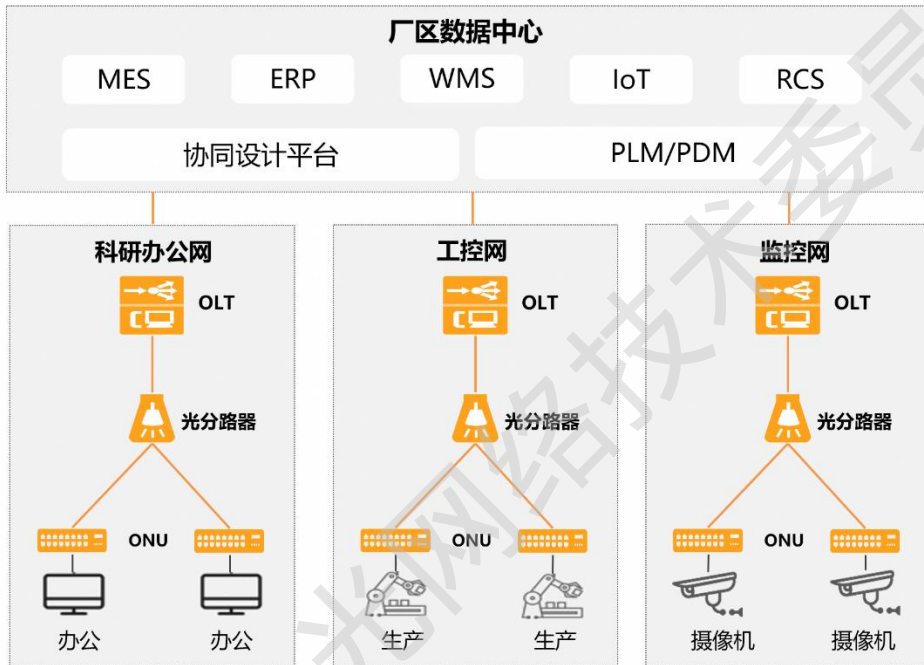


图 4-3 西南某单位 1

本项目以万兆光网作为网络基础设施底座，建立协同设计平台和全光纤化联接。万兆光网为型号研制的多单位/多专业协同设计提供大带宽和低时延的数据传输，保障云端协同的实时流畅；光纤介质原生安全为科研办公网提供全方位安全保障；推动传统央企重工制造企业的数智化转型升级。

关键技术：

1、大带宽技术

50G-PON 带来相对于 10G PON 5 倍带宽提升，具备低时延、低抖动、高可靠等特性，通过带宽换时延、带宽换算力，可提供极致的业务体验。超万兆的峰值带宽可为协同设计提供高速、低时延传输能力，使海量模型、图纸与仿真数

据实现实时共享与并行处理；支持多地多人同步编辑、高清可视化与远程评审，减少等待与版本冲突，提升迭代效率与设计质量，降低本地算力与运维成本。

2、线路加密技术

线路加密技术可防止非法接入的设备窃取信息，造成安全隐患。50G-PON线路加密支持上行方向和下行方向双向加密，确保数据报文双向安全传输。将数据报文通过加密算法进行密文传输，提高安全性。另外，为了防止密钥被破解带来的风险，使用密钥更换技术，定时更新密钥，提高安全性。

3、智能运维技术

央企重工企业对网络运维的核心诉求体现在安全合规、稳定可靠、可管可控。万兆光网可实现对全网设备的统一集中纳管，可建立网络资产的全量台账，配置与变更可控，同时可实现对网络状态可视化监控和故障快速定位。

创新亮点、成果与效益：

1、为建立以模型为中心的研制模式提供万兆光网底座

针对型号研制周期长、数据源分散等问题建立以模型为中心的研制模式和协同设计平台。通过万兆光网将各参研单位/部门、不同角色高速互联，实现跨单位和跨专业协同的虚拟设计、虚拟验证与物理验证一体化。万兆光网提供高带宽低时延的数据传输与算力支撑，确保全流程高效协同。

2、建立全光纤联接的安全网络架构

网络采用点到多点无源 PON 网络架构，核心机房部署 OLT 作为汇聚设备，不同安全级别的 OLT 不同机柜部署；楼层弱电间分光器实现无源汇聚；房间盒式 ONU，桌面面板式 ONU 或光模块形态 ONU 使得光纤直达房间、桌面和终端，实现数据接入。因光纤和分光器天然不存在电磁泄露，科研办公网络和工控网络的光纤可共架桥部署，分光器可共机柜部署。ONU 用户侧接入终端应支持 IP 或 MAC 和 ONU 端口绑定，防止非法终端接入；PON 链路可支持数据链路层的加密，密钥可分钟级更新；ONU 支持基于 SN 或密码的接入认证。

第五章

央企重工F5G-A 万兆光网发展展望

5.1 从“全光联接”到“生产使能”

超越联接：从“全光联接”到“生产使能”，F5G-A 万兆光网深度使能核心业务生产力。

未来园区网络将突破基础连通保障，深度融合研发、生产、管理等核心环节，成为直接驱动业务价值的生产力工具。

高安全研发协同使能：面对核心设计数据交换的高安全需求，F5G-A 万兆光网基于硬管道隔离能力，构建逻辑独立、安全等级可定制的虚拟研发网络。在保障最高等级数据隔离的同时，为经授权的跨项目/部门协同提供专属、可审计的安全通道，大幅提升协同效率。

高可靠生产网络保障：针对车间强电磁干扰环境及高精度设备对网络的严苛要求（微秒级时延、零丢包），万兆光网提供天然抗扰的确定性连接。有力支撑 AGV 智能调度、实时视觉质检、数字孪生超实时同步等应用，保障柔性产线稳定高效运行，提升生产质效。

智能化安防体系构建：依托万兆光网的大带宽、高稳定特性承载海量高清及智能视频流，结合边缘计算能力，在周界及重点区域实现智能入侵检测、行为分析及风险预警。确保监控无断流、分析结果实时上送，打造全域感知、智能研判的立体安防体系。

5.2 从“合规安全”到“内生可信”

迈向内生可信：从“合规安全”到“内生可信”，F5G-A 万兆光网筑牢央企重工全方位安全基座。

安全是央企重工的生命线。F5G-A 万兆光网从物理层、网络架构到运维体系，全方位构建超越合规的内生可信安全防护。

物理层本质安全：光纤无电磁辐射，从物理介质源头彻底消除电磁窃密风

险，奠定铜缆无法企及的本质安全基础。

架构级强化隔离： 极简两层架构显著减少攻击面，融合端口安全、硬件级业务隔离等技术，能轻松满足等级保护高标准要求。尤其适用于支撑多套物理隔离网络建设，通过共享光纤资源，以更简洁布线、更清晰架构实现更彻底、易管控的网络隔离。

智能化主动防御： 基于集中智能管控平台，实现资产自动发现、策略一键部署、异常精准溯源、故障分钟级定位。推动网络从被动防护转向主动预警与快速自愈，全面提升安全运维自动化与响应效率。

5.3 从“成本中心”到“效率引擎”

转型效率引擎： 从“成本中心”到“效率引擎”，F5G-A 万兆光网驱动企业运营模式革新。

F5G-A 万兆光网将突破传统网络定位，深度网络建设、运维管理及业务创新，驱动企业运营模式向高效率转型。

全生命周期降本增效： F5G-A 方案大幅节省线缆与弱电机房空间，显著降低能耗（降幅可达 30% 以上），并通过“一人一园区”的极简运维模式，有效降低总体投资与长期运营成本。光纤网络一次部署即可支持未来数十年带宽演进，实现投资长效保护。

赋能业务敏捷柔性： 针对“多品种、小批量”生产需求，F5G-A 万兆光网极简架构使产线重组、办公调整的网络重构更为灵活。无需大规模重新布线，即可将网络调整周期从天级压缩至小时级，极大提升企业响应市场变化的敏捷性与柔性。

夯实数据驱动基础： 超宽、稳定的万兆光网是数据实时无损流通的基石。它保障了生产现场到决策中心海量数据的高效汇聚，为构建企业数字孪生、实现数据驱动的精准决策与持续工艺优化奠定。

5.4 F5G-A 万兆光网在央企重工的应用展望

央企重工部署 F5G-A 万兆光网可遵循以下路径：

近期：试点验证，场景突破。聚焦新建园区或智能化改造重点单元，在高安全研发、高可靠生产等核心场景部署 F5G-A 万兆光网。重点验证其在复杂环境下的稳定性、安全隔离的有效性及 TCO 优势，形成标准化部署方案。

中期：规模推广，深化融合。基于试点成果，制定集团级万兆光网建设规范，逐步实现多园区规模部署。深化网络与生产业务系统融合，依托高可靠网络支撑更多关键智能制造应用，并扩大智能安防等融合业务部署规模。

远期：全面赋能，生态引领。确立 F5G-A 万兆光网成为集团标准园区架构，全面支撑企业数字化、智能化业务。总结自身实践，深度参与行业标准制定，引领工业光网技术发展，使网络成为企业创新与可持续发展的核心底座。

“十五五”期间，央企重工在 F5G-A 领域将实现“建网”与“用网”的双轮驱动：网络提供商以“适度超前”原则打造万兆光网基础设施，央企重工强化自主可控供给，在航空、航天、船舶、核工业等重工业领域形成示范并规模化复制，共同构筑支撑数智化转型的全光数字底座。

F5G-A 万兆光网是央企重工面向数智化时代的战略选择，旨在筑牢安全发展基石、构建新型生产能力。它以光为媒，以网为基，将为国家重大装备制造和高端装备制造业高质量发展，提供超宽、极简、智能、可靠的新一代数字底座。加速构筑万兆光网基础设施，央企重工将更从容驾驭数智化浪潮，为制造强国与网络强国建设注入核心动能。

| 附录

术语与缩略语

ONV绿色全光网络技术委员会

附录 A：术语

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

F5G-A: F5G Advanced, 增强版的 F5G, 代表技术为 50G-PON、Wi-Fi 7 等。

F5G-A 万兆光网: 采用 F5G-A 技术建设的全光园区网络, 主要包括 F5G-A 无源光局域网 (POL), 同时也包含 F5G-A 全光承载网。

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、图像等信息通信业务。

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

光分配网 ODN: Optical Distribution Network, PON 中 OLT 与 ONU 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器件的配套设备组成。

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 端口、主干光缆均双路冗余的保护方式。

Type C 保护: Type C Protection, PON 网络中 OLT 的 PON 端口, 主干光缆、光分路器、用户光缆和 ONU PON 上行端口均双路冗余的保护方式。

主干光缆: Main Fiber Optical Cable, OLT 侧配线设备至各光分路器侧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。

附录 B：缩略语

- AGV: Automated Guided Vehicle, 自动导引运输车
- AI: Artificial Intelligence, 人工智能
- APS: Advanced Planning and Scheduling, 先进计划与排程系统
- BOSA: Bidirectional Optical Sub-Assembly, 单纤双向光组件
- CWDM: Coarse Wavelength Division Multiplexing, 粗波分复用
- eFBB: enhanced Fixed Broadband, 增强型固定宽带
- ERP: Enterprise Resource Planning, 企业资源计划
- 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
- F5G-A: F5G Advanced, 增强版的 F5G
- FFC: Full-fiber connection, 全光联接
- FTTH: Fiber to the Home, 光纤到家庭用户
- FTTR: Fibre to the Room, 光纤到房间
- GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network, 吉比特无源光网络
- GRE: Guaranteed Reliable Experience, 可保障品质的体验
- IoT: Internet of Things, 物联网
- LNG: Liquefied Natural Gas, 液化天然气
- MES: Manufacturing Execution System, 制造执行系统
- OLT: Optical Line Termination, 光线路终端
- ONU: Optical Network Unit, 光网络单元
- OTDR: Optical Time Domain Reflectometer, 光时域反射仪
- OTN: Optical Transport Network, 光传送网
- PLM: Product Lifecycle Management, 产品生命周期管理
- PON: Passive Optical Network, 无源光网络
- PoE: Power over Ethernet, 以太网供电

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

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

QMS: Quality Management System, 质量管理体系

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition, 数据采集与监视控制系统

TCO: Total Cost of Ownership, 总体拥有成本

TDM: Time Division Multiplexing, 时分复用

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

STATEMENT

声明

本白皮书著作权属于中国电子节能技术协会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

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-A 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



央企重工F5G-A万兆光网应用技术白皮书

F5G-A 10G Optical Network Application Technology White
Paper for Central SOE Heavy Industry