



F5G区域智慧教育专网白皮书

互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心

ONA绿色全光网络专业委员会

2023年4月

F5G区域智慧教育专网白皮书

■ 编委会

专家组

黄荣怀 王景吉 刘 岳 曾海军 陈泽宇 郭金亮 朱立新
贾 飞 董莉莉 孙秋瑞 孟 瑜

编写组

张香玲 张锐利 祁彬斌 张 军 蒋艳双 郝璐迪 孙 驰 陈 旭 宿金超
杨雄强 雒 鹏 张 翔 向正权 张 薇 李东青

主编单位

互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心 (CIT)
绿色全光网络专业委员会 (ONA)

目录

CONTENTS

01

第一章 区域智慧教育的内涵与现状

1.1 区域智慧教育的内涵	5
1.1.1 智慧教育的政策及内涵.....	5
1.1.2 区域智慧教育的内涵及现状.....	7
1.2 智慧教育示范区现状及诉求	7
1.2.1 区域智慧教育整体发展现状.....	7
1.2.2 智慧教育示范区发展现状.....	8
1.2.3 智慧教育示范区发展的诉求.....	9

02

第二章 区域智慧教育专网相关概述

2.1 区域教育专网的政策背景	12
2.1.1 国家政策.....	12
2.1.2 地方政策.....	13
2.2 区域教育专网的内涵与现状	14
2.2.1 区域教育专网的内涵.....	14
2.2.2 区域教育专网的发展现状.....	15
2.3 区域教育专网承载的教育业务	16
2.3.1 推进平台体系建设.....	16
2.3.2 普及教学应用.....	18
2.3.3 创新评价应用.....	18
2.3.4 拓展研训应用.....	19
2.3.5 深化管理应用.....	20
2.4 区域教育专网建设的必要性	20

03

第三章 F5G对区域教育专网建设的价值

3.1 区域教育专网建设现存问题.....	24
3.2 F5G全光网的概述与价值.....	25
3.2.1 F5G全光网的概述.....	25
3.2.2 F5G全光网的价值.....	26

04

第四章 区域智慧教育专网的建设

4.1 区域教育专网配套要素.....	29
4.1.1 数据中心建设.....	29
4.1.2 资源平台建设.....	30
4.1.3 安全防护建设.....	31
4.2 F5G区域教育专网新基建架构.....	32
4.2.1 省级教育骨干网.....	32
4.2.2 地市区县教育城域网.....	33
4.2.3 校园接入网.....	34
4.3 F5G区域教育专网建设案例.....	35
4.3.1 四川蓬安县F5G全光网案例.....	35
4.3.2 江苏宿迁市F5G全光网案例.....	36
4.3.3 浙江义乌市F5G全光网案例.....	36
4.3.4 首师大附中F5G全光网案例.....	37
4.3.5 北京H区考务网案例.....	38

05

第五章 区域智慧教育专网建设建议与总结

5.1 区域智慧教育专网建设建议.....	41
5.1.1 教育管理者.....	41
5.1.2 企业.....	42
5.1.3 学校和教师.....	43
5.2 总结.....	44

1

区域智慧教育的 内涵与现状

互联网教育智能技术应用国家工程研究中心
ONA绿色全光网络专业委员会

1.1 区域智慧教育的内涵

1.1.1 智慧教育的政策及内涵

近几年，我国颁布了一系列政策促进智慧教育的发展。2018年教育部发布的《教育信息化2.0行动计划》中提出“智慧教育创新发展行动”，探索信息技术支持下的教育模式变革，形成引领教育改革发展新途径、新模式。2019年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《加快推进教育现代化实施方案（2018 - 2022年）》，提出加快推进智慧教育创新发展，设立“智慧教育示范区”，开展国家虚拟仿真实验教学项目等建设，实施人工智能助推教师队伍建设行动，构建“互联网+教育”支撑服务平台，深入推进“三通两平台”建设。2019年国务院发布的《中国教育现代化2035》中也明确提出“加快信息时代教育改革，建设智慧校园”。2022年1月国务院印发《“十四五”数字经济发展规划》在第五项任务“持续提升公共服务数字化水平”对应的“社会服务数字化提升工程中”提出“深入推进智慧教育”，包括“推进教育新型基础设施建设，构建高质量教育支持体系。深入推进智慧教育示范区建设，进一步完善国家数字教育资源公共服务体系，提升在线教育支撑服务能力，推动“互联网+教育”持续健康发展，充分依托互联网、广播电视网络等渠道推进优质教育资源覆盖农村及偏远地区学校”。可见，智慧教育建设已成为“推动教育信息化融合创新发展，实现教育理念与模式、教学内容与方法的改革创新”的重要内容和举措。

智慧教育是教育信息化发展的新阶段，智慧教育的发展需要具有智慧的学习时空环境，依托物联网、云计算、无线通信等新一代信息技术，形成物联化、智能化、感知化、泛在化的教育信息生态系统，实现信息技术与教育教学（包括智慧教学、智慧管理、智慧评价、智慧科研和智慧服务）的深度融合，促进教育利益相关者（学生、教师、家长、管理者、社会公众等）的智慧养成与可持续发展，实现智慧学习环境、新型教学模式和现代教育制度三重境界。^{[1][2]}

1.1.2 区域智慧教育的内涵及现状

区域智慧教育作为智慧城市的核心部分之一，是由政府、学校、企业三方共同参与构建的现代教育信息化服务体系，代表着区域教育信息化未来发展的方向和趋势。区域智慧教育是适应教育信息化区域特色发展和区域推进的要求，基于“互联网+”的思维方式和新一代信息技术构建的区域现代教育信息化服务体系。区域智慧教育的建设要适应教育信息化区域推进和深化

发展的要求，应充分利用“互联网+”的思维方式以及物联网、人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术，以教育数据的汇聚、分析与共享为核心，构建网络化、智能化、泛在化的学习环境，推动基于智慧课堂、智慧校园的教育教学全面变革，实现个性化学习、公平化教育、智慧化管理的目标，逐步建成区域智慧教育生态系统。

随着《教育信息化2.0行动计划》及《中国教育现代化2035》等战略规划的持续推进落地，我国各区域智慧教育进一步呈现从点到面、由浅入深、由技术环境支持到教学管理应用的新特征，**主要包括：**

(1) 智慧教育资源共享机制初步形成

提升教育资源供给服务能力是智慧教育建设的重要任务之一。随着“国家智慧教育平台”的投入使用，在各方协同发展下，共建共享教育数字资源的机制逐渐形成。据教育部数据显示，截至2022年7月，国家智慧教育平台总浏览量已超过30.3亿次，总访问量达4.3亿人，有北京、上海等9个整省试点，河北、吉林等6个分项试点。在国家与区域的共同协作下，区域教育资源供给服务能力愈加增强。

(2) 以大数据为依托的现代化教育治理初具成效

教育治理领域正在由传统的治理方法向依托现代化科学技术进行转变，特别是大数据技术为现代教育治理的发展提供了一个新契机。其中，最显著的表现就是作为推进区域教育治理有力抓手的区域教育大数据平台在多地展开组建，如北京市、天津市河西区、浙江省温州市等。不过在区域教育治理过程中，如何规划和发展教育大数据、如何完善教育大数据平台的建设等问题有待进一步解决。

(3) 基于学习过程数据的个性化评价体系正在逐步形成

智慧教育的一个重要方面就是进行智慧的教学评价。目前，多地多校都采用学生学习过程中的大数据对学生的综合素质进行精准性、个性化的评价，使大数据为智慧教育事业、学生教学评价赋能。但总的来看，依托大数据的评价体系还在逐步形成，还未形成统一的评价体系。

(4) 区域智慧教育环境基础建设还有待提升

网络是智慧教育实现的最基础设施，没有高质量的网络支撑，就谈不上创建智慧教育环境。目前来看，部分地区网络全覆盖已基本实现；而稍落后的城市和农村偏远地区的网络仍存在不能支持正常多媒体教学的情况。不过也有部分智慧教育示范区的学校反映在使用平板、VR/AR教学技术、同步课堂、远程实验等教学过程中偶尔会出现网络掉线、网络带宽不足、时

延无法满足资源的问题。因此，满足个性化教学支持服务的智慧教育环境还需在网络基础建设上进一步提升。

(5) 改革教学模式以促进信息技术融合的愿景还未完全实现

智慧教育的开展需要对传统的教育模式进行更新与变革。目前一些学校通过开设特色智慧教室来培养学生创新思维和实践能力，同时，也有一些教师通过翻转教学、STEM教学等可以融入信息化的新型教学模式来促进智慧教育的实现。但整体来看，变革传统的课堂教学结构、重塑学习过程与方式、达成认知学习环境和情感体验的整体优化是教育信息化的美好愿景，大多数教师并没有发挥信息技术在教学领域的深度融合作用，仍然保持着传统的教学模式。^[3]

1.2 智慧教育示范区现状及诉求

1.2.1 智慧教育示范区建设重点

教育部办公厅发布《关于“智慧教室示范区”建设项目推荐遴选工作的通知》中提出了地市级教育行政部门要申请智慧教育示范区的相关要求，如应具备较高的教育信息化发展水平和网络安全保障能力、区域内基本实现全面应用信息化教学方式、在教育大数据采集和融合共享方面具有较好的实践经验等，这也充分说明要想实现“智慧教育”，基础的教育信息化措施必不可少。发展智慧教育需要充分利用信息技术构建智慧学习环境、创新教学模式、建立现代教育制度，以满足新时代对教育发展改革的要求，为培养新时代所需的创新人才提供全面支撑。

教育部办公厅发布《关于“智慧教室示范区”建设项目推荐遴选工作的通知》中还提出了智慧教育示范区建设的重点包括以下六点：以课程和实践为核心建构师生信息素养全面提升的途径和机制、探索新型教学模式以推动信息技术与教育教学实践的深度融合、依托学习过程数据提高学生综合素质评价的精准性、构建数据互联互通的个性化教学支持服务环境、采用协同创新机制提升区域教育资源供给服务能力以及利用人工智能和大数据等新技术提升现代教育治理能力。

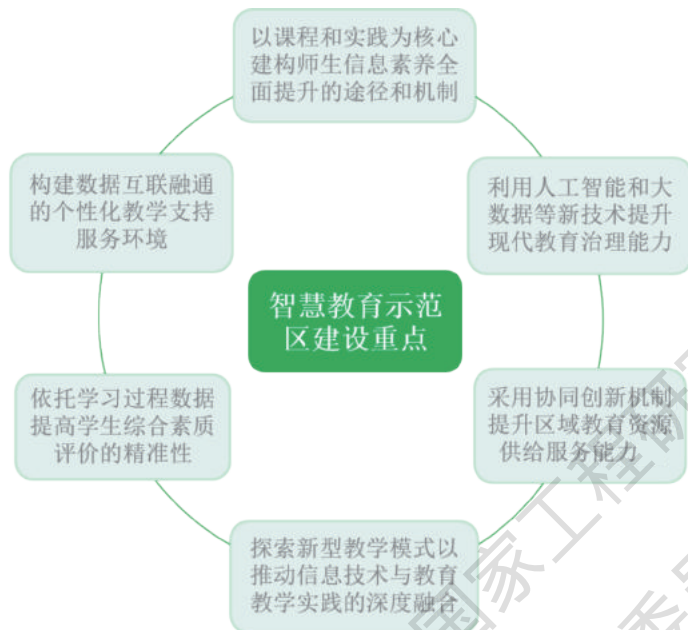


图1-1 智慧教育示范区建设重点

1.2.2 智慧教育示范区发展现状

2018年1月，教育部发布《教育部2018年工作要点》，首次提出推进智慧教育创新示范，并在2019年遴选一批地方积极、条件具备的地区，开展“智慧教育示范区”建设。“智慧教育示范区”作为一项新的工程，肩负着重要的使命，自项目启动以来，各区域以课程和实践为核心建构师生信息素养全面提升的途径和机制，探索新型教学模式以推动信息技术与教育教学实践的深度融合，依托学习过程数据提高学生综合素质评价的精准性，构建数据互联互通的个性化教学支持服务环境，采用协同创新机制提升区域教育资源供给服务能力，利用人工智能和大数据等新技术提升现代教育治理能力，因地制宜地进行探索和有益的尝试，在环境、模式、服务和治理方面形成了一些亮点。^[4]

(1) 注重学习环境的融通

随着人工智能、物联网等技术的发展，学习环境已经从封闭的物理空间向开放、虚实结合的空间转变，学习环境的融通成为“智慧教育示范区”环境建设的重点。北京市东城区依托数字资源平台构建了数字教育资源汇聚和共享通道，形成了市、区、校三级协同的资源公共服务体系，在智能学习环境建设方面进行了有益的探索。

（2）强调教学模式的变革

在“智慧教育示范区”创建过程中关注如何促进教育教学改革、推进“课堂革命”等问题。如：四川省成都市武侯区构建教育教学新生态，积极探索预置、面授和拓展相结合的线上线下三段式教学新模式；安徽省蚌埠市发布“数据驱动精准教学”模式的“一规范，一指南”，以“数据驱动、因材施教”为中心，注重启发式、互动式、探究式教学，改革课堂教学结构，创新学生学习模式，实现师生减负增效。

（3）提升公共服务的能力

优化公共服务是“智慧教育示范区”的一项核心工作，与人民群众的切身利益密切相关，有助于更好地满足人的终身发展和个性化发展需求。湖南省长沙市开展了“农村网络联校”建设，采取结对帮扶、网络教研等措施，促进教师专业成长，全面提升了区域教育资源供给服务能力。浙江省温州市打造教育治理、数字资源和学校服务三大数字中心，贯通衔接省市县校四级信息，融汇户籍、社保、不动产等各类数据12.9亿条，初步建成“学在温州”应用门户。

（4）突出数据驱动的评价

智能时代，新技术的应用改变了传统教学中单一的、以分数为主的评价标准，强调学生综合素质的多维评价。上海市闵行区以电子书包为载体，进行学习过程数据的伴随性采集，并借助综合素质评价系统完成了80多所学校学生的综合素质评价。江苏省苏州市构建以学生为中心的数字化教育教学支持平台，依托“易加综素”、“易加人才”、“易加评价”三大平台实现全对象、全学科、全维度、全过程的智能评价体系。

（5）完善教育数字化治理的能力

推进教育治理体系和治理能力现代化成为全面深化教育改革的关键，各示范区在相关制度的完善、服务水平的提升等方面做了大胆尝试。湖北省武汉市建立了市、区、校首席信息官全覆盖制度，形成了政府、高校、科研机构、中小学校和企业协同创新的联动机制。广东省深圳市以“一网统管”为抓手，高站位绘制出智慧教育科学蓝图，依托教育领域数据中枢实现智慧管理。

1.2.3 智慧教育示范区发展的网络诉求

智慧教育示范区的高质量发展还需要得到教育信息化技术的支持，从目前的发展情况来看，智慧教育示范区在网络上还存在以下诉求：

(1) 跨地域的高带宽、低延迟技术保障

目前，由于当前区域教育专网覆盖范围不足，一些试点区的中小学直接接入三大运营商的公共互联网。但基于公网、特别是跨多个运营商网络无法保证跨地域、持续的双向视频课堂等教育教学应用的网络服务质量。除此，一些学校接入的VR/AR设备、全息投影、智能白板等多种形态的智联终端和教育装备，用于教学大数据分析或者校园安全行为分析的高清摄像头、传感器等都需要高带宽、低时延的技术保障。

(2) 稳定的网络服务

智慧教育示范区需要针对不同业务场景提供特定的网络服务，尤其需要保障网络的稳定性。教育数据访问较集中的地方，如平板电脑教室、智慧运动场等，具有访问的高并发性，易造成学校网络阻塞、吞吐量低、传输时延增大，边缘服务器的支持使网络能稳定持续地传输数据和保持较高的响应速度。另外，开展同步课堂也需要借助智能化的终端设备将采集到的数据安全、可靠、稳定地传输到云端，联合智能分析技术对数据进行处理和分析，辅助系统主动、智能地服务教与学。

(3) 简洁、经济、灵活的网络部署

在传统的数字校园中，不同业务场景需要部署多套物理设备，这使网络管理工作异常复杂。而智慧校园需要的是统一的网络承载，使学校无需部署多种网络，降低学校网络异构互联的复杂性。特别是软件与硬件解耦，让应用场景发生变化时，学校可通过软件设置重构网络结构，而非挖沟、打洞、布线等基于实体空间改造网络，从而实现一次性部署网络多次重复使用，提高网络的灵活性。另一方面，智慧教育示范区也需要依托教育专网来简化网络层次，不再受制于距离的限制，同时无需弱电机房、供电及运维，无源的网络使得网络呈扁平化。

(4) 安全可靠的用网环境

智慧校园网需要根据访问用户的身份、业务场景提供针对性的用网环境。针对学生群体，系统将所有数字内容分层管理，根据学生的年级、学习需求等提供针对性网络服务；针对教师群体，实现公私业务流动无缝切换实现灵活办公，同时还需保障数据的安全性。另外，开展网络教育教学应用，是中小学办学从物理空间向网络空间的延伸。但是目前的教育资源大部分分散存储在公网上，无法为未成年人提供绿色、健康、安全的网络学习空间。因此，加快网络基础设施建设，保证网络和信息安全，使中小学（包括教学点）通过接入教育专网来保证网络学习空间的绿色安全也是目前智慧教育示范区的一大诉求。

2

区域智慧教育专网 相关概述



2.1 区域教育专网的政策背景

2.1.1 国家政策

教育专网作为教育信息化的重要基础设施之一尤其需要超前部署，最近几年，国家层面非常重视教育网络的基础建设。2016年6月教育部印发的《教育信息化十三五规划》中强调“十三五”期间加快推进“宽带网络校校通”，基本实现各级各类学校宽带网络的全面覆盖。2017年12月在教育部印发的《关于数字教育资源公共服务体系建设与应用的指导意见》中明确指出全面推进“互联网+教育”，切实加快教育信息化进程，明确了从体系建设、平台完善、资源应用等方面进行数字教育资源公共服务体系建设方向。2018年4月教育部发布了《教育信息化2.0行动计划》，提出到2022年基本实现“三全两高一”的发展目标。2019年9月建设教育专网被列入教育部等十一部门发布的《关于促进在线教育健康发展的指导意见》，12月建设教育专网被列入国家发改委等7部委印发的《关于促进“互联网+社会服务”发展的意见》。2020年5月底召开的全国两会上，16位政协委员联名提案加快教育专网建设步伐。2021年7月教育部等六部门印发《关于推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见》（以下简称《意见》）提出要充分依托国家电子政务外网和互联网已有建设基础，根据分级负责的原则，加强国家主干网、省市教育网和学校校园网的衔接，实现网络地址、域名和用户的统一管理；要基于教育专网开展网络流量监测，及时监测安全威胁、发现攻击行为，增强感知能力；要通过在教育专网主干网和校园网互联网出口建设网络访问防火墙，自动识别、过滤不良网站和信息，保障绿色上网。



图2-1 教育专网相关国家政策

2.1.2 地方政策

《意见》发布之后，各个省市制定的“十四五”教育规划也纷纷将区域教育专网的建设写到了文件中。

2021年9月发布的《北京市“十四五”时期教育改革和发展规划（2021—2025年）》中提出要建设智能互联的数字教育基础设施，将数字教育基础设施建设作为新基建的重要内容，建设教育专用网络基础设施。2021年11月福建省人民政府办公厅印发《福建省“十四五”教育发展专项规划》提出到2025年基本建成高质量教育体系，要建设省级区域教育专网，加快推进全省县（市、区）建设区域教育专网并接入省级教育主干网。同年12月底河南省人民政府印发《河南省“十四五”教育事业发展规划》提出要加快教育新型基础设施建设，按照分级负责原则，建成覆盖各级各类学校和教育机构的区域教育专网，实现网址、域名和用户的统一管理。2022年4月江苏发布了《江苏省“十四五”教育信息化发展专项规划》，提出加快教育专网建设应用，优化全省教育网络枢纽环境，持续迭代升级网络服务能力，加强国家主干网、省市教育网和学校校园网的衔接，实现网络地址、域名和用户的统一管理，全省100%的教育行政部门和各级各类学校接入教育专网。同月，四川省教育厅印发了《四川省“十四五”教育发展规划》，提出构建新型数据中心，通过混合云模式建设四川教育云，建设四川教育专网，全面覆盖各级各类学校（教学点、教育机构）；江西省教育厅印发了《“十四五”教育事业发展规划》，提出坚持教育信息化“四个一”工作思路，加大教育新基建投资力度，构建数字教育资源公共服务体系，构建“互联网+教育”新生态，支撑引领教育现代化。“四个一”中的“一条路”就是加快教育



图2-2 区域教育专网相关地方政策

专网建设。同年，5月宁夏回族自治区教育厅印发了《宁夏教育专网建设实施方案》，明确提出到2022年建成1个自治区教育专网核心节点、28个教育城域网枢纽节点，实现区级教育骨干网、教育城域网、校园网全面贯通、高速互联。

2.2 区域教育专网的内涵与现状

2.2.1 区域教育专网的内涵

教育专网是充分利用国家公共通信资源，由国家主干网、省市教育网和学校校园网组成，实现网络地址、域名和用户的统一管理的教育专用网络。教育专网覆盖教育行政部门、各级各类学校、教育事业单位，是提供高速、便捷、绿色、安全网络服务的逻辑专网。教育专网是教育信息化公共支撑环境的重要组成部分，为教育信息化发展起到数字底座的作用。

区域教育专网是指把同一地区或同一城市内所有学校、研究机构、本地的教育机构通过网络互联，使教育资源整合、开放、共享，达到整体信息化集成运用的宽带网络。

区域教育专网包括地市县教育城域网和校园接入网及校园网三部分。随着双师课堂等新型教学模式及AR、VR等新型数字教育资源的出现，对于高带宽低时延的网络提出新的需求，而端到端一张网对于教育教学业务高质量的实施提供了保证，因此将校园网也纳入到区域教育专网的范畴。建设区域教育专网的目的主要是要构建一个学校、市/区/县教育局、省教育厅三级教育信息网络系统，形成辐射全市各县（市、区）和所有中小学、幼儿园、职业技术学校、各类成人教育培训机构，面向社会开放的、具有现代远程教学功能、教育信息资源共享功能以及教育教学管理信息交换功能、实现实时视频信息传输的高带宽、低时延的教育信息化网络系统。通过各种教育应用平台和教育资源来为教育管理人员、教学人员、学生、家长等人群提供多方面服务，实现信息发布、教育管理、教育资源共享、教学应用和数据交换等主要功能。

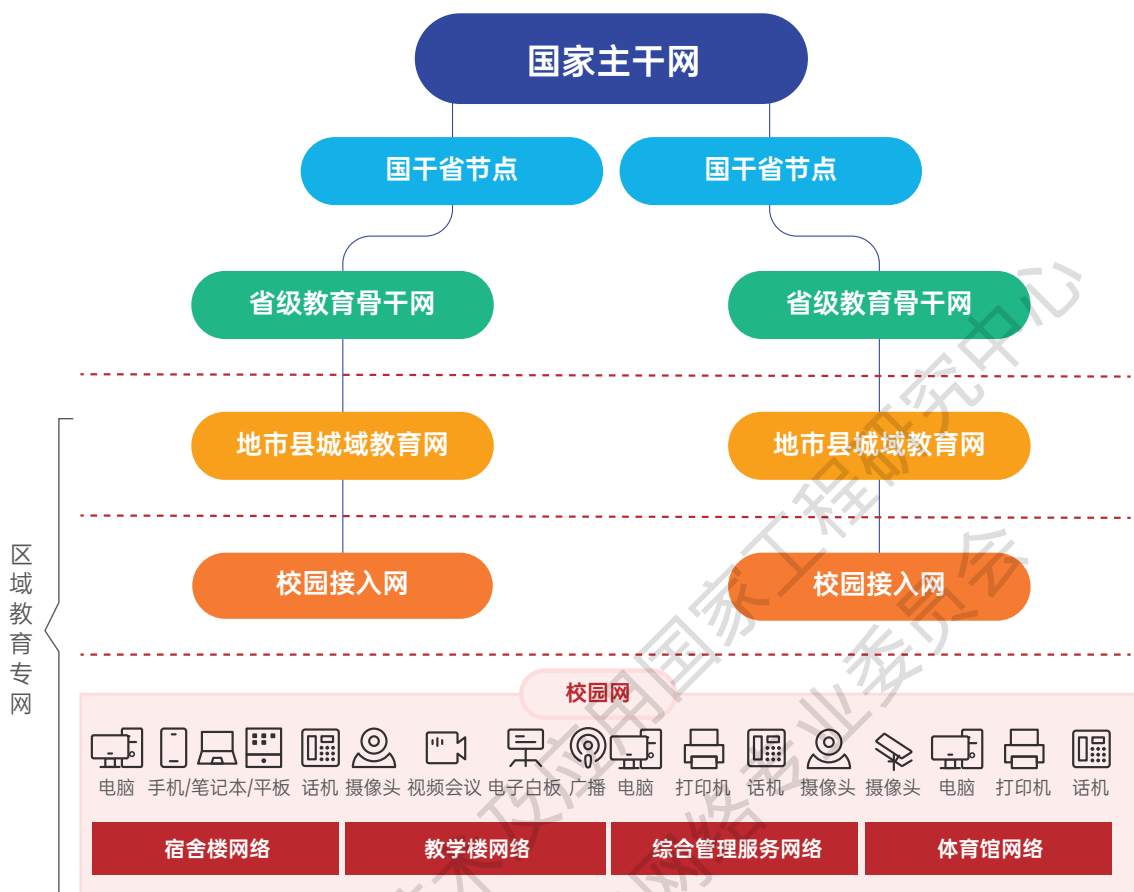


图2-3 教育专网总结构图

2.2.2 区域教育专网的发展现状

目前，区域教育专网的建设还处于发展阶段，据不完全统计，在全国32个省（自治区、直辖市）中，建成或在建省级教育网的有15个，包含北京市、重庆市、天津市、上海市4个直辖市以及安徽省、云南省、广东省、河南省、江西省、甘肃省、浙江省、陕西省、江苏省、西藏自治区、内蒙古自治区11个省和自治区。在全国333个地级市中，建成或在建市级教育专网89个，主要分布在建有省级教育网的地区。

目前区域教育专网的发展现状主要呈现以下特点：

一是以提高网络服务质量为主要目的，满足不断增长的信息化教学和管理的需求。

如西藏自治区通过租用运营商网络设备建设省级教育专网，满足教育主管部门对网络质量的需求，实现千兆进校、百兆进班、互联互通、安全可控、无线校园的目标。

二是区域内各级部门、各类学校的实现互联互通。

如青岛市教育城域网采用统一互联网出口，上联省级教育骨干网和区级政务外网，满足横纵向的业务需求；通过裸光纤下联区域内所有学校及教育机构，实现区域内外数据的互联互通。

三是统一规划与管理。

如北京东城区目前已累计完成了48个教育单位共51个网站的建设，形成网站集群集中管理，学校分散建设自行维护的门户类网站，纳入集群的网站实行统一规划、统一标准、统一建设、统一维护的管理原则。同时，东城教育城域网内部可在骨干节点、汇聚节点、校间扩展分布式云部署，对外部也可对接公有云等服务。

四是通过综合业务管理平台，实现区域内的分级分权管理，提升管理效率和运维质量。

如成都市教育城域网采用统一组网技术与建配标准，将全市各级教育行政部门、教育单位、公/民办中小学校（园）等内部全程光纤联网，实现市域无缝融合、互联互通、高速互访。通过部署IT综合业务管理平台，成都市教育城域网实现了整网业务可视化和市级、区县级的分级分权管理，让网络与业务状况一目了然，有效提升了管理效率和运维质量。

五是部分地区全面推广全光校园网，保障区域内接入的高校、中小学网络的高速稳定，提升教学数字化水平。

如四川蓬安县探索了“1+5+3+N”的模式，采用GPON建设模式布好一张全光网络，建设教育专网，实现广覆盖、高性能、易运维、多任务大融合。蓬安县共建立了五大调控中心，基于光纤网络广覆盖的优势，搭建“学科资源”、“教育管理”和“信息宣传”的共享平台，拓展N项应用终端。促进了城乡学校资源共享，提升教学数字化和现代化水平，实现了公平教育、统一管理、经济建网三大目标。

综上所述，已建成区域教育专网的城市中，其整体架构趋于成熟和完整，但多属于经济发达城市，对于相对落后的地区来说，在区域教育专网的建设上还有较长的路要走。

2.3 区域教育专网承载的教育业务

随着教育应用、管理平台逐渐增多，授课、考试等形式的改变，安防监控保障的需求，区域教育专网承载的教育业务越来越多。以下是区域教育专网承载的教育业务汇总图。

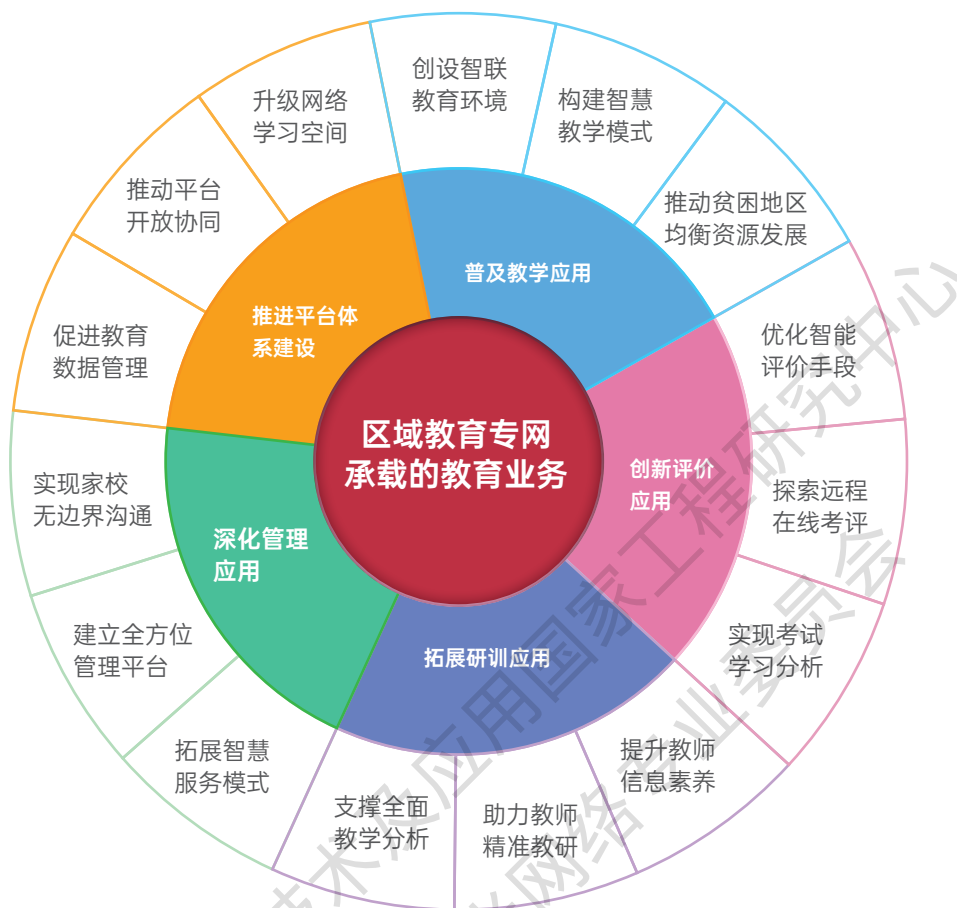


图2-4 区域智慧教育专网支持的业务汇总

2.3.1 推进平台体系建设

区域教育专网将推动各级各类教育平台融合发展，构建互联互通、应用齐备、协同服务的“互联网+教育”大平台。

促进教育数据管理。在教育系统内部署一套教育专网系统，通过统一监管网络中的设备、终端、服务器、应用系统等设施，以及通过实名制保证接入终端的合法性及安全性，在安全接入后能够自动处理管控所有终端，这样的安排将大大减轻网络管理人员的工作量，并能维护网络中终端资源安全以及整网安全。同时，平台根据需求可连接公安等相关部门，切实保证学校安全。

推动平台开放协同。由于数字校园建设的阶段性、各学校信息系统自身特点和对数字校园

的认识偏差等诸多因素，“信息孤岛”现象没有得到根本解决。通过区域教育专网打通国家级、省级、区县及学校的各级各类资源平台，建设基础信息管理及区校、多级门户，涵盖各级各类业务系统，例如北京东城区教育云平台及青岛教育e平台。通过平台实现学校资源共建共享共用，通过积极引入高校、教育企业、机构的优质教育资源，借助社会力量进一步丰富资源获取途径。

升级网络学习空间。区域教育专网的建设将帮助构建智慧在线学习中心平台，整合资源，利用云计算、大数据等信息技术，推进区域优质教育资源共建，打造线上线下相结合的全方位的网络学习空间。而基于区域教育专网统一的教育云底层基础设施，可以扭转传统区域、学校两级分离的局面，实现区校统一基础设施的目标。

2.3.2 普及教学应用

从教学实践过程中看，教育专网的实施推动了智慧教学的开展。

创设智联教育环境。在区域教育专网建设中，要着力通过信息技术与教育教学的深度融合，进行系统性创新。通过“互联网+教育”生态圈的建立，真正助力解决教育发展中的难点和痛点。区域教育专网的建设有助于创建“智慧校园”模型，拓展“智慧教育”时空维度，解决空间、距离难题。

构建智慧教学模式。创新智慧教学模式，推动基于教学改革、融合信息技术的新型教与学模式变革。区域教育专网将构建智慧学习支持环境，推进技术开发与实践应用，提高课堂教学质量。通过区域教育专网的支持，可以在学校建设多种智慧校园应用平台，智能化地开展课堂教学，例如双师课堂、AR/VR教学、远程教学和同步课堂、远程实验以及教育机器人等智能装备应用。

推动贫困地区资源均衡发展。为了推动“优质资源班班通”，加快内容建设与共享，国家提出重点启动“三个课堂”（专递课堂、名师课堂、名校网络课堂）建设。而区域教育专网是有效解决分布在偏远地区中小学、农村教学点的用网难题，实现所有学校接入快速稳定的互联网的保障。在区域教育专网的建设中，通过改善互联互通、可控管理以及合理的带宽资源利用，保障每个中小学、教学点的网络安全畅通。

2.3.3 创新评价应用

在区域教育专网的帮助下，鼓励有条件的地区和学校探索实现规模化在线考试、无纸化考试。

优化智能评价手段。智能技术赋能为教育评价变革发展提供了重要机遇，促进智能技术与教育评价融合创新是深化教育评价改革的必然选择。基于区域教育专网，通过大数据收集、智能分析和预测帮助教师针对性的安排教学进度和内容，根据学生知识掌握程度和综合素质发展情况开展个性化学习，帮助学生实现最大程度的全面发展。

探索远程在线考评。在区域教育专网的助力下，推动远程考试信息化、数字化、智能化，不断整合、输出更多优质的考试技术产品，提供更加完整、系统、高效、智能的考试服务。在考试的科学命题、阅卷方式、测评方式等方面，区域教育专网也会助力进一步优化。如依托区域教育专网搭建的智能考场管理系统实现实时监测和智能识别，实现智能监考。

实现考试学习分析。基于教育专网高带宽、低延时的特征，积极推进学校大数据在教育教学评估评价中的应用，以“云计算+大数据+教育”这种教育云模式为核心，基于各类教学评价系统工具、移动学习终端和师生学习空间等采集数据，利用大数据进行教学评价、资源推送、个性化学习、体质健康监测、平安校园等校园智慧管理，对学生成绩综合诊断以及学生综合素质评价、教学质量等方面提供优化分析评估。

2.3.4 拓展研训应用

以区域教育专网建设助推教师队伍建设，助力提升教学能力、优化教师管理。

提升教师信息素养。区域教育专网的建设为教师带来了更多学习进步的机会。一方面，可以搭建教师信息技术能力全员培训、“未来教师”专项培训的在线学习空间，引领推动网络学习空间建设与应用。另一方面，可实行周期性开展教师信息技术应用能力提升培训，对智慧教育规划、设计、推进、服务等进行培训，提升教师利用信息化手段提升教学水平、教研水平，提升其数据驱动的现代教育治理能力及技术支持能力。

助力教师精准教研。除了服务于教学外，教育专网也能助力精准教研。稳定的网络通信服务和全方位的物联网接入服务能够健全教研机制，启用网络研修平台，帮助教师进一步转变传

统的教育模式、提升教学质量。通过增加信息化教研的实践活动，转变传统教学观念，运用现代技术提供更加多元化的教学指导方案，进一步提升教师的教学专业能力。^[5]

支撑全面教学分析。随着大数据技术的发展，学校也开始使用各种技术进行教学分析。学校利用分布在各处的高清摄像头、传感器等实现高效精准的敏感人群检测、校园安全行为分析，进一步高效智能收集教学数据，支持教学分析。并通过数据挖掘技术深度分析数据，有效评估学生的学业成就、学习负担、心理健康、体质状态和认知水平，帮助教师实现精心设计、精细授导、精炼研习、精准评估、精益辅导的教学。

2.3.5 深化管理应用

在学校的管理运维中，区域教育专网是一个集成的应用系统。

实现家校无边界沟通。区域教育专网可以使得学生回家后仍然可以通过设备自主学习老师布置的视频、音频等多种形式的作业，教育活动产生的交互数据可以实时反馈到云平台。通过区域教育专网，实现学习与生活数据共享，使学校、家长能及时而准确地获取教育信息，提高教学、教育管理水平和效率，打破家校沟通壁垒，真正实现家校共育。

建立全方位管理平台。基于区域教育专网中移动互联网、大数据、人工智能等技术打造全方位管理平台，实现一级部署、两级分层分权管理、三级应用的模式。平台也将针对不同层次的用户，整合不同的功能和数据视图，通过系统平台，优化教育管理的手段，提升管理效能。

拓展智慧服务模式。在数据平台的基础之上，构建智慧区域教育专网应用服务平台，以微服务技术框架为主导，打造区级教育政务网上办事服务平台，实现数据智能到应用智能的服务提升，实现“数据多跑腿，用户少跑路”的服务机制，真正提升区级教育信息化服务水平，实现政务校务一体化服务。

2.4 区域教育专网建设的必要性

教育专网是建设教育新型基础设施的重要组成部分，而区域教育专网在教育专网的整体建设中承担着重要的联接作用。建设高质量的区域教育专网对推动教育信息化高质量发展有着重大意义。

(1) 区域教育专网的建设有利于提升教育信息化应用水平

随着信息技术和智能技术深度融入教育教学全过程，各类信息化教学应用和教育管理信息化系统不断创新发展。从优质资源班班通、网络学习空间人人通到“三个课堂”再到智慧教育示范区建设；从教育业务管理到大数据支撑下的教育业务管理，各类为教育服务的应用和系统的升级与发展，都需要在区域内形成统一的、自主的管理模式和网络环境。这就需要区域教育专网作为管理各类教育业务的支撑，同时为各类信息化教学应用、信息化教育系统提供一个更安全、高速、稳定的网络环境。

(2) 区域教育专网是实现教育数字化转型的必然要求

区域教育专网的建设是加快实现教育数字化转型，建设国家智慧教育公共服务平台的关键。当前，国家教育数字化战略行动全面启动，教育的全面数字化转型已成必然趋势。不过数字化转型需要关键技术的支撑，从底层突破“卡脖子”技术，而区域教育专网就是其中重要一环。要实现数字化转型就必须以区域教育专网建设为抓手，进一步推进信息技术与教育的深度融合，转换教育发展动力结构，打造更加公平、更有质量、更加美好的未来教育。

(3) 区域教育专网有望进一步缩小区域间的数字鸿沟

尽管目前教育信息化建设在一定程度上已取得了诸多成绩，但由于我国地域辽阔，区域、城乡、校际间仍存在数字鸿沟。消除数字鸿沟一方面需要有高质量的信息公路来满足教育网络需求，另一方面也需要互联互通的区域教育网络规划来提供保障。建设高质量的区域教育专网能保障每个教学点的网络安全畅通，同时有效解决分布在偏远地区中小学、农村教学点的用网难题，实现所有学校接入快速稳定的互联网，切实解决数字鸿沟的问题。

(4) 区域教育专网建设有利于进一步实现教育公平

近年来，中西部教育和农村教育得到明显增强，但各区域发展水平存在明显的差距，教育发展不均衡问题仍不容忽视。特别是在疫情期间，偏远地区的网络问题毫无保留地暴露出来，也凸显出城乡网络差距之大。建设区域教育专网，一方面从顶层设计开始，确保优质教育资源的全局规划、协同调配、最大范围共享；另一方面，偏远地区的网络质量得到保障，让优质数字教育资源、优秀师资通过网络跨越空间距离的限制，使得农村学校（教学点）能够开齐开足开好课，提升教学水平。

(5) 区域教育专网建设有利于各地区对教育网络的自主管控

教育专网作为教育信息化公共支撑环境的重要组成部分，其中一个非常重要的属性就是需要拥有自主管理的自治网络系统。区域教育专网的建设对各个地区拥有自主管控的教育网络具

有重要意义。一方面，各级教育资源服务平台可以通过统一身份认证服务平台全部接入区域教育专网，这样教育部门就有了独立管辖权，可进行端到端的质量监测和措施保障。另一方面，建设区域教育专网，也是在各个地区实现教育专网从技术上改善互联互通、可控管理，破解当前教育网络因管控不自由、服务非独立等方面所导致的现实困境。

(6) 区域教育专网建设有利于提供绿色、健康、安全的网络服务

目前大部分中小学直接接入公共互联网，已经开发的教育资源大部分也分散存储在公网上，没有严格的统一管理和筛选机制，无法为未成年人提供绿色、健康、安全的网络学习空间。区域教育专网可通过对网络治理关键要素IP地址、域名、网关的统一规范管控，采取更高要求的安全防护措施和真实源地址认证等先进技术，实现与公共互联网的相对隔离和优质资源输送，为青少年接受基础教育提供健康、文明、有序的网络学习环境。

3

F5G区域教育专网建设的价值

互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心
ONA绿色全光网络专业委员会

3.1 区域教育专网建设现存问题

目前有的区域已有城域网，但由于网络带宽有限，维护和管理不到位，正在面临着网络改造问题；有的区域只是部分学校互联，大多数学校还没有实现与城域网互连。综合来看，目前我国区域教育专网还有**存在以下问题**：

(1) 接入网络缺乏统一规范和管理

一些区域性教育网络由各地自行建设，规范程度和覆盖范围不一，网络质量差异较大，半数以上的区域性网络的覆盖范围和接入能力不能满足当地教育教学的发展需求。因此，从全国范围来看，现阶段，我国基础教育网络只是解决了各单位上互联网的问题，由于缺乏统一规范和管理，跨区、跨校网络连通的稳定性和畅通性难以持续保障，教育资源统一调度分发难以实现，用户上网行为无法有效监控等问题还未解决，导致教育单位不能获得满足教育教学应用需求的网络服务质量。

(2) 优质教育资源汇聚共享不充分

由于教育专网覆盖范围和接入能力不足，教师获取教育资源的途径非常局限。除了几个区域性教育网络水平较好的地区外，其他地区的教育资源基本都分散存储在公网上，跨多个运营商；受制于带宽保障、互联互通等因素，跨地域、持续的双向视频课堂教学的网络时延和稳定性达不到满足教学应用的服务质量要求，造成“一校带多点、一校带多校”等成熟的信息化应用模式得不到全面推广，很多中小学，尤其是边远地区中小学还主要采取教师先下载，再给学生讲解的方式。

(3) 网络和数字资源安全管控薄弱

目前，基础教育网络主要依托公共互联网，而公共互联网是一个完全开放的互联网环境。虽然国家和部分地区对基础教育网络和资源的可管可控开展了有益尝试，例如国家出台首个规范管理教育APP的文件即《关于引导规范教育移动互联网应用有序健康发展的意见》，同时北京、江西、云南、新疆等地要求所有教学资源必须经过审查才能放在资源中心使用，但全面、有效解决网络和教育资源可管可控的管理机制尚没有形成。

(4) 无法有效支撑教育信息化应用水平的提升

“专递课堂”“名师课堂”“名校网络课堂”等同步异地教学，基于智能录播技术的同侪研修、跨区域教师网络研修，基于物联网、移动通讯技术的远程实验教学，以及基于VR/AR的虚拟仿

真实实验教学等是智能时代信息技术与教学深度融合的代表性创新应用，对网络服务质量也提出了更高的要求。然而，现阶段的教育网络水平不能满足高带宽、低延迟的教育教学信息化需求，这使得信息技术与学科教学融合无法深入、全面开展，更加难以适应新时代对教育信息化应用水平提出的要求。

(5) 网络运维不规范，缺乏标准化

教育专网运维管理工作是切实保障教育专网稳定、安全运行，维护师生合法权益的关键，但目前区域教育专网的运维上还存在一些问题。这一问题首先表现在软实力支撑上，部分区域并未切实保障网络技术人员数量以及经费投入，在加强网络安全和专业技能培训，提高网络运维管理人员整体素质上还需进一步改进。其次，随着网络规模的不断扩大，数据中心设备不断扩容，有的教育信息中心引入专业运维公司，辅助信息中心进行数据中心的日常运维保障工作。但无论是自行运营还是引入运营公司的形式，都缺乏一套规范机制保证运营过程标准化。

3.2 F5G全光网的概述与价值

3.2.1 F5G全光网的概述

F5G即第五代固定网络，是我国新基建的重要组成部分和基础，5G、特高压、城际高速铁路、城市轨道交通等应用领域，都需要由F5G全光基础设施来提供支持。F5G是新基建之基，也是构建智能互联时代的钥匙。与前几代固定接入技术相比，F5G具备了超大带宽（eFBB, enhanced fixed broadband），全光连接（FFC, full-fiber connection）和确定性体验（GRE, guaranteed reliable experience）三个关键特征，其代表性的技术包括10G-PON技术和Wi-Fi6技术、光业务单元OSU（Optical Service Unit）等。其中基于OSU的端到端传输框架是管道感知层最重要的关键技术。

F5G全光网分为全光传送网络（OTN）和全光接入网络。F5G全光传送网络作为承接网络，联接到数据中心和云平台，为其他新型基础设施提供大带宽、低时延、高可靠的网络入口和高速管道；F5G全光接入网络和5G构建双千兆网络，共同实现了个人终端、家庭、企业、桌面、物联网IoT的全面接入。相比于传统的各种高能耗的铜线技术，全光接入网是一种低能

耗高效率的先进技术。另外，F5G全光绿色网络采用的无源分光器无需供电，可以部署于任意位置，可考虑取消或者减少弱电间的空间，也可减少原位于弱电间的电源设备、空调设备等，实现了节能减排，促进了绿色低碳的发展。^[6] 因此，F5G全光绿色网络理应成为智慧城乡网络建设的首要选择。F5G全光网在支持区域教育专网的建设中扮演着助推者与支持者的角色，其具备的特点与区域教育专网所要达到的建设目标不谋而合（如图3-1）。



图3-1 F5G全光网所支持的区域教育专网建设

基于F5G全光网建设的区域教育专网将达到高速、便捷、绿色和安全的建设目标，将以光纤为传输介质，利用光传输网络技术，连接本行政区域内各学校和其它教育机构局域网，以及地市教育局、区域教育平台、区县教育局等OTN节点，同时校园接入网可以包括中心学校OLT、教学点分光器和校园接入ONU等。

3.2.2 F5G全光网的价值

F5G技术对区域教育专网的建设价值主要体现在以下几个方面：

(1) F5G全光网提供更可靠的网络保障

区域教育专网从内涵上讲是一张逻辑专网，但它的各层次结构都离不开物理网络的支持。目前，各区域的教育物理网络都存在网络延迟、稳定性差等问题，用F5G技术建设一张安全可

靠的物理网络能很好的解决上述问题，也是支持区域教育专网高质量发展的重要突破。F5G全光网通过末端的Wi-Fi6等无线技术，在大多数情况下已经在实质上成为了无线网，即固定网在末端进行了无线延伸，具体表现为以10G-PON + Wi-Fi6为基础的千兆宽带接入网络。新基建下的F5G具备更大带宽、更低时延以及更稳定、更安全、更可靠的网络特性，不仅可满足公网的高质量网络联接与信息服务的
新需求，也可以运用于教育专网，促进教育专网的发展。

(2) F5G全光网助力网络架构极简

目前，在一些区域的网络建设中，由于分布式网络架构的瓶颈，导致网络的部署和管理非常困难。很多地区都提出了希望能简化网络结构，如青岛市智慧教育示范区相关负责人提出“尽量简化网络结构，除必要安全管控外不做额外建设”的诉求。而F5G全光网络可简化网络结构，同时也能支撑校园网流量的爆炸式增长，满足未来校园网虚拟化和云计算的带宽需求。具体来说，F5G全光网基于上下对称万兆PON网络，支持DBA动态带宽调整，用户平均带宽可达1000M，最大可实现万兆接入，如果利用其搭建网络架构，可以大大改善各教学区上网体验。并且，F5G全光网络可以达到两层极简架构，业务一跳入云，因此，能大大降低网络时延，并且无源光网络（PON）安全可靠，可以保证高效可靠数据传输。

(3) F5G全光网提高网络安全管理

F5G全光园区一般采取简化管理，OLT、ONU、Wi-Fi终端多种接入设备可在一张网络上统一管理，为维护者提供运维可视化，为使用者提供体验可视化。F5G技术可以简化网络层次，业务可以直达数据中心，为未来的拓展提供了良好的空间，同时顺应光进铜退的发展趋势，不再受制于距离的限制，无源的网络使得网络扁平化，无需弱电机房、供电及运维，绿色安全，运维节点减少60%，运维效率提升50%。同时实时监控网络的使用情况，主动识别用户和业务的体验问题，发现潜在故障并识别根因，最终给出修复建议甚至自动修复，监控网络质量的变化趋势，提前分析、预测网络问题及升级扩容需求。

(4) F5G全光网支持智能可靠的网络部署

传统以太网交换机网络的综合布线中，核心交换机部署于核心机房，汇聚交换机和接入交换机通常部署于弱电间，核心交换机和汇聚交换机之间，汇聚交换机和接入交换机之间都是采用光纤进行连接，但是从弱电间到工作区域之间的水平布线采用的是水平电缆。而F5G全光网络的综合布线主要是采用光纤。核心交换机和OLT部署于核心机房，弱电间只部署无源分光器，从核心机房到楼宇 / 楼层弱电间采用光纤进行连接。ONU设备部署于工作区域，从弱电间到工作区域之间的水平布线采用单模光纤进行布线，这就使其部署结构具备了简架构、易演进、智能运维和高可靠等特性。

4

区域智慧教育专网的建设

互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心
ONA绿色全光网络专业委员会

4.1 区域教育专网配套要素

2021年7月教育部等六部门印发的《意见》中提出“平台体系新型基础设施”、“数字资源新型基础设施”、“可信安全新型基础设施”等重点建设方向。建设教育专网和“互联网+教育”大平台，为教育高质量发展提供数字底座；汇聚生成优质资源，推动供给侧结构性改革；建设物理空间和网络空间相融合的新校园，拓展教育新空间；开发教育创新应用，支撑教育流程再造、模式重构；提升全方位、全天候的安全防护能力，保障广大师生切身利益。区域教育专网的建设中，有以下几个配套要素，如图4-1所示。

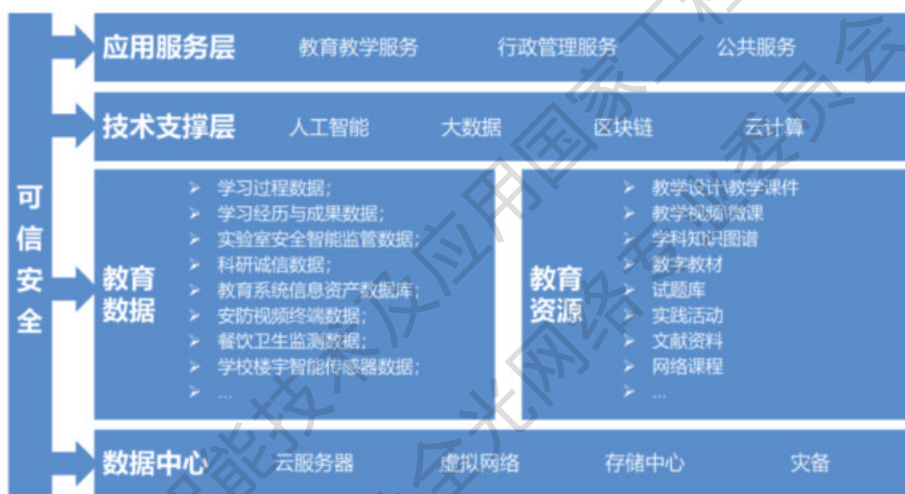


图4-1 区域教育专网配套要素

4.1.1 数据中心建设

数据中心定义为拥有完善设备、专业化管理、完善应用的服务平台，能够提供资源整合、数据存储、网络搭建等服务。区域教育专网数据中心建设并非简单地将各种硬件设备集成在一起，也不仅仅是存储数据的中心，更重要的是数据流通和各种数据应用服务的中心，数据中心建设在规划时应保证具备合理可扩展的系统架构、丰富的信息资源、安全可靠的机房设施、完善的管理机制，让数据中心真正有效地服务于教育信息化。

数据中心实现数据集中管理的基础是具有合理的数据中心架构来以保证数据流转。基于智能时代数据中心新内涵，构建了数据中心体系架构，**包含五个层次**：

- ① **物理层**。作为数据中心底层，物理层提供的数据存储服务是数据中心的基础功能。
- ② **控制层**。控制层通过数据治理的手段提升数据质量、实现数据的标准化并确保数据安全。
- ③ **业务层**。业务层是数据中心与业务流程的交互部分。数据自业务层采集，经由物理层存储与控制层治理后，同步更新至业务流程中，形成良性循环。同时，业务层还能得到应用层智能数据服务的支持。
- ④ **应用层**。应用层将外部数据应用中的数据计算分析能力归纳、下沉并汇聚，形成统一高效的智能计算分析核心，以此为基础进行数据能力开放并支持外部应用。
- ⑤ **逻辑层**。逻辑层定义了数据中心设计与运行的指导理论。^[7]

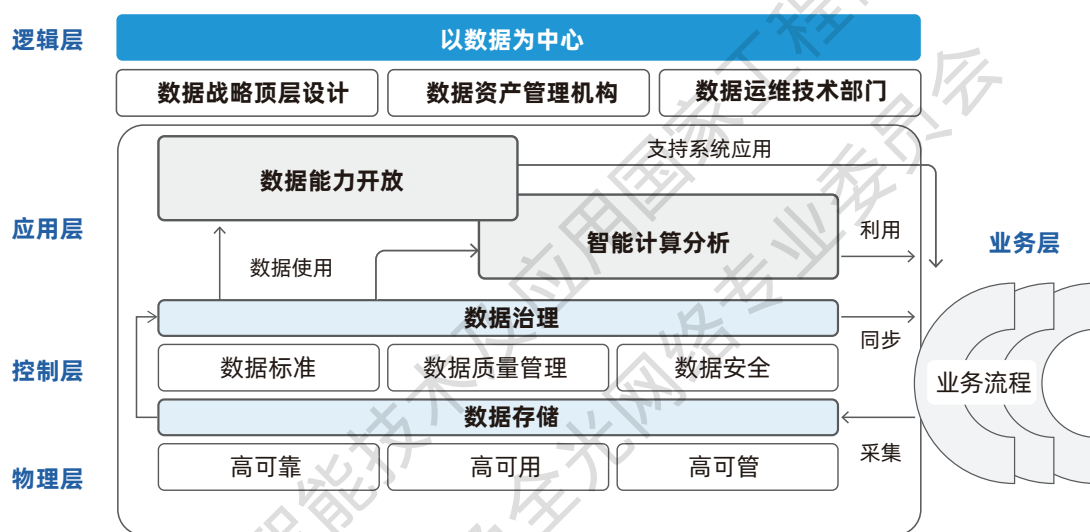


图4-2 数据中心体系架构

4.1.2 资源平台建设

教育资源逐渐成为教育信息化建设中的重点和核心。数字化资源包含在线课程、数字化教材、课例、课件、教学设计、文献资源等多种案例、文本。数字化教育资源服务是以数字形态的教育资源内容为基础，以各级各类教育平台为依托，以各类用户的教与学需求为目标，使用户能够便捷地从各类资源对象中获取资源内容、开展资源共享、应用资源服务等活动。^[8]

资源平台需建设覆盖全国、多级分布、实名认证的教育网络与教育资源融合服务调度平台，实现国家、省、市各级教育资源之间高速、低时延交换，促进各类优质教育资源共建共享，保证教育资源能够快速送达每一个需要的地区、学校以及师生。主要建设内容包括：

(1) 资源汇聚，各级教育资源服务平台应全部接入教育专网，实现教育资源平台互联互通，教育资源、教育数据全网共享。

(2) 实名认证，各级教育专网应建设上网认证系统，所有学生、老师访问教育资源，均需身份实名认证。

(3) 建立资源准入、评价机制，加强对数字教育资源的数量、质量和应用情况的监测评价。

(4) 过程记录，数据汇聚。实现各平台之间大数据的互联互通，形成便捷高效的信息化教学环境，为大数据分析提供基础。

(5) 按需建设，运营规范。根据实际情况，系统选择性建设，达成因材施教的智慧人才培养目标，制定项目建设和运营的标准规范。

4.1.3 安全防护建设

教育专网在与公网畅通互联的基础上，保证教育专网的网络安全，以及网内信息内容的绿色、健康、安全。考虑到建立教育专网主要是为全国3亿中小學生，以及相应的中小学教职員工提供服务，网内有大量视频，文字等教育资源，教育专网的安全防护设计**包括三部分内容**：

(1) 网内关键基础设施

对网内关键基础设施，包括国家主干网、省级网、DNS域名解析服务器、数据中心服务器等进行防护。需要按照国家等级保护2.0的要求，从安全计算环境、安全区域边界、安全通信网络等方面进行系统防护。对于省网以下的城域网，以及中小学校内部网络，主要依靠学校和地区自行进行安全防护。在教育专网与公网的互联点上部署DDoS监测及流量清洗设备、流量分析设备以及入侵检测设备，防止外网对内网的攻击行为。

(2) 网内信息资源

对网内信息资源防护，主要是对网内的教育资源，包括教学视频、文档、学生和教师个人信息等进行安全防护。对上述信息资源的防护主要做到：第一，数据安全，避免出现非授权访问；第二，内容审计，部署安全审计设备和资产探测设备，保证教学资源中没有违法违规的内容；第三，应用备案，根据教育部等八部门联合印发的《关于引导规范教育移动互联网应用有序健康发展的意见》要求，对所有教育APP实施备案管理。

(3) 接入教育专网的用户

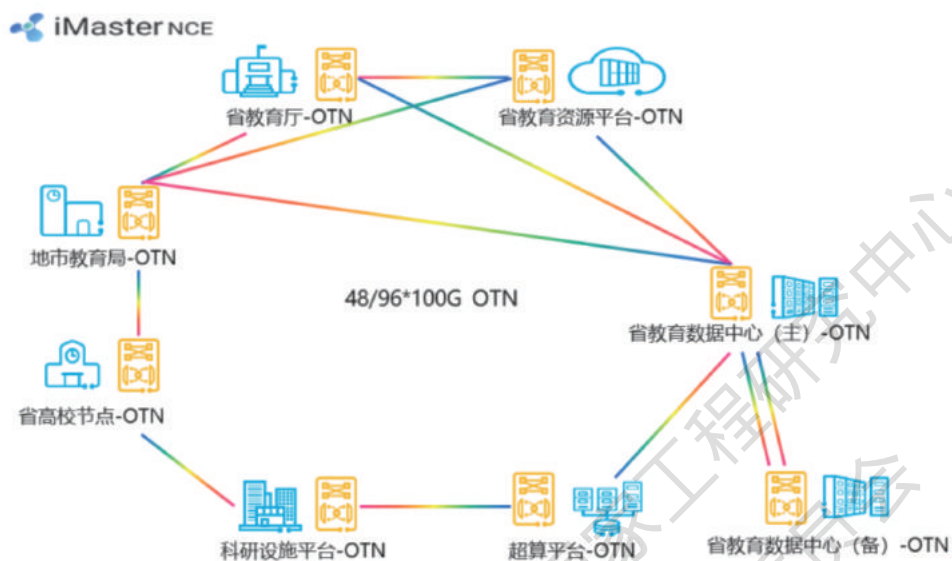
对于接入教育专网的用户，需要建立专网统一身份认证系统，该系统依托于省域网、城域网建设的统一身份认证和资源共享基础设施（CARSI），将中小学学生学籍和教育行政管理部门的信息系统从底层打通，为各个中小学的学生和教职员工提供统一的真实身份接入专网认证。各省级专网也需要建设安全管理中心，从安全管理、审计管理、集中管控三个方面进行安全管理。

4.2 F5G区域教育专网新基建架构

2020年3月，备受关注的“新基建”被首次写入国家政府工作报告。“新基建”包含三大领域：一是信息基础设施；二是融合基础设施；三是创新基础设施。其中，信息基础设施是以5G和F5G为代表的信息技术演化生成的基础设施，是融合基础设施建设的基础，也是创新基础设施建设不可或缺的支撑底座。F5G全光网分为全光传送网络 and 全光接入网络。F5G全光传送网络作为承接网络，联接到数据中心和云平台，为其他新型基础设施提供大带宽、低时延、高可靠的网络入口和高速管道。

4.2.1 省级教育骨干网

在省级骨干教育专网中，使用OTN技术实现省-市教育节点、资源平台、数据中心、科研设施互联，在多个节点间建设OTN环网进行数据互联和数据共享。可以采用48波/96波*100G/200G传输带宽，满足与数据中心之间大带宽业务需求，大带宽资源池，无需新增光缆，通过扩容板卡即可平滑升级演进，同时提供多种网络保护方式，高可靠、易运维，满足教育信息化的长远需求。F5G省教育骨干网网络架构如图4-3所示。



场景：1、省-市教育节点互联；2、资源平台、数据中心、科研设施互联；3、数据中心容灾备份

图4-3 省教育骨干网

4.2.2 地市区县教育城域网

在地市区县教育城域网中，F5G全光网可以有两种方案建设教育城域网：

一种是通过OTN技术，它特有的长距离传输能力能连接多个区县教育局、学校，为区域公共教育资源平台（以及容灾备份）、教育数据中心、教研机构、考试中心等教育局及其下属机构之间构建快速、稳定城域传送专网，专网专用满足安全等保要求。

另一种是采用PON技术，通过在教育局部署OLT，通过长距光模块，把一根光纤拉到教育局下的某一所中小学校，通过一根光纤接入多个ONU，把所有中小学校的通信信号全部汇到教育局，这种解决方案具有较高的建网性价比。F5G地市县教育城域网网络架构如下图所示。如图4-4所示。

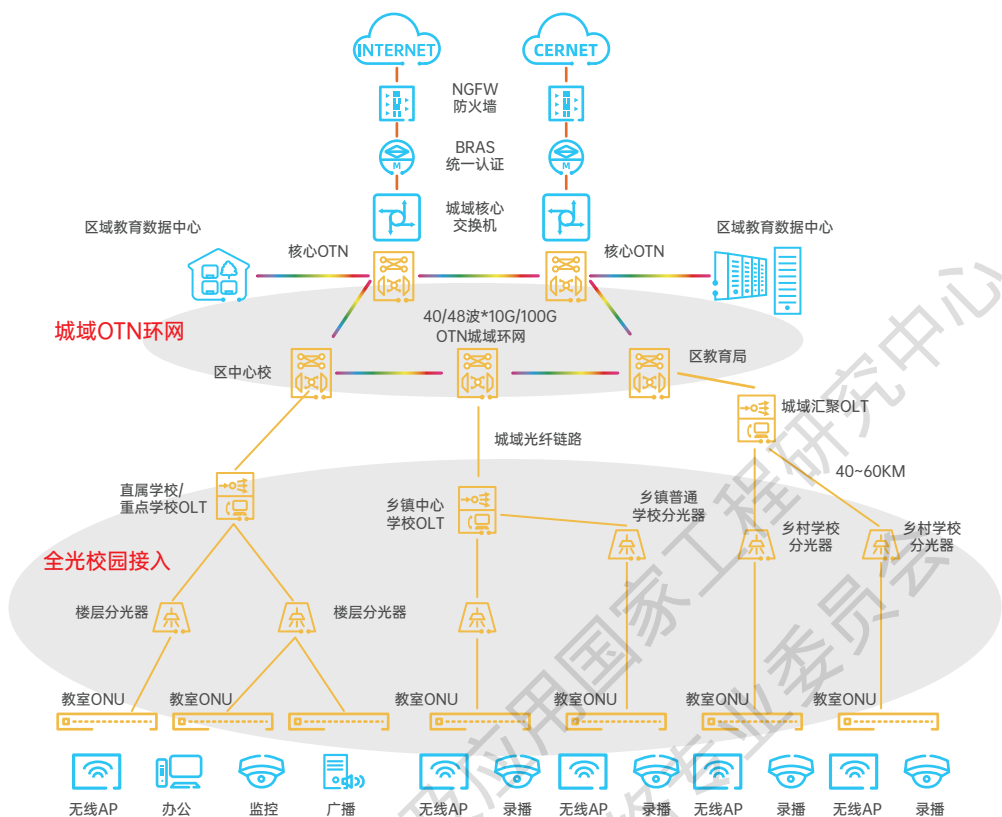


图4-4 F5G地市区县教育城域网网络架构

4.2.3 校园接入网

在校园接入网中，基于F5G的校园网可为用户提供融合的数据、语音、视频及其他智能化系统业务，是以单模光纤为介质，采用了10G-GPON(兼容GPON)、Wi-Fi6为主的第五代固定接入技术构建的局域网络。F5G全光校园网主要的核心设备包括局端设备OLT、光分配网络ODN、终端设备ONU等。F5G全光校园网主要采用的是F5G无源光局域网（POL）技术、OLT设备和ONU设备通过无源的分光器（也叫光分路器）实现P2MP的连接。基于F5G的全光校园网的系统架构如图4-5所示。

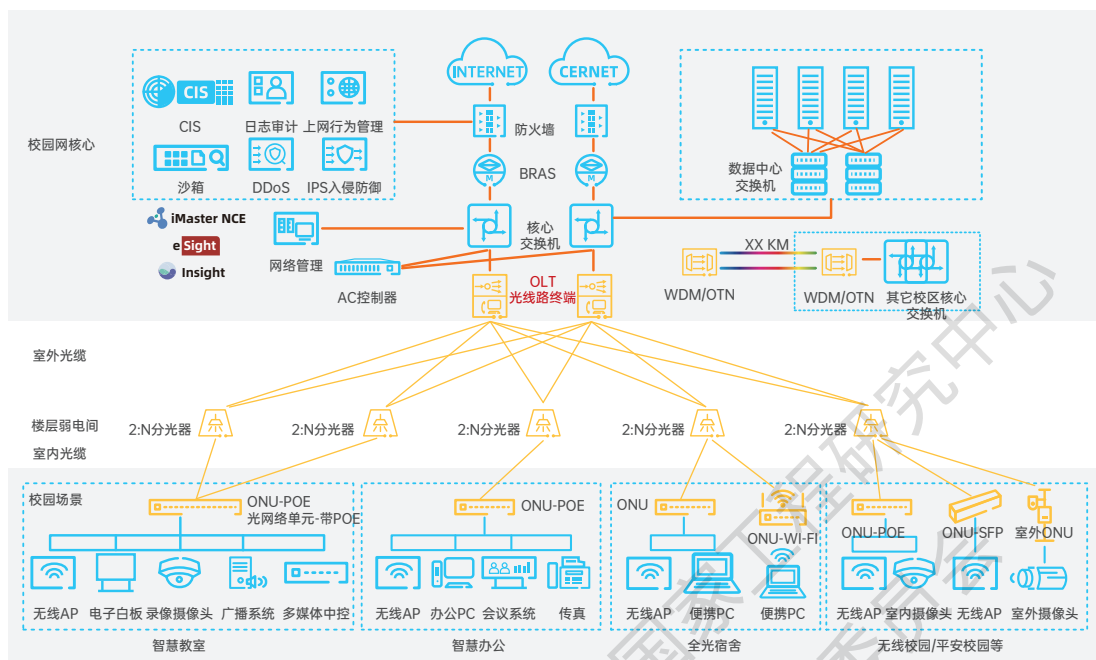


图4-5 基于F5G的全光校园网系统架构

4.3 F5G区域教育专网建设案例

4.3.1 四川蓬安县F5G全光网案例

为了提升基础教育的质量，为全县孩童提供公平优质的教育机会，四川蓬安县教育科技和体育局从2015年开始启动新一轮教育信息化项目，探索了“1+5+3+N”的模式。

“1+5+3+N”的模式中采用GPON建设模式布好一张全光网络，建设教育专网，实现广覆盖、高性能、易运维、多任务大融合；构建起5大调控中心，其中涵盖了注重网络资源调用管理、安全运维的“城域网络智能中心”，触及信息化教学管理的“教育信息指挥中心”，实现优质教育资源支撑服务的“优课录播管理中心”，注重教学、教务管理的“视频会议控制中心”以及服务电视教育的“教育电视录制中心”；基于光纤网络广覆盖的优势，搭建“学科资源”、“教育管理”和“信息宣传”的共享平台，拓展N项应用终端。促进城乡学校资源共享，提升了教学数字化和现代化水平，让70000多名偏远地区学校师生能够公平地接入优质的教育资源，从而实现了公平教育、统一管理、经济建网三大目标，做到了偏远乡镇84所学校100%全覆盖；教学资源集中管理，分支学校“0”运维；工程成本节省30%，共享效率提升50%。

4.3.2 江苏宿迁市F5G全光网案例

宿迁教育信息化“三通两平台”建设进度较慢，全市校园信息化建设存在不均衡的情况，市直学校大多依靠独立建设。宿豫区12年集中建设，其他区域学校网络建设时间较长，存在设备老旧、性能不足、线路老化等问题。因此，宿迁市教育局组织开展实地调研及多轮专家评委论证，最终采用IP+光网络解决方案，通过环网保护、统一运维管理、光电分离等功能的实现，建立一张安全可靠、可演进的网络，满足未来10年的运营管理。该网络架构具备以下特点：

① **网络和无线分级建设**：根据学校不同的规模，选择不同网络/无线建设等级，分级建设满足全市均衡教育和优质教育的建设需求，校园无线网覆盖教学、行政办公区域，实现全市无线统一接入认证。

② **网络架构面向未来**：网络架构极简，一纤多业务，支持IPv6组网，生命周期长，满足未来业务升级。

③ **业务承载流量弹性**：在校园区域，通过IP+光组网结构，承载教学、办公、监控、考试等多种业务流量需求。

④ **建设和运维简单高效**：布线简单，综合布线成本低，节省建网成本30%；无源网络，减少故障点，降低能耗；校园网络有线/无线设备通过市局安全运维中心进行统一认证、管理、维护，实时感知网络运行状态，实现全方位网络运维。

宿迁教育信息化建设采用新的建设模式，打造一张F5G全光教育城域网覆盖宿城区、宿豫区、湖滨新区、洋河新区、宿迁经济技术开发区、苏宿工业园区和市直学校，涉及公办学校222所，实现万兆到校，千兆到桌面，以全市统一的教育公共服务体系构建，整体推进教育信息化水平，营造“人人皆学、处处能学、时时可学”的宿迁市智慧教育新环境。

4.3.3 浙江义乌市F5G全光网案例

在教育行业，义乌市一贯聚焦“教育领域综合改革”，致力于加速推进现代化、信息化发展。在义乌市各学校存在地理位置分散、乡镇多分支等现实情况。而在信息化建设方面存在多网并存难运营的挑战，同时业务的增长促使网络覆盖范围扩大，尤其需要在分支运维力的构建上进行深化改造。由于义乌市教育局目前没有统一网络管理系统，设备管理运维工作量大，且用户上网没有经过认证系统的准入控制，网络安全得不到保障，导致信息化基础环境无法适应教育现代化发展需求。因此义乌市教育局迫切需要构建一套统一承载教学资料的公共平台，加

快智慧校园整体建设，改善传统教学管理手段，实现大数据背景下全面、科学的分析及管理；实现各学校均衡发展，改变大部分学校以老师和书本为中心的传统教学方式。

在对全部需求进行综合现状评估及调研分析后，市教育局梳理了教育信息化平台建设思路，提出以F5G千兆光网推进县市智慧教学综合改革，基于全光网络构筑智慧教育新格局，形成“一网、一云、一平台、N应用”，实现基础环境改善、多领域应用发展、教学信息素养提升。打造一张具备了极致体验、精简运维、开放融合特性的县级市教育城域网支撑教育云平台，成为实现全市智慧教学的关键基石。

目前，义乌市已有超过100所中小学以及幼儿园采用全光教育城域网解决方案完成校园网改造，打造“万兆到校，千兆到桌面”的光纤宽带网络，显著扩大了优质教育资源的覆盖面。教育管理公共服务平台、教育资源公共服务平台等也因此实现优化，形成校校通、班班通、人人通的“三通两平台”架构，使得智慧教学云服务资源体系能够延伸到全市。如今，教育机构、学校、教师、家长、学生均可通过教育云平台访问教育资源，形成人人皆学、处处能学、时时可学的教育信息化体系。在这样的教育公平新格局下，城乡、校际差距的缩小已切实可见。此外，具有超宽接入、多网合一、高效运维等特性的全光教育城域网，相比传统建网节省了大量成本，并打破了传统网络可持续发展的瓶颈。基于成功的教育城域网建设，义乌市教育局大量新建、改造同步课堂布点学校，形成浙江省“互联网+义乌教育”实验区，切实加强了当地优质基础教育资源的生长与普惠。

4.3.4 首师大附中F5G全光网案例

首师大附中通州校区位于北京市通州区新华大街，占地80余亩，是一所“高起点、高质量、高标准”的现代化中学。首师大附中通州校区设有初中部和高中部，现共有40多个班级，100多个多媒体教室，200多名教师。

首师大附中通州校区经过反复调研和技术论证，发现全光网络可以完美地解决建设成本高、传输速率低、使用寿命短、运维与升级难等一系列问题，是学校校园网建设的理想方案。

2021年，经过多年研讨和论证的全光网建设方案落地。学校内部全光网络划分四个区域，教学楼、艺术楼、宿舍楼、体育馆共四栋楼，覆盖了校园全场景。

通过F5G全光网络的成功部署，实现多业务专网融合统一，还具有以下几个核心价值：

(1) **高带宽**：基于上下对称万兆 PON网络，支持DBA动态带宽调整，每用户平均带宽可达1000M，最大可实现万兆接入，大大改善学生上网体验。

(2) **高并发**：目前已经改造的4栋教学楼，设备稳定，在学生考试报名、成绩查询等高并发场景，网络无卡顿，体验提升明显。

(3) **易演进**：一张物理光纤网络实现了无线校园网、教学专网的多网融合，光纤至教室，支撑10G向50G平滑演进，具备极好的业务拓展性和带宽演进能力。

(4) **无源化**：由传统有源接入机房改造为无源光纤网络，无需独立弱电机房，节电省能、降低安全风险。

4.3.5 北京H区考务网案例

根据2018年《北京市教育委员会关于开展北京市国家教育考试综合管理平台建设工作的通知》要求，要建设全市统一的国家教育考试综合管理平台，满足市、考区、考点、考场协同管理的工作需要。北京市教委从2019年开始对17个区教委建设考务网，于2020年高考前投入使用，后期会在成考、自考、研考中推广使用。

H区位于北京市东北部，下辖150余所中小学和幼儿园。现网设备大多数为5年前采购建设的网络设备，性能最高到千兆，无法满足新考试平台搭建。各学校各自接入到运营商机房，再从运营商机房转发到考试中心及信息中心，每年租借光纤费用高。如果建设考务专网还需要再租光纤，进一步增加运维成本。H区教委组织对多种技术方案进行论证，最终选定F5G全光OTN技术来建设全区考务专网。

在每个学校部署对应的OTN设备，基于现有光纤情况统一回传到运营商汇聚机房，再从运营商汇聚机房通过波分设备传输到考试中心及信息中心进而上传到市考试中心建立统一的考务专网。在考试中心部署对应的安全设备，包括防火墙，安全沙箱，漏洞扫描，日志审计，数据库审计等安全设备，从数据通路的前端到后端进行统一管控保证数据安全。

该方案的成功实施，给H区带来如下**核心价值**：

节省大量资金投入成本：由于H区考点学校距离较远，如用传统网络架构需要新拉一套光纤，导致每年需要支付大量资金，通过OTN设备使用现有光纤通路无需新建光纤，每年节省光纤投资50-80万。

满足未来扩展需求，无需新加设备，减少运维复杂度：通过OTN设备满足未来扩容需求，随着将来业务的扩展无需增加新设备，只需要随着业务需求增加对应板卡即可扩容至40G、80G或100G的出口带宽，减少运维复杂度。

OTN+安全设备满足客户对安全需求：通过OTN设备独特的光传输方式，专网专用，与第三方网络物理隔离，实现网络自主可控，可主动预防潜在风险。部署从后端到终端使用全通路的安全设备最大程度保证数据通路的安全性。

5

区域智慧教育专网 建设建议与总结



5.1.1 教育管理者

(1) 强化顶层设计科学规划，全力推动区域教育专网集约化建设

站在推动教育高质量发展的高度，从全局性、战略性角度强化顶层设计与科学规划，切实推动区域教育专网集约化建设，由地市统一规划、统一建设，夯实“数字底座”，打破数据孤岛，逐步实现教育数据互联互通，实现教育公共管理平台智能升级，推动学习资源共建共享，充分利用大数据平台赋能，将聚合的教育数据和信息产品向大数据平台反哺，为管理决策及相关业务需求服务。通过发挥云计算和市场机制的优势，实现了“设备、技术、运维”上移、“教育信息化应用”下沉的发展思路，降低基层推进教育信息化的资金门槛和技术门槛，破解基层教育信息化“不能用、不会用”的难题。

(2) 鼓励不同区域根据自身情况，灵活选择自建自管模式或者合作共建模式

自建自管模式是指教育主管部门自行铺设或租用光纤，自行采购设备并进行运维，其特点是自主管理，发挥F5G全光网的智能运维及低成本优势，同时保障网络的超大带宽及安全可靠，对于经济条件比较好的地区建议采用该模式。还可以采用合作共建模式，光纤由企业投资建设，设备由教育部门提供，其特点是保有自主管理权，建设投入较低，但网络接入能力受限于合作程度。

(3) 加强省、市、县分工与深度合作

教育专网采用分级建设分级管理的方式，包括国家主干网，省、市骨干网，区县城域网，校园网。由于归属权原因不能做到统一建设，只要某一环节建设不到位，都会影响最终使用效果。因而教育专网的建设既需要考虑本环节的建设效果，同时也不能忽略上下游环节的对接效果。比如骨干网建设需要充分考虑所采用的技术、架构的稳定性、可靠性，以及容量等问题，同时也要考虑到校园网在技术支撑上相对比较薄弱的问题，可以以市或区县为单位统一制定建设标准，保证校园网建设效果。

(4) 有序按需推进农村地区教育专网建设

农村地区教育专网建设要坚持适用原则，不能一味追求高速率、高带宽，应从农村教育特殊的业务需求出发建设教育专网。目前除了专递课堂场景之外，真正需要低时延、高带宽的情况还不多。另外农村地区网络建设成本高、业务量小、维护难度大，要持续深化农村网络基

基础设施的共建共享，推动路灯杆、公共监控杆、电力塔等社会资源的开放共享，提升跨行业共建共享水平。

(5) 拓宽区域教育专网应用范围

区域教育专网不仅要建，还要高质量的建，一是要求做到全覆盖，即网络要覆盖各级各类学校；二是要求做到按标准，即网络要按照省里统一的技术标准设计建设；三是要做到能监测，即省里能监测到每一所学校的接入情况。区域教育专网功能应体现在支撑远程教学、资源服务、信息交流、教育管理、师资培训等多个方面。学校与区县级之间的链路宽带使用率相对高一些，但承载的信息大部分是访问互联网产生的，区域教育专网在资源共享、应用系统支撑方面的优势发挥还有巨大的空间。

(6) 协调服务保障与安全规范“两翼”

区域教育专网需要更加注重每位学习者的用网体验，增强每位学习者的网速“获得感”。要推行网络应用分级分权分域，保证区域教育专网绿色、安全。在区域教育专网建设中，对所有互联网出口端均安装了防火墙、入侵防御等安全防护设备，使外网出口安全得到了有效保障。在区域教育专网建设中应同步考虑内网的安全问题，增加区域教育专网的安全威胁检测与阻断、安全访问控制与审计、安全事件发现与分析等网络安全功能，以进一步提升整个区域教育专网的安全防护能力。

5.1.2 企业

(1) 加强关键技术攻关

2018年10月科技部部署实施了“宽带通信和新型网络”重点专项，开展新型网络与高效传输全技术链研发，使我国成为普适性IP网络和媒体网络技术与产业未来发展的重要主导者，B5G和6G无线移动通信技术和标准研发的全球引领者，并在光通信领域研发达到国际先进水平。后续，将加大自主可控安全网络技术研究部署工作，不断强化研究成果在教育领域的应用力度，为区域教育专网建设做好科技支撑。

(2) 奠定以IPv6作为区域教育专网建设的根本“基石”

随着下一代互联网规模部署的推进，尤其是突如其来的新冠疫情让人们更加深刻地认识到，IPv6已然成为包括新基建、教育专网在内的新兴基础数字设施建设最根本的“基石”。抓住

国家IPv6部署和创新创业契机，高水平、大规模、深层次地推动IPv6产业集聚，打造国家IPv6高端人才聚集区、体制机制创新前沿阵地和战略性新兴产业的策源地。以此为示范，更多的创新园、企业、研究机构有望如雨后春笋般在全国生发出来，以产业推动部署，以生态促进发展，在国家的强力推动下，驱动中国IPv6规模部署和技术、产业创新走向深入。

(3) 促进区域教育专网建设的创新融合

将来学校将会是一个“专网 + WLAN + 5G”多网融合的网络环境，在区域教育专网升级建设过程中要注重新技术，包括区块链、增强现实、虚拟现实、5G技术等融入。利用各种设备、软件在不同网络环境支持下采集海量数据，再对数据进行有效分析和利用，这是实现教育个性化、智能化的关键。未来针对大数据应用，如何实现不同网络环境下产生的数据信息汇聚到区域教育专网，沉淀到区域教育专网应用系统中，是未来区域教育专网建设必须要解决的难题。

(4) 坚持“三原则”建设区域教育专网

以应用需求为原则，提升长效动力。对区域教育专网的建设进行适度超前、系统化部署建设有利于发挥其最大效用。一些地区在未对区域教育专网应用需求、投入成本、技术风险等进行前期科学规划的情况下就“着急蛮干”等问题，容易造成重复建设或资源浪费。以协同共融为原则，促进传统基础设施转型升级。区域教育专网的建设不是对已有的建设基础的另起炉灶、推倒重来，而是充分依托已有基础，以信息技术带动区域教育专网的发展，在云网端一体、新旧基础设施互补的新平台上，构建教育高质量发展的数字底座。以技术与伦理规范协同发展为原则，促进教育数字化健康可持续发展。由于技术尤其是人工智能技术的不成熟和人工智能伦理保障机制未建立等原因，导致教育人工智能伦理问题随着人工智能技术的快速发展而日益凸显。在区域教育专网建设中，同样需要关注技术应用的普惠性、公平性、全纳性覆盖，尤其是关注特殊教育人群的教育需求，同时还需要关注数据安全，构建教育数据隐私及问责机制。

5.1.3 学校和教师

(1) 进一步提升技术人员的专业能力

目前，区域教育专网运维服务主要由第三方基础电信运营商来承担。但是，要保障学校享有优良的网络运行环境，还需要建立一支有经验、懂技术的人员队伍，既能督促服务商提供优质服务，同时又能精准把握中心机房、学校网络的运维需求，保障教育教学管理系统的正常运

行、保障师生用网体验、增强网速获得感。为了提升区域教育专网管理技术人员的业务水平，可加强网管员专题培训，提高区域教育专网管理人员主动研究工作、改进工作的积极性，从而提升区域教育专网的运维管理水平。

(2) 从技术导向向问题导向转变

过去信息化建设经常会陷入“技术思维或技术逻辑”，因为“这个技术好，所以我们要用”，而不是“这个问题难破解，所以要用信息技术”。当前教育发展还有很多难题亟需解决，比如，如何保证教学点开足开齐课程？如何实现因材施教？如果只利用传统手段这些问题基本是无法解决的，所以大家就选择性地忽视它们。但信息技术为破解这些难题提供了一种可能的途径，比如用专递课堂解决教学点开足开齐课程的问题，用智慧作业实现个性化学习。因此，我们在发展信息化过程中，始终要从问题出发进行建设。

(3) 从购买设备向购买服务转变

按照教育部提出的“政府政策引导、企业参与建设、学校购买服务”的理念，其中主要包括如下三方面工作：组建“教育云”服务体系、引导学校购买服务、建设各省教育省域网。

5.2 总结

区域教育专网是连接区域内各级各类学校和教育机构间的高速、便捷、绿色、安全的逻辑专网，为区域智慧教育高质量发展发挥“数字基础设施底座”的重要作用。区域教育专网主要包括地市区县教育城域网、校园接入网和校园网三部分。区域教育专网是联通上下的重要枢纽，对上连接国家主干网，对下连接校园网，区域教育专网的建设不仅仅要考虑本环节的建设效果，还要充分考虑上下游环节的对接效果。F5G即第五代固定网络，是我国新基建的重要组成部分和基础，F5G千兆网络在带宽、联接数和网络体验三个方面均有飞跃式发展。F5G全光网具有的高带宽、低时延、网络架构简单、以及安全防护保障，也契合了区域教育专网建设的目标即高速、便捷、绿色和安全。

随着新型教学方式的革新，对于带宽以及时延都提出了新的要求，比如通过AR/VR等资源，需要带宽达到200Mbps，时延在10ms以内，随着技术的发展和在教育场景中的应用，比如AI教学以及远程实验室，需要带宽达到1Gbps以上，区域教育专网的建设让新型的教学方式

的应用成为可能，将为虚拟实训、智慧云考场、智慧家校共同体、教师研训、智慧评价等典型在线教育应用场景提供支撑。区域教育专网的建设要素包括数据中心、资源平台和安全防护三方面。利用F5G千兆网建设区域教育专网时，使用OTN技术实现省级骨干网数据互联和数据共享。在地市县城域网中，每个学校有自己独立的路由器、核心交换机及OLT/ONU等设备，并且建有独立的OTN设备，满足教育信息的多校、远距离互联互通需求。在校园接入网中，F5G采用无源光局域网（POL）技术，OLT设备和ONU设备通过无源的分光器（也叫光分路器）实现P2MP的连接，提供高带宽、高可靠的全光网络。

区域教育专网建设为推进教育高质量和现代化发展奠定基础，同时可以全面改善学校网络和接入条件，解决网络卡顿、使用不畅、用网负担大等问题，全面支撑在线教学、高清交互、虚拟现实等智能化应用场景，促进信息技术与教育教学深度融合，同时将统一规范管理网络治理关键要素，切实提升网络安全防护能力，保障教育数据和信息安全。

核心观点

1. 绿色低碳发展已经成为全球共识，数字化与低碳化相互驱动、相互促进，F5G符合光进铜退、绿色低碳的趋势。
2. 智慧教育示范区对于高带宽、低时延、绿色、稳定、安全及具有简洁、经济、灵活的网络部署的区域教育专网有强烈需求。
3. 区域教育专网是连接区域内各级各类学校和教育机构间高速、便捷、绿色、安全的逻辑专网，是区域智慧教育高质量发展的“数字基础设施底座”。
4. F5G全光网的大带宽、低时延、广连接、绿色低碳的特点与区域教育专网高速、便捷、绿色、安全的建设目标一致。
5. F5G区域教育专网的建设为虚拟实训、学习环境智联、智慧云考场、家校共同体、教师研训、智慧评价等典型教育应用场景提供支撑。

参考文献

- [1] 黄荣怀.智慧教育的三重境界：从环境、模式到体制[J].现代远程教育研究, 2014(6):3-11.
- [2] 杨现民.2014.信息时代智慧教育的内涵与特征[J].中国电化教育(01):29-34.
- [3] 周佳伟,王祖浩.信息技术与学科教学如何深度融合——基于TPACK的教学推理[J].电化教育研究,2021,42(09):20-26+34.
- [4] "智慧教育示范区"创建项目专家组秘书处组."智慧教育示范区"建设进展报告.2021.
- [5] 王艳玲,王晓彦.信息技术与教研活动深度融合提高教研员教学能力的实践探索[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2022(03):138-141.
- [6] 绿色全光网络技术联盟. F5G全光园区技术应用白皮书[R]. 2021.
- [7] 宋苏轩,杨现民,宋子强.智能时代高校数据中心的新内涵及其体系架构[J].现代教育技术,2020,30(07):81-88.
- [8] 陈明选,来智玲,蔡慧英.我国基础教育数字资源及服务:现状、问题与对策[J].中国远程教育,2022(06):11-20+76.



互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心

互联网教育智能技术及应用国家工程研究中心（原互联网教育智能技术及应用国家工程实验室）于2017年经国家发展改革委批复成立，由北京师范大学作为承担单位，联合清华大学、中国移动、网龙华渔教育和科大讯飞等单位共同组建，2021年通过国家发改委和教育部组织的验收和优化整合评价，被纳入国家工程研究中心新序列管理，是国家科技创新体系的重要组成部分。该中心的主要任务是针对我国优质教育资源分布不均衡、个性化学习服务能力不足等问题，围绕优质教育资源共享和智能教育服务的迫切需求，建设互联网教育智能技术应用研究平台，支撑开展远程教学交互、知识建模与分析、学习者建模与学习分析、学习环境设计与评测、系统化教育治理和数字资源公共服务等技术的研发和工程化。通过建立支撑互联网教育的试验平台，形成国内一流的科研环境，主动承担国家和行业重大科研项目，在学习资源生成进化和智慧学习环境等方面取得一批智能技术成果并成功转化，构建互联网教育智能技术领域的自主知识产权和标准体系，形成可持续的产学研协同创新机制，促进教育公平、教育质量提升和学生个性化发展，为推动互联网教育智能技术的进步和产业发展提供技术支撑。

官网：<https://cit.bnu.edu.cn/>





ONA介绍

ONA于2019年10月22日正式成立，中文名称绿色全光网络专业委员会，属于中国电子节能技术协会下属分支机构。ONA旨在搭建全光网络产业的沟通协同平台，繁荣产业生态，携手产业力量消除产业瓶颈，推动行业标准、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）**，推动F5G全光网络产业快速、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，目前价值会员达160家。ONA推动《无源光局域网工程技术标准》正式发布，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》、《智慧医院F5G全光网络精品案例集》、《智慧校园F5G全光网络精品案例集》等多项产业成果，打造了15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，千兆光网获得国家 and 行业政策大力支持，ONA积极拥抱F5G，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！

官网：www.onalliance.org





F 5 G 区域智慧教育专网白皮书

扫码查看更多F5G资料