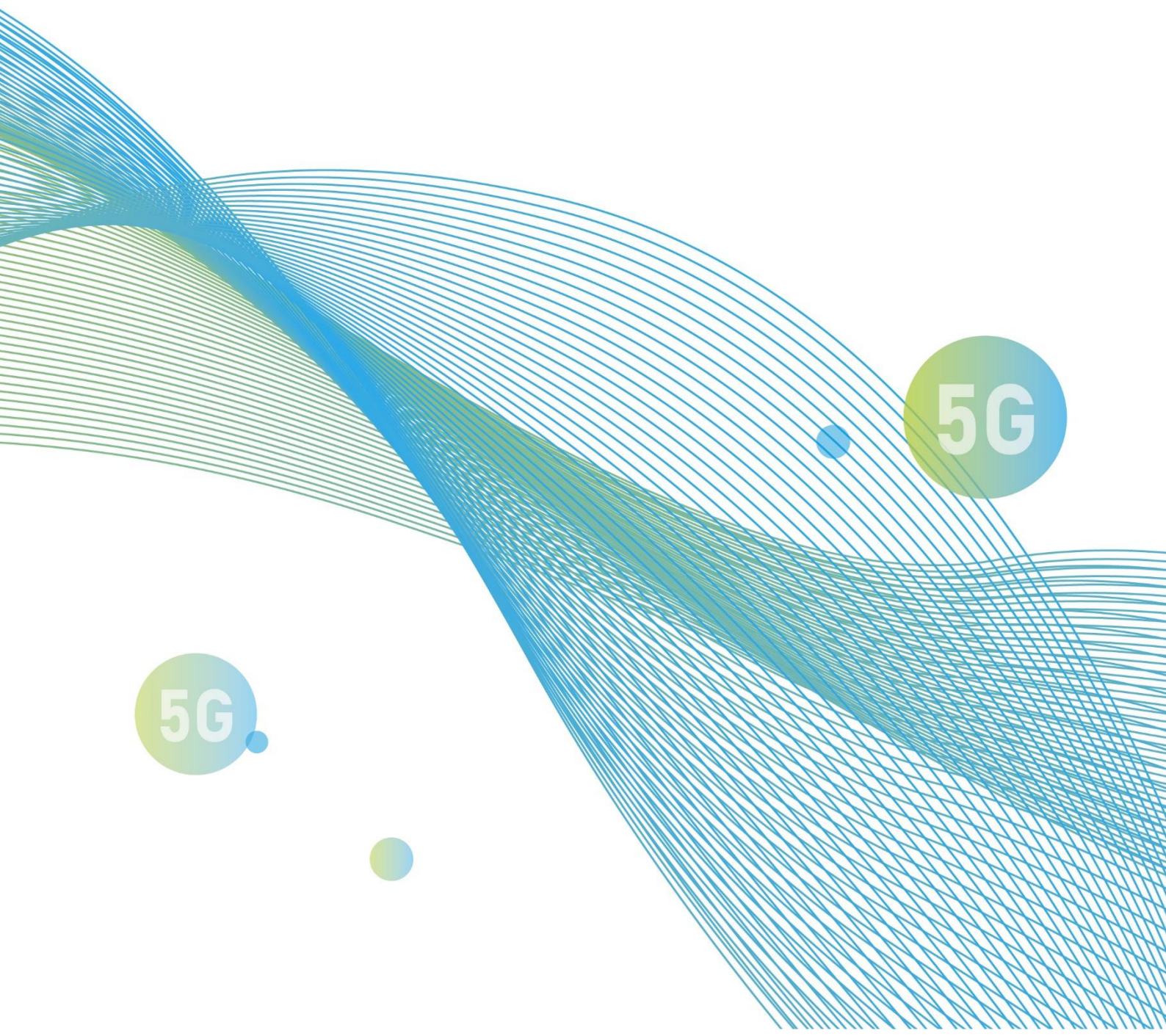


“5G+智慧教育” 发展及产业图谱白皮书



版权声明

本白皮书版权属于 5G 应用产业方阵和中国互联网协会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：5G 应用产业方阵和中国互联网协会”。违反上述声明者，将追究其相关法律责任。

目录

前言	3
一、“5G+智慧教育”发展背景及现状	4
1.1 5G 与教育融合的意义	4
1.2 “5G+智慧教育”国外发展现状	5
1.3 “5G+智慧教育”国内发展现状	7
1.4 小结	8
二、“5G+智慧教育”技术发展情况	9
2.1 技术架构概述	9
2.2 终端层	10
2.3 网络层	10
2.4 平台层	13
2.5 应用层	14
2.6 网络和信息安全	15
三、“5G+智慧教育”典型应用场景	17
3.1 5G+智慧教学	17
3.2 5G+智慧考试	27
3.3 5G+智慧评价	33
3.4 5G+智慧校园	36
3.5 5G+区域教育管理	40
四、“5G+智慧教育”产业图谱及产业发展情况	43
4.1 产业图谱	43
4.2 产业发展情况	45
五、“5G+智慧教育”发展面临的挑战及建议	50
5.1 “5G+智慧教育”发展面临的挑战分析	50
5.2 促进“5G+智慧教育”发展的策略分析	51

前 言

当前，以 5G 为代表的新型基础设施成为经济社会数字化、网络化、智能化转型的关键支撑。教育关系国计民生，是培育人才、提升国家竞争力的重要基石，智慧教育是教育在信息时代的新升华，也是 5G 赋能的重要领域。“5G+智慧教育”促进教育模式变革，推动教育体系重构，助力教育数字化战略行动开展，有力支撑教育高质量发展，受到业界普遍关注，供给侧和用户侧积极探索，技术和应用不断创新。

随着“5G+智慧教育”融合持续深入，为研究最新发展情况，由 5G 应用产业方阵和中国互联网协会共同组织，中国信息通信研究院联合产学研用产业链主要单位，编制《“5G+智慧教育”发展及产业图谱白皮书》。报告分析 5G 与教育融合的意义，梳理国内外“5G+智慧教育”的发展态势，研究最新技术进展，归纳总结“5G+智慧教育”的典型应用场景，征集汇编各场景的代表性案例，绘制产业图谱，并分析产业最新发展情况。

本白皮书主要参编单位：中国信息通信研究院，中国电信集团有限公司，中国移动通信集团有限公司，中国联合网络通信有限公司，北京市教育委员会，北京市教育科学研究院，深圳大学，华侨大学，江南大学，华北电力大学，北京航空航天大学，国家开放大学，清华大学，北京邮电大学，江苏金智教育信息股份有限公司，腾讯云计算（北京）有限责任公司，网易有道信息技术（北京）有限公司，北京同方艾威康科技有限公司，讯飞幻境（北京）科技有限公司，长春吉大正元信息技术股份有限公司，华为技术有限公司，中兴通讯股份有限公司，中教云智数字科技有限公司，北京微呼科技有限公司，广东智慧教育研究院，北京世纪好未来教育科技有限公司，北京猿辅导线上学科培训学校，北京爱学习博乐教育科技有限公司，上海松鼠云上人工智能技术有限公司，三盟科技股份有限公司，中关村互联网教育创新中心，天立泰科技股份有限公司，山西云时代智慧城市技术发展有限公司，深圳市洲明科技股份有限公司，二六三网络通信股份有限公司，乐跑体育互联网（武汉）有限公司，北京京东方传感技术有限公司

一、“5G+智慧教育”发展背景及现状

1.1 5G 与教育融合的意义

随着新一代信息通信技术的发展，智慧教育成为推动教育模式变革、促进教育质量提升的重要引擎，追求教育质量、公平、创新，注重个性化教育、能力全面培养已成为当今教育的共同主题。当前，在数字化转型的背景下，我国的智慧教育发展仍面临如下挑战：一是新型教学模式和管理模式的不断创新对网络性能提出更高要求，虚拟仿真实验/训、全息课堂、智慧校园的安防升级和低碳环保等应用，需要更强的网络灵活性和承载支撑能力。二是数据驱动的过程性教育评价仍待加强，目前教育评价以测试、考试成绩等结果性评价为主，缺少对学生认知、行为、能力等多方面数据的采集，难以开展立体式综合素养评价。三是随着经济发展和国力提升，我国教育事业已取得重大进步，但是依然面临着区域、城乡、校际、群体之间的教育资源分配不均、以及数字鸿沟导致的教育发展不均衡发展等问题。

5G 作为新一代信息通信技术的代表，已成为创新最活跃、跨界融合发展最广泛，技术体系中最具活力和增长潜力的领域，5G 与教育教学深度融合，可以丰富智慧教育教学模式、教育管理、教学评价等内涵，能够有效助力解决上述挑战，对全面推动教育数字化转型、支撑教育高质量发展具有重要意义。

5G 丰富教育教学手段，提升教学效果。5G 的大带宽、广连接、低延时特性，为增强现实（AR）和虚拟现实（VR）、4K/8K 高清直播、全息等技术手段融入教学过程提供了有力的支撑。由 5G+AR/VR 等技术打造的互动教室，可以帮助学生更加直观的观察和理解有关理论，能够在没有风险的前提下进行危险物质的虚拟实验；由 5G+4K/8K 等技术搭建的在线课堂，可以有效改善网络延时卡顿、画面不清晰等问题，为师生的在线交流和互动提供较好的体验和便捷的手段；由 5G+全息技术实现的远程教学，具有较强的临场感、真实感和即时感，可以推动课堂教学模式的创新。5G 进一步丰富了教育教学手段，为学生带来了情景化和沉浸式的学习体验，能够有效助力教学效果和教育质量的提升。

5G 助力校园管理和服务，提升师生体验。5G 可以打通校园网络传输方面的屏障，广连接特性使“万物互联”的实现成为可能。借助于 5G、物联网等技术，学校的网络、硬件等各类基础设施能够全面升级，实现智慧感知、虚实融合的智慧教室等智能学习空间和教学环境。5G 技术可在视频监控、校舍安全、校车管理、安消协同、环境监测、能耗监控、数字班牌、智能签到和场馆管理等方面发挥积极作用，打造自动、节能、绿色、安全的校园管理，师生、校内管理人员

可以获得更好的网络服务、计算服务、智能服务，带来更丰富便捷的体验效果。

5G 促进教育评价改革，提高评价精准性。5G 与人工智能（AI）、大数据等技术结合，通过各类数据终端采集，对整个教学过程进行观测和跟踪，能够记录课内与课外、线上与线下、现实与虚拟等诸多场景中的学生痕迹和数据，并进行传输、保存和分析，实现对学生综合素质的多维评价和全面考察。在 5G 技术加持下，基于视频直播互动的远程面试能够打破时间、空间的限制，满足疫情常态化需求，基于云计算、AI 等技术的云考场能够实现考试全程有据可查，确保考试公平。5G 技术支撑的新型评价方式，能够进一步助力教育评价方式的变革和创新，提高评价的智能化、个性化、客观性和精准性。

5G 优化资源分配，促进教育公平。5G 在线教学、5G 双师课堂、5G 全息投影等教学模式，为教育帮扶提供了新方法。5G 网络的大带宽、低时延等特性，能为偏远地区学生提供画面清晰、无抖动的学习资源，保障了学生享受优质教育资源的权利；通过 5G 网络，可以帮助落后地区学校开齐开足国家规定课程资源，学生同步学习优质校本课程，教师也能借助 5G 网络跨区域实时参与线上教研活动，从而促进教师专业发展，缩小教学质量差距，助力教育公平。

1.2 “5G+智慧教育”国外发展现状

当前，全球多个国家和地区持续推进智慧教育建设，随着 5G 在全球商用范围不断扩大，许多国家开始探索 5G 技术与智慧教育的结合。

美国积极尝试 5G 技术在智慧教育多场景中的应用。Verizon、T-Mobile、AT&T 等基础电信运营企业通过与学校合作、举办大赛、扶持初创企业、合作研发等多种方式，积极面向中小学、高校等不同学段开展多样化尝试。2019 年，Verizon 公司在俄亥俄州克利夫兰的 Breakthrough Schools'E Prep Cliffs 校区设立了全美首个 5G Verizon 创新学习实验室，开展 AR/VR 在教育场景应用的实验，并计划在未来五年内增加 4 亿美元的新投资，将 5G 带到 100 所学校。Verizon 与纽约媒体实验室合作举办 Verizon 5G EdTech 挑战赛，旨在利用 5G 技术提升学生专注力、开展教师培训并满足特殊学生群体的学习需求。同时，Verizon 设立 5G 孵化基地，对利用 5G 技术打造教育解决方案的初创企业进行培育，例如纽约大学未来现实实验室的初创团队就在此基地研发出开源的 AR 学习工具 ChalkTalk。T-Mobile 与堪萨斯大学合作，研发综合利用 5G、AI 等技术的远程护士培训解决方案，涵盖大学、实验室、郊区诊所及大型医院不同培训场景。从 2019 年开始，AT&T 陆续与普渡大学、得克萨斯农工大学合作开发 5G 测试床，并在康涅狄格大学、

迈阿密大学、田纳西大学诺克斯维尔分校等开展了 5G 技术教育场景的开发应用。2021 年，AT&T 与知名 3D 和 AR 阅读应用 Bookful 合作，共同推出基于 5G 网络的大量 AR 童书，提升孩子们的阅读体验。尽管美国开展了多种“5G+智慧教育”尝试，但是目前未在全美范围内进行推广和部署，还停留在介于初始规划、试验和部署之间，教育领域应用场景仍有限。

韩国侧重打造 5G+AR/VR 的沉浸式和 5G+AI 的交互式教育应用场景。韩国在“5G+战略”中针对教育和文化领域提出了（沉浸式教育）为地方和职业学校提供基于 5G、VR 和 AR 的远程教育和培训。在“5G+智慧教育”实践方面，韩国重点围绕 5G+AR/VR 和远程教育开展。2018 年 12 月，韩国首尔延世大学宣布与电信公司 KT 合作推出全球首个 5G 演进网络开放平台，通过 5G 商业网络连接延世大学首尔新村主校区和仁川松岛国际校区，支撑师生开展基于 5G+AR 的牙科治疗和室内建筑设计等学科的研究和教学。2019 年，基础电信运营企业 SK Telecom 与韩国陆军学校合作，基于 5G 网络打造智慧陆军学校，将 5G+AR/VR 技术导入军事训练，提升训练沉浸感。2020 年，SK Telecom 与光州教育厅合作，将采用 5G 网络结合 AI 技术打造双向交互式远程教室，为光州 312 所学校的 20 万名学生提供 5G 交互式远程教育服务。2021 年，韩国文化体育观光部宣布将依托 5G 连接平台，在 100 多所学校设立虚拟运动室，今后将使用虚拟运动室定期举办校际比赛。

英国聚焦 5G 测试床研究以及 5G+AR/VR 在多学段学校的应用探索。英国在《下一代移动技术：英国 5G 战略》中，提出在教育领域重点发展 5G 支持的增强和虚拟现实应用程序，可以让学生通过更加互动的方式以全新的方式学习。2019 年，布里斯托大学基于 5G 网络，成功举办了连接伦敦音乐家和布里斯托音乐爱好者的音乐课，通过 5G 技术实现了两地音乐合奏。2020 年英国考文垂大学采用沃达丰 5G 网络，开展 5G+AR/VR 沉浸式教学，让学生充分体验交互式线上学习。2021 年英国首个 5G 沉浸式教室落户苏格兰坎波诺尔德当地一所小学。

其他主要国家也开始探索 5G 在校园中的应用。2018 年底，KDDI、三星和日本国际先进电信研究所合作，在东京一所小学实现了基于 5G 的超高清教学。2019 年 11 月，不列颠哥伦比亚大学联合罗杰斯通信公司，打造了加拿大首个 5G 智慧校园，校园内的 5G 基站和边缘计算数据中心支持师生进行 5G 应用测试。2020 年 9 月，加拿大滑铁卢大学也与罗杰斯通信公司合作，开始建设 5G 智慧校园。

1.3 “5G+智慧教育”国内发展现状

政策支持引导，促进 5G 等信息技术与智慧教育融合发展。国务院、教育部、工信部等多部门和地方政府分别从国家层面、部委层面和地方层面，持续出台相关政策，促进 5G、AI、大数据等信息技术与教育深度融合，推动教育向更加公平、更高质量的方向发展。国家层面，2022 年，二十大报告提出“深入实施科教兴国战略”、“加快建设高质量教育体系”、“推进教育数字化”。部委层面，2020 年 3 月，国家发改委、工信部印发《关于组织实施 2020 年新型基础设施建设工程（宽带网络和 5G 领域）的通知》，将“5G+智慧教育应用示范”作为 5G 创新应用提升工程重要方向。2021 年 7 月，工信部等十部门发布的《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》中将“5G+智慧教育”列为重点建设方向，探索典型应用场景，以提升教学、管理、科研、服务等各环节的信息化能力。同期，教育部等六部门联合印发的《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》中明确提出，深入应用 5G、AI、大数据等新一代信息技术，充分发挥数据作为新型生产要素的作用，推动教育数字转型，夯实智慧教育发展数字底座。地方层面，截至目前，全国 6 个地区（北京、天津、浙江、山东、河南、陕西）发布的教育信息化“十四五”规划，以及北京、上海、河北、四川等 25 个省、自治区和直辖市的教育发展“十四五”规划，均明确对 5G 与教育融合进行部署，从加快 5G 等新基建建设、推进 5G 与校园网的深度融合等方面促进 5G 在教育领域的应用，其中天津、广东、海南、重庆和云南等地的规划中还明确提出了推动 5G+直播教学、5G 同步课堂、5G+虚拟实验实训等典型场景应用。

我国 5G 发展秉持适度超前原则，网络规模全球领先。工信部最新数据显示，截至 2022 年底，我国累计建成开通 5G 基站总数达 231.2 万个。全国所有地级市城区、县城城区和 97.7% 的乡镇镇区实现 5G 网络覆盖，已建成全球规模最大的 5G 网络，成为全球首个基于独立组网模式规模建设 5G 网络的国家。我国 5G 商用三年来，中国电信、中国移动、中国联通等基础电信运营企业在 5G 上的投资分别达到 865 亿元、3171 亿元、736 亿元，三年总投资共计 4772 亿元。5G 加快与教育、工业、医疗、交通等多个行业融合赋能，5G 应用案例累计超过 2 万个。

通过竞赛征集和试点培育，加快“5G+智慧教育”应用创新和规模发展。2021 年开始，已连续举办两届“绽放杯”5G 应用征集大赛首次设立“智慧教育”专题赛，赛事征集到的智慧教学、智慧校园、智慧考试等 5G 相关的创新解决方案和应用实践，涵盖基础教育、高等教育、职业教育

和校外教育培训等教育类型，项目数量不断增多，属地呈现华东、中南地区引领，向西部地区扩散的态势。2021年9月，工信部与教育部联合组织开展“5G+智慧教育”应用试点工作，遴选培育一批可规模复制的“5G+智慧教育”典型应用。试点充分调动了政产学研用各方力量，受到各级政府、学校和产业界高度关注和积极响应，全国共征集项目1244个，经过自主申报、地方推荐和专家评审等环节遴选出109个试点项目，涵盖5G+互动教学、5G+智能考试、5G+综合评价等多个方向。项目参与主体覆盖学校、电教馆、科研机构、基础电信运营企业和科技企业等多种类型，呈现跨界协同创新特征。

1.4 小结

国外“5G+智慧教育”的应用场景和范围有待拓展。全球主要国家都重视将5G技术运用到教育领域，在推进基础网络建设的同时，开展了部分应用场景的科研和试用，但是目前大部分国家主要关注5G+AR/VR、5G远程教学等有限应用场景，5G在教育教学其他场景的应用有待探索。同时，大部分国家“5G+智慧教育”的应用范围有限，以单校开展为主，覆盖学校数量较少。

我国“5G+智慧教育”应用探索步伐快于国外。目前我国5G网络规模全球首位，我国企业声明的5G标准必要专利数量蝉联全球前列，5G与行业融合程度不断加深。我国教育规模全球领先，各地多所学校积极探索“5G+智慧教育”实践落地，涌现出5G与“教、考、评、校、管”等教育重点环节结合的多样化场景，5G赋能教育的作用初显。

二、“5G+智慧教育”技术发展情况

2.1 技术架构概述

“5G+智慧教育”技术架构如图 1 所示，分为横向的智能终端层、网络传输层、平台数据层和业务应用层，以及纵向贯通的网络和信息安全层。

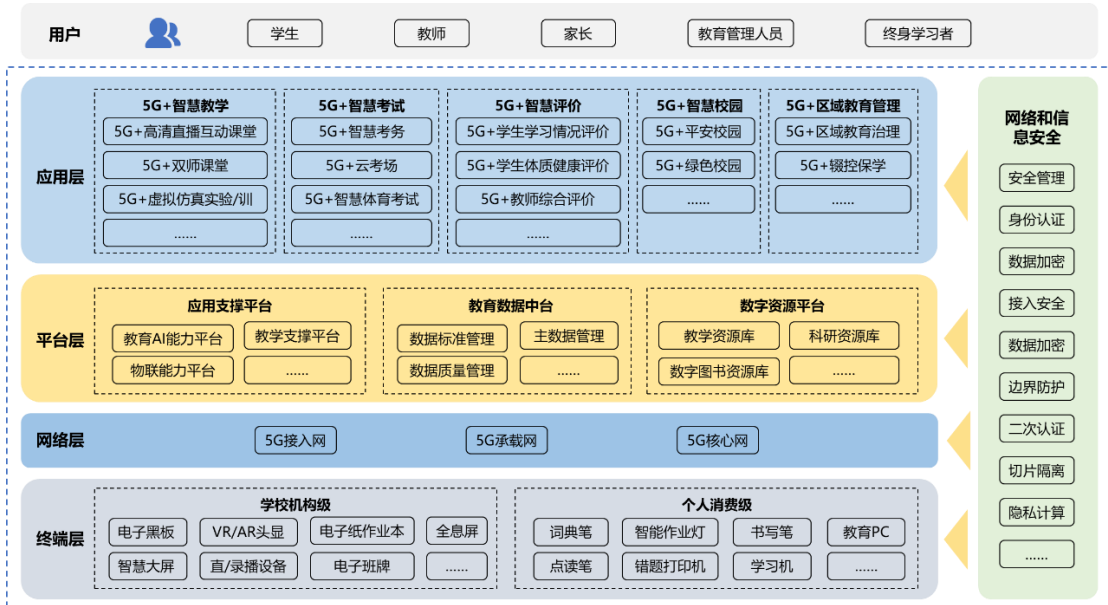


图 1 “5G+智慧教育”技术架构图

智能终端层作为与用户交互的入口，提供多方位的数据采集和多样化的功能服务。终端层包括学生平板、智能黑板、可穿戴设备等多种感知终端，既是教育数据的采集入口，也是承载各种应用的载体，实现信息的汇总和展示。

网络传输层作为高速通道，架起各层之间信息实时高速传输的桥梁。5G 网络通过公共网络和校园专网的方式，支持不同性能需求的教育应用场景，为师生、教育管理者和家长等用户提供便捷、快速、安全的网络服务。

平台数据层作为教育信息处理中枢，提供数据汇聚分析、智能终端管控和应用支撑等功能。基于云原生、容器、机器学习等技术，实现对教育数据的存储、处理和分析，并为 5G 应用提供 AI、大数据、物联网等能力输出。

业务应用层作为展示和交互环节，为学生、教师、教育管理者、家长等用户提供全方位、个性化的全流程服务。主要包括 5G+教育教学、考试、评价、校园和管理等应用场景，是 5G 与教育融合赋能的集中体现。

网络和信息安全涵盖从终端到应用各层，提供全方位的安全技术和管理能力。基于加密算法、访问控制、专网二次认证等技术，防范数据窃取、身份仿冒、隐私泄露等安全风险，保障“5G+智慧教育”解决方案的网络安全、数据安全和师生隐私。

2.2 终端层

从使用场景和面向对象维度出发，教育智能终端主要分为学校机构级和个人消费级两大类，种类多样，功能丰富。学校机构级教育终端主要包括教学平板、智慧大屏、智能黑板、VR 一体机、AR 眼镜、高清直播设备、AI 摄像头、全息设备等，用于学校和培训机构线上线下的教、学、测、评、练等多个环节。个人消费级教育终端主要包括教育 PC、智能作业灯、词典笔、扫描笔、教育电子纸、学习机、错题打印机、手机等，提供学生日常的在线学习、查阅资料、整理错题、快速查词等多种功能。其中，扫描笔、书写笔、学习机等教育智能终端具有较强的场景适配度，既可以用于学校机构，也可用于个人家庭学习。

教育智能终端基本由“硬件+软件+内容/服务”三大模块构成，部分教育终端内嵌 Windows、Linux、android、IOS 等操作系统。由于终端形态各异、支撑的功能场景众多，涉及的技术也呈现多样化，主要包括 AMOLED、OLEDoS、Micro-LED 等显示技术，语音识别、机器视觉、手势追踪、人脸识别等感知交互技术，4K/8K 等超高清编解码技术。多种技术快速发展，不断促进教育智能终端的升级迭代，用户体验增强和功能提升。

教育智能终端通过 5G CPE、5G 模组、USB Dongle、MiFi 等多种方式接入 5G 网络，目前，由于 5G 芯片和模组价格较高、通用模组普适性好但功能冗余等原因，大部分教育智能终端尚未直接支持 5G，以 5G CPE 为主要接入方式，仅有平板、AR 眼镜等少量终端集成了 5G 模组。未来，随着 5G 模组价格降低、应用门槛下降和“轻量化”5G RedCap 技术发展，支持 5G 接入的教育智能终端或将逐渐增多，催生更多“5G+智慧教育”的新产品、新应用，加速泛在学习环境构建，将通过多端联动实现课内课外、校内校外场景无缝衔接，促进家校社紧密互联。

2.3 网络层

“5G+智慧教育”三种专网架构基本形成。第一种是基于公网切片的 5G 虚拟专网，通过 QoS 和切片等技术，提供一张时延和带宽等有特定 SLA 保障、与公网隔离的网络，具备广域跨省、业务加速、快速开通、业务隔离和成本低等特征，适用于小型学校。第二种是基于 UPF 下沉的 5G 混合虚拟专网，通过多频协同、超级上行、QoS 增强、无线资源预留、DNN 等技术的灵活定制，提供一张带宽增强、低时延、数据本地卸载的专有网络，具备上下行带宽增强、超低时延、

数据不出场、覆盖优化等特征，适用于对数据管控、时延要求高的学校。具体部署时，UPF 可部署于临近校园的基础电信运营企业机房内，根据客户需求和业务特征，选择独享或与其他学校共享 UPF；也可将 UPF 直接部署于校园机房内，达到私有化部署，满足数据不出校园的需求。第三种是端到端独立部署的 5G 独立专网，利用超级上行、干扰规避、5G 网络切片和边缘计算等技术，打造一张物理封闭、端到端高性能的专用网络，可根据场景和业务特点，提供端到端全方位精细规划、设计、建设、维护及优化服务，具备超低时延、增强带宽、数据不出场、高隔离、高安全等特征，适用于对安全、性能和自我管理要求高的学校。目前，综合考虑业务需求、成本、安全和建设周期等因素，大部分学校和教育机构普遍采用前两种专网架构。

基础电信运营企业推出了涵盖上述三种类型的 5G 专网架构。中国电信推出了 5G 定制网，分为“致远”、“比邻”、“如翼”三种服务模式，如图 2 所示，致远模式是面向广域优先型客户提供的定制网服务模式；比邻模式是面向时延敏感型客户提供的定制网服务模式；如翼模式是面向安全敏感型客户提供的定制网服务模式。中国移动推出了“优享”、“专享”、“尊享”三种模式，如图 3 所示，优享网络提供数据不出教育专网、业务隔离和教育业务加速的网络服务；专享网络提供数据存储不出校/区、无线网络增强覆盖的网络业务；尊享提供数据流不出校、高安全、高隔离的专用网络。中国联通推出了“5G 虚拟专网”、“5G 混合专网”和“5G 独立专网”三种模式，如图 4 所示，5G 虚拟专网是基于联通 5G 公网资源，提供与公网数据隔离的虚拟专有网络；5G 混合专网是以 5G 数据分流技术为基础，构建的增强带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络；5G 独立专网提供一张增强带宽、低时延、物理封闭的基础连接网络。

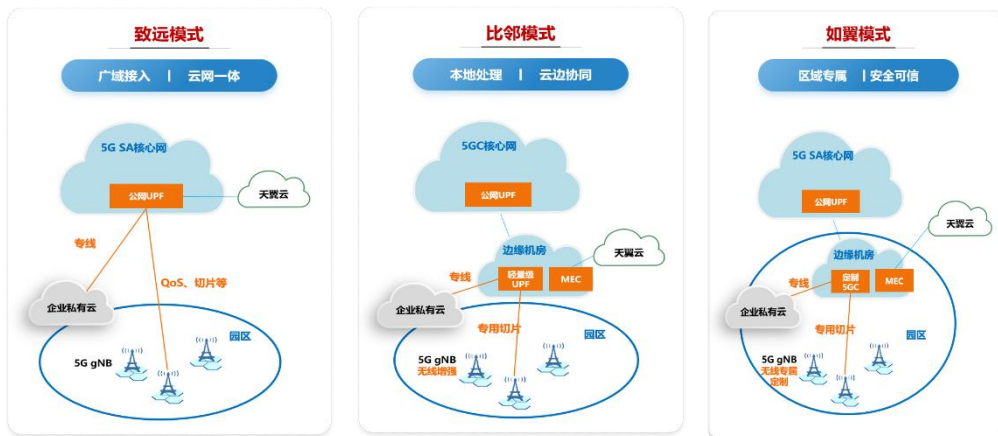


图 2 中国电信 5G 定制网“致远”、“比邻”、“如翼”组网架构

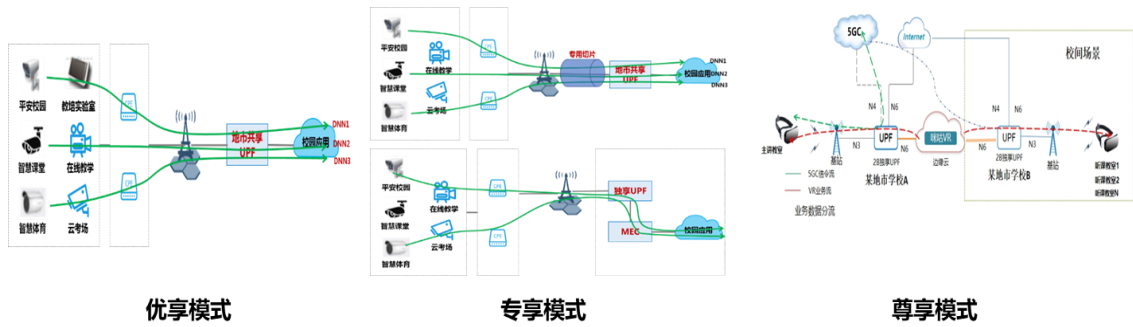


图3 中国移动5G专网“优享”、“专享”、“尊享”组网架构

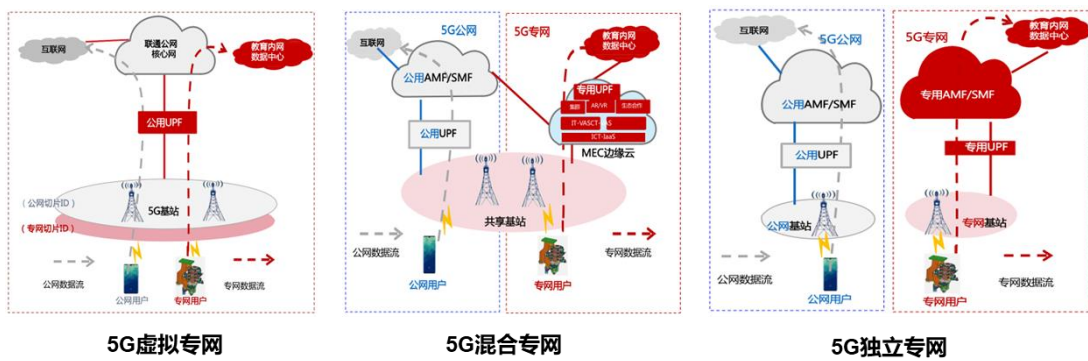


图4 中国联通“5G 虚拟专网”、“5G 混合专网”、“5G 独立专网”组网架构

除了上述5G专网模式，面向师生在校内、本地和全国范围无需VPN拨号，通过5G网络访问校内资源和公共互联网的需求，基础电信运营企业推出了双域专网/融合专网，可通过基于ULCL或DNN的方案实现校园内外网业务隔离和分流，为校园师生提供在校内、校外（含省内、国内漫游）“不换卡、不换号、无需设置”访问校园内网和互联网的服务。具体部署时，分为共享型UPF和独享型UPF两大类。共享UPF方案架构如图5（a）所示，主要用于无特殊安全要求的校园，采用全省（地市）共享UPF设备进行公私网分流，大网2C UPF作为主锚点和互联网出口，地市建设ULCL UPF兼做辅锚点，通过数据专线与校园内网对接，实现校园专网用户的数据分流。独享型UPF方案架构如图5（b）所示，主要用于校园信息安全要求高、隔离要求严格、校园内网数据不能出园区等需求的学校，采用独享型UPF入驻式部署到校园机房。

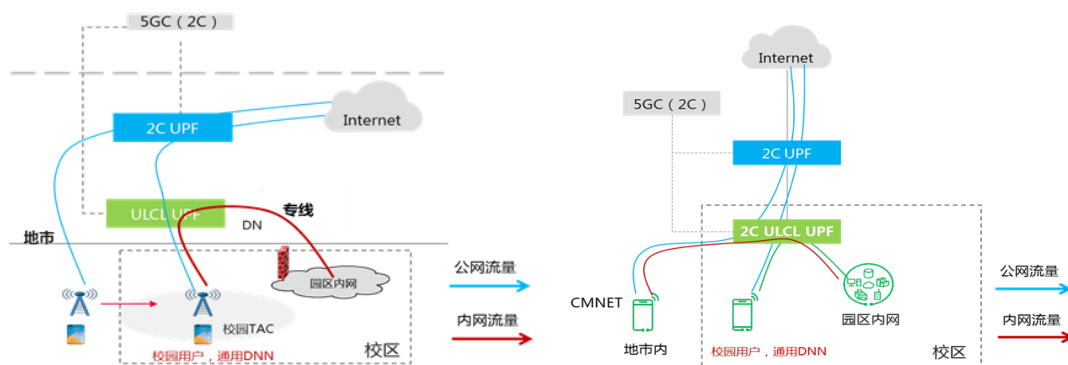


图5 (a) 共享 UPF 方案示意图

(b) 独享 UPF 方案示意图

目前，校园内存在光纤、专线等有线网络和 WiFi、4G 等无线网络，网络类型多样，然而这些网络技术各有优势和局限。有线网络具备大带宽、低时延、抗干扰性强等特点，存在缺乏移动性、建设周期相对较长的局限；WiFi 部署方便、成本较低，但覆盖面积小、连接数低；4G 移动性强，但带宽有限、时延较高。5G 网络具备灵活性高、移动增强、大带宽、广连接等特点，通过与现有校园内其他网络技术进行多网融合，能够优势互补，为师生提供高速、便捷、安全、无处不在、无感接入的校园网络。未来，随着 5G 网络建设的持续推进，校园 5G 网络覆盖的广度和深度将不断增强，同时随着 ULCL 分流等技术不断优化，双域专网/融合专网带来的用户体验也将持续提升。

2.4 平台层

随着国家“互联网+教育”战略、教育信息化 1.0 和 2.0 等政策不断推进落实，陆续建设了国家级、省市级的教育资源公共服务平台、教育管理公共服务平台和二者融合的“互联网+教育”云平台。各级学校也相继建设了面向智慧教学、教研管理、教务管理等需求的校级云平台。为深入实施国家教育数字化战略行动，基于常态化疫情防控背景下线上教学的需求，国家智慧教育平台于 2022 年 3 月正式上线并不断升级，一期包含国家中小学智慧教育平台、国家职业教育智慧教育平台、国家高等教育智慧教育平台、国家 24365 大学生就业服务平台；7 月进行了二期升级改版，新增了体育美育劳动教育、教育研修和研究生教育三大板块，增设了考试服务、学历学位和留学服务三大服务专区，并启动了试点工作，从整省试点和分项试点两个维度，将省级平台与国家平台进行对接。截至 7 月，国家智慧教育平台的总访客量达到了 4.3 亿人，汇聚了 3.4 万条中小学资源、近万门职教课程、2.7 万门慕课、6.5 万条高教资源和 1124 万个就业岗位资源。

上述平台的建设离不开虚拟化、容器、云原生等云计算技术，数据库、神经网络、遗传算法

等大数据技术，以及深度学习、知识计算、知识图谱等 AI 技术的支撑。从构成模块来看，“5G+智慧教育”平台层主要包括应用支撑平台、教育数字中台和数字资源平台三大类子模块，其中应用支撑平台涵盖教育 AI 能力平台、物联能力平台、教学支撑平台等，数据中台包含数据标准管理、主数据管理、数据质量管理、数据交换共享、数据挖掘分析等，数字资源平台囊括教学资源库、数字图书库、科研资源库等。平台各子模块“各司其职”、有机结合，共同支撑上层多种业务应用的开展。例如，教育 AI 能力平台围绕 AI 模型和算法提供数据标注、模型训练、模型推理等能力。物联能力平台提供校园各种联网设备的监测、调节、调度等管控能力。随着智慧教育的快速发展，教育数据的规模激增，数据类型也更加多样化，涵盖结构化数据、半结构化数据、非结构化数据等多种类型，带来了数据管理、共享等挑战。教育数据中台解决数据难打通、数据资产难运营、数据价值难释放等问题，帮助学校及教育主管部门打造数据资产，并向应用层提供敏捷的数据开放能力。教学资源库汇聚了多学段、多学科、多学期的内容资源，包括文本、音频、动画、微课、AR/VR 资源等多种类型，为智慧教学应用的开展提供基础资源。未来，随着教育数字化转型升级的持续推进，各级各类的教育平台将加强互联互通，有力促进公共数字教育资源体系和教育治理公共服务体系建设，不断扩大优质资源共享范围，提升服务有效供给能力。

2.5 应用层

5G 与“教、考、评、校、管”教育重点环节融合，催生了多种新兴应用场景。教学环节，5G+高清直播互动课堂、5G+双师课堂、5G+虚拟仿真实验/训等应用为广大师生打造远程互动和沉浸式学习环境，增强课堂生动性和丰富性，扩大优质教育资源共享范围，提升学生学习主观能动性和实际动手能力，促进教学质量提高。考试环节，5G+智慧考务、5G+云考场等应用可提升考前、考中和考后各环节的智慧化和可视化程度，支撑大规模在线考试的便捷开展。评价环节，5G+学生学习情况评价、5G+体质健康评价等应用可构建全面、客观的师生综合评价体系，推动评价的过程化、立体化和精准化变革。校园环节，5G+平安校园、5G+绿色校园等应用可实现校园设备的互联互通，打造更加安全、节能、便捷的校园环境。管理环节，5G+区域教育管理基于教育大数据采集汇聚，有效提升区域教育监管、服务和评估等的成效。

应用层与用户交互方式多样，多屏联动发展态势明显。目前，教育网站、教育 APP、小程序、教育智能终端等入口为用户提供云端或本地教育资源访问、教育信息分析展示、教育服务对接等多种功能。随着终端互联互通技术的发展，电脑、平板、手机、投影仪、电视等多种教育应用入口的多屏联动不断加速，实现以用户为中心的资源便捷访问。

随着信息化技术不断发展，“5G+智慧教育”应用呈现智慧化、个性化、泛在化发展趋势。智慧化方面，各应用场景的智能化水平日益增强，功能丰富度和性能不断提升，校园管理将逐渐降低人工依赖，向自主运行方向发展。个性化方面，AI 智能算法、知识图谱等技术持续发展，促进学生画像、定制化资源推送、教学精准化等进一步成熟，打造千人千面的个性化应用。泛在化方面，“5G+智慧教育”的应用范围逐步扩展，应用场景持续挖掘，有力支持无边界学习环境构建，助力教育泛在化开展。

2.6 网络和信息安全

5G 网络为智慧教育带来了从网络接入到应用场景各层级新模式，同时也为智慧教育的网络和信息安全保护提供了新手段，带来了新需求。图 6 展示了“5G+智慧教育”各层的网络和信息安全需求，主要分为两类，一类是传统的网络信息安全需求，如应用数据安全、用户身份认证、平台接入安全、移动终端安全等，这些需求在 5G 网络环境中会有不同的条件和解决手段；另一类是应用 5G 后产生的新场景新需求，如专网二次认证、网络切片隔离等。针对上述需求，由多样化的安全技术构建立体防护体系进行保障，本文重点介绍各层具有典型性和独特性的网络信息安全技术。

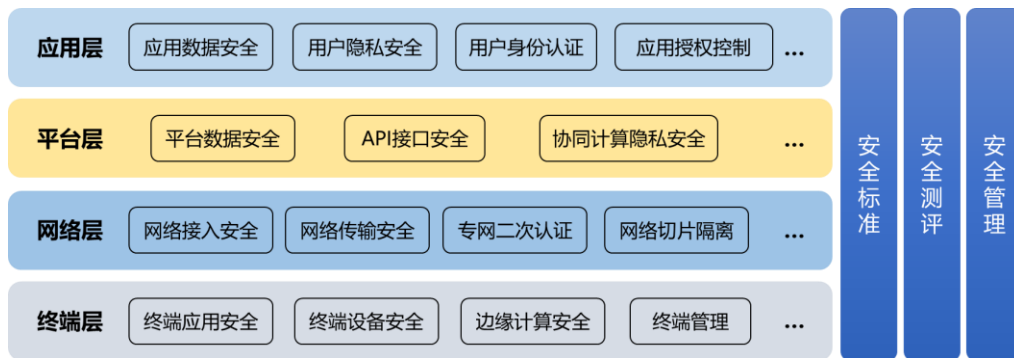


图 6 “5G+智慧教育”各层存在的网络信息安全需求

终端层的核心需求是需要终端设备具备身份认证、数据加密、完整性验证等安全能力基础支撑，即终端设备需具备密钥存管和密码运算的基础设施。对于 5G 教育终端而言，主要有 5G 超级 SIM 卡、终端密码模块可以满足该需求。针对集成 5G 芯片模组的教育终端，基础电信运营企业和芯片卡厂商结合 5G 技术特性和需求，对 SIM 卡进行了升级迭代，产生了各方面能力更强的超级 SIM 卡。通过在硬件层增加 SWP 接口、在 COS 层提供 SUCI 和 GBA 支持、在应用基础能力层提供统一 API 等，5G 超级 SIM 卡能够加密传输用户永久标识 SUPI，并使 5G 终端设备具备加解密、签名验签、电子印章等密码安全能力。终端密码模块主要针对未内置硬件安

全芯片、通过 CPE 等方式接入的教育终端，基于软件算法实现，可满足终端设备在“5G+智慧教育”各场景中证书、密钥使用安全需求。

网络层的核心需求主要是网络接入安全和网络访问安全。应用 5G 后，除了传统的 VPN、安全网关、防火墙等技术外，网络层还可针对 5G 网络特点采用 5G 二次认证、零信任等安全技术。面向高安全保密需求的教育场景，除了通过移动网络的主认证鉴权，通常还需通过数据网络二次认证，包括安全网关、VPDN、5G SA 二次身份认证等方式，其中 5G SA 二次认证是国际标准协议里规定在 SA 组网模式下使用的认证方法，认证过程以基础电信运营企业负责为主、用户参与为辅。原有教育网络与 5G 网络融合后，网络结构复杂度上升，原有边界防护遇到挑战，如“5G+智慧教育”多个场景中存在终端通过 CPE 接入 5G 网络，导致难以通过 SIM 卡验证终端标识身份合法性，“永不预设信任”的软件定义边界 SDP 零信任组网技术可有效应对上述挑战。

平台层和应用层承载海量数据和众多业务，涉及多种安全技术，此处重点介绍作为安全能力基石的密码应用支撑体系，以及对于智慧教育中数据保护具有重要意义的隐私计算技术。作为保护网络与信息安全的重要手段，密码在智慧教育系统的身份识别、安全隔离、信息加密、完整性保护和抗抵赖等方面发挥着不可替代的重要作用。引入 5G 网络后，“5G+智慧教育”密码应用支撑体系应从密码资源、密码支撑、密码服务等方面进行统一规划设计，增加移动 CA、RA 系统以及移动终端管理系统。海量教育数据有力支撑多种教育应用开展，随之带来的问题是如何在数据采集、传输、计算、存储中保障师生的数据和隐私安全。隐私计算可在保证数据不泄露的前提下开展隐私集合求交（PSI）、隐私信息检索（PIR）、联合建模、联合预测等数据运算，最终达成在保护参与者隐私前提下，利用数据开展如学生综合评价、个性化教学、AI 监考等智慧教育应用。

随着“5G+智慧教育”的不断发展，所需的网络和信息安全技术将有以下发展趋势：一是轻量化，5G 教育终端的形式将更加丰富，大量终端小型化，需要轻量化的安全技术确保终端得到有效防护。二是异构化，“5G+智慧教育”中无论硬件、软件、网络均广泛存在异构情况，相应的安全技术也需随之具备异构化的适应能力。三是全程化，5G 网络让教育连接随处可见，安全技术应伴随用户行为和数据流动全流程，更加强调全程、持续、动态。四是智能化，随着安全大脑等技术发展，安全技术的智能化水平不断提升。

三、“5G+智慧教育”典型应用场景

3.1 5G+智慧教学

3.1.1 5G+超高清直播互动课堂

当前我国不同地区、城乡之间的教育水平存在差异，教育资源分布仍不均衡，借助信息化手段的在线互动教学能够助力扩大优质资源共享范围，同时持续的新冠疫情加剧了线上教学的需求。5G+超高清直播互动课堂充分利用 5G 网络的超高速、高可靠、低时延的特性，结合 H.265 等超高清视频编解码技术，可以实现 4K 及以上画质、100ms 以内延时、音视频完全同步的在线互动。通过部署融合常态化直播/录播互动教学、视频会议等诸多功能的全互动终端、集成跟踪功能的 4K 云镜摄像机、无线拾音设备和音响等核心设备，综合利用 5G MEC、4K/8K 超高清视频编解码、云计算等技术，5G+超高清直播互动课堂可以有效解决超高清视频传输过程中的卡顿、丢帧和音视频异步等现象，支持师生间、生生间的实时交互反馈，大幅提升师生在线教学的临场感和课堂体验。

超高清直播互动课堂对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+超高清直播互动课堂（按 35 人/班计算，4K 高清）	100Mbps	100Mbps	≤100ms

- **代表性案例：5G+超高清直播互动课堂-腾讯会议在北邮、吉大的落地实践**

腾讯为多所高校提供了以腾讯会议教育版为基础，结合 5G 技术，连通教务教学的 5G+超高清直播互动课堂，满足后疫情时代线上线下混合式教学、毕业答辩、学术交流等需求，有效支撑北京邮电大学、吉林大学等高校规模化开展 5G+超高清线上及混合式教学。

技术方面，项目利用北邮和吉大的 5G、F5G 校园网络和腾讯会议教育版搭建超高清课堂，腾讯会议教育版采用基于 Opus 编解码器的 RTP 流媒体传输、带内 FEC+PLC 等核心技术，有效降低超高清教学音视频端到端延时，优化大并发情况下的上下行带宽，确保视频流丢包 70%情况下教学 PPT 画面不花屏不卡顿、音频流丢包 80%情况下师生语音互动仍然流畅。应用成效方面，有效解决了高校大规模线上教学、跨校区远程教学、实时互动等难题，2021 年初北邮完成教学云平台与腾讯会议教育版对接，截至 2022 年 6 月，直播课程 616 门、14705 节次，上课 59 万人次；吉林大学自 2022 年初使用腾讯会议教育版开展线上教学，668 间教室全部支持常态化

直播，超 3 千余门课程实现线上线下混合式教学，覆盖近 5 万师生。创新性方面，一是采用先进音视频编码和压缩技术，解决 5G+超高清直播互动教学授课高峰期网络拥堵问题；二是与学校教育教学系统对接，实现课表同步、一键实名上课等功能，提升线上教学体验；三是支持实时巡课，提供线上课程课后报告、教学资源沉淀等功能，加强校园混合式教学管理精细化与高效化。

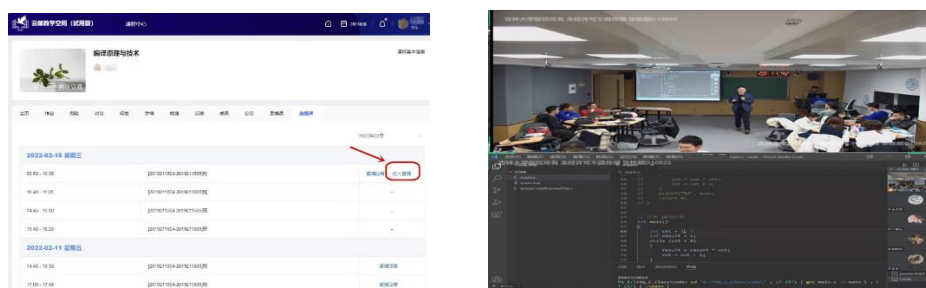
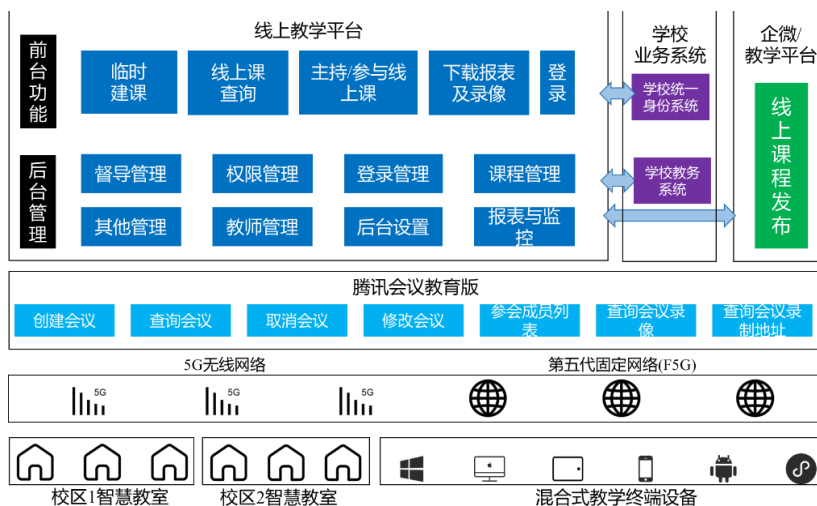


图 8 (a) 北邮线上教学平台 (b)吉大线上线下混合式 C 语言编程课

3.1.2 5G+双师课堂

当前，偏远地区的教学点、区域内的薄弱校与优质校之间的教学水平、师资力量仍存在差距，广大师生对优质教学资源的需求旺盛，针对此需求，双师课堂孕育而生。5G 具备大带宽、低时延等特性，能够有效升级双师课堂，实现灵活部署和高清视频高速传输。5G+双师课堂综合利用 5G、云计算、CDN 等技术，通过 5G 网络紧密连接主讲教师和多个听课教室的辅助教师、学生。主讲教师通过一面屏幕实现 1:1 二维人像，以模拟真实课堂教学场景的授课形式。辅助教师在课堂上配合主讲教师，开展维持课堂基本授课秩序、一对一答疑、针对性辅导、查漏补

缺、巩固练习等课堂服务，学生通过答题器参与课堂互动问答，不仅活跃了课堂互动，系统的即时统计还能让授课教师快速掌握学生接收知识的总体实时情况。随着 AI 技术的发展，出现了线上主讲教师在部分授课环节引入 AI 虚拟教师，乃至部分课程采用 AI 虚拟教师替代线上主讲教师的新型 AI 辅助型 5G+双师课堂。AI 虚拟教师提供动画特效、操作指导等讲解，与真人教师合理分配教学任务，结合反馈的学生学习数据适时调整教学进度。5G+双师课堂有效扩大优质教育资源共享范围，帮助学生便捷获得线上学习服务，推动教育均衡发展。

双师课堂对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+双师课堂(按 35 人/班计算,4K 高清)	100Mbps	100Mbps	≤100ms

• 代表性案例：古蔺县 5G+双师课堂创新实践项目

中国移动四川泸州分公司联合古蔺县教体局、移动政企客户分公司在古蔺县建设 5G+双师课堂，目前已建成主播教室 40 间、听课教室 128 间，形成 36 个共享课堂协作共同体，并引入优质教育资源，构建起以县、乡镇、村三级互联互通的数字化教育平台，覆盖古蔺县师生超 13 万人，促进优质教育资源均衡。

技术方面，项目利用 5G 网络+边缘计算等新技术构建云网端一体化架构，主讲教室前后方各部署一台 4K 非云台摄像机，采集师生全景及特写画面，并部署高保真全向拾音器、4K 电视机、交互式一体机等设备，提供全场声音采集、远端教室画面显示、课件同步等功能，智能跟踪导播系统实现非云台虚拟跟踪定位、身高自适应及画面自动切换，主讲教师和远端学生可进行音视频完全同步的一对一实时互动。应用成效方面，5G 网络保障双师课堂的各终端之间音视频流畅、直播互动顺畅，将课堂效率提升 10%以上，该项目实现多个边远山区校点的 5G 网络 100%覆盖，中心校带偏远校及省外名师同步课堂引入，保障教学点在音乐、美术、英语等师资短缺情况下开齐开足开好国家规定课程，助力乡村教育可持续发展。项目建设应用模式已在 15 个省份、37 个县市得到推广。创新性方面，一是采用自主研发的新一代图像跟踪导播技术系统，通过非云台的高清摄像机进行跟踪，具备超大并发能力，可实现 800 所学校同时双向互动；二是建立起教育资源三级传递模式，通过“乡镇中心校带动教学点”、“城区学校带动农村学校”、“优质校带动薄弱校”打造多方协同育人模式。

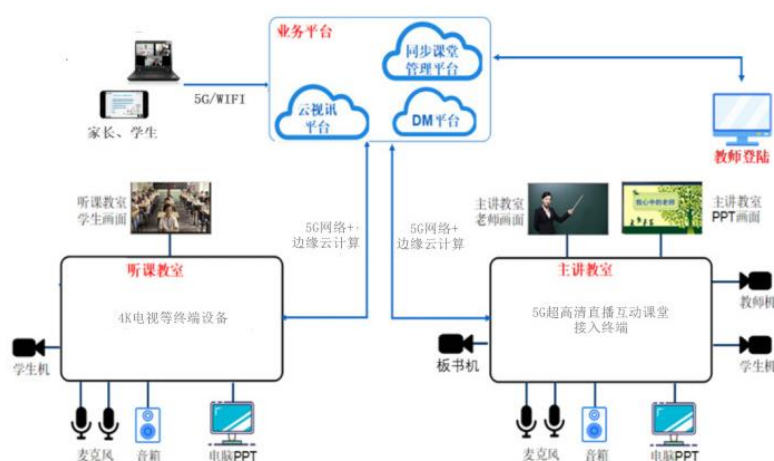


图 9 古蔺县 5G+双师课堂基本架构



图 10 5G+双师课堂多方互动

3.1.3 5G+AR/VR 沉浸式教学

传统的课堂教学以板书、PPT、纸质教材等 2D 媒介为主，难以展示太空环境、地壳构造等抽象的学习内容。5G+AR/VR 沉浸式教学通过 5G 技术将 AR、VR、3D 等数字内容融入到教学环节，提供丰富的沉浸式课程资源，将抽象的概念、日常无法观察到的现象和用语言难以讲解描述的内容直观形象地展现在学生眼前。通过 AR/VR 技术，将平面知识进行立体化、实景化展示，全面调动学生的视觉、听觉等多种感官，为学生打造高度仿真、沉浸式的学习场景，提升课堂的趣味性和生动性，助力学生认知和理解相关知识。5G+AR/VR 沉浸式教学综合利用云计算、5G 云端渲染、边缘计算等技术，实现 AR/VR 应用的渲染、展示和控制，将存储在云端的 AR/VR 教学内容通过 5G 网络实时高速传输到头显、一体机等显示终端，有效解决了传统移动方案中 AR/VR 内容传输速率低和时延的问题，适用于地理、天文、生物、机械、能动等多个学科。

AR/VR 沉浸式教学对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
------	------	------	------

5G+ AR/VR 沉浸式教学(按 35 人/班级)	≥1Mbps/路	≥50Mbps/路	<50ms
----------------------------	----------	-----------	-------

• 代表性案例：跨组织协同“智能工厂”实践教学场景

哈尔滨工程大学以“智能工厂”为切入点，联合黑龙江联通、华为、中船重工第 703 研究所和西门子在学校龙江工程师学院打造跨组织协同的 5G+AR/VR“智能工厂”实践教学应用，目前已同 703 所开展“轴承拆装”远程实践教学，下一步将扩展到西门子，助力培养“数字化+优势专业”的复合人才。

技术方面，项目依托联通云联网构建跨地域“5G+MEC”的校园广域移动专网，并与校园网融合打通，校园侧通过下沉 5G MEC 实现本地业务分流，企业侧连通 703 所和西门子，利用 5G、数字孪生和 MR 等技术，开发再现工业企业数字化全流程、模块化工程设计、产品仿真验证等模式的虚拟实践平台，基于平台开展跨组织协同“智能工厂”实践教学授课。应用成效方面，构建了校企 5G+虚实融合的进阶式实习实践模式，学生可通过 MR 眼镜对“轴承拆装”等虚拟装配全过程进行 3D 观察与操作，同时整个过程投送到大屏供其他学生实时观看，帮助学生直观理解实际工程应用场景，提高了专业学位研究生解决工程实际问题的能力，形成跨组织协同联合培养卓越工程师的组合效应，为打破跨组织协同教学场域限制、产教融合等提供有效实施路径。创新性方面，一是构建跨地域“5G+MEC”的校园广域移动专网，与企业共建“虚实融合”的新型数字孪生教学体系，实质性提升和改善虚拟环境学习体验；二是利用“5G+MR”等新技术与实践教学深度融合，推动专业学位实习实践模式改革，推广校企双师型教学、案例沉浸式教学，形成多主体相融合的一体化校企联合培养新路径。

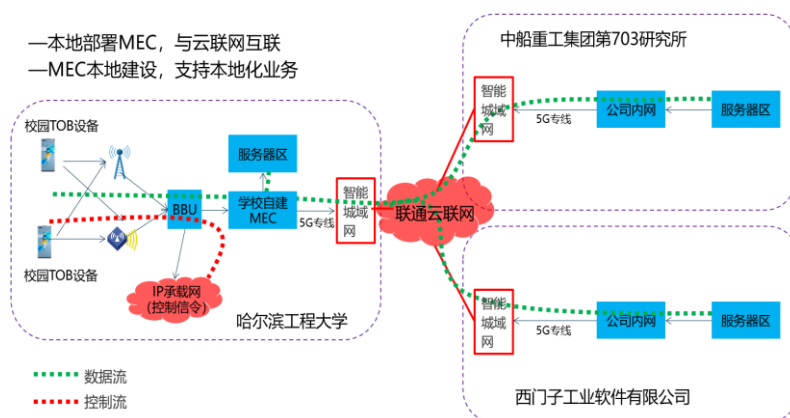


图 11 跨组织协同 5G+教学实践场景架构



图 12 跨组织协同“智能工厂”实践教学实景

3.1.4 5G+虚拟仿真实验/训

不同学段的实验/训教学均面临难点：在中小学、高校的实验教学中，对于具有高风险、高成本、难操作和抽象性等特性的实验难以通过传统手段开展，限制了实验教学范围且影响教学效果。职校、高校的传统实训教学存在“三高三难”（高投入、高难度、高风险，难实施、难观摩、难再现）等难点和痛点问题，导致大量实训环节难以有效开展，学生实训效果不佳。

5G+虚拟仿真实验/训面向中小学、职校、高校人才培养需求，基于“5G+云计算+XR”技术，通过 5G 网络将 AR/VR 一体机、眼镜、桌面式等 XR 智能终端，高速连接至集“云渲染+丰富实验/训内容+高效教学管理”于一体的虚拟仿真实验/训云平台，实现高清、流畅、强交互的实验/训模式。采用 5G 云渲染和云流化技术，能够将复杂运算渲染等放在云端，极大地降低终端复杂度和性能要求。5G 的大带宽、低时延等特性，支持虚拟仿真内容资源的云端存储和调用，将终端无绳化、图形渲染实时化，实现内容统一分发和快速响应。此场景可为学校多个专业群提供“内容编辑+内容库+教学管理+环境建设”四位一体的端到端解决方案能力，升级不同学段的虚拟仿真实验/训教学模式，对于中小学，可使抽象的内容形象化、微观的内容可视化，帮助学生理解，提升学习趣味性，激发学习兴趣；对于职校，可建成对接真实生产环境的实训新基地，加强学生动手和实践能力培养，助力专业人才培养；对于高校，可建成面向多专业的虚拟仿真教学资源库，加强资源共享，为师生带来全新的沉浸式教学和学习体验。

虚拟仿真实验/训对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+虚拟仿真实验/训（按 35 人/班级）	≥30Mbps/路	≥100Mbps/路	<20ms

• 代表性案例：电子科技大学 5G+虚拟仿真实验项目

电子科技大学联合中移四川成都分公司、中移（成都）信息通信科技公司打造 5G+虚拟仿真实验平台，基于覆盖沙河校区、清水河校区的 5G 双域专网，建设涵盖 14 个学院的虚拟仿真实验课程，为超四万名师生提供课程服务，助力高校人才培养、科学研究与成果转化，建设模式已在四川大学、西华大学等川内高校进行推广。

技术方面，项目部署了基于 ULCL 方案的 5G 双域专网，便于师生随时随地接入，部署了基于 iGW 的教育边缘云平台，采用 5G+云渲染方式搭建虚拟仿真实验平台和实验室环境，同时提供 2D/3D 资源实时渲染能力，引入 XR 交互式内容编辑软件及实时三维开发引擎软件，打造“中心 XR 云平台+边缘云渲染”强交互类高校虚拟仿真实验解决方案。应用成效方面，极大降低网络访问时延，实现校内外流畅访问校内资源，经测试，5G 双域专网的校内外时延最高分别为 20ms 和 37ms；目前虚拟仿真实验课程已覆盖 14 个学院的 12 类学科，满足装备制造、医药卫生、电子信息等专业的实操人才培养需求，并预留第三方系统数据共享接口，便于接入授权的第三方资源。创新性方面，一是建设 2B2C 的 5G 双域专网，不新增 DNN 和号卡，师生可快速无感知访问校园网和公网；二是实现 XR 系统跨平台、跨终端应用，实时云渲染服务系统智能调度分配 GPU 算力资源，通过网络优化以及拥塞控制算法，轻量化的泛终端以超低延时的交互方式访问云端应用，摆脱对终端硬件性能的依赖。

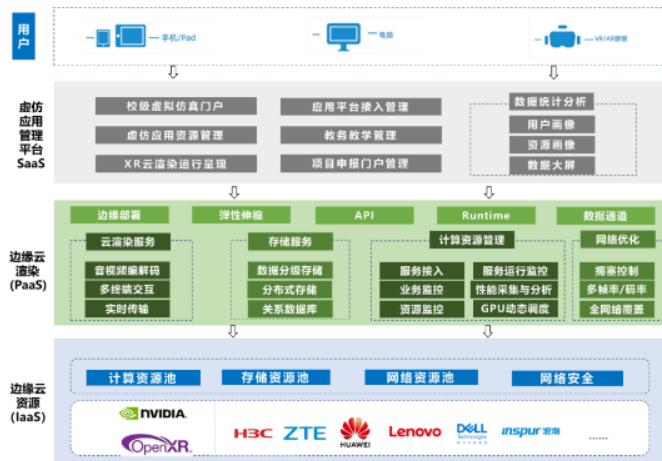


图 13 电子科技大学 5G 虚拟仿真实验平台架构示意图

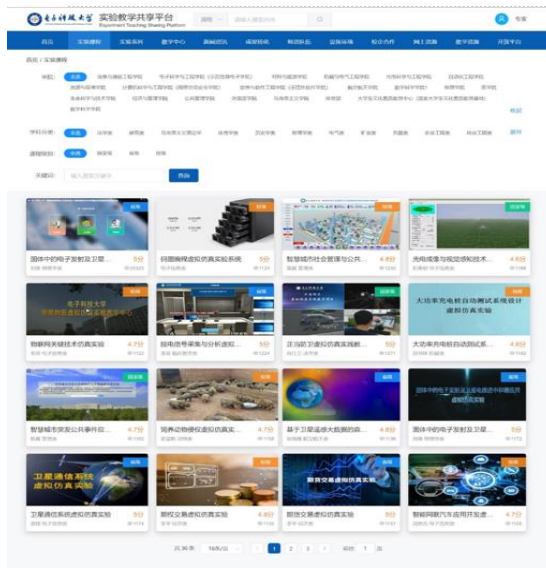


图 14 电子科技大学虚拟仿真实验平台教学资源展示图

3.1.5 5G+全息课堂

在线学习时，学生只能通过音视频听教师讲课，缺乏线下学习的临场感，导致在线教学与线下教学存在效果上的差异。5G+全息课堂可以将名师按 1:1 真人还原传送到不同教室内进行授课，让远程的学生身临其境和名师面对面交流。除直播互动教学外，基于全息材料和全息影像，可以进行虚拟场景和真实场景的叠加，把抽象的知识具象化，并进行 360 度展示，获得更好的教学效果。5G+全息课堂构成主要包括全息采集端、全息显示端、全息服务器三部分。全息采集端指在标准的绿幕摄影棚内，搭配全息服务器进行摄像，设置简便，并可根据环境需求，移至其他教室或场地。全息显示端使用拥有专利技术的特殊涂层网格作为屏幕材料，搭配高亮度、4K 投影设备，全息服务器将采集端图像通过全息方式呈现到本地。全息服务器提供多点、多路全息直播服务，可以实现主讲教室与听讲教室的双向直播连接。5G+全息课堂可营造出裸眼 3D 的全息效果，带来全方位立体化的沉浸式教学体验，可广泛应用于互动教学、思政教育、校庆活动等场景。

全息课堂对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+全息课堂（按 2 路 4K 视频/班级）	80Mbps	80Mbps	<100ms

- 代表性案例：上海市卢湾高级中学和遵义市第五中学以 5G+全息技术为依托的党史思政互动课堂

2021年3月，中国联通上海分公司联合联通数科，支撑上海市卢湾高级中学及贵州省遵义市第五中学开展“上海·遵义两地中学生5G全息学党史思政专题课”，以红色资源为线索、以5G+全息技术为依托，通过5G网络在全息显示端上立体投影中共一大、遵义会议等会址和教师影像，创新党史教育形式，让师生身临其境，让课堂充满科技感。

技术方面，项目采用5G+边缘计算技术，主讲教室通过摄像机、绿幕、服务器等设备搭建摄影大棚，听课教室通过投影机、全息显示屏、服务器等设备搭建全息舞台，主讲教室和听课教室采用5G高速通信网络，将软件编码视频流双向传输，实现两端教室的远程教学互动和实时沟通。应用成效方面，作为全国首次将“5G+全息技术”和党史思政教育结合的实践案例，拓展了5G+教育的应用场景，展示了全息技术用于互动教学的优势，促进技术与教育的融合，让传统的党史教育变得更加生动鲜活，丰富了思政教育的内容和开展方式，提升了师生体验效果，受到了多家媒体的关注和报道。创新性方面，一是采用云端多点全息显示技术，支持多地同步参与教学，满足多方师生同时参与互动教学的需求；二是全息系统具备便捷移动性，部署方便，可快速搭建教学环境，同时通过全息图像1:1比例重建教师真人效果，能够增强教学临场感。

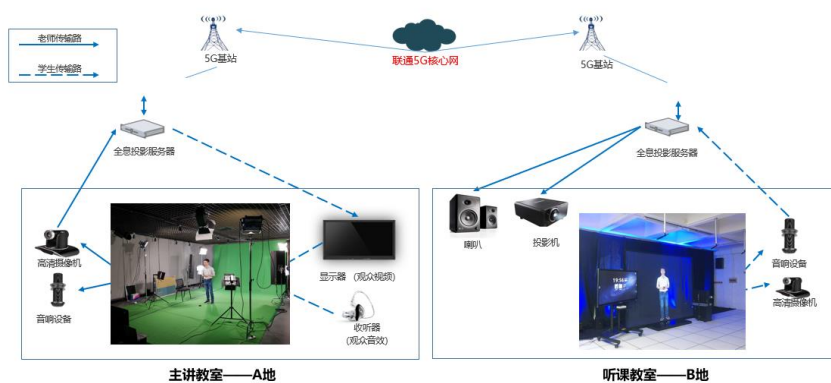


图 15 5G+全息系统架构图



图 16 会址和教师全息影像

3.1.6 5G+在线泛在学习

疫情的常态化防控推动了在线学习的发展，学校/机构级、区市级、省级和国家级等在线学习平台大量涌现，在线学习资源丰富。在传统在线学习基础上，5G的大带宽、低时延、广连接等特性有力升级学习体验，通过5G网络，学生可通过学习机、学生平板、智能手机等学习终端便捷高速地访问在线超高清教育资源，构建无边界泛在学习环境。结合云计算、大数据等技术，5G+在线泛在学习通过多终端进行课程内容、笔记同步、教师评价、作业点评、课程推送等数据采集获取以及结果快速输送，基于知识图谱和数据分析自动呈现学情报告，并持续进行个性化内容资源推送，来满足学生的个性化学习与提升需求，助力翻转课堂、混合式教学等教学方式开展，实现任何时间、任何地点均可进行在线学习。

在线泛在学习对5G网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+在线泛在学习	≥10Mbps	≥20Mbps	≤300ms

• 代表性案例：宁夏中小学数字教材资源与服务项目

中教云智数字科技为宁夏打造中小学数字教材资源与服务平台，项目覆盖宁夏全区5个地市义务教育阶段1500余所学校，为6.5万名教师、114.5万中小学生开通数字课程教材云平台账号，为广大师生提供正版数字教材和数字资源，促进在线泛在学习开展，项目经验推广至河北、浙江、重庆等多个省市。

技术方面，在5G支持下，学生可随时通过多种学习设备开展多样化形式学习，在虚实空间中，完成集体学习、小组合作学习、独立学习等不同形态的学习活动，平台实时记录学生学习轨迹，汇总学科分析报告，结合知识图谱、大数据等技术，分析学生学习情况，并设定个性化学习计划，推荐个性化的动态学习路径，提升学生学习自主性，培养良好学习习惯。应用成效方面，项目以正版数字教材为核心，确保学习内容权威专业，以海量数字资源为辅助，确保学习内容丰富多样，借助5G网络，学生可随时接入平台进行学习，通过精准刻画学生知识掌握情况，实现学习路径规划和学习资源个性化推荐，并不断丰富在线学习工具种类和智能服务范围，提升学生学习体验。创新性方面，一是建立起数字资源质量标准和技术标准，对纳入数字资源体系的多种学习资源进行规范，切实保障资源质量；二是提升数字资源智能化服务水平，结合学生兴趣爱好、认知条件等，记录并分析学生学习轨迹，形成专属学习报告，为学生推送适配的学习资源。

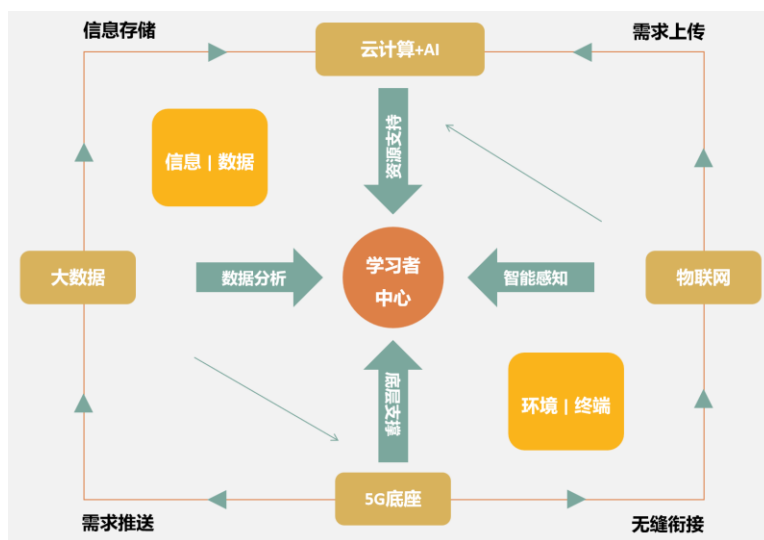


图 17 5G+在线泛在学习体系图



图 18 学生开展在线学习

3.2 5G+智慧考试

3.2.1 5G+智慧考务

考试的组织与实施关乎公平公正，关乎考生切身利益，如何提升考务管理水平、保障考试公平公正，一直以来都是各级教育主管部门和学校致力解决的重大问题。5G+智慧考务基于 5G 网络，提供智能考务管理系统和考试指挥中心与高清摄像头、移动考务终端等智能考务设备的高速连接，在身份认证、试卷流转、网上巡查等考试组织实施各环节，通过 5G 快速采集和传递信息，并对考风考纪进行实时监控：考前，基于 5G 和物联网实现移动智能终端考生报名信息采集，通过 5G 网络高速传输，对考生的身份证信息、报名身份信息和现场采集信息进行三重比对，核验考生身份信息；考中，通过在考场部署高清摄像头，收集、整理音视频等非结构化数

据，结合 5G 网络大带宽、低时延特性，随时随地通过高清视频进行实时监控及巡考，分析考生异常行为，防止作弊等情况出现，支撑对突发事件进行实时指挥、事后追溯。考后，5G 网络支持高并发的智能线上阅卷，结合 AI、OCR 等技术，实现辅助智能批改。同时，5G 网络还可实现试卷押运、流转等全过程的跟踪管理和全流程数据可视化。5G+智慧考务有效提升考务管理工作效率，实现考试过程透明化，促进考试公平公正。

智慧考务对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+智慧考务	≥10Mbps/路	≥4Mbps/路	<50ms

• 代表性案例：广东省 5G+考试智能综合系统

中国电信广东分公司联合中数通公司打造覆盖广东省的 5G+考试智能综合系统，服务于高考、成人考试、自考等重要考试。项目从 2019 年建设以来，已累计开通 550 张 5G 卡，用于运卷车、移动手持终端、应急隔离考场设备和应急智慧调度设备，并开通 544 条云专线，视频云存储达到 2.8PB。

技术方面，项目采用基于 5G 的智能考务一体化解决方案，根据考点类型和移动场景采用云专线+5G 接入混合组网，部署边缘计算节点，搭建全省统一的考务综合管理平台，结合 5G+边缘云 AI 智能分析，实现试卷押运监管、5G+隔离考场、防弊防控、身份验证、AI 智能巡考、应急指挥调度等八大业务场景的创新应用。应用成效方面，针对全省考点分散、试卷运输监控覆盖不到位，应急隔离考场标准化部署响应慢等痛点，项目通过 5G+云网覆盖，实现全省运卷车全程实时监控，连续 4 年运卷无安全事故；考中通过 5G+高清摄像头，实现小时级的标准化应急考场部署，助力全省上百个应急考点部署，并通过 5G+AI 实现智能监考；考后快速上报考务数据，通过 5G+云视频会议应急指挥调度，实现省-市-县-学校四级联动指挥，提升决策扁平化程度。创新性方面，一是围绕考务全环节，构建覆盖多场景的综合型解决方案，通过一门户三中心建设，动态管理五大数据流，为四级考务机构提供服务，实现全省教育考试全局统一指挥、全程分级管理和全域实时监控；二是在疫情常态化防控下，通过 5G 网络接入、5G 网桥实时备份，小时级搭建隔离考场，保障考生应考尽考。



图 19 广东省 5G+考试智能综合系统架构图



图 20 部分业务场景：试卷押运监管、5G+隔离考场

3.2.2 5G+云考场

为解决异地参加线下考试耗时长、成本高等痛点，以及满足疫情防控常态化情况下大规模远程考试的旺盛需求，5G+云考场综合利用 5G、云计算、高清音视频等技术，通过在线云考试平台，结合线下考试舱、双机位监考等配套考场设施，实现艺考、研究生入学等考试的大规模、智能化远程开展。利用 5G 网络打通在线考试各环节，考前通过人脸识别，核验考生资格，确保本人进行考试；考中通过高清音视频高速传输，实现考生与考官的实时互动，最大程度还原线下考试现场，同时基于“双机位监考”、“防缩屏”、“AI 异常行为识别”等技术，有效监测和识别考试作弊行为，并可实时将整个考试过程录像上传至云端存储；考后，可随时调取查阅考试录像进行分析，确保考试公平公正。

云考场对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+云考场	≥10Mbps/路	≥10Mbps/路	<500ms

- 代表性案例：5G 智慧云考场

疫情防控期间，中国移动积极响应教育部“在线考试和远程面试”要求，打造 5G 智慧云考场解决方案，为“全国艺术类专业招生考试”和“全国硕士生招生考试复试”提供智能安全的考试服务，中移北京分公司联合中移（成都）信息通信科技公司，为清华、北大、人大等 50 所院校、单位提供了 5G+智慧云考场服务，涵盖考生近 6 万人次。

技术方面，5G 智慧云考场以“5G+云+大视频”能力为基础，采用人脸识别、双机位监考、AI 巡考等技术，部署“云、管、端”应用一体化的云考试架构，平台采用 SaaS 方式建设，将资源消耗严重的部分（如 AI 智能监考、大流量视频实时传输、数据采集等）云端化，系统底层使用可弹性扩展的分布式架构设计，并采用前后端分离的模式，保障系统高可用性和高并发性。应用成效方面，项目解决后疫情时代招考单位考试组织成本高、考生实地参加考试不便等问题，基于移动“5G+千兆网+移动云”提供双网双备，利用新一代视频处理和全新无损音频传输技术，支持百万高并发，保障考试过程中高清视频传输、AI 智能监考等业务稳定可靠，平台涵盖面试、笔试、监考、阅卷、存储等功能，实现考试全流程可管可控和防作弊能力提升，保障考试公平公正。创新性方面，一是提供“线上+线下”一体化考试解决方案，覆盖考试全流程，线下支持自设考点、考试舱等多种部署模式，融合数据分析与巡考中心能力，提供整体考试数据视图。二是基于 5G 网络与音视频底层能力，实现多方超高清视频实时互动，提升考试临场感，同时采用 AI 智能分析加强防作弊能力提升。



图 21 5G 智慧云考场平台架构



图 22 双机位考试示例

3.2.3 5G+智能体育考试

传统的体育考试场景面临如下痛点：一是存在主观评分、测量误差等人为因素带来的影响，例如引体向上等姿态测试，考官评判尺度不一将导致得分偏差。二是传统红外体育考试设备部署繁琐，而且功能单一，需要投入大量考务人员。5G+智能体育考试采用 5G、AI、大数据等技术，实现无感知智能化采集考试过程数据，自动精准测量考试结果，减少考务人员投入，有效节约大规模集中考试的人力成本。基于机器视觉、深度学习等技术，通过人脸识别和跟踪、运动姿态和人体骨骼关键点识别分析，5G+智能体育考试实现考试项目的自动采集、精准测量，并实时反馈考试成绩，避免人为主观因素影响考试评判尺度，保证考试的公平公正。通过 5G 网络高速连接 AI 考试设备和云端考试管理平台，支持考试全程的高清视频快速传输和考试结果及时分析导出，实现考试标准统一化、考试过程可视化，提升考试的智能化水平。

智能体育考试对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+智能体育考试	>200Mbps	>500Mbps	<20ms

- 代表性案例：5G+AI 智慧体育考试

中移（成都）信息通信科技有限公司联合恒鸿达科技，打造了 5G+AI 智慧体育考试系统，支撑 2022 年福建福州市中考体育开展，首次采用 AI 设备进行考试智能评定，实现了对 800/1000 米、200 米游泳、篮球运球绕杆、50 米跑、仰卧起坐、双手掷实心球等项目的考试智能评判，服务 6 万多名考生、100 余所初中。

技术方面，项目整体方案架构采用“网+端+平台”模式，打造精准测量、无感体验、数据赋能的新型体育考试模式，利用 5G 云网优势保障体育考试环境，通过 AI 设备、红外设备、人脸

检录设备进行考生身份验证、成绩采集，实时同步上传体育中考系统平台，实现线下考试到线上管理的无缝对接。应用成效方面，提升考试公平性，采用 AI 技术统一考试评分标准，保证判罚尺度一致性，有效降低投诉率，从往年的上百例投诉下降至 10 例；助力考试整体效率提升，考务人员从往年 120 多名降低到 72 名，减少人员 40%，考生成绩即考即查即可核对，提高离场效率，考场吞吐量提升 25%；采用 5G 无线组网和 AI 设备，缩短布场时间；考生从检入到每项考试全程人脸识别，杜绝替考现象发生。创新性方面，一是作为全国首个真正采用 AI 智能技术进行体育考试的地级市中考项目，改变以往人工判罚，尤其是姿态类项目完全依赖裁判主管判罚方式，统一了考试评价标准。二是利用 5G 无线网络，实现 AI 采集设备的快速便捷部署，并保障数据传输安全，提升数据统计及时性。



图 23 5G+AI 智慧体育考试系统架构

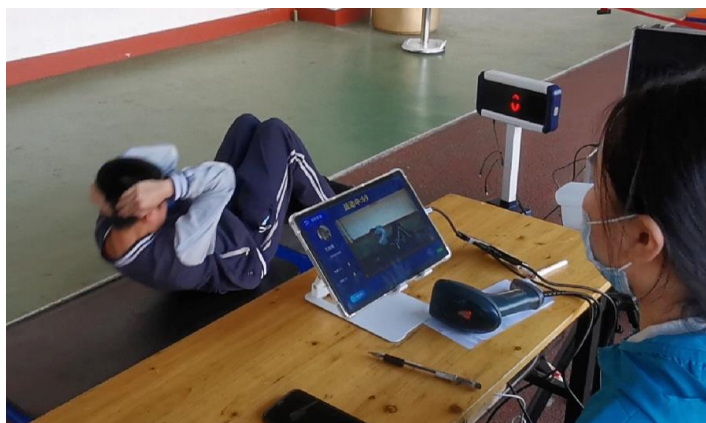


图 24 仰卧起坐考试智能评判

3.3 5G+智慧评价

5G+智慧评价包含 5G+学生综合素质评价、5G+教师立体式评价等场景，由于 5G 在学生德育、美育、劳育和教师教学实绩、师风师德等方面评价的应用仍处于初期，因此本报告重点研究目前应用较广的 5G+学生学习情况评价和 5G+学生体质健康评价两个场景。

3.3.1 5G+学生学习情况评价

传统的学生学习情况评价以考试成绩为主，存在唯分数论的结果性导向，评价不够全面。5G+学生学习情况评价综合利用 5G、AI 和物联网等技术，可对学生学习过程进行全环节记录，增强评价的科学性和合理性。通过 5G 网络，广泛连接学生平板、智能电子纸、扫描笔等智能学习终端，动态无感采集学生“课前预习”、“课中学习”、“课后作业”、“考试测验”、“实习实践”等全周期学习数据，并将课堂音视频、作业解答、纸质试卷照片等多模态学习数据实时快速上传至综合评价平台，结合知识图谱、大数据等技术精准分析学生学习情况，生成学生学习情况综合画像，充分了解学生学习轨迹和效果，找出薄弱环节，为每位学生定制专属个性化学习方案，推荐个性化优质学习资源，促进学生学习效率提升，并帮助教师更好地掌握学生学情，助力因材施教的精准教学开展。

学生学习情况评价对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+学生学习情况评价	≥20Mbps	≥10Mbps	<300ms

• 代表性案例：网易有道“5G+智慧教育”解决方案

有道智慧教育打造了涵盖智慧作业、智慧课堂等多种解决方案的学习评价体系，覆盖教育教学全场景，结合过程性数据采集分析，实现课前、课中、课后全流程闭环，帮助师生开展精准的学习评价。目前，已在全国 20 多个省/直辖市使用，深入 400 多所学校，其中包括厦门海沧实验中学、北京理工大学附中等各地名校，服务近 8 千名教师、17 万余名学生。

技术方面，项目利用硬件设备（学生/教师专属终端、路由 AP、微云主机等）+软件系统（智慧课堂云平台、精准教学系统）+教育内容资源打造智慧作业、智慧课堂解决方案。通过 5G 和有线网络收集学生学习过程数据，基于动态数据、双图谱数据分析和“云、网、端”运用，建设项目式教学智能系统，提升学生学情分析精准性。应用成效方面，此学习评价体系以学习者为中

心，采集教、学、考、评、研、管全场景过程性数据，5G 技术的加持使得数据实时采集处理成为可能，结合 AI、大数据等技术，实现智能批改、学生画像、个性化学习指导等功能，将课堂效率提升 20%，开展基于学情分析的精准教和个性学，已在北京海淀、杭州滨江、厦门海沧、宁波奉化等多地实现规模化应用。创新性方面，一是建立了科学能力评价体系，形成了以学习者为中心的智能教学闭环，实现精准高效教学、个性化的学情分析及科学的伴学指导。二是基于学习评价体系实现“诊断-反馈-激励-导向”的因材施教体系建设，促进课堂教学业务的流程再造与模式重构。

场景	课堂教学		课后练习			复盘分析
	教	练	考	评	育	
方案	智慧课堂解决方案		智能作业方案	个性化错题练习本	学情大数据	
特点	PBL项目教学	知识能力双图谱	过程性数据采集	保留纸笔作答习惯	精准学情分析	数据系统化管理
软硬设备	教师/学生5G终端	路由AP	基于5G网络的智慧课堂平台系统	5G智能作业采集终端	基于5G网络的学业大数据智能平台	
功能	备课系统	课堂互动系统	教务系统	题库组卷系统	试题智能识别系统	学情分析系统
	客观题智能批改		主观题AI聚类批改		英语作文智能批改	
	答题轨迹数据采集		错题分析		难点解析	扩展知识
	智能互动课件	课堂作业点评		考情统计与分析		
课堂教学互动	个性化错题本		智能试题复习推荐	精准精品课/微课内容推荐		
核心AI引擎	智能语音评测	英文作文评测	试题公式识别	手写轨迹识别	试题识别定位	整页拍照搜题
	NMT神经网络翻译	NLU语义理解	OCR文本识别	ASR语音识别	TTS语音合成	

图 25 有道学习评价体系架构

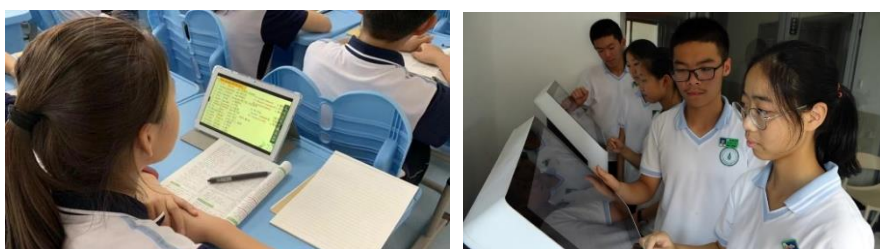


图 26 学生使用多种智能学习终端

3.3.2 5G+学生体质健康评价

传统的体育教学设备功能单一，课内运动数据难监测、难保存、难对比分析和难评价。面向建立健全学生体质健康监测评价体系需求，5G+学生体质健康评价综合利用 5G、大数据、AI 等技术，全面采集学生运动和健康数据，助力中小学针对中考体育项目进行精准教学，加速职校和高校的校园智慧体育建设，促进学生身体素质和体质健康水平提升。采用心率臂带、智能手环、智慧跳绳、AI 摄像头等智能终端采集学生心率、血压、以及跳绳、跑步等不同类型的动态运动轨迹等各项数据，通过 5G 网络实时上传体育和身体素质评价平台，采用 AI 智能分析与

评估，生成每位学生的体育体能画像，针对每位学生不同的身体情况给出个人运动健康处方，提供个性化指导训练；并可自动整理生成运动成绩分析，助力教师更精准、更有针对性地调整教学计划。通过持续跟踪记录，构建学生体育运动、身体成长的健康档案，还可建立全校、全区的学生体质健康监测评价体系，生成周期性评价报告，通过多维度的量化数据反馈，全面评价学生的体质健康状况，促进学生身体素质提升。

学生体质健康评价对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+学生体质健康评价	>200Mbps	>500Mbps	<20ms

• 代表性案例：5G+千兆光网赋能区域开放式体育运动管理平台

中国电信杭州分公司联合浙江公众信息产业公司、杭州联禾体育科技等单位，为杭州闻涛中学和杭州高新实验学校建设 5G+千兆光网智慧操场平台，借助 5G 网络的优势，结合 AI 智能硬件，实时获取学生运动数据，为学生建立全面的体质健康成长档案，已覆盖 2 所落地学校共 2788 名学生，收集运动数据 15000 余份。

技术方面，项目整体方案采用 4 层架构，打造集课堂、课间、课后为一体的多种体测场景，在学校运动场地安装采集型设备，通过 5G 专网打通教育专网，提供高安全、高带宽、低时延能力，将数据快速汇集到统一数据中心，利用 AI 算法、骨骼识别算法等，在运动时画出人的外骨骼，对比错误动作、不标准动作及标准动作模型。对学生多种运动数据进行分析，实时反馈分析结果和指导意见，为教师精准指导提供决策依据，同时可将结果发送到家长手机端。应用成效方面，项目为滨江区 2 所学校 2000 余名学生生成了体系化的学生体质健康档案，体育课堂师生互动提升 30%、课堂学生参与率提升 22%，有效调动起学生运动的主动性与积极性，课后人均自主锻炼从一月 8 次提高到一月 20 次，平均运动量提高 25 分钟人/天，经过精准科学的动作指导，促进学生体育动作规范化，体育考试的平均成绩得到提高。创新性方面，一是通过 5G、人工智能视觉等技术，及时精准分析学生运动动作问题并给出改进建议，推动学生体质健康评价精准化。二是通过常态化应用，为学生建立全面的体育评测数据档案，实现对学生体质数据全程化跟踪和管理，促进学校体育教学工作成效提升。



图 27 5G+千兆光网开放式体育运动管理平台架构

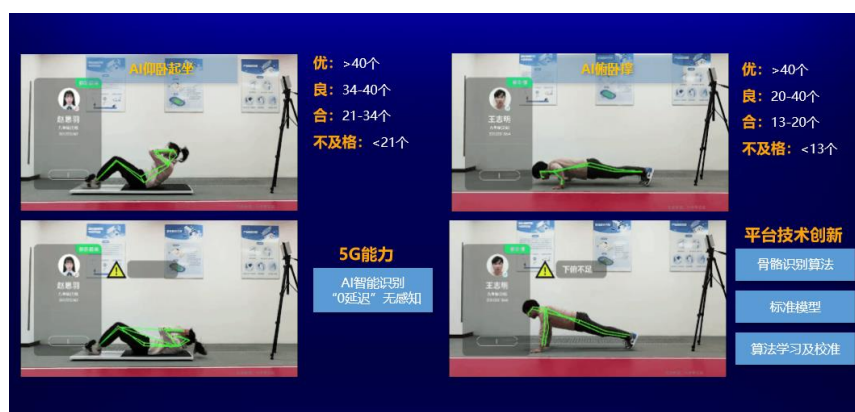


图 28 骨骼识别算法

3.4 5G+智慧校园

3.4.1 5G+平安校园

校园安全是政府、学校、家长以及全社会广泛关注的重点，近年来校园暴力、食品安全、意外伤害等事件时有发生，暴露出传统校园安全管理普遍存在的问题：以人工为主、缺乏有效的技术管理手段，已建的监控系统智能化程度不高、缺乏主动式预警告警能力。5G+平安校园利用了 5G 网络的超高速、高可靠等特性，结合边缘计算、物联网、AI 等技术，全面智能升级校园安全管理手段，化被动式安防为主动式防范，有效形成安全闭环管理。通过 5G 网络将 AI 摄像头、移动巡查机器人等紧密连接，打造无死角覆盖校园全域的智能安防系统，通过采集校园的人、车、设备的监控视频数据，进行实时分析处理，识别人员身份、车辆信息、设备运行状态，加强校园边界、校园入口、食堂、宿舍楼等校园重点区域的安全管理；通过 5G+AI 深度学习技术，实时对校园智能终端采集的音视频信息进行智能分析、身份鉴别、轨迹追踪等，实现对校

园霸凌、火灾等安全风险隐患早发现、早预警、早处置，此外，除了保障人身安全，同时关注学生的心理健康，做到及时发现问题并进行情绪预警和心理疏导。通过形成“上联下通”的高效运行防控体系，实现校园安全管理体系化、安全信息平台化、安全预警智能化、应急处置可视化，达到学校安全工作人防、技防、物防的全面提升，铸就全方位、立体化的校园安全防范体系。

平安校园对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+平安校园	≥10Mbps/路	≥4Mbps/路	<50ms

• 代表性案例：5G 守护校园安全

中国移动安徽亳州分公司联合中移（成都）信息通信公司、亳州芜湖现代产业园区管委会等单位，为亳州市第九小学新建校打造 5G 智慧平安校园，完成 5G 网络、综合布线系统、综合安防系统、公共广播系统等 16 项校园智能化建设任务，助力学校数智化发展，打造安全、智慧、创新的 5G 校园新环境。

技术方面，项目采用 5G 智慧校园云网融合服务网关，建设 5G 和有线光纤网络结合的融合网络，可支持 5G 网络+有线回传，通过 5G 网络切片、边缘计算、AI 融合等关键技术，系统集成校园无死角智能监控、人像识别、人体测温、人脸考勤、周界防范、车牌识别、信息发布、明厨亮灶等功能，打造 5G+平安校园，加强校园安全保障力度。应用成效方面，项目利用 5G、AI 技术，实现了校园管理区域内的 100%监控全覆盖，校园入口智能测温闸机具备测温和安康码核验功能，通过技术手段解决疫情防控问题；建立明厨亮灶及食品溯源机制，让食品可追溯、加工过程透明化，保障了学校师生舌尖上的安全；心理综合管理系统通过心理科普、心理预警、心理档案、心理测评等方式，及时发现孩子心理问题并进行疏导；充分利用原有设备，减少投入 30 余万。创新性方面，一是利用 5G 网络、教育边缘云等，促进云网端融合，实现校园数据全平台流通，打造智慧安全的校园环境。二是除传统人身安全外，关注安全防疫、心理健康等全方位校园安全建设，提供多维度的校园安全视角，关爱师生健康，辅助校园教学管理，全面提高学校安全管理水平，为学生健康成长保驾护航。

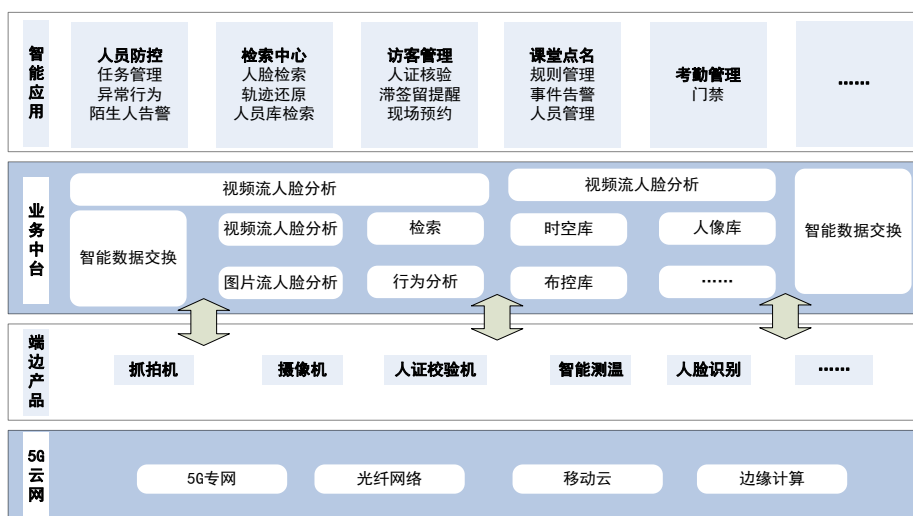


图 29 5G 平安校园方案架构



图 30 5G 平安校园安全监测

3.4.2 5G+绿色校园

目前，校园能源使用存在诸多问题：能源管理信息化技术手段不足，大多采用人工巡检方式，大量用能设备数据采集割裂，难以支撑校园整体的用能分析和优化，以及不少学校节能管理措施落实尚不到位、师生节能意识有待提高等。5G+绿色校园通过构建融合 5G 的校园物联网，将校园能源运行情况进行统一监测、分析、管理和控制，实现校园供用能全景状态感知与智能管控，助力不同学段学校进行双碳智慧管理，高校和职校（尤其是高校）由于师生人数众多、具有大量宿舍楼和实验室等设施，对 5G+绿色校园的需求尤为旺盛。通过 5G 网络高效连接配电系统、空调系统、电梯系统、照明系统、供热系统等能源设备，并将数据输送至校园智慧能源管控平台，结合边缘计算和 AI 技术对海量数据进行就近计算分析，实现校园水、电、气、冷、热等能源设备设施的统一监测、协调控制和智能管理，打造“能源要素齐全、网架结构灵活、接口

开放共享、信息安全融通、价值场景典型”的绿色校园。

绿色校园对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+绿色校园	≥20Mbps	≥50Mbps	<300ms

• 代表性案例：中国联通 IOC 平台助力西安电子科技大学“5G+绿色校园”

联通数科公司联合中国联通陕西分公司，为西安电子科技大学建设智慧校园运营中心 IOC，作为西电智慧校园的重要组成部分，通过建设校园 5G 物联融合开放平台，接入学校多种物联终端，对校园能耗、环境等情况进行监测管理，助力西电打造绿色校园。

技术方面，项目基于联通格物 DMP 平台高效/智能/安全的 AIoT 能力，实现万物互联，在学校内部建设 5G 校园虚拟专网，通过 UPF 下沉实现数据不出校，并进行四网融合，实现一张网承载多业务，基于网络底座，打造智能监测、自动巡检、预警体系、联动预案、处置体系一体化的智能决策分析平台。应用成效方面，校园物联融合开放平台已接入学校多个部门的各类物联终端，包括视频、门禁、报警、消防、能源表计、环境控制、终端屏显、智能家居等 11 种大类 4 万余个。目前学校主要开展了基于 5G 技术的消防电气火灾监测、消防智能用水监测、感烟火灾探测报警监测、大功率电器预警监测等场景应用，实现对校园试点区域的校园配电柜、消防水泵房、消防喷淋点、校园安保巡更公共区域、学生公寓的智能物联应用，初步实现了试点场景中保卫处后勤保障部人员的日常业务处置使用。创新性方面，一是基于校园物联平台，实现物联场景数字化的智能感知，促进相关业务流程数字化。二是在西电南北校园接入物联设备 4 万个，平台管控设备种类多、规模大，有效助力学校节能减排。

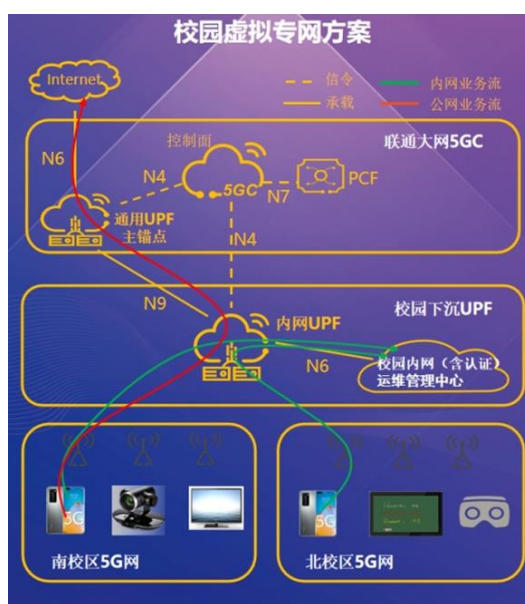


图 31 校园 5G 虚拟专网方案



图 32 智慧校园运营中心 IOC

3.5 5G+区域教育管理

3.5.1 5G+区域教育管理

区域教育管理涉及辖区内教育主管部门、学校、家庭和社会多元主体，包括教育监管、教育服务、教育评估和教育决策等多方面，面临数据采集和共享难、数据标准不统一、管理能力仍待加强等痛点。5G+区域教育管理通过全方位教育数据采集汇聚，建立区、县、校等多级可视化教育视图，以教育大数据驱动区域教育质量和水平提升。综合利用 5G、AI 等技术建设升级区域教育大脑，通过 5G 网络实时高速传输辖区内学校的运行状态数据，动态掌握学校教学数据、学情数据、安全运行等情况，形成集教育决策、数据分析、动态展示、研判预警、综合应用等功能于一体的教育驾驶舱，构建覆盖辖区所有学校、班级、师生的管理体系，真正实现横向

集成、纵向贯通、全局共享的信息资源及服务中心，为各级教育主管部门的科学决策提供数据支持。

区域教育管理对 5G 网络通信需求

应用场景	上行速率	下行速率	传输时延
5G+区域教育管理	>200Mbps	>600Mbps	<100ms

• 代表性案例：5G+大数据精准教学与管理

中国电信柳州分公司联合柳州高级中学、云蝶科技、爱立信，采用 5G、大数据、AI 等技术，为柳州市城中区打造“管理自上而下，数据从下向上”的区域教育大数据应用中心，汇聚辖区内多所学校的教育数据，形成依托于教育大数据中心，带动柳州高级中学及辖区内其他学校联动发展的模式，促进区域教育质量均衡发展。

技术方面，项目利用“5G 切片+边缘云”，以融合网络方式采集课堂、作业、教研等环节数据，在学校层面实现精准教学，并将校级数据上传至区域教育大数据应用中心平台，中心对汇聚的智慧课堂数据、考试数据等进行清洗、分析，结合 AI、大数据挖掘等技术为各级教育主管部门开展教育治理和服务提供可视化、精准化支持。应用成效方面，基于教育大数据应用中心平台，强化区校两级应用一体化，通过汇聚分析教育大数据，即时掌握教育事业运行状态，发现盲点和根源问题，合理调配教育资源，有效提升管理与服务效率，形成区域初中、高中阶段无缝衔接的人才培养机制，助力区域教育事业的精准治理。应用龙头高中清北录取人数 2019 和 2020 两年合计超 50 人，重点帮扶初中 2022 年的中考 A+率提升 40%。创新性方面，一是开创联动、协调、精准的教育新格局，支持利用教育大数据中心平台开展跨校教研、教学等新型合作，通过数据融通共享提升区域教育公共服务能力；二是实现了跨学区/学段学情跟踪、高效群体薄弱等创新应用，基于数据形成的全面学情视图，优化教、学、管、评、策、育等多个教育环节，促进区域教育水平提升。

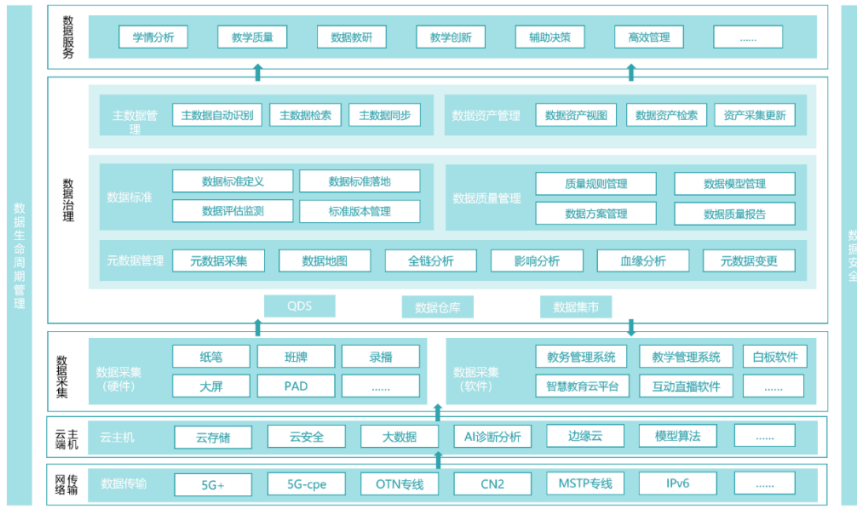


图 33 区域教育大数据应用中心平台架构



图 34 区级和校级教育大数据驾驶舱

四、“5G+智慧教育”产业图谱及产业发展情况

4.1 产业图谱

“5G+智慧教育”产业链包括教育终端、基础设施、内容资源、应用服务和共性支撑等多个环节，共同服务于教育主管部门和学校等机构级用户，以及学生、教师、家长等个人级用户。本报告选取各环节代表性较强的企业和机构，形成如图 35 所示的“5G+智慧教育”产业图谱。

“5G+智慧教育”教育终端主要包括机构级、个人级教育智能硬件，作为各类业务的使用入口，同时也是教育数据采集的入口。主要提供商包括互联网企业、教育设备商和教育信息化企业，如网易有道、希沃、科大讯飞、佳发教育等。

“5G+智慧教育”基础设施包括网络和存算基础设施以及平台数据及软件，提供各环节间教育资源高速传输的通道和业务开展的各种支撑能力。主要提供商包括基础电信运营企业、互联网企业、设备商和教育信息化企业，如中国电信、中国移动、中国联通、腾讯、华为、金智教育等。

“5G+智慧教育”内容资源为各学段、多学科提供 AR/VR 虚拟仿真实验/训、数字教材等内容，并提供支撑运营平台。内容资源提供商主要为教育企业和机构、教育信息化企业、出版商等，如好未来、爱学习、中教云、外研社等。

“5G+智慧教育”应用服务提供应用逻辑和业务处理，涵盖 5G+智慧教学、5G+智慧考试、5G+智慧评价、5G+智慧校园、5G+区域教育治理等多种应用场景。应用服务提供商主要包括教育信息化企业、基础电信企业、通信企业和互联网企业，如金智教育、猿辅导、中兴通讯、阿里等。

共性支撑包括标准组织、研究和服务机构、安全企业和联盟协会等组织机构，提供“5G+智慧教育”的标准研制、规划设计、咨询服务、安全保障和产业推进等能力，与其他产业链企业和机构共同促进“5G+智慧教育”发展。



图 35 “5G+智慧教育”产业图谱

4.2 产业发展情况

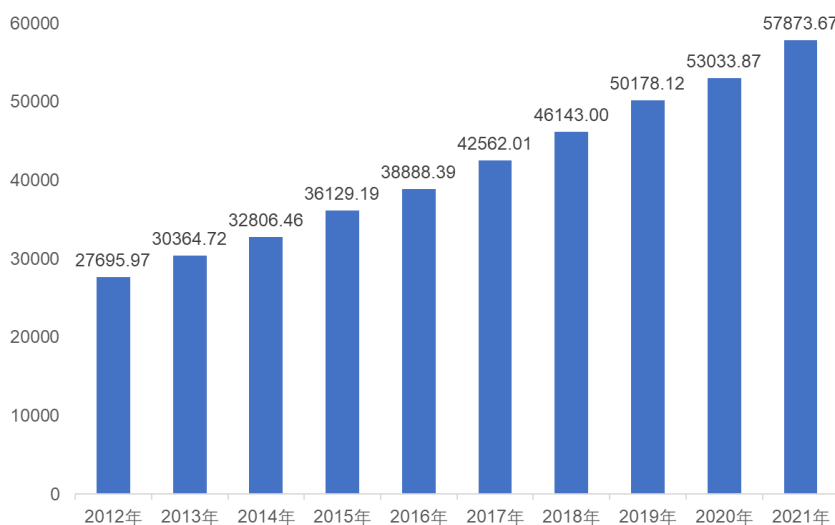
4.2.1 全球智慧教育市场呈现高速增长态势

内外部动力驱动智慧教育快速发展。外部驱动力方面，全球主要国家和地区对智慧教育的需求旺盛，随着新冠疫情的持续，OMO 线上线下融合教学成为教育新常态，同时，随着全球数字经济发展，智慧教育成为支撑教育数字化升级的关键引擎。内部驱动力方面，5G、AI、大数据等技术加速与教育融合赋能，推动智慧教育快速发展，新应用、新业态、新模式不断涌现。数据显示，2021 年全球智慧教育市场规模达到 5439 亿美元，预计未来 5 年的年均复合增长率为 22.7%，到 2027 年，市场规模将达到 18563 亿美元。全球范围内，美国、欧洲、日韩和我国的智慧教育发展较快，处于全球头部发展梯队。

我国教育规模全球领先，智慧教育发展具备广阔空间。教育部发布的 2021 年全国教育事业统计公报显示，我国共有各级各类学校 52.93 万所，各级各类学历教育在校生 2.91 亿人，比上年增长 0.02 亿人；专任教师 1844.37 万人，比上年增加 51.4 万人，保持增长态势。目前，我国城乡、校际间教育水平发展不均衡、优质教育资源稀缺的情况仍存在，庞大的受教育群体对优质教育资源需求旺盛，大力发展智慧教育是促进教育公平、提升教育质量的强大动力。在政策指引和产业各方持续投入的推动下，我国智慧教育市场规模逐年扩大，从 2016 年接近 5000 亿增长至 2020 年的 8000 多亿，预计在 2023 年将突破万亿大关。

我国智慧教育的经费投入持续增长，投融资经历波动后热度不减。经费来源方面，全国各地教育信息化经费基本来自财政拨款，按一定比例从教育经费中拨付，近十年我国教育经费统计情况如图 36 所示，保持稳步增长，教育信息化建设经费也持续逐年增加。投融资方面，智慧教育领域处于稳定成长期。如图 37 所示，从近年我国教育信息化投融资数量和金额可以看出，投融资处于数量波动上涨、平均每起投融资金额保持增长的态势，2020 年投融资金额涨幅较大，全年达到 117.76 亿元，较 2019 年增加了 65.30 亿元，同比增长 124.48%，2021 年投融资金额和每起投融资的金额稳步上涨，1-11 月共有 85 起投融资事件，金额为 146.63 亿元。

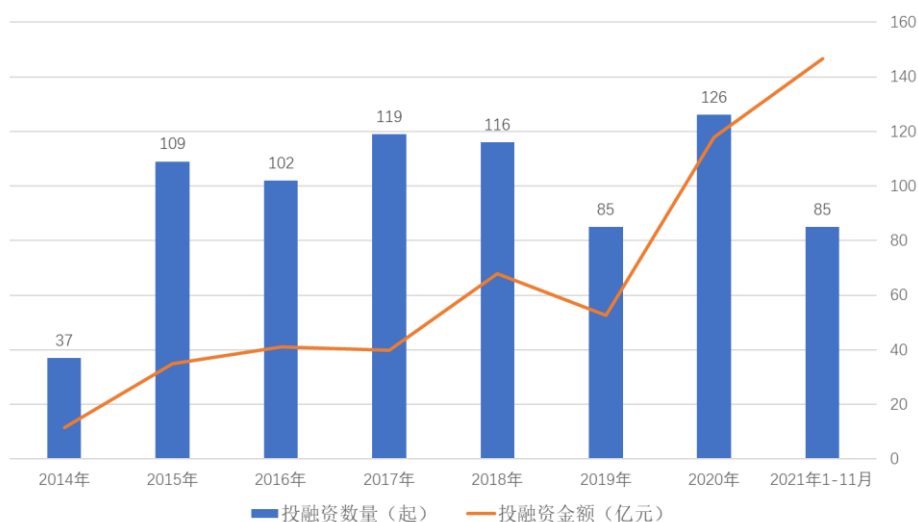
全国教育经费执行情况统计（单位：亿元）



来源：教育部

图 36 2012 年-2021 年全国教育经费执行情况统计

全国教育信息化产业投融资情况统计



来源：IT 桔子

图 37 2014 年-2020 年全国教育信息化产业投融资情况统计

4.2.2 “5G+智慧教育”产业链企业积极布局

如图 35 所示，“5G+智慧教育”产业链企业类型众多，主要包括基础电信运营企业、ICT 设备商、互联网企业、教育硬件厂商、教育软件提供商、教育企业和机构、教育系统集成商、内容资源提供商、安全厂商等，不同类型企业基于各自优势进行延伸式布局。

基础电信运营企业的优势在于网络服务能力和云服务能力，网络服务是其主场战，基础电

信运营企业深度参与 5G 国际国内标准制定，围绕 5G 业务和商业模式、网络智能化、网络融合等开展了深入研究，部署了覆盖广泛、持续扩大的 5G 基础网络。云服务方面，基础电信运营企业具有规模领先、云网融合的云平台，如天翼云、移动云和联通云，可全面支撑 5G 云化的部署和发展。基于基础连接和云网能力，基础电信运营企业向上层的“5G+智慧教育”解决方案和底层的教育智能硬件和教育内容进行布局，通过自研/合作研发模式，打造涵盖互动教学、教育管理、考试考务、综合评价、校园管理等教育全场景的产品和服务。

ICT 设备商的优势在于网络通信设备等技术能力，标准方面，设备商也深度参与 5G 国际国内标准制定，围绕 5G 关键技术、网络设备等开展了深入研究，并向基础电信运营企业提供 5G 基站、CPE、核心网等设备，与基础电信运营企业紧密合作。同时，设备商以通信设备为基础，积极向研制教育智能终端、打造教育平台和上层应用拓展，不断扩大“5G+智慧教育”的布局环节。如华为推出 5G Matepad 教育平板、华为小精灵学习智慧屏等教育终端，以及智慧教室、智慧校园等应用；中兴打造 5G 云 XR 平台 ZTE XRExplore 和智慧校园应用；新华三提供 5G 智慧教学、智慧校园等应用。

互联网企业的优势在于云服务、算法等能力，以云平台为基础进行输出，通过混合云和 5G 云网融合打造弹性伸缩、支持高并发的高清在线教学等场景，支持多种教育数据和资源的云端存储，打造以云计算、云数据、边缘能力和云服务支撑的 5G 教育应用。如腾讯、网易有道等企业构建了“基础云技术+教育云平台+教育大数据”的底座，并提供 5G+智慧课堂、5G+智慧考试和 5G+智慧校园等应用。除了布局向解决方案延伸，互联网企业也积极打造教育智能硬件和配套内容资源，如腾讯推出了教育 PC、有道发布了词典笔、百度打造了小度学习平板等。

教育硬件厂商的优势在于硬件方面的技术能力，推出了智能黑板、类纸护眼类学习终端、智能交互一体机、学习机等多款学校机构级和个人消费级硬件产品。布局方面，教育硬件厂商积极向教育平台打造、软硬件系统开发和解决方案研制拓展，如希沃推出三个课堂应用管理平台、松鼠 AI 建设大数据精准教学管理平台、京东方艺云打造校园多媒体管理平台、洲明科技研发沉浸式直播教学和 5G+8K 直播课堂等解决方案。

教育软件提供商的优势在于具备与学校业务深度融合的软件开发能力，针对 5G 赋能教学、评价、管理等多个场景，提供涵盖教、学、测、评、练和管等多种用途的软件产品。布局方面，教育软件提供商逐渐从软件向涵盖软硬件一体化解决方案拓展，如金智研发出高校疫情防控整体解决方案，三盟科技推出“教育大脑”智慧校园整体解决方案，乐跑打造校园智慧体育解决方案。

教育企业和机构的优势在于深耕教育行业，具有多年品牌内容和技术积累，随着“双减”等系列政策的发布，头部企业进一步加强教育与技术融合的布局，提供更多样化、素质化、个性化的教育服务。如好未来设立人工智能实验室和脑科学实验室，承建国家智慧教育新一代人工智能开放创新平台；猿辅导孵化飞象星球，成立人工智能研究院，主要面向政府和学校提供全场景人工智能解决方案；爱学习打造学科知识图谱、自适应学习系统等产品。

教育系统集成商长期布局于教学、教研、教务、管理等多种应用场景，提供包括软硬件、配套资源和服务的综合性系统，随着5G时代的到来，教育系统集成商逐渐将5G技术融入到多种综合系统中。如同方艾威康提供5G+4K高清教学、5G+同步课堂、5G+智慧校园等解决方案，讯飞幻境建设5G+虚拟仿真的创新实验室和科普角，天立泰打造5G+智慧评价、5G+智慧课堂等产品。

内容资源提供商的优势在于丰富的数字教材、沉浸式教学等教育资源，涵盖多学段多学科的校内资源，以及职业培训、数字图书等终身学习资源，布局向围绕内容资源的教育平台和服务延伸，如中教云开发5G+数字课程教材云平台、教师研训服务平台，重庆出版集团建设重庆市5G+智慧教育资源公共服务平台。

安全厂商的优势在于安全技术能力，面向教育领域提供终端安全、网络安全和综合性安全解决方案等多种安全技术和方案，针对5G时代面临的网络安全挑战，安全厂商推出了零信任、端到端安全方案等多种安全技术和方案，如奇安信发布了5G安全框架体系，从基础设施、5G应用、5G安全运营三大层面应对各种安全挑战；吉大正元推出了移动端密码模块、教育密码应用基础支撑与共享服务平台等多种“5G+智慧教育”安全产品和方案。

4.2.3 “5G+智慧教育”产业呈现三大发展趋势

一是应用为王，智慧教育需求持续扩大。随着教育新基建、国家教育数字化战略行动等政策方针的出台和推进，教育数字化转型是未来教育领域发展的必然趋势。教育数字化转型是指将网络化、数字化和智能化技术整合到教育各个层面，推动教育模式、组织架构、教育评价等教育全环节和全方位的创新和变革，构建智慧教育新生态。这是一个长期的发展变迁过程，在此过程中，驱动力将从供给驱动向需求驱动转变，产业链的供给方将围绕教师、学生、教育管理者等用户的实际应用需求，综合利用5G、大数据、云计算等新型ICT技术，深刻融入教育全流程，积极推动泛在化、个性化、终身化的教育体系构建，打造人人皆学、处处能学、时时可学的学习型社会。

二是合作共赢，产业链上下游企业将进一步加强协作。“5G+智慧教育”产业链较长，大中小

企业林立，呈现百花齐放、百家争鸣的发展态势，各类型企业具备各自优势。随着我国智慧教育进一步从点到面纵深推进，对一站式智慧教育产品、解决方案和服务的需求日益旺盛，不同类型的企业将进一步加强合作，进行优势互补。头部企业积极打造生态圈，强化与上下游生态伙伴的互通交流，如中国电信成立了将教育作为重点领域的“5G 产业创新联盟”，中国移动打造了“5G 智慧教育合作联盟”，中国联通建立了“5G+智慧教育合作联盟”。

三是数据驱动，将催生更多新服务和新应用。随着 5G 夯实智慧教育网络底座，带动多种技术促进课前、课中和课后及教学、考试、评价等教育全环节的数字化程度升级，5G 有效拓宽教育数据采集的类型和范围，教育数据量将高速增长，为教育数字化转型提供关键驱动要素。基于教育大数据，将进一步推动教学、评价和管理模式变革。5G 与大数据、AI 等技术的融合，能为区域、学校建立学生画像，构筑“五育并举”的高质量教育体系，侧重对学生的个性化发展和核心素养的培养，支持立体化的师生全面评价开展，同时促进校园和区域教育管理的精准化升级。

五、“5G+智慧教育”发展面临的挑战及建议

5.1“5G+智慧教育”发展面临的挑战分析

当前，“5G+智慧教育”发展主要面临以下挑战：

一是“5G+智慧教育”仍处于应用探索初期。5G在教育各环节不同场景中的应用程度不一，5G+超高清直播互动课堂、5G+虚拟仿真实验/训等场景发展较快，但总体来看5G与教育融合仍处于起步阶段，5G赋能教育成效尚未完全发挥。5G与教学、评价、管理等核心场景的融合深度不足，需要逐步培育。目前“5G+智慧教育”应用实践以单点或区域试点为主，尚未实现常态化、规模化应用，5G对教育数字化转型的促进作用仍待加强。

二是“5G+智慧教育”基础应用环境有待提升。目前，我国不同区域间、城乡间、群体间的教育发展水平仍然存在差异，“5G+智慧教育”应用开展的基础参差不齐。同时，5G网络尚未覆盖全国各级各类学校，对于5G已覆盖的学校，随着承载的智慧应用增多，覆盖深度需进一步加强。偏远落后地区虽然在网络、基础设施等方面有了较大改善，但仍面临5G网络部署困难、智能教育设施缺乏、师生信息素养薄弱等问题，消弭“数字鸿沟”，夯实智慧教育发展底座尚需时日。

三是“5G+智慧教育”产业发展基础仍待夯实。由于5G芯片模组价格偏高、AR/VR等沉浸式内容资源存在开发门槛且研发成本高等原因，导致5G教育终端产品匮乏。虽然5G模组价格已降至500元人民币左右，但仍接近4G模组价格的7倍。2022年10月GSA最新数据显示，全球商用5G设备数量超过1200款，以智能手机、CPE、无人机等形态为主，用于教育场景的专用5G终端较少。目前，“5G+智慧教育”的生态体系以基础电信运营企业主导为主，产业链其他环节参与方的影响力有待加强，集群发展生态仍待完善。

四是教育数字化趋势下师生的信息素养仍待加强。通过《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》、教育信息化2.0行动计划等实施，全国广大师生的信息素养有了较大幅度提升，但在日常教学、评价和管理等开展中，仍存在教师对信息技术的应用程度还不够深，师生对新兴教育工具、模式的掌握度待加强的现象。随着5G等技术在教育领域应用的深入，以及教育数字化的持续推进，需进一步提升师生的综合信息素养，促进教师更新教学理念、丰富教学模式，助力学生快速适应新型教育方式。

五是“5G+智慧教育”的落地实践需解决网络和信息安全挑战。目前，我国各级各类学校和教育机构的信息化程度和安全防护能力各不相同，5G、AI等技术与教育各环节融合，加速了海

量教育数据的生成，其中包含大量师生生物特征识别信息、未成年人信息等敏感信息和师生个人信息。5G 技术使得海量教育数据能够实现高速多模态传输，然而数据在采集、传输、处理和应用等环节存在被篡改、窃取和滥用等风险，使得个人隐私和数据安全面临挑战。

5.2 促进“5G+智慧教育”发展的策略分析

一是加强“5G+智慧教育”应用场景培育，推动应用纵深发展。充分发挥 5G 对教育的支撑作用，加快 5G 与教育全过程要素相结合，通过“5G+智慧教育”应用试点等方式，推进现有场景的开发和应用示范，进一步挖掘 5G 赋能教育多场景的潜力，形成可持续、易于复制推广的“5G+智慧教育”发展模式。建立常态化应用机制，提升 5G 教育服务能力，切实解决教育教学过程中实际问题，满足多样化、个性化的教育需求，推动“5G+智慧教育”应用规模持续扩大，促进教育教学模式改革与创新。

二是加快 5G 基础设施建设，打造智慧教育学习环境。充分利用 5G 核心技术网络切片和边缘计算实现固移融合、多网融合、云网融合，大幅提升校园网络带宽和跨平台数据融通水平，构建快速稳定、绿色安全的校园网络环境。加快推进 5G 网络在教育领域的布局和部署，加强 5G 校园网络的覆盖广度和深度，发挥 5G 小型化、组网灵活的技术优势，借助 5G 微基站、5G 直播背包等硬件设施，快速搭建微型 5G 智慧学习环境，促进“优质资源班班通”、“网络学习空间人人通”等建设，实现优质资源共享，促进城乡教育均衡发展。

三是丰富 5G 教育产品供给，加强生态体系构建。推动行业龙头企业、科研院所、高校等开展教育领域 5G 应用的关键技术联合攻关，研发多样化、便携化 5G 教育终端，探索“轻量化”5G RedCap 技术在教育领域的应用，推动相关产品的成熟和商业化。加强 5G 支持的 AR/VR 等配套内容资源的研发，不断提升资源的适配度，促进相关产品和资源的研发成本和价格降低。鼓励“5G+智慧教育”产业链上下游企业加强协作，优势互补，共同营造良好发展生态，打造共赢的可持续发展模式。

四是加强人才培养培训，不断提升师生信息素养。进一步加强对师生的信息技术应用培训和信息素养培养，按学段进行分层次、针对性的培训，满足不同阶段师生的需求，采用线上、线下或混合式等多种方式，提升师生对新兴教育教学方式的熟练使用程度，加强对教师实操技能培训，鼓励教师积极参与数字教材、AR/VR 课件等教育资源开发，加大对师范生的信息素养培养力度；探索以信息素养通识学分课程为主、培训讲座为辅等多样化的学生信息素养提升模式。

五是提升网络信息安全保护能力，护航“5G+智慧教育”发展。面对海量的教育数据，亟需建立 5G 教育网络信息安全保障机制，强化 5G 环境下的网络安全防御体系，提升教育系统信息

安全保障能力，不断健全安全管理机制，增强教育系统对网络安全威胁的监测、态势感知和处置能力。加强教育系统网络和数据安全建设，筑牢安全防线，严格落实安全责任，通过宣传、培训、网络安全演练等方式提升师生网络安全和个人信息保护能力，保障教育数据安全和个人隐私。