

5G 应用创新发展白皮书

2021 年第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛洞察



目 录

前 言.....	1
5G 融合应用发展态势.....	2
第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛项目洞察.....	6
“扬帆”重点领域应用分析.....	11
5G 融合应用规模化发展路径与建议.....	88
主要贡献单位.....	98

前 言

2021 年是我国“十四五”规划开局之年，也是全面建设社会主义现代化国家新征程起步之年。我国要在“十四五”期间持续保持经济平稳增长，必须充分释放以 5G 为代表的前沿数字技术创新对经济社会高质量发展的基础和带动作用。5G 已商用两年，我国 5G 应用已经实现从“1”到“10”，不断走深向实，在工业、医疗、港口等各领域开展应用实践，目前已进入到规模化发展的关键时期。

为深入贯彻落实党中央、国务院决策部署，坚持以需求为导向大力推动 5G 应用落地，进一步促进 5G 与各垂直行业的深度融合，由工业和信息化部主办，中国信息通信研究院联合 5G 应用产业方阵、IMT-2020(5G)推进组、中国通信标准化协会以及金砖国家未来网络研究院中国分院共同承办第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛。大赛自 2018 年起已举办四届，旨在促进 5G 网络加快发展，丰富 5G 技术应用场景，推动 5G 应用规模化发展。

本白皮书聚焦全球及我国 5G 应用发展态势，重点发布第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛项目的深度洞察，并对《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》中重点发展的 15 大领域应用进行深度分析。研究发现，5G 与行业的融合是一个渐进的过程，需经历预热、起步、成长、规模发展四个阶段。不同行业的数字化水平和需求，决定了 5G 技术创新扩散速度。对照 5G 应用整体发展规律，我国行业应用整体处于发展初期阶段，各领域 5G 应用将梯次导入，呈现出螺旋上升发展模式。随着 5G 产业链体系的逐步成熟以及千行百业对 5G 需求的不断增长，5G 与行业的融合更加紧密，促进安全、平台、网络、终端等领域的全方位变革，在原有 5G 产业基础上，催生了 5G 行业应用产业新的分支，推动形成了新型产业体系。5G 行业应用的商业模式初具雏形，生态价值正在逐渐凸显。最后，本白皮书从推进体系、重点行业推进方法、重点应用发展路径、产业生态构建四个方面提出了我国 5G 应用规模化发展的建议。

5G 融合应用发展态势

1.1 全球 5G 网络持续普及，行业终端成为市场发展新蓝海

全球 5G 网络建设稳步推进，中国 5G 组网发展走在世界前列。5G 商用以来，各国积极推进网络建设。截至 2021 年 10 月底，超过三分之一的国家/地区进入 5G 时代，已有 183¹家网络运营商开始提供 5G 业务（含固定无线和移动服务）。截至 2021 年二季度末，全球 5G 网络已经覆盖全球近五分之一的人口，5G 网络人口覆盖为 19.6%。截至 2021 年 10 月底，我国已累计建设 5G 基站超 129 万个，占全球 70% 以上，规模居全球首位。5G 网络覆盖所有地市级城市，97% 以上的县城城区和 50% 以上的乡镇镇区，如图 1-1 所示。根据不完全统计，5G 独立组网仅在包括中国在内的约 9 个国家/地区实现商用。我国独立组网（SA）模式的核心网已建成运营，三大运营商均已实现 5G 独立组网（SA）规模部署。相较而言，日韩两国 5G 网络建设仍以非独立组网模式为主，重点满足个人用户的发展需求。



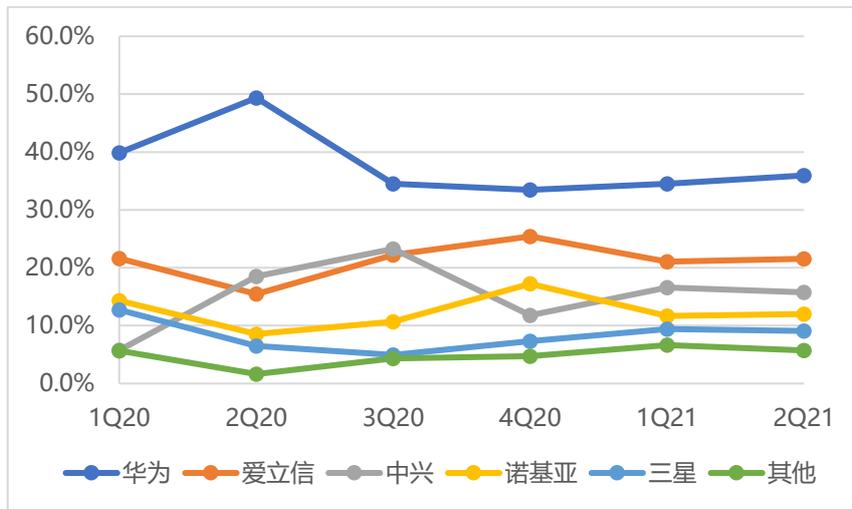
来源：工信部、中国信通院

图 1-1 中国 5G 县域覆盖图

全球 5G 产品生态持续完善，国内新型支撑体系初步形成。随着全球运营商特别是中国相继进入 5G 网络部署时期，5G 系统设备供应市场快速增长，华为市场份额居首位。Omdia 数据

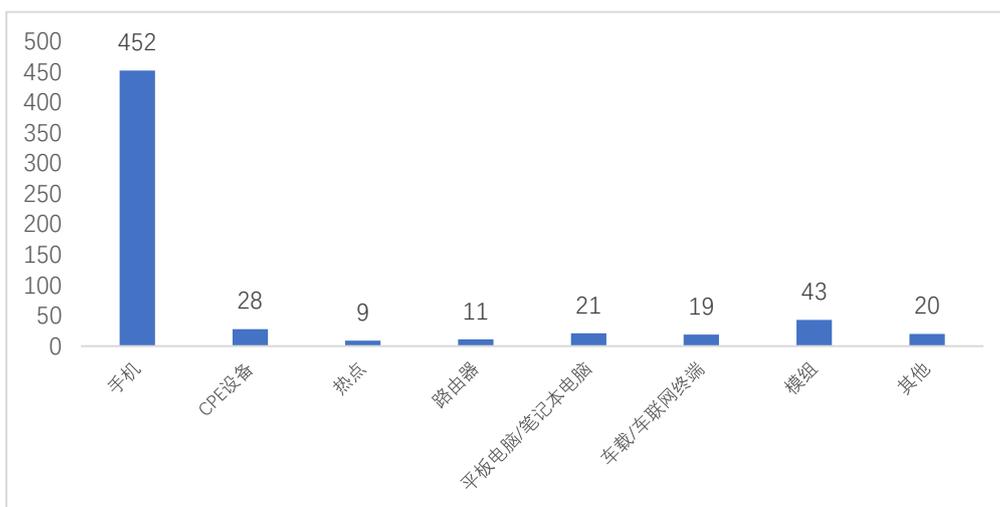
¹ 数据来源：中国信通院

显示,2021 年上半年全球 5G 无线接入设备市场规模达到 133 亿美元,比上年同期增长了 43%。Omdia 预计,其中中国贡献了全球市场的 44%。根据信通院统计,截至 2021 年 10 月,国内共发布 5G 终端 603 款,其中手机 452 款,非手机终端 151 款。非手机终端增速尤为明显,发布新产品 105 款,同比增长 275.0%。我国运营商及设备商积极参与行业 5G 终端研发,促进 5G 终端和模组在项目中的实践落地,初步形成 5G 新型行业终端产业链、行业网络产业链、行业平台产业链、行业解决方案产业链的 5G 融合应用产业支撑体系,为 5G 应用带来更多发展机会。



来源: Omdia

图 1-2 全球 5G 系统设备市场份额



来源: 中国信通院

图 1-3 国内 5G 终端情况 (截至 2021 年 10 月)

1.2 全球 5G 应用初显成效，但整体仍处于初期阶段

全球积极开展 5G 融合应用探索，围绕产业数字化、数字化治理和数字化生活三个方向开展，呈现出垂直行业市场、传统消费市场齐头并进的态势。总体上，全球 5G 应用整体处于初期阶段，在工业互联网、医疗健康、智慧交通和城市、公共安全和应急等领域已有小范围落地应用，但大规模、可复制应用仍有待时日。

韩国政府强化政策支持，推进布局业务应用落地。韩国政府在 2019-2021 年围绕 5G+战略连续发布 3 个落实计划，并在 2021 年再度发布《5G+融合服务发展战略》，在保障 5G+战略实施的基础上，从开放创新能力、推广实施方案、构建融合生态和拓展海外业务等方面，重点强调了对 5G 融合应用的牵引策略。政府通过成立先导行业委员会、强化对内容的政策扶持、成立联盟和工作组等方式，确保 5G+战略全面实施。韩国产业界围绕“5G+战略”积极布局业务应用，探索 5G 在工厂、港口、医疗、交通和城市公共安全等领域开展试点试用，应用场景包括 5G+AI 机器视觉质检服务、远程数字诊断、病理学和手术教学、远程控制机器人和无人机的应急救援服务、新冠肺炎防疫机器人以及基于 5G 自动驾驶的场内配送等。韩国个人应用市场保持领先水平，5G 个人用户在流量占比、渗透率、DOU 等方面均高于其他国家。运营商将 XR 内容作为突破口，通过专设机构、内容牵引、捆绑销售、打造产业生态四个举措驱动 5G 个人应用发展。

美国产业链主体密切合作，利用优势推动 5G 应用落地。互联网巨头、工业企业等创新主体协同，结合在边缘计算、人工智能和先进制造等领域的技术优势，利用创新中心、孵化器等实体，积极打造 5G 行业应用良好生态。值得关注的是，美国国防部重视 5G 技术的大规模试验和原型设计，正通过加大资金投入展开测试和评估，推进 5G 在美国作战人员中的应用。

日本依托奥运会创新个人应用，展示 5G 实力。日本依托 2020 东京奥运会提供面向个人用户的 5G 创新应用，头部企业积极创新。机器人方面，奥组委发布“2020 东京奥运会机器人计划”，吸引丰田、松下等企业合作。丰田远端机器人 T-TR1 搭配大屏传输实时画面传输，构建“无人参赛”环境下运动员和观众们实时互动通道。赛事直播方面，奥组委与日本运营商 NTT、英特尔公司合作，在帆船、游泳和高尔夫球场馆用 5G 网络和 AR 设备传输动态高清实时图像。安全保障方面，奥组委通过配备无人机和机器人，在海量人群中甄别可疑行为。

中国 5G 应用发展水平全球领先。凭借我国超大规模市场基石，我国 5G 发展动力持续增强，产业各方从产业端和消费端同时发力，我国 5G 融合应用日趋活跃，已形成系统领先优势。在行业应用领域，5G 应用从“样板间”转变为“商品房”，解决方案不断深入，项目数量和创新性都处于全球的第一梯队，对我国实体经济的数字赋能作用开始释放。在个人应用领域，基础电

信企业和互联网企业在游戏娱乐、赛事直播、居家服务、文化旅游等消费市场加大探索，推动网络用户向应用用户快速转化。

1.3 我国 5G 应用正从“试水试航”走向“扬帆远航”

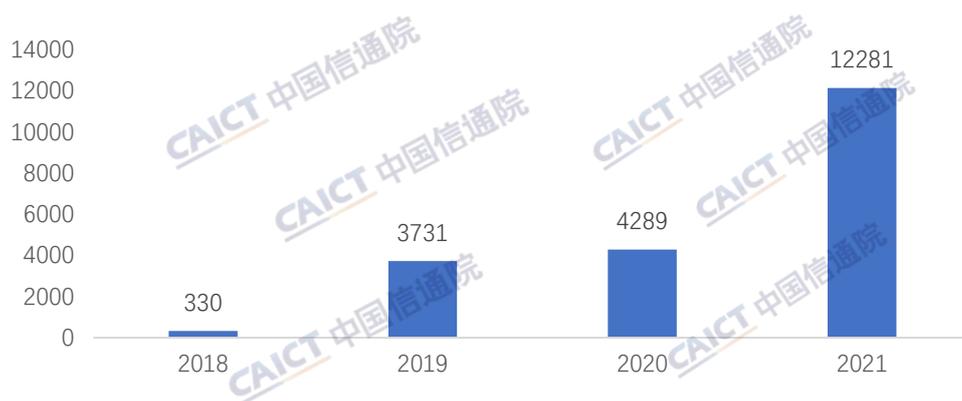
5G 正式商用两年来，在技术标准、网络建设和产业发展等方面取得了积极进展，为 5G 应用奠定了坚实基础。目前，全国 5G 应用创新的案例覆盖 22 个国民经济重要行业，在工业制造、医疗等多个领域应用场景加速规模落地，5G 赋能效果逐步显现。工业行业围绕研发设计、生产制造、运营管理、产品服务等环节，形成 5G+质量检测、远程运维、多机协同作业等典型应用。已有 138 个钢铁企业、194 个电力企业、175 个矿山、89 个港口实现 5G 应用商用落地，有效推动工业智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理，助力工业企业数字化、网络化和智能化转型。医疗行业中 5G+急诊急救、远程会诊、远程诊断、健康管理的应用，有效提升诊疗服务水平和管理效率。在媒体、文旅等行业，5G 赋能 4K/8K 全景直播、景区无人接驳车和生态管理等文旅应用，提升游客体验，提高景区、场馆等智能化管理与服务水平。5G+超高清视频、背包、转播车，已应用在《舞上春》、建党 100 周年《伟大征程》等大型活动中。

顶层设计逐步完善，初步形成 5G 应用推进合力。“十四五”时期是中国开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一个五年，也是中国 5G 规模化应用的关键时期。《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》提出“构建基于 5G 的应用场景和产业生态”。工信部深入贯彻落实党中央、国务院决策部署，按照《政府工作报告》要求，加大 5G 网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景。工信部联合中央网信办、发展改革委等九部门印发《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》。《行动计划》统筹推进 5G 应用发展，把握 5G 应用关键环节，赋能 5G 应用重点领域，有助于凝聚各方力量，激发市场活力，形成推进合力，构筑 5G 全面赋能经济社会发展的新格局。同时，编制印发《关于推动 5G 加快发展的通知》、《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023 年）》、《工业和信息化部办公厅关于印发“5G+工业互联网”512 工程推进方案的通知》，从网络建设、应用场景等方面加强政策指导和支持，引导各方合力推动 5G 应用发展。跨部门协同不断加强。工信部联合卫生健康委开展“5G+医疗健康试点”，与发展改革委共同组织实施《2021 年新型基础设施建设专项（新一代信息基础设施领域）》，与发展改革委、国家能源局、中央网信办联合印发《能源领域 5G 应用实施方案》，与教育部联合印发了《关于组织开展“5G+智慧教育”应用试点项目申报工作的通知》，并正在积极与其他行业主管部门对接沟通。

第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛项目洞察

2021 年第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛（以下简称第四届“绽放杯”大赛）以“融惠百业，智享未来”为主题，聚焦 5G 应用热点领域及关键环节，着力推动 5G 应用关键共性技术、通用产品突破，解决产业发展难点，促进应用落地复制，进一步深化跨行业协作。本届大赛在分赛阶段设立了 21 个专题赛和 13 个区域赛，专题赛相比去年新增 MEC 边缘计算、通用产品、行业虚拟专网、智慧文旅、5G 消息等赛道，聚焦 5G 应用热点领域和 5G 应用通用技术及产品，区域赛突出各地区 5G 应用特色及其产业价值，包括京津冀、上海、江苏等区域赛。

第四届大赛共收到来自全国 31 个省/自治区/直辖市和香港特别行政区的近 7000 家企业、科研院所、行业协会、政府机构等单位参与申报的 12281 个项目。大赛选拔并孵化出了一批创新能力突出、应用效果优秀、市场前景可观的 5G 应用项目，助力 5G 与实体经济的融合。

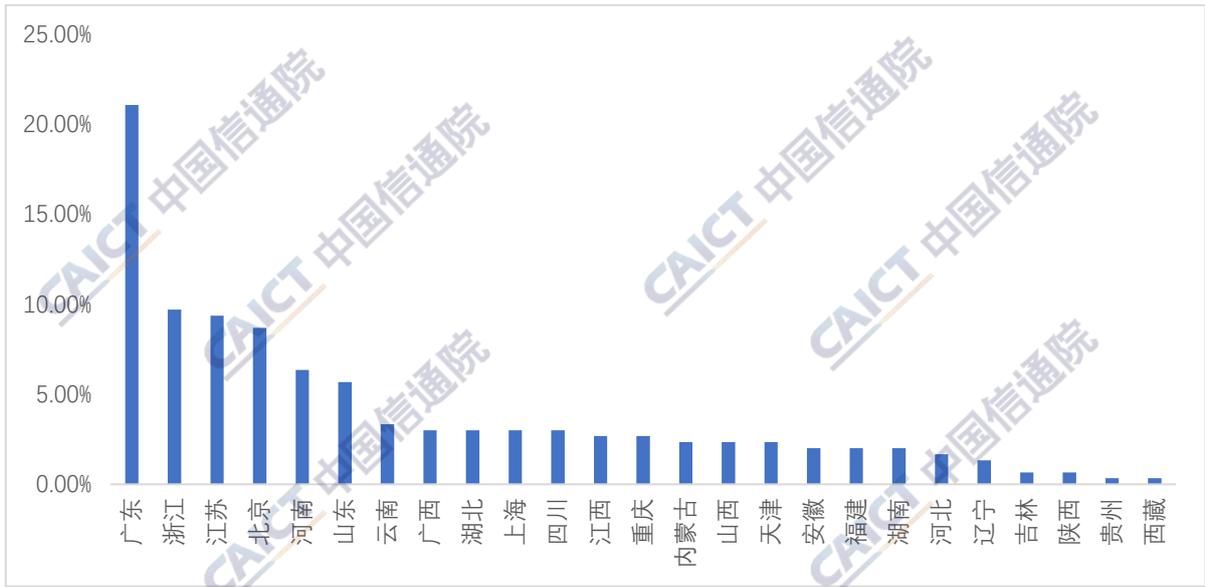


来源：中国信通院

图 2-1 2018-2021“绽放杯”大赛参赛项目数量

2.1 参赛数量大幅增长，获奖项目粤浙苏京领跑

本届大赛共收到来自全国 31 个省/直辖市/自治区/特别行政区的项目 12281 个，参赛项目数量大幅增长近三倍，相比前三届新增来自西藏和香港的项目，参赛地域分布更加广阔，5G 应用辐射效应更加明显。通过对本届绽放杯全国赛获得一、二、三等奖和优秀奖的 300 个项目进行分析发现，获奖项目来源主要集中在广东、浙江、江苏、北京，四省市获奖数量占全部获奖项目数量的近一半。

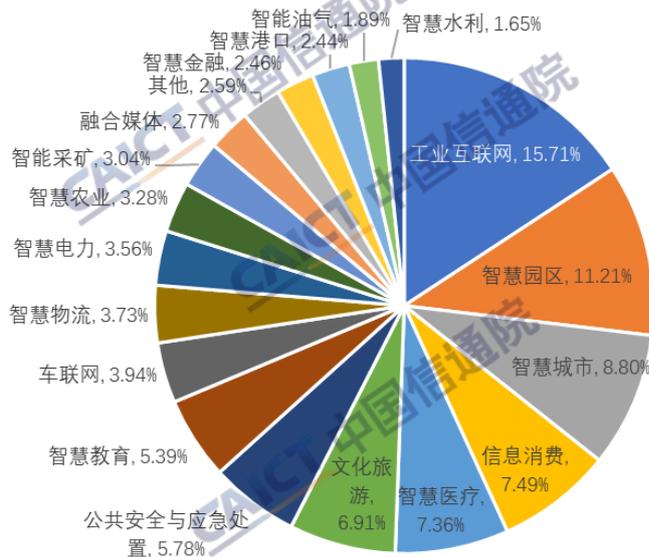


来源：中国信通院

图 2-2 第四届“绽放杯”大赛全国赛获奖项目来源分布

2.2 行业应用广度拓宽，与千行百业加速融合

在第四届“绽放杯”大赛所有参赛项目中，工业互联网、智慧园区、智慧城市、信息消费、智慧医疗、文化旅游领域的参赛项目数量位居前六位。



来源：中国信通院

图 2-3 2021“绽放杯”大赛参赛项目行业领域占比

相比 2020 年，5G 技术进一步深入工业领域，工业互联网领域参赛项目数量成倍增长。在政策的鼓励和引导下，随着技术和解决方案愈发成熟，智慧城市、医疗、文旅、教育等领域民生服务类 5G 应用数量也大幅增加，5G 应用与民生服务领域的结合度不断提升。

2.3 5G 应用成熟度大幅提升，15%项目已实现“解决方案可复制”

我国 5G 应用历经 3 年多的发展，已经实现从“1”到“10”，不断走深向实。通过对不同领域的参赛项目的横向分析来看，2018 年，第一届“绽放杯”大赛中 75%以上的参赛项目都处于“原型设计”的初级阶段，这一比例逐年下降，今年为 20.53%。同时，今年已实现“商业落地”和“解决方案可复制”的项目数量总数接近 50%，其中 15%项目已实现“解决方案可复制”。从产品创新扩散角度来看，参赛项目通过原型设计完成功能布局，再通过试点示范确保总体功能设计在商业环境中可行，进而逐步推进商业落地，通过增加投资规模扩大产量，部分场景解决方案可实现复制。



来源：中国信通院

图 2-4 2018-2021“绽放杯”大赛项目成熟度对比

2.4 5G 与各类新技术融合创新，关键技术能力不断提升

5G 继续展现对新兴技术的带动融合能力。第四届“绽放杯”大赛参赛项目中，定位、大数据、边缘计算、云计算、人工智能技术的使用率均超过 40%。相比前三届大赛，虚拟专网（网络切片）、上行增强、5G LAN 等技术在 5G 项目中的应用比例显著增加。当前各领域 5G 应用对定位技术需求较为明显，关键技术能力继续提升，5G 解决方案日趋完善，支撑 5G 与更多行业领域融合发展。

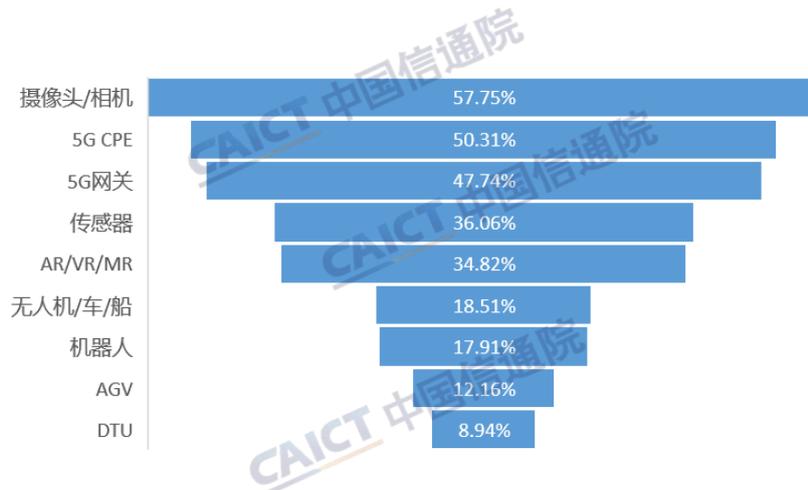
	2018 (使用率/排名)	2019	2020	2021
定位	NA	NA	NA	58% / 1 ↑
大数据	18% / 3	44% / 2 ↑	52% / 2 =	52% / 2 =
边缘计算	20% / 1	33% / 4 ↓	43% / 3 ↑	52% / 2 ↑
云计算	20% / 1	38% / 3 ↓	40% / 4 ↓	51% / 4 =
虚拟专网 (网络切片)	NA	NA	19% / 5 ↑	47% / 5 =
人工智能	13% / 4	55% / 1 ↑	55% / 1 =	46% / 6 ↓
上行增强	NA	NA	NA	38% / 7
5G LAN	NA	NA	NA	12% / 8

来源：中国信通院

图 2-5 第四届“绽放杯”大赛项目关键技术分析

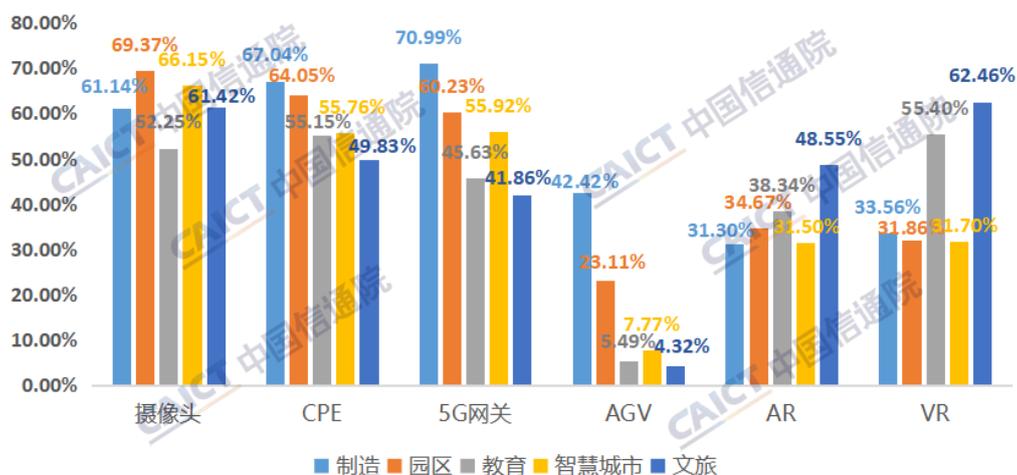
2.5 行业需求进一步聚焦，通用型终端需求旺盛

摄像头/相机、5G CPE、5G 网关、传感器等终端需求旺盛，各行各业对终端类型的需求进一步聚焦。在对工业制造、园区、教育、智慧城市、文旅五个行业领域的分析中发现，摄像头/相机在大部分行业中使用需求和使用率超过了半数，已成为各领域项目中的刚需。5G CPE 仍然是各行业普遍采用的 5G 连接方式，一段时间内，各类 5G 应用解决方案中使用 5G CPE 转接信号连接设备的方式将持续。5G 网关、AGV、DTU（串口数据与 IP 数据的转换器）在工业制造中的应用相对集中，超过 70% 的制造类参赛项目使用了 5G 网关，超 42% 的项目使用了 AGV 设备。AR/VR 终端在教育、文旅行业的使用较为普遍，尤其 VR 终端在两行业的使用率分别达到 55% 和 62%。



来源：中国信通院

图 2-6 第四届“绽放杯”大赛参赛项目应用终端类型分析

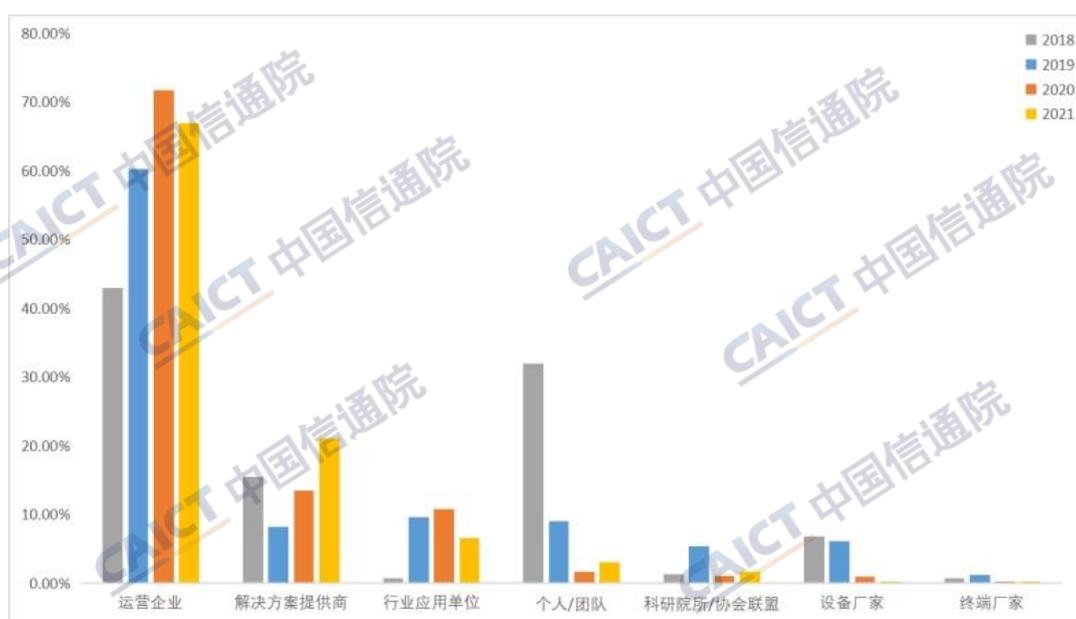


来源：中国信通院

图 2-7 各领域参赛项目应用终端类型分析

2.6 解决方案提供商参与力度持续加大

从项目申报主体类型上看，2021 年，包括中国电信、中国移动、中国联通、中国广电在内的运营企业仍然在促进 5G 应用发展上占据主导地位，参赛项目占比超过 66%，但相比去年占比有所下降。而今年解决方案提供商参赛项目数量占比与往年相比则大幅上升，占比超过 20%，可见解决方案提供商在主导 5G 应用创新方面的能力不断增强。



来源：中国信通院

图 2-8 第四届“绽放杯”大赛参赛项目主体类型分布

解决方案提供商参与力度的持续加大反映了 5G 产业链各方积极投入 5G 应用推进工作，相关企业在孵化 5G 应用解决方案时的能力更加完善，能够更好地满足行业应用单位需求。在应用领域分布方面，解决方案提供商的参赛项目聚集在工业互联网、医疗健康、其他（政务、园区、商业等）、智慧城市、民生（智慧医疗、智慧教育、信息消费）。

“扬帆”重点领域应用分析

2021 年 7 月，工信部联合中央网信办、国家发改委等十部门印发《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》。《行动计划》结合当前 5G 应用现状和未来趋势，面向信息消费、实体经济、民生服务三大领域，重点推进信息消费、融合媒体、工业互联网等 15 个行业的 5G 应用，通过三年时间初步形成 5G 创新应用体系。本白皮书针对这 15 个领域进行分析，希望借此激发产业各方活力，共同推进中国 5G 应用规模化发展壮大。

3.1 5G+信息消费领域创新活跃

1. 5G+信息消费领域应用现状

信息消费是指以信息产品为对象的消费活动，传统信息产品包括新闻、媒体、网站、游戏等，近年来信息领域新产品、新服务、新载体、新业态大量涌现，不断激发新的消费需求，以云视频、云游戏以及智慧商业综合体为代表的新型信息消费成为日益活跃的发展热点。

（1）云视频

云视频是大众信息消费的主要产品形态，以优化用户体验与改善生产效率为主要目标。大众视频行业在新一轮技术与产业升级的过程中呈现出新的发展趋势。大众对更优质的画质、互动性与沉浸性的视频需求，成为信息消费中对视频转型升级的牵引力。大众对“三高”（高分辨率、高动态范围、高帧率）进阶体验的需求造成对网络带宽需求数倍的提升。在互动性与沉浸性需求上，多视角、自由视角、AR/VR 等新兴典型应用显著提升了互动性与沉浸式体验，但对网络带宽的需求必然提升，对时延也较为敏感。

5G 全方位赋能新型视频采集回传、视频素材云端制作以及超高清视频节目播出环节。在采集回传环节，基于 5G 模组的编码推流设备和摄像机背包设备可为 4K/8K/VR 摄像机等各种设备提供稳定的实时传输。在视频素材云端制作环节，5G 助力超高清视频制作突破端侧硬件限制，在云端完成内容管理、剪辑包装、渲染制作等全部环节，降低成本投入，优化产业生态体系。

在超高清视频节目播出环节，通过 5G 网络将视频数据传送到视频播放、存储及分发端，免除了传统线缆传输对显示终端的束缚。

（2）云游戏

云游戏作为下一代游戏演进的新方向，具有游戏资源云化、运行过程云化、游戏内容跨平台、瘦客户端性、计算和网络强依赖、平台化管理等典型特征，在新技术的引领下，将推动游戏产业重构升级和规模化增长，逐渐形成新的业态模式和发展趋势。一是产业发展路径开始由渠道导向向内容导向转变，云游戏行业将进入“内容为王”的新时代。二是随着边缘计算节点部署建设的下沉及大屏超高清产业的不断成熟，大屏云游戏优势逐渐凸显。三是云游戏将是未来元宇宙虚拟世界的核心构成，并将加速超级数字场景的生态构建，在文化传递、科技创新、拓展边界等层面释放更大的价值。

5G 为云游戏丰富内容、降低成本和提升用户体验注入新的活力。内容方面，游戏时延的降低及内容传输容量的扩展可以满足更高画质、更多交互的需求，真正实现更多人的实时对战及千人同图的创新体验。成本方面，5G 解决了云端算力下发与本地算力不足的问题，解除了优质内容对终端硬件的束缚和依赖，对于消费端成本控制和产业链降本增效起到推动作用。用户体验方面，5G、网络切片、边缘计算等技术使得终端接入速率提升，有效缩短用户游戏时延，大幅提升用户游戏体验稳定性。

（3）5G 智慧商业综合体

商业综合体是现阶段典型的城市人流和零售多业态聚集地，具有高频次、大流量、趋势性的消费特点，将是未来较长一段时间畅通国内大循环、促进新型信息消费升级、推广新型消费观念和提升 5G 个人应用感知的重要场景。随着信息技术的不断发展，商业综合体在数字化转型中也面临挑战。一是线下线上融合不够。当前 85% 的消费者通过线上线下全渠道进行购买决策，亟需利用新型信息技术手段实现线上线下联动，带动消费复苏。二是商业综合体的数据层面价值未被完全利用。线下核心客流数据流失、外部数据难以实现关联、项目运营数据相互独立等诸多问题，导致营销模式单一、缺乏精准锁客的手段。三是商业综合体空间功能未充分挖掘。商业综合体实体空间较大，但沉浸式消费场景不足，活动体验感知、迭代速度和消费转化效率低。

5G 融合创新技术助力商业综合体在游逛、营销、娱乐、运营、安防等环节提升沉浸式消费体验和智慧运营效率。



图 3-1 5G+智慧商业综合体应用图谱

在游逛环节，5G 与边缘计算、室内定位、AI 视觉识别、数字孪生等技术结合为商业综合体低成本、高效率打造 5G 室内精准定位服务，解决消费者寻车难、找店难等痛点。5G 实时将空间信息回传至本地边缘计算平台，有效缓解室内 GPS 导航精度低、传统室内定位硬件成本高、Wi-Fi 指纹及蓝牙基站密度低等问题。

在营销环节，依托 5G 网络大带宽、低时延、多并发特性，并与 AR/VR、8K+超高清视频、人工智能等技术结合，为商业综合体打造 AR 数字景观、AR 多人互动游戏、VR 云上逛店、AR 数字人直播等线上线下深度融合的体验式消费场景，打通会员积分、品牌营销与商业闭环，形成 UGC 社交分享和营销裂变，有效增强商业空间与消费者的连接和黏性，赋能体验式消费升级。

在娱乐环节，5G 与云 VR 游戏、云 VR 视频新技术，以及与智能终端、智能家居、数字内容等新产品相结合，为商业综合体打造 5G 云 XR 娱乐空间、5G 信息消费体验馆等新型数字娱乐体验业态，引导消费者全方位体验 5G 技术，推广普及 5G 个人应用和信息消费知识技能。

在运营环节，5G 技术通过与人工智能、物联网、大数据等技术的结合，帮助商业综合体围绕人、货、车、场四大核心要素开展智能运营监测，形成场外基于消费者特征分析的智慧运营、场内基于客流洞察的数据运营以及基于智慧楼宇的智能运营，为态势感知、决策分析、营商服务、招商引资、消费服务提供支持。

在安防环节，5G 与超高清视频、人工智能等技术结合，提供云测温、智能预警、智慧巡场，提升公共空间疫情防控和安全管理的效率。

专栏：5G+信息消费领域实践应用

在第十四届全运会上，中央广播电视总台联合中国电信首次将 5G 云视频技术在大型赛事转播中规模应用。中国电信将 5G 切片技术融入广电传输专网远程制作中，与现网 200 多套赛事信号混合传输，解决了赛事信号多用户接收，广覆盖的刚性管道技术难题。依托 5G 云网超强计算、超大存储、超大带宽的技术优势，实现 5G 智慧观赛、5G 云制播、云上媒体资源库规模落地，赋能首届“5G 全运”。基于 5G+AI+VR 等新技术为观众量身定制了自由视角、VR 直播、多视角三种智慧观赛模式，观众可通过三屏（手机小屏、电视大屏、VR 一体机）直击赛场，近距离、沉浸式、全方位感受竞技体育视觉盛宴。

在云游戏方面，天翼云游戏聚集业界优质云资源服务商、云游戏技术服务商和内容提供商，打造 5G 云游戏产业生态。目前已推出“云游戏会员包”、“时长包”、“游戏内容”等产品，后续将推出游戏视频直播服务、云游戏原生游戏厂商扶持计划等，持续树立行业标杆。

在商业综合体建设上，“天翼云图”平台加速实体商业上云用数赋智。平台整合 5G 云网、室内定位、虚拟现实、大数据、人工智能及数字孪生技术，致力构筑 5G 数字商业全场景、全流程、全量数字化能力底座和“元宇宙”空间，已推出 AR 室内寻车导航、AR 试妆试戴、VR 数字云 MALL、AR 数字人云直播、AR 数字景观、MR 多人游戏、云 XR 娱乐空间、商业大数据、商户金卡等 5G 特色应用，为北京西单大悦城、三里屯太古里、合肥万象城、上海正大广场、广州悦汇城、深圳龙岗万达广场、武汉武商广场、重庆解放碑步行街、成都宽窄巷子等上百家商业综合体、商业街区及零售商户提供数字化转型服务，并为中国信息消费节、北京数字经济体验周、上海/苏州五五购物节、南京国际消费节等打造线上线下数字消费场景，增加客流营收，提升客户体验，优化运营效率，提振商业和消费活力。

2. 5G+信息消费领域应用存在问题

5G+信息消费距离规模应用仍有四方面问题。

一是商业闭环有待形成。从业者对“三高视频”、VR/AR 等新兴应用设计编排与开发制作尚在摸索积累，版权购买、拍摄制作成本较高，传统的以广告/分成为主的商业模式致使 OTT 对平台内容的创新投入有限。商业综合体为高质量内容服务单独买单的商业模式有待培养，围绕流量运营、内容运营、生态运营等多量纲计费模式仍在探索阶段；云游戏吸引了产业链上下游多方势力发力布局，但是当前产业各方合作各异，高昂流量资费及资金成本限制了中小企业入局，

现有云游戏市场主要为技术实力雄厚的企业或拥有广泛用户基础的流量平台。

二是 5G 网络尚缺乏业务适配优化。VR/AR 等沉浸互动视频对带宽及时延的要求极高，而当前业界由于用户规模未上量，缺乏适配 VR/AR 业务的云网优化，致使网络感知不佳。

三是新型终端用户体验尚待改善。目前 VR/AR 等新型终端存在价格门槛、体积形态、视觉质量等方面的挑战，未来需培育面向 5G 网络、负载协同的新型虚拟现实终端，推动终端规模上量。

四是云原生全新架构及云游戏核心技术仍存在瓶颈制约。鉴于云原生游戏复杂的生态构成当前仍处于技术摸索阶段，技术路线尚未完全明晰，用户隐私与数据安全问题需重点考虑，但云原生技术的不断成熟、5G 网络规模化部署的实现，以及其他信息技术的融合发展，会加速 5G 信息消费应用规模化落地的进程，促进 5G 应用繁荣生态的构建。

3. 5G+信息消费领域发展趋势

当前，5G+云视频处于从“三高视频”的渐进式创新向沉浸互动视频颠覆式创新的转型阶段。针对短视频等传统业务，高分辨率、高帧率、高动态范围的“三高视频”正加速普及推广，其中短视频行业部分企业为占据差异化竞争优势，推动上线 HDR+720P/1080P 等高品质短视频内容，长视频的分辨率提升已至瓶颈，针对互动视频与 VR/AR 沉浸视频等新兴业务，加速弥合关键技术与产业生态上的发展断点成为业界关注重点。

5G 云游戏目前正处于打破传统多端隔阂重要发展阶段，投入产出比较高的游戏云化模式将率先落地，实现在云游戏平台平稳运行和顺畅体验。进而打破传统游戏各终端隔阂，实现电脑、电视和手机跨终端游戏互相联通、无障碍转换。随着众多游戏厂商、互联网巨头持续加大对云游戏产业的投入，将更大程度降低云游戏运营成本。

商业综合体作为促进体验式商业和新型信息消费升级的重要载体，数字化转型市场空间巨大。商业空间方面，在 AR、VR、三维重建及数字孪生技术的推动下，虚拟和现实空间的结合将更加紧密，数字能力底座将加速规模建设。数字营销方面，“网红经济”、“种草经济”等新兴经济形态发展将促使商业综合体强化与 KOL 合作，构建社交化、娱乐化、线上线下一体化消费模式，以更低成本、更大范围、更高效率满足用户在游逛、购物、娱乐、社交上的消费升级需求，让信息消费更具活力。

3.2 5G+融合媒体多元化互动式场景日益丰富

1. 融合媒体行业现状和需求痛点

融合媒体是文字、图片、音频、视频等多种媒体形式在数码技术平台上融合，形成多元化互动式的新媒体传播形式，是媒体未来发展趋势。习近平总书记指出，推动媒体融合发展、建设全媒体成为我们面临的一项紧迫课题。全媒体传播是媒体融合发展应呈现的样貌和状态，是十四五规划和二〇三五年远景目标。媒体融合正由渠道、平台、经营、管理等方面的深度融合转向技术、生态的全面融合。随着 5G、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等信息技术快速发展，万物互联、万物皆媒的趋势越来越明显，内容和技术相互驱动、高度融合。媒体内容的生产方式、传播方式、展现方式等正发生深刻变化。



图 3-2 融合媒体行业全览

近年来，融合媒体得到长足的发展，各项能力全面提升。但由于技术进步带来用户体验提升的同时，也带来生产和传递成本的提升。在内容生产制作方面，随着移动互联网和智能终端的高速发展，用户对媒体内容的大量需求给内容生产制作带来新的挑战，一是优质内容供给不足，难以满足用户对高质量内容的需求。二是目前内容生产制作的效率不高。在内容展示方面，虽然内容表现形式的丰富度不断提升，但新型展现方式在稳定性及体验感上仍不理想，导致内容传播效果受限。超高清视频、VR/AR 等沉浸感、体验感强的媒体形式，对网络的稳定性、实时性要求较高，需继续加快以 5G 为核心的算力网络建设，更好支撑人工智能、XR、云原生技术的体验性和应用性的充分发挥，推动媒体及相关各产业数智化和生活数智化发展。

2. 5G+融合媒体典型场景和成效

(1) 5G 即时摄影、瞬时导播、实时投屏

超高清视频是当前媒体的先进体验形式与发展方向之一。典型的超高清直播现场演示涉及

采集、制作和展示这三个环节。在传统方式下，为适应传输条件，各环节信号均需进行深压缩编码降低视频码率，压缩率越高，运算耗时越大，信号延时也越高。在演艺领域创新的“5G 即时电影”场景下，典型模式的延时将超过 2000ms，出现在同一空间的人物和电影画面将出现明显的声画同步差异。

通过 5G 网络，在前端信号采集环节，极低时延 5G 编码解决方案将时延稳定控制在 250ms 以内；信号制作环节选择基于 SMPTE-2110 的全 IP 化专业制播设备将时延稳定控制在 20ms 以内；信号投屏环节全面采用全光链路交付模式将时延稳定控制在 150ms 以内。实现了电影级艺术表现形式与 5G 技术的创新融合应用场景，通过“即时摄影、瞬时导播、实时投屏”的创新艺术形式，实现拍摄实景与电影成片在演出现场相互融合、相互交织。

(2) “5G+VR+8K”全场景、超高清直播

后疫情时期，虚拟世界数字化需求日益增长，元宇宙概念大热，推动 VR 产业链加速升级。但目前大部分终端只能解码 4K VR 视频，而 8K VR 视频对网络带宽需求可能高达 100Mbps 以上，限制了 VR 应用的体验与推广。

在全景直播制播方面，依托 5G 千兆网边优势，部署 8K FOV 超高清技术以及三处边缘 CDN 节点，大幅降低终端门槛，实现 4K 设备看 8K，解决行业硬件设备困局。8K FOV 技术部署基于云 VR 平台，借助多分片自感知分发机制，能够在不影响用户端视线清晰度的前提下，将视频码率降低到 60M，并同时确保 VR 转头时延低于 200 毫秒。输出的 8K VR 视频能够较传统业界水准节约 50% 的网络带宽，并通过大带宽、低延迟的 5G+专线双千兆网络保障，为用户带来高品质呈现。

专栏：5G+融合媒体领域实践应用

在影视制作方面，咪咕公司在中国共产党成立 100 周年文艺演出《伟大征程》中运用“5G 即时电影”艺术形式，将“即时摄影、瞬时导播、实时投屏”贯穿整场演出的全部四个主题篇章，端到端延时小于 400ms。后续可继续用于对延时和清晰度有强烈指标要求的直播场景，如医疗行业直播、实时现场指挥直播等。



图 3-3 中国共产党成立 100 周年文艺演出《伟大征程》

在超高清直播方面，2020 年 12 月 5 日，第十四届音乐盛典咪咕汇活动顺利完成了业界首次大型现网的 8K FOV VR 直播展示，完成了对 8K FOV VR 直播的技术验证。实现了 3 路超高清 4K+VR 直播和 1 路超高清 8K+VR 直播。



图 3-4 8K VR 直播展示

目前，中国移动咪咕公司在体育领域共计有 22 次全球真 4K 直播；文娱领域共计有 31 次 5G+真 4K 直播，共打造了 CBA 史上全球首场 8K+VR 篮球全明星赛、全球首场 5G+4K+VR 珠峰慢直播、全球首场 5G+4K 云演播大戏《龙凤呈祥》等超过 50 次行业/全球首场 5G+4K+XR 直播实践。5G 融媒体手机报作为代表产品之一，打造 AI 语音读报、板块自选阅读、内容社交互动登场精华资讯获取方式，将“可看、可听、可读”的融媒体资讯发送手机收件箱，为用户提供专业头条内容服务的产品，更是直接体现了融媒体在 5G 应用方面的方向创新潮流。咪咕公司将依托中国移动集团在 5G、算力网络等数字化基础能力上的优势，聚焦 XR、AI、云原生等

融媒体元宇宙关键技术，不断提升交互性与深度沉浸式的体验感，推动融媒体行业向元宇宙形态的数智化升级。



图 3-5 5G 融合媒体应用创新业务

3. 5G+融合媒体应用推广路径



图 3-6 5G+融合媒体应用发展路径

当前，媒体内容与技术的融合正在进入“深水区”。5G 等算力网络基础能力建设正快速加强，大数据、人工智能、交互技术等技术的加速融合也不断发展，对影音书漫等多媒体内容在真实感、沉浸性、交互性等体验场景的支持效果也将日趋完善。首先，在融合媒体领域从内容制作到内容体验各环节的应用不断深化，形成稳定的技术方案、丰富的产品体系和成熟的运营模式。其后，多媒体高品质内容制作、体验等相关能力也将延展到教育、医疗、制造等其他重要行业及领域。最终，在全面数字化建设的大趋势下，伴随 5G 算力网络全面覆盖以及内容生态的不断丰富、技术融合的不断成熟、硬件终端体验的不断提升，融合媒体内容体验场景将全面融入学习、休闲、社交等日常生活各场景中，全面开启数智生活。

为加快产业快速发展，需要在政策等各产业环境各方面继续加大支持力度：一是增强政策和资金的扶持力度，加强算力网络基础设施；二是协调相关部门，加大对云游戏内容开发的扶

持力度，在游戏版号方面给与特殊支持。在超高清内容和云 VR 内容生产发行等方面，形成统一国家标准，制定升级周期，推动相关产业的发展。

3.3 5G+工业互联网逐步深入核心环节

1. 工业互联网行业现状和需求痛点

工业主要是指原料采集与产品加工制造的产业或工程，包括钢铁行业、制造业、热力、燃气及水生产和供应等行业。“5G+工业互联网”是指利用以 5G 为代表的新一代信息通信技术，构建与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态。通过 5G 技术对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了新的实现途径，助力企业实现降本、提质、增效、绿色、安全发展。

当前 5G+工业互联网已基本形成数字化研发、智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、精益化管理六大典型融合应用的模式，覆盖 41 个国民经济大类。在国民经济重点行业，尤其是电子设备制造业、装备制造业、钢铁行业、石油化工业，“5G+工业互联网”得到了一定规模的应用，涌现了众多融合应用场景。

2. 5G+工业互联网典型场景和成效

当前中国“5G+工业互联网”融合应用全国在建项目超过 1500 个，在众多行业加快六大新模式的普及，有力推动了工业转型升级和产业融通发展。由于工业门类众多，因此，本白皮书选取了智能制造、钢铁两个具有代表性的 5G+工业互联网应用领域进行分析。

(1) 智能制造

智能制造等数字化水平较高、对 5G 需求较为明确的行业，已在多领域、多场景开展 5G 应用实践。

研发设计环节，一方面，科研人员结合现场画面和数据，利用 5G 远程在线协同完成实验；另一方面，设计人员利用各类虚拟现实终端通过 5G 接入沉浸式虚拟环境，异地协同修改设计图纸。生产制造环节，远程设备操控员根据生产现场视频画面及各类数据，远程实时对现场工业设备进行精准操控，也可实现多个设备的协同调度及分工合作。现场人员通过 AR/VR 眼镜等智能终端获取增强图像叠加，装配可视化呈现，辅助完成复杂精细的设备装配。质量检测环节，质检终端利用 5G+机器视觉，对高清图像的识别与分析，实现产品缺陷实时检测，自动分拣与质量溯源。故障运维环节，系统利用设备全生命周期监测数据与数据挖掘等技术，实现对设备

故障的论断，定位、报警或动态预测。物流运输环节，智能物流调度系统通过 5G 对厂区内的物流终端，包括 AGV 等进行调度管理，实现全流程自动化、智能化的物流作业。安全管理环节，采用智能的巡检机器人或无人机等移动巡检设备替换传统人工巡检，实现高效灵活、更大范围的安防巡检；智能监测系统通过 5G 进行实时数据采集，视频监控图像识别自定义报警，实现生产现场全方位智能化安全监测和管理。



图 3-7 5G+工业智能制造应用图谱

专栏：家电制造企业 5G+工业互联网领域实践应用

某制造企业产线属于离散制造型产线，存在多工位、多协作件的特点，该企业在生产组织过程中主要面临以下三个问题：

1. 产线柔性需求较大，根据营销淡旺季不同，设备技改及生产能力提升过程中会频繁发生产线、设备、物流布局的变动，网络部署也要随之改动，涉及的网络变动建设费用会有相应的变化；
2. 采集密集的产线、设备机台区，Wi-Fi 网络易掉线，跨 AP 切换掉线严重，业务系统采集、刷新速度慢，应用场景应用情况受限；
3. 各种机器人在生产过程中需灵活部署，对网络时延、稳定性和安全性要求高，而有线

连接的方式面临投资较高、柔性差、维护费用高的问题，Wi-Fi 连接难以稳定满足应用需求。

目前，该制造企业积极开展 5G+智能制造应用实践，以 5G 赋能智能制造升级为主题，聚焦离散制造 5G 应用场景带来的价值。

1) 生产制造：基于 5G 云化 PLC 应用

通过 5G 生产专网将 PLC 控制程序云化到 MEC 进行统一编程管理，带来布线简单，成本低，占用空间小的特点。根据业务需求，快速调整产线布局，加强工业控制协同。并且通过 PLC 云化部署，可推动国产 PLC 应用体系有序快速的部署运用，加快该领域知识产权国产化进程。



图 3-8 5G+云化 PLC

2) 生产制造：5G+AR 远程辅助维修

自动化设备故障率高，在晚上或周末时间，由于值班工程师数量有限，且同时负责其他工作内容，产线工人缺乏快速有效的指导对故障进行快速恢复，导致停线，影响生产效率。另一方面，专家资源有限，无法快速满足现场支撑需求。现场人员无法及时准确获取被巡检设备的实时状态。专家资源有限，响应及时性差；专家到现场的差旅成本高，占用专家资源时间长。

通过佩戴 5G+AR 眼镜，产线工人将现场情况和设备情况以第一视角传到后台专家工程师，工程师看到现场画面，通过实时标注方式，协助指导问题快速解决，还可实现一人对多厂区的生产支持，随时随地解决产线问题。

3) 质量检测：基于 5G+AI 质检

传统质量检测，需要人工周期抽检，质量无保障，并且产品不良返修率高，抽检期间冲压问题易批量报废，本地 AI 工控机价格昂贵。

企业生产的微波炉面板冲压件压制后，需对冲压件的外观进行检查，当前采用的是前后左右和顶部各放置一个相机进行离线式视觉检查，工控机零星部署，投入大、不易进行算法优化。

利用 5G 技术结合 AI 质检算力云化部署，可解决产品不良返工造成的人工浪费，通过图片实时传输、AI 云端处理，实时训练 AI 模型，提升检测效能，节省工控机投入、运维成本。

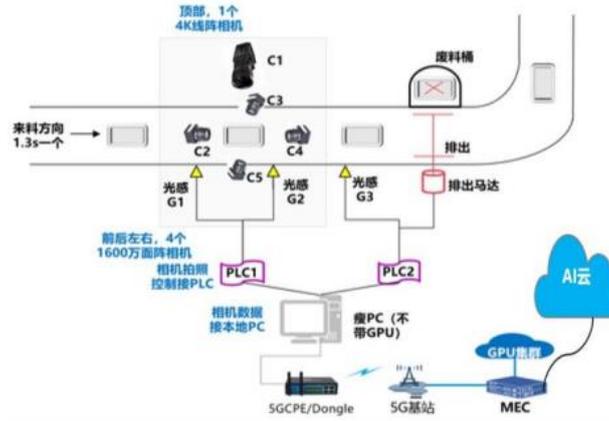


图 3-9 5G+AI 质检

4) 物流运输：基于 5G 的 AGV 智能仓储

工厂内物流运输业务痛点：1、Wi-Fi 信号阻断：信号在遇到门、墙、货架时容易出现丢包；2、Wi-Fi AP 切换问题。以上两个问题会导致 AGV 停顿 5 到 10 秒，极端情况下导致任务中断的情况，需手动触发重启，影响物流效率。

5G 技术解决车间到车间内的仓库、仓库到车间门口 AGV 的 Wi-Fi 信号阻断、Wi-Fi AP 切换的问题，带来稳定可靠连接，节省 AGV 运行的独立 Wi-Fi 网络部署成本。

5) 安全管理：基于 5G 的安防智能监控

现有视频监控部署痛点：1、固定回传成本高：采用视频光端机+裸光纤或 Xpon+猫方式，价格昂贵，节点扩展不灵活；2、PoE 供电在线率低，维护成本高；3、现有 4G 上传带宽有限，难以支撑多路高清视频应用。

5G 技术解决安防布局施工难、维护成本高及灵活性差的问题，带来随时部署的能力，并提供更高速的稳定上行带宽，支撑高清视频、更精细视觉识别等应用，可借助云存储、GPU 云运算等云服务能力支撑海量数据存储，开展视频 AI 分析。

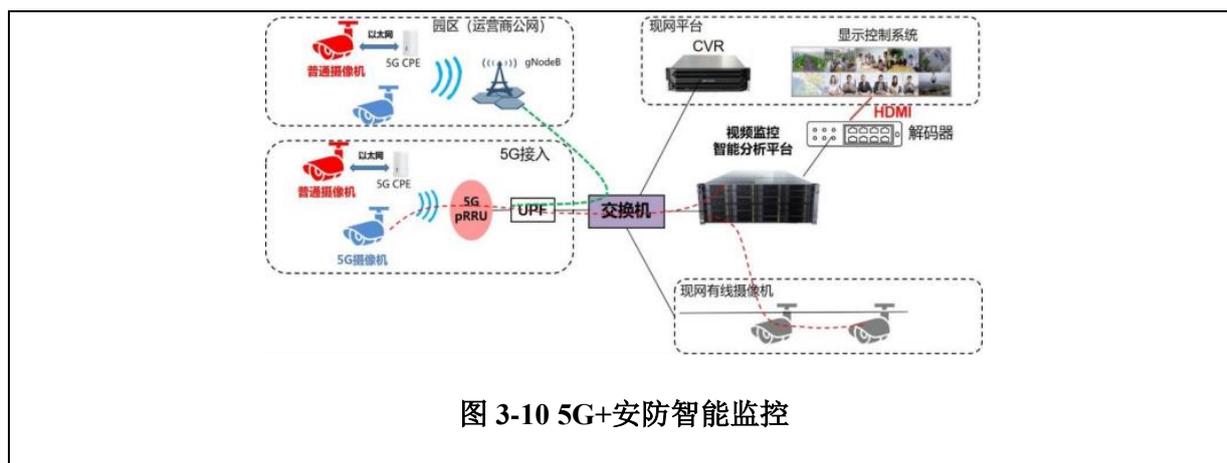


图 3-10 5G+安防智能监控

(2) 钢铁行业

对于钢铁、石油化工等数字化水平较高但变革需求待明确的工业领域，尽管企业内部已基本实现数字化生产，但是目前企业生产内网大部分是利用 Wi-Fi、光纤以及 4G 网络，针对大带宽以及低时延场景不能够满足业务使用需求。因此，5G 赋能钢铁、石油化工等工业领域是一个发展趋势。



图 3-11 5G+钢铁行业应用全景图

在终端层实现设备的互联互通，燃烧机、连铸机、精轧机等实时采集生产工序过程的体系设备，利用 5G 网络大带宽、高可靠特性特点进行 5G+工业数据采集和 5G+控制信息传输，获取高炉、转炉、轧机等重点设备运行和状态数据，通过 5G+设备环境检测开展设备运行状态检测及故障诊断。

在网络层，钢铁企业内网分为现场设备网络、过程监控层网络及企业信息化网。企业内网支持钢铁生产设备层面多种接入方式，通过现场总线（如 Profibus、Modbus 等）、5G、TSN、MEC 等无线技术构建钢铁生产新型网络基础，实现钢铁生产全要素互联互通，支撑工厂内的业务应用。企业外网承载多地化协同业务，通过 5G 专网、网络切片、MPLS VPN 骨干网络等技术，连接智能工厂、分支机构、上下游协作企业、工业云数据中心、智能产品与用户等主体，打破信息孤岛，实现产业上下游的互联互通，保证钢铁行业产业链的可持续高质量发展。

在平台层实现工厂生产数字化设计和全生命周期数字化管理，从烧结到轧钢全流程平台对各类参数的监控能力、机理模型、数据分析、边缘控制、仓储管理、供应链管理等。平台层打通各类数据管理、资源管理系统，实现全局的合理配置。平台智能模块通过 5G+AI 技术的深度学习能力以及实时数据分析能力，实现设备健康状态评估、进行设备预测性维护以及设备异常警示和维护建议能力。5G+工业互联网标识解析体系用于钢铁全流程质量管理、库存管理、产业供应链协同、产品质量追溯等场景。

在应用层，通过 5G+3D 仿真技术实时跟踪物料在运输、库房、产线中的位置和状态，可实现物料全生命周期管理。通过 5G+远程控制实现转炉出钢过程的转炉倾动和钢包停位的精确控制，提升转炉出钢等工艺流程的智能化程度，提升炼钢等过程生产效率与本质安全水平。钢铁企业可利用 5G+机器视觉识别检测带钢产品表面质量，有效提高检测效率，降低用人成本。5G+智能物流实现采集物流车辆数据信息，支撑物流计划优化，提升资源调度配置效率。

案例：湛江宝钢 5G+钢铁领域实践应用

湛江宝钢作为超大型国有企业，与中国联通合作，在广东省湛江市开展“流程行业 5G+工业互联网高质量网络和公共服务平台”项目建设，利用 5G 技术实现了连铸辊、风机等设备故障诊断场景的应用。

在网络层湛江宝钢建设独立专网，可以保障网络的绝对自主、网络的安全隔离、网络的高度控制等优势。

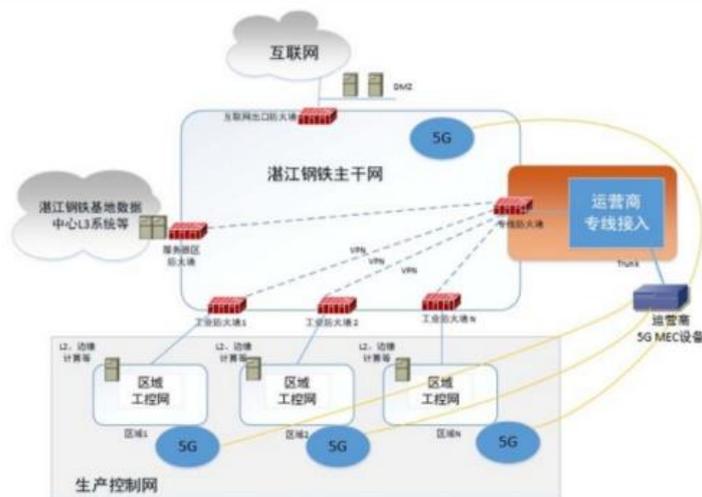


图 3-12 湛江宝钢 5G 网络拓扑图

在核心网层采用 GW-U 下沉湛江宝钢机房，并和广州现网核心网对接。湛江宝钢工业用户通过 5G 基站接入本地机房核心网，实现了不受公众网络故障影响及保障企业专网业务不中断。5G 独立专网适用于远程作业、高精制造厂区的智能制造、数据采集等场景。



图 3-13 5G 全连接工厂智慧大屏

在智慧生产方面，通过 5G+远程控制打造全连接工厂，实现了现场生产资源的精细化实时管控，现场生产高度透明与产品全生命周期的可追溯。采用 5G+人工智能和大数据技术对不同区段的连铸辊的寿命进行预测，减少了现场布线的工作量，提高了寿命预测的准确率。同时，通过 5G+设备监测，采集风机振动、电流、电压、温度、风量等运行数据，通过 5G 网络实时传输至设备故障诊断等相关系统，实现生产作业过程中风机设备运行情况的在线监控，提前预警设备故障，通过对风机设备的在线监控，员工点检负荷率明显下降，点检效率提升 81%。

3. 5G+工业互联网应用推广路径



图 3-14 5G+工业互联网应用发展路径

从短期来看，工业企业通过 5G 等信息通信技术，在生产周边数据采集、超高清视频回传、AR/VR、机器人巡检等方面研发 5G 创新应用，在工厂内进行部署，提升工厂的智能化水平与总体的管理效率。

从中期来看，随着 5G 技术标准的逐渐成熟，工厂内既有业务模式将被改变。5G 与云计算、大数据、AI 等技术的深度融合，将带动既有业务云化转型，云化机器视觉、云化机器人等业务将开始在厂内部署，同时通过对生产设备的升级改造，设备信息采集维护、远程机械设备控制等融合核心业务将进一步提升工厂的智能化水平和总体管理效率。

从长期来看，5G 网络的普及应用将解决工厂内生产、制造、供应链等多种业务系统互相孤立、数据割裂等问题，实现工厂内各应用系统及生产线上设备的统一调度和管理，势必在未来改变整个工业行业的生产与运营模式，全面实现产业的改造升级。

3.4 5G+车联网正从探索期向市场启动期转变

1. 车联网行业现状和需求痛点

车联网产业是汽车、电子、信息通信、道路运输等行业深度融合的新型产业形态，是运用大数据、云计算等信息通信技术通过车内网、车际网和车载移动互联网，进行车与车、路、行人、平台等的全方位连接和数据交互，实现动态信息服务、车辆智能化控制和智能交通管理的一体化网络。智能网联汽车从单车智能化逐步向智能化与网联化相融合的路径发展。据业内预测，车路协同能使自动驾驶研发成本降低 30%，接管数下降 62%，能让自动驾驶提前 2-3 年落地。5G 具有的高可靠、低时延、大带宽等特性，能实现车与车、车与路、车与人之间的实时通信，是车联网的重要通信网络，推动智能网联化，丰富更多车联网应用场景，也将进一步促

进车联网商业化规模爆发，可广泛应用于城市道路、高速公路、园区、景区、停车场等封闭、半封闭、公开道路的各种场景。

但是车联网的发展也面临着一些问题与挑战。当前，单车智能存在感知、计算、决策等多方面限制，难以保障全场景出行安全。结合车路协同技术可以促进单车感知向“车-路-云”协同感知、决策、控制，为智能网联汽车安全驾驶提供基础和保障。我国于 2015 年在全球首次提出 LTE-V2X 概念，目前研究表明 C-V2X 的通信性能在可靠性和稳定性方面均明显优于 DSRC，但面向城市级车联网业务验证和示范的车联网平台架构标准规范尚未完善，由于融合感知系统误判、故障、失效引起的安全事件频繁发生，亟需突破面向城市级规模应用的 5G 智能交通云控基础平台建设和全域精准感知的融合感知关键技术研究，支撑我国车联网产业升级。

2. 5G+车联网典型场景和成效

借助 5G、北斗高精度定位、车路协同等新兴技术，打造车联网整体解决方案，依托 5G 专网、高精度定位网、车路协同网及智慧交通平台，赋能智能网联示范区、智慧高速、智慧公交、网联无人车和智慧物流等 5G 应用场景，实现道路交通参与者之间的协同感知、决策控制和智能调度，促进车联网产业链转型升级。



图 3-15 5G+车联网总体架构

(1) 智能网联示范区

针对客户建设区域性自动驾驶、车路协同示范区的需求，提供完整的建设与运营方案，从路侧设施规划建设、网络规划建设、城市级 V2X 数据中台赋能、应用模型构建、检测评估系统构建等方面提供全面技术支持。

（2）智慧高速

针对视频监控碎片化、车与路协同缺失、智能养护手段缺乏等问题，构建要素全量感知、业务高度协作、车路深度协同、分析科学高效、安全主动防控、路网高效营运、公众精准服务的智慧高速体系，支撑收费、监控、养护、安全、效率等业务。

（3）智慧公交

以智能网联公交为载体，建设基于 5G、北斗高精度定位、边缘计算等技术的车路协同系统，依托智慧交通平台，构建“车-路-云”全面协同的新一代智能网联交通系统，实现自动驾驶公交安全行驶及常态化载客运营。

（4）网联无人车

网联无人车主要分为载客（观光、接驳）、载物（物流配送）和作业（清扫、零售、防疫等）三种类型，面向封闭或半封闭园区等限定场景提供智能调度管理、AI 智能作业分析监控、5G 远程驾驶等多种服务。

（5）物流车

基于 5G 特点，利用室内外高精度定位优势，结合音视频 AI 处理、位置里程补偿、多数据融合感知和多策略智能调度等自有能力，实现人-车-路、人-机-料、点-线-场的数字化、智能化、无线化改造，提高综合客运物流系统决策和执行效率，提升协同运营和调度能力。

专栏：5G+车联网领域实践应用

中国移动联合苏州高铁新城打造省级车联网先导区项目，打造了“车-路-网-云”一体化解决方案，对道路进行数字化改造，建设智慧感知基站、V2X 信号机、路侧通信单元等智能网联设施；通过 C-V2X 网络、5G 网络、北斗高精度定位网络三张网实现端到端拉通；搭建智慧交通平台，包括算法与数据中台和车路协同子平台、信号优化子平台、数字孪生子平台，面向交警提供管控类应用，改善现有交通问题。面向公众提供多方式的 V2X 应用服务。同时兼顾公交车和自动驾驶，提供多维度的驾驶辅助信息。



图 3-16 智慧路口效果示意图

针对智慧高速场景，中国移动依托湖北 5G 智慧交通联创实验室共同打造首个高速测试环境，实现 5G、车路协同、边缘计算、高精地图、高精定位等技术融合应用，实现了包含道路限速预警、道路施工提醒、前车感知共享、路侧超视距、道路障碍物提醒、行人碰撞预警等车路协同应用场景。



图 3-17 车路协同应用效果展示

对于智慧公交场景，中国移动在厦门依托“车-路-网-云”的整体方案架构，打造了厦门智慧公交项目基于成熟的软硬件产品及网络服务。在硬件方面，BRT 车辆安装了 5G 车载 OBU，5G 自动驾驶控制器、5G 高精度定位终端等智能设备，可以精准掌握网联 BRT 的全局信息。平台方面，项目重点打造“云控基础平台”与“云控应用平台”，实现从“宏观规划”、“区域调度”、“感知决策”的分层跨越应用。实现了 BRT 自动化排班、车速群控、编队驾驶、人机共驾等智慧应用。



图 3-18 5G+智慧公交方案架构示意图

对于网联无人车场景的应用建设方面，中国移动联合蜀道集团打造了 5G+V2X 高速全天候通行项目，在车路协同的基础上验证了在极端天气条件下，用交通信息监测、边缘计算等技术，保障特定气象条件下车辆的“全天候”安全通行的可行性。交管部门通过载客无人车（自动驾驶头车）引导，同时无人车利用云端传送的高精动态地图，以及自身传感器和路端设备，感知高速公路周围环境，在安全速度范围内自动或辅助驾驶行驶，引导车队后方的社会车辆通过浓雾路段。

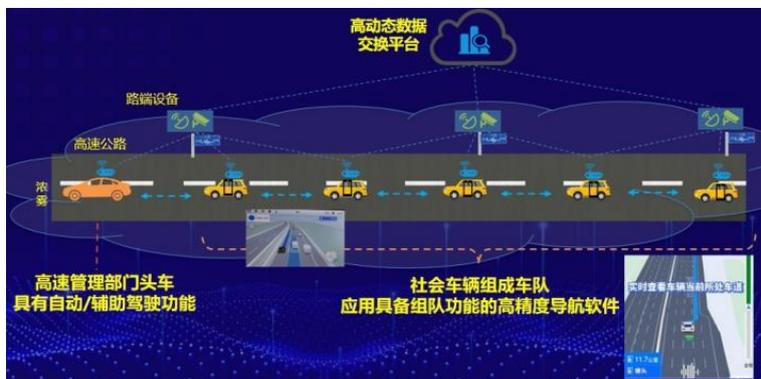


图 3-19 5G 网联无人车项目方案示意图

在物流车应用方面，中国移动联合湘钢洪盛物流建设统一的综合调度平台，以运输任务流程为主干，提供位置、部标音视频、主动安全等核心能力，集成高精度电子地图、部标终端及位置基地新测绘厂区内地图，满足洪盛物流的实际需要。通过综合调度平台的建立，进行位置、司机全方位监控、规范行车路线和行为，能为 300 多台运输车辆节省数百万的油耗，同时节约人力成本。

3. 5G+车联网应用推广路径



图 3-20 5G+车联网应用发展路径

当前车联网市场正从探索期向市场启动期转变。随着道路密度、路况复杂程度上升，自动驾驶实现难度攀升，短期内，无法实现全场景自动驾驶，主要是对特定场景下（智能网联示范区、公交、园区、景区、停车场、港区、高速等）自动驾驶应用的商业模式进行分步落地，以成熟的应用场景催生标准化的商业模式，占领市场，形成规模。在智能网联示范区/测试场场景，紧抓自动驾驶规模商用前窗口期“示范验证”需求；在智慧高速场景，依托视频云联网向“道路运营”的车路协同应用发展；在智慧公交场景，以“公交安全”为主的智能化公交建设；在网联无人车场景，聚焦“低速无人车+远程控制”；在园区物流场景，推广“客货运输、园区装卸和订单调度”。

在高速发展期，以 5G+车联网行业基础需求为导向，开发落地示范区、高速、园区等标准版本平台，作为项目拓展的基石，以复用+定制化开发的方式，实现快速复制能力，抢占市场。结合国家政策导向、各技术应用热点、应用成熟度，探索自动驾驶新应用领域，如特定场景自动驾驶、自主泊车、全路况自动驾驶等。

在成熟期，以已有成熟应用及标准化平台能力，加强车联网产业链上下游生态合作伙伴捆

绑，探索开发智能终端，如高精度定位、车载娱乐终端、基础设施监测检测设备、智能公交站台等，全面实现自动驾驶推广的深度和广度。

3.5 5G+智慧港口领域聚焦港口无人化建设

1. 智慧港口行业现状和需求痛点

港口是综合交通运输枢纽，也是经济社会发展的战略资源和重要支撑。在贯彻落实《交通强国建设纲要》背景下，2019年11月交通运输部等九部门联合印发《关于建设世界一流港口的指导意见》，意见指出到2025年世界一流港口建设取得重要进展，主要港口绿色、智慧、安全发展实现重大突破。

近年来，中国港航规模在全球持续领先，货物吞吐量居世界第一，但信息化水平偏低，港航行业生产作业效率有待提高。在“一带一路”发展以及“新基建”提出的背景下，为推动智慧港口的建设和发展，国家层面已经颁布多项政策驱动智慧港口行业发展。

当前中国正处于从航运大国到航运强国的转型升级中，以集装箱港口为代表的传统码头作业方式正在向自动化、智能化、数字化方向发展，传统的4G、光纤通信方式无法满足港口灵活作业与低时延、大带宽网络通信需求，同时传统人工现场作业效率不高而人工成本高，港口现有业务系统相对割裂等，迫切需要依托5G、高精度定位等新技术，实现港口自动化升级改造和全面感知可视化监管。



卫星、5G、WIFI等多模融合的通信方式，将为港口物联网的快速普及奠定传输网络基础环境



无人港机、无人水平运输车等自主智能设备将迅速升级装卸能力，并实现相互协同配合



基于5G大数据的人工智能决策支持将助力智慧港口数字化网络管理和智能化业务运营



在港口运营的总成本中，人工成本占比约为33%，而5G智慧港口可以节约70%的人工成本，总成本节约至少为现有总成本的10%。

图 3-21 智慧港口技术融合与效益

2. 5G+智慧港口典型场景和成效

借助5G、边缘计算、北斗高精度定位等新一代技术，打造整体智慧港口解决方案。依托智慧港口平台，聚焦港口业务，赋能港机远控、智能理货、无人水平运输等5G应用场景，将岸桥、

堆场和流动机械对接，满足内外集卡混行的特定港口交通流组织，打造一条全自动水平高的作业链。

(1) 5G 港机远控

5G 港机远控通过将传统龙门吊进行 5G 远程改造，将驾驶台后移至办公室，实现远程控制，能够使港口企业减少 2/3 的驾驶员，节约人工成本 70%，提高生产效率 30%。对轮胎式龙门吊实施有线通信链路向 5G 无线网络的替换，将工业控制协议和视频数据承载在 5G 网络，实现在中控室远程完成集装箱抓取和搬运，极大改善龙门吊操控员作业环境，减少安全风险。

(2) 5G 智能理货

5G 智能理货通过借助具有超大带宽和超低时延的 5G 通信网络，利用高清摄像将港区场桥、岸桥、闸口等理货节点的高清视频流信息实时回传，同时利用 AI 视觉分析识别、云计算、大数据分析等技术，进行集装箱箱号自动识别、箱体残损鉴别、箱位判断及装卸作业的全方位监控。

(3) 5G 无人水平运输

基于 5G+车路协同+高精度定位等技术，在路口部署 RSU 通信单元，与 5G 基站配合实现港区内集卡自动驾驶。将现有成熟卡车平台改造成为 L4 无人驾驶卡车，成本相对 AGV 低廉，且由于其导航方式不需要对港区进行基建改造，相比起 AGV 方案投入少、运行灵活、适用面广。



业生产中的各环节提供高带宽、低时延、大连接的网络接入能力，形成逻辑专网为港口用户提供差异化网络服务。进一步结合 MEC、网络切片等技术，实现数据的本地转发与计算处理，在全国首次实现了 6 台 5G MEC+切片龙门吊远程控制和高清视频回传，并向常态化生产迈进。



图 3-23 5G 港机远控架构图

中国移动山东港口集团青岛港 5G 智慧港口项目，在青岛前湾码头使用 5G Inside 工业网关完成 22 台桥吊 5G 智能理货业务测试，减少现场理货人员数量 15 人，提高理货效率 30%，提集装箱验残率 5%。同时，在青岛前湾码头同步开展基于北斗高精度定位技术的拖车号识别以及拖车轨迹监管测试，升级智能理货应用。

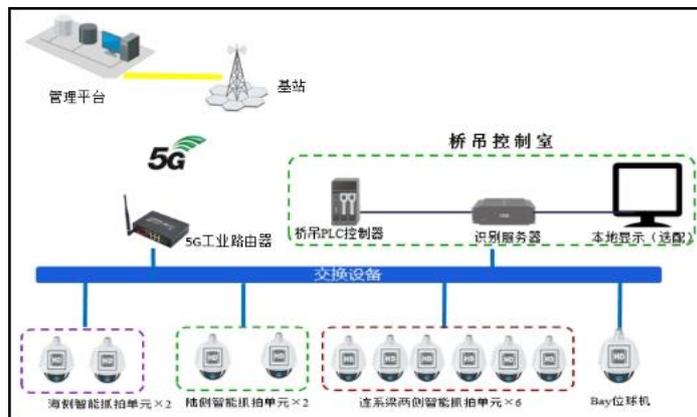


图 3-24 5G 智能理货架构图

中国移动厦门远海码头 5G 智慧港口项目，采用“5G 通讯+V2X（车路协同）”的高效经济型港口无人集卡改造及运作方案，研制了首台套采用纯电动、无驾驶室平板结构、双电机驱动，匹配全转向驱动桥的无人集卡。基于 5G 通讯技术实现无人集卡调度及车辆运行状态监控，搭建了三重安全逻辑判断保证作业环节车辆安全及故障处置，突破了传统集卡无人改造中传感器、驾驶系统等关键核心技术、装备的自主研发和技术可控，实现了无人集卡的批量生产及改造工程化。目前，已完成 6 台无人集卡编队驾驶应用测试，实现真正意义上的港口水平运输无人化作业。



3. 5G+智慧港口应用推广路径

根据《2019 年全球及中国智慧港口产业深度调研报告》预计，全球智慧港口市场规模将从 2019 年的 17 亿美元增长到 2024 年的 53 亿美元，预测期内的复合年增长率为 25%。市场的增长主要是由于海运贸易的增加以及港口运营中数字化和数据驱动技术的实施需求增加，以港口运营效率提升要求推动。

目前国内智慧港口建设，如环渤海地区、长三角地区、珠三角地区和中部沿江地区的港口都在建设智慧港口，武汉港、宜昌港等中部沿江港口也开始寻求智慧化战略提升。从中短期来看，智慧港口未来发展趋势将在东部沿海全面展开，并向中部沿江港口延伸。5G 等新技术在自动化港口加速应用，不断在港口物联化、集疏运生态化、上下游协同化和生产安全化等方面取得新成效，将使包括港口产业在内的各行各业释放巨大生产力，助推产业智慧化升级与变革。



图 3-26 我国智慧港口发展方向与趋势

而从长期来看，作为行业参与者，良好的生态营造将会促进角色细化。智慧港口将会带动港口业分工更加专业和细致，更多的细分业务环节和业务角色将成为未来市场生态的组成部分，

最大限度地放大各参与方自身的优势。



图 3-27 生态营造促进角色细化

此外，智慧港口的商业模式创新对业务深度提出了很高的要求。传统港口装卸模式的创新和颠覆，需要实质地改变业务模式，纯粹解决信息不对称问题，而对业务本身或服务流程不做任何改变和创新，其价值也会仅仅停留在情报提供层面，而不能由此产生更多的增值服务价值。

3.6 5G+智能采矿为安全生产护航

1. 智能采矿行业现状和需求痛点

尽管新型能源体系在不断增加，但是矿山依旧是我国现代能源体系的“压舱石”。矿山行业智能化、信息化、数字化发展是实现矿山工业高质量发展的强大动力。当下国家政策密集出台，要求以 5G 技术为基础载体，推进物联网、云计算、大数据、区块链、AI、VR 等先进技术与煤炭产业融合发展，实现矿山数据的全面感知、动态传输、实时分析，形成科学的智能控制体系，为高层科学决策提供依据，为企业降本增效提供强劲动力。



图 3-28 矿山发展趋势

矿山安全形势严峻，安全事故频发，在生产过程中存在诸多问题：一是矿山工作面危险系数高，露天矿面临塌方、滑坡等地质灾害，井工矿易发生顶板塌陷、瓦斯超标、透水等安全事

故，矿山无人化需求强；二是 5G 网络需求迫切，矿用机械设备如挖掘机、电铲、采煤机、掘进机等设备在作业过程中处于快速移动状态，工作面的结构强度随时改变，现有的 4G 技术、Wi-Fi 等无线通信技术传输距离短、穿透性差、不稳定、带宽窄、时延长等缺点，难以满足高清视频调度、远程操控、对信号带宽和时延的高精尖的要求；三是效率低，协同作业基本依靠有经验人员指挥，设备间协同度较低，无效工作时间较长，且作业过程易受极端天气等影响，不能实现全天不间断工作；四是成本高，一方面矿工的高流动性导致招聘成本、管理运营成本持续上升，另一方面矿工的素质参差不齐，因操作不当等造成的车辆故障、人身事故、生产辅助材料浪费等现象层出不穷，导致材料成本、人力成本、运维成本居高不下。

2. 5G+智能采矿典型场景和成效

露天矿针对煤矿、金属矿、砂石矿等类型，重点满足钻、铲、装、运无人化需求，可推广 5G 矿用机械远程控制应用、5G 无人矿卡作业场景，实现现场作业无人化。井工矿针对煤矿、金属矿等类型，依托 5G 井上井下一张网、一平台、一朵云，可推广应用 5G 井下融合组网、5G 高清视频监控、5G 无人化采掘、5G 巡检机器人等，达成矿山安全、少人无人、高效的美好愿景。



图 3-29 智能煤矿总体架构

(1) 5G 无人矿卡作业

无人矿卡作业依托于矿山 5G 专网，在运输车辆上增设测距雷达、AI 摄像机、高精度 GPS

定位模块和北斗定位模块等数据采集终端,通过 5G 专网将采集的信号实时传输到信息处理平台,通过部署无人驾驶控制系统的矿车调度平台的综合处理后发出指令,实现矿卡远程操控、精准停靠、自主避障等无人驾驶功能,减少现场作业人员,有效降低安全事故发生率。

(2) 井工矿 5G 矿用机械远程控制

井工矿 5G 矿用机械远程控制场景是借助 5G 网络大带宽、低时延的特性,通过在采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、皮带机的适当位置增设 AI 摄像头、传感器、执行终端实现智能化与信息化融合改装,达到矿用工程机械直接从调度中心的远程控制系统中得到命令,传输到设备控制模块上,进行远程控制的现场无人化作业或远程接管作业,实现危险工作区的无人化作业。最大程度减少下井作业人员人数,有效降低安全事故发生率。

(3) 5G 井下融合组网

将移动 5G 基站引入井下,融合 5G、光纤环网、Wi-Fi 6 等技术,实现井下巷道各区域的无线覆盖,保证端到端安全、可靠、稳定,满足基本通信需求的基础上,赋能生产环节,同时依托融合通信管控平台,实现矿山行业语音、视频、数据的统一接入、调度和管理,提升生产效率。

(4) 5G 高清视频监控

利用 5G 大带宽、低时延的特点,通过井下高清视频采集终端实时采集高清视频并回传至地面监控平台,通过算法实现基于机器视觉技术对人员行为异常、人员下井安全保护用品的佩戴规范、车辆交通、设备故障检测、环境检测等不安全因素智能识别,进行告警,提高各种事故隐患的检测上报,为隐患的处理提供有效的依据。

(5) 5G 无人化掘进

依托 5G 网络大带宽、低时延、高可靠特性,通过对掘进机等相关矿用生产设备的智能化、信息化改造,加装隔爆兼本安型的传感器、摄像头、控制箱等终端,实现作业现场信息实时采集并传回控制中心,控制中心通过管控平台发出指令,依托 5G 专网将远程控制信令下发至掘进机等矿用设备控制终端,实现设备的一键启停、远程操作控制等功能,有效降低危险作业区域安全事故发生率。

专栏：5G+智能采矿领域实践应用

针对无人矿卡作业场景，中国移动联合千业水泥打造“千业 5G 矿山绿色智能及矿产资源综合利用”项目，5G 网络融合北斗高精度定位、车联网技术、纯电矿卡能量回收技术，实现了无人矿卡的自动驾驶和协同编队、作业区域内车辆的集群调度，实现 1 人操控多台设备、运输车完全无人化操作，有效解决矿区安全驾驶问题，设备作业效率提升 10% 以上。



图 3-30 5G 无人矿卡作业

针对矿机远程控制场景，中国移动联合吕梁东义集团在鑫岩煤矿打造 5G 智慧矿山，实现井下 5G 基站大规模部署落地，共建设 55 个分站，建成 2 个智能化综采工作面，单班安全生产 11 刀煤（循环），开采约 1 万吨煤，可完全实现全天候通过中国移动 5G 专网远程控制生产。



图 3-31 鑫岩煤矿智能集控中心



图 3-32 鑫岩矿采煤机



图 3-33 鑫岩煤矿智能集控中心



图 3-34 鑫岩矿采煤机

针对井下融合组网场景，中国移动联合山西新元矿，将 5G 网络布局到地下 534 米的矿井，建成井下“超千兆上行”煤矿 5G 专用网络，实现井下全部作业面监控、井下采煤机无人操控、

危险场景及时巡检监控等，解决了井下设备运行过程中线缆维护量大、信号经常缺失等问题，为远程操作人员提供全景高清作业视野，既有效降低危险作业区域安全事故发生率，也节省大量人力物力。项目完成后，预计单班助力井下作业减员 20 人，实现降本增效近千万元。



图 3-35 5G 井下隔爆 RRU



图 3-36 5G 井下融合组网

针对高清视频监控场景，中国移动联合蒙发能源窝兔沟煤矿实现 5G 皮带无人盯守，基于 5G 的 AI 智能摄像机、机器人取代人工巡检和盯防，核心皮带等重要设备实时监测监控，在降低皮带故障率的同时实现无人盯防、无人巡检，提升矿山的智能化水平，提高生产效率。



图 3-37 5G AI 机器人机电硐室无人巡检



图 3-38 5GAI 摄像仪井口唯一性检测



图 3-39 5G 终端在井下与井上视频通话

针对无人化掘进场景，中国移动联合山东黄金集团，实现井下凿岩台车的 5G 远程掘进作业，项目将凿岩工从井下危险的工作面解放到地表集控室，解决因爆破产生有毒气体的人员停工疏散难题，且有效减少井下作业人员，实现凿岩工的本质安全，提高井下作业工作效率 15% 以上。



图 3-40 5G 无人化掘进操控台

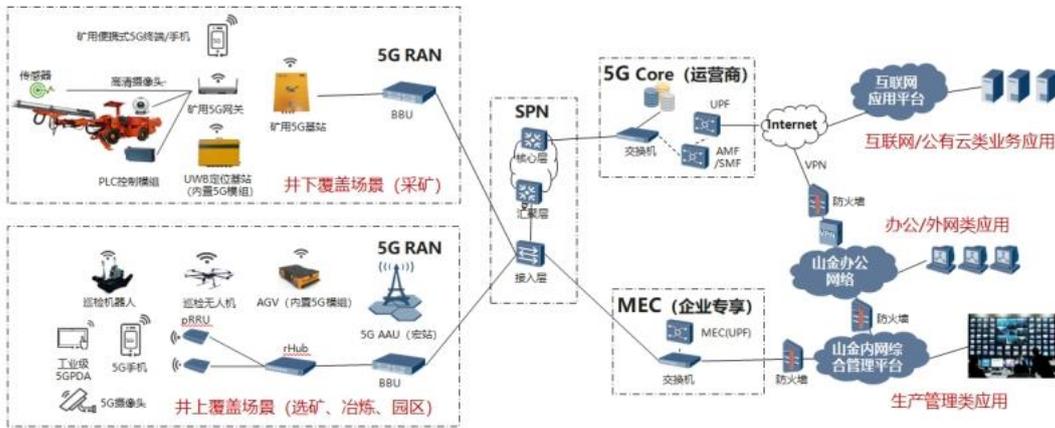


图 3-41 5G 无人化掘进架构图

3. 5G+智能采矿应用推广路径

2020 年 2 月，国家要求加快推进煤矿智能化发展，制定 2025 年大型煤矿、2035 年全部煤矿实现智能化的发展目标。当前 5G+智慧矿山呈现从网络替换+新型业务类应用向技术融合类应用，最终发展为整合变革类应用梯次发展的局面。



图 3-42 5G+智能采矿应用发展路径

在短期内，利用 5G 替换原有井下工业环网，发挥 5G 大带宽、广连接特性的网络替换类应用将成为 5G+智慧矿山主要发展的应用类型。在采、掘、机、运、通四个环节，以井下融合组网、5G+4K 高清视频监控、矿用机械远程控制为代表的新型运维应用将支撑矿企生产中监控、开采、运输向智能化、无人化转型升级。这类业务可在短期内实现应用复制推广。

中长期看，3 机 1 架（采煤机、掘进机、刮板输送机、液压支架）、电铲、矿卡等控制类业务，由于具备较高安全性和可靠性要求，现处于探索验证阶段。未来 2-3 年，随着网络安全架构、终端模组等问题的逐渐成熟，控制类业务将会进入高速发展期。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及技术标准的不断演进和完善，矿山智能调度平台、应急广播系统、视频调度系统、人员定位系统、智能巡检系统、机车调度系统、移动调度系统、作业通信系统（含工作面通信、罐笼通信 及斜井检修等）、信息矿灯及调度通信系统等应用将全面赋能智能矿山，与矿山核心控制类业务深度融合，全面提升控制类业务的精准度。

3.7 5G+智慧电力构建数字电网体系

1. 智慧电力行业现状和需求痛点

电力是关系国计民生的重要产业，是支撑经济社会发展的重要基础设施。电力行业主要涉及发电、输电、变电、配电、用电五个环节。近年来，电网企业积极开展具备“本体安全、绿色消纳、平台赋能、数据驱动、开放共享、价值创造”等特征的数字电网体系构建，电力行业也形成了新的趋势和特征。

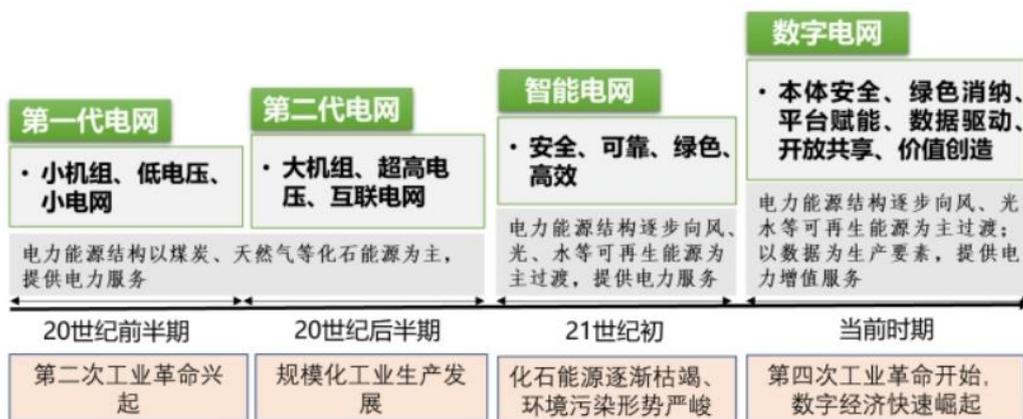


图 3-43 电网代际演化特点

在智能电网发展和数字化转型的背景下，电力各个环节也面临问题与痛点。发电环节中，随着我国新能源发电的快速发展，可再生能源发电的大量并网将给电网运行、管理带来新的挑

战，一是可再生能源具有间歇性、随机性的特点，二是分布式的深度渗透使配电网由功率单向流动的无源网络变为功率双向流动的有源网络。**输电网**覆盖面积大，既有城市的地下电缆，又有高压线路，传统以人工巡检为主，工作效率低下，存在网络故障监测困难的问题。**变电**环节中传统的电力生产控制业务已基于光纤实现稳定运行，但随着电力物联网及智能变电站的业务发展，业务呈现出大带宽、高可靠、移动性等特点，需要考虑引入可靠的无线通信方式解决业务接入。**配电网**主网已经实现光纤覆盖，但是电网末梢神经的配网仍属于“盲调”状态，由于数量巨大，造成光纤全覆盖成本高、时间长、维护难的问题。**用电**环节中，随着大规模配电网自动化、低压集抄、分布式能源接入、用户双向互动等业务快速发展，各类电网设备、电力终端、用电客户的通信需求爆发式增长，传统光纤专网的建设成本高、业务开通时间长，无法满足快速灵活的广域接入需求。

2. 5G+智慧电力典型场景和成效



图 3-44 5G+电力行业应用图谱

在发电环节，一方面，5G 网络低时延、大连接特性可实现发电厂分布式储能调节能力评估、发电预测以及场站运行分析等模块数据实时交互；另一方面，发电厂设备传感器和高清摄像头视频数据可通过 5G 大带宽能力传输到云平台或本地边缘计算平台，实现厂区无人化巡检、机器视觉视频安防等应用。

在输电环节，利用 5G 网络大带宽、高可靠特性可实现无人机在架空输电线路的精细化、大范围巡检；利用 5G 网络低时延特性，可对地下输电线路走廊隧道机器人进行实时精准控制，实现接地环流等监测。

在变电环节,通过将视频监控摄像头、环境传感器等设备接入 5G 网络,可实现站内变压器、开关柜等设备实时监测,及时发现排除设备故障。

在配电环节,5G 网络能有效满足配电终端分布广、采集点多、安全要求高的需求,利用 5G 网络高可靠、低时延特性,可实现配网差动保护、自动化三遥、精准负荷控制、配电站设备及生产安全综合监控等应用,保障配电作业安全。

在用电环节,利用 5G 网络可实现对重要客户电能质量的高频采集监测,解决电力运行监测成本难题,助力实现电能质量高频监测的规模部署;同时通过 5G 网络可以实现充电桩与管理平台间数据交互,促进优化用电。

(1) 智能分布式配电自动化

早期的配网保护多采用简单的过流、过压逻辑,不依赖通信,无法实现分段隔离,停电影响范围大。为实现故障的精准隔离,需要获取相邻元件的运行信息,有集中式和分布式两种拓扑方案。其中,集中式配电自动化由中心逻辑单元负责判决,就地逻辑单元负责就地的信息采集并处理、执行就地保护跳闸指令,该拓扑采用云计算模式,可实现分钟级停电。分布式配电自动化模式下的每台终端都可以起到中心逻辑单元的作用,就地执行跳闸操作,可实现秒级甚至毫秒级停电。数字配电网对网络时延性能的要求极高,5G 网络低时延特性可满足分布式配电自动化业务对网络的需求。

(2) 输电线路无人机智能巡检

近年来,无人机巡检作业在国网公司进入规模化推广阶段,目前已成为当前及未来电力巡检的主要手段。综合无人机巡检作业的应用案例及现场作业人员反馈的应用问题,目前无人机输电线路巡检方式面临三大问题:一是飞行操控难,专业操控人员培养周期长、操控精度要求高;二是数据回传难,传统人工转储效率低、公网传输风险高;三是图像分析难,归档分类数量大、分析处理耗时长。针对上述问题,青岛电网研发基于 5G SA 网络的图传模块,并引入北斗服务,实现无人机巡检数据安全、实时、可靠回传。同时,融入图像智能识别技术,最终实现无人机自主巡检、图像实时传输、缺陷智能识别、提出辅助决策,解决了困扰无人机巡检“操作难”、“回传难”、“分析难”的问题。

(3) 输电线路超高清安全监测

传统的电力输电线路巡检为人工方式,需要专门配备电力人员定期到现场查勘线路、设备运行情况,然而传统巡检方式一是部分施工地点危险性高、巡检难度大,例如野外高压输电线

路需要定期进行物理特性检查，一般两个杆塔之间的线路长度在 200 至 500 米，巡检范围数公里长；二是人工作业存在效率低、不确定性等问题。因此，人工巡检逐渐由无人机、机器人等智能巡检方式代替。

当前智能巡检设备通过内嵌的 5G 模组或 5G CPE 等网关设备接入 5G 网络，将设备上摄像头、传感器采集的巡检现场数据，通过 5G 网络实时回传至边缘云平台，经由边缘云平台的图像识别、深度学习等智能技术和算法处理，综合判断得出巡检结果，取代人工现场巡检，实现巡检无人化与智能化。

专栏：青岛电网 5G+电力领域实践应用

目前，青岛电网等电力企业以“绿色、安全、可靠、高效”为目标，积极开展 5G+智慧电力应用实践，建成了场景丰富、生态完善的 5G 智慧电网实验网，对输、变、配、用等环节开展 5G 应用探索，重点打造了配电自动化、无人机智能巡检、超高清视频监控等应用场景。

青岛电网于 2020 年 1 月在崂山金狮广场、顾家变电站基于 5G 网络部署智能分布式配电自动化业务，可实现故障自动就地隔离与不间断供电，有效缩小停电范围，提升供电可靠性。配电自动化终端通过内嵌 5G 模组或 5G CPE 等网关设备接入 5G 网络，采集监测配电线路实时状态，各终端间通过 5G 网络进行信息交换，通过分布式分析判断或处理，实现线路故障或设备故障的判断、定位、隔离和恢复供电，使配网故障处理时间提高到毫秒级。

无人机巡检时拍摄的杆塔金具、绝缘子等重点部位图片通过 5G 网络实时回传至巡检管控平台，云端服务器借助先进的 AI 智能识别算法，建立典型缺陷对比库，对图片中关键点进行特征值提取和缺陷识别，在图片中标注缺陷位置，建立缺陷库。目前鸟巢、绝缘子破损等大尺寸缺陷识别准确率可达到 90%，销钉缺失等小尺寸缺陷识别准确率可达到 70%，巡检工作效率提高百倍以上。



图 3-45 基于 5G+北斗的无人机智能巡检系统

青岛电网在崂山金家岭、顾家变电站等示范区已完成基于 5G 的输电线路安全可视化试点，实现高清视频实时回传，80%的情况无需现场核实即可直接开展紧急处置流程，解决了输电线路人工巡检安全隐患大且巡检效率低的问题，保障了全市 120 处长期施工点的生产用电安全。

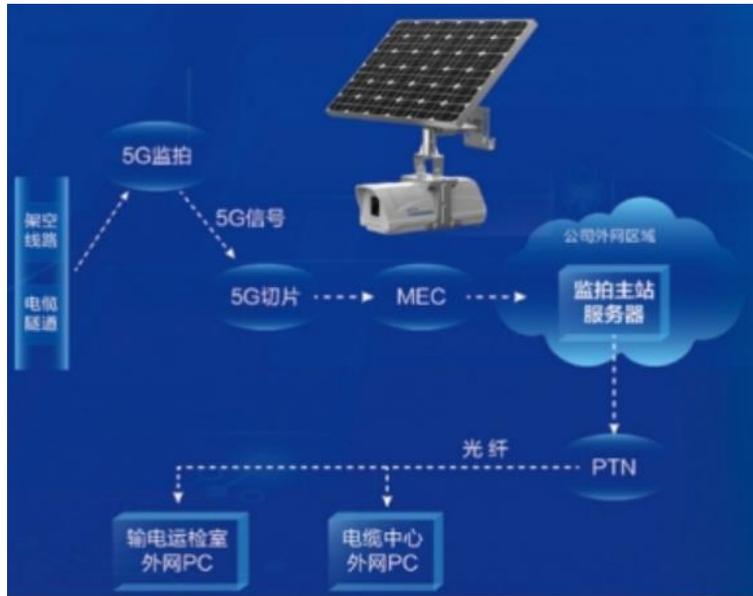


图 3-46 基于 5G 的电力线路监测

通过 5G 网络承载电网业务，是 5G 网络与电力行业的融合创新，提升电力行业智能化水平。青岛电网运用 5G 赋能电力各环节，一是提升了配电网故障定位精准度和处理效率，可快速切换备用线路，隔离从秒级降到毫秒级。二是用电侧可实现动态实时电价，用户双向互动，人工抄表将逐渐成为历史。三是为电力抢险救灾现场提供高清视频集群通信、指挥决策等应用，提高抢险救灾效率。

3. 5G+智慧电力应用推广路径



图 3-47 5G+电力应用推广路径

当前 5G+智慧电力应用呈现从网络替换+新型业务类应用向技术融合类应用，最终发展为整合变革类应用梯次发展的局面。

在短期内，利用 5G 替换原有无线系统或有线网络，发挥 5G 大带宽、广连接特性的网络替换类应用将成为 5G+智慧电力主要发展的应用类型。在输、变电环节，以 5G 无人机/机器人巡检为代表的新型运维应用将支撑监控、作业、安防向智能化、可视化、高清化升级。用电环节的电力充电桩、电能质量监测等应用目前已逐步投入应用。这类业务可在短期内实现应用复制推广。

配电环节的配电自动化等控制类业务，由于具备较高安全性和可靠性要求，现处于探索验证阶段，未来 2-3 年，随着网络安全架构、终端模组等问题的逐渐成熟，控制类业务将会进入高速发展期。分布式能源控制及用电环节的高级计量、用电负荷需求侧响应等大连接类应用，也将随着相关标准的完善而得到进一步发展。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及技术标准的不断演进和完善，精准负荷控制、配网差动保护等整合变革类应用将全面赋能智能电网，电力核心的控制类业务深度融合，全面提升控制类业务的精准度。

3.8 5G+智慧医疗助力跨区域医疗资源协同

1. 智慧医疗行业现状和需求痛点

近年来，党中央、国务院高度重视医疗信息化发展。覆盖城乡的传染病与突发公共卫生事件报告网络全面建立，以临床应用和电子病历建设为主要内容的医院信息化建设取得重要进展，远程会诊系统初具规模，基层医疗卫生管理信息系统的应用推广步伐加快，部分地方建立了省级信息平台 and 地市、县级区域信息平台，区域内卫生信息共享以及跨区域业务协同逐步深化。但我国医疗信息化在取得了大量成绩的同时仍然存在许多亟需解决的问题。

传统医院及医疗产业在满足人民日益增长的医疗健康需求上面临着巨大的挑战。随着老龄化的到来，慢性病人群的日益增加，疾病日趋复杂，对医护人员的知识积累要求不断增加。医疗资源不均衡，三甲医院超负荷运转人满为患，基层医疗机构人才缺失门可罗雀，基层百姓看病难。医疗安全的要求越来越高，医疗质量安全，医疗信息安全也被更多的重视何关注。

传统医院及医疗产业在信息化建设中缺乏顶层设计和信息标准，信息孤岛和信息烟囱现象仍然突出；组织机构建设滞后，专用技术人员缺乏；卫生信息化建设发展不均衡，医疗卫生信息化法制建设落后等等，信息技术的发展和日益增长的医疗健康需求给传统医疗信息化带来了

更多的挑战。

计算能力方面，现阶段，大健康的发展推动了卫生专网、物联网、互联网之间的深度融合。同时视频、影像类数据的应用对网络带宽、传输质量、传输速率、可靠性等都提出了新的要求。传统网络难以满足智慧医院领域如远程手术、VR/AR 医疗、医疗机器人、多维影像等众多创新场景的低时延、高可靠等需求，医疗领域革新缺乏必要的基础设施支持。

随着我国新医疗改革的持续深入以及 5G 通信技术的快速发展，各大医疗机构应充分利用互联网、物联网、移动边缘计算等新技术，积极探索“互联网+医疗”新模式，主动应对挑战，提升民众就医服务质量，推进智慧医疗事业发展。

2. 5G+智慧医疗典型场景和成效

智慧医疗建设领域 5G应用场景



图 3-48 智慧医疗应用场景

(1) 远程会诊

5G 远程会诊能够实现快速、准确、高效、实时的医患沟通，提高诊断的准确率和效率，解决医疗资源分布不均、偏远地区人民看病难看病贵的问题。通过为医联(共)体范围内的医疗机构提供专属 5G 远程会诊诊疗服务，在医学专家和患者之间建立起全新的联系，使乡镇患者享受到

高端医疗资源；5G 高带宽、低时延的特性能够支持 4K/8K 的远程高清会诊和医学影像数据的高速传输与共享，且移动网络相比于传统有线网络具有组网灵活、可移动等特性，可以很好的解决有线连接方式实时性差、移动性差的问题。

通过建立远程医疗专网切片，可以实现高速加密的数据传输，从而在实现高效的远程诊疗的基础上，有效的保护数据传输的安全性。患者到基层医院就诊，医院通过开展远程会诊，可以让专家随时随地通过音视频与基层医院医生及患者沟通并出具诊断意见和报告，基层医院基于报告提出诊疗方案，从而提升诊断的准确率和指导效率。



图 3-49 远程会诊解决方案

①可快速布置的 5G 移动医疗远程会诊。利用无线 5G 传输技术，节省诊前设备连接部署时间；通过移动医疗推车与 5G 网关，将诊疗护理服务在院内延伸至患者床边；在院外下沉资源至各基层医疗服务机构，在 5G 网络的加持下，医疗影音数据流畅、清晰。以统一的医疗能力平台进行医疗设备管理与会诊数据存储，提供可管可控可感知可利用的专用医疗平台服务。

②基于 5G 的院内移动医疗车。搭载院内 HIS、EMR、LIS、PACS 等医院各类信息系统，移动医疗车既可以满足医生日常诊疗工作的需要，也可以将院内信息系统画面投放到视讯的辅流，与远端专家实时共享患者的病历、影像等数据，从而提升远程会诊的效率与效果。本方案包括硬终端与软终端两种接入方式。移动医疗车上的 PC 需有线、无线双网卡同时启动，分别接入 5G 网络与医院内网，实现云视讯平台与院内信息系统的访问。

③基于 5G 的远程手术。远程手术对于网络带宽、时延、可靠性都有严格的要求，既要保证高清视频画面的实时传输，又要确保手术刀精准操控。2021 年，“5G+远程手术”系列验证在青岛省拉开序幕。

(2) 智慧医院

充分利用 5G+云技术，结合物联网、大数据技术，面向医疗行业，基于医疗设备数据统一

采集、处理、存储与分发和综合分析的物联网平台，打破物联网业务信息孤岛的瓶颈，全面优化和整合医院内部物联网的数据资源，接入更多更优质的业务应用。

（3）5G 区域医卫

传统急救体系更多的依赖传统技术，无法对整个急救流程进行深度整合。从而会造成对一定程度的救援不及时。5G 医疗救援体系，可结合 5G 技术与急救体系，以 5G 急救车为基础，配合救援直升机、人工智能、AR、VR 和无人机等应用，打通急救车和医院的 5G 急救专网，打造覆盖人口密集场所以及公共交通工具的全方位全流程的城市医疗急救体系，以实现最快速的进行发病判断和紧急处理，最大限度提高急危重患者的存活率。

5G 结合物联网、人工智能等技术，支撑区域内医疗数据快速上报和智能检测，连接规划区域内各机构的基本业务信息系统的的数据交换和共享平台，让区域内各信息化系统之间进行有效的信息整合的基础和载体，多元化子系统整合的一个综合业务平台，支撑多种业务，如：远程应急救援、专科病大数据等。



图 3-50 远程急救方案

（4）智慧康养

面向机构养老、社区养老、居家养老三大场景，通过“医护康养”一体化的实用共享安全的健康平台，系统、动态掌握老人生活、起居、膳食、健康、活动等状况，从根本上改变养老机构的互动模式和消费体验模式。

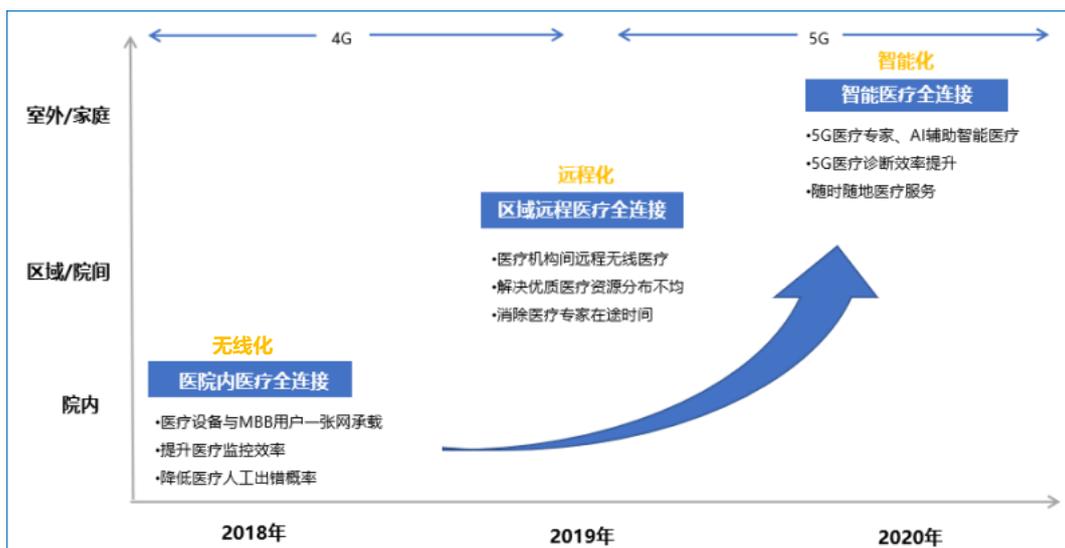


图 3-51 5G+智慧康养

专栏：5G+智慧医疗领域实践应用

中国移动提出了“1+1+N”的智慧医疗产品体系打造理念，即 1 个 5G 医疗专用网络，1 个 5G 医疗边缘云平台，叠加 N 个智慧医疗业务应用。构建“1+1”的智慧医疗新型 DICT 基础设施；并以该 DICT 基础设施为基础，打造“N”个智慧医疗行业应用，实现院内、院间、院外的智慧医疗全场景业务体系的生态构建。



图 3-52 5G 智慧医疗专网架构

5G 远程会诊：基于北京协和医院建设高精尖的多学科协同体系需求，以北京协和医院优质医疗资源为基础，中国移动联合协和医院，共同建设了一套基于 5G 网络的远程医疗服务体系，将协和医院优质医疗资源辐射到基层。通过 5G 云网融合方案，为协和医院提供高速率、

高可靠的通讯网络，同时集成 5G 智能医疗终端，打造多学科会诊、远程眼底激光手术、远程智慧辅助诊断、远程示教等示范应用，树立了 5G 医疗行业标杆。

5G 院内移动医疗车：2020 年疫情，中国移动 5G 移动床旁会诊方案在 HSS 医院直接应用到战疫一线，5G 小推车床旁会诊、覆盖“两山”及多家战疫医院的 5G 远程医疗体系，全国 5 万多次远程会诊，快速部署的 5G 核酸检测车、5G 移动 CT 筛查车等，为一线提供了有力支撑。

5G 远程手术：中国移动移动成立 5G 手术专班工作组，落地无线、传输、核心网端到端“全 5G”专网保障方案，采用专用基站、双路由传输、POOL 化核心网，对手术动作控制信号和视频回传信号进行重点保障，确保手术安全可靠，助力完成青岛至淄博、潍坊、日照、临沂 4 地市 28 台远程腹腔镜手术。

5G 区域医卫：中国移动联合广州市急救医疗指挥中心，共同打造院前急救暨紧急医学救援指挥平台一体化建设项目，提供 378 辆 5G 急救车升级改造建设，支撑全市一体化、多病种一站式急救医疗网络的高效运行，全面提升急救指挥中心紧急医疗救援与服务的效率和质量，为完善重大疫情防控机制、健全公共卫生应急管理体系提供重要支撑。

5G 智慧康养：河南鄢陵中心医院怡康苑养老公寓是“全国城企联动普惠养老首批试点单位”。中国移动联合河南鄢陵县中心医院，打造 5G 智慧医疗及医养一体化平台项目，为鄢陵中心医院怡康苑提供老人从“入住-居住中-退住”全流程标准化服务，具备客户管理、工作管理、后勤管理以及体征采集与汇总展示等功能，从而实现智慧养老业务的标准化、规范化和信息化。该项目成为河南省级示范项目。

3. 5G+智慧医疗应用推广路径

基于视频与图像交互的医疗诊断与指导类应用已基本成熟。5G 可以实现影像等医学检查结果的快速传输、高清晰呈现和低延时性，压缩医务人员服务时间，提高服务效率与质量。基于视频与图像交互的医疗诊断与指导类应用已经作为常规方法被应用到各大医院。

基于 5G 无线采集的医疗监测与护理类应用商用逐步落地。随着生物学传感器的小型化、信息处理和 5G 数据传输技术的快速发展和普及，医疗监测类应用成为行业的研究热点。

基于视频与力反馈的远程操控类应用仍处于探索阶段。国家卫生健康委员会医政医管局局长焦雅辉表示，对于 5G 技术的应用应当采取包容审慎的态度。鉴于 5G 网络部署以及政策伦理等方面考虑，目前 5G 远程操控类应用仍处于探索实验阶段。

3.9 5G+文化旅游领域开拓线上线下新场景

1. 文化旅游行业现状和需求痛点

在“十四五”规划的指导下，文化和旅游一方面承担着拉动中国经济增长的重要使命，另一方面也是建设文化强国、实现文化自信的重要载体。对于行业管理者来说，疫情新常态下通过科技手段落实疫情防控和保障行业有序运行是基本任务；加大目的地营销推广力度，提升区域旅游资源整合和一体化游客服务能力，促进区域文化和旅游消费是主要职责；提升公共文化服务水平，创建服务游客和本地居民的新型文化旅游公共服务设施和平台，是重要手段；对于旅游目的地来说，以新技术提升管理效率降低管理成本、增加游客规模和提升游客消费是当下的迫切需求；博物馆、图书馆等公共服务场馆，更关心的时候如何更好的保护、传承和利用文化。

2. 5G+文化旅游典型场景和成效



图 3-53 5G+文旅行业应用图谱

在智慧管理环节，将景区和一线工作人员视角的画面传输到文旅厅/局、景区和场馆的指挥中心，并与 AI 结合，智能化开展景区安全防控、身份识别和应急指挥等工作；另一方面 5G 网络低时延、大连接特性可以实现景区、场馆的环境监测、设备状态等数据的采集、分析，为景区生态保护、场馆节能等管理工作提供支撑。

在智慧服务环节，以直播的方式将一码游平台上汇聚的景区、商家的产品推送给游客，辅助游客购买决策；开展基于车路协同的无人驾驶摆渡车服务，通过 AR 技术让游客和观众在游

览景区、场馆文博场馆的过程中，互动体验数字内容，深刻领会文化内涵；利用 5G 及 AI 技术，实时抓取游客在参观过程中的精彩瞬间，形成图文视频并茂的个性化游记；利用 5G 大带宽特性，推出 VR 阅读空间服务；利用 5G 低时延特性推出无感借阅服务。

在营销传播环节，利用 5G 大带宽，以 VR、4K、8K 等形式的慢直播和互动直播形式，宣传旅游目的地；景区工作人员和游客都可以定制包含景区画面的高清视频视频彩铃，主动宣传景区；利用 5G 大带宽和低时延特性，对演出进行即时拍摄、瞬时剪辑、实时投屏，让现场和坐在家里的观众都能获得多角度、多机位、沉浸式的观演体验。

在文物保护环节，利用 5G 低时延和广连接的特性，对文物保护的温度、湿度、压力等实施监控，并根据环境变化自动开启相关调节措施，实现对文物的有效保护；利用 5G 大带宽和低时延特性，让文物专家远程指导文物修复，提高文物修复效率。

目前在文旅领域各环节均已开展 5G 应用试点示范，并已取得初步成效，应用较为广泛的几个场景如下：

（1）景区智慧管理

出于管理需要，很多景区都安装了监控摄像头，一方面可以监控整个景区秩序，另一方面可以及时发现突发事件及时予以处置。但是对于大型景区来说，受自然环境影响或者临时机动布控需求，某些区域监控布线非常困难；同时面对几十、上百路监控视频，指挥中心的管理者很难第一时间发现问题，也无法及时参与现场处置。而现场处置时一线员工的服务质量尤其重要，因为在游客面前都表现为景区的整体服务水平。

5G+视频管理通过 5G 网络将布线困难区域的高清摄像头、机动布控的区域等画面接入到景区指挥中心，并在边缘计算设备上部署 AI 识别算法，智能识别人脸、人体行为和环境物体，及时主动发现非法游客、危险或不文明行为以及火灾、落水等重大事件并主动向管理者予以提示。除了接入地面摄像头以外，还可以接入空中的无人机、一线人员的执法眼镜等移动设备，帮助景区形成天地人立体安防网络。

（2）展馆智慧导览

对于广大青少年来说，由于并没有经历过中国革命发展历程，展馆内容单一展示形式、长期不变的展示内容无法激发广大青少年对革命先辈们过往生活的切身体验，难引起广大青少年心灵世界的情感共鸣。

5G+AR 内容云通过动画、视频和 3D 模型等对展品进行讲解，并以 AR 空间云为形式、将

讲解内容存储在云端，利用 5G 的大带宽，观众无需安装大体积的 APP，就可以十分流畅的体验高清讲解内容；馆方也可以通过各个讲解内容的点击量，了解观众喜好，进而动态调整讲解内容。

（3）远程文物修复

文物修复是一项专业技术要求非常高的领域。博物馆在开展文物修复的过程中，往往需要多领域专家的协助配合实时分析、判断、指导和解决修复过程中的问题。但是专家们大都分布在全国各地，召集一起耗时费力；同时文物的修复过程也是一次宝贵的学习素材，通常的现场修复过程缺乏动态电子记录，也没有相应的视频数据库，不便于优秀保护修复技术的保留和传承。

在文物修复工作中引入 5G 网络，解决了文物修复工作间无法铺设光纤、4G 传输能力不够的问题。利用 5G 网络的大带宽能力，配合 AR 眼镜，将第一视角和高清摄像头拍摄的第二视角的文物修复画面，实时传送到远程专家面前；并利用 5G 网络低时延特性，实现现场修复工作者跟远程专家的高清实时对话，让工作者在专家的指导下开展文物修复。

案例：5G+文旅领域实践应用

在山东泰山，5G+AI 移动执法通过 AI 眼镜，让一线安防人员可以实时检查逃票、预警违规行为；也可以与视频监控系统进行数据联动，并通过 5G 网络实时将安防人员视角记录的高清画面实时传递给后台指挥中心，从而让后台指挥中心的远程进行应急事件的“第一视角”、“第一时间”的在线指挥。

在红军强渡大渡河纪念馆，观众可以随时通过手机 APP 接入 5G+AR 云，通过展品或空间扫描，在当年红军战斗过的地点，扫描重现当年激烈的战争场面。科技与历史的结合让游客更深刻地感受红军不畏艰险的大无畏精神，更真切地体会革命先辈筚路蓝缕的艰辛与辉煌，项目上线以来游客环比增长超过 10%。



图 3-54 5G+AR 景点讲解

2020 年在疫情期间，中国（海南）南海博物馆利用 5G+AR 文物修复助手，在湖北文物专家的指导下，完成了 7 件出水元青花瓷器的修复，修复效果良好。整个修复过程中实时记录的修复过程也成为中心完成富有技术性、规范性、研究性高质量项目的有力依据。

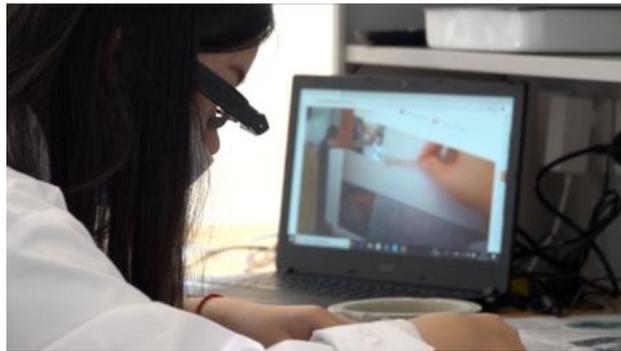


图 3-55 5G+AR 文物修复

3. 5G+文化旅游应用推广路径



图 3-56 5G+文旅应用推广路径

5G 智慧文旅应用的发展，从网络替换+新型应用开始，伴随着技术演进以及文旅融合、与

其业态的融合的深入，进入技术和场景融合应用阶段，最终发展为整合变革类应用梯次发展的局面。

在短期内，利用 5G 替换原有无线系统或有线网络，或者通过 5G 手机，发挥 5G 大带宽、广连接特性的网络替换类应用将成为 5G+智慧文旅主要发展的应用类型。在管理领域，移动监控、智能安防、环境监测等成为旅游景区、文博场馆利用 5G 开展的重要方式。在在同时，引入其他行业领域的新技术、新应用丰富文旅服务场景也成为文旅行业的创新模式之一。

随着数字技术的发展，随着 5G 大连接标准的进一步完善，文旅管理者对旅游目的地、场馆（群）内部和周边的信息采集更加全面和精准，基于城市大脑的理念开展综合管理的模式将更加普及，推动资源精准投放和服务及时触达。游客服务和公共文化服务领域的发展将进一步加速，沉浸式体验和线上交互式演艺将发展为大众体验文旅服务的重要形态。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及技术标准的不断演进和完善，作为社会化的产业，数字经济各行业与文旅融合更加密切，无人化智能服务、数字虚拟世界等场景不断落地，带动文旅行业成为未来数字美好生活的先行体验区。

3.10 5G+智慧城市提升城市治理水平

1. 智慧城市行业现状和需求

近年来，中国智慧城市快速发展，从规建、治理、环保、交通、社区、家庭等各领域进行智能化发展。目前智慧城市发展范围大而杂，未形成合力推动智慧城市快速向前，这种碎片化的发展不利于智慧城市的长期发展。2020 年 8 月，住房和城乡建设部会同六部委印发《关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见》，提出对城市基础设施进行数字化、网络化、智能化建设和更新改造，进一步为智慧城市发展指明了新的方向。智慧城市建设需要依靠海量数据，5G 网络大带宽、低延时、广连接的特性可以满足应用场景对网络的需求，增加智慧城市应用深度与广度。

（1）建设有韧性的智慧城市

韧性城市是建设智慧城市的重要发展方向，韧性城市要求城市系统具备自我调整、抵御外来打击和将机遇转化为优势的能力。城市韧性建设追求以人为本的宜居建设和可持续发展，降低特定风险或灾害的发生几率，通过增加城市的“冗余度”来应对不确定性扰动因素的影响。5G+IoT 为韧性城市提供数据底座，城市智能网络、大数据和智能城市平台、公共服务等能力可有效提高城市韧性，可提供能力包括智慧安防、智慧水务、智慧交通等。

(2) 发展碳中和绿色智慧城市

碳中和是全世界发展的主旋律，城市作为“碳中和”目标实现的最大应用场景，应通过数字化手段实现节能减排，助力中国实现“碳达峰及碳中和”的目标。目前，政府对城市碳排放仍缺乏准确的了解和有效的管理手段，应从政府层面建设全国碳排放数据库，全面、动态、系统掌握碳排放水平、行业及地区的分布，以便精准高效监测与管理；基建层面，构建城市可持续发展的智能交通体系，以最少的社会成本实现最大的交通效率，满足居民出行需求；环保方面，通过推动生产生活方式低碳化转变，借助城市智能终端打好城市污染防治攻坚战。

(3) 构建城市间的区域协同，实现群落智慧

智慧城市群是城市未来发展的方向，目前城市间存在数据、信息孤立，缺乏统一调度管理平台等问题，限制了智慧群生态的发展。为了构建智慧城市群，需要将城市群内部应用和数据进行互通，在多个城市进行 5G 网络全覆盖，为城市间信息互联互通提供网络基础。同时构建智能基础设施及应用平台，对多个城市进行统一管理，实现“一网通办”和异地政务服务互通。基于智慧城市群，实现智慧交通、智慧园区、智慧医疗、智慧生态环保等重点领域的多区域协同。

2. 5G+智慧城市典型场景和成效

智慧城市场景多样，城市服务与治理、建筑与园区智慧化、建设领域数字化三类场景具有一定的代表性，典型场景及应用如下。5G 作为数字世界的高速通路与 AI、边缘计算、数字孪生等技术一起为各种城市场景的数字化、智能化进行赋能，大大加快了智慧城市的演进过程。

	智慧城市典型场景	5G应用	
在城市服务与治理	<ul style="list-style-type: none"> 城市综合管理 县域智慧城市 智慧道路车路协同 城市生命线 	5G+环境信息采集	5G+设备远程操作
		5G+超高清视频分析	5G+人员管理
		5G+智慧政务	5G+云化AGV
建筑与园区智慧化	<ul style="list-style-type: none"> 智慧园区 智慧社区 智慧楼宇 	5G+三维视频融合	5G+应急指挥
		5G+设备管理	5G+车路协同
建设领域数字化	<ul style="list-style-type: none"> 住建信息化 智慧工地 绿色数据中心 	5G+机器人巡检	5G+智慧抗疫
		5G+能耗监管	5G+智慧物业

图 3-57 5G+智慧城市典型应用

(1) 城市综合管理

城市综合管理通过对城市公共空间和公共服务设施的运行状态进行监测与管理，解决城市

问题和协调公共利益，包含城市应急指挥、社会治理、生态管理等能力。5G 网络可满足终端分布广、采集点多、安全要求高的需求，5G 全覆盖+IoT 全域感知为城市综合管理提供基础，依托云计算与边缘计算，构建开放式、多功能、智慧化、综合性的城市管理体系。城市综合管理包含以下功能：

城市应急指挥：建立多中心合一的城市应急指挥中心，负责 24 小时全程统筹、管控城市运行动态，协调全市值班、应急值守体系有效运行。支持通过移动终端、大屏幕及 PC 等终端查看城市运行信息，打造城市运行仪表盘/驾驶舱。

社会治理：构建城市基层社会治理“一张网”，实现党建、应急、城管等网格“多格合一”，助力基层治理精细化。在各街道设立城运中心，将原有的网格、应急、物业等管理中心统一纳入合署办公，实现 24 小时运转不间断，调度指挥“全天候”。

（2）智慧道路车路协同

随着 5G、人工智能等技术进一步发展，车路协同将进入规模化建设阶段，向着基础设施数字化、路运一体化正在向等方向发展。

基础设施数字化：应用三维可测实景技术、高精度地图等，实现公路设施数字化采集、管理与应用，构建公路设施资产动态管理系统。建设基础设施智能监测传感网，实现交通基础设施安全状态综合感知、分析及预警功能。

路运一体化：基于路侧系统智能化升级和营运车辆路运一体化协同，利用 5G 技术提供极低延时宽带无线通信，探索路侧智能基站系统应用，支持车路信息交互、风险监测预警、车流监测分析等。

高精度定位综合应用：建设北斗高精度基础设施，5G 基站进行协同定位，实现全网覆盖，在灾害频发路段实施长期可靠的监测与预警；构建车路协同应急救援一体化管理系统，实现车辆人员的迅速定位与救援力量的动态调度和区域协同。

（3）智慧园区

基于 5G+AI+数字孪生+三维视频融合技术，打造 5G 智慧园区，构建活动全感知、数据融合共享、人工智能全方位应用平台，在保障数据安全的前提下提高园区信息整合能力、创新能力、管理能力。

园区可视化：基于 CIM 技术、3D 建模构建园区的三维模型，将三维模型和摄像头视频数

据进行高精度、高实时的融合呈现，实现全局无死角的融合显示与信息联动，直观展示智慧园区三维融合信息，可视化是数字孪生园区的基础。

智慧安防：将 MEC 能力下沉至园区，园区监控数据通过有线/无线传输至边缘节点进行处理，实现的多源联动智能分析、预警、预测，构建更加安全的园区。

双碳园区：5G+IoT+MEC 助力园区能耗数据采集、建模分析、能耗管理与能效评估，提供智能照明、智能微网、智能水务、可再生能源相关的“碳中和”服务，为园区管理者提供数据支撑和能源管理策略依据。

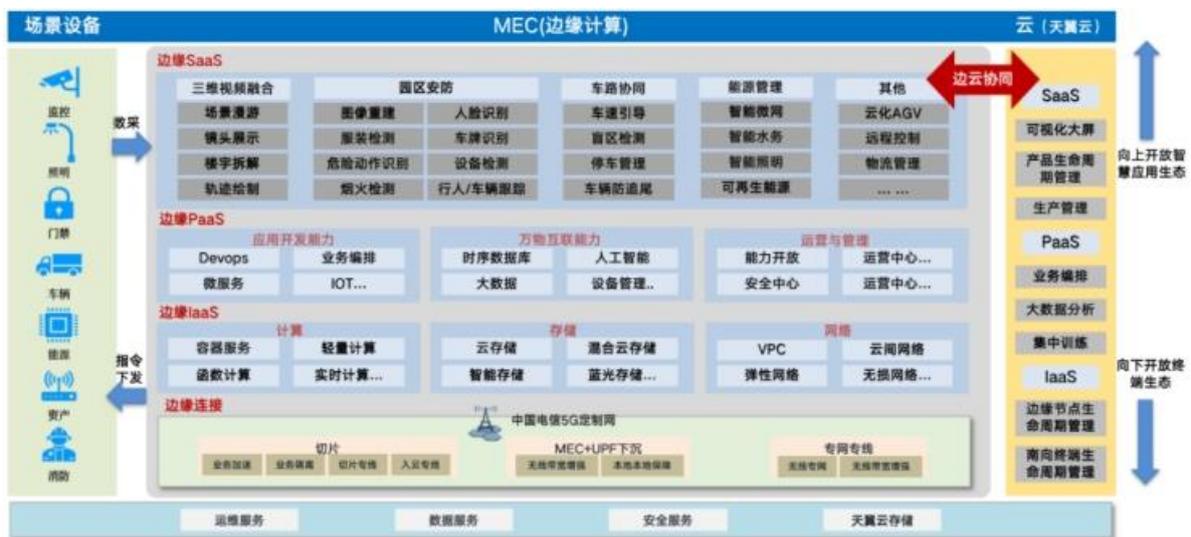


图 3-58 5G 智慧园区方案

(4) 智慧工地

采用 5G+边云协同架构助力智慧工地实现，工地部署摄像头、各类传感器进行数据采集，并回传到边缘节点，依托节点部署的大数据分析、人工智能、GIS 平台等构建一个有效的智慧工地系统，对人员、设备、施工进度、物料、环境进行全方位管理与呈现。

工地地图：工地部署摄像头实现 360°无死角采集工地视频，视频数据上传至视频拼接系统构建全景地图，地图展示工地内设备信息，可支持场景漫游。

塔吊远程操作：5G 网络保障塔吊操作平台与地面操作室实时互通，塔吊周围摄像机采集视频实时回传至地面操作室，操作系统判人员断操作是否安全合规，当检测到不合规行为时进行报警，未来还可远程塔吊操作，进一步保障安全，降低人工成本。

环境监测系统：工地部署环境监测传感器，包括噪音监测、扬尘监测等，传感器数据保存

至工地附近数据中心。当检测到环境指标超标或临近超标时，传感器和平台前端进行报警。

人员管理：在工地进出口设置人脸打卡系统，保证工地现场封闭式管理，工地节点利用视频监控信息进行 AI 分析实现人员服装监测功能，实时监测工地人员是否佩戴安全帽等安全措施，以降低施工风险。



图 3-59 智慧工地产品方案

3. 5G+智慧城市应用推广路径



图 3-60 5G+智慧城市应用推广路径

5G 基站正在开展大规模建设，大部分地区已实现 5G 网络覆盖。短期内 5G 智慧城市将以融合原有无线系统和有线网络为工作重点，发挥 5G 大带宽、低时延特性和物联网全感知的特性，打破城市信息孤岛，构建智慧城市数据汇聚枢纽。当前宜积极推进园区、社区、港口、建筑等多城市场景下的 5G 数采回传分析类业务及个人娱乐业务，以满足城市及民众应用需求为主，以应用为导向，探索创新；并持续进行 5G+ 的能力研发，基于云网融合、MEC 等技术构建城市一体化边云协同体系，为后续 AI 能力下沉和智能化服务提供基础。

中期来看，随着 5G 的全面演进及完全覆盖，车联网、数字孪生、AI 等智慧城市相关标准

与技术的进一步成熟，城市数据的不断互通融合共享，以及城市新基建的完善，应持续致力于城市交通的改善、环境及能耗的治理、城市精细化管理等方向。

长期来看，5G 等云网原生能力将与其他技术一起推动城市的智能化助力实现各种规模的数字孪生城市，从城市的顶层规划到物理落地，全面推动城市数字化，构建虚拟与现实相互交融的城市体系，社会衣食住行深刻变革，智慧城市将更具备生命特征，逐渐向城市生命体演进。

3.11 5G+智慧物流实现物流装备高速互联和远程交互

1. 智慧物流行业现状和需求痛点

物流已经发展成为重要的现代服务业，是国民经济的支柱产业。物流是指物品从供应地到接收地的实体流动过程，主要包括园区、仓储、运输、配送场景。近年来，随着物流与大数据、云计算、人工智能、区块链等技术的深度融合，物流行业的新技术、新模式、新业态不断涌现，其发展趋势是从机械化阶段、自动化阶段发展到智慧化阶段，如图 3-61 所示。物流企业逐渐从提供基础、综合物流服务转变为整合与优化供应链方案。在面临结构调整、产业优化、降本增效的背景下，物流行业已普遍意识到数字化转型既是实现社会和行业收益最大化的大势所趋，又是塑造未来发展的独特机遇。

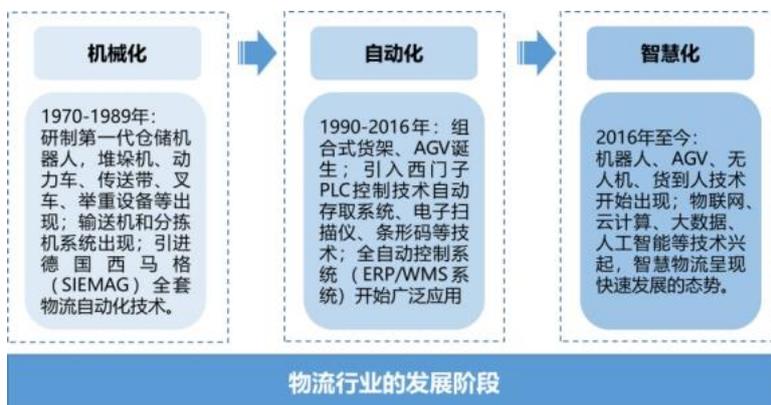


图 3-61 物流行业的发展阶段

在智慧物流和数字化转型的背景下，物流在园区、仓储、运输、配送场景面临问题与痛点。目前的物流园区面临同质化严重、信息化和数字化程度较低等问题和痛点。仓储作为物流行业的关键环节，面临土地利用率低、自动化水平差等问题，这些问题阻碍了物流行业的转型升级。运输场景，面临成本高昂、运输能效低、安全隐患等痛点问题。配送场景，作为智慧物流的终端环节，面临配送需求多样化、配送时间冲突、应急配送效率低下等突出问题。

2. 5G+智慧物流典型场景和成效

在园区场景，利用 5G 采集园区的数字化信息，实现物流园区的数字化和全流程运营管理。在仓储场景，利用 5G 专网架构，大带宽、低时延、靠可靠及海量连接的特性，以及 MEC、切片等技术，实现 5G 与 AGV、AMR 等结合的智能无人仓储。在运输场景，利用 5G 广覆盖大连接的特性，支撑多种运输场景的无人驾驶，提供对自动驾驶物流车辆的实时安全监控管理。在配送场景，依托 5G 网络的广覆盖低时延，无人机能够配送检测样本；末端物流无人车将必需物资运送至社区内的配送点，搭建高效配送队伍。

典型场景		5G应用案例
园区	<ul style="list-style-type: none"> 数字化园区 全流程运营管理 	5G+物流园区运营
仓储	<ul style="list-style-type: none"> 自动分拣系统 存储系统与搬运系统 	5G+AGV\AMR
		5G+穿梭车立体仓库
运输	<ul style="list-style-type: none"> 安全监控 无人运输 	5G+车辆监控管理
		5G+无人驾驶
配送	<ul style="list-style-type: none"> 应急救援 最后一公里“无人配送” 	5G+无人机配送
		5G+无人配送车

图 3-62 5G+物流行业应用案例

(1) 5G+物流园区运营

物流园区是物流作业的集中区域。虽然全国物流园区数量稳步增长，但是大部分的物流园区同质化严重，信息化、数字化程度较低。物流地产市场竞争加剧，优质物流用地供不应求，加速物流园区的智慧化升级。随着物流园区进入智慧化时代，物流园区基于 5G 网络等高速传输为用户提供无所不在的服务，如采集的环境、能耗、安防等信息，向运营者展现可见、可参、可控的数据界面，从而提升园区安防、管理、服务、节能环保等各方面管理水平，推动园区管理运维的良性发展。

(2) 5G+AGV/AMR

随着仓库周转率和订单量的增加，人工叉车的成本较高、货物损坏率高，工业信息化的发展推动仓储 AGV 和 AMR 成为自动化物流的主要实现方式。仓储 AGV 的应用，不仅提高了仓

库物流流转的自动化水平，还实现了由“人找货”到“货找人”的拣选方式的改变，同时通过与传统的物流传送分拣系统的深度融合，可实现较小空间内更细化的分拣需求。激光视觉混合导航的自主移动机器人（AMR）是一种使用基于激光和视觉传感器融合数据，进行实时定位与地图绘制（SLAM），以实现自主移动而无需物理导向器或标记的机器人。AMR 以其高度部署灵活性，广泛应用于仓库、工厂等多个领域。随着业务增长，AGV、AMR 系统种类越来越多、规模越来越大，设备与控制系统、运维平台的通信量也随之增大，5G 不仅能够满足 AGV、AMR 对无线网络通信的带宽、可靠性及通信时延的要求，还能利用 5G 网络切片技术，实现厂区按照专网与公网业务的安全隔离，定制化分配资源。

（3）5G+车辆监控管理

交通是庞大复杂的系统，路面车辆分布不均会造成交通堵塞。为了实时获取、发布、监控、分析和智能管理地面交通信息，车辆监控管理就必不可少。基于高精度地图和高敏传感器，提供对自动驾驶物流车辆的监控管理，能够实时掌握车辆的位置、状态以及分布情况，并可以通过历史轨迹回放，对车辆行驶情况进行追溯。5G 网络全场景覆盖，保障能够实时采集车辆的各种运行报警信息，并上传监控中心，进行报警提示，提示监控人员及时处置。平行驾驶仓实时回传车辆运行过程中的 6 路平行驾驶摄像头的视频，测试人员在数据中心可通过视频监控车辆运行，报警或存在周边环境安全隐患的情况下，测试人员可通过驾驶舱远程喊话车内安全员或直接远程接管车辆运营。

（4）5G+无人机配送

近年来，随着物流业务量的迅速增长，人力配送面临“最后一公里”的配送难题。2020 年的疫情促使物流企业选择无人化物流工具。无人机配送能够解决困难地区配送问题，加速物流效率。无人机正应用在农村和偏远地区的末端配送环节，逐渐成为室外配送的形式之一。5G 的高带宽、低时延和抗干扰能为无人机的实时通信提供强大支撑，使无人机设备运行更加安全可靠。

（5）5G+无人配送车

末端物流配送场景被称为“最后一公里”，“最后一公里”配送是目前中国物流行业成本最高的环节，最后一公里配送的核心问题在于无法同时满足配送效率、配送安全和配送服务质量。室外无人配送根据配送区间分为无人配送车和无人机配送。无人配送车是专为末端物流配送场景打造的 L4 无人驾驶车辆，在 5G 支持下，实现车辆定位、环境感知、路径规划决策等功能，完成精准点对点的物资配送。广州的中高风险区域实行封闭管理，无人配送车将必需物资运送至社区内的配送点和小区分配点，搭建无需人员的高效配送队伍。无人配送车将自动驾驶技术

应用到防疫应急，既减少了人员接触，又实现了精准投放。

专栏：5G+智慧物流领域实践应用

制造企业和零售电商的迅速发展，使得传统仓储不能满足高密度的需求。穿梭车在货架上沿着纵深进行水平移动完成物品的储存和取货，能完成物品的自动存取，提高仓储空间利用率、物品拣选工作效率。穿梭车设备数量多，运行速度快，活动范围大，货架和物品存储遮挡也比较多。利用 5G 克服立库巷道左右存在的金属隔板对无线信号的遮挡，保障穿梭车穿行全程信号覆盖，支持每台穿梭车在货架当前层往复运动，始终与网络进行连接，保持信号传输稳定，防止掉线。京东物流基于 5G 保障深巷道移动穿梭车的稳定信号覆盖，克服高功率密集 Wi-Fi 部署维护困难的痛点，使巷道末端信号灵敏度提升 30 dBm，进出库效率提升 25%。



图 3-63 5G+穿梭车立体仓库

东风汽车股份有限公司通过 5G 网络实时上传至 V2X 平台进行多源数据融合分析，车载摄像影像及行车状态数据可实时上传至演示平台，实现自动驾驶全状态、全过程可视化监管。

罗湖医院集团的医学检验中心位于龙岗区，然而医疗单位分散在罗湖区各处，地面专用标本运输车运送样本受交通拥堵导致运送样本时间较长。无人机依托 5G 网络实现精准导航，不需要依赖传统的遥控器飞行。通过无人机运送样本避免了地面交通的道路拥堵，明显缩短了检验报告的时间，比地面交通运输快 50%~60%，还能实现 24 小时全天“随叫随到”，同时具备“无接触”和“运输快速”的特点，能满足临床检验标本特别是新冠检测样本的安全需求，助力疫情防控。

3. 5G+智慧物流应用推广路径

根据物流行业市场空间、成本和技术成熟度等因素，5G+物流应用的推广分为三个阶段的梯次发展：

在短期内，利用 5G 高带宽、广连接特性的网络增强应用将成为 5G+智慧物流主要发展的

应用类型。物流园区运营将成为代表应用，这类业务可在短期内实现应用复制推广。

未来 3 年内，随着 5G 支持高带宽、低时延，在仓储环节，AGV、AMR、穿梭车立体库等自动化装备实现大规模应用；在运输环节，车辆监控管理进入探索验证阶段，比如部署监控摄像头实现追踪可视化。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及更低时延等技术标准的不断演进和完善，无人驾驶、无人机配送和无人配送车等应用将全面赋能智慧物流。

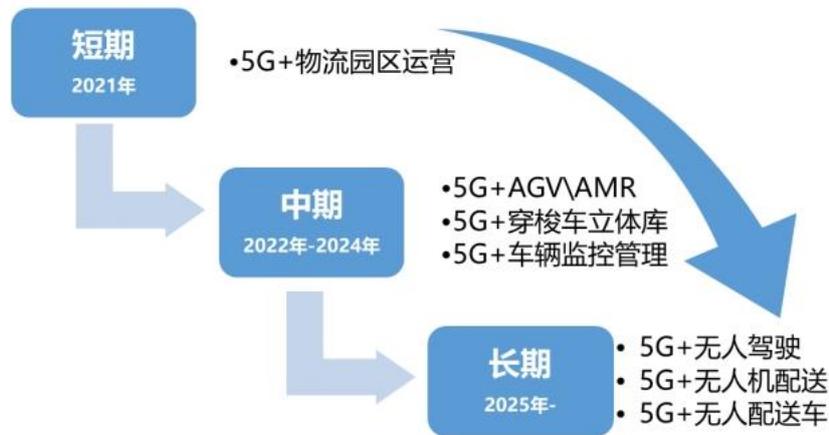


图 3-64 5G+物流应用推广路径

3.12 5G+智能油气领域实现油气的增储上产

1. 智能油气行业现状和需求痛点

石油和天然气资源作为传统的化石能源，是重要的基础性能源，也是推动全球社会、经济发展的重要动力。油气行业作为中国的支柱产业之一，为进一步扩大其市场规模，中国的油气行业将数字化、智能化转型视为未来发展的重要战略方向。一方面，2020 年的全球疫情导致油气需求量锐减，油价大幅下跌，油气行业遭受巨大冲击，对产业升级的渴求极为迫切；另一方面，随着国家新基建发展提速，5G、云、应用大数据、AI 等新一代信息技术的飞速发展，也为油气行业的转型升级提供了一条全新的进阶路径。因此在 5G 时代，油气行业数字化转型已经迫在眉睫、势在必行。

石油行业价值链如图 3-65 所示，可以分段为上、中、下游。上游发现与生产环节主要包括勘探业务、生产业务、钻井业务和油气服务；中游运输环节主要包括集输与储运业务；下游精炼和市场销售环节主要包含炼化与化工业务和市场营销业务。



图 3-65 原油价值链

天然气价值链与原油价值链类似。天然气生产建设的主要流程是：地质勘探、钻井、场站管线建设、采气、脱硫、输气、中间用户、终端用户。上游发现、生产以及辅助性的天然气服务环节包括勘探业务、生产业务和天然气服务；中游则主要包括加工、储存和运输环节；下游以精炼和销售环节为主，如图 3-66 所示。



图 3-66 天然气价值链

在目前阶段，油气行业仍处于采用数字化技术的初始小规模阶段，油气行业的数字化进程与其他行业相比已落后数年。从价值链上的各环节来看，目前油气行业具有以下需求和痛点：

(1) 基础设施数字化水平低：由于油气行业在发现、生产、加工等环节的基础设施数字化程度低于其他行业，传感器、网络配置、智能设备、机器人技术和智能控制系统等在实施过程中缺乏合理部署，导致生产效率低，生产安全无法得到保障，无法实现生产、远程作业和生产监控的数字化，生产成本高。

(2) 数据资产利用率低：油气行业虽然拥有海量数据，但没有统一的数据标准。数据来源和类型的复杂多样，结构化数据仅占全体数据的 20%，公司内部一般都会有大量重叠的数据集和孤岛数据，这使得跨团队和公司共享数据变得困难，对数据资产的利用率也很低。

(3) **数据管理能力不足**：在数据管理层面，能源行业企业在数字化资产的整合能力、分析能力和预测能力都明显低于其他行业的企业。为应对市场的变动，企业需要利用系统工程和数学、经济等理论，建立企业价值预测和评价模型，通过实时测算、分析、决策，及时调整生产经营策略，寻找新的业务增长点，创造新的价值。

(4) **高科技人才匮乏**：由于简单的和手工操作的业务将被自动化，员工将更多的时间投入在更安全和高价值的工作上，因而需要具有相应的新技能。但是当前油气行业高科技人才紧缺，同时企业缺乏有效的培训机制提升员工水平。

2. 5G+智能油气典型场景和成效



来源：《油气行业数字化转型白皮书》

图 3-67 5G+油气行业应用图谱

同传统网络布局相比，5G 网络的低延时、大连接特性可以使得发现、生产、加工等环节配置的传感器、智能设备等发挥最大的作用，保证了各类智能设备覆盖各个流程，方便实时数据的采集。同时，各类数据可通过 5G 大带宽能力传输到云平台或本地边缘计算平台，实现厂区风险监控、生产运行管理等应用。

在数据资产利用率方面，5G 网络的大连接、高可靠性可实现在包括管道运输的各个环节的数据采集与汇总，打破建设期数据、运营期数据、空间数据、视频数据等重要数据之间的数据孤岛，提升数据利用率。

在管理方面，基于 5G 网络部署下的各类应用能够方便管理者统筹整个作业流程，通过人工智能、大数据等能力，获取价值链上下游信息，从而实时测算、分析、决策，及时调整生产经

营策略，寻找新的业务增长点，创造新的价值。

目前，5G 引领下的数字化技术已经被应用于中游的管道运输领域，在管网建设和运营的各个环节都有所布局。5G 应用可以帮助我们全面了解和掌握管道布位、周边环境、地质条件及社会经济文化等各类信息，并且加强监测检验，保障管道的安全，为管网整体建设、维护和管理提供一个高效的决策平台，进而合理规划、不断完善天然气管网系统。推进输油管线的数字化管理技术的建设，对石油生产和石油输送动态监测具有重要的意义。

中游的管道运输领域数字化技术目前已经被应用于管网建设和运营的各个环节。

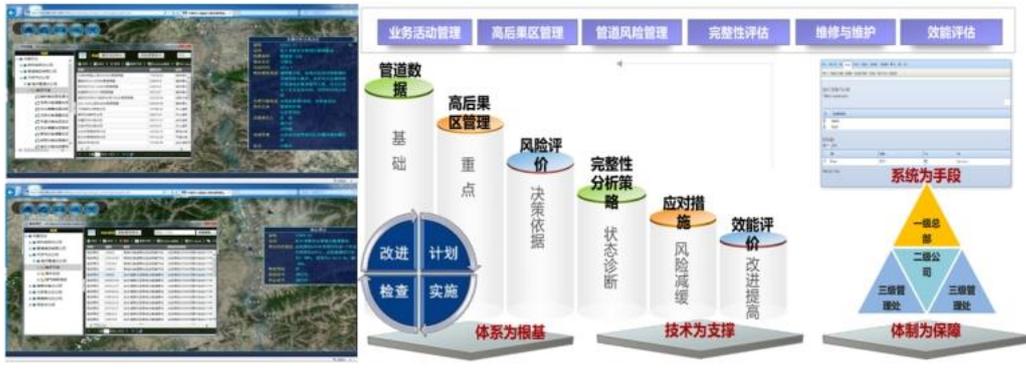
(1) 管线数字化管理：分为基础数据维护、管线文档资料管理、三维模型管理、二维地理信息管理四部分。对所属管线建设期、运营期所提供的各种文档资料、设计模型、运行数据、管理数据等进行数字化处理，并对数据进行更新维护，建立长输、厂际和厂内管线的矢量图层、影像、数字高程、三维模型等空间数据，能够从不同维度和条件展示管线信息。



来源：《油气行业数字化转型白皮书》

图 3-68 管线数字化管理

(2) 管道完整性管理：对管线的各类活动进行统一管理，包括：巡线、占压、第三方施工、阴极保护、内外检测、维修维护等，实现各类业务活动过程可追溯；对管线高后果区识别、风险隐患、日常管理活动等进行管理，对各类活动事件的完整的处理过程进行痕迹管理；建立风险隐患从发现、监督、消除隐患的全过程管理。实现对完整性管理业务和数据的统一管理，并进行智能化分析决策。



来源：《油气行业数字化转型白皮书》

图 3-69 管道完整性管理

(3) 管线运行管理:通过管线控制系统如 SCADA、站控 SCS 系统、管道泄漏检测系统(LDS)等，自动获取管线运行参数，监控管线运行的主要参数，对异常报警进行分级管理以及推送报警信息，实现输送配置计划、生产调动指令的接收，以及计划完成情况上报，实现输送日报和库存日报的上报管理；对油气管线在温度、压力、流量及介质中有害物质含量进行监控和报警分析；建立和集成输送配置计划及工艺调整方案；生成日常运行统计台账、长输管线运行日报、运行月报等分析报告，建立长输管线调度优化和仿真模拟模型，实现调度排产优化和管线运行模拟演练。



来源：《油气行业数字化转型白皮书》

图 3-70 管线运行管理

利用智能化管线系统对石油输送管线进行集中化的管理，同时对输油管线工作过程中出现的各种险情及时的了解，帮助输送设备维修人员制定抢险处理方案，为输油管线的日常维护工作提供便利。

3、5G+智能油气应用推广路径

在短期内，油气行业的核心特征是网络化，特别是企业内部信息化建设、物联网的建设，为油气行业的设备监控、数据管理、协同管理和远程配置创造条件。企业信息化和物联网建设

是油气行业各要素、各环节、各流程之间的的系统互联、数据互通的基础。降低油气企业和行业的运营成本、控制风险，提高效率和资源共享，对提高行业供应链对外部环境的快速响应能力，降本增效，具有重要价值。

在中期阶段，油气行业的核心特征是平台化。行业内的各个企业的数字孪生初步形成，实现了数字技术与勘探、钻井、加工、油储、运输、销售的深度融合，行业生态初步建成，来自设备、人、生产、研发、物流、服务和销售各个环节的大数据通过云计算在平台得到整合和分析，大数据分析、可视化和增值成为行业和企业运行的关键。

在长期阶段，油气行业的核心特征是人工智能技术的应用。人工智能技术对在平台上汇集的海量、复杂、异构的数据进行处理，生成模型库、经验库、方案库、算法库、工具库等价值含量高的知识资源。通过专家系统、计算智能、遗传算法，帮助企业和组织实现对现象的自动识别、对设备的甄别预测、对问题的智能预警、对供应链环节的自动协作和交易、对趋势的预判洞察等，满足市场动态需求变化和用户的高度个性化的服务。

3.13 5G+智慧农业开启数字乡村新图景

1. 智慧农业行业现状和需求痛点

农业是支撑国民经济建设发展的基础，广义上可以包括种植业、林业、畜牧业、渔业、副业五种产业形式。然而伴随工业化、城镇化进展，居于乡村并从事农业的人口比例正不断减少。全国第七次人口普查数据发布，乡村人口为 50979 万人，较 2010 年减少 16436 万人，乡村人口比例降至 36%，从国际上一些发达国家的发展历程来看，乡村人口减少并流向城市在一定发展阶段是必然趋势。当前，发达国家乡村人口比例普遍低于 10%，美国更是不足 5%，在不久的将来，我国从事农业的人口会降到 10%-20%，面对如此情况，提升农业生产率成为农业发展的当务之急。

纵观全球农业产业升级的过程，农业生产率的提升往往需要新型生产技术与生产工具的出现，以人工为主的传统农业、机械设备广泛应用的机械化农业、信息技术加持的自动化农业、全产业链数据驱动的智慧化农业，代表了全球农业发展由“1.0”到“4.0”的四个主要阶段。我国农业目前正处于由“农业 2.0”向“农业 3.0”过渡、“农业 4.0”局部示范的阶段。近年来中国智慧农业潜在市场规模持续增长，但智慧农业占农业整体比重仅为 7.3%，远低于工业 18.3%、服务业 35.9%的水平，与发达国家相比差距较大。

	农业1.0 传统农业	农业2.0 机械化农业	农业3.0 自动化农业	农业4.0 智慧化农业
阶段时间	18世纪	18世纪至19世纪中叶	19世纪下半叶至20世纪末	21世纪
主要技术	以人力与畜力为主	农场+小规模机械化	农业企业·专业化、智能化装备	全产业链+数据驱动
发展特征	生产工具仍然是初级的工具。	农业装备开始在农业广泛应用。	信息技术与农业机械、装备和设施深度融合，实现农业数字化、精准化和自动化生产。	劳动工具智能化，无人系统成为农业生产主要特征。

图 3-71 农业发展的主要阶段

为解决好我国“十四五”时期全面实施乡村振兴战略中，加快农业农村现代化的需要与乡村农业从业人口持续减少之间的矛盾，智慧农业的发展势在必行。智慧农业是农业与 5G、物联网、云计算、人工智能、大数据等现代信息技术深度融合的产物，是数字农业、精准农业、农业物联网、智能农业等技术的统称。从广泛意义上讲，智慧农业还包括智慧种植、智慧林业、智慧畜牧、智慧渔业、食品溯源防伪、农业休闲旅游、农业信息服务等方面的内容。



图 3-72 智慧农业概况

2. 5G+智慧农业典型场景和成效

随着大数据、云计算、人工智能、边缘计算、物联网等技术的不断发展，以 5G 为代表的基建，已成为全社会开展技术和应用创新的共性需求。5G 为智慧农业带来了蓬勃发展的新动能。

(1) 无人化农业

依托 5G 大带宽、超低时延和精准定位能力，无人化农业成为可能。所谓无人化农业，是信息化技术与机械化技术深度融合，以全过程智能化管理、精准化作业为核心，通过大数据指导生产运行，不断提高土水肥种药及人力资源利用效率，是现代农业的一个重要发展方向。

依托 5G 网联智能农机，结合网联农机作业监管套件、辅助导航套件等配套设施，完成农机 5G 智能化改造，针对标准作业场景可实现无人作业、实时测亩、全程农机调度、实时作业监控等功能，实现农机作业统一管理，提升园区设备联网化、智能化水平。



图 3-73 网联农机系统示意图

5G 网联无人机，让无人机具备了实时网络控制与数据传输能力，通过无人机管理云平台即可实现无人机监管、空域申请、飞行任务编排、自主飞行、数据采集与分析、报告自动生成等定制化服务。5G 网联无人机云平台贯穿飞行前准备、飞行中监控与数据采集、飞行后数据处理的端到端场景。通过 5G 网络实现了对无人机的全流程自动化管理，极大提升了病虫害防治、农药喷洒、固体肥料播撒、粉剂喷撒、种子精量播种效率。

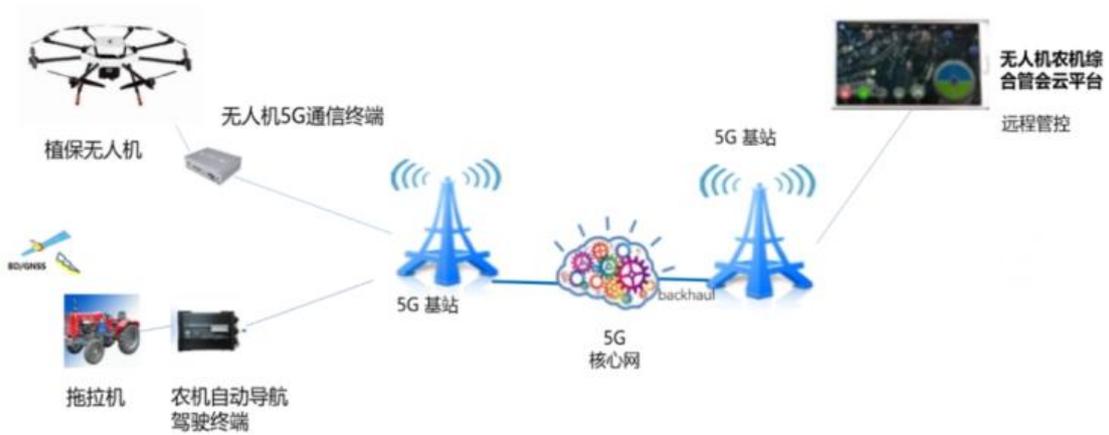


图 3-74 5G 网联无人机、农机组网示意图

在林业方面，5G+无人机+北斗的新型巡查处置方式帮助森林资源调查、森林草原防火、灾损评估、有害生物防治有效开展，克服地形复杂不利因素，利用 5G 网络实时传输现场数据，在应急指挥管理方面也发挥了显著成效。



图 3-75 无人机林业应用示例

(2) 精准管理

依托 5G 大带宽、广连接和低功耗的特性，智能农业物联网传感器、控制器高效配合，农业生产环境、作物长势实时数据经云 AI 智能决策，远程对生产要素进行自动干预控制，实现种苗优选、高效培育、精准施肥、科学灌溉等精准管理成效。传统农业粗放的管理模式在 5G 为代表的信息技术加持下，正向着精耕细作智慧管理的方向发展。

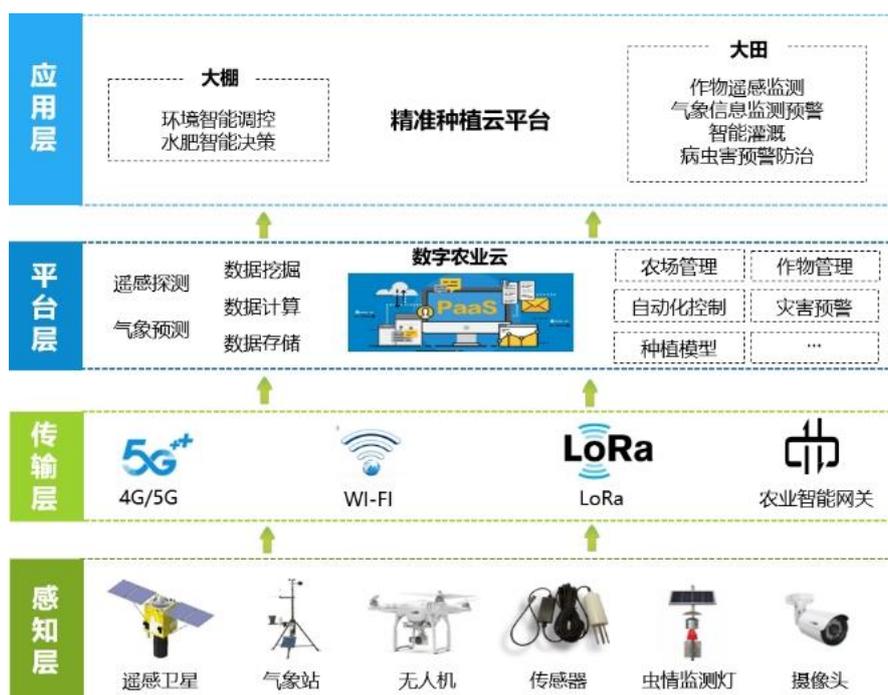


图 3-76 5G 精准种植平台架构图

气象信息监测预警：获取气象预测信息，解决传统种植过程中对种植周期内气象信息获取不及时，造成农作物受损的痛点。

环境智能调控（大棚种植）：通过各类传感器获取大棚温湿度，光照度、CO₂ 浓度等数据，将收集到的数据同作物的生长模型进行比对，对作物生长环境进行精准、自动调控，最终实现提升效率的目的。

作物遥感监测（大田种植）：利用遥感对作物进行监测包括农作物面积、长势情况、产量估算、土壤墒情等作物信息。

水肥智能决策：水肥一体灌溉通过自动气象站、土壤温度传感器、土壤水分传感器等监测当地气温积温、土壤的水分含水量、土壤温度等数据，通过滴灌、喷灌、漫灌等灌溉方式，智能调节灌溉时间和灌溉量，维持作物的水肥平衡，保证作物生长发育良好，达到增产节能的目的。

病虫害预警防治：病虫害防治监测基于 5G+AI 识别技术，结合巡检机器人、AI 摄像头对作物的病虫状况进行实时监测，可实现对农作物重大病虫害疫情发生动态的自动化、智能化捕捉预警，病虫害的及时防治、精准用药。对于农业生产管理部门，随着 5G 技术的不断普及，精准管理数据的形成与汇聚有效对农业生产大数据形成了补充，催生农业产业管理精准化转变。

数字生产经济：通过农耕时令气象播报、科学种植建议、病虫害在线诊治、照片上传识别分析、在线专家对话、防治措施建议等功能，提供生产过程信息化服务，凭感觉靠经验的生产方式向科学合理的方式转变，提高产量和品质。通过农事助手，提供科学农耕方法介绍。通过农耕打卡，农事日程提醒，农田监控，随时随地掌握农场的情况，提高管理的效率。基于物联网和区块链技术，生成一物一码，打造可视化溯源，保障品质质量安全，打造乡村品牌，助力产品营销。通过线上电商平台，线下对接示范带动作用强的生产经营组织，打造特色电商品牌。

数字乡村一张图：中心智慧大屏对园区 IoT 设备部署情况、环境实时情况及走势、水肥数据、园区监控画面进行综合呈现，提供农业产业的 GIS 位置呈现及管理。以特色产业为核心，对生产要素、产量、收入等农业生产指标进行统计和分析，帮助政府盘拢家底，辅助农业生产规划。通过对涉农政务信息资源的共享开放与有效整合，让乡村综合治理更加直观、精准和智能，帮助政府打破信息孤岛。围绕“三农”信息服务，对农技、医疗、教育等服务数据进行统计和分析，促进县域服务水平的提高。

3. 5G+智慧农业应用推广路径

在短期内，利用 5G 替换原有无线系统或有线网络，发挥 5G 大带宽、广连接特性的网络替换类应用将成为 5G+智慧农业主要发展的应用类型。在种植、林业、畜牧、渔业场景，在短期内实现应用复制推广。

未来 2-3 年，随着低时延功能的实现、终端模组成本的降低，数智农业也将迎来较大发展机遇。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及技术标准的不断演进和完善，作物 AI 长势识别、基于生长模型的水肥自动控制、实时环境控制等功能得以普及，精准农业、无人农业、休闲农业等新型智慧农业形态将规模出现。

3.14 5G+智慧水利创造治水新模式

1. 智慧水利行业现状和需求痛点

水是一切生命的源泉，是人类从事生产活动的重要资源，又是自然环境的重要组成部分，水安全是涉及国家长治久安的大事。党的“十八大”以来，党中央国务院高度重视水利工作和信息化工作。习近平总书记明确提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路，把水安全上升为国家战略。《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》将保障国家水安全、建设数字中国等置于突出位置，围绕水旱灾害防御、水资

源集约安全利用、水资源优化配置、水生态保护防治等方面进行了重要部署，特别是明确提出“构建智慧水利体系，以流域为单位提升水情测报和智能调度能力”。根据智慧水利建设总体目标，面向水利“2+N”业务系统，以物理流域为单元、以数字孪生流域为基础、以物理流域与数字流域同步仿真运行为驱动、以智慧流域“预报、预警、预演、预案”为目的，构建流域区域智慧水利体系。



图 3-77 水利行业政策现状

目前，对照国家信息化总体要求，与其他行业信息化发展程度，以及与水利改革发展需求以及突飞猛进的信息技术相比，智慧水利在数字化、网络化、智能化等方面都存在明显短板。

数字化方面，透彻感知不够，感知覆盖范围和要素内容不全面，感知自动化智能化程度低，通信保障能力不足。例如，流量、泥沙等水文要素监测依然以人工为主，约 90% 的小型水库没有安全监测，信息资源依然条块分割，水利一张图还没有在全行业实现全面应用。

网络化方面，信息基础设施不强，水利业务网传输能力、云计算能力、备份保障能力不足，存储资源不够。例如，县级以上水利单位网络还没有全覆盖，水库等水利工程不通网以及网络带宽不足依然是明显瓶颈。

智能化方面，应用覆盖面不足，高新技术应用水平不高，智能便捷的公共服务欠缺。例如，水利工程智能控制与联合调度能力不足，水旱灾害防御、水资源管理与调配的智慧化程度不高。

2. 5G+智慧水利典型场景和成效

	水利环节	5G应用类型
水旱灾害防御	<ul style="list-style-type: none"> 防汛监测 水库调度 	5G+超高清视频
		5G+精准控制
水资源管理与调配	<ul style="list-style-type: none"> 水资源管理 水资源调度 	5G+信息采集
		5G+精准控制
河湖长监管	<ul style="list-style-type: none"> 河湖巡查 水环境监管 	5G+超高清视频
		5G+无人机
		5G+无人船
水土保持管理	<ul style="list-style-type: none"> 水土保持监管 	5G+超高清视频
		5G+无人机
农村供水管理	<ul style="list-style-type: none"> 供水监测 供水调度 	5G+智能水表
		5G+精准控制
		5G+超高清视频
水利公共服务	<ul style="list-style-type: none"> 水利智能景区 水库调度 	5G+VR
		5G+AR
		5G+AI
水利工程建设	<ul style="list-style-type: none"> 工程机械调度 工程建设监管 	5G+超高清视频
		5G+精准控制
水利工程安全运行	<ul style="list-style-type: none"> 安全运行监管 闸站自动化调度 	5G+超高清视频
		5G+精准控制
水政监督与水利执法	<ul style="list-style-type: none"> 水利监督检查 水工程安全监管 	5G+超高清视频
		5G+状态监测

图 3-78 5G+智慧水利应用全景图

在水旱灾害防御方面，充分利用 5G 网络大带宽，实现对水库、河道、淤地坝、闸门等关键位置的超高清视频监控，同时结合后台的智能视频分析能力，实现对水库调度的精准控制和自动化管理。

在水资源管理与调配方面，充分利用 5G 网络低时延特性，实现对水资源各类监测对象的实时数据采集与上传，同时结合智能模型分析平台的分析能力，实现水资源的精准化调度和远程调度。

在河湖长监管方面，通过水天联动，实现影像实时传输、水域巡航、水质实时监测与监控的智能化，实现对水环境的零距离监控；通过河湖环境调查、水域测绘等实现河湖场景实时构建，还可以通过无人船的远程实时操控，实现人员搜救和河面漂浮物自动收集；通过 5G 与视频的融合，实时发现河湖两违三乱及各类涉河违法事件，有效实现河湖监管。

在水土保持监管方面，充分利用 5G 网络大带宽、低延时特性，实现人为水土流失监管场景

数字化、业务智能化，充分利用无人机影像、无人机巡查等，全面、准确、及时收集抽检对象全过程数据，自动完成现场数据采集和治理项目智能抽检。

在农村供水管理方面，通过“5G+智能水表”实现农村供水的数据采集，结合对规模化供水工程可供水量的动态预测，推行供水精细化管理，根据供需水量、历史用水规律，提出相应的供水方案建议，节约经济和人力成本，逐步实现“无人值守”和“少人值守”模式。

在水利公共服务方面，利用 5G 网络大带宽、低延时特性，实现 5G+VR 全景直播、5G+AR 慧眼、5G+AI 旅游服务、5G+社交分享等 5G 智慧旅游系列应用。游客通过手机扫码，就可轻松打开电子版景区手绘地图。地图具有一键获取精彩景点、节目、倒计时提醒、定制化游览路线等特色服务，让游客可以体验到沉浸式智慧旅游，大大提升了游玩的便捷度和舒适度。

在水利工程建设方面，实现水利工程运行、监管数据的实时传输，达到对水利工程远程调度和实施控制的目的，同时实现水利工程建设管理工程中，工程机械的自动化控制。

在水利工程安全运行方面，实现对水库、水闸、堤防、大中型灌区、灌排泵站、农村水电站等水利工程运行管理信息的实时采集，同时对闸站实现精准控制，推进水利工程自动化、智能化管理。

在水政监督与水利执法方面，通过 5G 与视频的融合，实现水利违法事件的实时监督，通过 5G 对水利工程安全运行状态进行实时监测，提升综合监管水平和处置效率，推进水利监督体系现代化。

（1）5G 创新巡河

利用 5G 技术超大带宽特性，实现高清巡河视频实时回传，强化巡河时效性。针对巡线实时性的要求，采用 COFDM 体制的宽带图像数据传输链路，在无人机和指挥车之间构建稳定、安全的图像通道。空地之间传输距离达到 30 公里，延迟 350 毫秒以内。指挥车配备自动跟踪天线接收机，天线指向自动对准空中的无人机，并保持稳定的跟踪，从而保证远距离图像的稳定接收。地面站具有高清推流器，通过 5G 将视频推流到云端服务器，提供给后台系统分析处理，从而实现无人机拍摄的画面实时传输到指挥中心大屏幕。通过固定的巡航路线进行常态化的固定频次飞行巡查，也可在特定时间点，按照特需巡线进行飞行巡查。智慧机场通过 5G 远程控制，实现无人值守。无锡市水利局与 2020 年通过联通的 5G+无人机巡查方案，每季度至少完成一次 26 条市级河长的全面巡查，确保在水质异常波动等特殊情况、特殊时段的应急巡河保障。

(2) 5G+水环境监管

无人船搭载水质监测仪，通过 5G 实时返回水质数据，可采集水温、PH 值、溶解氧、浊度、电导率等多项水质指标，业务平台可实现按河程的水质变化分析，以及固定关键点位按时间序列的水质变化分析，从而监测整条河道的污染变化情况。搭载水面漂浮物收集的无人船设备，实现对自动识别水面漂浮物。在遇到漂浮物时，可自动打开位于船体中间的垃圾箱，将漂浮物收集。搭载地形探测和勘测仪器的无人船、无人机、VR 设备，实现对水下、地面等地形的探测，同时实现远程构建河湖虚拟场景。无锡市水利局在 2020 年通过电子化巡河移动指挥船，完成了太湖水域、内河 B 级航区及内河其它航道的水域水政执法工作及日常水政巡查等任务。

3. 5G+智慧水利应用推广路径



图 3-79 5G+水利行业应用发展路径

当前 5G+智慧水利应用呈现出从网络替换+新型业务类应用，向技术融合类应用，最终发展为整合变革类应用梯次发展的局面。

在短期内，发挥 5G 大带宽、广连接特性的 5G 应用将成为 5G+智慧水利主要发展的应用类型。以 5G+无人机、无人船应用为代表，实现无人化巡检、高清视频实时回传；巡检状况管控中心实时感知；高清视频实时回传指挥大屏；在云/边缘侧实时智能分析视频，自动发现违法事件、移动水质检测、库区岸边巡检、水质生态监测等，这类业务可在短期内实现应用复制推广。

中期来看，通过 5G 实现水利工程机械远程控制和工程 VR 化管理。对于庞大的数据传输，通过 5G 高带宽特性的保障，满足 VR/MR 远程管理可以从根本上解决安全隐患。

长期来看，随着 5G SA 网络的全面覆盖以及技术标准的不断演进和完善，未来可以做到替换原有无线系统或有线网络（因水利设施和工程大部分远离市区，通讯较为不便，对数据时效性要求不严格），将实现闸站远程自动化控制、防洪排涝 VR 指挥等应用全面赋能智能水利。

同时，在城市供水领域的“5G+智能水表”也将得到大力发展，全面提升控制类业务的精准度。

3.15 5G+智慧教育提升教育资源供给能力

1. 智慧教育行业现状和需求痛点

2019年2月，中共中央、中国国务院印发《中国教育现代化2035》，其中提出了推进教育现代化的八大基本理念：更加注重以德为先，更加注重全面发展，更加注重面向人人皆学，更加注重终身学习，更加注重因材施教，更加注重知行合一，更加注重融合发展，更加注重共建共享。遵循教育发展规律，充分运用现代信息技术手段，提供在线教育服务，增加教育资源有效供给，创新教育组织形态，丰富现代学习方式，加快建设学习型社会。

根据《教育部等六部委关于推进教育新基建构建高质量教育支撑体系的指导意见》和《教育部关于高等学校数字校园建设规范（试行）》，聚焦信息网络、平台体系、数字资源、智慧校园、创新应用、可信安全等方面，到2025年，基本形成结构优化、集约高效、安全可靠的教育新型基础设施体系，实现高等学校在信息化条件下网络安全的体系化建设。

在工信部《5G应用“扬帆”行动计划（2021-2023年）》的“社会民生服务普惠行动”中对5G+智慧教育提出明确发展目标：加快5G教学终端设备及AR/VR教学数字内容的研发，结合AR/VR、全息投影等技术实现场景化交互教学，打造沉浸式课堂。推动5G技术对教育专网的支撑，结合具体应用场景，研究制订网络、应用、终端等在线教育关键环节技术规范。加大5G在智慧课堂、全息教学、校园安防、教育管理、学生综合分析等场景的推广，提升教学、管理、科研、服务等各环节的信息化能力。



图 3-80 教育行业政策现状

然而，目前教育行业的发展仍然存在很多挑战，主要体现在如下几方面：

教育发展不均衡：中国东部和西部地区的教育资源、教育水平发展不均衡，城市内部各区域之间教育发展水平不均衡；需要通过5G远程互动课堂、5G全息课堂、VR虚拟实验教学等

新技术拉通各地区之间教育发展的鸿沟，促进教育的公平、公正；

教育数据资源共享难：目前在教、学、校园管理、科学研究、校园服务等系统各自独立建设，信息孤岛情况较为普遍，需要通过教育大数据平台，把各系统之间的数据进行统一存储、处理，实现教育数据的充分共享；

新教育业务承载力不足：随着远程互动课堂、AR/VR 教育、全息课堂、AI 校园安防监控等新业务形态的出现，现有的网络无法完全满足业务的承载需求，需要建设 5G 专网等新型信息通信基础设施来保障教育新业务的发展需求；

校园网络访问不便捷：当前师生一般通过校园有线宽带、Wi-Fi、4G 拨号、VPN 拨号等方式访问校园内网，非常不方便，无法随时随地访问学校相关教学资源 and 系统；

评价体系需完善：对于学生和教师的综合评价体系尚未完全建立，需要通过智能化手段记录学生的德智体美等全要素，绘制学生的成长画像，辅助学生的健康成长；教师评价方面需要通过 5G 数据采集和大数据分析，对教师的教学成果和师德进行动态评价，促进教师素养的提升。

2. 5G+智慧教育典型场景和成效



图 3-81 5G+智慧教育应用图谱

互动教学环节，在 5G 低时延和大带宽的助力之下，VR 沉浸式学习将会达到更流畅的体验，VR 技术将原本抽象的知识可视化、形象化，为学生提供传统书本无法实现的沉浸式教学体验，提高学生的兴趣和知识直观性；全息 1:1 真人还原互动教学将会更加便捷，全息影像的捕捉需

要通过高清摄像设备完成，5G 模组将经过压缩后的数据实时上传云端服务器，在云端完成渲染后，利用 5G 毫秒级时延，几乎是同步将语音、影像投影到对方面前，突破传统的沟通屏障。

智慧考务环节，通过 5G 和边缘计算对考场信息的实时传输和处理，实现对教育考试的全局统一指挥、全程分级管理、全域实时监控，切实提高教育考试管理与服务的专业化、规范化、精细化水平，进一步提升教育考试综合治理能力。

综合评价环节，通过各类 5G 教学终端和传感器实现对教师和学生在学习环节中信息的采集，同时辅助大数据技术对学生的情况、身体素质、美育等进行全过程的评价分析，实现学生的精准学习辅导；对教师的教学和师德等进行动态评价，促进教师素养的全面提升。

智慧校园环节，是以 5G、边缘计算、大数据为基础对校园工作、学习和生活进行一体化的智慧升级，将教学、科研、管理和校园生活进行充分融合。实现无处不在的网络学习、融合创新的网络科研、透明高效的校务治理、丰富多彩的校园文化、方便周到的校园生活。

区域教育管理环节，通过 5G、边缘计算、专网等技术，实现对区域内学校运行状态的实时监测，为管理机构提供学位资源、学情数据、应急事情的动态反馈，为教育主管部门提供教育管理辅助决策。

专栏：5G+教育领域实践应用

基于 5G 边缘计算的全息技术，学校可以将名师按 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。除实时教学外，全息软件亦能同步将老师的全息图摄录，以提供日后教学播放所用。收集的录播视频建造云端全息教育库，下载预先录制的全息教学内容并在个别的课堂上播放课程，只需一次录像就可以无限循环播放，务求达到高效高覆盖率。高校中大多科学研究离不开实验，如工程学、医学等学科，很多模型或人体实物依靠想象无法呈现出理想的效果。

中国联通将全息技术应用到北京邮电大学的智慧实验室中，在全息技术环境中使得实验室情景化、生动化和具有良好的交互性。全息技术突破了传统实验室对时间、空间以及其它方面的要求，较好解决了护理教学对时间、地点以及相关病例的条件限制。北邮的学生在全息实验室中反复训练时，不必担心真实操作带来的风险，从而可以减轻学生的心理压力，发挥出自己的真实水平。

5G 智慧教室正是利用 5G 超大带宽及低延时特性，结合 AI 赋能的视频压缩技术及音频处

理技术于一身的 4K 超高清视频通讯终端及云端服务系统，实现安全可靠、画质质量更高的精品直播课堂。通过 5G 网络环境一键实现 5G 超高清远程教育，极大提高学生沉浸式学习，提升教学能力，也展示了 5G 在“互联网+智慧教育”领域的重要价值。

利用 5G 超大带宽特性及 5G 超高清视频通讯终端，结合先进的视频压缩技术，5G+4K 智慧教室将多路 4K 视频信号进行编码传输到分发存储管理平台，再利用 5G 全息听课教室中的 5G 超高清视频通讯终端进行解码，显示对端老师讲课、学生听课及 PPT 画面。同时 5G 全息听课教室的 5G 超高清视频通讯终端将采集到的学生听课 4K 视频信号回传至分发存储管理平台，然后 5G 智慧教室中的超高清视频通讯终端进行解码，显示对端学生听课画面，实现 4K 超高清视频的双向互动。

中国联通和山东省合作在临沂共同建设 5G 美育乡村同步课堂，由山东艺术学院及其他省属 16 所艺术高校组成 5G 艺术教育联合体，打造 5G 美育乡村同步课堂、美育素质评价及美育大数据三种应用场景，实现乡村美育教育振兴和中小学美育素养提升。

3. 5G+智慧教育应用推广路径



图 3-82 5G+教育行业应用图谱

当前 5G+智慧教育应用呈现从移动性场景需求+新型教学应用的格局，向 5G 和教学及校园管理全面融合的格局方向发展，最终迈进全面数字化的新时代。

在短期内，利用 5G 对移动性场景的支持，率先满足校园巡检机器人、智慧校园移动终端等的接入需求，通过 5G 大带宽实现安防视频的实时回传，实现对校园的智慧管控；VR 虚拟实验教学可以通过 5G 专网和云边协同能力，把云端的教学内容资源推送至边缘云，由边缘云进行渲染后传送至 VR 终端，学生可以沉浸式的进行学习实验；智慧考务涉及考试的全链条，需要通过 5G 的广覆盖、大带宽满足考卷的监管、智能作弊行为分析等场景需求；此类业务可以在短期内实现规模化商用复制。

在中期，随着 5G、VR、大数据、人工智能等技术的发展，将实现和教育教学、校园管理等的全面融合。全息课堂、综合评价、区域教育管理、远程互动课堂等应用将从孵化期进入商用阶段，开始推动中国教育由传统模式向智慧化模式发展。

远期，教育和校园管理将迈入全面的数字化时代。数字孪生校园将为校园的管理提供全面感知、智能分析、智慧决策、智感安全等手段，校园管理将不再依赖人工，可以实现高水平的自主运行；而数字孪生教育将教学的全过程变得透明化、可量化、精准化、素质化，通过对学生和教师全面无感知的画像，提升学生的综合素质和教师的教书育人能力。

5G 融合应用规模化发展路径与建议

4.1 5G 技术向行业应用转化将经历四个阶段

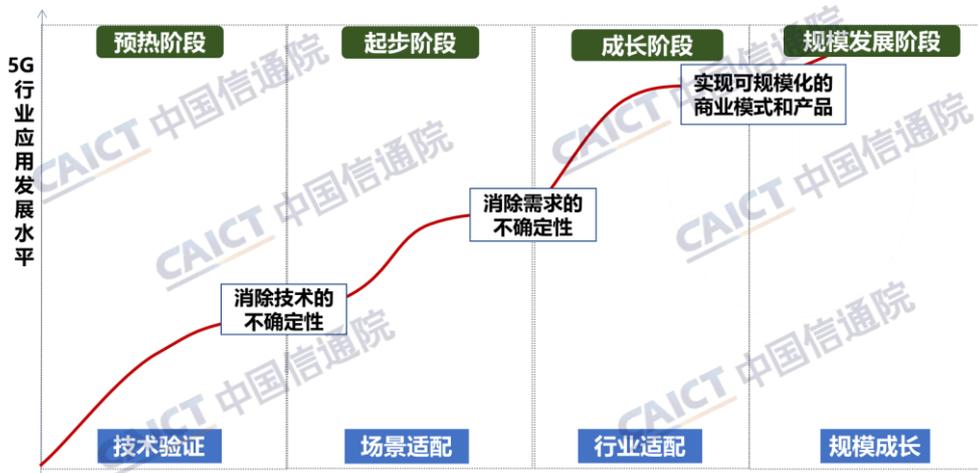
5G 应用的发展不能一蹴而就，5G 与行业的融合是一个渐进的过程，需要考虑 5G 自身发展规律、各行业数字化基础以及 5G 作为一项技术创新向行业应用转化的发展规律。

首先，5G 行业应用需与 5G 自身的发展规律相适应，5G 技术标准是分不同版本梯次导入的。回顾移动通信的发展历程，每一代移动通信标准都有一个基础版本。2018 年 6 月，第三代移动通信伙伴项目（3GPP）发布了第一个 5G 标准 R15，具备多方面基本功能，重点支持增强移动宽带业务。3GPP R15 版本是 5G 的基础版本，构建了统一空中接口和灵活配置的网络架构，重点面向增强移动宽带应用场景，并支持部分低时延高可靠场景，是支撑 5G 应用的重要基础。2020 年 7 月，R16 版本标准发布，从“能用”到“好用”升级，重点支持超高可靠低时延通信，满足实现车联网、工业互联网等应用需求。3GPP R16 版本标准是在 R15 版本基础上，支持完整低时延高可靠场景进行时间敏感网络服务增强，实现了工业互联网等低时延高可靠应用，并定义了高精度定位（米级）。R17 版本标准重点实现海量机器类通信，支持中高速大连接，计划于 2022 年发布。其次，5G 技术创新向行业应用转化遵循产业发展规律新技术产业化过程长、环节多，具有长期性、不确定性和高风险性等特点。新技术成果转化一般可以分为 、产业化四个阶段，其间从研究到开发阶段需要消除技术的不确定性，从开发到商业化的过程需要消除客户对需求的不确定，而从商业化到产业化则需要能够形成性能稳定、成本合理、商业可行的产品及解决方案，经过这三道难关，才能真正进入规模化阶段。

因此 5G 技术向行业应用转化，需遵循商业化和产业化规律，阶段性特征将更为明显，结合 5G 技术演进和新技术产业化规律，可分为四个阶段：

一是**预热阶段，进行技术验证**。在 5G 技术基础版本 R15 标准冻结后，5G 技术产品完成研发，并主要基于增强移动宽带和部分低时延场景开展技术验证。这一阶段的关键是尽快完成 5G 自身技术标准的商业化，5G 产业与行业开展初步合作，验证 5G 技术在行业应用的可行性，为后续奠定基础。

二是**起步阶段，进行场景适配**。5G 产业与各行业进入磨合期，消除技术的不确定性。行业龙头开始与 5G 产业深度合作，尤其是结合 R16 在低时延和定位场景共同探索 5G 应用场景和产品需求，进行大范围场景适配，筛选出一批具有商业化价值的产品和解决方案，开始小规模试点。5G 融合应用产业链雏形出现，产业链上下游开始初步合作。



来源：中国信通院

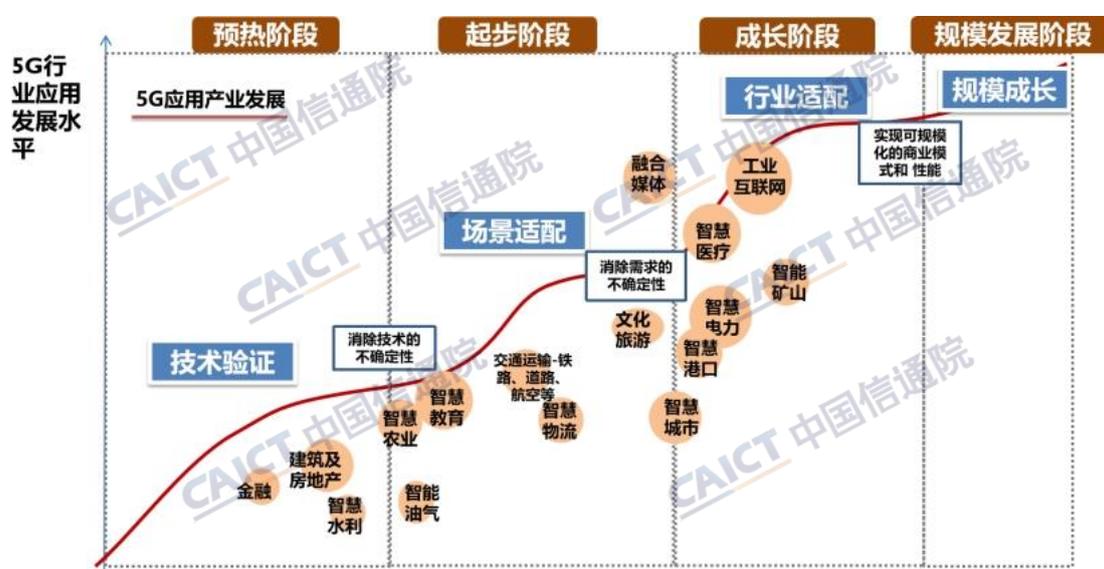
图 4-1 5G 应用发展阶段分析

三是**成长阶段，进行场景适配**。5G 融合应用进入商业探索阶段，重点开展行业场景适配，消除需求的不确定性。5G 行业应用的解决方案和产品不断与各行业进行磨合，进一步优化，产品开始小批量上市。同时，随着 5G 技术标准的逐渐演进，5G 产品形态更加丰富，与解决方案在行业中进行充分适配，应用商业模式逐步清晰。

四是**规模发展阶段，进入规模成长**。5G 融合应用在行业内可实现规模应用，相关产品实现规模量产，应用企业从龙头企业扩散到中小企业。在这一阶段 5G 与各行业融合障碍逐渐消除，随着基于 R17 版本标准商用落地，中高速、低成本的 5G 产品有望进一步满足行业个性化需求，关键产品及成熟解决方案批量上市，应用范围从龙头企业进入中小企业，对重点行业的赋能作用凸显。

4.2 不同行业的数字化水平和需求，决定 5G 技术创新扩散速度

对照 5G 应用整体发展规律，我国行业应用整体处于发展初期阶段。发展迅速的行业，如工业互联网、智慧矿山、智慧电力、智慧医疗、智慧港口等行业已步入成长阶段。5G 应用产品和解决方案不断与各行业进行适配磨合和商业探索，部分解决方案得到规模复制，实现小规模部署。现阶段，我国大部分行业正处于起步阶段，如文化旅游、智慧物流、智慧教育等行业，正在探寻行业用户需求，明确应用场景，开发产品并形成解决方案，进行场景适配。智慧城市和融合媒体等行业，行业需求正在逐步清晰，有望步入下一阶段。金融、水利等行业处于预热阶段，正在积极进行技术验证，逐步向起步阶段发展。如图 4-2 所示。



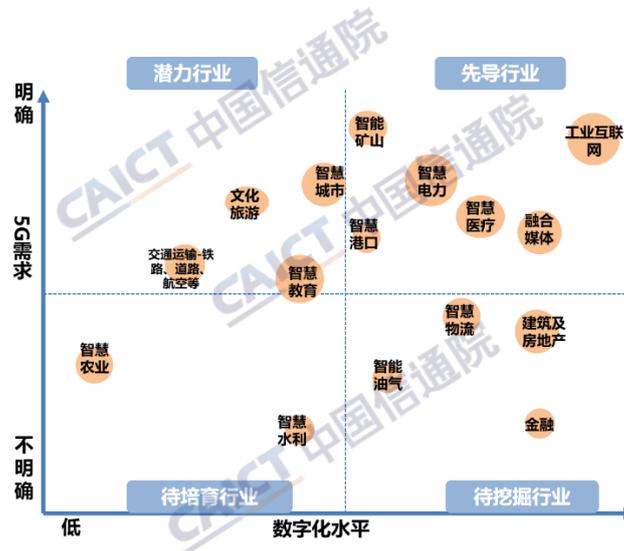
来源：中国信通院

图 4-2 5G 行业应用规模化发展重点行业所处阶段

考虑到各行业数字化水平和 5G 应用成熟度的水平，结合现阶段 5G 应用在行业内的整体发展情况，根据对重点领域应用的分析，将各行业划分为四类：先导行业、潜力行业、待挖掘行业和待培育行业，形成重点行业 5G 应用水平四象限图，如图 4-3 所示。

- **先导行业**的数字化水平较高，行业业务对 5G 的需求已经相对明确，5G 对行业数字化转型有一定成效，引领其他行业发展。
- **潜力行业**的数字化水平较低，但行业各方有意愿支付 5G 应用产生的资本，行业融合应用发展有潜力。
- **待挖掘行业**的数字化水平相对较高，有一定数字化基础，但行业对 5G 的需求不明确，需深入挖掘，有一定改造难度。

- **待培育行业**的数字化水平较低，且行业内对 5G 需求尚不清晰。目前我国发展迅速的先导行业，如工业制造、采矿等行业，已步入成长阶段，有潜力、待培育的行业，如教育、农业等行业，仍处于起步阶段。



来源：中国信通院

图 4-3 重点行业 5G 应用发展四象限图

4.3 5G 应用场景梯次导入，螺旋式上升实现规模复制

随着 5G 应用成熟度的不断提升，5G 应用将呈现出螺旋上升发展模式，如图 4-4 所示。5G 将不断与各行业深度融合，形成梯次落地路径：从网络替换应用、到技术融合应用、再到整合变革应用。网络替换应用满足通信能力，技术融合应用改变既有的业务模式，整合变革应用实现多系统、核心业务的赋能，从外围环节向核心环节延伸。因此，5G 必须与行业特有的技术、知识、经验紧密结合，以点带面、纵深推进重点行业规模化应用。应用场景分梯次导入并不断丰富完善的过程，需持续孵化更多应用，并在根据不同阶段特点加强引导。

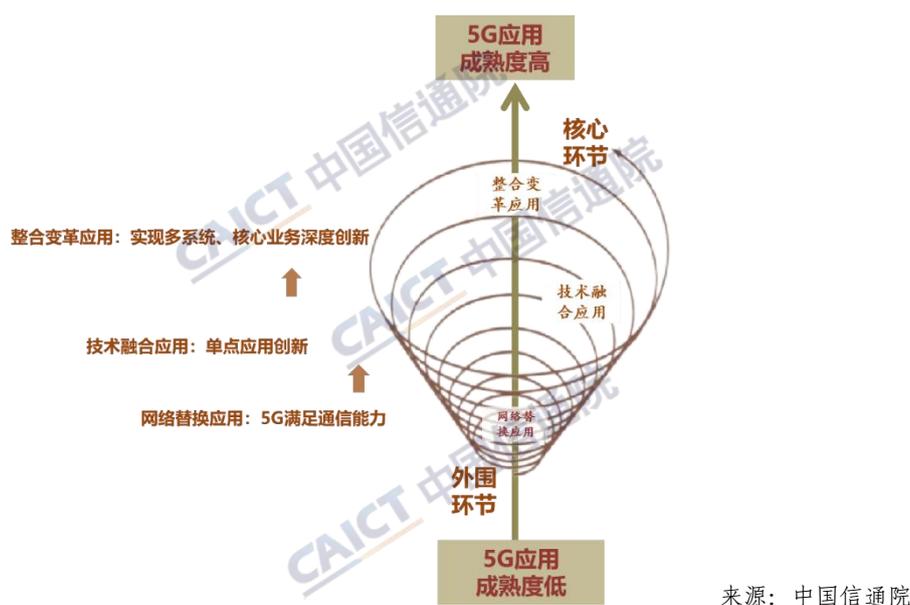


图 4-4 5G 行业应用规模化发展螺旋式上升发展模式

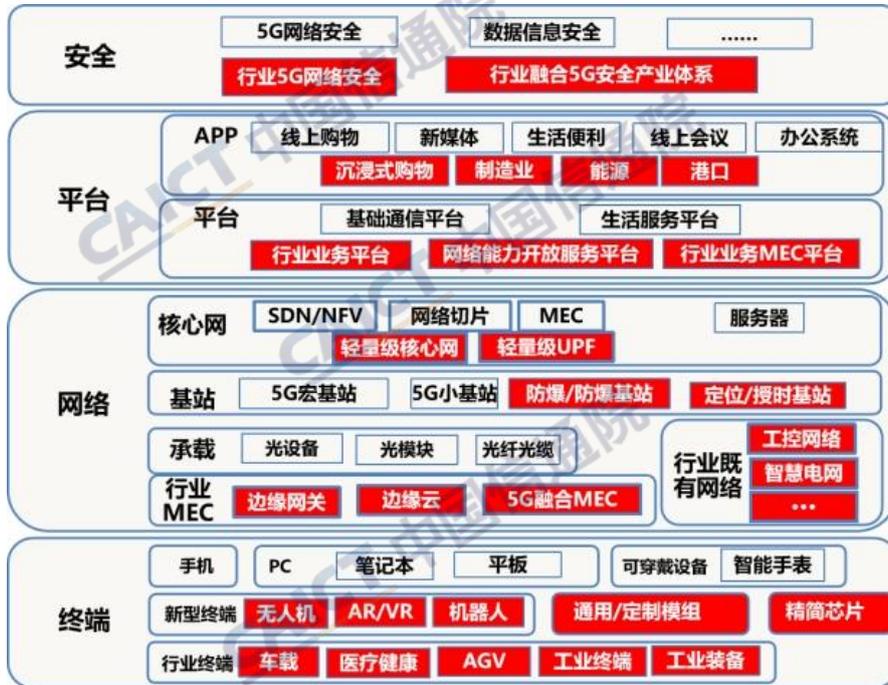
4.4 5G 与行业深度融合，促进产业链扩充形成新体系

5G 是我国移动通信产业数十年创新积累的集中体现。从 1G/2G 时代我国移动通信产业开始起步，到 3G 时代我国初步构筑覆盖系统、终端、芯片、仪器仪表等核心环节的产业链，再到 4G 我国主导的 TD-LTE 国际标准占据全球半壁江山，我国移动通信产业打下了坚实的技术和全产业链基础。借助这一基础，我国 5G 产业只用了一年的时间就实现了从标准冻结到商用产品成熟的过程，基于 R15 标准的基站设备和终端设备等可以快速实现批量上市，为 5G 的大规模商用提供了有利的产业支撑。

同时，5G 正在与实体经济深度融合，不断提高各行各业数字化、网络化、智能化水平，加速构成数字经济新业态新模式。随着 5G 产业链体系的逐步成熟以及千行百业对 5G 需求的不断增长，5G 与行业的融合更加紧密，促进安全、平台、网络、终端等领域的全方位变革，在原有 5G 产业基础上，催生了 5G 行业应用产业新的分支，推动形成了新型产业体系。

在网络层面，为满足千行百业的多样化需求，5G 网络发展具有如下趋势：一是行业 5G 网络需实现定制化。随着各行业逐步开展 5G 应用实践，不同行业不同场景下的 5G 网络需求越来越明确，根据行业业务承载需求和原有业务框架构建的 5G 行业虚拟专网网络模板逐步完善。二是轻量化 5G 网络设备打开产业竞争新局面。由于部分领域对网络安全、管理控制等具有极高要求，选择专网形式进行部署。若部署类似于公网中的完备核心网，其作用和软件功能非常庞大且复杂，导致很高的技术门槛和昂贵的价格。故考虑到行业专网的需求本质是希望建设一张可

独享、安全可靠、低成本的 5G 轻量化核心网，网络将根据行业需求进行精简及增强。



来源：中国信通院

图 4-5 5G 新型产业体系

在终端层面，5G 芯片、模组、终端未来发展的趋势有两点。一是降成本成为关键，芯片精简化、模组分级分类成为趋势。在芯片层面应推动精简化设计标准，推进 RedCap 产业落地。在模组层面应深度融合行业特性，分级分类有效整合。面向规模市场推广通用型精简化模组，面向行业定制化市场推广定制型功能增强模组。而 5G 终端应兼容通用和特色属性，技术产业双轮驱动，分阶段梯次引领规模化发展。二是终端设备呈现多样化、智能化。不断创新的应用场景催生了无人机、机器人、直播背包等大批量新增类型 5G 终端的诞生。与此同时，具备定位、授时、防爆等功能特性的面向特殊行业专属需求的 5G 终端也在矿山、钢铁、油气、电力等行业发挥了重要作用。

在平台层面，基于平台或 APP 的融合应用解决方案成为新生核心环节及各企业争夺焦点。5G 融合应用需要依托并聚合“云、网、行业应用”，构建综合性解决方案，通过大数据、云计算、人工智能，形成数据资产成为生产关键要素，并在生产的各个环节中加速流通，作为企业生产、销售、决策的重要依据。因此，未来的 5G 综合性解决方案将依托平台或 APP，将商品设计、上架、商品订购、服务开通、企业自服务、SLA 网络监控等网络能力标准化，对外提供调用接口，供行业合作伙伴集成和应用。同时依托运营商自研公有云、合营云或第三方公有云，使其

作为 5G 行业应用平台基础设施底座，并通过云带来用户和行业生态聚合。

在安全层面，5G 网络安全需依据行业需求增强，并与行业自有安全体系融合。需要分行业、分场景结合 5G 垂直领域各自特点，针对性地部署满足行业差异化需求的安全解决方案，提升垂直行业应用安全水平。

4.5 商业模式初具雏形，生态价值逐渐凸显

经过 3 年多的探索和磨合，我国 5G 行业应用从“1”到“10”，不断走深向实，部分先导行业在各行各业形成了一批典型应用场景，产业链上下游也开始初步合作，5G 行业应用价值逐步明确。现阶段 5G 行业应用的商业模式初步形成五种形式，分别是基于设备的商业模式创新、基于网络资源的商业模式创新、基于云平台的商业模式创新、基于解决方案的商业模式创新、以及基于行业优势的商业模式创新。后续需要各参与者以价值创造为核心，继续探索形成可持续发展的商业模式新业态。

- 基于设备的商业模式创新

对于通信设备制造厂商，以往是通过设备的销售和服务来参与市场竞争。在 5G 时期设备商围绕通信设备进行拓展，向上拉通整合资源，积极参与到 5G 应用规模化发展浪潮中。例如华为公司今年组建了“五大军团”，将以通信设备为切入点，通过军团作战打破组织边界，做深做透一个领域并对商业成功负责，成为其自我革新的重要形态。

- 基于网络资源的商业模式创新

在当前的行业应用市场中，网络资源的主要提供者是运营商。5G 时代需求个性化、碎片化现象明显，单一网络流量服务的商业模式已经不能满足客户需求，电信运营商需重新设计网络产品和商业模式。在此背景下，中国移动在通用网络基础上，结合 MEC 部署、专有切片等增值功能，实现基础网络（Basic）和增值功能（Advanced）的个性组合（Flexible），即“BAF 多量纲”报价结构。在“BAF 多量纲”商业模式下，一方面客户可以实现按单点菜，使用更便捷，运营商也提供定制化分级权益体验，服务更加贴心；另一方面该模式支持带宽、速率、连接数等多维度收费模式，计费更灵活，更容易被用户所接受。

- 基于云平台的商业模式创新

5G 技术的突破，不仅改变了网络产品和服务，还对云计算及平台带来了革新。在 4G 时代，数字化应用技术架构为客户端/服务器两级架构，云、网、端三者界限明晰，各司其职。5G 的商用推动云网协同，5G 的低延时、大带宽能力，往往需要网络与云计算、平台进行协同才能发

挥作用。云服务公司、互联网公司等在沿用既有成熟商业模式的同时，也在积极探索新型商业模式。例如腾讯与运营商正在开展深度合作，基于自己的云和平台优势发挥 5G 网络能力，在电竞、视频等领域开展商业模式创新，云网协同创新的模式已经初现雏形。

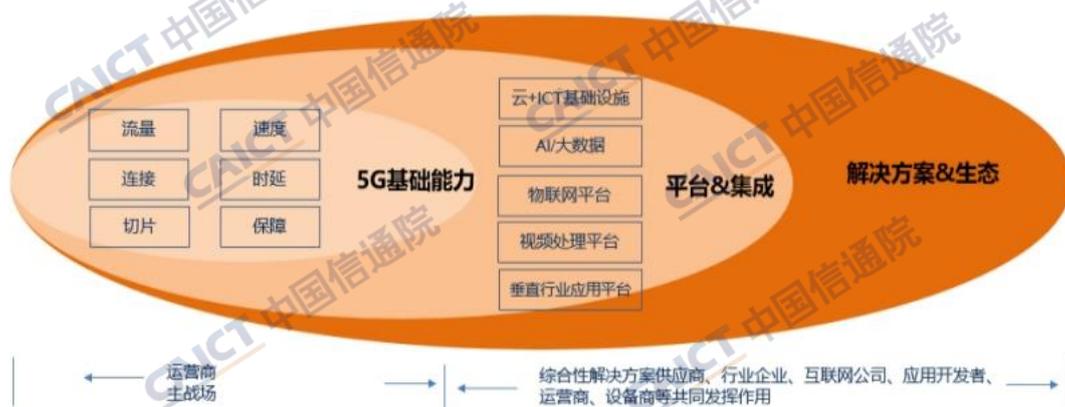
- 基于解决方案的商业模式创新

基于解决方案的商业模式是目前业界关注度最高、争夺最为激烈的领域，行业用户需要 IT+CT+OT 融合后的综合性解决方案。5G 时代端到端的解决方案供应商将大放异彩，成为面向客户的“链主”角色。未来 5G 行业应用解决方案服务商，集成云、网、端、边、用等各要素，为行业用户提供端到端的服务。同时细分行业解决方案供应商由于往往体量较小，能变通采用多种、灵活的交易模式创新改善商业模式。例如在矿山行业，河南跃薪作为矿山综合性智慧无人矿山整体解决方案供应商，在不同的项目中，通过收取运营经费、按开采矿石比例提成等不同模式进行计费。

- 基于行业优势的商业模式创新

行业应用企业发挥知识经验优势，利用 5G 技术和云边端新平台体系，形成新的产品和服务创新，是 5G 应用创新的重要体现。例如柳工机械开发的 5G 智能遥控装载机与挖掘机，初期主要是考虑高温、高尘、高危等恶劣工作场所使用，通过成规模、多站点和连续覆盖的 5G 网络，5G 远程遥控装载机与挖掘机和操作仓之间可以建立高带宽、低延时的数据传输通道，不仅可以延长无人驾驶装载机或挖掘机行驶的距离，还可以实现高清数据图像的同步实时回传和互控。同时，柳工机械联合中国电信、华为构建了一套集“端网云服务”于一体的业务系统。通过引入电信运营商 5G+MEC、AI、云和大数据等先进技术，工程师在实施远程操控重工机械的同时，对远程图像分析，时延低至 20ms，连接率高达 99.999%。

我们可以看到，目前各市场参与者均在进行 5G 行业应用商业模式的创新，但未来各方之间需要充分合作，形成完整的解决方案。与生态系统相关方建立多重合作伙伴关系将是 5G 商业模式成功的关键要素之一。产业各方已经意识到打造高效、融合生态系统的重要性，需尽快形成“团体赛”模式。未来需要开放网络能力和平台接口，吸引更多玩家，尽快做大基本面，为 5G 融合应用引流，加强生态伙伴之间的信任和默契。这个过程可能比较长，需要不断培育和优化。



来源：中国信通院

图 4-6 5G 产业链各方优势分析

4.6 5G 融合应用规模化发展建议

目前我国 5G 应用发展总体处于发展阶段，推进规模化发展主要存在以下问题：一是应用深度不足。我国行业众多，各行业、各企业数字化水平和发展阶段不同，需求和问题差异性大，与行业的技术、设备、流程等融合深度不足，需借助国家、行业和地方力量做深做实。二是整体生态能力不足。5G 生态系统比 4G 生态系统更加复杂，创新协同难度加大。我国原始创新能力薄弱，构建产业生态的基础不足，创新要素的基础存在短板（技术要素、资金要素等）。企业构建生态能力不足，能力开放、利益让渡、构建生态的意识不强。三是联动协同效应不足。各行业虽然发展阶段、程度不一，但路径、经验以及通用化产品级能力是可复制的，需要行业间协同、行业间推广，目前缺少机制。对此，推动 5G 应用规模化发展主要建议如下：

一是要建立推进体系。国家层面，通过顶层设计，持续施加“源动力”。围绕“扬帆”行动计划，形成国家层面牵头的跨部委工作机制，持续加强并完善 5G 应用推广政策体系建设和评估。行业层面，推动跨行业经验交流合作机制，通过先导行业总结经验、知识，提炼共性技术/平台，逐步向其他行业传递等。其他行业吸收环境中产生的巨大的放大、增长效应，全面赋能落实业务，通过国家牵引，形成行业间“发展共振”。地方层面，推动央地联动，构建跨部门、跨行业、跨领域协同联动的机制，做好标准、产业、建设、应用、政策等方面有机衔接，形成政府部门引导、龙头企业带动、中小企业协同的 5G 应用融通创新模式，促进 5G 融合应用加快落地。通过 5G 应用引领区，结合地方产业经济特色，推动行业应用走深向实。

二是重点行业分类施策。我国行业数字化水平参差不齐，需求差异性大，个性化更为突出，推进 5G 应用规模化发展必须一个行业接着一个行业推广，持久发力。对于先导行业，做深上量。抓住能源、工业等重点行业，集中力量进行技术攻关，推动行业标准，加强 5G 应用深度。通过

专项资金等不断降低成本，形成可以速复制和推广的解决方案，以量变带动质变。打通商业模式闭环，与行业龙头携手创建产业生态。对于潜力行业，应加强 5G 应用试点示范。与行业主管部门合作，创造良好发展环境。推广优秀案例和试点项目，加大宣传和推广力度。持续丰富场景，明确需求，推动重点应用规模复制。对于待培育行业，应持续孵化和培育应用场景，引入低成本、易部署、难度低的解决方案，持续开展试点示范。对于待挖掘行业，鼓励开展行业合作，推动技术和场景适配。引入先导和潜力行业的成熟技术、解决方案及成功经验，加速 5G 需求挖掘。

三是重点应用梯次导入。推进 5G 应用规模化发展，要立足我国国情，结合 5G 标准客观发展规律和行业数字化转型需求，走出中国特色的 5G 行业应用推进路线。5G 必须与行业特有的技术、知识、经验紧密结合，以点带面、纵深推进重点行业规模化复制应用。联合产业各方，由浅入深、循序渐进，由生产监测、远程服务、智慧物流等基础环节向数字化研发精准控制等关键环节延伸，成熟一批、推广一批、复制一批，最终通过示范引领促进行业应用规模化落地。探索形成先导行业试点孵化应用场景，梯次向有潜力、待培育行业渗透推广，带动 5G 与需求待挖掘行业深度融合的发展模式，助推行业应用形成规模化发展正向循环。

四是建设应用产业大生态。5G 应用产业生态涉及角色众多，需优化现有合作机制，照顾各方利益，打造“共生、互生、再生”的 5G 产业生态圈。鼓励商业模式创新，开展优秀商业实践评选。推动运营商、设备商、行业解决方案提供商建设基于生态的运营模式，探索能力开放和共性能力平台建设。持续推动解决方案供应商培育工作，鼓励龙头企业孵化创新能力强、带动效应明显的领先供应商。先锋企业在此期间应充分发挥担当作用，凝聚产业链上下游多方主体广泛参与，各方优势互补，开展“团体”合作，打通技术、标准、产品、方案等各环节，持续推动形成 5G 应用的大融合、大生态。

主要贡献单位

牵头单位



参与单位



