

白皮书
2019-10

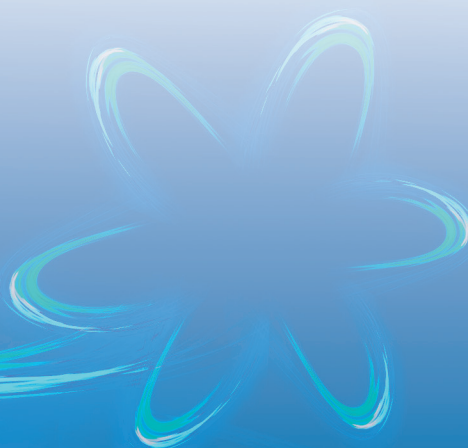
CAICT
中国信通院

IMT-2020
IMT-2020 (5G) 推进组

5AIA

5G 应用创新发展白皮书

2019 年第二届“绽放杯”5G 应用征集大赛洞察



目录

1 5G融合应用发展态势	P1
2 第二届"绽放杯"5G应用征集大赛项目洞察	P5
3 十大重点应用领域分析	P15
4 5G融合应用的挑战与发展建议	P46
5 主要贡献单位	P48

1 5G融合应用发展态势

1.1 全球多个国家加速推进5G应用

全球5G应用整体处于初期阶段。根据中国信息通信研究院监测，截至9月30日，全球135家运营商共进行或即将进行的应用试验达到391项。AR/VR、超高清视频传输（4K或8K）、固定无线接入是试验最多的三类应用。在行业应用中，车联网、物联网、工业互联网受到广泛关注。整体来看，全球5G应用整体处于初期阶段，主要应用场景是增强型移动宽带业务，行业融合应用仍在验证和示范中。

美国家庭宽带成为最受关注的5G应用之一。美国四大移动运营商全部商用5G，在若干个重点城市推出服务，覆盖城市重合度高，相继推出5G固定无线接入的服务；在工业互联网方面，AT&T正在探索基于4K视频的安全监测、AR/VR员工培训及定位服务；与此同时，美国也在尝试5G与VR/AR用于医疗领域，帮助临终患者减少慢性疼痛和焦虑等。FCC通过采取一些举措促进5G技术向精准农业、远程医疗、智能交通等方面的创新步伐，如设立204亿美元的“乡村数字机遇基金”等。

韩国出台5G战略，引领5G用户发展。韩国“5G+”战略选定五项核心服务和十大“5G+”战略产业，其中五项核心服务是：沉浸式内容、智慧工厂、无人驾驶汽车、智慧城市、数字健康。在商用进展方面，韩国运营商针对VR、AR、游戏推出基于5G的内容和平台活动。截至2019Q3，韩国5G用户数超过300万，占据全球5G商用大部分市场份额。韩国用户发展速度快主要得益于运营商加速建网，手机高额补贴，内容应用丰富，提速不提价。

欧盟5G应用涵盖工业互联网及其他多种应用场景。欧盟于2018年4月成立工业互联与自动化5G联盟（5G-ACIA），旨在推动5G在工业生产领域的落地。欧盟5G应用试验涉及工业、农业、AR/VR、高清视频、智慧城市、港口等多场景。英国伍斯特郡5G工厂探索使用5G进行预防性维护、远程维修指导等应用；德国电信在汉堡港的船舶上安装了5G传感器以支持实时传输行驶轨迹和环境数据，还将交通灯接入5G网络，远程控制交通流量；俄罗斯运营商MegaFon旨在开发智能城市、物联网、VR/AR等5G应用试点项目。

1.2 我国搭建5G应用产业创新平台

我国举办5G应用大赛，培育5G应用生态。工业和信息化部连续两年举办“绽放杯”5G应用征集大赛，孵化一批5G特色应用。2018年成功举办首届大赛，共收到参赛项目330多个，参与单位189家，涵盖基础运营企业、互联网企业、科研院所等产业界各方力量，并发布了《“绽放杯”5G应用征集大赛白

皮书》，得到了业界的广泛关注和支持；2019年1月启动了第二届“绽放杯”5G应用征集大赛，陆续举办了浙江、上海、江苏、四川和广东等区域赛事，以及智慧城市、智慧生活、智慧工业、智慧医疗、智媒技术、云应用、车联网和VR/AR八个专题赛，共收到参赛项目3731个，项目数量是2018年的10倍，参与单位超过1000家，覆盖了26个省（区、市）。2019年6月21日，在工业和信息化部指导下，中国信息通信研究院牵头成立了5G应用产业方阵，立足于搭建5G应用的融合创新平台，解决共性技术产业问题，形成5G应用产业链协同，实现5G应用的孵化与推广，促进5G应用蓬勃发展。

全国各省市纷纷布局5G，5G应用成为关注重点。北京、浙江、重庆、江西等地方政府积极出台5G指导文件，强化政策保障。据统计，截至2019年9月底，我国各省市共出台5G政策文件累计40余个。包括发展规划、行动计划、实施方案、基站规划建设支持政策等，积极推进5G网络建设、应用示范和产业发展。相比于2018年5G政策侧重产业发展和网络建设，2019年出台的政策将5G应用发展作为重点。此外，各地纷纷成立5G有关产业联盟和研究机构，为5G发展搭建合作平台和创新平台，截至2019年9月底，我国共成立省市级5G联盟累计50余个。

我国电信运营企业在重点城市、典型领域开展应用示范。中国移动成立了5G联合创新中心，汇聚400余家成员单位，其“5G+”计划提出面向工业、农业等14个重点行业进行5G应用开发，面向大众重点开发5G超高清视频、5G快游戏等应用；中国联通网络研究院设立了5G创新中心，下设新媒体、智能制造、智能网联、智慧医疗、智慧教育、智慧城市等10个行业中心，并编制六大行业5G工作指引。中国电信积极开展5G+云创新业务、5G+行业应用和5G+工业互联网三方面5G示范应用，包括智慧警务、智慧交通、智慧生态、智慧党建、媒体直播、智慧医疗等共10大行业。

1.3 5G融合应用为经济发展注入新活力

作为通用网络技术，5G将全面构筑经济社会数字化转型的关键基础设施，5G与垂直行业的融合应用将孕育新兴信息产品和服务，改变人们的生活方式，促进信息消费，并逐步渗透到经济社会各行业各领域，重塑传统产业发展模式，并拓展创新创业空间。

一是5G应用能够显著促进信息消费。5G将实现人与人、人与物、物与物的广泛连接，不仅直接推动5G手机、智能家居、可穿戴设备等产品消费，还可培育诸如超高清视频、下一代社交网络、VR/AR浸入式游戏等新型服务消费。根据中国信息通信研究院测算，预计2020到2025年，带动新型信息产品和服务消费超过8万亿元。

二是5G应用能够有效带动产业发展。5G与云计算、大数据、人工智能等技术深度融合，将支撑传

统产业研发设计、生产制造、管理服务生产流程的全面深刻变革，助力传统产业优化结构、提质增效。通过产业间的关联效应和波及效应，将放大5G对经济社会发展的贡献，带动国民经济各行业、各领域实现高质量发展。预计2020—2025年期间，我国5G商用间接拉动的经济总产出约24.8万亿元，间接带动的经济增加值达8.4万亿元。

三是5G应用将拓展创新创业新空间。5G促进应用场景从个人消费领域拓展至行业生产服务领域，除带动信息产业就业机会以外，还将创造大量具有高知识含量的就业机会，比如，5G将催生工业数据分析、智能算法开发、行业应用解决方案等新型信息服务岗位，并培育基于在线平台的灵活就业模式。据测算，到2025年，5G将直接创造就业岗位超过300万个。

1.4 5G融合应用逐渐构建“3+4+X”体系

5G融合应用体系包括3大应用方向、4大通用应用和X类行业应用。随着商用进程全面开启和网络建设加速推进，5G与垂直行业的融合应用成为未来发展的关键所在。2019年我国5G应用在广度、深度、技术的创新性等方面都有一定的进步。各地方各行业5G创新应用百花齐放，一些应用逐渐从单一化业务探索、试点示范阶段进入体系化应用场景、复制推广阶段。从应用方向上看，5G应用包括产业数字化、智慧化生活、数字化治理三大方向；5G通用应用（即未来可能应用于各行业各种5G场景的应用）包括4K/8K超高清视频、VR/AR、无人机/车/船、机器人四大类；5G应用到工业、医疗、教育、安防等领域，还将产生X类创新型行业应用。

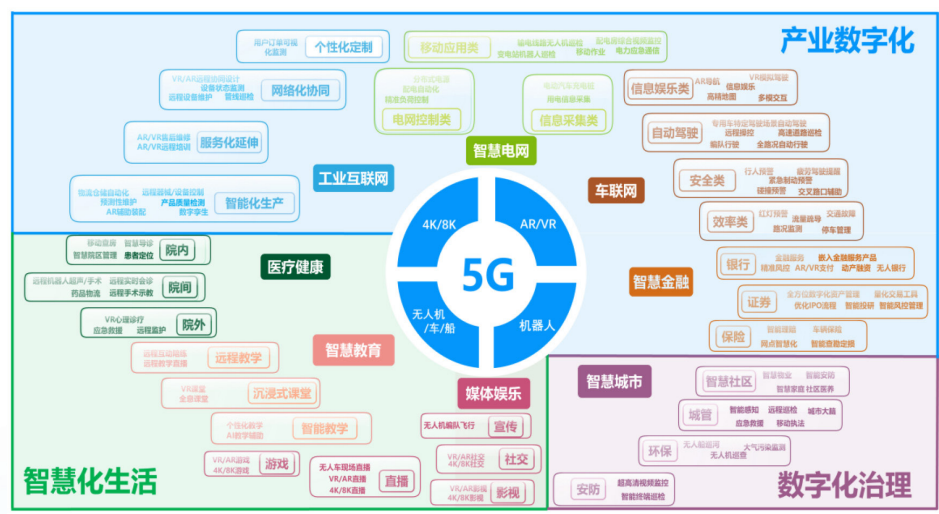


图1-1 5G融合应用体系图

5G融合应用体系包括产业数字化、智慧化生活、数字化治理三大方向。一是智慧化生活方面，5G不仅支持4K/8K超高清视频、VR/AR、云游戏等文体娱乐业务，提供“不卡不顿不转圈”的观影体验和“身临其境”的沉浸式体验，还带来智能家居、云桌面等新的生活工作方式；二是在数字化治理方面，5G通过给城市管理、照明、抄表、停车、公共安全与应急处置等行业带来新型智慧应用，提升社会治理能力和效率；三是在产业数字化方面，5G与工业、医疗、交通、金融、教育等行业融合发展，融入到研发、生产、管理、服务等环节，可满足人、物、机器等各要素之间全连接，实现泛在深度互联和个性化定制，通过重塑传统产业发展模式，使行业变得更加数字化、网络化、智能化。

5G融合应用体系包括4K/8K超高清视频、VR/AR、无人机/车/船、机器人四大类通用应用。在能力增强方面，5G可支持未来视频图像分辨率向4K/8K演进，推动视频采编传播等多环节变革；5G云VR/AR借助云端渲染能力，在降低对终端硬件要求的同时提升沉浸体验；5G为网联无人机/车/船赋予实时超高清图传、远程低时延控制、永远在线等重要能力，提升运行效率；5G+机器人云端大脑通过共享计算、存储、数据和智能，可降低成本，助力机器人规模化部署。从应用范围来看，该四类应用正逐步成为各个行业应用的重要组件，如4K/8K超高清视频广泛应用于赛事直播、工业检测、远程医疗会诊、安防等领域，VR/AR支持游戏、教育、培训、影视、金融、医疗等领域创新型应用，无人机/车/船、机器人扩大了工业、交通、医疗、环保、安防、物流等行业的服务范围，提高了智能化水平。

5G融合应用体系包括工业互联网、医疗健康、智能电网、智慧金融、智慧城市等X类创新型应用。一是5G应用与各个领域融合都将产生新的应用场景，包括支持5G远程工业控制、质量监测、环境监测等业务，渗透到输电线路巡检、变电设备及环境监测、用电信息采集等电力各个环节，支持远程手术、移动查房、应急救援等医疗应用，优化和创新现有的金融服务模式及体验，实现精细化城市管理和移动安防巡检、生态环境监测等。二是5G将与其他新一代信息技术深度融合，创造并发挥巨大的价值，由于5G大带宽和低时延特性，很多业务场景将由本地转向云端，数据采集量急剧增长，基于大数据分析和机器学习，将促进人工智能加速发展，给新产品、新业务、新模式带来无限想象空间。

2 第二届“绽放杯”5G应用征集大赛项目洞察

2.1 第二届“绽放杯”5G应用征集大赛主要成果

2019年第二届“绽放杯”5G应用征集大赛（以下简称“第二届‘绽放杯’大赛”）共收到参赛项目3731个，涌现出大量新产品、新业态和新模式。经过网络投票、区域赛、专题赛、初审、复赛、决赛等环节层层选拔，最终评选出一等奖10名、二等奖20名、三等奖30名、优秀奖60名，以及最佳人气奖30名。

表2-1 “绽放杯”决赛项目情况表

序号	项目名称	申报单位	应用领域
1	5G+智慧医联体创新基地	东软汉枫医疗科技有限公司、中国医科大学附属盛京医院、辽宁省人民医院、中国联合网络通信有限公司辽宁省分公司、中国移动通信集团辽宁有限公司	医疗健康
2	5G 赋能民用飞机制造综合解决方案	上海飞机制造有限公司、中国联合网络通信有限公司上海市分公司	工业互联网
3	5G 全媒体平台应用	中国联合网络通信有限公司网络技术研究院、北京中科大洋科技发展股份有限公司、杭州雅颐科技有限公司	文体娱乐
4	5G 通信技术在智能电网中的应用	中国南方电网电力调度控制中心、中国移动通信有限公司政企客户分公司、中国移动通信集团广东有限公司、华为技术有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、深圳供电局有限公司、中国移动通信有限公司研究院	智能电网
5	5G 医疗切片网络支持下的机器人远程手术公共服务和大数据云平台在北京积水潭医院的应用	中国电信股份有限公司北京分公司、华为技术有限公司、北京积水潭医院、北京天智航医疗科技股份有限公司	医疗健康
6	5G 远程急救指挥中心	浙江大学医学院附属第二医院、中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司、华为技术有限公司、浙江融创信息产业有限公司、杭州迅蚁网络科技有限公司、杭州川核科技有限公司	医疗健康
7	5G 智能车间	中国移动通信集团浙江有限公司嘉兴分公司、新凤鸣集团股份有限公司、中兴通讯股份有限公司	工业互联网
8	基于 5G MEC 的海尔智慧工厂端边云协同体系及应用	中国移动通信有限公司政企客户分公司、青岛海尔工业智能研究院有限公司、海尔数字技术服务平台、中国移动通信集团山东有限公司、华为技术有限公司、杭州汇萃智能科技有限公司、亮风台（上海）信息科技有限公司	工业互联网
9	基于 5G 边缘云的智能网联 AGV	三一重工股份有限公司、中国电信股份有限公司北京分公司、中国电信股份有限公司北京研究院、华为技术有限公司	工业互联网

表2-1 “绽放杯”决赛项目情况表续1

序号	项目名称	申报单位	应用领域
10	实践 5G 边缘计算，构建 TCL 新型智慧产业园	中国移动通信集团广东有限公司、TCL 集团股份有限公司、华为技术有限公司、中国移动上海产业研究院、TCL 王牌电器（惠州）有限公司、格创东智（深圳）科技有限公司、中国移动通信集团公司政企事业部工业能源行业拓展部、旭鑫智能技术有限公司	城市管理
11	5G CLOUD VR	中国移动通信集团浙江有限公司、华为技术有限公司	文体娱乐
12	5G+VR 新生儿探视项目	中移（成都）信息通信科技有限公司、四川大学华西第二医院、中国移动通信集团四川有限公司成都分公司、深圳创维新世界科技有限公司	医疗健康
13	5G 航空互联网应用	北京多尼卡空联技术有限公司、深圳市多尼卡航空电子有限公司、合肥岭雅科技有限公司、深圳市航电技术研究院、北京长煜科技有限公司	工业互联网
14	5G 机器人义警	中国电信股份有限公司深圳分公司、深圳市公安局宝安分局黄田派出所、深圳市优必选科技股份有限公司、深圳市德特科技有限公司	公共安全与应急处 置
15	5G 使能智慧零售	中国移动通信集团江苏有限公司、中兴通讯股份有限公司、苏宁易购集团股份有限公司	仓储物流
16	5G 网联无人机构建梦想小镇新物流	中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司、杭州迅蚁网络科技有限公司	仓储物流
17	5G 云端机器人及融合智能在智慧亚运的应用	达闼科技有限公司、中国移动通信集团浙江有限公司、中国移动通信集团雄安产业研究院	文体娱乐
18	5G 智慧钢厂	中国移动通信集团广东有限公司韶关分公司、宝武集团广东韶关钢铁有限公司、爱立信（中国）通信有限公司、中国移动通信集团广东有限公司	工业互联网
19	5G 智慧公交车辆	浙江吉利新能源商用车集团有限公司、数源科技股份有限公司、中国移动杭州分公司、华为技术有限公司、中移智行网络科技有限公司	智慧交通

表2-1 “绽放杯”决赛项目情况表续2

序号	项目名称	申报单位	应用领域
20	5G 智慧矿山	中国移动通信集团山西有限公司、山西维度空间信息科技有限公司、山西汾西正晖煤业有限公司、中国移动通信集团山西有限公司忻州分公司、华为技术有限公司、青岛慧拓智能机器有限公司、中国移动通信集团山西有限公司	工业互联网
21	5G 智能交通示范小镇	中国移动通信集团天津有限公司、天津卡达克数据有限公司	智慧交通
22	AI+AR 智能眼镜	中国联合网络通信有限公司网络技术研究院、北京亮亮视野科技有限公司	文体娱乐
23	CBA 体育赛事 5G VR 直播和体验	中国移动通信集团广东有限公司东莞分公司、中国移动通信集团广东有限公司规划技术部、银河威尔科技（北京）有限公司、华为技术有限公司	文体娱乐
24	东莞分级诊疗项目	中国移动通信集团广东有限公司东莞分公司、中国移动通信集团有限公司研究院、东莞市中医院、东莞市卫生健康局、松山湖社区服务中心、东莞市第三人民医院	医疗健康
25	二青会 5G 场馆多视角赛事直播	中国移动通信集团山西有限公司、中兴通讯股份有限公司	文体娱乐
26	杭叉集团远程驾驶叉车	中国电信股份有限公司杭州分公司、杭叉集团股份有限公司、浙江大学控制科学与工程学院、华为技术有限公司	工业互联网
27	基于 5G 的远程虚拟现实医疗康复项目	杭州心景科技有限公司、中国移动通信集团浙江有限公司杭州分公司	医疗健康
28	基于 5G 手机的强交互云化虚拟现实解决方案	北京凌宇智控科技有限公司	文体娱乐
29	江苏仪一联合智造 5G 智慧园区	中国电信股份有限公司镇江分公司、江苏仪一联合智造有限公司、华为技术有限公司	城市管理
30	能源系统 5G 智能控制应用方案	中国移动通信集团广东有限公司东莞分公司、广州云山节能环保科技有限公司	智慧能源

2.2 行业应用围绕三大方向进行创新发展

5G与各行业广泛融合，行业应用新模式不断涌现。随着我国正式发放5G商用牌照，5G与工业、交通、医疗、文娱、教育等各行业进一步融合赋能。第二届“绽放杯”大赛的参赛项目中，产业数字化、智慧化生活、数字化治理三大应用方向占比分别为46%、35%、19%。行业应用方面，医疗健康、公共安全与应急处置、智慧交通、工业互联网、文体娱乐等领域的项目数量位居前列。行业应用的新产品、新业态和新模式不断涌现，促进传统产业转型升级。

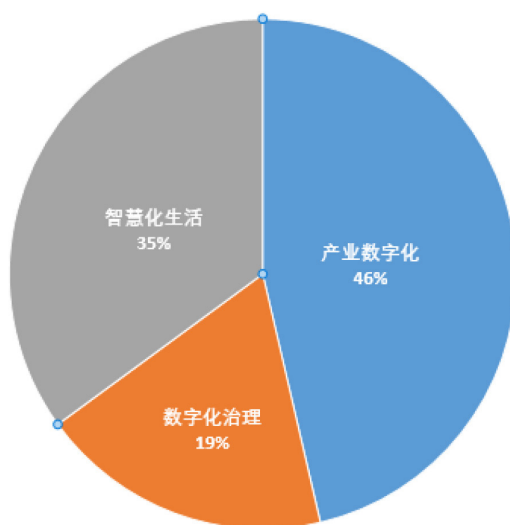


图 2-1 第二届“绽放杯”大赛三大应用方向占比情况

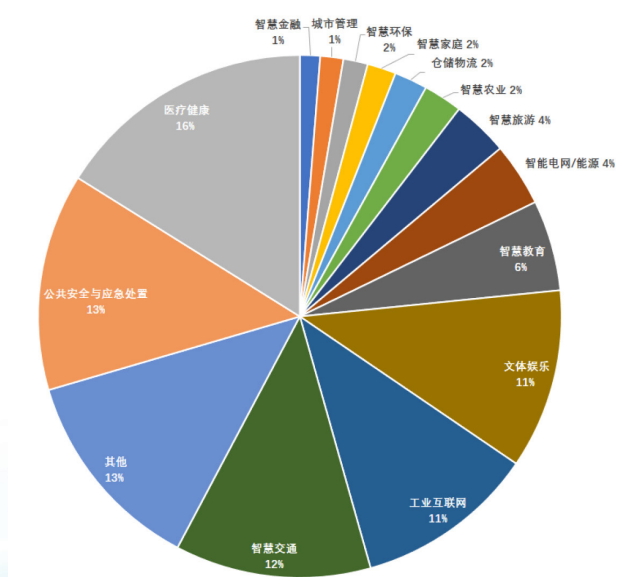


图 2-2 第二届“绽放杯”大赛行业应用占比情况

2.3 医疗健康、工业互联网等将成5G先锋应用领域

医疗健康、工业互联网等将成5G应用先锋行业。2018年第一届“绽放杯”大赛中，智慧交通、医疗健康、公共安全与应急处置领域参赛项目位列前三。今年的“绽放杯”大赛中，医疗健康、工业互联网、文体娱乐、公共安全与应急处置等领域项目数量占比明显提升，反映这些领域有望成为5G先锋应用领域。

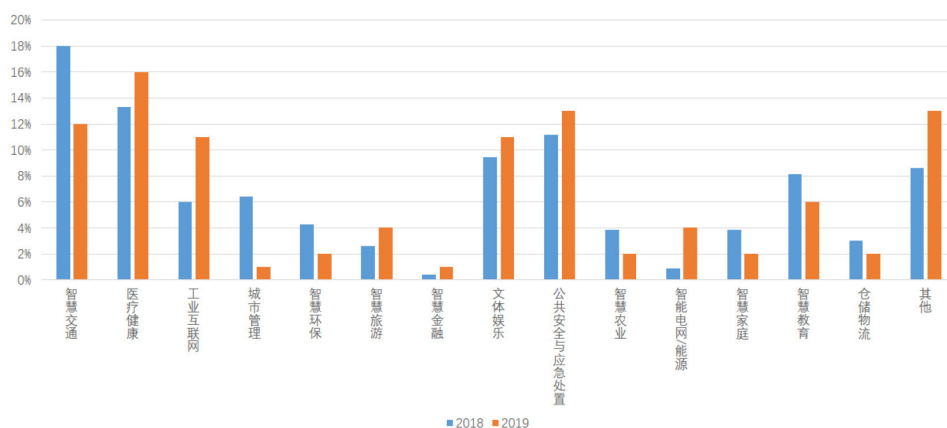


图 2-3 两届“绽放杯”大赛行业应用占比情况分析

2.4 粤浙京沪川苏呈现5G行业应用引领态势

第二届“绽放杯”大赛共收集到26个省（区、市）的参赛项目。第二届“绽放杯”大赛得到全国广泛响应，广东、浙江、北京、上海、四川、江苏等省（市）参赛项目居多，约占全部参赛项目的77%，呈现5G行业应用引领性态势。这些区域是目前我国5G产业基础好、创新热情高、发展前景优、政府支持力度大的区域，正从应用试点向产业生态稳步迈进。

2.5 运营商和设备商仍是推动5G应用发展主体

运营商和设备商成为推进5G融合应用的领军者。第二届“绽放杯”大赛中90.6%的应用项目来自企事业单位及政府部门，9.4%的应用项目来自团队和个人。企事业单位及政府部门项目数量占比较去年大幅提升，涵盖电信运营企业、通信设备企业、终端设备企业、科研院所、行业应用企业及第三方企业。据统计，中国移动、中国电信、中国联通、上海诺基亚贝尔、华为、中兴等电信运营商和主设备

厂商仍是目前推动5G应用发展的主体。此外，民营企业参与度进一步提升，为下一步5G应用市场化奠定良好基础。

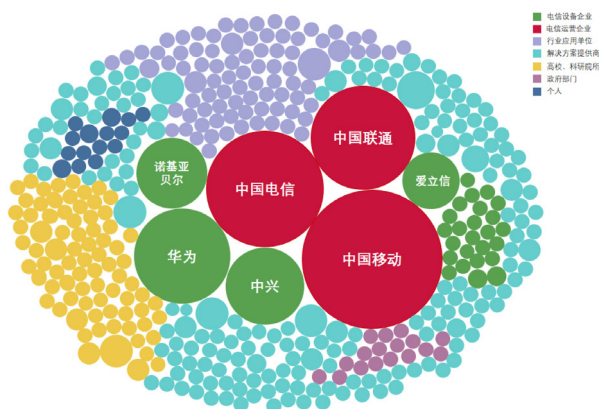


图2-4 第二届"绽放杯"大赛项目参与主体统计

2.6 5G推动ICT关键技术加速融合

人工智能、大数据、云计算、边缘计算成为重点应用的ICT技术。第二届"绽放杯"大赛中，参赛项目应用人工智能、大数据、云计算、边缘计算技术的占比分别达55%、44%、38%和33%。相比第一届"绽放杯"大赛，5G与人工智能等ICT关键技术融合水平显著提升，催生孵化了更加智能的应用场景，将创造更加智慧的生活和工作方式，加速推进经济社会数字化转型。

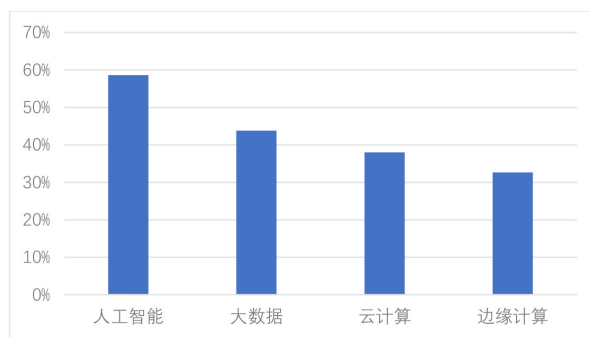


图2-5 第二届"绽放杯"大赛ICT关键技术占比情况

人工智能加速5G各类应用场景落地。人工智能涉及计算机视觉、机器学习、自然语言处理、机器人技术、语音识别等多方面，广泛应用于第二届“绽放杯”大赛中公共安全与应急处置、工业互联网、医疗健康等领域，成为占比最高的ICT技术。利用人工智能的自主学习、数据处理等能力，5G在各行业应用的深度和广度都得到有效提升，形成持续的创新态势。人工智能正在加速5G各类应用场景落地，并与5G相互赋能，成为实现万物智联的助推器。

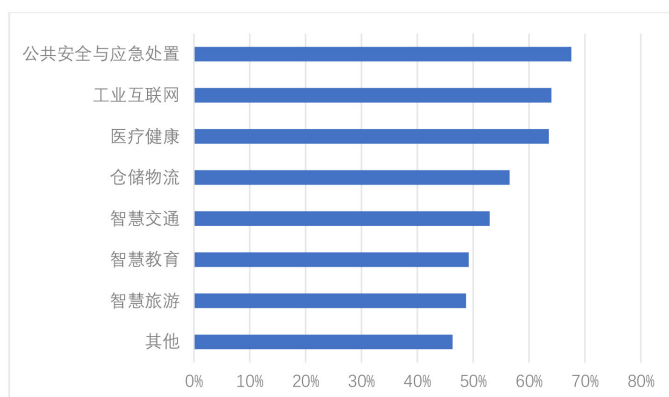


图2-6 第二届“绽放杯”大赛各行业应用人工智能占比情况

MEC成为低时延场景中的关键使能技术。MEC（移动边缘计算）通过将部分核心网功能下沉到接入网边缘，减少移动业务交付的端到端时延，从而提升用户体验。第二届“绽放杯”大赛应用MEC技术的参赛项目约占全部项目的33%，较去年的20%显著提升。其中，工业互联网领域中应用MEC的项目达60%，领先于其他行业应用，MEC或将成为5G在工业领域应用的“杀手锏”技术。此外，仓储物流、智慧交通、文体娱乐等应用领域中对时延敏感的场景同样依赖MEC技术，反映MEC将成为这些低时延应用场景中的关键使能技术。

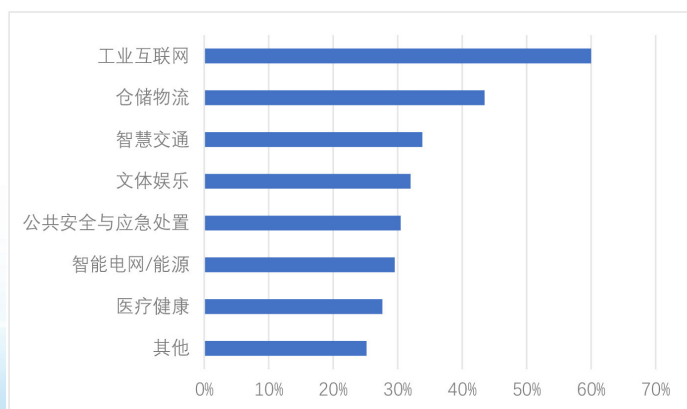


图2-7 第二届“绽放杯”大赛各行业应用MEC占比情况

2.7 5G融合应用加速落地，商业模式逐渐显现

参赛项目的成熟度和完整度更高。与第一届“绽放杯”大赛大部分项目处于起步阶段相比，第二届“绽放杯”大赛参赛项目的成熟度和完整度更高。纯创意阶段和需求调研阶段占比大幅降低，已完成原型设计或第一版解决方案和正在进行试用的项目占比明显提升，反映出5G融合应用加速落地，市场前景更加明朗。

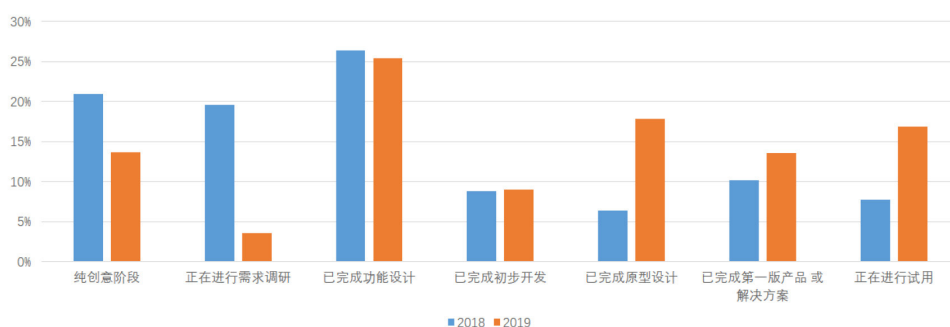


图2-8 两届“绽放杯”大赛项目发展阶段对比

以ToB为主导的商业模式成为业界共识。参赛项目商业模式以面向行业用户（To B）为主，占比高达78.1%，盈利模式主要包括平台建设、运维以及解决方案收入等。针对个人消费者（To C）占比约为5.2%，商业模式主要包括终端销售和通讯服务。同时，有16.7%的参赛项目同时面向行业用户和个人消费者。

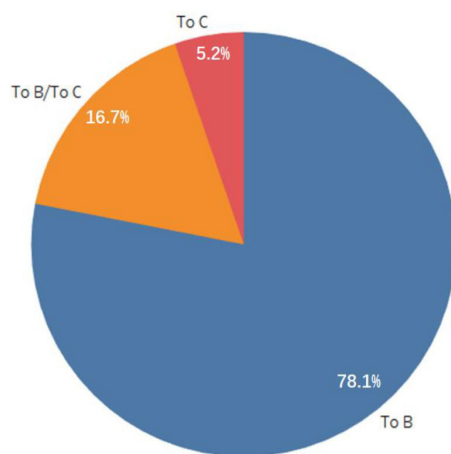


图2-9 第二届“绽放杯”大赛服务对象总体情况

不同垂直行业服务对象有所差异。其中，仓储物流、工业互联网、智慧电网等领域To B市场占据绝对优势，企业市场将成为5G商业良性发展的压舱石和推进器。而智慧家庭、文体娱乐、智慧教育等领域To C市场占比相对更高，个人消费仍将在初期成为推动这些领域发展的重要部分。

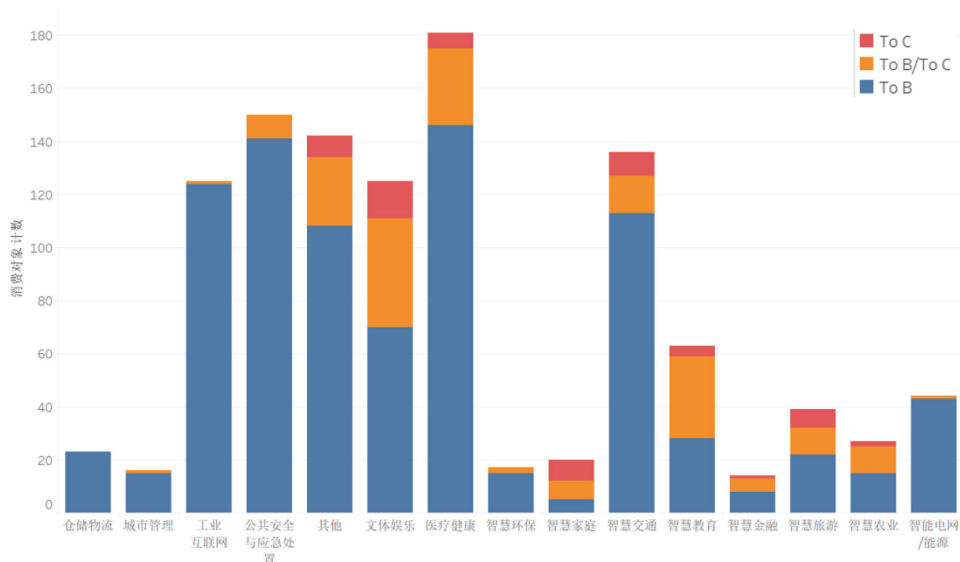


图2-10 第二届“绽放杯”大赛各领域应用服务对象情况

3 十大重点应用领域分析

3.1 5G应用评估体系

2019年，我国5G创新应用层出不穷，各行各业都在寻找与5G的结合点，5G应用广度和深度相比2018年都有显著增加。与此同时，也存在5G应用产业各方对5G应用理解不统一，对未来发展路径不明确，缺乏一致的工具来评判具体实践的问题。本白皮书通过建立5G应用评估指标体系，助力5G应用相关企业了解自身应用水平，发现存在的问题，更好的推进5G应用发展。

5G应用评估体系（CMM模型）通过5G能力要求（Capability）、成熟度（Maturity）、市场前景（Market）三个方面对具体应用进行评估，一方面分析不同应用的5G相关性，另一方面评价发展进度和判断未来发展空间。

表3-1 5G应用评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
5G能力要求	网络性能	对带宽、时延、连接数、移动性的要求
	网络切片	无线网/核心网/传输网切片
	边缘计算	对 MEC 能力的要求
成熟度	产业链	硬：终端、平台等的支持
		软：内容丰富度
	可规模化商用	建设/运营模式
		合作/商业模式
市场前景	市场规模	业务应用空间
	市场价值	良好的收入/成本

根据5G应用评估体系（CMM模型），本白皮书筛选出5G十大先锋应用领域：VR/AR、超高清视频、无人机、车联网、工业互联网、智能电网、智慧医疗、智慧教育、智慧城市。针对每个领域，将从5G对行业服务促进作用、5G的应用现状、面临的挑战、未来的发展节奏等四个方面进行描述。

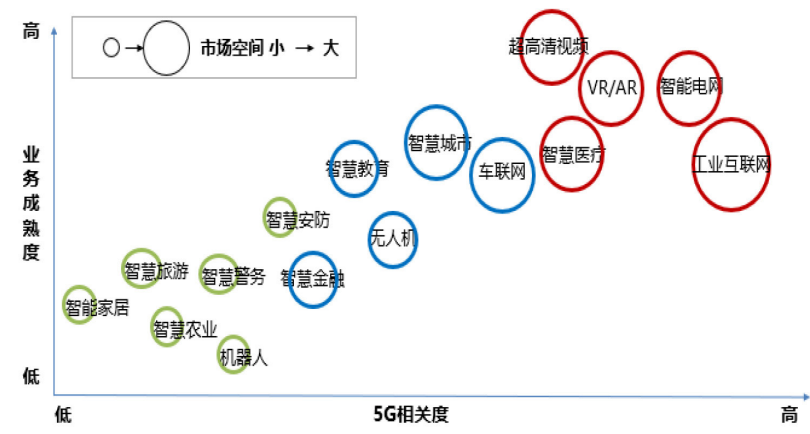


图3-1 5G十大先锋应用领域评估情况

为了直观表示当前阶段5G各类应用的发展现状及前景，本白皮书将通过5G应用成熟度曲线对各行各业的5G应用情况进行展示。5G应用成熟度曲线基于发展现状对子业务成熟度进行判断，分为探索期、市场启动期、高速发展期和应用成熟期共四个阶段，并预测其市场前景，通过圆的大小表示市场空间的大小。

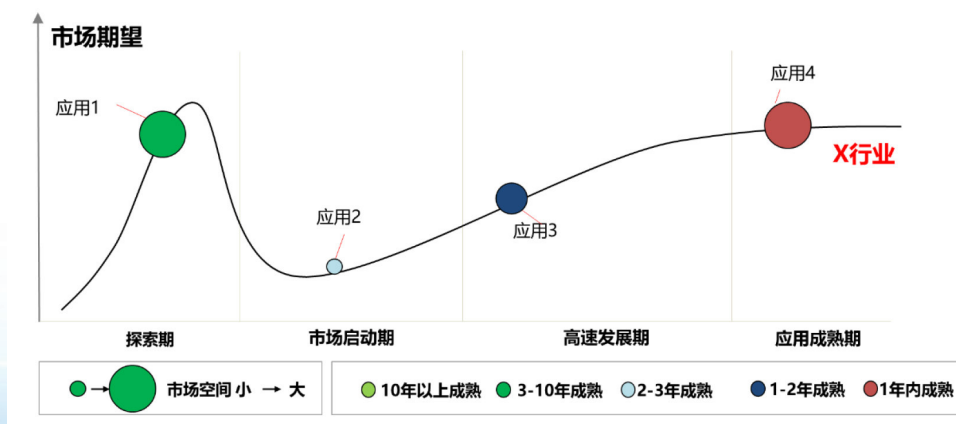


图3-2 5G应用成熟度曲线示意图

3.2 超高清视频

1. 5G的价值

4G技术无法支撑超高清视频传输。超高清视频分辨率要达到4K甚至8K，而且帧率要达到50帧以上，图像采样比特数提升到10比特，同时图像增加HDR标准，对带宽的需求在几十兆到上百兆，而多屏同传等创新应用的带宽需求再增加数倍，当前4G网络的平均用户体验速率仅为20–30Mbps，已无法满足要求。在4G通信时期，超高清视频、VR全景视频等大数据量视频主要以硬件存储本地播放的形式存在，传播不便捷，用户数量较少，难以形成大规模产业。5G的大带宽、低时延特性解决了超高清视频等大带宽业务传播的技术问题，推动了行业的发展。超高清视频应用正成为现阶段运营商及5G商用相关方探索的最大亮点，有望成为5G前期部署的主要应用场景和业务拉动的重要驱动力。

5G将全方位赋能超高清产业。5G将在视频采集回传、视频素材云端制作以及超高清视频节目播出三个环节助力超高清产业。4K/8K摄像机通过编码推流设备，将原始视频流转换成IP数据流，通过5G CPE或集成5G模组的编码推流设备将视频数据转发给5G基站。在大型活动举行期间，会产生数以万计的连接需求，大量的高清摄像头或者终端录屏的视频传输需求，5G网络超高网速、超低时延、超大连接三大特点可以较好承载需求。基于5G模组的编码推流设备和摄像机背包设备可以为各种视频设备提供稳定的实时传输，同时相比传统的线缆传输更加灵活，不受空间的限制，能满足更灵活的超高清视频回传需求。5G基站通过核心网，把视频数据传送到视频播放、存储及分发端，并通过多种方式发给视频显示终端。在5G+超高清视频直播的基础上，在超高清视频素材到达云端之后，在云端部署相应的视频制作软件，通过桌面应用、H5页面等方式对视频素材进行云端的制作，然后再通过5G网络进行内容分发，实现基于5G网络的超高清视频制播。

2. 应用现状

2018年5G的R15版本标准已经冻结，奠定了面向以超高清视频为主的eMBB业务的5G网络商用基础。在美国，Verizon发布5G内容运营策略，成为电视及视频内容聚合方，为用户提供YouTube和Apple TV 4K服务。韩国SKT、KT等运营商基于在平昌冬奥会上的5G试商用，在2018年底正式为用户提供5G视频类应用，包括同步观看、交互时间片段、360度虚拟现实直播、全方位视觉等服务。超高清视频已成为全球主流电信运营商5G网络商用后的首批目标业务。

目前5G超高清已有部分成功行业应用，正加速逼近规模化应用临界点。随着5G网络的发展，5G技术下的4K/8K视频正成为未来的广播电视、大型赛事、演唱会、远程医疗、安防监控等领域的视频直播标准，已产生部分标杆型案例。

基于 5G 的超高清视频应用情况

演出直播：中央广播电视总台联合中国联通、华为公司在 2019 年央视春晚长春分会场启动 5G 网络超高清视频实时传输。此次应用同时也实现了中国首次极寒环境下的 5G 网络 4K 传输测试，通过中国联通的 5G 网络，央视将长春春晚分会场拍摄的 4K 实时信号，成功传回至中央广播电视总台北京 5G 媒体应用实验室机房，同时总台拍摄的北京景观信号也成功经过中国联通的 5G 网络传输至长春分会场导播机房，两路信号均在长春分会场导播机房的 4K 大屏上予以实时呈现。

赛事直播：中国移动北京公司与咪咕公司联手在 2019 年 1 月通过 5G 网络环境下用 4K 全程直播 CBA 常规赛第 32 轮北京首钢对浙江广厦，进行了 CBA 首场 5G+4K 体育赛事直播。本场直播包括 4K 拍摄、4K 编转码、全程 5G 网络传输等 5G+4K 直播端到端的全过程，确保高质量 4K 画面的播出，保持在 50 帧的高帧率，并借助 HDR（高动态范围成像）技术拓宽色域，让画面色彩更饱满、更鲜明、更接近裸眼观看效果。

远程医疗：2018 年 9 月，国内多家公司联合在杭州云栖大会上完成了首个 5G+8K 视频技术在远程医疗上的应用展示。通过专业级 8K 摄像机拍摄现场患者眼部，采集患者眼部的细微表象症状超高清视频画面，将实时编码的 8K 视频通过 5G 网络、跨省专线传输至上海直播中心，再将 8K 视频推送至浙江大学附属邵逸夫医院，由眼科专家通过 8K 超高清视频为患者进行远程会诊。

安防监控：2019 年 4 月由安徽省公安厅与合肥市公安局及华为、联通等共同建设的“全国公安视频联合创新实验室”于安博会春季峰会展示了初步成果。该试点项目利用 5G 网络传输超高清 4K 监控视频，可清晰实时查看街道、楼宇、道路实况，兼具灵活巡检、超大变焦能力，并加持人脸识别、车牌识别、物体识别等多种智能分析能力，实现对未来安防的智能化、超高清化、移动化升级。

3. 面临挑战

5G+超高清产业链标准尚未打通。超高清视频产业的国内外标准尚未形成完整体系，现有标准主要集中在信源编解码、显示终端等领域，信道、接口、安全、应用等相关标准仍处于探讨阶段。

5G+超高清产业发展不均衡。我国产业各环节的发展相对不均衡，终端呈现领域实力较强，显示面板具备多家全球领先企业，网络传输能力也已初步具备，三大运营商相继推进5G网络建设，但内容制作及部分前端制作环节面临挑战较大，国内4K节目储备较少，且超高清摄录设备及关键元器件由国外厂商主导。虽然重点行业应用已经初现亮点，但各方投入意愿有差异，缺乏协同合作，推进步调不

一致，放大了产业链短板效应。

5G+超高清内容供给不足。超高清内容制作成本高、设备投资大、投入产出比不高，且面临版权保护的风险，内容厂商生产意愿不强。且由于厂商在前期推广8K超高清视频时无法从用户侧收取更多超高清内容费用，导致在内容制作方面承担较大资金压力。

4. 发展节奏

4K将首先进入成熟期，5G模组、部分行业应用及8K还需产业链持续协同发展。目前，5G超高清应用更多集中在现场直播背包、5G+4K转播车等节目回传应用中，现场直播回传的成熟为用户提供具有更强烈的震撼感和更深层次沉浸感的观看体验。5G+4K终端、云采编、4K转播车等技术迎来高速发展期，在未来1-2年将实现规模化应用。超高清+医疗、安防等由于受限于设备技术融合和行业内部规范等限制，4K内窥镜、4K手术室显示器、4K监控器等产品仍需等待2-10年的成熟期。5G+8K终端、8K转播车等尚处于探索期，产业链完善及应用普及还有较长时间。

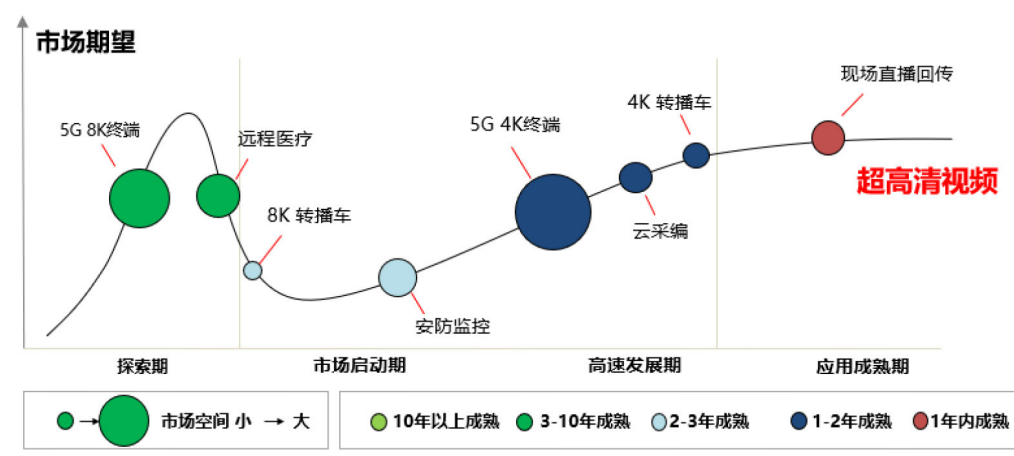


图3-3 超高清视频应用成熟度曲线

3.3 VR/AR

1. 5G的价值

5G支持更具沉浸感的虚拟现实用户体验。参考中国信通院《虚拟（增强）现实白皮书2018》中的分级界定，虚拟现实发展可划分为初级沉浸、部分沉浸、深度沉浸、完全沉浸阶段，更高的发展阶段对传输带宽与时延要求更高，既要画质好，又要交互快，沉浸体验层次也更高。在画面质量方面，部分沉浸阶段带宽需求达百兆，而4G用户速率难以满足，5G用户速率是4G十倍以上，能够支持百兆甚至

千兆传输。在交互响应方面，用户头动到相应画面完成显示的时间应控制在20ms以内，以避免因此产生的眩晕感。如果仅依靠终端的本地处理，将导致终端复杂、价格昂贵。相比之下，若将视觉计算放在云端，能够显著降低终端复杂度，但会引入额外的网络传输时延。目前4G空口时延在几十毫秒，难以满足要求，而5G空口时延仅为1ms，能够满足交互响应时延要求。

5G降低虚拟现实终端的使用门槛。用户体验与终端成本的平衡是现阶段影响VR产业发展的关键问题。当前以HTC VIVE等为代表的高品质PC VR设备，基于本地处理，其配置套装价格高达数千乃至万元，制约了VR的普及。5G云VR通过将VR应用所需的内容处理与计算能力置于云端，可有效大幅降低终端购置成本与配置使用的繁复程度，保障VR业务的流畅性、沉浸感、无绳化，有望加速推动VR规模化应用。

5G优化虚拟现实内容生产环境。内容匮乏是虚拟现实产业发展初期的主要问题，如何尽快缩短这一“有车没油”的发展阶段成为当前要务。在终端本地处理情况下，VR内容需要不断适配各类不同规格的硬件设备，而在5G云VR的架构下，VR内容处理与计算能力驻留在云端，更易于便捷适配各类差异化的VR硬件设备。同时，针对高昂的虚拟现实内容制作成本，5G云VR有助于实施更严格的内容版权保护措施，遏制内容盗版，保护VR产业的可持续发展。

2. 应用现状

随着5G时代到来，我国电信运营商积极开发提升用户体验的新型业务应用，5G虚拟现实是主要切入点。中国移动2017年开展了基于边缘计算和蜂窝网络的云VR系统研发，中国移动福建公司在2018年开启全球首个电信运营商云VR业务“和·云VR”的试商用，大众可体验巨幕影院、VR现场、VR趣播、VR教育、VR游戏等特色应用。中国联通将虚拟现实作为5G+视频战略核心之一，在2019年推出了VR制播产品服务，为全国两会、江西春晚等一系列重要活动赛事提供VR直播，并正式发布了中国联通Cloud VR融合平台，在山东成立了中国联通5G VR基地。中国电信立足电信1.5亿宽带用户基础，力争在未来5年将云VR打造成智慧家庭下一个千万级业务，在2019年上半年以广东为试点区域推动云VR业务落地应用，并在下半年于全国主要城市全面加载VR业务。

5G虚拟现实应用加速向生产与生活领域渗透，涌现出一批新应用与新业态，典型应用有：（1）在文娱赛事方面：5G+VR技术扩展了观众的观演空间，实现了与舞台零距离、360度全景、舞美细节尽收眼底的沉浸体验。此外，新的技术也丰富了日后艺术创作维度；（2）在教育培训方面：5G云化虚拟现实技术构建异地、多人、多端的全息教学场。通过传统教育中的“教学练”与全息的“人物场”深度结合，打破时空限制，营造虚实相融的教学环境，衍生出丰富多元的教学应用；（3）在医疗健

康方面：基于5G的VR/AR可以实现远程协同手术、高清沉浸式手术直播等；（4）在工业制造领域，5G+AR可实现远程专家操作指导、协同设计等功能，提升生产效率。

基于 5G 的 VR/AR 应用情况

5G VR 直播：2019 年 4 月，著名舞蹈艺术家杨丽萍编导创作的现代舞剧《春之祭》借助 5G+8K+VR 直播，让杭州、宁波、温州、嘉兴等第二现场的观众 360 度沉浸式感受了视听盛宴，达到了第一现场的体验。

5G AR 全息教室：2019 年 6 月，上海徐汇中学开通 5G+AR 科创教育实验室，构建异地、多人、多端的教学场，与远在云南红河州的元阳一中实现异地双向同步教学，异地师生在 MR 头显中可同时学习用全息影像制作的科普内容并进行交互，实现了晦涩难懂的科学知识轻松直观的呈现。

5G AR 远程手术：2019 年 3 月，北京清华长庚医院成功开展了首次 5G 远程协同手术，与深圳市人民医院实时连线，基于 5G 虚拟现实方式进行术前方案研讨、术中病灶确认及手术路径标注，通过线上无缝互动实现对远在深圳的肝胆外科医生的指导。

5G 工业远程协作：2019 年 7 月，在海尔智能+5G 互联工厂内，产线工站操作员在生产操作中遇到突发情况，可通过 AR 眼镜以第一视角与技术专家进行远程实时音视频通讯。专家在看到眼镜端采集的视频后，可即时实施 AR 标注、冻屏标注等系列操作，将指导信息于第一时间实时反馈到操作员的视线中。同时，专家还可将部分实用资料，包括介绍文档、视频解说等，一并传输给现场人员，以进一步辅助现场解决疑难问题。

3. 面临挑战

一是有待跨越由“展厅观摩”向“产业落地”演进过程中的发展裂谷。虚拟现实产业链条长，涉及技术领域多，部分5G虚拟现实从业者存在以技术方案作为产业趋势的问题，片面追求单一性能参数，缺少对跨产业链条、面向特定场景的虚拟现实应用性技术断点的识别、拉通，而在当前技术体系初步成形的情况下，虚拟现实单点突破所带来的研发效能相对有限，面临可持续发展挑战。

二是有待打造串联“端、管、云”协同集约的产业生态。国外基于谷歌、苹果、微软、Facebook等ICT巨头平台，众多中小企业围绕特定重点领域进行软硬适配的内容生产，研发并利用各类平台化开发工具，加速制作流程，提高内容质量，降低开发门槛。我国产业生态处于各自为战、小而散的发展态势，存在彼此封闭、烟囱式的发展框架，协同化的产业雁阵尚待成型，集约化的平台能力尚待提高，差异化、特色化的发展定位尚须明确。

4. 发展节奏

预计未来五年，5G云VR将变得更轻便、更沉浸、更智能。VR终端将摆脱线缆束缚，同时在重

量、外形上会愈发接近人们日常生活所佩戴的眼镜，未来有望做到100g以下。借助5G高带宽、低时延的通信特性，内容与特定终端解耦加速生态成形，规模化应用试点开始落地。一些依赖硬件性能的视觉计算任务将由用户侧转移至处理能力更强的云端完成，进而推动视频画质与互动性的持续进阶，给人们带来身临其境的沉浸体验。此外，虚拟现实将成为智能化的人机交互界面，通过加载图像识别、语音识别与追踪定位等人工智能技术，为人们生产生活中带来巨大助力。

结合潜在价值、现有体验以及技术发展趋势，5G Cloud VR应用场景将先后成熟。在应用节奏方面，基于5G的Cloud VR 巨幕影院、Cloud VR 直播、Cloud VR 360° 视频已处于应用成熟期，等5G普及后即可规模化应用；基于5G的Cloud VR游戏、Cloud VR教育、Cloud VR电竞馆、Cloud VR营销正处于高速发展期，其市场价值逐渐扩大，未来1-2年将成为主流；处于市场启动期的Cloud VR K歌、音乐、Cloud VR健身由于产品起步较晚，应用场景尚不成熟，在未来2-3年将有较快的增长预期；VR/AR+垂直行业应用以及Cloud VR社交目前处于探索期，有巨大的市场潜力，将随着5G覆盖的完善而逐渐成熟。

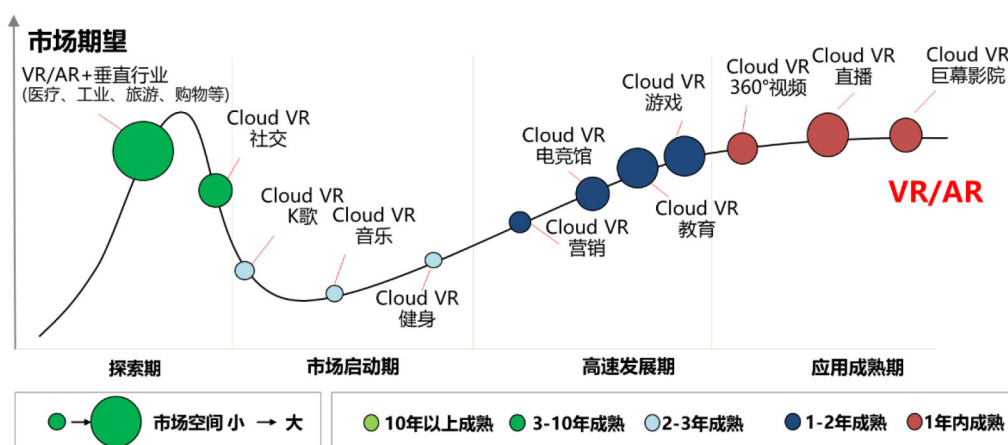


图3-4 VR/AR应用成熟度曲线

3.4 无人机

1. 5G的价值

4G技术无法满足高级别无人机应用。无人机应用可以分为个人应用和行业应用。目前部分无人机已经装载了无线通信模块，对于个人用户，基于3G/4G用户网络的无人机直播带来了用户全新的体验，对于行业用户，基于无线通信的无人机使数据实时传输成为迫切需求，使得许多新的无人机应用

模式涌现出来，比如在管道、输电线路、公路等基础设施的监测方面，无人机可以替代人工成为新的巡检方式，再结合通信网络，实现自动巡检并处理事故。同时，由于数据量的不断增长，时延要求的不断提高，4G网络已经无法满足这些新的应用模式对于带宽、时延、可靠性的要求。

5G将为无人机应用打开新的空间。基于5G技术为网联无人机赋予的实时超高清图传、远程低时延控制等重要能力，以及处理海量数据的能力，使得无人机载荷的形式不断演进，无人机的应用形式将变得更加丰富。目前，实时高清图传技术有着最为广泛的应用，在农林植保、电力及石油管线巡查、应急通信、气象监视、农林作业、环境监测、娱乐直播等领域应用的技术效果和经济效益非常显著。远程低时延控制是未来AI自主飞行的技术雏形，结合5G网络的大带宽低时延能够实现无人机实时实景导航，网络辅助的环境感知智能避障。无人机回传感知传感器信息由云端AI判断周围的障碍物、多机协同避让，相比在无人机本地判断将节约成本和功耗，云端获取到的信息更加全面，算法统一易于升级。

2. 应用现状

典型5G网联无人机应用有物流运输、娱乐直播、基础设施巡检、农林植保、地理测绘等。5G和网联无人机的融合发展处于初期探索阶段，主要的应用有：（1）物流运输：通过利用远程控制和自动飞行两种方式实现无人驾驶的低空飞行器运载包裹，自动送达目的地，通过规避拥堵，摆脱地形干扰来提高配送效率。（2）娱乐直播：通过无人机挂载360度全景镜头进行视频拍摄，全景相机完成视频采集、拼接处理与视频流处理，再通过5G网络下行链路传输到用户，用户可以通过终端，随时随地无延迟地体验激动人心的现场。（3）基础设施巡检：无人机以成本低、灵活性强、安全性高、受自然环境及地形影响较小、视角更优等特点，越来越广泛地应用于基础设施巡检领域。主要包括：建筑外墙巡检、电力巡检、基站巡检、石油管线巡检以及河道巡检等。（4）农林植保：通过无人机搭载定制负荷实现植保机械化，结合5G网络实现无人机和数据中心进行数据交换，通过云平台分析载荷收集的实时数据辅助数据中心实现远程操作。（5）地理测绘：作为传统航空摄影测量手段的有力补充，通过5G网联无人机采集环境数据制作实时实景地图模型的技术方案，可以实现在不同的应用场景基于地图的数据挖掘，在抢险、科研、教育、智慧农业、城市规划、勘察、场景巡检等领域，提供强大的扩展空间。

目前5G网联无人机应用多数处于小范围试用阶段，距离成熟和商用还需时日。近一年来，基于5G网联无人机的应用不断出现，在高清直播、物流配送、农业植保、地理测绘、巡检、安防等领域，针对一些业务进行功能验证，但总体来看，5G网联无人机应用绝大部分仍处于探索阶段，仅限于应用示范，距离真正成熟和大范围商用还需要一段时间。

基于 5G 的无人机应用情况

超高清直播：2018 年 9 月 25 日，在浙江海宁老盐仓回头潮景区，一架无人机就曾迎着江风盘旋遨游。在钱江回头潮拍岸激起“冲天浪”的关键时刻，为观众呈现了通过 5G 网络传回的高清近景画面。这充分展现了 5G 网联无人机超高清直播未来可以广泛用于体育赛事、演艺等大型活动以及广告、新闻、电影等商业活动拍摄中。

物流配送：2019 年 5 月，DHL 在广东省东莞市开通了第一条定制送货路线，基于亿航的无人机完成从客户所在地到敦豪速递服务中心的距离为 8 公里的物流配送。DHL 表示，新航线将单程送货时间从 40 分钟缩短至仅 8 分钟，每次送货可节省高达 80% 的成本，与公路运输相比，能耗和碳足迹都有所降低。

地理测绘：2019 年 3 月，宁波江北综合行政执法局引入无人机开展绿化电子化测绘。测绘范围北至保国寺，南至姚江北侧，西到机场高架，东到 329 国道，面积约 400 万平方米。结合 5G 网络实现基于无人机抓取数据制作实时实景地图的技术方案，可以实现在不同的应用场景基于地图的数据挖掘，在抢险、科研、教育、智慧农业、智慧城市、勘察、场景巡检等领域，提供强大的扩展空间，促进数字城市建设。

巡检：2019 年 10 月 1 日，中国联通联合公安部道路交通安全研究中心、兰州市公安局共同研制的全国首套“无人值守 5G 网联无人机高速巡逻执法系统”在兰州市正式启用，将支撑兰临高速 0-17KM 长下坡隐患路段的交通管理工作，可实现 24 小时全天候自动化巡检。

安防：2019 年 10 月 1 日至 3 日，长沙市应急管理局启动长沙市重点区域 5G 无人机执勤巡航工作，依托长沙联通的‘5G+无人机’集中调度及应急指挥方案，对橘子洲和岳麓山景区进行无人机 3×24 小时不间断巡航执勤，通过高带宽、低时延的 5G 网络和无人机集中调度平台技术，圆满完成两个景区国庆安防重保工作。

3. 面临挑战

一是技术问题仍需进一步改进。多旋翼无人机不稳定，欠驱动的系统技术特性决定了其抗风能力差，容易坠机。5G 时代，利用 5G 实现无人机自主飞行的大规模商用将面临技术上的安全挑战，国外利用无人机进行快递业务试点也出现了坠机事件。

二是监管政策和措施仍需进一步落实。随着无人机大规模的商用，行业标准制定、无人机设备制造和认证、实名登记、飞行培训等各项监管政策仍需进一步细化和落地，同时无人机的监管技术手段仍需要进一步的建设和改善，实现无人机从生产、销售到飞行全流程的监管。

三是应用和产业仍需进一步推广和孵化。行业无人机载荷一般较为贵重，即使技术角度可以实现 5G 无人机自重飞行，如何在行业中进行推广也是一大挑战，同时与各行业深度融合，低空通信网络建设，人员培训，充电桩建设，保险等全产业链都需要进行发展培育。

4. 发展节奏

行业应用是5G网联无人机的重点领域，物流配送、管线巡检、农林植保、应急安防等领域已经进行了广泛的5G应用探索，是5G网联无人机的重点领域。针对具体行业应用需求，5G网络要按需部署空中覆盖，预计未来将按照重点区域、重点航线、全面覆盖的节奏进行网络部署。

从业务成熟度来看，5G网联无人机结合4K/8K/VR的超高清直播应用发展相对成熟。随着成本降低，基于5G网络的编队飞行、安防、巡检、救援等应用场景将进入高速发展期。以远程控制、AI飞行等技术为基础的物流配送、农林植保等综合性应用仍有较长的路要走。总体来说，无人机大规模、高精度、稳定应用还需要一定的发展时间。

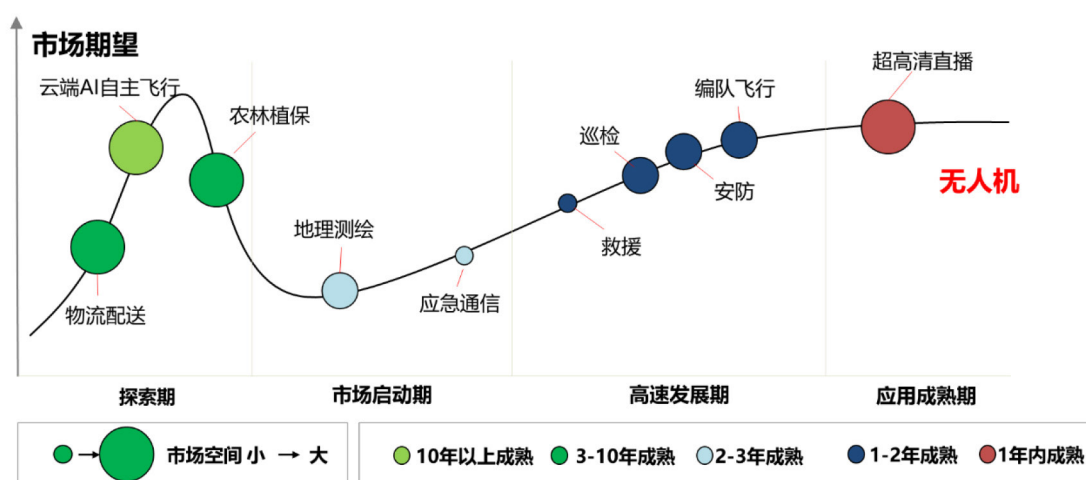


图3-5 无人机应用成熟度曲线

3.5 工业互联网

1. 5G的价值

5G与工业互联网融合推进行业应用落地。5G+工业互联网的行业应用主要包括5G在电力、制造（电子制造、汽车制造、家电制造等）、港口、油田等垂直行业的应用。国内主要在电力、工厂制造等行业取得了一定的应用示范成果，涉及的业务种类主要包括：工业控制类业务（如系统自动控制和远程控制等）、质量监测类业务和环境监测类业务（如物联网、大数据业务等）。

5G与工业互联网融合促进通用型应用发展。通用型应用主要包括5G与工业AR/VR、超高清视

频、无人机、机器人等领域的结合。国内已取得的示范性应用成果包括信息监测、视频回传类业务（如工业AR/VR巡检、无人机巡检、机器人巡检、超高清视频监控等）和物流类业务（如采用AGV完成的物料配送、仓储物流业务等）。

2. 应用现状

5G与工业互联网融合促进通用型应用发展。通用型应用主要包括5G与工业VR /AR、超高清视频、无人机、机器人等领域的结合。国内已取得的示范性应用成果包括信息监测、视频回传类业务（如工业VR/AR巡检、无人机巡检、机器人巡检、超高清视频监控等）和物流类业务（如采用AGV完成的物料配送、仓储物流业务等）。

典型5G+工业互联网的应用场景有智慧工厂、机器视觉、远程运维、远程控制等。（1）智慧工厂：利用5G技术，在工厂内可以实现全生产要素、全流程互联互通，即设备互联、人员互联、工装互联、刀具互联、物料互联、产品互联，实现工厂全生产要素全生命周期的实时数据跟踪，并将实时产生的数据在云平台进行大数据智能分析决策，实现全连接工厂实时生产优化；（2）机器视觉：利用5G实现检测数据快速传输，结合超高清视频对材料的缺损、拼缝缝隙等进行监控，通过人工智能对不同检测案例的训练实现产品的智能化检测；（3）远程运维：5G时代，万物互联可同步感知虚拟世界和现实世界，利用VR/AR使得体验不再受时间和空间的限制，实现“永远在场”，提升设备装配效率，同时还可以突破空间限制，实现远程专家和一线运维人员同时在现场；（4）远程控制：港口是远程控制的主要应用场景之一，其操作业务对通信连接有低时延、大带宽、高可靠性的严苛要求，并且作业环境复杂多变。5G以其大带宽、低时延特性实现工程机械远程操控，不但能改善操作人员的工作环境，还能有效保障操作人员安全，助力企业生产施工的降本增效，从而突破传统方式的局限性，极大地提升自动化港口的运营效率，为改造提升传统人工港口注入新动力。

基于 5G 的工业互联网应用情况

智慧工厂：通过 5G 全连接工厂可以实时管控工厂生产状态，不断消除工厂运营中的各种浪费，实现工厂生产的高度精益化。相比传统生产，全连接工厂设备利用率将达到 80%以上，生产周期将降低 70%，人员投入减少 50%，材料等待时间减少 90%，现场在制品降低 70%，工装利用率提升 50%，刀具寿命延长 20%，工厂单位产值综合成本降低 50%以上。

工业机器视觉：利用 5G 实现检测数据快速传输，通过对海量缺陷样本的深度学习，形成智能评价算法，从而对比试块数量减少 90%以上，评判时间由 4 个小时缩短为几分钟，专业人员成本降低 95%。此外，利用 5G+工业相机实现拼缝实时检查，将检测结果实时上传到云端判断，上传速率需求为 75Mb/s，如发现问题，可立即停止并人工接入，从而避免成本浪费 100 万/年。

工业远程运维：高端、复杂设备研制中，装配工作占工作量的 40-50%，基于 5G 技术的 AR 辅助系统应用于工业装配维修领域可以实现快速装配，使得装配效率提升 70%。一线作业人员，通过 AR 终端，使用 5G 跟远方指挥中心的专家进行实时的双向音视频通话，采集现场图像信息的同时，指挥中心可以对一线运维人员进行技术指导。

工业远程控制：青岛港是我国著名港口，泊位级别和装卸效率全球领先。同时，其自动化程度较高，业务场景在港口领域具备典型性。中国联通携手爱立信、青岛港和振华重工在 2018 年通过 6 个月的合作，在青岛港完成了 5G 智慧码头解决方案验证，实现了基于 5G 连接的自动岸桥吊车控制操作、抓取和运输集装箱。这也是全球首例基于 5G 网络覆盖、在实际生产环境下操作远程吊车的实践。

3. 面临挑战

一是供需对接问题有待解决。传统移动通信以运营商为主，很多行业企业还未参与到其中。5G 在工业互联网的行业应用因此还面临需求难匹配、行业有壁垒、回报不确定等诸多问题，且目前创新和研究大都局限于通信行业内，与工业互联网行业的供需对接存在问题，需要尽快建立跨行业沟通平台和创新体制机制。

二是关键技术问题有待研究。在 5G 与工业互联网融合应用推广之前，还有诸多关键技术问题有待研究。这其中主要包括网络切片技术、边缘计算技术、融合网络架构、工业网络安全体系、工业网络监测体系、工业网络标准化等一系列问题。

三是产业链不够完善。在终端侧，目前虽已出现针对 3GPP 标准化的 5G 网络设备，然而在工业互联网行业中仍缺乏 5G 终端设备，工业 5G 通信模组的研究有待加强，模组与工业硬件产品的整合有待研究；在应用端，缺乏工业应用的端到端解决方案，工业自主开发使用的平台与运营商提供的开放性平

台有待进一步对接。

四是商业模式有待探索。5G时代电信运营商角色不断演变，除了提供5G基础设施和连接服务外，将积极融入5G赋能工业互联网的应用场景开发中。运营商应针对不同行业的需求积极探索多样化的演进策略。

4. 发展节奏

5G与工业互联网融合应用目前尚处于孵化探索初期，部分应用已逐步走向成熟。在应用发展节奏方面，依据场景设备与5G融合的难度、5G相关终端模组发展的程度、应用场景涉及的工业生产环节等几方面的因素，多类应用目前分别处于不同的发展阶段。其中，5G与超高清视频的融合应用面向工业领域改造难度较低，将成为5G在工业互联网领域的第一批应用；5G+机器视觉、远程运维、移动巡检等应用已进入高速发展期，经济价值逐渐显现，未来1-2年将成为主流；5G+智能物流、预测性维护、设备状态检测等受限于5G与工业设备的深度融合及5G模组的发展，还需等待产品成熟，未来2-3年将有较快发展；5G+远程控制、移动控制等控制类业务由于涉及工业核心控制环节，目前还处于探索期，有待进一步的实际验证。

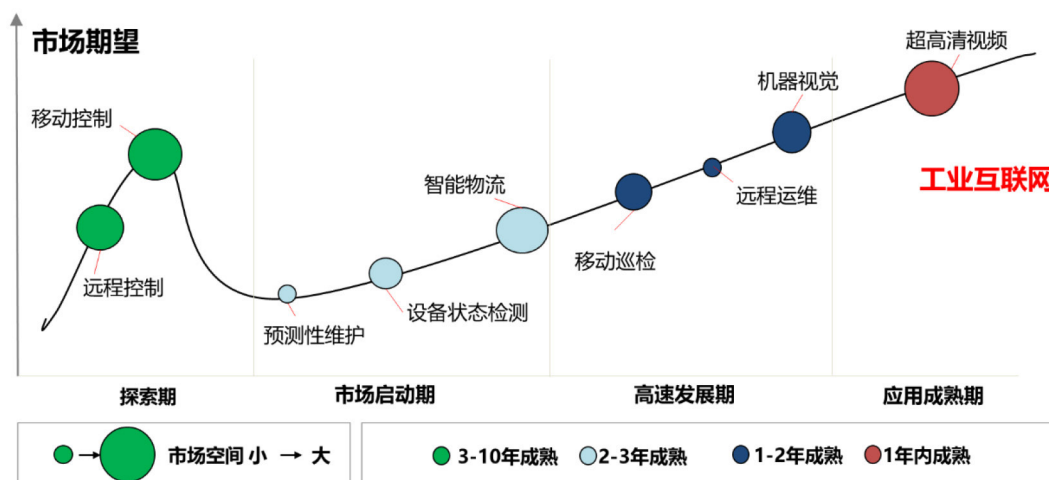


图3-6 工业互联网应用成熟度曲线

3.6 智能电网

1. 5G的价值

5G助力电网业务智能化升级。随着智能电网建设的不断深入，用电信息采集、配电自动化、分布式能源接入、电动汽车服务、用户双向互动等业务快速发展，电力行业逐步呈现出“高安全、低时

延、高可靠、广覆盖、大联接”通信需求特征，迫切需要适用于电力行业应用特点的实时、稳定、可靠、高效、安全的新兴通信技术及系统支撑，激发电力运行的新型作业方式和用电服务模式。5G系统eMBB、uRLLC、mMTC三大基础能力将对垂直行业核心业务的运营方式和作业模式起到重要影响，全面提升传统垂直行业的运营效率和决策智能化水平。电网与5G网络的深度结合必将激发电力运行新型作业方式和用电服务模式，实现电网业务智能化升级，促进电力新兴业务发展。

5G与电网领域的结合渗透到电力场景的各个环节。从业务类型上看，根据智能电网对5G的业务通信需求不同，电网业务可分为三类：电网控制类业务、信息采集类业务、移动应用类业务。其中，电网控制类业务主要包括配电自动化、精准负荷控制、分布式电源等，这类业务涉及电网安全稳定运行，具有典型的低时延、高可靠业务特征，时延要求为50ms—1s，5G系统uRLLC场景将为电网控制类业务提供毫秒级低时延的有力保障。信息采集类业务主要有用电信息采集、电动汽车充电桩等，这类业务涉及海量终端，且分布广泛，具有典型的广覆盖、大连接业务特征，连接密度上百万个/平方公里，随着5G技术在mMTC能力方面的增强，5G将有力支持电网信息采集类业务中海量终端汇聚后的大颗粒业务承载。移动应用类业务主要有电力应急通信、输配变机器人巡检、移动作业等，这类业务对网络带宽及移动性有明显需求，具有典型的大带宽、灵活接入业务特征，带宽要求不低于2Mbps，5G系统eMBB场景下的高速移动宽带特性将为电网此类业务提供高效可靠的系统支撑。

2. 应用现状

5G+智能电网的应用主要集中在配用电环节，对电网智能化水平提升效果已显现。5G+智能电网融合研究体系初现端倪，国家电网、南方电网牵头各方资源积极探索5G与电力应用的融合。

5G在智能电网的典型应用场景包括智能分布式配电自动化、巡检机器人、配网PMU应用等。

(1) 智能分布式配电自动化终端，依托于5G网络实现对配电网的保护控制，通过继电保护自动装置检测配电网线路或设备状态信息，快速实现配网线路区段或配网设备的故障判断及准确定位，快速隔离配网线路故障区段或故障设备。(2) 随着智能电网的发展，越来越多的业务场景需要提供大视频类应用，包括变电站机器人巡检、输电线路无人机巡检、配电房综合视频监控、应急现场自组网综合应用等多种场景。在电力生产管理中的中低速率移动场景下，依托5G网络，引入AR/VR技术自动采集数据、高清图像、视频等信息，并实时传回控制中心，通过远程会商协助现场解决作业难题，并可实现远程实时控制，推动智能化运维管理。(3) 基于时间同步的配网同步相量测量(PMU)能够测量电力系统枢纽点的电压相位、电流相位等相量数据，通过5G网络把数据传到监测主站。监测主站根据不同点的相位幅度，在遭到系统扰动时确定系统如何解列、切机及切负荷，防止事故的进一步扩大甚至电

网崩溃。

5G 在智能电网的应用情况

分布式配网差动保护业务：2019 年初，南方电网公司联合中国移动、华为公司在深圳坂田完成了国内首个基于 5G NSA 网络的智能分布式配网差动保护业务外场测试。本次测试为 5G 智能电网应用的第一阶段外场测试，搭建 3.5GHz 频段的基站，该 5G 基站覆盖两个电力环网柜开关站点，覆盖距离在 234 米左右，成功验证了单基站场景下，配网 DTU 终端之间端到端时延平均在 10 毫秒以内，5G 网络空口授时精度达到 300 纳秒以内，可满足智能分布式配网差动保护等电网控制类业务的毫秒级低时延通信、微秒级高精度授时等需求。

配网同步相量测量（PMU）业务：2019 年 3 月，国家电网公司联合中国移动、中兴通讯，在上海临港共同开展了基于 5G 网络的配网同步相量测量（PMU）应用研究与验证工作。配电网 PMU 的通信需求包括通信频次高、延时要求小、数据多样性等。实验室测试结果表明，端到核心网通信回环时延 10ms 以内；通过外场业务挂网测试，初步验证了 5G 网络满足配网 PMU 业务低时延、高可靠性要求。

3. 面临挑战

一是安全性尚待研究及验证。智能电网的应用场景呈现多样化的特点，并且不同场景下的业务对网络要求差异较大，运营企业和网络设备商应进一步量化网络的技术指标和架构设计，包括进一步量化 5G 网络切片安全性要求、业务隔离要求、端到端业务时延要求，协商网络能力开放要求、网络管理界面等，以提供满足电力行业多场景差异化的完整解决方案，并进行技术验证和示范。

二是运营商对电网切片服务模式及方式还需探索。电网业务不同于其他垂直应用行业，电网不仅需要提供端到端的质量协同和保障方案，还需要保证各区业务隔离及独立运维管理。因此，运营商如何基于电力行业独有的需求，制定出使能智能电网的整体架构还需进一步进行探索和研究。

三是 5G 与电力业务的适配性需要在更大范围内测试验证。目前 5G 与智能电网的融合研究及验证工作已在如火如荼地开展，但测试验证场景依然较局限，推动 5G+ 智能电网相关业务在更大范围内开展测试验证将是接下来工作之重。

4. 发展节奏

5G 智能电网应用目前尚处于起步阶段，未来还有很大的发展空间。随着 eMBB 场景标准的最先完善，以及 AR/VR 终端产业链的不断发展，基于 5G 的配电房视频检测、智能巡检机器人等业务将率先成熟；无人机巡检业务则受限于无人机续航能力、野外 5G 覆盖等因素，目前处于高速发展期；电动汽车充电桩、用电信息采集等业务后期会随着 mMTC 场景相关标准的完善而得到进一步发展；分布式电

源分布、应急现场自组网等业务目前处于市场启动期，预计2—3年后逐渐成熟；配电自动化、精准负荷控制等电网控制类业务则由于较高的安全性和可靠性要求，目前尚处于探索期。

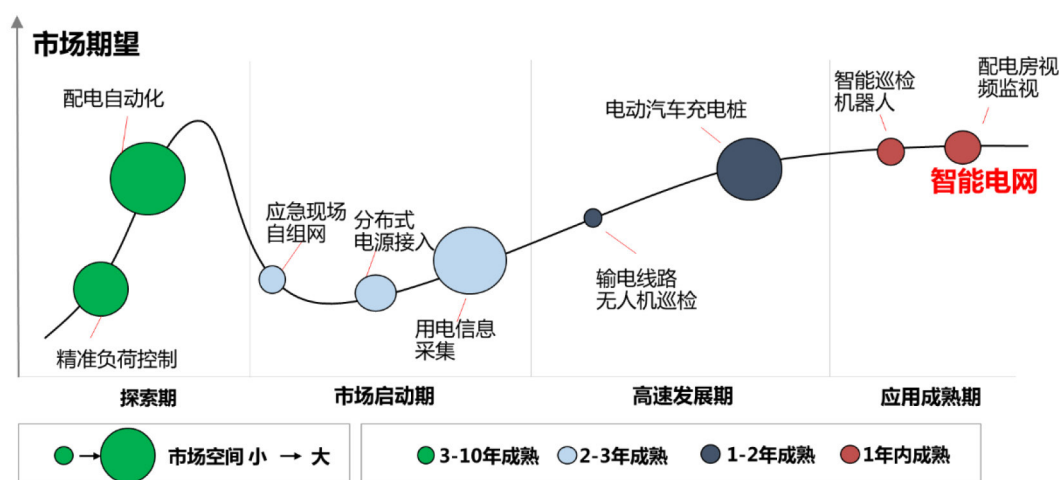


图3-7 智能电网应用成熟度曲线

3.7 智慧医疗

1. 5G的价值

5G关键技术能够提供超大带宽高速传输网络，为智慧医疗高清视频及影像传输提供高可靠低时延业务保障。5G网络高速率能够支持4K/8K的远程高清会诊和医学影像数据的传输与共享，并让专家能随时随地开展会诊，提升诊断准确率和指导效率，促进优质医疗资源下沉。5G低时延和精准定位能力，可以支持可穿戴监护设备在使用过程中持续上报患者位置信息，进行生命体征信息的采集、处理和计算，并传输到远端监控中心，远端医护人员可实时根据患者当前状态，做出及时的病情判断和处理。

5G网络技术能够实现数据准确实时传输，保证远程控制操作得到及时精准响应。远端专家操控机械臂对基层医院及偏远地区的患者开展超声检查，5G的毫秒级时延特性可支持实时远程超声检查。利用基于5G网络的医工机器人和高清音视频交互系统，远端专家可以对基层医疗机构的患者进行及时的远程手术救治。

5G技术可以提供超大连接，实现大量终端连接及数据采集。5G网络实时传输医疗设备监测信息、车辆实时定位信息、车内外视频画面，便于实施远程会诊和远程指导，对院前急救信息进行采集、处理、存储、传输、共享，可充分提升管理救治效率，提高服务质量，优化服务流程和服务模式。

2. 应用现状

5G智慧医疗已进入实际建设阶段，医疗行业与医疗单位在进行5G基础设施建设的同时，还在尝试5G与具体医疗业务场景的融合探索。智慧医疗领域的5G一般性建设方案包括开通若干5G基站以备前期业务测试、基于5G技术的原有远程医疗业务改造、基于5G的各实体医疗机构网络互联和信息共享，重点解决原有无无线局域网的覆盖能力弱、信息安全不足、信息传送时断时续等问题。另外，5G远程会诊+AI辅助诊疗、5G实时影像上传+远程诊断评估等多种5G融合医疗业务场景将持续涌现。

5G技术在智慧医疗领域的深入应用将极大提升医疗诊治的质量水平，将推动医疗健康向“精准、优质、远程、高效”的专业极限前进。现阶段，基于5G网络技术的远程手术效果可以比肩现场手术操作的实际效果；5G技术与虚拟现实技术相结合，可以呈现还原度极高的手术诊治情境；5G技术嵌入远程医疗平台交互功能中，可以实现超远距离下的实时诊治流程。

基于 5G 的智慧医疗应用情况

远程医疗：2018年10月，郑州大学第一附属医院国家重点工程实验室在数字经济峰会暨5G重大技术展示交流会上展示了5G支持下的远程会诊、远程B超、移动查房机器人、远程手术指导、移动ICU等远程医疗应用。

远程会诊：四川大学华西医院龙泉医院、遂宁市中心医院同时连线，完成了多地联合远程会诊及实时纤维支气管镜手术演示指导；华西医院通过内镜检查视频实时上传、消化内镜图像人工智能辅助诊断及AI内镜判定结果评估，完成了对马边彝族自治县人民医院的人工智能消化内镜操作的实时远程指导，并制定出下一步治疗方案。

远程手术：中国人民解放军总医院通过5G传输技术成功开展了5G远程手术测试，在多设备操控实验室里，实时远程操控机械臂，完成了对远端试验动物的远程肝切除手术。在持续了约60分钟的手术中，做到了延迟极低、创面整齐、不见一丝血迹，术后实验动物的生命体征平稳，创新性地将手术机器人系统与5G技术相结合，为远程手术的合理实现提供了解决方案。

多技术融合：上海交大医学院附属瑞金医院成功调试并实现5G环境下的高清与虚拟现实技术结合的腹腔镜手术直播，在瑞金医院与瑞金医院北院间联动进行了一台5G远程超声诊断：借助系统搭载的音视频交互功能，即时问询症状，并实时远程控制近40公里外的超声“探头”实施专业扫查，获取到高质量诊断图像，帮助会诊专家在第一时间成功做出准确诊断。

3. 面临挑战

一是5G医疗总体规划不够完善，跨部门协调的问题突出，须提高产业整体协调效益。由于5G技术和医疗领域的结合涉及到跨行业应用，亟需在国家统筹指导下，汇聚政府部门、研究机构、高校、重点企业和行业组织等多方共同参与，并建立资源共享、协同推进的工作格局，形成长期有效的跨部门合作机制。

二是5G医疗应用仍处于初始探索阶段，技术验证、可行性研究不足。统筹衔接医疗健康5G技术研发、成果转化、产品制造、应用部署等环节工作，充分调动各类创新资源，打造一批面向行业的创新中心、重点实验室等融合创新载体，加强研发布局和协同创新。

三是缺乏统一的标准与评价体系。目前尚无具体标准规范定义5G医疗的网络指标要求，亟需结合医疗健康行业应用特点，开展面向医疗行业的5G标准体系的制定、实施和应用，规范针对医疗行业的5G技术结构和内容，满足产业需要。

四是应用创新落地仍面临诸多挑战，存在稳定性和安全性隐患。当前，我国各级医疗机构信息化程度参差不齐，存在稳定性和安全性隐患。国内各医院医疗服务无线化程度较低，对移动网络利用不充分。因此，应推进5G医疗健康创新应用，加速医疗健康与信息化融合。

4. 发展节奏

“5G+医疗健康”将实现医生从在医院到在云端，医疗设备从医院内到随身携带，从院内全连接到少量设备远程化，再到设备普遍远程化。便携式、无线化医疗设备资源逐步从大型医疗机构走近基层医疗机构和个人家庭；大型医院院内医疗服务走向无线化和智能化；实体大型医院从支持院间远程医疗发展成为面向医联体、社区、家庭的医疗服务网；互联网医院实现线上线下对接；实体大医院主导的远程医疗和OTT主导的互联网医疗逐步走向融合的新医疗。

基于现阶段5G智慧医疗技术发展生命周期来看，远程诊断基于4K/8K高清医学影像，是5G智慧医疗应用成熟期最主要的实践；远程监护、远程健康管理和手术示教等，将会随着1-2年的5G硬件快速部署而获得高速发展；智慧养老、应急救援、AI辅助智慧医疗将在近2-3年内进入市场启动的快速时期；伴随5G网络和智慧医疗硬件设施的持续成熟，远程手术、区域远程医疗全联接将成为未来医疗卫生工作机制设计的主要模式，覆盖预防、诊断、治疗、护理、保健等全联接智能化个性化的新型医疗

服务将会出现。动的快速时期；伴随5G网络和智慧医疗硬件设施的持续成熟，区域远程医疗全联接将成为未来医疗卫生工作机制设计的主要模式，覆盖预防、诊断、治疗、护理、保健等全联接智能化个性化的新型医疗服务将会出现。

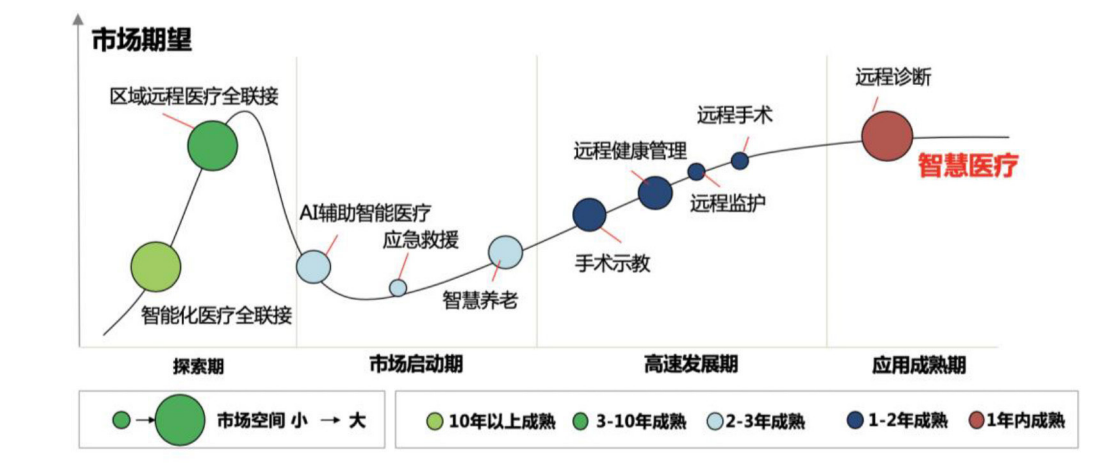


图3-8 智慧医疗应用成熟度曲线

3.8 车联网

1. 5G的价值

车联应用范围不断扩大。车联网应用包括信息服务类、安全与效率服务类、协同服务类业务。目前很多车辆已经加装了车载无线通信模块，通过3G/4G网络，用户可以体验到信息服务类应用，基于单车智能和LTE-V2X可以实现部分驾驶安全类应用和交通效率类应用，包括车与车在行驶中出现紧急刹车、逆向超车的预警，在交叉路口防碰撞预警，并引导驾驶员控制车速，提高交通效率。同时也面临着多种传感器异构融合以及海量数据处理的技术挑战。

5G将为车联网应用打开新的空间。5G极高的数据吞吐量、低时延和更高的可靠性将使车联网能提供的信息服务类型更加丰富，比如车载VR游戏、车载AR实景导航、车载高精地图实时下载等业务，车载信息娱乐系统作为信息服务的主要入口，5G时代将向处理信息更加复杂、功能更加强大的智能系

统演进；随着5G技术在低时延、高可靠方面能力的增强，可以支持提供基于意图共享、协同决策的高级别主动安全预警、交通出行效率提升类服务，还将支持构建“人车路云”高度协同的互连环境，实现车路协同控制、远程遥控操作、高级别自动驾驶等业务，最终支撑实现完全无人驾驶。

2. 应用现状

C-V2X包括LTE-V2X和5G-V2X，其中5G-V2X标准还在制定中。目前已制定的车联网C-V2X标准是基于R14和R15的LTE-V2X（含LTE-eV2X）版本，基于R16的5G-V2X标准还在制定中，预计到2020年才能完成。目前测试验证均是基于LTE-V2X以及5G蜂窝网络Uu口通信来完成的，而基于5G-V2X的PC5点对点通信方式，还未进行技术验证。

目前，基于LTE-V2X技术的车联网应用规模不断扩大，无锡、长沙、北京、上海等多个城市已建设具有一定规模的LTE-V2X网络，助力了相关车联网应用的推广，其中无锡获工业和信息化部批复创建江苏（无锡）车联网先导区。

目前典型5G车联网应用有远程驾驶、自主代客泊车和高精度地图分发。车联网与5G的融合创新发展还处于探索阶段，典型应用有：（1）远程驾驶：车辆配置多个高清摄像头及高精度雷达等传感器，依托于5G网络将感知信息实时回传到远程驾驶端。驾驶员根据360°模拟驾驶舱环境及传感辅助信息进行判断，操控方向盘、油门、制动等，并通过5G网络传输到车辆内部以实现远程操控。（2）自主代客泊车：依托5G实现车辆高精度定位，并将车身数据、遥控信号实时传输到远程控制端，5G车辆仅需配备少量的感知传感器，便可全面感知车辆周围环境，并通过后台进行远程操控。（3）高精度地图分发：根据车辆的位置将本地高清地图通过5G网络分发给车辆，并结合其他车辆共享的传感器信息，获得车辆前方可行驶的区域精确到车道级别的信息，优化路线选择决策，节约能源和时间。上述典型应用不仅在城市开放道路开展了试点示范，也促进了矿山、港口等特定场景下自动驾驶的落地。

目前5G车联网应用多数处于探索阶段，距离成熟和商用还有一定距离。近期以来，基于5G的车联网应用不断出现，在多个地方初步建成了5G车联网测试和应用示范区，在园区、景区、公交、矿山等特定场景，针对一些业务进行测试验证和对外展示。但总体来看，5G车联网应用绝大部分仍处于探索阶段，仅限于应用示范，距离真正成熟和大范围商用还需要一段时间。

基于 5G 的车联网应用情况

智慧公交：2018 年 12 月 5 日，中国电信与成都交投集团、成都公交集团携手建成全国最大规模的 5G 应用示范网，在全长 28KM 的成都二环高架路上率先实现 5G 全覆盖，建成全国首条 5G 精品环线，推出真正面向公众体验和产业应用的全国第一辆 5G 公交车。通过“5G+AI”技术实现公交的智慧调度和移动安防监控，可以实现人数统计、人脸布控/周界防护、体貌特征识别分析和司机违规驾驶行为监控功能，实现对公交站台和公交车的远程实时视频监控。

远程代客泊车：广汽基于 5G 远程自动驾驶技术，帮助用户在商业中心、医院、酒店、机场、办事单位等热门需求区域提前下车或者取车，车辆自动完成泊车与一键召唤。与 5G 结合，可以使系统成本更低，提供更高的泊车成功率与安全性。

无人观光车：2019 年 5 月广西移动通过 5G 网络将设在南宁园博园的模拟驾驶台与在民族广场的车辆连接起来，10 毫秒内可将南宁园博园模拟驾驶台上的操控指令发送到实车上，完成汽车启动、加速、减速、转向等真实操作。还可用于机场中转、枢纽车站、高校院所、医院等非城市交通线路场景，解决人工驾驶安全性低、重复低效劳动、企业运营成本高缺陷。

无人矿山：矿山机械运行路线单一，重复性操作，新场景较少，5G 从相对封闭的特殊场景进行切入更容易实现产业化和技术转换应用。中国联通网络技术研究院和青岛慧拓智能机器有限公司实现了基于 5G 实现矿车编队行驶，并在无人矿山管控中心以大数据分析深度为基础，调度指导平行世界中的现实生产作业，大幅提升驾驶安全和运营效率。

3. 面临挑战

一是跨部门协同需要不断深入。车联网涉及汽车、信息通信、公安、交通等多个领域，跨行业、跨领域属性突出，在政策、专项研究、标准制定、试验示范等工作方面需要协同推进。

二是产业发展需要进一步探索。LTE-V2X/5G-V2X商用部署仍需进行大规模测试验证，并需要同路侧基础设施建设改造，单车式自动驾驶和网联式自动驾驶仍需加强协同，提升产业竞争力。

三是运营模式尚不清晰。中国道路基础设施建设和运营主体具有多元特点。高速公路、城市道路、国省干线、农村公路的智能化基础设施由不同主体负责建设和运营，业主多元化造成车联网路侧基础设施建设和运营主体碎片化特点。

四是投资规模较大，车载终端渗透率低。车路协同需要部署路侧基础设施和车载终端。路侧投资规模较大，同时存在回报不确定、可能需承担安全责任风险等问题。车载终端虽然有广阔的市场空间，但是由于存在行业壁垒、缺乏杀手级应用等原因，其渗透率还处于一个较低的水平，功能也比较简单，需要提高智能化水平。

4. 发展节奏

4G和5G车联网技术将长期共存，协同推动网络和终端推广。目前LTE-V2X产品已具备预商用条件，5G-V2X仍处于标准制定阶段，考虑车辆生命周期较长，车联网车载终端和路侧基础设施将存在LTE-V2X（含LTE-eV2X）和5G NR-V2X版本长期并存情况。LTE-V2X将支撑部分基础的安全类、效率类车联网应用推广，而5G-V2X将支撑对时延、可靠性要求更高的协同性车联网应用实现。

基于5G的车联网信息娱乐类应用将最先成熟，全路况自动驾驶还有很长的路要走。在应用发展节奏方面，基于5G的车联网信息娱乐类业务逐渐融合语音交互、AR、视觉识别等技术衍生AR导航、疲劳驾驶提醒等业务，目前处于高速发展期；随着车联网路侧基础设施部署，当前处于市场启动期的基于C-V2X的流量疏导、碰撞预警、自主泊车等应用，未来将逐渐成为重要车联网应用；高级别无人驾驶应用将随着5G技术发展和覆盖完善而逐渐成熟，目前仍处于探索期。

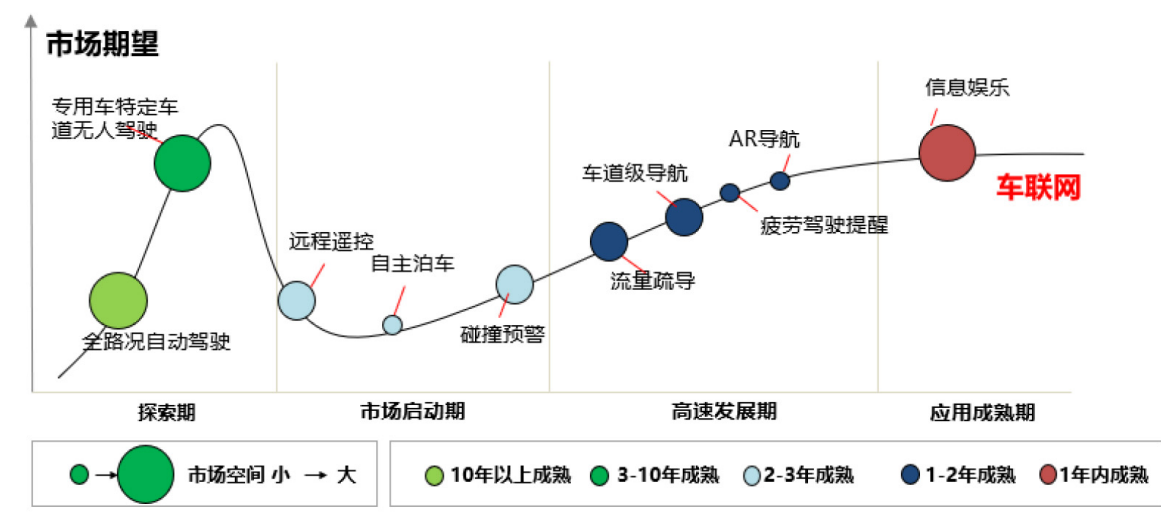


图3-9 车联网应用成熟度曲线

3.9 智慧教育

1. 5G的价值

5G提升在线教育质量。在线教育在5G+VR/AR/全息影像等技术的辅助下，可以实现跨时跨地共享教学资源，学生在远程课堂中感受真实的师生互动，教师可以及时得到学生对于教授内容的反馈，高质量的教学课堂得以保证。在教育资源不均衡的背景下，5G等新一代移动通信技术结合智慧教育可

促进优质教育资源的均衡分配，教育资源匮乏地区的学生接受线上教育亦可享受到优质的教学资源。另外，在专业技能培训课程中，5G+VR/AR/全息影像的技术方案可避免在培训中使用昂贵的精密仪器，避免置身于真实的高危场景中，为各行业的专业培训带来便利。

5G助力实现智慧课堂/教室。智慧课堂在传统课堂的基础上，利用5G+超高清视频、AR/VR、语音系统、智能终端高效的进行互动教学，调节师生关系，强化学生在课堂的主体位置，强化人与环境的交互影响，提高教学质量。智慧课堂主要出现在校外教育机构，互动教学设备和方案的成功应用将逐步展现示范效应，相同模式将在行业内快速复制。智慧教室则利用5G+AIoT等技术设备实现对学生学习状态的感知，实时掌控学生情况。通过传感器、超高清视频等方式搜集数据，数据在边缘或云端进行处理分析，在平台展示。标准化考点是智慧教室的一个典型应用，5G网络下的移动识别设备，配合超高清视频传输等可支撑身份认证、作弊防控、网上巡查、应急指挥等考务工作。

5G助力提升校园安全。以安防场景为代表的智慧校园在5G时代有了新升级。在无人机、物联网、MEC、边缘云、人工智能等技术设备的支持下，全场景高清视频监控、智能视频分析、入侵探测报警、电子巡查可以有效解决当下视频模糊无法识别、陌生人进校、危险探测不及时等校园安全问题，智能化平台建设可有效提升学校的管理效率。

2. 应用现状

5G智慧教育示范应用诞生，规模普及需要时间。当前5G网络还处在初步建设阶段，示范应用的试点在逐步推进，5G教育的标准还在探索。在线教育、智慧课堂/教室、智慧校园三大应用场景均有标杆应用出现，5G智慧教育的规模普及仍需等待网络环境搭建完成，教育应用标准建立完善。

基于 5G 的智慧教育应用情况

全息远程教学：2019年9月16日，中国联通与北京邮电大学在合作共建的智慧教室首次采用5G全息直播技术实现西土城校区和沙河校区两校区同上一门课，为师生们呈现了一场知识、历史、科技的视听盛宴。授课教师1:1全息投影在教室内，科幻又真实，5G网络充分展示大带宽、低时延特点，5G全息课堂为学生提供了可交互、沉浸式的三维远程教育。

全息投影：华师一附中在武汉、福州两地通过“5G+全息投影+VR”技术的远程教学示范课，虚拟老师栩栩如生站在讲台上为同学们授课，位于福州和武汉的两位老师共同上课。两地师生在课堂上实现了异地互动，超越了时间和空间。

5G 智能校园：广东联通联合广东实验中学打造5G智慧校园。智能校园管理系统利用感知技术与智能装备对校园的方方面面进行感知识别，校园出入的人脸识别、访客管理；宿舍的人脸识别、作息管理、访客管理、紧急门禁一键开启；校园防控的集中监控、分布部署、预警智能联动、行为轨迹分析；校车安全管理，含司机行为分析等信息全部通过5G网络传输实时分析记录。

3. 面临挑战

5G智慧教育应用标准尚不健全。智慧教育产业的标准尚未形成完整体系，应用与网络的融合缺乏标准，教育应用缺乏标准。传统教育向智慧教育的转变是逐步探索的过程，教学、教育、教研等方面的应用、不同厂家通信标准的应用等均需要建立标准来规范行业行为。

适配教学的内容资源匮乏。第一，新的教学方式需要全新的教学内容来适配，其中大部分内容需要由专业人员制作而不是老师，如何契合课程要求是其面临的一个问题。第二，超高清内容制作成本高、制作周期长，且大部分教育内容需要个性化定制，投入产出比不高，因此内容制作者缺乏制作热情。优质教学内容的匮乏制约着5G在线教育的发展。

4. 发展节奏

5G与超高清视频的融合应用将率先进入应用成熟期，基于超高清视频的课堂直播、安防监控将首先应用于远程教育和智慧校园的应用场景。远程巡考、督导需要网络、音视频、多媒体技术融合应用，统一通信标准，预计在1-2年内成熟。标准化考点、学生状态评价系统主要依托云端/边缘端的AI计算，算法对于学生状态的识别还需加强训练和学习以提高准确度，另外实时对学生监控、收集个人信息的做法缺乏标准规范，尚需要被大众讨论和接受，预计在2-3年成熟。基于AR/VR辅助的远程课堂和全息课堂是在线教育提供沉浸式教学体验的有效手段，受限于设备制造、网络建设、内容制作等短板，这两项应用尚处在探索期。

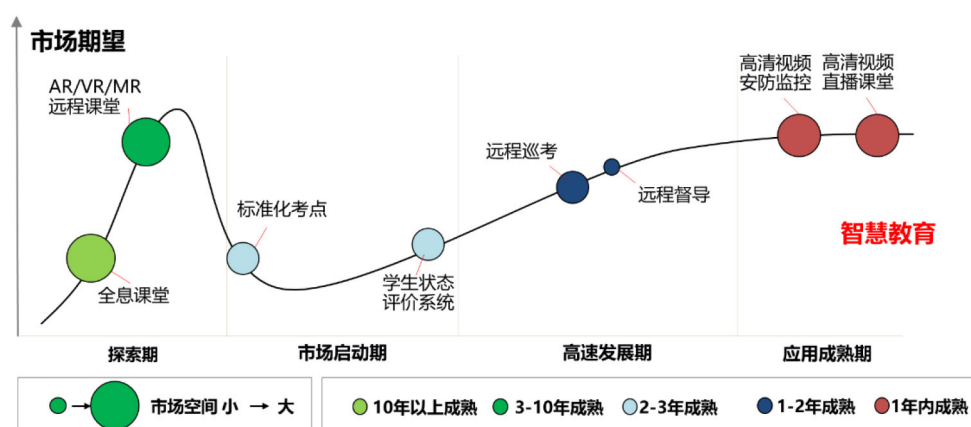


图3-10 智慧教育应用成熟度曲线

3.10 智慧金融

1. 业务场景

4G时代下，金融行业的应用价值还有待进一步挖掘。金融各类技术的应用仍面临能力、成本、机制等多重制约。技术应用程度参差不齐，面对金融行业个性化需求的相关技术开放设计仍有待加强。其中支付交易场景由于网络时延问题，导致系统卡顿、金融服务不流畅；VR/AR的沉浸式金融服务由于数据传输的速度跟不上，带给客户眩晕感，导致此类服务模式没有广泛推广；金融数据依然存在数据孤岛和数据信息不对称等问题，使得金融数据的可用性较低。

5G技术将满足金融应用发展新需求。5G时代有望进入一个真正的万物互联的智能时代，金融行业数字化、自动化、智能化将成为可能，智慧金融也将由初步的概念与形态逐渐水到渠成。由于5G时代网络时延将缩小至毫秒级，加之边缘计算的应用，现有金融服务流程间的网络卡顿将不再被用户感知，移动端的金融服务，速度和质量都将超乎用户想象；5G技术还解决VR/AR场景的眩晕感问题，让VR/AR技术更好的服务金融业；同时海量、多态、相互关联的数据将打造更为全面、安全的金融信用评估体系。

2. 应用现状

目前5G金融应用多数处于探索、试营阶段，距离成熟和商用还需时日。金融与5G的融合创新发展还处于初级阶段，仅限于应用示范，距离真正成熟和大范围商用还需要一段时间。除了主流银行推出5G网点试点之外，大部分应用场景还处于设想、研究、战略规划或试用阶段。但值得注意的是，不管是如银行、证券、保险之类的传统金融机构，还是如互联网金融、第三方支付等新兴金融主体，均高度重视5G技术对金融将产生的巨大影响并积极准备即将到来的变革创新。

5G在金融领域商用落地方面，银行业无疑是试点的先行军。2018年以来，国有大行以5G网络为依托，打造“5G+智能”银行、智能网点、5G联合创新应用实验室。当前银行提供服务主要通过网点和手机银行、网上银行，网点提供面对面服务，手机银行和网上银行则提供一些外延性服务，但多数业务仍受到网点限制，而5G应用可以打破这一局限。基于5G，银行可以充分运用远程服务或智能交互功能，如客户可以通过视频银行办理开户、签约、缴费、汇款等常用业务，重要的视频通话也可被记忆并储存，解决金融服务需求。与此同时，银行也可以利用AR、VR等沉浸式技术提供新型场景化服务体验，创新银行与客户的交互模式。

5G对于金融行业的最大革新在于提供了新的获客渠道或者说流量入口。4G出现之时，金融服务的入口由终端服务机构、网络平台向移动平台转换。而5G时代开启，使得万物互联成为可能，不只是手

机，手表、眼镜、电视等各类设备都可以成为流量入口，人们可以通过可穿戴设备、物联网设备或虚拟现实终端等各种方式实现金融需求。

典型5G金融应用有支付系统、智能风控、智能投顾等。（1）支付体系：支付终端设备可以从手机扩展到更多的智能产品；而支付手段也可以从现有的指纹识别、人脸识别延伸到人体识别、声纹等，实现人与物品的无缝衔接。（2）智能化嵌入式风控：基于5G的智能化风控将嵌入企业经营生产流程，突破原有的信用体系模式，通过已被接入到网络中的人、物等客观信息实时掌握客户的风险动态，为风险管理和风险经营提供决策支持和数据支撑。（3）智能投顾、智能投研：智能投顾是基于融入现代金融理论的人工智能算法，形成客户的精准画像，5G技术将提供更丰富的海量数据和更精准高效的数据处理，为投资者提供多元化、个性化、智能化、自动化的投资服务。

基于 5G 的金融应用情况

中国建设银行首批 3 家“5G + 智能银行”落户北京。建行的智能银行以 5G 技术为基础，将人工智能、生物识别、物联网、全息投影、VR/AR、大数据等新科技，应用于迎宾识别、互动体验、展示销售、业务办理等客户全旅程服务；并建立远程支持平台，进行业务办理远程指导及远程审核等服务，实现网点“无人化”、客户“自助化”。

中国银行的 5G 智能+生活馆于今年 5 月在北京正式开业。该网点引入无人全自助智能服务，运用生物识别、影像识别、人工智能、语义分析、VR、流程自动化等技术，实现办理金融业务的无人化和智能化，无需工作人员协助，客户可借助面部识别技术无卡、无证办理业务。除了提供金融服务，网点还融入了 AR 试穿购物、VR 看车购车等生活元素，改变传统物理网点办理金融业务的单一功能。

工商银行在苏州推出基于 5G 应用的首家新型智慧网点。该网点深度集成大数据、人工智能、生物识别等金融科技手段，植根客户的金融服务需求，秉持“金融与科技、生态、人文相融合”理念设计。在 5G 技术支持下，网点构建了“技术应用+服务功能+场景链接+生态融合”四位一体的服务体系。

华为云打造 5G 智慧银行营业厅。基于边缘计算、IoT、AI、混合云集成等云平台，依托华为 5G 高速通道，毫秒级网络时延，快速打造智能化营业网点，自动识别 VIP 客户，提供沉浸式体验和个性化服务，支撑银行营业厅数字化转型。

中国电信甜橙金融与来自金融、零售、科技等领域的 20 余家行业合作伙伴，围绕聚合支付、消费金融和金融科技三大核心方向，共同签署了《5G 时代金融科技生态共建框架协议》，携手共建 5G 时代金融科技新生态。

3. 面临挑战

一是金融资源融合仍存在瓶颈。网络资源还无法灵活地通过多种方式与金融行业不同应用进行深度整合。且金融领域业务多样复杂，不同业务之间数据资源难以复用；同一业务不同机构的数据涉及

用户和机构本身隐私和利益，难以进行数据共享和资源整合。这些都导致信息孤岛和资源不对称等问题，资源融合相对滞后。

二是安全隐私层面面临挑战。由于5G支持丰富的应用服务，用户、运营商及金融机构间的信任问题更加复杂；且涉及多个终端连接和大量用户隐私数据，一旦提供的隐私保护不够完善，将面临更大规模、更高频次恶意网络攻击（如APT攻击、DDOS恶意软件攻击等）。联机更快也意味着网络传播恶意软件变得更加高效，加之更为分散的特点将深化防范难度。

三是产业生态亟需建设。现有产业链生态不完善，行业龙头企业、科研机构、通信企业尚未建立高效的5G与金融科技合作平台或创新中心，尚未培育能吸引多方创新主体和中小企业的开放生态。

4. 未来发展趋势

未来5G极大拓展了传统金融业的边界，使金融服务无处不在。实现金融联系到人们生产生活流程中每一点，将线上线下服务业务融合，最终产生全新认识、全新行为和全新价值的智慧金融体系。5G+金融，让金融产品、服务乃至风控流程迈向无感化，金融服务最终与场景无缝衔接。

部分5G金融应用将逐渐成熟，嵌入式金融服务还需要较长的时间发展。在应用发展节奏上，基于5G的大带宽和低延迟，最直观的体验是网络延迟将缩小到毫秒级，无延迟交易、转账及支付即将实现。网点革新、高清视频客服、VR/AR沉浸式金融服务等技术，目前处于高速发展期；当前处于市场启动期的智慧投研投顾、全面精准风控、智慧运维管理等将随着5G技术大范围商用，在未来2-3年成为主流；基于万物互联的全方位数字化资产管理、嵌入式金融服务等也将随着5G与物联网等技术成熟和覆盖完善而逐步实现，目前处于探索阶段。

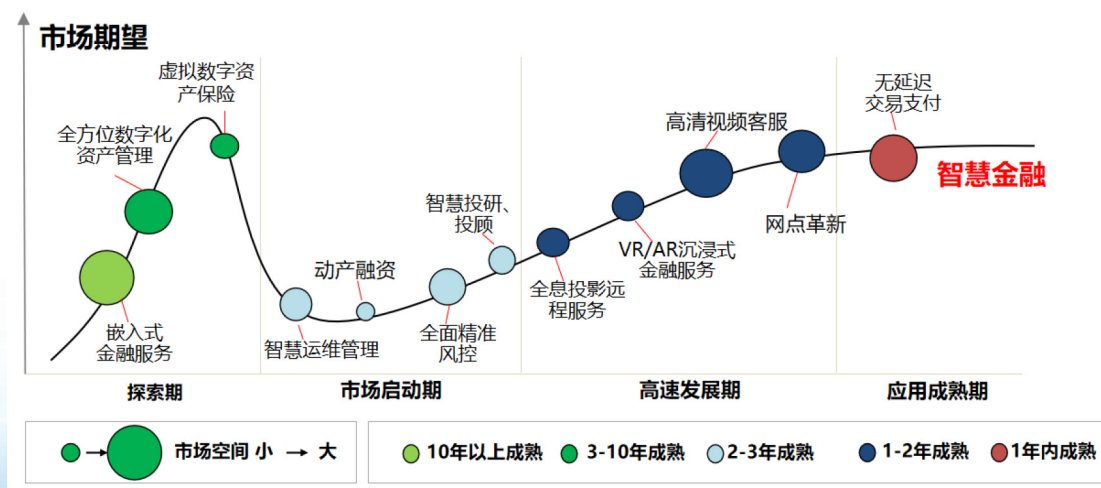


图3-11 智慧金融应用成熟度曲线

3.11 智慧城市

1. 5G的价值

5G助力超清视频监控和智能终端巡检发展，打造智慧安防。在超清视频安防监控方面，5G网络环境下将推动4K/8K高分辨率视频监控普及应用，高速数据传输将使高清视频实时回传成为可能。基于智慧安防指挥云平台，结合大数据和人工智能等技术，对人脸、行为、特殊物品、车等实现精确识别，形成对潜在危险的预判能力和紧急事件的快速响应能力。在智能终端安防巡检方面，巡防无人机、巡逻机器人、智能警用装备等安防巡检终端不断涌现，可对实时数据传输至云端，辅助侦察。如，对火灾等紧急情况巡检，做出实时预警。同时，云端智能分析与现场执法相结合，有助于精确抓捕嫌疑目标。

5G推动城市智能感知和高效应急救援应用，建设智慧城管。在“城市脉搏”智能感知方面，基于5G网络的高速度、大连接、低功耗、低延时特性，智慧城管系统能承载更多的设备连接、传输更大的流量，采集的城市海量数据将大幅提升城市管理能力。在城市应急救援方面，通过5G通信保障车，能够实现方圆300米的范围内5G信号覆盖，结合卫星回传技术可建立救援区域海陆空一体化的应急救援5G网络覆盖。基于5G低时延特性，可大幅提高跨部门应急救援响应速度，同时5G高带宽特性也使VR/AR新技术能够应用到应急救援中，中台应急调度指挥人员能够直观、及时地总揽现场情况，更快速、更科学地制定应急救援方案，提高应急救援效率。

2. 应用现状

5G将对视频监控传输方式产生重大影响。视频监控传输方式分为有线传输和无线传输，目前有线传输占据主导地位并朝着高清化和智能化发展。在5G时代，无线视频监控部署将变得更加容易，在移动载体、危险环境、有线不可达等应用场景下的优势更为凸显，将迎来巨大发展空间。5G将带动多种智能终端在安防领域开展协同应用。依托5G高速基础网络优势，视频监控、无人机航拍、VR/AR监控仪器、智能巡防机器人等都可作为安防智能终端接入网络，实现优势互补，构成城市数据传输、分析和利用的重要枢纽，大幅提高突发事件的响应速度，全面提升智慧城市治理能力。

5G 智慧安防应用

5G 为平昌冬奥会提供更加高效智能的安全防护。平昌冬奥会利用无人机巡检和 8K 高清视频监控摄像头,实现赛场内外的实时远程监控,结合人工智能技术,对可疑人员进行面部识别、危险品识别和异常行为动作识别,预防突发事件发生。

西安开创 5G 智慧平安社区新模式。2019 年 6 月 11 日,西安市高新区正式启动平安西安·智慧安防社区服务平台。该平台依托 5G、IOT 云端和大数据技术,建设智能出入系统和可疑人迹追踪系统,开发智能井盖防移动和电动车防盗等功能,将线下视频监控和公安控制中心相结合,通过一键式报警、多种监控防御系统,规避安全隐患,实现平安不出事,开创了全国平安社区建设的新模式。

深圳基于 5G 网络打造“智能立体巡防派出所”。深圳宝安区集成运用“5G+智能执法终端+高清视频实时回传+AI 智能识别”等技术,实现无人机空中巡航、警用车地面巡逻和 AR 眼镜精确抓捕的立体巡防。智能执法终端包括巡防无人机、加装采集终端的警用摩托车和巡逻机器人,将巡逻所采集的高清视频信息实时回传后台指挥中心,成为快速识别和研判目标的重要信息来源。此外,警务人员现场通过 VR 拍摄犯罪嫌疑人图片,上传到云端,可以自动匹配人脸库,协助警员快速锁定目标嫌疑人,实现精确抓捕。

5G智慧城管应用涉及“感知、分析、服务、指挥”等多个环节,为市政基础设施、应急指挥、环境监测等提供实时反应、高效联动的5G应用解决方案。

5G 智慧城管应用

台州打造 5G 智慧城管:台州综合行政执法局与中国移动(台州)、海康威视开展合作,共同推进台州城市管理智慧化、精细化发展。城管 5G 联合创新中心利用 5G+物联网实现市政设施的智能管理和远程调度,让城市管理更加便捷高效。通过 5G+AI 融合创新,后台视频数据结构化处理,实现人脸、车牌、场景、物体、行为等内容的动态追踪识别,实现城市管理的自动预警。

青岛启动 5G 城市管理应用。2019 年 5 月 17 日,青岛市北区人民政府与青岛移动、青岛云世纪联合举办“5G+智慧城市管理”无人机应用发布。该应用主要围绕城市智慧管理系统,将 5G 优势与无人机特点相结合,为城市应急处理、森林防火、交通指挥、重大活动保障、市容环境监控、河道汛期巡检等方面提供有效解决方案。

成都落地 5G“智慧水务”新模式。成都活水公园打造 5G“智慧水务”体验区,实现无人船“智慧巡河”,船载传感器可远距离操控或按照既定航线自动巡航,智能识别河道垃圾、水葫芦、蓝藻等,还可凭借小巧灵活的特性勘探人无法进入的死角区域,自动采集水域信息,并根据数据对河道进行水上水下一体建模、绘制水质分布图、生成采样报告及检测报告。

3. 面临挑战

商业模式还不够成熟。以智慧安防和智慧城管为代表的5G智慧城市应用仍处于初级阶段,只是在局部地区开展试点,还未能形成规模化推广。5G智慧城市应用将融合物联网、AI、云计算、大数据等多种信息技术,资金投入大,运营成本高,可持续的商业模式还有待进一步探索。

隐私保护面临新挑战。5G将加快智慧城市的建设与发展进程，加速城市中人与人之间、物与物之间、人与物之间的联结，智能化产品将大量涌进城市管理活动和居民日常生活，城市管理过程中的数据采集应用与用户隐私保护如何权衡，将成为不可避免的问题。

4. 发展节奏

智慧安防产业需求趋于智能化、产品布局趋于多样化、技术创新趋于融合化。城市安防需求正在从“看得见”向“看得清”、“看得懂”转变，视频监控高清化显示和智能化分析成为安防行业发展的必然趋势。5G的快速传输，将使后端智能数据处理能力提升，同时“云边端”布局模式也将大幅度降低网络传输宽带资源占用，提升智能化分析能力。同时，5G除了满足安防的超清视频的传输、海量设备的互联需求之外，其还将与物联网、大数据、云计算技术融合，促进安防业务的开放与创新、促进安防与其它信息化系统的融合。

智慧城管将从局部单点应用向全域精细管理方向发展。各地在5G城市管理中的应用呈现多元化，但大多数处于局部应用阶段，由于5G网络建设和覆盖尚需一段过程，城市级的规模应用尚需一段时间。近期内，在局部场所的5G低时延、高带宽的特性应用为主流，如可单点部署的应急救援、远程巡检应用，中远期，随着5G网络建设和覆盖完善，5G低功耗、大连接的特性应用将占据主流。

从技术成熟度角度来看，高清视频监控和门禁系统将作为城市典型应用率先引发智慧安防领域变革。随着人工智能的快速发展与5G融合应用，移动执法、防盗预警等智能应用也将迎来高速发展期。以人工智能、GIS等技术为基础的巡逻机器人和应急指挥等综合应用还需时间检验。从市场发展空间来看，城市化进程加剧直接造成安防和城管新需求的增长，公共安全和社区治安成为城市治理的优先领域，以远程巡检应用为代表的环境监测也将成为城市发展的关注重点。在未来，城市全域感知和精细管理成为必然发展趋势，但仍需长期持续探索。

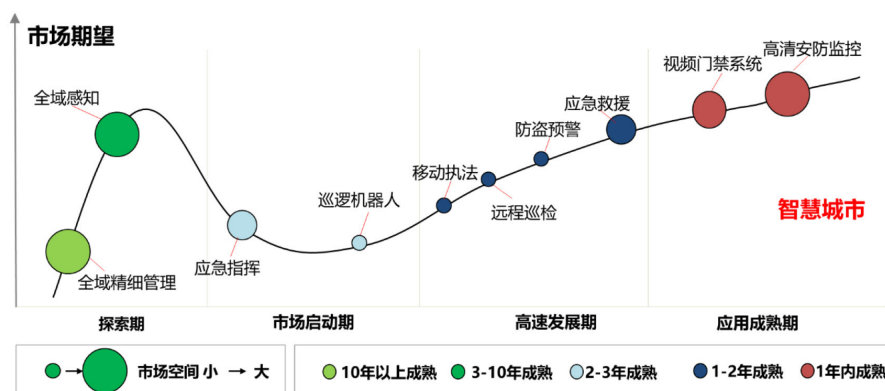


图3-12 智慧城市应用成熟度曲线

4 5G融合应用的挑战与发展建议

4.1 5G融合应用面临的挑战

5G融合应用刚刚起步，多个环节尚需进一步贯通，5G应用发展面临网络、产业、商业模式等方面的挑战。首先，5G在行业领域的网络建设和运维与4G有很大不同，需要解决不同行业5G网络部署架构、网络配置方案、安全等，以满足行业应用承载需求。其次，5G要融入到垂直行业的各个环节，需要双方不断加强沟通，行业客户从了解到信任再到有意愿合作需要一定的周期，且需要行业投入一定的资源。再次，5G行业应用暂未形成清晰的商业模式，各行各业信息化基础参差不齐，需求千差万别，碎片化的需求意味着难以大规模复制推广，还需要不同产业领域协同探索合作共赢的商业模式。最后，5G应用和网络、终端、基础软硬件间的协同仍需进一步加强，需要面向不同行业新场景、新需求，重新研制新的软硬件产品，而目前5G模组尚不能实现规模级商用，将影响行业终端的研发速度和行业应用的发展规模。

4.2 5G融合应用发展建议

1. 加强网络 and 应用的匹配性研究，制定相关标准

5G应用到不同行业领域，其网络建设和运维方式都将有很大不同。一是需要5G网络运营方和行业应用方共同开展不同行业的差异化需求和5G网络能力的匹配性研究，明确5G适用的业务场景和网络能力需求。二是通过开展业务应用验证，研究制定5G应用业务标准、互联互通标准、测试认证标准，发挥标准对5G产业的引导支撑作用。

2. 加强顶层设计和相关政策研究，深化5G应用示范

一是从国家和地方政府层面出台支持5G应用和产业发展的相关政策，建设5G应用示范区和创新中心，通过试点示范和直观展示，加深社会各界对5G应用的理解，吸引更多行业参与5G应用创新。二是在推进机制上，加强部门间、部省间、行业间等层面交流对接，形成“横向协同、纵向联动”的5G应用协作机制，破除行业壁垒、畅通合作渠道、形成支持合力，推动形成跨行业、跨领域的协同创新集群。三是针对5G应用于各行业存在的个性化政策挑战，加快研究相关政策需求，如无人驾驶汽车交通事故责任认定、医疗机构收集的个人健康信息是否合法以及能否共享等。

3. 建立跨行业5G应用产业生态，探索多方共赢的合作模式

一是建议尽快建立国家级的协同创新平台，统筹垂直行业应用方、5G运营企业、5G相关制造企业、应用开发企业、科研机构等相关单位，围绕终端、网络、数据处理、应用等方面，协同开展5G跨行业应用创新，建立5G融合应用的生态体系。二是加强跨专业人才队伍建设，培育一批既懂5G通信技术又懂行业专业技术的复合型人才，深挖行业需求并提出通信解决方案。三是通过以赛促用，发挥产业方阵作用，组织产业各方积极开展技术创新、产品创新、模式创新研究，解决规模化应用的核心问题，打通5G应用合作链、创新链、资金链，共同探索多方共赢的5G商业模式。

6 主要贡献单位

CAICT 中国信通院





联系方式

电话: +86-10-62300164

邮箱: imt2020@catr.cn

COPYRIGHT© 2019 IMT-2020 (5G) PROMOTION GROUP.
ALL RIGHTS RESERVED.