

融合 2022年

十大数字科技前沿 应用趋势

Top 10 Digital Technology Application
Trends 2022

前言 *Preface*

过去的一年是极不平凡的一年，新冠肺炎疫情持续延宕，世界经济复苏震荡不定，与此同时，数字科技正前所未有地渗透到经济社会的方方面面，一个更加智能泛在、虚实共生的时空正在全面展开。

我们于2020年发起了《数字科技前沿应用趋势》研究项目，其中的很多预判已成为行业热点，人工智能等数字技术在医疗、自动驾驶、安全等领域的应用深入开展，沉浸式媒体、数字虚拟人、虚实集成打开了全真数字世界的大门。

新一年，我们继续聚焦近未来有望落地的科技趋势，先后访谈了重点领域的科学探索奖获奖人、业界权威专家，以及腾讯科技实验室的科学家，凝练出三大类、十个重点方向：云原生、人工智能、未来网络、云安全、量子计算等领域的新变革有望重塑信息基础设施；空天科技、能源互联网、复杂任务服务机器人与信息技术的融合正迸发出强劲的跨界创新势能；万物孪生、扩展现实将进一步连通虚实世界，为人们创造全新的体验和数字生产力，让虚拟世界更真实、让真实世界更丰富。

科技的发展没有终点，让科技融入实体经济促其高质量发展，让生活更便捷、让社会更美好才是永恒的趋势。

——腾讯研究院院长 司晓

专家推荐 *Experts recommend*

25年前，尼葛洛庞帝在《数字化生存》一书中描绘了一幅在数字空间工作、生活和学习的全新生存方式。而今天，这些预言已经转化为现实，数字科技正全面渗透到人类生产生活的各个角落，成为经济社会发展的核心驱动力。

面对疫情和全球产业格局调整带来的不确定性风险，我们更需要加强科技预判，瞄准世界科技前沿，引领科技发展方向。这份报告给我们提供了诸多有价值的洞见，我们看到云原生、机器学习平台、零信任安全等技术将为实体经济的新旧动能转换提供更为坚实基础；卫星互联网、能源互联网、智能机器人将带来连接变革、能源革命和服务升级；随着数字引擎和VR、AR的应用扩展，一个与物理世界共生的数字世界正在向我们走来。数字科技之力正在转化为未来的新动能，推动我国经济更高质量发展。

——中国工程院院士 邬贺铨

专家推荐 *Experts recommend*

当前，全球正在加速进入科技革命跃迁、经济范式转换和生产要素重置的重要变革期。算力已经成为人类生产力和国家竞争力的重要基础，云计算、人工智能、未来网络等技术与各行业持续深度融合，推动质量变革、效率变革和动力变革。随着个人生活、企业运营和城市管理更多地转移到数字世界中，云原生安全能力在未来尤为重要。

虚拟现实构建了物理世界的数字镜像，自然化了人机交互方式，数字孪生的发展实现了虚拟世界和物理世界的贯通融合，为人们认识、理解和改造世界提供了新手段。这将让虚拟世界更真实、让真实世界更丰富，不仅为人们带来体验的升级和认知的升维，还有望推动更多新物种、新产业、新经济的涌现。

数字科技对各行业具有极强的交叉融合特性和支撑赋能作用，定会在碳中和、太空探索、装备制造、医疗健康等重大国家战略中发挥更大作用。数字科技的蓬勃发展，必将进一步推动实体产业的数字化和智能化，打通生产、分配、流通、消费各环节，助力构建国际国内双循环的新发展格局。

——中国工程院院士 虚拟现实产业联盟理事长 赵沁平

专家推荐 *Experts recommend*

新一轮科技革命与产业变革正重构世界创新版图、重塑全球经济结构，加之新冠肺炎疫情给经济社会发展增添了不确定性，国家迫切需要通过科技创新提供经济发展新动能。该报告提出的一些信息领域新趋势值得我们格外关注。

在信息通信方面，信息网络将更智能、更弹性，人网物三元万物互联以及网络与各行业深度融合，将为数字经济发展提供大连接、广覆盖、智能化、无人化、高可靠的一体化网络体验。在信息计算方面，算力成为人类生产力和国家竞争力的基础，云计算、人工智能、量子计算、类脑计算的演进，让数字发动机更快运转，进一步释放数据要素的巨大价值。在信息交互方面，VR、AR、数字孪生等技术的不断成熟，构建了虚实世界互动的新通路、新模式。在信息控制方面，更柔性、多模态的机器人有望执行更为复杂的任务，成为人类的帮手，为解决国家老龄化等问题带来新思路；此外，能源互联网将助力人类加快解决能源的管理和控制问题。星地协同智能化将加速数据中心资源更大范围灵活调用，网络将继续由地面的平面互联向空间三维互联、太空和星际互联延伸。

——中国工程院院士 余少华

目录

Contents

- 01 前言 Preface
- 02 专家推荐 Experts recommend
- 06 趋势01 TREND NO.1
云原生加速IT体系迈进全云时代
- 09 趋势02 TREND NO.2
量子计算NISQ时期仍将持续
- 13 趋势03 TREND NO.3
人工智能迈向普适化和工业化新阶段
- 16 趋势04 TREND NO.4
云网融合构建“连接升维”
- 19 趋势05 TREND NO.5
疫后新需求按下云原生安全发展快进键
- 22 趋势06 TREND NO.6
多路径并行演进推动万物孪生
- 25 趋势07 TREND NO.7
硬件迭代驱动扩展现实（XR）产业拐点到来
- 28 趋势08 TREND NO.8
多模态融合驱动复杂任务服务机器人深入家庭生活
- 32 趋势09 TREND NO.9
双碳目标倒逼能源互联网加快发展
- 36 趋势10 TREND NO.10
星地协同智能化开启“大航天”时代
- 39 附录 十大数字科技趋势技术集



趋势01 TREND NO.1

云原生加速IT体系迈进全云时代

云原生是一种IT技术方式，使组织能够在云计算环境中构建和运行可扩展的应用程序。在多云、混合云等多元化部署的主流环境下，随着容器、无服务器等关键技术及工具不断创新与兼容，以及分布式云服务的兴起，云原生能更有效应对业务和数据动态多变的环境，促进新一轮的软硬件相互定义乃至融合发展，推动IT体系向全面云化的新阶段演进。当然，云原生涉及整个IT体系的变革，其发展也面临可视化、复杂性、安全性等诸多挑战，需要跳出传统IT思维，用云原生的技术和管理模式进行系统应对。未来，伴随着云原生操作系统的持续发展和完善，在多元场景下提供一致的云计算产品服务和体验将成为业界共同努力的方向。

云原生是一种IT技术方式，使组织能够在云计算环境中构建和运行可扩展的应用。随着数字化的普及和深入，海量数据实时、灵活处理的情况日益普遍，传统IT架构越来越难以适应。云原生通过容器、服务网格、微服务、不可变基础设施和声明式API等关键技术，使松散耦合的系统具有弹性、可管理性和可观察性，能够更低成本、高效地调用各类云计算资源向业务交付应用，推动IT体系向全面云化的新阶段演进。

首先，无服务器计算（Serverless）兴起，正在成为云原生加速发展的新路径。当前容器（Container）、微服务（Microservices）等技术已成为实践云原生的主要路径，但由于其技术实践的复杂性并不低，对很多传统企业而言应用门槛仍然较高。无服务器计算则在基础设施之上建立新的抽象层，屏蔽部署、运维等带来的复杂性，实现功能即服务（FaaS），使开发人员只用专注开发代码本身，而无需像容器那样还要进行较复杂的底层基础设施配置，从而大大提高应用开发和运营效率，比如通过云服务和小程序开发工具的深度集成，研发效率可以提升50%。此外容器、微服务等技术也在不断地探索无服务器的理念，为用户在云上便捷、高效地实现业务闭环提供了不同路径。当然，无服务器计算也有厂商标准尚不统一、适用任务单一等局限性，因此并非是容器的替代，两者更多呈现兼容互补的发展趋势。

其次，分布式云将有效拓展云原生业务构建的物理边界，大幅减轻用户多云管理负担。分布式云凭借其对公有云服务向不同位置延伸和云资源全局统一管理的能力，正成为云服务演进的重要方向。一方面分布式云能将公有云的全栈PaaS能力延伸到本地、边缘等不同物理位置，任何物理位置均可提供大数据、AI、开发工具等和公有云同样的PaaS服务，让用户在所需的位置都能基于丰富的工具使用构建云原生应用；另一方面分布式云对云资源的统一管理能力，可以有效融合公有云、私有云、混合云、边缘云等全场景，由公有云厂商对全类型云计算资源进行高效、统一地管理、调度、更新、迭代，让用户能从复杂的多云管理中解放出来，将更多精力聚焦业务本身。

最后，异构计算促进软硬件相互定义和融合发展，推动云原生基础设施性能持续突破瓶颈。随着AI计算、科学计算等应用需求的普遍增加，云计算承载的业务场景持续细化和专业化，计算速度、成本、能耗等都面临更高的要求。传统以CPU为主的IT通用计算架构和软硬件分离的方式，越来越难以满足专业应用的高性能处理需要，促进可使用CPU、GPU等多种计算单元的异构计算（HC），以及集成存储设

备及虚拟运算的超融合基础架构（HCI）蓬勃发展。由此，软硬件进入相互定义、相互开源和开放的新阶段，为提升云原生基础设施算力能力和能源效率、降低损耗和成本等带来了新的发展红利。整体而言，随着云原生技术的发展成熟，未来企业上云用云将更加低成本和高效便捷，一个“全云”的新时代正在成型。

虽然云原生已经成为主流探索方向，但涉及IT体系的整体变革仍面临不少挑战。主要有：**一是云原生资源的多变性影响IT体系全链条的可观测性。**云原生理念的实现借助了微服务、容器、无服务架构等诸多技术，帮助租户屏蔽了基础设施的复杂性，但同时也降低了IT系统在云上全流程的可观测性，例如微服务状态监测与管理较难、无服务器架构使用过程中调试工具不完善等，导致初期的使用门槛和成本较高。**二是云原生实践过程中迁移和管理复杂度较高。**为有效提升基础平台资源利用率、业务应用弹性伸缩效率和灵活性，云原生技术实践往往涉及多云间的业务部署、迁移和管理等复杂场景，需要成熟的技术工具和人员能力才能有效应对，有待整个行业持续建设培养。**三是数据隐私和安全风险也是影响云原生发展的关键问题。**云原生的开源开放性，有利于集成各种三方工具，但也造成安全威胁的多样化，安全策略难以集中一致地实施。例如云原生体系下微服务的API数量将不断递增，进而扩大了攻击面、增大了数据泄露的风险。这些问题和挑战，都需要跳出传统IT的思维，用云原生的技术和管理模式进行系统解决。

未来，伴随着云原生操作系统的持续发展和完善，在多云、混合云场景下提供一致的产品服务和体验将成为业界共同努力的方向。传统的公有云边界有望突破，公有云的产品将“延伸”到任何用户需要的环境中，不同的物理位置均可提供云原生服务，加速数字业务云上的闭环。

感谢中国科学院计算技术研究所研究员崔慧敏，腾讯云副总裁王慧星，腾讯云容器产品技术总监于广游，云技术运营服务部宋昭文、杨政权、邓逾越在云计算研究中给予的指导和支持

TREND NO.2 趋势02

量子计算NISQ时期仍将持续

2021年是量子计算备受瞩目的一年，国际国内均有较为明显的科研成就。量子比特数量实现较大规模增长，各量子计算硬件技术也皆有发展；越来越多的机构开始研发上层软件和算法，并有越来越多的算法在小规模实际问题上得到实验。未来几年，仍是量子计算积蓄力量的阶段，量子计算有望突破1000个量子比特，量子纠错的进展对实现可用逻辑量子比特至关重要，量子计算与经典计算相结合的混合计算体系或将成为更加有效的应用方案，而量子计算在组合优化、化学制药、机器学习等领域也有望产生实际的应用价值。

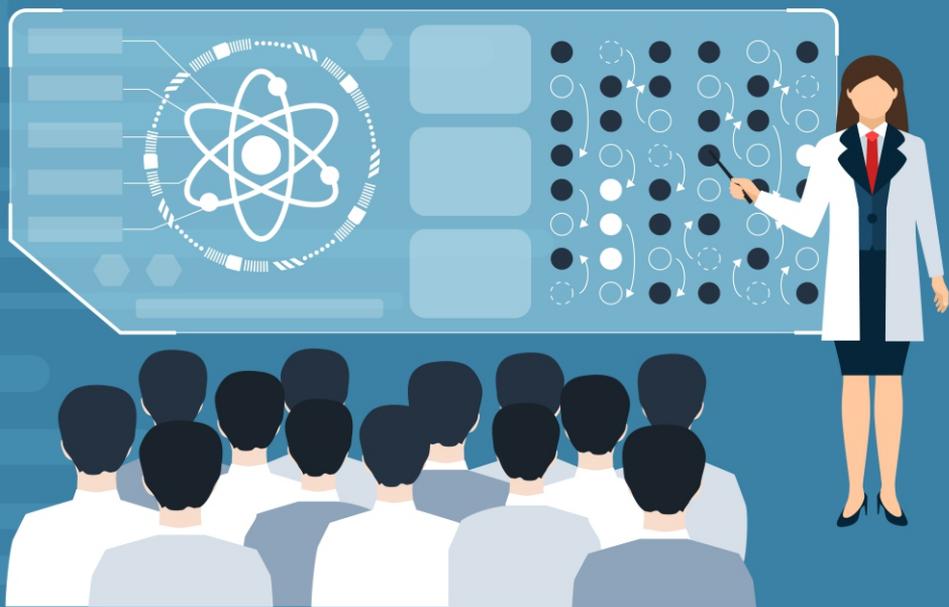


2021年是量子计算界备受瞩目的一年，中国连续两次实现了量子计算优越性，国际上量子计算企业获得风险投资首次突破10亿美元，量子比特数量实现较大规模增长，国内“祖冲之二号”量子比特数量已达66个，国际上推出了127量子比特超导量子处理器以及基于中性原子的256量子比特模拟器，软件开发和算法应用也在加紧实验探索中。

当前，量子计算处于NISQ(含噪声中等规模量子)时代。产业界均在努力增加量子比特数量，提升单个量子比特的质量。同时，因为多个量子比特相互作用会产生新的错误，学术界和产业界都在寻求纠错的突破。国内量子计算发展追赶很快，除学术界以外，国内越来越多的科技集团和初创公司也投身量子计算开发，并开放量子计算云平台。总体上，国内量子计算的最高水平在量子比特数量和质量方面与国际上差距不大，但是支持量子计算运行的关键设备的研制，例如稀释制冷机和测控系统，与国际水平相比还存在差距。此外，国内量子软件和算法开发相对落后，开展量子计算用例研究的企业偏少。

2022年，将是量子计算继续积蓄力量之年。随着100+量子比特设备的推出，需要开发适用于更大规模量子计算机的软硬件相关技术，为未来通用量子计算机的实现打好基础。

硬件方面，主流量子计算硬件技术（如超导、离子阱、光量子等）将并行发展，按照一些国际大公司公布的路线图，两到三年内，量子计算有望突破1000量



子比特。超导体方面，中国技术团队已取得了量子计算优越性；离子阱体系提出了QCCD(量子电荷耦合器件)架构，比特串扰小，且可扩展性较好；光子技术除了达到量子计算优越性外，还成功实现了编程。上述技术均已经或有望在短期内超越100量子比特，但由于量子纠错难题短期内难以突破，因此未来何时实现可用的量子逻辑比特，还不清晰。此外，从几十到一百、从几百到一千，跨过每个门槛都可能需要工艺上的重大调整。除此之外，还需要解决串扰、发热控制和测控自动化等方面的问题。其中，为了与处于低温下的量子芯片更好交互，量子计算机组件例如测控系统，需要部分在低温环境下集成。然而，量子计算机短期内主要目标是规模扩大和性能提升，预计各个方案的运行温度和体积不会有量级上的变化。

量子计算与经典计算相结合的混合计算体系或将成为更加有效的应用方案。量子计算机的具体形态以及是否通过芯片实现尚处研究过程中。一方面，量子计算机可能采用混合技术，将超导、离子阱等各技术体系的优势结合起来。分布式量子计算机可能是实现大规模通用量子计算机的路径之一；另一方面，在实际应用中，量子计算很可能会与经典计算机混合使用。量子计算解决部分擅长的问题，而经典计算作为辅助来协同解决整个问题。目前国内外研究人员已开始研究混合量子-经典算法。未来，量子计算机可能在高性能计算中心与经典计算进行集成。

软件算法方面，预计在2023年前后，量子计算有望开始在若干领域(例如组合优化、量子化学、机器学习等)实现具有应用价值的专用量子模拟机。目前，很多世界五百强企业开始进行量子计算的“概念验证”。但是还没有哪个领域的应用有公认的落地应用表现，行业正在持续探索和寻找“杀手级应用”。根据技术成熟度判断，最先带来价值的应用可能会在化学、优化等领域相关的方向出现。优化包括车辆和飞行器(如无人机)的路径优化、投资组合优化。量子计算已经在小规模优化问题上展示了一定的可行性，**未来量子计算有望应用于更大规模的优化问题。三到五年内，量子计算有望用于小规模分子模拟和蒙特卡罗模拟，分子模拟是药物、新材料开发的基础，蒙特卡罗模拟在金融领域有广泛应用。**另外，量子计算有望为更大规模的模拟提供加速，可能在学术领域产生价值，例如通过模拟物理系统带来新的科学发现。

此外，量子计算的应用价值，还需要业界持续共同探索。在解决某些经典计算复杂度高的问题上，量子计算有望有巨大的加速优势。量子计算的可理论证明加速的算法在持续研究，另外也有越来越多的变分量子算法在小规模实际问题上进行实验，但由于硬件限制，无法判断在问题规模逐渐增大时的运行效果。

量子计算产业链将随科研及应用发展逐步形成。目前全球多个国家和地区已经在积极构建量子计算产业链。从稀释制冷机、低温布线生产商，到量子芯片、量子测控系统生产商，到云平台、开发平台提供商，量子算法和软件开发商，再到下游的金融、制药、物流、航空行业等，业界有望构建更全的产业链条。在生态合作层面，量子计算各参与方增进交流，多学科相互协同、软硬件算法各方面研发相互促进，学术界和产业界共研、共创、共同进步，是促进量子计算的科研及产业生态健康发展的重要因素；在资本层面，因该领域专业门槛较高而又备受关注，因此未来资本市场的专业性和理性对产业发展也至关重要，避免因不当行为而导致行业声誉受损，甚至影响到科学研究本身。

感谢中国科学技术大学教授陆朝阳，腾讯量子实验室负责人张胜誉，电子科技大学邓光伟研究员在量子计算研究中给予的指导和支持



TREND NO.3 趋势03

人工智能迈向普适化和工业化新阶段

人工智能已经在一些特定的任务上超越了人的能力，但大规模应用仍存在瓶颈，包括依赖大量标注数据、模型泛化能力不强、研发效率低和安全风险等问题，限制了产业的进一步发展。未来，多种人工智能技术将加速演进，超大模型有望推动通用人工智能进程，小样本学习技术将破解行业数据不足的难题，一站式机器学习平台正成为人工智能研发的基础设施，针对人工智能算法优化的专用芯片可望在更多场景落地，加之可信和安全AI的持续探索，人工智能将与更多的行业深度融合，向更加普适化和工业化的方向迈进。

近年来，人工智能已经在语音、图像、视频和自然语言处理等领域取得了长足的进展，并在一些特定的任务上超越了人的能力，尤其是一些突破性的成果，诸如AlphaFold2破解困扰生物学界50多年的蛋白质结构预测难题，让人们再次惊叹和期待人工智能改变世界的无限可能。在重点应用方面，融合了语音识别、语音合成、自然语言处理、多模态建模、知识图谱、3D视觉技术和语音驱动面部动画的数字虚拟人技术成为热点，从虚拟客服、虚拟主播、虚拟偶像到各行业的数字员工，数字人正在以更快的速度融入到经济社会中，推动虚拟世界和现实世界的进一步融合。作为人工智能集大成者的自动驾驶持续火热，传统车厂、造车新势力和跨界者纷纷加速布局，在国内数十个城市全面展开了自动驾驶的测试和运营。

人工智能的大规模应用仍然面临技术瓶颈，如依赖大量标注数据、模型泛化能力弱、鲁棒性较弱、研发效率低、部分行业数据量少等问题，限制了产业的进一步发展。但这些问题随着超大模型、一站式机器学习平台、小样本学习等技术的加速演进，有望得到解决，进一步推动人工智能向更加普适化和工业化的方向迈进。

超大模型将加速通用人工智能进程，推动算法普适化。当前的人工智能大多是针对特定的场景应用进行训练，生成的模型难以迁移到其他应用，属于“小模型”的范畴。整个过程不仅需要大量的手工调参，还需要给机器喂养海量的标注数据，这拉低了人工智能的研发效率，且成本较高。Open AI的大规模预训练语言模型GPT-3在翻译、问答、内容生成等领域的不俗表现，让业界看到了达成通用人工智能的希望。大模型通常是在无标注的大数据集上，采用自监督学习的方法进行训练，之后进行简单的微调，或采用少量数据进行二次训练，就可以满足新的应用场景的需要。这意味着对大模型的改进可以让所有的下游小模型受益，大幅提升人工智能的适用场景和研发效率，因此大模型正在成为业界重点投入的方向，谷歌、脸书、微软，国内的百度、阿里、腾讯、华为和智源研究院等纷纷推出超大模型。可以预见的是，短期内，模型的规模会进一步提升，行业将出现多个万亿级参数的大模型，对算力基础设施的需求也会进一步提升，与云的结合成为突破算力限制的首选。同时，大模型中的数据类型将不断丰富，由目前文本为主向图像、视觉等多模态方向丰富，进而推动模型准确性和泛化能力的提升。

小样本学习技术破解数据缺乏难题，助力更多行业智能化。在工业、医疗等很多行业，人工智能技术的落地往往面临训练样本数量不足的挑战，而小样本学习技术正是针对这一问题的有效解法。如，先在大规模数据集上预训练模型，之后在目标小样本数据集上进行参数微调获得模型，这一方法在目标数据集和源数据集较为

类似的情况下比较有效。再如，通过多任务分割网络和迁移学习，可以实现对大量异质公开数据集的利用，将学习到的知识和特征用于生成目标领域的模型，从而实现知识在不同领域之间的迁移。

一站式机器学习平台有望成为人工智能研发基础设施，推动模型工业化。人工智能的模型开发往往面临算力资源搭建周期长、计算框架维护繁琐、算法和模型调优门槛高、人才缺口大等难题，这使得传统上通过自建开展人工智能研发的方式面临重大瓶颈，难以满足工业化大生产的需求。一站式的机器学习平台可以为开发者提供从数据标注、数据预处理、模型构建、模型训练、模型评估到模型服务的全流程开发支持，帮助开发者更快完成业务模型的搭建，大幅降低机器学习的进入门槛。相比自建模型的繁琐工作，未来将有更多的开发者选择一站式机器学习平台高效地进行模型开发，加速人工智能模型生产的工业化。

此外，在软硬件一体化的趋势下，针对人工智能算法优化的ASIC专用芯片将在更多的行业应用场景落地。相比GPU和FPGA芯片，ASIC虽然没有前两者的通用性和灵活性，但可以完美适配AI算法，并针对不同的需求场景优化，在性能、功耗和成本上都要优于前两者，预计将成为未来主流，助力人工智能在更多的行业加快落地。

人工智能在产业落地中，还面临一些模型本身的问题和外部安全风险。一方面，模型的输入数据和输出结果之间，存在着人们无法洞悉的“隐层”，这使得人工智能的工作原理难以被清晰解释，也被称为“黑盒”，导致了行业应用中面临模型可解释性不足等问题。另一方面，随着人工智能被应用到更多高价值的行业，算法后门攻击、对抗样本攻击、模型窃取攻击等带来的安全风险与日剧增。

未来，可信和安全人工智能技术的持续探索，将成为AI普适化和工业化的重要保障。科学家正在探索一种能够将知识驱动和数据驱动相结合的有效方法，从而更好地发挥两者的优势，提升人工智能的鲁棒性和可解释性。如，贝叶斯深度学习，不仅可以发挥贝叶斯算法本身的可解释性，从少量数据中学习，又具备深度学习强大的拟合能力，预计将在人工智能可解释性方面发挥重要作用。同时，通过安全左移，增强主动安全检测，对各类攻击进行侦测与拦截，提升人工智能系统的安全性，也是技术研发的重要方向。此外，加快完善人工智能治理和伦理规范已成为业界基本共识，政府、企业和科研机构分别从法律法规、伦理道德等多层面探索AI向善的落地机制，为人工智能的普适化和工业化保驾护航。



趋势04 TREND NO.4

云网融合构建“连接升维”

通过引入云计算技术，信息通信网络的核心功能将在虚拟机和容器上构建，这让未来网络核心网的扩容更加灵活便捷、弹性即用。感知与智能将成为网络技术演进的新趋势，推动连接能力升维。无线通信与无线感知能力相融合实现了通信感知一体化，网络由此具备了原生感知能力，从连接信息变成连接行为，从交互认知延伸到交互感知。同时，新型无线AI网络架构和协议可以高效捕获信道特征、适应未知环境，带来物理层面的性能提升。此外，空天地一体化的网络将实现人联与物联、无线与有线、广域和近域、空天和地面等的智能全连接，不仅可以在全球实现宽带和物联网通信，为用户提供泛在通信服务，还可以将增强定位导航、实时地球观测等新能力集成到网络系统中。

得益于信息通信技术的快速发展，互联网从发端时主要聚焦在科研逐步向消费型网络发展，目前正向生产型网络不断演进，未来网络将从信息传输向产业服务转变，网络将更加智能化、便捷化。

通感一体塑造全真全感互联。从1G到5G时代，通信能力和感知能力是相互独立的，进入后5G时代后，随着通信频谱向毫米波、太赫兹、可见光扩展，与传统的感知频谱重合，使得通信与感知融合成为了可能。一是通信和信息感知融合网络在尽可能不影响通信功能的前提下，使用通信技术本身的可用以感知探测的能力，实现对目标、环境或者内容的智能自适应的感知，助力网络通信性能的提升或赋予通信系统新的能力。二是通信网络的信息感知也是多维度的，其中包括环境和目标感知、业务数据和内容感知、网络状态感知。利用无线通信信号提供实时感知功能，获取环境的实际信息，并且利用先进的算法、边缘计算和人工智能能力来生成超高分辨率的图像，完成现实世界的数字化重建，可以和虚拟化世界进行融合，获得更加真实的体验。三是通感一体化将分阶段、分层次融合演进，逐步实现“业务共存、能力互助、网络互惠”。未来将构建起人机物智慧互联、智能体高效互通的新型网络，有能力提供扩展现实、全息通信等深度沉浸式交互场景，全方位支持自动驾驶、无人机协作等高精度物理空间感知业务，未来还可应用在智慧城市、气象预报、环境监测、医疗成像等场景，甚至拓展丰富的室内新业务。

AI构建智慧化网络。目前大量新应用、新业务上线的时间越来越快，对网络的时延、可靠性和稳定性要求极高，同时网络运维运营难度和成本增加也是必然趋势，传统被动式的人工运维运营模式已越来越难以满足需求。在这一背景下，将人工智能与无线通信相结合，通过构建新型无线AI网络架构和协议，可以显著提升网络智能，促进感知、通信与计算的深度融合。一方面AI无线网络有诸多优势，它能很好地捕获信道特征、适应未知环境，带来物理层性能的显著提升；AI深度强化学习能够智能挖掘利用网络分布资源，实现多用户、多目标、高维度的优化决策；AI能利用网络大数据和算力，自主适应业务和网络环境变化、实现网络自治和智能服务。另一方面对AI网络关键技术的研究，可以催生更多新兴应用和持续提升业务体验，通过网络与云、边缘计算、AI等融合，不断往智能化网络发展。AI网络提供的低碳节能的开放生态，将持续推动周边产业的发展，已成为行业公认的发展趋势。

空天地一体化组网。空天地一体化指的是天基（高轨/中轨/低轨卫星）、空基（临空/高空/低空飞行器）等网络与地基（蜂窝/WiFi/有线）网络的深度融合，在

系统层面实现地面与非地面网络的全面一体化，在协议、网络、业务、终端等方面实现深度融合。一方面目前全球还有三十亿人口未能接入互联网，全球大部分的地理空间（如森林、山区、沙漠、海洋、天空等）是没有网络覆盖的。移动网络在有一定人口规模的区域能力和效率更高，而卫星在人口稀疏地区可以更经济的实现覆盖。通过星地融合拓展全域立体组网，不仅能够实现人口常驻区域的常态化覆盖，而且能够实现偏远地区、海上、空中和海外的广域立体覆盖，满足地表及立体空间的全域、全天候的泛在覆盖需求，实现用户随时随地按需接入。另一方面空天地一体化的网络将实现人联与物联、无线与有线、广域和近域、空天和地面等的智能全连接，为用户提供泛在通信服务，不仅可以在全球实现宽带和物联网通信，还可以将增强定位导航、实时地球观测等新能力集成到网络系统中。未来，用户无论是步行、乘车、乘机，甚至当部分通信基础设施因灾害而受损后，都可以通过同一部终端接入网络，并获得连续的高质量的服务体验。

感谢腾讯云通信副总经理王军、腾讯云5G解决方案负责人刘航在未来网络研究中给予的指导和支持



TREND NO.5 趋势05

疫后新需求按下云原生安全发展快进键

后疫情时代，开放网络架构、技术应用场景泛化将导致多种不同安全风险叠加。新一代网络攻击技术使攻击变得更加隐蔽、快速，攻击范围从个人向企业、基础设施蔓延，造成的攻击损失成指数增长。在此背景下，零信任将重塑安全新边界，成为远程办公时代有效的安全解决方案；面对攻击更加复杂、赎金不断增长的勒索攻击，云上安全防御将成为最优解；面对快速的网络攻击，全面覆盖网络、端点以及云基础架构的扩展威胁检测与响应（XDR）升级，将促进更多的组织增强“主动免疫力”。

企业数字化转型与业务上云成为产业互联网发展的重要趋势，传统企业保护边界逐渐被瓦解，平台、业务、用户、终端呈现出多样化趋势，边界消融导致攻击面逐渐增多，带来更多安全风险。如何构建企业的“主动免疫”体系，成为业内关注的焦点。

零信任重塑安全新边界。一方面远程办公要求企业重塑安全机制。调查机构数据显示，2021年有超过60%的企业员工可以在家办公，远程办公常态化意味着企业需要制定适应新环境和办公常态的安全策略和工具，以更好地降低风险。大量安全措施不完善的个人设备和网络将成为网络攻击跳板。另一方面零信任将带来安全角色与理念“双进阶”。零信任作为一种基于动态身份认证和授权的安全理念框架，对访问控制进行颠覆式创新，引导安全体系架构从以“网络为中心”向“身份为中心”进行演化升级。在理念方面，零信任将信任最小化、权限动态化，成为突破物理隔离的网络关键技术，多因素身份验证成为必需品，尤其是在后疫情时代远程办公、边界模糊将导致身份安全验证成为必选项。在角色方面，零信任理念推动企业和员工重新思考自身安全防护角色和相应的技术、流程和规范。通过改变企业的风险应对理念，强化员工的安全防护角色，零信任将帮助企业创造更多价值，巩固网络安全底座。

云上安全防御将成为抵御勒索攻击最优解。自2018年以来，勒索软件攻击数量猛增了350%；2020年，勒索软件的平均赎金已高达31万美元；2021年，每11秒就发生一次勒索攻击，全年累计将超过300万次。勒索攻击已经成为全球经济面临的严重威胁之一，企业遭受攻击不再是“会不会”的问题，而是“何时”的问题，勒索攻击俨然成为产业互联网时代的“流行病”。**一方面勒索攻击手法将更加复杂。**从渗透网络到盗取登录凭证，再到攻击备份系统，潜伏周期更加漫长、隐蔽性更高。加密货币普及助推赎金快速增长；大型企业和基础设施成为攻击重点；**另一方面勒索攻击将更加SaaS化。**勒索攻击从制作、传播、攻击到收益呈现系统化、便捷化趋势，具备“开箱即用”的特性。“多重勒索”模式引发数据泄露风险；供应链成为勒索攻击重要切入点。防范勒索攻击的重点应在事前防御环节，而不是遭遇攻击后的解密环节。从技术层面来讲，可通过聚焦零信任、威胁检测等安全前沿技术，保障云平台和云上业务安全。云原生安全产品由于自适应、全生命周期防护的显著优势，是兼顾成本、效率及安全的云上安全防御“最优解”。

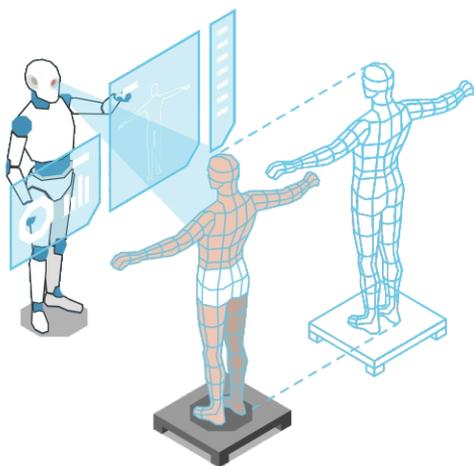
扩展威胁检测与响应（Extended Detection and Response，简称“XDR”）有望提升组织整体网络安全风险响应速度。当前，网络安全攻防对抗已

从原来的技术之争逐步演变为如今的速度之争。面对日益严峻的网络空间安全威胁，网络安全威胁信息的分析研究将有助于企业更好地“知己知彼”，了解自身的网络安全弱点，掌握已知和未知的网络安全风险点，从而提升企业在实战中的监测和响应能力，筑牢网络安全防御城墙。以大数据分析、自动化技术为核心，融合多种威胁检测能力的XDR技术将有效应对利用人工智能技术发起的自动攻击。在检测方面，XDR将帮助用户对资产、漏洞、威胁、事件进行排查，从而快速了解网络的暴露面和重点攻击手法，提前针对性制定防御策略。在防御方面，采取主动防御措施，对网络威胁进行精准打击。在预测方面，XDR将构建安全预警机制，不断收集有关新型网络威胁的信息数据，根据当前网络环境的薄弱环节有效预测可能的威胁，以帮助企业更好地应对未知威胁。网络安全威胁信息的使用将有效提升报警准确性，降低无效报警数量，极大减轻安全运营人员工作压力，使其聚焦于真正的威胁，提升安全运营的效率。

感谢腾讯安全副总裁杨光夫、腾讯安全李滨、黄佩钰、江国龙、胡龙等专家在安全研究中给予的指导和支持

多路径并行演进推动万物孪生

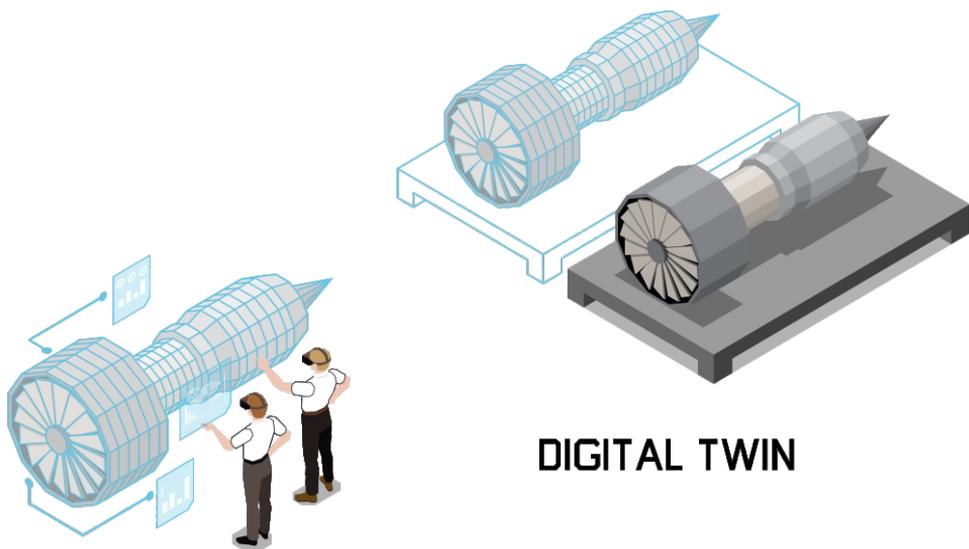
在行业数字化变革进程中，数字孪生成为理解和优化物理实体的中间件。数字孪生具备实时感知、虚实映射、人机交互等多种能力，可以帮助人们通过对虚拟空间的观察和交互，去理解和优化真实的物理空间。伴随3D建模、物理仿真、影像技术、实时渲染等单点技术的突破及交叉融合，各类数字孪生工具百花齐放。其中，游戏引擎更为行业数字孪生提供了新路径。通过融合行业知识和新兴技术，数字孪生的功能和性能得到了进一步提升，从设备、产线到工厂，从街道、区域到城市，从细胞、器官到人体，各领域的孪生体正在加快构建中。



3D SCANNING



EXPERIMENTAL DRUG TESTING



DIGITAL TWIN VR

数字孪生成为理解和优化物理实体的中间件。人对物理空间运行机制的深刻理解是各行各业数字化的前提，但因为物理空间具有尺度跨度大、层级复杂、动态变化、观测繁琐等特点，借助虚拟空间来表达物理实体的时空状态、运行规律，正成为人高效观测和认识物理空间的重要路径。此外，基于数字孪生在虚拟空间中预先进行模拟仿真和数据分析，其逐渐演变为建筑设计、街道规划、产线搭建等物理实体运行找到最优解的方式之一。并且在运行过程中融合传感、物联、控制等技术，实现对物理空间的干预优化也是各行业数字化过程中的重要支撑。综上，**研究人员、工程人员、管理人员通过数字孪生，实现对工业设备、城市街道、人体器官等的理解、优化将成为必然趋势。**

行业建模工具通过融合多类技术向实时化、显性化和友好交互方向演进。一是通过融合高性能计算、5G传输、云渲染等技术，从计算、传输、呈现多个角度全面提升实时性。例如城市数字孪生在探索通过云端渲染、5G网络、GPU计算等降低信息传输和呈现的延迟，在不同的终端都能保证数字孪生应用的性能。**二是**借助3D展示、模型轻量化等技术实现显性化表达，降低理解门槛，例如工业领域的仿真软件尝试基于3D技术提升后处理能力，并借助机器学习将复杂的仿真模型转化为更易理解的图像和函数，降低理解物理规律的门槛。**三是**通过结合AR/VR提升交互友好性，工业、城市、医疗等领域的建模工具均加速丰富接口和数据格式，以适配虚拟现实平台，实现数字孪生和虚拟现实的融合应用。

游戏引擎为行业数字孪生构建提供新型路径。一方面游戏引擎凭借其模拟逼真、渲染实时、开发便捷的特点成为当下产业界实践数字孪生平台的路径，并正与设计仿真软件、3D建模工具的数据进行兼容，适配不同行业的需求。另一方面，**游戏引擎逐步融合行业知识和前沿技术来提升数字孪生的应用能力。**领先的游戏引擎正在探索集成仿真、IOT、AI等技术能力，从客户端性能、使用便捷性、功能丰富性等方面提升游戏引擎能力，例如交通领域基于AI优化工具链，能够借助游戏引擎自动生成道路、汽车、环境等孪生体，大幅提升数字孪生开发效能。

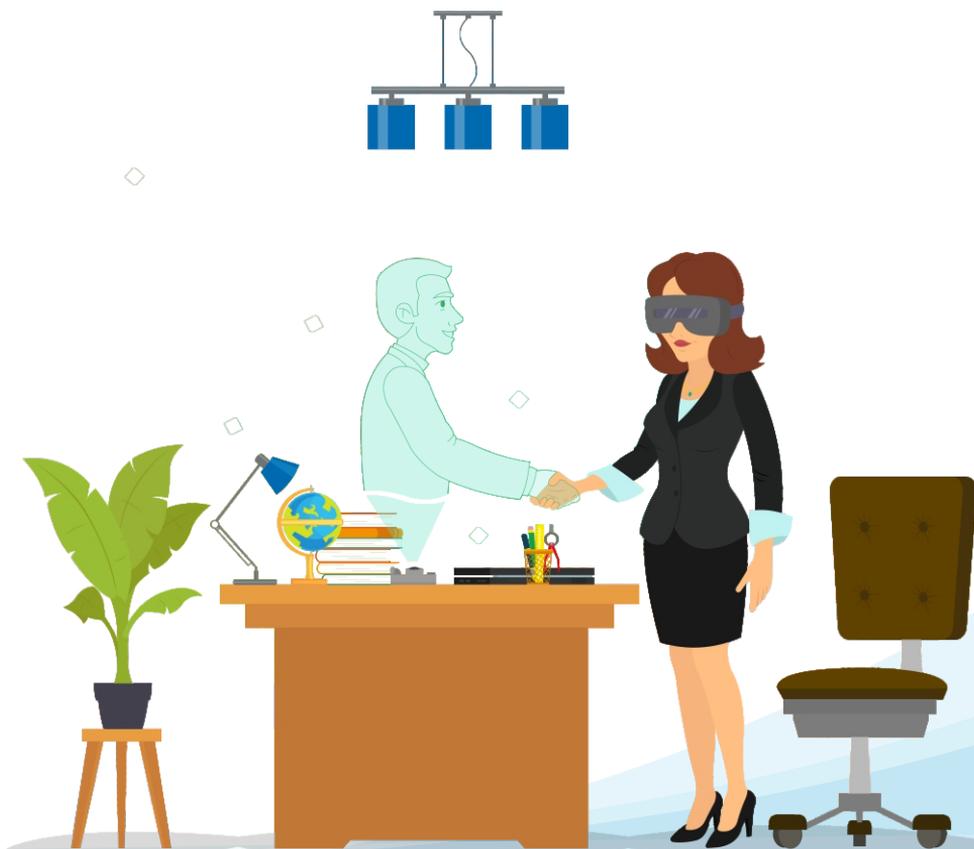
当前，虽然数字孪生应用需求处于爆发期，但其开发应用依赖行业知识沉淀、不同工具的融合协同、以及计算和网络支撑等多类技术条件。当前对高精度、多尺度、低时延等大场景的支持能力仍较为薄弱，发展仍处于初级阶段，应用潜力有待释放。未来需要多项技术能力的突破和整合，例如借助高性能计算、并行计算等提升数字孪生系统的运行效率，结合XR、多模态交互技术提升人机交互便捷性以大幅提升数字孪生性能和功能等。此外，不同工具平台的集成协同，设备数据、设计数据、仿真数据的打通应用也将推动数字孪生进一步发展。

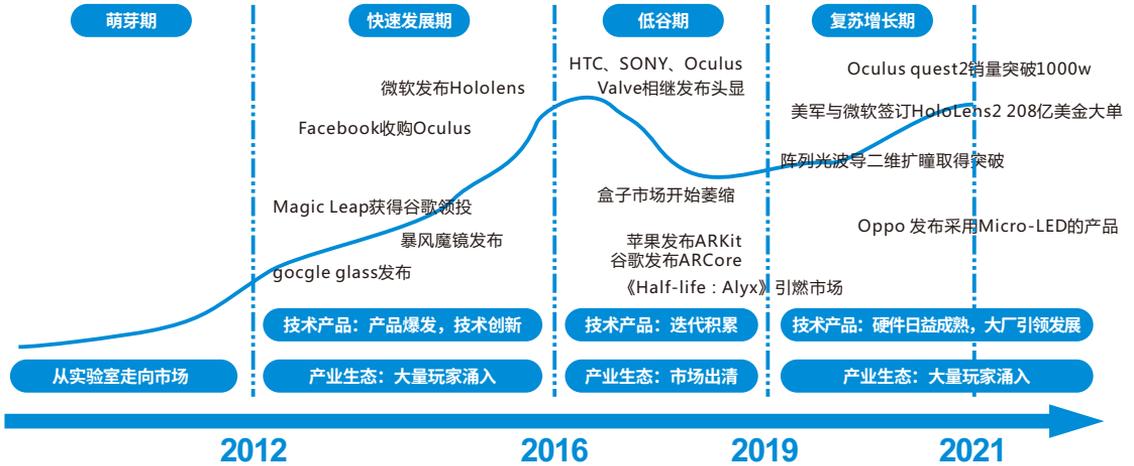
感谢腾讯CSIG仿真技术总监孙驰天，腾讯CSIG交通数字孪生高级产品经理张龙，腾讯CSIG交通数字孪生高级开发工程师冯守超，腾讯智慧空间产品部高级产品总监李洪飞在万物孪生研究中给予的指导和支持

趋势07 TREND NO.7

硬件迭代驱动扩展现实（XR）产业拐点到来

VR光学、显示、定位和交互等硬件技术发展方向和思路比较明确，超短焦的光学设计、Micro-LED、更轻便的交互控制器将是未来方向。而AR光学模组是AR产品的核心，目前仍在不断演进中，自由曲面BirdBath、光波导等技术路线各有优劣，短期内仍将共存。未来，VR发展需要优质内容和生态助力硬件在消费端的普及，而AR设备在算力、电池限制条件下，需要进一步优化实时的环境识别、定位、虚拟与现实交互等算法。此外，互联网平台将与虚拟现实行业不断融合，在内容分发、优质生态资源虚拟化，以及虚拟现实原生概念和场景方面深入合作，让真实世界更丰富、虚拟世界更真实。





2021年扩展现实产业加速发展，社交媒体巨头“脸书”更名为“Meta”，旗下VR头显产品突破1000万的销量，业界普遍认为，当一个平台用户超过1000万，内容和生态将实现跨越式发展。目前VR在培训、教育、文旅，AR在安防巡检、工业生产等领域已经成为行业标配。VR和AR作为新一代交互和计算的终端和下一代互联网的硬件入口，将带来新一轮的信息浪潮和产业链格局的重塑。

VR硬件发展路径基本明朗。VR头显将进一步轻薄化，光学方案将在保障显示效果前提下，由目前主流的菲涅尔透镜向更轻薄的超短焦技术路线发展，产品将更加轻薄，重量将进一步降低，佩戴体验将更加友好。显示方案将由目前主流的Fast-LCD，向Micro-OLED演进。交互方式中物理控制器仍是主流：现有手柄将进行升级，自带Camera利用SLAM算法来进行场景的追踪以及即时地图的构建；同时新形态的控制器也将不断出现，如轻便小巧的戒指类控制器，可实现触觉反馈的手套等。此外RGB高清See-Through、眼球追踪和注视点渲染等技术将在产品中得到更多应用。由于发展路径相对明确，核心供应链较为稳定，消费级VR一体机硬件形态发展趋于同质化，下一阶段，应用、内容和硬件将协同创新，共同推动产业发展。

和VR相比，AR硬件仍在成熟过程中，短时间内多种技术路线将会并存。光学和显示是AR产品的核心。现有光学方案中，自由曲面BirdBath方案相对成熟，成本相对较低，成像效果出众，已经大范围商用，不过体积相对较大，透光率较低。而光波导方案仍在不断演进中：其中表面浮雕光栅波导，由于量产性和产品良率均有较好保证，产品化较好，不过也有一定的不足，如衍射色散导致图像有“彩虹”

现象和光晕；几何阵列波导经过几轮工艺迭代，生产良率大大提升，初步迈入产品化阶段，同时近年几何阵列光波导二维扩瞳波导技术取得突破，可利用体积较小的光机实现大FOV和大EYEBOX，有利于光学模组的小型化；体全息波导相较前两者，技术还在探索发展中，总体上处在积累阶段。在显示方面，高亮度、小体积、长续航的Micro-LED技术突破，将解决光波导光能利用率相对较低的问题，目前单色的Micro-LED已经实现商用。综合考虑成本、技术成熟度、轻薄、色彩还原度等多个维度，目前自由曲面和光波导各有优势场景，在短期内仍将并存发展。

更多厂商进入，丰富终端形态。由于VR/AR与手机供应链高度重合，手机厂商技术和生态积累可以复用，越来越多的手机厂商将推出VR或AR设备，并以手机为核心构建生态地图，分体式将成为为手机厂商试水VR/AR的第一步。而互联网厂商将更多通过一体机的形式进入市场，并通过内容补贴硬件的方式加速生态构建，有望引领行业发展。

以手机为显示终端的VR 360或全景视频发展迅速。目前VR 360已经在看房、文旅、会展等场景中得到大范围的应用。一些互联网视频网站和生活服务网站，也将其作为重要流量入口，并融入到现有业务和商业逻辑中。如快手全景视频频道在2021年1月到2021年11月期间，周均播放量超过1亿。权威媒体机构如人民VR、新华社、中国国家地理等均加入到创作行列，生态初具雏形。

与此同时，产业发展也面临诸多挑战：VR在消费级领域以室内场景为主，同时游戏居多，场景和内容较为单一，迫切需要优质内容和商用模式帮助产品“出圈”，如与车机互动的VR终端，借助车载高性能技术平台，打造车内静态动态相结合的沉浸体验。AR的挑战则是来自设备和内容两方面：光学技术方案还在探索；在算力不足、电池续航时间短等限制条件下，实时的环境识别、定位、虚拟与现实交互等算法仍然需要优化和完善。AR消费级内容发展相对滞后，尚缺少杀手级应用，用户感知有待提升。

未来，互联网平台将与扩展现实行业不断融合：首先互联网成熟的内容分发经验、丰富的内容IP，有助于帮助更多用户从真实世界进入虚拟世界；同时互联网可以不断将优质生态资源虚拟化，如支付、消息等，共同推动虚拟世界到真实世界的打通；最后伴随扩展现实的发展，将出现更多原生概念和场景，突破真实和虚拟融合边界，让真实世界更丰富，虚拟世界更真实。

多模态融合驱动复杂任务服务机器人深入家庭生活

在消费升级等需求驱动下，家庭服务机器人有望成为新蓝海。随着多模态融合感知、非结构化场景AI分析与柔性本体等核心技术的突破，家用机器人感知、理解、控制的能力将进一步提升，从而更自如地在非结构化家庭环境中执行复杂任务。感知方面，触觉传感技术突破，以及多模态感知融合技术迭代，将提升机械臂工作的精度和准确率，实现对不同材质、形状和软硬性状物品的抓握推举；理解方面，基于计算机视觉和NLP技术的进步，机器人对复杂服务任务和家庭环境的理解将进一步深入；控制方面，柔性、仿生机器人本体技术的持续进展，将显著提升人机互动的体验和安全性。未来3-5年，家庭服务机器人有望实现更自然的人机交互、完成更复杂的操作任务，逐步成为家政、娱乐、教育、陪伴等细分场景的生活助手。



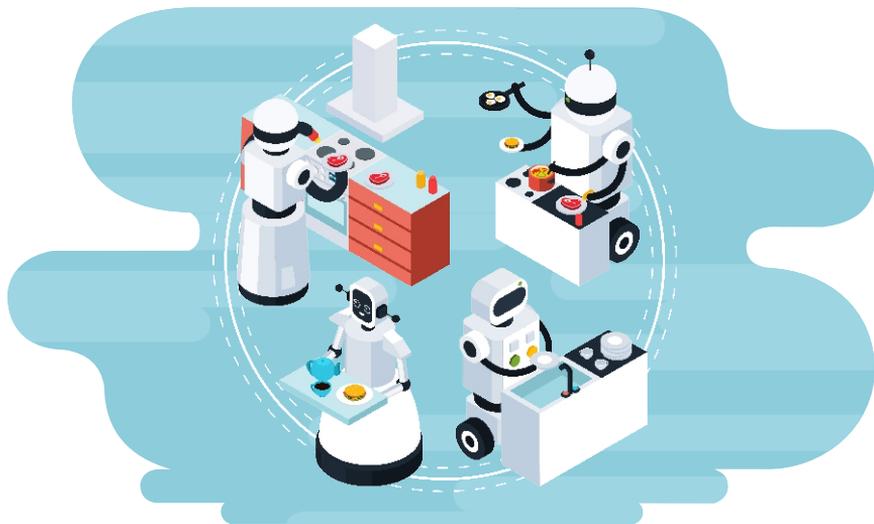
家庭是典型的非标场景，对机器人技术成熟度要求远高于工业和商用，且可为机器人支付的成本相对有限。近年来，NLP、先进传感器等底层技术实现商用化，叠加新冠疫情加速家庭消费升级，服务机器人智能化程度不断提升，并下探至更为广阔的家用消费级市场：一是搭载V-SLAM的扫地机器人、可语音交互的儿童陪伴机器人已经成为千元级家用消费品；二是头部厂商也在“加码”家用服务机器人整机研发，并取得阶段性突破。例如2021年三星在素有“消费电子风向标”之称的CES年大会展出名为“Bot Handy”单臂家政服务机器人。该机器人像家庭管家一样顺利完成了桌面清洁、易碎品移动、向玻璃杯注酒等简单家务；同年，谷歌Everyday Robots可在非结构化环境完成自主学习，在一天时间内以90%的成功率学会开门动作。

感知、理解、控制是智能机器人的三个核心模块。**未来3-5年，多模态融合感知、非结构化场景AI分析与柔性本体技术将取得突破，助推可执行复杂任务的智能服务机器人进入家庭生活。**这三个核心技术将推动机器人突破当前智能音箱、扫地机器人为主的较为单一的产品形态和较为简单的任务范畴，完成更加自然的人机交互以及更为复杂的操作任务，逐步成为家政、娱乐、教育、陪伴等细分场景的生活助手。

多模态融合感知技术的普遍应用，提升了机器人环境感知能力，加速了服务机器人适配家庭需求的进程。一是随着现代传感、控制和人工智能技术的发展，触觉感知成为各界对于机器人感知补全领域的攻关重点。当前机器人多基于视觉感知方案，而Meta公司披露了开发中的触觉手套，代表着柔性电子与触觉传感技术正在

迈向成熟。基于光纤、电容电感的触觉传感器突破，将解决单一视觉反馈造成的操作精度问题，实现更准确的识别、抓取和移动。例如机械手在操作时通过震动、温度和多维度力的感知检测，能更精准地获取对象信息，结合材料技术的改进，对豆腐、鱼





等流体和衣服、垃圾组团等非规则物品的有效抓取更为容易；二是多模态融合和SLAM定位技术相辅相成，有效强化机器人对家庭环境感知的能力。以谷歌Everyday Robots为代表的机器人可以集成摄像头、激光雷达、IMU等多种传感器，采集点云、环境图像、听觉指令等多维度信息，再配合深度学习提升控制和路径规划的精准性，从而实现随机障碍物情况下避障行走和遮光环境中精准识别家庭物品。

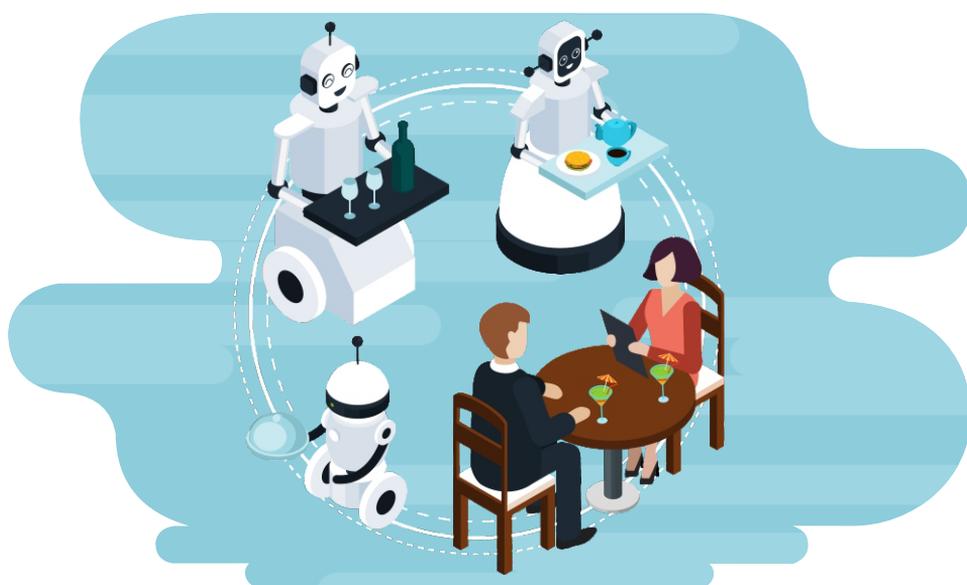
计算机视觉和自然语言处理技术日趋成熟，加深了机器人对服务任务的理解。在家庭等非结构化场景中工作，需要具备对周围环境进行建模的能力，并对环境中存在的人和物进行识别，甚至理解和交互。依托计算机视觉和自然语言处理等技术，机器人对环境的建模、理解能力得到了质的提升。例如在图像领域，ResNet、ViT、MoCo、GAN等模型的蓬勃发展，让机器人可以高准确率地识别生活物品。同时，在自然语言处理领域，GPT-3、BERT等大型语言模型的推出也使机器人和人的交互得到了质的飞跃。未来3-5年内，我们认为这些AI领域的进步将被广泛地应用于消费级产品中，并与5G、SLAM等技术相结合，使机器人能完成诸如家用电器操作、物品整理等基础的家庭服务任务。

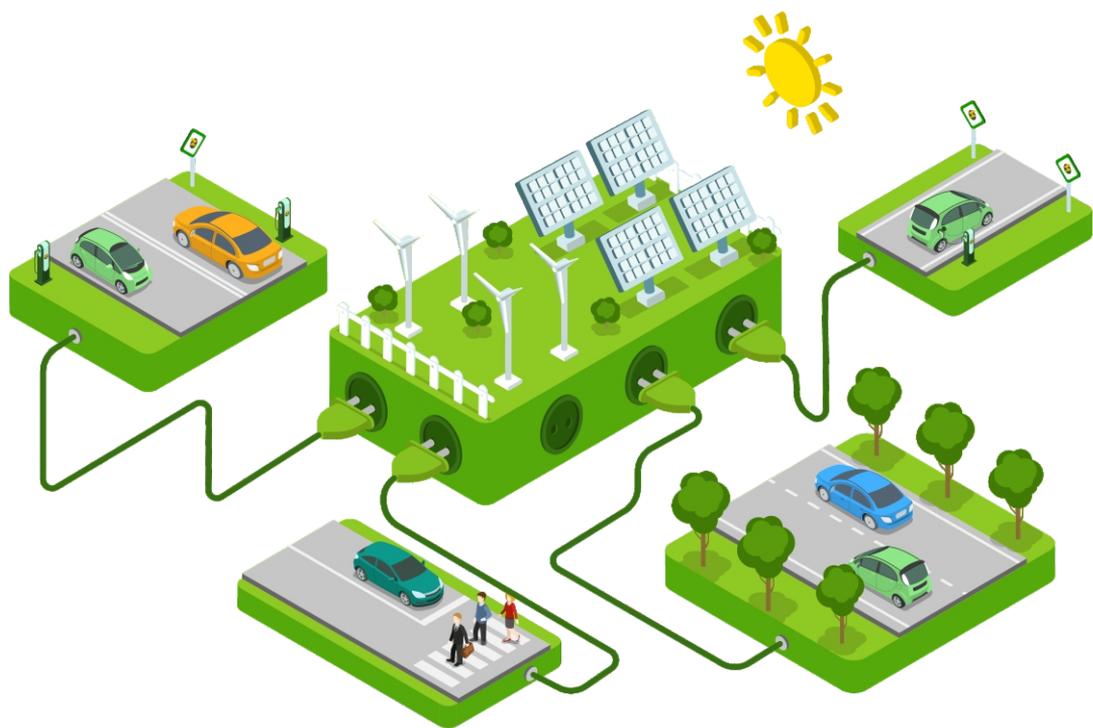
柔性、仿生本体将成为服务机器人的主流方案。家庭服务类任务经常涉及与生活物品、人类的交互乃至直接接触，传统机器人的控制技术在动作的安全性、鲁棒性、交互体验、成本等方面具备明显的不足。面对这一问题，基于柔性、仿生机器

人本体的复杂任务执行在近年来取得了十分丰富的技术进展。例如，斯坦福大学、苏黎世联邦理工学院等研究机构基于柔性电子器件、功能纤维材料、超表面材料开发的机械手，已经能够实现远超过人手的细腻触摸、抓取等动作。波士顿动力等企业推出的四足、六足、蛇式、鸟式仿生机器人本体，也得益于智能控制技术的突破，在执行复杂运动方面取得了突破性的进展。在未来3-5年内，该类机器人有望执行生活物品的摆放整理、清洁，乃至面向人类的娱乐、陪伴等服务类任务。

展望未来，随着物联感知设备价格亲民化、减速机国产化、开发者生态的不断完善等，更稳定、更便宜的消费级机器人变成可能。但机器人成为家庭生活的智能执行体和标配“成员”，仍需经历更长的发展期。从技术视角看，鉴于机器人服务时所需要的专用计算量持续增加（诸如图像、语音处理，AI决策等），未来诸如神经拟态芯片、领域专用架构（DSA）芯片的发展将成为新的解题思路；此外，还需建立基于家庭生活的知识图谱甚至迁移学习，使得机器人具有持续自学习能力，以应对生活中的突发随机事件。展望未来，更加精细的家政、娱乐和安全等服务将极大提升家庭生活的品质。

感谢清华大学互联网产业研究院超智能城市研究中心副主任杜明芳，中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所副主任刘隽斐，腾讯Robotics X实验室系统中心技术负责人梁聪慧、本体系统负责人黎雄、控制中心负责人郑宇，青松基金投资经理申哲先，青年科学家、《硬科技报告》主理人彭天放在机器人研究中给予的指导和支持





TREND NO.9 趋势09

双碳目标倒逼能源互联网加快发展

随着新能源技术与信息技术的发展和成熟，能源互联网成为双碳背景下能源结构转型的重要解决方案。可以预见，未来电网的源、荷、储三端将会发生重大变化：在源端，波动的清洁能源将大规模、高比例地接入电网；在负荷侧，大量用户将迎来参与发电和储能的“新身份”；在储能方面，大量电化学储能技术的发展，尤其是氢储能技术，将大大降低能量的存储与运输成本。这些变化将给能源互联网发展带来重大变革：在能量层，建设多能互补的综合能源系统，以匹配多变的能源供需；在信息层，通过建设电力-交通耦合网络、电力-算力耦合网络等，实现智慧的能源管理和控制；在价值层，能源互联网的建设需要探索能源共享经济，引导全民参与，实现共建共享共赢。

我国能源活动碳排放量占全社会总排放量的80%以上，能源的发展与革新是实现“碳达峰、碳中和”这一双碳目标的关键，同时也牵动着社会各个应用领域的巨大变革。从六年前“香山科学会议”开展名为“能源互联网：前沿科学问题与关键技术”的主题讨论起，基于可再生能源的、分布式的、开放共享的能源互联网，成为能源产业未来发展的重要解决方案之一，并迎来了多年持续进行、不断深入的探索研究。作为一个复杂的系统工程，能源互联网的发展并非一帆风顺，在较长的一段时间内相关创新仅停留在原有电力系统内，如发电、输电层面，但相关的技术创新正是巨大变革前的重要积累。

2021年，随着“碳达峰、碳中和”的提出，我国能源相关产业迎来了从量变到质变突破的发展元年，具体表现为三个方面：

一、双碳背景下，清洁能源大规模、高比例地接入电网是必然趋势。2020年，全球新增发电产能中，超过80%来自可再生能源。其中，太阳能和风能占新增可再生能源装机的91%。中国是全球最大的可再生能源市场，但目前风光新能源发电占比仅为10%左右，如果达成碳中和目标，风光新能源发电占比将达到60%以上，从而建成以新能源为主架构的新型电力系统。

二、大规模储能技术正成为新能源推广和能源革命的基础。国际权威咨询机构麦肯锡更是将储能技术定位为影响未来世界发展的12项颠覆性技术之一。近年来，新能源汽车的高速发展促进了锂离子电池储能成本的大幅下降，钠离子电池等电化学储能技术、风电制氢等氢储能技术的发展，让大规模能量存储和运输成本进一步降低，正加快改变着能源生产和供应模式。

三、分布式能源与储能技术的变革，同时也影响着负荷侧的身份转变。城市里的建筑、车辆甚至每个市民，从传统的纯粹负荷端，正在逐渐转变为可以发电、储能与电网响应的重要参与者，城市中的多个用电主体，可作为一个集合体来协调负荷侧需求。通过调节储能系统、分布式电源等方式来降低集合体负荷，能适时反向为电网输送电能，以平衡电力峰谷差、缓解高峰电力紧张、提高能源利用效率。

源、荷、储三端的快速变化，带来了“网”端一体化、数字化的改造、优化需求，互联网技术与原有能源系统耦合的不断加深，正在加速能源互联网技术的成熟和落地。基于构建绿色低碳、安全高效和开放共享的能源生态的目标，三大技术趋势正在加速形成：**能量层，绿色、低碳的综合能源网络将日益重要。**在原有以电

为核心，冷/热/电/气/多能多行业将加速耦合的基础上，大规模的可再生能源接入成为新能源要素，越来越多不确定的能源要素接入并要安全运行。当前，我国新基建部署提速，基于物联网技术，可以实现对能源系统的实时、全面感知和掌控。高效的多能存储与转换、能量路由、无线能量传输等技术和设备正在加快成熟和应用。尤其是互联网技术介入后，基于非侵入式的无感技术，能够有效实现能源数字化改造的效率提升与成本控制，对各级各类的用能设备进行全时监测的门槛进一步降低。通过能源数据全监控推动智能化的分析决策，超前评估和预警潜在的系统性安全问题，并生成智能化的安全控制和优化调度策略，已在用能企业与新能源企业中广泛尝试。目前，相关数字技术成熟度高，应用范围有望在短期内快速扩展，如逐步统一商业建筑、工业企业、学校医院等公共设施能源，构建综合能源服务平台，通过系统内能源的集成和转换，形成“多能源输入—能源转换和分配—多能源输出”的能源供应体系。从单一用电主体系统内能源链协同优化，实现正常态下综合能源系统运行效率提升和节能减排，转变为海量多主体分布式资源灵活性的调度，实现在极端事件下，综合能源系统的韧性提升和供能保障。

信息层，安全、高效的信息-物理系统的耦合演进。在双碳目标下，大量的高度不确定性可再生能源将接入电网，如何对其进行有效的消纳，将成为双碳目标实现的关键一环，这需要引入一个关键变量“灵活性资源”来抵消、平滑新能源的波动性对原有电力系统的冲击。灵活性资源有很多种类，包括分布式风光电、电动汽车、充电桩、储能设备、数据中心等等，其组合将增强未来新型电力系统的灵活调节能力，并成为电网响应的重要成员。比如，以电动汽车为纽带，以车、桩、电池为中心构建模型，可形成电力-交通耦合网络，从而解决电动汽车无序充电导致的负荷峰谷差加大的问题。随着电动汽车的普及，这一领域将得到优化和应用，平台可根据优化决策，辅以导航信息、价格激励等手段，引导、调控电动汽车作为可移动储能终端。再比如，电力-算力耦合网络则是基于不同地区的负荷情况，通过云计算以整体最优为目标调控分配给各IDC（互联网数据中心）的计算任务，利用数据的“光速”调度能力实现负荷转移，解决各地区间功率不平衡风险增加的问题。随着云计算的广泛应用，未来更多超算任务将在电力富余地区服务器上进行。总的来说，电网以及各类“灵活性资源”未来可以通过能源互联网实现互补与协同，并催生出众多新的商业模式。

价值层，开放、共享的互联网能源共享经济形成。各种创新共建共享共赢的商业模式和市场机制层出不穷，将不断打破商业和市场壁垒，构建万众创业的能源共

享经济，从而提高系统能效。比如，碳交易平台已经在各地如雨后春笋般建设，正在促使企业进行生产经营技术革新，从而全方位改变社会能源结构。基于区块链的碳足迹监控与记录手段，为大规模的碳核查、交易提供了可行方案；比如，碳普惠平台（如低碳星球小程序等）通过与个人健身运动、交通出行等各类应用场景结合，利用互联网的影响力，充分发挥市场机制，让更多公民积极参与到建筑节能、绿色交通等项目中来，实现从物的减碳到人的减碳。比如，虚拟电厂聚合商通过整合商业建筑、工业企业、学校医院等公共设施及其附属的“灵活性资源”，对电源侧和负荷侧进行全生命周期数字化管控，以智能协同调控和决策支持的形式，实现对能源生产和消费的协调优化，有效调整发用电实时平衡，提升新能源就地消纳率和区域整体能源利用率，通过“发电”获得相应的商业报酬。

能源互联网是一个复杂巨系统，双碳目标下，其主体不应再局限于两大电网和传统新能源公司，而是将有更多互联网公司、数字化公司、金融公司、综合能源服务公司参与其中，通过构建“清洁低碳、安全高效、开放共享”的新型能源生态系统，共同探索双碳目标的快捷安全达成路径。

感谢清华能源互联网创新研究院郭庆来教授、腾讯能源行业解决方案总经理程华军、架构师祁奎在能源互联网研究中给予的指导和支持

星地协同智能化开启“大航天”时代

航天科技作为国家综合竞争力的体现，其发展模式正由国家主导向国家和企业共同推进演化。星地协同、智能化、大众化成为航天科技关键技术突破新趋势：星地协同实现了卫星对地面数据中心资源的灵活调用；人工智能技术加快了星上数据智能化处理与卫星数据深度挖掘；航天服务正在“下沉”到大众用户，亚轨道旅行、卫星影像私人订制、时空信息数字化等新物种加速涌现。



半个多世纪以来，人类凭借航天技术的发展逐步开展对太空的探索。太空在经济、社会、军事等领域发挥着举足轻重的地位，成为新一轮国家竞争的制高点。航天智能化水平快速提升，成为技术创新与突破的新平台。

星地智能化协同，提升卫星海量数据智能化处理能力。随着低轨道卫星星座的加快部署，卫星星座每天产生海量数据。然而，在卫星有限的空间中放置大量CPU并不现实，为此，如何将地面数据中心的能力与星上数据处理相结合，成为未来航天领域发展重大趋势。一方面提高卫星智能化程度。为了应对海量数据和传统卫星较弱的数据处理能力之间的矛盾，卫星需要通过AI算法对海量数据进行预处理。例如，在遥感卫星上，基于AI图像压缩和在轨解译技术的成熟，可以进一步将星上原始数据压缩率快速提升，筛选出高价值数据，升级卫星星座的数据计算和传输处理能力，使得星上数据资源被最大化利用。同时进行目标识别拓展全流程AI在轨处理应用服务。另一方面将地面数据中心“发射到太空”。卫星上预处理完的有效数据传输到地面数据中心，数据中心具备的AI算法和大数据处理能力可以对接收的数据进行二次计算，实现分析处理快速响应。例如，北京邮电大学近期开展的“天算星座”，有望实现地面数据中心与卫星系统的融合。测试数据显示，通过卫星与地面站协同推理，数据计算精度可快速提升，同时卫星回传数据量大幅减少。

人工智能技术助力卫星遥感数据融入千行百业。传统的卫星数据，尤其是遥感数据分析主要通过人工进行“目视解释”，受限于人工经验、生产效率和数据质量等问题，成果较为低下。利用计算机视觉技术将是卫星遥感数据处理的重要趋势，通过深度学习技术可以在确保成果质量的基础上，大幅提升效率，正融入不同应用场景。在舰船检测方面，智能算法可以应用于敏感目标监测、黑船识别以及航运安全保障；水体识别方面，通过在轨分析处理，能够将水体的边界快速提取并下传，可应用于洪水的预警监测。另外，通过卫星遥感数据与金融风控数据结合，将有效降低贷款风险。例如在农业领域，AI算法+卫星数据深度挖掘协助农民开展保险核保、产量预测，有望成为环境、社会与公司治理投资的风险预警工具。

航天商业化将开启大众服务窗口。航天的产品设计不再追求宇航级质量和要求，更加注重现有技术的不断迭代和工业化量产。太空旅行、空间站商业化、太空电影拍摄逐步向大众市场普及。在太空旅行方面，未来将分为三类别：第一类是亚轨道太空旅游，即飞行器的速度达不到第一宇宙速度，游客在空中可以体验5分钟左右失重状态；第二类是入轨达到第一宇宙速度的，在地球轨道上的太空旅游，类似SpaceX龙飞船的“平民四人组”；第三类是接近或超过第二宇宙速度的太空

旅行，例如达到月球轨道、火星等深空旅行等。根据瑞士投资银行UBS估测，未来十年太空旅行市场将达到每年30亿美元的规模。在空间站商业化方面，国内外空间站商业化布局逐步开展，为技术创新与太空服务大众化提供新平台。NASA启动“国际空间站商业化计划”，鼓励增加商业利用程度。例如Orbital Reef将建设私人空间站，预计一次性可满足10人同时居住，最早在2025年开始部署。另外，通过卫星影像定制化服务，可以在科技、人文、历史、自然等多个领域应用，针对特定区域进行拍摄。通过卫星遥感数据，还将进一步增强时空信息数字化水平，不受天气影响实现立体测绘和动态测绘。

感谢星河动力总裁夏东坤、中国航天科技集团魏京华在空天科技研究中给予的指导和支持

附录 十大数字科技趋势技术集

展望未来，十大领域的细分技术正在加速成熟，从IT重塑、网络革命、智能世界和虚实共生四个方面，对经济社会产生巨大的推动作用。

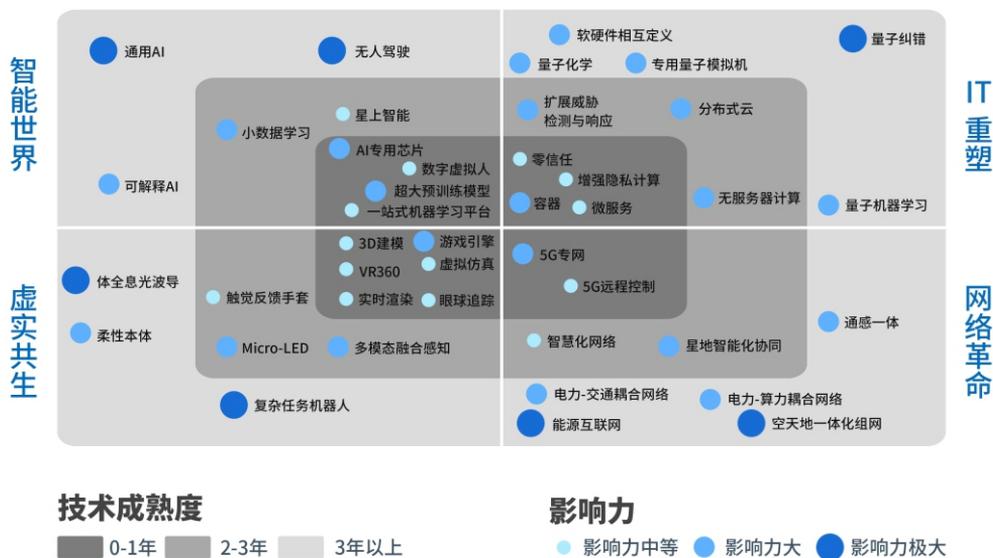


图 《2022年十大数字科技应用趋势》技术集

顾问 (按姓氏首字母)

陈菊红

腾讯公司副总裁、
腾讯可持续社会价值事业部负责人

王慧星

腾讯云高级副总裁

张胜誉

腾讯杰出科学家、
腾讯量子实验室负责人

董志强

腾讯安全副总裁、
腾讯安全云鼎实验室负责人

王婉蓉

腾讯公司副总裁

张正友

腾讯首席科学家
腾讯AI Lab和Robotics X实验室主任

刘杉

腾讯杰出科学家、
多媒体实验室总经理

吴运声

腾讯云副总裁、
腾讯优图实验室总经理

司晓

腾讯研究院院长

杨光夫

腾讯安全副总裁

专家指导 (按姓氏首字母)

崔慧敏

中国科学院计算技术
研究所研究员

杜明芳

清华大学互联网产业研究院
超智能城市研究中心副主任

鹿艺

中科院微小卫星创新研究院
高级工程师

王亚洲

长光卫星市场部部长

张道宁

NOLO VR CEO

冯守超

腾讯CSIG交通数字孪生
高级开发工程师

李滨

腾讯云安全总经理

黎雄

腾讯Robotics X实验室
本体系统负责人

孙驰天

腾讯CSIG仿真技术总监

于广游

腾讯云容器产品技术总监

崔海涛

谷东科技CEO

郭庆来

清华大学能源互联网
创新研究院教授

彭华军

纳德光学CEO

吴仑

亮风台北京副总经理

郑昱

灵犀微光CEO

胡龙

腾讯安全威胁情报高级产品经理

李洪飞

腾讯智慧空间产品部
高级产品总监

祁奎

腾讯能源行业解决方案
架构师

王军

腾讯云通信副总经理

杨政权

腾讯云Serverless产品中心
架构师

段家喜

耐德佳联合创始人

陆朝阳

中国科学技术大学教授

彭天放

青年科学家、
《硬科技报告》主理人

魏京华

中国航天科技集团

程华军

腾讯能源行业解决方案总经理

黄佩钰

腾讯云鼎实验室运营负责人

梁聪慧

腾讯Robotics X实验室系统
中心技术负责人

宋丹丹

腾讯云异构计算产品负责人

吴永坚

腾讯优图实验室副总经理

张龙

腾讯CSIG交通数字孪生
高级产品经理

邓光伟

电子科技大学研究员

刘棣斐

中国信息通信研究院信息化
与工业化融合研究所副主任

申哲先

青松基金投资经理

夏东坤

星河动力总裁

邓逾越

腾讯云技术运营服务部
高级工程师

江国龙

云鼎实验室高级研究员

刘航

腾讯云5G解决方案负责人

宋昭文

腾讯云Serverless产品中心
产品经理

叶聪

腾讯多媒体实验室产品
副总监

郑宇

腾讯Robotics X实验室
控制中心负责人

主编策划

刘琼 王强 陈守双

核心研究团队

趋势一 吴朋阳 李南

趋势三 王强

趋势五 翟尤

趋势七 宋扬

趋势九 李瑞龙 王鹏

趋势二 刘莫闲 王强

趋势四 翟尤

趋势六 胡璇 李南

趋势八 徐一平 王鹏

趋势十 翟尤

统稿校对

王强 白惠天

统筹支持（按姓氏首字母）

陈乐 陈维 窦淼磊 刘金松 梁麗汶 王成 王焕超 徐思彦 许晓函 杨丽

赵嘉彤 周军军 周政华

联合出品

多媒体实验室、量子实验室、Robotics X实验室、腾讯安全、腾讯安全云鼎实验室、腾讯云、腾讯研究院、腾讯院士专家工作站、腾讯智慧交通、腾讯自动驾驶实验室、腾讯智慧能源、We5G、优图实验室