



借助5G和Wi-Fi 6 加速企业创新和转型

德勤《先进无线技术应用情况调研》（全球版）

关于科技、传媒和电信行业中心

德勤科技、传媒和电信行业（TMT）中心专注于研究并发表洞察，以帮助企业领导者清晰了解其业务选择。在新技术和新趋势背景下，本中心的研究将协助企业高管简化复杂的业务问题，并提出明智策略，提升企业长久竞争优势并赢得商业胜利。本中心将作为值得信赖的顾问，帮助高管更好地识别风险，获悉商业回报，赢取关键机遇，从而在快速变化的TMT环境中解决棘手挑战。

连接

了解有关科技、传媒和电信行业中心的更多信息并获取最新研究和洞察报告，请访问www.deloitte.com/us/tmtcenter。

订阅

如您想接收TMT行业电子邮件，请访问<https://my.deloitte.com/subscriptions.html>选择您感兴趣的领域进行订阅。

关注

请在Twitter上关注德勤@DeloitteTMT.

未来连接

德勤致力于解决连通性在企业未来发展过程中的关键问题，并协助策略落地实施。我们专注于提供全方位的解决方案，以满足企业业务和技术发展目标的广泛需求，包括频谱规划和部署、物联网网络和平台赋能，以及生态系统业务设计和实施。着眼于企业全局，我们全力协助企业规划业务战略、业务及运营模式、业务能力和基础设施，以实现企业愿景。利用深厚的行业经验、领先的实践能力、完善的解决方案以及全球业务和技术专家网络，德勤将助力各类发展阶段的企业加速业务进程、赢取商业胜利并打造全新商业价值。欲了解更多信息，请访问Deloitte.com。

目录

新一代无线技术加速企业创新与转型	3
引言	4
网络技术高管已将关注重点迅速转向先进无线技术	6
先进无线技术为创新和转型奠定基础	14
推进先进无线技术采用	20
网络技术决策者的考量因素	28
尾注	29

新一代无线技术加速企业创新与转型

过去三十多年里，无线互联网连接经历了翻天覆地的变化，人们对高速连接的期望，以及人与物、物与物的海量连接需求持续推动着无线技术的变革。如今，随着5G和Wi-Fi 6等新一代无线技术的完善和广泛应用，数十亿部智能家居传感器、工业设备以及人工智能计算机将接入互联网。物联网终端呈现指数级增长，意味着这个时代对网络承载力的要求达到了前所未有的高度，无线网络技术投资布局已经成为全球企业的关键发展目标。

2020年新冠疫情肆虐全球，全球企业经营受到冲击。为了解危机期间全球企业的先进无线技术采用情况，德勤针对全球的网络技术高管展开调研。在这项调研中我们着重研究了三个板块，受访企业在受疫情影响后对于先进无线技术态度的转变、先进无线技术对企业创新和转型带来的助益、以及技术落地所需的生态环境。在调研过程中，全球网络技术决策者明显表现出对于先进无线技术的重视，他们都认为5G和Wi-Fi 6将成为商业成功的关键助力。新冠疫情期间，提高网络连通性以支持远程办公、在线学习和自动化的需求激增，更生动证明了企业对安全、优质、无处不在的网络连接的诉求。

此外，5G和Wi-Fi 6的同步采用趋势也很明显。作为最积极探索和采用先进无线技术的国家之一，中国的5G采用率高达70%，Wi-Fi 6部署及试点比例（72%）也处于最高水平。2020年5月，国家提出加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。在各方支持下，2020年底中国5G基站总量超过71.8万个，实现所有地级以上城市5G网络全覆盖。¹ 2020年同期，中国WLAN市场总体规模达到8.7亿美元，Wi-Fi 6占总体WLAN市场31.2%，规模达2.7亿美元。² 二者对于无线技术的未来都至关重要，在未来很长的一段时间内，5G和Wi-Fi 6将相互补充，实现无缝协作，应用在工业互联网、物联网、智

能驾驶等诸多领域，帮助各行各业爆发出新的活力。

我们在谈及创新和企业转型时，大多数网络技术高管对先进无线技术都寄予厚望。他们认为先进无线技术对其所在企业部署物联网、大数据分析、人工智能、边缘计算和云计算非常重要，在企业数字化转型过程中不可或缺。中国的网络技术高管普遍希望藉由先进无线技术来开发新产品和服务，这一比重达48%。除此之外，利用新技术以及提高效率也是中国企业希望实现的两大目标。

可以肯定的是，先进无线技术将以惊人的速度，以及低功耗、高带宽和低时延特性，帮助企业提升韧性，应对突如其来的业务中断的局面，催生创新解决方案并推进企业执行创新用例，为社会各个领域带来深刻变化。站在更宏观的角度来看，作为物联网发展基石的先进无线技术，将结合人工智能、大数据和区块链等技术，推进人类社会从“信息化”迈向“智能化”时代。



林国恩
德勤中国科技、传媒和电信行业领导合伙人



¹工信部
²IDC《中国WLAN市场季度跟踪报告，2020年第四季度》报告

引言

在这个高度互联的时代，到2023年，联网设备数量或将达到293亿台，人均设备持有量可能达到三台以上。¹ 5G和Wi-Fi 6等新一代无线技术对于实现人机互联至关重要。这些无线技术可以显著优化性能，例如加快速度、增加数据容量、降低时延、提高元件密度和移动定位精确性，从而催生创新解决方案，包括自动驾驶汽车、精密自动化和机器人技术、远程医疗和远程手术、沉浸式零售和娱乐体验以及基于增强现实的工作场所协作。

上述创新解决方案可以说明为何各行业领导者认为先进无线网络对其实现战略愈发重要。这种局面正在推动行业关注重点加速转向5G和Wi-Fi 6，远远快于网络技术高管几个月前的预期。

2020年初，德勤针对美国网络技术高管展开调研，旨在了解美国企业如何采用先进无线技术及其希望如何从新技术中受益。² 调研结束后不久，新冠疫情导致全球陷入混乱局面，出现经济衰退，并对劳动力和信息技术（IT）产生巨大影响。³ 为了解危机期间全球各国对于先进无线技术采用的观点和态度，我们在2020年第四季度将调研范围扩大至另外9个国家的437位网络技术高管，他们代表计划采用5G和/或Wi-Fi 6的企业（见边栏“调研方法”）。

关于全球企业*如何*以及*为何*计划采用先进无线技术，我们得出以下关键结论：

新冠疫情推动行业关注重点加速转向先进无线技术。 新冠疫情促使行业关注重点发生变化：

值得一提的是，半数网络技术高管表示，这场危机已促使其所在企业*加速无线网络技术投资布局*。他们主要关注5G和Wi-Fi 6等新技术，并且认为此等技术可以增强企业应对当前和未来业务中断局面的能力，同时催生创新解决方案。我们此前的调研显示，网络技术高管计划在未来三年内将关注重点从旧有无线技术转向5G和Wi-Fi 6，但是行业关注重点的变化速度远快于预期。

先进无线技术为创新和转型奠定基础。 数十年来，无线技术不断演进，作为最新成果，5G和Wi-Fi 6在性能和操作方面均优于前几代无线技术。更重要的是，二者支持创新使用场景，这不仅是渐进式进步。⁴ 实际上，网络技术高管预计新一代无线技术将会助力商业成功，推动企业和行业转型，从而改变运营、创新和销售模式。领导者认为先进无线技术可为其部署处于数字化转型工作核心的创新技术（包括大数据分析、人工智能、物联网、云计算和边缘计算）奠定基础。前所未有的是，这些以先进无线技术为核心的创新技术正在融入企业创新计划。

生态系统错综复杂、瞬息万变。 采用者需要与众多电信和技术供应商（例如应用提供商、云服务提供商、无线运营商、网络设备供应商、组件供应商以及咨询公司/系统集成商）进行合作，并且通常需要接触多家同类型的供应商。三分之二的采用者倾向于购买最佳组件并进行集成。70%的采用者表示其愿意探索全新合作关系，因此对于供应商而言，扩大市场份额和巩固自身地位将变得日益重要。

调研方法

为了解全球企业的先进无线技术采用情况，包括动机、挑战和偏好，德勤于2020年第四季度（新冠疫情期间）针对9个国家的437位IT和业务部门高管展开调研，这些高管在已采用5G和/或Wi-Fi 6或者计划在未来三年内采用其中一种技术的企业中主要负责确保网络连通性。受访者来自以下国家：澳大利亚（51人）、巴西（51人）、中国（50人）、德国（50人）、印度（51人）、日本（51人）、荷兰（50人）、葡萄牙（29人）和英国（54人）。80%的受访者负责做出网络技术投资决策；70%的受访者负责管理实施过程。

71%的受访者为IT高管；其余为业务部门高管。59%的受访者为首席高管，包括首席信息官和首席技术官（48%），首席执行官、总裁和企业负责人（10%）；22%的受访者为高级副总裁/副总裁/业务部门负责人；其余19%为高级董事/董事。从受访者所在企业规模来看，15%的企业年收入介于5,000万美元至5亿美元之间；20%的企业年收入介于5亿美元至10亿美元之间；34%的企业年收入介于10亿美元至50亿美元之间；31%的企业年收入为50亿美元或以上。受访者来自六大行业：消费、零售和汽车行业（25%），科技、传媒和电信行业（19%），能源、资源及工业行业（19%），金融服务行业（22%），生命科学与医疗行业（8%）以及教育行业（6%）。

注：我们在2020年第一季度针对415位美国网络技术高管⁵展开调研时，美国尚未受到新冠疫情的影响。两次调研的受访者情况相似。

网络技术高管已将关注重点迅速转向先进无线技术

德勤2020年初的调研结果显示，美国网络技术高管仍将4G/长期演进（LTE）以及当前（或早期）版本的Wi-Fi视为对于企业而言最重要的无线技术。大多数受访者认为5G和Wi-Fi 6是未来几年的发展趋势。⁶

但是领导者的态度迅速发生转变：九个月后，全球网络技术决策者将5G和Wi-Fi 6视为对于企业业务计划而言最重要的无线技术（见图1）。未来三年，随着5G基础设施建设稳步推进以及5G设备日益普及，领导者预计新技术将会变得更加重要。⁷值得注意的是，相比4G LTE和

Wi-Fi 5（及其早期版本），如今几乎所有国家的受访者都更加关注5G和Wi-Fi 6。⁸

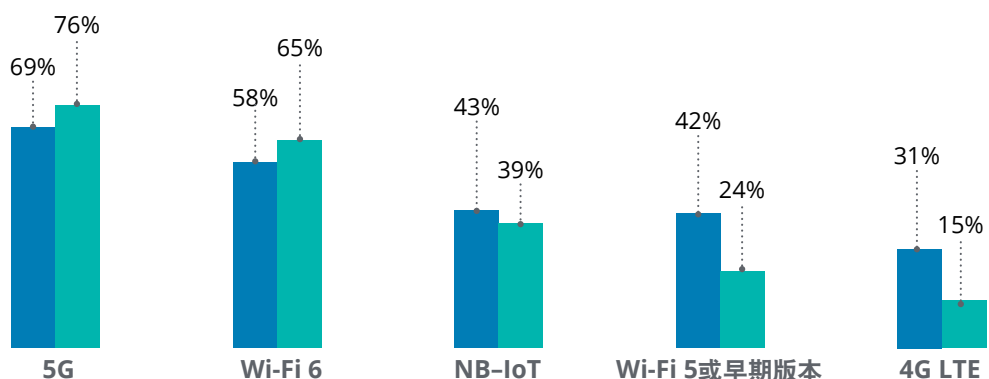
约五分之二受访者将窄带物联网（NB-IoT）列为最重要的三大无线技术，但是不同国家对于该项技术的重视程度存在显著差异——在中国和印度，五分之三的受访者将该项技术列为最重要的三大无线技术，表明这些国家对于该项技术的接受程度更高。⁹目前，NB-IoT已被纳入即将发布的3GPP Release-17 5G标准，因此可在企业的5G IoT演进战略中发挥重要作用。¹⁰

图1

网络技术高管已将5G和Wi-Fi 6视为对于企业业务计划而言最重要的无线技术，且其重要性将继续提升

■ 目前 ■ 未来三年

对于企业业务计划而言最重要的三大无线网络技术



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

新冠疫情加速无线技术投资布局

领导者将关注重点转向先进网络技术的速度为何远快于我们2020年的调研结果？两次调研间隔九个月，在此期间，世界发生了巨大变化。新冠疫情促使提高网络连通性以支持远程办公、在线学习和自动化的需求激增。这场危机生动说明企业需要安全、优质、无处不在的网络连接，从而减少线下办公人员、维持业务运营、支持线上员工交互和客户接洽，同时突出表明虚拟化和自动化技术能够提高企业运营远程管理的灵活性。

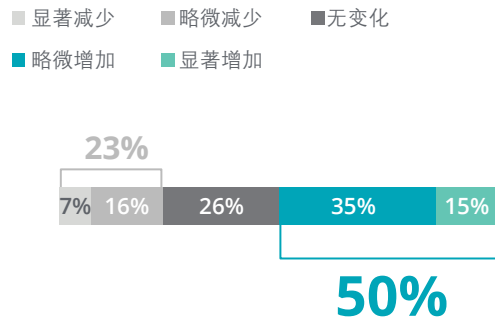
部分领导者注意到新冠疫情极大地推动了科技、传媒和电信行业的变革，将原本预计需要数年才能完成的渐进式变革压缩至数月内落地。¹¹ 我们的调研结果证实了这一结论：半数受访者预计其所在企业将因新冠疫情加大无线网络技术投资力度（15%的受访者表示其所在企业将大幅增加投资），只有不到四分之一的受访者表示其所在企业将减少投资（见图2）。

调研结果显示，加大无线网络技术投资力度的主要原因在于提升企业韧性——增强企业应对当前和未来业务中断局面的能力（见图3）。毕竟，新冠疫情绝不会是企业在未来几年内面临的最后一场危机。举例而言，某大型电信公司在工厂生产车间部署私有5G网络，以应对新冠疫情带来的相关挑战：领导者能够迅速部署安全用例，例如扫描员工面部以检查口罩佩戴情况，以及监控智能工牌以确保工人不密切接触。¹² 管理人员还为本地员工配发“混合现实”耳机，方便远程技术人员提供指导，而无需派遣专家飞往现场修理机器人。某些企业已推出新型无线应用和服务以确保现场工作人员的安全，包括利用Wi-Fi检测设备进入建筑区域的时间以及利用实时分析工具标注使用问题。¹³

图2

半数网络技术高管预计其所在企业将因新冠疫情加大投资力度

相比疫情前的无线网络技术投资计划，企业的投资将因新冠疫情……



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线网络技术应用情况调研》（全球版）

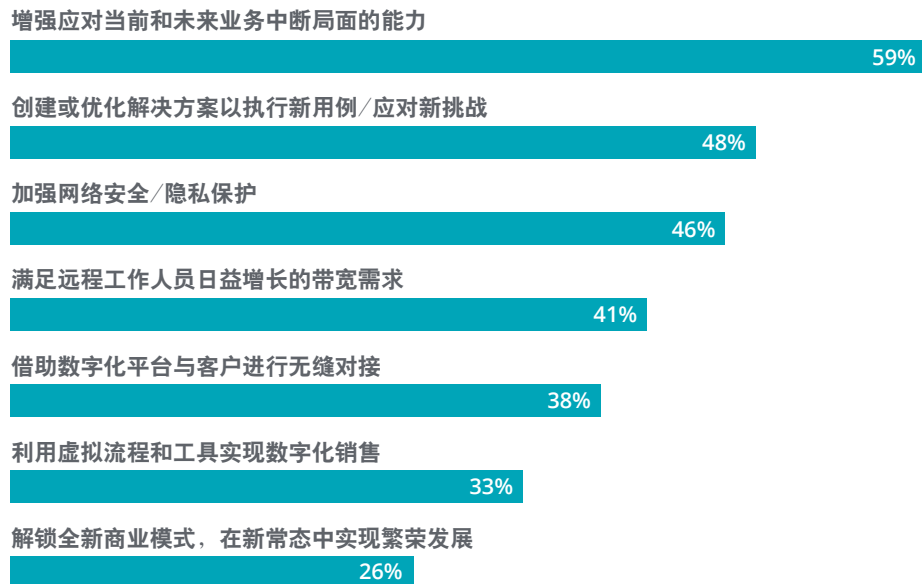
如今，新型产品和服务以更加稳健和强大的网络基础设施为依托，而新冠疫情或将推动此等产品和服务方面的需求激增。实际上，调研结果显示，加大无线网络技术投资力度的第二大原因在于创建或优化解决方案以执行新用例。例如，中国企业已将5G用于各种新冠疫情相关解决方案，目的在于限制人际接触，包括负责消毒和送药工作的医用机器人以及为隔离人员运送食物和医疗用品的无人驾驶汽车。¹⁴ 企业还将具备高频宽和低时延特性的5G网络用于远程医疗，包括新冠疫情远程医疗咨询和诊断以及机器人远程超声检查。

加大投资力度的第三大原因与加强网络安全和数据隐私保护的需求相关。新冠疫情迫使更多员工使用联网设备，领导者或许已经意识到其需加大设备和数据保护投入。

图3

认为其所在企业将因新冠疫情加大无线网络技术投资力度的网络技术高管指出，无线网络技术能够帮助企业应对业务中断、创建解决方案以执行新用例并提高网络安全性

企业因新冠疫情加大投资力度的三大原因



注：N=220位表示其所在企业将因新冠疫情加大无线网络技术投资力度的全球网络技术高管
资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

战略重要性和采用率日益提升

网络技术高管深知先进无线技术对于企业在当前情况下取得商业成功以及在后疫情时代实现繁荣发展至关重要。目前，五分之四的受访者认为先进无线技术对其所在企业而言非常或极其重要，预计在未来三年内持此观点的受访者比例将会保持不变。因此，先进无线技术采用更加刻不容缓；五分之一的受访者认为这些技术目前极其重要；三分之一的受访者预计这些技术在未来三年内极其重要。

基于上述战略观点，网络技术高管计划在未来三年内大举投资无线网络技术。考虑到企业将在未来三年使用的所有无线技术（例如4G、5G、各类Wi-Fi）以及设备（例如5G智能手机）、硬件/设备、软件、安装及运营服务成本（不包括频谱成本），受访企业预计其未来

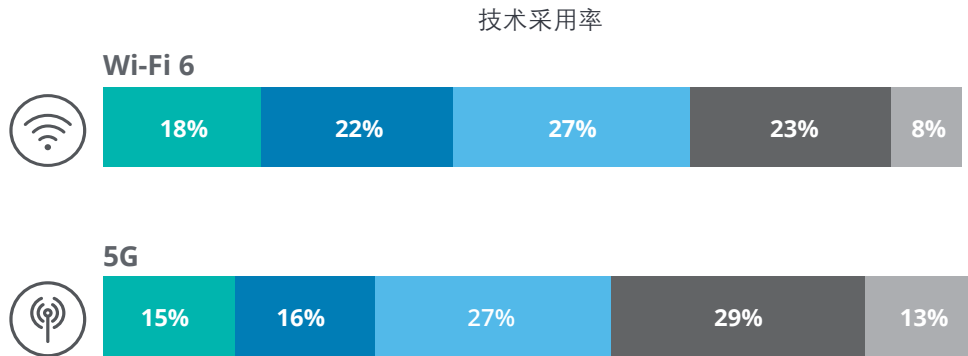
三年的年平均投资额将达到1.497亿美元。在此前的调研中，美国网络技术高管表示其所在企业未来三年在无线网络技术方面的年平均投资额将达到1.157亿美元。美国以外地区的投资预计将会更高，可能反映出两次调研期间发生的变化以及新冠疫情的催化作用。

受访企业正在全力推进先进无线技术采用。我们的受访者来自正在采用5G和/或Wi-Fi 6或者计划在未来三年内采用其中一种技术的企业。在实践中，我们发现相关技术的采用早已迈过规划阶段：三分之二的受访者表示其所在企业正在试点运行或部署Wi-Fi 6解决方案，58%的受访者表示其所在企业正在试点运行或部署5G解决方案（见图4）。此外，各有四分之一的受访者表示其所在企业正在积极“准备采用”这两项技术，例如购买设备/基础设施或确定潜在供应商和合作伙伴。

图4

67%的受访者表示其所在企业正在试点运行或部署Wi-Fi 6解决方案；58%的受访者表示其所在企业正在试点运行或部署5G解决方案

- 正在整个企业部署
- 正在多个部门部署
- 正在多个部门试点/试验
- 准备采用
- 计划在两至三年内采用



注：N=437位全球网络技术高管。由于少数受访者表示“不计划采用”，因此百分比之和可能不等于100%。
资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

企业探索各种使用场景

为发挥先进无线技术的作用，采用者倾向于融合室内与室外使用场景以及固定与移动网络（见图5）。企业已经利用先进无线网络实现员工互联、机器互联和客户互联。员工互联（办公室内外）方面的两大用例涉及加强工作场所的通信和协作（见图6）。例如，企业可以利用Wi-Fi 6加快语音和视频传输速度，从而帮助员工摆脱座机和有线连接的束缚。¹⁵此外，许多专业人员在新冠疫情期间远程办公，5G或将提供加强协作和提高生产力的新手段，例如高分辨率多人视频会议、交互式电子白板以及由虚拟现实/增强现实技术赋能的沉浸式协作体验。¹⁶

员工互联方面的第三大用例与IT管理和远程故障排除相关。例如，5G将在员工移动设备的远程管理中发挥作用，以此支持IT专业人员将数据密集型更新包迅速推送至大量设备。¹⁷许多企业已利用5G技术将远程3D设计师和视频编辑连接至办公室的高端工作站，从而提供4K质量的流媒体服务并且帮助相关人员远程执行CPU密集型任务。¹⁸英国某水务公司一直利用私有5G网络进行“远程专业指导”：当新入职的技术人员在现场遇到设备问

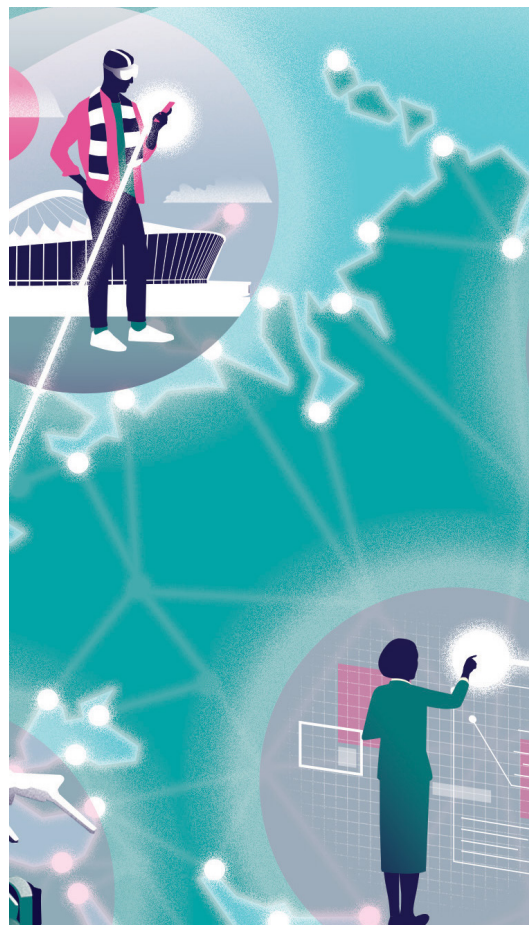
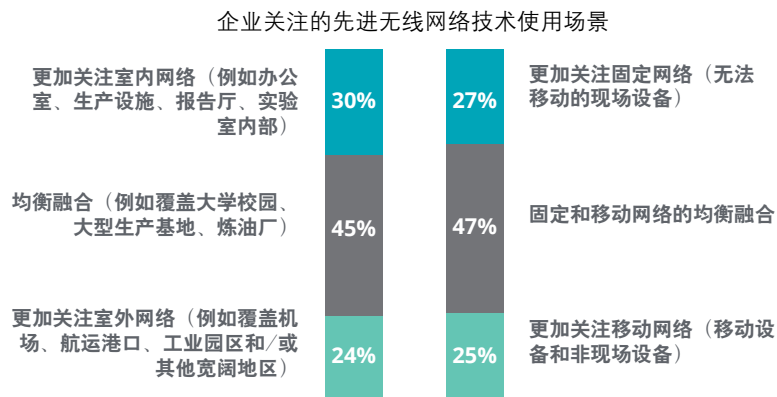


图5

先进无线技术采用者更加关注涉及室内/室外网络和固定/移动设备的使用场景



注：N=437位全球网络技术高管。由于少数受访者表示“不清楚”，因此百分比之和可能不等于100%。

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

题时，其可通过AR耳机将相关情况告知经验丰富的同事，由其远程指导故障排除工作。¹⁹

先进网络技术亦可支持机器互联方面的诸多全新用例，包括设施和校园内部以及其他宽阔地区（例如航运港口和国际机场）。例如，工厂中的视频监控可以帮助人工操作员（或人工智能系统）远程实时监控设备，5G可以提供通过机器人驱动维护流程所需的超可靠、低时延通信。智能工厂车间可以利用无线物联网传感器获取关于设备性能和运行状况的大量数据，并且利用分析技术提前预测问题。²⁰许多企业也在使用无线技术直接连接不同机器，例如互联汽车安全系统。²¹

无线技术也可助力提升客户体验。市政当局同时部署Wi-Fi 6和5G以推行旨在改善公共服务的智慧城市解决方案，包括可向指定地区的人员发送个性化提示的实时交通监控/优化以及地理围栏应用。²²医疗行业利用新一代无线技术实现实时远程患者监控、高清视频会诊，甚至利用机器人完成远程医疗程序——这种需求在新冠疫情期间变得更加迫切。²³体育组织借助5G和Wi-Fi 6提供更具吸引力的沉浸式运动体验。零售公司结合使用先进无线技术、物联网传感器和分析技术，以此支持智能库存系统、优化产品定价并提供个性化购物体验。²⁴

图6

企业正在探索各种先进网络技术使用场景

	 员工互联	 机器互联	 客户互联
#1	工作场所通信 更快速无缝的云端文件上传/下载、远程文件共享、信息传递、互联网访问	远程监控/控制 视频监控、生产流程中的互联装配线、远程医疗	前沿客户体验 基于云技术的移动应用、无人商店、沉浸式AR/VR/3D功能、休闲娱乐、视频体检
#2	高级协作工具 移动视频会议、AR/VR/3D体验、远程办公场所	机器对机器通信 车辆通信与安全系统、装配/生产线	安全保障与欺诈防范 生物特征识别、地理定位交易、智能合约/区块链
#3	IT管理 远程故障排除、工作站/服务器/移动设备管理	高级分析 传感器数据洞察、边缘计算	高级分析 购物模式或店内活动洞察、定价、预测、建议、基于地理围栏的通知
#4	网络管理 软件定义广域网、网络切片	资产跟踪 存货管理、集装箱/货物/机器传感器、地理围栏、区块链/智能合约	增强客户支持 远程诊断、视频聊天、3D会诊
#5	高级分析 设备/云使用情况	自动化 自动驾驶汽车、远程控制机器人或无人机、物流配送机器人	数字支付 移动钱包、车载支付、互联商务

注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

企业同步采用Wi-Fi 6和5G

广告商和新闻编辑对5G的高度关注无疑使得Wi-Fi 6黯然失色。但是二者对于无线技术的未来都至关重要。与过去几代的无线技术不同，5G蜂窝网络和Wi-Fi 6网络之间可以实现无缝协作，因此被公认为无线生态系统中的互补技术。²⁵ 标准机构和无线联盟将继续围绕无缝协作方面的其他技术挑战提供解决方案。²⁶

网络技术高管表示，其所在企业正在同步采用这两项技术，并且倾向于在室内、校内和固定网络环境中使用Wi-Fi 6，在室外、校外和移动网络环境中使用5G。同步采用这两项技术具有现实意义。45%的受访者表示其所在企业正在同步进行Wi-Fi 6和5G部署或试点/试验，35%的受访者表示其所在企业正在积极准备同步采用

5G和Wi-Fi 6，例如购买设备/基础设施和确定供应商（见图7）。几乎所有受访者都预计其所在企业将在未来两至三年内同步采用5G和Wi-Fi 6。投资预测结果也反映出同步采用趋势：未来三年，这些企业的无线技术投资将平均分配于Wi-Fi（48%）和蜂窝技术（52%）。

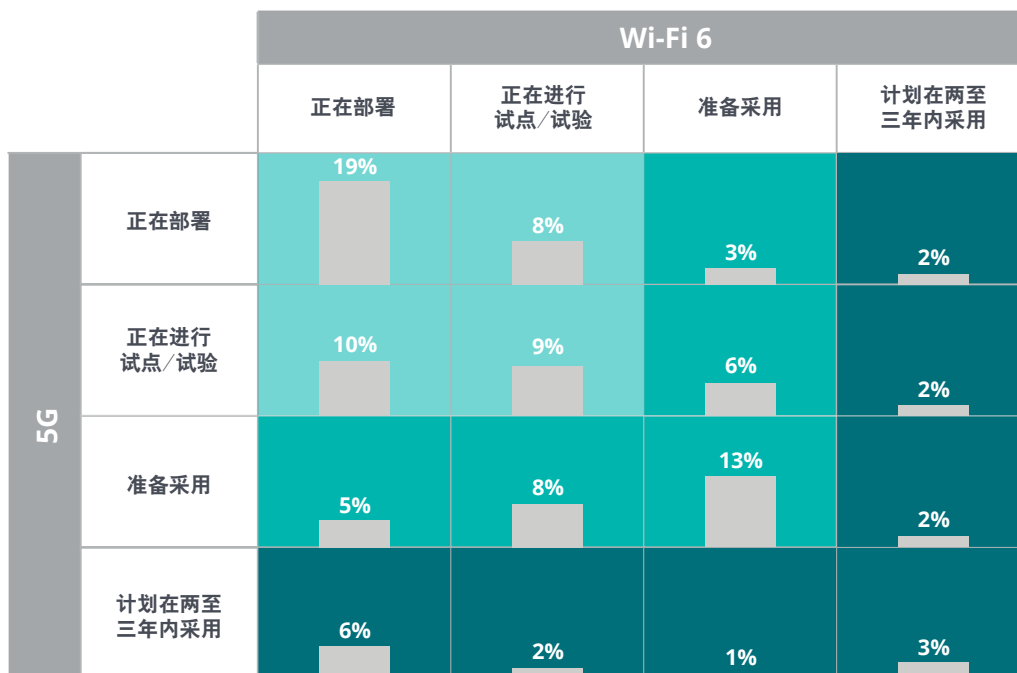
从国家层面来看，5G和Wi-Fi 6的同步采用趋势也很明显（见图8）。在所有调研国家中，超过半数网络技术高管表示其所在企业正在进行Wi-Fi 6部署或试点，德国、巴西、英国、中国和澳大利亚的Wi-Fi 6部署/试点比例达到70%或更高。这些国家的5G部署/试点比例也处于最高水平。

所有调研国家的Wi-Fi 6采用率均高于5G采用率，印度、荷兰、巴西和英国的采用率差距甚至达

图7

企业正在同步采用Wi-Fi 6和5G以满足其对先进无线技术的需求

- 45%的受访者表示其所在企业正在同步进行5G和Wi-Fi 6部署或试点
- 80%的受访者表示其所在企业正在同步进行5G和Wi-Fi 6部署或试点或准备同步采用5G和Wi-Fi 6
- 98%的受访者表示其所在企业将在两至三年内同步采用5G和Wi-Fi 6



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

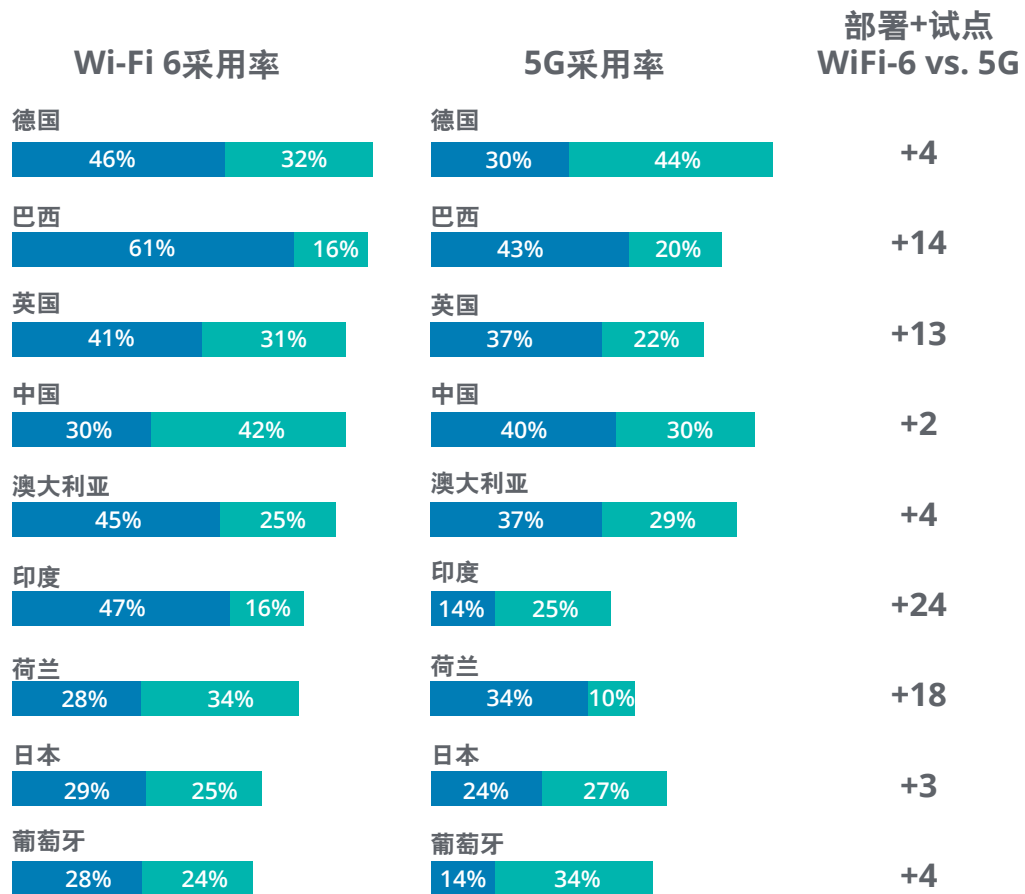
到两位数。频谱可用性可能是导致5G采用相对较慢的一个原因：Wi-Fi 6使用的是未经许可的频谱（因此接入成本较低），但是5G通常需要政府监管机构拍卖或分配适合5G服务的频谱，并且某些拍卖存在延期问题。荷兰直到2020年中才完成第一次5G频谱拍卖。²⁷ 印度和巴西曾

计划在2020年举行拍卖，但是新冠疫情导致计划有所推迟。²⁸ 5G采用率最高的三个国家是德国、中国和澳大利亚，这些国家都已在2018年或2019年进行5G频谱拍卖，从而使其得以在新冠疫情爆发前抢占5G商用推广先机。²⁹

图8

目前，所有调研国家的Wi-Fi 6部署/试点比例均高于5G部署/试点比例，其中印度、荷兰、巴西和英国的比例差距最大

■ 部署 ■ 试点/试验



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

先进无线技术为创新和转型奠定基础

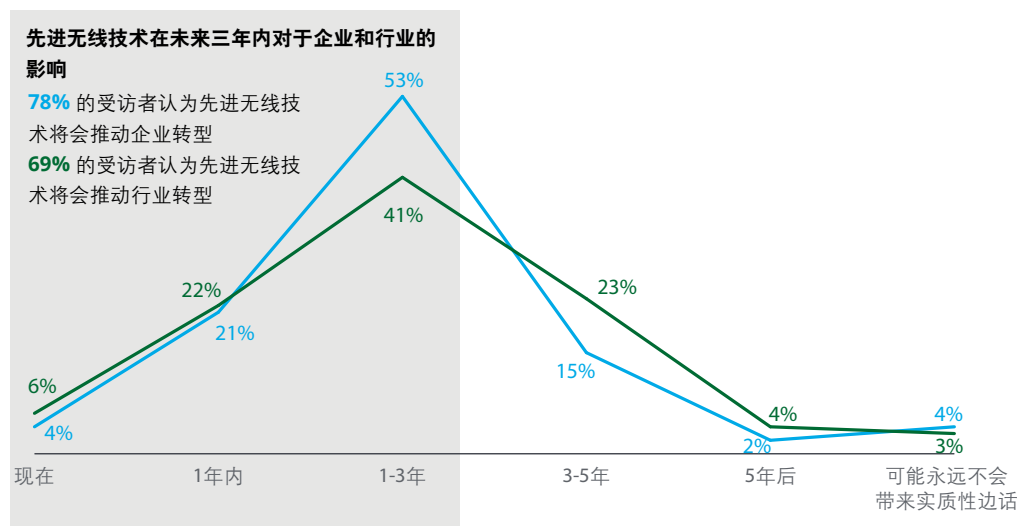
考 虑到5G和Wi-Fi 6是近几十年以来不断发展的最新一代技术，绝大多数网络技术高管预计先进无线技术将在短期内推动企业和行业转型。五分之四的受访者认为先进无线技术将在未来三年内为其所在企业

带来实质性变化，几乎相同比例的受访者认为先进无线技术将对整个行业产生相同影响（见图9）。由于受访者所在企业的转型速度与其同行几乎相同，因此许多受访者可能会在迅速实现收益方面感受到巨大的竞争压力。

图9

绝大多数网络技术高管认为先进无线技术将在未来三年内推动企业和行业转型

- 先进无线技术将会推动企业转型
- 先进无线技术将会推动行业转型



注：N=437位全球网络技术高管。由于少数受访者表示“不清楚”，因此百分比之和可能不等于100%。
资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

推动创新

先进网络技术对于企业创新架构至关重要。新一代连接技术是无线技术领域最新和最大的进步，其可推动企业创新和转型，改变企业运营、新产品和业务模式开发以及客户接洽方式。事实上，四分之三的受访者认为其所在企业可以利用先进网络技术创造**显著竞争优势**，五分之四的受访者认为先进连接技术在未来三年内对于加强客户互动至关重要。

大多数受访者（56%）认为，其所在企业当前的网络基础设施阻碍了企业执行创新用例——这种创新的动力促使企业采用新一代网络技术。事实上，利用人工智能、大数据分析和边缘计算等新技术以及提高效率是企业希望借助先进无线技术实现的两大目标（见图10）。加强客户互动排名第三。值得注意的是，在2020年的

调研中，提高效率高居榜首，而利用新技术排名第三。后者现已上升到第一位。此外，开发全新业务模式的排名也有上升。领导者认为，优化先进无线技术的性能和操作特性（例如提升数据速度，扩大覆盖范围，降低时延，提高安全性、可靠性和互操作性）对于实现目标非常重要。

从国家层面来看，大多数国家希望借助先进无线技术实现的三大目标均为利用新技术、提高效率和加强客户互动（见图11）。但是，某些国家高度重视除上述三大目标之外的其他目标，例如开发全新业务模式（日本、荷兰、葡萄牙）、改善产品/服务（德国、葡萄牙）、开发新产品/服务（中国、澳大利亚）以及降低成本（巴西）。

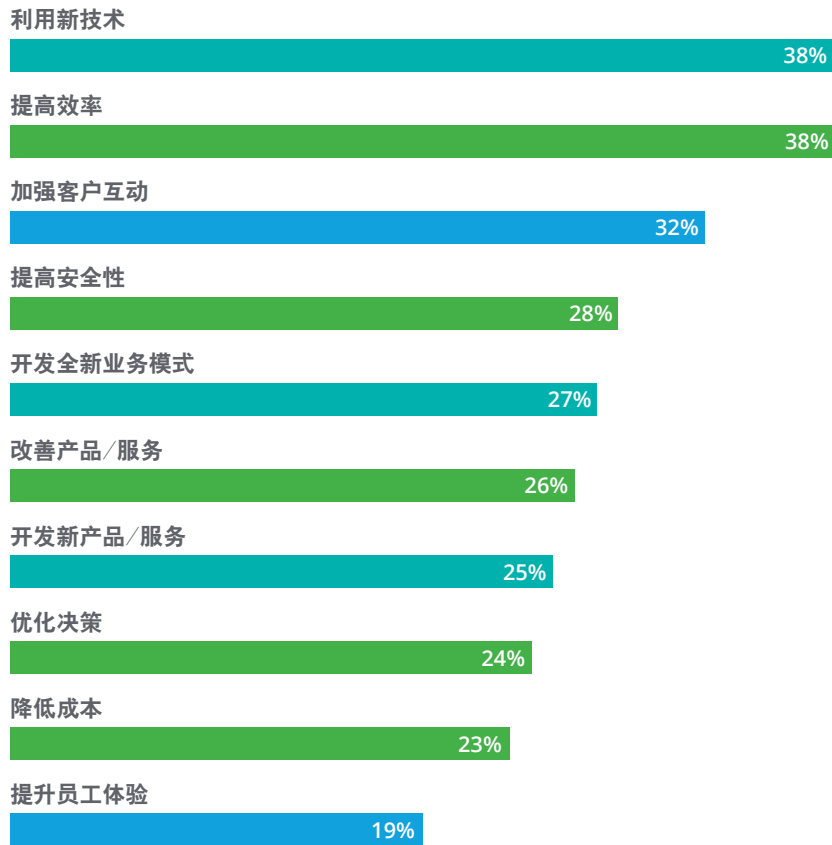


图10

企业希望借助先进无线技术实现运营和产品创新及改进并且加强与客户和员工的互动

■ 创新 ■ 改进 ■ 加强互动

企业希望借助先进无线技术实现的三大目标



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

图11

某些国家高度重视除上述三大目标之外的其他目标，例如降低成本（巴西）、开发全新业务模式（葡萄牙、日本、荷兰）

■ 目标一 ■ 目标二 ■ 目标三

企业希望借助先进无线技术实现的三大目标

	总计	澳大利亚	巴西	中国	德国	印度	日本	荷兰	葡萄牙	英国
利用新技术	38%	43%	31%	44%	22%	59%	35%	40%	21%	43%
提高效率	38%	39%	37%	42%	44%	35%	35%	28%	24%	52%
加强客户互动	32%	39%	31%	18%	30%	51%	22%	22%	45%	37%
提高安全性	28%	27%	31%	24%	36%	33%	25%	14%	28%	33%
开发全新商业模式	27%	24%	24%	28%	20%	18%	31%	34%	52%	22%
改善产品/服务	26%	20%	16%	34%	32%	25%	27%	26%	34%	20%
开发新产品/服务	25%	37%	25%	48%	20%	18%	12%	22%	17%	22%
优化决策	24%	22%	22%	24%	26%	20%	31%	20%	34%	24%
降低成本	23%	22%	39%	20%	28%	22%	16%	30%	14%	11%
提升员工体验	19%	24%	20%	6%	16%	20%	20%	32%	10%	24%

注：澳大利亚（N=51）、巴西（N=51）、中国（N=50）、德国（N=50）、印度（N=51）、日本（N=51）、荷兰（N=50）、葡萄牙（N=29）和英国（N=54）网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

以先进网络技术为核心

网络技术高管一致认为，先进无线技术对于企业部署处于数字化转型工作核心的创新技术（包括大数据分析、云计算、边缘计算、人工智能和物联网）不可或缺。值得注意的是，99%的受访者表示其所在企业将在未来一年内致力于部署创新技术，但这并非参与调研的必要条件。五分之四的受访者认为先进无线技术对其所在企业部署物联网、大数据分析、人工智能

和边缘计算非常/极其重要，认为先进无线技术对其所在企业部署云计算非常/极其重要的受访者甚至更多（见图12）。

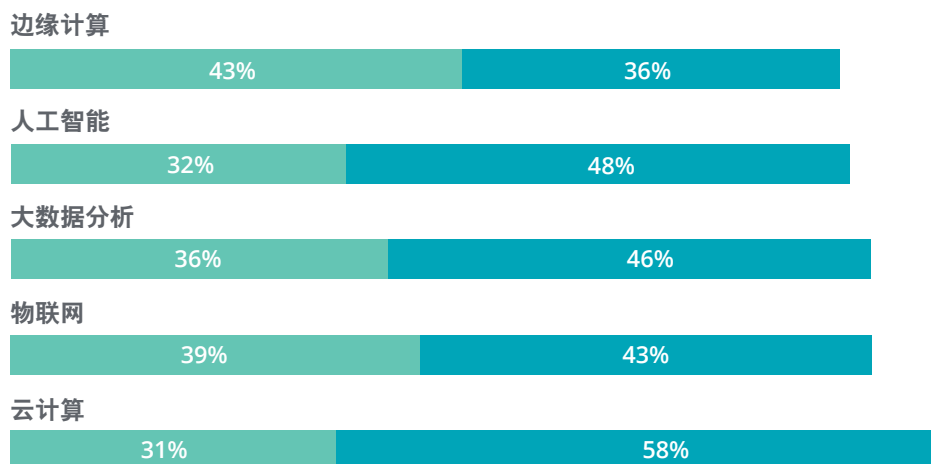
如今，这些技术在企业创新计划中交织融合（见边栏“先进连接技术推动全球创新”）。随着先进网络技术不断渗透，企业如何设计和应用先进无线技术解决方案与如何部署其他创新技术紧密相关：领导者应将先进无线技术纳入端到端企业架构。

图12

网络技术高管认为先进无线技术（包括5G和Wi-Fi 6）可为部署其他创新技术奠定基础

■ 非常重要 ■ 极其重要

先进无线技术对于企业部署以下各项技术的重要性



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

先进连接技术推动全球创新

私有5G网络助力打造智能工厂。德国电信监管机构颁发了“私有5G”网络部署许可证，初步预计私有5G网络将用于支持工业物联网。³⁰ 5G网络因具备超高可靠性、亚毫秒级时延、实用性和高安全性等特点而被认为非常适合需要实时控制的关键工业应用，例如机器人、机器移动以及工业自动化。

工业集团罗伯特·博世有限公司与诺基亚合作在其位于德国的工业4.0工厂推出了私有5G网络，从助力其向实现打造高效“未来工厂”的愿景迈出重要一步。³¹ 该工厂的自动运输系统由5G连接的自动导引车组成，其可在整个工厂内移动和运送货物，同时安全避开其他车辆、物体和人员。

博世力士乐位于巴伐利亚州，主要从事制造设备业务，其为生产车间配备了可连接机器、机器人和精密电动工具的私有5G网络。³² 私有5G网络以及预测分析和人工智能可以帮助该公司协调和优化生产运营。

新一代连接技术助力提供沉浸式体验。奥运会历来都是展示创新技术的盛会，计划在东京举行的2021年夏季奥运会³³有望延续这一传统。英特尔期望在奥运会上利用5G网络提供虚拟现实体验：安装在场馆周围的众多摄像机将收集实时视频，全球观众佩戴VR头盔即可环顾场馆、观看体育赛事，获得身临其境的体验。³⁴ 日本电报电话公司正在试运行一套全息影像系统，该系统可以捕捉运动员的超高清8K视频，并且根据运动员的动作制作全息影像；5G网络的高速度和低时延可以让不在现场的观众实时观看全息影像。

巴西电信运营商Claro与爱立信已经合作展示了5G技术在实时全息体验中的应用：2019年10月，一位音乐家在Claro Brasil的办公室演出，17公里外一个配备5G连接技术的体育场中的观众能够以全息影像的形式观看他的表演。³⁵ 乐团与指挥之间也架设了高清摄像机，佩戴5G VR设备的观众可以观看音乐家的实时动作，拥有身临其境的体验。

物联网、人工智能和5G齐聚智能端，助力实现自动化检测。总部位于中国的全球家电制造商海尔利用5G高清工业摄像机、具备机器视觉图像处理功能的边缘计算服务器以及执行人工智能训练的异地服务器开发了一套自动检测生产线上新不锈钢冰箱的系统。³⁶ 在传统方式下，人工检测新冰箱是否存在划痕、凹陷或其他缺陷需要耗费大量时间。采用全新解决方案之后，安装在生产线上的摄像机可以捕捉每个设备的实时视频，并且通过5G技术将其发送到边缘计算平台。随后，边缘服务器利用机器视觉算法执行实时的图像分析以进行缺陷检测，分析结果将会用于逐步提高人工智能模型的准确性。该系统已经实现生产性能提升和产品质量监控改进。

推进先进无线技术采用

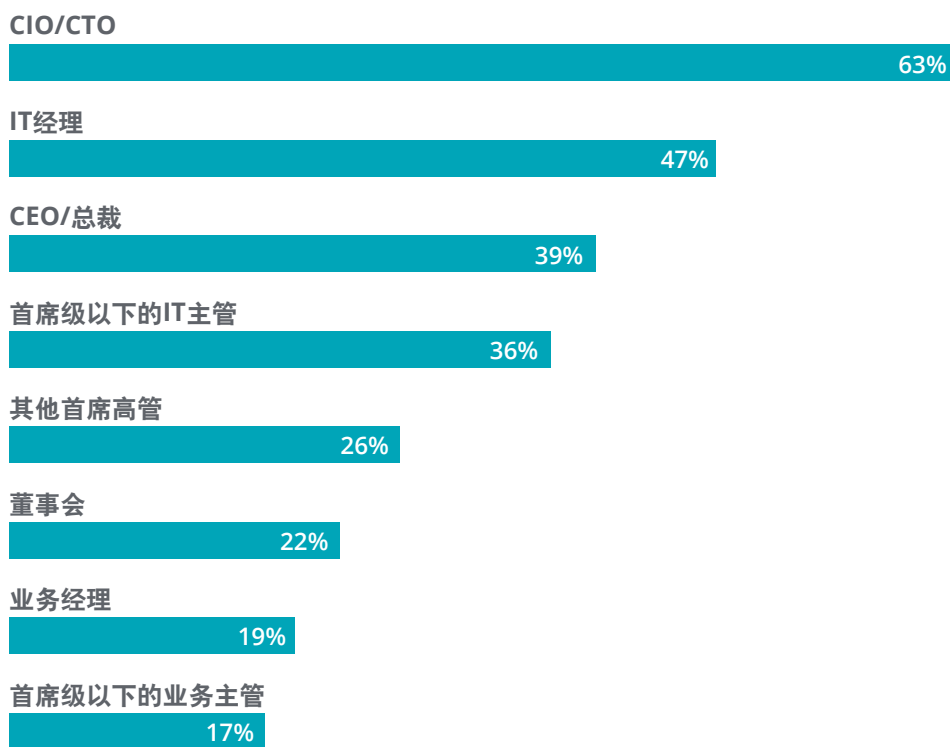
作 为一项战略技术举措，先进无线技术采用以企业内外部的技术人员为主导。其中IT部门（包括首席高管和从业人员）将会率先采用先进无线技术，其次是其他首席高管（见图13）。

就企业的先进无线技术决策而言，IT人员和技术供应商对此影响最大，其次是无线运营商和企业高管（见图14）。

图13

企业内部的IT高管和从业人员将会率先采用先进无线技术

企业内部率先采用先进无线技术的三大角色



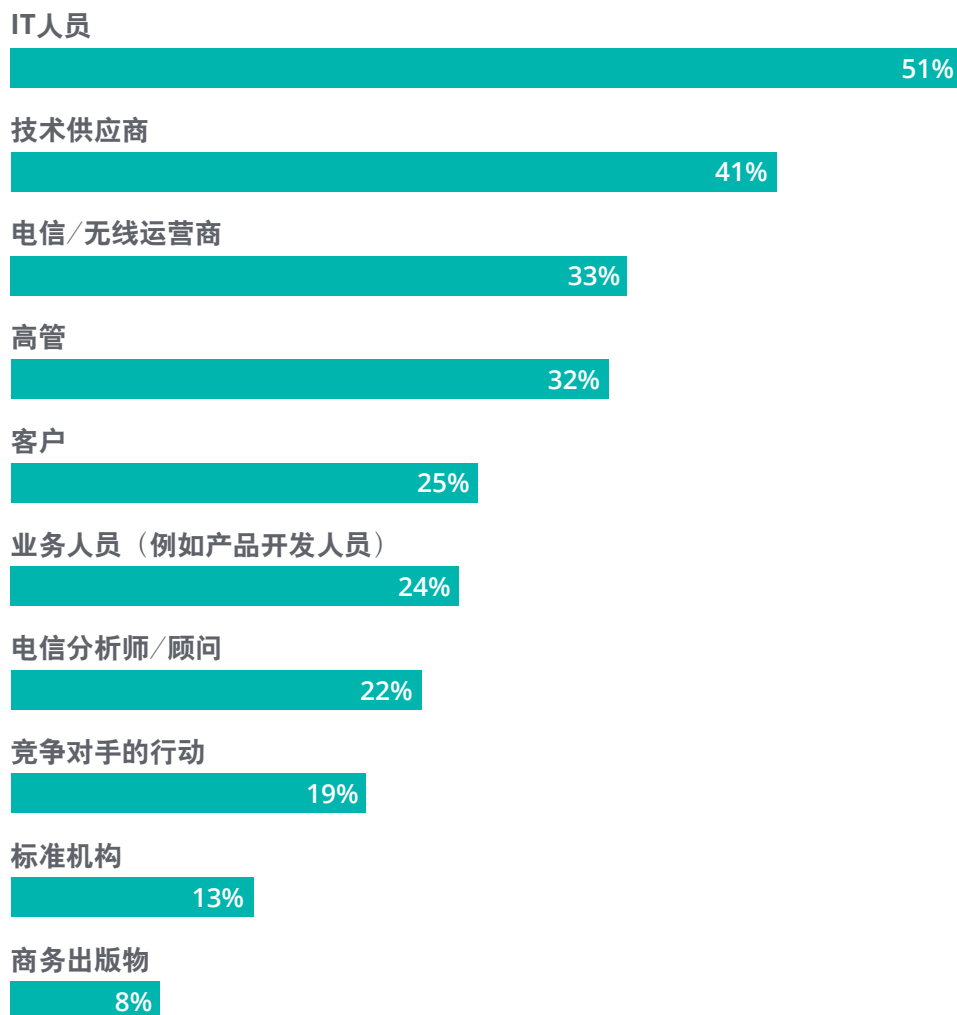
注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

图14

IT人员和技术供应商对于企业先进无线技术决策影响最大

企业先进无线技术决策的三大影响因素



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

生态系统错综复杂、瞬息万变

先进无线技术（特别是5G技术）采用涉及错综复杂的参与者生态系统，包括应用和云服务提供商、无线运营商、咨询公司和集成商、设备制造商以及基础设施供应商。约三分之一的受访者倾向于购买完整的端到端先进无线技术解决方案，另外三分之二的受访者则倾向于购买最佳组件或混合购买组件与完整解决方案，从而获得更多定制和调整的空间（见图15）。

为构建完整的解决方案，企业通常会综合诸多参与者的能力和技术（见图16）。平均而言，先进无线技术采用者需要与图中所列九类供应商中的八类进行合作。此外，就云服务提供商、应用提供商、组件供应商、咨询公司/系统集成商和网络设备供应商而言，约半数企业需要接

触两家或更多同类型的供应商。这种合作关系不断变化发展：就生态系统中的供应商而言，最多只有30%的采用者倾向于与现有供应商保持合作；其余采用者则倾向于寻找新供应商。

企业在选择最佳解决方案时需要处理诸多复杂问题并且协调多方工作。除内部团队外，企业还要寻求云服务提供商（例如超大规模业者）、网络技术供应商、咨询公司/系统集成商和无线运营商帮助集成组件。即使采用者选择集成解决方案，供应商仍需处理大量隐藏的复杂问题。当前的现实情况是，没有任何一家供应商能够单独提供完整的端到端解决方案。虽然某些供应商已具备绝大多数必要组件和能力，但其仍需与其他供应商合作，以获取和集成更多组件，从而构建完整的解决方案。

图15

三分之二的先进无线技术采用者倾向于购买最佳组件或混合购买组件与端到端解决方案

- 倾向于购买最佳组件并进行集成
- 倾向于混合购买组件与端到端解决方案
- 倾向于购买端到端解决方案

企业对于开发/购买先进网络技术解决方案的偏好



注：N=437位全球网络技术高管

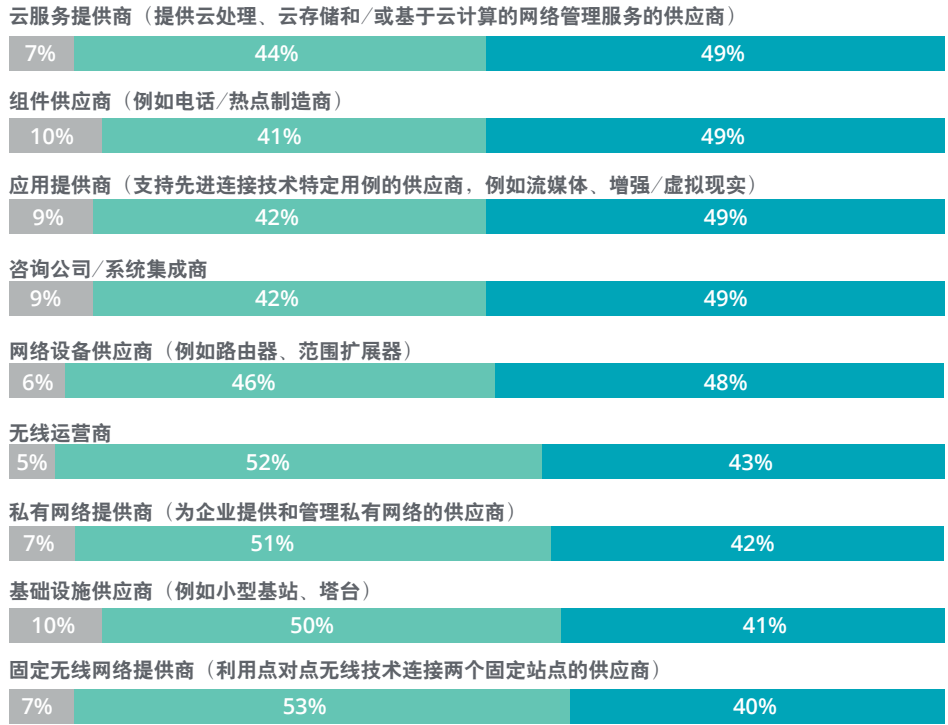
资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

图16

企业需要与技术公司、电信公司和咨询公司/系统集成商等众多供应商合作以进行无线技术实施和管理

■ 无/不清楚 ■ 一家 ■ 两家或以上

企业在无线技术实施和管理方面需要合作的供应商



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

未来，5G网络架构将会变得更加虚拟化、开放化以及可编程化，从而推动最佳组件大量涌现。³⁷ 此外，负责集成所有组件的协调者（无论是电信供应商、技术供应商还是系统集成商）将会发挥日益重要的作用。

先进无线技术采用难题

供应商提高竞争力的方法之一是帮助客户解决网络技术采用难题。随着先进无线技术推动形成超级互联世界，领导者意识到还有许多潜在网络入口需要保护，网络安全由此成为首要关注重点（见图17）。与此同时，新一代无线技术将会提升网络安全性。Wi-Fi 6可以确保所有认证设备支持最新一代安全技术（WPA3），

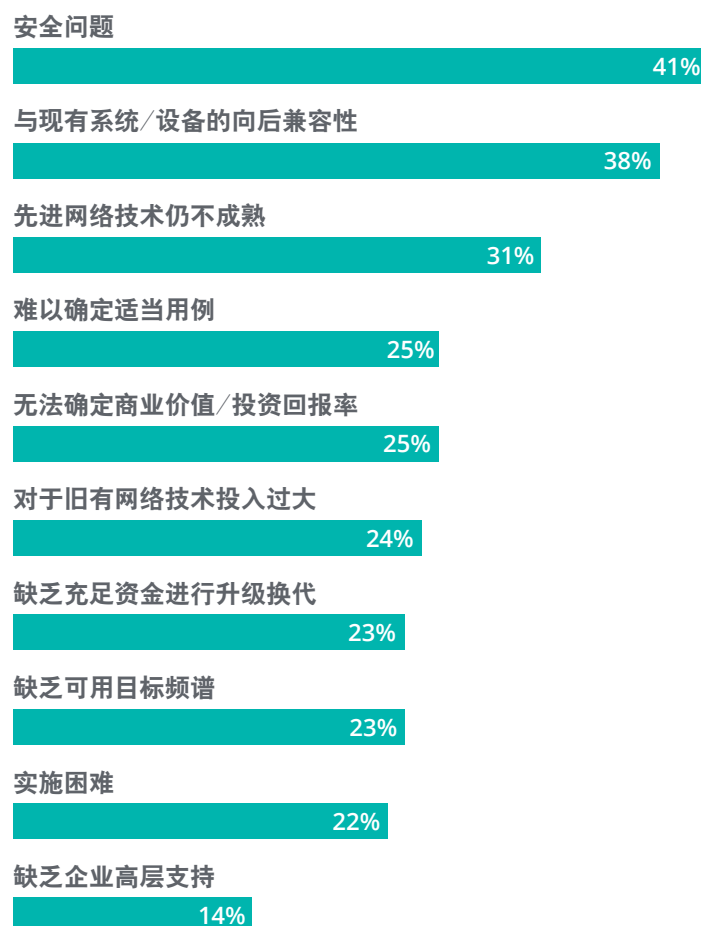
从而提供更强的加密和密钥管理，以加强数据保护。³⁸ 5G网络切片可以支持针对每个切片的安全策略——只要正确配置和管理切片，就能够提升网络安全性。³⁹

采用者的另一个关注重点是先进无线技术与现有系统和设备的向后兼容性。就此而言，供应商可以展示其产品与其他组件的良好兼容性，并且通过提供集成服务脱颖而出。从国家层面

图17

安全性以及与现有系统的向后兼容性是采用先进无线技术的首要难题

企业在先进无线技术采用方面面临的三大难题



注：N=437位全球网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

来看（见图18），某些采用者仍然在起步阶段苦苦挣扎——对于旧有技术投入过大（德国企业的三大难题之一），无法确定先进网络技术的商业价值（中国、德国、日本、荷兰和葡萄牙企业的三大难题之一）或者难以确定适当的目标用例（日本和澳大利亚企业的三大难题之一）。这些难题对于供应商而言也是机遇，供应商可以展示其解决方案的商业价值和使用场景，并且考虑开展客户试点项目。

云计算和边缘计算成为焦点

70%的受访者表示，在未来两到三年内，其所在企业将主要在公有云或私有云上部署和管理无线网络应用和服务（见图19）。值得注意的是，在计划主要使用私有云的受访者中，56%的受访者更加信任传统云技术公司管理私有云数据，相比选择依靠企业内部IT部门的受访者（28%）多出一倍。

调研结果显示，受访者最信任技术公司（即应用提供商和云服务提供商）来帮助其设计先进无线网络架构。企业敏锐意识到，其网络不能只连接设备，还必须连接至云端以收集机器和传感器数据，并与其云端运营数据相融合。

此外，16%的采用者预计未来将主要在网络边缘部署和管理无线网络应用和服务，高于美国调研中持此观点的受访者比例（9%），表明边缘计算

的重要性和实用性愈发受到关注。⁴⁰ 应用5G网络的情况下，设备或传感器数据到达蜂窝塔可能仅需2-3毫秒，但是传输至远程数据中心进行处理（例如基于云计算的分析服务）可能仍然需要数百毫秒，这对注重低时延的应用来说是个问题。⁴¹ 有鉴于此，将数据处理、存储和人工智能驱动型分析迁移至更靠近数据收集点的网络边缘能够加快应用响应时间，例如目测检查铁路或桥梁以发现潜在隐患的无人机，捕获和分析视频以实时监控患者健康状况的远程医疗系统，工厂车间的精密机器人或自动交通管理系统。⁴²

随着新一代网络产品和服务提供商开始激烈竞争并且竞相提出完整解决方案，企业网络技术领域中的技术公司与电信公司之间（甚至是曾被视为竞争对手的各方之间）出现了许多新型合作与联盟关系。边缘计算对于新型合作关系而言尤其充满活力，大型公有云服务提供商都在推出边缘计算功能。⁴³ 例如，亚马逊一直与电信公司（例如美国Verizon和澳大利亚Telstra）合作，将亚马逊计算和存储服务嵌入网络边缘（基站或网络运营商数据中心），从而确保客户得以继续使用其已熟悉的云API和功能，并且无需担心自建边缘可能带来的复杂问题。⁴⁴ 谷歌云与美国AT&T合作，将边缘计算服务（例如基于云计算的人工智能和机器学习）嵌入网络边缘。⁴⁵ 印度Bharti Airtel与IBM合作，为客户提供5G、混合云和边缘服务。⁴⁶

图18

某些国家网络技术高管的首要关注重点还包括无法确定商业价值、难以确定适当用例以及缺乏可用目标频谱等

■ 难题一 ■ 难题二 ■ 难题三

企业在先进无线技术采用方面面临的三大难题

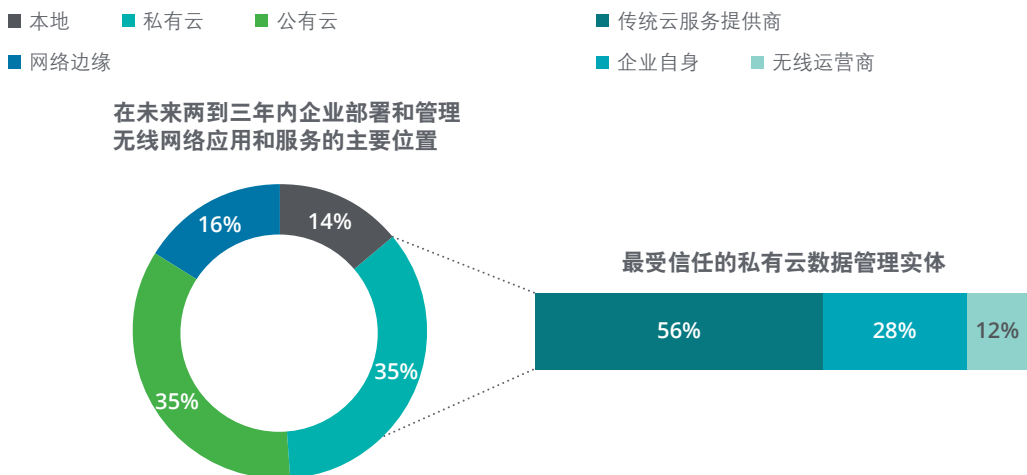
	总计	澳大利亚	巴西	中国	德国	印度	日本	荷兰	葡萄牙	英国
安全问题	41%	39%	45%	44%	30%	45%	31%	28%	59%	57%
与现有系统/设备的向后兼容性问题	38%	33%	43%	54%	26%	39%	29%	40%	28%	43%
先进网络技术仍不成熟	31%	31%	31%	28%	28%	35%	20%	34%	38%	33%
难以确定适当用例	25%	33%	24%	22%	26%	31%	31%	24%	7%	22%
无法确定商业价值/投资回报率	25%	20%	12%	30%	28%	16%	39%	34%	34%	20%
对于旧有网络技术投入过大	24%	25%	18%	28%	32%	24%	16%	24%	21%	26%
缺乏充足资金进行升级换代	23%	29%	29%	20%	16%	22%	27%	28%	21%	17%
缺乏可用目标频谱	23%	18%	16%	20%	30%	37%	31%	12%	21%	19%
实施困难	22%	27%	24%	8%	28%	14%	25%	24%	28%	22%
缺乏企业高层支持	14%	27%	12%	10%	16%	12%	8%	16%	14%	11%

注：澳大利亚（N=51）、巴西（N=51）、中国（N=50）、德国（N=50）、印度（N=51）、日本（N=51）、荷兰（N=50）、葡萄牙（N=29）和英国（N=54）网络技术高管

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

图19

企业对于使用云服务部署和管理无线网络应用表现出非常高的兴趣度和信任度



注：在饼状图中，N=437位全球网络技术高管；在条形图中，N=154位表示其所在企业将主要在私有云上部署无线网络应用和服务的全球网络技术高管。由于少数受访者表示“不清楚”，因此百分比之和可能不等于100%。

资料来源：德勤《2021年先进无线技术应用情况调研》（全球版）

网络技术决策者的考量因素

尽管先进连接技术推广目前仍然处于初期阶段，但是领导者已经意识到这将带来诸多潜在收益。采用者坚信新一代无线网络技术能够带来竞争优势，释放其他新兴技术的力量并且迅速推动企业和行业转型。无线技术采用者今日所做的战略决策可能影响其未来的行业地位，因此其在做出决策之前需要考虑以下因素：

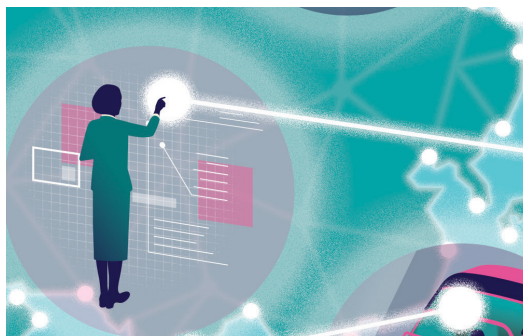
- **明确最终目标。**采用者应当明确其希望实现的使用场景，并且确定在不同情况下应当选择哪种无线技术。能够部署多种技术并且根据需要进行网络互操作的决策者才有可能突出重围、最终胜出。
- **制定数据策略。**当海量数据从联网机器和传感器中流出时，企业需就数据存储、保护和数据分析制定周密的策略和政策。某些数据可能需要在云端进行存储和分析，而其他数据可能需要在智能边缘进行处理，具体取决于使用场景的需求。
- **建设创新基础设施。**鉴于领导者将新一代无线技术视为人工智能、物联网和边缘计算等其他关键技术的重要驱动因素，无线技术或将成为所有创新计划的内在因素。企业应将新一代无线技术作为创新基础设施和战略的核心内容，而非将其单独考虑或事后考虑。对于催生新产品、服务和业务模式以及增强与客户和员工的互动而言，先进无线技术将会发挥重要作用。
- **开展集成与网络管理。**采用者正在面对错综复杂的生态系统和纷繁众多的供应商。由于企业倾向于购买最佳组件，因此其应决定是否自行处理组件集成带来的复杂问题亦或寻求合作伙伴提供帮助。采用者应当评估其所在企业能否管理、认证和保护连接数千台设

备的庞大网络。鉴于安全问题是先进无线技术采用的首要难题，领导者应当正确评估相关风险、成本和工作量，并可寻求合作伙伴提供帮助。

先进无线技术生态系统错综复杂、竞争激烈，绝大多数采用者都不会拒绝选择新供应商进行无线技术实施和管理。新一代网络产品和服务提供商不妨考虑以下因素：

- **挑战即机遇。**采用者将安全性和向后兼容性视为先进无线技术采用的首要难题。此外，某些国家在了解商业价值或确定适当用例方面存在困难。所有这些难题正是供应商展示其专业技术和价值的绝佳机遇。
- **生态系统定位。**找准定位，确定自身能在哪个环节发挥最大价值。评估自身是否具备解决方案架构设计和组件集成方面的专业能力，这也是先进无线技术采用者可能需要寻求帮助的领域。考虑与其他供应商合作，以提供更加完整的解决方案和对采用者更具吸引力的价值主张。
- **创新合作。**仅利用新一代连接技术创造增量价值的供应商或将错失良机。除提供互联产品和服务外，供应商还应寻求成为助力企业创新和转型的可信赖合作伙伴。

未来几年，随着先进无线网络技术逐渐普及，采用者和供应商都有望释放巨大机遇。



尾注

1. Kelly Hill, "Connected devices will be 3x the global population by 2023, Cisco says," *RCN Wireless*, February 18, 2020.
2. Dan Littmann et al., *Enterprises building their future with 5G and Wi-Fi 6: Deloitte's Study of Advanced Wireless Adoption*, Deloitte Insights, June 1, 2020.
3. Ira Kalish, *Weekly global economic update: January 2021*, Deloitte Insights, January 4, 2021; Melanie Wolkoff Wachsman, "Research: How COVID-19 will affect 2021 IT budgets," *ZDNet*, September 1, 2020; Louis Columbus, "Covid-19's impact on the future of IT budgets," *Forbes*, August 9, 2020.
4. Deloitte, *Will 5G remake the world, or just make it a little faster?*, 2018; Bainbridge IT Staffing, "From 1G to 5G: A brief history of the evolution of mobile standards," accessed February 24, 2021; Chioma Azeh, "What is Wi-Fi 6 and why does it matter?," *Cordcutting*, September 10, 2020.
5. Littmann et al., *Enterprises building their future with 5G and Wi-Fi 6*.
6. In our prepandemic survey of US networking executives in January 2020, 75% ranked 4G as one of their business's top-three critical wireless technologies and 65% ranked Wi-Fi 5 (and below) in the top three. Those percentages were expected to drop to 33% and 26%, respectively, within three years. Twenty-nine percent and 31% ranked 5G and Wi-Fi 6 in their top three, respectively. By 2023, 76% expected 5G to be a top-three most critical wireless technology for their business, and 70% expected the same for Wi-Fi 6. During the same time frame, 4G and older Wi-Fi technologies were expected to diminish in importance.
7. The near-term future views of US and non-US networking executives are closely aligned. By 2023, 76% of both non-US and US networking executives expect 5G to be a top-three most critical wireless technology for their business; 65% of non-US executives and 70% of US executives expect Wi-Fi 6 to be in the top three.
8. This observation holds for all countries except Germany, where the networking executives surveyed still rank "Wi-Fi 5 and older" as the most critical wireless technologies for their efforts right now—followed by 5G and Wi-Fi 6. Within three years, these executives expect to place the greatest emphasis on 5G, followed by Wi-Fi 6. Note that for at least the new few years, infrastructure and device limitations mean 4G and 5G networks are expected to coexist; in fact, some early 5G deployments make use of existing 4G infrastructure. See Connor Craven, "What is 5G network infrastructure?," *sdxcentral*, January 5, 2020; OmniSci, "5G Infrastructure," accessed February 24, 2021; Mori Eliav, "How 4G and 5G can coexist while you prepare for the future," Oracle Communications Blog, October 2, 2020.
9. Dan Jones, "Vodafone Idea readies NB-IoT services in India," *Light Reading*, November 5, 2019; Ethan Qi, "NB-IoT is poised to lead the IoT connection growth in China," *Counterpoint*, April 1, 2020.
10. Dan Jones, "NB-IoT expected to be part of 5G by June 2022," *Light Reading*, January 28, 2020; GSMA, *Mobile IoT in the 5G future*, May 2018.
11. Deloitte Insights, *TMT Predictions 2021*, 2020.
12. Martha DeGrasse, "Ericsson 5G private network helps its factory during pandemic," *Fierce Wireless*, January 29, 2021.
13. Michael Cooney, "Wireless upgrades from Cisco, Aruba, Juniper aim at helping businesses reopen safely," *Network World*, June 1, 2020.

14. Julber Osio, "Coronavirus crisis brings new 5G use cases into action," S&P Global, April 1, 2020.
15. Mike Feibus, "3 ways WiFi 6 can revolutionize your network," *CIO*, September 6, 2019.
16. Fingent, "From remote work to virtual work, 5G is reinventing the way we work," July 31, 2020.
17. US Cellular Business, "Make sure your data stays safe, no matter what," accessed January 31, 2021.
18. AIT News Desk, "Splashtop, the fastest remote desktop solution, just got even faster," *AiThORITY*, April 28, 2020.
19. Daphne Leprince-Ringuet, "Using 5G and AR to create the future of remote support," *ZDNet*, June 3, 2020.
20. GSMA, *Factory efficiency*, November 2020; GSMA, *5G for smart manufacturing*, April 16, 2020.
21. Keith Mallinson, "How C-V2X in 5G will transform cars and save lives," *RCR Wireless News*, February 6, 2020.
22. Mark Montierth, "Better together: 5G and Wi-Fi 6 enable smart cities," NXP, March 24, 2020.
23. William G. Wong, "Pandemic-driven telehealth needs a 5G remedy," *Machine Design*, August 6, 2020.
24. Ernest Sampera, "How retailers can lay the groundwork for 5G applications now," vXchnge, August 5, 2020.
25. TechPower IT Solutions, "5G and Wi-Fi 6—friends or foes?," accessed February 24, 2021; Rowell Dionicio, "How 5G and Wi-Fi 6 will work together," Hewlett Packard Enterprise, November 5, 2020.
26. RealWire, "Wireless broadband alliance releases blueprint for 5G and Wi-Fi 6 convergence," press release, January 26, 2021.
27. Juan Pedro Tomás, "Dutch operators secure 5G spectrum," *RCR Wireless News*, July 23, 2020.
28. Research and Markets, *5G market in India 2020*, May 2020; Comms Update, "Brazilian 5G auction delayed to Q1 2021 at earliest," June 26, 2020.
29. China and Australia both completed 5G spectrum auctions in December 2018; Germany competed an auction in June 2019. everythingRF, "5G frequency spectrum in China," July 22, 2020; Kavitha Majithia, "Australia 3.6GHz auction raises \$615M," *Mobile World Live*, December 10, 2018; Juan Pedro Tomás, "Germany completes 5G spectrum auction," *RCR Wireless News*, June 14, 2019. The United Kingdom is a bit of an outlier: Its first 5G spectrum auction was completed in April 2018, yet their Wi-Fi 6 adoption appears to outpace 5G adoption.
30. Alan Weissberger, "German telecom regulator awards 5G private network licenses in the 3.7GHz to 3.8GHz band," IEEE ComSoc Technology Blog, September 25, 2020; Catherine Stupp, "German industrial firms plan to build private 5G networks," *Wall Street Journal*, April 6, 2020.
31. everythingRF, "Bosch's Industry 4.0 plant in Germany is powered by a private 5G campus network," December 7, 2020.
32. Will Knight, "These factory robots may point the way to 5G's future," *Wired*, November 5, 2020.
33. Eamon Barrett, "Are the Tokyo Olympics actually going to happen?," *Fortune*, February 20, 2021.
34. River Davis, "The 2021 Olympics will be going 5G," *Wall Street Journal*, April 12, 2020.
35. Carmen Nery, "How carriers are preparing for the arrival of 5G in Brazil," *Labs News*, February 21, 2020.
36. GSMA, "Haier: Optimising manufacturing performance through 5G, edge computing and machine vision," February 2020.
37. Leonardo Bonati et al., "Open, programmable, and virtualized 5G networks: State-of-the-art and the road ahead," *Computer Networks* 182, (2020).
38. Larry Lunetta, "Protecting mobile users: Why Wi-Fi 6 offers robust security and enhanced usability," *InfoSecurity Magazine*, June 30, 2020; Monica Allevan, "Wi-Fi Alliance makes WPA3 mandatory for device certification," *Fierce Wireless*, July 27, 2020; Wi-Fi Alliance, "Discover Wi-Fi security," accessed February 6, 2021.

39. GSMA, *5G security issues*, November 2019; Ericsson, *A guide to 5G network security*, 2018.
40. Deloitte predicts that the global market for the intelligent edge will reach US\$12 billion in 2021, continuing a compound annual growth rate of about 35%. Chris Arkenberg et al., *Gaining an intelligent edge: Edge computing and intelligence could propel tech and telecom growth*, Deloitte Insights, December 7, 2020.
41. Keith Shaw, "Edge computing and 5G give business apps a boost," *Computerworld*, September 14, 2020.
42. Ibid.; Stephen Lawson, "Edge computing set for big role in 5G vehicle automation," *Light Reading*, December 10, 2019.
43. Paul Gillin, "Out on the edge: The new cloud battleground isn't in the cloud at all," *SiliconANGLE*, December 1, 2020.
44. *Computer Business Review*, "AWS Wavelength: The cloud comes to your 5G network," December 9, 2019; Aaron Tan, "AWS and Telstra team up on 5G," *Computer Weekly*, February 4, 2021.
45. Kelly Hill, "Google Cloud jumps into 5G and telco edge computing with a 'GMEC' vision," *RCR Wireless News*, March 5, 2020.
46. *Economic Times*, "Airtel drives Open Hybrid Cloud Network deployment with IBM, Red Hat," December 8, 2020.

致谢

衷心感谢**Sayantani Mazumder**提供的宝贵数据分析及洞察支持，对我们的研究方法和报告撰写做出了重要贡献。我们还要感谢**Tim Krause**，**Naima Hoque Essing**，和**Chris Arkenberg**的宝贵见解。最后诚挚感谢**David Jarvis**，**Negina Rood**，**Amy Booth**，**Cynthia Chang**，**Shannon Rothacher**，**Megan Ames**，**Kristen Klimenko**，**Trishula Sanjeev**，**Yvonne Dow**，**Shubham Oza**，**Matthew Budman**，以及德勤洞察团队不懈的咨询指导。

关于作者

Jack Fritz | jacfritz@deloitte.com

Jack Fritz是德勤科技、传媒和电信行业的负责人。他也是5G和边缘计算业务服务领导人，拥有逾十年的电信行业经验，主要专注于协助企业在寻求连接性赋能业务机遇时，制定发展战略、技术方向和监管策略。

Susanne Hupfer, PhD | shupfer@deloitte.com

Susanne Hupfer是德勤科技、传媒和电信行业中心的研究经理，专精于研究科技行业。她致力于开展研究以了解科技趋势对企业的影响，并为业务部门和IT领导提供可实践见解。

Dan Littmann | dlittmann@deloitte.com

Dan Littmann是德勤科技、传媒和电信行业的负责人。他拥有20多年的电信行业服务经验，专注于帮助企业制定灵活的战略，以适应瞬息万变的技术发展、市场竞争和监管制度。

Jeff Loucks, PhD | jloucks@deloitte.com

Jeff Loucks是德勤科技、传媒和电信行业中心的执行总监，主要负责开展调查研究并撰写专题文章，以协助企业充分利用技术进行革新。

联系人

德勤洞察可助力您及您的企业利用革新技术制胜市场。如果您正在寻求新的解决方案来应对日益严峻的挑战，请联系我们。

行业领导人

Kevin Westcott

副主席 | 德勤美国科技、传媒和电信行业领导人 | Deloitte LLP
+1 213 553 1714 | kewestcott@deloitte.com

Kevin Westcott是德勤美国副主席及德勤美国科技、传媒和电信行业领导人。同时他还担任德勤全球电信、传媒及娱乐行业（TME）领导人。

德勤科技、传媒和电信行业中心

Jeff Loucks, PhD

执行总监 | Deloitte Services LP
+1 614 477 0407 | jloucks@deloitte.com

Jeff Loucks是德勤科技、传媒和电信行业中心的执行总监。

德勤中国联系人

林国恩

科技、传媒和电信行业领导合伙人
+86 10 8520 7126 | talam@deloitte.com.cn

钟昀泰

科技、传媒和电信行业研究总监
+86 21 2316 6657 | rochung@deloitte.com.cn

周立彦

科技、传媒和电信行业高级经理
+86 10 8512 5909 | liyzhou@deloitte.com.cn

李艳

科技、传媒和电信行业高级专员
+86 23 8969 2507 | lavli@deloitte.com.cn

Deloitte.

Insights

敬请登陆www.deloitte.com/insights订阅德勤洞察最新资讯。

 敬请关注@DeloitteInsight

参与人员

编辑: Matthew Budman, Sayanika Bordoloi, and Nairita Gangopadhyay

创意: Kevin Weier and Yashita Vedi

推广: Hannah Rapp

封面设计: Neil Webb

关于德勤洞察

德勤洞察发布原创文章、报告和期刊，为企业、公共领域和非政府机构提供专业洞察。我们的目标是通过调查研究，利用整个德勤专业服务机构的专业经验，以及来自学界和商界作者的合作，就企业高管与政府领导人所关注的广泛议题进行更深入的探讨。

德勤洞察是Deloitte Development LLC旗下出版商。

关于本刊物

本刊物中所含内容乃一般性信息，任何德勤有限公司、其成员所或它们的关联机构（统称为“德勤网络”）并不因此构成提供任何专业建议或服务。在作出任何可能影响您的财务或业务的决策或采取任何相关行动前，您应咨询合格的专业顾问。

任何德勤网络内的机构均不对任何方因使用本通信而导致的任何损失承担责任。

关于德勤

Deloitte（“德勤”）泛指一家或多家德勤有限公司，以及其全球成员所网络和它们的关联机构。德勤有限公司（又称“德勤全球”）及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体。德勤有限公司并不向客户提供服务。在美国，德勤指德勤有限公司、在美国以“德勤”的名义运营的关联机构及其各自的附属公司所属的一家或多家美国成员所。根据公告会计条例及法规，某些服务并不向鉴证客户提供。请参阅 www.deloitte.com/about 以了解更多有关德勤有限公司及其成员所的详情。

© 2021 Deloitte Development LLC 版权所有 保留一切权利

德勤有限公司成员

Designed by CoRe Creative Services. RITM0736718