

与普华永道联合发布

WORLD
ECONOMIC
FORUM

5G 前景展望系列： 变革关键服务，促进经济复苏， 迎接大重构时代

2020年9月



目录

3	执行摘要
4	1 评估新常态下的5G发展机会
6	2 医疗服务
11	3 公共交通
16	4 未来职场
20	总结
22	撰稿人
23	尾注

© 2020 世界经济论坛版权所有

严禁以任何形式或方式（包括复印和刻录）或通过任何信息存储和检索系统复制或传播本出版物的任何内容。

执行摘要

面对全球大流行病和严重的经济衰退，各国政府努力维持公众健康和劳动力工作效率。在此过程中，多项重大挑战日益凸显。医疗服务和公共交通等关键服务面临日益严重的危机，远程工作机会也面临日益不平等的状况。为了应对第二波疫情甚至更多的疫情反复，各国需要采取适合本国国情的封禁措施，这也可能导致就业者在混合式（线下和线上）和纯数字化工作模式之间不停切换。

新出现的“新常态”提供了一个机遇窗口，有助于促进经济复苏，变革关键的医疗和公共交通服务，推动向混合式工作模式的转变。长远来看，各国可以升级数字基础设施，实行灵活的工作模式，赋能创新并更好地平衡区域之间的工作机会，从而加快实现经济复苏。

作为数字基础设施战略的组成部分以及物联网、扩展现实、人工智能和边缘计算等其他新兴技术的推动因素，5G将发挥重要的作用。普华永道研究了各行各业5G应用案例所产生的经济影响。该研究预测，这些技术到2025年将创造3500亿美元的经济价值¹，到2030年这一数字将上升至1.3万亿美元。由此可见，在对抗疫工作不可或缺的那些行业优先采取行动，具有重要的意义和价值。

本报告探讨了近期利用5G来加快推动此等关键服务和职场活动实现数字化转型的三大方式：

一加快建设注重健康预测、疾病预防、个性化诊疗和参与式管理的价值型医疗体系。在这一领域，如果能有效利用5G技术，有望到2030年将全球GDP提高5300亿美元²。

一提升对公共交通的信心，确保民众能安全前往职场，并促使市民回到城市中心。将5G技术用于这一领域，有望到2030年创造1300亿美元GDP³。

一采用5G技术，推动扩展现实的广泛应用，用更加沉浸式的技术方案取代当前合作工具，这将有助于提升职场的效率和机会。如果在培训和技能开发以及工业流程自动化领域采用扩展现实技术，则有望到2030年释放5700亿美元的经济价值⁴。

为了将这些关键服务面临的挑战转变为机会，助力经济复苏，政府就必须发挥重要作用，让上述技术真正落地。政府应当采取下述三大行动：

1. 转变观念，从纯粹的接受者转变为投资推动者
2. 实现地方行政审批的标准化和简化，加速技术部署
3. 打击虚假信息的传播，加大针对5G的教育、研究和宣传力度

就像铁路推动了第一次和第二次工业革命一样，5G有望推动第四次工业革命的发展。作为物联网、扩展现实和人工智能等多项新兴技术的推动力量，5G所产生的价值最终会超越本报告聚焦的行业，扩展至经济发展的各行各业。

了解如何利用5G技术，变革关键服务，促进大重构时代的经济复苏，请点击[这里](#)，查阅相关的应用案例汇编。

评估新常态下的5G 发展机会

新常态下的局限性和风险因素

新常态的典型特征包括对病毒的焦虑、社交隔离和各地城市为了配合国家疫情防控而采取多重封禁措施。在有效的新冠疫苗普及之前，各国仍需采取社

交隔离措施，这就给获取医疗和公共交通服务带来了限制，同时也凸显了远程工作的必要性。

新冠疫情加快提升5G需求

由于世界各地城市采取封禁措施产生了种种限制，数字化趋势反而得到了加速发展。即使那些在数字应用方面长期滞后的行业也在快速转型，因为他们别无选择，只能以数字化的方式提供服务。

为了让整个社会重新正常运转，某些行业至关重要，而当前的新常态为这些行业的数字化升级提供了契机，也为重新构思职场未来创造了机会。



那些积极采用5G技术、为企业、员工和宏观经济释放生产效率的国家将获得竞争力优势，并把其他国家甩在后面。

Ed Knapp，美国电塔公司高级副总裁、首席技术官，美国

5G可以成为这一转型的重要推动力量。但是，仅凭5G还不能完成这种转型。5G是一项基础技术，只有和传统通信网络、Wi-Fi 6等其他网络技术以及新兴技术（特别是人工智能、混合显示和边缘计算）结合使用，才能有助于加快寻找新型解决方案，应对社会重大挑战。

5G技术具有广泛性和移动性等独特能力，对于那些需要超高速移动宽带、海量机器类通信和超低延迟网络的场景最具价值。



通过5G技术，大量可操作性数据瞬间唾手可得，有助于制定更具韧性的对策，来防范未来危机。如果能够激励相关投资，消除相关障碍，加快部署5G网络，将能提升整个社会的数据互联水平，催生广泛的互联设备，确保公众和企业能够获得切实机会，更好地应对这场大流行病。

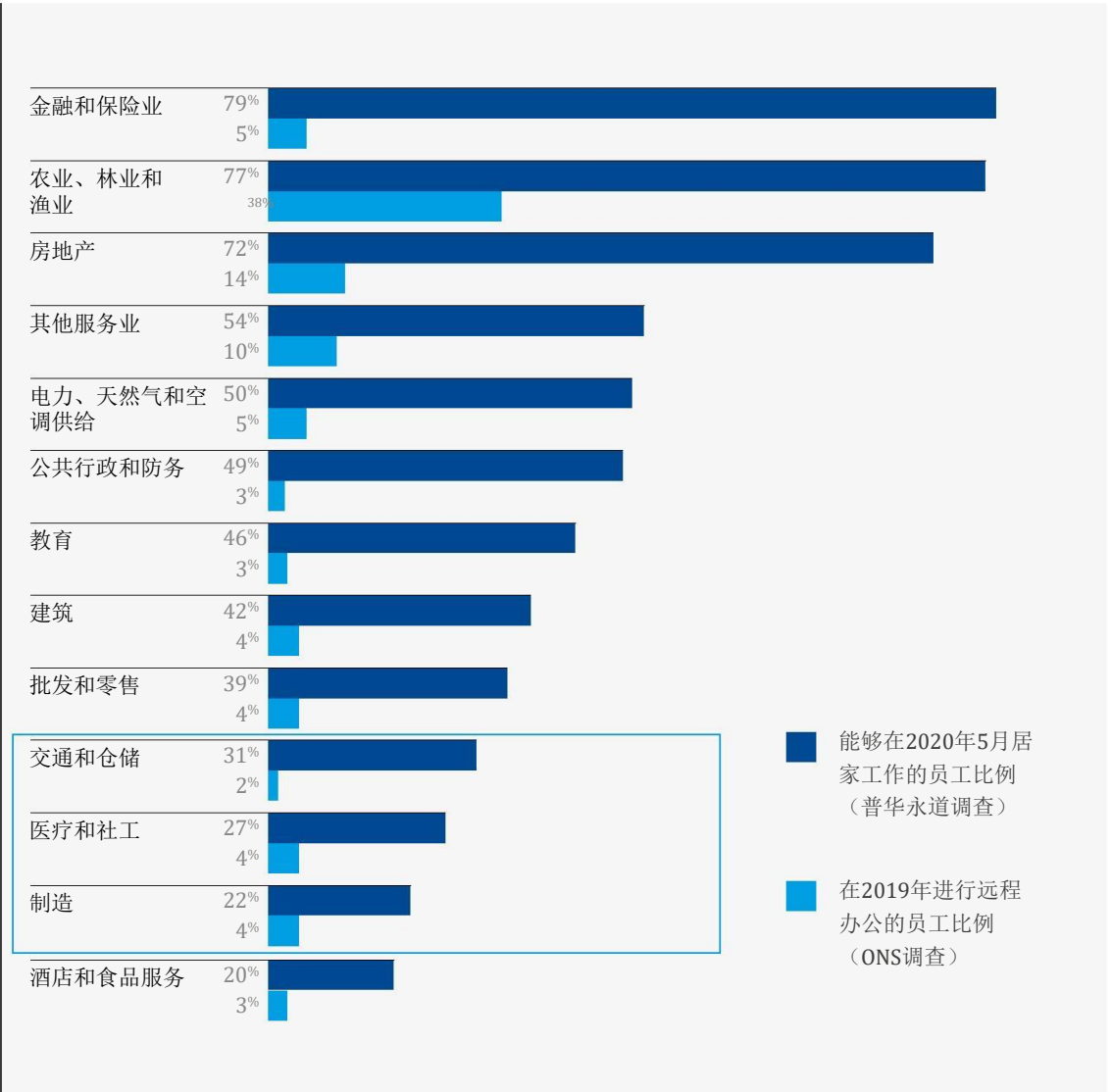
John Smee，高通公司工程部门副总裁，美国

聚焦关键领域，“使社会正常运转”

许多国家目前纠结的一个问题是，如何在限制疫情反复所带来的影响的同时，重启经济活动。公民需要以安全的方式使用医疗系统和公共交通，并有可能经历职场环境的长期变革。正如图1所示，酒店、制造、医疗和交通行业在实行远程办公方面遇到了一些困难，在一些情况下甚至无法实行

远程办公。本报告重点关注医疗和公共交通，因为这些领域对于促进其他经济活动的开展不可或缺。此外，报告还将考察5G如何改善职场体验并提高职场工作效率。

图1 各行各业居家办公情况显示了员工面临的不同风险水平⁵



报告提出的一些问题和机会并非新生事物，但在新常态下却有了新的重要意义。

正如在“行动建议”环节所探讨的那样，各国需要采取紧急行动，来利用5G和其他新兴技术结合所能创造的社会效益。

问题

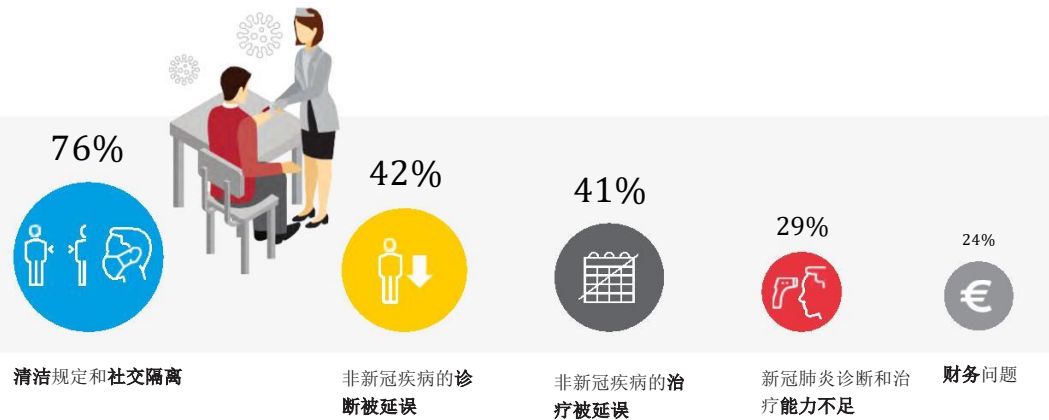
即使在这次全球大流行病爆发之前，随着人口寿命的延长和医学的进步，人们对医疗服务的需求不断增加，许多国家医疗体系的服务能力已经明显不足。在新冠疫情爆发的初期阶段，世界各地的医疗体系被迫取消了所有非新冠疫情类的手术⁶。这让许多本已捉襟见肘的医疗体系不堪重负。英国国家医疗服务体系（NHS）预测，到2020年底，预约候诊量将达到1000万，创下历史新高⁷。

医疗服务遭受阻碍有可能导致被忽视的慢性病和急性病的恶化。在正常情况下，短期内增加医务人员加班的做法有可能在一段合理期间内减少候诊人员数量。

然而，社交隔离措施如果长期持续，医疗系统的应对能力就会下降（由于床位之间的物理隔离），就需要实行错时预约来避免候诊区的拥挤状况，需要在病人之间进行深层清洁。此外，由于疾病以及被迫隔离的原因，医务人员的数量也会减少。在针对医疗服务机构的一项最新调查中，76%的受访机构表示清洁规定和社交隔离是主要挑战（见图2）。这次疫情已经加快凸显了使用数字技术的意义，因为数字技术有助于在受限条件下提高服务能力。虽然并非新的趋势，但在短短几个月内，医疗机构的技术应用和对技术的态度实现了几年的跨越。

图2 危机期间医疗机构面临的最大挑战⁸

新冠疫情期间，
医疗服务机构面
临的最大挑战是
什么？



潜在机会

疫情高峰期，在中国武汉的一个病房内，12个机器人在四处移动，负责测量病人体温、给病人送饭以及为病房设施消毒⁹。医务人员得以与传染源保持距离，能够在更加安全的病房中工作，而患者也能得到持续的照料。在这一场景的背后，便是部署在医院的5G网络发挥了作用。如果没有快速、可靠和优质的5G网络，管理一群机器人来完成这么复杂的任务，将会非常困难。

5G的功能对于许多医疗应用来说都非常重要——从远程医疗到远程手术，从大容量医疗档案的传

送到追踪医院内部患者的移动情况，从使用可穿戴设备进行实时监护到为患者提供持续不断的治疗支持等等。简而言之，5G有望大规模提供必要且可靠的网络，助力打造全新的医疗生态系统。

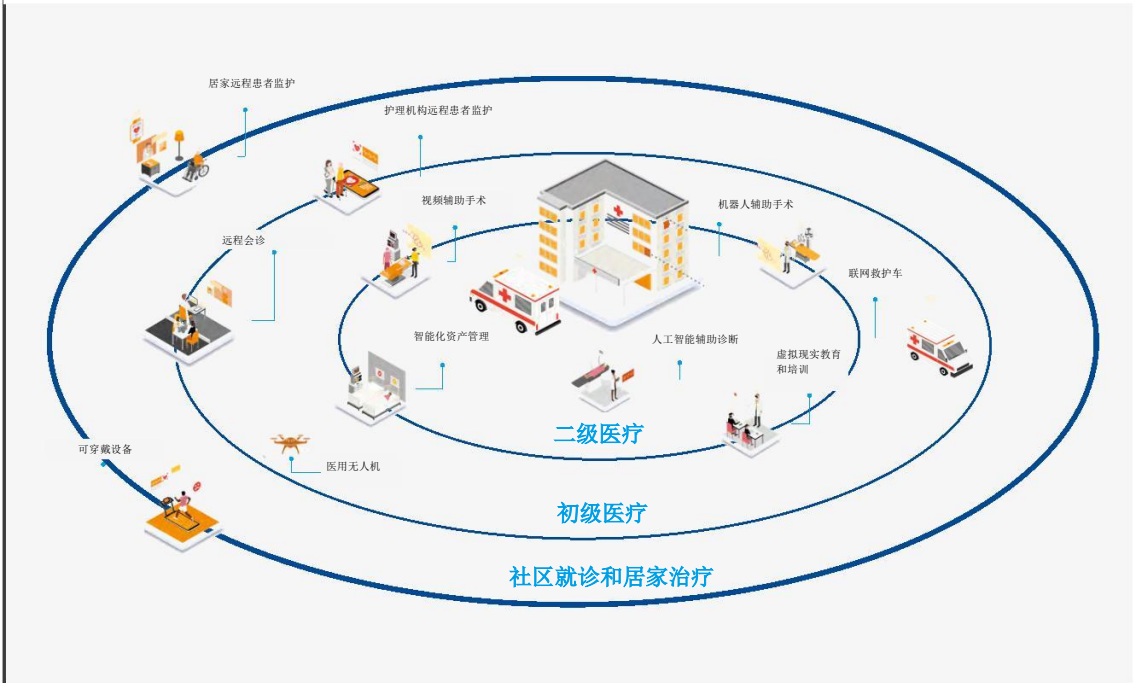
在5G网络的推动下，使用扩展现实技术能够实现混合现实，这有助于目前位于特定地点的外科医生和其他医疗专业人员为世界范围内的多所医院和医疗从业机构提供服务。扩展现实技术也能为医生实时提供有关患者和手术的大量信息，从而改善诊疗效果。

利用5G功能，可以在社区内实现远程医疗，并提供无缝式体验，促进技术的大规模应用。

正如图3所示，5G的发展潜力不仅在于远程问诊、诊断和治疗。连入5G网络的救护车还能改善急诊效果：它可对创伤伤口进行高清成像，能够扫描图片并进行远程诊断，这有助于在患者抵达医院之前准备好急诊室。

无人机也可用于向边远地区运送急诊装备和紧急药物。由于提高了反应速度，我们就能降低发生创伤并发症、中风和心脏病的概率，因此也有可能降低死亡率。

图3 5G赋能下的数字医疗生态系统



案例 (参见随附的使用案例汇编)

在中国武汉的一家智能医院，机器人承担起了测量生命体征、送药和设施消毒的重任。

增强现实和虚拟现实头盔制造商Pico Interactive公司正与多家医疗机构合作，共同打造虚拟现实解决方案，为精神疾病治疗、慢性病管理、远程监护和远程会诊提供支持。

影响和挑战

5300亿美元

到2030年，医疗行业采用5G技术将能创造5300亿美元全球GDP（按照2019年价格）¹⁰

随着医院部署5G网络，随着机器人、物联网和人工智能等新兴技术催生新的应用，一个新型互联的价值型医疗生态将逐步形成。患者和医疗机构将首次可以评估预防性措施的价值，从而推动医疗行业从

拯救病人向维持人口健康方向转变。普华永道的一份经济研究预测，到2030年，5G网络在医疗行业的应用有望创造5300亿美元的全球GDP¹¹。这一全新的生态系统将具有四大特征：健康预测、疾病预防、个性化诊疗和参与式管理（见图4）。

图4 新型医疗生态系统的特征



挑战之一在于，需要为这些应用案例找到以成果为导向的灵活商业模式。同时，还需要革新治理方式，实现新型技术主导下的临床路径的标准化，在保护患者的同时也保护医生，因为医生出于对责任问题的担忧，可能会拒绝采用新技术。

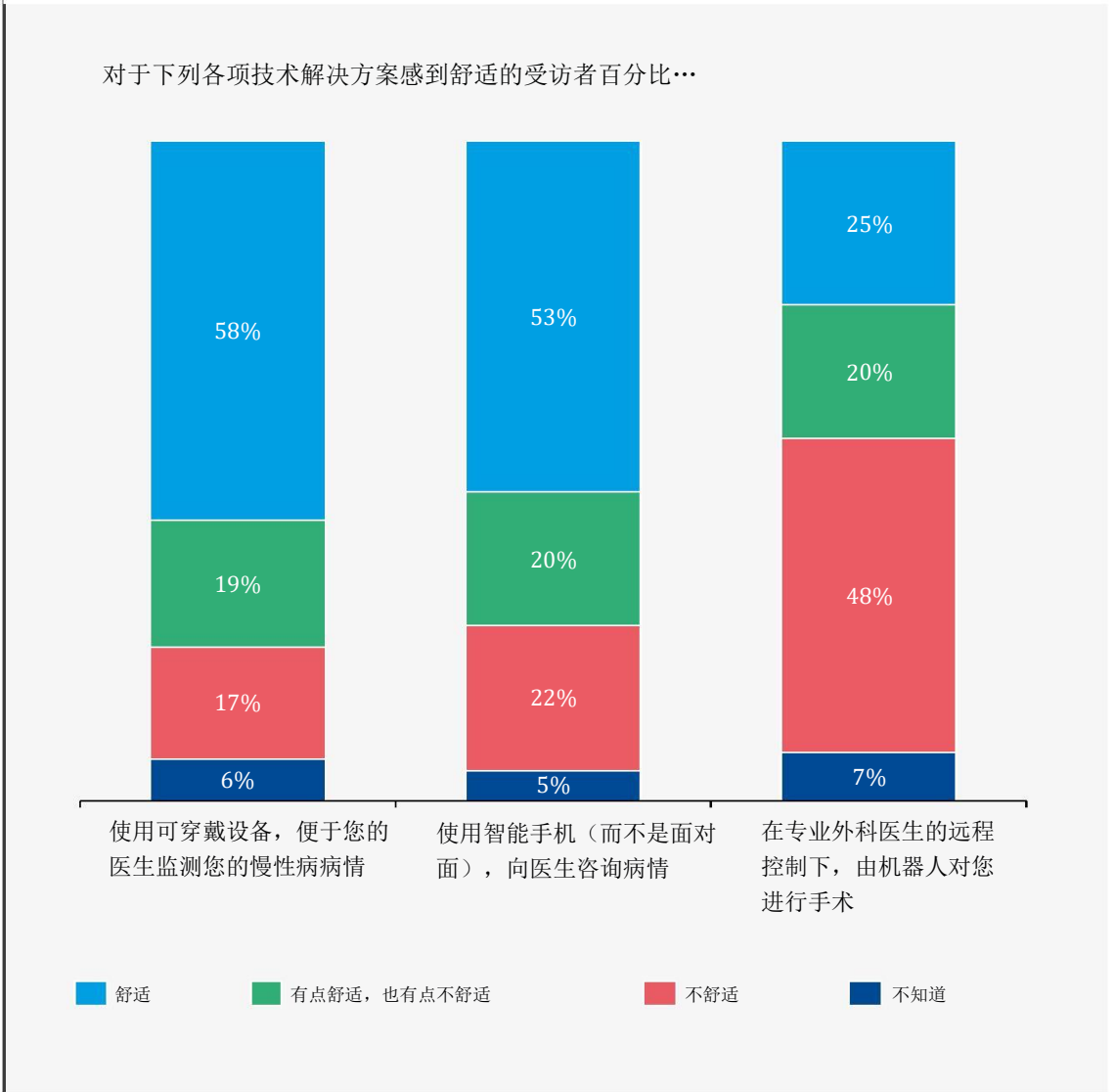
要实现技术的采用，就必须开展试点，来证明技术对于医疗专业人士和患者的价值。图5显示，对于不同的医疗技术解决方案，患者的舒适度呈现出差异，其中远程手术带来的舒适度最低。最后一个必须要解决的重要问题是保护患者数据的安全和隐私。



除了能够极大促进云计算技术的发展外，5G网络的安全性也能催生新型数字医疗解决方案。当前，安全问题往往是医疗机构面临的一项关键挑战。

Beomseok Brandon Suh, Lunit公司首席执行官，韩国

图 5 英国消费者对于不同医疗科技解决方案的舒适度¹²



行动建议

为了克服这些挑战，我们为各类相关方提供了一套行动建议（见图6）。这些行动主要关注下列方面：更好地宣传新技术在医疗设施中的应用情况；制定监管规则，为技术应用创造条件；以及设计基于成果的商业模式，鼓励医疗机构采用这些技术。

除了这些之外，我们还为政府提出了三大行动建议，以支持全面铺开5G：转变观念，从纯粹的接受者转变为投资推动者；实现地方行政审批的标准化和简化；以及打击虚假信息的传播，加大针对5G的教育、研究和宣传力度。



要打造以人为本的价值型医疗体系，对健康状况主动进行预防式管理，就需要全面改革医疗服务行业。我们已经奠定了一些基础，但尚需更多投资、协作和治理，才能真正实现成效。

Caoimhe Valley-Gilroy，默克集团医疗部门数据分析和战略主管，德国

图6 关于医疗生态系统各相关方实现5G机会的行动建议

新常态下极具重要性和迫切性的行动—当然，其他行动仍然重要。

生态系统相关方	行动建议	案例
<p>医疗服务机构（初级、二级和三级医疗）</p>	<p> 每一所大学医院应当创建一个5G医疗创新中心。该中心应当包含运营局域5G网络或公共5G网络、一个原型实验室、医疗物联网设备和平台。中心要能汇聚专家学者、医疗从业者、技术初创企业、医疗设备公司和网络运营商，以便能够推广使用5G医疗创新成果。中心的商业安排可以包括共享种子投资、专利以及最终的变现收益。</p>	<p>埃默里医疗创新中心（EHIH）携手Verizon，提供5G超高速宽带服务，打造了一个5G医疗服务创新实验室。</p> <p>三星医学中心（SMC）和韩国最大的电信公司KT建立了合作关系，共同打造新型5G医疗服务，支持建立智慧医院。</p>
<p>支付方（公共卫生机构和保险公司）</p>	<p> 护士和临床医师利用率低，是大多数新技术失败的原因。应当开展专门的项目，为医生、护士和其他员工提供数字化技能升级培训，帮助他们了解5G技术（扩展现实技术、互联医疗设备等）的发展潜力并加以使用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 公共卫生机构应当在开发和实施新型解决方案的过程中鼓励使用云计算技术，并构建API架构平台，实现多个系统之间的互操作性，从而推动相关方的合作。 	<p>英国国家医疗服务体系数字部门已经成立了数字学院。这一全国性的数字技能培训项目专门面向医院首席信息官。</p> <p>丹麦打造了开放式远程医疗平台OpenTeleHealth，鼓励第三方供应商开发新型应用。</p>
<p>政府和监管机构</p>	<p> 建立快速审批通道并重新界定临床路径，允许将数字化工具用于诊断、远程监护和治疗，为行业从业者使用数字化工具提供法律保障。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 为互联设备、数据处理设备和随时在线的网络建立安全标准，帮助终端用户掌控5G设备和网络产生、储存和传输的数据。 	<p>美国食品药品监督管理局批准了在患者和医疗机构之间进行远程通讯，并提供了相应的指导意见。</p> <p>德国政府通过了《2019年数字医疗法案》，该法案规定：从2020年开始，凡是符合要求的数字医疗应用（包括能够证明遵守了隐私法，能够保障高度的数据安全性以及由独立专家评估了应用程序的医学价值）均将纳入联邦政府医疗保险计划。</p>
<p>服务供应商（电信运营商、技术和医疗设备供应商）</p>	<p> 制定5G驱动的新型商业模式，然后由合作伙伴根据服务合同、按照费用与结果挂钩的原则进行实施。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 运营商和服务供应商应当使用以人为本的设计工具，为医疗服务客户量身定制解决方案，为行业从业者、护士和患者开发务实的解决方案。 	<p>日立和索尔福德皇家NHS基金会信托公司签订了一份为期十年的协议，旨在打造一个“数字化指挥中心”，以履行和毕马威、ExtraMed、微软以及CenTrak签署的一份风险-回报协议。</p> <p>Telus已经成立了一个单独的医疗业务部门，专门为医疗机构提供定制化服务。</p>

问题

全球封禁措施给通勤和其他类型的城市交通带来了重大变化，迫使许多人只能居家工作。身处抗疫一线的关键人员和那些无法进行远程工作的人仍需前往职场上班。在一份英国消费者调查中，只有21%的受访者表示¹³乐意使用公共交通工具去上班，而多数人则偏爱私家车出行。毫无疑问，这些变化将会产生深远的影响，促使企业重新思考如何平衡居家办公和职场上班。在此过程中，公共交通运营商面临的重大挑战在于，如何重新设计更为灵活的交通服务模式，来应对未来数月乃至数年人们行为方式的变化。公共交通系统面临的主要挑战包括：

- 按照政府要求（如社交隔离和降低客座率等）提供交通服务
- 实施相关解决方案，增强公众对交通系统的信心
- 在对客流和车队利用进行管理的过程中，优化成本和提高效率，确保公共交通部门的财务状况能稳步复苏

应对这些挑战的背景是，政府预算正在面临两难困境：一方面亟需资金来建设新的交通项目，另一方面又面临巨额的运营亏损。

潜在机会

在许多大都市区，公共交通是人们上班或休闲的主要出行选择。因此，我们有必要重新思考如何确保公共交通的安全，有必要预测客流量并进行人群管

理，并有必要为乘客提供实时交通数据，方便他们在多种交通方式之间进行换乘。



我们看到一些交通运营商正在试行蜂窝通信技术，来提升通勤的安全性，包括使用数据分析解决方案来监测人群和社交隔离情况。有了5G网络，这些技术就有望获得大规模应用，从而改善客户体验。

Justin Berger，BAI Communications公司首席战略官，澳大利亚

机会之一是对火车站和机场等交通枢纽进行接近度管理和容量管理（见图7和图8）。由于可以使用手机的蓝牙功能，加上可以使用5G中央视频监控来监测人群，还可以使用信标技术来管理车厢内的客座率，因此乘客的安全性和舒适性大大提高，同时交通运营也能得到优化。5G交通系统让多地点大容量客流数据的传输和处理变得更加可靠、高效和安全。

算法也可以用来预测交通系统中社交隔离措施的混乱之处，帮助运营商调整车次和运力，并通过站点动态调节人群路线。乘客可以实时了解人群信息，并及时调整路线和乘车时间。此外，乘客还可以预定高峰期的列车座位。通过整合多个交通方式的实时使用数据，乘客就能够综合采取多种交通工具，从而采用更可持续的交通出行方式。

图 7 火车站场景

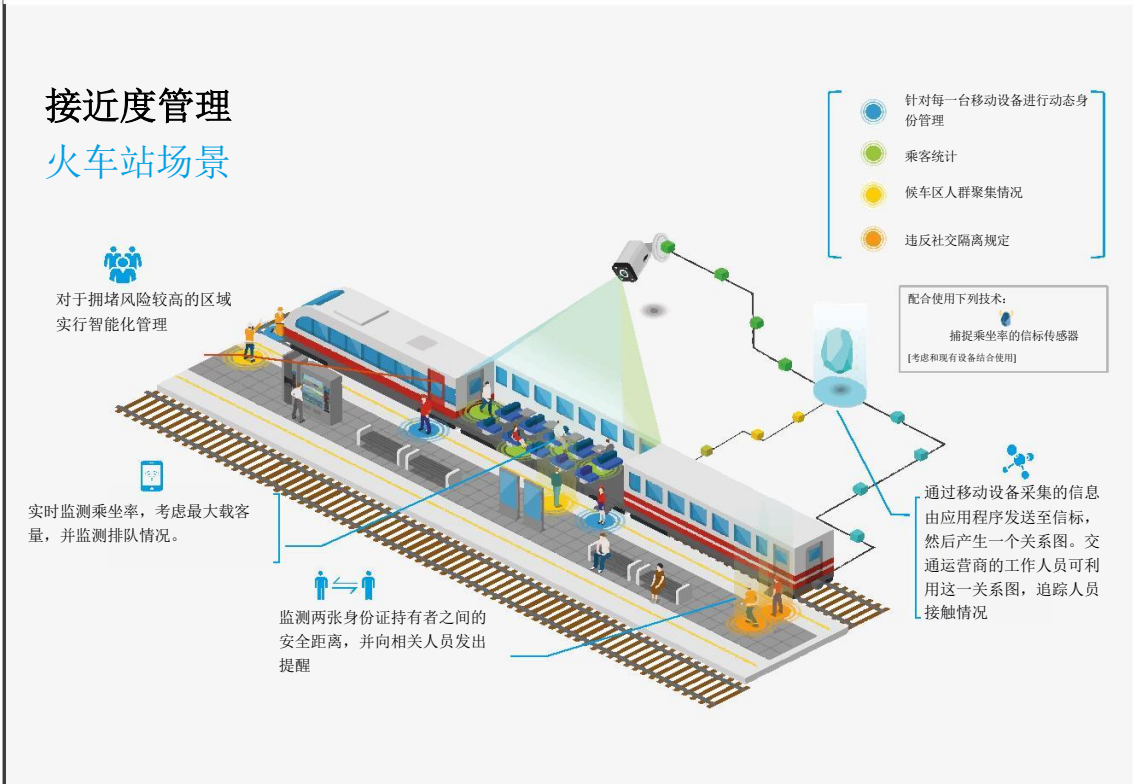


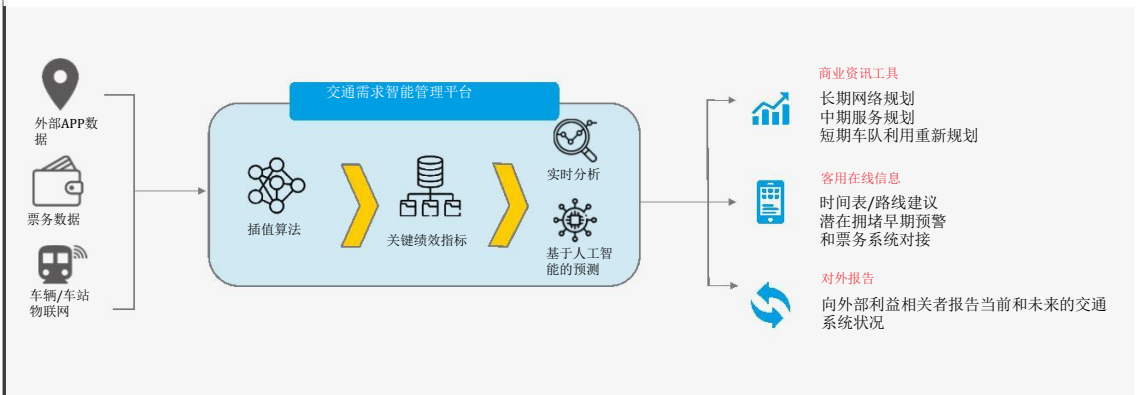
图 8 机场场景



在最近开展的一项英国消费者调查中，50%的受访者表示如有机会，他们愿意错开上班时间。¹⁴ 但是，要想进行有效管理，就需要一个交通需求智能管理平台（见图9），为交通运营商提供乘坐率和车站上下客数量等数据信息。

而要实现5G互联解决方案，除了通过摄像头、网关、传感器和应用程序对整个系统的数据进行多源采集外，还需要在人工智能的协助下，对图像和地理位置数据进行近乎实时的加工处理。

图9 交通需求智能管理平台



“政府应当将本次疫情视作革新交通和5G基础设施的机会，这些对于部署未来的自动化革命至关重要。短期来看，这将有助于改善空气质量和缓解拥堵区域的交通状况，并确保公众能安全、及时地获得关键物资和服务。”

Maha Achour, Metawave公司首席执行官，美国

让我们抛开公共交通，来看看中国私家车的情况。中国对小汽车实行了远程信息处理跟踪系统，为每辆汽车分配了数字身份，来阻止最近爆发疫情地区和没有感染病例地区之间的疫情传播¹⁵。这是可以实现的，只要对基础设施进行升级，然后实现移动车辆（私家车或巴士等公交车辆）之间以及基础设施和城市管理部门之间的V2X通信即可，从而对道路拥堵、人群聚集和空气质量情况进行报告。

这种V2X基础设施能为城市管理部门提供数据，帮助后者在规划城市通勤路线时，既能保证交通安全，又能对繁忙的城市中心进行污染管控。此外，城市可以部署配有5G摄像头的无人机，对高速公路、铁路和公共基础设施进行监测，识别出可以通过预防性维护加以解决的问题，从而减少故障率和运营&维护成本。

“在当前的蜂窝技术条件下，无人机的现场直播和视频反馈往往因为像素化而降低了分辨率，甚至直接无法实现这一功能。而5G技术能够实现100%覆盖和高速传输，能够激活许多目前尚无法商业化的无人机使用案例。”

Tom Plümmer, Wingcopter公司联合创始人兼首席执行官，德国

案例 (参见随附的使用案例汇编)

OpenSpace安装了客流实时监测系统，对乘客的移动情况进行监测，确保伦敦St Pancras车站遵守了新冠疫情社交隔离规定。

BAI通信公司正在多伦多火车站台和车厢内试用智能传感器，旨在监测和控制人群聚集情况，确保执行社交隔离措施。

1300亿美元

影响和挑战

交通和物流部门如果采用5G技术，将在2030年之前创造1300亿美元的全球GDP（按照2019年价格）¹⁶。

对于交通运营商来说，5G将带来双重收益。首先，交通需求智能管理平台产生的洞察力能够催生广泛的服

务，有助于解决交通需求骤然下降所带来的资金不足问题；同时还能助力构建更加高效、安全和智能的交通体系。第二，通过对轨道和列车进行预测性维护，使用机器人对基础设施进行检查，提高资产可靠性并对列车线路进行动态调配，可以从整体上提高交通运营效率。



新冠疫情已经证明了5G技术的社会价值。现在，我们需要更加重视这一技术的发展，并创新商业模式，加快建设5G智慧城市和完全互联的智能化世界。

Ray Williamson，华为技术有限公司产品管理总监，中国

和大多数大规模转型一样，要实现这一愿景面临诸多挑战。在创新方面，公共交通和医疗行业也不例外，也面临一些制度性的因循守旧。重要的是，作为一项关键的公共服务，交通行业需要积极管理公共安全和舆论。

此外，传统上交通行业的投资周期为10-15年，需要定制化的解决方案，且资本投资往往缺乏资金。最后，使用视频分析技术和将关键基础设施接入互联网，会带来隐私和安全挑战，因此必须在国家层面进行讨论，在地方政府层面开展行动。



通过5G实现互联网的产业化，不仅会带来巨大机遇，也会让国家、企业和个人面临新的安全威胁。全球和地方层面的领导者需要制定网络准则和激励措施，鼓励地方政府和企业重视网络安全。

Robert Lee，Dragos公司首席执行官，美国

行动建议

要实现这一愿景，政府就必须开展行动，在乘坐率面临历史性低位、运营损失日益增加和亟需大额资本投资的背景下，保障多个交通运营商的未来发展。下表（图10）为生态系统各相关方提供了行动建议，重点在于为运营商创造有效条件，促进对5G和相关技术的投资。

除了这些之外，我们还为政府提出了三大行动建议，以支持全面铺开5G：转变观念，从纯粹的接受者转变为投资推动者；实现地方行政审批的标准化和简化；以及打击虚假信息的传播，加大针对5G的教育、研究和宣传力度。

图 10 关于公共交通生态系统各相关方实现5G机会的行动建议

新状态下极具重要性和迫切性的行动—当然，其他行动仍然重要。

生态系统相关方	行动建议	案例
基础设施运营商（火车、轨道交通、巴士、机场和公路运营机构）	<p> 采用平台策略，整合实时交通和人群数据，重新设计公共交通线路，支持社交隔离和多种交通出行方式，从而增强乘客信心</p> <ul style="list-style-type: none"> 开展运营数字化项目，比如通过大规模工业物联网、机器学习和数字孪生等技术，实现对基础设施的预防式维护，降低总体运营成本 	<p>多伦多交通委员会尝试利用人工智能和工业物联网技术，对基础设施和火车进行预防式维护。</p>
政府和监管机构	<p> 为交通运营机构制定激励措施并简化采购流程，提出5G和其他技术解决方案，帮助它们应对新常态；激励措施应当包含提供配套资金、便捷的合同变更和退税措施。</p> <p> 为运营商提供补贴或允许进行临时性的合同变更，帮助运营商缓解运营亏损带来的压力。</p> <ul style="list-style-type: none"> 利用激励资金，使用v2x和5G中性主机，避免网络重复部署，提升公共交通效率。 制定数据储存和共享的隐私和安全标准，更好地通过设备追踪或视频分析来评估人群控制情况。 	<p>以色列交通部在全国范围内试点“交通即服务”项目，预计每年可节省2500万美元。</p> <p>为了落实政府投资7.4亿英镑而成立的国家生产力投资基金，英国数字、文化、媒体和体育部在铁路创新和发展中心创建了一个5G铁路测试平台，旨在支持下一代数字基础设施，包括5G和全光纤宽带。</p> <p>都柏林市发起了一个项目，旨在部署多个中性主机，围绕城市资产打造网络基础设施规划蓝图。</p>
服务供应商（电信运营商、技术和设备供应商）	<p> 建立与交通运营商的合作关系，通过项目试点，挖掘5G服务的明确商业机会和商业案例</p> <ul style="list-style-type: none"> 将能够管理合约的合作伙伴汇聚到一起，提供端到端的解决方案，减少公共交通管理部门采购新技术的复杂性。 	<p>沃达丰在伯明翰火车站建立了5G网络，提供高速网络服务，旨在交通环境中测试消费级和企业级案例应用情况。</p> <p>在德国，泰雷兹集团携手技术和网络合作伙伴（沃达丰等），共同试点无人驾驶火车。</p>

问题

由于还要继续实施社交隔离措施，远程办公暂时还将继续存在。许多企业表示，他们将采用更多的灵活办公政策，实行居家办公和职场办公相结合的形式。

近期的一份英国消费者调查显示，在2020年3-6月期间因疫情影响而居家办公的人中，有73%希望企业未来能够实施更加灵活的办公政策¹⁷。在员工不能面对面开会也无法在办公室闲聊的当前背景下，

企业面临的问题在于如何通过线上形式实现有效的团队合作和协作。新冠疫情爆发之前，许多行业依靠频繁经济的商业差旅来访问专家和维护客户关系。如今，所有这些互动交流必须要进行重新规划。尽管现有员工能够在线上进行有效协作，企业还面临下述问题：如何招聘和培训新员工，使他们快速融入职场环境。

潜在机会

虚拟现实和增强现实领域的创新能打造出模仿和超越现实场景的沉浸式体验，从而一举颠覆未来工作。在远程入职和培训方面，这样的创新案例层出不穷。在面对面交流不安全或者不切实际的情形下，虚拟现实技术能够助力企业完成必要培训。比如，虚拟现实技术正用于现实情境下的培训，帮助解决现场观察者数量受限的问题。

虚拟现实研讨会和会议能够将多个地点的同事和客户召集在一起，在统一的虚拟空间中进行互动交流。此外，还可以使用增强现实界面，指导工程师的工作，并重点提醒需要注意的内容，从而提升工业机械和流程的维护和修理效率。



近期来看，随着越来越多的决策需要利用视频分析技术实时作出，5G的真正价值将不断得到体现。

Steven Carlini，施耐德电气创新和数据中心副总裁，法国

数字孪生的使用，再加上先进的物联网技术、分析技术和边缘计算技术，使得制造商能够远程评估绩效、管理生产进度、维持供应水平和规划工厂车间的一切活动。

此外，这些技术还能增强灵活性，在紧急情况下改变生产线，生产必需物资。在新冠疫情初期，欧洲和北美许多厂家的做法就体现了这一点。



在博世，我们对5G进行了长期投资，因为我们相信为了应对未来危机，我们需要高度灵活的自动化生产设施。这将帮助我们更快速地适应形势和市场需求的变化。

Andreas Mueller，博世通讯和网络技术主管，德国

案例

（参见随附的使用案例汇编）

ABB公司的工程师利用4K视频和虚拟现实护目镜，为全球各地工厂的技术人员提供专业指导。

Oculus正在虚拟现实头盔上制作Facebook硬件和软件原型，打造未来工作模式。

影响和挑战

5700亿美元

到2030年，增强现实和虚拟现实技术将创造5700亿美元的全球GDP¹⁸。

扩展现实能够提升财务收益，不仅能节省成本和减少故障，还能提高运营效率。它能减少旅行，降低碳排放，并在全球范围内扩展技能。短期来看，如果将扩展现实技术用于职场，将能改善团队成员的工作体验。目前，他们只能以远程形式进行协作，

完成员工入职和培训等工作。从中期来看，该技术摆脱了对特定地理位置的依赖，实现了专业技术的普遍共享，让各种技能变得生动有趣，因此能够产生变革性影响。增强现实、虚拟现实和虚拟触觉等技术将从低延时、高带宽和高稳定的5G网络中获益。普华永道2019年的一份报告预测，到2030年，虚拟现实和增强现实技术应用有望创造5700亿美元的经济产值¹⁹。



通过综合采用工业物联网、云计算和混合现实技术，我们正在打造‘云端专家’，使得专业工程师能够为全球范围内复杂机械的维修提供指导。

Christopher Ganz，ABB集团服务研发副总裁，瑞士

5G网络和扩展现实技术结合，最终将催生“身临其境”的职场体验，尤其适合用于户外或移动场景中。这一转型有可能影响劳动力市场，比如让传统的永久性职位转向“零工”职位，专业人士可能会以远程的形式同时服务多家公司。敏捷开发Scrum会议可能会将虚拟协作体验从二维互动转变为真正意义上的虚拟物理体验。

如果将扩展现实技术用于开展安全培训，就能打造现实一般的虚拟情景，帮助用户更好地应对工作中的安全风险。而在以前，用户只能在理论上熟悉危机情景²⁰。

此外，它们还能改善员工精神健康，促进员工积极参与。扩展现实应用能够确保员工在任何地方开展工作，都能更加积极地投入，并且在不用往返奔波的情况下结束工作。

5G支持下的扩展现实技术能够为雇主提供多种体验式的、提高生产效率的工具，帮助他们进行人才的雇佣、培训和留任，并维持员工的工作热情。但是，要大规模应用这些工具，还面临许多挑战。



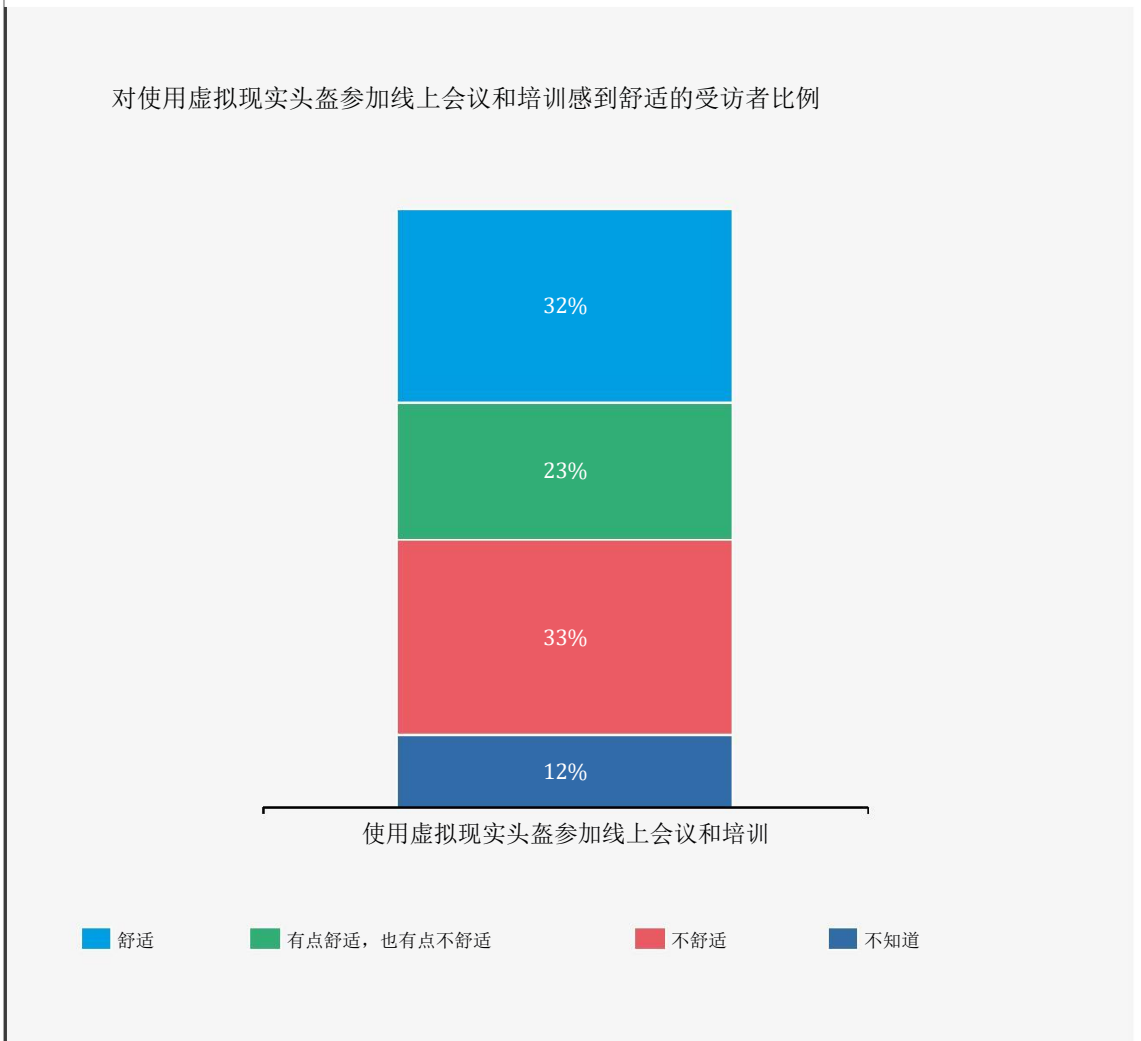
虚拟现实和增强现实技术的应用还处于初级阶段，在新冠疫情的强力推动下正在不断发展。但是，用户体验和商业模式仍是关键挑战，我们相信未来的5G和边缘计算可以帮助解决这些挑战。

Leland Hedges，Pico Interactive欧洲分公司总经理，西班牙

要实现广泛的应用，就必须召集硬件和软件开发商，构建扩展现实技术生态系统。目前的许多虚拟现实头盔都在设备内部执行处理任务，这使得设备非常笨重，而且佩戴起来不太舒适。而在5G网络中运行的边缘计算技术和光纤网络使得无需在设备内部处理信息，因而能够改善用户体验，也能提高设备的可负担性。

另一项挑战是需要从消费者和企业的角度对用户进行技术教育。英国一份消费者调查显示了潜在用户对虚拟现实职场解决方案的中性态度（见图11），这也说明还需加强宣传力度，进一步推动这项技术的应用。²¹

图 11 对使用虚拟现实头盔参加线上会议和培训感到舒适的受访者比例



行动建议

企业、政府和服务供应商（运营商、原始设备制造商、增强现实/虚拟现实企业）可以采取具体行动，来解决关键挑战。下列表格（见图12）为生态系统各相关方提供了行动建议。生态系统相关方之间如果不能协调采取这些行动，技术的应用就会被延缓。

除了这些之外，我们还为政府提出了三大行动建议，以支持全面铺开5G：转变观念，从纯粹的接受者转变为投资推动者；实现地方行政审批的标准化和简化；以及打击虚假信息的传播，加大针对5G的教育、研究和宣传力度。

图 12 关于未来职场生态系统各相关方实现5G机会的行动建议

新状态下极具重要性和迫切性的行动——当然，其他行动仍然重要。

生态系统相关方	行动建议	案例
企业	<ul style="list-style-type: none"> 按照下列步骤，发起扩展现实技术工作计划： <ul style="list-style-type: none"> • 识别和评估硬件和软件合作伙伴 • 准备好物流系统 • 运作试点计划 • 评估全流程用户体验，打造自己的虚拟空间 • 维持高水准的硬件清洁 • 制定投资预算 评估和满足远程工作的技术需求，包括网络、设备和对云端应用的访问权限 	<p>为了应对新冠疫情，ABB正在实施工程师虚拟现实计划，用于检查复杂的机械。</p> <p>宜家使用虚拟现实技术，为员工提供人事知识培训，并为新员工提供入职培训，帮助他们了解宜家。</p>
政府和监管机构	<ul style="list-style-type: none"> 激励开发新兴技术生态系统，比如提供贷款、赞助、拨款和建立专门的公私合作机构，推广技术，举行行业会议，探讨相关问题，提供资金支持和供应商名录等，促进人工智能、物联网和扩展现实等技术的应用。 • 针对终端用户（需要具备5G网络）访问授权频谱或与网络运营商共享信息（适用于监管机构使用运营商未经使用的频谱），制定相关政策和标准 	<p>英国政府已经发起了Immerse UK项目，来推广包括增强现实和虚拟现实在内的沉浸式技术，项目内容主要包括举办活动，编制供应商名录，寻求资金支持和进行知识分享等。</p> <p>德国负责频谱配置的监管机构-德国联邦网络局允许企业申请并获得私有许可证。美国、英国和法国等国均允许终端用户注册5G频谱。</p>
服务供应商（电信运营商、技术供应商、原始设备制造商和增强现实/虚拟现实技术供应商）	<ul style="list-style-type: none"> • 及时了解即将出台的立法和融资机会，与行业网络小组进行交流，并寻求加入游说组织，尽量影响决策 • 扩展现实生态系统应当加强协作，就如移动生态系统和“第三代合作伙伴计划”那样展开合作，为扩展现实设备和开发商建立一个全球统一标准的运营系统 • 电信运营商和生态系统其它相关方应当联合开发B2B2X商业模式，制定最受各方欢迎的市场策略和商业主张，为职场提供重视协同合作的新型解决方案 	<p>华为、高通、爱立信和诺基亚等主要的移动设备制造商与“第三代合作伙伴计划”紧密合作，共同制定移动生态系统的标准。</p>

总结

5G是“大重构”的重要组成部分

我们在全球范围内积累的经验表明，尽管各国人民被封锁在家，但政府仍然继续工作，协调疫情防控工作，通过了刺激经济发展的重要法律，并且维持了关键服务的正常运转。但是，如果没有网络、云平台和各种应用程序发挥核心的数字化功能，这一切是不可能实现的。

尽管如此，严格的封禁措施带来的影响也表明，数字经济创造的价值并未得到公平分配，许多企业和个人被排除在外，甚至有些走到了崩溃边缘。有鉴于此，我们迫切需要使用5G推动的各项技术，加快让更多地区实现经济韧性，并大幅提高医疗服务的普及程度，为城市人口提供安全高效的出行方式。

“**5G将成为建设富有韧性、以人为本的世界的推动力量。在我们应对新冠疫情带来的危机之时，5G能够为一些行业提供支持。**

Fotis Karonis，英国电信集团企业业务首席技术创新官，英国

随着许多国家面临日益严重的失业问题，许多企业面临破产风险，公共资金捉襟见肘，各国政府应当立即创造条件，促进经济复苏。5G是各行各业数字化转型的关键推动力，它所催生的数百个应用场景将会惠及企业和民众。

它有可能像铁路推动了第一次和第二次工业革命一样，推动第四次工业革命的发展。普华永道研究了各行各业5G应用案例所产生的经济影响。该研究预测，5G到2025年将创造3500亿美元的经济价值²²，到2030年这一数字将上升至1.3万亿美元。

“**我们通过油气、制造业、汽车、农业和粮食生产等五大企业创新实验室，正见证5G在创造新型价值方面的变革性力量。**

Jacob Groote，荷兰皇家电信集团5G业务执行副总裁，荷兰

5G是经济发展的潜在动力源泉

面对新冠疫情给医疗和交通体系带来的迫切威胁以及日益逼近的经济危机，国际社会必须立刻展开行动。投资发展5G是广泛的数字投资计划的核心支柱，为促进经济发展提供了切实可行的途径。尤其是在消除障碍、促进经济可持续发展方面，它更是能够发挥重要作用。通过精准部署，5G将能为各经济体创造价值，并且能够改变医疗、旅行和工作的方式。相比坐失良机的国家和企业而言，那些及早投资5G的国家和企业将能赢得竞争优势。

为了加快部署5G，政府可以重点采取三大行动：

1. 转变观念，从纯粹的接受者转变为投资推动者：传统上，政府认为移动通讯部门通过频谱拍卖获得投资资金的来源。在这场全球突发公共卫生事件的推动下，我们正在进入一个新的时代：无处不在的超高速网络至少与经济韧性和经济增长同等重要，其重要性要高于公路和机场等其他类型的基础设施。正因如此，我们才有机会来重新评估5G发展策略。是根据5G覆盖范围的承诺、部署速度和网络质量来分配频谱更有利于推动一国经济增长呢，还是从频谱拍卖中筹集几十亿资金更有利于经济增长呢？面对新冠疫情和经济衰退的影响，在中短期内光纤难以覆盖的地区部署5G网络能否防止数字鸿沟的扩大？

2. 实现地方行政审批制度的标准化和简化：政府应当对国家和地方法规以及审批流程进行协调和统一，确保新的部署点或者网络致密化的复杂审批流程尽可能简化和高效，同时还要在统一的框架下考虑环境问题。

3. 打击虚假信息的传播，加大针对5G的教育、研究和宣传力度：在有些国家，有关5G阴谋论这样的虚假信息在疫情期间得到传播，导致出现了5G基站被焚烧、安装工程师面临威胁的状况。要将5G及其关联技术纳入解决方案，避免其成为一个负面问题，政府就应当发起公众宣传活动，要求报纸和社交媒体核查事实，并委托开展相关研究，了解5G对医疗服务和社会发展的长期影响，从而增强人们对5G网络和服务的信任。要想摆脱地缘政治和阴谋论的影响，塑造正面的发展愿景，清晰阐述5G对社会经济的积极影响，上述工作至关重要。

一段时间以来，人们认为5G是一项长期机会，将会给电信行业带来巨大经济价值，并应当由电信行业决定部署的时间。但是，虽然许多必要的技术已经可用，一些案例也表明它切实发挥了抗击危机的作用，政府仍然必须实行激励措施，推动大规模投资，才能实现外部效益，并增强经济的韧性，确保在新冠疫情或其他危机之后经济能够复苏。

通过《5G前景展望》系列报告，我们旨在展望未来，探讨5G给各行各业带来的长期发展机会。



撰稿人

本出版物是项目团队协力合作的成果。该团队在5G全球加速器社区的战略指导下开展工作。一个多方利益相关者工作小组在编制和校验本报告提出的研究观点方面发挥了重要作用，也为世界经济论坛“塑造数字经济和新型价值创造的未来”平台的广泛议程作出了贡献。此外，多位专家通过访谈和研讨为本报告提供了重要见解。

我们要感谢为本报告作出了贡献的所有人士，并特别感谢接受访谈的下列专家：**Aarti Holla-Maini**，欧洲、中东与非洲卫星运营商协会秘书长；**Ahmed Al-Sohaily**，沙特阿拉伯通讯和信息技术委员会首席技术官；**Andreas Mueller**，博世公司通讯和网络技术主管；**Andrew Weinberg**，Brightstar Capital Partners公司首席执行官；**Azita Arvani**，乐天移动美国分公司总经理；**Beomseok Brandon Suh**，Lunit公司首席执行官；**Caoimhe Valley-Gilroy**，默克集团医疗部门数据分析和战略主管；**Christopher Ganz**，ABB集团战略解决方案主管；**Ed Knapp**，美国电塔公司首席技术官；**Eric Sandberg**，华为技术有限公司高级产品经理；**Fotis Karonis**，英国电信集团企业业务首席技术官；**Jacob Groote**，荷兰皇家电信集团5G业务执行副总裁；**John Smee**，高通国际工程业务副总裁兼5G研发负责人；**Justin Berger**，BAI通信公司首席战略官；**Kasim Alfalahi**，Avanci公司首席执行官；**Leland Hedges**，Pico Interactive公司欧洲、中东与非洲区（增强现实/虚拟现实）总经理；**Maha Achour**，Metawave公司首席执行官；**Makarand Joshi**，施耐德电气全球战略总监；**Ray Williamson**，华为技术有限公司产品管理总监；**Robert Lee**，Dragos公司首席执行官；**Steven Carlini**，施耐德电气创新和数据中心副总裁；**Tom Plümmer**，Wingcopter公司首席执行官。

详细了解5G全球加速器项目社区和各项活动，请访问：<https://www.weforum.org/projects/5g-global-accelerator>

世界经济论坛

Rodrigo Arias
5G和数字化转型项目负责人

Jonathan Bahmani
数字通讯行业平台策划人

Isabelle Mauro
数字通讯行业总监

Derek O'Halloran
“塑造数字经济和新型价值创造的未来”平台总监

普华永道

Rolf Meakin
技术、媒体、电信咨询和战略业务合伙人，英国

Areeb Bhaila
技术、媒体、电信咨询和战略业务经理，英国

Emily Norcliffe
技术、媒体、电信咨询和战略业务专员，英国

尾注

1. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
2. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
3. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
4. 普华永道, 《眼见为实——虚拟/增强现实将如何改变商业和经济》, 2019年, <https://www.pwc.com/seeingisbelieving>.
5. 思略特/普华永道, 《交通的未来》(Where next in Transport?), 2020年, <https://www.strategyand.pwc.com/uk/en/insights/where-next-for-transport.html>.
6. Emma Charlton, “全球范围内有2800万个选择性手术可能会取消: 非新冠肺炎医疗服务之痛”, 世界经济论坛博客文章, 2020年5月27日, <https://www.weforum.org/agenda/2020/05/covid-19-elective-surgery-cancellation-cancer-pandemic/>.
7. 英国国家医疗服务体系, 2020年
8. 思略特调查, 不走回头路: 制药公司转向数字化上市模式, 2020年6月, <https://www.strategyand.pwc.com/de/de/studien/2020/pharmas-route-to-digitization/pharmas-route-to-digitization.pdf>.
9. Sarah O'Meara, “新冠病毒: 员工全部使用机器人的医院病房在中国启用”, 《新科学家》, 2020年3月9日, <https://www.newscientist.com/article/2236777-coronavirus-hospital-ward-staffed-entirely-by-robots-opens-in-china/#ixzz6SZ4vBhTT>.
10. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
11. 思略特调查, 不走回头路: 制药公司转向数字化上市模式, 2020年6月, <https://www.strategyand.pwc.com/de/de/studien/2020/pharmas-route-to-digitization/pharmas-route-to-digitization.pdf>.
12. 思略特英国调查, 2020年6月
13. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
14. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
15. 华为, 《新冠疫情: 突发公共卫生事件管理》, 2020年3月
16. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
17. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
18. 普华永道, 《眼见为实——虚拟/增强现实将如何改变商业和经济》, 2019年, <https://www.pwc.com/seeingisbelieving>.
19. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
20. 慧与通讯和媒体解决方案首席技术官Jeff Edlund讲座, “5G和就业新时代”, 2019年9月8日
21. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年
22. 普华永道, 《5G对经济的影响》, 2020年



COMMITTED TO
IMPROVING THE STATE
OF THE WORLD

世界经济论坛是推动公私合作的国际组织，致力于改善世界状况。

论坛汇聚政界、商界等社会各界重要领袖，共同制定全球、区域和行业议程。

世界经济论坛
地址：91-93 route de la Capite
CH-1223 Cologny/Geneva
Switzerland（瑞士日内瓦）
电话：+41 (0) 22 869 1212
传真：+41 (0) 22 786 2744
邮箱：contact@weforum.org
网址：www.weforum.org