



未来制造业中的5G



新的无线标准将如何加速自动化进程？



pwc 普华永道

概要

第四次工业革命（4IR）所依赖的技术大多已经完备 —— 至少从理论角度而言。先进的机器人技术和3D打印、人工智能（AI）和机器学习、高级传感器和物联网（IoT）、云计算、虚拟和增强现实、先进数据分析 —— 这些技术无论是应用于供应链、生产过程还是提供给客户的产品和服务，大多数制造企业都认同这些技术的价值，但目前却很少有企业在整个运营过程中押下重注来部署这些技术。

普华永道与美国制造业协会在2019年的研究表明，超过半数的制造商仅处于尝试新兴技术的起步阶段，有的甚至远未启动。如今，超高速、超灵活的5G无线通信技术已经在全球各地开始应用。5G技术将会带来高度可靠、几乎瞬时的数据连接 —— 这是支持智能工厂、互联供应链和物联网赋能产品等愿景的关键组成。

5G也许无法立即提升4IR的内在生产力，但无论哪个制造商都无法忽视它的潜力，在不久的将来，5G将助力工厂实现许多新技术和新流程的应用。



畅想智能制造

现代工厂已然是一个高度复杂的环境。即便不是现实情况，4IR有望推动各种组织在制造业实现全方位的数字化。先进的机器和机器人装载了大量传感器，这些传感器与云端的高性能分析引擎相连接，完成对设备性能的评估，管理生产计划，保证供给并安排工厂内的各项活动。

想象一下5G网络是如何改造工厂的：5G的网速高达10Gbps，远超wi-fi，而且其接近于零的延迟将会减少人们先前对于无线协议的速度和可靠性方面的担忧。摆脱了有线网络，5G将带来更高的灵活性，支持高速的制造环境。与有线网络或以前的无线设备相比，部署了5G网络的工厂可以将更多传感器纳入网络连接，最终实现万物互联（详见表1）。

表1. 5G的技术规格远远超过其他无线协议

		实时、大容量、低延时的应用		
指标	**描述**	**Wi-Fi6**	**4G**	**5G**
延迟	数据发送方和接收方之间的延迟——延迟越低，体验就越“实时”	20 毫秒（ms）	30–50 毫秒	1–10 毫秒
可靠性/可用性	在不丢包的情况下，网络在信息源和目的地之间传输数据的效率如何	99.99%	99.99%	99.99%
吞吐量	在给定时期内，数据从一处传输至另一处的理论最大数据量	9.6 Gbps	300 Mbps – 1 Gbps	10 Gbps
速率（项目驱动）	每个用户或设备的预期实际速度	1 Gbps	20–50 Mbps	高达1 Gbps
连接密度	单位区域内连接的设备数	每单位8台	每单位12台	每单位100台
能耗	耗电量水平比较	中等	高	中等

来源：普华永道

5G如何提高生产力？以下方面最有潜力实现优化：

- **生产优化。**实时获取设备、库存和生产的数据，使企业可以详细地分析生产模式。根据这些信息，企业就可以确定工厂生产活动的正确顺序，使流程最优化，同时有助于提高生产周期的流畅性，减少浪费。
- **模块化工厂。** 5G的大密度、高速度、高带宽和低延时将带来相当大的灵活性。制造工具和机器人得以迅速反复利用，提高了效率，从而创造一个能够实现大规模定制和按需生产的环境。
- **企业连通性。**5G有助于工厂的基础设施、运营技术和资源与企业IT系统的整合，优化工厂生产流程并实现远程控制。
- **人机界面。**5G的高速度和大密度可以为员工提供移动数据和可视化解决方案的手段，例如平板电脑和增强现实装备，让员工能与机器和产品进行可视化交互，从而将他们从固定的计算机终端解放出来。
- **供应链整合。**随着供应链透明度的提高，5G网络集成到工厂生产工具中可以保证快速、自动地补充零部件和供应物资，从而最大限度地减少生产延迟，提高效率。
- **预防性维护。**密集的传感器阵列能帮助企业即时监控生产设备的状态，反过来也使企业可以根据需要对设备进行定期维护，在问题出现前预测非定期维护的需求，也有助于综合设备供应商实施远程诊断。
- **安全。**各种传感器的应用和5G接近瞬时的响应时间，将营造十分安全的制造环境，现场所需的员工更少，紧急关闭信号响应更灵敏。

以一家生产喷气发动机金属叶盘的德国制造商的经验为例。制造叶盘的过程漫长而复杂，导致次品率高达25%，而且在产品完工之前无法识别出有问题的叶盘。安装能够实时检测潜在故障的传感器，并利用5G网络将它们连接起来后，制造商就能够在故障发生之前停止机器。结果是：次品率显着下降，叶盘的单个平均生产成本节省了数千欧元。

与有线网络或以前的无线设备相比，部署了5G网络的工厂可以将更多传感器纳入网络连接，最终实现万物互联。



评估面临的挑战

关于未来工厂的畅想固然十分迷人，但想要实现并非易事。5G赋能自动化生产所面临的挑战主要有两个方面：即技术挑战和财务挑战。

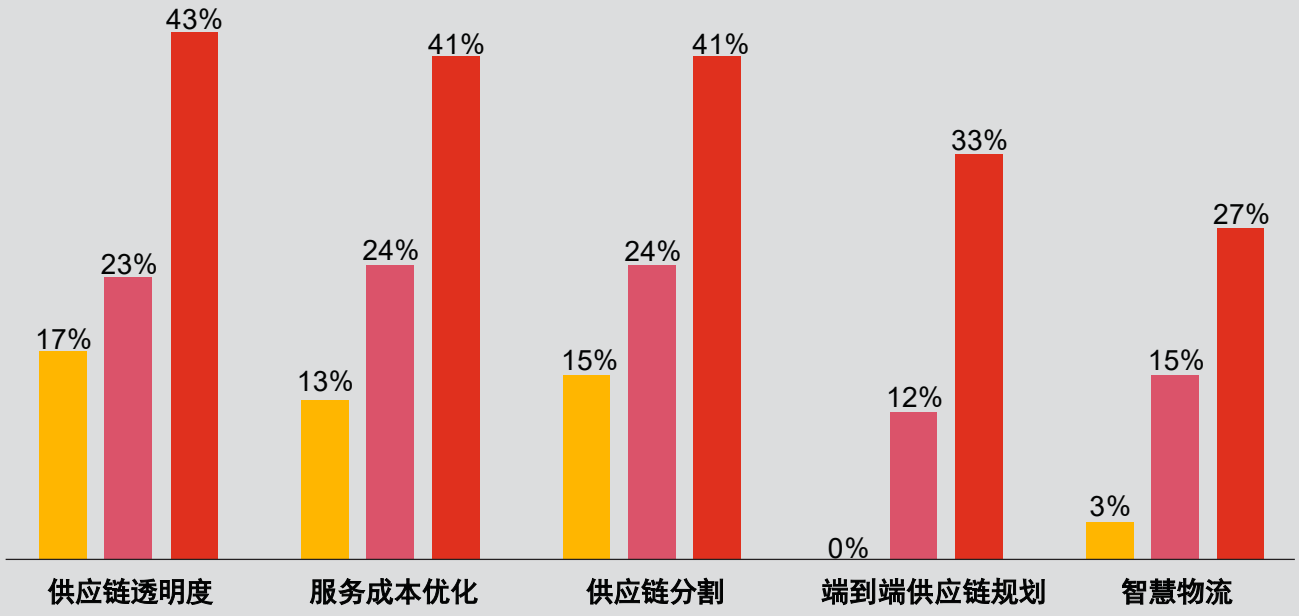
技术挑战

自动化生产技术的复杂性是一个主要限制因素。普华永道最近对制造商开展的一项调查显示，大多数工业企业尚未部署与4IR相关的技术（详见下页，表2）。

此外，即使是已经在新技术部署方面走在前面的企业，对于将其工厂完全转变为无线的生产环境仍然心存担忧。长期以来，制造商一直依赖于封闭、硬连接的工厂系统，因为这样的系统不存在可靠性和安全性的重大担忧。但是，在一个完全无线的生产环境中，这两点就成了迫在眉睫的问题。尽管5G承诺其可靠性，但对于任何无线系统而言，因为工厂车间是非常困难和嘈杂的环境。依赖于开放式云连接的无线系统不可能做到100%安全。虽然将5G网络作为一个完全封闭的系统来部署可以确保安全，但这意味着将失去云计算带来的速度和灵活性。

最后，5G技术（和组成4IR的整套技术一样）又一次给制造商带来了一个长期性的问题：要如何确保这些新技术在未来几年不会被更好的技术所取代？当然，没有任何技术是亘古长青的，但数字化工厂的一个非凡优点在于，工厂所依赖的关键基础软件可以定期更新，这就减轻了对整个系统很快就会过时的担忧。的确，目前的趋势也是由完全集成、基于软件的平台来管理工厂，并且这些平台可以随着需求的变化快速启动和修改。

表2. 产业供应链企业正通过人工智能、机器学习或深度学习等技术提升核心能力



问：您将人工智能、机器学习或深度学习等技术应用于企业的哪些方面？

受访对象：1,601家企业。

来源：普华永道思略特2020年全球数字化运营调研

财务挑战

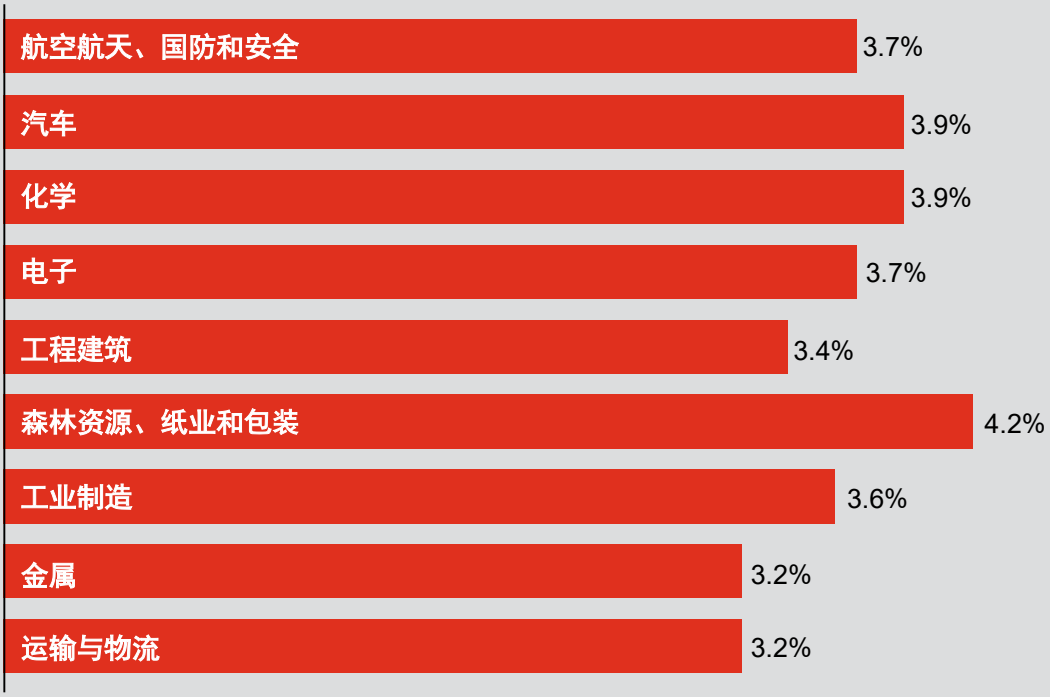
决定是否部署5G或任何与4IR相关新技术的最关键因素往往是成本，这一点毋庸置疑。坦白地说，就是企业对5G网络的投资能否为其创造足够的价值，助其继续发展？

决定工厂是否部署5G取决于三个相关因素。

- **成本。**部署5G的绝对成本取决于工厂的规模和业务范围。这不仅包括5G网络本身的能力，还包括需要联网的传感器阵列的范围，以及将5G技术集成到工厂基础架构过程中所要解决的复杂问题。
- **效率。**5G技术很大一部分财务效益来自预期的效率提升。普华永道最近对多个行业的高管进行了调研，了解他们对4IR影响企业运营效率的预期。（虽然这项调查是在2018年进行，但其结果在今天同样适用。）受访的高管们认为，4IR对其运营效率的总体影响将是显着的（详见表3）。
- **生产力。**我们的研究表明，许多制造业部门的生产率仍远低于平均水平。4IR的主要目标是提高工厂产出，而5G将是实现这一目标的关键。如果将5G集成到智能工厂解决方案中，理论上5G更快的速度、更低的延时和更高的带宽可以最大程度地减少维护保养所需的停机时间，更快速地调整生产线，从而提高工厂的产出。与供应链的进一步整合还将减少零部件库存补充导致的生产延误。

问题在于，生产力和效率的提高能否大幅抵消部署和维护5G工厂的成本。我们相信，这个答案很大程度上取决于企业如何进行权衡，以及最终在部署新技术后，他们所期待的可获取的商业价值。

表3. 通过第四次工业革命预计每年降低的成本



来源：普华永道思略特2018年全球数字化运营调研



5G 价值主张

与4IR其他更为成熟的技术一样，5G也给制造商带来了挑战。企业了解5G与4G、wi-fi和其他无线协议相比具有技术优势，也认同应用5G能够实现业务转型，提高效率和生产力，从而比竞争对手更有优势。

但问题总是会出现：部署5G对于企业已经投入数百万美元的IT系统意味着什么？部署5G的困难和颠覆性有多大，企业应该如何着手？最重要的问题是：部署5G是否能带来足够的商业价值，从而证明这项投资是合理的？

按照标准的方法，逐个案例计算投资回报，很难回答前述的最后一个问题。如果企业领导者单纯考虑5G对个别设备或者工厂的影响，那么企业很少会部署5G。换言之，5G能够解决什么问题、整体生产力可以提高多少，企业需要用更长远、更具有战略性的眼光来分析。持有这种想法的企业领导者，不是以设备为单位计算5G的价值，而是从整体战略的角度来考虑：这种新技术对我们的生产力或增长战略有什么意义，亦或对我们工厂的规划布局有什么影响？

一些有远见的企业已经开始将5G技术与其他4IR技术结合起来。这些企业并非已经解决了5G的价值问题，而是因为他们的企业文化和战略中含有悠久的创新因子，并且坚信创新最终会带来增长，即使现在他们尚无法计算出具体的数值。

当然，这样的企业并不会盲目地部署新技术。这些企业有着相当严格的规则来应对创新挑战 —— 典型的做法是牢牢掌控新技术测试和扩大应用规模的进度，提升每一步选择为企业创造价值的机率。

电信服务供应商的角色

无论企业文化如何倾向新技术测试和扩大应用规模，大多数企业都会发现，部署5G过程中遭遇的复杂问题必须通过与电信服务供应商的合作才能解决。这些供应商拥有丰富的经验和视野，能够提供数字化工厂所需的完整网络生态系统。这是电信公司在4IR市场上最有利可图的地方。

在此过程中，电信服务供应商不能满足于仅仅成为一个渠道，只局限于将5G网络中产生和接收的数据传输给客户，这意味着电信公司要为他们的制造业客户提供最大的商业价值，并确保其工作与制造商的发展战略相一致。因此，电信公司不能只是简单地向制造商提供所需的5G网络容量和连接硬件。

后新冠疫情时代的5G和4IR

5G将在工业制造业发挥重要作用，加速4IR相关技术的部署并扩大其影响，新冠肺炎疫情则很可能会进一步突显企业通过更自动、更智能、更有弹性的供应链所获得的价值。5G赋能的4IR具有的独特优势在推动工厂车间自动化以及将新服务整合到各种产品的过程中得以展现，使其成为企业在后新冠疫情时代的必需工具。

新冠肺炎流行病虽然主要是一个公共卫生事件，但对企业以及经济、财政和货币政策将造成巨大且直接影响。对健康方面的威胁可能在几个月内消失——也可能持续数年。新冠肺炎不仅在加速现行的发展趋势（如自动化和不平等），同时也遏制了前不久还声势浩大的发展势头（如全球化进程）。认识到全球面临的挑战，主动吸取疫情大流行带来的教训，利用现有的工具和技术，我们可以开辟一条与之相适应的新路线。普华永道将企业面临的最具颠覆性的挑战总结成一个ADAPT框架。构成该框架的五种力量分别是：不对称（Asymmetry）– 贫富差距扩大；颠覆（Disruption）– 技术带来的变革；年龄（Age）– 人口变化；两极分化（Polarisation）– 倾向民族主义和民粹主义，以及信任（Trust）– 对制度的信心下降。

不过，在一个充满挑战的经济环境中部署这些新技术，需要企业持有一种不同的心态 —— 充分考虑到新技术在释放价值过程中的重要作用，企业可以专注于以下关键优势，最大限度地利用5G投资和4IR相关技术。

- **更大程度的自动化。**5G的出现为希望实现自动化操作、提高生产力和增加灵活性的企业带来了更多选择。理想的结局是，与4IR相关的每项技术，包括机器人技术、预测性维护、先进分析、人工智能和机器人流程自动化等方面都得到部署。
- **增长的并购活动。**计划进行战略性收购以提升其4IR能力的企业可能会发现，即将到来的经济放缓会降低其收购目标的估值。
- **更智慧的供应链。**担心贸易冲突的美国企业首席执行官们正在改变他们的供应链和采购战略。4IR相关技术与5G网络相结合，不仅能让企业转移或缩短供应链，还能促进供应链更智能、更快速。通过物联网、区块链实时共享账本记录和人工智能分析将可以实现：更加灵活和透明的全球化轨迹，以及更快的定制、创新和响应时间。
- **更高的收入和客户忠诚度。**越来越多的企业使用5G服务来开发4IR相关技术驱动的新产品和服务，并将这些技术嵌入到传统的类似产品中，以创造新的收入来源。

相反，他们必须开发和提供覆盖整个工厂范围的全面解决方案和服务，同时控制提供必要基础设施和配置所需成本，特别是对于远离人口中心的工厂。

要开发这样的解决方案就必须要与制造商合作，确保维护各方的商业利益。例如，德国电信正与制造业合作伙伴进行5G试验，为运输机器人配备3D摄像机，以便将动态路线规划与云端分析相集成。依靠5G技术，机器人以每秒1Gbps的传输速度将3D图像上传到云端，帮助车辆避开道路上的障碍物。

电信运营商还应与其他在工厂管理和自动化方面拥有丰富经验的服务供应商合作。这种B2B2C合作的优点在于能够结合各方优势以实现协同效应 —— 一方面是电信运营商在5G网络的专业知识，另一方面是服务供应商对工厂运营的理解和经验（详见下页“现实世界中的5G”）。

无论电信运营商采取何种方式为制造商提供他们需要的5G服务，这些运营商需要和制造商客户一样，如果要开发端到端的解决方案来应对部署5G面临的挑战，就必须培养强大的创新思维并乐于进行尝试。只有这样做才能让制造商克服对5G的抗拒，并获得收益。

有效应对大流行病的五个关键步骤

新冠肺炎疫情带来的诸多问题可能令人心生胆怯，特别是对于拥有全球一体化供应链和复杂经营环境的工业制造商而言，但这并不能成为不作为的托辞。对政府、企业和机构来说，高级别应对措施的基本要素是类同的。

修复。首先，利益相关者需要解决疫情危机带来的经济损失。政府的任务是解决国债增加、税基减少和短期支出增加，而企业则需要解决资产负债表表现糟糕、收入大幅下滑、供应链削弱以及员工压力或流失等问题。

反思。政府和企业都需要回顾各自对疫情所采取的应对措施，确定最佳方案，并为下一次不可避免的危机做好准备。企业必须重新思考其运营模式、供应链和商业模式。出于安全、经济和危机管理的考虑，各国需要考虑哪些部分需要确保本地化生产。更广泛地说，国家和组织都需要反思成功的意义，找出可以指引物质生产、社会和环境发展方向的新措施。

重新配置。政府和组织必须进行系统性反思，重新配置公共和商业机构。与修复过程相比，更重要的是要对组织进行重新设计。这场危机暴露出一个令人不安的事实：全球的许多机构还根本没有为二十一世纪做好准备，包括医疗、法律、教育和税收在内的体系必须要重新配置，进一步提高效率、效力和弹性。

报告。在一个充满不确定性的时期，人们需要更透明的广泛信息。投资者、监管机构和利益相关者将要求披露更多实时信息，包括从现金流到员工健康状况等各个方面。

重启。世界因疫情而改变，许多公共和私营部门的组织需要重启，无论他们是由于政府命令、还是由于财务原因被迫关闭。重启可能发生在修复—反思—重新配置过程中的任意时间点。随着全球不确定性的增加，这一过程将成为新常态：一定会有下一场危机，组织如不吸取教训并做好准备，必将再次进入修复模式。

现实世界的5G

Ansgar Bergmann是法兰克福Kion集团技术和创新部门的项目经理，Kion集团是一家工厂自动化和通信系统的主要供应商。Bergmann负责数据和移动网络，并领导了多个数据分析和通信方面的研究项目。最近Bergmann向普华永道谈及他的制造业客户在考虑工厂车间部署5G网络时面临的挑战，以及他的公司怎样帮助客户克服这些挑战。

普华永道：对于5G给制造商带来的潜力，您的客户感兴趣吗？

Bergmann：我们看到厂家对5G的兴趣越来越积极，但其中有许多仍采取谨慎的观望态度，因为最新推出的5G技术尚未完全实现。这很大程度上也取决于公司的类型和规模。期望从制造过程中获益的公司，以及大型科技导向型企业（如汽车制造商），对5G技术表现出了更大的兴趣，并且已经与我们这样的供应商展开对话。但也有一些企业目前还未启动任何与5G相关的活动。显然，5G网络可能并非适合所有人。

您认为是什么阻碍了企业部署5G？

我们认为有三个主要因素。首先是可靠性和安全性。许多企业目前有部分硬连线的基础设施。由于缺乏使用经验，企业对于移动连接（尤其是5G）的信心尚未建立。对于当今对工序链时序要求严格的企业而言，网络连接中断将对工厂的生产产生严重的影响。只有当技术效益和成本优势明显，并且风险最小时，对wi-fi以外的移动网络的需求才会开始增加。

第二个因素是成本结构。虽然无线电频率的成本是透明的，但由于当前覆盖率较低，对于5G的部署费用及其必需的组件仍然缺乏经验。此外，企业对于新系统的最终操作以及后续成本也缺乏了解。

第三个因素是可用性。目前尚没有真正独立且通过时间检验的工业5G基础设施，也没有足够的工业兼容通信组件可用。到目前为止，只有少数模块制造商已经开始为制造业生产可用于调制解调器的5G模组。

考虑到这些担忧，您认为制造商将如何推动5G的应用？

Kion集团正参与编写各种实施指南，推动5G的引入。这些指南有助于企业更加清楚地认识到自身需要投入的努力，以及5G带来的机会。一些企业已经在测试部署5G的可能性，并在寻找正确的商业模式。然而，由于制造业相关的5G技术尚未有新突破，5G在工业中真正得以应用可能还需等待数年时间。可以预料的是，许多混合系统在初期将会占据上风，就是旧技术与5G技术并存。没有足够的经验，客户不会愿意完全停用现有的通信基础设施，而让5G取而代之。因此，指望制造商直接完全依赖单一的非冗余5G系统是不切实际的。

5G_in_manufacturing_FINAL_07_27_20.indd



总结

几乎没有制造商会怀疑5G网络能给他们的工厂带来巨大的运营效益，但全无线系统所涉及的成本、潜在的商业价值和安全性的综合考虑，可能会在今后一段时期减缓5G网络的部署。

但是，这些担忧不会阻止企业领导者对5G业务价值进行概念验证，并启动试点项目，以更好地了解相关的技术挑战。电信公司等希望参与5G部署的服务供应商应投资开发完整的产品生态系统，帮助制造商从5G部署中获得最大价值，这也有助于电信公司将前期开发成本平摊到各个行业的制造商上。

总之，有意愿尽早部署5G技术的企业应该从战略角度看待5G的价值，从其对提高生产力和公司整体竞争优势的视角制定长远计划。与其他真正的新技术发展一样，只有积累了应用经验，5G的众多优势才会凸显出来。

联系方式

欲进一步了解普华永道如何赋能您的5G未来之旅，请联系：

中国

周伟然
普华永道全球科技、媒体及通信行业主管合伙人
+86 (755) 8261 8886
wilson.wy.chow@cn.pwc.com

高建斌
普华永道中国内地科技、媒体及通信行业主管合伙人
+86 (21) 2323 3362
gao.jianbin@cn.pwc.com

宋爽
普华永道中国内地通信行业主管合伙人
dora.song@cn.pwc.com
+86 (10) 6533 2216

方蕴萱
普华永道香港通信行业主管合伙人
loretta.wh.fong@hk.pwc.com
+852 2289 1314

美国

Anil Khurana
普华永道全球工业制造行业主管合伙人
+1 (734) 773 8902
anil.x.khurana@pwc.com

Steve Pillsbury
普华永道美国执行总监
+1 (773) 383 1263
steve.pillsbury@pwc.com

德国

Reinhard Geissbauer
普华永道全球数字化运营合伙人
+49 (170) 939 1263
reinhard.geissbauer@pwc.com

Jens Niebuhr
普华永道思略特德国服务合伙人
+49 (211) 3890195
jens.niebuhr@pwc.com

英国

Rolf Meakin
普华永道全球通信行业主管合伙人
+44 (78) 0124 7677
rolf.e.meakin@pwc.com

www.pwccn.com/tmt

普华永道秉承“解决重要问题，营造社会诚信”的企业使命。我们各成员机构组成的网络遍及157个国家和地区，有超过27.6万名员工，致力于在审计、咨询及税务领域提供高质量的服务。如有业务需求或欲知详情，请浏览www.pwc.com。

本文仅为提供一般性信息之目的，不应用于替代专业咨询者提供的咨询意见。

© 2020 普华永道。版权所有。普华永道系指普华永道网络及 / 或普华永道网络中各自独立的成员机构。详情请进入 www.pwc.com/structure。