



低轨卫星高速飞行 宽带革命还是太空垃圾？

2020年，企业全将在全球联网方面实现真正意义上的起飞。预计到2020年底，将有超过700颗低轨（LEO）卫星提供全球宽带互联网，而2019年仅有约200颗。尽管这个规模还不足以连

接全世界的消费者和企业，它们可能会从2020年底或2021年初开始提供部分服务，比如为更高纬度的地区提供网络。

为了全面看待这一问题，我们需要知道，自进入太空时代开始以来，已有约有8,700个物体被送入太空，其中有2,000多个是围绕地球运行的卫星。¹未来几年，这些由轨道宽带基站构成的全新巨型星座

有望新增16,000多颗个人卫星。全世界可能会从卫星部署中获得具有历史意义的好处，但与此同时，它们可能会使太空环境变得更危险、复杂。

卫星基本知识：本章术语词汇表

星座与巨型星座：卫星星座由一组类似的卫星组成，它们为了某个特定目的进行合作，如观测、通信、科学研究或全球定位。“巨型星座”一词已经开始用于对星座进行分类，它可能由包括成百上千颗独立的卫星，而越来越多的宽带互联网系统也已经达到了这个规模。

低轨道（LEO）：指距离地球表面160至2,000公里的轨道。低轨道的轨道周期短(约90至120分钟)，通常用于遥感、人类太空飞行以及数据通信。²这条轨道上的卫星在任何时候都只能与地球表面的一小部分区域通信，这就是为什么我们需要更多卫星来覆盖广阔的区域。

中轨道（MEO）：指距离地球表面2,000至35,786公里的一条较少受到关注的轨道。这条轨道上的卫星能够比低轨卫星覆盖地球上的更多区域，相较于处于更高轨道的卫星，它们的延迟更低。这条轨道既可用于定位（如全球定位系统），也可用于通信卫星。

同步轨道（GEO）：指距离地球表面35,786公里的轨道。这条轨道上的卫星以地球自转的速度运行，所以它们在地球表面的位置基本保持不变。由于视野更佳，这条轨道适用于成像、通信和气象卫星，因为只有少数卫星可以提供全球覆盖的服务。为了连接同步轨道卫星，可以将地面天线固定在空中某点，而无须追踪移动的物体。

频率：卫星使用无线电频谱的特定部分进行通信，每个卫星星座都拥有一个指定的频段。频段范围从低频的L-（1-2 GHz）、S-（2-4 GHz）到高频的Ku（12-18 GHz）、Ka（26-40 GHz），和V（40-75 GHz）频段。不同频率范围有不同的优势、劣势和特定用途。³

延迟：广义来讲，延迟是信号（数据）从发射机传输到接收机的时间。延迟取决于距离、所用技术类型以及干扰物等众多因素。目前，卫星宽带服务的延迟中位数在594-612毫秒之间。地面宽带（使用光纤、电缆或DSL等技术）的延迟从12-37毫秒不等⁴未来5G网络的目标是将延迟降低到1-2毫秒，尽管这可能需要数年时间才能实现。⁵

交会：一般来说，交会是指两个物体（如卫星）经过同一区域，碰撞的可能性增加。当碰撞概率超过一定的阈值时，卫星通常会启动避碰演习。这是真实存在的威胁，如2009年铱33号卫星与俄罗斯Kosmos 2251号卫星相撞。⁶这是轨道上首次发生两颗卫星碰撞的事故。

网络连接全世界

自从Arthur C. Clarke爵士在1945年预测并推广同步卫星通信以来，整个世界的想象力就被通过太空进行即时全球通信的想法所吸引。⁷在那之后的几年里，Telstar、Intelsat和其他企业研发的几代通信卫星已经在20世纪60年代将他的预言变成现实。如今，企业开始部署由数百或数千颗相互连接的卫星组成的巨型星座，以及与地面基站相连接的卫星。无论是传统航空业巨头还是新兴科技公司，纷纷进入市场、投资、开发和部署巨型星座，以为全球提供负担得起的高速互联网服务。

利润动机足够明显。为没有网络或网络匮乏的地区提供网络服务可以新增数百万消费者，并形成新的业务模式。从消费者数量来看，这个潜在市场规模庞大。虽然我们在提供全球网络服务方面已经取得很大进步，但数据显示，仍有很多人没有或不能获得足够的网络。国际电信联盟（ITU）表示，截至2018年底，全球仅有约51%的人口使用互联网。⁸甚至很多发达国家也没有完全普及互联网，或者至少实现较快网速。美国联邦通信委员会（FCC）发布报告称，有2,130万美国人不能接入宽带互联网（即下载速度至少为25mbps，上传速度至少为3mbps的网络）。⁹有这么多人想要接入互联网，因此能够满足这些需求的企业将获得非常可观的潜在收入。摩根士丹利估计，到2040年，卫星宽带市场的规模有望达到4,000亿美元，相当于当年规模约1万亿美元的全球航天产业市场的40%。¹⁰

此外，建造巨型星座的组织还将获得其他非经济方面的好处。以Kuiper系统为例，亚马逊在向联邦通信委员会递交申请时提到其卫星计划的三方面社会效益。除了为当前没有网络以及网络匮乏地区的用户提供网络服务的直接好处以外，Kuiper声称，更便捷网络服务将推动整体经济发展，并为政府机构、救灾组织和现场急救人员提供支持。¹¹卫星宽带业务领域的一家公司OneWeb的愿景是，“让每个人在任何地方都能使用互联网”，并强调其卫星可以帮助以前无法使用互联网的学校接入网络。¹²

在……之前，已经发生？

有些人可能会想，这种现象是从什么时候开始的？毕竟，Viasat、Eutelsat、Hughes、Iridium以及O3b Networks等主要商用卫星互联网服务供应商在运营星座方面已经积累了多年的经验。当然，也有几个著名的失败案例。例如，从上世纪90年代末开始运行的由66颗活跃卫星组成的铱LEO星座。它从21世纪初开始提供全球语音和数据服务，虽然最终瞄准了一个小众市场，并采用了新一代卫星（Iridium NEXT），但由于用户数量不足，一直未实现盈利。虽然Teledesic获得Bill Gates和Craig McCaw等杰出人士的大量投资，但资金缺口却越来越大。该公司计划在近地轨道部署288颗卫星，以支持全球宽带互联网连接，但这家公司在倒闭前仅发射了一颗测试卫星。¹³

到底是什么变了？如今，卫星宽带运营商试图通过向用户提供更快、更低延迟和更便宜的网络，来避免重蹈覆辙。在这个过程中，他们主要从三个方面着手：

选择较便宜的轨道。由于新发射服务出现以及竞争加剧，自进入21世纪以来，卫星的发射和制造成本已经大幅下降。从1970年到2000

年，将物品送入轨道的平均成本约为18,500美元/千克。随着SpaceX等新发射供应商的出现，企业现在可以以约2,720美元的成本将1千克物品送入轨道，相较之前，成本降低了85%左右。对于提升发射经济性同样重要的是，卫星的自重降低了。¹⁴例如，上世纪90年代末发射的第一批铱卫星每颗重达689千克，而如今SpaceX的Starlink卫星仅为227千克。¹⁵

卫星和卫星制造工艺越来越先进。缺少大规模生产的技术，就不能在合理的时间内，或以合理的成本，建造包含数百或数千个卫星的星座。为此，企业纷纷对独立卫星采用更趋模块化的设计，利用标准化的总线技术制造，并使用更小、更先进的组件。不少企业还采用电力推进系统，这类系统可以通过减轻卫星重量和降低成本来扩大竞争优势。现在出现了专门建造这类巨型星座的卫星工厂，既节省了成本，又加快了批量生产的速度。例如，空中客车和OneWeb的合资企业，OneWeb Satellites，其的目标是每天造两颗卫星。¹⁶

联网需求增加。在世界上的偏远或欠发达地区，除数十亿不能使用网络和缺少网络的人群外，不断增长的预期也在推动联网需求的增长。一波又一波的新技术使接入网络和使用网络变得越来越容易。随着技术不断提升，消费者、企业和政府希望能够随时接入网络——无论身处偏远的农村地区、海上、空中，或是其他任何地方。

互联网太空竞赛的主要参与者

来自美国、加拿大、中国、俄罗斯以及欧洲的一些企业正努力在卫星宽带市场确立自己的地位。截至2018年11月，FCC认为Telesat、Kepler、LeoSat、SpaceX、OneWeb、SES (O3b)、Space Norway等公司满足13个市场准入要求，并通过9个宽带互联网星座部署申请。¹⁷2019年7月，亚马逊又向美国联邦通信委员会申请部署Kuiper卫星系统。

在上述案例中，最终部署星座的公司数量以及部署在这些星座中的卫星数量都不得而知。关键问题是：哪些公司能够证明自己的能力，并以最快的速度抢占最大的市场份额？以下是一些主要的市场参与者的介绍：

OneWeb。2017年，OneWeb成为首个获得FCC批准部署和运营星座的新型卫星宽带互联网供应商。该公司已从软银、Grupo Salinas、高通、维珍集团以及空客等公司募集超过30亿美元投资。¹⁸美国联邦通信委员会同意OneWeb使用Ku与ka波段部署720颗卫星，该公司计划在距离地面1,200公里高的轨道上运行卫星。前6颗卫星于2019年2月由联盟号（Soyuz）火箭发射；另外32颗卫星计划于2019年底前发射，此外，该公司还计划在2020年发射2颗卫星。¹⁹OneWeb计划在2020年底开始向北极地区（北纬60°以北）提供有限的商业服务，并从2021年起提供更多样化的服务。²⁰

中国卫星互联网

虽然中国卫星连接互联网尚未落地普及，但由于其在通信服务中卫星上网能作为基站通讯服务的补充，做到更广域的网络覆盖，故卫星上网为多家通讯公司的研发目标。在中国，已有兼容5G的低轨宽带通信卫星出厂，地面测试已经达到标准，发射的数量和具体计划还在制定中。如何实现落地，并在商业模式中覆盖建设成本成为一大挑战。

总的来说，他们的目标都是通过提升现有服务质量开拓新市场，并与现有竞争对手展开竞争。

SpaceX。2018年3月，SpaceX获得美国联邦通信委员会批准发射4,425颗使用Ku和ka波段的Starlink卫星；2018年11月，又批准其发射7,518颗V波段的Starlink卫星。²¹与很多其他提供商相比，SpaceX对Starlink拥有更大的控制权，该公司可以使用自主研发的猎鹰9号（Falcon 9）火箭发射卫星。该公司于2019年5月发射了第一批60颗卫星；目前，已有57颗完全投入使用。完成六次发射后，Starlink将开始为北美和加拿大提供服务，预计在24次发射后，将能使服务覆盖全球。²²SpaceX目前仍在修改Starlink的轨道计划，因此难以确定星座的最终配置情况。²³

亚马逊。亚马逊向FCC提出部署Kuiper系统星座的提议目前仍在审查中。Kuiper系统由3,236颗卫星组成，使用ka波段，高度分别为590、610和630公里。Kuiper将很有可能使用Jeff Bezos的太空公司“蓝色起源”（Blue Origin）生产的运载火箭。据亚马逊称，“首批578颗卫星发射成功后，就将开始提供服务。覆盖范围

从北纬56°度和南纬56°，随着更多卫星的发射，服务范围很快将扩大到赤道地区。”²⁴

Kepler Communications。Kepler正在采取一种更有针对性的方法来提升其卫星宽带服务。该公司计划发射140颗专门用于提供物联网服务的卫星，以支持物联网在工业、海事、航运以及物流领域的应用。在2018年完成两次小规模测试发射后，该公司的目标是在2022年建造并运行一个完整的星座。²⁵

卫星宽带的预期服务和市场

这些卫星宽带公司的目标和商业模式各不相同，且依然不够透明。总的来说，他们的目标都是通过提升现有服务质量开拓新市场，并与现有竞争对手展开竞争。一旦他们的星座进入轨道并投入运行，供应商就可以简便、快速地在这些网络上添加新的服务。例如，高速交易、优化物流、车队管理以及远程维护等都是潜在的机会领域。

部分供应商正瞄准直接面向消费者的市场，并与提供有线或光纤宽带互联网的传统电信运营商竞争。其他供应商则期望向企业出售专用宽带连接服务。一个相当典型的例子是，为其他通信公司提供基础设施或移动回程，包括那些提供5G网络的公司。例如，OneWeb正在为其首批客户中的两家公司：Talía 和Intermatica，提供基础设

施服务。²⁶另一大机会领域则是为运输行业的船舶、火车以及飞机提供更好更快的互联网连接。

许多卫星宽带公司已经将其宽带互联网服务推广到农村地区和其他网络匮乏或没有网络的地区。这将使世界上更多人从一个联系更加紧密的社会中获得教育和经济收益。但我们目前仍不能确定没有网络或没有足够网络的市场到底有多大。例如，据GSMA估计，截至2018年，仅有7.5亿人口可随时使用移动宽带网络，比全球约38亿不使用互联网的人口少得多。²⁷其中一个值得关注的热点地区是北极，包括阿拉斯加、加拿大、北欧和俄罗斯。考虑到地理位置和客户数量相对较少，该地区的网络服务一直比世界其他地区更慢和更贵。很多公司都在寻找满足该地区需求的具体方案。

其他参与者也开始考虑更加具体的应用。如为物联网设备网络提供主干网，可能是一个重要的机遇，包括智能工厂、供应链、公用事业、石油平台以及其他需要机器对机器通信的系统。企业还可以向政府出售卫星宽带，以提供教育、应急响应以及其他极度可靠的、专用网络连接。

展望未来，仅仅依靠订购可能不足以保证盈利。某些供应商可以在基本网络服务的基础上，提供一整套综合服务。与其向其他服务供应商出售带宽，某些公司可能会选择通过其卫星网络来开发自己的新应用程序。在这种情况下，成功的卫星宽带供应商最终将能在商业和通信等领域打造完整的价值链。例如，亚马逊的Kuiper系统可以绕

过传统的互联网服务供应商，直接向消费者和企业客户提供一整套现有的和新的亚马逊服务。

这并非易事

众所周知，在太空运营和推出新业务都异常艰难，而且几乎不容许犯错，许多进入卫星宽带业务领域的公司却想要同时完成这两件事。他们面临很多技术和业务挑战，这些挑战可能延迟或阻碍他们的计划，包括但不限于，地面基站的建设运营、干扰其他卫星的无线电频率、用户终端定价与可用性、频谱使用权争夺，甚至包括干扰地面天文设备的卫星所引发的视觉污染担忧。²⁸以下是这个新兴行业的公司可能需要克服的几个最重要的障碍：

满足服务期望。企业的卫星能够提供承诺的网速和延迟吗？对于高清视频、高速金融交易以及对庞大的物联网设备网络近乎实时的控制，网速是否够快？这是完全有可能的。OneWeb最近的一次服务运行测试表明，如果技术达到预期水平，实时播放全高清流媒体视频的网速可以超过400mbps，且延迟低于40毫秒²⁹。

确保卫星的可靠性。研制新一代卫星的先进卫星总线制造技术也相对较新。在短时间内完成巨型星座建造、发射以及部署的技术必不可少，公司应该对卫星设计和测试有充足的投入，以创建强大、可靠，且可以终生在轨道上运行的系统。如果卫星发生故障，公司应该确保它能

快速安全地脱离轨道。在SpaceX首次发射的60颗卫星中，已经有3颗Starlink卫星报废（这些卫星将被动脱离轨道，并在大气层中焚毁）。³⁰

管理太空垃圾。许多人有理由担心，向LEO引入成千上万的新物体不仅会使现有的轨道变得拥挤还会使太空环境变得危险，卫星交会的可能性可能成倍增加。没有人希望发生凯斯勒症候群，即一连串的碰撞最终产生大量轨道垃圾，导致几代人都无法使用LEO。³¹

不幸的是，碰撞的可能性并非假想。2019年9月2日，欧洲航天局不得已对一颗科学卫星进行操作，以避免撞上一颗Starlink卫星。³²当两颗卫星相撞的概率大于万分之一时，这是一种常用的处理办法。

商业和政府组织目前正在考虑改变处理交会的规则，以及如何在卫星寿命结束时使其安全脱离轨道。他们还在探索使用机器学习算法并改进追踪技术，如地基雷达，以解决交会的问题。围绕这一问题展开的国际合作越来越多，企业自身也积极跻身该领域前列。OneWeb制订了一个被称为“负责任的太空”的原则与实践框架，以供自己遵循并激励他人。OneWeb创始人

兼主席 Greg Wyler表示：“我的墓志铭上应该写‘连接世界’，而不是‘制造轨道垃圾’”。³³

应对经济不确定性

正如Gus Grissom在《太空英雄》中的台词：没有钱（bucks），就没有Buck Rogers。公司和投资者已经在卫星宽带星座上投入数十亿美元。然而，却鲜有人知道消费者和企业将为订阅和使用这些服务花费多少，以及这些费用与更传统的服务相比是否有竞争优势。此外，很多卫星的寿命相对较短：不到7年。这意味着公司需要定期发射新的卫星进行补充，同时使旧的卫星安全脱离轨道。这将持续产生运营成本，并使轨道环境处于不断变化之中。

众所周知，在太空运营和推出新业务都异常艰难，而且几乎不容许犯错，许多进入卫星宽带业务领域的公司却想要同时完成这两件事。

小结

如果成功部署并激活卫星宽带星座和巨型卫星星座，那些目前无法连接到蜂窝网络基站塔或高速网络的人群将获得高速、低延迟的网络。例如，尼日利亚有1.38亿人口根本无法上网；北极地区有48%的人口无法使用宽带网络，对这些人来说，将带来革命性的影响。³⁴正如手机的普及一样，一个联系更加紧密的世界可能会带来多种社会和经济红利，并使企业、医院、学校和政府从中受益。对于需要快速、可靠的全球通信的企业和其他人来说，卫星宽带可以提升当前的服务水平，或者让他们享受到新服务带来的好处。

然而，为了使卫星宽带成为一个充满活力且可持续发展的行业，潜在的供应商和市场将需要回答许多悬而未决的问题。卫星宽带能否提供真正可以替代光纤、电缆和蜂窝网络服务的优质网络？供应商能否如期完成部署并满足监管要求？无法接入网络的人群想要连接网络吗？他们能否负担得起卫星宽带服务？用户的平均收入是否足以让供应商实现盈利？对于供应商来说，成为通用型供应商更好，还是成为专注于特定应用和市场该板块更好？技术能否推动其他新服务的开发？如果可以，将推动开发什么新服务？如果成功建造多个星座，是否会出现网络容量过多的情况？

并非所有当前的参与者都能够存活下来或者实现最初的目标。行业观察人士最好仔细监测它们的整个生命周期，看看从获得监管机构批准到确保投资者安全、建造卫星、选择发射供应商以及部署和运营星座这个漫长而曲折的过程中会发生什么。此外，还可能会发生发射失败或卫星故障等事故，供应商应对这些事故的方式对其取得成功至关重要。

随着越来越多的卫星完成部署，我们对卫星的了解也更加深入，有关部署率、频率分配以及/或者减少轨道垃圾的法规可能会修改。运营商之间存在分歧和挑战，不同国家的监管机构之间也存在挑战。能够妥善处理这类冲突的公司将获得竞争优势。推进与组件（如天线和终端）技术的发展将对行业整体发展产生深刻影响。拥有更先进、更可靠供应商的公司才有可能实现更好的发展。

传统电信公司和现有的卫星互联网供应商不大可能在一开始就拥抱变革。然而，随着时间的推移，卫星宽带可能会被证明具有革命性的影响。由于定价策略和地面设备成本依然未知，而且开发太空费用高昂，因此，在大多数人居的大城市里实施低价改革似乎不大可能。但Hughes和Intelsat这两家传统卫星供应商正通过投资OneWeb来对冲他们的赌注。³⁵其它电信公司可能会将目前尚未覆盖网络的农村和欠发达地区割让给卫星宽带运营商，因为在这些地区建设基础设施的费用过高。事实上，卫星宽带星座可以通过提升移动回程服务来帮助电信公司。

卫星宽带会引发通信革命，还是带来太空垃圾？竞争已经开始，尽管面临着巨大的挑战，但这个新兴的行业不应被忽视。

走出监管迷宫

根据创立地点和运营范围，卫星公司可能需要与多个负责管理频谱、批准并授权卫星服务的政府和国际机构打交道。例如，在加拿大，主管部门是创新、科学与经济发展部 (ISED) 和加拿大广播电视和电信委员会；在俄罗斯联邦，是数字发展、通信和大众传媒部；在印度，是电信监管局；在中国，则是无线电管理局。

有两个重要的监管机构需要特别注意。一个是国际卫星通信监督管理机构，国际电信联盟（ITU）。

作为一个负责信息和通信技术管理的联合国机构，ITU负责分配全球无线电频谱和卫星轨道，制定技术标准，改善联网环境，并主导国际合作。ITU致力于将世界各地的人们联系起来，无论他们住在哪里，经济状况如何，其目标是通过电信推动社会 and 经济发展。³⁶

ITU规定了频谱权利以及部署卫星的时间。在向ITU正式提交申请后，卫星运营商有7年时间用一颗新卫星或现有卫星来占据所配给的位置，且需要在该位置停留至少90天。在分配频谱权力之后，新部署的系统不能干扰现有系统。然而，这可能导致轨道槽和频率的堆积，ITU目前正在考虑改变规则以避免这种情况。³⁷

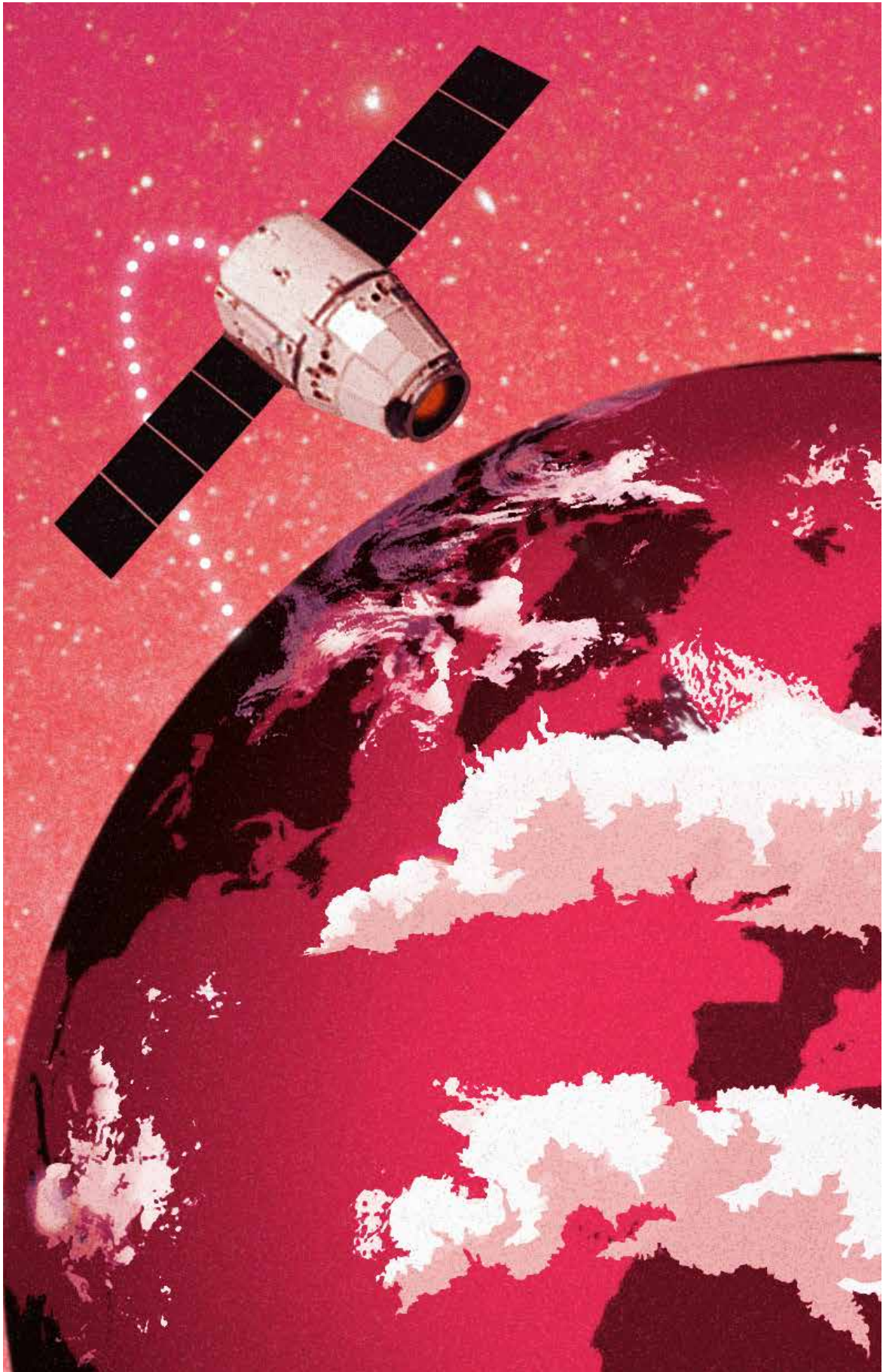
另一个重要的监管机构是美国联邦通信委员会（FCC），因为美国是全球最大的卫星宽带服务开放市场。FCC的职责涵盖了卫星互联网供应商参与的许多领域，包括启用高效和广泛适用的通信服务，鼓励竞争和创新，以及分配商用频谱许可证。在美国，FCC负责批准商业卫星服务计划并发放许可证，包括批准其他国家已经批准的服务。

FCC发布的一项关于卫星宽带供应商的重要法规是，如果要建立卫星系统，卫星宽带供应商必须在获得授权6年内发射并运行至少50%的星座，否则，将失去授权并被没收所分配的频谱。此外，所有部署工作必须在9年内完成，如果不能，卫星宽带供应商将只能使用已经送入轨道的卫星。³⁸

尾注

1. United Nations Office for Outer Space Affairs, "Online index of objects launched into outer space," accessed October 9, 2019; Union of Concerned Scientists, "UCS satellite database," accessed October 9, 2019.
2. Aerospace Security, "Popular orbits 101," Center for Strategic and International Studies, November 30, 2017.
3. European Space Agency, "Telecommunications & integrated applications: Satellite frequency bands," accessed October 9, 2019.
4. Federal Communications Commission, *Measuring fixed broadband: Eighth report*, December 14, 2018.
5. WSIP, "The ultimate 5G explainer: The untold story," September 21, 2018.
6. Becky Iannotta, "US satellite destroyed in space collision," *SpaceNews*, February 11, 2009.
7. Arthur C. Clarke, "Extra-terrestrial relays," *Wireless World*, October 1945.
8. ITU News, "New ITU statistics show more than half the world is now using the internet," December 6, 2018.
9. Federal Communications Commission, *FCC 2019 broadband deployment report*, May 29, 2019.
10. Morgan Stanley, "A new space economy on the edge of liftoff," July 12, 2019.
11. Federal Communications Commission, "Application for authority to launch and operate a non-geostationary satellite orbit system in Ka-Band frequencies," July 4, 2019.
12. OneWeb, "Our vision & values," accessed October 9, 2019.
13. Caleb Henry, "How OneWeb plans to make sure its first satellites aren't its last," *SpaceNews*, March 18, 2019; Chris Oakes, "Teledesic launches test satellite," *Wired*, February 27, 1998.
14. Harry W. Jones, "The recent large reduction in space launch cost," 48th International Conference on Environmental Systems, July 2018.
15. SpaceX, "Starlink mission: Mission overview," May 2019.
16. Jeff Foust, "OneWeb Satellites inaugurates Florida factory," *SpaceNews*, July 22, 2019.
17. Federal Communications Commission, "FCC boosts satellite broadband connectivity and competition in the United States," November 15, 2018.
18. Michael Sheetz, "Space startup adds \$1.25 billion from SoftBank and other to mass produce internet satellites," *CNBC*, March 18, 2019.
19. Spaceflight Now, "Launch schedule," accessed October 9, 2019.
20. OneWeb, "OneWeb brings fiber-like internet for the Arctic in 2020," press release, September 4, 2019.
21. Caleb Henry, "FCC OKs lower orbit for some Starlink satellites," *SpaceNews*, April 26, 2019.
22. Starlink website, accessed October 9, 2019.
23. Caleb Henry, "SpaceX says more Starlink orbits will speed service, reduce launch needs," *SpaceNews*, September 7, 2019.
24. Caleb Henry, "Amazon lays out constellation service goals, deployment and deorbit plans to FCC," *SpaceNews*, July 8, 2019.
25. Caleb Henry, "Kepler Communications opens launch bids for Gen-1 LEO constellation," *SpaceNews*, August 29, 2018.
26. OneWeb, "OneWeb announces first two client agreements – start of commercial network commercialisation", press release, February 27, 2019.

27. Calvin Bahia and Stefano Suardi, "The state of mobile internet connectivity 2019," GSMA, July 23, 2019.
28. Todd Shields, "Elon Musk's satellites dot the heavens, leaving stargazers upset," *The Print*, July 8, 2019.
29. OneWeb, "OneWeb's satellites deliver real-time HD streaming from space," press release, July 16, 2019.
30. Charlotte Jee, "SpaceX has lost communication with three of its 60 Starlink satellites," *MIT Technology Review*, July 1, 2019.
31. NASA, "Micrometeoroids and Orbital Debris (MMOD)," June 14, 2016.
32. Charlotte Jee, "One of SpaceX's Starlink satellites almost collided with a weather satellite," *MIT Technology Review*, September 2, 2019.
33. OneWeb, "Responsible space," accessed October 10, 2019.
34. Loren Grush, "Internet-from-space provider OneWeb says it will provide coverage to the Arctic by 2020," *Verge*, September 4, 2019. Babatunde Okunoye, "Building an internet of opportunity for Africa," *Council on Foreign Relations*, March 21, 2019.
35. OneWeb, "Our partners," accessed October 10, 2019.
36. International Telecommunication Union, "About International Telecommunication Union (ITU)," accessed October 10, 2019.
37. Caleb Henry, "ITU wants megaconstellations to meet tougher launch milestones," *SpaceNews*, May 9, 2019.
38. Caleb Henry, "FCC approves SpaceX, Telesat, LeoSat and Kepler internet constellations," *SpaceNews*, November 15, 2018.



关于作者



Paul Lee | paullee@deloitte.co.uk

Paul Lee是德勤英国合伙人及德勤全球科技、传媒和电信行业研究负责人。除领导全球科技、传媒和电信行业研究团队外，Lee还负责管理德勤英国该行业研究团队。



Jeff Loucks | jloucks@deloitte.com

Jeff Loucks是德勤科技、传媒和电信行业中心执行总监。他密切关注和研究企业如何应对市场环境的加速变化，并撰写相关文章，帮助企业有效利用技术变化。



Duncan Stewart | dunstewart@deloitte.ca

Duncan Stewart是德勤加拿大科技、传媒和电信行业研究总监。他定期参加相关行业会议，探讨行业趋势和发展前景，并向客户分享相关信息。



David Jarvis | davjarvis@deloitte.com

David Jarvis是德勤科技、传媒和电信行业中心高级研究经理，拥有12年以上科技行业经验，专精研究新兴企业和科技问题，以及长期变革可能产生的影响。



Chris Arkenberg | carkenberg@deloitte.com

Chris Arkenberg是德勤科技、传媒和电信行业中心研究经理，主要研究个人和企业与变革性技术的互动。

联系人

行业领导人

Paul J. Sallomi

德勤全球科技、传媒和电信行业领导人 | 合伙人 | Deloitte Tax LLP
psallomi@deloitte.com

Paul Sallomi是德勤全球科技、传媒和电信行业领导人及德勤美国科技行业领导人，常驻加利福尼亚州圣何塞。

Mark A. Casey

德勤全球电信、传媒和娱乐行业领导人 | 合伙人 | 德勤荷兰
markcasey@deloitte.nl

Mark Casey领导德勤全球电信、传媒和娱乐行业团队，常驻阿姆斯特丹。

Craig Wigginton

德勤全球电信行业领导人 | 合伙人 | Deloitte & Touche LLP
cwiginton@deloitte.com

Craig Wigginton是德勤美国副主席及美洲地区科技、传媒和电信行业领导人，常驻纽约。

致谢

感谢德勤同事**David Ciampa**、**Rishabh Kapoor**、**Shashi Kaligotla**和**Shashank Srivastava**为本报告提供的宝贵洞见。

中国联系人

林国恩

科技、传媒和电信行业领导合伙人
电信、传媒及娱乐行业领导合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8520 7126
电子邮件: talam@deloitte.com.cn

卢莹

教育行业领导合伙人
德勤中国
电话: +86 21 6141 1801
电子邮件: chalu@deloitte.com.cn

陈耀邦

科技、传媒和电信行业华南区领导合伙人
德勤中国
电话: +86 755 3353 8227
电子邮件: ybchan@deloitte.com.cn

薛梓源

科技、传媒和电信行业风险咨询合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8520 7315
电子邮件: tonxue@deloitte.com.cn

李思嘉

科技行业领导合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8520 790
电子邮件: frli@deloitte.com.cn

陈颂

半导体行业领导合伙人
德勤中国
电话: +86 21 6141 111
电子邮件: leoschen@deloitte.com.cn

何铮

科技、传媒和电信行业华东区领导合伙人
德勤中国
电话: +86 21 6141 1507
电子邮件: zhhe@deloitte.com.cn

程中

科技、传媒和电信行业管理咨询合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8520 7842
电子邮件: zhongcheng@deloitte.com.cn

殷亚莉

科技、传媒和电信行业税务与法务合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8520 7564
电子邮件: yayin@deloitte.com.cn

王佳

科技、传媒和电信行业税务与法务合伙人
德勤中国
电话: +86 10 8512 4077
电子邮件: jeswang@deloitte.com.cn

张耀

电信行业首席顾问
德勤中国
电话: +86 10 8512 4816
电子邮件: yaozhang@deloitte.com.cn

钟昀泰

德勤研究总监
德勤中国
电话: +86 21 2316 6657
电子邮件: rochung@deloitte.com.cn

陈兆临

科技、传媒和电信行业管理咨询合伙人
德勤中国
电话: +86 755 3353 8168
电子邮件: andrewclchen@deloitte.com.cn

黄毅伦

科技、传媒和电信行业财务咨询合伙人
德勤中国
电话: +86 755 3353 8098
电子邮件: alwong@deloitte.com.cn

周立彦

科技、传媒和电信行业规划经理
德勤中国
电话: +86 10 8512 5909
电子邮件: liyzhou@deloitte.com.cn

李艳

科技、传媒和电信行业高级专员
德勤中国
电话: +86 23 8969 2507
电子邮件: 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： Junko Kaji、Blythe Hurley、Preetha Devan、Rupesh Bhat、Abrar Khan、Nairita Gangopadhyay和Anya George Tharakan

创意： Mark Milward

推广： Maria Martin Cirujano

封面设计： Stuart Briers

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。

© 2019 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. RITM0384588