

卫星通信，蜂拥而至： 宽带卫星将挤占太空空间

低轨卫星可让世界各地畅享高速网络连接，前提是这些卫星能够各行其道、互不干扰。所幸的是，周边产业正加速崛起，为实现这一目标提供支持。

David Jarvis, Duncan Stewart, Kevin Westcott, Ariane Bucaille, Roger Chung, Taylor Lam

德勤《2020科技、传媒和电行行业预测》报告提出这样一个问题，低轨宽带卫星星座会掀起通信革命，还是带来太空垃圾？¹三年过后，这一问题仍然没有明确的解答，但很多企业都笃信前者。德勤全球预测，到2023年底，低轨宽带卫星总数将达到逾5,000颗，构成两大卫星星座，为全球各地（包括偏远地区）近一百万用户提供高速互联网接入服务。展望未来，倘若各家公司现有的低轨卫星星座计划均告成功，到2030年将会有七至十个

卫星网络投入运营并形成竞争态势，这意味着共有四至五万颗卫星为逾一千万终端用户提供服务。

精心布局，逐梦太空

宽带卫星部署预计将大幅增长，这对用户而言无疑是则好消息。新兴应用程序将不断涌现，价格也会随之下降，用户将迎来广覆盖、低延时以及更加可靠的卫星通信服务。但仍有一些因素阻碍了行业发

展进程，例如轨道环境越加拥堵、碰撞风险日益增长等，这对深化合作与统筹提出了更高的要求。与此同时，各国各地区以及全球的行业参与者将继续抢占频谱和轨道资源，并在发射能力及地面市场机遇方面展开竞争。主要的行业竞争者包括：

SpaceX星链计划 (Starlink)：目前在轨的星链卫星总数已超过2,600颗，可为近五十万用户提供服务。²除了传统的消费业务，星链卫星还在近期多起自然灾害中充当应急通信，发挥了显著的作用。³多家航空公司开始探索并测试高速机上互联网连接系统。⁴美国联邦通信委员会 (FCC) 还授权SpaceX为船舶、飞机及其他交通工具提供移动互联网服务，这也是SpaceX公司的早期承诺之一。⁵

亚马逊柯伊伯计划 (Project Kuiper)：亚马逊计划实现3,236颗卫星的在轨运行。虽然目前尚未将任何卫星送入轨道，亚马逊已于2022年4月宣布与三家企业达成数十亿美元的发射合同，计划在未来五年内完成大部分卫星的发射。⁶亚马逊须快马加鞭，在2026年前完成一半的卫星部署，并于2029年前将整个星座送入轨道，否则美国联邦通信委员会的授权将失效。

OneWeb：英国OneWeb计划实现648颗卫星的在轨运行，目前已完成三分之二的卫星部署，并致力到2023年底启动全球卫星通信服务。⁷OneWeb近期还与法国Eutelsat达成了35亿美元的合并交易。⁸合并后的公司将整合Eutelsat的地球同步卫星和OneWeb的低轨卫星网络，专注于为企业和政府提供通信网络服务。⁹

此外，加拿大卫星运营商Telesat计划于2025年开始部署由188颗卫星组成的光速 (Lightspeed) 星

座。¹⁰AST SpaceMobile公司的星座计划由243颗卫星组成，可让移动设备与低轨卫星网络直接连线。¹¹作为中国航天计划的组成部分，民营航天企业银河航天于2022年3月发射六颗试验卫星。中国太空“国网”的卫星总数或达1.3万颗。¹²

这些公司面临的重大挑战在于如何让卫星免受损害。目前，太空监视网可对超过3.1万个在轨目标进行追踪，包括6,000多颗在轨卫星。¹³除此之外，预计还有逾十万不可追踪的残骸碎片，包括报废的卫星碎片以及漆片等。为了防止卫星相互碰撞和被碎片击中，有必要对这些物体进行实时、精准定位，这一学科被称为太空态势感知 (SSA)。有效的太空交通管理 (STM) 同样至关重要，即通过技术手段和监管规定，提升卫星发射、在轨运行以及返回地球过程中的安全性。¹⁴

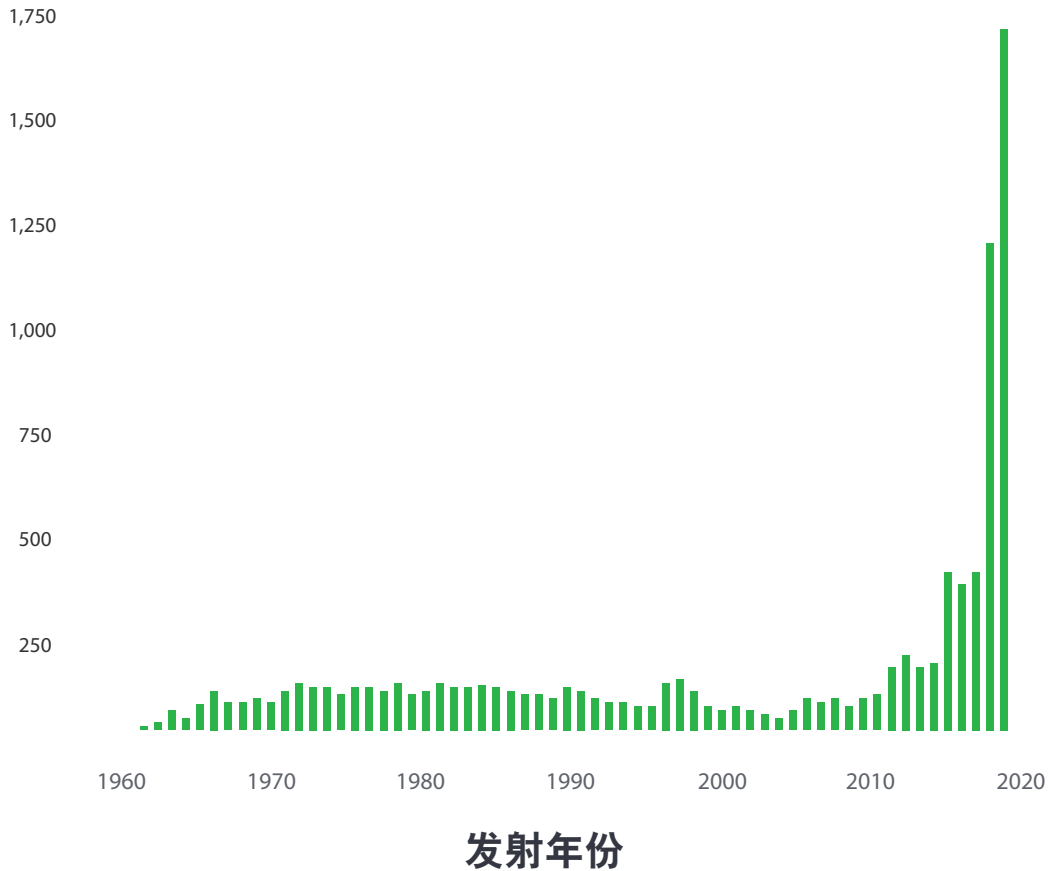
如今，政府通常会提供太空态势感知数据，但挑战依然存在。¹⁵无论是技术还是操作层面，大幅增加要追踪的卫星数量可能造成当前系统过载。自从低轨宽带星座热潮兴起，近乎碰撞（卫星在彼此相距1公里的范围内经过）的风险情况已大幅增加。¹⁶

这一挑战正推动新兴市场的形成与发展。其中最主要的是商业太空态势感知，尽管目前这一市场相对小众，但到2032年其市场规模有望增长至14亿美元。¹⁷太空态势感知提供商正着力整合地面与天基传感器以及强大的计算机模型，以追踪太空中的物体并预测其轨道路径。¹⁸完善的商业太空态势感知能力可为政府提供有力的数据支撑，共同绘制高度可信的太空运行图景。美国太空商务办公室 (Office of Space Commerce) 的资金扶持有助于这一市场的稳步发展，该办公室最早将于2024年接管民用太空交通管理职责。¹⁹

图 1

在商业卫星星座的推动下，低轨卫星发射数量大幅上升

■ 发射数量



资料来源：欧洲航天局，《2022年度太空环境报告》，2022年4月22日。

低轨卫星星座还将增强卫星在轨服务，并为清除太空碎片提供助力。清除太空碎片时，一颗专门的卫星会对接失效的卫星或物体，将其捕获并推入不同的轨道或大气层，随后安全地燃烧销毁。目前已多次完成太空碎片清除任务的概念验证，²⁰未来几年计划开展更多相关任务。²¹卫星在轨维修旨在延长卫星寿命：维修装置可为卫星补加燃料以延长其使用寿命，或在故障发生后更换个别部件，避免整颗卫星报废。交会与服务操作执行联盟 (CONFERS) 正致力为这一新兴行业制定标准。²²

中国低轨卫星通信市场呈快速发展趋势

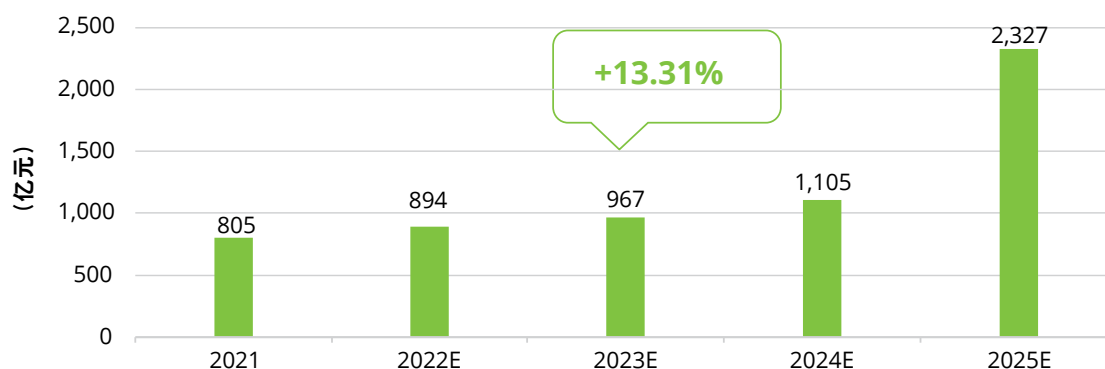
中国虽然在低轨卫星通信领域起步较晚，但随着卫星互联网被纳入我国新基建发展规划，将会进一步促使卫星通信市场发展提速。近年来，国防科工局、工信部等密集出台相关支持性政策文件，为卫星互联网行业发展提供政策支持，在短、中、长期时间内，积极部署卫星通信产业的发展，促进“天地通一体化”发展；同时，鼓励和引导民间资本进入卫星通信领域。

2022年，世界航天报告发射次数将超越历史纪录。美国准备发射145次；中国准备发射近50次，位居世界第二。但目前中国卫星发射主要围绕导航和遥感领域，通信卫星数量相对偏少。伴随高通量卫星带动宽带卫星通信业务蓬勃发展，中国低轨通信卫星行业有望进入快车道，卫星发射数量上升空间巨

大。预计我国2023年共计在轨低轨卫星规模超过800颗。长期考虑，参考StarLink等星座计划，随着产业链各环节技术成熟及成本下降，2027年我国低轨卫星网络总规模有望达到3950颗，预计卫星制造、发射和地面设备总投资达1690亿元，卫星运营市场空间可达7000亿元。

图 2

中国卫星通信市场规模预测



资料来源：中投产业研究院

小结

如果该行业延续当前的发展态势，低轨宽带卫星市场不仅会迎来增长，还将带动周边市场不断扩张，从而创造一个欣欣向荣的全新生态系统。为了确保这一生态系统的长续发展，所有相关方都应集中精力与资源，共同维护太空秩序。不确定性主要体现在：

- 在太空交通管理方面，全球合作的推进情况如何？参与者将在多大程度上建立并遵循“交通规则”？
- 可否广泛获取并运用优质的太空态势感知数据，以避免卫星运营商深陷碰撞风险？
- 在先进抗辐射芯片等因素的驱动下，²³如何有效运用不断优化的星载计算和处理能力，实时躲避太空碎片或其他卫星？
- 为避免陷入不可持续危机，近地轨道还能容纳多少太空碎片？如果情况变得更糟，市场将如何应对？

回到最初的问题，低轨卫星星座会掀起通信革命，还是带来太空垃圾？正如开篇所述，目前尚无定论。随着更多参与者入局、更多卫星升空，两种情况皆有可能——或许会同时存在。

尾注

1. David Jarvis, Mark Casey, and Craig Wigginton, *High-speed from low orbit: A broadband revolution or a bunch of space junk?*, Deloitte Insights, December 9, 2019.
2. Stephen Clark, "SpaceX deploys 53 more Starlink satellites on record-tying 31st launch of the year," *Spaceflight Now*, July 17, 2022; Michael Sheetz, "SpaceX's Starlink satellite internet surpasses 400,000 subscribers globally," *CNBC*, May 25, 2022.
3. Mihir Tripathy, "How is Starlink changing connectivity?," *Smithsonian Magazine*, September 13, 2022.
4. Micah Maidenberg and Alison Sider, "Delta Air Lines tested SpaceX's Starlink internet for planes, Delta CEO Says," *Wall Street Journal*, April 18, 2022; Michael Sheetz and Leslie Josephs, "SpaceX's Starlink to provide Wi-Fi on Hawaiian Airlines flights with free service for passengers," *CNBC*, April 25, 2022.
5. Micah Maidenberg and Drew FitzGerald, "SpaceX wins permission to connect planes, boats, and other vehicles to Starlink internet service," *Wall Street Journal*, June 30, 2022.
6. Jeff Foust, "Amazon signs multibillion-dollar Project Kuiper launch contracts," *Space News*, April 5, 2022.
7. Jason Rainbow, "Eutelsat and OneWeb agree multi-orbit merger plan," *Space News*, July 25, 2022.
8. Sara Reuberg, "Deal struck to create European satellite rival to Elon Musk's Starlink," *Wall Street Journal*, July 26, 2022.
9. 低轨道距离地球的高度为160至2,000千米，其轨道周期相对较短（约为90至120分钟），常用于远程遥感、载人航天与数据通信等。低轨卫星仅能在特定时间与地面小部分地区通信，因此需部署大量卫星方可实现全球化覆盖。地球同步轨道距离地球的高度为35,786千米。地球同步卫星的速度与地球自转的速度相同，因而与地面对应的点近乎同步。由于地球同步轨道拥有更广阔的视野，仅需部署少量卫星即可覆盖全球，因此分布着大量成像、通信和气象卫星。
10. Jason Rainbow, "Telesat to order 100 fewer satellites for LEO constellation," *Space News*, May 6, 2022.
11. Martyn Warwick, "New 243-strong satellite system will bring 4G and 5G to equatorial regions," *Telecom TV*, December 18, 2020.
12. Andrew Jones, "China launches test satellites for broadband constellation," *Space News*, March 7, 2022.
13. Space Debris Users Portal, *Environment report*, accessed October 26, 2022.
14. United Nations Office for Outer Space Affairs, "Space traffic management and small satellites: new topics to be included in United Nations international space law discussions," press release, April 25, 2015.
15. US Department of Commerce, "Department of Commerce and Department of Defense sign Memorandum of Agreement to advance coordination in space," press release, accessed October 26, 2022; National Space Council, *Recommendations on trust and interoperability in space situational awareness data*, accessed October 26, 2022.
16. Tereza Pultarova, "SpaceX Starlink satellites responsible for over half of close encounters in orbit, scientist says," *Space.com*, August 18, 2021; Ramish Zafar, "Starlink moved its satellites 1,700 times to evade Russian missile debris," *WCCF Tech*, July 16, 2022.
17. Jason Rainbow, "Getting SSA off the ground," *Space News*, June 17, 2022.

18. SCOUT Space, "A new vision for spaceflight," accessed October 26, 2022; Privateer, "Home," accessed October 26, 2022.
19. Sandra Erwin, "Office of Space Commerce to start developing architecture for traffic management," *Space News*, July 13, 2022.
20. *Astroscale*, "Astroscale's ELSA-d mission successfully completes complex rendezvous operation," press release, May 4, 2022; Jackie Wattles, "Satellite captures space junk for the first time," *CNN Business*, September 20, 2018.
21. Tereza Pultarova, "Commercial space clean-up service could be ready in 2024," *Space.com*, May 26, 2021; Sandra Erwin, "Space Force selects 125 industry proposals for on-orbit servicing technologies," *Space News*, May 2, 2022.
22. CONFERS, "Home," October 26, 2022; Mandy Mayfield, "Industry offering on-orbit satellite servicing," *National Defense*, January 29, 2021.
23. Duncan Stewart et al., *That's just rad! Radiation-hardened chips take space tech and nuclear energy to new heights*, Deloitte Insights, November 30, 2022.

关于作者

David Jarvis | davjarvis@deloitte.com

David Jarvis is a senior research manager with Deloitte's Center for Technology, Media & Telecommunications, Deloitte Services LP. He has more than 15 years of experience in the technology industry and is a passionate expert and educator focused on the future of our digital society.

Duncan Stewart | dunstewart@deloitte.ca

Duncan Stewart is the director of TMT Research for Deloitte Canada and is a globally recognized specialist on the forecasting of consumer and enterprise technology, media & telecommunications trends. He presents regularly at conferences and to companies on marketing, technology, consumer trends, and the longer-term TMT outlook.

Kevin Westcott | kewestcott@deloitte.com

Kevin Westcott, vice chairman, is the leader of Deloitte's US Technology, Media & Telecommunications (TMT) practice and the global Telecommunications, Media & Entertainment (TME) practice. His industry experience spans film, television, home entertainment, broadcasting, over-the top, publishing, licensing, and games.

Ariane Bucaille | abucaille@deloitte.fr

Ariane Bucaille is Deloitte's global TMT industry leader and also leads the TMT practice and the TMT Audit practice in France. She has more than 20 years of experience and is a chartered and certified public accountant.

致谢

The authors would like to thank **Adam Routh** and **Aijaz Hussain** for contributing with their insights and expertise to this chapter.