

深海“大动脉”：数据秒传全靠它

能绕地球35圈的海底光缆，到底是如何铺就的？

zhi liao

知了

“通过32纤对海缆，只要眨一下眼，就能完成3200部时长2小时的4K超清电影传输。”中国信通院最新报告显示，我国企业参与国际通信海缆建设取得新突破。

事实上，全球95%的数据正通过遍布深海的“信息血管”传输，它们的每一次搏动，都牵动着数字世界的神经。

主笔：于梅君

海底光缆的光纤束外面有层层保护。

奇迹

海底『超高速』通道再升级

“海内存知己，天涯若比邻”，如今通过网络，我们几乎能与地球上任何国家实时联系，就算视频通话也很方便。不过你知道吗？这些越洋数据流量的传输，很大程度上要利用海底光缆。

这些光缆铺设在海洋最底部，就像给花园浇水的橡胶软管一样，以光速在全球各大陆间传输着信号。

目前，全球海底光缆长度约为140万公里，相当于绕地球35圈，支撑起全球超过95%的国际通信数据高速传输。

那么，国际通信海缆到底是什么？中国信通院产业规划所总工程师牟春波介绍，它是一种敷设于海底、用于跨国通信与数据传输的光缆系统。

目前国际通信可通过海底光缆、陆地光缆、卫星通信等多种方式传送。

其中，通信海缆占主导地位，因为它容量大、时延低、建设相对便捷，是全球网络的主动脉、主骨架，而且海底光缆的传输速度非常快，每对光纤每秒可达16TB以上。

虽然海底光缆直径可达几厘米，但真正用于传输数据的内部光纤，却只有头发丝粗细。最近，我国在这样狭窄的通道中，率先开辟一条“32个双向车道”的信息超高速通道。

3月25日，中国信息通信研究院发布的《中国参与国际通信海缆建设和保护相关情况报告（2025年）》显示，当前我国通信海缆技术已取得重大突破，在行业中率先推出32纤对海缆解决方案及全系列产品。

从6纤对、12纤对到最新的32纤对海缆，相当于原本是6个双向车道的海底高速，现在直接升级为32个双向车道的“超高速”通道。在“车速”不变情况下，车道上能同时开动的车辆显著增多，这也使得传输容量大幅提升。

打个比方，我国最新推出的32纤对海底光缆，眨眼之间就能完成3200部时长2小时左右的4K超清电影传输，满足了日益增长的国际通信和跨境数据流动需求。

铺设

深海『耕田』与浅海『埋线』

不少人好奇，海底光缆是如何铺设的？其铺设难度不亚于航天任务，需应对深海高压、复杂地形和人类活动的威胁。

海底光缆的铺设，分为浅海区与深海区。在水深<200米的浅海区，一般采用“高压水枪犁地”技术。铺设船拖曳水下机器人，喷射高压水柱冲开泥沙形成沟槽，再将光缆埋入并覆沙土保护。

在水深>1000米的深海区，光缆一般直接敷设于海床表面。在深达7000米的区域铺设时，依靠全自动动力定位船和机器人实时调整路径，以避免海底火山与断裂带。

2023年，由我国自主设计建造的海缆施工船“启帆19号”下水。“启帆19号”船长108.6米，宽37.2米，排水量2.4万吨，电缆装载量1万吨，是我国排水量、海缆装载量最大的海缆作业船。

进行水下作业时，“启帆19号”采用我国自主研发的拖曳式水喷埋设犁，通过水泵喷出的高压水流，在海床上犁出一条4.5米深的沟壑，从而保护海底电缆免遭船锚或海洋生物的破坏。“启帆19号”可抵御9级海风，具有全球最强的定位作业能力。

而全球最大、国内首艘万吨级远洋通信海缆铺设船“龙吟9”号，全长155米，宽23.2米，载缆量1万吨，能够一次性完成从中国跨越太平洋的海底光缆铺设。

目前全球已知的海缆系统超过600个，其中包括中国移动联合8家国际运营商共同发起的2Africa海缆项目。这条全长约4.5万公里的海缆，连接非洲、亚洲与欧洲，是迄今全球最大规模的跨洋海缆，是名副其实的“超级信息高速公路”，惠及沿线33个国家约30亿人口。

今年2月，美国Meta公司还宣布一项雄心勃勃的计划，在全球范围内铺设一条长达5万公里的海缆，建成后将成为世界最长海缆，从而推动全球AI创新。

威胁

脆弱的海底光缆故障频发

海缆对全球通信至关重要，但每年约有200起海底光缆损坏事件，差不多每两天就有一起。这些事故不仅影响跨国通信，更对各国数字经济造成直接冲击。

海缆之所以事故频发，首先源于海上的不可抗力。许多海底电缆会穿越地质复杂的海域，海底地震、火山等破坏力惊人，很容易造成海缆中断。

比如2011年，受日本地震影响，多条途经相关海域的海底光缆出现故障，其后许多中国用户发现无法登录美国网站。

2022年，汤加海底火山喷发，导致该国唯一一条海底通信光缆断裂，与世界“断网”38天。

除了不可抗力，有近80%的海缆事故由人类活动引发。

我国周边海域水深普遍小于200米，但是大中型商船使用锚链长度一般超过200米，在恶劣海况下锚链滑脱，很容易对海缆造成破坏。此外，渔民张网捕鱼，也容易钩住海缆。

对此，我国在海缆设计和施工时，也会采取不同的保护措施。

根据敷设环境，选择双层铠装、单层铠装，提供不同的防护能力；在海缆施工中，对水浅区域会进行挖沟埋设，例如水深小于200米的海域，海缆埋深会达到2—3米。

在日常运行中，我国也增添了许多预警手段，谨防人类活动对通信海缆造成损坏。现在，不仅有智能监测系统，我国还构建完善了相关法律法规，确保国际海缆的安全。

2024年1月，上海海警局发现一艘外籍船舶在海底光缆保护区抛锚，距国际光缆TPES4段仅有100米。执法人员紧急要求该船弃锚驶离，避免了一场可能影响多国通信的事件。

修复

大海捞针的『外科手术』

海底光缆一旦出现故障怎么办？与铺设光缆相比，修复光缆的难度有增无减，因为从深达几百米甚至几千米的海床上，找到直径不到10厘米的问题光缆，就如同大海捞针，而修复后再续接的难度也非常大。

因此，当光缆断裂时，修复团队需要像“海底侦探”一样精准作业。

首先是定位“病灶”，通过光信号反射，确定断点大致位置，误差需控制在几公里内。

接着派机器人打捞，遥控潜水器（ROV）切断受损光缆，绑上浮标后拖回海面船上。然后是人工接续，工程师在甲板上将新旧光缆熔接，需保证每根光纤的精度达微米级。

修复后的光缆，再由机器人用高压水枪冲埋回海床。一次深海修复耗时数周，成本超百万美元。比如，2006年台湾地震导致多条海缆中断，工程师通过光缆两端发射信号，结合机器人声呐扫描，耗时两周才在800米深海域定位破损点，从而进行修复。

《联合国海洋法公约》规定，各国需在专属经济区内划定电缆保护区，禁止锚泊与捕捞。

中国电信在东海铺设的智能监测系统，可实时感知电缆振动、温度与应力变化。2025年3月，该系统成功预警某海缆因锚拖导致的0.3毫米形变，避免了重大事故。

国际海缆保护委员会还建立起24小时应急机制。2009年台风“莫拉克”导致9条海缆中断，国际海缆保护委员会立即协调12国资源，48小时内恢复北美方向70%的通信。

量子通信

让黑客望洋兴叹

1851年，第一条海底电缆穿过英吉利海峡，链接了英国与法国的电报网络，有线电报网络由此逐步链接全球。

20世纪初，英国率先建成链接英联邦各国、环绕世界的电缆网络。随着电话和电视的大规模普及，海底通信电缆也在不断升级。

上世纪八九十年代光纤技术的发展，促成海底光缆的广泛应用，传输的信息量也越来越大。

目前，全球约有400至600条光纤电缆在海底纵横交错，如果没有这些光缆作为数据高速公路，现代社会早已习惯的5G网络、云计算、视频流、金融交易等都不可能实现。

不过，据我国网络安全机构去年发布的专题报告，海底光缆也存在被大规模窃听的风险。

2017年，上海交通大学金贤敏团队成功实现首个海水量子通信实验，在国际上首次验证了水下量子通信的可行性，为量子通信技术上天、入地、下海的未来图景添上浓墨重彩的一笔。

海水量子通信的最新技术，朝着在全球海洋中，使用激光发送无法破解的互联网数据迈出了重要第一步。

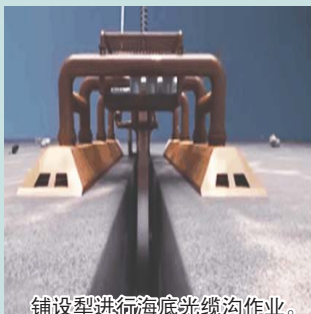
也许，在不久的将来，可实用的水下、空海一体的量子通信时代就会到来，让黑客们无计可施。



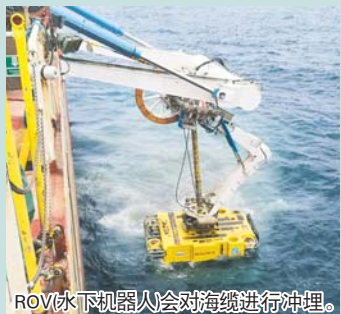
我国新型海缆施工船“启帆19号”



海缆施工船船尾的铺设犁准备下水。



铺设犁进行海底光缆沟作业。



ROV水下机器人会对海缆进行冲埋。



损坏的光缆被拖上船修复。