

# 全球海底光缆产业发展 研究报告

(2023 年)

中国信息通信研究院产业与规划研究所

2023年7月

---

## 版权声明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

## 前 言

海底光缆是支撑各国之间交流沟通和贸易往来的重要通信基础设施，是数字经济时代各个国家参与全球经济社会活动的基石、底座和载体，承载了全球约 99% 的洲际通信数据流量，是国际通信的主动脉，是扩展数字经济、数字文化、公共产品影响力的基础条件。

伴随着新一轮科技革命和产业变革持续推进，数字经济蓬勃发展，数字化进程快速推进，数字化应用推动数据中心需求上升，数据中心建设热潮持续，全球海底光缆建设规模高速增长。同时海洋油气资源开发、海底观测网络建设等为海底光缆开辟新的应用场景。海底光缆技术取得长足进步，多纤对光缆、超高速单波速率、超高电压远端供电等技术开始推广应用，Open Cable 建设模式被普遍接受，SMART Cable 技术和应用开始探索。互联网巨头引发全球海底光缆发展格局调整，多元主体参与催生多种建设模式，海底光缆工程总承包、设备制造、勘测、施工和维护等产业各环节快速发展。为更好融入全球数字经济发展浪潮，共享全球数字经济发展机遇，相关国家纷纷优化政策环境，加快海底光缆等国际通信设施建设，助推海底光缆产业发展。

未来，全球经济波动、海缆技术不断升级以及跨境数据流通规则变化等因素不会影响全球海底光缆建设进程，全球数字化发展持续推进，区域内和区域间的互联互通需求不断增强，海底光缆产业将继续保持快速发展。

# 目 录

一、 全球海底光缆产业蓬勃发展.....	1
(一) 全球海缆布局稳中有变.....	1
(二) 海缆技术取得长足进步.....	8
(三) 海缆建设运营模式日益丰富.....	11
(四) 全球海缆产业集中度高.....	13
二、 海底光缆发展前景广阔.....	17
(一) 数字化发展驱动国际带宽快速增长.....	17
(二) 典型行业促进海缆新兴市场发展.....	23
(三) 海缆代际交替带来建设热潮.....	25
(四) 各国优化政策推动海缆建设.....	26
(五) 海缆总体建设规模稳步增长.....	27
三、 全球海缆产业发展愿景.....	27
(一) 营造开放包容产业发展环境.....	27
(二) 构建安全弹性全球海缆网络.....	28
(三) 完善国际海缆保护规则举措.....	28
(四) 积极推动海缆技术发展演进.....	29

## 图 目 录

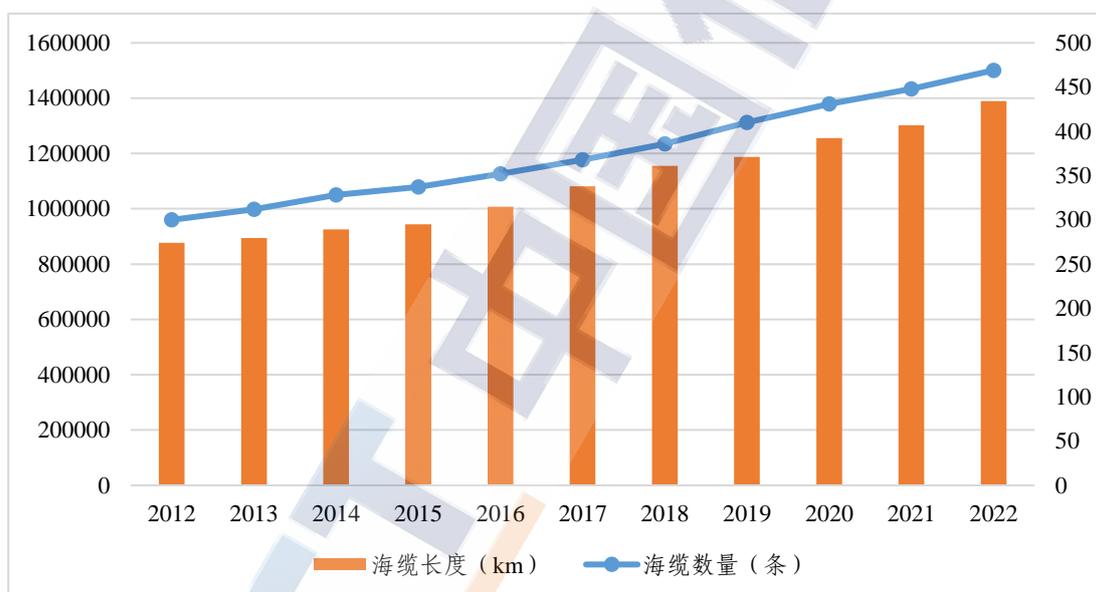
图 1 2012-2022 年全球投产海缆数量和长度 .....	1
图 2 2022 年各区域总国际带宽及各区域间国际带宽示意图 (Tbps) .....	2
图 3 2022 年主要方向上各类用户国际带宽占比 .....	4
图 4 2018-2022 年各区域间交付海缆数量和长度 .....	7
图 5 2018-2022 年全球主要海缆方向点亮容量占比 .....	8
图 6 2018-2022 年各海缆集成商市场份额 .....	14
图 7 全球主要厂商拥有的海缆船数量 .....	16
图 8 2018-2022 年各厂商勘测海缆项目数量占比 .....	17
图 9 2018-2028 年 5G 用户数和 5G 用户普及率 .....	19
图 10 全球各区域互联网数据中心数量 (个) .....	21
图 11 2015-2030 年全球国际使用带宽和增长率 .....	22
图 12 全球主要区域 2023-2030 年新增使用带宽预测 .....	22
图 13 油气平台海底光缆传输示意图 .....	24

## 表 目 录

表 1 2022 年各区域移动用户 5G/4G/3G/2G 用户渗透率 .....	18
表 2 全球主要的海上油气平台情况 (截止 2022 年 4 月) .....	23
表 3 2024-2033 年达到退役年限的海底光缆情况 .....	25

## 一、全球海底光缆产业蓬勃发展

随着国际互联带宽需求剧增，全球海缆进入新旧更替阶段，近年来海缆投资建设进入新一轮高潮。根据 TeleGeography 数据，截至 2022 年底，全球已投产海缆条数达 469 条，总长度超过 139 万公里；根据已公布的计划，2023-2026 年，还将投产 80 条海缆，总长度约 39 万公里。据 Submarine Telecoms Forum 统计，2012-2020 年，海缆系统的总投资为 167 亿美元，受大型互联网企业投资的影响，近一半(47%)投资集中在 2016-2018 年。



来源：根据 TeleGeography 数据绘制

图 1 2012-2022 年全球投产海缆数量和长度

### （一）全球海缆布局稳中有变

互联网信息流量流向和数据中心分布主导全球海缆布局变化，各区域内部海缆连通性不断增强，欧洲-美国和加拿大、亚洲-美国和加拿大、拉美-美国和加拿大、亚洲-欧洲等传统大带宽需求方向海缆建

设持续加强，新海缆路由的出现使海缆网络架构逐步完善。全球主要方向海缆使用容量持续增高，海缆升级和建设需求强劲。

### 1. 国际互联格局正在发生变化

根据 TeleGeography 数据，2022 年全球国际带宽使用量已经达到 3811Tbps，2015-2022 年复合增长率（CAGR）为 44%。国际带宽使用量最高的方向依次是欧洲内部、欧洲-美国和加拿大、亚洲内部、亚洲-美国和加拿大、拉美-美国和加拿大。CAGR 最高的方向依次是亚洲-大洋洲（57%）、非洲内部（56%）、亚洲内部（53%）、非洲-中东（51%）、亚洲-欧洲（50%）、非洲-欧洲（50%）。



来源：根据 TeleGeography 数据绘制

注：圆圈中数值表示各区域（包含区域内部和区域间）总国际带宽使用量（Tbps），区域间弧线表示区域间国际带宽使用量。

图 2 2022 年各区域总国际带宽及各区域间国际带宽示意图（Tbps）

美国仍是世界流量中心，但核心地位有所减弱。欧洲-美国、亚洲-美国、拉美-美国是国际带宽最大的三个方向，中东、非洲经欧洲转接美国。随着各区域国际带宽方向日益多元化，亚洲、大洋洲、拉美

连接美国的带宽在其总国际带宽中的占比均有所下降，亚洲到美国的国际带宽占亚洲总国际带宽的份额从 2015 年的 46% 下降到 2022 年的 34%，同期大洋洲从 75% 下降到 53%，拉美从 87% 下降到 82%。

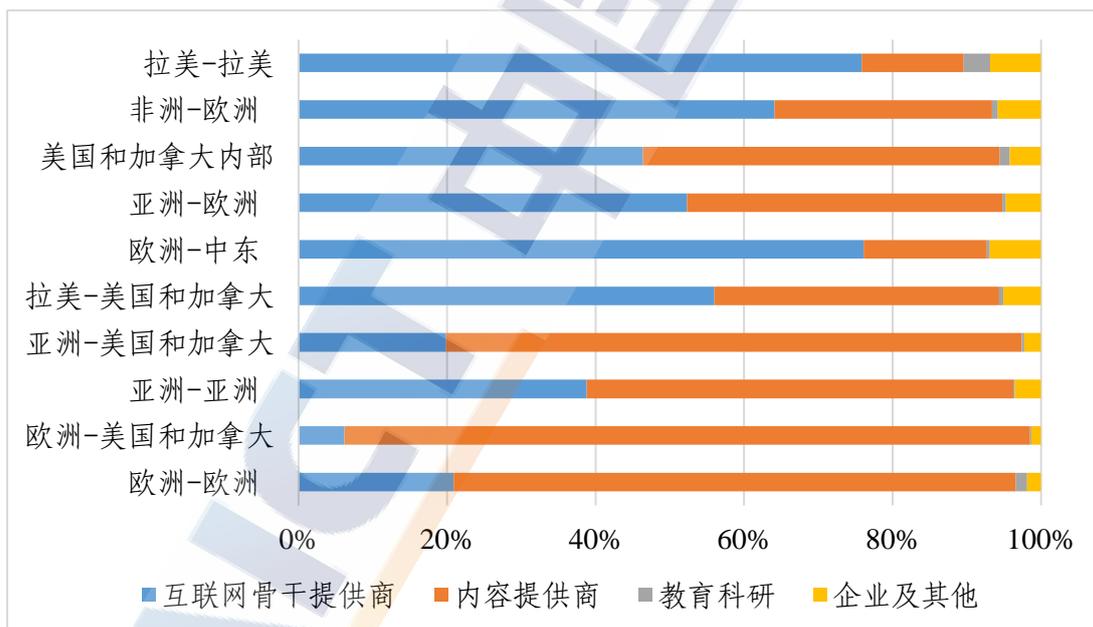
欧洲是国际带宽使用量最大的区域，也是中东、非洲最重要的网络路由方向。由于欧洲内部国家众多、互联需求大，欧洲 74% 的国际带宽产生在本区域内部，并且很大一部分由陆地光缆承载。欧洲仍是中东和非洲连接全球互联网的重要转接地，中东、非洲连接欧洲的带宽在这两个区域总国际带宽中的占比分别达到 84%、83%。

亚洲内部国际带宽增长迅速。2022 年亚洲内部国际带宽使用量达到 387Tbps，2015-2022 年亚洲内部国际带宽占亚洲总国际带宽的份额从 42% 上升至 52%，同期亚洲到美国和加拿大区域的国际带宽占比显著下降，亚洲到其他区域的国际带宽占比基本保持稳定。新加坡、日本、中国香港仍是亚洲最大的国际带宽枢纽，韩国、印尼、马来西亚、菲律宾等国带宽高速增长，逐步成为新的枢纽。

拉美、中东、非洲、大洋洲国际带宽体量相对较小，数据流向相对单一，主要连接美国和加拿大区域、欧洲，但近年来这些区域内部的国际带宽逐步增长，并开始发展更加多元的路由方向。拉美国际带宽几乎全部由拉美-美国和加拿大、拉美内部两个方向国际带宽组成，后者占比近年来逐步提升，2022 年达到 18%。中东的主要网络路由方向是欧洲，中东内部、中东-亚洲的国际带宽占比缓慢增长，2022 年在该区域总带宽中的占比分别为 7.4%、7.3%。非洲北部的国际互联网连接几乎全部通过欧洲转接；撒哈拉以南的非洲得益于跨多国陆地

光缆建设和内容本地化，对欧洲转接的依赖度则不断下降，内部国际带宽增长迅速。在大洋洲的主要带宽方向中，大洋洲-美国和加拿大带宽占比逐步降低，大洋洲-亚洲、大洋洲内部带宽占比逐步提高，2022 年分别达到 31%、16%。

**内容提供商带宽使用量高速增长。**从国际带宽用户来看，2015-2022 年，在数据中心间互联访问、内容分发和云服务带动下，内容提供商的带宽使用量增速（CAGR 为 60%）远超国际带宽使用量平均增速（CAGR 为 44%）。2022 年，在欧洲-美国和加拿大、亚洲-美国和加拿大方向，以及欧洲、亚洲、美国和加拿大区域内部，内容提供商已超过互联网骨干提供商，成为最大的国际带宽用户。



来源：根据 TeleGeography 数据绘制

图 3 2022 年主要方向上各类用户国际带宽占比

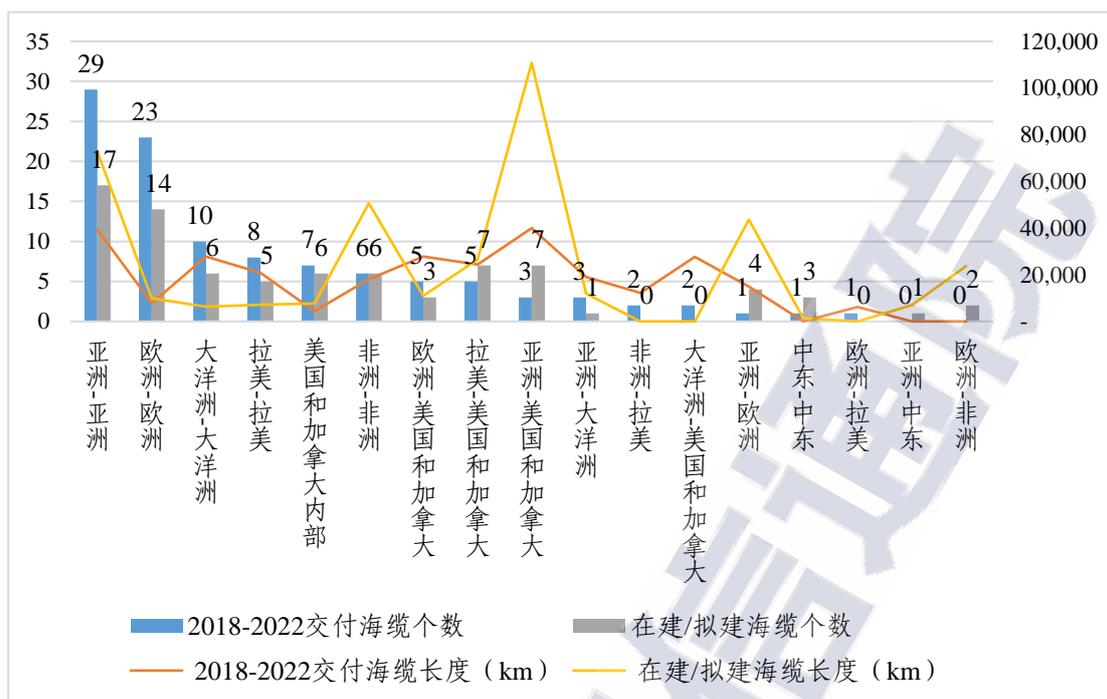
## 2.海缆路由多元化趋势加强

随着区域经济一体化发展，各区域对内部连通性的需求加强，区

域内部海缆建设活跃。2018-2022 年，全球共交付 106 条海缆，各区域内部交付海缆数量远超过区域间交付海缆数量。一是亚洲国家间互联互通水平大幅提升，亚洲内部新增 29 条、在建/拟建 17 条海缆，主要包括中、日、印与东南亚国家间海缆，东南亚国家之间海缆，以及印尼、菲律宾等国内海缆，例如连接中、日、新的 ADC、SJC2 海缆，连接印度和新加坡的 IAX、MIST 海缆，菲律宾国内的 CDSCN 海缆。二是欧洲通过海缆强化国家间连通性，欧洲内部新增 23 条、在建/拟建 14 条海缆，主要包括连接英国、冰岛等岛屿国家与欧洲大陆国家间海缆，欧洲国家之间海缆，以及英国、西班牙等国内海缆，海缆长度均较短，例如连接英国和挪威的 NO-UK 海缆，连接英国和法国的 CrossChannel Fibre 海缆，连接希腊和意大利的 Lonian 海缆。三是非洲国家间和次区域间连通性得到快速提升，非洲内部新增 6 条、在建/拟建 6 条海缆，进一步加强东非、西非、东南部非洲等次区域内部连通性，例如连接南非和印度洋岛国的 METISS 海缆，连接西非多国的 Maroc Telecom West Africa 海缆等。四是毗邻海洋国家或区域持续加强海缆连接，大洋洲、拉美、美国和加拿大区域内部分别新增 10、8、7 条海缆，在建/拟建 6、5、6 条海缆，既包括部分国家国内海缆，也包括区域内各国间海缆，例如加拿大北极东部的 EAUFON 海缆，连接拉美四国的 SPSC/Mistral 海缆，连接澳大利亚、巴布亚新几内亚和所罗门群岛的 Coral Sea Cable System（CS<sup>2</sup>）海缆。

欧洲-美国和加拿大、亚洲-美国和加拿大、拉美-美国和加拿大、亚洲-欧洲等传统热点方向海缆建设持续稳步开展，大洋洲-亚洲、大

洋洲-美国和加拿大方向海缆建设活跃，新建海缆容量普遍较大，支撑区域间带宽高速增长。2018-2022 年，欧洲-美国和加拿大方向新增 5 条、在建/拟建 3 条海缆，包括谷歌建设的 Dunant 海缆和 Meta、微软建设的 Amitie 海缆，容量分别达到 250Tbp、360Tbps。亚洲-美国和加拿大方向新增 3 条、在建/拟建 7 条海缆，包括谷歌、Meta 建设的 PLCN 海缆，日本私营海缆运营商 Seren Juno 建设的 JUNO 海缆，容量分别达到 144Tbps、350Tbps。拉美-美国和加拿大方向新增 5 条、在建/拟建 7 条海缆，包括 Curie、Gold Data-1 等海缆。亚洲-欧洲新增 1 条、在建/拟建 4 条海缆，例如连接巴基斯坦、东非和欧洲的 PEACE 海缆，连接新加坡和法国的 SMW6 海缆，连接印度和意大利的 IEX 海缆。亚洲-大洋洲新增 3 条、在建/拟建 1 条海缆，例如连接澳大利亚和新加坡的 DJSC、INDIGO-West 海缆。大洋洲-美国和加拿大新增 2 条海缆，例如连接澳大利亚和美国的 Southern Cross NEXT、Hawaiki 海缆。



来源：TeleGeography、中国信息通信研究院

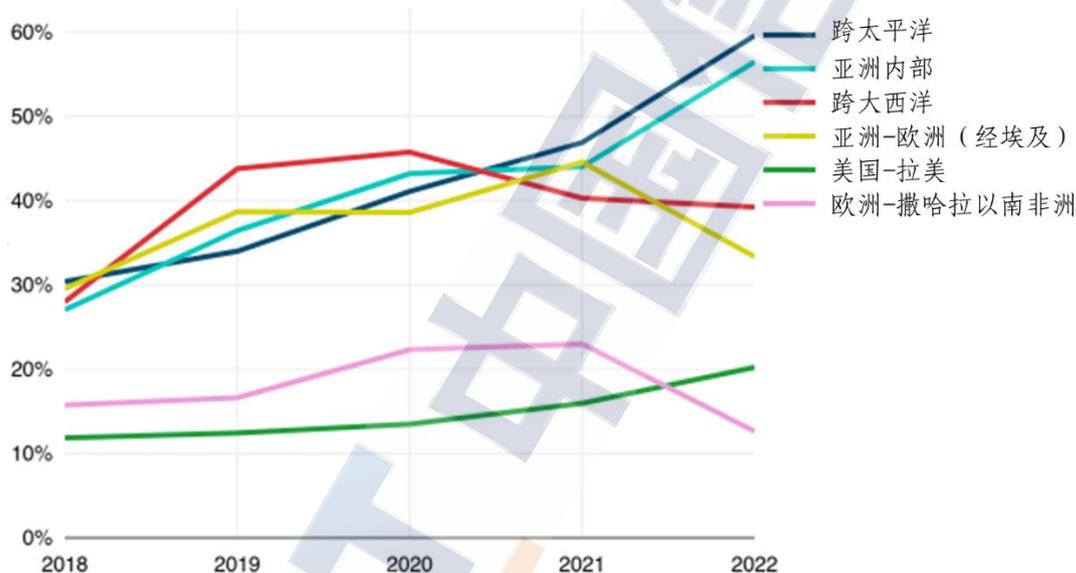
图 4 2018-2022 年各区域间交付海缆数量和长度

新的海缆路由持续出现，海缆网络架构逐步完善。非洲-拉美方向新增 SAIL 和 SACS 海缆，完善了南大西洋区域海缆网络。欧洲-拉美新建直达海缆 EllaLink，以满足两个大洲之间日益增长的数据传输需求。OAC 海缆避开巽他海峡和马六甲海峡，直连阿曼和澳大利亚，缩短了澳大利亚到欧洲、中东、非洲的时延。Blue-Raman、TEAS 等海缆系统正在探索欧洲连接中东和亚洲的新路由，Echo、Apricot、Bifrost 等海缆开辟新加坡等东南亚国家到美国和日本的新路由。远北光纤公司（FNF）正在探索推进日本经北极航道连接欧洲的路由，缩短亚欧之间的海缆距离，降低网络时延。

### 3. 主要方向海缆容量供不应求

海缆系统在使用过程中会预留一定容量，以满足备份和突发情况

下紧急扩容需求，点亮容量<sup>1</sup>通常占设计容量<sup>2</sup>的 15%-30%，超过 30% 说明海缆利用率较高，可考虑新建海缆。近年来，全球主要方向海缆点亮容量持续增长，跨太平洋、亚洲内部、跨大西洋、亚洲-欧洲（经由埃及）等方向点亮容量占比均已超过 30%。其中，跨太平洋和亚洲内部的点亮容量占比均已超过 55%，预计 2025 年，跨太平洋、亚洲内部方向海缆点亮容量增速将超过设计容量增速，海缆容量供不应求，需要加快升级和建设更多的海缆系统。



来源：TeleGeography

注：亚洲内部容量仅包括在中国香港和日本登陆的海缆。跨太平洋方向指北太平洋。跨大西洋方向指北大西洋。

图 5 2018-2022 年全球主要海缆方向点亮容量占比

## （二）海缆技术取得长足进步

近年来，空分复用（SDM）技术、水下设备技术、远端供电设备

<sup>1</sup> 点亮容量指一条海缆目前实际的承载流量。

<sup>2</sup> 设计容量指基于当前技术和配置能达到的最大容量。

（PFE）技术、开放式海缆（Open Cable）等取得新突破，带动海缆系统向系统容量更大、传输距离更远、单比特成本更低、网络架构更智能方向发展。

### 1.海缆系统容量大幅提升

**空分复用技术提升系统容量。**目前 SDM 已成为增加海缆系统容量的主流技术，主要包括多纤对、多芯光纤等发展方向。多纤对技术因其相对成熟的平台、容量提升效果明显受到行业青睐，并逐渐在项目中得到应用。根据 TeleGeography 统计，近期宣布的中继海缆系统中，超过 65%的海缆设计纤对数超过 12 纤对。2021 年 9 月，华海通信交付的海南香港海缆快线（H2HE）是全球首个 16 纤对中继海缆系统。2023 年 5 月，Meta 规划建设一条连接西班牙与美国西海岸的 Anjana 海缆，是首个采用 24 对光纤 SDM 技术的中继海缆，容量高达 480Tbps。未来海缆系统还将朝着 32 纤对甚至更多纤对的方向发展。

**单波长速率持续提高。**提高单波长速率是提升海缆系统容量的一种重要方式。随着海缆线路终端设备（SLTE）技术的不断发展，目前主流海缆系统单波速率在 200Gbps 以上，单纤对容量能够达到 25.6Tbps（128\*200Gbps）。未来几年单波速率会从 400Gbps、600Gbps 逐步发展到 800Gbps 甚至更高速率。2021 年 11 月，华海通信承建的菲律宾 CDSCN 海缆完成海上施工，可支持高达 400Gbps 和 800Gbps 的单波传输速率。2022 年 2 月，Ciena 在 NO-UK 海缆上实现了单波长 800Gbps 速率，单纤对容量达到 35Tbps。

## 2. 海缆设备性能不断突破

**多纤对水下中继器取得突破。**多纤对水下中继器是多纤对海缆系统中最关键的环节之一，涉及大数光纤的馈通技术、高效泵浦驱动技术、超高工作电压、超大浪涌防护技术、多纤对泵浦共享技术等关键技术。多纤对水下中继器不断取得技术突破，NEC 已完成 24 芯对水下中继器认证，华海通信发布全球首个 32 纤对海底通信中继器，海缆行业进入超大容量系统传输时代。

**供电设备向更高电压发展。**近年来长距离超大纤芯对海缆开始规模部署，光纤纤芯的增多带来光器件的增加，对整个海缆系统的供电能力提出更高要求。目前传统的 PFE 多为 15kV，中国厂家率先提出并推广 18kV 海缆供电标准，已被国际海缆行业普遍认可并积极跟进。未来随着千万亿比特（Petabit）甚至 2 Petabit 海缆的成熟，PFE 还将向 21kV、24kV 甚至更高规格发展，为多纤对系统提供保障。

## 3. 海缆系统组网更加灵活

**水下分支单元智能调度能力更强。**业务调度高灵活性、高可靠性是海缆系统网络发展的一个重要方向。目前业界主流的光切换海底线路分支器（FSBU）可提供 1x1、1x2 和 2x2 等多维度光切换配置，能够实现光纤级别的业务灵活调度，配合海底线路动态光分插复用器（ROADM）使用，可以实现频谱级别的业务灵活调度，同时光切换可实现 FSBU 的光信号无损容灾，极大增强系统的灵活性和可靠性。近年来 FSBU 已成为复杂海缆系统网络的重要设备，已广泛部署于全球多个海缆系统。目前主要厂商可提供 24 光纤对 FSBU，最高支持 8

光纤对多维光切换。华海通信已发布 32 光纤对 FSBU，能够支持 16 光纤对多维光切换。

**Open Cable 提供更灵活的组网选择。**近年来，有中继海缆系统的 SLTE 与水下设备解耦已成为行业的发展趋势。Open Cable 是一种新型解耦型组网架构，将 SLTE 与水下设备分离，可实现不同类型的 SLTE 共享同一光纤通道，也可针对各种颗粒大小的业务实现差异化服务，进一步降低业务成本。Open Cable 系统的出现提升了海缆系统的整体竞争力，给海缆客户带来了更多灵活性，同时也促进了波长销售和波长共享模式的出现。目前 Open Cable 建设模式在 PEACE、EllaLink 等海缆已经开始使用，但其技术标准尚在形成过程中，还面临着如何消除波长间干扰和功率控制等问题。

### （三）海缆建设运营模式日益丰富

当前，私营海缆投资建设占比不断提升，大型互联网企业已成为新建海缆的主要驱动力量，SDM、Open Cable 等技术使海缆建设运营更加灵活。

#### 1. 私营海缆投资建设活跃

目前，海缆投资建设主要采用俱乐部和私营海缆两种模式。传统俱乐部模式由经营国际通信的运营者共同出资，按比例承担海缆系统的建设和维护费用，并按投资比例分配权益。俱乐部模式在传统长距离海缆中占比较高，当前在建的 SMW6、2Africa 海缆都采用这种模式。私营海缆模式以单个运营商为主，或由国际财团、金融机构、海缆系统供应商等建立一个控股公司，来融资建设运营海缆系统。近年

来，私营海缆运营商积极参与跨大西洋、跨太平洋、东南亚-欧洲等热点路由的海缆建设，日本运营商 NTT 投资成立的海缆专业子公司 OLL 发起建设连接新加坡和印度的 MIST 海缆，爱尔兰运营商 Aqua Comms 计划建设连接欧洲、中东以及印度的 EMIC-1 海缆。据不完全统计，私营海缆模式在海缆项目中占比逐步提升，2022 年底占比已达到 57%。

## 2. 互联网企业主导全球海缆建设

谷歌、Meta、微软、亚马逊等互联网巨头为了提供更加快捷的服务和降低租用国际海缆带宽成本，大量合作建设或独自投资建设海缆系统，已成为近十年来全球海缆建设的主导力量。一是广泛参与全球海缆建设。目前，互联网企业拥有或参建的海缆系统数量已经超过 32 条（谷歌 21 条、Meta 15 条、微软 6 条、亚马逊 5 条）。根据 SubTel Forum 数据，在 2022-2024 年投产的海缆中，大型互联网企业在跨大西洋海缆投资中占比为 89%，在跨太平洋海缆和拉美海缆投资中占比均超过 60%。二是探索新的海缆路由，增强海缆网络弹性。谷歌牵头推进 Blue-Raman 系统，穿越以色列，避开拥挤的埃及路由，开辟亚欧海缆新通道；谷歌、Meta 等牵头开辟新加坡连接日本、美国的新路由，推进 Apricot、Bifrost、Echo 等海缆建设。三是率先采用最新海缆技术，引领海缆发展方向。Meta、谷歌等企业新建海缆系统优先选择 16 对纤芯、24 对纤芯等超大容量系统，谷歌探索利用 Curie 等海缆开展海底地震活动等研究。

## 3. 国际组织积极支持全球海缆建设

欧盟、世界银行、亚洲开发银行、欧洲投资银行等国际组织和金融机构通过投资、援助资金等方式，积极推进国家间的网络互联互通。欧盟提供 7200 亿欧元复苏和恢复基金（RRF），为连接欧盟国家的海缆项目提供支持。欧盟通过全球门户计划支持 Medusa 光缆项目，加强阿尔及利亚、埃及、摩洛哥和突尼斯等北非国家与欧盟的联系；计划支持建设穿越黑海的海缆，加强格鲁吉亚与欧盟的连接。世界银行资助圣多美和普林西比开展“数字群岛”计划，将圣多美岛的现有海缆延伸至普林西比岛，提升该国数字化发展水平。

#### 4.海缆技术引发运营模式变革

SDM 和 Open Cable 技术增强海缆运营灵活性，能够为海缆用户提供更多的服务产品选择方案。SDM 技术的广泛采用，大幅降低单比特成本，根据 Meta 测算，一个 24 纤对的 SDM 系统对比 2016 年的一个 8 纤对的海缆系统，单比特成本下降了 80%。海缆用户可以在同等价格条件下，从购置容量转为购置波长或光纤对，能够自主分配和使用光纤，获得更大的容量和更高的灵活性。Open Cable 模式能够实现干、湿系统分离，海缆用户可以自主选择和使用线路终端设备。例如，PEACE 海缆项目采用 Open Cable 模式，除了传统的大颗粒的光纤级别销售和小颗粒的容量销售模式外，还可以进行波长级别的销售，将一根光纤上不同的波长销售给不同的终端买家。

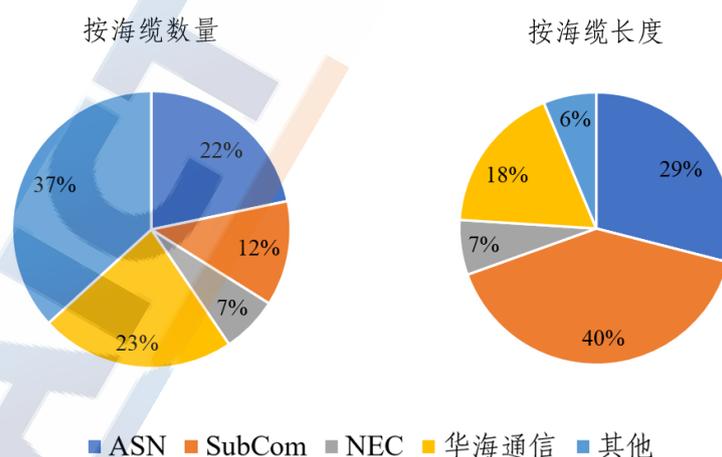
#### （四）全球海缆产业集中度高

海缆产业链主要包括工程总承包、海缆制造、勘测、施工和维护等环节，技术门槛高、建设难度大，美国、法国、日本和中国等少数

国家具备完整的产业链。

## 1.海缆集成市场由四大巨头主导

海缆集成商是海缆整体解决方案的主要提供者，具有全球跨洲际交付能力的海缆集成商只有 4 家，即美国 SubCom、法国 ASN、日本 NEC 及中国华海通信。SubCom、ASN、NEC 进入行业时间较早，具有先发优势。SubCom 交付 200 多个海缆项目，总长度约 84 万公里；ASN 交付 220 多个海缆项目，总长度约 60 万公里；NEC 也在全球部署超过 30 万公里的海缆。华海通信 2008 年成立，市场份额逐步扩大，迄今已承建 134 个海缆项目，签约交付 9.4 万公里海缆。在 2018-2022 年全球交付的 106 个海缆系统中，按交付海缆数量看，ASN、SubCom、NEC 和华海通信占比分别为 22%、12%、7%和 23%；按交付海缆长度看，ASN、SubCom、NEC 和华海通信占比分别为 29%、40%、7%和 18%。



来源：TeleGeography、中国信息通信研究院整理

图 6 2018-2022 年各海缆集成商市场份额

## 2.海缆制造技术集中在头部企业

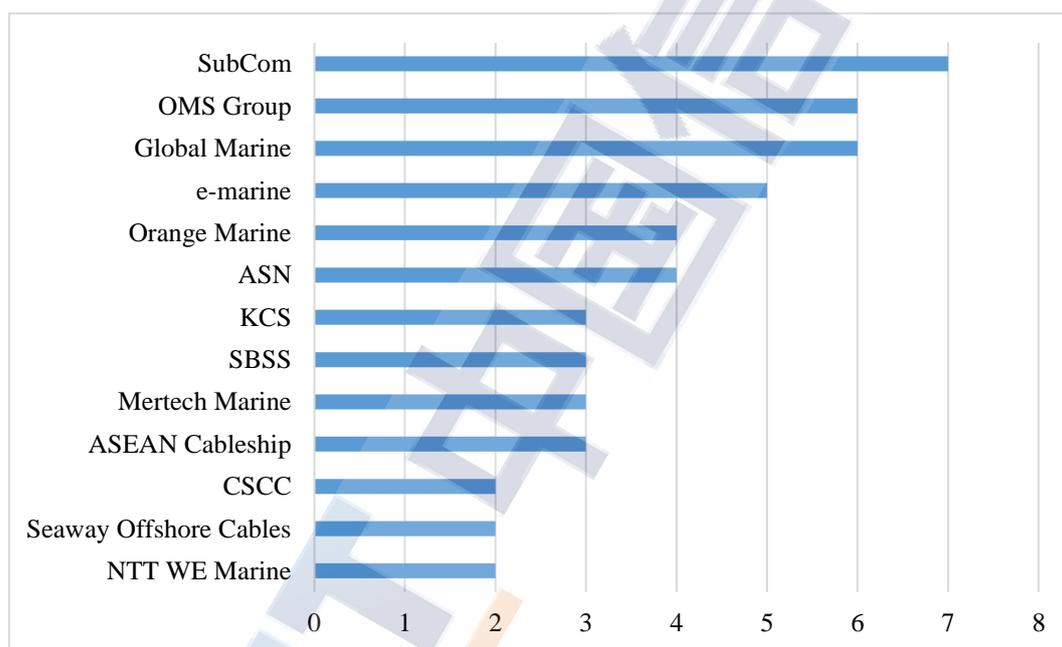
海缆系统由陆地设备和水下设备两部分组成，水下设备主要包括光缆、光放大器/中继器和水下分支单元，陆地设备主要包括光缆终端设备、远供电源设备、线路监测设备、网络管理设备和接地装置等。海缆的制造企业数量较多。目前全球主要海缆制造企业有法国/挪威 Nexans、意大利 Prysmian、日本 NEC、法国 ASN、亨通海洋、烽火通信、中天科技等。全球各厂商的海缆要进入国际市场，必须通过通用接头联盟(UJC)<sup>3</sup>的认证，以确保各厂商设备达到统一的性能标准，实现相互修复和连接。中国亨通海洋、中天科技和烽火通信的海缆均已获得 UJ 认证，进入国际市场，在 PEACE、巴西亚马孙河流域水下光缆（PAIS Infovia 01）、马来西亚纳闽岛-沙巴海缆等项目中应用。海缆设备制造企业较为集中。水下中继器、分支器等设备技术门槛较高，只有日本 NEC、美国 SubCom 和 Xtera、法国 ASN，以及中国的华海通信和烽火通信等少数企业具备有中继海缆系统设备生产能力。

### 3.海缆施工和维护力量相对分散

海底光缆的铺设和维修需要有专门的海缆施工船只，配备布缆机、水下机器人和埋设犁等专业设备和相关专业技术人员，有中继海缆对海缆船和技术人员的要求更高。海缆施工维护船只较为紧张。据国际海缆保护委员会（ICPC）网站统计，全球约有海缆施工和维护船 59 艘，其中 2004-2010 年期间没有新增海缆船，2011-2021 年期间只新增 7 艘海缆船，海缆船平均年龄超过 27 岁。随着全球海缆建设维护需求不断扩大，海缆船数量不足的问题日益凸显，已经出现海缆项目

<sup>3</sup>通用接头联盟（UJC）是世界权威的海缆技术平台，由法国 ASN、英国 Global Marine、日本 KCS 和美国 SubCom 四家成员组成。

因海缆船工期安排等原因发生延误的情况。海缆施工维护厂商较分散。具有全球影响力的主要包括 SubCom、ASN、Orange、Global Marine、中英海底系统有限公司(SBSS)、中国海底电缆建设有限公司(CSCC)、烽火海洋、华海通信等，另外还有不少国内施工维护主体，主要负责短距离海缆施工维护。中国海缆施工维护船只不超过 10 艘，主要包括中英海底的“福海”“宝马”“福泰”，中国海底的“天翼海工”“锋阳海工”，以及烽火海洋的“丰华 21”。



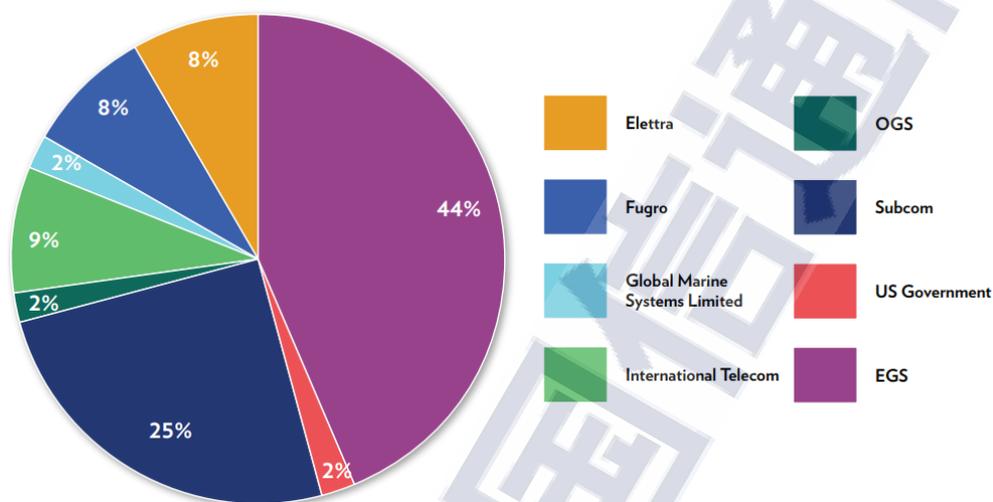
来源：ICPC、中国信息通信研究院

图 7 全球主要厂商拥有的海缆船数量

#### 4.海缆勘测厂商集中度较高

海洋勘测主要包含对海底地形、海底地貌和海底沉积物层序及相关沉积物力学参数等数据的勘测，是项目后续海缆生产选型、海上铺设方法和海缆保护方案设计确定的重要前提。全球海缆勘测厂商主要包括 EGS、SubCom、Elettra、Fugro、International Telecom 等。勘测市场集中度较高，2018-2022 年，EGS 完成的勘测占比达 44%，其次

是 SubCom，占比 25%。EGS 成立于英国，在欧洲、美洲、亚洲和澳大利亚设有办事处，具有 48 年地理勘测经验，为电信、可再生能源、石油和天然气、海图和海洋基础设施领域勘测提供解决方案，迄今共完成 5094 个勘测项目，勘测的海缆路由长度约 50 万公里。



来源：SubTel Forum

图 8 2018-2022 年各厂商勘测海缆项目数量占比

## 二、海底光缆发展前景广阔

### （一）数字化发展驱动国际带宽快速增长

大力发展数字经济，推动经济数字化转型、加快数字化发展已经成为全球共识。当前，全球数字经济蓬勃发展，数据要素加速流动，新技术、新业态、新模式层出不穷，数字化应用推动数据中心需求不断上升，数据流量呈指数级增长，带动国际带宽快速增长。

#### 1. 高流量用户加速渗透

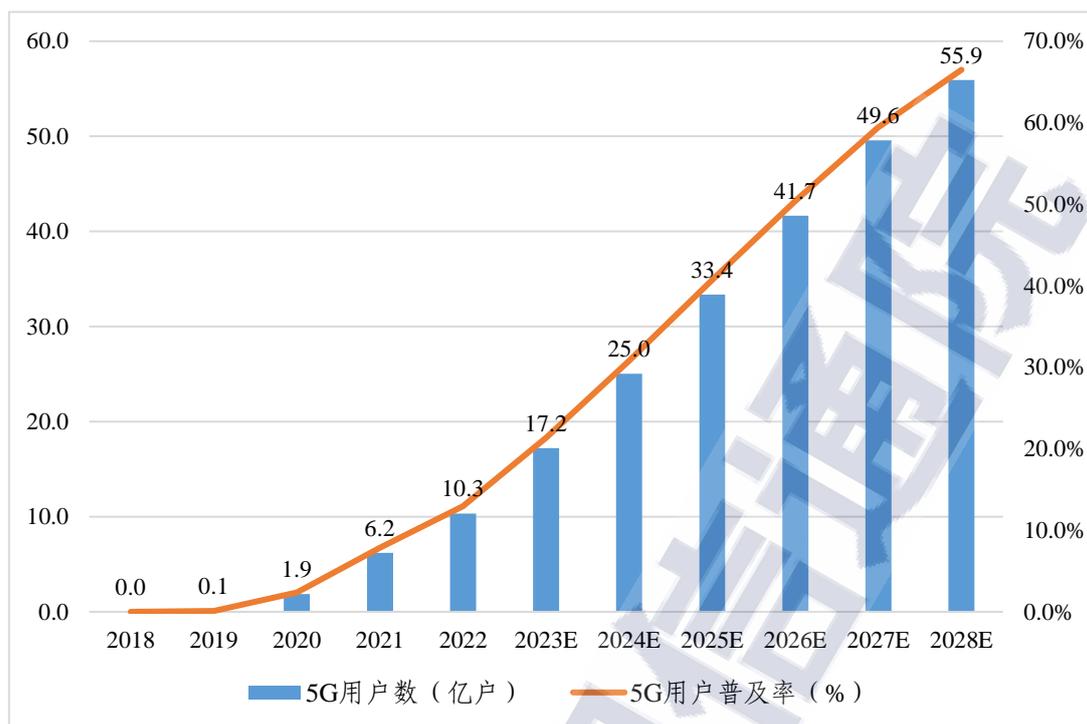
随着 5G 网络、超高清视频、增强现实和虚拟现实（AR/VR）、智能计算等业务的高速发展，全球用户数据流量使用量逐步增加，未

来沉浸式交互体验、超高清直播等大带宽业务逐步普及，数据流量还将呈大幅增长态势。根据 TeleGeography 数据，2018-2022 年，全球移动数量流量年均增长率为 41%，月均移动数据使用量增长了近三倍，到 2022 年底，全球移动用户的月均数据流量达 12GB/月。随着 5G 网络的快速部署，全球 5G 用户数从 2019 年的 966 万户增长到 2022 年的 10.3 亿户，年均复合增长率达 375%，2022 年 5G 用户普及率约为 12.9%。未来随着 5G 网络逐步完善，全球 5G 用户规模将稳步增长，大流量移动互联网应用不断发展，将带动移动数据流量大幅增长。根据 TeleGeography 预测，预计到 2028 年，全球 5G 用户数达 55.9 亿户，5G 用户普及率达 66.5%。当前，非洲和中东的 4G 和 5G 用户渗透率相对较低，高流量用户的发展还有很大的潜力；大流量互联网应用带动亚洲、欧洲、拉美、大洋洲、美国和加拿大区域的数据流量保持强劲增长。

表 1 2022 年各区域移动用户 5G/4G/3G/2G 用户渗透率

	非洲	亚洲	欧洲	拉美	中东	大洋洲	美国和加拿大
5G	0.4%	14.7%	10.2%	1.9%	6.0%	23.8%	39.7%
4G	30.8%	65.9%	66.3%	70.5%	54.9%	63.1%	59.9%
3G	34.1%	4.9%	12.8%	20.6%	18.7%	10.5%	0.4%
2G	34.8%	14.6%	10.6%	7.1%	20.4%	2.7%	0.0%

来源：TeleGeography



来源：TeleGeography

图 9 2018-2028 年 5G 用户数和 5G 用户普及率

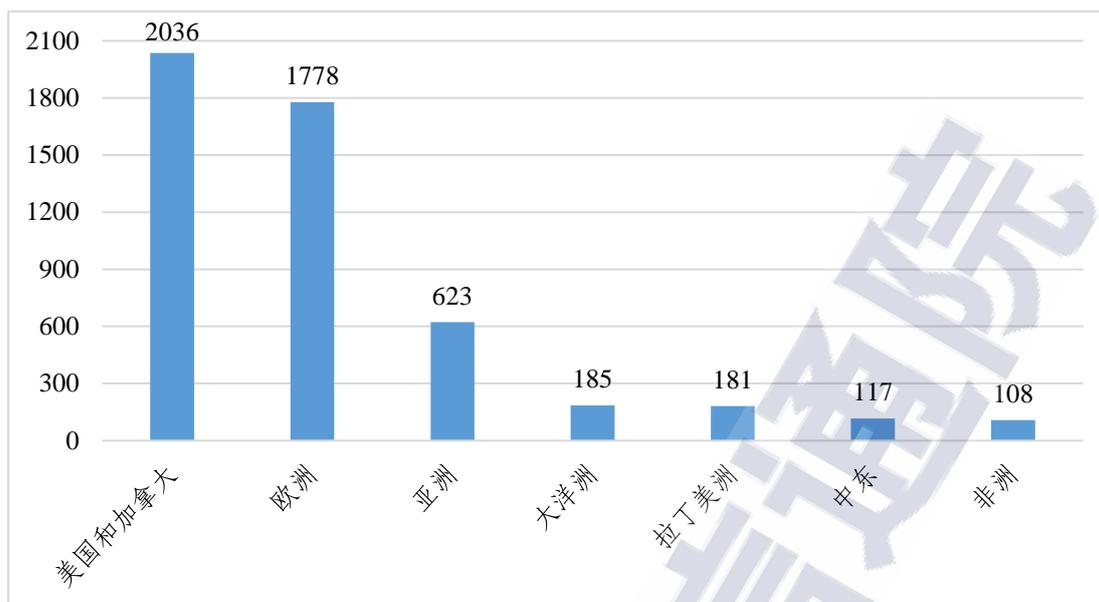
## 2.数字经济高速蓬勃发展

随着数字经济的不断发展，以数据要素为核心驱动力，以互联网、移动互联网为载体的高速率、大容量、低延时的数据流动正在成为连接全球经济的纽带，大大拓宽了传统经济全球化的广度和深度。2021年，全球 47 个主要经济体数字经济规模为 38.1 万亿美元，占 GDP 的比重为 45.0%，数字经济在国民经济中的地位稳步提升。数字产业化是数字经济的重要部分，各国都在积极打造具有国际竞争力的数字产业集群，大力发展数字服务产业，运用数字技术，大力推进众包、云外包、平台分包等新业态新模式发展。在数字化的推动下，传统电商加速向数字电商转变，线上线下全渠道互动，通过数字化技术，高速响应客户需求，实现精准营销。产业数字化仍然是全球数字经济发展

的主导力量，数字技术加速向交通、能源、物流、工业、农业、教育、医疗等行业渗透，推动传统设施数字化智能化转型升级，行业数字化管理水平大幅提升，智能制造、智慧物流、互联网医疗、在线教育、数字农业、线上健身等新业态新模式快速发展，数据流量爆发式增长。2021 年，全球 47 个主要经济体产业数字化规模为 32.4 万亿美元，占数字经济的比重为 85%。

### 3. 数据中心建设热潮涌动

随着数字化进程不断深入，全球数据中心迅猛发展。根据 Data Center Map 数据，当前全球共有 5028 个互联网数据中心，分布在 131 个国家和地区。从全球数据中心区域分布来看，美国和加拿大区域、欧洲和亚洲是全球数据中心的集中部署区域。未来随着超高清视频、工业互联网、人工智能、元宇宙等技术的发展，数据量越来越大，更多的数据需要实时分析和处理，数据中心数量将保持平稳增长。受各区域数字经济发展规模影响，亚洲、欧洲、美国和加拿大区域的数据中心市场规模保持较快增长。同时，亚马逊、微软、谷歌、Meta、Equinix、Vantage Data Centers 等多家跨国数据中心巨头和云服务巨头不断完善其数据中心布局，建设重点开始向亚洲、非洲、拉美、中东等区域扩展。这将带动区域内和区域间海底光缆建设，保证数据中心之间的数据高速交互、电路资源灵活配置和调度。谷歌建设 Equiano 和 Grace Hopper 等海缆，加速欧非、美欧区域的数据交互。Meta 参与建设的 Bifrost、Echo 等海缆，连接东南亚和美国的数据中心，为用户提供更高速、高传输量与低延迟性的传输服务。

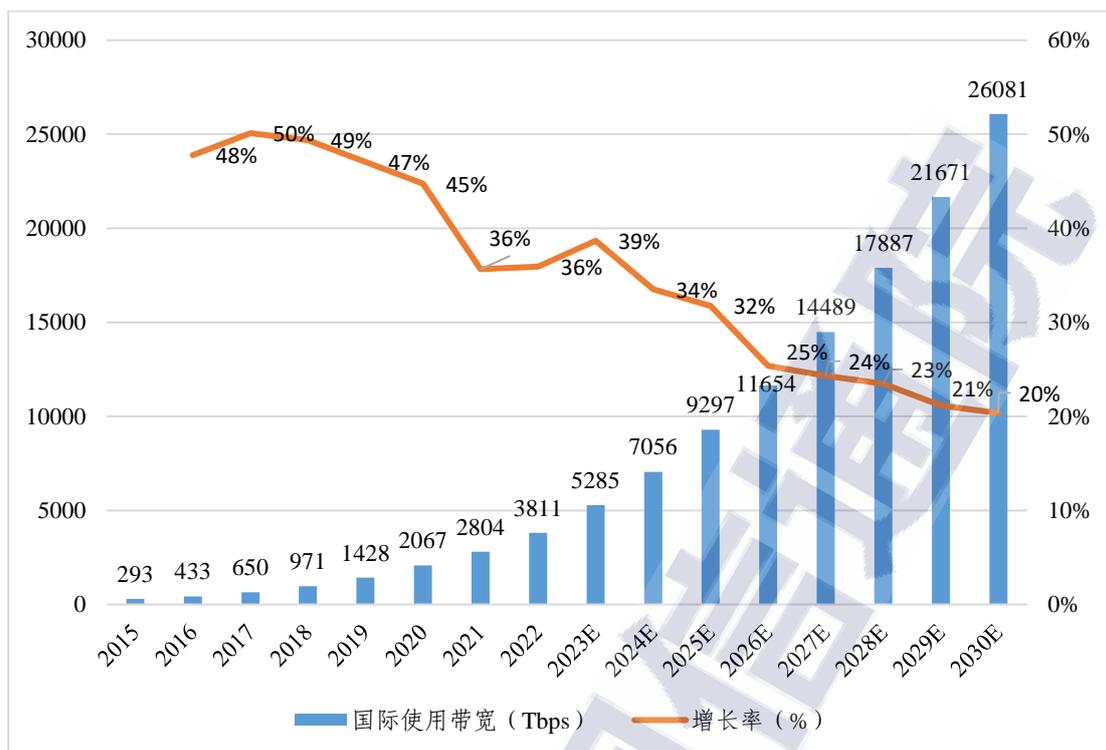


来源：Data Center Map、中国信息通信研究院

图 10 全球各区域互联网数据中心数量（个）

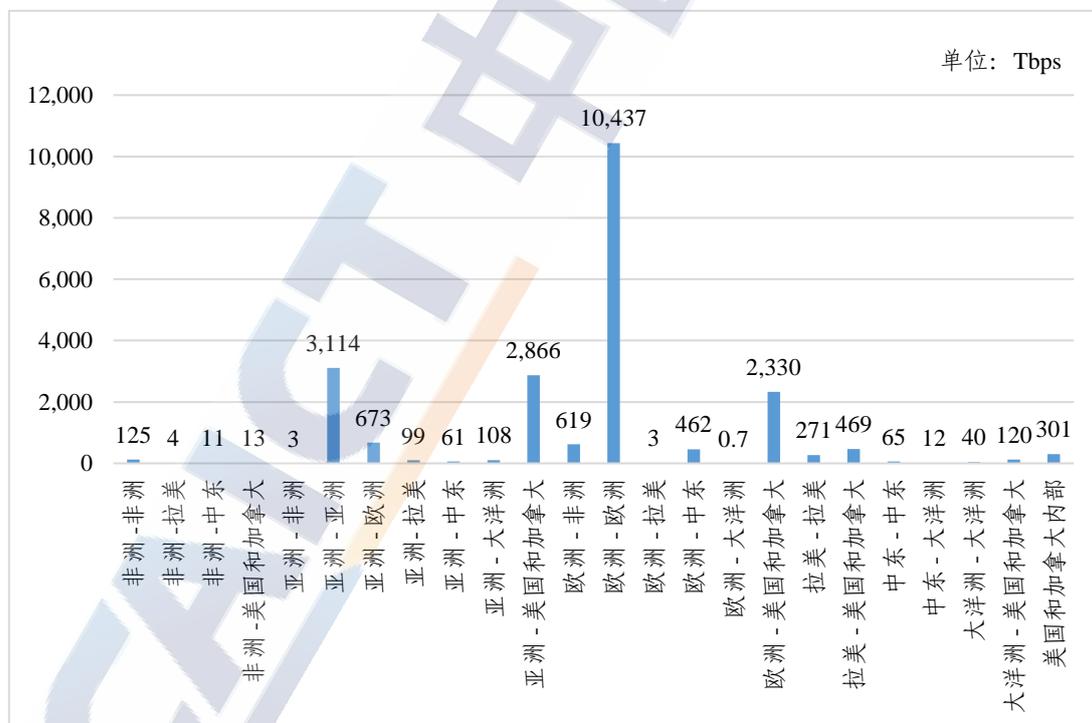
#### 4. 国际带宽需求快速增长

高流量用户的不断增长、企业行业数字化智能化转型升级的不断深入和数据中心的高速发展等促进了全球数据流动，带动国际带宽快速增长。根据 TeleGeography 统计数据，全球国际使用带宽从 2015 年的 293Tbps 增长到 2022 年的 3811Tbps，年复合增长率达 44%。根据中国信息通信研究院预测，未来国际带宽将继续保持高速增长，但增长率有所下降，预计到 2030 年全球国际使用带宽将达到 26081Tbps，2023 年-2030 年，全球国际使用带宽的年复合增长率为 26%。其中，欧洲内部、亚洲内部、亚洲-美国和加拿大、欧洲-美国和加拿大仍是流量增长的热点方向，未来国际带宽仍将保持稳步增长；亚洲-欧洲、欧洲-非洲、拉美-美国和加拿大等方向流量具有较大的增长潜力，未来国际带宽保持快速增长。



来源：TeleGeography、中国信息通信研究院

图 11 2015-2030 年全球国际使用带宽和增长率



来源：中国信息通信研究院

图 12 全球主要区域 2023-2030 年新增使用带宽预测

## （二）典型行业促进海缆新兴市场发展

随着海洋开发活动和海洋科学研究的深入推进，海上油气平台和海洋观测网络等建设活动日趋活跃，海底光缆已不仅局限于满足公众通信传输需要，油气行业和海洋观测等典型行业数字化智能化发展逐渐催生海底光缆建设新需求。

### 1.海缆助推油气行业数字化转型

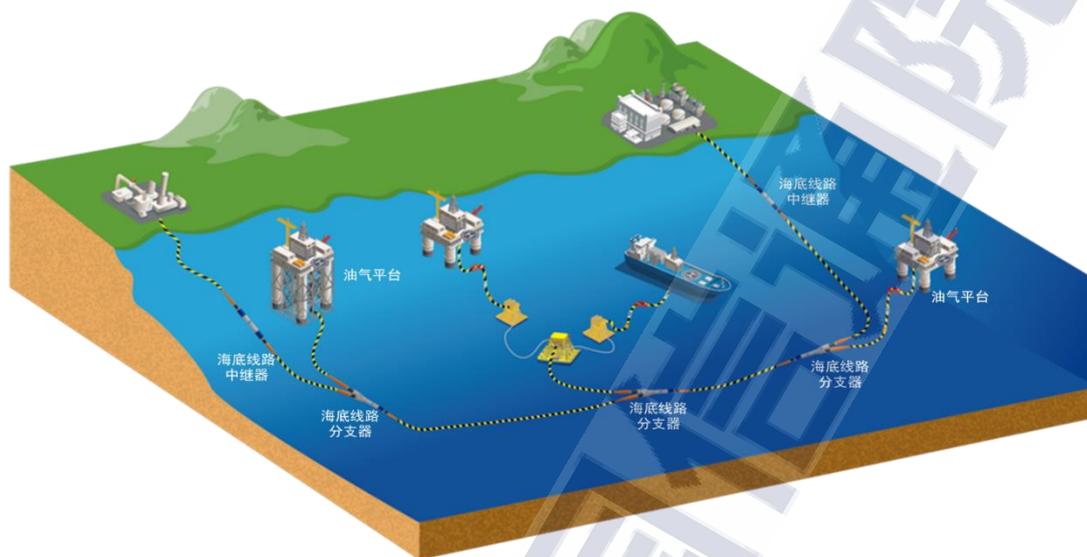
在数字化浪潮的推动下，石油、天然气等能源行业也在积极开展数字化转型，需要高效、可靠、安全、全覆盖的海缆通信系统提供必要的网络支撑。越来越多的石油天然气勘探公司开始利用海底光缆连接海上油气平台，开展数字化智能化转型升级，并回传音频、视频和生产过程数据，实现油田监测、智能可视化生产等数字化管理。从近几年的项目来看，每年油气行业海缆项目约 2000km，其中超过 500km 的有中继海缆项目占比 30%左右，其他多为使用无中继海缆的项目。未来油气产业海底光缆通信市场还有较大的增长潜力，根据 HIS Markit 的数据，全球在用海上油气平台总数为 570 个，中东、西北欧、东南亚、美国-墨西哥湾、南美、西非等区域海上油气平台数量占比超过 60%，是未来海底光缆市场的重点增长区域。

表 2 全球主要的海上油气平台情况（截止 2022 年 4 月）

序号	区域	海上油气平台数量（个）
1	中东	137
2	西北欧	60
3	东南亚	47
4	美国-墨西哥湾	39

5	南美	38
6	西非	35

来源：HIS Markit、中国信息通信研究院整理



来源：中国信息通信研究院第三方渠道收集整理

图 13 油气平台海底光缆传输示意图

## 2.海缆成为海洋观测的重要载体

海洋观测是各国参与全球海洋治理的重要领域之一，也是海底光缆系统的典型应用场景之一。国际电信联盟（ITU）、联合国教科文组织和世界气象组织于 2012 年成立了智能光缆系统（SMART Cable Systems）的联合特别工作组（JTF），主要研究利用通信海缆开展地震、海啸、海平面上升等活动监测，提升地震、海啸以及洋流等灾害预警能力。当前已有 CAM2 等海缆系统拟采用 SMART Cable 技术，部署地震和环境传感器，在实现长距离通信的同时，开展沿线地震和海啸探测和预警。目前采用 SMART Cable 技术收集数据还存在信息安全和监管等问题，未来将在单一国家优先开展部署并逐步扩展。另

外，世界各国尤其是沿海国家正加大力度建设和完善海底观测网，提高海洋防灾减灾、海洋污染防治和海洋生态环境等，实现对海洋的综合治理。美国、日本等国家已经建设了不同规模的海底观测网络，美国政府正在支持国家海洋和大气管理局对综合海洋观测系统进行改造，升级网络和通信系统。在海洋观测系统 2030 战略等政策和技术的驱动下，海洋观测市场将激发海缆需求，以及岸基站、主接驳盒、次接驳盒、仪器平台等相关装备的产品需求，SMART Cable 技术的普遍使用将促进通信海缆技术和设备的升级。

### （三）海缆代际交替带来建设热潮

海底光缆的设计使用寿命一般为 25 年。从当前海底光缆的服役年限来看，全球已建的 464 条海底光缆中，1998 年（含）以前建设的海缆达 82 条，已经达到了设计使用寿命。根据不完全统计，1999 年-2003 年、2004 年-2008 年建设的海底光缆分别为 79 条、69 条，未来 10 年还将有 148 条海底光缆退役。未来，全球海缆将进入一个新旧更替的时期，形成海缆布局的重要时间窗口期。

表 3 2024-2033 年达到退役年限的海底光缆情况

序号	海缆路由方向	2024-2028 年达到退役年限的海缆数量（条）	2029-2033 年达到退役年限的海缆数量（条）
1	跨大西洋	41	19
2	跨太平洋	4	6
3	亚洲-欧洲	3	6
4	印度洋	8	11
5	国内海缆	23	27
	总计	79	69

来源：TeleGeography、中国信息通信研究院整理

#### （四）各国优化政策推动海缆建设

海底光缆作为全球通信重要的信息载体，对于促进信息资源汇聚、推动数字经济发展具有重要意义，多国出台政策或战略，规范海底光缆建设流程，优化发展环境，促进海底光缆建设布局。

**一是发布海缆相关政策或战略。**美国、日本、欧盟等高度重视海底光缆建设，分别出台全球基础设施与投资伙伴计划、亚非增长走廊、欧亚互联互通战略等政策，加强与发展中国家的海缆互联。新加坡发布数字连接蓝图，计划未来十年将海缆容量翻一番，提升国际和国内网络互联互通水平，巩固其作为全球数字中心的地位。

**二是开放国际通信设施相关政策。**2022 年菲律宾总统签署了第 11659 号共和国法案，在电信等领域允许外国投资者持有 100% 股权，进一步带动了菲律宾国际海缆建设。到 2024 年，将有 7 条跨太平洋海底电缆连接菲律宾和美国，菲律宾正成为亚洲内部海缆网络新兴枢纽。

**三是规范海缆建设审批流程。**新加坡、泰国、菲律宾和越南等国家优化海底光缆建设许可流程，缩短海底光缆建设许可周期。印度电信监管局（TRAI）发布了关于“印度海缆登陆许可框架和监管机制”的建议，完善了许可和监管政策，吸引国际海缆登陆印度。

**四是出台海缆保护政策。**新加坡提前规划布局了海缆管廊，将海底光缆集中在管廊区域内，明确了海缆的保护区域，有效提升海底光缆的监测和巡护效率。美国、欧洲、澳大利亚和新西兰等均制定了专门的海底光缆管道保护法，或在部门法中设有专章规定，以立法形式对海底光缆管道进行保护，为海底光缆发展构建了良好的政策环境。

## （五）海缆总体建设规模稳步增长

根据国际带宽的增长和全球数据中心的布局，未来海底光缆将继续保持高速增长。根据中国信息通信研究院预测，2023-2028 年全球将新建 153 个海底光缆系统，新建海缆长度约 77 万公里，预计中国企业可参与海底光缆系统 77 个，海缆长度约 34.5 万公里，市场规模达百亿美金级别。从海底光缆建设方向来看，未来亚洲内部、欧洲内部、欧洲-美国和加拿大、亚洲-美国和加拿大、亚洲-欧洲、欧洲-非洲、拉美-美国和加拿大等方向是海底光缆建设的重点方向，亚洲-拉美、亚洲-非洲、非洲内部、非洲-拉美等方向的海底光缆建设也将持续发展，海底光缆全球网络进一步完善，各区域内部和区域之间的网络互联互通水平持续提升，有力支撑各区域内部和区域之间的经贸往来和人文交流。

## 三、全球海缆产业发展愿景

当前全球海缆产业蓬勃发展，随着 5G、4K/8K 视频、数据中心、云计算、人工智能等技术产业快速发展，海缆带宽需求增长势头愈加强劲，全球各国之间、区域之间信息连接和交互的容量和速率要求不断提高，为支撑全球数字经济繁荣发展、加快联合国 2030 年可持续发展议程落实进程，需要全球各国携手合作，营造开放包容的产业发展环境，构建安全弹性国际海缆网络，重视海缆保护，推动海缆技术进步，不断满足国际通信对大容量和可靠性的要求。

### （一）营造开放包容产业发展环境

国际海缆是全球信息互联互通的重要基础设施，海缆产业的健康

发展是保障全球信息通信安全，缩小国家间“数字鸿沟”的重要方面，全球各国应以增进民生福祉、实现全人类共同发展为宗旨，共担数字时代责任，积极营造开放包容、互利共赢的海缆产业发展环境，努力创建公平、公正、非歧视的海缆市场，确保来自于全球各国的产业链相关企业都能够享受到公平的竞争环境，不断创新海缆建设模式，鼓励企业、银行、基金等多种主体参与海缆建设发展，充分发挥自身优势，为打造广泛连接的全球海缆网络格局贡献力量。

## （二）构建安全弹性全球海缆网络

全球各国应加强国际海底光缆建设合作，充分利用双多边合作机制，积极拓展海缆领域国际合作新平台新模式，推动加强亚洲-非洲、亚洲-拉美、欧洲-拉美、非洲-拉美等非传统热点区域间的网络互联互通，提升全球国际网络的安全和弹性。国际组织和发达国家应细化完善国际海缆投融资机制，积极支持欠发达地区、国家、小岛屿国家与其他区域国家间国际海缆建设，提升全球数字连接和数字化转型能力，让更多人享受到互联网带来的便捷。完善国际海缆监管制度，开展国际海缆监管经验交流，各国政府应优化国内海底光缆建设施工、维护等许可审批流程，明确管理要求，提高海缆建设许可发放的确定性。

## （三）完善国际海缆保护规则举措

强化国际海缆的全球关键公共基础设施属性，完善《联合国海洋法公约》框架下海缆保护规则，细化损坏海缆活动和惩罚措施的相关说明，为加强公海海域海缆保护提供更有操作性的国际法律依据，积极关注保护公海生物多样性条约对国际海缆施工的影响，海洋保护区

范围的划定和海洋环境评估应充分考虑海缆施工作业对环境的影响极为微弱的前提，放宽对海缆敷设和维修的要求，避免延误海缆建设维护进度。开展国际海缆保护合作，组织联合巡逻演练，减少渔业、航运等对海缆的破坏。推广设立海缆保护走廊，减少海上生产活动对海缆的安全影响。各国应完善国际海缆保护的相关立法，加强海缆保护宣传，对故意或过失损坏海缆行为进行处罚。

#### **（四）积极推动海缆技术发展演进**

加强海底光缆标准合作，完善海底光缆技术、施工、维护等标准规范。加快多纤对海缆通信系统关键技术的研发，推进多芯光纤技术产品化进程，加强水下中继器、分支器、远端供电设备、网络管理系统等海缆系统关键设备和软件供给。加强新型海缆系统架构研究，解决 Open Cable 设计和验收等方面面临的问题。推动 SMART Cable 及配套传感器等关键器件研发，开展试验验证，积极探索化解 SMART Cable 带来的信息安全和监管等问题。加强全球海底光缆施工装备建设及海底勘察设备和系统研发。

中国信息通信研究院 产业与规划研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-68033493

传真：010-68026830

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

