基于陆海统筹的岛群海域海底电缆管道路由规划

黄潘阳[1,2,3]，贺伟军[4]，徐良军[4]，管钧斌[4]，张宇东[4]，王一峰[4]，陆丹丹[4]，施旭[4]，石筱[4]

（1. 自然资源部第二海洋研究所　杭州　310012；2. 自然资源部海洋空间资源管理技术重点实验室　杭州　310012；
3. 浙江省近海海洋工程环境与生态安全重点实验室　杭州　310012；4. 国网浙江省电力有限公司舟山供电公司　舟山　316000）

摘要：随着海洋开发的不断推进，岛群海域海底电缆管道的建设需求日益增加。然而，由于岛群海域空间资源有限且开发活动密集，海底电缆管道路由规划将面临诸多挑战。文章在梳理我国海底电缆管道工程建设与路由空间管理历史与现状的基础上，结合多年的工作经验，提出了针对岛群海域海底电缆管道路由规划的原则与方法，强调在国土空间规划编制、生态红线划定等顶层设计中充分考虑管线建设需求，以“陆海廊道”形式实现陆海统筹，促进海岛地区可持续发展。文章还进一步提出了包括枢纽岛屿廊道设置、链式岛屿串联廊道划定，以及承接外海方向管线的专门通道设置等具体方法。

关键词：海底电缆管道；岛群海域；路由规划；陆海统筹

中图分类号：P752　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005-9857（2025）09-0003-06

Route Planning of Submarine Cable and Pipeline for Island Group Sea Areas Based on Integrated Land-Sea Development

HUANG Panyang[1,2,3]，HE Weijun[4]，XU Liangjun[4]，GUAN Junbin[4]，ZHANG Yudong[4]，WANG Yifeng[4]，LU Dandan[4]，SHI Xu[4]，SHI Xiao[4]

（1. Second Institute of Oceanography，MNR，Hangzhou 310012，China；
2. Key Laboratory of Ocean Space Resource Management Technology，MNR，Hangzhou 310012，China；
3. Key Laboratory of Nearshore Engineering Environment and Ecological Security of Zhejiang Province，Hangzhou 310012，China；4. State Grid Zhejiang Electric Power Co.，Ltd.，Zhoushan Power Supply Company，Zhoushan 316000，China）

Abstract：With the continuous advancement of marine development，the demand for the construction of submarine cables and pipelines in island group sea areas is rising. However，due to the limited spatial resources and intensive development activities in these areas，route planning for these facilities faces numerous challenges. Based on a comprehensive review of the history and current status of submarine cable and pipeline construction projects and route space management in China，and integrating years of management experience，this paper proposes principles and methods for route planning of submarine cables and pipelines in island group sea areas. It emphasizes the need to

收稿日期：2025-02-25；**修订日期：**2025-08-12

基金项目：国家自然科学基金面上项目（52071289）.

作者简介：黄潘阳，正高级工程师，博士研究生，研究方向为海洋工程综合环境与安全、海底电缆管道工程

fully consider pipeline construction requirements in the formulation of national spatial planning and the demarcation of ecological redlines. The concept of "land-sea corridors" is introduced to achieve integrated land-sea development and promote the sustainable development of island regions. Specific measures include the establishment of hub island corridors, the demarcation of chain island connection corridors, and the setting of dedicated channels for receiving pipelines from the open sea.

Keywords: Submarine cables and pipelines, Island group sea areas, Route planning, Integrated land-sea development

0 引言

海底电缆管道作为长距离线性海洋工程，在国际信息传输、海上资源开发和海岛开发等方面发挥着至关重要的作用。我国海底电缆管道建设始于清代海底电报电缆，随着社会经济的不断发展，其建设规模不断扩大，应用领域逐渐拓展至电力输送、油气输送、海上风电等多个领域。20 世纪 80 年代后期，随着国际光缆建设浪潮的兴起，我国开始着手完善海底电缆管道管理工作，中美光缆等重大项目的建设，标志着我国海底电缆管道建设进入了一个新的阶段。此后，为便利海岛居民生产生活，通信电缆、电力电缆、输水管道等海底电缆管道得到广泛应用。在海上资源开发领域，海上油气管道建设规模也在不断扩大。近年来，随着海上风电产业的快速发展，海底电缆作为海上风电场与陆地电网连接的重要基础设施，其建设需求也日益增加。随着近岸风电场空间资源的逐渐紧张，海上风电向深远海迈进，未来领海外的海底电缆管道建设将成为新的发展趋势。然而，随着海洋开发活动的日益频繁，海域空间资源越发紧缺，尤其在经济发达的岛群海域，海底电缆管道路由规划的重要性愈发凸显。

与海底电缆管道建设浪潮相对应，我国对海底电缆管道的管理制度也逐步完善。1989 年颁布的《铺设海底电缆管道管理规定》制定了海底电缆管道“路由调查勘测”“铺设施工”两项行政审批事项的政策[1]，1992 年颁布的《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》规定了“地方海洋管理机构负责其管理海域内海底电缆、管道的审批与监督管理（本条第五款第三项所指管道的审批除外）”[2]。2002 年《中华人民共和国海域使用管理法》实施，加强了对海底电缆管道海域权属的管理[3]。2004 年《海底电缆管道保护规定》实施，进一步加大了对海底电缆管道的保护力度[4]。2016 年《国务院关于第二批取消 152 项中央指定地方实施行政审批事项的决定》取消了“地方对内水、领海范围内的海底电缆管道铺设路由调查勘测、铺设施工审批”[5]。2017 年《国家海洋局关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知》规定，“我国内水、领海范围内的海底电缆管道铺设路由调查勘测、铺设施工申请由所在海区局直接受理，海区局依据《铺设海底电缆管道管理规定》和《实施办法》等进行办理”[6]。这些政策法规对应不同阶段的管理重点和矛盾，其演变反映了我国对海底电缆管道管理的重视程度不断提高，管理机制也逐渐趋于完善。

在研究领域，国内外关于海底电缆管道空间管理的研究相对较少。在国际上，联合国教科文组织政府间海洋学委员会和欧盟委员会启动的“全球海洋空间规划”项目，明确提出了规范海底光缆铺设的要求，旨在通过国际合作推动海底电缆管道的空间规划和管理。在国内，胡恒等[7]在海岸带规划分区体系中提出了电缆管廊生产空间的概念，强调了电缆管廊在海岸带规划中的重要性。李彦平等[8]从海域空间资源配置的角度出发，提出了海底电缆的用海策略，强调了合理配置海域空间资源对于海底电缆管道建设的重要性。黄潘阳等[9]提出了海底电缆管道廊道规划的初步构想，并提出了规划需要遵循“技术可行、经济合理、海洋环境安全、施工及维护方便、节约集约用海”的原则，为海底电缆管道廊道规划提供了具体指导。2021 年，浙江省自然资源厅印发全国首个省级海底电缆管道路由规划——《浙江省海底路由“十四五”规划》，提出“舟山群岛周边海域为规划重点，形成‘一轴两翼’的管线廊道空间分布体系”，为地方海底电缆管道

的空间管理提供了实践案例[10]。

总体来看，目前我国在海底电缆管道空间管理方面仍存在一些问题。田壮[11]分析研究了我国现行海底电缆管道工程政策，认为路由缺乏统一规划是面临的问题之一。张震等[12]提出应根据海洋开发利用活动的具体事项，重点关注有关登陆点、登陆段的路由规划，并与行业规划相适应。孟婕等[13]针对当前我国海底电缆管道管理存在的问题，提出编制海底电缆管道路由廊道规划的建议。王鸣岐等[14]提出规划体系不成熟以及缺乏与陆域规划的衔接是当前海底电缆管道空间管理中存在的症结，强调海洋空间规划“多规合一”的关键在于厘清规划层级之间、规划主体之间、海洋空间规划与其他涉海规划之间的关系。

岛群海域具有独特的自然地理环境和开发利用特征，海洋开发活动密集，空间资源有限，路由分布形式多样，包括连接大陆的“岛陆型”、海岛间连接的“岛岛型”以及延伸至领海外的“外海型”等。合理的路由规划不仅能节约海域空间资源，便于管理，还能为未来的发展预留充分的空间；反之，则可能消耗空间资源，为后续的发展留下隐患。目前，针对典型岛群海域海底电缆管道路由规划的研究未见报道，相关领域的研究重视程度仍显不足。本文旨在填补这一研究空白，为岛群海域海底电缆管道的科学规划与合理布局提供理论依据和实践指引。

1　岛群海域海洋环境特征

岛群海域独特的海洋环境特征对海底电缆管道的铺设和路由规划具有重要影响。首先，在人类开发活动方面，岛群周边通常具有较好的深水岸线和水深条件，港口工业发达，码头、航道、锚地等较为密集；同时，岛群海域渔业资源丰富，海洋牧场、人工养殖、海钓、捕捞等渔业活动频繁，这些人类活动，一方面增加了海底电缆管道路由和登陆点的选择难度；另一方面也可能会对海底电缆管道的安全构成威胁，为后期运营维护带来干扰。其次，岛群海域往往具有较高的生态和景观保护价值，随着海洋生态环境保护要求的不断提高，岛群海域还存在许多海岛保护区域、生态红线区、自然岸线保护区等，进一步限制了海底电缆管道路由选择的空间。

在自然条件方面，岛群海域具有独特的峡道水动力及沉积特征。以舟山群岛为例，岛屿间峡道内的水流多为往复流，随着流向峡道口外的开敞区，逐渐演变成旋转流，潮流的流向差异影响使峡道口内外的憩流时间存在显著差异，口门区基本不发生憩流[15]。由于峡道内过水断面面积的缩小，潮流流速较大，而向开敞区涨落时，潮流流速则逐渐减小。针对波浪，一方面，因岛屿阻隔形成折射和绕射，导致局部海域波浪能量分布不均；另一方面，峡道内通常具有较好的掩蔽条件，风浪作用不易传入，但长期处于强潮流作用下，底部沉积物经过长期改造，形成了具有较强抗冲能力的沉积层，泥沙不易在潮流作用下起动悬浮。在峡道口门区，水动力强度的迅速变化导致部分悬沙在此沉积，峡道深水区的沉积物以砾石和粗砂为主，分选较差，从深水区向浅水区，沉积物逐渐由砂砾石蚀余沉积过渡为细砂、粉砂，最终变为黏土质粉砂。此外，部分岛体基岩向海延伸，在强潮流作用下，周边的海床基岩出露，形成了水深流急、底质多样、地形地貌复杂的自然环境。

这些自然条件不仅可能给海底电缆管道的铺设和维护带来安全隐患，还增加了施工难度和成本。因此，与其他海域相比，岛群海域可供建设的海域空间相对较小，且在开发过程中面临的挑战更为严峻。在进行海底电缆管道路由规划时，需要充分考虑这些因素，以确保海底电缆管道的安全、可靠和经济。

2　路由规划的陆海统筹具体内涵

陆海统筹是指在资源开发、环境保护与经济发展中，将陆地与海洋作为一个整体进行系统性规划与协同管理[16]。这一理念突破了传统的“陆海分割”思维，强调两者之间的联动性与协调性。在岛群海域的海底电缆管道路由规划中，陆海统筹突出表现为海域廊道和陆域廊道的空间有机衔接。这就要求在编制国土空间规划、划定生态保护红线等顶层设计阶段，要将海底电缆管道廊道作为关键基础设施空间优先予以保障。参考岛群海域具体的空间资源禀赋、生态功能完整性、重大战略部署，结合

开发利用现状和实际需求，在适合或有需求的岛群海域，科学规划专有的陆海通道。综合考虑拟建海底电缆管道的数量、规格、安全间距、维护需求、海底条件及未来扩容等因素，明确其空间坐标、控制宽度范围，同时设定核心管控要求（如禁止拖网、抛锚、疏浚等高风险活动）。进一步可探索实施多尺度嵌套规划，构建“群岛整体规划—岛屿分区规划—廊道详细设计”三级体系，确保生态廊道与区域国土空间规划、生态保护红线等的垂直衔接。

通过突破传统“陆域—海域”分割式管理，将海底电缆管道廊道视为连续空间单元，协调海域使用权、土地使用权、生态保护红线等边界冲突。同时，海陆路由廊道的空间容量需要具有一定的弹性，根据未来建设需求增长、技术演进等进行动态调整。从长远看，管理上还可以探索“一廊道一清单”的审批制度改革，将分散在海洋、土地管理部门的审批事项进行整合，压缩项目审批周期。

登陆点是海底电缆管道从海洋进入陆地的节点，是陆海统筹实践的关键步骤。集中式登陆方案是在群岛海域内选取若干适宜的登陆点，所有海底电缆管道均从这些点登陆并接入陆上的统一廊道。这种集中式设计不仅减少了分散登陆造成的土地占用，还降低了对生态系统的干扰。在选择登陆点时，应综合考虑地质条件、生态环境、岸线资源、陆上接入系统的便利性以及未来的发展需求等因素，确保登陆点条件完备，以适应未来海底电缆管道建设的需求。

集约节约、生态友好、安全可靠是现代基础设施建设的重要指导思想。通过将海域和陆域作为整体统筹考虑，集中铺设海底电缆管道，可以显著减少重复建设和资源浪费，同时降低后期维护成本。此外，这种模式符合绿色发展理念，有助于推动低碳经济与可持续发展。生态优先与环境友好也是陆海统筹的重要原则，在海域段需选择对生态系统影响较小的路由；在陆地段则应尽量避开重要生态功能区或敏感区域，以实现人与自然的和谐共生。韧性与安全考量同样不可忽视，海底电缆管道作为关键基础设施，其路由规划需兼顾韧性和安全性。科学的廊道宽度和严格的管控措施，是保障其物理空间安全、降低外部干扰风险、提升系统韧性的关键。

3 岛群海域路由规划具体策略

3.1 枢纽岛屿设置两个或多个廊道

枢纽岛屿是指人口较多、社会经济发展水平较高或者具有重要工业开发价值的岛屿，不仅本身对水电等资源有着较大的需求，而且在岛群海域中承担着“母岛”的角色，需要给附近的其他岛屿输送水电等资源。由于其资源需求大、战略地位重要，规划时需要设置两个或多个廊道。一方面，增加海底电缆管道的空间供给，通过在岛屿的不同位置设置登陆点，增加海底电缆管道在陆地接入的灵活性，降低陆上系统的建设难度；另一方面，对于重要的基础设施（如高压电缆），在空间上分散布局，以提高系统抵御未知风险的能力和电网韧性。此外，从空间资源规划的角度，预留廊道空间作为留白，可以为后续海岛的发展留有余地。

在规划枢纽岛屿的廊道布局时，应综合考虑岛屿的地理环境、开发现状、未来发展、接入系统情况、岸线资源以及与陆地的空间关系等因素。优先选择对已建海底管道区域进行扩展来划定廊道，不同廊道在空间上应有所侧重，管理部门应当统筹安排建设时序，合理布置海底电缆管道，做好统一的监管保护工作。《浙江省海底路由“十四五”规划》指出，“重要有居民海岛和重点开发岛屿，应尽可能保障两个及以上廊道，并适当加大预留空间”[10]。

3.2 链式岛屿划定串联廊道

在部分岛群海域，岛屿由近及远呈发散状分布，对于这类岛屿，可以划定串联廊道。串联廊道是指在划定海域部分廊道的同时，根据登陆点条件及陆地的空间资源情况，同时划定陆域部分的管线廊道，使其形成一个陆海联动的统一廊道空间。从枢纽岛屿出发，以“岛—海—岛—海……”形式定向逐个连接有海底电缆管道建设需要的岛屿。

划定串联廊道是运用系统论和协同论的思想，统一规划与设计，使陆域资源和海域资源充分对接，从而加强陆域和海域之间的关联性，整合为统一整体，是陆海统筹的有效实践。串联廊道可避免远端岛屿直接连接枢纽岛屿，减少海底电缆管道重

复建设，防止海域空间被割裂和浪费。此外，由于远端岛屿直接连接枢纽岛屿的海底电缆管道，距离长、成本高，因此管理成本和风险也相应提高。

3.3　承接外海方向管线的专门通道设置

随着科学技术的发展，以及近岸海域空间日益拥挤，深远海开发已成为必然趋势，尤其是海上风电、海底科学观测网、深海油气开采等重大工程的实施，海底电缆管道作为重要基础设施，其建设需求不断增加。在岛群海域，由于近岸各类开发活动频繁，以及管线穿越岛群并在大陆登陆难度较大，因此，应当立足全局，统筹考虑，在合适岛屿设置登陆区域，并设置专门廊道，承接外海方向登陆的管线。

在主要枢纽岛屿设置登陆点，一方面，可以供岛上生产生活使用；另一方面，在一定条件下，从远海来的电缆管道通过先在枢纽岛屿登陆进行中转，再挑选合适路由连接大陆和枢纽岛屿，可以降低海底电缆管道路由选择的难度，降低投资成本和管理风险。划定从外海通往陆地的管线廊道，可以以已有的路由为基础，进行合理扩展，提高路由可靠性。在其他地方寻找新的登陆点，另辟路由空间，会严重割裂外侧海域，对今后的发展造成隐患。

典型岛群海域海底电缆管道廊道规划策略示意如图 1 所示。

4　结论与展望

随着海域空间资源日益紧缺，岛群海域海底电缆管道的建设面临着诸多挑战。本文通过梳理我国海底电缆管道工程建设与路由空间管理的历史和现状，结合多年的工作管理经验，提出了针对岛群海域海底电缆管道路由规划的原则与方法，包括枢纽岛屿廊道设置、链式岛屿串联廊道划定以及承接外海方向管线的专门通道设置等，并强调在国土空间规划编制、海洋生态红线划定等顶层设计中充分考虑管线建设需求，以实现陆海统筹，促进海岛地区可持续发展。

海底电缆管道路由规划是一个复杂的系统工程，涉及多个学科领域和利益相关方，尤其是在岛群海域，复杂的海域自然环境和人类开发活动、较高的生态环境保护需求、多样化的海底电缆管道建设需求，使科学合理的路由规划变得十分必要，未来还需要进一步加强研究和实践探索。

岛群海域海底电缆管道路由规划对于促进海洋资源的集约节约利用、保护海洋生态环境、推动海岛地区可持续发展具有重要意义。在未来的发展中，应充分重视岛群海域海底电缆管道路由规划工作，加强顶层设计和统筹协调，实现海洋开发与保护的良性互动。

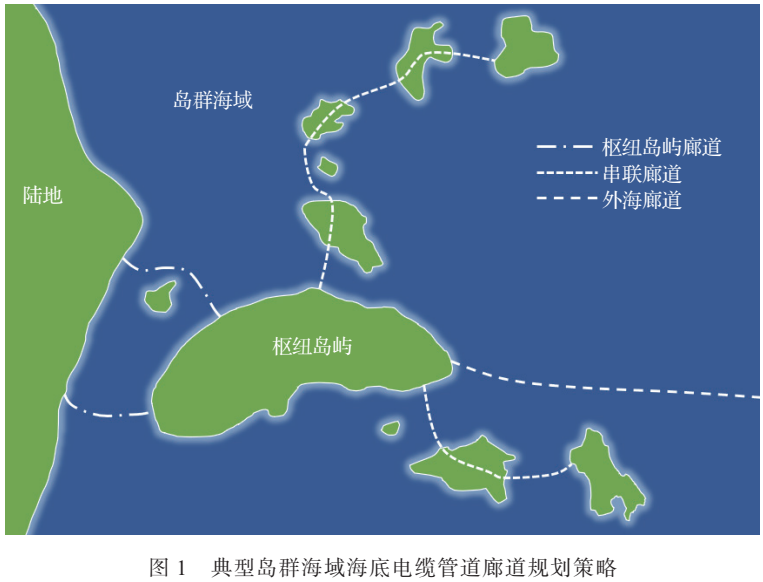

图 1　典型岛群海域海底电缆管道廊道规划策略

Fig.1　Schematic diagram of planning strategies for submarine cable and pipeline corridors in typical island group sea areas

参考文献（References）：

[1] 国务院．铺设海底电缆管道管理规定[Z]．1989.
The State Council，PRC．Regulations on the administration of submarine cable and pipeline installation[Z]．1989.

[2] 国家海洋局．铺设海底电缆管道管理规定实施办法[Z]．1992.
State Oceanic Administration．Implementing measures for the regulations on the administration of submarine cable and pipeline installation[Z]．1992.

[3] 全国人民代表大会常务委员会．中华人民共和国海域使用管理法[Z]．2002.
The National People's Congress of the People's Republic of China．The law of the people's republic of china on the administrationof the use of sea areas[Z]．2002.

[4] 国土资源部．海底电缆管道保护规定[Z]．2004.
Ministry of Land and Resources．Regulations on the protection of submarine cables and pipelines[Z]．2004.

[5] 国务院．国务院关于第二批取消 152 项中央指定地方实施行政审批事项的决定[Z]．2016.
The State Council，PRC．The second batch of cancellation of 152 administrative approval items designated by the central government for implementation by local authorities[Z]．2016.

[6] 国家海洋局．国家海洋局关于铺设海底电缆管道管理有关事项的通知[Z]．2017.
State Oceanic Administration．Notice on matters concerning the management of submarine cable and pipeline installation[Z]．2017.

[7] 胡恒，徐伟，岳奇，等．基于三生空间的海岸带分区模式探索：以河北省唐山市为例[J]．地域研究与开发，2017，36(6)：29-33.
HU Heng，XU Wei，YUE Qi，et al．Exploration on mode of coastal zoning based on ecological-living-industrial spaces：a case study of Tangshan city[J]．Areal Research and Development，2017，36(6)：29-33.

[8] 李彦平，刘大海．基于海域空间资源配置的海底电缆管理与保护研究[J]．广东海洋大学学报，2017，37(5)：56-60.
LI Yanping，LIU Dahai．Research on management and protection of submarine cables based on allocation of marine resources[J]．Journal of Guangdong Ocean University，2017，37(5)：56-60.

[9] 黄潘阳，来向华，胡涛骏，等．海底电缆管道廊道规划初步构想[J]．海洋开发与管理，2020，37(3)：8-11.
HUANG Panyang，LAI Xianghua，HU Taojun，et al．Preliminary idea of submarine cable and pipeline corridor planning[J]．Ocean Development and Management，2020，37(3)：8-11.

[10] 浙江省自然资源厅．浙江省海底路由“十四五”规划[Z]．2021.
Department of Natural Resources of Zhejiang Province．The 14th five-year plan for submarine Route Development in Zhejiang province[Z]．2021.

[11] 田状．我国海底电缆管道工程的政策研究[D]．哈尔滨：哈尔滨工程大学，2019.
TIAN Zhuang.The policy about submarine cable pipeline project in China[D]．Harbin：Harbin Engineering University，2019.

[12] 张震，唐伟，段康泓，等．海洋石油天然气管道保护条例立法问题探究[J]．海洋开发与管理，2015，32(9)：40-44.
ZHANG Zhen，TANG Wei，DUAN Kanghong，et al．An exploration of the legislative issues concerning the protection of offshore oil and natural gas pipelines[J]．Ocean Development and Management，2015，32(9)：40-44.

[13] 孟婕，赵立喜，李欣冉，等．我国海底电缆管道保护管理制度体系的完善[J]．自然资源情报，2023(6)：7-13.
MENG Jie，ZHAO Lixi，LI Xinran，et al．Study on the improvement of protection management system for submarine cables and pipelines in China[J]．Natural Resources Information，2023(6)：7-13.

[14] 王鸣岐，杨潇．“多规合一”的海洋空间规划体系设计初步研究[J]．海洋通报，2017，36(6)：675-681.
WANG Mingqi，YANG Xiao．A preliminary system designing for multi-rule in one of marine spatial planning[J]．Marine Science Bulletin，2017，36(6)：675-681.

[15] 蒋国俊．舟山群岛峡道水动力及沉积特性[J]．浙江大学学报(理学版)，2001，28(1)：82-91.
JIANG Guojun．The characteristics of hydro-dynamics and sediments in the strait channels of Zhoushan Islands area[J]．Journal of Zhejiang University(Science Edition)，2001，28(1)：82-91.

[16] 国家海洋局．中国海洋 21 世纪议程[M]．北京：海洋出版社，1996.
State Oceanic Administration.Agenda 21 China's Oceans[M]．Beijing：China Ocean Press，1996.