

Conceptos básicos, lógica técnica y vías de implementación de la planificación espacial marina tridimensional

LI Yanping, XU Xiaomeng, LIU Dahai, XIN Li, XU Saiya, LIU Yilin

Resumen: Con el desarrollo de los derechos estratificados de uso del mar, la gestión marina requiere una planificación espacial tridimensional. El artículo explica su necesidad para el desarrollo marino de alta calidad, la asignación coordinada de recursos verticales y el uso intensivo del espacio costero. Propone un marco funcional, temporal, de desarrollo y de derechos, y define un itinerario técnico basado en el inventario de usos, la evaluación de compatibilidad, la organización funcional y las reglas de control.

Palabras clave: planificación espacial marina tridimensional; uso estratificado del mar; zonificación funcional marina; evaluación de aptitud; control de usos

Nota de financiación: National Natural Science Foundation of China project on conflict mechanisms, organizational modes, and spatial optimization of stratified sea use (42306247); key project of the Key Laboratory of Marine Spatial Resource Management Technology; major project of the Hainan Key Laboratory for Building Maritime Strength.

1 Necesidad de la planificación marina tridimensional

La asignación bidimensional resulta insuficiente ante la concentración de puertos, acuicultura, energías renovables, cables, tuberías, turismo y protección ecológica. La planificación tridimensional reduce conflictos, permite usos compatibles y convierte los derechos estratificados de proyectos aislados en una estructura regional coordinada [16-23].

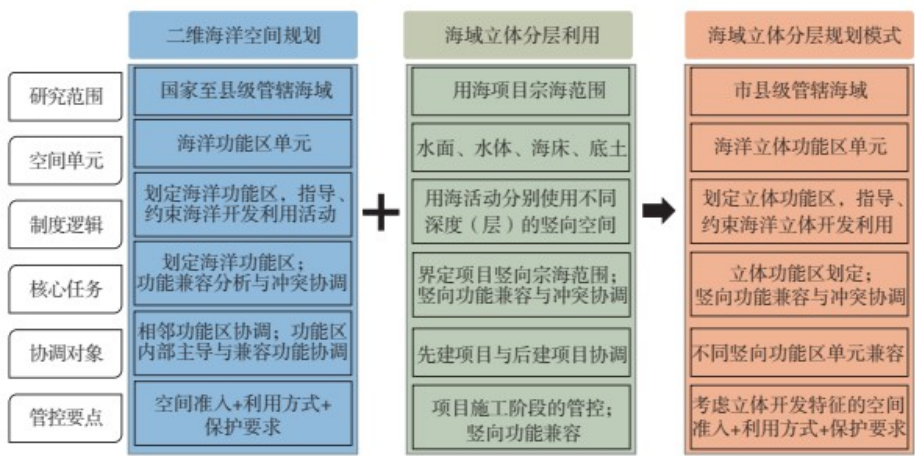


图1 海洋立体空间规划与海洋二维空间规划、海域立体分层利用的特征比较

Fig. 1. Comparison of three-dimensional marine spatial planning, two-dimensional marine spatial planning, and stratified use

Fig. 1. Comparison of three-dimensional marine spatial planning, two-dimensional marine spatial planning, and stratified use

1.1 Desarrollo marino de alta calidad

El enfoque integra eficiencia económica, seguridad, protección ambiental y organización de capas de superficie, columna de agua, fondo marino y subsuelo.

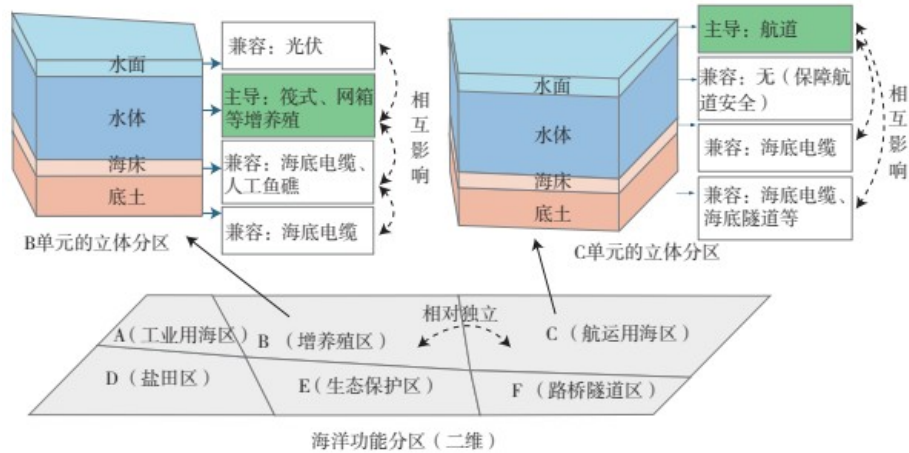


Fig. 2 Transition from two-dimensional to three-dimensional marine functional zoning

1.2 Asignación y organización de recursos verticales

La tarea no se limita a asignar derechos; debe identificar efectos acumulativos, corredores, secuencias de proyectos y condiciones de compatibilidad entre sectores.

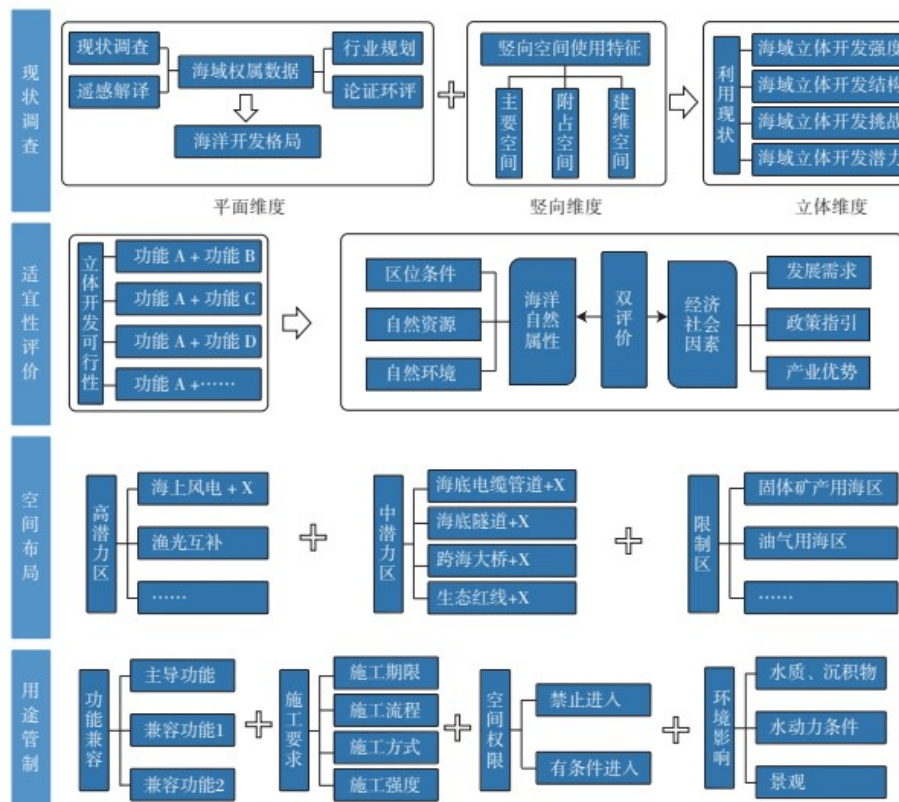


图3 海洋立体空间规划的主要技术环节

Fig.3 Core technical components of three-dimensional marine spatial planning

Fig. 3 Main technical stages of three-dimensional marine spatial planning

1.3 Uso intensivo del espacio costero

Las combinaciones acuicultura-fotovoltaica, eólica-pesca y corredores compartidos muestran cómo reducir la expansión horizontal mediante arreglos verticales.

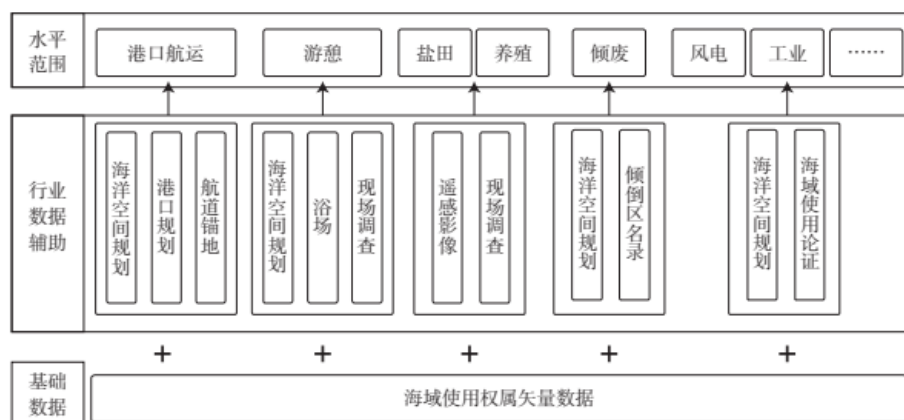


Fig. 4 Evaluation of the planar extent of marine-use activities

2 Comprensión fundamental

El marco se organiza en cuatro dimensiones: función dominante y funciones compatibles; temporalidad de construcción, operación y mantenimiento; nuevas trayectorias para infraestructuras en espacios ecológicos; y derechos, compensaciones y supervisión.

表1 用海活动的竖向空间使用特征

Tab.1 Characteristics of vertical ocean utilization activities

用海活动	空间使用特征			具有利用潜力的 剩余空间
	主要空间	附占空间	建设维护空间	
围海养殖	水体	海床	水面—水体	底土
筏式和网箱养殖	水体	水面、海床	水面—水体	海床、底土
底播养殖	海床	——	水面—海床	底土
人工鱼礁	海床	——	水面—海床	底土
温(冷)排水	水体	——	水体	水面、海床、底土
海上光伏(桩基式)	水面	水体、海床、底土	水面—底土	水体、海床、底土
海上光伏(漂浮式)	水面	水体、海床、底土	水面—水体	水体、海床、底土
海上风电	底土	水体、海床、底土	水面—底土	水体、海床、底土
跨海桥梁	水面	水体、海床、底土	水面—水体	水体、海床、底土
浴场	水面	水体	——	底土
游乐场	水面	水体	水面—海床	底土
海底电缆管道(海床敷设)	海床	——	水面—海床	水面、水体
海底电缆管道(底土埋设)	底土	——	水面—底土	水面、水体
海底隧道	底土	——	底土	水面、水体、海床
海底场馆	底土	——	底土	水面、水体、海床

Tabla 1 Vertical-space characteristics of marine-use activities

3 Lógica técnica e implementación

La planificación tridimensional debe apoyarse en el sistema bidimensional existente. Las zonas funcionales mantienen su papel rector y las capas verticales introducen compatibilidad, secuenciación y control diferenciado.

表2 用海活动立体分层利用适宜性评价结果

Tab.2 Stratified suitability assessment of ocean space

用海活动	围海养殖	筏式和网箱养殖	底播养殖	人工鱼礁	温(冷)排水	海上光伏	海上风电	跨海桥梁	海水浴场	海上娱乐活动	海底电缆管道(海床)	海底电缆管道(底土)	海底隧道	海底场馆
围海养殖						√		√				√		
筏式和网箱养殖			√	√		√	√	√			√	√	√	√
底播养殖		√				√		√					√	√
人工鱼礁		√				√	√	√					√	√
温(冷)排水						√	√	√					√	√
海上光伏	√	√	√	√	√		√				√	√	√	√
海上风电		√		√	√	√					√			
跨海桥梁	√	√	√	√	√						√	√		
海水浴场											√	√	√	√
海上娱乐活动											√	√	√	√
海底电缆管道(海床敷设)		√				√	√	√	√	√		√	√	√
海底电缆管道(底土埋设)	√	√				√		√	√	√	√			
海底隧道		√	√	√	√	√			√	√	√			
海底场馆		√	√	√	√	√			√	√	√			

Tabla 2 Suitability assessment of stratified marine-use combinations

3.1 Enfoque general

La relación entre planificación bidimensional, planificación tridimensional y usos estratificados preserva la coherencia normativa y evita la confusión de funciones.

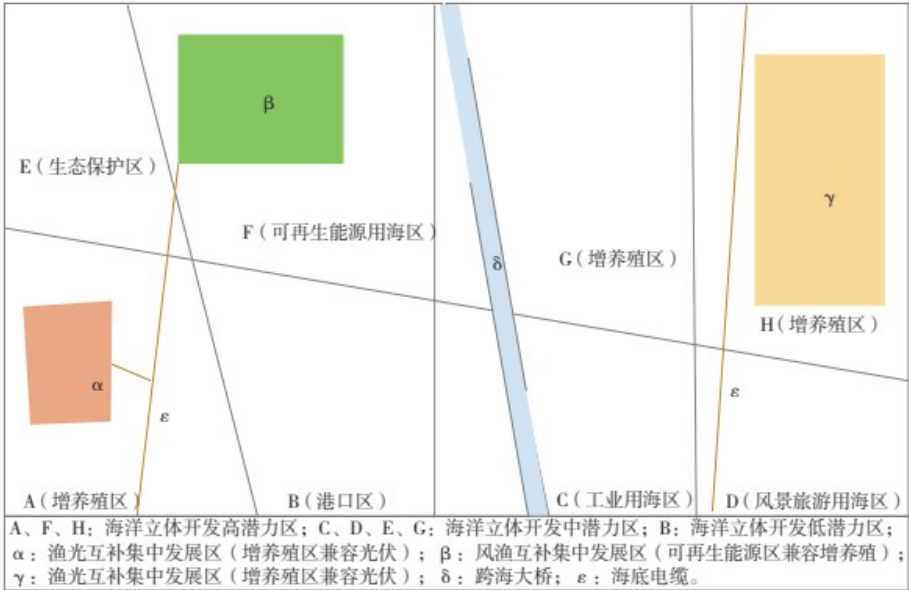


Fig. 5 Schematic three-dimensional spatial layout and zoning

3.2 Etapas técnicas principales

Las tareas incluyen inventario de usos actuales, evaluación de aptitud para combinaciones estratificadas, zonificación tridimensional y reglas de control sobre uso, construcción, seguridad y compensación.

3.3 Vías de implementación

La aplicación exige datos integrados, responsabilidades administrativas claras, coordinación sectorial y seguimiento adaptativo de derechos y usos.

4 Conclusiones y discusión

La planificación marina tridimensional permite pasar de la gestión de proyectos a una gobernanza regional del espacio marino. Su eficacia dependerá de datos fiables, reglas precisas y capacidad institucional de coordinación.

Referencias

- [1] Wen Chaoxiang, Lü Yiping, Lin Xiaoru, et al. Land-sea coordination in coastal spatial planning [J]. Urban Planning Forum, 2020(5): 69-75.
- [2] Cheng Yao, Li Yuanwen, Zhao Min. Marine spatial planning from a land-sea coordination perspective: EU experience [J]. Urban Planning Forum, 2019(5): 59-67.
- [3] Lin Xiaoru, Wang Liyun, Wen Chaoxiang. Coastal spatial control oriented to land-sea coordination [J]. Urban Planning Forum, 2018(4): 75-80.
- [4] Liu Dahai, Xing Wenxiu, Li Yanping, et al. Regulatory framework and rights relationships in coastal planning [J]. Urban Planning Forum, 2022(2): 20-26.
- [5] Gu Haibo, Li Xiaojuan, Xing Wenxiu, et al. Detailed marine planning in Shenzhen based on land-sea coordination [J]. Urban Planning Forum, 2023(5): 71-78.
- [6] Xing Wenxiu, Lin Yuting, Liu Dahai, et al. Concepts and implementation of detailed marine planning [J]. Urban Planning Forum, 2023(4): 95-103.
- [7] Taljaard S, Van Niekerk L. National legal regimes for multi-use marine spatial planning [J]. Marine Policy, 2013, 38: 72-79.
- [8] Schupp M F, Bocci M, Depellegrin D, et al. Toward a common understanding of ocean multi-use [J]. Frontiers in Marine Science, 2019, 6: 165.
- [9] Cui Wanglai, Li Ruifa, Zhong Haiyue, et al. Property-rights management for stratified sea use [J]. Natural Resource Economics of China, 2022, 35(7): 4-11.
- [10] Li Yanping, Chen Yiyang, Liu Dahai, et al. Spatial conflicts and management of stratified sea use [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(10): 2475-2489.
- [11] Zhao Meng, Yue Qi, Xu Wei, et al. Feasibility of three-dimensional sea-use rights [J]. Ocean Development and Management, 2016, 33(7): 70-73.
- [12] Ma Xinyu. Legal Issues in Three-dimensional Marine Development in China [D]. Dalian Ocean University, 2024.
- [13] Cui Wanglai, Wang Xia, He Yixiong. Definition and management of stratified sea-use rights [J]. Marine Economy, 2024, 14(3): 63-72.
- [14] Yang Zhihao, Sun Huaye, Yang Mingming, et al. Supporting institutions for stratified sea-use rights [J]. Ocean Development and Management, 2022, 39(3): 79-83.
- [15] Li Yanping, Li Chenyu, Liu Dahai. Institutional difficulties and improvement of stratified sea use [J]. Ocean Development and Management, 2020, 37(9): 3-8.
- [16] Li Yanping, Liu Dahai, Chen Yiyang, et al. Three-dimensional marine spatial resources and management [J]. Journal of Natural Resources, 2024, 39(1): 49-61.
- [17] Feng Chongjun, Zhong Jinxiang, Zhou Yuan, et al. Three-dimensional cadastral modeling and conflict detection [J]. Science of Surveying and Mapping, 2023, 48(8): 220-228.
- [18] Michler-Cieluch T, Krause G, Buck B H. Integrating offshore wind and mariculture operations [J]. Ocean & Coastal Management, 2009, 52: 57-68.
- [19] Christie N, Smyth K, Barnes R, et al. Co-location in marine spatial planning [J]. Marine Policy, 2014, 43: 254-261.
- [20] Gleason M, McCreary S, Miller-Henson M, et al. Stakeholder-driven marine protected-area network planning [J]. Ocean & Coastal Management, 2010, 53(2): 52-68.
- [21] Yates K L, Schoeman D S. Fishers' spatial priorities in conservation planning [J]. ICES Journal of Marine Science, 2014, 72(2): 587-594.
- [22] Buck B H, Richard L. Aquaculture Perspective of Multi-use Sites in the Open Ocean [M]. Cham: Springer, 2017.
- [23] Li Yanping, Liu Dahai. Marine resource allocation based on three-dimensional development [J]. Marine Environmental Science, 2019, 38(3): 435-440.

Traducción asistida por IA