国际海底区域深海采矿排放规则:博弈、困境与中国方案*

林赟

(暨南大学 法学院/知识产权学院, 广东 广州 510632)

摘要:随着深海开发加速推进,国际海底区域深海采矿引发的排放风险与法律规制冲突亟待解决。为此,从采矿排放的基本阐释入手,系统梳理"区域"内采矿排放规则的博弈过程,揭示现行国际法框架的分散性与模糊性。通过分析采矿排放国际法律制度的适用困境、国内法与国际法的衔接断层、环境风险预防机制滞后和识别治理中的关键难点,研究进一步提出,应在动态体系下构建法律解释的协同机制、依托跨公约机构协作机制的实体化建设、以及设计分层分类的风险预防与应急机制,以实现采矿排放规则的协调优化。在中国战略需求背景下,通过修订国内深海采矿法、深化区域合作,以及在国际平台积极引领"负面清单"等提案,推动我国从规则适配者向规则引领者的角色转变。这一路径既为"区域"内深海采矿排放规则的博弈与合作提供了可行的解决方案,也为全球治理提供了可借鉴的实践范本。

关键词:国际海底区域;深海采矿;采矿排放规则;环境保护;中国方案

中图分类号:TD857;D99 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2763(2026)03-0046-12

Discharge Rules for Deep-Sea Mining in the International Seabed Areas: Game, Dilemma and China's Solution

LIN Yun

(School of Law / School of Intellectual Property, Jinan University, Guangzhou, Guangdong 510632, China)

Abstract: With the acceleration of deep-sea development, the conflict between discharge risks and legal regulatory conflicts arising from deep-sea mining in international seabed area needs to be resolved. To this end, starting with a fundamental interpretation of mining discharges, a systematic review of the game process for mining discharge regulations within the "region" was conducted, revealing the fragmented and ambiguous nature of the current international legal framework. By analyzing the challenges in applying the international legal regime for mining discharges, the disconnect between domestic and international laws, and the lag in environmental risk prevention mechanisms, the key difficulties in governance were identified. It further proposes establishing a collaborative mechanism for legal interpretation under a dynamic system, advancing substantive development through inter-convention institutional cooperation, and designing tiered and categorized risk prevention and emergency response mechanisms to achieve coordinated optimization of mining discharge regulations. Against the backdrop of China's strategic requirements, the nation can transition from a rule-follower to a rule-setter by revising domestic deep-sea mining legislation, deepening regional cooperation, and actively championing proposals such as the "negative list" on international platforms. This approach not only offers a viable solution for the negotiation and cooperation on deep-sea mining discharge regulations within the "area", but also provides a practical model for global governance.

Key words: International seabed area, Deep-sea mining, Mining discharge regulations, Environmental protection, China's solution

0 引言

国际海底区域(以下简称"区域")是人类共同继承财产的重要组成部分,其资源开发关乎全人类的共同利益。近年来,随着技术的进步和资源需求的增长,国际海底开发活动不断升温,尤其是在多金属结核(Polymetallic Nodules, PMN)、多金属硫化物(Polymetallic Sulfide, PMS)和富钴锰铁外壳(Cobalt-Rich Crusts, CRC)的商业化开发前景下,海底采矿等活动持续升温。尽管全面商业采矿尚未

* **收稿日期**:2025-04-23
基金项目:暨南大学法学院/知识产权学院2024年博士研究生拔尖创新人才培养项目(FXBC2024012)
作者简介:林赟(1997—),女,广东揭阳人,博士研究生,主要从事国际法、能源法研究。E-mail:45388633@qq.com

启动,但深海试采已经开始[1]。2021 年瑙鲁要求 ISA 理事会根据 1994 年执行协定规定完成通过必要的规则、条例和程序以促进批准该区域的开采工作计划①,2025 年加拿大 TME 公司宣称其子公司打算根据美国法规申请深海采矿许可证②,美国总统特朗普曾签署"开发美国近海关键矿产和资源"的行政令③。这些事件进一步加速了国际社会关于深海采矿的讨论与开发进程。与此相对,另外一种声音则呼吁"暂停"深海采矿进程,2024 年 7 月第 29 届国际管理局大会中,已有 32 个国家发布支持暂停、预防性暂停或禁止深海采矿。2025 年 3 月 10 日,世界自然保护联盟(IUCN)举办线上研讨会中,专家学者们针对深海采矿(Deep Sea Mining,DSM)是否应暂停或禁止展开了讨论④。那么,深海采矿进程是否该持续推进呢?越来越多的研究指出,深海海底采矿不仅会损害深海在气候调节中的自然功能,严重影响海床的完整性和生物多样性,还可能对沿海社区乃至全人类造成潜在的深远后果[2]。鉴于深海采矿涵盖了从勘探、运营开采、矿山关闭的全流程活动,无论其在何处开采,都必须建立完善的法律制度,以最大限度地减少其对海洋环境的影响[3]。

《联合国海洋法公约》(以下简称《海洋法公约》)及《关于执行 1982 年 12 月 10 日〈联合国海洋法公约〉第十一部分的协定》(以下简称《执行协定》)为保护海洋环境免受"区域"内活动有害影响提供了总体框架,并授权国际海底管理局(International Seabed Authority,ISA)建立相应的监督框架,以平衡海洋矿产资源开发与海洋环境的保护。然而,现有框架存在显著局限。例如,《海洋法公约》第 209 条⑤主要规定了来自"区域"内活动的污染,却未涉及深海采矿排放所带来的污染。在具体规则层面,ISA 在探矿和勘探行为上出台了《"区域"内多金属结核探矿和勘探规章》(以下简称《结核规章》)《"区域"内多金属硫化物探矿和勘探规章》(以下简称《硫化物规章》)《"区域"内富钴铁锰结壳探矿和勘探规章》(以下简称《结壳规章》)三部法规,在规范深海采矿行为上,《"区域"内矿产资源开发规章草案》(以下简称《开发规章草案》)仍在制定中,涉及采矿排放的规定适用范围模糊。《防止倾倒废弃物及其他物质污染海洋的公约》及其协定(以下简称《伦敦倾废公约》)、《1973 年国际防止船舶污染公约》及其协定(以下简称《防止船舶污染公约》)均将"区域"内勘探开发直接的倾倒行为予以豁免。当前的法律框架与学术讨论大多数聚焦于产权分配。尽管已有一些法律规范与研究对破坏海洋环境行为进行了初步约束,但其规定分散、彼此间存在冲突且在实践中执行力不足,导致保护效果有限。深海采矿活动对海洋环境的破坏,除对海床及其周边造成直接损害外,还存在对所采矿物进行加工以及偶然的废物排放等潜在风险[4]。由此,一系列关键法律问题悬而未决:采矿排放是否属于海洋倾废?采矿排放与海洋倾废之间的关系如何界定?如何衔接《海洋法公约》及其协定、ISA 立法、国际条约以及国内立法之间的关系?这一系列问题并没有明确的规定,不仅阻碍了海洋环境保护目标的实现,也对海底开发活动的可行性和可持续性构成了根本制约。本文旨在通过分析上述问题,为国际海底开发中的环境保护探寻新的思路,填补现有海洋治理中的"制度缝隙",从而为促进国际海底开发活动的可持续性发展奠定坚实的法律基础。

---

① NAURU. Nauru requests the President of ISA Council to complete the adoption of rules, regulations and procedures necessary to facilitate the approval of plans of work for exploitation in the Area[EB/OL]. (2025-04-12). https://www.isa.org.jm/news/nauru-requests-president-isa-council-complete-adoption-rules-regulations-and-procedures/.

② The Council of the International Seabed Authority. The council of the International Seabed Authority concludes part I of its thirtieth session[EB/OL]. (2025-04-12). https://www.isa.org.jm/news/the-council-of-the-international-seabed-authority-concludes-part-i-of-its-thirtieth-session/.

③ 新京报社.特朗普签行政令允许海底采矿 外交部:擅自授权开发损害国际社会共同利益[EB/OL].(2025-05-08).https://www.bjnews.com.cn/detail/1745568718129374.html.

④ 中国海洋大学中国海洋发展研究中心.世界自然保护联盟举办研讨会聚焦深海采矿法规谈判[EB/OL].(2025-05-12).https://aoc.ouc.edu.cn/2025/0317/c9829a496080/pagem.htm.

⑤ 《联合国海洋法公约》第 209 条来自"区域"内活动的污染规定:1.为了防止、减少和控制"区域"内活动对海洋环境的污染,应按照第十一部分制订国际规则、规章和程序,这种规则、规章和程序应根据需要随时重新审查;2.在本节有关规定的限制下,各国应制定法律和规章,以防止、减少和控制由悬挂其旗帜或在其国内登记或在其权力下经营的船只、设施、结构和其他装置所进行的"区域"内活动造成对海洋环境的污染。这种法律和规章要求的效力应不低于第 1 款所指的国际规则、规章和程序。

1 采矿排放的基本阐释

1.1 采矿排放的界定

何为“采矿排放”？目前学术界并没有一个准确的定义,尤其在国际海底区域中的深海采矿排放更缺乏明确的界定标准。在这一背景下,国际海底管理局(ISA)在制定《“区域”内矿产资源开发规章草案》(以下简称《开发规章草案》)过程中进行了尝试性的界定。《开发规章草案》2017 年版本在附录的术语表中,将“采矿排放”(Mining discharge)定义①为:采矿排放行为包括《海洋法公约》第 1 条第 1 款第(5)项②规定的行为,同时在船上加工过程中从矿物排放到海洋环境中的行为也涵盖在里面。《开发规章草案》2018 年版本进一步简化为,将采矿排放定义为向海洋环境中丢弃、倾倒或排放作为开发活动的组成部分或开发活动(包括在矿址之上的船上直接加工该矿址回收的矿物)直接造成的沉淀物、废物和其他流出物③。《开发规章草案》将 Mining Discharge 定义为采矿排放物④。深海采矿排放是否属于海洋倾废行为？目前对于海洋倾废概念的理解基本上都是来源于《海洋法公约》和《伦敦倾废公约》,这两个公约从正面和排他性两个角度对倾废进行了界定,在综合分析和比较两大公约的基础上,学界将海洋倾废概括为:以任何方式、任何途径有意向海洋处置、弃置废弃物和其他物质为目的的行为,非有意向海洋处置、弃置废弃物和其他物质的行为除外[5]。这种界定几乎秉承了“目的标准说”,即强调倾倒废物需有故意的目的,但在海洋污染日趋严重的今天,这种倾废认定方式割裂了对海洋环境的有效治理。深海采矿排放的界定则需要重新审视,采取“有意”的目的说,还是采取“污染环境”的结果说。

1.2 采矿排放的范围

随着人类生态环境保护意识的增强,海洋倾废的规则范围呈扩大趋势,但其法律边界仍缺乏清晰的界定[6]。当前国际社会对海洋倾废范围主要关注以下几个领域:海上废弃物倾倒、大气和陆地向海洋排放废弃物、油气类废弃物处置、近海石油平台废置、海上焚烧、围填海项目等海洋工程中的吹填行为、国际海底勘探开发中的海洋倾倒行为,以及海底碳封存和微塑料颗粒倾倒等问题。深海采矿作业通常需要用机械设备在海底底层进行挖掘或切割,然后将富含矿物的沉积物铲起或吸起送到采矿船上,在那里进行储存、加工,最终运送上岸⑤。现有的采矿工具主要有采矿车、管道提升系统、海面支持平台[7]。然而,该作业过程对海洋环境存在显著影响,主要包括采矿设备对栖息地和动物群的消耗或物理破坏、海底地形和地球化学特征的变化、沉积物羽流的产生,以及金属或工艺化学品释放的潜在毒性[8]。其中,矿物开采过程中产生的沉积物羽流被认为是深海生态系统的主要风险,导致动物的摄食器具被掩埋和堵塞[9]。历史上的大型海底扰动试验中(如德国的 DISCOL 项目——干扰和再定殖试验,及后续的 MIDAS 计划——管理深海资源开采)已证实,采矿活动可能释放有毒元素[10]。此外,船舶加工回收的矿物和附带废物的排放对海底及附近区域也存在明显危害[11]。由此可见,国际海底区域的深海采矿排放实质上已符合海洋倾废行为的法律特征,应被纳入相应的规制框架。

综上,深海采矿排放属于海洋倾废的一种特殊表现形式,但又超越了传统倾废的范畴,因此,深海采矿排放中属于海洋倾废的部分应适用于海洋倾废的规定(见图 1)。同时,鉴于深海的特殊环境,对采

---

① 原文表述为:“Mining Discharge” means the disposal, dumping as defined in Article 11(5), of the Convention, or release, disposal, spilling, leaking, pumping, emitting, or emptying of sediments, wastes and other effluents, including water evacuated from Minerals during shipboard processing, into the Marine Environment made as an integral part of, or as a direct result of activities in the Area or from shipboard processing immediately above a Contract Area.

② 《联合国海洋法公约》第 1 条第 1 款第(5)项规定:(a)“倾倒”是指:(一)从船只、飞机、平台或其他人造海上结构故意处置废物或其他物质的行为;(二)故意处置船只、飞机、平台或其他人造海上结构的行为。(b)“倾倒”不包括:(一)船只、飞机、平台或其他人造海上结构及其装备的正常操作所附带发生或产生的废物或其他物质的处置,但为了处置这种物质而操作的船只、飞机、平台或其他人造海上结构所运载或向其输送的废物或其他物质,或在这种船只、飞机、平台或结构上处理这种废物或其他物质所产生的废物或其他物质均除外;(二)并非为了单纯处置物质而放置物质,但以这种放置不违反本公约的目的为限。

③ 原文表述为:“Mining Discharge” means the disposal, dumping and discharge into the Marine Environment of sediment, waste and other effluent, made as an integral part of, or as a direct result of, Exploitation activities, including shipboard processing immediately above a mine site of Minerals recovered from that mine site.”

④ 原文表述为:“Mining Discharge”means any sediment, waste or other effluent directly resulting from Exploitation, including shipboard or Installation processing immediately above a mine site of Minerals recovered from that mine site.”

⑤ 对话地球.深海采矿的核心问题解读[EB/OL].(2025-04-12).https://dialogue.earth/zh/9/40090384/.

矿排放行为的规制应当采取更高标准的“污染环境”结果说,即无论是否出于有意的目的,只要造成了深海环境污染,即适用专门的采矿排放规则。

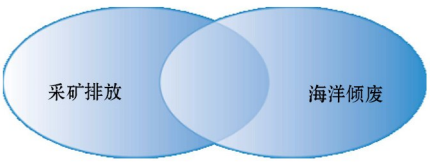


图 1 采矿排放与海洋倾废之间的关系

Fig.1 Relationship between mining discharge and ocean dumping

2 “区域”内采矿排放规则的立法博弈过程

有关国际海底区域采矿排放的立法最早可追溯至 1972 年《伦敦倾废公约》,该公约提及了海底矿物资源的勘探、开发等活动的废物处置。1982 年《海洋法公约》的签订,标志着国际海底区域开发活动法律规范的初步建立。此后,随着各国深海立法、国际海底管理局(ISA)立法、BBNJ 协定的通过,国际海底区域采矿排放立法进入了新的阶段(见表 1)。

表 1 深海采矿排放规则国际立法历程

Table 1 Evolution of international legislation on deep-sea mining emissions

阶段	时间	标志
萌芽	1972—1982 年	1972 年《防止倾倒废物及其他物质污染海洋的公约》(《伦敦倾废公约》) 1973 年《国际防止船舶造成污染公约》 1978 年《关于 1973 年国际防止船舶造成污染公约的 1978 年的议定书》
发展	1982 年至 20 世纪末	1982 年《联合国海洋法公约》 1990 年《国际油污防备、响应和合作公约》 1994 年《关于执行 1982 年 12 月 10 日〈联合国海洋法公约〉第十一部分的协定》 1996 年《〈防止倾倒废物及其他物质污染海洋的公约〉1996 年议定书》
进阶	20 世纪末至今	各国开展的深海采矿/资源勘探开发国别立法

资料来源:作者根据公开资料整理和制作。

2.1 采矿排放规则立法的萌芽时期

1972 年《伦敦倾废公约》是保护海洋环境免受人类活动影响的全球性公约之一,标志着国际上第一部专门规制海洋倾废的条约成立,其目标是促进对所有海洋污染源的有效控制,并采取一切可行步骤防止倾倒废物和其他物质对海洋造成污染。公约第 3.1(3)条规定,海底矿物资源的勘探、开发等活动直接产生或与此有关的物质处置不受本公约的规定①,但何为“直接产生”,何为“与此有关”并没有明确的界定。同时,第 3.1(1)条规定了“倾倒”的适用范围,仅限定于有意从或将船舶、航空器、平台或其他海上人工构筑物倾废的行为。因此,通过管道进行的排放和其他陆地海洋污染源则不属于《伦敦倾废公约》的监管范围。《国际防止船舶造成污染公约》是全球第一部全面防止船舶污染的国际公约,其规制的排放类型不仅涵盖了油污,还包括散装液体化学品、生活污水等[12]。公约第 2.3(2)条规定,“排放”不包括由于对海底矿物资源的勘探、开发及与之相关联的近海加工处理所直接引起的有害物质的排放②。虽然这一时期的海洋环境相关立法豁免了直接产生于海底矿物资源的勘探、开发中废物的排放,但是如果深海海底采矿法规与倾倒条约缔约方多年来制定的废物评估程序相协调,将大有裨益[13]。

2.2 采矿排放规则立法的发展时期

作为“海洋宪章”的《海洋法公约》,其第十一部分及附件三对“区域”及其资源开发活动进行了总体框架性规定,在海洋环境保护条款中特别强调“区域”内应防止废物处置对海洋环境造成的有害影响。公约第十二部分明确要求,海底开发活动应以“保护海洋环境”为核心原则,即在勘探或开发海床过程中采取措施防止、减少和控制对海洋环境的污染。公

① 《防止倾倒废弃物及其他物质污染海洋的公约》第 3.1(3)规定:由于海底矿物资源的勘探、开发及相关的海上加工所直接产生的或与此有关的废物或其他物质的处置,不受本公约规定的约束。

② 《1973 年国际防止船舶造成污染公约》第 2 条第 3 款第 2 项规定:“排放”一词不包括下列情况:②由于对海底矿物资源的勘探、开发及与之相关联的近海加工处理所直接引起的有害物质的排放。

约第 145 条[①]及附件三第 17.2(f)条[②],根据这两项规定所制定的规章旨在保护海洋环境免受矿物开采的有害影响,其保护范围不仅包括物理意义上的海床,还包括海洋表面(特别是船上的过程和废物排放)和矿区上方的水柱(特别是羽流、沉积物扩散)。由此可见,《海洋法公约》虽为保护海洋环境提供了法律框架,但对采矿排放行为的具体规制较为原则化,缺乏实施细则。1996 年通过的《倾废议定书》通过"零倾倒"原则进一步限制海洋倾倒活动,没有规定哪些材料不能倾倒,而是禁止所有倾倒,仅允许列在"反向清单"上的少数废物除外,这其中可能包括"惰性、无机地质材料"(尾矿尾砂或可归入此类)。该协议书同时要求进行严格的环境影响评估。总体而言,这一时期的立法框架已可适用于规制深海采矿排放,但由于规定过于笼统,在实践上难以具体实施。

2.3 采矿排放立法的进阶时期

深海国别立法的发展经历了由少数发达国家主导,向发达国家与发展中国家共同推动的变化过程[14]。在《海洋法公约》通过之前,美国、英国、俄罗斯、法国、日本等发达国家率先制定了本国关于海底资源勘探和开发的法律,旨在抢先开发"区域"资源。《海洋法公约》第 153.4 条[③]及附件第 4.4 条[④]明确规定,缔约国作为担保国,应按照第 139 条[⑤]规定,在其国内法律制度内,负责协助 ISA 确保这些规定得到遵守。在《海洋法公约》及其协定生效后,中国、南太平洋国家等发展中国家也在开始积极制定相关法律法规。自 2011 年国际海洋法庭海底争端分庭(下称"海底争端分庭")发布"个人和实体的担保国对区域内活动的责任和义务"咨询报告以来[⑥],各国立法和修法的进程进一步加快。目前已有 40 个国家向 ISA 国家立法数据库提供相关法律法规和行政措施,绝大多数国家的立法包含了保护海洋环境的条款,但仅有少数国家规定了采矿排放规则。美国 1980 年《深海海底硬物矿物资源法》提及环境计划需基于海洋的加工和海上废物的处理。尼日利亚 2007 年《近海地区矿产(开发和监管)法》第 123 条规定,任何人在采矿或勘探矿物的过程中,不得污染或导致污染采矿租约内或超出该区域的任何水或水道。斐济 2013 年《国际海底矿物管理法》、图瓦卢 2014 年《海底矿物法》、汤加 2014 年《海底矿产资源法》、瑙鲁 2015 年《国际海底矿物法》等规定,除非根据相关国际法或 ISA 规则,否则不得从任何船只倾倒矿物材料或废物。库克群岛有关深海采矿排放的规定,虽然未直接在《海底矿物法》中明确规定,但是其 2017 年颁布的《玛雷海洋公园法》要求以国际法标准开展海洋生态管理,且 2019 年的《海底矿物法》专章规定了"区域"内深海采矿的内容,虽是太平洋岛国,但其立法可谓是"区域"深海国别立法的范例。孟加拉国 2021 年《领海和海洋区域(修正案)法》不仅规定了海洋倾废的概念,其第 23 条还规定了未采取措施防止污染的处罚,特别强调了倾废污染。从各国深海立法中可以看出(见表 2),以美国为首的发达国家将商业优先作为其立法目的,欧盟则以预防原则为首坚持禁止或反对深海采矿,中国等发展中国家坚持渐进式开发与责任平衡的原则[15]。由于每个国家对深海采矿的利益各不相同,因此各国

① 《联合国海洋法公约》第 145 条规定,海洋环境保护:应按照本公约对"区域"内活动采取必要措施,以确保切实保护海洋环境,不受这种活动可能产生的有害影响。为此目的,管理局应制定适当的规则、规章和程序,以便除其他外:(a)防止、减少和控制对包括海岸在内的海洋环境的污染和其他危害,并防止干扰海洋环境的生态平衡,特别注意使其不受诸如钻探、挖泥、挖凿、废物处置等活动,以及建造和操作或维修与这种活动有关的设施、管道和其他装置所产生的有害影响;(b)保护和养护"区域"的自然资源,并防止对海洋环境中动植物的损害。

② 《联合国海洋法公约》附件三 17.2(f)条规定海洋环境的保护:为保证切实保护海洋环境免受"区域"内活动或于矿址上方在船上对从该矿址取得的矿物加工所造成的直接损害,应制定规则、规章和程序,考虑到钻探、挖泥、取岩心和开凿,以及在海洋环境内处置、倾倒和排放沉积物、废物或其他流出物,可能直接造成这种损害的程度。

③ 《联合国海洋法公约》第 153 条勘探和开发制度第 4 款规定,缔约国应按照第 139 条采取一切必要措施,协助管理局确保这些规定得到遵守。

④ 《联合国海洋法公约》附件三第 4.4 条规定,担保国应按照第 139 条,负责在其法律制度范围内,确保所担保的承包者应依据合同条款及其在本公约下的义务进行"区域"内活动。

⑤ 《联合国海洋法公约》第 139 条规定确保遵守本公约的义务和损害赔偿责任:1.缔约国应有责任确保"区域"内活动,不论是由缔约国、国营企业、或具有缔约国国际的自然人或法人所从事者,一律按照本部分进行。国际组织对于该组织所进行的"区域"内活动也应有同样责任。2.在不妨碍国际法规则和附件三第 22 条的情形下,缔约国或国际组织应对由于其没有履行本部分规定的义务而造成的损害负有赔偿责任;共同进行活动的缔约国或国际组织应承担连带赔偿责任。但如缔约国已依据第 153 条第 4 款和附件三第 4 条第 4 款采取一切必要和适当措施,以确保其根据第 153 条第 2 款 b 项担保的人切实遵守规定,则该缔约国对于因这种人没遵守本部分规定而造成的损害,应无赔偿责任。3.为国际组织成员的缔约国应采取适当措施确保本条对这种组织的实施。

⑥ 《2011 年国际海洋法法庭年度报告》SPLOS/241。

国内立法如何保持与国际立法相适应相协调是国内深海立法的关键点。

表 2 深海采矿活动的国内立法

Table 2 National legislation on deep sea mining activities

国家	深海采矿立法	是否规定采矿排放规则
美国	1980 年《深海海底硬物矿物资源法》(2000 年修订) 《关于勘探许可证的深海海底采矿条例》 《关于商业采收执照的深海海底采矿条例》	有
英国	1981 年《深海采矿法》(2014 年修订) 《深海采矿(勘探许可证)(申请)规章》 《深海采矿(勘探许可证)规章》	无
法国	1981 年《深海矿产资源勘探和开发法》	无
俄罗斯	1982 年《关于滨海海底矿产资源的勘探和开发大陆架的边界》	无
日本	1982 年《深海海底采矿临时措施法》	无
德国	1995 年《海底采矿法》(2010 年修订)	无
新西兰	1996 年《大陆架法》	无
捷克	2000 年《勘探、勘探和开采国家管辖范围外海床的矿产资源》	无
黑山	2007 年《海洋法》	无
尼日利亚	2007 年《近海地区矿产(开发和监管)法》	有
比利时	2013 年《关于探矿、勘探和开发国家管辖范围之外的海底、洋底及其底土的资源的法案》	无
纽埃	2013 年《海洋区域法》	无
斐济	2013 年《国际海底矿物管理法》	有
汤加	2014 年《海底矿产资源法》	有
图瓦卢	2014 年《海底矿物法》	有
新加坡	2015 年《深海采矿法》	无
瑙鲁	2015 年《国际海底矿物法》	有
中国	2016 年《中华人民共和国深海海域资源勘探与开发法》	无
肯尼亚	2016 年《海洋区域法》	无
库克群岛	2019 年《海底矿物法》(2009 年颁布旧法,2015 年修订)	有
孟加拉国	2021 年《领海和海洋区域(修正案)法》	有

资料来源:作者根据公开资料整理和制作。

3 《开发规章草案》中采矿排放规制的演进

ISA 于 2014 年启动制定《"区域"内矿产资源开发规章草案》(以下简称《开发规章草案》)的工作后,法律和技术委员会在 2016 年制定了首版草案的拟定。此后,该委员会在 2017 年和 2018 年分别制定了后续版本。2019 年,理事会公布了当时最新一版的《开发规章草案》①。在历经五年审议各方评论意见和起草意见、组织非正式工作小组及征询利益相关方意见的讨论过程后,理事会于 2024 年合并发布综合评估各方最新进展的草案,但其正式文本至今仍未颁布。然而,关于采矿排放的具体规则目前仍散落在《开发规则草案》的各个章节中。

3.1 采矿排放规制的发展进程

《开发规章草案》对采矿排放的规制在不断细化。从正文条文来看,《2016 年草案》未涉及采矿排放的相关规定,《2017 年草案》第 23 条第 6 款承包商对海洋环境的持续义务中首次提及采矿排放,并在附表 1 中首次明确"采矿排放"的法律定义②。《2018 年草案》第四部分"保护和保全海洋环境"第 2 节"污染控制和废物管理"第 48 条对采矿排放作出限制。这条不仅细化了对《2017 年草案》第 23.6 条的规定,还增加了两项采矿排放的例外措施。尽管其实践性更强、范围更聚焦,直接突出了"开发活动"的核心定位,但却忽视了与《海洋法公约》的衔接,也

① 以下分别简称《2016 年草案》《2017 年草案》《2018 年草案》。

② 《2017 年草案》第 23 条第 6 款规定:除非为了生命或船舶的安全无法避免,或者为了防止船舶、设备或采矿设备的损失或严重损坏,除非开采合同或本规章明确允许,否则不得进行采矿排放。附表 1 术语和范围的使用规定"采矿排放"是指根据《海洋法公约》第 1 条第(5)款所定义的倾倒行为,向海洋环境中排放、倾倒、溢出、泄漏、泵出、排放或排空沉积物、废物和其他流出物,包括在船载加工过程中从矿物中排出的水,这些行为是作为区域内活动的组成部分,或由区域内活动直接导致的,或从直接位于合同区上方的船载加工活动中产生。

未详细列举排放形式①。2019 年理事会公布的《开发规章草案》中,限制采矿排放条文第一款沿用了《2018 年草案》的规定,第二款增加了承包者排放后及时报告的义务;“采矿排放”的定义修改为“采矿排放物”,与《2018 年草案》相比,该定义更加注重排放物质本身,更加突出矿物开发的全过程,并更加关注“采矿排放物”作为开发活动的结果②。综上可以看出,《开发规章草案》关于“采矿排放”的规定呈现出从无到有、从原则性限制到具体规范的逐步深化趋势。

3.2 环境影响评价排放规制的细化

环境影响评价(Environment Impact Assessment,EIA)是指在做出重大决策或承诺前,识别、预测、评价和减轻选择方案的生物物理影响、社会影响及其他相关影响的过程[16]。从《2016 年草案》到 2019 年《开发规章草案》,EIA 的范围经历了从单一到综合的扩展。《2016 年草案》未将采矿活动列入 EIA,仅在附件二“可行性研究及采矿计划”中提及采矿活动所产生的废物材料处置管理计划,内容较为笼统,既未明确具体的技术方法或数据要求,也没有明确公众参与和透明度的具体要求③。《2017 年草案》附件五“环境影响报告书范本”及附件七“环境管理和监测计划”中规定了采矿排放的相关内容,在范围上开始关注海底采矿活动对海洋生态系统的间接影响;在技术上增加了对沉积物羽流和化学影响的定量分析要求,并要求使用区域海洋学模型评估水柱影响④。《2018 年草案》将环境影响评估的范围扩展至整个采矿生命周期,包括施工、运营和终止阶段,要求开发者对环境影响进行定量评估,新增了对危险废物处理和储存的专门评估要求,并补充了对环境监测和数据收集的技术要求⑤。2019 年《开发规章草案》进一步将环境影响评估的范围扩展至区域外的累积影响,要求开发者评估开采活动对相邻区域的潜在影响,新增了对温室气体排放和气候变化的综合评估要求,并明确规定了环境影响评估的技术标准,包括数据收集频率、监测设备的性能要求以及风险管理的具体指标⑥。通过从《2016 年草案》到 2019 年《开发规章草案》的演变可以看出,在环境影响评估方案中关于采矿排放的评估范围不断扩展,技术标准持续增强。这些细化特征反映了国际社会对海底资源开发环境保护的重视,也体现了从“冲突”到“协同”的范式重构。ISA 虽已提出一份环境评估报告的框架性模板,但针对深海采矿的具体评估方法与评价标准尚未形成共识,这凸显了当前评估体系的局限性和紧迫性[17]。

3.3 采矿排放应急响应体系的优化

采矿排放应急响应体系的建设是国际海底区域开发环境保护的重要组成部分。从 2016 年至 2019 年,《开发规章草案》的每一次修订都对应急响应体系的完善提出了更高的要求。这一过程体现了国际社会对海底资源开发环境风险的高度重视。《2016 年草案》初步建立了应急响应体系的框架,要求开发者制定应急预案,但未明确提出具体的操作标准和

① 《2018 年草案》第 48 条规定:1.承包者不得向海洋环境中丢弃、倾倒或排放任何属于采矿排放的沉淀物、废物或其他流出物,按照以下规定允许进行的采矿排放除外:(a) 海管局与此类采矿排放有关的要求、方法和技术标准;以及(b) 环境管理和监测计划。2.但如果为保障生命安全或保护财产免受严重损害而必须采取行动,承包者无需遵守上文第 1 款中的义务,前提是在采取任何行动时都应尽量降低伤害生命或严重危害海洋环境的可能性。附表 1 用语和范围中“采矿排放”是指向海洋环境中丢弃、倾倒或排放作为开发活动的组成部分或开发活动(包括在矿址之上的船上直接加工该矿址回收的矿物)直接造成的沉淀物、废物和其他流出物。

② 《开发规章草案》第 50 条规定:1.承包者不得向海洋环境中丢弃、倾倒或排放任何采矿排放物,按照以下规定允许进行的丢弃、倾倒或排放除外:(a) 准则中规定的采矿排放物评估框架;(b) 环境管理和监测计划。2.若是为了船舶或设施的安全或人的生命安全而向海洋环境中进行丢弃、倾倒或排放,则上文第 1 款不适用,但前提是须采取一切合理措施尽量减少严重损害的可能性,并应立即向海管局报告此种丢弃、倾倒或排放。附表 1 用语和范围中“采矿排放物”是开发(包括在矿址之上的船上或设施中直接加工该矿址回收的矿物)直接造成的沉淀物、废物或其他流出物。

③ 《2016 年草案》附件二第 L 条尾矿和废物处理规定:a.资源管理和保护,废物管理计划;b.该地区矿石加工产生的尾矿以及开采活动产生的废石和材料的处置计划;c.脱水计划。

④ 《2017 年草案》附件五第三章 3.3.3 现场处理中还应包括对废物及危险材料处理;第七章规定对物理化学环境影响的评估和建议的缓解措施(需考虑在施工/开发(预调试)、运营和退役阶段可能发生的影响,以及意外时间的可能性)。附件七环境管理和监测计划中第 m 条要求列举采矿排放的详细信息。

⑤ 《2018 年草案》附件七第二条第 h 款对有计划的监测方案以及环境管理和监测计划的总体办法、标准、协议、方法、程序和执行情况评估的说明,包括必要的风险评估和管理技术,酌情包括实现预期成果所需的适应性管理技术(过程、程序、对策);第 o 款矿区排放的详情,包括废物评估和预防审计。

⑥ 2019 年《开发规章草案》附件四 7.10 温室气体排放和气候变化规定评估自然和人为活动产生的气体和化学物质排放,以及影响海底和水体化学性质的排放。各分节应酌情纳入估计的温室气体排放量和温室气体排放评估。

实施细节①。《2017 年草案》新增了应急措施的实施程序要求必须包括采矿排放的评估,并在环境影响评估中强化应急响应要求,强调对突发环境事件尤其是采矿排放事故的前瞻性应对②。《2018 年草案》明确规定了应急响应的具体内容,包括事故评估、应急资源准备和事故后的修复措施;要求开发者建立实时监测系统,并定期向 ISA 报告监测数据③。2019 年《开发规章草案》将应急响应体系的优化提升至新的高度,要求开发者制定详细的应急响应计划,并向 ISA 备案,新增了对国际合作和信息共享的要求,以应对跨境环境风险④。上述优化反映了国际社会对海底资源开发环境风险的深刻认识和积极应对。

4 “区域”内采矿排放规制适用的局限性

4.1 采矿排放国际法律制度的适用困境

既有国际法体系对深海采矿排放的规制呈现碎片化特征,缺乏统一协调的规范框架。目前,深海采矿排放规制的法律规范分散在《海洋法公约》《伦敦倾废公约》及其议定书、《防止船舶污染公约》以及 ISA 等相关规定中。这些法律文件在适用范围、排放定义、风险预防、监督机构上存在重叠和不一致,导致规范冲突和实践困境。首先,在适用范围上,《海洋法公约》第 145 条规定了对勘探、开发、关闭全流程的监管,涵盖了船上加工废水;《伦敦倾废公约》仅限“有意倾倒”,而船上加工废水则被豁免。其次,在排放定义上,《海洋法公约》以结果为导向,即依据实际污染后果判定责任;《伦敦倾废公约》则以目的为导向,仅处罚故意处置行为。再者,在风险预防力度上,《海洋法公约》以“采取必要措施”为原则性要求;《伦敦倾废公约》则设置“反向清单”禁止一切倾倒,除非列明例外。最后,在监督机构上,《海洋法公约》规定 ISA 为监管机构直接主导“区域”内规则制定与执行;《伦敦倾废公约》的监管机构为 IMO,其管辖的范围不仅仅限于“区域”,且 IMO 通过缔约国会商进行决策。此外,“区域”内采矿船上矿物加工属于 ISA 管辖范围,但船舶废物的排放和海采矿上倾倒则属于 IMO 的管辖范围。海底开发活动可能产生的跨界环境影响往往涉及多个国家和地区,但现有的国际法律框架缺乏针对跨界损害的责任追究机制,导致监管和执行法规的权力方面出现“真空地带”[18]。《海洋法公约》虽确立了海洋环境保护的基本原则,要求海底开发活动应以“保护海洋环境”为核心,但亦未细化排放标准与责任机制,且缺乏有效的监督和执行机制,易导致开发者在追求经济效益时忽视环境保护义务。《伦敦倾废公约》虽对海洋倾倒行为规定严苛并设置“负面倾倒”清单,却通过“直接产生”豁免条款将深海采矿排放排除于核心监管范围,导致其适用边界模糊。

4.2 国际法与国内法的适用存在矛盾

尽管《海洋法公约》第 153 条要求缔约国通过国内法协助 ISA 履行监管职责,但各国立法进度与标准参差不齐,具体见表 3。由表 3 可知,小岛屿国家相较于发达国家与发展中国家,立法明确,排放条款的数量更多,但条款内容差异显著。美国《深海海底硬物矿物资源法》仅泛泛提及“环境计划需涵盖废物处理”,而瑙鲁《国际海底矿物法》则要求“排放行为须符合 ISA 规则”,但均未细化排放阈值或监测程序。瑙鲁利用 ISA《开发规章草案》未生效的空窗期,援引《执行协定》第 2 条“临时适用”条款推进审批[19],加剧了国际法与国内法适用的矛盾冲突。首先,在排放定义上,美国《深海海底硬物矿物资源法》规定豁免了船上加工废水的情形,但《海洋法公约》涵盖了全流程的排放管控。其次,在监测义务上,瑙鲁要求以“年度报告”的方式提交;而《BBNJ 协定》

① 《2016 年草案》附件 V 应急响应和应急计划规定:(a)遵守本委员会根据本条例和环境条例发布的任何指导方针;(b)为申请人有效应对事件提供有效的行动计划,包括申请人将与管理局、受影响或可能受到影响的沿海国、其他主管国际组织和应急响应组织(如适用)密切合作的流程。

② 《2017 年草案》附件 VI 应急响应和应急计划(d)规定必须包括:xvii. 污染危害评估和预防措施或减少此类危害;xviii. 采矿排放的评估和控制措施。

③ 《2018 年草案》附件五应急和应变计划(十七)污染危害评估和防止或减少此类危害的措施;(十八)矿区排放评估和控制此类排放的措施。

④ 2019 年《开发规章草案》第 53 条应急和应变计划规定:1.承包者应:(a) 根据确定潜在事故的情况,并按照良好行业做法、最佳可得技术、最佳环保做法和适用的标准及准则,保持其应急和应变计划的实时性和适足性;(b) 为及时执行和实施应急、应变计划以及海管局发布的任何紧急命令,保持必要的资源和程序。2.承包者、海管局和担保国应就交流与事故有关的知识、信息和经验共同协商,并与显示感兴趣的其他国家和组织就这方面进行协商,利用此类知识和信息编写、修改标准及作业准则,以便在整个采矿周期内控制危害,还应与其他相关国际组织合作,借鉴其咨询意见。

则要求实时数据共享。最后,在责任追究上,中国以设立生态修复保证金的方式承担责任,而《伦敦倾废公约》则要求由船旗国管辖,导致跨境污染赔偿机制的缺位。如今美国政府签署行政令,允许企业根据美国《深海海底硬物矿物资源法》申请深海采矿许可证,而 ISA 未能如期制定《开发规章》,这种国内法与国际法的断层不仅削弱了 ISA 规则的执行力,亦导致"区域"内活动的监管漏洞,跨境污染赔偿机制的缺位等矛盾,难以形成全球统一的治理合力。

表 3 各国深海采矿立法中采矿排放条款的覆盖情况

Table 3 Coverage of mining emissions provisions in deep-sea mining legislation of various countries

国家类型	立法总数	明确排放条款比例/%	与国际标准兼容性
发达国家	12	58	低(倾向国内豁免)
发展中国家	28	32	极低
小岛屿国家	8	75	高(依赖 ISA 规则)

资料来源:作者根据公开资料整理和制作。

4.3 环境风险预防机制的滞后性

ISA 制定的《结核规章》《硫化物规章》《结壳规章》等文件对海底开发活动提出了环境保护要求,但这些规定并未专门针对废弃物的处理和倾倒建立风险预防机制,《开发规章草案》虽逐步纳入排放规则的预防机制,但其尚未生效,且条款多停留于原则性声明,如"限制采矿排放""采取必要措施"等表述,缺乏具体技术标准与量化指标。这种规范的模糊性使得缔约国、担保国及承包者在实践中难以明确义务边界,易引发法律规避行为。

现有制度对深海采矿环境风险的预防能力不足,主要体现在以下三方面。

其一,EIA 标准尚未统一。尽管《开发规章草案》逐步扩大 EIA 范围,但其评估方法仍依赖"区域海洋学模型"等模糊技术指引,缺乏针对深海生态敏感性的专项指标(如生物多样性阈值、沉积物扩散临界值),且在技术标准、责任追究等方面并未充分考虑与《船舶污染公约》或其他国际环境标准的衔接。这种规范体系的割裂性,使得海底开发活动的跨组织监管难以形成合力[20]。

其二,风险预防原则的适用层级存在缺失。《伦敦倾废公约》在深海采矿中的适用存在局限,开发者往往只需满足形式上的环境影响评估要求,而无需对倾倒行为的潜在环境风险进行全面评估。例如,有关疏浚物倾倒的许可程序中,环境影响的评估标准较为宽松,难以充分反映海底开发活动的特殊性和环境风险的严重性[21]。此外,现行规则未根据采矿的不同阶段(勘探、开发、闭矿)差异化设置风险预防措施,导致"一刀切"式监管难以平衡开发与保护的需求。

其三,应急机制可操作性不足。尽管《开发规章草案》要求承包者制定应急预案,但未明确跨境污染事故的责任分配与国际协作程序,致使突发环境事件的应对效率低下。

5 "区域"内采矿排放规制的协调路径

5.1 纳入动态体系的法律解释协同机制

现行法律框架的冲突与模糊性需通过动态体系论路径弥合。首先,依据《维也纳条约法公约》第 31 条"条约解释之通则",将 BBNJ 协定中的"生态系统整体观"纳入《海洋法公约》与《伦敦倾废公约》的解释体系,突破传统"目的标准说"的局限。对《伦敦倾废公约》第 3.1(3)条"直接产生"豁免条款的解释,可结合深海采矿排放的实际环境影响,采用"污染结果导向"标准,将非故意但造成显著生态损害的排放行为纳入规制范围。其次,推动 ISA《开发规章草案》与 BBNJ 协定的协同解释,明确"区域"内采矿活动需优先满足 BBNJ 协定第 7 条"生态系统韧性"要求,确保采矿排放规则与生物多样性保护目标兼容。

5.2 跨公约协同机制的实体化构建

一是联合决策机构的设立。由 ISA、IMO 及 BBNJ 协定缔约方组成三方工作组,制定《深海倾废技术准则》,统一排放阈值、监测标准及环境影响评估(EIA)方法。该准则可借鉴《倾废议定书》"反向清单"模式,明确禁止在生态敏感区(如热液喷口、海洋世界遗产缓冲区)进行采矿排放。二是双重合规与一站式许可平台。要求开发者同步取得 ISA 排放许可与船旗国倾废证明,并通过电子化平台整合审批流程。如库克群岛《海底矿物法》中"国际法优先"原则可扩展为"双重合规"义务,强化规则执行效率。三是责任保证基金创新。设立"采矿排放责任保证金",按"开采量×环境风险系数"动态计算预缴金额,风险系数由三方工作组根据矿区生态敏感性评估确定。该基金由独立第三方托管,专项用于跨境污染修复与生态补偿。

5.3 风险预防与应急管理的层级化设计

一是实施风险预防原则的分阶段适用。勘探阶段全面禁止废弃物倾倒,仅允许必要应急排放,并强制实施基线环境调查;开发阶段实行"有条件许可",

采矿规模采取从试验到工业递进的分级管控,并结合《BBNJ 协定》的"重要生态或生物意义区域"标准划分海域生态敏感等级,同时要求承包者提交基于定量模型的沉积物扩散评估报告,设立生物多样性损失补偿机制,从严控制排放阈值并要求承包者提交"零净损失"承诺书;闭矿阶段强制生态修复,如参照德国 DISCOL 项目经验,要求承包者实施人工礁体重建与物种再引入计划。

二是制定标准化 EIA 框架。由 ISA 牵头,联合缔约国、科学机构及相关非政府组织(如绿色和平组织等专业性机构),制定《深海采矿 EIA 技术指南》。首先,明确采矿排放物以及海洋污染物的适用范围,采矿排放物是指开发直接造成的沉积物或其他硫化物。申请者在开采前需向 ISA 提供采矿排放物计划书,对计划以外的排放物按照海洋污染处理。其次,采矿排放物的排放类型可以参考《关于环境保护的南极条约议定书》中废物管理计划对采矿排放物进行划分。最后,详细规定采矿排放物管理计划的分发和审查,并纳入《开发规章草案》附件作为强制性标准。

三是强化跨境应急协作机制。在《开发规章草案》中增设"区域应急响应网络"条款,要求承包者与沿海国、IMO 及区域环保组织共享实时监测数据,并定期开展联合演习。可借鉴《国际油污防备、反应和合作公约》(OPRC)的协作模式,明确事故责任分配与赔偿程序。

6 中国方案:从规则接受者到引领者

中国作为国际海底开发的重要参与者,应当从规则接受者转变为规则引领者,推动国际海底倾倒规制的系统性重构,并朝着全球发展倡议的目标稳步前进。

6.1 推进《深海海底区域资源勘探开发法》的修订

通过量化标准与强制程序,弥合国内法与国际法的"断层",推动中国深海立法从"被动跟随"向"主动引领"转变。中国可以率先在国内法层面引入国际最新标准,修订《深海海底区域资源勘探开发法》。在法律中增设"排放双重合规"条款,要求国内开发企业在申请海底开发许可时,必须同时满足 ISA 与 IMO 的双重要求;对超额完成环保指标的企业,给予税收减免或优先获得矿区使用权等激励措施[22]。同时,建立生态环境部联合海事局开展年度合规审查,将违规企业纳入"深海开发黑名单",并联合自然资源部发布《深海采矿企业环境合规白皮书》,对未达标企业实施"红黄牌"制度,限制其参与国际投标。此举不仅有助于提升国内企业的国际竞争力,也为国际规制的统一提供实践经验。

6.2 倡导区域治理合作机制的创新

以南海作为"规则试验场",推动区域性标准转化为全球治理模板,并增强发展中国家在全球海洋治理中的话语权。在"一带一路"海洋合作框架下,可推动南海沿岸国共同签署《深海采矿环境合作备忘录》,探索区域性排放标准与争端解决机制。同时中国可以在南海深海技术试验区开展 BBNJ 与 ISA 标准的兼容性测试,通过技术层面联合东南亚国家开展悬浮物扩散实时监测网建设,利用北斗卫星与深海传感器实现数据共享,并在海南设立"中国-东盟深海数据中心",向成员国开放羽流模拟、生态敏感性分级等分析工具;在管理层面,邀请 ISA 观察员参与制定《南海环境评估指南》,探索将 BBNJ 的"生态系统整体性保护"原则融入 ISA 的开发许可流程,为全球提供"标准互认"的实践范本[23],从而为全球海洋环境保护提供可复制的经验。

6.3 推动"负面清单"管理模式的国际提案

推动 ISA 规则改革,将中国实践上升为国际标准,有助于破解当前"公约冲突-机构博弈-执行乏力"的困局。在中国参与 ISA 理事会的进程中,可倡导引入"负面清单"管理模式,以限制《伦敦倾废公约》中"例外条款"的滥用。"负面清单"需明确三类"高风险区域":一是已探明的深海热液喷口区;二是联合国教科文组织划定的海洋世界遗产缓冲区;三是跨洋流交汇的生态脆弱带及迁徙物种的关键走廊[24]。

同时,可在《开发规章草案》附件Ⅶ增设"禁止排放物质清单",援引《BBNJ 协定》第 12 条"预防性措施"及中国《深海法》第 18 条作为国内法衔接依据。清单涵盖范围应包括重金属尾矿(如汞、铅、镉)、高温废水(温差>2 ℃)、纳米级微塑料等物质[25]。清单生效后,ISA 可要求成员国在相关区域暂停签发倾废许可,并建立卫星遥感与成员国举报相结合的监督机制[26]。对于援引"例外条款"的申请,需提交独立第三方出具的环境可行性报告,并接受三方工作组的二次审查[27]。

此外,可由 ISA 牵头成立技术工作组,中方提名 3 名专家,基于 MIDAS 项目数据与中国南海监测结果,每两年修订排放标准。同时,通过搭建"双

重合规”一站式平台,企业通过 ISA 官网一次性提交开发申请、环评报告及倾废许可材料,由 ISA-IMO 联合工作组同步审批,平台建设方面可由中方提供技术支持,确保数据不可篡改。

这种提案的核心在于通过“负面清单”占据环境治理的道德制高点,以对冲美国单边主义的影响,并以“科学-法律转化机制”彰显中国方案的科学性与理性,呼应“全球发展倡议”中的“创新驱动”原则,从而推动构建一个更严格、更透明的国际海底区域采矿排放规制体系。

7 结论

国际海底区域采矿排放规制正处于从法律冲突走向协同治理的关键转型期。近年来,随着海底资源开发活动的日益频繁,海洋环境保护的重要性愈加凸显,国际社会对现有法律框架的局限性也形成了更深刻的认识。通过范式重构,构建统一、协调的国际法框架,既是实现国际海底开发可持续发展的必要举措,也是国际社会共同责任的体现。

总的来说,国际海底开发中采矿排放规制的重构是一项复杂的系统工程,亟需国际社会的共同努力与合作。国际社会应当以环境保护为核心,通过法律协调、技术创新和国际合作,共同推动国际海底开发向绿色、可持续的方向发展。在这一过程中,各国应当强化环境保护意识,积极参与国际规则的制定与完善,为最终实现海洋资源的永续利用与蓝色经济发展目标作出持续而坚实的努力。

参考文献(References):

[1] LENG Dingxin, SHAO Shuai, XIE Yingchun, et al. A brief review of recent progress on deep sea mining vehicle[J]. Ocean Engineering,2021,228:108565.

[2] WEDDING L M, REITER S M, SMITH C R. Managing mining of the deep seabed[J]. Science,2015,349(6244):144-145.

[3] MARKUS Salomon, TILL Markus. Handbook on marine environment protection: science, impacts and sustainable management [M]. Cham: Springer International Publishing,2018.

[4] MARKUS T, SINGH P. Promoting consistency in the deep seabed: addressing regulatory dimensions in designing the International Seabed Authority's Exploitation Code[J]. Review of European, Comparative & International Environmental Law,2016,25(3):347-362.

[5] 曹英志,范晓婷.再论海洋倾废概念[J].中国海洋法学评论,2008(7):65-83.
CAO Yingzhi, FAN Xiaoting. The concept of ocean dumping[J]. China Oceans Law Review,2008(7):65-83.

[6] HARRISON J. Saving the oceans through law: the international legal framework for the protection of the marine environment[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press,2024.

[7] ZHANG Qi, CHEN Xuguang, LUAN Lubao, et al. Technology and equipment of deep-sea mining: State of the art and perspectives[J]. Earth Energy Science,2025,1(1):65-84.

[8] RAMIREZ-LLADRA E. Deep-sea ecosystems: biodiversity and anthropogenic impacts[M]. Leiden: Brill Nijhoff,2020:36-60.

[9] NINER H J, ARDRON J A, ESCOBAR E G, et al. Deep-sea mining with no net loss of biodiversity—an impossible aim[J]. Frontiers in Marine Science,2018,5:53.

[10] MILLER K A, THOMPSON K F, JOHNSTON P, et al. An overview of seabed mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps[J]. Frontiers in Marine Science,2018,4:312755.

[11] SINGH P, HUNTER J. Protection of the marine environment: the international and national regulation of deep seabed mining activities[J]. Environmental Issues of Deep-Sea Mining,2019:471-503.

[12] 吴国凡,刘喜元,周红权.国际防止船舶污染海洋公约现状及发展趋势[J].船海工程,2010,39(6):64-67.
WU Guofan, LIU Xiyuan, ZHOU Hongquan. Status and development trend of international conventions for the prevention of sea pollution from ships[J]. Ship & Ocean Engineering,2010,39(6):64-67.

[13] SOTIR G W. Surfacing the problems with deep sea mining: the need for a cautious international regime[J]. UCLA Journal of Environment Law & Policy,2024,42:149.

[14] 王虎华,翟仲.深海国别立法的制度经验及其启示[J].上海对外经贸大学学报,2022,29(2):107-124.
WANG Huhua, ZHAI Zhong. Experience of the deep seabed legislation in foreign countries and its enlightenment to China[J]. Journal of Shanghai University of International Business and Economics,2022,29(2):107-124.

[15] 李雪威,李佳兴.国际社会深海采矿反对之声的演变、根源与应对[J].太平洋学报,2024,32(8):76-89.
LI Xuewei, LI Jiaxing. The evolution, root causes and responses of the international community's opposition to deep-sea mining[J]. Pacific Journal,2024,32(8):76-89.

[16] WILLAERT K, SOETE A. The interaction between the BBNJ agreement and the international deep sea mining regime: more questions than answers? [J]. Ocean Development & International Law,2025,56(2):176-213.

[17] 冯妮,杨建民.全球深海矿产资源开发进展与启示:以装备技术为核心[J].太平洋学报,2024,32(8):62-75.
FENG Ni, YANG Jianmin. Development of equipment technology for exploitation of marine mineral resources[J]. Pacific Journal,2024,32(8):62-75.

[18] LODGE M W, VERLAAN P A. Deep-sea mining: international regulatory challenges and responses [J]. Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology,2018,14(5):331-336.

[19] SINGH P A, JAECKEL A, ARDRON J A. A pause ormoratorium for deep seabed mining in the area? The legal basis, potential pathways, and possible policy implications [J]. Ocean Development & International Law,2025,56(1):18-44.

[20] JONES D O, DURDEN J M, MURPHY K, et al. Existing environmental management approaches relevant todeep-sea mining[J]. Marine Policy,2019,103:172-181.

[21] BRÄGER S, ROMERO R G Q, MULSOW S. The current status of environmental requirements for deep seabed mining issued by the International Seabed Authority[J]. Marine Policy,2020,114:103258.

[22] 刘画洁.国际海底区域国家担保义务的履行研究:兼评我国《深海海底资源勘探开发法》[J].社会科学家,2019(6):113-121.
LIU Huajie. Research on the fulfillment of national guarantee obligations in the international submarine area-also commenting on China's "law on the exploration and development of deep-sea submarine resources"[J]. Social Scientist,2019(6):113-121.

[23] 田辰玲,杨建民,林忠钦,等.我国南海资源开发装备发展研究[J].中国工程科学,2023,25(3):84-94.
TIAN Chenling, YANG Jianmin, LIN Zhongqin, et al. Development of resource exploitation equipment for South China Sea [J]. Strategic Study of Chinese Academy of Engineerng,2023,25(3):84-94.

[24] 肖林京,宋庆辉,王宇,等.深海采矿系统波浪中耦合运动的模型试验研究[J].矿业研究与开发,2021,41(8):167-171.
XIAO Linjing, SONG Qinghui, WANG Yu, et al. Model test on coupling motion of deep sea mining system in waves [J]. Mining Research and Development, 2021, 41(8): 167-171.

[25] 池志猛,李智刚,赵洋,等.针对深海采矿车的遍历路径规划方法研究[J].矿业研究与开发,2022,42(7):160-166.
CHI Zhimeng, LI Zhigang, ZHAO Yang, et al. Research on traversal path planning method for deep-sea mining vehicle [J]. Mining Research and Development, 2022, 42(7): 160-166.

[26] MATCHA G. The new age of mining: ISA's vision of the deep seabed mining [J]. Penn State Journal of Law & International Affairs,2023,12:101.

[27] LEVIN L A, AMON D J, LILY H. Challenges to the sustainability of deep-seabed mining [J]. Nature Sustainability,2020,3(10):784-794.