



第六届中国海洋工程设计大赛

设计制造组赛题介绍

中国海洋工程设计大赛组委会
2024年5月



一、大赛背景与意义

二、深海采矿技术发展与挑战

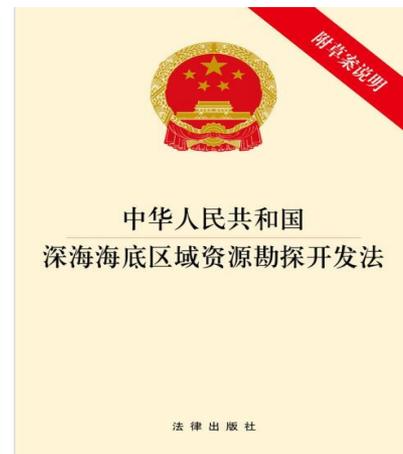
三、赛题说明

一、大赛背景与意义

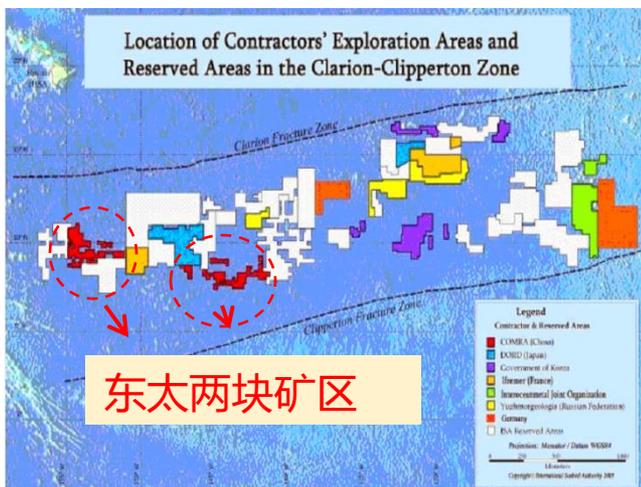
(一) 开发深海资源国家战略与现实需求

党中央针对**海洋强国**作出了一系列战略部署

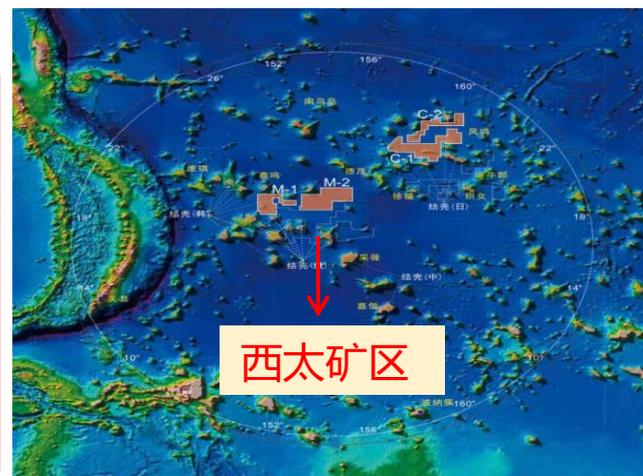
- ◆ 深海是我国参与全球治理的四大新疆域之一
- ◆ 制定了“深海进入、深海探测、深海开发”战略步骤
- ◆ 出台了**深海海底区域资源勘探开发法**



走向**深海**=**战略空间**+**新疆域**+**战略资源**，**民族崛起的必然选择**



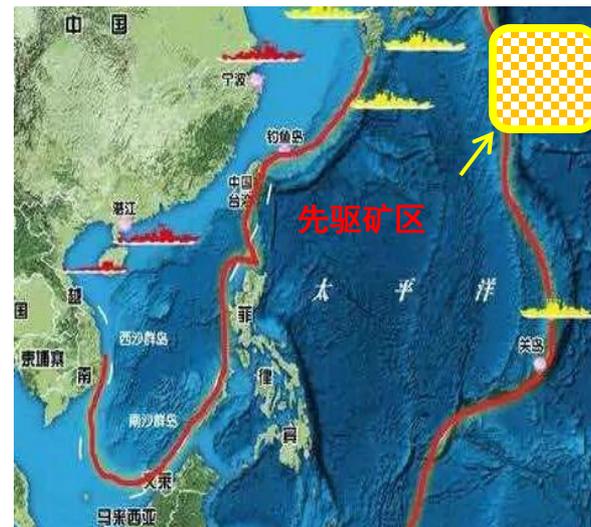
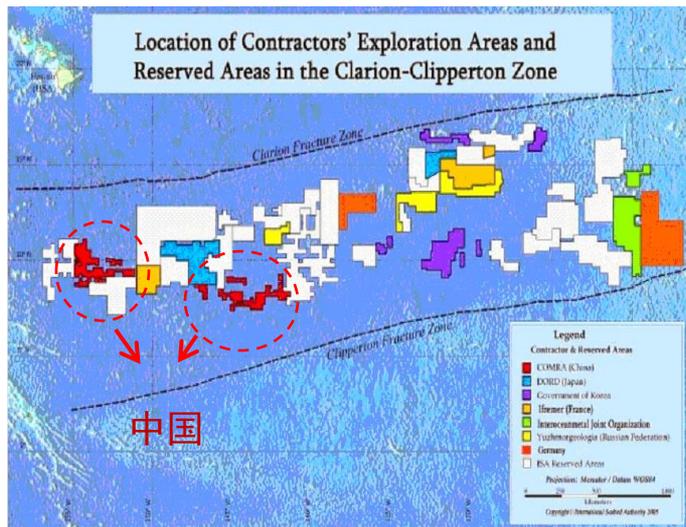
仅西太多金属结核矿区, 7.4万km², 拥有结核11亿吨, 300万吨/年, 30年



深海多金属结核资源可为我国未来资源供给提供保障!

一、大赛背景与意义

(二) 国家在深海矿区方面做出了一系列战略部署



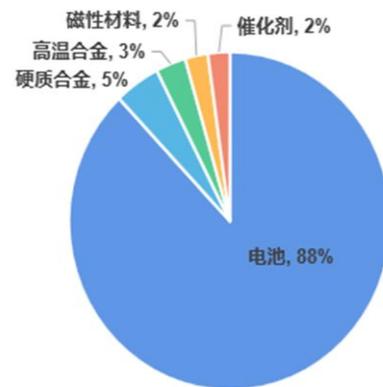
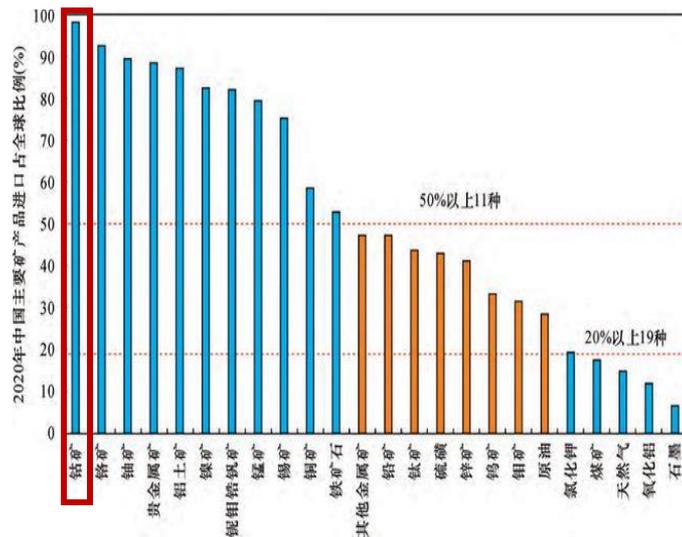
2001年，太平洋CC区，7.5万km²，多金属结核勘探区。中国大洋协会
 2011年，西南印度洋，1万km²，多金属硫化物勘探区。中国大洋协会
 2014年，西北太平洋，3000 km²，富钴结壳勘探区。中国大洋协会
 2017年，太平洋CC区，7.2万km²，多金属结核勘探区。中国五矿
 2019年，西太平洋，7.4万km²，多金属结核勘探区。北京先驱高技术开发公司

目前我国深海矿区最多 (5/30) ，确保**先发优势任务艰巨!**

一、大赛背景与意义

(三) 我国关键矿产资源安全形势严峻

- ◆ 我国是世界最大矿产资源消费国，**战略性关键矿产资源安全形势严峻**
- ◆ 锰、镍、钴等战略性关键矿产，**对外依存度**高达90%、91%和96%
- ◆ 2021年11月《国家安全战略(2021-2025年)》明确：**矿产安全上升为国家战略**



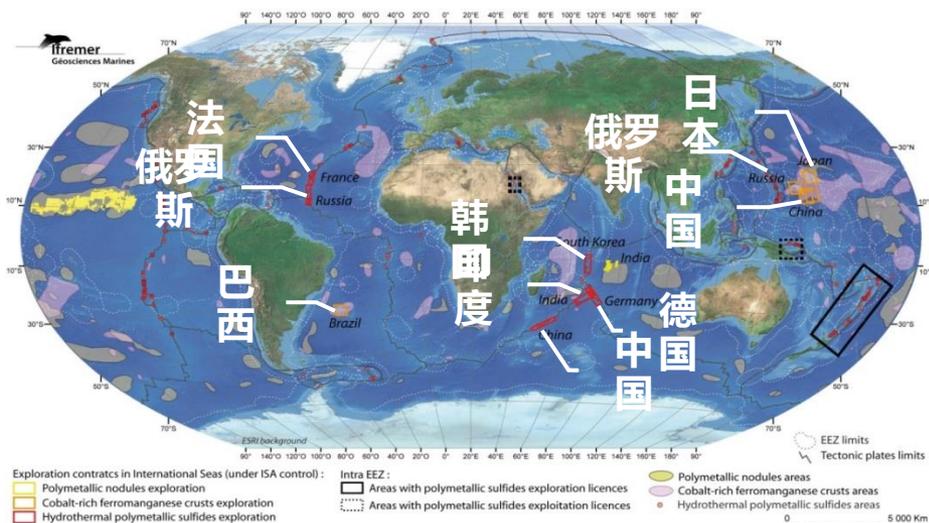
钴消费结构

明确要求战略性关键矿产“找得到”、“采得出”、“用得上”

一、大赛背景与意义

(四) 开发规章极可能在2030前出台

- ◆ 第一批深海矿区勘探合同2001年获批，2026年即将结束，**何去何从？**
- ◆ 2021年6月瑙鲁向ISA提交深海采矿申请，计划在两年内开采
- ◆ TMC公司2022年已完成试开采，采上来3500吨结核。采矿技术储备完成
- ◆ 挪威公布了开放海域进行开发计划，目标是绿色经济转型至关重要的金属



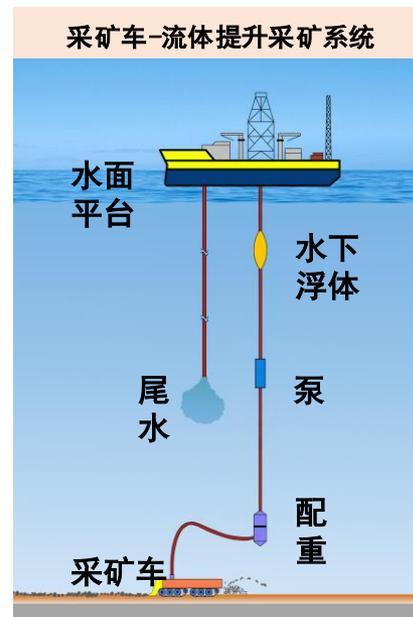
TMC采矿船

开发规章或过渡性开发方案即将出台，深海采矿技术研发迫在眉睫！

一、大赛背景与意义

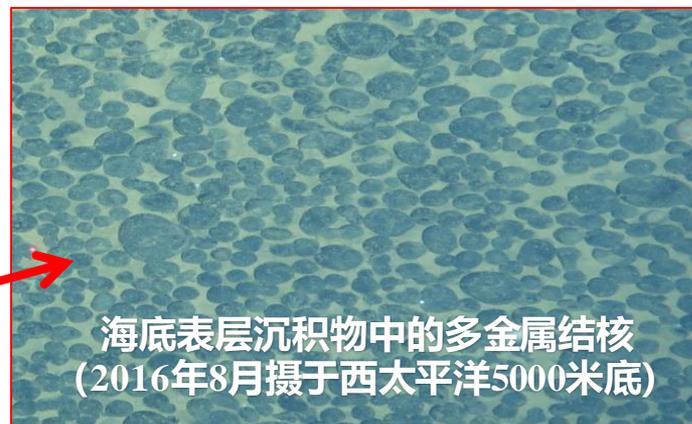
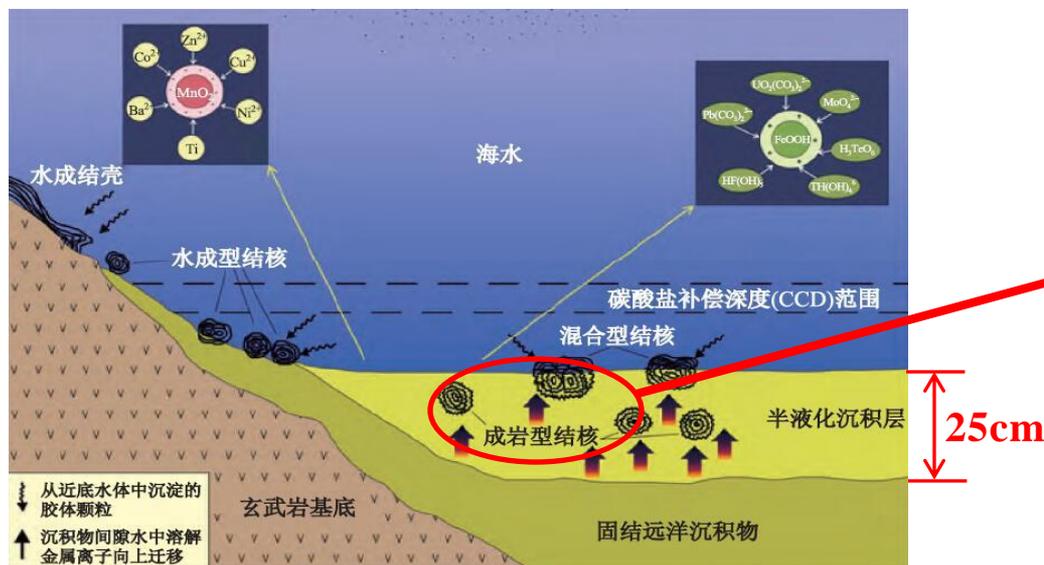
(五) 大赛助力海洋强国建设与海洋领域科技创新

- ◆ 通过承办并组织学生积极参赛，为学生（本科生和研究生）提供了一个**检验自身能力和对外交流合作的平台**
- ◆ 锻炼学生在**深海采矿工艺、采矿系统设计方案以及分析计算方法等方面**开展设计与研究，开发**高效、环保、智能、可靠、经济的采矿系统**



二、深海采矿技术与挑战

(一) 多金属结核资源赋存环境条件独特



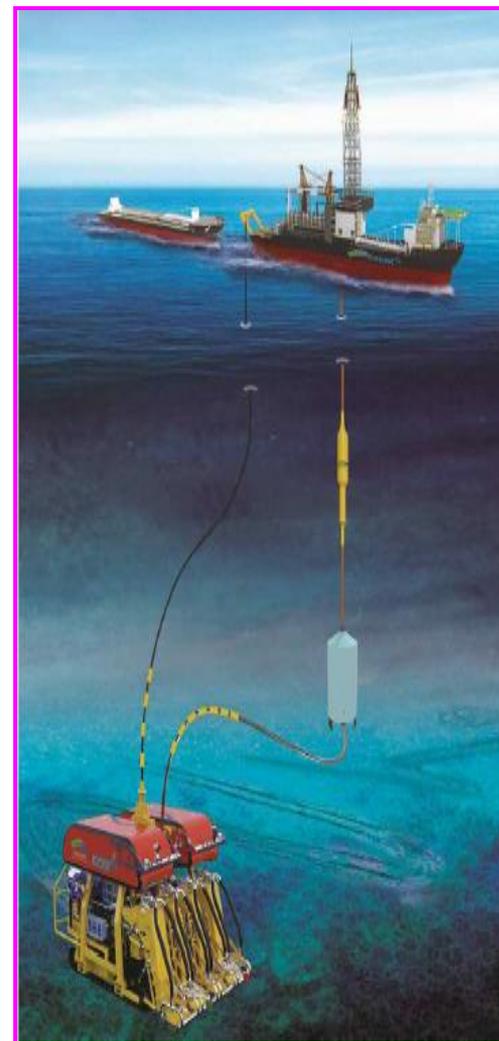
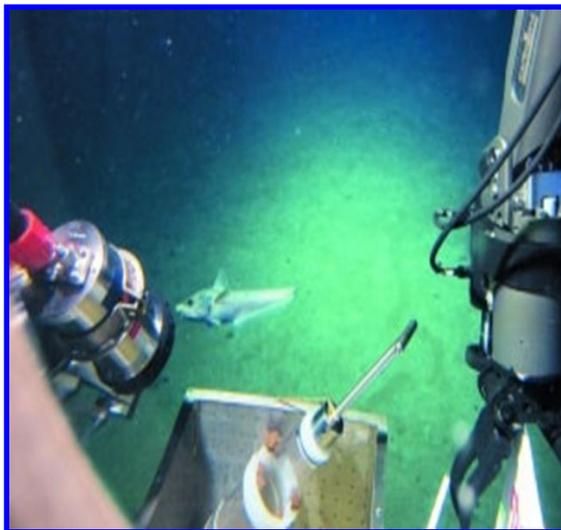
- ◆ 4000-6000m海底，超高水压
- ◆ 面式分布：丰度约 $10\sim 20\text{ kg/m}^2$
- ◆ 赋存在海底0~25cm表层稀软沉积物中

深海多金属结核象土豆一样半埋在深海软泥中，海底行走困难；
面密度低，采矿效率难以提高。

二、深海采矿技术发展与挑战

(二) 深海矿产资源开发是人类驾驭自然的新里程碑

上九天揽月 *VS* 下五洋捉鳖



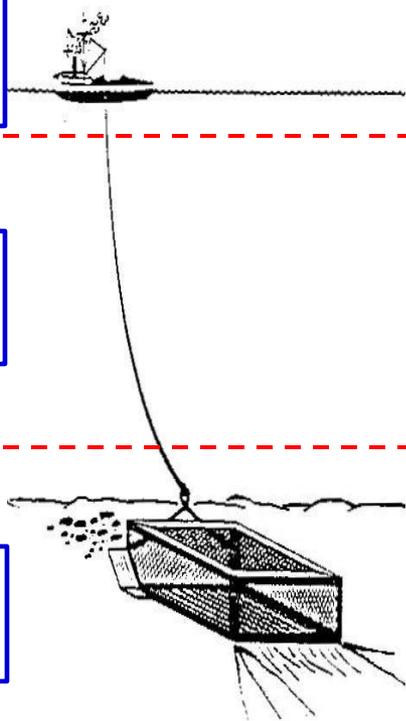
- ◆ 海水巨大压力，6000米水深相当于600个大气压；
- ◆ 系统庞大，从海底贯穿数千米海水，直达海面；
- ◆ 通讯困难，不能采用成熟的无线电，仅有水声通讯；
- ◆ 环境标准严苛，采矿规章正在制定中；
- ◆ 未知空间和信息太多，条件复杂，风险大。

二、深海采矿技术发展与挑战

(三) 多金属结核开采系统技术风险高

拖网采矿系统

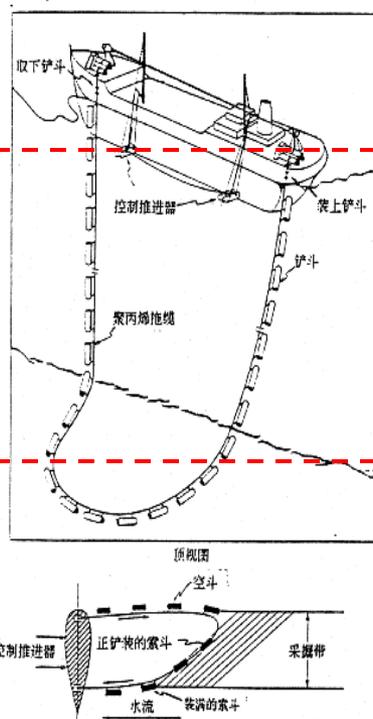
水面系统



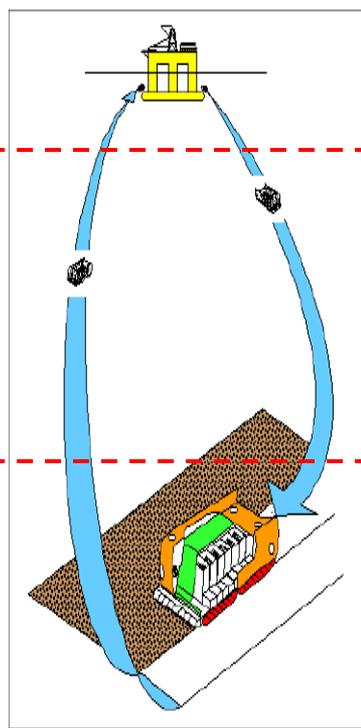
提升系统

采集系统

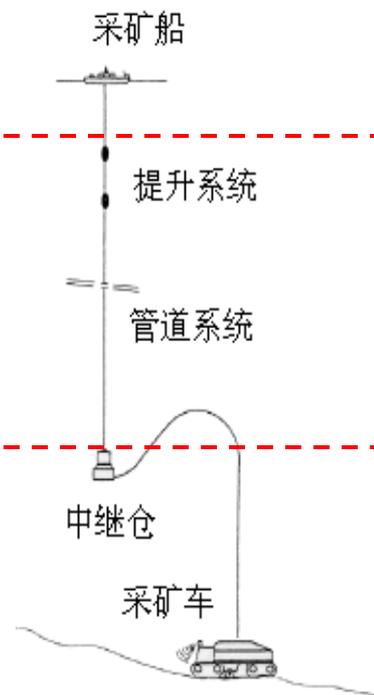
连续索斗采矿系统



往返潜水采运车系统



流体提升采矿系统



深海采矿系统需要从海底采集矿石，贯穿数千米海水，到达海面采矿船，
开采系统庞大、环境恶劣、技术风险高！

二、深海采矿技术发展与挑战

(四) 深海多金属结核采集方式



OMA原位采矿 (1978年在东太采集800吨结核)



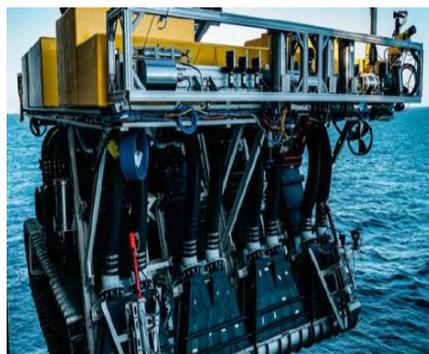
千米海试采集车



开拓一号



GSR (2021年海试)



TMC (2022年海试)



曼塔号



Impossible Metal

发达国家已经多次**完成深海原位试采**，我国也完成了**千米海试**，验证了**水力采集方法**的可行性，但尚不满足商业采矿技术指标要求。

二、深海采矿技术发展与挑战

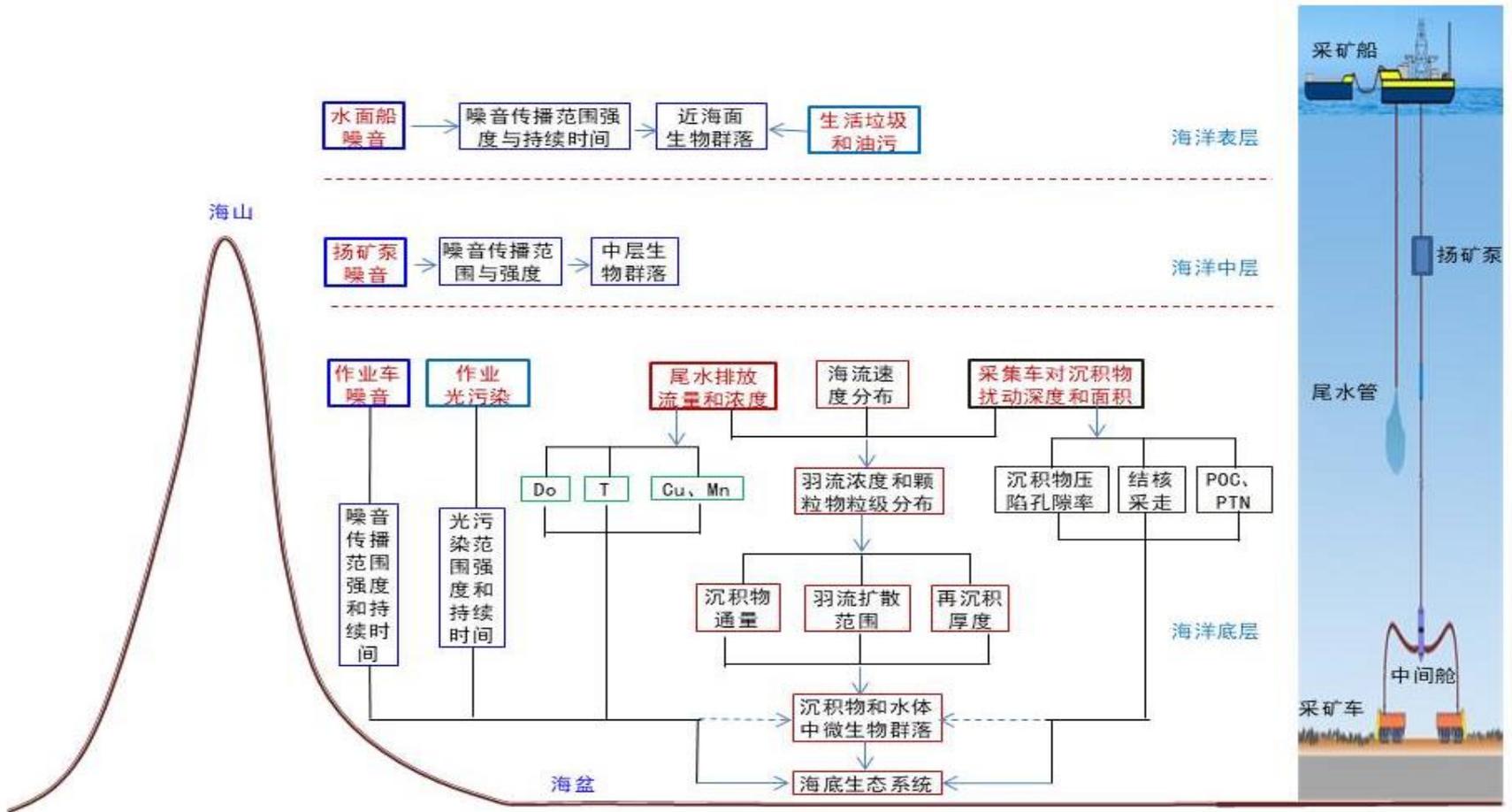
(五) 深海多金属结核采集方式

研发机构	行走方式	采集方式	优点	缺点
OMI	拖曳式	机械式	结构简单	轨迹控制困难
OMCO	螺旋线推进	机械式	适应稀软底质	打滑严重
矿山院	履带式	双喷+抽吸	可以重载, 载荷适应性强, 行走稳定	沉积物扰动深度 15-30cm
GSR	履带式	康达+抽吸		
TMC	履带式	康达+抽吸		
开拓一号	履带式	射流+抽吸		
曼塔	悬浮式, 螺旋桨 推进	射流+抽吸	扰动深度3-6cm	重载困难
IM METAL	悬浮式, 螺旋桨 推进	多机械手拾取	低扰动	采矿能力低, 大浮力困难, 机械故障多
LOKE	滑行式, 螺旋桨 推进	机械式	低扰动	机械故障多

考虑底质适应性, 采集能力, 作业可靠性以及环境友好性等
因素, 行走和采集方式仍在探索中

二、深海采矿技术发展与挑战

(六) 环境是深海采矿面临的最大挑战(续)



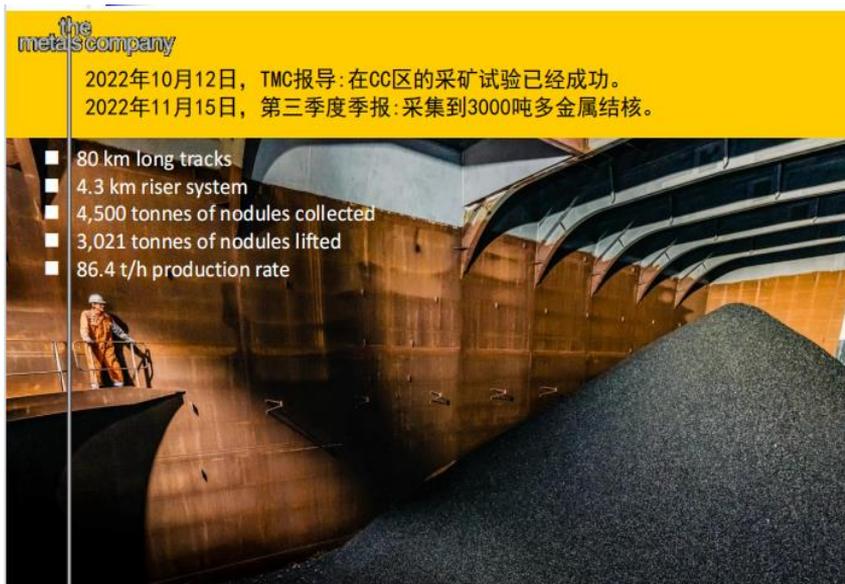
羽状流造成的环境问题 (毒性、浊流和再沉积) 最严重, 成为**关键阈值**

三、赛题说明

(一) 设计目标

大赛的研究分析对象为**深海多金属结核开发系统设计方案**，要求在给定**采矿规模**前提下，设计满足功能要求的采矿系统，并实现**设计最优**。

实现采矿规模，要求设计的采矿系统（可以多台）尽可能减少环境不利影响，在**技术经济性最优**。



三、赛题说明

(二) 设计条件

水深地形:

水深5000m

地形平坦, 坡度小于 5°

结核赋存状态:

结核粒径3-10cm

丰度 $20-40\text{kg/m}^2$,

结核湿密度 2000kg/m^3

干密度 1400kg/m^3 。

沉积物特性:

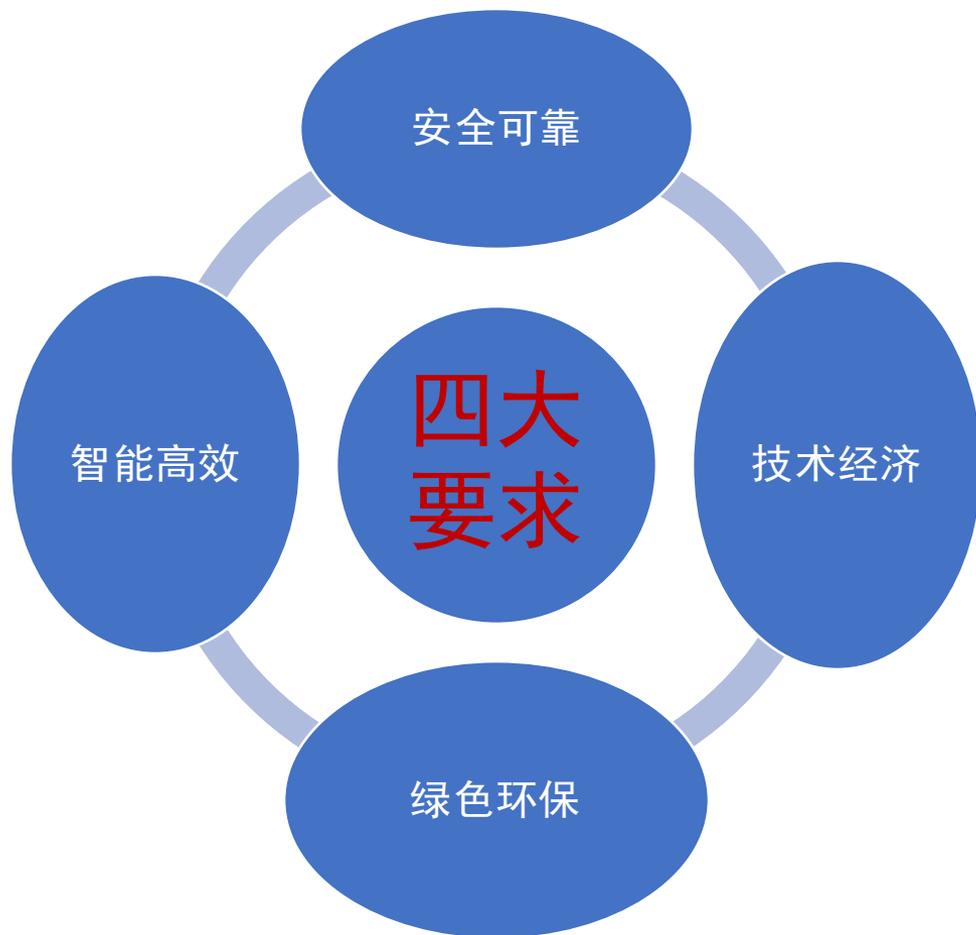
沉积物粒径 $1-100\mu\text{m}$, 中值粒径 $10\mu\text{m}$ 。

贯入阻力 $5-15\text{kpa}$, 抗剪强度 20kpa 。



三、赛题说明

(三) 设计要求



采矿能力：300万吨/年

采集率：大于90%

年工作天数：300天

回采率：大于80%

无故障工作时效：大于80%

环境扰动低

技术经济性优良

三、赛题说明

(四) 正文要求

- ◆ 总论
- ◆ 多金属结核采矿系统设计方案及其说明（本部分可以自行划定章节，阐述系统设计主要指标、设计原则、关键技术、工作原理、系统组成、工作效果分析等具体内容，包括必要的图件）
- ◆ 技术经济性分析
- ◆ 附录（计算过程说明等）

谢谢各位

恳请批评指正!

