



# 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

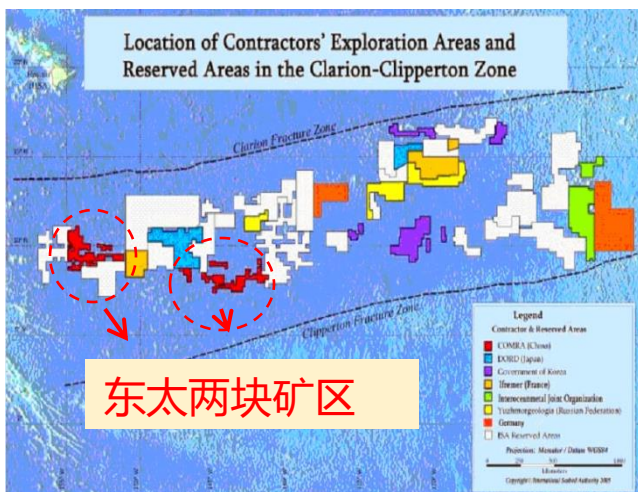
## (一) 开发深海资源国家战略与现实需求

党中央针对**海洋强国**作出了一系列战略部署

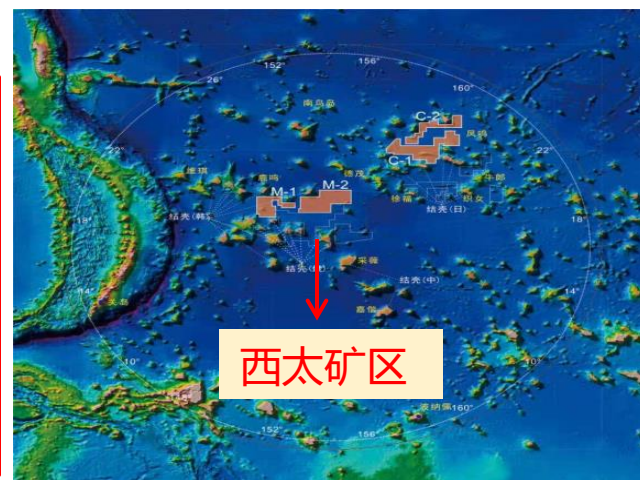
- ◆ 深海是我国参与全球治理的四大新疆域之一
- ◆ 制定了“深海进入、深海探测、深海开发”战略步骤
- ◆ 出台了**深海海底区域资源勘探开发法**



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



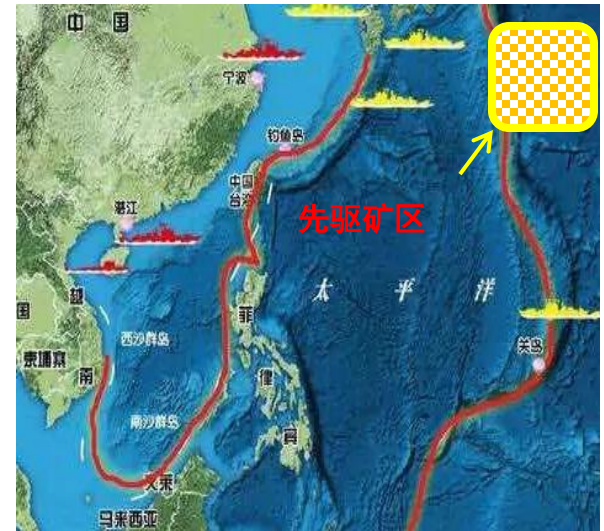
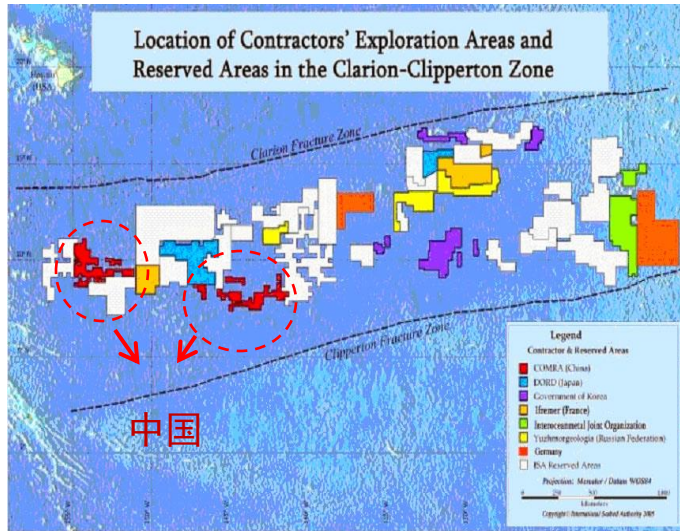
仅西太多金属结核矿区，7.4万km<sup>2</sup>，拥有结核11亿吨，300万吨/年，30年



**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km<sup>2</sup>，多金属结核勘探区。中国大洋协会  
 2011年，西南印度洋，1万km<sup>2</sup>，多金属硫化物勘探区。中国大洋协会  
 2014年，西北太平洋，3000 km<sup>2</sup>，富钴结壳勘探区。中国大洋协会  
 2017年，太平洋CC区，7.2万km<sup>2</sup>，多金属结核勘探区。中国五矿  
 2019年，西太平洋，7.4万km<sup>2</sup>，多金属结核勘探区。北京先驱高技术开发公司

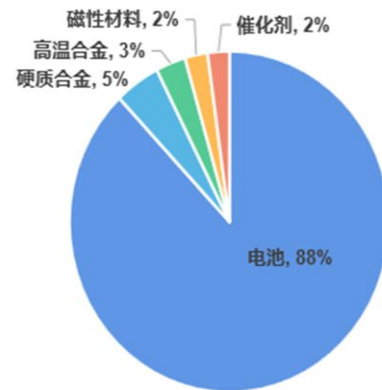
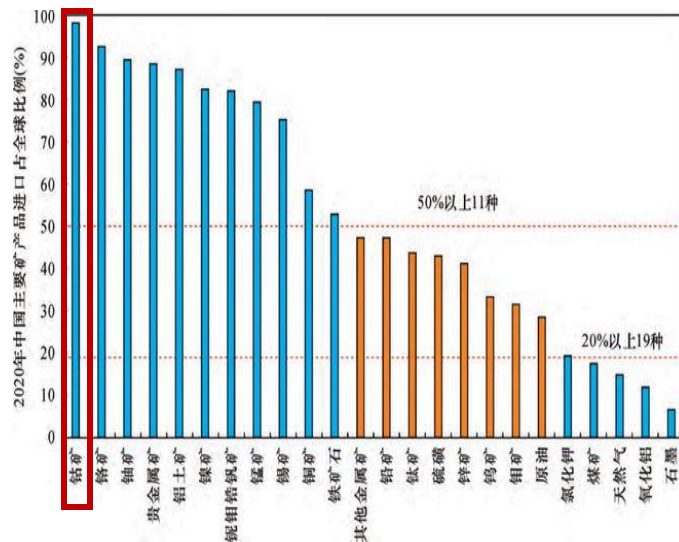
目前我国深海矿区最多 (5/30) ，确保**先发优势任务艰巨!**



# 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**



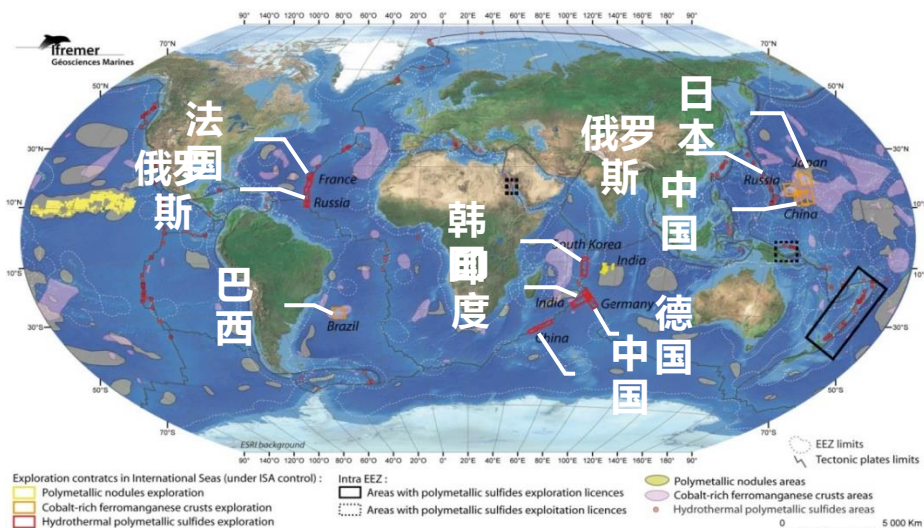
**钴消费结构**

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



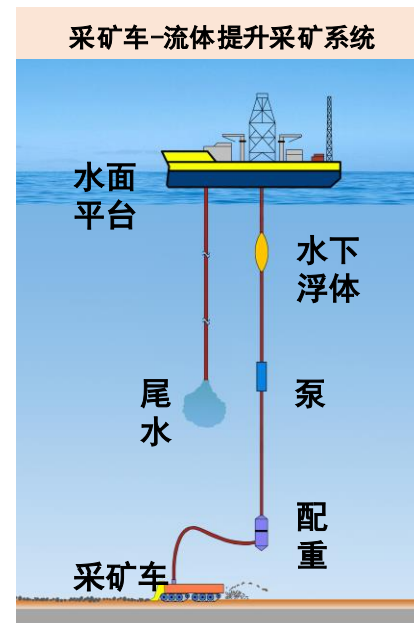
TMC采矿船

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

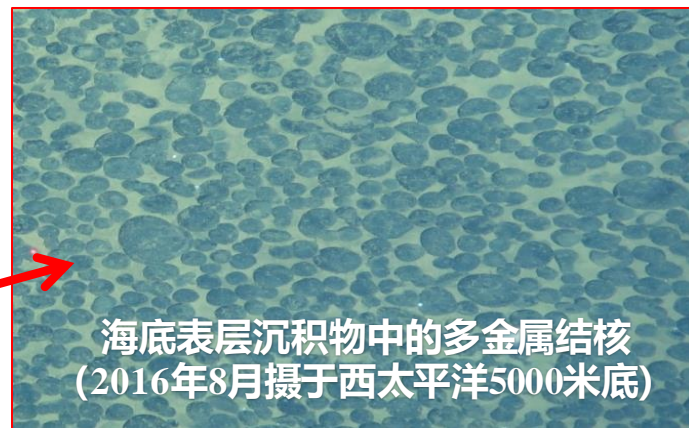
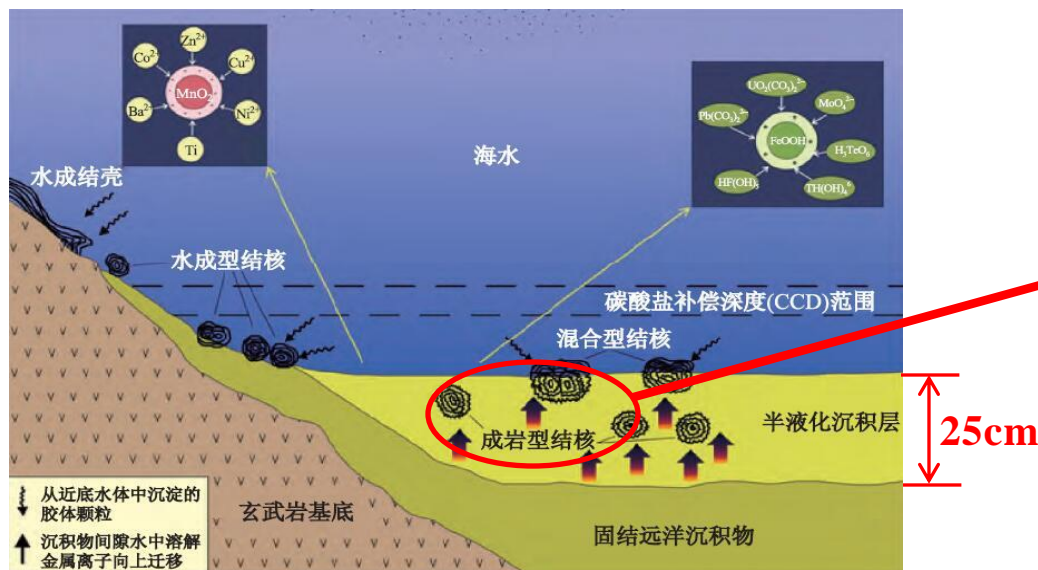
- ◆ 通过承办并组织学生积极参赛，为学生（本科生和研究生）提供了一个**检验自身能力和对外交流合作的平台**
- ◆ 锻炼学生在**深海采矿工艺、采矿系统设计方案以及分析计算方法等方面**开展设计与研究，开发**高效、环保、智能、可靠、经济的采矿系统**





## 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

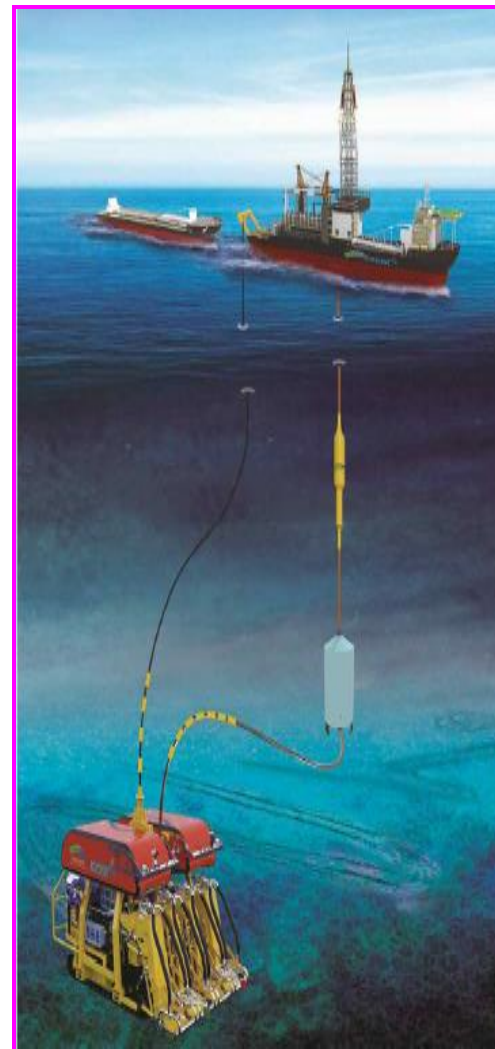
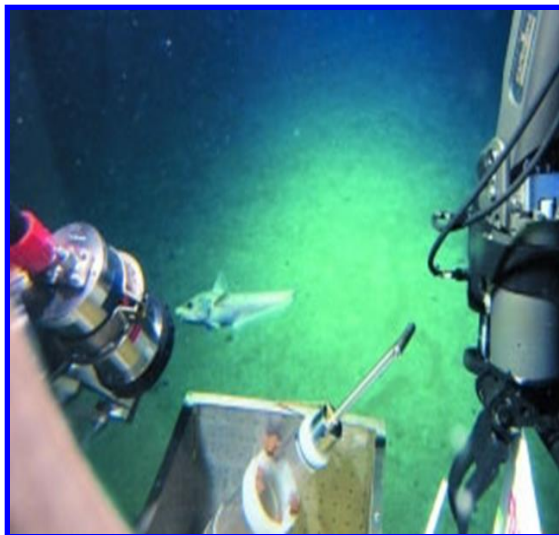
深海多金属结核象土豆一样半埋在深海软泥中，海底行走困难；  
面密度低，采矿效率难以提高。



## 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



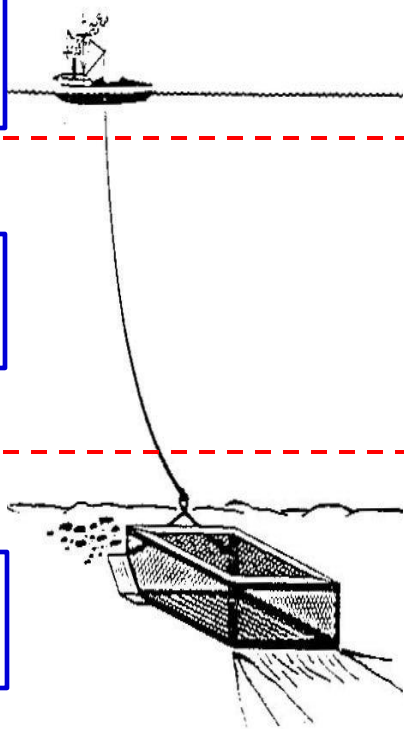
- ◆ 海水巨大压力，6000米水深相当于600个大气压；
- ◆ 系统庞大，从海底贯穿数千米海水，直达海面；
- ◆ 通讯困难，不能采用成熟的无线电，仅有水声通讯；
- ◆ 环境标准严苛，采矿规章正在制定中；
- ◆ 未知空间和信息太多，条件复杂，风险大。

## 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

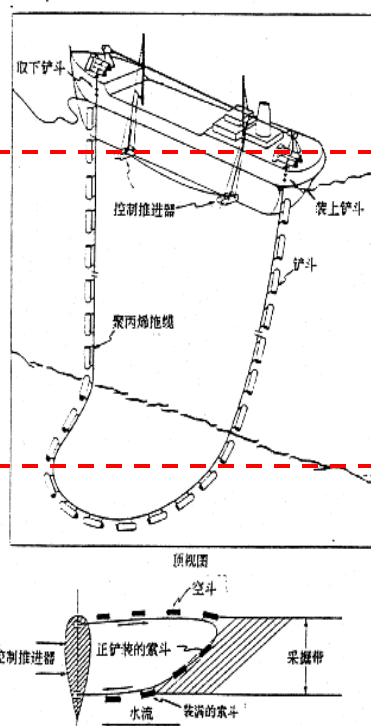
水面系统



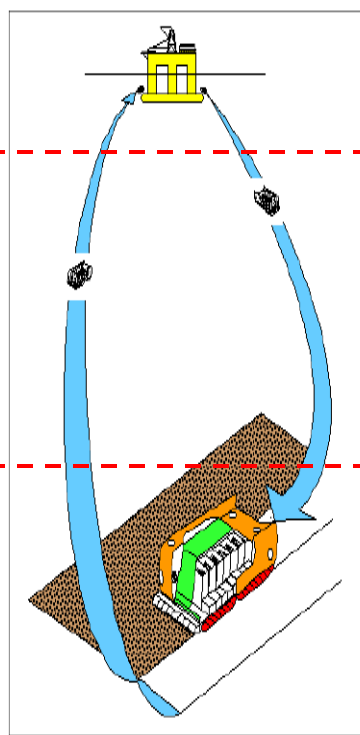
提升系统

采集系统

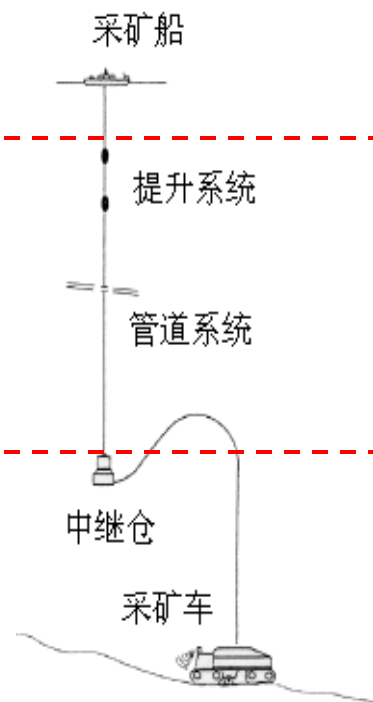
连续索斗采矿系统



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



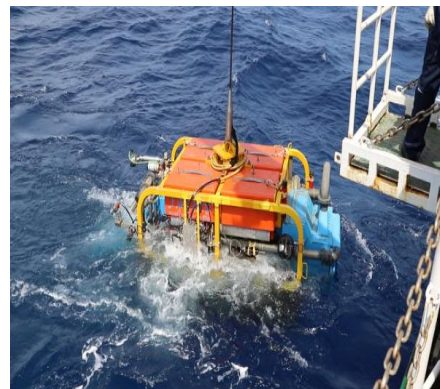
OMA原位采矿 (1978年在东太采集800吨结核)



千米海试采集车



开拓一号



Impossible Metal



GSR (2021年海试)



TMC (2022年海试)



曼塔号



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

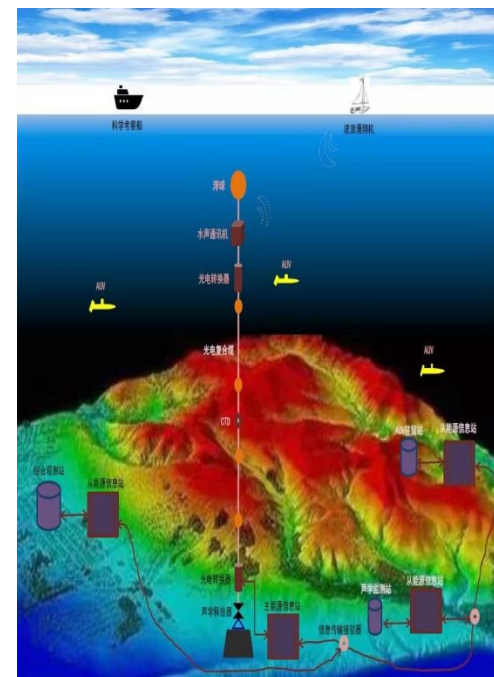
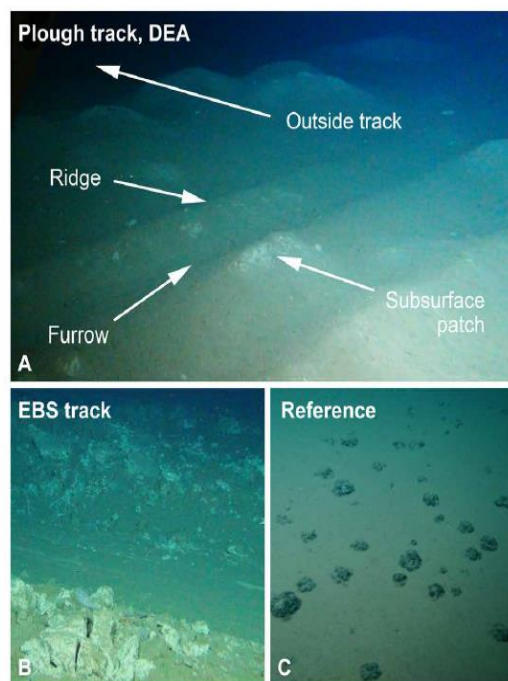
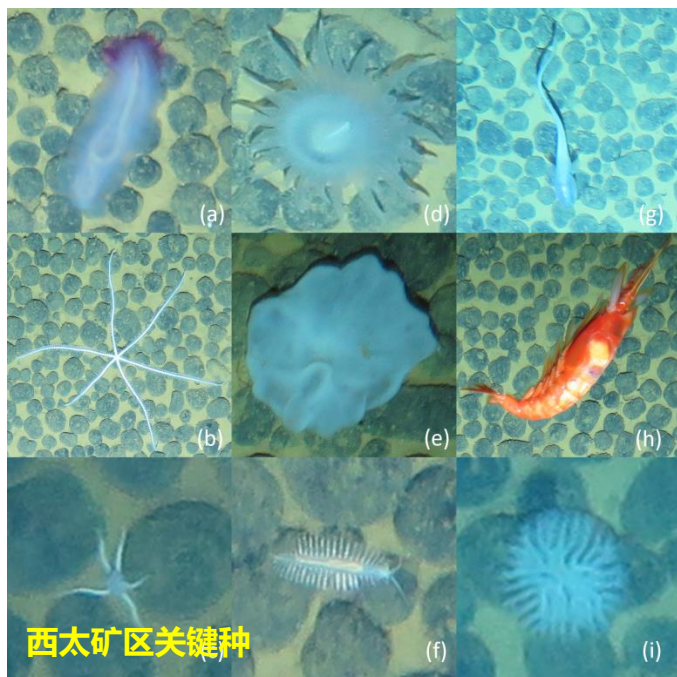
考虑底质适应性, 采集能力, 作业可靠性以及环境友好性等  
因素, 行走和采集方式仍在探索中

## 二、深海采矿技术与挑战

### (六) 环境是深海采矿面临的最大挑战

- ◆ 《中华人民共和国深海海底区域资源勘探开发法》
- ◆ 《联合国海洋法公约》
- ◆ ISA正在制定《深海开发规章》，博弈激烈
- ◆ WWF, Greenpeace等组织关注，要求日益严苛

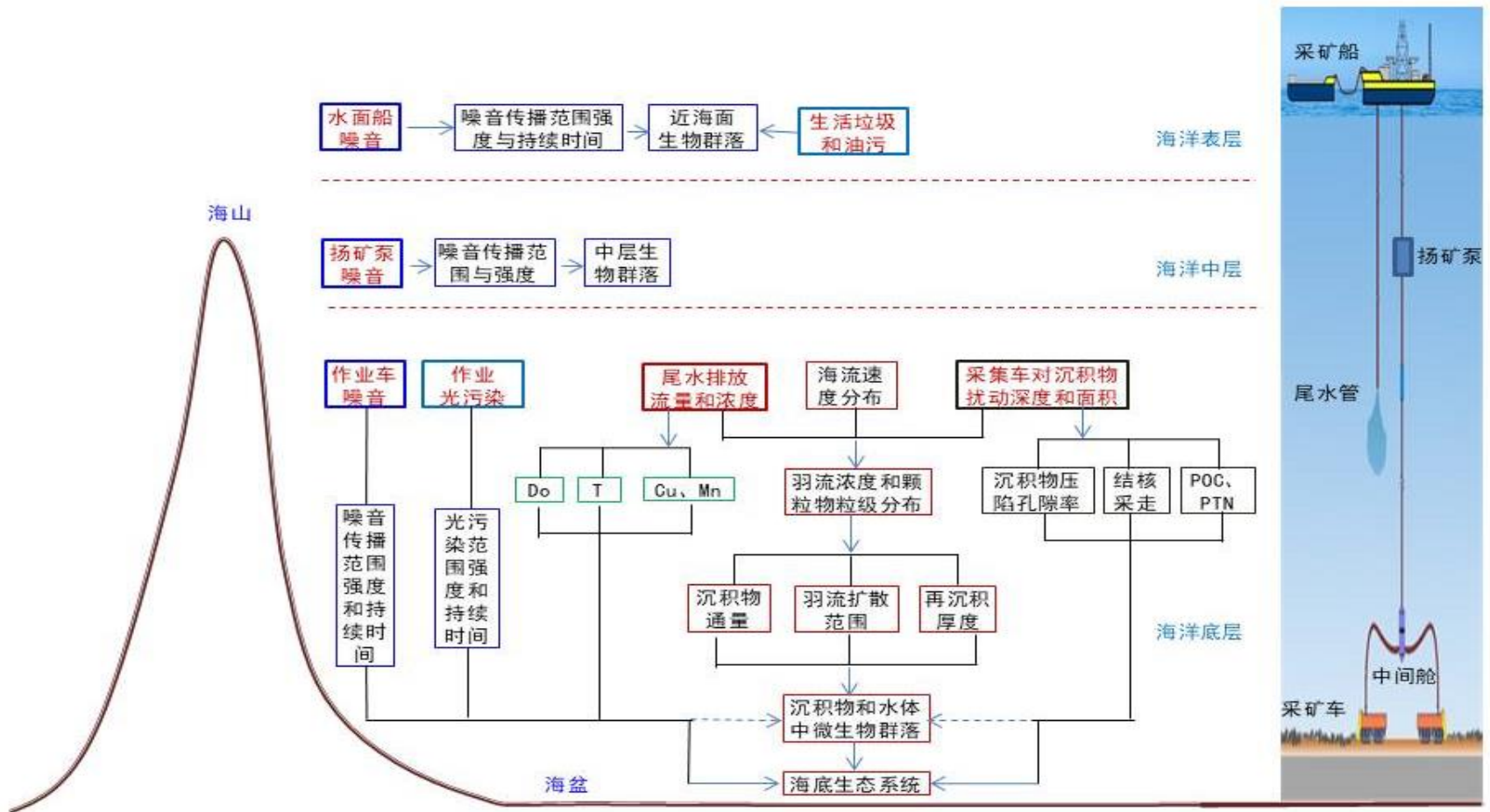
Best Available Technology  
Best Available Science Evidence  
Good Industry Practice  
Best Environmental Practice



深海生态脆弱，环境基线尚未建立，知识空白较多，环境保护要求严苛

## 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 $5^\circ$

### 结核赋存状态:

结核粒径3-10cm

丰度 $20-40\text{kg/m}^2$ ,

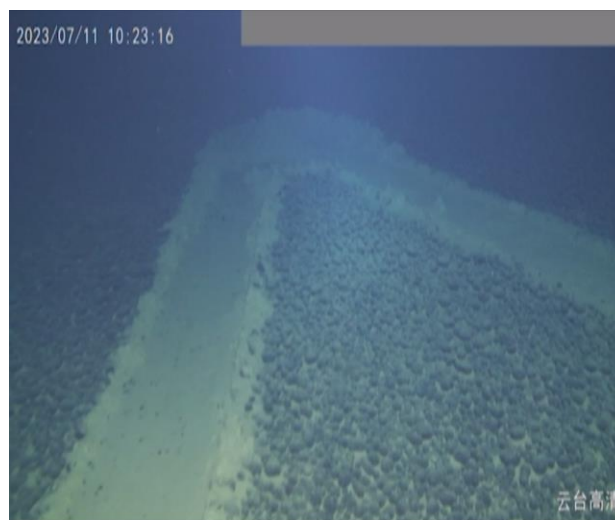
结核湿密度 $2000\text{kg/m}^3$

干密度 $1400\text{kg/m}^3$ 。

### 沉积物特性:

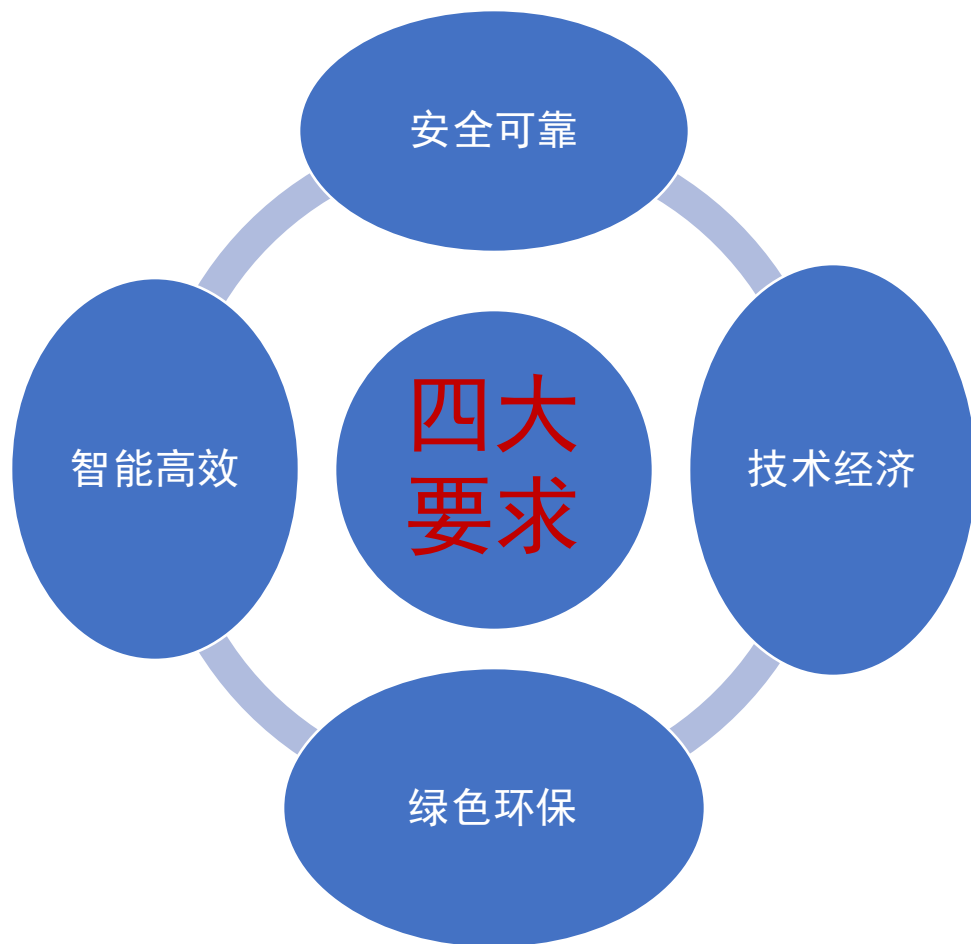
沉积物粒径 $1-100\mu\text{m}$ , 中值粒径 $10\mu\text{m}$ 。

贯入阻力 $5-15\text{kpa}$ , 抗剪强度 $20\text{kpa}$ 。



# 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!

