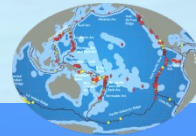




中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY



深海探测科技创新

吴能友

中国地质调查局青岛海洋地质研究所

2017年9月22日



汇报提纲

一、战略意义

二、国际现状与趋势

三、国内进展和问题

四、深海探测战略建议



蓝色的行星——地球

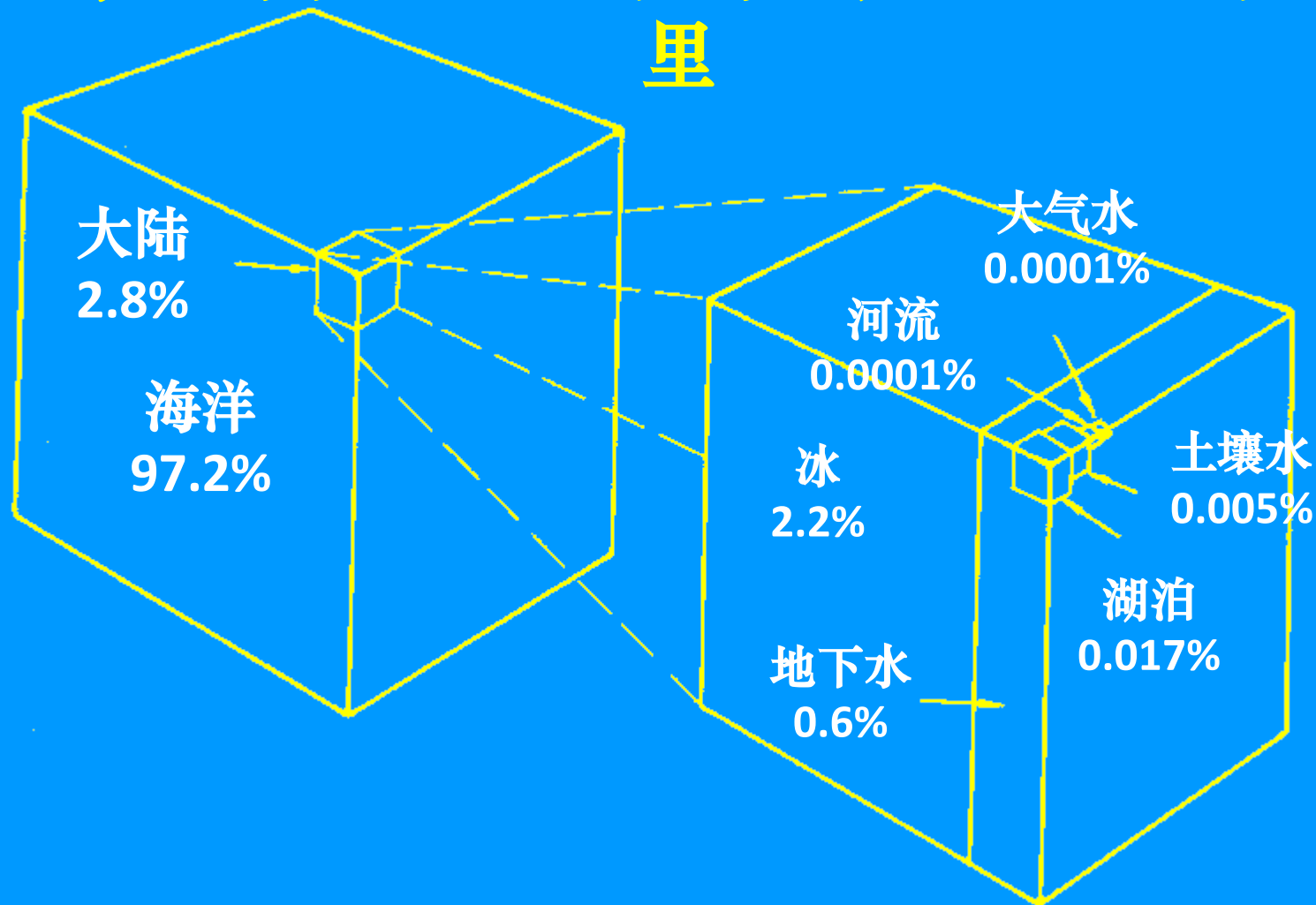


太阳系唯一的蓝色行星



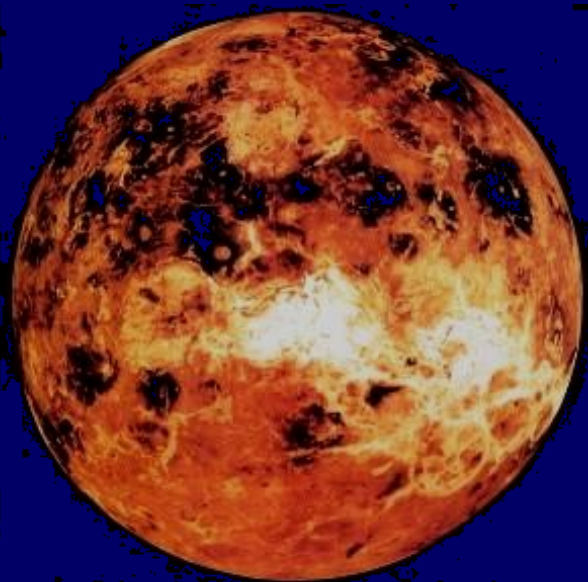
蓝色的行星——地球

地球上的水： 97% 在海里， 0.0001% 在河里





蓝色的行星——地球



金星
460°C

地球
15°C



火星
- 60°C



蓝色的行星——地球

地球表面

71% 是海洋

平均水深 3800 米



■ 水深 大于 2000 米

深海概念

油气勘探：大于 500 米，占地球表面约 68%

地理：大于 1000 米，占地球表面约 63%

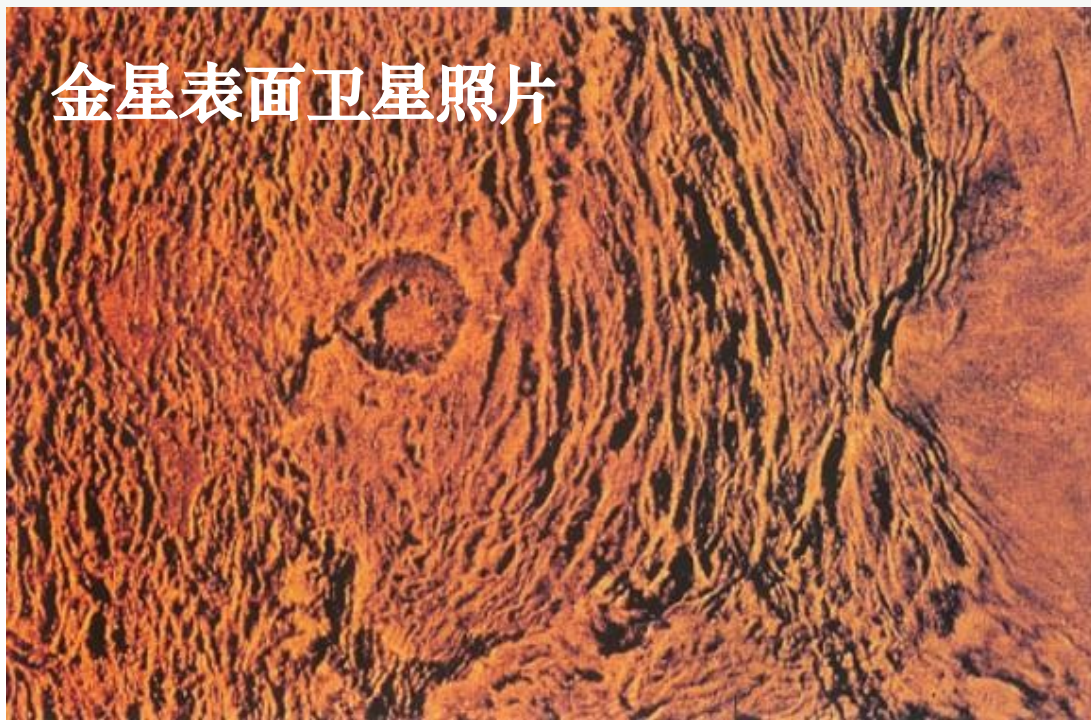
探测能力：大于 2000 米，约占地球表面 60%



蓝色的行星——地球

水是地球最大的特点，但又是阻挠人类认识地球的最大障碍。
几千米海水是深海探测的最大困难！

金星表面卫星照片



人类对深海的了解还不如月球，甚至赶不上金星和火星！

只有透过几千米海水看清深海底真实面目，
人类才能理解自己赖以生存的地球。

解决可持续发展问题的
出路之一在深海。

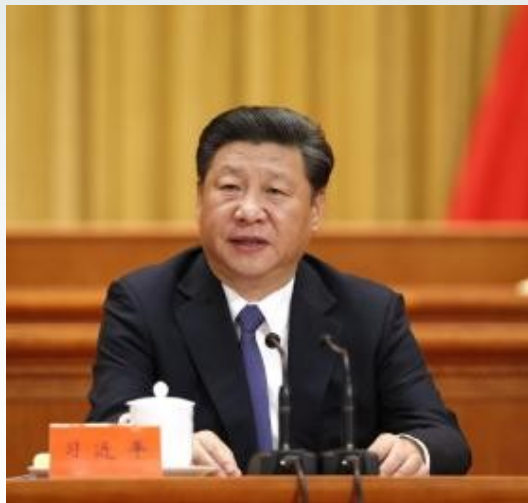


1992 年联合国《二十一世纪议程》

海洋是全球生命支持系统的一个基本组成部分，也是一种有助于实现可持续发展的宝贵财富。



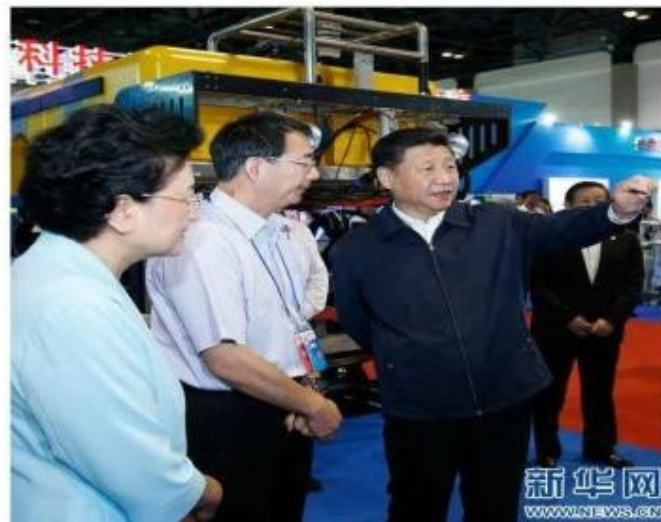
深海进入、深海探测、深海开发



党的十八大报告提出：建设海洋强国。

习近平总书记在全国科技创新大会上指出：
深海蕴藏着宝藏，但要得到这些宝藏，就必须
在深海进入、深海探测、深海开发方面掌握关键技术。

“十三五”国家科技创新规划：坚持以
强化近海、拓展远海、探查深海、引领
发展为原则，重点发展维护海洋主权和
权益、开发海洋资源、保障海上安全、
保护海洋环境的重大关键技术。



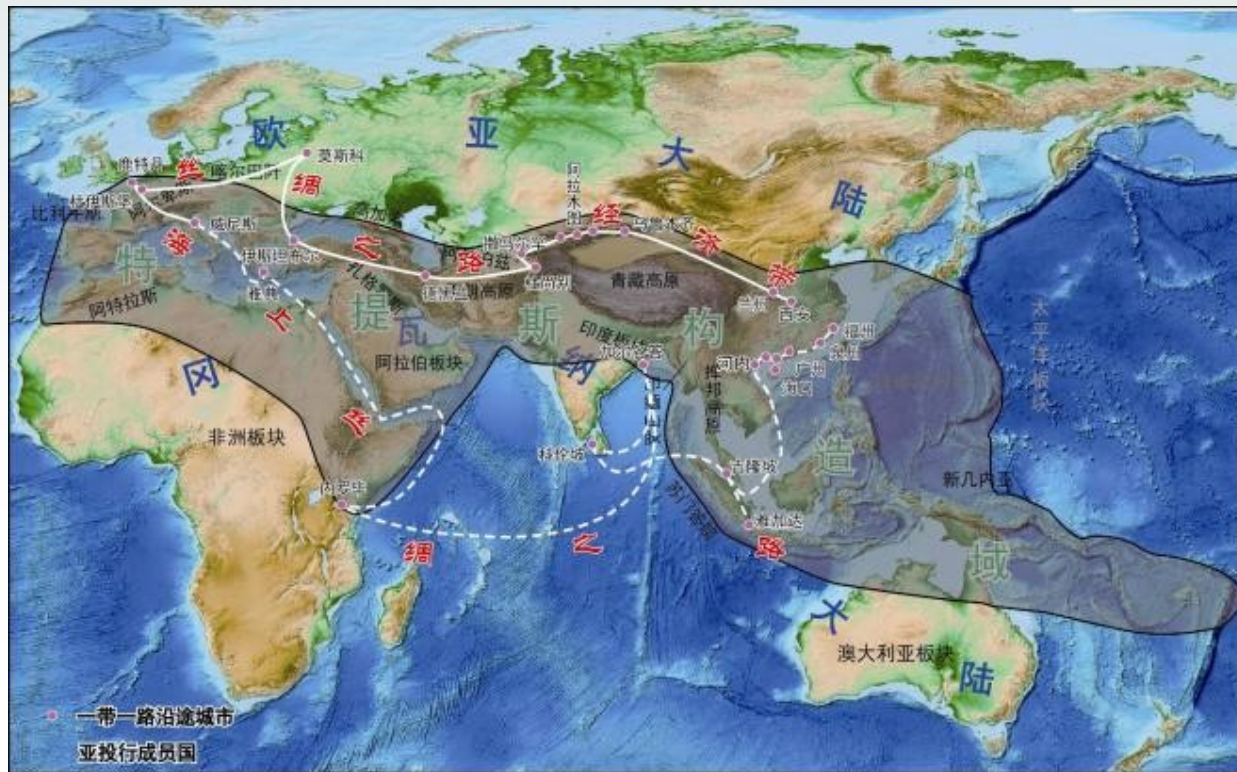
中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY



国家战略：一带一路



丝绸之路经济带：
2013 年 9 月提出
海上丝绸之路：
2013 年 10 月提出



“一带一路”与“特提斯构造域”范围高度重合。特提斯构造域：世界油气资源的三分之二、全球三大成矿域之一；导致海陆分布变化、高原隆升、影响大洋和大气环流。

现象在陆地，根在海洋



战略意义

1. 保障国家能源资源安全，必须开发深海

深海的经济价值远不止是“渔盐之利，舟楫之便”

深海蕴藏着丰富的油气、天然气水合物、多金属结核、富钴结壳、热液硫化物、稀土、深海生物基因等资源。

- 油气——重要的战略资源
- 天然气水合物——未来的新能源
- 多金属结核——洋底神秘矿产
- 富钴结壳——海底“黑金山”
- 热液硫化物——海底“黑烟囱”





深海具有丰富的矿产资源

2015 年，我国石油、铁矿石、铜矿、钴、镍、铂族元素等矿产对外依存度都超过了 60%，**我国的能源资源安全形势十分严峻。**

- **油气：**全球海洋已探明储量 380 多亿吨，其中 80% 来自深海。
- **天然气水合物：**全球海洋资源量 1.8-2.1 万万亿立方米，按目前消耗量可供人类使用 200 年。
- **多金属结核：**富含锰、铁、镍、钴、铜等几十种元素，全球大洋资源量为 3 万亿吨。
- **富钴结壳：**富含锰、钴、镍、铜、铂和稀土元素，仅太平洋西部资源量就达 10 亿吨。
- **热液硫化物：**富含金、银、铀、铁、铅、钴等元素。



战略意义

2. 服务国家外交战略，维护海洋权益，必须挺进深海

- 海域划界焦点在资源，维护海洋权益核心在资源；
- 深海探测服务海上丝绸之路、重要航线和通道；
- 查明国际海底矿产资源，抢占国际海底矿产资源开发权；
- 加强极地深海探测与研究，提升参与极地事务话语权。



南海油气分布图



海上丝绸之路海洋观测重点区域



北极海域划界形势复杂



北极海域与传统航线 / 通道



大陆架制度（法律概念）

1945 年《杜鲁门公告》

最初为地质学、地理学概念，1945 年美国《杜鲁门公告》为海洋法所借用，演变为一个法律概念。

1958 年《大陆架公约》

初步确立了大陆架法律制度。

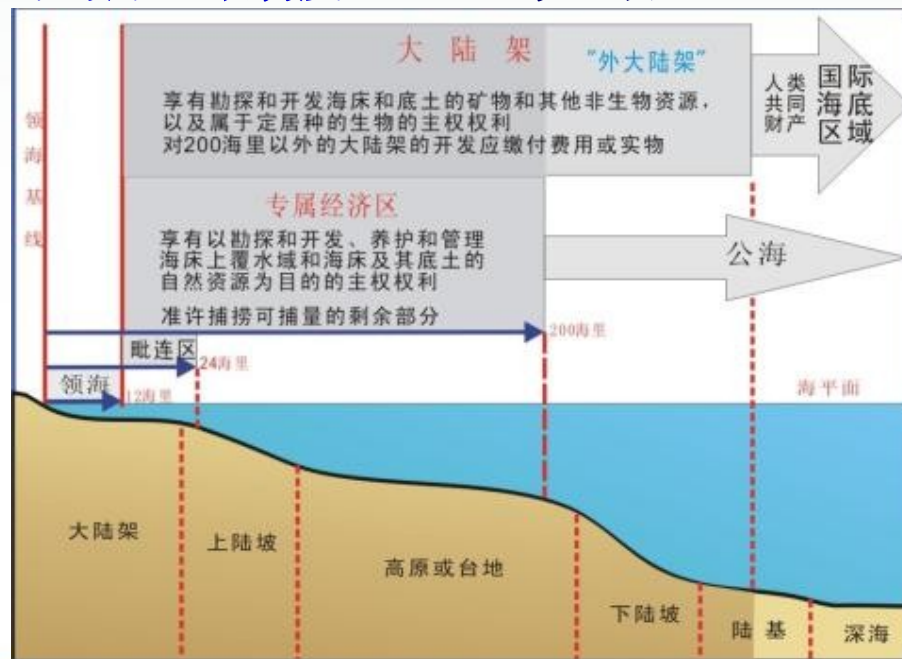
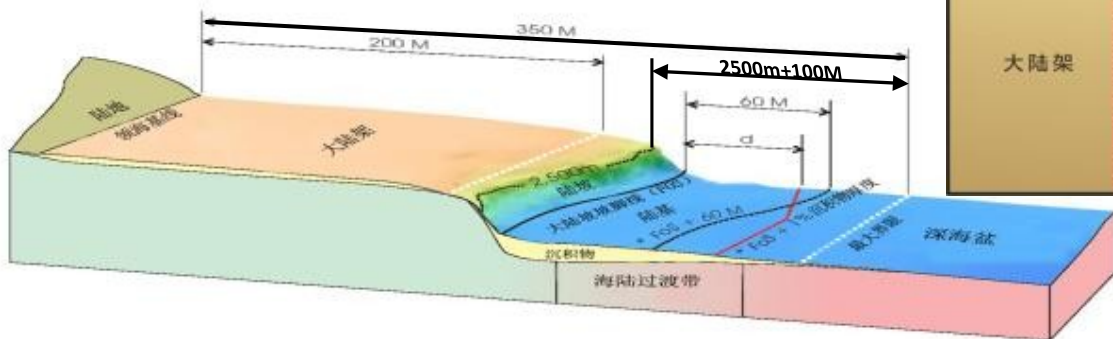
1982 年《联合国海洋法公约》

第三次联合国海洋法会议；确立了专属经济区、大陆架和国际海底区域制度。1994 年生效！



大陆架划界主要依据：

- 海底地形
- 沉积物厚度
- 大陆边缘地质特征和地壳结构



《公约》第 76 条扩展外大陆架规



战略意义

3. 支撑海战场建设，必须探测深海

海洋是国家战略的坚实支点。深海地形地貌、重力、磁力、底质等基础地质和环境信息：

- 是支持现代信息化战争不可或缺的重要基础数据；
- 是军事力量从近海防御走向深远海防卫的根本保障；
- 是岛礁等重大国防工程建设的重要依据。

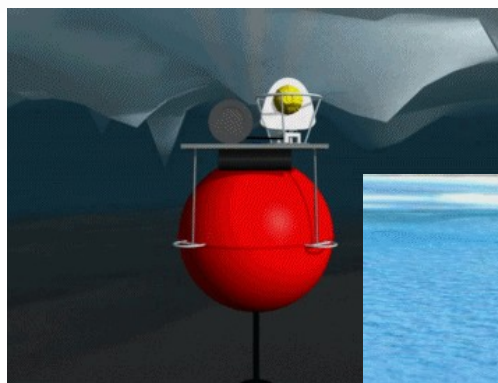




战略意义

4. 服务蓝色经济和海洋生态文明建设，必须研究深海

- 深海研究有利于应对全球气候变化；
- 深海环境监测和灾害预警有利于防灾减灾；
- 海底空间拓展有利于改善人类发展环境。

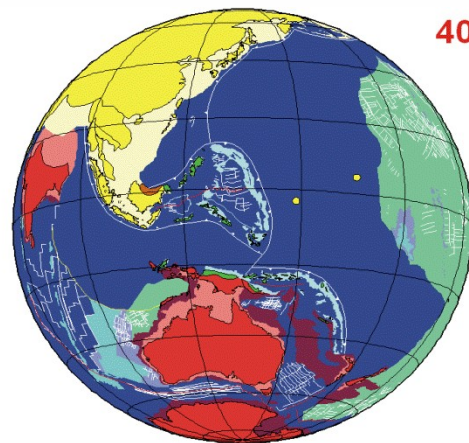
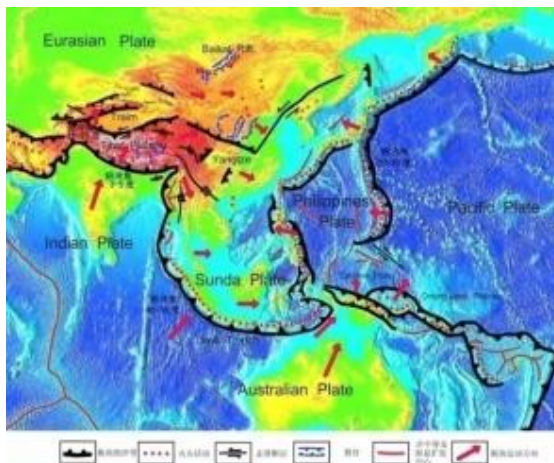




战略意义

5. 提升海洋认知能力，必须探索深海

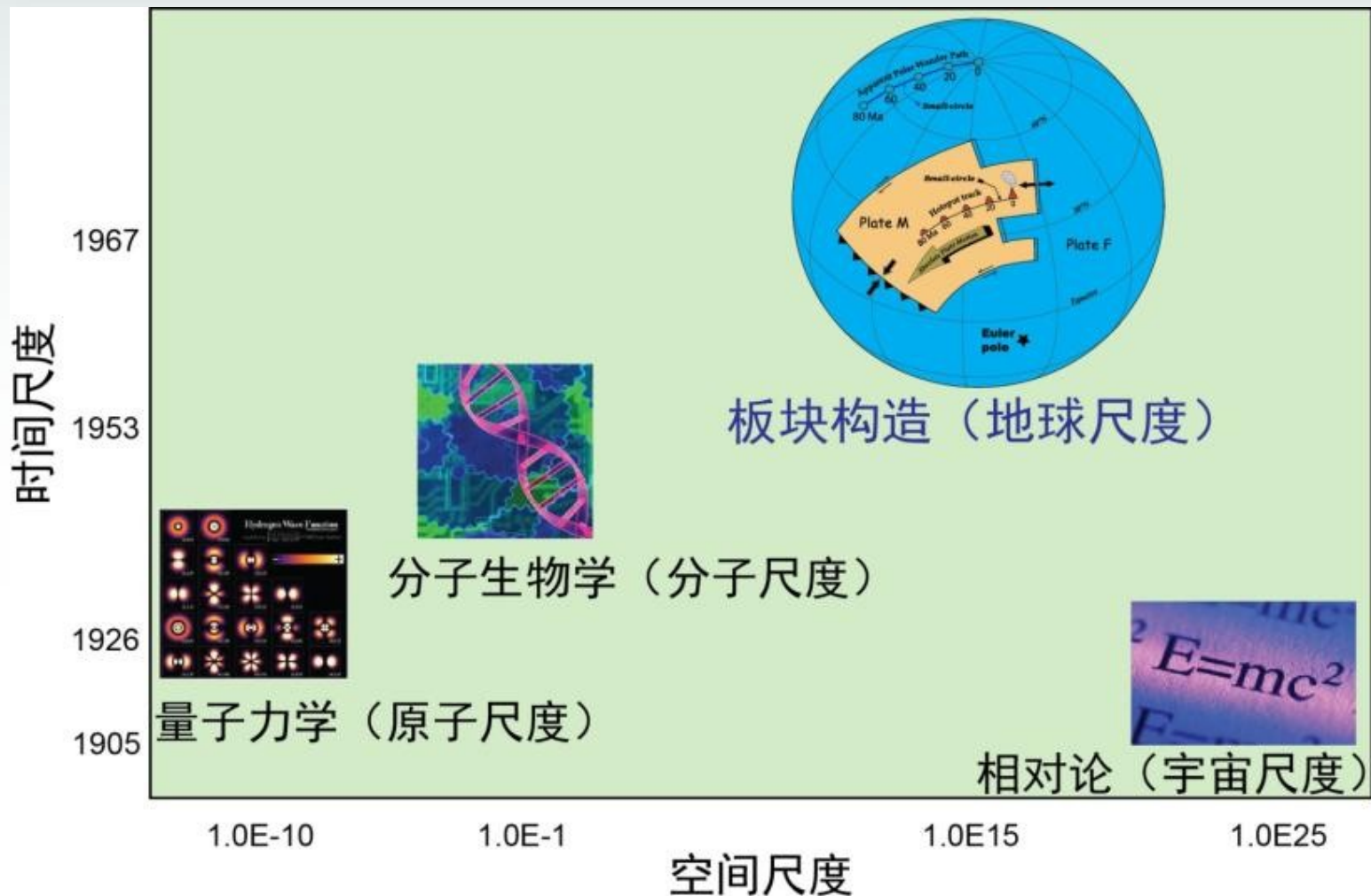
- 深海是打开地球系统科学之门的金钥匙，最著名的、贡献最大的地球科学理论——板块构造理论就产生于深海；
- 探究深海地质作用、成矿过程和环境变化耦合关系等，深入理解深海各圈层相互作用，是当前全球深海研究的热点。



40



20 世纪世界四大科学进展



板块构造理论诞生于海洋



汇报提纲

一、战略意义

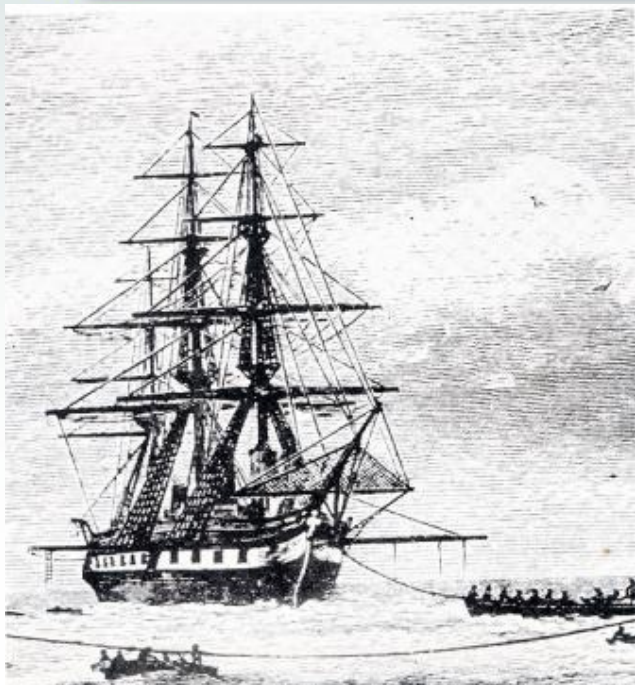
二、国际现状与趋势

三、国内进展和问题

四、深海探测战略建议



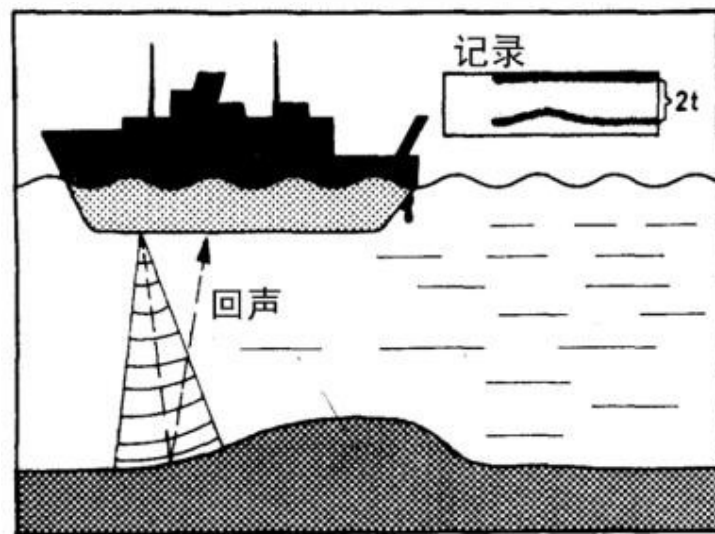
人类的深海探测是从水深测量开始的！



早期用缆绳的长度测量海洋的水深，结果总以为海底是平缓的，是一切物质和运动的终点。

90 年的海洋探测历程！

1925 年发明的回声测深仪，为水深测量提供了技术，使真实认识海底地形成为可能。





早期以为海底相对平坦，
事实上比陆地崎岖多了！

8 万公里大洋中脊系统





海洋国家重视深海探测与开发

上世纪 60 年代以来，发达国家竞相进入深海。新时期，对深海资源已经从“探测”走向“开发”，不仅美、日、俄、欧等传统强国竞相抢占海洋科技“制深点”，巴西、韩国等后发国家也凭独特优势占据一席之地。

- 美国：探测开发历史长、技术全面领先
- 日本：拥有最先进的深海钻探船和深潜技术
- 俄罗斯：深海载人潜水器优势突出
- 欧洲：各国特色突出，各有所长
- 巴西、韩国：深海油气勘探开发有独到之处



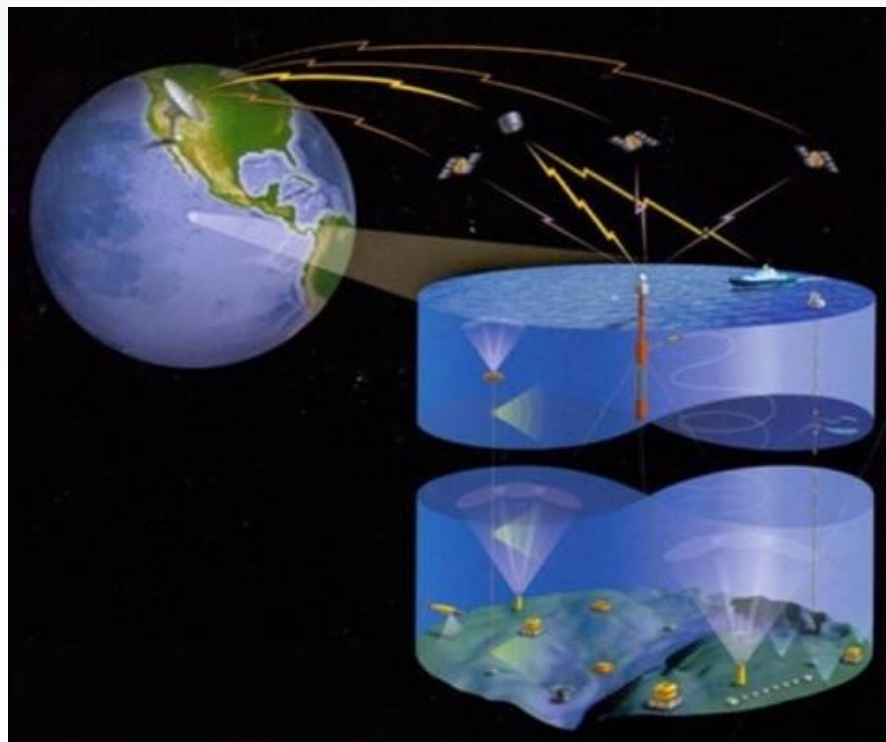


国际现状

1、围绕资源、环境和地球系统科学问题，构建了从海面、近海底、海底至海底以下深部的深海探测技术体系，关键技术不断突破，探测深度和精度不断提高

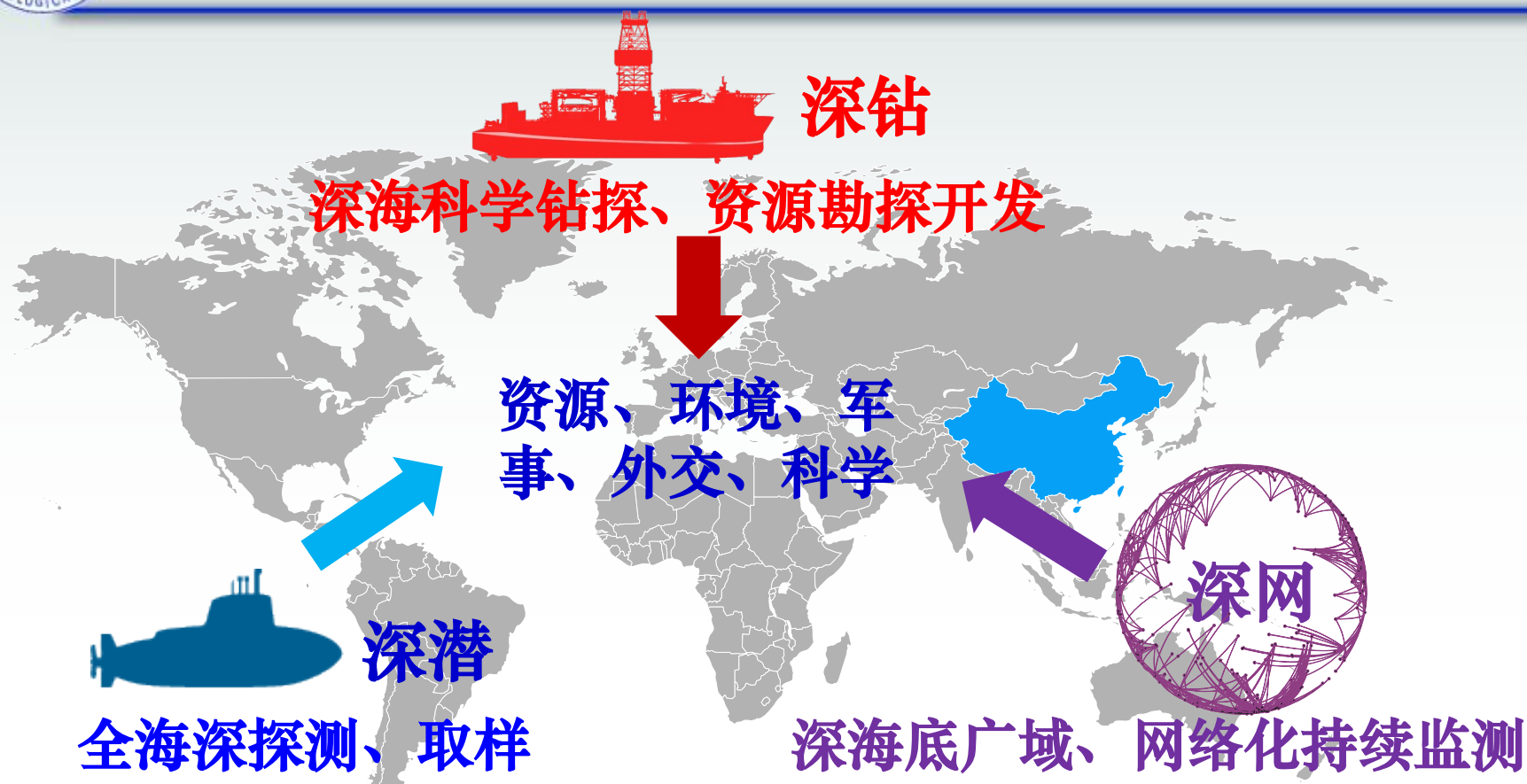
深海探测三个平台：

- 空间：
遥测与遥感
- 海面：
调查和监测
- 深部：
海底与井下





国际深海探测呈现“三深”趋势



我国已初步具备全海深深潜装备，正在进行深网装备研发，**深钻尚属空白**，导致在国际大洋钻探计划中长期处于被动地位

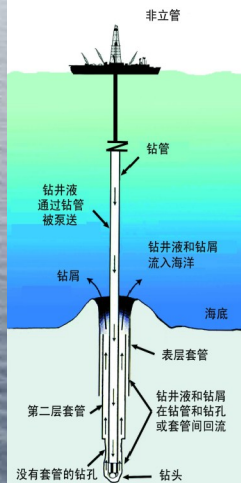


国际深海钻探技术现状

深钻：美、日共同领导，欧盟跃跃欲试的“三足鼎立”局面

美国 “JOIDES 决心

号”1978 年建造，美国主导大洋钻探计划船只，现已完成 370 个航次钻探；经济实用，但钻进深度稍浅，且采用无隔水管钻探方式。



技术参数	美国决心号
船长 (m)	143
船宽 (m)	21
吃水 (m)	7.0
排水量 (t)	16800
钻探深度 (m)	7659(非隔水管)
定位方式	DP2 动力定位
定员 (P)	130

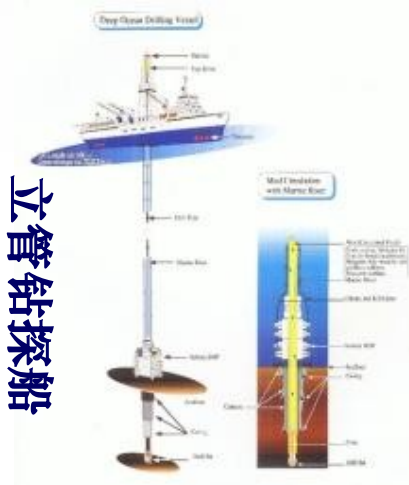


国际深海钻探技术现状

深钻：美、日共同领导，欧洲跃跃欲试的“三足鼎立”局面

日本“地球号”

●2005 年建造，日本主导大洋钻探计划船只，现已完成 18 个航次钻探；国际上深钻最高水平，立管钻探，造价和成本极高



立管钻探船

技术参数	日本地球号
船长 (m)	210
船宽 (m)	38
吃水 (m)	9.2
排水量 (t)	59500
钻探深度 (m)	10000 (隔水管)
定位方式	DP2 动力定位
定员 (P)	200



国际深海钻探技术现状

深钻：美、日共同领导，欧洲跃跃欲试的“三足鼎立”局面

欧盟“北极光号”

- 2003 年启动建设，极地钻探和科考，成本过高，现转入“瘦身”阶段。如果成功，将成为世界上最大钻探船和极地破冰船

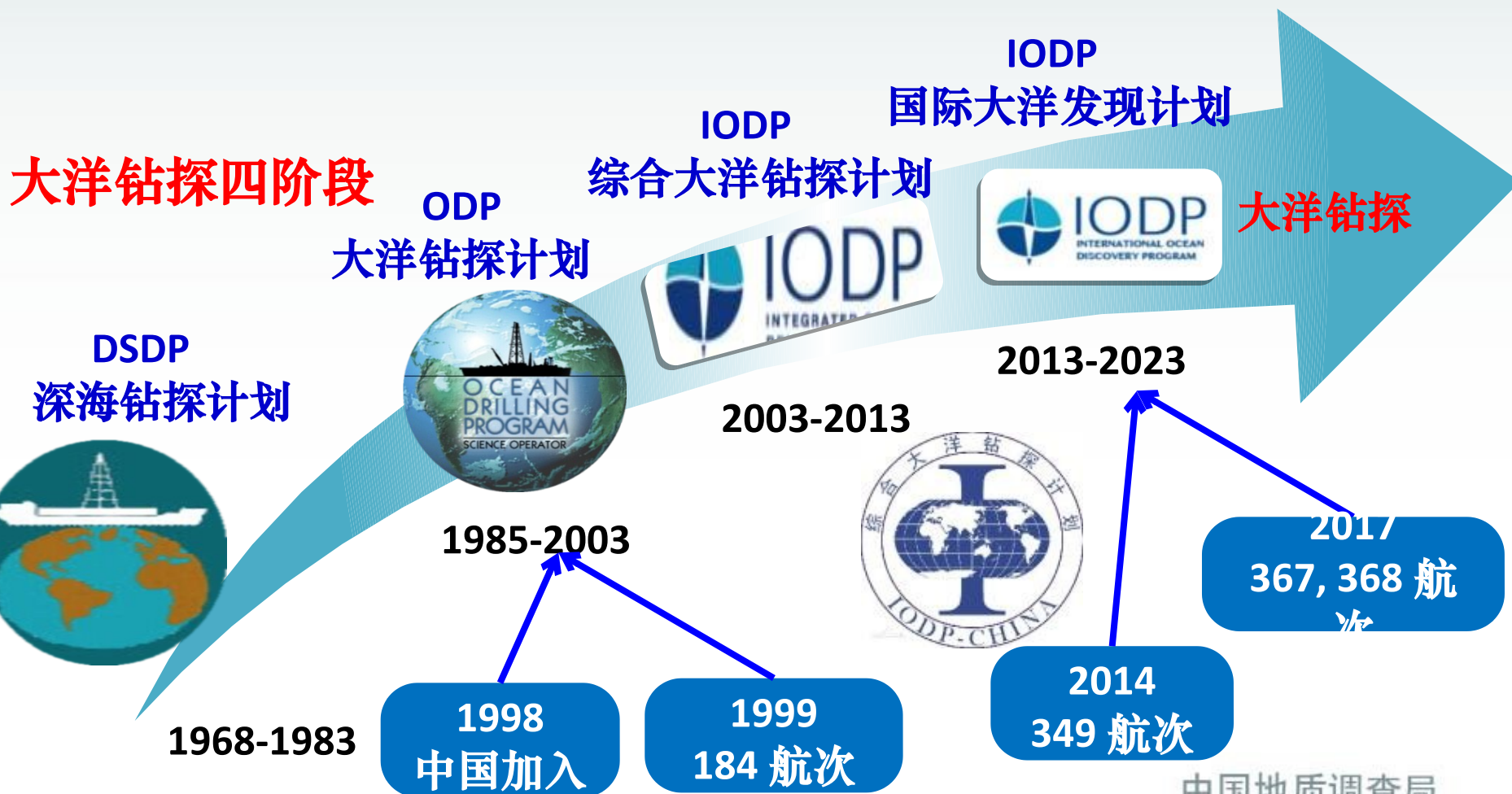


技术参数	欧盟北极光号
船长 (m)	220
船宽 (m)	32
吃水 (m)	10.2
排水量 (t)	67000
钻探深度 (m)	11000 (非隔水管)
定位方式	DP2 动力定位
定员 (P)	180



国际大洋钻探计划

地球科学和海洋科技领域历时最长、规模最大的国际合作计划





国际大洋发现计划 (IODP)



深海钻探计划 DSDP
(1968-1983) 挑战者号



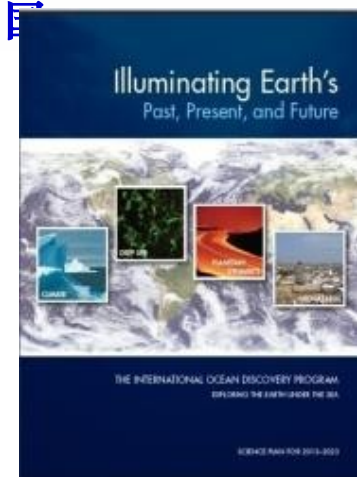
大洋钻探计划 ODP (1983-2003)
决心号



综合大洋钻探计划 IODP(2003-2013)
国际大洋发现计划 IODP (2013-) 决心号、地球号



1998 年春，中国加入
ODP，成为第一个参与成
员国



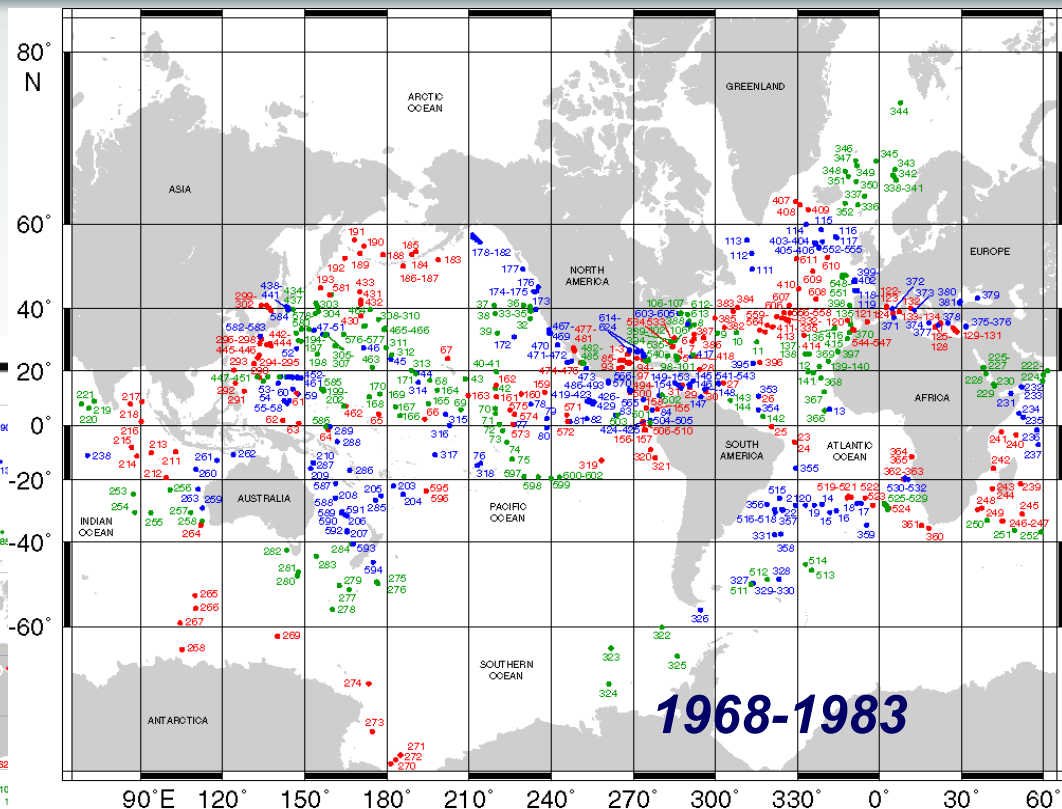
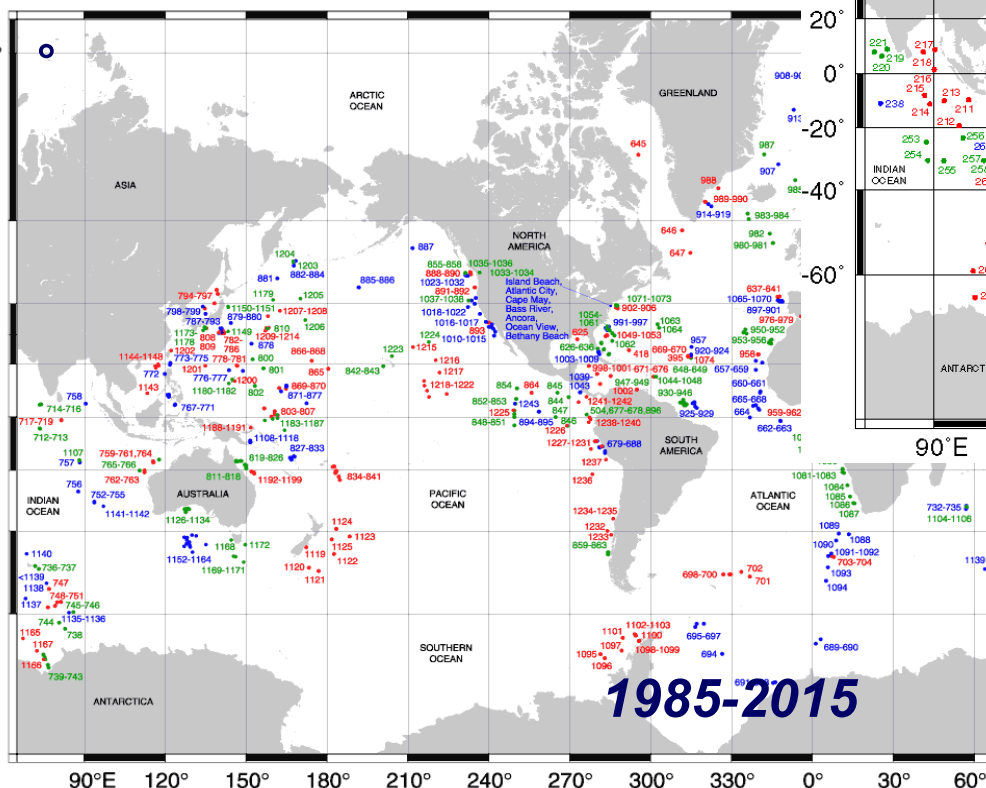
目标：照亮地球



国际大洋发现计划 (IODP)

1968-1983 年“深海钻探”计划 (DSDP) 开始

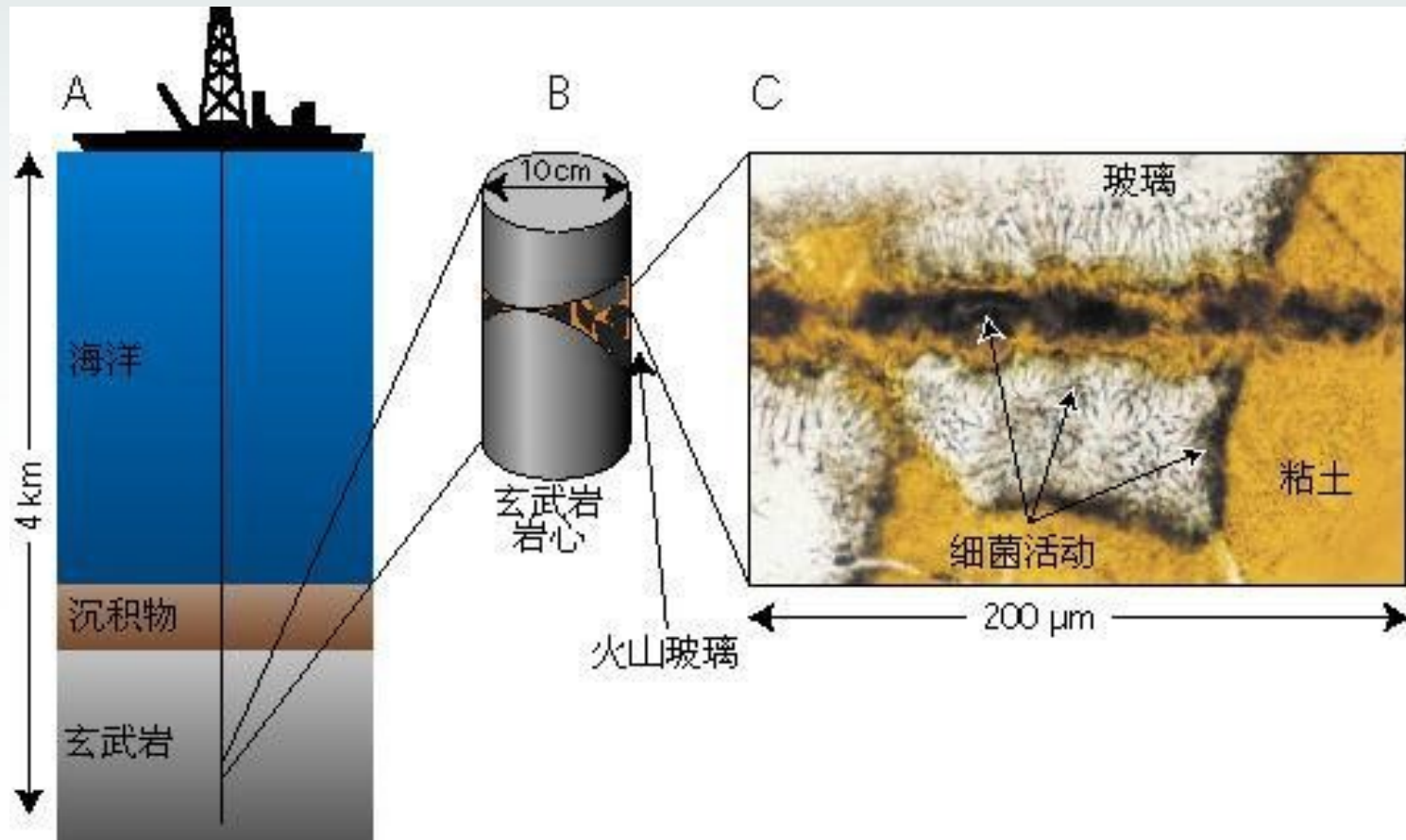
48 年来，深海科学钻探在各大洋钻井近五千口，取芯四十万米



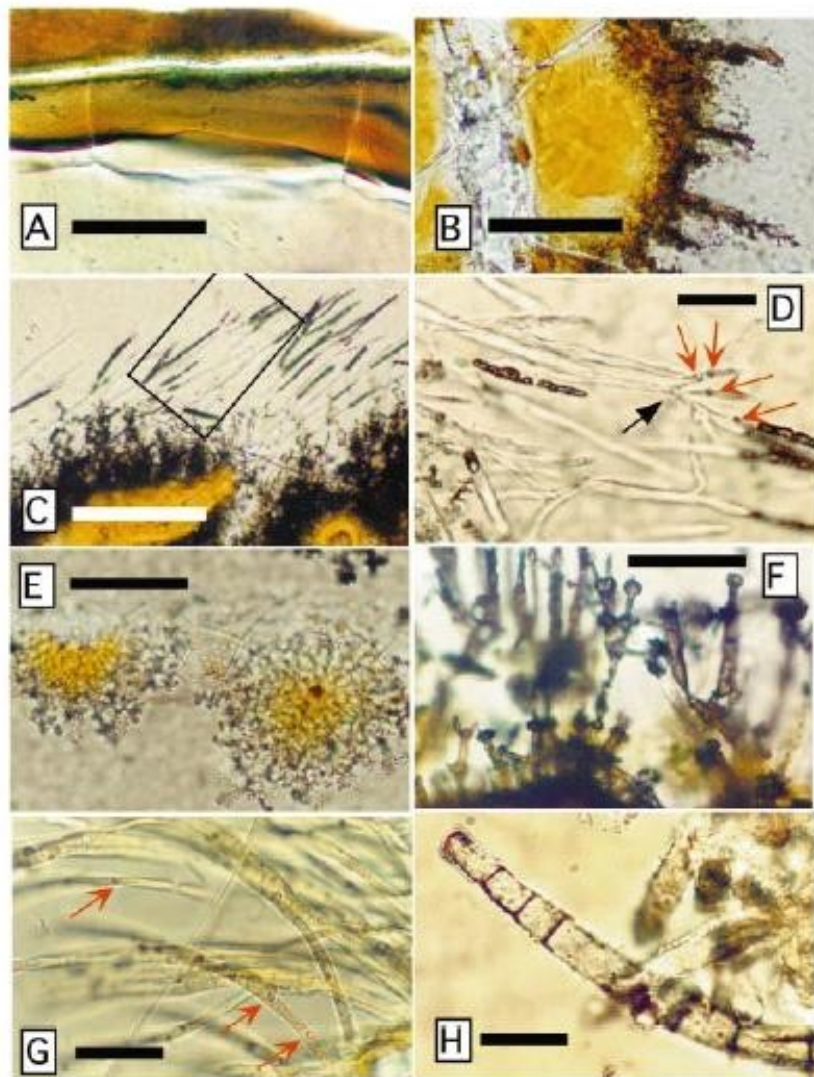
把地质学从陆地扩展到全球，导致了一场地球科学的革命，产生板块构造等许多新的地学理论。



大洋钻探发现了深部生物圈



深海钻探在海底以下 290 米的玄武岩中，发现有微生物的活动



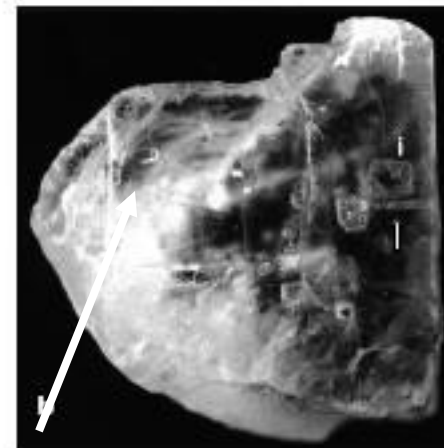
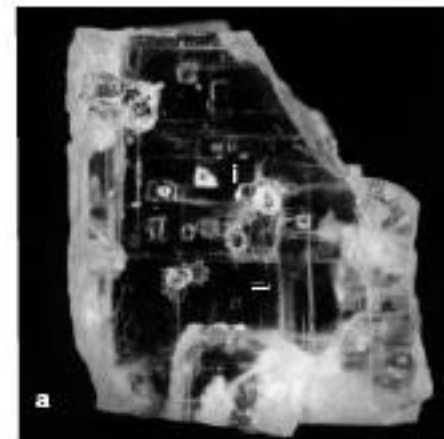
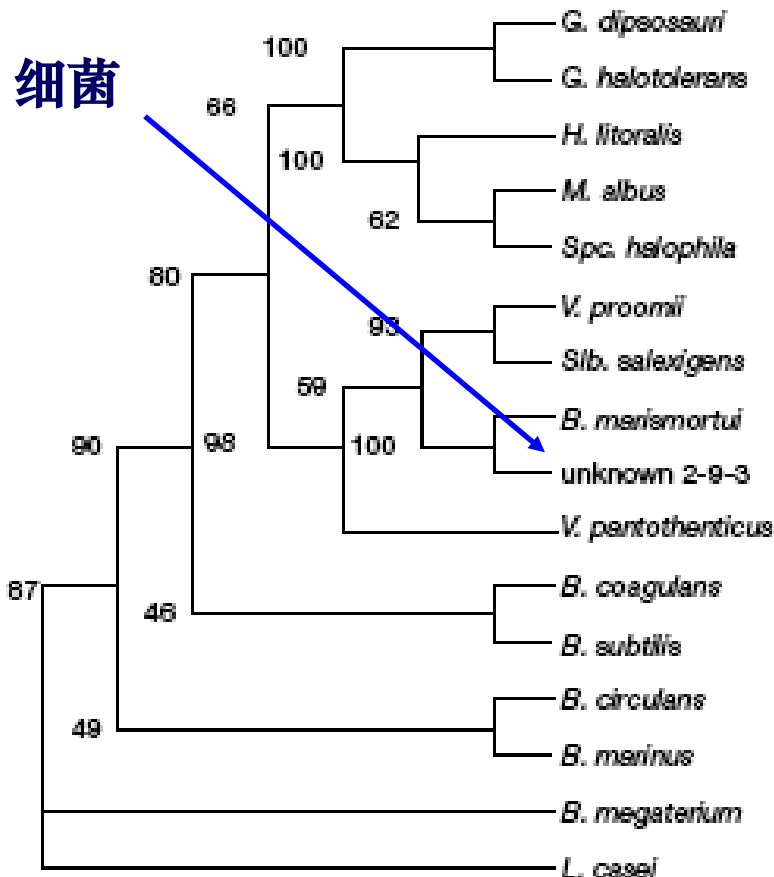
**1989 年 南太平洋
海底火山爆发，发现超
高温细菌；**

**1998 年大洋钻探
岩芯研究发现，大洋玄
武岩普遍遭受微生物的
蚀变**



2.5 亿年前的岩盐包裹体中发现活细菌？

美国新
墨西哥州
二叠纪岩
盐晶体的
包裹体中
，分析出
或细菌



岩盐

Vreeland et al., 2000, *Nature*.



细菌：万寿无疆？

- 2.5 亿年前的岩盐包裹体中发现活细菌
既然能活 2 亿多年，

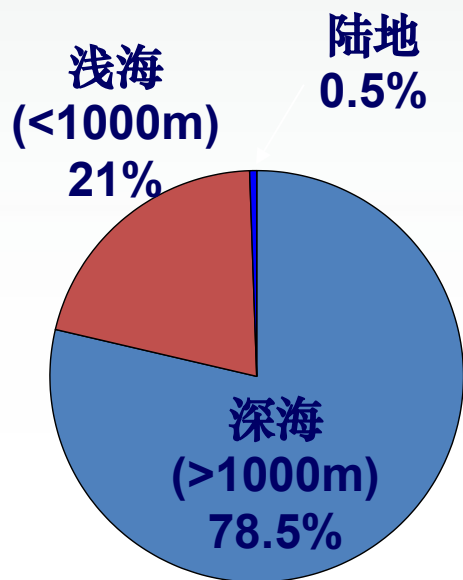
难道有朝一日它还会
死吗？

- 深部生物圈的发现，
不仅向区分“古生物”与“今生物”
的划分提出了挑战，
甚至向“生”与“死”的概念
提出了疑问。

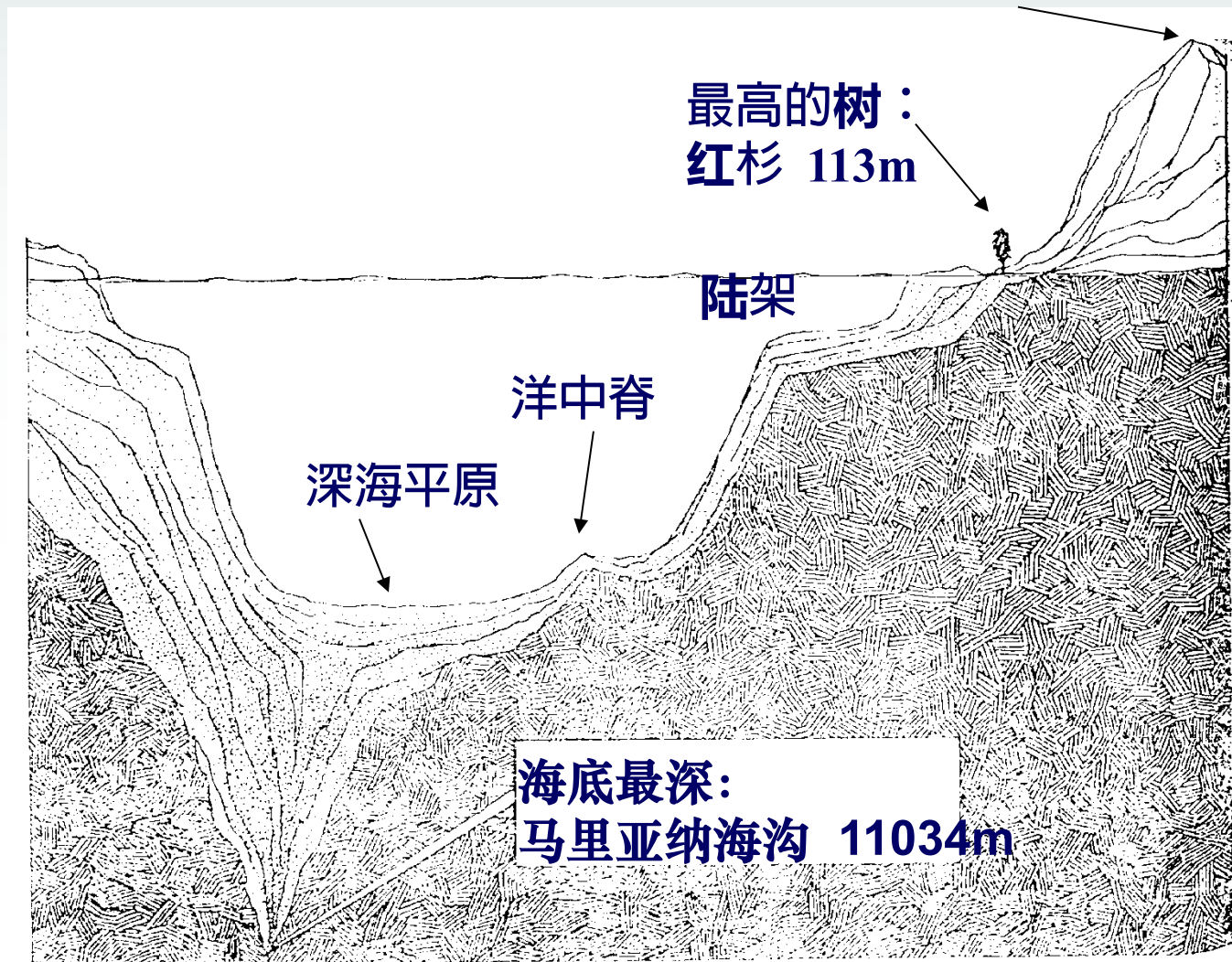


地球上的生存空间

陆上最高：珠穆朗玛峰 8848m



体积





陆上平均高度
m

30

海洋平均深度 3800 m

海底以下？ 5000 m

地球上的生存空间

气

海面

水

海底

泥
岩石



大洋钻探发现了深部生物圈

如

洋底以下 500m 以内的地层中平均含微生物为 1.5 吨 / 公顷

则

全球洋底以下的微生物量相当于地球表层生物圈的 1/10

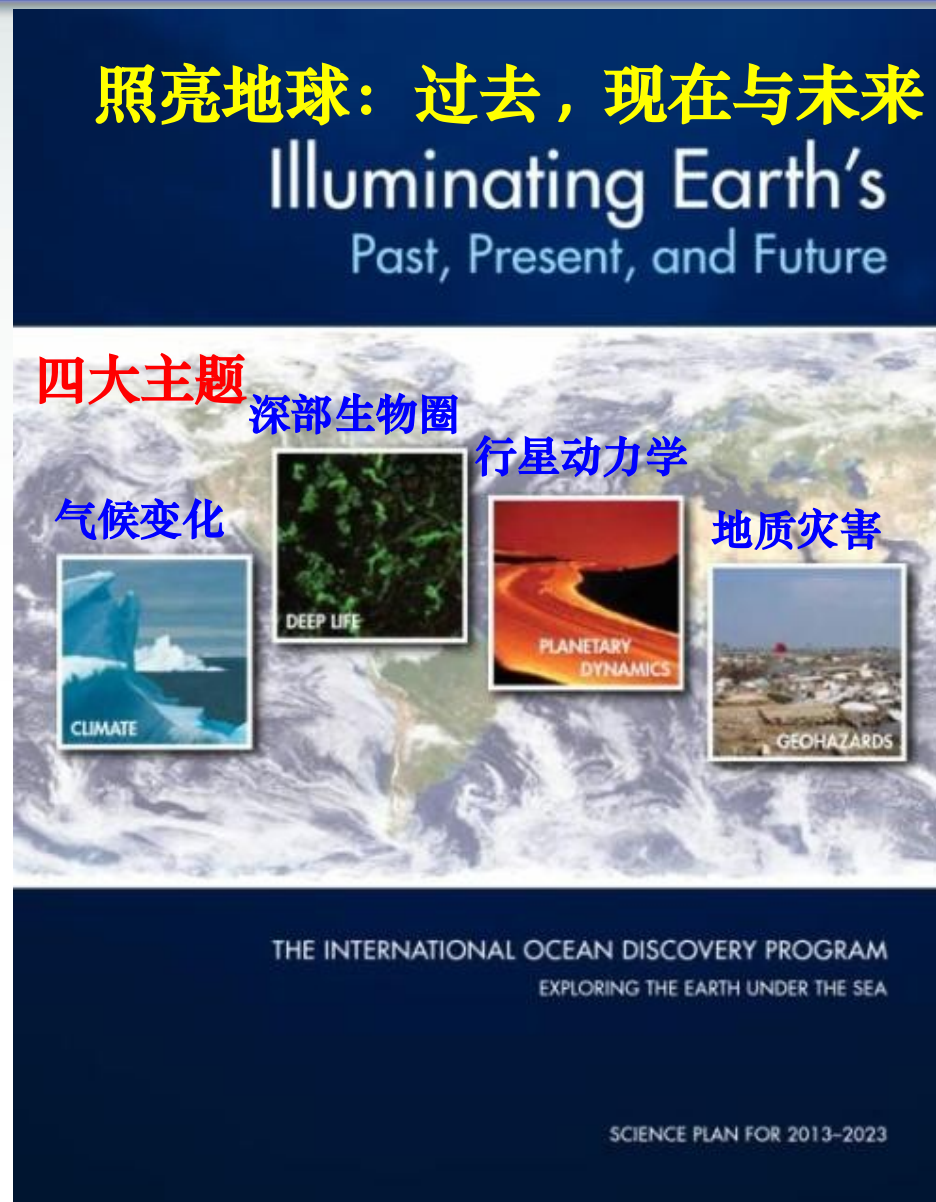


2023 年后国际大洋钻探向何处去？

国际大洋发现计划 —— 探索海底下的地球 IODP, 2013-2023

- **科学：**以探索海洋深部，了解整个地球系统为目标，以预测未来、预警灾害为己任
- **技术：**发展新手段，不再以“钻探”为限，比如海底井下观测预警等新挑战

中国的机会？





深潜：美、日、欧领先，朝着全海深、谱系化深潜装备发展，并在深海探测中逐渐发挥重要作用





国际深潜技术现状



深潜器系统的类型:

- 遥控水下机器人, 简称 ROV

Remotely Operated Vehicle

- 自主水下机器人, 简称 AUV

Autonomous Underwater Vehicle

- 自主遥控水下机器人, 简称

ARV

Autonomous & Remotely

Operated Vehicle

- 载人潜水器, 简称 HOV

Human Occupied Vehicle



日本 Kaiko 11000 ROV

ROV, 有缆水下机器人, 由电缆从母船接受动力并通过电缆遥控操作, 但电缆限制活动范围和工作效率。

AUV, 无缆水下机器人, 自带电池供电, 自主操作, 活动范围大、潜深大、无需水面支持。



挪威 HUGIN 4500 AUV



中国海斗号万米ARV作业

ARV, 新型混合水下机器人, 既具备 AUV 功能实现较大范围探测, 又具备 ROV 功能完成水下定



美国 Alvin4500 HUV

HOV, 由科学家现场操作, 充分发挥科学家主观能动性和创造力。目前国外现役可达 4500m 以上的 HOV 有 5 台, 分别为美、法、日和俄开发。

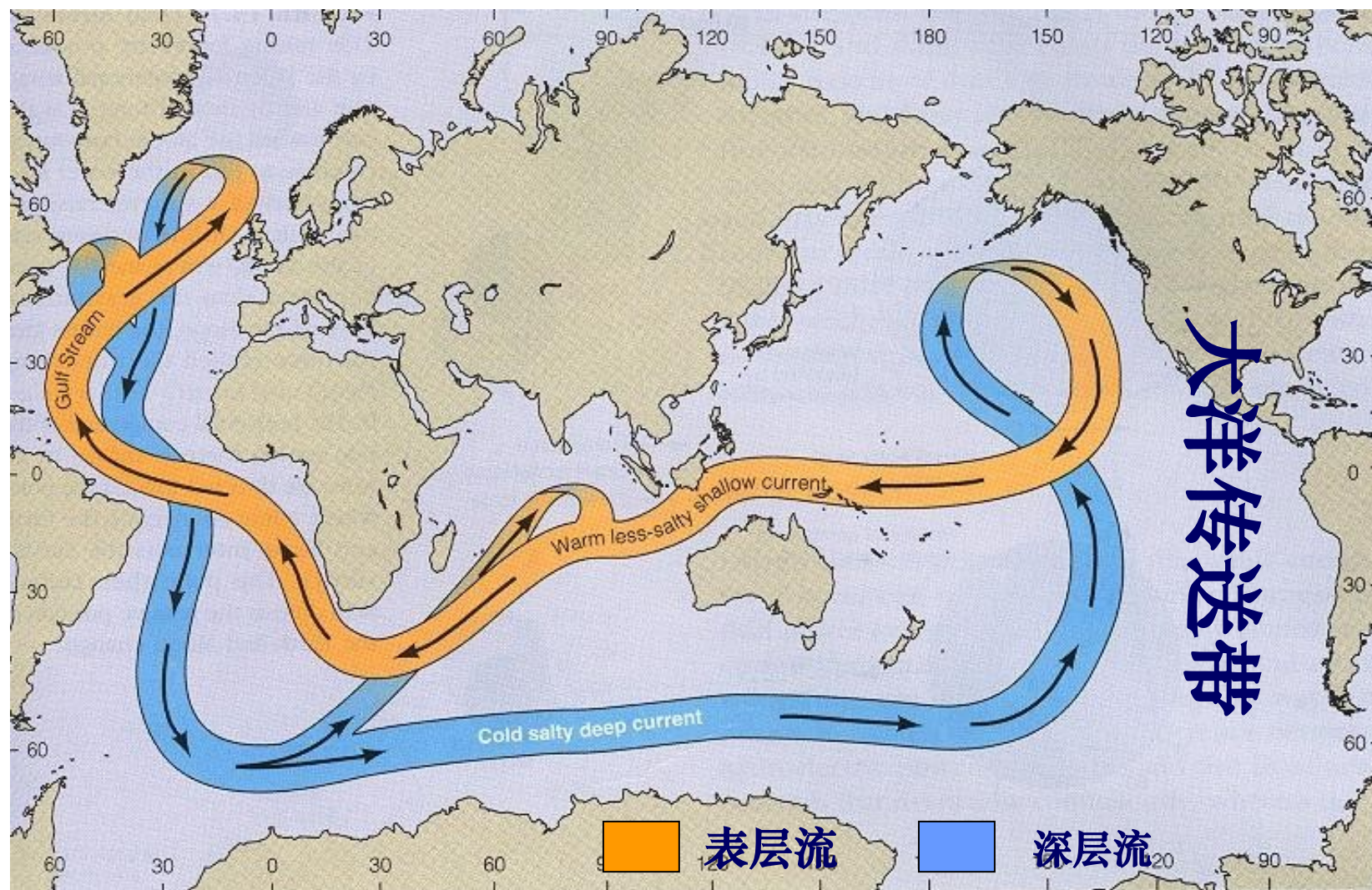
长期以来，总以为海底
是一个没有运动、没有生
命，黑暗的宁静世界。



“深海风暴”、“洋底浊流”

水深四千米海底的波浪



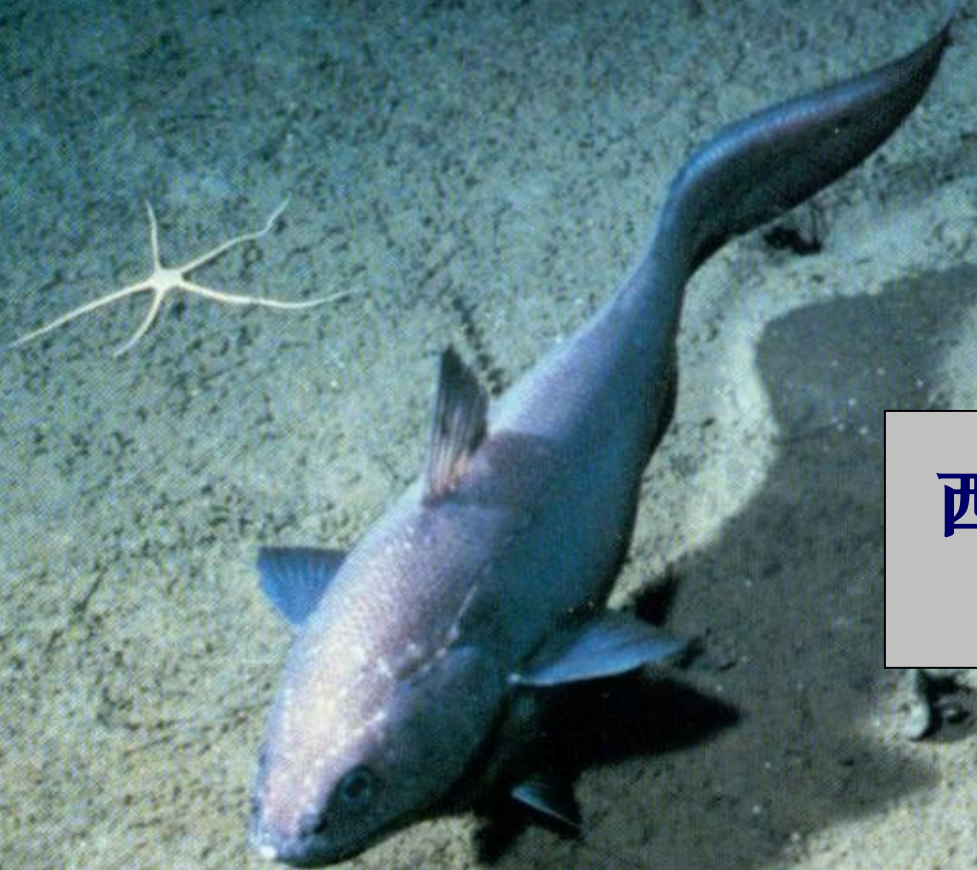


现在发现，大洋不仅有表层环流，还有深到海底的环流，而且全大洋的表层和深层流相互联系，好比一个“传送带”。

长期来以为，浅海才有生物茂盛，
深海海底是一片大洋沙漠



600 米以下“无动物区”的误会，到 1960 年代
取起深海电缆发现大量附着生物时才澄清。



西北太平洋 3739 米
水深的海底照片

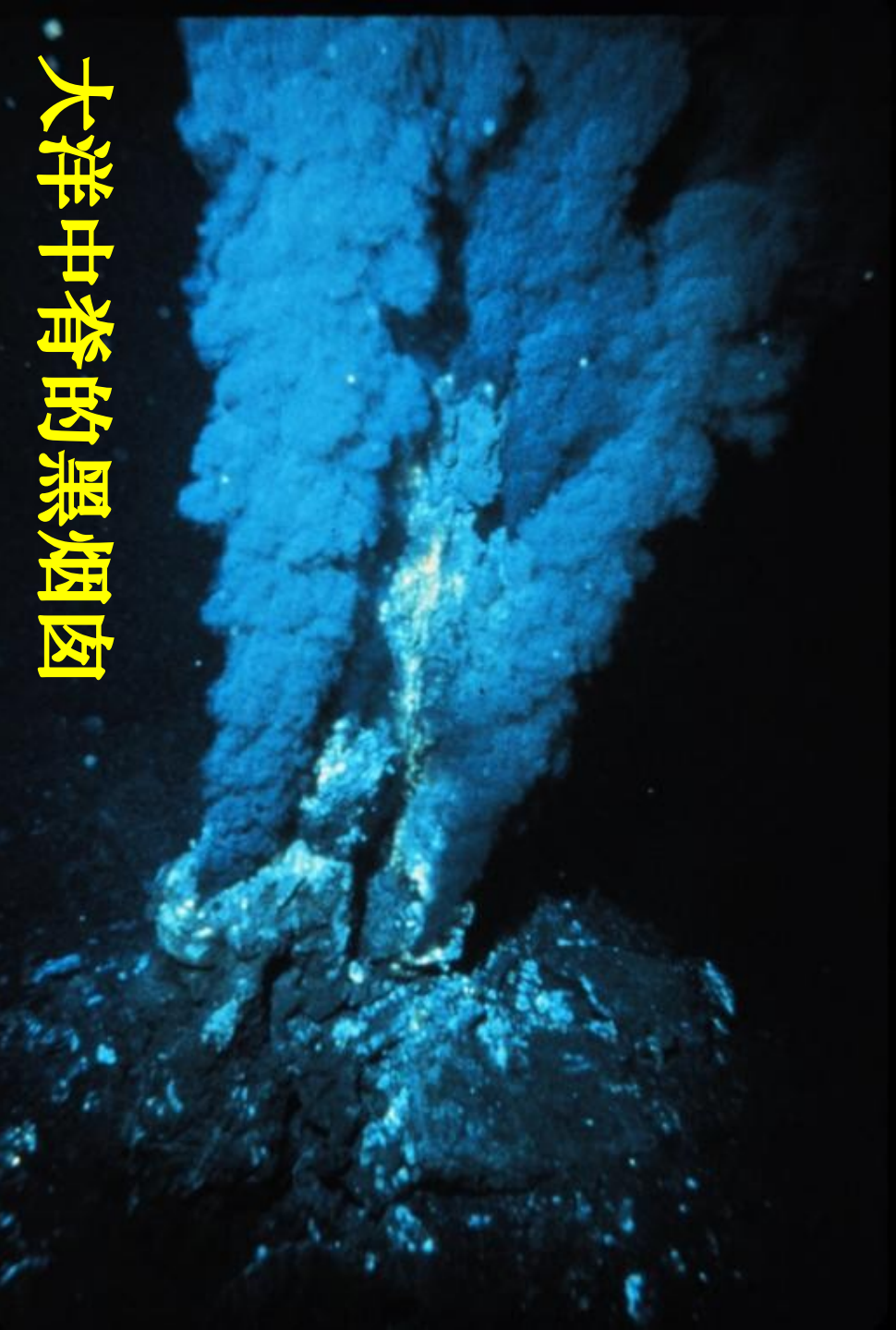
深海海底至少有上千万种无脊椎动物，全球生物应近
一亿种。

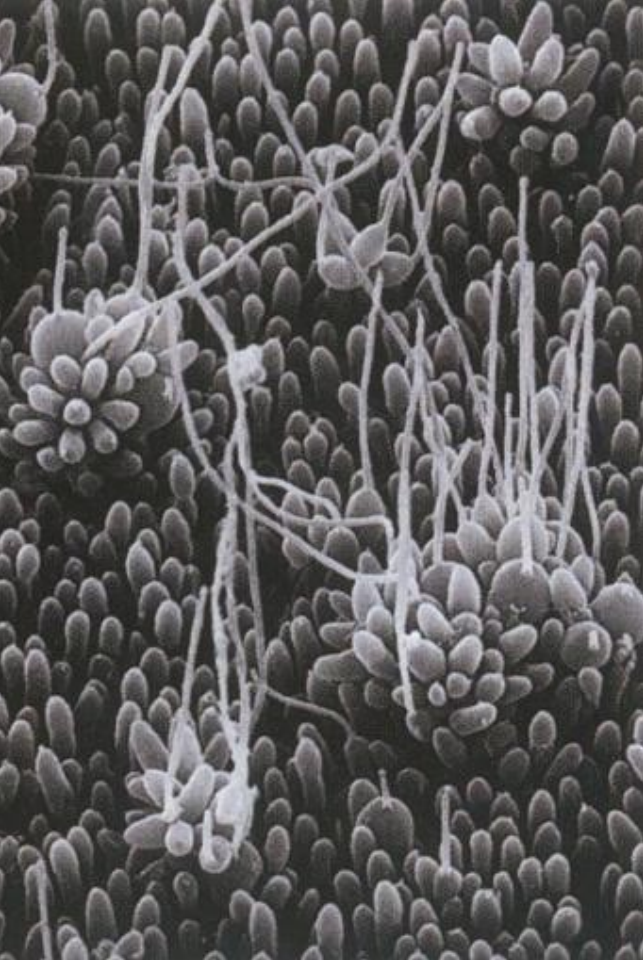
Alvin

1977 年，在东太平洋 海脊区发现“热液生物群”和硫化物的“黑烟囱”

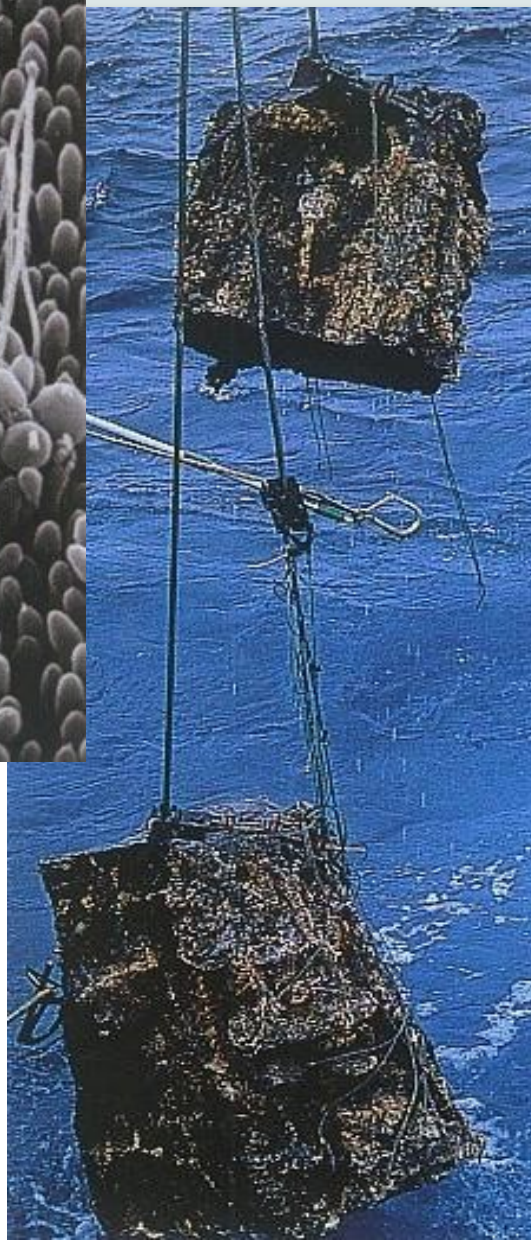


大洋中脊的黑烟囱





黑烟囱表面
布满细菌



1998年
美国、德国
分别从海底
取黑烟囱样品

正在形成中的
金属硫化物矿床

中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

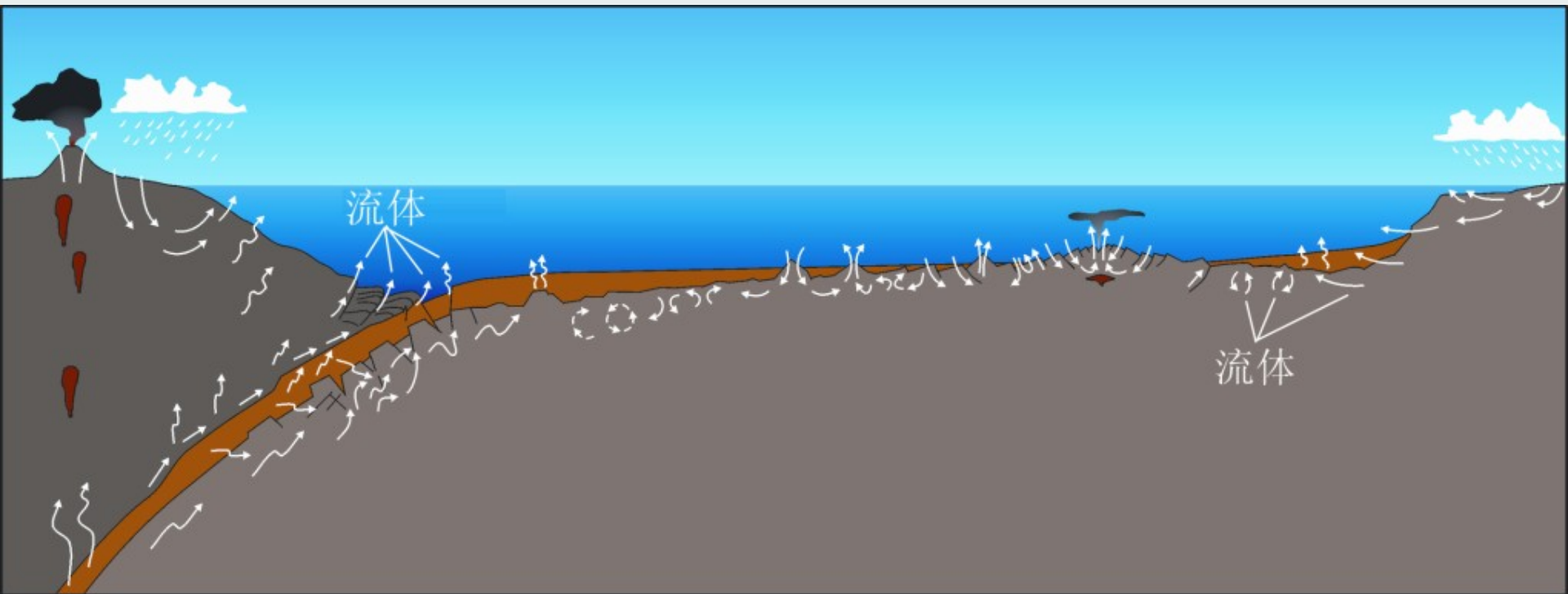


←“深海热泉”细菌雪花

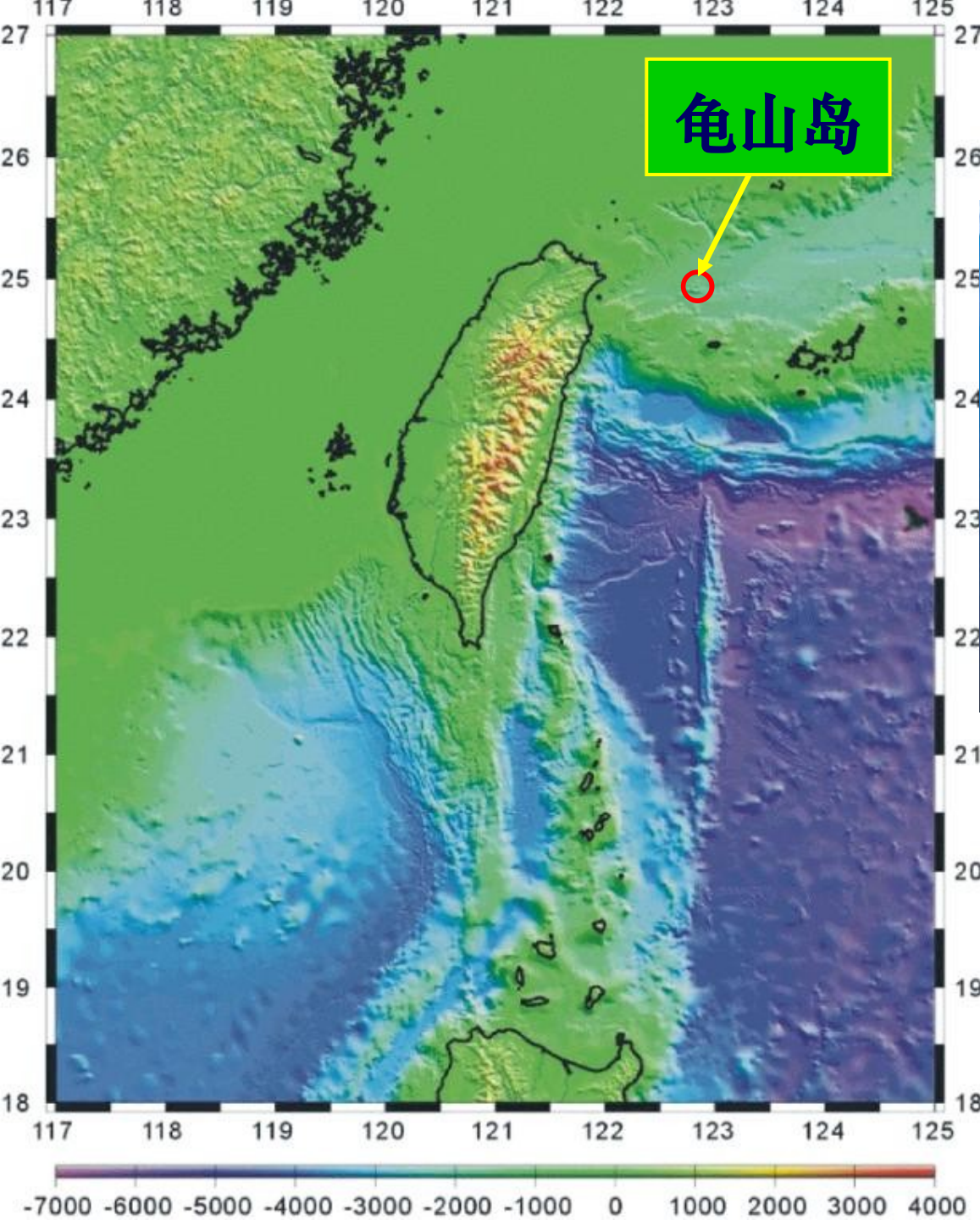
Vent “Snowflower”



其实，海底是“漏”的



海底下的海洋

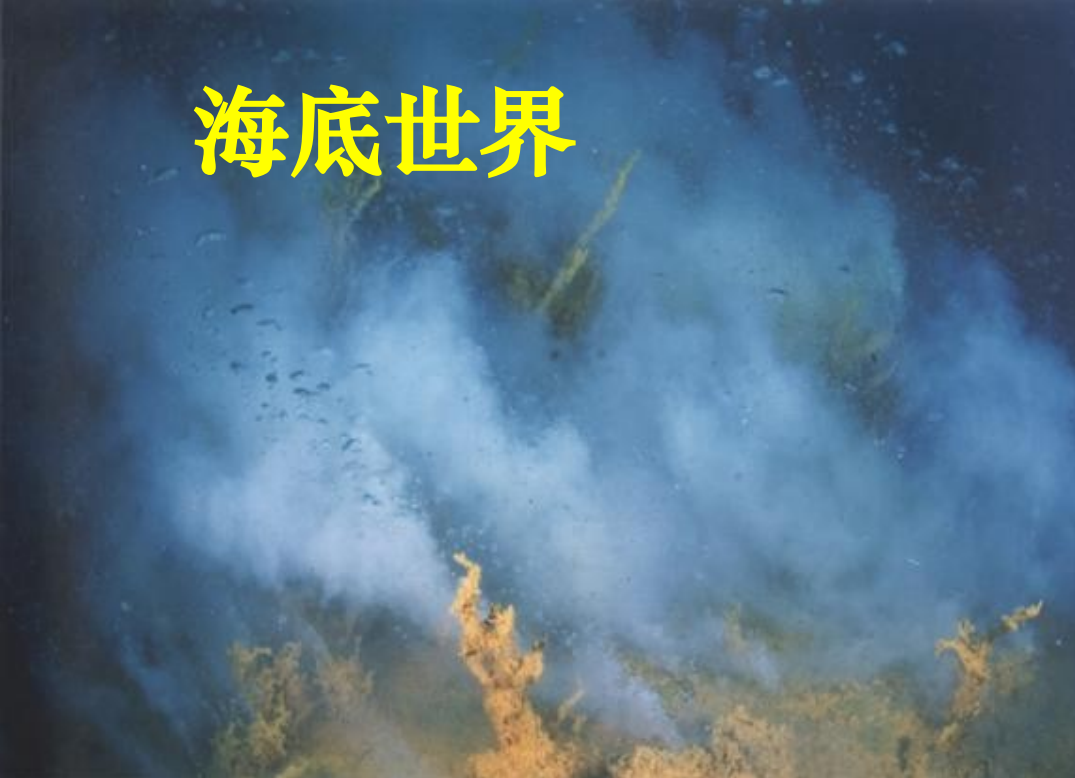


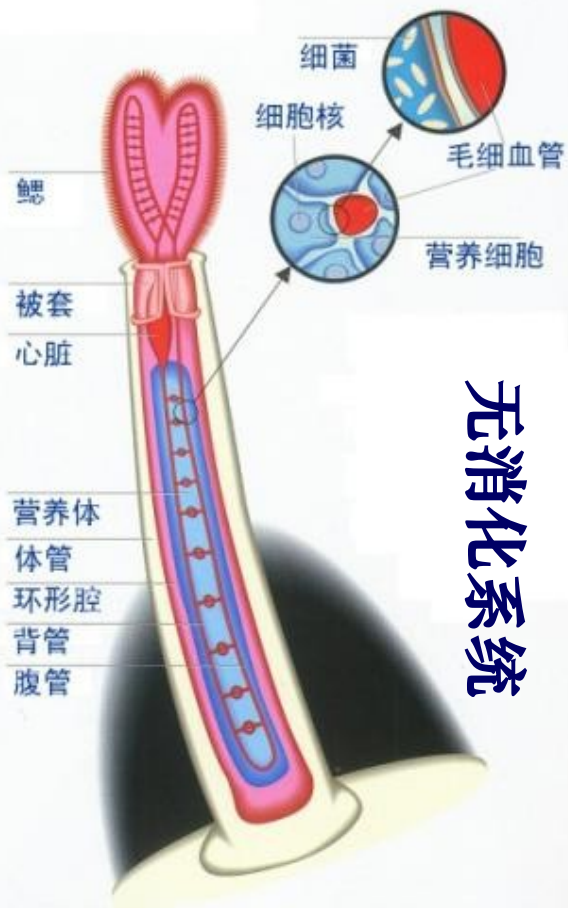
台湾东北龟山岛
与冲绳海槽南端
的海底火山与热
液作用

中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY

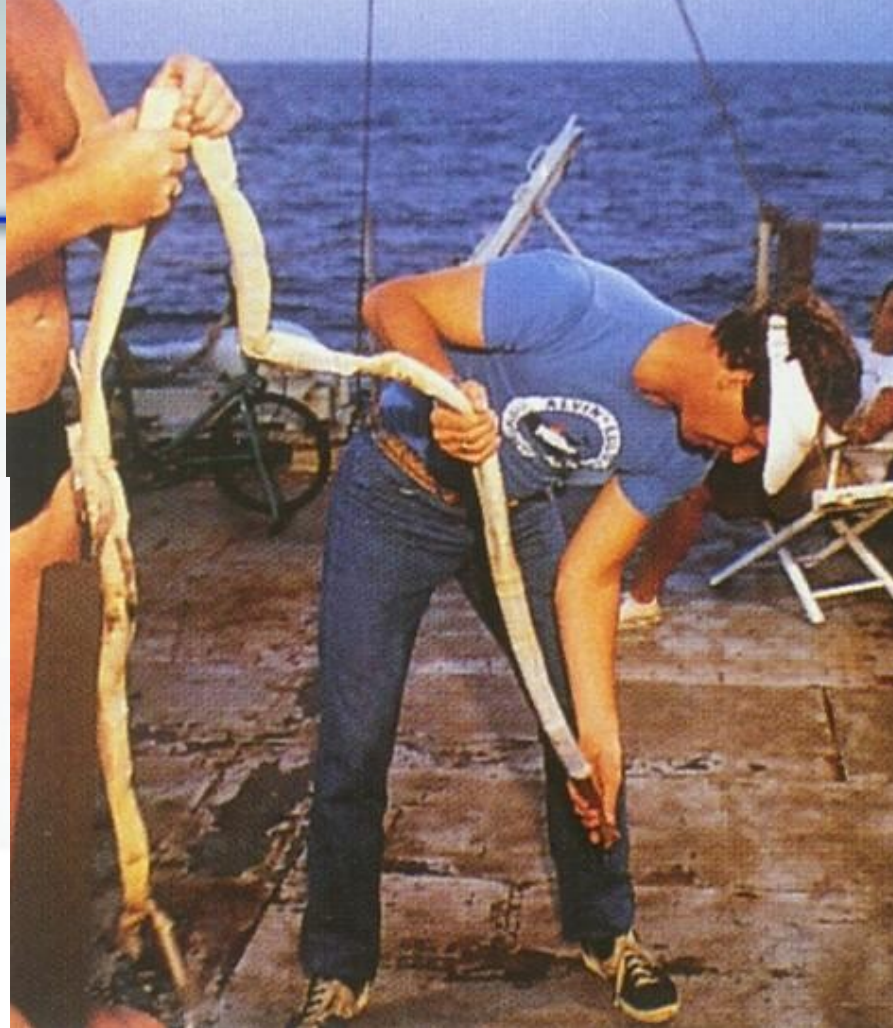
由于能够深潜海底，
才发现了正在产生金属
矿深海热液活动，发现
不用太阳能、不靠光合
作用的“黑暗食物链”

海底世界



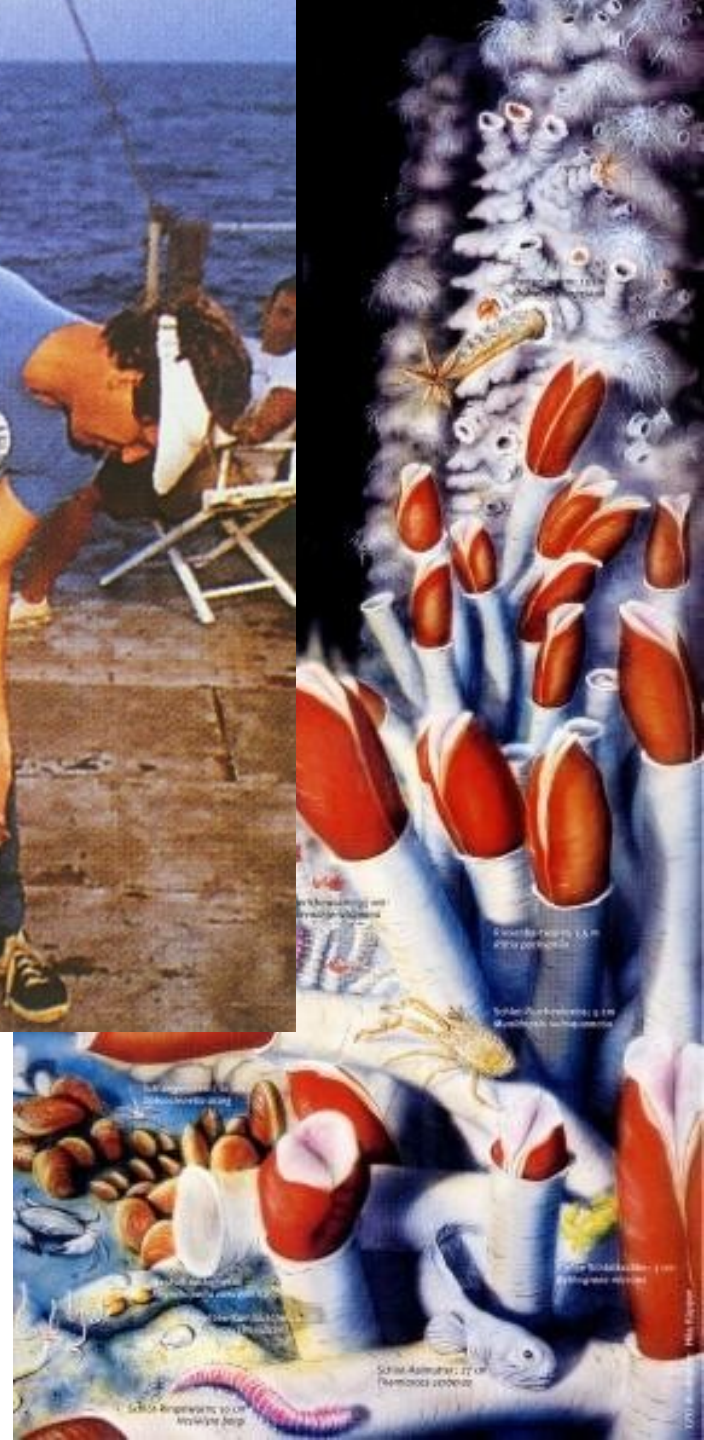


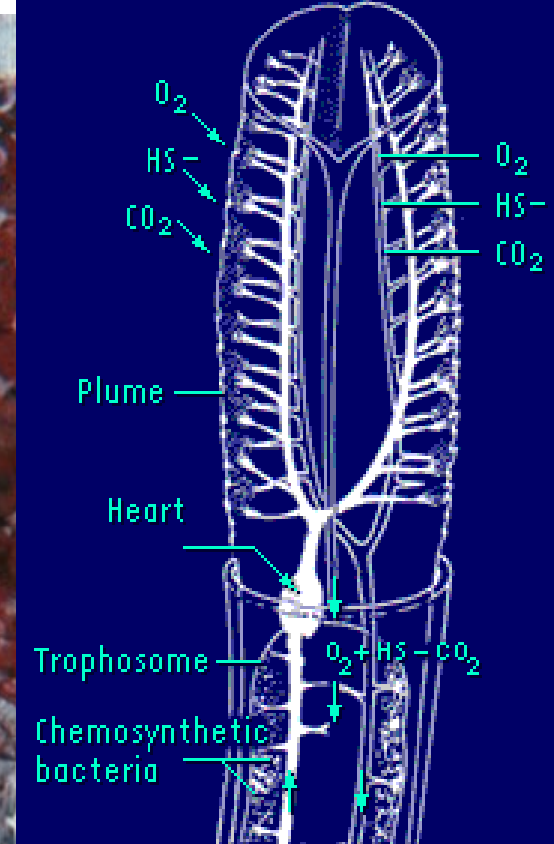
无消化系统



三米长的 管状蠕虫

Riftia pachyptila

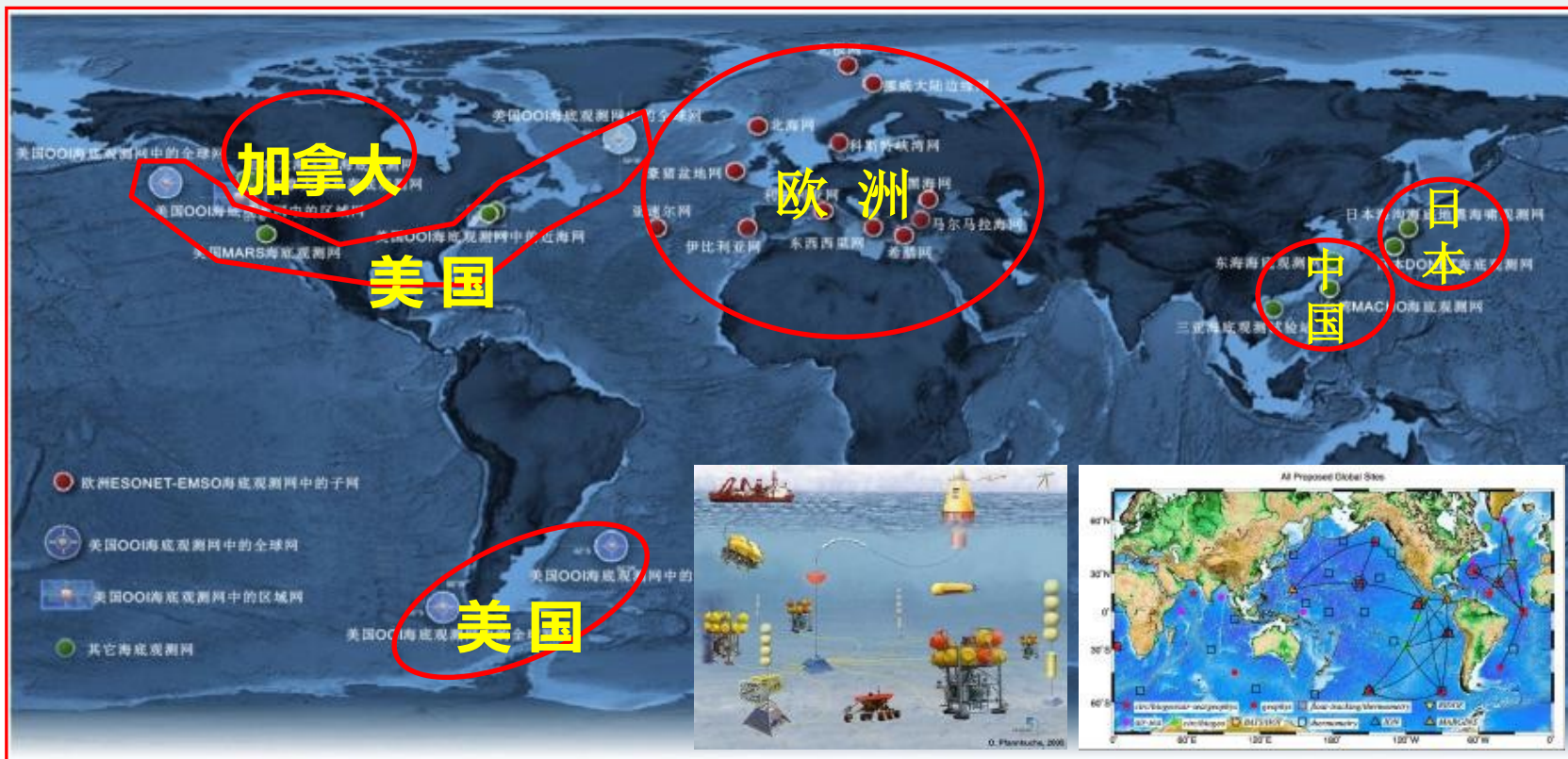






国际深网技术现状

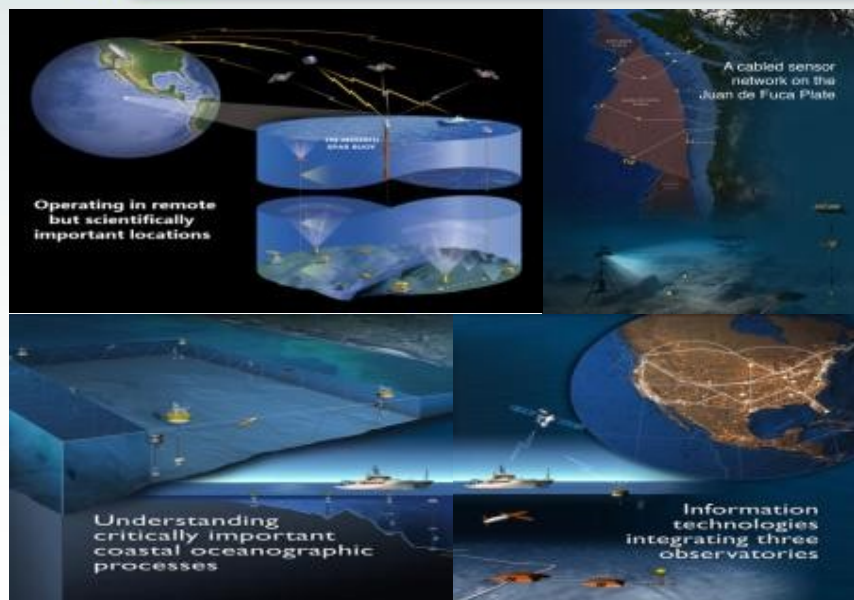
深网：美领先，加、日、欧跟随，向全球监测网发展



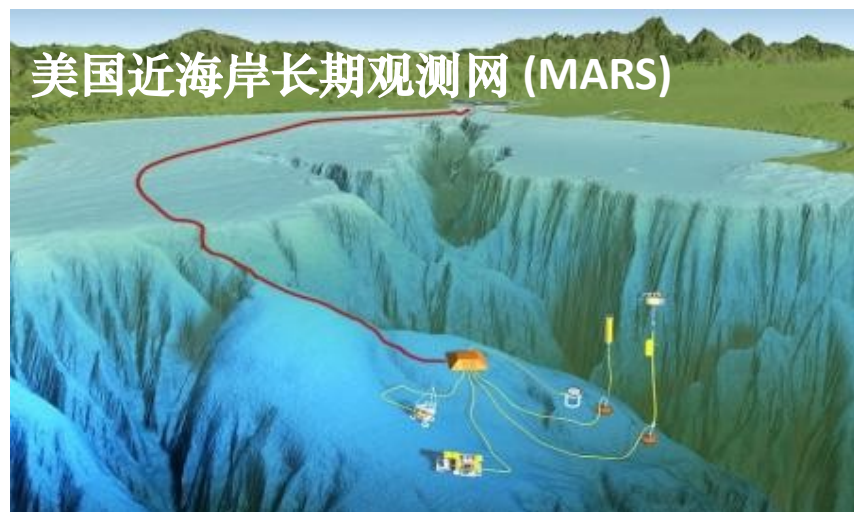
美国：OOI、MVCO、LEO-15、MVCO 计划；加拿大：海王星计划 (NEPTUNE)；欧洲：ESONET；日本：ARENA



国际深网技术现状

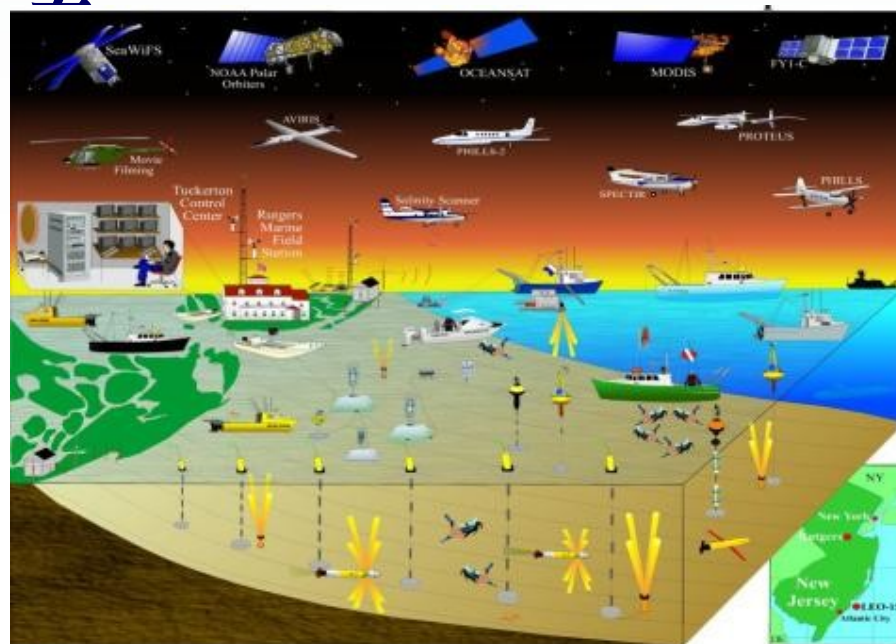


美国 OOI 全球海洋监测网



美国近海岸长期观测网 (MARS)

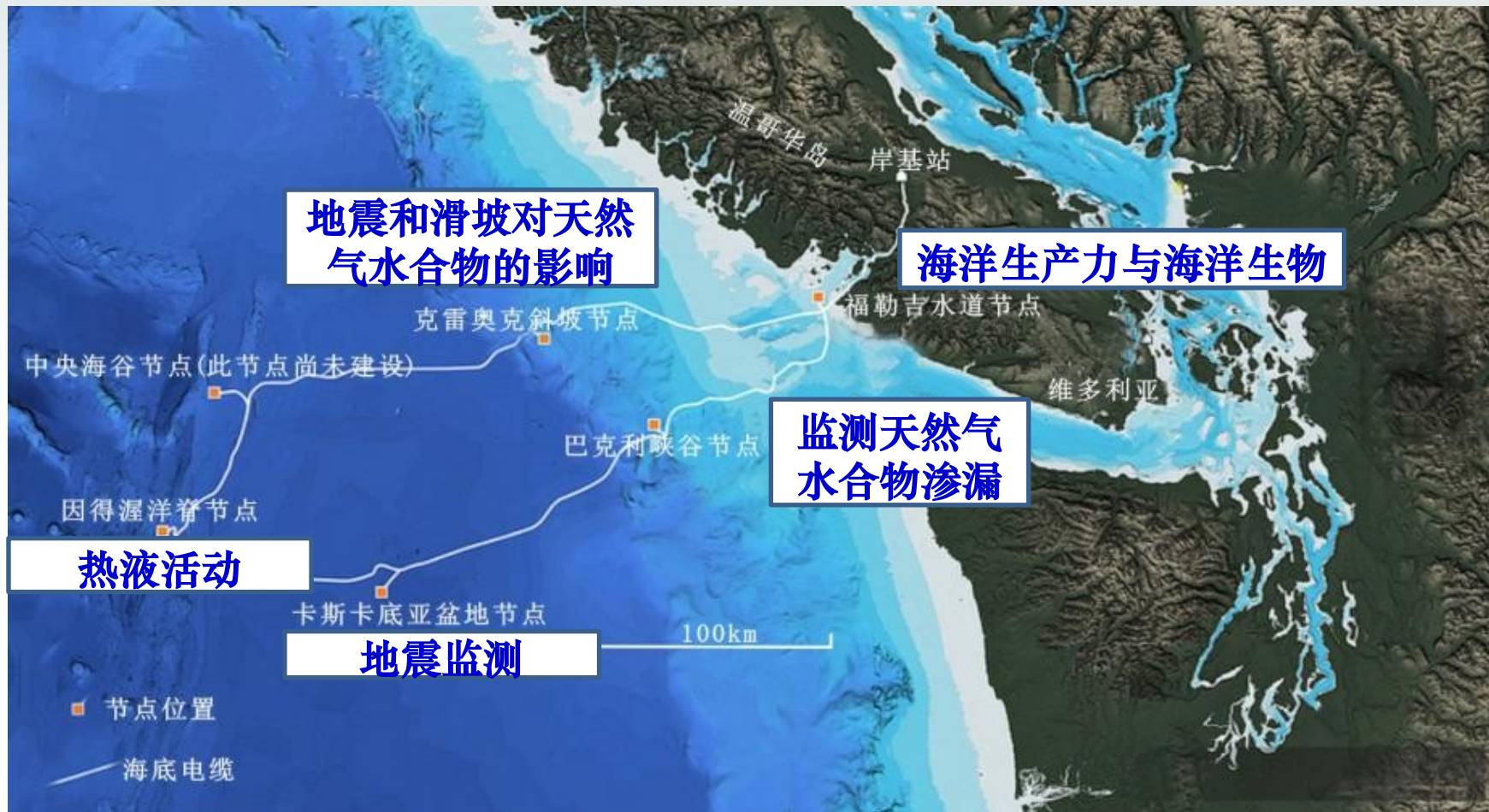
全球网络、区域网络、近海岸网络三大监测系统，通过各种传感器实现各类信息监测，并通过网络进行信息整合和发



美国 LEO-15 区域性海洋观测系统



国际深网技术现状



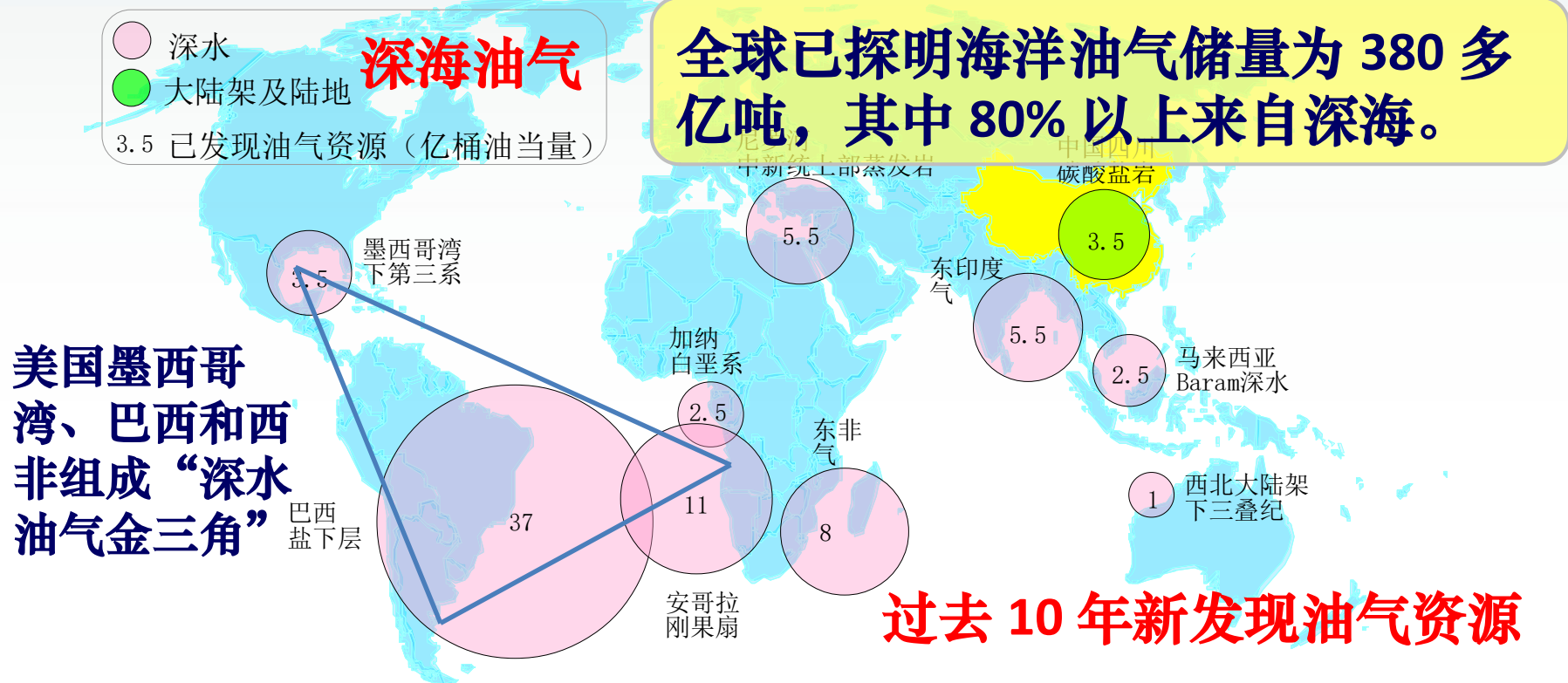
加拿大海王星海底观测网的应用



国际现状

2、深海油气勘探开发取得重大突破；

天然气水合物开发利用露出曙光；固体矿产勘探与开发竞争激烈



巴西、美国墨西哥湾、西非几乎集中了世界全部深海探井和新发现的储量

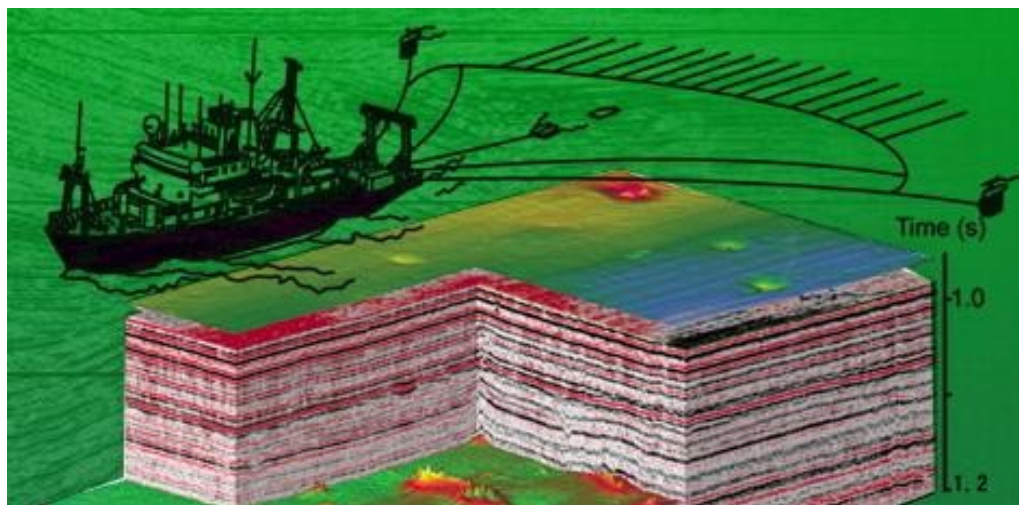


国际深海油气勘探开发现状

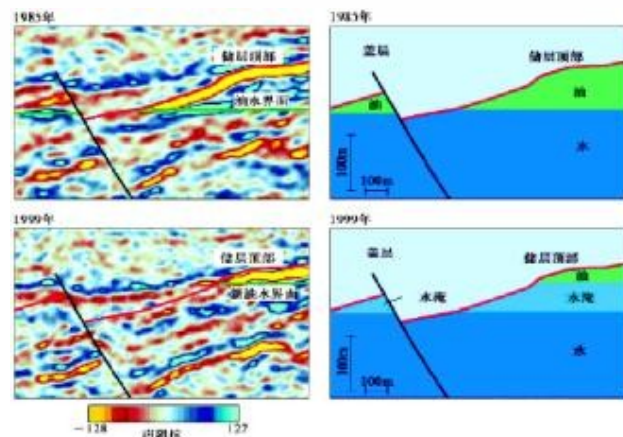
深海油气地震、钻探、开发技术取得重大突破

2015 年 20 项世界颠覆性技术中，深水地震勘探技术占据 3 项

- 宽频地震勘探技术（频率 2.5Hz，缆深 5-50m）
- 光纤地震采集技术（最大应用水深 500-300m）
- 海底节点地震采集技术（OBC 技术）



P-Cable 三维地震拖缆系统示意图

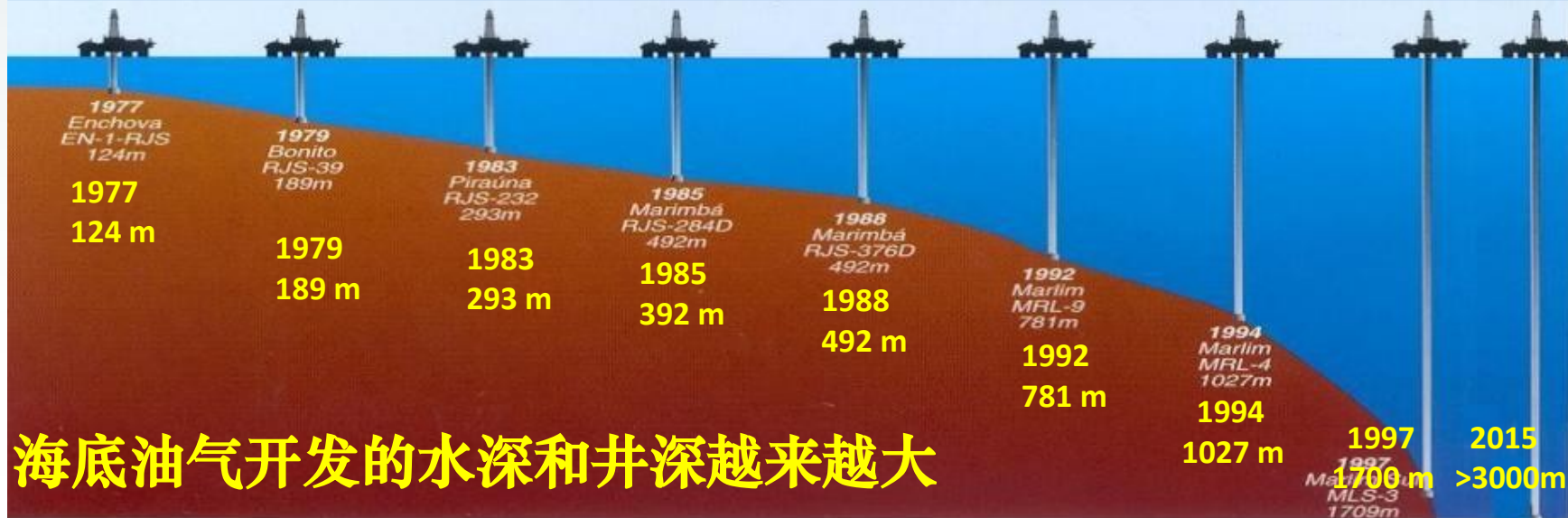


四维地震技术的应用实例



国际深海油气勘探开发现状

世界深水油气钻探开发的水深变化



全球已进入深海油气开发阶段

目前，海洋油气钻探最大水深已经超过 3500 米，油气开发的作业水深达到 3000 米，铺设海底管道的水深达到 2150 米。



国际天然气水合物试采现状

日本南海海槽水合物试采取得成功！

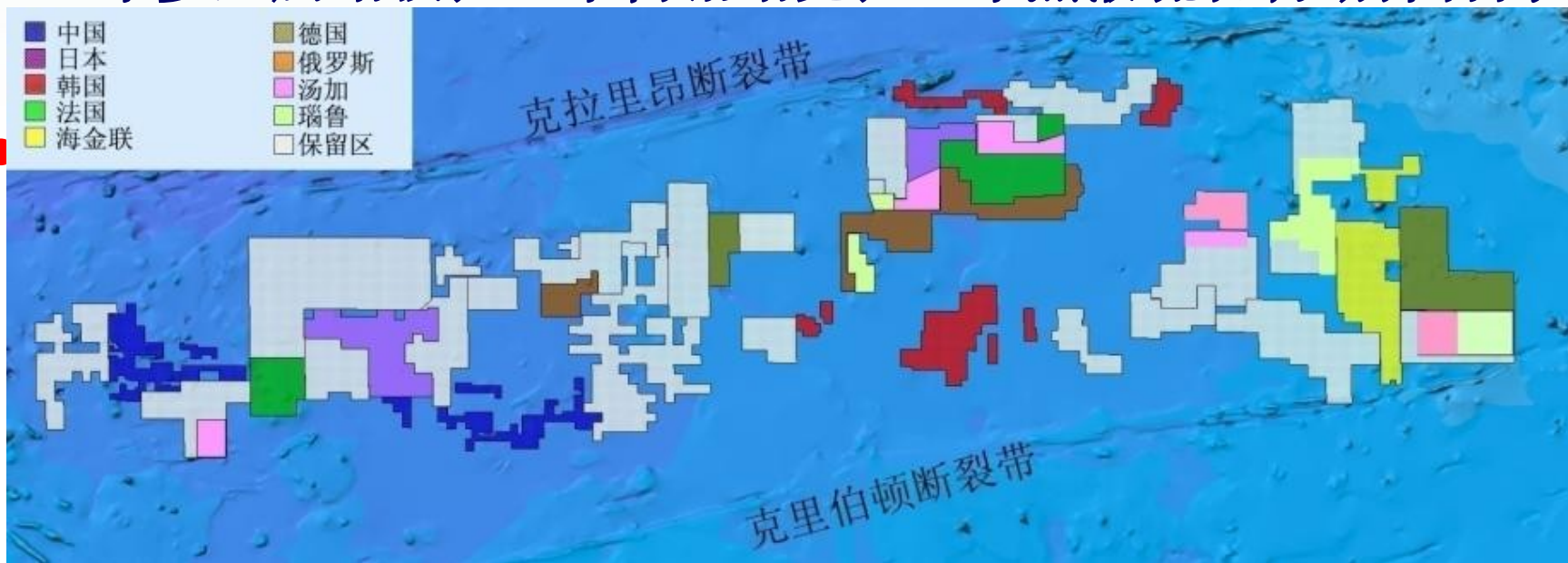


2013 年 3 月在日本东南海域南海海槽从水深约 1000 米海底以下 300 米处试采出天然气，6 天累计产气 12 万方，日产 2 万方。



国际深海固体矿产勘探开发现状

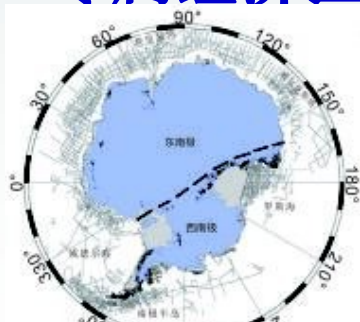
- 2010 年以来掀起新一轮蓝色圈地运动，固体矿产再次成为热点。
- 截止 2015 年底，国际海底管理局共签订 23 个勘探合同，其中 14 个多金属结核，4 个富钴结壳，5 个热液硫化物勘探合同



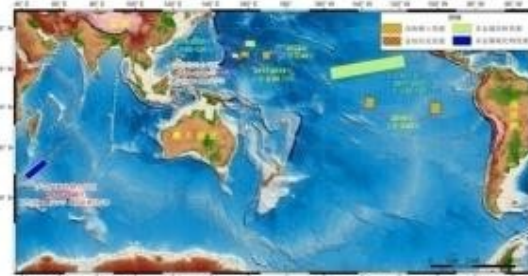
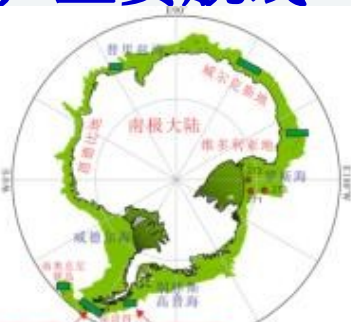


国际现状

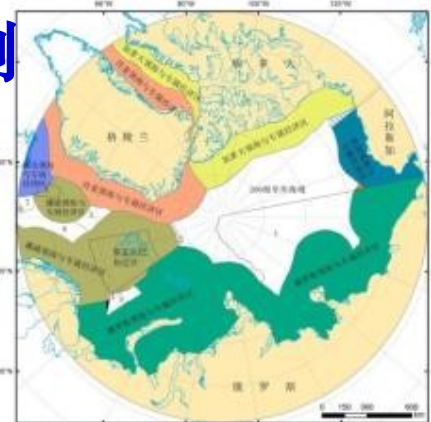
3、围绕维护权益、外交战略和国防建设，高度重视大陆架、专属经济区，重要航线、通道，极地深海的探测



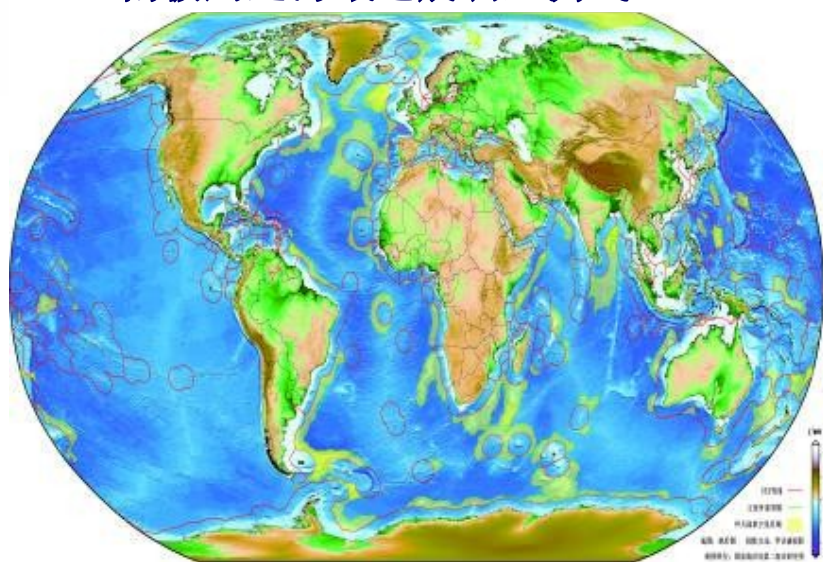
南极周边海域地震调查测线



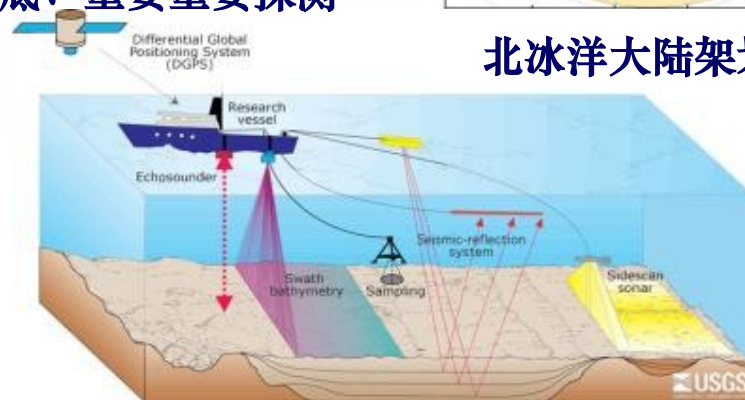
国际海底、重要重要探测



北冰洋大陆架划界



全球外大陆架划界



- 77 个国家提交 80 个划界案 (含 3 个修订案)
- 42 个国家提交 46 个初步信息
- 委员会共审议完成 22 个 (含 2 个修订)



国际现状

4、围绕深海地球系统科学问题，实施了一系列大科学计划

深海研究关键科学问题

- 深海地质过程及其资源效应
- 气候变化与地球圈层相互作用
- 深海岩浆作用过程、海底热液生态系统
- 多时空尺度地质过程及灾害
- 深部动力学过程及其对地球表面环境影响
- 深部生命和环境生态系统
-

国际深海大科学研究计划

- 国际大洋发现计划 (IODP): 《照亮地球: 过去、现在和未来 (2013-2023)》
- 国际大洋中脊计划 (InterRidge) 第三个十年科学计划 (2014-2023)
- 地学棱镜计划: 裂谷与俯冲带边缘的地球动力学过程 (GeoPrisms)
- 国际地圈 - 生物圈研究计划 (IGBP)
- 世界气候研究计划 (WCRP)

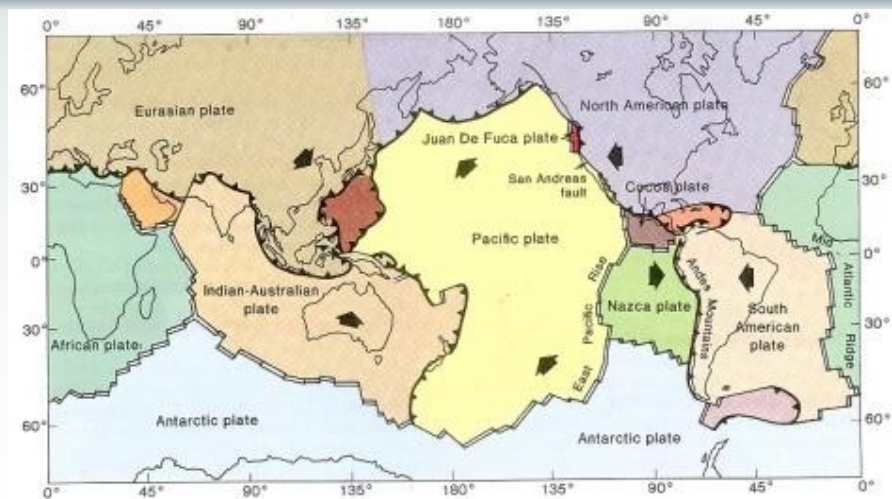
没有一个国际深海大科学研究计划是中国主导的! PANASH)

- 气候变化和预测 (CLIVAR)



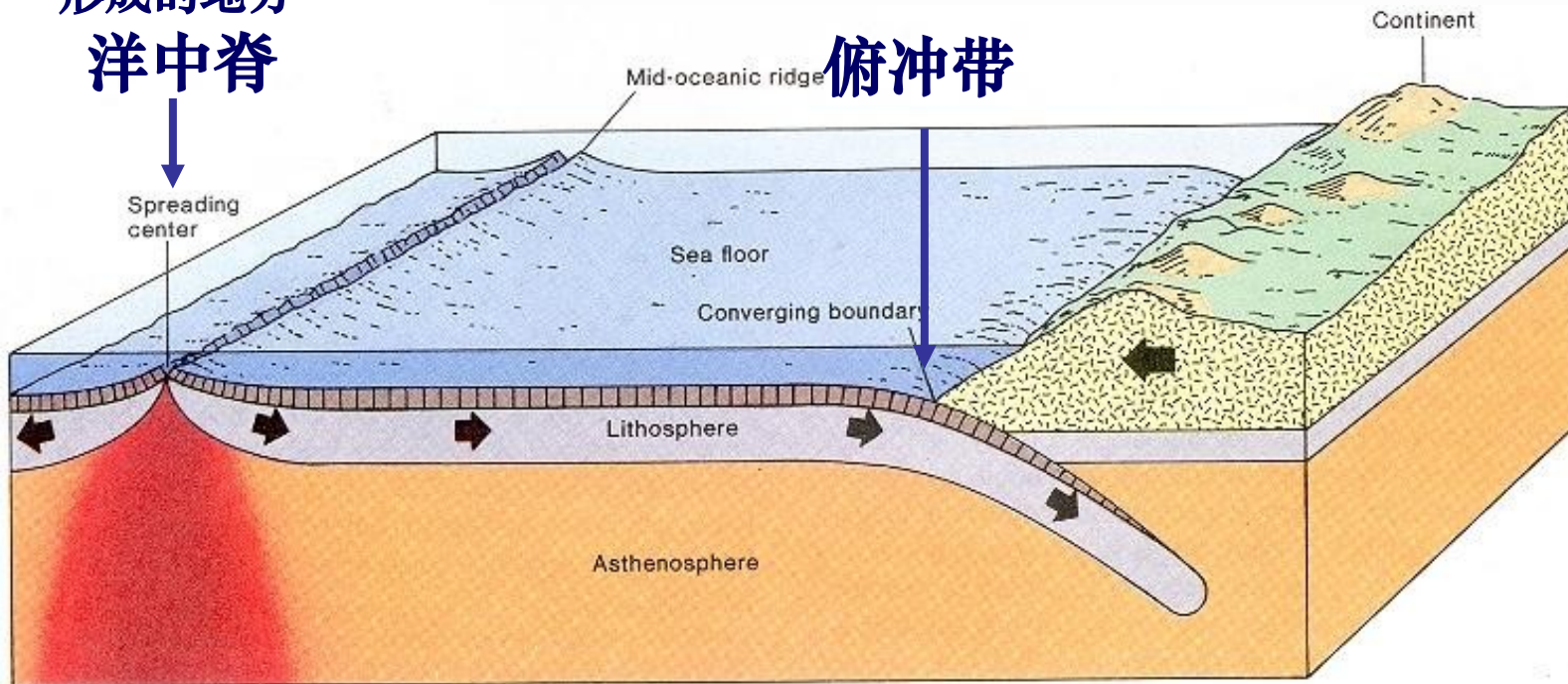
板块构造理论

地球上的板块分布 和板块运动



新大洋地壳
形成的地方
洋中脊

俯冲带



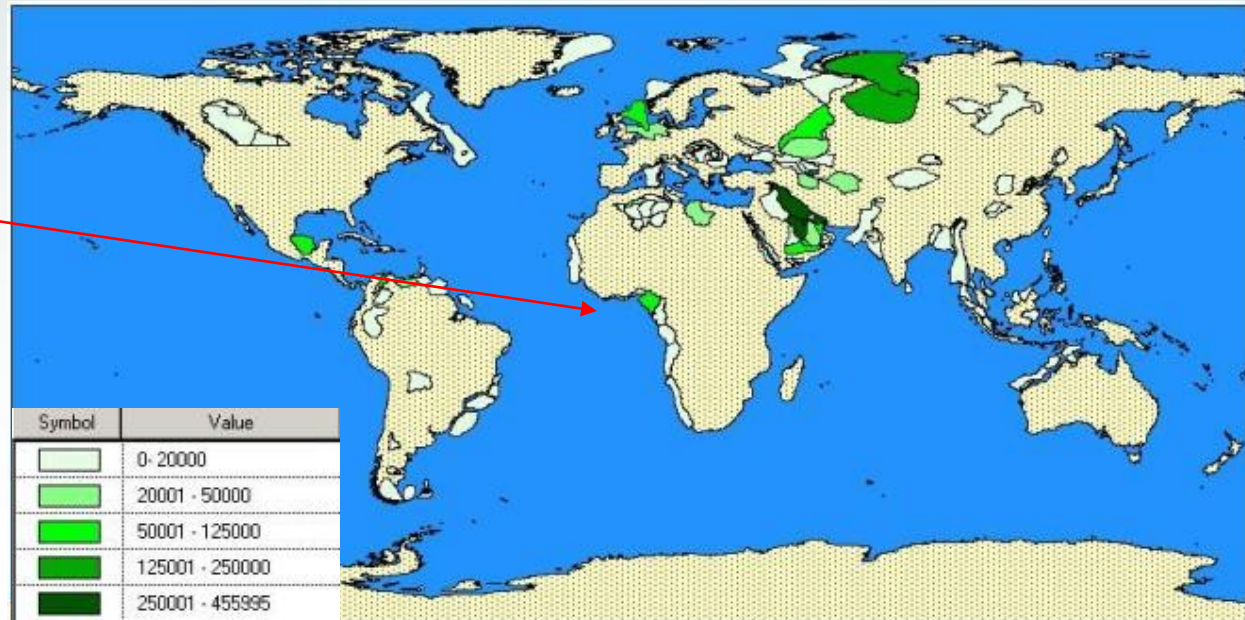
板块运动



Wegener 的大陆漂移学说 (1915)



Wegener

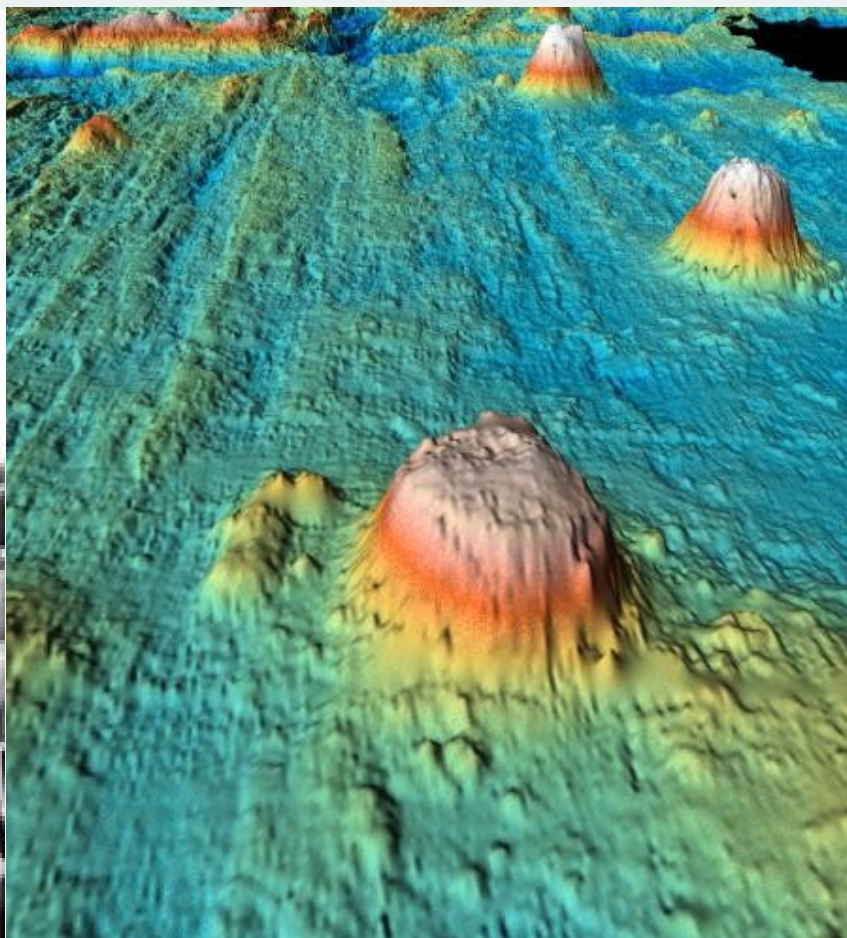


魏格纳根据拟合大陆的外形、古气候学、古生物学、地质学、古地极迁移等大量证据，提出中生代地球表面存在一个泛大陆（Pangea），这个超极大陆后来分裂，经过二亿多年的漂移形成现在的海陆分布



海洋观测对海底扩张的启示

1946 : Harry Hess 发现海底平顶山

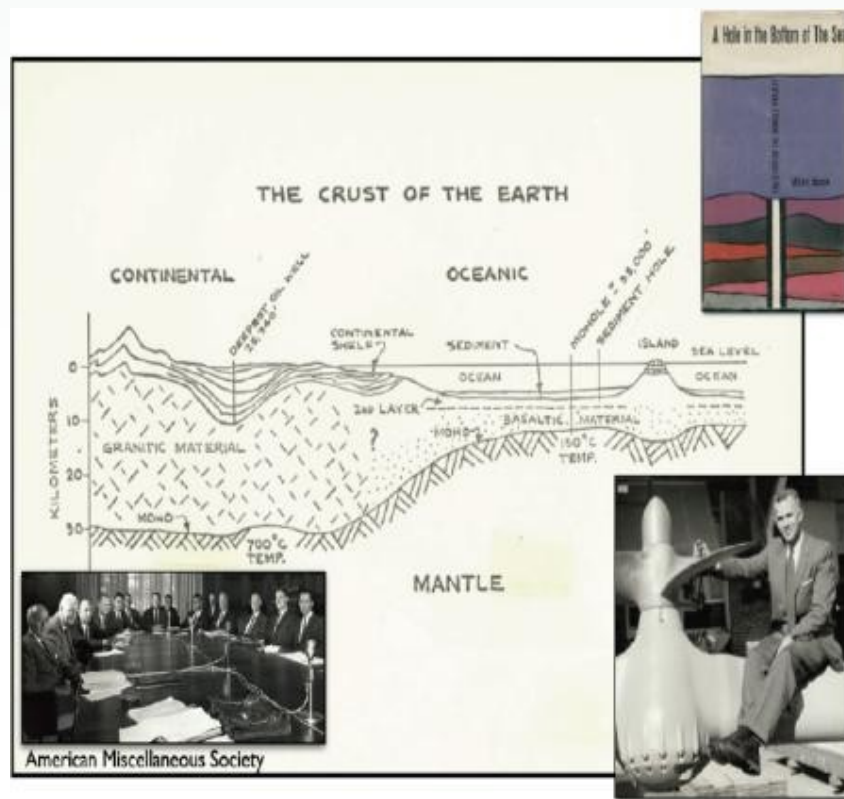


地球的什么过程能产生上述地质事件？



1957-1966 年 Mohole 计划：美国大洋钻探雏形

- 1957 年由美国科学院院士 Walter Munk 教授建议，在大洋下方钻透莫霍面以获得下部地幔的样品
- 是地球科学领域的“太空计划”

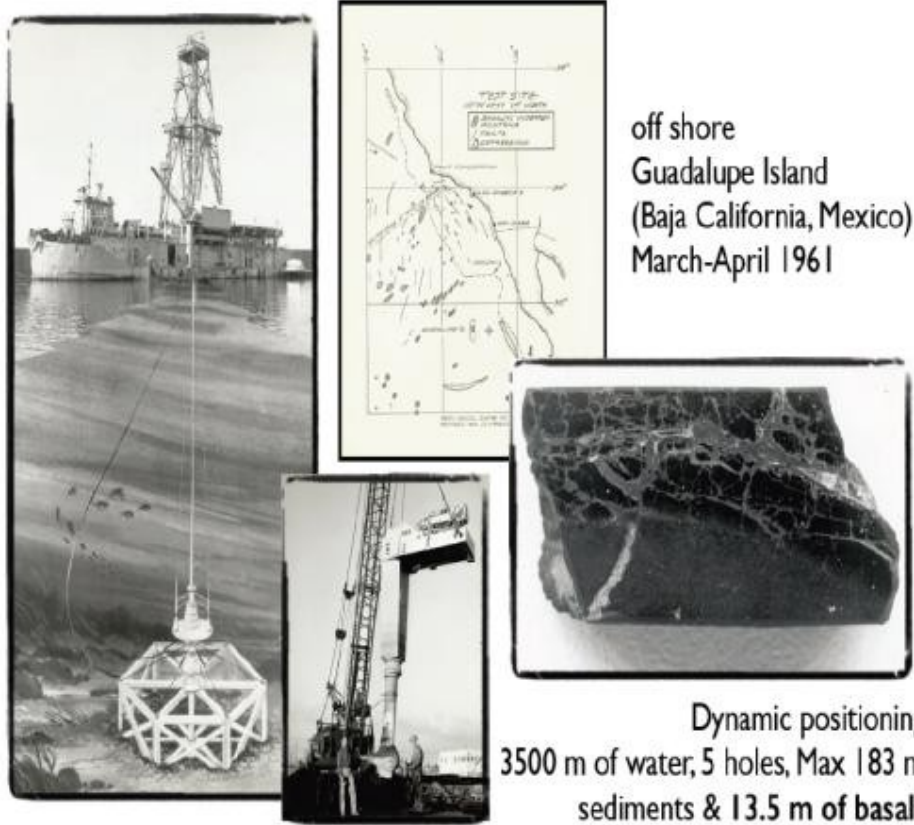


www.nationalacademies.org/mohole.html

www.nationalacademies.org/mohole.html

Willard Bascom

1961 年 4 月 8 日时任 美国总统肯尼迪的贺电

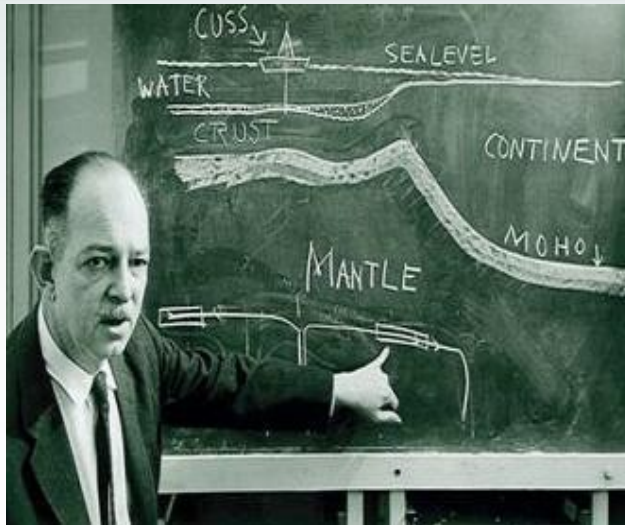


1961 年墨西哥 Baja California 的瓜德鲁普岛进行深海钻探，水深 3500m，获得 183 米的沉积物和 13.5 米的玄武岩

- 该计划的经费由设计的 1400 万美元猛涨到 1.5 亿美元，最终于 1966 年夭折
- 尽管 Mohole 计划最终未能如愿以偿，但却大大推动了国际大洋科学考察、钻探与研究的发展



海底扩张 (Hess, 1962, 发表在一个纪念文集)

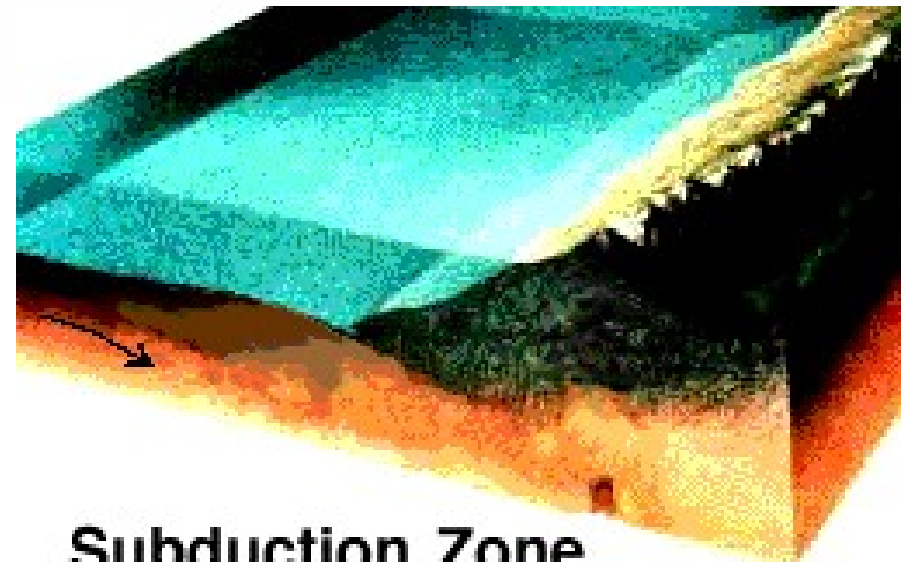
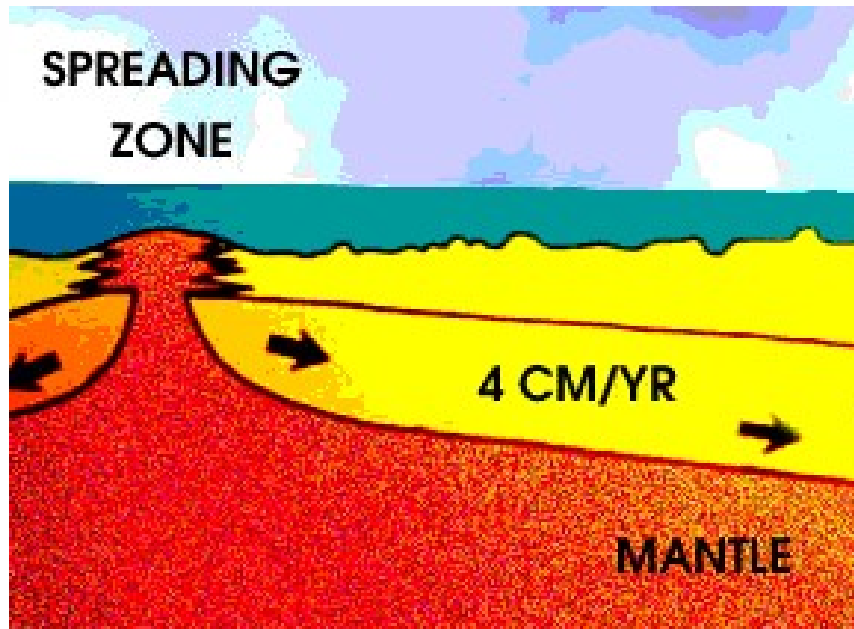


PETROLOGIC STUDIES: A VOLUME TO HONOR
A. F. BUDDINGTON
PP. 599-620
NOVEMBER 1962

History of Ocean Basins

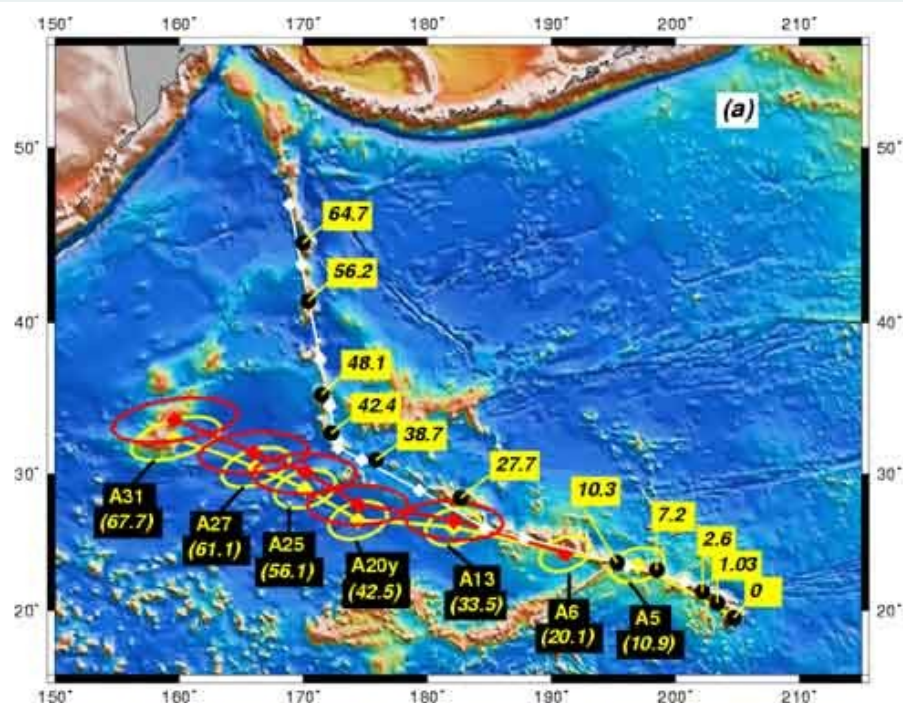
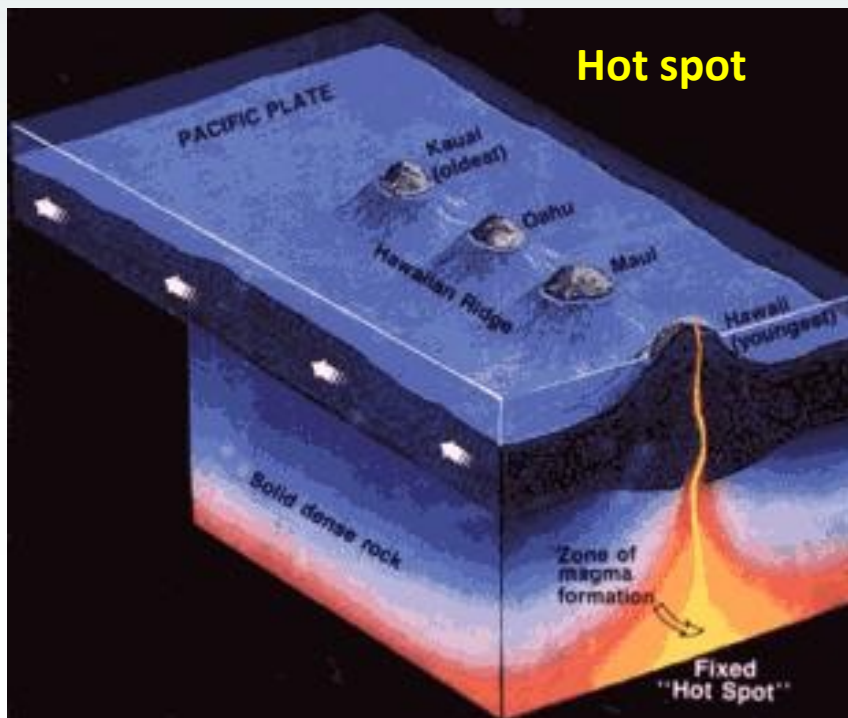
H. H. HESS

Princeton University, Princeton, N. J.





热点概念的提出 (Wilson, 1963)



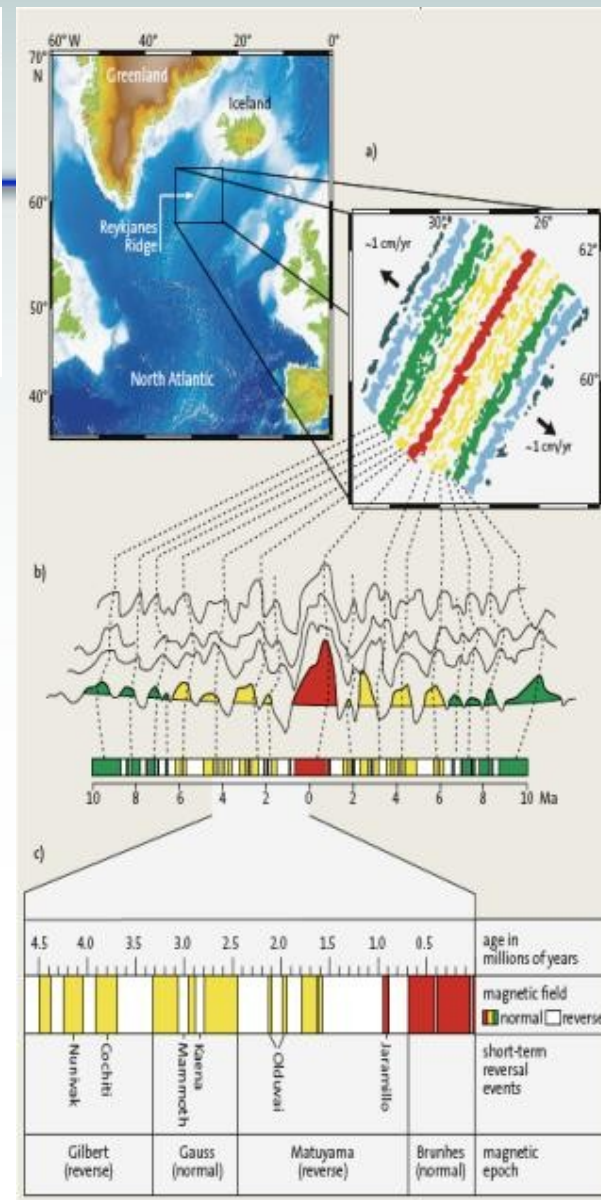
MAGNETIC ANOMALIES OVER OCEANIC RIDGES

By F. J. VINE and DR. D. H. MATTHEWS

Department of Geodesy and Geophysics, University of Cambridge



Vine and Matthews(1963)
 通过发现洋中脊两
 侧古地磁极性条带
 呈现对称分布，证
 实了海底扩张的存
 在。





大陆漂移 + 海底扩张催生板块构造学说

板块构造 (Plate Tectonics) 学说诞生

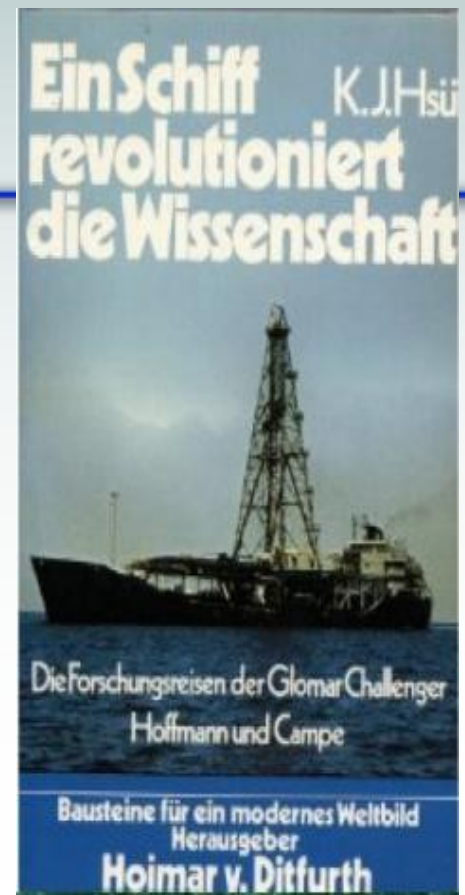
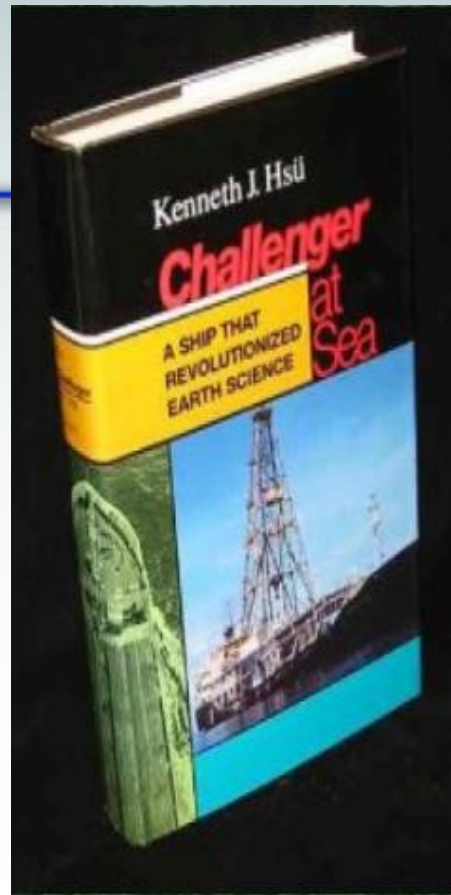
1967 年，法国的 LePichon、英国剑桥大学的 Mckenzie、美国普林斯顿大学的摩根 Morgan 等人，把大陆漂移和海底扩张学说的基本原理扩大到海洋岩石圈，并总结提高为对岩石圈运动和演化的认识——**板块构造学说**



如何使板块构造学说成为板块构造理论？

1968 年国际大洋钻探开启

- Deep Sea Drilling Project, DSDP
深海钻探计划，1968~1983
- Ocean Drilling Program, ODP
大洋钻探计划，1985~2003
- Integrated Ocean Drilling Program, IODP
综合大洋钻探，2003~2013
- International Ocean Discovery Program, IODP
国际大洋发现计划，2013~2023



许靖华：一条船革了地球科学的命

- 证实了板块构造学说
- 创立了古海洋学
- 改变了整个地球科学发展的轨迹



国际趋势

● 深海探测技术装备发展迅速

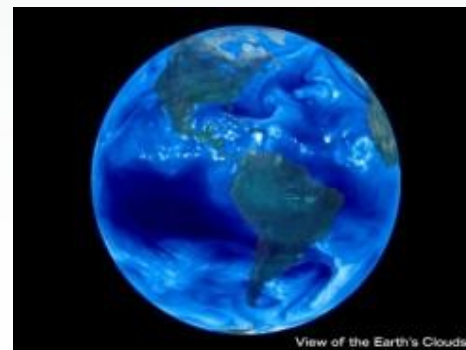
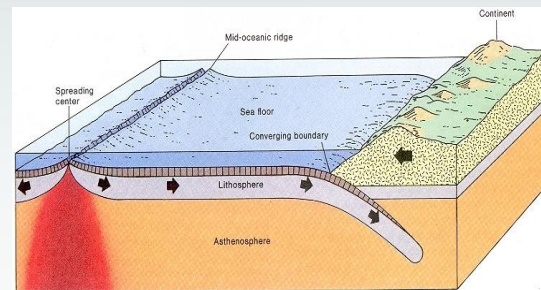
- ✓ 单一技术手段逐步走向立体综合技术手段
- ✓ 深海探测技术重点向深钻、深潜、深网核心技术发展
- ✓ 探测逐步走向探测与监测、观测相结合

● 深海资源探测日趋激烈

- ✓ 深海油气勘探开发逐步向深水、深层发展
- ✓ 天然气水合物商业性开发露出曙光
- ✓ 大洋固体矿产开发面临技术瓶颈

● 深海地球系统科学研究空前高涨

- ✓ 深海科学大计划相继发布
- ✓ 地球圈层相互作用、深海地质过程及其资源环境效应成为研究热点





汇报提纲

一、战略意义

二、国际现状与趋势

三、国内进展和问题

四、深海探测战略建议



郑和下西洋 —— 中国海 洋强盛时期

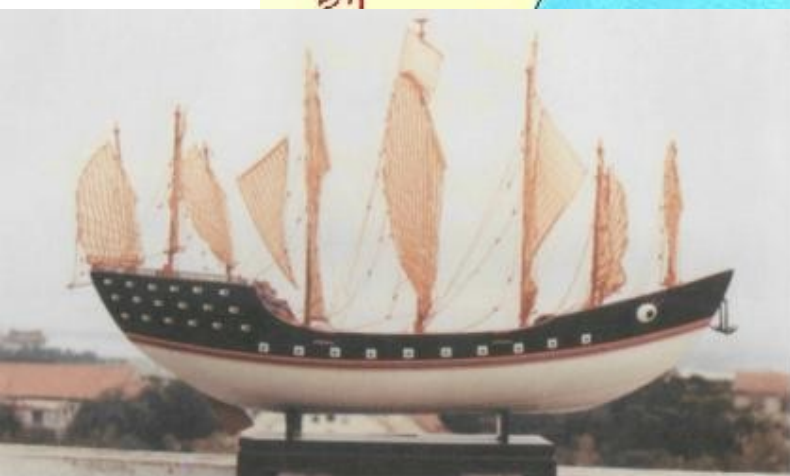
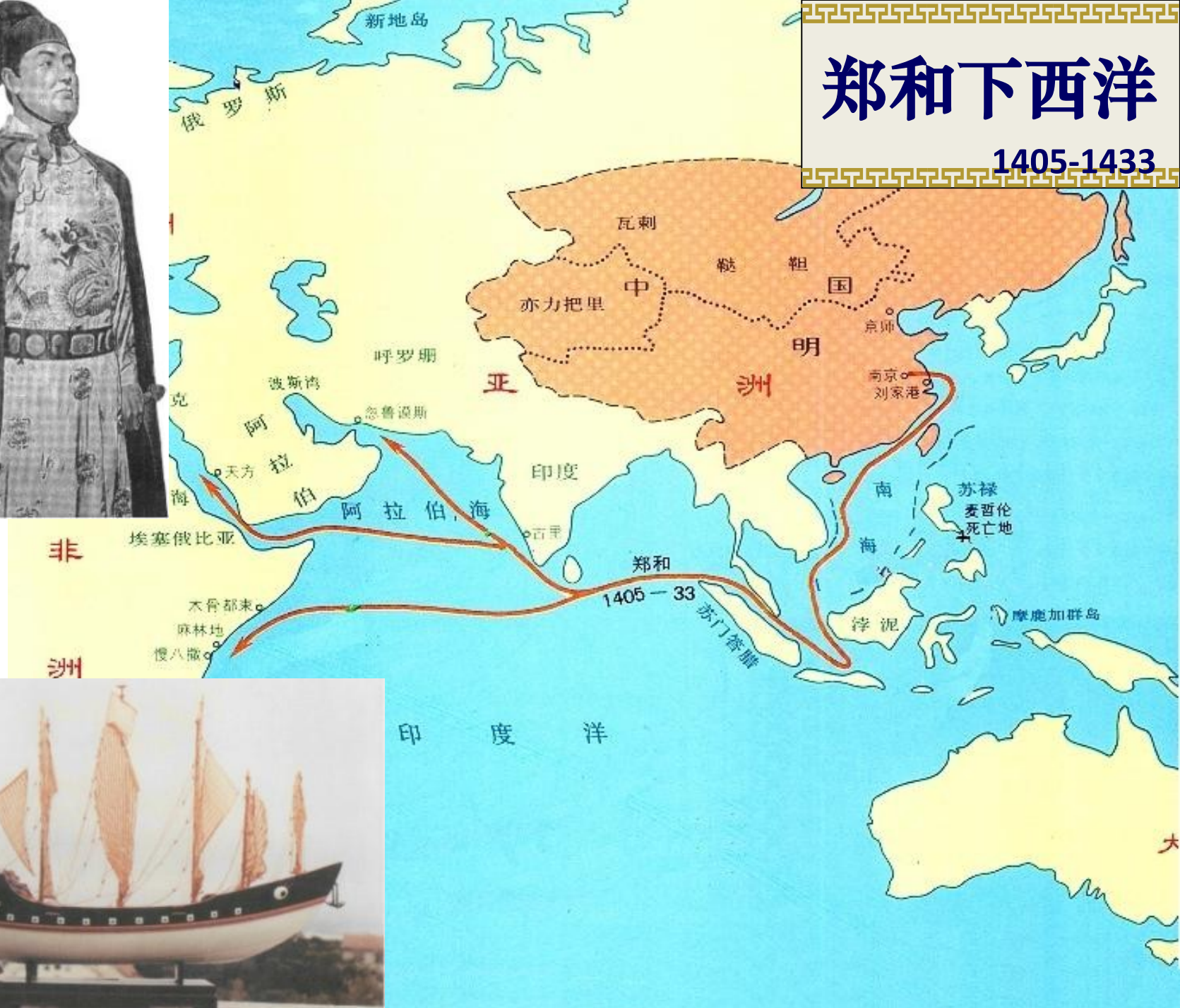
1405-1433

云南昆明郑和公园



郑和下西洋

1405-1433



哥伦布航行

1492-1505

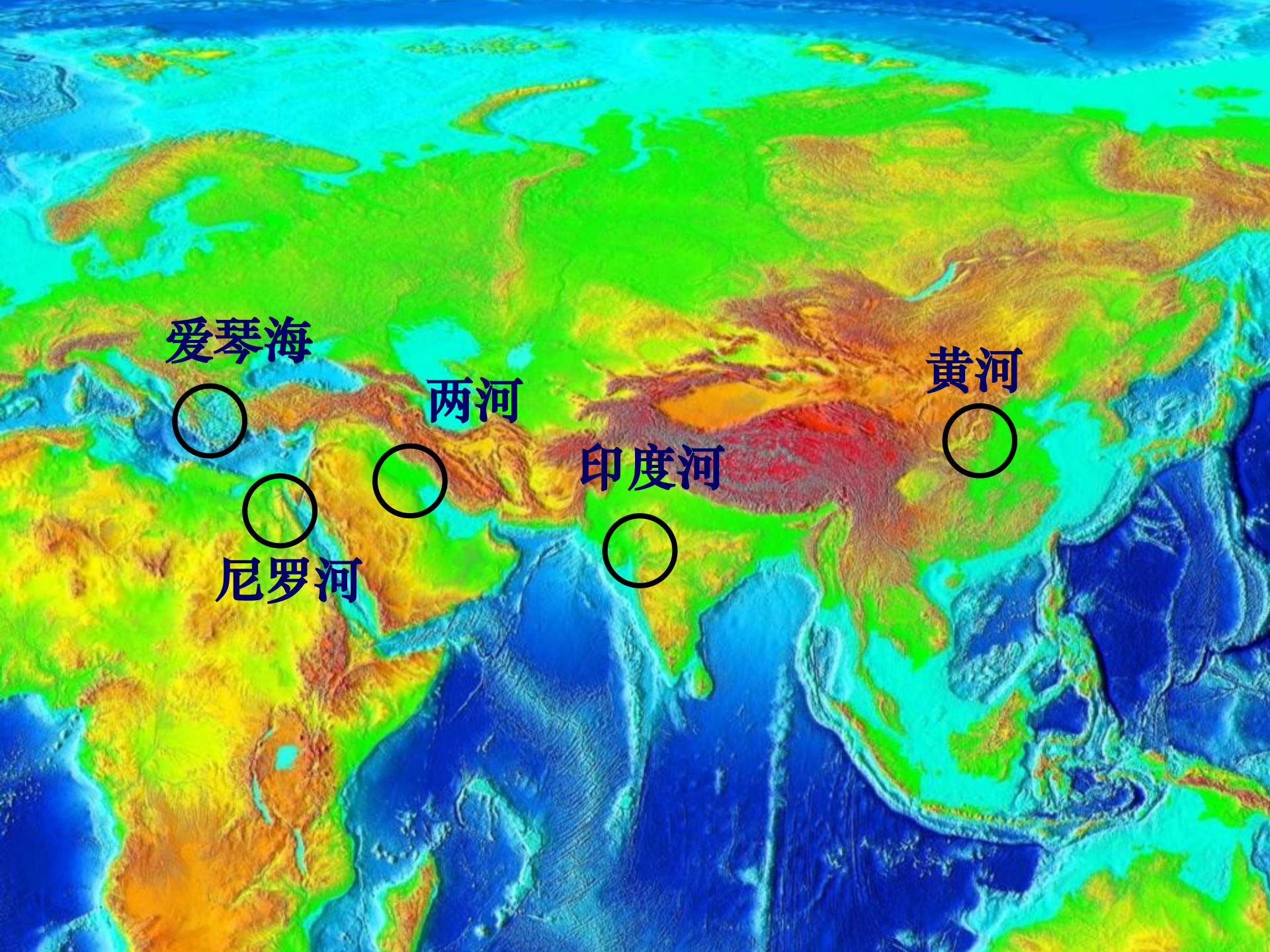




	郑和下西洋	哥伦布航行
年 份	1405-1433	1492-1505
次 数	7	4
最大船	1500 吨	200 吨
船 数	200	3-17
人 数	27000	90-1500
航 程	15000 英里	4500 英里



与源于爱琴海
的希腊文明相比，
华夏文明比较
缺乏海洋的成份。





中国的海洋探测

- 上世纪 60 年代开始海洋调查，但进入深海是 80 年代中期开始；
- 20 多艘具有深海探测能力的各类专业科考船， 20 多支深海探测研究队伍
- 青岛海洋科学与技术国家实验室

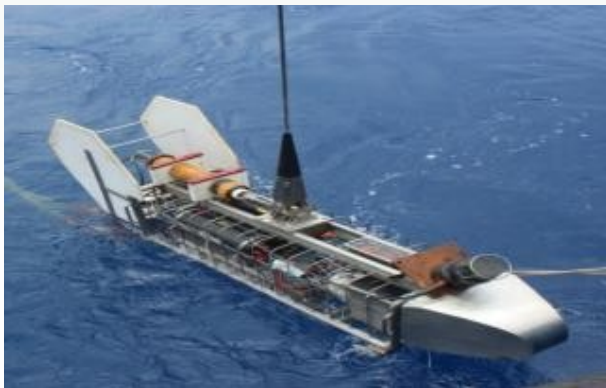




国内进展

1、创新研发了一批深海探测技术装备，但**整体跟跑、局部并跑**国际先进水平，主要装备靠国外引进，深钻技术仍属空白

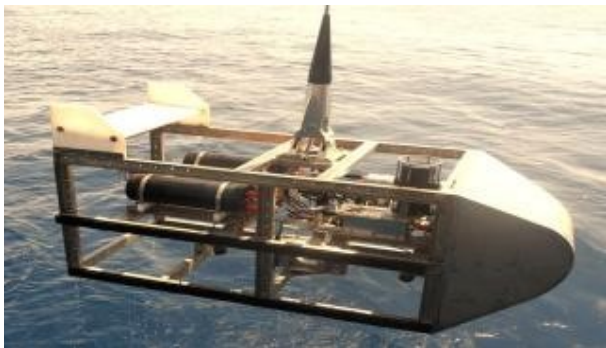
(1) 水面地质、地球物理、地球化学调查技术：整体跟跑，局部并跑



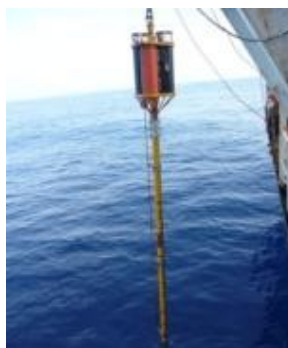
国产海洋可控源电磁系统



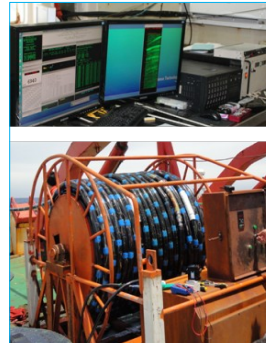
国产高频海底地震仪



国产深海摄像系统



国产海底热流探针



国产小道距地震系统



国产保压取芯器



国内进展

(2) 深潜技术：整体并跑，局部领跑

- 11000m“海斗号” ARV
- 7000m“蛟龙号”号 HOV
- 6000m“潜龙一号” AUV
- 4500m“海马号” ROV，“潜龙二号” AUV





“海马号” ROV 已成为深海探测重要装备

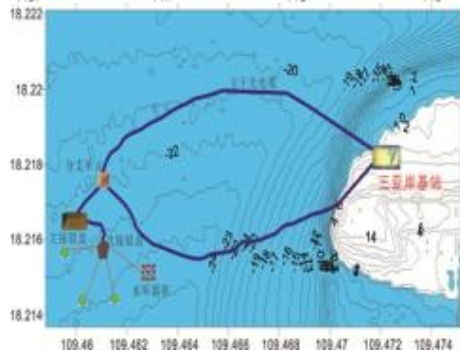
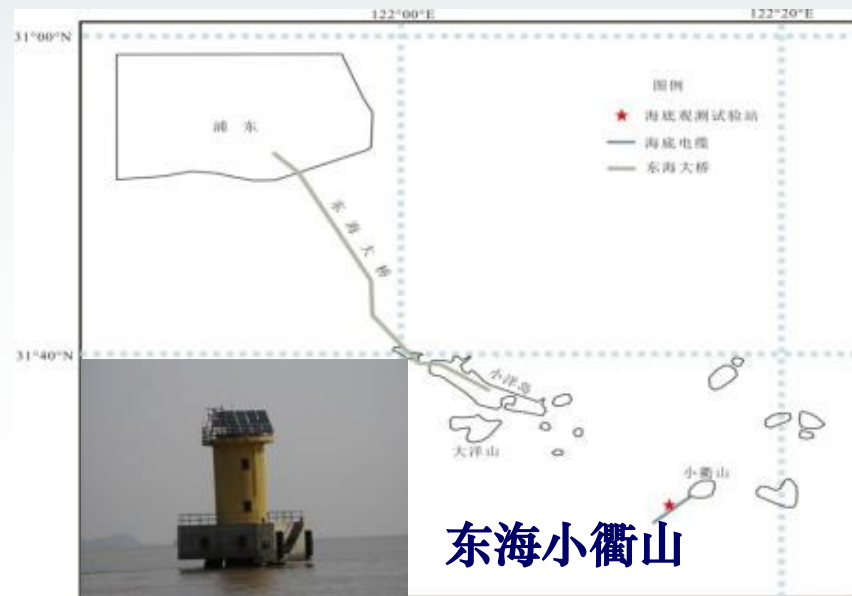
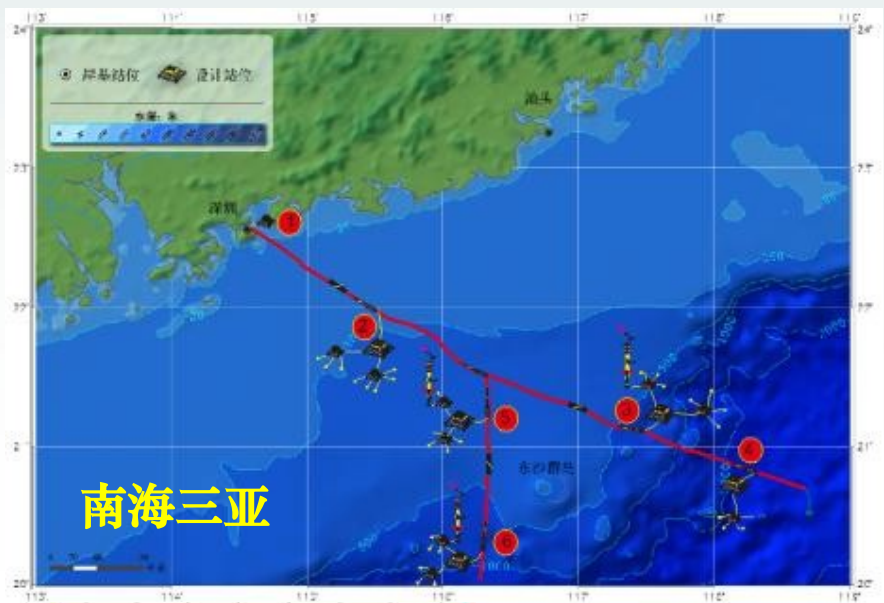


“海马号” ROV 是我国目前自主研发、国产化率最高的无人遥控潜水器。2015、2016年，先后应用于南海水合物资源勘查和大洋富钴结壳资源调查，取得了发现“海马冷泉”等一系列突破性成果，已成为我国深海资源探测领域的重要技术装备。



国内进展

(3) 深网技术：整体跟跑



起步较晚，已开展近海海底观测网
试验，正在研发组网，但在海底观
测网铺设、组网、高精度传感器等
方面掌握了关键技术。



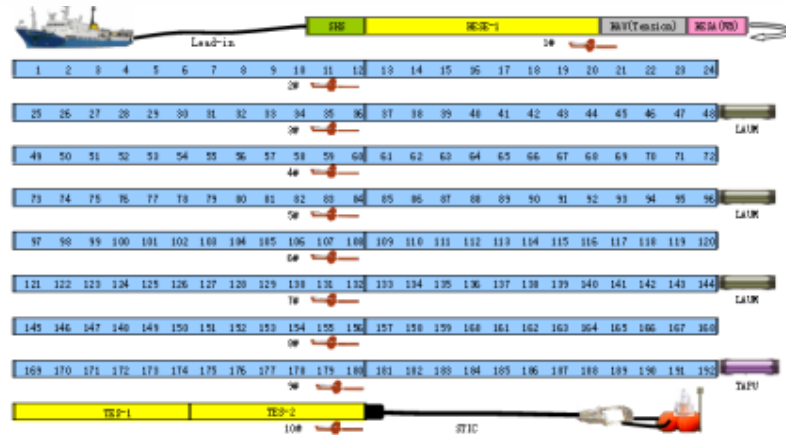


国内进展

2、创新了深水油气、天然气水合物勘探技术，但**整体跟跑**国际先进水平，主要装备靠国外引进；大洋固体矿产取样技术**并跑**国际先进水平，实现全面国产化，但开采技术正在研发之中。

（1）深水油气调查技术：跟跑

- 研发大容量长排列、强震源高覆盖富低频油气地震技术
- 建立了地震 + 海洋电磁 + 微生物的综合探测体系



揭示潮汕坳陷 10 千米深处的清晰地层结构，突破了中生界新层系油气调查技术瓶颈。



国内进展

(2) 深水油气钻探开发技术：跟跑

钻探平台自主研发取得突破，但主要装备靠进口。



半潜式平台 981 号
最大工作水深 3000 米



第四代半潜式平台 D90 号
最大工作水深 3658 米



锚固钻探船老虎 1 号
最大工作水深 1500 米

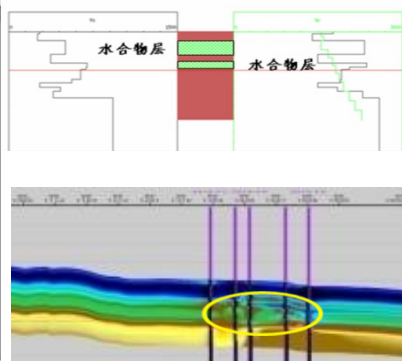
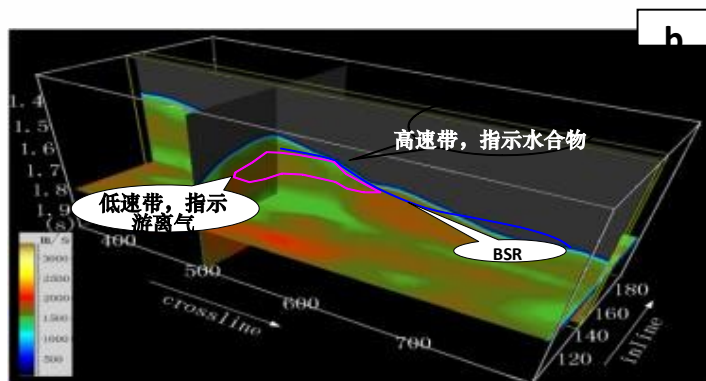
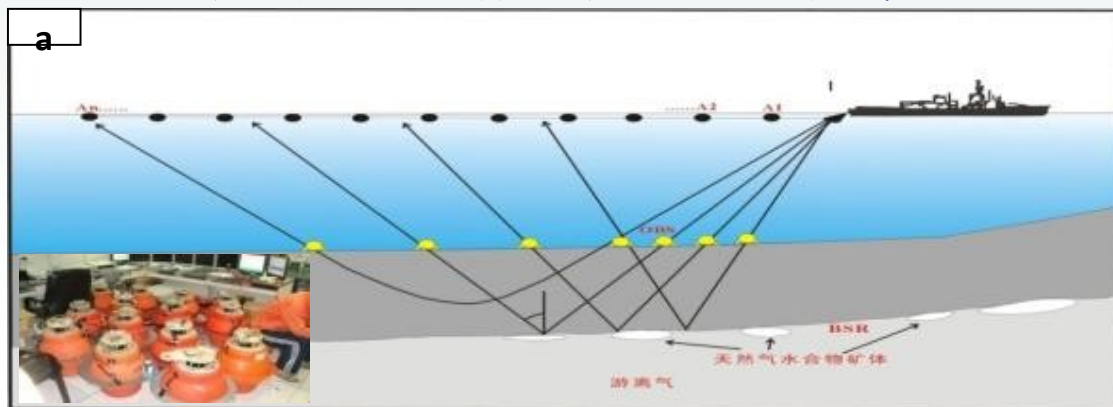
参数	981	D90	老虎 1
船籍	中国	利比里亚	巴哈马
定位方式	DP3 定位 & 锚定位	DP3	8 点锚定位
最大工作水深	3000m	3657.6m	1524m
最大钻井深度	10000m	15240m	9144m
钻井设备	Aker MH	NOV	四川宏华
隔水管	Aker MH 21"	NOV 21"	Cameron 21"



国内进展

(3) 水合物勘探试采技术：整体并跑，局部跟跑

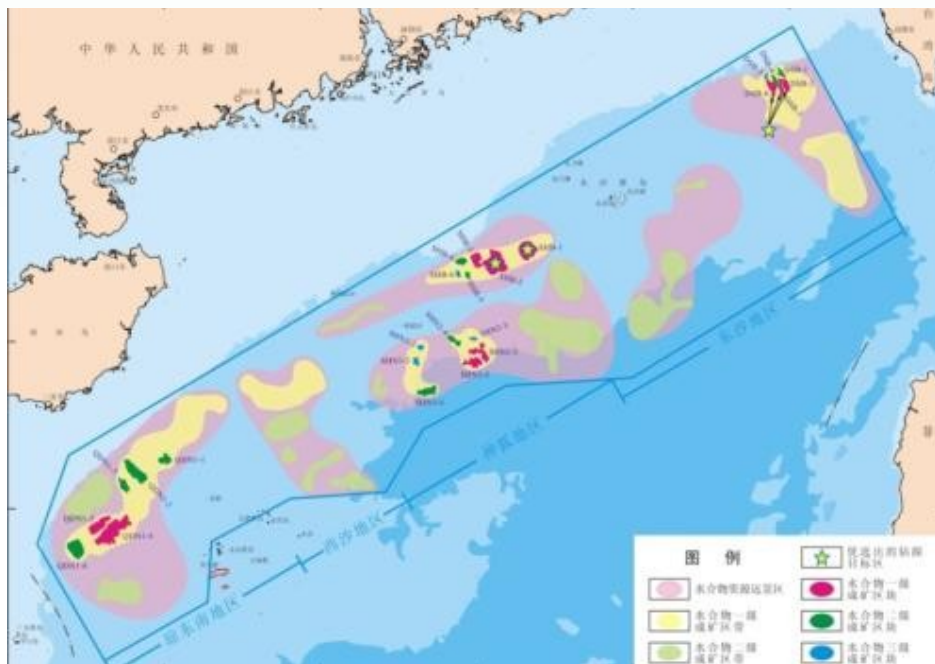
三维地震与海底高频地震联合探测等创新技术为准确识别水合物提供支撑





天然气水合物探查成效显著

- 圈定南海北部 6 个水合物远景区、 19 个成矿区带、 24 个有利区块；
- 2007、 2013、 2015、 2016 年钻探在多个海域发现多种类型水合物，掌握南海水合物资源分布，创新提出水合物成藏模式。





天然气水合物勘探开发成效显著

南海神狐海域天然气水合物试采点火

2017年5月10日14时52分，成功进行南海神狐海域天然气水合物试采点火。3月6日，“蓝鲸1号”平台启航开赴南海，3月14日抵达试采目标区神狐海域；3月28日，中国地质调查局钟自然局长赴平台宣布开钻；5月10日上午9：20开启电潜泵进行降压，14：52进行试气点火，放喷火焰高达10余米，点火成功。





天然气水合物勘探开发成效显著

我国海域首次天然气水合物试采成功

2017年5月18日上午，国土资源部部长姜大明同志在“蓝鲸 I 号”试采平台向全世界宣布中国南海神狐海域天然气水合物试采成功。中共中央、国务院对海域天然气水合物试采成功发来贺电。

中共中央国务院电贺 我国首次海域可燃冰试采成功

国土资源部、中国地质调查局并参加海域天然气水合物试采任务的各参研参试单位和全体同志：

在海域天然气水合物试采成功之际，中共中央、国务院向参加这次任务的全体参研参试单位和人员，表示热烈的祝贺！

天然气水合物是资源量丰富的高效清洁能源，是未来全球能源发展的战略制高点。经过近20年不懈努力，我国取得了天然气水合物勘探开发理论、技术、工程、装备的自主创新，实现了历史性突破。这是在以习近平同志为核

心的党中央领导下，落实新发展理念，实施创新驱动发展战略，发挥我国社会主义制度可以集中力量办大事的政治优势，在掌握深海进入、深海探测、深海开发等关键技术方面取得的重大成果，是中国人民攀登世界科技高峰的又一标志性成就，对推动能源生产和消费革命具有深远的影响。

海域天然气水合物试采成功只是万里长征迈出的关键一步，后续任务依然艰巨繁重。希望你们紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围，深入学习贯彻习近平总书记系列

重要讲话精神特别是关于向地球深处进军的重要指示精神，依靠科技进步，保护海洋生态，促进天然气水合物勘查开采产业化进程，为绿色低碳发展、保障国家能源安全作出新的更大贡献，为实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴的中国梦再立新功！

中共中央
国务院

2017年5月18日
(新华社北京5月18日电)



查局
SURVEY



天然气水合物勘探开发成效显著

国土资源部召开试采成功新闻发布会

- 6月2日上午，国土资源部召开海域天然气水合物试采成功新闻发布会。
- 至5月26日，试采井连续产气16天，平均日产超过1万立方米。
- 5月27日开始，按照施工方案开展科学研究工作。
- 截至6月2日，已连续产气22天，气压气流稳定，井底状态良好。





天然气水合物勘探开发成效显著

试采最新进展——7月9日试采关井

- 7月9日下午 14:52 试采井关井，连续试采 60 天，持续控压稳产。
- 累计产气量 309046 立方米，平均日产 5151 立方米 / 日。





国内进展

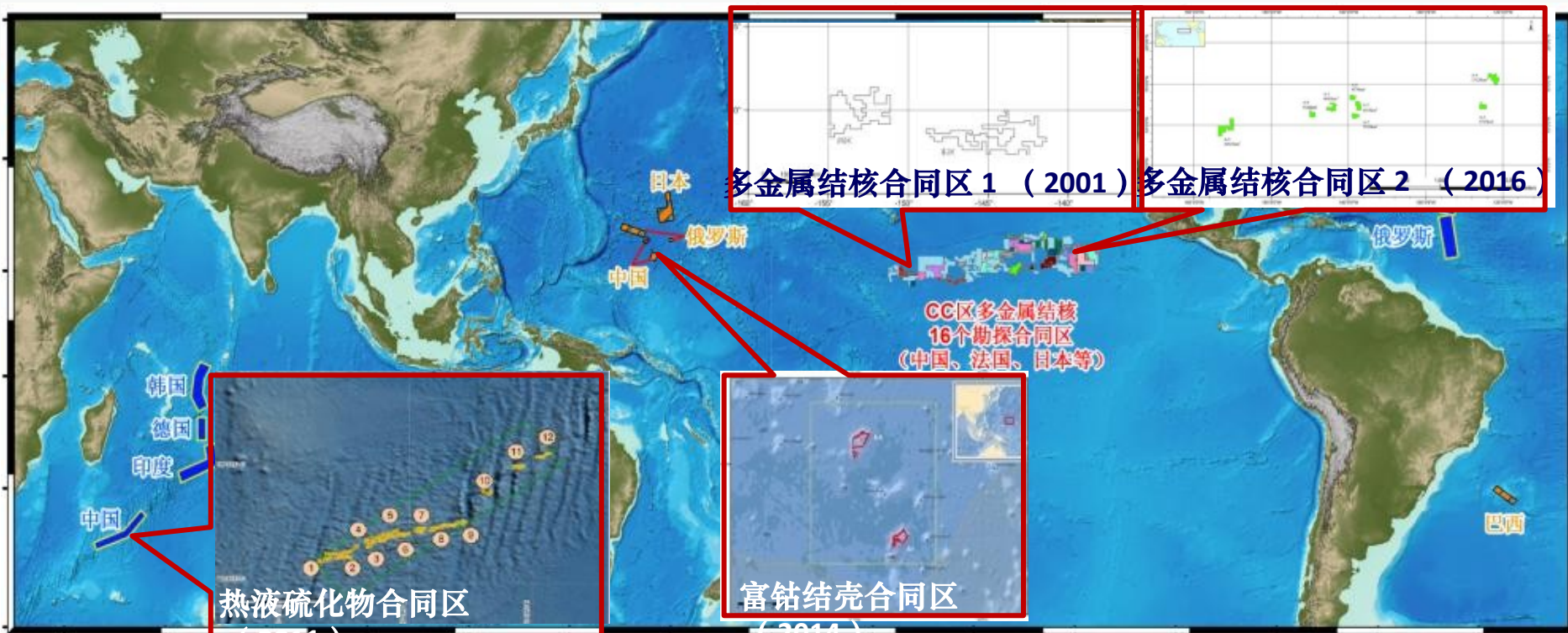
(4) 大洋固体矿产调查取样技术：并跑，全面实现国产化





在国际海底拥有三种资源四个矿区

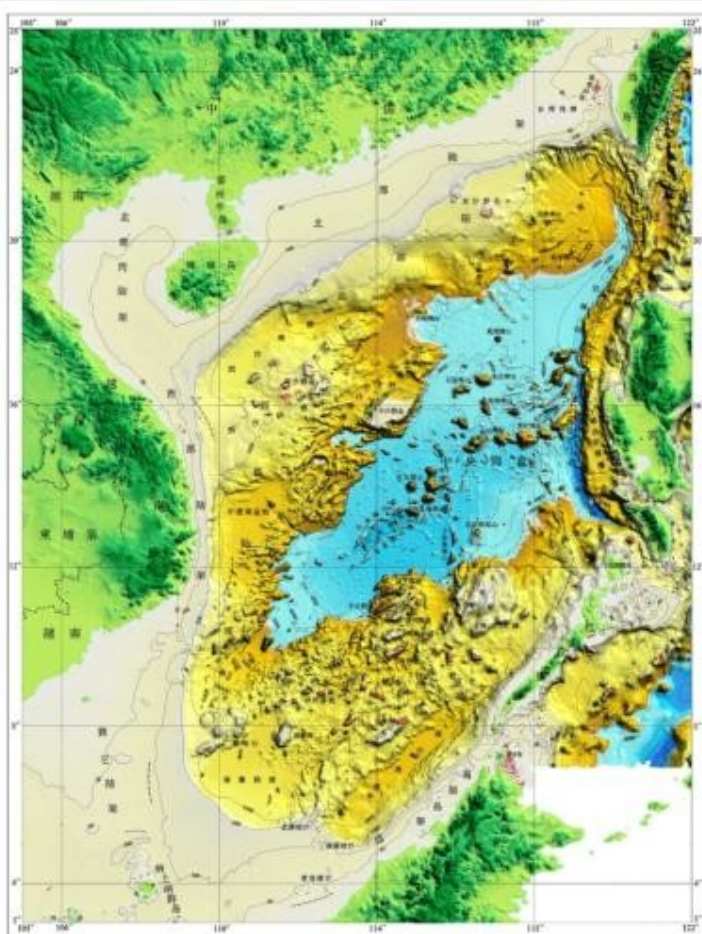
- 开展国际海底多金属结核、富钴结壳、热液硫化物调查，为圈定有利远景区、多金属结核试采区和首采段提供技术支撑；
- 成功获得国际海底三种矿产四个矿区。





国内进展

3、深海基础研究取得一批国际认可的成果



- 两次组织南海大洋钻探航次，深入研究南海地球科学问题
- 地球圈层相互作用中的深海过程和深海记录 (973)
- 南海大陆边缘形成演化及其资源效应 (973)
- 南海天然气水合物富集规律与开采基础研究 (973)
- 海域大型叠合盆地油气成藏理论 (973)
- 南海深部过程 (基金委重大计划)



存在问题 (1)

- 装备能力弱，极大地限制了进入深海进行探测：
 - ✓ 缺乏深海科学钻探船；
 - ✓ 深海综合科考船严重不足。
- 自主研发能力不足，关键技术装备受制于人：
 - ✓ 深海探测核心装备来自进口；
 - ✓ 地球物理探测技术与国外约有 10-15 年差距；
 - ✓ 发展全海深深潜探测能力尚需 5-10 年；
 - ✓ 海底观测网仅在近海进行试验，与国外约有 10-15 年的差距。



存在问题 (2)

- 深海探测和资源勘探开发利用程度低:

- ✓ 南海南部深水區油气资源情况未摸清
- ✓ 油气开发水深最大达 1340 米;
- ✓ 固体矿产资源调查程度低, 未开采;
- ✓ 岛链区、海上丝绸之路、重要航线和通道深海探测尚未开展。

- 创新能力弱, 尚未形成国际影响力的深海地学理论或认识:

- ✓ 缺乏我国主导的大科学计划, IODP 仅处于参与地位用;
- ✓ 在地球系统过程与资源、环境和灾害效应等重大基础研究上缺乏国际影响力的理论和认识。



汇报提纲

一、战略意义

二、国际现状与趋势

三、国内进展和问题

四、深海探测战略建议



深海探测战略

以“深海进入、深海探测、深海开发”为主线



建成以“深钻、深潜、深网”为代表的深海探测核心技术装备体系。

水合物和固体矿产实现商业开采，深水油气勘探开发技术实现领跑。

实现“透视海底”，掌握深海基础地质环境和能源资源信息，提供智能化服务。

主导和引领国际深海科学计划，推动地球系统科学的重大发展与变革。

深海探测科技达到世界领先水平，建成海洋科技强国。



1. 建设中国大洋钻探船



建设一艘国际领先的大洋钻探船和若干艘深海地质地球物理综合调查船，扭转我国深海探测受制于人的局面。

参数	中国大洋钻探船	决心号	地球号
船长 (m)	180	143	210
型宽 (m)	30	21	38
吃水 (m)	9.6	7.0	9.2
排水量 (t)	33000	18600	59500
人员编制 (P)	180	100	200
钻探深度 (m)	11000	8000	10000
定位等级	DP2	DP2	DP2

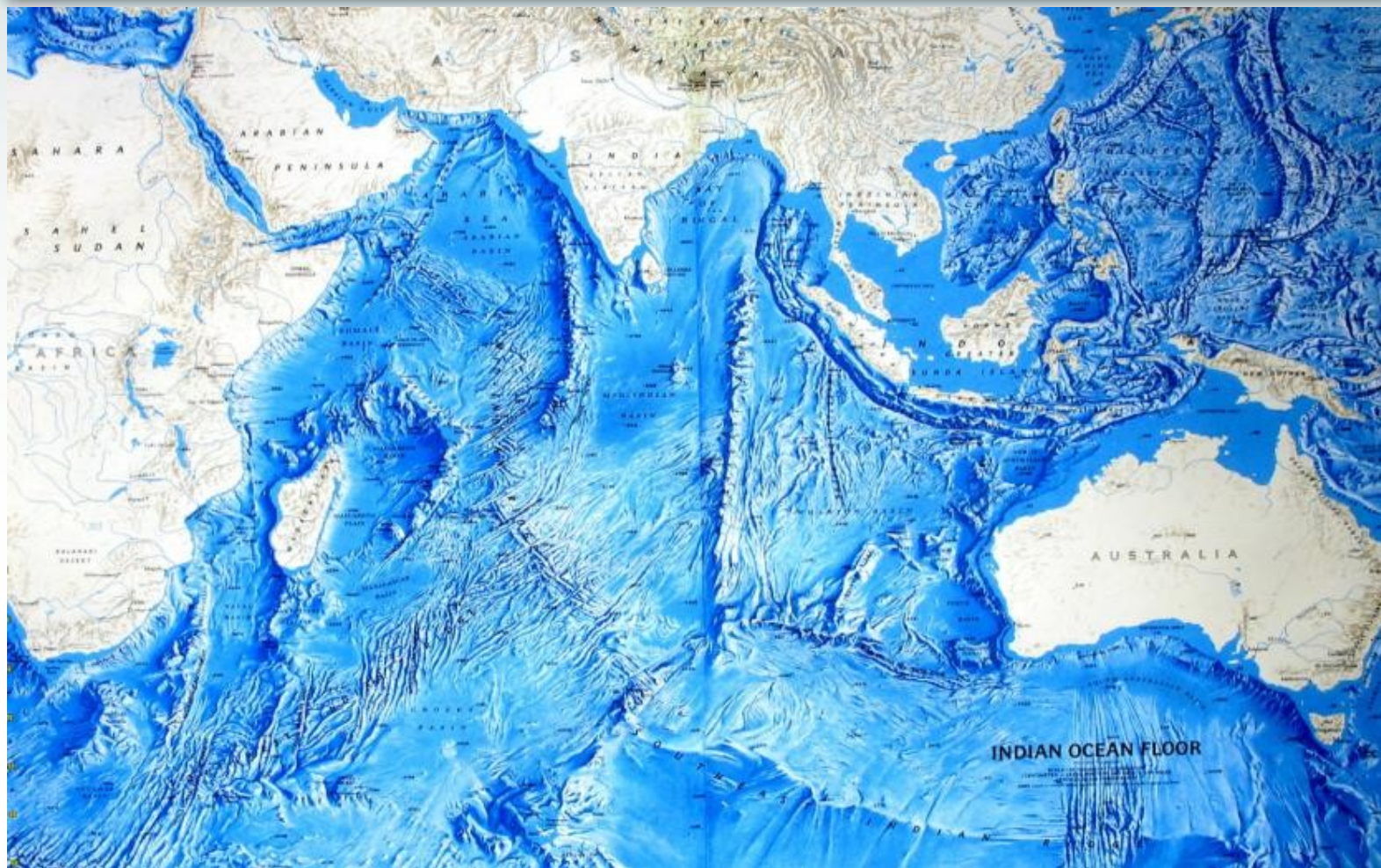


2. 实施印太海底科学计划

以全球视野，以大洋钻探为核心手段，辅
以地质、地球物理、地球化学调查，谋划
“印太海底科学计划”，是我们引领地球
科学发展最佳切入点，也是国家重大需求

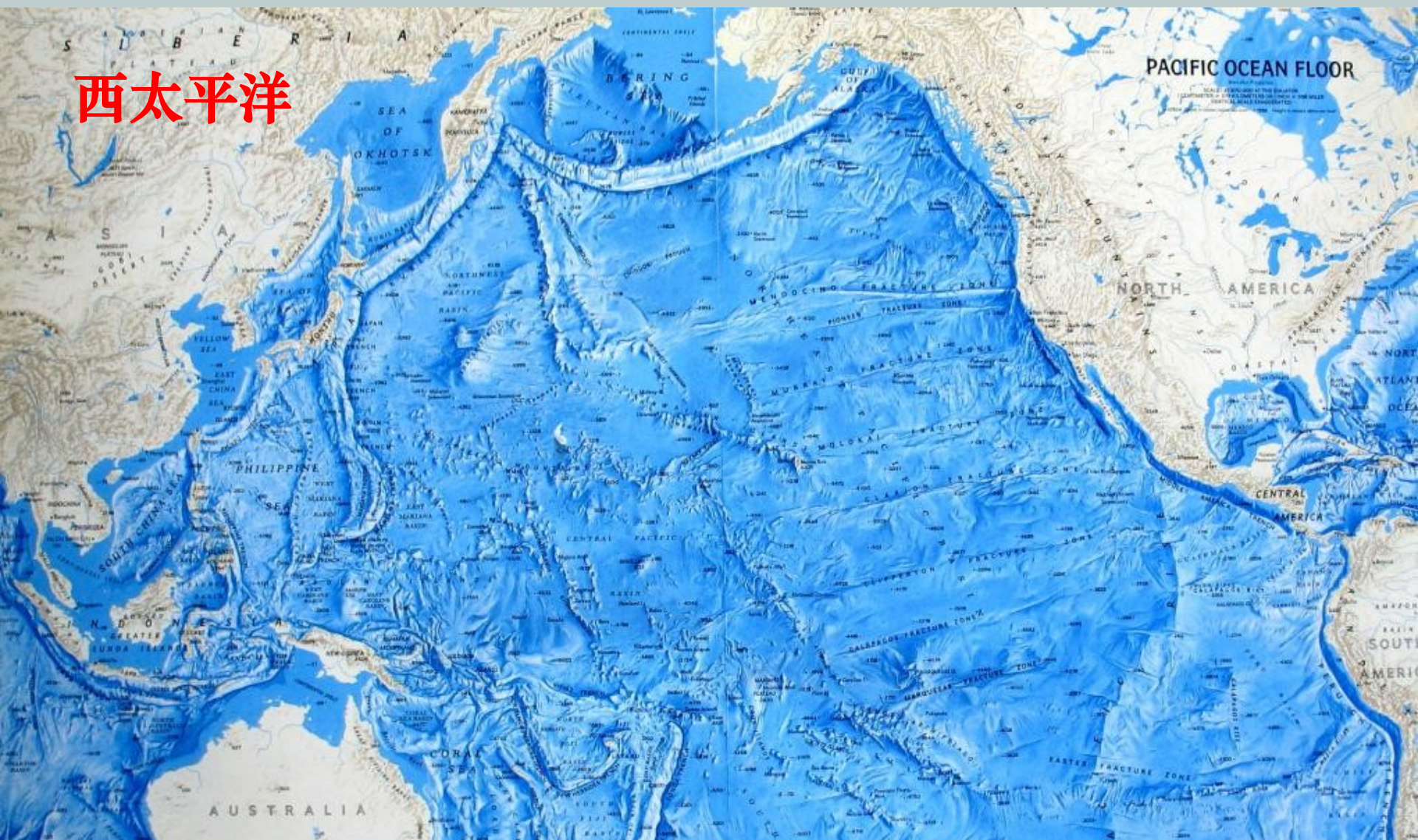


印太海底科学计划的两个关键区域



西太平洋、印度洋

西太平洋



科学问题：双俯冲系统、洋洋俯冲、洋陆俯冲、陆洋碰撞、弧陆碰撞、陆缘转换、菲律宾海盆演变？边缘海成因？构造体系？

印度洋

科学问题：新生洋内俯冲系统、超慢速扩张脊、海山链、巨型海底扇、转换型陆缘、斜向俯冲、死亡洋中脊、拉分型边缘海？



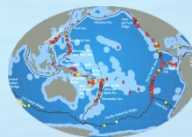
3. 实施海陆转换带深部探测



海陆转换带是连接陆地和海洋的重要区域：
地理上包括大陆架和大陆边缘；地球深部是大陆和海洋岩石圈的转换，亦称洋陆过渡带。



中国地质调查局
CHINA GEOLOGICAL SURVEY



敬请批评指正！

谢谢！

报告中运用了大量国内外科学家的 PPT、图片、资料，未一一注明，在此一并致谢！