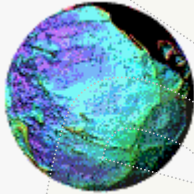


2007—2008学年第一学期

# 化学海洋学

Chemical Oceanography

# 第一章 绪论

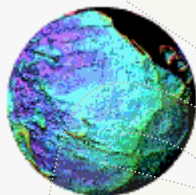


## 海洋与海洋科学

### 海洋

- 海洋占地球表面积 71% ( $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ )
- 海洋总体积  $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$  ( $10^{24} \text{ cm}^3$ )
- 海洋平均深度 3.7 km (最深 Mariana 11022 m)
- 平均温度  $3.5^\circ\text{C}$
- 平均盐度 34.7
- 各大洋占全球海洋面积比例  
太平洋 (49.8%)，大西洋和北冰洋 (29.4%)，  
印度洋 (20.7%)
- 南半球占水体体积 80.9%

# 第一章 绪论

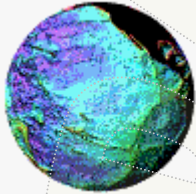


## 海洋与海洋科学

### 海洋与人类

- 调节气候
- 海洋资源
- 海洋运输
- 现代国防

# 第一章 绪论



## 海洋与海洋科学

海洋科学

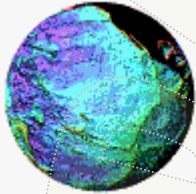
研究体系

基础研究：自然过程、内在属性

（物理、化学、生物、地质）

应用研究：资源、水产、工程、技术

# 第一章 绪论



## 海洋与海洋科学

### 海洋科学

■ 海物理洋学

■ 海洋化学

■ 海洋生物学

■ 海洋地质学

### 海洋学

■ 物理海洋学

■ 化学海洋学

■ 生物海洋学

■ 地质海洋学

- 海洋科学各分支学科各有侧重，有相对独立性。
- 由于海洋的统一性，各分支学科相互关联、渗透和依从。

# 第一章 绪论

§ 1-1 化学海洋学的内容和特点

§ 1-2 化学海洋学的历史与发展

§ 1-3 化学海洋学的研究意义和作用

## § 1-1 化学海洋学的内容和特点

- 什么是化学海洋学？
- “化学海洋学”与“海洋化学”

## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

中国大百科全书（1987）

■ **化学海洋学**是研究海洋各部分的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程的科学，是**海洋化学**的主要组成部分。

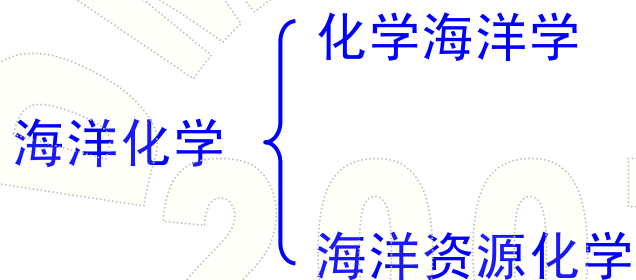
它一方面通过海洋调查、实验分析和理论方法，研究海洋中物质的组成、含量分布、输送通量、化学形态和各种化学过程；另一方面，研究这些化学过程与海洋生物、海洋地质和物理海洋等领域中各种运动过程的关系。

■ **海洋化学**是研究海洋各部分的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程，以及海洋化学资源在开发利用中的化学问题的科学，是海洋科学的一个分支，它与海洋生物学、海洋地质学和物理海洋学等有密切关系。



## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

中国大百科全书（1987）



■ 海洋化学是研究海洋各部分的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程，以及海洋化学资源在开发利用中的化学问题的科学，是海洋科学的一个分支，它与海洋生物学、海洋地质学和物理海洋学等有密切关系。

## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

中国大百科全书（1987）

解读：

- ◆ 海洋化学与海洋生物学，海洋地质学和海洋物理学一样，都是海洋科学不可缺少的一个分文学科。各分支学科互相渗透和交织。
- ◆ 海洋化学由化学海洋学和资源化学两部分组成。
- ◆ 关于化学海洋学，在“海洋化学”条目中进一步的定义与“化学海洋学”条目定义虽然一样，但进一步含义则不尽相同。结果引起海洋化学与化学海洋学两者的混淆。

## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

陈镇东（1996）

■ **化学海洋学**是用来研究海水的化学组成，里面包含的物质，存在形式，化学反应；物理、地质和生物的性质及反应，或是因为人类影响而就时间和空间来讲，令海洋发生的化学性质改变；海洋与其界面如大气及地壳间之化学反应；利用化学方法来研究所有有关海洋的科学；以及发展新的化学技术以解决海洋界所产生的不同的问题。

联合国教科文组织颁发大学课程研讨会的报告（1974）

■ **海洋化学**主要是测量海洋里跟化学有关的一些因子，例如盐度、溶解氧量、元素组成、物理性质等；以及测量些跟生物有关的物质，如营养盐、N、P以及Si。同时这几年海洋化学趋向于研究海洋资源及海洋污染这两个部分。

## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

陈镇东（1996）

解读：

- ◆ 海洋化学是研究海水或是海洋里面物质的化学，是以化学为主。
- ◆ 化学海洋学是用化学的方法来研究海洋。

所以两者稍有不同。

通常认为化学海洋学涵盖范围比较广，而海洋化学只是专门着重于化学、与海洋物理、生物以及地质的关系较少，因此，范围比较窄一点。

## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

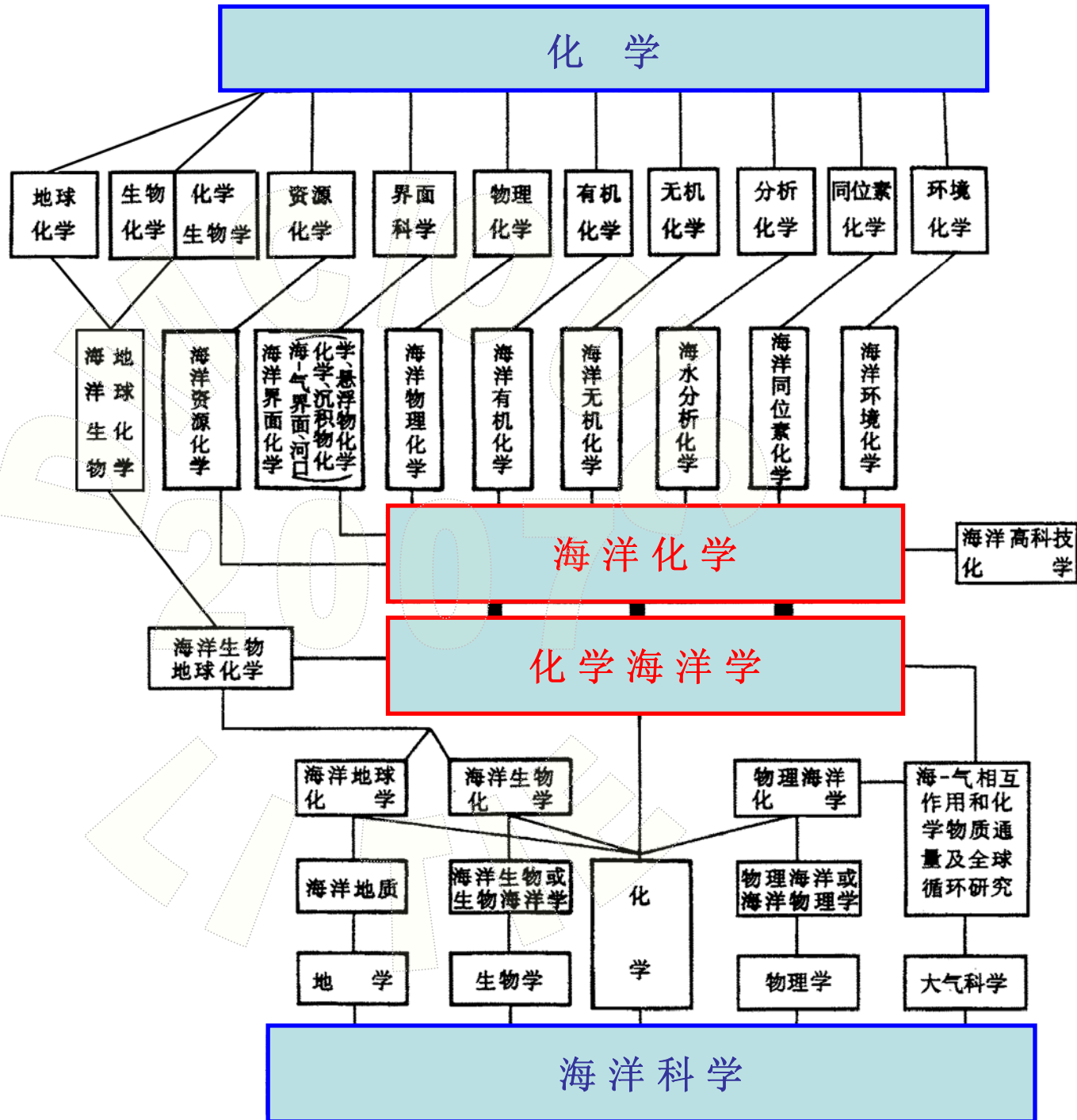
由以上两种定义对比可见：

关于海洋化学与化学海洋学谁的研究范围广？谁包括了谁？

结论完全相反。

张正斌（1999）认为这是因关于它们定义及其含义没有严格规定所致。这也是许多新兴的交叉学科存在的共同问题：因为发展起始的母体学科（例或化学或海洋科学）不同，经历的过程或途径不同，最后对形成的新的交叉学科的定义、含义和理解也有差异，但**学科内容应基本相同**。

学科体系  
(张正斌等, 1999)



## 一、“化学海洋学”与“海洋化学”

张正斌（1999）

■ **海洋化学**是研究海洋及其相邻环境中发生的一切化学过程和变化。

■ **化学海洋学**是用化学的观点、理论和方法来研究海洋。

## 二、化学海洋学的主要内容

张正斌（1999）

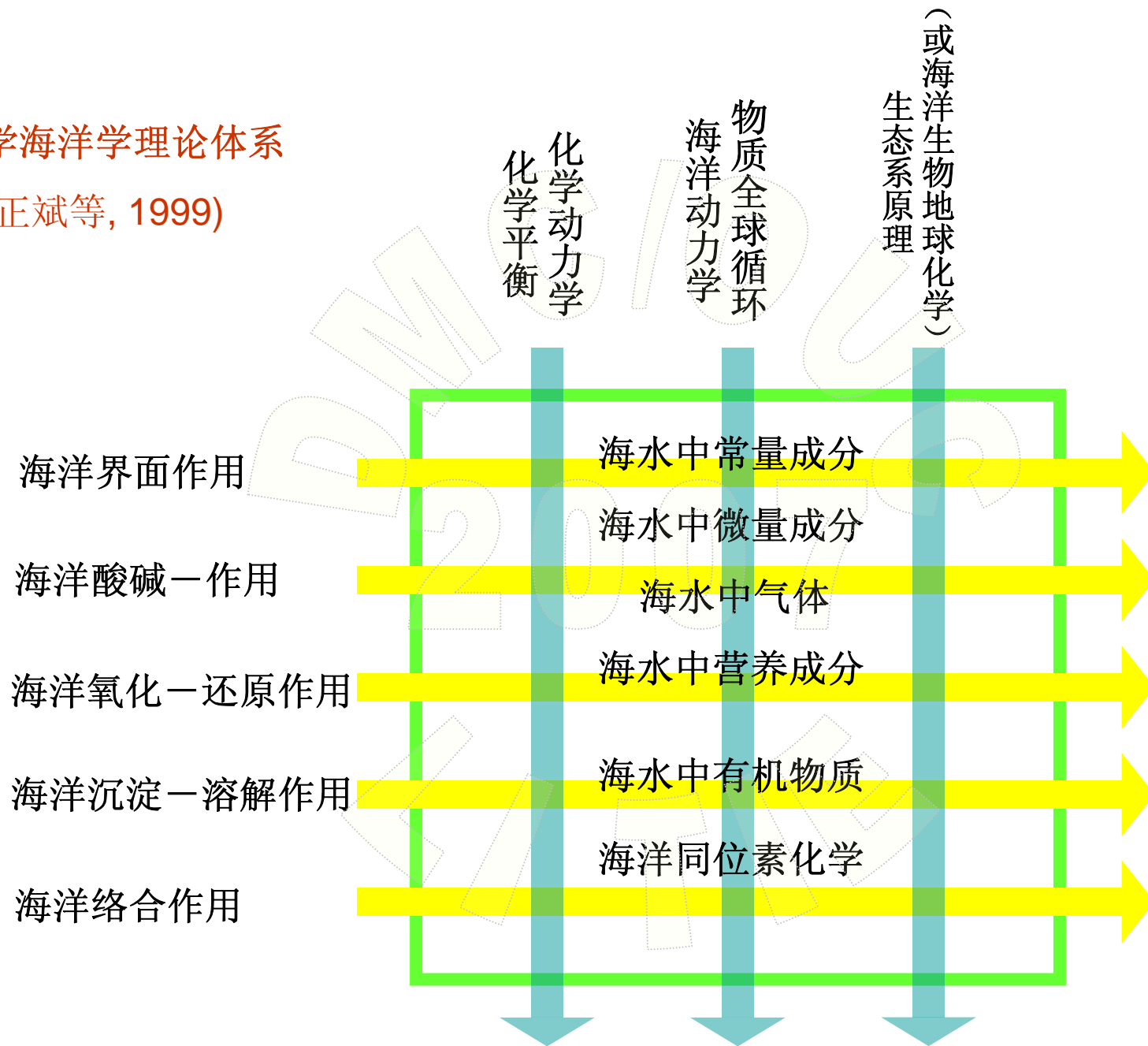
内容包括：

- 海水中元素和物质的含量、组成、分布和通量。
- 海水中元素的存在形式及其在物理—化学性质。
- 海洋中元素和其它物质的运移变化规律，及其与物质全球变化和海洋化学资源开发相关的“海洋—生物—地球化学”过程。



# 化学海洋学理论体系

(张正斌等, 1999)



## 二、化学海洋学的主要内容

中国大百科全书（1987）

■ 化学海洋学是研究**海洋各部分**的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程的科学，是海洋化学的主要组成部分。

海洋各部分：

- 海水

大洋水、近岸水；表层水、次表层水、深层水、底层水；表面微层...

- 悬浮颗粒物

- 沉积物、孔隙水

- 生物

...

## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

海洋—大气界面

海水—沉积物（包括悬浮颗粒物）界面

河流—海洋界面

海水—生物体界面

海洋中界面上发生的化学过程往往是最活跃的。

## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

#### 海洋—大气界面

能量交换：热能（太阳辐射）

动能（风、浪、潮汐等）

物质交换：水的质量迁移（蒸发—降水）

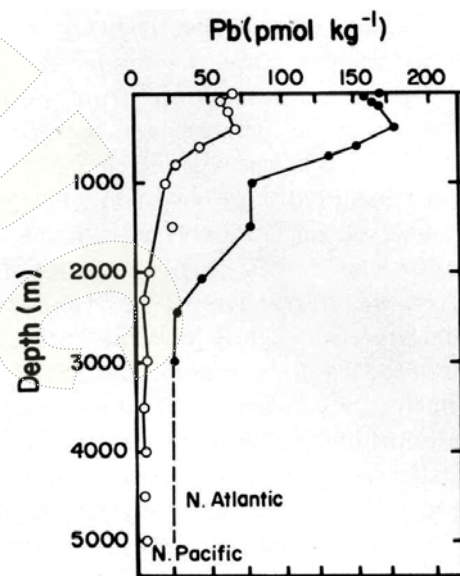
其它物质的迁移（气体、挥发性组分）

## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

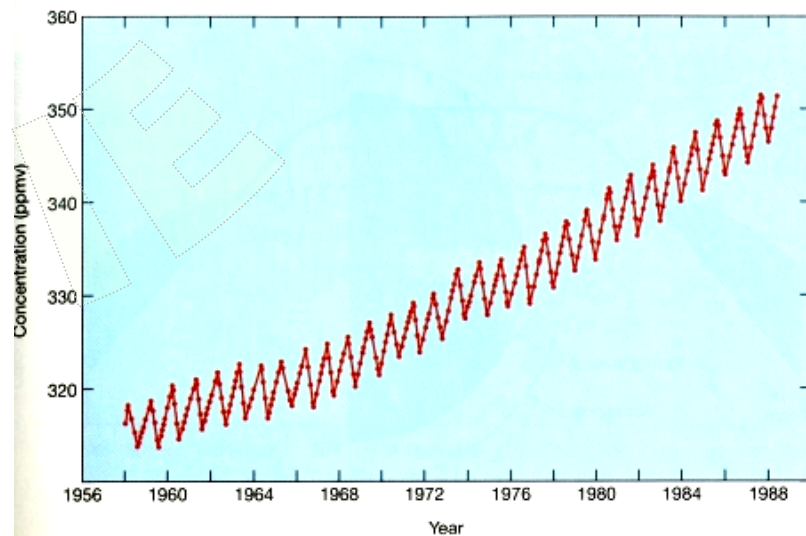
海洋—大气界面

例 Pb的迁移（大气途径）



例 CO<sub>2</sub>在海—气界面间的交换

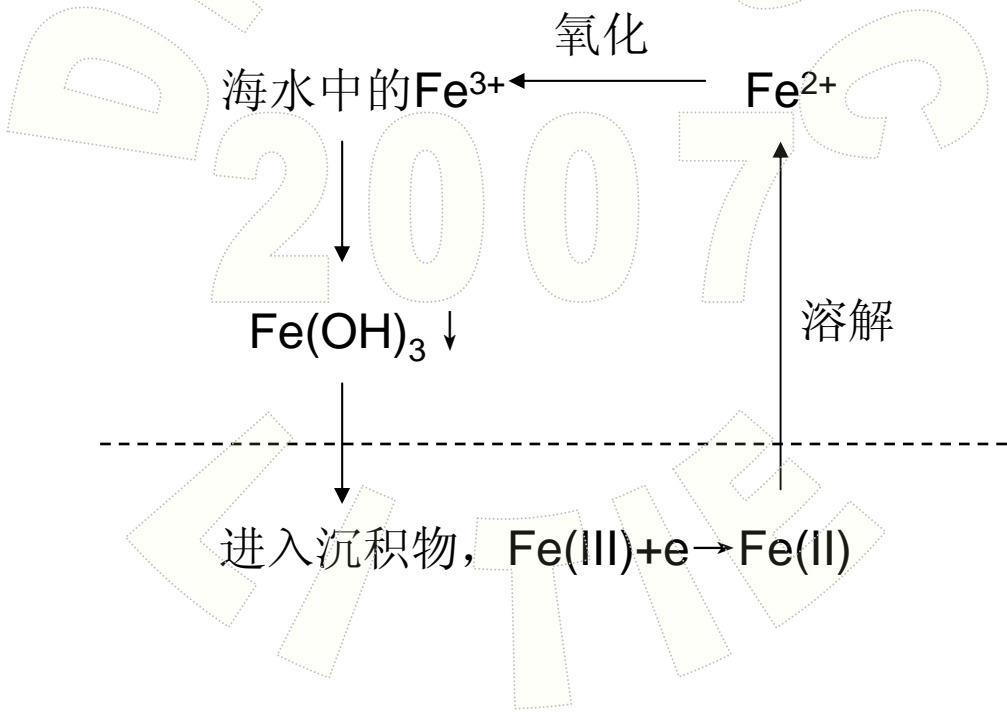
“温室效应”



## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

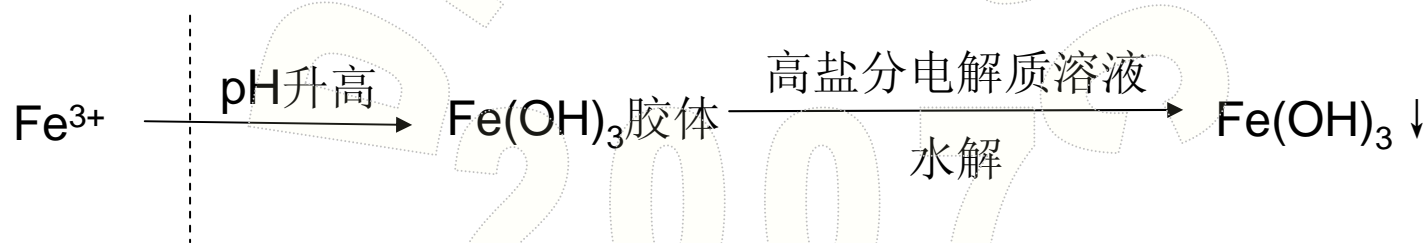
#### 海水—沉积物（包括悬浮颗粒物）界面



## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

#### 河流—海洋界面



## 二、化学海洋学的主要内容

### ■ 几大界面的化学研究

海水—生物体界面

光合作用





### 三、化学海洋学的特点

化学海洋学的特点是由其研究对象——海洋的特点决定的。

■海水有一定盐度，且组成复杂

海水中既有溶解/悬浮颗粒物质  
无机/有机组分

元素含量相差悬殊

离子强度较高的电解质溶液

“海水是多界面、多组分、中等离子强度的电解质溶液，是组成复杂、性质多样的天然水体系。”

■海洋存在静压力

■海洋是一个动力作用体系

■海洋中有生命存在

■海洋是一个开放的动态体系

## 三、化学海洋学的特点

### 化学海洋学的学习研究特点

#### ■ 知识要求

化学理论基础和实验技能

海洋学知识

二者结合起来

#### ■ 海洋科学具有整体性、复杂性和综合性

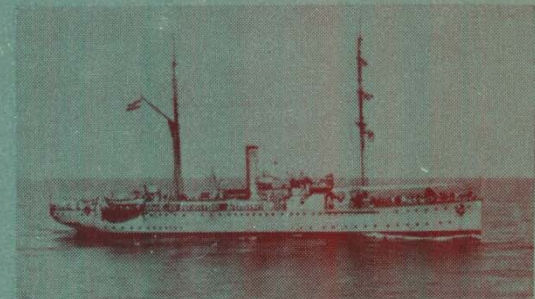
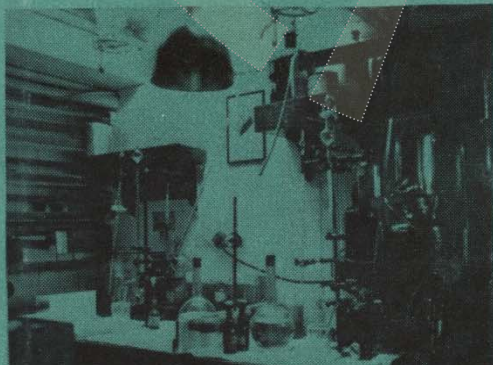
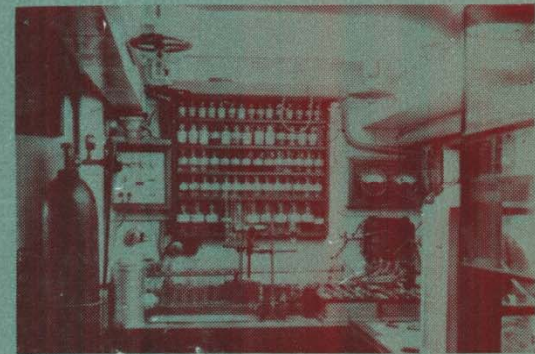
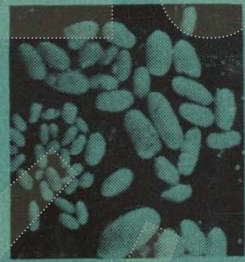
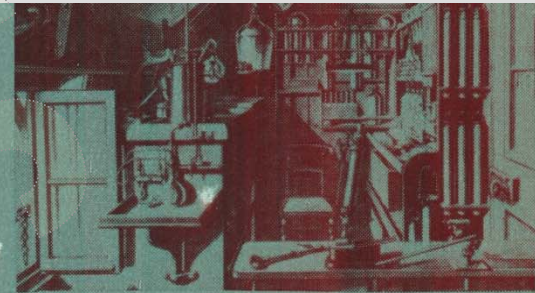
必须和海洋科学其它分支学科密切联系，不能孤立看问题

#### ■ 重视现场观测调查研究

必要的模拟实验研究

#### ■ 抓问题本质，充分认识各种影响因素（海洋复杂性决定）

## § 1-2 化学海洋学的历史与发展



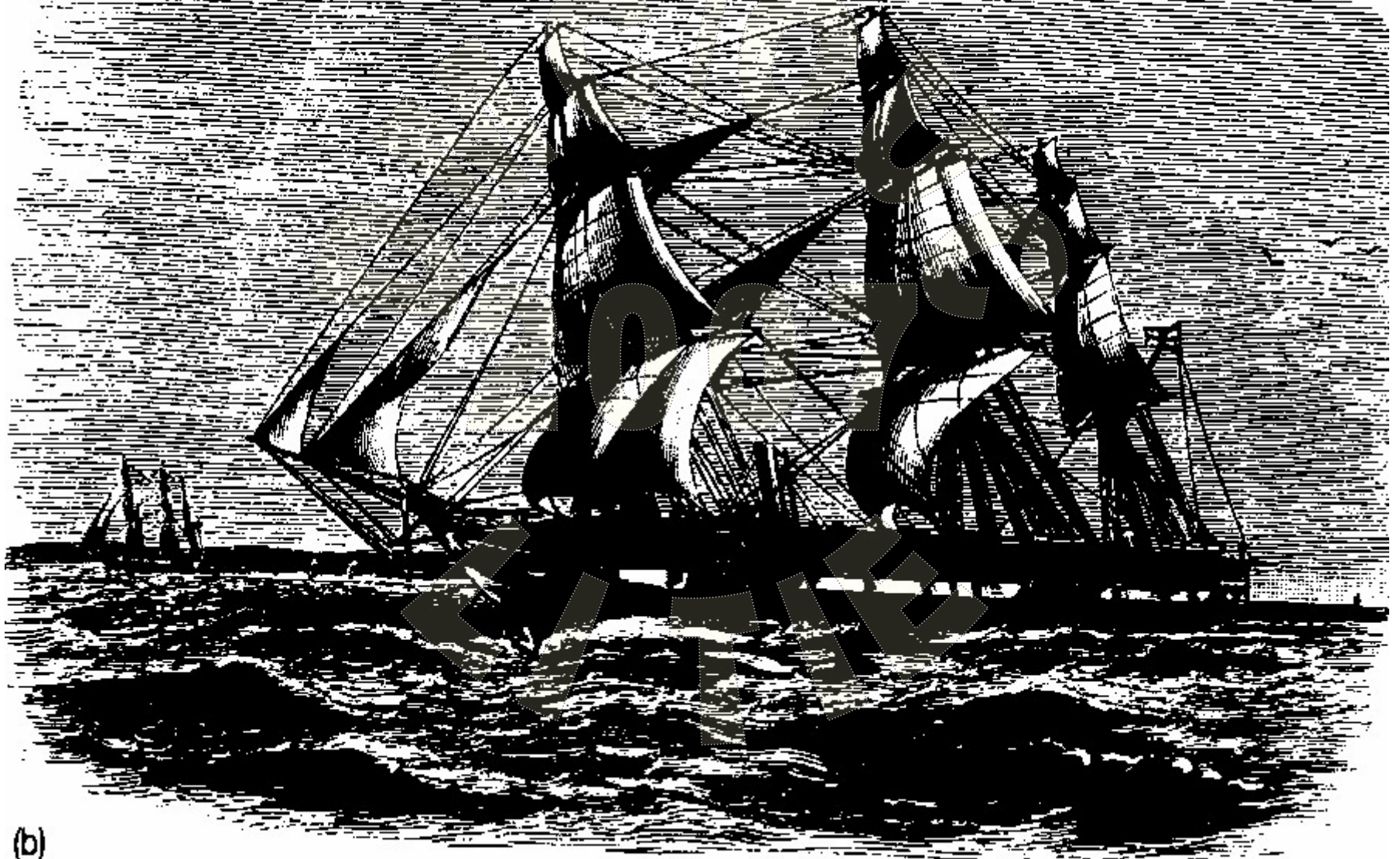


Frontispiece

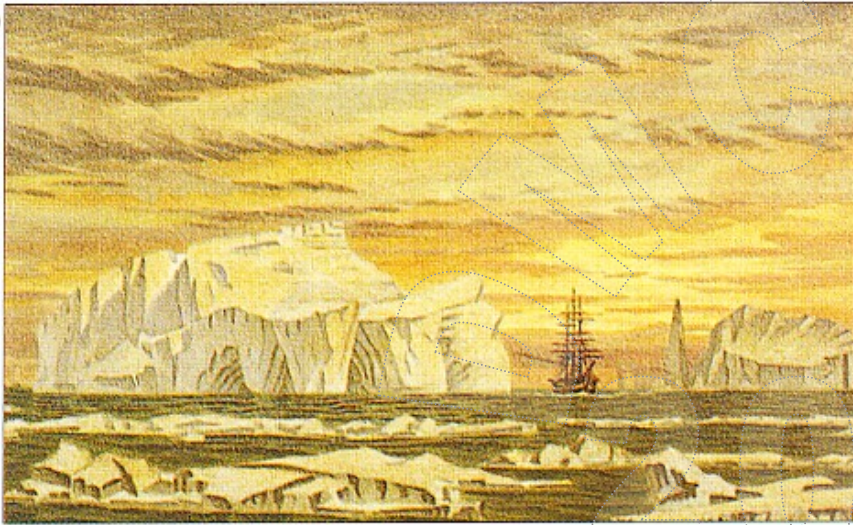
## 一、早期发展

- 1670年R. Boyle（玻义耳）出版Observations and Experiment on the Saltness of the Sea。
- 1772年A. Lavoisier（拉瓦锡）测定并首次发表海盐组成结果。
- 1784年T.O. Bergman用沉淀称重法测定海盐成分。
- 1819—1822年A. Marcet测定海水成分（14个水样，5种成分）提出“世界海水含有相同成分，相互之间有接近相同的比例”（Marcet原理）。
- 1843—1865年J.G. Forchhammer分析了上百个海水样品，测定了多种组分（主要成分、氨、 $H_2S$ 等）。使用了“盐度（salinity）”概念。
- 1873—1876年Challenger（英）环球航行。

Challenger (2300吨, 1872.12-1876.5)

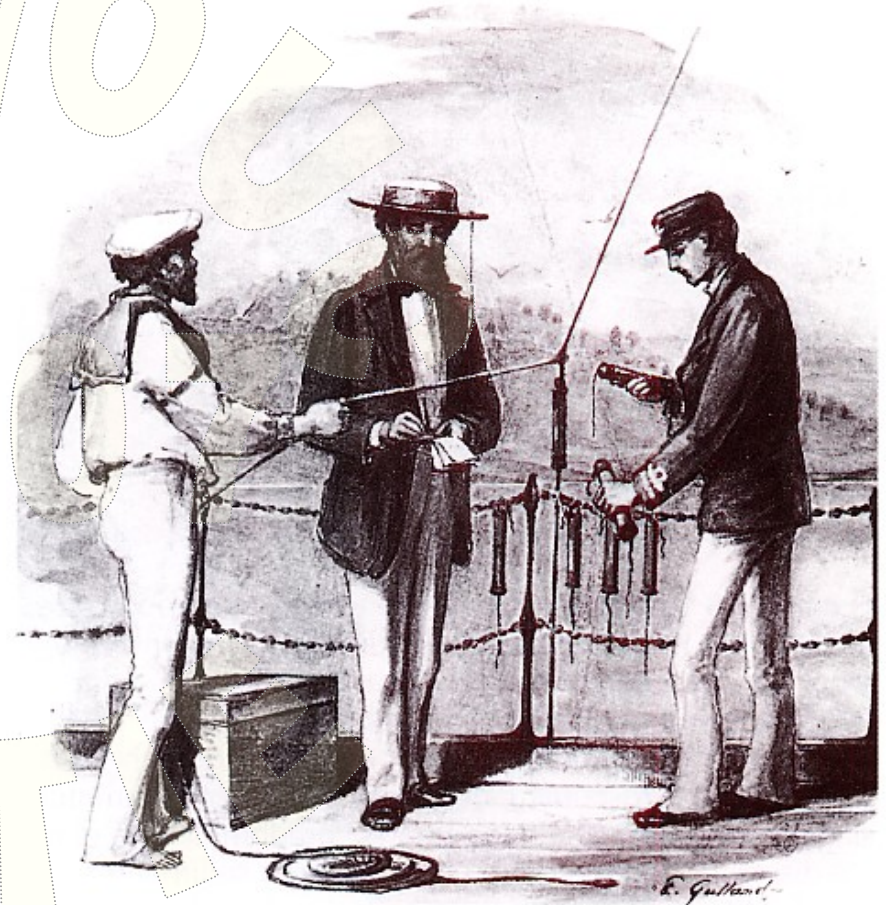


(b)

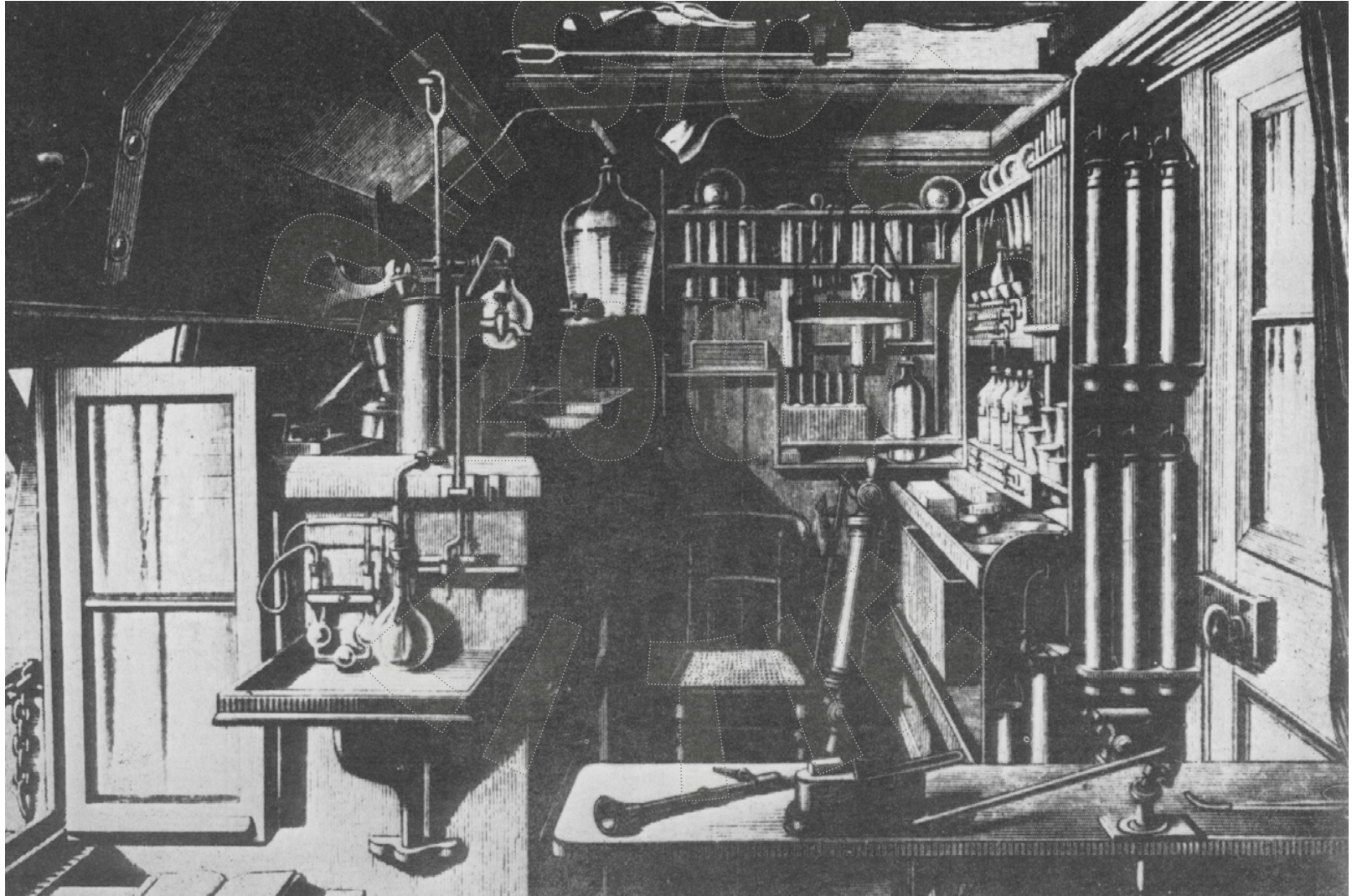


**Figure 1.10** Challenger in the ice (reproduced from Wild<sup>37</sup>). (Courtesy of the Southampton Oceanography Centre, Southampton, England.)

**Figure 1.11** This drawing, by Elizabeth Gulland, was one of a series commissioned as illustrations for the narrative volumes of the *Challenger Report*. It shows a scientist and members of the crew taking readings from deep-sea thermometers. [Courtesy of Edinburgh University Library (Special Collections), Edinburgh, Scotland.]

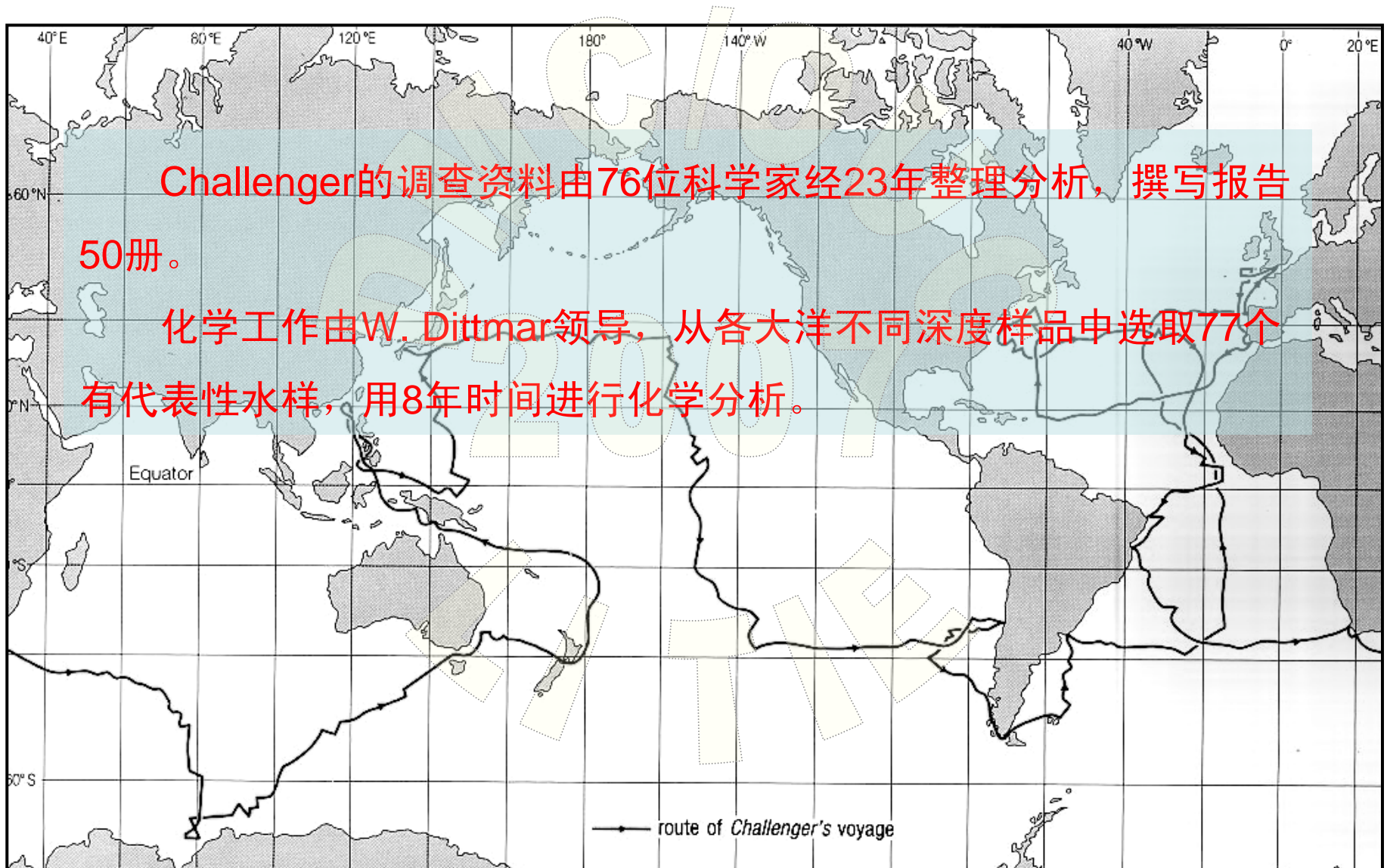


# Challenger的化学实验室

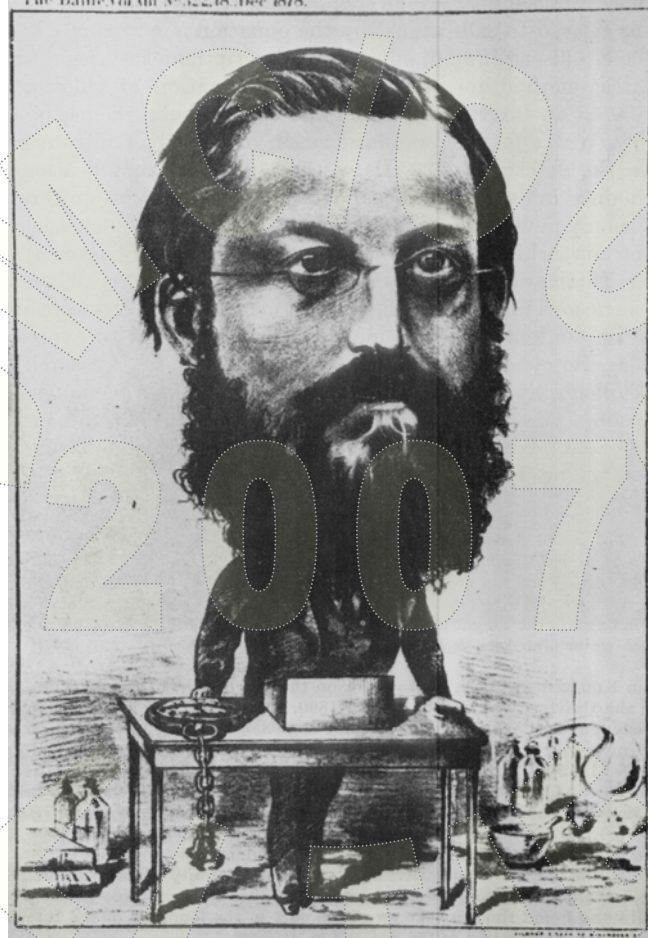




## Challenger环球航行的航线（126,000 km）



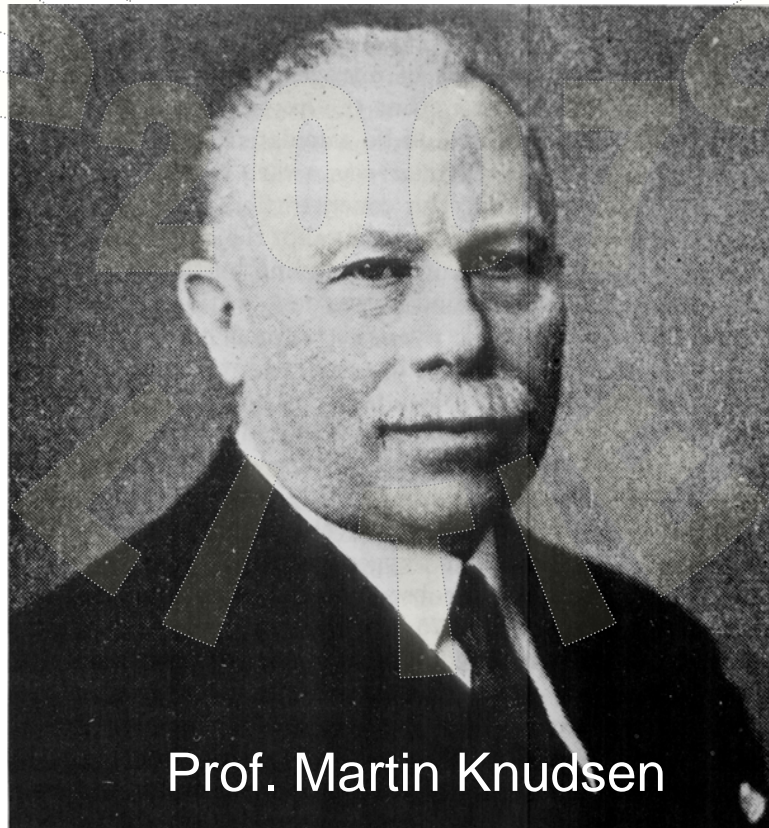
## Cartoon of Prof. William Dittmar



W. Dittmar 等对77个海水样品进行了测定获得了精确的结果（Dittmar, 1884），证实了Forchhammer关于“海水主要溶解成分浓度比恒定”的观点，建议采用测定单一成分氯（+溴）来表示海水盐度。

## 二、20世纪前期的发展

- 1899年M. Knudsen建立了氯度测定法。1902年由Forch、Knudsen和Sørensen定义了盐度和氯度，给出了盐度—氯度关系式。



Prof. Martin Knudsen

## 二、20世纪前期的发展

- 1899年M. Knudsen建立了氯度测定法。1902年由Forch、Knudsen和Sørensen定义了盐度和氯度，给出了盐度—氯度关系式。
- 海洋调查观测：
  - 1925—1927 [Meteor](#)（德）南大西洋调查
  - 1947—1958 信天翁（瑞士）赤道太平洋（放射性同位素测定沉积速率和年代）
  - 1940—1958 勇士（苏）太平洋调查
  - 1957—1958 国际地球物理年，67个国家参加70余船进行世界范围的联合调查
  - 1958—1960 中国海洋综合普查



**German Research Vessel METEOR**



1925—1927 Meteor (德) 海洋调查

## 二、20世纪前期的发展

### ■ 海水化学研究:

**二氧化碳系统** (例如Bergman, 1788; Harmberg, 1885; Fox, 1909; Buch et al., 1917, 1932, 1951)

**营养盐** (例如Brandt, 1916—1920; Atkins, 1923; Harvey, 1926; Cooper, 1933, 1935, 1937; Harvey, 1945),

1955年H.W. Harvey出版 *The chemistry and fertility of Sea Water*。

### 三、20世纪50年代以来的发展

■ 海洋化学理论研究:

L.G. Sillen (1959), 海水物理化学

R.M. Garrels (1961), 海水化学模型

E.D. Goldberg (1958), 应用“稳态原理”研究海水中元素逗留时间

W.S. Broecker (1970s), 箱式模型

### 三、20世纪50年代以来的发展

#### ■ 海洋科学国际研究计划

国际海洋十年调查规划 (IDOE, 1971—1980)

地球化学海洋剖面研究 (GEOSECS)

深海钻探 (DSDP, 1968—1983)

大洋钻探 (ODP, 1985—1995)

国际地圈生物圈计划 (IGBP)

国际全球大气化学计划 (IGAC)

全球海洋通量联合研究 (JGOFS)

海岸带陆海相互作用计划 (LOICZ)

全球海洋真光层计划 (GOEZS)

热带海洋与全球大气研究 (TOGA)

全球海洋生态动力学研究 (GLOBEC)

全球海洋观测系统 (GOOS)

低空大气—上层海洋研究 (SOLAS)

综合海洋生物地球化学与生态系统(IMBER)

地学示踪(GEOTRACE)



### 三、20世纪50年代以来的发展

#### 地球化学海洋剖面研究 (GEOSECS, 1971—1980)

44. GEOCHEMICAL OCEAN SECTIONS STUDY

92

F. A. CAMPBELL

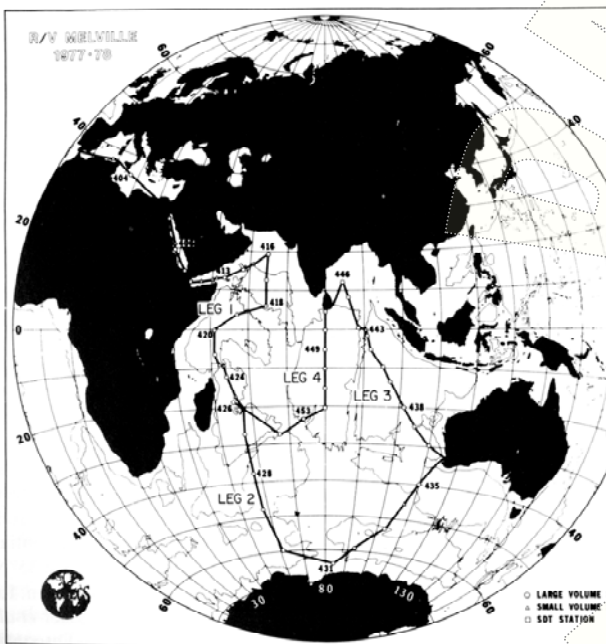


FIG. 44.3. GEOSECS Indian track 1973-4. (Reproduced with permission from C. Turekian (1980).)

44. GEOCHEMICAL OCEAN SECTIONS STUDY

91

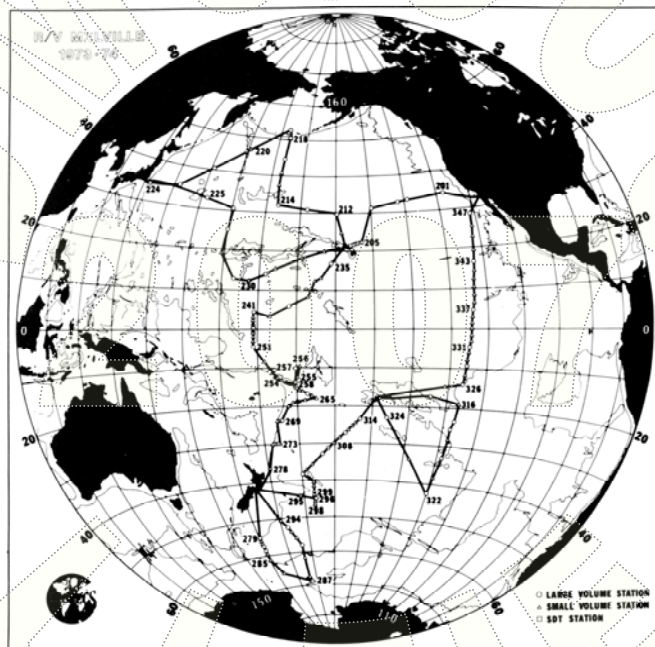


FIG. 44.2. GEOSECS Pacific track 1973-4. (Reproduced with permission from Östlund and Stüiver (1980).)



FIG. 44.1. GEOSECS Atlantic track 1972-3. (Reproduced with permission from Stüiver and Östlund (1980).)

大西洋121站，太平洋147站

观测项目： $T$ 、 $S$ 、 $D$ 、 $O_2$ 、 $\Sigma CO_2$ 、 $pH$ 、 $Th$ 、 $^{14}C$ 、 $Alk$ 、 $Ra$ 、 $Sr$ 、 $Cs$ 、 $Ar$ 、营养盐...

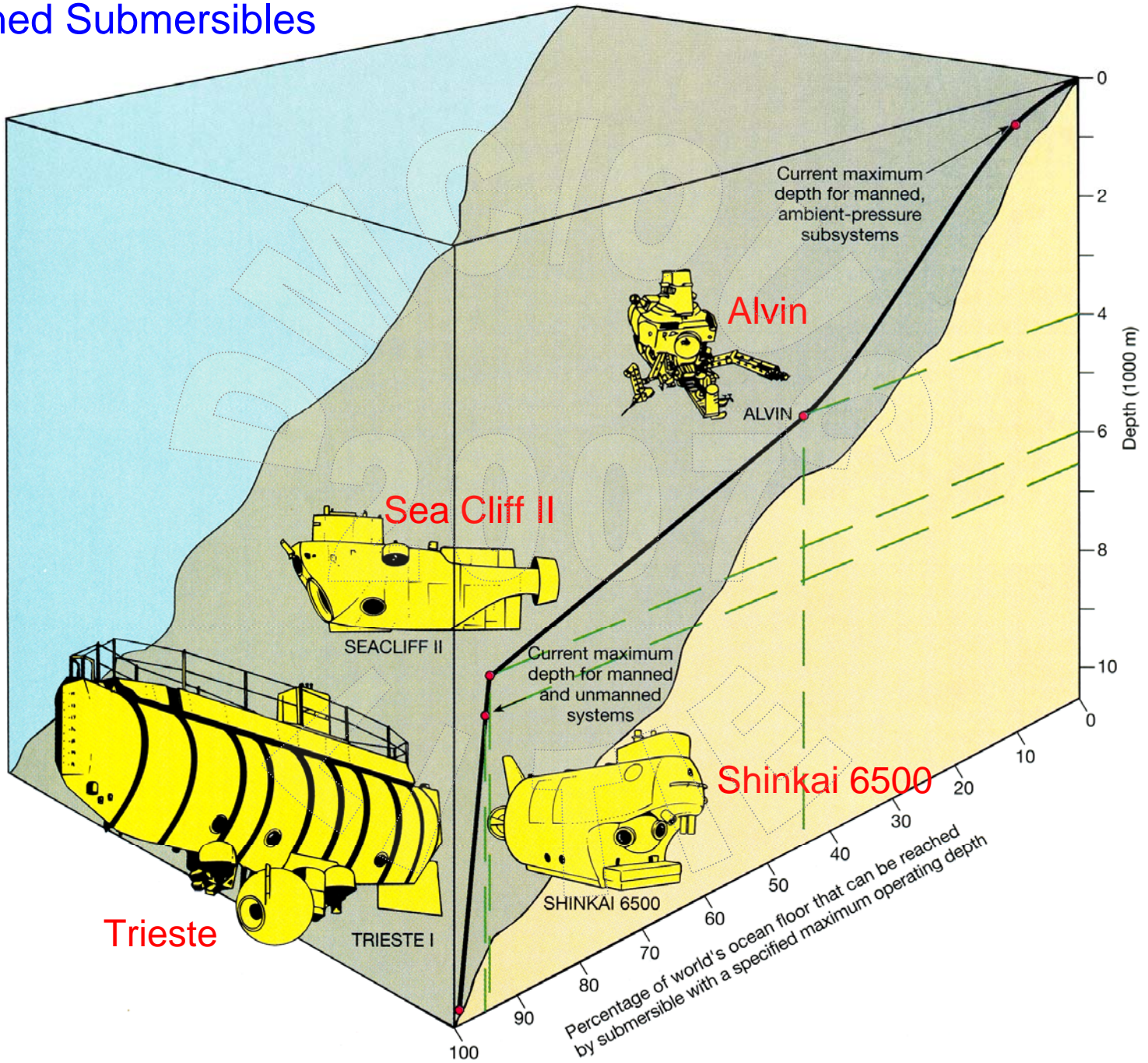
研究目标：海洋环流、污染物质稀释扩散能力、营养盐及成分循环速率。

### 三、20世纪50年代以来的发展

深海钻探 (DSDP, 1968—1983) — 大洋钻探 (ODP, 1985—1995)

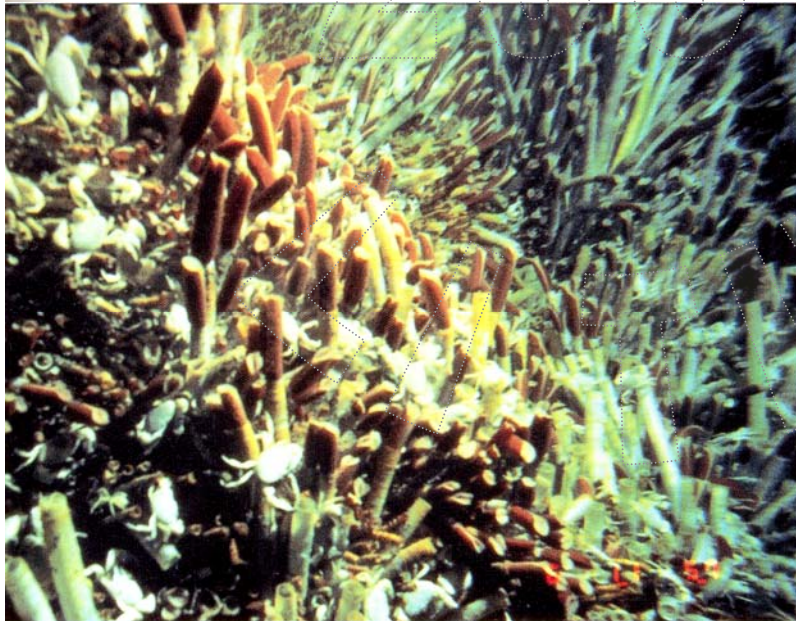
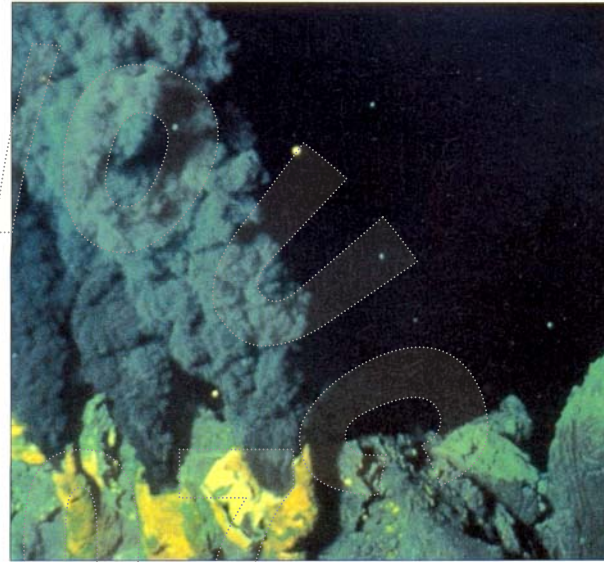


# Manned Submersibles



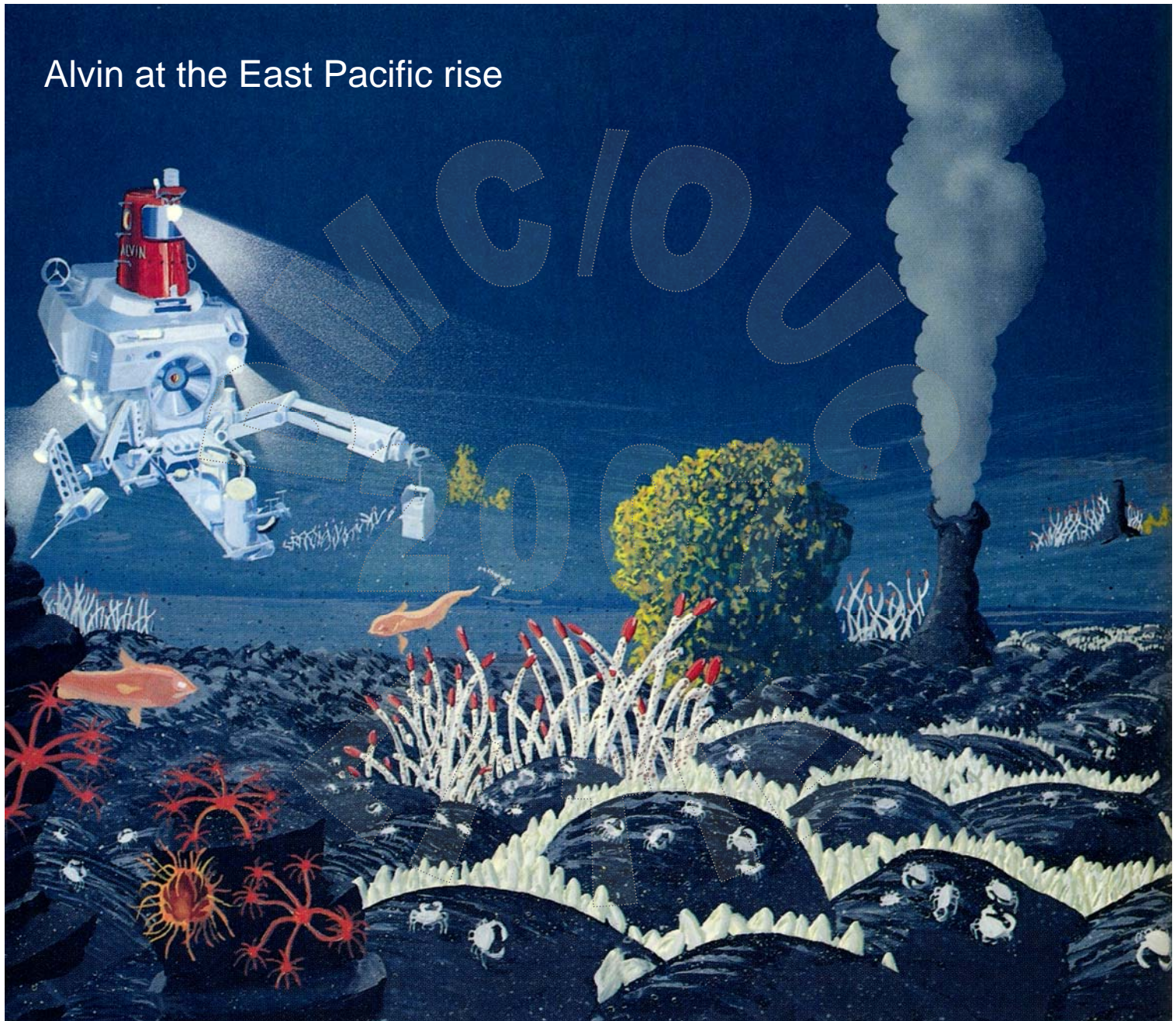
# 海底热液

**Figure 10.8** Black smokers on the sea floor of the East Pacific Rise at approximately 2600 m depth, near 21°N. Individual chimneys measure approximately 30–40 cm tall and 10 cm across, and are seen venting hydrothermal fluids at temperatures of 350–400°C and velocities of 1–5 m/s. The fluid within the chimneys is extremely clear, but rich in dissolved metals and hydrogen sulphide. As soon as this fluid mixes with cold oxygen-rich sea water, at the very mouths of the vents, precipitation of a range of sulphide and oxide minerals occurs, giving rise to the clouds of tiny black ‘smoke’ particles, which are seen billowing upward above the chimneys into the overlying sea water. A previously active vent chimney, which has been cemented solid by mineral precipitation, is at the extreme right. The light, angular area to the top of the structure represents the relatively fresh internal composition of the dark grey, almost cylindrical, chimney structure, where it has been broken open using the robot arm of the submersible (photograph courtesy of Woods Hole Oceanographic Institution and the American Geophysical Union<sup>17</sup>).

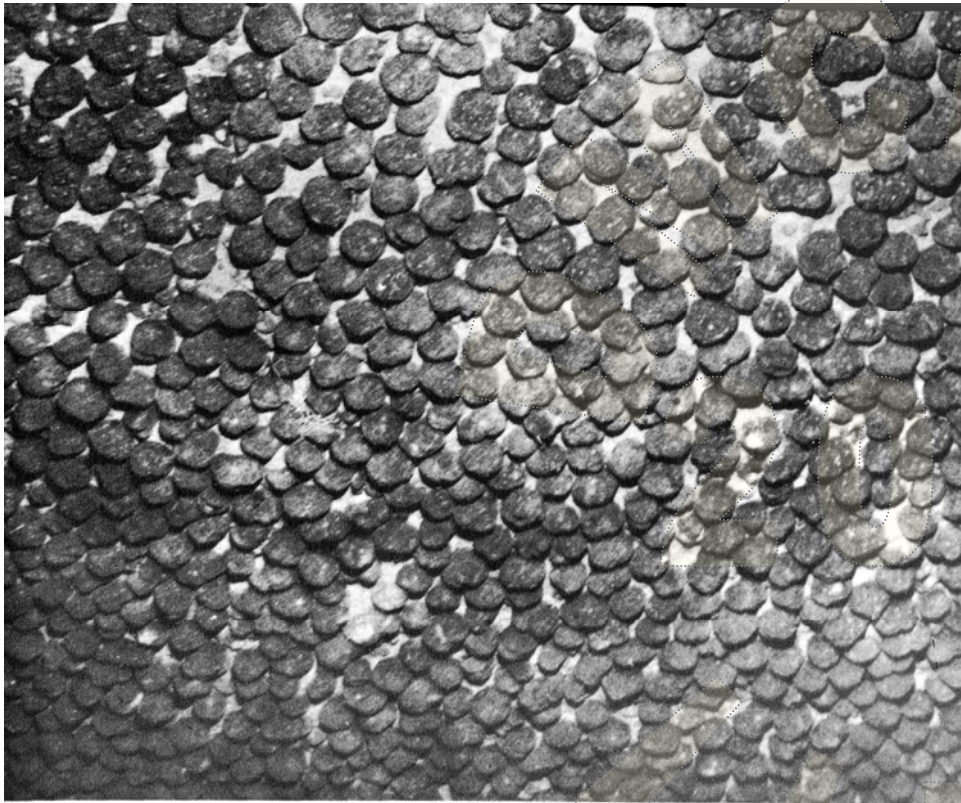


**Figure 10.9** Dense populations of tube worms (*Riftia pachyptila*) and brachyuran crabs inhabiting the Genesis hydrothermal vent site, 13°N, East Pacific Rise (depth, 2636 m). The tube worms, which can grow up to 2–3 m in length and may be 2–5 cm across, derive their nutrition from symbiotic sulphide-oxidising bacteria which live within their gut. The crabs, which may only grow to a modest 5–10 cm across, feed by scavenging on the red haemoglobin-filled ‘plumes’ of the tube worms; these can extend up to 10 cm beyond the end of their protective chitin tubes to draw in the hydrogen sulphide rich waters necessary for chemosynthesis, but can be withdrawn rapidly back into their tubes for protection (photograph by R.A. Lutz, Institute of Marine and Coastal Studies, Rutgers University, and the American Geophysical Union<sup>17</sup>).

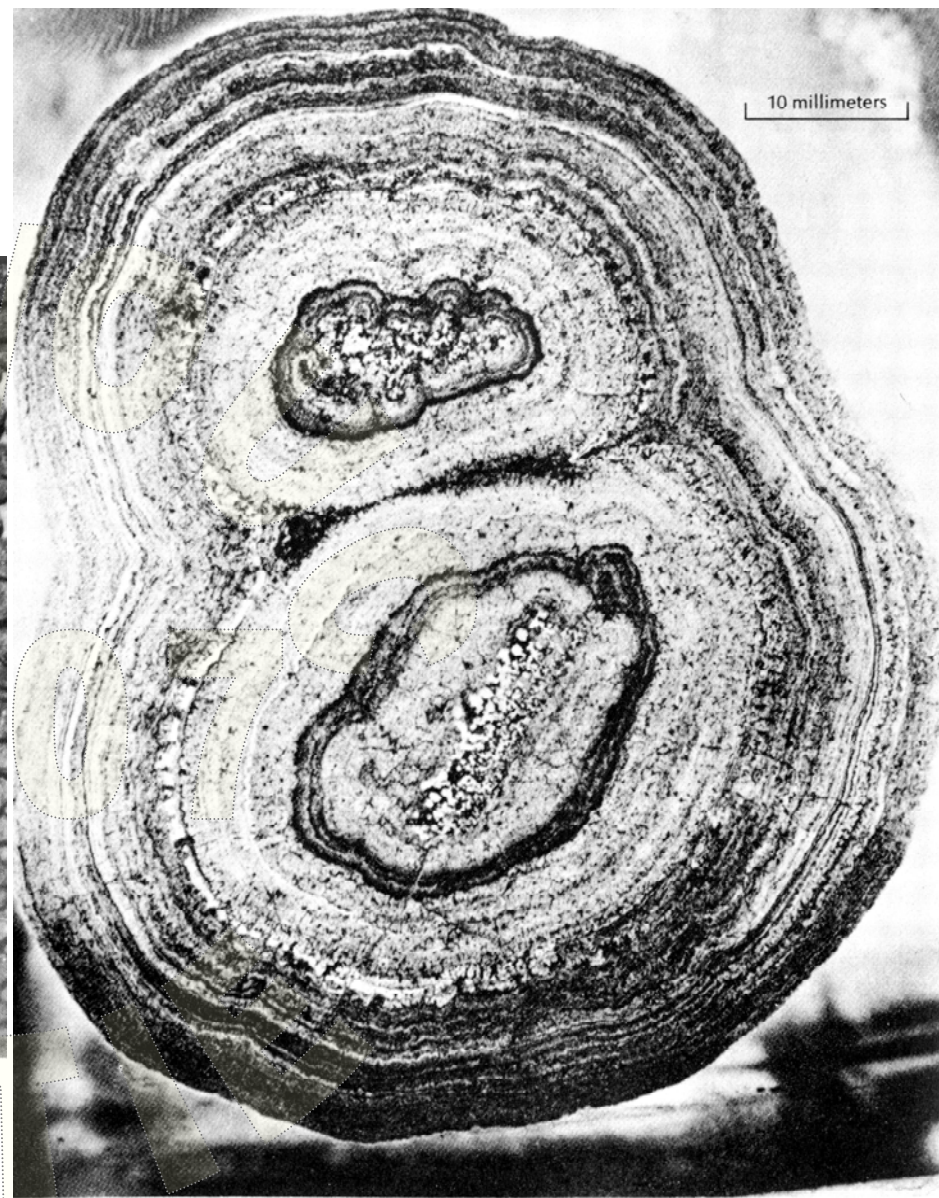
Alvin at the East Pacific rise



## 锰结核



**Figure 4-9** Photograph showing a field of unusually closely spaced manganese nodules on the bottom of the Antarctic Ocean. The mean nodule diameter is 6 centimeters.



**Figure 4-8** Photograph of a cross-sectional cut through a manganese nodule with two growth centers. The altered volcanic material at the centers nucleated the nodule's growth. Crude growth rings representing temporal changes in texture and composition can be seen. This nodule has a radius of 2 centimeters. At a growth rate of  $2 \text{ mm}/10^6 \text{ yrs}$ , it must have commenced about 10,000,000 years ago.



**Figure 1-20**

**Seasat A.** This satellite, which pioneered the remote sensing of the oceans, was launched July 7, 1978. It shorted out on October 10, 1978, but provided sufficient data to prove the value of satellite remote sensing to the study of the oceans. The ghostly image below *Seasat* is the HMS *Challenger*, which pioneered the study of the oceans from the ocean surface in 1872. (Courtesy of Jet Propulsion Laboratory, NASA.)

## 四、有关书籍

Sverdrup, H.U., Johnson, M.W., Fleming, R.H., 1942. *The Oceans*. 1087 pp.

Hill, M.H., E.D. Goldberg et al. (Editors), 1963. *The Sea*, Vol. 1-7(?). Wiley-Interscience, New York, pp.

Horn, R.A., 1965. *Marine Chemistry*.

堀部純男等, 1970。海水の化学。

Riley J.P., Skirrow, G., Chester R. (Editors), 1975-1989. *Chemical Oceanography*, 2nd ed., Vol. 1-10.

Broecker, W.S., 1974. *Chemical Oceanography*. 214 pp.

Broecker, W.S., Peng T.-H., 1982. *Tracers in the Sea*. 690 pp.

张正斌, 刘莲生, 1989。海洋物理化学。811页。

Libes, S.M., 1992. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. 734 pp.

Stumm, W., Morgan, J.J., 1996. *Aquatic Chemistry*, 3rd ed., 1022 pp.

Millero, F.J., 2005. *Chemical Oceanography*, 3rd ed., 522 pp.



## 四、有关书籍

**Riley J.P., Skirrow, G., Chester R. (Editors), 1975-1989. *Chemical Oceanography, 2nd ed.*, Academic Press, London. Vol. 1-10.**

Vol. 1. (606 pp, chapters 1-8): 一般方面, 主要、微量元素, 存在形式, 溶解气体

Vol. 2. (647 pp, chapters 9-15): CO<sub>2</sub>系统, 表面微层, 营养盐, 有机物, 颗粒碳, 初级生产力, 狭湾

Vol. 3. (564 pp, chapters 16-19): 还原环境, 污染, 放射性核素、海水分析化学

Vol. 4. (363 pp, chapters 20-23): 海水电分析化学, 海洋资源、药物

Vol. 5. (401 pp, chapters 24-29): 海洋沉积物、锰结核

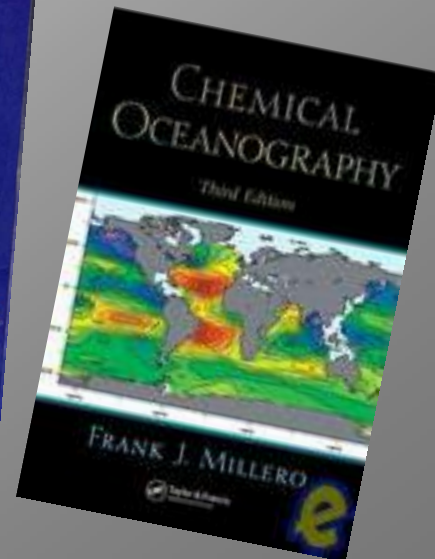
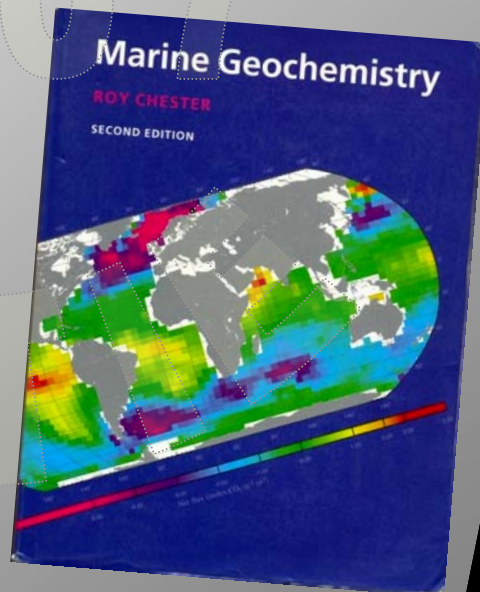
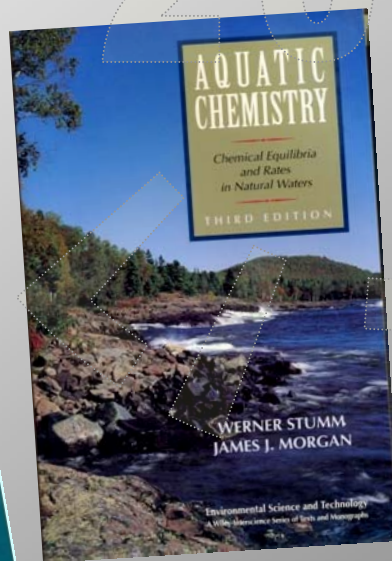
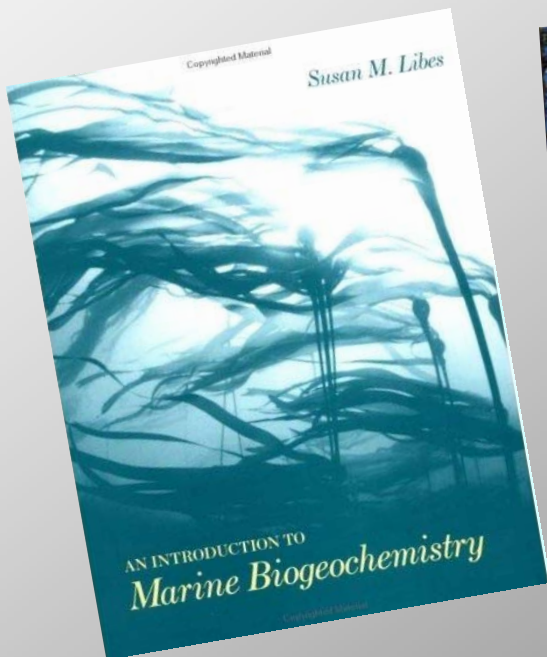
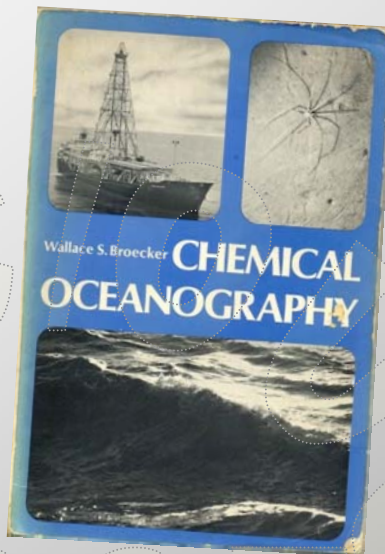
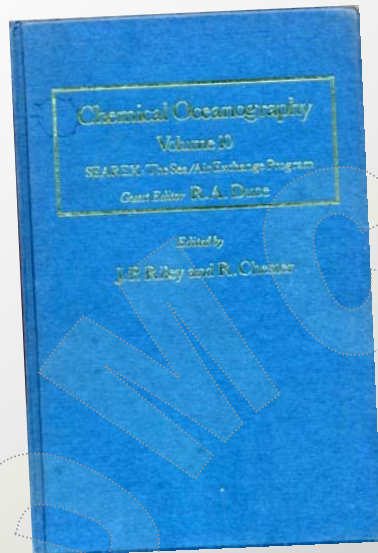
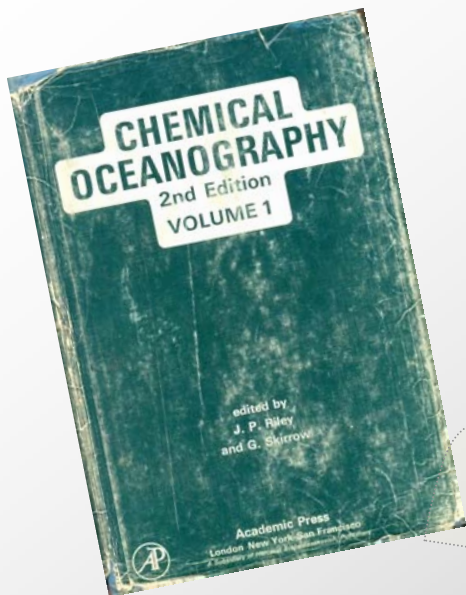
Vol. 6. (414 pp, chapters 30-34): 沉积物化学: 早期成岩、间隙水

Vol. 7. (508 pp, chapters 35-42): 悬浮物, 气溶胶, 年代学, 河口化学

Vol. 8. (398 pp, chapters 43-48): 压力, GEOSECS, 痕量元素, DSDP间隙水数据, 水热通量, 光化学

Vol. 9. (258 pp, chapters 49-51): 有机物生物地球化学, 海洋污染, 海水电分析化学

Vol. 10. (404 pp, chapters 52-63): 海—气交换、气溶胶, 表面微层痕量气体



## § 1-3 化学海洋学的研究意义和作用

- 作为自然科学的基础学科，其学习研究是科学发展的需要

- 人类经济活动中的作用

传统活动：渔业捕捞、海洋运输

新兴活动：海洋石油工业、海水化学资源、海底矿物资源、

海水养殖、海水淡化

- 海洋环境生态保护

教材第8—20页请自己阅读、

## 课程章节安排

第一章 绪论

第二章 海洋的形成和海水的组成

第三章 海洋中的常量元素

第四章 海洋中的气体

第五章 海洋中的营养盐

第六章 海洋中的微量元素

第七章 海洋中的有机物和海洋生产力

第八章 海洋中的同位素

第九章 海洋化学原理、模型理论和物质全球循环

第十章 海洋化学资源和可持续发展

结束语