



国家精品课程

沉积岩石学

Sedimentary Petrology

长江大学地球科学学院



选用教材

国家“十一五”规划教材

《沉积岩与沉积相》

何幼斌、王文广主编

石油工业出版社

2007年1月

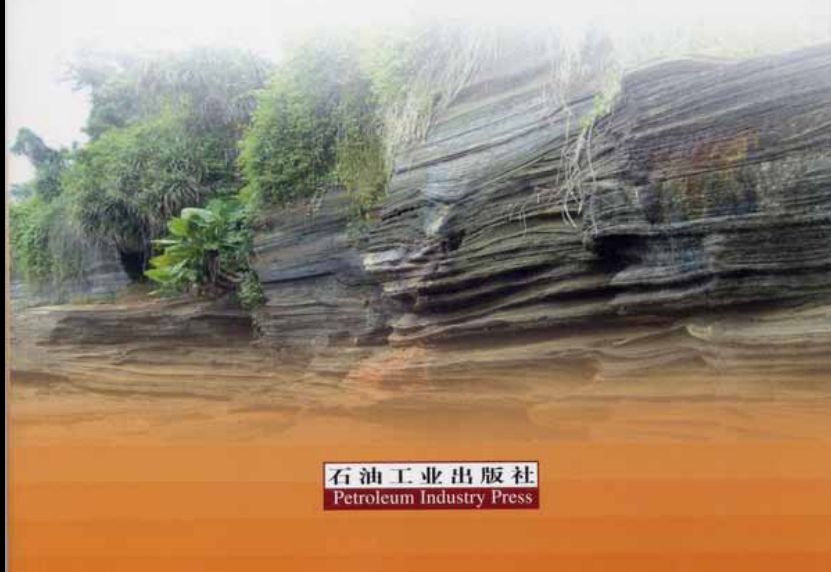


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

沉积岩与沉积相

何幼斌 王文广 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press



选用教材

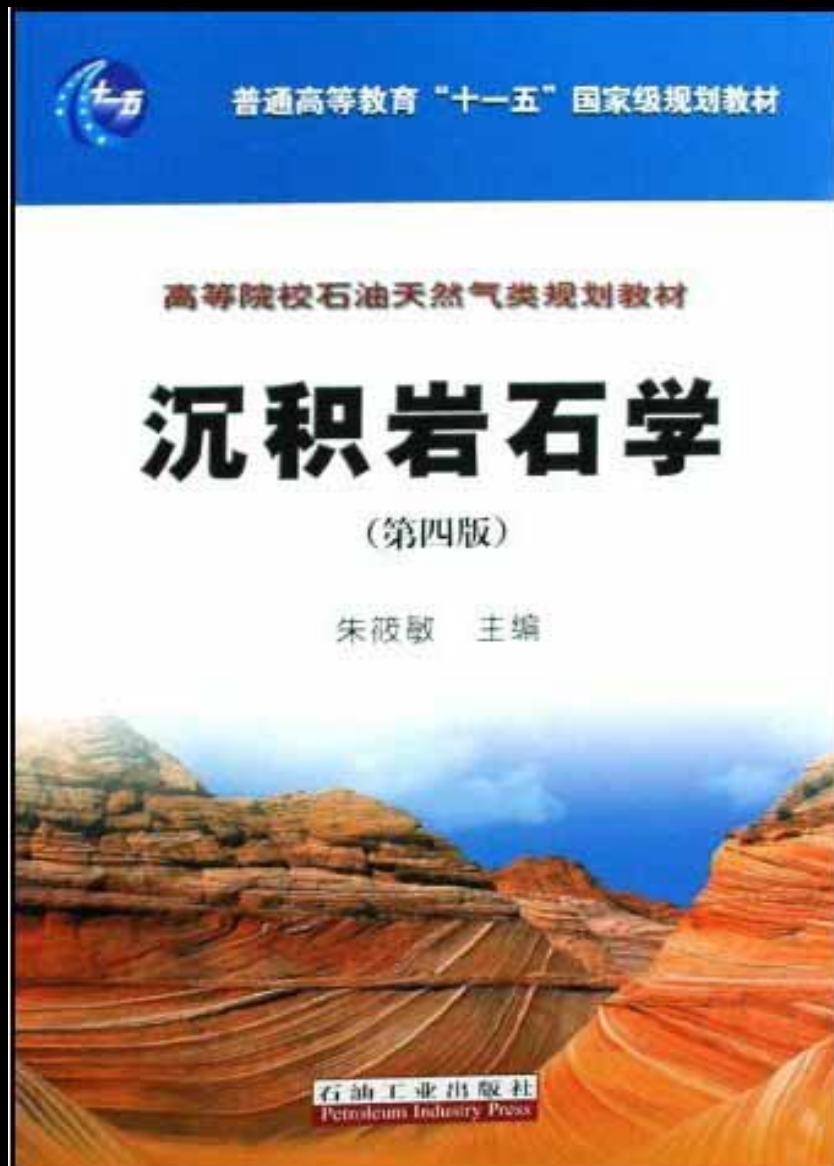
国家“十一五”规划教材

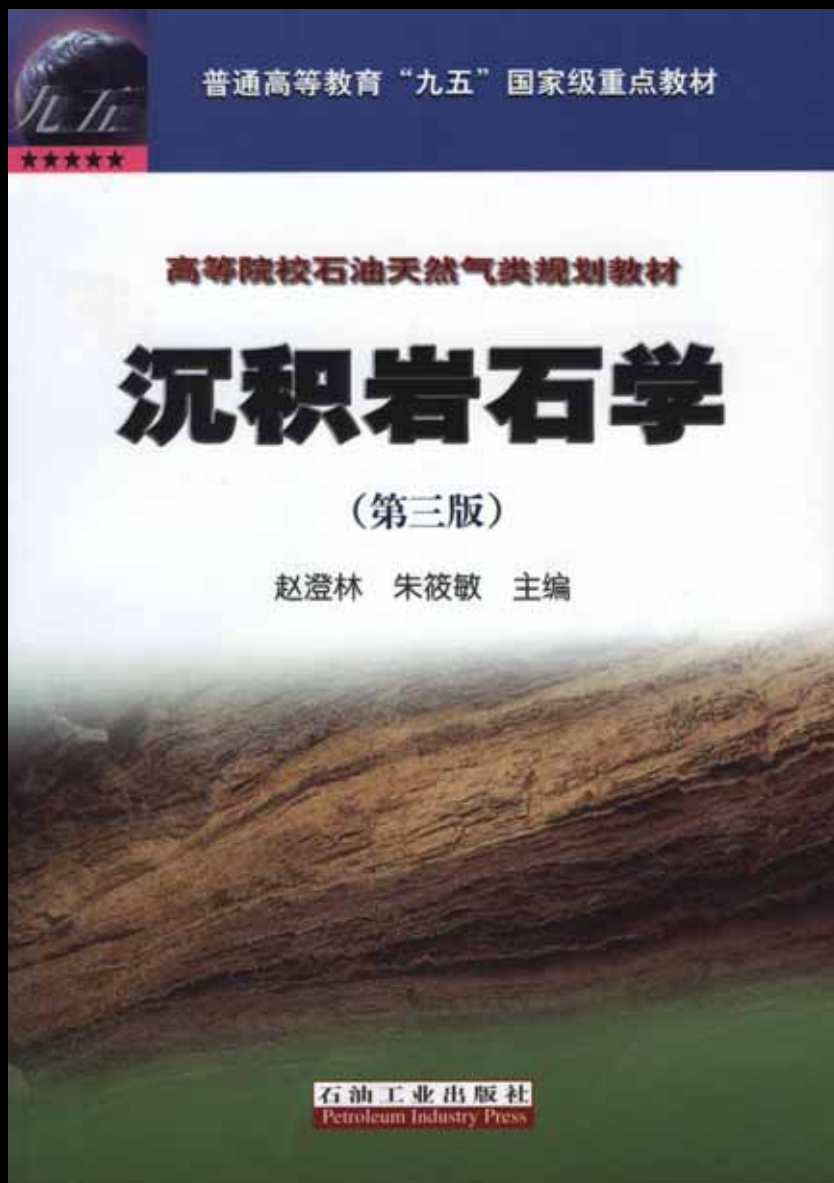
《沉积岩石学》

朱筱敏 主编

石油工业出版社

2008年10月





选用教材

《沉积岩石学》

(第三版)

赵澄林、朱筱敏主编

石油工业出版社

2001



选用教材

《沉积岩石学》

(第二版)

上、下册

冯增昭 主编

石油工业出版社

1986年





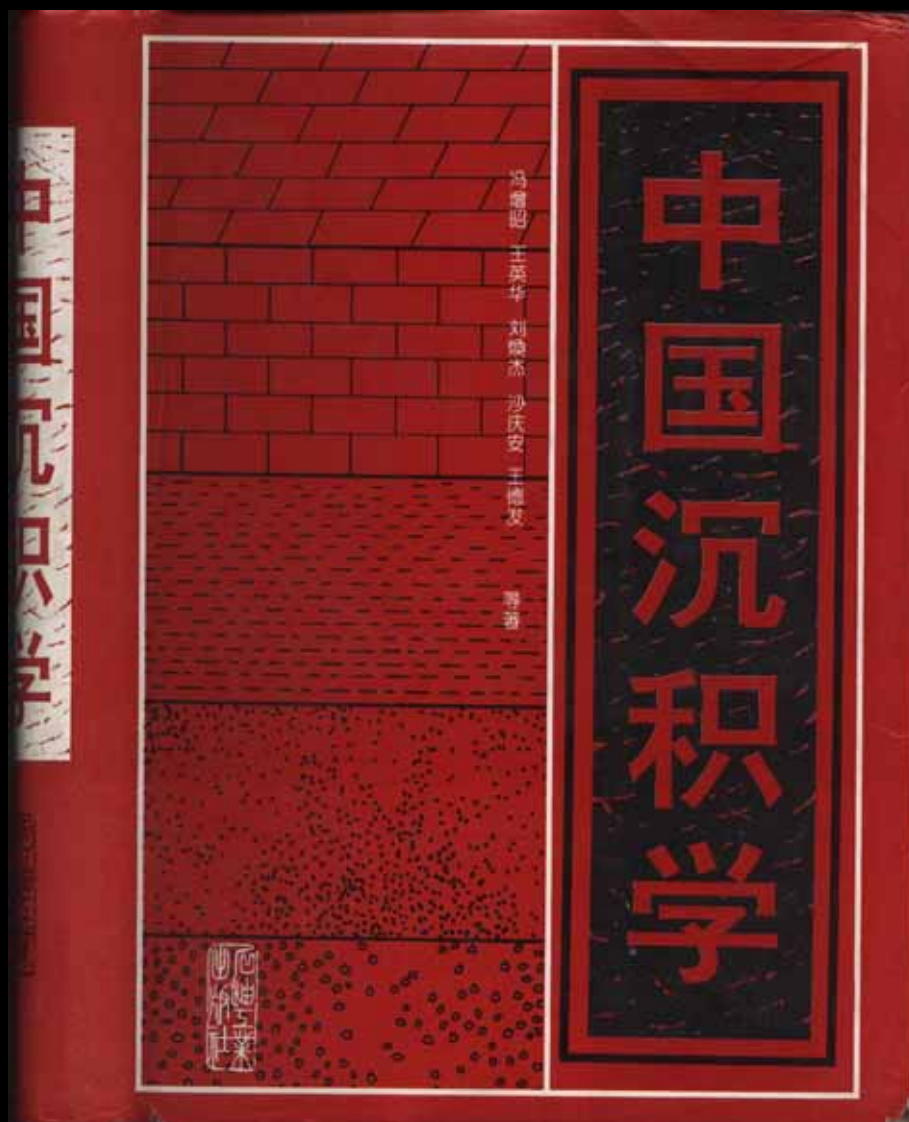
主要参考书之一

《中国沉积学》

冯增昭等主编

石油工业出版社

1994年





● 高等院校地质专业类教学参考用书

碎屑岩系油气储层沉积学

于兴河 编著

石油工业出版社

主要参考书之二

《碎屑岩系油气储
层沉积学》

于兴河 编著

石油工业出版社

2002年



其他参考书

1. 《沉积岩石学》，刘宝珺主编，地质出版社，1982。
2. 《沉积岩石学》，曾允孚、夏文杰主编，地质出版社，1986。
3. 《碎屑岩沉积相及沉积环境》，孙永传、李蕙生编，地质出版社，1986。
4. 《碳酸盐岩沉积相及沉积环境》，贾振远、李之琪编，地质大学出版社，1989。
5. 《Sedimentary Environments and Facies》，Reading H G, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1986.
6. 《Sedimentary Petrology》（英文辅助教材），何幼斌编，江汉石油学院，2003。



第一章 绪论 (Introduction)

第一节 沉积岩和沉积岩石学

第二节 历史、现状及发展趋势



第一节 沉积岩和沉积岩石学

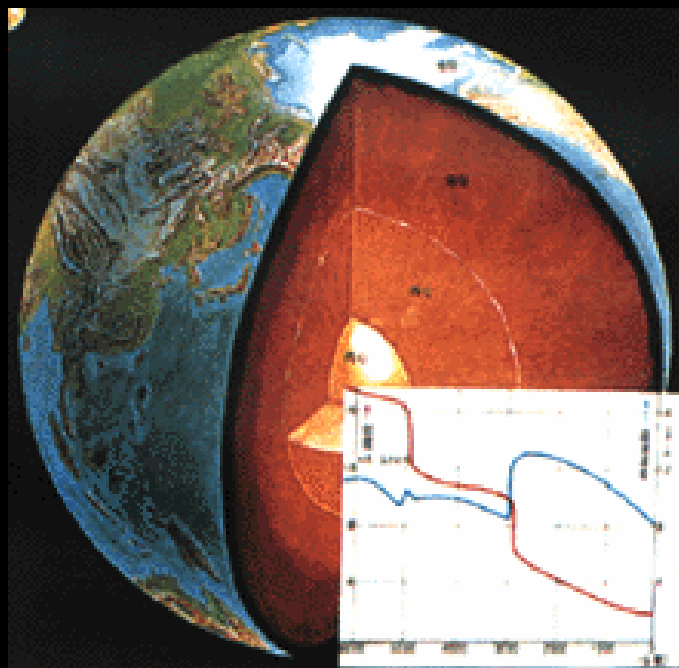
一、沉积岩 (sedimentary rock)

1. 基本概念

沉积岩是组成岩石圈的三大类岩石（岩浆岩、变质岩、沉积岩）之一。它是在**地壳表层**的条件下，由**母岩的风化产物**、**火山物质**、**有机物质**、**宇宙物质**等沉积岩的原始物质成分，经过**搬运作用**、**沉积作用**以及**沉积后作用**而形成的一类岩石。



地壳表层指大气圈的下层、水圈和生物圈的全部以及岩石圈的上层，称“沉积岩生成圈”或“沉积圈”。



地球系统的组成 (东京大学Asahiko Taira)



地壳表层特征

◆ **温度：“常温”**， -70°C （北极圈维尔霍扬斯克） $\sim 85^{\circ}\text{C}$ （非洲中部）

◆ **压力：“常压”**， $1\sim 20\text{atm}$ ，海平面至200m深的浅海底（？）。

◆ **水和大气的作用**：水和大气是母岩风化的主要营力，也是母岩风化产物以及火山物质等搬运和沉积的主要介质；绝大多数的沉积岩都是在水体中沉积的。

◆ **生物作用和生物化学作用**：沉积岩形成的重要因素，有的沉积岩是由生物遗体组成的一生物岩，如生物礁，石灰岩和煤等。

◆ **重力作用**：有一定的作用甚至很大的作用，如重力流沉积岩主要是在重力作用下形成的。



●母岩（source rock）——主要是指早于该沉积岩而存在的岩浆岩、变质岩和较老的沉积岩。

●从最根本的意义上说，从地球发展历史的角度来看，沉积岩的母岩应该是岩浆岩。



沉积岩是在地壳表层的温度和压力条件下，在水、大气、生物、生物化学以及重力的作用下，主要由母岩的风化产物，同时也有火山物质、生物及宇宙物质，大都经过搬运作用、沉积作用以及沉积后的成岩作用，所形成的岩石。



2. 沉积岩的分布

◆ **面积**：陆地面积的大约 $3/4$ 为沉积岩所覆盖，而海底的面积几乎全部为沉积物所覆盖。

◆ **体积**： $V=4.4$ 亿 km^3 （Pettijohn, 1975），约占岩石圈体积的 5% 。

◆ **厚度**：变化很大， $0\sim$ 几十公里，地槽区厚，地台区薄。如高加索地区，仅 $Mz+Cz = 28\sim 30\text{km}$ 厚。其平均厚度为 735m （Pettijohn, 1975）。

◆ **类型**：自然界分布最多的是粘土岩（页岩、泥岩），其次是砂岩和石灰岩，它们约占沉积岩总量的 95% 以上。



3. 沉积岩的基本特征

(1) 矿物成分的特点:

沉积岩中已发现的矿物达160种以上，但常见的只有20余种。而在一种岩石中主要的（造岩）矿物只有1~3种，通常不超过5~6种。

Quartz



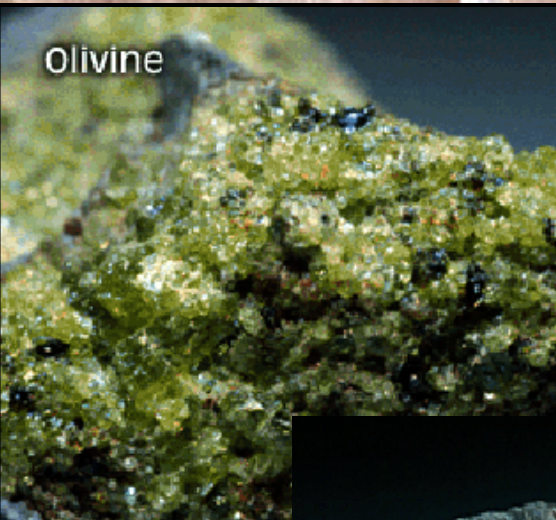
Feldspar



Calcite (calc spar)



Olivine



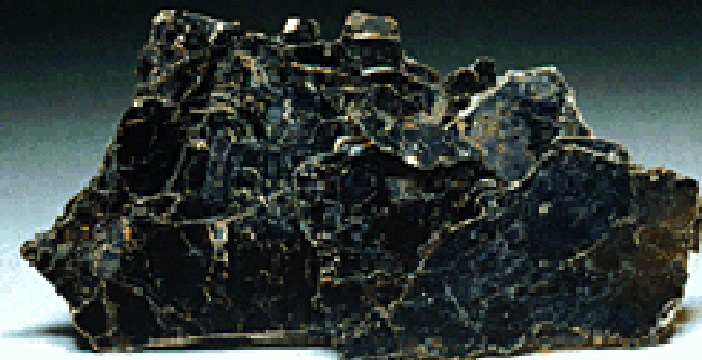
Hornblende



Augite
Ferromagnesian



Biotite





沉积岩和岩浆岩的平均矿物成分（百分含量）

矿 物	沉 积 岩		岩浆岩（65%花岗岩+35%玄武岩）
	利思与米德（1915）	克里宁（1948）	
橄 榄 石	——	——	2.65
普通角闪石	——	——	1.60
普 通 辉 石	——	——	12.90
长 石	15.57	7.50	49.29
石 英	34.80	31.50	20.40
云母+绿泥石	20.40	19.00	7.76
氧化铁矿物	4.10	3.00	4.6
玉 髓	——	9.00	——
粘 土 矿 物	9.22	7.50	——
碳酸盐矿物	13.63	20.50	——
石 膏	0.97	——	——
碳 质	0.73	——	——
其 它	0.58	3.00	0.88

沉积岩和岩浆岩的矿物成分有继承性也有差异性



(2) 化学成分的特点:

沉积岩和岩浆岩的平均化学成分数据十分接近，这是因为沉积岩基本上是由岩浆岩的风化产物所组成，但二者仍有若干差别。



沉积岩和岩浆岩的平均化学成分（按氧化物百分含量）

氧化物	沉 积 岩			岩浆岩 (克拉克, 1924)
	克拉克(1924)	克里宁(1941)	舒科夫斯基(1952)	
SiO ₂	57.95	58.16	59.17	59.12
TiO ₂	0.57	0.94	0.77	1.05
Al ₂ O ₃	13.39	15.93	14.47	15.34
Fe ₂ O ₃	3.47	8.58	6.32	3.08
FeO	2.08		0.99	3.80
MnO	——	0.64	0.80	0.12
MgO	2.65	3.58	1.85	3.49
CaO	5.89	6.26	9.90	5.08
Na ₂ O	1.13	1.85	1.76	3.84
K ₂ O	2.86	2.85	2.77	3.13
P ₂ O ₅	0.13	0.26	0.22	0.30
ZrO	——	——	——	0.039
Cr ₂ O ₃	——	——	——	0.055
CO ₂	5.38	——	——	0.102
H ₂ O	3.23	——	——	1.15
其它	——	——	——	0.304
合计	98.73	99.01	99.02	100.00

继承性决定了岩浆岩与沉积岩有近似的化学成分，地壳表层条件决定了沉积岩的化学成分含量不同于岩浆岩。



（3）结构构造的特点：

沉积岩的结构类型和特点取决于其形成方式

由机械搬运和机械沉积形成的沉积岩具有：

“碎屑结构”（由机械破碎的陆源碎屑组成的岩石）

“火山碎屑结构”（由火山喷发的碎屑组成的岩石）

“泥状结构”（由化学风化形成的陆源粘土组成的岩石）

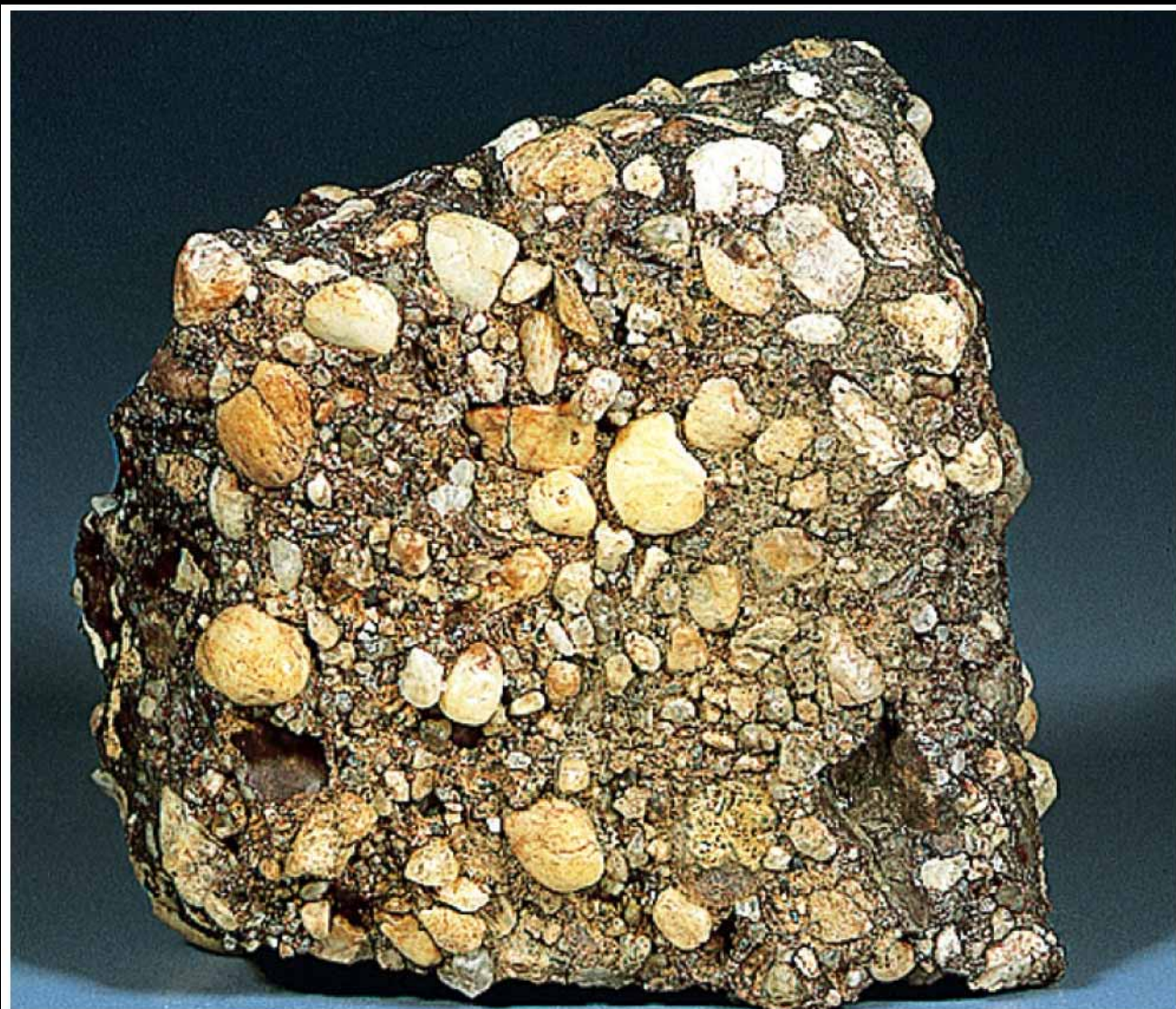
由机械作用形成的内源岩具有“粒屑结构”

由化学和生物化学作用形成的岩石具有“结晶粒状（晶粒）结构”

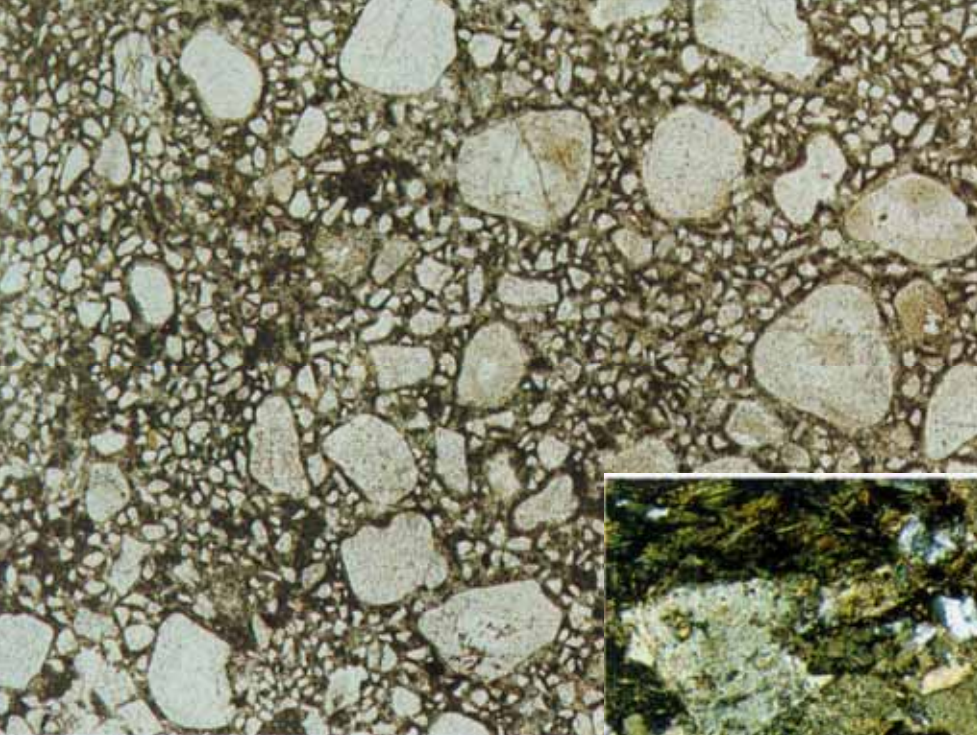
由生物作用形成的岩石具有“生物结构”



“碎屑结构”（由机械破碎的陆源碎屑组成的岩石）

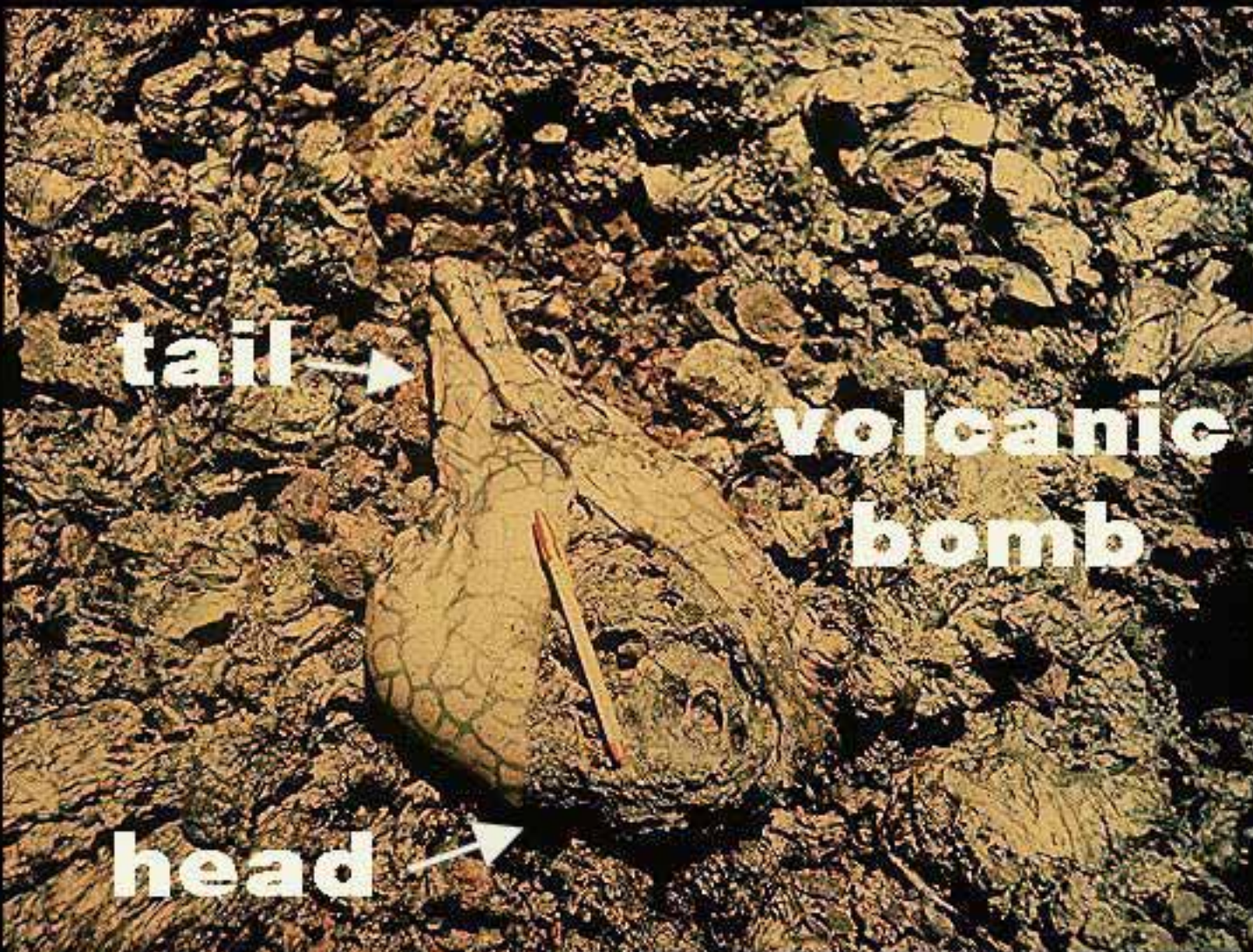


Conglomerate（砾岩）





“火山碎屑结构”（由火山喷发的碎屑组成的岩石）





“泥状结构”（由化学风化形成的陆源粘土组成的岩石）

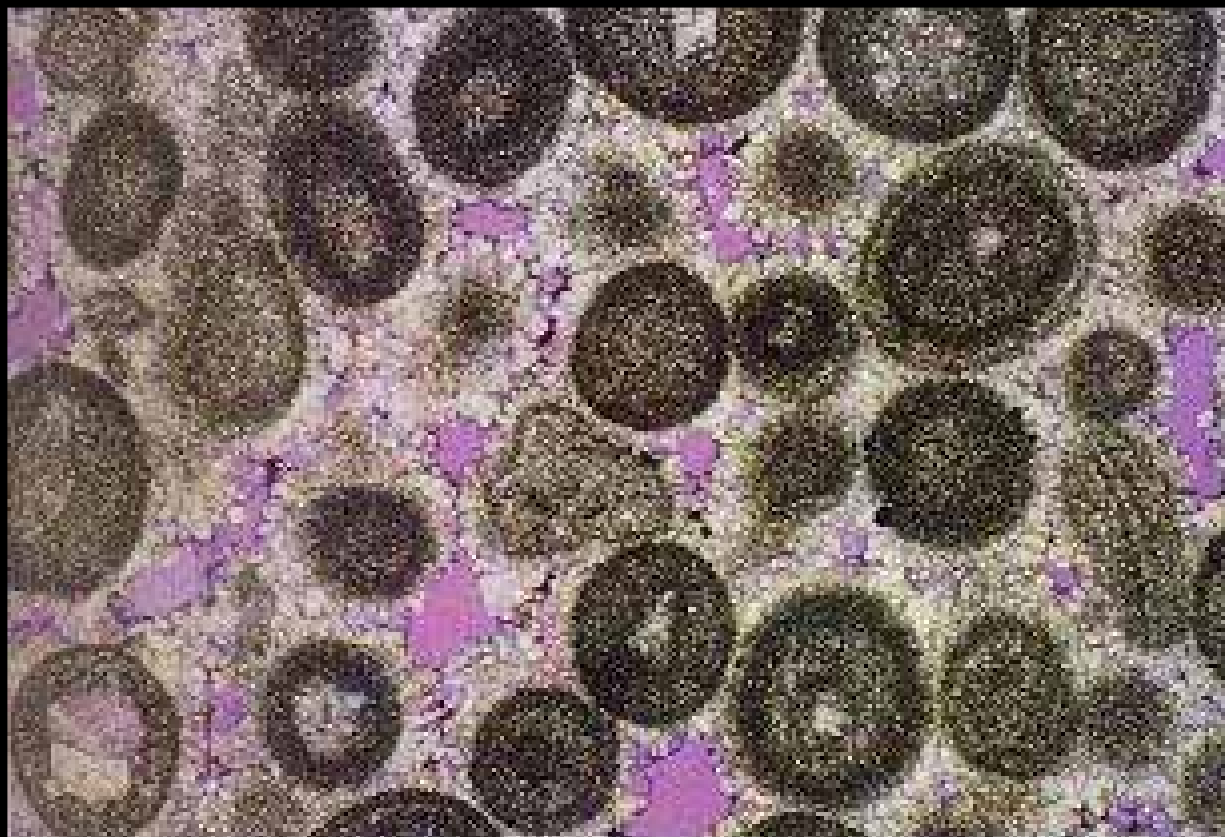


油页岩纹层。

下第三系沙河街组，中原油田卫20井2692.0m。



由机械作用形成的内源岩具有“粒屑结构”



岩溶
亮晶鲕粒灰岩 粒间溶孔，炭质沥青
充填， $\Phi=3.27\%$ ， $K=9.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。正
交偏光（+试板）， $\times 25$ 。
三叠系飞仙关组，四川省邻水邻北2井
2458.2~2458.6m。



由化学和生物化学作用形成的岩石具有“**结晶粒状** **(晶粒) 结构**”



白云石化
细晶云岩 晶体完好，晶间无处不溶，形成大量晶间溶孔，个别溶孔中有石英晶体充填（照片右下方）。白云石自形程度高、洁净、粗大，是晚期交代的显著标志。M=10%，蓝色铸体，单偏光， $\times 60$ 。
奥陶系，宁夏天环天2井4810.0m。



奥陶系震旦角石中的方解石结晶



由生物作用形成的岩石具有“生物结构”



海绵骨架岩。串管海绵具原地生长生态，蓝绿藻缠藻结，包壳现象清晰，格架间由二个世代的白云石充填，礁核。
上二叠统长兴组，湖北省利川县见天坝四川盆地东缘（七跃山背斜带）





极大部分沉积物是在流体（水、空气）中进行搬运和沉积的，因此在**沉积岩中常常具有成层构造、层内构造以及层面构造。**

特别是**层理构造**，在岩浆岩中除少数情况（层状火成岩）外很少见到，所以**层理构造是沉积岩的基本特征构造。**

此外，各种**层面构造、缝合线、叠锥、叠层构造**等也是沉积岩所特有的。



层理构造





层理构造



层面构造



层理构造



火成岩的构造

块状构造 (massive structure)

斑杂构造 (taxitic structure)

球状构造 (orbicular structure)

气孔构造 (fumarolic structure)

杏仁构造 (amygdaloidal structure)

柱状节理构造 (columnar joint structure)

枕状构造 (pillow structure)



4. 沉积岩与矿产

据国际地质学会统计资料

- ① 世界资源总储量的75~85%是沉积和沉积变质成因的。
- ② 石油、天然气、煤、油页岩等可燃性有机矿产以及盐类矿产几乎均为沉积成因。
- ③ 铁矿的90%、铅锌矿的40~50%、铜矿的25~30%、锰矿和铝矿的绝大部分以及其它许多金属和非金属矿产均为沉积或沉积变质成因的。

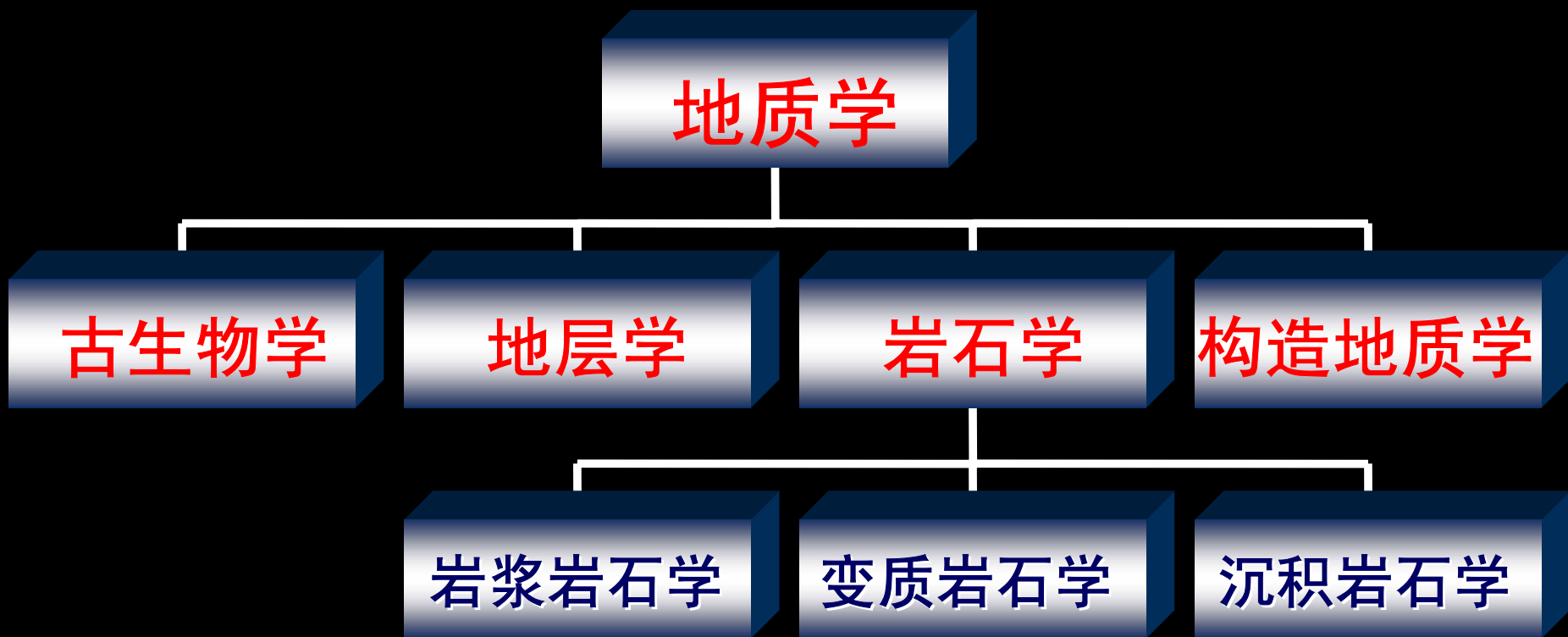


二、沉积岩石学 (sedimentary petrology)

1. 概念

沉积岩石学是研究沉积岩（物）的物质成分、结构构造、分类及其形成作用以及沉积环境和分布规律的一门科学。

沉积学（sedimentology）是在沉积岩石学基础上逐渐发展起来的一个新的完整的独立的地质学科，是研究沉积物和沉积岩的成分、成因与形成机制、沉积环境的科学。



沉积岩石学 $\in$ 岩石学的范畴

沉积学基本上可以与岩石学并列



2. 任务

(1) 全面研究沉积岩（物）的物质组分、结构、构造、分类命名、岩体产状和岩层之间的接触关系，为阐明其成因和分布规律提供依据。

(2) 探讨沉积岩的形成机理，包括风化作用、搬运作用、沉积作用及沉积期后变化的机理。特别是要研究沉积岩（物）及其中的有用矿产的形成机理、富集和储存规律。



(3) 进行沉积环境和沉积条件分析，根据沉积岩的原生特点以及时空分布和变化特点，用以恢复沉积岩形成时的古气候条件、古地理环境以及大地构造环境。



3. 研究意义

(1) 对各种矿产资源的工业发展起着很大的推动作用

① 沉积圈蕴藏着丰富的矿产和能源资源

② 有些沉积岩本身就是多种工业的主要原料或辅助材料

③ 沉积物和沉积岩是重要的地下蓄水层



(2) 沉积岩在地表分布广泛，在地质历史时期中延续的时间极长，成为研究地球发展和演化历史的重要材料。

沉积岩（含沉积物）是地球上出露最多的岩石。“均变论”或“现实主义原理”以“**将今论古**”作为其认识论的基础，但在当代地球上，人们所能目睹并身历其境的地质作用过程并不多。**只有沉积环境和沉积作用，才是人类认识自然的天然实验室。**因此，在地质学的发展历史中，**沉积岩石学一直占有十分重要的地位。**



4. 研究方法

(1) 野外研究

❶ 常规方法：系统测制沉积相剖面， 并进行区域相剖面的分析和对比





②其它方法：遥感技术、钻探技术、深海钻探及采取长岩心、测井技术、反射地震波谱（地震地层学、层序地层学）、航空摄影或地面摄影用的测雷达以及水下测视声纳等。



中国新疆及中亚遥感地图



综合大洋钻探计划 (IODP)



(2) 室内研究

① 最基本的方法： 显微镜薄片法





②常用的其他方法： 粒度分析、重矿物分析、不溶残渣分析、热分析、化学分析、光谱分析、阴极发光显微镜、同位素分析、扫描电镜、X射线衍射分析、图像分析、电子探针、原吸收光谱、红外光谱、气相色谱和古地磁等。



本节要点：

- 沉积岩的概念（重点）
- 与岩浆岩相比，沉积岩有哪些特征
- 沉积岩石学的概念



第二节 沉积岩石学的历史、 现状与发展趋势



一、历史与现状 (History and present state)

◆ 人类对于沉积岩的认识和利用，早在石器时代就开始了。

◆ 18世纪下半叶，近代地质学建立的初期，发生了水成学派（德国Werner A. G., 1749~1817）与火成学派（英国Hutton J., 1726~1797）的大论战。

◆ 19世纪后半叶，沉积岩石学作为一门独立的地质学科出现。1850年英国地质学家索比（Sorby, 1826~1908）首先使用显微镜研究沉积岩，沉积岩的研究由宏观—微观，这是一个革命性的的发展。



- ◆ 20世纪上半叶，沉积岩石学有了较全面的发展，出现了一系列沉积岩石学的专著。
- ◆ 1913年，Hatch的《沉积岩石学》，标志着沉积岩石学作为一门独立的地球科学分支学科的诞生。
- ◆ 1922年，Milner所著《沉积岩石学导论》问世。
- ◆ 1925年，Twenhofel主编的《沉积作用教程》问世，6年后《沉积作用教程》再版，以后又多次重版。
- ◆ 1949年，Pettijohn编写了《沉积岩》。



◆ 20世纪50年代，在沉积岩石学领域里有两个重大的甚至可以说是革命性的进展。

第一个进展是Kuenen and Milorini (1950) 关于浊流学说的提出。

第二个进展是Folk (1959, 1962) 关于碳酸盐岩中异化颗粒和异化沉积观点以及石灰岩新分类方案的提出。



◆ 20世纪60~70年代以后出现的风暴岩和风暴流沉积、等深流沉积、震积作用以及90年代出现的内波和内潮汐沉积等学说，都是继浊流沉积之后的重大进展。

◆ 板块构造观点与沉积作用的结合对沉积盆地分析出现一个新的热潮。

◆ 国际性和区域性的学术讨论会日趋频繁。



◆ **IAS** (International Association of Sedimentologists, 总部设在荷兰)

◆ **SEPM** (Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 美国)

◆ 国际性和区域性的沉积岩石学专业刊物和总结性专著大量出现

《Journal of Sedimentary Petrology》

《Sedimentology》

《Sedimentary Geology》

二、我国沉积岩石学的历史与现状



北宋·沈括
(1031~1095)

《梦溪笔谈》记载：沈括出使辽国经过太行山麓时，见山壁中间有由卵石和螺壳组成的堆积层，便断定这里是古时的海边。只有在海滨环境，才会出现海洋生物的贝壳，而浑圆的卵石，必然是波浪长久冲刷的结果。因此，如今距离海岸千里之遥的太行山一带，在过去曾是茫茫大海。沈括进一步推断，现在太行山与大海之间的华北平原，是由黄河、漳河等河流携带着混浊的泥沙，年复一年地向东沉积而成的。



我国的沉积岩石学及沉积学起步较晚， 是在国外沉积岩石学及沉积学的影响下才逐步发展起来的。

- ◆ 1949年以前， 主要学习英美50年代以前的著作， 成果不大。
- ◆ 1949以后（解放初期）， 主要学习苏联
- ◆ 1961年北京石油学院岩矿教研室编写出版了我国第一本沉积学方面的教科书——《沉积岩石学》
- ◆ 20世纪70年代初期， 一些学者开始翻译引进国外先进的沉积学专著



◆ 20世纪70年代后期开始，我国沉积学才开始快速发展并进入国际沉积学界。

◆ 1979年召开了第一次全国性沉积学学术会议，成立了中国矿物岩石地球化学学会沉积学会和中国地质学会沉积地质专业委员会

◆ 1995年成立了中国矿物岩石地球化学学会岩相古地理专业委员会



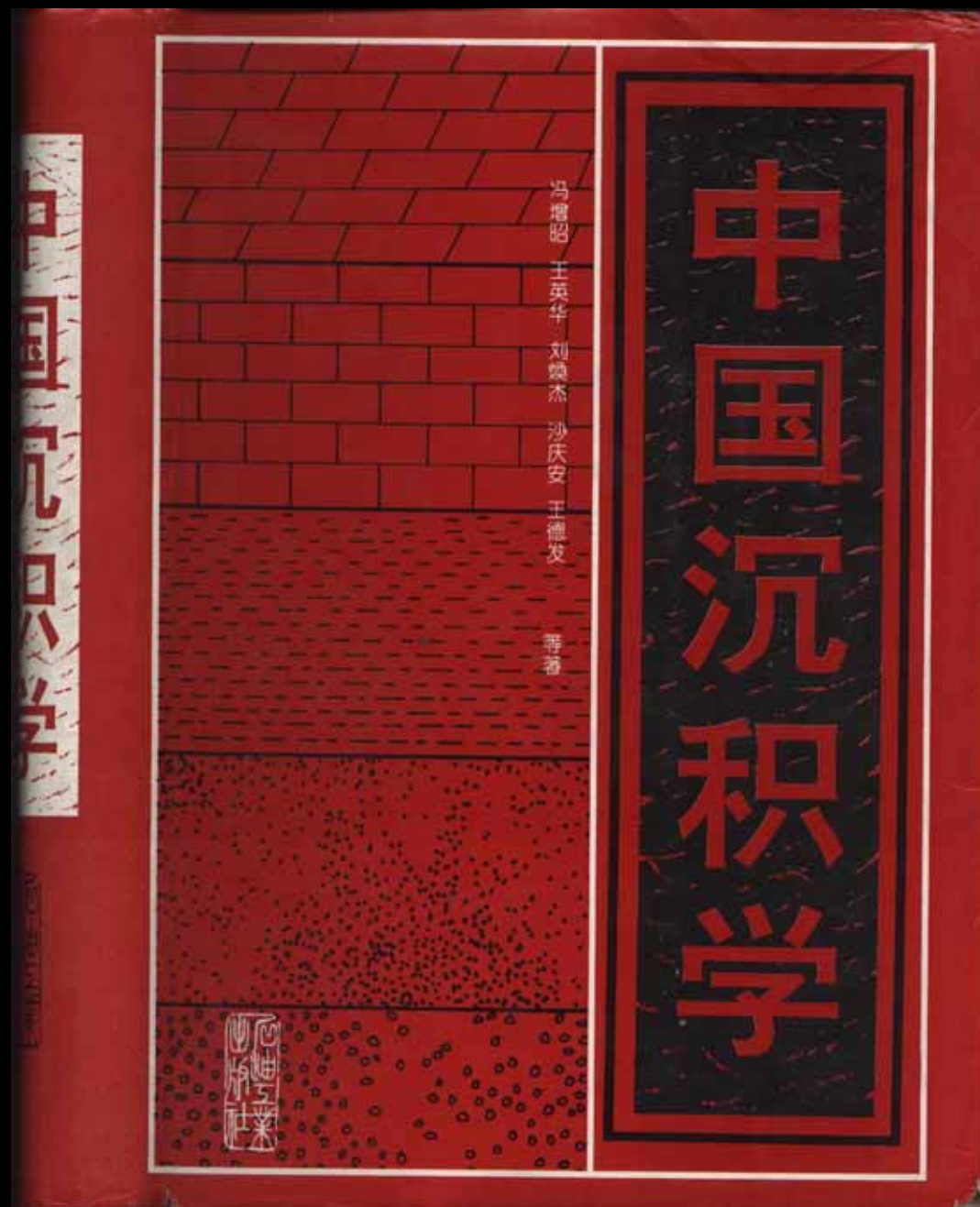
- ◆ 1988年在我国召开了国际沉积矿产学术会议
- ◆ 2001年在武汉召开了第一届中国沉积学大会
- ◆ 至今已召开了九届全国性古地理学及沉积学学术会议



- ◆ 1983年正式出版了 《沉积学报》
- ◆ 1999年正式出版了 《古地理学报》
- ◆ 成都地质矿产研究所主办的 《岩相古地理》（现为 《沉积与特提斯地质》）
- ◆ 出现了一大批沉积岩石学和沉积学方面的教科书和专著

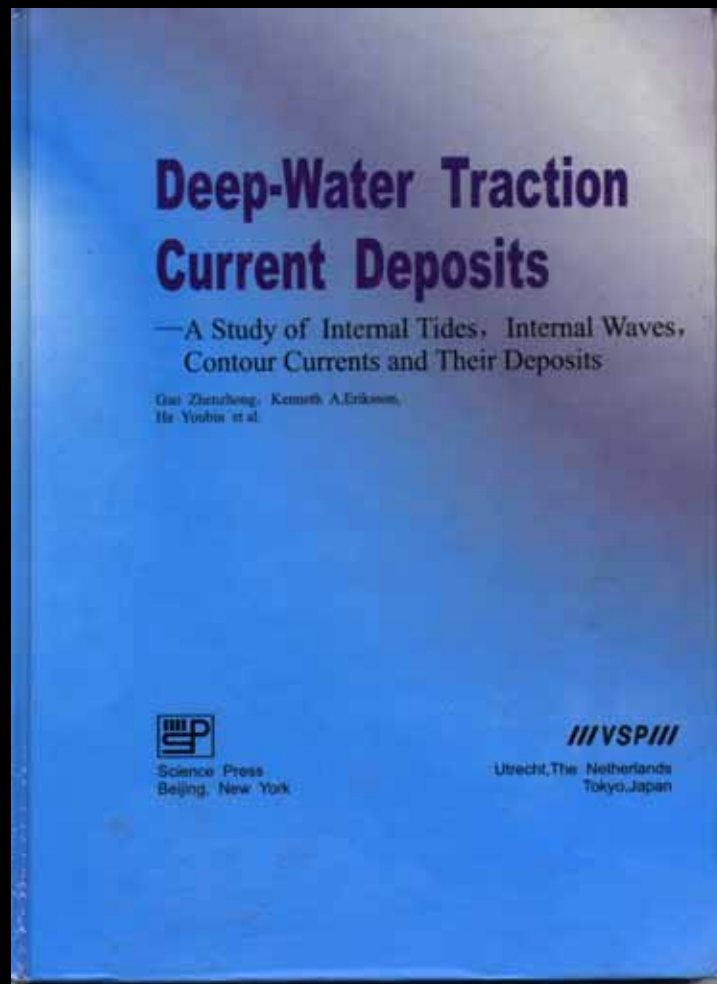
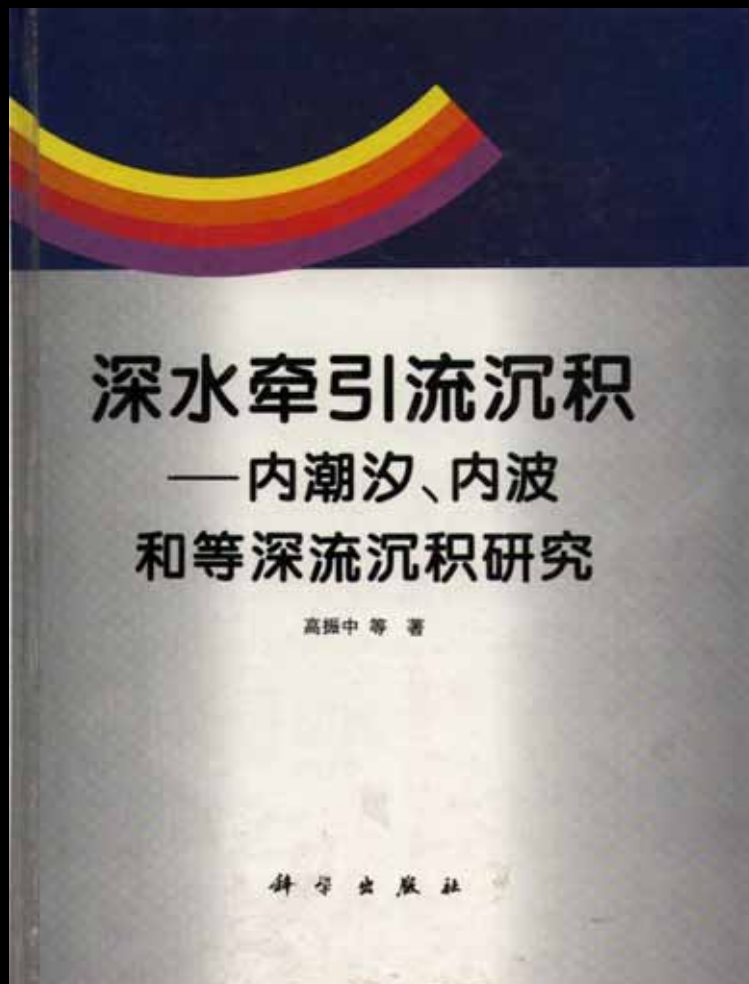


1994年出版的 《中国沉积学》





第一部系统论述深水牵引流的专著





三、发展趋势 (trend of development of sedimentary petrology)

1. 充实和发展岩类学
2. 扩大和完善沉积作用机理研究
3. 加强成岩作用研究
4. 多学科的交叉渗透
5. 着眼于全球，进行国际合作研究
6. 面向人类生存与环境问题



本节要点：

- 沉积岩石学发展简史（了解）