

中国科学院 地质研究所集刊

第 4 号

科学出版社

45433

中国科学院 地质研究所集刊

SY33/12

第 4 号

科学出版社

1990

内 容 简 介

本集刊汇集了四篇沉积学方面的研究论文。第一篇是作者在参阅国内外大量文献资料并对我国几个典型沉积碳酸盐地区进行详细工作的基础上撰写的。系统地介绍了各国学者有关白云石化作用的各种模式及控制因素,并对我国东部若干白云岩地层的特征、成因提出了自己的看法。第二、三篇是作者紧密与生产相结合,对苏北盆地的油气聚集、地球化学、生油特征及有希望的前景地区所进行的全面分析与总结。第四篇是对现代潮坪的研究。这几篇论文在研究方法、理论探讨和实际应用方面有其独到之处,可供地质专业人员和有关经济技术人员阅读参考。

中国科学院 地质研究所集刊

第 4 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1990 年10月第 一 版	开本:787×1092 1/16
1990 年10月第一次印刷	印张:12 1/4 插页:8
印数:001—560	字数:282 000

ISBN 7-03-001856-7/P·360

定价 15.30 元

目 录

白云石化作用与中国东部白云岩地层.....	潘正莆 李菊英 (1)
苏北盆地沉积地质演化与油气聚集.....	田兴有
黄家宽 陈景山 陈瑞君 柯保嘉 李 琍 孟庆华 车春兰 张绍升 (99)	
苏北盆地地球化学和生油研究.....	李任伟 林大兴 黄宛平 干一女 (145)
北海潮坪沉积特征.....	陈昌明 汪寿松 (169)

Contents

Dolomitization and dolomite stratigraphy of Eastern China	
..... Pan Zhengpu and Li Juying (1)	
Sedimentary-geological evolution and hydrocarbon accumulation of North Jiangsu Basin.....	
.....Tian Xingyou, Huang Jiakuan, Chen Jingshan, Chen Ruijun, Ke Baojia, Li Li, Meng Qinghua, Che Chunlan and Zhang Shaosheng (99)	
Geochemistry and petroleum generation of North Jiangsu Basin	
.....Li Renwei, Lin Daxin, Huang Wanpin and Gan Yinü (145)	
Characteristics of tidal flat sedimentation along the North Sea Coast	
.....Chen Changming and Wang Shousong (169)	

白云石化作用与中国东部白云岩地层

潘正甫 李菊英

白云岩是一种非金属矿产资源,又可作为石油与天然气的储层和有色金属矿床的母岩,还经常与蒸发岩类共生,所以具有较重要的经济意义,非常引人注目。

本文根据截止 1986 年的文献,力图概括近 30 年来现代白云石的研究成果,评述各种白云石化作用模式及控制因素,最后根据我们多年研究的心得,综述我国东部若干白云岩地层的特征,并对其成因提出自己的看法。

早在 20 世纪初地质学者就发现碳酸盐岩地层的镁含量随地质时代变新而减少(图 1 和 2)。从前寒武纪到新生代的各时代地层剖面中几乎都出现白云岩。在晚前寒武纪和早古生代的地层剖面中,白云岩是最主要的组成部分,中生代以后白云岩明显减少(图 3)。在地质记录中石灰岩和白云岩相对比例的时代分布变化如下 (Tucker, 1981):

时代	石灰岩/白云岩
前寒武纪	1/3
古生代	3/1
中生代	10/1

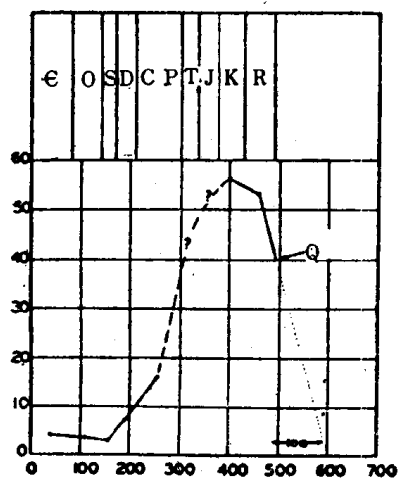


图 1 北美地台 Ca-Mg 比率随时间的变化 (据 Chilingar, 1956)

纵坐标: Ca/Mg 平均值;横坐标: 时代 (Ma) 自前寒武纪始

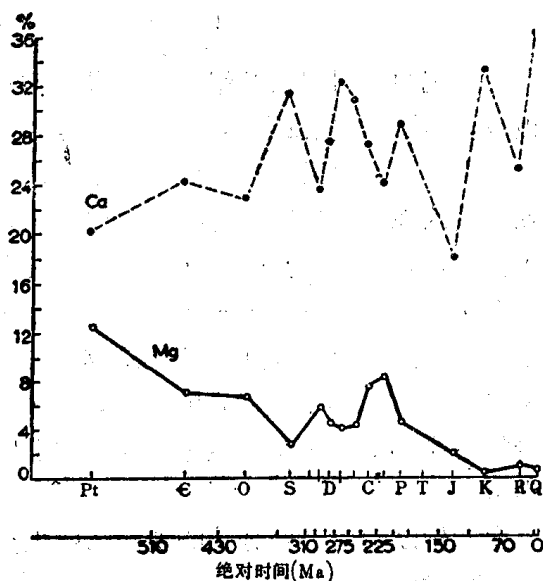


图 2 俄罗斯地台碳酸盐岩 Ca, Mg 平均含量(重量%)随时间的变化(据列兹尼科夫, 1959)

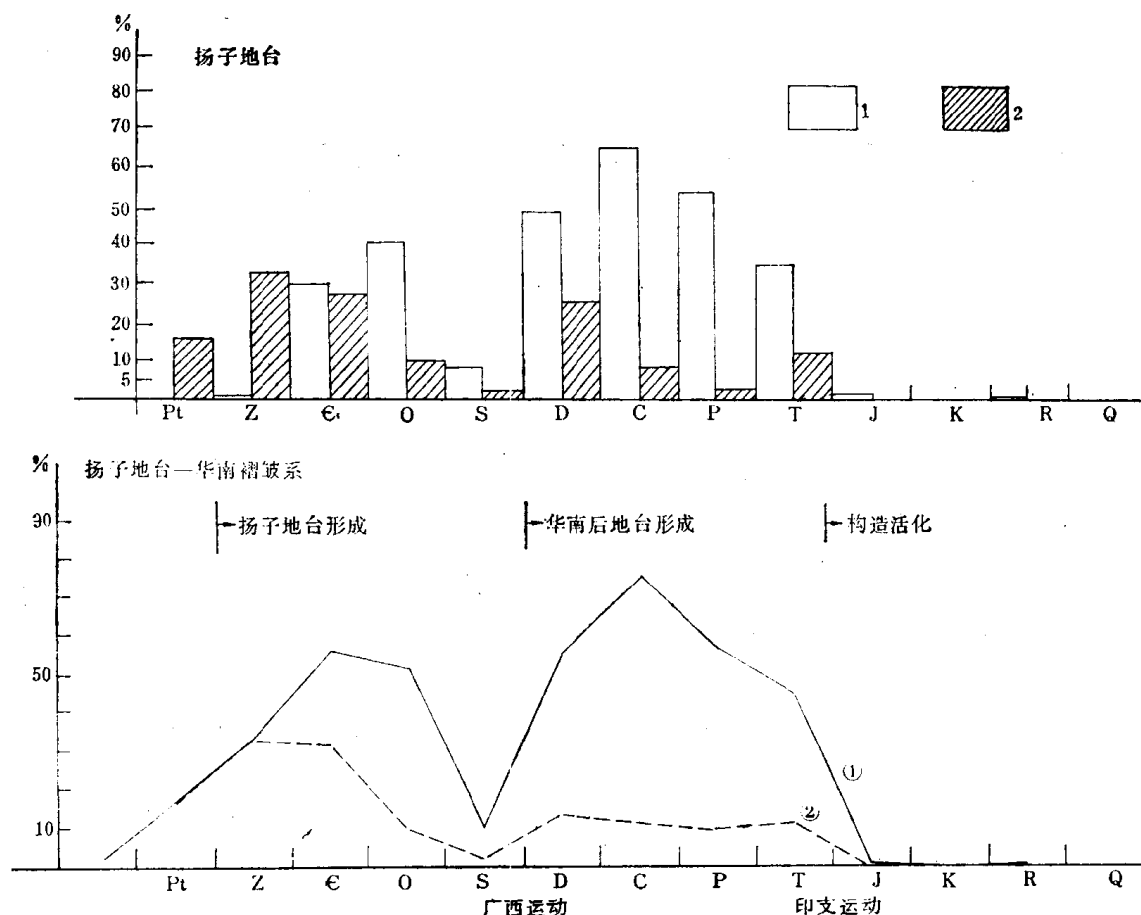


图3 中国南部白云岩地层占前震旦纪—第三纪地层总厚度的百分比

1. 石灰岩厚度百分数; 2. 白云岩厚度百分数;

① 石灰岩+白云岩厚度百分数; ② 白云岩厚度百分数

第三纪白云岩仅占该纪碳酸盐岩的5%以下 (Blatt, 1982)。第四纪白云岩不仅数量极少,而且分布也没有其它时代广泛。

中生代以后白云岩数量减少的原因是什么? 冰岛雷克雅内斯海岭附近海水-玄武岩相互作用的地球化学数据说明,在温度达70—500℃时,海水蚀变玄武岩,海水中的 Mg^{2+} 移入玄武岩,在温度为0—20℃时,海底玄武岩风化,玄武岩的 Mg^{2+} 移返海水中。根据以上事实, Mottl 和 Holland (1975) 认为,中生代以来海底温度随海底扩张速度增加而升高,因此在扩张的洋中脊地带海水被加热,使海水-玄武岩的相互蚀变作用强度增大,加速 Mg^{2+} 移入洋壳玄武岩的过程,也就加大消耗海水中的 Mg^{2+} ,因而减少了形成白云岩的主要 Mg^{2+} 来源。这是用板块构造运动观点解释中生代以后白云岩减少原因的一种尝试。

寒武纪以后白云岩分布的现在纬度主要在北纬60°附近。如果认为白云岩是由交代石灰岩形成的,则其分布纬度必定和石灰岩一致。由此演绎白云岩形成地区的古纬度也应该在南北纬30°之间,相当于现代碳酸盐沉积物分布的纬度 (图4)。

约二百年前法国地质学家 Deodat de Dolomieu 和 de Saussure 首次描述了白云岩及其化学成分 (Bourrouilh-Le Jan, 1982), 自那以后, 有关白云岩问题的文献数量迅

速增长,但是其中关于白云石矿物在自然界生成条件的认识一直没有得到充分的证实。在 19 世纪早期, Von Buch (1822) 首先提出白云岩由富镁火山蒸气交代石灰岩形成,这与他的研究区正好分布许多火成岩类有关 (Van Tuyl, 1916)。19 世纪 30—40 年代的地质学者很少接受这种“火成交代”观点,而把思路转向天然水的作用上,由此创立了各种各样的成因论。按现代观点归纳,基本上还是两派:①次生论,认为是循环的地下水或热的浓缩海水交代石灰岩形成的;②原生论,认为是直接从海水中化学沉淀形成的。这些观点虽然多数是推测性的野外观察总结,但也说明了白云岩问题的复杂性。在 20 世纪初期,白云岩问题没有新的突破,因而研究工作曾一度衰落。到 50 年代,当地质学者发现白云岩地层是一种重要的油气储层之后,研究高潮又重新被掀起。据统计,地球上 60% 的油气储层分布在碳酸盐岩地层中 (Chilingar, 1982),其中又主要分布在白云岩地层中,如北美的碳酸盐岩油气储层约有 80% 属于白云岩 (Zenger et al 1980)。近年来许多地质学者认识到产于碳酸盐岩地层中的许多层控矿床,特别是铅锌矿床,与白云岩在成因、时间和空间上有着密切的关系。例如,我国产于碳酸盐岩地层中的大中型铅锌矿床约有 74% 与白云岩有关,或直接赋存于白云岩中 (王文斌, 1983); 康滇地区震旦纪灯影组及早古生代的白云岩和黔西石炭纪摆佐组白云岩都是铅锌矿床的主要产出层位; 石炭纪黄龙组白云岩段(老虎洞白云岩)是长江中下游铁、铜矿床的主要产出层位之一,在含铁碳酸盐建造中,铁矿的富集与白云岩有密切的关系;磷矿也常和白云岩共生。

众所周知,在实验室中可以高温合成有序白云石($>200^{\circ}\text{C}$)或无序富钙白云石($200-120^{\circ}\text{C}$),但是在常温常压下,即使成分简单的有序白云石也从未在适宜溶液中合成。根据实验数据,在 300°C 时,饱和方解石和白云石的溶液中 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} \approx 15$, 所以推测约在 300°C 时, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 值 < 15 的任何溶液都有引起白云石化作用的可能。在 25°C 时,饱和方解石和白云石的溶液中, Ca^{2+} 的摩尔浓度大约是 Mg^{2+} 的两倍,所以在 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} > 2$ 的溶液中沉淀的是方解石,在 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} < 2$ 的溶液中才有可能沉淀白云石。因为同时饱和方解石和白云石的溶液中 $\text{Ca}^{2+}-\text{Mg}^{2+}$ 摩尔比随温度变化而变化,所以如图 5 所示,在 $50-180^{\circ}\text{C}$ 之间使用的是 H. E. Usdowski (1967) 的数值,在 $275-420^{\circ}\text{C}$ 之间使用的是 P. E. Rosenberg 和 H. D. Holland (1964) 的数值 (Engelhardt, 1977)。在现代自然界中我们从未观察到大量白云石直接从海水中结晶沉淀,在实验室里也不能

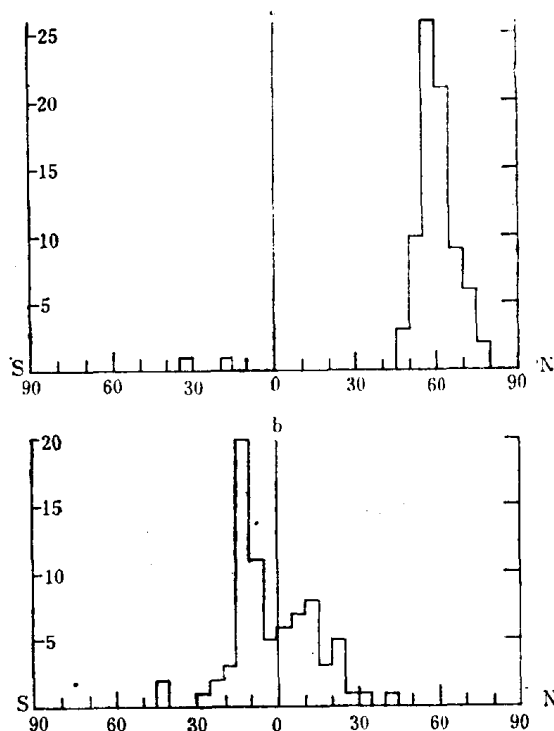


图 4 白云岩的纬度分布变化(据 Briden, J. C. and Irving, E., 1964, 引自 Nairn, 1964)

a. 现在纬度; b. 古纬度(前寒武纪白云岩除外);纵坐标:白云岩出现次数;横坐标:纬度

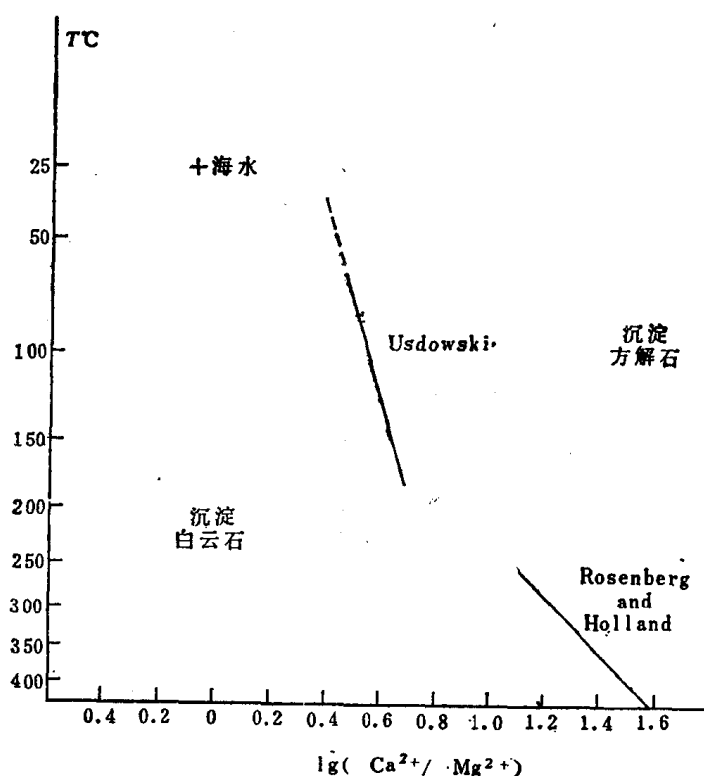


图 5 饱和白云石和方解石的水溶液中 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 随温度的变化(据 Engelhardt, 1977)

在常温条件下从海水中结晶出白云石，然而在地质记录中许多白云岩却广泛地分布在海相地层中，这就成了沉积学领域里一个古老的未解之谜。

20 世纪中期的白云岩研究工作,在两个方面有了突破性的进展。第一个方面是 Graf 和 Goldsmith (1956) 在 25—450℃ 的温度和常压条件下进行的化学合成实验，他们在高温时合成了化学计量的有序白云石，在较低温时合成了无序富钙白云石。他们定义后者为单相的菱面体碳酸盐矿物，命名为原白云石，为无序或无序和有序兼有，成分稍不同于有序白云石。在平衡条件下，原白云石可以转化为白云石。第二个方面是地质学者应用 X 射线衍射技术及其它设备，在现代沉积环境中发现了许多全新世白云石沉积物，其中的原白云石有序度比人工合成的还高些。在地质历史中全新世白云石沉积物在数量上是微不足道的，但是它的发现及对其正在生成的环境比较直观的研究，使理论研究跨入一个新阶段。从此地质学者可以较具体地研究自然界白云石化溶液的化学成分、发生地点、形成过程以及水溶液运动的水力学。在国外，这方面的研究工作是自 50 年代后期开始，持续了 20 多年。在这时期每发现一个全新世白云石化作用实例，就立即在沉积学界掀起一股研究浪潮，同时象“赶时髦”似的引入古代白云岩研究中。因此本文有必要给我国读者概括地介绍这方面的研究成果。

一、生成白云石的全新世环境

在现代海洋和湖泊中已发现许多全新世含白云石沉积物产地(图 6)。现分别介绍几

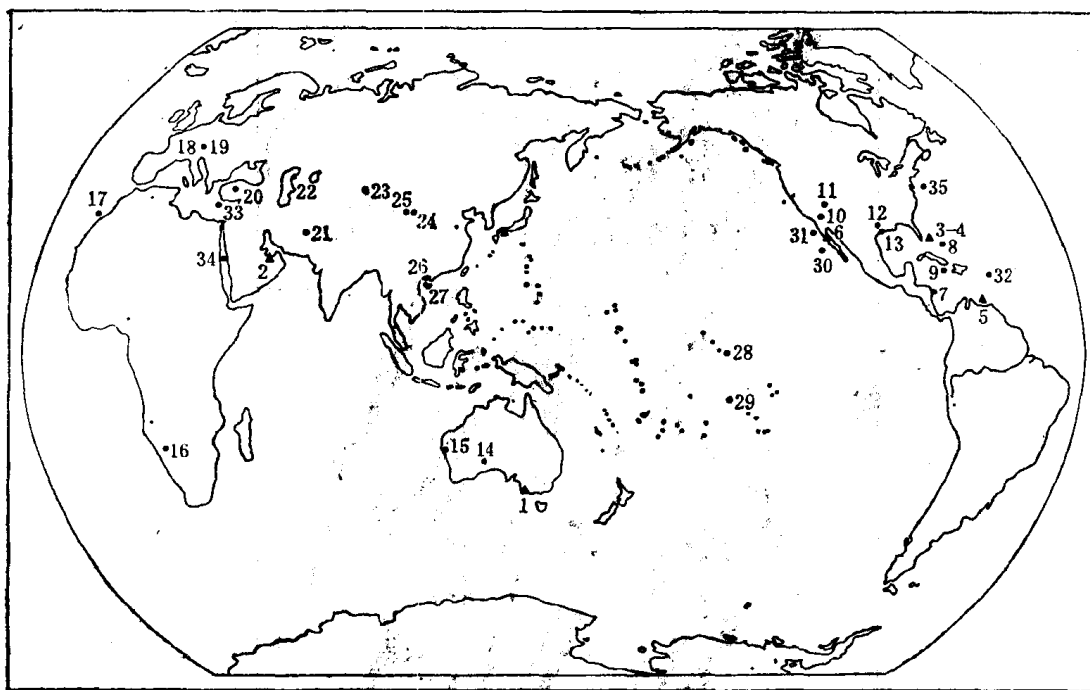


图 6 全新世白云石产地分布图

1. 库隆; 2. 波斯湾; 3. 巴哈马; 4. 佛罗里达群岛; 5. 博奈尔岛; 6. Ojo de Liebre 潟湖(墨西哥); 7. Ambergos 湾(伯利兹); 8. 大伊纳瓜岛盐田; 9. 牙买加岛; 10. 深泉湖; 11. 美国西部大盐湖; 12. Graber 盐湖(美国); 13. 巴芬湾; 14. Neusiedl 湖(澳大利亚); 15. 沙克湾; 16. 埃托沙盐沼; 17. 加那利群岛; 18. 巴拉顿; 19. 新锡德尔湖; 20. 土耳其中部盐湖(图兹湖、博卢克湖、阿哲海和图兹拉克拉克特湖); 21. 纳华尔沙漠湖; 22. Kara Bogas 湾(苏联); 23. 巴尔喀什湖; 24. 青海湖; 25. 小柴旦盐湖; 26. 北部湾涠洲岛; 27. 海南岛排浦; 28. 贾维斯环礁海水池; 29. 南太平洋 (13°28' S, 149°34' W, 水深 4300m); 30. 瓜达卢佩岛东南端约 49km 的大陆坡以外 (28°59' N, 117°30' W, 晚第三纪); 31. 加利福尼亚州南部沿海大陆坡 (33°44' N, 120°45' W); 32. 阿韦斯海山 (13°30' N, 63°10' W, 更新世—全新世砾岩中); 33. 东地中海(晚更新世); 34. 红海(中新世, 主海沟深海钻); 35. 美国东北大陆边缘诺福克海底扇和乔治滩(第四纪)

个调查研究较详细的地区。

(一) 澳大利亚南部库隆地区

1929 年 D. Mawson 在金斯頓以北约 16km 的一个季节性湖(金斯頓湖)中首次发现含白云石的沉积物(Alderman and Skinner, 1957)。由于时代局限, D. Mawson 的发现没有立即引起人们的重视,直到 50 年代, Alderman 和 Skinner 发表第一篇论文之后,才引起地质学者的注意。以后,阿德雷德大学地质系的一些学者,在 50—60 年代对库隆地区进行了广泛研究,并获得许多镁碳酸盐矿物学及其环境的资料,使地质学者对自然界白云石形成过程的认识提高了一大步。

该区的地理背景如图 7。库隆潟湖南端有一系列浅的季节性湖,其中大多数是现代白云石产地。离岸的丘间洼地,多数也是白云石产地。本区水化学基本特征如表 1 和 2。

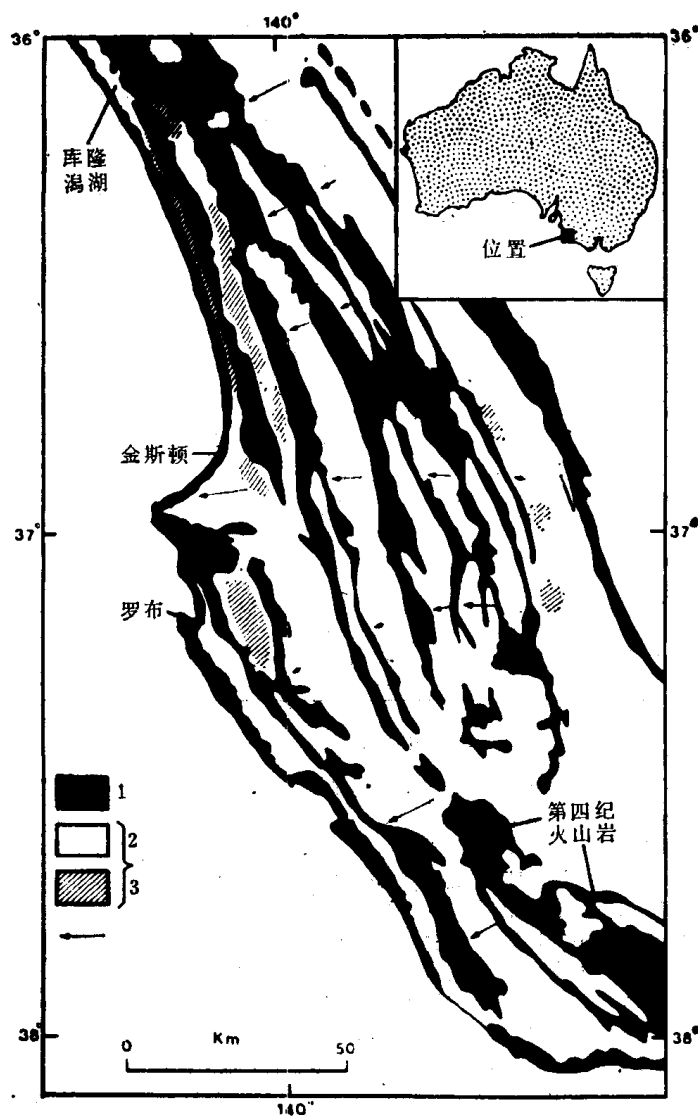


图7 库隆地区海岸平原的形态、水系和白云石产地分布图
(据 Borch, Von Der and Lock, 1979)

1. 第四纪障壁； 2. 丘间洼地； 3. 现代白云石形成区； 箭头表示浅地下水流

根据 ^{14}C 年龄测定,证实白云石生成在全新世(表3),估计的年平均沉积速率约 0.2 mm/a 。

根据潟湖及各个季节性湖沉积物的共生矿物特点,可以区分出六种碳酸盐矿物组合(Borch, Von Der, 1965a; Alderman, 1965): ① 镁方解石+文石沉积物; ② 镁方解石沉积物; ③ 镁方解石+原白云石沉积物; ④、原白云石(或“有序”白云石)沉积物; ⑤ 菱镁矿+“有序”白云石(或原白云石)沉积物; ⑥ 水菱镁矿+文石沉积物。其地理分布及对应的湖水化学资料如图8及表4。组成这些沉积物的矿物代表一个反应系列(表5)。前三种发生在湖的泛滥-蒸发-干涸旋回中的含水阶段,后两种属成矿阶段的产物,菱镁矿是最富镁阶段的终端产物,水菱镁矿不属正常反应系列,它与地下水造成的环境有关(Alderman, 1965; Alderman and Borch, Von Der, 1963)。

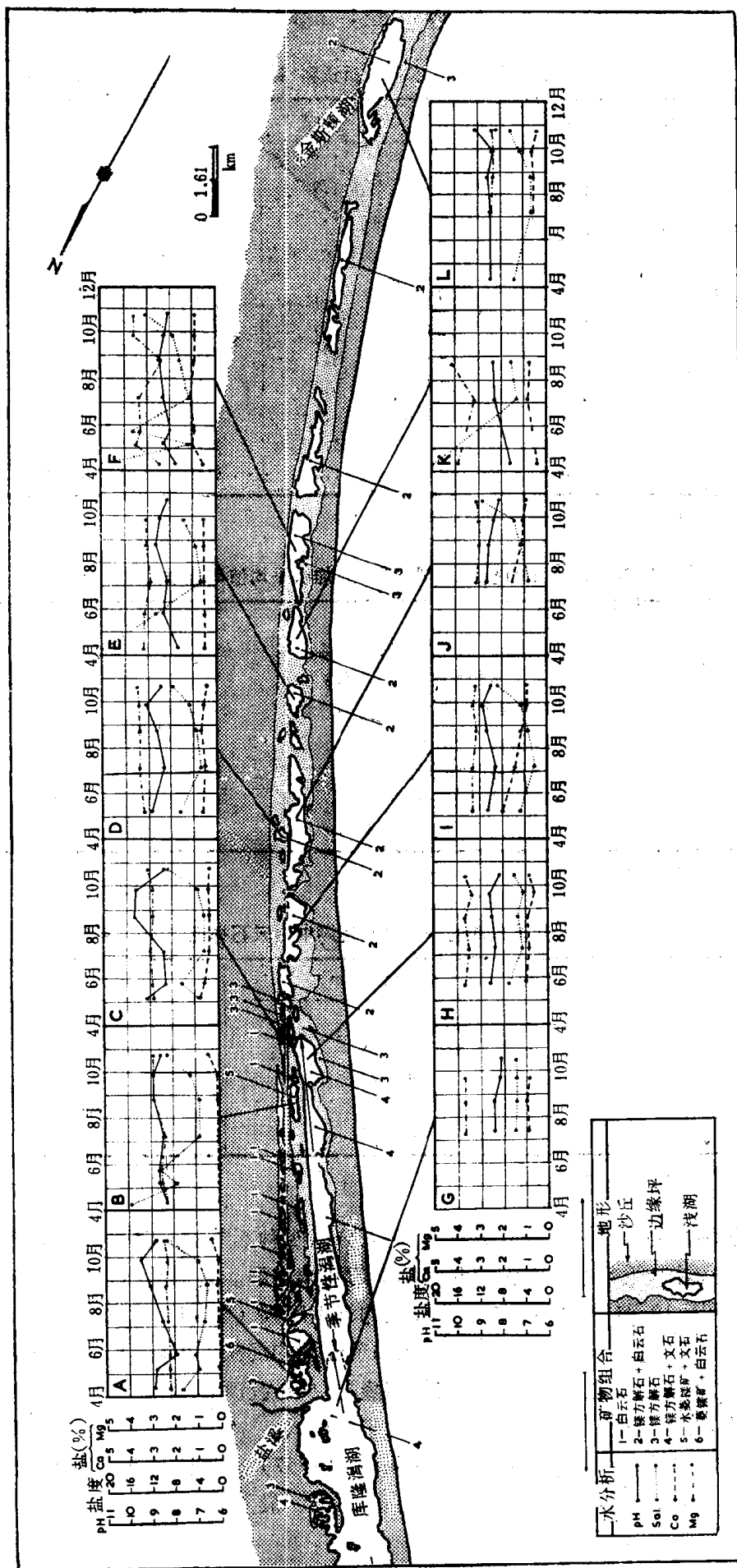


图 8 库隆湖南部水化学分析、碳酸盐沉积物及自然地理图(据 Borch, Von Der, 1965a)

表 1 海岸平原区含水层的代表性水样分析资料(钻孔)并与正常海水对比(%)

地 区	Na ⁺	CO ₃ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	盐度	Mg/Ca
海岸白云石区	31.5	5.4	1.5	3.9	6.64	2.52
	31.5	4.1	1.9	3.5	0.82	1.85
	21.1	4.7	7.7	5.2	0.33	0.67
	27.7	7.4	4.2	4.6	0.35	1.09
内地白云石区	27.4	17.1	4.0	5.2	0.15	1.29
	23.8	17.3	8.1	4.7	0.16	0.58
	28.6	13.3	3.7	3.6	0.14	0.97
	28.4	13.1	3.1	5.1	0.19	1.62
	25.7	7.4	6.2	4.2	0.17	0.67
丘间沼泽 (含水层排泄带)	27.3	6.1	4.0	4.6	0.27	1.15
	29.0	5.2	2.8	4.4	0.25	1.57
海水	30.61	0.41	1.16	3.69	3.5	3.18

据 Borch, Von Der Lock and Schwebel, 1975。

表 2 浅部地下水的盐度、Mg/Ca 的加权平均值与标准海水对比

地下水最大盐度	35‰
地下水最小盐度	0.35‰
地下水平均盐度	3.5‰
(标准海水盐度)	35‰
地下水最大 Mg/Ca	3
地下水最小 Mg/Ca	0.1
地下水平均 Mg/Ca	1
(标准海水 Mg/Ca)	3.1

据 Borch, Von Der, 1976。

表 3 库隆地区盐溪东南的一个季节性湖中白云石样品的 ¹⁴C 年龄

编号	样品深度 (m)	年龄(距今, a)
W-1296	0.0	300±250
W-1297	0.0889	700±250
W-1285	0.1524	770±250
W-1277	0.3048	1780±250
W-1276	0.3302	2030±250

据 Borch, Von Der 等, 1964。

根据本区湖群与海洋环境的隔离程度,可以分出四种不同的造碳酸盐环境(图 9): 常年潟湖;季节性潟湖;近邻季节性潟湖和远侧季节性潟湖群。其中形成了不同矿物组合的碳酸盐沉积物(图 10 和表 4)和不同演化阶段的沉积序列(图 11)。例如季节性潟湖的沉积序列,反应它是由常年潟湖演化来的;远侧季节性湖的沉积序列,反映从古潟湖到现代的演化史,它代表一个完整的无蒸发盐类的库隆型白云岩沉积序列。

迄今为止,对库隆型白云石成因曾提出过三种模式:

(1) 原生沉淀模式: Alderman 和 Skinner (1957) 最早认为是原生沉淀的,与植物生长期相关,其控制因素是湖的年龄、水的 Mg/Ca、最大 pH 值和镁含量 (Alderman,

表4 库隆潟湖及相邻湖沉积物的矿物组合及水化学分析

	环 境	代表地区	海拔 (m)	表层沉积物的矿物组合	水的最大 pH 值	pH 最大时 Mg/Ca
分离时间增加 ↓	1. 常年潟湖	库隆潟湖	0	文石+镁方解石	8.4	3—4
	2. 季节性潟湖	Mangin 湾	0	文石+镁方解石	8.6	5
	3. 邻近季节性湖 类型 I 类型 II	Trevorrow 湖	0.5	镁方解石	9.1	6
				镁方解石+钙白云石	9—10	7—8
	4. 远侧季节性湖 类型 I 类型 II 类型 III	McFaiden 湖	>1	原白云石(或“有序”白云石)	10	10
				菱镁矿+原白云石(或“有序”白云石)	10.2	20—100
				水菱镁矿+文石	9.1	30

据 Alderman, 1965; Borch, Von Der, 1976。

表5 反应系列与 Mg/Ca 及 pH 的大致变化趋势

水中 Mg/Ca	矿 物 相	pH
3		8
4		
5	文石	
6	↓ 镁方解石	
7	↓ 钙白云石	
8	↓ 菱镁矿	
9		
10		
↓		

注: 湖水的 pH、Mg/Ca 和矿物相“入场”之间的关系是近似的(据 Alderman, 1965)。

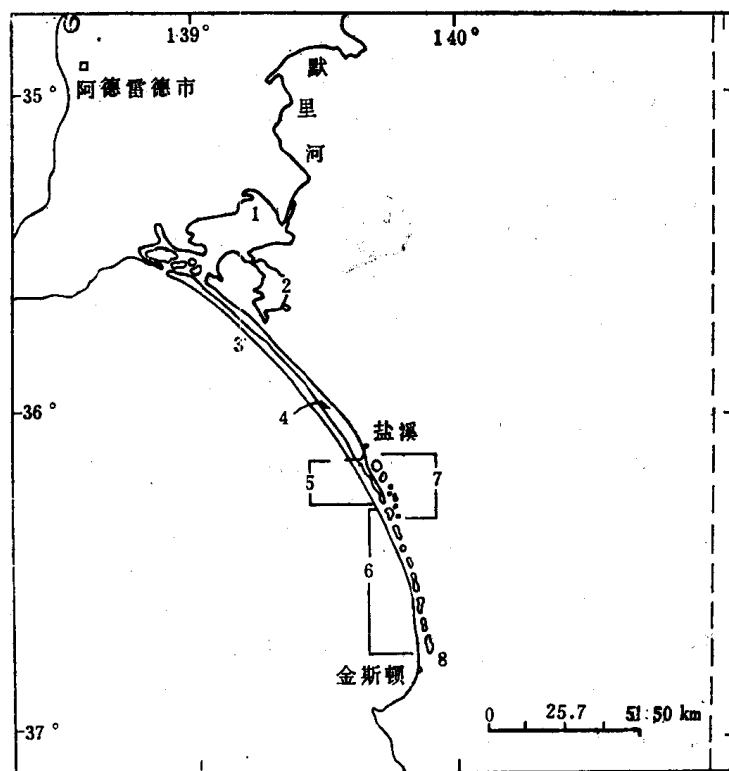


图9 库隆地区环境类型分布图(据 Alderman, 1965)

1. 亚历山大里纳湖; 2. 艾伯特湖; 3. 扬哈斯本半岛; 4. 常年潟湖; 5. 季节性潟湖;
6. 邻近季节性湖群; 7. 远侧季节性湖群; 8. 金斯顿湖

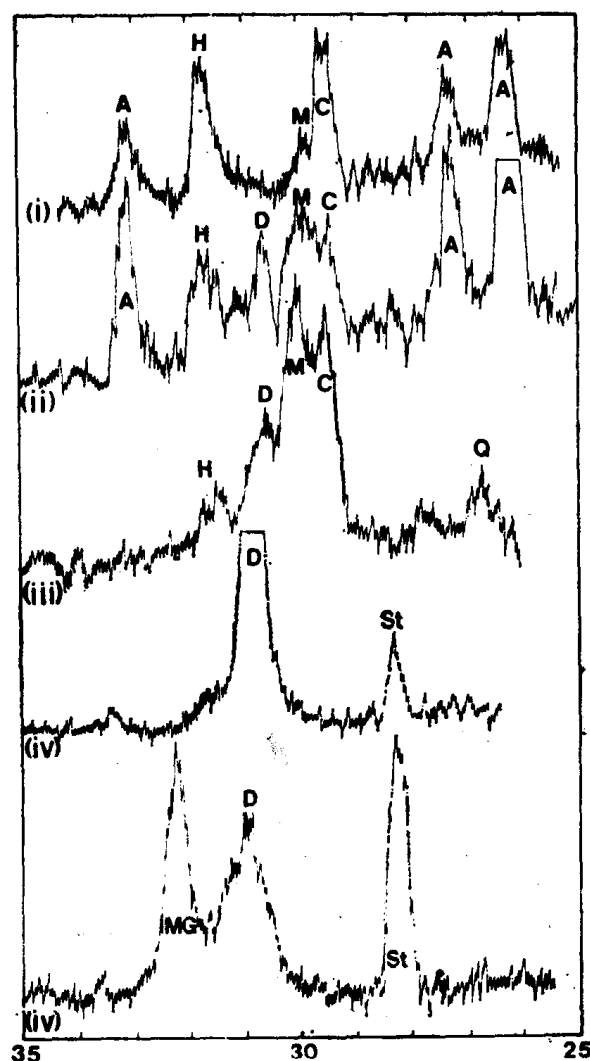


图 10 不同环境的碳酸盐沉积物 X-衍射图(据 Borch, Von Der, 1976)

(i) 潟湖相; (ii) 季节性潟湖相; (iii) 近邻季节性湖相; (iv) 远侧季节性湖相;
A. 文石; C. 方解石; D. 白云石; H. 石盐; M. 镁方解石; MG. 菱镁矿;
Q. 石英; St. CaF_2 标样

1965)。Skinner (1963) 还认为白云石和镁方解石是一起从盐度为海水 1.5—4 倍的湖水中沉淀的。因此早期的地质学者都把库隆地区作为白云石原生沉淀的现代实例。但是 Clayton 等(1968) 的同位素分析结果表明白云石和方解石不是在同一条件、同一溶液中沉淀的共生矿物。

(2) 湖水渗透回流模式: Borch, Von Der (1965b) 早期认为, 雨季时潜水面上升, 湖水与地下水连通, 旱季时湖四周潜水面下降到湖床以下 1m 左右, 湖中央残留的浓缩了的湖水慢慢向下渗入湖床, 使碳酸盐沉积物中的 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 离子增多, 促使白云石形成。根据旱季在湖中钻孔取样证实, 地下存在下渗的高盐度水。

(3) 混合水模式: Borch, Von Der 等 (1976) 后来又认为在海岸的季节性湖中白云石是在地下水稀释影响下或海水与陆地淡水混合条件下形成的。因为在库隆地区, 地下水-海水混合带的“露头”正好分开两个不同的碳酸盐矿物生成区(图 12)。混合带陆侧的

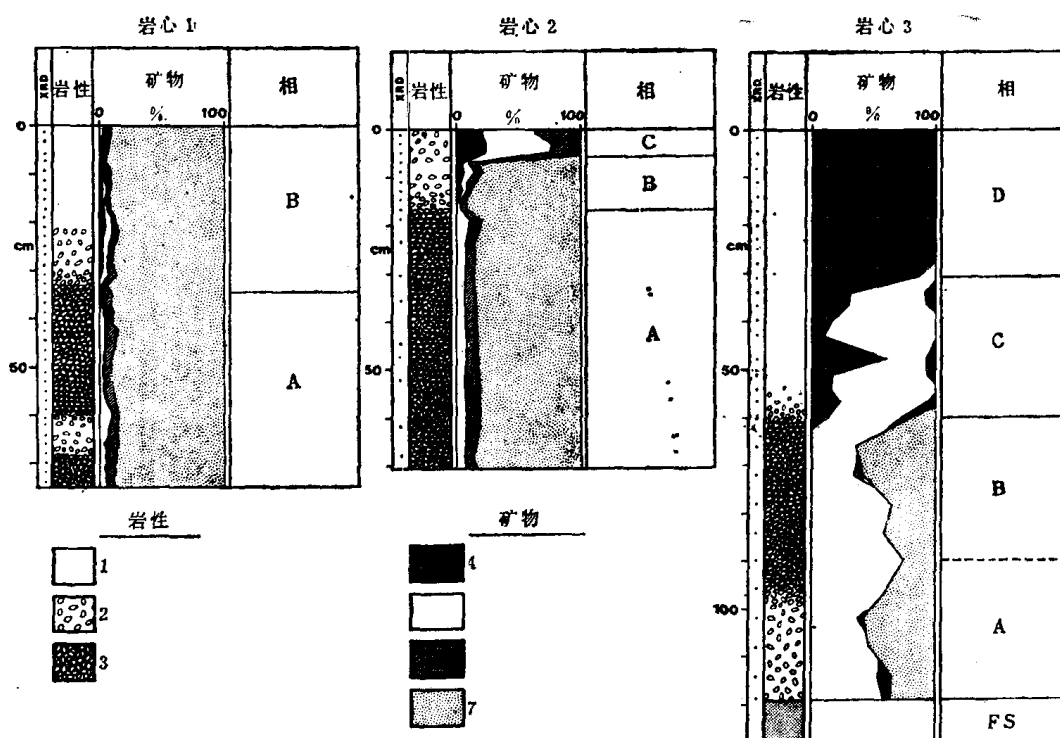


图 11 不同环境的岩心剖面图(据 Borch, Von Der, 1976)

岩心 1、2 和 3 剖面分别代表季节性潟湖、近邻季节性湖和远侧季节性湖的沉积序列

1. 泥; 2. 粒泥状灰岩; 3. 泥粒状灰岩; 4. 白云石和原白云石; 5. 镁方解石; 6. 化学计量方解石; 7. 文石; XRD. X-衍射分析; A. 潟湖相: 灰色泥粒状灰岩-粒泥状灰岩, 化石丰富; B. 季节性潟湖相: 白色灰泥-粒泥状灰岩, 化石丰富, 痕量原白云石; C. 近邻季节性湖相: 灰-白色灰泥-粒泥状灰岩, 残余化石, 原白云石; D. 远侧季节性湖相: 白色灰泥, 泥裂, 白云石-原白云石; FS. 淡水沼泽

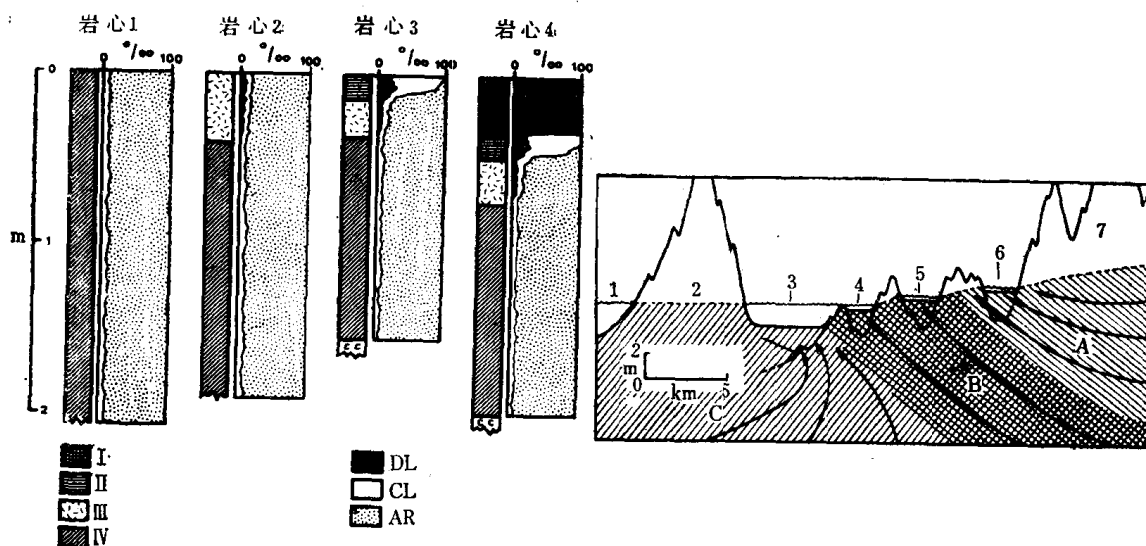


图 12 库隆地区潟湖与地下水、海水界面的关系及地下水流动方向示意图
(据 Borch, Von Der, Lock and Schwebel, 1975)

1. 海洋; 2. 现代障壁; 3. 库隆潟湖(岩心 1); 4. 季节性港湾(岩心 2); 5. 季节性湖(岩心 3); 6. 远侧季节性湖(岩心 4); 7. 更新世障壁; A. 地下淡水区; B. 混合水带; C. 海水区; I. 远侧季节性湖相; II. 季节性湖相; III. 季节性港湾相; IV. 潟湖相; DL. 白云石; CL. 方解石; AR. 文石

季节性湖是靠地下水补给,其湖床沉积物剖面的最上部总是有白云石或白云石加菱镁矿。混合带海侧是潟湖及其季节性小湾,沉积物矿物成分主要是文石加镁方解石。混合水带内的季节性湖主要形成原白云石加镁方解石沉积物。形成白云石的 Mg^{2+} 来源有①海水(靠海岸部分);②含水层高镁方解石的“释放”;③基性火山岩的风化淋滤。不论哪种来源,输送 Mg^{2+} 的机制都是地下水流,可以认为这是一般性混合水模式的特殊类型,曾被称为库隆模式。

近年 Botz 和 Borch, Von Der (1984) 对本区不同水化学环境(海水和蒸发的陆地淡水)的碳酸盐矿物作了电镜观察和同位素成分分析之后指出,有两种不同成因的白云石:① 细粒白云石(粒径约 $0.5\mu m$), $\delta^{13}C = -1 \sim -2\text{‰}$, $\delta^{18}O = +3\text{‰} \sim +5\text{‰}$, 它可能在蒸发的陆地水影响下沉淀形成;② 粗粒白云石(粒径达 $4\mu m$), $\delta^{13}C = +3 \sim 4\text{‰}$, $\delta^{18}O = +5 \sim +6\text{‰}$, Mg 含量超过 Ca, 它可能在与大气 CO_2 平衡条件下由文石的白云石化作用形成。这就说明库隆地区的方解石和白云石是在湖的一年变化周期的不同时间和不同的水成分中形成的。图 13 表示了一个湖的不同时期及不同环境的地球化学和矿物学特征。

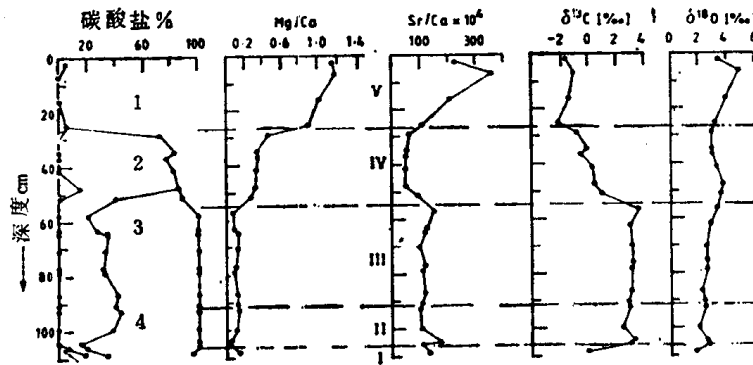


图 13 McFaiden 湖岩心剖面的矿物学和地球化学
(据 Botz and Borch, Von Der, 1984)

I. 淡水沼泽; II. 潟湖相; III. 季节性潟湖相; IV. 近邻季节性湖相; V. 远侧季节性湖相;
1. 白云石; 2. 高镁方解石; 3. 文石; 4. 低镁方解石

(二) 波斯湾东南海岸

本区地理背景如图 14 所示。区中最著名的两个全新世白云石化地区是卡塔尔半岛西北的费哈潟湖(图 15)和特鲁西尔海岸中段的阿布扎比地区(图 16)。本世纪 60—70 年代波斯湾萨布哈成岩作用的发现及研究是近代沉积学领域中最引人注目的成就之一(Wells, 1962; Illing et al., 1965)。

术语萨布哈 (Sabkha, Sebkhah) 是阿拉伯人用来称呼由粘土、粉砂或砂组成的、发育盐壳的平坦地区,意即盐坪。在北非和阿拉伯半岛的干旱炎热的沙漠海岸和内地皆有发育,但两地的萨布哈成因和鉴定标志不同,因此分别称为“滨海萨布哈”和“内地萨布哈”(Glennie, 1970)。图 17 示意这两类萨布哈的不同剖面特征。在水文学上,内地萨布哈