

上揚子地台及其邻区早、中三叠世间 绿豆岩沉积前后古地理

朱忠发 王光新

(地质矿产部成都地质研究所)

以早、中三叠世间绿豆岩为等时面,分析其上下3m的沉积相,共划分出9种岩石类型,分属5个沉积相带。西部为广阔的萨布哈台地,外圈为盐滩,内圈为干盐湖。东部沉积相呈带状分布,西为干化海湾;东为萨布哈盐滩和浅海海隆。

在有条件的情况下,使用等时面古地理方法,可编制出比较合乎实际的古地理图。这种方法的关键是选择一个好的等时面标志层。我们是以早、中三叠世间的绿豆岩(火山灰古风化粘土岩)作为等时标志层,研究其顶底板(上下3m层段)“瞬间”沉积相。

一、绿豆岩等时标志层

(一)分布特征和层位

绿豆岩是一种大气降落火山灰沉积,分布面积700000 km²以上。台地高地上一般只有一层,厚几十厘米至一米,台地内部常年盐湖、水道,台地边缘海湾和广海陆棚盆地常见多层,小者一米左右,大者数十米。表明火山喷发不止一次,由于古地理不同,导致其分布有所差异。

1. 在辽阔的台地高地只有一层绿豆岩,风化蚀变很深,底部都有一层厚薄不等的硅质层。靠近硅质层的绿豆岩中豆粒非常发育(图版 I-1,2,8)。它们是火山凝灰岩古风化时去玻化脱硅的交代充填沉淀层。

2. 北碚、仁怀、贵阳、德江、江油、沐川等地,绿豆岩顶底都有硅质层或硅质扁豆体、硅质豆粒层,为绿豆岩暴露大气条件下的侵蚀残积物。

3. 台地东南部南川、遵义、正安等地绿豆岩中,间夹几厘米至数十厘米,乃至一米以上的泥灰岩、泥质灰岩数层,尤以南川大铺子红墙院最典型。每层绿豆岩都有一层硅质层(图版 I-3),具极其清晰的条带构造(图版 I-4),由粘土矿物与玉髓的薄互层组成(图版 II-2)。

4. 台地东北部开县、云阳地区,多层绿豆岩夹在碳酸盐岩或蒸发岩中。

5. 台缘海湾巫山、巴东、酉阳等地绿豆岩多层。黔南桂西广海陆棚盆地也是多层绿豆岩,而且含丰富的放射虫(图版 I-7)。前者夹于石灰岩、白云质灰岩、白云岩、泥质岩中;后者夹在层纹状、瘤状泥质灰岩、燧石灰岩、有孔虫生物灰岩和复理石砂岩

岩中。

6. 台缘和海湾西乡、镇巴、万源、开县、奉节、巫山、巴东等地，绿豆岩底板常见角砾状绿豆岩嵌入，以奉节白帝城最清楚，为台缘高地绿豆岩被冲蚀再沉积于岸边与海湾之中（图版Ⅲ-1）。

7. 盐湖地区绿豆岩具微细交错层理，而且广安、渠县绿豆岩具有由粘土矿物与玉髓薄互层组成的微层构造。它们反映湖面涨落所引起的侵蚀、搬运再沉积，以及不同期次的暴露风化等（图版Ⅲ-2）。

8. 台地上单层绿豆岩风化蚀变深（图版Ⅰ-5），顶底板多为潮上白云岩或干湖蒸发岩（图版Ⅰ-1），而海湾和广海陆棚绿豆岩风化蚀变浅（图版Ⅰ-6），顶底板多为潮间、潮下乃至较深水碳酸盐岩、泥质岩和复理石沉积。

9. 绿豆岩上下的古生物组合不同。在台地高县、珙县、威信、合川、广安、利川、盘县等地绿豆岩以下嘉陵江组第四、五段，发现早世标准化石。菊石有 *Dinarites* sp., *D. yunnanensis*, *Leiophyllites* aff. *pitamaha*, *Hanielites* sp., ? *Pseudoceltites* sp., ? *Dorieranites* sp., *Xenoceltites* cf. *compressus*, *Ussuria* sp.; 瓣鳃类有 *Eumorphotis inaequicostata*, *Entolium discites microtis*, *Pteria* cf. *murchisoni*, *Myophoria laevigata*, *Anodontophora fassaensis* 等。这些化石一般上距绿豆岩 15-20m 以上，但也有不少地方，例如仁怀茅台紧贴绿豆岩之下，仍然有下统化石 *Claraia* sp., *Leptochondria* sp., *Myophoria* cf. *laevigata*。绿豆岩上面的瓣鳃类主要为 *Myophoria goldfussi*, *Eumorphotis* (*Asoella*) *illyrica*, *Eu. subillyrica* 多集中在绿豆岩之上 20 m 左右。黔南、桂西尽管古生物面貌与台地不同，但绿豆岩上下的古生物组合也迥然有别。绿豆岩下面的菊石有 *Leiophyllites* sp., *Procarinites* sp., *Xenoceltites* sp., *Columbites* sp., *Anakashmirites* sp., *Aspenites* sp., *Hellenites* sp., *Meekoceras* sp., *Subcolumbites* sp., *Gyrochiceras* sp. 等；瓣鳃类有 *Entolium discites microtis*, *Unionites* cf. *canalensis*, *Eumorphotis* cf. *telleri*, *Claraia* sp. 等。绿豆岩上面除瓣鳃类 *Daonella producta*, *D. igabilis*, *D. boeckhi*, *Posidonia* sp., *Myophoria goldfussi*, *Eumorphotis illyrica*, *Eu. subillyrica* 等外，还有菊石 *Parapopanoceras nanum*, *Nicomedites yohi*, *Beyrichites* sp., *Paraceratites* sp., *Bulogites* sp., *Balatonites inultisulcatus*, *B. multisulcatus*, *Cuccoceras* sp., *Paracrochordiceras* sp., *Hollandites* sp. 等。

十分清楚，在暴露条件下由于沉积作用中断，故多次火山喷发物叠加形成一层绿豆岩，而在水体覆盖区，则沉积基本连续，由于喷发间歇期沉积物的分隔形成多层绿豆岩。所以，一层与多层基本是等时沉积，只是表现形式不同而已，笔者赞同将其作为下、中三叠统的分界。

各相区绿豆岩及其顶底板地层对比于后（图1）。

（二）岩石矿物和地球化学特征

绿豆岩仅是一种泛称，实际上岩石类型复杂，大致可以划分成四类（图2）：Ⅰ底部硅质层发育的粘土岩，Ⅱ底部硅质层很不发育的凝灰质粘土岩，Ⅲ底部无硅质层，极富硅质豆粒的硅质粘土岩或粘土质硅岩，Ⅳ底部无硅质层的硅质粘土质凝灰岩或凝灰质粘土岩（图版Ⅰ-5, 6, 8, Ⅳ-9）。

西部台地区绿豆岩从里到外去玻化程度增加，淋滤加强，淋滤、淀积分层越清楚，

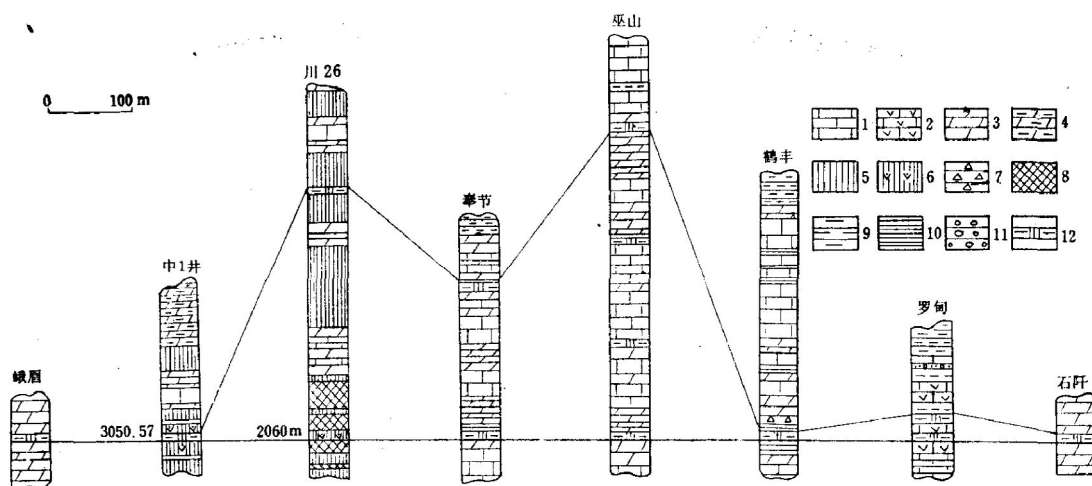


图 1 早、中三叠世间绿豆岩对比图

1—石灰岩, 2—生物碎屑灰岩, 3—白云岩, 4—泥质白云岩, 5—硬石膏岩, 6—夹瘤状杂
卤石的硬石膏岩, 7—盐溶角砾岩, 8—盐岩, 9—泥岩, 10—页岩, 11—砾岩, 12—绿豆岩

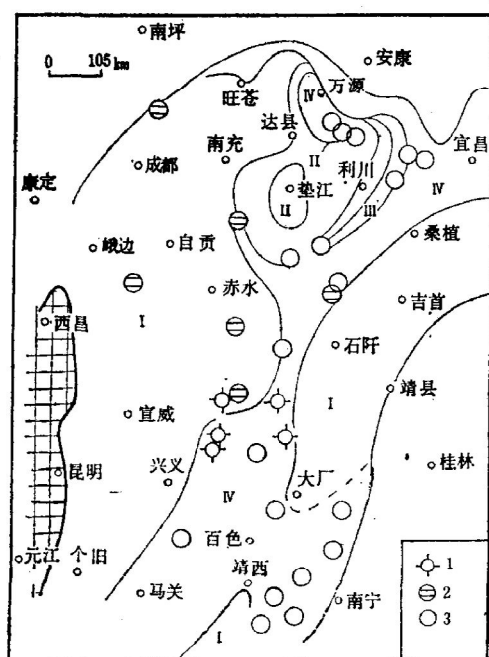


图2 绿豆岩岩石类型分布图
1—放射虫, 2—多层硅质层,
3—多层绿豆岩

脱硅粘土化愈彻底。由于东部与西部沉积、成岩环境不同, 绿豆岩古风化蚀变情况也不一样(图2)。

绿豆岩所含粘土矿物亦具规律，大致沿着镇巴、达县、正安、贵阳、安顺一线以西为蒙脱石伊利石组合，伊利石 90—100%，以东虽然仍为蒙脱石伊利石组合，但蒙脱石普遍增至 30%，其中开县、武隆、利川范围内，蒙脱石超过 50%（图版 IV-1—5）。虽然它们都反映碱性环境，然而蒙脱石常常是火山凝灰岩最初风化产物斑脱岩的主要成分，伊利石在粘土矿物中相对稳定得多，常常是风化很深的粘土岩组分，因此伊利石与蒙脱石的百分组成变化，反映了风化作用强度。在影响风化作用诸因素中，我们认为氧化作用最重要。在有水体覆盖的地区，氧气少、循环差，对绿豆岩的去玻化作用起保护缓解作用。在暴露地区水、氧、二氧化碳的联合作用，促使去玻化迅速发生。因此水体覆盖和暴露大气条件是最直接的因素。

SiO_2 在万源、达县、重庆、遵义一线以西普遍低于 57%，以东为 58—69%，只有万县石柱地区大于 70%，鹤丰、正安一带 SiO_2 也大于 70%，前者与水体覆盖去玻化较差有关，后者可能主要跟介质 pH 值偏酸性， SiO_2 迁出能力较弱，风化时间相对较短有关，因为硅质多滞留绿豆岩中。故水体覆盖时间愈长，去玻化愈差，pH 值偏酸性，绿豆岩的

SiO₂淋滤、淀积就分不开, 反之, 淋滤、淀积 A、B 二层结构就发育, 绿豆岩 SiO₂ 组分就较低 (图 3)。

二、绿豆岩顶底板沉积相

(一) 岩石类型

1. 块状膏质微晶白云岩 (图版 II-3)

白云石微晶 (4—10 μ m), 半自形等粒状, 银嵌构造, 普遍含团粒状、结核状、针柱状单晶硬石膏及其假晶 (图版 II-2)。往往溶蚀成发育的孔洞, 直径数毫米至十几厘米不等 (图版 II-10)。陆源石英少见, $\delta^{18}\text{O} < -4.5\%$ 。

该类岩石去白云石化去硫酸盐化变成次生灰岩 (图版 II-1), 方解石呈粒状, 直径通常大于 50 μ m, 具次生加大环边。茜素红染色表明普遍残存稀少白云石团粒, 为去膏化的重要标志。

此类白云岩的相、白云石结晶形态和成岩自生矿物组分均与波斯湾地区相似^[1]。

2. 层纹状泥晶白云岩

泥晶白云石部分含陆源粉砂泥质及破碎的骨屑, 常与硬石膏层共生。 $\delta^{18}\text{O} > -4.5\%$ 。形成于初期的萨布哈盐滩向盐湖变化的过渡带。

3. 叠瓦状白云岩与叠层石白云岩 (图版 IV-7, 8)

叠瓦状白云岩, 层厚 1—1.5 cm, 由白云石和膏质白云岩组成。膏质白云岩去白云石化去硫酸盐化较深, 形成结晶粗大的方解石。层与层呈波状重叠。

叠层白云岩具不规则毫米级层纹波状构造, 颜色深浅相间, 部分见藻丝体。开县温泉镇、龙园, 巫山马垭口等地见干裂白云岩与之共生, 推测为潮间沉积, 潮上成岩。

4. 纹带状白云岩硬石膏岩 (图版 III-4)

硬石膏呈半自形晶粒结构, 部分具不等粒粗晶结构和砂屑结构, 常有柱状单晶硬石膏斜切层理。原生纹理常遭重结晶破坏。与纹层状泥晶白云岩共生, 以硬石膏岩为主。

分布在层纹状泥晶白云岩与纹带菱镁矿硬石膏夹瘤状杂卤石岩相带之间, 推测为间歇性干盐湖沉积。

5. 纹带状菱镁矿硬石膏岩夹瘤状杂卤石岩 (图版 III-5, IV-10)

菱镁矿主要呈黑色条带或薄层, 层面常见小型干裂。主要有三种产状: (1) 泥至微晶菱镁岩, 颗粒均匀, 有的被板状和柱状硬石膏单晶斜切 (图版 II-8, III-8); (2) 微晶菱镁矿与细片状硬石膏均匀混生; (3) 松针状菱镁矿, 为成岩自生矿物, 多斜切硬石膏岩层理 (图版 III-7)。

硬石膏主要呈纹带状, 就其产状主要有三种: (1) 均匀细片、细粒状, 顺层排

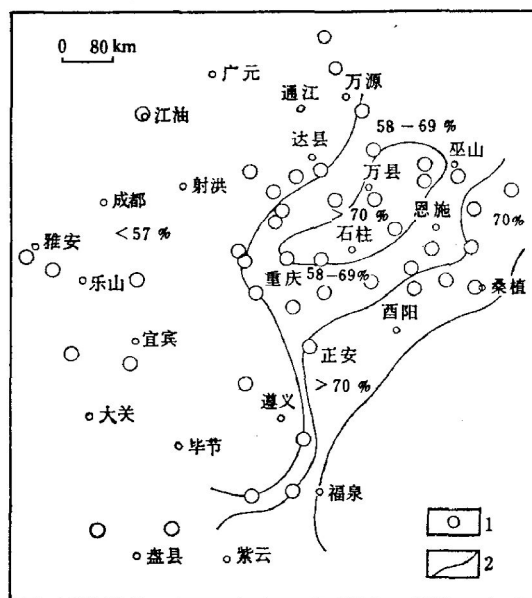


图 3 绿豆岩化学组分 SiO₂ 分布图
1—取样点, 2—SiO₂ 分区线

列,呈非常清晰的纹带(图版Ⅱ-4,5,Ⅲ-9);(2)不等粒粗晶,排列杂乱,常见硬石膏被杂卤石交代;(3)柱状、板状单晶硬石膏斜切层理(图版Ⅱ-8,Ⅲ-7,8)。

杂卤石以瘤状为主,次为不规则状,瘤长0.2—8 cm;瘤间为泥质、菱镁质充填物。主要显微结构为球粒放射纤维状(图版Ⅳ-11),次为毡状。伴生矿物有纤维石膏、玉髓及自生石英。晶洞晶簇构造发育。

三者在纵向上按照充水盐湖-干盐湖序列,作周期性交替。

现代菱镁矿只沉积于陆相盐湖,潮上近陆地区较少。我国西藏盐湖阶地和奇林盐湖湖面下,有丰富的水菱镁矿沉积¹⁾。岩石结构主要为粗晶-细粉晶,鲕状和粉、泥晶结构,此外还有棒状成岩自生菱镁矿斜切层理²⁾,是在盐湖收缩向干湖变化时形成的。澳大利亚库隆很多时令湖泊,也有水菱镁矿沉积,而且湖泊与海脱离时间愈长,水菱镁矿沉积愈多,其介质pH为9.1—10.2, Mg/Ca为30或20—100^[1],与我国现代正在沉积菱镁矿的奇林盐湖,物理、化学参数大致相似。

在加里福尼亚半岛西岸的Scammon泻湖内岸,距泻湖边4—8 km的现代潮上盐滩里,有现代杂卤石沉积³⁾。我国青海若干含钾盐湖,从干盐滩挖下去常可碰见杂卤石透镜体和结核⁴⁾。

因此,该类岩石形成于与海隔离较久的干盐湖、充水盐湖交替环境。

6. 纹带状泥质硬石膏岩

由黑色卤泥质及硬石膏条带组成,具清晰的原生层纹。硬石膏呈细片状或半自形粒状顺层排列。分布于纹带状菱镁矿硬石膏夹瘤状杂卤石岩相带中心,推测为盐湖内部的充水沉积。

7. 紫红色粉砂岩泥岩

颗粒组分中长石占20—30%,粒径40—120 μm,棱角状至半滚圆,分选差,泥质胶结。层厚20—30 cm,稳定延伸,具沙纹层理、扁豆状层理(图版Ⅱ-9),以及平缓冲洗层理等。

8. 灰色硅质泥岩夹燧石条带和生物灰岩

泥岩具纹层状构造,含星点状玉髓,与层凝灰岩结构相似。燧石条带厚3—5 cm,微细水平纹层特别发育(图版Ⅱ-11)。含放射虫及细线状生物遗迹化石(图版Ⅲ-6)。生物灰岩含泥质,富含薄壳瓣鳃类化石碎片(图版Ⅱ-6)。

9. 层纹状和瘤状泥质泥晶灰岩

层纹状灰岩由0.5—1 cm薄层灰岩与泥纹组成。灰岩含薄壳瓣鳃类和钙球,泥纹含陆源石英。

瘤状灰岩因灰岩薄层具柔性变形而呈瘤状,泥质环绕,薄壳瓣鳃类丰富(图版

1) 郑绵平等,1976,我国发现的新型水菱镁矿床沉积特征及其成因。全国沉积学和有机地球化学学术会议论文摘要汇编。

2) 郑绵平在全国第一届盐矿学术会议上的介绍。

3) 成都地质研究所编译,1978,加里福尼亚半岛现代盐湖中的成岩杂卤石。国外沉积岩及其有用矿产(盐类矿床部分)。

4) 孙大鵬在全国第一届盐矿学术会议介绍。

Ⅰ-7),多顺瘤弯曲变形。伴生钙球及大量菊石(图版Ⅳ-6)。

(二)相展布

各类岩石的沉积环境归纳为表1。它们在横向上清楚地分成两大沉积单元。西部略呈环带状分布,外层为块状膏质微晶白云岩(Ⅰ-2)及康滇古陆东侧的紫红色粉砂岩泥岩(Ⅰ-1),共同组成一个潮上萨布哈盐滩相带;内层为层纹状泥晶白云岩、纹带状白云岩硬石膏岩(Ⅱ)和纹带状菱镁矿硬石膏夹瘤状杂卤石岩(Ⅲ),呈环带状共同

表1 上扬子地台绿豆岩顶底板(上下3m)沉积相

环 境	沉 积 相	岩 石 类 型
萨 布 哈	萨布哈盐滩紫红色碎屑岩-块状白云岩	紫红色粉砂岩泥岩,紫红色砂泥岩、泥质白云岩互层,块状膏质微晶白云岩,紫红色交错层砂泥岩
	萨布哈盐滩-干盐湖过渡带及纹状白云岩	层纹状泥晶白云岩(含膏质)
	萨布哈盐滩-干化海湾过渡带叠层石白云岩	叠瓦状、叠层石白云岩,骨屑白云岩,含绿豆岩角砾灰岩、白云岩
盐 湖	干盐湖蒸发岩	纹带状白云岩硬石膏岩,纹带状菱镁矿硬石膏夹瘤状杂卤石岩
	充水(常年)盐湖蒸发岩	纹带状卤泥质硬石膏岩
干化海湾	干化海湾蒸发岩、泥质岩、碳酸盐岩	条带状泥质硬石膏岩,层纹状泥岩,泥灰岩,碳酸盐岩
广海陆棚盆地	广海陆棚盆地碳酸盐岩、复理石岩	硅质泥岩夹燧石条带和生物灰岩,层纹状、瘤状泥质灰岩,燧石灰岩,有孔虫灰岩、复理石岩

组成干盐湖蒸发岩相带。东部自成体系,由条带状泥质硬石膏岩,层纹状泥岩、泥灰岩等(Ⅴ),与块状膏质微晶白云岩(Ⅰ-2)组成,呈平行带状分布(图4,5)。

在东西两大块状膏质微晶白云岩相带之间,从北部旺苍、南江、西乡、镇巴、万源,经过东部巴东、鹤丰、瓮安,有一个变化较大的膏盐沉积区,在川东南西阳、黔江、凤岗和川北开县温泉镇两处,与西部广阔台地上的盐湖膏盐沉积区连通。

西部萨布哈台地的地势是西南高、东北低,在其内部低地分布着各种盐湖。大陆盐湖以纹带状菱镁矿硬石膏夹瘤状杂卤石岩沉积为特征,因为菱镁岩、钙芒硝沉积 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 组成改变,都是有较多淡水补入的有力证据。干湖与常年盐湖则以菱镁岩,球粒放射状纤维杂卤石,纤维石膏,自生单晶硬石膏,松针状菱镁矿,结核状、鸡窝状天青石,钙芒硝等成岩自生矿物及其结构构造的消失为标志。

东部干化海湾与广海之间的贵定,绿豆岩上下为硅质泥岩夹燧石条带和生物灰岩,绿豆岩并富含泡沫亚目放射虫;北去瓮安绿豆岩上下便是黑色膏溶角砾岩和次生灰岩。推测在贵定与瓮安之间存在一个门槛。

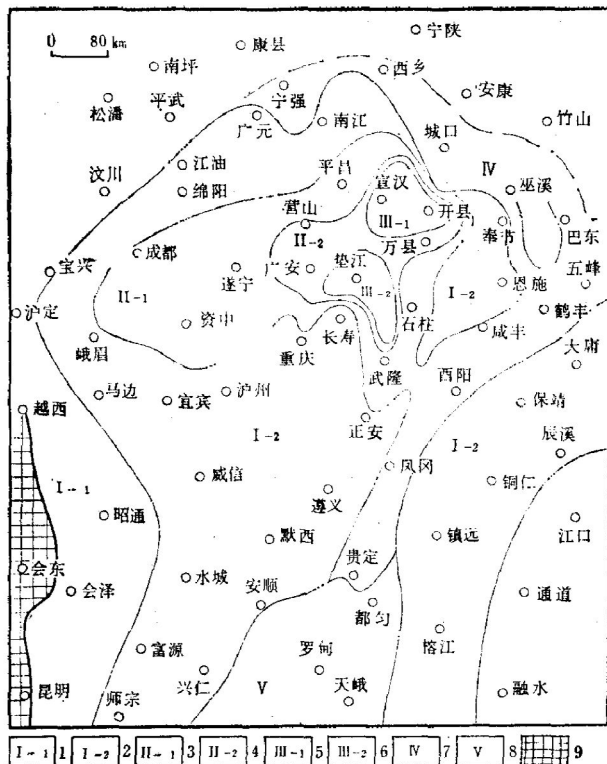


图4 早、中三叠世间绿豆岩底板沉积相图

1—紫红色砂泥岩, 2—萨布哈块状膏质微晶白云岩, 3—干湖层纹白云岩, 纹带状白云岩硬石膏岩, 4—大陆干盐湖菱镁矿硬石膏岩夹瘤状杂卤石岩, 5—充水(常年)盐湖纹带状泥质硬石膏岩, 6—干涸湖心纹带状菱镁矿硬石膏岩夹瘤状杂卤石岩, 7—干化海湾层纹状泥岩、泥灰岩、纹带状泥质硬石膏岩, 8—广海陆棚盆地层纹状瘤状泥质泥晶灰岩, 9—古陆

膏质微晶白云岩—4.72—7.42‰;
(2)层纹状泥晶白云岩—3.27—1.57‰, 菱镁岩—13.71—1.84‰, 去白云石化去硫酸盐化灰岩—15.08—5.68‰。其中原生灰岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值集中, 可与国外三叠纪广海石灰岩对比。块状膏质微晶白云岩靠近层纹状泥晶白云岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值大, 靠近去白云石化去硫酸盐化灰岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值小, 说明块状膏质微晶白云岩 $\delta^{18}\text{O}$ 的始态性质已受改造。如果以层纹状泥晶白云岩 $\delta^{18}\text{O}$ 与广海原生石灰岩 $\delta^{18}\text{O}$ 比较, 仅高出

绿豆岩顶底板相组合基本相似, 只是顶板沉积时滨线东移, 干盐湖扩展, 萨布哈盐滩面积更加宽阔。由于侵蚀基准面下移, 切出雷波、犍为、自贡—宽浅沟谷, 被碎屑岩充填, 嵌入块状膏质微晶白云岩中。

(三) $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素地球化学

在许靖华、何起祥等的研究基础上^[2], 近两年又增补样品, 并把研究范围扩大至上扬子地台及其邻区。新增样品由成都地质矿产研究所实验室分析, 分析仪器 MTL-250, 磷酸法, PDB 标准, 误差 $<0.2\%$ 。

无论底板或顶板, $\delta^{18}\text{O}$ 均可按岩石类型分为四个类群: 原生石灰岩—5.25—6.73‰, 白云岩—7.42—1.57‰ (可细分两亚类: (1)块状

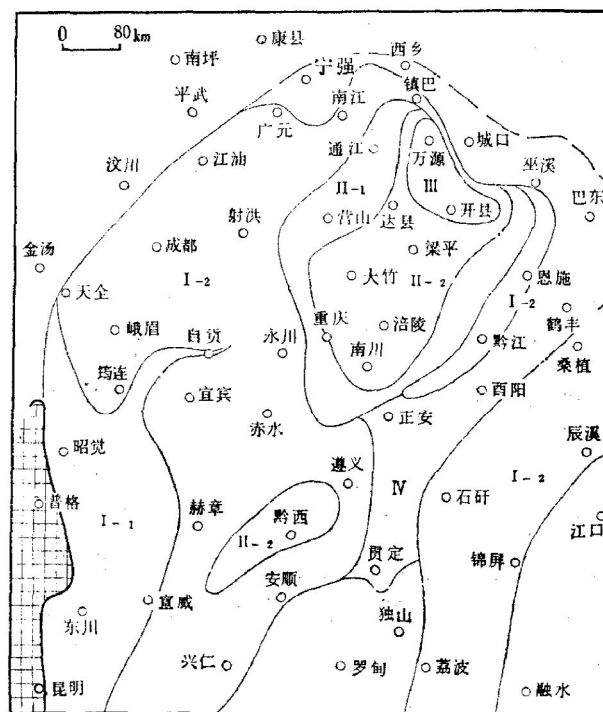


图5 早、中三叠世间绿豆岩顶板沉积相图

(图例说明同图4)

1—4‰，应是潮上萨布哈蒸发成岩白云岩。去白云石化去硫酸盐化灰岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值很小，可与现代淡水石灰岩对比，但它是一种次生灰岩，并非淡水灰岩。菱镁岩 $\delta^{18}\text{O}$ 从其沉积区边缘到中央急剧变小，具大陆盐湖性质（图6，7）。

$\delta^{13}\text{C}$ 亦有相似之处，广海石灰岩 2—3‰，白云岩—1—3‰，去白云石化去硫酸盐化灰岩与白云岩差不多。菱镁岩 $\delta^{13}\text{C}$ 从沉积区边缘到中央由大变小，变化幅度 10—14‰。

一般认为 $\delta^{13}\text{C}$ 在石灰岩的表生成岩作用中改变极小。在去白云石化去硫酸盐化作用中，根据我们的资料变化在 1‰ 左右。据此可把 $\delta^{13}\text{C}$ 等值线作为各类岩石的始态性质来研究。西部萨布哈台地显示一个有规律变化的负值区，环绕该区的干化海湾，则是一个槽形负异常带，南延至黔南桂西陆棚盆地，负异常消失， $\delta^{13}\text{C}$ 过渡为正常带。我们把它作为 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 的区域背景正常区。

绿豆岩顶底板 $\delta^{13}\text{C}$ 等值线，可以分出龙门山前缘的江油低值异常区（-5‰）；万县、垫江、自贡低异常区（-6—-19.71‰）；镇巴、平昌、南充高值异常区（1.73‰）；奉节、利川、恩施高值异常区（1‰）、黔北、黔中高值异常区（图8，9）。低值异常区相当台地内部的古低地，是盐湖、盐质沼泽沉积区；高值异常区相当台地内部的古高地，多是萨布哈盐滩或干湖（盐坪）沉积区。

环绕上扬子台地的干化海湾， $\delta^{13}\text{C}$ 等值线成槽状负异常，局部呈低异常，表明海湾内部凹凸相间地形复杂，南延过渡到正常区，即为广海陆棚盆地。

（四）古地理

从绿豆岩沉积前、沉积期和沉积后的古地理图（图10，11，12）可知，三个时期的古地理基本相似又略有不同：

1. 按照沉积相组合，可分为两大古地理单元。西部是有盐湖的广阔萨布哈台地，内部地形起伏，主要表现为北东向古洼地和古高地有规律地交替分布。东部是带状干化海湾和带状萨布哈台地，内部地形同样复杂多变。干化海湾以西阳—凤岗、巫山—巴东两个地区较低，南延进入黔南桂西广海陆棚盆地，水体最深地形最低。

2. 三个时期的古地理面貌基本相似，东西两大古地理单元和西部康滇古陆一直存在，内部微地貌分异格局不变，充水盐湖基本稳定。但是从绿豆岩沉积前到绿豆岩沉积时，干化趋势、大陆作用加强，表现在干盐湖逐渐扩大，充水盐湖面积缩小，干化海湾一直处于暴露大气条件。

3. 顶底板古地理景观的形成，都是在碳酸盐台地、台盆基础上，经过地壳升起，蒸发作用逐步发育起来的，因而它们经历了泻湖到盐湖，再到大陆盐湖的发展阶段。这个进程反映在绿豆岩喷发沉积一层到多层的变化，绿豆岩去玻化脱硅粘土化由萨布哈盐滩向充水盐湖减弱，由干化海湾内部古高地向古低地减弱；反映在蒸发岩组合和结构构造上，由块状膏质白云岩，到白云岩硬石膏岩，再到菱镁岩硬石膏岩夹杂卤石岩，最后发展成原生层理极为清晰的卤泥质硬石膏岩。

4. 自沉积大量岩盐后，盐湖便开始较多地沉积菱镁岩，新近在渠县地区又发现钙芒硝沉积，与此同时碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 组成改变，表明盐湖补给性质改变，卤水物化性质与大陆盐湖相似。一般认为这种转化影响成钾规模。

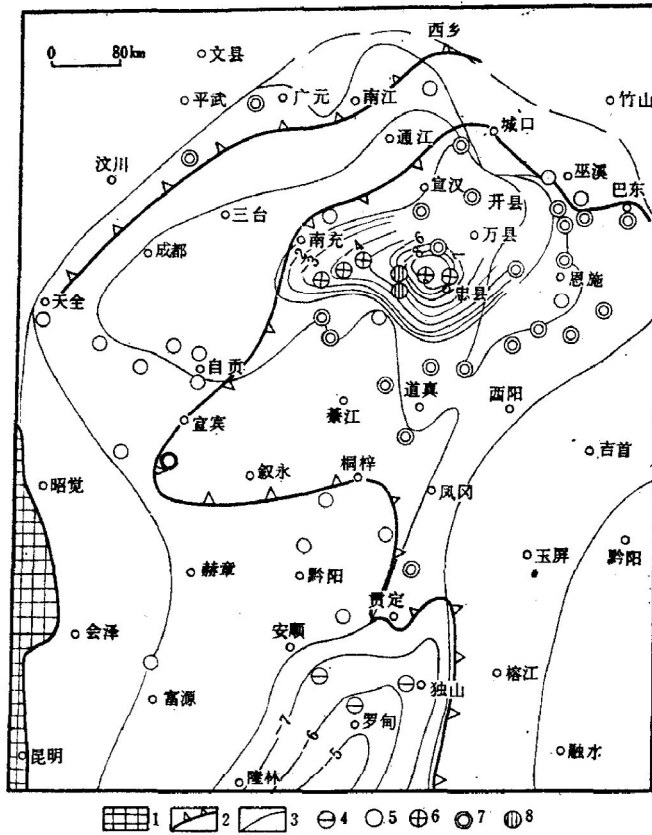
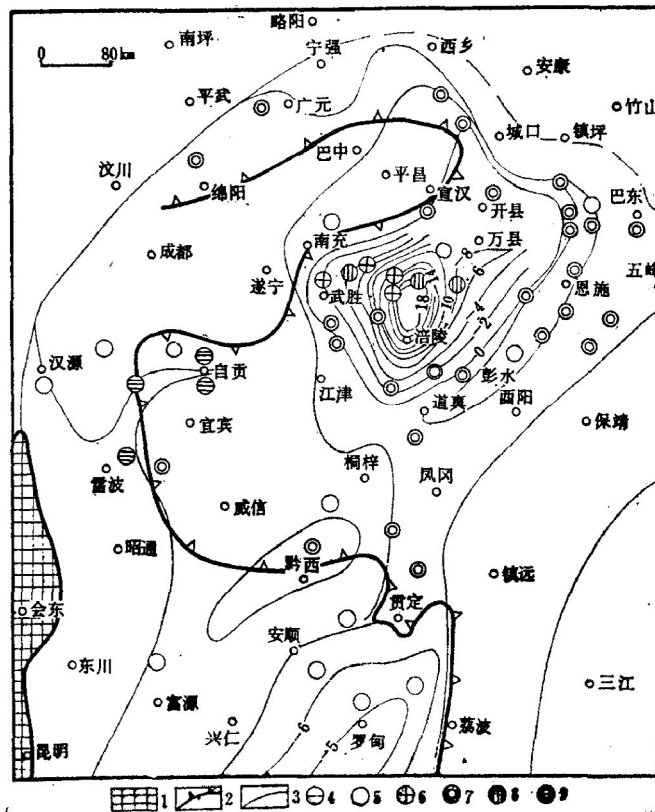


图6 绿豆岩底板表生去白云石化去硫酸盐化灰岩分布与 $\delta^{18}\text{O}$ 稳定同位素等值线图

1—古陆, 2—去白云石化去硫酸盐化灰岩区界, 3—沉积相界, 4—广海石灰岩, 5—萨布哈白云岩, 6—大陆盐湖菱镁岩, 7—去白云石化去硫酸盐化灰岩, 8—硬石膏岩

图7 绿豆岩顶板白云石化去硫酸盐化灰岩分布与 $\delta^{18}\text{O}$ 稳定同位素等值线图
1—8同图6, 9—碎屑岩



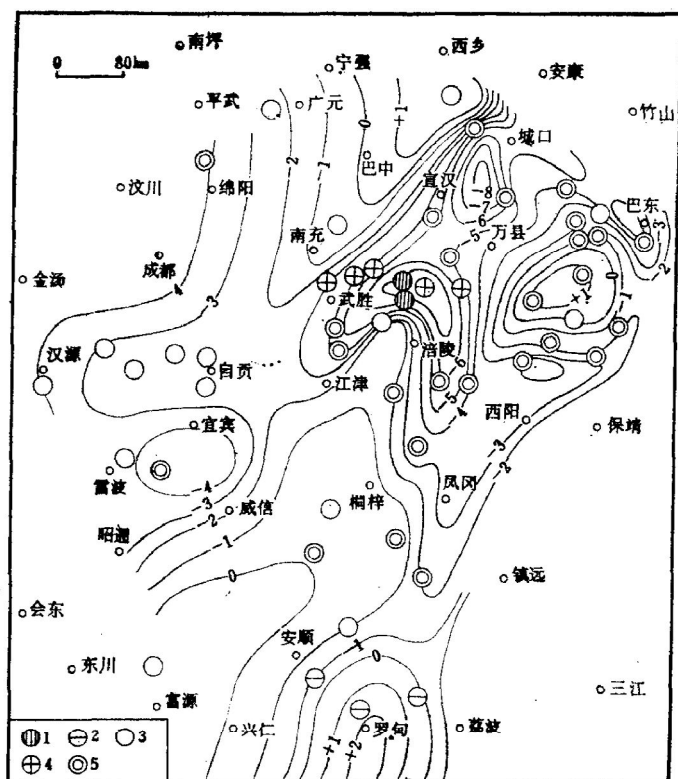


图 8 早、中三叠世间绿豆岩底板碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 等值线图

1—硬石膏岩, 2—石灰岩, 3—白云岩, 4—菱镁岩, 5—去白云石化去硫酸盐化灰岩

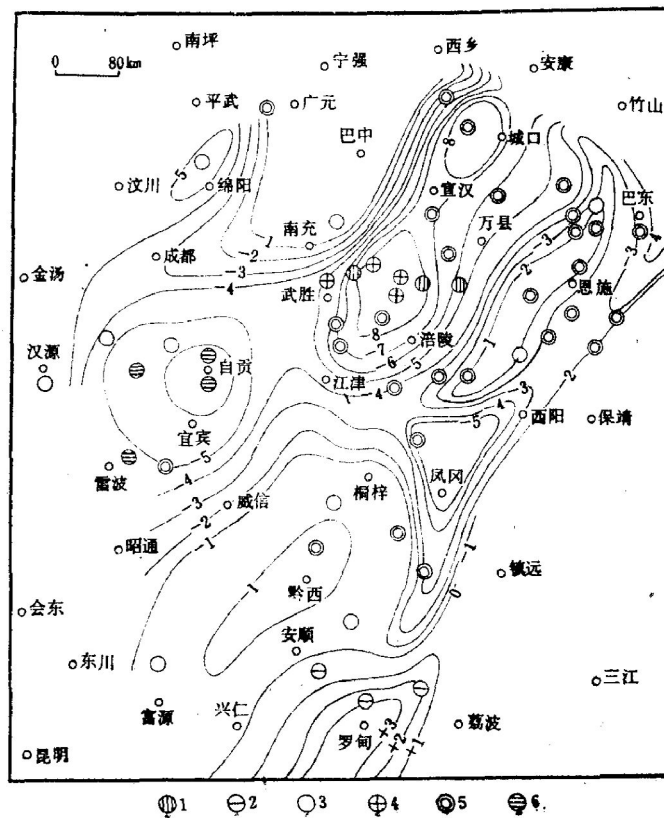


图9 早、中三叠世间绿豆岩顶
板碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 等值线图
1—5 同图8, 6—碎屑岩

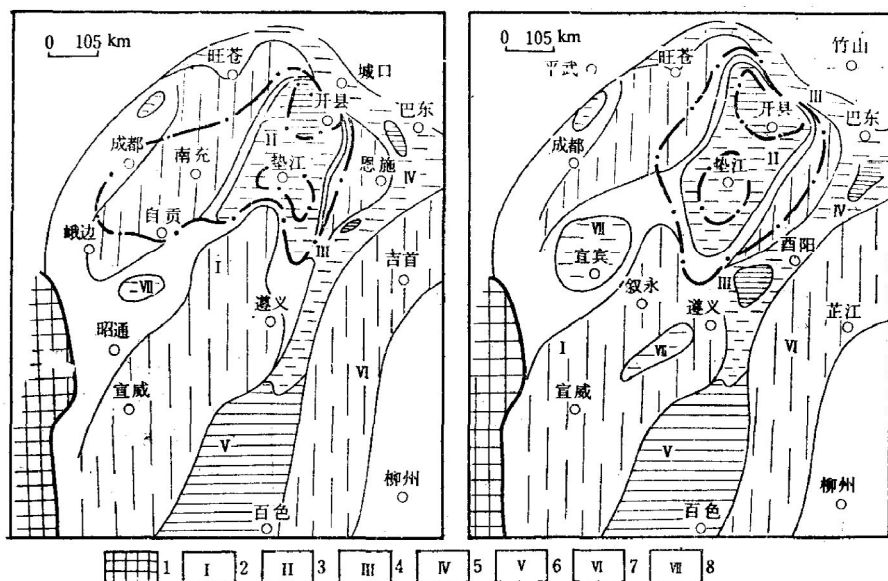


图10 绿豆岩底板古地理图

图11 绿豆岩顶板古地理图

1—古陆, 2—广阔萨布哈台地盐滩, 3—大陆盐湖, 4—古潮汐水道, 5—干化海湾,
6—广海陆棚盆地, 7—带状萨布哈台地, 8—盐质沼泽

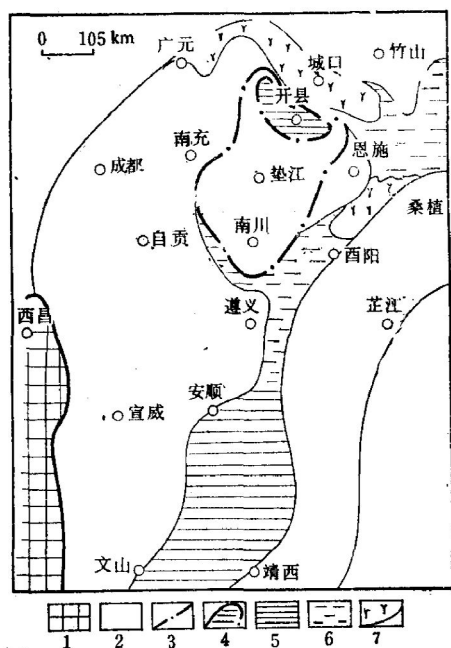


图12 绿豆岩沉积期古地理图

1—古陆, 2—萨布哈风化残积区, 3—干盐湖,
4—充水(常年)盐湖, 5—广海陆棚盆地,
6—海湾, 7—干化海湾

结 语

上扬子地台及其邻区绿豆岩沉积前后古地理, 由东西两大单元组成, 西部为萨布哈台地, 东部为带状干化海湾和带状萨布哈台地。

西部萨布哈台地的最大古洼地川东万县、垫江地区是成盐中心。虽然盐湖形成经过泻湖发展阶段, 但是蒸发岩不是泻湖阶段的沉积物。

干化海湾西乡发现菱镁岩硬石膏岩沉积¹⁾, 说明蒸发岩也可沉积在环台干化海湾里, 应加强工作, 必有新的收获。

吴应林副研究员对本文多次给予指导, 刘荣谟、赵定华、葛传芝、袁基典、叶望珍、蒋淑容、程纪玉等同志提供实验数据, 在此一并致以谢意。

1) 霍承禹在全国第一届盐矿学术会议介绍。

参 考 文 献

- [1] 罗宾·巴瑟斯特, 1977, 碳酸盐沉积物及其成岩作用. 中国科学院地质研究所《碳酸盐沉积物及其成岩作用》翻译组, 科学出版社.
- [2] 许靖华、何起祥等, 1983, 我国西南早中三叠世间绿豆岩等时面上下碳、氧稳定同位素地球化学. 中国地质科学院成都地质矿产研究所所刊, 第4号.

PALEOGEOGRAPHY OF BEFORE AND AFTER DEPOSITION
OF GREEN-BEAN ROCK (ALTERED TUFF) BETWEEN
THE EARLY AND MIDDLE TRIASSIC IN THE
UPPER YANGTZE PLATFORM AND
ITS ADJACENT AREAS

Zhu Zhongfa Wang Guangxin

(Research Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu)

Abstract

The sedimental facies of 3 m thick around the roof and bottom of the green-bean rock (altered tuff) between the Early and Middle Triassic can be divided into 9 kinds of rock association, belonging to 5 sedimental facies zones respectively in the Upper Yangtze Platform and its adjacent areas. The west part of the studied region is a extensive sabkha platform, the facies zones are distributed in circles. The outer part is constituted by purplish red clastic rock and massive dolomite of the sabkha, the middle circle consists of striped dolomite and anhydrite rock, striped magnesite, anhydrite intercalated with nodular polyhalite of salt playa, the inner one is made up of striped argillaceous anhydrite rock. The sedimental facies of the east part are distributed as parallel ribbon, which consists of striped argillaceous anhydrite rock, lamellar mudstone and marl of desiccation bay in the west side, and massive gypsum microdolomite, micrite intercalated with oolitic limestone, dolomite of sabkha salt marsh and shallow sea in the east side.

$\delta^{13}\text{C}$ -value indicates that negative abnormal region of low value corresponds to paleodepression within the platform, and is considered to be salt lake or salt swamp; the one of the high value is corresponding to sabkha salt marsh or salt flat of the paleo-uplift within the platform; the normal region is considered to be the open sea of south Guizhou and west Yunnan Provinces.