

滇黔桂地区晚古生代、三叠纪生物礁沉积相及含油性初步研究

罗祖虞

(石油工业部滇黔桂石油地质科学研究所)

我国南方滇黔桂三省(区)碳酸盐岩分布广泛,从震旦系至中三叠统均有生物礁发育。生物礁具优越的油气聚集空间,是值得重视的储集岩类之一。本文是笔者参加了若干生物礁沉积相研究工作后,提出如下认识。

泥盆纪至三叠纪生物礁沉积相、沉积模式及其发展规律

早泥盆世时期,滇黔桂地区遭受由南而北、由东而西的海侵。早期为一套碎屑岩、粘土岩沉积,岩性简单,沉积相分异不很明显,无礁相沉积;晚期继续海侵,为碎屑岩、粘土岩夹碳酸盐岩沉积,沉积相开始分异,构成了晚古生代沉积相带的雏形。珊瑚、腕足类、苔藓虫繁育,此时的古地理、古水域环境虽相对变好,但不适

于造礁生物大量繁殖,仅有滩相沉积。

中泥盆世继续广泛海侵,海盆边界在原有基础上略有扩展。沉积相分异清楚,沉积模式标准,可分为四区十七带(图1)。

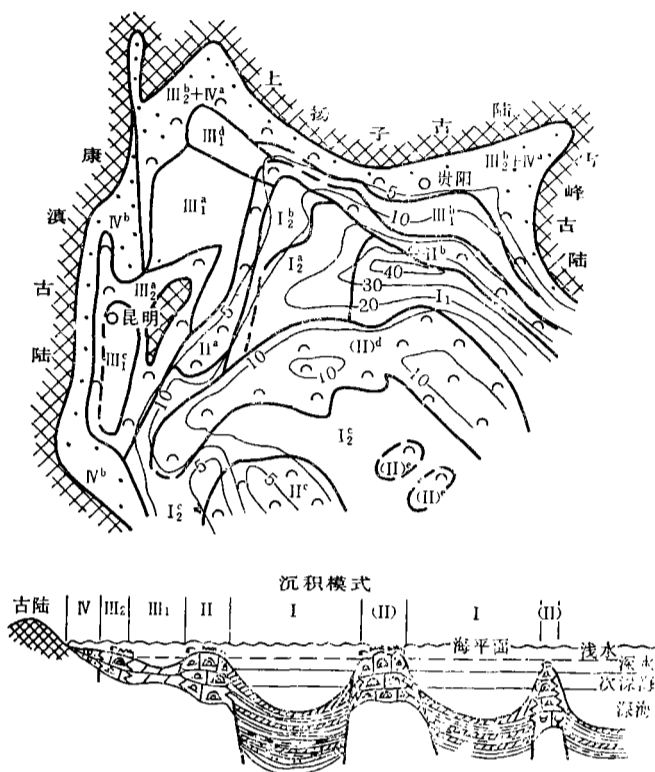


图1 中泥盆世生物礁沉积相区图
(等厚线单位为100米)

Ⅰ₁南丹海盆深水至深海相带
 Ⅰ₂盘县海盆深水至深海相带
 Ⅰ₃罐子窑海盆下浅水至次深海含海台丘滩
 (D₂¹)相带
 Ⅱ^a开远—屏边—富宁海盆深水至深海相带
 Ⅱ^a茂兰—泸西棚台浅海浅水礁—滩组合相带
 Ⅱ^b独山—王佑棚台浅海浅水礁—滩组合相带
 Ⅱ^c西畴棚台浅海浅水滩相带
 (Ⅱ)^d凌云—西林海台丘浅海浅水礁—滩组

合相带
 (Ⅱ)^a德保、大新海台丘浅水点滩相
 Ⅲ₁会泽富源泻湖浅水生物云泥相带
 Ⅲ₂贵定—都匀泻湖浅水生物泥相带
 Ⅲ₃昆明泻湖浅水生物云泥相带
 Ⅲ₄威宁棚盆浅海深水生物泥相带
 Ⅲ₅禄劝—沾益—盘溪陆缘浅海浅水滩—礁组合相带
 Ⅲ₂^a—Ⅳ^a凯里—贵阳—赫章陆缘浅水滩及滨岸砂泥岩相带
 Ⅳ^b东立吉—武定滨岸砂砾岩相带

海盆相区(Ⅰ)：位于南丹—普安及富宁—屏边两断块拗陷中，为深水至深海低能至静水还原环境的碎屑岩、粘土岩、硅质岩及含锰、磷、菱铁矿沉积，产竹节石、菊石、三叶虫等生物。生物礁、滩生长具四种类型，分布于三种不同相区内：

(1)棚台堤带礁—滩型(Ⅱ)，分布于受弥勒—师宗及紫云—南丹两条深大断裂控制的断块隆起边缘或断块拗陷的相对较高地带；(2)海台丘带状礁—滩型(Ⅱ)，分布于海盆中顶面起伏不平的断块隆起上；(3)海台丘点礁—滩型(Ⅱ)，分布于海盆中星散的单个小断块台丘上；(4)岸礁—滩型(Ⅲ₃)，分布于具陆源淡水注入的古陆边缘浅海近岸带。它们均为浅海浅水高至中能氧化环境下的礁灰岩、滩灰岩沉积。主礁生物为层孔虫、群体珊瑚、藻类及苔藓虫等，含量丰富，具生长格架或原地堆积格架。在礁体的前缘或后缘常为塌磊之礁角砾灰岩亚相带，其外围为生物滩亚相带，以点状、新月状、环状、小堤带状等小礁、滩体组合成以礁体为核心的礁、滩组合相带。各小礁、滩体之间，夹杂有与礁前海盆相、礁后棚盆相(或泻湖相)相似的非礁之生物泥沉积，产生主次夹次的包容现象。这种现象在古代及现今礁—滩沉积中均可见及。

棚盆相区泻湖相带(Ⅲ)：位于黔南断块拗陷、牛首山断块隆起及昆明断块拗陷内。为礁后浅海浅水中—低能咸化、半咸化云泥云岩、含生物云泥云岩夹灰岩沉积，含黄藻、真菌及蓝藻等，无礁、滩相发育。

滨海相区(Ⅳ)：位于古陆边缘，以碎屑岩为主，无礁、滩相发育。

晚泥盆世由于大明山运动使地壳回返上升，开始海退，但是，古构造及沉积相仍沿袭中泥盆世海盆基底格局及沉积相的基本特点，沉积模式仍较标准(图2)。不同之处是，(1)在棚台堤带礁—滩相带(Ⅱ)中，因成礁环境变差，礁多衰亡而仅造滩。(2)陆缘礁—滩相带(Ⅲ₂)，已因气候变干燥无淡水注入，随海水半咸化或咸化而消失。(3)位于海盆中的海台丘点礁—滩型相带(Ⅱ)内出现小岛，也因成礁环境变差，成为以鲕藻滩为主稍含礁的相带。礁体多见于小岛周围，主礁生物为层孔虫、藻类及少量珊瑚。而滨岸砂泥岩相(Ⅳ)可能已被后期剥蚀而不复存在。

早石炭世，因晚泥盆世末柳江运动使地壳升起，海盆北部及西部边缘产生海退。到早石炭世初期地壳回返下降，产生海侵。沉积相区仍分四大区，沉积模式仍较标准(图3)。不同之处是，(1)三个礁—滩相带范围较晚泥盆世略有扩大，由于

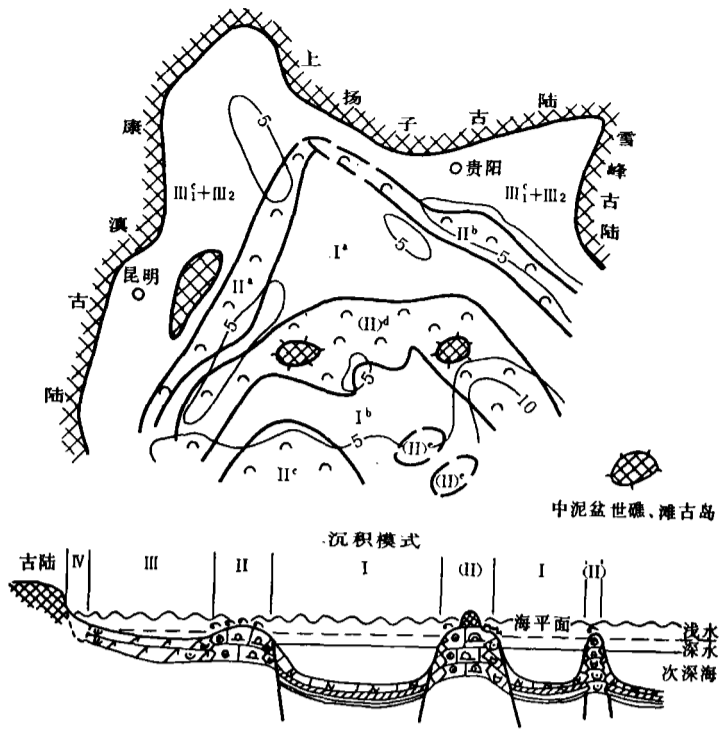


图2 晚泥盆世生物礁沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- | | |
|--------------------------------|---|
| I ^a 南丹—普安海盆深水至次深海相带 | II ^d 凌云—西林海台丘浅海浅水礁-滩组合相带 |
| I ^b 富宁海盆深水至次深海相带 | (II) ^a 德保、大新海台丘浅海浅水点滩相 |
| II ^a 富源—泸西棚台浅海浅水滩相带 | III ₁ ^a —III ₂ ^a 都匀—昭通—昆明泻湖至陆缘浅海浅水至深水生物云泥相带 |
| II ^b 独山—长顺棚台浅海浅水滩相带 | |
| II ^c 西畴棚台浅海浅水滩相带 | |

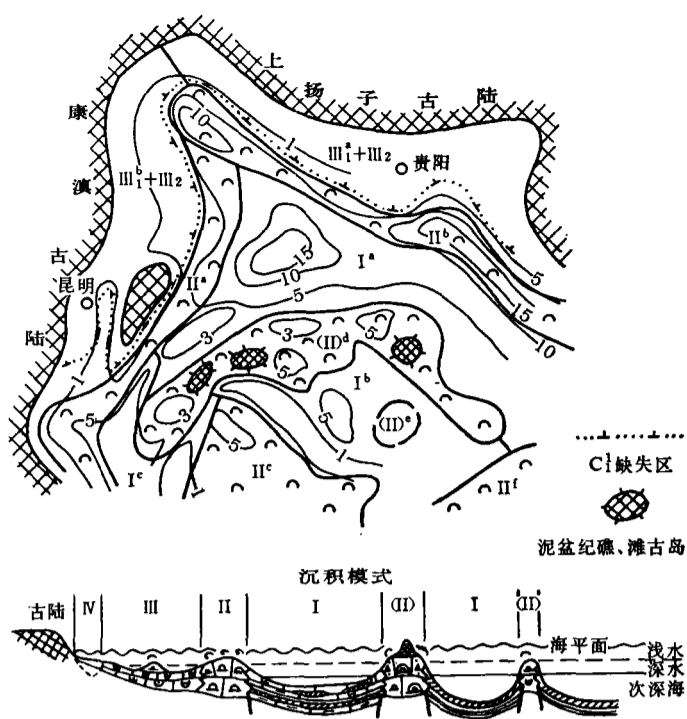


图 3 早石炭世生物礁沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- I^a南丹—普安海盆深水至次深海相带
- I^b富宁海盆深水至次深海相带
- I^c屏边海盆深水至次深海相带
- II^a富源—泸西—建水棚台浅海浅水滩相带
- II^b平塘—威宁棚台浅海浅水礁—滩组合相带
- II^c西畴棚台浅海浅水滩相带
- (II)^d乐业—中和营海台丘浅海浅水礁—滩

- 组合相带
- (II)^a田阳海台丘浅海浅水点滩相
- II^f扶绥—邕宁海台丘浅海浅水礁—滩组合相带
- III₁^a + III₂^a 都匀—织金棚盆浅海浅水至深水生物灰泥局部含滩相带
- III₁^b + III₂^b 巧家—昆明棚盆浅海浅水生物灰泥相带

北西向文山断裂带活动，使富源、泸西、建水、文山及西林等地的棚台、海台丘浅海浅水滩相带毗邻。(2) 由于凭祥—扶绥断裂带、向都断裂带活动，以前的大新海台丘点滩相消失，出现受断裂控制的扶绥—邕宁海台丘浅海浅水礁—滩相带。(3) 主要造礁生物有蓝藻、苔藓虫及群体珊瑚等，辅助造礁生物为腕足类、海百合、藻粒屑、腹足类及单体珊瑚等，多为障积滩

礁类型。(4) ^a都匀—织金一带礁后棚盆生物泥相(III₁ + III₂^a)已淡化，且局部含滩。

中晚石炭世因早石炭世晚期地壳微有上升，以及中晚石炭世之间又经历了昆明运动，因而出现了多次小规模的海进和海退。海盆基底格局、古陆边界、礁—滩相带分布及沉积模式的总面貌仍承袭了早石炭世的特点(图4)。沉积相仍分四大区，

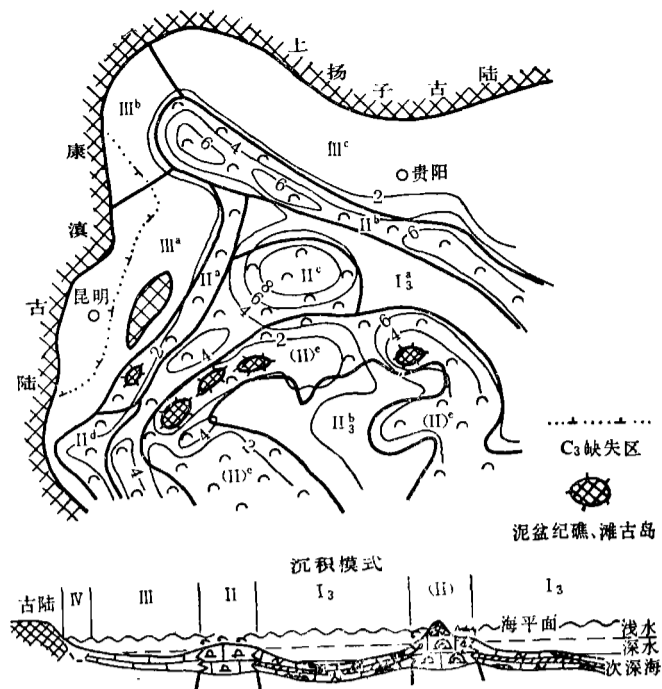


图4 中晚石炭世生物礁沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- | | |
|------------------------------------|--|
| I ₃ 南丹—欧场海盆深水生物灰泥相带 | 一滩组合相带 |
| II ₃ 富宁海盆深水生物灰泥相带 | III ^a 宣威—昆明—华宁棚盆浅海浅水生物泥含滩相带 |
| II ^a 泸西棚台浅海浅水滩相带 | III ^b 昭通棚盆浅海浅水滩至深水生物灰泥相带 |
| II ^b 平塘—威宁棚台浅海浅水滩相带 | III ^c 贵阳—都匀棚盆浅海浅水生物泥含滩相带 |
| II ^c 兴仁—盘县棚台浅海浅水滩局部含礁相带 | |
| II ^d 建水棚台浅海浅水滩夹玄武岩相带 | |
| (II) ^e 吉德—西林—平果海台丘浅海浅水礁 | |

与早石炭世沉积相区不同之处是小岛增多,各种类型的礁-滩相带分布范围扩大,并且大部分连接成片。造礁生物主要为苔藓虫、群体珊瑚、藻类;造滩生物为有孔虫、蠕类、藻屑、海百合茎、腹足类、腕足类、单体珊瑚等。海盆相区因地壳的升起及沉积补偿而变窄变浅,成为陆棚浅海深水相(I₃)。低能还原环境含硅质结核的生物泥碳酸盐岩沉积。早石炭世的礁后泻湖相都已淡化成为棚盆浅海浅水至深水

生物泥相且局部含滩沉积(II)。
早二叠世初期(栖霞期),地壳开始下降,产生由南向北的广泛海侵,浸没了康滇古陆、上扬子古陆及雪峰古陆,与四川、湖南的海盆连成一片,其中仅残存一些散布的小岛。此时,沉积相分三大区(图5)。织金—平塘(II^a)及富源—弥勒棚台浅海浅水滩相(II^b)局部含礁相带继续存在;海盆相仍主要为不标准的陆棚浅海生物泥相(I₃)沉积。不同之处

是未见海盆边界；在广阔的陆棚浅海深水相中，于海盆基底断裂带所形成的断陷，有较正常次深海—深海槽或海沟相沉积，如百色八渡海槽等。

生物礁-滩相带(II)呈堤带状分布，因断裂活动，由前期的二个带增至三个。第一堤带为海台丘型带状礁-滩相带(II)^d，由于近南北向百层断裂带、北东向凭祥—扶绥断裂带及北西向文山断裂带等的活动，进行了较大改造，所以，海水能量高，水流循环通畅，成礁条件好，礁前、

礁后之塌磊亚相及生物滩亚相带发育，并产生新的乐业、凤山、平果、德保台丘型点礁-滩相(II)^e；第二堤带为断裂造成的海台丘型礁-滩相带(II)^c；第三堤带为棚台型滩，局部含礁相带(II)^a，(II)^b，因海水能量降低，成礁环境差，一般仅成滩。

上述礁、滩的造礁生物为红藻、蓝藻及海绵，具生长格架，栉壳结构发育，并有渗滤沙。造滩生物主要为翁格达红藻、螻及藻粒屑等，呈原地堆积及较近搬运的

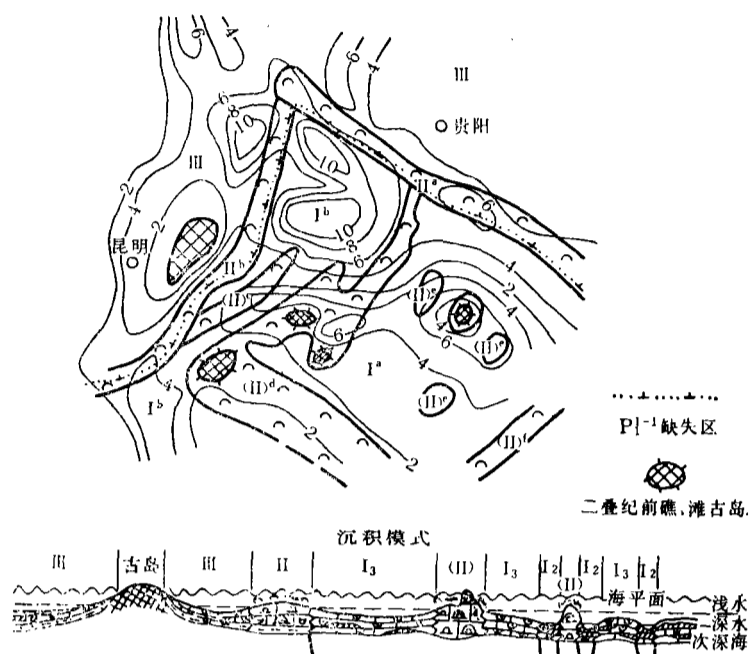


图 5 早二叠世生物礁沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- | | |
|---|--|
| <p>I^a 南丹—富宁海盆深水陆棚局部含次深海生物灰泥相带</p> <p>I^b 水城—兴仁—屏边海盆深水陆棚生物泥局部含次深海相或浅水滩相</p> <p>II^a 织金—平塘棚台浅海浅水滩相带</p> <p>II^b 富源—弥勒棚台浅海浅水滩局部含礁相带</p> <p>(II)^c 雄武—泸西海台丘浅海浅礁—滩组</p> | <p>合相带</p> <p>(II)^d 紫云—广南—文山海台丘浅海浅水礁—滩组合相带</p> <p>(II)^e 乐业、凤山、平果、德保海台丘浅海浅水点礁或点滩相</p> <p>(II)^f 宁明海台丘浅海浅水礁—滩组合相带</p> <p>III 贵阳—昭通—昆明陆表海盆生物泥夹低能礁相带</p> |
|---|--|

保存生态。礁体及礁前礁后之塌磊亚相外侧的生物滩亚相中常有古粘液藻迹色斑灰岩，具有指示礁相的意义。

礁后棚盆相(Ⅲ)为宽阔、水浅、海底坡度平缓，地形起伏不大的陆表海沉积特征，常见白云岩及白云质斑块灰岩等。

早、晚二叠世之间的东吴运动发生玄武岩喷发，致使海盆范围向东退缩，仅在东部有棚台型带状生物礁、滩生长，并夹有零星玄武岩。

晚二叠世地壳又一次下降，发生海侵。海盆基底格局由于玄武岩喷发，造成了一次大的改造。基底格局分异明显，西北高东南低，海盆边界大致位于小江大断裂及德泽断裂带一带。北东向断裂控制了沉积相变化，分五个相带，从北西至东南，由陆相(Ⅳ₂)-滨海沼泽相(Ⅳ₁)-礁后棚盆相(Ⅲ)-棚台礁、滩相(Ⅱ)-礁前海盆相(Ⅰ)依次呈北东向展布，分带清楚(图6)。

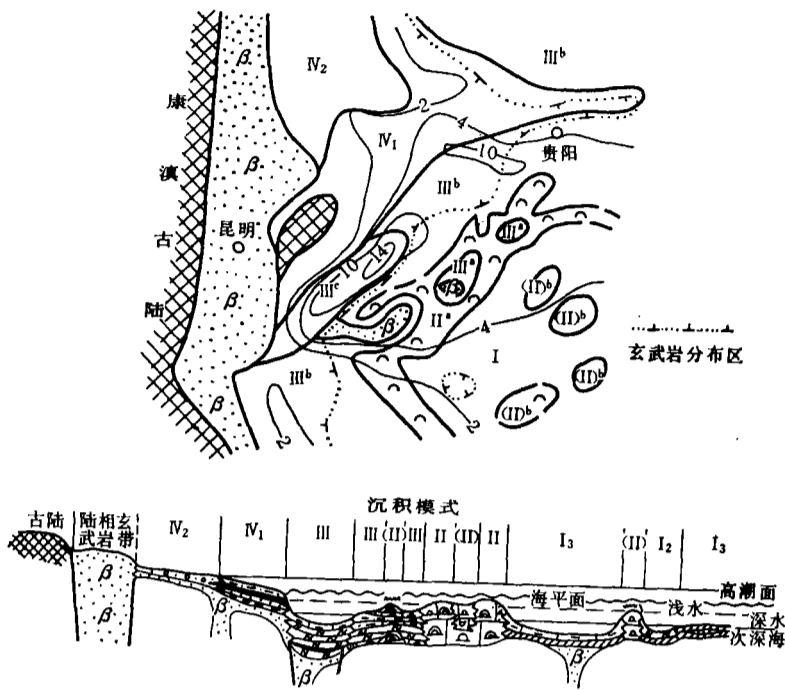


图6 晚二叠世沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- | | |
|---|------------------------------------|
| Ⅰ 富宁—天峨—广海盆深水陆棚含次深海相带 | Ⅲ ^b 贵阳—六枝—兴仁—文山棚盆浅海浅水相带 |
| Ⅱ ^a 紫云—广南棚台浅海浅水礁、滩组合相带 | Ⅲ ^c 罗平棚槽浅海深水至次深海类浊积相带 |
| Ⅱ ^b 乐业、凤山、平果、靖西、海台丘浅海浅水点礁—滩相 | Ⅳ ₁ 水城—弥勒滨海相带 |
| Ⅲ ^a 么基、者保礁间浅海浅水至深水湖盆 | Ⅳ ₂ 昭通洪泛平原相带 |

晚二叠世礁、滩並不发育，仅礁后棚盆相为浅海浅水绿藻滩灰岩夹硅质页岩及薄煤层，局部地区见有适宜于盆台丘低能环境下生长为泥晶胶结之梁山珊瑚礁灰岩及浅水中能环境之亮晶鲕藻滩灰岩。棚台礁-滩相内部变化较大，主礁生物单调，仅海绵及藻类。由于晚二叠世海盆的海水的总能量低，故礁体后缘常无礁角砾岩塌磊沉积，致使礁体直接与礁后生物滩接触。其它相区均为碎屑岩夹煤、凝灰岩建造。

早三叠世由于苏皖运动的影响，对海盆基底格局又进行了较大的改造，除北东向及南北向断裂带继续活动外，近东西向及北西向断裂频繁活动，形成呈“C”字形的海盆基底格局，控制了沉积相的变化（图7）。可分为四大相区：棚台浅海水鲕藻滩夹泥岩相（Ⅱ）；棚盆浅海浅水至深水灰岩、白云岩、泥岩相（Ⅲ）；滨海砂、泥岩（Ⅳ）及海盆深水至次深海火山凝灰质浊积岩相（Ⅰ）。成礁环境差，仅造滩。

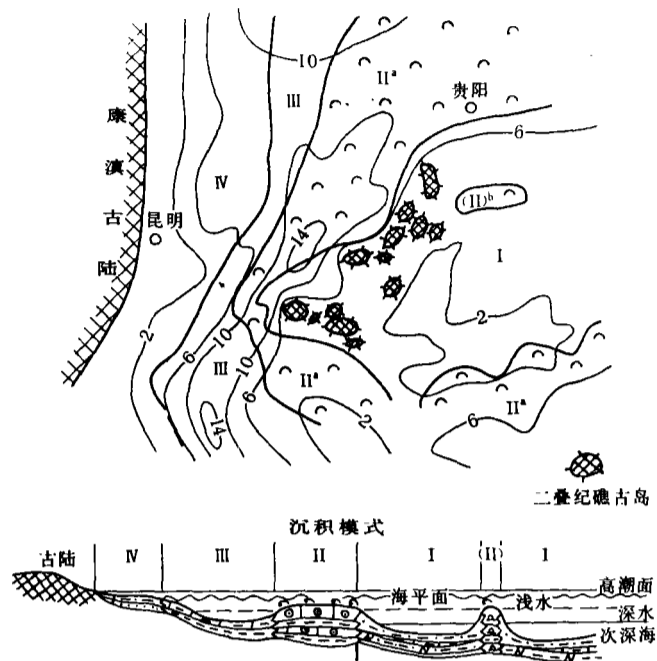


图7 早三叠世沉积相及沉积模式图
(等厚线单位为100米)

- | | |
|---|-----------------------------|
| Ⅰ 惠水—西林—都安—广海盆深水至次深海浊积相带 | 泥岩相 |
| Ⅱ ^a 涠潭—镇宁—罗平—丘北及德保—平果—来宾棚台浅海浅水鲕藻滩夹页岩相带 | Ⅲ 水城—泸西棚盆浅海浅水至深海灰岩、白云岩、泥岩相带 |
| (Ⅱ) ^b 板庚—董德—广海台丘浅海浅水点滩夹 | Ⅳ 昭通—建水滨海砂岩、泥岩夹灰岩相带 |

中三叠世，由于早三叠世末桂西运动是苏皖运动基础上的一次继承性叠加运动，海盆基底格局断裂组合“C”字型棚台滩相发展成较复杂的礁-滩组合相带，沉积相清楚，沉积模式较典型（图8）。

可分为四大相区。海盆相区（I）：在海盆西部边缘斜坡地带为深水至次深海低能、静水环境暗灰色、黑灰色中、薄层状隐生物灰岩、含生物碎屑灰岩，有时夹深水礁砾屑灰岩，含真菌、蓝藻、刺球等，

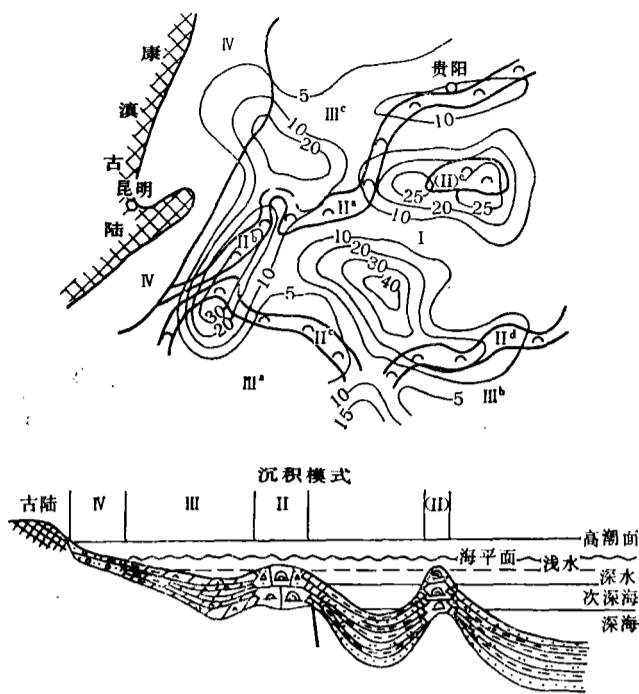


图8 中三叠世沉积相及沉积模式图
(等厚线单为100米)

- I 开远—西林—南丹—广海盆深水至深海浊积相带
- II^a 青岩—贞丰棚台浅海浅水礁、滩组合相带
- II^b 大水井—牛角山棚台浅海浅水礁、滩组合相带
- II^c 丘北—富宁棚台浅海浅水礁、滩组合相带
- II^d 平果棚台浅海浅水礁—滩组合相带
- (II)^e 板庚—董德海台丘浅海浅水环礁—滩组合相带
- III^a 文山及 III^b 南宁棚盆浅海浅水至深水相带
- III^c 黔西—盘县—泸西泻湖浅海浅水至深水相带
- IV 宣威—石屏滨岸相带

构成狭窄分布的碳酸盐岩相带，其余地区为深水至深海砂泥岩夹隐生物灰岩具布马序列之浊流沉积。海盆中见有板庚—董德海台丘环礁相（II）。其沉积特征与棚台礁—滩相组合相似。棚台礁—滩组合相（II）：为浅海浅水高至中能具氧化环境

之藻格架礁灰岩、腕足滩灰岩、菊石滩灰岩、海百合茎滩灰岩、豆藻滩灰岩等沉积。主礁生物为红、蓝藻及少量海绵、六射珊瑚等，具生长格架生态。礁体前后缘发育有塌磊亚相之礁角砾灰岩、礁砾屑灰岩。在礁前塌磊亚相之外发育有由腕足、

菊石、海百合茎等滩灰岩组成的生物滩亚相，具原地堆积保存生态；在礁后塌磊亚相之外发育有豆藻、鲕藻、藻灰结核及生物碎屑等滩灰岩组成之生物滩亚相，具原地堆积及近搬保存生态。礁后泻湖相（Ⅲ）：为浅海浅水中至低能咸化、半咸化云泥云岩夹云质隐生灰岩、泥岩沉积，未见礁、滩发育。滨岸相（Ⅳ）：为碎屑岩夹少许泥灰岩、白云岩沉积，无礁、滩发育。

生物礁、滩含油性探讨

通过对上述各地质时代生物礁、滩及其成岩及后生作用的研究，笔者认为，沉积期的胶结作用、溶解作用及充填作用较普遍。成岩—后生期时，由于礁、滩相带原生孔隙性、渗透性好，容易产生溶蚀作用及白云岩化作用。礁格架孔隙中栉壳结构的形成与生物化学作用有关，礁格架孔隙及滩堆积孔隙起部分充填作用，并在其孔隙中充填了多期的渗滤沙，这说明礁、滩在形成过程中，经常出没于海面，经溶蚀后，原生孔隙增大，充填渗滤沙，使原生孔隙缩小。成岩期的压实作用一般对礁的原生格架孔隙及滩原生堆积孔隙影响甚小，所见各地的礁、滩灰岩的原生格架及生物多未见受压实作用而发生较大形变。压溶作用压溶缝合线的形成对石油的初次运移、聚集，提供了良好的通道。成岩期后的溶蚀作用是由于礁、滩上升暴露，海水在粒内选择性溶蚀成粒内孔隙、晶间孔等，或沿晶间孔、压溶缝、成岩缝渗透形成溶孔或溶洞，增加了孔隙性及渗透性。在礁、滩分布地区，常见白云岩化

参 考

- [1] J.D. 米利曼，现代沉积碳酸盐 第一卷《海洋碳酸盐》，地质出版社，1974年
[2] G.V. 奇林格等，沉积学的进展《碳酸

作用多为细晶以上的具生物痕迹或尚未完全交代的残余组织、构造的成岩期白云岩，这种选择性分子对分子的交代，使原生孔隙增大2—14%左右。有时尚见有二氧化硅对孔隙及裂缝产生不利的填塞。也常见有构造破裂作用后的构造裂缝。

通过对乐业等地区不同沉积相带的地化及物性资料的研究，并对比国外礁型油气藏资料后，本区礁前海盆相区，礁后棚盆相区及礁下、礁上生物泥相段均为低能还原环境生物泥沉积，有机碳含量较高，高于滇东地区地面碳酸盐岩样的指标0.06%，氯仿沥青“A”值也相对较大，具良好的生油条件。同时由于它岩性细，致密，孔隙性差，也是较好的盖层。棚台礁—滩相区为高能氧化环境沉积，孔隙性好，孔隙率为非礁、滩相的2—5倍，例如白云岩化后的礁云岩、滩云岩经煤油饱和法有效孔隙率测定，高达14%左右，具优厚的储集空间。

这些横向上不同相区与纵向上不同相段共同组成以礁为骨干，以礁—滩组合体为中心，四周为良好生油条件的礁前海盆相区、礁后棚盆相区、礁下生物泥相段、礁上生物泥相段生成的大量石油，可以纵向或侧向运移聚集于具优厚储集空间的礁—滩组合中，并有盖隔性好的礁上环境沉积的含膏盐或生物泥相的盖层封隔，构成了巨型礁型油气藏的生储盖配套，有希望找到礁型油气藏。

本文得到罗蛰潭、李德生、张孝林、苟汉臣、吴银富等同志的帮助，并提出宝贵意见，一并致谢。

（收稿日期 1980年12月26日）

文 献

- 盐岩》，石油工业出版社，1967年
[3] 罗祖虞，碳酸盐的生物化学成因及岩石分类，石油实验地质，第3卷第1期，1981年

PRELIMINARY STUDY ON TRIASSIC AND LATE PALEOZOIC REEF FACIES IN YUNNAN—GUIZHOU— GUANGXI REGION AND THEIR PETROLEUM PROSPECT

Luo Zuyu

(Research Institute of Petroleum Geology of
Yunnan—Guizhou—Guangxi Region)

Abstract

There is a large number of organic reef in the Yunnan—Guizhou—Guangxi region. The main factor controlling the formation, development and evolution of reefy facies is palaeotectonic setting.

The distributions of reefs and sedimentary facies of Devonian are similar to those of Carboniferous. The Yunnan movement changed much of the frame work of the late sedimentary basin, the Tongwu movement thoroughly reformed the Early Permian basin and the Suwan movement brought about additional rework of the Late Permian basin. In this way, an unique pattern of Early Permian, Late Permian and Triassic reefs and sedimentary facies was formed. The differentiations among the reefs and facies zones of Middle Devonian, Late Permian and Middle Triassic are obvious, their characteristics are distinct and their development modes are typical.

The horizontal spread modes of facies zone and reef may be divided into four major areas, ten zones and ten subzones.

Sedimentation, diagenesis and epigenetic alteration controlled the change of porosity and permeability of the rocks within the reef-bank facies zones. Compaction affected the primary porosities to a lesser extent. Stylolites formed by pressure solution provided excellent channels for the migration and accumulation of oil and gas. Dolomitization, leaching and rupturing increased the porosity and permeability of the rocks. The seventeen types of pore space filled with oil and bitumen reveals that within the reef-bank facies zones, there exist rocks of excellent reservoir properties.

Large quantities of oil might be formed in fore-reef marine basin, the back-reef shelf basin and the supra-reef and sub-reef non-reef-bank facies sediments and then migrated vertically and laterally to thick reservoir beds of the reef-bank combinations which have reefs as their core. Subsequently, they are sealed by the highly impermeable members of non-reef-bank facies, forming complete suites of source-reservoir-cap rock. Therefore, this area has a good prospect for the search of reef type oil and gas pools.