

四川华蓥山涧水沟上二叠统生物礁

王生海 强子同

(西南石油学院, 四川南充 637001)

涧水沟生物礁是华蓥山地区上二叠统发育较好的礁体之一。由钙质海绵、水螅、Tabulozoa 和古石孔藻构成造礁生物。根据生物与环境的依存关系, 分出7个生物群团, 根据生物含量的统计分析分出8个生物群落, 并描述了礁体中的水成岩墙、沟道沉积和古溶洞沉积。礁体的消亡与二叠纪末的生物大绝灭同时发生, 因此华蓥山地区上二叠统生物礁是晚古生代层位最高的礁体。

关键词 生物礁 沉积特征 生物群团 生物群落 上二叠统 华蓥山

第一作者简介 王生海 男 28岁 助教 沉积岩石学

80年代初, 随着重庆北碚老龙洞生物礁的发现, 川东地区长兴组灰岩中已查明了数个礁型气藏^[1,2], 显示了良好的勘探前景。许多学者先后对本区井下和地面礁体进行了研究^[3-7]。华蓥山地区二叠系出露良好, 已成为研究川东地区上二叠统生物礁的良好场所, 到目前为止, 已发现了成带分布的点礁群, 深入研究这些礁体对川东地区上二叠统生物礁发育规律的认识和礁型气藏的勘探无疑具有促进作用。

一、生物礁的一般特征

涧水沟生物礁位于华蓥市东约7.5 km的象河村, 是华蓥山地区点礁群中发育较好的礁体之一, 出露于高顶山背斜的倾伏端附近(图1)。发育于长兴组的中、上部。礁核厚151 m, 距其1.5 km外的非礁相厚仅83 m。礁体岩石不显层理, 呈浅灰色和白色, 无燧石结核; 非

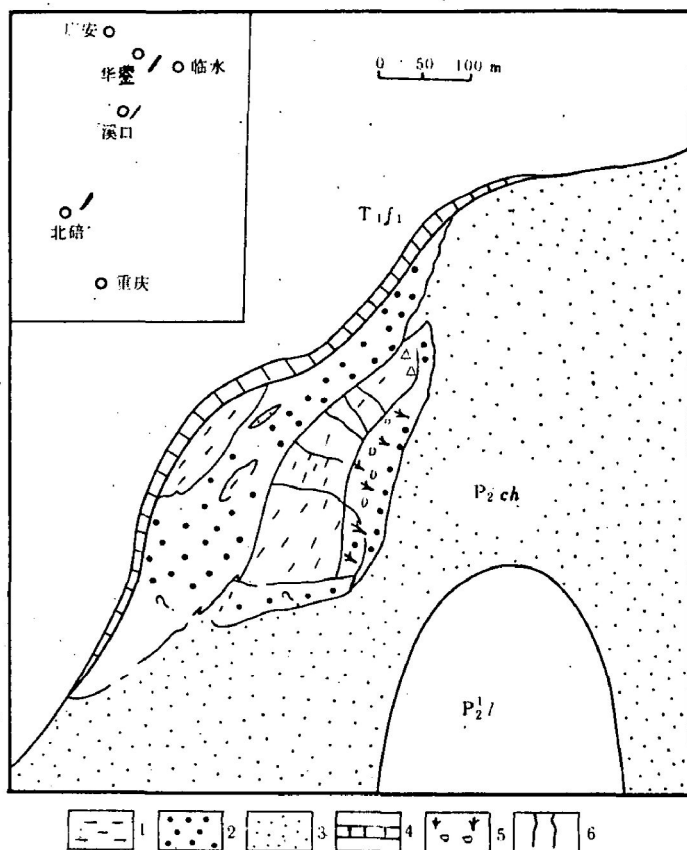


图1 生物礁的地理位置图

1—骨架岩, 2—棘屑泥砾-颗粒岩, 3—燧石灰岩,
4—潮坪沉积, 5—障积岩-漂浮岩, 6—水成岩墙

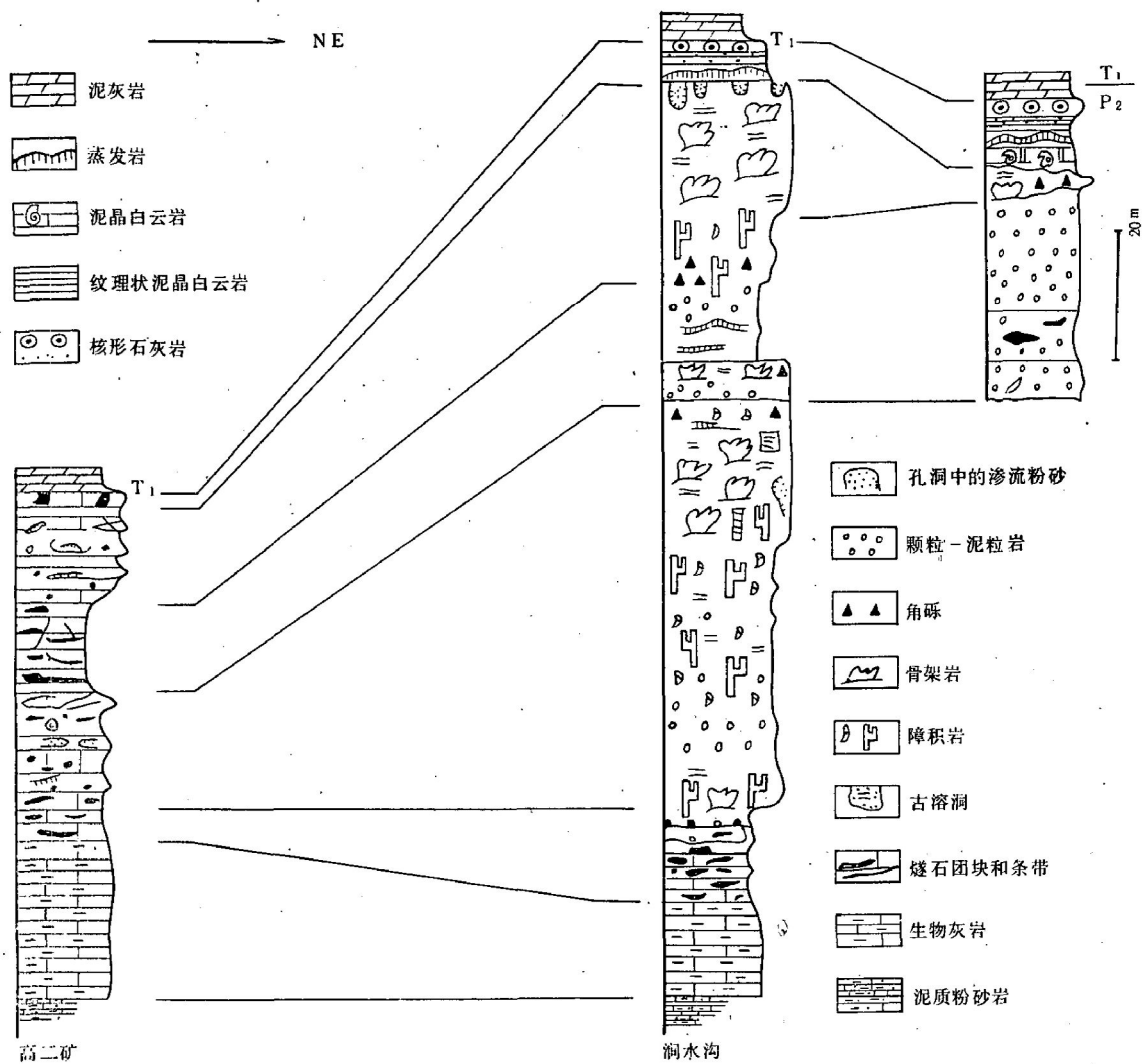


图2 涧水沟生物礁剖面对比图

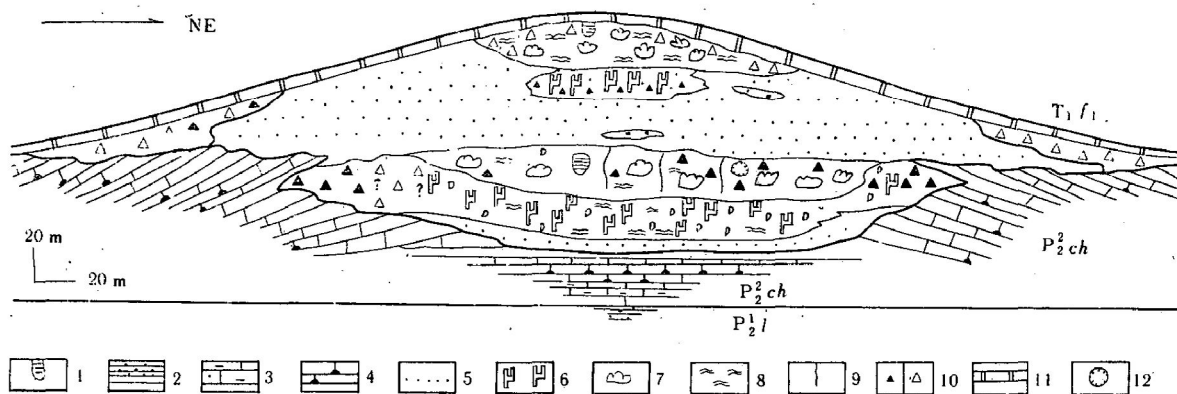


图3 涧水沟生物礁剖面图

1—古溶洞, 2—泥质粉砂岩, 3—泥粒岩-颗粒岩, 4—含燧石结核的粒泥岩, 5—棘屑泥粒岩, 6—障积岩, 7—骨架岩, 8—粘结结构, 9—水成岩墙, 10—角砾与角砾岩, 11—潮坪沉积, 12—渗流粉砂

礁相岩石则发育中一厚层状层理，呈深灰色和黑色，含大量团块状和条带状燧石结核（图2）。主要造礁生物为钙质海绵和水螅，其次为 Tabulozoa 和苔藓虫。古石孔藻（*Archaeolithoporella*）极为发育，形成典型的包覆结构。由于礁体发育过程中的多次暴露，礁灰岩中具有发育的渗流粉砂和古溶洞构造。礁体顶部为一套潮坪沉积的“礁帽”。由于礁体的原始隆起地貌，下三叠统飞仙关组形成了明显的披盖现象（图3）。

二、生物礁的沉积学特征

晚二叠世开始，上扬子地区发生了一次自东而西的海侵，一直持续到晚二叠世末期。在海侵过程中陆源碎屑沉积区逐渐向西退缩，碳酸盐沉积区范围扩大。川东鄂西地区吴家坪期—长兴早、中期一直处于碳酸盐缓坡环境。长兴中期由于受陆源物质影响进一步减小，在缓坡上形成了以棘屑为主的水下浅滩，在此基础上造礁生物开始繁盛而形成了生物礁。

1. 岩石类型 纵向上岩石类型有明显的变化（图2）。根据钱宪和的分类^[8]，有下列类型。

（1）棘屑泥粒岩—颗粒岩：位于礁基和礁体第二旋回底部，已发生了强烈的白云石化。

（2）漂浮岩：海绵、水螅、Tabulozoa、古石孔藻和管壳石等单独或形成小透镜体，散布于主要由腕足类和其它生物碎屑形成的泥粒岩中。

（3）障积岩：枝状和丛状钝管海绵等生物原地生长，其间充填生物屑和灰泥。

（4）骨架岩：由原地生长和就地倒伏的串管海绵、水螅和 Tabulozoa 等造礁生物，经古石孔藻、管壳石和结壳苔藓虫等生物联接包覆而成，骨架孔中由球粒和其它沉积物充填，剩余孔隙为纤状方解石胶结物和渗流粉砂（图版 I-1, 3, II-4, 1）。岩石中存在原地破碎的砾石。

（5）盖覆岩：层状水螅及古石孔藻等生物水平生长盖覆其它细粒沉积物。

2. 沟道沉积 在礁体第一旋回的骨架岩中，有宽达数十厘米的沟道沉积，它们位于礁骨架之间，由生物砂和少量骨架岩碎块组成，灰泥含量少，反映了高能环境。沟道两侧骨架岩的发育使沟道顶部闭合。

3. 渗流粉砂 礁体发育极盛时期的骨架岩剩余孔隙中，存在着极为发育的渗流粉砂。在第一旋回骨架岩中至少有两期渗流粉砂，它们呈黑色和褐色，含黄铁矿晶体和有机质；在第二旋回骨架岩中，渗流粉砂为灰白色，由粉晶白云石组成。

4. 洞穴沉积 礁体第一旋回骨架岩中发现有直径达 60 cm 的洞穴构造，洞内沉积物除礁灰岩碎块外，几乎全由球粒和鲕粒构成，仅有少数薄型介壳化石。球粒与鲕粒构成韵律层，并可见低角度的板状交错层理。洞顶砾石坠落使洞内沉积物发生扰动变形（图版 I-4）。以上特征说明洞穴沉积形成时已脱离了沉积物—水界面，洞内有间歇性水流通过。这种洞穴可能是由礁体暴露出海面后大气淡水溶解而成。在礁体第二旋回顶部骨架岩中亦见大型古洞穴。

5. 水成岩墙（Neptunian dikes） 在礁体第一旋回的骨架岩中存在数条水成岩墙（图版 II-3），最宽可达 60 cm，垂直延伸逾 20 m。岩墙边界清楚，成分与围岩截然不同，主要由有孔虫、棘屑等生物碎屑和灰泥组成，并可见围岩碎块。岩墙中部由于强烈的白云石化而形成中晶白云岩，晶间孔中充填有沥青，仅在边部白云石化较弱部位保存了原始沉积物的结构。水成岩墙是水下准同生断裂经同生沉积物充填而成的一种沉积构造，它反映了礁灰岩的特殊结构和构造活动性^[9]。

(二) 礁翼

以有孔虫棘屑泥粒岩和颗粒岩为主, 其次为角砾岩和漂浮岩。在埋藏成岩作用阶段由于强烈的白云石化而形成了巨厚的中晶白云岩。在有孔虫棘屑泥粒岩和颗粒岩中, 棘屑颗粒粗大, 分选差, 显然未经长距离搬运。角砾岩中砾石大小悬殊, 无分选, 砾石间缝合线接触, 无亮晶胶结物, 反映了快速堆积的特点。砾石成分为礁灰岩 (图版 I-5) 和大型水螅化石。

(三) 礁翼坡脚

以含丰富海绵骨针的粒泥岩为主, 中—厚层状, 含燧石团块和条带。在生物礁发育的同时, 有大量的海绵、水螅和 Tabulozoa 等造礁生物被搬运至礁翼坡脚, 某些化石体腔中的示底构造呈不同方向, 具明显的异地埋藏特征。

(四) 潮坪 (图 4)

呈帽状覆盖在礁体顶部, 厚 7—10 m, 与下伏礁灰岩之间有一侵蚀面 (图版 I-2)。

1. 潮上带

由泥晶白云岩和蒸发岩组成。白云岩具纹理, 不含化石 (图版 I-7)。蒸发岩原始成分可能为硬石膏, 由于溶解仅保存其铸型。硬石膏晶体呈放射状生长, 形成丘状构造 (图版 I-6)。晶体呈板条状, 长达 15 cm。丘状构造之间可见晶体结晶时所形成的协和界面, 晶间充填泥晶白云石, 并含小型腹足类化石。蒸发岩厚达 1—2 m。

2. 潮间带

第一种类型以白云岩为主, 直接覆盖在礁灰岩之上, 与礁灰岩之间有一明显的侵蚀界面。泥晶白云岩中含腹足类化石层, 并含大量硬石膏假晶 (图版 I-2)。

第二种类型覆盖在潮上带沉积之上, 以生物泥晶灰岩为主, 夹厘米级砂屑白云岩, 含腹足类化石和叠层石 (图版

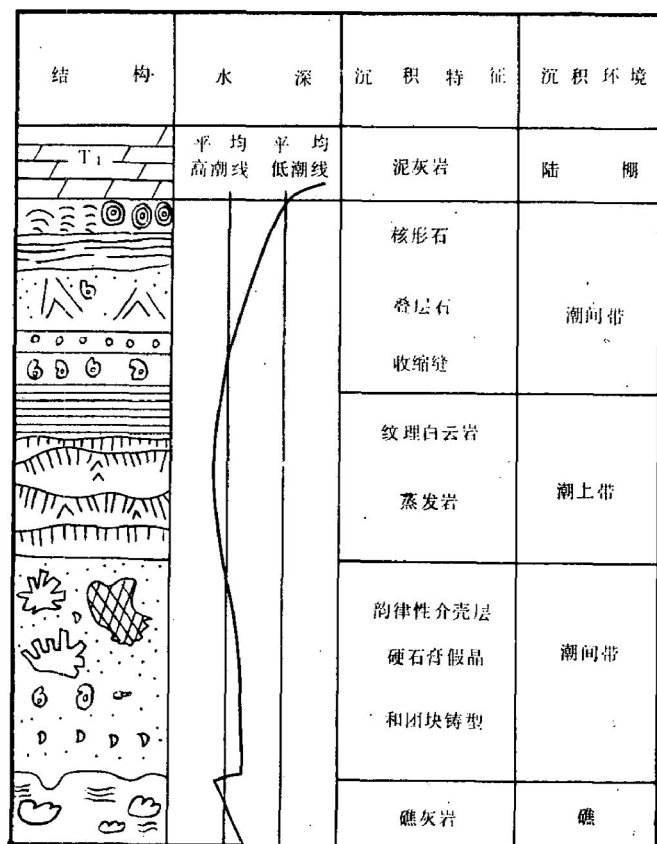


图 4 潮坪沉积特征及古水深示意图

I-5), 靠近礁翼部位则以核形石为主。

三、生物礁的古生态特征

(一) 生物群团

生物礁生物群落中的群团结构, 反映了生物之间的相互作用及生物与环境之间的密切联系。在洞水沟生物礁中有以下几个群团。

1. 造架群团 在礁体发育过程中交互生长构成抗浪格架, 包括块状、半球状和板状水螅及块状、柱状海绵、Tabulozoa 等生物。

2. 障积群团 枝状、丛状生物阻滞海水中的生物屑和灰泥, 形成障积岩。这类生物主要为丛状和枝状的串管海绵。

3. 粘结群团 粘结、包覆造架生物或被波浪打碎的礁灰岩砾石。这类生物主要为古石孔藻, 其次为结壳状的苔藓虫和管壳石。古石孔藻一般包覆在最外层。

4. 盖覆群团 板状和层状生物水平生长, 盖覆在生物屑和其它细粒沉积物之上, 起到稳定沉积物的作用。这类生物有板状和叠层状的水螅及层状的古石孔藻等。

5. 居住群团 这类生物既可生活在平底群落中, 也可生活在礁体群落中, 它们不起直接的造架作用, 而以其遗体作为沉积物的来源之一, 这类生物有腕足类、棘皮类、有孔虫、介形类等。

6. 喜礁群团 这类生物只在礁骨架中生存, 依赖造架生物的保护。

7. 穴居群团 这类生物仅生活在孔洞中, 这些孔洞既有封闭的骨架孔, 也有礁灰岩中的生物钻孔或溶孔, 甚至在早期纤状方解石胶结后的剩余孔中亦可生存。这类生物只有介形虫, 一般保存完好, 双瓣闭合, 同时保存其生活时期所留下的粪球粒。

(二) 生物群落组成

洞水沟生物礁的生物组合在垂向和横向上均有明显的变化。根据原地埋藏生物含量的统计分析, 确定了八个生物群落。

1. 有孔虫-粗枝藻群落 属平底群落, 为长兴初期产物, 由种类繁多的有孔虫(含古筴)和粗枝藻(以假蠕孔藻为主)及少量腕足类、二叠钙藻、裸海松藻及苔藓虫等生物组成。

2. 海百合-腕足类群落 该群落主要由海百合和腕足类组成, 另有少量海绵等造架生物存在, 为生物礁发育初期的产物。

3. 钝管海绵群落 由障积和居住群团组成。障积者主要为钝管海绵(*Amblysiphonella*), 呈单体柱状和丛状, 原地生长, 其间充填生物屑和灰泥, 构成障积岩。

4. 串管海绵-水螅-古石孔藻群落 是礁体第一旋回极盛时期(泛殖期)的产物, 由下列群团构成。

(1) 造架群团: 由各种形态的水螅和串管海绵及 Tabulozoa 等生物组成。经初步鉴定, 水螅化石包括以下各属: *Disjectopora*, *Phragmorpha* (n. gen.), *Pseudopalaeoplysina*, *Radiotrabeculopora*; 串管海绵有: *Amblysiphonella*, *Colospongia*, *Cystothalamia* 等。这些化石多呈生长状态存在, 也有呈碎屑状的。Tabulozoa 呈叠层状。另有一些分类位置不明的块状生物化石。

(2) 粘结群团: 以古石孔藻为主, 其次为结壳状的苔藓虫和管壳石等。古石孔藻可构成厚达 5mm 的包壳。

(3) 喜礁群团: 主要由一些小型的分类位置不明的生物组成, 它们附着在水螅之上, 存在于骨架间受保护的部位。

(4) 穴居群团: 一种小型的呈球形的介形虫, 保存完好。

(5) 居住群团: 包括具棘刺的腕足类、有孔虫、头足类、腹足类及海百合等。

5. 有孔虫-海百合群落 该群落主要由有孔虫(含大量古筴)和海百合组成, 另有少量水螅、海绵等, 可见腕足类和粗枝藻。

6. 串管海绵-Tabulozoa-水螅群落 该群落化石含量较低, 约为 30%—40%, 由下列群

团构成。

(1) 障积群团：由串管海绵和枝状水螅组成，是该群落中最主要的群团。

(2) 盖覆群团：层状、板状水螅及古石孔藻等组成。水螅有 *Lamellata* (?) 和 *Cnidopora* (n. gen.) 等。

(3) 造架群团：块状水螅和 *Tabulozoa* 组成。

(4) 粘结群团：以古石孔藻为主，其次为管壳石。

(5) 居住群团：腕足类、腹足类、有孔虫和海百合等。

7. 串管海绵-水螅群落 该群落是礁体发育第二旋回泛殖期的产物，由下列群团组成。

(1) 造架群团：由串管海绵、纤维海绵、水螅及 *Tabulozoa* 等组成。串管海绵既有粗壮的柱状海绵如 *Polycystocoelia*，也有小型枝状的如 *Solasia*, *Colospongia* 等，另外还新发现了两种呈分枝的叶片状的海绵，其中之一为 *Huayingia* (n. gen.)。水螅包括半球状的 *Lamellata* (?)、块状的 *Disjectopora* 及板状的 *Pseudopalaeouplysina* 和 *Phragmopora* (n. gen.) 等。

(2) 粘结群团：以古石孔藻为主，另有结壳状的 *Tabulozoa* 及管壳石等。

(3) 喜礁群团：小型枝蔓状生物附着在大型水螅之上，位于骨架间。

(4) 穴居群团：主要为介形虫，这类介形虫较群落 4 中的穴居介形虫大，存在于礁灰岩孔洞中。这类介形虫在发生早期纤状方解石胶结之后仍可生存，往往被包围在纤状方解石胶结的剩余孔中。

8. 腹足类-蓝绿藻群落 由小型高塔螺类和蓝绿藻及少量介形虫、小型腕足类组成，为干旱潮坪环境的产物。

四、生物礁的发展及其控制因素

生物礁的发育过程是环境因素和生物因素协调发展的产物。海平面的升降造成涧水沟生物礁的旋回性和阶段性(图5)。James^[10-11]用定殖期、拓殖期、泛殖期和统殖期来描述一个生物礁发育过程的完整旋回。在涧水沟生物礁发育过程的两个旋回中，各包括了定殖期、拓殖期和泛殖期三个阶段。由于海平面的快速升降未能形成明显的统殖期。三个阶段构成了一个生态演化序列。首先由于棘皮类生物的大量繁殖，在海底形成以棘屑为主的浅滩(定殖期)，在此基础上造礁生物开始发育，障积、盖覆细粒沉积物而逐渐形成水下隆起(拓殖期)，成为造礁生物大量繁殖的场所(泛殖期)。各个阶段，都有其代表性的生物种类、群团和分异度，它们与环境水动力条件密切相关，共同形成了特征的岩石类型(图6)。

涧水沟生物礁的沉积学和古生态学特征均表明，海平面的升降是控制生物礁发育过程的主要外部条件，而生物群落的演化则是生物礁发育的内部因素。只有当二者相适应时才有利于生物礁的发育。

生物礁的突然消亡与二叠纪末的生物大绝灭事件同时发生。据吴顺宝等^[12]研究，华蓥山地区二叠纪末的生物大绝灭，并不是发生在P—T界线上，而是在其下几十厘米处。生物礁顶部的潮坪沉积即相当于P—T界线至生物大绝灭线之间含化石稀少的非礁相地层，据此可以肯定华蓥山地区的生物礁，是目前世界上已知的层位最高的古生代生物礁。

在研究过程中得到文应初和卢卫平等同志的支持，陶艳忠清绘了插图，在此一并致谢。

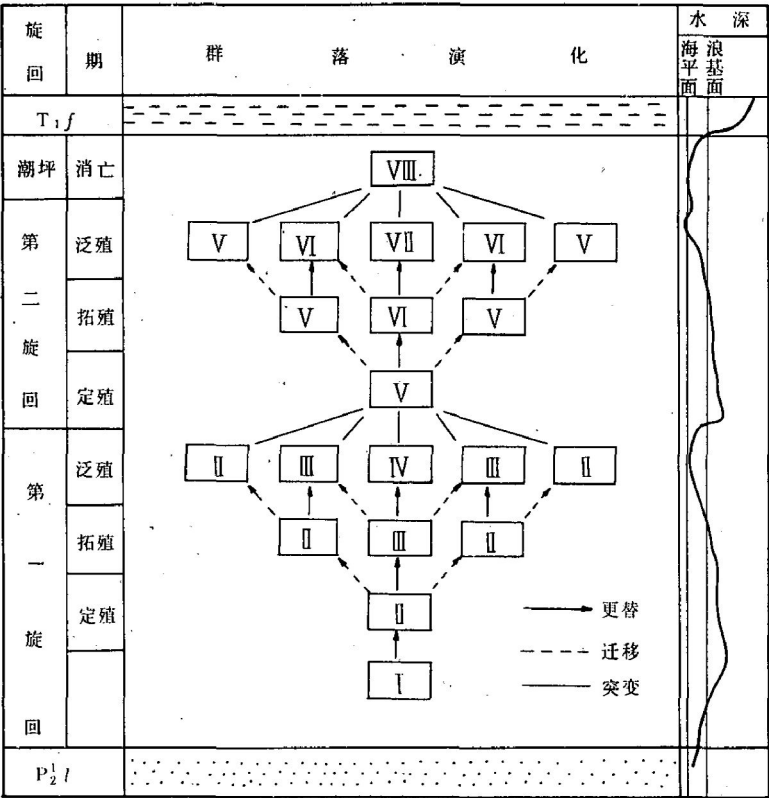


图 5 洞水沟生物礁发育过程及生物群落演化模式

期	岩石结构	代表性生物	生物形态	群团结构	岩石类型	分异度	水动力
定殖期		海百合 板状水螅	枝状 板状	居住者	泥粒岩— 颗粒岩	较低	较弱
泛殖期		水螅 Tabulozoa 串管海绵 苔藓虫 古石孔藻	块状 不规则状 半球状 皮壳状 结壳状	造架者 粘结者 居住者 喜礁者 穴居者	骨架岩	高	强
拓殖期		串管海绵 腕足类	枝状 丛状	障积者 居住者	障积岩	较高	较强
定殖期		海百合 腕足类 有孔虫 水螅 海绵	枝状	居住者	泥粒—颗粒岩 漂浮岩	较低	弱

图 6 礁体第一旋回各期的特征

参 考 文 献

- 1 强子同等. 四川上二叠统老龙洞生物礁及其成岩作用. 石油与天然气地质, 1985, 6 (1), 82—90.
- 2 杨仲伦, 陈心胜. 对川东上二叠统长兴组生物礁勘探的初步认识. 天然气工业, 1987, 7 (2), 1—5.
- 3 范嘉松. 古代生物礁研究中的若干问题, 兼论我国西南地区二叠纪生物礁的类型. 石油与天然气地质, 1988, 9 (1), 46—55.
- 4 陈季高等. 四川盆地上二叠统长兴组生物礁的分布与油气的关系. 天然气工业, 1985, 5 (2), 10—18.
- 5 唐 杰. 四川重庆北碚地区上二叠统文星场礁的岩石学及微相特征. 西南石油学院学报, 1984, (4), 19—32.
- 6 张荫本, 陈季高. 礁岩与孔隙. 天然气工业, 1987, 7 (2), 19—23.
- 7 陈太源. 川东上二叠统生物礁气藏的地震反射特征. 天然气工业, 1987, 7 (2), 11—15.
- 8 Tsien H H. Algal-bacterial origin of micrites in mud mounds. In: Toomey D F, Nitecki M H, eds. *Paleoalgology*. 1985. 290—296.
- 9 王生海等. 四川华蓥市洞水沟上二叠统生物礁复合体中的水成岩墙及其意义. 西南石油学院学报, 1989, 11 (3), 16—22.
- 10 James N P. 礁. 见: Walker RC ed. 沉积相模式. 地质部情报所译. 1979. 115—127.
- 11 James N P. Reef environment. In: Scholle P A, Bebout D G, Moore C H, eds. *Carbonate depositional environments*. AAPG Memoir, 33, 345—440.
- 12 吴顺宝等. 四川华蓥山二叠纪与三叠纪之交沉积特征的动物群变化. 现代地质, 1988, 2 (3), 375—385.

UPPER PERMIAN JIANGSHUIGOU REEF IN HUAYING MOUNTAINS, SICHUAN

Wang Shenghai Qiang Zitong

(Southwest Petroleum Institute, Nanchong, Sichuan)

Abstract

Jiangshuigou reef is one of well developed Upper Permian reefs in the Huaying Mountains. The reef-building organisms are calcareous sponges, hydrozoans, tabulozoans and *Archeolithoporella* etc. The development of the reef can be divided into two main cycles and each of them contains three stages, that is, stabilization, colonization and diversion. Eight communities and seven guilds have been established according to fossil assemblage. The abundant vadose silts and dissolved caves filled with oolites and pellets indicate that the reef had been exposed several times during its development. The eustasy was the external factor that controlled the development of the reef, while the ecological evolution of the organisms was the internal factor. The extinction of the reef-building organisms was related to the mass extinction of organisms between Permo-Triassic boundary. So the reefs in the Huaying Mountains are the highest ones in the Paleozoic.