

陕西镇安三里峡晚泥盆世 生物礁特征及控矿作用

林晋炎

(西北大学,西安,710069)

提要 三里峡晚泥盆世生物礁厚 180m,东西宽 4km,由东往西可分出礁前、礁核、礁坪和礁后亚相,为一南北向延伸的线性障壁礁体,往南与月西、公馆等地礁灰岩构成南北向生物礁带。生物礁形成于盆地活化期地垒式台地边缘,经历了滩礁期、发展期、全盛期和衰亡期。同沉积断裂活动产生了有利礁相沉积的海底地貌隆起,礁体的快速生长加剧了古地貌的差异和岩相分异,形成礁后局限成矿盆地。

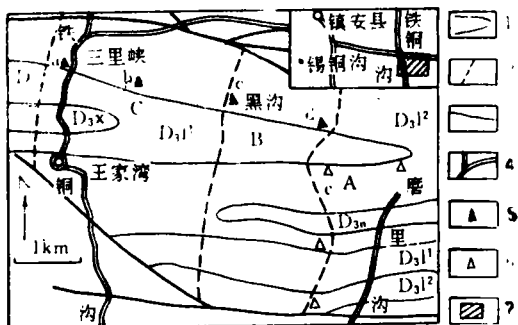
关键词 泥盆纪 生物礁 沉积特征 控矿作用 秦岭

作者简介 林晋炎 男 29岁 讲师、博士研究生 沉积学和盆地分析

秦岭泥盆纪层控矿床,特别是铅锌矿床非常发育。尽管许多文献都强调生物礁与秦岭层控矿床的成因联系,但缺少对生物礁岩石学进行系统研究的实例。秦岭造山带南部镇安—旬阳地区泥盆纪浅海相碳酸盐岩较发育,该套地层属秦岭南部分区凤县—旬阳小区(杜定汉等,

1987)。笔者 1984 年首次在镇安县铁厂区三里峡发现规模巨大的泥盆纪生物礁。该礁体位于铁铜沟和磨黑沟之间,厚达 180m,东西宽 4km,南北向地表实际出露长度约 5km,由于礁灰岩在两个轴向东西的紧闭倒转背斜翼部四次重复出现,且南北边界又为断层所截(图 1),因而若把褶皱展开,地史时期礁体南北向长度至少在 10km 以上。礁体内部由东往西可分出礁前、礁核、礁坪和礁后亚相。因此三里峡生物礁为南北向延伸的线性障壁礁体。

前人^①(王俊发等,1991)曾把生物礁所赋存的地层划归中泥盆统大枫沟组。笔者在礁基介壳灰岩中找到了本区上泥盆统费拉斯阶的常见分子(曹宣铎,1990):*Cyrtospirifer* sp., *Tenticospirifer* sp. 和 *Disphyllum* sp., 因此该套地层应为上泥盆统冷水河组。



D_{3x}: 星红铺组 D_{3l}: 冷水河组 D_{3n}: 南羊山组

A. 礁前 B. 礁核 C. 礁坪 D. 礁后

- 1. 地层界线 2. 生物礁亚相界线 3. 断层 4. 公路
- 5. 礁灰岩实测剖面 6. 礁灰岩观测剖面 7. 研究区

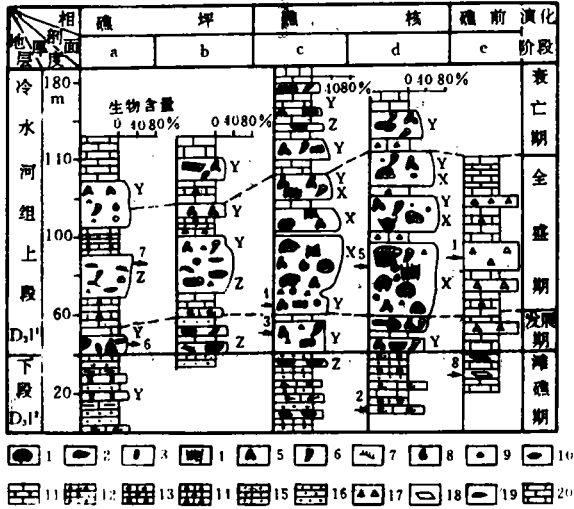
图 1 三里峡生物礁分布图

Fig. 1 The distribution of the reef in Sanlixia

① 陕西地质局,1966,商县幅 1:20 万地质图及说明书、炎金才等,1984,镇安县南部 1:5 万航片地质填图总结报告。

1 生物礁的主要岩石类型

生物礁主体位于冷水河组上段底部, 主要为块状无层理、富含有机质的灰—灰黑色碳酸盐岩, 分原地生物灰岩、异地生物碎屑灰岩、微晶灰岩等三种类型。各主要岩类在礁体中的分布见图 2。



- 1. 块状、半球状层孔虫 2. 板状、结壳状层孔虫
- 3. 枝状层孔虫 4. 块状珊瑚 5. 枝状珊瑚
- 6. 单体珊瑚 7. 蓝绿藻类 8. 腕足类
- 9. 海百合类 10. 介形虫类 11. 微晶灰岩
- 12. 鲕粒灰岩 13. 核形石灰岩 14. 生物碎屑灰岩
- 15. 钙质砂岩 16. 石英砂岩 17. 礁角砾灰岩
- 18. 同沉积角砾灰岩 19. 图版位置
- 20. 腕足类介壳组成的生物碎屑灰岩
- X. 生物骨架灰岩 Y. 生物障积灰岩
- Z. 生物粘结灰岩

图 2 礁体岩石及生物分布剖面图 (剖面位置见图 1)

Fig. 2 The distribution of the reef limestones and palaeocoenosis

2 生物礁组合的亚相

三里峡生物礁由东向西可分出礁前、礁核、礁坪和礁后亚相(图 1、2)。礁前与礁后的含义很明显。礁核则指由抗浪造礁生物形成的骨架灰岩所组成的礁体迎风浪一侧, 而礁坪指的是礁核背后原地生物相对较少, 生物碎屑较多的宽缓地带, 其岩石微具层理, 有微晶灰岩夹层, 相当于库兹涅佐夫(1978)的后礁相、曾允孚(1983)的礁坪与礁后坪、Langman(1981)的礁坪和礁后砂带。

2.1 礁前亚相

主要有礁角砾灰岩和微晶灰岩或含生物微晶灰岩两种岩石类型。微晶灰岩为具水平纹理的薄—中厚层状, 灰—灰黑色, 含海百合碎片, 偶见单体四射珊瑚, 代表礁前盆地的静水沉积。礁角砾灰岩呈杂乱斑块状(图版 I, 1), 宽 300—500m, 与微晶灰岩指状交错接触或成互层产出。

2.2 礁核亚相

底部 40m 为核形石灰岩、鲕粒灰岩、介壳灰岩(图版 I, 2)与生物碎屑微晶灰岩、藻团块微晶灰岩及钙质石英砂岩互层, 属于在浅海环境下于地貌隆起部位发育起来的生动滩。下部 30m 为原地生物的板状层孔虫、枝状珊瑚等构成的粘结灰岩和障积灰岩(图版 I, 3、4)与微晶灰岩的互层, 生物含量少于 30%。中上部 80m 主要为抗浪的骨架灰岩(图版 I, 5), 其间常镶嵌分布有亮晶生物碎屑灰岩。各门类不同形态的生物极其繁盛, 含量高达 80%。中部还夹一层厚 2m 的石英砂岩, 具平整的冲刷底面, 反映相对海平面变化导致礁体生物的中断、近顶部 30m 生物属种又趋单一, 再次出现由板状层孔虫、枝状珊瑚构成的粘结—障积灰岩与微晶灰岩、泥质微

晶灰岩互层。

2.3 礁坪亚相

由于风浪受到礁核骨架生物的阻隔,在礁核背向宽阔低起伏地带的水动力相对较弱。因而原地生物灰岩主要为粘结—障积灰岩(图版 I, 6, 7),造礁生物为薄板状—包绕结壳状层孔虫、刺毛虫、枝状和单体珊瑚以及藻类等,生物含量少于 40%。生物碎屑的粒径也较小,且含量一般小于 50%,呈基底式分布于泥晶基质之中。礁坪亚相中灰黑色中—厚层微晶灰岩夹层较发育,局部可见其中包裹由原地生物灰岩构成的直径小于 100m、厚度小于 20m 的小礁体。

2.4 礁后亚相

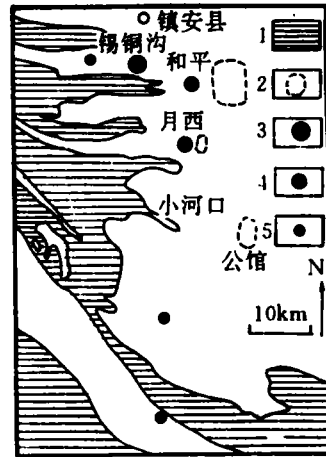
由铁铜沟往西至锡铜沟铅锌矿区,主要为浪基面之下或其附近的低能环境,笔者^①称这种南北向地堑式低能槽地及其中的沉积产物为台盆(沟)相(关士聪,1980;刘宝君等,1985)。该相带由镇安县锡铜沟地区向南可追索至旬阳县小河口地区,主要为灰黑色薄—中层微晶灰岩夹少量含生物碎屑微晶灰岩和含生物微晶灰岩。灰黑色微晶灰岩含炭高,普遍含有星点状黄铁矿晶粒,镜下可见黄铁矿微莓球体,莓球成群出现,可沿炭质纹层成带分布。生物碎屑有腹足类、海百合茎、腕足类、双孔层孔虫、竹节石和介形虫等碎片或个体,无磨圆、分选和定向,呈基底式散布于微晶基质之中,含量少于 25%。含炭高、黄铁矿莓球的大量存在和腹足类、双孔层孔虫、海百合及介形虫相对繁盛的生物组合,均表明当时的沉积盆地为较为安静的局限环境。含生物微晶灰岩夹层厚仅 1—5m,在整个相带内成断续相连的生物层状礁,东西向延伸达数公里;生物有单体及群体枝状珊瑚,枝状—板状层孔虫和刺毛虫等,个体虽小但较完整,具原地生长特征,含量少于 20%,一般构成障积—粘结灰岩。生物层的出现说明停滞水体具有间歇性流通。

3 主要造礁生物及生态

生物礁中见有 11 个门类的化石(图 3)。主要造礁生物为层孔虫、珊瑚、刺毛虫和藻类,它们占造礁生物总量的 90%以上。主要附礁生物是海百合类和腕足类。

层孔虫 主要造礁生物,有半球—不规则块状、板状—缓波状、包绕结壳状、枝状(双孔层孔虫 *Amphipora*)等四种主要生态。半球—不规则块状最大直径达 50cm,生长在浪基面之上高能水体中,构成抗浪礁骨架岩。其它生态主要见于能量较低的宽缓礁坪台地或低能的礁后生物层状礁的粘结—障积灰岩中。

横板珊瑚 主要造礁生物,均为群体,有球—块状和枝块状两种生态。前者以厚巢珊瑚(*Pachyfavosites*)和槽珊瑚(*Alveolites*)为代表,块体小于 30cm,主要与层孔虫构成礁核的抗浪骨架。后者以通孔珊瑚(*Thamnopora*)为代表,构成障积灰岩。



1. 前寒武系基底地层 2. 生物礁体
3. 中型铅锌矿 4. 小型铅锌矿 5. 铅锌矿点
图 3 镇旬地区生物礁与铅锌矿分布图

Fig. 3 The distribution of the reefs and lead-zinc deposits in Zhenan-Xunyang district

^① 林晋炎,1986,锡铜沟铅锌矿的成矿环境,西北大学硕士论文。

刺毛虫 为仅次于前两类的造礁生物,有块状和板块两种主要生态,分别与相应生态的层孔虫等构成骨架灰岩和粘结灰岩。

四射珊瑚 造礁生物,以单体为主,也有筇状 *Disphyllum*;单体在礁核中个体大,礁坪等低能环境个体小。

棘皮类 主要附礁生物,以海百合为主,常成碎片产出,分布广、数量大。

腕足类 见于礁核和礁坪,有 *Cyrtospirifer*、*Tenticospirifer*、*Artrypa* 等。礁后局限环境中以碎片为主。

蓝绿藻类 在礁坪中通过分泌粘液和利用藻丝体粘捕灰泥而形成藻纹层。

其它 多见于礁坪与礁后,有介形虫、腹足类、苔藓虫、瓣鳃类和竹节石等。

4 生物礁的发育演化

4.1 早滩礁期

晚泥盆世时山柞旬裂谷—断陷盆地属于构造活动期(刘宝君等,1990),在南北向地垒式隆起部位,发育以腕足类、棘皮类和蓝绿藻类为主的生物滩,主要岩类为生物碎屑微晶灰岩、亮晶核形石灰岩和亮晶鲕粒灰岩,局部夹有由板状层孔虫与枝状珊瑚组成的粘结—障积灰岩,属于以滩为主的滩礁组合。

4.2 发展期

海平面缓慢上升,生物属种及生态类型增多,由滩向正常礁体过渡,珊瑚、层孔虫和蓝绿藻类构成粘结—障积灰岩,腕足类、棘皮类等生物也大量发育。

4.3 全盛期

礁伸入浪基面之上,随着海平面上升而快速生长,礁体内部亚相分异清楚,参与造礁的生物属种和生态类型繁多。块状层孔虫、珊瑚和刺毛虫构成抗浪的骨架,枝状珊瑚和层孔虫构成障积灰岩,包绕结壳状、板块层孔虫与蓝绿藻类等构成粘结灰岩,腕足类、棘皮类、腹足类等附礁生物分布于各个相带。

4.4 衰亡期

当海面过快、礁体沉入浪基面之下时,再次出现主要由枝状珊瑚等组成障积灰岩的单调局面。随着水体渐深与陆源泥质的侵入、生物渐少,结束了礁的发育历史。

5 生物礁的构造与成矿意义

三里峡生物礁呈南北向线性延伸,往南在月西矿区东侧也见有上泥盆统礁灰岩;旬阳公馆大枫沟中上泥盆统也为台地浅滩相,见有由块状层孔虫和珊瑚组成的生物灰岩。生物礁南北向断续相连构成了这一地区泥盆纪生物礁发育带(图3)。古造礁带是地质时期沉积盆地特殊的古构造条件十分灵敏的标志,大断裂带最有利于大陆架海底礁体的发育。礁前部位礁体下伏地层中的同沉积角砾岩(图版 I, 8)的存在也指示了这一地区南北向同沉积断裂的活动。

同生断裂导致盆地内古地貌差异,为生物礁在盆地隆起部位发育提供了必备的先决条件(朱同兴等,1991),并控制了礁体的生长。由于礁体生物速度大于周围沉积速度,礁的发育加剧了古地貌差异及岩相分异,形成礁后的局限环境。

世界上及我国的许多铅锌矿床都与生物礁有密切的关系(Monseur 和 Pel, 1973; Snyder

和 Gandeman, 1968; 曾允孚等, 1983; 周维君, 1983)。三里峡生物礁对铅锌等层控矿床的控制主要表现在礁后亚相生物层中的生物对某些金属元素, 特别是对铅的富集作用(表 1)(Monsieur 和 Pel, 1973); 以及礁体生物造成的礁后泻湖环境, 使其中的微生物能在还原环境下将硫酸盐还原为硫化物(Trudinger, 1976)。矿床地质研究^①表明锡铜沟铅锌矿及月西、和平银洞坡铅锌矿为沉积改造型矿床。首先, 由于构造引张作用及同生断裂活动, 使海底热液循环溶解了基底地层或上部地壳中的金属元素, 形成含矿热卤水。其次, 礁体的生物发育造成的岩相分异为沿断裂上升的热卤水的保存与沉积提供了所需的安静环境(Large, 1981)。金属物质在礁后局限环境中以细粒硫化物形式沉淀下来, 形成原始矿化层。铅锌等硫化物的硫同位素以重硫为特征, δS^{34} 值变化在 +13.7—+20.3‰ 之间, 离散范围小于 7‰, 说明其硫主要源于细菌还原硫酸盐产生的重硫。金属物质在沉积时初步富集后, 后来的印支构造运动使金属物质活化转移, 并在有利构造部位, 如北东东向断裂破碎带、劈理等富集成脉状矿体。部分矿化层甚至没有受到明显的改造(如锡铅沟矿区 I 号矿体), 而保存有由细粒闪锌矿组成的显微纹层和闪锌矿微莓球体等原生沉积特征。沉积环境对成矿作用的控制导致镇甸地区的层控铅锌矿沿南北向台沟(盆)相带分布(图 3)。

表 1 锡铜沟矿区各类灰岩的 Cu、Pb、Zn(ppm)

Table 1 The contents of Cu、Pb、Zn in different limestones in Xitonggou lead-zinc deposit (ppm)

采样位置	礁 体		礁 后	
岩 性	灰色微晶灰岩	灰色微晶生物灰岩	灰黑色微晶灰岩	灰黑色生物微晶灰岩
样 品 数	56	11	34	11
元 素				
Cu	19	18	15	19
Pb	54	60	58	232
Zn	22	24	48	58

本文是在王俊发教授指导下完成的, 还得到翦万筹、梅志超教授、李文厚、张复新、炎金才、刘洪福副教授和李桃红老师的指导与帮助, 顺此鸣谢。

参 考 文 献

- 王俊发等, 1991, 秦岭泥盆系层控金属矿床, 陕西科学技术出版社, 14—20, 44—50 页。
 关士聪, 1980, 石油与天然气地质, 1 卷 1 期, 2—17 页。
 朱同兴等, 1991, 岩相古地理, 3 期, 22—29 页。
 刘宝君等, 1985, 岩相古地理基础和工作方法, 地质出版社。
 刘宝君等, 1990, 沉积学报, 8 卷 4 期, 3—12 页。
 杜定汉等, 1987, 陕西秦巴地区泥盆系研究, 西安交通大学出版社, 1—66 页。
 周维君, 1983, 沉积学报, 1 卷 4 期, 37—48 页。
 曾允孚等, 1983, 地质论评, 29 卷 4 期, 321—330 页。

① 林晋炎, 1986, 锡铜沟铅锌矿的成矿环境, 西北大学硕士论文。

曹宣铎, 1990, 西安地质矿产研究所刊第 27 号, 陕西科学技术出版社, 4—39 页。

库兹涅佐夫 B. J., 1978, 礁地质学及礁的含油气性, 石油工业出版社。

Trudinger P. A., 1979, 层控矿床与层状矿床, 第二卷, 地质出版社, 109—139 页。

Langman M. W., 1981, European Fossil Reef Models, Special Publication, No. 30, p. 9—40.

Large D. E., 1981, Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Elsevier Scientific Publishing Company, V. 9, p. 469—501.

Monseur G. and Pel J., 1973, Ore in Sediments Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 195—207.

Snyder F. G. and Gandeman P. E., 1968, Ore Deposits in the United States, V. I, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, New York, p. 326—358.

Characteristics of the Late Devonian Organic Reef in Sanlixia, Zhenan, Shaanxi Province and its Control over the Occurrence of Pb—Zn Deposits

Lin Jinyan

(Department of Geology, Northwest University)

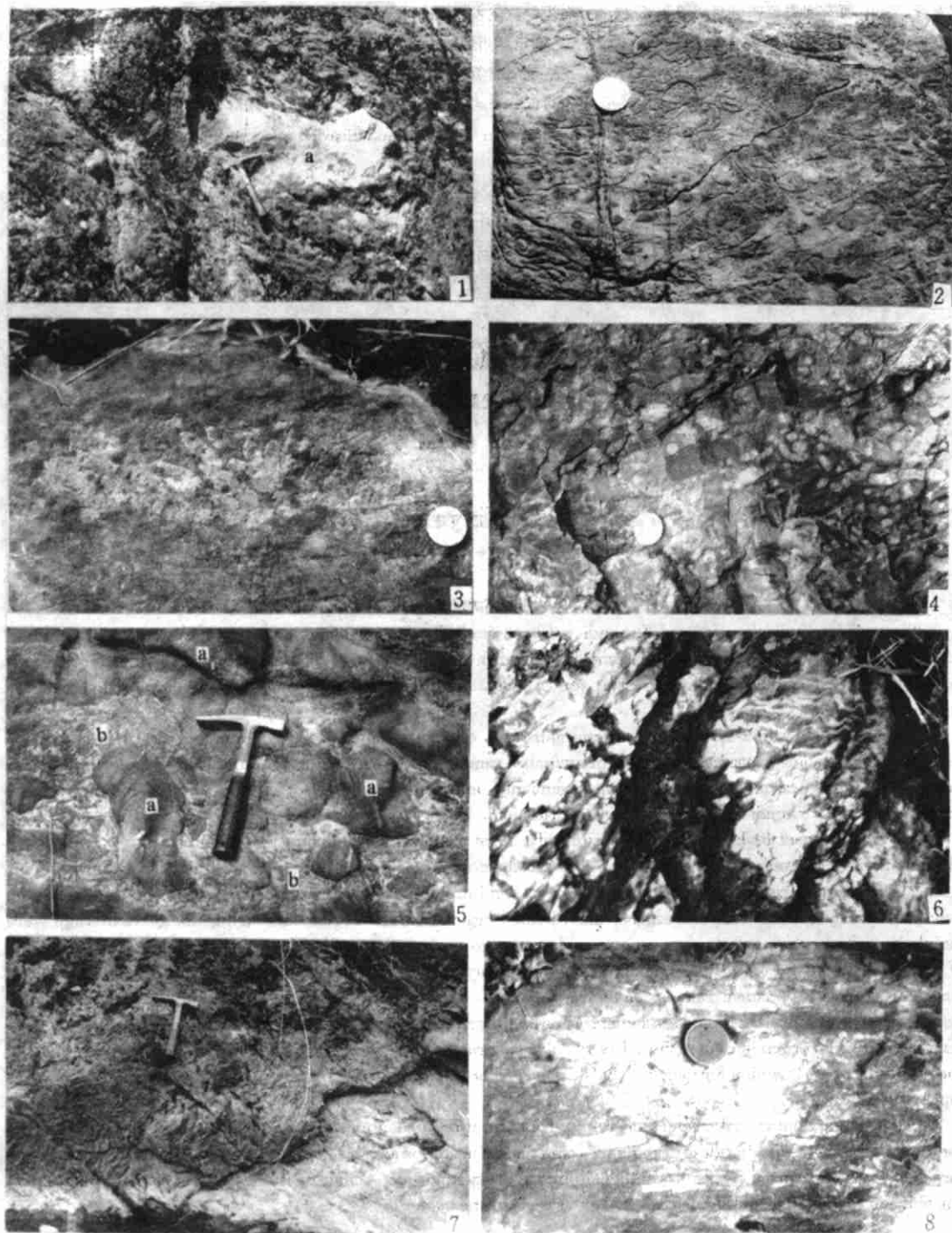
Abstract

The reef front, reef core, reef flat and reef back could be distinguished in the Late Devonian organic reef in Sanlixia, which is 180 meters thick and has a width of 4000 meters. The N—S trend chain of reefs, including the reef in Sanlixia and other other south reefs, comprises the N—S barrier reef complex in Zhenan—Xunyang region.

The fossils in the reef include stromatoporoids, corals, chaetets, alga, brachiopods, crinoids, gastropods, bryozooids, ostracods, lamellibranchiates tentaculitids etc., totally amounting eleven kinds. The former four kinds are major reef—building organisms, and make up about 90% of total organisms in the reef. Brachiopods and crinoids are major adherent organism.

The organic reef developed in the margin of a horst type platform during the development of a continental margin rift—faulted depression basin, and the development of the reef could be divided into four stages; bank—reef stage, growth, prosperous stage and declining stage. Organisms during bank—reef stage were mainly brachiopods, crinoids and alga, which formed organic bank. Organisms during the growth stage were mainly branched coral, tabular stromatoporoids and alga, which formed bafflestone and bindstone. All kinds of organisms could be found in different facies in the prosperous stage, for example, lamp stromatoporoids, corals, and chaetets formed framestone in the reef core, branch stromatoporoids and corals formed the bafflestone in reef core and reef flat, tabular and crustified stromatoporoids and alga formed bindstone in reef flat. And the adherent organisms distributed in all facies. Branch coral were the major reef—building organism in the declining stage, which formed the bafflestone. The reef came to an end by the increasing of the water depth and mud.

The syndimentary rift—faulting resulted in the uplift of submarine topography, thus contributing to the growth of the reef—building organisms, and the relief of submarine topography and variation of sedimentary facies was enhanced by the rapid development of organic reef, which resulted in the lagoon graben basin suitable for containing and deposition of hot ore—bearing brine.



1. 礁前杂乱角砾灰岩和其中礁灰岩块(a)。 2. 腕足类介壳灰岩。 3. 障积灰岩中珊瑚的生长形态。 4. 枝状珊瑚构成的障积灰岩。 5. 生物骨架灰岩, a 为半球—不规则状层孔虫, b 为单体珊瑚、腕足类、生物碎屑等。 6. 包绕—结壳状层孔虫(灰白色条带)构成的粘结灰岩。 7. 蓝绿藻类形成的不规则藻纹层(粘结灰岩)。 8. 同沉积断层角砾岩和板片状角砾。