

文章编号: 1000-0550(2010)04-0762-06

云南罗平生物群埋藏环境初步研究: 来自沉积构造的证据^①

白建科^{1,2} 张启跃¹ 尹福光¹ 谢 韬¹ 周长勇¹ 吕 涛¹ 冯 静¹

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心 成都 610081; 2. 中国地质科学院 北京 100037)

摘 要 罗平生物群产于云南省罗平县大凹子村中三叠统关岭组二段中,是以海生鱼类为主,还伴生有海生爬行类、棘皮类、双壳以及植物化石。产化石层位以灰黑色薄层泥晶灰岩为主,水平纹层、波状层理、同生变形构造(滑塌构造、包卷层理)、正粒序、虫迹等沉积构造发育。对这些沉积构造进行研究来探讨罗平生物群的沉积与埋藏环境,结果表明:罗平生物群沉积环境为碳酸盐台地内部具远端变陡坡折的浅海深水盆地,水体相对较深,处于间隙性缺氧状态,有效地阻止了生物化石的腐烂分解;远端变陡缓坡部分发育的同沉积变形构造指示了环境的突发性变化,引发了生物的大量死亡并被迅速埋藏。

关键词 罗平生物群 沉积构造 远端变陡缓坡 深水盆地 埋藏环境

第一作者简介 白建科 男 1983年出生 硕士研究生 沉积岩石学 E-mail: baijianke 2003@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

罗平生物群产于云南省罗平县大凹子村关岭组二段地层,时代为中三叠世安尼期的 Pelsonian 亚期^[1,2],产出化石以保存完整、属种丰富的海生鱼类为主,伴生海生爬行类、棘皮类、甲壳类、双壳、植物等珍稀古生物化石。罗平生物群具有重要的科学价值,是继贵州关岭动物群、盘县动物群之后的又一新发现。生物群产出层位的沉积构造是生物群的沉积环境与埋藏环境研究的基础资料^[3,4]。调查表明云南罗平生物群产出层位内发育大量的沉积构造,本研究拟通过这些沉积构造研究,初步探讨罗平生物群海生动物多样性特点与古环境演化的关系,认识罗平生物群的沉积环境与埋藏环境,以便为探讨和揭示生物演化与环境演变特点奠定基础。

1 剖面介绍及罗平生物群特征

罗平地区位于扬子地台东南缘,南盘江印支裂陷盆地边缘^[1,2],东经 104°15′~104°30′,北纬 24°50′~25°00′。为了研究罗平生物群的沉积环境,笔者等在距罗平县城 10 km 的罗雄镇大凹子村(东经: 104°19′3.00″,北纬: 24°46′13.00″)测制了精细剖面(如图 1),剖面岩性组合特征简单,主要以灰黑色泥晶灰岩为主,含燧石结核、燧石条带为标志层,同时发育一系列的沉积构造,罗平生物群产于中三叠统关岭组二段中。下部(1~60层)为深灰色薄—中层含生屑泥晶灰岩、(含砾)残余生屑微晶云岩、微晶灰云岩、纹层

状微晶灰岩、瘤状灰岩,平行层理、波状层理、包卷层理发育,局部可见大量的燧石结核或条带。其中 10、13、27、28 层面上可见到大量的鱼类化石,化石保存完整,丰度高,群鱼可达 32 条/m²,中间夹有 5 cm 厚的灰白色中酸性凝灰质粘土岩(第 49 层)和 5 cm 厚的灰黄色薄层状粉砂质泥岩(第 15 层),第 19、21 层富含龙鱼化石,并且龙鱼个体较大,第 52、53 层则以个体较大的海生爬行动物为主,往上可见到双壳、海百合、植物等化石;上部(61~105 层)为深灰色纹层状泥灰岩、泥晶灰岩、含硅质结核泥晶灰岩、含生屑泥晶灰岩、残余藻纹生屑泥晶灰岩,水平层理、波状层理、包卷层理发育,大部分层底部发育凹凸不平的冲刷面。其中第 78、81、105 层以爬行类动物化石为主,夹丰富的节肢、棘皮类动物化石。现主要对产化石的 1~105 层沉积构造进行描述。

2 沉积构造特征

沉积构造是指沉积岩形成时期所形成的构造,是沉积岩的重要特征之一。根据沉积岩构造的研究可以推断沉积岩生成和存在的环境^[5,6]。罗平生物群产出层位发育丰富的层理、层面构造、变形构造、遗迹化石构造。通过对这些沉积构造的研究,为分析和重建罗平生物群的沉积、埋藏环境提供了重要沉积学依据。

^①中国区域地质调查项目(编号: 1212010610211)资助。
收稿日期: 2009-08-11; 收修改稿日期: 2009-08-27

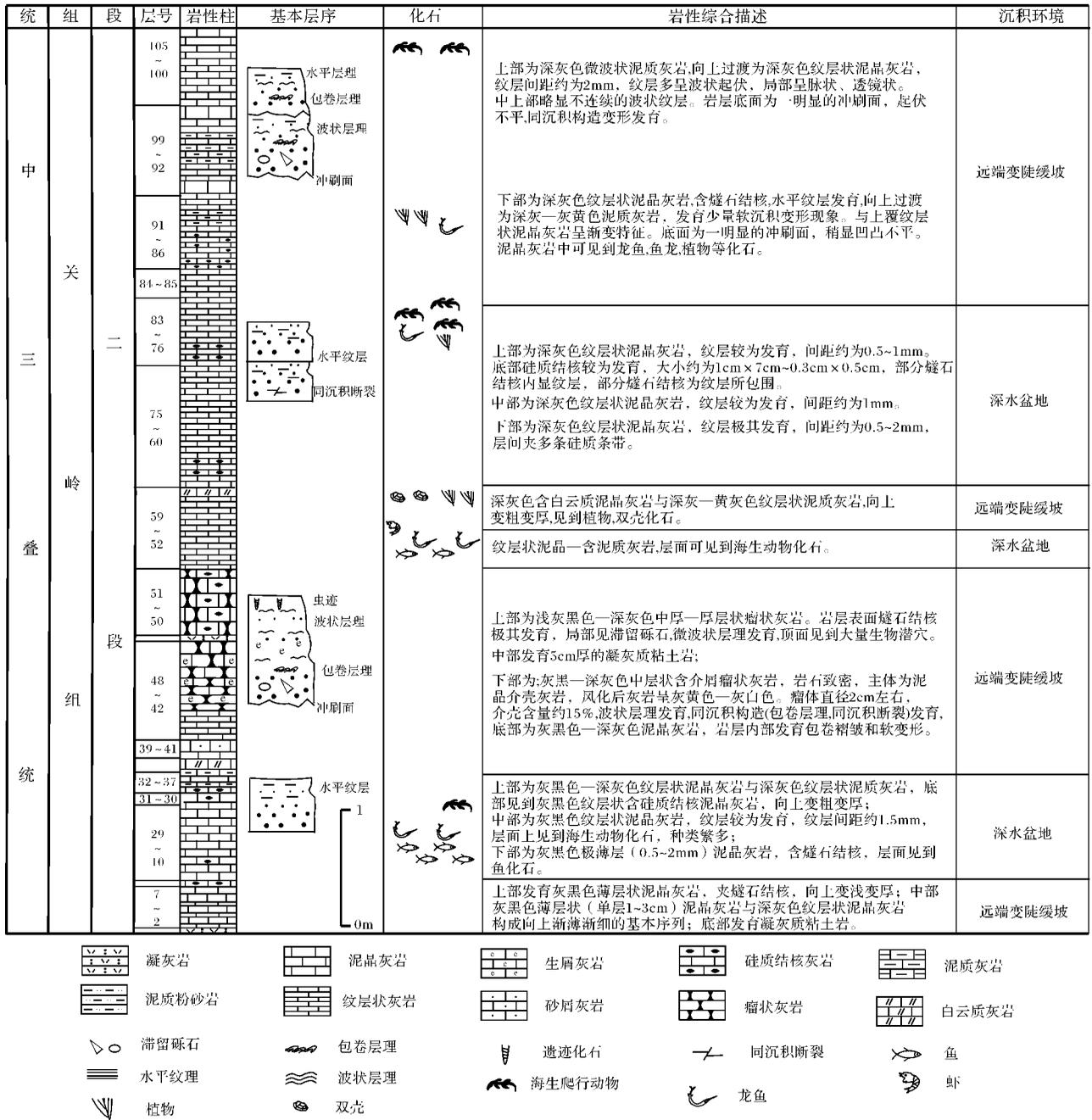


图 1 罗平生物群及沉积构造产出层位地层柱状图

Fig. 1 Stratigraphic column of sedimentary structures and the Luoping Biota

(1) 水平纹层

剖面上大多数岩层发育水平纹层,一般为毫米级,形态以平面状为主(图 2-A、B);图 2-A 为宏观野外露头照片,水平纹层极其发育,纹层和层面大多数是平行的,局部部位有扰动迹象,层面保存有大量完整的鱼类、鱼龙等脊椎动物化石,其中 10 层层面鱼化石可达 32 条/m²,化石排列无定向性。图 2-B 为室内显微照片,断面形态呈直线型。纹层由组成碳酸盐岩颗

粒的粒度差异造成的。由粗粒组成的“亮层”含较多生屑微细碎片,较干净,能见少量细粉晶斑点。由细粒组成的“暗层”以较浑浊微晶(0.002~0.003 mm)组成。因存在粒度差异,又很平直,故是水平层理。

(2) 正粒序

剖面中观察到正粒序层理位于冲刷面之上,主要发育在 82~86 层、89~97 层。粒序层一般厚 5~10 cm,自下而上颗粒粒径逐渐变小,岩石类型向上也由

(含砾)砂屑灰岩演化为砂屑泥晶灰岩甚至纹层状泥晶灰岩。这种粒序层代表了水动力逐渐减弱的沉积环境。随着水体能量的减弱,沉积物粒度逐渐变细,形成剖面中的正粒序递变层理。

(3) 包卷层理

剖面上普遍存在的同生变形构造,在42层、92层、95层、99层、105层等发育,该变形构造主要表现为含泥质的灰岩在层内发生明显的褶曲,形成一系列形态各异的小型包卷层理(图2-C),可能是沉积物在重力作用下沿斜坡滑动而形成的。包卷层理一般局限于一定的层位中,向岩层顶部或底部逐渐消失,与上下层位的岩层呈突变接触,成分一致,所在地层产

状正常。包卷层理的规模较小,形态不规则,常常是顺滑动方向倒转。

(4) 底冲刷

剖面48层、51层、77层、93层的底部存在明显的冲刷面,是沉积层与层之间岩性突变的典型。冲刷面上的粗屑物如滞留砾石(图2-D)成分复杂,有:白云质灰岩、海百合茎、核形石灰岩等。砾石大小混杂,多为次棱角状、次圆状,一般为 $0.1\text{ cm} \times 0.2\text{ cm} \sim 0.5\text{ cm} \times 1\text{ cm}$,最大可达 $2 \sim 3\text{ cm}$,小的仅为数毫米,排列无定向性,局部砾石呈竹叶状。波状底冲刷面大量发育,其界面呈波状起伏,起伏幅度通常 $1 \sim 2\text{ cm}$ 左右,指示了沉积水体的水动力状况。

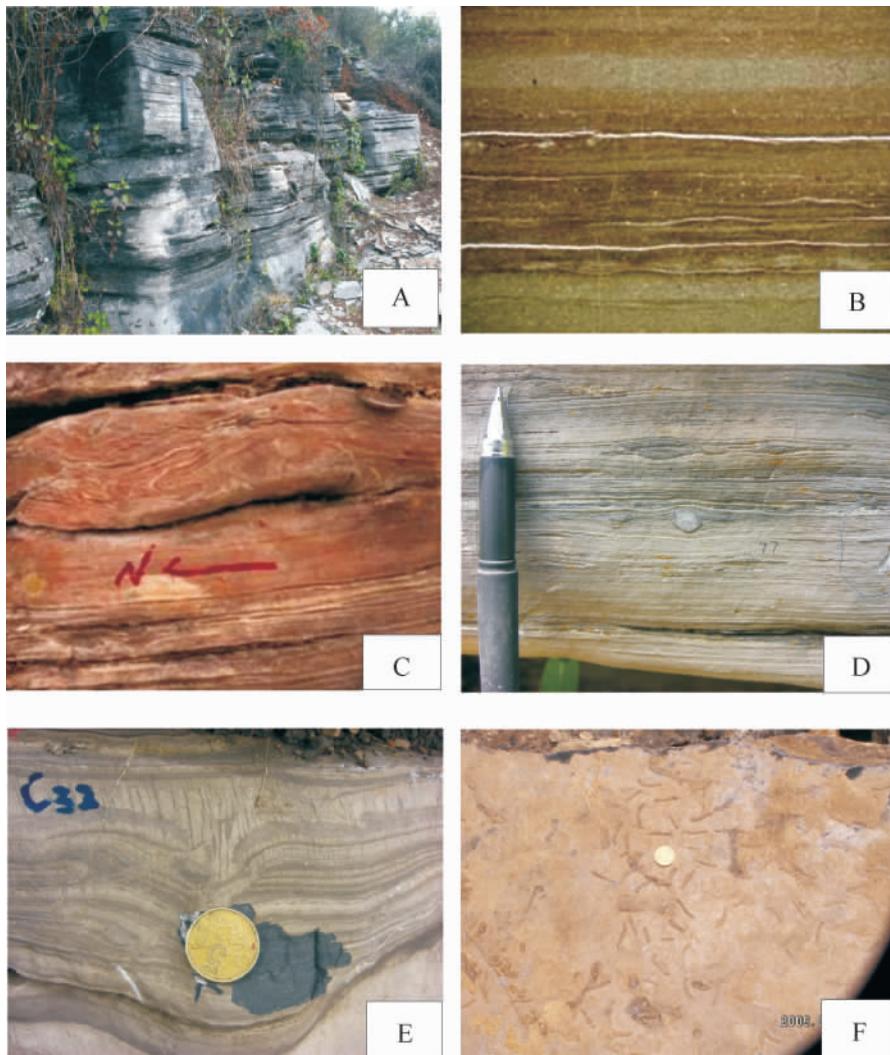


图2 罗平生物群产出层位沉积构造

A. 水平纹层(52~59层); B. 水平纹层(79层)单偏光 $25\times$; C. 包卷层理(122层); D. 滞留砾石(77层);
E. 同沉积断裂(32层); F. 遗迹化石(50层)

Fig. 2 Sedimentary structures in the occurrence containing the Luoping Biota

A. horizontal laminae (bedding 52~59); B. horizontal laminae (bedding 79) plane polarized light, $25\times$; C. convolute bedding (bedding 122); D. retained gravel (bedding 77); E. synsedimentary fault (bedding 32); F. trace fossils (bedding 50)

(5) 同沉积断裂

在剖面32层、42层、70层、92层、105层等发育, 常为小型断裂(图2-E), 同沉积断裂规模小, 延伸1~10 cm, 断距一般仅为0.2~2 cm, 倾角较陡40°~60°。这些同沉积断裂在数十厘米的范围内消失, 多限于层内发育, 没有脉状填充。

(6) 遗迹化石

灰黑色—深灰色中厚—厚层状瘤状灰岩(50层)层面上的薄层泥岩中发育了大量的遗迹化石(图2-F), 瘤状灰岩中燧石结核极其发育, 介壳含量约为5%。岩层上部砾屑较为发育, 砾石大小约为0.5 cm × 0.5 cm ~ 2 cm × 5 cm, 局部还见有软沉积变形构造。大部分生物潜穴表现为各种弯曲弧形, 由潜穴生物在表层沉积物内沿水平方向掘穴形成的潜穴, 长度多为2~3 cm, 最长可达5 cm。

3 沉积序列

地层沉积序列特征表现为自下而上岩石颜色、成分、结构、典型沉积构造等的有规律变化以及由此反映的水动力条件、沉积环境自下而上、由老到新的变化特点^[7]。通过对罗平生物群产出层位沉积序列的观察, 发现有不完整的鲍马序列组合: (1) abcd段组合, (2) bce段组合, (3) de段组合(图3)。

(1) 具有a、b、c、d段组合的序列。发育于大凹子剖面的93~105层, 组合厚度0.9~1 m, 横向变化大, 其特征是底面构造发育, 冲刷面深度可达2 cm, 滞留砾石粒径一般为1~2 cm, 随机分布, 粒序层以粗砂级内碎屑为主, 显正粒序。从a段到b段是渐变的, 因此b段厚度不易估计, 向上碎屑依次变细, 并相继出现波状层理、包卷层理段、水平层理段, 顶部发育mm级水平纹层。

(2) 具有b、c、e段组合的序列。发育于大凹子剖面的46~51层, 组合厚度0.8~1 m, 底部b段平行层理发育, 泥晶灰岩颗粒较细, 厚度为0.3 m左右, 岩层中燧石结核极其发育, 含少量生物碎屑, 以腹足类为主, 介形虫次之, 偶见双壳。c段白云质含量较高, 波状层理发育, 似“豹皮状”, 顶部e段泥岩段非常薄, 约0.5 cm左右, 泥岩中发育生物潜穴, 表现为各种弯曲弧形。

(3) 具有d、e段组合的序列。发育于剖面的28~33层、76~79层, 组合厚度较薄, 约0.3~0.5 m, d段水平层理发育, 多为mm级纹层, 纹层中可见燧石结核或条带, 可见到少量双壳、螺化石。e段为深灰

色含炭质钙质泥岩, 风化面呈灰褐色, 水平纹层及其发育, 1 mm内含1~2条。

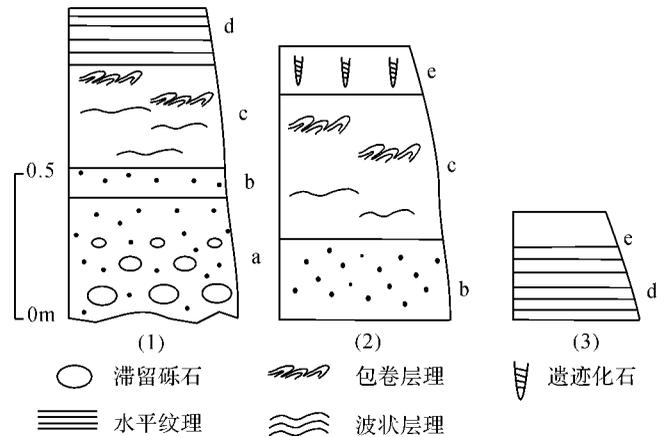


图3 罗平生物群产出层位鲍马序列组合

a. 粒序递变层; c. 波状层理或变形层理;
d. 水平层理; e. 含遗迹化石泥岩层

Fig 3 Bouma sequence in the occurrence containing the Luoping Biota

a. graded bedding; c. wavy or deformation bedding;
d. horizontal bedding; e. mudstone with trace fossils

4 罗平生物群沉积与埋藏环境

碳酸盐岩缓坡(carbonate ramp)这一概念最早是由Ahr(1973)提出来的, 深水盆地边缘的远端变陡缓坡上分布有浊积岩和滑塌岩^[8,9]。沉积作用主要发生在浪基面之下, 总体上属于开阔海低能环境^[10]。

4.1 远端变陡缓坡沉积

大凹子剖面中1~9层、38~51层、84~105层主要由灰黑—深灰色含燧石结核(条带)泥晶灰岩, 含生屑粒泥灰岩、生屑灰泥岩和泥灰岩组成, 岩相变化小, 主要发育水平纹层与微波状层理。局部层位(42、51、92、95、99层等)可以见到同沉积变形构造(滑塌构造、包卷层理、同沉积断裂), 并可在纹层中见到滞留砾石, 可能是沉积物在重力或风暴事件作用下沿缓坡滑移引起的。滑移体在向下移动的过程中, 产生了各种变形构造及底冲刷构造, 有时伴随发生断裂, 形成同沉积断裂^[11]。

4.2 深水盆地

大凹子剖面中10~37层、52~54层、60~75层主要由灰黑色纹层状(0.5~2 mm)泥晶灰岩, 厚度显示总体向上变细变薄, 横向上基本稳定。灰黑色泥晶灰岩具有灰泥成分含量高、颜色暗、颗粒细小、结构致密的特点, 同时岩石多发育mm级水平纹层, 也反映

水体较安静、低能^[12]属于深水盆地沉积。

罗平生物群以鱼类为主,还伴生有海生爬行动物和大量无脊椎动物,这些化石保存完整,形态各异,很少有被扰动现象,说明生物死亡后被迅速埋藏。这些都反映了当时沉积水体相对较静、较深、水动力不强^[13,14]。遗迹化石成各种弯曲状的觅食痕迹及复杂的潜穴系统,水平潜穴遗迹化石的存在说明当时的水体条件适合底栖生物生活,水体相对较深、安定,底栖生物不再需要起保护作用的潜穴或钻孔,而是沿沉积物表面系统地寻找食物^[15,16],代表了较深水、低能的环境类型。

鲍马序列组合中,d段水平纹层相对较厚,颗粒较细,向上发育正粒序,体现出海水相对较深,浊流作用能力较弱和持续时间长的特点。e段泥岩段,多沿层面分布,为浊流作用能量较低、沉积环境相对宁静条件下的悬浮沉积物。

这种深水、低能、还原或相对缺氧状态说明水深应在风暴浪基面以下,沉积环境为浅海深水盆地^[17],从而为生物埋藏提供了必需条件,有效防止了死亡生物氧化分解。

从岩性特征、生物群保存、沉积序列组合来看,罗平生物群沉积与埋藏环境为碳酸盐岩台地内部的浅海深水盆地,是一些零星分布在台地上具远端变陡坡折的深水凹陷,具有水动力弱、低氧、安静的特点。鱼龙等海生爬行动物是被埋藏于这种深水盆地中,化石才得以精美完整地保存。从剖面中的原生沉积构造判断其具有类似远端变陡缓坡的性质,处在风暴浪基面之下,总体水动力条件弱,偶尔受到突发性浊流事件的影响而形成正常环境下的同沉积变形构造。远端变陡缓坡部分的鲍马序列组合中,a段底部构造发育,反映了浊流活动的存在^[18,19],同时产出的大量同沉积变形构造(同沉积断层、包卷层理),这些事件作用造成的沉积指示了环境的突发性变化,破坏了生物赖以生存的环境,从而引发了生物的大量死亡并被迅速埋藏^[20]。

5 结论

罗平生物群沉积与埋藏环境为碳酸盐台地内部具远端变陡坡折的浅海深水盆地。具有深水、低能、还原的沉积特征。这种深水、还原或相对缺氧状态的水体条件给生物埋藏提供了必需条件,防止死亡生物氧化分解。

远端变陡缓坡部分产出的大量同沉积变形构造

(同沉积断层、包卷层理),这些事件沉积指示了环境的突发性变化,破坏了生物赖以生存的环境,从而引发了生物的大量死亡并被迅速埋藏,这可能也是罗平生物群无论在丰度还是分异度方面,都比较高的一个重要原因。

水平潜穴遗迹化石的存在说明水体温度、盐度、深度等海洋生态因素都比较正常。由于遗迹化石几乎完全是原地埋藏,所以在决定沉积环境、生物埋藏环境方面起着重要的作用。生物群埋藏环境不是完全处于还原状态,而是处于间歇性缺氧阶段,在较高海平面时期,水体较深,处于相对缺氧阶段,利于生物的完整保存;在较低海平面时期,水体发生经常性流动,养料及含氧量亦有所增加,为造迹生物生活提供了条件。

参考文献(References)

- 1 张启跃,周长勇,吕涛,等.云南罗平中三叠世安尼期生物群的发现及其意义[J].地质论评,2008,54(4):523-526 [Zhang Qiyue, Zhou Changyong, Lv Tao, et al. Discovery and significance of the Middle Triassic Anisian Biota from Luoping, Yunnan province [J]. Geological Review, 2008, 54(4): 523-526]
- 2 张启跃,周长勇,吕涛,等.云南中三叠世罗平生物群地层时代的厘定:来自牙形石的证据[J].中国科学: D辑,2009,39(3):300-305 [Zhang Qiyue, Zhou Changyong, Lv Tao, et al. A conodont-based Middle Triassic age assignment for the Luoping Biota of Yunnan, China [J]. Science in China: Series D, 2009, 39(3): 300-305]
- 3 陈景山,陈倡明,孙永传,等.沉积构造与环境解释[M].北京:科学出版社,1984:44-45 [Chen Jingshan, Chen Changming, Sun Yongchuan, et al. Sedimentary Structure and Environment Interpretation [M]. Beijing: Science Press, 1984: 44-45]
- 4 科林森 J D,汤普森 D B.沉积构造[M].北京:地质出版社,1988:123-124 [John David Collinson, David B. Thompson. Sedimentary Structures [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 123-124]
- 5 庞冯秋.基于相分析方法的沉积环境分析[J].科技情报开发与经济,2008,18(10):130-131 [Pang Fengqiu. Analysis on the sedimentary environment based on phase analysis method [J]. Science-Technology Information Development & Economy, 2008, 18(10): 130-131]
- 6 何海清,陈海泓,李继亮,等.浙西北二叠-三叠纪浊积岩系及其大地构造意义[J].地质学报,1997,71(2):123-132 [He Haiqing, Chen Haihong, Li Jiliang, et al. Permian and Triassic turbidite and its tectonic significance in the northwestern Zhejiang [J]. Acta Geological Sinica, 1997, 71(2): 123-132]
- 7 刘建清,贾保江,杨平,等.羌北坳陷雪山组地层形成环境及古地理意义[J].地层学杂志,2008,32(1):33-40 [Liu Jianqing, Jia Baojiang, Yang Ping, et al. The sedimentary environment of the Xueshan Formation in the northern depression, Qiangtang basin and its palaeogeographic significance [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(1):

- 33-40]
- 8 Ahr W M. The Carbonate ramp: an alternative to the shelf model [J]. Gulf Coast Assoc. Geol. Societies, 1973, 23: 221-225
- 9 Read J F. Carbonate platform facies models [J]. AAPG Bullentin, 1985, 69(1): 1-21
- 10 张帆, 文应初, 强子同, 等. 四川及邻区晚二叠统吴家坪碳酸盐缓坡沉积 [J]. 西南石油学院学报, 1993, 15(1): 34-41 [Zhang Fan, Wen Yingchu, Qiang Zitong, *et al.* Carbonate ramp sedimentation of Permian in Wujiaping, Sichuan and its neighbouring region [J]. Journal of Southwestern Petroleum Institute, 1993, 15(1): 34-41]
- 11 张锦泉. 碳酸盐台地边缘或斜坡的类型及沉积模式 [J]. 沉积与特提斯地质, 1998, 34(2): 32-40 [Zhang Jinquan. Types and facies modles of platform margins and slopas [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 1998, 34(2): 32-40]
- 12 冯增昭, 鲍志东, 李尚武, 等. 中国南方早中三叠世岩相古地理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 174-180 [Fang Zengzhao, Bao Zhidong, Li Shangwu, *et al.* Lithofacies and Paleogeography of Early-Middle Triassic in South China [M]. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1997: 174-180]
- 13 陈孝红, 陈立德, 王传尚. 贵州关岭生物群的埋藏环境与古生态特点 [J]. 地质通报, 2003, 22(4): 278-284 [Chen Xiaohong, Chen Lide, Wang Chuanshang. Taphonomic environment and ecological characteristics of the Guanling biota [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(4): 278-284]
- 14 王尚彦, 王宁. 关岭生物群的生活环境 [J]. 贵州地质, 2002, 19(4): 240-241 [Wang Shangyan, Wang Ning. Life environment of the Guanling Biota [J]. Guizhou Geology, 2002, 19(4): 240-241]
- 15 Wetzel A. Ecologic interpretation of deep sea trace fossil communities [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1991, 85: 47-69
- 16 杨式溥. 遗迹化石的古环境和古地理意义 [J]. 古地理学报, 1999, 1(1): 7-19 [Yang Shipu. Palaeoenvironmental and palaeogeographic significance of trace fossils [J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 1(1): 7-19.]
- 17 许效松, 万方, 尹福光, 等. 奥陶系宝塔组灰岩的沉积环境相、生态相与成岩相 [J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 64-68 [Xu Xiaosong, Wan Fang, Yin Fuguang, *et al.* Environmental facies, ecological facies and diagenetic facies of Baota Formation of late Ordovician [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 64-68]
- 18 Bryant E A, Haslett S K. Catastrophic wave erosion, Bristol Channel, United Kingdom: Impact of Tsunami [J]. The Journal of Geology, 2007, 115: 253-269
- 19 Retallack G J. Cenozoic paleoclimate on land in North America [J]. The Journal of Geology, 2007, 115: 271-294
- 20 杨瑞东, 张忠英, 赵元龙. 贵州台江中寒武世凯里生物群的埋藏序列分析 [J]. 古生物学报, 1999, 38(增刊): 95-101 [Yang Rui-dong, Zhang Zhongying, Zhao Yuanlong. Taphonomic and palaeoecological analysis of the middle Cambrian Kaili Lagerstätte in Taijiang, Guizhou [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1999, 38(supplement): 95-101]

Preliminary Study of Taphonomic Environment of Luoping Biota: Evidence from sedimentary structures

BAI Jian-ke^{1 2} ZHANG Qi-yue¹ YIN Fu-guang¹ XIE Tao¹
ZHOU Chang-yong¹ LV Tao¹ FENG Jing¹

(1. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081; 2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstracts The Luoping Biota is contained in the Member II of the Ainsian Guanling Formation at Dawazi Village, Luoping County, Yunnan Province, China. It is characterized by abundant well-preserved marine ichthyofauna, associated with marine reptiles, echinoderms, crustaceans, bivalves and plant fossils. The strata bearing the Luoping Biota are dominated by gray black thin bedded micrite as well as a large number of sedimentary structures, such as horizontal laminae, wavy bedding, deformation structures (slump structures, convolute bedding) and trace fossils and so on. This paper aims to study the sedimentary environment and taphonomy of the Luoping Biota. The result shows that the sedimentary environment of Luoping Biota is a deep water basin with distally steepened ramp on the platform. The sea water in this basin was relatively quiet with intermittent reducing condition which effectively prevented the degradation of organisms. The sedimentary deformation structures on distally steepened ramp indicate that the environment was changed suddenly, which led to the demise and the rapid burial of the biota.

Key words Luoping Biota; sedimentary structures; distally steepened carbonate ramp; deep basin; taphonomy