

文章编号: 1009-3850(2009)03-0015-07

云南罗平中三叠统关岭组二段碳酸盐岩微相分析

白建科^{1,2}, 张启跃², 尹福光², 周长勇², 吕涛², 冯静²

(1. 中国地质科学院, 北京 100037; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 通过详细的野外观察和室内镜下薄片分析, 于中三叠统关岭组二段中初步识别出 8 种微相类型。结合宏观沉积构造及罗平生物群保存特征, 认为云南罗平关岭组二段为碳酸盐岩缓坡沉积, 可划分出深水盆地、深缓坡、深缓坡远端变陡、浅缓坡和后缓坡 5 个沉积相。沉积相在垂向上是向上变浅(海退)的沉积序列。罗平生物群的沉积环境为深水、低能、安静的海洋环境, 突发的风暴事件导致了生物群大量死亡, 并被迅速埋藏。

关键词: 关岭组二段; 罗平生物群; 微相分析; 碳酸盐岩缓坡

中图分类号: P512.2 文献标识码: A

Brown(1943)提出“微相”这一术语, 用来表示岩石薄片在显微镜下所呈现的鉴定标志。碳酸盐岩微相分析为碳酸盐岩沉积学研究的重要手段, 国内外有关碳酸盐微相分析的研究已取得了大量的成果^[1~4]。

云南罗平地区中三叠统关岭组二段产罗平生物群, 以鱼类为主, 伴生有海生爬行类、海百合、菊石、双壳、虾、腹足类以及植物化石^[5,6], 但有关碳酸盐岩微相分析的研究不足。笔者对产出罗平生物群的大凹子地层剖面(图 1)进行了详细测制并进行了薄片样品的鉴定。研究表明: 剖面下部为深灰色薄中层含生屑泥晶灰岩, 纹层状泥晶灰岩, 含硅质结核(条带), 平行层理、波状层理、包卷层理发育; 上部为深灰色纹层状泥灰岩、残余藻纹生屑泥晶灰岩、含硅质条带微晶灰岩、微晶生屑白云岩和含石膏假晶微晶白云岩, 水平层理、波状层理、鸟眼构造发育, 大部分层底部发育凹凸不平的冲刷面。本文通过对碳酸盐岩的颗粒类型及特征、微相类型及主要特征的总结描述, 结合宏观的沉积特征, 探讨产出罗平生物群的关岭组二段的沉积环境。

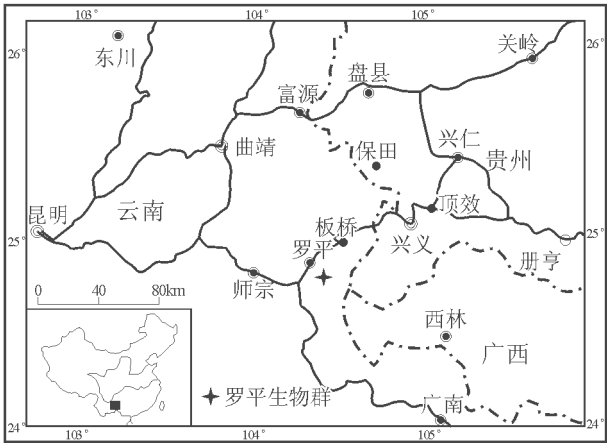


图 1 产出罗平生物群的大凹子剖面位置图

Fig 1 Location of the Da'aozi section where the Luoping biotas are identified

1 碳酸盐岩的颗粒类型及特征

碳酸盐岩的颗粒类型及特征是划分微相类型和分析沉积环境的重要依据。关岭组二段碳酸盐岩的主要颗粒类型为生物碎屑、内碎屑和球粒。此外, 还

有少量陆源碎屑颗粒。

1.1 生物碎屑

关岭组二段中生物碎屑分布较广泛,其在大部分碳酸盐岩岩层中均有产出。生物碎屑类别包括有孔虫、介形虫、腹足类、双壳类、海百合茎等,均为正常海相底栖生物,部分层位可见藻类。

(1)有孔虫:有孔虫化石(图版 I -A B)个体较小,一般为 $0.5 \sim 2\text{mm}$,含量约 $5\% \sim 10\%$ 。多数见房室构造,外壳形态有单壳和多壳室,呈隐粒结构。局部已亮晶化,保存较完整,见有单房室球形(似砂户虫 *Parathurammina*),直的单列房室壳(节房虫 *No-dosaria*);双房室绕旋壳(球旋虫 *Glomospira*)。

(2)介形虫:介形虫化石可见破碎的单瓣壳和完整壳体,完整的壳体个体为 $0.2 \sim 2\text{mm}$ (图版 I -C)。在薄片中心壳体轮廓多呈椭圆形或梭形,玻纤结构,含量可高达 15% 。纹层状泥晶灰岩中介形虫椭圆形长轴多平行纹层分布,完整壳体的内部经过重结晶充填亮晶方解石。见于多数具生物碎屑颗粒的灰岩中。

(3)海百合茎:海百合茎化石多数遭受强烈的破碎,形成砂级大小,少数可达 2mm ,呈明显的连生单晶结构(图版 I -D)。但也有少数保存完整,野外宏观露头上可见直径达 15mm 的海百合茎化石。大多数棘皮动物碎屑具有同轴增生现象。多见于生物碎屑粒泥灰岩、泥粒灰岩。

(4)藻类:藻类化石主要为粗枝藻绿藻(图版 I -E),节片圆柱或串珠状,有分叉,呈晶粒结构,破碎成各种弯曲的弧形、钩形等,少见较完整的藻管。多见于纹层状泥晶白云岩、残余藻纹层泥晶灰岩中。

(5)双壳类:双壳类化石壳体大小不一,破碎,具多晶结构,常呈长条状,多见于生物碎屑粒泥灰岩中(图版 I -F)。

(6)腹足类:腹足类化石螺具示顶底结构,一般为 $0.5 \sim 2.5\text{mm}$ (图版 I -G)。旋壳的轴切面显示左右交叉,向上逐渐锥旋增大。小的交叉成对空洞叠于较大的之上,垂直旋轴的横切面中,显示圆形。野外露头上可见 $2 \sim 3\text{cm}$ 的完整个体。典型的示顶底结构—泥晶充填的壳体为底,指示沉积的早期。亮晶充填的壳体为顶,指示后期发生的胶结作用。

1.2 内碎屑

内碎屑多为砂屑和砾屑(图版 I -H),形状不规则,粒度在 $0.06 \sim 3\text{mm}$ 之间,磨圆度差到中等。内碎屑成分多为泥晶方解石,也可见到少量球粒组成的砂屑。内碎屑主要为砾屑灰岩、砂屑灰岩在粒泥灰

岩、泥粒灰岩中砂砾也偶有出现。

1.3 球粒

球粒形状多为椭圆形、圆形或卵圆形,粒度为 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$,粉砂—细砂级,内部结构均一,主要有粪球粒(图版 II -A)和部分灰泥球粒。在透射光下,黑色的颗粒或边缘轮廓是由于有机质含量高造成的。这些球粒为形成生物碎屑泥粒灰岩或粒泥灰岩的主要颗粒之一。另外见少量陆源碎屑,主要为粉砂级的石英颗粒。

2 微相类型及主要特征

笔者对云南罗平大凹子剖面关岭组二段碳酸盐岩微相进行研究时,参考修订后的 Wilson 标准微相类型^[7]和 Erk F. H. gel^[7]总结的古生代和中生代缓坡碳酸盐岩的常见微相类型,根据颗粒类型、基质类型、沉积构造、生物化石特征等主要微相划分标志,将关岭组二段碳酸盐岩划分为 8 种主要的微相类型。

2.1 含生屑灰泥石灰岩微相 (MF-1)

灰色—灰黑色含生屑灰泥石灰岩的组分几乎全为泥晶方解石,亮晶极少(图版 I -F)。显微镜下见少量介形虫、有孔虫、双壳类等生物碎屑(含量 $<5\%$)以及零散分布的暗色灰泥球粒,显示以灰泥支撑的结构类型。指示深水低能的环境。灰泥石灰岩中含有的少量碎屑状生物化石,可能是风暴作用从高能带带入的。相当于碳酸盐岩缓坡微相类型的 RMF-1。

2.2 水平纹层状泥晶灰岩微相 (MF-2)

该微相主要成分为泥晶方解石,具有水平纹层构造(图版 II -B)。泥晶方解石细而均匀,含少量有孔虫、介形虫等生屑。“浑浊”泥晶方解石与“干净”泥晶方解石各自相对集中,形成水平纹层。纹层较平直,纹层间有明显的界线。该微相类型相当于缓坡微相类型的 RMF-1,主要形成于深缓坡外的深水盆地中。

2.3 球粒颗粒质灰泥岩微相 (MF-3)

该微相为粒泥结构,粒屑以生物碎屑为主,其次是球粒(主要是粪球粒)(图版 II -C)。生物碎屑有:海百合茎、介形虫、有孔虫、双壳、腹足类等。生物碎屑体积分数为 $5\% \sim 20\%$,球粒体积分数为 $5\% \sim 10\%$,基质为泥晶方解石。部分生物碎屑具有“泥晶套”或生物成因的结壳。其是泥晶化和细菌对生物碎屑或碳酸盐岩颗粒自外向内反复钻孔,并被后期泥晶方解石充填形成。缓坡微相类型 RMF-3。

RMF4以及 RMF-26 受控于幕式风暴浪作用,形成于深缓坡远滩相。

2 4 砂屑颗粒灰岩微相 (MF-4)

该微相中含大量成层状分布的砂屑颗粒 (图版 II -D), 颗粒粒径为 0.06~1mm; 颗粒支撑结构, 胶结物很少, 颗粒磨圆度总体很好, 圆次圆状, 泥质成分高的砂屑边缘多呈港湾状, 可见有砂屑的相互嵌入和弯曲现象, 推断为半固结或固结状的灰岩经波浪和潮汐作用破碎后在成岩过程中受挤压而成^[8]。砂屑灰岩常与生物碎屑等颗粒共生, 可见生物碎屑组成的颗粒层 (图版 I -C)。生物碎屑主要是介形虫及少量有孔虫, 介形虫椭圆形壳体的长轴近水平指向。砂屑颗粒层底部明显的冲刷面说明浊流活动的存在。相当于碳酸盐岩缓坡类型的 RMF-6 沉积于深缓坡相。

2 5 砾屑灰岩微相 (MF-5)

该微相内碎屑为砾屑颗粒 (图版 II -E), 含量可达 50%, 粒径 1~2.5mm, 成份主要是泥晶方解石。砂屑磨圆度较好, 少数砾屑呈现出棱角状, 含少量生物碎屑, 都被泥晶所包裹。砾屑颗粒之间为亮晶方解石胶结, 部分胶结物和砾屑被后期的白云石化所交代。可见小型交错层理和波状层理。该微相类型与碳酸盐岩缓坡类型的 RMF8 相似, 形成于正常浪基面与正常海平面之间的浅缓坡, 是物质经过改造后再沉积。

2 6 生物碎屑漂砾岩微相 (MF-6)

该微相与 MF-2 区别在于内碎屑粒度达到 2~3mm, 体积分数为 10%, 基质为 80%~90%, 填隙物主要为亮晶方解石及少量泥晶 (图版 II -F), 同时含有完整且个体较大的介形虫, 也有有孔虫、介形虫、海百合等生物碎屑碎片, 具有明显的双峰态, 含量达到了 10%, 深色不透明的斑点为被粪球粒充填的生物掘穴。与缓坡类型的 RMF-9 (含有泥晶内碎屑的粒泥灰岩、泥粒灰岩和漂浮岩) 相当, 形成于正常浪基面与风暴浪基面之间的深缓坡远端变陡部分。

2 7 含石膏假晶微晶云岩微相 (MF-7)

该微相为含石膏假晶微晶云岩 (图版 II -G)。由微晶白云岩组成, 含石膏假晶、假瘤。微晶白云石呈不规则它形粒状, 粒度均匀, 晶粒浑浊, 镶嵌接触, 可见褐铁矿微粒呈丝状分布。石膏假晶和假瘤和板柱状、晶簇状, 粒径 0.6~2mm, 溶解后充填亮晶方解石。与缓坡类型的 RMF23 或 RMF25 (白云石基质中方解石化的硬石膏, 具纹层组构和鸟眼组构) 相当, 形成于后缓坡潮坪带。

2 8 残余藻纹层泥晶灰岩微相 (MF-8)

该微相主要由泥晶方解石组成, 具残余藻纹构造, 灰泥支撑结构 (图版 II -H), 见粒度 0.1~0.3mm 的椭圆形晶斑, 由干净、明亮的粉晶方解石组成, 是有孔虫、介形虫等重结晶形成。残余纹层构造表现为较混浊泥晶粉晶方解石组成一些条痕状 (混浊的) 斑痕, 隐约同向断续延伸, 其是藻纹的残余构造。与缓坡类型的 RMF-20 (纹层叠层状粘结岩含有钙质藻和底栖有孔虫) 相当, 形成于后缓坡潮坪带。

3 沉积环境

综合野外宏观特征及上述生物和微相特征, 按照碳酸盐缓坡沉积模式^[9~12] 将大凹子剖面关岭组二段碳酸盐岩形成环境划分为深水盆地、深缓坡、深缓坡远端变陡、浅缓坡和后缓坡 5 种类型 (图 2)。其沉积特征如下:

3 1 深水盆地

以含生屑灰泥石灰岩 (MF-1) 和水平纹层状泥晶灰岩 (MF-2) 夹燧石结核或条带沉积为主, 含少量介形虫、有孔虫、双壳类等生物碎屑 (含量 < 5%) 以及零散分布的暗色灰泥球粒, 整体具有灰泥成分含量高、颜色暗、颗粒细小、结构致密的特点。指示沉积作用缓慢的深水盆地沉积环境。鱼类、海生爬行类和无脊椎动物化石保存完整, 很少有被扰动的迹象。

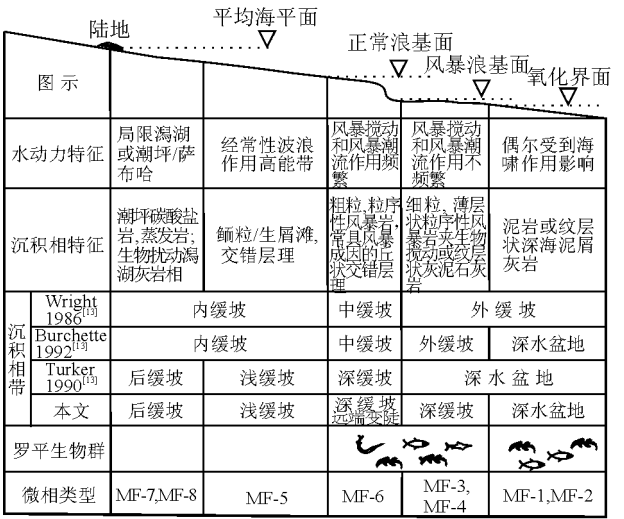


图 2 大凹子剖面碳酸盐岩各微相沉积模式

Fig 2 Summary of the sedimentary model for the individual sedimentary microfacies in the Da'aozi section

3.2 深缓坡

以球粒颗粒质灰泥岩 (MF₃) 和砂屑颗粒灰岩 (MF₄) 的沉积为主, 在风暴浪基面与氧化还原界面之间, 沉积环境相对安静, 偶尔受到特大风暴浪的影响。岩性以深灰色含燧石结核泥晶灰岩为主, 含有海百合茎、介形虫、有孔虫、腹足类等生物碎屑。颗粒质灰泥岩中可见磨圆度较好的内碎屑颗粒层或生物碎屑 (介形虫及少量有孔虫) 层, 说明弱水流或浊流活动的存在。罗平生物群在该沉积相带大量出现并保存完整的特征显示沉积环境相对较安静, 沉积作用主要以悬浮沉积为主, 偶然受到风暴等作用影响, 形成与浊积岩伴生的包卷层理或滑塌构造。

3.3 深缓坡远端变陡

以生物碎屑漂砾岩 (MF₆) 的沉积为主, 在平均浪基面与风暴浪界面之间, 正常波浪作用影响较小, 风暴浪影响大。沉积物反映出受风暴浪影响, 风暴天气下离岸风暴浪将浅缓坡处的碳酸盐沉积物带入此处。岩性为深灰色颗粒灰岩, 含燧石结核 (条带), 碎屑包括泥晶方解石组成的内碎屑和有孔虫、介形虫、海百合茎等生物碎屑。由于经过风暴搬运和筛选, 碳酸盐岩粒泥比比较大。风暴浪事件可能是导致生物群大量死亡并被迅速埋藏而得以完整保存的一个重要原因。

3.4 浅缓坡

以砾屑灰岩 (MF₅) 的沉积为主, 砾屑颗粒之间为亮晶方解石胶结, 部分胶结物和砾屑被后期的白云石化所交代。见到小型交错层理和波状层理。发育于潮汐带至正常浪基面之间, 为波浪频繁作用的开阔海环境 (很好的水循环), 是以鲕粒和生屑颗粒灰岩为特征的砂质浅滩或砾屑滩^[13]。可见到破碎的藻、棘皮、有孔虫等化石。

3.5 后缓坡

以含石膏假晶微晶云岩 (MF₇) 和残余藻纹层泥晶灰岩 (MF₈) 的沉积为主。受潮汐作用影响较大的潮坪、潟湖因水体循环较差, 深度较浅, 水温和盐度都与正常海条件不同, 受季节变化影响咸化或淡化。沉积物中泥质含量高, 分选较差, 岩性以微晶白云岩为主, 生物碎屑稀少, 具纹层组构和鸟眼组构, 多为薄层状。

综上所述, 云南罗平关岭组二段为碳酸盐岩缓坡沉积, 可划分出深水盆地、深缓坡、深缓坡远端变陡、浅缓坡和后缓坡等相带, 沉积相类型在垂向上是向上变浅 (海退) 的沉积序列。从岩性特征来看, 岩石泥质含量高, 生物碎屑含量较少, 指示了沉积作用

以悬浮为主。环境比较稳定, 安静, 变化小, 不受牵引流影响。水平纹层的出现指示环境频繁变化造成物质供应的数量和类型频繁变化^[14]。罗平生物群沉积环境主要特征是水体较深、水动力较弱, 总体环境比较安静。偶然异常风暴浪等地质事件改变了生物群赖以生存的海洋环境, 引发生物群大量灭绝, 并被迅速埋藏而完整保存下来。

4 结 论

(1) 云南罗平地区中三叠统关岭组二段碳酸盐岩中的主要颗粒类型为生物碎屑、内碎屑和球粒, 此外还可见到少量陆源碎屑颗粒, 主要是粉砂级的石英颗粒。

(2) 关岭组二段碳酸盐岩主要发育含生物碎屑灰泥石灰岩、水平纹层状泥晶灰岩、球粒颗粒质灰泥岩、砾屑灰岩、砂屑颗粒灰岩、生物碎屑漂砾岩、含石膏假晶微晶白云岩和残余藻纹层泥晶灰岩 8 种微相类型。

(3) 罗平关岭组二段为碳酸盐岩缓坡沉积, 可划分出深水盆地、深缓坡、深缓坡远端变陡、浅缓坡和后缓坡 5 个带相, 沉积相在垂向上呈向上变浅 (海退) 的沉积序列。

(4) 罗平生物群的沉积环境为深水、低能、安静的海洋环境, 偶然的异常风暴浪等地质事件改变了生物群赖以生存的海洋环境, 引发生物群大量灭绝, 并被迅速埋藏而完整保存下来。

参考文献:

- [1] FLÜGEL E. Microfacies analysis of limestone [M]. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1982.
- [2] WILSON J L. 地质历史中的碳酸盐岩相 [M]. 冯增昭译, 北京: 地质出版社, 1981.
- [3] MALIVA R G, DICKSON J A D. Microfacies and diagenetic controls of porosity in Cretaceous/Tertiary chalks, Ekfisk Field, Norwegian North Sea [J]. AAPG Bulletin, 1992, 76 (11): 1825—1838.
- [4] 包洪平, 杨承运. 碳酸盐岩微相分析及其在岩相古地理研究中的意义 [J]. 岩相古地理, 1999, 19(6): 59—64.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Erik Flügel. 碳酸盐岩微相——分析、解释及应用 [M]. 北京: 地质出版社, 2006 102—108.
- [8] 李娜, 张宁, 董元. 河北唐山地区中奥陶统马家沟组碳酸盐岩

微相分析[J].地质科技情报,2008,27(4):20-26

[9] BURCHETT T P, WRIGHT V P. Carbonate ramp depositional systems[J]. Sedimentary Geology, 1992, 79: 3-57

[10] 李霞,胡明毅,李士祥. 龙门山-米仓山前缘二叠系碳酸盐缓坡沉积[J].石油天然气学报,2005,29(1):36-37

[11] 景秀春,王训练,张海军,等. 山西柳林成家庄剖面太原组碳酸盐岩沉积相的特征及其意义[J].地质通报,2005,24(10-11):1060-1068

[12] 马永生,梅冥相,陈小兵,等. 碳酸盐岩储层沉积学[M].北京:地质出版社,1999

[13] READ J F. Carbonate platform of passive (extensional) continental margins: Characteristics and evolution [J]. Tectonophysics, 1982, 84: 195-212

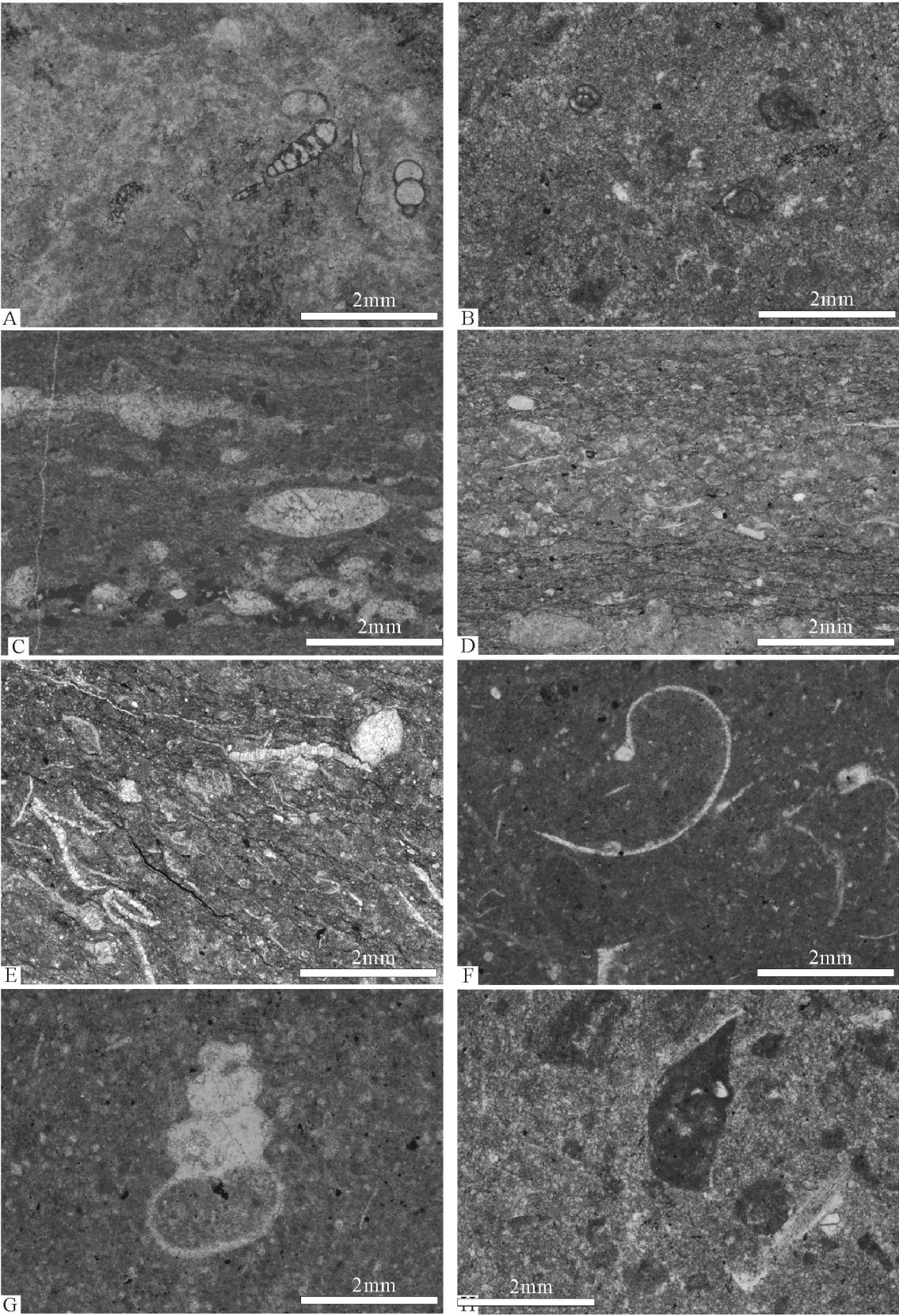
[14] 王尚彦,王敏,刘家仁. 关岭生物群产出地层的岩石微相和环境意义[J].贵州地质,2004,22(1):43-45

Carbonate microfacies in the second member of the Middle Triassic Guanling Formation in Luoping, Yunnan

BAI Jian-ke², ZHANG Qi-yue², YIN Fu-guang², ZHOU Chang-yong², LU Ta³, FENG Jing¹
(1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

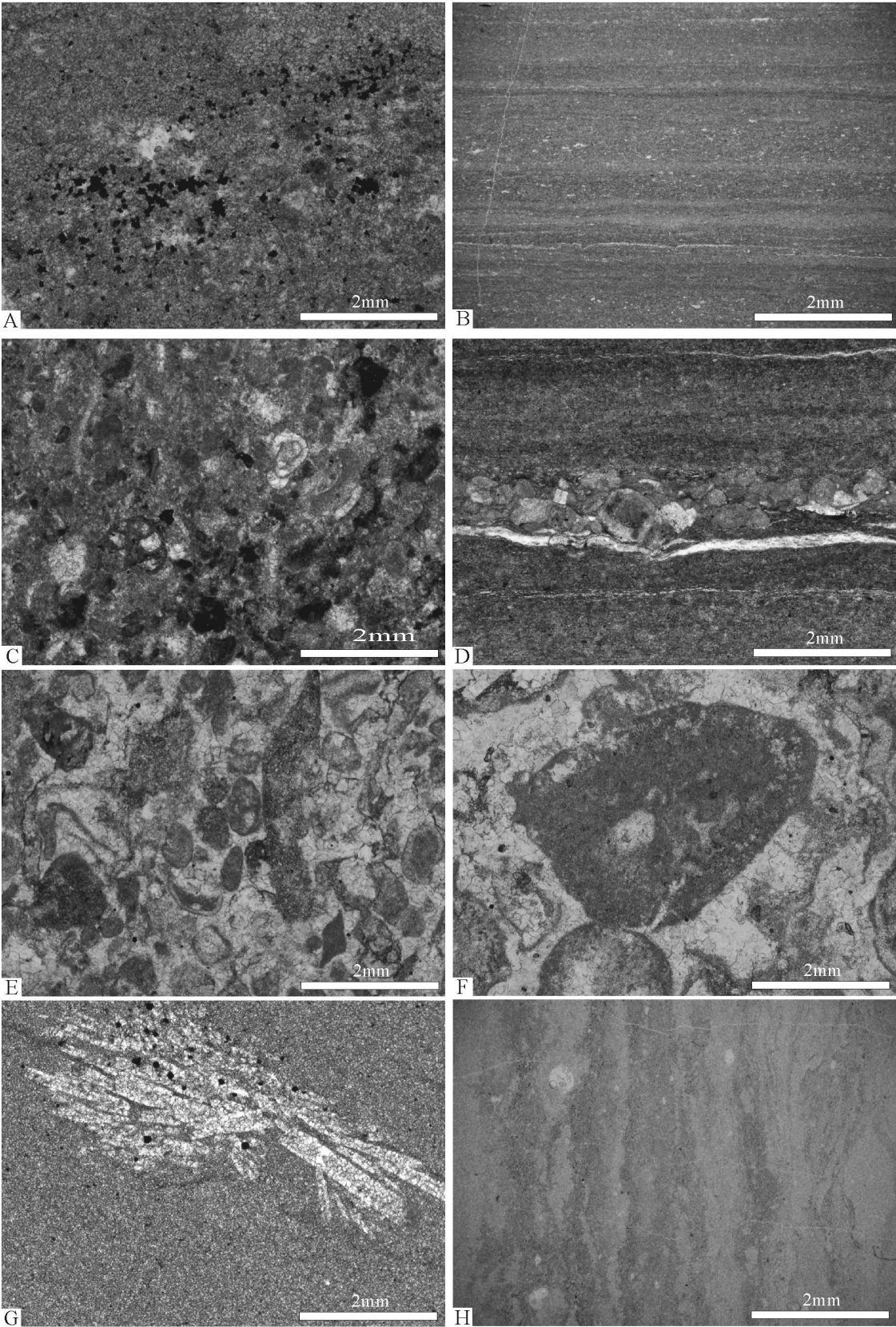
Abstract: Eight carbonate microfacies are recognized for the second member of the Middle Triassic Guanling Formation in Luoping, Yunnan on the basis of the detailed field observation and thin section analysis. Macroscopic sedimentary structures and preservation of the Luoping biotas have revealed that the second member of the Middle Triassic Guanling Formation developed in the carbonate ramp environment, which consists of the deep-water basin, deep ramp, distally steepened deep ramp, shallow ramp and back ramp microfacies. Vertically, the sedimentary microfacies mentioned above display the shallowing upward (regressive) depositional sequences. On the whole, the Luoping biotas occur in the deep-water, low-energy and quiet marine environments. The unexpected storm events led to the rapid death and burial of the biotas.

Key words: second member of the Guanling Formation; Luoping biota; microfacies analysis; carbonate ramp



图版I：生物碎屑特征

1 节房虫 *Nodosaria*, 单偏光, 25×; 2 球旋虫 *Glomospira*, 单偏光, 25×; 3 介形虫, 玻纤结构, 单偏光, 25×; 4 海百合茎, 纵切面茎板, 单偏光, 25×; 5 粗枝藻绿藻, 单偏光, 25×; 6 双壳, 壳体本身为亮晶结构, 单偏光, 25×; 7 螺类, 多晶结构, 示顶底结构, 单偏光, 25×; 8 内碎屑, 次园磨圆的砾屑, 单偏光, 25×



图版Ⅱ：微相类型及特征

1 粪球粒 (不透明者) , 单偏光, 25×; 2 水平纹层状泥晶灰岩, 单偏光, 25×; 3 球粒颗粒质泥灰岩, 单偏光, 25×; 4 砂屑粒灰岩, 单偏光, 25×; 5 砾屑灰岩, 单偏光, 25×; 6 生物碎屑漂砾岩, 单偏光, 25×; 7. 含石膏假晶泥晶云岩, 单偏光, 25×; 8 残余藻纹层, 单偏光, 25×