

湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段 混合沉积研究

董桂玉¹⁾, 何幼斌²⁾, 陈洪德¹⁾, 罗进雄²⁾, 秦志勇³⁾

1) 成都理工大学沉积地质研究院, 成都, 610059; 2) 长江大学地球科学学院, 湖北荆州, 434023;

3) 中国石油大港油田分公司第一采油厂, 天津, 300280

内容提要: 湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段发育陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积。综合前人研究成果, 通过对研究区野外露头资料的详细观测和室内样品分析及数据统计等工作, 对研究区杷榔组三段混合沉积进行了详细的研究。研究区混合沉积特征宏观上表现为由陆源碎屑与混积物交互沉积、碳酸盐与混积物交互沉积和不同类型混积物本身的交互沉积构成的混积层系, 微观上表现为陆源碎屑组分与碳酸盐组分混合沉积所形成混积岩; 混合沉积类型主要为内潮汐沉积作用和浊流沉积作用形成的复合式混合沉积Ⅱ, 次为深水原地沉积作用形成的渐变式混合沉积, 但是不同成因的沉积作用形成的混合沉积类型往往叠加在一起, 形成复合式混合沉积Ⅱ+渐变式混合沉积的混合沉积复合体; 混合沉积环境为深水斜坡, 发育内波、内潮汐混合沉积微相、深水原地混合沉积微相和远源浊流混合沉积微相等类型; 在沉积环境分析的基础上, 根据内波、内潮汐沉积特征, 剖析了混合沉积的沉积机理; 结合混合沉积的成因、沉积机理、产出部位及沉积环境等因素, 以沉积学原理为指导, 建立了研究区杷榔组三段的混合沉积模式。

关键词: 下寒武统; 杷榔组; 混合沉积; 湖南

混合沉积的概念涵概了混积岩、混积层系和零星混积三类地质现象(董桂玉等, 2007)。混积岩是指陆源碎屑与碳酸盐组分的混合(在同一岩层内), 是混合沉积的典型产物(郭福生, 1990; 杨朝青等, 1990), 其可以单独成层也可以与其他岩层构成混积层系(郭福生等, 2003, 2004), 并且没有一个具体的组分含量的下限标准(张锦泉等, 1989); 混积层系主要分为四类: 陆源碎屑岩—碳酸盐岩层系、陆源碎屑岩—混积岩层系、碳酸盐岩—混积岩层系和混积岩层系; 零星混积是指一些无论是在数量上或是规模上都不能构成层系, 一类岩石零星分布于另一类岩石中的地质现象(董桂玉等, 2007)。混合沉积是一种沉积机理特殊而又有重要意义的沉积现象, 一方面混合沉积的研究对于了解沉积环境的构造运动、海(湖)平面变化、沉积动力学、沉积速率、古气候、物源及其间的关系等有着特殊的意义; 此外对油气的生成和保存也有着重要的影响, 同时它是许多重要的沉积矿床的控矿层位(张锦泉等, 1989)。但由于长期以来陆源碎屑岩与碳酸盐岩被分隔开来自成系

统进行研究, 因此混合沉积的研究相对薄弱。80年代以前国内外有较多关于陆源碎屑与碳酸盐混合沉积产状研究, 大多数为描述性的, 这些研究积累了较为丰富的实例(Maxwell, 1970; Button, et al., 1977; Price, 1977); 80年代开始国外学者就提出混积物(混合沉积物)的概念, 并对混积岩的分类、成因、因素、环境等进行研究和讨论, 并且混合沉积的研究逐渐引入层序地层学领域, 有一些稳定盆地背景下的研究实例发表(Boardaman, 1981; Mount, 1984, 1985; Robl Cawthorpe, 1986; Austin et al., 1986; Roberts, 1987; Dolyle et al., 1988; Sarg, 1988; Dolan, 1989; Davies et al., 1989; Budd et al., 1990); 90年代前后, 混合沉积研究发展趋势主要集中在混合沉积机制研究上(Brett et al., 1985; Mack et al., 1986; Vail, 1987; Dolan, 1989; Yose et al., 1989; Myrow et al., 1992; Burchette, 1992; 张锦泉等, 1994; 江茂生等, 1995; 张廷山等, 1995)即海平面变化对混合沉积体系的影响及沉积环境、构造升降对混合沉积的控制作用, 以及风暴流、浊流等事件作

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40672071)的成果。

收稿日期: 2008-01-11; 改回日期: 2008-03-20; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 董桂玉, 男, 1976年生, 博士研究生。主要从事沉积学与岩相古地理学研究。通讯地址: 610059, 四川成都市成华区二仙桥东三路一号成都理工大学沉积地质研究院; Email: dguiyuchengdu@sina.com。

用和气候变化对混合沉积的控制及影响;近些年来关于混合沉积的研究集中在混合沉积微相类型和相模式方面(江茂生等,1996;李祥辉等,1997;王国忠,2001;张雄华,2003;费安玮等,2004;罗顺社等,2004)、并且逐渐开始针对混积岩的沉积构造和成岩作用特征等方面的研究(马艳萍等,2003;费安玮等,2004)。混合沉积的分布范围广泛,无论是在现代还是古代的沉积中都颇为常见,从陆地到海洋,从浅水到深水都有分布(江茂生等,1995)。

湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段不仅有陆源碎屑沉积,而且还有海相碳酸盐沉积,二者岩性多不纯,混合沉积发育。在过去的研究中,一直把碳酸盐岩与碎屑岩分开独立进行研究,而没有从混合沉积的角度来进行研究。本文在前人研究结果的基础上,对研究区下寒武统杷榔组三段混合沉积的岩石学特征、混合沉积特征、混合沉积类型、混合沉积环境和混合沉积机理等方面进行了详细分析,结合混合沉积的产出部位,以沉积学原理为指导,建立了研究区杷榔组三段的混合沉积模式。

1 区域地质背景

研究剖面位于湖南省石门县北部杨家坪村,北临长江三峡,西接鄂西南、湘西北武陵山地,属扬子准地台中区西南部八面山台褶带范围。该区下寒武统露头完整,厚度较大,与下伏震旦系灯影组 and 上覆中寒武统高台组呈整合接触。从下至上分为牛蹄塘组、杷榔组和清虚洞组。研究层位为下寒武统杷榔组上部,即杷榔组三段(相当于沧浪铺晚期)。在早寒武世沧浪铺期,从上扬子地区再到湘鄂地区到江南区,为陆源碎屑陆棚向碳酸盐台地、斜坡、盆地逐渐过渡,沉积相的展布格局自北西向南东为近陆源碎屑潮坪—浅水缓斜坡—深水斜坡—深水盆地,区域斜坡大致倾向 SE—SEE。研究区湘西北石门杨家坪位于深水斜坡区,该处斜坡倾向与区域斜坡倾向基本近似,大致为 SEE 方向(何幼斌等,2005)(图 1)。

2 岩石学特征

研究区下寒武统杷榔组三段岩石类型丰富,主要为陆源碎屑岩和海相碳酸盐岩,其中二者岩性多不纯,组分内混合沉积发育。

2.1 泥(页)岩

泥(页)岩在研究区内广泛发育,颜色一般为深灰色、灰色、深灰绿色,多呈薄层和页状,单层厚度小

于 7cm,一般为 1~3cm(表 1),横向分布稳定,主要有灰质泥(页)岩、云质泥(页)岩、粉砂质泥(页)岩、含灰粉砂质泥(页)岩和含灰泥(页)岩等类型,水平层理和含有粉砂岩的透镜状层理发育,局部可见波状层理和准同生滑动变形构造。

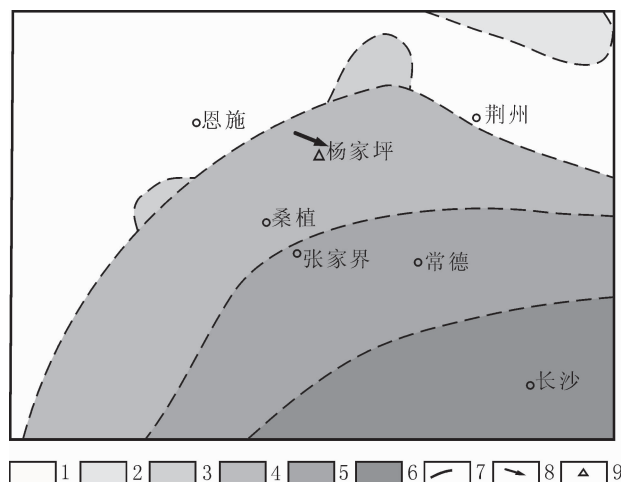


图 1 湘鄂西地区早寒武世沧浪铺期沉积相展布图

(据何幼斌,2005,修改)

Fig. 1 Distribution of Early Cambrian Canglangpuan sedimentary facies in western Hunan and western Hubei Provinces (Modified from He Youbin, 2005)

1—浅水斜坡;2—潮坪;3—浅滩;4—深水斜坡;
5—盆地边缘;6—深水盆地;7—相边界;8—斜坡倾向;
9—剖面位置

1—shallow-water ramp; 2—tidal flat; 3—shoal;

4—deep-water ramp; 5—basin margin;

6—deep-water basin; 7—facies zone boundary; 8—dip of the slopes; 9—location of the studied section

2.2 粉砂岩

研究区内粉砂岩常见,颜色一般为灰色、紫灰色、黄灰色、灰绿色和黄绿色,主要为含泥灰质粉砂岩和含灰泥质粉砂岩,粉砂岩多呈透镜状和条带状,单层厚度小于 7cm,一般为 0.5~2cm,长度小于 100cm,一般为 3~15cm(表 1),主要与泥(页)岩互层或在厚层的泥(页)岩中呈薄层、夹层产出。交错层理发育,纹层倾向既有单向的也有双向的甚至多向的,局部偶见底冲刷面,薄层泥质粉砂岩具水平层理。

2.3 碳酸盐岩

碳酸盐岩主要发育在研究区杷榔组三段下部,岩性多不纯,含陆源碎屑成分,颜色一般以灰色、浅灰色为主,碳酸盐岩多呈长透镜状,单层厚度小于 5cm,一般为 0.5~4cm,长度小于 50cm,一般为 1~

表 1 石门杨家坪下寒武统杷榔组三段不同岩性单层厚度、长度统计表

Table 1 The statistics of the thickness and length of the single layer in the 3rd Member of the Lower CambrianBalang Formation at Yangjiaping,Shimen,Hunan Province

小 层		泥(页)岩		粉砂岩		碳酸盐岩	
层号	层厚 (cm)	单层厚度 (cm)	单层厚度 (cm)	单层长度 (cm)	单层厚度 (cm)	单层长度 (cm)	
56	17.3	1~2	1~3	10~40			
55	27.4	0.5~2	0.3~1	10~50			
54	16.9	2~7	0.5~1.5	3~12			
53	26.1	2~5	1~2	2~7			
52	21.9	2~5	0.5~1.5	10~20			
51	14.1	2~6	0.5~3	5~10			
50	4.7	0.5~4	3~7	6~70			
49	22.6	1~2	0.5~3	5~00			
48	19.8	1~3					
47	26.3	2~4			1.5~2	2~8	
46	37.9	3~5			1.5~2	2~10	
45	4.6	2~5					
44B	20.7	2~6			0.5~1.5	1~7	

注:表格内空白处代表此小层不发育相应的岩石类型。

8cm(表 1),碳酸盐岩主要与深灰色、灰色的泥(页)岩呈近等厚薄互层状产出,二者多为渐变接触关系,水平层理发育,在粉晶粉屑含泥灰岩中常具有正粒序,可见三叶虫、腕屑、藻屑等生物碎屑颗粒。

3 混合沉积特征

研究区杷榔组三段混合沉积的主要特征在宏观上表现为由陆源碎屑与混积物交互沉积、碳酸盐与混积物交互沉积和不同类型混积物本身的交互沉积

构成的混积层系,微观上表现为陆源碎屑组分与碳酸盐组分混合沉积形成的典型产物—混积岩。

3.1 混积岩

混合沉积的典型产物就是混积岩,研究区内混积岩类型多样,如灰质泥岩、灰质粉砂岩、灰质砂岩、泥质粉晶灰岩和含泥含云粉晶灰岩等(图 2)。混积岩的陆源碎屑组分为石英和云母,碳酸盐组分主要为方解石和少量白云石。有的岩层陆源碎屑含量高,为含碳酸盐陆源碎屑岩或碳酸盐质陆源碎屑岩;有的岩层碳酸盐组分含量高,为含陆源碎屑碳酸盐岩或陆源碎屑质碳酸盐岩。混积岩本身可以单独成层也可以与其他岩层构成混积层系。混积岩在研究区杷榔组三段的各个小层内几乎都有发育,主要为内潮汐沉积、深水原地沉积和远源浊流沉积共同作用所致。

3.2 混积层系

混积层系在研究区内非常发育,主要有陆源碎屑岩—混积岩层系、碳酸盐岩—混积岩层系和混积岩层系,其中混积岩层系又可细分为同类混积岩层系和不同类混积岩层系(图 3)。

3.2.1 陆源碎屑岩—混积岩层系

在研究区内,此类混积层系主要由细粒陆源碎屑和以陆源碎屑为主的混积物交互沉积所形成。主要分布在研究区杷榔组三段的上部的第 55 小层和

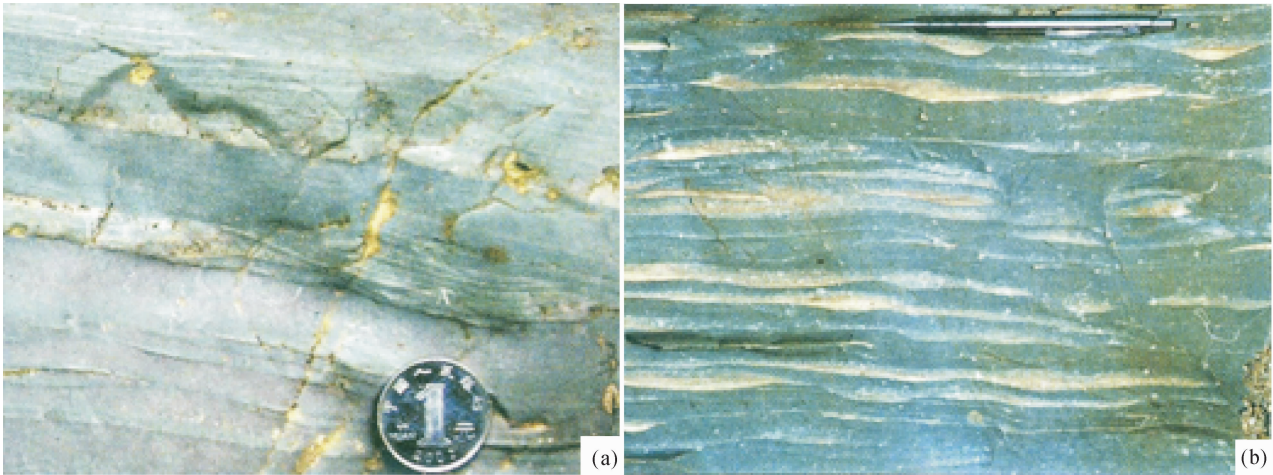


图 2 湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段混积岩类型

Fig. 2 Types of the mixed sedimentation in the Third Member of the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province

(a) 浅灰色条带状灰质砂岩; (b) 黄灰色透镜状、条带状灰质粉砂岩

(a) the light-gray zebra calcareous sandstone; (b) the yellow-gray lenticular and zebra calcareous siltstone

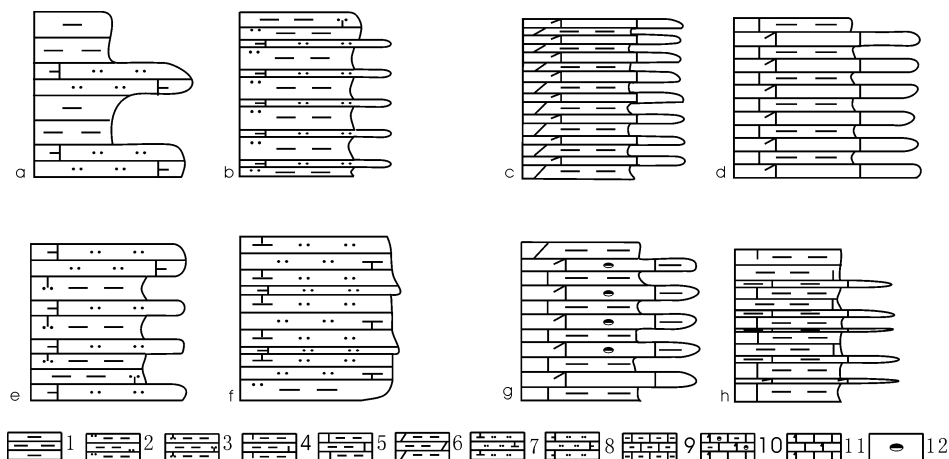


图 3 湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段不同类型的混积层系

Fig. 3 The different types of mixed sedimentary sequence in the Third Member of the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province

Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province

(a) 含泥灰质粉砂岩与泥岩互层(第 55 小层); (b) 含粉砂泥岩夹含泥灰质粉砂岩(第 53 小层); (c) 云质泥岩与粉晶含云灰岩互层(第 47 小层); (d) 灰质泥岩与粉晶含云灰岩互层(第 46 小层下部); (e) 含灰粉砂质泥岩与含泥灰质粉砂岩互层(第 54 小层); (f) 含灰泥质粉砂岩夹含泥灰质粉砂岩(第 49 小层); (g) 灰(云)质泥岩与含泥含云粉屑灰岩互层(第 46 小层上部); (h) (含)灰质泥岩夹泥质粉晶灰岩(第 44B 小层)。1—泥岩; 2—粉砂质泥岩; 3—含灰粉砂质泥岩; 4—含灰泥岩; 5—灰质泥岩; 6—云质泥岩; 7—含灰泥质粉砂岩; 8—含泥灰质粉砂岩; 9—泥质灰岩; 10—含泥含云粉屑灰岩; 11—含云灰岩; 12—粉屑

(a) Interbeds of argillaceous—calcareous siltstones and mudstones (the 55th layer); (b) silt-bearing mudstones with mud-bearing calcareous siltstones (the 53th layer); (c) interbeds of dolomitic mudstones and dolomite-bearing silt-sized crystalline limestones (the 47th layer); (d) interbeds of calcareous mudstones and dolomite-bearing silt-sized crystalline limestones (the 46th layer); (e) interbeds of calcite-bearing silty mudstone and mud-bearing calcareous siltstones; (f) calcite-bearing argillaceous siltstones with mud-bearing calcareous siltstones(the 49th layer); (g) interbeds of calcareous mudstones or dolomite-bearing dust limestones(upper part of the 46th layer); (h) —calcareous mudstones with argillaceous silt-sized crystalline limestones(the 44th B layer).

1—mudstone; 2—silty mudstone; 3—calcite-bearing silty mudstone; 4—calcite-bearing mudstone; 5—calcareous mudstone; 6—dolomite-bearing mudstone; 7—calcite-bearing argillaceous siltstone; 8—mud-bearing calcareous siltstone; 9—argillaceous limestone; 10—mud and dolomite-bearing dust limestone; 11—dolomite-bearing limestone; 12—dust

中部的第 53~50 小层。经岩石学特征和沉积相分析,泥(页)岩、含粉砂泥(页)和此类混积岩(含泥灰质粉砂岩)主要分布在深水混积斜坡相的内潮汐混合沉积微相中,主要以薄互层或夹层的形式产出(图 3a、b)。

3.2.2 碳酸盐岩—混积岩层系

在研究区内,此类混积层系主要由细粒碳酸盐和以陆源碎屑为主的混积物交互沉积所形成,主要分布在研究区杷榔组三段的下部的第 47~44B 小层。经岩石学特征和沉积相分析,粉晶灰岩、云质泥岩和灰质泥岩为深水混积斜坡相的原地混合沉积微相沉积,主要以薄互层的形式产出(图 3c、d)。

3.2.3 混积岩层系

研究区内的混积岩层系可进一步分为以同类混积岩层系和不同类混积岩层系两种类型。

同类混积岩层系:在研究区内主要表现为以陆源碎屑为主的混积岩层系。此类混积层系主要分布

在研究区杷榔组三段的上部的第 56 小层、第 54 小层和中部的第 49 小层。经岩石学特征和沉积相分析,构成此类混积层系的混积岩石主要分布在深水混积斜坡相的内潮汐混合沉积微相中,以互层或夹层的形式产出(图 3e、f)。

不同类混积岩层系:在研究区内主要表现为以陆源碎屑为主的混积岩与以碳酸盐组分为主的混积岩以互层或夹层的形式产出。此类混积层系主要分布在研究区杷榔组三段下部的第 46 小层上部和第 44B 小层。经岩石学特征和沉积相分析,构成此类混积层系的混积岩为深水混积斜坡相的内潮汐混合沉积微相、原地混合沉积微相和浊流混合沉积微相沉积(图 3g、h)。

4 混合沉积类型

笔者结合前人的大量研究成果,根据混合沉积的定义、成因、成分、结构、沉积构造及接触关系等因

素,按照“沉积事件+剖面结构”的原则,将混合沉积的类型分为三类(董桂玉等,2007),即渐变式混合沉积、突变式混合沉积和复合式混合沉积,其中复合式混合沉积分为复合式混合沉积Ⅰ和复合式混合沉积Ⅱ。其中渐变式混合沉积指由正常沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石在成分、结构、构造方面为渐变过渡关系,没有突变标志;突变式混合沉积指由突发性沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石间为突变接触;复合式混合沉积Ⅰ指由正常沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石为岩性突变接触,复合式混合沉积Ⅱ指由突发沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石在成分、结构、构造方面为渐变过渡关系(董桂玉等,2007)。在地质剖面上虽然可以较明显的区别出以上三种混合沉积类型,但是各种混合沉积常相互叠加,频繁交替,形成类型复杂的混合沉积复合体。

按照混合沉积类型的定义,结合研究区杷榔组三段的实际资料,认为研究区内杷榔组三段的混合沉积类型主要为内潮汐沉积作用和浊流沉积作用形成的复合式混合沉积Ⅱ,次为深水原地沉积作用形成的渐变式混合沉积,但是不同成因的沉积作用形成的混合沉积类型往往叠加在一起,形成复合式混合沉积Ⅱ+渐变式混合沉积的混合沉积复合体(图4)。

5 混合沉积环境

研究区杷榔组沉积环境由盆地边缘逐渐变为深水斜坡(何幼斌等,2005),其中杷榔组三段为深水混积斜坡沉积环境,发育内波、内潮汐混合沉积微相、深水原地混合沉积微相和远源浊流混合沉积等类型。

5.1 内波、内潮汐混合沉积

内波、内潮汐是海洋学研究的一项重要成果。内波是一种水下波,它存在于两个不同密度的水层的界面上,或存在于具有密度梯度的水层之内。在所有的大洋中均有内波存在,而它的振幅、周期、传播速度及存在的深度有很大的变化。当内波的周期与海面潮汐(半日潮或日潮)的周期相同时就称这种内波为内潮汐(高振中,1993;高振中等,1997)。

内波、内潮汐沉积具有特征的指向构造—双向沉积构造,即具有沿水道或斜坡向上和向下方向倾斜的交错层理或交错层,这是区别于重力流和等深流沉积的显著标志(何幼斌等,1998)。在具有平缓坡度的开阔地带,内潮汐和内波作用形成的指向沉

积构造可能是多向的(何幼斌等,1998)。内波、内潮汐沉积中还常见脉状、波状和透镜状层理,这与潮坪环境所见相似,但内波、内潮汐沉积形成于深水还原环境,其沉积物颜色和指相矿物与潮坪沉积迥然不同,更无暴露标志(何幼斌等,1998)。此外,在现已发现的内波、内潮汐沉积中尚未发现有生物扰动构造(何幼斌等,1998)。研究区杷榔组三段中部48~54小层以深灰、灰色和灰绿色含粉砂或粉砂质泥(页)岩夹薄层状、透镜状和条带状的灰色、黄灰色和黄绿色的含泥灰质粉砂岩和含灰泥质粉砂岩为主;上部55~56小层主要以深灰、灰色和灰绿色含粉砂或粉砂质泥(页)岩与薄层状、透镜状和条带状的灰色和紫灰色的含泥灰质粉砂岩和含灰泥质粉砂岩呈近等厚互层产出;下部46小层顶部为浅灰色中层粉晶含云灰岩与灰色灰质泥岩近等厚互层,二者为渐变接触关系(图4)。这种透镜状、条带状粉砂岩(碳酸盐岩)厚度一般为0.5~2cm,横向延伸数厘米至数十厘米,垂向丰度10~60层/m,交错层理发育,通常一个透镜体仅见一个层系,个别较厚的透镜体可见2~3个层系,纹层倾角10°~15°,倾向既有单向的,也有双向的。91个纹层产状校正数据统计表明纹层主要是向NW—NWW倾,其次是向E—SEE倾,此外尚有少量纹层倾向为SW和NE方向,可见交错层理的倾向既有与斜坡倾向几乎完全相反,也有斜坡倾向近一致的,还有少量与斜坡倾向近于垂直的,其中多数交错层理的倾向与斜坡倾向几乎完全相反。

杷榔组三段的这种由于床沙载荷与悬浮载荷的频繁交替形成的以薄互层、夹层、透镜状和条带状形式产出的,交错层理的纹层倾向有单向也有双向甚至多向的,岩性多不纯的粉砂岩和碳酸盐岩为内波、内潮汐成因(何幼斌等,2005)的混合沉积微相沉积。混积岩类型有含泥灰质粉砂岩、含灰泥质粉砂岩、粉屑粉晶含泥灰岩等;混积层系主要由内波、内潮汐成因的粉砂级碎屑物质、泥(粉)晶碳酸盐与原地深水沉积的细粒碎屑物质交互沉积形成,主要混积层系类型有陆源碎屑岩—混积岩层系和混积岩层系;混合沉积类型主要为复合式混合沉积Ⅱ+渐变式混合沉积。

5.2 深水原地混合沉积和远源浊流混合沉积

深水原地混合沉积主要是指由悬浮物质缓慢沉淀而形成的细粒沉积物,主要为陆源泥质和泥(粉)晶碳酸盐沉积物,岩性多数不纯,混积岩和混积层系发育,其中陆源泥质碎屑中发育水平纹层,可见灰岩

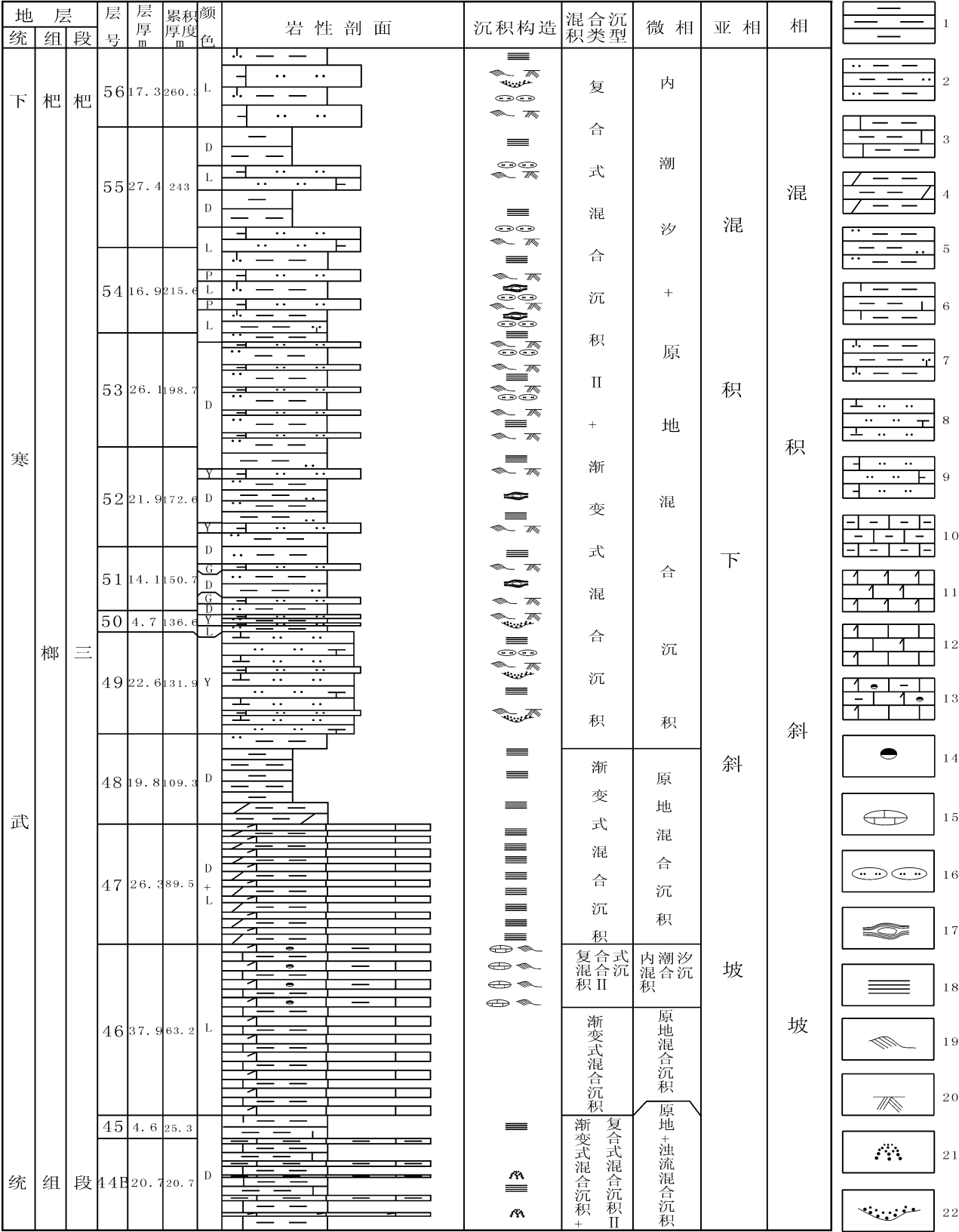
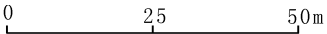


图 4 湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段沉积相柱状图(据何幼斌,2005,修改)

Fig. 4 Columnar of sedimentary facies in the Third Member of the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province (Modified from He Youbin, 2005)

颜色: L—浅灰色, light grey; D—深灰色, deep grey; P—紫灰色, purple grey; Y—黄绿色, yellow green; G—灰黄色, grey yellow
1—泥岩; 2—粉砂质泥岩; 3—灰质泥岩; 4—云质泥岩; 5—含粉砂泥岩; 6—含灰泥岩; 7—含灰粉砂质泥岩; 8—含灰泥质粉砂岩; 9—含泥灰质粉砂岩; 10—泥质灰岩; 11—云质灰岩; 12—含云灰岩; 13—含泥粉屑灰岩; 14—粉屑; 15—灰岩透镜体; 16—透镜状层理; 17—滑动岩块; 18—水平层理; 19—交错层理(单向); 20—交错层理(双向); 21—粒序层理; 22—冲刷面
1—mudstone; 2—silty mudstone; 3—calcareous mudstone; 4—dolomitic mudstone; 5—silt-bearing mudstone; 6—calcite-bearing mudstone; 7—calcite-bearing silty mudstone; 8—calcite-bearing argillaceous siltstone; 9—mud-bearing calcareous siltstone; 10—argillaceous limestone; 11—dolomitic limestone; 12—dolomite-bearing limestone; 13—mud-bearing dust limestone; 14—dust; 15—limestone lenticle; 16—lenticular bedding; 17—slide block; 18—horizontal bedding; 19—unidirectional cross bedding; 20—bidirectional cross bedding; 21—graded bedding; 22—scour interface

透镜体,层面上偶见遗迹化石。混积岩类型有灰质泥(页)岩、云质泥(页)岩、含云泥(页)岩、含灰泥(页)、含灰粉砂质泥(页)岩、泥质泥晶灰岩等;混积层系主要为陆源碎屑岩—混积岩层系和碳酸盐岩—混积岩层系,次为混积岩层系;混合沉积类型主要为渐变式混合沉积,并且在研究区内可见少量的零星混积。

远源浊流混合沉积在研究区内主要表现为由远源浊流作用形成混合沉积的典型产物—泥质泥晶灰岩和粉屑粉晶含泥灰岩,层系规模不大,单层厚度为 0.5~1.5cm,单层长度为 1~7cm,发育正粒序层理,少量三叶虫、腕足类碎屑、藻屑等生物碎屑。混积层系主要为远源浊流形成的以碳酸盐组分为主的混积岩和深水原地形成的以陆源碎屑为主的混积岩构成的不同类混积岩层系;混合沉积类型为复合式混合沉积Ⅱ+渐变式混合沉积的混合沉积复合体。

6 混合沉积机制

研究区内杷榔组杷榔组二段的沉积环境为盆地边缘—深水斜坡,研究区内以低密度浊流沉积占主导作用(何幼斌等,1998),主要由低密度浊流形成的以碳酸盐组分为主的混合沉积物和少量的细粒碎屑物质为主,但是随着海平面的不断上升,到杷榔组三段沉积时期,研究区已处于远离物源的较平缓的深水斜坡沉积环境中,内潮汐和内波沉积作用开始占主导。研究区在内潮汐和内波活动时期,由于内潮汐和内波具有明显的周期性,每一周期内都具有“涨潮期”、“平潮期”和“落潮期”(何幼斌等,1998),因此在“涨潮期”和“落潮期”,内潮汐和内波得以改造前期的低密度浊流沉积物和深水原地沉积物,形成具有明显内潮汐和内波沉积特征的以碳酸盐组分为主的混合沉积物,在“平潮期”内,由于研究区所处位置较平缓,水流的相对静止时间比较长,深水原地形成

的泥质物质可以保存下来,与“涨潮期”和“落潮期”所形成的以碳酸盐组分为主的混积物在剖面上构成频繁薄互层,宏观上构成同类和不同类的混积层系,微观上表现为混合沉积的典型产物—混积岩,混合沉积类型为复合式混合沉积Ⅱ+渐变式混合沉积的混合沉积复合体,其中以复合式混合沉积Ⅱ为主;研究区在内潮汐和内波活动不明显时期,由于远源浊流和深水原地的沉积作用,研究区内主要形成渐变式混合沉积,和少量的混合沉积Ⅱ及零星混积。

7 混合沉积模式

在研究区内波、内潮汐沉积的相模式基础上(何

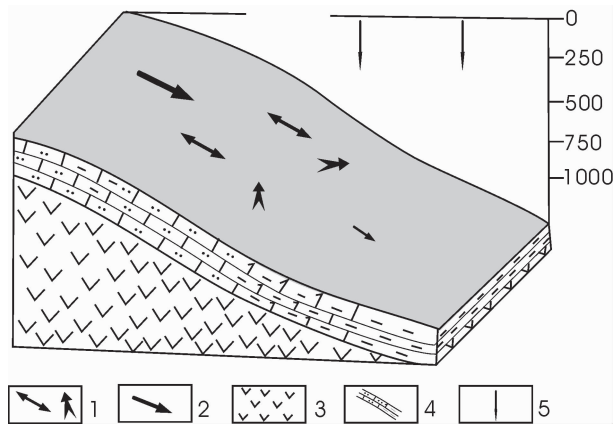


图 5 湖南石门杨家坪下寒武统杷榔组三段混合沉积相模式图(据何幼斌,2005,修改)

Fig. 5 The mixed sedimentary model in the Third Member of the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province (Modified from He Youbin, 2005)

1—内波和内潮汐流; 2—浊流; 3—下伏地层; 4—混积层系; 5—深水原地沉积
1—internal wave and internal tide; 2—turbidity current; 3—underlay strata; 4—mixed sedimentary sequence; 5—deep water autochthonous sedimentation

幼斌等, 2005), 综合混合沉积的成因、沉积机理、产出部位、沉积特征及沉积环境等因素, 归纳出研究区杷榔组三段的混合沉积相模式(图 5)。研究区内的混合沉积相类型为深水混积斜坡相, 深水混积斜坡相中主要发育混积下斜坡混亚相, 混积微相类型有内潮汐混合沉积微相、原地混合沉积微相和浊流混合沉积微相, 其中以内潮汐混合沉积微相为主。

参 考 文 献 / References

董桂玉, 陈洪德, 何幼斌, 秦志勇, 罗进雄, 辛长静. 2007. 陆源碎屑与碳酸盐混合沉积研究中的几点思考. 地球科学进展, 22(9): 931~939.

董桂玉, 何幼斌, 陈洪德, 辛长静, 罗进雄, 王爱丽, 孙以德. 2007. 惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积—以山东商河地区为例. 沉积学报, 25(3): 343~350.

费安玮, 刘成林, 甘军, 张忠涛. 2004. 鄂尔多斯盆地三道坎组混合沉积的生物扰动构造与古地理. 中国地质, 31(4): 347~355.

郭福生. 1990. 江山石炭纪和二叠纪沉积相. 华东地质学院学报, 13(4): 57~65.

高振中, Eriksson K A. 1993. 美国阿巴拉契亚山脉芬卡苏地区奥陶纪海底水道中的内潮汐沉积. 沉积学报, 11(1): 12~22.

高振中, 何幼斌, 李建明, 李维锋, 罗顺社, 王泽中. 1997. 我国发现内潮汐沉积. 科学通报, 42(13): 1418~1421.

郭福生, 严兆彬, 杜杨松. 2003. 混合沉积、混积岩和混积层系的讨论. 地学前缘, 10(3): 312~314.

郭福生. 2004. 浙江江山藕塘底组陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征及其构造意义. 地学前缘, 22(1): 136~141.

何幼斌, 高振中, 郭成贤, 徐徽, 董桂玉. 2005. 石门杨家坪下寒武统杷榔组三段内波和内潮汐沉积研究. 中国地质, 32(1): 62~69.

何幼斌, 高振中. 1998. 内潮汐、内波沉积的特征与鉴别. 科学通报, 43(9): 903~908.

江茂生, 沙庆安, 刘敏. 1996. 华北地台中下寒武统碳酸盐与陆源碎屑混合沉积. 沉积学报, 14(增刊): 71~73.

江茂生, 沙庆安. 1995. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积体系研究进展. 地球科学进展, 10(6): 551~554.

李祥辉, 刘文均, 郑荣才. 1997. 龙门山地区泥盆纪碳酸盐与硅质碎屑的混积相与混积机理. 岩相古地理, 17(3): 1~10.

罗顺社, 刘魁元, 何幼斌, 高振中, 谈卫东. 2004. 勃南洼陷沙四段陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征和模式. 江汉石油学院学报, 26(4): 19~21.

马艳萍, 刘立. 2003. 大港滩海区第三系湖相混积岩的成因与成岩作用特征. 沉积学报, 21(4): 607~613.

沙庆安. 2001. 混合沉积和混积岩的讨论. 古地理学报, 3(3): 63~66.

王国忠. 2001. 南海北部大陆架现代礁源碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积作用. 古地理学报, 2(3): 48~49.

张锦泉, 陈洪德, 叶红专. 1994. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 见: 冯增昭, 中国沉积学, 北京: 石油工业出版社, 623~631.

张锦泉, 叶红专. 1989. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 成都地质学院学报, 16(2): 89~92.

张廷山, 兰光志, 陈晓慧, 俞剑华, 边立曾. 1995. 川西北早志留世陆源碎屑—碳酸盐沉积缓坡. 沉积学报, 13(4): 27~35.

张雄华. 2003. 雪峰古陆边缘上石炭统陆源碎屑和碳酸盐混合沉积. 地层学杂志, 27(1): 54~57.

Austin J A, Schlager Wet, et al. 1986. Leg 101——an overview.

In: Austin J A, et al. eds. Proceedings of the Ocean Drilling Program. Scientific Results, 101: 455~472.

Boardman M R, Neumann A C, Baker Paul A. 1981. Banktop responses to Quaternary fluctuations in Sse level recorded in Peprplatform Sediments. Geology, 13: 339~343.

Brett C E, Barid G C. 1985. Carbonate—shale cycles in the middle Devonian of New York; limestones in terrigenous shelf sequences. Geology, 13: 324~327.

Budd D A, Harris P M. 1990. Carbonate — siliciclastic mixtures. SEPM, Tulsa, Oklahoma, 272pp.

Burchette T P. 1992. Sedimentology and sequence stratigraphic significance of sedimentary ironstones in a carbonate — siliciclastic ramp succession, Lower Limestone Shale Group (early Mississippian), southwest Britain. Sedimentology, 8: 423~441.

Button A, Richard G, Vos. 1977. Subtidal and intertidal clastic and carbonate sedimentation in a macrotidal environment; A example the Lower proterozoic of Africa. Sedimentary Geology, 18: 175~200.

Davies H R, Charles W Byers. 1989. Shelf sandstones in the Mowry Shale; evidence for deposition during Cretaceous sea level falls. Sediment Petrol, 59: 548~560.

Dolan J F. 1989. Eustatic and tectonic controls on deposition of hybrid siliciclastic/carbonate basinal cycles; discussion with examples. Bull. AAPG, 73: 1233~1246.

Dolan J F. 1989. Eustatic and tectonic controls on deposition of hybrid siliciclastic Carbonate basinal cycles; discussion with examples. Bull Amer Asso Perol Geol, 73: 1233~1246.

Dolyle L J, Roberts H Heds. 1988. Carbonate—clastic transitions. Development in Sedimentology, No 42.

Mack W G, James W C. 1986. Cyclic. Sedimentation in the mixed siliciclastic — carbonate Abo — Hueco transition zone (Lower Permian), Southwestern New Mexico. Journal of Sedimentary Petrology, 56: 635~647.

Maxwell WGH, Sw inchaff J P. 1970. Great Bannier Reef; regional Variation in a terrigenous — Carbonate province. Geological Society of American Bulletin, 81: 691~724.

Mount J F. 1984. Mixing of silicilastics and carbonate sediments in shallow shelf environments. Geology, (12): 432~435.

Mount J F. 1985. Mixing of silicilastics and carbonate sediments; a propose frist — order textural and compositional classification. Sedimentology, 14: 28~31.

Myrow P M, canding E. 1992. Mixed siliciclastic — carbonate deposition in an carcy Cambrian oxygen — stratified basin, chapel Island Formation, Southeastern Newfoundland. Journal of Sedimentary Petrology, 62: 455~473.

Price I. 1987. Deposition and derivation of clastic carbonate on a Mesozoic Continenal Margin, orthis Greece. Sedimentology, 24: 529~546.

Roberts, R. H. 1987. Modern Carbonate — siliciclastic transitions: Humid and arid tropical examples. Sedimentary Geology, 33: 65~70.

Robl Cawthorpe. 1986. Sedimentation during carbonate ramp — to — slope evolution in a tectonically active area; Bowland Basin (Dinantian), Northern England. Sedimentology, 33: 249~255.

Sarg J F. 1988. Carbonate sequence stratigraphy. In wilgus CK, Hastings BS, Kendall CGSTC, Posamenter HW, Ross CA an

van wagoner JC eds. Sea — level Changes; an integrated approach. SEPM Special publication,42:155~181.

Yose L A , Heller P L. 1989. Sea level controls of mixed carbonate — siliciclastic gravity flow deposition, lower part of the keeler canyon Formation (Pennsylvanian), Southeastern California. G S A Bulletin ,101:422~439.

Vail P R. 1987. Seismic Stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy . AAPG Studies In Geology 27,(1):1~3.

A Study on Mixed Sedimentation in the Third Member of the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province

DONG Guiyu¹⁾, HE Youbin²⁾, CHEN Hongde¹⁾, LUO Jinxiong²⁾, QIN Zhiyong³⁾

- 1) Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu ,610059,China;
- 2) College of Geoscience, Yangtze University ,Jingzhou ,Hubei,434023,China;
- 3) Petrochina Dagang Oilfield Company ,Tianjing,300280,China

Abstract Mixed deposits, which is composed of terrigenous fragment and carbonate of marine facies, develops extensively in the Lower Cambrian Balang Formation at Yangjiaping, Shimen, Hunan Province. Synthesized he previous studies, on the basis of studying the abundant outcrops and the data count to observe detailedly and interior data samples, carried out detailed research on the mixed deposits of the study area. In the study area, the macroscopic characteristics of mixed deposits are interbedded between terrigenous fragment and the mixed sediments , between carbonates and he mixed sediments, between different type mixed sediments in high frequency. The microcosmic characteristics of mixed deposits are showed the form of the mixed rocks ,which is composed of terrigenous fragment constituent and carbonate constituent of one layer. Mixed sedimentary type can be divided into complex mixed deposit II and blended mixed deposit, which is often effected by the deposition. The complex mixed deposit II is born of deposition of internal -tide and turbidity current, the blended mixed deposit is born of deposition of deepwater in situ. The study area sendimentary was a deepwater slope environment, there were sedimentary tiny facies of internal-wave and internal-tide, sedimentary tiny facies of deepwater in situ and sedimentary tiny facies of turbidity current, etc; On the basis of the depositional environment , in virtue of the detailed analysis of the deposition characteristics of the internal-wave and internal-tide, the deposition mechanism could be analysed in detail; In virtue of the analyses the cause of the mixed sedimentation, deposition mechanism, location developing, deposition environment, etc, being guided by study of deposition principles, the mixed sedimentary model of the mixed deposits was established.

Key words : Hunan province; the Lower Cambrian; Balang Formation ; mixed sedimentation

注:图 2 将印刷成为灰度图,但编辑部将给您做个彩色的 PDF 文件,供您转发给好友和同行。

