

文章编号: 1000-0550(2004)01-0136-06

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

郭福生^{1,2}

1(东华理工学院地球科学系 江西抚州 344000)

2(中国地质大学 北京 100083)

摘要 浙江江山藕塘底组是晚石炭世威宁期陆源碎屑与碳酸盐的混合沉积,包括两种组分在同一岩层内相互混杂形成混积岩和陆源碎屑岩与碳酸盐岩互层形成混积层系。藕塘底组是海陆交互环境的沉积产物,剖面结构具有下细上粗的岸进序列。混积岩形成于滨岸浅滩环境,由沿岸流和回流将河口或滨岸海滩的石英砂带到滨岸浅滩和潮坪相碳酸盐沉积区混杂而成。具两种混积层系类型,即浅海滨岸环境中砂岩与碳酸盐岩互层、河流相碎屑岩与海相碳酸盐岩互层。研究表明,混合沉积成因属“相混合”,主要受区域构造隆升、全球海平面上升和盆地水介质条件特性控制。区域海平面周期性变化和岸进序列可能是华夏古陆强烈隆起的结果。作者还讨论了混合沉积的分类和命名,将陆源碎屑与碳酸盐层相互交替构成的互层和夹层组称为“混积层系”,并建议将“混积岩”一词用来表征两种组分相互混杂这种特殊沉积事件,而不用作具体岩石名称。

关键词 藕塘底组 混合沉积 混积岩 混积层系 石炭系 沉积环境 构造隆升

作者简介 郭福生 男 1962 年出生 教授 沉积学与区域地质

中图分类号 P588.2 **文献标识码** A

1 引言

混合沉积是一种常见而又重要的沉积现象,最近 20 多年来,已有不少学者对混合沉积做过不同程度的研究^[1~21]。笔者曾简要报导过浙江江山藕塘底组(C₂o)发育陆源碎屑岩与碳酸盐岩的混合沉积^[12~13],本文总结该套混合沉积的基本特征及其形成的构造背景,并讨论了混合沉积的分类和命名。

浙江江山是 1959 年全国第一届地层会议浙西地层现场会议所在地^[22~23]。在古生物学、生物地层学方面前人已做过比较详细的工作,但沉积岩相方面的研究成果不多见。该区位于扬子地台东南缘,东南以江山-绍兴断裂为界与华夏古陆毗邻。藕塘底组混合沉积特征与成因的研究,可以为该陆缘过渡区区域构造和海侵演化史探讨提供重要依据。

2 关于混合沉积的分类与命名

混合沉积是指在同一沉积环境背景下,陆源碎屑与碳酸盐相互混杂和相互交替^[1,2,4]。同一岩层内陆源碎屑与碳酸盐组分的相互混杂形成混积岩(狭义的

混合沉积),陆源碎屑与碳酸盐层相互交替则构成互层和夹层现象。杨朝青和沙庆安^[2]在统计研究的基础上,在陆源碎屑、碳酸盐、粘土三角图解上圈定了混积岩范围。将岩石中各组分的含量及结构作为混积岩名称的前缀,如石英细砂-灰泥混积岩。张雄华^[3]提出了一个更为详细的分类命名方案,名称如含岩屑细砾-生物碎屑灰泥混积岩等。

作为一种特殊的沉积现象,提出“混积岩”(Hunji rock)的概念以强调其特别的成因意义是有必要的,杨朝青和沙庆安^[2]圈定的混积岩类的组分含量范围也是恰当的。但笔者建议,将“混积岩”一词作为一个反映特殊沉积事件的范畴,而不是具体的岩石名称,对其中具体岩石命名还是采用常用的组分-结构命名,而不必将“混积岩”一词用作中心词。这样做可能更能体现该词的地质意义,也更符合人们的习惯且方便使用。理由有三:(1)人们对“浊积岩”、“风暴岩”等名词也是这样处理的;(2)江山藕塘底组常见白云岩在同一层内逐渐过渡为白云质砂岩,说明混积岩是一套岩石组合,而不是某种单一的岩石类型;(3)碳酸盐有颗粒/灰泥和灰质/白云质之分,综合考虑这些因素后,前缀太复杂将使岩石名称过长。

陆源碎屑岩与碳酸盐岩岩层之间频繁交替形成了

地层剖面上的互层和夹层现象,这也属于广义的混合沉积的范畴。这种互层和夹层组合可以称之为混积层系。研究混积层系的类型和形成机理,可以为浅海滨海岸沉积环境演变、海平面变化和区域地壳升降分析提供重要依据。

3 地层简述

江山地区石炭纪地层发育较全,由叶家塘组(C_1y)、藕塘底组(C_2o)、船山组(C_2c)组成,各组之间都为整合接触。藕塘底组由卢衍豪、穆恩之^[24]所创,随后一些学者对其概念进行了厘定^[22,25~27]。它对应的年代地层单位是上石炭统威宁阶,与黄龙组属同期异相沉积。

笔者在江山藕塘底村东重新测制了藕塘底组剖面,根据岩层组合,藕塘底组可明显分为两段,总厚度312.5 m。下段为灰白、黄白色砂岩、砾岩、紫红色或灰绿、黑色薄层状粉砂岩、泥岩,夹厚层状灰岩、白云岩。灰岩中化石丰富,产腕足类 *Dictyoclostus* sp.;

Pseudostaffella khotunensis, *Fusulina lanceolata* 和珊瑚、苔藓虫等。碳酸盐岩呈透镜状,延伸不稳定,各地所夹层数不同,一般2~5层。厚148.0 m。上段主要为黄白色厚层状砂岩、砾岩夹紫红色粉砂质泥岩、泥粉砂岩,顶部夹3层硅质岩。硅质岩中产腕足类 *Wellerella delicatula*, *Jurisanian jurisanensis*; 珊瑚 *Canina* sp. 及海百合茎,厚164.5 m。

藕塘底组在区内岩相、厚度变化较大,往西碎屑岩减少,颗粒变细,灰岩增多;至坛石相变为以厚层石灰岩为主夹砂页岩薄层。厚度90.0~339.6 m,为一套海陆交互相沉积。下伏地层叶家塘为粗碎屑岩系,产大量植物化石,主要属瓣状河冲积相。上覆船山组为深灰色块状、中厚层状微晶灰岩,产珊瑚、腕足类等,为碳酸盐台地相沉积^[25,28]。

4 混积岩岩石学和沉积相特征

江山藕塘底组混合沉积包括两种形式,可以由陆源碎屑和碳酸盐两种组分相互混杂形成混积岩,也可表现为混积岩、“纯”碳酸盐岩与碎屑岩交互成层及横向相变,构成混积层系。混积岩产于该组下段下部,根据组分-结构特征可具体划分为2大类4种岩石类型。

(1)亮晶含石英骨屑灰岩、亮晶骨屑石英砂岩:亮晶含石英骨屑灰岩呈灰、灰红色。颗粒含量70%~75%。生物碎屑(有孔虫、腕足类、棘皮动物隔板、海百合茎等)占颗粒的4/5,堆积杂乱。外碎屑为中细粒石英砂,个别可接近砾级,风化面上呈明显突起。石英呈次棱角-次圆状,常平行层面排列,分布不稳定。

颗粒间充填物主要为亮晶方解石,部分为微晶,亮晶方解石有两个世代。详细定名为亮晶含石英中砂屑虫屑灰岩。石英碎屑增多时,可过渡为亮晶胶结的骨屑石英砂岩。

完整生物骨壳与碎片共存,反映为岸边海滩就地供给条件。露头上可见大个体网格长身贝,这是能在滨岸带抵挡水浪作用并能适应混浊海水环境的动物,说明沉积物形成于滨岸浅滩环境。灰岩 ^{13}C (0.02‰, PDB标准)、 Z 值(125.25)偏低,可能代表了循环良好,盐度正常环境的特点^[13]。

(2)含石英细晶白云岩、石英质白云岩:细晶白云岩呈灰色,厚层状,风化面见刀砍状沟痕。裂隙面常铁染成红色。白云石多为半自形细晶。石英碎屑常见,中细粒砂为主,可集中成条带平行层面分布。石英碎屑增多时可过渡为石英质白云岩。

外碎屑集中成层可能是沉积时水体通畅或受风暴影响所致。碳、氧同位素特征表明岩石形成过程中受过淡水影响,这为白云岩交代成因提供了佐证。本区海水与淡水环境经常交替出现,盐度常变化。成岩期淡水易与高 Mg^{2+}/Ca^{2+} 比值的海水混合,发生混合水白云化作用。白云岩 ^{13}C (-0.45‰, PDB标准)和 Z 值(124.31)在该组中属最小,这为在成岩过程中受过淡水影响即属混合水成因提供了佐证。

上述混积岩呈中厚层状,横向延伸不稳定。其中的外碎屑都为石英砂,与下伏和上覆陆源碎屑岩中的颗粒成分相同,岩层也呈渐变过渡并有横向相变关系。岩石中所含化石全为浅海动物化石,计有有孔虫、腕足类、海百合茎等碎片和生物个体。该区藕塘底组是海陆交互环境的沉积产物,下段下部的环境背景总体上处于浅海滨海岸带,发育滨岸浅滩和潮坪相。推测为沿岸流和回流将河口或滨岸海滩的石英砂带到碳酸盐沉积区,造成碳酸盐岩中含有石英砂颗粒,混杂作用强时可形成石英砂夹层。这种混合作用相当于Mount J F划分的“相混合”类型,即沉积物沿不同相之间的扩散边界进行混合^[9],使藕塘底组沉积物发生侧向迁移的水流作用主要是沿岸流或回流。

5 混积层系特征及沉积相序

江山藕塘底组是一个规模较大的混积层系,并以此与下伏叶家塘组、上覆船山组具明显的区别。根据沉积相序分析,藕塘底组由8个次级混积层系组成(表1)。它们可划分为两种类型:浅海滨海岸环境中砂岩与碳酸盐岩互层(A型);陆相碎屑岩与海相碳酸盐岩交互沉积(B型)。海陆交互环境下进积层序的碎屑岩与退积层序的碳酸盐岩成互层产出,相当于Mount J F

表 1 江山藕塘底组混积层系特征

Table 1 Characteristics of Hunji sequence of the Outangdi Formation in Jiangshan, Zhejiang

层位	层系号	厚度/m	沉积韵律特征	沉积相序	层系类型
藕塘	8	26.9	砾岩、砂岩、粉砂质页岩 - 黑色燧石岩	河流、滨岸河流 - 潮下浅滩	B
底组	7	21.3	砾岩、砂岩、粉砂质页岩 - 白色骨屑假像燧石岩		B
上段	6	116.3	砾岩、砂岩、粉砂质页岩 - 白色骨屑假像燧石岩		B
	5	63.7	砾岩、砂岩 - 紫色页岩 - 微晶骨屑灰岩、微晶白云岩	滨岸河流 - 潮坪	B
藕塘	4	18.7	细砂岩 - 微晶骨屑灰岩		A
底组	3	6.7	细砂岩 - 泥晶灰岩		A
下段	2	15.5	中粗粒砂岩 - 混积岩	浅海、滨岸浅滩、潮坪	A
	1	43.4	砾岩、砂岩 - 亮晶骨屑灰岩		A

划分的“相混合”类型,即相过渡带造成的碳酸盐岩与碎屑岩互层^[1,9]。

层系 1~4 由石英砂岩、长石石英砂岩、含砾粗砂岩与亮晶生物碎屑灰岩、细晶白云岩组成。其中灰岩中产大个体腕足类、珊瑚及海百合茎等化石,完整生物骨壳与碎片共存,反映了岸边海滩就地供给条件。露头上可见大个体网格长身贝 (*Dictyoclostus*),这是能在滨岸带抵挡水浪作用并能适应混浊海水环境的动物。泥岩相当硼含量 $185.8 \times 10^{-6} \sim 333 \times 10^{-6}$, Sr/Ba 0.24~0.73,反映出上部盐度较低。砂岩粒度分析为海滩沙,分选性好,但成分成熟度不高,以长石石英砂岩为主,含少量岩屑。上述特征反映了近岸浅滩环境,水动力强。陆源碎屑岩特征说明陆岸陡,河流短,这与本区位于古陆边缘,晚石炭世海侵迅速有关。

层系 5 由长石石英砂岩夹石英质砾岩、紫色粉砂质页岩过渡为微晶骨屑灰岩、微晶白云岩。砂岩粒度分布具急流河快速堆积特征。微晶含灰白云岩 ¹³C_{PDB} ‰为 2.62, Z 值 132.15,都较大,可能属同生成化水交代成因,反映了潮上蒸发环境。灰岩中生物以碎片形式保存。与层系 1~4 相比,受海水影响较弱,往上硅质、碳质增高,局部发育碳质薄层。由滨岸河流演化为碳酸盐潮汐坪。

层系 6~8 为长石石英砂岩、砾岩、紫红色(少量灰绿色)粉砂质页岩与硅质岩组成三个海侵旋回。砂岩成因为河流型和河流改造型,后者反映了以河流为主、与波浪共同作用的河口相沉积特征。泥岩盐度分析为淡水成因, Sr/Ba 为 0.16,泥岩相当硼含量 175×10^{-6} 。三层层状燧石岩中,下面两层为白色、浅黄白色,生物化石丰富,顶部一层呈灰黑色,化石稀少。据研究,白色层状燧石岩为成岩早期硅化作用产物,原岩为微晶(或亮晶)生物碎屑灰岩,推测为潮下浅滩沉积产物^[13]。鉴于这种岩石少见而特殊,其主要特征是含有大量的钙质骨屑假像,笔者称之为钙骨假像燧石岩。生物碎屑灰岩和黑色燧石岩层代表了本区晚石炭世早

期最大海侵期。从此,海侵持续稳定并继续向东超覆,开始了本区碳酸盐台地稳定发展阶段。层系 6 底部粒度突然变粗,为厚层状石英质砾岩、复成分砾岩、长石石英砂岩。砾石成分较复杂,砂岩成熟度低,概率曲线表明砂岩为急流河沙滩沉积产物。此河流冲积相的出现,反映了陆源区抬升、河流下切并向海岸延伸,由于陆源物供给充足,粗碎屑快速堆积造成岸进序列。

6 混合沉积的构造意义

加里东运动使浙西皖南海盆整体隆起,直至晚泥盆世才开始接受内陆河湖相中、粗碎屑沉积(西湖组或五通组),分布局限。早石炭世已有较大规模海侵,开始了本区晚古生代陆表海发展阶段。晚石炭世海侵扩大,浙皖海盆广泛发育浅海台地相碳酸盐沉积,并超覆于加里东旋回末强烈隆起的皖赣山地之上,厚度稳定(50~135 m),产丰富的珊瑚、腕足类等广海生物(黄龙组)。但在华夏古陆西缘浙江江山、兰溪、江西铅山叶家湾、上饶枫岭头、广丰一带普遍发育以粗碎屑岩为主夹碳酸盐岩的混合沉积。灰岩中腕足类、珊瑚、等广海生物化石丰富,碎屑岩中生物化石不发育,见植物、鱼类(藕塘底组、叶家湾组)。由南东往北西方向碳酸盐岩逐渐增多^[25,28~32],如江西西侧坛石以灰岩为主夹碎屑岩,再往西侧过渡为黄龙灰岩(图 1)。

藕塘底组混积层系的形成与陆源区供给条件密切相关。A 型混积层系(层系 1~4)可能受物源供给条件和盆地水介质运动特性两种因素控制,在一定程度上间接地反映了陆源区剥蚀强度的变化。B 型混积层系(层系 5~8)是海平面周期性变化的结果,反映了本区特别是蚀源区强烈隆升与华南海迅速海侵相抵抗。地层记录中的海平面变化历史,实际上是全球海平面变化与区域构造升降相互作用的总效应^[15]。晚石炭世早期世界海平面总体处于持续上升过程,本区海陆交互频繁,表明区域地壳处于不平衡抬升过程。古陆周期性活跃,陆源碎屑供给量不断变化,进积过程形成

陆相碎屑岩,退积过程形成海相碳酸盐岩,最终造成沉积相频繁变化之混积层系。这与平面上陆源碎屑和碳酸盐相带围绕古陆分布,并且参差交互、逐渐过渡的特征是一致的。

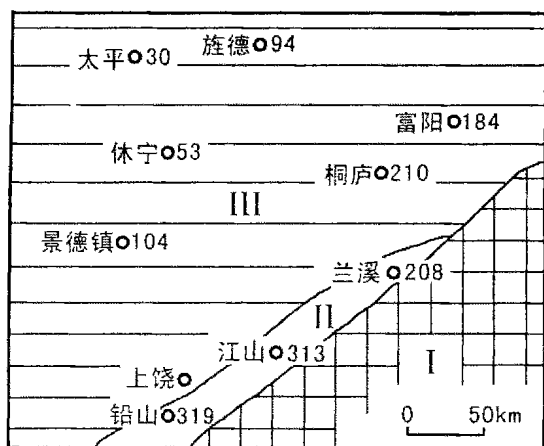


图1 浙西皖南海盆晚石炭世威宁期岩相古地理略图

I. 华夏古陆; II. 混合沉积区; III. 碳酸盐台地; 数字表示地层厚度(m)

Fig. 1 Simplified sedimentary facies and palaeogeographic map of the Zhejiang - Anhui marine basin during the Weiningian (Late Carboniferous)

江山藕塘底组剖面结构具下细上粗的沉积序列。上段粒度突然变粗,很厚的一段陆相沉积,表现为岸进序列。福建福鼎一带的同期沉积为一套粗碎屑岩夹硅质岩、灰岩组成的混合沉积,厚度 > 1400 m,沉积相序为河床相、滨岸砾滩相 - 潮坪相 - 河床相、山麓相、滨岸沙泥坪^[32],也具反序结构。晚石炭世早期,整个华南处于大规模持续海侵过程,古陆面积缩小,超覆沉积广泛发育^[32]。由此可见,华夏古陆西缘的江山、福鼎一带出现的岸进序列是古陆隆起明显增强的结果。

7 结论

(1) 如同“浊积岩”、“风暴岩”等名词的用途明确一样,“混积岩”一词应该是指“同一岩层内陆源碎屑与碳酸盐组分相互混杂”这种特殊沉积事件,它可能代表了一套岩石组合,而不适用于具体的岩石定名。陆源碎屑与碳酸盐层相互交替构成的互层和夹层组合可称为“混积层系”。混积岩和混积层系一起构成了广义的混合沉积。混积层系反映了海平面变化和区域构造演化特征,同时又是许多重要沉积 - 层控矿床的控矿层位^[1],因此,对它进行深入研究不仅具有重要的理论意义而且具有找矿实用价值。

(2) 江山藕塘底组混积岩有亮晶含石英骨屑灰岩、亮晶骨屑石英砂岩、含石英细晶白云岩、石英质白云岩,属海相沉积。混积层系可分为两种类型,它们具有不同的相序结构,一种为浅海滨岸环境中砂岩与碳酸

盐岩互层,另一种则表现为陆相碎屑岩与海相碳酸盐岩交互沉积。

研究区混合沉积总体上属于相混合成因。混积岩为沿岸流和回流将河口或滨岸海滩的石英砂带到碳酸盐沉积区,造成碳酸盐岩中含有分散状石英砂或形成石英砂夹层。混积层系是在海陆交互环境下进积层序的碎屑岩与退积层序的碳酸盐岩交互成层的产物。本区混合沉积的控制因素主要是区域构造隆升,其次是全球海平面上升和盆地水介质条件特性。

(3) 浙西皖南晚石炭世威宁期沉积相带在平面上表现为,西侧的碳酸盐相带和东侧的混合沉积围绕现今华夏古陆范围平行分布,并具指状交错的相变关系。这表明混合沉积为华夏古陆西侧的滨岸边缘相沉积,从而为华夏古陆是浙皖海盆东缘碎屑沉积蚀源区的认识提供了有力佐证。

混积层系的特征表明,本区海陆交互频繁,古陆周期性活跃,陆源碎屑供给量不断变化。藕塘底组下细上粗的剖面结构表现出岸进序列特征。从整个华南晚石炭世早期处于大规模持续海侵过程来看,这种区域海平面周期性变化和岸进序列显然是华夏古陆强烈隆起的结果。

参考文献 (References)

- 1 张锦泉,叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 成都地质学院学报, 1989, 16(2): 87~92 [Zhang Jinqun and Ye Hongzuan. Study on carbonate and siliciclastic mixed sediments. Journal college of Chengdu of Geology, 1989, 16(2): 87~92]
- 2 杨朝青,沙庆安. 云南曲靖中泥盆统曲靖组的沉积环境: 一种陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积. 沉积学报, 1990, 8(2): 59~66 [Yang Chaoqing and Sha Qingan. Sedimentary environment of the middle Devonian Qujiang formation, a kind of mixing sedimentation of terrigenous clastics and carbonate. Acta Sedimentologica Sinica, 1990, 8(2): 59~66]
- 3 张雄华. 混积岩的分类和成因. 地质科技情报, 2000, 19(4): 31~34 [Zhang Xonghua. Classification and origin of mixosedimentite. Geological Science and Technology Information, 2000, 19(4): 31~34]
- 4 沙庆安. 混合沉积和混积岩的讨论. 古地理学报, 2001, 3(3): 63~66 [Sha Qingan. Discussion on mixing deposit and Hunji rock. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(3): 63~66]
- 5 王国忠. 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, 2001, 3(2): 47~54 [Wang Guozhong. Mixed sedimentation of recent reefoid carbonates and terrigenous clastics in the North continental shelf of the South China sea. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(2): 47~54]
- 6 Zuff G G. Hybrid arenites: Their composition and classification. Journal of Sedimentary Petrology, 1980, 50(1): 21~29
- 7 关士聪, 潘怀玉, 丘东洲, 等. 中国晚元古代至三叠纪海域沉积环境模式探讨. 石油与天然气地质, 1980, 1(1): 2~17 [Guan Shicong, Yan Huaiyu and Qiu Dongzhou. Investigations on the marine sedimentary

- environmental model of China in late Proterozoic to Triassic periods. *Oil & Gas Geology*, 1980, 1(1): 2 ~ 17]
- 8 刘宝骥, 余光明, 王成善, 等. 珠穆朗玛峰地区侏罗纪沉积环境. *沉积学报*, 1983, 1(2): 1 ~ 16 [Liu Baojun, Yu Guangming, Wang Chengshan, *et al.* Jurassic sedimentary environment in the Qomolangma region. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1983, 1(2): 1 ~ 16]
 - 9 Mount J F. Mixing of siliciclastics and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology*, 1984, 12: 432 ~ 435
 - 10 Mount J F. Mixed siliclastic and carbonate sediments: A proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*, 1985, 32: 435 ~ 442
 - 11 王国忠, 吕炳全, 全松青. 现代碳酸盐岩与陆源碎屑的混合沉积作用 - 涠洲岛珊瑚岸礁实例. *石油与天然气地质*, 1987, 8(1): 15 ~ 25 [Wang Guozhong, Lu Bingquan and Quan Songqing. Mixed sedimentation of recent carbonates and terrigenous clastics. *Oil & Gas Geology*, 1987, 8(1): 15 ~ 25]
 - 12 郭福生. 江山石炭纪和二叠纪沉积相. *华东地质学院学报*, 1990, 13(4): 57 ~ 65 [Guo Fusheng. Sedimentary facies of the Carboniferous and Permian in Jiangshan. *Journal of East China College of Geology*, 1990, 13(4): 57 ~ 65]
 - 13 郭福生. 浙江江山晚古生代岩相古地理及其构造控制. *岩相古地理*, 1993, 13(6): 44 ~ 52 [Guo Fusheng. Late Palaeozoic sedimentary facies and Palaeogeography and their tectonic controls in Jiangshan, Zhejiang. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 1993, 13(6): 44 ~ 52]
 - 14 张锦泉, 陈洪德, 叶红专. 碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积. 见: 冯增昭, 王英华, 刘焕杰. *中国沉积学*. 北京: 石油工业出版社, 1994. 623 ~ 631 [Zhang Jinquan, Chen Hongde and Ye Hongzhan. Mixing depositional of carbonate and terrigenous clastics. In: Feng Zengzhao, Wang Yinghua and Liu Huajie. *Sedimentary Petrology of China*. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1994. 623 ~ 631]
 - 15 江茂生, 沙庆安, 刘敏. 华北下中寒武统碳酸盐与陆源碎屑混合沉积 - 以山东张夏地区为例. *沉积学报*, 1996, 14(增刊): 63 ~ 74 [Jiang Maosheng, Sha Qingan and Liu Min. Mixed siliclastic - carbonate sediment during the lower - middle Cambrian in the North China Platform. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14 (Suppl.): 63 ~ 74]
 - 16 殷勇, 董玉珊, 高长林, 等. 中天山马鞍桥石炭纪沉积特征及构造意义. *沉积学报*, 2000, 18(1): 100 ~ 106 [Yin Yong, Dong Yushan, Gao Changlin, *et al.* Depositional characteristics of Carboniferous and its tectonic significance in Maanqiao area, middle Tianshan. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(1): 100 ~ 106]
 - 17 王冠民. 西藏措勤盆地白垩统多巴组沉积环境分析. *沉积学报*, 2000, 18(3): 349 ~ 354 [Wang Guanmin. Sedimentary environment of the lower Cretaceous Duoba Formation of the Cuqin Foreland basin in Tibet. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(3): 349 ~ 354]
 - 18 沙庆安. 混积岩一例 - 滇东震旦系陡山沱组砂质砂屑白云岩的成因. *古地質学报*, 2001, 3(4): 56 ~ 60 [Sha Qingan. An example of Hunji rock - origin of sandy dolarenite of the Sinian Doushantuo Formation in Eastern Yunnan province. *Journal of Palaeogeography*, 2001, 3(4): 56 ~ 60]
 - 19 蒋凌志, 顾家裕. 塔里木盆地麦盖提斜坡石炭系碳酸盐岩和碎屑岩交替沉积的沉积环境分析. *石油实验地质*, 2002, 24(1): 41 ~ 47 [Jiang Lingzhi and Gu Jiayu. Application of depositional base - level concept in sequence stratigraphic division, correlation and litho - stratigraphic traps prediction. *Petroleum Geology & Experiment*, 2000, 24(1): 41 ~ 47]
 - 20 徐德斌, 白志达, 王敦则, 等. 河北省兴隆地区大红峪组沉积古环境研究. *地层学杂志*, 2002, 26(1): 73 ~ 79 [Xu Debin, Bai Zhida, Wang Dunze, Mei Minxiang and Li Zhizhong. On sedimentary environment of the Dahongyu Formation in Xinglong region, Hebei. *Journal of Stratigraphy*, 2002, 26(1): 73 ~ 79]
 - 21 刘宝骥, 王剑, 谢渊, 等. 当代沉积学研究的新进展与发展趋势 - 来自第三十一届国际地质大会的信息. *沉积与特提斯地质*, 2002, 22(1): 1 ~ 6 [Liu Baojin, Wang Jian, Xie Yuan, Xu Qiang, Mu Chuanlong, Zhu Tongxing, Luo Jianing, Tan Fuwen and Li Zhixiong. The development and trend in the research of modern sedimentology - from the 31st International Geology Convention. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2002, 22(1): 1 ~ 6]
 - 22 全国地层委员会. 全国地层会议学术报告汇编(浙西地层现场会议). 北京: 科学出版社, 1963 [Stratum Committee of China. Reports Compilation of China Stratum Convention (Western Zhejiang Province Stratum Convention). Beijing: Science Press, 1963]
 - 23 韩乃仁. 浙江江山古生代地层研究述评. *桂林工学院学报*, 1996, 16(3): 203 ~ 216 [Han Nairen. Comment on the research on palaeontology and strata from Jiangshan, Zhejiang. *Journal of Guilin Institute of Technology*, 1996, 16(3): 203 ~ 216]
 - 24 卢衍豪, 穆恩之. 浙西古生代地层新见. *地质知识*, 1955, (2): 1 ~ 6 [Lu Yanhao and Mu Enzhi. Re - cognition of Paleozoic strata of Western Zhejiang. *Geological Knowledge*, 1955, (2): 1 ~ 6]
 - 25 浙江省区域地层表编写组. 华东地区区域地层表(浙江省分册). 北京: 地质出版社, 1979. 93 ~ 106 [Compilation Group of Region Stratigraphical Table of Zhejiang Province. Regional Stratigraphical Table of East China Area (Fascicule of Zhejiang Province). Beijing: Geological Publishing House, 1979. 93 ~ 106]
 - 26 陈联儿. 江山的石炭系和二叠系. *华东地质学院学报*, 1990, 13(4): 35 ~ 48 [Chen Lianer. The Carboniferous and Perian of Jiangshan. *Journal of East China College of Geology*, 1990, 13(4): 35 ~ 48]
 - 27 郭福生. 浙江江山岩石地层单位的厘定及应用研究. *华东地质学院学报*, 1994, 17(3): 254 ~ 263 [Guo Fusheng. On collating and applying of the lithostratigraphic units in Jiangshan area, Zhejiang. *Journal of East China College of Geology*, 1994, 17(3): 254 ~ 263]
 - 28 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989. 96 ~ 98, 102 ~ 104 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province. Regional Geology of Zhejiang Province. Beijing: Geological Publishing House, 1989. 96 ~ 104]
 - 29 江西省地质矿产厅. 江西省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 189 ~ 192 [Department of Geology and Mineral Resources of Jiangxi Province. Stratigraphy (Lithostratic) of Jiangxi Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997. 189 ~ 192]
 - 30 安徽省区域地层表编写组. 华东地区区域地层表(安徽省分册). 地质出版社, 1978. 216 ~ 249 [Compilation Group of Region Stratigraphical Table of Anhui Province. Region Stratigraphical Table of East China Area (Fascicule of Anhui Province). Geological Publishing House, 1978. 216 ~ 249]
 - 31 田京辉, 倪培, 范建国. 永平铜矿成矿流体特征研究. *地质找矿论*

- 丛,2001,16(1) 24 ~ 27[Tian Jinghui ,Ni Pei and Fan Jianguo. Ore- 32 汪华敏. 中国南方中晚石炭世沉积相及沉积模式. 沉积学报,1986 ,
forming fluid characteristics research of Yongping copper deposit. 4(3) :57 ~ 65[Wang Huamin. Middle-late Carboniferous sedimentary
Contributions to Geology and Mineral Resources Research,2001,16 facies and model in the South China. Acta Sedimentologica Sinica ,
(1) :24 ~ 27] 1986,4(3) : 57 ~ 65]

Characteristics and Tectonic Significance of Mixing Sediments of Siliciclastics and Carbonate of Outangdi Formation in Jiangshan, Zhejiang Province

GUO Fu-sheng^{1,2}

1 (East China Institute of Technology, Fuzhou, Jiangxi 344000)

2 (China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract Outangdi Formation in Jiangshan, Zhejiang is the mixing deposits of terrigenous clastics and carbonate in Weiningian of late-Carboniferous. The mixing deposits include the interbedding which constitutes a series of interbedded clastic beds and carbonate beds and the mixing within in the same bed which forms the "Hunji rock". Outangdi Formation has the features of intercalated marine and terrestrial deposits with the progradational sequences with lower fine and upper coarse of sedimentary granularity in the section. Hunji rock is formed in seashore environment, mixed carbonate sediment in beach or tideland facies with quartz sand taken from bayou or beach by coastwise flow and circumfluence. There are two kinds of Hunji sequences: interbeds of sandstone and carbonate rock in seashore environment, interbeds of clastics in river facies and carbonate rock in ocean facies. It is indicated that mixing deposition belong to "facies mixing", affected mainly by regional tectonic uplift, rise of global sea level and dynamics of water medium in the basin. Regional sea level periodic change and progradational sequences were probably due to intense uplift of the oldland called Cathaysia. The classification and name of mixed sediments are also discussed in this paper. Interbeds and alternated beds of clastic and carbonate beds are named as "hunji sequence", a new genetic term. It is suggested that Hunji rock means a special sedimentary event of mixing of terrigenous clastics and carbonate instead of a term of specific rock.

Key words Outangdi Formation, mixing deposits, Hunji rock, Hunji sequence, carboniferous, sedimentary environment, tectonic uplift