

福建下三叠统溪口组浊积岩的发现其意义

吴岐 郑云钦

(福建省区域地质调查队)

一、地质概况

福建下三叠统溪口组主要出露于闽西南地区,北起将乐,南至永定,西部见于清流,东部延至长泰、德化一带,以龙岩、永定、漳平、永安、大田等地最为发育。溪口组主要是一套细碎屑沉积组合,局部地区出现碳酸盐岩夹层。最大厚度可达到1484m,可分为三个岩性段:下段以泥岩、含粉砂泥岩和粉砂质泥岩为主,局部夹薄层粉砂岩。东南部的安溪、长泰尚见有钙硅质胶结的细粒石英杂砂岩夹层。大部分地区岩石具不同程度的角岩化。具有 *Hypophiceras-Claraia griesbachii* 化石组合,底部见有大量二叠纪子遗腕足分子 *Paryphella*, *Waagenites*, *Crurithyris* 等。厚度一般在200—500m之间;中段永安一带为钙质泥岩、泥灰岩,夹有砾屑泥灰岩、砂屑泥灰岩。在永定、龙岩一带出现鲕粒灰岩、叠层石鲕粒灰岩。龙岩北部漳平南部的灰岩均已大理岩化,其余地区出露泥岩,含少量粉砂。清流、将乐未见该段地层出露。本段厚度约60—90m;上段各地岩性比较均一,以粉砂岩、泥质粉砂岩夹细粒杂砂岩为主,但在永安一带见有陆源细碎屑混入的微晶灰岩及含核形石微晶灰岩夹层。化石以 *Eumorphotis multiformis*-*E. inaequicostata*-*Entolium-Unionites* 组合为特色,厚度300—800m不等。

浊积岩发现于将乐、永安、漳平、大田的溪口组下段地层内,以及永安一带溪口组中段层位中(图1)。

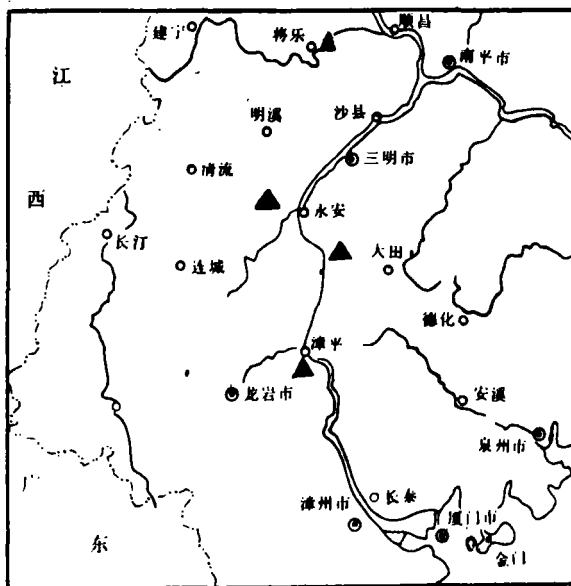


图1 福建省下三叠统溪口组浊积岩分布图
(三角实心号为出露点)

Fig. 1 Distribution of turbidites in the Lower Triassic Xikou Formation, Fujian (Solid triangles indicate exposure sites)

二、浊积岩沉积构造特征

所见浊积岩沉积构造主要有层面构造和层内构造, 及少量半深水型的遗迹构造。

(一)、层面构造

1. 冲刷痕 主要有槽铸型冲刷痕和纵向冲刷。

槽铸型冲刷痕(槽模)呈组合形态:(1)表现在层面上为宽缓的凹坑,坑间被网状尖脊所隔,呈鱼鳞状排列,凹坑的短轴方向一边陡一边缓,最深处为侵蚀作用最集中的部分,可用来判断水流方向(图2);(2)表现在底面上为大小不等的宽缓“突出物”,大的“突出物”宽20—25mm,长约10mm,高3—5mm,小的“突出物”宽约10mm,长约5mm,高约1mm。“突出物”向两端展开并很快消失,大小叠置,为作用在同一层面上冲刷作用的衰减所形成的一种底面构造(图3);(3)受后期构造挤压改造的槽模,单个形态似纺锤形,两端尖,中间宽,长轴方向总体上平行,为构造挤压方向与槽模长轴斜交的改造所形成。槽铸型冲刷痕常见于永安、漳平溪口组下段。

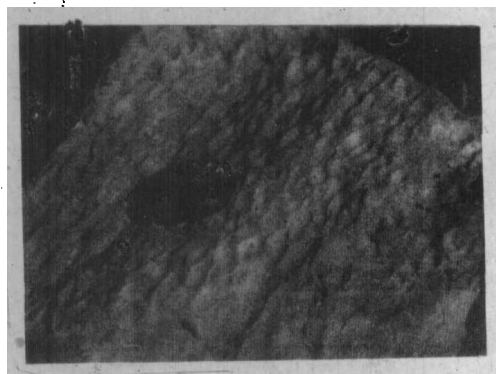


图2 槽模(镜头盖直径55mm以下同)层面,示鱼鳞状的坑及网状脊,箭头示水流方向
永安掘前溪口组下段(T₁X¹)

Fig. 2 Flute casts on the bedding plane of siltstone in the lower member of the Lower Triassic Xikou Formation, Jueqian, Yong'an.

The arrow points to the current direction.

Lens cap is 55 mm in diameter

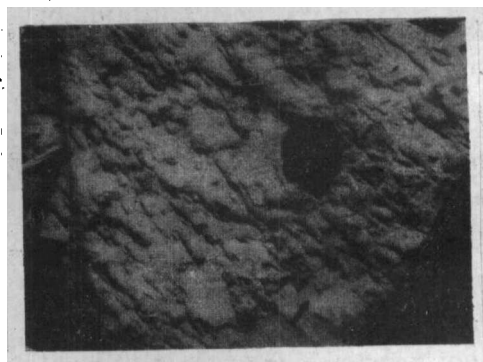


图3 槽模

底面呈宽缓形“突出物”,大小不等,箭头示水流方向,永安掘前溪口组下段(T₁X¹)

Fig. 3 Flute casts on the sole of siltstone in the lower member of the Lower Triassic Xikou Formation, Jueqian, Yong'an. The arrow points to the current direction. Lens cap is 55 mm in diameter

纵向冲刷(沟模)在层面上为尖脊圆沟,脊的间隔约4mm,紧密相间,平行排列,沟的深度约2mm左右(图4)。仅见于永安溪口组下段。

2. 压刻痕 主要有沟铸型压刻痕、锥状压刻痕、戳痕和弹跳痕四种类型。

沟铸型压刻痕层面上沟的形态呈月牙形或“人”字形。月牙形压刻痕为水流拖曳某些具弧形的泥片或化石等物体,以较小的角度撞击泥质沉积物表面后拔出所形成。“人”字形尖部呈钝角,一条边为直边,另一条边呈弧形。“人”字形压刻痕亦为带尖棱的物体以较小的角度斜插入粘结性较强的泥质沉积物表面后朝一侧发生旋转后拔出所形成。沟的最深处靠近月牙的弧顶和“人”字形的尖部。本类型的压刻痕见于将乐溪口组下段,在同一层面

上零散分布。

锥模(针刺模)或称锥状压刻痕,三角锥状形态,锥长 2—15cm 不等,宽数毫米至 1cm,在岩层底面上,模背圆浑,模间以尖沟相隔,反映了被刻蚀的泥岩表面为长三角圆底槽、模间为尖脊所隔、平行排列的组合型式。发育于漳平溪口组下段粉砂岩底面(图 5)。



图 4 沟模

层面呈尖脊圆沟平行排列,永安鸬鹚溪,
溪口组下段 (T_1X^1)

Fig. 4 Groove casts on the bedding plane of
mudstone in the lower member of the Lower Triassic
Xikou Formation, Lucixi, Yong'an

戳痕和弹跳痕见于将乐,与沟铸型压刻痕共存于同一层面上。戳痕为长条形,长度小于 1cm,宽约 2mm,其一端较深且陡,最深处约 1mm,到另一端逐渐平缓,断续分布。弹跳痕规模也不大,毫米级,可见 2—3 个等间距朝同一方向排列。

(二)、层内构造(包括同生变形构造)

1. 砂球、砂枕及火焰构造(图 6)

广泛发育于永安、漳平溪口组下段的砂泥岩互层中,大田一带溪口组下段的角岩中也可见及。砂体呈球状或枕状,不连续成层分布。砂体之间为下伏泥质沉积物的指状或楔状体所隔,它是由泥质沉积物向上挤压所形成的,称之为火焰构造。砂球、砂枕和火焰构造一般相伴出现。砂体内部显示扭曲纹理,边缘部分的纹理一般与砂体边界平行。

2. 包卷层理

常见于永安、漳平溪口组下段的粉砂岩层中,大田一带的角岩中也可见及。层间揉

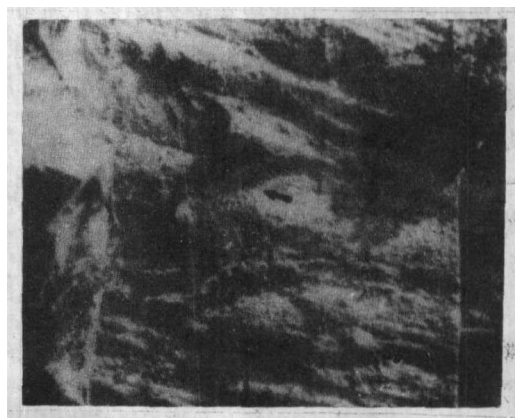


图 5 锥模(针刺模)

底面,锥角为迎水端,箭头示水流方向,
漳平高明坑溪口组下段 (T_1X^1)

Fig. 5 Prod casts on the sole of siltstone in the
lower member of the Lower Triassic Xikou
Formation, Gaomingkeng, Zhangping. The
arrow points to the current direction
Lens cap is 55 mm in diameter.



图 6 砂球、砂枕及火焰构造

砂球、砂枕之间为呈火焰构造的楔状、指状泥岩穿插,
漳平高明坑溪口组下段 (T_1X^1)

Fig. 6 Sand ball, sand pillow and flame structures
in the interbedded sandstone and mudstone in the lower
member of the Lower Triassic Xikou Formation,
Gaomingkeng, Zhangping

皱纹理通常表现为紧密的小背斜和宽缓的小向斜相间的盆脊型,这种现象在粉砂岩之下的泥岩中表现更为明显。

3. 块状层理

为不显纹层或层理的厚层或块层状,常见于鲍马序列的 E 段。在永安溪口组中段,尚见有无定向组构、分选差的角砾泥灰岩所构成的块状层理。

4. 水平纹层

一般发育于粉砂岩或泥岩中,见于鲍马序列中的 B、D 段,由平行的纹层组成。

5. 沙纹层理(小型交错层理)及爬升沙纹层理

常见于漳平溪口组下段及永安溪口组下段和中段鲍马序列的 C 段。形成该沉积构造的岩性一般为粉砂岩或粉砂质泥岩。其中爬升沙纹层理的爬升角大于或接近于向流面坡度角(图 7)。

6. 粒序层理

在永安一带的溪口组中段常见,岩性一般为砾屑泥灰岩,正、逆粒序均可见到,常与上述一些层理构成完整的或不完整的鲍马序列。

(三)、遗迹化石

1. 均分潜迹 呈树枝状,孔径为 1mm 左右,沿层面分布。仅见于永安溪口组下段。

2. 水平虫迹 呈单一自由弯曲形态,有分叉,孔径约 2mm,沿层面分布,仅见于漳平溪口组下段泥岩层面上。

三、浊积岩的剖面结构

1. 典型的鲍马序列

发育于永安溪口组中段,由 A、B、C、E、D 段构成,整个序列厚度数厘米至十余厘米(图 8,图 9—1)。A 段由砾屑泥灰岩组成,具粒序层,砾屑颜色较浅,为泥砾,含少量生物碎屑,底面不平整,与下伏岩层呈侵蚀冲刷接触;B 段由钙质粉砂岩组成,平行层理不明显,有时具粒序性与 A 段为渐变关系;C 段为粉砂岩,发育沙纹层理或爬升沙纹层理;D 段为水平纹理层,由粉砂质泥岩组成,下部具水平纹层,上部向块状层理过渡;E 段为具块状层理之泥岩或泥灰岩。

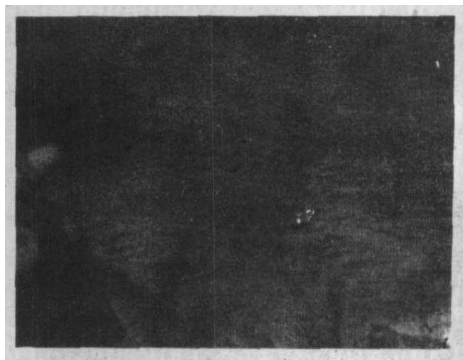


图 7 爬升沙纹层理

爬升角略有变化,前积层朝左倾。

永安溪口组下段 (T₁X¹)

Fig. 7 Climbing ripple bedding in siltstone in the lower member of the Lower Triassic Xikou Formation, Jueqian, Yong'an

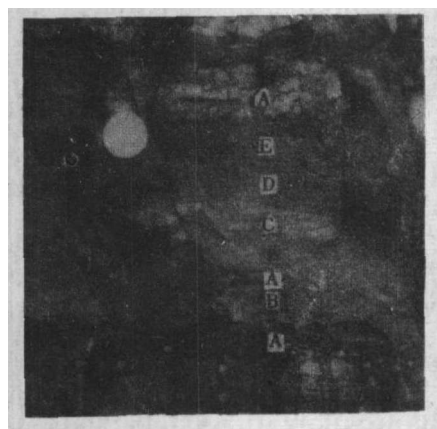


图 8 典型鲍马序列,序列厚约 8cm

该序列之上出现滑塌浊积岩,永安溪口组中段 (T₁X²)
西侧公路,溪口组中段 (T₁X²)

Fig. 8 Classical Bouma sequence in the middle member of the Lower Triassic Xikou Formation in the western part of the Luciping Village, Yong'an. The sequence is about 8 cm in thickness

2. 准完整鲍马序列 I 型 (图 9—Ⅰ)

具 A、B、C、E 段, 序列厚度约 10cm 左右, 见于永安溪口组中段。A 段为砾屑泥灰岩, 砾屑为泥砾及生物屑, 底部不平整, 见粒序层理, 其中生物屑主要为瓣鳃类壳瓣, 壳面大部分朝上方并定向排列; B 段为砂屑泥灰岩, 具不连续平行纹理及粒序层理, 与 A 段为渐变关系, 与 C 段界线分明; C 段为具小型交错层理的钙质粉砂岩段; E 段为具块状层理的泥灰岩段。

上述两种类型的浊积岩沉积序列常与碎屑流沉积相伴生。

3. 准完整鲍马序列 II 型 (图 9—Ⅱ)

缺乏 A 段, 其他段可以与典型鲍马序列类比, 但钙质含量相对要低些, 见于永安溪口组下段, 序列厚度一般 10 余厘米。

4. 不完整型鲍马序列 (图 9—Ⅳ)

只含鲍马序列中的 2—3 个段落, 常为 B、C、D 段, 或为 A、B 段, 或为 B、C 段等, 见于永安溪口组下段或中段层位中。另外在溪口组下段的角岩发育地区, 在黑白相间的韵律层中, 尚可见残留的包卷层理、火焰构造、砂球和砂枕等沉积物造。

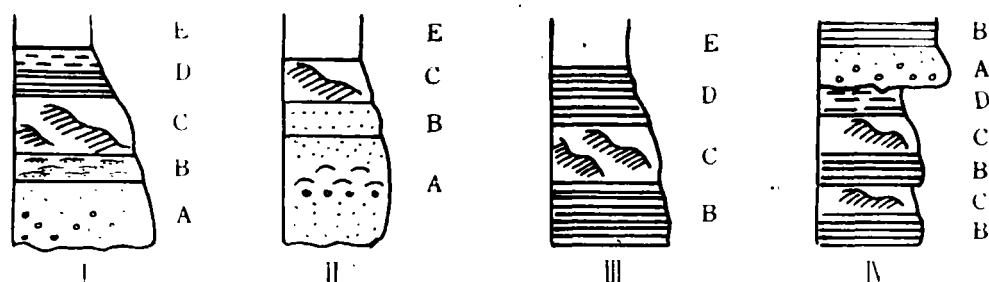


图 9 闽西南地区下三叠统溪口组下段、中段浊积岩剖面结构图

Fig. 9 Structural divisions of the turbidite sections in the lower and middle members of the Lower Triassic Xikou Formation, Yong'an

四、沉积环境分析

有关溪口组的沉积环境前人工作甚少, 福建地质志作者 (1985) 曾提及福建早三叠世的海域范围与晚二叠世相近, 闽北古陆继续遭受剥蚀, 闽西南地区为开阔潮坪, 并进而划分出潮间坪相区和潮间盆地相区 (大田—漳平—龙岩—永安凹陷盆地)。许靖华教授 1987 年来闽考察时曾指出溪口组下段的硅质岩 (角岩) 应属深海沉积。

溪口组的岩性组合及其下段和中段的浊积岩有如下特征: (1) 溪口组沉积厚度偏大, 沉积物以泥质、粉砂质为主、少见粗砂级和砾级颗粒; (2) 侧向地层的对比性较好, 均以薄—中层为主, 韵律清晰; (3) 鲍马序列一般为小型, 厚度 < 20cm; (4) 既有近端浊积岩序列, 又有远端浊积序列, 而且以后者为主; (5) 具有明显的滑动构造及冲刷构造; (6) 沉积构造以大量的细纹层、粒序层理反映了悬浮沉积与牵引流沉积的共同作用; (7) 常见有碎屑流沉积、液化沉积物流与之相伴生; (8) 与晚二叠世相比, 生物的丰度及分异度明显下降, 双壳类中主要以浮游型为主, 而且生物碎屑主要为异地搬运受改造, 遗迹化石为半深水型。上述这些特征都表明溪口组下段不应是潮坪沉积环境, 而是远比二叠纪晚期海水

深的斜坡下部或坡基，并以重力流作用为主的沉积环境。根据漳平一带能指示水流流向的底模构造，斜坡应朝北西方向倾斜。

近年来随着海洋地质调查成果的不断增多，对外陆棚的斜坡环境有了更清楚的了解。所谓斜坡环境应是比较陡的海底部分（斜坡角度为 $3-6^\circ$ ），它的上界一般限于大陆架坡折（shelf-break），其下界通常过渡为深水海盆或海底平原（basin plain），这是地球表面的一个一级地理单元。其坡底与坡折的高差可达 3.5km，长度可达 11000km。斜坡下部一般较缓，逐渐进入带状盆地或深海平原。斜坡（slope）、次海扇（submarine fan），连结扇（coalescing fan），隆起（risers）和其底部的裙（aprons）组成了一个大陆与海洋的过渡地带，其范围占地球面积 10—15%。根据 Daniel J. Stanley 等（1971）的研究，斜坡环境可分为以下几个微（亚）环境：外陆架（outer shelf）、陆架坡折（shelf-break）、上和中斜坡（upper & mid slope）、下斜坡和坡基（lower slope & base of slope）、盆底（basin floor）。图 10 列出了斜坡各微环境中的不同岩性组合、沉积特征和地质作用。从福建溪口组下段所发现的浊积岩及其岩性组合特征来看，该段的沉积环境应在下斜坡和坡基部位。说明当时在将乐、永安、漳平、大田一带范围内曾有较深水的环境及产物存在。永安一带的溪口组中段，浊积岩侧向延伸小，鲍马序列较完整，常与碎屑流沉积相伴生等，应为上或中斜坡沉积环境。

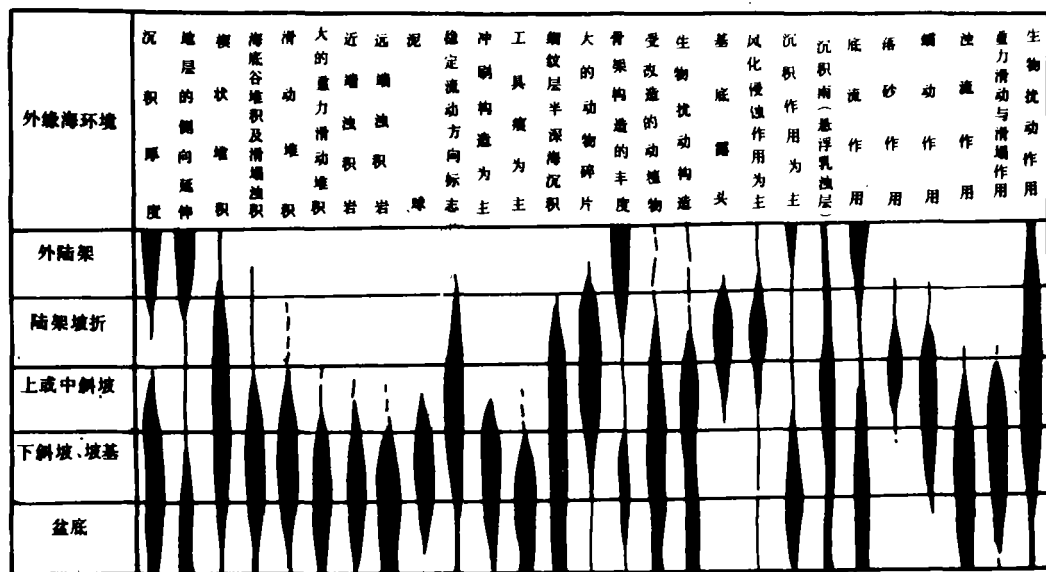


图 10 与外缘海各亚环境有关的相特征组合及主要的地质作用（据 D. J. Stanley 略修改）

Fig. 10 Main facies associations and geological processes associated with the microenvironments in an outer marginal sea (modified from D. J. Stanley)

五、浊积岩发现的大地构造意义

闽西南拗陷自后加里东期之后一直处于下陷过程，海西晚期海侵范围扩大，晚二叠世早期则开始隆升，出现以河流相为主的翠屏山砂岩；晚二叠世晚期，拗陷又下沉，出现了大隆期的滨海—浅海陆棚沉积环境；进入三叠纪，其古地理面貌就出现了比较明显的变化，即将乐、永安、漳平、大田一带出现下部斜坡环境，并伴之出现了浊流和碎屑流的沉积，这

说明印支早期陆内张性断裂的活动很明显。重力沉积作用的诱因往往与同生断裂及地震活动、海啸有关,两者在时间和空间上常相辅相成。由滨海—浅海陆棚环境变为斜坡下部环境其下陷幅度是较大的。大量资料表明福建二叠纪与三叠纪之间是连续沉积的,未有间断。当然目前尚未发现极深海的生物组合的沉积特征,因此这种海盆的深度是尚未达到海沟或洋盆的程度。但所有沉积特征都说明其地质过程应发生在浪基面以下的下斜坡与坡基部位。从现有溪口组沉积物的分析还说明早三叠世闽西南拗陷的沉积范围绝非现有地层出露的范围,因为至今尚未发现边缘相的浅水沉积,当时的海侵范围和规模可能更大。福建长泰—尤溪以东及将乐以北的大片地区未见其踪影可能是因为后期抬升剥蚀殆尽的结果。

参 考 文 献 (略)

THE DISCOVERY AND SIGNIFICANCE OF TURBIDITES IN THE LOWER TRIASSIC XIKOU FORMATION, FUJIAN

Wu Qi Zheng Yunqin

(Fujian Regional Geological Survey Party)

Abstract

The present paper deals with lithology and various sedimentary structures in the lower and middle members of the Lower Triassic Xikou Formation, Fujian. The authors contend in this paper that the early Indosinian environments in southwestern Fujian should be a lower slope and base of slope environment in a deep-sea basin with the following reasons. (1) lithologically, higher proportions of finer and thinner distal turbidites occur in the lower member of the Xikou Formation, and locally proximal turbidites in the middle member of it; (2) The structural characteristics of some of graded units composed of sand-silt-mud admixtures are similar to those of the immature "dirty sand" or graywacke in the ancient flysch formations; (3) The sedimentary structures such as scour marks, tool marks, flute casts, groove casts, flame and load structures, convolute bedding, ripple drift microlamination show that the activity of turbidity current and fluidized flow are strong; (4) Compared with the Late Permian, there are considerable variations in the Indosinian faunas in Fujian. The lower abundance and diversity of these faunas suggest that the environments of the Xikou Formation may be a deep sea characterized by planktonic bivalves.

Tectonically, it is obvious that a deep-sea basin created by tensional deep fracture once occurred in the central part of southwestern Fujian depression, and the transgression had its largest scale, although the depth and scale of the basin is still a puzzle.