

文章编号: 1000-0550(2007) 03-0332-11

西秦岭地区晚二叠世—早三叠世沉积相分析和 沉积古环境再造

罗根明^{1,2} 张克信^{1,2,3} 林启祥¹ 寇晓虎^{1,2} 朱云海¹ 徐亚东^{1,2} 施彬¹

(1. 中国地质大学地球科学学院 武汉 430074 2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室 武汉 430074

3 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室 武汉 430074)

摘要 青海省同仁地区处于祁连和秦岭造山带的接合部, 构造演化历史悠久。本次工作在该地区隆务河一带发现较好的二叠—三叠系剖面。将该剖面从下而上划分为上二叠统石关组、下三叠统果木沟组和江里沟组, 其中江里沟组又进一步划分为下部的浊积岩段和上部的风暴岩段, 初步确定了二叠—三叠纪的界线。沉积序列、沉积相和沉积物表明上二叠统石关组和下三叠统果木沟组为一套陆源碎屑浊积岩, 下三叠统江里沟组下部为一套不纯的内碎屑浊积岩, 而下三叠统江里沟组上部为风暴岩沉积。根据沉积相和火山岩夹层的地球化学特征认为该地区上二叠统石关组和下三叠统果木沟组处于半深海的活动大陆边缘, 下三叠统江里沟组早期的浊积岩段处于较稳定的半深海大陆边缘。根据沉积相和遗迹化石, 恢复了晚二叠世—早三叠世的海平面变化特征。

关键词 沉积相 沉积环境 西秦岭 晚二叠世 早三叠世

第一作者简介 罗根明 男 1984 年出生 硕士研究生 古生物学及沉积学 E-mail: lbgning@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

研究区位于青海省同仁县以北, 尖扎县以南的隆务河中下游地区(图 1)。在大地构造位置上, 位于西秦岭和南祁连两大构造单元的结合部, 构造演化非常复杂。研究区广泛发育三叠纪地层, 三叠系是该地区时代最晚的一套海相地层。扬子板块和华北板块在三叠纪末期接触碰撞, 之间的秦岭裂陷槽最终闭合, 出现陆相沉积。因此对该区三叠系进行详细的沉积相分析对研究秦岭裂陷槽的演化具有重要的意义。

前人在西秦岭地区展开过较为详细的地质调查工作, 包括地层划分、大地构造和构造环境研究^[1,2]、沉积相和沉积环境分析等^[3~11]以及浊积岩中的遗迹化石研究^[8,12~14]。但前人在西秦岭地区展开的沉积相研究工作主要集中在川西北^[8~11]和甘南地区^[3,4,6,7], 在青海与甘肃交接地区研究的较少, 佟再三^[15]在青海省尖扎县作了一些研究。鉴于该区所处的大地构造位置及其在秦岭裂陷槽的演化中的重要意义, 本次工作对该区同仁至尖扎隆务河一带晚二叠世—早三叠世剖面进行了详细的岩石地层划分和时代的初步厘定, 初

步确定了该区的二叠—三叠纪界线; 并对该剖面进行了详细的沉积相分析, 较详细地恢复了该地区的古海平面变化和古沉积环境特征。

2 岩石地层单位划分及时代厘定

西秦岭地区基础地质研究工作开展较早, 岩石地层划分方案较多, 大多数学者赞成将该区下三叠统命名为隆务河群。青海省地矿局和南古所(1976 转引自青海省区域地质志, 1991)将下三叠统进一步划分为下部的果木沟组和上部的江里沟组。本次工作根据前人资料, 结合本次工作新资料将该剖面由下而上划分为上二叠统石关组、下三叠统果木沟组和江里沟组, 其中江里沟组又细分为下部的浊积岩段和上部的风暴岩段。其中风暴岩为本次工作的新发现, 具有重要意义。

2.1 上二叠统石关组 (P_3s)

石关组 (P_3s): 第 1~11 层, 岩性主要为一套深灰色—灰绿色的灰岩、硅质灰岩和陆源碎屑岩。正粒序层理(图版 -7)、水平层理(图版 -3)、包卷层理、平行层理和滑塌构造(图版 -2)非常发育。下部主要为

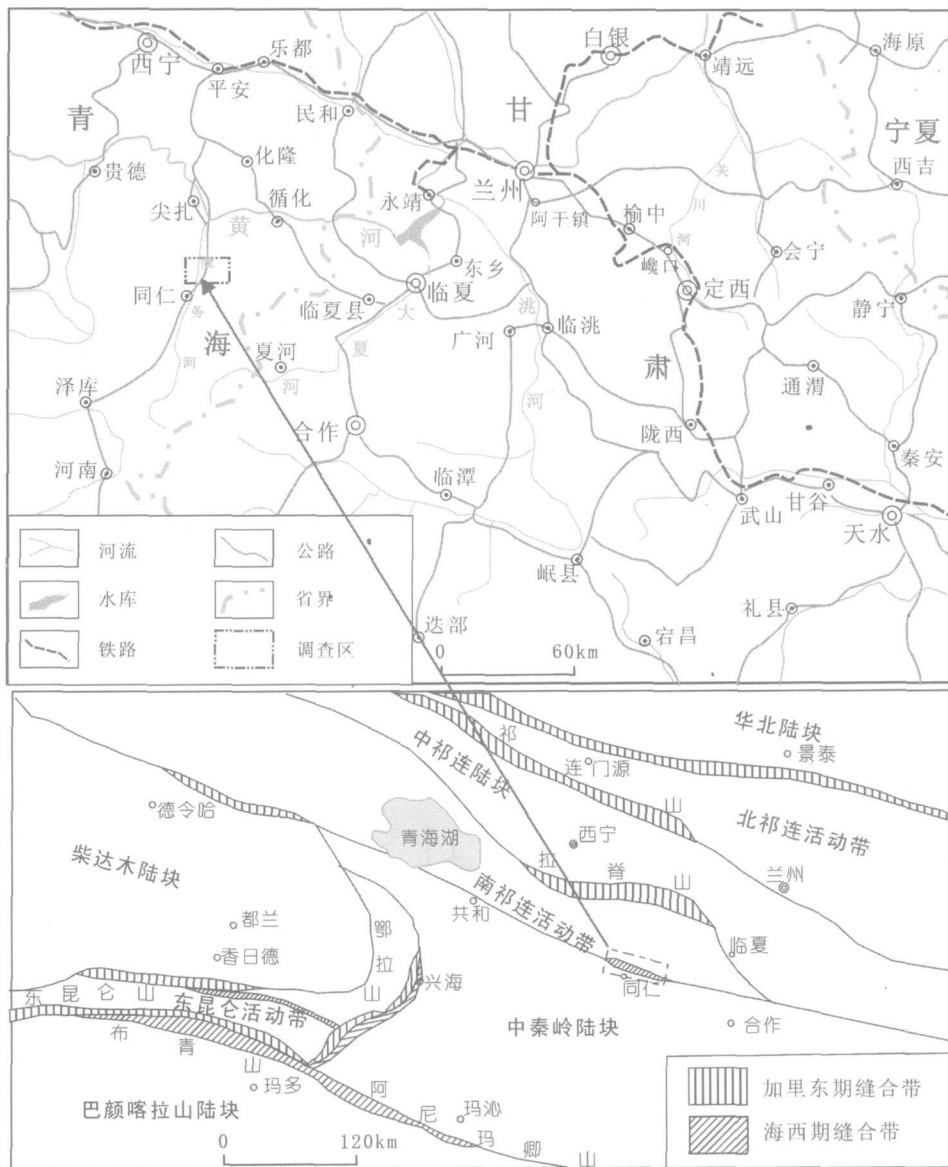


图 1 研究区大地构造位置图和交通图

Fig 1 Tectonic and communication location of the study area

硅质灰岩夹少量中—粗粒砂岩、长石石英砂岩；中部的底部为一套砾岩，向上变细，过渡到含砾砂岩和泥灰岩与中—粗粒长石石英砂岩互层；上部以泥灰岩、硅质灰岩夹火山岩为主，探针数据分析表明，这些火山岩主要为玄武岩、玄武质安山岩和安山岩。产牙形石 *Xaniognathus elongatus* 遗迹化石 *Haninthodia*, *Megagraption*, *Protapaleictyon* 和 *Nereites*。

本次工作将二叠—三叠系的界线划在 11 层与 12 层之间，下部为上二叠统石关组，上部为下三叠统果木沟组。理由主要有：1. 在剖面的第 3 层发现了一个 Pb 牙形石分子 *Xaniognathus elongatus* Sweet 1970

(图版 -10)，该种始于二叠纪初，在我国华南地区晚二叠世长长期非常繁盛，根据在隆务河剖面的下部层位大关山组生物礁灰岩的岩石特征，以及在其中发现的 *Codonofusiella* 等吴家坪期的 *Protapaleictyon* (陈奋宁，个人交流)，因此将这套地层归为晚二叠世长长期；2 在 11 层出现 3 层火山岩，这与我国华南广大地区的二叠—三叠纪之交的岩性特点是一致的，因此二叠—三叠纪之交的岩石地层界线就划在 11 层和 12 层之间。

2.2 下三叠统果木沟组 (T_{1g})

果木沟组 (T_{1g})，第 12~30 层，岩石颜色较深，主要为深灰色—灰绿色。含菊石 *Lytphiceras* sp.

Gyronites sp., *Ophiceratidae*, *Dieneroceras* sp., *Ambites* sp., *Mækoceras*, *Svalbardiceras*, 双壳类: *Posidonia* cf. *circularis*, *Claraia* cf. *wangi* (Patte), *C.* cf. *wangim* in *C.* cf. *griesbachi* (Bittner) (青海省地质矿产局, 1991)。本次工作还没有获得地层年代的资料, 根据前人的这些菊石资料及其上覆地层的化石资料, 作者将这组地层划分为早三叠世印度期。正粒序层理、水平层理、包卷层理、平行层理和滑塌构造非常发育。下部为灰绿色的中—粗粒长石石英砂岩与灰绿色板岩互层; 中部为一套角砾状灰岩和碎屑岩夹少量泥灰岩, 碎屑岩主要为中—粗粒长石石英砂岩和含砾的长石石英砂岩; 上部主要为一套深灰色的碎屑岩, 主要有砾岩、复成分砾岩, 含砾长石石英砂岩等, 夹有少量的泥质灰岩。与甘肃省测队 (1976 转引自青海省区域地质志, 1991) 所描述的隆务河群下段是很相似的。在该组的下部发育平行层面的遗迹化石 *Haminhodia* sp (图版 -4), *Megagraption* sp (图版 -8) 和 *Condrites* sp (图版 -5)。

2.3 下三叠统江里沟组 (T_{1j})

江里沟组 (T_{1j}), 31~63 层, 岩性主要为灰色的泥质灰岩、砂屑灰岩、砂屑颗粒灰岩和砾屑灰岩夹极少量的陆源碎屑岩。碎屑岩主要为长石石英砂岩、细砂岩和少量的砾岩。含菊石 *Xenoceltites* sp., *Columbites* sp., *Arnautoceltites* sp., *Mækoceras* sp.; 双壳类: *Leptochondria* sp., *L.* cf. *bittneri* (Kiparisova), *Schafhaeutlia* sp., *Mytilus eduliformis praeursor* (Frech) (青海地质矿产局, 1991)。本次工作在剖面附近的地质路线上, 在与本套地层相似的一套岩层中发现了菊石 *Stephanites* sp (图版 -8), 该菊石一般出现在早三叠世奥伦尼克期的中上部, 因此, 本次工作将这组地层定为早三叠世奥伦尼克期。本组可明显分为上下两段, 下段 (31~48) 为一套不纯的内源碎屑沉积岩, 正粒序层理、水平层理、包卷层理、平行层理非常发育。本文称为江里沟组浊积岩段; 上段 (49~63 层) 为一套风暴岩沉积, 丘状层理非常发育, 正粒序层理、包卷层理和水平层理也较为发育, 本文称为江里沟组风暴岩段。

3 沉积相分析

该剖面出露的石关组、果木沟组和江里沟组的下部主要为半深海斜坡相的浊积扇沉积, 各种沉积构造非常发育。下面将从下而上依次对上二叠统石关组、下三叠统果木沟组和江里沟组下段进行详细的沉积相分析。

3.1 石关组沉积相

石关组的岩性前面已讨论过, 主要为一套灰绿色—深绿色长石石英砂岩、硅质灰岩、泥灰岩和砾岩、含砾砂岩等, 镜下特征为: 成分成熟度低, 分选差, 磨圆为次圆至次棱角状。云母类矿物含量较多, 且呈扭曲的条带状。根据 Mutti 等^[16], Pikerling 等^[17], Stow 等^[18], Bouma^[19], 晋慧娟等^[3] 和方爱民等^[20] 对浊积相的划分方案, 在石关组可识别出的浊积相有, A: 砾岩和含砾砂岩相; B: 砂岩相, 该相可分为三个亚相, B₁亚相: 粗砂岩亚相, 块状, 不具明显的粒序层理; B₂亚相: 中粒砂岩亚相, 具正粒序层理; B₃亚相: 细粒砂岩亚相, 具正粒序层理或平行层理; C: 细砂岩—硅质灰岩相; D: 泥灰岩—硅质灰岩相。

Anne^[21] 根据沉积相和地震资料, 将浊积扇分为四个单元, 分别为: 海底谷 (峡谷或冲沟)、砂质水道、水下堤和透镜状砂, 它们主要是由浊积扇的不同部位的沉积特点而确定的。根据不同的浊积相和鲍马序列组合, 石关组从下而上依次为浊积扇外扇相、浊积扇中扇相、浊积扇内扇水道相和浊积扇中扇相四个沉积相, 其中浊积扇中扇相最为发育, 分别描述如下。

3.1.1 浊积扇外扇相

主要分布在该组的底部, 发育的浊积相主要为 C 相和 D 相。从整个该沉积相的组合来看, 浊积相 D 占主要部分, 夹杂少量的 C 浊积相, 故其沉积环境主要位于靠近盆地平原部分, 以背景沉积为主要特征。根据鲍马序列 a b c d 和 e 五段的不同组合, 在该沉积相主要见到的组合以 cd e de 组合为主, 以缺失 a b 段为特征的缺底鲍马序列组合为特征, 该沉积相的基本层序如图 2- 所示。

3.1.2 浊积扇中扇相

该相在这里出露较薄, 发育的浊积相有 B₂亚相和 D 浊积相。该相的鲍马序列组合以 a b 段组合为主, 以缺顶的鲍马序列组合为特征。发育的沉积构造有正粒序层理 (图版 -1) 和水平层理。该相与下伏的外扇相以冲刷面接触, 基本沉积序列如图 2- 所示。在该相中可能出现水下水道沉积。

3.1.3 浊积扇内扇相

这部分发育在浊积扇的中扇相上面, 主要为内扇水道充填, 缺失内扇相的上部细沉积物部分。发育的浊积相为 A 相, 夹很薄的 C 相, 该相的基本层序如图 2- 所示, 向上是一个逐渐变细的过程, 下部为块状砾岩, 向上过渡为块状的含砾粗砂岩, 最后过渡到细—粉砂岩。主要特点是浊积相 A 非常发育。在该

相的基本层序中,粗颗粒段非常厚,为块状的砾岩和含砾砂岩,即较少见到经典鲍马序列中 a 段,属于水道高能条件下快速沉积的产物,砾岩层底部具明显的冲刷面构造。

3.1.4 浊积扇中扇相

该部分在石关组中发育最厚,总体上是向上变细

的序列,是一个逐渐海侵的过程。发育的沉积构造主要有正粒序层理(图版 -7)、平行层理、包卷层理和水平层理(图版 -3)。包含的浊积相主要有 B、C 和 D 相,其中 B 相以 B₃ 亚相为主,常见的鲍马序列组合有 be、abcde、ad、abd,以鲍马序列的 b 段普遍发育, a 段也非常常见为主要特征,主要为缺顶的鲍马序列组

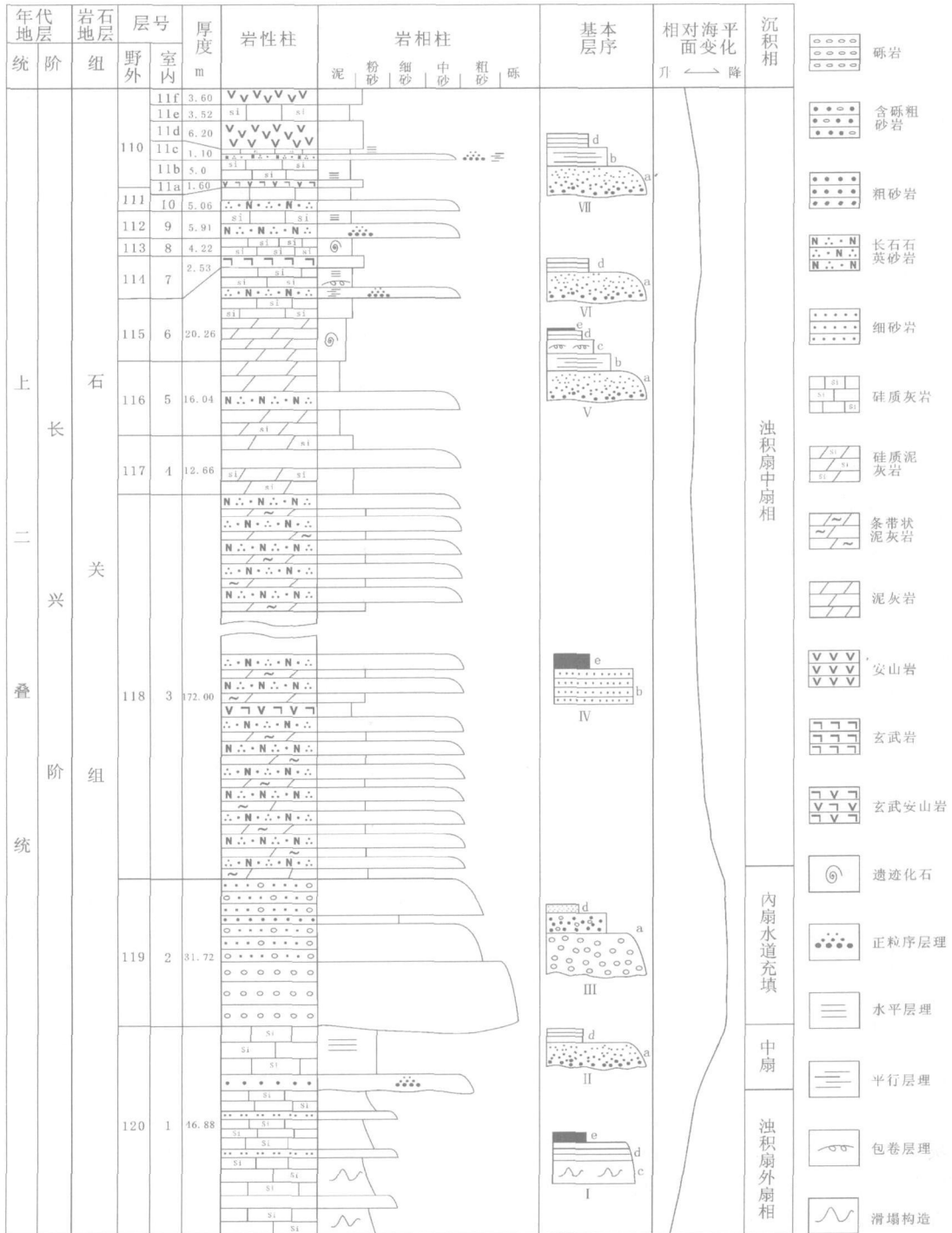


图 2 晚二叠世长期石关组综合岩性柱状图

Fig 2 Integrated lithology histogram of Shiguan Formation of Changhsingian, Late Permian

合, 但该沉积相的 a 段以砂岩为主, 具正粒序层理, 有别于内扇相 a 段的砾岩和含砾砂岩。

该相的上部富含平行层面的牧食迹化石。这些遗迹化石的分异度高而丰度低, 个体非常小, 个体宽度一般小于 1 mm, 常见的分子有 *Helmithoidea* sp (图版 -4)、*Megagraption* sp (图版 -8)、*Protopalaeodictyon* 和? *Nereites* (图版 -6), 属于浊积岩相中 *Nereites* 遗迹相^[22]的典型分子。虽然 *Nereites* 遗迹相的划分还存在很大争议, 晋慧娟等^[23]认为应该由浊流事件前和事件后形成的两大类遗迹组合的概括, 认为把该遗迹相仅仅解释为浊流事件前的遗迹组合则不够完善, 应把事件后形成的遗迹, 如 *Skolithos*, *Nereites*, *Scolicia* 等包括在内; 而张国成等^[24]认为典型的遗迹相仅仅由事件前的遗迹所组成, 如 *Palaeodictyon*, *Nereites*, *Helmithoidea* 和 *Megagraption* 等。不管如何, 事件前遗迹组合是浊积相的典型组合, 反映的是半深海大陆斜坡环境。

3.2 果木沟组沉积相

果木沟组主要是一套陆源碎屑浊积岩, 总体上是一个向上变粗的序列, 是一个弱的海退过程。同样, 根据上述对浊积相的划分方案, 在果木沟组可识别出的浊积相有: A: 砾岩、含砾砂岩和角砾状灰岩相; B₁ 亚相: 粗砂岩相; B₂ 亚相: 中—细砂岩相; C: 细—粉砂岩相; D: 灰岩—泥页岩相。由下而上依次出现的沉积相为浊积扇中扇相和浊积扇内扇相, 其中浊积扇中扇相可分为下部的浊积扇中扇相非水道部分和上部的浊积扇中扇相水道部分。

3.2.1 浊积扇中扇相

浊积扇中扇相主要分布在果木沟组的下部, 整体上呈一个向上变粗的序列。下部为浊积扇中扇相非水道部分, 浊积相 B₂ 和 D 较发育, 主要以钙质板岩夹中—细粒的长石石英砂岩为主, 发育的沉积构造主要有正粒序层理、平行层理、板状交错层理、水平层理和底模构造。向上变粗, 以浊积相 B₂ 为主, 局部出现浊积相 A, 常见的鲍马序列组合有 ae 和 bce 组合 (图 3 、)。上部为浊积扇中扇相水道部分, 以浊积相 A、B₁ 和 B₂ 为主, 少量浊积相 C。岩性主要为中粗粒长石石英砂岩、含砾长石石英砂岩和角砾状灰岩夹薄层的微晶灰岩。发育的沉积构造有正粒序层理、平行层理, 水平层理, 板状交错层理, 滑塌构造, 常见的鲍马序列组合有 ae abcde 和 bde 组合 (图 3 、)。从该相沉积序列可知浊积扇中扇相的主要特点是: 平行层理发育, 鲍马序列的 b 段非常普遍, a 段主要为

属于 B₁ 和 B₂ 亚相, 仅在水道部分发育少量浊积相 A。

该相底部含遗迹化石 *Chondrites* sp. (图版 -5) 和 *Helmithoidea*, *Megagraption* 等典型的平行层面的事件前遗迹组合, 这些遗迹化石相对石关组中的遗迹化石个体变大, 寄主岩石颜色由深绿色变为暗红色。

3.2.2 浊积扇内扇相

浊积扇的内扇相分布在果木沟组的上部, 主要的浊积相有相 A, 以角砾状灰岩为主, 陆源碎屑含量较高 (图版 -1, 2, 3), 夹少量 B₂ 亚相和 D 相。与下部的浊积扇中扇相呈明显的冲刷面接触。该相发育的沉积构造主要有正粒序层理、平行层理 (图版 -4)、水平层理、包卷层理和滑塌构造, 另外, 在该沉积相的下部的砾岩中发育弱的叠瓦状排列, 这些砾岩分选差, 磨圆为次棱角—次圆状, 有别于稳定河流的叠瓦状构造, 这进一步说明在浊积扇内扇相存在河道沉积, 也为该相的划分提供了依据。主要的鲍马序列组合有 abe、abd 和 ac, 滑塌构造比浊积扇中扇相更发育, 这与浊积扇近端相与中端相的坡度有关^[3]。该相的主要特征是浊积相 A 非常发育, 鲍马序列的 a、b 段非常常见, 有时还可见磨圆差的砾石的叠瓦状排列, 滑塌构造发育。

整个果木沟组由下而上呈一个明显的变粗、变厚的序列, 由浊积扇中扇无水道部分过渡到浊积扇中扇水道部分, 再过渡到浊积扇的内扇水道部分。呈一个较完整的海底扇反旋回的沉积序列。T. K. Lee^[25]认为从浊积扇的外扇到中扇的序列是一个向上变厚、变粗的序列。

3.3 江里沟组浊积岩段沉积相

江里沟组浊积岩段整体上颗粒较细, 是一套不纯的内碎屑浊积岩, 以 C 和 D 浊积岩相为主, 少量的 B₃ 浊积相。由下而上出现的沉积相依次为浊积扇外扇相和浊积扇的中扇相, 其中浊积扇中扇相占江里沟组浊积岩段的绝大部分。外扇相出现的浊积相为浊积相 D, 少量浊积相 B₃, 岩性主要为泥质灰岩和砂屑灰岩。常见的鲍马序列组合为 de 组合。向上过渡为浊积扇中扇相, 主要以浊积相 C、D 和 B₃ 为主, 主要岩性为砂屑灰岩, 泥质灰岩, 上部为少量长石石英砂岩, 钙质板岩, 整体上是一个向上弱变粗的序列。发育的沉积构造主要有正粒序层理、平行层理 (图版 -5)、板状交错层理 (图版 -6)、水平层理、包卷层理 (图版 -7) 和少量滑塌构造, 其中正粒序层理非常发育, 但与果木沟组的正粒序层理有很大不同, 该段的粒序层理属于 B₃ 浊积相, 颗粒非常小, 且主要出现在砂屑灰

岩中。属于浊积扇中扇相沉积。该相中常见的鲍马序列组合有 ah acd abd ad ac abc 和 bc 组合 (图 4)。在该段中出现了数层火山岩岩脉。

4 沉积环境分析

通过对该套地层详细的沉积相分析, 作者认为该套地层主要形成于大陆斜坡地区, 由于重力流事件, 在斜坡边缘或海底沟谷地区形成浊积扇沉积。从沉积相的垂相变化来看, 局部时间位于浊积扇的远端与深水盆地的交结处, 也有处于斜坡脚下的深切水下水道环境。根据从晚二叠世晚期—早三叠世的岩性变化、沉积相变化和产出的遗迹化石特点, 作者初步恢复了这时段的古海平面变化。从石关组到果木沟组,

岩石的颜色由深绿色变成灰色, 局部为暗紫红色, 说明当时水体变浅, 氧含量有所增加; 另外, 从石关组到果木沟组, 遗迹化石的个体变大。果木沟组整体是一个向上变粗的序列, 与浊积扇的反旋回序列一致, 这说明果木沟组整体是一个海平面下降的过程。从果木沟组到江里沟组下段, 海平面上升, 水体变浅。江里沟组整体上为一套颗粒较细的不纯的内碎屑浊积岩。当然, 在各组内部还有次一级的海平面变化。

在该剖面石关组上部出露了数层火山岩, 经探针分析岩性主要为玄武岩、玄武质安山岩和安山岩, 寇晓虎等^[26]通过对其微量元素和稀土元素的分析认为其形成环境与岛弧钙碱性—过渡拉斑玄武岩具有很强的相似性, 属于板块俯冲碰撞的活动裂隙槽大陆边

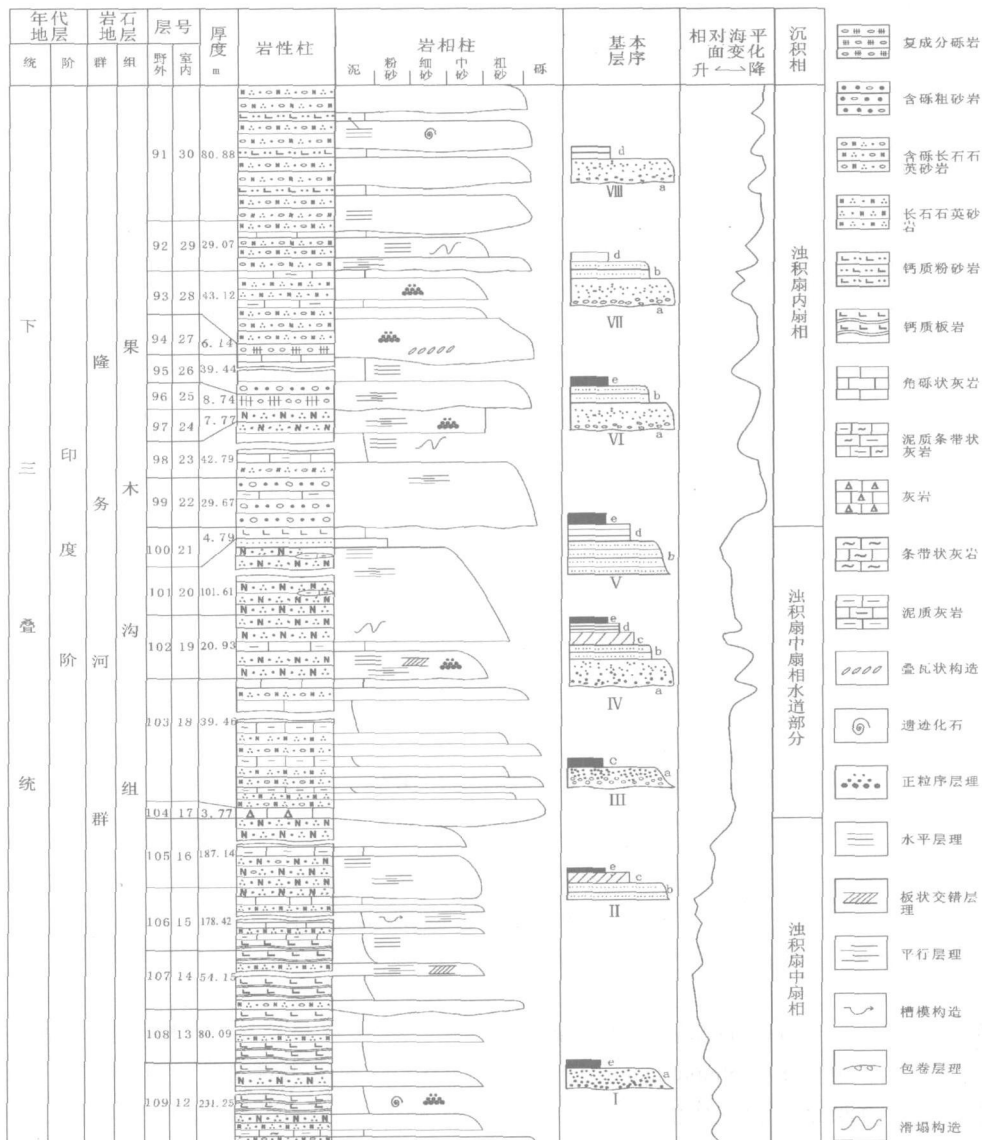


图 3 早三叠世印度期隆务河群果木沟组综合岩性柱状图

Fig 3 Integrated lithology histogram of Guomugou Formation of Longwuhe Group of Induan, Early Triassic

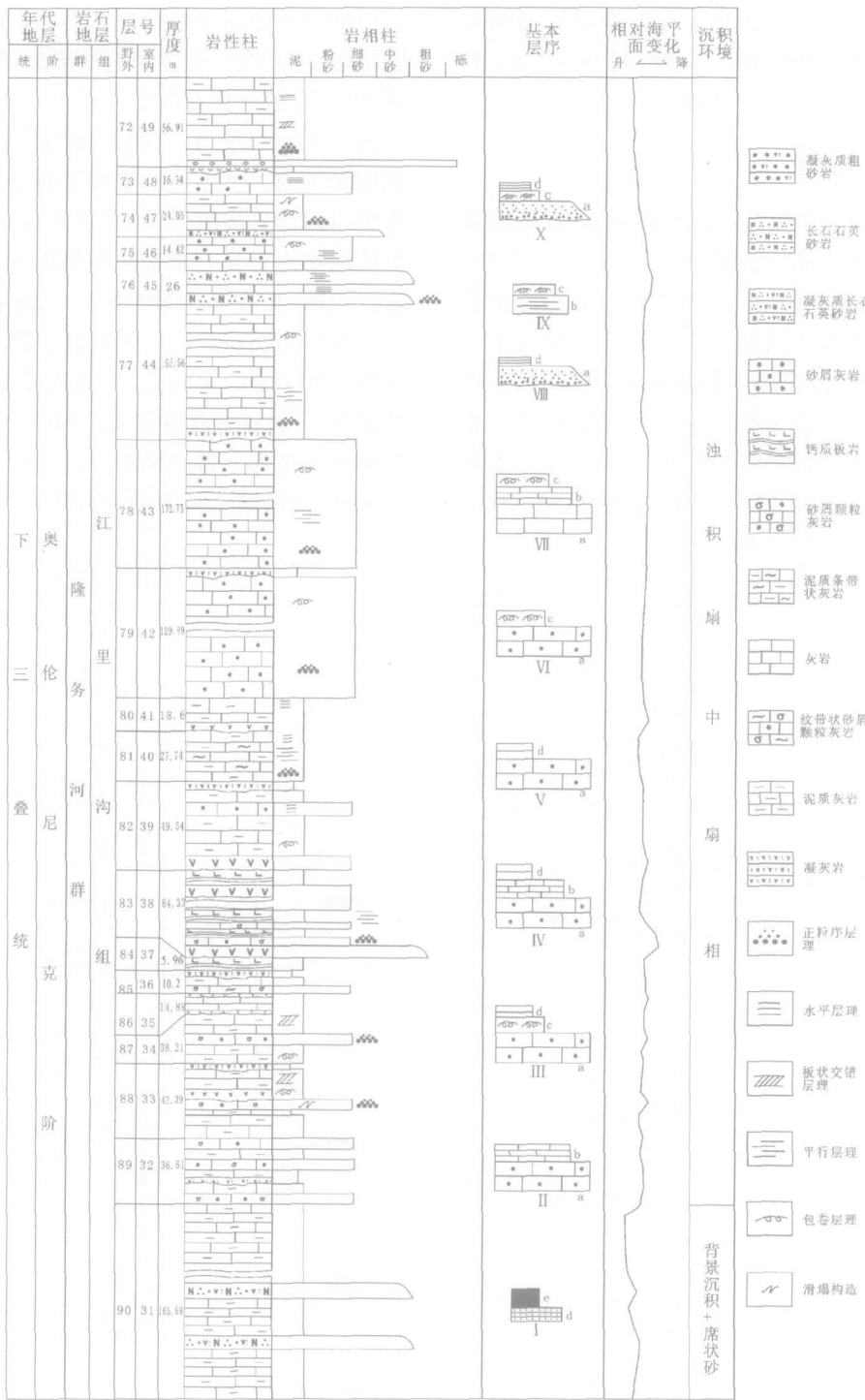


图 4 早三叠世奥伦尼克期隆务河群江里沟组浊积岩段综合岩性柱状图

Fig 4 Integrated lithology histogram of turbidite member of Jiangli gou Formation of Olenek in Early Triassic

缘。下三叠统果木沟组的陆源碎屑浊积岩的碎屑颗粒中砾、中—粗粒砂含量较多。Sharmugan^[27]根据现代被动大陆边缘密西西比扇和古代活动大陆边缘埃乔扇的对比,指出了被动大陆边缘浊积岩中富含泥;而活动大陆边缘的浊积岩中沉积物富砂。因此,

下三叠统果木沟组的沉积环境可能为活动大陆边缘地区,这与火山岩夹层的地球化学特征反映的沉积环境相似。下三叠统江里沟组下部主要为一套不纯的内碎屑浊积岩,杜德勋等^[28]指出内源浊积岩的广泛分布可代表盆地处于稳定沉陷时期,与均匀缓慢下降

的构造活动相对稳定相联系,海平面高,陆棚带宽阔,碳酸盐沉积作用活跃,陆源物质主要被限制在滨岸带,使得斜坡和盆地比较发育碳酸盐浊积岩。也与 Shanmugan^[27]的细粒浊积岩有一定的相似性,说明在早三叠世奥伦尼克期西秦岭地区构造较稳定。

通过上面的分析可知,西秦岭地区在晚二叠世长兴期和早三叠世印度期构造活动强烈,为活动型大陆边缘,海水逐渐变浅。而在早三叠世奥伦尼克期早期,西秦岭地区构造活动较稳定,海平面逐渐上升。

5 结论

通过对青海省同仁至尖扎地区晚二叠世至早三叠世剖面详细的岩石地层研究,由下而上划分出上二叠统石关组、下三叠统果木沟组和下三叠统江里沟组三个组级岩石地层单位,并将江里沟组划分为下部的浊积岩段和上部的风暴岩段。初步确定了该区的二叠—三叠系界线。通过对该剖面详细的沉积相分析,认为石关组、果木沟组和江里沟组浊积岩段处于大陆斜坡边缘半深海环境,其中石关组和果木沟组处于活动裂陷槽大陆边缘,而江里沟组浊积岩段处于构造较稳定区,即在华北板块与扬子板块碰撞过程中并不是一直处于活动状态,中间可能存在一段时间的稳定期。在海平面变化上表现为从晚二叠世到早三叠世印度期为一次海退作用;早三叠世印度期到奥伦尼克期早期为一次海侵作用。

致谢 参加野外工作的还有中国地质大学(武汉)的赖旭龙、樊光明教授,Wellon Elizabeth博士,陈奋宁、郑志敏同学,在此表示感谢;感谢中国地质大学(武汉)吴顺宝教授,龚一鸣教授在化石鉴定方面的指导!

参考文献 (References)

- 江新胜,潘桂棠,颜仰基,等. 秦、祁昆交接区三叠纪沉积相格架及构造古地理演化. 四川地质学报, 1996, 16(3): 204-208 [Jiang Xirsheng Pan Guitang Yan Yangji *et al* Triassic sedimentary framework and tectopaleogeographic evolution of the junction of the Qinling Qilian and Kunlun Orogenic Belts *Acta Geologica Sichuan*, 1996, 16(3): 204-208]
- 冯益民,曹宣铎,张二朋,等. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质. 西北地质, 2003, 36(1): 1-10 [Feng Yinmin Cao Xuanduo Zhang Eipeng *et al* Tectonic evolution framework and nature of the West Qinling Orogenic Belt *Northwestern Geology*, 2003, 36(1): 1-10]
- 晋慧娟,李育慈. 西秦岭造山带中三叠统复理石相研究. 沉积学报, 2001, 19(3): 321-326 [Jin Huijuan Li Yuci A study on Middle Triassic Flysch Facies in West Qinling Orogenic Belt *Acta Sedimentologica Sinica* 2001, 19(3): 321-326]
- 晋慧娟,李育慈,方国庆. 西秦岭古代地层记录中内波、内潮汐沉积及其成因解释. 沉积学报, 2002, 20(1): 80-84 [Jin Huijuan Li Yuci Fang Guoqing Internal wave and internal-tide deposits in the paleostratigraphic record of the West Qinling Mountains and their origin. *Acta Sedimentologica Sinica* 2002, 20(1): 80-84]
- 李永军,赵仁夫,刘志武,等. 西秦岭三叠纪沉积盆地演化. 中国地质, 2003, 30(3): 268-273 [Li Yongjun Zhao Renfu Liu Zhiwu *et al* Triassic sedimentation and basin evolution in the western Qinling *Geology in China*, 2003, 30(3): 268-273]
- 赵江天,等. 甘肃合作地区早、中三叠世盆地—斜坡沉积环境分析. 岩相古地理, 1991, 5: 37-44 [Zhao Jiangtian *et al* Sedimentary environment analysis of early/middle Triassic basin-slope in Huzhou area Gansu. *Lithofacies Paleogeography*, 1991, 5: 37-44]
- 何海清. 西秦岭早三叠世沉积特征及其构造控制作用. 沉积学报, 1996, 14(1): 86-92 [He Haiqing Early Triassic sediments and their tectonic controlling factors West Qinling *Acta Sedimentologica Sinica* 1996, 14(1): 86-92]
- 杨逢清,王治平,朱世宏. 四川松潘马拉墩晚三叠世侏罗组的遗迹化石及沉积环境. 岩相古地理, 1996, 第16卷第2期, 34-41 [Yang Fengqing Wang Zhiping and Zhu Shihong The Late Triassic Zhuwo Formation in Maladun, Songpan, Sichuan: trace fossils and their depositional environments *Lithofacies Paleogeography*, 1996, 16(2): 34-41]
- 杨逢清,王红梅,杨恒书,等. 四川若尔盖唐克晚三叠世卡尼期侏罗组陆隆沉积环境分析. 沉积学报, 1996, 14(3): 56-63 [Yang Fengqing Wang Hongmei Yang Hengshu, *et al* Late Triassic Carnian continental rise environment analysis of Zhuwo Formation in the Tanggor area, Zoige, Sichuan *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996, 14(3): 56-63]
- 杨逢清,熊伟. 四川省壤塘县金木达晚三叠世深水沉积中的遗迹化石及沉积环境分析. 沉积学报, 2000, 18(1): 74-80 [Yang Fengqing and Xiong Wei Late Triassic deep water trace fossils and their sedimentary environment in the Jimuda, Rangtang, Sichuan. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000, 18(1): 74-80]
- 杨逢清,王治平,杨恒书. 四川省若尔盖县巴西—吉球地区晚三叠世遗迹化石及遗迹相. 中国区域地质, 1997, 16(3): 291-296 [Yang Fengqing Wang Zhiping and Yang Hengshu Late Triassic trace fossils and ichnofacies in the Baxi-Qiujie Area, Zoige, Sichuan *Regional Geology of China* 1997, 16(3): 291-296]
- 晋慧娟,李育慈. 西秦岭二叠纪—三叠纪遗迹化石及其环境意义. 地质科学, 1995, 30(4): 321-328 [Jin Huijuan and Li Yuci Trace fossil and their environmental significance of Permian-Triassic, West Qinling Mountains *Scientia Geologica Sinica*, 1995, 30(4): 321-328]
- 晋慧娟,李育慈. 西秦岭北带泥盆纪 Nereites 遗迹相及其环境分析. 沉积学报, 1998, 16(1): 15-22 [Jin Huijuan and Li Yuci Nereites trace facies (Devonian) in the northern belt of West Qinling Mountains and its environment analysis *Acta Sedimentologica Sinica* 1998, 16(1): 15-22]
- 佟再三. 青海尖扎哈玉沟三叠系浊积扇与风暴流沉积的发现及

- 其基本特征. 兰州大学学报(自然科学版), 1997, 33(2): 98-102
[Tong Zaisan. Discovery of the Triassic turbidity fans and tempestite at Hayugou Qinghai and their fundamental characteristics. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 1997, 33(2): 98-102]
- 16 Examples of ancient deep-sea fan deposits from circum-Mediterranean geosynclines. In: A conference on modern and ancient geosynclinal sedimentation, 1972.
- 17 P'kering K. T., Stow D A V., Watson M P., *et al.* Deepwater facies process and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth Science Review*, 1986, 23: 75-174
- 18 Stow D A V., and Johansson M. Deep water massive sands: nature, origin and hydrocarbon implications. *Marine and Petroleum Geology*, 2000, 17(1): 145-174
- 19 Bouma A H. Coarse-grained and fine-grained turbidite systems as end member models: applicability and dangers. *Marine and Petroleum Geology*, 2000, 17(1): 137-143
- 20 方爱民, 侯泉林, 李继亮, 等. 西昆仑库地混杂岩带中深海浊积岩的浊积相划分及其特征. *地质科学*, 2003, 38(1): 1-12 [Fang Aimin, Hou Quanlin, Li Jiliang, *et al.* Turbidite facies and their characteristics of abyssal turbidites in the Kuda Melange Belt in West Kunlun Xinjiang, China. *Chinese Journal of Geology*, 2003, 38(1): 1-12]
- 21 Anne G., Bruno S. *et al.* Present morphology and depositional architecture of a sandy confined submarine system: the Glob turbidite system (eastern margin of Corsica). In: Lomas S A., Joseph P., eds. *Confined Turbidite Systems*. 2004, 59-89
- 22 Biogenic sedimentary structures. In: Imbrie J. and Newell N., eds. *Approaches to paleoecology*, 1964, 296-316
- 23 晋慧娟, 李育慈. 古代深海遗迹化石群落在沉积学中的应用. *科学通报*, 1999, 44(2): 123-130 [Jin Huijuan and Li Yuci. The application of deep-sea trace fossils community in sedimentology. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(2): 123-130]
- 24 张国成, 李继亮. 东喀喇昆仑北坡三叠纪复理石中遗迹化石及地质意义. *地质科学*, 1998, 33(3): 257-266 [Zhang Guocheng and Li Jiliang. Triassic flysch trace fossils and their geological significance from East Karakorum Mountains, China. *Scientia Geologica Sinica*, 1998, 33(3): 257-266]
- 25 Lee T K. An integrated sedimentological-technological paleoenvironmental and paleo-ecological assessment of the upper Campanian Cedar District Formation, Upper Cretaceous Nanaimo Group, southwest British Columbia, 2002, 178
- 26 寇晓虎, 朱云海, 张克信, 等. 青海省同仁地区上二叠统石关组上部火山岩的新发现及其地球化学特征和构造环境意义. *地球科学*, 2007, 待刊 [Kou Xiaohu, Zhu Yunhai, Zhang Kexin, *et al.* Discovery and geochemistry of Upper Permian volcanic rocks in Tongren area, Qinghai Province and their tectonic significance. *Earth Sciences*, in press]
- 27 Shamugan G., Moidla R J. *et al.* Comparison of turbidite facies associations in modern passive-margin Mississippi Fan with ancient active-margin fans. *Sedimentary Geology*, 1988, 58(1): 63-77
- 28 杜德勋, 罗建宁, 惠兰. 巴颜喀拉三叠纪沉积盆地岩相与古地理——以阿坝—若尔盖盆地为例. *岩相古地理*, 1998, 18(1): 1-18 [Du Dexun, Luo Jianning and Hui Lan. Sedimentary facies and paleogeography of the Triassic sedimentary basins in the Bayan Har mountainous area: an example from the Aha-Zoige Basin, Sichuan. *Lithofacies Paleogeography*, 1998, 18(1): 1-18]
- 29 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. *Regional Geology of Qinghai Province*. Beijing: Geological Publishing House, 1991]

Sedimentary Facies Analysis and Sedimentary Environment Reconstruction from Late Permian to Early Triassic of West Qinling Area

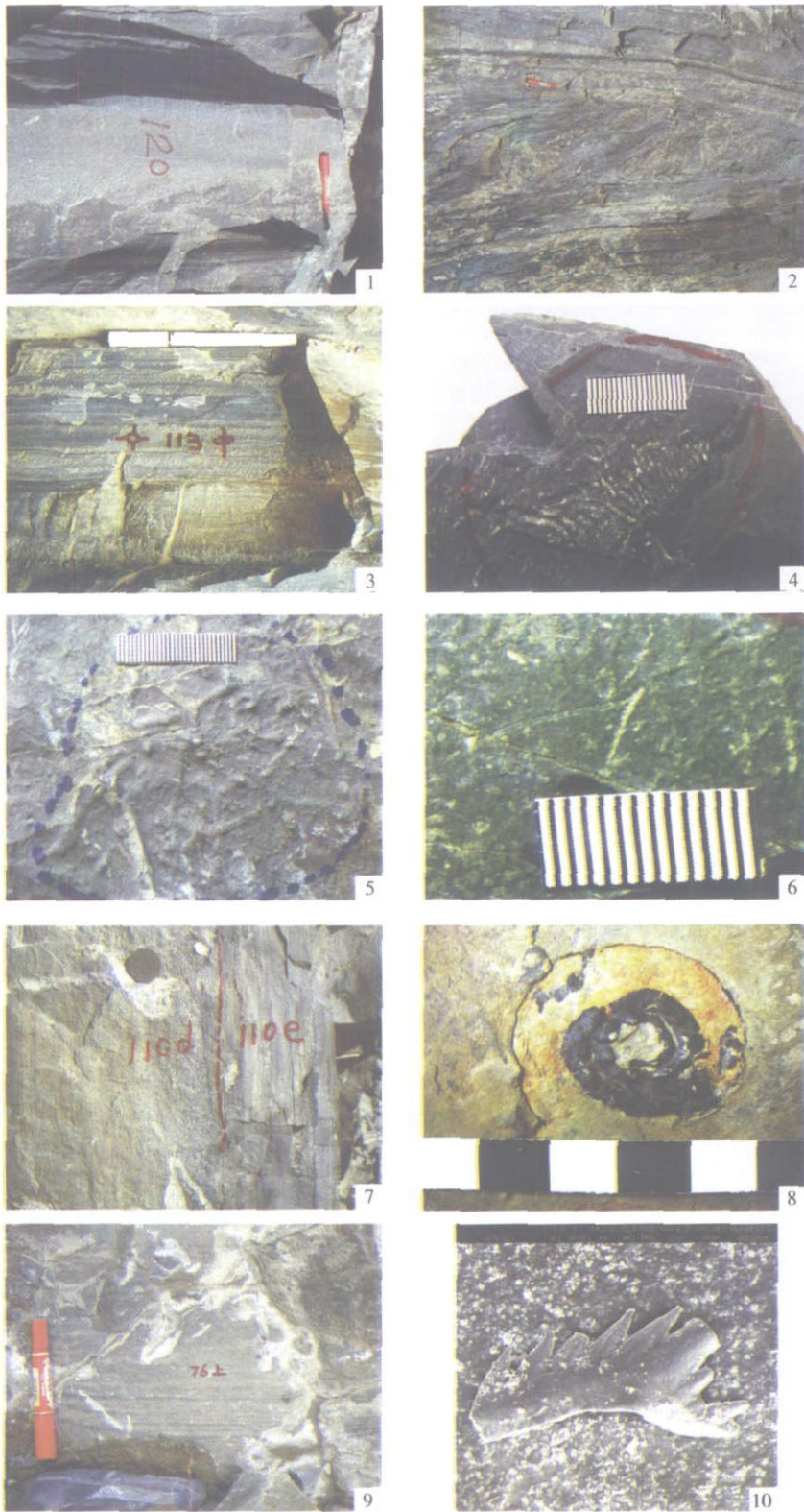
LUO Gen-ming^{1,2} ZHANG Ke-xin^{1,2} LN Qin-xiang¹ KOU Xiao-hu^{1,2}
ZHU Yun-hai¹ XU Ya-dong^{1,2} SHI Bin¹

(1 Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074

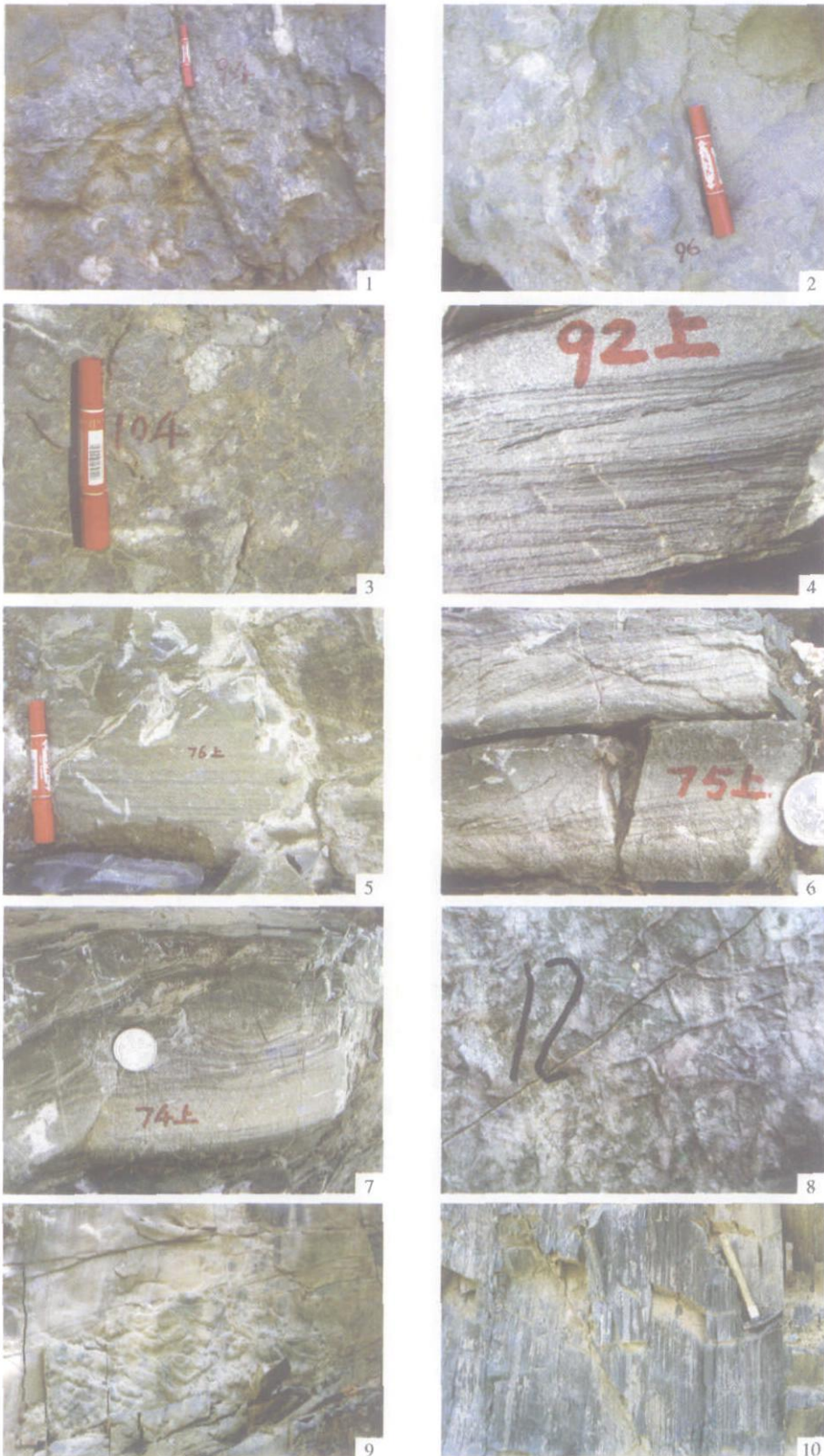
2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract Tongren area of Qinghai province is located on the copulae of Qilian and Qinling orogene, of which the structure evolution history is very famous. A continuous Permian-Triassic stratum was found in Longwuhe area during this work. In ascending order, this section is divided into Shiguan Formation of upper Permian, Guomugou Formation and Jiangligou Formation of lower Triassic, while Jiangligou Formation is divided into turbidite Member at the lower and tempestite Member at the upper. Primary Permian-Triassic Boundary is defined in this work. Sedimentary sequence, sedimentary facies and sediments indicate the Shiguan Formation of upper Permian and Guomugou Formation of lower Triassic are terrigenous clastic turbidite, while the lower parts of Jiangligou Formation of lower Triassic is intraclast turbidite and upper is tempestite. According to the sedimentary facies and geochemistry of interlayer igneous rock, the Shiguan Formation and Guomugou Formation were located at active hemipelagic continental margin, while the Turbidite Member of Jiangligou Formation was located at steady hemipelagic continental margin. The sea level turns down and the sedimentary environment transited into neritic shelf during the tempestite Member of Jiangligou Formation. Based on the sedimentary facies characteristic, this paper reconstructed the eustatic changes during Late Permian and Early Triassic.

Key words sedimentary facies, sedimentary environment, west Qinling, Late Permian, Early Triassic



图版 说明: 1 鲍马序列及冲刷面; 2 滑塌构造; 3. 水平层理硅质灰岩, 浊积扇外扇相; 4. 遗迹化石 *Helminthoida* sp.; 5. 遗迹化石 *Condrites* sp.; 6 ? 遗迹化石 *Nereites* sp.; 7 鲍马序列 ab组合; 8 菊石 *Stephanites* sp.; 9 平行层理, 浊积扇中扇相; 10. 牙形石 *Xaniognathus elongates*



图版 说明: 1~3 角砾状灰岩, 浊积扇内扇和水道相; 4 含砾粗砂岩, 平行层理, 浊积扇内扇相; 5 中细粒长石石英砂岩, 平行层理, 浊积扇中扇相; 6 中细粒长石石英砂岩, 交错层理, 浊积扇中扇相; 7 砂屑灰岩, 包卷层理, 浊积扇中扇相; 8 遗迹化石, *Megaporton* sp.; 9 槽模构造; 10 水平层理的硅质灰岩, 浊积扇外扇相, 石关组上部。