

文章编号: 1671-1505(2006)02-0175-12

藏南古错地区上侏罗统上部和下白垩统沉积相<sup>\*</sup>胡修棉<sup>1</sup> 王成善<sup>2</sup> 李祥辉<sup>3</sup> 陈 蕾<sup>1</sup>

1 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093

2 中国地质大学(北京)青藏高原地质研究中心, 北京 100083

3 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都 610059

**摘 要** 基于野外剖面和室内沉积学研究, 对古错地区侏罗纪末期—早白垩世地层进行详细描述和修订, 识别出6种主要岩相类型: 红褐色(风化色)石英砾岩, 灰色—黄绿色岩屑砾岩, 灰白色石英砂岩, 灰色—黄绿色岩屑砂岩, 灰色—黄绿色长石岩屑砂岩, 灰色、深灰色、黑色页岩。发现粒序层理、水平层理、平行层理、板状交错层理、丘状交错层理等层理构造、波痕和槽模层面构造、重荷模和砂岩岩墙变形构造以及侵蚀面构造、叠瓦状构造、硬底、结核等沉积构造和生物遗迹。识别出三角洲(包括三角洲前缘亚相和前三三角洲亚相)和陆棚(包括受风暴影响的陆棚相亚相和深水陆棚相亚相)两类沉积相, 其中三角洲前缘亚相进一步划分为水下分流河道、分流河口砂坝和远砂坝等微相。建立了侏罗纪末期—早白垩世沉积相序及其演化, 并在此基础上分析了沉积环境变化。

**关键词** 西藏 古错 沉积相 上侏罗统 下白垩统

**第一作者简介** 胡修棉, 男, 1974年生, 2002年毕业于成都理工大学, 获理学博士学位, 现为南京大学地球科学系副教授, 从事沉积地质学研究。E-mail: huxm@nju.edu.cn。

**中图分类号**: P512.2 **文献标识码**: A

## Sedimentary facies of the uppermost Jurassic and Lower Cretaceous in Gucuo area, southern Tibet

Hu Xiumian<sup>1</sup> Wang Chengshan<sup>2</sup> Li Xianghui<sup>3</sup> Chen Lei<sup>1</sup>

1 Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu

2 Geological Centre of the Qinghai-Tibetan Plateau, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083

3 School of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan

**Abstract** Based on the detailed field observation and sedimentological studies, the strata of the Late Jurassic - Early Cretaceous in the Gucuo area, southern Tibet were described and amended. Six types of lithofacies were recognized including rufous (weathered color) quartzose conglomerates, gray greenish pyroclastic conglomerates, gray-whitish sandstones, gray-greenish pyroclastic sandstones, gray-greenish lithic arenite, gray and dark gray black shales. Many sedimentary structures were discovered including normal grading beds, parallel lamination, planar cross-bedding, low-angle cross

\* 国家自然科学基金项目(编号: 40302017); 国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2006CB701400)资助

收稿日期: 2005-08-23 改回日期: 2005-11-10

bedding, hummocky cross-bedding, ripples, flute cast, load casts, sandstone dikes, erosion surface, imbrications, hard grounds, as well as lots of concretions and bioturbations. Two types of sedimentary facies were recognized in the Gucuo area, *i. e.* delta (including delta front and prodelta) and shelf (including storm-influenced shelf and open deep shelf). The delta front facies can be further divided into subaqueous distributary channels, mouth bar, and far bar. The vertical facies association of the Gucuo section was established, which allows us to discuss the evolution of the sedimentary environments.

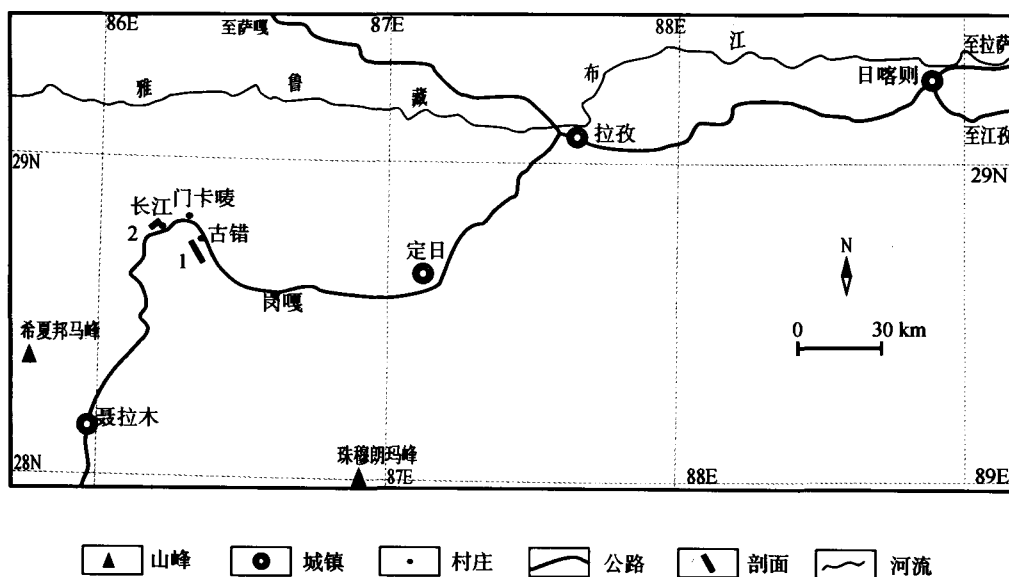
**Key words** Tibet, Gucuo, sedimentary facies, Upper Jurassic, Lower Cretaceous

**About the first author** Hu Xiumian, born in 1974, graduated from Chengdu University of Technology in 2002 with a doctoral degree. Now he is an associate professor at the Department of Earth Sciences, Nanjing University, and is mainly engaged in the research of sedimentary geology. E-mail: huxm@nju.edu.cn.

### 1 引言

西藏南部聂拉木县古错地区(图 1)侏罗纪末期一早白垩世地层连续, 构造相对简单, 化石丰富, 尤其是菊石类和双壳类化石最为丰富, 古错剖面被认为是我国研究海相侏罗纪一早白垩世沉积的最佳剖面之一(刘桂芳和王思恩, 1987; 刘桂芳, 1988; 姚培毅等, 1990), 位于中尼公路西侧的古错村后山。1966—1968 年王义刚和张明亮发现该剖面并对其做了初步研究(王义刚和张明亮, 1974)。20

世纪 80 年代初, 余光明等(1983)对该剖面进行了重新测制, 发现地层层序倒转, 进而对其进行了修订。在此基础上, 古生物学家又重新对古错剖面进行了较为系统和详细的研究, 自下而上建立了古错一组至古错五组, 发现了大量的菊石动物群(刘桂芳和王思恩, 1987; 徐钰林等, 1990)和双壳动物群(姚培毅等, 1990; Li 和 Grant-Mackie, 1994; 苟宗海, 1997), 为该剖面地层划分提供了坚实的生物地层学基础。



▲ 山峰    ● 城镇    • 村庄    公路    剖面    河流

1—古错剖面; 2—长江剖面

图 1 藏南实测剖面位置

Fig. 1 Location of the studied sections in southern Tibet

相对于生物地层而言, 古错地区沉积学工作相对比较薄弱, 并且存在认识上的分歧。姚培毅等(1990)根据岩性、岩相组合, 认为古错一组属于潮坪沉积, 之上属于陆棚沉积。史晓颖(2000 a, b)根据古错地区发现的重力流沉积和层序地层以及沉积相分析, 认为古错地区下白垩统发育海底扇沉积。随后, 根据古错、岗巴和江孜地区同时代沉积的研究, 进一步识别出藏南地区海底扇5个亚相, 并划分陆源碎屑海底扇组合和硅质海底扇组合(岳来群等, 2003)。与之相邻的特提斯喜马拉雅北带侏罗纪末期也出现一套以石英砂岩为主的陆源碎屑岩, 被称之为维美组, 对其沉积环境也有2种不同的认识, 滨浅海(江新胜等, 2003)和深海、次深海(余光明和王成善, 1990; 李祥辉等, 2000)。为了更深入认识侏罗纪末期一早白垩世广泛分布在特提斯喜马拉雅地区的陆源碎屑岩的沉积环境, 近年来, 作者详细实测了古错剖面, 同时还根据研究需要测制了其西侧的长江剖面, 发现了大量可指示沉积相的证据, 为进一步认识该地区侏罗纪末期一早白垩世沉积演化提供了新依据。

古错地区大地构造位置属于特提斯喜马拉雅南带(Wang *et al.*, 1996), 侏罗纪一早白垩世位于印度被动大陆边缘的北缘。自二叠纪一早三叠世初始裂解之后(Garzanti, 1999), 晚三叠世以来一直到白垩纪末为稳定的被动大陆边缘发育阶段(余光明和王成善, 1990)。印度大陆从裂谷阶段向漂移阶段的转变发生在早白垩世(Powell *et al.*, 1988, Patzelt *et al.*, 1996), 之后快速向北漂移, 并于白垩纪末与拉萨板块发生初始碰撞(Yin 和 Harri-

son, 2000; 王成善等, 2003)。古错地区早白垩世地层记录了印度大陆从裂谷阶段向漂移阶段的转变, 对其深化研究(如物源区分析)有利于更好地理解印度大陆的最后裂解过程, 因而具有重要的科学意义(另文讨论)。

## 2 地层

本次研究对古错地区的古错剖面(图2, 图3)和长江剖面进行详细的测制, 系统观测沉积结构和构造, 并与前人剖面进行对比。地层系统仍沿用刘桂芳和王思恩(1987)划分的古错一组至古错五组。以古错一组至古错四组地层为重点, 对剖面进行较大的补充描述和修订, 修订后的古错剖面由上而下描述如下。

### 古错五组

未见顶。

第21层 灰色、灰黑色页岩夹薄层砂岩、细砂岩、粉砂岩, 含丰富铁质和结核, 产菊石。黑色页岩内见外来的微晶灰岩块。厚度大于500 m。

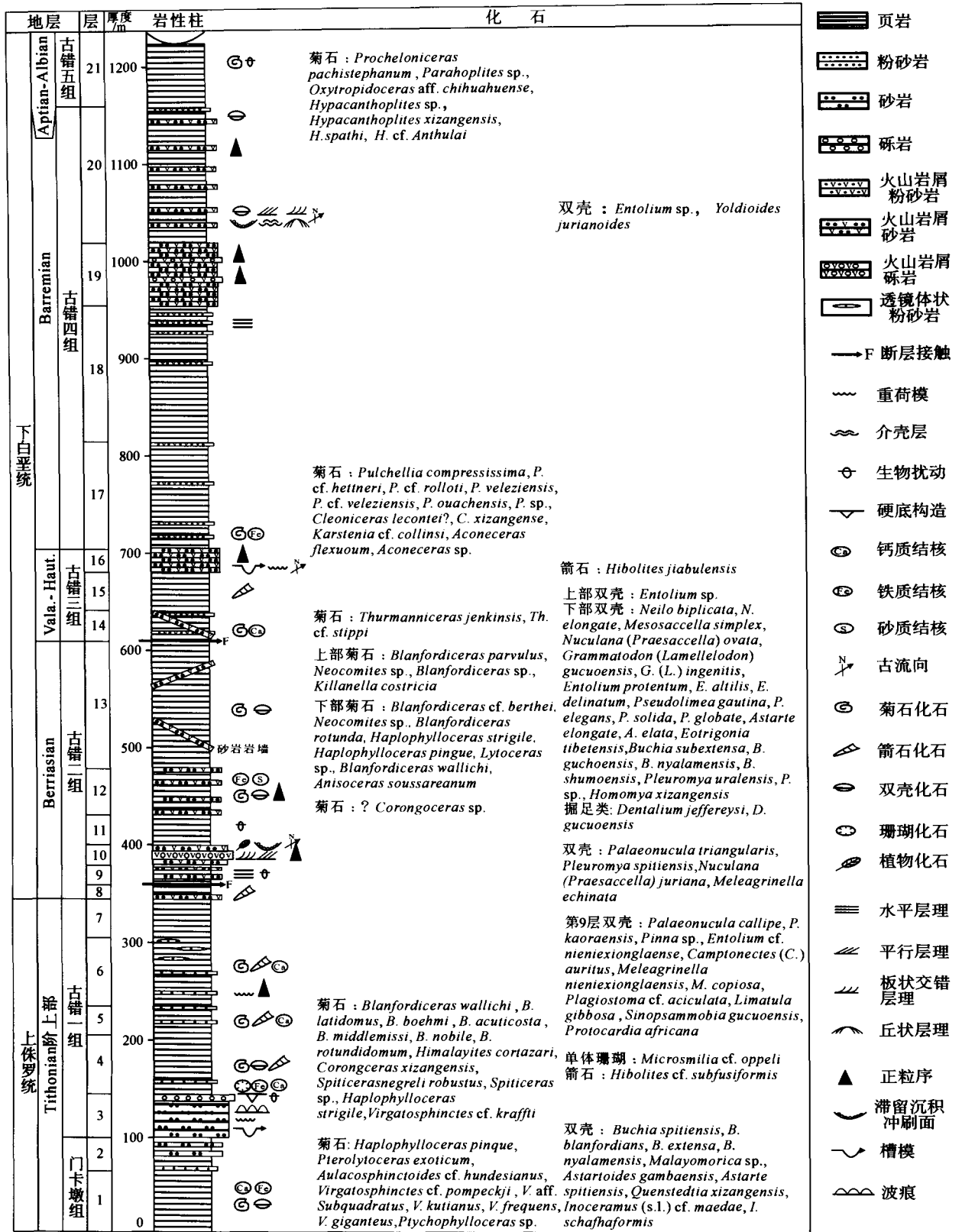
### 古错四组 厚457 m

第20层 底部灰白色(风化色)粉砂质页岩, 局部粉砂岩, 夹暗灰色(风化色黄灰色)细一中粒砂岩, 底部见泥砾。砂岩见水平层理、平行层理、丘状层理。向上, 出现2套风暴细砾岩夹砂质页岩。细砾岩底部见明显的双壳碎片富集, 构成介壳层, 并见平行层理、丘状交错层理。之上, 青灰色(风化色黄灰色)火山岩屑中一细粒砂岩与火山灰质细砂岩不等厚互层(厚19 m), 砂岩球状风化, 向上逐



图2 藏南古错剖面远观照片(显示剖面层号)

Fig.2 Panoramic photo of Gucuo section in southern Tibet



注: Vala.—Haut. 代表 Valanginian-Hauterivian

图 3 藏南古错剖面综合地层柱状图

Fig. 3 Histogram of Gucuo section in southern Tibet

渐过渡到砂质页岩, 渐变接触。上部粉砂质页岩与细—中粒岩屑砂岩不等厚互层, 砂岩单层厚度 10~20 cm, 砂岩底部为一冲刷面, 局部出现粗粒, 显示正粒序结构, 平行层理、低角度丘状交错层理常见, 显示风暴沉积性质。出现火山灰质沉积, 风化后为灰白色条带。顶部产双壳类。该层相当于刘桂芳和王思恩(1987)(简称刘氏, 下同)第 15 层。厚 144 m。

第 19 层 深灰色薄—中层粉砂岩—细粒岩屑杂砂岩, 下部由下向上砂粒由细变粗(粉砂—细粒—中粒), 层厚由薄变厚, 偶见长石岩屑砂岩中含燧石小砾石(大小一般 0.2~0.5 cm, 最大 1~2 cm)。上部砂粒由下向上由粗变细。本层见大型楔状交错层理, 由下向上尖灭。底部为深灰色含泥质粉砂岩—细砂岩。该层相当于刘氏第 14 层。厚 63 m。

第 18 层 深灰色(风化后呈土黄—灰白色)钙质页岩, 上部为黑色、灰绿色、黄绿色页岩夹褐黄色砂岩。顶部砂质成分增加。粉砂岩中见水平层理。厚 140 m。

第 17 层 深灰色含粉砂钙质页岩, 风化后呈灰白色, 底部夹少量薄层泥质粉砂岩, 下部含少量铁质结核(直径约 1.5~5 cm)。含丰富的菊石。厚 110 m。

第 17~18 层相当于刘氏第 13 层。

#### 古错三组 厚 96 m

第 16 层 灰绿色中—厚层岩屑砂岩(风化面褐红色), 砂岩底部见大量重荷模及槽模, 指示向西北的古水流方向。该层相当于刘氏第 12 层, 姚培毅等(1990)(简称姚氏, 下同)第 11 层。厚 22 m。

第 15 层 深灰色钙质页岩, 产箭石。厚 40 m。

第 14 层 中下部深灰色粉砂质泥岩、钙质页岩, 岩屑砂岩岩墙发育, 见少量圆球状钙质结核, 产菊石; 上部灰色页岩夹薄层粉砂岩。粉砂岩段内见鲍玛序列, 多发育 c, d, e 段, 见流水沙纹交错层理和水平层理。厚 34 m。

第 14~15 层相当于刘氏第 11 层, 姚氏第 10 层。

——断层接触——

#### 古错二组 264 m

第 13 层 下部灰、深灰色、黑色页岩, 书页

状, 局部风化成灰白色; 上部灰黑色泥质粉砂岩、粉砂质页岩夹少量细砂岩, 具水平层理, 含钙质结核。广泛出现岩屑砂岩岩墙。下部页岩中产菊石、双壳类化石。该层相当于刘氏第 10 层, 姚氏第 8~9 层。厚 130 m。

第 12 层 下部中细粒岩屑砂岩与粉砂质页岩不等厚互层。下部砂质组分高, 向上粉砂质页岩增多。发育大的粉砂质和铁质结核。砂岩底部见少量的细砾块; 中部灰色、黄灰色、黑色页岩, 粉砂质页岩, 夹灰色含砾粗岩屑砂岩; 上部灰色页岩夹 4 层中薄层灰色、灰绿色、铁黄色火山岩屑砂岩, 铁质含量高, 褐铁矿化。顶底突变接触。上部含黑色钙质结核。产双壳类和菊石化石。厚 48 m。

第 11 层 下部页片状黑色页岩, 基本不含 CaCO<sub>3</sub>, 上部黑色粉砂质页岩, 夹 7 层灰色粉砂岩, 含丰富的结核。粉砂岩内见大量的生物扰动构造。厚 31 m。

第 10 层 下部青灰色中薄层中—粗粒火山岩屑砂岩夹黑色页岩, 具平行层理。显示正粒序结构, 底部粗粒砂岩, 顶部中粒。底部有生物爬行迹, 顶部见平行层理。向上, 出现 2 个正韵律的砂岩旋回, 由粗砂岩过渡到中砂岩; 之上, 出现中—薄层黄灰色、青灰色中粗粒火山岩屑砂岩, 上部含少量的砾块(页岩、石英和岩屑)。局部粗砂岩夹页岩, 构成软弱层。之上, 出现 4 个正粒序层共厚 1.4 m: 底部不连续出现砾岩透镜体, 下部为含砾粗砂岩, 向上, 逐渐过渡为粗—中砂岩, 局部出现含砾条带或富集成砾岩层。之上, 粗砂岩与中砂岩构成 12 个不等厚旋回, 共厚 6.7 m。该层最顶部为风化色黄灰色, 新鲜面青灰色, 含砾粗砂岩, 局部为细砾岩, 厚 2.4 m。见虫孔和植物化石, 古流向 NW15°(叠瓦状砾岩层)。厚 22 m。

第 10~12 层相当于刘氏第 7~9 层, 姚氏第 4~7 层。

第 9 层 为 2 个反韵律旋回。每个旋回内, 下部为深灰色砂质页岩, 向上逐渐过渡为钙质页岩与青灰色中粒岩屑砂岩不等厚互层, 顶部砂岩层增加, 其成分为粗粒岩屑砂岩。由下而上粒度增加, 砂层厚度增加。产双壳类化石。厚 21 m。

——断层接触——

第 8 层 黑色、黑灰色页岩夹灰色火山岩屑砂岩, 向上砂岩层厚和数量增加。岩屑砂岩内见箭石

模。厚 12 m。

第 8~9 层相当于刘氏第 6 层, 姚氏第 3 层。

**古错一组** 厚 245 m

第 7 层 页岩, 中上部覆盖 5 m。颜色多变, 有黑灰色、黄灰色、灰色等。厚 40 m。

第 6 层 深灰色、黑灰色页岩夹薄层砂岩、粉砂岩, 呈不连续薄层产出, 上部覆盖 10 m。砂岩层不连续呈透镜体状产出, 大透镜体厚 8 cm, 长约 1 m, 为粉砂岩, 显示正粒序结构。页岩中含少量钙质结核, 结核中产菊石及箭石碎片。厚 70 m。

第 5 层 深灰色—灰色钙质页岩夹灰色泥质粉砂岩, 风化后呈灰紫色—杂色, 含大量钙质结核, 结核中产菊石及箭石化石。厚 30 m。

第 4 层 底部夹一层铁红色铁质砂岩, 之上为灰黑色叶片状页岩。距底约 4 m 页岩内见大量浑圆状、直径为 2~5 cm 钙质结核, 结核内见大量的保存较好的单体珊瑚。页岩中普遍见 1~7 cm 大小的扁豆体钙质结核, 结核内含丰富的保存完好的菊石及少量箭石。厚 60 m。

第 4~7 层相当于刘氏第 5 层, 姚氏第 2 层。

第 3 层 浅灰色、灰白色厚层—块状中粒石英砂岩, 风化面呈褐黄色。石英砂岩层见重荷模、槽模。顶部见多层薄层砾岩或含砾石英砂岩, 砾块大小不等, 粒径几厘米到十几厘米。见大量的生物潜穴构造, 层面往下, 数量减少, 十几厘米后消失。砾石层厚约 0.3~1 m。该层相当于刘氏第 4 层, 姚氏第 1 层。厚 45 m。

**门卡墩组** 厚度大于 100 m

第 2 层 下部为灰黑色页岩夹黄绿色砂质页岩, 上部为黄绿色、灰色砂岩及页岩。该层相当于刘氏第 3 层。厚 35 m。

第 1 层 灰至深灰色及黑色页岩, 富含铁质、钙质结核, 产丰富的菊石及少量的双壳化石。该层相当于刘氏第 1~2 层。厚度大于 65 m。

剖面起点: GPS 位置: N28°46′55.8″; E86°19′12.9″。

结合 Yin 和 Enray (2004) 对部分化石的新认识, 门卡墩组时代为晚 Tithonian 期的早期, 古错一组时代为晚 Tithonian 期的中期, 古错二组时代大体为 Berriasian 期, 古错三组时代大体为 Valanginian—Hauterivian 期, 古错四组时代大体为 Barremian 期, 古错五组时代大体为 Aptian-Albian

期(刘桂芳和王思恩, 1987; 苟宗海, 1997; Yin 和 Enray, 2004)。侏罗纪—白垩纪界线限于研究程度和现有化石的稀少, 目前还很难准确界定。根据现有的菊石化石, 暂时把界线置于古错一组与古错二组之间(刘桂芳和王思恩, 1987; Yin 和 Enray, 2004)。

### 3 岩相特征和沉积构造

#### 3.1 岩相特征

古错地区侏罗纪末期—早白垩世沉积主要为一套陆源碎屑岩, 根据粒度和岩石成分的差异又可分为以下岩相类型。

##### 3.1.1 砾岩类

红褐色(风化色)石英砾岩 出现在古错一组, 剖面第 3 层顶部, 可见 2 层, 单层厚度 10~25 cm。砾石大小不等, 几厘米到十几厘米; 成分主要为石英砂岩, 风化严重, 泥质、铁质胶结。分选差, 磨圆较好。中间间隔 1 层 20~30 cm 含砾石英砂岩, 砾石较大, 多为十几厘米。层面波状起伏, 凹凸不平。由于砾石较容易风化, 以溶蚀洞孔形式出现。顶层面见大量的生物潜穴构造, 顶层面往下, 数量减少, 十几厘米后消失。

灰色—黄绿色岩屑砾岩 以细砾岩为主。碎屑总量 80%~85%, 填隙物 15%~20%。碎屑中以单晶石英、斜长石为主。岩屑以中基性火山岩为主。分选差, 磨圆差。颗粒支撑, 孔隙式胶结, 成分成熟度和结构成熟度低。

##### 3.1.2 砂岩类

灰白色石英砂岩 主要见于古错一组底部, 剖面第 3 层。以灰白色为特征, 局部风化后呈铁红色或灰黄色。石英含量大于 95%, 以单晶石英为主, 偶见多晶。分选和磨圆中等, 成分成熟度高, 结构成熟度中等(图 4-1)。

灰色—黄绿色岩屑砂岩 以中粗粒常见。碎屑物总量 80%~90%, 填隙物 15%~20%(图 4-2)。碎屑物中以单晶石英、斜长石为主。岩屑以中基性火山岩为主, 有玄武岩、安山岩、玻玄岩、粗面岩以及少量的凝灰岩等(图 4-2)。分选中等, 磨圆好。颗粒支撑, 孔隙式胶结, 成分成熟度低, 结构成熟度中偏高。

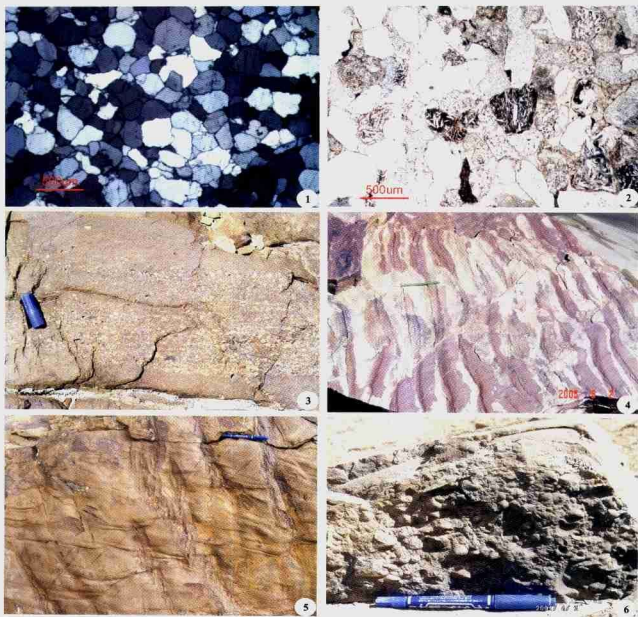


图4 研究剖面显微结构和沉积构造

Fig.4 Microtextures and sedimentary structures of the studied profiles

1—石英砂岩显微照片, 古错一组, 古错剖面, 样品 GC-s1-1, 正交偏光; 2—火山岩屑砂岩显微照片, 以玄武岩岩屑为主, 古错二组, 古错剖面, 样品 GC-136, 单偏光; 3—火山岩屑组砂岩中出现细碎岩条带, 显示正粒序层理, 古错二组, 古错剖面; 4—石英砂岩层顶部非对称波痕构造, 层面因风化呈红色, 古错一组, 长江剖面; 5—石英砂岩层底部槽模构造, 古错一组, 古错剖面; 6—贝壳层在风暴沉积底部富集, 古错四组, 古错剖面

灰色—黄绿色长石岩屑砂岩 以中细粒为主, 碎屑物总量 85%~90%, 填隙物 10%~15%。碎屑物中, 单晶石英多, 长石以斜长石为主, 见条纹长石、钾长石, 岩屑以中性、中酸性火山岩为主, 亦见沉积岩岩屑如硅质岩、粉砂岩和泥质岩

等。岩屑普遍绿泥石化。分选中等—好, 磨圆度部分差, 部分好。多为颗粒支撑, 孔隙式胶结。成分成熟度低, 结构成熟度变化大。

### 3.1.1.3 泥质岩类

灰色、深灰色、黑色页岩 以灰色粉砂质页岩

和黑色页岩最为常见。通常粉砂质页岩内含薄层砂岩。页岩内发育大量的结核和丰富的菊石、双壳等化石。

### 3.2 沉积构造

古错地区发育大量的沉积构造, 其中许多具有重要的指相意义。大体分 4 类介绍如下:

**层理构造** 砂岩中发育大量的层理构造, 包括粒序层理、水平层理、平行层理、板状交错层理、丘状交错层理。古错剖面的粒序层理广泛见于粗砂岩和细砾岩中, 显示由砾岩到粗砂岩或粗砂岩到中砂岩的过渡(图 4-3)。丘状交错层理仅见于风暴沉积层中。

**层面构造** 包括波痕和槽模。波痕仅发现于长江剖面石英砂岩顶部层面, 不对称直线一波曲形, 常见波长 8~12 cm, 波高 0.5~1 cm, 为水流不对称小波痕(图 4-4)。槽模构造(图 4-5)发现于第 3 层石英砂岩和第 16 层岩屑砂岩层底部。

**变形构造** 包括重荷模和砂岩岩墙。重荷模构造常与槽模构造共生。砂岩岩墙广泛见于古错二组上部和古错三组下部泥质岩中, 野外地层切割明显, 以岩墙形式出现。岩墙厚度几厘米至几米不等, 同一岩墙厚度变化大, 无定向性, 为同一期次产物。岩墙砂岩成分镜下观察系岩屑砂岩, 与上下地层砂岩成分一致, 为水成砂岩岩脉, 推测为软沉积侵入体成因(刘宝 等, 1982; 索书田和闻立峰, 2004)。

**其它重要的沉积构造** 侵蚀面构造、叠瓦状构造、硬底构造、结核和生物遗迹构造。侵蚀面构造与正粒序层理同时出现。叠瓦状构造仅见于细砾岩中, 由砾岩定向排列而成, 并可以指示古流向; 结核有钙质、铁质和粉砂质。钙质结核内多出现菊石、双壳和珊瑚等保存完好的化石。铁质结核多褐铁矿化。粉砂质结核出现在第 12 层, 顺层分布, 多为椭球体, 长轴多几厘米至几十厘米, 大者在 1 m 以上, 为成岩结核。

另外, 在古错一组和二组泥质岩内的砂岩夹层中发现小型的鲍玛序列, 多发育 c, d, e 段。这里需要指出的是, 鲍玛序列指示着浊流的出现, 但浊流并不一定要在深水斜坡环境下才出现。只要满足一定的斜坡和丰富的沉积物供应, 就有可能出现鲍玛序列, 如三角洲坡度较陡部分、陆棚边缘局部坡度较大部分。古错地区的三角洲正是发育在陆棚边

缘环境下, 在前三角洲或三角洲前缘远端局部发育浊流沉积。

## 4 沉积相分析

根据古错地区沉积岩相和沉积结构特征, 划分出三角洲相和陆棚相 2 大类沉积相。

### 4.1 三角洲相

三角洲相广泛见于古错一组到四组, 古错地区仅发育水下部分的三角洲前缘亚相和前三角洲亚相。

**三角洲前缘亚相** 发育有水下分流河道、河口砂坝和远砂坝 3 种微相。

水下分流河道为陆上分流河道的水下部分, 见于古错二组。以广泛发育冲刷面、正粒序层理、叠瓦状构造和底砾岩为特征(图 4-3)。见植物树干化石、生物扰动构造。水下分流河道主要以粗砂岩和中砂岩为主, 总体呈向上变细的特点。未发现菊石、双壳类等化石。

河口砂坝见于古错一组、三组和四组, 以中厚层砂岩为特征。在古错一组内, 河口砂坝的砂岩以石英砂岩为主, 成分和结构成熟度都高。见板状交错层理。层面顶部见流水波痕, 同时层面底部发育槽模和重荷模构造。为沉积于斜坡附近的陆棚边缘地区, 并且是海平面快速下降到陆棚边缘时期的沉积产物。

远砂坝见于古错一组内, 以中细粒砂岩为主。砂岩多呈中薄层透镜体状。常见水平层理。

**前三角洲亚相** 以泥质岩夹薄层粉砂岩为特征, 逐渐过渡到正常远洋深水陆棚沉积。广泛出现菊石类、双壳类生物以及发育生物扰动构造。

三角洲相在垂直剖面上, 显示明显的河控进积型沉积序列, 完整的序列由下而上为陆棚—前三角洲—远砂坝—河口砂坝—水下分流河道沉积(图 5)。

### 4.2 陆棚相

**受风暴影响的陆棚** 广泛见于古错四组。以出现风暴沉积层为特征。风暴层内以出现介壳层、平行层理、丘状层理为特征。介壳层由几毫米到几厘米的双壳碎片和粗砂岩组成, 双壳的凹面一致指向层面上部, 其底部为一明显的冲刷面(图 4-6)。风暴沉积的序列由下至上为介壳层、平行层理、丘状层理(图 6)。



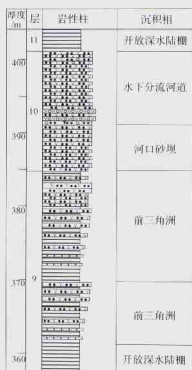


图5 古错剖面第9-10层  
进积型河控三角洲沉积序列, 图例见图3  
Fig. 5 Detailed sedimentary columns showing  
progressive river-delta facies in beds  
No.9-10, Gucuo section

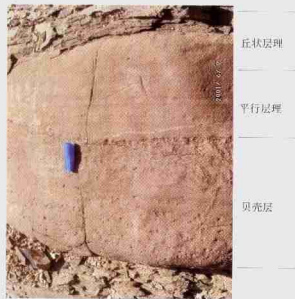


图6 古错剖面第20层风暴沉积序列照片  
Fig.6 Photo of storm bed in No.20, Gucuo section

开放深水陆棚 以发育深灰色、黑色页岩为特征, 局部出现薄层粉砂岩。广泛出现生物扰动构造、菊石、双壳等化石。

## 5 沉积环境演化

根据上述沉积相的讨论, 建立了沉积相序垂向上的演化(图7), 古错地区侏罗纪末期—早白垩世沉积环境及其演化过程如下:

侏罗纪末期门卡墩组晚 Tithonian 期的早期主要以黑色页岩沉积为主, 菊石和双壳丰富, 系开放的深水陆棚相沉积 (Westermann 和 Wang, 1988; 余光明和王成善, 1990); 上部海平面下降, 逐渐过渡到含砂页岩, 系三角洲前缘沉积。

晚 Tithonian 期的中期海平面快速下降至陆棚边缘地区, 在古错一组底部(第3层)出现分选和磨圆较好的石英砂岩, 为多旋回石英砂岩。出现波痕和槽模, 为三角洲前缘分流河口砂坝沉积。该层顶部出现明显的石英砂岩砾岩, 含丰富的铁质和泥质碎屑, 生物洞穴构造发育, 为明显的硬底构造, 代表着海平面的快速上升, 之上为开放深水陆棚沉积, 含大量的菊石、双壳和单体珊瑚。

Tithonian 末期古错一组中上部页岩中见薄层砂岩层, 向上过渡为透镜体砂岩层, 为前三角洲—远砂坝沉积, 顶部又出现深水陆棚相黑色页岩层。

早白垩世 Berriasian 期古错二组下部整体为一向上变粗的层序, 由深水陆棚页岩相过渡为前三角洲页岩夹砂岩相。至少出现 2 个反韵律旋回。每个旋回内, 下部深灰色粉砂质页岩, 向上逐渐过渡为钙质页岩与青灰色岩屑砂岩(中粒)不等厚互层, 顶部砂岩层增加, 基本上为粗砂岩。粒度增加, 砂层厚度增加。之上, 整体为粗砂岩沉积夹细砾岩, 以广泛发育冲刷面、正粒序层理、叠瓦状构造和底砾岩为特征, 为水下分流河道沉积。再上逐渐过渡到开放深水陆棚沉积。古错二组中部出现砂岩层, 多为中薄层, 为前三角洲沉积。古错二组上部以广泛出现深水陆棚相黑色页岩为特征。

Valanginian-Hauterivian 期古错三组下部继承 Berriasian 期古错二组深水陆棚沉积环境, 其上部出现河口砂坝沉积, 之后 Barremian 早期古错四组下部为正常的深水陆棚沉积。

Barremian 中期古错四组中部沉积时, 海平面逐渐降低, 分别出现前三角洲和河口砂坝沉积环

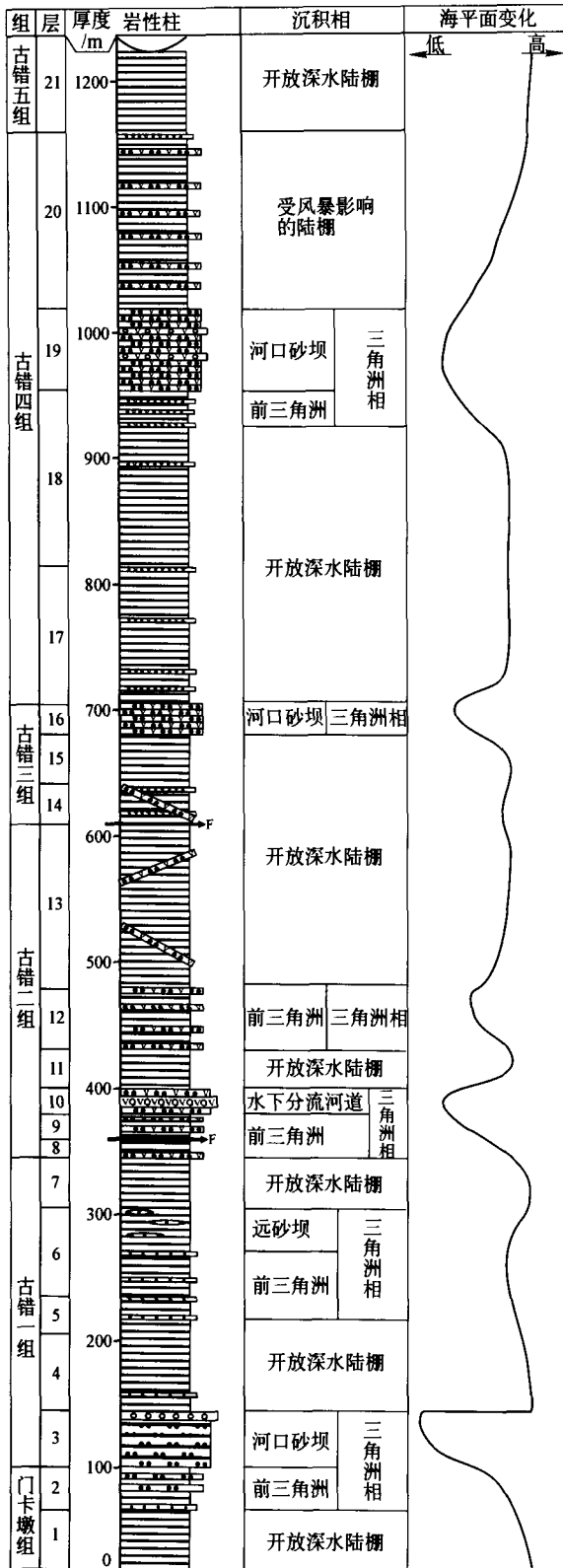


图 7 古错剖面沉积相与海平面变化, 图例见图 3  
Fig. 7 Evolution of sedimentary facies and sea level in Gucuo section

境, 为一明显的进积型沉积序列, 海平面下降。Barremian 晚期古错四组上部为受大型风暴沉积影响的陆棚环境, 风暴层内出现介壳层、平行层理、丘状层理。

Aptian-Albian 期(古错五组)为稳定的深水陆棚沉积, 以出现有机质含量高的黑色页岩为特征, 代表着印度大陆边缘快速稳定沉降阶段。

## 6 结论

在系统野外地质剖面研究基础上, 本次研究对古错地区侏罗纪末期一早白垩世剖面进行补充描述和修订, 通过系统的野外工作, 发现了大量的沉积构造, 包括层理构造: 粒序层理、水平层理、平行层理、板状交错层理、丘状交错层理; 层面构造: 波痕和槽模; 变形构造: 重荷模和砂岩岩墙。其它重要的沉积构造包括: 侵蚀面构造、叠瓦状构造、硬底构造、结核和生物遗迹构造。在此基础上分析了主要岩相和沉积相, 恢复了该地区沉积环境演化, 获得以下几点认识:

1) 古错地区侏罗纪末期一早白垩世沉积主要为一套陆源碎屑岩类沉积, 根据岩石成分的差异其岩相类型可分为: 红褐色(风化色)石英砾岩, 灰色—黄绿色岩屑砾岩, 灰白色石英砂岩, 灰色—黄绿色岩屑砂岩, 灰色—黄绿色长石岩屑砂岩, 灰色、深灰色、黑色页岩。

2) 根据古错地区系统的沉积岩相和沉积结构特征, 识别出三角洲相(包括三角洲前缘亚相和前三角洲亚相)和陆棚相(包括受风暴影响的陆棚相亚相和深水陆棚相亚相)两类沉积相。其中, 三角洲前缘亚相还可进一步划分为水下分流河道、河口砂坝和远砂坝等。

3) 海平面在侏罗纪末期有一个快速下降的时期, 从晚 Tithonian 期的早期深水陆棚相沉积逐渐过渡到三角洲前缘沉积, 晚 Tithonian 期的中期海平面快速下降至陆棚边缘地区, 出现三角洲前缘分流河口砂坝石英砂岩沉积。之后, 海平面的快速上升面, 发育海侵砾岩, 沉积环境恢复到开放深水陆棚沉积。

4) 从 Tithonian 末期(古错一组中上部)至 Barremian 中期(古错四组中部), 古错地区前后发育 5 个三角洲舌状体(图 7), 每个三角洲舌状体由前三角洲和三角洲前缘(包括水下分流河道、河口砂坝

或远砂坝)组成。三角洲舌状体发育前后时间发育深水陆棚相。至 Barremian 晚期(古错四组上部),出现受大型风暴沉积影响的陆棚环境,之后印度大陆边缘快速稳定沉降, Aptian-Albian 期(古错五组)为稳定的深水陆棚沉积。

本研究得到万晓樵教授的大力帮助,李秀华教授参与了部分岩石薄片的鉴定工作,先后参加野外工作的还有 Luba Jansa、Massimo Sarti、陈曦等。

### 参 考 文 献

- 苟宗海. 1997. 西藏南部地区双壳类化石新材料[J]. 西藏地质, (1): 39-51.
- 江新胜, 颜仰基, 潘桂棠, 等. 2003. 藏南特提斯晚侏罗世维美组的沉积环境[J]. 地质通报, 22(11-12): 900-907.
- 李祥辉, 王成善, 胡修棉. 2000. 深海相中的砂质碎屑流沉积——以西藏特提斯喜马拉雅侏罗-白垩纪为例[J]. 矿物岩石, 20(1): 45-51.
- 刘宝璋, 余光明, 王成善, 等. 1982. 西藏南部聂拉木县侏罗纪水成岩脉的发现及其意义[J]. 矿物岩石, 2(3): 94-95.
- 刘桂芳. 1988. 西藏聂拉木古错晚侏罗世至早白垩统菊石群[C]. 见: 中国地质科学院编. 西藏古生物论文集. 北京: 地质出版社, 1-65.
- 刘桂芳, 王思恩. 1987. 西藏喜马拉雅地区上侏罗统和下白垩统研究的新进展[C]. 见: 中国地质科学院地层古生物论文集编委会编. 地层古生物论文集(17). 北京: 地质出版社, 143-166.
- 史晓颖. 2000a. 藏南珠峰地区下白垩统发现海底扇沉积[J]. 现代地质, 14(2): 140.
- 史晓颖. 2000b. 藏南珠峰地区侏罗纪晚期至白垩纪早期层序地层序列及沉积环境演化[C]. 见: 第三届全国地层会议论文集编委会编. 第三届全国地层会议论文集. 北京: 地质出版社, 260-264.
- 索书田, 闻立峰. 2004. 河南省嵩山区五佛山群内的砂岩岩墙及构造解释[J]. 地学前缘, 11(2): 549-556.
- 王成善, 李祥辉, 胡修棉. 2003. 再论印度-亚洲大陆碰撞的启动时间[J]. 地质学报, 77(1): 16-24.
- 王义刚, 张明亮. 1974. 珠穆朗玛峰地区的地层-侏罗系[R]. 见: 中国科学院西藏科学考察队编. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966-1968)—地质. 北京: 科学出版社, 124-147.
- 徐钰林, 万晓樵, 苟宗海, 等. 1990. 西藏侏罗, 白垩, 第三纪地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1-147.
- 姚培毅, 刘训, 傅德荣. 1990. 西藏南部古错侏罗-白垩系界线剖面的新观察[M]. 中国地质科学院院报, 第21号, 北京: 地质出版社, 41-54.
- 余光明, 王成善. 1990. 西藏特提斯沉积地质[M]. 地质专报(三, 12). 北京: 地质出版社, 1-185.
- 余光明, 徐钰林, 张启华, 等. 1983. 西藏聂拉木地区侏罗系地层的划分和对比[C]. 见: “三江”专著编辑委员会. 青藏高原地质文集(11): 165-176.
- 岳来群, 史晓颖, 王鸿祯. 2003. 北喜马拉雅地区下白垩统海底扇沉积环境[J]. 古地理学报, 5(4): 391-403.

### References

- Garzanti E. 1999. Stratigraphy and sedimentary history of the Nepal Tethys Himalaya passive margin[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 17: 805-827.
- Gou Zonghai. 1997. The new material of bivalves fossils from southern Tibet[J]. Tibetan Geology, (1): 39-51 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Xinsheng, Yan Yangji, Pan Guitang, et al. 2003. Sedimentary environment of the Late Jurassic Weimei Formation in the southern Tibetan Tethys[J]. Geological Bulletin of China, 22(11-12): 900-907 (in Chinese with English abstract).
- Li Xiaochi, Grant-Mackie J A. 1994. New Middle Jurassic-Lower Cretaceous bivalves from Southern Tibet[J]. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 9: 263-276.
- Li Xianghui, Wang Chengshan, Hu Xiumian. 2000. Sandy debris-flow in deep-sea environment: Verification from blocky sandstone of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous age in Tibetan Tethys Himalayas [J]. Mineral and Petrology, 20(1): 45-51 (in Chinese with English abstract).
- Liu Baojun, Yu Guangming, Wang Chengshan, et al. 1982. Discovery of the neptunian dykes and their implications in the Jurassic sequences in Nyalam, southern Tibet[J]. Mineral and Petrology, 2(3): 94-95 (in Chinese with English abstract).
- Liu Guifang. 1988. Late Jurassic and Early Cretaceous ammonites from Nyalam Gucuo area, Xizang (Tibet)[C]. In: Chinese Academy of Geological Sciences (ed). Professional Papers of Palaeontology in Xizang. Beijing: Geological Publishing House, 1-65P (in Chinese with English abstract).
- Liu Guifang, Wang Si'en. 1987. A new advance in study of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous of the Himalayas, Xizang (Tibet) [C]. In: Editorial Committee of Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology, Chinese Academy of Geological Sciences (ed). Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology No. 17. Beijing: Geological Publishing House, 143-166 (in Chinese with English abstract).
- Patzelt A, Li H, Wang J, et al. 1996. Palaeomagnetism of Cretaceous to Tertiary sediments from southern Tibet: Evidence for the extent of the northern margin of Indian prior to the collision with Eurasia [J]. Tectonophysics, 259: 259-284.
- Powell C M C A, Roots S R, Veevers J J. 1988. Pre-breakup continental extension in East Gondwanaland and the early opening of the eastern Indian Ocean[J]. Tectonophysics, 155: 261-283.
- Shi Xiaoying. 2000a. Discovery of Lower Cretaceous submarine fan in the Qomulungma area, southern Tibet[J]. Modern Geology, 14(2): 140 (in Chinese).
- Shi Xiaoying. 2000b. Latest Jurassic to Early Cretaceous depositional sequences and environment evolution in the Qomulungma area, South

- Xizang (Tibet)[C]. In: Editorial Committee of the Proceedings of the Third National Stratigraphical Conference of China (ed). Proceedings of the Third National Stratigraphical Conference of China. Beijing: Geological Publishing House, 260 - 264 (in Chinese with English abstract).
- Suo Shutian, Wen Lifeng. 2004. Sandstone dikes in the Wufoshan Group, Songshan, Henan: Their features and structural interpretation[J]. Earth Sciences Frontiers, 11(2): 549 - 556 (in Chinese with English abstract).
- Wang C, Xia D, Zhou X, *et al.* 1996. Geology between the Indus-Yarlung Zangbo suture zone and the Himalaya mountains, Xizang (Tibet), China[M]. 30th IGC Field Trip Guide T121/T387. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 72.
- Wang Chengshan, Li Xianghui, Hu Xiumian. 2003. Age of initial collision of India with Asia: Review and constraints from sediments in southern Tibet[J]. Acta Geologica Sinica, 77(1): 16 - 24.
- Wang Yigang, Zhang Mingliang. 1974. Stratigraphy in the Qomulangma area Jurassic[R]. In: Scientific Report of the Qomulangma Area Investigating(1966 - 1968) Geology. Beijing: Scientific Press, 124 - 147 (in Chinese with English abstract).
- Westermann G E G, Wang Y. 1988. Middle Jurassic ammonites of Tibet and the age of the Lower Spiti Shales[J]. Palaeontology, 31: 295 - 339.
- Xu Yulin, Wan Xiaoqiao, Gou Zonghai, *et al.* 1990. Biostratigraphy of Xizang (Tibet) in the Jurassic, Cretaceous and Tertiary Periods [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1 - 147 (in Chinese with English abstract).
- Yao Peiyi, Liu Xun, Fu Derong. 1990. New observation on the Jurassic-Cretaceous boundary section at Gucuo, Nyalam, Xizang [M]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, No. 21. Beijing: Geological Publishing House, 41 - 54 (in Chinese with English abstract).
- Yin A, Harrison M. 2000. Geological evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen[J]. Annual Review of Earth and Planetary Science, 28: 211 - 280.
- Yin J, Enray R. 2004. Tithonian ammonoid biostratigraphy in eastern Himalayan Tibet[J]. Geobios, 37: 667 - 686.
- Yu Guangming, Wang Chengshan. 1990. Sedimentary Geology of the Xizang (Tibet) Tethys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 185 (in Chinese with English abstract).
- Yu Guangming, Xu Yulin, Zhang Qihua, *et al.* 1983. Subdivision and correlation of Jurassic system in the Nyalam area, Xizang (Tibet) [C]. In: CGQXP Editorial Committee, Ministry of Geology and Mineral Resources PRC (ed). Contribution to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau No. 11. Beijing: Geological Publishing House, 165 - 176 (in Chinese).
- Yue Laiqun, Shi Xiaoying, Wang Hongzhen. 2003. Sedimentary environments of submarine fan of the Lower Cretaceous in northern Himalayas[J]. Journal of Palaeogeography, 5(4): 391 - 403 (in Chinese with English abstract).

(责任编辑 王海华)