

doi:10.3799/dqkx.2012.077

西秦岭南部白龙江隆起中三叠统 光盖山组岩相及盆地分析意义

李祥辉¹, 王成善², 刘树根³, 冉波³, 徐文礼³, 周勇⁴, 张志敬³

1. 南京大学地球科学与工程学院内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 江苏南京 210093

2. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083

3. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都 610059

4. 四川省地质矿产勘查开发局四零二地质队, 四川成都 611730

摘要: 对西秦岭南部白龙江隆起南北两侧的中三叠统上部光盖山组岩相进行了研究, 按照沉积作用方式识别划分出碎屑流、颗粒流、浊流、牵引流、平坦床砂静水 5 种沉积作用及岩相类型, 并区分各种亚相类型。位于隆起北侧迭部飞仙剖面的岩相可识别出 9 个相序旋回, 单个相序基本结构为砾质碎屑流相—鲍玛序列组合相, 反映构造和沉积作用的旋回性和阶段性。总结发现, 隆起南北两侧岩相的共同点是斜坡碎屑流和浊流型重力流较为发育, 滑塌型重力作用少见, 物源区较近且以灰岩为主; 差别是不同剖面岩相结构、相序旋回有所不同, 被侵蚀的物源地层时代不一样。进一步研究表明, 光盖山组属于较缓的边坡沉积, 是大陆碰撞阶段残留海盆大陆一侧的边缘相, 盆地的形成与构造挠曲作用产生的沉降有关。鉴于洮河盆地晚古生代和早—中三叠世存在深海和残留洋盆, 若尔盖盆地与之共用一个基底, 因此, 推测这 2 个盆地的中—上三叠统复理石之下可能没有台地相上古生界和中—下三叠统, 不利于在该区开展油气勘探。

关键词: 岩相; 沉积; 油气; 光盖山组; 中三叠统; 白龙江隆起; 西秦岭。

中图分类号: P586

文章编号: 1000-2383(2012)04-0679-14

收稿日期: 2011-12-13

Lithofacies of the Upper Middle Triassic Guanggaishan Formation in Both Sides of the Bailongjiang Uplift, Southwestern Qinling Orogenic Belt: Implications to the Basin Analysis

LI Xiang-hui¹, WANG Cheng-shan², LIU Shu-gen³, RAN Bo³, XU Wen-li³, ZHOU Yong³, ZHANG Zhi-jing³

1. State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

4. The 402th Geological Survey, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 611730, China

Abstract: The lithofacies of the upper Middle Triassic Guanggaishan Formation outcropping along both northern and southern sides of the Bailongjiang uplift (composite anticline), southwestern Qinling orogenic belt were studied in this article. By sedimentation and lithofacies, the Guanggaishan Formation is identified and classified into five types: debris flow, grain flow, turbidity current, traction current, and still-water bedding current, which can be subdivided into more sublithofacies in this paper. Nine cycles of lithofacies sequence have been recognized from the Feixian section, Diebu in northern side of the Bailongjiang uplift, of which a single cycle is composed of gavel debris facies to Bouma sequence, indicating cyclicity and periodicity of tectonism and sedimentation. It is proposed that there are some similarities and discrepancies for lithofacies in two sides of the Bailongjiang uplift. The similarities are well-developed slope debris and turbidity flow facies with little slumping and collapsed facies, and proximal sources comprising limestone. The discrepancies are different texture and cycle number of facies sequence from different sections, different aged strata in source regions. The assemblage of lithofacies indicates that the Guanggaishan

基金项目: 国家自然科学基金“西藏山南地区上三叠统复理石物源区分析”(No. 41072075)。

作者简介: 李祥辉(1964—), 教授, 主要从事沉积地质学科研与教学工作。E-mail: seanlee@nju.edu.cn

Formation is of relatively ramp continental slope facies within remnant sea basin, where the basin had been formed by flexing during continent collision. According to deep sea basins and remnant basin in the Late Paleozoic-Early Middle Triassic for the Taohe basin, north to the Bailongjiang uplift, and to the sharing of the same basin basement for the Ruo'ergai flysch basin, south to the uplift, it is inferred that there could be no shallow platform carbonate facies under the both flysch basins, which means poor prospective for oil-gas resources exploration in the region.

Key word: lithofacies; sedimentology; petroleum; Guanggaishan Formation; Middle Triassic; Bailongjiang uplift; West Mt. Qinling.

沉积岩中的岩相分析是沉积体系、岩相古地理和盆地分析的重要方法与手段,并广泛应用于油气勘探领域.相对而言,利用岩相重建古地理来进行盆地分析较为常见(Ricketts *et al.*, 1989; 刘燊等, 2000; 左景勋等, 2003; 周蒂等, 2005; Mack and James, 2009),而直接利用岩相分析进行盆地分析难度较大,因此,国内外实例也不多见(晋慧娟和李育慈, 1994, 2001; 何海清, 1996; Willan and Hunter, 2005; Kover *et al.*, 2009).

前人对位于松潘—甘孜褶皱带的若尔盖盆地和西秦岭南部的洮河盆地(图 1)中一晚三叠世同期复理石沉积盆地的性质长期以来争论不休. 综合认为有 6 种可能,分别为弧后盆地(李继亮, 1992)、弧前盆地(杨宗让, 2002)、残留洋盆(Ingersoll, 1988; Yin and Nie, 1993; Zhou and Graham, 1996)、周缘前陆盆地(徐强等, 2003)、裂陷盆地(蔡立国等, 1993, 2005; 方国庆等, 1994; 赖旭龙等, 1995)、大陆边缘海盆(郝子文和俞如龙, 1983). 另一方面,尽管这一地区已经有较为丰富的沉积相分析成果(赵江天和杨逢清, 1991; 晋慧娟和李育慈, 1994, 2001; 何海清, 1996; 孟庆任等, 2007; 闫臻等, 2007; 牛新生等, 2010),但就其岩相变化探讨盆地性质问题的实例仍然较少. 晋慧娟和李育慈等(1994, 2001)、何海清(1996)根据一些重力流的岩相特征提出其沉积盆地属于秦岭海槽裂解或被动边缘过程的产物的观点并未得到认同. 此种状况也说明这套复理石建造的复杂性,严重阻碍了对这一地区的地质认识和油气勘探.

为此,本文通过对位于川北—甘南的西秦岭南部白龙江隆起南北两侧复理石盆地的中三叠统光盖山组(代表复理石盆地发育初期产物)进行了详细观测和岩相解释,试图探讨其盆地属性并对油气勘探预测进行分析.

1 地质背景

西秦岭构造带自北向南由北缘被动陆缘带、微

板块裂陷、微板块台地 3 个构造单元组成(裴先治等, 2002),其中微板块台地就是俗称的白龙江隆起,南以迭部—武都断裂为界并与松潘—甘孜褶皱带相接(图 1a). 实际上它由一复式背斜构成:中心部位地层为变质沉积岩系的震旦系白依沟群,向南北两侧依次为深海—半深海相的下古生界、碳酸盐台地相的上古生界—中下三叠统、复理石相中上三叠统

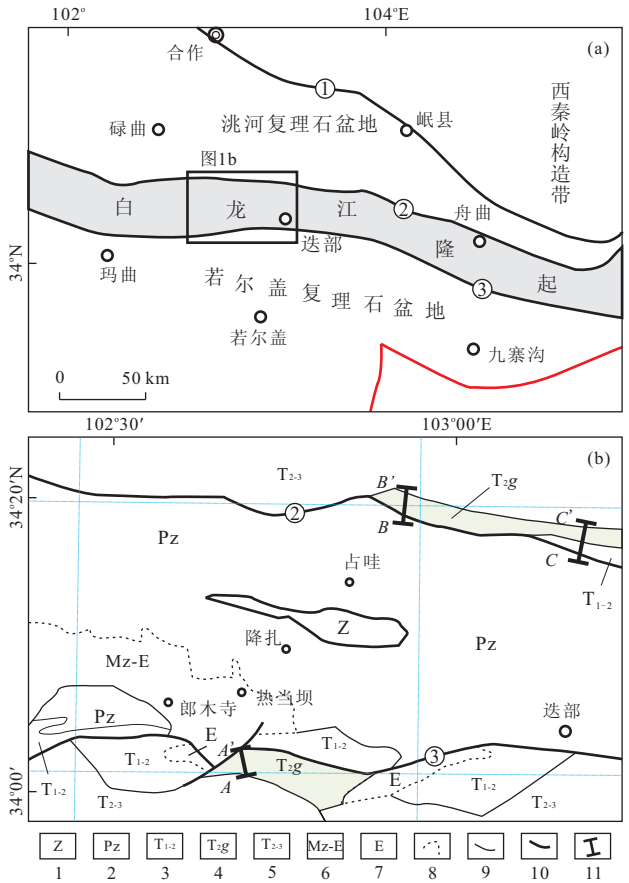


图 1 研究区地质略图及剖面位置

Fig. 1 Regional tectonic zonation for the study area and location of measured cross-section

a. 研究区构造区划略图; b. 研究区地质略图及实测剖面位置. ①岷县—宕昌—凤县断裂; ②迭部—舟曲—成县断裂; ③迭部—武都断裂. 1. 震旦系; 2. 海相上古生界; 3. 浅海相中—下三叠统; 4. 光盖山组; 5. 深海复理石中—上三叠统; 6. 陆相侏罗系—古近系; 7. 陆相古近系; 8. 不整合界线; 9. 整合接触界线; 10. 断层; 11. 剖面位置. AA'. 热尔郎山实测剖面; BB'. 飞仙实测剖面; CC'. 益哇观察剖面

(图 1b)。

研究区地处白龙江隆起西部迭部以西地区。尽管剖面分别选取在洮河复理石盆地(西秦岭微板块裂隙)南部边界和若尔盖复理石盆地(松潘—甘孜褶皱带)北部边界附近,但实际上不属于白龙江隆起(背斜),但考虑描述的方便,本文以下均以白龙江隆起南北两侧(图 1b)来表述。

测区三叠系分浅海台地相和深海复理石相 2 个部分。浅海台地相主要分布于白龙江隆起南北两侧,与下伏二叠系整合接触,包括扎里山组、马热松多组和郭家山组,其中,郭家山组因产菊石 *Japonites* 和牙形石 *Neogondolella constricta* 等被定为中三叠世安尼期地层(殷鸿福等,1992)。

深海复理石相在洮河复理石盆地包含了光盖山组、纳鲁组、卡卡组、卓尼组,其中的光盖山组主要分布在盆地南部,传统上归属于白龙江隆起北部边缘,主要为一套浊积碎屑岩与(浊积)碳酸盐岩的多韵律(复理石)互层组合,据所产化石及对比,殷鸿福等(1992)将之主体归属为拉丁期。

在若尔盖复理石盆地中,上三叠统称为草地群,主要分为扎尕山组、杂谷脑组、侏倭组和新都桥组。其中,扎尕山组原指松潘县川主寺一带灰—灰黑色页岩夹砂岩及砾屑灰岩,后来扩展到若尔盖盆地周边的一套上部碎屑岩夹灰岩、下部灰岩沉积组合,前人在松潘达波俄和安壁村发现 *Danella indica* 双壳化石群,遂将该组归属为中三叠世拉丁期(饶荣标等,1985;朱占祥和饶荣标,1985)。显然,按照原始定义,扎尕山组区域上识别和划分在岩相上已经“面目全非”。

考虑若尔盖盆地北部扎尕山组的原始命名地点、岩性差异,结合位处白龙江隆起南侧边缘与北侧边缘相光盖山组相似特点,本文采用四川地质矿产局(中华人民共和国区域地质调查报告占哇等 1:5 万八幅联测,1992)方案,将若尔盖盆地北部边缘(热尔郎山地区)的扎尕山组归属于光盖山组,二者的时代均属拉丁期。

2 剖面描述

本次工作实测了四川北部若尔盖热尔郎山和甘肃南部迭部光盖山飞仙 2 条剖面,观察了迭部益哇沟剖面(图 1b),以下对实测剖面进行介绍。

2.1 若尔盖热尔郎山剖面

若尔盖县红星乡热尔郎山剖面位于若尔盖县城

至红星乡老公路热尔郎山西南侧垭口和南坡上,分两段实测,剖面第 3 层起点(GPS)坐标为 3 400. 799°N、10 244. 463°E,海拔高程 3 645 m,第 16 层(上段)平移到热尔郎山南坡,真厚总厚 > 918 m。

未见顶

上段

33. 灰色块状灰质角砾岩夹变形薄层粉晶灰岩,后者风化可见砂纹层理。角砾岩中砾石分选差,平均 5~8 cm,最大 25 cm,磨圆度差,既有条块状砾石,也有半球状砾岩,砾石 50%~90% 含量不等,有颗粒支撑,也有基底式胶结的,砾岩成分主要为深灰色微晶灰岩,含生物碎屑灰岩,浅灰色粉晶灰岩,砂屑灰岩,团块灰岩。向上(地层倒转)逐渐变化为颗粒流—碎屑流组合相。 67.1 m
 32. 主体覆盖,零星露头为浅灰色细粒长石石英杂砂岩。 49.8 m
 31. 深灰色中薄层微晶灰岩。 13.4 m
 30. 主体覆盖,零星露头呈灰色细粒长石岩屑杂砂岩。 43.7 m
 29. 灰色、浅灰色中薄层粗晶灰岩。 14.0 m
 28. 灰、黄灰色中厚层中粒长石岩屑杂砂岩,下部夹一层中层深灰色粗晶灰岩。 108.8 m
 27. 浅灰色中厚层粗晶灰岩。 14.0 m
 26. 浅灰、黄灰(风化呈灰白色)中薄层细粒长石岩屑杂砂岩。 67.1 m
 25. 深灰色薄层细晶灰岩。 1.9 m
 24. 黄灰、浅灰色中—薄层细粒长石岩屑杂砂岩。 13.3 m
 23. 浅灰色中层、薄层中晶—粗晶灰岩夹薄层硅质灰岩。 3.9 m
 22. 灰、浅灰色中层、厚层细粒、中粒长石岩屑杂砂岩。 18.1 m
 21. 浅灰色厚层一块状极粗晶灰岩与浅灰、黄灰(风化呈灰白色)长石石英杂砂岩互层。 6.2 m
 20. 细粒砂岩,粉砂岩含深灰色硅质泥岩(<15%)。 22.7 m
 19. 浅灰色薄层细晶灰岩与浅灰色硅质岩构成韵律,上部结晶灰岩厚 30 cm,顶部的深灰色硅质岩(硅质泥岩)厚约 10~20 cm。 1.5 m
 18. 黄灰色(风化为灰白色)中—薄层不等粒长石岩屑杂砂岩。 33.3 m
 17. 灰、深灰色中—厚层粗粒、中粒—细粒长石(风化呈现白色斑点)岩屑杂砂岩,顶部有一厚 15 cm 的深灰色硅质泥岩。 118.4 m
 16. 灰色(风化为黄褐色)中层中—细、中—粗粒双众数岩屑长石杂砂岩,局部夹薄层磷质泥岩和硅质岩。 29.5 m
- 下段
15. 由灰质杂砾岩—灰质细砾岩—颗粒灰岩—粉晶灰岩构成 3~5 个向上变化的旋回。 4.4 m
 14. 灰、深灰色中—厚层残余灰质粗砂岩、深灰色薄层粉晶灰岩与黄灰色泥灰岩、钙质页岩形成韵律层,构成 5~7 个“鲍马序列”,但并非每个序列都完整,常缺 C-D 段。 2.8 m
 13. 深灰色薄层微晶灰岩(膝折构造),但露头上局部灰岩断面上呈现(风化后)砂纹层理,表明原岩可能与钙屑有关。 7.9 m
 12. 深灰色灰质角砾岩。 2.0 m
 11. 深灰色钙质泥岩夹含中薄层细粒岩屑杂砂岩、粉砂岩、含生物碎屑粉砂岩。 3.0 m
 10. 灰、深灰色杂砾岩、泥质岩、粉砂质泥岩组成滑移变形+坍塌的碎屑流沉积组合。 12.0 m
 9. 深灰色薄层微晶灰岩夹微层泥灰岩。 15.3 m
 8. 覆盖坡积物。 6.4 m

- 7. 灰、黄灰色微层状泥灰岩、微晶灰岩夹薄层状微晶灰岩、泥灰岩. 79.1 m
- 6. 灰、深灰色薄层微晶灰岩夹微层状黄灰色微晶灰岩、泥灰岩. 9.4 m
- 5. 灰、黄灰色微层状微晶灰岩. 15.5 m
- 4. 深灰色薄层微晶灰岩. 11.3 m
- 3. 黄灰色微层状微晶灰岩、泥灰岩. 4.3 m
- 2. 灰色、深灰、薄层微晶灰岩. 79.3 m
- 1. 覆盖. 24.6 m

----- (平行)不整合接触? -----

郭家山组

- 0. 灰色、浅灰色中厚层团块灰岩. 5.0 m

2.2 送部飞仙剖面

送部飞仙剖面位于送部县西北至卓尼—合作新劈公路上,见于光盖山顶飞仙隘口,出露约 3 km 良好新鲜露头,但中下部显示强烈褶皱变形和断裂作用,剖面起点 GPS 坐标为 3 418. 764°N、10 258. 711°E,海拔高程 3 906 m,真厚度大于 922 m.

未见顶

- 21. 深灰色页岩与浅灰色微层状(残余粉屑)微晶灰岩互层高频韵律,页岩/灰岩比 > 5 : 1. 31.2 m
- 20. 露头覆盖. 25.4 m
- 19. 深灰色薄层残余粉屑灰岩夹页岩,见砂纹层理,灰岩与页岩比 > 10 : 1. 可见少量中层砂屑灰岩及槽模、平行层理构造. 30.1 m
- 18. 板条状角砾岩. 单个角砾为薄板状灰岩,长轴与短轴之比大于 2~3,长轴 5~10 cm,少数达 22 cm;砾石支撑,含量超过 75%~80%;透镜状产出,露头南侧厚约 15~18 m,向北减薄到 5 m. 17.9 m
- 17. 由 3 个向上变细旋回组成,单个旋回层序为:上部鲍玛序列, A 段,粗粒—中粒灰质岩屑杂砂岩,发育正粒序; B 段,中—细粒岩屑杂砂岩,平行层理发育; C 段,灰质细砂岩和粉砂岩,砂纹层理; D 段,粉砂岩与页岩,水平层理. 这个鲍玛序列可以有多次重复. 中部颗粒流沉积,灰质细砾岩,砾石平均 2~5 mm,多扁平状,分选好,成分成熟度高,砾石主要为灰岩;填隙物少于 10%;可见更大砾级的砾石悬浮状存在. 上部碎屑流沉积,副角砾岩,砾石一般大于 5 cm,砾石含量 50%~80%,成分主要为微晶灰岩. 29.8 m
- 16. 深灰色中薄层砂屑灰岩—残余粉屑灰岩构成若干鲍玛序列(A-C 段),槽模构造、粒序层理、平行层理、砂纹层理发育. 38.2 m
- 15. 灰色块状灰质角砾岩. 砾石大小不一,常见为 10~18 cm,大多为浅海相颗粒灰岩,次为微晶灰岩;颗粒支撑,填隙物一般小于 15%. 21.2 m
- 14. 灰色厚—中—薄层灰质岩屑杂砂岩、残余粉屑粉晶灰岩与黄绿色页岩互层,构成鲍玛序列的 A-E 段槽模构造、粒序层理、平行层理、砂纹层理、水平层理发育. 27.3 m
- 13. 灰色块状灰质角砾岩. 砾石大小不一,常见为 10~15 cm,大多为浅海相颗粒灰岩,次为微晶灰岩;颗粒支撑. 18.7 m
- 12. 上部灰色中—薄层灰质岩屑杂砂岩、残余粉屑粉晶灰岩与黄绿色页岩互层,构成鲍玛序列的 A-E 段;下部灰质岩屑杂砂岩、残余粉屑粉晶灰岩互层,构成鲍玛序列的 A-C 段. 槽模构造、粒序层理、平行层理、砂纹层理、水平层理发育. 46.5 m

- 11. 灰、蓝灰色块状灰质角砾岩. 砾石大小不一,常见为 10~20 cm,最大约 50 cm;砾石大多为浅海相颗粒(砂屑/团块/含生物屑)灰岩、(含鸟眼)微晶灰岩;颗粒支撑,填隙物一般小于 15%. 48.1 m
- 10. 露头覆盖. 22.3 m
- 9. 灰色薄层残余粉屑粉晶灰岩与黄绿色页岩互层,构成鲍玛序列的 C-E 段;灰岩/页岩比 1 : 2,砂纹层理和水平层理发育. 52.3 m
- 8. 灰色薄层残余粉屑粉晶灰岩与黄绿色页岩互层,构成鲍玛序列的 C-E 段;灰岩/页岩比 1 : 1,可见中薄层灰质岩屑杂砂岩,槽模及粒序、平行、砂纹、水平层理发育,因此也可见鲍玛序列的 A-E 段. 49.1 m
- 7. 灰色中—薄层灰质岩屑杂砂岩、残余粉屑灰岩与黄绿色页岩互层形成较为明显的鲍玛序列若干高频旋回,可见细砾、中砾岩,层内变形强烈,斜距总厚超过 300 m. 120~150 m
- 6. 灰色中—薄层残余粉屑粉晶灰岩、中—粗粒灰质岩屑砂岩夹数层条状灰质砾岩. 46.2 m
- 5. 深灰色薄层残余粉屑粉晶灰岩与黄绿色页岩互层,灰岩/页岩比 > 5 : 1,向上页岩减少. 38.4 m
- 4. 灰色块状灰质角砾岩. 砾石大小不一,从细砾、中—粗砾到卵砾均有,砾石成分绝大部分为浅海相颗粒灰岩,棱角、次棱角状,颗粒支撑;填隙物一般小于 10%,成分主要为钙质,偶见铁质、黄绿色泥质,深灰色钙泥质. 顶部为一风化壳,由红色、鲜红色铁质壳及钙质壳组成,见残余角砾,风化壳面不平整,厚 10~25 cm 不等,可能为 I 型层序界面. 177.9 m

----- (侵蚀)不整合接触 -----

上石炭统:地层未命名

- 3. 浅灰、黄灰、灰绿杂色薄层硅质页岩和硅质岩,中部夹一层厚约 25 cm 的硅质灰岩. 21.2 m
- 2. 灰色含紫灰色、深灰色中层夹薄层、厚层粉晶灰岩、细晶灰岩,偶见纹层. 发育浅灰、深灰色燧石条带及结核,条带厚 2~15 cm 不等. 纹层系由粉屑灰岩组成. 灰岩中获得上石炭统莫斯科阶牙形石化石 *Gondolella clarki* Koike, *Idiognathoides sulcatus* Higgins et Bouckaert, *Idiognathoides* sp. . 39.4 m
- 1. 灰色中层粉晶灰岩含细晶灰岩,偶夹泥灰岩. 泥灰岩中产莫斯科阶牙形石化石 *Gondolella clarki* Koike, *Idiognathoides sulcatus* Higgins et Bouckaert, *Idiognathoides sinuatus* Harris et Hollingsworth. 15.8 m

未见底

3 岩相分析

毫无疑问,光盖山组属于斜坡沉积,但鉴于源区岩性及边缘位置差异,其岩相特征和环境模式在白龙江隆起南北两侧有所不同,以下作简要说明.

3.1 岩相划分

据野外观察和室内微相分析,光盖山组岩相按照沉积作用可分为碎屑流相(FA)、颗粒流相(FB)、浊流相(FC)、牵引流相(FD)、斜坡页岩/灰岩相(FE)5 种斜坡相、5 种沉积作用及岩相类型,后三者构成斜坡扇主体. 各种岩相可以进一步依据物质组成、流体差异分为多种亚相(表 1,图 2).

表 1 光盖山组的岩相、亚相划分及其特征

Table 1 Features and classification of litho- and sublitho-facies of the Guanggaishan Formation

沉积作用及相	亚相	特征	分布
斜坡碎屑流相 (FA)	砾质碎屑流亚相 (FA-1)	漂砾级以下各种级别角砾岩,砾石成分为台地相灰岩,砾石颗粒支撑,砾级以下碎屑、泥等填隙物一般 10%~20%。依据砾石形态进一步可分为条块状和等轴状 2 种类型	南北两侧均发育
	砂质碎屑流亚相 (FA-2)	以长石岩屑杂砂岩含悬浮泥砾为特点,可见少量滑移变形构造	发育在南侧中上部
	泥质碎屑流亚相 (FA-3)	典型的副砾岩:砾石含量少于 50%,基底胶结,杂基支撑,填隙物基本为泥。可与滑移变形构造共生	仅见于南侧少数层位如热尔郎山层 10
斜坡颗粒流相 (FB)		高成熟度细砾岩,砾石成分基本为灰岩,填隙物含量少于 10%,且多为胶结物	仅见于北侧飞仙剖面层 17
斜坡浊流相 (FC)	钙屑浊流亚相 (FC-1)	中厚层砂屑灰岩,填隙物多为灰泥杂基,但重结晶现象十分普遍,基底胶结常见,常伴随槽模、粒序层理构造	大量发育在南北两侧各层段
	陆屑浊流亚相 (FC-2)	长石岩屑杂砂岩,杂基多超过 15%,杂基支撑和颗粒支撑均有,槽模构造常见。按照碎屑组分可分为灰质和硅质碎屑两亚类	多见于北侧飞仙剖面中部
斜坡牵引流相 (FD)	钙屑牵引流亚相 (FD-1)	岩性主要为细粒砂屑灰岩、残余粉屑粉晶灰岩,灰泥填隙物多重结晶,但风化后显示明显的平行层理和砂纹层理	南北两侧均发育
	陆屑牵引流亚相 (FD-2)	岩性主要为细粒岩屑砂岩、粉砂岩,杂基含量常少于 20%,平行层理和砂纹层理发育	见于飞仙剖面局部层位
斜坡静水沉积相 (FE)	斜坡灰泥亚相 (FE-1)	薄层、微层状微晶灰岩、泥灰岩夹残余粉屑粉晶灰岩或页岩	南北两侧均发育多
	斜坡页岩亚相 (FE-2)	灰绿色、灰色、深灰色页岩,偶夹粉砂岩	见于飞仙剖面中部

3.1.1 斜坡碎屑流相(FA) 根据碎屑组分颗粒大小、填隙物含量比例关系,分为砾质碎屑流亚相(FA-1)、砂质碎屑流亚相(FA-2)和泥质碎屑流亚相(FA-3)3种类型(表 1)。亚相 FA-1,是测区最典型的一种重力流类型,其基本特点是:岩性为除漂砾级外的其他各种级别角砾岩,角砾含量超过 50%,通常为 70%~85%;砾石成分为台地相各种灰岩类型,颗粒支撑,细砾级、砂级碎屑、泥等填隙物一般为 10%~20%。依据角砾形态进一步可分为条块状和等轴状 2 种类型:前者单个角砾薄板状,长轴与短轴之比通常大于 3:1~4:1,长轴 5~10 cm,少数达 20 cm(图 3a),时有半定向,具有一定的垮塌特性,基本分布于白龙江隆起北侧;后者角砾多近等轴状,角砾棱角一次棱角状,砾石分选差(图 3b),隆起南北两侧均发育。

亚相 FA-2,以长石岩屑杂砂岩含悬浮泥砾为特点,成岩作用碳酸盐化和硅化作用使得假杂基含量增加,可含滑移变形构造及滑动面,它集中发育在南侧热尔郎山剖面的中上部。

亚相 FA-3,由典型的副砾岩构成(图 3c),砾石既有一定磨圆的也有呈角砾状的,砾石成分多为灰

岩但也见同期砂岩,一般含量<50%,表现为基底式胶结、杂基支撑,填隙物基本为泥(图 3c),可与滑移变形构造共生,仅见于南侧少数层位如热尔郎山剖面第 10 层。

3.1.2 斜坡颗粒流相(FB) 鉴定特征是高成熟度细砾岩。结构上,砾石分选好,磨圆度高,颗粒间填隙物少,填隙物含量少于 10%,且多为胶结物,基本无泥质;颗粒物质组成上,砾石成分基本为灰岩。这种结构和成分特点显示沉积后的颗粒间相互作用较为强烈,但露头仅见于北侧飞仙剖面层 17。

3.1.3 斜坡浊流相(FC) 是光盖山组以及之上其他复理石地层常见的岩相类型,但光盖山组主要形成于斜坡,因此,这套浊流有关的海底扇大部分属于斜坡扇。其主要特点是杂砂岩为主,块状、粒序层理、槽模构造(图 3d)发育,与斜坡牵引流相联合构成鲍玛序列的下部 Ta 段。依据碎屑组分的不同进一步可区分为钙屑(FC-1)和陆屑(FC-2)2 种浊流亚相。

亚相 FC-1,一般表现为灰色、深灰色中厚层残余砂屑灰岩,砂屑颗粒分选差,边缘因后期溶蚀作用显示非真实的磨圆度,碎屑组分可含陆源硅质碎屑,大部分低于 10%(图 3f);填隙物多为灰泥杂基,但

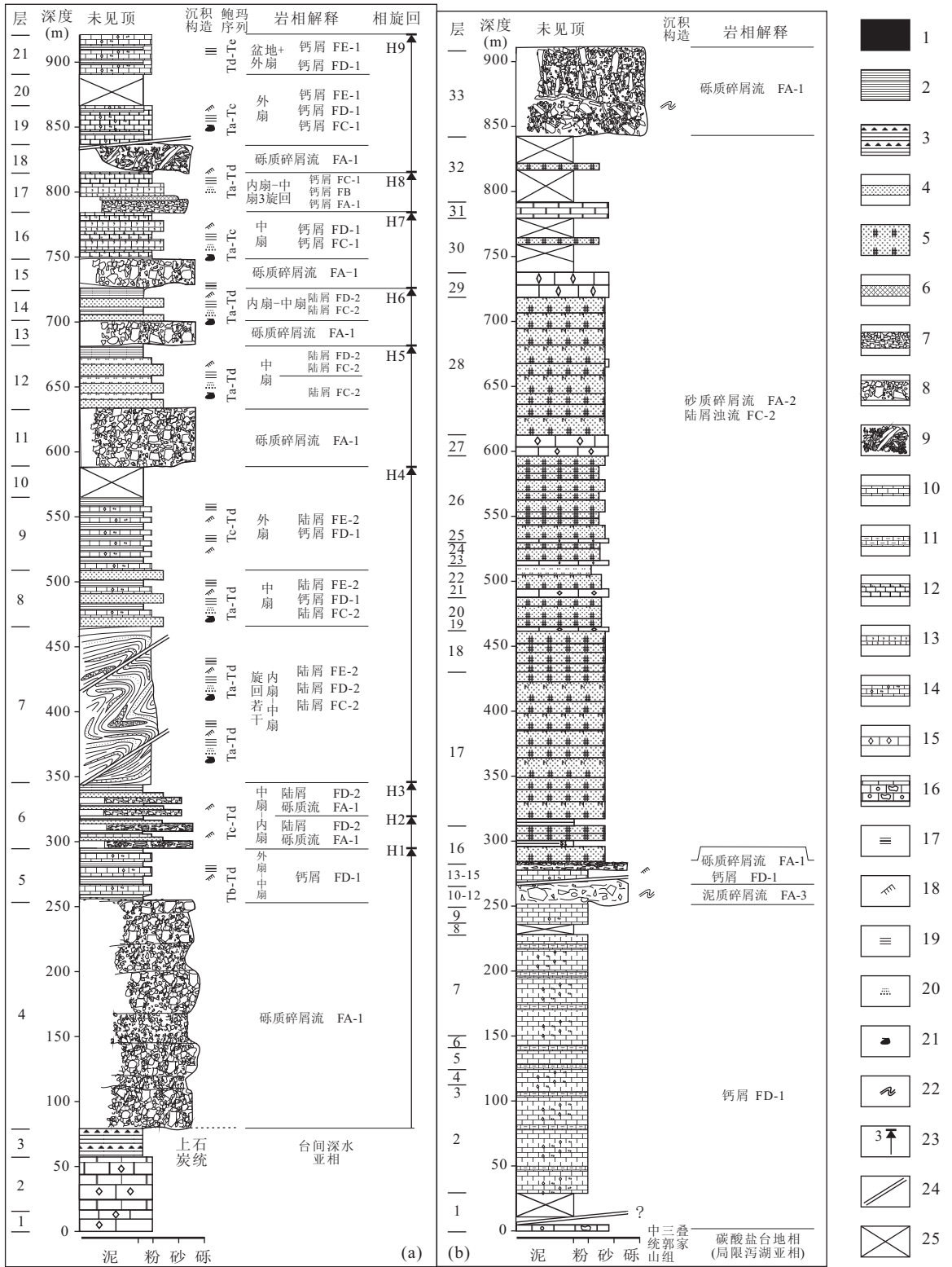


图 2 甘肃迭部光盖山飞仙和四川若尔盖热尔郎山光盖山组剖面岩相解释

Fig. 2 Lithology and lithofacies of the Guanggaishan Formation from the Feixian section, southern Gansu Province and Re'er Langshan section, northern Sichuan Province

a. 迭部飞仙剖面; b. 若尔盖热尔郎山剖面; 1. 泥岩; 2. 页岩; 3. 硅质页岩和硅质岩; 4. 灰质岩屑杂砂岩; 5. (长石)岩屑杂砂岩; 6. 灰质细砾岩; 7. 细砾/中砾角砾岩; 8. 近等轴状中砾/粗砾角砾岩; 9. 板状/条状中砾/粗砾角砾岩; 10. 微晶灰岩; 11. 泥灰岩; 12. 粉屑灰岩; 13. 砂屑灰岩; 14. 残余粉屑粉晶灰岩; 15. (细晶以上)结晶灰岩; 16. 残余团粒/团块灰岩; 17. 水平层理; 18. 砂纹层理; 19. 平行层理; 20. 粒序层理; 21. 槽模; 22. 变形层理; 23. 相序旋回; 24. 断层; 25. 地层覆盖

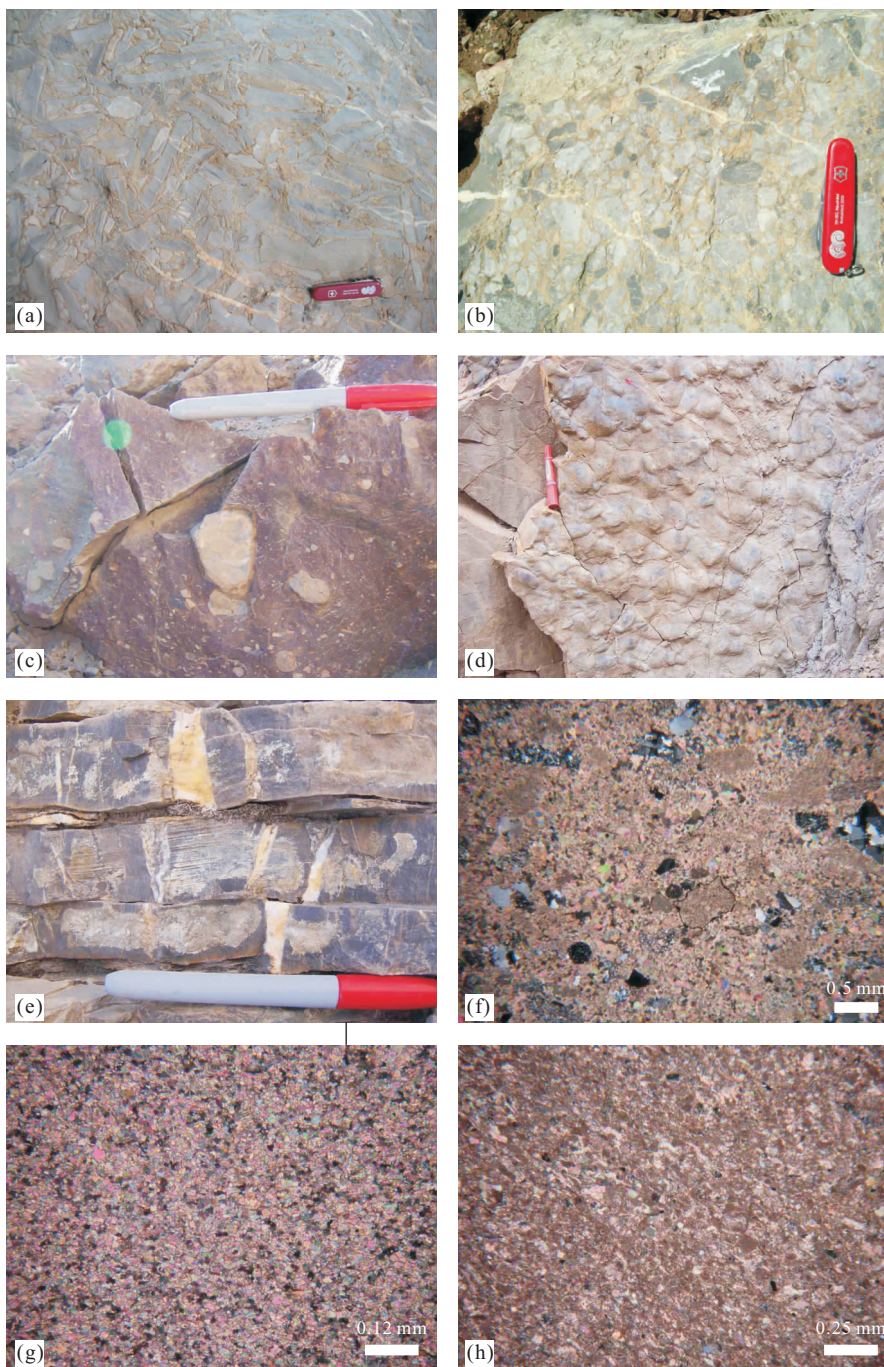


图 3 野外岩石和室内岩性镜下照片

Fig. 3 Photos showing texture of lithology in field and under microscope

a. 条状粗砾角砾岩, 迭部飞仙剖面北约 800 m 处, 瑞士军刀长 9 cm; b. 分选差的粗砾角砾岩, 迭部飞仙剖面距底约 80 m 处, 瑞士军刀长 9 cm; c. 含砾泥岩, 指示泥质碎屑流沉积, 若尔盖热尔郎山剖面 260 m 处, 记号笔长 13.8 cm; d. 大型槽模构造, 迭部飞仙剖面约 475 m 处, 记号笔长 13.2 cm; e. 由粉屑粉晶灰岩风化作用显示的砂纹层理, 若尔盖热尔郎山剖面 120 m 处, 记号笔长 13.8 cm; f. 含砂质残余砂屑灰岩 (样品 YP06-15), 正交偏光, 迭部飞仙剖面约 780 m 处; g. 粉晶灰岩 (样品 S04-09Y), 可见残余粉屑, 若尔盖热尔郎山剖面 275 m 处; h. 粉屑灰岩 (样品 FX-03B), 迭部飞仙剖面约 280 m 处

重结晶现象十分普遍 (图 3f), 呈基底式胶结假象, 原岩应为灰泥填隙; 高流态侵蚀后的充填构造槽模十分普遍 (图 3d), 也可见粒序层理. 该亚相大量发育在南北两侧有关各层段 (图 2).

亚相 FC-2, 岩性主要为长石/岩屑 (杂) 砂岩, 当岩屑为主时岩屑成分主要为沉积岩和变质岩, 其中沉积岩主要是灰岩; 碎屑颗粒分选差、棱角状一次棱角状, 部分石英和长石呈长条状细粒; 杂基多 13%~

20%，杂基支撑和颗粒支撑均有；槽模构造和粒序层理亦常见。该亚相按照碎屑组分差异可进一步划分为灰质和硅质碎屑两亚类，且多见于北侧飞仙剖面中部层位。

3.1.4 斜坡牵引流相(FD) 是一种岩性组合相，即构成的岩性较为多样，包括中粒砂岩、细粒砂岩、粉砂岩、页岩、残余砂屑灰岩、残余粉屑灰岩、粉晶灰岩等；最重要的是发育牵引流沉积构造，如平行层理、砂纹层理、水平层理，其中可能少量的砂纹层理具有双向和长波长的特点，也可能与内潮汐有关；常构成鲍玛序列的主体 Tb-Td 段。同样，依据碎屑组分不同可分为钙屑牵引流亚相(FD-1)和陆屑牵引流亚相(FD-2)。

亚相 FD-1，颗粒组分主要为内碎屑，岩性表现为细粒砂屑灰岩、残余粉屑粉晶灰岩(图 3g)、粉屑灰岩(图 3h)、钙质页岩，灰泥填隙物多重结晶；砂屑灰岩主要构成鲍玛序列的 Tb 段，发育平行层理；而残余粉屑(粉晶)灰岩则主要是鲍玛序列的 Tc 段，其中多数残余粉屑粉晶灰岩难以发现层理构造，但部分岩层断面风化后可见砂纹层理(3e)；残余粉屑粉晶灰岩也可与钙质页岩形成水平层理，构成鲍玛序列的 Td 段。该亚相在隆起南北两侧均发育。

亚相 FD-2，岩性主要为细粒岩屑杂砂岩、粉砂岩、页岩。具有平行层理的细粒杂砂岩和具有砂纹层理的粉砂岩分别构成鲍玛序列的 Tb、Tc 段；当薄层粉砂岩与页岩互层即发育水平层理时即属于鲍玛序列的 Td 段。此亚相仅见于飞仙剖面的局部层位。

3.1.5 斜坡静水沉积相(FE) 基本特点是细粒沉积，构成鲍玛序列的 Te 段。依据组分差异分为斜坡灰泥亚相(FE-1)和斜坡页岩亚相(FE-2)。

亚相 FE-1，为灰色、深灰色薄层或微层状微晶灰岩、泥灰岩、粉晶灰岩，夹残余粉屑粉晶灰岩或页岩，但泥灰岩或页岩较多且呈微层状时即表现为纹层状灰岩。隆起南北两侧均可见，但在南侧若尔盖热尔郎山剖面下部更为发育。

亚相 FE-2，由灰绿色、灰色、深灰色页岩夹钙质页岩或粉砂岩。多见于隆起北侧的迭部飞仙剖面中部。

3.2 相序旋回

岩相分析表明，白龙江隆起南侧的岩相结构总体上表现为：下部斜坡钙屑浊流—牵引流相组合，上部陆屑浊流、砂质流及碎屑流岩相组合，基本上不表现相序旋回。在白龙江隆起北侧，这种结构不明显，但在碎屑组分上呈现一定的反向变化，即非碎屑流

沉积在中一下部有一定比例的陆屑沉积，上部演变为钙屑为主(图 2)。重要的是，飞仙剖面显示了明显的相序旋回，单个相序结构一般为：砾质碎屑流相→鲍玛序列组合相(图 2)，其中碎屑流中的砾石基本为源区的灰岩。这种结构完全符合深海斜坡沉积作用变化模式的后 3 个阶段：碎屑流→浊流→牵引流→平坦静水，缺少垮塌和滑移，前 2 个演化阶段可能是因为斜坡坡度较缓的缘故。

根据这一相序结构，笔者在飞仙剖面识别了 9 个相序旋回，分别名为 H1~H9，并且可以归类为 4 种(SF1~SF4)。

SF1，基本结构为：等轴状砾质碎屑流相→钙屑鲍玛序列组合相，前者厚度一般大于后者，相关的相序旋回有 H1、H7、H8 等。其中上部组合相有一定变化，即可能浊流相不发育(如 H1)；也可能发育完整的鲍玛序列各种相，浊流和牵引流相齐全(如 H7 和 H8)。

SF2，相序结构为：等轴状砾质碎屑流相→陆屑鲍玛序列组合相，包括 H3~H6 共 4 个相序旋回。与 SF1 的差别在于组成鲍玛序列的各种相碎屑物质均来自源区，既可以是硅质碎屑，也可是灰质岩屑。特殊地，H4 可能是 2 种碎屑组分的混合。

SF3，结构表现为：条块状砾质碎屑流相→钙屑鲍玛序列组合相，相序旋回只有 H9。主要依据是下部的碎屑流沉积的砾石不仅是角砾状，而且是长条状或板状。对于钙屑鲍玛序列组合相基本上是完整组合，不缺浊流相。

SF4，结构显示为：条块状砾质碎屑流相→陆屑鲍玛序列组合相，相序旋回仅有 H2。其鲍玛序列组合相也相对完整，但浊流相厚度较薄。

3.3 岩相模式

根据以上热尔郎山和飞仙实测剖面的岩相分析结合益哇沟剖面的观察，可以确认光盖山组的沉积环境属于斜坡。其岩相的共同点是斜坡碎屑流和浊流型重力流较为发育，垮塌及滑移型重力作用沉积少见，物源区较近且以灰岩为主；差别是不同剖面岩相结构、相序旋回有所不同，被侵蚀的物源地层时代不一样。为此，将所观测的 3 条剖面岩相模式总结如下(图 4)。

迭部飞仙剖面，总体以碎屑流沉积为特征，剖面位于斜坡坡度相对较陡的位置，距被侵蚀的源区较近(图 4a)。此外，另一个重要特征是源区被侵蚀的地层主要是上古生界，其证据有 2 个：一是碎屑流沉积中的大量灰岩角砾中可识别出蜓类化石；二是实

测剖面下伏被侵蚀的地层为上石炭统(层 1~3),本次工作在层 1 和层 2 中发现上石炭统的牙形石组合 *Gondolella clarki*, *Idiognathoides sulcatus*, *Idiognathoides sinuatus*, 这一点与区域地质背景也相符(图 1b). 在隆起北侧的益哇观察剖面, 陆源硅质碎屑和钙屑重力流、牵引流沉积均较发育, 碎屑流也可见, 但被侵蚀源区的近源地层主要是浅海相中下三叠统(图 4b). 虽然殷鸿福等(1992)认为二者之间为平行不整合接触, 其间可能缺少 1~2 个化石带, 但笔者认为这可能是因为其实测剖面所在位置处于斜坡较缓、离侵蚀位置稍远的缘故(图 4b). 再者从浅海相直接到斜坡相本身显示了一种沉积地层角度差异, 如果剖面选择在比较陡的近物源位置则可以看出二者产状的不同. 因此, 益哇剖面与飞仙剖面一样, 光盖山组与下伏地层的接触关系应该是侵蚀不整合. 对于隆起南侧的热尔郎山剖面, 与北侧的两条剖面相比, 相似但也有差别. 相似之处是与益哇剖面一样被侵蚀的源区地层也为浅海相中一下三叠

统, 并且剖面位置距侵蚀区稍远(图 4c); 差别是相序由下而上表现为斜坡钙屑到陆屑沉积, 碎屑流沉积不多, 且除了砾质流外还发育泥质流类型, 此外, 上部大量的陆屑沉积物源可能主要源自北侧迭部一降扎一线的下古生界和震旦系(图 1b), 通过下切河流近源搬运而来.

4 盆地分析

对松潘—甘孜褶皱带和西秦岭南部中上三叠统复理石沉积盆地属性的甄别不仅关系到对整个大地构造环境的认识, 而且对预测盆地内部是否存在台地型上古生界和中下三叠统有着重要的指导意义, 当然对油气勘探也至关重要.

如前言总结所述, 对研究区中上三叠统复理石沉积盆地的认识极不统一, 至少有 6 种不同的观点, 归纳起来不外乎形成于张性和压性 2 种构造环境. 实际上, 传统复理石多形成于压性构造环境下的活

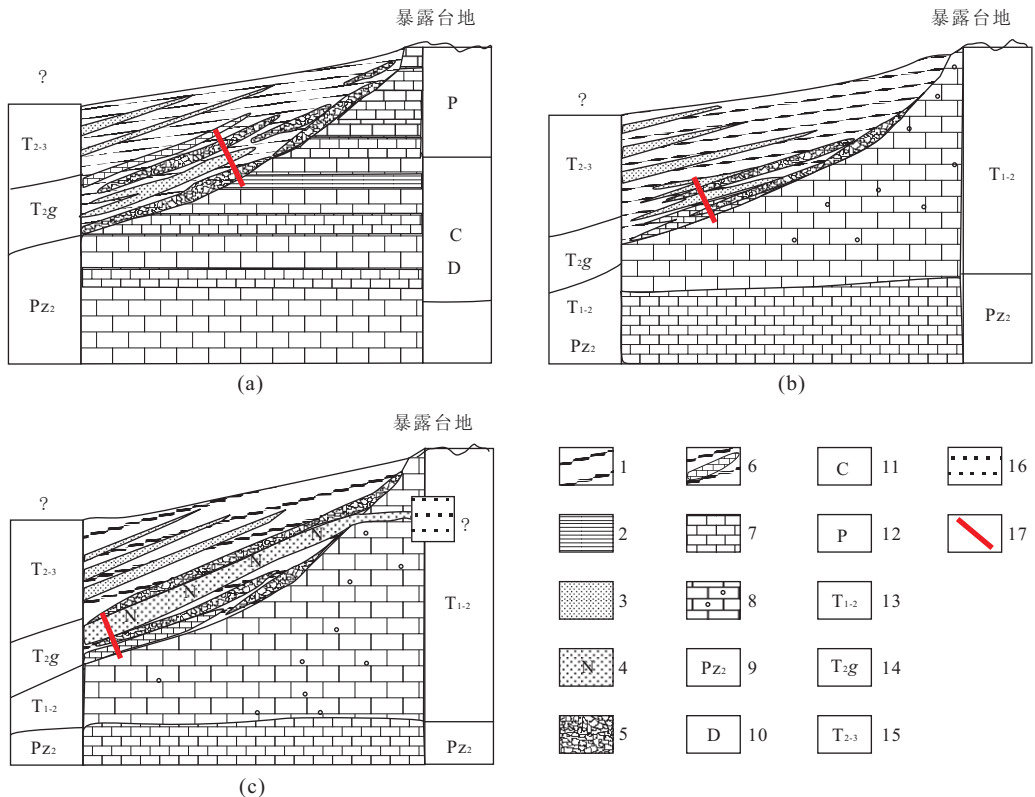


图 4 岩相剖面所在沉积环境模式及其位置

Fig. 4 Sedimentary environmental models of lithofacies at corresponding measured cross-section localities

a. 迭部飞仙垭口剖面; b. 迭部益哇—卓泥卡车沟; c. 若尔盖热尔郎山垭口. 1. 粉砂岩和页岩为主的复理石沉积; 2. 台间相页岩; 3. 灰质岩屑杂砂岩; 4. (长石)岩屑杂砂岩; 5. 碎屑流沉积; 6. 残余钙屑晶灰岩; 7. 灰岩(类型未分); 8. 残余颗粒灰岩; 9. 上古生界; 10. 泥盆系; 11. 石炭系; 12. 二叠系; 13. 浅海相下一中三叠统; 14. 斜坡相中三叠统光盖山组; 15. 复理石相中一上三叠统; 16. 提供陆源碎屑可能的下古生界和震旦系; 17. 剖面设想的古环境位置

动大陆边缘、残留洋盆,少数前陆盆地,张性构造背景下的部分较厚的砂泥岩组合一般不归入复理石,尽管有人将被动大陆边缘发育较厚的砂泥质沉积称为野复理石或类复理石.因此,笔者认为,张性盆地可能不适合研究区这套复理石,以下重点对压性构造背景下的沉积盆地进行分析和讨论.

4.1 边缘斜坡相成因

西秦岭南部白龙江隆起南北两侧的光盖山组的基本特点是重力流沉积发育,特别是标识性碎屑流沉积厚度数十至数百米不等,属于典型的斜坡相.对于这套斜坡相可能存在的问题是:它是正常边缘斜坡相带变化引起的,还是由同生断裂控制引起的?亦或就是盆地挠曲作用过程的正常粗粒建造?也即是这种沉积在什么构造背景或盆地属性下构筑?

第 1 种观点认为,如果是正常边缘斜坡相带的

变化引起,那么,根据岩相模式,在若尔盖和洮河坳陷腹地的复理石沉积之下很难有台地相上古生界和中下三叠统.换言之,在此情况下,红参 1 井无论在若尔盖盆地和洮河盆地腹地什么位置实施钻探都难以钻达到目标层——台地相上古生界和中下三叠统(图 5a).第 2 种观点认为,如果光盖山组斜坡相的形成与边缘同生断裂有关的话,那么在若尔盖和洮河坳陷的复理石沉积之下就可能发育台地相上古生界和中下三叠统,相应地,红参 1 井无论在什么位置实施钻探则完全可以达到目标层(图 5b).

本次工作的岩相分析结果不支持第 2 种情况,这是因为,对白龙江隆起南北两侧的光盖山组岩相分析结果表明滑塌相不发育.而通常来说,大量垮塌相的存在是边缘同生正断裂的一个重要标志,也就是说,光盖山组是正常较缓的斜坡沉积.有没有第 3

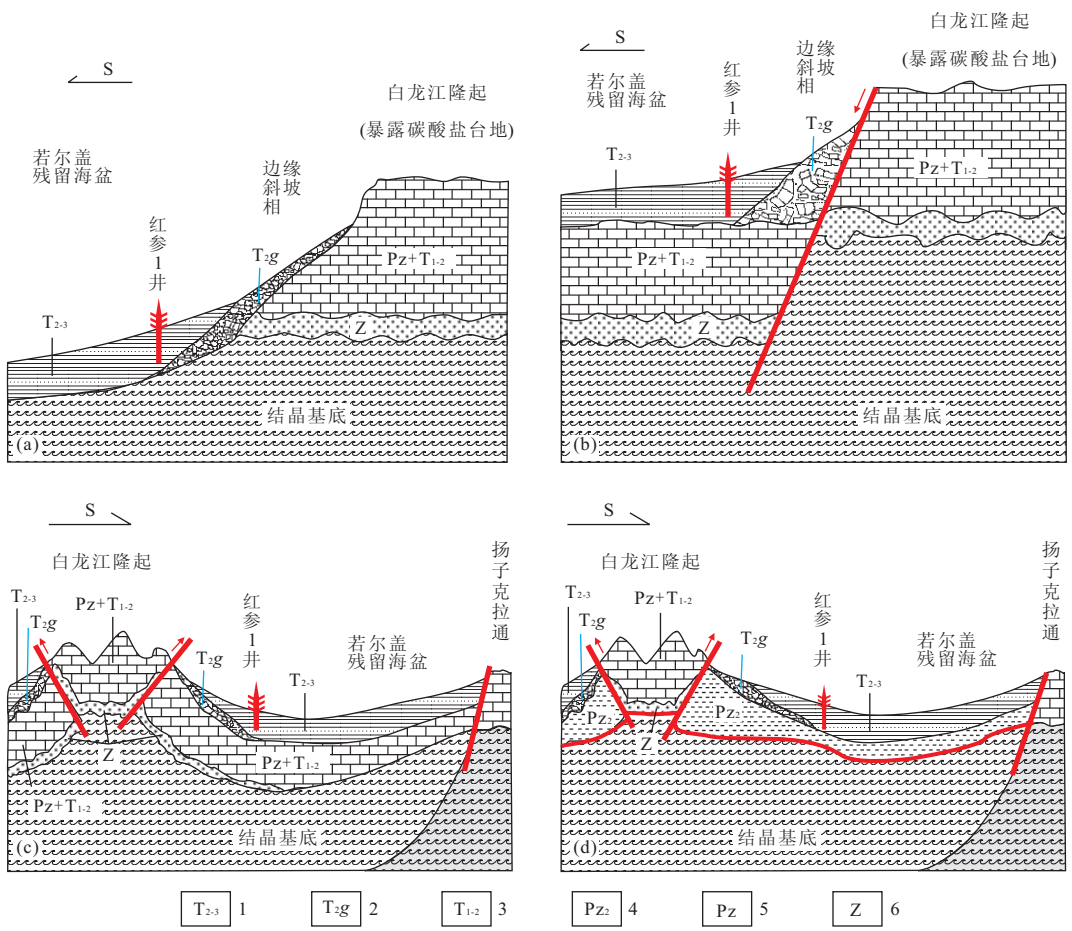


图 5 白龙江隆起南侧中上三叠统复理石相沉积盆地模式及与下伏台地相关系模型

Fig. 5 Models showing the relationships between the Middle-Upper Triassic flysch basins and underlied basements in the south of the Bailongjiang uplift

a. 正常边缘斜坡相;b. 同生深断裂控制的边缘斜坡相;c. 碰撞作用产生挠曲残留海盆,下伏震旦系和古生界属于亲扬子克拉通建造;d. 碰撞作用产生挠曲残留海盆,下伏地层背景统属深海或部分属残留洋盆. 1. 复理石相中一上三叠统;2. 边缘斜坡相中三叠统光盖山组;3. 浅海相中一下三叠统;4. 深海相上古生界;5. 海相上古生界(上古生界为台地相);6. 原岩为碎屑沉积岩的变质震旦系

种可能呢?即早先存在同生正断裂将台地相错断,而后在断裂位置沉积边缘斜坡相?这一方面取决于正断裂的倾角,同时还需要大量的垮塌相支持。目前为止,地球物理结果未显示高角度的同生正断层存在(高锐等,2006a,2006b),本文的岩相分析结果也不支持第3种可能性,反而洮河盆地与若尔盖盆地具有同一个基底(高锐等,2006a)可能支持第1种观点。

4.2 残留海盆

既然光盖山组是正常边缘斜坡相沉积,那么,它是在什么构造体制下形成的呢?晋慧娟和李育慈(1994)、何海清(1996)对东部腊子口剖面的下三叠统(可能是中三叠统光盖山组,笔者注)的类似沉积分析后认为这些重力流沉积代表了裂隙活动阶段。但是俯冲或者碰撞环境同样可以引起类似的重力流沉积建造。如在汇聚背景下,这里既无增生楔,也无蛇绿混杂岩,显然与洋壳岩石圈俯冲无关;前陆盆地明显也不适合,因为大陆在此位置没有对接,同时区域上缺少前缘粗粒建造和远端前隆浅海建造、也缺少前陆盆地发育之前的岛弧火山相关的建造。所以,唯一答案是大陆碰撞有关的残留海盆大陆一侧的边缘相,这与此时华北与华南开始碰撞的大背景也是十分吻合的。华北与华南碰撞的主战场在东秦岭和大别山,西秦岭和华南的西北(原扬子地台)之间没有接触,其间被广阔的(松潘—甘孜褶皱带复理石)若尔盖盆地+白龙江隆起+洮河盆地分隔,光盖山组及其上的复理石系沉积于华北—华南碰撞过程中形成的残留海盆,亦即相似于残留洋盆模式(Nie *et al.*, 1994; Ingersoll, 1998),与构造挠曲作用造成的地壳沉降有关。之所以称之为残留海盆而非残留洋盆,是因为目前没有任何证据表明其基底存在洋壳,海盆可更好体现非洋壳基底特性。如残留海盆正确的话,那么含斜坡相的中上三叠统复理石与下伏地层还可能存在什么关系呢?笔者认为至少可能存在2种。

第一,光盖山组之下可能存在原先台地相上古生界和中下三叠统甚至震旦系。华北与华南碰撞过程中使得古生界与中下三叠统一起被深埋在地下,并且可能具有油气保存构造,有很好的油气勘探前景(图5c)。之上的光盖山组和其他复理石地层岩性固结度较低,在印支期产生强烈变形并伴随一些断裂构造,致使地层大幅加厚;它与下伏上古生界和中下三叠统之间则可能因为岩性差异形成滑脱层(断裂带)。

第二,古特提斯洋东部——巴颜喀拉乃到西秦岭南部至扬子地台之间,古生代和早—中三叠世时期的沉积盆地可能为深海或者洋盆,中晚三叠世复理石系继承而来(图5d),只不过因物源充分,沉积厚度特别大。这种情况对油气勘探明显不利,因为中上三叠统复理石之下即使有更老的沉积岩系,也不是潜在的储层。现有的证据已经表明,白龙江隆起北侧泥盆纪—中三叠世一直存在碳酸盐斜坡碎屑流沉积(牛新生等,2010),甚至在西秦岭南部(洮河盆地)石炭—二叠纪存在广阔的大洋,被称为秦岭洋(杨逢清和王志平,1995)。这在一定程度上反映洮河盆地中—上三叠统复理石之下可能没有台地相上古生界。至于若尔盖盆地现今大多归属扬子地台,考虑白龙江隆起及其两侧光盖山组的岩相演化以及它们具有同一个基底(赖旭龙等,1995;高锐等,2006a,2006b)特性,笔者倾向认为与洮河盆地相似,复理石之下仍然可能是深海相或者变质基底,而不是台地相上古生界。相似地,张雪亭等(2005)甚至将整个晚二叠世—中三叠世巴颜喀拉、松潘—甘孜褶皱带和西秦岭南部统称为巴颜喀拉残留洋盆。

5 小结

本文对西秦岭南部(川北—甘南)白龙江隆起南北两侧的中三叠统上部2条实测剖面和1条观察剖面岩相进行了分析,认为光盖山组沉积于斜坡环境,按照沉积作用方式划分出碎屑流相(FA)、颗粒流相(FB)、浊流相(FC)、牵引流相(FD)、平坦床砂静水相(FE)5种岩相类型,其中FA和FC是2种典型而常见的斜坡重力流相。进一步依据组分对岩相进行了亚相划分,一般可区分钙屑和陆屑2种亚相。详细研究表明,迭部飞仙剖面的岩相变化具有旋回性,单个相序基本结构为砾质碎屑流相→鲍玛序列组合相,可识别区分出9个相序旋回并归纳为4种类型。

总结发现,隆起南北两侧的光盖山组岩相既有相同点,也有差别,其共同点是斜坡碎屑流和浊流型重力流较为发育,滑塌型重力沉积少见,物源区较近且以灰岩为主;差别是不同剖面岩相结构、相序旋回有所不同,被侵蚀的物源地层时代不一样。其中,迭部飞仙剖面以发育碎屑流为特点,剖面位处斜坡坡度相对较陡的位置,距被侵蚀的源区较近,源区被侵蚀的地层主要是上古生界;隆起北侧的益哇剖面,陆源硅质碎屑和钙屑重力流、牵引流沉积均较发育,碎屑流也可见,被侵蚀源区的近源地层主要是浅海相

中下三叠统;隆起南侧的热尔郎山剖面位置距侵蚀区稍远,被侵蚀的源区地层也为浅海相中上三叠统,相序上表现为斜坡钙屑到陆屑沉积,碎屑流少但有泥质流类型,其上部大量的陆屑可能主要源自北侧迭部—降扎一线的下古生界和震旦系。

通过南北两侧岩相分析,指出光盖山组属于正常的较缓的边缘斜坡沉积,缺少滑塌相表明很可能没有同生正断裂来控制其岩相发育。进一步论证表明它可能是大陆碰撞有关的残留海盆大陆一侧的边缘相,与构造挠曲作用产生的沉降有关,而不是断陷背景下的产物。碰撞残留海盆适逢其时,即受控于华南与华北板块的拼合初期。由于白龙江隆起北部洮河盆地晚古生代和早—中三叠世存在深海和残留洋盆,加之南侧的若尔盖盆地与洮河盆地可能共用一个基底,因此,笔者推测这 2 个盆地的中上三叠统复理石之下的地层可能没有台地相上古生界和中—下三叠统,而是类似的复理石或者直接与结晶基底通过滑脱层断裂带接触,这一推测明显不利于在该区开展油气勘探。

致谢:原成都理工大学许新新、曹珂、陈云华、苗清等同学参加了部分野外工作,四川地质勘探局(绵阳)西北地质队(绵阳)杨恒苏工程师给予了野外指导,在此表示感谢。

References

- Cai, L. G., Liu, W. X., Song, L. H., et al., 2005. Basin evolution and hydrocarbon potential in Songpan-Aba area. *Oil & Gas Geology*, 26(1): 92—98 (in Chinese with English abstract).
- Cai, L. G., Zheng, B., Liu, J. R., et al., 1993. Basic characteristics of petroleum geology in eastern Tibet-Qinghai plateau. Nanjing University Press, Nanjing, 101 (in Chinese).
- Fang, G. Q., Zhang, X. B., Li, Y. C., 1994. Rift-faultings of Hercynian-Indosinian epoch of western Qinling orogenic belt and its relationship with Palaeotethys. *Acta Sedimentologica Sinica*, 12(3): 762—781 (in Chinese with English abstract).
- Gao, R., Wang, H. Y., Ma, Y. S., et al., 2006a. Tectonic relationships between the Zoigê basin of the Song-Pan block and the West Qinling orogen at lithosphere scale; results of deep seismic reflection profiling. *Acta Geoscientica Sinica*, 27(5): 411—418 (in Chinese with English abstract).
- Gao, R., Ma, Y. S., Li, Q. S., et al., 2006b. Structure of the lower crust beneath the Songpan block and West Qinling orogen and their relation as revealed by deep seismic reflection profiling. *Geological Bulletin of China*, 25(12): 1361—1367 (in Chinese with English abstract).
- Hao, Z. W., Yu, R. L., 1983. On relationships between the Kunlun-Bayan Hara Sea and evolution of the Tethys Ocean. In: The Editorial Board of Sanjiang Monographs, ed., Contribution to the geology of Qinghai-Xizang (Tibet) plateau (13). Geological Publishing House, Beijing, 25—42 (in Chinese).
- He, H. Q., 1996. Early Triassic sediments and their tectonic controlling factors, western Qinling. *Acta Sedimentologica Sinica*, 14(1): 86—92 (in Chinese with English abstract).
- Ingersoll, R. V., 1988. Tectonics of sedimentary basins. *GSA Bulletin*, 100(11): 1704—1719. doi: 7606(1988)100<1704:TOSB>2.3.CO;2
- Jin, H. J., Li, Y. C., 1994. Model of sedimentary evolution of the Early Triassic deep-water carbonate rocks in western Qinling. *Science in China (Ser. B)*, 24(8): 890—896 (in Chinese with English abstract).
- Jin, H. J., Li, Y. C., 2001. A Study on Middle Triassic Flysch facies in West Qinling orogenic belt. *Acta Sedimentologica Sinica*, 19(3): 321—326 (in Chinese with English abstract).
- Köver, S., Haas, J., Ozsvárt, P., et al., 2009. Lithofacies and age data of Jurassic foreslope and basin sediments of Rudabánya Hills (NE Hungary) and their tectonic interpretation. *Geologica Carpathica*, 60(5): 351—379. doi:10.2478/v.10096-009-0027-y
- Lai, X. L., Yin, H. F., Yang, F. Q., 1995. Reconstruction of the Qinling Triassic Paleo-ocean. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 20(6): 648—656 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. L., 1992. Fundamental problems of tectonics in Southeast China. In: Li, J. L., ed., Study of structure and evolution of continental lithosphere in Southeast China. China Press of Science and Technology, Beijing, 315 (in Chinese).
- Liu, S., Li, C., Yang, D. M., et al., 2000. The evolution of Late-Mesozoic tectonic petrographic facies in Coqen basin, Tibet. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 30(2): 134—138 (in Chinese with English abstract).
- Mack, G. H., James, W. C., 2009. Control of basin symmetry on fluvial lithofacies, camp rice and Palomas Formations (Plio-Pleistocene), southern Rio Grande rift, USA. In: Marzo, M., Puigdefábregas, C., eds., Alluvial sedimen-

- tation. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, 439—449. doi:10.1002/9781444303995
- Meng, Q. R., Qu, H. J., Hu, J. M., 2007. Triassic deep-water sediments in West Qinling and Songpan terrane. *Science in China (Ser. D)*, 37 (Supp. I): 209—223 (in Chinese).
- Nie, S. Y., Yin, A., Rowley, D. B., et al., 1994. Exhumation of the Dabie Shan ultra-high-pressure rocks and accumulation of the Songpan-Ganze flysch sequence, Central China. *Geology*, 2(11): 999—1002. doi:10.1130/0091-7613
- Niu, X. S., Wang, C. S., Zhang, Y. X., 2010. Carbonate debris flow deposition from Devonian to Triassic in Bailongjiang uplift, Songpan area and its palaeogeographical implications. *Global Geology*, 29(1): 33—44 (in Chinese with English abstract).
- Pei, X. Z., Zhang, G. W., Lai, S. C., et al., 2002. Main geological features of the Mianlue tectonic belt on the southern margin of the West Qinling. *Geological Bulletin of China*, 21(8—9): 486—493 (in Chinese with English abstract).
- Rao, R. B., Zhu, Z. X., Huang, S. B., 1985. The discovery of Ladinian stage in Songpan area, western Sichuan and its geological implications. In: The Editorial Board of Sanjiang Monographs, ed., Contribution to the geology of Qinghai-Xizang (Tibet) plateau (9). Geological Publishing House, Beijing, 157—163 (in Chinese).
- Ricketts, B. D., Balance, P. F., Hayward, B. W., et al., 1989. Basal Waitemata Group lithofacies: rapid subsidence in an Early Miocene interarc basin, New Zealand. *Sedimentology*, 36(4): 559—580. doi:10.1130/0091-7613
- Willan, R. C. R., Hunter, M. A., 2005. Basin evolution during the transition from continental rifting to subduction: evidence from the lithofacies and modal petrology of the Jurassic Latady Group, Antarctic Peninsula. *Journal of South American Earth Sciences*, 20(3): 171—191. doi:10.1111/1365-3091.1989.tb02086.x
- Xu, Q., Pan, G. T., Jiang, X. S., 2003. Songpan-Ganze belt: forearc accretion or backarc collapsing? *Journal of Mineralogy and Petrology*, 23(2): 27—31 (in Chinese with English abstract).
- Yan, Z., Yu, L. J., Li, J. L., et al., 2007. Sedimentary association of the Middle-Upper Triassic in Songpan-Ruo'ergai area. *Progresses in Natural Sciences*, 17(2): 196—204 (in Chinese).
- Yang, F. Q., Wang, Z. P., 1995. Reconstruction of the Qinling Permian Paleo-ocean. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 20(6): 641—647 (in Chinese with English abstract).
- Yang, Z. R., 2002. The formation and evolution of the Songpan-Garze fore-arc basin, western Sichuan. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(3): 53—59 (in Chinese with English abstract).
- Yin, A., Nie, S. Y., 1993. An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault systems, eastern Asia. *Tectonics*, 12(4): 801—813. doi:10.1029/93TC00313
- Yin, H. F., Yang, F. Q., Huang, Q. S., et al., 1992. Triassic in Qinling and adjacent area. Press of China University of Geoscience, Wuhan, 129 (in Chinese).
- Zhang, X. T., Wang, B. Z., Yu, J., et al., 2005. Sedimentary characteristics of the Bayan Hara remnant ocean basin, northwestern China. *Geological Bulletin of China*, 24(7): 613—620 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, J. T., Yang, F. Q., 1991. Early and Middle Triassic basin-slope environments in the Hezuo region, Gansu. *Paleogeography*, (5): 27—34 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, D., Graham, S. A., 1996. The Songpan-Ganze complex of the western Qinling Shan as a Triassic remnant ocean basin. In: Yin, A., Harrison, T. M., eds., The tectonic evolution of Asian. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 281—299. doi:10.1029/93TC00313
- Zhou, D., Sun, Z., Chen, H. Z., et al., 2005. Evolution of Mesozoic paleogeography and tectonic in South Sea and adjacent area. *Earth Science Frontier*, 12(3): 204—218 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Z. X., Rao, R. B., 1985. Discovery of *Daollela* bed of the Ladinian stage of the Middle Triassic in western Sichuan plateau. *Journal of Stratigraphy*, 9(4): 278—283 (in Chinese).
- Zuo, J. X., Tong, J. N., Zhao, L. S., 2003. Relationship between the differentiation of lithopaleogeography and the movement of blocks in the Early Triassic in South China. *Geological Science and Technology Information*, 22(2): 29—34 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 蔡立国, 刘伟新, 宋立珩, 等, 2005. 松潘—阿坝地区盆地演化及油气远景. 石油与天然气地质, 26(1): 92—98.
- 蔡立国, 郑冰, 刘建荣, 等, 1993. 青藏高原东部石油地质基本特征. 南京: 南京大学出版社, 101.
- 方国庆, 张晓宝, 李育慈, 1994. 西秦岭海西—印支期裂陷活动及其与古特提斯的关系. 沉积学报, 12(3): 762—781.
- 高锐, 王海燕, 马永生, 等, 2006a. 松潘地块若尔盖盆地与西

- 秦岭造山带岩石圈尺度的构造关系——深地震反射剖面探测成果. 地球学报, 27(5): 411—418.
- 高锐, 马永生, 李秋生, 等, 2006b. 松潘地块与西秦岭造山带下地壳的性质和关系——深地震反射剖面的揭露. 地质通报, 25(12): 1361—1367.
- 郝子文, 俞如龙, 1983. 论昆仑—巴颜喀拉海及其与特提斯洋演化关系. 见: “三江”专著编辑委员会编, 青藏高原地质文集(13). 北京: 地质出版社, 25—42.
- 何海清, 1996. 西秦岭早三叠世沉积特征及其构造控制作用. 沉积学报, 14(1): 86—92.
- 晋慧娟, 李育慈, 1994. 西秦岭早三叠世深水碳酸盐岩沉积演化模式. 中国科学(B辑), 24(8): 890—896.
- 晋慧娟, 李育慈, 2001. 西秦岭造山带中三叠统复理石相研究. 沉积学报, 19(3): 321—326.
- 赖旭龙, 殷鸿福, 杨逢清, 1995. 秦岭三叠纪古海洋再造. 地球科学, 20(6): 648—656.
- 李继亮, 1992. 中国东南地区大地构造基本问题. 见: 李继亮编, 中国东南海陆岩石圈结构与演化研究. 北京: 中国科学技术出版社, 315.
- 刘桑, 李才, 杨德明, 等, 2000. 西藏措勤盆地晚中生代构造—岩相演化. 长春科技大学学报, 30(2): 134—138.
- 孟庆任, 渠洪杰, 胡健民, 2007. 西秦岭和松潘地体三叠系深水沉积. 中国科学(D辑), 37(增刊 I): 209—223.
- 牛新生, 王成善, 张玉修, 2010. 松潘地区白龙江隆起泥盆纪至三叠纪碳酸盐碎屑流沉积及其古地理意义. 世界地质, 29(1): 33—44.
- 裴先治, 张国伟, 赖绍聪, 等, 2002. 西秦岭南缘勉略构造带主要地质特征. 地质通报, 21(8—9): 486—493.
- 饶荣标, 朱占祥, 黄盛碧, 1985. 川西松潘地区中三叠世拉丁期的瓣鳃类和牙形石. 见: “三江”专著编辑委员会, 编, 青藏高原地质文集(9). 地质出版社, 北京, 199—205.
- 徐强, 潘桂糖, 江新胜, 2003. 松潘—甘孜带: 是弧前增生还是弧后消减? 矿物岩石, 23(2): 27—31.
- 闫臻, 俞良军, 李继亮, 等, 2007. 松潘—若尔盖地区中—上三叠统沉积相组合特征. 自然科学进展, 17(2): 196—204.
- 杨逢清, 王志平, 1995. 秦岭二叠纪古海洋再造. 地球科学——中国地质大学学报, 20(6): 641—647.
- 杨宗让, 2002. 川西松潘—甘孜弧前盆地的形成及演化. 特提斯地质与沉积地质, 22(3): 53—59.
- 殷鸿福, 杨逢清, 黄其胜, 等, 1992. 秦岭及邻区三叠系. 武汉: 中国地质大学出版社, 129.
- 张雪亭, 王秉璋, 俞建, 等, 2005. 巴颜喀拉残留洋盆的沉积特征. 地质通报, 24(7): 613—620.
- 赵江天, 杨逢清, 1991. 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, (5): 27—34.
- 周蒂, 孙珍, 陈汉宗, 等, 2005. 南海及其围区中生代岩相古地理和构造演化. 地学前缘, 12(3): 204—218.
- 朱占祥, 饶荣标, 1985. 川西高原发现中三叠统拉丁阶鱼鳞蛤层. 地层学杂志, 9(4): 278—283.
- 左景勋, 童金南, 赵来时, 2003. 中国南方早三叠世岩相古地理分异演化与板块运动的关系. 地质科技情报, 22(2): 29—34.