

藏北可可西里盆地老第三纪沉积物源区分析 及其高原隆升意义

刘志飞^{1,2} 王成善² 伊海生² 刘 顺²

(1. 同济大学海洋地质教育部重点实验室, 上海 200092; 2. 成都理工学院沉积地质研究所, 成都 610059)

摘要: 可可西里盆地位于昆仑山和唐古拉山之间, 是青藏高原腹地最大的第三纪沉积盆地, 对于研究青藏高原早期隆升和地壳短缩过程具有重要作用. 盆地保存的始新世—渐新世早期风火山群和雅西措群主要由碎屑岩和泥岩组成, 厚度为 5 452.8 m. 碎屑岩的物源区分析表明, 风火山群主要来自于南部的唐古拉造山带二叠—三叠纪地层, 而雅西措群主要来自于南部的唐古拉、白日榨加和黑石山—高山造山带, 剥蚀深度加大至石炭—二叠纪地层. 它们的沉积演化过程是盆地南部造山带老第三纪构造隆升持续加强的结果, 表明在雅西措群沉积时期青藏高原北部已经隆升至一定的高度.

关键词: 物源区; 高原隆升; 老第三纪; 可可西里盆地; 青藏高原.

中图分类号: P541; P512.2 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)01-0001-06

作者简介: 刘志飞, 男, 博士后, 1969年生, 1999年毕业于成都理工学院, 获理学博士学位, 目前主要从事青藏高原地质和海洋地质研究.

汇水沉积盆地保存了盆地水系范围内造山带岩石经风化、剥蚀、搬运并沉积下来的沉积物, 这些沉积物不仅反映盆地基底的动力学性质, 而且还可以揭示周围造山带岩石圈基本特征. 详细的沉积盆地分析已被证明是造山带活动构造研究的一条重要途径^[1,2]. 印度大陆和亚洲大陆于老第三纪的碰撞^[3,4]直接导致青藏地区陆地的形成及其后长期的高原隆升过程, 在高原内部、周缘地区和环绕它的海域中形成了许多大型的新生代沉积盆地, 这些沉积盆地的形成、改造和消失都与高原隆升同时发生与发展, 记录了高原隆升的具体构造过程. 运用这些沉积盆地揭示高原隆升机制和过程的研究已经在高原北缘成功地展开^[2,5], 并成为唯一考虑到地貌侵蚀和沉积盆地作用而提出的陆内俯冲隆升机制的重要基础^[1]. 然而, 目前我们对高原内部新生代沉积盆地的详细研究知之甚少.

鉴于此, 我们在过去的3年中开展了高原北部可可西里盆地第三纪沉积与高原隆升的相关性研究. 可可西里盆地分布在昆仑山和唐古拉山之间, 平

均海拔高程在 5 000 m 以上, 分布面积达 101 000 km², 是青藏高原腹地最大的第三纪沉积盆地. 我们在区域野外地质填图的基础上, 对厚度达 5 452.8 m 的老第三纪沉积进行精度较高的磁性年代地层学定年^{[6]①}, 开展详细的沉积相和沉积过程研究^{[7]②}, 并定量估算其新生代沉积演化过程^③, 初步成果显示可可西里盆地对于研究青藏高原早期隆升和地壳短缩过程具有重要作用. 本文通过碎屑岩石学和古水流方向两个方面开展风火山群和雅西措群沉积的物源区分析, 讨论青藏高原北部老第三纪隆升的构造作用特征.

1 地质背景

可可西里盆地位于巴颜喀拉地体西段和羌塘地

① Liu Z F, Zhao X X, Wang C S, et al. Magnetostratigraphy of Tertiary sediments from the Hoh Xil basin: implications for the Cenozoic tectonic history of the Tibetan plateau [J]. *Geophysics Journal International*, 2000 (submitted).

② 刘志飞, 王成善. 青藏高原北部可可西里盆地第三纪风火山群沉积环境分析[J]. *沉积学报*, 2001(待刊).

③ 刘志飞, 王成善, 伊海生, 等. 可可西里盆地新生代沉积演化历史重建[J]. *地质学报*, 2001(待刊).

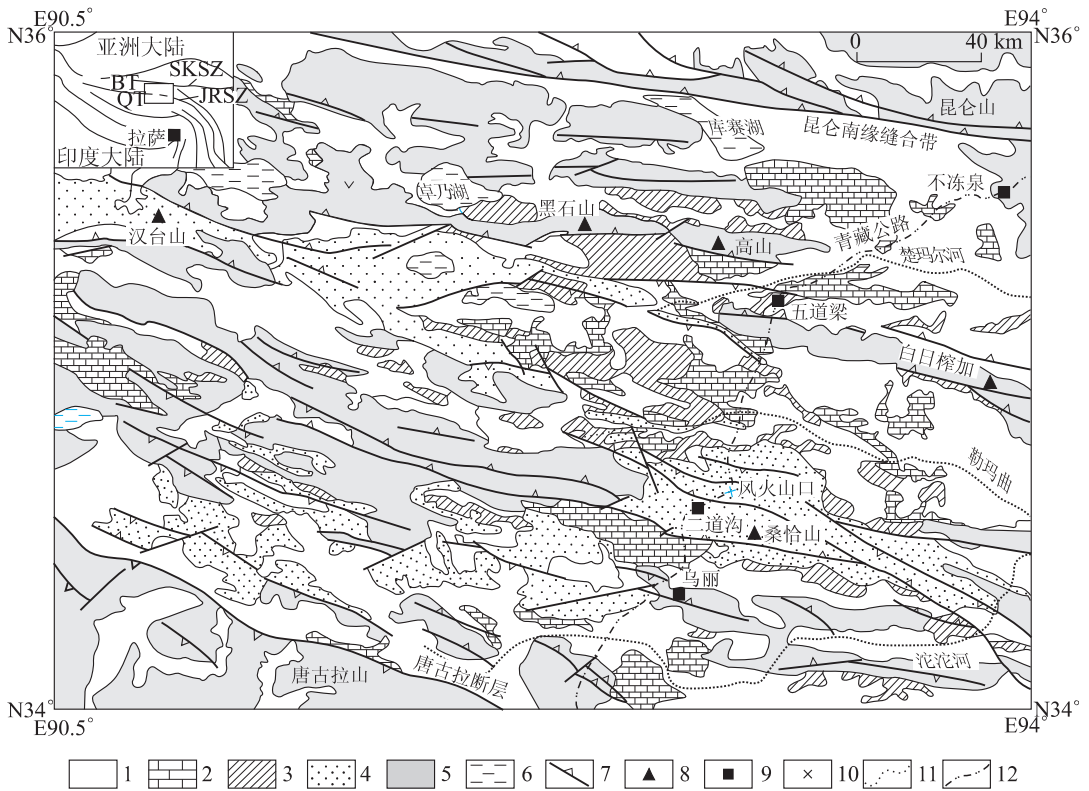


图 1 青藏高原北部可可西里盆地地质简图

Fig. 1 Simplified geologic map of the Hoh Xil basin, northern Tibet

显示新生代沉积、盆地基底分布以及构造轮廓,构造轮廓据文献[6,9]修改。1. 第四纪/覆盖;2. 五道梁群;3. 雅西措群;4. 风火山群;5. 前第三系基底;6. 湖泊;7. 逆冲断层;8. 山峰;9. 居民区;10. 山口;11. 河流;12. 公路;BT. 巴颜喀拉地体;QT. 羌塘地体;SKSZ. 昆仑南缘缝合带;JRSZ. 金沙江缝合带

体的北部,覆盖金沙江缝合带。其北部以昆仑南缘缝合带为界,南部以唐古拉断裂为界,青藏公路从东部穿过(图1)。盆地基底由石炭—二叠纪西金乌兰群、二叠纪开心岭群、二叠—三叠纪汉台山群、三叠纪巴颜喀拉群、巴塘群和结扎群组成,它们之间均存在角度不整合,总厚度达 23 000 m^[8,9]。西金乌兰群由灰色板岩、灰绿色石英砂岩、灰绿色片岩和黄绿色变辉绿岩组成,主要分布在盆地西部和南部。开心岭群由灰色粗砂岩、黑色玄武岩组成,分布在盆地东南部。汉台山群由灰白色石英砂岩和灰黑色灰岩组成,主要分布在盆地的西部和南部。巴颜喀拉群由灰色岩屑砂岩、石英砂岩、泥岩夹板岩和千枚岩组成,巴塘群由灰色石英砂岩夹板岩和硅质岩组成,结扎群由深灰色页岩夹砂岩及它们的互层组成,它们都广泛分布在盆地中。

盆地的新生代盖层包括下部连续沉积的风火山群和雅西措群以及上部的五道梁群,两套地层之间为角度不整合接触,总厚度达 5 737.5 m^[6]。风火山群主要由河流—湖泊—扇三角洲形成的砂岩、泥岩和砾

岩组成,夹灰绿色含铜砂岩、灰黑色生物碎屑灰岩,下部夹少量灰白色薄层状石膏岩,厚度为 4 782.8 m^②;雅西措群为湖泊—河流成因的泥岩、含膏泥岩与粉砂岩、细砂岩韵律互层,岩层中普遍夹有石膏薄层和石膏结核层,厚度为 670.0 m^[7]。风火山群的年代曾据少量生物化石归为老第三纪或始新世^[10]、晚白垩世^[8]或未分白垩世^[9],后经较详细磁性年代地层学测定为始新世—早渐新世(56~32) Ma,同时将雅西措群的地层年代测定为早渐新世(32~30) Ma^[6]。五道梁群为生物碎屑灰岩沉积,地质时代基本被确认为早中新世^[8,9]。

风火山群和雅西措群以及盆地基底岩系中发育一系列走向 NWW 的逆冲断层和褶皱(图1),而野外观察不整合上覆的五道梁群仅发育很弱的后期变形作用,为角度一般小于 30°的倾斜,这表明老第三纪沉积经历的强烈后期变形作用主要是发生在雅西措群沉积之后、五道梁群沉积之前,很可能是晚渐新世时期。这期变形作用造成了二道沟—五道梁地区南北地壳短缩约 40%的地壳短缩和加厚作用^[6,11]。

因此,对该盆地老第三纪巨厚沉积的详细研究,对于理解青藏高原早期构造历史具有重要作用。

2 碎屑岩石学分析

风火山群和雅西措群以碎屑岩和泥岩为主,含少量石膏岩和极少量碳酸盐岩,其中,碎屑岩以中细砂岩为主。由于碎屑岩的碎屑成分可以直接反映物源区岩石圈性质,碎屑结构可以揭示物源区构造活动特征^[12,13],因此,碎屑岩物源区分析一直是沉积盆地分析的主要内容。

2.1 砾岩

风火山群砾岩在盆地西部的汉台山剖面厚约 54 m,在东部的桑恰山剖面厚约 174 m,约占地层厚度的 4%,分为粗砾岩和中细砾岩,形成于扇三角洲沉积环境^[7]。砾石成分以棕色、灰黑色、灰色灰岩、紫色泥灰岩、火山碎屑岩、砂岩为主,含石英岩和基性岩等,粒径以 4~16 mm 为主,次之为 2~4 mm 和 16~64 mm,最大粒径为 220 mm。桑恰山剖面砾岩的砾石含量约 60%~85%,次圆—圆状,分选中等,多为硅质和钙质孔隙式胶结,填隙物主要为细砾、砂质和泥质。雅西措群砾岩主要分布在五道梁剖面,厚约 97 m,多为中细砾岩,形成于辫状河环境^②。砾石成分以石英质砾石为主,其次为灰黑色板岩、片岩等,次棱角状—次圆状,分选性差。

根据砾石成分和沉积环境分析,风火山群砾岩应是近源,以灰岩、火山碎屑岩和砂岩为主的物源区,雅西措群砾岩应是近源、变质岩和硅质岩为主的

物源区。考虑到可可西里盆地是高原内部的一个汇水盆地,物源区地表岩石类型同盆地基底岩石类型基本相同,因此推断风火山群沉积可能来源于二叠—三叠纪的开心岭群、汉台山群、巴颜喀拉群和结扎群,而雅西措群沉积则可能来源于石炭—二叠纪西金乌兰群,以及三叠纪的巴颜喀拉群和巴塘群。这表明可可西里地区造山活动在始新世开始时期,使造山带表面的二叠—三叠系遭受剥蚀;当造山活动继续到渐新世早期时,更老的石炭—二叠系也开始遭受剥蚀。

2.2 砂岩

风火山群砂岩构成可可西里盆地始新世时期沉积的主体,约占沉积厚度的 53%以上,多呈紫红色、紫灰色,以细砂岩为主,中砂岩次之,多为河流和湖泊沉积环境^[7]。粗砂岩的碎屑成分以岩屑为主,包括碳酸盐岩、变质岩和燧石及其他岩屑,颗粒支撑,分选性和磨圆性均差。中细砂岩的碎屑成分以单晶石英、多晶石英、长石和岩屑为主,分选性和磨圆中等至差。根据砂岩的碎屑成分统计,在 QtFL 三角图解中^[13],23 件样品均落入再旋回造山带、克拉通内陆和过渡大陆区域中(图 2A),QmFLt 图解对 QtFL 图解进一步明确,再旋回造山带主要为过渡再旋回和岩屑再旋回,大陆物源主要为过渡大陆(图 2B)。雅西措群的砂岩主要为紫红色、砖红色细砂岩,其次为中砂岩,常为中薄层状、薄板状,约占沉积厚度的 42%,为河流和湖泊沉积的产物。砂岩中碎屑含量 85%~92%,颗粒支撑,碎屑成分以沉积岩岩屑为主,其次为变质岩岩屑,偶见火山岩岩屑,分选性和

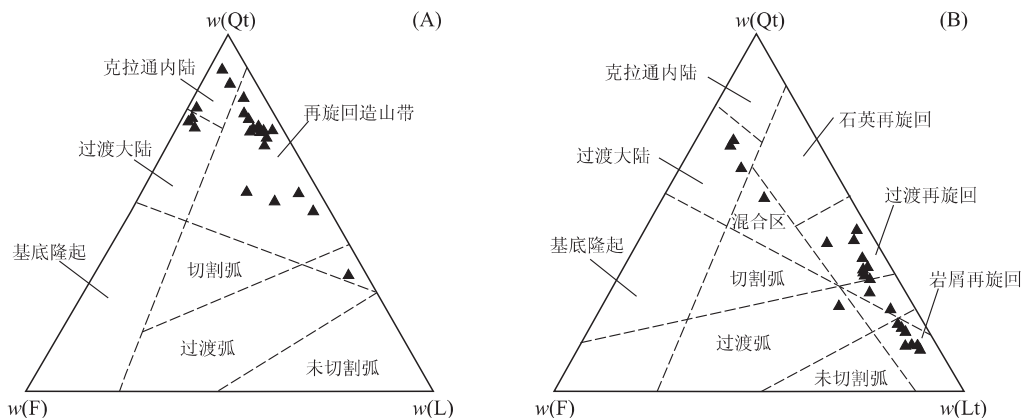


图 2 可可西里盆地风火山群砂岩碎屑成分 QtFL(A)和 QmFLt(B)图解

Fig. 2 Framework-grain QtFL (A) and QmFLt (B) composition of the Fenghuoshan Group sandstones in the Hoh Xil basin

Qt. 石英颗粒总数; Qm. 单晶石英; F. 单晶长石总数; L. 不稳定岩屑; Lt. 多晶质岩屑

磨圆性为中等至差。

因此,综合上述分析可以推断,风火山群砂岩物源区主要为近源再旋回造山带,岩石类型以碳酸盐岩、变质岩、石英砂岩、火山岩为主;雅西措群砂岩物源区以近—远源、变质岩区和沉积岩区为主。这两个地层单元的砂岩物源区分析的结果同它们的砾岩物源区分析结果基本一致,表明物源区造山作用随着时间的推移,活动强度增大,剥蚀地层更老和更深。

3 古水流分析

风火山群和雅西措群古水流标志明显,为其物源区分析提供了可靠基础。野外工作对16条实测剖面 and 13个地质观察点的原生沉积构造共实测了308个单向古水流数据^{[6]③}。测量标志主要有:单向流水波痕、槽模、板状交错层理、槽状交错层理、楔形交错层理、攀升沙纹层理、叠瓦状排列砾石、水道迁移方向。其中流水波痕、槽模和水道迁移方向可以直接在野外测出古水流值的绝对方向,其他标志利用吴氏网进行室内校正,可以保证实测数据的精度和可信度。

结果显示,可可西里盆地在风火山群沉积的56~32 Ma期间(图3A),以沉积物等厚线显示的沉积中心主要集中在盆地东南部桑恰山地区至西部的汉台山地区,最大沉积厚度超过4000 m^{[6]③}。在桑恰山地区,南部古水流方向都显示为北至东北方向,中部也指向北,北部指向西北,而西部则指向西南。这表明桑恰山地区的物源方向主要为南部和西南部唐古拉造山带,可能受局部构造影响,其西部也表现出少量东北向物源。在盆地中部地区,沉积中心处表现出东向古水流,反映沉积中心向东迁移;而在其南缘可能受造山带影响,古水流指向西北方向。在汉台山地区,古水流指向北,表明其物源为南缘造山带。

在雅西措群沉积的32~30 Ma期间(图3B),盆地的沉积中心主要集中在五道梁地区,在其南部的桑恰山地区和北部的卓乃湖地区仍发育部分沉积。在五道梁地区,南部的古水流都指向东北,显示物源来自南缘的白日榨加造山带;北部的古水流指向东,表明盆地中心继承始新世格局继续向东迁移,造成此期间西部隆升至地表,并遭受剥蚀。桑恰山地区仅在其北部发育沉积,古水流仍然指示东北,说明南部和西南部的唐古拉造山带持续隆升。卓乃湖地区虽没有古水流资料控制,但根据南缘边界断层仍然可

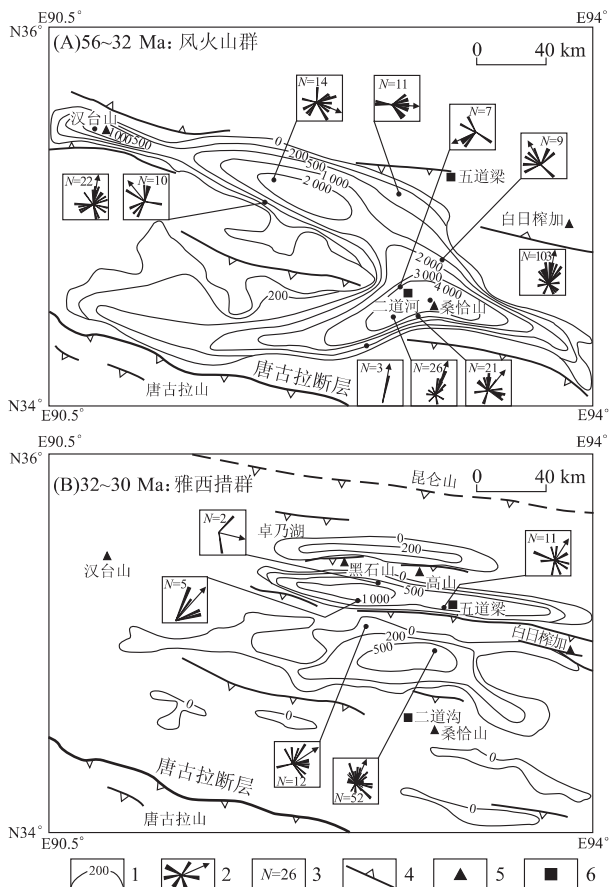


图3 可可西里盆地风火山群(A)和雅西措群(B)沉积物等厚图

Fig. 3 Sediment isopach maps of the Fenghuoshan Group (A) and the Yaxicuo Group (B) in the Hoh Xil basin

表示盆地两个阶段演化的古水流、盆地沉积中心、构造轮廓,沉积物厚度值据文献^③计算。1. 沉积物等厚线, m; 2. 古水流玫瑰花图; 3. 数据量; 4. 逆冲断层; 5. 山峰; 6. 居民区

以推测其物源区为南缘的黑石山—高山造山区域。

4 高原隆升意义

风火山群和雅西措群的物源区分析表明,这两个地层单元沉积演化过程是盆地南部唐古拉造山带构造隆升持续加强的结果。风火山群沉积期间(56~32 Ma),受南缘唐古拉断裂控制,盆地物源区主要来自南部和西南部的唐古拉造山带以及盆地内部剥蚀区,剥蚀地层主要是地表的二叠—三叠纪的开心岭群、汉台山群、巴颜喀拉群和结扎群。而在雅西措群沉积期间(32~30 Ma),来自南部逆冲推动力的持续加强造成东北方向前展式逆冲断层系发育,

白日榨加和黑石山—高山造山带形成,连同南缘的唐古拉造山带一起成为雅西措群的物源区,剥蚀强度加大,除原先的二叠—三叠纪地层之外,石炭—二叠纪的西金乌兰群也遭受剥蚀。

因此,青藏高原北部在可可西里盆地雅西措群沉积的早渐新世时期可能已经隆升到一定的高度,这可以同广泛发育于高原的钾质熔岩流进行对比。钾质熔岩形成于岩石圈地幔对流减薄过程^[14],在高原东部的喷发年龄为40~30 Ma^[15],西部的喷发年龄为20~13 Ma^[16]。同可可西里盆地沉积反映的32~30 Ma快速隆升过程相比较,表明青藏高原由东向西的不等时隆升过程^[15]。

5 结论

可可西里盆地风火山群和雅西措群的物源区分析表明,风火山群沉积主要来自于南部的唐古拉造山带以及盆地内部剥蚀区,剥蚀地层主要为二叠—三叠纪的开心岭群、汉台山群、巴颜喀拉群和结扎群;雅西措群沉积主要来自于南部的唐古拉山、白日榨加和黑石山—高山造山带,剥蚀地层除二叠—三叠纪地层之外,还包括石炭—二叠纪的西金乌兰群。这两个地层单元沉积演化过程是盆地南部唐古拉造山带老第三纪构造隆升持续加强的结果,表明在雅西措群沉积时期青藏高原北部已经隆升至一定的高度。

Zhao Xixi、李祥辉、胡修棉、魏明建、朱利东、王士峰参加了研究工作,借此一并表示谢忱。

参考文献:

[1] Meyer B, Tapponnier P, Bourjot L, et al. Crustal thickening in Gansu-Qinghai, lithospheric mantle subduction, and oblique, strike-slip controlled growth of the Tibet plateau [J]. *Geophysics Journal International*, 1998, 135: 1~47.

[2] Métivier F, Gaudemer Y. Mass transfer between eastern Tien Shan and adjacent basins (central Asia): constraints on regional tectonics and topography [J]. *Geophysics Journal International*, 1997, 128: 1~17.

[3] Patriat P, Achache J. India-Eurasia collision chronology

has implications for crustal shortening and driving mechanism of plates [J]. *Nature*, 1984, 311: 615~621.

- [4] Rowley D B. Minimum age of initiation of collision between India and Asia North of Everest based on the subsidence history of the Zhepure Mountain section [J]. *The Journal of Geology*, 1998, 106: 229~235.
- [5] Métivier F, Gaudemer Y, Tapponnier P, et al. North-eastward growth of the Tibet plateau deduced from balanced reconstruction of two depositional areas; The Qaidam and Hexi Corridor basins, China [J]. *Tectonics*, 1998, 17: 823~842.
- [6] 刘志飞. 青藏高原腹地第三纪沉积与高原隆升的关系 [D]. 成都:成都理工学院, 1999.
- [7] 刘志飞, 王成善. 可可西里盆地早渐新世雅西措群沉积环境分析及古气候意义 [J]. *沉积学报*, 2000, 18(3): 355~369.
- [8] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1991. 662.
- [9] 张以菲, 郑健康. 青海可可西里及邻区地质概论 [M]. 北京:地震出版社, 1994. 177.
- [10] 尹集祥, 徐均涛, 刘成杰, 等. 拉萨至格尔木的区域地层 [A]. 见:中英青藏高原综合地质考察队. 青藏高原地质演化 [C]. 北京:科学出版社, 1990. 1~48.
- [11] Coward W P, Kidd W S F, 潘耘, 等. 拉萨至格尔木的构造 [A]. 见:中英青藏高原综合地质考察队. 青藏高原地质演化 [C]. 北京:科学出版社, 1990. 321~347.
- [12] Miall A D. Principles of sedimentary basin analysis [M]. New York: Springer-Verlag, 1984. 668.
- [13] Dickinson W R. Interpreting provenance relations from detrital models of sandstones [A]. In: Zuffa G G. ed. Provenance of Arenites [C]. [s. l.]: Reidel Publication Co, 1985. 333~361.
- [14] England P, Houseman G. Extension during continental convergence, with application to the Tibetan plateau [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1989, 94: 17561~17579.
- [15] Chung S, Lo C, Lee T, et al. Diachronous uplift of the Tibetan plateau starting 40 Myr ago [J]. *Nature*, 1998, 394: 769~773.
- [16] Turner S, Hawkesworth C, Liu J, et al. Timing of Tibetan uplift constrained by analysis of volcanic rocks [J]. *Nature*, 1993, 364: 50~54.

PROVENANCE OF PALEOGENE SEDIMENTS IN HOH XIL BASIN, NORTH OF QINGZANG PLATEAU, AND ITS SIGNIFICANCE FOR PLATEAU UPLIFT

Liu Zhifei^{1, 2} Wang Chengshan² Yi Haisheng² Liu Shun²

(1. *Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China*; 2. *Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China*)

Abstract: The Hoh Xil basin, the largest Tertiary sedimentary basin in the hinterland of the Qingzang plateau between the Kunlun Mountain and the Tanggula Mountain, may be significant for the research into the early uplift and the crustal shortening of the plateau. The 5 452.8 m-thick Eocene-Early Oligocene Fenghuoshan and Yaxicuo groups preserved in the basin consist mainly of clastic rocks and mudstone. The analysis of the clastic-rock provenance shows that the Fenghuoshan Group originated mainly from the Permian-Triassic strata in the Tanggula orogenic zone in the south, and that the Yaxicuo Group originated mainly from the Carboniferous-Permian strata in the Tanggula, Bairizhajia, and Heishishan-Gaoshan orogenic zones in the south. These sedimentary evolutionary process results from the persistent strengthening of the Paleogene tectonic uplift of the orogenic zone in the southern Hoh Xil basin, indicating that the north of the Qingzang plateau had already been uplifted to a certain height in the sedimentary period of the Yaxicuo Group.

Key words: provenance; tectonic uplift; Paleogene; Hoh Xil basin; Qingzang plateau.