

文章编号: 1000-0550(2003)04-0683-05

兰州盆地永登剖面记录的第三纪沉积环境^①

岳乐平^{1,2} 邱占祥³ 颀光普⁴ 邱铸鼎³

张莉⁵ 张云翔^{1,2} Heller F⁶

1(西北大学地质系 西北大学大陆动力学教育部重点实验室 西安 710069)

2(中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室 西安 710075)

3(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100442)

4(兰州自然博物馆 兰州 7300502) 5(中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

6 (Institute of Geophysics, ETH, Honggerberg CH-8093, Zurich, Switzerland)

摘要 对兰州盆地永登剖面第三系沉积进行了沉积学研究,并结合年代学研究结果分析了新生代以来沉积环境变化与气候变化。古新世末至早始新世沉积了一套扇三角洲相沉积(细柳沟组),为具交错层理的砖红色砂岩,顶界年龄约 51 Ma。兰州地区在 51 Ma B. P. 经历了一次大的环境变化,气候由相对温暖湿润转为半干旱半湿润,气候炎热,湖盆由淡水湖转为盐湖,蕴藏着由副热带高压控制的干旱带北移,兰州地区进入受行星风系控制的干旱带。早始新世晚期至早渐新世早期(51~31.5 Ma B. P.),在近 20 Ma 时间内经历了微咸湖—盐湖阶段(野狐城组),砂泥岩沉积中含有大量石膏夹层。早渐新世,兰州地区向湿润方向转化,兰州盆地由咸水湖转化为淡水湖,可能反映了东南季风逐渐形成,中国大陆由早先行星风系控制转化为季风控制,前期东南方向干旱带消失,西北干旱带出现,兰州地区相对早先湿润。早渐新世中期至中中新世(31.5~15 Ma B. P.),兰州盆地在经历了三次大的沉积旋回后湖盆逐渐干枯,三个大旋回分别由河流相砂岩—微咸水滨湖区相砂泥岩、泛滥平原相泥岩,河流相砂岩—淡水滨湖区相砂泥岩—沼泽相、泛滥平原相泥岩,河流相砂岩—沼泽相、泛滥平原相泥岩组成。20 Ma B. P 盆地接受大量砂砾石沉积,反映出周缘山体快速抬升遭受剥蚀,可能蕴藏着青藏高原抬升波及到兰州地区。

关键词 沉积环境 古气候环境 兰州盆地 第三纪

第一作者简介 岳乐平 1949 年出生 男 教授 博士生导师 新生代地质与环境

中图分类号 P534.6 X141 **文献标识码** A

兰州盆地内白垩系河口群之上沉积了一套新生代地层,邱占祥等将永登剖面出露的第三系地层划分为细柳沟组、野狐城组和咸水河组,黄土不整合覆盖其上。兰州盆地位于青藏高原的东北隅,盆地内的沉积物记录了青藏高原上升过程的各种信息。对研究青藏高原以及中国北方大陆地理形态,气候环境变迁均有重要意义。

20 世纪 30 年代,杨锺健、卞美年在兰州盆地发现了一批哺乳动物化石,并建立了长川子系、咸水河系、观音寺系、五泉山系等一系列岩石地层单元;80 年代以来邱占祥、谢骏义等以及甘肃区测队在第三系地层内发现了丰富的哺乳动物化石,从生物学、地层学角度进行了大量研究^[1-3]李吉均、方小敏、谷祖纲、宋春晖^[4-8]等对兰州盆地、临夏盆地及酒泉盆地的作了大量工作,讨论了青藏高原隆升对东北隅的影响。作者 2000 年对兰州盆地沉积物进行了古地磁年代学研究^[9],本文将从沉积学角度并结合古地磁年龄数据研

究兰州盆地新生代以来,沉积环境及古气候在不同时代的变化,分析控制沉积环境变化的地质因素及气候条件,讨论青藏高原隆升对东北临近地区的影响。

1 地质背景

兰州盆地内第三系地层主要分布于黄河以北。西侧至野狐城,东侧延伸至朱家井—高山村一线,北缘可至下街一线,南至黄河北岸(图 1)。

作者在下街一大红沟建立了地层剖面,剖面描述如下:

(6) 黄土

~~~~~ 不整合 ~~~~~

(5) 咸水河组上段:浅黄色砂砾岩与浅棕色砂质泥岩。砾石层胶结中等,砾石成分复杂,磨圆好,砂质泥岩含较多小砂砾及炭化植物根茎。厚 153 m

(4) 咸水河组中段:红色泥岩夹白色砂岩。底部为纯净的白色砂岩,成厚层状,以石英颗粒为主,磨圆

① 国家自然科学基金(批准号:49472083, 49572133, 49972004)和瑞士苏黎世理工大学基金资助

较好,成熟度高,具交错层理。中部、上部以红色泥岩为主,夹多层白色、灰绿色、砂岩,局部夹泥灰岩层,见介壳类生物碎屑,未见下部地层中常见的石膏。砂岩中含张家坪动物群与对亭沟动物群哺乳动物化石<sup>[3]</sup>。厚 204 m

(3) 咸水河组下段:红色泥岩夹黄色厚层砂岩。底部为锈黄色、灰绿色砂岩、细砾岩。具交错层理、水平层理。砾岩以火成岩、变质岩为主,多为角砾岩。砂岩以石英、燧石为主,含较多磨圆中等的不稳定矿物、褐铁矿结核及植物碎片,该层发现南坡坪动物群与峡沟动物群哺乳动物化石<sup>[3]</sup>。中部、上部以砂质泥岩、泥岩为主,夹少量细砂岩层。岩层中含石膏脉或石膏晶体,含瓣鳃类化石。厚 381 m

(2) 野狐城组:紫红色泥岩与砂岩互层,以含石膏夹层为特征。砂岩以红色为主,亦有灰绿色、灰白色砂岩,砂岩成熟度中等,成分以石英、长石为主,分选中等,磨圆度中等,胶结较硬,胶结物中除含泥质外含较多石膏结晶体,多为交错层理、波状层理。泥岩为紫红色,质地较为纯净。石膏夹层部分为较纯净的结晶体,部分含较多的泥砂,石膏夹层最厚约 10 cm,一般 1~2 cm 厚。厚 440 m

(1) 细柳沟组:砖红色块状砂岩,局部夹有砂质泥岩、含砾砂岩及细砾岩。砂岩成熟度低,成分以石英、长石为主,含较多不稳定矿物,分选性与磨圆度中等,胶结疏松。具块状层理、交错层理、波状层理。剖

面出露厚度 152 m。

~~~~~ 不整合 ~~~~~

白垩系

2 沉积环境

相的概念有不同解释,本文所采用的相概念是沉积条件与沉积环境的综合物质表现,常被称为沉积相,如河流相、湖相、三角洲相等。兰州盆地第三纪的沉积类型主要为陆源碎屑湖泊相与河流相两大类。作者在沉积环境分析时采用了 Reading 的湖泊相分类方案^[10]与 Mial^[11]的河流相划分方案。

2.1 湖泊相

包括近滨相、滨外相及扇三角洲相。

近滨相:本区近滨相主要包括

(1) 泥滩亚相:主要由砂质泥岩、泥岩及泥灰岩构成,颜色主要为紫红色,具水平层理。咸水或微咸水泥滩含有盐类夹层或结晶。本区泥滩亚相最主要相标志是杂色(以紫红色为主)的泥岩、砂质泥岩及泥灰岩,水平层理发育,含介壳类生物碎屑。

(2) 滩沙亚相:主要由细砂岩组成。砂岩粒度以 0.1~0.25 mm 为主,颜色较杂,多为黄色、灰白色,灰绿色等,具波状交错层理。咸水或微咸水湖泊滩沙夹有石膏夹层或晶体,据此判断当时半湿润半干旱气候以及盆地的封闭程度。本区咸水滩沙亚相主要相标志是岩性以细砂岩为主,具石膏夹层,波状层理发育,含瓣鳃类化石、介壳类生物碎屑。

(3) 滨线亚相:包括砾屑灰岩、生物灰岩,但本区少见。

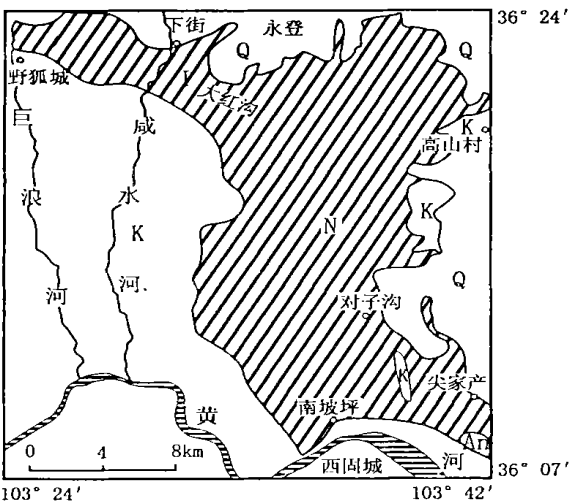
(4) 滨后亚相:发育于湖岸一带浅水洼地,主要相标志为暗色泥岩或泥炭,多植物炭屑,水平层理为主。但本区不发育。

滨外相:发育于较深水区,本区发育较少,主要包括泥岩、泥灰岩。具水平层理。

扇三角洲相:本区主要发育扇中水道砂岩,发育块状层理、斜层理、波状层理及平行层理。砂岩成分主要为陆源碎屑,成熟度较低,分选中等,砂岩粒度以 0.1~0.5 mm 为主,磨圆度中等。本区扇三角洲主要发育在细柳沟组,与河流河道亚相的主要区别标志是,地层中可见湖相生物碎屑,砂岩层中泥质含量较高。

2.2 河流相

(1) 河道亚相:本区河道亚相主要为咸水河组黄色砂砾岩与白色砂岩,具交错层理。黄色砂砾岩颗粒分选较差,砂的粒度多为 0.5~1 mm,砾多为 2~3 mm,磨圆中等,含较多不稳定矿物,反映出近源河道沉积特征。白色砂岩较为纯净,磨圆较好,反映出远源



据 1996 年 1:200 000 兰州幅地质图改编。

An: 前寒武系 K; 白垩系 N; 第三系 Q; 第四系

图 1 兰州盆地第三系主要分布范围及剖面位置

Fig. 1 Distribution of Tertiary deposits in Lanzhou

Basin and section locality

from 1:200000 Lanzhou Geology Map of 1996.

An: Precambrian; K: Cretaceous; N: Tertiary; Q: Quaternary

河道沉积特征。

(2) 河道间亚相: 本区河道间亚相主要为咸水河组上部砂质泥岩等。河道间亚相与泥滩亚相有相似之处, 均以泥质岩性为主, 但河道间亚相少见沼泽环境的泥炭沉积, 更不见湖相沉积物中常见的瓣鳃类化石、介壳类生物化石碎屑。

2.3 相组合与沉积旋回

根据地层岩石组分、结构、沉积构造、生物学标志及岩石形态等原生沉积特征, 分析沉积条件、沉积过程与沉积环境, 将盆地内新生代以来沉积相及沉积环境演化划分为 4 个相组合及若干沉积旋回。其中 3 个相组合是河湖相沉积 (图 2), 1 个相组合是土相堆积未在文中详述, 也未在图中表示。4 个相组合及沉积旋回分述如下。

第一个相组合: 扇三角洲相沉积, 细柳沟组 (51 ~ 58 Ma B. P., 剖面出露年龄)。

细柳沟组由块状砖红色砂岩组成, 砂岩中含少量泥质, 钙质胶结。多为块状层理、交错层理、波状层理、斜层理。该套地层在兰州盆地分布广泛, 为扇三角洲水道沉积。地层中不含盐类夹层, 显示盆地可能为开放的淡水湖盆。

第二个相组合: 河流相—咸水滨湖相沉积, 野狐岭组 (51 ~ 31.5 Ma B. P.)。

野狐岭组由湖相含大量石膏、芒硝夹层的紫红色、灰绿色砂岩、泥岩及底部河流相砂砾岩层组成。在 20 Ma 时间内盆地为稳定的大湖, 从地层中含有大量石膏、芒硝等盐类矿物推断, 盆地经历了盐湖阶段。王苏民认为盐湖的存在需要有三个基本条件^[12]。首先, 在内流河流域具有一个集水成湖的盆地; 其次, 蒸发量大于降水量, 湖泊仍有一定的入流, 极干旱地区无地表径流, 形成不了湖泊, 半干旱半湿润地区最为有利, 第三, 入流河水从周围土壤或岩石中携带了大量盐分。可以

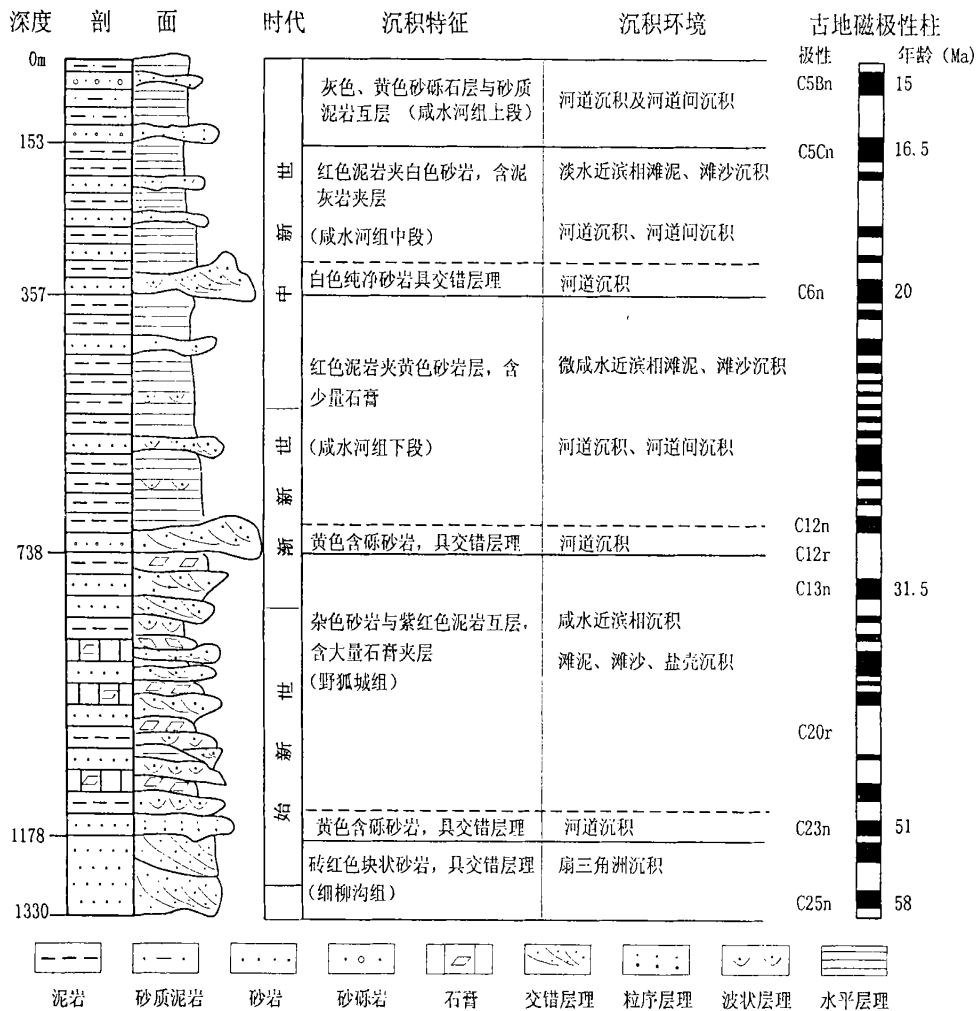


图 2 兰州盆地永登剖面沉积演化序列

Fig. 2 The sequence of sedimentary evolution of Yongdeng Section, Lanzhou Basin

认为在这一时期,兰州地区气候较前期干旱,可能转为半干旱半湿润或干旱气候,盆地成为封闭的内流河水湖盆。

第三个相组合:河流相—微咸水、淡水滨湖相沉积,咸水河组(31.5~15 Ma B.P.)。

咸水河组为一套由砂砾岩、泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩组成的河湖相沉积。根据沉积特征可以划分为三个旋回。

第一个旋回(31.5~20 Ma B.P.),由河流相黄色砂岩与湖泊相红色泥岩组成。该套沉积平行不整合在野狐城组之上。底部为锈黄色、灰绿色砂岩、细砾岩。砂岩粒度以0.5~1 mm为主,砾岩粒度以2~3 mm为主,具交错层理、水平层理。砾岩以火成岩、变质岩为主,含少量石膏。砂岩以石英、燧石为主,含较多不稳定矿物,磨圆中等,含褐铁矿结核及植物碎片,含哺乳动物化石。反映出周缘山体抬升剥蚀,近距离搬运的山前冲积与辫状河河道沉积。上部以砂质泥岩、泥岩为主,夹少量细砂岩层。岩层中含石膏脉或石膏晶体,含瓣鳃类化石。为微咸浅湖相沉积。

第二个旋回(20~16.5 Ma B.P.),由河流相白色砂岩与湖泊相红色泥岩组成。底部为纯净的白色砂岩,成厚层状,具交错层理。砂岩以石英颗粒为主,砂岩粒度以0.25~1 mm为主,磨圆较好,成熟度高。表明物质来源于较远的山地。盆地从第一个旋回的湖相沉积转为河流相沉积,反映出盆地基地的又一次抬升。此后,盆地沉降,沉积了以红色泥岩为主,夹多层白色、灰绿色砂岩地层。值得注意的是局部夹泥灰岩层而不见上一个旋回地层中常见的石膏,反映出温暖气候条件下淡水滨湖、浅湖沉积特征。

第三个旋回(~15 Ma B.P.,顶部剥蚀),由河流相灰色、浅黄色砂砾岩与浅棕色砂质粘土组成。该旋回由许多更次一级小旋回组成,每个小旋回由下部砂砾石层与上部粘土层组成。砾石层胶结中等,砾石成分复杂,砾石粒度以5~10 mm为主,磨圆好,为远距离搬运河道沉积;上部砂质粘土含较多小砂砾及炭化植物根茎,为河道间漫滩或冲积平原沉积。

第四个相组合:土状堆积。不在本文研究内容之内。

3 第三纪以来盆地演化及环境记录讨论

中国古新世的气候带大致呈东西走向,在 18° ~ 36° N之间为干旱带,两侧气候相对湿润。原因是中国大陆此时受行星风系控制,干旱带是副热带高压伴随北半球信风南吹,气流来自干旱陆地所致^[13]。此时兰

州地区位于干旱带北侧以外,气候相对湿润。兰州盆地第三纪早期(古新世末—始新世初,51~58 Ma B.P.),剖面出露年龄)为外泻开放式盆地,时值构造稳定,远端高地缓慢剥蚀,远源陆源碎屑源源不断以扇三角洲形式进入盆地,在盆地内沉积了大套红色砂岩(细柳沟组)。

始新世中国大陆依然受控行星风系,但气候带北移^[13]。从始新世末期至渐新世早期(51~31.5 Ma B.P.),兰州盆地气候环境发生的巨大变化,气候向半干旱半湿润或干旱炎热气候方向发展,兰州盆地成为内流河水区,湖泊封闭成为盐湖,盆地内沉积了野狐城组含大量石膏夹层的砂泥岩层。这次大的气候环境与沉积环境转型,表明兰州地区进入行星风系控制的干旱带,并且可能与喜马拉雅第一期运动印度板块与亚洲板块之间的特提斯洋闭合,冈底斯山脉形成、造山运动波及兰州地区,区域山体抬升使兰州盆地封闭有关^[4,14]。

渐新世气候格局依然是东西方向带状分布。可能是由于东南季风逐渐形成,干旱区逐渐湿润化^[13]。31.5~20 Ma B.P.,大约早渐新世末至早中新世初,湖泊由盐湖向淡水湖转化。该段地层下部出现大量黄色含砾砂岩,反映出早期抬升的周缘山地遭受剥蚀。中新世早期环境格局发生了重大变化。东南季风加强,西南季风形成,中国大陆由早先的行星风系控制转化为季风控制,前期的东西走向干旱带消失,西北干旱带出现^[13]。兰州地区相对早先湿润,盆地转化为淡水湖盆,沉积了不含石膏等盐类的咸水河组中段沉积物。大约在早中新世中期(20 Ma B.P.),盆内沉积了巨厚的白色砂岩,砂岩砂粒纯净,成熟度高,表明物质来源于较远的高地,反映出区域发生了较大范围的隆升,可能是青藏高原的第二期隆升波及到兰州地区。

参考文献(References)

- 1 邱占祥,谷祖纲.甘肃兰州—第三纪中期哺乳动物化石地点[J].古脊椎动物学报,1988,26(3):198~213[Qiu Zhanxiang, Gu Zuzang. A new locality yielding Mid-Tertiary mammals near Lanzhou, Gansu [J]. Vertebrata Palasiatica, 1988, 26(3): 198~213]
- 2 邱占祥,谢骏义,阎德发.甘肃东乡几种早中新世化石地点[J].古脊椎动物学报,1990,28(1):9~24[Qiu Zhanxiang, Xie Junyi, Yan Defa. Discovery of some Early Miocene Mammalian fossils from Dongxiang, Gansu [J]. Vertebrata Palasiatica, 1990, 28(1): 9~24]
- 3 Qiu Zhanxiang, Wangbanyue Qiuzhuding. Land mammal geochronology and magnetostratigraphy of Mid-Tertiary deposits in the Lanzhou Basin Gansu Province, China [J]. Eclogae Geology Helv, 2001, 94: 373~385
- 4 李吉均,方小敏.青藏高原隆起与环境变化研究[J].科学通报,1998,43(15):1569~1574[Li Jijun, Fang Xiaomin. Uplift of the

- Tibetan Plateau and the environmental changes[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(23): 2117
- 5 方小敏, 李吉均, 朱俊杰, 等. 甘肃临夏盆地新生代地层年代测定与划分[J]. 科学通报, 1997, 42(14): 1457~1471[Fang Xiaomin, Li Jijun, Zhu Junjie, *et al.*. Absolute dating and classification of Cenozoic deposits of the Linxia Basin, Gansu[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(14): 1457]
 - 6 谷祖纲, 王四海, 黄钊文, 等. 临夏盆地第三系年代地层学研究及Giraffokeryx 在中国的发现[J]. 科学通报, 1995, 40(5): 440~420[Gu Zugang, Wang Sihai, Huang Zhaowen, *et al.*. Discovery of Giraffokeryx in China and the Tertiary chronostratigraphy of Linxia, Gansu Province[J]. Chinese Science Bulletin, 1995, 40(9): 758]
 - 7 宋春辉, 孙淑荣, 方小敏, 等. 酒西盆地晚新生代沉积物重矿物分析及沉积演化[J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 552~559[Song C H, Sun S R, Fang X M, *et al.*. Analysis of tectonic uplift and heavy minerals of sediments on Jiuxi Basin in the northern margin of Tibetan Plateau since the Late Cenozoic[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(4): 552~559]
 - 8 黄华芳, 彭作林, 卢伟, 等. 酒西盆地、酒东盆地第三系磁性地层的划分与对比[J]. 甘肃地质, 1993, 2(1): 6~16[Huang H F, Peng Z L, Lu W, *et al.*. Paleomagnetic division and comparison of the Tertiary in Jiuxi and Jiudong Basins[J]. Acta Geologica Gansu, 1993, 2(1): 6~16]
 - 9 岳乐平, Heller F, 邱占祥, 等. 兰州盆地第三系磁性地层年代与古环境记录[J]. 科学通报, 2000, 45(18): 1998~2002[Yue Leping, Heller F, Qiu Zhanxiang. Magnetostratigraphy and paleoenvironmental record of Tertiary deposits of Lanzhou Basin[J]. Chinese Science Bulletin, 2000, 45(18): 1998~2002]
 - 10 Reading. Sedimentary environment and facies. 2nd[M]. London: Blackwell, 1986
 - 11 Mial Andrew D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits (A Summary) [A]. In: Fluvial Sedimentology [C]. Canada Calagary, Alberta. 1978. 597~604
 - 12 王苏民. 世界咸水湖的物理与化学特征[J]. 湖泊科学, 1993, 5(3): 278~286[Wang Sumin. Physics and chemistry of saline lakes[J]. Journal of Lakes Sciences, 1993, 5(3): 278~286]
 - 13 刘东生, 郑绵平, 郭正堂. 亚洲季风的起源和发展及其与两极冰盖和区域构造运动的时代偶合性[J]. 第四纪研究, 1998, (3): 194~204[Liu Dongsheng, Zheng Mianping, Guo Zhengtang. Initiation and evolution of the Asia Monsoon System timely coupled with the ice-sheet growth and the tectonic movements in Asia[J]. Quaternary Science, 1998, (3): 194~204]
 - 14 钟大赉, 丁林. 青藏高原隆升过程及其机制的探讨[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(4): 289~295[Zhong Dalai, Ding Lin. Rising process of the Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau and its mechanism[J]. Science in China(Series D), 1996, 39(4): 369]

Sedimentary Environment of Tertiary Recorded in the Yongdeng Section of Lanzhou Basin

YUE Le-ping^{1,2} QIU Zhan-xiang³ XIE Guang-pu⁴ QIU Zhu-ding³
ZHANG Li⁵ ZHANG Yun-xiang^{1,2} Heller F⁶

1(Geology Department of Northwest University, Key laboratory for Continental Dynamics of Ministry Education, Xi'an 710069)

2(State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075)

3(Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044)

4(Natural Museum of Lanzhou, Lanzhou 730050)

5(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

6(Institute of Geophysics ETH, Honggerberg, CH-8093, Zurich, Switzerland)

Abstract With the result of chronological research, sedimentology has been used to study the Tertiary sediments of Yongdeng Section of Lanzhou Basin and analyzed the changes of sedimentary environment and climate since Cenozoic. A set of fan delta deposits formed from the late Paleocene to early Eocene is red sandstone with cross-stratification. The age of upper layers is about 51Ma. Great environmental changes took place in Lanzhou area at 51MaB.P., which led to the climate transformation from warm and humid to semiarid and semihumid and climate was characterized by hot. Lake bed changed from freshwater to salty, which implied the diversion toward north of arid zone controlled by semitropical high-pressure belt. Lanzhou area became arid zone controlled by planetary wind system. The basin had a stage from slight saline-lake to salt-lake (Yiehusheng Formation) within the interval of about 20Ma (from late early Eocene to early early Oligocene (51~31.5Ma)), sand-mud stone contains plenty of interbeds of gypsum. The area was converting to moist climate in early Oligocene. Lanzhou Basin changed from salt-water lake to fresh lake, which probably indicates gradual formation of southeast monsoon. Mainland of China has been controlled by the monsoon instead of planetary wind system before. East-westward arid zone disappeared in early period and north-westward arid zone appeared. The area became moist comparing to before. Having endured three great cycles of sedimentation from the middle early Oligocene to middle Miocene (31.5~15Ma), the basin

(Continued on page 694)

Spatial Structures of Chemical Elements in Marsh Wetlands Affected by Flooding

WANG Guo-ping^{1,2} LIU Jing-shuang¹ TANG Jie² ZHAI Zheng-li¹

¹(Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012)

²(College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026)

Abstract Here we reported a case study on the flooding marsh wetlands at downstream of an anourous river—Huolin River Was reorped. According to different hydraulic gradient of flooding, The author collected sediment samples by layers at different distance away from the main watercourse and integrate analyzed the spatial structures of K, Na, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, TOC, TN (Total Nitrogen) and pH. Results showed that a majority of chemical elements were decreased along with being apart from the main watercourse and increasing sampling depth. The distribution of chemical elements became more balancing and decreased in varied range being far more apart from the river, indicating that, along with being apart from the main watercourse, the effects to chemical elements became small within 110 cm sedimentation profiles by flooding. Correlation analysis among metallic elements and part of physical chemical parameters showed their relatively interdependency.

Key words flooding, sediment, chemical elements, spatial structures, marsh wetlands

(Continued from page 687)

had died gradually. The three cycles are respectively composed of sandstone of river facies—sand-mud stone of shore facies of light saline-lake, sandstone of river facies—sand-mud stone of shore facies of freshlake—mudstone of marsh facies and valley plain facies, sandstone of river facies—mudstone of marsh facies and valley plain facies. Plenty of the sediments of sand and gravel deposited in the basin at 20MaB. P., which reflects fast uplift of surrounding mountain mass and consequent degradation and implied that uplift of Qinghai-Tibean Plateau had influence on Lanzhou area.

Key words sedimentary environment, environment of palaeoclimate, Lanzhou Basin, Tertiary