

文章编号: 1009-6248(2006)03-0106-06

辽西四合屯地区义县期火山作用对沉积环境的影响

张亚楠^{1,2}, 梁俊红¹, 李小东¹, 王春红¹

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 辽宁省有色地质局, 辽宁 沈阳 110002)

摘要: 辽西四合屯地区中生代火山活动发育, 广泛分布着火山作用形成的爆发相、溢流相火山岩。在显生宙地球历史中, 如此巨大且迅速的火山作用普遍被认为是巨大种群灭绝的原因。与火山作用相联系的沉积相是火山作用间歇期形成的冲积扇-河流相、滨湖相、半深湖-深湖相, 这些沉积相提供了研究火山作用对沉积环境影响的依据。义县期火山作用对沉积环境影响包括: 义县期各沉积环境火山作用产物及火山岩风化产物的充填; 各沉积相被当地多期(次)火山岩控制并埋藏于其下的火山-沉积相组合由下至上“螺旋式”规律性变化; 义县期火山作用引起地表抬升与构造地形的变化, 从而影响排流模式的变化; 经历火山作用影响的生物群提供了义县期气候变化证据。

关键词: 影响; 沉积环境; 火山作用; 义县期; 辽西四合屯

中图分类号: P5, P54 文献标识码: A

辽西四合屯地区地处北北东向构造与北西向构造交汇部, 火山机构发育并多沿北北东向展布(图1)。白垩纪早期, 辽西四合屯地区经受了巨大的火山爆发, 从多数的基性岩、中基性岩至少量酸性岩以不同的厚度覆盖了大部分地区。该区发育早期4个次一级火山-沉积相旋回、中期的湖相沉积、晚期的玄武岩溢流相, 表明在长期盆地演化历史中的阶段性事件。火山作用形成相当大体积的熔岩锥(被)并经受中生代、新生代的剥蚀, 所以它的分布仅仅是最初形成的一部分, 与火山作用间歇期形成的沉积相共同构建了辽西四合屯地区古地貌。火山岩浆不仅喷涌速度快, 而且热容量高, 可以导致地表穹形, 使穹侧体系排流模式发生变化。多期(次)火山作用导致地表抬升幅度不同、火山作用间歇期长短不同, 以及气候变化等因素, 对期后的沉积模式、生物演化起到重要的作用。大气污染的排放率也是火山作用影响

同期沉积环境的重要因素。在以爆发强度大、喷发频率高的火山事件期间, 相当数量水蒸气与其他气体被释放出, 不仅可以直接或间接导致古生物的死亡, 而且可以影响当地气候, 从而引起环境的变化(陈树旺等, 2002; 郭正府等, 2003)。火山作用引起的地形与气候变化导致地貌和环境变化, 在沉积物供给、通量与气候等方面反复作用导致排流体系调整、变化。它们可以表明自己与个别爆发事件相关的短期效果, 或爆发事件组, 或长期叠加集成效果, 经历跨跃火山作用持续的大体时期。总体上讲, 火山作用对地形、沉积体系、生物和气候的影响被保存在与火山作用同期沉积地层中。

1 具体环境与时代

自宋井渡(1940)提出的“义县火山岩类”, 经

收稿日期: 2006-09-05; 修回日期: 2006-11-17

作者简介: 张亚楠(1966), 男, 籍贯辽宁省葫芦岛市, 1987毕业于昆明理工大学地质系矿产普查与勘探专业。2004年毕业于东北大学资源与土木工程学院矿产普查与勘探专业, 获硕士学位。同年, 攻读东北大学博士学位。

通讯地址: 110002, 沈阳市和平区柳州街17号, 东北大学资源与土木工程学院; 电话: 024-22825679; 106 E-mail: Yan nan_2888@126.com

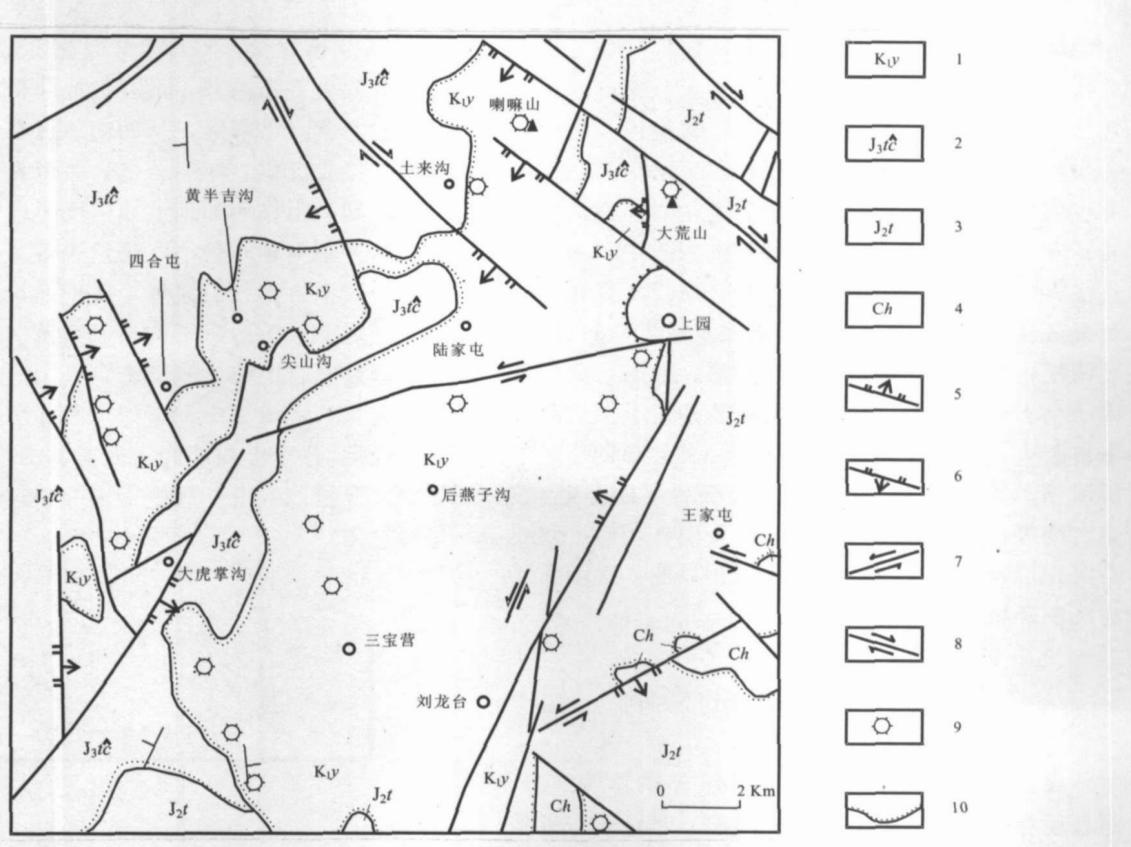


图1 研究区构造地质纲要图 (张立东, 2004)

Fig. 1 The sketch map of structural geology in the study area (After Zhang Lidong, 2004)

1. 义县组; 2. 土城子组; 3. 髡髅山组; 4. 长城系; 5. 正断层; 6. 逆断层; 7. 左形断层; 8. 右形断层; 9. 火山口; 10. 不整合面

顾知微及斯行健、周志炎 (1962) 同时使用义县组的名称, 一直至今对义县组的划分存在诸多方案。目前, 辽西义县组可以划分为4个岩性段 (丁秋红等, 2001 张立东, 2004), 而在四合屯地区仅出露义县组一、二、三段: 一段由底部的复成分砾岩及其上部4期小的基性、中基性火山旋回构成, 各期火山岩之间有3个沉凝灰岩夹层, 产有鹦鹉嘴龙、上园热河龙和强状爬兽等化石; 二段主要由湖相沉积组成, 并含有2个明显的沉积旋回, 产有大量脊椎动物、无脊椎动物及植物化石; 三段为灰黑色橄榄玄武岩。构成四合屯地区各沉积相是与火山作用密切相关冲积扇—河流相、滨湖相、半深湖—深湖相, 沉积相与火山岩相彼此交替体现“螺旋式”脉动韵律关系。富含恐龙、鸟类、叶肢介、鱼、被子植物等各类化石的四合屯、黄半吉沟、尖山沟等地, 构成了“热河生物群”重要的化石产地。根据对四合屯义县期火山熔岩、凝灰岩测龄并结合古地磁及生物地层学依

据, 表明该区地质年代介于132.9~125.5 Ma, 为白垩纪早期发生的事情 (P. E. Smith等, 1995; 朱日祥等, 2002; 汪筱林等, 2001; 王松山等, 2001; 彭艳东等, 2003)。

2 火山作用为沉积环境提供物质来源

辽西四合屯地区位于金岭寺—羊山盆地的东北部, 由于多期(次)的火山作用, 致使在盆地内的凹陷部位, 充填了爆发相、溢流相火山岩。四合屯地区义县期火山作用产物主要为火山熔岩、次火山岩、火山碎屑岩。火山熔岩主要为橄榄玄武岩、玄武安山岩; 火山碎屑岩为熔结火山角砾岩、集块岩、沉凝灰岩及凝灰质岩屑杂砂岩; 次火山岩为辉石橄榄石粗面玄武玢岩。火山熔岩、火山碎屑岩广泛分布于四合屯的大部分地区, 是义县早、晚期重要组成部分。

在义县早期火山-沉积岩系中, 发育有3个滨湖相的沉凝灰岩夹层。沉凝灰岩有一定成层性, 岩石风化强烈, 呈沙土状或土状粉末, 凝灰结构或沉凝灰结构, 主要成分为岩屑、晶屑、玻屑以及火山灰和少量砾石等。与沉凝灰岩层相邻地层为火山作用形成的爆发相及溢流相的安山质集块岩、玄武安山岩、安山岩。在义县中期的湖相沉积岩中, 不仅可见次火山岩穿侵于湖相地层之中, 而且发育有多个沉凝灰岩夹层。该期沉凝灰岩成层及成岩性较好, 层理清晰, 沉凝灰结构, 主要有岩屑、晶屑、火山灰以及粘土质组成。湖相的砂岩、粉砂岩及泥岩部分来自于火山岩剥蚀产物的充填。在义县晚期形成的溢流相灰黑色橄榄玄武岩, 压盖、穿侵了四合屯、黄半吉沟等地的珍稀化石层, 该期火山作用对上述化石沉积层产生了强烈的破坏作用。显然, 火山作用为沉积环境提供物质来源。

3 火山作用对沉积环境的影响

火山作用不仅能够为沉积环境提供物质来源, 而且还会导致一个构造地形, 影响当时地表与近地表沉积环境。

3.1 火山作用对古地貌的影响

从土城子期至义县期, 包括四合屯地区在内的金岭寺—羊山盆地经历了挤压与拉伸构造运动, 加之火山作用的影响, 致使古地貌发生了变化。土城子期, 由于NW-SE向挤压作用达到了鼎盛时期, 以凹陷为特征的金岭寺—羊山盆地初步形成, 推测金岭寺—羊山盆地NW、SE侧为山区, 均为物源提供者, 但处于上升趋势SE侧高于处于下降趋势的NW侧。土城子晚期, 由于板块俯冲作用, 致使本区抬升状态, 岩石开始处于剥蚀状态。义县期构造活动出现反转, 由NW-SE向的挤压作用转为NW-SE向伸展作用, 盆地由凹陷转为断陷, 义县期在原古地貌基础上, 受NE走向、SW倾向断裂影响, 形成SE倾向的金岭寺—羊山断陷盆地, 而位于该盆地东北部的四合屯地区则形成两个轴向北东的四合屯—黄半吉沟及后燕子沟—三宝营两个凹陷盆地, 并发生了大规模的火山喷发。

四合屯地区火山作用的爆发地点、强度及持续时间不同, 致使在该区盆地不同位置充填了不同程度的火山物质, 从而导致古地貌的变化(图2)。在

后燕子沟—三宝营一带, 由于义县早期火山群多期(次)大规模喷发, 火山喷发物直接充填该区, 致使地表大幅度叠加抬升, 最终形成非负地形即后燕子沟—三宝营火山穹窿, 从而使该区在义县中、晚期再没有接受沉积。在四合屯—黄半吉沟一带, 由于义县早期火山作用的地点或强度不同, 火山喷发物充填抬升幅度相对较小, 仍然表现为负向地形即四合屯—黄半吉沟火山洼地, 致使在早期火山物质充填基础之上, 沿后燕子沟—三宝营一带的火山穹窿NW侧及原有地貌, 接受来自火山凹陷盆地边缘的物质充填, 形成了中期形似“月牙”的古湖泊。在义县晚期, 位于李八郎沟—大虎掌沟一带火山喷发, 压盖、穿侵四合屯—黄半吉沟一带湖相地层, 湖泊最终封闭。

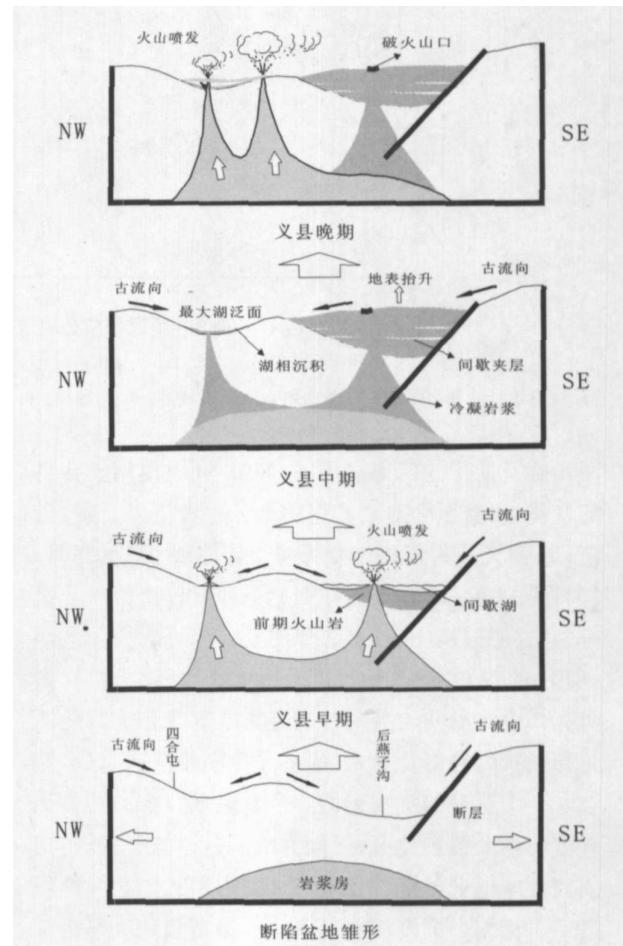


图2 四合屯地区断陷盆地地貌及古水流演变模式

Fig. 2 The evolutionary pattern of the topography and paleoflow of faulted basin in Sihetun area

3.2 火山作用对古流水的影响

义县期四合屯地区处于拉伸张力作用而形成的断陷盆地, 古水流应该来自于湖盆四周。但是在构造-火山作用的控制下, 古流模式体现出一定的特点。

3.2.1 早期古流分析

由于义县期受NW与SE向的拉伸作用, 形成了位于四合屯NE、SW侧的走向NW正断层, 与前义县期形成并经义县期拉伸作用而呈NNE走向、NW倾向的正断层, 共同形成了四合屯地区簸箕状断陷盆地雏形, 盆地边缘表现为SE高于NW, 盆地倾向SE。盆地内部形成两个地势相对较低的四合屯—黄半吉沟、后燕子沟—三宝营两个小的轴向NE凹陷盆地, 中间为土城子组三段砂、泥岩构成的三宝营—炒米甸子丘陵, 古流主要来自于凹陷盆地四周。随着拉伸作用的进一步加强, 断裂构造引发多期(次)的火山作用, 主要为位于断陷盆地西侧的新开岭火山机构、北侧的喇嘛洞火山机构以及东南侧的后燕子沟—三宝营火山机构。从义县早期火山—沉积岩系的多旋回叠加, 引起四合屯—黄半吉沟及后燕子沟—三宝营两个小凹陷地表抬升, 由于后者抬升幅度大于前者, 并体现出非负地形, 增加了四合屯—黄半吉沟一带的汇水面积, 从而形成NW、SE方向更为有利于四合屯的古流地貌。至此, 地貌由东向西依次为后燕子沟火山高地、三宝营—炒米甸子丘陵、四合屯—黄半吉沟火山洼地、新开岭火山高地和松树营—金岭寺山地, 四合屯逐渐成为义县中期沉积中心。

3.2.2 中晚期古流分析

义县中期构造-岩浆活动进入了相对静止期, 古水流继承早期原地貌流水体系, 携带陆源碎屑主要从NW、SE方向流入四合屯湖盆。NW、SE方向以山麓冲积扇、间歇河流为主, 而NE、SW方向则处于相对次要地位, 主要以辫状河流为主。随着陆源碎屑及火山碎屑的不断充填, 逐渐形成了位于四合屯—黄半吉沟的半深—深湖相地层。在后燕子沟—三宝营地区, 由于早期火山作用致使地表抬升为火山高地而一直处于剥蚀状态。义县晚期构造复活, 位于四合屯—黄半吉沟凹陷盆地边缘的李八郎沟—大虎掌沟火山喷发作用, 致使古湖泊逐渐封闭。此后, 由于盆地抬升, 地层遭受风化剥蚀、构造破坏及地表火山岩影响, 难以恢复当时的古地理景观。

显然, 义县期由于拉伸作用而形成的断陷盆地,

形成了有利于古水流的原始地貌, 加之火山作用叠加、气候等主要因素的影响, 导致火山岩流穹侧排流体系的调整、变化, 并与前白垩纪古地貌的共同影响之下, 形成了四合屯古湖泊环境, 这从研究区地层空间分布及古湖泊形态完美地体现出来。

4 火山作用对气候的影响

辽西地区义县期的气候特点是在全球亚热带至暖温带大的背景前提下, 由于频繁的地方性火山事件对义县期古气候产生一定程度的影响。

在义县组早期从义县组底部杂色岩相推测, 干旱气候影响依然存在。火山岩夹层中的禽龙、鹦鹉嘴龙、植物等化石表明湖泊已经发育, 动植物已经开始繁盛。因此, 义县早期在频繁火山作用下, 已经不同于土城子期的干旱气候条件, 但综合考虑认为, 这种干旱特征可能与火山喷发作用有关, 应属于干旱—半干旱气候(丁秋红等, 2003)。

义县组中期气候表现为干旱—半干旱气候向温暖潮湿的气候转化。四合屯地区植物群落组成与分布、孢粉特征、植物叶片形态以及动物群落为此期气候提供依据, 而由于火山作用的影响, 可能存在季节性的半干旱气候(丁秋红等, 2003)。从已挖掘出植物化石(郑少林等, 2002; 孙革等, 2001)可以划分为4个生物群落: 山地群落、斜坡—丘陵群落、浅水—湿地群落、湖泊群落。其中, 山地群落以松柏类为主, 多半属于乔木或少数可能为灌木植物; 斜坡—丘陵群落以反映季节性气候变化的茨康类、银杏类以及本内苏铁类为主, 为灌木及乔木植物; 浅水—湿地群落以蕨类、苔藓类、早期被子植物为主, 在近岸低地有以买麻藤类为代表群落分子, 这些群落的分布不仅为生物古地理提供了依据, 而且为气候转化提供重要线索。丁秋红等(2003; 2004)对辽西下白垩统义县组化石木年轮的研究认为, 木化石清晰的年轮反映了义县期气候具有明显的季节性特征, 连续年轮宽度的变化情况表明当时气候波动强烈, 反映了干旱—半干旱的波动特点, 而义县期沉积环境强烈火山活动是气候变化的驱动因素之一。

义县组晚期沉积层在四合屯地区不发育, 而以金刚山层为代表。金刚山层以灰白、灰绿色凝灰质砂岩、砾岩、角砾岩夹泥质页岩组成, 火山作用的

影响仍然存在。该期孢粉植物群(黎文本等, 1999)反映的气候系由中期的气候条件继续向温暖、湿热气候转化。

5 结 论

四合屯地区义县期火山作用对沉积环境的影响主要表现在构造地形、物质供给、地表抬升、排流体系以及气候变化。义县期形成的断陷盆地接受火山作用产物及火山岩剥蚀产物的充填; 各沉积相被当地多期(次)火山岩控制并埋藏于其下的火山-沉积相组合由下至上“螺旋式”脉动韵律变化; 多期次火山作用引起地表抬升与构造地形的变化, 从而导致古水流从来自于断陷盆地四周到以NW与SE方向为主的转变; 火山作用是辽西地区义县期季节性干旱—半干旱气候变化影响因素之一。

参考文献:

- 陈树旺, 张立东, 郭胜哲, 等. 四合屯及其周边地区义县组火山活动对生物灾难事件的影响 [J]. 地学前缘, 2002, 9 (3): 103-106.
- 郭正府, 刘嘉麒, 汪筱林. 辽西中生代火山喷发对古气候和古脊椎动物生存环境的影响 [J]. 中国科学 (D期), 2003, 33 (1): 60-71.
- 张立东, 郭胜哲, 张长捷, 等. 北票—义县地区义县组岩石地层特征 [J]. 地质与资源, 2004, 13 (2): 65-67.
- 丁秋红, 张立东, 郭胜哲, 等. 辽西北票地区义县组地层层序与化石层位 [J]. 地质与资源, 2001, 10 (4): 193-198.
- 朱日祥, 邵济安, 潘永信, 等. 辽西白垩纪火山岩古地磁测 定与陆内旋转运动 [J]. 科学通报, 2002, 47 (17): 1335-1340.
- 汪筱林, 周忠和, 等. 义县同位素年代新证据及土壤了 组⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄测定 [J]. 科学通报, 2001, 46 (23): 2009-2012.
- 王松山, 王元青, 胡华光, 等. 辽西四合屯脊椎动物生存时 代: 锆石U-Pb年龄证据 [J]. 科学通报, 2001, 17 (4): 300-333.
- 彭艳东, 张立东, 陈文, 等. 辽西义县组火山岩⁴⁰Ar-³⁹Ar、K- Ar法年龄测定 [J]. 地球化学, 2003, 32 (5): 427-435.
- 丁秋红, 张立东, 郭胜哲, 等. 辽西北票地区义县组古气候 环境标志及其意义 [J]. 地质通报, 2003, 22 (3): 186-191.
- 郑少林, 张武. 辽宁地质历史时期的植物界 [J]. 地质与资

- 源, 2002, 11 (4): 198-211.
- 孙革, 郑少林, 迪尔D., 等. 辽西早期被子植物及伴生植物群 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2001: 45-48; 66-67.
- 丁秋红. 辽宁西部义县组木材化石的研究 [J]. 古生物学报, 2003, 39 (增刊): 209-219.
- 丁秋红, 张武, 郑少林. 辽西下白垩统义县组化石木年轮的 观察及其意义 [J]. 地质科技情报, 2004, 23 (1): 38-41.
- 黎文本, 刘兆生. 辽西北票义县组底部的孢粉组合及其时代 [J]. Palaeoword, 1999, 11: 68-70.

References:

- Chen Shuwang, Zhang Lidong, Guo Shengzhe, et al. Effects of volcanic activity on the biological catastrophic event of Yixian formation in Sihetun and adjacent area [J]. Earth science frontiers, 2002, 9 (3): 103-106.
- Guo Zhengfu, Liu Jialin, Wang Xiaolin. Effects of Mesozoic volcanic eruption on the paleoclimate and paleo vertebrate living environment [J]. Science in China (Series D), 2003, 33 (1): 59-71.
- Zhang Lidong, Guo Shengzhe, Zhang Changjie, et al. The lithostratigraphic characteristics of Yixian formation in Beipiao-Yixian area, Liaoning province [J]. Geology and resources, 2004, 13 (2): 65-67.
- Ding Qiuhong, Zhang Lidong, Guo Shengzhe, et al. The stratigraphic sequence and fossil bearing horizon of the Yixian formation in Western Liaoning, China [J]. Geology and resources, 2001, 10 (4): 193-198.
- Smith P E, Evensen N M, York D, et al. Dates and rates in ancient lakes: ⁴⁰Ar-³⁹Ar evidence for an Early Cretaceous age for the Jehol.
- Zhu Rixiang, Shao Jian, Pan Yongxin, et al. Measurement of paleo geomagnetism Cretaceous rocks and continental rotation in Liaoxi [J]. Chinese science bulletin, 2002, 47 (17): 1335-1340.
- Wang Xiaolin, Zhou Zhonghe, et al. New evidence of the Yixian formation isotopic ages and the dating of the Tuchengzi Formation ⁴⁰Ar-³⁹Ar. [J]. Chinese science bulletin, 2001, 46 (23): 2009-2012.
- Wang Songsan, Wang Yuanqing, Hu Huaguang, et al. The geologic age of Sihetun vertebrate assemblage in Western Liaoning, China: evidence from zircon U-Pb dating [J]. Chinese science bulletin, 2001, 46 (17): 186-191.

300-333.

Pen Yandong, Zhang Lidong, Chen Wen, et al. ^{40}Ar - ^{39}Ar and K-Ar dating of Yixian formation volcanic rocks, western Liaoning province [J]. China. *Geochemica*, 2003, 32 (5): 427-435.

Ding QiuHong, Zhang Lidong, Guo Shengzhe, et al. Paleoclimatic and palaeoenvironmental proxies of the Yixian Formation in the Beipiao area, Western Liaoning [J]. *Geological Bulletin of China*, 2003, 22 (3): 186-191.

Zheng Shaolin, Zhang Wu, The vegetable kingdom during geological history in Liaoning Province, China [J]. *Geology and resources*, 11 (4): 198-211.

Sun Ge, Zheng Shaolin, Dilcher D, et al. Early Angiosperms and their Associated Plants from

Western Liaoning, China [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, 2001: 45-48; 66-67.

Ding QiuHong. Research on wood fossil of Yixian formation in Western Liaoning. *Acta palaeontologica sinica* [J]. 2003, 39 (supplement): 209-219.

Ding QiuHong, Zhang Wu, Zheng Shaolin. Growth rings observation on fossil woods and their implication from Yixian formation of lower Cretaceous in western Liaoning province. *Geological science and technology information* [J]. 2004, 23 (1): 38-41.

Li Wenben, Liu Zhaosheng. Sporomorph assemblage from basal Yixian Formation in western Liaoning and its geology age [J]. *palaeoworld*. 1999, 11: 68-70.

Influences of Yixianian Volcanism on Sedimentary Environment in Sihetun Area, West Liaoning

ZHANG Yan-nan^{1,2}, LIANG Jun-hong¹, LI Xiao-dong¹, WANG Chun-hong¹

(1. Resource and Civil Engineering School of Northeastern University, Shenyang 110004, China;

2. The Bureau of Nonferrous Geology of Liaoning Province, Shenyang 110002, China)

Abstract: Volcanic eruption facies and flooding facies are extensively developed in the Sihetun area, west Liaoning. Such voluminous and rapid volcanic activities in Phanerozoic have commonly been thought to be a cause for zoobiocenose extinction. The alluvial-fluvial, shore-shallow lacustrine, semi-deep and deep lacustrine facies were developed during volcanic dormancies, which provide evidence to study the influences of volcanism on sedimentary environment. The influences include: infilling of both volcanic and weathering materials; burial and control by multiphased volcanic activities and upward changes of volcanic-sedimentary facies associations; the Yixianian volcanic activities initiated crustal uplift and tectono-topographic changes, which in turn affect draining modes; the biota experiencing volcanism influences can be evident for climate change.

Key words: influences; sedimentary environment; volcanism; Yixianian age; Sihetun area