

doi: 10.12068/j.issn.1005-3026.2018.03.018

辽西早白垩世义县组大康堡层纹泥的古环境意义

王铁晖¹, 巩恩普¹, 陈晓红², 黄文韬¹

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 东北大学秦皇岛分校, 河北 秦皇岛 066004)

摘 要: 辽西地区义县组湖泊沉积层中产出著名的“热河生物群”化石, 对于此时期古环境的研究一直是诸多学者关注的焦点. 本文对大康堡层湖相纹泥展开研究, 重建此时期古环境. 通过野外及室内对纹泥组成、类型、厚度等方面的观测, 对此时期古气候有了新的认识. 纹泥厚度特征变化表明沉积期降水量和沉积速率逐渐减小, 统计洪水沉积间纹层数量可指示沉积期洪水事件的频率和规模. 结合近现代纹泥形成和保存条件, 可知该地区沉积期湖泊水体较深, 湖水分层, 存在一个缺氧环境, 具有较小的表面积/深度比, 湖盆形态适合, 未受到风的侵扰.

关键词: 义县组; 热河生物群; 纹泥; 湖水分层; 缺氧环境

中图分类号: P 512.2

文献标志码: A

文章编号: 1005-3026(2018)03-0394-05

Palaeoenvironment Significance of Dakangpu Layer Varve in Yixian Formation in Lower Cretaceous of Western Liaoning

WANG Tie-hui¹, GONG En-pu¹, CHEN Xiao-hong², HUANG Wen-tao¹

(1. School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China. Corresponding author: GONG En-pu, E-mail: gongep@mail.neu.edu.cn)

Abstract: Lake sediments of Yixian formation in the western part of Liaoning Province output the famous “Jehol Biota” fossils, it is a hot issue for the study of the palaeoenvironment at this period. This paper focuses on the varves in Dakangpu Layer and reconstruct the lacustrine palaeoenvironment. New understanding of the palaeoclimate in this period is obtained through carefully observing the composition, type, thickness of varve in the field and laboratory. The change of varve thickness indicates the decrease in the precipitation and deposition rates in Dakangpu stage. The thickness of the varve between the flood deposits can be used to interpret the frequency and scale of the flood events. Combined with the deposition and preserved environmental conditions of modern varves, during the deposition period of Dakangpu Layer, there is a specific depositional environment and a deep, stratified, oxygen-restricted, low surface area/depth ratio lake.

Key words: Yixian formation; Jehol Biota; varves; stratified lake; oxygen-restricted environment

纹泥自1912年被De Geer提出,为高分辨率湖泊环境和气候变化提供了可靠的时间标尺.随着研究的深入,纹泥的类型和组构特征用于指示不同的气候环境,纹泥厚度的变化用于指示古温度的变化^[1-2].利用湖泊沉积中的纹泥对古气候进行重建,受到越来越多学者的重视.

义县组形成中期出现了面积较大的湖泊,主要沉积了砖城子层和大康堡层,是“热河生物群”

化石的主要产出层位.目前对于义县组中期古气候研究主要集中在孢粉^[3]、木化石^[4]和碳酸盐岩^[5]等方面.但受限于大康堡层孢粉取样的频率和碳酸盐岩分布的不连续,难以反映此时期古气候的快速变化.本文从沉积学角度出发,对义县盆地义县组沉积层分布和岩相序列特征进行研究,并对大康堡层中出现的纹泥展开探讨,利用纹泥特征的变化,揭示古气候和湖泊环境的变化.

收稿日期: 2016-10-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41172003); 国家重点基础研究发展计划项目(2012CB821905); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(N120601001).

作者简介: 王铁晖(1980-),男,辽宁抚顺人,东北大学博士研究生; 巩恩普(1958-),男,辽宁沈阳人,东北大学教授,博士生导师.

1 地质背景

辽西地区位于华北地台东北部、燕山造山带内,其北部为蒙古古生代弧.进入中生代辽西地区发生“构造活化”,形成了一系列的火山沉积盆地,如义县盆地、金-羊盆地等.

受强烈的火山活动影响,义县盆地内发育一套以陆相火山喷发为主,夹多层沉积岩的火山-沉积岩系.砖城子层和大康堡层广泛出露于义县盆地内(见图1),受火山活动影响砖城子层呈带状展布,而

大康堡层则分布更广.沉积期湖泊多发育于火山活动后形成的火山构造洼地、破火山口范围内.

2 研究方法

通过对比王家沟西山、河夹心、破台子等大康堡层沉积特征,选择以纹泥发育的王家沟西山剖面为研究对象.对剖面展开详细的沉积学工作,包括:测量剖面、描述岩石特征、观察沉积构造、采集标本等.室内选取纹泥样品制作岩石薄片,并通过偏光显微镜进一步观察.

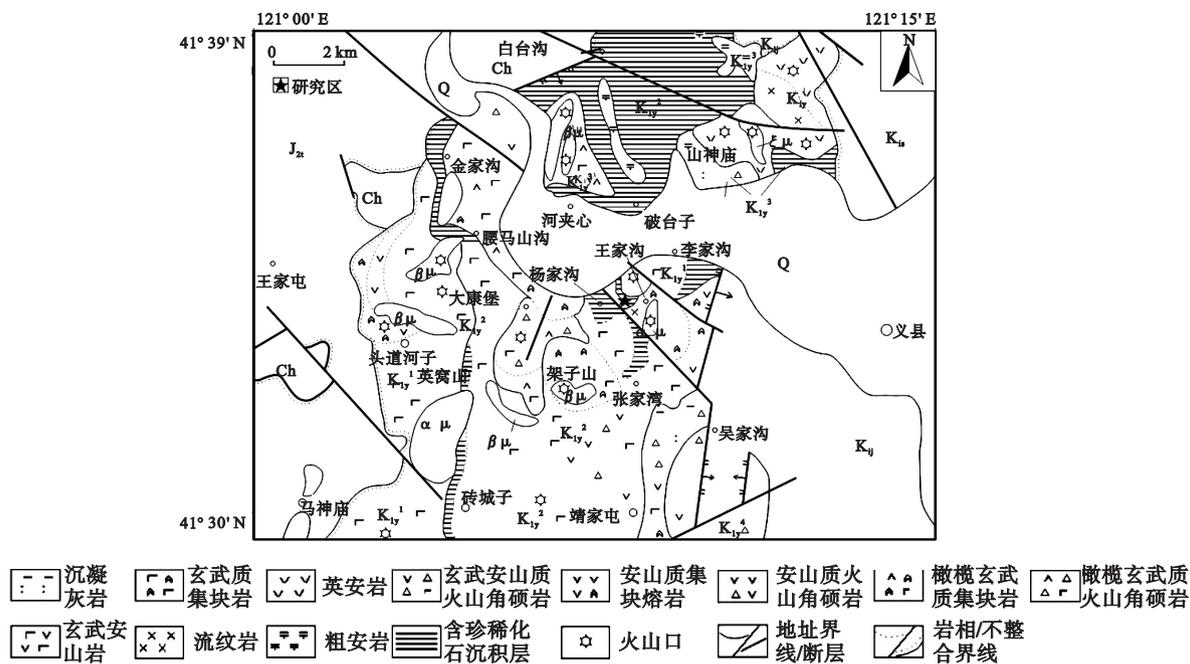


图1 义县地区地质图(据张立东,2004 修改)
Fig. 1 Geological map of Yixian area(modified by Zhang Li-dong, 2004)

3 纹泥特征

纹泥特征主要包括颜色、成分、结构、构造和厚度,不同类型纹泥的形成反映一定的气候条件^[6].早白垩世义县盆地大康堡层纹泥按其成因可划分为碎屑纹泥和内生纹泥;按纹泥的组成划分为①泥岩-膨润土纹泥,②泥岩-泥灰岩纹泥,③泥岩-粉砂岩纹泥.

3.1 泥岩-膨润土纹泥

泥岩-膨润土纹泥由暗层灰黑色泥岩和亮层浅黄绿色膨润土(膨润土质粉砂岩)组成,泥质结构,纹层状构造,纹泥层偶(一个亮层和一个暗层组成)厚度多在0.2~0.3 mm,局部略厚至1 mm(图2a).亮层的主要矿物成分为蒙脱石(超过80%),其次是石英、长石小颗粒;暗层的主要矿物成分为蒙脱石,其次是伊利石和高岭石.这是一类碎屑纹泥,

亮层形成于降水丰富的季节,为富火山碎屑被地表径流水体带入分层湖泊^[7],较粗碎屑率先沉积

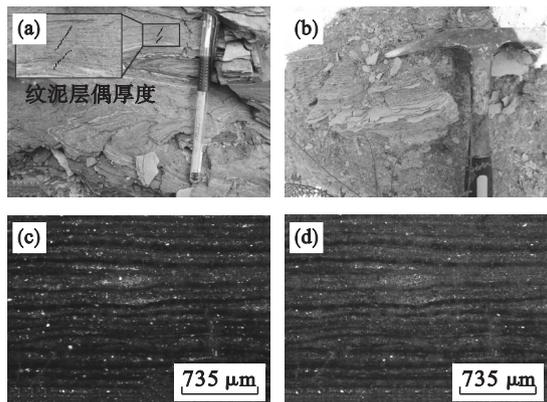


图2 纹泥特征

Fig. 2 Varve characteristics

- (a) 灰黑色泥岩和浅黄绿色膨润土组成的纹泥;
- (b) 灰-灰白色页岩,风化后呈纸片状;
- (c) 单一偏光镜下纹泥特征;
- (d) 正交偏光镜下纹泥特征.

并发生脱玻水解而成;进入湖泊的黏土矿物则滞留较长的时间,在静水湖泊中发生沉积形成了暗层.这类纹泥出现在大康堡层下部.

3.2 泥岩-泥灰岩纹泥

泥岩-泥灰岩纹泥由暗层灰黑色泥岩和亮层灰白色泥灰岩组成,纹层状构造,纹泥厚度在 0.10~0.20 mm,局部为 0.30 mm.单偏光镜下,纹泥的亮和暗条带明显(图 2c).通过 X 射线分析,暗层的主要矿物为蒙脱石,其次是伊利石和高岭石.正交偏光镜下,亮层主要为微晶方解石,颗粒极其细小在 2~8 μm 范围.同时在亮色条带内见石英碎屑,粒径多在 10~50 μm 间(属于细粉砂级别),偶见长石和云母碎屑(图 2d).这是一类内生纹泥,并伴有碎屑纹泥的特征^[8-9].亮层微晶方解石的形成与湖泊水体物理化学条件的改变有关,反映了湖水盐度相对较高,存在干旱-半干旱的气候条件^[10-11];暗层黏土矿物与降水有关,反映相对寒冷潮湿的季节^[12].这类纹泥集中出现在大康堡层的中部,与下部分界线是中厚层状含砂屑泥灰岩.

3.3 泥岩-粉砂岩纹泥

泥岩-粉砂岩纹泥由灰-灰黑色泥岩与粉砂岩组成,具有极薄的页理,风化后呈灰白色、纸片状,又称“纸片状页岩”(图 2b),纹泥厚度在 0.01~0.10 mm.主要的矿物成分为蒙脱石,其次是伊利石、少量的石英、长石等颗粒.这是一类碎屑纹泥,与第一类碎屑纹泥相比,它具有极薄的页理.纹泥的厚度指示年降水量较少,湖泊进入了一个沉积物供给极度匮乏时期.这类纹泥集中出现在大康堡层的顶部,上覆灰-灰绿色玄武玢岩.

4 讨论

4.1 纹泥厚度特征

纹泥的形成反映了周期性气候的循环,纹泥厚度变化对于气候的变化却更加直观和敏感.通过对纹泥厚度进行统计和分析,探讨纹泥厚度变化与古温度和降水量的关系.分析泥岩-泥灰岩纹泥特征(内生纹泥),由亮层(泥灰岩)和暗层(泥岩)组成,亮层泥灰岩形成于温度较高的季节,与蒸发/降水量有关,其厚度变化反映了温度的变化;暗层泥岩主要为静水沉积,其形成与降水带来的外源细碎屑及黏土矿物有关,反映的是降水量的变化.

选择位置较近(约 3~5 cm)的 4 组样品进行测量,并做相关性分析(图 3).依据亮层、暗层与

纹泥层偶厚度的相关性,把样品分为 2 组:DKB-2-6 和 DKB-2-8;DKB-2-4 和 DKB-3-3.第一组反映的是纹泥层偶厚度与亮层泥灰岩厚度相关(0.92 和 0.85),表明温度对纹泥层偶厚度的影响,反映相对较高的季节温度.第二组反映的是纹泥层偶厚度与暗层泥岩厚度相关(0.95 和 0.81),降水量的变化控制着纹泥层偶厚度;其中亮层厚度较薄,且变化较小,表明相对稳定的季节温度.同时泥岩厚度的变化代表了降水量的波动,泥灰岩厚度的变化代表了温度(高温季节)的波动.

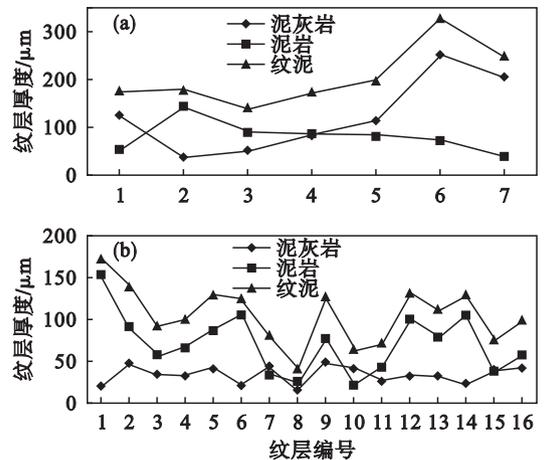


图 3 纹泥厚度序列

Fig. 3 Thickness sequence of the varve

(a)—DKB-2-6; (b)—DKB-2-4.

4.2 古气候

大康堡层中三类纹泥出现在剖面的不同位置,其特征变化对沉积期气候的变化具有重要的指示意义.结合大康堡层垂向序列的变化(图 4),把整个大康堡层沉积期古气候演化划分为四个阶段:

1) 沉积初期,以泥岩-膨润土纹泥(碎屑纹泥)发育为代表,纹泥厚度较大,在 0.20~0.30 mm,指示了相对较高的年降水量,气候较湿润.

2) 沉积中期,以泥岩-泥灰岩纹泥(内生纹泥)沉积为主,纹泥厚度变化较频繁,与沉积期温度(高温季节)和降水量变化有关,此时期湖泊水文条件发生很大的变化,存在干旱-半干旱的气候条件,降水较初期减少.

3) 沉积晚期未见纹泥发育,灰色中-细粒砂岩和块状泥岩沉积为主,见少量钙质沉积,指示水动力条件明显增加,大量的陆源碎屑进入湖区,也代表了降水量的增加,气候更加湿润.

4) 沉积末期,具有极薄页理的泥岩-粉砂岩纹泥发育,呈纸片状,厚度极小,在 0.01~0.10 mm,陆源碎屑供给极少,指示此时期降水量较少.

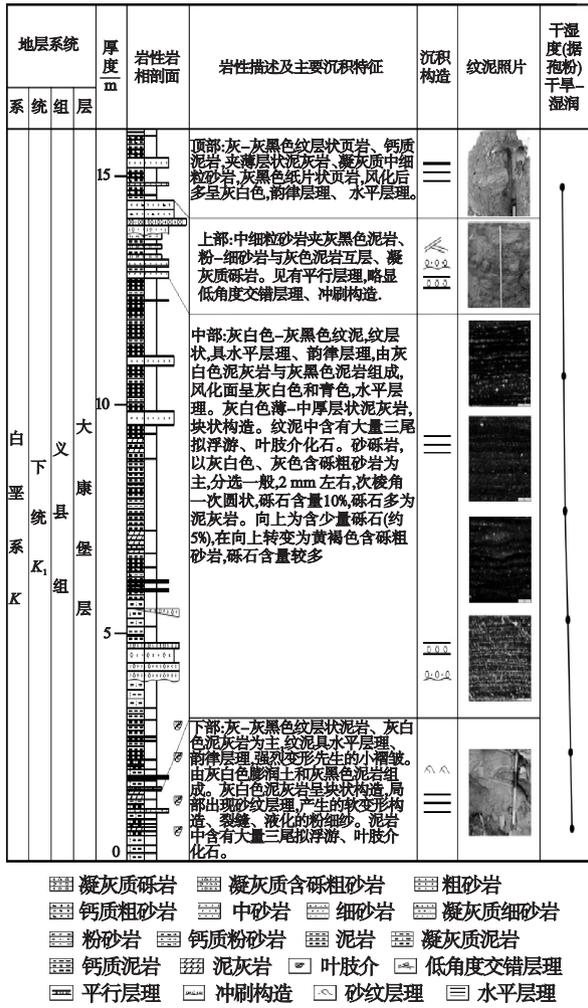


图 4 王家沟义县组大康堡层沉积层柱状图
Fig. 4 Sedimentary column of the Dakangbao bed of the Yixian formation in Wangjiagou

大康堡层沉积期纹泥厚度总体呈下降的趋势,指示沉积期降水量逐渐减少。而沉积期孢粉中热带-亚热带分子、干旱分子逐渐增加,湿生分子逐渐减少,与纹泥具有相同变化趋势。

4.3 沉积速率

大康堡层沉积期木化石、孢粉均表明季节性气候显著。纹泥的形成也反映了季节性气候变化,通过测量纹泥厚度来计算湖泊沉积速率(是以年为单位)^[13]。通过直接测量手标本或镜下岩石薄片,测量大康堡层中出现的三类纹泥厚度分别为:第一类纹泥厚度多在 0.20~0.30 mm;第二类纹泥样品,大多数厚度在 0.10~0.20 mm;第三类纹泥厚度在 0.01~0.10 mm。三类纹泥厚度分别代表了不同时段湖泊沉积物的沉积速率,估算分别在 0.20~0.30 mm/a, 0.10~0.20 mm/a, 0.05~0.10 mm/a。结合三类纹泥在垂向序列中出现的层位,指示在大康堡层沉积期湖泊的沉积速率逐渐减小。

4.4 洪水沉积

湖泊沉积中的洪水沉积,对于沉积期内气候的变化具有重要的指示意义^[14]。利用纹泥建立湖泊的纹层年代序列,可以反映沉积期内洪水活动的频率。

大康堡湖泊沉积中的多层洪水沉积,主要以薄层状中-细粒砂岩形式出现,分选性较好,厚度约 3~5 cm,向两侧延伸较远,为洪水在湖泊远端沉积。利用洪水沉积间隔中出现的纹泥,测量沉积层中洪水间纹泥整体厚度分别为:15.0, 2.2, 2.1, 10.2, 13.8 cm。单个纹泥层偶厚度在 0.1~0.2 mm,平均在 0.15 mm。据此估算出洪水的时间间隔为 1 000, 146, 140, 680, 920 a,出现的频率较低。因小规模洪水沉积并不一定出现在整个湖区范围内,所以沉积层中记录的洪水沉积只代表了这一地区出现的灾难性洪水。

4.5 古湖泊环境特征

王家沟西山剖面大康堡层沉积以泥岩为主,为半深湖-深湖沉积,局部出现泥石流沉积,滨浅湖沉积。沉积层中出现的纹泥,主要是由膨润土、微晶方解石、黏土矿物等组成,具有水平层理,为较弱的水动力环境。纹泥沉积中未见生物扰动构造,说明湖底缺乏底栖生物,认为此时期湖泊水体较深,湖水分层,存在一个缺氧环境。义县期湖泊的成因与火山活动有关,多形成于火山构造洼地、破火山口等范围内,相对较小,因此湖泊具有较小的表面积/深度比。合适的湖盆形态,使得沉积物受到风的侵扰较小,有利于纹泥的保存。沉积层中见薄层状中-细粒砂岩沉积,厚度较小约 1~3 cm,延伸较远,解释为洪水在湖泊远端沉积,同时说明湖底平坦开阔。王家沟西山湖泊沉积的另一个特点是含有大量的碳酸盐岩沉积,据陈登辉等^[5]对辽西湖相碳酸盐岩碳氧稳定同位素组成展开研究,大康堡层碳酸盐岩碳氧稳定同位素具有较高的相关性(相关系数超过 0.8),指示湖泊处于相对封闭状态。

5 结 论

1) 大康堡层沉积中出现的纹泥可划分为:泥岩-膨润土纹泥,泥岩-泥灰岩纹泥,泥岩-粉砂岩纹泥。

2) 泥岩-泥灰岩纹泥(内生纹泥)特征指 (下转第 415 页)