辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩及其沉积环境研究

陈登辉，巩恩普，梁俊红，李永杰
东北大学资源与土木工程学院，沈阳，110004

内容提要：辽西地区下白垩统义县组是热河生物群产出的主要地层，其中产出大量精美的生物化石，但是由于受到后期构造破坏和风化作用影响，难以开展野外工作，热河生物群产出的古地理环境及盆地沉积环境的研究程度仍然较低。该组地层中湖相碳酸盐岩比较发育，本次工作主要对辽西义县组老公沟—金刚山剖面4个沉积层中产出的多层湖相碳酸盐岩沉积层进行了深入研究。通过野外工作结合室内镜下鉴定，分析了义县组湖相碳酸盐岩的产出状态和岩石类型，划分出5个岩相类型和两个相组合。结合野外实测剖面中碳酸盐岩与其它沉积岩层的组合关系对义县组湖相碳酸盐沉积环境进行了探讨，发现义县组湖相碳酸盐岩主要为洪水—漫湖沉积体系中较浅的储水洼地和滨浅湖半咸水沉积环境，并建立了义县组湖相碳酸盐岩沉积相模式。

关键词：湖相碳酸盐岩；沉积环境；下白垩统；义县组

辽西地区义县组以产出热河生物群而闻名，经过在辽西地区长期的发掘与研究，发现了大量精美的热河生物群生物化石（Ren，1997；Sun et al.，1998；陈丕基，1999；Zhou et al.，2000；Xu et al.，2000）。目前关于辽西地区热河生物群的地层古生物方面研究较多，但对其沉积环境、古地理及古气候方面的研究仅略有涉及。由于辽西地区经历了复杂的地质构造和风化作用的破坏，对野外的研究工作带来了很大的困难，虽然近几年在辽西热河生物群沉积环境、古地理及古气候方面做了大量的工作，也取得了一些成果，但是仍然分歧很大（陈丕基等，1986；汪筱林等，1998；王思恩，1999；张立东等，2001；丁秋红等，2003；巩恩普等，2007；Jiang et al.，2007）。目前湖相碳酸盐岩沉积环境仍然是国内外研究的薄弱环节，但是由于湖泊沉积物对于环境的变化的敏感性，使得通过对湖相碳酸盐岩的研究获得古代环境变化信息成为可能（王英华等，1991；Camoin et al.，1997；黄杏珍等，1999；夏青松等，2003；Hülya et al.，2007）。本文研究区工作范围确定在义县盆地（图1），通过对辽西义县组老公沟—金刚山沉积剖面中的湖相碳酸盐岩的分析，结合湖相碳酸盐岩与其它沉积岩层的组合关系对老公沟—金刚山沉积层湖相碳酸盐岩沉积环境进行了研究，并建立了辽西义县组湖相碳酸盐岩沉积相模式。

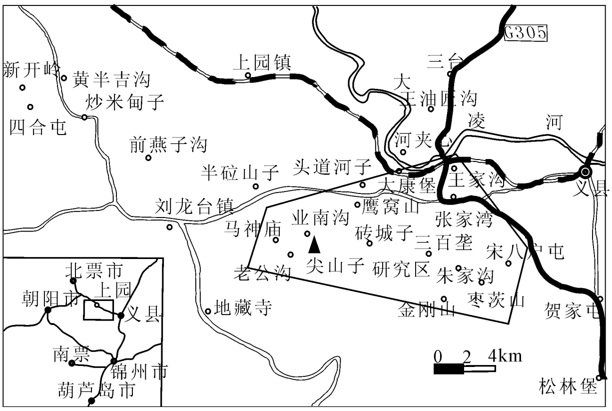

图1 研究区地理位置

Fig. 1 The position of interesting region

长期以来，关于义县组的时代问题做了大量工作，有许多不同认识，其中王思恩（1990）认为是晚侏罗世，李佩贤等（1994）认为是早白垩世，王五力等（2005）认为侏罗系—白垩系界线在义县组内，近年的研究更趋向认为其时代为早白垩世早期（郭胜哲等，2001；季强等，2006），本文采用郭胜哲、季强等的观点。

注：本文为教育部高等学校博士学科点专项科研基金（编号20060145016）。
收稿日期：2009-04-20；改回日期：2009-09-04；责任编辑：章雨旭。
作者简介：陈登辉，男，1980年生。博士研究生。矿产普查与勘探专业，主要从事沉积学研究。通讯地址：110004，沈阳市东北大学265信箱；Email：clay_5@yahoo.cn。

1 区域地质概况

辽西地区位于华北板块北缘，燕山构造带中东段，中生代时期辽西地区处于环太平洋大陆边缘活动带，发生明显的构造“活化”，形成了一系列的火山—沉积盆地，义县盆地就是该时期形成众多盆地中的一个。由于受到多个期次的火山活动的影响，辽西地区主要为一系列火山喷发沉积地层，由河湖相碎屑沉积与多个期次的基性—中基性火山熔岩和喷发岩组成(贾斌等，2004)。

2 辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩分布特征

通过野外实测剖面和室内鉴定发现，在辽西下白垩统义县组老公沟沉积层、鹰窝山砖城子沉积层、王家沟大康堡沉积层和枣茨山金刚山沉积层等四个不连续的沉积层中发育厚度不等的多个湖相碳酸盐岩沉积层(或层组)，部分碳酸盐岩层组是由数层薄层碳酸盐岩层组成，具体产出位置如图 2 所示。老公沟沉积层中发育三层(层组)碳酸盐岩沉积层，厚度 0.1～0.57m，产出于厚层的膨润土质粉砂岩之中，沉积层底部发育薄层泥岩和页岩(图 2a)；鹰窝山砖城子沉积层下部碳酸盐岩沉积层较薄，厚度 0.11～0.93m，中—上部发育厚层的碳酸盐岩沉积层，最厚可达 2.2m，产出于厚层的砾岩、砂岩之中(图 2b)；大康堡沉积层中碳酸盐岩沉积层(层组)也较薄，厚度小于 0.96m，主要产出于一套夹有薄层膨润土和砂岩的厚层页岩中(图 2c)；金刚山沉积层中碳酸盐岩较厚，厚度最大可达 2.6m，产出于顶部的膨润土化粉砂岩和页岩之中，该沉积层中—下部产出厚层沉凝灰岩和含砾沉凝灰岩(图 2d)。

3 辽西下白垩统义县组碳酸盐岩岩相特征

3.1 辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩岩相及相组合

在辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩中可以识别出 5 个主要的碳酸盐岩岩相(表 1)，这些碳酸盐岩岩相主要由薄层和厚层两个相组合组成，夹于冲积沉积形成的泥岩、页岩、砂岩和砾岩之中(如图 2 所示)：

薄层石灰岩层或夹层，厚度最厚 0.44m，石灰岩岩层主要由灰泥颗粒岩和颗粒灰岩(相 A)与泥晶灰岩(相 C)组成，局部区域发育球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩(相 B)。

厚层石灰岩和纹层白云岩层组，层组厚 1.8～2.6m，主要由灰砾岩和漂浮灰岩(相 D)和纹层白云岩(相 E)组成。

3.2 岩相描述

相 A：灰泥颗粒岩和颗粒灰岩相主要由部分重结晶的泥粒灰岩和颗粒灰岩组成。该岩相主要分布在老公沟沉积层顶部、鹰窝山—砖城子沉积层中—下部和王家沟大康堡沉积层底部等层位，厚度较薄，一般小于 0.4m(图 2a、b、c)。灰泥颗粒岩和颗粒灰岩主要由砂级或粉砂级的颗粒组成，颗粒粒径小于 2mm。含少量的灰泥和石英碎屑碎屑颗粒，颗粒支撑，由于后期成岩改造，重结晶现象明显，颗粒内部也出现了不同程度的重结晶(图 3a、b)。局部岩层发生硅化或含有燧石结核。

相 B：球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩相主要由球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩组成。该岩层主要分布在鹰窝山—砖城子层下部，出露较少，厚度 0.11m(图 2b)，产出于一套砾岩、含砾砂岩之中。球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩中球粒粒径 0.2～0.3mm，后期成岩作用改造明显，球粒外部由一层亮晶方解石组成，球粒内部和填隙物均发生不同程度的重结晶。岩石内部含有高岭石质团块，粒径 2mm 左右，含量小于 5%，在薄片中表现为树胶填充的孔隙(图 3c)。

相 C：泥晶灰岩相主要以灰泥岩和颗粒灰泥岩为主，未见生物化石。该相主要分布于老公沟沉积层中—下部、鹰窝山—砖城子沉积层中部和王家沟大康堡沉积层中部(图 2 a、b、c)，厚度 0.13～0.44m。以灰泥为主，粒径小于 0.03mm，含有少量的碎屑颗粒，发育不明显的沉积成因的细小纹层，局

表 1 辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩相类型

Table1 Facies types and lithotypes of the lacustrine carbonates, the Lower Cretaceous Yixian Formation, western Liaoning

相	岩石类型
A 灰泥颗粒岩和颗粒灰岩相：该相岩层常与页岩和膨润土化粉砂岩互层产出	主要以泥粒灰岩和颗粒灰岩为主，发育不同程度的重结晶和硅化
B 球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩相：主要以砾岩和含砾杂砂岩中夹层的形式产出	主要以含球粒泥粒灰岩和颗粒灰岩为主，局部含有高岭石团块
C 泥晶灰岩相：主要以膨润土化粉砂岩、钙质泥岩和钙质页岩中夹层的形式产出	主要以灰泥岩和颗粒灰泥岩为主，发育不同程度的硅化和重结晶
D 灰砾岩和漂浮灰岩相：产出于纹层白云岩之上	主要以灰砾岩和漂浮灰岩为主，部分碎屑颗粒为下部纹层白云岩岩屑
E 纹层状白云岩相：常与灰砾岩和漂浮灰岩互层产出	主要以泥晶云岩为主，局部为颗粒泥晶云岩

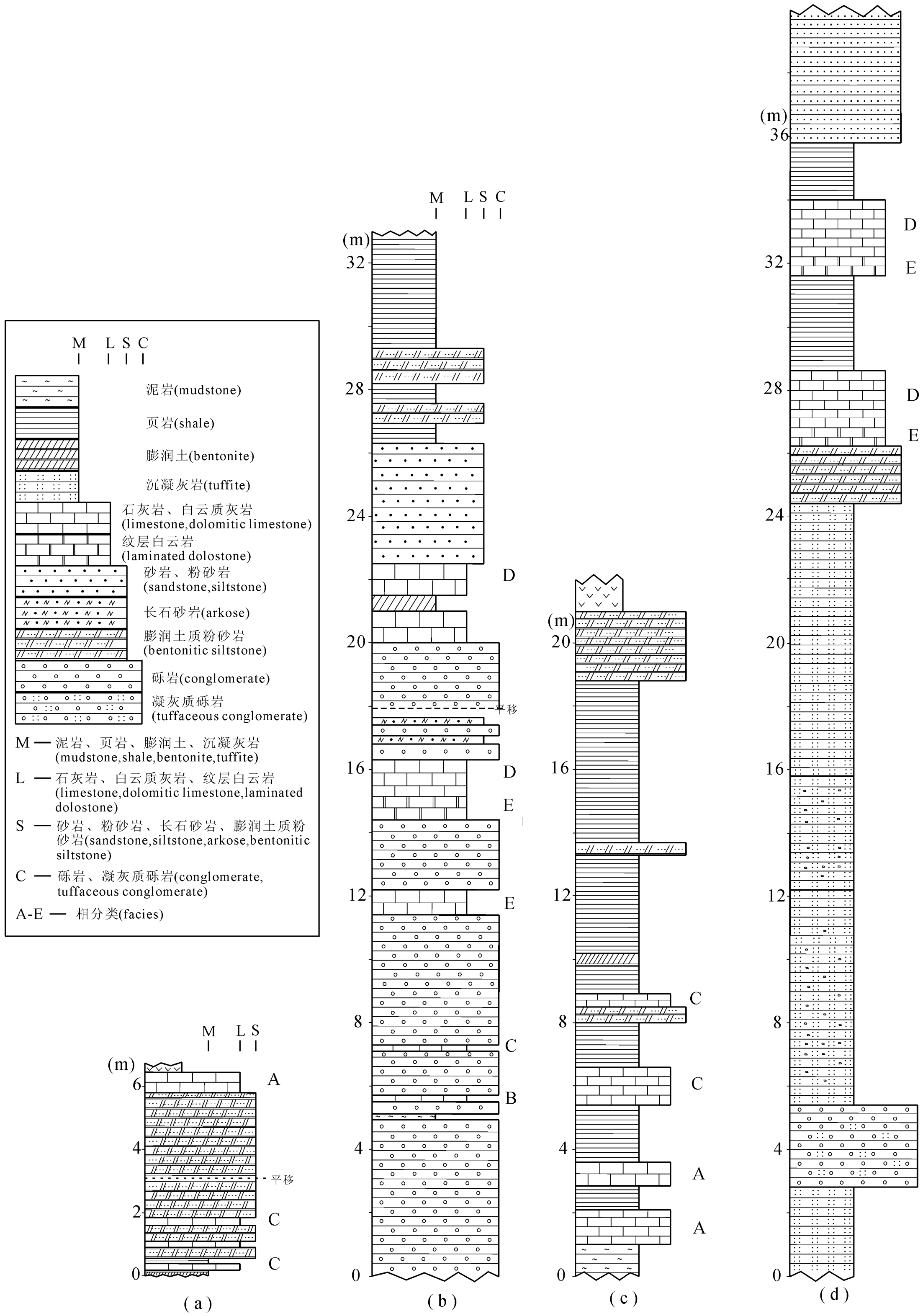

图 2 辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩沉积地层示意图

Fig. 2 The lithification diagrammatic sketch of lacustrine carbonate in the Yixian Basin, western Liaoning

(a)老公沟沉积层;(b)鹰窝山—砖城子沉积层;(c)大康堡沉积层;(d)金刚山沉积层

(a) the Laogonggou Member; (b) the Yingwoshan—zhuanchengzi Member; (c) the Dakangbao Member; (d) the Jingangshan Member

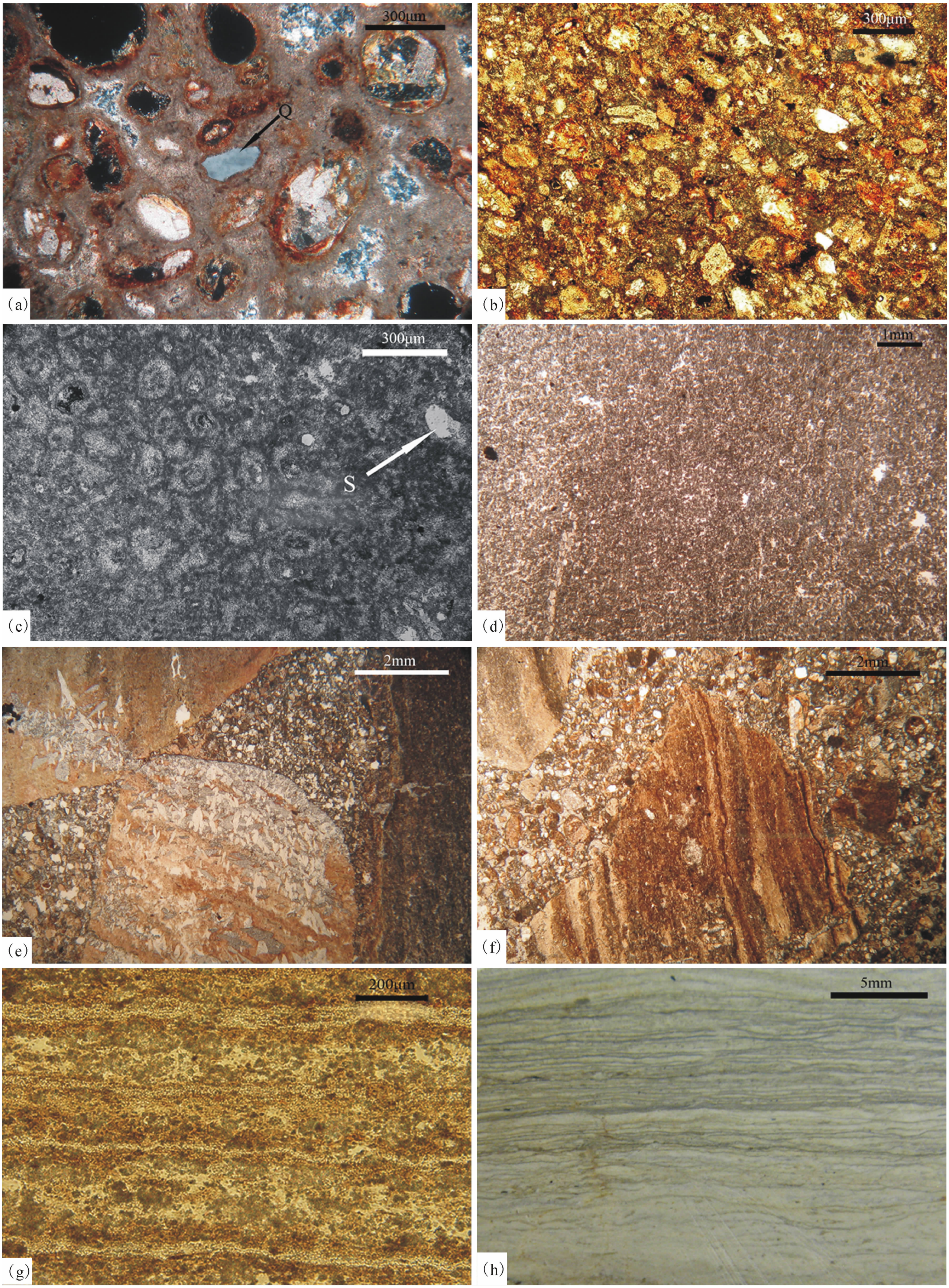
300μm
Q
(a)
300μm
(b)
300μm
S
(c)
1mm
(d)
2mm
(e)
2mm
(f)
200μm
(g)
5mm
(h)

图 3 辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩

Fig. 3 The lacustrine carbonate of the Lower Cretaceous Yixian Formation, western Liaoning

(a) 颗粒灰岩,Q—石英颗粒,正交偏光;(b)灰泥颗粒岩,单偏光;(c) 球粒灰岩,单偏光,S—树胶;(d) 泥晶灰岩,单偏光;(e) 灰砾岩,单偏光;(f) 漂浮灰岩,单偏光;(g) 纹层白云岩,单偏光;(h) 纹层白云岩,光面

(a) grainstone, Q—quartz grain, croessed nicols; (b) packstone, plane-polarized light; (c) peloidal packstone, S—resin, plane-polarized light; (d) Micritic limestone, plane-polarized light; (e) rudstone, plane-polarized light; (f) floatstone, plane-polarized light; (g) laminated dolostone, plane-polarized light; (h) laminated dolostone, polish slab

部层位岩石含有方解石脉,脉体宽 0.1～0.5cm(图 3d)。

相 D:灰砾岩和漂浮灰岩相主要以灰砾岩和漂浮灰岩为主。该相主要分布于鹰窝山—砖城子沉积层顶部和金刚山沉积层顶部(图 2b、d),厚度 0.44～0.50m。岩石中含有砾级的碎屑颗粒,粒径最大可达 20mm,碎屑颗粒以纹层白云岩和泥晶灰岩为主,棱角状次棱角状,有少量的膨润土质团块和石英碎屑,重结晶现象明显(图 3e、f)。

岩相 E:纹层状白云岩相主要以云泥岩为主,局部含碎屑颗粒。该相主要分布于鹰窝山砖城子沉积层顶部和金刚山沉积层顶部,常位于灰砾岩和漂浮灰岩底部(图 2b、d),厚度 0.27～0.80m。岩石致密且具有细小平行纹层(图 3g、h),硬度不大,风化面发育刀砍状构造。

4　沉积环境分析及其沉积相模式

4.1　沉积环境分析

辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩根据其岩石类型、沉积厚度及岩层组合关系划分的两个相组合代表了两种不同的湖相沉积环境。

薄层的石灰岩岩层或夹层厚度一般较小,最厚仅 0.44m。主要由薄层的灰泥颗粒岩和颗粒灰岩(相 A)与泥晶灰岩(相 C)组成,局部发育球粒灰泥颗粒岩和颗粒灰岩(相 B),产出于一套厚层膨润土质粉砂岩、砂质泥岩和薄层粉砂质泥岩、页岩、砾岩之中。钙质泥页岩夹层较薄,厚度小于 5cm,一般在

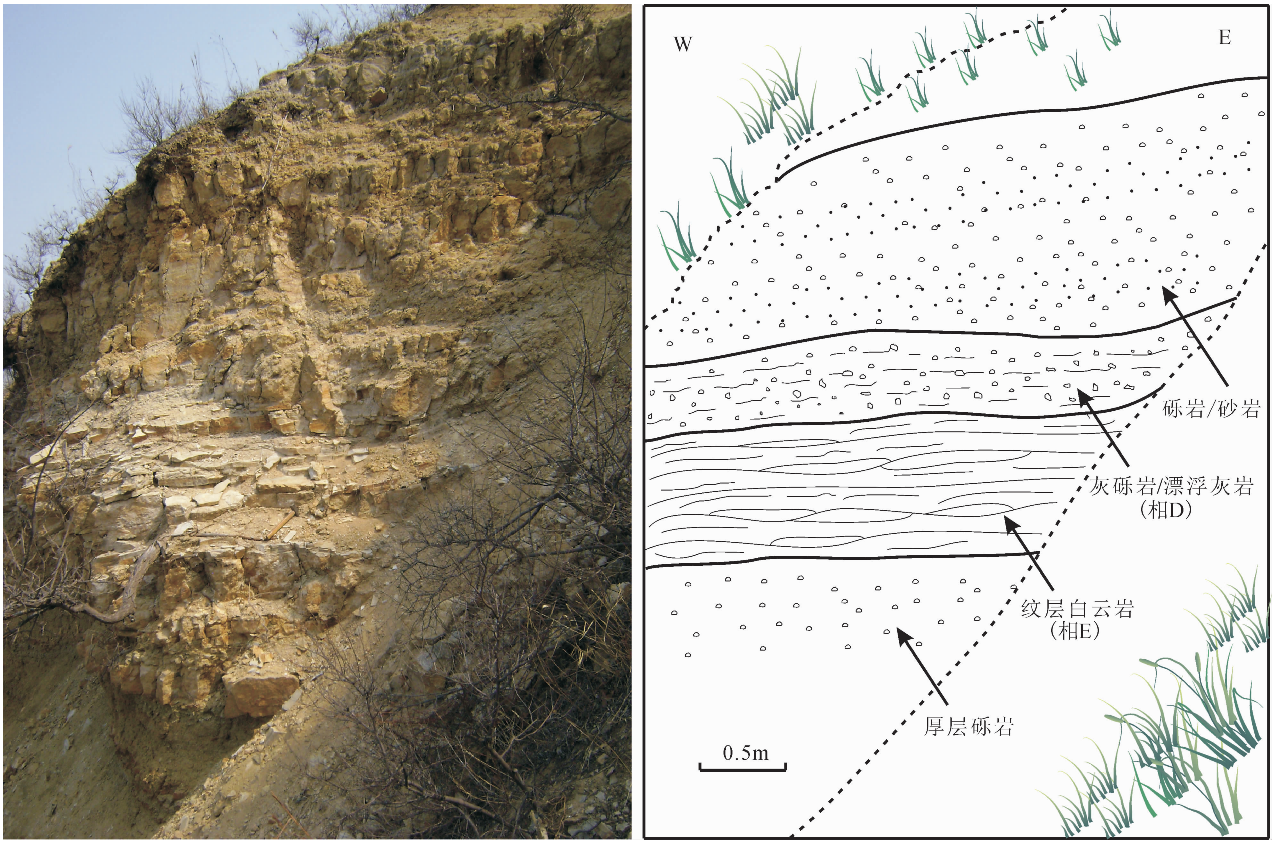

图 4 鹰窝山—砖城子沉积层中部厚层湖相碳酸盐岩

Fig. 4 The thick lacustrine carbonate from the middle part of the Yingwoshan—Zhuanchengzi Member

0.5～2cm，其中产出大量的植物碎屑和三尾拟蜉蝣。薄层碳酸盐岩分布连续性较差，其中含有少量的高岭石质或蒙脱石质团块，这反映出一种伴有火山活动的洪水—漫湖沉积体系中较浅的储水洼地和滨、浅湖半咸水泥坪沉积环境。在这些岩层中缺少沼泽特征表明研究区较浅的洼地水平面没有发生较大的变化，同样的沉积岩层在前陆湖盆的洪积平原上也被描述过（Sanz et al.，1995；Anadon et al.，2000）。局部硅化的灰泥颗粒岩、颗粒灰岩和泥晶灰岩可能是由于火山活动导致酸性溶液介入，使得石英（或玉髓）交代碳酸盐岩形成（赵澄林，2001）。

厚层的石灰岩和纹层白云岩层组（图 4），层组厚度 1.8～2.6m，分布在义县盆地鹰窝山—砖城子沉积层中部和金刚山沉积层的顶部，主要由纹层白云岩（岩相 E）与灰砾岩和漂浮灰岩（岩相 D）组成。纹层白云岩主要由厚度 0.1～0.3mm 的泥晶白云岩纹层和亮晶白云岩组成，含有少量的砂屑和炭屑，粒径小于 0.5mm。纹层白云岩主要是在湖盆发育晚期湖平面降低，气候相对干旱时期形成的，由于较强的蒸发作用，使得空气—液面界面附近水层盐度增高，表层形成的较重浓盐水向湖底下沉，致使滨浅湖区湖水盐度增高形成白云岩（赵澄林，2001；廖静等，2008）。灰砾岩和漂浮灰岩主要分布于纹层白云岩之上，由较粗的砾级碎屑颗粒组成，含有大量的纹层白云岩岩屑和膨蒙脱石质团块。辽西地区下白垩统义县期火山活动频繁，由于火山活动及构造运动对原有湖盆产生了很大的影响，使早期滨浅湖区域沉积的纹层白云岩破碎，夹杂火山碎屑，在短距离搬运后沉积，形成厚层的纹层白云岩与灰砾岩和漂浮灰岩共生的沉积层。碳酸盐岩中火山碎屑经后期蚀变形成膨润土质团块就是该时期火山活动的有力证据（高恩忆，1986；姚道坤，1994；白雪峰等，2007）。

4.2 沉积相模式

辽西地区中生代盆地经历了复杂的构造演化过程（马寅生，2001），义县盆地也不例外，由于火山活动或构造运动使湖平面在较短时间内经历了多个旋回的变化。通过对辽西义县盆地马神庙—金刚山沉积剖面中碳酸盐岩的研究，该盆地义县组地层中的碳酸盐岩以颗粒灰岩、泥晶灰岩、纹层白云岩及由纹层白云岩岩屑组成的灰砾岩和漂浮灰岩为主，基本上形成于湖盆发育过程中每个旋回的中晚期（王英华等，1991；赵澄林，2001）。

分析辽西义县盆地马神庙—金刚山沉积剖面中湖相碳酸盐岩岩石类型及其与其它沉积岩层的组合关系，发现老公沟沉积层和大康堡沉积层中碳酸盐岩主要为洪水—漫湖沉积体系中较浅的储水洼地沉积环境，鹰窝山—砖城子沉积层和金刚山沉积层中碳酸盐岩主要为滨浅湖半咸水沉积。其中在砖城子沉积期中期和金刚山沉积期末期由于火山活动或构造运动，使湖盆局部滨浅湖区沉降，并使局部区域纹层白云岩破碎，经短距离搬运形成灰砾岩或漂浮灰岩沉积。碳酸盐岩中不同程度地含有蒙脱石质团块说明火山活动对于该时期碳酸盐岩沉积影响较大。辽西义县盆地在义县期火山活动或构造运动导致湖

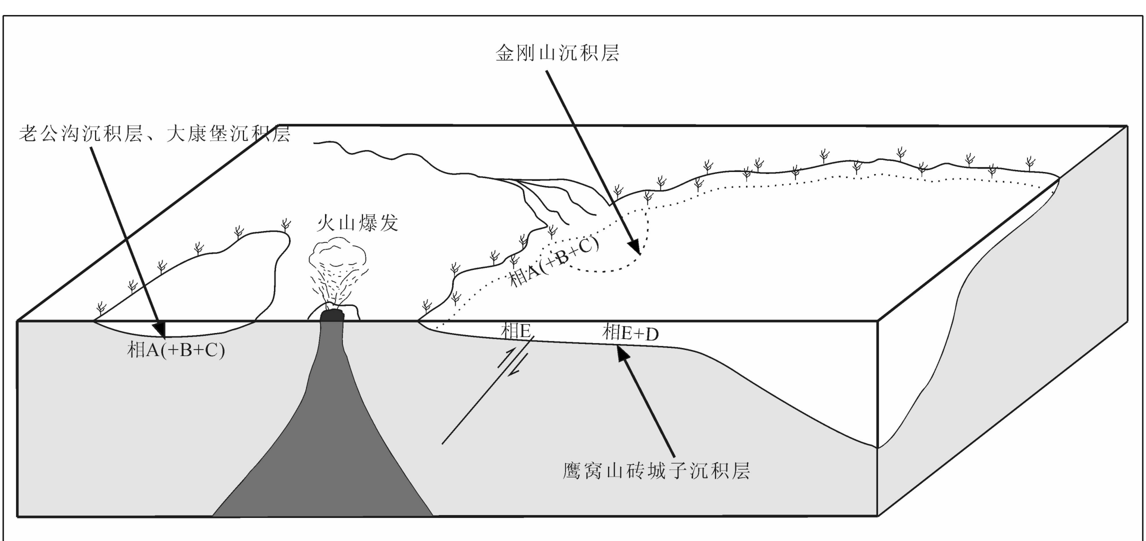

图 5 辽西下白垩统义县期湖相碳酸盐岩沉积环境示意图

Fig. 5 Schematic environmental model for the lacustrine limestones, the Yixian Age, Lower Cretaceous, western Liaoning

平面发生旋回性变化，在较短时间内对义县盆地沉积环境最少有四次重要的影响，分别在鹰窝山—砖城子沉积层和金刚山沉积层沉积末期，形成了纹层白云岩与含膨润土质团块灰砾岩和漂浮灰岩共生的沉积层。综合以上特征建立了辽西下白垩统义县组湖相碳酸盐岩沉积相模式如图 5 所示。

参　考　文　献　/　References

白雪峰，刘万洙，舒萍，刘志芬，刘丽娟，高有峰. 2007. 松辽盆地东南隆起区营城组火山岩蚀变改造型膨润土类型、成因及分布规律——以九台市膨润土矿为例. 吉林大学学报(地球科学版)，37(6)：1244～1250.

陈丕基，文世宣，周志炎，厉宝贤，林启彬，张璐瑾，黎文本，刘兆生，李再平. 1980. 辽宁西部晚中生代陆相地层研究. 中国科学院南京地质古生物研究所所刊，(1)：22～55.

陈丕基. 1999. 辽西义县组的叶肢介化石. 见：Palaeoworld 11，热河生物群. 合肥：中国科技大学出版社，114～130.

丁秋红，张立东，郭胜哲，张长捷，彭艳东，贾斌，陈树旺，邢得和. 2003. 辽西北票地区义县组古气候环境标志及其意义. 地质通报，22 (3) ：186～191.

高恩忆. 1986. 辽西中生代火山岩中珍珠岩、沸石、膨润土成矿因素探讨. 辽宁地质，(1)：35～46.

巩恩普，梁俊红，李小冬，王春红，崔显德. 2007. 辽西早白垩世热河生物群沉积环境及古地理综合研究. 地质学报，819(1)：1～8.

郭胜哲，张立东，张长捷，彭艳东，贾斌，陈树旺，邢德和，丁秋红，郑月娟. 2001. 辽宁西部义县组研究新进展. 中国地质，28(8)：1～8.

黄杏珍，闫存凤，王随继，邵宏舜，妥进才，王寿庆，何祖荣. 1999. 苏打湖型的湖相碳酸盐岩特征及沉积模式. 沉积学报，17(增刊)：728～733.

季强，柳永清，姬书安，陈文，吕君昌，尤海鲁，袁崇喜. 2006. 论中国陆相侏罗系－白垩系界线. 地质通报，25(3)：336～339.

贾斌，王五力，张立东. 2004. 辽西中生代义县旋回强烈火山作用对生物生存环境的双重影响. 地球学报，25(4)：429～436.

李佩贤，苏德英，李友桂，余静贤. 1994. 狼鳍鱼(*Lycoptera*)岩层的时代归属. 地质学报，68(1)：87～100.

廖静，董兆雄，翟桂云，周立英，范鹏. 2008. 渤海湾盆地歧口凹陷沙河街组一段下亚段湖相白云岩及其与海相白云岩的差异. 海相油气地质，3(1)：18～24.

马寅生. 2001. 燕山东段－下辽河地区中新生代盆山构造演化. 地质力学学报，7(1)：79～91.

夏青松，田景春，倪新锋. 2003. 湖相碳酸盐岩研究现状及意义. 沉积与特提斯地质，23(1)：105～111.

王思恩. 1990. 热河生物群的起源、演化与机制. 地质学报，(4) ：350～360.

王思恩. 1999. 热河生物群的沉积环境——冀北、辽西叶肢介群落古生态与古环境重建. 地质学报，73 (4) ：289～301.

汪筱林，王元青，王原，徐星，唐治路，张福成，胡耀明，顾罡，郝兆林. 1998. 辽西四合屯周边地区义县组下部地层层序与脊椎动物化石层位. 古脊椎动物学报，36 (2)：81～101.

王五力，张立君，郑少林，任东，郑月娟，丁秋红，张宏，李之彤，杨芳林. 2005. 义县阶的时代与侏罗系－白垩系接线—义县阶标准地层剖面建立和研究之三. 地质论评，51(3) ：234～242.

王英华，周书欣，张秀莲. 1991. 中国湖相碳酸盐岩. 徐州：中国矿业大学出版社，87～90.

姚道坤. 1994. 中国膨润土矿床及其开发应用. 北京：地质出版社，22～71.

赵澄林. 2001. 沉积岩石学. 北京：石油工业出版社，173～351.

张立东，郭胜哲，张长捷，彭艳东，贾斌，陈树旺，邢德和，丁秋红，郑月娟. 2001. 辽宁省四合屯—上园地区珍惜化石层的产出特征及其形成环境. 中国地质，28 (6) ：10～20.

Anadon P，Utrilla R，Vazquez A. 2000. Use of charophyte carbonates as proxy indicators of subtle hydrological and chemical changes in marl lakes：example from the Miocene Bicorb Basin，eastern Spain. Sedimentary Geology，133：325～347.

Camoin G，Casanova J，Rouchy J M，Blanc-Valleron M M ，Deconinck J F. 1997. Environmental controls on perennial and ephemeral carbonate lakes：the central palaeo-Andean Basin of Bolivia during Late Cretaceous to early Tertiary times. Sedimentary Geology，113(1～2)：1～26.

Hülya A，Baki V，Mehmet Ö. 2007. Sedimentary facies，depositional environments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin，SW Anatolia，Turkey. Sedimentary Geology，202(4)：596～637.

Jiang Baoyu，Sha Jingeng. 2007. Preliminary analysis of the depositional environments of the Lower Cretaceous Yixian Formation in the Sihetun area，western Liaoning，China. Cretaceous Research，28(2)：183 ～193.

Ren Dong. 1997. Studies on Late Jurassic scorpion-flies from Northeast China. Acta Phytotaxonomic Sinica，22 (1) ：75～85.

Sun Ge，Dilcher D L，Zheng Shaoling，Zhou Zhekun. 1998. In search of the first flower：Archaefructus from Northeast China. Science，282(5394)：1692～1695.

Sanz M E，Alonso Zarza A M，Calvo J P. 1995. Carbonate pond deposits related to semi-aridalluvial systems：examples from the Tertiary Madrid Basin，Spain. Sedimentology，42：437～452.

Xu Xing，Zhou Zhonghe，Wang Xiaolin. 2000. The smallest known non-avian theropod dinosaur. Nature，408：705～708.

Zhou Zhonghe，Hou Lianhai. 2000. Confuciusornis and the early evolution of feathers. Science，209：1955～1959.

The Lacustrine Carbonates and their Sedimentary Environment of Lower Cretaceous Yixian Formation in Western Liaoning

CHEN Denghui，GONG Enpu，LIANG Junhong，LI Yongjie

Geology Department of Northeastern University，*Shenyang*，110004

Abstract：The Lower Cretaceous Yixian Formation is the basal formation of the Jehol biota where the abundant and exceptionally well-preserved fossils were discovered. However，deuteric late stage tectonic destructive disturbances and weathering effects have hampered field investigations on the Jehol biota′s palaeogeographic and basin sedimentary characteristics，making it difficult to do detailed research. Our recent systematic field study of the depositional environment indicates that there were several lacustrine carbonate intervals in the four sedimentary beds of the Yixian Formation. We have systematically studied the distribution and the lithotypes of lacustrine carbonates both in the field and with laboratory analysis. Five main carbonate lithofacies have been differentiated in the lacustrine limestones, and they are further grouped into two main facies associations. Combining the relationship between the carbonates and other sedimentary beds, we find that the lacustrine carbonate sedimentary environment in the Yixian basin represents short-lived isolated ponds developed in very shallow depressions on the floodplain as well as brackish water in offshore lakes. Finally, we propose a lacustrine carbonate sedimentary facies model for the Yixian Formation.

Key words: lacustrine carbonates; sedimentary environment; Lower Cretaceous; Yixian Formation

《地质论评》2009 年 第 55 卷 第一作者索引

The Index of the First Writers of 2009, Vol. 55