

文章编号: 1000-0550(2012)04-0689-07

早白垩世义县盆地义县组顶部金刚山层沉积相及其古环境意义^①

梁俊红¹ 巩恩普¹ 李永杰²

(1. 东北大学地质系 沈阳 110819; 2. 长沙有色冶金设计研究院 长沙 410011)

摘要 辽西义县盆地内近东西走向的马神庙—一刀把地—三百垄—金刚山一带为义县组标准地层剖面出露地,义县组建阶标准地层剖面枣茨山—金刚山层为一套古湖盆相沉积组合。野外详细的沉积学和地层学研究将金刚山层自下而上划分为湖缘碎屑浊流相、浅水湖坪相和半深湖相3个沉积亚相。金刚山层下部湖缘碎屑浊流相包括3个粗—细粒序递变沉积韵律。粗粒岩石单元为灰绿色含长石岩屑凝灰质砂砾岩、杂色砾岩、灰白色含砾凝灰岩;细粒岩石单元由灰白色含砾凝灰岩、灰绿色致密凝灰岩、质纯膨润土组成。韵律沉积底部粗粒岩石单元为浊流头部沉积产物,其中常形成弥散式正粒序递变层理,细粒岩石单元为浊流体部、尾部逐渐稀释的沉积结果,其中常发育水平层理。中部浅水湖坪相沉积由5个膨润土化粉砂岩(质纯膨润土或页岩)—泥灰岩(含方解石细脉灰岩)沉积韵律构成。每一湖坪相的碳酸盐岩与下伏火山灰质沉积厚度之比值变化范围为:0.11~0.47,指示湖盆围缘经历了多期次湖坪沉积时间间隔相等的地质规律。金刚山层上部半深湖相沉积为灰白色纸片状页岩—粉砂质页岩组合。金刚山层下部湖缘火山碎屑浊流沉积指示火山喷发物质近源性、火山喷发多期作用的地质演化规律。中部湖坪相的5个膨润土化粉砂岩(质纯膨润土或页岩)—泥灰岩(含方解石细脉灰岩)沉积韵律指示古湖盆水体至少经历了5期变浅过程,在区域性干旱气候影响下,形成湖坪相泥灰岩沉积。湖盆中心相对深水沉积区接受大量细粒悬浮质沉积,形成静水半深湖相沉积。

关键词 沉积韵律 沉积相 金刚山层 义县组 枣茨山

第一作者简介 梁俊红 男 1972年出生 博士 沉积学 E-mail: liangjunhong@mail.neu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

晚中生代是中国东部强烈的伸展变形和裂谷作用时期,形成了广泛发育的裂陷盆地与伸展盆山耦合系统。辽西地区位于中国东部北东或北北东向裂陷盆地带的西部,该区自西向东发育有侏罗纪至早白垩世形成、演化的北票盆地、建昌盆地、金岭—羊山盆地、阜新一义县盆地,早白垩世义县组广泛分布于这些中生代盆地中^[1~3]。其中阜新一义县盆地最具代表性,义县盆地为阜新一义县盆地中大凌河以南的次级凹陷区,盆内马神庙—一刀把地—三百垄—金刚山一带为义县阶标准地层剖面出露地区(图1)。近东西向的剖面为一套基性—中基性—中性—中酸性陆相喷发火山岩系,在其火山活动喷发间歇期形成了7个河湖相沉积夹层^[4~6]。义县盆地内义县组顶部金刚山层沉积较为稳定,从大定堡乡中老虎沟以东,向北经金刚山、枣茨山、佟绿山至羊草沟均有出露,在前杨乡尖山子至吴家沟一带,因断层切割而残存,由于受

北北东向断层的影响向北缺失^[7]。金刚山层属义县组顶部湖泊相沉积,富产鸟类、满洲龟、满洲鳄、狼鳍

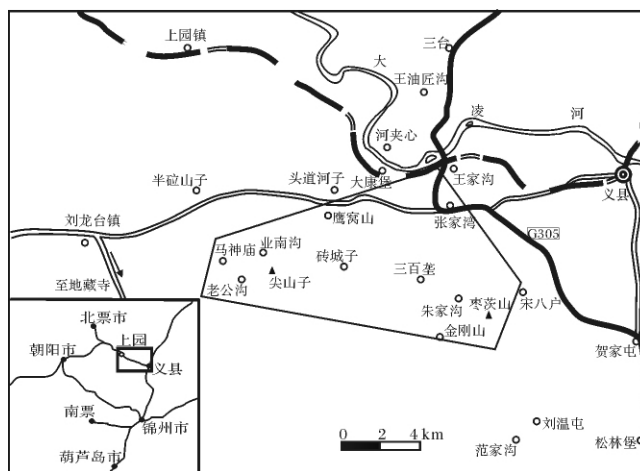


图1 义县盆地义县组剖面位置及研究区位置

Fig. 1 The locations of Yixian Formation standard section and study area in Yixian Basin

^①中央高校基本科研业务费项目(编号: N100401005)和教育部高等学校博士学科点专项科研基金(编号: 20060145016)资助。
收稿日期: 2011-08-04; 收修改稿日期: 2011-11-09

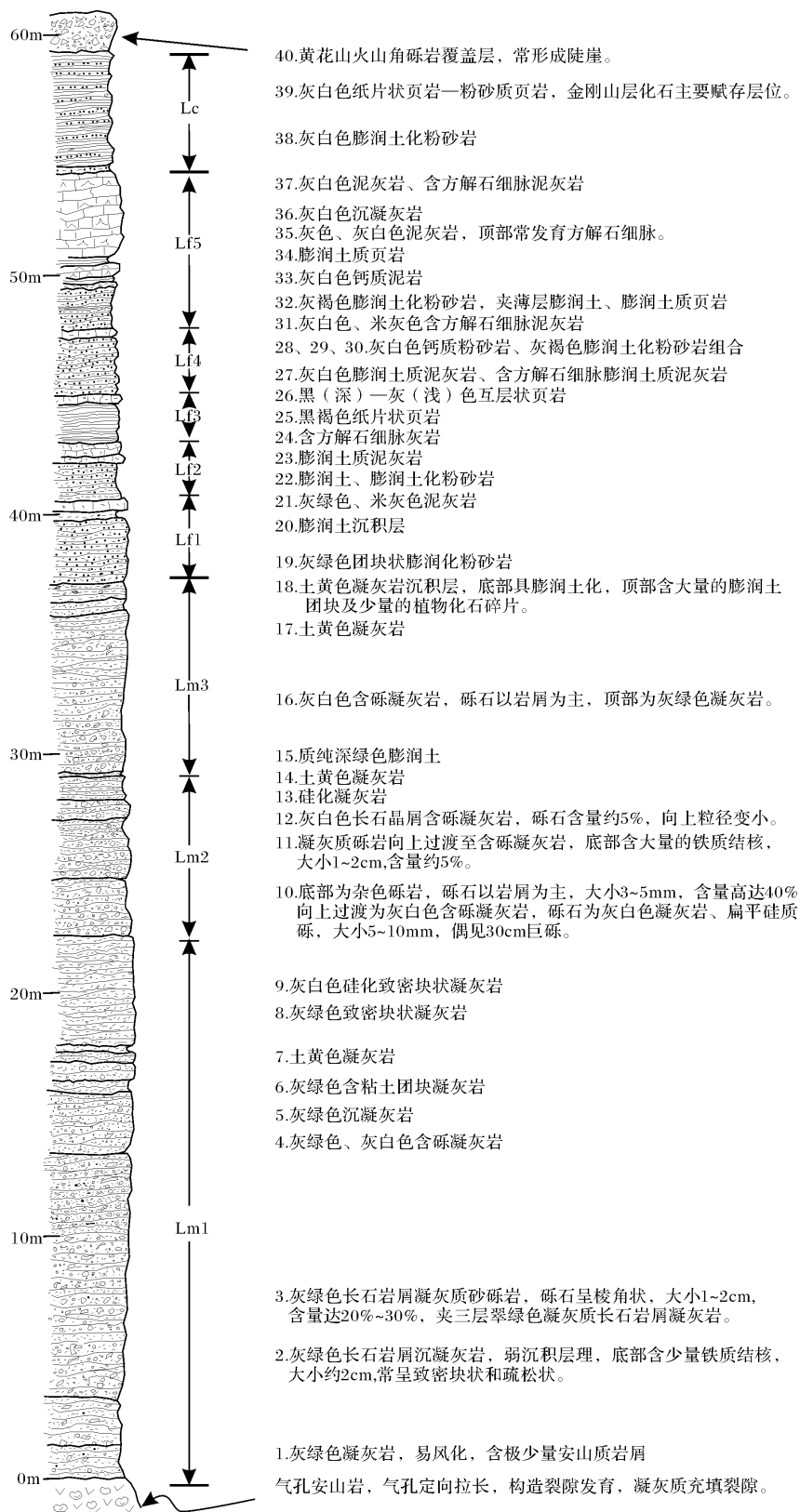


图2 义县盆地枣茨山金刚山层沉积剖面柱状图

(Lm: 湖缘沉积相; Lf: 湖坪沉积相; Lc: 半深湖沉积相)

Fig. 2 The sedimentary column section of Jingangshan layer in Zaocishan, Yixian Basin

(Lm: lake margin facies; Lf: lake flat facies; Lc: semi-deep lake facies)

鱼、叶肢介、介形类、昆虫、腹足类以及植物、木化石和孢粉等,以金刚山化石点为代表,其生物群组合序列为室井氏狼鳍鱼—满洲龟组合^[8]。枣茨山金刚山层显示湖相沉积过程,陆源对沉积的影响重要,具有与义县组其它下伏沉积层相似的构造背景^[9]。加强对义县组建阶剖面的典型剖面沉积岩石学、沉积相的研究,将为揭示早白垩世早期热河生物群的生存古环境、古生态、古地理提供翔实的科学依据。

1 枣茨山金刚山层沉积层序

金刚山层典型剖面位于义县前杨乡枣茨山北坡西山,剖面总厚度约60 m左右(图2)。义县组顶部代表义县期火山韵律的结束期,义县盆地内金刚山层具有正常、完整的湖盆充填和演化的沉积组合层序。依其岩石组成,剖面自下而上又可划分为下、中、上三大组成部分。下部为一套与中基性火山作用有关的长石岩屑砂砾岩、长石岩屑凝灰岩、含砾凝灰岩、凝灰岩,夹1~2层质纯膨润土沉积层,顶部出现膨润土化粉砂岩沉积层,该部分总厚度达35 m;中部为一套湖坪相泥灰岩、膨润土化粉砂岩、膨润土化粉砂质页岩、泥岩组合,厚约16 m;上部为灰白色纸片状页岩、粉砂质页岩组合,为金刚山层古生物化石的主要赋存层位,厚约7 m。沉积层组合特征指示了早白垩世的义县期晚期该区域古湖盆沉积存在有湖盆边缘沉积相、盆缘浅水湖坪相以及半深湖盆相古地理组合特征。

1.1 金刚山层下部厚层火山碎屑沉积组合

枣茨山金刚山层典型剖面下伏气孔安山岩,气孔定向拉长,岩石构造裂隙发育,裂隙内充填大量的灰绿色凝灰质沉积(图3a)。金刚山层下部发育的厚层火山碎屑岩沉积组合由灰绿色长石岩屑凝灰质砂砾岩、杂色砾岩、灰白色含砾凝灰岩以及薄层状的凝灰岩沉积层构成,又可进一步详细划分为3个次一级粗—细粒序正递变韵律。

第1韵律由①~⑨沉积亚层组成,该韵律粗粒序沉积亚层为①~⑥,主要为灰绿色长石岩屑凝灰质砂砾岩、灰绿(白)色凝灰岩以及含粘土质团块凝灰岩组成,砾石以安山质岩屑为主,呈棱角状,含量达20%~30%,局部沉积亚层含少量的铁质结核,结核大小为2~3 cm,弱沉积层理发育。沉积亚层③中部夹3层翠绿色凝灰质长石岩屑凝灰岩(图3b)。细粒沉积亚层⑦~⑨为土黄色凝灰岩、灰绿色致密块状凝灰岩。第2韵律由第⑩~⑮亚层组成,该韵律粗粒序沉积亚层包括⑩、⑪,为杂色砾岩、凝灰质砾岩、含砾

长石晶屑凝灰岩。杂色砾岩中砾石以岩屑为主,少见晶屑,砾石大小以3~5 cm为主,含量高达40%。灰白色凝灰质砾岩中砾石主要以凝灰岩、扁平硅质岩为主,砾石大小5~10 cm,偶见30 cm巨砾,砾石含量急剧降至5%。灰白色含砾长石晶屑凝灰岩,晶屑约占5%,具层内正粒序递变层理。韵律细粒沉积为⑫~⑮的硅化凝灰岩、土黄色凝灰岩以及质纯膨润土沉积亚层。第3韵律由⑯~⑳沉积亚层组成,该韵律与前2者具明显差异,表现为粗粒序沉积部分明显变细,岩性为灰白色含砾凝灰岩,层内向上递变为灰绿色凝灰岩,单层厚度达7.76 m。细粒序的⑰、⑱沉积亚层为土黄色凝灰岩,局部膨润土化,形成膨润土团块,其内常含少量炭化植物化石碎片。

1.2 金刚山层中、上部膨润土化粉砂岩—泥灰岩、页岩—粉砂质页岩沉积组合

金刚山层中部由⑲~⑳沉积亚层组成,主要岩性为膨润土化粉砂岩、黑—灰互层状页岩、灰白色钙质粉砂岩、膨润土化页岩、灰白色沉凝灰岩及泥灰岩、含方解石细脉泥灰岩等,形成了5个膨润土化粉砂岩—泥灰岩或膨润土质页岩—泥灰岩沉积韵律(表1)。

第1韵律由灰绿色膨润土化粉砂岩、膨润土及灰绿色、米灰色泥灰岩组成,其厚约3.46 m,该韵律层非碳酸盐岩沉积向上膨润土含量逐渐增高;第2韵律自下而上为膨润土、膨润土化粉砂岩及含膨润土泥灰岩、含方解石细脉灰岩,其厚约2.34 m,韵律内的碳酸盐岩沉积向上呈膨润土含量减低趋势,且泥灰岩、灰岩中出现大量的方解石细脉;第3沉积韵律岩性为黑褐色纸片状页岩、黑—灰色纹层泥质页岩及膨润土质泥灰岩组成,其厚约1.97 m;第4韵律岩性主要为灰白色钙质粉砂岩、褐色膨润土化钙质粉砂岩及灰白色、米灰色含方解石细脉泥灰岩,其非碳酸盐岩沉积与下伏组成不同,膨润土含量明显减低,韵律厚约2.81 m;第5韵律由灰褐色膨润土化粉砂岩、膨润土质页岩、深黑色页岩、灰白色钙质泥岩及灰白色泥灰岩、含方解石细脉泥灰岩组成,其中非碳酸盐岩沉积层向上膨润土含量递减,且普遍发育水平层理,泥灰岩中偶夹页岩薄层,该沉积韵律厚约2.27 m(图3c, 3d)。

义县组金刚山层顶部岩石主要为灰白色粉砂质页岩、纸片状页岩。岩石水平层理发育,单个沉积纹层厚仅1 mm。受沉积作用之后成岩作用影响形成的粉砂质页岩具有强硅化。另一类为粘土质含量较高的纸片状页岩,该岩石较前者具强剥裂性。这两类

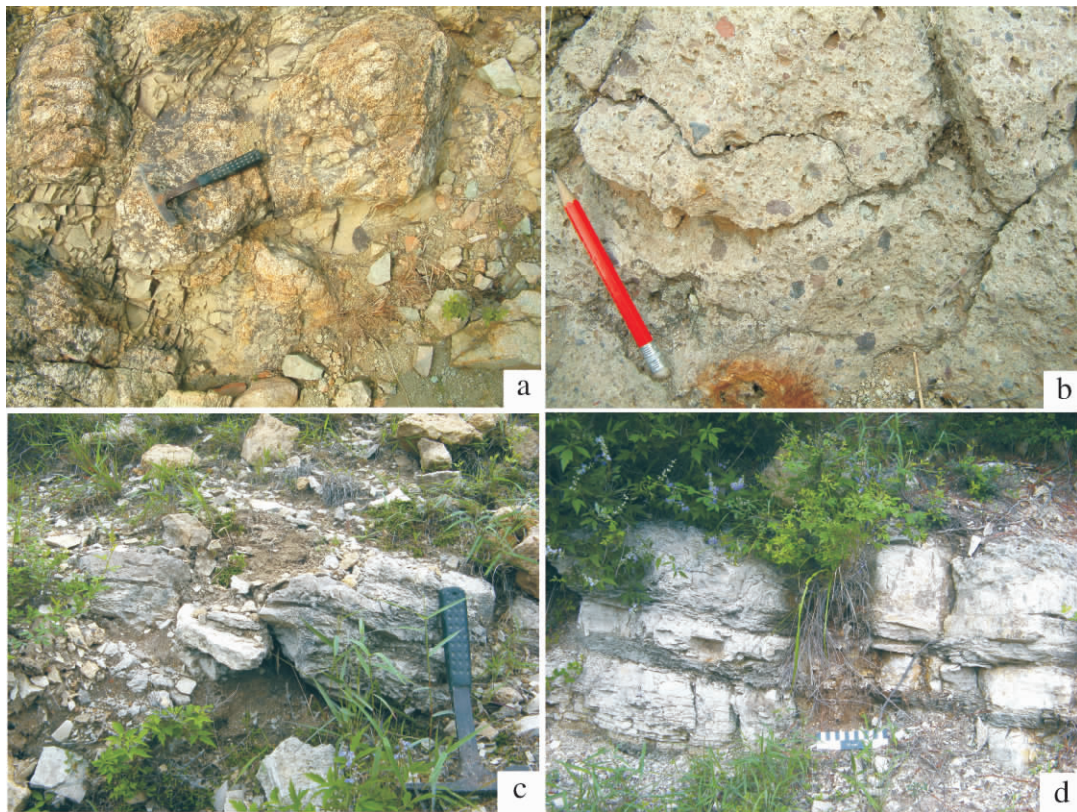


图3 a. 枣茨山金刚山层下伏气孔安山岩裂隙常充填灰绿色的凝灰质; b. 金刚山层底部长石岩屑凝灰质砂砾岩粗粒岩段中的翠绿色凝灰质长石岩屑凝灰岩夹层; c. 中部泥灰岩沉积层; d 泥灰岩夹深黑色凝灰质页岩沉积层。

Fig. 3 a. The underlying vesiculate andesite and grayish-green tuff fillings of Jingangshan layer; b. The emerald feldspar and lithic tuff interlayer in basal feldspar and lithic tuffaceous glutenite of Jingangshan layer; c. The marl sublayer; d. the marl sublayer it intercalated by dark black tuffaceous shale in the middle part of Jingangshan layer, Zaocishan area

表1 枣茨山金刚山层中部湖坪相沉积韵律组合特征

Table 1 The lake flat sedimentary rhythms of the middle part of Jingangshan layer in Zaocishan

韵律号及 沉积亚层	沉积组合及主要岩性	沉积层厚度 /m	碳酸盐岩与非碳 酸盐岩厚度比值
1. ①9 ~ ②1	膨润土化粉砂岩—膨润土—泥灰岩	2.99 ~ 0.47	0.16
2. ②2 ~ ②4	膨润土、膨润土化粉砂岩—含膨润土泥灰岩—含方解石细脉灰岩	1.59 ~ 0.75	0.47
3. ②5 ~ ②7	纸片状页岩—黑、灰色纹层状页岩—膨润土质泥灰岩	1.69 ~ 0.28	0.17
4. ②8 ~ ③1	钙质粉砂岩—含膨润土钙质粉砂岩—含方解石细脉泥灰岩	2.53 ~ 0.28	0.11
5. ③2 ~ ③7	膨润土化粉砂岩、膨润土质页岩、质纯膨润土—钙质泥岩— 膨润土化泥质页岩—泥灰岩及含方解石细脉泥灰岩	1.88 ~ 0.39	0.21

岩石为金刚山层顶部半深湖相、相对静水相的沉积产物,该岩石组合为金刚山层化石赋存层位,且化石主要产于灰白色粉砂质页岩之中。

义县盆地内的义县组金刚山层之上覆盖黄花山火山角砾岩,在枣茨山常形成陡崖地形。关于金刚山层及上覆黄花山层的归属问题长期以来意见不一,有人认为这两个沉积层应划入义县组之上的九佛堂组^[10,11]。义县盆地内的黄花山岩相和岩性分析认为

其主体为火山作用参与的沉积岩系,主要为冲积扇相,黄花山层巨厚的沉积型角砾岩与火山岩型沉积,呈上下过渡关系,为义县期火山韵律结束期的中酸性火山岩系及其沉积产物^[12]。黄花山层在义县盆地内东南部分布,近南北向展布,主要出露于宋八户、枣茨山、刘温屯、范家沟、大石堡一带。黄花山角砾岩既不是正常的沉积岩类,也非纯正的火山碎屑岩类,而是一套火山碎屑岩—火山碎屑沉积岩类。该岩系形成

的早期以火山作用为主,向晚期的沉积岩作用为主。早期阶段以火山熔岩溢流和剧烈火山爆发为主,在范家沟—大石堡地区形成酸性火山熔岩、火山碎屑岩互层,而在宋八户—刘温屯一带形成成层性不明显的巨厚层状、粗巨砾的火山角砾岩。黄花山角砾岩层形成的晚期,形成成层性的厚—中层含粗角砾岩的中细角砾岩^[13]。

2 金刚山层沉积规律及沉积相

金刚山层①~⑱沉积亚层以火山碎屑沉积岩为主,形成3个典型的粗—细粒度递变沉积韵律。沉积韵律粗粒岩石单元为杂色、灰绿色含长石岩屑凝灰质砂砾岩、砾岩、含砾凝灰岩;细粒岩石单元为含砾凝灰岩、灰绿色致密凝灰岩、含膨润土团块凝灰岩、质纯膨润土沉积。每个韵律呈现粗—细的正粒序递变,局部沉积亚层内呈正粒序递变沉积层理,厚度约占整个剖面的2/3,共达35 m。3个粗—细的沉积韵律厚度分别为:19.5 m、6.0 m、9.2 m。第1韵律粗粒岩段沉积厚度最大,而细粒岩石单元极薄;第2、3韵律极其相似,形成简单的砾岩、含砾凝灰岩正粒序递变沉积层理。

金刚山层下部的3个粗—细粒度递变沉积为3次湖缘水下浊流沉积产物。大多数浊流是一种水下短暂的脉动型重力流^[14,15]。一次完整的脉动型浊流可分为头部、体部和尾部三部分,且头部流动最为紊乱,体部和尾部的流动相对平稳。较强的流体扰动使得聚集在头部的粗碎屑颗粒不断被向外抛出,由于自身重力较大又掉落回头部,结果使得头部大量积聚较粗的颗粒,相反较细碎屑颗粒出现于体部和尾部。头部相对较粗的碎屑以较快的速度发生沉降,从而形成沉积亚层内弥散式正粒序递变。例如第2沉积韵律底部第⑩、⑪沉积亚层以及第3韵律沉积底部第⑯沉积亚层,较粗碎屑颗粒向上变细从而形成弥散式正粒序递变^[16]。较细碎屑颗粒由于其沉降速度缓慢,并被逐渐稀释,从而演进为牵引流,结果形成平行(水平)层理或斜层理。金刚山层下部火山碎屑浊流沉积的细粒岩石单元主要以沉凝灰岩、膨润土沉积为主,发育水平层理。沉积韵律在沉积厚度具明显差异,揭示了湖缘浊流作用第1次火山碎屑物质输入总量较多,第2、3期粗粒碎屑及细粒火山灰质总量明显减弱的地质演化特征。

金刚山层中部⑲~⑳沉积亚层为古湖盆的边缘浅水湖坪相沉积组合。该部分沉积组合有5个沉积

韵律组合构成,前4者的沉积特征极其相似,底部为膨润土化粉砂岩、质纯膨润土、黑—灰(深—浅)互层页岩沉积,顶部为灰绿色、米灰色泥灰岩。每隔2.0 m左右出现泥灰岩沉积层,单个碳酸盐岩泥灰岩沉积层厚度仅0.25 m,且泥灰岩中泥粒度级成分含大量凝灰质,泥灰岩中常发育方解石细脉,其为周期性干旱气候条件下湖盆边缘浅水湖坪相沉积产物。韵律组合中非碳酸盐岩组合厚度变化范围为1.5~3.0 m。第5个韵律组合顶部为巨厚层状含方解石细脉泥灰岩,且层内具向上方解石细脉增多趋势。每一湖坪相的碳酸盐岩沉积与下伏细粒火山灰质沉积层厚度之比值变化范围为0.11~0.47,其指示湖盆围缘历经5期湖坪沉积作用,且每期之间时间间隔相等的演化规律。

金刚山层顶部㉓、㉔沉积亚层岩性相对简单,主要为灰白色膨润土化粉砂岩—纸片状页岩,且未发现常见深水湖盆相、还原环境下形成的黑色(深色调)泥页岩。岩石水平层理发育,指示湖泊中心沉积水体较为稳定半深湖环境,细粒悬浮质碎屑物供给具有韵律变化特征。

3 义县组金刚山层沉积古地理意义

中元古代至义县组形成之前,辽西义县地区一直处于正地形的剥蚀环境,晚侏罗世末期,褶皱、逆冲作用发育,义县组形成时期伸展断陷作用使得该区处于快速沉降环境,形成义县盆地雏形^[17,18]。进入早白垩世,义县盆地内区域干旱型气候条件下,受季节性洪水作用在盆地周围形成了小型洪(冲)积扇相、季节性流水冲积相以及湖泊相的马神庙层、老公沟层沉积;业南沟层为湖泊—河流相的沉积组合;砖城子层、大康堡层主要以湖泊相沉积为主,且大康堡层沉积期为义县组形成期最大湖泛期;朱家沟层为典型河道相交错层理沉积;义县组顶部的金刚山层为一套湖泊相沉积组合。早白垩世义县组顶部枣茨山金刚山层详细的沉积层研究分析得出如下几点结论。

(1) 金刚山层自下而上可划分为湖缘碎屑浊积相、浅水湖坪相和半深湖相3个沉积亚相。

(2) 下部湖缘碎屑沉积亚相由3个粗—细粒度递变沉积韵律构成,为湖盆围缘水下碎屑浊流作用沉积产物。粗粒岩石单元为杂色、灰绿色含长石岩屑凝灰质砂砾岩、灰白色含砾岩,其中常发育弥散型正粒序递变层理;细粒岩石单元由含砾凝灰岩、灰绿色致密凝灰岩、质纯膨润土和弱膨润土化粉砂岩组成,沉

积层中常具水平层理。中部湖缘湖坪相沉积由5个膨润土化粉砂岩(或质纯膨润土、页岩)一泥灰岩(含方解石细脉灰岩)沉积韵律构成。湖坪相的碳酸盐岩沉积与下伏细粒火山灰质沉积层厚度之比分别为:0.16、0.47、0.17、0.11、0.21,指示古湖盆围缘经历5期等间隔湖坪沉积作用。金刚山层上部半深湖沉积为灰白色纸片状页岩、粉砂质页岩。

(3) 金刚山层下部为湖缘水下火山碎屑浊流沉积,究其物质组成而言,沉积岩中火山碎屑物质以下伏沉积岩、火山细粒灰质为主,指示沉积物源近缘性、火山喷发多期特性。中部为膨润土化粉砂岩(质纯膨润土或页岩)一泥灰岩(含方解石细脉灰岩)沉积韵律,指示古湖盆水体至少经历5期变浅过程,在区域性干旱气候影响下,形成湖坪相泥灰岩沉积。金刚山层沉积末期为湖盆中心相对深水沉积区接受大量细粒悬浮质沉积,形成静水半深湖相沉积。

参考文献(References)

- 王伟峰,陆诗阁,孙月平. 辽西地区构造演化与盆地成因类型研究[J]. 地质力学学报, 1997, 3(3): 81-88 [Wang Weifeng, Lu Shige, Sun Yueping. Tectonic evolution of the sedimentary basins in western Liaoning province and their genesis type [J]. Journal of Geomechanics, 1997, 3(3): 81-88]
- 王根厚,张长厚,王果胜,等. 辽西地区中生代构造格局及其形成演化[J]. 现代地质, 2001, 15(1): 1-7 [Wang Genhou, Zhang Changhou, Wang Guosheng, et al. Tectonic framework of western Liaoning province and its evolution during Mesozoic [J]. Geoscience, 2001, 15(1): 1-7]
- 张宏,柳小明,李之彤,等. 辽西阜新—义县盆地及附近地区早白垩世地壳大规模减薄及成因探讨[J]. 地质论评, 2005, 51(4): 360-372 [Zhang Hong, Liu Xiaoming, Li Zhitong, et al. Early Cretaceous large-scale crustal thinning in the Fuxin-Yixian basin and adjacent area in western Liaoning [J]. Geological Review, 2005, 51(4): 360-372]
- 巩恩普,梁俊红,李小东,等. 辽西早白垩世早期热河生物群沉积环境及古地理综合研究[J]. 地质学报, 2007, 81(1): 1-8 [Gong Enpu, Liang Junhong, Li Xiaodong, et al. Comprehensive research on the sedimentary environment and palaeogeography of early Cretaceous Jehol biota in western Liaoning, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(1): 1-8]
- 梁俊红,巩恩普,董旭明,等. 辽西义县盆地义县组底部沉积相与沉积环境分析[J]. 沉积学报, 2007, 25(4): 545-553 [Liang Junhong, Gong Enpu, Dong Xunming, et al. Sedimentary facies and palaeoenvironment analyses on Yixian Formation bottom layers Yixian basin in Liaoning province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(4): 545-553]
- 梁俊红,巩恩普,陈登辉,等. 辽西义县盆地英窝山下白垩统义县组砖城子层沉积岩石组合特征及古环境研究[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 14-22 [Liang Junhong, Gong Enpu, Chen Denghui, et al. The sedimentary petrographic association and palaeoenvironment of Zhuanchengzi layer of lower Cretaceous Yixian Formation in Yingwoshan area, Yixian basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(1): 14-22]
- 王五力,张宏,张立君,等. 土城子阶、义县阶标准剖面及其古生物、构造-火山作用[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 257-258 [Wang Wuli, Zhang Hong, Zhang Lijun, et al. Standard Section of Tuchengzi Stage and Yixian Stage and Their Stratigraphy, Palaeontology and Tectonic-Bolcanic Actions [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 257-258]
- 姜宝玉,姚小刚,朱亚卓,等. 辽宁西部侏罗系与白垩系概览[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010: 3-5 [Jiang Baoyu, Yao Xiaogang, Niu Yazhuo, et al. Outline of the Jurassic and Cretaceous Systems in Western Liaoning, NE China [M]. Hefei: University of Science & Technology of China Press, 2010: 3-5]
- 王亚琼,沙金庚,张晓林,等. 辽西义县组金刚山层介形类化石及其沉积微相[C]//中国古生物学会第十次全国会员代表大会暨第25届学术年会-纪念中国古生物学会成立80周年论文摘要集, 2009: 185 [Wang Yaqiong, Sha Jingeng, Zhang Xiaolin, et al. Ostracoda fossils and sedimentary microfacies of Yixian Formation Jingangshan sublayer in western Liaoning province [C]//Joint Meetings on the 10th National Congress of the Palaeontological Society of China (PSC) & the 25th Annual Conference of PSC-The Commemoration of the 80th Anniversary of PSC Abstract Volume 2009: 185]
- 米家裕,张川波. 冀北辽西热河生物群的划分对比问题[C]//庆祝建院30周年长春地质学院科学研究论文集,第2分册,长春: 长春地质学院出版社, 1983: 23-29 [Mi Jiayu, Zhang Chuanbo. The Division and Construction of the Jehol Biota in north Hebei Province and Western Liaoning Province [C]//Memoirs for the 30's Changchun Geological Institute, Vol. 2. Changchun: Changchun Geological Institute Publishing House, 1983: 23-29]
- 杨欣德,李星云,孙敬书,等. 辽宁省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 124-127 [Yang Xinde, Li Xingyun, Sun Jinshu, et al. Lithostratigraphy in Liaoning Province [M]. Wuhan: China University of Geoscience Publishing House, 1997: 124-127]
- 王五力,张宏,张立君,等. 辽西义县—北票地区义县地层层序—义县阶标准地层剖面建立和研究之一[J]. 地层学杂志, 2003, 27(3): 227-232 [Wang Wuli, Zhang Hong, Zhang Lijun, et al. Stratigraphic sequence of the Yixian Formation of Yixian-Beipiao region, Liaoning: A study and establishment of stratotype of the Yixian stage [J]. Journal of Stratigraphy, 2003, 27(3): 227-232]
- 张宏,杨芳林,张立君,等. 辽西义县地区黄花山角砾岩研究新进展[J]. 地球学报, 2004, 25(3): 321-326 [Zhang Hong, Yang Fanglin, Zhang Lijun, et al. New progress in the study of Huanghuashan breccia in Yixian county, Western Liaoning [J]. Acta Geoscientifica Sinica, 2004, 25(3): 321-326]
- Shepard F P, McLoughlin P A, Marshall N F, et al. Current-meter recordings of low-speed turbidity currents [J]. Geology, 1977, 5(5): 297-301
- Felix M, Peakall J. Transformation of debris flows into turbidity cur-

- rent: mechanisms inferred from laboratory experiments [J]. *Sedimentology*, 2006, 53(1): 107-123
- 16 李林, 曲永强, 孟庆任, 等. 重力流沉积: 理论研究 with 野外识别 [J]. *沉积学报*, 2011, 29(4): 677-688 [Li Lin, Qu Yongqing, Meng Qingren, *et al.* Gravity flow sedimentation: theoretical studies and field identification [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2011, 29(4): 677-688]
- 17 闫义, 林舸, 李自安, 等. 辽西北票(金羊)盆地中生代岩屑组对区域构造演化的响应 [J]. *沉积学报*, 2003, 21(3): 441-447 [Yan Yi, Lin Ge, Li Zi'an, *et al.* Detrital composition of Mesozoic sandstone and its implication for provenance and tectonic evolution of Beipiao (Jin-Yang) basin, Western Liaoning province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(3): 441-447]
- 18 刘艳青, 杨忠芳, 莱木收. 辽西中生代沉积岩稀土、微量元素地球化学特征及其构造背景 [J]. *地质论评*, 2006, 52(4): 450-458 [Liu Yanqing, Yang Zhongfang, Lai Mushou. Geochemical characteristics of REE and trace elements of Mesozoic sedimentary rocks and its tectonic setting in Western Liaoning [J]. *Geological Review*, 2006, 52(4): 450-458]

The Sedimentary Facies and Palaeoenvironment of Jingangshan Layer of Early Cretaceous Yixian Formation in Zaocishan Area, Yixian Basin

LIANG Jun-hong¹ GONG En-pu¹ LI Yong-jie²

(1. Geology Department of Northeastern University, Shenyang 110819;

2. Changsha Engineering & Research Institute, Changsha 410011)

Abstract: The Yixian stage standard section crops along Mashenmiao-Daobadi-Sanbailong-Jingangshan area strikingly from the west to the east in Yixian basin, they are upwardly Mashenmiao layer, Laogonggou layer, Yenangou layer, Zhuanchengzi layer, Dakangpu layer, Zhujiagou layer and Jingangshan layer. As the upper part of Yixian formation, Jingangshan layer is a set of lacustrine deposit in Zaocishan area. Based on sedimentary petrology and stratigraphic studies, these sedimentary strata could be divided into lake margin clastic turbidity facies, shallow water flat facies and semi-deep lake facies (in ascending order). The turbidity facies consists of three coarse-fine grading sedimentary rhythms. The coarse petrologic units are mottled, grey-green feldspar and lithic tuffaceous glutenite and grey-white gravel bearing tuff; the fine units are made of grey-white gravel bearing tuff, grey-green compact tuff, purified bentonite and slightly bentonitic siltstone. The coarse turbidity facies is product of the head of turbidity current, distribution normal grading usually develops in this petrology unit. As the result of the body and tail parts of turbidity current, the finer turbidity facies present themselves with horizontal bedding. In the middle part of Jingangshan layer, the shallow water flat facies is composed of five bentonitic siltstone (purified bentonite and /or shale) -marl rhythms. In lake flat facies, the thickness ratios of carbonate deposit and underlying volcanic clastic deposit range from 0.11 to 0.47, it indicates that lacustrine margin experiences five stages of equal interval lake flat sedimentation. The upper part of Jingangshan layer is the association of pale paper-sheeted shale and silty shale. The coarser petrologic unites of lake margin clastic facies in lower part of Jingangshan layer indicate that they are proximal deposite, the finer unites show the poly-cyclic volcanism during the forming process of lake margin clastic facies. The five bentonitic siltstone marl sedimentary rhythms of middle part lake flat facies may indicate the lake water level survived at least five shoaling changes. Under the regional arid climate, the marl deposit was formed in the lake flat facies. And the deeper area of central lake basin may receive a great volume of suspensive fine-grained materials to form the hydrostatic deposits of semi-deep lake facies.

Key words: sedimentary rhythms; sedimentary facies; Jingangshan layer; Yixian Formation; Zaocishan