

文章编号: 1004-5589 (2010) 03-0363-10

辽西地区义县组岩相古地理特征

韩仁萍¹, 邢德和²

1. 辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000;
2. 中国地质调查局 沈阳地质矿产研究所, 沈阳 110032

摘要: 义县组广泛发育于辽西地区晚中生代盆地中, 为一套以陆相火山喷发为主, 夹多层沉积岩层的火山-沉积岩系。其沉积层中富含热河生物群化石。通过岩相古地理和火山岩相等研究方法, 把义县组自下而上分为4个岩性段, 各段的岩相特征为: 一段主要为河流相, 由复成分细砾岩组成; 二段湖泊相广泛分布, 形成了一套含珍稀化石的湖相沉积层; 三段以河流相为主; 四段为湖泊相、河流相和冲积扇相, 均小面积发育。4个岩性段均不同程度发育火山岩相(包括各火山亚相)。与土城子期对比, 义县期的古地貌不会高于土城子时期, 古水流主要来自火山盆地拗陷湖的四周。

关键词: 义县组; 热河生物群; 岩相古地理; 辽西

中图分类号: P531 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1004-5589.2010.03.002

Characteristics of lithofacies palaeography of Yixian Formation in western Liaoning

HAN Ren-ping¹, XING De-he²

1. College of Resources and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China;
2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Shenyang 110032, China

Abstract: Yixian Formation, widely exposed in Late Mesozoic basin of western Liaoning Province, is mainly a series of volcanic-sedimentary formation including some sedimentary intercalation, and bearing abundant Jehu Biota fossils. According to research method of lithofacies paleogeography and volcanics facies, the Yixian Formation can be subdivided into 4 members, and their lithofacies are as follows: the first subcycle composed of polymictic conglomerate beds is chiefly developed in river facies. Lacustrine facies is broadly distributed in the second subcycle, forming a set of lake sediments with rare fossils. The third one showed mainly river facies. The fourth member of Yixian Formation in mainly consists of lake facies, river facies and alluvial fan facies. They developed in small area. All of the lithologic members are composed of volcanics facies (including volcanics subfacies). Through comparing with Tuchengzi age, the ancient relief of Yixian age could not be higher than the former, and paleocurrent is mainly from volcanic basin around downwarped lake. Finally, the ancient geographic environment on different sediment is restored. The study can offer important reference for regional stratigraphic correlation.

Key words: Yixian Formation; Jehu Biota; lithofacies paleogeography; western Liaoning

辽西地区发育众多中生代小型火山-沉积盆地, 其中具有代表性的盆地有金岭寺-羊山盆地、阜新

一义县盆地、建昌盆地及凌源—三十家子盆地等。义县组广泛发育于辽西地区晚中生代盆地中。自20世纪40年代以来,众多学者对辽西地区义县组进行了大量开创性的工作^[1-11],对义县组的沉积环境和古地理、古气候等方面的认识说法不一,还缺乏系统的工作。笔者通过对义县组各段的沉积特征分析,恢复和重建辽西地区义县组不同沉积物的古地理环境,为区域地层划分和对比提供了科学依据。

1 义县组划分及分布特征

根据义县组火山活动旋回的规律性及古生物化石、同位素资料,笔者将辽西地区4个典型盆地的义县组自下而上划分为4个岩性段(图1):

一段为砂砾岩、基性—中基性火山岩段:底部为底砾岩,局部夹有沉凝灰岩层,与下伏土城子组呈角度不整合接触;向上为基性—中基性火山熔岩、火山碎屑岩及沉凝灰岩、砂质凝灰岩。其中在凌源—三十家子盆地主要发育安山岩,见少量的中酸性火山碎屑岩等,主要发育于盆地东南侧。

二段为湖相沉积岩、中性及中酸性火山岩段:主要岩性下部为黄绿色薄层状凝灰岩屑杂砂岩、灰色薄板状钙泥质粉砂岩夹黄褐色铁质胶结沉凝灰岩等,局部夹灰岩透镜体,产有双壳类、叶肢介、介形虫和拟蜉蝣等化石;中部为灰色、灰白色纹层状—页片状钙泥质页岩夹黄褐色晶屑凝灰岩、沉凝灰岩等,产大量的热河生物群化石,包括各种无脊椎动物、脊椎动物(如鱼类、龟类和恐龙等爬行类、鸟类和小型哺乳类等)和植物;上部为灰白色沉凝灰岩夹灰色砂质结晶灰岩透镜体、灰绿色薄层状凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩及石英长石砂岩等,产辽宁古果等化石;该段中下部夹有湖相枕状玄武安山岩,上部夹有中酸性角砾凝灰岩、凝灰角砾岩及(玄武)安山岩等,均呈指状分叉出露,在建昌和义县盆地最为发育,金岭寺—羊山盆地次之。凌源—三十家子盆地仅发育湖相沉积,未见火山活动。

三段为中、基性及中酸性火山岩段:在金岭寺—羊山盆地,多为次火山岩(橄榄玄武玢岩)侵位在一些火山机构中心,也有呈溢流相的橄榄玄武岩分别覆盖在一、二段不同层位上,与二段呈爆发不整合。在义县盆地发育粗安(面)质、安山质凝灰角砾(熔)岩。在建昌盆地主要为粗面质、流纹质及安山质火山岩,局部有砂岩、泥岩夹层。

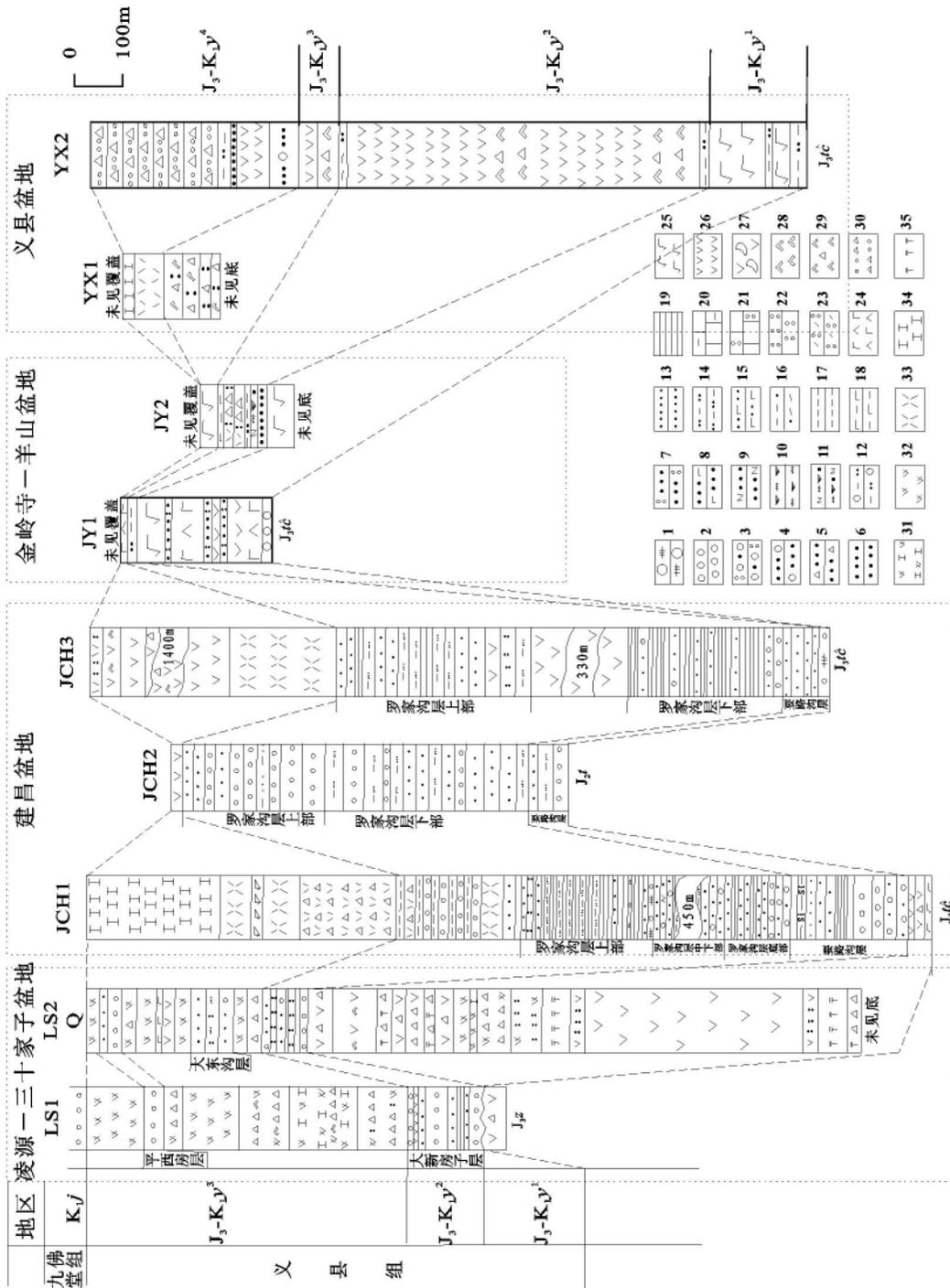
在凌源—三十家子盆地为中酸性火山岩(主要为英安质岩石),夹有1~2层砂砾岩。

四段为酸性火山岩及沉积岩段:在金岭寺—羊山盆地为砾岩、含砾杂砂岩,主要分布于上园北一带,可能与义县盆地的朱家沟层底部相当;中上部为中酸性火山岩,少量偏碱性火山岩和火山碎屑岩,夹有凝灰质粉砂岩、细砂岩和钙质泥页岩(金刚山层);顶部为流纹质沉火山角砾岩(即黄花山角砾岩),主要分布在义县盆地(图1)。

2 义县组沉积特征

一段 灰绿色复成分细砾岩中发育块状层理,岩屑杂砂岩、泥质—凝灰质粉砂岩发育水平层理,反映了河流沉积环境。而岩石以杂色为主,说明干旱气候的影响仍然存在,这可能与火山喷发作用有关。但从所产的生物化石来看,此时的生态环境已不同于土城子组沉积期,河流发育(湖泊雏形已经形成),植物开始茂盛。

二段 金岭寺—羊山盆地主要由页岩(发育纹理和页理)、粉砂岩、细砂岩及中酸性沉凝灰岩组成,偶见结晶灰岩、层方解石夹于其中。总体构成自下而上变细的沉积序列,而每个小的粒序层理变化极快,说明水体升降变化明显。结晶灰岩、层方解石的出现,说明水体相对较深,蒸发量也较大。义县盆地以页岩(泥岩)、粉砂岩、酸性沉凝灰岩(厚度较大)为主,偶见细砂岩、泥晶灰岩和白云岩。粒序层理不明显,说明水体较深,且稳定。其生物组合基本与金岭寺—羊山盆地相似,所不同的是,水生蜥在该盆地广泛产出。主要沉积构造有包卷层理、水平层理、页理和纹理及褐铁矿斑点和结核、黄铁矿等。在建昌盆地和凌源—三十家子盆地,除这些特点外,在其化石层(罗家沟层、大新房子层)之上普遍发育了2~3层沉积岩,岩性主要为复成分砾岩、砂岩及粉砂质泥岩等,局部可见泥灰岩,且岩性变化频率较大。砂岩发育小型斜层理和交错层理,泥岩发育块状层理,说明本区在较大面积的湖泊沉积之后,顶部局部亦残留有河流沉积及小型湖泊沉积。总体来看,义县组二段的沉积环境主要为火山盆地拗陷湖(包括滨浅湖—半深湖或深湖),在辽西西部地区局部发育有河流相沉积。义县组二段底部普遍见有砂、砾岩,并含有双壳类和腹足类等化石。在湖泊相沉积的同时,火



1. 复成分砾岩; 2. 砾岩; 3. 凝灰质砂质砾岩; 4. 砾质砂岩; 5. 含角砾砂岩; 6. (杂) 砂岩; 7. 凝灰质砂岩; 8. 钙质砂岩; 9. 长石(杂)砂岩; 10. 岩屑(杂)砂岩; 11. 长石岩屑砂岩; 12. 含砾泥质粉砂岩; 13. 粉砂岩; 14. 泥质粉砂岩; 15. 钙质粉砂岩; 16. 粉砂质泥岩; 17. 泥岩; 18. 钙质泥(页)岩; 19. 页岩; 20. 泥灰岩; 21. 凝灰质泥灰岩; 22. 沉凝灰岩; 23. 泥质凝灰岩; 24. 玄武安山岩; 25. 玄武岩; 26. 安山岩; 27. 杏仁状安山岩; 28. 集块岩; 29. 含角砾集块岩; 30. 角砾岩; 31. 粗面英安岩; 32. 英安岩; 33. 流纹岩; 34. 粗安岩; 35. 粗面岩

图1 辽西地区义县组划分及对比
Fig.1 Divisions and correlation of Yixian Formation in western Liaoning

山活动发育,这一点从北票上园四合屯、义县张家湾靖家屯等地的陆相枕状熔岩的发现和腰马山沟、金家沟等地出现的指状分插现象,均得以证明。在建昌盆地及凌源一三十家子盆地的义县组二段中所包含的火山岩,也可能是这种现象。且义县组一段的河流相沉积并未停止发育,并逐渐演化为湖泊相沉积。

沉积岩石学特征尽管没有表现出干旱气候的环境特点,但较多碳酸盐岩类的出现,说明当时的湖水呈弱碱性,富含钙质和碳酸根离子,间接表明大气富含 CO_2 ,且大气降水充沛,对裸露的地层进行了深度淋滤和风化,有利于植被生存和繁盛(图2、3)。

三段 仅在凌源一三十家子盆地的大王仗子、范杖子一平房等地可见。岩性以复成分砾岩、细粒(杂)砂岩为主,小型交错层理极为发育,显示了河流相沉积环境。岩石为紫灰-紫红色,显示干旱气候,可能与火山的喷发作用有关。

四段 分布在义县盆地,包括朱家沟层、金刚山层和黄花山角砾岩层。其中朱家沟层的岩性主要为中粗粒砂岩,发育斜层理,为典型的河流相沉积。金刚山层岩性有页岩、粉砂岩和泥岩,页理较发育,并含大量的生物化石,显示了陆相湖泊沉积的特点。黄花山角砾岩层的岩性主要为沉火山角砾岩和含角砾粗砂岩,岩石磨圆和分选较差,其沉积环境为冲积扇或称山麓冲积扇。在金岭寺一羊山盆地的上园北部,见有复成分砾岩,其磨圆较好,但分选较差,显示了冲积扇-河流相的沉积特征。

3 义县组岩相古地理特征

3.1 古地理特征

根据土城子期从盆地不同位置测制的剖面,推测盆地的SE侧为高山区,且一直处于上升趋势;而盆地的NW侧为低山或丘陵区,且一直处于下降趋势,在晚期可能由于板块的俯冲作用,使其局部抬升(主要表现在北票市一带)。

进入义县期,尽管基本上保持了土城子晚期的古地貌特征,但由于北票一义县断裂的影响,使测区NE侧局部抬升。到义县晚期,北票市一带的地貌也略有抬升。总体来看,土城子期处于挤压环境,形成大型宽缓拗陷盆地,呈不对称簸箕状;义县组处于拉张环境,形成小型断拗盆地,所以义县

期的古地貌不会高于土城子期的古地貌。

古水流在土城子早期,从其前积层的产状来看,盆地的NW侧多为 $10^\circ \sim 60^\circ \angle 5^\circ \sim 15^\circ$,盆地的SE侧为 $260^\circ \angle 30^\circ$,古水流主要来自SW向,少量来自NEE向。总体来看,古水流显示了与盆地展布方向的一致性。在土城子中期,从其砾石的排列方向、砾石大小变化及其前积层的产状来看,古水流来自SW和SE两个方向。到了土城子晚期,在下府一带主要以风成沉积为主,并发育有大量的沙漠湖和旱谷沉积,但古水流方向因地制宜;而在新开岭一巴图营子一带,则以湖相沉积为主,其古水流方向主要为SW和SE向。

在义县期,沉积环境主要为火山盆地拗陷湖,其古水流应来自湖盆。四合屯地区“古月牙湖”的古水流方向应来自早期所形成的火山拗陷的四周,水流小但较平稳,在火山拗陷中心形成汇水盆地。而在河夹心地区“古月牙湖”的古水流则来自本区所形成的火山拗陷的四周,水流较大但不稳定,在火山拗陷中心形成汇水盆地,由于火山作用的影响,使其湖水面动荡。

3.2 岩相分析

义县组一段的沉积岩相主要由河流相、火山岩相(溢流亚相、爆发亚相)、爆发-沉积相及潜火山岩相组成。河流相主要由复成分细砾岩、含砾杂砂岩和长石岩屑砂岩组成,发育块状层理,砂岩中可见小型斜层理,局部发育泥质-凝灰质粉砂岩。火山岩相包括溢流亚相和爆发亚相,主要为基础性、中基性和少量偏碱性岩石组成,其中溢流亚相岩石主要为橄榄玄武岩、杏仁状玄武安山岩、玄武安山岩、安山岩和杏仁状橄榄碧玄岩等;爆发亚相主要由玄武安山质集块岩、安山质熔结集块岩、岩屑晶屑凝灰岩和安山质凝灰角砾岩等组成。爆发-沉积相主要由含砾中粗粒岩屑沉凝灰岩、沉凝灰岩和凝灰质砂岩构成,厚度极小,但分布面积较广,且含有大量的动物骨骼化石。火山岩相直接或间接压盖在河流相之上,由爆发或爆发-沉积相和溢流亚相构成4个火山喷发小旋回,且每个小旋回的爆发亚相和溢流亚相相伴,构成多个火山喷发小韵律。潜火山岩相主要由安山玢岩、玄武安山玢岩、碧玄玢岩和橄榄玢岩组成,多呈岩株产出,部分发育柱状节理,显示了古火山口的位置。根据这些分析,并结合构造古地理特征,绘制了义县组一段的岩相古

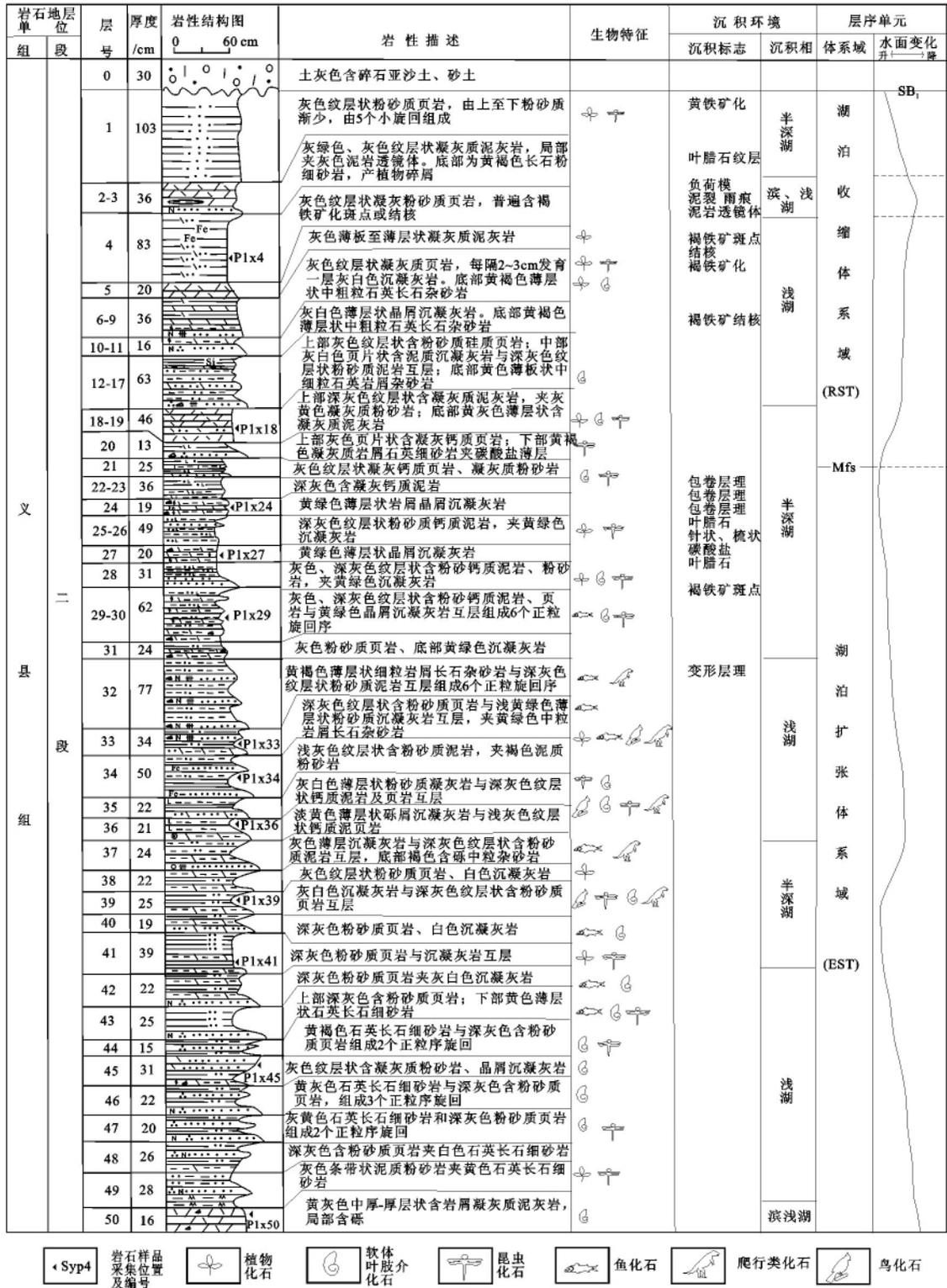


图 2 金岭寺—羊山盆地四合屯地区义县组二段沉积特征

Fig. 2 Second subcycle sedimentary characters of Yixian Formation in Jinlingsi—Yangshan Basin of Sihetun area

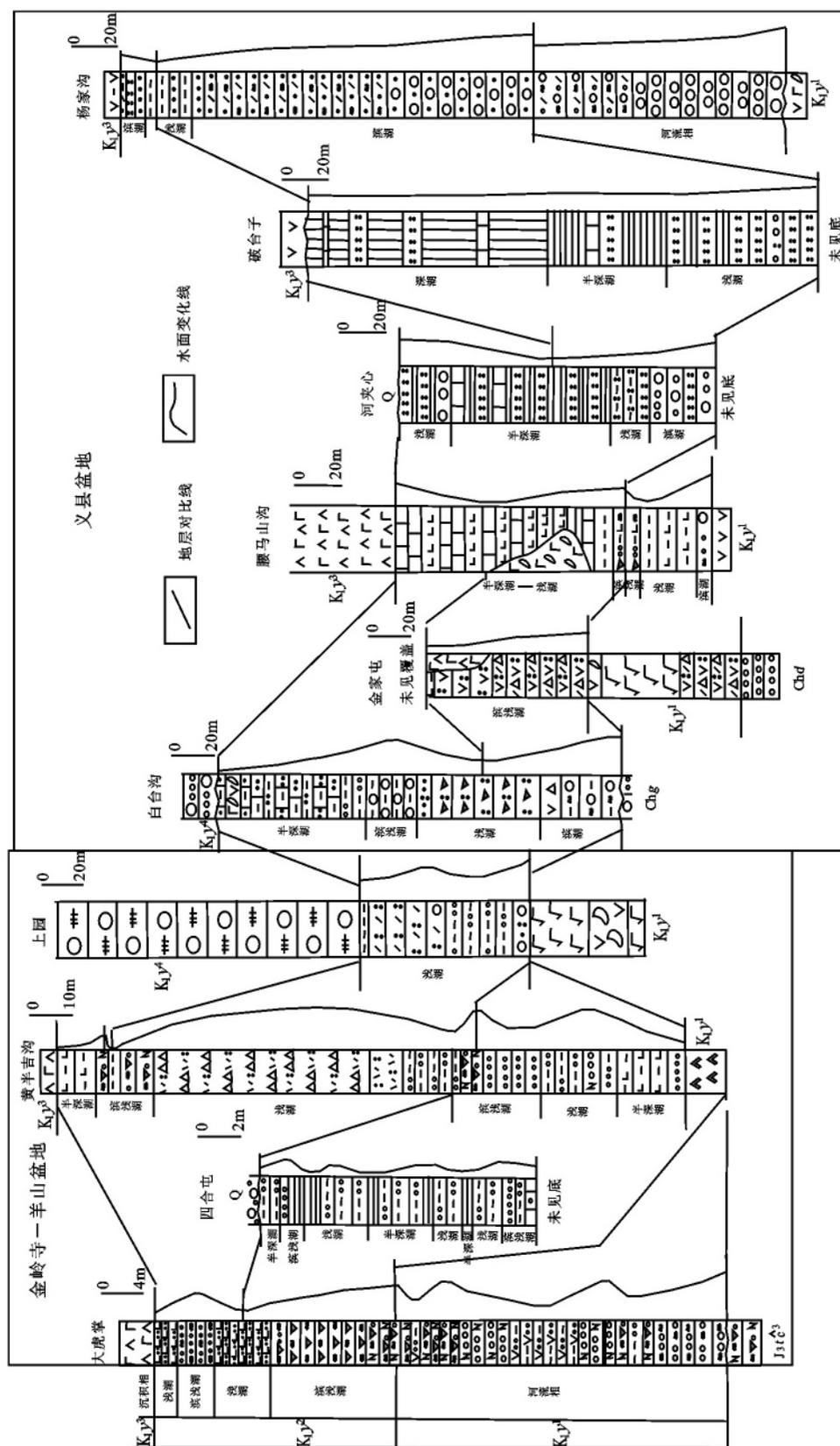
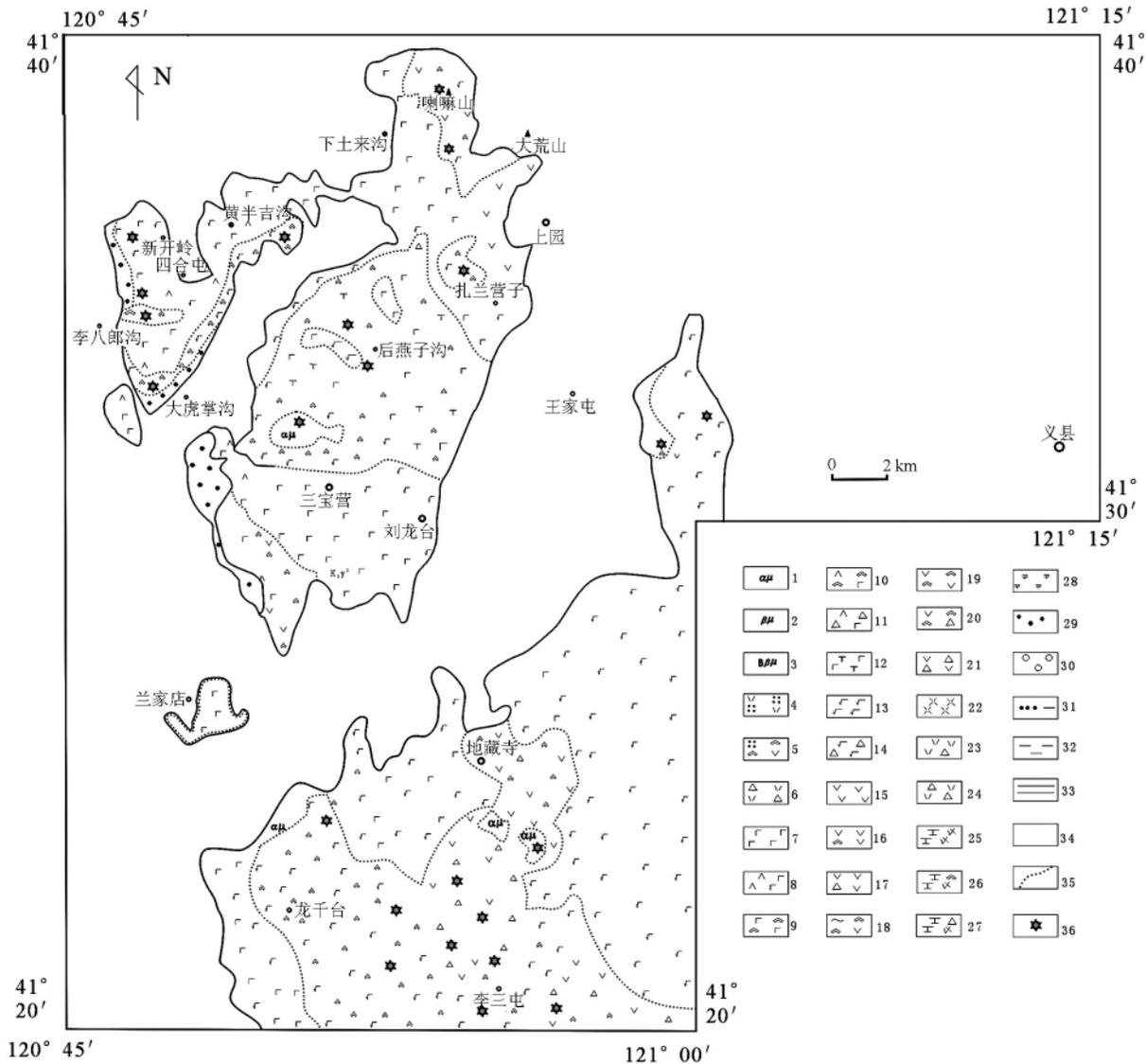


图3 北票—义县地区义县组二段沉积特征对比图
 Fig.3 Correlation map of the second subcycle sedimentary characters of Yixian Formation in Beipiao-Yixian area



1. 次火山岩相 (安山玢岩); 2. 次火山岩相 (玄武玢岩); 3. 次火山岩相 (碧玄武玢岩); 4. 爆发相 (流纹质凝灰岩); 5. 爆发相 (安山质凝灰集块岩);
6. 爆发相 (流纹质火山角砾岩); 7. 溢流相 (玄武岩); 8. 溢流相 (橄榄玄武岩); 9. 爆发相 (玄武质集块岩); 10. 爆发相 (橄榄玄武质集块岩);
11. 爆发相 (橄榄玄武质火山角砾岩); 12. 溢流相 (碧玄武岩); 13. 溢流相 (玄武安山岩); 14. 爆发相 (玄武安山质火山角砾岩); 15. 溢流相 (安山岩);
16. 溢流相 (安山质集块熔岩); 17. 爆发相 (安山质火山角砾岩); 18. 爆发相 (安山质熔结集块岩); 19. 爆发相 (安山质集块岩); 20. 爆发相 (安山质火山角砾集块岩);
21. 爆发相 (安山质火山角砾岩); 22. 溢流相 (流纹岩); 23. 溢流相 (流纹质角砾熔岩); 24. 爆发相 (流纹质火山角砾岩); 25. 溢流相 (粗面英安岩);
26. 溢流相 (粗面英安质集块熔岩); 27. 爆发相 (粗面英安质火山角砾岩); 28. 溢流相 (粗安岩); 29. 河流相 (砂岩夹砾岩组合);
30. 河流相 (砾岩组合); 31. 滨湖相 (细砂岩、粉砂岩组合); 32. 浅湖相 (粉砂岩、泥质粉砂岩及沉凝灰岩组合); 33. 半深湖-深湖相 (粉砂质泥岩、页岩及沉凝灰岩组合);
34. 古陆区; 35. 岩相界线; 36. 古火山口

图4 义县组一段岩相古地理图

Fig. 4 Lithofacies palaeogeography map of the first subcycle of Yixian Formation

地理图 (图4)。

二段主要由河流相、湖泊相和火山岩相组成。其中河流相由黄绿色薄层状凝灰岩屑杂砂岩、砂质细砾岩和灰色薄板状钙泥质粉砂岩组成, 产有双壳

类、腹足类等化石, 分布较局限。湖泊相 (包括滨、浅湖和半深湖-深湖亚相) 在研究区广泛分布, 主要由灰色、灰白色薄板状钙泥质粉砂岩、纹层状-页片状钙泥质页岩、灰绿色薄层状凝灰质粉

砂岩、泥质粉砂岩、石英长石砂岩及黄褐色、白色晶屑凝灰岩、沉凝灰岩、灰色砂质结晶灰岩透镜体等组成,以水平层理和页理、纹理为特征;滨湖亚相由细砂岩和粉砂岩构成,多以水平层理为主,偶见小型斜层理;浅湖亚相由粉砂岩、泥质粉砂岩和沉凝灰岩组成,以水平层理为主;半深湖-深湖亚相由粉砂质泥岩、页岩及沉凝灰岩组成,以页理、纹理为主。火山岩相主要由溢流亚相和爆发亚相组

成,前者由气孔-杏仁状玄武安山岩(湖相枕状熔岩)、钙质玄武安山岩、杏仁状玄武安山岩组成,主要分布在义县腰马山沟、英窝山、架子山、杨家沟、河夹心、三台、北票四合屯、黄半吉沟、五代沟和大北沟等地;后者主要由玄武安山质熔结集块岩、流纹质凝灰角砾岩和流纹质凝灰岩组成,分布较局限。结合构造古地理特征,绘制了义县组二段的岩相古地理图(图5)。

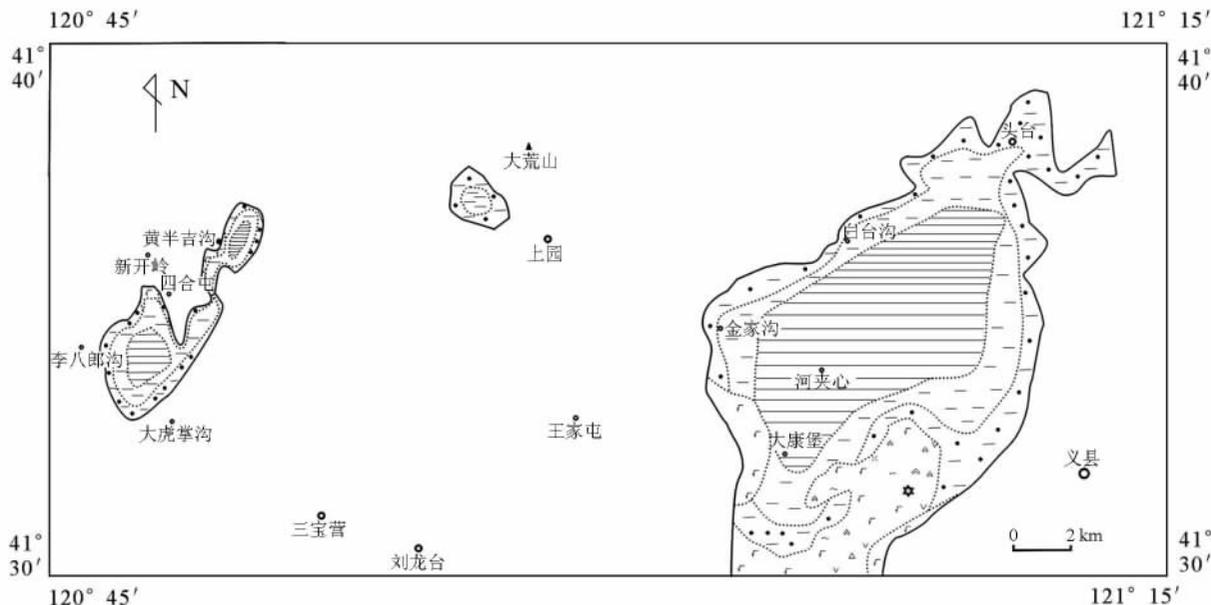


图5 义县组二段岩相古地理图(图例同图4)

Fig. 5 Lithofacies palaeogeography map of the second subcycle of Yixian Formation

三段以(潜)火山岩相为主,局部发育河流相。(潜)火山岩相在北票地区主要由橄榄玄武(玢)岩组成,多表示古火山口的位置。在义县地区主要由橄榄玄武(玢)岩、粗安岩、多斑粗安岩及粗安质火山角砾凝灰岩组成。河流相仅发育在凌源-三十家子盆地内,且零星分布,由灰紫色复成分砾岩、灰绿色细砾岩、砂砾岩和凝灰质砂岩组成,可见小型斜层理。

四段亦以火山岩相(包括溢流亚相和爆发亚相)为主,局部发育河流相、湖泊相和冲积扇相。火山岩相主要发育在义县地区,溢流亚相主要由杏仁状流纹岩、球粒状流纹岩、杏仁状安山岩、粗面岩和安山质集块岩等组成,其爆发-沉积亚相主要为黄花山角砾岩(含砂沉火山角砾岩夹含角砾粗砂岩、含角砾砂岩,有由粗变细之韵律,并显示渐

变关系,构成粒序层理)。河流相只发育在义县朱家沟,由灰白色细砾岩和含砾砂岩组成,槽状层理、斜交层理明显。湖泊相由金刚山层构成,主要岩性为灰绿色凝灰质砾岩、凝灰质砂砾岩、含砾粗砂岩、凝灰质粉砂岩和灰白色页岩、沉凝灰岩。冲积扇相见于北票上园的北部,岩性为巨厚层状的复成分砾岩。结合构造古地理特征,绘制了义县组三、四段的岩相古地理图(图6)。

4 结论

(1) 义县组各段沉积特征:一段主要由河流相、火山岩相(溢流亚相、爆发亚相)、爆发-沉积相及潜火山岩相组成;二段主要由河流相、火山岩相及湖泊相(包括滨、浅湖和半深湖-深湖亚相)组成;三段以(潜)火山岩相为主,局部发育河

流相; 四段亦以火山岩相 (包括溢流亚相和爆发亚相) 为主, 局部发育河流相、湖泊相和冲积扇相。

(2) 与土城子期对比, 义县期的古地貌不会高于土城子期, 而古水流主要来自火山盆地坳陷湖的四周。

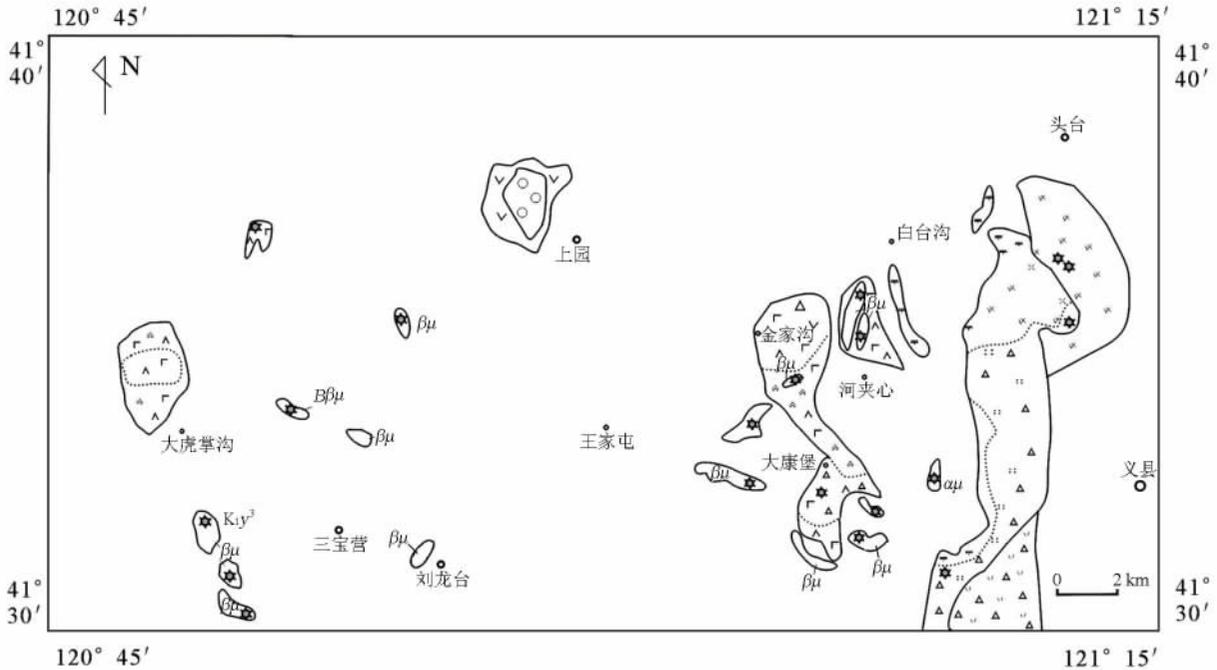


图 6 义县组三、四段岩相古地理图 (图例同图 4)

Fig. 6 Lithofacies palaeogeography map of the third and the fourth subcycle of Yixian Formation

参考文献:

[1] 郭胜哲, 张立东, 张长捷, 等. 辽宁西部义县组研究新进展 [J]. 中国地质, 2001, 8: 1-8.
 GUO Sheng-zhe, ZHANG Li-dong, ZHANG Chang-jie, et al. A further progress to study Yixian Formation in western Liaoning [J]. Geology in China, 2001, 8: 1-8.

[2] 张宏柳, 柳小明, 陈文, 等. 辽西北票-义县地区义县组顶部层位的年龄及其意义 [J]. 中国地质, 2005, 11: 596-603.
 ZHANG Hong-liu, LIU Xiao-ming, CHEN Wen, et al. The age of the top of the Yixian Formation in the Beipiao-Yixian area, western Liaoning, and its importance [J]. Geology in China, 2005, 11: 596-603.

[3] 张宏, 王五力, 李之彤, 等. 辽西北票和义县地区义县组的综合对比研究 [J]. 地质通报, 2004, 23 (8): 750-764.
 ZHANG Hong, WANG Wu-li, LI Zhi-tong, et al. Comprehensive correlation of the Yixian Formation in the Bei-

piao and Yixian areas, western Liaoning [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (8): 750-764.

[4] 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.
 PENG Yan-dong, ZHANG Li-dong, CHEN Wen, et al. K-Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages determination of volcanic rocks of Yixian Formation, western Liaoning [J]. Geochimica, 2003, 32 (5): 427-435.

[5] 李伍平, 李献华. 辽西早白垩世义县组火山岩的地质特征及构造背景 [J]. 岩石学报, 2002, 18 (2): 193-204.
 LI Wu-ping, LI Xian-hua. Geological characteristics and its setting for volcanic rocks of Early Cretaceous Yixian Formation in western Liaoning Province, eastern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18 (2): 193-204.

- [9] 王义天, 毛景文, 陈文, 等. 新疆东天山康古尔塔格金矿带成矿作用的构造制约 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (1): 236-244.
WANG Yi-tian, MAO Jing-wen, CHEN Wen, et al. Tectonic constraints on mineralization of the Kanggurtag gold belt in the eastern Tianshan, Xinjiang, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (1): 236-244.
- [10] 王义天, 张文治, 王磊, 等. 新疆东天山红石金矿床成矿流体和物质来源示踪 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (8): 1998-2006.
WANG Yi-tian, ZHANG Wen-zhi, WANG Lei, et al. Tracing the sources of ore-forming fluids and materials of the Hongshi gold deposit in the eastern Tianshan, Xinjiang, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23 (8): 1998-2006.
- [11] 曹洁, 程建新, 邱斌, 等. 新疆红石金矿区韧性剪切变形特征与金成矿关系探讨 [J]. 新疆地质, 2006, 24 (2): 141-145.
CAO Jie, CHENG Jian-xin, QIU Bin, et al. The relation of ductile shearing deformation and gold mineralization of Xinjiang Hongshi gold deposit zone [J]. Xinjiang Geology, 2006, 24 (2): 141-145.
- [12] 丛源, 李雪梅, 董庆吉. 多元统计分析在矿床指示元素组合特征研究中的应用—以山东黄埠岭金矿为例 [J]. 世界地质, 2007, 26 (4): 435-440.
CONG Yuan, LI Xue-mei, DONG Qing-ji. Application of multivariate statistics in study on combinative characteristics of indicator elements: an example from Huangbuling gold deposit in Shandong, China [J]. Global Geology, 2007, 26 (4): 435-440.
-
- (上接 371 页)
- [6] 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, 6: 65-74.
ZHANG Li-dong, GUO Sheng-zhe, ZHANG Chang-jie, et al. The lithostratigraphic characteristics of Yixian Formation in the Beipiao—Yixian area, Liaoning Province [J]. Geology and Resources, 2004, 6: 65-74.
- [7] 王伍力, 张立君, 郑少林, 等. 义县—北票地区义县阶标准地层剖面及其生物地层学新研究 [J]. 地质学报, 2004, 78 (4): 433-447.
WANG Wu-li, ZHANG Li-jun, ZHENG Shao-lin, et al. A new study on the stratotype and biostratigraphy of the Yixian stage in the Yixian-Beipiao region, Liaoning [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78 (4): 433-447.
- [8] 王鸿祯. 中国古地理图集 [M]. 北京: 地图出版社, 1985: 1-58.
WANG Hong-zhen. The atlas of the palaeogeography of China [M]. Beijing: Map Press, 1985: 1-58.
- [9] 地质矿产部情报所. 国外沉积相及古地理资料汇编 (2): 古地理研究方法 [C] // 地质科技资料选编 (71), 1982.
The Information Institute of Geology and Mineral Ministry. Compilation of sedimentary facies and paleogeography of foreign information (2): research methods of palaeogeography [C] // Selected edition of geological science and technology information (71), 1982.
- [10] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989: 1-256.
Liaoning Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Liaoning Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 1-256.
- [11] WU Shun-qing. Preliminary study on Jehol Biota in western Liaoning [J]. Palaeoworld, 1999, 11: 7-57.