

辽宁省建昌县肖台子地区九佛堂组植物化石新发现

潘玉启,高福亮,张国仁,王 烜,吴子杰

辽宁省地质勘查院,辽宁 大连 116100

摘 要 辽西建昌县喇嘛洞镇肖台子地区出露一套沉积地层,富含介形类、脊椎动物及大量植物化石。经区域地层研究,结合 1:2000 地质剖面实测以及对该剖面各层化石的采集,并对植物化石进行重点研究,确定了此套地层位于义县组之上,属于九佛堂组。生物化石组合面貌与“热河生物群”晚期群落特征一致,其时代为早白垩世。

关键词 早白垩世;九佛堂组;地层剖面;植物化石;肖台子;辽宁省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.02.002

NEW DISCOVERY OF PHYTOLITH FROM JIUFOTANG FORMATION IN XIAOTAIZI AREA, LIAONING PROVINCE

PAN Yu-qi, GAO Fu-liang, ZHANG Guo-ren, WANG Xuan, WU Zi-jie

Liaoning Institute of Geological Exploration, Dalian 116100, Liaoning province, China

Abstract : A set of sedimentary strata, which is rich in fossils such as Ostracoda, vertebrate and numerous plants, outcrops in Xiaotaizi area of Jianchang County, western Liaoning Province. With study on the regional stratigraphy, combining with the survey of 1:2000 geological profile and collection of fossils, especially plant fossils, in each horizon, it is concluded that the set of strata is above Yixian Formation, belonging to Jiufotang Formation. Formed in Early Cretaceous, its features of biological fossil assemblage are consistent with those of the late community of Jehol Biota.

Key words : Early Cretaceous; Jiufotang Formation; stratigraphic profile; phytolith; Xiaotaizi area; Liaoning Province

0 引言

辽西葫芦岛市建昌县喇嘛洞地区下白垩统九佛堂组沉积分布广泛,层序全,出露好。但这里的地层缺少详细的研究。该地区含有丰富的叶肢介、介形类、双壳类、腹足类等无脊椎动物化石以及许多珍稀的脊椎动物化石,而肖台子附近更是许多珍稀化石的重要产地。据资料记载,该地区主要产出鸟类: *Jianchangornis microdonta* (小齿建昌鸟)^[1]、*Bohaiornis guoi* (郭氏渤海鸟)^[2]、*Schirooura lii* (李氏叉尾鸟)^[3]、*Jeholornis palmanis* (棕榈热河鸟)^[4]、*Zhongornis haoae* (郝氏中鸟)^[5]。翼龙类: *Moganopterus zhuiana* (朱氏莫干翼龙)^[5]。哺乳类: *Liaconodon hui* (胡氏辽尖齿兽)^[6]。和龟鳖类: *Liaochelys jianchangensis* (建昌辽龟)^[7]等。

在以往的研究中,植物发现相对稀少。本次在辽宁省建昌县喇嘛洞乡肖台子、大三家子等地区九佛堂组中发现较多的植物化石,丰富了热河生物群中的植物组合内容(图 1)。对它们进行详细的研究,无疑对全面认识该区九佛堂组的生物群组合面貌和地层时代具有重要意义。

1 材料与方法

本文研究的植物化石,产自肖台子村北西约 100 m 的半山腰处九佛堂组一段(K₁jf¹)中的化石层,相当于 JHP8 剖面的第 12 层,并且与该组的“西店层”可以对比^[8]。笔者在肖台子西南杨杖子-下五家子进行了剖面的实测,剖面图见图 2。

收稿日期 2014-11-10,修回日期 2015-01-06。编辑 张哲。

作者简介 潘玉 (1970—),男,工程师,从事区域地质调查和古生物化石资源调查研究工作,通信地址 辽宁省大连市金州区五一路 10 号, E-mail//kevinangus@sina.com

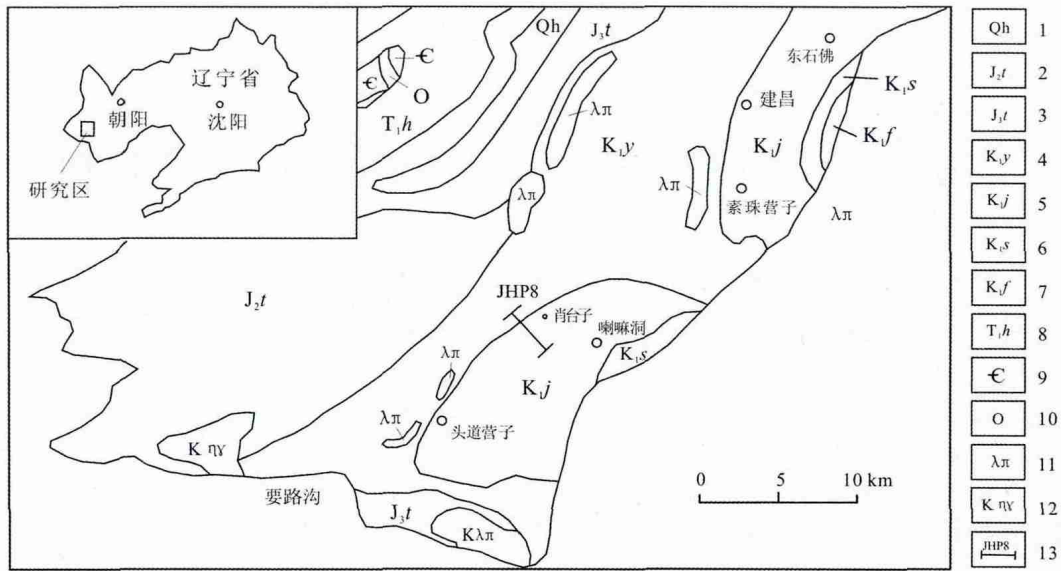


图1 辽宁建昌喇嘛洞九佛堂组剖面位置图

Fig. 1 Profile position of Jiufotang Formation in Lamadong, Liaoning

1—全新统(Holocene) ;2—髻髻山组(Tiaojishan fm.) ;3—土城子组(Tuchengzi fm.) ;4—义县组(Yixian fm.) ;5—九佛堂组(Jiufotang fm.) ;6—沙海祖(Shahai fm.) ;7—阜新组(Fuxin fm.) ;8—红砬组(Hongla fm.) ;9—寒武系(Cambrian) ;10—奥陶系(Ordovician) ;11—流纹斑岩(rhyolite porphyry) ;12—二长花岗岩(monzogranite) ;13—剖面及编号(profile and code)

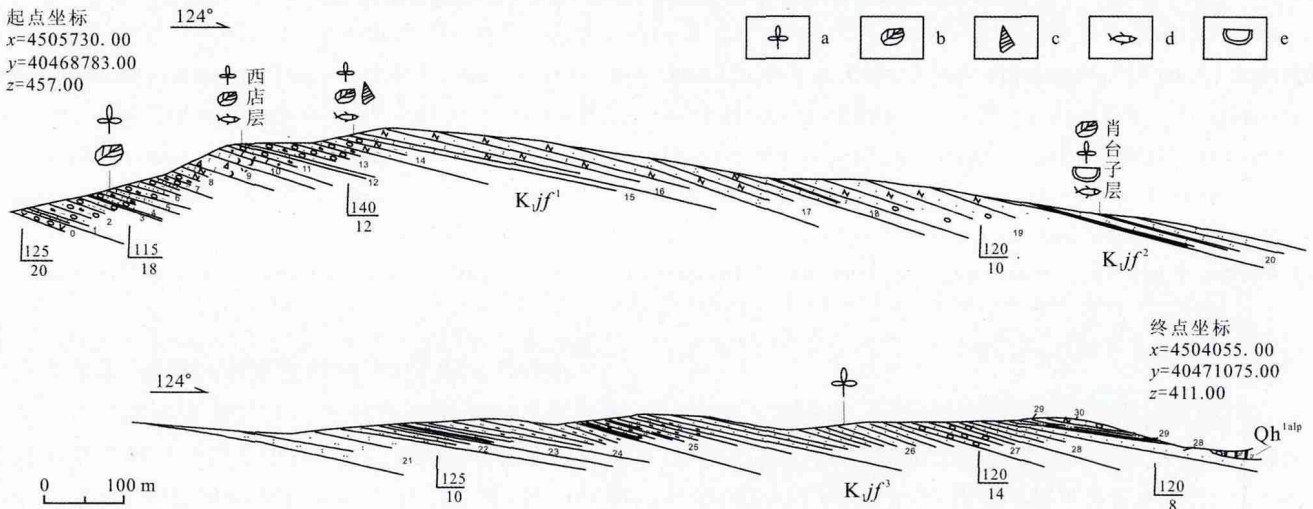


图2 辽宁省建昌县杨杖子-下五家子下白垩统九佛堂组实测地层剖面(JHP8)

Fig. 2 Surveyed stratigraphic profile (JHP8) of Lower Cretaceous Jiufotang Formation in Yangzhangzi-Xiawujazi, Liaoning

a—植物(plants) ;b—叶肢介(conchostracans) ;c—腹足类(gastropods) ;d—鱼类(pisces) ;e—介形类(ostracoda)

九佛堂组地层剖面描述：

上覆第四系下全新统(Qh^{1sp})黄褐色亚砂土

~~~~~ 不整合接触 ~~~~~

九佛堂组(K<sub>1jf</sub>)

九佛堂组三段(K<sub>1jf</sub><sup>3</sup>)

30. 浅灰绿色中厚层含砾凝灰质中细粒长石砂岩

29. 灰色粉砂质页岩

28. 灰绿色薄层凝灰质细砂岩与灰色粉砂质泥岩互层

27. 灰白色中厚层凝灰质胶结砂质细砾岩

26. 浅灰绿色中厚层沉玻屑凝灰岩夹灰绿色薄层粉砂质泥岩 两者比例6:1, 凝灰岩中产硅化木、植物碎片等化石 22.4 m

25. 灰绿色薄层粉砂质泥岩夹灰色粉砂质页岩,两者比例5:1 36.1 m

24. 灰绿色薄—微薄层粉砂质泥岩 19.8 m

23. 灰绿色薄层粉砂质泥岩与灰色纸片状页岩互层 11 m

22. 灰绿色薄—微薄层凝灰质粉砂岩与灰绿色粉砂质泥岩互层 具球形风化 13.3 m

21. 灰绿色薄—微薄层含粗砂凝灰质粉砂岩 2.9 m

九佛堂组二段(K<sub>1jf</sub><sup>2</sup>) 71.3 m

20. 灰绿色薄层凝灰质粉砂岩与灰绿色纸片状页岩互层, 见有多个化石采坑, 页岩中产鱼、介形类、植物碎片等化石. 鱼 *Lycoptera* sp. (狼鳍鱼未定种); 介形类 *Cypridea* sp. (女星介未定种) 1.6 m
19. 灰白色中厚层凝灰质胶结含砾中细粒岩屑长石砂岩 39.5 m
18. 灰绿色薄层凝灰质细砂岩夹灰绿色纸片状页岩, 两者比例5:1 11.1 m
17. 黄绿色薄—中厚层含砾凝灰质胶结中细粒长石石英砂岩 7.1 m
16. 黄褐色中厚层凝灰质胶结含砾中粗粒岩屑长石砂岩, 产硅化木化石 12 m
- 九佛堂组一段( $K_{1j}^1$ ) 205.5 m
15. 灰绿色薄—微薄层凝灰质粉砂岩与灰绿色粉砂质页岩互层, 见有化石采坑, 产鱼、腹足类、叶肢介、昆虫、植物等化石. 鱼 *Lycoptera* sp. (狼鳍鱼未定种); 腹足类 *Reesidella delicata* (美丽里氏螺); 昆虫: *Ephemeropsis trisetalis* (三尾拟蜉蝣); 介形类 *Cypridea* sp. (女星介未定种) 6.2 m
14. 黄褐色中厚层含砾泥砂质胶结中粗粒长石砂岩 13.3 m
13. 黄褐色厚层泥砂质胶结中细粒复成分砾岩 22.2 m
12. 灰绿色薄—微薄层含粉砂质泥岩夹灰绿色纸片状页岩及黄褐色薄层含砾中细粒岩屑砂岩, 三者比例 7:1:1, 见有化石采坑, 产鱼、植物等化石. 鱼 *Lycoptera* sp. (狼鳍鱼未定种); 植物 *Czekanowskia rigida* Heer (坚直茨康诺斯基叶), *Ginkgo* sp. (指状银杏), *Elatocladus pinnatus* Sun et Zheng (羽状枞型枝), *Pityolepis ovatus* Toyama et Oishi (卵圆形松型果鳞), *Leptosthrobos sin-ensis* Sun et Zheng (中华薄果穗) *Baiera valida* Sun et Zheng (强劲拜拉), *Baiera cf. gracilis* (Bean MS) Bunbury. (纤细拜拉比较种) 3.6 m
11. 灰绿色薄层粉砂质粉晶灰岩夹黄褐色中厚层泥砂质胶结中细粒复成分砾岩, 两者比例 4:1, 产植物化石 12.5 m
10. 灰紫色流纹质玻屑凝灰岩 11.9 m
9. 灰绿色流纹质含火山角砾玻屑凝灰岩 17.1 m
8. 黄褐色中厚层泥砂质胶结中细粒复成分砾岩与黄褐色中层泥质胶结含砾中粗粒长石岩屑砂岩互层, 夹灰绿色薄层凝灰质胶结细粒长石岩屑砂岩, 三者比例 3:3:1 20.9 m
7. 黄褐色厚—巨厚层泥砂质胶结不等粒复成分砾岩 7.7 m
6. 黄褐色厚层含砾泥砂质胶结中细粒复成分砾岩夹灰绿色薄层含砾凝灰质粉砂岩, 两者按 6:1 比例, 旋回性互层, 组成向上砾岩减少的旋回, 共 4 个这样的旋回 27.6 m
5. 灰绿色薄层含泥质凝灰质粉砂岩, 产叶肢介、植物化石碎片 4.7 m
4. 黄褐色中厚层凝灰质胶结含砾细砂岩夹黄褐色中厚层凝灰质胶结中粗粒岩屑砂岩, 两者旋回性互层, 比例 3:1 13.7 m
3. 黄褐色厚—中厚层泥砂质胶结中细粒复成分砾岩 1.5 m
2. 灰绿色厚—中厚层泥砂质胶结中粗粒复成分砾岩 35.2 m
1. 黄褐色薄—中厚层含砾铁质胶结中粗粒岩屑砂岩夹黄绿色薄层凝灰质细砂岩 7.4 m
- 平行不整合 -----
- 下伏地层: 义县组五段( $K_1^5$ )浅灰紫色气孔杏仁状安山岩 >6.2 m

剖面反映九佛堂组一段( $K_{1j}^1$ )含化石层 3 个, 分别为第 5 层( $jfb_1$ )、12 层( $jfb_2$ )和 15 层( $jfb_3$ ), 岩性为粉砂岩、粉砂质泥岩及页岩, 相当于西店层, 该层含有丰富的动、植物化石. 主要产有鱼类 *Lycoptera* sp. (狼鳍鱼未定种); 腹足类 *Reesidella delicata* (美丽里氏螺); 昆虫: *Ephemeropsis trisetalis* (三尾拟蜉蝣); 介形类:

*Cypridea* sp. (女星介未定种); 植物 *Czekanowskia rigida* Heer (坚直茨康诺斯基叶), *Ginkgoites truncata* Li (截形似银杏), *Elatocladus pinnatus* Sun et Zheng. (羽状枞型枝), *Pityolepis ovatus* Toyama et Oishi (卵圆形松型果鳞), *Leptosthrobos sinensis* Sun et Zheng (中华薄果穗), *Baiera valida* Sun et Zheng (强劲拜拉), *Baiera cf. gracilis* (Bean MS) Bunbury. (纤细拜拉比较种)等.

二段( $K_{1j}^2$ )含化石层 1 个, 为 <20>层( $jfb_4$ ), 本次工作将其命名为肖台子层. 岩性为粉砂岩及页岩, 该层产鱼、腹足类、叶肢介、昆虫、植物等化石<sup>[9]</sup>.

三段( $K_{1j}^3$ )在剖面中未见珍稀化石层, 在浅灰绿色中厚层沉玻屑凝灰岩夹灰绿色薄层粉砂质泥岩, 凝灰岩产硅化木、植物碎片化石等.

以上植物化石, 由沈阳地质研究所郑少林协助鉴定. 主要采用宏观观察、描述以及地质剖面层位和时代进行分析对比, 并且对不同属种的化石进行了系统的照片拍摄, 后期制成图版.

## 2 植物化石分类与描述

本次工作中, 在建昌县喇嘛洞乡肖台子村北西 400 m 处山坡一带, 该层中采集到了大量的植物化石, 主要有: 银杏类(*Ginkgoales*)、茨康类(*Czekanowskiales*)和松柏类(*Coniferophytes*) 5 属 7 种, 现将这些植物化石描述如下.

### 2.1 银杏类(*Ginkgoales*)

本文研究的植物化石银杏类较多, 主要包含 2 个属 3 个种的化石, 现将该类化石描述如下.

截形似银杏 *Ginkgoites truncatus* Li (图 3e: 正、反印痕)

1981 *Ginkgoites truncatus* Li, 厉宝贤, 208 页, 图版 1, 图 2-8; 图版 3, 图 1-8.

1988 *Ginkgo truncata* Li, 陈芬等, 68 页, 图版 37, 图 4-7; 图版 38, 图 2-9; 图版 65, 图 2-4.

叶柄仅残留 2 mm, 叶片扇形, 高约 4 cm, 宽 5 cm, 自中间先深裂至柄成两半, 每半再深裂 1 次, 成 4 个主要裂片, 裂片呈楔形, 最宽处在顶部, 向基本逐渐变窄, 顶端截形, 叶脉 18~20 条/cm; 叶片两侧裂片张角 90~100°. 角质层未保存, 表皮构造不明.

讨论与比较: 在当前的材料中, 仅有两块标本, 是一个叶部印痕的正反面. 从一般的叶形和脉序特征看, 与厉宝贤<sup>[10]</sup>和陈芬等<sup>[11]</sup>描述于下白垩统阜新组的 *Ginkgoites truncatus* Li 是基本一致的. 但当前的标本与被外山和大石(Toyama and Oishi)<sup>[12]</sup>描述于内蒙古的

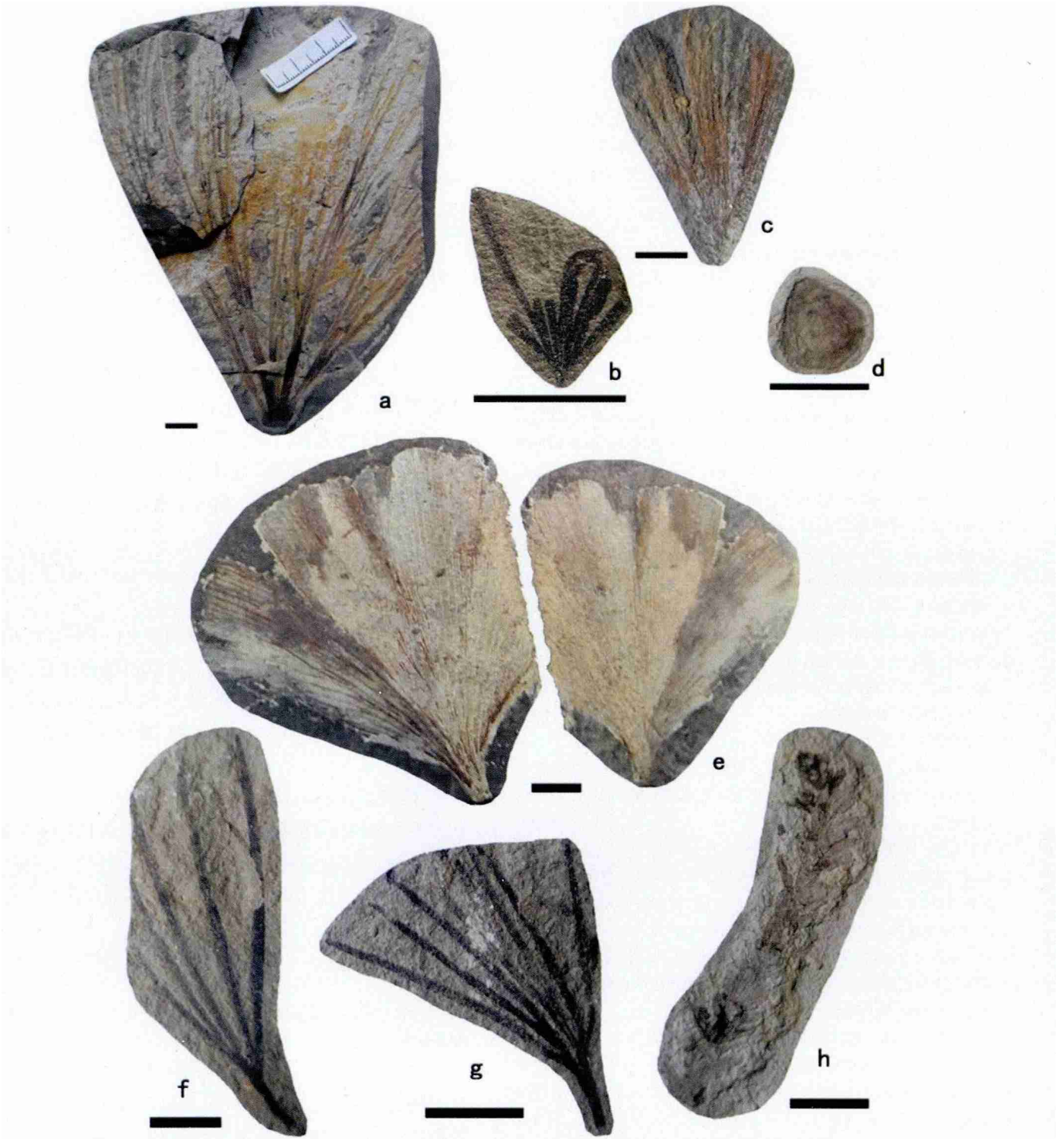


图3 植物化石照片

Fig. 3 Photos of plant fossils

a, c—坚直茨康叶(*Czekanowskia rigida*) b—纤细拜拉比较种(*Baiera cf. gracilis*) d—中华薄果穗(*Leptostrobus sinensis*) e—截形似银杏(*Ginkgoites truncatus*) f, g—强劲拜拉(*Baiera valida*) h—羽状枞型枝(*Elatocladus pinnatus*) ;图中黑杠均为1 cm (All the black bars are 1 cm long.)

*Ginkgo digitata* (Brongn.) Heer 两块标本也很相似. 但本文的标本叶片较窄, 两侧边裂片的交角不超过100°, 而后者则达180°以上.

纤细拜拉比较种 *Baiera cf. gracilis* (Bean MS) Bunbury (图3b)

1963 *Baiera cf. gracilis* (Bean MS) Bunbury ,斯行健等 234 页, 图

版 73 图 3a 图版 74 图 8 图版 79 图 5b-7.

叶扇形, 柄细长. 叶片先深裂至叶柄上端, 分为左右略对称的两个部分, 每一部分常或深或浅地再分裂 2~3 次, 以致分成 4~8 个或更多的线形细裂片. 裂片的最宽处在中上部, 顶端尖突, 或钝圆. 叶脉很细, 每个裂片含脉 2~4 条. 角质层未保存.

讨论与比较: 标本保存不太好, 仅有一个裂片保存全长可达 2.6 mm, 其他裂片仅有全长的 1/2 或 1/3. 但叶的形态和脉序与 *Baiera gracilis* (Bean MS) Bunbury<sup>[13]</sup> 较为接近. 当前的标本与斯行健等<sup>[14]</sup>(图版 79, 图 5B) 的 *Baiera cf. gracilis* (Bean MS) Bunbury 的标本完全可以对比.

强劲拜拉 *Baiera valida* Sun et Zheng (图 3f, g)

2001 *Baiera valida* Sun et Zheng, 孙革等, 图版 15, 图 2; 图版 51, 图 2-7.

叶片总体形态近扇形, 叶片首先深裂至柄端, 然后在近基本以锐角再深裂 2 次, 末级裂片呈线形, 多为劲直伸展, 长 3~5 cm, 宽 1~2 mm, 顶端尖或钝尖, 叶脉明显, 多为 2 条, 表皮构造不明.

讨论与比较: 当前的两块标本在叶片的形态和脉序特征与产自辽西北票下白垩统义县组尖山沟层该种的典型标本完全一致(孙革等<sup>[15]</sup>, 图版 15, 图 2; 图版 51, 图 2-7).

## 2.2 茨康类(Czekanowskiales)

在建昌县肖台子地区植物化石之中茨康类化石十分丰富, 主要属种如下.

坚直茨康诺斯基叶 *Czekanowskia rigida* Heer (图 3a, c)

2001 *Czekanowskia rigida* Heer, 孙革等<sup>[15]</sup>, 84 页, 图版 15, 图 4; 图版 49, 图 1-2.

叶呈细线形, 长 7~13 cm 以上, 宽 0.8~1.3 mm, 一般分叉 1~2 次, 侧边近平行, 叶脉 2~3 条, 叶基部簇生于鳞片状短枝上, 短枝宽 3~5 mm, 可见长 4~6 mm, 角质层保存不完好, 仅见外表面一些不平整凹坑.

中华薄果穗 *Leptostrobus sinensis* Sun et Zheng (图 3d)

2001 *Leptostrobus sinensis* Sun et Zheng, 85 页, 图版 14, 图 5-6; 图版 49, 图 5.

茨康类蒴果化石, 单独保存. 蒴果近圆形或宽倒卵形, 大小 6~7 mm × 5~6 mm, 最宽处位于中上部, 向基本变窄, 周边具扁平的一个窄边, 中央部分微微隆起, 表面上具有 4~5 条不明显的纵向隆脊. 着生情况不明. 角质层没保存.

讨论与比较: 当前的标本在蒴果的形态和大小等诸多方面的特征都与描述于北票黄半吉沟义县组尖山沟层的该种完全一致(孙革等<sup>[15]</sup>, 图版 14, 图 5-6; 图版 49, 图 5). 它与西伯利亚早—中侏罗世的 *Leptostrobus laxiflorus* Heer<sup>[16]</sup>(图版 13, 图 10-13; 图版 15, 图 9b), 也可比较, 但后者蒴果在轴上呈螺旋状着生, 且蒴果体积略大.

## 2.3 松柏类(Coniferophytes)

羽状枞型枝 *Elatocladus pinnatus* Sun et Zheng (图 3h)

2001 *Elatocladus pinnatus* Sun et Zheng, 页 105, 图版 17, 图 6; 图版 21, 图 4; 图版 23, 图 5; 图版 26, 图 5; 图版 53, 图 9, 12; 图版 56, 图 1; 图版 59, 图 3-9; 图版 63, 图 4, 13; 图版 68, 图 4.

松柏类带叶小枝, 在一个平面上呈羽状排列, 主枝可见长 12 cm 以上, 下部最宽约 4 mm, 羽状分枝的间距 1~2 cm, 叶呈螺旋状着生, 在主枝上的较大, 呈线状披针形, 在分枝上的呈长三角形, 基部下延于轴上, 形成叶枕, 叶顶端钝圆或钝尖, 微向外弯成镰刀形, 厚革质状, 背部微凸, 每枚具中脉 1 条, 不明显, 叶螺旋状着生于枝轴上, 自由分离部分长约 2 mm, 基部最宽处约 1 mm. 小枝顶端似有嫩枝状的芽鳞存在. 角质层未保存.

讨论与比较: 当前的标本在枝、叶的形态特征等方面与北票黄半吉沟义县组所产的该种标本<sup>[15]</sup>完全一致. 该种与哈萨克斯坦卡拉套晚侏罗世卡拉巴斯套组的 *Elatocladus miutus* (Doludenko and Orlovskaja<sup>[17]</sup>) 图版 88, 图 1-13) 也较相似, 但后者的小叶略长, 与轴交角近于垂直.

除此之外还发现了许多种子和果鳞 *Pityolepis ovatus* Toyama et Oishi(卵圆形松型果鳞)等化石, 但保存均欠佳, 故不一列举.

## 3 热河生物群的演化及九佛堂组生物群的演化位置

热河生物群的演化包括大北沟期(早期萌发阶段)、义县期(中期辐射演化阶段)及九佛堂期(晚期萎缩消亡阶段)等 3 个阶段. 晚期阶段以九佛堂期的华夏鸟-延吉叶肢介-格氏湖女星介-中村蚌(*Cathayornis-Yanjiestheria-Limnocypridea grammii-Nakamuraia*)生物组合为代表, 化石数量和类别也比较多, 甚至分布范围比中期阶段更大, 但总体上显示了热河生物群已从高峰期转向萎缩和消亡<sup>[15]</sup>.

九佛堂期的生态环境属于义县期火山活动频繁期后转向地壳相对稳定期, 气候由半干旱半潮湿期过渡

为温湿期. 地表上大片的湖泊纵横, 植物仅在湖岸上发育, 只有少数植物残骸被流水携带湖中, 所以九佛堂期的植物化石被保存下来的较少, 至今植物组合面貌不清. 当前的少量植物化石, 显得更为可贵.

致谢: 该项资料来源于建昌县古生物化石地质调查项目, 为集体成果. 参加该项目的主要工作人员还有王敏成、董洪年、李显东、石林、李升东、陈佩佩、包洪伟等同志. 另外, 在工作期间, 得到了中国地质调查局沈阳地质调查中心王五力、郑少林、张立君研究员及辽宁省化石保护管理局张立军博士等专家的帮助和指导, 以在此一并感谢.

#### 参考文献:

- [1] O'Connor J K, SUN Cheng-kai, XU Xing, et al. A new species of Jeholornis with complete caudal integument[J]. *Historical Biology*, 2012, 24(1): 29—41.
- [2] 周忠和, 张福成, 李志恒. 辽宁早白垩世今鸟类一新属种[J]. *古脊椎动物学报*, 2009(4): 299—310.
- [3] ZHOU Shuang, ZHOU Zhong-He, O'Connor J K. A new basal beaked ornithurine bird from the Lower Cretaceous of western Liaoning, China [J]. *Vertebrata Pal Asiatica*, 2012, 50: 9—24.
- [4] HU Dong-yu, LI Li, HOU Lian-hai, et al. A new enantiornithine bird from the Lower Cretaceous of western Liaoning, China [J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2011, 31: 154—161.
- [5] GAO Chun-ling, Chiappe L M, MENG Qing-jin, et al. A new basal lineage of Early Cretaceous birds from China and its implications on the evolution of the avian tail[J]. *Palaeontology*, 2008, 51: 775—791.
- [6] MENG Jin, WANG Yuan-qing, LI Chuan-kui. Transitional mammalian middle ear from a new Cretaceous Jehol eutriconodont[J]. *Nature*, 2011, 472:181—185.
- [7] ZHOU Chang-fu. A new eucryptodiran turtle from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of western Liaoning, China[J]. *Zootaxa*, 2010, 2676: 45—56.
- [8] 段冶, 张立君, 张立军, 胡东宇, 等. 辽西建昌盆地九佛堂组珍稀化石层的划分与对比[J]. *地质科学*, 2010(2): 606—613.
- [9] 孙革, 张立君, 周长付, 等. 30 亿年来的辽宁古生物[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2011: 1—176.
- [10] 厉宝贤. 辽西阜新海州组的四种似银杏化石的表皮构造[J]. *古生物学报*, 1981, 20(3): 208—212.
- [11] 陈芬, 孟祥营, 任守勤, 等. 辽宁阜新和铁法盆地早白垩世植物群及含煤地层[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 1—168.
- [12] Toyama S, Oishi S. Note on some Jurassic plants from Chalai-nor, "Prov. Hsiangan, Manchoukuo"[J]. *Journ Fac Sci Hokkaido Imp Univ*, 1935, Ser. 4, Vol. 3, No. 1.
- [13] Yabe H. Note on some Mesozoic plants from Japan, Korea and China. *Rep Tohoku Imp Univ*, 1922, Ser. 2Vol. 7, No.1.
- [14] 斯行健, 李星学, 等. 中国各门类化石·中国植物化石(第二册: 中国中生代植物)[M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1—429.
- [15] 孙革, 郑少林, Dilcher D L, 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: 1—227.
- [16] Heer O. Beitrage zur Jura-flora Ostsibiriens und des Amurlands[C]/Fl Foss Arctica, Bd. 4, Heft 2. *Acad Imp Sci St. Petersburg*, 1876, Mem Ser 7, T. 22, No. 12.
- [17] Doludenko M P, Orlovskaya E R. Jurassic flora of the Karatau Range, southern Kazakhstan[J]. *Palaeontology*, 1967, 19(4): 627—540.