



内蒙古赤峰市敖汉旗宾夕法尼亚亚纪酒局子组植物化石

李 斌¹, 杨 涛², 杨佳林¹, 杨雅军¹, 陈井胜¹, 李 伟¹, 刘 森¹

1. 中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034; 2. 沈阳师范大学 古生物学院, 辽宁 沈阳 110034

摘 要: 内蒙古赤峰市敖汉旗水泉南山附近采集到酒局子组植物化石, 通过系统鉴定, 共计 12 属 18 种, 包括楔叶类、木贼类、瓢叶类、真蕨和种子蕨类及科达类等, 其中以 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* 和 *Cordaites principalis* 为代表, 均为晚古生代华夏植物群常见分子或代表分子, 表明赤峰地区在宾夕法尼亚亚纪时应属华夏植物地理大区. 酒局子组的时代应当归于宾夕法尼亚亚纪. 植物群中发现高大的科达类, 并有大量反映热带、亚热带气候的真蕨和种子蕨类, 显示该区当时应处于亚热带—暖温带雨量充沛的湿热环境.

关键词: 植物化石; 华夏植物群; 酒局子组; 宾夕法尼亚亚纪; 敖汉旗; 内蒙古

PENNSYLVANIAN PLANT FOSSILS OF JIUJUZI FROMATION IN AOHAN QI, CHIFENG CITY, INNER MONGOLIA

LI bin¹, YANG tao², YANG Jia-lin¹, YANG Ya-jun¹, CHEN Jing-sheng¹, LI Wei¹, LIU Miao¹

1. Shenyang Center of China Geological Geology Survey, Shenyang 110034, China;

2. College of Paleontology, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China

Abstract: Plant fossils are collected from the Pennsylvanian Jiujuzi Formation near Shuiquan Nanshan in Aohan Qi, Inner Mongolia. Through systematic identification, a total of 18 species belonging to 12 genera, involving Sphenophyllales, Equisetales, Noeggerathiales, Filicopsida Pteridophyta and Cordaitopsida, among which *Pecopteris (Asterotheca) hemlioides* and *Cordaites principalis* are common and representative Late Paleozoic Cathaysian flora. Therefore the study area should belong to Cathaysian flora geographical region in the Pennsylvanian Subperiod. The age of the Jiujuzi Formation should be assigned to the Pennsylvanian. A large number of genuine ferns, seed ferns and *Cordaites*, which reflect tropical and subtropical climate, are found in the flora, indicating a wet and warm environment of subtropical-warm temperate zone with abundant rainfall.

Key words: plant fossil; Cathaysian flora; Jiujuzi Fomation; Pennsylvanian; Aohan Qi; Inner Mongolia

0 引言

酒局子组最早由内蒙古区测二队于 1967 年在赤

峰市敖汉旗酒局子南山建立, 初始定义为一套砂板岩夹石灰岩扁豆体组成的含煤地层^[1]. 前人通过对敖汉

收稿日期: 2021-05-21; 修回日期: 2021-08-27. 编辑: 黄欣.

基金项目: 中国地质调查局项目“吉林 1:5 万景家台等三幅区域地质调查”(DD20190042-04), “内蒙古 1:5 万敖汉旗等四幅区域地质调查”(12120113053400); 辽宁省教育厅项目“新疆准噶尔盆地白杨河中侏罗世有节类和松柏类植物研究”(LQN202010).

作者简介: 李斌(1986—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事岩石学研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 280 号, E-mail//717121767@qq.com

通信作者: 杨涛(1983—), 男, 博士, 讲师, 从事古生代、中生代植物研究, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 253 号, E-mail//monster.yang@aliyun.com

旗一带陆相地层的清理研究,认为酒局子组为一套含煤的陆相或海陆交互相沉积,时代应为宾夕法尼亚亚纪^[2-8].但以往该区的地质调查主要围绕资源勘探开发而展开,有关古生物方面的研究程度较低.

笔者在敖汉旗进行 1:5 万区域地质矿产调查的过程中,在丰收地区水泉南山附近采集了一批保存较好的植物化石,通过系统鉴定,共计 12 属 18 种,其中以 *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* 和 *Cordaites principalis* 为代表,显示了宾夕法尼亚亚纪的植物面貌.通过分析植物群的性质、组合特征以及与有关植物群对比,讨论其所属的植物地理区系及所反映的气候条件.

1 地质概况

研究区位于内蒙古赤峰市敖汉旗,大地构造位置属于华北板块北缘中段^[9-10].区内出露的沉积地层有石炭系朝土沟组、白家店组、石嘴子组、家道沟组、酒局子组和二叠系三面井组^[11-12]、于家北沟组.酒局子组岩性为一套轻微变质的碎屑沉积岩,包括变质粉砂岩、细砂岩、岩屑砂岩、砂砾岩等.

植物化石产自内蒙古敖汉旗水泉南山附近(图 1),地理坐标为 119°58'05"E, 42°11'32"N.笔者对化石产地的地层剖面进行了实测,其下部被早三叠世岩浆岩侵入,顶部与满克头鄂博组火山岩断层接触.剖面共分 30 层(图 2),总厚度大于 717.7 m,化石产于第

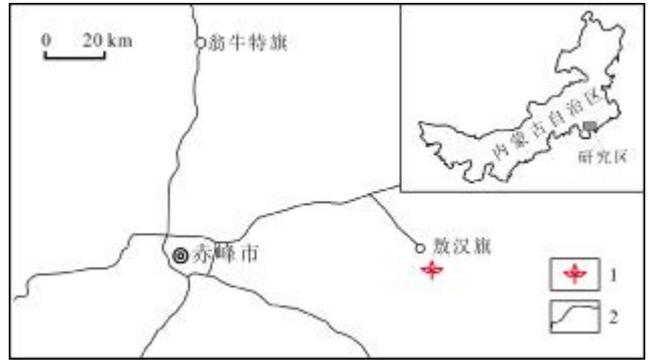


图 1 内蒙古敖汉旗宾夕法尼亚亚纪酒局子组化石产地及交通位置图

Fig. 1 Fossil site of the Pennsylvanian Jiujuzi Fomation in Aohan Qi, Inner Mongolia

1—化石采集点(fossil collecting position); 2—公路(highway)

8、12 层黑色变质粉砂岩、灰黑色变质细粒岩屑砂岩中,层序如下.

上覆:满克头鄂博组(J_3m)流纹质晶屑凝灰岩

----- 断层接触 -----

酒局子组(C_{2j})	厚度 717.7 m
30. 灰黑色变质细砂岩	56.5 m
29. 浅灰色变质岩屑砂砾岩	15.8 m
28. 灰黑色变质粉砂岩	6.6 m
27. 浅灰色变质中粗岩屑砂岩	1.0 m
26. 灰色变质中粒砂岩	1.0 m
25. 灰褐色变质粉砂岩	3.3 m
24. 灰黑色变质粉砂岩	37.1 m
23. 浅灰色变质中粗粒岩屑砂岩	8.5 m

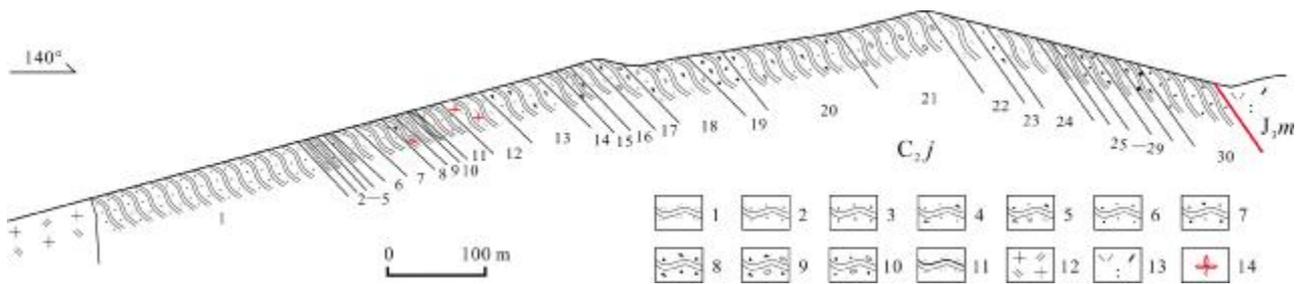


图 2 敖汉旗酒局子组剖面图

(据文献[8])

Fig. 2 Stratigraphic section of Jiujuzi Formation in Aohan Qi

(Modified from Reference [8])

1—变质粉砂岩(metasiltstone); 2—变质细砂岩(metamorphic fine sandstone); 3—变质中粒砂岩(metamorphic medium sandstone); 4—变质细粒岩屑砂岩(metamorphic debris sandstone); 5—变质中细粒长石岩屑杂砂岩(metamorphic medium-fine feldspathic debris graywacke); 6—变质中细粒长英质砂岩(metamorphic medium-fine felsic sandstone); 7—变质中粗粒岩屑砂岩(metamorphic medium-coarse debris sandstone); 8—变质粗粒岩屑砂岩(metamorphic coarse debris sandstone); 9—变质岩屑砂砾岩(metamorphic debris sandstone conglomerate); 10—砂砾岩(sandstone conglomerate); 11—变质粉砂质板岩(metamorphic silty slate); 12—二长花岗岩(monzogranite); 13—流纹质晶屑凝灰岩(rhyolitic crystalloclastic tuff); 14—植物化石(plant fossil)

22. 灰黑色变质粉砂岩	21.5 m
21. 浅灰色变砂砾岩	62.5 m
20. 灰黑色变质岩屑细砂岩	85.5 m
19. 深灰色变质岩屑粗砂岩-砂砾岩	20.9 m
18. 深灰色变质中细粒长石岩屑杂砂岩	39.7 m
17. 灰色变质岩屑砂砾岩	15.4 m
16. 灰黑色变质粉砂岩	17.3 m
15. 灰黑色变质中粗粒岩屑砂岩	4.3 m
14. 灰黑色变质粉砂岩	14.7 m
13. 灰黑色变质中粗粒岩屑砂岩	39.8 m
12. 黑色变质粉砂岩. 产植物化石: <i>Sphenophyllum oblongifolium</i> (Germ. et Kaulf.) Ung. (椭圆楔叶), <i>Calamites cistii</i> Brongn. (细尖芦木), <i>Archaeocalamites</i> sp. (古芦木, 未定种), <i>Mesocalamites cistiformis</i> Stur (细尖中芦木), <i>Palaeostachya rhabda</i> Gu et Zhi (疏苞古芦穗), <i>Asterophyllites aohanensis</i> Huang (敖汉星叶), <i>Plagiozamites oblongifolius</i> Halle (椭圆斜羽叶), <i>Tingia carbonica</i> (Schenk) Halle (石炭齿叶), <i>Sphenopteris neimongolensis</i> Huang (内蒙古楔羊齿), <i>Sphenopteris firmata</i> Sze (壮楔羊齿), <i>Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides</i> Brongn. (简脉栉羊齿)(星囊蕨), <i>Pecopteris wongii</i> Halle (翁氏栉羊齿), <i>Pecopteris moneyi</i> Zeill. (基连栉羊齿), <i>Pecopteris candolleana</i> Brongn. (肯多勒栉羊齿), <i>Emplectopteris?</i> sp. (织羊齿? 未定种), <i>Cordaïtes principalis</i> (Germ.) Gein. (首要科达), <i>Cordaïtes borassifolius</i> (Germ.) Gein. (单纹科达), <i>Cordaïtes vetteri</i> Stockm. et Math. (小叶科达) 25.9 m	
11. 灰色变质中细粒长英质砂岩	23.3 m
10. 褐色斑点状粉砂质板岩	0.9 m
9. 浅灰褐色变质中粗粒岩屑砂岩	8.6 m
8. 灰黑色变质细粒岩屑砂岩. 产植物化石: <i>Sphenophyllum oblongifolium</i> (Germ. et Kaulf.) Ung. (椭圆楔叶), <i>Palaeostachya rhabda</i> Gu et Zhi (疏苞古芦穗), <i>Asterophyllites aohanensis</i> Huang (敖汉星叶), <i>Tingia carbonica</i> (Schenk) Halle (石炭齿叶), <i>Pecopteris moneyi</i> Zeill. (基连栉羊齿), <i>Pecopteris candolleana</i> Brongn. (肯多勒栉羊齿), <i>Emplectopteris?</i> sp. (织羊齿? 未定种), <i>Cordaïtes principalis</i> (Germ.) Gein. (首要科达), <i>Cordaïtes vetteri</i> Stockm. et Math. (小叶科达) 8.6 m	
7. 灰色变质细砂岩	19.0 m
6. 灰黑色变质粉砂岩	16.9 m
5. 灰色变质细砂岩	1.7 m
4. 灰黑色变质粉砂岩	1.3 m
3. 灰色变质细砂岩	4.4 m
2. 深灰黑色变质粉砂岩	0.9 m
1. 灰色变质细砂岩	154.8 m

—— 早白垩世中粗粒二长花岗岩侵入 ——

2 植物群组成特征及时代

酒局子组植物化石主要采自黑色变质粉砂岩、灰黑色变质细粒岩屑砂岩中,植物大化石已发现至少 12 属 18 种(图 3、4),其组成如下。

楔叶目: *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Ung. (椭圆楔叶)(图 3);

木贼目: *Calamites cistii* Brongn. (细尖芦木), *Archaeocalamites* sp. (古芦木, 未定种), *Mesocalamites cistiformis* Stur (细尖中芦木), *Palaeostachya rhabda* Gu et Zhi (疏苞古芦穗), *Asterophyllites aohanensis* Huang (敖汉星叶)(图 4);

瓢叶目: *Plagiozamites oblongifolius* Halle (椭圆斜羽叶), *Tingia carbonica* (Schenk) Halle (石炭齿叶) (图 5);

真蕨纲和种子蕨纲: *Sphenopteris neimongolensis* Huang (内蒙古楔羊齿), *Sphenopteris firmata* Sze (壮楔羊齿), *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* Brongn. (简脉栉羊齿)(星囊蕨), *Pecopteris wongii* Halle (翁氏栉羊齿), *Pecopteris moneyi* Zeill. (基连栉羊齿), *Pecopteris candolleana* Brongn. (肯多勒栉羊齿), *Emplectopteris?* sp. (织羊齿? 未定种)(图 3);

科达纲: *Cordaïtes principalis* (Germ.) Gein. (首要科达)(图 5), *Cordaïtes borassifolius* (Germ.) Gein. (单纹科达), *Cordaïtes vetteri* Stockm. et Math. (小叶科达)。

当前植物群绝大多数属种广泛分布于华北和西北的晚古生代华夏植物群中^[13-14]。其中楔叶目最早出现于晚泥盆世,密西西比亚纪晚期到乌拉尔世最盛,乐平世末绝灭。酒局子组中出现的 *Sphenophyllum oblongifolium* 在内蒙古、甘肃、辽宁等地发现于太原组、山西组及下石盒子组中,时代从宾夕法尼亚亚纪至瓜德鲁普世(图 3)。

木贼目的芦木属(*Calamites*),主要见于宾夕法尼亚亚纪至乐平世。细尖芦木(*Calamites cistii*)在华北、内蒙古、东北南部地区常有发现,多出现于太原组、山西组、下石盒子组中,时代为宾夕法尼亚亚纪至瓜德鲁普世^[15-16]。该目的古芦木属(*Archaeocalamites*),在中国主要见于密西西比亚纪早期,国外始见晚泥盆世至宾夕法尼亚亚纪早期。敖汉旗水泉剖面上所见的该属标本是一些小枝带有一些线形作二次分叉的叶,鉴定为古芦木未定种(*Archaeocalamites* sp.),这是本次的新发现,它与浅沟古芦木(*Archaeocalamites scrobiculatus*)的带叶小枝可以比较。古芦穗属(*Palaeostachya*)国内常产于宾夕法尼亚亚系,国外宾夕法尼亚亚纪至瓜德鲁普世地层均有分布。疏苞古芦穗(*Palaeostachya*



图3 酒局子组楔叶目、真蕨纲和种子蕨纲植物化石照片

Fig. 3 Photographs of Sphenophyllales, Filicopsida and Pteridospermae fossils from Jiujuzi Formation

1a、1c—椭圆楔叶 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Ung., 1b、1d—壮楔羊齿 *Sphenopteris firmata* Sze, 样品号(sample No.) SHHS1-8; 2—椭圆楔叶 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Ung., 样品号(Sample No.) SHHS1-10; 3—内蒙古楔羊齿 *Sphenopteris neimongolensis* Huang, 样品号(Sample No.) SHHS1-3; 4—筒脉栉羊齿(星囊蕨) *Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides* Brongn., 样品号(Sample No.) SHHS1-6; 5—肯多勒栉羊齿 *Pecopteris candolleana* Brongn., 样品号(Sample No.) SHHS1-23

rhabda)产于河北开平,宾夕法尼亚亚系开平组,该种在敖汉旗水泉酒局子组中尚属首次发现.星叶属(*Asterophyllites*)多见于宾夕法尼亚亚纪早期至瓜德鲁普世地层中,本次采集的敖汉星叶(*Asterophyllites aohanensis*)产于敖汉旗小柳条沟宾夕法尼亚亚纪酒局子组中(图4).

瓢叶目植物广泛分布于宾夕法尼亚亚纪至三叠纪

地层中,宾夕法尼亚亚系至乌拉尔统最盛.斜羽叶属(*Plagiozamites*)在中国主要产于二叠纪,国外为宾夕法尼亚亚纪至乌拉尔世.椭圆斜羽叶(*Plagiozamites oblongifolius*)在华北曾被报道于乌拉尔统山西组、瓜德鲁普统下石盒子组.齿叶属(*Tingia*)主要见于宾夕法尼亚亚纪至乐平世,*Tingia*的出现也标志着华夏植物群早期演化阶段的开始.齿叶属与斜羽叶属区别在

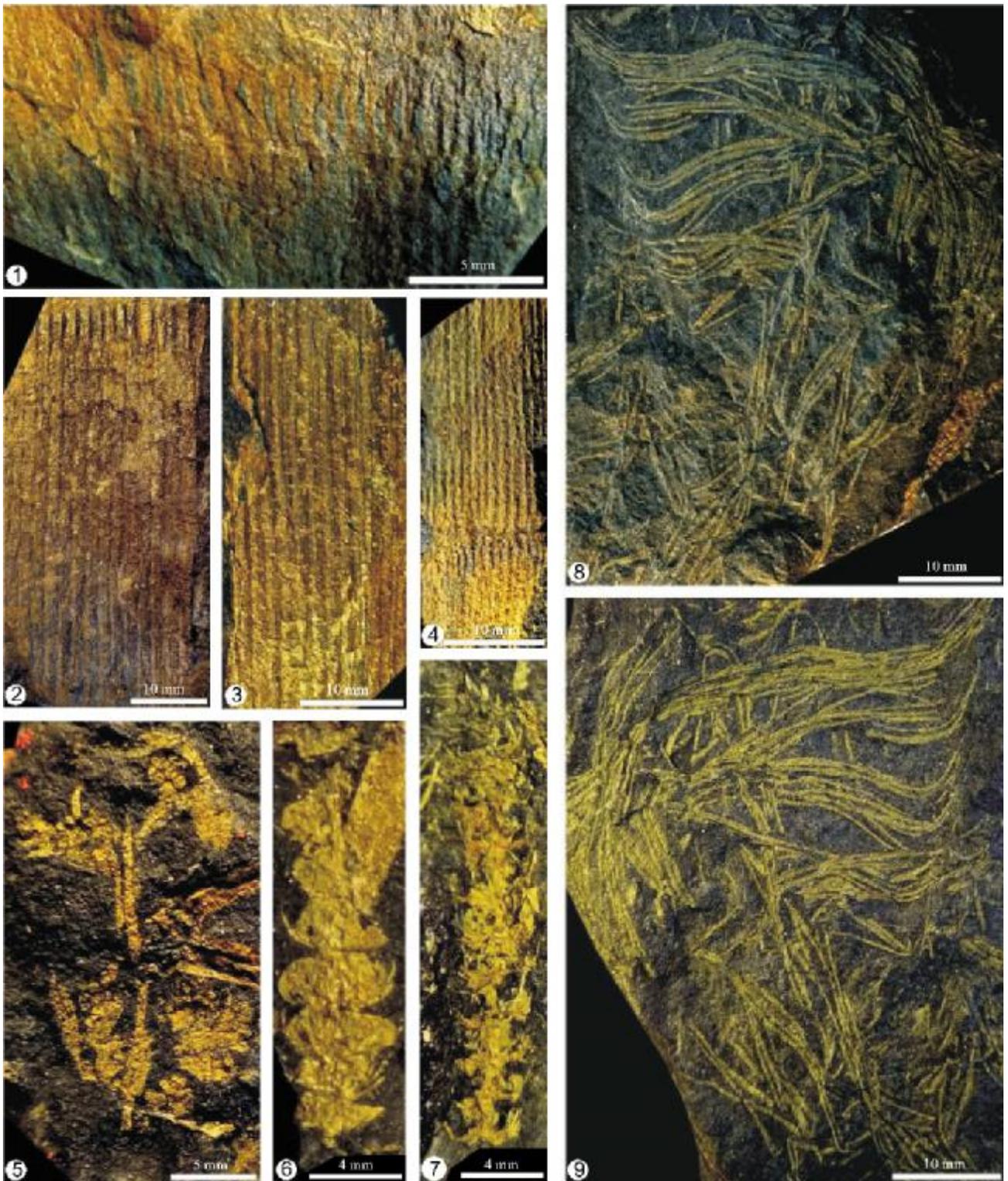


图 4 酒局子组木贼目植物化石照片

Fig. 4 Photographs of Equisetales fossils from Jiujuzi Formation

1、2、3—细尖芦木 *Calamites cistii* Brongn., 标本号 (sample Nos.) SHHS1-20, SHHS1-16, SHHS1-1; 4—细尖中芦木 *Mesocalamites cistiformis* Stur, 样品号 (sample No.) SHHS1-2; 5、6、7—疏苞古芦穗 *Palaeostachya rhabda* Gu et Zhi, 样品号 (sample Nos.) SHHS1-3, SHHS1-17, SHHS1-3; 8、9—敖汉星叶 *Asterophyllites aohanensis* Huang, 样品号 (sample No.) SHHS1-5, SHHS1-30

于后者两侧叶脉呈放射状展开,与侧边斜交,且叶不呈4行排列.本次发现的石炭齿叶(*Tingia carbonica*)在华北、内蒙古、东北南部等地区宾夕法尼亚亚纪至乌拉尔世地层中有广泛分布(图5).

楔羊齿属(*Sphenopteris*)出现于晚泥盆世以后的各地质时代,我国乌拉尔世发现较多,国外宾夕法尼亚亚纪最繁盛.内蒙楔羊齿(*Sphenopteris neimengensis*)首次被描述于敖汉旗小井子地区酒局子组中,该种的主要特征是小羽片分裂成3~5个细裂片.壮楔羊齿(*Sphenopteris firmata*)迄今仅被报道于石盒子群,时代为瓜德鲁普世,其特征为孢子囊群不规则地生于侧脉

上,大致呈圆形.简脉楔羊齿(星囊蕨)*Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides*常见于内蒙古、河北、山西等地宾夕法尼亚亚系至瓜德鲁普统(图5).翁氏楔羊齿(*Pecopteris wongii*)常见于华北地区乌拉尔统一瓜德鲁普统,在敖汉旗水泉乌拉尔统黄岗梁组中也有过报道,国外常见于宾夕法尼亚亚纪地层中.基连楔羊齿(*Pecopteris moneyi*)产于河北开平宾夕法尼亚亚纪开平组,在敖汉旗水泉酒局子组为首次发现.肯多勒栉羊齿(*Pecopteris candolleana*)产于辽宁太原群下部宾夕法尼亚亚系,在本区也属首次发现(图4).织羊齿未定种(*Emplectopteris* sp.),该属在国内常出现在乌拉尔



图5 酒局子组瓢叶目、科达纲植物化石照片

Fig. 5 Photographs of Noeggerathiales and Cordaitopsida fossils from Jiujuzi Formation

1-6—石炭齿叶 *Tingia carbonica* (Schenk) Halle, 标本号(sample Nos.) SHHS2-1, SHHS2-3, SHHS2-22, SHHS2-26, SHHS2-19, SHHS2-5;
7—首要科达 *Cordaites principalis* (Germ.) Gein., 标本号(sample No.) SHHS1-13

世地层中,国外宾夕法尼亚亚纪地层中也有报道.黄本宏^[17]在内蒙古镶黄旗乌拉尔世植物群中报道一个新种——最小织羊齿(*Emplectopteris minima*),与本次发现的标本有一点相似,但前者小羽片为舌形,当前标本小羽片是典型的三角形,且该属是华夏植物群的典型分子.

科达属(*Cordaites*)主要见于晚古生代的石炭纪—二叠纪^[18-19],其中首要科达(*Cordaites principalis*)(图5)在邻区克什克腾旗乐平统铁营子组中曾有过报道.

拴马桩组由孙健初创建于乌拉特前旗拴马桩沟,现已发现植物化石至少10属13种,以富含*Neuropteris*,*Asterophyllites*,*Lepidodendron*和*Calamites cystii*为特征,斯行健^[20]将其时代确定为宾夕法尼亚亚纪,并根据其中的特征分子确定沉积时限属Westphalian-Stephanian期.与当前植物群相比,两植物群中所含特征分子大致相同,似可反映两者沉积时代相近.虽然拴马桩植物群中出现部分*Lepidodendron*,但很可能是在形态各异、大小不等的山间盆地沉积环境下的产物.

从酒局子组植物化石属种的地理和地质时代的分布实例中不难看出,有些属种是从密西西比亚纪就已出现,而个别属种在中国也可以上延至乌拉尔世,甚至乐平世,但是,绝大多数的属种分布于宾夕法尼亚亚纪.所以酒局子组的时代应当归于宾夕法尼亚亚纪.

3 古环境分析

如前所述,在内蒙古赤峰市敖汉旗酒局子组中发现的化石共有12属18种,包括楔叶类、木贼类、瓢叶类、真蕨和种子蕨类及科达类等,展示了宾夕法尼亚亚纪内陆型亚热带—暖温带植物群面貌.本区植物群代表分子为*Pecopteris (Asterotheca) hemitelioides*和*Cordaites principalis*,均为晚古生代华夏植物群常见分子或代表分子,表明本区在宾夕法尼亚亚纪时应属华夏植物地理大区^[21-22].植物群中发现高大的科达类,并有大量反映热带、亚热带气候的真蕨和种子蕨类,显示该区当时应处于亚热带—暖温带雨量充沛的湿热环境.

致谢:本文化石由中国地质调查局沈阳地质调查中心郑少林研究员鉴定,在此对郑少林先生及匿名评审专家表示衷心感谢.

参考文献(References):

- [1]李文国. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-344.
Li W G. Stratigraphy (lithostratic) of Nei Mongol Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 1-344. (in Chinese)
- [2]吉林省区域地层表编写组. 东北地区区域地层表[M]. 北京: 地质出版社, 1978.
Editorial Committee of the Regional Stratigraphy of Jilin Province. Regional stratigraphic chart of NE China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1978. (in Chinese)
- [3]田树刚, 李子舜, 王峻涛, 等. 内蒙古东部及邻区石炭纪—二叠纪构造地层格架与形成环境[J]. 地质通报, 2012, 31(10): 1554-1564.
Tian S G, Li Z S, Wang J T, et al. Carboniferous-Permian tectonic and stratigraphic framework of eastern Inner Mongolia as well as adjacent areas and its formation environment[J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(10): 1554-1564.
- [4]李星学. 中国晚古生代陆相地层[M]. 北京: 科学出版社, 1963: 1-168.
Li X X. Late Paleozoic continental strata in China [M]. Beijing: Science Press, 1963: 1-168. (in Chinese)
- [5]李星学, 周志炎, 蔡重阳, 等. 中国地质时期植物群[M]. 广州: 广东科技出版社, 1995: 94-221.
Li X X, Zhou Z Y, Cai C Y, et al. Flora in geological periods of China [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995: 94-221. (in Chinese)
- [6]孙跃武, 丁海生, 刘欢, 等. 华北板块北缘中二叠统于家北沟组植物化石及其大地构造意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(5): 1268-1283.
Sun Y W, Ding H S, Liu H, et al. Fossil plants from the Guadalupian Yujiabeigou Formation in the north margin of North China plate and their tectonic implications [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2016, 46(5): 1268-1283.
- [7]董黎阳, 史建儒, 姬书安, 等. 山西阳泉中二叠统上石盒子组中发现锯齿龙类化石[J]. 中国地质, 2020, 47(2): 538-539.
Dong L Y, Shi J R, Ji S A, et al. The discovery of *Pareiasaurs* fossils in Middle Permian Shangshihezi Formation of Yangquan, Shanxi Province [J]. Geology in China, 2020, 47(2): 538-539.
- [8]刘森, 李伟, 陈井胜, 等. 内蒙古敖汉旗丰收地区酒局子组层序地层[J]. 地质与资源, 2016, 25(3): 213-217.
Liu M, Li W, Chen J S, et al. Sequence stratigraphy of Jiujuzi Formation in Fengshou area of Aohan Qi, Inner Mongolia [J]. Geology and Resources, 2016, 25(3): 213-217.
- [9]陈井胜. 赤峰地区晚古生代—早中生代花岗岩成因及其构造意义[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
Chen J S. Petrogenesis of the Late Paleozoic to Early Mesozoic granitic

- from the Chifeng region and their tectonic implication[D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [10]李斌,刘森,陈井胜,等.内蒙古赤峰敖汉地区酸性火山岩的形成时代、地球化学特征及其意义[J].地球科学,2019,44(10):3378-3392.
- Li B, Liu M, Chen J S, et al. Geochronology and geochemical characteristics of acid volcanic rocks in Aohan area, Inner Mongolia [J]. Earth Science, 2019, 44(10): 3378-3392.
- [11]吕红达,王师捷,徐仲元,等.内蒙古温都尔庙地区晚古生代石炭系沉积背景:沉积岩石学、古生物学及锆石 U-Pb 测年证据[J].世界地质,2019,38(2):322-338.
- Lv H D, Wang S J, Xu Z Y, et al. Sedimentary background of Late Paleozoic Carboniferous in Ondor Sum, Inner Mongolia: Evidence from sedimentary petrology, paleontology and zircon U-Pb dating[J]. Global Geology, 2019, 38(2): 322-338.
- [12]赵亮,邢德和,陈井胜,等.内蒙古敖汉旗良兑营子地区三面井组层序地层[J].世界地质,2015,34(1):97-101.
- Zhao L, Xing D H, Chen J S, et al. Sequence stratigraphy features of Sanmianjing Formation in Genduiyingzi area of Aohan Banner, Inner Mongolia[J]. Global Geology, 2015, 34(1): 97-101.
- [13]中国科学院南京地质古生物研究所.中国植物化石(第一册):中国古生代植物[M].北京:科学出版社,1974:1-277.
- Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences. Fossil plants of China: Paleozoic plants of China [M]. Beijing: Science Press, 1974: 1-277. (in Chinese)
- [14]王鸿祯.中国古地理图集[M].北京:地图出版社,1985.
- Wang H Z. Atlas of palaeogeographic of China[M]. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1985. (in Chinese)
- [15]郭胜哲.大兴安岭及邻区石炭—二叠纪地层和生物古地理[J].地质与资源,2012,21(1):59-66.
- Guo S Z The Carboniferous-Permian strata and biological paleogeography of Daxinganling and its adjacent areas[J]. Geology and Resources, 2012, 21(1): 59-66.
- [16]沈阳地质矿产研究所.东北地区古生物图册(一):古生代分册[M].北京:地质出版社,1980.
- Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources. Paleontological atlas of Northeast China: Paleozoic volume[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980. (in Chinese)
- [17]黄本宏.大兴安岭中部上二叠统及植物化石[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊.沈阳:辽宁科学技术出版社,1986,14:99-111.
- Huang B H. The Upper Permian and fossil plants in central Da Hinggan Ling Range [C]//Bulletin of the Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing House, 1986,14: 99-111.
- [18]韩建修,郭胜哲,马秀,等.大兴安岭南部中、晚石炭世地层[J].地层学杂志,1979,3(3):214-224.
- Han J X, Guo S Z, Ma X, et al. Middle and Late Carboniferous strata in southern Daxinganling[J]. Acta Stratigraphica Sinica, 1979, 3(3): 214-224. (in Chinese)
- [19]张允平,那福超,宋维民,等.对东北地区古生代几个重要时段地层古生物信息的区域构造学思考[J].地质与资源,2021,30(1):1-13.
- Zhang Y P, Na F C, Song W M, et al. Regional tectonic implication of the Paleozoic stratigraphic paleontology information in Northeast China[J]. Geology and Resources, 2021, 30(1): 1-13.
- [20]斯行健.中国古生代植物图鉴[M].北京:中国科学院出版社,1953:1-252.
- Si X J. Paleozoic phytography of China [M]. Beijing: Chinese Academy of Sciences Press, 1953: 1-252. (in Chinese)
- [21]孙革.山西保德早二叠世 *Cordaites baodeensis* sp. nov. 叶表皮构造及 *Cordaites* 分类探讨[J].古生物学报,1991,30(2):167-185,281-286.
- Sun G. Cuticle of *Cordaites baodeensis* sp. nov. from Lower Permian of Baode, NW Shanxi, China with discussion on taxonomy of *Cordaites* [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1991, 30(2): 167-185, 281-286.
- [22]陈旭,阮亦萍, A.J. 布科. 中国古生代气候演变[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- Chen X, Ruan Y P, Boucot A J. Paleozoic climate evolution in China [M]. Beijing: Science Press, 2001. (in Chinese)