

文章编号:1004-4116(2022)02-0001-07

甘肃宝积山盆地屈囊蕨属植物化石 及其古环境意义

杨国林¹, 彭 措², 李 军³, 邓 鹏², 张晓琴², 杨 帆¹

(1. 兰州城市学院 培黎石油工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃地质博物馆, 甘肃 兰州 730010;
3. 兰州城市学院 城市环境学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 植物化石记录了丰富的古气候和古环境信息, 为研究地史时期气候变迁、古环境重建提供了依据。2018年在甘肃白银宝积山盆地中侏罗统窑街组采集到了屈囊蕨属植物叶片化石。通过对当前标本的宏观形态学特征研究, 将其归于山西屈囊蕨(*Gonatosorus shansiensis*)。屈囊蕨属在中国发现的化石记录较少, 该属化石在甘肃宝积山盆地首次发现。现生蚌壳蕨科植物生长在温暖潮湿的环境中, 推测甘肃宝积山盆在中侏罗世为温暖潮湿的环境。屈囊蕨属植物在中侏罗世的分布区为华北地区和西北地区中部, 到早白垩世逐渐转移到东北地区, 反应出逐渐向北推进的演化趋势。

关键词: 甘肃白银; 宝积山盆地; 中侏罗世; 屈囊蕨属; 古环境

中图分类号: P534

文献标志码: A

1 引言

人类生存的环境与全球环境变化息息相关, 环境变化已经成为地学界研究的热点内容之一^[1]。对全球古环境变化的研究, 可为认识当前环境变化以及预测未来趋势提供重要依据^[1-3]。地球生态系统主要的组成部分之一就是陆生植物, 其生物特征记录了生存环境的信息, 研究地质历史时期的植物化石能够为推测古环境变化提供古生物学方面的信息^[2-18]。

蚌壳蕨科原系桫欏科的一亚科, 因囊群着生位置不同而独立成科^[19]。屈囊蕨属是蚌壳蕨科的一个属, 其特征是蕨叶二次羽状分裂, 营养叶与生殖叶区别不大。中轴细, 羽片线形互生。小羽片枝脉蕨形, 基部下排小羽片变态呈两瓣状, 实小羽片着生于羽片基部, 单个孢子囊群着生于小羽片前缘基部凹入处, 直径 1 mm 左右^[20]。蚌壳蕨科植物生长在温暖潮湿的气候或生境, 是重建古环境的良好载体^[17]。

宝积山盆地是甘肃省重要的煤矿资源产地, 行政区划位于甘肃省白银市平川区。盆地内中生代地层含有丰富的植物化石, 前人对该盆地的植物化石进行了研究^[12-13, 21-24]。阎同生等^[22]对晚三叠世植物群进行了研究; 万震等^[23]对舌叶属化石的形态进行了研究; 赵海钧等^[24]对真蕨类化石进行了研究; 刘军等^[11]对茨康叶 *Czekanowskia shiguaiensis* 化石进行了研究; 刘松等^[12]对有节类茎干进行 3 D 恢复的研究; 彭琳等^[14]报道了宝积山盆地中侏罗世叶肢介化石; 陈应权等^[15]报道对阿干镇似银杏 *Ginkgoites aganzhenensis* 化石进行了研究; 刘松等^[13]对遗迹类化石进行了研究; 韩磊等^[25]对苔类化石进行了研究; 幸存林等^[17]对甘肃窑街植物群的地质时代及古地理区系进行了研究。

本文报道了产于甘肃宝积山盆地中侏罗统的屈囊蕨属化石。该属植物化石在甘肃宝积山盆地发现尚属首次, 为研究屈囊蕨属在中国地史时期的分布提供了新材料, 对研究该类植物的地理分布和多样性提供了相关证据。

收稿日期: 2021-10-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41901066)、兰州城市学院博士科研启动基金项目(LZCU-BS2018-11)、甘肃省古生物化石调查研究及数据库建设项目和兰州城市学院 2022 年大学生创新创业训练计划项目(DC2022091)联合资助

作者简介: 杨国林(1985 ~), 男, 甘肃秦安人, 副教授, 博士研究生, 研究方向为古植物与环境变化。E-mail: yangguolinmm@163.com

2 地质地理概况

研究区行政区划位于甘肃省白银市平川区(图 1),化石采集于宝积山盆地,该盆地的地理坐标范围为 104°47′~105°00′E,36°40′~36°50′N。盆地大地构造位置隶属北祁连加里东褶皱带东段,呈 NW—SE 向展布,为内陆山间断陷盆地^[12-13,15,23]。

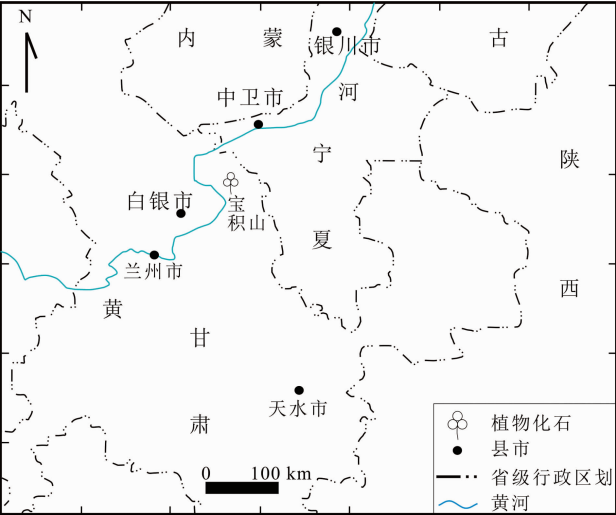


图 1 甘肃宝积山盆地化石采集点位置图
Fig. 1 Geographical location of the Baojishan Basin in Gansu Province

由于北半球潮湿气候带的北移以及晚三叠世印支运动引起的海退,形成了我国早、中侏罗世以内陆湖盆为主的聚煤盆地,宝积山盆地为该时期的具代表性的聚煤盆地^[15]。按岩石组合和沉积特征对该盆地早中生代地层进行划分,自下而上可划分为南营儿组、大西沟组、窑街组、新河组^[11,14-15,26-27]。其中,窑街组与下伏地层大西沟组呈不整合接触,是该盆地的主要含煤层位^[11,26,28]。本文化石采集层位位置如图 2。

窑街组由老到新划分为 3 个岩段:砂砾岩段、含煤页岩段和砂泥岩段,砂砾岩段主要为灰色块状砂岩、局部夹灰色石英砂岩、粉砂岩,含煤页岩段主要为灰白色薄层页岩与深灰色、灰白色细砂岩,砂泥岩段为灰绿色、灰黄色细砂岩、粉砂岩与泥岩互层^[11,26,28]。

研究表明该地区中生代化石种类较多,已发现的植物化石有松柏类、银杏类、真蕨类和茨康类等;动物化石有腹足类、昆虫、鱼、介形类和双壳类等,其

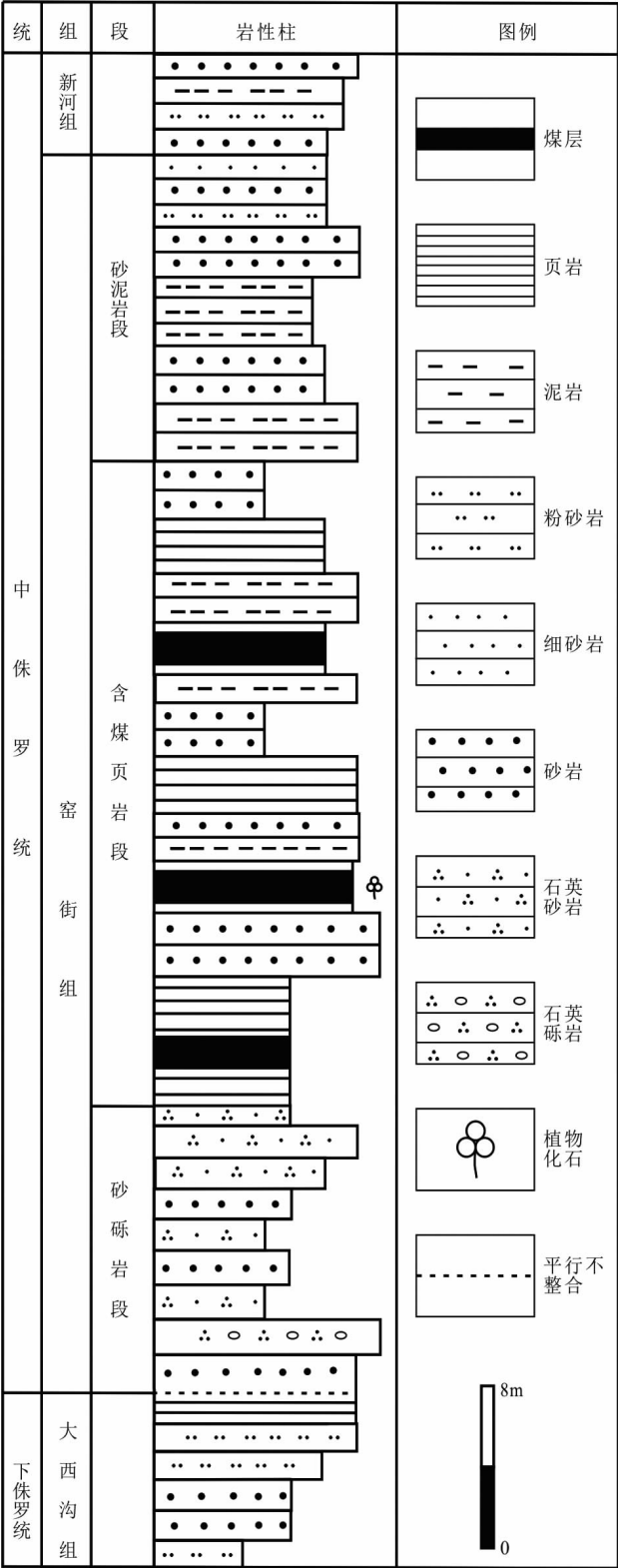


图 2 宝积山盆地中侏罗统窑街组地层柱状图
(据[11],略修改)

Fig. 2 Stratigraphic column of Middle Jurassic Yaojie Formation in Baojishan Basin
(modified from Liu et al., 2016)

中窑街组所含化石最为丰富^[29-31]。

3 材料与方法

3.1 化石材料

当前植物化石标本均采自甘肃省白银市平川区宝积山盆地。

3.2 研究方法

(1)形态观察和描述

描述植物化石标本的形态特征，对植物化石特征进行详细描述并制作图版。

(2)化石分类鉴定

参照化石图册对植物化石标本进行分类与鉴定,确定其属种名。

(3)最近亲缘种分析法

最近亲缘种分析法 (Nearest living Relatives)是根据化石种类的现存最近亲缘种类的生长条件来推测对应的化石种类生长的条件的方法^[5]。

4 描述

真蕨目 Filicales

蚌壳蕨科 Dicksoniaceae

屈囊蕨属 *Gonatosorus Raciborski*, 1984

山西屈囊蕨 *Gonatosorus shansiensis* (Size) Wang

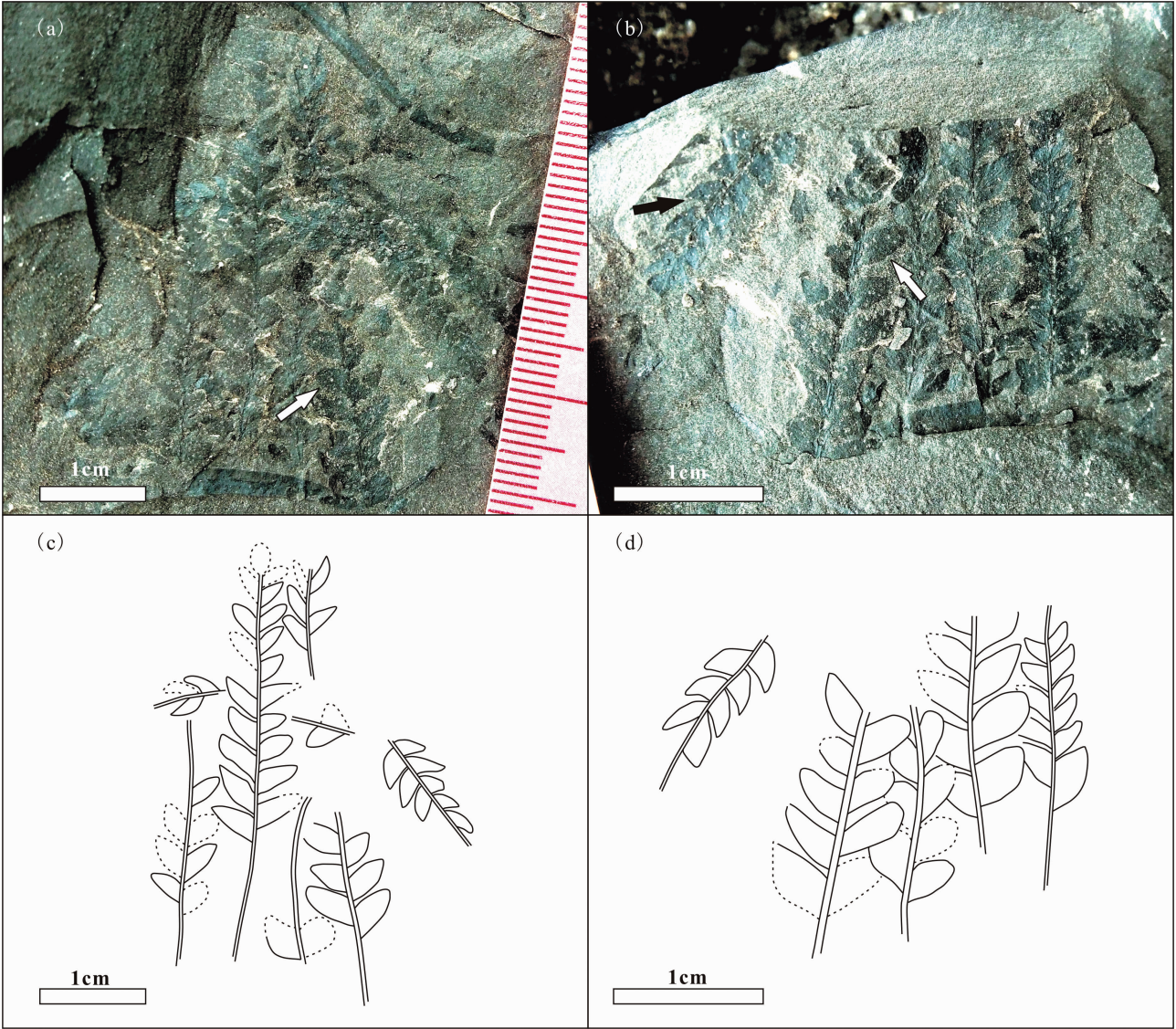


图 3 甘肃宝积山盆地屈囊蕨属植物化石
Fig. 3 Fossils of *Gonatosorus* from Baojishan Basin, Gansu Province

表 1 蚌壳蕨科相关属枝叶形态特征对比
Table 1 The discovered genera of Dicksoniaceae

属	种	蕨叶	羽轴夹角 (°)	小羽片		文献
				叶缘	形状	
锥叶蕨属 <i>Coniopteris</i>	北极锥叶蕨 <i>Coniopteris arctica</i> (Prynada) Samylna	二次羽状分裂及以上	35 ~ 60	浅裂成 3 ~ 4 个裂片	长卵形、菱形	[32]
	北京锥叶蕨 <i>Coniopteris beijingensis</i> Chen et Dou	二次羽状分裂	40 ~ 60	边缘浑圆或浅裂片状	纵菱形	[33]
	奇丽锥叶蕨 <i>Coniopteris spectabilis</i> Brick	二次羽状分裂	45 ~ 65	深裂为三对裂片	披针形或线形	[34]
	布列亚锥叶蕨 <i>Coniopteris burejensis</i> (Zalessky) Seward	二次羽状分裂	35 ~ 60	浅裂或微波状	长卵形	[34]
	美丽锥叶蕨 <i>Coniopteris bella</i> Harris	二次羽状分裂	> 70	或深或浅地分裂为 3 ~ 7 个小裂片	菱形或卵圆形	[35]
	尼勒克锥叶蕨 <i>Coniopteris nikaensis</i> Zhang	二次羽状分裂	45 ~ 50	浅裂和半深裂	线形	[36]
	甘肃锥叶蕨 <i>Coniopteris gansuensis</i> Cao et Zhang	二次羽状分裂及以上	50 ~ 60	分裂	披针形或线形	[37]
	西坡锥叶蕨 <i>Coniopteris xipoensis</i> Yang	二次羽状分裂	30 ~ 50	边缘波状或浅裂为 3 ~ 5 个裂片	披针形	[29]
	膜蕨型锥叶蕨 <i>Coniopteris lymenop hylloides</i> Brongniart	二次羽状分裂	65 ~ 80	较圆形的小裂片	披针形或线形	[34]
	穆雷锥叶蕨 <i>Coniopteris murayana</i> (Brongniart) Brongniart	二次羽状分裂及以上	35 ~ 50	深裂成 2 ~ 3 对卵形裂瓣	菱形至长卵形	[34]
	雅致锥叶蕨类 <i>Coniopteris concinna</i> (Heer) Chen, Li et Ren	二次羽状分裂	50 ~ 70	分裂成 2 ~ 4 个裂片	卵形	[32]
	瓦式锥叶蕨 <i>Coniopteris Vachrameevii</i> Vassilevskaja	二次羽状分裂及以上	45	分裂成 2 ~ 3 个裂片	斜菱形	[38]
蚌壳蕨属 <i>Dicksonia</i>	大同锥叶蕨 <i>Coniopteris tatungensis</i> Sze	二次羽状分裂及以上	45 ~ 50	深裂为细线形的小裂片	卵形	[39]
	北极蚌壳蕨 <i>Dicksonia arctica</i> (Prynada) Krassilov	二次羽状分裂及以上	45 ~ 65	分裂	卵形	[40]
	西拉普蚌壳蕨 <i>Dicksonia silapensis</i> (Prynada) Meng et Chen	三次羽状分裂及以上	30 ~ 50	分裂出刺状裂齿	披针形	[40]
爱博拉契蕨属 <i>Eboracia</i>	裂叶爱博拉契蕨 <i>Eboracia lobijfolia</i> (Phillips) Thomas	二次羽状分裂及以上	50 ~ 90	呈波状或全缘	卵圆形	[34]
	康苏爱博拉契蕨 <i>Eboracia kansuensis</i> Zhang	二次羽状分裂及以上	40 ~ 50	分裂成 3 ~ 4 个裂片	圆卵形或椭圆形	[36]
刺蕨属 <i>Acanthopteris</i>	尖叶刺蕨 <i>Acanthopteris acutata</i> (Samylna) Zhang	三次羽状分裂	20 ~ 65	全缘或浅裂	窄线形	[41]
	具翼刺蕨 <i>Acanthopteris alata</i> (Fontaine) Zhang	三次羽状分裂	45	边缘裂缺	线形	[41]
	高腾刺蕨 <i>Acanthopteris gothani</i> Sze	二到三次羽状分裂	45	4 ~ 10 对或更多的前指三角形裂片	披针形或线形	[32]
屈囊蕨属 <i>Gonatosorus</i>	山西屈囊蕨 <i>Gonatosorus shansiensis</i> (Sze) Wang	二次羽状分裂	40 ~ 70	叶全缘	卵圆形至圆三角形	[20]
		一或二次羽状复叶	39 ~ 54	叶全缘	卵形、镰刀形	当前化石

1984 *Gonatosorus shansiensis*, 王自强, 页 245, 图版 132, 图 6, 11 ~ 13^[20]

描述:当前化石标本共二块,为叶片压型化石,为一段裸羽片。羽片线形。无柄叶,单叶,一次或二次羽状复叶。末次羽片长 0.6 ~ 3.7 cm,宽 0.4 ~ 0.8 cm,向上狭缩,顶端尖锐,羽轴纤细,宽为 1.5 mm,自羽轴以 39° ~ 54°角伸出。羽片互生或近对生。小羽片卵形(图 3 a、b 白色箭头)、镰刀形(图 3 b 黑色箭头),长 3.05 ~ 10.58 mm,宽 1.32 ~ 6.70 mm,叶全缘,边缘全缘,下侧边外凸,上侧边内凹,顶端尖锐,互生,排列紧挤,彼此接触,与轴成 30° ~ 45°角,基部微下延(图 3)。中脉细弱,弯曲伸展至顶部消散(图 3 b、d)。生殖羽片不明。

对比与讨论:由于蚌壳蕨科的囊群着生于叶的边缘而独立成科,该科有五个属,分别为:锥叶蕨属 *Coniopteris*、蚌壳蕨属 *Dicksonia*、爱博拉契蕨属 *Eboracia*、刺蕨属 *Acanthopteris* 和屈囊蕨属

Gonatosorus^[19]。锥叶蕨属的蕨叶至少三次羽状分裂,小羽片浅裂或微波状或深裂,而当前标本一次或二次羽状分裂并且小羽片全缘。蚌壳蕨属小羽片呈波状或深裂,而当前标本一次或二次羽状分裂并且小羽片全缘。爱博拉契蕨属的蕨叶至少二次羽状分裂,小羽片呈波状或深裂,而当前标本一次或二次羽状分裂并且小羽片全缘。刺蕨属蕨叶至少两次羽状分裂,而当前标本一次或二次羽状分裂并且小羽片全缘。屈囊蕨属的蕨叶二次羽状分裂,小羽片全缘,与当前标本一致(表 1)。因此,将当前标本归于蚌壳蕨科屈囊蕨属。

产地与层位:白银宝积山,窑街组含煤页岩段。

在早白垩世,蚌壳蕨科植物以温暖潮湿的西伯利亚—加拿大区为分布中心,在热带、亚热带或较干旱地区罕见^[17]。屈囊蕨属主要分布于北半球侏罗纪至早白垩世地层中^[19]。屈囊蕨属在中国共发现了 4 个种,分别为:大煤沟屈囊蕨 *G. dameigouensis*、克托娃屈囊蕨 *G. ketova*、裂瓣屈囊蕨 *G. lobifolius*

表 2 *G. shansiensis* 与其相似种类形态特征的比较
Table 2 The frond morphology of *Gonatosorus shansiensis* and other similar species

分类	蕨叶	羽片	羽轴夹角(°)	小羽片		文献
				形状	叶缘	
大煤沟屈囊蕨 <i>G. dameigouensis</i>	一次羽状分裂	线形	30 ~ 45	长三角形	边缘直或微波状	[34]
克托娃屈囊蕨 <i>G. ketova</i>	一次羽状分裂	线形	40 ~ 60	三角形	边缘直或微波状	[20]
裂瓣屈囊蕨 <i>G. lobifolius</i>	一次羽状分裂	线形至长披针形	80	舌形	边缘直或微波状	[34]
山西屈囊蕨 <i>G. shansiensis</i>	二次羽状分裂	线形	40 ~ 80	卵圆至圆三角形	全缘	[20]
山西屈囊蕨 <i>G. shansiensis</i>	一次或二次羽状分裂	线形	39 ~ 54	卵形、镰刀形	叶全缘	当前化石

和山西屈囊蕨 *G. shansiensis* (表 2)。当前标本小羽片叶全缘,与屈囊蕨属 4 个属种的山西屈囊蕨 *G. shansiensis* 一致,因此把当前化石归于山西屈囊蕨 *G. shansiensis*。

5 古环境分析

5.1 地层范围及其意义

屈囊蕨属在中国发现的化石记录较少,该属化石在甘肃宝积山盆地发现属首次。研究表明屈囊蕨属只在中侏罗世(J₂)和早白垩世(K₁)存在^[19](图 4)。中生代屈囊蕨属植物仅分布于中国的北方地区,南方地区没有发现记录^[17]。

5.2 古气候分布格局

辛存林等^[17]研究发现中国屈囊蕨属植物在中侏

罗世的分布区为华北地区和西北地区中部,到早白垩世逐渐转移到东北地区,表现出逐渐向北推进的趋势,这可能与环境变化有关。另外,屈囊蕨属植物表现出逐渐向北推进的趋势,还可能与燕山运动有关。燕山运动发育了一系列相互平行的 NNE 向巨型伸展带及裂谷或断陷盆地群^[17]。早白垩世末期,区域性伸展和裂谷环境辐射到东北亚俄罗斯远东地区,为屈囊蕨属植物向东北方迁移提供了通道^[17]。研究表明早、中侏罗世中国的北方向温暖湿润的气候转变,中侏罗世后期到晚侏罗世乃至早白垩世早期全国普遍干旱或半干旱,而东北的局部则例外^[42]。

蕨类植物在进化上具有保守性,植物对某种特定的气候类型具有稳定的适应现象^[43]。现生蚌壳蕨科植物生长在温暖潮湿的环境或气候中,此次在甘肃宝积山盆地中侏罗统中发现该属化石,反映该盆

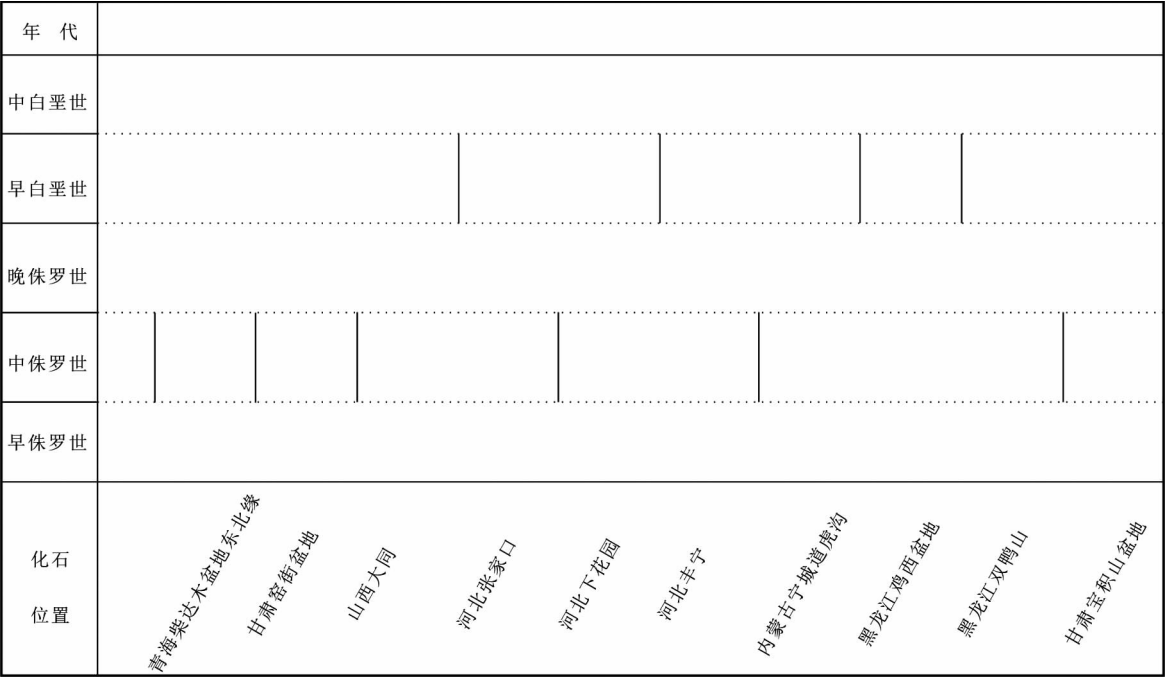


图 4 中国各地屈囊蕨属的地层范围

Fig. 4 Stratigraphic ranges of *Gonatosorus* from various parts of China

地在中侏罗世为温暖潮湿的环境，与前人的研究结果一致^[11,15,17]。蚌壳蕨科植物繁盛于中侏罗世,此时该属种植物具有广阔的生境，中国北方为湿润—半湿润的暖温带、亚热带气候,而南方则为干旱—半干旱气候^[42]。

6 结论

- (1)甘肃宝积山盆地中侏罗世的植物化石鉴定为山西屈囊蕨 *Gonatosorus shansiensis* (Size) Wang。
- (2)推测了甘肃宝积山盆地在中侏罗世为温暖潮湿的环境。
- (3)屈囊蕨属植物在中侏罗世的分布区为华北地区和西北地区中部，到早白垩世逐渐转移到东北地区,反应出逐渐向北推进的演化趋势。

参 考 文 献

[1] 张立. 甘肃宝积山盆地中生代早中期木贼类、银杏类化石研究及其古环境意义[D]. 兰州:兰州大学,2019:1-71

[2] Guolin Yang,Beizhan Feng,Fengjun Zheng,et al. New evidence of Early Cretaceous petrified wood in Yumen,north -western Gansu,China and its palaeogeographical implication[J]. Historical Biology,2019,33(4):1-6

[3] Lingqi Zhou,Cuo Peng,Peng Deng,et al. New records of Early Cretaceous petrified wood in Yumen,northwestern Gansu

Province,China and their palaeoclimatic implications [J]. Palaeoworld,2020,30(3):503-514

[4] Mcelwain J C,Chaloner W G. The fossil cuticle as a skeletal record of environmental change[J]. PALAIOS,1996,11(4):376-388

[5] Chaloner W G,Mcelwain J. The fossil plant record and global climatic change [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1997,95(1):73-82

[6] Bainian Sun,Dilcher D L,Berling D J. Variation in Ginkgo biloba L. leaf characters across a climatic gradient in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2003,100:7141-7146

[7] Royer D L,Berner R A,Montanez I P. CO₂ as a primary driver of Phanerozoic climate[J]. GSA Today,2004,14(3):1-4

[8] Beerling D J,Bemner R A. Feedbacks and the coevolution of plants and atmospheric CO₂ [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2005,102(5):1302-1305

[9] Sanping Xie,Bainian Sun,Defei Yan. Leaf cuticular characters of Ginkgo and implications for paleoatmospheric CO₂ in the Jurassic [J]. Progress in Natural Science,2006,16(sup1):258-263

[10] Defei Yan,Bainian Sun,Sanping Xie,et al. Response to paleoatmospheric CO₂ concentration of Solenites vimineus (Phillips) Harris (Ginkgophyta) from the Middle Jurassic of the Yaojie Basin,Gansu Province,China [J]. Science in China Series D: Earth Sciences,2009,52(12):2029-2039

[11] 刘军,马利涛,彭琳,等. 甘肃宝积山盆地中侏罗世石拐茨康叶表皮构造及古环境意义[J]. 世界地质,2016,35(04):909-919

- [12] 刘松,王天姿,陈应权,等. 甘肃宝积山盆地晚三叠世 2 种有节类茎干 3D 形态恢复 [J]. 兰州大学学报 (自然科学版), 2016,52(4):434-439 + 446
- [13] 刘松,曾宪官,陈应权,等. 甘肃宝积山盆地上三叠统 Skolithos 遗迹化石研究[J]. 甘肃地质,2017,26(2):1-6
- [14] 彭琳,杨涛,刘军,等. 甘肃宝积山盆地中侏罗统两种真叶肢介化石[J]. 甘肃地质,2016,25(04):1-6 + 49
- [15] 陈应权,马利涛,彭琳,等. 甘肃宝积山盆地中侏罗世阿干镇似银杏(*Ginkgoites aganzhenensis* Yang)的古环境意义[J]. 沉积学报,2017,35(01):57-66
- [16] Foster G L, Royer D L, Lunt D J. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years[J]. Nature Communications, 2017, 8(1):141-163
- [17] 辛存林,王露茜,季健健,等. 甘肃窑街植物群的地质时代及古地理区系研究[J]. 地质学报,2019,93(2):302-316
- [18] 王军,任文秀,李通国,等. 青藏高原北缘玉门红柳峡硅化木成因及其揭示的早白垩世构造及环境[J]. 地球科学, 2020,45(11):4143-4152
- [19] 孙克勤,崔金钟,王士俊. 中国化石植物志(第二卷)中国化石蕨类植物[M]. 北京:高等教育出版社,2010:179-295
- [20] 王自强. 植物界. 见:地质矿产部天津地质矿产研究所. 华北地区古生物图册(二),中生代分册[M]. 北京:地质出版社,1984:223-302
- [21] 孙柏年,许敬龙. 宝积山一磁窑矿区三叠系火山岩中植物化石的发现[J]. 兰州大学学报,1988,24(6):166
- [22] 阎同生. 甘肃省宝积山晚三叠世植物群与古地理研究 [J]. 地理与地理信息科学,2006,22(1):103-108
- [23] 万震,赵海钧,刘洁,等. 甘肃宝积山盆地上三叠统舌叶属化石形态模型建立初探[J]. 甘肃地质,2013,22(2):33-37
- [24] 赵海钧,马福军,赵鑫,等. 甘肃宝积山盆地晚三叠世几种真蕨类化石[C]. 中国古生物学会第十一次全国会员代表大会暨第 27 届学术年会,浙江东阳,2013
- [25] 韩磊,张立,张宇欣,等. 甘肃宝积山盆地晚三叠世苔类植物化石及其意义[C]. 中国古生物学会第十二次全国会员代表大会暨第 29 届学术年会论文摘要集,河南郑州,2018
- [26] 张泓,何宗莲,晋香兰,等. 祁连山东段宝积山一红会煤盆地沉积环境与聚煤规律[J]. 沉积学报,2009,27(4):622-631
- [27] 李菊花,谭志伟,关保国. 靖远煤田宝积山一红会矿区外围赋煤特征及勘查方向研究[J]. 中国煤炭地质,2012,24(7):7-10
- [28] 厉宝贤,徐福祥,马其鸿,等. 甘肃靖远王家山盆地中侏罗世地层[J]. 地层学杂志,1982,6(1):33-40
- [29] 刘子进. 甘肃东部早侏罗世地层及植物群的初步研究 [J]. 西北地质科学,1982,5(5):88-402
- [30] 孙柏年. 兰州窑街煤田中侏罗世植物化石的初步研究 [J]. 兰州大学学报:自然科学版,1986,22(1):113-118
- [31] 孙柏年. 甘肃靖远煤田早中生代植物化石组合序列 [J]. 兰州大学学报:自然科学版,1992,3(3):163-167
- [32] 邓胜徽,陈芬. 中国东北地区早白垩世真蕨类植物[M]. 北京:地质出版社,2001:1-249
- [33] 陈芬. 北京西山侏罗纪植物群[M]. 北京:地质出版社,1984:1-174
- [34] 李佩娟,何元亮,吴向武. 青海柴达木盆地东北缘早、中侏罗世地层及植物群[M]. 南京:南京大学出版社,1988:48-76
- [35] 米家榕,孙春林,孙跃武,等. 冀北辽西早、中侏罗世植物古生态学及聚煤环境[M]. 北京:地质出版社,1996:1-169
- [36] 张泓,孙柏年. 植物新种描述. 见:张泓,等. 中国西北侏罗纪含煤地层与聚煤规律[M]. 北京:地质出版社,1998,1-417
- [37] 曹正尧,张亚玲. 甘肃侏罗系 *Coniopteris* 一新种[J]. 古生物学报,1996(02):241-247+260-262
- [38] 任守勤,陈芬. 内蒙古海拉尔五九煤盆地早白垩世大磨拐河组植物化石[J]. 古生物学报,1989,28(5):634-641
- [39] 顾道源. 蕨类植物门. 见:新疆石油管理局地质调查处,新疆地质局区域测量大队. 西北地区古生物图册,新疆维吾尔自治区分册(三),中新世部分[M]. 北京:地质出版社,1984,134-159
- [40] 邓胜徽, 任守勤, 陈芬. 内蒙古海拉尔地区早白垩世植物群 [M]. 北京:地质出版社,1997,1-116
- [41] 张武,张志诚,郑少林. 蕨类植物门,裸子植物亚门. 见:沈阳地质矿产研究所. 东北地区古生物图册 (二), 中、新生代分册 [M]. 北京:地质出版社,1980:22-308
- [42] 邓胜徽,卢远征,赵怡,等. 中国侏罗纪古气候分区与演变[J]. 地质前缘,2017,24(1):106-142
- [43] 郝云庆,江洪,余树全,等. 桫欏植物群落区系进化保守性[J]. 生态学报,2009,29(8):4102-4111

(下转第 76 页)

THE PALEOENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE OF *Gonatosorus* FOSSIL FROM MIDDLE JURASSIC IN THE BAOJISHAN BASIN, GANSU PROVINCE

YANG Guo-lin^{1,*}, PENG Cuo², LI Jun³, DENG Peng², ZHANG Xiao-qin², YANG Fan¹

(1. BaiLie School of Petroleum Engineering, Lanzhou City University, Lanzhou 730070, China;

2. Gansu Geological Museum, Lanzhou 730010, China;

3. College of Urban Environment, Lanzhou City University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Plant fossils record abundant information of paleoclimate and paleo-environment, which provides a basis for the study of climate change and reconstruction of paleo-environment in the geohistorical period. Plant fossil specimens of *Gonatosorus* leaves were collected from the Middle Jurassic Yaojie Formation of the Baojishan Basin, Gansu Province in 2018. They were identified as *Gonatosorus shansiensis* (Size) Wang according to the macro-shape characteristics. There are only a few fossils in China, and the fossils of this genus were first discovered in Baojishan Basin, Gansu Province. It is speculated that the Baojishan Basin in Gansu Province was warm and wet during the Middle Jurassic according to the nearest living relatives species of *Dicksoniaceae* grow in a warm and humid environment. The distribution area of the *Gonatosorus* were north China and central Northwest China during the Middle Jurassic, and gradually moved to northeast China during the Early Cretaceous, reflecting the evolution trend of gradually advancing northward.

Key words: Gansu Baiyin; Baojishan Basin; Middle Jurassic; *Gonatosorus*; paleoenvironment