

# 中国西北甘肃地区华夏和安加拉混生植物群 形成机制研究

孙克勤<sup>1</sup>, 刘俊<sup>2</sup>

(1 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083)

2 中国科学院 古脊椎动物与古人类研究所脊椎动物进化系统学重点实验室, 北京 100044)

**摘要:** 系统总结了我国西北甘肃地区晚二叠世华夏和安加拉混生植物群的研究现状和研究进展, 讨论了华夏和安加拉混生植物群的形成机制。早二叠世, 塔里木板块和华北板块向西北运移, 与此同时, 哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块向东南漂移。中二叠世, 华夏古陆沿天山、阴山和大兴安岭一线与西伯利亚古陆碰撞导致古海洋闭合和山脉隆升, 板块的碰撞为华夏植物群和安加拉植物群两者之间提供了“混生”的条件。来自这两个植物群的少数混生分子出现在本区的中二叠世晚期。晚二叠世, 由于塔里木板块和华北板块与哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块碰撞与联合, 从而使华夏古陆和安加拉古陆对接, 形成了华夏和安加拉混生植物群。华夏和安加拉混生植物群的分布模式可以归于陆地生态系统的板块运动、气候分异、环境变化、植物迁移和植物自身演化的结果。

**关键词:** 中国; 甘肃; 二叠纪; 华夏植物群; 安加拉植物群; 形成机制

**中图分类号:** Q914      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-8527(2010)05-0880-08

## Study on the Formative Mechanism of the Mixed Cathaysian-Angaran Floras in Gansu of Northwest China

SUN Keqin<sup>1</sup>, LU Jun<sup>2</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China)

**Abstract:** This paper sums up systematically present situation and recent progress of the mixed Late Permian Cathaysian-Angaran floras in Gansu of Northwest China. The paper discusses the formative mechanism of the mixed Cathaysian-Angaran floras. During the Early Permian, the Tarim Plate together with the North China Plate moved northwestwards, meanwhile, the Kazakhstan and Siberia Plates drifted southeastwards. During the Middle Permian, the Cathaysian continent collided with the Siberian continent along the line from the Tianshan Mountains, Yinshan Mountains and Dahinggan Mountains to cause the closure of an ancient ocean and the uplifting of mountain systems so that the plate collision provided a mixing condition between the Cathaysian flora and the Angaran flora. A few mixed elements of the two floras occurred in the region during the late Middle Permian. The Cathaysian and Angaran continents began to merge with each other due to the collision and connection of the Tarim and North China plates with the Kazakhstan and Siberian plates, which formed the mixed Cathaysian-Angaran floras during the Late Permian. In addition, the distribution patterns of the mixed floras may be due to plate movement, climatic differentiation, environmental change, plant migration and plant evolution in terrestrial ecosystems.

收稿日期: 2010-04-26 改回日期: 2010-06-30 责任编辑: 楼亚儿。

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-YW-BR-07); 国家自然科学基金项目(40972014); 教育部人文社会科学  
研究规划基金项目(09YJA630150); 中国地质大学(北京)人文经管学院资源环境管理实验室开放研究基金项目  
(REM09003)。

作者简介: 孙克勤, 男, 教授, 博士生导师, 1955年出生, 古生物学与地层学专业, 主要从事古植物学等方面的教学与研究工  
作。Email: keqins@cugb.edu.cn

Key words: China, Gansu, Permian, Cathaysian flora, Angaran flora, formative mechanism

## 0 引言

自 20 世纪 30 年代以来, Bexell<sup>[1]</sup>和 Hall<sup>[2]</sup>对甘肃祁连山一带晚古生代植物化石的研究, 涉及到华夏植物群和安加拉植物群的关系问题, 因此, 这里一直是地质学界和古植物学界关注的焦点地区之一。“晚古生代, 我国北方存在的安加拉植物群与华夏植物群不仅显示了古植物学发展的重要过程, 也反映了该地区在地质构造发展中存在的重要事件”<sup>[3]</sup>。二叠纪是地质记录中最重要的全球气候变化时期之一<sup>[4]</sup>。开展对本区二叠纪华夏与安加拉混生植物群的研究, 不仅为查明华夏植物群和安加拉植物群关系提供重要线索, 对于再造古大陆、恢复古地理环境和指示古气候条件都具有重要的意义。

晚古生代全球分布 4 个著名的植物群, 即华夏植物群、欧美植物群、安加拉植物群和冈瓦纳植物群。华夏植物群、欧美植物群和安加拉植物群均分布于北半球的劳亚大陆 (Laurasia), 冈瓦纳植物群分布于南半球的冈瓦纳大陆 (Gondwana)。晚石炭世和二叠纪华夏和欧美植物群分布于赤道附近的低纬度地区, 安加拉植物群则限于北半球中高纬度地区。冈瓦纳植物群广泛分布于南半球高纬度地区。近几十年来, 华夏、欧美、安加拉和冈瓦纳植物群的关系一直是古植物学家研究的焦点, 特别是探讨华夏植物群与全球同期植物群的对比关系, 不仅对研究地质历史时期植物界的演化进程具有重要的意义, 而且还为恢复古气候和再造古大陆提供了古植物学方面的证据<sup>[5]</sup>。

华夏植物群分布于中国、朝鲜、日本、老挝、泰国、印度尼西亚、马来西亚等地, 以 *Gigantopteris*, *Giantoclea*, *Cathaysiopteris*, *Tingia*, *Paratungia*, *Emplectopteris*, *Emplectopteridium*, *Fasciopteris* 等特有属和大量的地方性分子为特征。安加拉植物群主要分布于前苏联和蒙古的大部分地区。安加拉植物群以 *Angarodendron*, *Angaropteridium*, *Ruffraria*, *Zamipteris*, *Gaussia*, *Paracalamites*, *Angaridium*, *Angarophlojos*, *Pyrnadaopteris*, *Phyllothea*, *Comia*, *Iniopteris*, *Tatarina* 等特有属为特征。安加拉植物群还分布于我国新疆天山以北、甘肃北山、内蒙古西南部至东北的大、小兴安岭一

带<sup>[6]</sup>。黄本宏<sup>[7-8]</sup>研究了东北的大、小兴安岭一带的安加拉植物群。天山—兴安岭褶皱区北部分布为安加拉植物群, 其南部则为华夏植物群<sup>[9]</sup>。吴绍祖<sup>[10]</sup>认为新疆北部二叠纪的植物群是以安加拉植物为主体, 天山以北地区是欧亚大陆二叠纪安加拉植物地理区的一部分; 新疆南部早二叠世晚期和晚二叠世早期为华夏植物区, 晚二叠世中期和晚期可能为混合区。窦亚伟和孙喆华<sup>[11]</sup>认为新疆北部处于安加拉区系的西南部, 晚石炭世至晚二叠世同样可以划分为准安加拉羊齿植物群和“美羊齿植物群”。金建华和米家榕<sup>[12]</sup>报道了黑龙江伊春红山地区晚二叠世华夏—安加拉混生植物群。刘陆军和姚兆奇<sup>[13-14]</sup>记述了新疆吐鲁番—哈密盆地早二叠世晚期和晚二叠世早期安加拉植物群。

## 1 甘肃地区华夏和安加拉混生植物群研究现状和进展

1930—1933 年, Bexell 作为中瑞考察团成员负责研究甘肃南山晚古生代和早中生代的地层和构造。Bexell<sup>[1]</sup>发表了“甘肃南山地区晚古生代和中生代含植物化石地层”, 将南山 (祁连山) 晚石炭世至中侏罗世地层剖面分为 8 层, 其中含 4 个植物化石层, 其时代从老到新分别为 A 层、B 层、C 层和 D 层。Hall<sup>[2]</sup>鉴定了 Bexell 南山剖面 A 层、B 层、C 层的植物化石, 化石鉴定结果表明, A 层和 B 层的植物化石为典型的华夏植物群。C 层含植物化石: *Phyllothea deliquescens* (Goepfert) Zalesky, *Phyllothea* cf. *schuchurovskii* Schmalhausen, *Callipteris* sp. (aff. *Callipteris zelleri* Zalesky), *Callipteris murensis* Zalesky, *Iniopteris sibirica* Zalesky, *Brongnartites salicifolius* (Fischer) Zalesky, *Zamipteris gossoperooides* Schmalhausen, *Rhipidopteris ginkoides* Schmalhausen, *Rhipidopteris pbata* Halle, *Noeggerthioopsis scalprata* Zalesky。C 层所含植物化石经 Hall<sup>[2]</sup>鉴定认为是一个典型的安加拉植物群。因此, Hall 提出含安加拉型植物化石的层位 C 层覆盖于含华夏型植物化石的层位 A 层和 B 层之上, 而引起了中外地质古生物工作者的极大关注。从此, 这一地区华夏植物群和安加拉植物群关系一直成为中外古植物学家关注的焦点地区之

一。Duranté<sup>[15]</sup>发表了对 Bexel 采自植物化石层 C 层标本重新鉴定的成果, 认为 C 层的植物化石属于晚二叠世华夏和安加拉混生植物群。

Böhlh<sup>[16]</sup>研究了甘肃鱼儿红盆地晚古生代植物群, 涉及了华夏植物群和安加拉植物群的混生问题。梁建德等<sup>[17]</sup>报道了甘肃龙首山东段晚二叠世华夏和安加拉混生植物群, 刘洪筹等<sup>[18]</sup>研究了甘肃柏克塞尔南山剖面晚二叠世的华夏和安加拉混生植物群, 王德旭等<sup>[19]</sup>报道了祁连山华夏和安加拉混生植物群。孙克勤等<sup>[20]</sup>记述了甘肃玉门地区大山口(青头山)晚二叠世肃南组华夏和安加拉混生植物群。沈光隆<sup>[6]</sup>指出, 在塔里木盆地北缘、甘肃北山、龙首山和北祁连山, 少数安加拉或亚安加拉型分子已逐渐发展成为安加拉或亚安加拉和安加拉—华夏晚二叠世晚期混生植物群。甘肃祁连山一带华夏和安加拉混生植物群分布见图 1。

朱伟元和沈光隆<sup>[21]</sup>研究了甘肃北山地区晚二叠世陆相地层及植物群, 报道的植物化石名单涉及许多安加拉植物群分子, 如 *Paracalamites tenuicostatus* Neuburg, *Callipteris adzvensis* Zalessky, *Callipteris altaica* Zalessky, *Callipteris jencevi* Gorelova, *Callipteris zeilleri* Zalessky, *Iniopteris sibirica* Zalessky, *Zamiopteris gossopetoides* Schmalhausen,

*Noeggerathiopsis angustifolia* 华夏型植物分子: *Tingia* sp., *Comsopteris wongii* (= *Protoblechnum wongii* Halle), *Pecopteris? anderssonii* Halle, *Pecopteris? norinii* Halle。这是一个以安加拉植物群分子占优势的华夏和安加拉混生植物群。

梁建德等<sup>[17]</sup>研究了甘肃龙首山东段二叠纪生物地层, 报道了产自甘肃永昌县大泉和红泉二叠纪地层剖面的植物化石。早二叠世山西组的植物化石有 *Lepidodendron oculus felis* (Abbad) Zeiller, *Conchophyllum* sp., *Tingia tripartita* Stockmans et Mathieu, *Emplectopteridium alatum* Kawasak 等。中二叠世下石盒子组的植物化石为 *Tingia* sp., *Pecopteris lativenosa* Halle, *Aleopteris norinii* Halle, *Emplectopteris* sp. 等。早、中二叠世植物化石组成为华夏植物群。晚二叠世早期上石盒子组植物化石为 *Annularia* sp., *Cladophlebis nystromii* Halle, *Pecopteris lativenosa* Halle, *Pecopteris tenuicostata* Halle, *Comsopteris wongii* (Halle), *Taeniopteris* sp., *Zamiopteris gossopetoides* Schmalhausen, *Noeggerathiopsis* sp., *Ulinannia* cf. *bronnii* Goepfert 等。这些化石名单中除了 *Zamiopteris gossopetoides* Schmalhausen, *Noeggerathiopsis* sp. 为安加拉植物群分子外, *Cladophlebis nystromii* Halle, *Pecopteris*

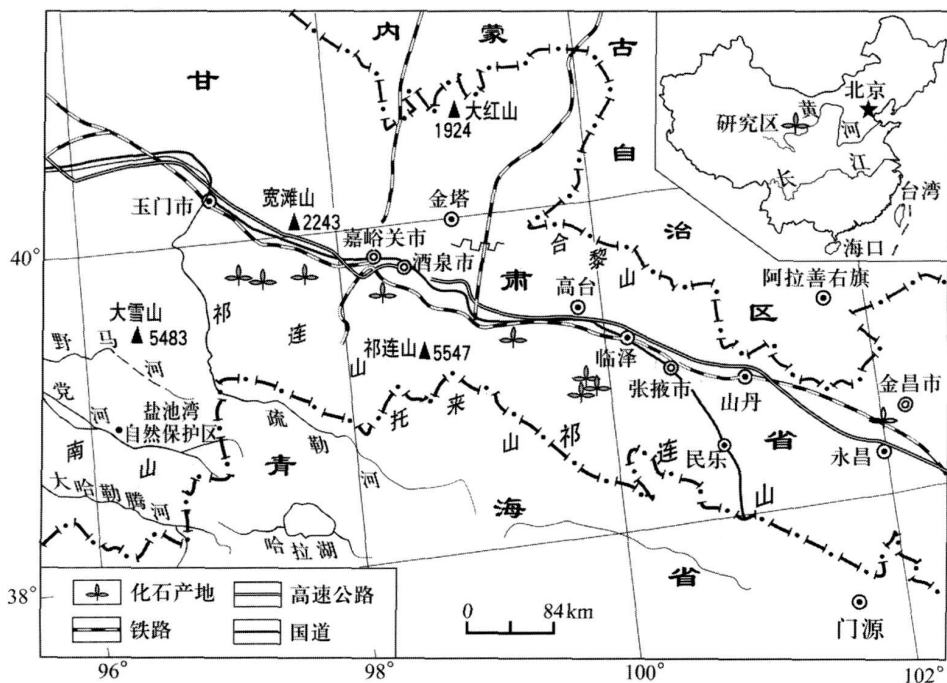


图 1 甘肃地区华夏和安加拉混生植物群地理分布

(底图据地质出版社地图编辑室《中国地图册》, 2009)

Fig 1 Geographical distribution of the mixed Cathaysian-Angaran floras in Gansu

*lativenosa* Halle P. *tenuicostata* Halle *Compsopteris wongii* (= *Protoblechnum wongii* Halle) 这些种名均为 Hallé (1927) 根据产自我国山西中部二叠纪地层的模式标本所建立, 为华夏植物区的地方性分子。晚二叠世晚期石千峰组植物化石含有华夏型分子 *Annularia* sp., *Pecopteris* sp., *Cladophlebis nystromii* Halle *Compsopteris wongii* (= *Protoblechnum wongii* Halle) 等和安加拉型植物分子 *Paracalamites tenuicostatus* Neuburg *Zamopteris glossopteroides* Schmalhausen 等。上述植物化石名单表明这一地区, 早、中二叠世为华夏植物群, 晚二叠世为华夏和安加拉混生植物群。

刘洪筹等<sup>[18]</sup> 讨论了柏克塞尔南山剖面的生物地层问题, 涉及到晚二叠世的华夏和安加拉混生植物群, 晚二叠世肃南组的植物化石有: *Annularia gracilescens* Halle *Lobatannularia cf. linguata* (Halle) Halle *Compsopteris wongii* (Halle), *cf. Pecopteris arcuata* Halle *cf. Psymnophyllum multipartitum* Halle *Phyllothea* sp., *Pterophyllum* sp., *Zamopteris glossopteroides* Schmalhausen, *Zamopteris lanceolata* (Chachlov et Pollak), *Paracalamites tenuicostatus* Neuburg *Paracalamites* sp., *Crasinervia* ? sp. 这些植物化石中的 *Annularia gracilescens* Halle *Lobatannularia cf. linguata* (Halle) Halle *Compsopteris wongii* (Halle) (= *Protoblechnum wongii* Halle), *cf. Pecopteris arcuata* Halle *cf. Psymnophyllum multipartitum* Halle 为华夏型分子和华夏植物群常见分子。 *Phyllothea* 和 *Pterophyllum* sp. 两属的一些种也常见于华夏植物区。 *Zamopteris glossopteroides* Schmalhausen, *Zamopteris lanceolata* (Chachlov et Pollak), *Paracalamites tenuicostatus* Neuburg *Paracalamites* sp., *Crasinervia* ? sp. 则为安加拉植物群的特征分子。

王德旭等<sup>[19]</sup> 研究了甘肃祁连山华夏和安加拉混生植物群, 化石主要产自肃南县一带的晚二叠世地层。安加拉型植物化石主要有 *Paracalamites tenuicostatus* Neuburg *Callipteris altaica* Zalesky *Iniopteris sibirica* Zalesky *Zamopteris lanceolata* (Chachlov et Pollak), *Noeggerathopsis angustifolia* Neuburg *Pursongia* sp. 等。华夏型分子和华夏植物群常见分子有 *Lobatannularia hejianensis* (Kodaira) Kawasakii L. *linguata* (Halle) Halle *Pecopteris hirta* Halle P. *marginata* Gu et Zhi *Taeniopteris taiyuanensis* Halle 这些植物化石主要产自肃南县

一带的晚二叠世地层<sup>[19]</sup>。

周统顺和蔡凯蒂<sup>[22]</sup> 研究了产自甘肃玉门大山口剖面肃南组顶部的植物群, 包括 *Paracalamites cf. tenuicostatus* Neuburg *Calamites suckowii* Brongnjart *Phyllothea* sp., *Callipteris altaica* Zalesky *Callipteris* sp., *Iniopteris* sp., *Comia* ? sp., *Zamopteris glossopteroides* Schmalhausen *Zamopteris lanceolata* (Chachlov et Pollak), *Rhpidopsis* sp., *Walchia* sp., *Giusia* sp., *Samarosadix* sp. 周统顺和蔡凯蒂<sup>[22]</sup> 将这一植物群视为晚期安加拉植物群。上述名单中 *Calamites suckowii* Brongnjart 一种为华夏和欧美植物区的常见分子。 *Callipteris* 和 *Walchia* 两属的一些种在华夏、安加拉和欧美植物区均有分布。 *Callipteris* 一属的许多分子在安加拉植物区分布更为广泛。 *Rhpidopsis* 属的一些种在华夏、安加拉和冈瓦纳植物区均有分布。除此之外, 上述名单中的植物多为安加拉植物区的典型分子。周统顺和蔡凯蒂<sup>[22]</sup> 认为: “北祁连山西段晚二叠世晚期华夏—安加拉混生植物群分布是比较普遍的。这是天山—兴安海槽北侧早二叠世晚期开始褶皱回返逐渐隆起成陆后, 安加拉区植物得以顺利南迁扩展所致, 原地华夏植物群经历了晚二叠世早期干旱气候的考验已大为衰退, 晚期又有了干旱向湿润转化的条件, 华夏植物群的幸存分子与新迁来定居的安加拉型植物互相穿插, 进而组成了本区该时期特殊的混生植物群落。”

孙克勤等<sup>[20]</sup> 研究了甘肃玉门地区大山口 (青头山) 晚二叠世肃南组下部植物化石, 经初步鉴定计有 16 属 26 种, 含典型的安加拉植物群分子 *Paracalamites* *Zamopteris* *Comia* *Tatarina* *Callipteris* *Iniopteris* 等, 同时也含有常见于华夏植物群的分子 *Lobatannularia linguata* (Halle) Halle *Fasciopsis* sp. (sp. nov.), *Pecopteris lativenosa* Halle *Annularia gracilescens* Halle *Walchia bipinnata* Gu et Zh 等。这一植物群是以安加拉型分子为主, 兼有少数华夏型分子的混生植物群。本文作者又在本区相同层位采集的植物化石标本中鉴定出 2 种华夏植物群的常见分子, 即 *Annularia orientalis* Kawask 和 *Lobatannularia ensifolia* (Halle) Halle (图版 1 中 3 和 5)。

## 2 华夏和安加拉混生植物群的形成机制

在研究华夏和安加拉混生植物群的基础上

许多学者还对我国境内的华夏和安加拉混生植物群的形成机制进行了探讨<sup>[23-33]</sup>。

李星学和姚兆奇<sup>[23]</sup>依据古板块缝合线的设想,试图说明华夏植物群和安加拉植物群之间的天山—兴安岭大地槽分界线。他们认为天山—兴安岭大地槽为华夏植物群和安加拉植物群之间的天然屏障,并提出天山—兴安岭大地槽到早二叠世之末或晚二叠世之初,自西向东逐渐隆起成陆,结果一方面使晚二叠世安加拉植物群能够越过山向南到达塔里木盆地北缘,另一方面在东北和甘肃一带发生了少数穿插现象。

窦亚伟和孙喆华<sup>[24]</sup>认为,植物群的混生现象是随着二叠纪不同古陆的接近和联合的不断增进而日趋明显的,混生现象和上覆关系则是晚二叠世劳亚古陆一体化,大陆相程度显著增长,不同植物类群的适应性退缩和扩展,并与当时古气候带的偏转有关。

胡雨帆<sup>[26]</sup>认为,华夏植物群和安加拉植物群在各自发展的基础上,通过古地形、古气候的变迁,从而发生联系,相互迁徙混生是不可否认的事实。祁连山地区在阐明华夏和安加拉植物区系的发展演替和迁徙的相互关系上大有可为,而走廊地区极可能是这两大植物区系分子往来的重要通道。

张泓<sup>[28]</sup>认为,属性不同的混生植物群是由于中朝板块和东欧板块在晚古生代的不同时期与哈萨克斯坦—西伯利亚联合板块对接、拼合,其间的晚古生代海洋盆地封闭,古欧亚大陆连成一片,使得处于较高纬度的安加拉植物群与热带、亚热带的欧美、华夏植物群相互交融、渗透形成的。塔里木—中朝古陆和西伯利亚古陆的增生,其间的古生代海洋盆地的封闭、消亡以及南北两大板块的对接控制了华夏、安加拉植物群的隔离演化、趋近到互相渗透混生的形成机制<sup>[28]</sup>。北山、龙首山地区的混生植物群出现于晚二叠世早期,晚期的混生现象更为明显,并扩大到祁连山区,其中的安加拉植物可达三分之一以上<sup>[28]</sup>。

孙柏年和沈光隆<sup>[30]</sup>认为,在我国西北、华北北部和东北南部广大范围内出现的晚二叠世“西(亚)安加拉—华夏混生植物群”是古板块漂移、离散与重新聚合拼接的结果。

黄本宏<sup>[31]</sup>指出:安加拉植物群与华夏植物群有少数分子混生,主要发生在晚二叠世,说明天山—兴安岭地槽回返,海域消失,欧亚大陆相连,

是两大植物群得以沟通的基本古地理条件。

Sun<sup>[33]</sup>认为,晚二叠世,华夏植物群和安加拉植物群相互融合归因于华夏古陆连同塔里木板块与哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块碰撞,导致古海洋的闭合和山脉的隆升的结果。然而,不能否认在混生植物群中形态相似性是显著的。就某些混生植物群分子形态相似性而言,不能排除一些植物异质同形(homomorphy)在类似的生态环境和气候条件下演化而成。值得指出的是,在混生植物群中一些所谓相同植物的繁殖结构缺失。由于植物的繁殖结构相对缺乏,很难说它们属于同一类群。

混生植物群中一些形态上相似的分子可以归因于类似的环境和气候条件对植物生长和发育的影响。气候分异在混生植物群中起着重要的作用。混生是受气候条件、大陆位置和板块构造控制的<sup>[34]</sup>。正如DMichele et al.<sup>[35]</sup>所指出,气候变化在许多空间和时间尺度上对植被有影响。

本文对解释我国西北甘肃祁连山一带华夏和安加拉混生植物群形成机制提出如下认识:

(1)石炭纪和二叠纪,华夏植物群地处赤道附近低纬度地区,指示热带气候,而安加拉植物群代表了中高纬度的温带气候条件。华夏植物群和安加拉植物群是在各自的地理区平行演化和发展起来的,两者之间没有必然的联系。晚二叠世由于板块运动、气候变化、植物迁移等因素使得这两大植物群少数分子在其植物地理区的边缘出现混生。这一混生的范围不仅见于(安加拉古陆)俄罗斯远东地区<sup>[36]</sup>,而且也见于我国境内东北和西北部分地区。

(2)早二叠世,华夏古陆的塔里木板块和华北板块从东南向西北运移,而安加拉古陆的哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块从西北向东南漂移。中二叠世,华夏古陆沿天山、阴山和大兴安岭一线与西伯利亚古陆碰撞导致古海洋的闭合和山脉的隆升,为华夏植物群和安加拉植物群的“混生”提供了条件。中二叠世晚期,华夏和安加拉两个植物群的少数混生分子已逐渐在甘肃祁连山一带出现。晚二叠世,由于板块扩张、碰撞和联合,从而使华夏古陆和安加拉古陆在我国西北和东北等地对接,形成了华夏和安加拉混生植物群。

(3)由于本区晚二叠世是以安加拉型分子为主体和为数不多的华夏型分子的混生植物群,指示温带气候条件,表明不同板块拼合时位于中纬度

地区。温带气候条件适合安加拉植物群分子生长和发育, 以 *Paracalamites*, *Phyllothea*, *Zamipteris*, *Comia*, *Iniopteris*, *Taxaria*, *Callipteris* 广泛分布为特征; 而生活于热带的华夏植物群分子大大衰减。华夏和安加拉混生植物群在甘肃祁连山一带是以安加拉植物群分子占优势, 缺乏华夏植物群的特征属如 *Gigantopteris*, *Gigantonoclea*, *Tingia*, *Emplectopteris*, *Emplectopteridium* 等, 表明本区由早、中二叠世的热带气候转变为晚二叠世的温带气候。混生植物群的时代为晚二叠世。

(4) 中二叠世晚期至晚二叠世, 华夏植物区的分子和安加拉植物区的分子存在相互迁移, 即华夏型分子向西北迁移, 安加拉型分子向东南迁移。这两个不同植物区分子的迁移仅限于华夏和安加拉古陆对接处古气候趋于一致的范围内。值得指出的是, 在二叠纪一些植物的孢子和种子也能被洋流搬运穿越古海洋, 从一个陆块向另一个陆块漂移。或许这种长距离的搬运也能解释一些华夏和安加拉植物群分子的混生现象。也不排除在这一区域范围内, 由于气候条件和生态环境的一致性, 可以发育和生长介于华夏和安加拉植物群的一些过渡型分子。此外, 华夏和安加拉植物群都会有各自的少数分子对不同环境和气候条件具有很强忍耐性的广适性分子。这些广适性分子应是不同植物区自身生长和分布的植物, 不应视为不同植物区分子相互迁移的结果。

(5) 华夏和安加拉混生植物群的分布模式可以归于板块运动、气候分异、环境变化、植物迁移和植物自身演化的结果。

### 3 结 论

我国西北甘肃祁连山一带是研究华夏植物群和安加拉植物群关系的重要地区之一。早、中二叠世, 甘肃祁连山一带分布华夏植物群, 晚二叠世这一地区由于板块碰撞导致古海洋的闭合和山脉的隆升, 古大陆发生位移, 不同板块之间的碰撞使这两个古大陆之间形成陆地连接, 为华夏植物群分子和安加拉植物群分子在板块缝合线处相互迁移和交融提供了通道。晚二叠世, 气候由原来的华夏植物区热带气候逐渐向温带气候过渡, 使得华夏植物群分子锐减, 形成了以安加拉植物群分子为主体的华夏和安加拉混生植物群。晚二叠世, 华夏古陆和安加拉古陆在板块运动、气候分异、环境变化、植物迁移和植物演化综合因素

作用下形成了华夏和安加拉混生植物群。

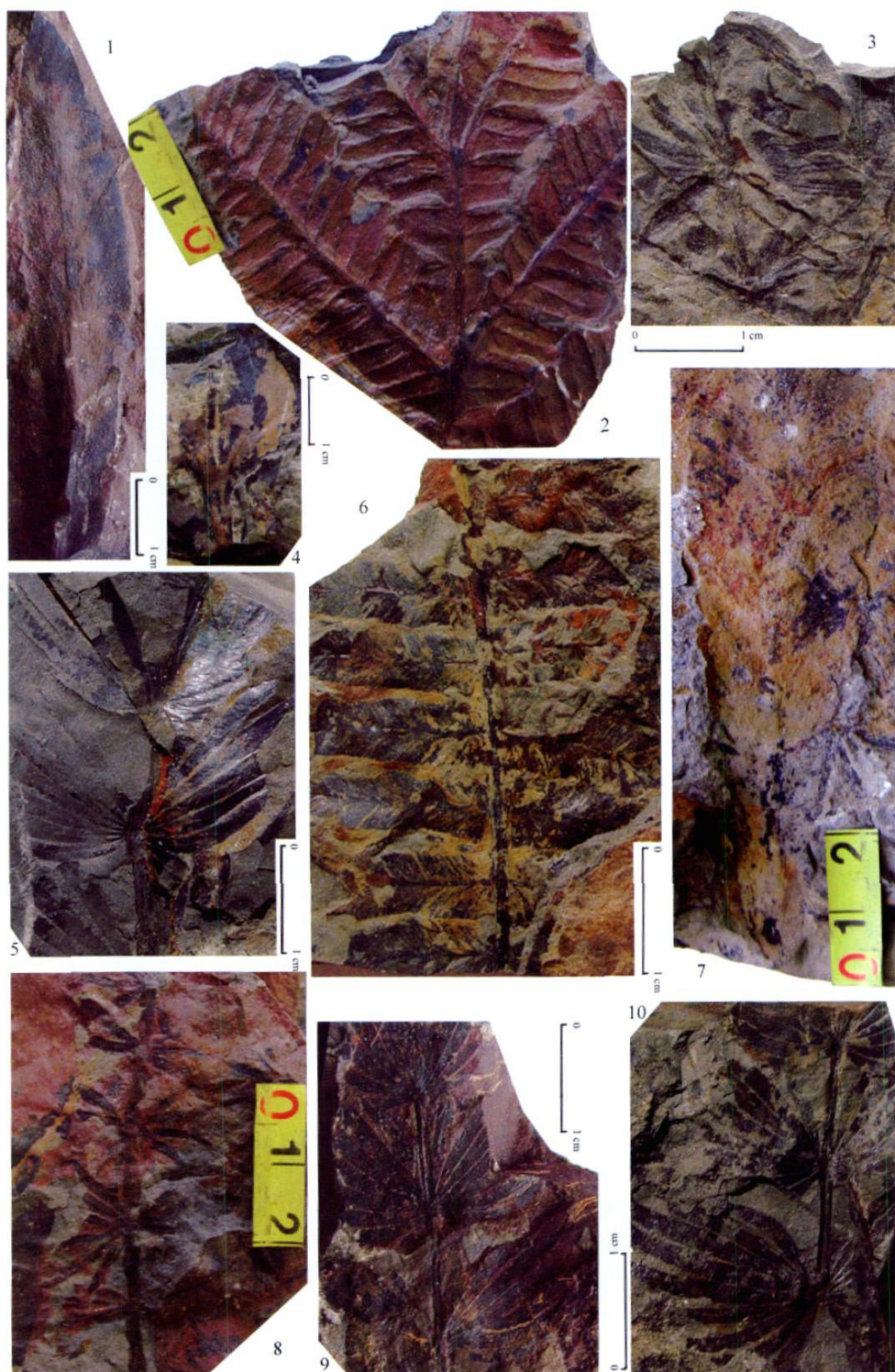
### 参考文献:

- [1] Bexell G. On the stratigraphy of the plant-bearing deposits of Late Palaeozoic and Mesozoic age in the Nanshan Region (Kansu) [J]. *Geografiska Annaler*, 1935, 17: 62-65
- [2] Halle T G. On the distribution of the Late Palaeozoic floras in Asia [J]. *Geografiska Annaler*, 1935, 17: 106-111.
- [3] 黄本宏, 丁秋红. 中国北方安加拉植物群 [J]. *地球学报*, 1998, 19(1): 97-104
- [4] Rees P M, Gibbs M T, Ziegler A M, et al. Permian climates: Evaluating model predictions using global paleobotanical data [J]. *Geology*, 1999, 27(10): 891-894
- [5] 孙克勤. 全球石炭纪—二叠纪植物群的演化和分布特征 [J]. *地学前缘*, 1997, 4(3): 129-138
- [6] 沈光隆. 二叠纪植物群 [M] // 李星学. 中国地质时期植物群. 广州: 广东科技出版社, 1995: 94-173
- [7] 黄本宏. 小兴安岭东南部二叠纪植物群 [M]. 北京: 地质出版社, 1977: 1-79
- [8] 黄本宏. 大兴安岭地区石炭、二叠系及植物群 [M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-141.
- [9] 黄本宏. 内蒙古镶黄旗地区早二叠世植物化石 [M] // 中国北方板块构造论文集编委会. 中国北方板块构造文集. 第一集. 北京: 地质出版社, 1986: 115-131
- [10] 吴绍祖. 新疆二叠纪植物地理分区的初步探讨 [M] // 古生物学基础理论丛书编委会. 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 1983: 91-99
- [11] 窦亚伟, 孙喆华. 新疆北部晚二叠世植物群特征 [J]. *地层学杂志*, 1984, 8(4): 279-285
- [12] 金建华, 米家榕. 黑龙江伊春红山华夏—安加拉混生植物群 [J]. *长春地质学报*, 1993, 23(3): 241-248
- [13] 刘陆军, 姚兆奇. 吐鲁番—哈密盆地早二叠世晚期植物群 [J]. *古生物学报*, 1996, 35(6): 631-643
- [14] 刘陆军, 姚兆奇. 吐鲁番—哈密盆地晚二叠世早期植物群 [J]. *古生物学报*, 1996, 35(6): 644-671
- [15] Durante M V. Existence of an Upper Permian mixed Cathaysian-Angarian flora in Nanshan (North China) [J]. *Geobios*, 1983, 16(2): 241-242
- [16] Bohlin B. Late Palaeozoic plants from Yüehlung, Kansu, China [R]. The Sino-Swedish Expedition Publication 51. IV. Paleobotany 1. Part I, 1971: 1-126
- [17] 梁建德, 杨祖才, 刘洪筹, 等. 甘肃龙首山东段一条二叠纪生物地层剖面及其意义 [J]. *地质论评*, 1980, 26(1): 7-15
- [18] 刘洪筹, 史美良, 梁建德, 等. 柏克塞尔南山剖面的几个生物地层问题 [M] // 中国古生物学会. 中国古生物学会第十二届学术年会论文选集. 北京: 科学出版社, 1981: 137-146
- [19] 王德旭, 贺勃, 张淑玲. 祁连山华夏和安加拉混生植物群 [M] // 地质矿产部书刊编辑室. 国际交流地质学论文集——为二十七届国际地质大会撰写. 北京: 地质出版社, 1984: 13-22
- [20] 孙克勤, 刘俊, 刘旭阳, 等. 甘肃玉门华夏和安加拉混生植

- 物群的发现及其意义 [ J ]. 地质论评, 2010, 56(3): 305—311
- [ 21] 朱伟元, 沈光隆. 甘肃北山地区晚二叠世陆相地层及其古植物群特征 [ J ]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1977(1): 99—109
- [ 22] 周统顺, 蔡凯蒂. 甘肃玉门大山口晚期安加拉植物群的发现 [ M ] // 中国地质科学院地层古生物论文集编委会. 地层古生物论文集. 第 21 辑. 北京: 地质出版社, 1988: 52—61.
- [ 23] 李星学, 姚兆奇. 东亚石炭纪和二叠纪植物地理分区 [ M ] // 古生物学基础理论丛书编委会. 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 1983: 74—82
- [ 24] 窦亚伟, 孙喆华. 新疆北部晚二叠世植物群特征 [ J ]. 地层学杂志, 1984, 8(4): 279—285
- [ 25] 王德旭, 贺勃, 张淑玲. 祁连山二叠纪植物群的特征 [ J ]. 甘肃地质, 1986(6): 37—60.
- [ 26] 胡雨帆. 新疆北部二叠纪植物化石及区系 [ J ]. 植物学集刊, 1987, 2: 159—206
- [ 27] 张泓, 沈光隆. 中国南山剖面石炭二叠纪植物群研究的新进展 [ J ]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1987, 23(4): 106—115
- [ 28] 张泓. 安加拉古陆外围晚二叠世混生植物群特征及形成机制的讨论 [ J ]. 地质论评, 1988, 34(4): 343—350
- [ 29] 孙阜生. 用聚类分析方法探讨晚二叠世安加拉植物地理区的内部划分 [ J ]. 古生物学报, 1989, 28(6): 773—785
- [ 30] 孙柏年, 沈光隆. 塔里木盆地北缘二叠纪植物地理区系探讨 [ M ] // 贾润霄. 中国塔里木盆地北部油气地质研究. 第一辑. 地层沉积. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 186—193
- [ 31] 黄本宏. 安加拉植物群在我国石炭纪、二叠纪的分布及其与华夏植物群的关系 [ M ] // 李星学. 中国地质时期植物群. 广州: 广东科技出版社, 1995: 174—189.
- [ 32] 沈光隆, 王军, 刘化清, 等. 北祁连地区二叠纪植物群演替 [ J ]. 甘肃地质学报, 1997, 6(2): 52—63.
- [ 33] Sun K Q. The Cathaysia flora and the mixed Late Permian Cathaysian-Angaran floras in East Asia [ J ]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006, 48(4): 381—389
- [ 34] Chandra S, Sun K Q. Evolution and comparison of the Gondwana flora and the Cathaysia flora [ J ]. Palaeobotanist, 1997, 46(3): 35—46
- [ 35] DMicheleW, Pfefferkom HW, Gastaldora R. Response of Late Carboniferous and Early Permian plant communities to climate change [ J ]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2001, 29: 461—487
- [ 36] Meyen S V. The Carboniferous and Permian floras of Angara land ( a synthesis ) [ J ]. Biological Memoirs, 1982, 7: 1—110



孙克勤等：中国西北甘肃地区华夏和安加拉混生植物群形成机制研究 图版 I



所有植物化石标本均采自甘肃玉门大山口剖面晚二叠世肃南组下部。化石标本保存在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所。

- 1. *Tatarina* sp 1 登记号: IVPP B1388
- 2. *Callipteris altaica* Zaleskij 登记号: MPP B1390
- 3. *Annularia orientalis* Kawaski 登记号: IVPP B1391.
- 4. *Tatarina* sp 2 登记号: IVPP B1389
- 5. *Lobatannularia ensifolia* (Hallé) Hallé 登记号: MPP B1392
- 6. *Fascipteris* sp (sp. nov.), 登记号: IVPP B1379.
- 7. *Zamipteris glossopteroides* Schmalhauseni 登记号: IVPP B1393.
- 8. *Annularia graciliscens* Hallé 登记号: IVPP B1394.
- 9, 10. *Lobatannularia linguata* (Hallé) Hallé 登记号: IVPP B1395 IVPP B1396.