

# 新生代全球变化与中国古植物区系的演变

金建华<sup>1</sup>, 廖文波<sup>1</sup>, 王伯荪<sup>1</sup>, 彭少麟<sup>2</sup>

(1. 中山大学生命科学学院, 广东广州 510275; 2. 中国科学院华南植物研究所, 广东广州 510650)

**摘要:** 新生代是地质历史最年轻的一个时代, 当时全球板块运动和岩浆活动强烈而频繁, 中生代开始的大陆漂移活动继续进行, 并于早第三纪末开始喜马拉雅运动, 古地中海逐渐封闭, 经过一系列的板块碰撞和洋底扩张, 晚第三纪时地壳构造的基本轮廓和古地理面貌逐渐接近现代。受地壳运动的控制, 全球新生代气候波动明显, 早第三纪总体比较温暖, 晚第三纪气候发生明显分异, 气温显著下降, 第三纪末期开始有冰川活动, 一直持续到更新世末期, 期间发生多次冰期和间冰期, 全新世气候逐渐转暖。受上述全球变化的影响, 我国新生代植物区系纵向演变和横向分异明显, 早第三纪植物区系主要是纬向分带, 从古新世到渐新世, 我国植物区系主要分为北方区和南方区; 晚第三纪初, 由于喜马拉雅运动使青藏高原及东部的横断山脉地区持续抬升, 逐渐形成独立的高原植物区。总体来说, 晚第三纪植物区系和植被类型逐渐接近现代。第四纪由于青藏高原继续强烈抬升, 激发了东亚季风, 使我国的植物区系经向分带更加明显, 植物区系和植被类型与现代已基本一致, 到了全新世晚期, 植物区系的演变除了受全球变化的影响外, 人类活动的作用也越来越明显。

**关键词:** 新生代; 全球变化; 古植物区系; 中国

**中图分类号:** Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2003)03-0217-09

## Global change in Cenozoic and evolution of flora in China

JIN Jian-hua<sup>1</sup>, LIAO Wen-bo<sup>1</sup>, WANG Bo-sun<sup>1</sup>, PENG Shao-lin<sup>2</sup>

(1. School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Global plate movement and magma activities appeared frequently and dramatically in the Cenozoic Era, which is the youngest one in the river of geological history. Continents drifted ceaselessly at the beginning of the Mesozoic Era. Himalaya Mountain began to rise in the Early Tertiary Period. Meanwhile, the ancient Mediterranean was isolated gradually. After a series of plate collision and ocean bottom expansion, the fundamental outline of the earth's crust structure and ancient landforms were formed and close to the shape of contemporary ones. Under the control of the Crust movement, global climate fluctuated significantly in the Cenozoic Era. It was relatively warm in the Early Tertiary Period, but the temperature decreased dramatically in the Late Tertiary Period due to distinct climate differentiation. Glacier activities also occurred at the end of the Tertiary Period, and continued till the end of the Pleistocene Epoch. Several Glacial and Interglacial Terms appeared alternatively from the Late Tertiary Period to the Late Pleistocene Epoch. Until in the Recent Epoch, global climate became to be warm again, gradually. Under the influence of the global climate changes mentioned above, the flora of China evolved progressively on both the direction of longitude and latitude in the Cenozoic Era. The Early Tertiary flora of China differentiated mainly along the latitudinal direction. Started from

收稿日期: 2002-07-29 修订日期: 2003-01-20

基金项目: 国家自然科学基金(39830310, 39899370); 香港中山大学高等学术研究中心基金(02A3)资助项目。

作者简介: 金建华(1966-), 男, 浙江临海人, 副研究员, 博士, 从事古植物区系研究工作。

the Paleocene Epoch, the flora of China was divided into two types: North and South classes. The Qinghai-Xizang Plateau in West China and Hengduan Mountain in East China elevated continuously due to Himalaya movement. Thus, the unique plateau flora was formed in the Late Tertiary Era. At the Quaternary Period, the Qinghai-Xizang Plateau kept rising. It resulted in the formation of East Asia monsoon climate and the longitudinal differentiation of the flora of China. Consequently, the flora of China and vegetation types in the Quaternary Period became similar to modern flora and vegetation types. After the late Recent Epoch, the evolution of the flora of China was not only shaped by global climate changes, but also by the accelerating human activities.

**Key words:** Cenozoic; global change; flora; China

地球的形成已有四十六亿年的历史了,地球上原始生命的出现距今也有三十八亿年的历史,地质时期的全球变化包括大陆漂移、洋底扩张、板块运动以及多种天文因子的作用和影响,这些因素控制和制约着地球古环境、古地理及古气候的不断变迁,而地球环境的这种多样性变化也直接导致生物进化的多样性。陆生植物自中志留世成功登陆以来,经历了裸蕨植物阶段、蕨类与原始裸子植物阶段、裸子植物阶段和被子植物阶段等漫长的演化历程,在此演化过程中,植物多样性不断得以发展。Pearson L. C. (1995)将植物多样性演化划分为3个方向:(1)红线:真核植物、红海藻、陆生藻类、苔类和其它寄生植物;(2)褐线:隐生植物、常见藻类(硅藻等)、鞭毛菌和其它褐色海藻;(3)绿线:裸藻类和管藻等、真蕨植物及维管植物起源、裸子植物及有花植物。在古生代华夏植物区系中,大羽羊齿类植物的个别分子已初具原始被子植物的某些特征,被视为很可能是一种前被子植物(Hongqi等,1994,1996)。张宏达(1995)认为,现代华夏植物区系与古生代华夏植物区系在演化上有着深刻的渊源关系,它们是一脉相承的。由此我们可以认为,现代华夏植物区系生物多样性的形成可以追溯到晚古生代植物群的发展。晚古生代和中生代植物群的演化,尤其是中生代晚期被子植物的迅猛发展,为现代植物多样性的形成提供了物质基础。新生代是地质历史的最新阶段,这一时期板块运动表现明显,尤其是晚第三纪以来的全球变化与植物群的发展对现代地质地貌和现代植物多样性的形成起到了决定性的作用。本文将介绍新生代的全球变化及中国古植物区系的演变历程。

## 1 第三纪全球变化及植物区系

地球的演化进入新生代后,中生代中期开始的大陆漂移活动此时仍以很快的速度继续进行。早第

三纪初,在南半球,印度板块继续从冈瓦纳古陆分离向北漂移,越过赤道逐渐向亚洲靠近,南美洲与非洲间以及非洲—印度与南极洲—澳大利亚之间继续分离,而且非洲与印度之间、澳大利亚与南极洲之间也在第三纪早期明显地分离,南大西洋与印度洋不断扩展,当时在南美、非洲、印度陆块与北美、欧亚大陆之间分布的是古地中海,其分布范围较现代地中海更为广阔。在北半球,分裂与漂移活动同样贯穿新生代的始终,早第三纪初欧洲与北美洲可通过格陵兰相互连结,然而这仅有的连结很快就被北大西洋扩张活动所中断,此后,北大西洋一直以相当快的速度扩大,逐渐达到今天的宽度。随着板块运动的发展,岩石圈的构造、地表自然地理面貌逐渐与现代接近。早第三纪末、晚第三纪初的喜马拉雅运动使南北两大陆块拼合,古地中海封闭,同时,北美与欧亚大陆发生彻底分离,从而改变了早第三纪全球的海陆布局,并引起全球性洋流体制的变更,这些对我国气候都带来了直接的影响。

第三纪开始大陆性气候范围扩大,第三纪后期气候分带现象日益明显。就全球范围而言,第三纪气候比较温暖,气温高于现代地球气温。由于全球性气温增高,使中高纬度地带变得温暖潮湿,当时北半球的热带、亚热带气候带范围很宽,包括北美的中南部、中欧、南亚和东亚,喜热的棕榈树一直分布到阿拉斯加,但在低纬度地区由于炎热往往带来干旱气候,如北非、中亚和澳大利亚西部却分布着宽阔的干燥气候带。这种全球性气候背景对我国第三纪气候分带具有深刻影响,如我国东北地区当时为温带与亚热带的过渡地带,气候温暖潮湿,森林茂密,而当时的干旱气候带则经我国新疆直达东南沿海,普遍形成含石膏、岩盐的红色沉积。晚第三纪,由于许多山系崛起,地势高差显著,气候分异明显,气温也显著下降,亚热带的北界已大致由北纬 $42^{\circ}$ 南移到北纬 $35^{\circ}$ 左右。第三纪末期,由于山系继续上升,地势高低差异更加明显,在一些地区开始有冰川活动。

第三纪全球植被大致可分为 4 个植物地理区: 全北区、热带区、南冈瓦那区和澳大利亚区 (Meyen, 1987)。(1) 全北植物区: 分布于北半球外热带区, 具明显的气候和植物的分带性, 为温带和亚热带环境。早第三纪初又可分为北方区和特提斯区, 北方区包括北美、英国、白俄罗斯、中乌拉尔到阿尔泰和蒙古南部, 一直延伸到太平洋沿岸、俄罗斯滨海省及日本北部。主要分子有: *Ginkgo*、*Metasequoia*、*Glyptostrobus*、*Magnolia*、*Trochodendroides*、*Platanus*、*Osmunda*、*Thuja*、*Alnus*、*Betula*、*Quercus*、*Juglans*、*Populus*、*Grewiopsis*、*Acer*、*Aesculus*、*Vitis* 等; 特提斯区分布于特提斯海沿岸, 在北美包括现在的美国, 欧亚大陆包括现在的欧洲、近东、哈萨克斯坦大部、中亚、中国及日本, 为亚热带环境, 主要为常绿被子植物。(2) 热带植物区: 广布热带雨林被子植物, 又可分为非洲区、印度—马来西亚区和新热带区 3 个区。(3) 南冈瓦那植物区: 分布于南半球, 包括整个南极洲, 当时澳大利亚、新西兰、南美与其紧密相连, 含各种古老的松柏类植物, 如 *Agathis*、*Podocarpus*、*Dacrydium*、*Phyllocladus*、*Nathofagus* 及 *Proteaceae*、*Myrtaceae*、*Araliaceae*、*Winteraceae* 等分子。又可分为南极区、新西兰区和南美区。(4) 澳大利亚植物区: 本区是始新世末从南冈瓦那区分离出来的, 含有各种气候环境的植物化石, 既有南冈瓦那区早第三纪早期的典型分子如 *Araucaria*、*Podocarpus*、*Dacrydium*、*Nothofagus*、*Lepidozamia*、*Bowenia*、*Pterostome* 等, 还产有热带、亚热带植物如 *Casuarina*、*Cupania*、*Beauprea*、*Santalum*、*Banksia* 等, 在滨海地带则发育有 *Avicennia*、*Rhizophora*、*Sonneratia* 等红树林植物。

我国早第三纪植物区系是在泛北极白垩纪植物群及南方热带、亚热带白垩纪植物群的基础上, 在地质、地理条件不断发生剧烈变化的影响下发展演变而来。始新世前, 喜马拉雅地区还处于古地中海区, 渐新世开始, 由于印度板块和古亚洲板块的碰撞, 喜马拉雅第一次抬升。经过喜马拉雅运动的影响, 导致我国山地分布广泛, 其中东西走向的山系——天山山脉、阴山、燕山山脉、昆仑山、秦岭、大别山、南岭等对我国整个新生代以及现代植被的影响很大, 在第四纪冰期时, 它们抵御了来自北半球高纬度地区寒冷气候的侵袭, 起到了天然屏障的作用, 另外, 地处西伯利亚的鄂毕海在渐新世的消失以及白令海峡的出现, 对早第三纪植物群的发展、迁移和演化等都

产生了重要影响。晚第三纪由于喜马拉雅运动继续, 古地中海部分转变为高山峻岭, 青藏高原强烈抬升, 这些对我国晚第三纪植物区系的发展产生了很大的影响, 并奠定了中国季风气候模式和中国现代植被和植物区系的组成 (李星学, 1995; 陶君容, 2000; 陈灵芝等, 2001)。我国第三纪植物群非常发育, 主要分布于新疆、黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河南、山西、山东、西藏、四川、云南、广东、海南等广大地区 (陶君容, 2000), 按时代分述如下。

### 1.1 古新世植物区系

根据植物化石和孢粉组合特征可分为 2 个植物地理区: 北方温带湿润区和亚热带—热带干旱区 (李星学, 1995; 陶君容, 2000)。

(1) 北方温带湿润区: 大致沿古天山—古阴山—古燕山北麓以北, 沉积物主要为湖泊沼泽碎屑岩含煤沉积, 说明当时气候温和湿润。抚顺煤田栗子沟组发现的木化石均属于松柏类 (杜乃正, 1987), 其中杉科占 57%, 柏科占 26%, 松科占 17%, 这些类型的现代相似种目前都生长在亚热带山区或丘陵地带比较温凉的环境中; 孢粉化石以被子植物占优势, 主要有 *Betulaepollenites*、*Paralnipollenites*、*Momipites*, 裸子植物次之, 以 *Taxodiaceapollenites* 为主, 整个植物群属于以被子植物桦和黄杞等为主的阔叶落叶—针叶混交林, 气候总体属温凉环境。新疆阿勒泰古新世植物群计有 24 科 35 属 38 种 (郭双兴等, 1984), 其特点是叶缘具齿的种占 60% 以上, 纸质叶和落叶阔叶树种占绝大多数, 反映暖温带气候环境。

(2) 亚热带—热带干旱区: 古天山—古阴山—古燕山南麓至南海大陆架北部的广大地区, 区内广布红色、杂色岩系以及白云岩、石膏等蒸发岩, 反映干旱气候的沉积特征。在江苏、湖北、江西、湖南和广东等地广泛分布耐干旱的植物 *Palibinia*, 另外有喜潮湿的植物, 如 *Cinnamomum naitoanum*、*Lygodium kaulfussii* 等, 总体反映的是干旱气候环境 (李浩敏, 1979; 郭双兴, 1979); 广东和海南岛孢粉组合主要成分有 *Ulmiipollenites*、*Ulmoideipites*、*Celtispollenites*、*Ephedripites*、*Pterisisporites* 等, 榆科和麻黄科占优势, 并含有五角粉、南岭粉、三孔榄粉, 代表干旱孢粉区系特征, 反映了本区古新世气候较今日干旱, 另外, 大量的温带植物花粉说明本区当时气温较今日要低 (孙湘君等, 1981; 地质矿产部宜昌地质矿产所等, 1992)。

## 1.2 始新世植物区系

根据其组分和特征,可分为3个植物地理区:北方亚热带湿润区、中部副热带干旱区和南方热带潮湿区(李星学,1995;陶君容,2000;赵锡文,1992)。

(1)北方亚热带湿润区:分布于我国北方,大致以天山和阴山的南缘,即济南—哈密一线以北的广大地区。本区植物种类丰富,成分复杂,温带至亚热带的属种均有代表。主要由暖温带至亚热带的落叶乔木和灌木组成,但也夹有少数热带常绿植物。形态属已很少,基本为现代属,反映与现代植物的关系更加密切。植物叶片大小中等,纸质,少数革质,叶缘常有齿,个别全缘,代表亚热带湿润气候。本区北部未见常绿植物,可能为暖温带气候。本区可以抚顺植物群为代表(李星学,1995;中国新生代植物编辑组,1978),这一植物群包括了近40科50属70种植物,蕨类植物以喜暖、喜湿的类型为主,如:*Lygodium*、*Osmunda*等,裸子植物以杉科为主,如*Metasequoia*、*Sequoia*、*Taxodium*在当时非常繁盛,但*Sequoia*、*Taxodium*目前已不复在亚洲出现,*Metasequoia*现已仅限于湖北、湖南和四川交界的狭窄区域;被子植物以茱萸花序类植物占优势,出现一些热带、亚热带植物分子,如*Lygodium*、*Cycas*、*Cinnamomum*、*Sabalites*等,它们与暖温带植物分子混生。另外,在黑龙江伊兰、吉林舒兰和延边等地也广泛分布有始新世植物群(李星学,1995;陶君容,2000)。

(2)中部副热带干旱区:本区北界接前区,南界以南岭山麓南缘和冈底斯山为界。区内植物比较贫乏,*Palibinia*是最常见的植物,为亚热带干旱气候的典型代表,与其共生的有温带的*Ulmus*、*Zelkova*、*Corylus*和*Sophora*,暖温带至亚热带的蕨类植物*Equisetum*、*Lygodium*,裸子植物*Metasequoia*,以及被子植物*Quercus*、*Comptonia*、*Acer*、*Eucommia*、*Ziziphus*和*Trapa*等。此外,还有少数亚热带至热带常绿植物。叶片较小,厚,革质,叶缘有齿或刺,代表副热带干旱或季节性干旱的气候(李星学,1995;陶君容,2000)。

(3)南方热带潮湿区:位于前区之南的低纬度地区,主要分布于广东和广西南部以及海南岛等地。本区年平均气温较高,雨量充沛,植物生长茂盛,蕨类植物有:*Osmunda*、*Lygodium*等;被子植物中落叶植物有:*Cyclocarya*、*Nelumbo*、*Cercidiphyllum*等;常绿植物有:*Dryophyllum*、*Myrica*、*Magnolia*等。植物叶片较前两区大,厚,革质,多为全缘叶,代

表的是热带潮湿气候(李星学,1995;陶君容,2000;郭双兴,1979)。晚始新世至早渐新世,受海水影响,在海南岛出现了现代红树林植物海桑科的祖先类型花粉,反映滨海环境(孙湘君等,1981;蒋有绪等,2002)。此外,在云南南部和西藏东南部也有始新世植物群的分布(李星学,1995)。

## 1.3 渐新世植物区系

渐新世我国可分为南北2个植物地理区,即北方温带湿润区和南方热带潮湿区。

(1)北方温带湿润区:化石主要产于吉林延吉、辽宁沈阳北郊等地(李星学,1995;金建华等,1998)。辽宁沈阳渐新世植物化石主要有:*Metasequoia disticha*、*Sequoia chinensis*、*Taxodium tinajorum*、*Magnolia* sp.、*Cinnamomum naitoanum*、*Schisandra fushunensis*、*Trochodendron* sp.、*Cercidiphyllum arcticum*、*Hamamelites inaequalis*、*Celtis peracuminata*、*Dryophyllum fushunense*、*Quercus* sp.、*Betula dissecta*、*B. fushunensis*、*Carpinus* sp.、*Salix* sp.、*Populus* sp.、*Firmiana* sp.等,与抚顺始新世植物非常相似,代表温暖湿润气候环境。

(2)南方热带潮湿区:化石产地主要为广东茂名及云南景谷(李星学,1995;中国新生代植物编辑组,1978)。本区以常绿植物占绝对优势,反映我国南方自始新世至渐新世没有发生显著的变化,仍为热带潮湿气候。本区植被可以云南景谷盆地渐新世植物群为代表(中国新生代植物编辑组,1978),植物化石计有18科25属34种,主要为壳斗科(10种)和樟科(4种)等,植物群以常绿阔叶植物占优势,混生一些落叶阔叶类型,与现代南亚热带常绿栎林相似。从孢粉组合看,海南岛中、晚渐新世植被具有明显的垂直分带性,山地地带为温带针叶及落叶阔叶林,气温低而潮湿;平原地带为热带—亚热带常绿和落叶阔叶林,气候温暖湿润;滨海地带则发育有红树林群落(孙湘君等,1981;蒋有绪等,2002)。

## 1.4 中新世植物区系

中新世植物群在我国各地均有分布,以东部沿海和南部丘陵地区较为丰富。根据植物群的特征可分为下列4个植物地理区。

(1)北方温带区:植物群主要分布于黑龙江桦南、吉林敦化、内蒙古平庄、河北围场等地,以落叶、阔叶的乔木或灌木为主,叶体一般较大,叶缘多为齿状,全缘者也有一定的比例,叶脉从掌状到羽状脉序均有,叶片多呈纸质或薄革质,与渐新世相比,被子

植物成分变化不明显,喜暖的裸子植物突然减少,代表温带中生气候环境(李星学,1995;商平等,2001)。

内蒙古平庄盆地中新世植物群以被子植物占优势,计有 16 属 22 种,其次为裸子植物,6 属 7 种,没有发现蕨类植物。其中裸子植物以杉科为主,被子植物以壳斗科、杨柳科、桦木科和榆科为主,连香树科、木兰科也有一定属种。该植物群总体面貌与吉林敦化秋梨沟植物群相似,反映的是温暖湿润的暖温带—亚热带气候条件(商平等,2001)。

(2)东部沿海亚热带区:化石主要产于山东临朐山旺组、浙江宁海下南山组、福建漳浦佛昙组等,本区蕨类和裸子植物稀少,被子植物则非常繁育,落叶植物在本区占优势。常绿植物也得到适当的发展。植物叶片较大,叶多纸质,叶缘常有齿,反映亚热带湿润气候条件。其中以山东临朐山旺植物群属种最为丰富(中国新生代植物编写组,1978),计有被子植物 127 种,裸子植物 2 种,苔藓和蕨类各 1 种,被子植物除了 3 种单子叶植物外,其余均为双子叶植物,主要有桦木科 5 属 15 种,蔷薇科 10 属 10 种,豆科 9 属 9 种,榆科 4 属 8 种,杨柳科 2 属 7 种,胡桃科 4 属 5 种,壳斗科 3 属 5 种,槭树科 1 属 8 种,鼠李科 4 属 4 种,樟科 3 属 4 种等,化石植物群属中生混交林,而化石产地现代植被为常绿落叶阔叶混交林。

(3)南方热带区:主要产于广西百色盆地、云南开远等地。蕨类和裸子植物均很稀少,被子植物都是现代暖温带至热带常见的属,常绿半常绿分子占 1/3,樟科、壳斗科和豆科植物在本区占优势,植被类型属小叶常绿阔叶林(李星学,1995;陶君容,2000)。在海南岛,中新世时由于海侵进一步加大,海滨红树林面积大大增加,在盆地的中心则发育了由金缕梅科、阿丁枫科、木兰科、桃金娘科、胡桃科、棕榈科等组成的低地热带雨林(孙湘君等,1981;蒋有绪等,2002)。

(4)青藏高原温带区:中新世中期由于喜马拉雅运动的影响,青藏高原及东部的横断山脉地区整体抬升,逐渐形成独特的高原植物区系。青藏地区植物化石主要产于西藏南木林和青海泽库等地,主要有裸子植物 *Taxus*,被子植物几乎全为落叶,以 *Populus* 的种类为最多,其次为 *Salix*、*Carpinus*、*Acer* 等,反映了高原暖温带稍湿润和温带稍旱的气候特点,植被类型为落叶阔叶混交林(李星学,1995;陈灵芝等,2001;李文漪,1998)。横断山脉地区植物化石主要发现于云南宜良、腾冲、剑川、临沧等地,植

被类型以小叶常绿阔叶林为主,反映的气候较上述青藏地区略温暖(李星学,1995)。

### 1.5 上新世植物区系

我国上新世植物群产地稀少,根据植物群组合特征大致可分为泛北极植物区和古热带植物区(王伟铭,1992),以南宁—广州—福州一线为界,以北为泛北极植物区,植被类型有北方硬木混交林、落叶阔叶混交林、常绿落叶阔叶混交林、混交针叶林、微叶常绿阔叶林以及小叶常绿阔叶林等(李星学,1995;李文漪,1998;王伟铭,1992);以南为古热带植物区,未有植物大化石发现,孢粉类型主要为蕨类和草本植物,蕨类孢子主要为水龙骨科,草本植物有藜科、禾本科和菊科等花粉。在海南岛,上新世时各盆地曾发生一度的海退,红树林减少或消失,草本植物开始繁盛,如藜科、禾本科和菊科等,与中新世比较,气候较干凉,为热带到亚热带过渡的性质(孙湘君等,1981;蒋有绪等,2002)。

## 2 第四纪全球变化及植物区系

第四纪进入地史时期的一次大冰期,第三纪末期开始的冰川活动此时分布范围更加广泛,一直持续到更新世末期,到了全新世全球气候才逐渐转暖。

第四纪全球气候变化的基本特征是在总的降温背景下,经历了强烈的寒暖气候波动,冰期和间冰期交替出现,冰期时,大陆冰盖从高纬区向中纬区推进,在北半球达到北纬 51°左右(欧洲),在北美甚至达到北纬 38°,当时全球冰川覆盖面积占陆地面积的 1/3,远较现代要多。伴随冰川活动,永久冻土带向南扩大,湿热气候带向南缩小,导致喜暖动植物群向赤道方向迁移,山地冰川也发生下移和扩大,在海域,冰期时发生海退,海平面下降,导致陆架露出水面,陆地面积增大,有些岛屿与大陆相连,发生动植物的迁移和交流。间冰期,气候回升,大陆冰盖向高纬度区撤退,气候带和生物群又向极地方向移动,高山区冰川亦随之缩小上升,海平面复又上升,生物群重又呈现生机勃勃的景象。

在大陆冰盖外围西风带,包括北非、中东和北美西南部,与冰期和间冰期相应的是雨期和间雨期的交替出现,雨期使这一环全球干旱带降水充沛,气候湿润,湖面上升和湖群扩大,间雨期则发生相反的变化。第四纪青藏高原继续强烈抬升,激发了东亚季风,季风区的气候在冰期和间冰期时发生干(冷)和

湿(暖)的同步变化,大陆中心干燥区和低纬度热带区亦受全球冰期气候变化的影响发生干湿气候波动。

我国在第四纪时大部分地区受季风影响,西部有青藏高原,又是多山国家,因此受当时全球性冰川气候变化的影响很大(李星学,1995;陈灵芝,2001;李文漪,1998)。

第四纪全球植物群的面貌与现代已基本一致。第四纪植物群的历史就是现代植物区系的形成过程,除少数绝灭了种以外,第四纪的种皆在现代种的范围以内。由于第四纪的沉积大都比较疏松,导致植物化石呈特殊保存状态,它们大都没有石化,通常都保存为泥炭或未煤化的植物碎屑等。目前,对第四纪植物群研究得较为详细的有西欧、俄罗斯的欧洲部分、西伯利亚和北美等地区。我国的第四纪地貌和古地理环境与晚第三纪相差不大,植物群面貌也与上新世基本相似,与现代植物地理区系也基本相同,按时代分述如下:

### 2.1 更新世植物区系

更新世青藏高原继续强烈抬升及古地中海的收缩,是中国第四纪植被形成、分布和发展的直接背景条件,受东亚季风气候的影响,在南方维持充足的水份,使东亚繁茂的植物免于副热带高压带干旱的侵袭,在北方由于高原阻挡了西南季风向北吹送,导致西北更加干旱。更新世植物群的发展明显反映了显著变冷及冷、暖交替的气候变化过程,在南方以山地植被带的下降和移动为主要特征,在北方最突出的特点是耐旱植物的扩展。可划分为以下4个植被区(李星学,1995;陶君容,2000;赵锡文,1992;陈灵芝等,2001)。

(1)温带森林植被区:包括东北和华北广大地区,植物群的特点是气候显著变冷时,*Tsuga*、*Carya*等亚热带喜湿类群逐渐消失,落叶阔叶树*Quercus*、*Ulmus*、*Tilia*等普遍减少,耐寒的针叶树*Picea*、*Pinus*比例增大,以*Artemisia*和藜科为主的耐旱草本植物大量增长并发展成为优势;寒冷阶段最盛期,以*Artemisia*和藜科为主的草本植物花粉可高达90%以上,有时有少量*Pinus*,阔叶树几乎完全不见,*Picea*显著增多,随着气温继续降低和湿度减小,*Picea*也不适生存了,植被转变为以开阔草原为主;当气候回暖时,可见针叶树和阔叶树稀疏生长在草原之中。东北和华北地区更新世植物群基本反映了上述特征,但*Abies*、*Picea*、*Betula*等喜温乔木花粉在东北

出现的数量要比在华北为多,因而东北地区当时的气候较华北地区略为湿润。

(2)亚热带森林植被区:分布在中国东部秦岭—淮河以南地带,冷期植被的主要特点是含*Picea*、*Abies*、*Tsuga*、*Keteleeria*等多种喜湿的、现代分布于中国温带和亚热带山地的裸子植物,以及大量喜湿蕨类植物,如*Pyrrosia*、*Lepisorus*、*Osmunda*、*Gleichenia*等,植被面貌与我国现代亚热带山地植被相当;暖期本区出现大量亚热带类型,如*Ilex*、*Liquidambar*、*Magnolia*、*Aralia*、*Symplocos*、*Carya*、*Pterocarya*、*Fagus*等,气候温暖湿润,与现代当地植物群差别不显著。

(3)温带草原和荒漠区:包括西北和黄土高原地区,本区第四纪以来干旱植物类群已占优势,*Artemisia*和藜科为主要分子,更新世早期尚可见到*Betula*、*Ulmus*、*Salix*、*Juglans*等阔叶树,此后,*Juglans*消失,其它类型也逐渐稀少,植被类型主要是以藜科为绝对优势的荒漠植被与以*Artemisia*、藜科等为主的荒漠草原植被交替出现为特征。暖期由于干旱区强烈的蒸发作用,促进荒漠植被的发展。当温度再次下降时,虽然冰雪消融量减少,但由于蒸发量也减少,反而一定程度上缓解了干旱,荒漠草原得到发展。

(4)青藏高原高寒植被区:青藏高原的植被与中国其它区域不同,第四纪以来一直处于高寒和干旱环境中而演变为独立的新的植物区系和植被。喜马拉雅山山地更新世植物群在南部和西部不同,南部植被为以*Pinus*、*Quercus*、*Betula*等温带成分组成的针叶阔叶混交林,并含一定数量以*Artemisia*为主的草本植物;西部则为耐寒的*Abies*、*Picea*为主的亚高山针叶林,林下有不少以藜科为主的耐旱草本植物。冰期后,*Artemisia*、禾本科和藜科成为高原上的主要成分,植被类型演变为高山草原和草甸。

### 2.2 全新世植物区系

近年来,由于地球环境的不断恶化,人们对全球气候变化的走向越来越重视,对全球近一万年来全新世气候变化也日益重视。全新世我国的气候变化大致可分为5个时期:升温期,气温低于现代;前温期,气温接近或略高于现代;高温期,气温高于现代2~3℃或更高,高温期在世界范围内都有表现,往往作为全球全新世气候变化对比的标志时段;后温期,气温接近或略高于现代;降温期,气温低于现代。根据孢粉资料,近一万多年来的植被变化可划

分为 3 个时期: 全新世早期、中期和晚期。全新世的植被面貌已十分接近现代植被, 植物分区与现代植物分区相似, 可分为 7 个植物区(李星学, 1995; 陶君容, 2000; 赵锡文, 1992; 李文漪, 1998)。

(1) 温带针阔叶混交林区: 包括东北平原以北、以东的广阔山地, 孢粉化石主要产于三江平原和长白山区, 本区地带性植被是以 *Pinus koraiensis* 为主的温性针叶阔叶混交林, 以湿润型的温带季风气候为特征。全新世早期先以 *Betula* 占绝对优势, 其次是 *Alnus*、*Ulmus*、*Salix*、*Corylus* 等, 植被为灌丛林, 气候湿冷, 气温较现代低, 其后 *Betula*、*Alnus* 明显减少, *Ulmus*、*Tilia*、*Carpinus*、*Acer*、*Quercus* 等喜温的阔叶木本种类逐渐增多, 反映气候转暖。全新世中期阔叶落叶林大发展, 森林树种主要为 *Quercus*、*Ulmus*、*Juglans*、*Betula*、*Alnus*、*Carpinus*、*Tilia*、*Acer*、*Salix*、*Corylus* 等, 气候温暖湿润, 气温较现代高 2~3°C, 针叶林生长于山地海拔高处。全新世晚期距今四千年前植被发展为以 *Pinus koraiensis* 为主的针叶阔叶混交林, 同时以 *Pinus*、*Picea*、*Abies* 为主的针叶林在山区垂直带也向下移动, 而全新世中期繁盛的阔叶树种相对减少, 反映气温有所下降。

(2) 温带草原区: 包括松辽平原、内蒙古和黄土高原。全新世早期以 *Artemisia* 和藜科等草本植物占绝对优势, 木本植物花粉占 10% 左右, 主要类型有: *Pinus*、*Abies*、*Betula*、*Quercus*、*Fraxinus*、*Tilia*、*Ulmus*、*Juglans* 等, 古气候较今略为湿润。全新世中期, 各类草本植物仍占优势, 但上述木本植物得到了很大的发展, 森林和森林草原得以发展, 气候较现代温暖湿润。全新世晚期, *Artemisia*、藜科和禾本科等草本植物重又占绝对优势, 木本植物逐渐减少, 植被逐渐演变成现代典型的草原景观, 反映气候向干旱方向发展。

(3) 暖温带落叶阔叶林区: 本区北界为温带针阔叶混交林区和温带草原区, 南界为亚热带常绿阔叶林区, 东濒渤海和黄海。全新世早期在北京地区以 *Artemisia*、藜科、禾本科和菊科等草本植物占优势, 针叶植物以 *Pinus* 含量较高, 阔叶木本植物主要有 *Betula*、*Quercus*、*Alnus*、*Tilia*、*Ulmus* 等, 植被为森林草原或草原, 稍后, 木本植物成分增加, 在东部近海地区, 如辽东半岛发展为 *Betula* 林, 反映气候趋暖。全新世中期喜暖的木本植物占优势, 以 *Quercus* 含量较高, 其次为 *Betula*、*Juglans*、*Carpinus*、

*Corylus*、*Pterocarya*、*Celtis* 等; 但在本区的西北部, 草本植物含量仍较高, 植被为森林草原; 在本区中南部此时出现目前分布在我国南方亚热带地区的 *Liquidambar*、*Myrica*、*Cyclobalanopsis*、*Castanopsis*、*Ilex*、*Ceratopteris*, 反映当时气温较今要高; 在东部沿海地区发育的是阔叶林, 反映气候温暖湿润, 雨量充沛, 向西雨量减少, 干旱程度增加, 植被变为针叶阔叶混交林或森林草原。

(4) 亚热带常绿阔叶林区: 淮河—秦岭一线以南的广大地区, 本区全新世孢粉化石非常丰富, 以长江中下游、广东潮汕平原和广西山区为代表。全新世早期, 在长江三角洲地区, 植被为落叶常绿阔叶混交林, 主要成分有 *Pinus*、*Quercus*、*Cyclobalanopsis*、*Castanea*、*Ulmus*、*Betula*、*Carya*、*Castanopsis*、*Carpinus*、*Salix*、*Alnus* 等, 林中混生有较多的温带成分和少量耐寒分子, 如 *Picea*、*Abies* 等, 古气候较今略凉湿; 潮汕平原此时的植被为南亚热带常绿阔叶林, 气候接近现代, 主要成分为 *Castanopsis*、*Lithocarpus*、*Quercus*、*Elaeocarpus*、*Pinus*、*Podocarpus*、*Altingia*、*Randia*、*Ilex*、*Microtropis*, 还有桑科、杉科、紫金牛科等; 广西山区当时植被为亚热带落叶和常绿阔叶林为主, 植物种类主要有 *Quercus*、*Cyclobalanopsis*、*Ilex*、*Liquidambar* 等, 针叶树种很少, 只有少量 *Tsuga*、*Pinus*。在全新世中期, 长江三角洲地区植被为常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林大发展时期, 亚热带气候的常绿阔叶成分此时大量发展, 主要成分有 *Helicia*、*Cyclobalanopsis*、*Lithocarpus*、*Castanopsis*、*Quercus*、*Juglans*、*Melia*、*Aphanamixis*、*Dysoxylum*、*Pinus*、*Liquidambar* 等, 古气候较今略温暖; 在潮汕平原, 常绿阔叶分子进一步发展, 热带、亚热带特征的海滩植物红树林的分布此时达到高峰, 其种类和分布范围远远超过现在, 主要种类有 *Acanthus*、*Rhizophora*、*Excoecaria*、*Bruguiera*、*Ceriops*、*Kandelia*、*Avicennia* 等; 广西山区此时为湿热的亚热带林。在全新世晚期, 长江三角洲地区亚热带阔叶成分逐渐减少, 而暖温带成分和 *Pinus* 等呈上升趋势, 反映气温趋于下降; 潮汕平原此时常绿阔叶成分也呈下降趋势, 而有些地方出现 *Pinus* 次生林, 除了气温下降外, 人类活动对植被也产生了一定的干扰作用; 在广西山区, 此时针叶树开始扩展, *Tsuga* 替代了 *Castanopsis*、*Quercus* 林, 周围山地发展为 *Pinus* 林。

(5) 温带荒漠区: 青藏高原以北的西北广大地

区,属于“亚洲荒漠区”的东段,东部和北部为欧亚草原包围,古气候处在大陆性气团高压带控制,东部受东南季风影响,降水集中在夏季。本区全新世植被以青海湖区和新疆柴窝堡盆地为代表,植被类型为高寒灌丛、高寒草甸草原、温带半灌木和小乔木荒漠林。全新世早期,在青海湖区以 *Artemisia*、藜科、禾本科组成的草原为主,但在某些较干燥的地方生长有以 *Nitraria*、*Ephedra* 为主组成的荒漠盐生灌丛,在水热条件较好的地方生长有 *Picea*、*Pinus*、*Betula* 等,局部地段形成 *Betula* 林;在新疆,主要也是 *Artemisia*、藜科、禾本科等草本植物,约占 90%,木本植物只占 10% 左右,主要为 *Picea*、*Betula*、*Salix*、*Nitraria*、*Ephedra*、胡颓子科、柽柳科等。全新世中期,青海湖区乔木数量增加,达 50% 以上,以 *Picea*、*Pinus* 最多,其次是 *Abies*、*Betula* 及少量 *Quercus*、*Ulmus* 等阔叶成分,组成亚高山针叶林,气温较现在要高;在新疆木本植物以小灌木 *Ephedra* 占绝对优势,其次是 *Picea*、*Betula*、*Salix*、*Nitraria*、柽柳科等,草本植物主要为 *Artemisia*、藜科、禾本科、莎草科和荨麻科等。全新世晚期,青海湖区 *Betula* 含量上升,取代 *Picea* 的优势地位,一些耐干旱的草本和灌木也呈上升趋势,气候趋于干温;在新疆 *Betula* 含量也大量增加,*Ephedra* 则下降明显,其它木本植物大多呈下降趋势,藜科和禾本科等草本植物又趋于上升,反映气温有所下降。

(6) 青藏高原植被区:本区植被类型复杂,主要有高山草甸、草原和高山灌丛,温暖期发育有针叶或针叶阔叶混交林块,可以藏北色林错全新世孢粉为代表。全新世早期 11 000~9 600 a BP 间植被稀疏,仅有少量的 *Artemisia*、藜科、菊科、莎草科和 *Pinus* 等类型,为亚高山荒漠植被,气候严寒,年均温较今低 4.5~5.5℃;9 600 a BP 开始,出现由 *Artemisia*、藜科、禾本科、菊科、莎草科和 *Ephedra* 组成的草原植被,同时出现一些木本植物 *Abies*、*Picea*、*Pinus*、*Tsuga*、*Betula*、*Quercus* 等,气候转暖。全新世中期,植被仍以上述草本植物为主,但木本植物含量明显增加,反映气候较前期变得更加温暖。全新世晚期,草本植物仍占优势,木本植物 *Picea*、*Tsuga*、*Betula*、*Quercus*、*Alnus* 含量进一步增加,反映气候仍趋于转暖。在藏南,全新世植被基本属于高山草甸、草原类型。

(7) 热带植被区:包括广东雷州半岛、海南岛和云南南部等。本区全新世化石资料较少,植被类型

与现代基本相同,主要有热带山地雨林、常绿阔叶林、滨海红树林、常绿落叶阔叶林等。

### 3 结 语

(1) 新生代全球板块运动和岩浆活动强烈而频繁,经过早第三纪一系列的运动之后,地壳构造的基本轮廓已经形成,晚第三纪古地理面貌逐渐接近现代。受地壳运动的控制,全球新生代气候波动明显,早第三纪总体比较温暖,晚第三纪气候发生明显分异,气温显著下降,第三纪末期开始有冰川活动,一直持续到更新世末期,期间发生多次冰期和间冰期,全新世气候逐渐转暖。

(2) 受上述全球变化的影响,我国新生代植物区系纵向演变和横向分异明显,早第三纪植物区系主要是纬向分带,晚第三纪初,由于喜马拉雅运动使青藏高原及东部的横断山脉地区持续抬升,逐渐形成独立的高原植物区。总体来说,晚第三纪植物区系和植被类型逐渐接近现代。第四纪植物区系和植被类型与现代已基本一致,只是到了全新世晚期,植被的演变除了受全球变化的影响外,人类活动的作用也越来越明显。

### 参考文献:

- 中国新生代植物编写组. 1978. 中国新生代植物[M]. 北京: 科学出版社, 1-232.
- 地质矿产部宜昌地质矿产研究所, 海南省地质矿产局. 1992. 海南岛地质(一), 地层古生物[M]. 北京: 地质出版社, 1-281.
- 孙湘君, 李明兴, 张一勇, 等. 1981. 孢子花粉[A]. 见: 侯 堂. 南海北部大陆架第三纪古生物图册[M]. 广州: 广东科技出版社, 1-58.
- 李文漪. 1998. 中国第四纪植被与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1-234.
- 李星学. 1995. 中国地质时期植物群[M]. 广州: 广东科技出版社, 345-441.
- 李浩敏. 1979. 我国下第三系杨梅科的一些化石及其地层意义[A]. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院南京地质古生物研究所. 华南中、新生代地层[C]. 北京: 科学出版社, 232-239.
- 陈灵芝, 马克平. 2001. 生物多样性科学: 原理与实践[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 66-89.
- 张宏达文集编辑组. 1995. 张宏达文集[M]. 广州: 中山大学出版社, 19-41.



- 赵锡文. 1992. 古气候学概论[M]. 北京:地质出版社, 141-163.
- 郭双兴. 1979. 两广南部晚白垩世和早第三纪植物群及其地层意义[A]. 见:中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,中国科学院南京地质古生物研究所编. 华南中、新生代地层[C]. 北京:科学出版社,223-230.
- 陶君容. 2000. 中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变[M]. 北京:科学出版社,1-126.
- 蒋有绪,王伯荪,臧润国,等. 2002. 海南岛热带林生物多样性及其形成机制[M]. 北京:科学出版社,33-42.
- Du NZ(杜乃正). 1987. Preliminary study on Paleocene fossil woods from Fushun of Liaoning Province(辽宁省抚顺古新世木化石的初步研究)[J]. *Bot Res* (植物学集刊), **3**:63-81.
- Guo SX(郭双兴), Sun ZH(孙喆华), Li HM(李浩敏), et al. 1984. Paleocene megafossil flora from Altai of Xinjiang(新疆阿勒泰古新世植物)[J]. *Bull Nanjing Inst Geol Palaeont, Acad Sinica* (中国科学院南京地质古生物研究所丛刊), **8**:119-146.
- Hongqi Li, Baolin Tian, Edith L Taylor, et al. 1994. Foliar anatomy of *Gigantonoclea guizhouensis* (Gigantopteridales) from the Upper Permian of Guizhou Province, China[J]. *American Journal of Botany*, **81**(6):678-689.
- Hongqi Li, Edith L Taylor, Thomas N Taylor. 1996. Permian Vessel Elements[J]. *Science*, Vol, **271**:188-189.
- Jin JH(金建华), Shang P(商平). 1998. Discovery of Early Tertiary Flora in Shenbei Coalfield, Liaoning(辽宁沈北煤田早第三纪植物群的发现)[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报), **37**(6):129-130.
- Meyen SV. 1987. *Fundamentals of Palaeobotany* [J]. London & New York, Chapman & Hall:1-432.
- Pearson LC. 1995. The diversity and evolution of plants [J]. *New York*, CRC Press:1-646.
- Shang P(商平), Jin JH(金建华), Sun DJ(孙德君), et al. 2001. Early Miocene Flora from Pingzhuang Basin of Inner Mongolia and its Palaeoenvironment(内蒙古平庄盆地中新世早期植物群与古环境)[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni* (中山大学学报), **40**(5):108-112.
- Wang WM(王伟铭). 1992. Palynofloristic changes in the Neogene of South China(中国南方晚第三纪孢粉植物群的变迁)[J]. *Acta Micropalaeont Sinica* (微体古生物学报), **9**(1):81-95.

(上接第 275 页 Continue from page 275)

是浸提过程中释放出的内含物直接影响还是转化为次生物后再作用、他感作用的物质及其作用机制等尚需进一步的研究。

#### 参考文献:

- 王子定. 1982. 森林植物之毒他作用[J]. 中华林学季刊, **15**(4):1-12.
- 华中农业大学. 1991. 果树研究法[M](第二版). 北京:农业出版社,26-27,148-159.
- 国家标准总局. 1982. 林木种子检验方法[S]. 北京:技术标准出版社,1-46.
- 陶燕铎,张宝琛. 1992. 中国林业生态中的植物生化他感作用[J]. 化学生态学, (1):117-124.
- 傅立国. 1992. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第一册)[M]. 北京:科学出版社,480.
- Mallie AV. 1987. Allelopathic potential of *Kalmia angustifolia* to black spruce[J]. *Forest Ecology and Management*, **20**(1~2):43-51.
- Molish H Der. 1937. Einflusseiner pflanze auf die andere Allelopathie Fischer[M]. Jena.
- Pan XF(潘晓芳). 1999. A preliminary research on *Malaria oleifera* seeding(蒜头果育苗情况初报)[J]. *Journal of Guangxi Agric and Biol Science* (广西农业生物科学), **18**(3):236-238.
- Penafiel SR. 1988. Effects of three pasture Plant extracts on germination of Benguet pine(*Pinus kesiya koyle* ex. Gordon)[J]. *Malaysian Forester*, **49**(1~2):181-184.
- Wang DY(王德艺), Feng XM(冯新满), Wei HX(魏红侠), et al. 1999. Studies on allelopathic effects of 741-Poplar(741 杨他感作用的研究)[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei* (河北农业大学学报), **22**(3):47-51.
- Zeng RS(曾任森), Li PW(李蓬为). 1997. Allelopathic effects of *Eucalytus exserta* and *Eucalytus urophylla* (窿缘桉和尾叶桉的化感作用研究)[J]. *South China Agr Univ* (华南农业大学学报), **18**(1):6-10.