

中·国·晚·白·垩·世·至·新·生·代·植·物·区·系·发·展·演·变

中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变

陶君容 主编

科学出版社

内 容 简 介

“中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变”是国家自然科学基金重大项目“中国种子植物区系研究”的课题内容之一,本书是在完成此课题的基础上撰写的。为我国研究新生代植物区系的第二本专著。

全书共分7章,简述晚白垩世至新生代时期中国的古地理、古气候特点。论述我国各省区的主要化石植物区系,包括鲜为人知的薄弱地区,其时间从晚白垩世被子植物发展为优势后,各时段我国各大区的化石植物区系特点、性质及演化历史;从古植物区系、古植被特点所反映的古气候、古环境;与国内外相近时代植物区系对比;新生代植物地理区的划分等。书后附有我国被子植物化石的地理分布表,化石照片78幅。

本书可供植物学、林业科学、地质学等科研工作者和相关学科大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变/陶君容主编. -北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-007520-X

I. 中… II. 陶… III. 植物区系-发展-中国-晚白垩世~新生代 IV. Q914.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 11865 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000年1月第一版 开本:787×1092 1/16
2000年1月第一次印刷 印张:18 1/4
印数:1—800 字数:418 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序

古植物学是研究地史时期植物种类、区系¹⁾组成、地理分布、古植被及其发展演变的一门科学。新生代古植物种类和区系与现代植物的种类和区系关系最为密切，但由于要研究其发生和演变的源流，实际上还包括属于中生代白垩纪中、晚期的植物种类和区系的研究。因为到晚白垩世晚期，被子植物在古植物区系中已占据着主导地位，可以说从这时期起的古植物区系就是现代植物区系的历史渊源。研究现代植物区系的组成来源，植物地理分布的规律和种系发生及演化，应当而且必须有相关的古种子植物研究和资料的配合，才能深刻地揭示某些植物区系的发生、发展、演变与环境变化及其相互制约的关系。现代生物地理学家、生物区系学家们必须充分重视并充分利用古植物研究，因为这些研究有着不可缺少、不可替代、不可估量的重要作用。“将今比古，温故知新”就是这个通俗化的道理。

国家自然科学基金委员会组织重大项目“中国种子植物区系研究”时，就曾在四个子课题中设置了“晚白垩世至新生代植物区系发展演变”这一有关古植物学研究的子课题，以便有计划地进行专项研究。本书是这一研究的结果之一，其中既汇集了作者和有关研究工作者在胡先骕、徐仁先生指导下数十年亲手在我国各地采集的大量化石标本和资料及潜心研究成果，也包括在一些空白和薄弱地区如内蒙古、山西、河南、甘肃、四川等地近几年采集到的和黑龙江、山东、云南等多个化石点的补充采集。因此本书材料丰富、详实可信，比较系统深入地论述了我国自晚白垩世以来古植物的种类和区系组成的特点，其发展演变规律及所反映的古环境特点。

总之，本书主要特点有四：1. 着重对我国空白地区新生代植物区系的研究，如对河南古新世至早始新世，甘肃渐新世至早中新世，内蒙古中新世、山西早、晚第三纪及四川晚新生代的研究；2. 着重于整体古植物区系学研究，即从整体植物学的角度，对大化石产区的不同植物，就其营养器官如木材，叶脉脉序，角质层和生殖器官如花、果、孢粉等，进行综合性分析研究，以提供更多的有关古植物区系的信息；3. 应用本学科当前国际上较先进的方法和手段，分析古植物区系与环境关系；4. 将现代植物区系地理学研究方法应用于新生代古植物区系研究之中。

作者在按这些特点进行的分析研究中有所发现，有所创新，个人认为是一部达到国内较高水平的书，特序如上。

吴征镒

1998-03-18

1) 古生物学上通称“群”。

前 言

本书是国家自然科学基金资助项目“中国种子植物区系研究”的古植物子课题，并根据多年古植物区系研究的总结性工作。本书力图系统介绍目前我们研究过的古植物区系资料，并应用吴征镒教授的植物区系地理的理论方法于古被子植物研究中，既反映了过去的研究成果，又突出介绍了当前本学科的发展。

全书共分7章，第一章介绍晚白垩世至第三纪的古地理、古气候环境，第二章着重介绍我国各大区的主要化石植物区系，第三章介绍化石植物区系与古环境研究并结合国内资料作进一步分析，第四章重要科属植物的地史分布及演化规律，第五章为中国第三纪植物分区，第六章新生代植物区系发展演变规律，第七章为主要属种的系统描述。书后附有中国各地质时期被子植物分布一览表。全书由陶君容主编，周浙昆、刘裕生参加撰写。参加课题全部工作者——陶君容、周浙昆，参加部分工作者王宇飞、赵立明、贺超兴、教月华、张秀生，协助参加野外采集者陈耀东、马欣堂、王宇飞、耿宝印、商平、王自强、颀光普、陈善勤，参加部分孢粉分析鉴定者杨惠秋、江德昕、孔昭宸、杜乃秋等。

本书请课题总负责人吴征镒教授审阅部分文稿，提出了宝贵意见。在此对审阅文稿及参加部分室内外工作的同志们表示衷心感谢。由于本人业务水平有限，书中必有不当之处，欢迎批评指正。

目 录

序

前言

引言	1
第一章 晚白垩世至第三纪的古地理轮廓及古气候特点	3
第二章 主要的化石植物区系	6
第一节 东北地区的白垩纪早期植物化石	6
第二节 东北地区白垩纪晚期至古新世的植物化石	11
第三节 黑龙江依兰早第三纪植物区系	20
第四节 东北地区晚第三纪植物化石	23
第五节 河南早第三纪植物区系	24
第六节 内蒙古晚第三纪植物区系及古气候	28
第七节 山西第三纪植物区系	35
第八节 四川米易第三纪植物区系	40
第九节 横断山区(四川、云南)第三纪植物	49
第十节 西藏地区第三纪植物	55
第十一节 云南开远小龙潭中新世植物	64
第三章 化石植物区系与古环境(古地理古气候)研究	73
第四章 中国第三纪重要科属植物地史分布及演化	78
第一节 中国壳斗科的地质历史及其系统学和植物地理学意义	78
第二节 中国桦木科植物(广义)的化石历史	92
第五章 中国第三纪植物分区	104
第一节 古植物区系划分的种种见解	104
第二节 被子植物的兴起及演化特点	107
第三节 植物地理分区	110
第六章 中国第三纪植物区系的发展演变	118
第七章 主要化石种的系统描述	127
附: 中国新生代植物化石地理分布表	183
参考文献	190
化石种名索引	202
图版 1—78	205

Contents

Foreword

Preface

Introduction	1
I . Paleogeographic and Paleoclimatic Characteristics of the Late Cretaceous-Cenozoic in China	3
II . Representative paleofloras	6
1. Fossil plants of the Early Cretaceous in Northeast China	6
2. Floristic characteristics of the Late Cretaceous-paleocene in Northeast China·····	11
3. Paleocene floras of Heilongjiang Province	20
4. Neogene floras of Northeast China	23
5. Paleocene flora of Henan Province	24
6. Neogene flora of Nei Mongol	28
7. Tertiary floras of Shanxi Province	35
8. Miya flora of Sichuan Province	40
9. Tertiary fossil plants of the Hengduan Mountains	49
10. Tertiary fossil plants of Xizang (Tibet)	55
11. Miocene flora of Yunnan Province	64
III . Palaeofloristic changes in relation to paleoenvironment	73
IV . Distribution of important Chinese families or genera in geological history and their evolution	78
1. The fossil history of the Fagaceae in China and its implications in Systematics and biogeography	78
2. The fossil history of Chinese Betulaceae	92
V . Tertiary floristic regions of China	104
1. Various concepts of palaeofloristic regionalization	104
2. The origin, differentiation and development of the angiosperms flora	107
3. Floristic regionalization	110
VI . The development of Chinese Cenozoic floras	118
VII . Systematic descriptions of important fossil species or genera Appendix: Geographic distribution of Cenozoic fossil plants in China	127
Attached table	183
References	190
Index of species	202
Plates 1—78	205

引 言

随着科学技术的高速发展,古植物学研究的重要性被越来越多的人所接受、重视和应用。古植物学通过对某些地区地质历史时期的植物科、属、种的研究,能较好地揭示地史时期植物在时间、空间上存在、发展和演变等重要作用。联系其相关地区的地质历史时期的自然环境变化,对周边区域影响等因素,研究内容逐渐扩展到对植物区系成分组成、地理分布、迁移与扩散,孑遗与绝灭,以及对古植被形成、发展和演变及被子植物起源、演化诸多方面进行研究,形成了系统、完整的古植物学理论。尤其近年来科学技术飞速发展和进步,使这门古老学科焕发了青春。当今古植物学已经走出单纯经典描述时代,广泛采用先进技术和研究手段,并与其他学科相互渗透、借鉴,为古植物研究工作所用,拓宽了古植物学研究之路。现在对一些重点地区的种群和关键性属种,可以从宏观到微观,从外部形态到内部结构,还从植物区系学、植物地理学、植物系统学及分支系统学等多学科、综合性的系统研究,对某些重要类群的系统位置,能够提供确切证据,并收到很好的效果,亦为研究现代植物区系学、植物地理学、历史植物地理学、植物系统学、森林植物学,以及为全面认识自然界的植物发生、发展和演化规律性,为保护自然环境、利用自然和改造自然等,提供了科学的历史依据。

自晚白垩世的 Cenomanian-Campanian 时期,被子植物成为植物区系和植被中的优势群体以来,经过无数次地质、地理、板块及古气候等沧桑巨变,原始的植物区系成分和组成面貌,早已难寻当初,这给深入研究现代植物区系地理学、植物系统学等带来许多困难。但是,经过古植物学者千方百计、坚持不懈的努力,在漫漫历史长河中,通过各个阶段点滴宝贵资料的收集和研究,汇集了不同地质历史时期的区系成分和植被组成等,从中仍可寻觅到它们之间渊源联系,尤其对某些关键环节植物系统发育(植物生殖器官化石)位置的探索、研究及对区系的发生、演变的论述均十分重要。例如孑遗植物水杉(*Metasequoia*),在晚白垩世至早第三纪初,遍布欧亚、北美,而现今自然生存仅限于我国湖北和四川交界处的很小范围。连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)与水杉有相似的分布历史,不同在于现在的分布范围比水杉略为广泛,但也只限于我国湖北西部至四川一带。还有现今只分布于我国中部的大血藤(*Sargentodoxa*),其化石发现在北美的渐新世(Tiffney 1993)。木兰科的鹅掌楸(*Liriodendron*)现存者2种,是东亚北美间断分布的典型,而化石于早第三纪出现在北美和欧亚,我国亦发现有化石,产于山东山旺组(中中新世)。现仅分布在我国银鹊树属(*Tapiscia*),在北美田纳西州早第三纪地层发现了化石,而在我国该属化石出现在山东山旺组等等。通过对这些植物在地史时期分带地带特点的研究,不仅说明欧亚、北美之间在地史时期有过联系,还说明古环境,古气候的变迁与隔离,以及对现代植物区系地理产生的影响。再如壳斗科植物,在早第三纪出现的多为常绿类型,随着地史的变迁,逐渐演化出落叶类型,通过化石与现代植物地理的研究,为探索壳斗科的起源、演化提供一条可寻的线索。其他如桦木科、木兰科植物古今结合的研究,均说明类似的问题。诸多问题的展现和揭秘,是通

过古被子植物区系的研究所取得的。由此获得大量信息为依据，从而了解其现代分布格局的原由，这也是近年古被子植物研究的重要成果，它促进了古被子植物研究工作的发展和提高。

我们长期从事新生代及其相邻时代植物区系的基础资料收集和研究工作，在全国一些重点地区采集到大量宝贵化石资料，为研究工作打下了扎实的基础和创造了良好的工作条件，尤其近年来新技术新方法的引入和应用，并与现代植物学研究工作相互交叉和渗透等，促使我们的工作有了长足发展。但是我们在撰写《中国晚白垩世至新生代植物区系发展演变》一书时，仍深深感到在古被子植物研究工作中还有不少不如人意之处，例如祖国疆域辽阔，地带差异显著，化石资料收集零散不全，尚难于全面、系统、深入地解决现代植物区系发生、发展研究工作需求。而化石采集工作的困难和艰辛，是未睹者难以想像。但我们不畏其难，还要加强化石资料的采集和研究。

自1990年我们承担“中国种子植物区系研究”课题以来，一方面总结过去已有的成果和资料，另一方面着重开展空白地区的化石采集和薄弱区的补点工作，例如我们先后到内蒙古、河南、山西、四川、甘肃等省区化石点进行化石采集及研究，还对过去研究过的植物群作些补充采集和研究，如对黑龙江嘉荫县乌云组、伊兰达连河、山东山旺组、云南小龙潭等化石点的补充研究，给进一步深入研究打下良好的基础。我们在掌握大量化石、孢粉、木材及生殖器官化石等资料后，开展了全面、系统的研究工作。首先从宏观入手，作了大量区系地理学、生态学的研究工作，做了叶相、叶结构及表皮角质层分析和与大化石同层位的孢粉分析研究工作等，都获得了可喜成果。但是，在木材解剖中，发现我们收集的木化石系裸子植物，被子植物的化石木材还有待继续采集。特别值得一提的是，我们重点开辟了植物生殖器官化石的研究。通过这次多学科综合性的系统研究，取得了较丰富的成果，把我国新生代古植物学研究工作向前推进了一步。

对于植物区系及被子植物起源的研究工作，这二者是相辅相成的。区系的发展演变是群集型，而被子植物起源研究是以研究群集类群为基础，没有大量新的化石资料，难以发现原始被子植物或被子植物的祖先。因而被子植物区系研究与被子植物起源研究，二者是不可分割的，但二者又各有侧重，后者还涉及从侏罗纪、白垩纪或更早时期的可疑被子植物和相关联的种子蕨等类群，有待我们去探索和发现。因而，今后我们在古被子植物研究中，基础资料收集和积累的任务仍然繁重，只有在研究大量新的化石材料，对这些材料的精心、系统研究后，才能恰如其分地对演化趋势、系统位置的定位作出解释。所以我们仍应不懈努力地寻找和发掘古被子植物化石。许多重要的植物学理论问题的解决有赖于古植物材料的发掘和研究。为使我国古植物学的进一步发展和提高，并为世界古植物学的发展作出更大贡献，愿我们共同努力去迎接新的挑战。

第一章 晚白垩世至第三纪的古地理 轮廓及古气候特点

中生代晚期的白垩纪时期，中国大陆已基本形成统一的块体，仅西藏雅鲁藏布江以南属特提斯海（古地中海），塔里木盆地西南部地区是中亚的土尔盖海东延的一个海湾。并有资料证明塔里木海（白垩纪中晚期）是特提斯海向北指状伸出形成。除台湾东部被古太平洋淹没外，其余广袤的中国大陆均是陆相沉积区。

在晚期燕山运动（晚白垩世晚期）之后，我国东部和西部大陆发生了重要变化。早期开始的西部拗陷活动基本消失，而古秦岭、古太行山、武陵山一线的东侧转化为大规模断陷，中国的大陆主要表现为西部上隆，东部下陷。东侧形成一系列新的断陷盆地。在大兴安岭及燕山地区，与强烈的火山喷发同时，形成一系列含煤盆地，如牙克石、霍林河、阜新、固阳等。在东南沿海一带，由于强烈的火山活动，出现一些中、小型盆地，在火山喷发间歇期间，接受了湖相沉积。

西北地区的一系列山系古天山、古昆仑山、古祁连山业已形成，成为各大盆地之间的分水岭。

西部特提斯海从西往东伸入我国西藏境内，到晚白垩世，特提斯海的范围继续收缩，使青藏高原日益扩大，地形也变得越来越高峻。整个西北盆地地区在白垩纪晚期时，是一个整体不断上升的过程，原有的沉积盆地逐渐封闭，和西南高原逐渐连成一片，开始孕育着中国西高东低的地貌轮廓。西南湖区，根据岩性及含古生物化石，反映当时的川西湖、西昌湖及滇中湖的水体可能是与特提斯海相通。

经历白垩纪末期过渡到早第三纪的时候，我国大地的轮廓与现今大不相同。东部大陆边缘区，从新生带以来，是一个由陆变海的过程，即现今为黄海和东海淹没的海区，当时突露在海平面之上，并与东亚外围环状岛弧状相连，白令海峡尚未形成，实为白令陆桥的狭窄陆地把东西伯利亚和阿拉斯加连接起来，沟通着欧亚和北美两大陆地（吴征镒等，1980）。早第三纪后，大陆架下沉为边缘浅海。早第三纪时，在西部的中亚平原淹没在海水之中，即我国新疆西部塔里木盆地西南地区是中亚土尔盖海东延的一个海湾（唐天福等 1992）。

早第三纪时期，由于古太平洋海域向中国大陆方向推进，我国东部地区受海洋气候的影响比较明显。同时，东亚大陆区受印度板块和太平洋板块构造运动的影响，古大兴安岭和古太行山略见雏形（虽在早白垩世燕山二期运动后急剧升起），但不算高，早第三纪时进一步上升。到第三纪中期，东部临海部分地面向上，东北东部、南部和山东、浙江、福建、广东沿海出现山地。台湾大部分地区露出海面。贺兰山、六盘山东侧的内陆呈阶梯状上升，形成陕甘高原和内蒙古高原。在大兴安岭、太行山、雪峰山一线以东地区，形成一系列大面积的丘陵低山和小型盆地（王鸿祯 1985）。

在始新世晚期，由于受印度板块与欧亚板块全面相接，特提斯海大部封闭，海水向东西两端退去。同时，中亚的地壳受到冲击和挤压，地面急骤上升为陆地与新疆相连。

由于印度板块与欧亚大陆碰撞挤压结果, 昆仑古陆继续上升北移, 塔里木海湾显著缩小, 到渐新世早期以后, 塔里木海湾基本封闭, 直到中新世时成为内陆残留海盆, 最终与昆仑山连接 (唐天福等 1992)。由于晚第三纪时喜马拉雅的加速抬升, 西北地区的昆仑山、阿尔金山、天山、祁连山等也强烈升起, 被这些山系环抱的几个大型内陆盆地仍然继续接受沉积。由于抬升活动, 使早第三纪曾为海水淹没的藏南地区, 此时已转变为高地剥蚀区, 当时的高度大约为 2000m (Tao 1984)。到上新世末至第四纪初, 青藏地区才开始较大幅度地隆升, 到晚更新世, 它急剧抬升, 直至接近现今高原面貌。川西、云南地区的地壳亦受到印度板块的挤压和扭曲, 把形成于早白垩世的横断山系弧形折皱并掀至接近现代的高度。

晚第三纪时期, 南海海域范围比现今更广, 此时亦为南海主要形成期。雷琼地区因强烈断陷遭受海浸形成宽阔的琼州海峡, 海南岛与大陆分离。

华北、东北地区的几个大中型沉积盆地, 如松辽盆地、华北-苏北盆地等, 范围有所扩大。在蒙、陕、甘、宁、晋地区更趋于准平原化, 沉积厚度更薄。

经研究证明, 白垩纪古气候变化的总趋势是从早期开始逐渐变热, 至 *Albian* 为一高潮, 以后逐渐变冷, 麦斯特里希特期为显著变冷的时期 (王鸿祯等 1985)。在我国早白垩世, 北方出现大量含煤盆地并具丰富的植物化石, 如黑龙江的扎赉诺尔、霍林河, 辽宁的阜新, 内蒙古的固阳等含煤盆地, 反映了当时这些地区为潮湿温暖的气候特点。但在早白垩世末期, 全球气候变暖及古欧亚大陆中部出现的干旱气候带, 这对中国当时植物的分布产生较大影响。

在白垩纪晚期, 中国主要位于热带和亚热带区, 大约在 5° — 40° N 的位置, 我国当时的最北部亦是暖温带气候。由于太平洋板块向西北移动及印度板块向欧亚板块靠近, 从晚白垩世以后, 使中国大陆向北移动了大约 10° — 13° 。从古地磁资料来看, 拉萨地块上侏罗统灰岩所测定的古纬度为北纬 1° (朱志文 1981), 位于当时赤道附近。西藏定日附近白垩纪灰岩的古地磁测定, 为古纬度的南纬 21° , 说明当时还处于南大陆的位置。由于地理位置的向北移动及西部地区的抬升活动, 一系列大山升起, 气候由暖逐渐变凉 (Hsu Ren 1983)。

晚白垩世, 西藏特提斯海域进一步缩小, 中国大陆区的干旱至半干旱范围进一步扩大, 在干旱带的南北分别为南潮湿带和北潮湿带, 此时, 红层广布于除西藏和东北以外的广大地区, 同时出现石膏或含盐沉积。由于此时气候干旱, 植物稀少, 以出现一些耐旱的植物, 如塔里木盆地西部晚白垩世的孢粉组合, 是以蕨类 *Schizaei sporites* 占优势, 还有较多的麻黄粉 (张一勇等 1991), 反映当时的气候为干燥炎热的热带至亚热带气候特征。这个干旱区向东延展甚远, 可能至当时大陆的边缘或更东的位置。

有关新生代气候的研究, 过去限于科学发展水平及研究手段, 其依据多来自古生物化石及沉积岩的变化研究。但陆相沉积所反映的气候往往具有不同程度的局限性, 其研究结果可能只反映了某地的局部气候变化。对第三纪植物化石研究结果用来说明气候的波动, 欧美及日本的古植物学家们已作出很好的尝试, Axelrod, Wolfe 和 Hopkins (1967), Tanai 和 Huzioka (1967), Hickey (1977), Tanai (1992) 等。他们的研究结果被广为引用。这些研究虽然精度不够, 但对新生代气候变化总趋势 (曲线图), 为越来越多的新资料所验证。

近三十年来,新理论新方法的不断出现和应用,如氧同位素方法的理论基础,其意义在于从海底碳酸钙堆积物中揭示 ^{18}O 与古气候的关系,这对古气候研究是一重大突破。氧同位素资料对比提出(Berger 1982),新生代时期全球气候呈阶梯状变化,其总趋势为初期的气候比中晚期更为稳定,当时地球的温度梯度小,中高纬度地区的气候比现在温暖得多(Shaekleten 1984)。新生代早期的气候特征与广泛分布着热带、亚热带植物区系与植被类型的植物化石所反映的气候特点一致(Wolfe 1985)。新生代的气候,从中期开始恶化,至晚期约0.9 Ma以后气候持续波动,成为第四纪冰川进退全盛期。

近年研究世界海平面的升降,是新生代环境研究中的重要内容之一,因为海平面的变化不仅反映了地球的构造运动、沉积速率和气候等方面的变化,而且还通过它改变地球的反照率来影响气候(王伟铭 1990)。在60年代后期,地震沉积学的发展促进了对海平面的研究日臻完善。近几年研究所获新的海平面变化曲线表明,始新世末期气候变冷,是因为受到太平洋西南部高纬地区古海洋变化所引起。

从研究东亚季风形成的资料说明,东亚地区新生代的大气环流形式可划分为三个阶段:早第三纪,全球气候温和,地壳稳定,在此环境条件下,亚洲以行星风占优势,季风环流尚未形成,此时为无季风阶段;晚第三纪,由于新构造运动开始活跃,从而欧亚的地形对比增大,气团在高纬地区明显变冷,随着北极气团增强,在东亚由于欧亚与太平洋的温差导致季风的形成,因而此阶段主要受海陆分布格局控制,古季风盛行,当时季风强度比现代要弱得多;第四纪期间,喜马拉雅和青藏高原大幅度抬升,破坏了低纬度地区空气的纬向流动,从而使季风环流增强,开始出现东亚季风阶段,并逐渐演化成现代的气候特征(Zhang Lin-yuan 1989)。依据第三纪植物区系研究的结果,反映出的气候变化大致与其相符。早第三纪阶段,包括我国东北、华北在内的整个北部地区,地势较为平坦,地面大气层的密度较为均匀,气温也保持匀和,平均气温比现在高,年温差比现在小。依据Tanai(1992)推测日本北海道地区,始新世中晚期植物区系生活时期的年平均温为 16°C 左右。北美的Bear Den Member为 15°C ,Camels Butte Member为 17.8°C (Hickey 1977),我国黑龙江达连河始新世植物区系的年均温为 14°C (13.2°C)左右(贺超兴等 1994)。从植被角度分析,属亚热带常绿阔叶林。第二阶段为晚第三纪阶段,包括渐新世晚期至上新世,气候从极地起开始变冷,因此,从北向南气候差异产生。根据岩石成因的特点和植物区系中出现新的北方分布类型,说明这种趋势继续向南发展。气候总趋势是气温逐渐下降,但在不同时段还有波动。随着全球性气温下降,我国东北和华北的气温亦逐渐下降,雨量减少。这种气候变冷的强度,在欧亚大陆各地不尽相同,此时主要受古季风的影响。中国气候的大陆性一直在加强,气候的季节性愈加显著,冬夏季的气温对比增大,空气湿度相对减小,大气降水量降低,并且分配愈不均匀。由于东西热量对比增大,环流带扩大,并加剧环流过程。第四纪,由于青藏高原大幅度抬升,影响了低纬地区空气的纬向流动,从而使季风环流增强,打破了纬向气候带的规律性,植被的地带性规律也受到影响。第四纪全球气温普遍下降,年平均气温与第三纪比较,相差 $7-10^{\circ}\text{C}$ 左右,亚热带北界已移到现在的位置。

第二章 主要的化石植物区系

第一节 东北地区的白垩纪早期植物化石

我国东北地区的中生代晚期及新生代地层较为发育,具有早白垩世至第三纪的陆相沉积。在早白垩世时期燕山二期运动中,古兴安岭急剧上升,在东侧形成了松辽盆地,以淡水湖泊为主并有河流沉积的环境,形成陆相沉积盆地。牡丹江地区的城子河组、松辽盆地的登楼库组、泉头组,延吉盆地的铜佛寺组、大拉子组,吉林珲春组、嘉荫地区的太平林场组、渔亮子组和乌云组等。在上述地区的层位中均保存有植物化石,有的地方相当丰富,化石保存完好,对研究该区植物区系发展演变提供了丰富资料。下面按时代的早晚予以论述。

孙革、郭双兴等(1990)研究并报道了黑龙江东部鸡西城子河组顶部,发现的早期被子植物,这些被子植物与大量的蕨类、银杏、松柏类及少量的苏铁植物共生。被子植物有: *Asiatifolium elegans*、*Chengzihella obovata*、*Jixia pinnatipartita*、*Shenkuoia caloneura*、*Rogersia lanceolata* 及最早的花序 *Xingxueina heilonjiangensis* 等,相伴的蕨类、裸子植物有 *Equisetes* sp.、*Coniopteris burejensis*、*Acanthopteris gothani*、*Nilssoniasinensis*、*Ctenis* sp.、*Ginkgo* sp.、*Elatocladus manchurica*、*Pityocladus* sp.、*Rhipidiod-cladus* sp.、*Schizolepis* sp. 等。

这是目前已知较早的被子植物化石,时代约相当于晚 Hauterivian—早 Barremian。

这时被子植物的叶部化石均为小形叶,叶形多为椭圆、倒卵形或长卵形,叶边全缘;叶柄粗而宽扁,与叶片基部界线不明显;羽状脉序,侧脉发育不良,间距不规则(整齐),多在叶缘内侧形成环形脉;脉级分化不全,三级脉仅在局部隐约可见,脉网不规则,3°—4°脉难于区别,更高级脉未见。这些均显示出叶片叶脉结构原始性特征。早期被子植物的气孔显示为不规则型(anomocytic)和不等细胞型(anisocytic),在气孔极端具“T”形物等为早期被子植物的特征。

一、大拉子组植物

在吉林东部延吉盆地的大拉子组和铜佛寺组亦发现和蕨类、裸子植物伴生的被子植物,从1990年至1992年笔者研究了大拉子组的被子植物化石及被子植物的生殖器官化石,综述如下。

大拉子组的植物组合,以松柏类的属种繁多为特征,有柏科: *Cupressinocladus*、*Frenelopsis*、*Manica*, 松科: *Pityocladus*, 杉科: *Sphenolepis*、*Elatides* 及 *Brachyphyllum*、*Schizolepis*、*Elatocladus*、*Pagiophyllum*、*Cyparissidium*, 还有些真蕨类: *Ruffordia*、*Onychiopsis*、*Sphenopteris*、*Cladophlebis* 等;被子植物有: *Rogersia angustifolia*、*Saliciphyllum longifolium*、*Sapindopsis magnifolia*、*Sterculophyllum elegans*、

Ficophyllum sp.、“*Sassafras*”sp.、*Ranunculophyllum pinnatisectum*、*Clematites lanceolatus*、*Archimagnolia rostratostylosa* (花)、*Eucommioites orientalis* (果实)、*Yanjiophyllum ellipticum* (张忠诚 1980)。

该植物群的组成主要是裸子植物和真蕨类。真蕨纲共 12 种, 裸子植物苏铁类 3 种, 银杏类 2 种, 松柏类 10 余种 (张川波 1986), 还有一些分类位置不明的裸子植物。被子植物仅 10 余种。真蕨类的锥叶蕨属 (*Coniopteris*) 约 4 种, 该属与生存的蚌壳蕨属或密锥蕨属有非常近的亲缘关系。这些化石分属蚌壳蕨科、海金沙科、水龙骨科等。前二者分布在热带和亚热带地区, 后者虽是世界性分布, 但极少分布到干旱地区。裸子植物中松柏纲的种属较多, *Elatides* 2 种、*Manica* 3 种、*Brachyphyllum* 3 种, 另有 *Frenelopsis*、*Suturovagia*、*Sphenolepsis*、*Cupressinocladus*、*Sequoia*、*Otozamites*、*Zamites*、*Dictyozamites*、*Baiera*、*Ginkgo*、*Sphenobaiera*。被子植物有 *Rogersia angustifolia*、*Saliciphyllum longifolium*、*Sassafras* sp.、*Ficophyllum* sp.、*Sapindopsis magnifolia*、*Sterculophyllum elegans*、*Ranunculophyllum pinnatisectum*、*Clematites lanceolatus*、*Carpolithus brookensis*、*Carpolithus* sp.。就目前化石材料所研究的程度, 很难说明以上被子植物的亲缘关系及分类位置, 但从叶形、脉序特征、叶脉结构与分化等特点均反映出一定原始性。表现在: ①叶形的原始性, 如 *Sapindopsis* 的叶羽状分裂时, 末端羽片呈现出假二歧式分叉, 裂片基部下延呈蹼状; *Ranunculophyllum* 的叶, 羽状全裂亦呈现二歧式分叉特征; *Saliciphyllum* 和 *Rogersia* 的叶, 叶片区和叶柄无明显的界线; *Ficophyllum* 的叶形较特殊, 叶形略大, 叶缘具圆齿状浅裂。②叶脉脉级分化处于初级阶段, 通常一级脉显著, 二级脉虽出现但缺少规则性, 三级脉无或更不规则, 较高级脉在组合中均未分化, 如 *Rogersia*、*Clematites* 呈现明显。二级脉至三级脉的不规则性, 与现生存毛茛科一些植物的叶脉结构相似。*Sapindopsis* 二级脉羽状, 间距不整齐, 伸出角不一, 呈现不规则的特点, 更高级脉未分化。2—3 级脉组成的脉网明显不规则, 在 *Rogersia*、*Saliciphyllum*、*Ficophyllum*、*Ranunculophyllum*、*Clematites* 的叶上均可观察到。③大多数叶形较小, 叶边全缘, 如 *Rogersia* 的叶长仅 2cm, *Saliciphyllum* 及未定种 (*Phyllites* sp.) 均是典型的代表。

在 70 年代, Hickey 等重新研究了北美波托马克植物群, 从植物微化石 (孢子花粉) 及植物大化石的叶脉结构特征的综合研究, 总结出早期被子植物的演化序列。就其叶子化石的研究, 其演化序列是带 I: 叶脉无定形; 二级叶脉在叶缘靠里弯曲成环结状; 中脉由近轴部分分离出的维管束组成; 无叶片和叶柄分化的全缘叶。带 II 下部: 被子植物在局部丰富起来, 包括形态类型及叶脉多条发展及规律性增强, 每一裂片下部沿叶轴下延呈蹼状, 末端的裂片作二歧式分叉。脉序较不规则, 具有排列较密并有形成环结脉趋向的二级脉等, 成为一特殊的类群。带 II 的上部: 出现羽状复叶; 2—3 级脉发展到较规则的阶段, 显示其叶脉的规则性逐渐增强。带 III: 叶化石以具掌状浅裂及与单叶有关的具羽状脉的“拟悬铃木叶”占优势, 这种“拟悬铃木叶”具有粗壮且坚硬的三级脉, 并垂直穿越宽阔的脉间区 (即贯穿型), 在三级脉之间出现彼此近于平行的四级脉。与这些叶子演化趋势并行的花粉的演化, 即从单沟到三沟, 到三拟孔沟, 再至三孔沟花粉。Hickey 等提出的叶演化趋势, 在我国延吉大拉子组保存的植物化石中, 其主要特征已展现出。唯一区别在大拉子组的植物所具有的特征其分带性不明显, 各种较原

始的特性综合展现在同一层位的化石之中（除带Ⅲ的特征外）。

在北美大西洋海岸平原波托马克群（Potomac Group）的植物有：*Rogersia angustifolia*、*Ficophyllum*、*Celastraphyllum latifolium*、*Proteaephyllum reniforme*、*Proteaephyllum dentatum*、*Quercophyllum tenuinerve*、*Vitiphyllum*、*Acaciaephyllum spatulatum*、*Plantaginopsis*（类车前属，出现在带Ⅰ）、*Menispermities virginienensis*、*Populus potomacensis*、*Populophyllum reniforme*、*Aristolochiaephyllum cellulare*（带Ⅱ—B）、*Sapindopsis variabilis*、*Araliaephyllum obtusilobum*、*Alismaphyllum victor-masoni*（带Ⅱ—B中部）、*Menispermities potomacensis*、*Sassafras potomacensis*（带Ⅱ—B上部）、*Sassafras potomacensis*、*Araliopsoides cretacea*、*Protophyllum multinerve*、*Aspidiophyllum*、拟悬铃木叶（带Ⅲ—C），共有被子植物近20种。在延吉大拉子组的10种被子植物中，其中有5种和Hickey等（1977）报道的相同。其余的种，如*Saliciphyllum longifolium*、*Sterculia elegans*、*Carpolithus brookensis*均是Fontaine（1889）描述记载的。延吉盆地大拉子组的大多数被子植物与北美波托马克组的相似，这说明当时植物区系组成分子的相似性，并反映了在早白垩世中晚期欧亚古陆和北美古陆紧密相连，致使早期被子植物发生散布和迁移。

二、大拉子组植物群的时代

早白垩世的被子植物化石在欧洲、北美均有发现，但大多数出现在早白垩世晚期。到目前为止，在北半球早白垩世早期仅发现少量花粉及少量植物大化石，到中、晚期才出现较多被子植物。

与我国毗连的俄罗斯境内，在西伯利亚的科累马河（Kolyma River）发现了属Albian期的被子植物化石（Samylna 1960, 1968），其组成分子有*Cinnamomoides*、*Celastraphyllum*、*Nelumbites*、*Kenella*、*Sassafras*、*Rogersia*、*Ranunculaecarpus*等20余种，其中的叶部化石具有原始性特征，如小叶型。哈萨克斯坦亦发现早白垩世晚期的植物化石。向西至欧洲的葡萄牙所产早白垩世的植物中，Saporta（1894）认为Valanginian期有少量被子植物，到Aptian和Albian期被子植物才丰富起来。上述各地出现的被子植物属种与大拉子组相似者较少，因它们多是较晚时期的沉积物。近至我国境内黑龙江林甸县泉头组发现的被子植物，其时代大约属Albian期，与大拉子组的植物差别甚大。虽在我国东北其他地点也零星发现过早白垩世中、晚期的被子植物，其数量较少，已有正式的报道，但种不相同。

Krassilov（1982）报道了蒙古境内的早白垩世植物群，共划分为4个植物带：① *Baiera manchurica*。② *Otozamites lacustris-Pseudolarix erensis*。③ *Baierella bastata-Araucaria mongolica*。④ *Limnnotheties gobiensis - Limnonibe insignis*。在第②带出现少量被子植物 *Gurvanella*（具翅的果实）等，其中的裸子植物 *Baiera*、*Otozamites*、*Brachyphyllum*等均是拉子组具有的。其时代①至②带为Neocomian，③至④带为Aptian，由于被子植物数量少，未见有相似者；在蕨类和裸子植物中有不少相同属。说明大拉子组的时代与蒙古Gurvan-Eren地区早白垩世植物群的时代较近。在植物群特征分析中，已将大拉子组的植物和北美波托马克群的植物进行了对比，具有较多的相同属

种。这些相似分子出现在波托马克群的帕塔克森特 (Patuxent) 至帕塔斯科 (Patapsco) 层之间, 其时代为 Aptian 至 Albion 期。而黑龙江泉头组 (Albian) 的植物, 其叶脉结构规则性增强。脉级分化至更高级脉的悬铃木叶, 这种较进步的类型在大拉子组未见, 故推测大拉子组的时代属 Aptian 期为宜。

三、早白垩世晚期至晚白垩世早期的植物

松辽平原的泉头组和青山口组, 滨东地区乌河组和牡丹江盆地“桦山群”上部均产有被子植物化石。泉头组有: *Platanophyllum* sp.、*Protophyllum undulatum*、*Viburniphyllum serrulatum*、*Trapa?* *microphylla* 及分类位置不明的双子叶植物的果实及个体很小的叶子, 此小形叶呈长卵形, 长 1.8cm, 宽 0.8cm, 叶顶端渐尖, 基部渐变狭 (叶柄和叶片区界线不显), 主脉清晰, 侧脉仅 2—3 对, 其余网脉不规则, 显示出原始被子植物的特征。同层孢粉分析结果有小桫欏孢 (*Cyathidites minor*)、古水藓孢 (*Sphagnumsporites antiquasporites*)、赛诺里白孢 (*Gleicheniidites senonicus*)、大薄鳞蕨孢 (*Leptolepidites major*)、梯形斑纹孢 (*Nevisisporites simiscalaris*)、维尔曼紫萁孢 (*Osmundacidites willimanii*)、棒纹孢 (*Baculatisporites* sp.)、假网网纹三缝孢 (*Dic-tyotrilites pseudoreticulatus*)、网纹石松孢 (*Lycopodiumsporites reticulumsporites*)、亚三角小穴孢 (*Foveosporites subtriangularis*)、道洛格肋纹孢 (*Cicatricosisporites dorogensis*)、美丽肋纹孢 (*C. venustus*)、筛状有突肋纹孢 (*Appandicisporites* cf. *ethmos*)、角网三瓣孢 (*Trilobasporites trioreticulosus*)、尖型莎草蕨孢 (*Schizaoisporites leavigataeformis*)、开裂杉粉 (*Taxodiaceapollenites hiatus*)、纳氏罗汉松粉 (*Podocarpidites nau-movai*)、单罗汉松粉 (*Podocarpipollenites* sp.)、棒纹粉 (*Clavatipollenites* sp.)、和三沟粉 (*Tricolpites*) 及三孔沟粉 (*Tricolpo-pollenites*)。

植物组合的特征: 从大化石上看, 只有 2 种蕨类植物, 其余为被子植物。但从孢粉组合特征分析, 最多的是蕨类植物, 其次是裸子植物, 被子植物最少。

这些植物相近的现代科属多分布在热带至亚热带地区, 也有分布在温带地区的, 如荚迷属可分布于北温带至亚热带。大化石的叶质较厚, 可能属常绿类型, 多分布在亚热带, 仅悬铃木是分布在温带。在花粉孢子化石中出现较多的海金沙科, 主要分布在热带到亚热带。例如里白科大多分布在热带及亚热带, 紫萁则分布在温带和热带, 而石松则指示温带到热带潮湿气候环境。

植物化石及孢粉组合表明, 当时植被以森林植物松杉类为主, 被子植物乔灌木散生其间。中生代最繁盛的裸子植物银杏、苏铁、本内苏铁未见。伴生着大量蕨类, 包括树蕨 (桫欏类) 和草本真蕨、莎草蕨、石松、薇和里白等。反映当时为湿热的亚热带至热带气候特点。

植物化石的地质时代: 这样的植物组合, 与亚洲东北部和北美洲早白垩世晚期地层中出现的极为类似。北美的 Potomac 群的 Patuxent 组 (上部属 Aptian 期, 下部属 Barremian 期), 该组下部主要产蕨类和裸子植物, 未见被子植物。到上部才发现少量被子植物的单沟花粉和具有叶柄、叶片界线不分明的小型单叶的原始被子植物; 其上的 Arundel 组进一步发展 (此组下部属 Aptian 期, 上部属 Albion 组), 在 Arundel 组之上为

Patapsco 组, 花粉和叶子类型进一步发展, 叶的印痕化石中出现有复叶和掌状分裂的类型。在孢粉组合中被子植物的比例也逐渐增加了。亚洲北部、俄罗斯的科雷马盆地发现的早白垩世植物群, 其中以蕨类和裸子植物为主, 被子植物比重极小, 仅占总数的 20%—25%。又 Omsukchan 白垩纪植物群, Sumylin 指出: 该植物群对于了解中生代植物群的最后进化阶段和新生代植物群在亚洲东北部的发生是非常重要的。该区植物组合的序列, 共分 3 组: 下部为 Omsukchan 组, 其中又分 3 个亚组, 下部的 1 个亚组的时代属 Aptian, 上部 2 个亚组的时代均属 Albian 期。Samylin 在讨论这三套地层中的植物群特征时, 和位于 Kolyma 河左岸的 Zyrianka-Siliap 煤田的一套从晚侏罗世—晚白垩世的沉积序列对比中指出, 在 Omsukchan 的下部亚组 (相当于 Siliap 河, 时代为 Neocomian-Aptian) 的植物群是典型的中生代植物, 主要由蕨类和裸子植物组成。到 Omsukchan 上部的 2 个亚组的化石植物群, 出现了被子植物和一些蕨类、针叶类的一些较新的分子。黑龙江林甸县泉头组二段出现的植物化石, 数量极少, 仅保存为叶痕, 不利于作细致的观察。根据现有的材料, 和上述早白垩世植物群对比, 在化石组成成分中有和亚洲东北部早白垩世出现的分子相似者, 亦有北美波托马克植物群中的成分。同时由于: ①所见孢粉类型多分布于早白垩世, 或中侏罗世—早白垩世, 仅个别类型 (如尖型莎草蕨孢) 是早白垩世晚期—晚白垩世分子, 以早白垩世的类型较多, 如角网三瓣孢为 Aptian—Albian 期的典型分子, 梯型斑纹孢、古水藓孢、亚三角小穴孢及纳氏罗汉松常见于早白垩世。②组合中具有三种类型的被子植物花粉, 含量均很低。其中棒纹粉 (包括百合粉在内) 的最早记载是中欧的里阿斯世, 继而是埃及和加拿大的晚侏罗世—早白垩世, 英国、西非的巴列姆期, 葡萄牙、中美、澳大利亚等地的 Aptian—Albian 期已有规律的出现。③小个光面及网面三沟类型花粉 (*Tricolpollenites* 和 *Tricoopites* sp.), 光面三沟类型最早出现于荷兰的凡兰吟期, 但到 Albian 期才较普遍。网面三槽花粉也有着大致的分布。孢粉中微量被子植物出现, 以及大化石中的原始叶和悬铃木叶、小形及叶脉不规则的原始叶, 均在早白垩世出现。从植物大化石组成分子及其叶子印痕的叶脉结构特征和大拉子组的被子植物比较, 均显得更高级, 植物组成分子也不同。因而泉头组的时代比大拉子组晚。据孙革等 (1995) 对我国东北早白垩世植物组合序列的对比, 提出大拉子组的时代可能为 Aptian 期 (或 Aptian 中期) 至 Albian 中期, 由此推测登娄库组和泉头组更晚, 但在孢粉组合中具有不少早白垩世分布的分子。从而推断该植物化石层位的时代可能为早白垩世晚期的晚 Albian 期。

乌河组有少量被子植物化石: *Platanus* sp.、*Aspidiophyllum* sp. (张志诚 1981)。青山口组有: *Dryophyllum* sp.、*Saliciphyllum* sp.、*Schisandra* sp.、*Celastrorphyllum* sp.、*Diospyros?* sp. 等 (郭双兴鉴定)。“桦山群”上部产: *Platanus* cf. *newberryana*、*Platanus* sp.、*Aralia mudanjiangensis*、*Saliciphyllum* sp.、*Dicotylophyllum* sp. 等 (张志诚 1981)。

在此阶段的植物化石中, 被子植物所占比率增大, 蕨类和裸子植物的比例减小。从被子植物的叶结构分析, 显示脉级分化程度更高的特点。这段的时代大约是早白垩世晚期 Aptian—Albian 期。

位于黑龙江北部嘉荫地区永安屯组和太平林场组, 乌云地区的富饶组和尚志县费家街等处均属晚白垩世。

永安屯组和太平林场组的被子植物化石有：*Magnolia* sp.、*Laurus plutonia*.、*Macclintockia* cf. *trinervis*、*Trochodendroides arctica*、*T. smilacifolia*、*T.* sp.、*Trapa angulata*、*Platanus densinervis*、*P. raynoldsii*、*P. sinensis*、*Protophyllum jianensis*、*Pterospermites* sp.、*Nordenskioldia minima*。与其共生的还有少量裸子植物和蕨类：*Taxodium olrikii*、*Metasequoia disticha*、*Ginkgo adiantoides*、*Equisetum* sp.、*Dryopteris* sp.、*Marchantites* sp. 等。

富饶组产植物化石和太平林场组几乎完全相同：*Trochodendroides arctica*、*Aralia* sp.、*Platanus raynoldsii*、*Tiliaephyllum* sp.、*Populus* sp.、*Dicotylophyllum* sp.。蕨类和裸子植物有：*Cladophlebis* sp.、*Ginkgo adiantoides*、*Taxodium* sp.、*Metasequoia disticha*。费家街产植物化石：*Trochodendroides arctica*、*Rhamnus shangzhiensis*、*Ficus platanicosta*、*Platanus raynoldsii*、*Paulownia*? sp.、*Corylus kenaiana*、*Viburniphyllum* sp.、*Protophyllum* sp.、*Zizyphus hyperborea*、*Dicotylophyllum* sp.。

该时期植物区系中被子植物占绝对优势。其中以北极拟昆栏树最常见，在嘉荫地区该种的标本数量占全部化石的 1/2 以上，还有裸子植物的水杉也是标本数量很多的，悬铃木类还继续存在，但类型明显减少，标本数量也少。显示湖相沉积的角形菱仍存在。本段的植物化石和黑龙江北岸的察加杨组具有许多相同分子。但察加杨组具有一些较晚的分子如 *Carex tsagajanica*、*Diplophyllum amurense* 等，故永安屯、太平林场和富饶组的时代可能略早于察加杨组（马斯特里），而属土仑—赛诺曼期。

第二节 东北地区白垩纪晚期至古新世的植物化石

位于黑龙江中游的嘉荫县，本区的中、新生代地层广泛分布，尤其晚白垩世沉积，沿黑龙江南岸出露较好。植物化石产地除永安屯、太平林场、渔亮子、白山头外，还有乌云组等。乌云组夹有较厚的煤层。上部夹四层褐煤，其中最厚一层达 5.9m，但总厚度变化较大。下部夹黄褐色砂质砾岩，总厚约 122m。岩层走向北东，倾角平缓，一般不超过 10°—12°。其上为第三系不整合覆盖。据罗玉兴等对 59-1 号钻孔揭露的乌云组层序自上而下为：

11. 灰黄色细砂岩	7m	5. 煤	5m
10. 灰色粉砂岩、夹灰色砂质页岩	9m	4. 暗灰色砂质页岩、夹煤	2m
9. 煤	1m	3. 浅灰、浅褐色粉砂岩	8m
8. 深灰色粉砂岩、夹灰黑色炭质页岩	6m	2. 灰白色粗砂岩	75m
7. 煤	1m	1. 灰色砂质砾岩、平砂岩	8m
6. 灰色粉砂岩	6m	整 合	

下伏地层：富饶组