

“十一五”国家重点图书

# 中国植被演替 与环境变迁

李承森 扈铁梅 姚轶锋等 著

凤凰出版传媒集团


江苏科学技术出版社

“十一五”国家重点图书

# 中国植被演替与环境变迁

(第二卷·中国北方新生代植物和气候)

李承森 扈铁梅 姚轶锋等 著

 凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

## 内 容 简 介

本书共分 10 章。第一章概述了新生代以来的全球环境变化以及中国的环境和气候的基本格局,并阐述了国际上新生代植物研究的发展趋势;第二章详细介绍了黑龙江古新世植物群与环境,重建了古植被和古气候;第三章对吉林珲春中始新世植物群与环境进行了详细研究,并对珲春组的地质时代提出新的认识;第四章系统研究山西繁峙渐新世植物群与环境,对繁峙组的地质时代进行了探讨;第五章对河北围场中新世植物群与环境进行了综合研究;第六章对山东山旺中新世植物群与环境开展了深入研究,运用多种气候分析方法对山旺中新世气候进行定量重建;第七章对山西榆社和太谷盆地上新世晚期植物群与环境进行综合分析和对比研究;第八章探讨北京天竺地区晚上新世以来植被演替与气候变迁过程和规律;第九章对内蒙古呼伦湖全新世初期的植被和气候进行研究和重建;第十章详细介绍新疆全新世植物遗存及其古民族植物学意义,并对自然环境和人类早期活动进行初步探讨。

本书内容丰富,数据翔实,是作者过去十几年在植被演化生物学领域所获得的阶段性成果的总结,希望提供给本学科和相关学科的同仁,以及提供给对全球环境变化特别是对历史上全球环境变化感兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

中国植被演替与环境变迁. 第2卷 / 李承森等著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2009. 11  
ISBN 978-7-5345-6845-9

I. 中… II. 李… III. 植被—关系—生态环境—研究—中国 IV. Q948.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 121701 号

中国植被演替与环境变迁(第二卷·中国北方新生代植物和气候)

---

著 者 李承森 宸铁梅 姚轶锋等  
责任编辑 郁宝平  
责任校对 郝慧华  
责任印制 曹叶平

---

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路1号A楼,邮编:210009)  
网 址 <http://www.pspress.cn>  
集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路1号A楼,邮编:210009)  
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>  
经 销 江苏省新华发行集团有限公司  
照 排 南京展望文化发展有限公司  
印 刷 南京通达彩印有限公司

---

开 本 890 mm×1 240 mm 1/16  
印 张 14  
插 页 4  
字 数 418 000  
版 次 2009 年 11 月第 1 版  
印 次 2009 年 11 月第 1 次印刷

---

标准书号 ISBN 978-7-5345-6845-9  
定 价 108.00 元(精装)

---

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

中国位于亚洲东部,地域广阔,南北跨度 5 500 千米,东西宽 5 200 千米,跨越 50 个纬度;东部地势平缓,以平原和丘陵为主,中部山地作为过渡带,向西绵延到高原地区,青藏高原耸入云天,黄土高原沟壑梁峁。我国东临浩瀚的太平洋,西靠中亚的干旱地带,北面为辽阔的西伯利亚温带大平原,南侧与气候湿热的南亚和东南亚邻国接壤。来自太平洋的东南季风和来自印度洋的西南季风(夏季风),以及来自西伯利亚的西北季风(冬季风),就在这块疆域上此消彼长,交相呼应,导演出一幕幕雨雪风霜的万千气象。我国如此秀美的山川平原,如此复杂的地形地貌,如此多样的气候条件,孕育了极为丰富的生物多样性,提供了大量的矿物和生物资源,哺育了中华民族在此疆域上的生息繁衍。

在 6 500 万年以前的中生代和新生代交替之时,中国完全是另外一种大陆景观。位于亚洲板块的中国大陆,东侧受到日本板块的冲击,造成沿我国东侧南北向分布的火山带和丘陵地区,今天依旧残留的长白山、五大连池以及一系列的火山遗迹就是明证;南侧虽然受到印度板块的碰撞,但存在于两个板块之间的是古地中海;西侧是特尔盖海峡。因此,中国大陆基本上是在平坦地势之上呈现东侧高、西侧低的地形格局。当时控制中国气候的主要因素是西风环流,形成纬向气候带,与此相对应的生物地理区划也同样具有纬向特征。

在新生代以来的 6 500 万年的漫长岁月里,地球大气圈层中的二氧化碳浓度表现为总体下降的趋势,局部时段出现过波动;与之相对应的是全球气候经历了一系列冷暖交替的事件,呈现总体变冷的宏观趋势。由新生代早期南北两极没有冰盖,全球气候温暖,发展到中期,南极首先产生冰盖,再演化到晚期两极被冰雪覆盖,形成巨厚层的冰盖,最后进入第四纪冰期和间冰期的寒冷阶段。然而,近百年来的人类活动,特别是农业耕作的大面积发展和化石燃料的燃烧,造成大气中二氧化碳和甲烷浓度升高,产生温室效应,导致全球气候变暖,从而引发或将要引发一系列自然灾害,引起世界各

国政府和人民的极大关注。

在新生代全球环境变化的背景中,中国大陆环境的演化又叠加了区域的影响因素,特别是青藏高原的隆升极大地影响着中国新生代环境。青藏高原的隆起改变了我国原有的东高西低的地势,形成由东向西,自东部平原低地,到中部山地,再攀升到西部高原的三级地貌的宏观格局。西风环流在遇到青藏高原的阻隔后,被迫从南北两个方向影响我国的气候。在南侧,被加强的印度洋暖湿气流把大部分降水洒在喜马拉雅山南坡,以及顺着中国西南地区的横断山脉进入我国领地,形成西南季风;在北侧,由于气流所携带水分的限制,降水量相对较少,冬季风的寒冷和干旱作用被不断放大。至此,中国大陆上的纬向气候带演化成为被季风控制的极为复杂的气候格局:我国东部地区多少保留了纬向气候带的特征,西北地区为干旱气候,青藏高原为寒冷气候,而处于西南地区的云贵高原成为多种气候形式耦合的特殊区域。

近几十年来,中国在解决百姓的温饱问题后,脱贫致富,经济高速发展,成为屹立在世界东方的大国。然而,我们为此付出了昂贵的代价。高能耗、粗加工、强劳力,在资本积累的初级阶段成绩显著。但是,这又不可避免地造成对自然资源的掠夺和对自然环境的破坏,更加剧了区域环境变化中的不利因素。我国的黄河流域是中华民族繁衍兴旺的主要地区,我国东部地区是当今社会经济发展的重要区域。在未来全球和区域环境变化中,这些关键地区的自然环境如何发生变化?其变化的结果将如何影响农业、工业以及国民的生活?如何在发展经济的过程中可持续利用自然资源 and 有效保护自然环境?为了解答这些至关重要的问题,我们不仅需要研究当今自然环境的变化,而且需要研究在没有人干扰情况下自然环境的变化过程和规律,因为后者可以为我们提供研究当今和预测未来环境变化的可比参照系和理论依据。

从20世纪90年代开始,我们选择我国北方的华北和东北地区的新生代沉积地层为研究对象,开展大量的野外工作,采集保存在地层中的曾经生活在这个地区的化石植物,通过对这些植物进行形态学、解剖学、分类学、生态学和植物地理学等多学科的综合研究,从中提取植物演化和环境演变的信息,恢复古植被的面貌,探讨植被演化的过程和规律,重建新生代各个重要时段的自然景观,分析和揭示古地理、古环境和古气候变化的过程和规律。

在本项工作中,我们遵循植物演化生物学的研究思路和研究方法,与地球科学和环境科学的相关学科交叉和结合,在长时间尺度上揭示植物和环境之间的内在关系。这也是近年来国际上一个非常活跃的研究领域,即探讨生物与环境在长时间尺度上的演化关系,其核心是从生命科学、地球科学和环境科学的角度,探讨生物的起源与演化,及其与环境变迁的关系。

植物演化生物学的研究工作包括 2 个方面的重要内容,一方面寻找植物演化环节上已经绝灭的植物,获得植物演化的直接和重要证据,重建植物演化的序列,揭示植物演化的过程和机制;另一方面研究植物演化机制中生物遗传与环境之间的内在联系,探讨植物演化对环境变化的响应,以及植物分布的时空格局;同时以植物作为重要的环境指标,从定性到定量地研究地质历史时期的环境和气候的变化,揭示长时间尺度上全球环境变化的过程和规律。

植物演化与环境变迁的研究不仅涉及长时间尺度,而且涵盖大空间范围,因此需要开展广泛的国际合作。为此,我们不断拓宽与各国同行的合作范围,开辟新的合作渠道和领域。1998 年 5 月,我们代表中国科学院植物研究所,与德国图宾根大学、俄罗斯科学院植物研究所和亚美尼亚科学院植物研究所共同发起和提出了《欧亚晚第三纪植物和气候演化》的合作计划。1999 年 5 月在德国图宾根大学举行了有 15 国代表参加的欧亚大陆晚第三纪气候演化工作会议(Workshop of Neogene Climate Evolution in Eurasia, NECLIME)。各国之间友好合作至今已有将近 10 年的时间,各方共同为认识新生代环境变化做出了努力和贡献。

在过去的十几年里,我们以中国的新生代植物为研究对象,努力实践植物演化生物学的理论和方法,系统开展该领域的研究工作。虽然该项研究尚未全面结束,但是我们希望通过本书将过去十几年研究所获得的资料和成绩作为阶段性的成果提供给本学科和相关学科的同仁,以及提供给对全球环境变化特别是对历史上全球环境变化感兴趣的读者。我们既要将今论古,又要以史为鉴,共同认识历史环境的变化,关注人类现在和未来的生存环境,认识自然,热爱自然,保护自然,达到人与自然的和谐相处。

本书是多年研究成果的阶段总结,在研究过程中得到多项基金的资助和支持,分别是国家自然科学基金(39770054、30070056、30470117、30500034、30530050、30811130219、30911120047、40302005、40572109、40701191)、国家重点基础研究发展(973)计划(2004CB720205)、中国科学院重大项目(KZ51-B1-105)、中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-01、KZCX2-SW-118)。同时,得到中国科学院植物研究所系统与进化植物学国家重点实验室团队项目资助。

各章节撰写人员如下:

第一章:李承森;

第二章:郝慧、冯广平、王宇飞、李承森、王青;

第三章:寇香玉、Syabryaj S.、李承森;

第四章:王晓梅、张锡麒、李承森;

第五章:李金锋、梁肖青、宸铁梅、李承森;

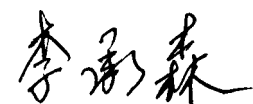
第六章:王宇飞、杨健、李承森;

第七章：李小强、杨健、赵良成、刘秀群、李承森；

第八章：姚轶锋、叶超、贾三满、李承森；

第九章：寇香玉、李承森；

第十章：蒋洪恩、姚轶锋、李承森。



2009年8月

第一章 概论..... 1	3.4 地质时代探讨 ..... 44
参考文献 ..... 2	参考文献 ..... 49
第二章 黑龙江古新世植物群与环境 ..... 4	第四章 山西繁峙渐新世植物群与环境
2.1 概述 ..... 4	..... 51
2.1.1 乌云煤矿与白山头剖面地质时代	4.1 概述 ..... 51
研究概况 ..... 4	4.1.1 山西自然地理概况 ..... 51
2.1.2 乌云煤矿与白山头剖面古植物研究	4.1.2 研究地区地质概况及研究史 ..... 51
概况 ..... 4	4.2 孢粉植物群 ..... 53
2.1.3 乌云煤矿与白山头剖面古气候研究	4.2.1 孢粉植物群组成 ..... 53
概况 ..... 5	4.2.2 孢粉组合 ..... 54
2.1.4 化石地点概况 ..... 5	4.3 古植被和古气候 ..... 56
2.1.5 研究方法 ..... 8	4.4 地质时代探讨 ..... 57
2.2 植物群组成 ..... 8	参考文献 ..... 58
2.2.1 化石植物类群 ..... 8	第五章 河北围场中新世植物群与环境
2.2.2 乌云煤矿孢粉植物群 ..... 19	..... 59
2.2.3 白山头孢粉植物群 ..... 22	5.1 概述 ..... 59
2.3 古植被和古气候 ..... 27	5.2 植物群组成 ..... 61
2.3.1 主要孢粉类型的最近现存亲缘类群	5.2.1 植物类型 ..... 61
及其生态特征分析 ..... 27	5.2.2 孢粉植物群 ..... 78
2.3.2 古植被重建 ..... 31	5.3 古植被 ..... 87
2.3.3 古气候重建 ..... 32	5.3.1 化石植物类型反映的植被变化 ..... 87
2.4 我国地质历史时期的纬度温度梯度变化	5.3.2 孢粉植物群所反映的植被变化 ..... 89
..... 33	5.3.3 与五罗贡剖面孢粉植物群的比较
参考文献 ..... 34	..... 89
第三章 吉林珲春中始新世植物群与环境	5.3.4 与中国其他地区早中新世植被
..... 38	类型的比较 ..... 90
3.1 概述 ..... 38	5.4 古气候 ..... 91
3.2 孢粉植物群 ..... 40	参考文献 ..... 93
3.3 古植被和古气候 ..... 43	

<b>第六章 山东山旺中新世植物群与环境</b>	
.....	97
6.1 概述	97
6.1.1 山旺中新世植物的研究简史	97
6.1.2 山旺盆地地质概况	97
6.1.3 山旺组的地质时代	97
6.1.4 山旺组化石硅藻土层序的新认识	99
6.2 山旺重要植物类群的演化生物学	100
6.2.1 钱耐属	100
6.2.2 杜仲属	106
6.2.3 油杉属	109
6.3 古气候	114
6.3.1 叶相分析法	114
6.3.2 特有种气候分析法	116
6.3.3 共存分析法	116
6.3.4 分布区叠加分析法	116
6.3.5 不同气候定量结果的比较	120
6.3.6 山旺中新世时期的气候变化	122
6.3.7 ODA 与 CA 结果的差异	122
参考文献	124
<b>第七章 山西榆社、太谷盆地上新世晚期植物群与环境</b>	128
7.1 榆社植物群	128
7.1.1 概述	128
7.1.2 植物群组成	130
7.1.3 古环境与古气候	140
7.2 太谷植物群	142
7.2.1 概述	142
7.2.2 植物群组成	142
7.3 榆社、太谷盆地古植被和古环境比较	144
参考文献	146
<b>第八章 北京天竺地区晚上新世以来植被演替与气候变迁</b>	148
8.1 概述	148
8.2 孢粉组合及古气候特征	151
8.3 植被演替和气候变迁历史	156
参考文献	158
<b>第九章 内蒙古呼伦湖全新世初期植被演替与气候变迁</b>	159
9.1 概述	159
9.2 孢粉植物群	159
9.3 地质时代探讨	163
9.4 古气候	165
9.4.1 10.2~10.9 kaBP 气候的定性分析	165
9.4.2 10.2~10.4 kaBP 气候的定量重建	166
参考文献	168
<b>第十章 新疆全新世植物遗存、自然环境和人类活动</b>	170
10.1 概述	170
10.1.1 吐鲁番洋海墓地的地理和考古背景	170
10.1.2 新疆洛甫县山普拉墓地的地理和考古背景	171
10.2 植物遗存	172
10.3 植物遗存和人类早期活动	195
10.3.1 大麻的古民族植物学意义	195
10.3.2 小花紫草的古民族植物学意义	196
10.3.3 刺山柑的古民族植物学意义	197
10.3.4 葡萄藤的古民族植物学意义	200
10.3.5 黍的古民族植物学意义	202
10.3.6 青稞的古民族植物学意义	202
10.3.7 小麦的古民族植物学意义	203
10.3.8 新疆山普拉墓地出土薏苡项链的古民族植物学意义	203
10.4 新疆吐鲁番洋海墓地古环境初探	206
参考文献	206
<b>English Summary</b>	213

# 第一章 概 论

全球气候变化与人类生产、生活和社会经济发展息息相关。理解和把握全球气候演变趋势及规律,不仅是人类预测未来社会发展的需求,也是各国制定社会经济发展规划的重要依据。对地质历史时期全球气候变化过程及规律的认识是理解现今气候演变趋势的基础。因此,对地质历史时期全球气候演变过程的研究已成为国际上的热点问题之一(Eldrett et al, 2007; Dupont - Nivet et al, 2007)。

与人类关系最密切的是新生代以来的全球环境变化。古海洋和古气候的研究表明,在新生代全球气候变冷过程中有3个重大变冷转折时期,在每个转折时期全球气温都下降了2~3℃。第1个转折发生在渐新世(约3600万年前),第2次发生在中新世(约1400万年前),第3次发生在上新世(约300万年前)。此外,在中中新世(约1600万年前)和中上新世(320万~480万年前)出现2次温暖时期。在前一个暖期,极地与热带温差较小。在后一个暖期,北半球海水的平均温度比现在高1.4℃,全球海平面上升20~40米(Wolfe, 1971; Miller et al, 1987)。

白垩纪至古近系早期,位于我国西南部与古地中海沟通的喜马拉雅海和位于西部的塔里木海湾不断消退,造成白垩纪以来残存的海相盆地逐渐转变成陆相沉积,由此开始,青藏高原逐步形成。在我国东部,边缘海陆的变迁也使海相地层过渡为陆相沉积。这些重大的海陆变迁以及全球性气候变化,使我国新生代以来的古地理、古环境和古气候发生重大改变。与世界大多数地区一样,白垩纪以来的中国环境和气候的改变对植物演化和植被演替产生了深刻影响。白垩纪晚期发育的被子植物的部分科属在进入新生代以后消失,仅少数类群延续下来。而在新生代早期发展起来的被子植物的科属大部分繁衍至今,从而可以根据现代相关植物的资料推测新生代各个时期的植被及气候。

古新世至始新世早期,我国的西藏地区与印度之间有古地中海相隔,我国西部也由于特尔盖海峡的存在而濒临海洋,气候比较湿润。我国此时的气候区划呈纬向带状分布,北部和南部温暖湿润,而中部相对干旱。处在这个时期的我国地形基本上是东高西低(汪品先,2005)。至渐新世时期,由于特尔盖海峡消失,我国西部气候开始变干。

中新世时期是全球气候演变的关键时期,也是我国地形发生巨大改变的时期。青藏高原的加速隆升无疑是这个时期全球地质和气候事件中最受瞩目的。青藏高原的形成改变了我国东高西低的地势格局,也改变了我国所处的纬向行星风系的大气环流局面,形成主要受季风影响的气候格局。在这个时期,由于我国西部海域的消失,欧亚大陆连成一片,其结果是内陆地区大陆性气候加强,由大陆和大洋的对比关系诞生了我国的季风环流体系,夏季海洋气团带来大量降水,而冬季侵入的强劲北部气流造成干旱和寒冷。

东亚季风的作用在于加强南北地域之间的温度差异。由于冬季极地和西伯利亚的低温效应,冷气团由高纬度向低纬度地区侵入,造成南北向水平气温梯度在南部地区偏小,而在北部地区偏大。根据已有的东亚化石植物所反映的气温变化曲线,从始新世到渐新世,气候变得稍冷一些;到中新世,气候变暖,但为时很短,接着气候又呈变冷趋势。晚渐新世、早中新世和晚中新世气候变凉现象是全球性的。发生在中新世时期的喜马拉雅山造山运动十分强烈,古地中海完全消失,东亚大陆性气候变化更为剧烈,其中热带气候要素显著减弱,或其影响范围向南迁移。我国东部和

藏北所发现的中新世地层中的植物以及孢粉组合主要为温带落叶林和针阔叶混交林。喜山期的造山运动使青藏高原逐步屹立于西风带内,影响和阻碍西风东进;与此同时,高原以东地区的冬夏季风活动频繁,造成我国东部各种气象要素的复杂性。我国上新世和第四纪的植被和气候,从大的格局上看,具有现代色彩,或者说是现代的雏形,而第四纪冰期和间冰期的交替变化对于人类的生存和发展产生了巨大影响。

我国新生代陆相地层比较发育,但是露头剖面分布连续性差,沉积相变显著,给不同地区的地层剖面,特别是钻井剖面的对比带来困难。晚新生代环境和气候的多变性导致植物群的较大分异和丰富多样性,也造成古植被研究的复杂性,加大了不同地区古植物群对比的难度。目前已经积累的研究资料,例如对中国中新世孢粉植物区系的研究(宋之琛等,1983)、有关我国北方新近纪孢粉序列的研究(刘耕武,1988)以及我国北方新近纪孢粉植物群的综合分析和气候对比(王伟铭,1990)等工作都力图重塑古植被面貌及其变化过程,以及寻求植物与环境的相关关系。

近十几年来,国际新生代植物研究前沿性的工作,一方面在于寻找植物演化环节上的直接和重要证据,另一方面不同学科的交叉,新学科生长点的诞生,促使研究工作拓展到对生物演化机制中生物遗传与环境相互作用的复杂关系的探讨,同时以植物作为重要的环境指标,从定性到定量地分析和认识长时间尺度上全球环境变化过程和规律,以及探讨植物演化与空间格局的形成对环境变化的响应。我国的新生代植物研究除了继续植物区系的调查外,还将进一步围绕重要植物类群的演化和古环境重建的主题,积极开拓,深入进行植物叶结构和角质层分析,木化石研究,果实、种子和花结构的研究,以及古环境定量重建的研究。

从研究化石植物的结构生物学入手,结合其形态学信息,以现代相关类群的形态学和解剖学特征作为参照系,古今对比,对绝灭了的植物进行整体重建,恢复植物演化序列上缺失的重要环节,探索植物类群的演化过程与规律,既是植物演化生物学的核心内容,又是当今国际古植物学发展的一个重要方向(Call and Dilcher, 1997; Manchester, 1999; Mosbrugger and Utescher, 1997; Wang and Manchester, 2000)。在化石植物准确分类鉴定的基础上,通过各种实验手段从化石植物中提取尽可能多的环境信息,为认识和阐明植物演化历史,为恢复古环境和古气候提供直接的生物学证据,服务于全球环境变化的研究,已经成为当今植物演化生物学的又一个核心内容。

## 参 考 文 献

1. Call VB, Dilcher DL. Fossil Record of *Eucommia* (Eucommiaceae) in North America. *American Journal of Botany*, 1997, 84: 798 - 814
2. Dupont - Nivet G, Krijgsman W, Langereis CG, et al. Tibetan plateau aridification linked to global cooling at the Eocene - Oligocene transition. *Nature*, 2007, 445: 635 - 638
3. Eldrett JS, Harding IC, Wilson PA, et al. Continental ice in Greenland during the Eocene and Oligocene. *Nature*, 2007, 446: 176 - 179
4. Manchester SR. Biogeographical relationships of North American Tertiary floras. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1999, 86: 472 - 522
5. Miller KG, Fairbanks RG, Mountain GS. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, 1987, 2: 1 - 19
6. Mosbrugger V, Utescher T. The coexistence approach — a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997, 134: 61 - 86
7. Wang YF, Manchester SR. *Chaneya*, A new genus of winged fruit from the Tertiary of North America and Eastern Asia. *International Journal of Plant Sciences*, 2000, 161: 167 - 178
8. Wolfe JA. Tertiary climatic fluctuations and methods of analysis of Tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1971, 9(1): 27 - 57

9. 刘耕武. 我国北方晚第三纪孢粉序列. 古生物学报, 1988, 27: 75~90
10. 宋之琛, 李浩敏, 郑亚惠. 中国中新世植物区系. 见: 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 1983
11. 汪品先. 新生代亚洲形变与海陆相互作用. 地球科学, 2005, 30(1): 1~18
12. 王伟铭. 中国北方晚第三纪孢粉植物群的综合分析与气候对比. 见: 中国环境的地质地球化学记录与环境变化学术讨论会论文集. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1990

## 第二章 黑龙江古新世植物群与环境

### 2.1 概述

#### 2.1.1 乌云煤矿与白山头剖面地质时代研究概况

白垩纪末期至早第三纪是地球发展史上生态系统发生剧烈变化的时期之一,包括气候突变、火山喷发等在内的自然灾害严重破坏了海陆环境中的原有生态系统,新产生的自然环境导致生物界的构架发生了重大改变。白垩纪晚期,曾经在中生代长期占统治地位的恐龙趋向于大规模的灭绝,而哺乳动物代替爬行动物逐渐成为动物界的主导类群;被子植物也因为具有更强的适应环境的能力,取代了裸子植物和蕨类植物,成为植物界中蓬勃发展的优势类群。

我国黑龙江嘉荫县发育有晚白垩世至早第三纪的地层,其中嘉荫县乌云煤矿和黑龙江南岸白山头的地质剖面是这个时期的重要地质露头。这套地层在沉积构造上与位于黑龙江北岸的俄罗斯结雅布列亚地区的地层属于同一个沉积盆地。乌云煤矿归属于乌云组;白山头剖面在资料记载上归属于富饶组,在层位上位于乌云组下方,两者为不整合接触。但是,对这2个剖面地质时代的认识仍存在争议。

王丽华(1962)研究了乌云煤矿的孢粉后将乌云组的时代归到早始新世;在东北地区区域地层表中(黑龙江省区域地层表编写组,1979),乌云组又被置于古新世至始新世;陶君容和熊宪政(1986)通过对乌云组被子植物的初步鉴定,认为其时代可能为晚白垩世;刘牧灵(1983,1990)对乌云组孢粉研究后认为其时代为古新世;熊宪政(1986)根据乌云组植物的研究并综合他人孢粉学研究的成果认为乌云组为古新世;冯广平等(1999,2000)根据对乌云煤矿植物种子的研究及乌云植物群与俄罗斯结雅布列亚盆地的基甫金古新世植物群的对比认为乌云组的时代为古新世;孙革等(2003,2005)通过对乌云煤矿孢粉及植物的研究,以及乌云煤矿与俄罗斯上察加扬组基甫金层的对比,认为乌云组乌云煤矿段相当于古新世达宁晚期。

白山头剖面因与黑龙江北岸俄罗斯结雅布列亚盆地查加扬群(含K/T界线)的剖面在地层上有很大的相似性,成为关注的热点地区。1983年,刘牧灵报道了黑龙江嘉荫县乌云镇小河沿和白山头地区的富饶组(Maastrichtian - Danian 期)的小刺鹰粉 桦粉孢粉组合,认为白山头一带的地层属于白垩纪末期;在《黑龙江省区域地质志》(黑龙江省地质矿产局,1993)中,将1981年由黑龙江省区调大队建立的包括白山头附近的砂岩、粉砂岩及薄煤层(相当于白山头剖面3层、4层、7层)在内的地层归入了晚白垩世或晚白垩世—古新世时期。近年来,通过植物化石、孢粉学及地层测年的研究,对白山头剖面的定年又出现不同意见。孙革等(2003,2005)认为白山头剖面包括上下两段,上段归于古新世,属达宁早期,而下段为富饶组的上部。陈丕基等(2004)认为白山头剖面的时代为马斯特里赫特晚期。

#### 2.1.2 乌云煤矿与白山头剖面古植物研究概况

乌云煤矿的地层中富含植物化石。陶君容和熊宪政(1986)报道了乌云煤矿发现的28科39属55种植物,其中主要是被子植物,共40种,裸子植物8种,蕨类植物7种。陶君容首次提出了“乌云植物群”的术语,认为乌云植物群所反映的是亚热带至暖温带针阔混交林的植被类型。熊宪政

(1986)研究了乌云组的7属9种植物,其中包括1个新种 *Protophyllum wuyungense*。李承森等(1993)在乌云煤矿发现了似卫矛花化石。刘艳菊(1998)研究了乌云煤矿的水杉化石。孙革等(2003)报道了乌云煤矿发现的14种植物化石。在乌云煤矿孢粉学研究方面,刘牧灵(1983,1990)曾有报道,以被子植物花粉居多,裸子植物花粉次之,蕨类植物孢子最少,推断当时乌云煤矿附近分布有以落叶树为主的森林植被。

在白山头剖面进行的植物学研究工作相对较少。刘牧灵(1983)报道了白山头剖面的孢粉组合,其中被子植物花粉占多数,裸子植物花粉和蕨类孢子含量较少。孙革等(2003,2005)报道了在白山头剖面发现的以达宁期典型分子 *Tiliaephyllum tsagajanicum* 为标志的植物化石及孢粉组合。陈丕基等(2004)也对白山头剖面的孢粉进行了研究。

### 2.1.3 乌云煤矿与白山头剖面古气候研究概况

刘牧灵(1983)根据孢粉资料认为乌云煤矿在沉积时期为温暖潮湿的暖温带气候;陶君容和熊宪政(1986)根据植物化石认为乌云煤矿在当时为温带向亚热带过渡的气候;冯广平等(1999,2000)对植物果实的研究得出乌云煤矿在沉积时期的气候为亚热带类型。全成和张林(2005)以乌云煤矿所产双子叶植物化石为依据,运用叶相分析法分析了该区古近纪早期的气候条件,得出乌云煤矿当时的年均温和年降水量,属于暖温带气候。

刘牧灵(1983)和陈丕基等(2004)根据孢粉组合,对白山头剖面的古气候进行了探讨,认为当时的气候为湿热温暖的类型。

尽管前人对乌云煤矿和白山头的地层、植被及气候等方面进行了大量研究,但仍有不少问题尚待解决。首先,对乌云煤矿和白山头剖面的地质时代归属还存在不同意见。其次,对乌云煤矿和白山头剖面的气候研究尚需深入,目前的分析多是通过植物类型的生态习性对当时的气候进行定性推测,而国际上通过植物特征对气候和环境变化的响应进行研究的精度越来越高,这也要求我们在古气候的研究上要从定性描述的水平提高到量化分析的新阶段。

我们分别以乌云煤矿和白山头剖面采集的孢粉样品(郝慧,2008)和植物化石(Feng et al, 2000, 2002, 2003; Wang and Manchester, 2000; Wang et al, 2006)为研究对象,通过对孢粉和植物化石进行分析,重建当时的植被和气候,并运用共存因子分析法对古气候进行量化研究。

### 2.1.4 化石地点概况

化石采集地点为位于黑龙江嘉荫县乌云镇西南部的乌云煤矿(北纬  $49^{\circ}14'26''$ , 东经  $129^{\circ}28'00''$ )及距乌云煤矿8千米的白山头(图2-1)。乌云煤矿地层剖面以灰色、褐色泥岩和黄绿色粉砂岩及煤层为主。白山头剖面以黄绿色砂岩、灰黑色泥岩及灰色凝灰岩为主。我们在乌云煤矿剖面采集孢粉样品52块,在白山头剖面采集了51块(图2-2)。

乌云煤矿剖面描述如下:

上覆地层 孙吴组

……不整合……

16 砂岩	>0.9 米
15 灰色泥岩	0.30 米
14 黄绿色粉砂岩、灰色泥岩	0.95 米
13 砂岩、泥岩交互,顶部为红褐色粉砂岩	0.95 米
12 灰绿色泥岩、砂岩交互	0.95 米
11 底部为灰绿色粉砂岩,向上为泥岩夹煤线,顶部产丰富化石	1.05 米
10 浅黄色粉砂岩	0.50 米
9 浅褐色泥岩,底部见叶化石	0.05 米
8 深褐色泥岩	0.10 米
7 褐煤	0.95 米

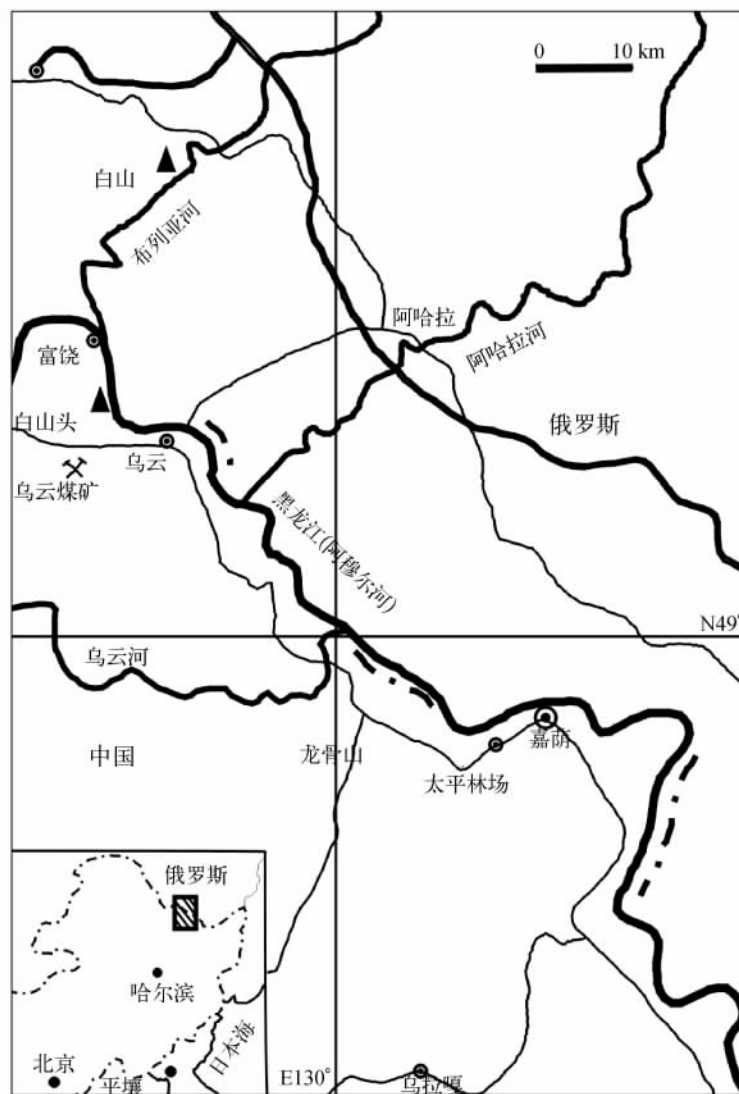


图 2-1 黑龙江嘉荫县及俄罗斯邻区位置图(改编自孙革等,2005)

Figure 2-1 Geographical position of Jiayin, Heilongjiang and its adjacent areas of Russia (From Sun et al, 2005)

6 褐色块状泥岩	0.30 米
5 碳质泥岩	0.25 米
4 棕褐色泥岩	1.10 米
3 褐煤	4.00 米
2 黄褐色泥岩	0.15 米
1 褐煤(未见底)	未见底

白山头剖面描述如下:

上覆地层 乌云组

……整合……

11 砂岩	1.0 米
-------	-------

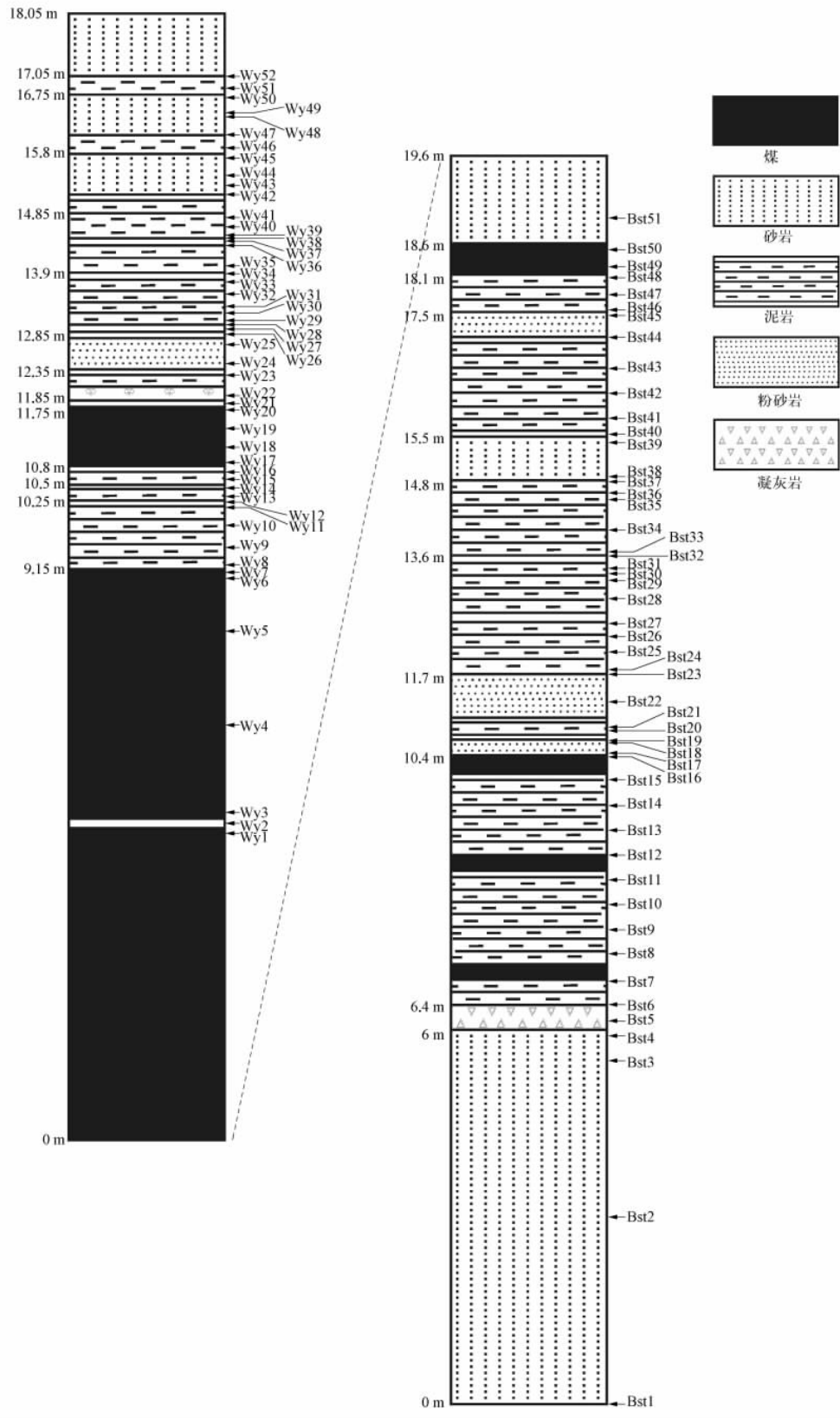


图 2-2 乌云煤矿与白山头剖面柱状图及取样位置(改自 Hao et al, 2009)

Figure 2-2 Measured stratigraphic sequences of Wuyun coal mine and Baishantou  
(From Hao et al, 2009)