

# 中国地质时期 植物群

(中文版)

李星学 主编



广东科技出版社

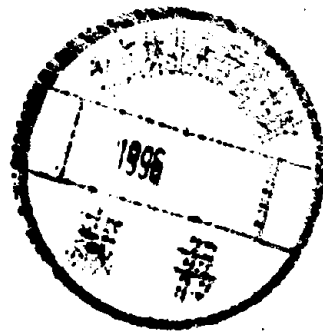
# 中国地质时期 植物群

(中文版)

主 编 李星学  
副主编 周志炎  
          蔡重阳  
          孙 革  
          欧阳舒  
          邓龙华



北林图 A00069186



广东科技出版社

440654

粤新登字 04 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

中国地质时期植物群 (中文版)  
李星学主编. —广州: 广东科技出版社,  
1995. 12  
ISBN 7 5359-1536-1

I. 中…  
II. 李…  
III. 植物群落  
IV. Q941

---

责任编辑: 李鸿明 特邀编辑: 邓龙华

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号)

经 销: 广东省新华书店

印 刷: 广东省佛山市粤中印刷公司

(广东佛山市普澜公路 邮编: 529041)

规 格: 787×1092 1/16 印张 35 插页 72 字数 78 万

版 次: 1995 年 12 月 第 1 版

1995 年 12 月 第 1 次印刷

ISBN 7—5359—1536—1

分类号: Q·13.

定 价: 56.00 元

新书信息电话: 16826202

---

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

广东科技出版社

## 内 容 简 介

本书综述自 19 世纪后半叶,特别是新中国成立后 40 多年以来,我国在古植物学研究领域的主要成就。全书分 12 章,以地质时代为纵线,分别论述了志留纪至第四纪各地质时期植物群的总体面貌与演化历史,侧重系统分析总结各纪植物群(以植物大化石为主,结合孢粉化石)的组成、性质、特征与对比,植物地理区的划分与演变,以及具我国特色的若干古植物学论题。书后附有化石照片图版 144 幅。

本书以中、英文版同时出版,可作为国内外地球科学和生命科学同行深入研究和了解我国古植物群及其发展史的必不可少的参考书。

# 编著者名单

主 编 李星学

副主编 周志炎 蔡重阳 孙 革 欧阳舒 邓龙华

## 撰稿人(以姓氏笔画为序)

- 王 恽 中国科学院南京地质古生物研究所副研究员  
王士俊 中国矿业大学副教授  
王鑫甫 中国科学院南京地质古生物研究所助理研究员  
邓龙华 中国科学院南京地质古生物研究所编审  
田宝霖 中国矿业大学北京研究生院教授  
刘金陵 中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
刘裕生 中国科学院南京地质古生物研究所副研究员  
孙 革 中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
李文漪 中国科学院地理研究所研究员  
李星学 中国科学院院士、中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
李浩敏 中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
冷 琴 中国科学院南京地质古生物研究所硕士学位研究生  
沈光隆 西北大学教授  
吴秀元 中国科学院南京地质古生物研究所副研究员  
郑亚惠 中国科学院南京地质古生物研究所副研究员  
周志炎 中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
欧阳舒 中国科学院南京地质古生物研究所研究员  
孟繁松 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所副研究员  
钱丽君 煤炭科学研究院西安分院地质研究所教授级高级工程师  
曹正尧 中国科学院南京地质古生物研究所副研究员  
黄本宏 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所研究员  
梅盛吴 中国科学院南京地质古生物研究所助理研究员  
蔡重阳 中国科学院南京地质古生物研究所研究员

# 序 言

我国幅员辽阔,陆相与海陆交互相地层非常发育,保存着大量的各门类植物化石,有的十分精美稀有,有的具很高的科学价值,一直受到国内外地质古生物学界及植物学界的高度重视,是研究地质时期全球性植物群区划与其历史演替,以及了解各地瑰丽多彩的现代植物群(区系)由来的不可或缺的重要地区。

我国最早陆生植物发现于贵州与新疆约4亿年前的志留系,是世界上迄今所知最古老的陆生植物之一。云南、新疆等地泥盆纪植物群色彩独特,对研究陆生维管植物早期分布与演化有极重要的价值。我国石炭系、二叠系是华夏植物群的摇篮与故乡,也是当时世界上四大植物群独一无二的交汇地区。中国三叠纪植物群异常丰富多彩;侏罗纪、白垩纪的裸子植物保存精美,是研究苏铁、银杏类的起源、演化极有价值的材料。被子植物起源问题被达尔文称为“令人憎恶的谜”;近年,在中国晚期中生代地层中有不少新材料发现,为解开这一谜团提供了重要的线索。辽宁早第三纪抚顺植物群和山东晚第三纪山旺植物群在50多年以前就称著于世,近年又有重要的新发现与补充研究。此外,古新世植物群于80年代相继在新疆与黑龙江的确认,填补了我国第三纪初期植物群研究的空白。第四纪植物大化石在我国经正式研究的不多,但材料不少,特别是保存于泥炭沼泽或粘土沉积中大量的化石或半化石果实与种子,亟待进行系统研究。相比之下,我国第四纪的孢粉研究成果则相当丰富。而且,各方面的资料表明,在第四纪大陆冰川席卷欧美、几乎荡涤了第三纪残存下来的热带、亚热带植物分子,我国却因有较多的东西横贯山脉和只具局部山麓冰川而成为这些残存分子或孑遗植物的避难所。凡此种种都说明,我国在古植物学研究方面是具有得天独厚的自然条件;同时也不难看出,中国古植物学研究在国内外学术界具有何等重要的科学与实用意义。

《中国地质时期植物群》主要是根据上世纪中叶以来中外学者,特别是近40多年来我国古植物学者发表于中外各种书刊的有关古植物学资料,并广泛吸收了近年来相关研究领域的新成果,对志留纪以来各地质时期的植物群进行较系统综述与分析研究而编写的一本专著。本书比较全面地反映中国各地质时期植物群或组合的基本面貌,并提供中国化石植物群较系统的发展历史及与国内外的对比关系;对还没有解决或意见不一的问题,则

在本书相关部分作较深入的探讨或提出一些新看法,并适当地介绍国际上的流行观点与重要文献。因此,本书的问世,为中外同行全面了解中国各地质时期植物群主要内容和特点提供丰富而较准确的资料,并有助相关学科利用中国古植物资料对某些问题的深入研究,同时为提高我国古植物学整体研究水平与古植物学事业的健康发展,起到积极作用。

本书撰写始于1993年6月,完稿于1994年9月。主要工作是在中国科学院南京地质古生物研究所完成的,以该所古植物学、孢粉学研究人员为主,并邀请国内有关学科的一些学者参加了部分稿件的撰写。南京地质古生物研究所参加人员(按姓氏笔画)有王恽、王鑫甫、邓龙华、刘金陵、刘裕生、孙革、李星学、李浩敏、冷琴、吴秀元、郑亚惠、周志炎、欧阳舒、曹正尧、梅盛吴、蔡重阳;其他单位有西北大学沈光隆,沈阳地质矿产研究所黄本宏,中国矿业大学田宝霖、王士俊,宜昌地质矿产研究所孟繁松,煤炭研究院西安分院钱丽君,中国科学院地理研究所李文漪。因此,本书是一部集体创作的专著。但由于执笔者多,专长和经验等不一,在行文用语、文献引用、图表格式和某些学术观点等方面,虽然经过理顺修润工序,难免还有差异。我们采取了尽量尊重执笔者原有观点为主的原则,让读者自己判断或留待将来进一步论证。

本书共分十二章,附有索引,图版及其说明。参加本书执笔、整理的人员分工如下:

序 言	李星学
第一章	蔡重阳 欧阳舒 王 恽
第二章	蔡重阳 王 恽
第三章	吴秀元
第四章	沈光隆
第五章	黄本宏
第六章	李星学 沈光隆 田宝霖 王士俊 欧阳舒
第七章	孙 革 孟繁松 钱丽君 欧阳舒
第八章	周志炎
第九章	孙 革 曹正尧 李浩敏 王鑫甫
第十章	李浩敏 郑亚惠
第十一章	刘裕生 郑亚惠
第十二章	李浩敏 李文漪 刘金陵
索 引	梅盛吴 邓龙华 冷 琴

本书的完成,得到中国科学院南京地质古生物研究所所长曹瑞骥研究员及其他领导在经费和工作上的特别支持,得到该所技术室(照相、绘图),图书室和编辑室等部门的支持与合作,得到中国科学院古生物与古人类学科基础研究特别支持费的资助,并得到杨

群、刘耕武、孙学坤、邹志学、吴同甲、齐保骥、张海春、杨伟平、姚宣丽等先生的帮助。同时,还得到中国科学院植物研究所古植物研究室耿宝印、李承森先生提供志留纪、泥盆纪植物化石照片和文献,北京大学地质系郝守鹤先生提供泥盆纪植物化石照片和文献,西安煤炭分院张泓先生提供二叠纪植物化石照片,中国地质科学院地质研究所周惠琴女士提供陕甘宁地区三叠纪植物化石照片,中国地质大学陈芬女士及邓胜徽先生提供早白垩世蕨类植物化石照片,沈阳地质矿产研究所郑少林先生提供松辽盆地晚白垩世植物化石资料,天津地质矿产研究所王自强先生在使用早三叠世植物化石照片方面给予了支持,等等,在引用国内外文献方面,也征得有关学者和出版部门的同意与支持。在此,一并表示诚挚的谢意。

限于我们的水平和时间,恳请读者对书中的差错与不足之处,提出批评指正。

李星学

1994年9月于南京

# 目 录

## 古生代篇

<b>第一章 志留纪植物群</b> ..... 蔡重阳 欧阳舒 王 恽(3)	
第一节 研究简史及主要成果..... (3)	
第二节 Llandovery 世植物大化石和植物碎屑 ..... (5)	
第三节 Llandovery 世植物微体化石 ..... (8)	
第四节 Pridoli 世植物和孢子化石 ..... (12)	
第五节 与国外同期植物群对比 ..... (14)	
参考文献 ..... (17)	
<b>第二章 泥盆纪植物群</b> ..... 蔡重阳 王 恽(22)	
第一节 研究简史及主要成果 ..... (22)	
第二节 早泥盆世植物群 ..... (24)	
第三节 中泥盆世植物群 ..... (31)	
第四节 晚泥盆世植物群 ..... (38)	
第五节 中国泥盆纪植物群特征及其与国外同期植物群对比 ..... (46)	
参考文献 ..... (51)	
<b>第三章 石炭纪植物群</b> ..... 吴秀元(58)	
第一节 研究简史及主要成果 ..... (58)	
第二节 石炭纪含植物化石地层及组合基本面貌 ..... (60)	
第三节 早石炭世植物群主要特征 ..... (66)	
第四节 晚石炭世植物群主要特征 ..... (76)	
参考文献 ..... (88)	
<b>第四章 二叠纪植物群</b> ..... 沈光隆(94)	
第一节 研究简史及主要成果 ..... (94)	
第二节 植物群分布和主要特征 ..... (97)	
第三节 植物群对比..... (148)	
第四节 中国二叠纪植物地理区系概述..... (156)	
参考文献..... (162)	

<b>第五章 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</b> .....	黄本宏(174)
第一节 安加拉植物群在我国的地质地理分布.....	(174)
第二节 石炭纪安加拉植物群.....	(175)
第三节 二叠纪安加拉植物群.....	(181)
第四节 安加拉植物群与华夏植物群的关系.....	(185)
参考文献.....	(188)

<b>第六章 我国石炭纪、二叠纪植物群的几个论题</b> .....	李星学 沈光隆 田宝霖 王士俊 欧阳舒(190)
第一节 论华夏植物群.....	(190)
第二节 关于大羽羊齿类植物的分类与演化.....	(198)
第三节 中国煤核植物群.....	(202)
第四节 从孢粉学角度论中国古植代向中植代的转变.....	(212)
参考文献.....	(221)

## 中生代篇

<b>第七章 三叠纪植物群</b> .....	孙 革 孟繁松 钱丽君 欧阳舒(229)
第一节 研究简史、主要成果及进展.....	(229)
第二节 早中三叠世植物群.....	(231)
第三节 晚三叠世植物群.....	(241)
第四节 三叠纪孢粉植物群.....	(246)
参考文献.....	(253)

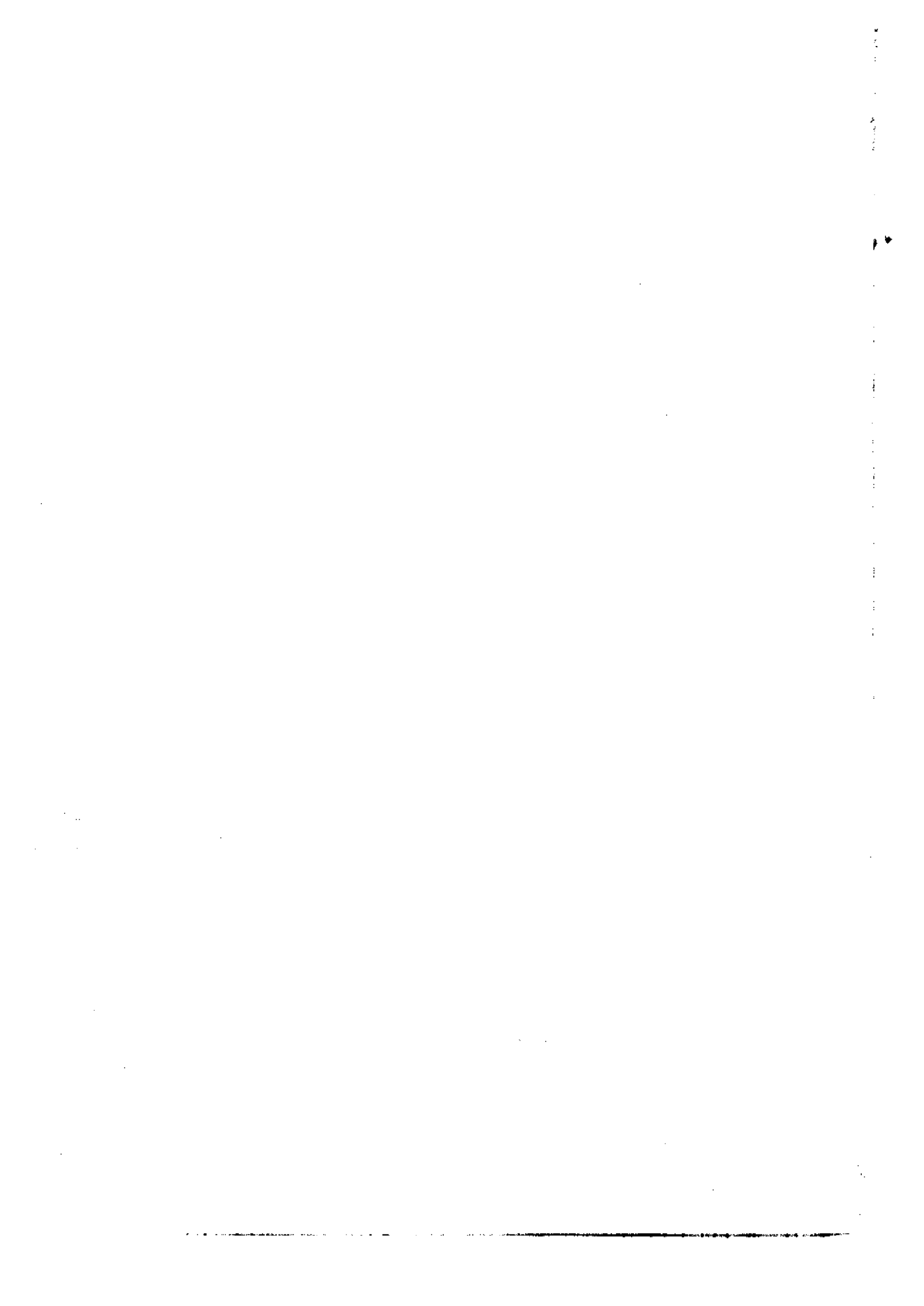
<b>第八章 侏罗纪植物群</b> .....	周志炎(260)
第一节 南方植物区.....	(260)
第二节 北方植物区.....	(278)
参考文献.....	(301)

<b>第九章 白垩纪植物群</b> .....	孙 革 曹正尧 李浩敏 王鑫甫(310)
第一节 研究简史、主要成果及进展.....	(310)
第二节 早白垩世植物群.....	(312)
第三节 早白垩世被子植物事件.....	(323)
第四节 晚白垩世植物群.....	(326)
第五节 中国早白垩世被子植物花粉.....	(331)
参考文献.....	(333)

## 新生代篇

<b>第十章 早第三纪植物群</b> .....	李浩敏 郑亚惠(345)
第一节 研究简史.....	(345)
第二节 地质背景、气候分区、沉积类型及植物特征.....	(346)
第三节 古新世植物群.....	(348)
第四节 始新世植物群.....	(351)
第五节 渐新世植物群.....	(359)
第六节 早第三纪中国南、北方植物的变化.....	(361)
第七节 早第三纪孢粉植物群.....	(364)
参考文献.....	(373)
<b>第十一章 晚第三纪植物群</b> .....	刘裕生 郑亚惠(383)
第一节 地质背景.....	(383)
第二节 研究方法.....	(385)
第三节 植物群性质.....	(387)
第四节 植物群区系的划分.....	(397)
第五节 古气候特征.....	(401)
第六节 晚第三纪孢粉植物群.....	(403)
参考文献.....	(411)
<b>第十二章 第四纪植物群</b> .....	李浩敏 李文漪 刘金陵(417)
第一节 植物大化石概述.....	(417)
第二节 更新世植被与环境.....	(418)
第三节 全新世植被与气候.....	(426)
参考文献.....	(442)
<b>索引</b> .....	梅盛吴 邓龙华 冷 琴(446)
一、表格索引.....	(446)
二、插图索引.....	(447)
三、属种学名索引.....	(449)
<b>图版说明</b> .....	(500)
<b>图版</b> .....	(1—144)





# 第一章

## 志留纪植物群\*

蔡重阳 欧阳舒 王 恽

### 第一节 研究简史及主要成果

研究陆生维管植物的起源和演化,一直是古生物学最引人兴趣和重要的课题之一。多年来,多数古植物学家都认为英国志留纪 Pridoli 世 Downton 层的 *Cooksonia* Lang (1937) 是陆生维管植物的最早记录 (Banks, 1972, 1981; Chaloner and Sheerin, 1979)。这一植物以其形态简单、二歧分枝和顶生孢子囊为特征,在北半球 Pridoli 世和早泥盆世地层分布最广 (Edwards, 1990)。此外,具有 *Cooksonia* 状孢子囊的标本相继在英国威尔士志留纪 Ludlow 世 (Edwards et al., 1979; Edwards and Rogerson, 1979) 和爱尔兰 Wenlock 世地层中发现 (Edwards et al., 1983)。因此, Banks (1981) 将 *Cooksonia* 的出现时间提前到 Wenlock 世。但是,由于这一植物(包括模式标本)具孢子囊的轴迄今一直未发现管胞,因此,有人怀疑 *Cooksonia* 是否为真正的维管植物。最近, Edwards et al. (1986) 通过对英国下泥盆统具顶生孢子囊的 *Cooksonia* 标本进行研究,发现其轴并没有维管组织,而只有坚实组织的厚壁细胞。此外,这一植物的孢子囊形态变化大,原位孢子的纹饰也不同,轴具气孔或不具气孔,分枝方式亦不一致。Edwards 和 Edwards (1986) 于是将 *Cooksonia* 置于他们称之为“拟瑞尼蕨植物”(“rhyniophytoids”) 的类群中; Taylor (1988) 则将其称为“拟库逊蕨类”(“cooksonioids”)。因此, Taylor 和 Taylor (1993) 认为拟库逊蕨类是代表生活在晚志留世时颇为庞杂的一个人为的植物类群,它一方面(或一部分)可作为维管植物的祖先类型;另一方面

\* 本章属中国科学院古生物与古人类学科基础研究特别支持资助课题(9317)成果之一

(或另一部分)也可作为具有苔藓植物组织水平的祖先类型。Kernick 和 Cranc (1991)根据对早期陆生植物化石输水细胞的超微构造特征的研究,将具 *Cooksonia* 型孢子囊和 *Cooksonia hemisphaerica* 以及 *Aglaophyton major* Edwards(原名 *Rhynia major*)等归为一非正式的“前维管植物”等级。Edwards(1986)认为 *A. major* 的输水细胞缺乏明显的管胞所特有的木质化加厚,而在这方面与藓类的非木质化的输水细胞更为相似。这表明随着对这些早期陆生植物的深入研究,肯定将对它们的归属和系统位置以及 Banks 对早期陆生植物的分类方案有新的认识和修正。

澳大利亚晚志留世和早泥盆世的 *Baragwanathia longifolia* Lang et Cookson(1935)是迄今已知的最古老的陆生维管植物之一。这一植物的形态与现生的石松(*Lycopodium*)相似,具二歧式分枝,叶紧密螺旋状排列于茎上,但比后者更为粗壮。其孢子囊着生的位置是长于孢子叶的近轴面,还是以短柄长于叶腋上还不清楚。中柱横切面呈星状具外始式木质部和环纹管胞。多数学者将其归为石松类(Chaloner and Boureau, 1967; Taylor, 1981; Gensel and Andrews, 1984)。李承森(1992)根据澳大利亚学者 G. Douglas 于 1985 年访华期间学术报告的意见,相信 *Baragwanathia longifolia* 的孢子囊是以短柄着生于茎上而将它归为前石松类。目前,对其产出时代尚有不同认识。由于这一植物比世界晚志留世的植物不但个体较大,而且形态与构造要复杂得多,与一般的植物演化观点不相符合,因而多数古植物学家对这一植物产自晚志留世持怀疑或否定态度(Gothan and Weyland, 1954; Edwards et al., 1979; Chaloner and Sheerin, 1979; Hueber, 1983; Gensel, 1992; Taylor and Taylor, 1993)。而 Tims 和 Chamber (1984)认为 *Baragwanathia* 在澳大利亚的产出层位有两个,出于下植物层位者为 Ludlow 世;出于上植物层位者是早泥盆世 Siegenian 期,时代依据主要靠伴生的笔石和腕足类等动物化石(Garratt, 1978, 1981; Garratt et al., 1984)。

我国志留纪地层分布虽广,但以海相沉积占优势,以往很少发现植物大化石,对志留纪植物群的研究非常薄弱。尽管如此,近年来在这一方面的研究仍取得一些重要的进展。如新疆北部准噶尔盆地西北缘原归为早泥盆世 Gedinnian 期的乌吐布拉克组含植物层的时代,根据对与植物化石伴生的笔石进一步的采集和鉴定,已改为志留纪 Pridoli 世。它是目前我国 Pridoli 世植物的首次可靠记录(Cai Chongyang et al., 1993; Cai Chongyang and Li Xingxue, 1994)。在此之前,耿宝印(1986)描述的贵州凤冈原归于志留纪 Wenlock 世秀山组(相当于韩家店组第二段)的 *Pinnatiramosus qianensis* Geng 也引起了国内外学者的高度重视。这一植物虽然分类位置未定,但因具高度规则的分枝形态和具缘纹孔的管胞,饶有科学兴趣。有的外国学者甚至对这一复杂植物产自志留纪地层深表怀疑(Edwards, 1990)。最近,根据我们对产植物层位做了进一步的生物地层研究,除了获得无脊椎动物化石和几丁石外,还首次分析出较丰富的分散孢子、疑源类和一些植物碎片。这不但丰富了这一植物组合的内容,而且为其时代归于志留纪 Llandovery 世提供了重要的化石依据。因此,我们在研究早期陆生维管植物时,除了注意发现和研究植物大化石外,还要结合研究微体植物化石(包括分散孢子、角质层、管胞和管状分子等)。尽管它们是否来源于陆生维管植物还不肯定,但它们从不同侧面提供各种的古生物信息,对我们辨认植物从水生到陆生的过渡阶段历史是有帮助的。

此外,在江西修水 Llandovery 或 Wenlock 世的西坑组,陆续发现一些植物茎干和碎

片,虽然还不能鉴定,但却提供了在华南志留系中有可能找到植物大化石的线索。最近,在滇东曲靖志留纪玉龙寺组顶部黑色泥页岩中,亦分析出相当于 Pridoli 世的孢子和发现一些植物碎片,可惜植物保存过于破碎而无法鉴定。在新疆北部,上述乌吐布拉克组 Pridoli 世植物层亦产志留纪孢子(Cai Chongyang et al., 1993);另在新疆南部柯坪地区志留纪地层亦发现有孢子(据王恽面告)。这都说明在我国进一步发现志留纪植物大化石和孢子等微体化石的潜力还很大,有待于我们今后的采集和研究。

## 第二节 Llandovery 世植物大化石和植物碎屑

*Pinnatiramosus qianensis* Geng 是目前我国南方志留纪地层已发现的唯一可以鉴定的植物化石,由于其外部形态和内部构造均较复杂和进化,对于研究陆生维管植物的起源和早期演化具有重要意义,故有必要稍作详细讨论。

### 一、植物化石层的时代

根据贵州一〇八地质队第三分队(1974)1:20万湄潭幅区域地质调查报告,植物化石(原定为 *Zosterophyllum?* sp.)产自贵州凤冈县硃卡拉剖面韩家店组第二段顶部的黄绿色泥岩中,其与上覆地层早二叠世梁山组为假整合接触,与下伏地层韩家店组第一段呈连续沉积,时代定为 Wenlock 世。耿宝印(1986)依据林宝玉等(1984)对该区志留系分层方案,将韩家店第二段称为秀山组,韩家店组第一段称为白沙组(亦称溶溪组),并认为秀山组时代为 Wenlock 世。最近,蔡重阳等(Cai Chongyang et al., 手稿)对上述产植物层的地层做了较详细的生物地层工作,认为上述含植物层的韩家店组第二段,从其岩性与生物群特征,应相当于秀山组下段。植物层位于顶部,离上覆地层梁山组底界约 2.2m,植物层厚约 0.8m;植物层的上下层位均产几丁石 *Eisenachitina daozenensis* Geng, 和 *Ancyrochitina* sp. (耿良玉鉴定)。在植物层之下,与上述几丁石同层产出有丰富的孢子和一些疑源类以及植物碎片。孢子组合称为 *Ambisporites avitus-Reticulitretes warringtonii-Apiculiretusispora* sp. 组合,欧阳舒等认为其时代为 Llandovery 世晚期至 Wenlock 世早期,但不反对定为 Llandovery 世晚期(下一节将专门讨论)。此外,与植物伴生的有腕足类(戎嘉余鉴定); *Lingula?* sp., *Nucleospira pulchra* Rong et al.; 在植物层之下还产 *Nucleospira pulchra*, *Nalivkina* sp. 和 *Protomegastrophia?* sp. 等腕足类和双壳类(方宗杰鉴定); *Cleimychia quadratus* (Hind), *Pterinopecten* cf. *cybele* (Barande), *Parallelodon* sp. 和 *Leptodesma* (*Leptodesma*) sp.。

耿良玉认为 *Eisenachitina daozenensis* 是 Llandovery 世 *Plectochitina brevicollis* 几丁石带的重要分子,在扬子区 Llandovery 世地层分布广泛。该种在川北南江组(与 *Spirograptus turriculatus* 伴生)、黔北道真巴渔的韩家店组(与 *Streptograptus plumosus* 伴生)、陕南宁强崔家沟组(与 *Spirograptus turriculatus*, *Streptograptus plumosus* 等伴生)、鄂西宜昌大中坝纱帽组中段上部均有发现。值得指出的是纱帽组的时代长期有争议,据对几丁石的研究,纱帽组中段下部为 Aeronian 晚期(耿良玉等,1988;Geng Liangyu and Cai Xirao,1994)。最近,Loydell(1993)认

为产于纱帽组中段下部的 *Retioclimacis typica* Ni 是 *Metachimacograptus undulatus* (Kurek) 的同义名, 据此这一层位相当于 Aeronian 晚期的 *halli* 带。因此, 纱帽组中段上部含 *E. daozenensis* 的时代应归为 Telychian 期。根据 *E. daozenensis* 与上述伴生的笔石的关系, 表明含几丁石层之间的植物层时代应为 Telychian 早期。戎嘉余认为上述腕足类组合分子在黔东北、川东南溶溪组和秀山组下段均有产出, 而且在川北、陕南王家湾组也有发现。其层位相当于 *Spirograptus turriculatus* 笔石带上部, 时代亦相当于 Llandovery 世晚期。另据方宗杰意见, 上述剖面的双壳类化石中, *Cleionychia quadratus* 产于英格兰 Girvan 的 Llandello—Llandovery (Hind, 1910), 而 *Pterinopecten* 属的时代分布为志留纪—泥盆纪; *Pterinopecten* cf. *cybele* 与产于捷克波希米亚的 *Pristiograptus transgrediens* 笔石带的模式标本非常相似 (Barrande, 1881), 在扬子区与 *P.* cf. *cybele* 类似的标本产自 Llandovery—Wenlock 世地层。故据上述双壳类组合特征, 时代大致相当于 Llandovery 世。综上所述, 贵州凤冈产植物层位的时代为 Llandovery 世晚期。

## 二、关于 *Pinnatiramosus* 的形态解剖特征

据耿宝印(1986)描述, 这一植物是由匍匐的平卧轴和直立的羽状分枝系统组成(图版 1, 图 1; 图版 2, 图 1—4; 图版 134, 图 1)。几乎所有的轴上均具一中央炭化的输导印痕(图版 1, 图 2; 图版 2, 图 2—4)。其中一平卧轴保存解剖构造。其横切面可见输导束系由大小不等的多角形管状分子所组成(图版 1, 图 4, 5), 大致呈向心排列, 未见皮层。多数管状分子具梯纹和互列的纹孔(图版 2, 图 5—7), 偶见不具次生加厚纹饰的光壁管(图版 2, 图 9)。耿宝印认为植物形态特殊, 与已知的早期陆生维管植物明显不同, 而与现生的红藻 *Gelidium* 和 *Pterocladia* 或与绿藻中的 *Bryopsis* 在形态上比较相似。因此, 他认为 *Pinnatiramosus* “不属于维管植物的一种原始类型”, 而“代表了一类新的植物, 具有非维管植物形态和维管植物状解剖”, “很可能在藻类植物进化中, 它代表一支趋向登陆, 然而没有成功的已经绝灭的类群。”耿宝印认为管壁上的纹孔可能为简单纹孔, 实际为具缘纹孔。最近郝守刚等 (Hao Shougang and Beck, 1990) 肯定了管状分子具有圆形具缘纹孔, 与典型维管植物的管胞相似, 并提出这一植物“可能是水生和半水生植物, 兼具原叶体非维管植物(此处指藻类)和原始陆生维管植物的某些特征”, 并认为它可能是维管植物的祖先, 或者是最原始的维管植物。蔡重阳等 (Cai Chongyang and Li Xingxue, 1994) 根据上述管状分子具有具缘纹孔, 提出管状分子可能是管胞。Edwards (1990) 亦认为这一植物具有高度规则分枝轴和具有令人信服的具纹孔的管胞。最近, 蔡重阳等 (Cai Chongyang et al., 手稿) 在含植物地层之下, 还发现分散的具缘纹孔和具螺纹加厚的管胞或管状分子(图版 3, 图 14, 15)。由于 *Pinnatiramosus* 在地层中单独产出, 未发现其他植物大化石, 推测这一分散具缘纹孔管胞可能与这一植物的原位管胞有关。具缘纹孔是细胞壁加厚中最复杂的类型, 这种进化的管胞类型在前泥盆纪及早泥盆世早中期地层从未发现过。迄今为止, 前泥盆纪只有两处发现轴具环纹加厚的管胞或管状分子, 一是英国威尔士 Ludlow 世地层 (Edwards and Davies, 1976), 另一是英格兰 Pridoli 世地层 (Lang, 1937)。具有确凿的梯纹管胞首次见于早泥盆世 Emsian 期的 *Psilophyton dawsonii* Banks et al. (Hartman and Banks, 1980), 局部还可见到圆形具