

第四纪孢粉学

王开发 徐 馨

贵州人民出版社

571

第四纪孢粉学

王开发 徐 馨 编著

贵州人民出版社

前 言

第四纪孢粉学是第四纪地质学与孢粉学的边缘科学，它是一门新兴科学。近年来由于生产实践和邻近学科的需要，已得到迅速的发展。现已广泛地应用于地下水资源的开发与利用、砂矿和泥炭的勘探开发、工程建设、环境保护等方面；同时在植被演替、气候变化、海陆变迁、第四纪地层的划分和对比、古人类活动的自然环境等学科的研究中也有着重要的作用。

尽管第四纪孢粉学应用甚广，不少院校已开设第四纪孢粉学课程，生产和科研部门有关人员又迫切需要，但是至今尚无第四纪孢粉学的教科书或参考书出版，为此，我们特编著本书。

本书阐明了第四纪孢粉学基本理论与基础知识，收集了国内外第四纪孢粉学最新研究成果，全面介绍了第四纪孢粉学的研究方法及技术新方法的应用。

书中简要论述了第四纪孢粉学所必备的植物学、古气候学、第四纪地层学的基础知识，第四纪孢粉学的基本理论和研究方法，系统地介绍了国内第四纪各个时期的孢粉组合序列及国外第四纪孢粉研究成果，特别论述了我国第四纪植物群的演变规律；更新世下限、全新世底界划分的孢粉学研究；第四纪孢粉学的应用等问题。并附有现代植物孢粉形态属种描述及孢粉图版。

本书内容比较新、涉及面很广，是国内第一次第四纪孢粉学的编著，可供孢粉学、第四纪孢粉学、古地理学、水文地质与工程地质学、古生物地层学、古气候学、考古学和植物学等有关教学、科研和生产部门有关人员参考，也可作为有关高等院校的教科书。

本书第一、四、六、九、十、十二章为王开发同志编写，第二、三、七、八十一、十三章为徐馨同志编写，第五章及附录由两人合写。

在本书编写过程中得到许多兄弟单位的同志大力支持和帮助，文中参考了许多同志的资料，图件清绘与复制得到同济大学海洋地质系、南京大学地理系有关同志热情协助，在此表示衷心感谢。

王开发 徐 馨

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、第四纪孢粉学的性质与研究对象	(1)
二、第四纪孢粉学的研究内容、方法与意义	(2)
三、第四纪孢粉学的发展简史	(4)
第二章 第四纪孢粉研究的植物学基础	(6)
一、植物界演化史简述	(6)
二、植物分布与环境的关系	(9)
三、我国植物分布的特点	(13)
第三章 第四纪气候变化与沉积物特点	(23)
一、第四纪气候变化	(23)
二、第四纪沉积物的特点	(38)
第四章 孢粉的形态特征	(49)
一、孢粉的极性与对称性	(49)
二、孢粉的形状、大小与组成	(51)
三、孢粉的萌发器官	(53)
四、孢粉壁的结构及纹饰	(56)
第五章 第四纪孢粉学的研究方法	(60)
一、孢粉分析过程	(60)
二、孢粉资料的整理与应用	(72)
三、利用电子计算机把数理统计方法应用于孢粉资料分析	(81)
第六章 孢粉分析在第四纪研究中的应用	(93)
一、第四纪古植被的再造	(93)
二、恢复第四纪古气候	(105)
三、孢粉分析在恢复第四纪古地理环境中的应用	(108)
四、孢粉分析在第四纪地层划分和对比中的应用	(111)
第七章 中国早更新世孢粉组合	(116)
一、东北、华北早更新世孢粉组合	(116)
二、长江中、下游早更新世孢粉组合	(123)
三、西南、华南早更新世孢粉组合	(126)
四、西北、青藏高原早更新世孢粉组合	(128)
第八章 中国中更新世孢粉组合	(136)

一、北方中更新世孢粉组合	(136)
二、长江流域及华南地区中更新世孢粉组合	(140)
三、西北、青藏高原中更新世孢粉组合	(142)
第九章 中国晚更新世孢粉组合	(147)
一、东北、华北晚更新世孢粉组合	(147)
二、长江中、下游晚更新世孢粉组合	(150)
三、华南晚更新世孢粉组合	(153)
四、西南、青藏高原晚更新世孢粉组合	(155)
五、西北晚更新世孢粉组合	(158)
六、我国海域晚更新世孢粉组合	(159)
第十章 中国全新世孢粉组合	(163)
一、东北、华北全新世孢粉组合	(163)
二、长江中、下游全新世孢粉组合	(171)
三、华南全新世孢粉组合	(176)
四、西北全新世孢粉组合	(179)
五、西南、青藏高原全新世孢粉组合	(182)
六、我国海区全新世孢粉组合	(186)
第十一章 中国第四纪植物群的演替与分布	(190)
一、冰期、间冰期植物群的特点与演替	(190)
二、我国第四纪植物群分布规律	(195)
第十二章 更新世下限与全新世底界的孢粉学研究	(201)
一、更新世下限的孢粉学研究	(201)
二、全新世底界的孢粉学研究	(207)
第十三章 国外第四纪孢粉学研究概况	(211)
一、欧洲第四纪孢粉学	(211)
二、苏联第四纪孢粉学	(226)
三、北美第四纪孢粉学	(231)
四、亚洲第四纪孢粉学	(238)
附 现代植物孢粉形态属种描述	(243)
一、蕨类植物孢子形态	(243)
二、裸子植物花粉形态	(253)
三、被子植物花粉形态	(261)
参考文献	(295)
孢粉图版	(305)
图版说明	(325)

第一章 绪 论

一、第四纪孢粉学的性质与研究对象

第四纪地质学是研究地球最新历史发展规律的科学，如研究第四纪沉积物的形成与发展、类型及其分布，构造运动规律，气候演变，动植物变迁，人类的诞生、演化及其文化的产生与发展，第四纪矿产资源的分布等。这些都紧密地与人类的过去、现在以及将来的活动有直接关系，与当今人类文明建设和生活繁荣息息相关，要进行国土整治、农业规划、流域开发、绿化造林、砂矿、泥炭、地下水和其它资源的开发与利用、工程建设和环境保护等，都与第四纪研究分不开。由于它具有很大的实践和理论意义，所以自1829年法国学者J. Desnoyers提出第四纪这一术语以来，一百多年来第四纪研究有了飞跃的发展。由于第四纪的研究涉及的内容十分广泛，往往必须有各门学科互相配合进行综合研究才能取得有效的成果，所以第四纪地质学也是一门综合性的科学，而第四纪孢粉学就是第四纪地质学的一个分支科学。它以研究第四纪孢粉化石入手，来恢复第四纪的古植被、古气候和古地理环境，划分和对比第四纪地层，是研究第四纪地质的有效手段。

第四纪孢粉学研究的主要对象是第四纪的孢子与花粉，孢粉就是我们日常见到植物的繁殖细胞。自然界的植物可分为两大类：孢子植物和种子植物，孢子就是孢子植物的繁殖细胞，而花粉是种子植物的繁殖细胞，孢粉具有下述的特点：

①孢粉的体积很小，它们的直径一般介于10~100微米，平时我们肉眼看不清楚，只能在显微镜下才能辨别其形状和大小，因其体积微小，易被风或水搬运到一定的距离，因此在一定范围内孢粉成分起了一定的混合，使孢粉组合具有综合特征，为地层对比提供了条件。

②孢粉的产量很大，德国人F. Pohl曾研究和计算过一些植物一朵花中的花粉平均数为：

榛	2,550,000粒
山毛榉	637,000粒
桦	67,000粒
椴	4,300粒

上述数字是一朵花的花粉数量，而一棵树有相当多的花，可以想象花粉产量之大，在开花季节，如果我们摇动一下松树，便见淡黄色的粉末大量掉下，若起大风，花粉也会纷飞飘扬，由于孢粉产量多，也使得保留下来成为化石的可能性增加。

③孢粉外壁坚固，孢粉的外壁含有一种孢粉素 ($C_{90}H_{138-158}O_{20-24}$)，是一种复杂的有机化

合物成分，它极难被氧化，在高温下也难于溶解，有人作过实验，把含大量孢粉素的孢粉壁加热至300℃，它不被破坏，放在浓酸里也不被溶解，因此在地质年代里，孢粉可以被长期保存下来。

由于孢粉产量大，个体小，孢粉外壁坚固，所以被保存成为化石的可能性比其它化石大。

以孢粉为研究对象的科学称为孢粉学，它是一门新兴的综合性科学，广泛应用于地质学、生物地层学、石油地质学、海洋地质学、古地理学、气候学、环境科学、医学、植物学、农学等方面，由于孢粉学所涉及的内容非常广泛和丰富，往往不同的学者从不同的角度和需要对孢粉进行研究，因而目前孢粉学已产生了许多分支科学，第四纪孢粉学就是孢粉学的一个分支科学，所以第四纪孢粉学是孢粉学与第四纪地质学的一个边缘科学。

二、第四纪孢粉学的研究内容、方法与意义

在地质历史上，第四纪是最短暂的一页，其时间不过2~3百万年，第四纪与地史上其它各纪相比是非常短促的，生物化石较少，而且种的演化不明显。孢粉由于产量多、分布广、外壁牢固、易保存为化石，是第四纪生物化石最易找到的门类，由于孢粉化石研究采用数学统计的方法，研究其组合，分析其生态，应用生态地层学的方法来划分地层，因此它是研究第四纪地层的最有效，应用最广泛的微体生物化石。

（一）第四纪孢粉学的研究内容

目前第四纪孢粉学的主要研究内容有下列几个方面：

1. 第四纪孢粉形态

孢粉形态是第四纪孢粉学研究的基础，只有孢粉属种的正确鉴定，才能得出其孢粉组合。植物界发展至第四纪，其植物种属非常复杂而多样，第四纪孢粉要求尽量鉴定到种，才能正确的分析其生态环境、再造古植被、古气候，所以第四纪孢粉学的研究首先是孢粉形态的研究，一个好的第四纪孢粉实验室，应拥有大量的现代植物孢粉标本，各类孢粉形态特征的资料。随着科技水平的提高，新技术手段的应用，孢粉形态的研究已发展到崭新的阶段。扫描电镜的应用，使以前许多难于确定到种的孢粉获得解决，如禾本科花粉，通过扫描电镜的研究，已能鉴定到种。超微切片法在孢粉形态研究上的使用，使孢粉壁结构的研究提高到新的水平。孢粉形态研究的发展使第四纪孢粉研究有了坚定的基础。

2. 第四纪孢粉组合序列

第四纪孢粉组合序列是第四纪孢粉学研究的核心，每一地区的第四纪孢粉研究，主要是建立其组合序列，划分孢粉带，只有正确地建立孢粉组合序列，才能推断其植被历史，植物发展阶段，进而恢复古气候，划分第四纪地层。目前被世界各国广泛采用的布列特（A. Bly-

tt) 和色尔南德尔 (R. Sernander) 全新世分期表, 就是根据孢粉组合的分带而建立起来的。一个地区第四纪孢粉组合序列的建立, 需要做大量而系统的孢粉研究工作, 由于第四纪沉积类型复杂、相变快, 从第四纪初期到晚期的连续沉积剖面往往不易寻找, 因此建立一个地区的第四纪孢粉组合序列, 就需要进行许多剖面的孢粉研究工作, 从许多单个剖面的孢粉谱系中, 划分各孢粉带, 找出其共同规律, 得出综合孢粉谱系, 建立第四纪孢粉组合序列。

3. 第四纪植物群与植被演替

第四纪植物群与植被演替是第四纪地质研究的主要内容之一, 现代植被是第四纪植被发展和演化的继续, 它是恢复古气候和再造古地理的重要依据。而第四纪植物群的研究和恢复, 孢粉分析资料是最重要的依据, 第四纪植物群可分为冰期和间冰期植物群, 也是冷暖相互交替的植物群, 每当气候变冷, 喜冷植物群由北向南, 由山顶向山麓推进; 相反, 气候转暖, 喜冷植物群则由南向北, 由山下向山顶退缩, 而喜暖植物群则由南向北推移。第四纪植物群的变化规律, 植物区系的形成和发展, 都是第四纪孢粉学的研究内容。

4. 第四纪古气候

第四纪古气候与其它各纪相比, 以显著变冷为其特征, 它不仅反映为全球变冷, 同时又有多次冷暖干湿的波动, 而第四纪孢粉组合即是气候冷暖干湿波动最灵敏的反映标志。世界上许多地区的第四纪古气候变迁都是依赖孢粉资料而建立, 尤其是全新世的气候变化更是如此。孢粉分析与 ^{14}C 测年配合研究, 对于气候变化能以百年级数变化规律来进行, 全新世的五个气候期则是依据孢粉分析而划分的。近来对纹泥和泥炭超微层的孢粉分析, 甚至细致到几十年的气候波动研究, 所以第四纪孢粉分析将为第四纪古气候研究作出更大的贡献。

5. 第四纪孢粉组合与古地理

一定的孢粉组合反映一定的植物群, 而一定的植物要求有一定的生态环境, 所以孢粉组合能很好地反映古地理环境。由于第四纪植被和现代植被已很相似, 许多化石可以鉴定到种, 为准确恢复第四纪古地理提供了可能性。第四纪沉积物相变快、沉积类型复杂, 所以其古地理环境是多种多样, 含众多的麻黄花粉组合指示当时为干燥的荒漠环境, 组合中以水生植物的眼子菜、黑三棱、泽泻、睡莲、香蒲等花粉占优势, 反映为湖沼环境; 含有矮桦、仙女木的孢粉组合显示当时气候寒冷, 处于冰川冰缘的环境。因此利用孢粉组合来研究第四纪古地理是丰富多彩的, 尤其是对全新世的古地理变迁的研究, 孢粉分析更具优越性。

6. 第四纪孢粉生态地层学研究

第四纪由于时间短, 植物种的演化不明显, 大部分种都延续到现在, 因此老地层的标准化石法在第四纪地层研究中较难于应用。然而第四纪地史里重要的事件是发生冰川, 气候具有冷暖变化, 因而气候地层学方法是第四纪地层研究应用最广泛的方法, 以孢粉组合来划分地层, 利用孢粉植物群灵敏地反映气候冷暖变化, 从而划分地层和确定地层年代。第四纪孢粉分析可以说是第四纪生物地层研究中最有效的方法之一, 尤其是陆相地层更是如此。但是第四纪地层研究必须注意各种方法的结合, 综合地进行研究。国际上许多地区第四纪地层层序

的建立，是依据孢粉研究的资料。孢粉分析在第四纪地层研究中始终占有重要的地位。

（二）第四纪孢粉学的研究方法 with 意义

第四纪孢粉学的传统研究方法为孢粉的种属鉴定、数量统计和资料整理，随着现代科学技术的发展，许多新技术都应用到第四纪的孢粉研究中，如扫描电镜和超微切片方法，对于孢粉鉴定到种，孢粉壁的结构研究达到新的水平。利用电子计算机把数理统计的方法应用于孢粉研究日益广泛，如应用因子分析、群分析、信息函数熵、非线性二维映射、转换函数等，对孢粉化石统计应用电子计算机运算，进行孢粉的地质、古气候、古地理解释，取得了很大进展，展示了很好的发展远景。利用藏红O染色孢粉或孢粉荧光来鉴别第四纪的再沉积孢粉化石，不仅对于正确解释孢粉组合非常重要，而且可用于追溯沉积物的来源，以及划分第四纪地层。由于种种的新技术应用，使第四纪孢粉研究不断地深入发展。

第四纪孢粉学的应用十分广泛，除上述应用于第四纪的地层划分，再造古植被、古气候、古地理外，在水文地质的地下含水层对比，工程地质的地下建筑承压层的选择，孢粉不仅可以为海洋第四纪的地层划分和对比提供依据，而且能为海盆的物质来源和运动，陆缘构造运动、海面变化、古海流等提供可靠资料。

孢粉分析对于研究冰川的消长，山体的抬升也有重要的作用，如在希夏邦马峰的6,100米的地层中发现高山栎、黄背栎、雪松、桦、松、铁杉孢粉组合和植物化石，推断出自上新世以来喜马拉雅山体上升了3,000米的结论。

在考古研究上，孢粉分析可以帮助了解古代人类的生活环境和对比古文物的年代。在农业上分析土壤中的孢粉，可以帮助解决土壤的形成，在农业规划、造林、沙漠改造方面，皆需要了解第四纪以来植被的发展趋势，孢粉研究资料可以提供有力依据。第四纪孢粉学除和第四纪地质一样，广泛应用于经济建设和科学研究上，尚有它的许多独特的用途，因而得到迅速的发展。

三、第四纪孢粉学的发展简史

第四纪孢粉学是孢粉学研究中最活跃的一个分支科学，自从十五世纪中叶显微镜发明之后，生物学者Grev和Molpighi就进行过孢粉观察，十九世纪初叶F.Pohl曾研究过许多花粉形态，还按花粉壁的层次和孔沟数目与位置进行过分类，虽然最早对化石孢粉进行观察是十九世纪三十年代的C.G.Ehrenberg，但孢粉分析应用于地质上还是从第四纪孢粉研究开始的，第一个进行第四纪孢粉研究的要算瑞典的L.V.Post教授，他对瑞典南部泥炭沼泽沉积进行花粉分析，并于1916年在挪威奥斯陆举行的北欧自然科学第十六届会议上作了“瑞典南部泥炭沼泽沉积的森林”报告，他首次统计孢粉的百分含量，绘制孢粉图式，制定孢粉符号，被称为孢粉分析的奠基人。1921、1927年瑞典的G.Erdtman发表了第四纪湖沼中的花粉和利用花粉分析研究西北欧的森林史的论文，第四纪的孢粉研究才推广开来，在此之前花

粉分析多应用于泥炭沼泽及全新世的研究。1937年苏联的K.K.Марков用孢粉分析方法解决列宁格勒的第四纪问题，对比了晚冰期和冰期之后的地层，阐明了第四纪的地貌发展史，使第四纪孢粉研究进入了一个新的阶段。同年苏联第四纪孢粉学家B.П.Гричук发明了重液浮选孢粉的方法，大大地提高了孢粉分析的技术，促进了第四纪孢粉研究的发展。1948年F. Firsbcis出版了他的花粉研究专著《中欧的森林史》，还有英国剑桥大学的H. Golwin对英国第四纪植物区系的发展史和考古学花粉提供了很有意义的研究，美国的P. B. Sears和E. S. Deevey以及澳大利亚的D. Wolker等都对第四纪孢粉研究做了许多工作。

海洋沉积速度慢且连续性好，因此其孢粉研究能很好地反映陆缘的植被历史、古气候变化和海进海退历程，所以海洋第四纪孢粉研究越来越受到重视，如E. A. Stansley对西南大西洋和J. J. Groot等对东南太平洋深海钻孔中的孢粉研究，得出智利中部和南部以及阿根廷的安底斯山区的第四纪有温干和冷湿的两个交替的气候变化。苏联的E. Вкоренева对鄂霍次克海、白令海、日本海的海相第四纪孢粉做了许多工作，我国王开发等对东海、黄海、渤海、南海等也进行了全面系统的第四纪海洋孢粉研究。

在第四纪孢粉学中，全新世孢粉的研究最为广泛而深入，1944年L. V. Post研究南波罗的海泥炭沼泽的孢粉，把全新世划分为Ⅺ个孢粉带，并与布列特—色尔南德尔全新世分期表对比，1949年孢粉学者F. Fribas把中欧的全新世划分为Ⅸ个花粉带，1956年H. Godwin研究英国全新世沉积把英国全新世孢粉划分Ⅷ个花粉带，1957年苏联M. Heйштагт研究苏联的泥炭沼泽和湖相沉积，把苏联全新世孢粉划分为古、早、中、晚全新世四个花粉带，日本安田喜宪综合各方面资料，把全新划分为三个花粉带和两个亚带。美国P. B. Sears对美国中、东部各州和加拿大北部的泥炭进行花粉研究并划分为五个花粉带，得出冰期后的森林迁移途径以及北美东部晚冰期和冰期后的气候变化规律。

第四纪孢粉研究是孢粉学中最活跃者，不仅表现在从事研究的人员多，研究论文也居首位，就1980年在英国剑桥大学召开的第五届国际孢粉会议的论文看，会议期间报告的论文共200多篇，而第四纪孢粉论文近90篇，约占45%，显示第四纪孢粉研究的分量。

我国第四纪孢粉研究在解放前基本上是空白，解放后随着我国社会主义建设的迅速发展，第四纪孢粉研究也蓬勃发展起来，三十多年来先后在中国科学院、地矿部及高等院校、国家海洋局、地震局等所属单位建立了几十个第四纪孢粉实验室，为我国第四纪孢粉研究做了大量的工作，几乎全国各省市都有了第四纪孢粉研究成果。在我国1979年召开的第一届孢粉学术会议的164篇论文中，有38篇第四纪孢粉的文章，到1984年于厦门召开的第二届孢粉学术会议，第四纪孢粉研究论文占到35%，由此看出第四纪孢粉研究在我国的发展迅速，而且取得了很好的成绩。

第二章 第四纪孢粉研究的植物学基础

第四纪植物群是地质历史时期植物界演化的必然产物。植物界的演化可以追溯到亿万年前。植物的起源、发展及其与周围环境演变的关系,最后从第三纪植物群逐渐发展到第四纪植物群。在植物演化的漫长岁月里,植物界循着由低级向高级、从简单到复杂、由单细胞到多细胞、从水生到陆生等方向发展。而今已发展到极为高级、极其复杂、种类繁多、门类齐全的第四纪植物群,并且在第四纪地层中遗留了极为丰富的孢子和花粉。为此,有必要对产生孢粉的植物界历史、分布及其与周围环境之间的关系等问题,有一个基本认识。

一、植物界演化史简述

地球形成以后,最初出现植物是在30亿年以前。那时的植物,仅是一些较原始的低等菌、藻植物。高等植物起始年代大约在3亿多年前的泥盆纪。从此之后,植物界很快发展进化,由蕨类、裸子到被子。据目前植物化石记载,可将植物界的发展与演化大致划分为5个阶段(自老到新):即①菌藻植物时代;②裸蕨植物时代;③蕨类植物时代;④裸子植物时代和⑤被子植物时代(表2-1)。

菌藻植物时代:从太古代晚期到志留纪,长达28亿年左右的时间里,生长着低等植物,属低等、基本水生的植物演化时代;

裸蕨植物时代:大约从4亿年前后开始,到3.65亿年前后,即泥盆纪早、中期。这个时期是由原先的低等水生菌、藻植物,发展为高大陆生的裸蕨植物群;

蕨类植物时代:这个时代是从晚泥盆纪开始(约3.65亿年前),到2.4亿年为全盛时期。主要代表植物是芦木、鳞木、封印木等“舌蕨类”植物。经过石炭—二叠纪的冰期气候锻炼和改造,芦木、鳞木、封印木等树种大大减少,代之而起的是种子蕨目和苛达狄等蕨类的兴起,并出现了类似银杏、杉等真松柏类的裸子植物。

裸子植物时代:从三叠纪到早白垩纪(即2.4亿年—1亿年),其中以侏罗纪发展为鼎盛时期。这个植物群,由于三叠纪气候转为干旱,旱生或耐旱的裸子植物,如苏铁、银杏等繁盛起来,侏罗纪则进一步发展,同时在侏罗纪可能有原始被子植物出现。自白垩纪开始,全球出现大范围的海退,阳光充足,宜于被子植物生长与演化。尽管有这些有利于被子植物发展的条件,但在当时,被子植物所占的百分比仅限于25%左右,裸子植物成为绝对优势成分。

被子植物时代:从晚白垩纪起,到目前为止,大约1亿年左右的时间里,被子植物从主

表2-1

生物界的主要发展阶段和地质年代表 (据李星学等, 1981)

相 对 地 质 年 代*				同位素年龄	动 物	植 物	
显生宙	新 生 代	新 植 代	第 四 纪		— 0.025亿年 —	哺乳类时代	被子植物时代
			第 三 纪		— 0.65亿年 —	爬行类时代	
			白垩纪	晚	— 1 亿年 —		
	中 生 代	中 植 代			早	— 1.36亿年 —	裸子植物时代
			侏 罗 纪		— 1.90亿年 —		
			三 迭 纪		— 2.25亿年 —		
			二迭纪	晚	— 2.40亿年 —	两栖类时代	
				早	— 2.80亿年 —		
	古 生 代	古 植 代	石 炭 纪		— 3.45亿年 —	鱼类时代	
			泥盆纪	晚	— 3.65亿年 —		
					中	— 3.95亿年 —	水生无脊椎动物时代
					早		
			志 留 纪	— 4.30亿年 —	菌藻植物时代	水生低等植物时代 (藻类时代)	
	奥 陶 纪	— 5 亿年 —					
	寒 武 纪	— 5.7亿年 —					
	震 旦 纪	— 10亿年 —					
元 古 代	原 植 代			— 18亿年 —	细菌—蓝藻时代		
				— 25亿年 —			
				— 32亿年 —			
太 古 代				原始生命发生时期			
				化学演化时期			
隐生宙					45~60亿年		

(注) 表内年代位置, 并不代表实际比例划分

导地位发展为占绝对优势地位。尤其是最近七千万年的新生代时期，更以被子植物占统治地位。并在第三纪早期，被子植物进一步发展，演化到草本植物出现和发展阶段。

早第三纪，阔叶树种一直生长到很远的北方，喜温暖的椰子和苏铁，最北一直分布到北纬81度附近，比现在北移50度左右。但后来由于气候向凉发展，阔叶树进一步发展，裸子植物进一步衰退，特别到了新第三纪末，不少裸子植物逐渐绝灭或消失。第四纪以来，气候进一步恶化，出现冰期与间冰期，不利于裸子植物发展，现存的裸子植物，除松科、杉科等比较繁盛外，其它科所存无几，并成为孑遗种，例如水杉、银杏、世界爷 (*Sequoia sempervirens*) 等，都是有名的孑遗植物，或称“活化石”。它们分布范围局限，仅见于我国、日本和北美等地。

第三纪植物群，虽然也出现一些新种、新属或新科，但总的发展和演化，主要表现为植物地理上的变动和群落的更替，并未发生门类的绝灭或新生。由于植物地理上的变动和群落的更替，从白垩纪晚期到第三纪，可以明显地划分为南方植物区和北方植物区。南方的叫盖林顿，后为波尔塔夫区，主要有栗、栎、桃金娘、杨梅、山龙眼、漆树、樟科、棕榈、热带蕨类等植物组成的常绿植物区；北方的叫做格陵兰，后为土尔盖植物区，完全以落叶的银杏、水杉为主，还有山毛榉、栎、昆兰树、悬铃木以及 *Macclintokia* 和茱萸花序植物。另混杂大量的枫香、紫树、榆、槲等。其中土尔盖植物群后来形成北半球主要森林植被的来源，它从亚洲的日本、中国及布哈林岛至哈萨克斯坦往南移动，排除了波尔塔夫植物群。在亚洲西部，由于气候干冷，发育成草原和半荒漠植被

(图 2-1)。

第四纪植物群仅限于种、变种的演变，最多也只有新种的发生。但是植物地理分化作用却达到了最高点，形成了现代的植物带。

第四纪植物群的发展与演化，在很大的程度上是受第四纪古气候变化所控制 (见第三章)，因此，它的发展、演化和分布，与第三纪及第三纪前的植被有很大不同。

在冰期来临时，许多第三纪热带、亚热带植物大多被消灭，或者被迫移向低纬；原先生长温带植物的地区，冰期中则因冰川侵蚀发育湖泊，在湖泊周围生长着冰缘植被；也有些地区由于冰川来临，发生旱化现象，原来喜暖的植物而被旱生植物或荒漠、草原植物所取代。在那些低纬热带地区，由于气候的干湿变化，出现了一些山地植物上下迁移，或干湿性植物更替。

有关第四纪植物群的发展、演化与分布等问题，以下各章还将讨论。

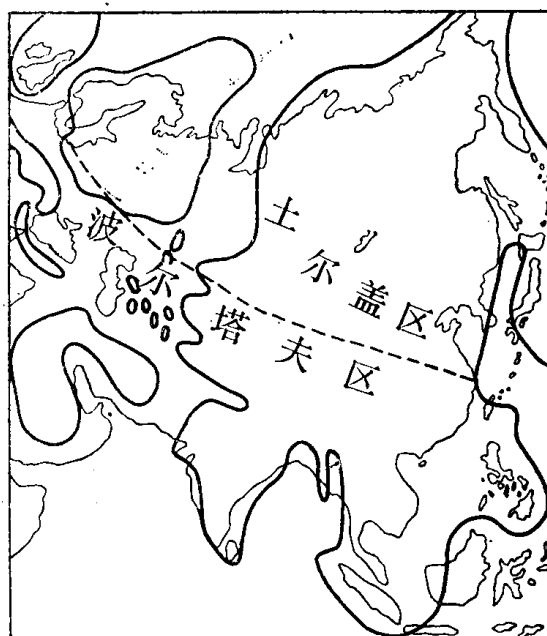


图 2-1 老第三纪欧亚大陆
古地理图及其植物
地理区

(据 A. H. Криштофовцу, 1937)

二、植物分布与环境的关系

植物是自然环境综合产物，受到各种自然因子所控制。其中主要的有温度、湿度、地貌、土壤及其它因素（如纬度和经度）等。

由于受了这些自然环境中的因素影响，不同地区则出现多种植被类型。

（一）温度、湿度影响植物分布

地球表面，由于各处的纬度和高度不同，各自接收的光照、热量等条件也有差别，因而出现热带、亚热带、温带（北半球的温带：南部为暖温带，北部为寒温带）、寒带，高山地区出现相应的垂直气候带。植物成分和植被类型，在不同的气候带内则有着明显的差异。热带地区，主要生长雨林、季雨林及沿海地带的热带红树林群落。亚热带地区，植物群总特征是以常绿阔叶乔木和灌木为主组成的常绿阔叶林，其中主要树种有壳斗科的青冈、栲、石栎，樟科的润楠、楠木，茶科的木荷以及木兰科的小片常绿树。由于亚热带地跨纬度较广，其南北部分差异明显，故在我国出现北亚热带为常绿—落叶阔叶林；中亚热带主要为常绿阔叶林；南亚热带为喜暖的栲树占优势组成的常绿阔叶林。温带地区，主要是落叶阔叶林。常见的树种有落叶栎、桦、鹅耳枥等。向南逐渐增添蝶形花科、榆科、苦木科、胡桃科和枫香。越向南则在落叶阔叶林中增添一些常绿木本树种，标志着逐渐向常绿—落叶阔叶混交林过渡。但温带北部，由于气温降低、降水减少，由落叶阔叶林慢慢过渡到桦林和云杉、冷杉林。寒带地区，由于进入高纬地区，接近极圈，温度更低，因而植被逐渐过渡为苔原、冻荒漠。

湿度是随离海远近而不同。靠近沿海地带，一般都比远离海洋的内陆地区潮湿，因此植被类型也随湿度变化而更替。

我国从东部沿海地区到西部内陆盆地，就是因为各自距离海洋远近不同，湿度变化明显，而出现从华北平原向西到内蒙古高原的不同植被类型：即落叶阔叶林或针叶—落叶阔叶林→森林草原→草原→干草原→半荒漠→荒漠或沙漠。华北向内陆荒漠发生植被类型更替的原因，除了与湿度变干外，还与经度和地貌类型、地势高低等有一定关系。特别是西南—东北向的山地（如太行山等）阻挡，迫使潮湿的海洋性气流，在东南坡降下丰富的地形雨，待至翻越高山之后到达西北坡，气流中的水汽因降落过地形雨而变得干燥，且又进入广阔的高原，湿度变小，不足以供给森林所需水分，因而形成内蒙古高原上的草原；再向西，空气中的水分更少，越来越干燥，只能生长喜盐碱、耐干旱的藜、蒿、麻黄、怪柳、梭梭、白刺、蒺藜、碱蓬等旱生、盐生植物。

（二）地貌类型与植物分布的关系

植物或植被类型，除受温度、湿度及海陆变化、经纬度等影响外，地貌在很大的程度上控制着植物分布。

一条河流或一座山地，由于它们是由各种地貌类型组合而成，因此在各地貌部位或微地貌上均可出现不同植物和植被类型。

河流两侧山坡和阶地，由于坡向和阶地新老与高度的差异，各自接收阳光和热量不同，地下水埋深有高有低，储水情况和土层深厚各不一样，因此，一般在向阳坡上常生长阔叶林或草地，而在阴坡由于湿度相对变大，阳光照射时间较短，喜阴树种和草本植物，常生长在阴坡。许多高大的针叶树也往往分布在阴坡上。

新的河流阶地，一般都比老阶地低，堆积物也比较厚，这给土壤发育和地下水埋深提供了良好的条件。因为新阶地高度小，地下水相对变浅，植物群发展历史相对较短，因而生长一些喜湿性或中性的植物，如中生或湿生草本植物，或者阔叶乔灌木。在人为利用下，很多低阶地都作为可耕地。高阶地形成时间较早，高度又大，长期受到侵蚀，一般说，地下水埋藏较深，土层较薄，不利于喜湿性的植物生长，一般生长较多的旱生草本植物，如蒿、菊、禾本科等。但也有些高阶地成为重要林地。

河漫滩和许多冲积地、湖滨、海滨平原，因为地下水很浅，有些成为地表水组成的小湖沼，在这些湖沼周围，生长水生、湿生的草本和灌木，直至生长湿生乔木。但以水生草本植物为主。很多未开发的平原区，常以森林草原植被为特征。象东北这类处女地，则成为广阔的草原、草甸景观。一般河谷平原（即河漫滩），因受漫滩上微地形变化的影响，出现了不同的植物带。例如在靠近河床部分，地势稍高，组成物较粗（沙土），含水蓄水条件相对变差，因而生长落叶阔叶树与禾本科等中性或较耐旱的杂草，组成落叶阔叶林—草原植被；河漫滩内侧部分，由于地势较低，沉积物较细，水分充裕，常积水成众多池沼，以生长水生木本和草本植物为主。由于内侧部分接近阶地或山麓，后期堆积盛行，常使地面加高，湖沼干涸，因此，植被类型也随之地面变化而生长中性、甚或耐旱的植物。

一座山地的植被，特别是较高大山体上的植物，往往受高度和坡向、坡度等影响。

东北长白山，植物带是随山体高度变化而不同，出现不同的垂直分布带。该山北坡，据周昆叔研究，从山麓到山顶天池，可分5个植被带，依次为落叶阔叶林；针叶落叶阔叶混交林；寒温带针叶林；岳桦林；山地苔原等（图2-2）。

北京西山至小五台山植被垂直分带的情况比长白山要复杂一些，南北两坡的森林的类型、组成成分和分布的高度等都不一致。因为南北两坡所受的光照、水热条件和坡度等都有差别，因此，南坡出现槲栎林→松林→云杉林和落叶林（在海拔2,000米以上）；北坡复杂得多，从山麓到山顶依次为：杂木林→栎林→椴桦林→云杉桦林→落叶松林。其中两坡云杉分布的高度，南坡2,000米，北坡1,500米左右，二者相差500米上下。

四川峨眉山，虽然地处亚热带，由于海拔高度大，植被垂直分布带也非常明显。500~1,000米为亚热带针阔混交林，其中阔叶主要属常绿树种，如樟科、壳斗科、木兰科、箭竹和蕨类植物；1,000~1,800米为松、杉和常绿落叶阔叶为主的针阔混交林，其中有樟科、山茶科、桉树、壳斗科、铁杉及多种草本植物等；1,800~2,800米是以冷杉林为主的植被带，其中杂有阔叶灌木，如杜鹃、荚蒾等，另有冷箭竹及灌木次生林；2,800米以上为高山草灌丛，并向山顶高山苔原过渡。特别是次生林，常因冷杉大批死亡或人为砍伐森林后出现的，它由各种杜鹃、毛茛科、蔷薇科、虎耳草科、茶藨子、忍冬科等组成。这种次生林在峨眉山北坡更加广布。

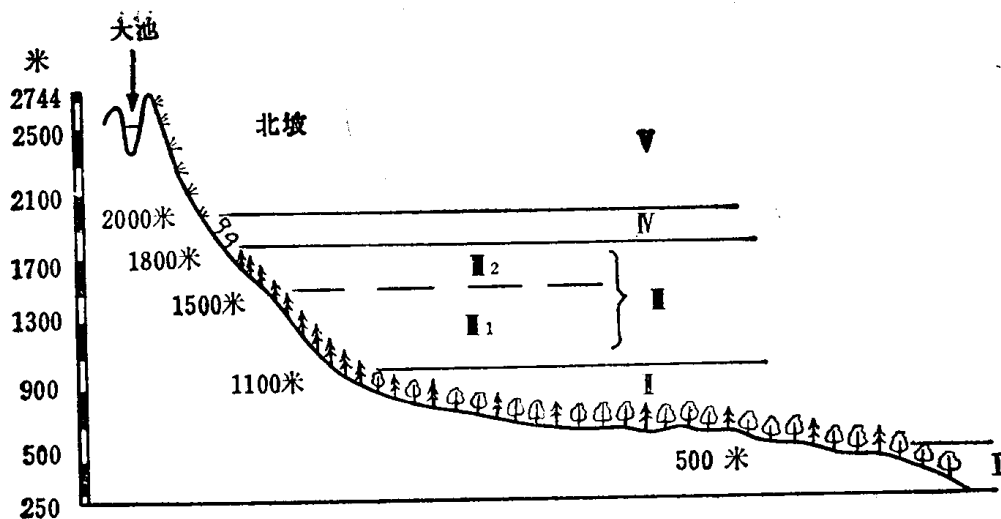


图 2-2 长白山北坡植被垂直分带

(据周昆叔, 1984)

I 落叶阔叶林带 II 针叶落叶阔叶混交林带 III 寒温带针叶林带 III₁ 明亮针叶林亚带 III₂ 暗针叶林亚带; 鱼鳞松, 华北冷杉 IV 岳桦林带 V 山地苔原带

(三) 土壤与植物分布

植物生于土壤层, 不同类型的土壤和土壤中有机质含量等, 都对植物生长与分布有一定的影响。特别是土壤酸碱度, 直接影响到植物成分。

酸性土中生长喜酸或耐酸植物。例如很多竹类, 就较耐酸, 特别是毛竹, 常生长在土层较厚的微酸红土区。又如蕨类植物中的铁芒萁, 则为酸性土壤的指示植物。其实有些松树, 也很适应在酸性土壤中生长。可见植物耐酸或喜酸者为数不少。酸性土壤主要分布在我国南部。

碱性土壤分布较广, 这类土壤与地下水活动有关, 与蒸发强盛的关系更密切, 因此碱性土多分布在我国北方。柏和榆等是微碱土壤上常见的植物, 它们分布在温带或石灰岩高原上。实际上这两种植物更偏喜钙。干旱地区的盐碱土, 一般含碱较重, 在这些盐碱土上, 生长着盐蒿、碱蓬、白刺、梭梭、柽柳科、蒺藜科、藜科等植物。这些植物的叶厚、株矮、根深、具绒毛, 以此减少蒸发、积蓄水分, 并从深层吸收水分和养料。

喜水和耐干植物, 对土壤要求也是严格的。喜水植物多要求含丰富有机质的土壤, 如莲, 就直接以根茎深埋淤泥中, 其它水生植物亦都与沼泽土相联。耐旱植物主要生长在干旱区, 除了盐碱土外, 还生长在砂土中。有的植物要求生长在冷湿的土壤中, 如冷杉, 就要求在年均温 $3 \sim 6^{\circ}\text{C}$ 的土层中生长; 云杉则宜于 $6 \sim 9^{\circ}\text{C}$ 地区; 水杉也是喜阴植物, 宜在少光照、深厚的土层定居。

因此, 土壤对植物分布在某种意义上来讲, 起着决定性的作用。

(四) 水文条件的影响

喜湿和水生的植物, 不可能在干旱或无水地点生长。例如莲、菱、香蒲、慈菇、睡莲等植物, 要求生长在水源充裕的湖、沼、水池等处。但是水生植物对水文条件的适应性各不相同。

同。湖沼植物，从湖沼岸边到湖沼中心，出现不同的生活型植物，一般可分抽水植物（亦称挺水植物，为茎叶一部分或大部分在水上的底生植物）、浮水植物（亦称浮叶植物，为叶浮在水上的底生植物）、沉水植物（整体沉在水中的底生植物）三种（图 3-3）。

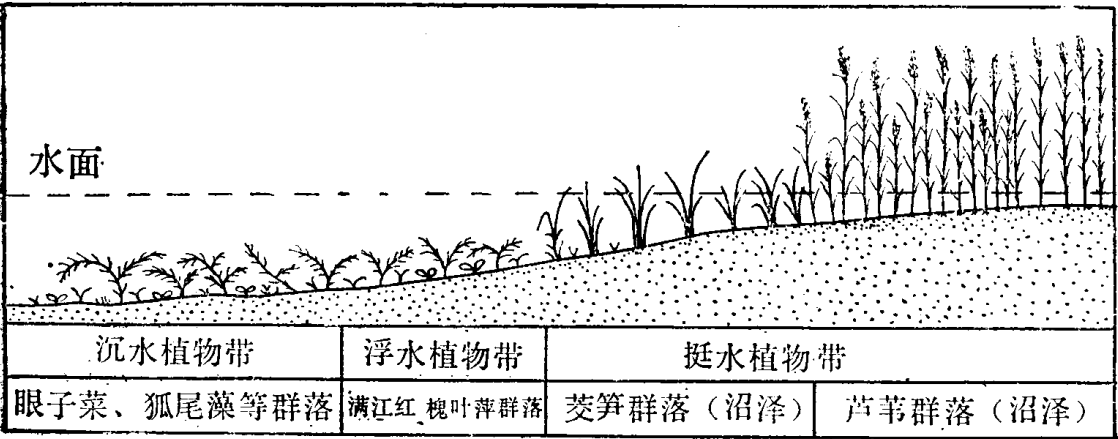


图 2-3 江苏洪泽湖水生植被和沼泽植被带状分布生态系列图

（据《中国植被》，1983）

三种水生植物，在不同性质的湖沼中，生长的位置不一样，标志各对水深和水文条件的适应的差异（表 2-2）。

如果地下水位降低，将会引起湿生植物发生巨大变化，它将由喜湿或喜水的水生植物，逐渐由原先生长在湖沼周围的植物移入，进而发展为中性植物群。特别是那些沼泽地，在变为凸地时，其变化就更加显著和复杂（图 2-4）。

在我国东北许多沼泽中，也生长着不同种类的沼生植物。其中主要有富养沼植物和贫养沼植物两种。前一种为草本、木本和藻类混生，如苔草、芦苇、莎草、菖蒲、木贼、菱、陵菜、水松、沼柳、油桦、毛赤杨以及各种藓类植物。后一种主要生长有各类炭藓及少量杜香、越桔、茅膏菜等。

海洋植物更是与水有关，在海洋中主要生长有沉水植物。这类沉水植物，一直分布到水深200米为止。其中主要的植物是海带、海藻等藻类植物。它们不仅生长在水下，而且能生长在盐水和光线暗淡，甚至避光的环境中。

由上足见，植物分布是与周围环

表2-2 湖沼植物带的深度
（吉村信吉，1937年）

植 物 带	深而透明的湖	浅而混浊的湖
抽水植物带	0～1 米	0～1 米
浮叶植物带	1～2	1～3
沉水植物带	2～3	2～4

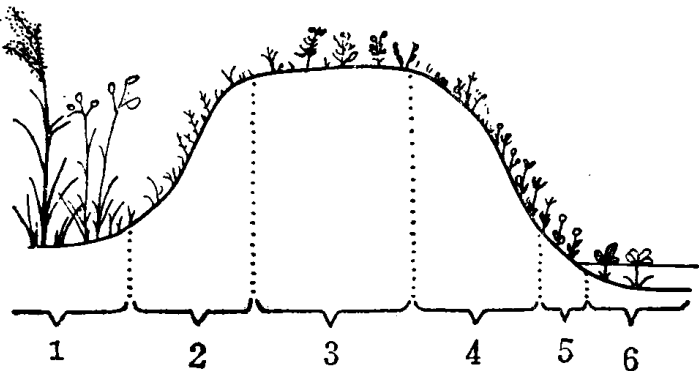


图 2-4 风莲泥炭地凸地的植物分布
（北海道开发万1953）

1. 锦花莎草、芦苇、苔草类
2. 毛毡苔、蔓越桔、三叶黄连
3. 黑果岩高兰、杜香
4. 蔓越桔、三叶黄连、日本胡麻花
5. 梅花草属
6. 睡菜、狸藻