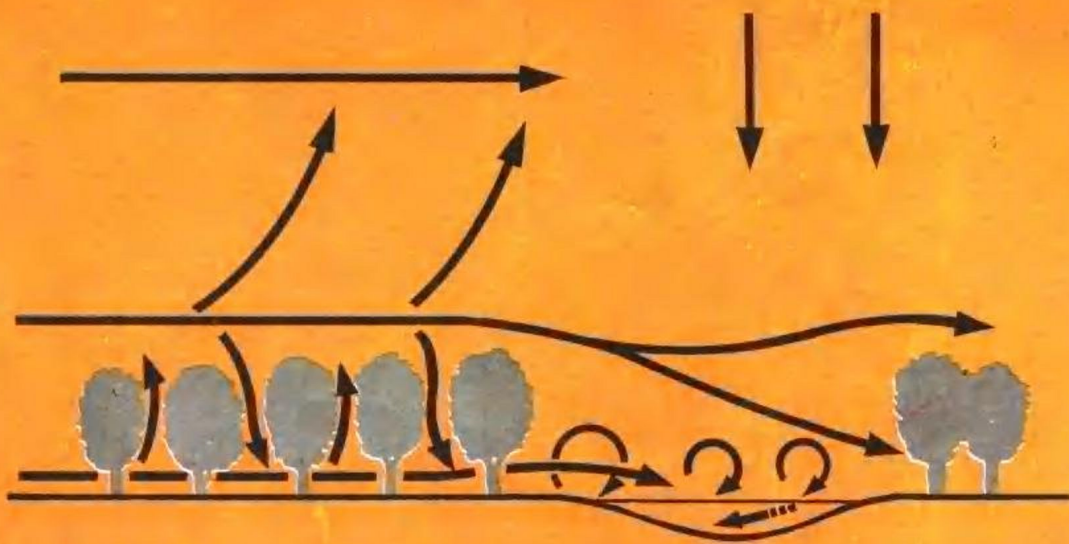




# 花粉分析指南

P·D摩尔 J·A韦布 著



571

**花粉分析指南**

P·D摩尔 J·A韦布 著

李文漪 肖向明 刘光琇 译



广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 广西民族印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张10.75 插页24 字数217,000

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印 数 1—19,300 册

ISBN 7-219-00428-1

Q·1

书号: 16113·162 定价5.85 元

## 中 译 本 序

本书虽然是为大学有关专业所撰写的孢粉分析教科书，但其内容基本能概括70年代孢粉分析的水平。书中除对花粉分析一般方法作了介绍之外，并结合英国第四纪晚冰期和冰期后时期的研究，对花粉组合的形成和性质、花粉分析的应用及其发展作了介绍和适当的评论。

作者用简明的笔法，介绍了泥炭和湖沼等含孢粉沉积的特点，以及采取样品、实验室处理和化石花粉的统计计算的方法。为帮助初学者顺利掌握孢粉鉴定，书中用较多篇幅提供了一个花粉形态的检索表，主要依据萌发孔和纹饰的形态，并对明暗图案及相差的应用给予了说明，特别是在某些种的检索中。虽然这些都是北欧的种，但其方法对于鉴定具有普遍参考价值。

第六、七两章是有关花粉统计和花粉图式的分析，其内容对我们当前的工作有很好的参考意义。作者从花粉沉积的原理出发，对花粉分析中的各种统计方法，以及在花粉图式建立过程中，应用概率原理进行数据处理的一些成果和方法作了叙述和分析。在讨论花粉分带时指出，应摒弃那些生搬硬套的先验式有害做法，而以研究资料的固有特征为依据，然后再与其他图式尝试对比，这对探索历史时期植被及环境的真实面貌，将更有启发和有价值。

作者从实验和理论上讨论了花粉、植被和环境之间关系的问题。种和种群形成于一定环境，但其过程受制于多种因素，并有一定的可变生态条件，显然绝不是“相同环境相同植被”或“一定环境一定植被”的简单概括。而第四纪以来不断增长着的人为因素的影响，日益加深着生态条件的复杂性，何况化石种的习性、生理和所要求的环境，亦不一定与现代形态相同的种完全一致。鉴于此，当依据孢粉组合推论环境时，持较慎重态度无疑是有益的。作者还对孢粉学的一些发展领域，如透射电镜和扫描电镜的作用给予了评价，对花粉的数值分析和人为直觉分析作了比较并提出见解。

作者认为，在发展的现阶段尽管存在各种问题，孢粉分析仍不失为一种在解释和恢复地质历史时期植被和环境，以及在解决植物分类学，形态学等方面问题时的一种行之有效的办法。它的科学性和实用价值在吸引着人们的兴趣。

由于本书具有系统和深入浅出的特点，它可以作为大专院校生物、地理、考古、地质及医学等有关专业的专门课程教材和参考书。对已从事孢粉专业方面的工作者，相信读了也会有益的。

徐 仁 李文漪  
1985年6月 北 京

## 序

本书分别对高等植物和隐花植物花粉和孢子的研究方法做了出色的介绍，适合于大学本科学学生和六年制学生阅读。本书文体简炼，思路极为清楚，尽量避免使用科学专业术语，这使本书特别清晰易读。作者竭力说明了花粉和孢子研究可以达到的成绩，同时也承认其局限性。第一章讨论了花粉分析在解释过去时期的自然现象时的相关运用方面，以及如何用这些资料来解释某个时期环境的演化。就现代环境而言，孢粉学对公共卫生研究具有重要价值，特别涉及到花粉和孢子的散布，就更显示了做进一步基本理论研究的必要性。第二章回顾了有关花粉粒保存环境方面的研究现状，可说明为了达到对已消失的和现存的自然现象的更深刻理解，不同学科分支之间观念的“杂交”上所面临的日益增长的挑战。样品的收集，花粉和孢子的形态结构和鉴定，理所当然为这类书的重要组成部分。因本书含有足够的术语汇编、检索表和大量的注释，使这些内容易于理解。在书本中清楚地展示说明的这些资料，是从实际工作和进行科学研究工作所必备的，本书还说明了通过花粉统计和建立花粉图式导出分析程序的方法，同时对这些数据的最重要特点也作了较详细讨论。基于立体扫描电子显微镜、数值分类学以及计算机技术的应用，本书对其解释现象是否正确的局限性亦予讨论，这对将来进一步研究更有益。花粉分析作为预测未来环境的工具，其潜力在本书中有明确的介绍，例如研究空气中的花粉以考虑过敏症。然而，作者也知道的很清楚，即使花粉能够鉴定到属或科以下的水平，在这个领域也还须做更多的研究工作。基于这种观点，本书的价值在于它的洞察力，可作为今后进一步更深入研究的基础。P.D.摩尔博士和 J.A.韦布小姐写了这本书是值得祝贺的，因其适合当前的迫切需要和发展的要求，并对大专院校都有很重要的价值。

D.R.阿瑟 (Don R. Arther)

## 前 言

这本书力求起到多方面的作用。希望它能作为一本实验手册，提供对不同类型近代沉积，如泥炭和湖泊中收集化石花粉粒的主要技术作简单的描述。在检索部分，为了鉴定大量的孢子花粉类型，根据在西北欧第四纪沉积中所见到的孢子花粉类型，给工作者提出鉴定的方法。在检索表中并加进一系列照片以助鉴定。本书研究了在孢粉学技术和数据中存在的误差，并对流行采用的减小误差的方法进行了评论。最后讨论应如何解释数据，和在进行工作时必须考虑的因素。

虽然第一章涉及孢粉学在广泛多种领域中的应用，但应强调的是，我们最关注的仍是近代（第四纪）地层中的花粉分析，及其周围植被和环境的解释。检索部分无疑将有助于在过敏症研究中的空气中花粉的研究，但这个领域方面尚不是我们主要考虑的。对于古生态学家感兴趣的第三纪和更早地层中的花粉，均未提供检索。

我们力求在概念和表达上简单化，避免不必要的专门术语和词汇。但象对孢粉形态学这样的对象，运用仔细定义的术语，将有助于使表达更为简明化而不是更为复杂。在使用检索表之前，对不熟悉的形态学名词（已提供图解和定义）花一些时间去熟悉它们是有用的。第四章的孢子和花粉形态学将在这方面有所帮助。

提取孢子花粉的技术本质上是简单的。同样，鉴定冰期后沉积中的大约90%的花粉困难不大。提取和鉴定所需要的仪器，即离心机和显微镜，也相当简单。所以，花粉分析这门技术适于学校和高等教育单位。用这门技术所能解决的问题是一个涉及植被历史以及当代环境演化的令人兴奋的问题。因此，这个主题吸引了不少这方面的爱好者是不足为奇的。在这个领域中，使六年制学生有机会真正从事启蒙的研究。希望这本书能促进学校中孢粉学的发展，特别是因为它能较好地适合教育工作现行的规划。

除了特殊技术或进行解释时必要的举例之外，没有计划对不列颠诸岛的孢粉学工作成果进行叙述。读者可以查阅彭宁顿(Winifred, Pennington)博士所著：“不列颠植被史”（1974）。其中有流畅易懂的说明。希望我们这本书能对彭宁顿博士的工作成果提供一个在实用方面的补充。

编写这本书还得到许多人在各方面的帮助，我们借此机会对他们表示感谢。巴特利(D. D. Bartley)博士、贝格斯(C. Beggs)先生、本奥特(P. M. Benoit)先生、卡彭特(J. Carpenter)先生、科林冯(P. A. Colinvaux)教授、法里尔(T. Farrell)先生、弗格森(K. Fergusen)博士、梅特凯费(G. Metcalfe)博士、莫里斯(C. Morris)先生、赖布瑟克(K. Rybnicek)先生、斯特雷特(D. T. Streeter)先生、赛芒兹(K. V. Symonds)博士、瓦尔(C. Wall)小姐和瓦尔(W. D. Wall)夫人提供了花粉资料和照片。艾德格(Harry Edge)先生、内瓦莱(Laura Neville)小姐和奥兹曼(Nicholas Ouzman)先生

协助提供照片。我们还必须特别感谢赛尔莱弗斯(Jennifer Shirriffs)夫人,她在多努(S. E. Durno)博士的指导下,提供了许多花粉粒和孢子的扫描电镜照片。感谢阿伯登麦考利(Aberdeen Macauley)土壤研究所允许我们使用他们的这些照片。还要向允许我们利用他们的图解和数据等的许多作者表示感谢。

有几个研究生和大学生在花粉和孢子演化的检索表中作了实验。特别说到有价值的是汉达(S. Handa)博士、赛迪斯(C. Sydes)先生和卡拉(R. Kalra)小姐,他们都提出了有益的评论和建议。

我们应当感谢比尔(E. A. Bell)教授在伦敦国王学院植物系为本工作提供了方便,以及李莱伯格(V. Lilleberg)夫人对原稿耐心准确的打字。还应对出版者仔细耐心地修改手稿予以特别感谢。

P. D. 摩尔

J. A. 韦布

# 目 录

中译本序

序

前言

第一章	花粉分析的潜力	1
第二章	含化石花粉的沉积物	9
第三章	样品的采集与处理	17
第四章	花粉粒和孢子	33
第五章	孢子花粉检索表及术语表	50
第六章	花粉统计和花粉图式的建立	97
第七章	花粉图式的解释	117
第八章	花粉分析的未来	139
参考文献		142
植物学名中名对照表		151
人名译名索引		162
译后记		
图版	(1—48)	

## 第一章

### 花粉分析的潜力

孢粉学所研究的是高等植物和隐花植物的花粉和孢子。花粉和孢子在功能上十分不同，花粉是被子植物和裸子植物雄性配子体世代的包裹体中的成员，孢子是隐花植物独立配子体世代的静止和分散状态。两者均需在空中分散，但花粉仅在能达到同种植物的柱头时，才能成功地履行其功能。隐花植物孢子仅需达到一个它们能够发芽、并且配子体植物能够定居和生存的地方，就可保存下来。

花粉和孢子有着共同的起源，它们都是由减数细胞分裂而产生的，它们的大小相似，这也是为分散所需要。所以，花粉和孢子二者的研究都包括在孢粉学内。

孢粉学既涉及到花粉和孢子的构造和形成，也涉及到它们的散布和在一定环境条件下的保存。孢粉学的一个方面是研究古代和现代的化石和亚化石的花粉和孢子。本书将更多地涉及到孢粉学的这个方面。

化石花粉粒，最初是在19世纪中期被发现的，到19世纪末期，花粉被发现在晚冰期以来形成的泥炭沉积中。斯勘的纳维亚是早期这方面的研究中心，象沃伯 (C. A. Weber) 等人，他们开始在对泥炭中植物遗体的工作中，超出了肉眼或大尺度的研究，扩展到小尺度的显微化石。不久，就能对 20—40 $\mu\text{m}$  级的微化石进行高精度的鉴定。这种情况和在泥炭沉积中含有极为丰富的花粉和孢子结合在一起，导致对孢粉作为再造过去时期植被的潜力的最早认识。

但是，当初确定花粉分析潜力这种洞察力的，还只限于少数几位斯勘的纳维亚的植物学家。在本世纪初，他们之中的一些人开始对泥炭中不同深度不同花粉类型进行了定量计算，并且用百分数来表示这些数据。瑞典植物学家波斯特 (Lennart von Post) 引导人们进入定量实验的领域，所以，应该称他为花粉分析的创始人。他的方法，1920年以后已为一般人所了解，并得到采用，在20年代末开始更广泛地推广到欧洲。

目前，这种技术已被应用到世界各地的可适用的沉积物，它使孢粉学家开始能够进行再造全球规模植被演化的工作。

#### 微化石的价值

微化石，特别是花粉和孢子，作为过去时期环境条件的指示者，有很大的价值。对此，有几点理由：第一是孢子和花粉比植物的许多其他部分更容易保存，这是由于它们



的化学结构所决定的。花粉的构造和形态将在第四章中详细讨论，这里我们只需提一下孢子和花粉的壁，它是由一种叫作孢粉质（Sporopollenin）的复杂物质所构成的。这种物质是类胡萝卜素和类胡萝卜素酯的一种聚合物（Brooks and Shaw, 1968），并且在低等微生物作用的条件下，特别是在水浸的酸性状态，分解非常缓慢。所以，花粉和孢子在泥炭和湖相等沉积物中，保存相当丰富。

这些显微化石所具有的第二个重要特点是：它们的个体小，所以它们往往是悬浮在扰动的气流中，而被从它的发源地携带到一定的距离。在某些方面，这是有价值的，在另一方面则带来问题。搬运的特性说明了，降落在适于它们保存地点的花粉，并不是全部来源于直接邻近的地方。在沉积物中的那些肉眼可见的化石，如果实、种子、球果、枝丫等，由于个体大，散布困难，主要来自本地的植物区系。这就造成大化石植物区系中湿地种的超代表性。而花粉则能代表其周围陆地较宽广范围的植物区系。

伴随这种宽广散布性质的不利情况是，在空气中最易飘浮的花粉类型，可以被携带到很远距离，并会引起一种误解，即可以在超过该种植物分布限度几百公里以外的花粉组合中发现这种类型的花粉。因此，分异和长距离搬运，就成为在解释一个沉积物的花粉组合时，所必须要考虑的因素。

花粉和孢子第三个有价值的优点：是它们的构造和纹饰可作为高精度分辨的目标。这意味着，鉴定时常可达到种的水平，虽然有时只能鉴定到属或科。在这方面，有些大化石（如种子和果实），可以被更高精度地鉴定，因此更有价值。

花粉和孢子第四个有用的特点：是它们在许多沉积物中含量丰富。这种丰富程度允许做各种不同型的定量记录，尽管在处理这些数据和最终解释时，存在一定的统计困难。这些问题将在第七章进行概述。

由于以上特点，花粉和孢子对生态学家、古生态学家，医学科学家、犯罪学家和农业学家极为有用。需知许多问题是与花粉粒的制备、鉴定和解释相关的，现在我们就来研究一下花粉分析的各种用途。

## 花粉分析的应用

花粉分析的应用包括以下几方面：

1. 探索植物群和种的历史。
2. 探索植物群落及生境的历史。
3. 确定沉积物的年代。
4. 研究气候历史。
5. 追索人类影响环境的过程。
6. 研究大气中的花粉及其对人类健康的影响。
7. 蜂蜜中的花粉（蜂蜜花粉学）。
8. 犯罪学。

所有这些领域的研究，都曾应用过孢粉学。

### 探索植物种的历史

为了解任何一种植物在空间的分布，必须要研究它在时间上的分布。这是因为分布是经常改变的，有时它随气候而改变，有时随其他生态因素（包括人类活动）而改变。一个种的历史将提供给我们，它是增加了还是减少了，它的范围是扩大了还是缩小了的信息。这些信息常能引导我们了解，什么是构成这些种的范围限度的临界因素。

许多显示明显异常的分布模式，能通过它们的历史来了解。这样的例子之一是所谓的“间断分布”的种（Pigott and Walters, 1954）。有很多种，目前在英国很少，它们在不稳定的生境如沼泽、山麓岩堆、砂丘、悬崖等处，呈孤立的群体出现。在这些生境地人们常常发现一些密集的罕见植物。如果对这些种的历史进行研究，会发现它们一度曾较广泛地存在，并曾因环境改变而受到限制。经常这些残遗种，由于要求有开放的、无遮盖的生境，并且因之只在一些因素，如不稳定的土壤保护之下，树木才能健壮生长。

当最后一次冰期结束时，英国森林植被在英国尚未确立，很多冰期时期的残遗种群还很丰盛。其中有些种由于被更有活力的种所竞争，被排挤到海岸生境，如海沙棘（*Hippophae rhamnoides*）和海车前（*Plantago maritima*）。另一些种，由于森林侵入，它们的分布型式变得更加支离破碎，如 *Scleranthus perennis*\* 在东英吉利的布里克兰德（Breck Land）和威尔士的波怀斯（Powys）的两个地点呈孤立群体生长。他们的花粉曾发现在谢郡（Cheshire）的谢尔福德（Chelford）的一个最末一次冰期的间冰段沉积物中（Simpson and west, 1958），并在波怀斯和迪菲德（Dyfed）晚冰期的湖相沉积物中发现（Moore, 1970），这说明 *Scleranthus perennis* 也是德汶斯期（Devensian）间冰段和晚冰期植物区系的一个组成成分。由于森林的扩展，在分布上被限制了（Godwin 1960）。

晚冰期植物区系的其他成员，如阔叶车前草（*Plantago major*）和艾蒿（*Artemisia vulgaris*）由于充分适应了环境，并结合利用人类近5000年所创造的开放生境，作为一种杂草，重新获得它们以前的优势。只有根据历史研究，我们才能了解这些杂草种的地位，才能区分天然种和引入种。

这些例子说明了花粉分析研究在认识现代生态学和植物区系中的重要性。可惜的是在地球上只有鉴定到种的水平的花粉，才能够提供更多这方面的信息。由于许多花粉粒只能归到属甚至科，因而它们的价值受到限制。花粉的污染和长距离搬运的问题也需要考虑，特别是在用单个花粉粒的记录进行解释时，更是必要。

\* 为石竹科的一种，译者注。

## 探索植物群落的历史

当考虑一沉积物样品的全部花粉组合，而不单是它所含的个别花粉类型，就能再造过去的植物群落。事实上，在实践中存在许多困难（见第七章），尤其是在企图详细再造群落时。但是，主要生境的一般勾划，如落叶阔叶林，稀疏灌丛，草地，可由花粉组合很容易地获得。但是，现代花粉雨的研究证明，人们可能搞错，甚至在做上述那些一般性结论的时候，特别是对开阔生境（如苔原），其中总花粉雨中的高比例，可能是来自远距离。

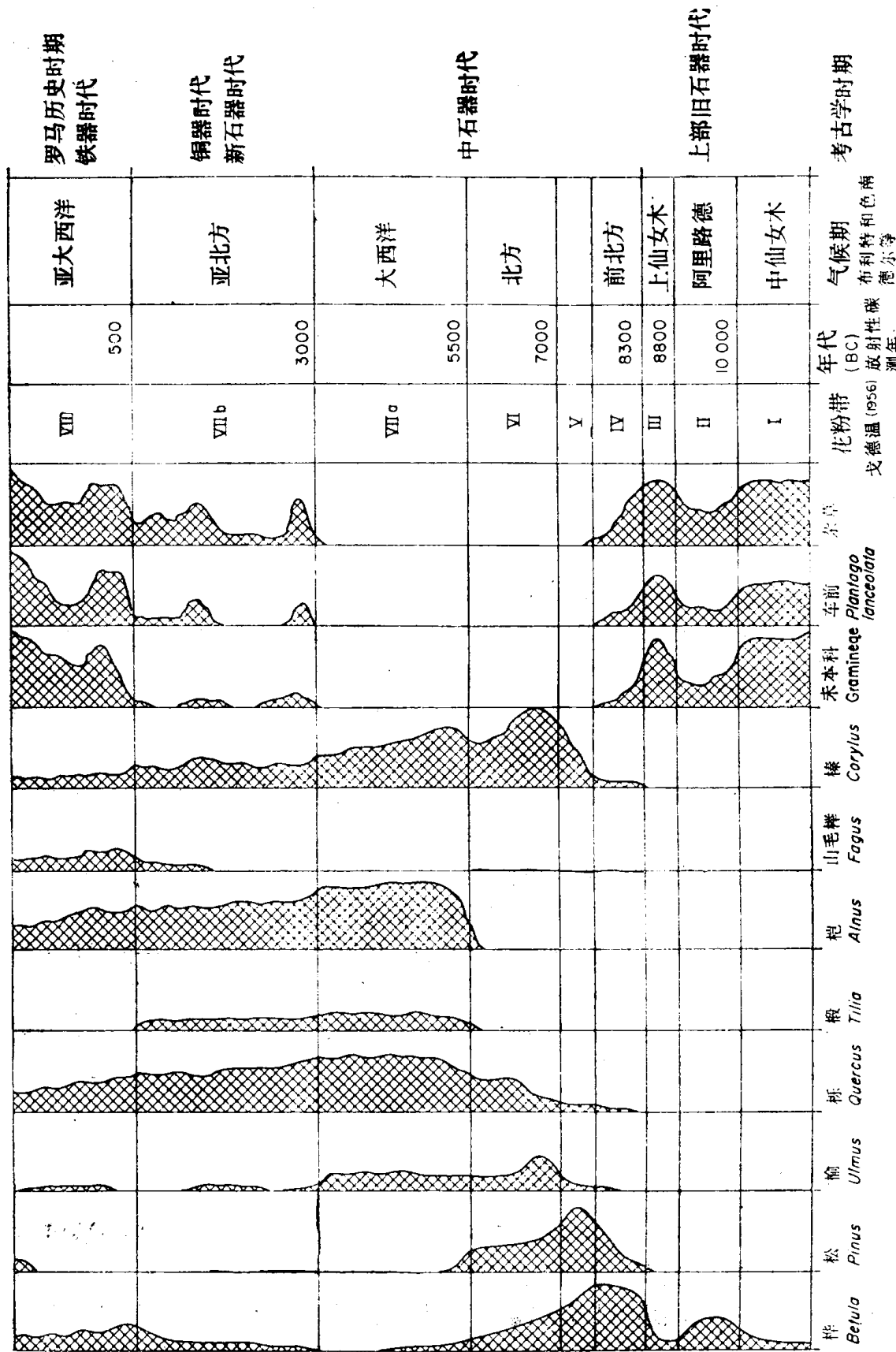
早期花粉分析研究揭示出继末次冰期结束之后的花粉组合系列，并且据此绘出一幅英国植被演化图（见 Godwin, 1975 and Pennington, 1969）。由这些花粉组合所表示的生境变化，解释为相应的气候变化，并且假定这样的气候变化是在广泛地理范围发生的，并在广阔区域是同时的。用如此表明的生境变化来确定“花粉带”（Godwin, 1940）。见图1.1。自那时起，这些假定中的一些曾引起过怀疑。但是，由花粉分析所导出的生境变化的概略图，仍然被广泛接受着。

试图利用标准种（Key species）作为植物社会单元的指示物，更详细地再造植物群落也已开始（如 Birks, 1973a, Moore, 1970），但是在进行中还存在许多困难。

## 鉴定年代

如果用来定义花粉带的主要花粉变化在广阔区域内确实是同时的，那么，这些花粉带能用时间的一些标志，如 $C^{14}$ 的衰变来测定年代，随之，能够用一沉积物所含花粉来估计它在一定限度范围内的年龄。冰期后（兰弗德里）花粉带的年代，最早曾为戈德温（Godwin）沃克尔（Walker）和威里斯（Willis 1957）在坎伯兰（Cumberland）的卡里斯莱（Carlisle）附近的斯开里比（Scaleby）的苔藓中所测定的。这些年代数据亦示于图1.1。较新的年代数据是为希伯特（Hibbert）斯威策（Switsur）和韦斯特（West）（1971）在兰开郡（Lancashire）的红藓（Red moss）中所测定的，这些数据与斯开里比苔藓（Scaleby Moss）的数据十分一致。对整个西北欧进行对比时，能够查明反映各种树木和灌木属穿过大陆的迁移路线和速度的地理趋向。史密斯（Smith）和派尔彻（Pilcher）（1973）详细对比了不列颠岛的放射性碳的年代数据，这些数据表现出一般缺乏同时性。某些地点的地方条件可以影响不同植物种的到来，特别是纬度、高度和光照等因素（见 Moore, 1972）。

同样方法应用到晚冰期（晚德汶斯期）花粉带的测年。戈德温和威里斯（1959）第一次系统详细地对比了英国不同地点的年代数据，表现出相当的一致。确定晚德汶斯期开始的年代是困难的，但这主要是规定它的开端的问题（见 Pennington）（1957）。戈德温和威里斯的年代列于图1.1。



1.1图 英格兰晚德文斯和弗兰德里时期花粉概要图式，由一些木本植物花粉的百分比曲线表示。图中花粉带采用通用的分带（Godwin, 1975）并与放射性碳测年数据及气候期（Blytt-Sernander）及考古文化对比。

近来，有一个假定，即对测定沉积物年龄的放射性碳的方法的真实性引起怀疑。休斯（Suess）的文章（1970）提出：用放射性碳计算年代，如果研究材料大于2000年，则与实际年代有偏差，而且年龄愈大偏差愈大。但这并不是一个很严重的问题，因为休斯所制定的放射性碳的“校正曲线”允许放射性年龄转换到真实年龄。事实上，多数研究工作者仍愿意用未校正的“放射性碳年”表示年龄。他们完全明白这并不严格与真实时标相当。

所以，尽管存在这些问题，考古学家仍将花粉数据作为有用的工具来粗略地确定沉积物的年代。其作用的主要限制，在于花粉带占据着相当宽的时间间隔，因而所测定的年代必定是粗略的。

### 再造气候历史

用花粉分析再造植物区系的历史，至少是部分的历史，是可能的。而这些信息，又有放射性碳测年所提供的格架。第四纪时期，由于产生花粉的植物与气候变化系列相适应，因而植被历史给再造气候历史提供了可能。

在斯勘的纳维亚，孢粉学技术的先驱者布利特（Blytt）和色南德尔（Sernander）建立了弗兰德里时期气候变化的一些概念（见 Godwin, 1975）。他们的工作和结论主要是以泥炭地层学研究为基础。他们相当重视这些特征，如为布利特和色南德尔发现的淤泥剖面中的树干，用花粉研究引出的结论，与有关的气候概括对比得十分完好，除非偶尔在某时期，在地理尺度上所证实的精确气候，比他们预测的有较大的不同。他们的气候期插在图1.1中。在丹麦进一步的工作将欧洲晚德汶斯期划分为一系列寒冷和温暖期。

有时从孢粉资料能获得对过去气候的明确知识。例如：现在在斯勘的纳维亚出现的景天（*Secum rosea*）是与年平均最高夏季温度25℃相对应（Dahl, 1970）。八瓣仙女木（*Dryas octopetala*）显然能经受住稍高的夏季温度，它的分布限度与27℃夏季等温线吻合。这些认识能够应用于过去这些种有关分布，因而能够推断出任何一定时期气候条件的图景（Conolly, 1961, Conolly and Dahl, 1970）可惜的是，大量颇饶科学趣味的植物，其花粉不能鉴定到种的水平（如各种柳），对此，分析肉眼可见的资料常常更有价值（Dickson, 1970）。

### 探索人类对环境的作用

如果考虑到人类作为环境的一种潜在影响，那么在近代冰期后（戈德温的Ⅵ和Ⅶ花粉带）花粉组合中多数主要变化能够很容易地解释。到1941年艾弗森（Iversen）的文章发表以前，一直设想在花粉比例上所观察到的变化，实际上用为花粉分带的基础，是为气候的变化所决定的。艾弗森提出：某些变化是与人类有关，如非乔木花粉与乔木花粉的比率的周期性增长。后来被用于规定分带界限的某些主要花粉的变化，认为是人类活动所

引起的，如Ⅵa/Ⅵb带榆树下降（Troels-smith, 1954）和Ⅵb/Ⅶ带椴树下降（Turner 1962）。

在某些区域大量的孢粉学工作中，有时得出这样的结果，即森林逐渐被破坏和该区内农业发展的详细资料常常能与历史的资料十分吻合，如在中威尔士（Turner, 1964a, Moore and Chater, 1969a）和北德比郡（Derbyshire）（Hicks, 1971）。

特纳（Turner）（1970）和斯密斯（1970）曾对关于过去人类影响植被资料的解释的许多概况作过评论。花粉分析在这个领域中，恐怕最大的用处是对史前尚未积累过资料的时期，它能提供环境方面的信息。

### 空气孢粉学

空气孢粉学是研究大气中花粉和孢子所使用的名称。在这个学科进行过大量的研究。最近海德（Hyde, 1969）对此作了透澈的评论。根据海德，第一位观察大气中花粉粒的是1873年曼彻斯特的布莱克雷（Charles Blackley）。从那以来，有许多科学家涉及这一工作，但最出色的是微生物学家，农业学家，过敏症研究者，最近，还有古生态学家。

人类和人类驯养动物以及植物的疾病，特别是真菌疾病的传播，通过孢子分散在大气中提供大量的诱因，农业学家和微生物学家希望记录和研究空气中的孢子。还有，由于许多花粉粒是枯草热的诱因，为加强空气中花粉和孢子的监测，而导致研究这些小粒子气体悬浮行为的学科的发展（见 Gregory, 1961）。

在古孢粉学的早期就已经很清楚，空气中花粉的调查，对化石资料的解释有着巨大的关系。赫斯特（J. M. Hirst）及其同事在罗塞姆斯蒂（Rothamsted）最近测量了欧洲大陆上高空层孢子云的构造和运动（Hirst et al, 1967a; 1967b），为使化石记录的解释更正确就更迫切需要对不同气象条件下，不同花粉类型的行为进行细致的工作。

依此目的特别进行的花粉雨的研究问题，将在第七章讨论。

### 蜂蜜孢粉学

分析蜂蜜中的花粉粒，可提供蜜蜂采取植物区系源地的信息。这种信息在评定蜂蜜质量时常常是重要的（如 Lieux, 1972）。用对比花粉所代表的植物种的开花期，还可以确定蜂蜜生产的季节。

### 犯罪学

花粉粒可识别和有助于再造植被的事实，引导它们用于法庭辩论科学。土壤和泥土样品的分析有时对鉴定它们的来源提供充分信息。

额尔特曼 ( Erdtman, 1969 ) 描述了一奥地利案件史, 其中一谋杀案最后依靠孢粉学技术得到解决。有一个人被逮捕并被控告在靠近维也纳沿着达努比 ( Danube ) 旅行时谋杀了另一个人; 但被害者的尸体找不到。从被逮捕人鞋上的土壤样的花粉分析表明: 有大量松和桤花粉同第三纪来源的一些花粉在一起。幸好沿达努比只有一个地区有松和桤一起生长在第三纪地层中, 嫌疑犯面对着这样的事实, 在推论前惊慌了, 它承认了罪行和隐藏躯体的确切地点。

从上述可以看出, 花粉分析作为一种工具研究各种不同的问题具有相当大的潜力。它的可能性, 由于花粉粒在各种沉积物类型中能够保存十分完好的事实而得到增强, 这将在下一章中叙述。由沉积物中提取花粉, 为显微镜下鉴定准备样品, 并不困难和复杂, 很少需要价格昂贵的仪器就能办到 ( 见第三章 )。

一旦样品备好, 借助适当优质的显微镜, 和包括至少重要花粉和孢子的一套典型标本, 就能完成花粉鉴定。花粉分类基本原理和鉴定类型的检索, 在第四章和第五章中叙述。

## 第二章

### 含化石花粉的沉积物

第一章简要地阐述了花粉分析在若干方面的应用。本章将讨论与花粉粒保存和分离提取有关的各类沉积物。

许多种沉积物含有花粉，在分析与解释它们所包含的花粉组合时，必须记住这些沉积物本身存在的一些相关问题。这一章将讨论这些问题。因为，倘若的确有几种沉积物供选择，那么，在确定哪些沉积物类型可用于古生态学研究时，这样的讨论就富有意义。

在讨论之前，有必要先了解花粉粒和孢子的保存条件。

虽然花粉粒和孢子的外壁不易分解，但绝不是说它们具“生物不能降解性”。一些小型无脊椎动物，如跃尾虫(Collembola)似乎能消化花粉粒(Scott and Stojanovich, 1963)，花粉粒通过这些分解者的肠道就会被破碎。微生物在中性PH、有氧的环境中也能降解花粉粒。因此，落在中性或碱性土壤上的花粉迅速地分解。而且，即使在缺氧、渍水的环境中，如果环境的pH值高，则花粉粒有时也被分解。

当花粉粒受到一定程度破坏时，这种破坏作用可能有选择性，换句话说，即一些花粉类型可能较其它花粉类型更快地被分解。哈汶加(Havinga, 1964)研究了这一问题，并得出下列结论：在氧化性环境中，桦木属花粉的分解速度大于栎属花粉，后者又较槲木属、榛属和椴树属花粉更易于被破坏。在分析有氧沉积物(如土壤)时，花粉类型之间的差异分解性具有特殊的意义。

在泥炭、湖泊沉积、酸性土壤和灰壤剖面上部堆积的酸性腐殖质中，都有可能发现处于适合鉴定与分析状态的花粉粒。从这些基质中分离提取微化石，并加以解释的工作还存在若干问题有待解决。第三章讨论花粉分离提取的问题。

#### 泥炭

泥炭沉积是有机质碎屑(通常大多数碎屑是来源于植物)的堆积物。某些地段上，植物群落的有机物生产速率大于植物体本身的呼吸消耗速率、食草动物的消费率和微生物分解速率三者的总和，因而有泥炭发育。也有一些地段上则由于渍水，致使有机物分解速率降低，所以有泥炭发育。决定泥炭累积和泥炭沉积特性的实际环境变化很大(Moore and Bellamy, 1974)。表2.1概括地描述了主要的泥炭类型，其分类依据是泥炭发育时的营养状况。



表2.1 基于起源条件的泥炭类型分类

泥炭类型	起 源	营养状况	实 例
河流营养型 (矿质营养型)	泥沼植被; 水分来自陆地水系和降水	养分丰富	沼泽、潮湿地、沼地、甸状沼、春季泥沼地
中等营养型	居间的地段, 地下水对整个营养库贡献不大	一般情况下营养贫乏	不良沼泽, 处于过渡态的泥沼
雨水营养型	泥沼植被, 它完全依赖雨水提供养分输入	营养贫乏	圆丘状泥沼、毡状泥沼

从孢粉学角度来看, 泥炭沉积最重要的特征是层状顺序发育。花粉落在地面植被和枯枝落叶层上, 其中一部分花粉被好氧微生物分解掉(见图2.1)。随着植被继续生长, 这一枯枝落叶层和花粉又被新的枯枝落叶沉积所覆盖, 因此, 它们在发育的泥炭剖面中呈水平带状成层分布。

泥炭表层(泥炭藓泥炭的表层经常厚达20cm)随直接有效水量的变化而周期性处于通气和渍水状态。在通气期间, 由于分解者的活性增高, 使得表层的植物残体分解。可溶性物质和易被降解的物质首先被去除, 并被分解者(主要是真菌和细菌)当作能量来源加以利用。在此阶段, 花粉粒的原生质内含物和内壁很快被分解掉, 仅留下不易分解的外壁。如果通气状态继续保持下去, 则花粉外壁也会被破坏。但在酸性环境中, 花粉外壁倒是泥炭的构成分中最后一个被分解的。当植被继续生长, 枯枝落叶层不断堆积, 毛细管力促使地下水位逐渐上升。这样, 枯枝落叶层积累越多, 而干燥的反复使泥炭剖面的任何一点上通气的次数和时间逐渐减少。因此, 分解速率随着深度而渐渐变

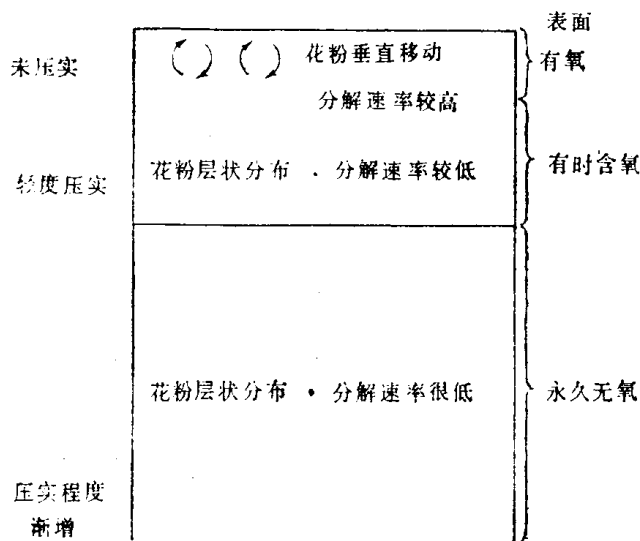


图2.1 花粉在泥炭剖面中的行为

小, 在永久无氧带, 它达到最小值(Clymo, 1965)。即使在完全没有空气的状况下, 仍有一些分解者表现出活动性, 例如, 脱硫弧菌用 $-SO_4^-$ 为电子受体氧化底物,  $-SO_4^-$ 被还原为硫化物。这些生物与自然还原过程共同作用, 使得潮湿、缺氧的沉积物中形成硫化氢和硫化亚铁。因此, 在泥炭的深层仍有分解作用, 只是其速率较表层小得多。不过, 这一无氧分解过程似乎对花粉外壁没有显著的作用。

所以, 在泥炭沉积中, 埋入部分降解的植物残体基质内的微化石呈层状堆积。泥炭不断地加厚, 使得下层的泥炭被压实, 有时候还发生一定程度的形变。泥炭的