

古孢粉学研究与应用

Paleopalynological Research and Application

周山富 等著
Zhou Shanfu et al.

浙江大学出版社

序

《古孢粉学研究和应用》是周山富等同志自 20 世纪 80 年代以来,在生产实践中不断积累大量第一手资料的基础上,经详细深入地进行综合研究的成果。现推荐给有关的地质、古生物、孢粉研究工作者和教育工作者。该著作不仅有一定的理论价值,更有较强的实用价值。读者可从作者们在这一领域的多年实践、研究的积累中获益,减少不必要的重复工作。对于有关的研究和孢粉鉴定工作者,本书也有较好的参考和指导作用。

周山富以他自己从事多年的石油地质研究为基础,在生产实践中边工作、边学习、边研究,在孢粉学与地质学的结合、应用中,探索了一些模式,为孢粉地质学作了一些奠基工作。他将微观的孢粉化石及其组合等,与宏观的地质构造、地壳运动以因果关系紧密地结合起来;将孢粉鉴定与观察孢粉结构功能、研究孢粉植物生态、孢粉植物群演变等结合起来。从而使孢粉学在古生物学和地质学中更具生命力。本书共有 11 篇论文,内容丰富,可以概括为“多、新、广”三个字。

一是“多”,第一手资料多。分析鉴定的样品不仅采自灰—灰黑色和暗棕色泥质岩,而且还采自砾岩中的砾石、断层角砾岩以及盐岩中的泥质沉积物和包裹的泥质团块等;不仅有孢粉、组合的资料,还有孢粉颜色指数、有机质类型和再沉积孢粉的资料。书中附有插图 49 帧、17 张表和 6 幅图版。有了大量的、较系统的和不同类型的第一手资料,使论文中的观点、论证有较严实的资料基础。

二是“新”,题材和思路新颖。作者应用孢粉学去研究地壳运动的全过程,去研究地质构造和湖盆的演变等,并将孢粉植物群的演变与造山运动、全球性海平面变化等结合起来;还从孢粉植物适应环境的观点,研究孢粉的结构功能和演化。书中提出了一些新概念、新观点和新方法、还有一条可能是新定律。建立了地壳运动在“连续沉积剖面”中的双气囊花粉变化模式;在一定条件下正常孢粉颜色指数与埋深的直线关系模式;在湖盆演化过程中不同水深区沼、水生植物和藻类分带演替的模式。这些领域的新颖研究,虽然是初步的试探性的,但已显示出孢粉地质学有广阔的发展前景和孢粉学将更广泛地应用于新的领域。

三是“广”,书中研究的内容十分广泛。有常规的生物地层学,探讨地层时代的归属和对群、组、段划分的意见;也有与地质事件相结合的孢粉学,研究不整合面、断层及其缺失地层的视厚度,研究古潜山、断层和岩浆体对孢粉的影响等。同时,作者还对孢粉鉴定方法和透视叠加原理的应用作了总结和提高。

当然,作者周山富二十多年的实践和研究,主要在江苏地区,在陆相中、生代的中小盆地,因而有些方面可能有一定的局限性。希望广大地质、孢粉工作者多提出宝贵意见,以推动古孢粉学研究和应用工作在不同地区得到进一步开展。

华东石油局前任局长 钟特强
教授级高级工程师

1999 年 6 月

前 言

孢粉学(Palynology)就其研究对象和范围而言,大致分为新孢粉学(Neopalynology)和古孢粉学(Paleopalynology)。前者与现代的植物及其孢粉关系密切,如孢粉形态学、植物分类学、蜜粉学、医用孢粉学和大气孢粉学等。后者与古植物学及孢粉化石关系密切,如生物地层学和古孢粉植物区系、古气候研究等。古孢粉学广泛地应用于煤炭、石油等地质找矿事业中。

苏北盆地是苏北-南黄海盆地的陆上部分。笔者自1969年以来,一直在苏北盆地的石油地质事业中,从事孢粉学方面的生产监测和研究工作。在大量的生产监测中,对较多的钻井剖面作了系统的采样处理和监测研究工作。积累了丰富的感性认识和第一手资料。自1978年以来,在对苏北盆地的一些地质反馈中,发现孢粉学与地壳运动等地质现象有一定的因果关系。此后,在生产实践和研究中,将孢粉学的研究与本地区的地壳运动、地质构造和水盆演变等紧密结合起来并建立了一些模式。在孢粉地质学这一边际科学中,作了一些奠基工作。

笔者在逐年发表了一些论文后,为迎接第十届国际孢粉会议于2000年在我国南京召开,喜庆这一孢粉界的跨世纪“奥林匹克”会,重新整理、修改、补充以往未曾发表的文稿,在华东石油局的大力支持下,出版了这本《古孢粉学研究和应用》专著。

《古孢粉学研究和应用》共有论文11篇,除了收集笔者已公开发表的2篇代表作和曾发表于第七届国际孢粉会议论文摘要集中的1篇外文摘要外,其余均为80年代以来逐年撰写的未曾公开发表的论文。有6篇为应用孢粉学研究苏北盆地的晚白垩世—第三纪的地壳运动,地质构造中不整合面、断层及其缺失的地层视厚度,水盆中不同水深的沼、水生和藻类植物带的演替及环境因素,以及油、气源岩的烃源条件、沉积环境和创建新组等研究。其余有对生物地层学、古生态、孢粉结构功能演化及孢粉植物体等研究。考虑至目前未见关于在透射显微镜下对化石孢粉萌发器和结构、构成等鉴定方法方面的报道,为了便于教育、培训和提高青年孢粉工作者的监测水平,特写了一篇鉴定方法的总结。

众所周知,不同的含油气盆地,它们既有共性又有特殊性。作者实践和研究的地区主要集中于苏北盆地、这一陆相中、新生代中小盆地,所以对若干新领域的研究是初步的、探索性

的。可能有一些规律和结论带有局限性或应附有条件,这些还有待于其它含油气盆地中的实践和研究来证实或修正提高。

本著作是许多同志共同劳动的结晶。华东石油局的地质、孢粉工作者和工人们,均为本著作的发表作过一些基础性工作和贡献。徐淑娟、杨学英、曹莉萍和王连元等同志,在孢粉分析处理和鉴别工作中,曾作过有关的工作。本文稿经中国地质大学矿产系古生物教研室徐钰林教授和博士生导师茅绍智教授审阅,并提出了宝贵意见和提供了资料。华东石油局给予出版经费资助;特别是华东石油局杨方之局长、张宁处长和局规划设计院颜书东院长等有关领导,在本书的编写和出版过程中给予大力支持;前任局长、教授级高级工程师钟特强同志特为本著作写序。对于单位、单位领导和上述同志的支持和辛勤劳动,在著作出版之际,深表谢忱。

在研究和编写论文过程中,有的论文公开发表了,有的论文初稿一直保留至今,其间单位名称几经变动,为了尊视这一历史现实和避免误解,故作者的单位名称保留了完成初稿时的单位名称。为了便于与国外同事交流,每篇论文均有英文摘要、新属种均有中、英文描述。

预祝 2000 年第十届国际孢粉会议在我国南京胜利召开和圆满闭幕!愿国内外同事友谊长青,孢粉事业更上一层楼!

周山富

1999 年 6 月

目 录

孢粉学与地壳运动及实例分析.....	周山富(1)
双气囊花粉与三垛运动.....	周山富(23)
正常孢粉颜色指数与埋深的关系及其在地质构造中的应用.....	周山富(32)
江苏石炭—二叠系热变指数及有机质类型与烃源条件.....	吴国璋 周山富 王开发(52)
泰州组沼、水生植物孢粉及水盆演变	周山富(62)
创立“淮安组”的建议.....	周山富(69)
鹰粉类和沃氏粉植物及其生存环境.....	周山富(79)
内管藻新属和泰州组下段的时代.....	周山富(93)
风媒向虫媒演化的刺参粉.....	周山富(107)
长形具肋条的孢粉属的结构功能和地层意义.....	周山富 杨学英(120)
透射显微镜鉴定孢粉化石的透视叠加原理.....	周山富(153)

Content

Foreword	
Palynology and Crust Movement as well as the Analysis of Examples	
.....	Zhou Shanfu(1)
Disaccate Pollen and the Sanduo Movement	 Zhou Shanfu(23)
Relationship between Normal Sporo-Pollen Color Index and Burial Depth	
and Its Application in Structural Geology	 Zhou Shanfu(32)
Thermal Alteration Index,Organic Matter Type and Hydrocarbon Source	
Conditions of the Permian—Carboniferous in Jiangsu,China	
.....	Wu Guoxuan Zhou Shanfu Wang Kaifa(52)
Sporo-Pollen of Hydrophyte and Helophyte and Basin Evolution of	
Taizhou Formation	 Zhou Shanfu(62)
The Suggestion of Creating “Huai’an Formation”	 Zhou Shanfu(69)
Aquilapolles and <i>Wodehouseia</i> Parents and Its Growth Environments	
.....	Zhou Shanfu(79)
New Genus <i>Intubidinium</i> and Geologic Age of the Lower Member of	
Taizhou Formation	 Zhou Shanfu(93)
Evolution from Anemophilous to Entomophilous <i>Morinoipollenites</i>	... Zhou Shanfu(107)
Structural Function of Lolongate Costate Sporo-Pollen Genera and	
Stratigraphic Significance	 Zhou Shanfu Yang Xueying(120)
Perspective Superimposition Method and Its Application in Identifying	
Fossil Spores and Pollen under Transmission Microscope	 Zhou Shanfu(153)

孢粉学与地壳运动及实例分析

周山富

(华东石油局规划设计院)

地壳运动,尤其是造山运动,使该区的地势环境变化或地层遭剥蚀,导致孢粉植物群及其中的双气囊花粉植物明显变化、再沉积孢粉增多、再沉积孢粉于同成孢粉中的混杂孢粉组合的孢粉颜色指数明显增高。依据这些因果关系,通过实例分析,应用孢粉学探讨了地壳运动的发生、发展到衰退、终止的全过程。笔者还依据混杂孢粉组合中的新、老属种的明显不同、孢粉颜色指数差异和归源等方法,来判别同成、晚成和再沉积孢粉,从而使孢粉学以更广的范围来探讨地壳运动和提高了孢粉学应用的有效性。应用孢粉学或钻井地质来研究地壳运动和不整合面,各有所长。两者相结合进行研究,才能更全面、更正确地了解地壳运动的全过程。

关键词 孢粉学 地壳运动 实例 新概念和新方法

我国的孢粉学研究,主要开展于解放后,起步较晚。但我国的陆相地层广泛发育,尤其是众多的大小不同的中、新生代陆相含油气盆地,遍布于全国各地。这对于国外以海相为主的含油气盆地而言,中国的孢粉学者,具有得天独厚的生产实践和研究条件。

当前,在我国的地质找矿中,尤其是在油气和煤田勘查中、第四纪地质和古环境研究等领域,已较广泛地开展了孢粉学工作。但常限于地层划分对比、时代探讨和三古研究等。70年代末至80年代初,从国外引进了孢粉颜色指数(又称热变指数)和有机质类型的鉴别、研究。将孢粉学的应用扩大到探讨生油气母岩的生油气性能和有机质成熟度门限等方面。孢粉学与地质构造、构造事件联系起来,在更广泛的地质领域,更深入地解决地质问题等方面,几乎未见报道。笔者经过20多年的生产实践和潜心研究,现抛砖引玉地提出一些看法和实例分析,与孢粉、地质学者们共同探索,使孢粉地质学的研究,更上一层楼。

1 孢粉学与地壳运动

地质界中较频繁和影响较广的地内地质事件——地壳运动,因其规模的大小和延续时间长短的不同,对有机界和无机界的影响范围和深度也不相同。地史时期的地壳运动,或广或窄、或强或弱地改变了那时那些地区的有机界和无机界。这些已经流逝和经过破坏改造的因果关系,我们只能从其遗留的残迹中和事物发展的规律性去证实。

与生命有关的有机界在反映地壳运动所引起的地形、土壤、大气的湿度和温度方面的变化等,较无机界更灵敏,以更短的时间、更明显的现象显示出来。对地史时期与生物有关的古生物化石的研究,在许多方面能更有效地了解地壳运动。

孢子和花粉是植物的繁殖器官。植物所产出的孢粉数量多得惊人。开花季节,就有“花

粉雨”之称。香蒲的一朵花能产 174,000,000 粒花粉；产出较少的山毛榉和栎，也能产十几万至几十万粒花粉^[1]。孢粉粒个体微小，直径一般在 15~200 μm 。组成孢粉外壁的孢粉素，质较稳定，能耐高温高压、耐酸碱性也较强。在自然界中，孢粉的量多、粒小和质较稳定，使孢粉的散布和保存范围较广。在陆相和滨海相的沉积物中，能较好地保存下来。孢粉化石在地层中的纵、横向变化，反映了孢粉植物群赖以生存的环境的变化，也是地理环境在不同地史时期内的变化。这些常常是地壳运动，尤为造山运动影响的结果。

2 地壳运动与双气囊花粉

2.1 双气囊花粉的散布和沉积

山地针叶树花粉，因其母体植物基本上生长于丘陵、低一亚高山的山地环境而得名。它们包括松科(Pinaceae)各属：冷杉(*Abies*)、云杉(*Picea*)、雪松(*Cedrus*)、松(*Pinus*)、落叶松(*Larix*)、铁杉(*Tsuga*)等和罗汉松科(Podocarpaceae)的罗汉松(*Podocarpus*)、泪杉(*Dacrydium*)等。从它们的形状看，绝大部分为在母体两侧，偏远极有两个气囊，故又称“双气囊花粉”。

有人指出某些松花粉可被风搬运远达 1700~1775km。但尽管其易被风搬运，可是甚至离松林界限不远(600~1000m)的广阔无林带地区，出现了乔木树种花粉的百分含量的突然降低，若发现松粉的高出现率(80%~90%)和高浓度时，可以认为样品采自林区^[1]。

李文漪^[2]总结了冷杉、云杉和松花粉的散布共性，是：(1)均为“狭峰式”分布曲线表明，其花粉均主要降落在母体植物周围；(2)含量大，纯林中其花粉含量都在 50% 以上，个别花粉能飘散到一定距离之外(图 1)。

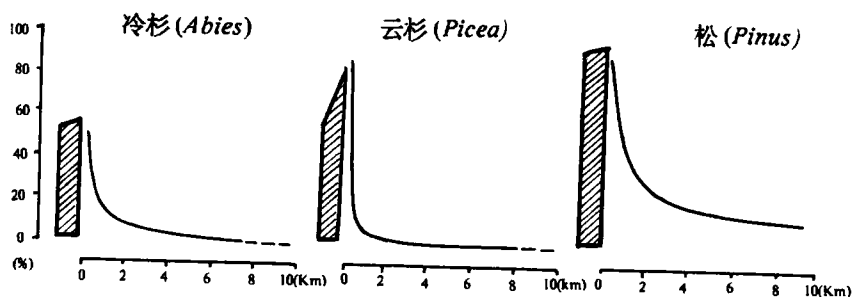


图 1 冷杉、云杉和松花粉在纯林中含量变率及其林外 10km 距离散布的曲线模式(据李文漪, 1991^[2])

刘廷栋^[3]对四川渡口、西昌和金沙江河谷的表土研究表明，冷杉、云杉、松花粉的散布状况与上述情况类似。

大部分的孢粉学者认为，虽然松粉可以传播很远，但除非大气极为扰动，否则大部分花粉或任何其他(乔木)花粉，多降落在离树源几公里之内^[4]。

花粉一旦传递到水里，它就和其他颗粒一样，以颗粒的不同大小和比重排列沉积。在一个沼泽里，花粉的沉积大量地或完全地是以一种“花粉雨”(空气传播)的形式。在池沼和深湖里，花粉的沉积是由花粉落下而产生的，还由河流和洪水带进了附加的增量^[4]。

格里丘克(1959)分析了沿鄂毕河,叶尼塞河的通过冻原、森林冻原、泰加森林、小叶林、森林草原、草原等各种植被型的河漫滩的表土后,认为流水搬运孢粉的作用很小,并得出结论:所确定的每一个孢粉谱与当地的植被类型相符合^[1]。

上述一系列研究表明,地史时期,同一地区的无冰期的内陆沉积的孢粉中,松科花粉含量的增高并且有一定数量,反映了该地或附近曾有山地,其上生长了山地针叶树。双气囊花粉的含量的多少和成分的不同,反映了离山地的远近、山地面积的大小和山地海拔的差异。

2.2 地壳运动在“连续沉积剖面”中的双气囊花粉变化模式

地质界中较频繁且影响较广的地壳运动,尤为造山运动,在其发生、发展到衰退、终止的过程中,不同程度地改变着当地的环境,尤其是地形、地势和海拔高度的变化,同时也影响着气温和湿度。

环境的变化,出现了适应不同环境的孢粉植物群。目前用光学生物显微镜,还难于区别一些近似的属种。不同属种的生态及其生存环境,有时相差较大。故采用较易识别的基本上生长于山地的针叶树花粉——松科和罗汉松科的双气囊花粉,来推测地形山势。目前就江苏地区的情况来看,具有较好的效果。

对陆相沉积盆地而言,冰川的出现和气候变冷也可以使当地的针叶树的双气囊花粉增多。因而在应用双气囊花粉推测山势时,首先要对孢粉组合所反映的孢粉植物群的生态进行分析。在排除极少数远距离飘来的花粉后,孢粉组合内既有喜热分子,又有喜寒分子,表明是植物垂直分带所致。同时,须在无冰期的地质时期内应用,否则要十分谨慎。

众所周知,目前所保存的地层、古生物等,仅是经历了地壳运动、导致未沉积或剥蚀后所残留的。正确地全面地认识当时的环境,仅从直观的残留物来观察是不够的。只有从残留的痕迹中,依据事物发展的规律性,设法恢复当时的全过程——理想的“连续沉积剖面”,才能正确全面地认识当时的古环境。

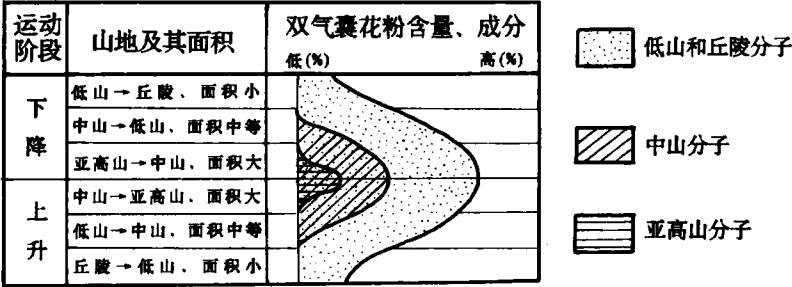


图2 地壳运动在“连续沉积剖面”中双气囊花粉变化模式(周山富,1994^[6])

从逻辑推理,随着地壳上升的同时,盆地附近的丘陵、山地的海拔在升高、山地面积在扩大,适宜于丘陵、山地环境的针叶树及其双气囊花粉,不仅数量随着增加,而且出现适宜于相应海拔生长的针叶树及其花粉。当地壳上升到最高阶段后,继而剥蚀夷平,转化为下降趋势,上升时形成的丘陵、山地的海拔高度开始降低,山地面积也随着缩小。生长于上述环境中的山地针叶树及其双气囊花粉,不仅数量随着地势下降而逐渐减少,且适宜于较高海拔的也逐渐消失,为适宜于较低海拔的所替代。这样,上升阶段末所具有的那类适宜于较高海拔的山

地针叶树及其双气囊花粉的成分和数量,在下降阶段的初期也应类似。当时的植物群落和相应的孢粉成分,除了少数分子可能处于演化阶段而突变外,绝大多数或全部成员应该是一个连续的逐渐变化的过程。这就是在理想的“连续沉积剖面”中双气囊花粉变化模式和其他孢粉变化的全过程(图 2)^[5]。

实际上,地壳运动是时起时伏、时强时弱地波动着进行的。地壳运动过程中,在连续沉积剖面中的实际的双气囊花粉曲线也是有一些起伏的,但总的趋势与上述模式一致(图 4,6)。

2.3 双气囊花粉曲线类型及其地质内涵

在漫长的地史时期内,地壳运动导致湖盆等沉积地出露水面而终止沉积或遭受剥蚀的同时,双气囊花粉和其他孢粉分子也无法连续沉积,全部缺失,或仅保留了上升或下降过程中的全部或一部分。通过与地壳运动在“连续沉积剖面”中的双气囊花粉变化模式(以下简称模式)对比,就可了解沉积终止或遭受剥蚀的部位。笔者^[5,6]通过双气囊花粉综合曲线和单井双气囊花粉曲线,较详细地研究了苏北盆地地壳运动与双气囊花粉、孢粉植物群的因果关系。

2.3.1 双气囊花粉综合曲线

在普遍了解本区各构造区的孢粉组合的基础上,在具有代表性的若干钻井剖面中,选保存最全的地层组段所产的孢粉组合,绘制其双气囊花粉、其他优势分子或重要分子、或能明显反映环境的分子的变化曲线,按地层顺序叠加成双气囊花粉综合曲线(图 3)。从图中我们可以看到自下而上的几个双气囊花粉高带:

(1)赤山组顶部是一个双气囊花粉的高带,以含一定量的可能与罗汉松科有关的皱体双囊粉(*Rugubivesiculites*)为特征。赤山组以希指蕨孢(*Schizaeoisporites*)或克拉梭粉(*Clas-sopollis*)为优势分子。我国绝大多数孢粉学者所命名的希指蕨孢,因几乎找不到单射线,国内,尤其是国外不少学者^[7]将类似的孢型定为麻黄粉。克拉梭粉和这类希指蕨孢的优势,反映了赤山组沉积时为干旱炎热的环境,盆边为较广阔平缓的地形。泰州组沉积时,已为榆科(*Ulmaceae*)花粉,尤为小榆粉(*Ulmipollenites minor*)占优势了,为半干旱偏湿气候下灰岩丘陵地较发育的环境。赤山组和泰州组间的气候和地理环境已发生了明显的变化,是赤山组沉积晚期的造山运动的结果。当时形成的山地生长了大量山地针叶树,并产出多达 73.3% 的双气囊花粉,至泰州组沉积初期,地势已明显夷平降低,双气囊花粉突然减少,其他孢粉优势分子也与赤山组的明显不同。致使赤山组和泰州组期间环境截然改变的造山运动,正是地质上公认的燕山晚期的仪征运动。使上、下地层间呈现了明显的角度不整合接触。仪征运动的结果,使晚白垩世较统一的苏北盆地被分割为一系列北东向箕状湖盆,苏北盆地从此揭开了以河、湖、三角洲为主的沉积序幕。

(2)泰州组上段为不明显的双气囊花粉高带,以双束松粉(*Pinuspollenites*)为主,罗汉松粉(*Podocarpidites*)的含量较多为特征。具有低山—丘陵地的暖性针叶林的性质。泰州组和阜宁群一段的优势分子皆为榆粉(*Ulmipollenites*),仅泰州组中的一些特殊花粉,如江汉粉(*Jianghanpollis*)、刺参粉(*Morinoipollenites*)、鹰粉(*Aquilapollenites*)和皱体双囊粉等,至阜宁群一段已基本不再见到。双气囊花粉含量自泰州组上段的 27.7%~29.6%减少至阜宁群一段的 14%或更少。这些表明当时地壳运动的存在,但不强烈。环境虽有改变,但不明显,致使上、下地层间呈假整合至整合接触。

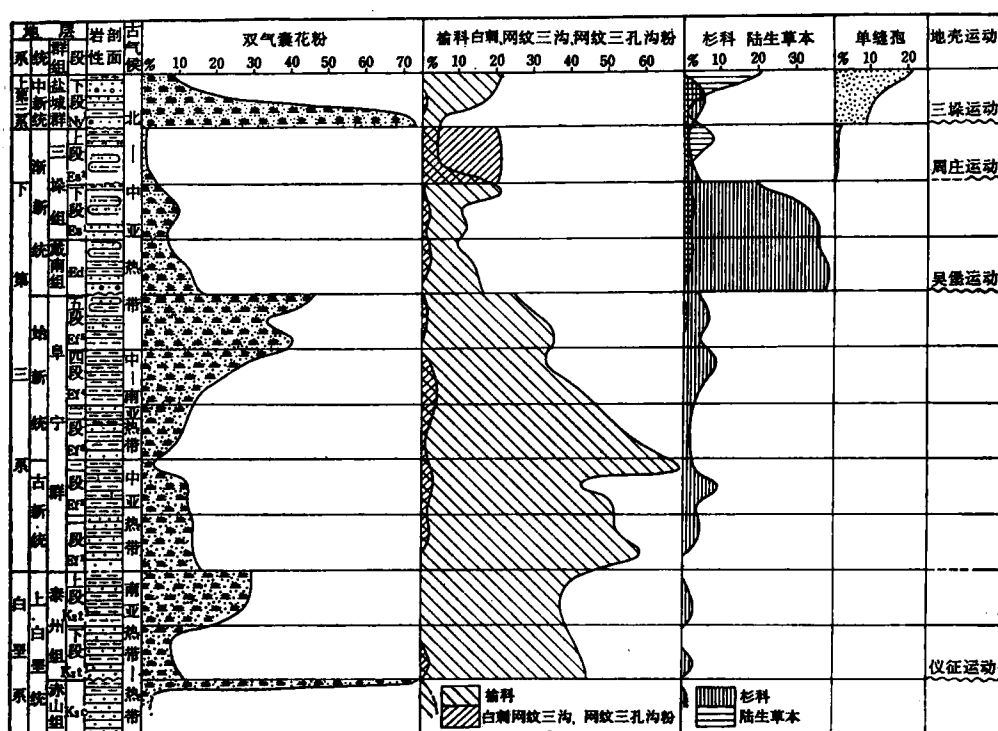


图 3 苏北地区双气囊花粉综合曲线(周山富,1982^[6])

注：以下的地层代号同本图（地层、段）

(3)阜宁群四段至五段(也称阜四顶或阜四退)为第三个双气囊花粉高带,以主要为适宜于低—中山地生长的山地针叶树所产的双束松粉和单束松粉(*Abietineae pollenites*)的含量较高为特征。阜宁群以榆粉为优势,至戴南组时已为适宜于沼泽地生长的乔木落羽杉(*Taxodium*)等所产的杉粉(*Taxodiaceae pollenites*)为优势所替代。双气囊花粉含量自阜宁群五段的43.9%降至戴南组的14.5%。这些反映了有较多的低、中山地和灰岩丘陵地较发育的阜宁群四、五段的古环境已被明显不同的湖、河泛滥沼泽地较发育的戴南组的古环境所替代。截然不同的古环境叠合在一起,是地壳运动的产物。地质上称该地壳运动为喜山期的吴堡运动。它使上、下地层间出现区域性角度不整合面。吴堡运动对新生代地层的控制、对盆地构造的演化、对油气生、移和聚、散的控制作用都是仪征运动所不可比的。它使盆地的箕状凹陷的发育达到全盛时期、使原有的阜宁群、泰州组的拗陷结构向断陷方向转化。

(4) 盐城群下段下部为第四个双气囊花粉高带, 特点是冷杉、云杉、铁杉等中、亚高山地的寒温性常绿针叶林的双气囊花粉出现。使本区双气囊花粉含量达到了最高峰。盐城群下段下伏的三垛组上段几乎未见双气囊花粉, 而喜干热气候的灌木植物花粉较发育, 如白刺粉 (*Nitrariadites*) 和麻黄粉 (*Ephedripites*) 等。此外, 喜干的陆生草本植物花粉不断出现。至盐城群下段下部, 双气囊花粉含量猛增为 71% 或更高。喜湿和水生草本植物孢粉开始出现和增多, 如蓼 (*Polygonum*)、菱 (*Trapa*)、眼子菜 (*Potamogeton*) 和水蕨 (*Ceratopteris*) 等的孢粉。三垛组上段时的干旱中亚热带气候下的低海拔丘陵和平原突变为盐城下段下部的中、亚高

山地较发育、在潮湿气候控制下河流下切、流水积聚而形成众多的山间河流和小湖泊的古环境^[5]。无造山运动的影响,古环境不可能如此突变。该运动就是喜山期的三垛运动,对本区和我国东部地区影响较大。使我国东部上、下第三系之间形成大区域的角度不整合面。该运动结束了本区早第三纪新生代盆地的断块性质的拗隆,转化为更广泛较统一的坳陷,盐城群下段等上第三系,在基本统一了的苏北-南黄海盆地内广泛地沉积。

(5)三垛组上、下段间及其附近,尚有一次周庄运动。该运动期未出现双气囊花粉的高带,但孢粉植物群和古环境已有明显变化。三垛组下段时,以与落羽杉有关的生长于沼泽环境的破隙杉粉(*Taxodiaceapollenites hiatus*)母体植物为优势。至三垛组上段时已是喜干热的麻黄粉和白刺粉的母体植物较发育了。未出现双气囊花粉高带表明,周庄运动在本区并未形成山地和导致三垛组上、下段的地势海拔的明显差异,而仅仅改变了非地势海拔因素的气候、土壤等。正如地质学家们依据三垛组下段的中、上部,有1~4层较大面积的玄武岩和在构造的斜坡及凸起部位的三垛组下段顶部,有一些地层遭受了剥蚀等指出,周庄运动主要表现为同生断层的活动并诱导出大规模的火山喷发。

双气囊花粉综合曲线,不仅可以了解地壳运动的情况,且由于地壳运动所致的地层间的不整合面上、下层构造的变迁、古环境和孢粉植物群的变化等,对划分地层的群、组、段等方面,具有指导意义。

本区的泰州组、阜宁群等,均限于上、下不同构造运动及其所致的双气囊花粉高带之间,均具有自身的不同于其他组段的古地理环境和孢粉植物群。唯戴南组、三垛组下、上段的划分较特殊。这是由于三垛组下段的命名所致。这三个组段间虽均未出现双气囊花粉高带,但从苏北地区双气囊花粉综合曲线(图3)中的白刺粉、网纹三孔沟粉(*Retitricolporites*)、网纹三沟粉(*Retitricolpites*)和杉科、陆生草本植物花粉看,显示了三垛组上、下段的孢粉植物群和古环境已有明显不同。三垛组下段的与戴南组的较接近,均以杉科花粉为优势。三垛组上段所产杉科花粉却很少。这是三垛组下段沉积的中、后期发生的周庄运动所致。岩石地层虽可以有穿时性,与生物地层不可能完全吻合。但从吴堡运动、周庄运动和三垛运动及古环境等考虑,三垛组下段划归戴南组或单独立组似乎更合理些。这也使人想起曾有人将三垛组下段单独命名为“周庄组”的缘由了。

2.3.2 单井双气囊花粉曲线

我们在同一钻井(或同一局部构造、或同一小范围内)的某些花粉的含量、成分变化带,或地层界线上、下,用双气囊花粉综合曲线的内容编绘成单井双气囊花粉曲线。它不像综合曲线那样反映全区地壳运动的总面貌,仅反映该小区域内地壳运动的影响程度。避免了地壳运动在不同构造区所导致的不同地势、地貌,及由此而形成的孢粉植物群的一些差异的影响。

我们将地层界线上下的孢粉优势分子、重要分子和明显反映环境的分子有强烈变化的,按双气囊花粉曲线的形状,命名为“p”,“b”,“g”和“l”型曲线;而优势分子等变化不大或未变化的,则加“o”(含意为零、无变化),并与双气囊花粉曲线型代号组合成“go”和“lo”型曲线(图4)。

(1)宝6井双气囊花粉曲线——“p”型曲线(图4,1)

特征:优势或重要分子的榆粉,在地层界线上下明显突变、双气囊花粉含量上部高,下部

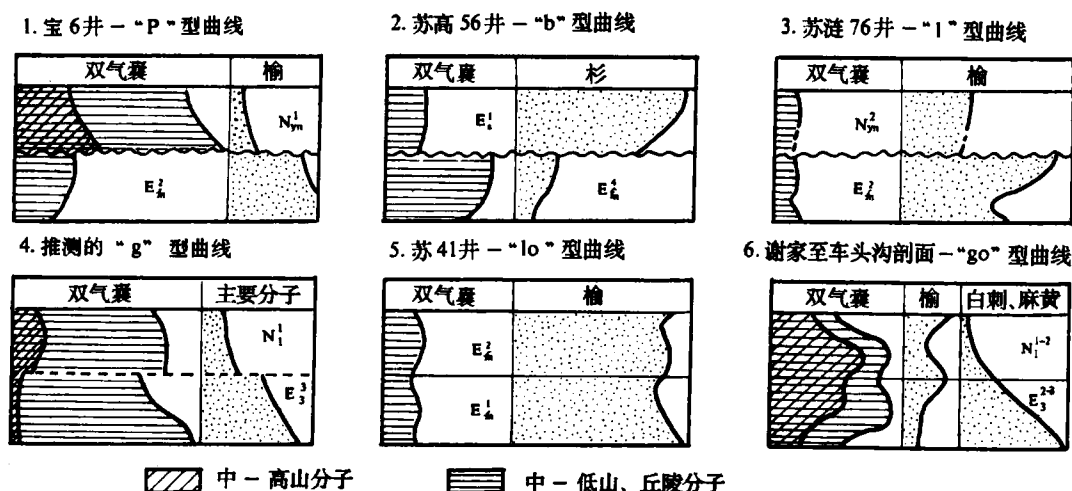


图 4 单井双气囊花粉曲线类型示意图(周山富,1982^[6],1994^[5])

低,相差较大。下部,阜宁群二段的榆粉含量为 51.4%~39.6%,至上部盐城群下段时突然减至 5.6%。双气囊花粉的含量由阜宁群二段的 5.6%~17.9%,至盐城群下段时猛增为 71%,其中开始出现了铁杉(6.5%)和云杉(15.5%)。双气囊花粉曲线形状为下低,上高,形如“p”。

下部的阜宁群二段为半干旱偏湿的中亚热带气候,地势较平缓,在湖滨平原的外围,灰岩的低山、丘陵地较发育^[8]。上部的盐城群下段的沉积早期,笔者^[5]根据云杉的生态习性等多方面推测,该区附近曾有海拔在 2370m~2500m 以上至 3000m~3600m 的亚高山。地形反映为地壳上升后,山地众多。孢粉植物为潮湿气候控制下的山地针叶林和河、小湖泊内及岸边水生、喜湿草本植物发育的植被面貌。

连续沉积应是无变化或渐变的过程,当前却是一种孢粉植物群和古环境被截然不同的另一种孢粉植物群和古环境所替代。这种突变只能用发生了较强烈的造山运动来解释。

将该“p”型曲线与地壳运动在“连续沉积剖面”中双气囊花粉变化模式(图 2)对比,缺失了“模式”的下部。结合地层序列,知道阜宁群二段以上至盐城群下段,缺失了阜宁群二段上部的一部分至四段、戴南组和三垛组。从双气囊花粉综合曲线可知,在这段时间,曾经历了吴堡、周庄和三垛运动。大套地层的缺失,是这三次运动综合改造的结果。表明该区是一个长期的隆起区,既遭受了强烈的剥蚀又长期未接受沉积,直至三垛运动后期,该区地势下降,沉积了盐城群下段。

该区大套地层缺失的原因,因经历了三次运动,缺失原因难于判断。从江苏地区的正常地层序列和双气囊花粉综合曲线看,三垛组的双气囊花粉很少,其上常覆有双气囊花粉高含量的盐城群下段。从这一现象考虑,三垛组上段顶部及其以上的一些地层主要为剥蚀缺失。若未沉积,应是地壳上升,沉积地出露水面后沉积终止,则在沉积地开始上升至出露水面前的升起过程中,来自附近山地的双气囊花粉高带应存在。

(2) 苏高 56 井双气囊花粉曲线——“b”型曲线(图 4,2)

特征:优势分子的榆科花粉和杉科花粉,在地层界线上下发生了明显变化、双气囊花粉

含量下部高,上部低,相差较大。下部的阜宁群四段的榆科花粉含量为 41%~32%,至上部的三垛组下段仅为 8%~16%。杉科花粉含量在下部的阜宁群四段为 5%~11%,至上部的三垛组下段迅速增至 49%~62%。双气囊花粉的含量,下部的高达 19%~31%,上部的低至 4%~11%,双气囊花粉曲线形如“b”。

孢粉组合等^[8]反映了阜宁群四段时为潮湿稍干的中—亚热带气候,湖区较大,湖滨平原宽阔,附近有较多的灰岩丘陵地,稍远区中—低山较发育。三垛组下段时为潮湿中亚热带气候,河流及其泛滥的沼泽地较发育,稍远处有较多的低山、丘陵地。两者的气候虽较接近,但地貌、地势已明显不同。这些均反映了强烈的造山运动的影响。

与“模式”对比,主要缺失了界线以上的部分。即缺失了地壳上升形成山地后,地势下降和剥蚀夷平前的双气囊花粉高含量的那段地层。它缺失于地壳上升、双气囊花粉高带之后,显然主要是未沉积所致。该井阜宁群四段顶部和戴南组的缺失,主要是吴堡运动使该地区上升,部分沉积区出露水面,致使该地层尚未沉积。

(3) 苏涟 78 井双气囊花粉曲线——“l”型曲线(图 4,3)

特征:优势分子和一些重要分子,在地层界线的上下已明显变化、双气囊花粉在上部和下部的含量均较低。榆科花粉在下部的阜宁群二段中含量为 49%~75%,至上部的盐城群上段减少至 30%左右;阜宁群二段中,未见山核桃粉(*Caryapollenites*),在盐城群上段中快速增至 16%。上、下层段中,双气囊花粉的含量均很少,除个别样品含量为 12%外,其他均在 6%左右,其曲线形状如“l”。

下部的阜宁群二段时的气候和古地理环境如前面所叙述的半干旱偏湿的中亚热带气候,地势较平缓灰岩丘陵地较发育。上部的盐城群上段沉积的早期的气候为北亚热带的中—北部气候,尚保留有一定的山地,广大地区的地势已进一步平坦化,河流分道更复杂,支流大量出现,河流纵横交叉,湖泊星罗棋布^[8]。上下地层中虽均未见到双气囊花粉的高带,但从孢粉植物群和古地理环境看,已发生了截然的变化。这是造山运动的杰作。

与“模式”对比,地层界线的上部和下部均至少缺失了双气囊花粉高含量的地层。从双气囊花粉综合曲线可知,两者间经历了吴堡、周庄和三垛运动。缺失了阜宁群二段上部的一部分至四段、戴南组、三垛组和盐城群下段。因经历了三次地壳运动,缺失的原因难于判断。就缺失的部分阜宁群而言,形成于吴堡运动剥蚀期之前,位于低含量的双气囊花粉之上,主要为剥蚀缺失。

(4) 推测的双气囊花粉曲线——“g”型曲线(图 4,4)

“g”型双气囊花粉曲线,直至目前的工作尚未找到。从推理,这类型曲线应该存在。

特征:孢粉植物群中的优势或部分重要分子的含量,在地层界线上下有变化,但不像“p”、“b”和“l”型曲线中的那样明显。其中有部分重要分子的含量在上下地层中为渐变。双气囊花粉在界线上下均为较高含量且成分也较相似,仅有较少的差异,曲线形如“g”。这类曲线反映了曾受地壳运动的影响、曾有山地的形成。但地层所遭受剥蚀的强度较弱、未沉积或剥蚀的时间较短。上下的孢粉植物群和古地理环境的差异较小。上下地层间的接触可能与假整合至整合接触有关。

(5) 苏 41 井双气囊花粉曲线——“lo”型曲线(图 4,5)

特征:孢粉植物群中的优势分子或重要分子等在地层界线上下几乎未变化或渐渐变化、

双气囊花粉含量在上下部均较少。下部的阜宁群一段榆科花粉含量为 48%~58.5%，至上部的阜宁群二段为 46.4%~50.9%，优势分子几无变化。其他的重要分子，如漆树粉 (*Rhoipites*)，在上下部分别为 6.5%~8.9%、6.3%~8.2%、栎粉 (*Quercoidites*) 分别为 8.9%~9.5%、7.2%~9.7%，也几无变化或渐变。阜宁群一段的双气囊花粉含量仅为 9.5%~10.5%，阜宁群二段的为 7.8%~8.7%，上下部的双气囊花粉含量均较少，其曲线形如“1”。

“lo”型曲线，反映了地层界线上下的地层沉积时，地质环境较稳定，未发生明显的地壳活动，孢粉植物群和古地理环境也未变化或渐变，上下地层间为整合接触。

(6) 谢家-车头沟地质剖面双气囊花粉曲线——“go”型曲线(图 4, 6)

该地质剖面位于青海西宁-民和盆地的谢家至车头沟一带，孙秀玉等(1984)^[9]对该剖面作了较详细的孢粉研究工作。

特征：孢粉植物群中的优势分子和重要分子，在上渐新统(谢家组下段)和下中新统(谢家组上段)的地层界线上下附近，几无变化或渐变，双气囊花粉的含量均较高。取孙秀玉等^[9]的《孢粉重要属种百分含量表》中的含量最低值和最高值的平均值，获如下数据(见参考文献 5)：榆粉含量在界线上附近分别为 23.2%、24.5%，栎粉分别为 8.5%、8%，麻黄粉分别为 3.7%、4.5%，楝粉 (*Meliaceoidites*) (包括白刺粉) 分别为 2.5%、7%，它们自下而上是一个未变或渐变的过程。双气囊花粉含量在马哈拉沟组下段(E_3^1)为 14%，在其中一段(E_3^2)为 36.7%，在谢家组下段(E_3^3)为 25.4%，在其上段(N_1^1)为 28%，在车头沟组(N_1^2)为 32.7%，至咸水河组降至 3.3%了。在渐新世至中新世，双气囊花粉含量虽有一定波动，但总的趋势是由低变高再降低的过程。在渐新统与中新统界线附近，双气囊花粉含量均较多，且成分也类似，曲线形状如“g”。

“go”型曲线反映了造山运动自发生、发展到衰退、终止的完整过程中，水盆连续下沉，将运动过程中所形成的不同环境、山地及生长于该环境中的植物孢粉，不间断地保存于水盆的连续沉积地层中。上述剖面中上渐新统谢家组下段和下中新统谢家组上段的连续沉积，已为孙秀玉等(1984)所论证。这类双气囊花粉曲线与“模式”对比，除了有一些波动外，总的趋势与“模式”一致。它是“模式”的实际情况。

在孙秀玉等的资料中，渐新世中、晚期至中新世早期，有少数草本植物花粉变化较快，如藜科 (*Chenopodiaceae*) 花粉由 38%降至 14%和中新世早期又出现了一些热带和亚热带分子。这是受整个北半球气候变化的控制，我国西北地区在渐新世中、晚期气候普遍较干、较凉，至中新世早期，气温略有回暖的结果^[9]。

双气囊花粉的含量和成分的明显变化和具有明显不同生态孢粉植物群的孢粉组合在地层界线上下相互紧挨，表明它们曾受到一次或多次地壳运动的影响，尤为造山运动的影响。地层主要缺失于双气囊花粉高带缺失的部位。

3 地壳运动与再沉积孢粉和晚成孢粉

3.1 建立几个新概念

在 20 多年的实践和地质反馈中，发现再沉积孢粉的影响，比原先认为的更为广泛。在靠

近沉积间断面的上下附近、古潜山附近、窄长的地堑断陷盆地中、断陷沉降区边缘更易见到它们。它们均与地壳运动和地层被剥蚀有关。在应用再沉积孢粉等来探讨地壳运动时,需建立一些如下的新概念。

(1)同成孢粉和同成孢粉组合:植物产生的孢粉,经营力搬运,沉积于与其同时形成的沉积物中。该类孢粉叫同成孢粉。这类地层中产出的孢粉组合,若全由同成孢粉组成,称为同成孢粉组合。因为这些孢粉或组合和地层是同时形成的。

(2)再沉积孢粉和再沉积孢粉组合:被剥蚀地层中的孢粉,包含于砾石中以群集方式或地层碎块经搬运、碰磨和溶蚀等使其中的孢粉以分散成个体方式再沉积于较其时代更晚的沉积物中。这类孢粉叫再沉积孢粉。全由再沉积孢粉构成的组合称为再沉积孢粉组合。砾石所产的孢粉组合必是再沉积孢粉组合。再沉积孢粉可来自同一被剥蚀的地层,也可来自不同的多时代的被剥蚀地层。

(3)晚成孢粉和晚成孢粉组合:风化壳是较早的地层暴露于地表并遭受剥蚀风化而成。在被剥蚀风化的同时,该区的植物孢粉,散落于地层的风化裂隙中或其风化物中,并保存了下来。这些散落的孢粉的形成时间较被剥蚀风化的地层的形成时代晚,故称晚成孢粉。全由晚成孢粉组成的组合,称晚成孢粉组合。

(4)混杂孢粉组合:在沉积地层和风化壳中,同一地层不仅产出同成孢粉,还产出再沉积孢粉或晚成孢粉。它们形成于不同时代。这类同一地层产出2期或更多期时代的孢粉所组成的孢粉组合称混杂孢粉组合。混杂孢粉组合不能用于探讨地层时代等,只有进行鉴别区分和校正后,才能应用。

(5)似同成、似再沉积、似晚成孢粉组合:根据混杂孢粉组合中时代分布不同的新老属种、不同的孢粉颜色指数和纹饰情况、立体感等,对混杂孢粉组合中的不同类别孢粉进行鉴别和区分。分别将同成孢粉、再沉积孢粉或晚成孢粉分类清理出来,组成它们各自的孢粉组合。由于多种原因,有时不可能将它们确切地彻底区分开,为了与确切可靠的原生的同成孢粉组合、再沉积孢粉组合和晚成孢粉组合区别,分别称它们为似同成孢粉组合、似再沉积孢粉组合和似晚成孢粉组合。

3.2 晚成孢粉和风化壳

风化壳中有时保存着早、晚不同时期的孢粉。这类混杂孢粉组合,严重影响了对地层时代归属的探讨,易造成时代归属的错觉。当正确地识别了这类混杂孢粉组合中的晚成和同成孢粉后,就增加了新的用途,弊就转化为利了。

叶启晓*(1988)在对哈尔滨地区的松嫩平原与滨东丘陵过渡带处的钻孔岩芯的研究中提到,在白垩系砂质泥岩的风化壳上,直接覆盖了第四系冰碛泥砾层。风化壳中的混杂孢粉组合,不仅有中生代湿热环境的典型属种,还有较典型的代表干凉环境的第四纪孢粉。中生代分子的孢粉,表面纹饰模糊、立体感差、色深;第四纪分子,纹饰清晰、立体感好、色浅。这里所提到的中生代分子就是同成孢粉,第四纪孢粉就是晚成孢粉。

仅从地质来判断该风化壳形成的时间,只能是白垩纪之后至第四纪之前。这样确定的风化期,时间跨度太长了。风化壳的混杂孢粉组合中的同成孢粉和晚成孢粉,显示了冰碛泥砾

* 叶启晓, 风化壳时代孢粉组合的地层意义,《孢粉学在国民经济建设中的应用学术交流会及第三届全国会员代表大会》论文摘要集,1988,83~84页

层形成前的第四纪的植物产出的孢粉,散落于白垩系砂质泥岩的风化裂隙和部分风化碎屑物中,随着冰碛泥砾层的沉积,保存于风化壳中。冰碛泥砾层形成前的第四纪地壳运动,使该地上升,白垩系砂质泥岩暴露以地表,遭受风化剥蚀,并同时接纳了该地的植物孢粉。

风化壳中的混杂孢粉组合,含有2期或更多期时代的孢粉时,地壳运动形成的风化剥蚀期应是晚成孢粉组合的时代。这样确定的时期,较仅根据地质确定的时期精确得多。

3.3 再沉积孢粉组合在地壳运动和剥蚀期中的应用

随着地壳运动的增强和地势地貌差异的增大,剥蚀夷平作用增强。被剥蚀的地层和包含于地层岩石中的古生物化石,有的驾于各种营力重新沉积到沉积地中。古生物化石在再沉积的过程中,绝大部分由于各种营力的作用和沉积物间的碰撞、磨擦及载体的溶蚀等而消失或破碎成面貌皆非。

孢粉化石因数量多、个体微小、孢粉外壁的质较稳定和不易矿化等,在搬运和再沉积过程中较其他化石更易保存下来。虽然在较远距离的搬运中,因在较大的区域分散沉积和远距离搬运较近距离搬运更易被破坏,而显得稀少。但在一般距离的搬运,尤为较近距离的搬运,常被完好地保存于较新的沉积物中。这样,我们有较多的机遇,可以用再沉积孢粉组合和似再沉积孢粉组合来探讨剥蚀作用产生的不整合面、了解地壳运动所致的由沉积区转变为剥蚀区的这一质变阶段的时期和位置,并可了解沉积的物源等。

砾岩是由砾石和胶结物构成。胶结物通常是与砾岩同时形成。砾石是地层遭剥蚀的产物。它既是被剥蚀的较老地层岩石的成分,又是较新地层的岩石成分。正确将砾石归源,既可了解剥蚀面位置,又可了解剥蚀区。当然,并非所有的砾石均产孢粉,从孢粉的沉积和保存条件看,应以在中性至还原环境中形成的陆相、滨海相的灰绿—灰黑色泥质岩为佳。这类岩性的砾石,因质较软、不耐磨,常是近距离被搬运物的代表。

江苏地区的吴堡运动,剥蚀阶段(沉积区转变为剥蚀区并遭剥蚀的阶段,以下类同)发生于阜宁群与戴南组之间还是戴南组一段与二段间?这是一个曾有争议的问题。当时,我们着眼于砾石,从砾石中获得了再沉积孢粉,得到了正确的答案。

江苏溱潼地区的草验3井,井深2270.30~2274.79m,有一层戴南组一段的灰色含砾砂岩、砂砾岩。砾岩的砾石成分为灰岩、石英、燧石、变质岩和灰色泥质岩等。泥质岩砾石的砾径大小为0.2~2.5cm,产出的再沉积孢粉组合如表1。

表1 草验3井砾石中的再沉积孢粉组合

孢 粉	含量%	孢 粉	含量%
<i>Ulmipollenites</i>	56.0	<i>Quercoidites</i>	1.3
<i>Ulmoideipites</i>	8.0	<i>Tricolpopollenites</i>	1.3
<i>Engelhardtoidites</i>	0.6	<i>Tricolporopollenites</i>	1.3
<i>Caryapollenites</i>	0.6	Pinaceae	12.7
Betulaceae	1.3	<i>Taxodiaceapollenites</i>	9.3
<i>Subtriporopollenites</i>	0.6	<i>Ephedripites</i>	0.6
<i>Sapindaceoidites</i>	0.6	<i>Inaperturopollenites</i>	1.3
<i>Rhoipites</i>	0.6	<i>Pterisisporites</i>	1.3
<i>Pentapollenites</i>	0.6	其他	2.0