



孢粉地质学

P A L Y N O G E O L O G Y

周山富 杨方之 著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

孢粉地质学

Palynogeology

周山富 杨方之 著

浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

抱粉地质学 / 周山富, 杨方之著. —杭州: 浙江大学出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-308-05543-7

I. 抱… II. ①周…②杨… III. 抱粉学: 地质学 IV. Q944. 571 P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 142136 号

抱粉地质学

周山富 杨方之 著

责任编辑 吴月珍 洪保平

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 浙江大学出版社电脑排版中心

印刷 富阳市育才印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 10

字数 256 千

版印次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-05543-7

定价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换



作者简介

周山富，男，中石化华东石油地质局规划设计研究院教授级高级工程师，1997年退休。1937年生于浙江桐乡市乌镇。1962年毕业于北京地质学院石油系，在地质矿产部第六普查勘探大队从事石油地质研究。1969年开始从事孢粉学研究。以第一作者发表论文集《古孢粉学研究与应用》、专著《拟千屈菜粉类（化石）及其演化》和论文11篇，其中多篇被俄罗斯莫斯科全俄科技情报研究所和美国杜尔萨大学等有关杂志转摘。

在孢粉地质学范畴内，为孢粉学运用于地质构造作了些奠基工作、研究了孢粉沉积相。在孢粉结构功能和演化方面的研究也有较高的造诣和独特的见解。

1979—2000年，被选为第一届至第五届中国孢粉学会理事。个人业绩被收录于英国剑桥国际传记中心的《知识界国际名人录》（1995—1996）和国内的《中华人物辞海·当代文化卷》（1，中）、《中国专家大辞典》（5）等10多种名人、专家集。

杨方之，男，1945年生，江苏无锡人，1969年毕业于北京地质学院，教授级高级工程师，国务院政府津贴享受者。现任中国石油化工集团公司科技咨询委专家，云南省石油学会理事长。历任地质矿产部华东石油地质局副局长、总工程师、局长，中国石油化工集团公司华东石油局、中国石油化工股份有限公司华东分公司局长、经理，中国石油化工股份有限公司南方勘探开发分公司经理等职。江苏省政协第八届委员会委员。江苏省地质学会副理事长，江苏省石油学会副理事长。

长期从事石油地质勘探研究，对海相中生界油气勘探、陆相复杂断块油气田勘探开发理论研究具有较深造诣。主持南方公司工作期间，发现了目前中国海相最大整装气田——普光气田，是国家科学进步一等奖主要获奖者之一。

前 言

在我国,北自东北三省,南至北部湾,西自西藏、新疆,东至东海大陆架,分布着 424 个大小不同的中、新生代陆相沉积盆地,其中面积大于 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的盆地有 79 个。它们分别分布于我国大陆地貌的三级阶梯地形中和海水面以下的第四级阶梯地形中。

第一阶梯地形以青藏高原为主体,其中有柴达木、羌塘等陆相含油气盆地;第二级阶梯地形中有准噶尔、塔里木、吐哈、鄂尔多斯、四川和海拉尔等陆相含油气盆地;第三级阶梯地形为我国东部沿海地区,其中有松辽、三江、渤海沿岸、苏北、三水等陆相含油气盆地;海面以下的第四级阶梯地形,从鸭绿江至广西北仑河口海岸线以东、以南的中国海区的陆棚区,内有渤海、黄海、东海和南中国海等众多的新生代含油气盆地。

孢粉化石主要产于陆相沉积盆地,由于孢粉本身的个微、量多和质稳的特点,使其在油气调查勘探中,尤其在石油地质钻探中,明显较其他古生物化石发挥了更大的作用。在我国的较大的含油气盆地中,如柴达木、准噶尔、塔里木、松辽、渤海沿岸、苏北等盆地及海区的渤海、黄海、东海和南海等大陆架含油气盆地,都早已开展了孢粉学工作,且已发挥了明显的效果。在水文地质、煤田地质等矿产地质中,也发挥了较大的作用。

随着消费水平的提高,石油消耗也在增加,就 20 世纪 80 年代而言,每年消费开采达 30 亿吨,地球上的可产储量,仅可使用数十年。对石油普查勘探来说,需开辟新区。在老油区,油区内的背斜构造油藏已不能满足需要,必须寻找新的领域——岩性地层油气藏,如岩性尖灭油藏、火成岩、古潜山等非背斜油气藏。另一方面必须寻找深处的油气藏,盆地深部往往有大的不整合面,甚至存在数个不整合面,从而不同地区,不同构造之间的地层、构造、有机质成熟史都有明显的差异。这类叠加盆地和非背斜类型的油气藏的调查勘探,其途径主要用地层及岩相古地理方法。要了解沉积条件的模式是按时代和大型岩性岩相带进行的,同时考虑控制油源岩的形成和圈闭类型的发展,并编制以地层和钻井资料为基础的细层岩性岩相图和古地理图,以便对油气聚集进行详细预测。这些方面,随着对孢粉地质学的更详细、更深入地研究,将发挥越来越重要的作用。

我国有众多的陆相含油气盆地和众多的不同沉积矿区,为我国的孢粉事业和广大孢粉工作者有了“天高任鸟飞,海阔凭鱼跃”的广阔的用武之地。我国的孢粉事业,虽然起步较晚,但在广大孢粉、地质工作者不断引进国外的新技术、新方法和新用途的同时,在生产实践中和开展实验室模拟试验、研究中,开拓性地、创造性地发展了孢粉学及其应用。尤其是运用于地质、石油地质方面的研究,越来越多、越来越广、越来越深入。

为迎接 2000 年第十届国际孢粉会议在中国南京召开,我国广大孢粉、地质学者,在大量的孢粉学工作中积累的丰富资料基础上,进行了大量的综合研究和总结工作。出版了较多的专著及大量论文,其中有不少属于孢粉地质学范畴。

笔者根据自己近 30 年在江苏地区对中、新生代孢粉学的生产实践、地质反馈和研究,在 2000 年为庆祝国际孢粉会议的召开,发表了《古孢粉学研究与应用》,其中有《孢粉学与地壳运

动及实例分析》和《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》等。运用孢粉学来探讨地壳运动、不整合面和断层等地质构造问题。该国际会议促进了我国的孢粉地质学的形成。结合以前国内外孢粉学者在地质学上的应用,已形成了孢粉地层学、孢粉生态地层学、孢粉学与层序地层学、孢粉生物沉积相、孢粉石油地质学、孢粉学与地质构造等。虽然有些研究尚处于初级阶段,但已初步形成了较完整的孢粉地质学。

孢粉地质学是以研究微观的孢粉等微古植物化石来探讨、研究宏观地质现象、地质作用和有关矿产等与地质学有关的内容的科学。它是一门古孢粉学与地质学间的边缘科学。对解决油气调查勘探、地质找矿中有关地质问题,具有重要的指导作用。笔者从运用原理着手,通过实例分析,逐章逐节地详细论述、评述了孢粉地质学。本书有概况和运用简史、孢粉地层学、孢粉生物沉积相和三古研究、孢粉石油地质学、孢粉学与地质构造,共5章28节,并附英文目录和英文概要。

本书仅是初步的、探讨性的。除参考有关文献外,其中有不少仅为笔者在苏北盆地中、新生代孢粉学的生产、研究和地质反馈中总结发现的,可能有其局限性。由于笔者的孢粉学生产、研究的地区局限性和水平有限,文中可能存在不少缺点和错误,现抛砖引玉,望孢粉、地质学者们,不断补充、发展和完善,使孢粉地质学,在国民经济发展中发挥更大的作用。

本书由周山富编写初稿,杨方之全面审核、修改和定稿;狄刚平对全书的插图进行了电脑清绘和修整,崔加怡为本书作了许多辅助性工作,金惠英审改了外文概要。尤为中石化华东石油地质局及其规划设计研究院、中石化南方勘探开发分公司,在本书的编写和出版过程中,给予大力支持和帮助。在此出版之际,向上述单位和个人,及其他曾支持过本书编写和出版的同志们,深表热忱的感谢!

目 录

第一章 概况和运用简史

第一节 孢粉地质学概况	1
第二节 研究和运用简史	1
第三节 孢粉的特点及其在运用中的利弊	3

第二章 孢粉地层学

第一节 孢粉(生物)地层学图式简介	5
第二节 孢粉(生物)地层学	9
第三节 孢粉生态地层学	11
第四节 孢粉与层序地层学	19

第三章 孢粉生物沉积相和三古研究

第一节 孢粉学研究沉积相的现状	25
第二节 孢粉生物沉积相带与岩相带的原理	25
第三节 沼、水生植物孢粉、藻类的生态和生态环境模式	26
第四节 孢粉植物沉积相及其演变因素	27
第五节 陆生植物孢粉化石与沉积相带	30
第六节 孢粉植被和古地理、古气候的再建	32
第七节 古环境控制沉积矿产、沉积相	52

第四章 孢粉石油地质学

第一节 孢粉等是良好的油源物质	56
第二节 有机质类型和颜色指数样品的分析处理及鉴别	60
第三节 沉积有机质类型和孢粉相	63
第四节 有机质成熟度	71
第五节 油气潜力评价	81
第六节 原油孢粉及其影响因素	87
第七节 原油孢粉示踪油源、油气运移和油藏类型	89

第五章 孢粉学与地质构造

第一节 双气囊花粉与地壳运动	100
第二节 双气囊花粉与地壳运动的实例分析	108
第三节 正常孢粉颜色指数与有序埋深的关系	113
第四节 再沉积孢粉的鉴别	123
第五节 孢粉学在地质构造等方面的应用	128
第六节 再沉积孢粉等的其他地质应用	139
第七节 花粉是一种找矿的标志	142

参考文献	144
------	-----

英文概要	149
------	-----

CONTENTS

Preface

Chapter 1 Survey and History of Palynological Study

Section 1	Palynological Survey	(1)
Section 2	History of Research and Application	(1)
Section 3	Sporopollen Characteristic and Its Advantage or Disadvantage in the Application	(3)

Chapter 2 Palynostratigraphy

Section 1	Pattern of Palynostratigraphic Figure	(5)
Section 2	Palynological Lifestratigraphy	(9)
Section 3	Palynological Ecostratigraphy	(11)
Section 4	Palynology and Sequence Stratigraphy	(19)

Chapter 3 Palynological Depositional Facies and Rebuild Palaeoenvironment

Section 1	Present of Resaerch of Depositional Facies by Palynology	(25)
Section 2	Principle of Palynofacies and Stratigraphic Facies	(25)
Section 3	Ecology of Hydrophyte, Helophyte and Algae, and Its Pattern of Ecologic Environment	(26)
Section 4	Depositional Facies of Sporopollen Plant and Its Evolutionary Factor	(27)
Section 5	Distribution of Continental Sporopollen in Different Depositional Facies	(30)
Section 6	Rebuild Palaeopalynoflora and Palaeoclimate, Palaeogeographic Landscape	(32)
Section 7	Palaeoenvironment Controls Depositional Minerals, Depositional Facies	(52)

Chapter 4 Palynological Petroleum Geology

Section 1	Sporopollen etc. are Good Hydrocarbon Source Matter	(56)
Section 2	Analysis, Handling and Monitoring of Types of Depositional Organic Matter and Sporopollen Coloration Index	(60)
Section 3	Type of Dositional Organic Matter and Palynofacies	(63)
Section 4	Organic Matter Maturity	(71)
Section 5	Evatution of Hydrocarbon Source Stratum and Area	(81)
Section 6	Crude Oil Sporopollen and Its Influential Factor	(87)
Section 7	Crude Oil Sporopollen Analysis Traces Oil-Gas Source Rock, Oil-Gas Movement and Oil-Gas Pool Type	(89)

Chapter 5 Palynology and Geologic Structure

Section 1	Disaccate Pollen and Crust Movement	(100)
Section 2	Analysis of Examples of Disaccate Pollen and Crust Movement	(108)
Section 3	Relation of Normal Sporopollen Coloration Index and Orderly Burial Depth	(113)
Section 4	Identify of Redeposited Sporopollen	(123)
Section 5	Application of Palynology in Geologic Structure	(128)
Section 6	Other Geologic Application of Redeposited Sporopollen	(139)
Section 7	Pollen—Mark of Some Minerals	(142)

Reference	(144)
-----------------	-------

Summary	(149)
---------------	-------

第一章 概况和运用简史

第一节 孢粉地质学概况

孢粉是孢子和花粉的简称,它们是植物的繁殖器官。苔藓植物和蕨类植物又称孢子植物。依据繁殖器官又可分为同孢植物和异孢植物。前者的孢子直径小于 $200\mu\text{m}$,为雄性繁殖器官;异孢植物产生大孢子和小孢子,小孢子直径多数为 $25\sim 100\mu\text{m}$,为雄性繁殖器官;大孢子个体直径大,一般大于 $200\mu\text{m}$,大者可达 $4000\mu\text{m}$,为雌性繁殖器官。裸子植物和被子植物以种子繁殖后代,又称种子植物。花粉是它们的雄性繁殖器官。

孢粉学是以植物的繁殖器官(或细胞)——孢粉为研究对象的一门科学。孢粉有现代孢粉和化石孢粉,以化石孢粉为研究对象的称古孢粉学。本文所涉及的为古孢粉学。由于孢粉粒个体微小,必须用显微镜来观察、识别和研究。

地质学是一门研究地球的科学。主要研究地壳的组成物质、各种地质作用,以及地球的形成和发展的历史,及其在国民经济中的应用等等。

孢粉地质学是以研究微观的孢粉等微古植物化石来探讨、研究宏观的地质现象、地质作用和有关矿产等与地质学有关的内容的科学。它是介于古孢粉学与地质学之间的学科,是一门古孢粉学与地质学间的边缘科学。从目前已报道的和笔者近 30 年的地质实践等情况看,孢粉地质学包括孢粉(生物)地层学、孢粉生态地层学、孢粉与层序地层学、孢粉生物沉积相、三古探讨、孢粉石油地质学和孢粉学与地质构造等。

第二节 研究和运用简史

1838 年爱伦堡(C. G. Ehrenberg)最早涉及孢粉化石。1885 年,瑞士地质学家弗吕(J. Friih)发表了第一篇孢粉分析方面的著作。在 1905 至 1909 年间,瑞典植物学家第一次统计了化石花粉种的百分关系。该时期,北欧学者波斯特(L. F. Post),计算了各种花粉的百分含量,创用了孢粉图表,并用图表来证明各个泥炭剖面对比的可能性。这样,古孢粉学开始运用于地质研究,开创了孢粉(生物)地层学。

在我国,解放前仅只个别别人附带地作了些零星分析。1931 年,谢家荣在“中国煤的植物组织与植物群及其地层意义”一文中,首先涉及孢粉化石。丁驪在《地质论评》(3 卷第 6 期)上简介了“花粉分析方法及其运用”,又在另一文中描述了常见植物的花粉形态。

解放前仅古植物学家徐仁研究过云南泥盆纪的孢粉,并对我国某些地区晚古生代和中生代孢粉组合作过若干研究。他在国外发表的几篇文章,曾涉及一些化石孢子。

解放后,在 1952 年,中国科学院古生物研究所(即现在的中国科学院南京地质古生物研究所)成立了我国第一个孢粉研究室。1953 年,原地质部地质研究所也建立了孢粉学实验室。建国初期,由于我国西部地区大规模调查勘探石油工作的需要,徐仁(1955 和 1956)发表了“植物碎片和孢子花粉的研究及其在地质学上的意义”和“吐鲁番、酒泉和柴达木盆地第三纪沉积中的孢粉组合和其地质时代”。古植物、孢粉学家徐仁是我国孢粉学的奠基人。20 世纪 50 年代末,我国油气勘探重点由西部地区向东部地区转移,松辽盆地大庆油田首先在生产单位建立了孢粉实验室,开展了孢粉学生产研究工作。石油、地质、煤炭系统等研究、生产单位相继成立了孢粉实验室,开展了孢粉化石的研究工作。1952 至 1975 年成为我国孢粉学及其在孢粉地质学上应用的开创时期。

大庆油田开发研究院(1976)率先出版了《松辽盆地晚白垩世孢粉组合》,这是一部晚白垩世孢粉地层方面较系统的专著。接着《渤海沿岸地区早第三纪沟鞭藻和疑源类》、《安徽白垩—第三纪孢粉组合》、《南海北部大陆架第三纪古生物图册》、《广东三水盆地白垩纪—早第三纪孢粉组合》、《江西白垩纪孢子花粉》、《新疆塔里木盆地西部晚白垩世至早第三纪孢粉》等一系列含油气盆地孢粉学专著出版。宋之琛等(1981)的《江苏地区白垩纪—第三纪孢粉组合》,是一部自早白垩世至新近纪较系统而全面的孢粉地层学专著。这些均表明中国的孢粉学的研究已进入一个新的阶段。

该阶段首推的重要论文是北京大学地质系古生物教研室、江苏省第六普查勘探大队实验室(编写人王宪曾、周山富、王连元)(1978)的《苏北地区早第三纪孢粉组合及其古地理古气候意义》。运用了不同生态的孢粉植物的百分含量变化曲线,探讨了苏北地区古近纪各时期的孢粉植物古生态和该地的古地理、古气候。周山富(1982、1994)的《应用孢粉资料探讨苏北白垩—第三纪地壳运动》、《双气囊花粉与三垛运动》等论文,是运用孢粉植物生态来探讨古地理、古气候和与地质构造关系密切的地壳运动。

赵传本(1976)的《大庆油田巴尔姆孢的发现及其意义》和周山富(1994)的《泰州组沼、水生植物孢粉及水盆演变》是开创和研究孢粉植物生物沉积相的论文。

赵传本(1976)的《大庆油田孢粉化石热变质作用探讨》,开创了我国孢粉石油地质学。赵传本(1981)的《松辽盆地白垩纪孢粉颜色指数与有机质成熟度》和王开发等(1986,1989)的专著《中国东部油田原油孢粉组合与油源研究》、《中国东部第三系含油盆地的孢粉相与孢粉颜色研究》,以及在 1986 年,中国孢粉学会等在大庆油田召开了“孢粉与油气生成学术讨论会”,标志着我国孢粉石油地质学已广泛开展和日趋成熟。一系列的孢粉地层学、孢粉生态地层学、孢粉生物沉积相和孢粉石油地质学专著和论文及 1979 年中国孢粉学会成立,并成为国际孢粉学会的成员,均表明中国孢粉学的研究在 1976 至 1998 年进入了发展和繁荣时期,孢粉地质学也在多方面开展了研究和应用。

1999 年以后,中国的孢粉学事业进入了成熟时期,其标志是宋之琛等(1999)《中国孢粉化石》和高瑞祺等(1999)《中国含油气盆地孢粉学》和《松辽盆地白垩纪石油地层孢粉学》等大型专著的出版,以及 2000 年第十届国际孢粉会议在中国南京召开。在该时期,周山富等(2000)在《古孢粉学研究及其应用》中,运用正常孢粉颜色指数与有序埋深的关系和再沉积孢粉等,研究了不整合面、断层等有关地质构造,拓宽了孢粉地质学的应用,开始了孢粉学用于地质构造的研究。这样,从最早的孢粉地层学和相继的孢粉生态地层学、孢粉生物沉积相、孢粉石油地

质学至孢粉学与地质构造等,涉及地质学的许多内容,使孢粉地质学已初步具备了一个较完整的体系。

第三节 孢粉的特点及其在运用中的利弊

孢粉学目前已广泛运用于地质、矿产和环境等事业中,运用中的利弊,决定于孢粉本身的特点。孢粉的特点,可概括为“个微、量多、质稳”六个字。

一、个微

孢粉的个体微小,大小在 $10\sim 200\mu\text{m}$,一般在 $20\sim 100\mu\text{m}$,大于 $200\mu\text{m}$ 的孢子为大孢子。鉴定孢粉时,首先要鉴别其形状、萌发器结构和外壁的纹饰等,其结构和纹饰则更为微细了。由于其微细,必须用显微镜观察,同时孢粉属种繁多、易褶皱形变,在光学透射镜下,因不同层次的透射叠加导致其结构构造的“异构同象”和“同构异象”,增加了鉴定的难度。从岩石中分析获取孢粉化石,分析流程时间长、过程较繁,增加了分析难度和费用。微细的孢粉易随风或其他营力,散播较远的距离,分布面积较大,有利于孢粉组合、地层的较远距离和较大面积的对比。

二、量多

植物要繁衍后代,就需有孢粉的高产量,有人统计单朵花和一棵树的花粉产量如下:

一朵花	
香蒲(<i>Typha</i>)	174,000,000 粒
榛(<i>Corylus avellana</i>)	2,550,000 粒
椴(<i>Tilia cordata</i>)	43,000 粒
一棵树	
松(<i>Pinus</i>)	3.5 亿粒
山毛榉(<i>Fagus</i>)	204.5 亿粒

贝塞尔斯对瑞典南部的一块云杉(*Picea*)林统计,每季每公顷产 7500 吨花粉。

植物在开花季节,花粉如下雨一般,故有人称“花粉雨”。地球表面保存了丰富的孢粉,甚至在没有植物的两极地区和高山顶上的冰雪区,也能或多或少地找到一些孢粉。量大,致使鉴定增加了工作量,不像某些古生物那样,以标准化石来鉴定地层时代和对比。因此,需要用一定的数量统计为基础,进行组合对比。目前国内的生产样品,一般一个样品统计 100 粒孢粉或更多些。研究样品,需统计 200 粒以上的孢粉粒。以上述孢粉粒为基础的孢粉组合,才可以进行孢粉组合对比。这在生物地层学中是较独特的。这就可以想象其工作量和难度了。产量多,在有利的沉积地区和有利的沉积地层中可保存丰富的孢粉,在现代湖泊的沉积物中,可多达 53000 多粒/克。在钻探中,在尤为昂贵的石油钻探中,不可能大量取芯,对孢粉而言,只要有少量的岩屑或岩芯,有时仅几克,就能获得较丰富的孢粉化石,这对大化石而言是无法想象的,这既节省钻探成本又有利于研究和地层对比。

三、质稳

地层中保存的孢粉化石,是孢粉的外壁。孢粉的外壁成分是由高分子碳水化合物的孢粉素($C_{96}H_{14}O_{24}$),以及近似角质和纤维素的浸胶物质组成。进一步分析,它是由胡萝卜素和类胡萝卜素酯的氧化共聚物组成。孢粉外壁的质十分稳定,能耐酸、碱,能耐高温、高压,不易矿化。较浓的盐酸也不能破损它,氢氟酸和浓碱对它才有一些影响。早寒武纪和前寒武纪(震旦纪)的地层,经受了长期的高温、高压,经受了强烈的变质作用,但其中的疑源类等微植物化石,仍保存着完好的结构构造。实验证明,孢粉在加热至 300°C 以上,才碳化为棕黑色至黑色。孢粉不像其他生物遗骸那样易矿化,它较难矿化。仅偶然可以见到孢粉被“石化”(?)成青灰色。笔者近 30 年工作也仅偶见在海底表面沉积物中一粒黄铁矿化的松粉和在江苏中、新生界中罕见的青灰色石化(?)孢粉。

孢粉外壁质的稳定性,在被剥蚀、再搬运、再沉积的过程中,易保存于较新的沉积物中。再沉积孢粉使较新沉积物中的孢粉组合面貌,受到干扰,甚至导致对地层判别的错误结论。再沉积孢粉使江苏地区某凹陷出现了“比阜宁群还阜宁群”的戴南组孢粉组合。

质的稳定性,使其在浅变质岩中、在较老、较深、较广泛的地层中,保持结构构造的完好。在中、新生界地层中,不少孢粉化石的结构构造可与现代孢粉对比,了解化石的亲缘关系,有利于地层时代的探讨和对比。又可“将今论古”地对其古生态和古地理、古气候等进行研究,使孢粉学的运用范畴,大大地拓宽。

第二章 孢粉地层学

孢粉地层学仅是地层学中生物地层学的一分支。它是将孢粉学运用于研究地层学范畴的问题,主要探讨地层的地质年代,地层的地质界线,地层对比和地质剖面的群、组、段的划分等。孢粉地层学又可细分为一般的孢粉地层学或孢粉(生物)地层学(即传统的孢粉地层学)和孢粉生态地层学、孢粉与层序地层学等。

第一节 孢粉(生物)地层学图式简介

运用孢粉学来研究地层问题时,不同于其他生物化石那样可用标准化石来确定地质问题。它必须用孢粉组合来探讨和研究各类地质、地层问题,故常用各种图式,可以更直观而简洁地显示孢粉组合的特征,进行地质时代的探讨和地层(矿层)的对比等研究。目前国内、外各类孢粉图式较多,我国孢粉学者常用的图式简介如下。

一、孢粉组合柱状图(孢粉百分比柱状图)

孢粉组合柱状图又可分垂直柱状图和水平柱状图。根据需要将纵坐标表示孢粉组合中孢粉属种的百分含量,横坐标代表孢粉的选型属种(图 2-1·A)。它以垂直柱为图式称其为垂直柱状图。也可以将纵坐标表示孢粉组合中的选型属种,横坐标表示孢粉属种的百分含量(图 2-1·B),它以水平柱为图式故称水平柱状图。柱状图孢粉属种的选型不宜多,一

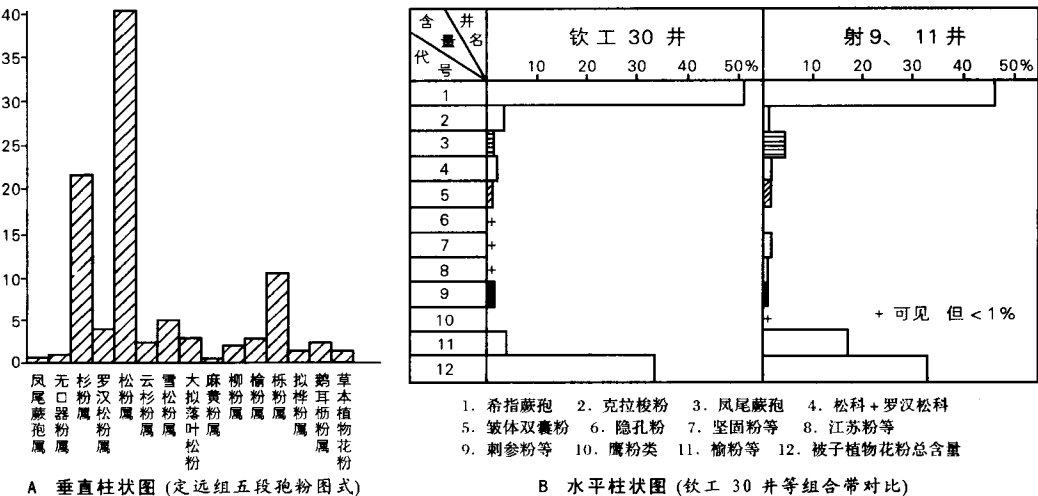


图 2-1 孢粉组合柱状图

般选用纵向或横向有代表性的 10 多属种。

柱状图式简单,组合特征显示简洁而明显,有利于不同孢粉组合特征的显示。但该类图式不能全面反映组合的特征及其上、下样品孢粉组合的连续变化,若选型不当,有可能扭曲孢粉组合特征的显示。它可以用单个样品的孢粉组合中选型来绘制,也可用多个样品的选型属种平均值来绘制。水平柱状图式,更利于横向不同孢粉组合间的对比。纵向对比时,用垂直柱状图为宜。选用何种柱状图,还取决于版面中的排列需要。

二、孢粉组合圆形图(孢粉百分比圆形图)

圆形孢粉图式以圆为百分之一百,以扇形分割区大小来表示孢粉组合中的选型的属、种、类的百分含量。在中心小圆中表明矿层或地层组段的代号(图 2-2·A)。这类图式常用于煤层和其他沉积矿层的对比。它与柱状图相似,孢粉组合特征显示简单而明显,便于对比,但缺乏孢粉组合变化的全貌感。这类图式虽也可用多个样品的选型平均值来绘制,但常常只用于代表一个样品的图式,且选型属种也不宜多,约有代表性的 10 多种为宜。

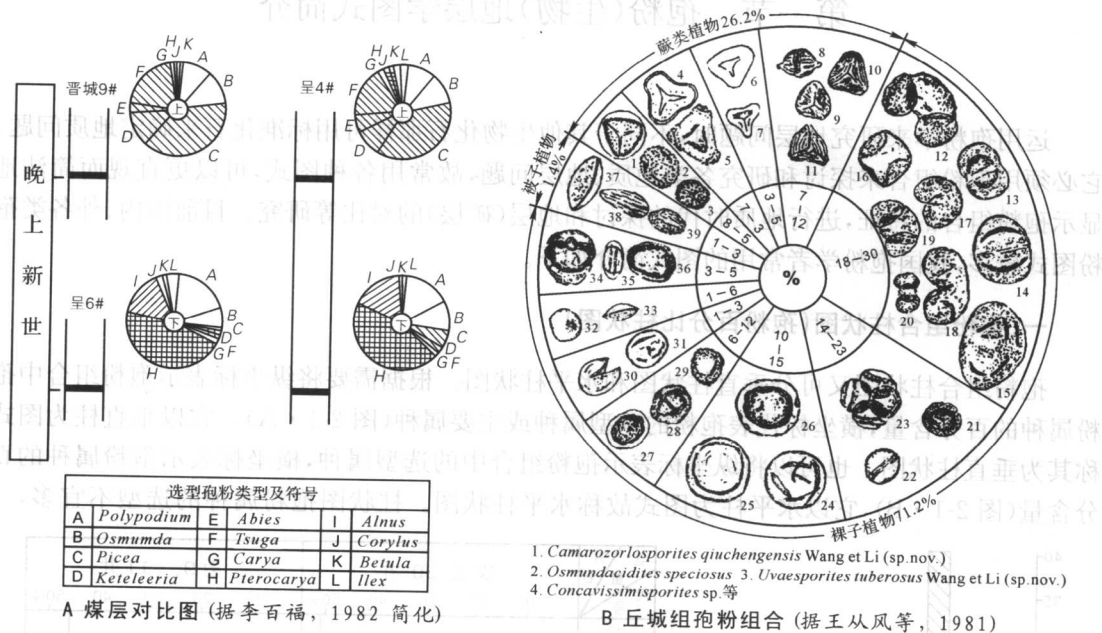


图 2-2 孢粉组合圆形图

王从风等(1981)在研究《河北丘县早白垩世孢粉组合》时,对上述圆形图式进行了较大的改进。将某一类孢粉综合组作为选型单位,以扇形区大小表示百分含量,并将孢粉形态图,直接标于有关扇形区中,在同心圆中标上有关孢粉百分含量的变化区间,圆外用同心弧形线标上蕨类、裸子、被子植物孢粉的百分比总含量(图 2-2·B)。这样,多个样品组成的丘城组孢粉组合的全貌就很清楚了,且较直观。但标以孢粉形态图等,会增加较多的工作量。

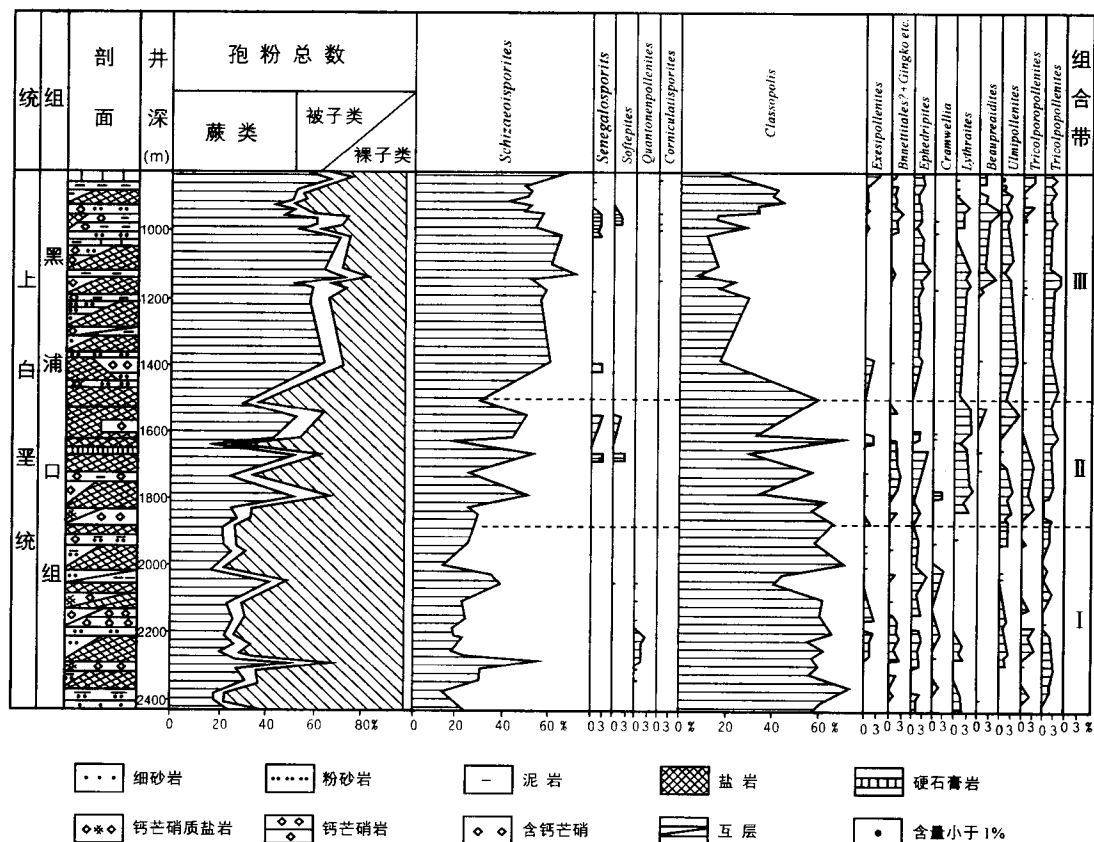
上述孢粉组合柱状图和圆形图,也可用于其他方面的表示百分含量的组、谱,如有机质类型组合等。

三、孢粉百分含量曲线图

柱状图式和圆形图式,只能显示一个孢粉组合或若干孢粉组合(或组合带)的孢粉谱,不能

显示在地质剖面中,上、下孢粉组合的连续变化,缺乏变化的整体性。在较长或较完整的地质剖面中,常常编制孢粉百分含量曲线图。它是研究一个地区、盆地、坳陷或凹陷的孢粉纵向变化,各群、组、段孢粉组合间的关系和变化。是孢粉组合带的划分的基础性图件。在新区开展孢粉学工作时,在有条件的情况下,先要对某井、某地剖面系统采样、分析鉴定,编制孢粉百分含量曲线。经若干孢粉百分含量曲线的对比、综合,逐渐掌握该区各群、组、段的孢粉组合特征,适应地质生产等的需要。在孢粉学研究时,在划分孢粉组合带时,也离不开孢粉百分含量曲线图。

孢粉百分含量曲线图的最基本内容有井深、地质时代、地层组段和岩性剖面。图内要分别画出蕨类孢子、裸子花粉和被子花粉的百分总含量在不同井深的变化曲线,有序画出蕨类、裸子、被子植物孢粉各属种百分含量在不同井深的变化曲线(图 2-3)。作为基础性图件,属种应尽量标得全一些,对于稀少的属种,可按类型作适当合并。江西省地质矿产局赣西地质调查大队等(1985)在《江西白垩纪孢子花粉》中,就运用了孢粉百分含量曲线图。地矿部第六普查勘探大队,在江苏地区自组建孢粉组后,编制了较多单井的孢粉百分含量曲线图,为孢粉学运用于生产、研究工作奠定了良好的基础。



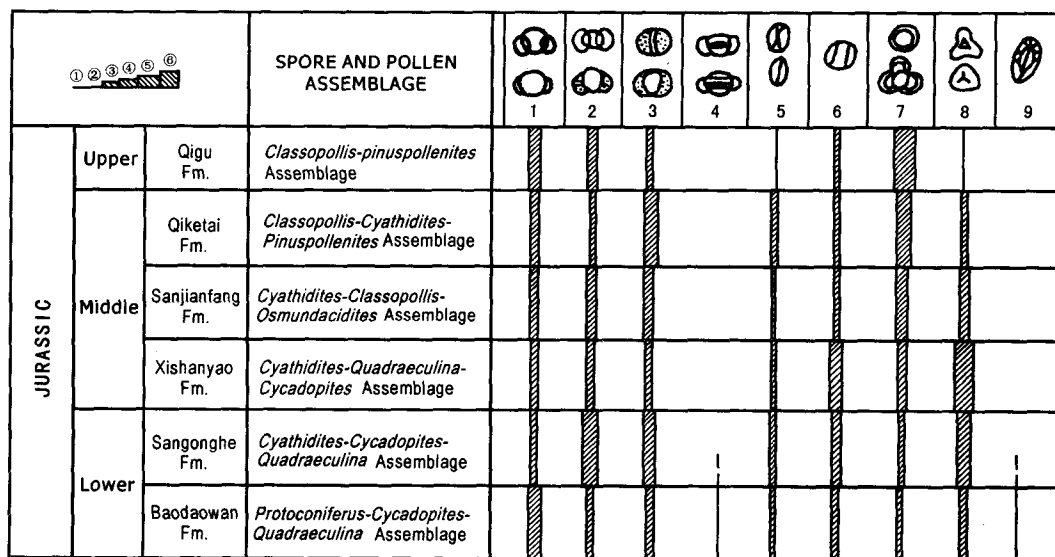
四、孢粉棒带图

1975 年,宋之琛等在《江苏地区白垩纪—第三纪的孢粉组合》(1981,出版)中运用了孢粉柱状棒带图。自早白垩世葛村组至新近纪的盐城群的各组段孢粉组合,以孢粉形态图(简图、

详图或化石照片)为项首(有时可简化为属、种名称),以组、段为单位,取各组、段孢粉组合属种的百分含量变化区间,顺次自下而上标出各组、段间的含量变化。各组、段孢粉属种的百分含量变化区间,以不同宽窄的柱状棒带来显示,以该柱状棒带图来显示苏北盆地各组、段的孢粉属、种纵向变化和分布。

孢粉柱状棒带图对一个盆地或一个地区的孢粉全貌、纵向地史分布、各组、段的孢粉组合特征和区别,可一目了然。但所需孢粉资料多且较系统,工作量也较大。该图具有总结性或综合性,一般运用于对一个地区或一个盆地的阶段性、总结性或综合性研究。

《渤海沿岸地区第三纪孢粉组合》、《安徽白垩—第三纪孢粉组合》、《广东三水盆地白垩纪—早第三纪孢粉组合》、《新疆部分地区晚白垩—第三纪孢粉植物群研究》和《松辽盆地白垩纪石油地层孢粉》等一系列盆地或地区性的专著,均运用孢粉柱状棒带图来显示该盆地或地区的孢粉属、种等分布、变化。金小凤(2000)对吐哈盆地侏罗系孢粉分布也运用了孢粉柱状棒带图(图 2-4)。在盆地和地区的孢粉学阶段性、总结性和综合研究中,孢粉柱状棒带图,运用越来越广泛。



注: 1. *Pinuspollenites* + *Abietinaepollenites* 2. *Podocarpidites* + *Piceapollenites* 等

①<2% ②<5% ③10~20% ④20~30% ⑤30~40% ⑥>40%

图 2-4 孢粉柱状棒带图(吐哈盆地侏罗系孢粉分布)(据 Jin Xiaofeng, 2002, 简化)

棒带图中除柱状棒带图外,还有曲线棒带图(图 2-7)。它是孢粉百分含量曲线图和柱状棒带图的融合和细化。该图以中心线为零线,将属种百分含量的一半各标于该样井深的中心线两侧,然后将各点连接,形成中心线两侧对称的属种百分含量起伏曲线状棒带图。它常用较多的选型或可全型属种绘制。

柱状棒带图是以组、段或更大、更小地层单位为单元的孢粉组合的属种的变化,它显示了组、段间等的变化。曲线棒带图与百分含量曲线图一样,逐个反映出各样品间属种的变化。曲线棒带图具有百分含量曲线图的用途和优点,而逐样的属种变化较百分含量曲线更明显、更清楚。它可以替代百分含量曲线图,因工作量较大等原因,一般不用它来替代。在探讨重要地质界线时,常采用孢粉曲线棒带图,使界线处的属种变化更明显地显示出来。国内、外的孢粉地层学图谱还有不少,这里不再介绍。

第二节 孢粉(生物)地层学

一、运用原理

孢粉(生物)地层学即传统的孢粉地层学,主要运用于探讨、确定地层的地质年代和地层对比。孢粉是与其有关或有亲缘的植物的繁殖器官,其属种大体上能反映那时植被的植物类型。虽然有不少孢粉无法与现生植物相关连,只能以形态来命名,但与它有关的植物在当时确实存在。我们常用孢粉植物来称呼孢粉的母体。它们在地史中的演化发展是不可逆的,且由低级向高级方向演化,这为探讨地质年代奠定了基础。同时,在同一孢粉植物区内,各地的孢粉植物,在某一地史阶段内,因地史演化阶段控制和生存环境的压束,其植被和植物类型有一定的相似性,这为地层对比创造了条件。

孢粉植物与植物一样,在地史时期的演化可划分为四个明显的阶段:

- (1)菌藻植物阶段
- (2)蕨类植物阶段
- (3)裸子植物阶段
- (4)被子植物阶段

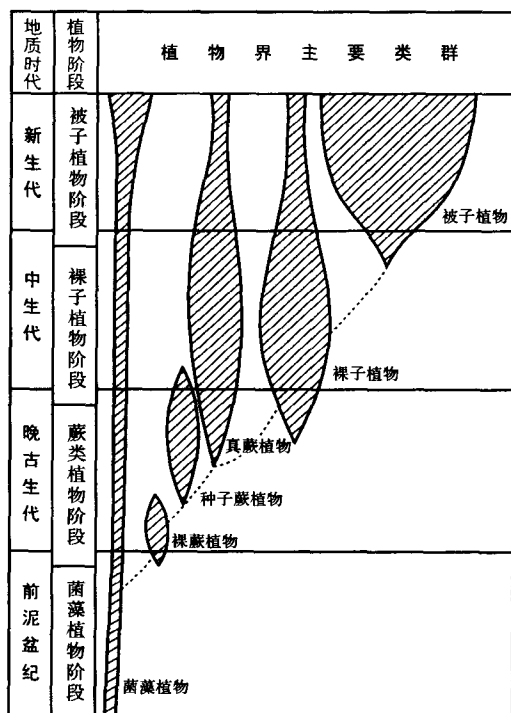


图 2-5 地球上植物界演变阶段与地质时期划分(据王宪曾等,1990)

这 4 个演化阶段基本上分布于地史中的 4 个时代,分别为前泥盆纪、晚古生代、中生代和新生代(图 2-5)。这是由于 4 个时代的不同自然地理环境促使植物适者生存,不适者被淘汰,