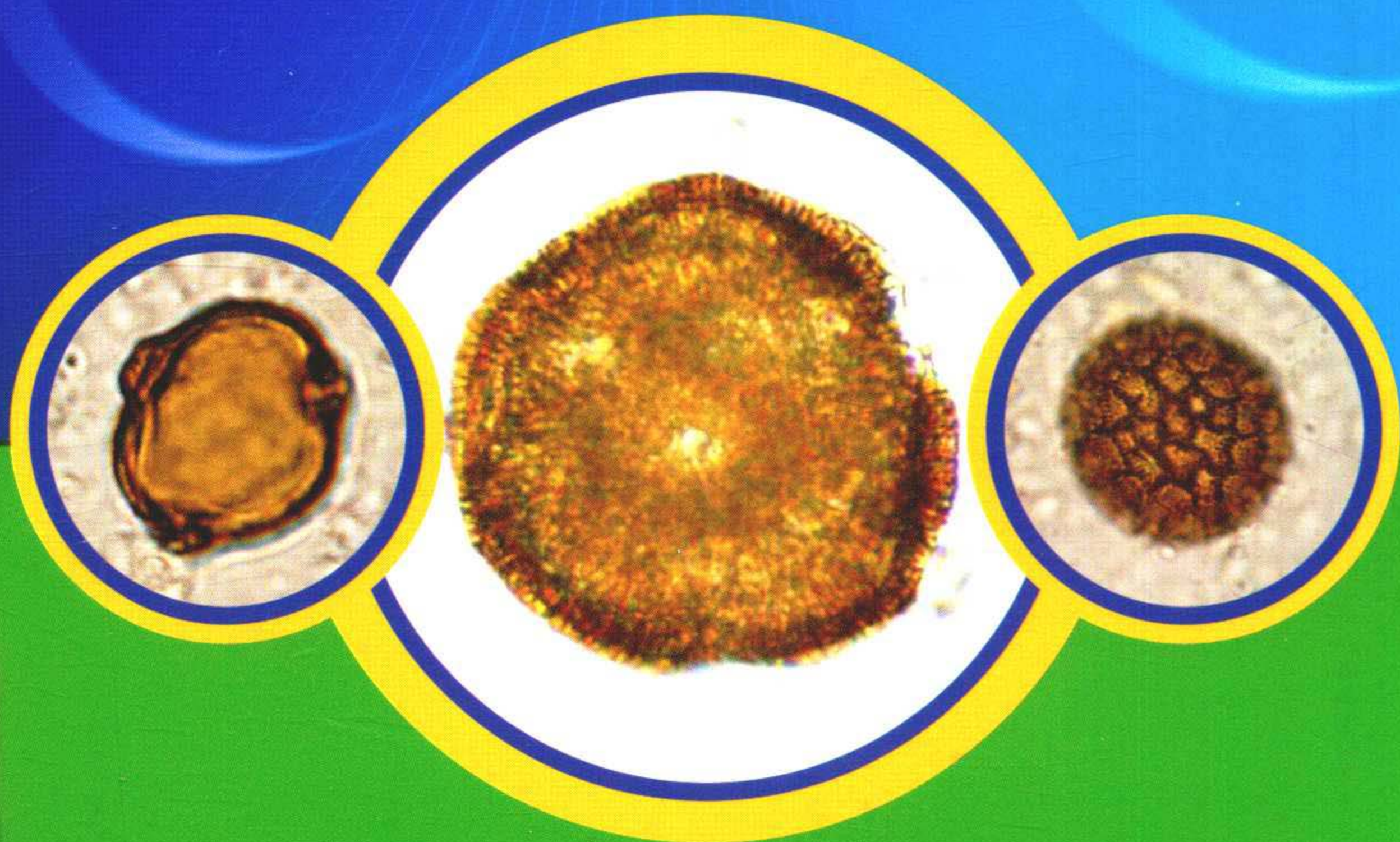


淡水生物图谱系列

淡水沉积物 孢粉图谱

Sediment Pollen
in Fresh Water

陈 贺 刘子方 郭 通 编著



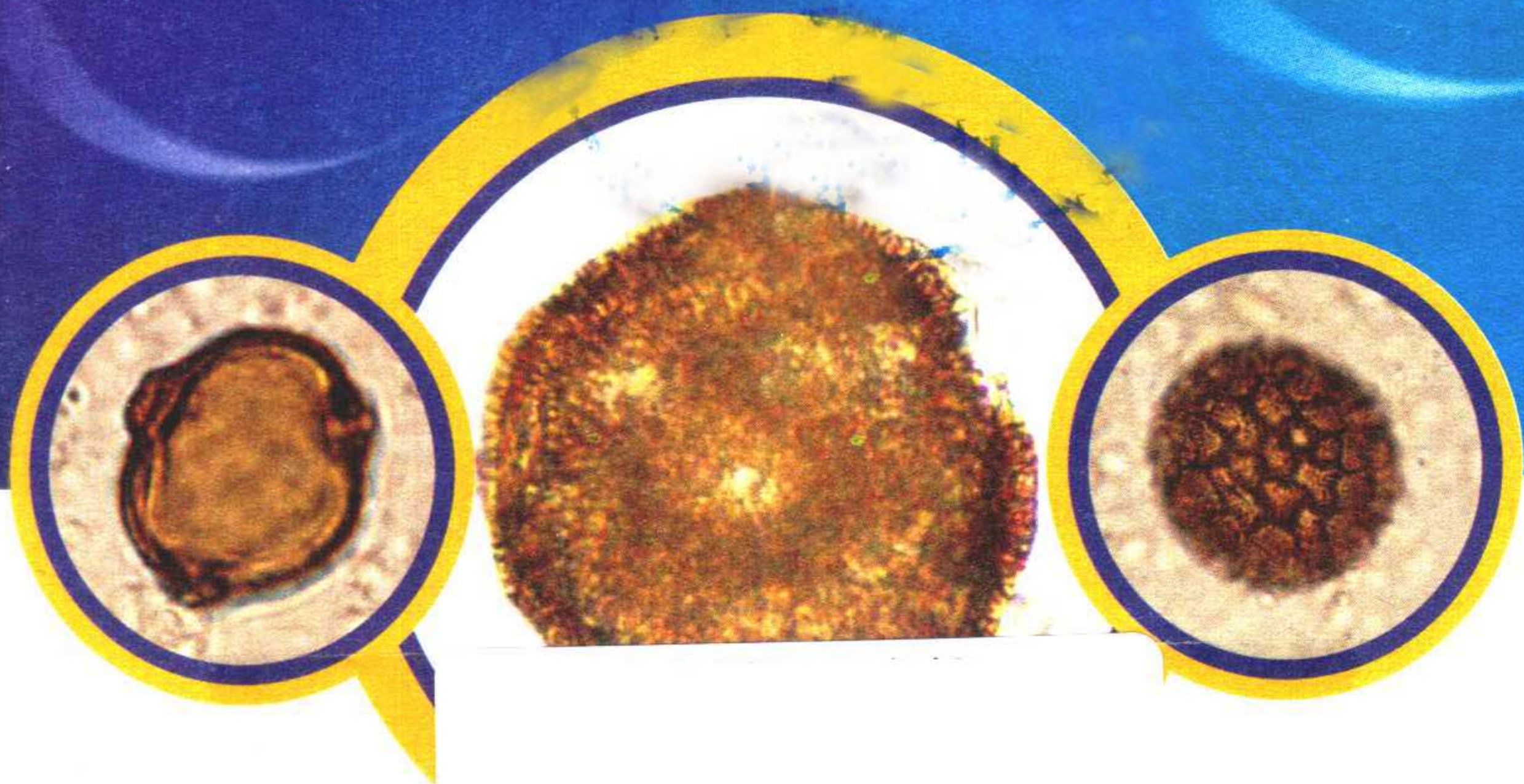
化学工业出版社

Q99
504
淡水生物图谱系列 1

淡水沉积物 孢粉图谱

Sediment Pollen
in Fresh Water

陈 贺 刘子方 郭 通 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《淡水沉积物孢粉图谱》以植物分类学为基础，应孢粉形态学信息缺乏的需求，对白洋淀区域沉积物孢粉形态及分析方法进行了具体介绍。本书配合编者通过显微镜实拍图片描述了第四纪沉积物孢粉的形态特征并与现代孢粉、古孢粉进行了比较。

《淡水沉积物孢粉图谱》为环境和生态领域研究人员提供孢粉辨识的基础工具，也可作为相关领域的研究生教材。

图书在版编目（CIP）数据

淡水沉积物孢粉图谱/陈贺，刘子方，郭通编著.
北京：化学工业出版社，2016.10

（淡水生物图谱系列）

ISBN 978-7-122-27772-5

I. ①淡… II. ①陈…②刘…③郭… III. ①淡水-
沉积物-孢粉-图谱 IV. ①Q944.571-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第181642号

责任编辑：王淑燕 宋湘玲

装帧设计：张 辉

责任校对：宋 夏

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）

印 装：北京彩云龙印刷有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张2 字数42千字

2016年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）

售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：32.00元

版权所有 违者必究

前 言

孢粉是植物孢子和花粉的总称，是植物的繁殖细胞，孢粉的产量巨大。孢粉的外壁由孢粉素（一种复杂的有机化合物）组成，使孢粉具有耐酸碱、耐高温和外壁坚固的特征。在地质年代里孢粉可以被长期保存下来，是古生态数据最常见的来源。

孢粉形态学和孢粉分析技术是孢粉学的基石，是地层孢粉学、应用孢粉学和第四纪孢粉学等分支学科的基础。可应用于地层划分和对比古气候、恢复古气候、恢复古植被、环境考古研究、农业养蜂、司法鉴定、医药保健等多方面。

近年来，孢粉学在国内有长足的发展，相关论著十分丰富。专注于一片流域的淡水沉积物孢粉的专著很少，但这类专著却是十分必要的。因此，为了适应蓬勃发展的科研、教学的需要、为了加强对孢粉分析方法以及孢粉形态学的学术交流，陈贺副教授决定将在白洋淀地区采集的孢粉图片，以及淡水沉积物孢粉的分析方法汇编成册，奉献给有志于孢粉研究事业的朋友们。

本书简要地叙述了孢粉分析的主要内容，包括野外采样以及实验室处理方法原理，并对采自白洋淀淡水沉积物的孢粉，在显微镜下拍照，配以对孢粉的几何形状、萌发器官、纹饰特征的介绍，编成图谱。该图谱将为环境和生态领域研究人员提供孢粉辨识的基础工具，也可作为相关领域研究生教学教材。

编著者

2016年7月

目 录

1	绪论	1
1.1	孢粉学的研究对象、内容	1
1.2	孢粉分析技术及其应用	3
1.2.1	在地层划分和对比中的应用	4
1.2.2	在恢复古气候中的应用	5
1.2.3	在环境考古中的应用	5
1.2.4	在农业中的应用	6
1.3	孢粉形态学研究进展	6
2	孢粉分析技术	10
2.1	第四纪沉积物采样	11
2.1.1	表土采样	11
2.1.2	泥炭、湖沼泥采集	11
2.1.3	露头泡面采样	11
2.2	孢粉提取	12
2.2.1	分散	13
2.2.2	淘洗（沉降法）.....	14
2.2.3	盐酸处理	14
2.2.4	氢氟酸处理	15
2.2.5	碱处理	16
2.2.6	醋解液处理	16
2.2.7	重液浮选	17

2.2.8	筛分处理	18
2.2.9	离心	18
3	孢子植物	19
3.1	蕨类植物 (Ptaridophyta)	19
	石松亚门 (Lycophytina)	19
3.2	真核藻类 (Eukaryotic Algae)	20
3.2.1	裸藻门 (Euglenophyta)	20
3.2.2	绿藻门 (Chlorophyta)	21
4	被子植物	24
4.1	单子叶植物纲 (Monocotyledoneae)	24
4.1.1	莎草目 (Cyperales)	24
4.1.2	露兜树目 (Pandanales)	25
4.2	双子叶植物纲 (Dicotyledoneae)	28
4.2.1	唇形目 (Lamiales)	28
4.2.2	胡桃目 (Juglandales)	29
4.2.3	菊目 (Asterales)	30
4.2.4	壳斗目 (Fagales)	32
4.2.5	蓼目 (Polygonales)	33
4.2.6	龙胆目 (Gentianales)	35
4.2.7	毛茛目 (Ranales)	36
4.2.8	蔷薇目 (Rosales)	37
4.2.9	茄目 (Solanales)	38
4.2.10	伞形目 (Apiales)	39
4.2.11	石竹目 (Caryophyllales)	39
4.2.12	桃金娘目 (Myrtales)	40
4.2.13	无患子目 (Sapindales)	41

4.2.14	荨麻目 (Urticales)	43
4.2.15	杨柳目 (Salicales)	45
4.2.16	牻牛儿苗目	46

5 裸子植物55

5.1	买麻藤纲 (Gnetopsida)	55
	麻黄目 (Ephedrales)	55
5.2	松柏纲 (Coniferopsida)	55

1 绪论

1.1 孢粉学的研究对象、内容

孢粉学 (Palynology) 是在 1944 年由英国人赫顿 (Hyde) 和威廉姆斯 (Williams) 等人提出的, 研究现代植物孢子花粉和地层中有机壁微体化石。研究对象主要包括苔藓类、蕨类孢子和种子植物的花粉; 在某些特定情况下, 人们把一些个体很小的植物体如藻类和菌类也作为孢粉学的研究对象。从 20 世纪 90 年代开始, 国内的一些孢粉工作者开始涉足植硅体, 由于其归属未作定论, 也暂且归在孢粉学的研究范畴内。

整个植物界, 根据繁殖器官的性质可以分为两大类: 一类是孢子植物, 另一类是种子植物。所谓孢子植物, 是指凡是用孢子作为繁殖的植物, 如菌、藻和蕨类植物。孢子是孢子植物的繁殖细胞, 按照孢子的大小可分为两类: 大孢子, 磁性, 体积大; 小孢子, 雄性, 体积小。种子植物包括裸子植物和被子植物, 而划分依据是

种子植物的繁殖器官。当孢子和花粉在孢子囊和花药中成熟之后，经过风、水或动物等动力飞离植物母体，大部分落在土壤中，经过漫长的地质年代土壤变成岩石，而这些保存在岩石中的孢子和花粉，即成为化石孢子和化石花粉，孢粉学的研究对象除了现有的和化石中存有的孢子花粉外，广义的孢粉学还包括地质时代中，在显微镜下看到的菌类、单细胞藻类及部分群体，如菌类孢子、藻类、疑源类化石等。

孢粉学研究内容广泛，产生了许多分支科学，不同学者根据不同的角度和需要分类有所不同。王开发、王宪曾将孢粉学研究概括为基础研究和应用研究两个方面，这两部分都离不开孢粉分析技术。基础研究包括孢粉形态学、孢粉生理学和孢粉化学；其中孢粉形态学可细分为现代孢粉形态学和化石孢粉形态学。应用研究包括地层孢粉学、石油孢粉学、海洋孢粉学、考古孢粉学、农业孢粉学、医学孢粉学等，其中地层孢粉学再细分为前寒武纪孢粉学、古生代孢粉学、中生代孢粉学、第三纪孢粉学和第四纪孢粉学。刘炳仑将孢粉学概括为两大分支：孢粉形态学和孢粉分析。孢粉形态学包括农林孢粉学、蜂

蜜孢粉学、医学孢粉学、司法孢粉学。孢粉分析包括蜂蜜孢粉学、医学孢粉学、司法孢粉学、大气孢粉学、粪便孢粉学、海洋孢粉学、第四纪孢粉学以及原油孢粉学。这些分支学科之间的研究内容可能会有重叠却各有侧重。地层孢粉学是基于孢粉和其他有机壁孢型的鉴定、分布和丰度对任何时代的地层序列进行对比或提供年代控制，主要应用在第四纪之前沉积，属古孢粉学范畴。第四纪孢粉学主要根据孢粉研究第四纪以来的植被演变史、气候变化及其发展趋势，兼顾年代地层学和环境考古学，广泛应用于水文地质、工程地质等领域的学科。而应用孢粉学则指孢粉学在地层、油气和煤炭形成的原始物质及其勘探、开发，用于环境科学，农业与养蜂业，医药保健，司法破案等方面，及植物分类上。笔者认为尽管各个分支学科各有侧重，但孢粉形态学和孢粉分析技术是孢粉学研究的基础。

1.2 孢粉分析技术及其应用

孢粉分析技术是指孢粉学中最重要研究应用部分，它包括化石孢粉形态学、

地层孢粉学、石油孢粉学等研究，孢粉分析的具体内容有以下几方面。

① 野外地质和植被的观察及样品采集。

② 实验室孢粉样品的分析处理。

③ 鉴定、统计孢粉数量，对主要孢粉进行照相或绘图，计算孢粉的浓度和百分含量。

④ 根据孢粉各属种的百分含量、乔木、灌木、草本和蕨类的百分含量，以及孢粉总浓度，在剖面图上绘制其变化的曲线，及孢粉图式（主要应用于第四纪研究）。

⑤ 根据孢粉统计表和孢粉图式，分析得出当时的植物群类型。

⑥ 根据植物群的成分、性质和变化规律来对比地层、确定地质时代，推断当时的古地理、古气候。

⑦ 通过对现代代表孢粉数据的研究，建立孢粉—古植被—气候序列，进而推测该地区环境变化的动态过程和影响环境演化的动力因子以及各因子之间的动力学机制，建立合理且日趋完善的全球变化模型，为预测未来环境演化取值提供可靠而有力的工具和手段。

1.2.1 在地层划分和对比中的应用

由于生物演变具有不可逆性和阶段

性，由简单到复杂，由低级到高级。且对于植物界的演变而言，其动力来自于因天体和地球的变化而引起的地球运动，如海陆变迁，环境变化，气候变化等。以致植物群落的组成可以很好地反映出地球气候环境的变化，孢粉为植物体最重要的组成部分，又极其容易被保留下来，因此孢粉的组成可以作为地层划分的重要依据。

1.2.2 在恢复古气候中的应用

通过孢粉组合和植物群以及自然地理条件的关系，可以推断出当时当地的气候以及变化过程。一定的植物要求有一定的生态环境，而自然环境对植物起作用的因素中，温度和湿度起了主导作用，因此植物可以很好地反映不同地质时代的湿度和温度，为恢复古气候提供依据。

1.2.3 在环境考古中的应用

运用孢粉分析资料可以确定考古遗址的时代，推断古人类的活动环境，阐述古代社会的文化发展。古代人类活动很大程度上依赖于自然环境，但人类活动也不断地影响和改变着自然环境，尤其是植被受到人类的影响更大。对农作物起源的研究，可以直接证实古代社会文化发

展水平。

1.2.4 在农业中的应用

孢粉分析在农业上最早用于养蜂学，因为蜂蜜主要源于蜜源植物的花粉，而蜜源植物的属种直接决定着蜂蜜的品种和质量。在农作物区收集的空气花粉甲乙分类统计，对预报水果和农作物的收成可以提供非常有价值的资料。

1.3 孢粉形态学研究进展

国际上关于孢粉学的第一篇论著是1885年瑞士地质学家 Fruih J 提出的，拉格尔海姆在1905～1908年的著作中首先对孢粉化石属种的百分含量进行统计。随后各国学者均在不同的领域中运用到了孢粉分析方法。但对于孢粉形态学和孢粉分析技术来说，对其进行着重介绍的专著是埃尔特曼于1943年出版的《花粉分析入门》一书。随之，苏联学者波克罗夫斯卡娅等集体合著了《花粉分析》以及1986年埃尔特曼 G 所著的“Pollen Morphology and Plant Taxonomy : Angiosperms” 均是世界孢粉学者的教科书。在此之后，各国学者均在孢粉形态学方面发表了诸多影响

极高的论著。

中国孢粉形态学的研究工作开展较晚，最初是在中国科学院植物研究所形态室王伏雄教授的领导下开展的，取得了一系列的研究成果，如《中国植物花粉形态》（1960 年第一版，1995 年第二版，王伏雄等，1995）、《孢粉学概论》（王开发等，1983）和《中国热带亚热带被子植物花粉形态》（中国科学院植物研究所，1982）等现代孢粉形态学研究，为化石孢粉学的开展奠定了基础。此外，“Pollen Flora of Taiwan”（Huang, 1972），“Spore Flora of Taiwan”（Huang, 1981）、《壳斗科植物花粉形态及生物生理》（王萍丽、溥发鼎，2004）、《中国伞形科植物花粉图志》（舒璞等，2001）和《种子植物花粉电镜图志》（韦仲新，2003）也具有重要的参考价值。

尽管随着植物研究所老一辈孢粉工作者的相继退休，中国有关花粉形态方面的研究力量曾一度削弱。孢粉学会曾呼吁学术界注重孢粉形态方面的工作，以满足不断更新的相关应用方面研究的需要，并保持研究的连续性。现在从事孢粉形态研究的人员中，许多人本身就是地层孢粉工作者，有的则是植物学家。部分工作针对疑难化石花粉，用 LM、SEM 和 TEM 的综

合观察手段，结合现代相关植物花粉形态的对比研究，取得了很好的效果，也有诸多论著面世，如《中国常见现代淀粉粒数据库》（万智巍等，2012）和《长白山区植硅体—气候因子模型的研究》（郭梅娥，2013）等也具有很高的参考价值。

本书在第四章中，用大量篇幅向读者呈现了近年来在白洋淀地区采集的孢粉镜照，并对其形态特征给出介绍，希望能为孢粉形态学方面的研究添砖加瓦，不负前辈之望。

参考文献

郭梅娥. 2013. 长白山区植硅体——气候因子模型的研究. 长春: 东北师范大学.

黄文. 2014. 中国孢粉学研究进展. 科技视界, (1): 143-144.

舒璞, 余孟兰. 2001. 中国伞形科植物花粉图志. 上海: 上海科学技术出版社.

万智巍, 杨晓燕, 李明启, 马志坤, 葛全胜. 2012. 中国常见现代淀粉粒数据库. 第四纪研究, 32(2): 371-372.

王伏雄等. 1995. 中国植物花粉形态. 北京: 科学出版社.

王开发, 王宪曾. 1983. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社.

王萍丽, 溥发鼎. 2004. 壳斗科植物花粉形态及生物生理. 广州: 广东科技出版社.

王伟铭. 2009. 中国孢粉学的研究进展与展望. 古生物学报, (3): 338-346.

韦仲新. 2003. 种子植物花粉电镜图志. 昆明: 云南科技出版社.

杨士雄, 郑卓, 黄康有, 陈碧珊, 李杰. 2011. 中国热带亚热带植物孢粉形态研究. 中国古生物学会第 26 届学术年会论文集.

Erdtman, Gunnar. 1986. Pollen morphology and plant taxonomy: angiosperms : Vol 1. Brill Archive.

Huang, Tseng-Chieng. 1972. Pollen flora of Taiwan. Taipei, Taiwan University: 297.

Huang, Tseng-Chieng. 1981. Spore flora of Taiwan. National Taiwan University.

2 孢粉分析技术

孢粉学主要包括孢粉分析和孢粉形态学两部分。其中孢粉分析就是通过对地层中的孢粉进行离析、鉴定、分类并统计所含类别的百分含量、孢粉谱等途径来研究它们的组合特征、演化规律等，以应用于地层的划分、对比及古气候学和古地理学等许多方面。不同的地质时期，不同地理、气候环境下生长着不同的植物群，因而产生不同的孢粉组合反映不同的植物群落；不同的植物群落对应着不同的气候环境。孢粉形态学是研究孢粉形态结构的学科，是鉴定孢粉的前提。

孢粉分析中最主要的两部分就是：样本采集和预处理。这两步的成功与否决定着后期数据的可用性、精确性以及可信度。本章将介绍第四纪沉积物的采样和孢粉处理技术。