

中国第四纪孢粉图鉴

An Illustrated Handbook of Quaternary Pollen and Spores in China

唐领余 毛礼米 舒军武 李春海 沈才明 周忠泽 / 编著

Tang Lingyu, Mao Limi, Shu Junwu, Li Chunhai, Shen Caiming and Zhou Zhongze

科学技术部科技基础性工作专项(2013FY113000)系列成果

中国第四纪孢粉图鉴

An Illustrated Handbook of Quaternary Pollen and Spores in China

唐领余 毛礼米 舒军武 李春海 沈才明 周忠泽 编著

Tang Lingyu, Mao Limi, Shu Junwu, Li Chunhai, Shen Caiming, Zhou Zhongze

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统总结了我国第四纪化石孢粉类型和各区域代表性孢粉类型鉴别特征。全书分为三章：第一章综述了我国各区域现代植被和第四纪植被史，主要是为了让读者能够便捷了解我国不同地区植被演化历史，认识主要孢粉科属在第四纪孢粉学研究中的重要地位；第二章总结了我国各地区第四纪主要孢粉类型特征，并对易混淆的常见孢粉类型形态特征进行了鉴别对比，归纳了实用鉴定要点；第三章编制了我国各区域的孢粉图版及其说明，按照植物系统分类系统及科一级字母顺序依次排列制作成图版合计409幅，包括300余科，近1000属植物孢子与花粉。

本书可供第四纪古植被、古气候和古生态领域的学者、教师及学生参考使用，尤其是可以为第四纪孢粉学专业的大学生、研究生等入门学者提供孢粉鉴定指南。

图书在版编目(CIP)数据

中国第四纪孢粉图鉴 / 唐领余等编著. — 北京: 科学出版社, 2016.12
ISBN 978-7-03-050568-2

I. ①中… II. ①唐… III. ①第四纪-孢粉-中国 IV. ①Q913.84

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第268011号

责任编辑: 孟美岑 胡晓春 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016年12月第一次印刷 印张: 38 3/4

字数: 890 000

定价: 458.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

孢粉学是第四纪研究的重要分支，主要研究植物的孢子、花粉形态和分类，并进行孢粉分析。孢粉分析是研究过去植被变化、气候变迁及人类活动对植被影响等方面的关键手段，它在古生态学和全球变化研究中充当关键角色。当今全球变暖趋势日益明显，这与人类活动导致的增温效应具有直接的联系。因此，模拟和预测气候和生态环境的变化对于自然和人类社会的协调发展具有重要的现实意义。孢粉分析手段在过去全球变化（主要是第四纪研究）研究中为理解气候和环境变化、探索其动力机制、预测未来演变趋势提供了其他学科所无法替代的作用。

第四纪孢粉学研究的基础是植物花粉形态学研究及鉴定，过去几十年，王伏雄、张金谈、黄增泉、席以珍和张玉龙等老一辈学者提供的现代植物孢子和花粉图版为中国第四纪孢粉研究提供了重要的参考。但是，某些孢粉在埋藏过程中由于各种因素的影响，其形态可能发生变化，导致鉴定困难甚至产生偏差，尤其是鉴定标准存在一定的主观性，直接影响了鉴定的准确性，进而影响古植被重建的质量。特别是对于初学者，按图索骥很容易产生鉴定误差。笔者从事第四纪孢粉研究工作几十年，深刻认识到非常有必要为初学者和相关研究人员提供沉积物中的孢粉图版作为鉴定参考。为此，我们从 2005 年就开始收集整理已研究或发表的资料和照片，历时数年完成了这本图鉴的编撰。

本书所收集的第四纪孢子花粉资料和照片，绝大部分为笔者多年来进行第四纪孢粉研究工作时积累的材料，少部分化石孢粉或现代花粉照片由同行提供，如吕新苗、马庆峰提供了一些西藏湖泊全新世花粉照片；潘安定、张文超、陈雪梅提供了部分干旱半干旱地区的现代花粉照片。经过 10 年的工作，笔者集中整理编排了我国第四纪地层常见的孢粉类型显微照相图版。考虑到中国地域辽阔，植被类型复杂，植物种类繁多，相似的形态在不同区域可能属于不同植物种类，本书按照西北、北方、东南、华南和西南五个大区编排孢粉显微照相图版，并对这些区域的现代植被和第四纪植被史做了简要概述，还重点叙述了各地区第四纪主要孢粉类型、特点以及常见孢粉种类的鉴定形态特征。就广义的孢粉学而言，其研究对象应包括所有孢子植物，即藻类植物、苔藓植物及蕨类植物的孢子的形态研究。十多年来大量第四纪湖相沉积孢粉研究中，已将淡水藻类个体数与花粉百分含量或浓度同时列入孢粉研究对象，分别进行古植被与古环境探讨，如盘星藻个体数与花粉浓度同时在孢粉图式中出现，综合讨论湖泊沉积环境。因此，将已发现的淡水藻类植物孢子形态及孢子显微照片，一并编入本书。

本书共分三章，第一章为我国各地区现代植被和第四纪植被概述，重点叙述了各地区更新世以来古植被与古气候的演变历史；第二章介绍本图鉴中所列出的各地区主要第四纪孢粉类型及其特点，并对不同地区常见孢粉种类的鉴定要点进行对比和鉴别比较，对具地区特点的孢粉科属形态进行了较详细的形态特征描述；第三章为我国各

地区孢粉显微照相图版及图版说明。每个地区的植物孢粉显微照片按植物分类系统，先后以藻类植物、苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物依次排列，编制彩色图版 409 幅。其中西北地区图版 63 幅，包括蕨类植物孢子 7 科、裸子植物花粉 3 科和被子植物花粉 54 科；北方地区图版 63 幅，包括藻类植物孢子 5 科、苔藓植物孢子 1 科、蕨类植物孢子 9 科、裸子植物花粉 4 科和被子植物花粉 61 科；东南地区图版 108 幅，包括藻类植物孢子 6 科、苔藓植物孢子 2 科、蕨类植物孢子 23 科、裸子植物花粉 6 科和被子植物花粉 117 科；华南地区图版 44 幅，包括蕨类植物孢子 18 科、裸子植物花粉 3 科和被子植物花粉 69 科；西南地区图版 131 幅，包括藻类植物孢子 10 科、苔藓植物孢子 6 科、蕨类植物孢子 23 科、裸子植物花粉 4 科和被子植物花粉 85 科。本书所列孢粉科属，是根据现代植物孢粉形态，依据现代植物自然命名法命名的。由于大量的现代植物花粉形态出版物对所列花粉均进行了形态特征（包括术语）描述，加上本书的读者对象都熟悉有关孢粉的形态特征及其名词术语，故本书没有对所列科属的孢粉形态进行一一描述，仅对各地区常见的、有地区特色的孢粉类型进行了鉴定特征说明和形态描述。如重点对西北地区的干旱和半干旱植物花粉类型（如藜科、菊科、胡颓子科、伞形科等）进行相似属的鉴定特征比较和形态描述；重点对北方地区的桦木科各属进行形态检索和描述，对松属、冷杉属、云杉属 3 属化石花粉形态特征进行了比较；重点对东南地区壳斗科各属进行形态检索和特征描述以及对热带—亚热带几个难以区分的科的化石花粉进行对比（如冬青科、卫矛科和木犀科；漆树科、五加科和芸香科）；重点对华南地区红树林树种的海桑科、红树科进行较详细的形态描述；重点对西南地区松科各属进行比较鉴别。

本书孢粉观察所用显微镜是 Carl Zeiss 和 Olympus 生产的研究级显微镜，均配备了光学分辨率较高的半复消色差物镜（常用到的有 40 倍、60 倍和 100 倍）。孢粉图像采集由普通数码相机和显微镜专配的高像素 CCD 来完成，多数情况下使用数码相机在 40 倍或 60 倍物镜下照相，有些孢粉类型则在 100 倍油镜下照相，获得了花粉外壁表面的清晰纹饰。CCD 图像采集的比例尺容易在线直接获取，而普通数码相机则通过手动拍出相应物镜下的测微尺，并保证数码相机的像素不变，通过后期编辑，将比例尺批量地添加到对应的图片中。

孢粉的准确鉴定取决于所能观察到的形态信息量的多少，一般情况下，鉴定人员都希望能观察到孢粉的不同面（比如极面、赤道面）、不同角度、不同聚焦层面（比如上焦面、光切面、下焦面），因此，孢粉形态的工具书里都会尽量多展示不同角度拍摄的同一种类的孢粉照片，我们在本书里也同样为同一种类的孢粉提供了数张图片，便于读者对比与鉴别。孢粉的大小信息也是鉴别的参考依据之一，而不同孢粉的相对大小则可以在一个图版上体现出来，所以本书的每一幅图版基本上使用单个比例尺度，这样可以更清晰地了解不同孢粉类型的相对大小。有些较大的孢粉，有时为了排版上的美观，则直接在相应的图片上标出不同的比例尺。

为了便于读者快速查找，本书特意把孢粉的文字说明放置于图版下方，分别列出相应照片号码代表的科属或种名（包括中文和拉丁文学名）及重要属种的产地，以增加可读性。每个地区的孢粉显微照片均按藻类植物孢子、苔藓植物孢子、蕨类植物孢子、裸子植物花粉和被子植物花粉顺序排列，在每一类型孢粉内，按科名的拉丁名字

母顺序排列,同一科内基本上按属的拉丁名学名的首字母顺序排列,个别图版考虑到图形排版的美观或版面问题,属名的排序稍作了调整,但不影响在同一科内快速查找不同的孢粉类型。凡写有种名的照片均为现代花粉,在种名前写有 cf. 的为化石花粉的相似种;有的化石花粉因化石保存及照片不清晰等种种原因不能鉴定到属,就定为“××科未定属”。本书所编入的显微照片绝大部分是光学显微照片,少部分为电子扫描和激光共聚焦显微镜照片,在图版说明的序号后分别注明 SEM 或 LCS 照片。另外,由于壳斗科的栎属(*Quercus*)花粉种类较多,目前还不能鉴定到种,但可以区分常绿和落叶的两类,本书叙述时将常绿栎用 *Quercus* (E)、落叶栎用 *Quercus* (D) 表示。还要说明的一点是,本书在介绍各地区植被史的叙述中对年代单位没有进行统一校正,直接引用原作者标注的 ^{14}C 测年单位“年代/ka BP”,或校正年代“年代/cal. ka BP”。

自本书开始编写以来,得到了国内孢粉学界的关心和支持,许多同行积极提供孢粉显微照片,特别要感谢吕新苗、马庆峰、潘安定、张文超、陈雪梅、徐德克、戴璐等提供部分花粉显微照相照片,使图鉴的内容更加充实;在菊科花粉分类上,非常感谢张小平教授给予多次指导使菊科分出多属,丰富了图版的内容;在图版编排过程中尤其要感谢方伊曼、杨春蕾付出了辛勤的劳动,使图版排版工作顺利完成;另外,还要感谢在提供资料、参与编辑、绘图或文字输入等方面给予帮助的马春梅、方伊曼、赵永涛、李永飞、杨宁、赵琳、崔安宁、李冰、樊晓羿、卓二军、蔡晓敏、严永耀等,他们的大力协助,使本书编写得以顺利完成。特别感谢中国科学院南京地质古生物研究所及周志炎院士的支持和鼓励,感谢科学技术部科技基础性工作专项(2013FY113000)及 973 项目(2012CB956103)资助。

本书主要为初学者、研究生和其他与第四纪花粉研究相关的学者进行沉积物花粉鉴定提供参考。由于我们的知识水平、认识能力和工作积累等方面的限制,对一些孢粉的认识可能不够全面,某些属种的定名不一定很准确;或因手头资料所限,有些类型未能编入,尤其少数属种照片不够精美,甚至模糊不清。这些缺点均可能存在。我们热忱接受同行们的批评指正。

唐领余

2015 年 5 月于南京

Preface

As the basis of Quaternary palynology, studies of plant pollen morphology produced a collection of books and papers of modern plant pollen and spores in the past several decades, which provided an important reference of pollen and spores' identification for Chinese Quaternary palynological studies. Even so, the quality of paleovegetation reconstructions is still affected by the accuracy of pollen and spores' identification mainly due to two reasons. First, changes in shapes of some pollen grains and spores during their burial procedures influenced by various factors cause the difficulties in their identification and even deviation; and second, there are certain subjective identification standards. Especially for the beginners, "a simple comparison of modern pollen photomicrographs with a fossil pollen grain" is easy to produce identification error. The authors, engaging in work of Quaternary palynology for several decades, profoundly understand that it is very necessary to provide a chart book of pollen and spores from Quaternary sediments as an identification reference for beginners and relevant researchers. To this end, we began from 2005 to collect data and photomicrographs from on-going studies or publications. *An Illustrated Handbook of Quaternary Pollen and Spores in China* is the result of many years' work.

The most of data and photomicrographs of Quaternary pollen and spores used in this book are from the authors, who accumulated these materials in their many years' Quaternary palynological studies. Only a small number of photomicrographs of fossil and modern pollen are from other palynologists. After 10 years of work, the authors completed collecting and arranging plates of photomicrographs for common pollen and spores in Quaternary strata. Given China's vast territory, complex vegetation types, a variety of plants, and pollen grains with similar morphology probably produced by different plant species in different regions, we have organized this book's photomicrographs of pollen grains and spores in the division of China into five regions, i.e., northwest, northern, southeast, south, and southwest China. Photomicrographs of pollen grains and spores in each region are arranged by plant classification system, i.e., in order of algae, bryophyte, pteridophyte, gymnosperm, and angiosperm. All 409 plates of color photomicrographs for pollen grains and spores are finally illustrated and described.

This book includes three chapters. The first chapter is an overview of modern and Quaternary vegetation in five regions of China, focusing on regional evolution history of paleovegetation and paleoclimate since the Pleistocene. The second chapter describes major types and characteristics of Quaternary pollen and spores in each region of China, and makes comparisons of identifiable keys among common types of pollen and spores in different regions of China. This chapter gives detailed diagnostic descriptions on the pollen morphology of some genera and families with regional characteristics, also makes comparisons of pollen

morphology among some genera. For instance, comparisons of identifiable features and morphological descriptions are made among some arid and semi-arid plant pollen types with similar morphological characteristics (such as some genera from Zygophyllaceae, Compositae, Elaeagnaceae, and Umbelliferae) in Northwest China; identification keys and diagnostic descriptions of pollen morphology for genera of Betulaceae, and comparisons of fossil pollen morphological characteristics for *Pinus*, *Abies*, and *Picea* in Northern China are made; identification keys of pollen morphology for genera of Fagaceae in Southeast China are listed and described; Sonneratiaceae and Rhizophoraceae of mangrove trees in South China are described; comparisons are made among genera of Pinaceae in Southwest China. The third chapter is a collection of photomicrographs and their descriptions of pollen grains and spores from different regions of China. Below each plate, the numbers of photomicrographs for pollen grains and spores are followed by their family, genus or species name (including Chinese and Latin name) according to modern plant natural nomenclature for readability.

The authors hope that the book will be useful for graduate students, beginners as well as experienced researchers in Quaternary palynology. The authors have confidence that this book will provide a good reference for the identification of pollen grains and spores from Quaternary sediments. However, the limitations of our knowledge, cognition ability, and accumulation of past work might circumscribe the comprehensiveness of our understanding some pollen grains and spores, and the accuracy of our identifying some genera and species; the limitation of our accumulated materials on hand also gives rise to that some pollen types are not compiled into this book, especially that few photomicrographs are not as beautiful as others, even look blurred. These defects might be found somewhere in the book, we sincerely accept comments, suggestions, and criticisms from colleagues.

Tang Lingyu
May 2015

目 录

前言

| 第一章 |

中国现代植被与第四纪植被概述

一、西北地区	唐领余 沈才明 (2)
(一) 现代植被概况	(3)
1. 新疆东部戈壁荒漠植被	(3)
2. 柴达木盆地极端干旱荒漠灌丛植被	(3)
3. 河西走廊干旱荒漠灌木和半灌木植被	(3)
4. 黄土高原温带半湿润、半干旱季风气候过渡区森林草原或松栎林	(4)
(二) 第四纪植被概述	(5)
1. 青海地区早更新世以来植被与环境	(5)
2. 藏北高原全新世草原 / 草甸植被演替	(9)
3. 黄土高原晚更新世以来植被与环境	(11)
4. 新疆地区早更新世以来植被与环境	(13)
二、北方地区	唐领余 李春海 (21)
(一) 现代植被概况	(21)
1. 东北地区温带针阔叶混交林和草甸草原	(21)
2. 辽河下游平原、华北平原和晋南关中河谷栎林、油松林和灌丛草原	(23)
(二) 第四纪植被概述	(26)
1. 华北地区早更新世以来植被与环境	(26)
2. 东北地区早更新世以来植被与环境	(30)
三、东南地区	舒军武 唐领余 (36)
(一) 现代植被概况	(36)
(二) 第四纪植被概述	(39)
1. 湖北地区中更新世以来植被演替	(39)
2. 长江下游平原地区晚更新世以来植被与环境	(41)
3. 福建沿海地区末次冰期以来森林植被演替	(45)
4. 台湾中部更新世以来植被与环境	(47)

四、华南地区	毛礼米 唐领余 沈才明 (52)
(一) 现代植被概况	(52)
1. 中亚热带常绿阔叶林南部的亚地带植被	(52)
2. 南亚热带季风常绿阔叶林地带植被	(52)
3. 热带半常绿季雨林和热带季节雨林	(53)
(二) 第四纪植被概述	(55)
1. 珠江三角洲及潮州平原等地区更新世以来孢粉记录的植被	(58)
2. 雷州半岛晚更新世以来及海南岛全新世的植被与气候	(61)
3. 南海海域晚第四纪植被与气候的海洋孢粉记录	(66)
4. 香港地区晚更新世以来孢粉记录的植被	(73)
五、西南地区	舒军武 唐领余 沈才明 (74)
(一) 现代植被概况	(74)
1. 云贵、川西高原地区常绿阔叶林植被	(74)
2. 藏东南地区针叶林为主的植被	(75)
(二) 第四纪植被概述	(76)
1. 滇西北地区第四纪植被	(76)
2. 滇西、滇中南地区第四纪植被与季风气候史	(77)
3. 川西地区中更新世以来植被	(83)
4. 贵州地区第四纪植被与环境	(86)
5. 西藏东南部晚更新世以来植被与季风气候史	(86)
 第二章 	
中国各地区第四纪主要孢粉种类及特点	
一、西北地区	唐领余 毛礼米 (94)
(一) 西北地区第四纪孢粉种类	(94)
(二) 西北地区第四纪主要孢粉类型鉴定特征	(95)
1. 菊科花粉主要类型的鉴定特征	(95)
2. 蒿属、柽柳属、霸王属花粉鉴定特征	(98)
3. 鼠李属、沙棘属、胡颓子属花粉鉴定特征	(98)
(三) 西北地区第四纪主要孢粉形态描述	(100)
1. 西北地区第四纪主要花粉的显微照片	(100)
2. 西北地区第四纪主要花粉的形态描述	(100)
二、北方地区	唐领余 (103)
(一) 北方地区第四纪孢粉种类	(103)
(二) 北方地区第四纪主要花粉类型鉴定特征	(104)

1. 松科各属花粉形态特征检索和鉴定特征比较	(104)
2. 桦木科各属花粉形态的鉴别特征	(105)
3. 柳属与十字花科花粉形态鉴别特征对比	(106)
4. 毛茛科与唇形科三沟型花粉鉴别特征	(107)
(三) 北方地区第四纪主要孢粉形态描述	(108)
1. 北方地区第四纪主要花粉的显微照片	(108)
2. 北方地区第四纪主要花粉的形态描述	(109)
三、东南地区	唐领余 舒军武 (111)
(一) 东南地区第四纪孢粉种类	(111)
(二) 东南地区第四纪主要孢粉类型鉴定特征	(112)
1. 壳斗科花粉形态鉴定特征	(112)
2. 壳斗科几个常见属花粉形态检索表	(112)
3. 壳斗科几个常见、易混淆属花粉形态鉴别特征比较	(113)
4. 热带-亚热带地区几种常见、不易区别的花粉形态鉴别特征	(114)
(三) 东南地区第四纪主要孢粉形态描述	(115)
1. 东南地区第四纪主要花粉的显微照片	(115)
2. 东南地区第四纪主要花粉的形态描述	(115)
四、华南地区	毛礼米 唐领余 (119)
(一) 华南地区第四纪孢粉种类	(119)
(二) 华南地区第四纪主要孢粉类型鉴定特征	(119)
1. 海桑属现代植物分布、古植物地理与花粉形态鉴定特征	(120)
2. 红树科现代植物分布、古生态学研究意义与花粉鉴定特征	(123)
(三) 华南地区第四纪主要孢粉形态描述	(125)
1. 华南地区第四纪主要孢粉的显微照片	(125)
2. 华南地区第四纪主要孢粉的形态描述	(125)
五、西南地区	唐领余 舒军武 (133)
(一) 西南地区第四纪孢粉种类	(133)
(二) 西南地区第四纪主要孢粉类型鉴定特征	(134)
1. 西南地区松科植物分布及花粉特征	(134)
2. 松科花粉检索表	(134)
(三) 西南地区第四纪主要孢粉形态描述	(135)
1. 西南地区第四纪主要孢粉的显微照片	(135)
2. 西南地区第四纪主要孢粉的形态描述	(135)

| 第三章 | 中国各地区第四纪孢粉图版及说明

一、西北地区	唐领余 毛礼米 (140)
蕨类植物孢子 图版 1~3	(141~143)
裸子植物花粉 图版 3~10	(143~150)
被子植物花粉 图版 11~63	(151~203)
二、北方地区	唐领余 李春海 (204)
藻类植物孢子 图版 1~3	(205~207)
苔藓植物孢子 图版 4	(208)
蕨类植物孢子 图版 5~9	(209~213)
裸子植物花粉 图版 9~24	(213~228)
被子植物花粉 图版 25~63	(229~267)
三、东南地区	唐领余 周忠泽 舒军武 (268~269)
藻类植物孢子 图版 1~5	(270~274)
蕨类植物孢子 图版 5~16	(274~285)
裸子植物花粉 图版 17~24	(286~293)
被子植物花粉 图版 25~108	(294~377)
四、华南地区	毛礼米 唐领余 舒军武 (378~379)
蕨类植物孢子 图版 1~6	(380~385)
裸子植物花粉 图版 7~9	(386~388)
被子植物花粉 图版 10~44	(389~423)
五、西南地区	唐领余 李春海 沈才明 (424~425)
藻类植物孢子 图版 1~11	(426~436)
苔藓植物孢子 图版 12	(437)
蕨类植物孢子 图版 13~40	(438~465)
裸子植物花粉 图版 41~69	(466~494)
被子植物花粉 图版 70~131	(495~556)
参考文献	(557)
拉丁学名索引	(580)

Contents

Preface

Chapter 1

Overview of modern and Quaternary vegetation in China

1.1 Northwest region	TANG Lingyu and SHEN Caiming (2)
1.1.1 Overview of modern vegetation	(3)
1.1.1.1 Gobi desert and desert vegetation in eastern Xinjiang	(3)
1.1.1.2 Extremely arid desert and shrubland vegetation in the Qaidam Basin	(3)
1.1.1.3 Arid desert shrub and semi-shrub vegetation in the Hexi Corridor	(3)
1.1.1.4 Sylvosteppe or pine-oak forest in the transitional region between semi-humid and semi-arid monsoonal climate of temperate zone in the Loess Plateau	(4)
1.1.2 Overview of Quaternary vegetation	(5)
1.1.2.1 Vegetation and environment since the early Pleistocene in Qinghai	(5)
1.1.2.2 Holocene vegetation succession of steppe/meadow in north Xizang (Tibet)	(9)
1.1.2.3 Vegetation and environment since the late Pleistocene in the Loess Plateau	(11)
1.1.2.4 Vegetation and environment since the early Pleistocene in Xinjiang	(13)
1.2 Northern region	TANG Lingyu and LI Chunhai (21)
1.2.1 Overview of modern vegetation	(21)
1.2.1.1 Coniferous and broadleaved forest and meadow of temperate zone in Northeast China	(21)
1.2.1.2 Oak forest of river valley, Chinese pine forest, and shrub steppe in the lower valley of Liaohe River, North China plain, southern Shanxi, and central Shaanxi plain	(23)
1.2.2 Overview of Quaternary vegetation	(26)
1.2.2.1 Vegetation and environment since the early Pleistocene in North China	(26)
1.2.2.2 Vegetation and environment since the early Pleistocene in Northeast China	(30)
1.3 Southeast region	SHU Junwu and TANG Lingyu (36)
1.3.1 Overview of modern vegetation	(36)
1.3.2 Overview of Quaternary vegetation	(39)
1.3.2.1 Vegetation succession since the mid-Pleistocene in Hubei	(39)

1.3.2.2	Vegetation and environment since the late Pleistocene in the lower valley of the Yangtze River.....	(41)
1.3.2.3	Forest succession since the last glaciation in southeast coast of Fujian	(45)
1.3.2.4	Vegetation and environment since the late Pleistocene in the central Taiwan	(47)
1.4	South region	MAO Limi, TANG Lingyu and SHEN Caiming (52)
1.4.1	Overview of modern vegetation	(52)
1.4.1.1	Vegetation in the southern zone of middle subtropical evergreen broadleaved forest	(52)
1.4.1.2	Vegetation in the zone of south subtropical evergreen broadleaved forest	(52)
1.4.1.3	Tropical semi-evergreen monsoonal forest and tropical monsoonal forest ...	(53)
1.4.2	Overview of Quaternary vegetation	(55)
1.4.2.1	Vegetation in the Zhujiang delta and Chaozhou plain since the Pleistocene recorded by pollen and spores	(58)
1.4.2.2	Vegetation and climate since the late Pleistocene in Leizhou Peninsula and Holocene vegetation and climate in Hainan Island	(61)
1.4.2.3	Late Quaternary pollen and spores, vegetation and climate records in the South China Sea	(66)
1.4.2.4	Vegetation and climate since the late Pleistocene in Hong Kong	(73)
1.5	Southwest region	SHU Junwu, TANG Lingyu and SHEN Caiming (74)
1.5.1	Overview of modern vegetation	(74)
1.5.1.1	Vegetation of evergreen broadleaved forest in the Yunnan, Guizhou and western Sichuan Plateau	(74)
1.5.1.2	Vegetation of coniferous forest in southeast Xizang	(75)
1.5.2	Overview of Quaternary vegetation	(76)
1.5.2.1	Holocene vegetation in northwest Yunnan	(76)
1.5.2.2	Vegetation and monsoonal climate history since the late Pleistocene in western and south-central Yunnan	(77)
1.5.2.3	Holocene vegetation in western Sichuan	(83)
1.5.2.4	Vegetation and environment since the late Pleistocene in Guizhou	(86)
1.5.2.5	Vegetation and monsoonal climate history since the late Pleistocene in southeastern Xizang	(86)

Chapter 2

Main types of Quaternary pollen and spores and their characteristics in different regions of China

2.1	Northwest region	TANG Lingyu and MAO Limi (94)
2.1.1	Types of Quaternary pollen and spores in Northwest China	(94)

2.1.2	Identifiable features of major Quaternary pollen and spores in Northwest China	(95)
2.1.2.1	Identifiable features of main Compositae pollen types	(95)
2.1.2.2	Identifiable features of <i>Artemisia</i> , <i>Tamarix</i> , and <i>Zygophyllum</i> pollen	(98)
2.1.2.3	Identifiable features of <i>Rhamnus</i> , <i>Hippophae</i> , and <i>Elaeagnus</i> pollen	(98)
2.1.3	Descriptions of morphological features for major Quaternary spores and pollen in Northwest China	(100)
2.1.3.1	Photomicrographs for major Quaternary pollen types in Northwest China ...	(100)
2.1.3.2	Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen types in Northwest China	(100)
2.2	Northern region	TANG Lingyu (103)
2.2.1	Types of Quaternary pollen and spores in Northern China	(103)
2.2.2	Identifiable features of major Quaternary pollen and spores in Northern China	(104)
2.2.2.1	Identification keys of pollen morphology for several saccate genera of Pinaceae	(104)
2.2.2.2	Identifiable features of pollen morphology for genera of Betulaceae	(105)
2.2.2.3	Identifiable features of tricolpate pollen from <i>Salix</i> and Cruciferae	(106)
2.2.2.4	Identifiable features of tricolpate pollen from Ranunculaceae and Labiatae	(107)
2.2.3	Descriptions of morphological features for major Quaternary spores and pollen in Northern China	(108)
2.2.3.1	Photomicrographs for major Quaternary pollen types in Northern China ...	(108)
2.2.3.2	Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen types in Northern China	(109)
2.3	Southeast region	TANG Lingyu and SHU Junwu (111)
2.3.1	Types of Quaternary pollen and spores in Southeast China	(111)
2.3.2	Identifiable features of major Quaternary pollen and spores in Southeast China	(112)
2.3.2.1	Identifiable features of pollen morphology for Fagaceae	(112)
2.3.2.2	Identification keys of pollen morphology for several genera of Fagaceae ...	(112)
2.3.2.3	Identifiable features of pollen morphology for several genera of Fagaceae ...	(113)
2.3.2.4	Identifiable features of pollen morphology for several genera of tropical and subtropical	(114)
2.3.3	Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen and spores in Southeast China	(115)
2.3.3.1	Photomicrographs for major Quaternary pollen types in Southeast China ...	(115)
2.3.3.2	Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen types in Southeast China	(115)

2.4 South region	MAO Limi and TANG Lingyu (119)
2.4.1 Types of Quaternary pollen and spores in South China	(119)
2.4.2 Identifiable features of main Quaternary pollen and spores in South China	(119)
2.4.2.1 Modern distribution and paleophytogeography of <i>Sonneratia</i> and its identifiable features of pollen morphology	(120)
2.4.2.2 Modern distribution and paleoecology significance of Rhizophoraceae and its identifiable features of pollen morphology	(123)
2.4.3 Photomicrographs and descriptions of morphological features for major Quaternary pollen and spores in South China	(125)
2.4.3.1 Photomicrographs for major Quaternary pollen and spores in South China	(125)
2.4.3.2 Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen and spores in South China	(125)
2.5 Southwest region	TANG Lingyu and SHU Junwu (133)
2.5.1 Types of Quaternary pollen and spores in Southwest China	(133)
2.5.2 Identifiable feature of main Quaternary pollen and spores in Southwest China	(134)
2.5.2.1 Plant distribution and pollen features of Pinaceae in Southwest China	(134)
2.5.2.2 Identification keys of pollen morphology for Pinaceae	(134)
2.5.3 Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen and spores in Southwest China	(135)
2.5.3.1 Photomicrographs for common pollen in Southwest China	(135)
2.5.3.2 Descriptions of morphological features for major Quaternary pollen and spores in Southwest China	(135)

Chapter 3

Plates and descriptions of Quaternary pollen and spores in different region of China

3.1 Northwest region	TANG Lingyu and MAO Limi (140)
Spores of the pteridophyte Plates 1–3	(141–143)
Gymnosperm pollen Plates 3–10	(143–150)
Angiosperm pollen Plates 11–63	(151–203)
3.2 Northern region	TANG Lingyu and LI Chunhai (204)
Spores of the algae Plates 1–3	(205–207)
Spores of the bryophyte Plate 4	(208)
Spores of the pteridophyte Plates 5–9	(209–213)
Gymnosperm pollen Plates 9–24	(213–228)
Angiosperm pollen Plates 25–63	(229–267)

3.3 Southeast region	TANG Lingyu, ZHOU Zhongze and SHU Junwu (268–269)
Spores of the algae Plates 1–5	(270–274)
Spores of the pteridophyte Plates 5–16	(274–285)
Gymnosperm pollen Plates 17–24	(286–293)
Angiosperm pollen Plates 25–108	(294–377)
3.4 South region	MAO Limi, TANG Lingyu and SHU Junwu (378–379)
Spores of the pteridophyte Plates 1–6	(380–385)
Gymnosperm pollen Plates 7–9	(386–388)
Angiosperm pollen Plates 10–44	(389–423)
3.5 Southwest region	TANG Lingyu, LI Chunhai and SHEN Caiming (424–425)
Spores of the algae Plates 1–11	(426–436)
Spores of the bryophyte Plate 12	(437)
Spores of the pteridophyte Plates 13–40	(438–465)
Gymnosperm pollen Plates 41–69	(466–494)
Angiosperm pollen Plates 70–131	(495–556)
References	(557)
Index of Latin name	(580)