

# 中国第四纪晚期孢粉记录整理

倪 健<sup>1,2\*</sup> 陈 瑜<sup>1,3</sup> Ulrike HERZSCHUH<sup>2</sup> 董 丹<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093; <sup>2</sup>阿尔弗雷德-魏格纳极地海洋研究所, 波茨坦 14473; <sup>3</sup>中国科学院研究生院, 北京 100049

**摘 要** 孢粉数据库是重建过去植被格局以及研究古气候变化和大气圈-生物圈-人类活动相互关系的基础, 而孢粉取样信息的记录和整理是建立孢粉数据库的重要前提。该文在收集我国1960–2008年发表的孢粉研究文献的基础上, 整理分析了第四纪晚期, 尤其是2万年以来(全新世为主)全国孢粉采样点的信息, 包括采样地点名称、详细采样位置、省份、采样点经纬度和海拔高度、样品类型、取样深度、孢粉样品数量、<sup>14</sup>C测年数量及年代记录、覆盖的时间段和参考文献。总结发现, 我国目前共有2 324个表土/湖泊表层花粉采样点和987个第四纪晚期的地层沉积剖面和钻孔, 其中高质量的地层孢粉采样点714个。虽然我国以及部分国际上从事第四纪研究的科学家尽了最大努力开展中国疆域的孢粉学研究, 但由于人力、物力以及地形条件的限制, 在我国仍然存在部分孢粉采样的“地理空隙”, 比如北方和西北荒漠地区、青藏高原无人区、中南部山区和东部人类活动频繁区域。然而, 该数据信息库的不断完善, 将为中国第四纪孢粉数据库的建立奠定良好基础。

**关键词** 中国孢粉数据库, 地层孢粉, 全新世, 第四纪晚期, 现代花粉

## Late Quaternary pollen records in China

NI Jian<sup>1,2\*</sup>, CHEN Yu<sup>1,3</sup>, Ulrike HERZSCHUH<sup>2</sup>, and DONG Dan<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; <sup>2</sup>Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research, Potsdam 14473, Germany; and <sup>3</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

### Abstract

Pollen data are the foundation of reconstructing past vegetation patterns and of studying past climate changes and interactions among atmosphere, biosphere and human activities. We searched for pollen-related literature published and reported from the 1960s to 2008 and collected late Quaternary pollen sampling information for China. We focused on the past 20 000 years before present (aBP), especially the Holocene. Information includes site name, detailed location in text and in latitude, longitude and elevation, sample type, sediment depth, number of pollen samples, radiocarbon dating, time period, and reference. There are 2 324 surface pollen samples from soils and lakes and 987 cores/profiles of sediment fossil records. Among them there are 714 fossil pollen sampling sites with high quality data of pollen and radiocarbon dating. Despite research has been performed by domestic and international paleo-scientists in collecting pollen samples and in Quaternary studies in China, geographical gaps exist due to the limitation of financial support and poor topographical conditions. These include the northern and northwestern desert areas, non-settlement area of the Tibetan Plateau, mountainous areas of middle-southern China and highly disturbed areas of eastern China. More pollen sampling records are needed to update and complete the information database. Such information will greatly benefit the Quaternary Chinese Pollen Database. Furthermore, scientific questions can be addressed based on the databases, such as what the geographical patterns of paleovegetation in China were during the late Quaternary, what were the key times of vegetation shifts (abrupt changes), what were the driving factors of vegetation changes, climate change or human disturbances, and how have vegetation changes influenced local and regional climates?

**Key words** Chinese Pollen Database, fossil pollen, Holocene, late Quaternary, modern pollen

孢粉数据库是重建大尺度古植被格局的基础, 而不同时空尺度的古植被分布则是探讨物种迁移、

古气候变化与模拟、古生物地球化学循环、生物圈和大气圈相互作用与反馈及其与人类活动的相互

作用等的前提。目前在全球和洲际尺度上已经建立了多个孢粉数据库,如全球孢粉数据库(Global Pollen Database, GPD)、欧洲孢粉数据库(European Pollen Database, EPD)、北美孢粉数据库(North American Pollen Database, NAPD)、非洲孢粉数据库(African Pollen Database, APD)和拉丁美洲孢粉数据库(Latin American Pollen Database, LAPD)等(<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/pollen.html>)。孢粉数据库的建立使得古植被的重建从研究点到区域、洲际和全球尺度,从定性描述走向定量重建,从而可在大空间尺度和长时间序列上探索植被、气候和人类干扰的相互关系,为更好地理解地球系统奠定基础。利用这些孢粉数据库,大尺度古植被重建和制图工作得到迅速发展,代表性的如BIOME6000全球古植被制图计划(Prentice & Webb, 1998; Prentice *et al.*, 2000; 陈瑜和倪健, 2008)。

中国第四纪孢粉数据库建于1995年,收集了我国孢粉学家半个世纪以来积累的丰富资料(孙湘君等, 1999; 中国第四纪孢粉数据库小组, 2001),并开始了我国古生物群区的制图工作(孙湘君等, 1999; 于革, 1999; 倪健, 2000),陆续开展了全国尺度上基于表土花粉和地层孢粉记录的现代与全新世中期和末次盛冰期古植被重建工作(Yu *et al.*, 1998, 2000; 中国第四纪孢粉数据库小组, 2000, 2001),并尝试建立了基于地理信息系统(GIS)的孢粉信息管理系统(肖霞云等, 2002)。

在2007年孢粉学年会上,我国老一代和年轻一代孢粉学工作者倡议建设新的中国孢粉数据库(许清海, 2007)。然而,我国孢粉数据库的建设存在很多限制因素,除了数据共享、人力、物力等之外,孢粉采样记录信息的缺乏是其中的一个重要限制条件,也就是说,我们还没有摸清全国孢粉采样点的信息家底。全国到底已经在哪些地点采集了孢粉数据?这些采样点的空间分布格局如何?这些孢粉记录覆盖了哪些时段?孢粉数据和测年数据的质量如何?原始数据的获取难易和共享程度如何?为此,我们在收集全国所有中英文孢粉、古植物、古植被与古气候研究文献的基础上,整理分析了我国第四纪晚期(尤其是20 000碳14测年以来)孢粉采集信息,以为建设新的中国第四纪孢粉数据库提供有用的资源。

## 1 文献整理与孢粉数据采集信息

利用传统图书馆和网上图书馆(“维普资讯网”和“中国知网”)的全文数据库、硕博士论文数据库、ISI Web of Science),我们查阅收集了1960–2008年发表的所有与孢粉研究相关的文献全文,包括研究论文、工作报告、学位论文、专著等,网上图书馆所用检索关键词包括“孢粉”、“古植被”、“古植物”、“古气候”、“古环境”,以及主要孢粉工作者的姓名等,涉及的年代包括第四纪晚期,但以2万年以来,尤其是全新世为主,共阅读和整理约1 300余篇文献,从中提取与孢粉采样和研究的所有相关有用信息。

记录的条目包括:采样地点名称、详细采样位置、省份、采样点经纬度和海拔高度、样品类型、取样深度、孢粉样品数量、<sup>14</sup>C测年数量及年代记录、覆盖的时间段(ka BP)和参考文献,最后统一编号,检查原始数据的有无、数据的可用性,合并或删除重复的样点信息(一个孢粉采样点可能从不同角度撰写文章)。所有信息汇总在Microsoft Excel文件中(详情见网上附件1和2, <http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian1.XLS>和<http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian2.XLS>),参考文献按照通用格式记录在Microsoft Word文档中。

## 2 中国第四纪晚期孢粉采样点

我们总共获得3 311个孢粉采样点的信息,其中包括2 324个表土/湖泊表层花粉采样点(图1,附件1:中国表土/湖泊表层花粉采样点信息, <http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian1.XLS>)和987个沉积物钻孔或剖面采样点(图2,附件2:中国地层孢粉采样点信息, <http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian2.XLS>)。

### 2.1 土壤和湖泊表层花粉采样点

现代花粉样品一般采集于土壤表层(土壤、地衣苔藓层、枯枝落叶层)和湖泊表层沉积(表层沉积物、湖泊钻孔和剖面顶层),以前者居多。目前收集的现代花粉采样点分布于全国不同地理区域和植被类型中,孢粉数据质量控制较好,这2 324个样品可有效地用于古植被重建的现代花粉与现代植被校验。它们以北方地区(内蒙古高原)、青藏高原东部、黄土高原、南部地区较为集中,但在部分地区没有采

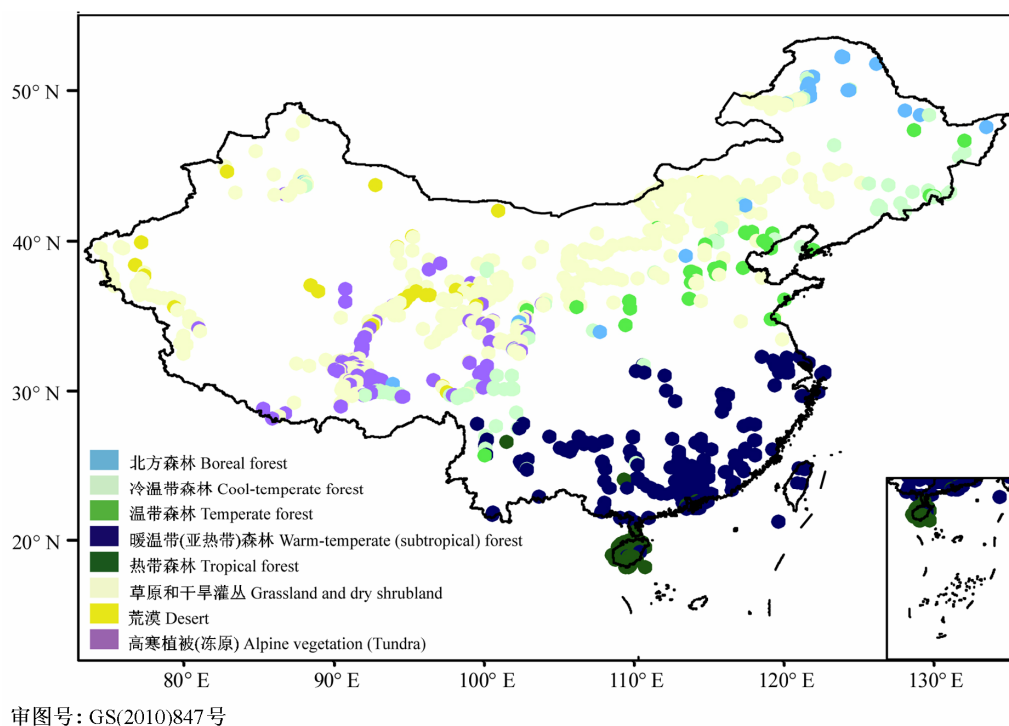


图1 中国表土/湖泊表层花粉采样点分布图及其现代生物群区类型。

Fig. 1 Geographical distribution of pollen sampling sites in surface soils and lakes in China, and their modern mega-biome types.

样点,如东北地区的黑龙江、吉林和内蒙古交界山区、华中和华东的山区和人类活动频繁区、西北荒漠区(尤其是塔克拉玛干沙漠、腾格尔沙漠和库布齐沙漠等)、青藏高原中部和北部无人地区、西南热带地区(图1),这将是未来工作的重点区域。

## 2.2 地层孢粉采样点

地层孢粉的采集样点地理分布格局优于现代花粉,无采样区域较少,但在东北的北部、中蒙边界地区、青藏高原中部以及南方部分地区仍然缺少地层孢粉采样点(图2)。从行政区域分布(表1)来看,新疆、西藏、青海、甘肃、内蒙古、黑龙江、江苏、广东等省和自治区的采样点较多,一来说明这些地区是第四纪孢粉学和地质学研究的热点区域,另外也说明在这些地区和附近省份从事孢粉学研究的相关研究单位和人员较多;而宁夏、山西、河南、湖南、江西、台湾、广西和海南等省和自治区的采样点很少,与其土地面积不相称。因此,在将来的古植物学和古生态学工作中,除了考虑研究意义、重要性与科学问题之外,地理区域的代表性和填补空白研究区域也值得考虑。

从孢粉数据本身的质量(孢粉取样精度达到1–5 cm间隔,鉴定至少达到300–400粒,样品完整,且有

连续性)和 $^{14}\text{C}$ 测年的数量和质量(每个样点至少有1个测年数据,包括常规测年和加速器质谱方法,少数样点也包括热释光测年)衡量,在地层孢粉记录中,由于取样年代的差异和方法、财力的限制,只有其中的714个剖面 and 钻孔数据的质量较高(图3)。按照样品的类型将其分为7大类:土壤钻孔和剖面(包括来自洪积物、冲积物、古土壤、滨海和三角洲等地区的剖面 and 钻孔)共211个,湖泊沉积剖面 and 钻孔229个,泥炭钻孔和剖面138个,黄土剖面52个,考古点包括洞穴剖面55个,海洋沉积钻孔28个,冰川冰雪钻孔1个。

从空间地理分布来看,干旱-半干旱地区和青藏高原虽然孢粉研究工作很多,但大部分都集中在某些特定的区域里,而新疆的东部和南部、甘肃的北部、内蒙古的西部和北部与蒙古交界处、青藏高原的中部和北部的取样相对很少,整个中部和东部地区也存在大面积的取样空隙(图3);从行政区域来看,安徽、重庆、广西、海南、贵州、河南、湖南、江西、辽宁、宁夏、山西、台湾、天津等省市自治区存在较大的高质量孢粉取样地理空隙(表1),这些都是今后需要重点工作的区域。

从时间序列来看,0–2 ka BP时间段有48个样点,

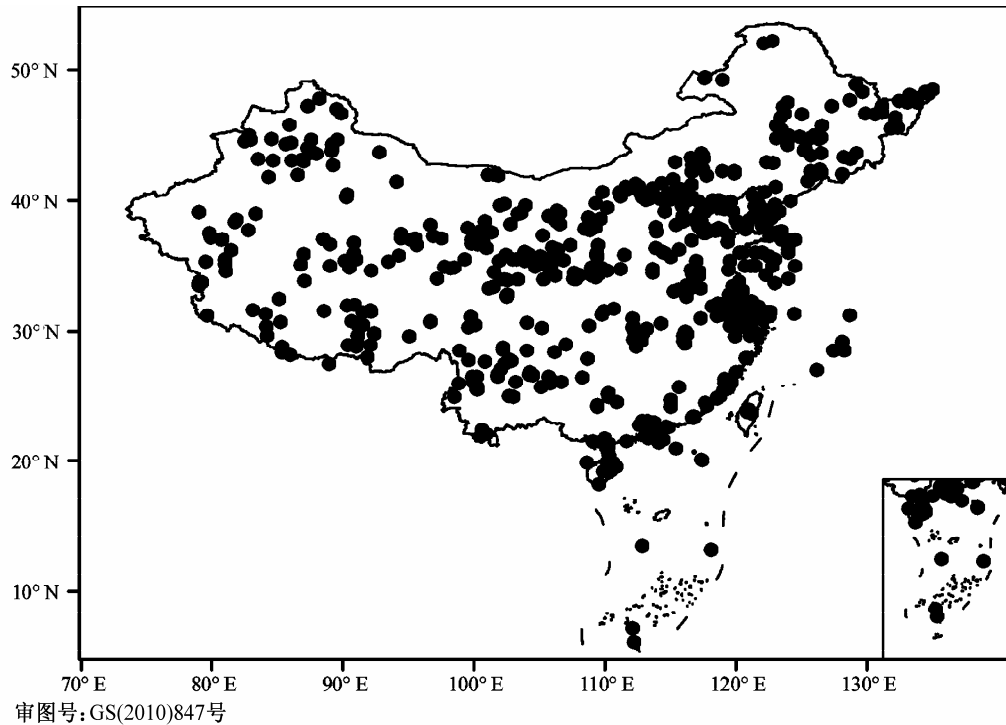


图2 中国第四纪晚期地层孢粉采样点分布图。

Fig. 2 Geographical distribution of fossil pollen sampling sites in China during late Quaternary.

表1 地层孢粉采样点在各省、直辖市和自治区的数量

Table 1 The numbers of fossil pollen sampling sites in different provinces, municipalities and autonomous regions

行政区域 Administrative division	地层孢粉采样点 Sampling sites of fossil pollen	高精度地层孢粉采样点 High quality sampling sites of fossil pollen	行政区域 Administrative division	地层孢粉采样点 Sampling sites of fossil pollen	高精度地层孢粉采样点 High quality sampling sites of fossil pollen
安徽 Anhui	19	6	辽宁 Liaoning	21	13
北京 Beijing	28	9	宁夏 Ningxia	6	6
重庆 Chongqing	3	3	海洋 Ocean	55	24
福建 Fujian	24	19	青海 Qinghai	52	28
甘肃 Gansu	59	37	陕西 Shaanxi	39	31
广东 Guangdong	42	41	山东 Shandong	22	18
广西 Guangxi	13	11	上海 Shanghai	33	18
贵州 Guizhou	27	15	山西 Shanxi	9	5
海南 Hainan	8	8	四川 Sichuan	21	21
河北 Hebei	36	28	台湾 Taiwan	5	5
黑龙江 Heilongjiang	45	31	天津 Tianjin	5	1
河南 Henan	7	5	新疆 Xinjiang	80	71
湖北 Hubei	23	21	西藏 Xizang	61	49
湖南 Hunan	2	0	云南 Yunnan	33	25
内蒙古 Inner Mongolia	52	49	浙江 Zhejiang	30	21
江苏 Jiangsu	75	61	香港 Hong Kong	2	0
江西 Jiangxi	11	6	澳门 Macau	0	0
吉林 Jilin	39	28	合计 Total	987	714

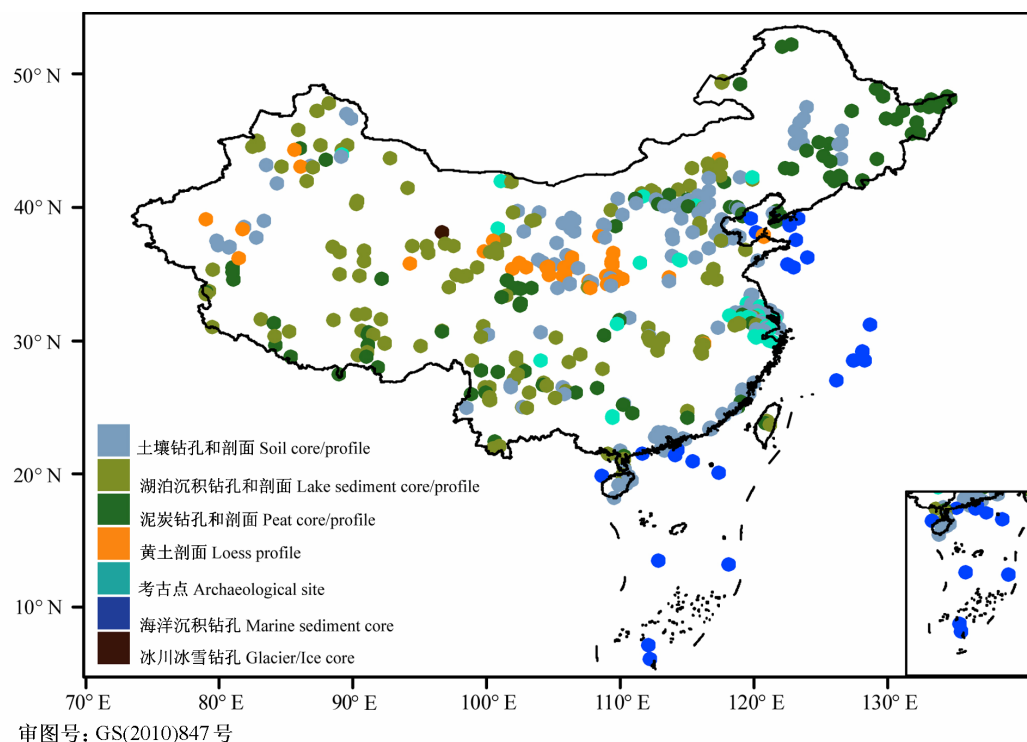


图3 中国第四纪晚期地层孢粉高质量数据采样点分布图。

Fig. 3 Geographical distribution of high-quality fossil pollen records in China during late Quaternary.

2–6 ka BP有176个样点, 6–11 ka BP有220个样点, 11–20 ka BP有129个样点, 大于20 ka BP有141个样点。总计全新世(0–11 ka BP)共444个样点, 其他时间段270个样点。

### 3 讨论和展望

虽然我们尽了最大努力收集文献和孢粉采样记录, 但诸多遗漏之处肯定在所难免, 尤其是一些未发表的报告资料和近期正在开展的研究难以获取相关采样信息, 信息收集和数据整理的工作仍然任重道远。

在统计工作中发现, 很多采样和样品处理信息不全面, 在文献中没有记录或者信息比较模糊, 这就对科研工作者提出要求, 在描述样品采集与处理过程时, 应尽可能详细和准确。

野外采样也同样存在较多问题, 比较突出的是采样点周围环境信息记录不详细, 经常缺少相关信息, 这与研究者的工作背景有一定关系, 比如生态学家往往忽视了地质、地貌等信息的记录, 而地质学家往往不能准确地记录植被和物种信息, 等等, 这就需要多学科科学工作者的交叉配合, 共同完成

野外采样工作。

原始孢粉数据的获取是一件非常困难的事情, 仅有部分古植物学家和古地质学家愿意提供和共享其孢粉数据, 数据共享程度很低, 这在很大程度上阻碍了我国孢粉数据库工作的顺利开展, 遏制了古植被与古气候相关领域的研究, 这是一个非常紧迫、急需重视和亟待解决的问题。

通过孢粉采样信息的整理和孢粉数据库的建立, 我们可进一步深入开展百年至千年尺度上的古植被动态定量重建, 同时可根据古植被变化的信息反演过去的气候变化特征; 类似的工作已经利用中国第四纪孢粉数据库的第一个版本得以开展(Yu *et al.*, 1998, 2000; 中国第四纪孢粉数据库小组, 2000, 2001; 陈瑜和倪健, 2008), 但仍有巨大的研究潜力。未来的工作需要包括以下重要方面: 收集更多原始的孢粉数据和信息记录; 整合孢粉数据并使其统一化, 包括孢粉类群标准化和测年质量控制等; 定量、动态重建古植被和古气候; 进行古植被模拟以及模型-数据比较。通过这些工作, 有望在中国古植被研究中解决以下关键科学问题: 我国第四纪晚期古植被地理格局如何? 其千年和百年尺度上的时

间动态变化如何? 植被迁移或突变的关键时段是什么时候? 植被变化的主要驱动因素是什么, 气候变化或者是人类干扰影响? 古植被变化如何影响局域和区域气候? 上述古植被问题的解决, 有助于大的时空尺度上古气候和古地质等相关研究的进一步开展和升华。

**致谢** 孢粉数据和信息的收集和积累于1997–2009年间完成, 得到国家自然科学基金委员会(30590-383、90102009和39700018)和德国研究基金会(He 3622/11)的长期资助。感谢众多孢粉学工作者提供其宝贵的文献和数据, 他们是蔡永立、韩辉友、黄赐璇、孔昭宸、李平日、李升峰、李容全、李文漪、李月丛、刘平妹、刘鸿雁、刘光琇、刘俊峰、吕厚远、廖淦标、宋长青、孙湘君、唐领余、童国榜、王曼华、文启忠、夏玉梅、徐家声、许清海、阎顺、羊向东、于革、张芸、郑卓、朱诚等(若有遗漏, 敬请谅解)。感谢霍婷婷、逯林帮助收集和录入孢粉研究文献和数据。

## 参考文献

- Chen Y (陈瑜), Ni J (倪健) (2008). Quantitative palaeovegetation reconstruction at large scale based on pollen records. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)* (植物生态学报), 32, 1201–1212. (in Chinese with English abstract)
- Members of China Quaternary Pollen Base (中国第四纪孢粉数据库小组) (2000). Pollen-based biome reconstruction at middle Holocene (6 ka BP) and Last Glacial Maximum (18 ka BP) in China. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 42, 1201–1209. (in Chinese with English abstract)
- Members of China Quaternary Pollen Base (中国第四纪孢粉数据库小组) (2001). Simulation of China biome reconstruction based on pollen data from surface sediment samples. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 43, 201–209. (in Chinese with English abstract)
- Ni J (倪健) (2000). BIOME 6000 Project: latest advances of reconstructing palaeobiome. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 11, 465–471. (in Chinese with English abstract)
- Prentice IC, Webb T III (1998). BIOME 6000: reconstructing global mid-Holocene vegetation patterns from palaeoecological records. *Journal of Biogeography*, 25, 997–1005.
- Prentice IC, Jolly D, BIOME 6000 participants (2000). Mid-Holocene and glacial maximum vegetation geography of the northern Continents and Africa. *Journal of Biogeography*, 27, 507–519.
- Sun XJ (孙湘君), Song CQ (宋长青), Chen XD (陈旭东) (1999). China Quaternary Pollen Database (CPD) and “BIOME 6000” Project. *Advance in Earth Sciences* (地球科学进展), 14, 407–411. (in Chinese with English abstract)
- Xiao XY (肖霞云), Xiao JY (萧家仪), Zhang RH (张瑞虎), Guo P (郭平) (2002). Sporopollen information management system supported by GIS. *Journal of Nanjing Normal University (Natural Science)* (南京师范大学学报(自然科学版)), 25, 48–52. (in Chinese with English abstract)
- Xu QH (许清海) (2007). About the propose of establishing “The Chinese Quaternary Pollen Database Center”. *Newsletter of the Palynological Society of China* (中国古生物学会孢粉学分会简讯), 1, 4–5. (in Chinese)
- Yu G (于革) (1999). Studies on Biomization and the Global Palaeo-Vegetation Project. *Advance in Earth Sciences* (地球科学进展), 14, 306–311. (in Chinese with English abstract)
- Yu G, Chen XD, Ni J, Cheddadi R, Guiot J, Han H, Harrison SP, Huang C, Ke M, Kong Z, Li S, Li W, Liew P, Liu G, Liu J, Liu K-B, Prentice IC, Qui W, Ren G, Song C, Sugita S, Sun X, Tang L, van Campo E, Xia Y, Xu Q, Yan S, Yang X, Zhao J, Zheng Z (2000). Palaeovegetation of China: a pollen data-based synthesis for the mid-Holocene and last glacial maximum. *Journal of Biogeography*, 27, 635–664.
- Yu G, Prentice IC, Harrison SP, Sun X (1998). Pollen-based biome reconstruction for China at 0 and 6000 years. *Journal of Biogeography*, 25, 1055–1069.

特邀责任编辑: 朱 华 责任编辑: 王 威

# 《中国第四纪晚期孢粉记录整理》

文中网上附件 1 (<http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian1.XLS>) 和附件 2 (<http://www.plant-ecology.com/qikan/manage/wenzhang/S090229fujian2.XLS>)的网址更新为:

附件 1: <https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/S090229-1.xls>

附件 2: <https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/S090229-2.xls>