

文章编号: 1006-6616 (2001) 04-0315-06

太白山芳香寺剖面孢粉记录的古气候重建

张俊牌¹, 童 敏¹, 王书兵², 童国榜¹

(1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 正定 050803;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081.)

摘 要: 本文利用秦岭太白山表土孢粉建立的孢粉-气候模型, 对芳香寺剖面孢粉数据进行了气候重建, 取得了近千年的气候序列 (包括年均温、1月均温、7月均温及年降水量)。认为小冰期开始于 1200aAD, 结束于 1920aAD, 其中冰盛期为 1350aAD ~ 1700aAD。这与史料、古湖泊、树轮、冰川研究的结果基本相近。本区的气候变化与太白山南坡佛爷池地区气候的变化基本一致。由于本区位置较低, 且位于北坡, 所以气温数值较高, 波动幅度大, 降温幅值较大及年降水量稍大。本区升温时年较差增大, 降温时相反, 标志着 7 月均温对气候变化极为敏感, 从而显示夏季季风的兴衰不容忽视。

关键词: 太白山; 近千年来; 孢粉-气候; 古气候重建; 年较差

中图分类号: P534.6

文献标识码: A

定量重建最近 2000 年气候序列, 是全球变化研究中的一个热点和难点。虽然利用物候记录, 考古资料、仪器测量数据及树木年轮等取得了许多有价值的短时间尺度的气候重建序列, 但利用孢粉资料的成果不多见。利用太白山佛爷池剖面的孢粉资料重建近千年来古气候序列, 很好地揭示了小冰期及中世纪温暖期的气候变化过程及季风变迁特点^[1,2], 表明位于林线附近的孢粉记录对气候变化极为敏感。本文依据太白山红杉林中的芳香寺剖面孢粉记录重建古气候, 并与佛爷池剖面进行比较, 进一步认识我国中部季风区对全球气候变化的响应状况。

1 地层剖面与孢粉组合

芳香寺剖面位于秦岭太白山北坡 (33°59' N, 107°44' E), 海拔约 3000m 的沟谷中。植被为太白红杉 (*Larix chinensis*) 林^[3], 乔木层伴生有巴山冷杉 (*Abies fargesii*), 林下灌木及草本稀疏, 有少量头花杜鹃 (*Rhododendron capitatum*)、四川忍冬 (*Lonicera szechuanica*)、银露梅 (*Dasiphoya glabra*) 等。林中藓类植物繁盛, 主要有镰刀藓 (*Drepanoclaris lycopodioides*)、塔藓

收稿日期: 2001-10-09

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G1998040810), 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室基金资助

作者简介: 张俊牌 (1953—), 女, 高级工程师, 主要从事第四纪孢粉研究。

(*Hylocomium proliferum*) 等。

剖面厚 64cm, 分两层: 上部 (0cm ~ 28cm) 为浅棕黄色半分解的苔藓层, 顶部 8cm 为现代苔藓堆积层; 下部 (28cm ~ 64cm) 为灰黑色泥炭层, 质地均匀, 细腻, 局部有炭屑, 饱水。在底部采集¹⁴C 样品, 测得年龄为 1072a ±42aBP。剖面平均沉积速率约为 0.6mm/a。

剖面孢粉组合 (图 1), 从图中可见组合可划分 2 个孢粉带, 6 个孢粉亚带。孢粉带 (深度 38cm, 约 1350aAD 以下): 孢粉浓度较高 (高于带), 组合中松 (*Pinus*) 占绝对优势, 其次有冷杉 (*Abies*) 及桦 (*Betula*); 灌木茶藨子 (*Ribes*) 及溲疏 (*Deutzia*) 经常出现 (含量 < 5%), 草本蒿 (*Artemisia*) 及蕨类孢子瘤足蕨 (*Plagiogyria*) 有时含量较高; 孢粉带

以松和红杉 (*Larix*)、冷杉占优势, 有时出现少量杜鹃花 (*Rhododendron*) 及桦。蕨类有水龙骨科 (*Polypodium*) 及卷柏 (*Selaginilla*), 草本蒿属有时形成峰值。亚带 b、d、f 中冷杉、红杉含量突出, 亚带 c、e 中松占优势, 有一定数量的蒿属。亚带 a 中以蒿占优势, 桦及落叶乔木花粉 (除桦之外) 虽少, 但仍高于剖面层位, 有别于其它亚带。孢粉组合的波动标志当时植被更替经历了由桦林灌丛—针阔混交林—寒温针叶林—亚高山灌丛—寒温针叶林的过程。这一过程为我们利用太白山表土孢粉资料建立孢粉-气候模型, 恢复古气候创造了有利条件。

2 孢粉—气候模型

本文利用太白山南北两坡的 114 个林下表土孢粉样品的数据来建立孢粉—气候转换模型。这些样品分布在各个植被带中, 如栎灌丛、栎林、桦林、冷杉林、红杉林、亚高山灌丛 (草甸)。各采样点的气候参数依据多个气象台站的多年平均资料插入值求得, 这些台站有眉县 (海拔 507.9m)、太白县 (海拔 1560.7m)、宝鸡 (海拔 1612.4m)、华阴华山 (海拔 2064.9m) 及佛坪 (海拔 1087.7m) 等。孢粉-气候系统由 18 个参数组成, 它们是红杉、冷杉+云杉、铁杉、松、桦、栎+榆、杜鹃、茶藨子、蒿、莎草、水龙骨科、卷柏、瘤足蕨、蕨类等孢粉, 及年均温、1 月均温、7 月均温、年降水量等。最后 4 个为因变量。应用复回归方法建立模型, 运用 SPSS 软件进行计算。回归方程为:

$$Y_1 = 16.299 - 0.139A - 0.166B - 0.458C - 0.458D - 0.0493E - 0.0336F - 0.181G - 0.0961H - 0.201I - 0.428J - 0.0933K - 0.0464L - 0.456M$$

$$Y_2 = 1.045 - 0.144A - 0.124B - 0.341C - 0.141D - 0.0362E - 0.025F - 0.134G - 0.0715H - 0.149I - 0.319J - 0.0694K - 0.0345L - 0.34M$$

$$Y_3 = 30.336 - 0.238A - 0.205B - 0.566C - 0.234D - 0.0608E - 0.0415F - 0.223G - 0.1191H - 0.248I - 0.529J - 0.115K - 0.0572L - 0.563M$$

$$Y_4 = 564.233 + 6.231A + 5.38B + 14.815C + 6.137D + 1.594E + 1.088F + 5.839G + 3.105H + 6.49I + 13.85J + 3.015K + 1.5L + 14.749M$$

式中: A 为红杉; B 为冷杉+云杉; C 为铁杉; D 为桦; E 为栎+榆; F 为蒿; G 为茶藨子; H 为松; I 为杜鹃; J 为莎草; K 为水龙骨科; L 为蕨类孢子总和; M 为卷柏; Y_1 为年均温; Y_2 为 1 月均温; Y_3 为 7 月均温; Y_4 为年降水量。

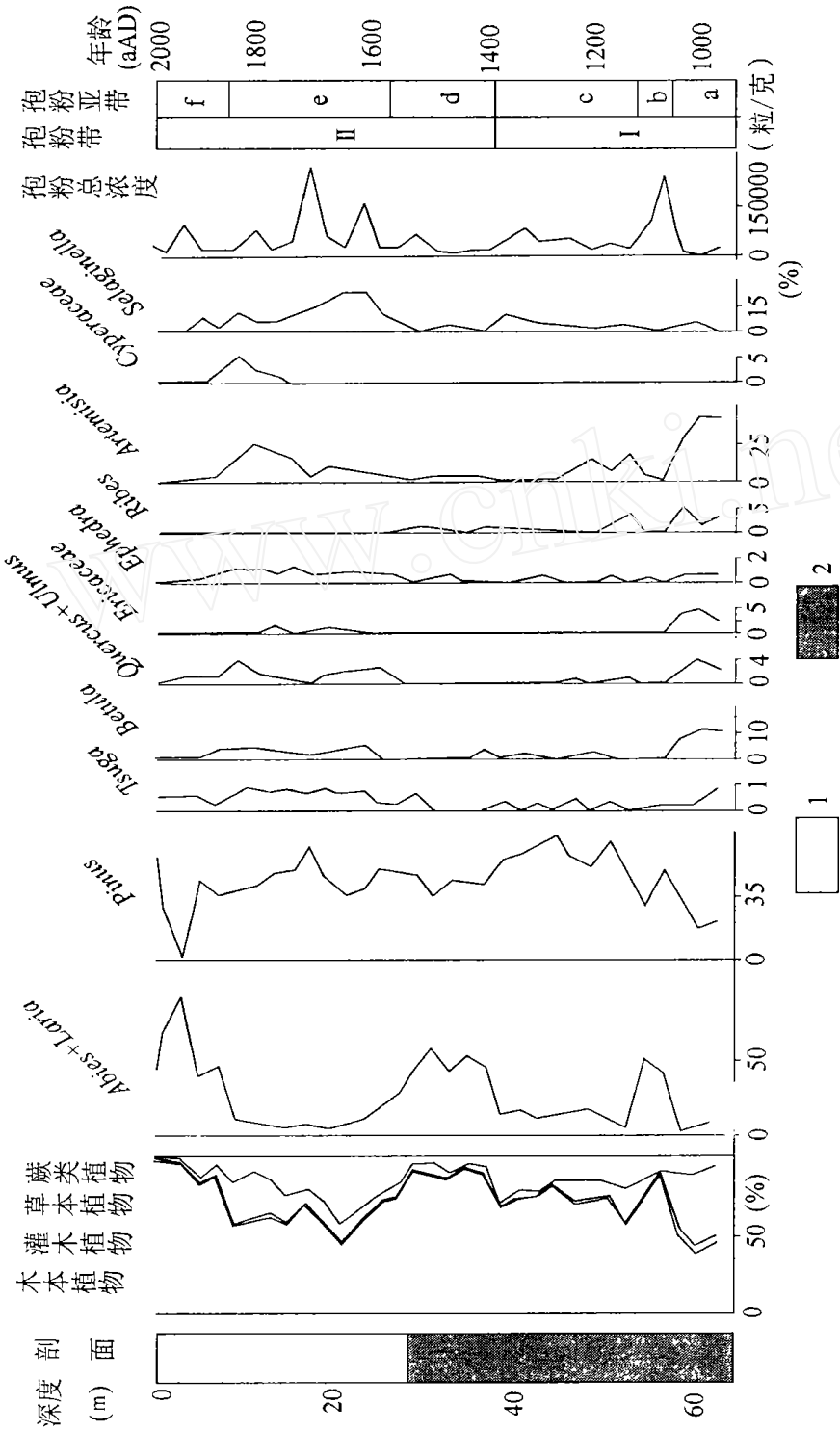


图 1 太白山芳香寺剖面孢粉谱
Fig.1 Sporopollen spectrum of Fangxiangsi profile
1. 苔藓层; 2. 泥炭层

表 1 回归统计检验表
Table 1 Regress statistic test list

因变量		平方和	自由度	方差	F 检验值	复相关系数
平均温度	回归	1431.753	13	110.135	31.94	0.898
	剩余	345.095	100	3.451		
1 月均温	回归	293.884	13	61.068	31.94	0.898
	剩余	191.349	100	1.913		
7 月均温	回归	2180.708	13	167.747	31.914	0.898
	剩余	525.615	100	5.256		
年降水量	回归	1496497.8	13	115115.212	31.914	0.898
	剩余	360700.15	100	3607.002		

模型统计检验结果列于表 1。从表 1 可见，F 检验值远远大于临界值 ($F_{0.01(13,100)}$) 2.30，高出一个数量级。复相关系数值为临界值 ($R_{0.01(112)}$) 0.254 的三倍。该模型可靠，能用于重建古气候系列。

3 结果与讨论

将本剖面的孢粉数据代入上列 4 式，获得近千年来的年均温、1 月均温、7 月均温及年降水量序列，7 月均温减 1 月均温得年较差序列。年较差序列的时间是依据¹⁴C测得数据插值确立的。年均温，年较差及年降水量的时间序列表示于图 2。

从图 2 中可见本地气候演化可划分 3 个阶段，即中世纪温暖期、小冰期和近代温暖期。小冰期时段较完整，为 1200a ~ 1920a AD。其中 1200a ~ 1350aAD 为降温初始期，1350a ~ 1700a AD 为降温最盛期，前期为亚高山灌丛草甸，后期为高山草甸；1700a ~ 1950a AD 为降温回返期，以快速的强烈波动为特征。值得一提的是回返期中 1805a ~ 1920a AD 的降温值比冰盛期还低，佛爷池地区也是如此^[1]，只持续时间较短而已。中世纪温暖期中，1100a ~ 900a AD 时期气候强烈波动，暖干、冷湿的特征很明显，植被为桦林灌丛。

本气候序列变化与佛爷池地区相近，但本地区气温略高 3 ~ 6℃，例如本地年均温主要波动于 - 1 ~ 7℃，佛爷池为 - 3 ~ 1℃^[1]；本地 7 月均温主要波动于 12 ~ 18℃，佛爷池为 5 ~ 12℃；降水量为 850 ~ 1050mm，佛爷池为 800 ~ 1000mm。气温与降水的组合反映本区基本为暖干冷湿。佛爷池则较为复杂，前期为冷湿暖干，晚期为冷干暖湿^[2]。此外，本地小冰期相对于中世纪温暖期降温约 5℃（年均温），佛爷池约为 4℃。本区现代温暖期比小冰期升高 2℃，与佛爷池相接近，产生这些差异可能与所处位置的海拔高度差及植被状况有关。

本区年均温、1 月均温及 7 月均温的变化表现了很好的一致性，但变幅却很不一致，反映在年较差上，气温升高时年较差加大，反之减小。

综上所述，芳香寺剖面反映近千年来的气候变化规律与佛池剖面基本一致。由于本区海拔高度偏低，所以气温值偏高，波动幅度较大，降温值较大，降水量稍大。本区升温时年较差加大，降温时相反，标志着 7 月均温对气候变化极为敏感，从而表明夏季季风的兴衰不容忽视。

本项研究结果获得的气温曲线反映近千年的气候变化过程，与史料^[5]、湖泊^[6]、树

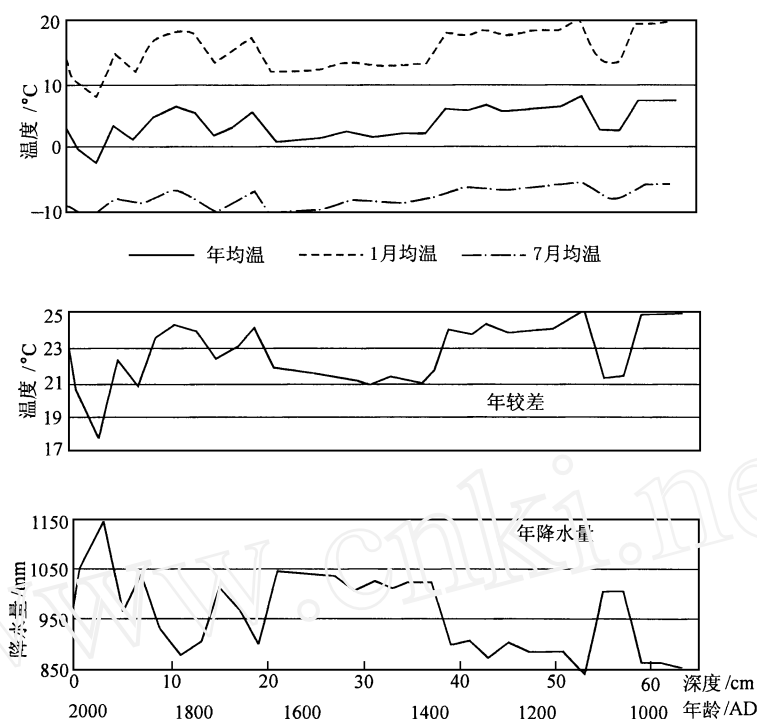


图 2 太白山芳香寺剖面近千年来的气候变化曲线

Fig. 2 Curves of climatic changes of past one thousand years of Fangxiangsi profile, Taibaishan Mountain

轮^[7]、冰川^[8,9]研究的结果基本相近，特别是小冰期最盛期（1350a ~ 1700a AD）与树轮推算的第 2 强冷期为 1420a ~ 1870a AD 对应。从岱海古湖的研究表明 1460a ~ 1520a AD 时期气候干冷出现小冰期极盛期的产物 - 细少层^[6]。我国温性冰川活动揭示本时期终碛垄往往超覆在最外一道终碛垄上^[8]。小冰期以来本区升温 2 左右，与极地、亚极地型冰川区升温 1.4 ~ 2^[9] 相接近，而与季风温性冰川区升温度 0.8^[8] 不同。这表明造成本区气候变化的大气环境类型与前者较接近，而与后者受西风急流和南亚季风环流控制不同。

本剖面测年点太少，孢粉分辨率不高，影响对问题的深入分析和对比。今后尚需寻找建立更高分辨率的序列。

本文初稿经王苏民研究员审阅提出宝贵意见。本项研究始终得到吴锡浩研究员的支持和指导。参加野外工作人员还有赵景波教授、王国辉教授、崔键研究员、曹家栋研究员、胡巍高级工程师。在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 童国榜, 张俊牌, 范淑贤, 等. 秦岭太白山顶近千年来的环境变化 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16 (14): 95 ~ 104.
- [2] 童国榜, 吴锡浩, 童琳, 等. 太白山最近 1000 年的孢粉记录与古气候重建尝试 [J]. 地质力学学报, 1998, 4 (4): 58 ~ 63.
- [3] 陕西省林业厅. 太白山自然保护区综合考察论文 [J]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989, 22 ~ 183.

- [4] 黄海, 罗友丰, 陈志英, 等. Spss 10. 0 for Windows 统计分析 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001, 168 ~ 179.
- [5] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢. 中国小冰期的气候 [J]. 第四纪研究, 1998, (1): 54 ~ 62.
- [6] 曹建适, 王苏民, 沈吉. 内蒙古岱海近千年气候环境变化的初步研究 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20 (2): 15 ~ 20.
- [7] 杨保, 康兴成, 施雅风. 近 2000 年都兰树轮 10 年尺度的气候变化及其与中国其它地区温度代用资料的比较 [J]. 地理科学, 2000, 20 (15): 397 ~ 402.
- [8] 苏珍, 施雅风. 小冰期以来中国季风温冰川对全球变暖的响应 [J]. 冰川冻土, 2000, 22 (3): 223 ~ 229.
- [9] Shi Ya-feng, Liu Shi-yin. Estimatiou on the respond of glaciers in China to the global warming in the 21st century [J]. Chinese science Bulletin, 2000, 45 (4): 668 ~ 672.

PALAEOCLIMATIC RECONSTRUCTION OF SPOROPOLLON RECORDED IN FANGXIANGSI PROFILE, TAIBAISHAN MOUNTAIN

ZHANG Jun-pai¹, TONG Min¹, WANG Shu-bing², TONG Guo-bang¹

(1. Institute of Hydrogeology and Environment Geology, CAGS, Zhengding 050803, China;

2. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China.)

Abstract: In this paper climatic reconstruction of sporopollen data from Fangxiangsi profile was studied, through the sporopollen-climatic model created by sporopollen from surface soil in Taibaishan, Qinling Mountains. Furthermore, the climatic sequence of past one thousand years was obtained (including annual mean temperature, January mean temperature, July mean temperature and annual precipitation). The results show that the small ice age started at 1200a AD and ended at 1920a AD, in which the grand ice age was 1350 ~ 1700a AD, coincided with results of historical data, ancient lakes, tree rings and glaciers. The climatic changes of study area are closed to Foyechi area located in south slope of Taibais-han Mountain. Because the heigth above sea level of Fangxiangsi located at the north slope of Taibaishan Mountain, is lower than Foyechi's, the value, fluctuate range and dropping range of air temperature in Fangxiangsi area turn higher, and annual precipitation is a little greater. When the value of air tempera-ture turns higher, the annual range turns higher; however it turns lower, the opposition. This indicated that July mean temperature is sensitive for climatic changes, showing that the rise and decline of summer monsoon can't be ignored.

Key words: Taibaishan; past one thousand years; sporopollen-climate; palaeoclimatic reconstruction; annual range