DOI:10.19789/j.1004-9398.2016.06.016

北京昌平地区30 000 yr BP以来的古气候研究

李 阳 徐岱南 魏明建*
(首都师范大学全球环境变化实验室,北京 100048)

摘 要

本文选择在第四纪沉积厚度较大的北京昌平地区行打钻取样,获得连续的沉积样品,通过AMS ^{14}C测年手段建立年代框架,提取钻孔上部2~12.4 m沉积物的孢粉,通过分析孢粉的质量浓度及种属组合变化,进而恢复北京地区的古气候状况。研究表明北京昌平地区30 000 yr BP以来的古气候演变经历了4个阶段:29 090~27 200 yr BP为气候寒冷湿润;27 200~19 100 yr BP,主要发育以蒿、藜为主的中旱生草原,反映了这一时期寒冷干燥的气候特征;19 100~11 700 yr BP,主要分布以蒿、藜为主的草原植被,但是覆盖度很低,说明气候进一步变冷变干,是北京气候最寒冷干旱的时期;11 700~4 460 yr BP,为全新世早中期,植物种类丰富,适宜木本植物生长,植被发育针阔叶混交林,气候较为温暖湿润。

关键词: 北京昌平地区,孢粉,古气候,30 000 yr BP.
中图分类号: K903

0 引 言

随着全球气候变化导致的一系列生态、经济问题的日益突出,我们越来越需要对未来气候的变化趋势做出明确的判断,从而提出相应对策解决相关的全球变化问题. 气候变化是一个长期的具有冷暖交替的周期性过程,南极冰芯、深海氧同位素和黄土的研究均显示在第四纪以来出现了多次冰期-间冰期旋回的气候波动. 30 000 yr BP以来,气候也发生了多次波动. 据离现在最近的一次冰期——末次冰期,以及与人类的文明社会,当前社会的一切繁荣、富强、发展、进步都密切相关的全新世,历来是科学家们重点研究的重点,通过试验方法的不断创新,时间分辨率的精细,科学家们依据各种环境替代性指标从不同的角度分析末次冰盛期及全新世我国各个地区的古气候演化. L. G. Thompson、施雅风等对青藏高原古里雅冰芯作分析,认为为中国LGM在青藏高原地区古里雅冰芯的记录出现于16~32 ka BP. 在18 ka BP左右$\delta^{18}O$比现代低6‰,折合气温比现在低10 ℃左右,是一个明显的冷阶段[1]. 唐领余等对黄土高原几个刨面的孢粉分析,认为23 ka BP之后,黄土高原气候冷干以稀树草原为主,在末次盛冰期甚至演化为荒漠草原,在全新世约8.8~5.8 ka BP,沉积环境较为湿润;自3.8 ka BP以后气候环境总的变化趋势是逐渐变干,植被开始向荒漠化草原演变[2]. 段克勤等通过测年得到分辨率为50 a的气候变化记录,研究表明青藏高原中全新世气候极不稳定,期间有多次较大的气候波动和冷事件,并同青藏高原冰川前进有很好的对应性[3]. 薛滨等通过对我国42个湖泊古水量的千年变化分析表明我国东部的区域在冰盛期和晚冰期较为干旱,在全新世有效降水状况有大幅度的改善,全新世中期夏季风降水的效应相当显著,控制的范围围可达整个中国西部[4].

北京作为首都是我国的政治、经济和文化中心,未来的气候变化和环境变迁对北京所可能产生的影响直接关系到我国的政治、经济和文化的发展. 研究古气候的发展规律是预测未来气候的重要基础,所以对北京地区的古气候研究则至关重要. 孢粉是植被信息最为直接的表现,依据孢粉记录重建北京地区的古植被及古生态,进而恢复该区域的古气候状况,为北京的各项决策提供依据显得尤为重要. 对于北京地区孢粉古气候的研究早在1976年就有孔昭宸、杜乃秋、席以珍等对

收稿日期:2014-12-04
* 通讯作者

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

白垩系以来的孢粉进行了分析，但时间分辨率较低. 之后对北京地区的孢粉古气候研究主要集中在全新世和末次冰期－间冰期旋回，研究表明在北京丘陵和平原地区，30 000 yr BP 发育过以云杉、冷杉为优势的针叶林，在 22 000 yr BP 进入以篙蒿和禾本科为代表的草原阶段，以云杉、冷杉、落叶松为代表的亚高山针叶林在 13 000 ~ 12 000 yr BP又一次扩展到北京丘陵和平原地区[5-6]. 周昆叔根据北京周口店、乐新居、积水潭剖面，总结出华北地区第四纪的植被演替规律和气候期划分，将全新世各分为早期、中期、晚期，气候变化具有较冷干－温暖湿润－较冷干的变化，与现今气候类似[7-8]. 赵淑君等通过对北京平原区 3 个钻孔(顺义高丽营 GZK1 孔、昌平马池口 CHZK1 孔及大兴 DZK1 孔)的孢粉资料进行研究和对比，认为北京地区在全新世处于温和湿润的环境[9]. 郝守刚等通过孢粉及蜗牛的分析，认为气候的明显转暖发生在全新世早期，而且当时的年平均温度可能要比现在略高，这不同于前人(孔昭宸、周昆叔等)的全新世早期的年平均温度与现在接近或偏低的观点[10]. 1999 年张佳华、孔昭宸等提高孢粉分析的分辨率，较为详细的揭示了北京房山地区16 000 ~ 7 000 yr BP 的植被演化和环境变迁，研究表明北京存在冷干—冷湿—暖干的气候波动过程[11]. 然而近些年来对北京地区的古气候和环境演化研究总体较少，大多集中在全新世，对于末次冰盛期的研究资料十分贫乏. 为深入了解北京地区古气候的演化机制和历程，从而对预测未来气候提供重要的参考意义，本文在提高孢粉分析的分辨率，依据可靠的^{14}C 测年，研究北京昌平地区末次冰盛期及全新世的气候环境演化.

1　研究区域概况

北京地处华北平原西北缘，为典型的北温带半湿润大陆性季风气候，地带性植被类型是暖温带落叶阔叶林并间有温性针叶林. 岩芯钻孔位于 40°8′22.6″N，116°12′17.1″E，海拔 43 m，地处北京市海淀区上庄镇白水洼村. 钻孔所在位置是昌平盆地的中心地带. 盆地西部、北部为山区、半山区，以南口及居庸关为界，西部山区为太行山山脉余脉的西山，北部山区是燕山山脉的军都山. 沟谷侵蚀搬运的砾石、泥沙在山前形成冲积洪积扇，地势由西北向东南逐渐形成一个缓坡倾斜地带，钻孔位置正处于此倾斜带的中部. 钻孔所在研究区分布有东沙河、北沙河和南沙河，属温榆河上游，钻孔正位于北沙河的河漫滩上. 研究区域内主要存在四大断层，即禾子涧—香山断裂、南口—马驹桥断裂、十三陵—通县断裂、南口山前断裂[12](图 1). 南口—马驹桥断裂与其东南方向的良乡—顺义断裂交汇，形成了沙河凹陷，并在马池口形成了马池口凹陷中心，其中心沉积物厚度可达 600 m 以上. 本钻孔位于马池口中心西南，选择第四纪沉积物厚度适合的位置，使钻孔所覆盖的时段能至 B/M 界限，便于建立时间标尺，另一方面尽可能增大厚度，提高分辨率. 本文主要研究集中在该钻孔上部 12.4 m.

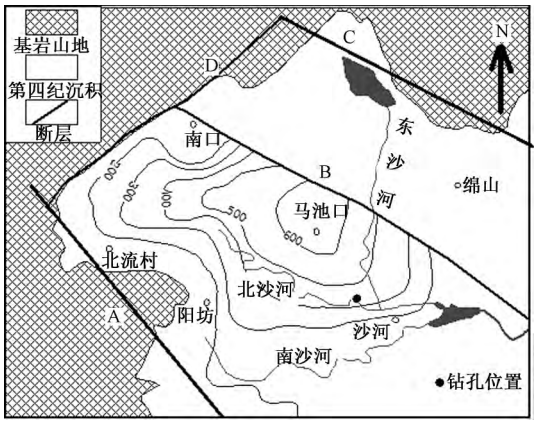


图 1　钻孔位置示意图

钻孔岩性主要为一套灰色、灰棕色、棕黄色的粘土层、粉砂层、砂层，夹杂砾石层，砾石较大，直径多在 1 ~ 9 cm 之间. 2.00 ~ 5.72 m，主要为中砂、细砂，夹粉砂和粉砂质粘土. 5.72 ~ 12.40 m，主要为粘土、粉砂质粘土和粘质粉砂.

2　实验方法

2.1　年代测定

通过同位素 AMS ^{14}C 测试建立合理的年代框架一直研究古气候的重要方法. 本研究 AMS ^{14}C 测试由美国 BETA 实验室完成，共测试 3 个样品，测试结果表明钻孔顶部 2 m 的年龄为 4 460 yr BP，钻孔 6 m 的年龄为 17 070 yr BP，钻孔 12.4 m 的年龄为 29 090 yr BP. 经计算 2 ~ 6 m 之间的平均沉降速率为 32.33 a/cm，6 ~ 12.4 m 之间的平均沉降速率为 18.78 a/cm，12.4 ~ 16.9 m 之间的沉降速率为 24.24 a/cm.

2.2　孢粉提取

采用重液浮选法. 具体步骤如下:

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1) 每个样品称取 100 g,放入 2 000 ml 烧杯并加入石松孢子片.

2) 加入浓度为 36.8% 的盐酸与样品充分反应,每隔 8 小时加 2 000 ml 纯水洗酸,直到溶液呈中性.

3) 加入浓度为 10% 的碳酸钠溶液充分反应,每隔 8 小时加 2 000 ml 纯水洗碱,直到溶液呈中性.

4) 转移至 400 ml 离心管中,离心 15 分钟去水.

5) 重液浮选: 加入比重为 2.2 的重液搅拌均匀后离心,将上层清野转移到烧杯中.

6) 加入浓度为 1% 的冰醋酸,静置 12 小时,将下层沉淀物质通过离心转移至 200 ml 离心管中.

7) 加入氢氟酸,水洗 3 次.

8) 加盐酸除去硅化物、氟化物.

9) 转移至指形管中,加入甘油封存.

2.3 孢粉鉴定

孢粉鉴定使用 OLYMPUS-BX51 显微镜进行,放大倍数一般采用 600 倍,参考的图版包括《中国植物花粉形态》(科学出版社,第二版)、《花粉分析指南》(P. D 摩尔等编,李文漪等译)、《孢子花粉分析》(科学出版社,宋之琛等著)、《中国干旱半干旱地区花粉形态研究》(席以珍等)、《中国热带、亚热带被子植物花粉形态》(科学出版社,1982).

完成鉴定样品共 36 个,每个样品鉴定统计 100 粒以上,鉴定孢粉共计 6 888 粒,51 个种属. 鉴定中出现的主要花粉种属包括: *Artemisia*(蒿属)、Compositae(菊科)、Chenopodiaceae(藜科)、Ranunculaceae(毛茛科)、Rosaceae(蔷薇科)、*Ephedra*(麻黄属)、*Pinus*(松属)、*Corylus*(榛属)、*Juglans*(胡桃属)、*Betula*(桦木属)、*Carpinus*(鹅耳栎属)、*Ulmus*(榆属)、*Quercus*(栎属).

2.4 孢粉图谱的建立

(1) 百分比计算公式

在鉴定时统计各种花粉和外加标志花粉的数量,计算各种沉积物中各种花粉的百分含量和草本、木本植物总含量,通过标志花粉的数量来计算沉积物中主要花粉类型和木本、草本植物花粉的总的浓度(单位为粒/克),绘制百分含量孢粉谱、浓度孢粉谱. 百分比计算公式为:

$$PA(I,J) = \frac{P(I,J)}{A(I)} \times 100\%$$

I 为样品顺序号; J 为鉴定孢粉类型顺序号; $PA(I,J)$ 为第 I 号样品中第 J 种类型孢占第 I 号样品中孢粉总数的百分数; $P(I,J)$ 为第 I 号样品中第 J 种孢粉总数; $A(I)$ 为第 I 号样品中孢粉总数.

(2) 孢粉质量浓度计算

孢粉浓度指单位质量的沉积物中所含的孢粉粒数. 计算公式为:

$$AC(I,J) = \frac{P(I,J) \times L(I)}{S(I) \times G(I)},$$

$AC(I,J)$ 为孢粉浓度,单位是粒/克; $L(I)$ 为每个样品中外加石松孢子数; $S(I)$ 为统计中记下的外加石松孢子数; $G(I)$ 为处理的每个样品的质量.

3 孢粉谱的分析

根据孢粉的质量浓度和各种属孢粉百分比,使用 Tilia 通过对北京昌平钻孔上部 2 ~ 12.4 m 聚类分析画出孢粉图谱,共划分出 4 个孢粉带(图 2、图 3).

Ⅰ带 *Artemisia-Chenopodiaceae-Ulmus-Pinus* 组合带

钻孔深度为 12.4 ~ 11.4 m,对应年代为 29 000 ~ 27 200 yr BP. 本带孢粉质量浓度较大,最高为 2 457.09 粒/克,平均为 1 121.81 粒/克,孢粉类型较为丰富. 草本植物孢粉所占比例很高,平均为 94.57%. 草本植物孢粉主要是蒿属、藜科和水生植物眼子菜属,并伴生少量的荨麻属、毛茛科、木通科、唇形科. 木本植物孢粉种属较丰富,平均百分含量为 5.43%,在 12.4 m 达到最高,为 11.34%,主要出现的木本植物孢粉类型有松属、云杉属、榆属、桦属、鹅耳枥属、麻黄科等. 蕨类孢粉占有一定比例,其中环纹藻平均所占孢粉统计总数的百分比为 5.08%. 本带为较温暖湿润的气候条件.

Ⅱ带 *Artemisia-Ulmus* 带

钻孔深度为 11.4 ~ 7.9 m,对应年代约 27 200 ~ 19 100 yr BP,本带孢粉质量浓度达到最高,较Ⅰ带孢粉质量浓度迅速升高,在 9.3 m 达到最高,为 7 730.53 粒/克,平均为 2 176.40 粒/克,但种属十分单一. 草本植物孢粉所占比例相当高,本带草本植物孢粉所占百分比最低也到达 98.23%,甚至在 8.7 ~ 9.0 m 的草本植物孢粉百分含量达到 100%,同时质量浓度也达到了本钻孔的最高值 7 730.53 粒/克,主要为蒿属、藜科、菊科,伴生少量的毛茛科、唇形科、荨麻属、禾本科等. 木本植物孢粉所占比例很低,平均百分含量为 1.77%,在深度 11.4 m 出现了耐旱植物孢粉柽柳科和耐寒旱的忍冬属.

Ⅲ带 *Artemisia-Pinus-Picea* 组合带

钻孔深度为 7.1 ~ 4.2 m,对应年代约 19 100 ~

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

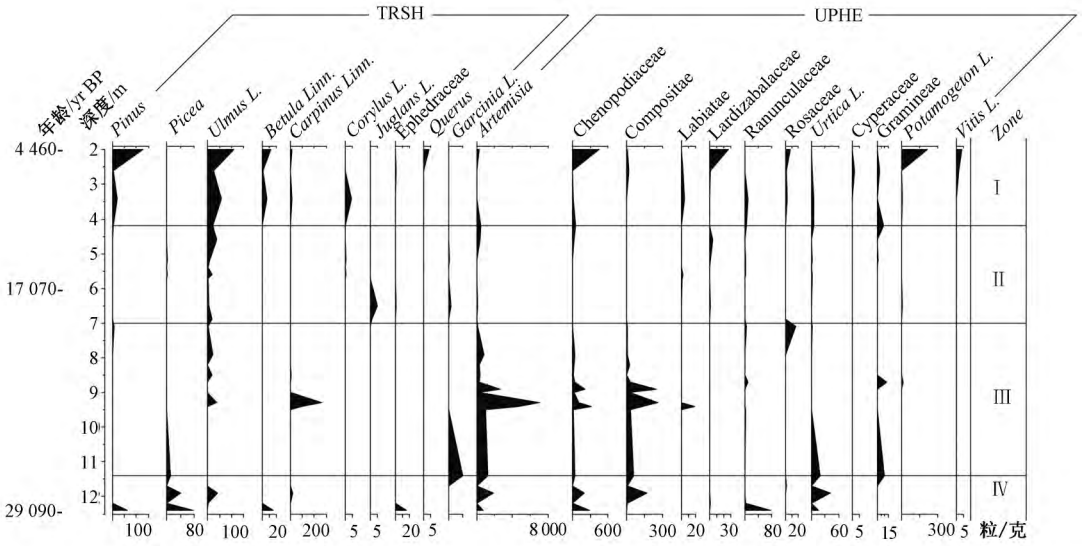


图 2　北京昌平钻孔 2. 0 ~ 12. 4 m 孢粉质量浓度图谱

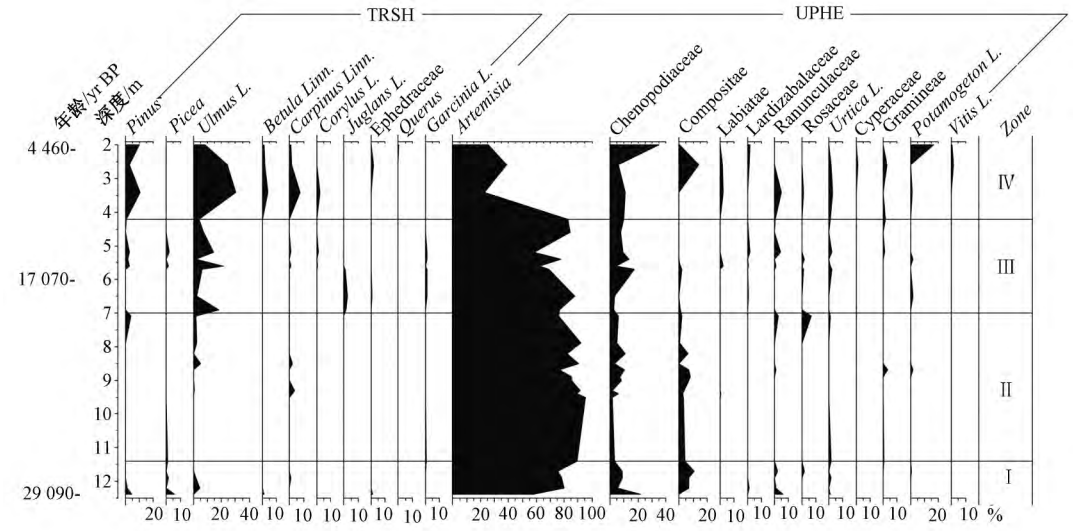


图 3　北京昌平钻孔 2. 0 ~ 12. 4 m 孢粉百分比图谱

11 700 yr BP. **本带孢粉质量浓度迅速降为本钻孔最低值，最低为** 32. 20 **粒/克，最高仅为** 199. 47 **粒/克. 草本植物孢粉占绝对优势，平均百分含量为** 86. 12% **，最高占孢粉统计数** 94. 04% **，其中蒿属孢粉贡献最大，蒿属孢粉平均百分含量为** 68. 9% **，其次为藜科，还有极少量的菊科、荨麻、木通科. 木本植物孢粉含量稍有上升，除了有少量的榆属、松属外，其他木本孢粉十分罕见，在** 5. 7 ~ 6. 9 m **为木本含量最低值.**

Ⅳ *Artemisia-Pinus-Potamogeton* **组合带**

钻孔深度为 4. 2 ~ 2. 0 m **，对于年代约** 11 700 ~ 4 460 yr BP. **本带孢粉质量浓度较大，最低为** 206 **粒/克，最高为** 1 348 **粒/克，平均为** 576 **粒/克，种属较丰富. 草本植物孢粉数在所有孢粉统计数中所占百分比平均为** 70. 8% **，最低为** 55. 77% **，草本植物孢粉主要为蒿属、藜科、菊科，还有毛茛科、荨麻属、木通科、眼子菜属、禾本科. 眼子菜属在** 2. 0 m **处百分含量达到** 15. 82% **，表明在全新世中期气候较为湿润. 木本植物花粉数在所有孢粉统计数中所占比例在** 3. 4 m **达到全新世最高，为** 43. 27% **，最低为** 18. 81% **. 其中松属、榆属、鹅耳枥属是木本植物孢粉的主要组成部分，还有少量的桦木属、榛属、槭属、壳斗科栎属、蔷薇科绣线菊属、麻黄科，种属较丰富，并且在** 2. 0 m **出现了葡萄属.**

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4 结 论

北京昌平钻孔位于北沙河的河漫滩上,根据孢粉质量浓度和百分比的特征,从上到下划分 4 个孢粉带,结合钻孔的沉积环境,表明北京昌平地区 30 000 yr BP 以来的气候大致经历了暖湿—冷干—暖湿的变化过程,为北京地区的古气候研究提供了新的研究数据.

1) 约 29 090 ~ 27 200 yr BP,属末次冰期的间冰阶,主要有针叶树种松属、云杉树及阔叶树种榆属、桦属、鹅耳枥属等的稀疏分布,未发育为针阔叶混交林,植被覆盖度不高. 草本以蒿属、藜科占优势,同时有一定的藻类(如环纹藻)水生植物眼子菜的分布,反映了当时寒冷湿润的气候特征.

2) 约 27 200 ~ 19 100 yr BP,木本植物零星散布,水生植物几乎全部消失,主要发育以蒿、藜为主的中旱生草原,在 22 000 yr BP 左右木本植物和水生植物进一步减少,几乎没有发育木本植物,北京昌平地区分布以蒿为优势的草原植被,反映了这一时期寒冷干燥的气候特征.

3) 约 19 100 ~ 11 700 yr BP,木本植物依然是零星分布,主要分布以蒿、蒿为主的草原植被,但是覆盖度很低,说明气候进一步变冷变干. 是北京气候最寒冷干旱的时期.

4) 约 11 700 ~ 4 460 yr BP,为全新世早中期,由针叶树种松属和阔叶树种榆属、桦属、鹅耳枥属组成的针阔叶混交林较为繁盛,草本植物依然以蒿、藜为主,伴生有菊科、毛茛科、荨麻属等,水生植物眼子菜大量出现,表示全新世温暖湿润的气候特点,综上说明全新世气候整体温暖湿润.

参 考 文 献

[1] 姚檀栋. Thompson L G,施雅风. 古里雅冰芯中末次间冰期以来气候变化记录研究[J]. 中国科学,1997,27(5):447 -452.

[2] 唐领余,李春海,安成邦,等. 黄土高原西部 4 万多年以来植被与环境变化的孢粉记录[J]. 古生物学报,2007,46(1): 45 -61.

[3] 段克勤,姚檀栋, 王宁练,等. 青藏高原中部全新世气候不稳定性的高分辨率冰芯记录[J]. 中国科学,2012,42(9):1441 -1449.

[4] 薛滨,于革. 中国末次冰盛期以来湖泊水量变化及古气候变化机制解释[J]. 湖泊科学,2005,17(1):35 -40.

[5] 孔昭宸, 杜乃秋. 北京地区 30 000 ~ 10 000 年的植物群发展和气候变迁[J]. 植物学报, 1980, 22(4):330 -338.

[6] 孔昭宸,杜乃秋,张子斌. 北京地区 10 000 年以来的植物群发展和气候变化[J]. 植物学报, 1982,3(24):172 -182.

[7] 周昆叔,严富华,梁秀龙. 北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义[J]. 地质科学, 1978(1):57 -64.

[8] 周昆叔. 华北区第四纪植被演替与气候变化[J]. 地质科学, 1984b(2):166 -171.

[9] 赵淑君,程捷,尹功明,等. 北京平原区中更新世以来的孢粉组合及其古气候意义[J]. 古地理学报,2008,10(6):637 -646.

[10] 郝守刚,马学平,夏正楷,等. 北京斋堂东胡林全新世早期遗址的黄土剖面[J]. 地质学报,2002,76(3):420 -430.

[11] 张佳华,孔昭宸,杜乃秋. 北京房山 16 000 ~ 7 000 年以来的植被与环境变迁[J]. 微体古生物学报,1999, 16(4):421 -430.

[12] 李章华. 北京地区第四纪方地理研究[M]. 北京: 地质出版社,1995.

(下转第 66 页)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

convert the discipline knowledge into easily understood form of teaching students. In the model related research, the analysis shows: PCK ingredients are from less to more, core components of PCK are "subject content knowledge ""knowledge of teaching strategies" and "knowledge about the students´ understanding", the order of related research is "A brief introduction of each component of PCK" "Effects of individual components on the overall PCK" "Effects of individual components on a single component" "Integration of the various components", model research methods change from qualitative to quantitative.

Key words: PCK definition, PCK model, PCK components.

(上接第 84 页)

The Study of Paleoclimate Since 30 000 yr BP in Changping District of Beijing

Li Yang Xu Dainan Wei Mingjian

(Global Environmental Change Laboratory, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

The continuous sediments were collected in Changping district of Beijing, where the quaternary sedimentary is rather thick. A chronostratigraphic framework of the sediments was established by AMS ^{14}C dating, and the concentration and species composition of pollen in the sediments were analyzed. The results showed the climate change in Beijing since 30 000 yr BP was divided into 4 stages: the climate was cold and humid during 29 090 ~ 27 200 yr BP; in 27 200 ~ 19 100 yr BP, the climate was cold and dry which dominated by Artermisia-Chenopdiaceae steppe; in 19 100 ~ 11 700 yr BP, the Artermisia-Chenopdiaceae steppe´s coverage became lower and the climate continued to be colder and drier; the last stage corresponded to early and middle period Holocene during 11 700 ~ 4 460 yr BP, the climate was warm and humid, there were varieties of plants and mixed coniferous broad leaved forest developed.

Key words: changping district in Beijing, pollen, paleoclimate, 30 000 yr BP.

作者简介 李阳(1988 -),女,硕士,主要研究方向为自然地理专业.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net