

黑龙江青冈地区晚更新世猛犸象-披毛犀动物群生存的环境背景

姜海涛¹, 赵克良², 王元², 周新郢², 李小强², 丁襟友³, 杨帅¹

1. 黑龙江省区域地质调查所, 哈尔滨 150080; 2. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044; 3. 黑龙江省绥化市青冈县国土资源局, 青冈 151600

摘要: 更新世晚期大型哺乳动物消亡一直是科学界关注的热点科学问题, 其消亡的环境背景和影响机制仍没有形成一致观点。我国东北地区晚更新世地层中保存有丰富的猛犸象-披毛犀动物群 (*Mammuthus-Coelodonta* Fauna) 化石记录, 是研究更新世晚期大型哺乳动物生存环境及消亡过程的理想区域。黑龙江省青冈地区出土有典型的晚更新世哺乳动物化石种类, 如真猛犸象 (*Mammuthus primigenius*)、披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis*) 等。本文以青冈县英贤村化石出土剖面为研究对象, 通过孢粉分析, 重建猛犸象-披毛犀动物群的生存环境背景。青冈地区猛犸象-披毛犀动物群出土于湖沼相沉积中, 研究发现其生存环境的主要植被成分是蒿属、菊科、禾本科、莎草科和云杉属, 指示草甸草原为主, 局地生长有针叶林的植被景观。欧亚大陆晚更新世高纬度地区广泛分布的猛犸象草原植被曾延伸到我国东北地区。

关键词: 晚更新世; 黑龙江青冈县; 顾乡屯组; 猛犸象-披毛犀动物群; 孢粉

中图分类号: Q915.86; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2017)e-0336-09

The survival environment of *Mammuthus-Coelodonta* Fauna in Qinggang, Heilongjiang Province, Northeast China

JIANG Haitao¹, ZHAO Keliang², WANG Yuan², ZHOU Xinying², LI Xiaoliang²,
DING Jinyou³, YANG Shuai¹

1. Heilongjiang Province Institute of Regional Geology Survey, Harbin 150080; 2. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044; 3. Qinggang Bureau of Land and Resources, Heilongjiang Province, Qinggang 151600

Abstract: The megafaunal extinction in the Late Pleistocene has been hot discussed in the scientific fields, however, there have not yet reached consistent point of the impact of environmental change and the climate dynamics background during the mass extinction process.

收稿日期: 2017-08-01; 定稿日期: 2017-09-06

基金项目: 黑龙江省国土资源厅项目 ([2015]680), 国家自然科学基金 (41372175), 中国科学院古生物化石发掘与修理专项

作者简介: 姜海涛 (1985-), 男, 工程师, 主要从事第四纪环境地质研究。E-mail: 114470479@qq.com

通讯作者: 赵克良 (1982-), 男, 副研究员, 主要从事古植被与古生态研究。E-mail: zhaokeliang@ivpp.ac.cn

Citation: Jiang HT, Zhao, KL, Wang Y, et al. The survival environment of *Mammuthus-Coelodonta* Fauna in Qinggang, Heilongjiang Province, Northeast China[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2017, 36e: 336-344

Northeast China, keeping abundant *Mammuthus-Coelodonta* fauna fossil in its wide distributing lacustrine sediments of Late Pleistocene, is very profit to the study of the environmental change and the process of the megafaunal extinction. Recently, a serial of fossil megafaunal fossil of the Late Pleistocene has been unearthed in Qinggang County, Heilongjiang Province, which mainly includes *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis* and so on. In this study, basing on 17 pollen data from Yingxiancun section located in Qinggang County, we reconstructed the vegetation environment of *Mammuthus-Coelodonta* fauna in the area. Our study shows that the Late Pleistocene *Mammuthus-Coelodonta* fauna unearthed in the lacustrine sediment was living in an environment dominated by *Artemisia*, Asteraceae, Gramineae, Cyperaceae with a few of *Picea*. The pollen assemblages reveal that the area was covered by wide distributed meadow with few conifer forests during the Late Pleistocene that indicate the vast Mammoth steppe, which was wide spread in the upper latitude of Eurasian, had also extended to the central part of Northeast China during the Late Pleistocene.

Key words: Late Pleistocene; Qinggang County, Heilongjiang Province; Guxiangtun formation; *Mammuthus-Coelodonta* Fauna; Pollen

1 前言

猛犸象-披毛犀动物群 (*Mammuthus-Coelodonta* Fauna) 是更新世晚期陆地上分布最广的哺乳动物群, 其范围几乎横跨欧亚大陆与北美洲的中高纬度地区^[1-3]。该动物群主要成员有真猛犸象 (*Mammuthus primigenius*)、披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis*)、野牛 (*Bison* sp.)、洞熊 (*Ursus spelaeus*)、普通马 (*Equus caballus*)、大角鹿 (*Megaloceros*)、原始牛 (*Bos primigenius*)、狼 (*Canis lupus*)、马鹿 (*Cervus elaphus*) 等^[4]。进入全新世以后猛犸象-披毛犀动物群大部分成员在地球上消失^[5,6], 其消失的环境背景和影响机制一直是古生物和过去全球环境变化研究关注的重要科学问题之一^[3,7-11]。

我国东北地区猛犸象-披毛犀动物群化石种类丰富、分布极为广泛, 化石出土点几乎遍及东北全区, 一般都分布在松辽平原和河湖一、二级阶地上^[1,12]。基于丰富的化石记录, 我国学者在猛犸象-披毛犀动物群的分布范围、迁徙以及生存环境等方面取得了大量的研究成果^[1,2,13-17]。研究表明, 我国的大型哺乳动物与欧亚和美洲大陆一样在晚更新世末期消亡^[18]。但是, 该动物群在我国的生存环境以及消亡过程仍然缺乏深入的研究^[17-19]。

2015年11月, 黑龙江省区域地质调查所启动《黑龙江省古生物化石调查及保护研究》项目, 并与中国科学院古脊椎动物与古人类研究所合作, 在化石产出比较集中的青冈县德胜乡英贤村开展了系统的古生物野外调查、发掘与古环境研究工作。经过一年多的工作积累, 野外发掘和采样取得了丰硕的成果, 采集到哺乳动物化石上千件, 包括不少保存完整的头骨和头后骨骼标本, 典型的种类有: 真猛犸象、披毛犀、普氏野马 (*Equus przewalskii*)、王氏水牛 (*Bubalus wangsajoki*)、东北野牛 (*Bison exiguus*)、普氏羚羊 (*Gazella przewalskyi*)、河套大角鹿 (*Megaloceros (Sinomegaceros) ordosianus*)、狼、最后斑鬃狗

(*Crocota crocota ultima*) 等。这些种类都是我国东北地区晚更新世猛犸象-披毛犀动物群的典型代表,与蔡保全、尹继才在《黑龙江青冈晚更新世哺乳动物化石》一文的描述化石种类基本一致^[20]。

本文拟以英贤村哺乳动物化石出土剖面为研究对象,通过沉积物的孢粉记录研究,重建青冈地区更新世晚期哺乳动物生存的植被与环境背景,为认识我国晚更新世大型哺乳动物灭绝的环境过程提供参考。关于该剖面产出的哺乳动物群化石的详细描述将另文研究。

2 研究区域概况

英贤村剖面位于黑龙江省绥化市青冈县德盛乡英贤村东南,南距哈尔滨约 130 km,海拔 176 m (图 1)。研究剖面处于松嫩平原腹地,属于温带大陆性季风气候,年平均降水量为 477 mm,年平均气温 2.4-2.6℃,全年无霜期 130 天左右。松嫩平原主要由嫩江和松花江及其支流冲击而成,地势低平,区域内形成不少大小不一的湖泊、洼地和碱湖。地带性土壤以典型黑钙土、碳酸盐黑钙土为主。

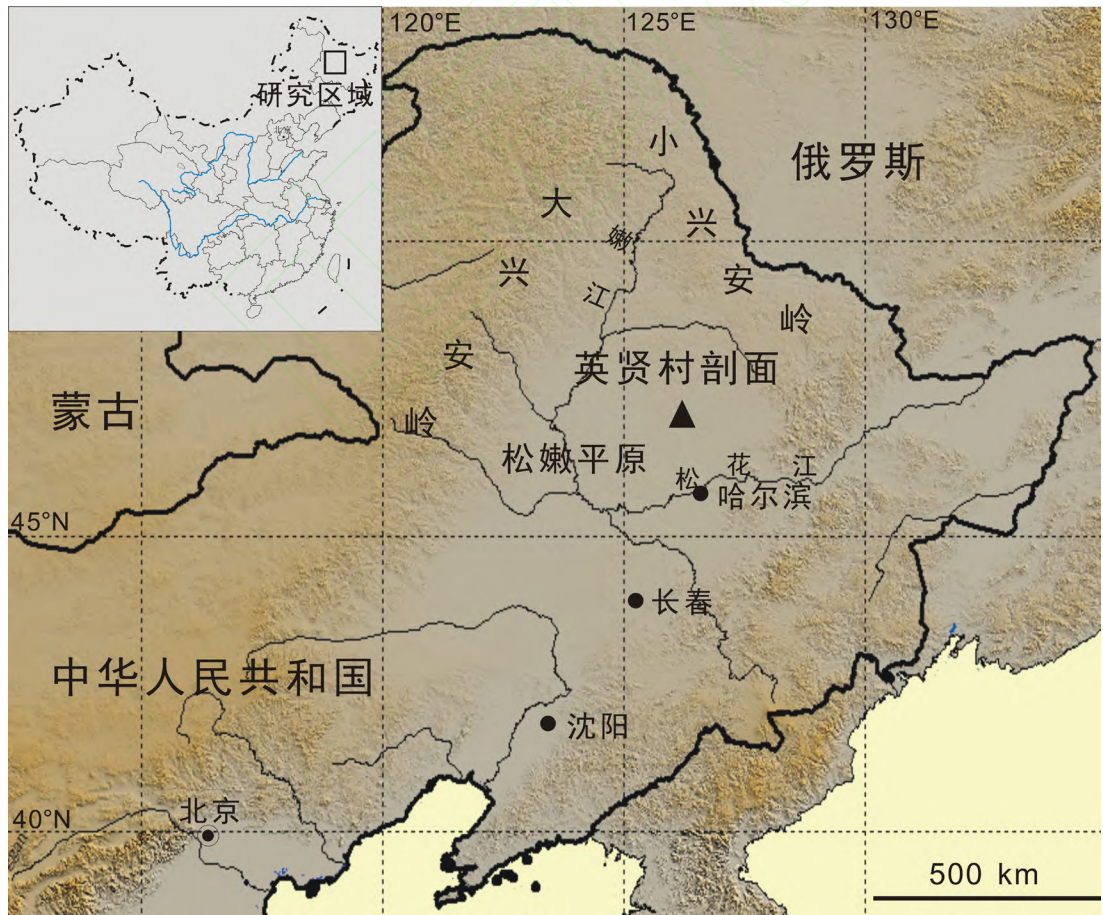


图 1 研究剖面的地理位置
Fig.1 Geographic location of the study section

在肥沃的黑钙土上主要分布以贝加尔针茅 (*Stipa Baicalensis*)、大针茅 (*S. grandis*)、线叶菊 (*Filifolium sibiricum*) 为代表的地带性草甸草原, 常伴生有糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、硬质早熟禾 (*Poa sphondylodes*) 等, 但多被开垦为农田。低平地上, 羊草 (*Leymus chinensis*) 草原占据主导地位, 伴生种有糙隐子草、寸草苔 (*Carex duriuscula*)、野大麦 (*Hordeum brevisubulatum*)、虎尾草 (*Chloris virgata*) 等^[21]。

固定沙丘的顶部有树木生长, 并可形成疏林, 主要有榆 (*Ulmus pumila*)、大果榆 (*Ulmus macrocarpa*)、桑 (*Morus alba*)、灌木有杏 (*Armeniaca vulgaris*)、木蓼 (*Atraphaxis frutescens*) 和麻黄 (*Ephedra sinica*) 等。在流沙和半固定沙丘上主要生长着沙生植被, 常见的植物有沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*)、黄柳 (*Salix gordejvii*) 等。芦苇 (*Phragmites australias*) 沼泽分布于常年积水的泛滥地^[21]。

松嫩平原边缘低山丘陵发育了森林、灌丛及林缘草甸。丘陵阴坡有蒙古栎 (*Quercus mongolica*) 林或蒙古栎、黑桦 (*Betula davurica*) 林, 间或有小片分布的山杨林。海拔较高处还混生白桦 (*B. platyphylla*), 水热较好的地段混生糠椴 (*Tilia mandshurica*)。灌丛植被在丘陵山地与沙地上都有分布, 榛 (*Corylus heterophylla*) 灌丛、胡枝子 (*Lespedeza bicolor*) 灌丛都是森林破坏以后的次生类型, 多见于林缘^[21]。

3 研究材料与方法

本文研究的英贤村剖面厚 920 cm, 是由流水冲刷和人工挖掘共同揭露而成。剖面沉积稳定, 根据沉积颜色和岩性特征将剖面分为以下几层: 1) 0-30 cm, 黑色黏土, 含较多植物根系, 为耕作层; 2) 30-160 cm, 深灰色黏土; 3) 160-450 cm, 黄色黏土, 土质较松散; 4) 450-920 cm, 灰绿色黏土夹黑色黏土, 含植物残体, 是猛犸象-披毛犀动物群化石出土的主要层位。未见底。

由于地形、流水侵蚀以及耕作等原因, 英贤村周围化石的埋藏深度并不一致, 但埋藏地层均为灰绿色黏土。为探索猛犸象-披毛犀动物群的生存环境, 自上而下在不同层位采集土壤样品 17 个用于孢粉分析。每个样品取干重 50 g, 采用盐酸-氢氟酸-盐酸方法处理, 用筛选法将样品中的孢粉集中在试管中, 每个样品鉴定统计 2 个片子。通过显微镜下详细鉴定和统计, 有 5 个样品孢粉化石较少, 统计孢粉不足百粒, 其余样品统计孢粉总数均在 100 粒以上。

将剖面 860 cm 处动物骨骼化石送往美国 BETA 实验室进行 AMS¹⁴C 年代测定。实验室内提取骨骼化石的骨胶原用于年代测定, 由于其中的 ¹⁴C 同位素含量很低, 未能检测到其准确年代 (NA), 给出的测试结果为大于 43.5 ka (表 1)。本文研究剖面的年代框架将进一步结合已有的东北地层学研究成果展开讨论。

表 1 英贤村剖面骨骼化石 AMS¹⁴C 年代
Tab.1 AMS¹⁴C dating age from animal bone in Yingxiancun section

实验室编号	深度	测年材料	¹⁴ C 年龄	d ¹³ C	d ¹⁵ N	常规年龄
Beta-439349	860 cm	骨胶原	NA	-21.4	+9.4	>43.5 ka

4 研究结果

21 个样品共鉴定出 35 科属植物类型 (图 2)。其中乔木类种属有: 冷杉属 (*Abies*)、云杉属 (*Picea*)、松属 (*Pinus*)、桦木属 (*Betula*)、鹅耳枥属 (*Carpinus*)、栎属 (*Quercus*)、胡桃属 (*Juglans*)、榆属 (*Ulmus*) 等。灌木和草本植物有榛属 (*Corylus*)、忍冬属 (*Lonicera*)、木犀科 (*Oleaceae*)、卫矛属 (*Euonymus*)、麻黄属 (*Ephedra*)、桔梗科 (*Campanulaceae*)、石竹科 (*Caryophyllaceae*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、菊科 (*Asteraceae*)、蒿属 (*Artemisia*)、龙胆属 (*Gentiana*)、扁蕾属 (*Gentianopsis*)、大戟属 (*Euphorbia*)、旋花科 (*Convolvulaceae*)、禾本科 (*Gramineae*)、百合科 (*Liliaceae*)、茄属 (*Solanum*)、唇形科 (*Labiatae*)、车前草属 (*Plantago*)、蓼属 (*Polygonum*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、唐松草属 (*Thalictrum*)、地榆属 (*Sanguisorba*)、荨麻属 (*Urtica*)、败酱属 (*Patrinia*)、伞形科 (*Umbelliferae*)、莎草科 (*Cyperaceae*)、泽泻属 (*Alisma*)。等。水生植物 (*Hydrophytes*) 有香蒲属 (*Typha*)、狐尾藻属 (*Myriophyllum*)。蕨类植物 (*Pteridophytes*) 有水龙骨科 (*Polypodiaceae*)、中华卷柏 (*Sellaginella sinensis*)、阴地蕨属 (*Botrychium*) 等。在某些样品中还有淡水静水藻类环纹藻 (*Concentricystes*) 出现。以鉴定统计的所有孢粉为基数计算孢粉的百分比, 将含量大于 2% 的科属绘制成百分比图谱 (图 3)。根据孢粉组合和聚类分析 (CONISS) 结果, 整个剖面可分为 3 个孢粉带:

孢粉带 I (920-450 cm): 孢粉组合以草本和灌木 (54.55%-93.98%) 为主, 乔木 (0-23.19%) 含量较低。蒿属 (6.38%-59.40%)、菊科 (8.27%-42.03%)、禾本科 (1.45%-23.48%)、莎草科 (3.62%-34.34%) 占主导地位。其他灌木和杂草类植物有藜科、败酱属、百合科、车前草属、地榆属、毛茛科、蓼属、唇形科、唐松草属、石竹科、茄属、大戟属、茜草科、龙胆属、桔梗科、旋花科、伞形科、榛属、卫矛属、扁蕾属、泽泻属等花粉。水生草本植物狐尾藻属 (0-11.06%)、香蒲属 (0-3.40%) 花粉占有一定比例。乔木花粉松属 (0-21.01%)、云杉属 (0-7.77%) 含量较高, 而冷杉属、鹅耳枥属、桦木属、栎属、胡桃属、榆属花粉含量较低。蕨类植物中阴地蕨属、水龙骨科、中华卷柏孢子少量出现, 可见少量淡水藻类环纹藻。本带孢粉种类最为丰富。

孢粉带 II (450-195cm): 孢粉组合仍然以草本和灌木植物 (64.71%-92.66%) 占优势, 乔木花粉略有增加。草本植物蒿属 (4.17%-51.38%) 和菊科 (13.73%-45.83%) 含量最高, 禾本科 (0-18.18%) 和莎草科 (0-9.09%) 花粉含量下降。杂草类花粉种类明显减少, 只有藜科、忍冬属、荨麻属、败酱属、泽泻属花粉少量出现。水生草本植物香蒲属 (0-9.09%) 花粉含量略有增加。乔木花粉松属 (0-27.45%) 冷杉属 (0-3.92%)、云杉属 (0-4.16%)、栎属 (0-9.09%)、桦木属 (0-4.17%) 花粉含量略有增加, 但只出现在个别样品中。蕨类植物中华卷柏孢子以及淡水藻类环纹藻少量出现。



图2 英贤村剖面孢粉图版

Fig.2 The pollen types in Yingxiancun section

1. 中华卷柏 (*Sellaginella sinensis*); 2. 木犀科 (*Oleaceae*); 3. 泽泻属 (*Alisma*); 4. 毛茛科 (*Ranunculaceae*); 5-6. 茄属 (*Solanum*); 7-8. 麻黄属 (*Ephedra*); 9-12. 地榆属 (*Sanguisorba*); 13. 香蒲属 (*Typha*); 14. 藜科 (*Chenopodiaceae*); 15-17. 狐尾藻属 (*Myriophyllum*); 18. 桦木属 (*Betula*); 19-24. 莎草科 (*Cyperaceae*); 25. 石竹科 (*Caryophyllaceae*); 26-27. 毛茛科 (*Ranunculaceae*); 28. 蓼属 (*Polygonum*); 29-30. 败酱属 (*Patrinia*); 31-32. 禾本科 (*Gramineae*); 33-34. 车前草属 (*Plantago*); 35. 蒿属 (*Artemisia*); 36-44. 菊科 (*Asteraceae*); 45. 松属 (*Pinus*); 46. 冷杉属 (*Abies*); 47-49. 云杉属 (*Picea*)

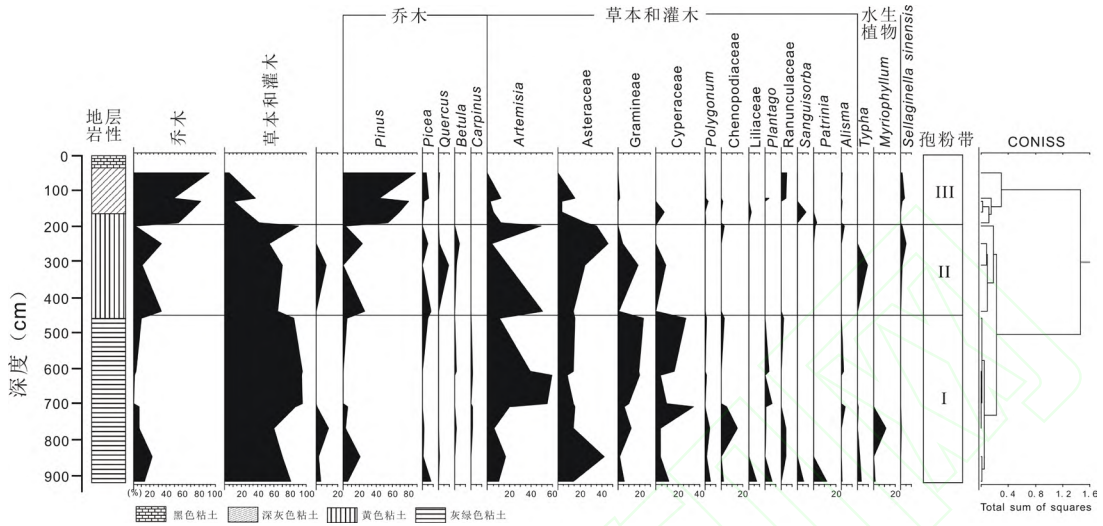


图 3 英贤村剖面孢粉百分比图谱
 Fig.3 Pollen percentages diagram in Yingxiancun section

孢粉带 III (195-0 cm)：孢粉组合中禾本和灌木含量减少 (16.35%-44.94%)，乔木花粉含量显著升高 (49.44%-93.07%)。菊科 (3.14%-25.52%)、蒿属 (2.52%-12.36%)、禾本科 (0-1.12%)、莎草科 (1.12%-7.75%) 等含量较孢粉带 II 明显减少，而地榆属、毛茛科、蓼属、车前草属植物含量略有增加。水生植物香蒲属和狐尾藻属基本消失。乔木花粉中，松属 (43.82%-88.62%) 占有绝对优势，云杉属 (0-5.62%)、栎属 (0-0.96%) 花粉少量出现。本阶段孢粉种类多样性较阶段 II 增加，淡水藻类环纹藻出现较多。

5 讨论与结论

东北地区末次冰期以来的沉积地层依次发育河湖相沉积、黄土状堆积和黑垆土沉积，分别被称为顾乡屯组、群力组和坦途组^[13,22]。20 世纪 80 年代，研究人员根据实测年龄记录，推测顾乡屯组距今约为 70 ka-25 ka，群力组距今约为 2 ka 5-7.5 ka，距今 7.5 ka 以来发育坦途黑土^[13]。英贤村剖面下部 450-920 cm 之间湖沼相沉积应与顾乡屯组相对应，160-450 cm 之间黄土状沉积对应群力组，160 cm 以上黑色黏土沉积与坦途组相对应。结合本文在 860 cm 处获得的骨化石测年结果 (>43.5 ka)，我们推测英贤村剖面 450-920 cm 之间的湖沼相沉积年龄在距今 70 ka-25 ka 之间。

青冈英贤村剖面记录揭示孢粉带 I (450-920 cm) 的孢粉类型中蒿属、菊科、禾本科、莎草科占有绝对优势，其他杂草类花粉丰富多样，乔木中云杉属少量出现，指示草甸植被为主，局地有的云杉林生长的植被景观。孢粉带 II 中蒿属、菊科花粉含量最高，花粉种类的多样性明显减少，乔木类中栎属、云杉、冷杉具有一定含量，指示**典型草原 (干草原)**

植被景观伴有少量针阔混交林出现。孢粉带 III 中松属花粉含量最高, 指示针叶林植被景观。孢粉记录揭示了晚更新世以来青冈地区的植被环境变化过程, 顾乡屯组时期的植被环境主要为草甸植被, 群力组阶段发育干草原植被, 到坦途组时段转变为针叶林植被。

通常猛犸象-披毛犀动物群的生存环境被称为猛犸象草原(Mammoth Steppe), 同猛犸象-披毛犀动物群一样有着广阔的分布范围, 从西班牙到加拿大, 从北极陆地到中国。研究表明, 欧亚大陆猛犸象草原的主要成分是蒿属、莎草科、禾本科以及柳灌丛等^[23]。俄罗斯 Yakutian 猛犸象粪化石中花粉和植物大遗存揭示禾草和莎草科植物是其主要的食物, 伴随一定量的矮柳树枝、各种草本和苔藓。植物组合揭示猛犸象生存环境以开阔的草甸草原植被为主, 主要植物成分有禾本科、莎草科和蒿属, 周边地区可能生长有松属、云杉属、桦属和桤木等乔木^[24, 25]。

我国东北地区晚更新世孢粉记录研究认为猛犸象-披毛犀动物群生存的环境属于冰缘植被类型, 主要有三种植被类型: 1) 以云杉为主伴有卷柏、石松、阴地蕨的暗针叶植物群, 以哈尔滨荒山为代表; 2) 以桦、蒿为主伴有卷柏、石松和虎耳草的冰缘森林或森林草原植物群, 以周家油坊第四地点孢粉组合最为典型; 3) 以藜科、禾本科、菊科为主的冰缘草原植物群, 以富拉尔基披毛犀骨架产地的孢粉组合为代表^[14]。哈尔滨顾乡屯房地局砖厂剖面孢粉记录揭示顾乡屯组时期植被以草本的蒿属、藜科、禾本科以及蕨草属成分为主, 指示草原植被景观^[13]。

青冈英贤村剖面孢粉记录所揭示的猛犸象-披毛犀动物群生存的植被环境与欧亚大陆猛犸象草原整体情况类似。青冈地区顾乡屯组沉积时期的主要植被成分是蒿属、菊科、禾本科、莎草科和云杉属, 指示了草甸草原为主, 局地生长有针叶林的植被景观。

致谢: 黑龙江省国土资源厅地质环境处对本项研究工作给予了大力支持, 高雷调研员悉心指导了项目相关工作; 黑龙江省青冈县国土资源局为项目野外工作的提供支持协助; 吉林大学古生物学与地层学研究中心张淑芹研究员帮助孢粉鉴定; 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邓涛研究员、金昌柱研究员、同号文研究员参与野外考察并指导相关研究工作。笔者向以上单位和个人表示衷心的感谢!

参考文献

- [1] 刘东生, 黎兴国. 猛犸象在中国生存的时间及其分布上的意义 [A]. 见: 第一次全国¹⁴C 学术会议论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 1984
- [2] 金昌柱, 徐家琦, 郑家坚. 中国晚更新世猛犸象扩散事件的探讨 [J]. 古脊椎动物学报, 1998, 36(1): 47-53
- [3] Lorenzen ED, Nogue's-Bravo D, Orlando L, et al. Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans [J]. Nature, 2011, 479: 359-363
- [4] 古脊椎动物研究所高等脊椎动物组. 东北第四纪哺乳动物化石志 [M]. 北京: 科学出版社, 1959
- [5] Barnosky AD, Koch PL, Feranec RS, et al. Assessing the causes of Late Pleistocene extinctions on the continents [J]. Science, 2004, 306: 70-75

- [6] Barnosky AD, Lindsey EL. Timing of Quaternary megafaunal extinction in South America in relation to human arrival and climate change [J]. *Quaternary International*, 2010, 217: 10-29
- [7] 周本雄. 披毛犀和猛犸象的地理分布、古生态与有关的古气候问题 [J]. *古脊椎动物与古人类*, 1978, 16(01): 47-59
- [8] 徐钦琦, 金昌柱, 李春田. 东北地区一万年前的气候变迁与哺乳动物的绝灭事件 [J]. *吉林地质*, 1985, (1): 39-42
- [9] Brook BW, Bowman DM. Explaining the Pleistocene Megafaunal Extinctions: Models, chronologies, and assumptions [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2002, 99: 14624-14627
- [10] MacPhee RD, Tikhonov AN, Mol D, et al. Radiocarbon chronologies and extinction dynamics of the late Quaternary mammalian megafauna of the Taimyr Peninsula, Russian Federation [J]. *Journal of Archaeological Science*, 2002, 29: 1017-1042
- [11] Koch PL, Barnosky AD. Late Quaternary extinctions: State of the debate [J]. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2006, 37: 215-250
- [12] 姜鹏. 东北猛犸象披毛犀动物群初探 [J]. *东北师大学报自然科学版*, 1982, (1): 105-115
- [13] 黎兴国, 刘光联, 李凤朝, 等. 中国猛犸象—披毛犀动物群与顾乡屯组 [A]. 见: 第一次全国¹⁴C学术会议论文集 [C]. 北京, 科学出版社, 1984
- [14] 孙建中, 王淑英, 王雨灼, 等. 东北末次冰期的古环境 [J]. *中国第四纪研究*, 1985, (06): 82-89
- [15] 董为, 徐钦琦, 金昌柱, 等. 东北地区第四纪大型食草类动物群的演替及其与古气候的关系 [J]. *古脊椎动物学报*, 1996, 34(1): 58-70
- [16] Tong HW, Patou-Mathis M. Mammoth and other proboscideans in China during the Late Pleistocene [J]. *Deinsea*, 2003, 9: 421-428
- [17] 张虎才. 我国东北地区晚更新世中晚期环境变化与猛犸象—披毛犀动物群绝灭研究综述 [J]. *地球科学进展*, 2009, 24(1): 49-60
- [18] Turvey ST, Tong HW, Stuart AJ, et al. Holocene survival of Late Pleistocene megafauna in China: a critical review of the evidence [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2013, 76: 156-166
- [19] Takahashia K, Wei GB, Uno H, et al. AMS ¹⁴C chronology of the world's southernmost woolly mammoth (*Mammuthus primigenius* Blum.) [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2007, 26: 954-957
- [20] 蔡保全, 尹继才. 黑龙江青冈晚更新世哺乳动物化石 [J]. *中国地质科学院院报*, 1992, (25): 131-138
- [21] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中华人民共和国植被图 [M]. 北京: 地质出版社, 2007
- [22] 孙建中, 王雨灼. 东北大理冰期的地层 [J]. *地层学杂志*, 1983, 7(01): 1-11
- [23] Zimov SA, Zimov NS, Tikhonov AN, et al. Mammoth steppe: A high-productivity phenomenon [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2012, 57, 26-45
- [24] van Geel B, Aptroot A, Baittinger C, et al. The ecological implications of a Yakutian mammoth's last meal [J]. *Quaternary Research*, 2008, 69: 361-376
- [25] van Geel B, Fisher DC, Rountrey AN, et al. Palaeo-environmental and dietary analysis of intestinal contents of a mammoth calf (Yamal Peninsula, northwest Siberia) [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2011, 30: 3935-3946