

小兴安岭东部 9.0 ka B.P. 以来 沼泽发育与古环境演变研究

杨 永 兴, 王 世 岩

(中国科学院长春地理研究所, 吉林 长春 130021)

摘 要: 对迄今为止所发现的小兴安岭东部全新世最早发育的沼泽剖面进行 ^{14}C 测年、孢粉分析、粘土矿物分析、泥炭植物残体鉴定, 根据获得的信息, 综合分析, 相互印证, 研究了 9.0 ka B.P. 以来沼泽发育、植被演替、气候变化与古地理环境演变过程。结果表明, 本区植被演替经历五个阶段: 即针叶林(9 000 a B.P. ~ 8 300 a B.P.) → 针阔混交林(8 300 a B.P. ~ 6 800 a B.P.) → 以栎、榆、胡桃为主阔叶林(6 800 a B.P. ~ 3 050 a B.P.) → 以桦为主阔叶林(3 050 a B.P. ~ 2 350 a B.P.) → 以松为主的针阔混交林(2 350 a B.P. ~ 0 a B.P.)。与之相对应, 气候变化序列为: 寒冷较湿 → 温和略湿 → 温暖湿润 → 温凉较湿 → 冷凉湿润; 沼泽发育也相应地可划分为五个时期: 沼泽孕育期, 富营养沼泽萌发期, 富营养沼泽旺盛发育期和中营养沼泽孕育期, 沼泽进一步扩大发育期和中营养沼泽形成期, 沼泽继续扩大发育期和贫营养沼泽形成期。沼泽最早开始发育始于年代为 $7\,095 \pm 90 \text{ a B.P.}$ 。汤洪岭 12 支线沼泽剖面可作为该区全新统的标准剖面。

关键词: 沼泽发育; 古环境演变; 孢粉分析; 粘土矿物分析; 小兴安岭东部

中图分类号: P531

文献标识码: A

小兴安岭东部是迄今为止我国仅存的贫营养沼泽发育最典型、保存最好的地区之一, 该区沼泽发育与古环境演变关系研究的报导尚不多见^[1, 2], 随着人类活动的增加, 沼泽退化不断加剧。幸存的几处保存完整的全新世沼泽发育与古环境演变过程信息的理想沼泽泥炭剖面, 也面临着被破坏而永远消失的严重威胁。发掘这些珍贵的信息源, 提取出沼泽发育与古环境演变过程信息, 对中国沼泽发育与古环境演变过程、沼泽保护和退化湿地生态恢复与重建的理论和实践研究均具有重要意义。以往同类研究多采用夏季泥炭钻采样, 存在采样层位定位不精确, 层位与深度误差大, 岩芯扰动、间断或重叠, 样品污染等弊端。依靠单一方法和信息源获得沼泽发育和古环境演变信息, 具有精度低、误差大和准确度差的不足。综合运用孢粉分析、粘土矿物分析和泥炭植物残体鉴定方法获得的有价值的信息, 且相互印证, 已经被证明是沼泽发育与古环境演变过程研究的十分有效的方法^[3, 4], 但是本区此类研究尚未见

报导。本文试作探讨, 求教于学术界。

1 小兴安岭东部生态环境特征

小兴安岭位于黑龙江省东北部, 其东部为该区沼泽发育最为广泛地区。地理位置为 $127^{\circ}42'E \sim 130^{\circ}45'E$, $46^{\circ}28'N \sim 49^{\circ}21'N$ 。行政上隶属于伊春市。区域构造为古老褶皱断块山, 新构造运动缓慢上升, 并具有翘起运动的特点。地貌类型主要为侵蚀山地、丘陵、台地和沟谷。其主要特征是谷地宽坦, 谷坡、分水岭平缓。海拔 300m ~ 1 000m。气候为中温带湿润季风气候, 冬季漫长严寒, 夏季短促暖湿。年平均温度 -0.7°C , 一月平均温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$, 七月平均温度 $20^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ 。全年降水量 600mm 左右, 集中夏季。湿润系数为 1.13。本区广泛发育岛状多年冻土与季节冻土, 阻碍地表水下渗, 造成土壤常年过湿。本区水系发达, 河流众多。地下水资源丰富, 在坡麓、山缓坡和阶地后缘常有地下水出露。本区植被类型多样, 有森林、灌丛、草甸和沼泽, 地带性

收稿日期: 2001-08-15; 改回日期: 2002-01-24。

基金项目: 国家自然科学基金项目(49771002)、中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-302)资助。

作者简介: 杨永兴(1956-), 男(汉族), 吉林长春人。博士, 研究员, 博士生导师, 美国杜克大学湿地专业博士后。主要从事湿地生态系统形成和演化、生态过程和湿地区古环境演变等方面研究。1992年获中国首届青年地理科技奖。共发表论文 70 余篇。E-mail: yangyongxing@mail.ccig.ac.cn

植被为以红松 (*Pinus koraiensis*) 为主的针阔叶混交林。发育了亚高山草甸森林土、山地棕色针叶林土、暗棕壤、白浆土、草甸土、沼泽土和泥炭土。

在上述生态环境因素的长期作用下, 本区不仅广泛地发育了沼泽, 而且沼泽发育过程十分复杂。沼泽内堆积的泥炭详细地记录下沼泽与环境相互作用的过程。

2 采样与研究方法

采样点位于伊春林业管理局红星林业局汤洪岭林场 12 支线, 地理座标为 $129^{\circ}40'E$, $48^{\circ}21'N$ 。地貌为汤旺河流域分水岭附近缓坡坡地, 海拔 465m。沼泽类型为本区典型类型落叶松 (*Larix gmelini*)、狭叶杜香 (*Ledum palustre*)、泥炭藓 (*Sphagnum*) 沼泽。该沼泽受人类活动干扰很少, 沼泽发育与古环境演变信息保存完好, 具有典型性、代表性, 为本区理想的沼泽剖面之一。在夏季沼泽考察、泥炭勘探, 确定采样位置的基础上, 于冬季土壤冻结最深时, 凿挖探坑, 用锯切割泥炭, 进行剖面原层位整体柱状泥炭采样。将采集的样品放在特制的盛样器内, 带回室内, 在其没有融化前, 按间距 0.05m, 精确地切割泥炭样品。从而避免了以往同类研究在夏季采样带来的沼泽剖面层位定位不准、样品污染、信息损失和失真等问题。该沼泽剖面出露 1.45m, 共获得 29 块孢粉样品。此外, 还采集 4 块 ^{14}C 测年样品, 6 块泥炭植物残体和粘土矿物样品。

孢粉分析、泥炭植物残体鉴定、 ^{14}C 年代测定与粘土矿物提取都是采用标准方法进行的。根据美国华盛顿大学第四纪同位素实验室提供的高精度校正表微机程序, 对实测 ^{14}C 年代进行树木年轮校正^[5]。采内插法计算不同深度的实测数据的 ^{14}C 年代推算值和树木年轮校正数据的年代推算值, 建立剖面年代序列框架。根据泥炭厚度与年代数据计算泥炭沉积速率。采用日本理学公司制造的 D—MAX—3A 型 X 射线衍射仪进行粘土矿物分析, 根据定量实验获得的经验公式进行半定量估算^[3,4]。综合运用上述方法获取沼泽发育与古环境演变信息, 推测沼泽演化过程与模式, 恢复古气候、古环境、古植被, 重建沼泽演化过程与古环境演变序列。

3 孢粉组合特征及环境意义

依据代表性的孢粉类型作出剖面孢粉百分比图式, 根据孢粉组合特征和具有生态学指示意义孢粉

类型时间序列的变化, 将剖面自上而下划分成 5 个孢粉组合带(图 1):

I 带 相当于实测 ^{14}C 年代 9 000 a B. P. ~ 8 285 a B. P., 树轮校正为 10 000 a B. P. ~ 9 300 a B. P.。岩性为含花岗岩碎屑的灰黄色粘土, 剖面深度 1.30m ~ 1.45m。本带为松 (*Pinus*)、云杉 (*Picea*)、冷杉 (*Abies*)、桦 (*Betula*) 优势带。孢粉组合突出特征为, 云杉、冷杉处在全剖面最大值, 分别占 5.8% ~ 5.9%。松占 12.6% ~ 13.0%。阔叶树花粉种类少, 含量低, 以桦为主, 占 31.8% ~ 32.7%。灌木与草本花粉蒿以 (*Artemisia*)、藜 (*Chenopodiaceae*) 居优势。沼泽植物主要为香蒲 (*Typha*)。

II 带 相当于实测 ^{14}C 年代 8 285 a B. P. ~ 6 850 a B. P., 树轮校正为 9 300 a B. P. ~ 7 595 a B. P.。岩性为淤泥质泥炭, 剖面深度为 1.15m ~ 1.30m。本带桦为优势种。乔木花粉占 77.5%, 其中阔叶树花粉占 87.5%, 主要为桦。针叶植物松和云杉、冷杉最多占乔木花粉总数的 13% 和 5.9%。灌木与草本花粉以蒿为主, 平均可占孢粉总数的 20.8%。

III 带 相当于实测 ^{14}C 年代 6 850 a B. P. ~ 3 050 a B. P., 树轮校正为 7 595 a B. P. ~ 3 250 a B. P.。岩性为泥炭, 剖面深度 0.75m ~ 1.15m。本带为桦、桤木 (*Alnus*)、松优势带。孢粉组成变化的主要特征是栎 (*Quercus*)、榆 (*Ulmus*)、胡桃 (*Juglans*) 等阔叶植物花粉大量增加, 含量明显高于 I 带。云杉、冷杉花粉急剧减少, 并呈断续出现。乔木花粉占 70.2% ~ 79.8%。针叶树花粉仍以松为主, 但含量明显减少。沼泽植物花粉以莎草科 (*Cyperaceae*)、香蒲为主。

IV 带 相当于实测 ^{14}C 年代 3 050 a B. P. ~ 2 350 a B. P., 树轮校正为 3 250 a B. P. ~ 2 400 a B. P.。岩性为泥炭。剖面深度为 0.40m ~ 0.75m。本带为桦、松优势带。孢粉组成变化为松增加, 阔叶树花粉减少。乔木花粉仍占优势地位, 占 81.7%。与 II 带相比, 松明显增多, 桦略有增加。灌木和草本植物花粉仍以蒿及禾本科植物居多。沼泽植物花粉主要为莎草科、香蒲和杜鹃花科 (*Ericaceae*)。

V 带 相当于实测 ^{14}C 年代 2 350 a B. P. ~ 0 a B. P., 树轮校正为 2 400 a B. P. ~ 0 a B. P., 岩性为泥炭。剖面深度为 0m ~ 0.4m。本带为松、桦、云杉、冷杉优势带。松属、云杉、冷杉花粉急剧增加, 阔

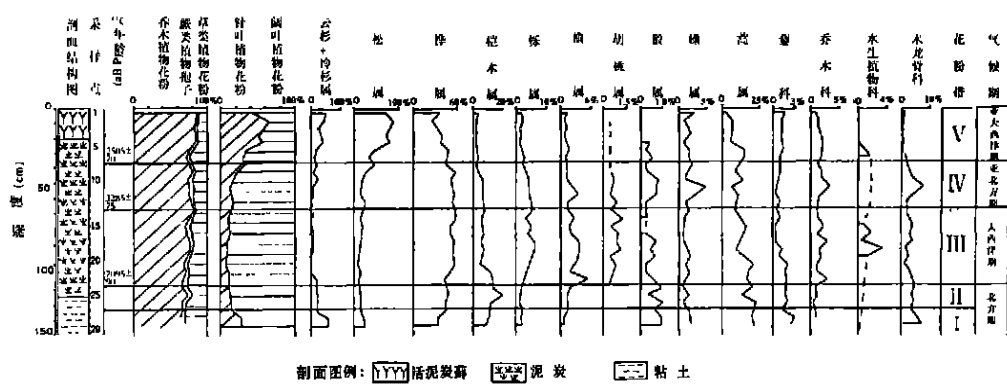


图 1 黑龙江省伊春市红星林业局汤洪岭林场 12 支线沼泽剖面孢粉百分比图示

Fig. 1 Spore-pollen percentage diagram of the profile in the 12th feeder, Tanghongling Forestry Center, Hongxing Forestry Bureau, Yichun city, Heilongjiang province

叶树花粉继续减少。松属达到剖面最高值, 为 51.6%。云、冷杉花粉含量升至 4.8%。桦属为 23.8%—46.0%, 阔叶树花粉栎、榆、桤木下降幅度较大, 胡桃与枫杨属 (*Pterocarya*) 花粉消失。灌木和草本花粉仍以蒿为主, 但藜科花粉含量上升, 沼泽植物以杜鹃花科花粉、泥炭藓 (*Sphagnum*) 孢子为主。

4 粘土矿物组合特征及环境意义

根据粘土矿物含量及组合特征, 自下而上将剖面划分为五个粘土矿物组合带 (表 1)。

I 带 剖面深 1.10m~1.45m, 为蒙脱石、伊利石、高岭石组合带。反映寒冷干旱的伊利石占绝对优势, 含量达到 76.15%。多水环境下水解作用形成的蒙脱石居剖面次高值, 含量为 27.34%。高岭石、绿泥石所占比重不大。这表明当时环境寒冷湿润。

II 带 剖面深 1.05m~1.10m, 为绿泥石、伊利石、高岭石组合带。本带的突出特点是不稳定矿物绿泥石大幅度增加, 占 13.54%。蒙脱石急剧减少, 仅为 0.81%。高岭石略有增加, 但幅度不大。伊利石仍居主要地位。表明当时气候温暖、偏干, 风化作用较强烈。

III 带 剖面深 0.60m~1.05m, 本带前期 0.90m~1.05m 为伊利石、蒙脱石、绿泥石带。蒙脱石增加, 绿泥石减少, 伊利石含量稳定少变, 反映古环境较 II 带温度略有下降, 但湿度却增加。本带后期 (0.60m~0.90m) 高岭石、蒙脱石和绿泥石均大幅度增加, 分别占剖面的 24.15%、17.98% 和 20.77%。粘土矿物结晶度好, 反映气候转为暖湿, 化学风化作

用比较强烈。

IV 带 剖面深 0.30m~0.60m, 为蒙脱石、伊利石、绿泥石组合带。粘土矿物组合的突出特点为伊利石仍居优势地位, 蒙脱石增加, 二者在剖面垂直变化上均显示含量上升, 并均达到最高值, 含量分别为 28.24% 和 41.95%。反映气候较冷湿。

V 带 剖面深 0m~0.10m, 为绿泥石、高岭石、伊利石组合带。伊利石仍占优势地位, 但含量略有减少, 绿泥石、高岭石增加幅度较大, 蒙脱石急剧下降。粘土矿物发育不好, 这既与当时气候环境有关, 也与地表环境为呈上凸状有机质含量高的泥炭藓丘有关。

5 沼泽发育过程与环境演变

根据孢粉、泥炭植物残体及粘土矿物的组合变化特点, 小兴安岭东部 9000aB. P. 以来沼泽发育与古环境演变过程可以划分为五个时期。

5.1 早全新世中期和晚期沼泽孕育期

早全新世中和晚期 (相当于 ^{14}C 年代 9000 a B. P. ~8300 a B. P., 树轮校正为 10000a B. P. ~9300 a B. P.) 乔木植物花粉居多, 以桦为主, 喜凉和耐寒的针叶植物松及云杉、冷杉含量达到最大值。推断当时洼地周围主要生长以桦树为主, 伴生一些桤木、栎的阔叶林或含有少量松的针阔混交林, 在附近分水岭上生长着云杉、冷杉针叶林。当时气候寒冷湿润, 气温比现在低得多。粘土矿物组合 I 带揭示的环境特点亦验证这一结论。从孢粉分析发现有少量挺水植物香蒲花粉, 反映当时沟谷洼地已有水体存在, 正处在沼泽的孕育期。

表 1 红星林业局汤洪岭临场 12 支线沼泽剖面粘土矿物含量变化估算参数(%)

Table 1 Estimating parameters of content change of clay mineral in the mire profile of the 12th feeder Tanghongling Forestry Center, Hongxing Forestry Bureau

类别	深度(cm)	编号	伊利石	蒙脱石	高岭石	绿泥石
水 平 变 化	0~10	B-1	66.45	1.60	10.70	19.25
	30~60	B-2	75.78	8.70	6.62	8.91
	60~90	B-3	76.47	5.88	8.48	9.16
	90~105	B-4	76.19	6.12	8.84	8.84
	105~110	B-5	76.42	0.81	9.23	13.54
	110~145	B-6	76.15	7.47	8.40	7.97
垂 直 变 化	0~10	B-11	4.82	4.49	14.49	20.77
	30~60	B-2	28.24	41.95	28.02	30.00
	60~90	B-3	18.06	17.98	24.15	20.77
	90~105	B-4	6.48	6.74	7.25	5.77
	105~110	B-5	10.87	1.50	7.25	8.46
	110~145	B-6	21.52	27.34	18.84	14.23

5.2 中全新世早期富营养沼泽萌芽发育期

中全新世早期(相当于¹⁴C 年代 8 300a B. P. ~ 6 800 a B. P., 树轮校正为 9 300a B. P. ~ 7 600 a B. P.)孢粉组合中针叶树花粉减少, 尤以云、冷杉下降幅度最大, 阔叶树花粉增多, 以桦、桤上升最为明显。阔叶树花粉在乔木花粉中所占比重进一步增大, 反映低洼地、河谷周围生长桦树林, 其间阔叶树种数量增多, 周围分水岭地区的云、冷杉林更加稀疏, 面积缩小。推断的当时处在大暖期(Megathermal)的起始阶段^[9], 受纬度高、地势高的影响, 气温升高不如三江平原明显^[3], 且时间也滞后。粘土矿物组合有大量经过水解作用生成的蒙脱石, 反映已有较大面积水体存在, 亦反映气候进一步转暖。本区大暖期起始时间约在 8 300 a B. P.。水分条件更加有利于沼泽发育, 经森林沼泽化过程开始发育沼泽, 底层泥炭植物残体发现很多桦、松等木本残体和棉花莎草(*Eriophorum*)残体即可佐证。从孢粉组合中, 沼生植物种类、数量均减少, 推测当时沼泽分布范围很小, 数量很少。泥炭基底¹⁴C 年代测定证实, 沼泽发育始于 7 095 ± 90 a B. P., 树轮校正为 7 868 ± 75 a B. P., 这比更新山沼泽发育始于 5 825 ± 95 a B. P., 加吉河沼泽 2 220 ± 80 a B. P., 前进林场沼泽 2 910 ± 80 a B. P. 都早^[3], 甚至也比汤北林场 20 支线沼泽发育于 4 950 ± 80 a B. P 要早, 该剖面为迄今为止发现的本区全新世沼泽发育起始时间最早的沼泽。比以往对本区沼泽发育最早开始时间的认识提早了 1 270 a。进一步证实中国北方全新世泥炭(沼泽)形成时期“南老北新”^[9]是值得商榷的^[9]。

它具有南北同时的规律^[9]。

5.3 中全新世中期富营养沼泽旺盛发展期、中营养沼泽孕育期

中全新世中期(相当于¹⁴C 年代 6 850aB. P. ~ 3 050 a B. P., 树轮校正值为 7 600 aB. P. ~ 3 250 a B. P.)孢粉组合仍以桦居优势, 云杉、冷杉极少, 喜温暖的榆、胡桃和喜凉湿的桦等阔叶植物花粉明显上升, 达到剖面最高值, 孢粉中出现主要分布在暖温带及亚热带的枫杨花粉。植被演替为以栎、榆、胡桃等阔叶植物为主的阔叶林。中生、湿生、沼生草本植物花粉也明显高于其它孢粉带, 这表明气候较温暖湿润, 年均温可能高出现今 1℃~2℃左右。粘土矿物高岭石达到剖面次高值, 蒙脱石较前期含量增加, 亦证明气候进一步转暖湿。沼泽较以前有所发展, 主要发育在部分宽谷及坡麓有地下水补给地带, 沼泽面积扩大, 地点增多, 如汤洪岭更新山沼泽形成于 5 825 ± 95 a B. P., 汤北林场 20 支线沼泽发育始于 4 950 ± 80 a B. P., 汤洪岭 32 支线沼泽发育始于 3 190 ± 80 a B. P., 树轮校正分别为 6 620 ± 125 a B. P.、5 720 ± 8 120 a B. P.、3 410 ± 60 a B. P.。此外绥棱县泥尔河乡永发大队两处分别沼泽形成于 5 495 ± 215 a B. P.、5 654 ± 215 a B. P., 绥棱县吴长海沼泽发育于 4 380 ± 110 a B. P., 树轮校正分别为 6 470 ± 250 a B. P.、6 240 ± 245 a B. P.、5 040 ± 200 a B. P.。泥炭植物残体鉴定表明, 多为棉花莎草和睡菜(*Menyanthes*)残体。该期沼泽多处处在富营养沼泽阶段。个别沼泽发育较快, 后期有向中营养沼泽阶段发展的趋势, 如本剖面后期发现少量笃斯

越桔 (*Vaccinium uliginosum*)、狭叶杜香 (*Ledum palustre*) 植物残体和花粉; 汤洪岭更新山沼泽出现泥炭藓残体, 且随着时间发展, 含量逐渐增多, 与之相应苔草、棉花莎草减少亦可佐证^[1, 2], 大部分沼泽还是富营养沼泽。

5.4 中全新世晚期沼泽进一步扩大发育期、中营养沼泽形成期

中全新世末期 (相当于 ¹⁴C 年代 3 050 a B. P. ~ 2 350 a B. P., 树轮校正为 3 250 a B. P. ~ 2 400 a B. P.) 植物组成中栎、榆、胡桃等阔叶植物明显减少, 桦、松、云、冷杉略有增多。这表明气温下降, 推测当时气温与现今较接近或略高, 植被为以红松为主的针阔叶混交林。粘土矿物分析表明, 伊利石、蒙脱石较多, 指示气温较前期降低, 但湿度略有增加, 环境呈现明显的冷湿特点。沼泽进一步发展, 喜贫营养的杜鹃花科植物增多, 莎草科植物减少, 局部沼泽正在向贫营养沼泽发展。这一时期北美洲大陆贫营养沼泽植物泥炭藓也开始旺盛生长^[7], 全球北方环境均比较适合于沼泽向贫营养沼泽阶段方向发展。沼泽进行强烈的泥炭堆积过程, 堆积速率高达 0.51 mm/a, 这也成为上述推论的佐证。由踏头棉花莎草 (*Eriophorum vaginatum*)、丛苔草 (*Carex caespitosa*)、香蒲、笃斯越桔和狭叶杜香组成的残体组合证实沼泽发育多处在富营养沼泽阶段, 局部沼泽已发育至中营养沼泽阶段。汤北林场 20 支线沼泽发育始于 2 470 a B. P., 树轮校正为 2 595 a B. P., 发展成为中营养沼泽, 汤洪岭更新山沼泽早已发展成为典型的中营养沼泽^[1, 2]。

5.5 晚全新世沼泽继续扩大发育期、贫营养沼泽发育期

晚全新世 (相当于 ¹⁴C 年代 2 350 a B. P. ~ 0 a B. P., 树轮校正为 2 400 a B. P. ~ 0 a B. P.) 开始, 松属花粉大量出现并逐渐超过桦。云杉、冷杉也明显增加, 而栎、桤木、榆、椴则相应减少, 胡桃和枫杨彻底消失, 针叶树花粉总量超过阔叶树, 植被已演替为以松为主的针阔混交林。推断当时气候转冷, 蒙脱石含量大幅度下降, 其它粘土矿物也明显减少, 亦可作为这一结论的佐证。本期前段泥炭植物残体分析证实, 沼泽植物主要由杜鹃花科的狭叶杜香、甸杜 (*Chamaedaphne calyculata*)、笃斯越桔、泥炭藓组成, 这表明沼泽已发展成典型的中营养沼泽, 而后段沼泽逐渐向贫营养沼泽发展。泥炭藓残体已高达 20%, 推断当时为落叶松、狭叶杜香、泥炭藓沼泽。

这一时期本区已进入降温期 (*Katathernal*)^[6], 有利于喜冷湿贫瘠环境的泥炭藓生长, 因而在剖面深度 0.4 m 处 (测年为 2 505 ± 75 a B. P., 树轮校正为 2 560 ± 185 a B. P.) 开始堆积贫营养泥炭藓泥炭, 沼泽向典型贫营养沼泽发展。0.4 m 以下堆积淤泥质泥炭, 截然分明的地层界线反映气候处在转折时期。在汤北林场 20 支线沼泽剖面 0.4 m 处堆积了泥炭藓贫营养泥炭, 0.25 m ~ 0.30 m 处采样测年为 1 190 ± 65 a B. P., 树轮校正为 1 085 ± 90 a B. P., 亦表明本区沼泽发育至贫营养沼泽阶段不早于晚全新世。

6 结论与讨论

综上所述, 可以获得以下几点认识:

9.0 ka B. P. 以来, 本区植被演替经历五个阶段, 即针叶林 (9 000 a B. P. ~ 8 300 a B. P.) → 阔叶林或针阔混交林 (8 300 a B. P. ~ 6 800 a B. P.) → 以栎、榆、胡桃为主的阔叶林 (6 800 a B. P. ~ 3 050 a B. P.) → 以桦为主的阔叶林 (3 050 a B. P. ~ 2 350 a B. P.) → 针阔混交林 (2 350 a B. P. ~ 0 a B. P.)。与之相对应推断气候变化为寒冷较湿 → 温和略湿 → 温暖较湿润 → 温凉较湿 → 冷凉较湿。概括起来, 气候变化模式可重建为: 升温期 (9 000 a B. P. ~ 8 300 a B. P.) → 温暖适宜期 (8 300 a B. P. ~ 2 350 a B. P.) → 降温期 (2 350 a B. P. ~ 0 a B. P.)。受古环境变化的制约, 相应于植被演替与气候变化, 沼泽发育也经历了五个时期, 即早全新世沼泽孕育期 → 富营养沼泽萌芽发育期 → 富营养沼泽旺盛发育期、中营养沼泽孕育期 → 沼泽旺盛发育期、中营养沼泽形成期 → 沼泽继续扩大发育期、贫营养沼泽形成期。

本区为原始林区, 人类活动历史较晚, 因而古环境演变与沼泽发育过程主要受自然因素驱动。尽管 9.0 ka B. P. 以来古环境发生冷暖干湿变化, 但从总体上看, 本区古环境一直处在有利于沼泽发育的阈值之内, 因而沼泽遵循传统的沼泽统一发育过程理论模式连续发育, 依次完成富营养、中营养、贫营养沼泽发育过程。这种发育模式在我国的沼泽发育过程中比较少见, 这是因为小兴安岭东部地处欧亚大陆贫营养沼泽广泛发育地带的南缘, 受冷湿的气候、冻土和地貌等因素作用下沼泽发育的地带性规律控制所致。

鉴于本区地层资料丰富, 数据翔实可靠, 剖面沉积连续且代表性强, 地层包括了全新统, 时代包含

有全新世整个时段和沼泽及其泥炭剖面迄今保存完好等原因, 汤洪岭 12 支线泥炭沼泽剖面可作为小兴安岭东部全新统的标准剖面。据现有剖面揭示沼泽发育过程表明, 本区贫营养沼泽发育时间不早于 1 600 a B. P., 中营养沼泽发育不早于 4 000 a B. P., 富营养沼泽发育时间不早于 7 095 a B. P.。

参考文献:

- [1] 尹怀宁. 关于小兴安岭东段沼泽形成问题[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(2): 101~111.
- [2] 尹怀宁. 小兴安岭更新山高位泥炭形成环境[J]. 中国第四纪研究, 1987, 8(1): 160~167.
- [3] 杨永兴. 三江平原沼泽发育与晚更新世末期以来古地理环境演变的研究[J]. 海洋与湖, 1990, 21(1): 27~38.
- [4] 杨永兴. 西辽河平原东部沼泽发育与中全新世早期以来古环境演变[J]. 地理科学, 2001, 21(2): 242~249.
- [5] Minze Stuiver, Gordon W. Pearson. High-precision calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-500BC, Radiocarbon, *The American Journal of Science*, 1986, 28(2B): 805~838.
- [6] 施雅风, 孔昭辰, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期气候与环境的基本特征[A]. 见: 施雅风, 等. 中国全新世大暖期气候与环境[C]. 北京: 海洋出版社, 1992. 1~18.
- [7] Malterer, T. J. Distribution of raised bogs in Minnesota peat (A), Proceedings of the 6th International Peat Congress, Duluth, Minnesota, U. S. A., 1980. 64~70.
- [8] 周昆叔. 中国北方全新世泥炭形成的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1985, 5(4): 117~126.
- [9] 杨永兴. 试论我国北方全新世沼泽形成时期及其古地理[A]. 中国科学院南京地理研究所青年文集编辑组. 自然. 社会. 区域发展[C]. 北京: 测绘出版社, 1989. 1~7.

Study on Mire Development and Palaeoenvironment Change since 9.0 ka B. P. in the East Part of the Xiaoxinganling Mountains

YANG Yong-xing and WANG Shi-yan

(Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun, 130021 China)

Abstract: The paper makes a preliminary approach on relationship between mire development and paleogeographical environment change since the Holocene in the Xiaoxinganling mountains by means of ^{14}C dating, X-ray diffraction of clay mineral, analyses of spore-pollen and plant residual. The vegetation succession can be divided into 5 stages as follows, coniferous forest state at 9 000~8 300 a B. P.; needle-broad-leaved mixed forest stage at 8 300~6 800 a B. P.; broad-leaved forest dominated by *Quercus Ulmus* and *Juglans* at 6 800~3 050 a B. P.; broad-leaved forest dominated by *Betula* at 3 050~2 350 a B. P.; needle-broad leaved mixed forest dominated by *Pinus* at 2 350~0 a B. P.. The close relationship was found between mire development and paleo-environment in the five periods, i. e. the breeding development in the early period of the Early Holocene, the geminating development in the early period of the Middle Holocene, the vigorous development of eutrophic mire and breeding development of mesotrophic mire in the middle period of the Middle Holocene, the further expanding development and geminating development of mesotrophic mire in the middle period of the Middle Holocene, the formation period of oligotrophic mire in the Late Holocene. The oldest mire developed in the Early Holocene i. e. at about 7 095 a B. P. The bog-section of 12 branch line, Tanghongling forest farm can be considered as the standard profile of the Holocene in this area. The mire development passes from eutrophic through mesotrophic to oligotrophic mire stages. This is made by the zonality law of mire development. Although the paleoenvironment change frequently in the whole Holocene, but it still favorable to the mire formation development.

Key words: mire development; Paleoenvironment change; Spore-pollen analyses; clay mineral analysis; Xiaoxinganling mountains