

176-183

公王岭蓝田人时期的季风气候特征*

董军社^① 魏明建^② 邓涛^①

(① 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; ② 中国地质大学, 北京 100083)

摘要 作者用目前在黄土与全球变化研究中使用较多、效果较好的气候代用指标, 重建了公王岭蓝田人生活时期高分辨率的气候演变序列。从气候环境变迁的角度, 研究了 1.15MaB.P. 的公王岭蓝田人及其伴生动物群与气候环境演化的关系。明确提出, 蓝田人及其伴生动物群的死亡与夏季风剧烈衰减和冬季风猛烈增强的气候严重恶化事件有关。这种气候恶化除受与地球轨道变化密切相关的太阳辐射和全球冰量变化的影响外, 还与青藏高原的剧烈隆升有关。

主题词

蓝田人

, 高分辨率

季风气候

特征

, 古气候

更新世

1 引言

1964年, 贾兰坡^[1]主持的发掘小队在陕西蓝田公王岭发掘出蓝田人头骨及 20 多种哺乳动物化石。周明镇、吴汝康根据公王岭蓝田人头骨特征及其伴生动物群的组成面貌, 将公王岭蓝田人的年代确定为中更新世早期^[2,3]。

安芷生等^[4]在前人磁性地层研究^[5,6]的基础上, 再次进行了深入、细致的岩石地层和磁性地层研究, 将公王岭蓝田人的磁性地层年龄确定为 1.15MaB.P.。这一年龄数据得到了相当数量学者的认同。他们在确定公王岭蓝田人年代的同时, 依据具有强烈南方色彩的公王岭动物群埋葬于指示严酷干冷气候的粉砂质黄土层中这一有限的资料推论, 当时发生了一次秦岭强烈隆起和气候恶化的事件。

本文在前人上述研究工作的基础上, 选择了黄土与全球变化研究中较好的几个气候代用指标, 对公王岭蓝田人产出层位上下的地层密集取样, 恢复和重建这一时期高分辨率的气候环境演化序列, 进而用这些序列来讨论蓝田人及其伴生动物群与季风气候环境演变的关系。

2 古气候代用指标序列

2.1 时间标尺

本研究涉及的地层由下往上包括 S_{15} 、 L_{15} 和 S_{14} 下部一段。现自上而下描述于后:

S_{14} 棕红色古土壤, 粘粒胶膜发育, 有直径 2~3cm 的粘粒团块, 其数量向下逐渐

第一作者简介: 董军社 男 36岁 博士 古生物学与地层学专业 E-mail: kjc@paivpp.ac.cn

* 国家自然科学基金(批准号: 49502021)和中国博士后科学基金(批准号: 中博基(1995)7号)资助项目
1998-12-02收稿, 1999-01-05收修改稿

减少。在该层的下部以 10cm 为间距取样 5 块。

L_{15} 浅灰黄色粉砂质黄土层,厚 2.9m,细粉砂,质地均一,略疏松,有均匀散布的铁、锰小斑点。本层中夹有厚 30~50cm 不等的钙板,向西南方向微倾斜。在本次取样位置上该钙板位于距 L_{15} 的上层面 0.7~1.0m 的位置,这也就是蓝田人和大型哺乳动物群产出的层位。

S_{15} 棕红色古土壤,厚 2.1m,在探井中观察时呈暗褐色。质地非常粘重,上部富集直径为 3~5cm 的粘粒胶膜淀积形成之团块。中部质地稍粗。下部与上部相近,为较粘重的土壤层。

在上述地层中共取样 64 个,除在 S_{15} 上部以 5cm 为间距取样 19 块外,其余样品的间距均为 10cm。全部样品控制的地层厚度为 5.4m。关于这段地层的时间容量,可以依据下述几点对其进行基本的估计:

(1) 对于约 1.00MaB.P. 的地层,用磁性地层界线及沉积速率推算年龄,至少有数万年的偏差。根据气候地层学原理,用轨道协调的办法确定年龄同样也有数万年的偏差^[7]。

(2) 对于研究气候、环境演化来说,当绝对时间不易确定时,能比较正确地估计其时间尺度是至关重要的,这涉及到所研究的变化是数万年尺度的变化,还是数千年尺度的变化。

(3) 公王岭蓝田人的年龄,就现有资料来看,安芷生等^[4]的研究是比较扎实可信的,基本获得了国际上同行的认可,拟暂时保持相对稳定为宜。他们根据洛川剖面 L_{15} 的年龄将公王岭 L_{15} 的时间容量估计为 0.11Ma。

将公王岭剖面与洛川剖面及宝鸡剖面进行对比,综合考虑上述 3 条,我们以下述方案来确定本研究所涉及地层段的年龄:1)以产出蓝田人头骨的钙板底界为 1.15Ma B.P.;2)将公王岭 L_{15} 的时间容量估计为 0.11Ma;3)以 L_{15} 的沉积速率的 1/2 作为其上下古土壤的沉积速率。依此 3 条可算出所研究地层段的年龄为 1.393~1.095Ma B.P.。根据 Fe_2O_3 波动情况可划分出 8 个阶段,其年龄由老到新依此为:1.393~1.338MaB.P.,1.338~1.287MaB.P.,1.287~1.220MaB.P.,1.220~1.181MaB.P.,1.181~1.150MaB.P.,1.150~1.130MaB.P.,1.130~1.111MaB.P.和 1.111~1.095MaB.P.。需要强调指出的是,这一时间标尺的近似程度并不很高,但它为描述气候环境变化,划分演化阶段,表征各阶段的相对长度和先后顺序提供了方便。

2.2 Fe_2O_3 序列反映的年平均降雨量和夏季风的变化

公王岭剖面该段地层中的 64 个样品采用魏明建等^[8]的方法测定了 Fe_2O_3 的百分含量,该方法的精度可保证平行样测试的绝对误差不超过 1%。本次测定了 22 个平行样,其中绝对误差低于 0.5‰ 的为 12 个,占 55%,绝对误差在 0.5‰~0.8‰ 的有 10 个,占 45%,即所有样品的精度都保证在平行样测试的绝对误差不超过 0.8‰。所以当不同样品的 Fe_2O_3 的变幅超过 0.8‰ 时,就指示气候状况发生了变化。

将所测数据做成 Fe_2O_3 含量百分数随深度变化的序列(图 1)。根据 Fe_2O_3 序列的波动情况及地层特征可划分出 8 个阶段,其变化特征如下。

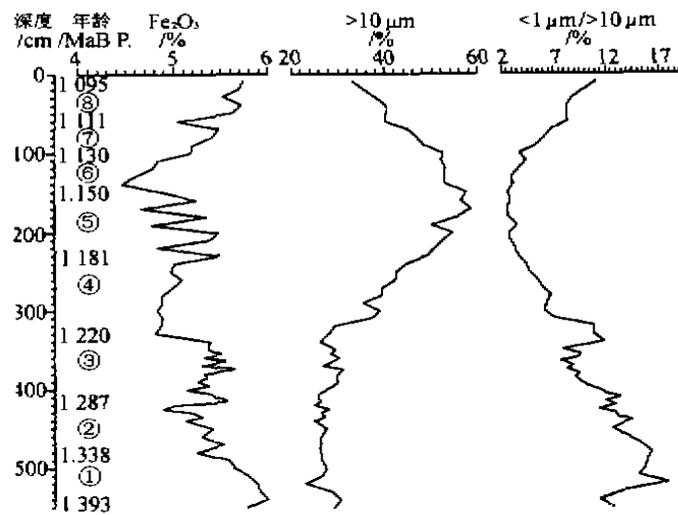


图1 公王岭蓝田人产出层的古气候代用指标序列

①~⑧为阶段

Fig.1 Sequences of replacing paleoclimatic signals in the beds bearing Gongwangling *Homo erectus lantianensis*

第1阶段 深度 5.4~4.8m, 年龄为 1.393~1.338Ma B.P., 持续时间约 55 000a, 包括 64~58 号 7 个样, Fe_2O_3 值从 63 号的 5.99%, 持续降低到 58 号样的 5.58%, 差值为 0.41%, 说明此阶段内年平均降雨量变化幅度达 100mm^[9]。本阶段的特点是, Fe_2O_3 值在持续较高的背景下稳定地降低, 降幅达 0.41%, 整个阶段的平均值为 5.79%, 是全部研究时段最高的一段。由于仅依据 Fe_2O_3 一项指标还不宜讨论当时环境的具体状况, 下面我们将以第 1 阶段作为标准研究各阶段相对于它的变化情况。

第2阶段 深度 4.8~4.15m, 年龄为 1.338~1.287Ma B.P., 持续时间为 51 000a, 包括 57~49 号 9 个样。 Fe_2O_3 值最高含量 5.51%, 最低含量 4.89%, 差值达 0.62%, 相当于年平均降雨量变化幅度 150mm。这一阶段的特点是, Fe_2O_3 值在波动中持续下降, 波动的幅度约 0.3%, 相当于年降雨量变化 70mm。整个时段 Fe_2O_3 的平均值为 5.2%, 比第 1 阶段平均减少 0.59%, 相当于年平均降雨量减少 148mm。这表明此时当地夏季风有明显的减弱。

第3阶段 深度 4.15~3.3m, 年龄为 1.287~1.220Ma B.P., 持续时间为 67 000a, 包括 48~34 号 15 个样。 Fe_2O_3 值最高 5.64%, 最低 5.13%, 差值达 0.51%, 相当于年平均降雨量变化幅度 123mm。本阶段的总趋势比较稳定, 表现为围绕均值的一种波动, 这种波动的幅度平均约为 0.3%, 整个阶段的平均值为 5.4%。相对于第 1 阶段下降了 0.39%, 即年平均降雨量比前一阶段回升约 50mm, 但比第 1 阶段仍少约 100mm。

第4阶段 深度 3.3~2.3m, 年龄为 1.220~1.181Ma B.P., 持续时间为 39 000a。包括 33~24 号 10 个样, Fe_2O_3 值变化不大, 最高 5.07%, 最低 4.80%, 差值仅 0.27%。从总体上看是一个低值期, 平均仅 4.9%, 比第 1 阶段大约低 0.9%, 相当于年平均降雨量减少 221mm。特别值得注意的是, 从第 3 阶段进入第 4 阶段, Fe_2O_3 值从 5.38% 骤降至 4.80%。

此后在这一低水平上稳定持续数万年,标志着夏季风强烈减弱的一个重大气候事件。特别值得一提的是,该阶段正是 13 种小型哺乳动物产出的层位^[5]。由此可以推断,13 种小型哺乳动物在该阶段大量死亡可能与这一时期夏季风强烈减弱的重大气候事件有关。

第 5 阶段 深度 2.3~1.5m, 年龄为 1.181~1.150Ma B.P., 持续时间为 31 000a, 包括 23~16 号 8 个样。此阶段 Fe_2O_3 平均值为 5.145%, 比前阶段有所回升。但仍比第 1 阶段低 0.65% (相当于降雨量减少 160mm), 并以高频大幅度波动为特征, 波动的幅度平均达 0.68% (相当于降雨量变化幅度 166mm), 这是一个气候环境剧烈变化的时期。

第 6 阶段 深度 1.5~1.0m, 年龄为 1.150~1.130Ma B.P., 持续时间为 20 000a, 包括 15~11 号 5 个样。 Fe_2O_3 值最高 4.84%, 最低 4.46%, 平均值为 4.71%, 比第 1 阶段平均低 1.08%。相当于年平均降雨量减少 260mm。本阶段极端最低值比第 1 阶段平均低 1.33%, 相当于年平均降雨量减少 327mm。这标志着夏季风的又一次明显减弱和环境恶化。特别需要注意的是, 这里正是蓝田人化石产出的层位, 也是公王岭动物群中大型哺乳动物化石产出的层位。这些大型哺乳动物经受不起如此巨大幅度的环境恶化而纷纷死亡 (被埋葬在地层中), 发生了一次生物大量死亡的灾害性事件。该化石群集中产出的情况^[1]为这一推论提供了埋藏学方面的证据。

第 7 阶段 深度 1.0~0.5m, 年龄为 1.130~1.111Ma B.P., 持续时间为 19 000a, 包括 10~6 号 5 个样。本阶段 Fe_2O_3 值明显回升, 平均达 5.26%, 比第 1 阶段平均低 0.53%, 比第 6 阶段回升 0.55%, 表明 L_{15} 代表的冰期已经结束, 具有明显的由冰期向间冰期过渡的性质。

第 8 阶段 深度 0.5m, 年龄为 1.111~1.095Ma B.P., 持续时间为 16 000a, 包括 1~5 号 5 个样。 Fe_2O_3 值最大为 5.73%, 最小为 5.51%, 差值仅 0.22%, 平均值为 5.65%, 仅比第 1 阶段平均值低 0.14%, 表明气候状况已明显好转, 进入了以 S_{14} 为代表的间冰期气候。

纵观整个研究时段夏季风变化的特点, 可以看出 1.393~1.095Ma B.P. 包含了一个完整的间冰期-冰期旋回。其中的 1~3 阶段是以 S_{15} 为代表的间冰期, 其突出特征是, 以全年降雨量为代表的夏季风的风场强度在波动中逐渐减弱。但总体看来气候环境状况较好, 且变化的幅度都不大; 4~7 阶段是以 L_{15} 为代表的冰期。其突出特征是, 气候环境变化的幅度很大。冰期环境变化的特点为: 相对较差的阶段是夏季风稳定持续较弱的时期, 相对较好的阶段夏季风表现出高频大幅度的波动, 环境状况以多变为特征。从动物群与气候变化的关系上看, 1965 年发现的 13 种小型哺乳动物化石产出在“粉砂质黄土的下部”, 即相当于这里的第 4 阶段; 而蓝田人和大型哺乳动物化石则出于粉砂质黄土中上部的钙板中, 相当于这里的第 6 阶段, 都处于夏季风大幅度减弱的时期。

2.3 粒度组成序列反映的冬季风变化

本研究所依据的 64 个样品在中国科学院综合考察委员会 ICP 实验室, 采用岛津 RS-1000 型粒度分析仪进行了粒度分析。

由图 1 可以看出, 在 1.393~1.220Ma B.P., 发育 S_{15} 的时期, 大于 $10\mu m$ 粒级组分变化不大, 其含量在第 1 阶段平均为 27%, 第 2 阶段为 26%, 第 3 阶段为 28%, 表现为持续稳定的低值, 指示冬季风强度不大且少变。中期, 在约 1.220~1.150Ma B.P. 相当于 L_{15} 中下部的发育时期, 大于 $10\mu m$ 粒级组分的含量在第 4 阶段平均为 38%, 在第 5 阶段为 53%, 表现为大

幅度上升。这一上升过程是由第 4 阶段之初的 30%, 持续稳定地上涨到第 5 阶段末的 58%, 指示了一个冬季风持续增强、气候环境严重恶化的过程。晚期即约 1.150~1.095MaB.P., 相当于 L_{15} 上部及 S_{14} 下部发育的时期, 大于 $10\mu\text{m}$ 粒级组分含量在第 6 阶段平均为 53%, 在第 7 阶段平均为 47%, 至第 8 阶段已降到 38%, 恢复到古土壤形成时的状态, 表明了冬季风的持续减弱。从该时期冬季风强弱变化的全过程来看, 粗粒组分含量超出 50% 的阶段是第 5 和第 6 阶段, 即这两个阶段是公王岭地区冬季严寒酷冷的时期, 其中以第 5 阶段末最为突出。从粒度序列反映的冬季风变化过程来看, 公王岭动物群死亡时期的第 4 和第 5 阶段, 均处于冬季风强盛的时期。

3 公王岭蓝田人及其伴生动物群与季风气候变迁

综合考虑冬夏季风变化情况, 公王岭地区发育 S_{15} 的时期, 包括第 1~3 阶段, 年龄为 1.393~1.220MaB.P.。其时, Fe_2O_3 值维持较高的含量, 表明夏季风强盛, 降雨充沛, 气候温暖、湿润。粒度分析表明, $10\sim 50\mu\text{m}$ 的粗颗粒组分含量不高且变幅很小, 表明冬季风并不强盛, 且没有太大的变化, 冬季气温温和。这就构成了公王岭蓝田人及其伴生动物群生活时期的气候环境背景。

进入第 4 阶段环境发生了较大的变化, 首先表现为 Fe_2O_3 含量明显减少, 比前一阶段平均降低约 0.5%, 相当于年降雨量减少约 130mm。粒度序列中粗颗粒组分开始持续增加, 表明冬季风逐步增强, 冬季气温变得寒冷, 气温降低和降水减少使植被遭到重大破坏, 植物生产量随之大幅度下降。低温和缺乏食物的直接后果是导致草原型小型哺乳动物大量死亡, 被埋藏在 L_{15} 的下部层段中。1965 年补充发掘时找到的 13 种小型哺乳动物化石^[10] 就产出于这一层位。

到了第 5 阶段, 黄土粒度组成中的粗颗粒含量持续增加, 最后增至 58%, 达最大值, 表明此时冬季风非常强盛, 气温非常寒冷。但值得注意的是, 夏季风在本阶段却有所回升, 其依据是指示夏季风强度的 Fe_2O_3 值在波动中形成几个小峰值。该阶段的水热特征是冬季相当寒冷, 夏季温热多雨, 是一种季节分明的气候状况, 表明总的的环境状况比第 4 阶段有所改善, 因而没有大量生物死亡的事件发生。

第 6 阶段中粗颗粒含量已停止增加, 但还维持在一个较高的水平上, 说明冬季风的强度已停止增加, 但还维持在一个相当强的水平上。此时 Fe_2O_3 值继第 4 阶段之后又一次大幅度下降, 平均仅有 4.71%, 比第 1 阶段平均低 1.08%, 相当于年平均降雨量减少 260mm。而本阶段 Fe_2O_3 的极端最低值比第 1 阶段平均低 1.33%, 相当于年平均降雨量减少 327mm。在冬季风强盛的背景上再叠加上如此强烈的夏季风减弱, 环境恶化的程度是可想而知的了。由此造成植被的严重破坏, 植物生产量大幅度下跌。夏季干燥, 冬季酷寒, 再加上严重的食物短缺, 这对于早期蓝田人和大型哺乳动物来说, 无疑是一种雪上加霜的严重打击, 从而造成了他们的大量死亡, “一堆一堆”地被埋藏在地层之中^[2]。

至第 7, 8 阶段, 气候环境状况明显改善。但这一改善还不足以具有南方色彩的大型哺乳动物提供生存所必需的基本气候环境条件, 从而造成了中更新世早期相当长的一段时期内, 中国北方很少有它们的化石产出。

由此可见, 公王岭蓝田人及其伴生动物群的产出是与季风气候演变特征紧密相关的。

但是,为什么此时、此地气候环境会发生如此巨大的变化?这种环境变化的空间范围有多大,促使这种变化的原动力又是什么?关于气候环境恶化的原因笔者试作如下的讨论。

首先, L_5 是一种浅灰黄色、粗粉砂质的黄土,这种岩性的黄土层,在黄土-古土壤序列中并不普遍存在,而只是出现在个别层位(如 L_9, L_{15}),这说明导致沉积粉砂质黄土层的环境因素,与常规的决定黄土-古土壤相交替的环境变化因子不同。至少是在某种因素的作用下,增强了导致黄土沉积的环境因子的作用强度。据最新研究^[11],第四纪时期导致黄土高原环境波动,并形成黄土-古土壤相交替的沉积序列的最基本的驱动力是太阳辐射的变化,同时还有北半球冰量的驱动。笔者认为,出现粉砂质堆积的动力因素,除了常规的太阳辐射和冰量变化外,还应有其它的因素。那么,这一因素究竟是什么?考虑到 L_5 砂质黄土层在黄土高原地区有着相当广泛的分布范围,仅秦岭的隆起还不足以导致如此大范围、大幅度的环境恶化。笔者认为,能够造成整个黄土高原的环境发生如此幅度的变化,除了太阳辐射和全球冰量变化这样的因子外,就应该考虑青藏高原的隆起。青藏高原的隆起对东亚乃至整个亚洲的气候环境变化都有着重要影响。关于青藏高原隆起的具体气候意义,刘东生等^[12]指出,青藏高原隆升的环境效应主要是加剧了冰期气候的恶化。由此看来产出蓝田人的粉砂质黄土层,在指示气候环境恶化的同时,还指示了一次青藏高原的剧烈隆升事件。

4 结语

依据在公王岭蓝田人产出层所建立的高分辨率气候环境演化序列,包括 Fe_2O_3 反映的年平均降雨量即夏季风风场强度序列、粗粉砂粒级反映的冬季风风场强度序列,在高分辨率的条件下,论证了公王岭蓝田人及伴生哺乳动物对季风气候环境演变的高度依赖性。公王岭蓝田人及其伴生动物群大量死亡并保存于 L_5 粉砂质黄土层中的事实,除了指示环境剧烈恶化外,还指示在 1.150MaB.P. 前后发生了一次青藏高原的快速隆升事件。

致谢 徐钦琦研究员审阅全文并提出宝贵意见,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 贾兰坡. 蓝田猿人头骨发现经过及地层概况. 科学通报, 1965, (6): 477~481
- 2 周明镇. 蓝田猿人动物群的性质和时代. 科学通报, 1965, (6): 482~487
- 3 吴汝康. 陕西蓝田发现的猿人头骨化石. 古脊椎动物与古人类, 1966, 10(1): 1~22
- 4 安芷生, 高万一, 祝一志等. “蓝田人”的磁性地层年龄. 人类学学报, 1990, 9(1): 1~7
- 5 程国良, 林金录, 李素玲. 蓝田人地层年代的探讨. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所编. 古人类论文集. 北京: 科学出版社, 1978. 151~157
- 6 马醒华, 钱方, 李普等. “蓝田人”年代的古地磁学研究. 古脊椎动物与古人类, 1978, 16(4): 238~243
- 7 丁仲礼, 余志伟, 刘东生. 中国黄土研究新进展(三) 时间标尺. 第四纪研究, 1991, (4): 336~348
- 8 魏明建, 孙建中, 封达庄等. 黄土中的铁与二十五万年来的古气候. 西安地质学院学报, 1988, 10(3): 93~99
- 9 张宗祜, 魏明建. 黄土中全氧化铁与气候指标的定量关系. 科学通报, 1995, 40(13): 1219~1221
- 10 吴新智, 袁振新, 韩德芬等. 陕西蓝田公王岭猿人地点 1965 年发掘报告. 古脊椎动物与古人类, 1966, 10(1): 23~29

- 11 丁仲礼, 余志伟. 第四纪时期东亚季风变化的动力机制. 第四纪研究, 1995, (1): 63~74
12 刘东生, 丁仲礼. 中国黄土研究新进展(二) 古气候与全球变化. 第四纪研究, 1990, (1): 1~9

THE MONSOON RECORDS DURING THE PERIOD OF GONGWANGLING *HOMO ERECTUS LANTIANENSIS*

Dong Junshe¹ Wei Mingjian² Deng Tao¹

¹Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;

²China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract

The high-resolution sequences of the climate changes during the period of Gongwangling *Homo erectus lantianensis* were reconstructed by analyzing the results of ferrous oxide and grain size from the Pleistocene loess at the site of Gongwangling *Homo erectus* bearing strata. It was the first time to recognize that the *Homo erectus lantianensis* and accompanying fauna were highly depended on the climate changes in the level of high-resolution. The time interval studied in this paper was from 1.393 to 1.095MaB.P., and corresponds approximately to the oxygen isotopic stages 37~51. The studied time interval may be divided into 8 stages based on the sequence of the ferrous oxide, each stage is dated as: 1.393~1.338MaB.P., 1.338~1.287MaB.P., 1.287~1.220MaB.P., 1.220~1.181MaB.P., 1.181~1.150MaB.P., 1.150~1.130MaB.P., 1.130~1.111MaB.P. and 1.111~1.095MaB.P. The studied strata in this paper include S₁₅, L₁₅ and the lower part of S₁₄.

In Gongwangling district, S₁₅ deposited during Stages 1, 2 and 3, and its age was 1.393~1.220MaB.P. In this period, ferrous oxide kept a high level, which indicated strong summer monsoon, rich precipitation, and a warm and humid climate. According to the size analysis, the content of coarse grains of 10~50 μ m was relatively low and its variation was very small, which indicated weak winter monsoon and moderate winter temperature. This was the climatic and environmental background during *Homo erectus lantianensis* and its accompanying fauna lived in Gongwangling.

During Stage 4, the environment in this district had large changes. Firstly, ferrous oxide had an obvious decrease and went down by 0.5% averagely than that of the last stage, corresponding to a 130mm decrease of annual rainfall. Secondly, the coarse grains in the size sequence began to have a sustained increase, which implied that winter monsoon strengthened step by step and winter temperature became cold. The decreases of temperature and precipitation made vegetation destroyed seriously so that its production had a big decrease. The direct consequence of low temperature and

food shortage was mass death of small grassland mammals those were buried in the lower part of L_{15} .

During Stage 5, the coarse grains of loess continued to increase and reached the highest of 58% finally, which indicated very strong winter monsoon and very cold winter temperature. On the other hand, summer monsoon went up again in this stage, because ferrous oxide rose in fluctuation and formed a few small peaks. This stage had a typical seasonal climate with very cold winters and warm and rainy summers. The environment of this stage became better than that of Stage 4 so that there was no mass death of mammals.

During Stage 6, the content of the coarse grains stopped increasing but kept a high level, in other words, so did the strength of winter monsoon. The ferrous oxide had a big decrease after Stage 4. Its mean was 4.71% and went down by 1.08% than that of Stage 1, corresponding to a 260mm decrease of annual rainfall. The rapid weakening of summer monsoon on the background of strong winter monsoon made the environment worse. The dry summer, cold winter and terrible food shortage were a disaster for *Homo erectus lantianensis* and its accompanying fauna. As a result, they died in large scale and were piled up to be buried in the beds.

Up to Stages 7 and 8, the climate had marked improvement. However, it was not enough to provide necessary environmental conditions for south large mammals so that their fossils were rare during a long term of the early Middle Pleistocene.

L_{15} is pale yellow loess of coarse silt. The coarse silt appears only at a few beds (e.g. L_9 and L_{15}) in the loess-paleosol sequence, therefore its sedimentary factors are different from normal replacements between loess and paleosol. We consider that dynamic factors of the silt deposits were the rapid uplifting of Qinghai-Xizang Plateau as well as the changes of the solar radiation and the global ice capacity.

Consequently, the main work and conclusions are approached as follows:

(1) The evolutionary sequences of summer and winter monsoon were established in tenthousand-year scale.

(2) Stage 4 was recognized as the period in which the intensity of summer monsoon decreased and winter monsoon increased. Low temperature and less precipitation resulted in the death of 13 species of small-sized mammals.

(3) The strong winter monsoon with the supervention of the greatly decreased summer monsoon resulted in the mass death of Gongwangling *Homo erectus* and accompanying largesized mammals during Stage 6.

(4) The large-scale climatic deterioration was caused by the rapid uplifting of Qinghai-Xizang Plateau during the period of Gongwangling *Homo erectus lantianensis*.

Key words *Homo erectus lantianensis*, high-resolution, monsoon climate