



中国东部近 10 万年来的气候过程、 环境演化与环境考古分期

——兼论冰期与文化间断的耦合关系

王照波^{1,2,3}, 刘子松⁴, 刘彩玲⁵, 丁志豪⁶

(1.自然资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室,山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室,山东省地质科学研究所,山东 济南 250013;2.平邑县国有林场总场,山东 临沂 273301;3.临沂沂蒙山世界地质公园管理局,山东 临沂 273304;4.临沂市自然资源和规划局,山东 临沂 276001;5.临沂市第十一中学,山东 临沂 276006;6.山东指南针矿产勘查有限公司,山东 临沂 276006)

摘要:为了揭示中国东部近 10 万年来的气候过程、环境演化及其与古人类演化之间的内在关系,在洞穴石笋气候演化曲线的基础上,首次将中国东部(东经 105°以东)近年来建立的 7 条黄土—古土壤剖面进行对应性分析,发现这些剖面反映的气候与洞穴石笋气候演化曲线之间存在高度耦合关系,同时也直观的显示出中国东部地区 10 万年以来经历了冰期—间冰期的旋回性气候演化过程。以此为基础,将中国东部地区发现的冰楔构造、冰川遗迹、猛犸象化石等冰期遗迹进行综合分析,多项环境指标均显示出中国东部在冰期时的降温幅度可达 13~15℃左右,冰期时温带南界总体向南迁移了 8~10 个纬度带,南迁到南岭一带。在此基础上,对 10 万年来的气候演化过程进行分期,建立了气候演化标尺,在地域上将中国东部地区由北向南大致划分出黑龙江、辽河、黄河、长江、珠江 5 个流域,将这些流域内巨量的古人类遗存年龄数据与气候演化标尺进行了对应性分析,发现中国古人类演化严格受到了冰期—间冰期气候过程的制约,中国东部地区既存在适合古人类生存的暖期(间冰期)时段,也存在不适合古人类生存的寒冻冰期时段,以此为基础建立了环境考古分期。冰期—间冰期循环导致的剧烈环境变化,在冰期时段造成文化遗存缺失,形成文化间断(缺环),这也是中国东部史前古文化表现出阶段性特征的核心内因。在环境考古分期的基础上,首次构建了中国东部近 10 万年以来的冷暖旋回(冰期—间冰期)与冰川遗迹、古冰楔构造、猛犸象化石、古人类遗存等诸多元素内在的时空演化关系,初步建立了环境考古分期表。环境考古分期的建立为深入认识我国古人类的发展与气候过程、环境演化之间的关系提供了一个全新的视角。

关键词:中国东部;气候过程;冰期环境;文化间断;环境考古分期

中图分类号:X14;P512.4

文献标识码:A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.11.005

0 引言

中国东部地区第四纪时期是否经历了冰期—间冰期的气候演化过程?自李四光先生 1921 年在太行山东麓沙源岭首次发现并提出中国东部曾广泛存在第四纪冰川^[1-2],发现研究了庐山冰川遗迹之后,进一步提出中国东部曾经经历了冰期—间冰期的气

候旋回^[3-5]。一百年来,对这一基本问题一直存在争议^[6-7],对中国东部地区存在冰期环境这一认知的不确定性,也严重影响并制约了中国第四纪古环境、古人类演化等诸多基础问题的研究与认知。可见,对该问题进行全面而深入的探讨,意义重大。

冰川遗迹是冰期气候存在的重要依据,如王曰伦和贾兰坡^[8]、王曰伦^[9]、严钦尚^[10]、杨怀仁^[11-12]、

收稿日期:2025-04-14; **修订日期:**2025-05-23; **编辑:**曹丽丽

基金项目:自然资源部金矿成矿过程与资源利用重点实验室、山东省金属矿产成矿地质过程与资源利用重点实验室开放课题“山东蒙山全新世冰川遗迹测年研究”(编号:KFKT202121),山东指南针矿产勘查有限公司“东亚冷槽追索计划”(编号:20180101)联合资助

作者简介:王照波(1971—),男,山东平邑人,正高级工程师,主要从事金刚石地质、第四纪地质、古冰川与古环境演化、环境考古、山体隆升等研究工作;E-mail:13805498543@163.com

孙殿卿^[13]、徐馨^[14]、景才瑞^[15]、赵松龄^[16]、徐兴永^[17]、赵志中^[18]、王照波等^[19-25]、王刚^[26]等进行的调查研究都佐证了中国东部存在广泛的第四纪冰川,经历了冰期—间冰期的旋回性气候演化过程。但施雅风等^[27]认为中国东部 2 500~3 000 m 以下的山区在第四纪期间从来都不存在冰川发育的条件。冰期是一个较长时段区域性低温环境,冰期时段也不只是形成冰川,如多年冻土区形成的冰楔构造,依靠苔原植物生存的猛犸象的分布等等都指示冰期环境的存在。同时,冰期时段的严酷低温、食物匮乏,也会引起古人类的迁徙,从而在地层中表现出文化间断。近年发展并建立的洞穴石笋、湖泊沉积、黄土剖面等各类高精度气候演化曲线,虽然能定性的反映出气候演化的过程,但无法定量分析具体时段的气候与环境。在中国东部发现的古冰川遗迹、古冰楔构造、猛犸象化石等冰期遗迹,则为定量分析具体时段的气候与环境变化、估算降温幅度等提供了直接的依据。

人类是自然的产物,其发展历程也必然受到自然环境的制约。陆莹等^[28]依据黄土—古土壤气候序列为基础论述了中国早、中更新世考古遗址的时空分布特征,得出“总体间冰期人类活动强度大于相邻冰期”的认识,但未能揭示出冰期对于中国古人类产生的深刻影响。竺可桢^[29]根据历史和考古发掘材料,提出历史时期的气候是有变迁的,且这种变迁是全球性的。刘莉^[30]依据全球环境变化对中国古人类的影响进行了较为深入的研究,但由于缺失冰期时段的气候、环境要素,没能认识到冰期时段对于中国古人类产生的深刻影响。周昆叔^[31]在其专著《环境考古》中敏锐的注意到“内蒙岱海地区三期文化空缺,似乎与距今 6 000 a、5 000 a、3 000 a 的 3 次降温事件有关”,并前瞻性的指出“一旦气候发生降温事件,人们难以承受,只得离去”。夏正楷^[32]虽然在《环境考古学》一书中较详细论述了末次冰期的 6 次哈因里奇(Heinrich)降温事件,也关注到了 MIS3 升温阶段对于文化繁荣的影响,但并没有关注到冰期降温对于中国古人类产生的深刻影响。近年,杜水生^[33]在研究山西下川遗址文化的延续时,也敏锐的观察到文化延续过程中存在 3 次文化断裂(间断),但没能去分析这些文化间断与气候环境之间的相互关系。虽然考古领域部分研究者也敏锐的觉察到古人类演化过程中出现的文化间断(断层),

但也意识到可能与冰期降温有关,但中国东部不存在冰期环境的错误认知,导致考古学界没有冰期时间标尺与真实的冰期环境作为参考,由此造成不能全面分析与认识中国古人类的演化过程。

本文所述中国东部,是指东经 105°以东区域。近年来在中国东部逐渐获得了大量洞穴石笋、黄土沉积、湖泊沉积等多介质的气候演化曲线。王江月等^[34]将中国东部全新世以来的洞穴石笋、黄土堆积、湖泊沉积等气候曲线与气候事件进行对应性分析,发现洞穴石笋气候记录具有较高的分辨率,能较好的反应气候演化过程。本文以洞穴石笋气候演化曲线为基准,参考中国东部有测年数据的古土壤剖面,建立了 10 万年以来的气候演化标尺,将具有测年数据的冰川堆积、古冰楔构造、猛犸象化石、考古遗存进行对应性分析,建立起以环境演化阶段为基础的环境考古分期,进而分析古人类演化与环境演化之间的内在关系。

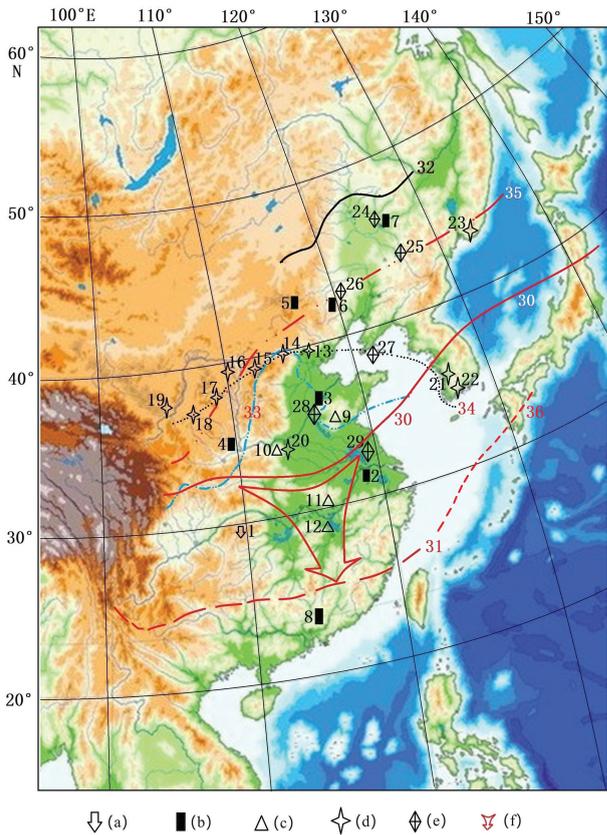
1 中国东部近 10 万年来的气候过程及其在古土壤中的反映

目前能够获得气候演化曲线的介质很多,譬如深海沉积物、黄土沉积、湖泊沉积、洞穴石笋、冰心等^[35]。近年来由洞穴石笋建立起来的气候演化曲线被越来越多的古环境研究所重视^[36]。鉴于王江月等^[34]已经较为详细的研究了中国东部 1 万年以来的气候演化过程,本文主要阐述距今 10 万年~1 万年间的气候过程与环境演化。

1.1 近 10 万年来的气候过程及其在古土壤中的反映

黄伟^[37]利用贵州咸丰县落水洞中采集的三支石笋组合,建立了近 10 万年以来的气候演化曲线(图 1 的图例 1、图 2a)。该气候曲线跨越了深海氧同位素 MIS5 至 MIS2 阶段,并清晰反映出了 6 次哈因里奇(Heinrich)降温事件(编号为 H1~H6)及 YD 降温事件^[38]。本文将哈因里奇事件之间的暖期依次编号为 N1~N7(图 2a)。

刘东生等^[39]研究认为,风尘黄土与其中发育的古土壤,是全球气候冷暖交替(冰期—间冰期)的体现,冰期表现为风尘堆积,间冰期表现为古土壤发育阶段。为了直观的反映近 10 万年来中国东部广阔地域上冷暖气候交替变化的影响,选取了 7 条具有系统测年数据的土壤剖面,各剖面中土壤发育情况



a—石笋气候曲线洞穴位置;b—典型土壤剖面位置;c—末次冰期冰碛分布位置;d—冰缘冰楔遗迹分布位置;e—猛犸化石出土点位置;f—气候带南迁幅度;1—贵州咸丰落水洞;2—江苏南京李家岗与新生圩;3—山东济南埠西;4—陕西渭南;5—内蒙古赤峰克什克腾旗经棚;6—辽宁朝阳凤凰山;7—黑龙江哈尔滨荒山;8—广东河源临江;9—山东蒙山;10—河南嵩山;11—安徽大别山;12—江西庐山;13—北京平谷上镇村;14—河北平原虎头梁;15—山西大同砂板梁;16—内蒙古鄂尔多斯东胜西;17—内蒙古乌审旗南部;18—甘肃环县环江;19—内蒙古巴音浩特付家田;20—河南新密李家沟;21—韩国全罗道北道镇安慕里;22—韩国全罗道竹内里;23—俄罗斯远东伊利斯塔亚 I 号遗址;24—黑龙江青冈英贤村;25—吉林榆树周家油坊;26—辽宁朝阳;27—辽宁大连小平岛;28—山东济南南长清;29—江苏宝应;30—现代温带南界;31—末次盛冰期时温带南界;32—现代冻土南界;33—末次盛冰期时冻土南界;34—冰楔出露南界,即末次冰期时-7℃等温线;35—间冰期最暖期东亚地区温带南界;36—推测的末次冰盛期时温带南界在东海大陆架上的走势。

图 1 中国东部及东亚地区近 10 万年来典型气候遗迹分布与气候带变迁

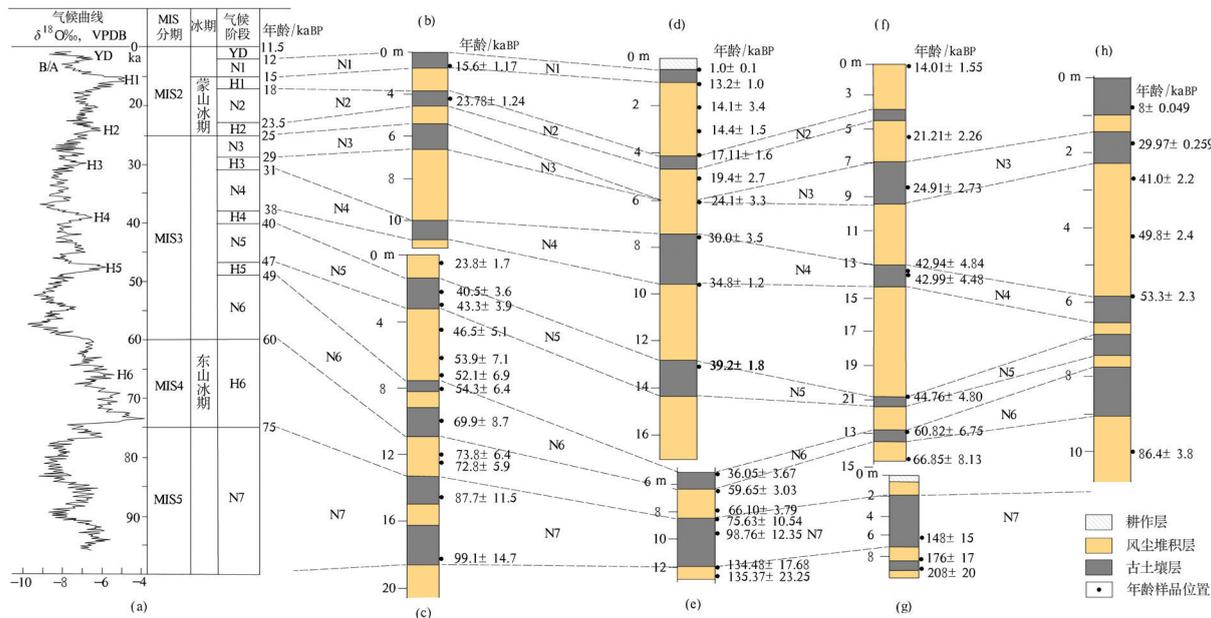
如下:南京市东部的李家岗土壤剖面^[40],剖面自下而上发育 N7、N6、N5 三层古土壤(图 1 的图例 2、图 2b)。南京附近的新生圩古土壤剖面发育 N4、N3、N2、N1 四层古土壤(图 1 的图例 2、图 2c)^[41-42]。山

东济南章丘埠西剖面发育了 N5、N4、N2 三层古土壤,缺失 N3 层古土壤(图 1 的图例 3、图 2d)^[43]。陕西渭南剖面底部发育了 N7、N6 两层古土壤(图 1 的图例 4、图 2e)^[44]。内蒙古赤峰克什克腾旗经棚剖面发育了 N5、N4、N3 三层古土壤(图 1 的图例 5、图 2f)^[45]。辽宁朝阳凤凰山土壤剖面发育了一层 N7 古土壤(图 1 的图例 6、图 2g)^[46]。黑龙江哈尔滨荒山剖面发育了 N6、N5、N4、N3 四层古土壤(图 1 的图例 7、图 2h)^[47]。此外,李保生等^[48]在珠江流域的东江临江黄土剖面中也清晰的分辨出存在冷暖节律性气候变化特征(图 1 的图例 8),并且发现末次冰期时的珠江流域呈现温带气候特征。吴昊等^[49]对江西南昌厚田地区风沙及其中发育的古土壤进行测年研究,不仅反映出与黄土剖面中存在的气候冷暖交替特征,还很好的揭示出了 H6、N6、H5、N4、N3、H1 等 6 个对应性较好的环境演化层位。上述剖面中的风尘黄土与古土壤的交替发育,直观的反映出中国东部广大地区在 10 万年以来都经历了明显的以冰期-间冰期为基础的冷暖气候循环,并且与哈因里奇冰期降温事件具有对应性,也显示出中国东部广大区域内气候变化具有全球性的同频响应性。

1.2 古土壤揭示的气温提升幅度与气候带北移

通过古土壤与现代土壤生成环境条件的对比研究,可以定量获得古土壤形成时段的年均降水量、年均温度等气候信息^[50]。欧阳陶椿等^[51]利用化学风化指标计算出萨拉乌苏米浪沟湾 N7 时段暖期时的年平均温度为 9.8~11.6℃,比现在高 3.3~4.9℃。赵景波^[52]利用土壤中的 CaCO₃ 淀积迁移深度,获得陕西长武古土壤剖面中的 N7 时段古土壤(距今 71 ka)形成时的年平均温度为 14~15℃,并认为该古土壤属于亚热带黄褐土类型。长武县现在多年年均气温为 9.1℃^[53],可知 N7 时段的气温比现在高出 5.5℃左右。赵景波^[54]根据土壤学的研究提出,长武古土壤的形成,当时秦岭已经失去温带与亚热带分界线意义,亚热带向北迁移了 2 个纬度以上。黄镇国等^[55]根据孢粉、动物群、石笋等 30 个古环境实例分析,提出全新世升温期时中国热带北界向北迁移 3~5 个纬度带。

参考现代东亚地区温带南界走势,自秦岭-淮河一线向东进入海域,然后急剧向北东方向偏移延伸到韩国首尔南部、日本福岛北部一带(图 1 的图例



a—湖北落水洞洞穴石笋气候演化曲线；b—江苏南京新生圩古土壤剖面；c—江苏南京李家岗古土壤剖面；d—山东济南埠西古土壤剖面；e—陕西渭南古土壤剖面；f—内蒙古经棚古土壤剖面；g—辽宁朝阳凤凰山古土壤剖面；h—黑龙江哈尔滨荒山古土壤剖面。

图 2 贵州落水洞洞穴石笋记录的近 10 万年以来 $\delta^{18}\text{O}$ 气候演化曲线与中国东部古土壤发育时段对比图

30)^[56]。综合上述古土壤成壤期温度研究成果，中国东部间冰期时段气温明显高于当代，气候带也大幅北移，东亚地区间冰期最暖时段的温带南界北迁 5 个纬度带左右，大致分布在银川—鄂尔多斯—赤峰—兴凯湖一线（图 1 的图例 35）。间冰期气候带北迁是中国及东亚地区古人类北迁，并在东北地区，乃至黑龙江以北地区生存的气候基础。

1.3 黄土揭示的气温下降幅度与气候带南迁

黄土为冰期时段寒冷气候条件下的风尘堆积^[39]，其中蕴藏了大量古气候信息。赵景波^[52]对山西长武土壤剖面中的 L1(末次冰期时段)黄土沉积时的温度进行估算，显示年均气温在 3℃左右，比现在下降 10℃左右。黄镇国等^[57]根据黄土、冰川遗迹、冰缘现象等资料综合研究后提出，末次冰盛期时秦岭—淮河以北为寒温带，年均气温比现在下降 7~10℃，长江中下游地区为温带，年均气温下降 5~7℃。亚热带南部与北部的分界如今在北纬 29°左右，末次冰盛期时此界线大幅度南移至北回归线附近，向南移了 6 个纬度带。安芷生等^[58]根据黄土、古土壤、古冰缘等多类古环境标志的综合研究，提出末次冰盛期时多年冻土带及苔原、干草原带比现在向东南推进了 8 个纬度带，亚热带与温带的界限在北纬 25°左右(图 1 的图例 31 长虚线段)。中国中部

和东部的年均气温比现今至少降低 10℃，甚至降低 12℃以上。李保生等^[48]对广东临江土壤剖面(图 1 的图例 8)进行的气候研究显示，在末次冰盛期时临江地区表现为暖温带特征，由此可见在末次冰期时的温带南界向南迁移近 10 个纬度带，南迁到珠江干流一线附近。上述研究均显示冰期时段中国东部发生了大范围、大幅度的降温，降温幅度可达 10℃，甚至 12℃以上，气候带也随之大幅度南迁了 8~10 个纬度带，冰期时气候带的南迁是导致中国古人类相应时段南迁，且在东北、华北地区形成文化间断的气候原因。

2 中国东部近 10 万年来冰期时段的气候过程与环境特征

上述中国东部黄土研究揭示出的冰期大幅度降温，不应该仅仅反映在黄土中，同时也应该在其他低温遗迹中得到对应性的反映，如在古冰楔构造、古冰川遗迹、猛犸象化石等低温遗迹中也得到了对应的佐证。

2.1 中国东部古冰楔构造的分布及气候意义

2.1.1 中国东部冰楔构造的分布与特征

冰楔是冰期时多年冻土环境下的产物，多发育在砾石层(图 3a)、泥沙(图 3b)、黄土(图 3c)或者基

岩表面,后被泥沙、砾石充填构成冰楔假形,即古冰楔构造。中国东部古冰楔发育广泛。曹伯勋等^[59]在北京周口店太平山北侧发现古冰楔,通过地磁年龄确定古冰楔形成于距今 80 万年左右,分析当时年均气温比现在低 13~14℃。杨怀仁等^[60]在庐山芦林盆地西侧也发现有古冰楔构造。陈华慧等^[61]在湖北钟祥草堰冲村早-中更新世地层中发现古冰楔构造,宽 2~0.5 m,深 2 m。周天等^[62]在内蒙古准

格尔旗杨四圪嘴村发现古冰楔多达 20 多处,平均宽 36~65 cm,深 75~137 cm,分析当时年均气温比现在低 14℃。另外在朝鲜半岛中南部^[63-64]、俄罗斯远东地区^[65]也发现了大量古冰楔构造。张俊娜等^[66]在河南新密李家沟遗址黄土层中发现大量楔形构造,后经笔者现场考察确定为古冰楔构造(图 3c),形成于全新世早期的新仙女木事件。



a—鄂尔多斯高原东胜一带砾石层中发育的古冰楔构造(据苏德辰拍摄提供);b—甘肃环县古冰楔构造;c—河南新密李家沟遗址马兰黄土剖面中发育的古冰楔构造。

图 3 中国东部典型古冰楔构造

2.1.2 古冰楔构造揭示的年均降温幅度与地面 -7℃等温线

现代冰楔广泛发育在极地区域严寒环境下,这为冰楔形成的气候环境还原研究提供了依据。PEWETL^[67]研究了阿拉斯加冰楔分布区的气候特征,认为冰楔分布区边缘地带的年均气温在-6℃~

-8℃,核心区域可达-12℃,这为估算古冰楔分布区年均降温幅度提供了依据。

表 1 统计了中国东部末次冰期时段发育的古冰楔构造,研究者估算了古冰楔形成时的年均降温幅度在 8~17.7℃之间,多集中在 11~14℃之间^[68-76]。按照冰楔构造形成环境边缘地带年均气温为

-7℃^[67],可以圈定中国东部末次冰期时的地面年均气温-7℃等温线(图 1 的图例 34),从甘肃环县开始,经内蒙古准格尔旗、山西大同、河北怀来、北京平谷、辽宁大连,然后转向南东方向延伸到朝鲜半岛的

南端。但鉴于近年在河南新密李家沟遗址中(图 1 的图例 20)发现的新仙女木降温事件形成的古冰楔构造,实际的年均气温-7℃等温线中段应该与秦岭-淮河一线相近(图 1 的图例 30)。

表 1 中国东部末次冰期古冰楔构造的基本特征及年均降温值

序号	产出位置	最大规格/m	形成年龄/ka BP	年均降温值/℃	图中编号	资料来源
1	北京平谷区上镇村	1.2×2.4	末次冰期	16.4	图 1 的图例 13	朱国荣等 ^[68]
2	河北阳原虎头梁	0.5×1.5	末次冰期	13.3	图 1 的图例 14	周廷儒等 ^[69]
3	山西大同砂板梁	0.5×1.2	>29.5	11.5	图 1 的图例 15	崔之久等 ^[70]
4	内蒙古鄂尔多斯东胜西 4km	10×2.5	>16.9	10.0	图 1 的图例 16、图 3a	崔之久等 ^[70]
5	内蒙古乌审旗南部	1.0×1.0	>33.44	8.0	图 1 的图例 17	崔之久等 ^[71]
6	甘肃环县环江河	0.3×0.8	>30.01	17.7	图 1 的图例 18、图 3b	王建勇等 ^[72]
7	内蒙古巴音浩特付家田	0.9×1.2	>10.1	13.5	图 1 的图例 19	单鹏飞 ^[73]
8	内蒙古乌海巴升图	0.8×2.4	>66.45	12.8		李大伟等 ^[74]
9	内蒙古鄂托克旗新寨子	0.7×3.0	末次冰期	14.0		董光荣等 ^[75]
10	河北涿鹿吉家营	0.4×0.7	>11.03	10~12		孙黎明等 ^[76]

2.2 中国东部末次冰期猛犸象化石的分布与降温幅度

猛犸象(指真猛犸象,又称长毛象)为冰期寒冷气候下生存的动物类型,是冰期气候环境下的典型生物标志,现在已经灭失。猛犸象化石在中国出土点多达 100 多处,据赵克良等^[77]收集研究的中国猛犸象化石的年龄,黑龙江青冈英贤村猛犸象化石¹⁴C 年龄为(41.5±0.5)ka BP,校正后年龄中值为 44.4 ka BP。吉林榆树周家油坊猛犸象化石¹⁴C 年龄为(51.6±1.4)ka BP,校正后年龄中值为 53.4 ka BP。周本雄^[78]研究了中国辽宁朝阳、渤海(大连小平岛)等地出土的猛犸象化石。TAKA-HASHIK et al^[79]对济南市长清区崮山镇 1992 年发现的猛犸象化石进行研究,获得¹⁴C 年龄值为(33.1±0.25)ka BP。1995 年在江苏扬州宝应芦汜河发现了象牙化石(图 4a),经南京市文物考古研究所研究员贺云翱和扬州博物馆副研究员印志华鉴定为古猛犸象牙化石^[80];此后 2003 年又在宝应县发掘出土一枚猛犸象牙化石^[81]。此外,范春雪等^[82]报道了福建石狮、澎湖海沟海底发现的猛犸象化石。

NOGUéSBDeta^[83]研究了距今 42 ka、30 ka 和 21 ka 3 个不同时期共计 270 个猛犸象化石样品的生存环境,得出猛犸象生存地区的温度特征为最冷月均气温不低于-30.3℃,最暖月均气温不高于 14.5℃。宝应市一带最热月(7 月份)的平均气温在 27.5℃^[84],7 月份至少平均降温 13℃,才可满足猛犸象最热月均气温不高于 14.5℃的低温生存条件。

扬州宝兴一带猛犸象化石的发现,表明中国东部乃至长江中下游一带冰期时都出现了大幅度的降温,达到猛犸象可以生存的苔原环境。

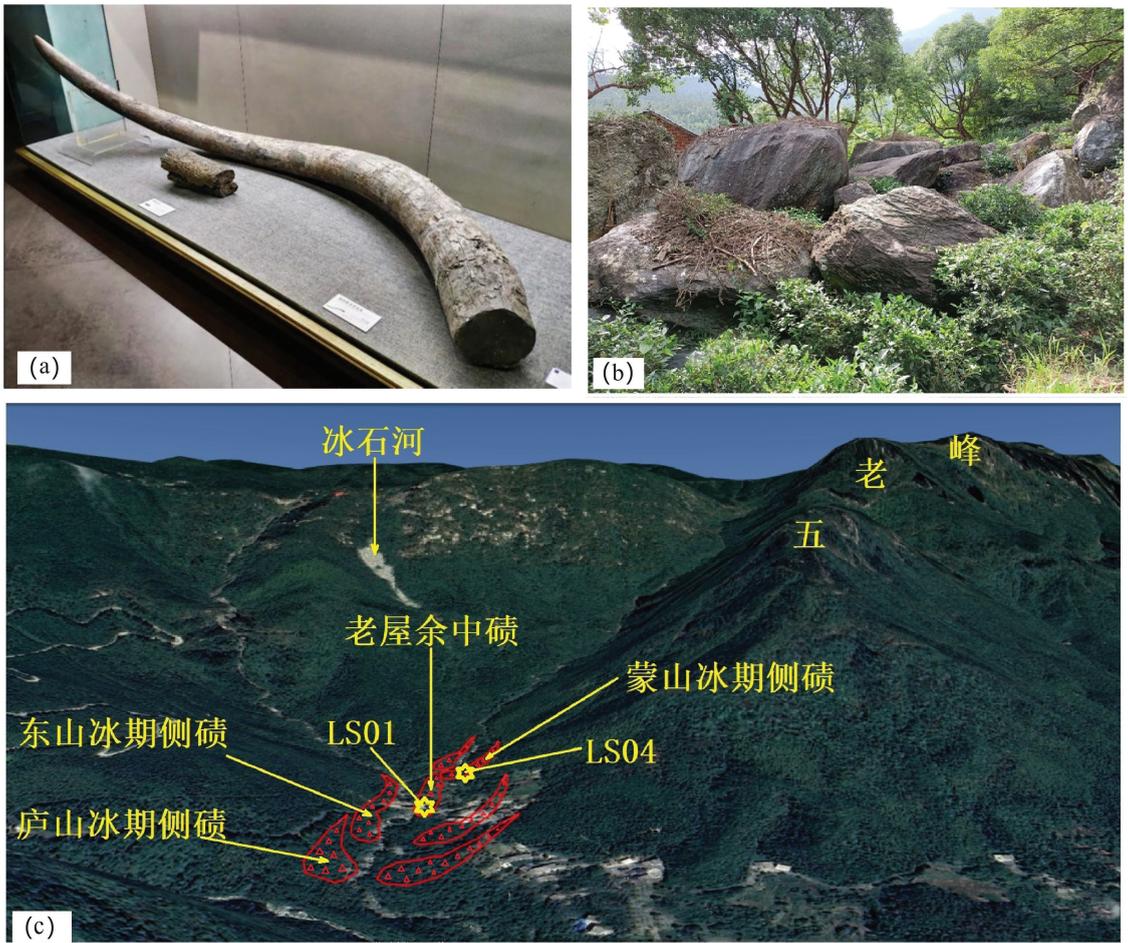
2.3 中国东部末次冰期冰碛分布与降温幅度

冰川是冰期环境下的特征性产物,中国东部第四纪冰川遗迹自李四光先生 1921 年在河北沙源岭发现以来^[1],经过一个世纪的调查研究,从多方面确证了中国东部曾经广泛存在第四纪冰川^[1-5,8-26],并根据测年数据明确了发生的冰期与气候背景^[24]。进入第四纪以来,中国华东、华北地区多表现为山谷冰川。根据冰碛测年数据,可以确定中国东部存在末次冰期冰川遗迹的山区有:山东蒙山(图 1 的图例 9)^[19]、崂山^[16]、泰山^[85]、河南嵩山(图 1 的图例 10)^[24]、陕西草链岭^[24]、安徽大别山(图 1 的图例 11)^[24]。在江西庐山白鹤涧一带发现了末次冰期的侧碛垄(图 1 的图例 12、图 4b、图 4c),采集了 2 个光释光测年样品,获得年龄 LS01 为(76.99±11.44)ka BP、LS04 为(20.31±3.50)ka BP,对应于末次冰期的东山冰期与蒙山冰期^[25]。黑龙江凤凰山也发现末次冰期的冰碛堆积^[26]。

据蒋复初等^[86]研究,雪线的先决条件是年均温低于 0℃,年均气温在 0℃以上的变化主要决定于当地的降水量,雪线年均气温与年降水量之间的数值关系见公式(1):

$$Ta = -9.22 + 0.00407Pa \quad (1)$$

式中: Ta —雪线年均气温(℃); Pa —年降水量(mm)。



a—扬州出土的猛犸象牙化石(现藏扬州博物馆);b—庐山白鹤洞一带东山冰期的侧碛垄;c—庐山白鹤洞一带的末次冰期冰碛垄槽序列(LS01、LS04 为光释光测年样品编号及采样位置)。

图 4 庐山的末次冰期冰川遗迹与扬州出土的猛犸象牙化石

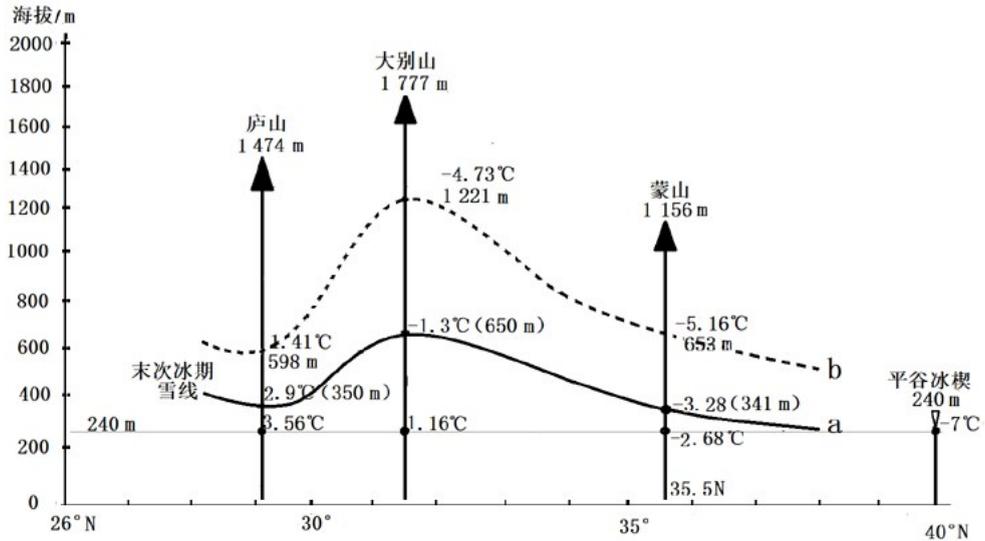
表 2 中国东部末次冰期山谷冰川冰碛赋存高程及降温幅度

冰川分布山地	冰碛堆积年龄/ka	雪线高程/m	以平谷冰楔估算雪线处年均气温/°C	年均降水量/mm	以公式(1)计算雪线处年均温度/°C	现在多年平均温度/°C	多年平均温度测量点高程/m	雪线处年均降温值/°C
山东蒙山	18.2±1.8	387	-3.28	998 ^[87]	-5.16	12.8 ^[87]	158	15.12
安徽大别山	13.39±2.13	850	-1.30	1101 ^[88]	-4.73	15.8 ^[88]	75	15.63
江西庐山	20.31±3.5	400	2.90	1918 ^[89]	1.41	16.4 ^[90]	32	14.09

依据北京平谷上镇村古冰楔构造^[68]形成时的年均气温为-7°C(纬度 40°N,海拔 240 m,)进行计算,按照每 1 个纬度带温度差 0.96°C^[91],山体每升高 100 m 温度差 0.6°C 计算,根据实际冰碛赋存雪线高程^[91]计算获得实际雪线处年均温度(表 2,图 5a)。根据公式(1)计算雪线处年均温度(图 5b,表 2),获得的实际雪线高程与计算雪线高程之间表现出一致的趋势特征,表明中国东部山区的雪线除了受到降温幅度的影响,还明显受到降水量的影

响。a、b 两条曲线的差值,应该与冰期时的实际降水量,以及公式(1)中的常数有关。再根据对应山地现代多年年均气温与高程值,进一步计算雪线处年均降温值(表 2),显示中国东部山区末次冰期时山东蒙山、安徽大别山、江西庐山雪线处的年均降温值在 15°C 左右。这一降温幅度与 W.D.麦科伊等^[92]根据中国北方黄土氨基酸地层学获得的末次冰期时段年均气温降温值在 15~16°C,以及与安芷生等^[58]通过多项气候指标获得的中国东部末次冰期年均气温

降温值在 12℃ 以上的结论相一致。



a—基于实际冰碛赋存海拔指示的雪线高程估算的雪线年均气温；b—基于降水量与雪线年均气温的关系(公式1)计算获得的雪线年均气温与对应高程数据。

图 5 中国东部末次冰期时的雪线高程

由图 5 可见,中国东部中低山区具备形成第四纪冰川的低温条件,同时降水量对雪线高程具有显著的影响。同时蒙山、大别山、庐山等地末次冰期冰川遗迹的发现,与古冰楔构造、猛犸象化石一起,都显示出中国东部冰期时发生了大幅度、大范围的降温,年均气温降温幅度可达 15℃ 左右。江西庐山第四纪冰川发育良好的气候原因除了冰期降温之外,还受到了该区丰沛的降水量的影响。

2.4 末次冰期中国东部气候带的南迁与古人类生存北界

2.4.1 末次冰期温带南界的南迁

根据安芷生等^[58]绘制的中国及东亚地区现代一月份 0℃ 等温线(图 1 的图例 30),大致分布在中国秦岭-淮河-韩国首尔南-日本福岛北一线(33°N)^[55],属于温带与亚热带的分界线,也是年均 15℃ 等温线。安芷生等^[58]根据多项气候指标确定的末次冰盛期时一月份 0℃ 等温线则位于中国岭南一带(图 1 的图例 31),也即温带与亚热带分界线南移以后的界线位置,大致在北纬 25° 左右,这显示由于温度的降低,末次冰期时中国温带南界大致南移了 8 个纬度。如果基于李保生等^[47]在广东东江临江剖面(图 1 的图例 8)古土壤中揭示的气候特征,该线(图 1 的图例 31)还要向南移到珠江流域。根据现

代温带南界(图 1 的图例 30)在朝鲜半岛、日本岛的展布特征,分析末次冰期时的温带南界向东延伸的走势应该与其(图 1 的图例 30)具有近似走势,经东海大陆架东部延伸到日本九州岛的东缘一带(图 1 的图例 36)。上述气候研究综合表明,中国东部地区在冰期时温带南界总体向南迁移了 8~10 个纬度带。

2.4.2 末次冰期多年冻土边界的南迁

现代多年冻土南界,也即现代年均 0℃ 等温线位于哈尔滨北部(图 1 的图例 32)^[56]。安芷生等^[58]通过多气候指标绘制了末次冰盛期时中国东部南迁后的年均 0℃ 等温线(图 1 的图例 33),该线西端在秦岭以南,东端在山东南部,中部反而向北弯曲突出到北京一带,这显然不尽合理。该线(图 1 的图例 33)与冰楔年均 -7℃ 等温线(图 1 的图例 34)也存在重合性矛盾。按照每向南移 1 个纬度降温 0.96℃ 来计算^[91],需要向南移动 7 个纬度才能对应于 0℃,也即在秦岭-淮河一带,河南新密李家沟遗址全新世古冰楔构造的发现,也表明中国东部末次冰期时多年冻土南界至少在秦岭-淮河一带,或者更要靠南。

2.4.3 中国古人类冰期时的生存北界

古人类在冰期低温环境下的生存能力取决于其原始的御寒能力与食物的获得能力。兰伊春等^[93]

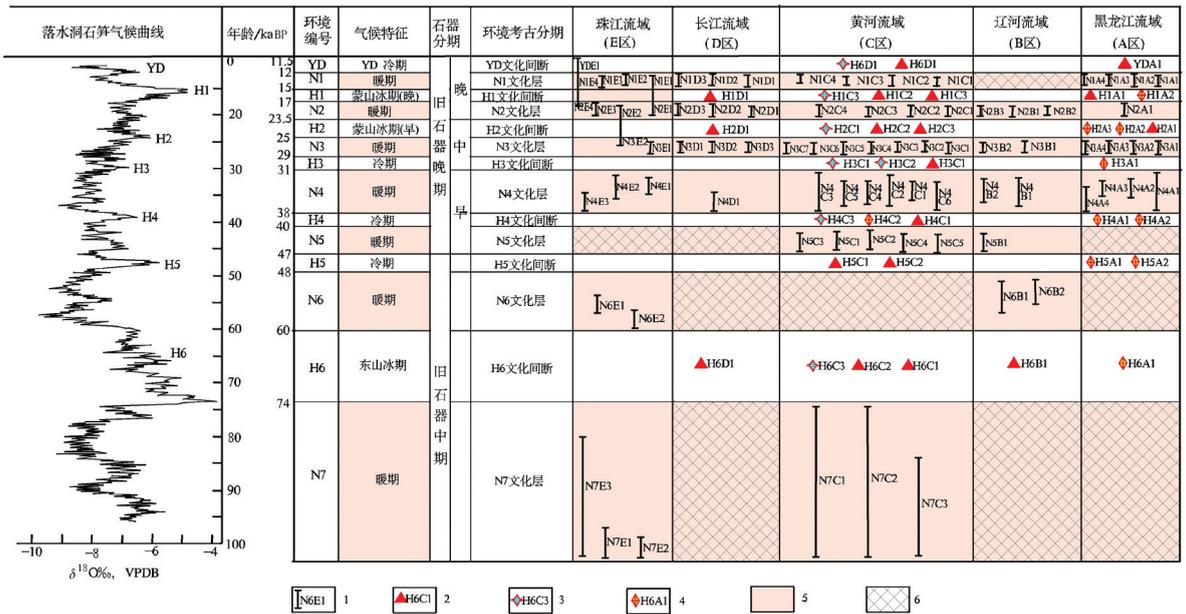
认为,社会发展所处的历史时期越早,生产力水平越低下,人类受自然的影响就越大。樊同宇^[94]定量重建了吉林省辉南县金川过去 3 600 a 以来的年均温度变化,从约公元前 1 720 年至公元前 910 年,气温逐渐下降,最低年平均气温达到-3.9℃,研究发现这一冷事件导致夏家店上下层文化之间出现了 500 年的文化断层。由此可见,至少在年均气温-3.9℃环境时,是不适合古人类生存的,并形成文化间断。基于上述分析,中国东部冰楔出露区(年均气温-7℃)及以北的地区,也就是至少在秦岭-淮河一线以北的区域,末次冰期时是不适合古人类生存。目前对于古人类在冰期时生存北界的研究还非常的匮乏,这需要通过考古遗址中低温时段造成的文化间断影响区域的南界来确定。

3 近 10 万年来中国东部气候演化与环境考古分期

环境考古分期,是指以“冰期-间冰期”气候、环境演化为基础考释古人类演化过程与分期。近年来,杨石霞等^[95]探讨了早-中更新世冰期-间冰期旋回条件下的人类演化与气候环境背景的关系。黄伟^[37]通过贵州落水洞石笋 $\delta^{18}O$ 建立了近 10 万年

来的气候演化曲线(图 2a),该气候演化曲线与哈因里奇事件、中国东部古土壤剖面反映出的气候过程之间具有很高的耦合性(图 2),由此可见落水洞石笋气候曲线具有划分中国东部近 10 万年来环境演化分期的标尺性意义。

本文即以落水洞石笋气候演化曲线作为环境演化的基础,然后与考古遗存年龄数据进行对应性分析,勾绘出气候过程、环境演化对中国古人类延续之间的关系,以此建立环境考古分期。地域上将中国东部划分为黑龙江(编号 A,下同)、辽河(B)、黄河(C)、长江(D)与珠江(E)等 5 个大的区域,大致以分水岭为界,但长江与黄河区域以秦岭-淮河为界,黄河与辽河区域以燕山山脉为界。时间上将距今 10 万年至距今 1 万年之间,依据冷期(H 阶段)为界,划分出 N7~N1 7 个温暖时段(间冰期)与 H6~H1、YD 共 7 个寒冷时段(冰期)。由气候分期与区域共同形成遗址时段编号,如 N7A1 代表 N7 暖期时段黑龙江区域的 1 处考古遗址,H6A1 则代表 H6 冷期黑龙江区域的 1 处寒冻遗迹。相关气候过程与考古遗迹之间的环境考古分期划分情况归纳于图 6。



1—文化遗存的延续时段及遗址编号;2—冰川遗迹及编号;3—冰楔构造及编号;4—猛犸象化石及编号;5—文化层(暖期);6—目前缺失文化遗址的暖期时段区域。

图 6 中国东部近 10 万年来气候过程、环境考古分期与古人类演化时段

3.1 N7 暖期及文化层 (距今 12.5 万年~7.4 万年)

N7 文化层对应于深海氧同位素 MIS5 阶段 (图 6), 实质上在该阶段存在几次冷事件, 本文没有进行进一步的细分, 统称为 N7 文化层。N7 文化层中目前发现的古人类遗址多集中在黄河流域, 有内蒙古萨拉乌苏遗址 (图 6 中遗址编号为 N7C1, 下同)、山西丁村遗址 (N7C2)、山西许家窑遗址 (N7C3) 等。南方地区仅在珠江流域发现有浙江建德乌龟洞 (N7E1) 与广东曲江马坝狮子山出土的马坝人 (N7E2) 两处, 长江、辽河、黑龙江流域尚没有发现。

3.1.1 黄河流域

萨拉乌苏遗址 (N7C1) 位于内蒙古鄂尔多斯市乌审旗, 赋存的萨拉乌苏组为一套河湖相地层 (图 7)^[96], 其上为风成砂 (城川组)。刘东生等^[97]认为萨拉乌苏组位于离石黄土与马兰黄土之间的剥蚀面期 (湿润期) 形成, 属于晚更新世早期。苏志珠等^[96, 98]进行 TL 样品测年研究 (图 7), 在萨拉乌苏组偏下部获得年龄为 (124.9 ± 15.8) ka BP, 顶部年龄为 (70.9 ± 6.2) ka BP。上述研究表明萨拉乌苏文化是发生在 MIS5 暖期的文化遗址, 对应于 N7 文化层, 结束于 H6 冷期 (城川组风成砂层) 的开始, 结束了萨拉乌苏文化的进程。此外, 萨拉乌苏剖面上部的冻融褶皱显示了存在 H3 冷期, 以及全新世 5.3 ka、4.2 ka 等多期次冷事件, 该剖面的气候过程值得更为深入的研究。

丁村遗址 (N7C2) 位于山西省临汾市襄汾县, 赋存地层被命名为“丁村组”, 为一套河流相沉积。关于丁村遗址的形成年龄, 陈铁梅等^[99]利用铀系法获得的年龄为距今 10 万年~21 万年之间。周义华^[100]采用氨基酸法获得年龄为距今 7 万年左右。刘椿等^[101]利用古地磁法获得年龄为距今 (128.2 ± 4.9) ka~ (118.6 ± 5.2) ka BP。郑洪汉^[102]获得的电子自旋共振年龄为距今 10.4 万年~7.5 万年。王益人等^[103]综合各类研究资料提出丁村遗址赋存地层的年代为距今 13 万年~7.5 万年。众多年龄数据显示丁村遗址属于 N7 文化层。

许家窑遗址 (N7C3) 位于山西阳高县许家窑村东, 文化层的时代争议较大, 年龄数据在 20 ka BP 到 500 ka BP 的大范围之间变化。陈铁梅等^[104]采用铀系法获得许家窑遗址的 6 个年龄, 分布在距今 (8.8 ± 0.5) 万年~ (11.4 ± 1.7) 万年之间。吴茂

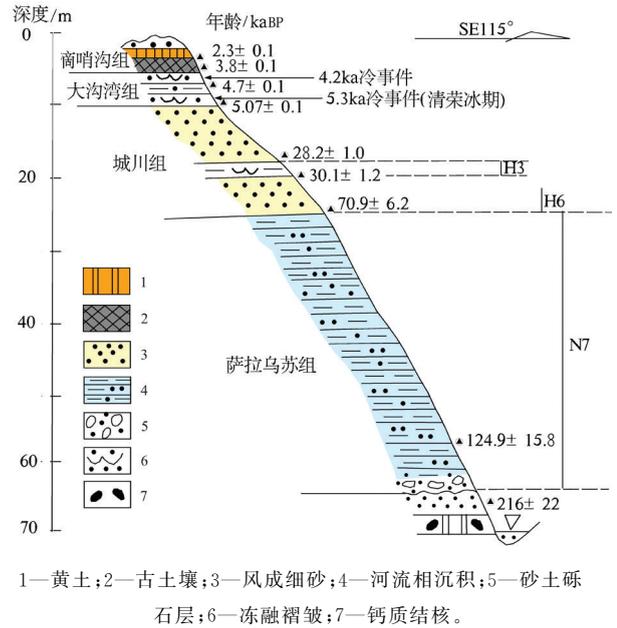


图 7 萨拉乌苏遗址地层剖面

霖^[105]通过对古人类化石特征分析, 提出“许家窑人”的年龄应超过 60 ka BP, 但不早于 100 ka BP。浑凌云等^[106]在文化层中上部获得光释光年龄为 60 000~70 000 a BP。卫奇等^[107]综合各类测年数据、地层层序等提出: 许家窑遗址的物理化学方法测年结果, 铀系年龄距今 10.4 万年~12.5 万年与地层层序的判断较为吻合; 上部 IRSL 年龄为距今 (6.0 ± 0.8) 万年, 中部年龄为距今 (6.9 ± 0.8) 万年。上述大部分年龄数据显示许家窑遗址属于 N7 文化层, 有个别年龄数据进入了 H6 冷期 (东山冰期), 但实际延续进入 H6 冷期的可能不大。

3.1.2 珠江流域

在南方 N7 文化层古人类遗址较少, 仅在珠江流域两处。原思训等^[108]在浙江建德乌龟洞 (N7E1) 中对两颗与人牙伴生的牛牙进行测年, 获得距今 (9.7 ± 0.8) 万年与距今 (10.8 ± 0.85) 万年。在广东曲江马坝狮子山采集到的动物牙齿, 获得马坝人 (N7E2) 的生活时代为距今 (12.9 ± 1.05) 万年。原思训等^[109]在贵州黔西观音洞遗址获得第八至第四文化层 (N7E3) 的铀系年龄为距今 13.8 万年~7.6 万年, 当属于 N7 文化层。

3.2 H6 冷期及文化间断 (距今 7.4 万年~6.0 万年)

H6 冷期对应于深海氧同位素 MIS4 阶段 (图

6),属于末次冰期早冰阶,前人曾命名为大理冰期^[109],近年在中国东部多座山区发现了末次冰期冰川堆积,依据测年数据建立了东山冰期^[21]。H6 冷期相应冰碛在山东蒙山(67.4 ± 8.5) ka BP (H6C1)^[21]、崂山石门山(H6C2)(72.3 ka BP)^[110]、庐山白鹤涧(76.99 ± 11.44) ka BP(H6D1)^[24]、内蒙古四子王旗大井坡(7.4 ± 8.5) ka BP(H6B1)^[111]等山区相继被发现。此外在内蒙古乌海巴升图发现有冰楔构造(>66.45 ka BP)(H6C3)^[70]。叶启晓^[112]在黑龙江顾乡屯组地层中段(距今 7 万年左右)出现大量的猛犸象化石(H6A1),确认代表了一次明显的气候变冷。H6 冷期阶段冰川堆积、冰楔构造、猛犸象化石等遗迹的发现,显示了中国东部 H6 冷期处于严酷的寒冷环境,该寒冷环境终结了 N7 文化层中文化的延续,故而在 H6 冷期形成文化间断。

3.3 N6 暖期及文化层(距今 6 万年~4.8 万年)

N6 暖期(文化层)属于深海氧同位素 MIS3 阶段的早期,目前仅在辽河流域与珠江流域各发现 2 处遗址,其他流域尚没有发现。

(1) 辽河流域

辽宁鸽子洞遗址(N6B1),前人根据化石特征推测遗址时代为旧石器时代早期向中期过渡时期^[113]。傅仁义^[114]经过研究对比,提出鸽子洞遗址没有许家窑遗址中的裴氏转角羚羊,也没有丁村遗址的梅氏犀、德永氏象等那些古老的动物化石,且发现的鸽子洞人“腭底至腭尖的高 45 mm,宽 45 mm,厚 21 mm,测量尺寸和形态特征与现代人一致”,提出鸽子洞遗址为距今 5 万年前的结论。另外在赤峰三龙洞遗址(N6B2)获得的¹⁴C 年龄为距今 5 万年^[115],属于 N6 文化层遗存。

(2) 珠江流域

原思训等^[108]在贵州水城硝灰洞第三文化层(N6E1)获得铀系年龄为(5.2 ± 0.3)万年,在贵州黔西观音洞第二文化层(N6E2)获得铀系年龄为 5.7 万年左右,均属于 N6 文化层。

N6 暖期时段,古人类经历了大约 1.2 万年的温暖阶段,但考古遗迹相当稀缺,似乎暗示了东山冰期对于中国古人类演化造成了严重的摧残,恢复乏力,但古人类足迹首次进入了辽河流域。

3.4 H5 冷期及文化间断(距今 4.8 万年~4.7 万年)

H5 冷期是 N6 暖期之后持续了大约 1 千年左右的一个寒冷时段,WANG Z B et al^[23]在蒙山地区冰碛中(H6C1)获得光释光年龄为(50.6 ± 5.1) ka BP、(46 ± 4.6) ka BP;赵松龄等^[16]在崂山冰碛中(H6C2)获得光释光年为(47 ± 2.3) ka;黑龙江青冈县英贤村出土的猛犸象化石,其¹⁴C 年龄为($48\ 800 \pm 3\ 400$) a BP,校正后中值年龄为 51 340 a BP^[77];内蒙古扎赉诺尔猛犸象化石的¹⁴C 年龄为($43\ 500 \pm 1\ 000$) a BP,校正后中值年龄为 47 100 a BP^[77]。这些冰川遗迹与猛犸象化石可大致对应于 H5 冷期阶段。

N6 文化层的古人类,无论是鸽子洞遗址、三龙洞遗址,还是贵州的观音洞遗址,都在 H5 冷期表现出文化终结,产生了 H5 文化间断,这反映出 H5 冷期对古人类的繁衍产生了深远影响。

3.5 N5 暖期及文化层(距今 4.7 万年~4.0 万年)

N5 文化层属于深海氧同位素 MIS3 阶段中的一个温暖时段,从距今 4.7 万年到距今 4 万年,持续了大约 7 000 年的时间。N5 文化层主要分布在黄河流域及辽东半岛南部(靠近黄河流域的区域),其他区域尚没有可以确定的遗址。

(1) 辽河流域

据尤玉柱等^[116]研究,辽宁大连古龙山洞穴遗址地层,由下而上第四文化层(N5B1)铀系法年龄为距今 40 000 年前,对应于 N5 暖期。

(2) 黄河流域

河南老奶奶庙遗址(N5C1)的多个¹⁴C 年龄数据集中分布在距今 41 000~40 000 a,校正后为距今 45 000 a 左右^[117]。河南织机洞遗址(N5C2)剖面中,下部第 2 层三个有效光释光年龄距今(46.5 ± 4.12) ka~(49.7 ± 5.76) ka^[118],对应 N5 暖期阶段。杜水生^[33]研究了山西沁水下川遗址,下川文化第二层文化(由下而上)的年龄为距今 3.0 万年~4.4 万年,分析进入了 N5 暖期时段(N5C3)。河北迁安爪村遗址(N5C4)黑土层中的两个牛牙进行铀系测年,获得距今(4.8 ± 0.2)万年与距今(4.4 ± 0.2)万年^[119],对应于 N5 暖期。

N5 暖期的文化遗址只在黄河流域或附近的大连发现,并展现出一定的文化繁盛景象,如此局限的分布是一件很反常的事,N5 文化层是否与欧洲勒瓦娄哇文化的东传有关,是一个值得进一步的研究和探讨的问题。

3.6 H4 冷期及文化间断(距今 4.0 万年~3.8 万年)

H4 冷期始于距今 4 万年,结束于距今 3.8 万年,持续大约 2 000 a。赵松龄等^[16]在崂山冰碛中(H4C1)获得光释光年龄为距今 (44.7 ± 2.3) ka;张威等^[120]在贺兰山冰碛中获得堆积年龄为距今 (43.2 ± 4.0) ka。济南长清猛犸象化石的¹⁴C 年龄为 $(33\ 150 \pm 250)$ a BP,校正后中值年龄为 42 339 a BP(H4C2)^[79]。吉林榆林大康家屯猛犸象化石测年为距今 $(38\ 290 \pm 2\ 000)$ a,校正中值为距今 42 849 a(H4A1)^[77]。据于汇历^[121]报道,黑龙江五常学田遗址层中猛犸象象骨的年龄为距今 $(38\ 800 \pm 3\ 500)$ a 与 $(40\ 200 \pm 3\ 500)$ a(H4A2)。崔之久等^[71]在内蒙古乌审旗南部发现的冰楔构造(H4C3),充填物的形成年龄为 >33.40 ka BP。这些寒冷环境下的遗迹显然属于 H4 冷期时段,同时古人类在该时段形成了文化间断。

3.7 N4 暖期及文化层(距今 3.8 万年~3.1 万年)

N4 文化层由距今 3.8 万年至距今 3.1 万年左右,持续大约 7 000 a。N4 文化层是中国古人类文化急速发展的阶段,从珠江流域到黑龙江流域都有大量的古人类遗存的发现。

(1) 黑龙江流域:

黑龙江顾乡屯遗址(N4A1)赋存地层为“顾乡屯组”。王永等^[122]对哈尔滨荒山剖面中顾乡屯组进行了较为详细的年代学研究,获得 AMS¹⁴C 年龄为 $(35\ 003 \pm 336)$ cal BP。叶启晓^[112]对顾乡屯两个古土壤层进行测年研究,获得了 $(30\ 200 \pm 870)$ a BP 和 $(33\ 660 \pm 3\ 270)$ a BP 两个年龄值,顾乡屯遗址属于 N4 暖期遗址。吉林桦甸仙人洞遗址(N4A2),分上、下两个文化层位,上层文化层中骨化石 AMS¹⁴C 年龄为 $(34\ 290 \pm 510)$ a BP,可以确认该遗址属于 N4 文化层^[123]。安图石门山洞穴遗址(N4A3),该遗址与人类牙齿化石共存的动物化石的年龄为距今 2.6 万年~3.5 万年^[124]。黑龙江五常学田遗址(N4A4)上部出土的松树与冷杉碎片,其 AMS¹⁴C 年龄为 $(35\ 010 \pm 370)$ a BP 和 $(37\ 840 \pm 420)$ a BP^[121]。这些遗存可以归属于 N4 文化层。

(2) 辽河流域

黄慰文等^[125]研究了辽宁小孤山遗址第 3 层(N4B1)灰烬,获得热释光年龄为 $(40\ 000 \pm 3\ 500)$ a

BP,但张家富^[126]在小孤山遗址第 3 层获得光释光年为 20 ka~30 ka BP,年龄偏小,但结合遗址出土的磨制骨器等综合分析,初步判断辽宁小孤山第 3 层属于 N4 暖期时段。

(3) 黄河流域

陈铁梅^[127]在山顶洞下窖文化层(N4C1)获得堆积年龄为距今 3.4 万年前。陈铁梅等^[99]在水洞沟遗址(第 1 地点)第一文化层(N4C2)中两颗马牙获得铀系年龄为距今 (3.8 ± 0.2) 万年与 (3.4 ± 0.2) 万年。刘德成等^[128]在水洞沟 2 剖面的下部含砍砸器的泥沼层的年代距今 3 万年~3.6 万年之间。杜水生^[33]在山西沁水下川遗址第二层文化层(N4C3)获得的年龄为距今 4.4 万年~3.0 万年。王佳音等^[129]在河南皇帝口遗址(N4C4)中获得校正后¹⁴C 年龄为距今 3.5 万年左右。夏正楷等^[130]对山西吉县柿子滩遗址下部(N4C5)获得热释光年龄 (35.14 ± 1.92) ka BP。鄂尔多斯乌兰木伦遗址(N4C6)¹⁴C 与光释光年龄为距今 7 万~3 万年左右^[131],年龄跨度较大。但李小强等^[132]研究获得树轮校正¹⁴C 年龄在 41.4~33.1 cal ka BP 之间,均值在 36.3 cal ka BP,为 N4 文化层。综合分析,乌兰木伦遗址的早期应该进入 N5 文化层,主体在 N4 文化层。

(4) 长江流域

四川资阳人 B 地点(N4D1)产出石器的灰黑色腐泥层上部“乌木”的¹⁴C 年龄为 $(37\ 400 \pm 3\ 000)$ a BP,层位下部“乌木”的¹⁴C 年龄为 $(39\ 300 \pm 2\ 500)$ a BP^[133],属于 N4 文化层。

(5) 珠江流域

广西桂林宝积岩洞穴遗址下部文化层(N4E3)中钙华的年龄为距今 $(35\ 600 \pm 1\ 500)$ a^[134]。柳州白莲洞遗址文化一期(A)(N4E2)的堆积时间为距今 2.8 万年~3.6 万年^[135]。福建船帆洞遗址下文化层(N4E1)的¹⁴C 年龄为距今 36 ka~37 ka^[136]。这些遗址属于 N4 文化层遗存,个别年龄数据出现穿层现象,有可能与年龄数值的精度,或者该区降温幅度有关。

N4 文化层是中国旧石器文化大发展时期,文化遗迹第一次展布了由珠江流域到黑龙江流域中国整个东部地区。文化中增加了磨制骨器的技艺,石器技术也有了重大的进步,N4 文化层中存在的文化交流迹象值得探讨。

3.8 H3 冷期及文化间断(距今 3.1 万年~2.9 万年)

H3 文化间断自距今约 3.1 万年至距今约 2.9 万年,持续了大约 2 000 年的时间。

崔之久等^[70]发现山西大同砂板梁发育有古冰楔(H3C1),冰楔中充填物的年龄为 29.5 ka BP;王建勇等^[72]在甘肃环县环江河沿岸发现大量古冰楔(H3C2),冰楔充填物年龄为 30.01 ka BP。丁梦林等^[137]对顾乡屯层位内猛犸象化石测年获得¹⁴C 年龄为(29 800±1 340)a BP(H3A1)。王照波在蒙山南麓指南石漂砾下冰碛堆积中获得光释光年龄为距今(32.4±3.2) ka(H3C3)。这些冰期遗迹的形成时间均指向 H3 冷期时段。

据杜水生^[33]对山西沁水下川文化进行研究,提出在第二文化层(对应 N4 文化层)之后有一长达 3 000 年的文化断层,该文化断层对应于 H3 文化间断。

3.9 N3 暖期及文化层(距今 2.9 万年~2.5 万年)

N3 文化层形成于距今约 2.9 万年~2.5 万年,持续 4 000 a 左右,属于末次冰期间冰期内的最后一个暖期。虽然经历了 H3 冷期的影响,但 N3 暖期古文化保持了 N4 文化层中的发展趋势,依然在中国东部整个区域形成文化遗迹。

(1) 黑龙江流域

张晓凌等^[138]在黑龙江十八站遗址(N3A1)C 层获得光释光年龄为距今(24.7±1.7) ka。孙建中等^[139]在吉林周家油坊遗址第四地点(N3A2)获得层内树干化石¹⁴C 年龄为距今(26 740±735) a 和(26 100±850) a。刘伟等^[140]在龙江县西山头遗址(N3A3)获得两件动物骨骼¹⁴C 年龄为距今(23 680±170) a 和距今(23 610±80) a,树轮校正后均在距今 28 000 a 左右。魏正一等^[141]对哈尔滨阎家岗遗址(N3A4)文化层中的骨骼进行测年,获得¹⁴C 年龄为(22 370±300) a BP,后经于汇历等^[142]校正为(26 957±626) cal BP,属于 N3 文化层。

此外,赵宾福^[143]研究俄罗斯的库玛拉三号地点遗址年龄年代为距今 30 000~25 000 a,说明 N3 暖期时,古人类已经跨过黑龙江进入俄罗斯远东地区。

(2) 辽河流域

辽河流域 N3 文化层遗址目前发现的比较少,

赵宾福^[144]研究后认为,辽宁本溪庙后山东洞文化遗存(N3B1)的堆积时间为 2.8 万年。该遗址属于 N3 文化层。

(3) 黄河流域

宋艳花等^[145]对山西柿子滩遗址 S29 地点进行了详细的年代学研究,经过校正后的数据显示,第 8 文化层(N3C1)的年代为距今 28 524~27 925 a,表明第 8 文化层属于 N3 文化层。山顶洞的文化层(N3C2)中获得 AMS¹⁴C 年龄为距今 2.7 万年左右^[146]。李泽涛等^[147]在阳原虎头梁油坊遗址(N3C3)第三层石器出露位置获得光释光年龄为距今(28.1±1.4)ka 与(28.0±3.4)ka。裴树文等^[148]在水洞沟遗址第 7 地点通过光释光获得古人类活动时间为距今(27 200±1 500) a~(25 200±1 800) a BP。高星等^[149]对水洞沟遗址 2 号地点(N3C4),通过木炭获得 8 个 AMS¹⁴C 年龄均位于距今 2.4 万年~2.9 万年之间。关莹等^[150]在水洞沟第 2 文化层获得 AMS¹⁴C 和 OSL 测年结果均集中于 28 ka~25 ka BP。杜水生等^[151]在山西省朔州市峙峪遗址(N3C5)获得¹⁴C 年龄为(28 130±1 370) a BP。杜水生等^[33]在下川文化第 3 文化层中(N3C6)获得年龄为距今 2.7 万年~2.5 万年。王幼平等^[152]在登封西施遗址下文化层(N3C7)的 3 个碳样获得 AMS¹⁴C 年代数据均分布在距今 2.2 万年左右,经过校正后集中在距今 2.5 万年~2.6 万年之间。这些年龄数据均位于 N3 文化层。

(4) 长江流域

吴小红等^[153]对江西仙人洞遗址进行了大量的测年研究,仙人洞东壁年代地层与环境之间明显的分期(图 8),在距今 2.9 万年~2.5 万年之间为一文化层(N3D1),对应于 N3 文化层。王炳万^[153]提出江西万年吊桶环遗址下层(N3D2)为旧石器时代晚期,距今 2.6 万年以前。王幼平^[154]指出吊桶环遗址 K 层¹⁴C 年龄为(24 540±430) a BP,校正后接近距今 3 万年。余菀莹^[155]在重庆铜梁旧石器遗址(N3D3)石器赋存层位中产出的核桃壳获得¹⁴C 年龄为距今(25 450±850) a。这些文化遗存均属于 N3 文化层。

(5) 珠江流域

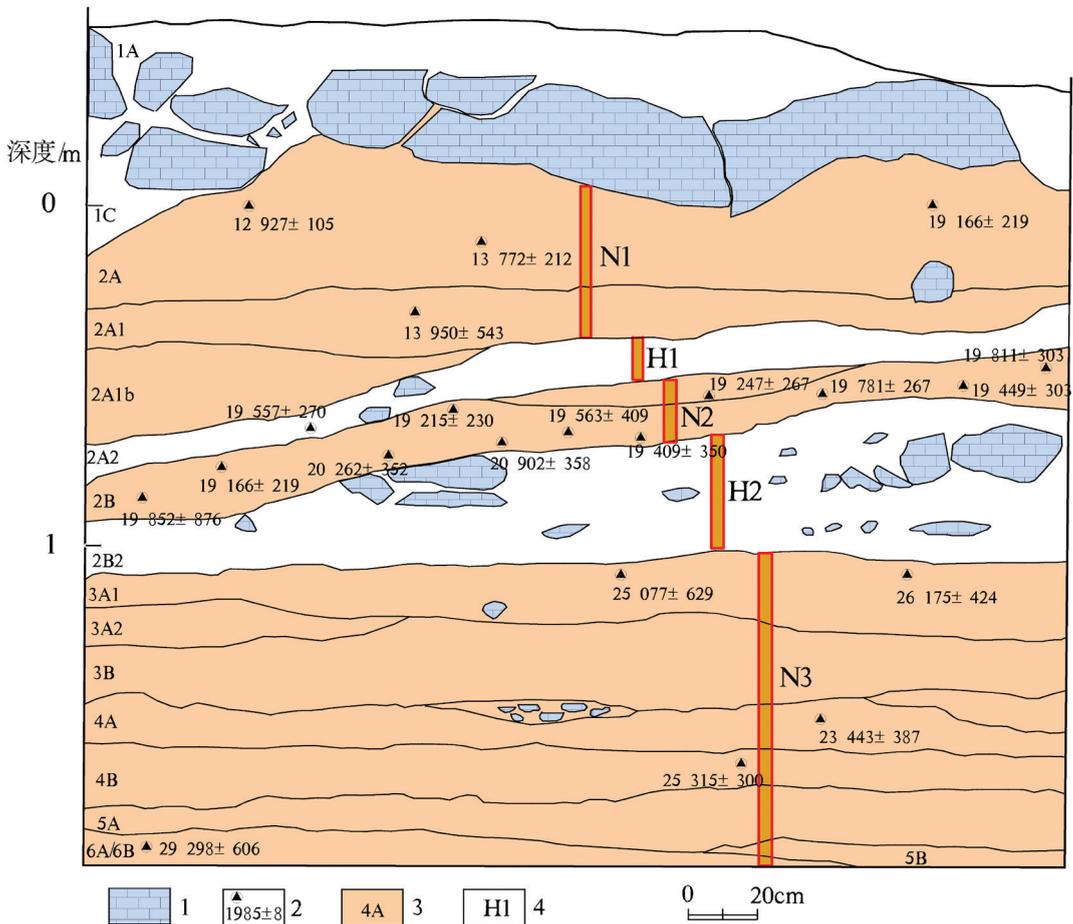
福建船帆洞遗址的Ⅲ地层单元中含下、上 2 个文化层,其上文化层(N3E1)的¹⁴C 年龄为 29 ka~30 ka^[134],应为 N3 文化层。广西柳州白莲洞遗址

文化一期(B)(N3E2)层堆积时间位于距今 1.9 万年~2.6 万年左右^[135],底部开始于 N3 文化层。

3.10 H2 冷期及文化间断(距今 2.5 万年~2.35 万年)

H2 文化间断自大约距今 2.5 万年至距今 2.35 万年,持续约 1 500 a,属于蒙山冰期的第一时段(MIS2a),在中国东部多座山区都发育了山谷冰川,其中黑龙江凤凰山冰碛(H2A1)堆积年龄为(24.64±1.46)ka BP^[26]、山东蒙山佛塔谷冰碛(H2C1)堆积年龄为(22.5±2.3)ka BP^[20]、陕西太白山冰碛(H2C2)堆积年龄为 24.0 ka BP^[156]、江西庐山白鹤洞冰碛(H2D1)堆积时间为(20.31±3.50)ka BP^[25]。崔之久

等^[70]在鄂尔多斯东胜西 6 km 的冰楔(H2C3)充填物中获得 TL 年龄为(25.57±1.97)ka BP。黑龙江牡丹江市猛犸象化石(H2A2)的¹⁴C 年龄为(20 900±1 000)a BP,树轮校正后的中值为 25 179 a BP;黑龙江肇源三站猛犸象化石(H2A3)的¹⁴C 年龄为(20 610±600)a BP,树轮校正后的中值为 24 823 a BP^[77]。上述典型冰期遗迹均位于 H2 冷期时段,H2 冷期在中国东部形成了大幅的降温,在江西万年仙人洞遗址中 2B2 层(图 8)^[153]缺失了文化堆积,形成 H2 文化间断。在珠江流域的柳州白莲洞遗址中 H2 时段似乎不存在文化间断,这表明 H2 冷期的冷锋对于珠江流域的影响已经趋于微弱。



1—灰岩角砾;2—年龄样品采样位置及年龄数据(a);3—原文文化层及编号;4—环境考古分期编号。

图 8 江西万年仙人洞遗址东壁地层剖面

3.11 N2 暖期及文化层(距今 2.35 万年~1.7 万年)

N2 文化层形成于末次冰盛期(LGM)之内,也

即蒙山冰期中间的一次暖期(MIS2b)过程,始于距今 2.35 万年,结束于距今 1.7 万年,延续时间较长,大约 6 500 a。

(1)黑龙江流域

黑龙江流域的 N2 时段遗存发现的较少,目前只有在吉林龙和大洞遗址(N2A1)文化层中获得的¹⁴C 年龄为距今 2.1 万年^[157],属于 N2 暖期遗存。此外,李有骞等^[158]研究在俄罗斯的谢列姆贾河支流乌利马河河口文化层底部¹⁴C 年龄为(19 360±60)a BP,属于 N2 文化层。

(2) 辽河流域

傅博^[159]研究,丹东前阳人(N2B1)产出地层的¹⁴C 年龄为距今(18 620±320)a。尤玉柱等^[117]研究辽宁大连古龙山洞穴遗址上部第一文化层的¹⁴C 年龄为(17 160±240)a BP(N2B2)。这些遗址对应于 N2 文化层。

(3) 黄河流域

宋艳花等^[160]研究柿子滩 S14 地点第 2 至第 4 文化层(N2C1)为连续沉积,树轮校正后的年龄为距今 23 000 a~18 000 a。宋艳花等^[145]在柿子滩遗址 S29 地点第 7 文化层至第 2 文化层的相邻文化层之间,年代虽有交叉,但呈现逐渐过渡状,总体年代介于距今 24 500 a~18 000 a。河南安阳小南海遗址的第六层(N2C2)中的马牙与鹿牙的铀系年龄分别为距今(2.14±0.13)万年、(1.89±0.15)万年,同层位的¹⁴C 年龄为距今(24 100±500)a^[99]。山东郯城白鸡窝遗址(N2C3)文化层中的炭屑获得¹⁴C 年龄为距今(21 820±520)~(22 450±520)a^[161]。杜水生^[33]在山西沁水下川遗址最上一层(N2C4)中获得年龄为距今 1.6 万年~1.7 万年。上述时代对应于 N2 文化层。

(4) 长江流域

吴小红等^[152]研究认为江西万年仙人洞遗址在 2.0 万年~1.9 万年时形成一个新的文化层(N2D1),其对应于 N2 暖期(图 8)。彭适凡等^[162]综合将吊桶环遗址的中层文化(N2D2)确定了距今 2.0 万年~1.5 万年,对应于 N2 文化层,但该段年龄数据结束时显然已经进入了 H1 冷期。据吴小红等^[163]研究,湖南玉蟾岩底部的文化堆积(N2D3)始于距今 2.1 万年左右,并延续到距今 1.8 万年左右。袁家荣^[164]根据玉蟾岩大量的测年数据提出,在所有的年龄数据中,文化层的下部基本分布在距今 16 400~18 000 a 的范围之内。

(5) 珠江流域

赵朝洪等^[165]对广西桂林岩庙遗址进行研究,文化从距今 2 万年左右(N2E1)延续到距今 1.2 万

年左右结束(N1E1),年龄跨越了 N2、H1、N1 各阶段。柳州白莲洞遗址的三期(A)(N2E2)遗存堆积为距今(17 930±410)a BP 左右^[135]。陈伟驹^[166]将广东省阳春独石仔遗址中文化层的 2 个螺壳年代分别为(17 700±200)a BP、(17 170±180)a BP,下文化层烧骨年代为(16 680±570)a BP。中下文化层(N2E3)的年龄数据位于 N2 文化层。广东英德牛栏洞遗址二期为(18 015±200)a BP(N2E4),对应于 N2 暖期^[167]。

N2 文化层基本维持了 N3 文化层的发展面貌。

3.12 H1 冷期及文化间断(距今 1.7 万年~1.5 万年)

H1 文化间断属于蒙山冰期的第 2 阶段(MIS2c),始于大约距今 1.7 万年,结束于大约距今 1.5 万年,持续了 2 000 年左右。河南嵩山冰碛(H1C1)中获得光释光年龄(14.06±1.18)ka BP,大别山严家老屋冰碛(H1D1)中获得年龄为(13.39±2.13)ka BP^[24]。王刚^[26]在黑龙江凤凰山冰碛堆积(H1A1)中获得光释光年龄为(14.35±1.18)ka BP。这些冰碛堆积时间大致指向 H1 冷期。黑龙江饶河小南山猛犸象化石(H1A2)¹⁴C 年龄为(12 910±410)a BP,经树轮校正后的中值年龄为 15 392 a BP^[77]。崔之久等^[70]在鄂尔多斯东胜西 4 km 的冰楔(H1C3)充填物中获得年龄为(16.9±1.3)ka BP,在大同许堡的寒冻裂隙获得(15.8±1.3)ka BP 的形成年龄。

袁家荣^[164]根据湖南玉蟾岩大量的测年数据研究,提出上下文化层之间存在 1 800 年的间断,对应 H1 冷期。但珠江流域的英德牛栏洞遗址二期、三期文化之间没有文化间断,在 H1 冷期没有形成文化间断^[167]。H1 冷期在长江及以北地区形成文化间断,在珠江及以南的区域则不存在文化间断,这表明在 H1 冷期阶段古人类的生存北界在长江与珠江的分水岭一带。

3.13 N1 暖期及文化层(距今 1.5 万年~1.2 万年)

N1 暖期始自距今 1.5 万年,结束于距今 1.2 万年,持续约 3 000 a。在 N1 暖期结束后进入新仙女木冷期(YD)。

(1) 黑龙江流域

黑龙江流域的后套木嘎遗址(N1A1)的一期遗存获得¹⁴C 树轮校正年龄为距今 13 000 a~

11 000 a^[168-169]。王长明^[170]在黑龙江乎中北山洞遗址最早一期文化堆积中(N1A2)获得年龄为距今 1.4 万年~1.5 万年。干志耿等^[171]在饶河小南山遗址(N1A3)获得¹⁴C 年龄为距今(13 000±460)a。

(2) 辽河流域

目前还没有查阅到有关辽河流域在 N1 暖期时段的古人类遗存,但由于黑龙江流域已经分布有较为确定、数量较多的 N1 暖期的文化遗存,分析辽河流域必然存在 N1 时段的文化遗迹。

(3) 黄河流域

原思训等^[172]对柿子滩遗址剖面进行测年研究,在中部砂土层中采集了 3 个烧骨获得 AMS¹⁴C 年龄值为:(12 660±190)a BP、(13 590±220)a BP、(14 340±250)a BP。宋艳花等^[145]对柿子滩遗址 S29 地点第 1 文化层(N1C1)获得的年龄为距今约 13 152~12 852 a。夏正楷等^[173]在阳原于家沟遗址第 6 至 7 层文化层(N1C2)的边界处获得热释光年龄为(12.2±1.0)万年,并推导第 8 文化层的堆积时间在 13.0 万年左右。WANG X M, et al^[174]在于家沟遗址第 3b 层与第 4 层的年代骨骼化石获得¹⁴C 年龄为距今 13 960~15 950 a 左右。王晓敏等^[175]通过于家沟遗址第 3b 层与第 4 层中的鸵鸟蛋皮获得 AMS¹⁴C 年龄为(12 850±40)~(12 980±40)a BP,校正后的年龄在距今 1.52 万年左右。林杉等^[176]在于家沟剖面属于细石器文化层中获得了树轮校正的年龄为(12 386±144)~(14 756±201) a BP。张超等^[177]在阳原虎头梁遗址(N1C3)获得¹⁴C 年代为距今(10 690±210)a,树轮校正后为距今 12 000~13 000 a 之间。山东临沂的“凤凰岭文化”遗存(N1C4),徐淑彬^[161]研究后认为其时间应在距今 1.5 万年~1.0 万年。

(4) 长江流域

吴小红等^[152]在江西仙人洞 2a 文化层(图 8)(N1D1)获得 AMS¹⁴C 树轮校正年龄为(11 914±139)a BP、(14 035±253)a BP、(12 354±220)a BP、(12 927±105)a BP、(13 772±212)a BP、(13 950±543)a BP 等 6 个年,可以确认该层属于 N1 文化层。据北京大学考古文博学院研究,江西吊桶环遗址上部的 D 文化层(N1D2)获得 AMS¹⁴C 年龄为(15 531±214)a BP(未校正),鉴于吊桶环遗址下层位存属于确切的 N2 暖期阶段的遗存,因此该层应属于 N1 文化层^[178]。吴小红等^[152]对于湖南道县玉蟾岩遗

址的研究表明,距今 1.6 万年~1.5 万年开始形成新的文化堆积,并延续到距今 1.3 万年(N1D3)。袁家荣^[164]根据玉蟾岩大量的测年数据提出,文化层上部基本分布在距今 13 800~14 600 a 之内。

(5) 珠江流域

赵朝洪等^[165]在桂林岩庙遗址 2~4 层(N1E1)获得树轮校正年龄为距今 12 200~14 950 a 之间。蒋远金^[135]在于广西柳州白莲洞遗址的二期(B)(N1E2)获得年龄数据为距今(13 170±590) a。陈伟驹^[166]在广东阳春独石仔遗址的上文化层中(N1E3)获得螺壳¹⁴C 年龄为(13 220±130) a BP。陈伟驹^[167]在广东英德牛栏洞三期前段获得年龄为(17 525±200)a BP~(14 560±350)a BP,该期文化延续进入 H1 冷期阶段与 N1 文化层(N1E4)。王丽娟^[179]研究认为广西桂林甑皮岩遗址一期文化(N1E5)年代为 12 500~11 400 a BP,该文化开始于 N1 暖期,并在后来的 YD 冷期得以延续,没有形成文化间断。

3.14 YD 冷期及文化间断(距今 1.2 万年~1.15 万年)

新仙女木(YD)冷期起始于大约距今 1.2 万年,结束于距今 1.15 万年,持续时间约 500 a。冷期峰值年龄在距今 1.17 万年左右,一般作为更新世与全新世的分界^[180]。

张威等^[182]在吉林长白山西坡停车场的冰碛(YDA1)中获得光释光年龄为(11.3±1.2) ka BP。赵松龄^[16]在青岛崂山石门山 II 剖面下部(YDC1)获得冰碛堆积年龄 12.0 ka BP。孙黎明等^[76]在河北省涿鹿吉家营冰楔(YDC2)同层沉积物中获得¹⁴C 年龄为(11.03±0.15) ka BP。宋艳花等^[146]在柿子滩遗址 S29 地点的研究发现,第 1 文化层(N1C1)与第 2 文化层之间形成较长时间的文化间断。

YD 冷期在中国形成了典型的冰期低温遗迹,并且至少在黄河流域及以北地区形成文化间断。

4 中国古人类环境考古中的问题讨论

依据气候过程、气候事件、环境演化、古人类遗存年龄数据等共同构建完成了我国东部环境考古分期,初步建立了涵盖我国东部地区北到黑龙江流域,南到珠江流域大跨度的古气候事件、古人类遗存等元素的环境考古分期表(图 6),反映出古人类与古

环境变化之间存在密切的内在关联性, 仅就环境演化与环境考古领域的几个问题做些讨论。

4.1 中国东部的气候过程与环境演化

古土壤-黄土序列的广泛分布也佐证了洞穴石笋揭示的我国东部存在旋回性气候演化的基本特征。虽然自李四光先生提出中国东部存在第四纪冰川遗迹, 且存在冰期—间冰期气候旋回以来^[1-2], 就有研究者提出质疑, 并进而否定中东部存在第四纪冰川与冰期环境。尽管近年来中国东部第四纪冰川遗迹被大量发现并获得了大量的冰期年龄数据, 但有些研究者依旧分不清冰碛与泥石流的区分特征^[24, 182]。冰期环境不会仅仅只表现在冰川遗迹上, 如扬州、济南猛犸象化石的发现、河南新密古冰楔构造的发现, 这些特征确定的冰期遗存从冰川遗迹之外也佐证了我国东部地区曾经存在寒冷的冰期环境事实。这为分析我国东部地区古人类的生存环境、演化过程提供了环境分析的基本前提。

4.2 冰期与文化间断之间的耦合关系

孙关龙^[183]提出在人类文化史上文化断层的存在具有普遍性, 越是文化古老的地区, 文化断层的烈度和密度也越大。在地质学上, 将地层中的沉积缺失表述为“沉积间断”, 鉴于古文化层与沉积地层相互依存, 地层中文化元素的缺失, 表述为文化间断更妥当。杜水生^[33]发现下川文化延续过程中存在文化间断(原文使用“文化断裂”一词), 从距今 4.4 万年~3.0 万年的简单石核—石片文化层(N4 文化层)到距今 2.7 万年~2.5 万年的石叶—细石叶文化层(N3 文化层)之间存在 3 000 a 的间隔, 指出这之间既存在时间断裂也表现出技术断裂。杜水生^[33]虽然没有进一步揭示造成该文化间断的具体环境原因, 但指出探索这些文化连续与文化断裂现象背后的原因将为中国北方现代人及其行为的出现、演化和发展提供新的解释, 强调这应该是今后工作中努力的方向。根据本文环境考古分期的研究, 杜水生^[33]发现的这次 3 000 a 的文化间断, 正好对应于 H3 冷期, 该时段在华北地区存在冰川、冰楔遗迹, 直观反映出低温环境对于古人类演化的影响。冰期对中国古人类的影响是巨大的, ERIC B 等^[184]指出: “由于地理位置的关系, 中国对气候变化非常敏感。在北方冰川蔓延至蒙古国山口, 使那里的生活条件进一步恶化, 人们被迫向南迁移。”由于 ERIC B

等没有获得中国东部存在第四纪冰川的有效信息, 只能以蒙古国山口的冰川来推演冰期对于中国古人类的影响。冰期的存在致使中国东部广大地区, 尤其在长江以北地区形成大范围、长时段的文化间断层。

考古领域对于造成文化间断的环境因素关注不够, 在中国东部, 至少在长江流域及以北的广大地区, 冰期时段形成了区域性文化间断。这些文化间断的本质是古人类不能在冰期环境下生存, 采取了南迁避寒, 或者被环境淘汰, 延续中断, 在考古序列中表现为文化间断。而这种间断不仅仅一次, 在距今 10 万年~1 万年之间, 至少经历了 7 次之多, 且 H6、H5、H4、H3 等 4 次文化间断都延伸到珠江流域, 只有 H2、H1 两次对珠江流域影响甚微, 冷期时段在珠江流域留下了文化遗存。由于冰期时北方持续的时间要比南方更长, 在同一期文化间断中, 北方的间隔时长要比南方长。由于气候带伴随着冰期—间冰期出现南北向的大幅摆动, 造成文化间断跟随气候的演化出现耦合关系。中国古人类南北向的大幅度旋回性的南迁北移也必然促进文化的南北向交流。ERIC B 等^[185]2004 年提出东亚地区的古人类在更新世初由非洲, 是经印度—东南半岛沿海地区迁入的观点。基于此, 结合中国古气候旋回性变迁的特点, 应该注意东南半岛一带的亚阿舍利(Acheulean)文化在中国古人类南北向迁移过程的遗留与影响。

4.3 中国陶器的发明与传播路径

陈宥成等^[186]总结了陶器的测年数据显示, 东亚地区最早的陶器出现在中国南方, 陶器发现最早在距今 1.9 万年~2.0 万年(N2 时段), 其他如华北及以北地区的陶器最早在距今 1.1 万年~1.0 万年(W1 时段)。但是日本列岛的陶器最早在距今 1.7 万年~1.5 万年(H1 时段), 俄罗斯远东地区的陶器最早在距今 1.6 万年~1.4 万年(N1 时段)。据此认为东亚地区的陶器起源于中国南方, 然后经历了“中国南方→日本列岛→俄罗斯远东→中国北方”的传播路径。这显然与中国华北地区存在 N2、N1 两个暖期时段的文化遗存相矛盾。基于中国古人类的南北迁徙路径判断, 至少在 N2 时段的黄河流域, 甚至辽河流域已经使用陶器, 导致这些区域上陶器在考古上缺环的原因, 可能是这些区域露天遗址的后期

风化导致早期粗劣陶片的泯灭。基于以上分析,东亚地区陶器源流过程大致是应该是两条路径,其一:中国南方(N2)→大陆架边缘(H1)(图 1 的图例 36)→日本列岛(H1)。其二:中国南方(N2)→华北地区(N2)→东北地区(N1)→俄罗斯远东(N1)。鉴于末次冰期温带南界在大陆架的走势(图 1 的图例 36),冰期时海水退却,大陆架成为陆地,但大陆架上的沿海地区尚具备适合古人类生存的条件。大陆架上应该存在古人类在冰期时的遗址,但由于暖期时段海洋的淹没而灭失。东亚地区的其他技术及文化事件,譬如农业的诞生与流传等,也应该遵循这样一个大致的传播路径。

5 结论

基于对中国东部近 10 万年来的气候过程、环境演化、古人类演化分期与过程进行对比分析,获得以下几点认识:

(1) 洞穴石笋气候曲线、古土壤-黄土序列反映了我国东部存在冰期—间冰期的旋回性气候演化。与我国东部地区大量的冰川遗迹,扬州、济南等地猛犸象化石,河南新密古冰楔构造的发现一起,都显示出我国东部存在冰期环境,冰期—间冰期循环是我国东部地区环境演化的基本特征,这也是分析研究我国东部古人类的生存环境、演化过程提供了基本的气候、环境前提。

(2) 中国环境考古研究缺乏对东部地区存在的冰期恶劣环境的关注,导致了对古人类实际生存环境的认知偏差。将冰川遗迹、古冰楔构造、猛犸象化石等所代表的冰期寒冻环境纳入中国环境考古研究范畴,是全面认识中国古人类演化过程的基础。中国古人类延续过程中出现的文化间断与冰期时段具有较好的对应性,这体现出冰期气候对中国古人类产生了深远的影响。

(3) 目前就古人类的起源,有非洲单一起源说,也有非洲、欧洲、东亚等地区的多起源说,但由于北半球中高纬度地区多期次、大范围冰期的存在,冰期恶劣的环境很难使得欧洲与东亚地区的古人类拥有连续稳定的生存环境,导致这些地区的古人类不能持续的演化,多期次的文化间断事件的存在即证明了这个问题。

(4) 伴随着冰期—间冰期气候的循环,东亚地区的古人类相应进行了“候鸟式”南北向迁徙。暖期北

上,冷期南下,应是东亚地区古人类迁徙、演化的基本形态,这也应是古人类在技术、文化等层面上发展、演化的基本方向与路径。东西向的文化交流,只能发生在温暖的间冰期时段。

此外,由于气候研究及考古遗址、地质遗迹等年龄样品的层位、赋存性状、样品采集、测试方法、测试精度等存在的误差,会在气候演化曲线、气候事件、考古遗址的年龄数据上形成偏差,导致有些数据与环境演化曲线之间存在出入的情况,这有待今后更多可靠年龄数据的获得,逐步对环境考古年表进行完善、补充与修正。

致谢: 本文研究过程中,得到山东省地质科学研究院李大鹏研究员、中科院海洋研究所赵松龄教授、中国地质科学院地质研究所苏德辰教授、中国地质科学院地质力学研究所钱方研究员、南京大学杨达源教授、中国石油大学吕洪波教授、南京师范大学黄家柱教授、自然资源部第四海洋研究所徐兴永研究员的大力支持与帮助,在此表示深切的谢意! 本文的重点是从气候过程、环境演化的角度建立环境考古分期,对于考古领域只是重点阐述了测年数据,没能就器物演化过程进行深入的分析,难免存在一些不确之处,望领域内的专家学者批评指正,共同完善环境考古分期的研究。

参考文献:

- [1] LEE J S. Notes on traces of recent ice action in northern China, Geol[M]. London: Mag LIX, 1922: 14 - 21.
- [2] LEE J S. Quaternary glaciations in the Yangtze Valley[J]. Bull. Geol. Soc., 1933, 13: 15 - 62.
- [3] 李四光. 冰期之庐山[M]. 南京: 中央研究院地质研究所专刊乙种 2 号, 1947: 1 - 27.
- [4] 李四光. 中国第四纪冰川[M]. 北京: 科学出版社, 1975: 1 - 35.
- [5] 李四光. 华北地区的冰期和间冰期问题[J]. 中国地质, 1963 (4): 1 - 7.
- [6] 黄培华. 《冰期之庐山》质疑[J]. 自然辩证法通讯, 1982(3): 43 - 45.
- [7] 施雅风. 庐山真的有第四纪冰川吗? [J]. 冰川冻土, 1982(1): 64 - 69.
- [8] 王曰伦, 贾兰坡. 周口店第四纪冰川现象的观察[J]. 地质学报, 1952(增刊 1): 16 - 25.
- [9] 王曰伦. 中国第四纪冰川论证[C]//中国地质科学院天津地质矿产研究所文集(26/27). 北京: 中国地质学会, 1992: 19 - 46.
- [10] 严钦尚. 大兴安岭附近冰川地形[J]. 地质学报, 1952(增刊 1): 1 - 15.
- [11] 杨怀仁. 诺敏河流域的冰川地形[J]. 南京大学学报(自然科学

- 版),1955(1):95-120.
- [12] 杨怀仁,徐馨.中国东部第四纪自然环境的演变[J].南京大学学报(自然科学版),1980(1):121-144.
- [13] 孙殿卿.中国第四纪亚冰期划分之商讨[J].第四纪研究,1989(1):3-23.
- [14] 徐馨.天目山冰桌的发现及其古气候意义[J].科学通报,1985(22):1734-1737.
- [15] 景才瑞.天目山第四纪冰川遗迹初步研究[J].地质论评,1959(6):259-261.
- [16] 赵松龄.中国东部低海拔型古冰川遗迹[M].北京:海洋出版社,2010:143-152.
- [17] 徐兴永.崂山古冰川的形成及其环境效应的研究[D].青岛:中国海洋大学,2004.
- [18] 赵志中,何培元.神农架地区第四纪冰川遗迹与冰期划分[J].地质力学学报,1997(2):20-25.
- [19] 王照波,卞青,李大鹏,等.山东蒙山第四纪冰川组合遗迹的发现及初步研究[J].地质论评,2017,63(1):134-140.
- [20] 王照波,张剑,王江月,等.山东蒙山第四纪冰川遗迹光释光测年研究及冰期划分与对比[J].地质论评,2017,63(3):694-697.
- [21] 王照波,王江月,张剑.山东蒙山第四纪冰川、黄土、水系沉积物与 MIS 对比研究[J].华东地质,2019,40(2):81-90.
- [22] 王照波,王江月,李宝杰.吉林长白山天池第四纪火山旋回性喷发与冰川作用的耦合关系[J].华东地质,2020,41(2):108-115.
- [23] WANG Z B, WANG J Y, HE L L, et al. Glacier Relics of the Last Glacial and Holocene Periods Discovered in the Middle-low Mountains of Eastern China: Sedimentary Sequences and Environmental Evolution of Mengshan Mount in Shandong Province since 80 ka[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2020, 94(1): 141-151.
- [24] 王照波.中国新生代冰川与环境演化[M].北京:地质出版社,2021:135-142.
- [25] 王照波,何乐龙,熊卫强,等.江西庐山冰川研究的争议及白鹤洞末次冰期冰川遗迹的发现与测年研究[C]//江西地学新进展 2021:江西省地质学会第十一次会员代表大会暨江西省地质学会 2021 年学术年会论文集.南昌:江西省地质学会,2021:236-244.
- [26] 王刚.黑龙江张广才岭南段凤凰山地区第四纪冰川遗迹和冰期演化[D].北京:中国地质科学院,2019.
- [27] 施雅风,崔之久,李吉均,等.中国东部第四纪冰川与环境问题[M].北京:科学出版社,1989:1-5.
- [28] 陆莹,孙雪峰,王社江,等.早、中更新世中国古人类年代序列与区域演化特征[J].人类学学报,2021,40(3):411-426.
- [29] 竺可桢.中国近五千年来气候变迁的初步研究[J].考古学报,1972(1):15-38.
- [30] 刘莉.中国新石器时代-迈向早期国家之路[M].北京:文物出版社,2007:10-22.
- [31] 周昆叔.环境考古[M].北京:文物出版社,2007:1-88.
- [32] 夏正楷.环境考古学:理论与实践[M].北京:北京大学出版社,2012:1-102.
- [33] 杜水生.连续与断裂:重新认识下川遗址在中国旧石器文化研究上的意义[J].第四纪研究,2021,41(1):153-163.
- [34] 王江月,白伟明,王照波,等.中国东部地区全新世气候演化及其与气候事件的对应性[J].海洋地质与第四纪地质,2022,42(2):167-177.
- [35] 沈吉,于革,吴敬禄,等译.第四纪环境演变[M].北京:科学出版社,2017.
- [36] 程海,张海伟,赵景耀,等.中国石笋古气候研究的回顾与展望[J].中国科学(D辑:地球科学),2019,49(10):1565-1589.
- [37] 黄伟.末次冰期千年尺度季风气候事件的时间、模式以及控制背景[D].南京:南京师范大学,2017.
- [38] 刘志杰,刘荫椿.中国第四纪黄土古环境研究若干进展[J].环境科学与管理,2008(4):15-19.
- [39] 刘东生,丁仲礼.中国黄土研究新进展(二)古气候与全球变化[J].第四纪研究,1990(1):1-9.
- [40] 张茂恒,孟景闻,夏应菲,等.最近 11 万年来东亚季风轨道与千年尺度气候变率在南京下蜀黄土中的记录[J].地层学杂志,2011,35(3):321-327.
- [41] 郑祥民,刘飞.长江三角洲与东海岛屿黄土研究综述[J].华东师范大学学报(自然科学版),2006(6):9-24.
- [42] 许峰宇,李立文.南京下蜀土剖面磁化率测量及其与深海沉积的对比[J].徐州师范学院学报(自然科学版),1992(1):22-26.
- [43] 徐树建,丁新潮,倪志超.山东埠西黄土剖面沉积特征及古气候环境意义[J].地理学报,2014,69(11):1707-1717.
- [44] 聂高众,刘嘉麒,郭正堂.渭南黄土剖面十五万年以来的主要地层界线和气候事件:年代学方面的证据[J].第四纪研究,1996(3):221-231.
- [45] 宋基灵.浑善达克沙地边缘黄土记录的环境演变及物源探讨[D].北京:中国地质大学(北京),2017.
- [46] 陈辉,王秋兵,韩春兰,等.朝阳凤凰山古土壤序列粒度特征与成因分析[J].地球与环境,2009,37(3):243-248.
- [47] 王永,董进,杨劲松.哈尔滨荒山剖面第四纪地层研究[J].地球科学,2020,45(7):2662-2672.
- [48] 李保生,温小浩, ZHANG D D, 等.岭南粤东北地区晚第四纪红土与棕黄色沉积物的古气候转变记录[J].科学通报,2008(22):2793-2800.
- [49] 吴昊,李志文,郭福生,等.南昌市厚田乡风沙地貌形态特征与美学价值[J].华东地质,2019,40(4):264-272.
- [50] 陈留勤,刘鑫,李鹏程.古土壤:沉积环境和古气候变化的灵敏指针[J].沉积学报,2018,36(3):510-520.
- [51] 欧阳椿陶,李保生,欧先交,等.萨拉乌苏河流域末次间冰期古土壤化学风化与古气候[J].地理学报,2007(5):518-528.
- [52] 赵景波.淀积理论与黄土高原环境演变[M].北京:科学出版社,2002:17-42.
- [53] 张辉,张蓓蓓.长武县 1979—2008 年水面蒸发量与温度、降水量关系通径分析[J].中国农学通报,2017,33(9):89-93.
- [54] 赵景波.陕西黄土高原 500ka BP 的古土壤与气候带迁移[J].地理学报,2001(3):323-331.

- [55] 黄镇国,张伟强,江璐明.全新世中国热带北界变迁的探讨[J].第四纪研究,2002(4):359-364.
- [56] 李昌华.亚洲东部常绿阔叶林的分布[J].自然资源,1997(2):37-45.
- [57] 黄镇国,张伟强.末次冰期盛期中国热带的变迁[J].地理学报,2000(5):587-595.
- [58] 安芷生,吴锡浩,卢滨涛,等.最近 18000 年中国古环境变迁[J].自然科学进展,1991(2):153-159.
- [59] 曹伯勋,田明中,李长安.北京周口店地区新发现距今 73—90 万年地层与古冰楔遗迹初步研究[J].科学通报,1989(7):530-533.
- [60] 杨怀仁,杨森沅.长江下游第四纪冰缘沉积的发现和初步研究[J].科学通报,1957(8):245-247.
- [61] 陈华慧,关康年,鄢志武.湖北省钟祥第四纪冰缘融冻构造的发现及其意义[J].现代地质,1990(2):92-97.
- [62] 周天,潘保田,刘秀菊,等.鄂尔多斯地区倒数第二次冰期冰楔假型的发现以及中国倒数第二次冰期多年冻土边界重建[J].冰川冻土,2008(1):108-112.
- [63] 崔哲愨,侯哲,高星.朝鲜半岛旧石器时代晚期的有柄尖刃器[J].人类学学报,2017,36(4):465-477.
- [64] 李有骞,陈全家.朝鲜半岛旧石器材料及工业类型的初步研究:兼谈对吉林省东部地区旧石器研究的几点认识[J].边疆考古研究,2008(00):16-39.
- [65] 李有骞.日本海西北岸旧石器时代的细石叶技术及其与相邻地区的关系[J].北方文物,2011(2):21-27.
- [66] 张俊娜,夏正楷,王幼平,等.河南新密李家沟遗址古环境分析[J].中原文物,2018(6):69-81.
- [67] PEWE T L.Paleoclimatic significance of fossil ice wedges[J].Biuletyn Permyglacialny,1966(15):65-73.
- [68] 朱国荣,徐振涛.燕山南麓古冰楔的发现[J].北京师范大学学报(自然科学版),1987(4):67-68.
- [69] 周廷儒,张兰生,李华章.华北更新世最后冰期以来的气候变迁[J].北京师范大学学报(自然科学版),1982(1):77-88.
- [70] 崔之久,赵亮,VANDENBERGHE J,等.山西大同、内蒙古鄂尔多斯冰楔、砂楔群的发现及其环境意义[J].冰川冻土,2002(6):708-716.
- [71] 崔之久,杨建强,赵亮,等.鄂尔多斯大面积冰楔群的发现及 20ka 以来中国北方多年冻土南界与环境[J].科学通报,2004(13):1304-1310.
- [72] 王建勇,张绪教,何泽新,等.黄土高原北缘中部末次冰期冰楔假型的发现及意义[J].现代地质,2015,29(4):816-824.
- [73] 单鹏飞,贺兰山西侧紫泥湖地区晚更新世以来冰缘地貌过程与环境变化[J].地质论评,1997(4):428-433.
- [74] 李大伟,李德文,沈晓明,等.乌海盆地内末次冰期砂楔/冰楔铸型的发现及古气候意义[J].地球科学与环境学报,2016,38(3):410-419.
- [75] 董光荣,高尚玉,李保生,等.鄂尔多斯高原晚更新世以来的古冰缘现象及其气候地层学意义[J].地理研究,1985(1):1-13.
- [76] 孙黎明,田立富.河北怀来—涿鹿盆地冻融褶皱现象与古气候[J].河北地质学院学报,1996(增刊 1):338-343.
- [77] 赵克良,姜海涛,王元,等.中国真猛犸象和披毛犀化石¹⁴C 年代研究新进展[J].人类学学报,2022,41(3):551-562.
- [78] 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(1):47-59.
- [79] TAKAHASHI K,WEI G B,UNO H,et al.AMS¹⁴C chronology of the world's southernmost woolly mammoth [J].Quaternary Science Reviews,2007,26(7/8):954-957.
- [80] 新华社.江苏宝应出土万年猛犸象牙化石[N/OL].云南日报,2003-09-19.
- [81] 吕春华.通古达今的水路:南水北调东线工程江苏段文物保护侧记[J].艺术百家,2010,26(S2):94-96.
- [82] 范春雪,郑国珍.福建第四纪哺乳动物化石考古发现及研究[M].北京:科学出版社,2006:44-45.
- [83] NOGUÉS B D,RODRÍGUEZ J,HORTAL J,et al.Climate Change,Humans, and the Extinction of the Woolly Mammoth[J].PLoS Biol,2008,6(4):79.
- [84] 陈翔,高文亮,刘杰,等.洪泽湖区的气温特征及其对苏北气温分布的影响[J].气象与环境科学,2011,34(增刊 1):120-124.
- [85] 张建伟,郭秀岩,申卫星,等.泰山地区第四纪冰川探讨[J].山东国土资源,2011,27(4):12-14.
- [86] 蒋复初,吴锡浩,王书兵,等.中国气候雪线空间分布特征[J].地质力学学报,2002(4):289-296.
- [87] 姚尧.山东省蒙山长寿区环境因素与健康长寿关系研究[D].济南:山东大学,2015.
- [88] 曾令勤.六安地区近 50 年气候变化特征分析[D].合肥:安徽农业大学,2013.
- [89] 张海虹.庐山与九江的降水对比分析[J].产业与科技论坛,2011,10(19):87-88.
- [90] 王伟,殷鹏.九江市近 47 年来气候变化初步分析[C]//中国气象学会 2008 年年会气候变化分会论文集.北京:中国气象学会,2008.
- [91] 陈少勇,王劲松,石圆圆,等.中国东部季风区 1961 年~2006 年年平均气温变化特征[J].资源科学,2009,31(3):462-471.
- [92] W.D.麦科伊,R.S.布雷德利,张光宇.中国北方黄土氨基酸地层学及古温度讨论[G]//黄土—第四纪地质—全球变化(第二集).北京:地质出版社,1990:73-81.
- [93] 兰伊春,江旅冰.浅述气候对中国古代政治经济格局的历史影响[J].青海民族学院学报:社会科学版,2005,31(1):43-47.
- [94] 樊同宇.东北地区晚全新世气候环境变化及其对古人类社会的可能影响[D].西安:西北大学,2020.
- [95] 杨石霞,裴树文,邓成龙.早—中更新世中国古人类演化及其与气候环境的关系[J].人类学学报,2021,40(3):436-453.
- [96] 苏志珠,董光荣.萨拉乌苏地层研究新进展[J].地理科学,1996(3):75-79.
- [97] 刘东生,王克鲁.中国北方第四纪地层的某些问题[M].北京:科学出版社,1964:65-76.
- [98] 苏志珠,董光荣,靳鹤龄.萨拉乌苏组地层年代学研究[J].地质力学学报,1997(4):92-98.
- [99] 陈铁梅,原思训,高世君.铀子系法测定骨化石年龄的可靠性

- 研究及华北地区主要旧石器地点的铀子系年代序列[J].人类学学报,1984(3):259-269.
- [100] 周义华.北京猿人和丁村人的氨基酸年龄测定[J].人类学学报,1989(2):177-181.
- [101] 刘椿,苏朴,李幼琴,等.丁村旧石器遗址剖面的古地磁学研究[J].文物季刊,1995(4):20-26.
- [102] 郑洪汉.中国北方晚更新世河湖相地层与风积黄土[J].地球化学,1989(4):343-351.
- [103] 王益人,陶富海,王建.丁村遗址群发掘研究的最新进展:纪念丁村遗址发现 50 周年[C]//山西省考古学会论文集.太原:山西省考古学会,2006:17-23.
- [104] 陈铁梅,原思训,高世君,等.许家窑遗址哺乳动物化石的铀子系法年代测定[J].人类学学报,1982,1(1):91-95.
- [105] 吴茂霖.许家窑遗址 1977 年出土的人类化石[J].古脊椎动物与古人类,1980,18(3):229-238.
- [106] 浑凌云,许海清,张生瑞,等.河北阳原侯家窑遗址孢粉组合特征及揭示的古环境与古气候演变[J].第四纪研究,2011,31(6):951-971.
- [107] 卫奇,吴秀杰.许家窑遗址地层时代讨论[J].地层学杂志,2011,35(2):193-199.
- [108] 原思训,陈铁梅,高世君.华南若干旧石器时代地点的铀系年代[J].人类学学报,1986(2):179-190.
- [109] 马溶之.中国黄土之生成[J].地质论评,1944(增刊 2):207-224.
- [110] 赵松龄.海岸带黄土[M].北京:海洋出版社,2010:143-152.
- [111] 戴鹏飞.内蒙古四子王旗大井坡第四纪冰碛物的发现及古气候意义[D].北京:中国地质大学(北京),2017.
- [112] 叶启晓.顾乡屯组下界(限)及其测年[J].地层学杂志,1990(4):315-320.
- [113] 张森水,张镇红,傅仁义.辽宁鸽子洞旧石器遗址发掘报告[J].古脊椎动物与古人类,1975(2):122-136.
- [114] 傅仁义.鸽子洞遗址时代的再研究[J].北方文物,1992(4):19-27.
- [115] 单明超,娜仁高娃,周兴启,等.内蒙古赤峰三龙洞发现距今 5 万年旧石器遗址[N].中国文物报,2017-10-20(8).
- [116] 尤玉柱,李毅,孙玉峰,等.大连古龙山洞穴文化遗物及对当时古生态环境的探讨[J].史前研究,1985(1):68-73.
- [117] 王幼平,汪松枝.MIS3 阶段嵩山东麓旧石器发现与问题[J].人类学学报,2014,33(3):304-314.
- [118] 刘德成,夏正楷,王幼平,等.河南织机洞旧石器遗址的洞穴堆积和沉积环境分析[J].人类学学报,2008(1):71-78.
- [119] 王春玥.MIS-2 早期冀东地区古环境变化特征与古人类活动[D].石家庄:河北师范大学,2018.
- [120] 张威,崔之久,李永化,等.贺兰山第四纪冰川特征及其与气候和构造之间的耦合关系[J].科学通报,2012,57(25):2390-2402.
- [121] 于汇历.黑龙江省旧石器时代考古二十年[J].北方文物,2000(1):10-16.
- [122] 王永,董进,杨劲松.哈尔滨荒山剖面第四纪地层研究[J].地球科学,2020,45(7):2662-2672.
- [123] 陈全家,赵海龙,王法岗.吉林桦甸仙人洞旧石器遗址 1993 年发掘报告[J].人类学学报,2007(3):222-236.
- [124] 李有骞.黑龙江流域及东临地区旧石器的发现与研究[J].哈尔滨学院学报,2011,32(6):13-19.
- [125] 黄慰文,张镇洪,傅仁义,等.海城小孤山的骨制品和装饰品[J].人类学学报,1986(3):259-266.
- [126] 张家富.年代测定[M]//黄慰文,傅仁义.小孤山:辽宁海城史前洞穴遗址综合研究.北京:科学出版社,2009:21-28.
- [127] 陈铁梅, R. E. M. Hedges, 袁振新.山顶洞遗址的第二批加速器质谱¹⁴C 年龄数据与讨论[J].人类学学报,1992(2):112-116.
- [128] 刘德成,王旭龙,高星,等.水洞沟遗址地层划分与年代测定新进展[J].科学通报,2009,54(19):2879-2885.
- [129] 王佳音,张松林,汪松枝,等.河南新郑黄帝口遗址 2009 年发掘简报[J].人类学学报,2012,31(2):127-136.
- [130] 夏正楷,陈戈,郑公望,等.黄河中游地区末次冰消期新旧石器文化过渡的气候背景[J].科学通报,2001(14):1204-1208.
- [131] 岳够明.内蒙古旧石器时代考古综述[J].草原文物,2019(1):4-6.
- [132] 李小明,高强,侯亚梅,等.内蒙古鄂尔多斯乌兰木伦遗址 MIS3 阶段的植被与环境[J].人类学学报,2014,33(1):60-69.
- [133] 李宣民,张森水.资阳人 B 地点发现的旧石器[J].人类学学报,1984(3):215-224.
- [134] 原思训,陈铁梅,高世君,等.阳春独石仔和柳州白莲洞遗址的年代测定:试探华南地区旧石器文化向新石器文化过渡的时间[C]//北京大学考古系.纪念北京大学考古专业三十周年论文集.北京:文物出版社,1990:40-45.
- [135] 蒋远金.白莲洞遗址、庙岩遗址与仙人洞遗址的研究:华南地区旧石器时代向新石器时代过渡的典型案例透析[J].史前研究,2006(2):58-67.
- [136] 李建军,范雪春.帆船洞旧石器遗址洞穴形成过程与地层划分[J].人类学学报,2006(2):153-160.
- [137] 丁梦林,刘东生.尹赞勋先生对第四纪研究的开拓性贡献:兼论顾乡屯动物群及其时代[J].第四纪研究,1994(2):143-153.
- [138] 张凌晓,于汇历,高星.黑龙江十八站遗址的新材料与年代[J].人类学学报,2006(2):115-128.
- [139] 孙建中,王雨灼,姜鹏.吉林榆树周家油坊旧石器文化遗址[J].古脊椎动物与古人类,1981(3):281-291.
- [140] 刘伟,李有骞,杨石霞.黑龙江龙江县西山头旧石器时代遗址试掘简报[J].考古,2019(11):3-13.
- [141] 魏正一,杨大山,尹开屏,等.哈尔滨阎家岗旧石器时代晚期地点(1982—1983 年发掘报告)[J].北方文物,1986(4):8-15.
- [142] 于汇历,袁宝印,黄慰文.哈尔滨阎家岗遗址的地质背景[J].人类学学报,2010,29(4):445-453.
- [143] 赵宾福.东北旧石器文化与邻区旧石器文化的关系[J].内蒙古大学学报(人文社会科学版),2008(1):46-51.

- [144] 赵宾福.东北旧石器时代的古人类、古文化与古环境[J].学习与探索,2006(2):188-191.
- [145] 宋艳花,石金鸣.山西吉县柿子滩遗址 S29 地点发掘简报[J].考古,2017(2):35-51.
- [146] 陈原.山顶洞人的年代问题[J].历史教学,1982(7):39-40.
- [147] 李泽涛,李冰,李月丛,等.泥河湾盆地油房剖面旧石器时代中期到晚期文化过渡的环境背景[J].第四纪研究,2017,37(3):463-473.
- [148] 裴树文,牛东伟,高星,等.宁夏水洞沟遗址第 7 地点发掘报告[J].人类学学报,2014,33(1):1-16.
- [149] 高星,李进增,D.B.Madsen,等.水洞沟的新年代测定及相关问题讨论[J].人类学学报,2002(3):211-218.
- [150] 关莹,高星,李锋,等.MIS3 晚期阶段的现代人为与“广谱革命”:来自水洞沟遗址的证据[J].科学通报,2012,57(1):65-72.
- [151] 杜水生,钟家让.泥河湾盆地旧石器时代晚期考古地质序列的建立及意义[J].山西省考古学会论文集,2000(1):206-211.
- [152] 吴小红,张弛,保罗·格德伯格,等.江西仙人洞遗址两万年前的陶器的年代研究[J].南方文物,2012(3):1-6.
- [153] 王炳万.从万年仙人洞、吊桶环遗址看新石器时代早期三大技术创新[J].农业考古,2007(1):45-47.
- [154] 王幼平.华南晚更新世晚期人类行为复杂化的个案:江西万年吊桶环遗址的发现[J].人类学学报,2016,35(3):397-406.
- [155] 余莹莹.嘉陵江中下游地区先秦考古学文化研究初探[D].重庆:重庆师范大学,2018:18-20.
- [156] 顾佳妮.秦岭太白山第四纪冰川地貌与冰碛物特征研究[D].北京:中国地质大学(北京),2017.
- [157] 万晨晨,陈全家,方启,等.吉林和龙大洞遗址的调查与研究[J].考古学报,2017(1):1-30.
- [158] 李有骞.黑龙江流域及东临地区旧石器工业研究[D].长春:吉林大学,2009.
- [159] 傅博.辽宁旧石器时代晚期文化及相关问题的研究[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2010,28(4):549-553.
- [160] 宋艳花,石金鸣.山西吉县柿子滩旧石器时代遗址 S14 地点 2002-2005 年发掘简报[J].考古,2013(2):3-13.
- [161] 徐淑彬.鲁南沂、沭河流域中石器时代文研究:兼谈与日本九州细石器渊源关系[C]//中日古人类与史前文化渊源关系国际学术研讨会论文集.北京:中国国际广播出版社,1994:35-45.
- [162] 彭适凡,周广明.江西万年仙人洞与吊桶环遗址:旧石器时代向新石器时代过渡模式的个案研究[J].农业考古,2004(3):29-39.
- [163] 吴小红,伊丽莎贝塔·博阿雷托,袁家荣,等.湖南道县玉蟾岩遗址早期陶器及其地层堆积的碳十四年代研究[J].南方文物,2012(3):7-15.
- [164] 袁家荣.湖南旧石器时代文化与玉蟾岩遗址[M].长沙:岳麓书社出版社,2013:195-196.
- [165] 赵朝洪,吴小红.中国早期陶器的发现、年代测定及早期制陶工艺的初步探讨[J].陶瓷学报,2000(4):228-234.
- [166] 陈伟驹.岭南地区新石器时代文化的时空框架与生计方式研究[D].长春:吉林大学,2016.
- [167] 陈伟驹.岭南地区史前年代学及相关问题研究:以牛栏洞遗址为例[J].东南文化,2015(6):50-55.
- [168] 王立新.吉林大安后套木嘎遗址的发掘与综合研究[J].吉林大学社会科学学报,2016,56(1):2-193.
- [169] 丁风雅.中国北方地区公元前 5000 年以前新石器文化的时空框架与谱系格局研究[D].长春:吉林大学,2017.
- [170] 王长明.大兴安岭呼中北山洞遗址考古发掘的新收获与认识[J].现代交际,2017(8):84-85.
- [171] 于志耿,魏正一.黑龙江省旧石器时代考古发现与研究[J].北方文物,1989(1):3-14.
- [172] 原思训,赵朝洪,朱晓东,等.山西吉县柿子滩遗址的年代与文化研究[J].考古,1998(6):57-62.
- [173] 夏正楷,陈福友,陈戈,等.我国北方泥河湾盆地新-旧石器文化过渡的环境背景[J].中国科学(D 辑:地球科学),2001(5):393-400.
- [174] WANG X M,XIE F,MEI H J,et,al.Intensive exploitation of animal resources during Deglacial times in North China: a case study from the Yujiagou site[J].Archaeological and Anthropological Sciences,2019,11(9):4983-5000.
- [175] 王晓敏,梅惠杰,谢飞,等.于家沟遗址鸵鸟蛋壳的人类利用特征[J].人类学学报,2020,39(2):236-248.
- [176] 林杉,敖红,程鹏,等.泥河湾盆地于家沟遗址 AMS¹⁴C 年代学研究及其考古学意义[J].地球环境学报,2018,9(2):149-158.
- [177] 张超,崔天兴.虎头梁遗址遗存的空间分布与河谷风向[J].华夏考古,2018(5):44-51.
- [178] 北京大学考古文博学院,江西省文物考古研究所.仙人洞与吊桶环[M].北京:文物出版社,2014:1-268.
- [179] 王丽娟.桂林甑皮岩洞穴遗址第四纪孢粉分析[J].人类学学报,1989(1):69-76.
- [180] 吕雁斌.新疆东部巴里坤湖记录的全新世气候变化研究[D].兰州:兰州大学,2011:1-145.
- [181] 张威,闫玲,崔之久,等.长白山现代理论雪线和古雪线高度[J].第四纪研究,2008(4):739-745.
- [182] 王照波,王江月,何乐龙,等.山东蒙山九龙潭冰川堆积“垄槽序列”的特征及演化过程研究:兼论冰川、泥石流堆积序列的差异性[J].地质力学学报,2021,27(1):105-116.
- [183] 孙关龙.断层文化论[J].山西大学师范学院学报,2001(3):7-12.
- [184] ERIC B,侯雪梅.旧石器时代东亚、西亚之间的关系[J].第四纪研究,2004(3):255-264.
- [185] ERIC B,HOU X M.Relationship between East and West Asia in Paleolithic age[J].Quaternary Sciences,2004(3):255-264.
- [186] 陈有成,曲彤丽.中国早期陶器的起源及相关问题[J].考古,2017(6):82-92.

Environmental Evolution and Archaeological Stages in Climate Processes in Eastern China over the Past 100 000 Years

—Discussion on the Coupling Relationship
between Ice Ages and Cultural Discontinuities

WANG Zhaobo^{1,2,3}, LIU Zisong⁴, LIU Cailing⁵, DING Zhihao⁶

(1. Key Laboratory of Gold Mineralization Processes and Resources Utilization Subordinated to the Ministry of Natural Resources, Key Laboratory of Metallogenic Geological Processes and Resources Utilization in Shandong Province, Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Ji'nan 250013, China; 2. Pingyi County State-owned Forest Farm, Shandong Linyi 273301, China; 3. Yimeng National Geological Park Management Office, Shandong Linyi 273304, China; 4. Linyi Bureau of Natural Resources and Planning, Shandong Linyi 276001, China; 5. No.11 Middle School in Linyi City, Shandong Linyi 276006, China; 6. Shandong Compass Mineral Exploration Limited Corporation, Shandong Linyi 276006, China)

Abstract: In order to reveal climatic process, environmental evolution and internal relationship between paleohuman evolution in eastern China in the past 100000 years, based on climate evolution curve of cave stalagmites, seven loess paleosol profiles established in eastern China (east of 105° E) in recent years have been analyzed for the first time. It is found that there is a highly coupled relationship between the climate reflected by these profiles and the climate evolution curve of cave stalagmites. It is showed that eastern China has experienced a cyclic climate evolution process of glacial – interglacial periods since 100000 years. Ice wedge structures, glacial remains, mammoth fossils and other ice age remains found in eastern China have been analyzed comprehensively. It is showed that the temperature drop in eastern China during the ice age is about 13~15°C, and the southern temperate zone migrate to the south by 8~10 latitudes. On this basis, the process of climate evolution over the past 100000 years is divided into stages, and a scale of climate evolution has been established. The eastern part of China is roughly divided into five river basins from north to south, they are Heilongjiang, Liaohe, Yellow, Yangtze and Pearl rivers. The correlation between the massive age data of ancient human remains in these basins and the scale of climate evolution have been analyzed. It is found that the evolution of hominins in China is strictly restricted by the climatic process of glacial – interglacial periods. There are both warm periods (interglacial periods) suitable for hominins and cold periods unsuitable for hominins in eastern China. On this basis, environmental archaeological stages have been established. The drastic environmental changes caused by glacial – interglacial cycle resulted in the loss of cultural relics and the formation of cultural discontinuity (lack of ring) during the glacial period, which is also the core internal cause of the staged characteristics of the prehistoric ancient culture in eastern China. On the basis of environmental archaeological stages, spatial and temporal evolution relationship between the cold and warm cycles (glacial – interglacial periods) and many elements, such as glacial remains, ancient ice wedge structure, mammoth fossils and ancient human remains in eastern China in the past 100000 years has been constructed for the first time, and the environmental archaeological stages have been initially established. The establishment of environmental archaeology stages will provide a new perspective for understanding the relationship between the development of ancient humans in China and the climatic process and environmental evolution.

Key words: Eastern China; climate process; glacial environment; cultural discontinuity; stages of environmental archaeology