

文章编号：1006-6616(2004)04-0327-10

山西宁武吕梁山北段第四纪冰川遗迹的发现及意义

孟宪刚^{1,2}, 朱大岗¹, 邵兆刚¹, 余佳¹, 韩建恩¹, 孟庆伟¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要：山西宁武吕梁山北段，平均海拔约 2000 米，相对高差数百米至千米左右，属中山区。第四纪冰川遗迹十分发育，类型多种多样，特征明显。冰川遗迹有：U 形谷、刃脊、角峰、冰斗、冰窖及分布于 U 形谷中的大量冰川漂砾、冰碛、冰水堆积、冰臼、变形砾石、条痕石等。该区古冰川遗迹的大量发现，不仅证明了我国东部中低山区有大量第四纪冰川运动存在，而且冰川规模之大完全出乎人们意料之外。为研究该区古气候、古环境演化提供重要依据，为我国第四纪冰期划分和对比提供重要资料和证据。

关键词：山西宁武；吕梁山北段；第四纪；冰川遗迹

中图分类号：P534.63, X141 **文献标识码：**A

0 引言

山西宁武吕梁山北段，地处芦芽山、云中山和管涔山的一部分，北纬 38°40′ ~ 39°01′，东经 111°48′ ~ 112°19′，南北长约 43km，东西宽约 48km，面积约 2064km²。

有关该区的第四纪冰川遗迹，早在 20 世纪 20 年代初，我国著名地质学家李四光教授在“华北挽近冰川作用的遗迹”一文中，就明确指出山西大同泉口附近存在冰川 U 形谷，和谷中分布有“由片麻岩，片岩，玄武岩及其它火成岩形成的奇异巨砾”。这些巨砾实际上就是冰川漂砾^[1]。其后，在该区进行 1:20 万区域地质调查中和一些专题研究中有过零星的报道^[2-6]。

2003 年，作者在该区搜集到大量有关第四纪冰川遗迹资料，参阅前人已有资料，对该区的第四纪冰川遗迹的类型、特征、冰期的划分和对比、冰川演化等问题进行初步讨论。

收稿日期：2004-10-12

基金项目：中国地质调查局项目“山西宁武万年冰洞形成机制及其环境意义”（编号：科[2003]007-03；200313000067）的阶段研究成果。

作者简介：孟宪刚（1960-），男，研究员，博士，从事区域地球化学、第四纪地质与古环境研究。联系电话：010-68422370。

1 第四纪冰川遗迹

吕梁山北段冰川遗迹以芦芽山、荷叶坪及黄草梁以南为典型，发育最好，尤其是梅洞、营房沟 U 形谷规模之大，保存的冰川遗迹堪称之最。在该区还可见到角峰、刃脊、冰斗、冰蚀洼地、冰川盘谷、冰窖、冰臼等冰川侵蚀地貌以及冰川终碛、底碛、侧碛、冰川漂砾、冰水砂砾堆积等古冰川堆积地貌（图 1）。

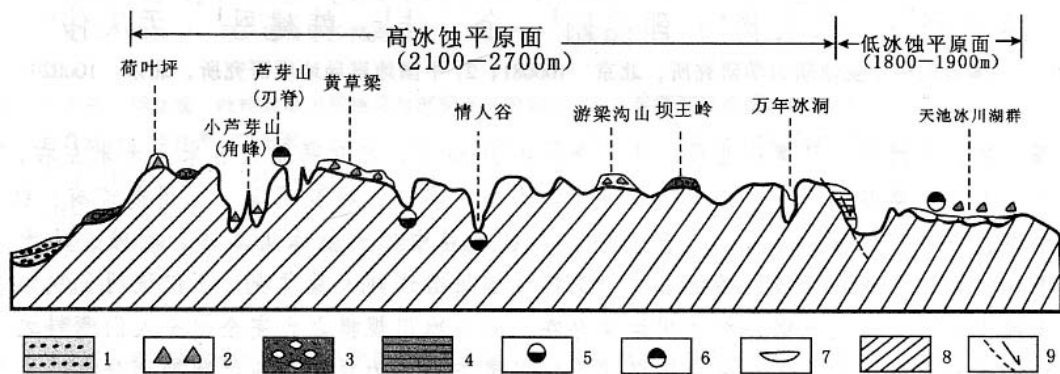


图 1 山西北段吕梁山北段第四纪冰川遗迹综合剖面示意图

Fig.1 Composite cross section of Quaternary glaciation remnants in the north segment of the Liliang Mountains, Ningwu, Shanxi Province

1. 冲洪积; 2. 冰碛; 3. 冰水砂砾堆积; 4. 黄土堆积; 5. 冰臼; 6. 冰川漂砾; 7. 湖群; 8. 基岩; 9. 断层

1.1 角峰和刃脊

芦芽山四周被冰斗和冰窖包围，高出这些冰斗底部 500 ~ 700m，是一个角峰和刃脊的组合；而本区内最典型角峰为小芦芽山。

1.2 冰斗

在芦芽山东南面发育有一排 4 个共分两组的冰斗，东北面为达摩庵两个冰斗，南面为南干沟两个冰斗。冰斗后壁海拔 2300 ~ 2700m，冰斗底部海拔为 2000m 左右。在芦芽山北面和黄草梁（海拔 2721.7m）拗口处以及芦芽山西南面均有冰斗发育。

1.3 冰窖

区内最典型古冰窖发育在荷叶坪（海拔 2783.8m）与芦芽山（海拔 2739m）间的冰口。冰窖底部海拔 2300m，面积近 1km²，冰窖内有冰碛物。该冰窖在末次冰川期与荷叶坪中流出的冰川 U 形谷相连（图版-1）。

1.4 U 形谷

U 形谷是山谷冰川作用形成的最重要冰川遗迹之一，在芦芽山东南面最发育、延伸长，谷中残留有众多冰川堆积物。

1.4.1 梅洞冰川 U 形谷

梅洞 U 形谷位于芦芽山东南，U 形谷顶端发育有一组冰斗群，即为达摩庵二个冰斗和南干沟二个冰斗，冰斗间以小芦芽山角峰将其隔开，构成 U 形谷向东南方向延伸，到达南滩，与一条由北向南的 U 形谷（长约 2km）汇合直达梅洞。U 形谷全长约 4km，宽 600m，谷底自 1850m 降到 1650m。谷中见有冰川终碛、侧碛及大量冰川漂砾（图版-2）。

1.4.2 营房沟冰川 U 形谷

营房沟 U 形谷位于芦芽山南，自冰口洼冰窖向下一直到吴家沟，长 9km，宽 600 ~ 1000m。谷中见有冰川堆积物和冰水砂砾层、漂砾及冰坎。

1.5 荷叶坪冰蚀洼地

荷叶坪最高点海拔 2783.8m，比芦芽山高 40m。平面形态如一片荷叶，面积约 20km²，平均海拔高度约 2600m。其北、南、西三面均有海拔 2715m 的山峰。中间发育一条冰蚀洼地，已具有 U 形谷雏形。在冰蚀洼地中堆积有冰积、冰水砂砾层。在荷叶坪上发育有亚高山草甸和云杉林。在沟底则有大量冰碛和寒冻风化的岩块堆积。

1.6 冰臼

冰臼是在冰川作用范围内，由冰川表面、冰川内或冰川下的急流冰水携带砾石旋转冲积下伏岩层，产生旋涡状的深坑而成。冰臼有各种不同形态，有的口小肚大，内壁光滑，洞底有的还留有光滑球状砾石。

在芦芽山顶下，分布有 10 多个冰臼（图版-3），有的冰臼受到后期破坏，在山脊上仅残留一半。在马营海高山湖泊区车庄之西北的坝王山山坡侏罗纪坚硬的砂岩上可见 2 个较小的冰臼（图版-4），口径 10 ~ 30cm，深约 15cm。

1.7 冰碛

芦芽山地区冰碛物主要见于周围冰川 U 形谷中，但在一些海拔 2100 ~ 2300m 左右的冰蚀平台上也发现零星的冰积和冰水堆积。此外，在海拔 2300 ~ 2600m 的冰蚀洼地和冰窖内也见有冰碛物。

1.7.1 U 形谷中的冰碛及冰水堆积

主要在芦芽山东南侧的梅洞 U 形谷和营房沟 U 形谷中的不同地段，以中下游段较集中。冰碛以终碛垅、侧碛为特征。冰碛物岩石由花岗岩、片麻质岩、石英砂岩、砂岩等组成。砾石粒径大者 2 ~ 3m，小的几厘米，排列混杂无序，在冰碛层上可见到冰水砂砾层和黄土堆积（图 2）（图版-5）。

梅洞冰川 U 形谷中堆积有冰川侧碛和终碛。在梅洞沟和高家沟汇合处的西侧，作者对 U 形谷中的冰川侧碛剖面（图 3）进行了实测，并对上覆的 3m 厚棕黄色结构较松散的无结核无古土壤的黄土剖面作了磁性地层研究。

古地磁研究

对梅洞黄土剖面中 14 块古地磁大样、28 块小样送中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室测定。样品首先进行了系统热退磁处理，热退磁炉为美制 TD-48 型。退磁后样品在美制立式 2G-755R 型超导磁力仪上进行测定。

古地磁样品测试结果，除 MD 标本外，其它全部磁偏角 D ($^{\circ}$) 和磁倾角 I ($^{\circ}$) 均为正向。而 α_{95} 绝大部分小于 10，最大的 MD14A 为 13.2，所以可以认为其结果是可靠的。因此，梅洞黄土剖面时代应相当布容世，小于 78 万年，属更新世中—晚期。

古地磁标本 MD1，位于该剖面顶部以下约 80cm 处，向上黄土极松散，虽我们在其上取几块样，但太松散，无法加工成形。在顶部向下 30cm 段为现代土壤。该样品在加热到 T240 时 D 、 I 均为正向，自 T300-T480 及 T610 时， D 为正向，而 I 变为负向，在 T530 和 T580D 时 I 转为负向。而其副样 MD1A 从 T120—T610 中 D 和 I 皆为正向。所以我们认为 MD1A 和 MD1 应为正向较合理。

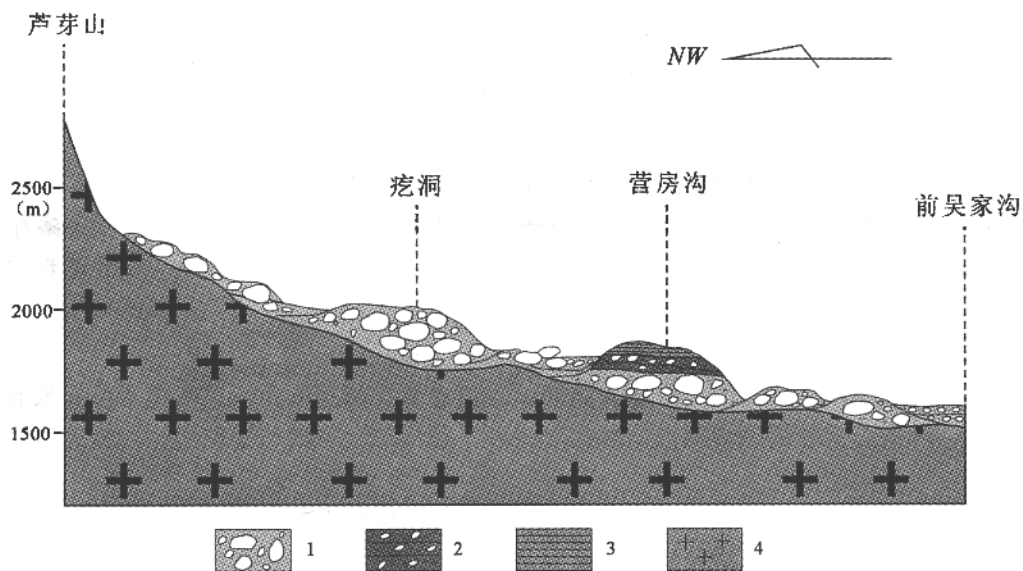


图 2 芦芽山—前吴家沟第四纪冰川遗迹示意剖面图

Fig. 2 Cross section of Quaternary glaciation remnants in the Luya Mountain-Qianwujiagou area

1. 冰碛冰川漂砾 (终碛); 2. 冰水砂砾堆积; 3. 黄土堆积; 4. 基岩 (花岗岩)

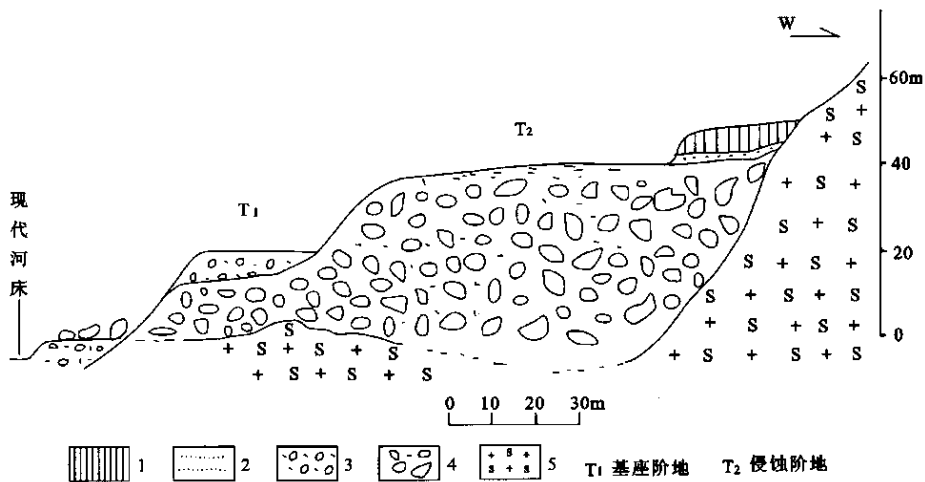


图 3 山西宁武梅洞冰碛层及黄土剖面

Fig.3 Glacial till and loess section in Meidong, Ningwu County, Shanxi Province

1. 黄土; 2. 砂层; 3. 砂砾层; 4. 冰碛层; 5. 基岩

1.7.1.1 气候环境

梅洞黄土剖面中采孢粉样共 60 个, 分别选择了 MD1、MD6、MD12、MD18、MD24、MD30、MD36、MD42、MD48、MD52 对其 10 个样品进行了孢粉研究, 每个孢粉点间隔为 25cm, 经中国地质科学院水文地质环境地质研究所第四纪实验室孢粉分析后得出结论如下: 本带孢粉贫乏、单调, 其浓度一般 < 1000 粒/克。孢粉组合中以草本为主, 一般含量 > 90%, 其它组合少见, 草本植物花粉主要有藜科, 一般含量 > 60%。其次有少量的蒿和禾本科。

从该剖面地层中所含大量草本花粉，可推测当时黄土沉淀时气候环境恶劣、干旱，降雨量极少，气温偏低，其它灌木和乔木没有条件生存。在黄土剖面中无明显古土壤层，表明当时主要处于冰期气候环境下的沉积。

1.7.1.2 地貌与地层关系

梅洞黄土层堆积在梅洞冰期的冰积层面，相对高出梅洞沟谷底 40 余米（本处海拔 1644.4m）。从地质剖面上可以看出它高于一级阶地，其时代也应当早于 T₁，为晚更新世末到全新世初。

黄土层剖面直接上覆在梅洞冰期上，所以梅洞冰期时代应该较老，而且冰碛物中花岗岩、片麻岩等砾岩风化较深，许多砾石已全部风化。从野外地层、地貌、风化壳等分析，其时代可能相当于庐山冰期。

砂层：为棕色细砂层，可能为间冰期流水沉积，直接覆盖在冰碛层上，厚约 0.4m。

冰碛层：

梅洞冰碛层延绵约 200m。层中冰碛物大小不一，最大直径达 3m。砾石次棱角状，杂乱无章，无排列方向。砾石岩性主要为片麻岩、花岗岩、石英砂岩，其中片麻岩和花岗岩表面风化深，个别的已全部风化。对本区营房沟 U 形谷中厚 10~20m 的冰碛层中石英用 ESR 多个样品测年为 19.6~27.3 万年^①。

1.7.2 冰蚀台面上的冰碛

分布于芦芽山西北，由芦芽山到五寨县的神路沟两侧的山丘上面（海拔 1700m），冰碛、冰川漂砾（下部）及冰水堆积（上部），砾石成分主要为花岗岩、砂岩、砂砾岩、灰岩等。砾石大小悬殊，一般长径 0.1~1m 左右，最长可达 2~3m。砾石磨圆较好，多呈圆状、次圆状，少量为次棱角状。砾石表面压坑、压扁特征明显，少数冰川漂砾上可见明显冰川擦痕。

在万年冰洞之北游梁沟山（海拔 2378m）和坝王岭附近（海拔 2100m）的冰蚀台面上，见到有较多以石英砂岩、灰岩等为主的冰川漂砾、冰碛及冰水砂砾堆积分布。漂砾大小多在 1~2m，一般砾石多在数厘米至 10 多厘米。磨圆度较好，砾石中压坑、压扁特征常见。冰水砂砾堆积层理清晰、分选较好、胶结较紧。

1.7.3 冰蚀洼地、冰窖中的冰碛

主要出露于荷叶坪冰蚀洼地中，海拔 2600~2400m，冰碛物为巨大的冰川砾石，砾径 R 达 1~3m，风化浅，为次棱角状。此外，在冰口洼冰窖中也见有厚约 40m 的冰碛层，砾石大小不一，最大达 4m，岩性主要为花岗岩、石英岩、砂岩，风化浅，海拔为 2300m。

1.7.4 砂砾层

位于梅洞沟的冰碛层上。堆积物为分选较好的砂砾层。砾石粒径较小，一般为 3~10cm，个别大于 20cm，砾石磨圆较好，没有风化。砂砾层所处地貌部位在一级阶地上，相对高度 15~20m，其基座为冰碛层，砂砾层厚 3~8m。其时代应晚于黄土，相当于全新世。

1.8 冰川漂砾

主要分布在冰川 U 形谷终端附近，在梅洞村附近漂砾巨大，最大达 10m 以上。在营房沟附近也见有巨大冰川漂砾（图版-6）。此外在一些冰蚀平台上也可见到冰川漂砾。

1.9 冰水沉积

分布于马营海之东干海一带低矮的丘陵顶面上的砾石成份为变质岩（片麻岩、混合岩

① ESR 样品由成都理工大学实验室测定。

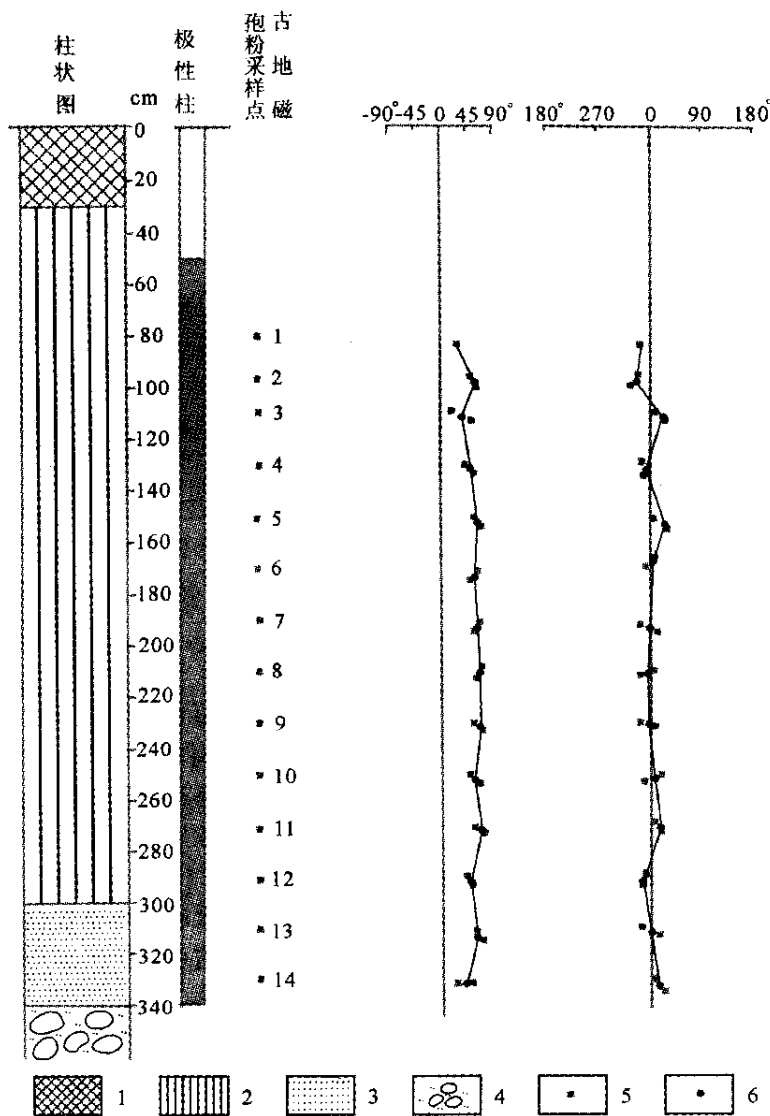


图4 宁武梅洞黄土剖面的剩余磁化方向变化及其极性

Fig.4 Change in remanent magnetization direction and its polarity

of the Meidong loess Ningwu, Shanxi Province

1. 土壤; 2. 黄土; 3. 砂层; 4. 冰碛层; 5. 基岩

等)、石英、燧石、玛瑙等。有的色彩斑斓,有的成为五彩石(宝石类之一)。颗粒多在数厘米左右,磨圆度较好(图版 I-2)。它们也可能是一套冰水沉积。在梅洞和营房沟也可见到冰水砂砾沉积。营房沟冰水砂砾层石英砂用 ESR 法测年为 7.9 万年,其时代为晚更新世早期。

2 第四纪冰期的初步划分、时代和冰期对比

2.1 第四纪冰期初步划分

依据区域第四纪冰川遗迹的特征、性质、分布和地貌上的相互切割关系,参照部分已测

出的冰碛物、冰川堆积、湖相层的 ESR 和¹⁴C 年代数据及黄土的古地磁研究结果, 本区第四纪冰川最少经历过三个不同阶段的冰川作用; 将其划分出三次冰期及对应的间冰期, 从新到老依次为: 荷叶坪冰期、芦芽山冰期和游梁沟冰期。

2.2 冰期主要特征

2.2.1 荷叶坪冰期

荷叶坪冰期是本区末次冰期, 冰碛物和冰川地貌仅限于荷叶坪、黄草梁和芦芽山地区海拔在 2300m 以上的山区。其中在荷叶坪上最为发育, 有冰蚀洼地, U 形谷和大量冰碛物。在黄草梁上没有发现冰碛, 但见到大量冰缘寒冻风化作用产物, 它们的形成时间似乎与荷叶坪末次冰期时间同步。冰口窠冰窖是由古老的冰斗经末次冰期时改造而成, 它上部的冰碛物是荷叶坪冰期的产物。荷叶坪冰期遗存见于海拔 2300 ~ 2600m 以上高山地区以古冰川地貌为主, 其形态保存良好, 冰碛物厚度大, 砾石表面基本上没有风化, 其年代较新。

荷叶坪冰期可以与我国东北长白山冰期(中国境内最高峰海拔 2691m)、大兴安岭末次冰期(位于内蒙古东南赤峰市克什克腾旗境内大兴安岭主峰黄岗梁海拔 2048m)相对比, 相当于我国东部大理冰期。

2.2.2 芦芽山冰期

芦芽山冰期, 是区域冰川发育进入山谷冰川阶段的冰期。在芦芽山一带冰川遗迹发育最好, 保存最多。以形成一系列典型的山谷冰川地貌为特征: 如 U 形谷、刃脊、角峰、冰斗、冰窖, 以及在 U 形谷中产生大量巨大的冰川漂砾、终碛垅、冰碛及冰水砂砾堆积。砾石中有大量变形砾石发育, 如压扁石、压坑石、马鞍石和条痕石等。从 U 形谷中终碛垅分布特征可进一步划分次级冰期(或间冰阶段)。待作进一步调查。

营房沟间冰期, 是山谷冰川发育过程中进入一个温暖时期、形成营房沟河流砂砾层沉积剖面 and 梅洞沟馒头山附近的黄土剖面下砂层堆积物(图 2)。

根据对营房沟河流砂砾层测年, 芦芽山冰期时代要大于 7.9 万年。对 U 形谷中冰碛物测年为 19.6 ~ 27.3 万年, 其时代相当中国东部庐山冰期时代。

2.3 游梁沟山冰期

本期冰川遗迹较少, 主要是在芦芽山东北约 60km 的游梁沟山和坝王岭一带的冰碛台面上发现零星的冰碛和冰水堆积。冰碛物分布高程在 2100 ~ 2200m 的山岭上, 在附近则见不到明显的冰川地貌。笔者认为其时代比在 U 形谷中的冰碛物老, 可能相当于中更新世早期或早更新世晚期的大姑冰期或鄱阳冰期。

马营海附近一带砂砾石层 ESR 测年结果显示, 其年代距今 57.8 万年, 属于中国东部大姑——鄱阳间冰期时的堆积物。而对附近干海子厚 4.6m 湖相层的¹⁴C 测年, 在距湖底基岩 0.1m 处, 年代为 12980 ± 130 年, 说明马营海附近大部分是较浅的湖沼, 为末次冰期形成的雪蚀洼地或沼泽, 而不是冰川作用的产物。

2.4 冰期对比

根据芦芽山区典型的冰川地貌、不同时期的冰川特征、冰川堆积物及其年代的初步测定, 作者将本区冰期和中国东部、华北地区、青藏高原地区及欧洲阿尔卑斯地区冰期进行对比。有关的地质调查工作尚在进行之中, 一些样品年代数据尚未测出, 暂对比如表 1。

表1 山西吕梁山北段第四纪冰期的划分和对比

Table 1 Division and correction of Quaternary glacial epochs in the north segment of the Lüliang Mountains, Shanxi Province

| 地 区 时 代 | 中国 东部 ^[3] | 华北山区 ^[7] | 念青唐古 拉地区 ^[8] | 喜马拉雅山 地区 ^[9] | 欧洲 阿尔卑斯 | 本文 |
|------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------|--------|
| 全新世 | | 冰后期 (Q ₄) | 西布冰期 | 绒布德小冰期 | | 冰后期 |
| 晚更 新世 | 大理冰期 | 太白/马兰台 | 拉曲冰期 | 绒布寺冰期 | 玉木冰期 | 荷叶坪冰期 |
| | 未次间冰期 | | | | | 未次间冰期 |
| 中更 新世 | 庐山冰期 | 灵岳寺/潭柘寺 | 爬然冰期 | 基隆寺冰期 | 里斯冰期 | 芦芽山冰期 |
| | 间冰期 | | | | | 间冰期 |
| | 大姑冰期 | 赵家台冰期 | 宁中冰期 | 聂聂雄拉冰期 | 明德冰期 | 游梁沟山冰期 |
| 早 更 新 世 | 晚期 | 大间冰期 | | 古 砾 石 层 | 大间冰期 | |
| | 中期 | 鄱 阳 冰 期 | 管垞岭 | | 希夏邦马冰期 | 群智冰期 |
| | | | 间冰期 | | 间冰期 | 间冰期 |
| | 早期 | | 东城 | | 贡巴砾石层 | 多瑙冰期 |
| N ₂ | | 红崖 | | | | |

3 冰川演化及意义

3.1 冰川演化

山西宁武吕梁山北段的第四纪冰川作用, 保存的冰川遗迹主要为中、晚更新世。由于山地喜马拉雅运动时期不断强烈抬升, 更老的冰碛很难保存, 而被冲刷堆积到附近一些断陷盆地中。通过对附近盆地沉积物研究可以恢复本区更老时代气候环境的变化情况。

本区最早的一次冰期——游梁山沟冰期, 由于发现的冰川遗迹较少, 同时没有年代测定数据, 仅能依靠所处地貌部位来大致确定其年代为中更新世早期, 并可与北京、河北太行山地区山地冰期对比。到中更新世中期, 全球气候转暖, 本区冰川融化消化, 进入间冰期。

第二次冰期为芦芽山冰期, 在芦芽山地区发育了山谷冰川, 当时冰川分布范围较大, 留下了大量冰川遗迹。其中一些冰川可一直流到山谷下部或山麓, 这从 U 形谷下达到梅洞村, 吴家沟可以取证。从冰碛物测年获知, 芦芽山冰期时代大约距今 30 ~ 12 万年的中更新世晚期。到晚更新世早期, 本区冰川又退缩融化进入到末次间冰期。

在末次冰期——荷叶坪冰期时, 随着全球气温又一次陡降, 进入一次新冰期。在荷叶坪冰期 (相当中国东部大理冰期), 虽然在中国东部大部分山地没有发育冰川, 但气温在中纬度地区平均下降 8℃ ~ 12℃。根据芦芽山东面岔上村气象台海拔 1850m 记录, 岔上现在的年平均温度为 5.6℃, 可以推算出海拔 2739m 芦芽山顶年平均温度为 0.5 ~ 1.5℃。在冰期时则为 -8 ~ -10℃。在芦芽山、荷叶坪、冰口窠一带直接受到西北方寒流袭击, 只要有一定的降雪量和积雪洼地是完全可以发育小型的冰川。荷叶坪冰期距今为 7 ~ 1 万年左右, 属晚更新世晚期。随着末次冰期结束, 全球进入冰后期, 气候又开始转暖。

3.2 意义

山西宁武吕梁山北段第四纪冰川遗迹的发现, 具有十分重要的科学意义。不但为该区以及整个华北地区或全国地区的第四纪冰期的划分和对比, 提供珍贵资料, 为研究本区及华北地区的古气候古环境演化, 提供重要依据; 同时, 也为研究宁武万年冰洞形成机制及其环境

意义，提供了重要的实际材料和背景资料；为解决长期争议的中国东部中低山区有无第四纪冰川的重大基础理论问题，提供了重要的证据。

致谢：在野外工作期间得到了山西省宋北杉副省长、宁武县金熙军县长、张林县长、县人大尹怀玉副主任等同志的热情帮助和全力支持，使该项研究得以顺利进行；在调查研究工作中还得到钱方研究员、韩同林研究员、孙立倩研究员、马天林研究员、王建平研究员、田国强副研究员的指导，在此一并表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 李四光. 华北晚近冰川作用的遗迹 [M]. 中国第四纪冰川, 北京: 科学出版社, 1975, 1~6.
- [2] 山西省地质局. 中华人民共和国 1:20 万地质图说明书 (J-49-XI 原平幅), 1972, 120~123.
- [3] 李四光. 中国冰期之探讨 [M]. 中国第四纪冰川. 北京: 科学出版社, 1975, 118~124.
- [4] 白明晖. 第四纪冰川地质调查方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1983, 153~243.
- [5] 陶书华, 山西第四纪冰川及冰期的初步划分 [A]. 见中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会主编, 第四纪冰川与第四纪地质论文集 (第一集) [C]. 北京: 地质出版社, 1984, 224~232.
- [6] 南京大学地理系地貌学教研室, 中国第四纪冰川与冰期问题 [M]. 北京: 科学出版社, 1974, 115~142.
- [7] 孙殿卿等. 中国第四纪冰期与第四纪地层关系的探讨 [A]. 见: 中国地质科学院地质力学研究所所刊 [C]. 第 2 号, 北京: 地质出版社, 1982.
- [8] 朱大岗, 赵希涛, 孟宪刚, 等. 念青唐古拉山中段第四纪冰期划分 [J]. 地球学报, 2002, 23 (4): 335~342.
- [9] 中国科学院青藏高原综合科学考察队 (李吉均, 郑本兴, 杨锡金等). 西藏冰川 [M]. 北京: 科学出版社, 1986.

DISCOVERY OF QUATERNARY REMNANTS OF GLACIATION IN THE NORTHERN SEGMENT OF THE LULIANG MOUNTAINS, NINGWU, SHANXI, AND THEIR SIGNIFICANCE

MENG Xian-gang^{1, 2}, ZHU Da-gang¹, SHAO Zhao-gang², YU Jia¹, HAN Jian-en¹, MENG Qing-wei¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2. Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029)

Abstract: Lying at an average elevation of ~2000 m above sea level and a relative elevation of a few hundred to about one thousand meters, the northern segment of the Liliang Mountains, Ningwu, Shanxi, belongs to a medium mountain area. In the area Quaternary remnants of glaciation are very well developed and there are a great variety of types with distinctive features. They include U-valleys, knife-edge crests, horns, cirques and firn-basins, as well as many glacial erratic boulders, outwash sediments, moulins, deformed pebbles and streak pebbles in U-valleys. The discovery of abundant Quaternary remnants of glaciation in the northern segment of the Liliang Mountains, Ningwu, Shanxi, not only proves the existence of many Quaternary glacial movements in the medium and low mountain areas in eastern China, but, as the scale of the glaciers are larger than was expected, the discovery also provides an important basis for the study of the paleoclimatic and paleoenvironmental evolution and important data and evidence for the division and correlation of China's Quaternary glacial stages.

Key words: Ningwu, Shanxi; northern segment of the Liliang Mountains; Quaternary; remnants of glaciation

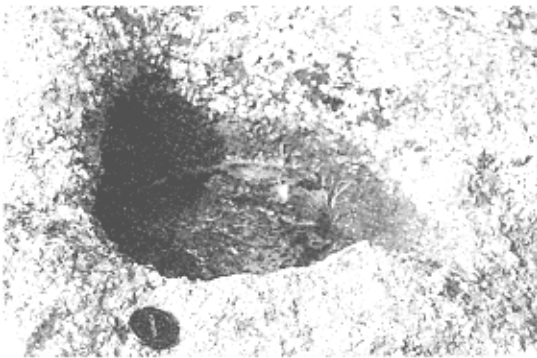
图版



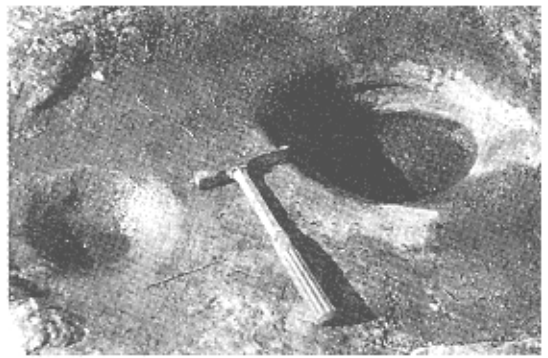
1



2



3



4



5



6

图版说明

图版-1: 宁武冰口窠冰窖, 停车场建在冰碛层上, 近处有巨大的漂砾 (李应成摄)。

图版-2: 宁武梅洞附近冰川 U 形谷中的侧碛和漂砾, 远处为芦芽山和小芦芽山冰川角峰 (李应成摄)。

图版-3: 宁武芦芽山顶由花岗岩形成的冰臼。

图版-4: 宁武管涔山坝王山由坚硬的砂岩形成的冰臼。

图版-5: 宁武营房沟的冰碛 (下部) 及冰水砂砾堆积 (上部) 剖面。

图版-6: 宁武营房沟附近由山谷冰川形成的巨大花岗岩冰川漂砾。