

论内蒙古第四纪冰川和冰臼群的成因

赵国龙¹, 朱洪森², 李泊洋², 王友², 朱慧忠²

(1. 内蒙古地质矿产勘查开发局, 内蒙古 呼和浩特 010020;

2. 内蒙古第十地质矿产勘查开发院, 内蒙古 赤峰 024005)

提要 通过内蒙古林东地区第四纪冰川地质和冰臼群成因专项调查工作, 发现了晚更新世冰碛泥砾层和龟背石、熨斗石、龟裂石等典型的冰碛砾石及冰斗、刃脊、角峰、冰川槽谷中的表皮构造等山谷冰川遗迹。在花岗岩体中发育的岩臼群, 可划分为冰期冰雪融水形成的冰臼、现代季节性降水形成的瓯穴和风蚀作用为主形成的风龛3种类型。本区冰臼同山谷冰川相伴随, 未发现远源巨型漂砾等大陆冰盖证据。

关键词 晚更新世; 山谷冰川; 冰臼; 冰雪融水

中图分类号 P.512.4 **文献标识码** A **文章编号** :1000-3967(2001)02-0200-06

内蒙古地处中国北部边陲, 全区多在北纬40~52°之间, 海拔最高2 000 m左右, 多在400~1 200 m之间, 属中纬度中低山区。区内是否存在第四纪冰川活动一直引起学术界的关注。近年来, 由于在巴林左旗林东、花加拉嘎、扎赉特旗大神山、克什克腾旗大青山等地发现冰臼群, 更引起国内外学者对内蒙古地区冰川活动及规模的广泛关注。

1 冰川证据

1.1 冰川堆积物

林东(巴林左旗)地区在赛林勿苏、道劳毛道、前昭、哈布其拉南沟、滴水湖、小子沟等地均发现晚更新世泥砾层, 其中以滴水湖剖面属冰碛泥砾层的特征较为典型, 剖面见图1和图版II—1:

3. 晚更新世乌尔吉组(Qp₃^w): 灰黄色风积亚砂土, 局部含砂碎石或砂碎石透镜体 1 m

2. 晚更新世冰碛泥砾层(Qp₃^{gl}): 棕红色泥砾, 由冰碛砾石、砂及粘土组成, 无层理, 无分选, 泥包砾结构发育。冰碛砾石含量45%, 以次棱角状为主, 少量棱角状及次圆状, 砾石无分选, 泥包砾特征明显, 砾石以3~6 cm砾径为主, 最大可达1.2 m, 砾石中有较典型的龟背石、变形石、熨斗石等; 砂质成分含量45%左右, 其中以粗砂为主, 多为中粗粒二长花岗岩风化砂, 以棱角状为主, 少量次棱角状, 由石英、长石和少量细粒花岗岩及闪长玢岩岩屑组成, 粘土呈棕红色, 含量10%左右。冰碛泥砾层具以下特征: ①整个泥砾层无层理, 泥包砾特征明显, 砾石大小混杂, 无分选。②泥砾层中见有典型的龟背石、变形石和熨斗石。③通过粒度分析, 累积曲线平缓而扩散, 频率曲线呈马鞍形,

收稿日期: 1999-11-23, 修订日期: 2000-03-18

作者简介: 赵国龙(1944-)男, 汉族, 吉林德惠人, 教授级高级工程师, 从事区域地质调查和矿产普查工作。

以粗砂和细砾为两个峰值。④微观上石英砂显示贝壳状断口 ,并发现有刻痕、压坑等现象。这些特征均说明该层为冰碛泥砾层

3 m

1.中更新世赤峰黄土(Qp₂c):桔黄色风积亚粘土,发育钙质网纹,局部含有钙质结核
未见下限。 >1.5 m

1.2 冰碛砾石

林东地区哈布其拉南沟、滴水湖、小子沟、前昭等地均发现典型的冰碛砾石,其中以哈布其拉南沟冰川槽谷及冰坎上冰碛砾石最为典型,有龟背石、熨斗石、变形石、条痕石、龟裂石(图版 II—2~4)。

龟背石:形似龟状,底面平,具磨光面,顶面形似龟背,前端尖圆或钝圆状,具擦面。后端一般较宽,多具压裂痕或断口。龟背石最大110 cm×80 cm×25 cm,最小8 cm×5 cm×3 cm,其岩性较杂,多以本地附近的细粒花岗岩、花岗斑岩、闪长玢岩及少量流纹斑岩组成。

熨斗石:形似熨斗,底面平具磨光面,呈长三角形或前端尖出的五边形。顶面呈鱼脊状或钝圆状,具擦面,前端尖圆后端较宽,两侧多呈凹面。最大50

cm×20 cm×10 cm,最小4 cm×3 cm×2 cm。岩性杂,多以细粒花岗岩、闪长玢岩及花岗斑岩组成。

变形石:以马鞍石为主,最典型的一块发现于滴水湖泥砾层中,长柱状,长轴45 cm,短轴12 cm,沿长轴弯曲形似马鞍。由中细粒不等粒花岗岩组成,具有截切柱体的裂痕,在变形处密集与柱体呈30~60°交角,别处变形石亦有发现,长轴多在150~50 cm之间,由中粗粒花岗岩、细粒花岗岩及闪长玢岩组成。

条痕石:该地区的条痕石,主要是在熨斗石的背面部分可以见到宽达1 cm的长条形刻痕,个别见有“钉”形刻痕。未发现具交错和密集刻痕的条痕石。

龟裂石:为压裂的闪长玢岩、细粒花岗岩砾石,底面具压坑,有的还具擦面,背面发育网状压裂纹,裂口上宽下狭,多不穿过底面,形似多边形龟裂。

1.3 冰蚀地貌

林东地区冰川地貌较为发育,以昭庙附近最为典型(图2),在哈拉哈达山等地亦有分布。

昭庙附近冰斗、刃脊、角峰群十分发育,冰斗高程在640~840 m之间,冰斗内部或冰斗前的冰川谷中多有冰碛泥砾层。刃脊、角峰高程在860~1 053 m之间(图版 II—5)。并见有冰川槽谷、冰窖、冰坎、冰溜面等冰川遗迹。

哈布其拉南沟冰川槽谷十分典型,呈“U”字形,谷底平坦,谷肩较谷底高约30 m,上端与冰斗相连,冰川槽谷中有冰碛泥砾层,下端为哈布其拉冰坎,坎高15 m,冰坎之上保留有原始的冰

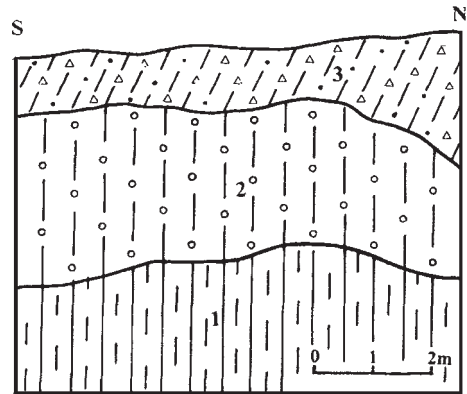


图 1 滴水湖第四系柱状剖面

Fig. 1 Quaternary columnar section of the Dishui Lake

1—桔黄色亚粘土 2—棕红色冰碛泥砾;

3—灰黄色风积亚砂土混砂碎石

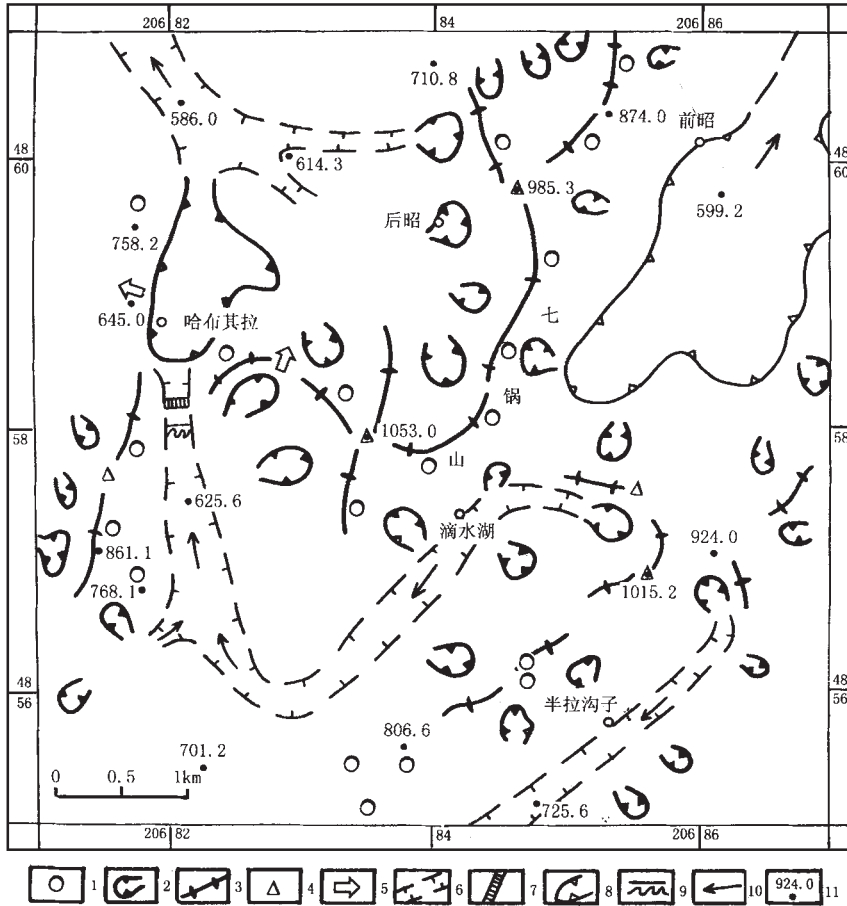


图2 林东昭庙附近冰蚀地貌

Fig. 2 Glacial eroded landform near Zhaomiao, Lindong

- 1—冰帽 2—冰斗 3—刃脊 4—角峰 5—冰溢口 6—冰川槽谷 7—冰坎；
- 8—冰窖 9—表皮构造 10—冰流向 11—高点

溜面,为磨光的中粗粒二长花岗岩及其内部的细粒花岗岩岩脉,表面呈光滑的弧形面。冰川越过冰坎进入哈布其拉冰窖,冰窖开口向北,开口处较窄,冰窖内见有冰碛泥砾层。在冰窖的南西端发育哈布其拉冰溢口,向西,冰溢口前端见有巨型近源冰川漂砾。

1.4 哈布其拉南沟冰川槽谷中的表皮构造

位于哈布其拉冰坎南侧,冰川槽谷的底部。被现代流水冲蚀出NE向的陡坎,冰川表皮构造就发育在这一陡坎上,为原生层状节理发育的中粗粒二长花岗岩脆性变形而形成的(图版II—6)核部厚3m左右、两翼厚2.2~2.5m、宽约25m的脆性褶皱(挠曲)构造。NE翼倾角25~80°,SW翼倾角10~45°,枢纽倾伏向SEE,倾角40°左右。挠曲核部岩石破碎厉害。局部沿层节理有断续挠曲现象,可观察挠曲南翼破碎的岩块沿变形的层节理面挤入核部岩层数十厘米,反映出强大的从南向北(从上游向下游)的推挤作用。挠曲中发育有两组斜切原生层节理的裂隙,裂隙宽10~

30 cm 裂隙中有棕红色砂砾石泥土充填,砾石成分复杂,有细粒花岗岩、中粗粒花岗岩及闪长玢岩,特征与该地冰川槽谷中的泥砾层基本一致。此表皮构造与该地区的区域构造无关,是冰川向下流动中推覆作用形成的。

1.5 冰斗内壁的破裂面

林东地区发育在中粗粒二长花岗岩中的冰斗,其内壁存在一组随地形变化而变化的破裂面(图版 II—7)。该组破裂面具如下特征(1)切割花岗岩的原生叶理和包体,夹角在 $70\sim 30^\circ$ 之间,一般山峰处夹角大,山腰至山根部夹角渐渐变小。(2)切割了岩体内部的各种脉岩,形成薄层状密集的破裂面,并具有叠瓦状排列的特点。被切割脉岩的错移方向均指示向山根部滑动。(3)这组破裂面在中粗粒花岗岩中很密集,花岗岩中中长石解理十分发育,多沿长石的解理形成密集的面理,长石沿面理多有 $1\sim 2\text{ mm}$ 的位移,向山根部错动,局部地方形成阶步。

该组破裂面随山形变化而变化,它切穿岩体内部的后期岩脉和原生节理,与岩体原生构造无关。可能是冰斗内部积累的厚层冰雪向下流动中形成的,应与冰斗形成有关。

1.6 生物群落

林东地区于晚更新世乌尔吉组风成亚砂土之下的湖积物、坡洪积物中采有普氏野马*Equus przewalskyi* Poliakof和野牛*Bison* sp.化石,晚更新世泥砾层顶部采有真猛犸象*Mammuthus primigenius* Blumenbach化石。这些化石均为晚更新世晚期寒冷气候动物群的重要分子,代表一种寒冷气候环境。

2 冰川规模及形成的时代和条件

林东地区的冰碛泥砾层夹于中更新世晚期赤峰黄土、晚更新世晚期乌尔吉组及其之下的晚更新世坡积物、湖积物之间,其时代应为晚更新世早中期。又据泥砾层顶部的真猛犸象*Mammuthus primigenius* Blumenbach和泥砾层之上晚更新世坡洪积物及湖积物中的野牛*Bison* sp.及普氏野马*Equus przewalskyi* Poliakof化石,其组合时代为晚更新世晚期。据此推断,泥砾层于晚更新世早中期形成,就泥砾层分布局限及规模较小的特点来看该冰川应为山谷冰川。

林东地区冰碛物和冰蚀地貌的发现,证明了该地区晚更新世冰川活动的存在。依据冰斗高程 $640\sim 840\text{ m}$ 的特点,可推知其雪线高程大约在 $600\sim 700\text{ m}$ 之间,由此可以推测在 40° 以北或纬度更低一些,高程在 $600\sim 700\text{ m}$ 以上的中低山区,晚更新世早中期均可能发育山谷冰川。

3 岩臼的分类特征及发育过程

3.1 岩臼的分类特征

林东地区花岗岩岩体中岩臼十分发育,形态、分布状态各不相同,可分为3类:

(1)冰臼:由冰期冰雪融水形成,发育在汇水面极小的山脊上,或孤峰顶部,一般个体较大,近圆形口小肚大底平,有螺旋状流水纹,有套叠或沟通现象(图版 II—8~9、12)。长轴一般 $50\sim 70\text{ cm}$,短轴 $40\sim 60\text{ cm}$,深 $30\sim 50\text{ cm}$,最大可达 $15\text{ m}\times 8\text{ m}\times 4\text{ m}$ 。

(2)甌穴:季节性降水形成,发育在汇水面较大的平台、沟谷之上,个体一般较小,多单独分布或呈密集状、串珠状产出,形成臼槽洞体系(图版 II—10),长轴一般 $15\sim 8\text{ cm}$,短轴 $10\sim 6\text{ cm}$,深 $10\sim 4\text{ cm}$,最小的仅有几个厘米。

(3)风龛(壁龛):风水合力形成,呈佛龛形,发育在刃脊、角峰两侧峭壁及断壁陡坎上,多杂

乱分布或沿岩体平缓的层状节理线状发育,分布上疏密不均,形态较复杂,以成群分布为主(图版Ⅱ—11),一般宽20~50 cm,高30~60 cm,深10~40 cm,大者可达1 m×3 m×0.5 m,最小者5 cm×5 cm×2 cm。

3.2 岩臼的发育过程

林东地区昭庙序列的中粗粒花岗岩岩体中的岩臼大小不等,分布位置有高低,发育的部位也各不相同,但其形成发育过程都与流水作用关系密切,物理和化学风化作用更加速了岩臼的形成。(1)风龛的形成与风蚀作用和水作用关系密切。由于本区地处中纬度地区,季节性风力很大,在岩体的峭壁上或相对薄弱的层节理交会部位,被风蚀形成风龛。季节性降水沿峭壁边缘下流,加速了物理、化学风化作用,进而可以互相贯通,形成复杂的壁龛图案。(2)瓠穴是现代季节性降水形成的,物理化学风化作用加速了它的发育。瓠穴多形成于较平缓的台地、沟谷之中,有一定的汇水面积和坡度,流水有方向性。在岩体的粗大长石颗粒或包体脱落后或节理裂隙交会处,流水迂之形成旋转水流,使其逐渐发育而形成臼。臼发育到一定程度,形成向地形低的一面的出水口,水沿出口流出多形成沟槽,有的地方形成串珠状臼体。当沟槽发育到一定程度时则形成穿洞。由于地形的坡度不同,这种臼—槽—洞体系发育也不相同,地形较缓的地方形成串珠状或密集的瓠穴群,而地形较陡的地方多形成臼—槽体系或臼—槽—洞体系。(3)冰臼的个体较大,多分布在汇水面积小或没有汇水区的山脊或孤峰上。冰臼内多具旋转水流形成的螺旋状条纹,向地形低处有出水口。臼体内的较硬的细粒花岗岩岩脉多呈凸起状,有一定的磨光。此类臼体形成机理与瓠穴基本相同,也是具有一定势能的流水流动中产生旋转水流造成的,发育到晚期臼体互相连通或套叠。只是从其规模及分布的地形上缺少汇水区,靠季节性降水无法形成。其水源和势能,从其分布与冰川地貌相伴判断,只能来自冰期覆盖其上的冰雪融水。这种具有一定势能的水流的长期旋流作用,逐渐形成规模较大的近圆形臼,连体臼,套叠臼,或穿洞及连生桥。

4 冰臼成因

学术界对林东等地区的岩臼成因争论很大,韩同林^[1-4]提出了“泛大陆冰盖论”,认为是巨厚大陆冰盖之下的压融水向下急射、冲击、旋动和研磨形成的。而崔之久^[5-6]提出“赤峰风道论”,认为是风成壶穴。经过两年的野外调研,笔者认为:本区岩臼的形成需要具备两个必要条件(1)寄主岩石应为均匀的易风化岩石,区内岩臼均发育在中粗粒花岗岩及中细粒花岗岩体中。(2)要求具有一定势能的水流,并发生旋转(发育在陡壁上的需要风水合力)。

本区冰臼多分布于汇水面积小或没有汇水区的山脊或孤峰之上,冰臼的开口均向地势低的一方。冰臼的分布与风口不相关联,冰臼的形成与风的作用关系不大,而与流水作用关系密切,推测是由冰期的冰雪融水形成的。可能发育有小冰帽,但也不一定需要巨厚的大陆冰盖,本区尚未找到大陆冰盖的证据(可以认定的巨型漂砾均为近源的)。

结论(1)内蒙古林东等中低山区第四纪晚更新世存在山谷冰川(2)区内花岗岩体上的冰臼群推测是由冰期的冰雪融水形成的(3)本区冰臼同山谷冰川相伴随,未见远源巨型漂砾和巨型冰床,缺少大陆冰盖的证据。

参加野外工作的有陆有泉、张志昌、李文春、张庆州同志,微机室程超英、宫玉亚、李立新同志也提供了帮助,在此一并致谢。

参考文献 :

- [1] 韩同林 , 劳雄 , 郭克毅 , 等. 泛大冰盖形成的自然奇观 [J] 大自然 , 1998 , (3) : 8-12.
- [2] 韩同林 , 劳雄 , 郭克毅. 河北省丰宁县喇嘛山冰臼群的发现及意义 [J] 中国区域地质 , 1998 , (1) : 102.
- [3] 韩同林 , 劳雄 , 陈尚平 , 等. 四川彭州葛仙山巨型冰川漂砾的发现及意义 [J] 中国区域地质 , 1999 , (1) : 59-67.
- [4] 韩同林 , 劳雄 , 郭克毅. 河北、内蒙中低山区发现罕见的冰臼群 [J] 地质论评 , 1999 , (5) : 456-461.
- [5] 崔之久 , 南凌. 赤峰世界奇观成因新说 [J] 科技日报 , 1998-01-08.
- [6] 崔之久 , 李洪江 , 南陵 , 等. 内蒙、河北巨型壶穴与赤峰风道的发现 [J] 科学通报 , 1999 , 44(13) : 1429-1434.

图版说明 :

1. 滴水湖剖面 , 其中间层位为冰碛泥砾层. 产地 : 滴水湖 2. 龟背石 , 在哈布其拉南冰川槽谷中 , 照像方位南南东 170°. 产地 : 哈布其拉南沟 3. 龟背石. 产地同 2 4. 熨斗石. 产地同 2 5. 昭庙南冰斗、刃脊、角峰群. 产地昭庙南山 6. 哈布其拉南表皮构造 , 照像方位北东 50° 7. 滴水湖冰斗内壁的破裂面 , 切穿岩浆晚期脉岩. 产地 : 滴水湖 8. 复合型冰臼. 产地 : 七锅山 9. 具螺旋状流水纹的冰臼. 产地 : 上半拉沟后山 ; 10. 瓯穴 (形成臼槽体系) 产地 : 哈拉哈达山 ; 11. 风龛. 产地 : 棺林山 ; 12. 孤峰上的冰臼. 产地 : 六洞山北。

Quaternary glacial geology and origin of glacial pothole swarms in Inner Mongolia

ZHAO Guo-long¹ , ZHU Hong-sen² , LI Bo-yang² ,
WANG You² , ZHU Hui-zhong²

(1. Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development , Hohhot 010020 , China ;
2. No. 10 Institute of Geology and Mineral Exploration and Development of
Inner Mongolia , Chifeng , Inner Mongolia , 024005 , China)

Abstract : Special investigations were carried out of the Quaternary glacial geology and origin of glacial pothole swarms in the Lindong area , Inner Mongolia. Through the investigations the authors found late Pleistocene boulder clays and typical glacial gravels such as septaria , as well as valley glacial remnants such as cirques , knife-edge crests , horns and epigenetic structure in glacial troughs. Pothole swarms developed in granite bodies may be classified into three types: moulins formed during ablation of ice and snow in the glacial stage , potholes formed during seasonal precipitation and tafoni formed mainly by wind abraision. Glacial potholes in the area occur in company with valley glaciers. Evidence of the existence of continental ice sheets such as distal huge dirt boulders has not been found.

Key words : late Pleistocene ; valley glacier ; glacial pothole ; ablation

