

内蒙古东部大陆冰川地貌卫星图像解译

李邦良 李志中 韩同林

摘要：在赤峰境内发现大量冰臼和冰臼群后，利用遥感图像对大兴安岭及其两侧的冰蚀、冰碛地貌类型进行解译发现：它们中的绝大多数原本在巨型冰川漂砾、羊背石或基岩鼓丘上。它们是蒙古大冰盖之一部分在沿东南方向越过大兴安岭时其南端受到黄岗梁、七老图山、大马群山的分流、阻隔、旋转的必然结果。

关键词：冰盖；羊背石；基岩鼓丘；冰川漂砾

中图分类号：P931.4

文献标识码：A

SATELLITE IMAGE INTERPRETATION OF CONTINENTAL
GLACIER LANDFORM IN INNER MONGOLIALI Bang-liang¹, LI Zhi-zhong¹, HAN Tong-lin²

(1.Centre of Airborne Geophysical Prospecting and Remote-sensing Survey,Ministry of Land Resources,Beijing 100083,China; 2.Institute of Geology,Chinese Academy of Geological Sciences,Beijing 100037,China)

Abstract:After the discovery of a plenty of glaciated pots in Chifeng City,Inner Mongolia,in Great Hinggan Mountains and its both side area geomorphological types formed by glacial erosion and moraine are studied based on the deciphering of remote-sensing image.It is found that most of glacial pots,distributed on giant glacial boulder,sheepback rock or rock drumlin,resulted from that in Huanggangliang Mountai,Qilaotu Mountain,Damatushan Mountain southern end of the sheet was obstructed,rotated and dispersed when Mongolia giant glacial sheet of movement toward the south overpassed the Great Hinggan Mountains.

Key words : glacial sheet; sheepback rock;rock drumlin;glacial boulder

0 引言

在19世纪初，北欧、东欧的冰川漂砾已引起地质学家们的关注。瑞典地质学家阿加西兹(J L R Agassiz)于1836年夏对汝拉山和罗纳河谷冰碛进行观察。1840年又考察了不列颠诸岛后指出：“那里曾有巨大的冰盖铺满地面”。1876年，俄国学者克鲁泡特金(Д А Кропоткин)在《冰期研究》一书中详细分析了北欧的冰盖遗迹，并指出：“西伯利亚也有”^[1]。我国冰川学奠基者李四光自本世纪初就对大同盆地、太行山东麓和京西地区，以及长江中下游的冰川沉积、冰川地貌进行过较为深入的研究，特

别对庐山、京西地区的研究尤为详尽^[2]。他依据这些下到平原并深埋地下的、大量广布的泥砾、砂砾沉积明确提出了山麓冰泛的概念。孙殿卿一直对华北平原中部数十米以下钻孔中见到的砂砾石和漂砾的成因十分重视^[3]。60年代中期，张尔匡在河北平原南部水文钻孔中发现来自太行山上的长城系石英岩大漂砾^[4]。如果冰雪不能填平山区洼地并覆盖山顶是绝不可能形成下到山麓进入平原的冰泛，就象现今的南极大陆冰盖向周缘海域延伸的冰体一样不可分割。60年代以来，韩同林通过对青藏高原的考察后出版了《青藏大冰盖》一书^[5]。笔者自70年代初开始的遥感图像解译中发现不少地质体用“飞来峰”、“推覆体”、“滑坡体”、“小构造”等理论来解释相当困难^[6]。

第四纪古冰川作用，特别是大陆冰川作用长期被人们忽视，或者不作具体分析笼统地称为坡积、洪积、冲积或泥石流堆积等^[7,8]。在整个第四纪地学研究中如果不考虑到全球泛冰盖的存在和它对各相关学科的影响，一切研究成果都将黯然失色甚至大相径庭^[9]。

对于大兴安岭山岳、山麓冰川作用的研究，严钦尚、杨怀仁^[10]、俞建章^[11]等先生已做了开创性的工作。本文重点讨论大陆冰川作用。

1 图像处理

《中国卫星影像图》(1:600万)是由黄签等利用NOAA卫星甚高分辨率辐射仪(AVHRR)接收的数据(HRPT)制作，并经测绘出版社出版。图像制作过程中仅将其中的热红外($10.5\mu\text{m}\sim 12.5\mu\text{m}$)、近红外($0.725\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$)、可见光($0.58\mu\text{m}\sim 0.68\mu\text{m}$)三个波段数据在计算机上进行几何校正、影像增强(拉伸)、色彩调整和数字镶嵌等项处理，并对三个波段分别赋予红、绿、蓝合成假彩色图像，植被在假彩色图像上变成了红色。由于视觉效果改善，植被的解译程度大大提高了。

《东北地区卫星影像图》(1:200万)是由中国科学院地理研究所利用美国地球资源技术卫星(ERTS)1、2号，陆地卫星(Landsat)3号多波段扫描仪(MSS)图像制作，并经科学出版社出版。随着图像比例尺的增大解像力随之提高。MSS主要是针对植物、土壤、水体的分类需要以及含氧化铁岩、矿石的识别、划分而设计的，然而，当时引进的是不同时期的4个波段(黑白)胶片合成处理(光学法)成假彩色图像，再经过手工镶嵌制作，因此存在不可克服的时相差和难以避免的人为误差。

陆地卫星TM(巴林左旗幅、克什克腾旗幅)分别为1987年6月17日、1994年6月9日接收的CCT(数字兼容)磁带，并采用(5、4、1)分别赋予红、绿、兰组合，再扫描成彩色胶片(负片)，最后通过放大成1:10万图像。TM图像不但较上述两种图像比例尺大、精度高，而且还专门设置了用于检测土壤和岩石中含氧化铁、氧化锰状况的TM1和检测岩石中所含 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 的TM4。

国土卫片为1986年10月7日获取的黑白胶片(负片)再经过放大成黑白正片(1:5万)。由于分辨率较上述图像高，可以直接从图像上解译出大青山上冰川漂砾的展布情况。

可见光($0.4\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$)太阳光到达地面后一半被吸收，另一半返回大气层。由于不同地物对光谱的反射(辐射)、透射、吸收的选择性不同而呈现出不同色彩，而人们的视觉又对色彩特别敏感，因此，可见光波段是人类认识最早、最熟悉和用得最多的波段。到目前为止，它仍然是最理想的遥感波段。

地表裸露的一切物体在太阳光下具有不同的反射率而呈现不同的色调，如：冰雪、沙漠、盐碱滩有很高的反射率而呈现明亮色调；暗针叶林、落叶阔叶林、草场和农作物

对太阳光反射率较低,透射、吸收绿光的能力较强而呈现出不同层次的绿色。从褐铁矿、赤铁矿和针铁矿的反射光谱特性曲线看,反射率除1波段上的赤铁矿与针铁矿间比较靠近外,其余拉开的距离都比较大^[12]。因此,对TM图像采用5、4、1并分别赋予红、绿、蓝组合成的假彩色图像易于区分高价铁(Fe_2O_3)和低价铁(FeO)。在还原环境下的冰川沉积呈现紫红、粉红色,在氧化环境下的非冰川沉积为桔红、米黄色。

本区地处北纬 $42^\circ \sim 54^\circ$,大部分属温带季风区,由于山脉阻隔西侧比较干冷,并逐渐过渡到非季风区。在海拔1000 m以上的山区绝大部分覆盖着巨厚的寒冻风化残积层,在1000 m以下的山麓和山间盆地中分布着冰碛、冰水沉积层。特殊的地理气候决定了地层、岩石和土壤中的铁元素氧化缓慢或未曾分解而基本保持其原色。在山麓平原区由于后期流水作用、生物化学风化以及人类活动的影响,加剧了铁元素和有机质的分解氧化过程,从粉砂土、砂土和腐泥的反射光谱特性曲线看,进入红外波段后彼此拉开的距离加大,在区内的卫星图像上3种土壤呈现出不同颜色或不同层次的色彩。从典型绿色植物的反射光谱特性曲线看, $0.8 \mu\text{m} \sim 1.3 \mu\text{m}$ 反射率稳定在一个高数值上,在 $1.55 \mu\text{m} \sim 1.75 \mu\text{m}$ 间亦有一个较高的峰值。针叶林、落叶阔叶林和农作物的反射光谱特性曲线形态彼此也不重合。在《中国卫星影像图》上,针叶林呈暗褐绿色,落叶阔叶林呈暗红色,农作物为红色,在《东北地区卫星影像图》上分别为褐红、红、浅红色。植被的生长严格受纬度、海拔(气温)、土壤湿度(降水量)和肥力的控制。在大兴安岭山区暗针叶林主要分布在北段。由于人类的破坏原生暗针叶林多分布在海拔1300 m以上的山区,往下基本退化为次生落叶阔叶林或针阔混交林。在森林覆盖地区除有巨厚的寒冻风化残积层外,其下还有易于蓄集水分的寒冻风化裂隙,其上还有富含有机质的森林灰化土和腐殖质层,厚达数米乃至数十米的寒冻风化残积层、裂隙蓄水层和肥沃土壤层是森林植被生长繁衍的物质基础。下到山麓,由于流水的侵蚀破坏了土壤层和寒冻风化残积层,往往出现水土流失,岩石裸露和荒漠化,在坡积、冲、洪积扇区已有荒漠化、沙漠化出现,在冲积扇的中下部及平原区除了耕地外还伴有盐碱、沼泽和沙化地。

我们可以按植被类型(属、种、群落)及长势的解译来划分土壤类型和第四纪沉积层的成因类型;借助寒冻风化残积层、冰碛、冰水沉积、冲积、洪积、黄土、沙漠以及盐碱、沼泽沉积的空间组合关系来认识古冰川作用的规律。

2 图像解译

2.1 大兴安岭冰坝

大兴安岭位于蒙古高原与松辽平原的过渡地带,从地势图上看似乎呈阶梯式过渡。严钦尚指出:“大兴安岭的地形横剖面线是平滑逐渐过渡的,山麓地带与轴部的绝对高度各自不同,但就最高平坦地区(即大兴安岭兴准平原)代表的是同一级夷平面”^[13]。西麓一般高出高原500 m,东麓高出平原达1000 m。山体两翼不对称,总体向东南掀斜,地形横剖面线呈大坝式的过渡,整个山体保存较为完整,特别是北段的最大切割深度不足200 m。从纵剖面看,从北至南总体也是平滑延伸的,黄岗梁地区是区内地形切割最深的地区。构成山脉主体的为带状展布的花岗岩。从整个大兴安岭山体看,隆起部分常由花岗岩、中酸性火山熔岩构成,凹陷部分则是碎屑岩、火山碎屑岩及变质岩。不同岩性的抗风化能力与冰川、流水的选择性掘蚀和侵蚀决定着地貌的复杂程度。

大兴安岭的主峰在靠近其南端的黄岗梁(2029 m)地区。卫星图像上呈现北段山体完整,南段破碎,山体走向由北往南进入赤峰境内折向SWW,过东经 118° 后再复原呈

NE向。从地质构造图上看,大兴安岭为新华夏系第二隆起带北段,呈 $NE15^{\circ} \sim 25^{\circ}$,往SW伸延约1300 km后与近EW向的燕山山脉相交汇(与巨型纬向带斜接复合),同时它与古老的NEE走向的蒙古弧东翼复合形成一系列“入”字型构造体系^[14]。大兴安岭的构造型式则为一系列右行斜列式褶皱,由于挽近时期以来南段受到纬向构造体系的牵引而发生弯曲。从兴安盟境内的太平岭至黄岗梁间海拔高度逐渐降至1000 m上下,并出现分水岭明显往北迁移,主脉在北缘变成一条长约200 km,宽约10 km ~ 30 km的狭长山脉,南侧山体已被分割成若干孤岛状残山。挽近时期以来受新构造活动的影响,大兴安岭在研究区呈现出马鞍状的垭口,但从鞍部北侧的布尔嘎斯台郭勒、巴拉嘎尔郭勒、高力汗郭勒、彦吉高勒和赤峰境内的呼虎尔河、乌力吉沐伦河、查干沐伦河均呈NWW ~ SEE向或呈近SN伸延,并有由北向南逐渐撒开之势。根据分割山体的大小谷地和盆地的展布,特别是大兴安岭延至本区呈现的巨大鞍部地形及两侧水系有规律的展布特点,我们认为,单用风沙或流水作用来解释是不能令人满意的。实际上,它可能是蒙古大冰盖进入赤峰境内的重要通道之一。

2.2 卷毛岩

卷毛岩是羊背石的组合名称,是指由成群的羊背石组合在一起,宏观上看好象卷毛羊群的地貌景观。该区除了有由基岩组成的羊背石外,还包括部分巨型漂砾、扯脱岩等。它们外形相近,从成因上讲都是在巨厚冰层重压下沿一定方向运动、铲刮所成,不同之处是前者保持原地不动,后者则是经过了冰川搬运和沉积过程。

卫星图像上看这类地质体影纹稀疏、色调深暗、结构粗糙,常与其它地质体形成鲜明对比。

在贝尔湖以南的中蒙三角区内有近EW走向的、并与大兴安岭成“入”字型交接的余脉。这里地形起伏不大,但它是乌尔逊河和我国境内若干间歇河的分水岭。在这里大部分地层岩石构成的山体均呈扁豆状、眼球状,排列方向为NWW-SEE。

在黄岗梁地区,大兴安岭山脉由NEE向急转为SN向。黄岗梁是由一系列NE向多字型褶皱组成的SN向山系。它的东麓出现若干鱼鳞状结构的“月牙”型块状山体,其中以林西县城西和克什克腾旗所在地经棚镇以东的两处最为典型。

林西县城以西之木石匣河源自黄岗梁主峰北坡,下山后沿NE方向流至同兴镇东后突然调头急拐向SW-SE-E作弧形弯转。木石匣河这个弧形流段将该区划分出的两个“月牙”型块体,弧内块体呈NE-SW向伸延,凸向NW;弧外块体呈NNW-SEE伸延,凸向SW。在卫星图像上两个块体色调深暗,呈斑点状、蠕虫状、豆状结构;两“月牙”型块体与NE向的“多”字型褶皱群形成极不协调的不整合叠加。从地质图上看,块体内地层产状变化无规律,并有花岗岩、闪长岩和石英斑岩等岩脉、岩墙、岩枝、岩珠出现。因此,这两个块体是从别处漂移到这里的超巨型大漂砾、扯脱岩块,是混杂堆积体。

在克什克腾旗所在地经棚镇(原名景峰)以东出现一系列近EW走向的弧形山(即大青山)。从地质图上看,景峰岩体为沿一NE向“多”字型褶皱的轴部侵入的,为带状展布的花岗岩体,大青山位于景峰岩体往东分出的分支。从卫星图像上看,大青山由两个向北凸的“月牙”型块体连接而成,它与区域NE向“多”字型褶皱山脉形成一种不协调叠加。其中西块体弧形主山脊圆凸宽缓,次山脊呈尖锐棱角,沟谷呈“V”字型,影像花纹细密,为致密块状山体,在国土卫片上以典型花岗岩的树枝状水系为特征。东块体山脊无主次之分,大小山脊脊线尖棱,影像花纹结构粗糙,水系稀疏,并被一组NNE向的弧形沟谷分割成肋状山体结构。从图像上看,该块体不但被NNE向弧形沟谷分割,而且还有往NEE方向滑动的趋势。它具有围椅状陡坎(环状裂隙)、滑坡阶及滑坡体的某些特征,但它没有滑坡舌、滑动面和滑坡阶基座,是一块破碎的花岗岩山体。大青

山主峰在海拔1700 m ~ 1900 m左右,主脊南侧(即弧形凹面内)有一平台,海拔在1500 m ~ 1600 m。东块体凹面内侧平台上散布着大大小小的漂砾,漂砾排列大致呈SN向。现已在许多漂砾上发现了冰臼和冰臼群。是大青山上布满冰臼群的、成本筏式的一块大漂砾[15]。

当你从西拉木伦河往北远眺大青山时,拔地而起的花岗岩山恋峰顶似矛尖一样锐利;当你走近它时展现在你眼前的是陡峭的、无法攀登的山崖峭壁,站在山下极目山顶,偶尔能看得见呈蒜头外形的山结(小山汇),这乃是一个羊背石群;当你沿着坡度约30°的沟谷往上攀登时能亲历其艰险和雄伟;而当你终于到达山顶后在你眼前立刻展现出十分平坦的高原景观。花岗岩体侵位比较高,相对高差大于1000 m(1985m ~ 900m),岩体顶面平缓,总体产状向北倾,前人推测南缘为断层接触,却未发现断层破碎带,也未见片理化、角砾岩化或糜棱岩化现象。从南坡往上的剖面看,花岗岩是成层的,其层理面(层节理)基本与SE向的山脊相吻合[16]。在南缘山边的层节理倾角达70° ~ 80°,接近山顶时迅速弯转变平缓。无论在岩体顶部或是山边的层节理均不连续,通常在数十米范围内便出现交错或尖灭。剖面上可见由多层花岗岩叠加形成的扁豆体或透镜体。在层节理面上通常还能见到清晰的擦痕,在石板沟还能见到很多从山上滑落下来的板状花岗岩块。

景峰岩体出露面积约为585 km²,属岩基。区调填图中未发现正常的相变环带圈闭,相反,在岩体内却发现多块属于边缘相的岩块。从岩体中采集到的两个同位素年龄样,测试结果分别为91.4Ma ~ 94.0Ma和160.1Ma,两者相差66.1Ma ~ 68.7Ma。前者属白垩纪,后者属中侏罗世。显然,景峰岩体不是一个一次性侵入的岩基,而是经过至少两次侵入的复杂的杂岩体。通过卫星图像进行综合解译,发现大青山是座外来山,是景峰岩体之东北端剥离(扯脱)往南漂移形成的超巨型的花岗岩漂砾或扯脱岩。

2.3 冰蚀平原

这里的冰蚀平原仅包括大兴安岭以西的广阔地域和海拉尔盆地以及西南部的西拉木伦河流域。大兴安岭西北坡地势和缓,往西或西南是一望无垠的大草原和接近准平原化的老年期地貌。区内除中蒙国境有零星的基岩露头外,其余在宽达100 km的带状区域内未见基岩出露。在呼伦贝尔盟境内的湖区湖深不足30 m,但水域宽广,在周缘数百公里内外地势平坦开阔。从卫星图像上初步估算现今的湖水面积仅为古湖水域的1/30 ~ 1/40。区内除洼地见零星的很薄的中更新世冰碛、冰水沉积和湖泊沼泽沉积外,未发现早更新世地层[17]。

进入锡林郭勒盟境内海拔升至1000 m以上,在长约350 km ~ 400 km宽约250 km ~ 300 km范围内,地势平坦宽阔程度可称得上是蒙古高原中的高原。从卫星图像上看,在这高原平台上湖泊洼地密布,据初步统计,现存的积水湖洼地有近百个。湖中沉积物除表层的盐碱沼泽外,下伏还有不厚的底砾岩。现今达赉诺尔湖区湖水面积不足400 km²,沉积物厚度最大不过100 m(基本为玄武岩),湖区周围的大小湖泊曾由一个大湖解体萎缩而来,这个大湖的原有面积估计可达数万平方公里。在湖区局部范围除有零星的、厚度不大的更新世沉积外,其余全为全新世非冰川沉积。

自早更新世以来,阿巴嘎玄武岩在其喷出地阿巴嘎旗附近却很少沉积,往南在达赉诺尔湖区、西拉木伦河流域却广泛分布。达赉诺尔湖玄武岩分布区距其喷出地水平距离约为120km,到西拉木伦河流域水平距离超过300 km。玄武岩厚度在达赉诺尔湖区约近百米,在西拉木伦河地区最厚可达435 m[18]。玄武岩的风化物沿水平方向搬运并沉积在如此广阔的地域,除了大陆冰川作用外,其它外营力无法作出解释。

2.4 冰坠谷

冰盖在横越大兴安岭时高速冲下山麓，在东南坡形成冰瀑布并在山下形成与山脉平行的冰坠谷地。谷地东界大致以大庆至通辽一线为界，轴线大致在齐齐哈尔至赤峰之间。谷地宽约100km~200 km，长约1200 km。谷地东北段被嫩江改造，往西南谷地被风沙和冲、洪积物部分填埋。在谷地内除湖泊沼泽沉积外，还见风积沙丘、沙垄，在山前还可见冲积扇连接成的冲积裙。区内石油钻探和水文钻孔揭示，早更新世冰碛层顶板埋深最大可达127.5 m，最大厚度111 m。冰碛层厚度及物质成分变化较大，分布较广，几乎占据了松辽盆地的西北大半部〔19〕。在赤峰地区之西拉木伦河谷地中有零星的、厚达数米的冰水砂砾岩出露(底砾岩)，其上广泛覆盖着阿巴嘎玄武岩，在上柜至大夫营子一带厚度为294 m~435 m。玄武岩中夹1~5层粉砂质泥岩和1~3层泥煤或煤线。辽宁区调队在夹层中曾采集到丰富的、种类齐全的孢粉化石。其中裸子植物有柏科、杉科、麻黄、罗汉松、冷杉、云杉、油松、雪松、铁杉等；被子植物有山核桃、胡桃、鹅耳枥、栎、椴、榛、柳、栗等。另外还对阿巴嘎玄武岩进行古地磁测试，结果为0.95 Ma~1.6 Ma，属松山期〔20〕。

中更新世冰碛泥砾砂砾层(白土山组)主要分布在大兴安岭山麓东侧冰坠谷中。从白城地区出露的剖面看，主要为灰黄色冰水砂砾层和冰碛泥砾层，上覆红色砂砾层，其间有剥蚀面，与下伏地层红白分明。冰碛层可见厚度8 m，钻孔揭示厚50 m，时有尖灭，分选不好，砾径一般为5 cm~20 cm，大者可达40 cm~50 cm。砾石成分复杂，有流纹岩、安山岩、石英斑岩、凝灰岩、花岗岩、脉石英、玉髓、玛瑙等。砾石风化深且易碎，有磨光面、压坑、压碎现象，并有灯盏石、马鞍石和熨斗石等。

在赤峰以西之西拉木伦河流域谷地中广泛分布有黄土，黄土之下为玄武岩。在老府三道沟门剖面下部为冰碛泥砾层，中部夹棕红色亚粘土，上部夹钙质结核层。在林西县境内下部为灰白色泥灰岩夹砂层，中部为灰白色砂层，上部为棕红色砂质粘土、亚粘土，局部夹淤泥层(由湖相过渡为河湖相)(表1)。

表1 赤峰市老府三道沟门、林西县南部更新世地层
Table 1 Pleistocene epoch in the Laofusandaogoumen
and southern Linxi county,Chifeng city

地层代号	赤峰市老府三道沟门	林西县南部	冰 期
Q ₃	马兰黄土		
	古土壤		
Q ₂	离石黄土		
	古土壤		
	午城黄土		
	棕红色亚粘土		间冰期
	棕黄色冰碛冰水砂砾石 灰白色、砂砂质粘土泥灰岩		三道门冰期
Q ₁	阿巴嘎玄武岩		间冰期
	冰碛泥砾冰水砂砾 红色泥砾砂砾		老府冰期

3 结语

内蒙古东部包括大兴安岭，均属蒙古高原之一部分。高原西北是萨彦岭，西南是阿尔泰山和戈壁阿尔泰山；南缘是阴山和晋北、冀北山地——吕梁山、五台山、大马群山和七老图山；东缘是大兴安岭，北缘是雅布洛诺夫山脉。环绕高原诸山脉中阿尔泰山主峰海拔4506 m，其余主峰海拔均在2000 m以上。高原西半部平均海拔在1500 m以上，东半部则降至1000 m以下；西半部地势起伏较大，东半部则比较平缓并接近准平原化，总体地势向东南掀斜。从构造地貌的角度看，高原基本由一组向南凸出的弧形构造山叠合而成。晚近时期以来，在阿尔泰山东北和黑龙江上游海拉尔地区出现拗陷^[21]。由于西半部NW至SE向的弧形谷地平行向东伸展，东半部自贝加尔往南东至大兴安岭间地形起伏呈现出一组波峰波谷景观。蒙古高原自晚古生代以来一直处于隆起状态，区内除少量的中生代陆相沉积外，其余沉积分布零星。从沉积物厚度和沉积特征反映该区为干旱气候环境，流水侵蚀作用微弱。蒙古高原的平均剥蚀深度至少在1000 m~1500 m以上，而在高原内现存的中新生界不足原剥蚀量的20%，在大兴安岭地区有宽广的夷平台面，在其东南侧有长达1200 km的冰坠谷，西侧有宽广的冰蚀平原和冰蚀湖洼地。在松辽盆地中有广布的冰碛泥砾层分布，赤峰境内有卷毛岩、扯脱岩或超巨型冰川大漂砾。在一些巨型冰川漂砾上还可见到冰臼和冰臼群。这是蒙古大冰盖由高原往东南运动并越过大兴安岭时留下的遗迹。

基金项目：中国勘察技术院科技开发基金资助

作者简介：李邦良(1940—)，男，高级工程师，1964年毕业于贵州工学院(贵州工业大学)，长期从事矿产、遥感、第四纪冰川地质及地质力学研究工作。

作者单位：李邦良 李志中 国土资源部航空物探遥感中心，北京 100083；

韩同林 中国地质科学院地质研究所，北京 100037.

参考文献

- [1] 孙荣圭.地质科学史纲[M].北京：北京大学出版社，1984.
- [2] 李四光.中国第四纪冰川[M].北京：科学出版社，1975.
- [3] 孙殿卿，杨怀仁.大冰期时期中国的冰川遗迹[J].地质学报，1961，41(3-4)：233~240.
- [4] 张尔匡.河北平原南部冰川漂砾的发现[J].地质论评，1966，24(2)：160.
- [5] 韩同林.青藏大冰盖[M].北京：地质出版社，1991.
- [6] 李邦良.来自昆仑山上的大漂砾[J].地球，1998，102(4)：5~7.
- [7] 李邦良.庐山地区冰川地貌陆地卫星影像解译[J].贵州工学院学报，1988，17(42)：1~7.
- [8] 李邦良.白头山区冰川地貌航空卫星照片解译[J].地质论评，1992，38(5)：431~438.
- [9] 韩同林，等.泛大冰盖形成的自然景观[J].大自然，1998，81(3)：8~16.
- [10] 杨怀仁.诺敏河流域的冰川地形[J].南京大学学报，1955，(1)：95~120.
- [11] 俞建章，等.大兴安岭东坡第四纪冰川述要[A].长春地质学院科学论文集[C]，1962，(1)：77~85.
- [12] 孙星和.宇航遥感物理基础[M].北京：地震出版社，1990，128.

- [13] 严钦尚.大兴安岭附近冰川地形及其他地形现象 [J].土壤专报, 1951, (25): 153 ~ 205.
- [14] 王 楫, 谢贤俊.内蒙古自治区主要构造体系概述 [A].地质矿产部地质力学研究所编.中国分省构造体系研究文集(1) [C].北京:地质出版社, 1985, 37 ~ 90.
- [15] 韩同林, 等.中国河北、内蒙古中低山区“世界奇观”——冰臼群的成因讨论 [J].地质论评, 1999.
- [16] 王日伦, 等.中国海相火山-沉积成矿理论及相关地质问题 [M].北京:地质出版社, 1988.
- [17] 初本均, 等.海拉尔盆地第四纪冰期与地层初步总结 [A].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(1) [C].北京:地质出版社, 1984, 40 ~ 45.
- [18] 周慕林, 等.中国的第四纪 [M].北京:地质出版社, 1988, 65 ~ 69.
- [19] 吉林省地质矿产局.吉林省区域地质志 [M].北京:地质出版社, 1989, 281 ~ 288.
- [20] 顾尚勇.辽宁省第四纪冰川遗迹及冰期划分 [A].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(1) [C].北京:地质出版社, 1984, 46 ~ 53.
- [21] 崔盛芹, 等.东亚滨太平洋地区喜马拉雅期构造演化 [J].地质学报, 1990, 64 (1): 1 ~ 13.

收稿日期: 1999-07-20