大兴安岭哈拉哈河—淖尔河地区第四纪火山活动初步研究*

赵勇伟[1] 樊祺诚[1] 白志达[2] 孙谦[1] 李霓[1] 隋建立[1] 杜星星[1]

ZHAO YongWei[1], FAN QiCheng[1], BAI ZhiDa[2], SUN Qian[1], LI Ni[1], SUI JianLi[1] and DU XingXing[1]

1. 中国地震局地质研究所,北京 100029
2. 中国地质大学(北京),北京 100083
1. *Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing* 100029, *China*
2. *China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*

2008-10-21 收稿, 2008-11-05 改回.

Zhao YW, Fan QC, Bai ZD, Sun Q, Li N, Sui JL and Du XX. 2008. Preliminary study on Quaternary volcanoes in the Halaha River and Chaoer River area in Daxing'an Mountain range. *Acta Petrologica Sinica*, 24(11):2569 – 2575

Abstract 28 Quaternary volcanoes, which scattered along a Quaternary NE strike fault, are found in the area of Halaha River and Chaoer River, middle of Daxing'an Mountain Range. Quaternary volcanic rocks in this area, mainly alkaline basalt, cover an area of ca. 1000 km^2. These volcanoes can be divided into two stages: Holocene volcanoes and Pliocene volcanoes. Both magmatic eruptions and phreatomagmatic eruptions are found in this area. The magmatic eruptions form a series of products, including scoria cones, tephra fallout deposits, and many kinds of lava (e.g. aa lava, pahoehoe lava and block lava). Typical fumarolic cones and lava hillocks are found in the lava. The phreatomagmatic eruptions have typical base surge deposits, which are characterized by parallel bedding and staggered bedding. Volcanic activity in this area form many volcanogenic lakes. According to the difference of lake forming, they are divided into four types: Crater lake, maar lake, volcanic dammed lake, collapse lava lake. Two conflict factors, water and fire, coexists harmoniously in the volcanic area, adding a splendid landscape to the Aershan Volcano and Warm Spring National Geopark.

Key words Middle Daxing'an Mountain Range; Quaternary volcanoes; Volcanic geology; Volcanogenic lake

摘 要 大兴安岭中部哈拉哈河—淖尔河地区受基底断裂控制,发育28座第四纪火山,这些火山总体呈北东向带状分布。研究区第四纪火山岩分布面积约1000km^2,岩性主要为碱性玄武岩。根据喷发时代和火山地质特征,这里的火山大体可分为更新世和全新世两期。按照火山作用方式不同,区内火山可分为岩浆成因和射汽岩浆成因两类:前者活动产物主要包括火山碎屑锥、碎屑席、熔岩流,其中发育结壳熔岩、渣状熔岩、块状熔岩,以及喷气锥、熔岩冢等火山地质现象;后者产物主要是射汽岩浆喷发形成的基浪堆积物,其中发育大型平行层理及交错层理。不同的火山作用形成了火山口湖、低平火山口湖、火山堰塞湖和塌陷熔岩湖四种不同规模与形态特征的湖泊,这种水火相容的火山地质现象为阿尔山火山温泉国家地质公园增添了景观。

关键词 大兴安岭中部;第四纪火山;火山地质;火山成因湖泊

中图法分类号 P588.145

* 地震行业专项(20080814)和中央及公益性科研院所基本科研业务专项(DF-IGCEA-0607-1-12)资助.

第一作者简介:赵勇伟,男,1981年生,博士研究生,主要从事火山与地球内部化学研究,E-mail:zilongzhao1981@yahoo.com.cn

1 引言

哈拉哈河—淖尔河地区地处大兴安岭中部,位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟与兴安盟交界处,距阿尔山市约 70km。随着阿尔山温泉火山国家地质公园的兴建,关注该地区火山的学者越来越多(刘嘉麒,1987,1988,1999;白志达等,2005;汤吉等,2005;于福生和丛立民,2006)。尽管前人在此做过许多工作,但哈拉哈河—淖尔河地区究竟有多少座有据可考的第四纪火山以及这些火山的基本地质特征迄今为止仍不清楚。该地区火山成因湖泊的研究程度也较低,无人对其进行系统的成因分类。在以往工作的基础上,本文着重开展了较系统的火山地质考察和研究,初步确定了区内火山的数量、喷发方式、喷发类型和火山地质基本特征,并对与火山作用有关的湖泊进行详细的成因划分。

2 区域地质概况

哈拉哈河—淖尔河火山群地处大兴安岭中段主峰地带,地理坐标为东经 120°14′00″ ~ 121°20′00″,北纬 47°15′00 ~ 47°45′00″。哈拉哈河—淖尔河地区位于天山—兴安褶皱带东段,二级构造单元属大兴安岭中华力西褶皱带,中生代属濒太平洋构造域、大陆边缘活动带。该地区地层主要为侏罗纪火山岩系,第四纪火山产物覆盖在侏罗纪火山—侵入岩之上,总体呈北东向展布,分布于阿尔山市哈拉哈河流域和扎兰屯市淖尔河及其西侧的支流柴河、德勒河、红花尔基河和敖尼尔河流域,出露面积约 1000km^2。侵入岩主要是燕山期花岗岩,火山岩以中生代侏罗纪火山岩分布最广,新生代火山岩主要为碱性玄武岩。

该地区侏罗纪以来形成一系列呈北东向展布的火山岩带,并有以北东和北西向断裂为主体的构造格局。新生代主要表现为基底断裂的继承性活动,这些断裂控制了新生代火山的分布,使其形成呈北东向条带状展布的火山群。

3 火山地质

哈拉哈河—淖尔河地区第四纪火山大多靠近河流,总体呈北东向带状分布(图 1)。根据前人的工作(白志达等,2005)及此次野外调查,证实哈拉哈河—淖尔河流域第四纪火山 28 座,其中 19 座火山的基本参数列于表 1。按照火山作用方式不同,可分为岩浆喷发(爆破式和喷溢式)和射汽岩浆喷发两类火山。根据火山喷发类型,又分为斯通博利式喷发、亚布里尼式喷发等类型。

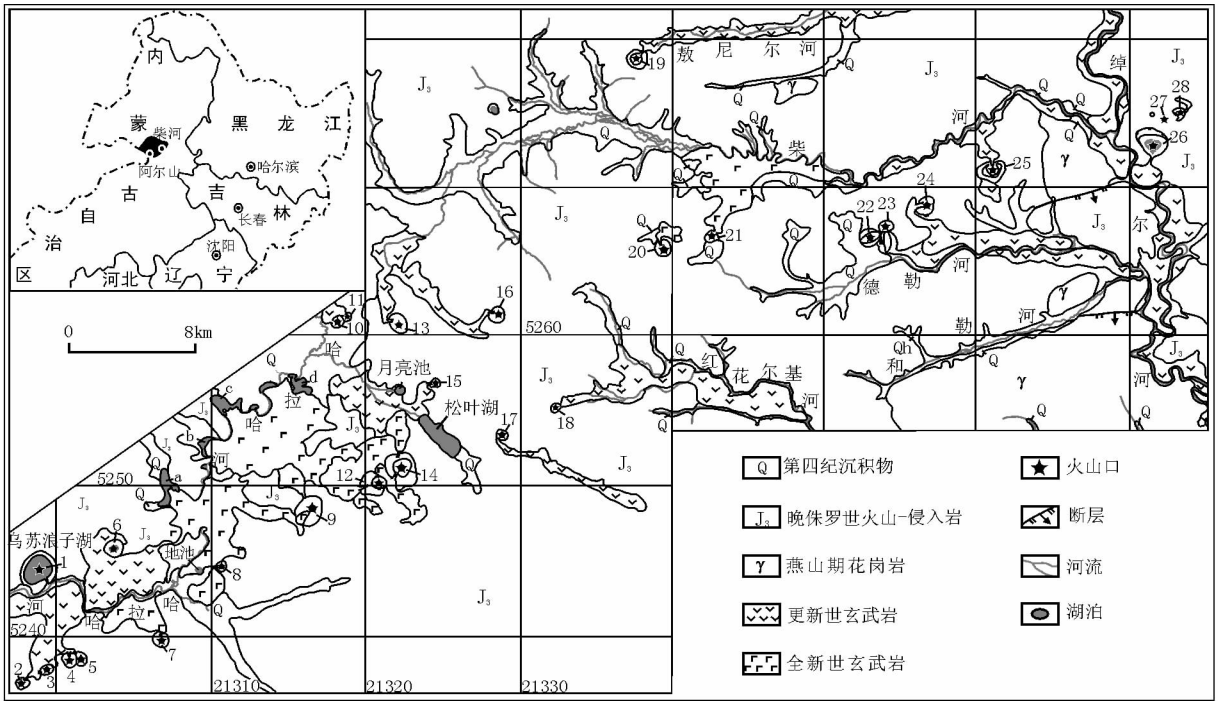


图 1 哈拉哈河—淖尔河地区火山地质图

1-乌苏浪子湖火山;2 ~5-乌苏浪子湖南四个无名火山;6-阿尔山天池火山;7-四方山;8-小东沟;9-十号沟盆地;10 ~ 11-驼峰岭西两个无名火山;12-焰山;13-驼峰岭天池火山;14-高山(摩天岭);15-1169 高地火山;16-双沟山天池火山;17-太阳池火山;18-红花尔基河火山;19-敖尼尔河火山;20-基尔果山天池火山;21-子宫山;22-黑瞎洞火山;23-1121 高地火山;24-1104 高地火山;25-1132 高地火山;26-卧牛泡子火山;27 ~28-卧牛泡子东北两个无名火山. a-仙鹤湖;b-眼镜湖;c-鹿鸣湖;d-杜鹃湖

Fig. 1 Volcanic geological map of the Halaha River and Chaoer River area

表 1 哈拉哈河—淖尔河地区部分第四纪火山主要参数*

Table 1 Main parameters of part Quaternary volcanoes in the Halaha River and Chaoer River area

喷发时代	火山名称	锥体高度(m)	锥底直径(m)	锥体类型	熔岩流面积(km^2)	喷发类型
全新世	焰山	233	1600	渣锥	50	亚布里尼式
全新世	高山	362	2300	复合锥	5	斯通博利式
全新世	十号沟盆地	224	1850	火山渣锥	25	斯通博利式
全新世	小东沟	88	650	溅落锥	5	斯通博利式
全新世	四方山	126	1050	复合锥	8	斯通博利式
全新世	子宫山	136	850	降落渣锥	23	斯通博利式
全新世	基尔果山天池	178	950	复合锥	3	斯通博利式
更新世	驼峰岭天池	170	1550	复合锥	12	斯通博利式
更新世	阿尔山天池	200	1250	降落渣锥	25	斯通博利式
更新世	双沟山	150	1050	降落渣锥	12	斯通博利式
更新世	乌苏浪子湖	150	2900	基浪堆积	2	射汽岩浆
更新世	太阳池	122	750	复合锥	11	斯通博利式
更新世	黑瞎洞	204	950	复合锥	6	斯通博利式
更新世	1221 高地	117	1000	溅落锥	8	斯通博利式
更新世	1104 高地	154	1000	复合锥	20	斯通博利式
更新世	1132 高地	182	2000	复合锥	10	斯通博利式
更新世	敖尼尔河火山	202	1100	复合锥	25	斯通博利式
更新世	卧牛泡子火山	198	1950	基浪堆积	7	射汽岩浆
更新世	卧牛泡东北火山	80	700	溅落锥	1	斯通博利式

* 表内数据通过 GPS 实测结合 1∶5 万地形图测算得出

4 火山活动分期

早先刘嘉麒(1987)曾用 K-Ar 法测得阿尔山天池玄武岩年龄为 0.340±0.203Ma。上个世纪 90 年代以来,部分学者根据火山地质和地貌特征认为哈拉哈河—淖尔河地区可能存在全新世火山喷发活动(刘若新,2000;刘嘉麒,1988),但缺乏可靠的年代学证据。白志达等(2005)根据焰山火山渣中的碳化木^{14}C 年龄为距今 2000 年,认为焰山与高山属全新世火山。根据我们对该区火山地质实地考察,大部分火山锥都像阿尔山天池火山一样保存完好,火山岩露头风化程度相对较弱,因此判断其形成时间不会早于更新世。在缺乏可靠年代学依据情况下,暂将大部分火山归于更新世应该是较合理的。根据野外地质考察,发现四方山、十号沟盆地、小东沟、基尔果山天池火山及子宫山火山锥基本未遭受剥蚀,熔岩流表面基本无风化层,而且严格受现代地形制约,沿沟谷流动,覆盖在全新世的沼积物或熔岩流之上,推测其亦为全新世喷发的火山。由此,结合以往资料,我们将哈拉哈河—淖尔河地区火山划分为更新世和全新世两期。

5 岩浆喷发成因的火山产物

该地区大多数火山都属岩浆喷发,其产物包括爆破式喷发形成的火山碎屑如火山渣、熔岩饼、火山弹等,以及喷溢式喷发形成的渣状熔岩,结壳熔岩,块状熔岩等,最终组成火山锥、火山碎屑席和熔岩流。

5.1 爆破式喷发产物

研究区内岩浆喷发成因火山的喷发类型以斯通博利型(strombolian type)为主,爆破式喷发(explosive eruption)的典型产物是火山碎屑锥(scoria cone)。区内焰山火山喷发规模较大,其产物除碎屑锥外还形成火山碎屑席(tephra fallout deposits),推测其喷发类型由斯通博利型向亚布里尼型(subplinian type)过渡。

研究区内的火山碎屑锥按照喷发物组成特征分为溅落锥和降落锥。以黑瞎洞火山为例,其火山锥由底部的降落锥和顶部的溅落锥叠置构成(图 2-a,b),火山形成后期锥体的火山口位置还发生过塌陷。火山锥平面上呈马蹄形,锥底直径约 1000m,面积约 0.8km^2,锥体高度约 204m。降落锥主要由红褐色玄武质火山碎屑组成,火山碎屑粒度较粗,以 1cm~5cm 为主,总体松散,顶部具有弱熔结现象,略显层理。溅落锥主要由褐红色巨厚层的熔结集块岩和火山碎屑熔岩组成。一般是底层为熔结集块岩,中间过渡为碎屑熔岩,向上又过渡为熔结集块岩,以此发育多个韵律层(图 2c)。火山碎屑熔岩总体上具有熔岩流外观,并发生过短距离的流动,这是与熔结集块岩不同的地方。火山碎屑熔岩内部大量火山碎屑如火山渣、火山弹与熔浆团块熔结在一起,是火山碎屑物质的胶结体(图 2d)。火山锥的整体结构反映出火山喷发初期是能量较强的爆破式喷发,后期向能量较弱的喷溢式喷发过渡。

焰山火山锥(图 2e)总体物质构成与黑瞎洞火山锥相似,不同之处在于锥体规模更大,降落锥体积在锥体总体积

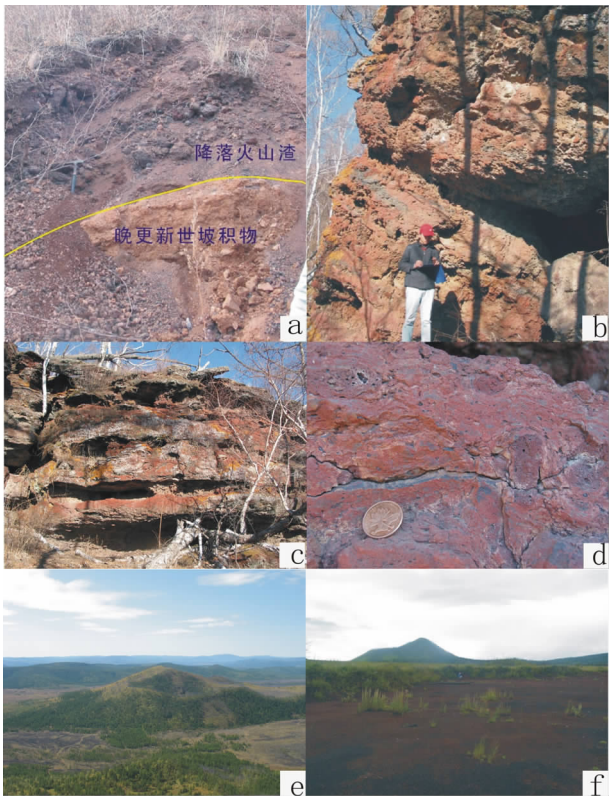


图 2 黑瞎洞和焰山火山爆破式喷发产物

a-黑瞎洞降落堆积;b-黑瞎洞溅落堆积;c-黑瞎洞碎屑熔岩层状韵律;d-黑瞎洞火山碎屑熔岩;e-焰山火山锥;f-焰山火山碎屑席

Fig. 2 Products of explosive eruption in Heixiadong and Yanshan

a-fallout deposit in Heixiadong; b-spatter deposit in Heixiadong; c-rhythmic unit of strongly welded lava-like agglutinate in Heixiadong; d-strongly welded lava-like agglutinate in Heixiadong; e-cone of Yanshan; f-tephra fallout deposits of Yanshan

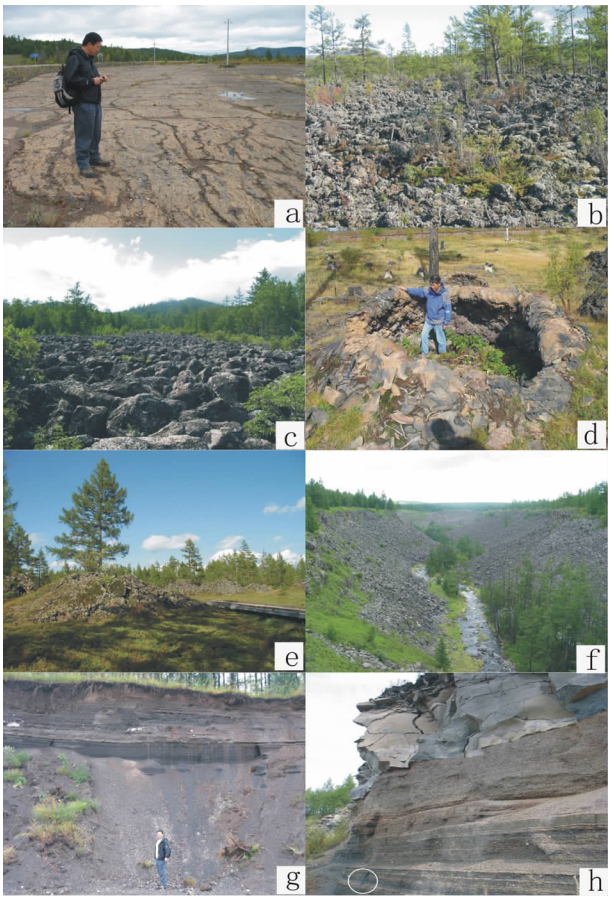


图 3 哈拉哈河—绰尔河地区火山地质

a-焰山结壳熔岩; b-焰山渣状熔岩;c-子宫山块状熔岩;d-杜鹃湖附近喷气锥;e-焰山熔岩流中的熔岩冢; f-阿尔山玄武岩峡谷 g-卧牛泡子射汽基浪堆积剖面;h-乌苏浪子湖基浪堆积剖面

Fig. 3 Volcanic geology in Halaha River and Chaoer River area

a-pahoehoe in Yanshan lava; b-aa of Yanshan; c-block lava in Zigongshan; d-fumarolic cones near Dujuan Lake; e-lava hillocks in the lava of Yanshan; f-basalt valley in Arshan; g-base surge deposits section in Woniupaoxi; h-base surge deposits section in Wusulangzi Lake

中所占比例也更大。另外,焰山周围分布着研究区内唯一的火山碎屑席(图 2f)。该碎屑席中厚度 >1cm 的火山渣分布半径约 4km,面积约 40km^2。碎屑席在近锥体处厚度较大,远离锥体厚度变薄,远缘由于雨水冲刷,多呈断续分布。这套高度碎屑化的玄武质火山碎屑席的形成反映了火山喷发时岩浆中挥发份含量较高,爆破式火山作用强烈,在火山口之上已形成了以浮力上升为主要营力的喷发柱,将高度碎屑化的岩浆碎屑物喷向高空,然后在重力作用下降落堆积于火山锥体以外地区。这种类型的火山喷发显然比黑瞎洞这类典型斯通博利型喷发所释放的能量要大,推测其喷发类型向亚布里尼型过渡。

5.2 喷溢式喷发产物

该地区喷溢式喷发(effusive eruption)产物主要是熔岩流。哈拉哈河—淖尔河地区第四纪火山熔岩流覆盖面积超过 500km^2,厚的地方多个熔岩流单元累积厚度可达 30m ~ 40m。一般区内更新世熔岩流之上腐殖土或坡积物覆盖较厚,地势平坦,现代常为农田或林地,被河流切割较深。全新世熔岩流表面很少有覆盖层,或覆盖层很薄,有时生长有稀疏树木,但由于树木根系不能向下扎根只能在地表生长,因此常有高大树木由于根系不牢倒下。全新世熔岩流几乎不受河流切割,常见的现象是河流沿熔岩流边缘流动。该地区熔岩类型多样,结壳熔岩和渣状熔岩分布面积较广,另外在个别地方还发育块状熔岩。熔岩在流动及冷却过程中在不同的外部环境下形成喷气锥、熔岩冢、玄武岩峡谷等地质现象。

结壳熔岩(pahoehoe) 兴安林场附近以及杜鹃湖边分布着大范围的结壳熔岩,其表壳平滑,形成直径约 2m ~ 3m 的龟裂状大块(图 3a),其表面气孔呈拉伸线理。兴安林场东

北方向结壳熔岩上有众多熔岩塌陷坑，直径由十几米到几十米不等，形状不规则。结壳熔岩是含挥发份较多的粘度相对小的熔岩因冷凝收缩形成的，它刚形成时岩体表层为固态而其下仍为塑性，形成熔岩流动的通道。结壳熔岩完全固结后，结壳之下熔岩通道中空，所以常因重力作用垮塌形成熔岩塌陷坑。结壳熔岩表面气孔的拉伸线理可用来判断熔岩流动的方向，其圆滑端是熔岩前进的方向。结壳熔岩在流动过程中随着结晶增加粘度增大可以转变为渣状熔岩，但是渣状熔岩不能转变成结壳熔岩。

渣状熔岩（aa）在焰山，十号沟盆地，高山等火山的熔岩流中主要熔岩类型是渣状熔岩（图 3b），其表面由破碎松散的渣状的玄武岩角砾或集块构成，常形成石塘林和石海等景观。熔岩在流动过程中挥发份不断溢出，温度不断下降，同时内部结晶也逐渐增多，这时粘度会相应地大大增加，在熔岩的顶部和边缘逐渐形成固态凝块，最终形成由不规则的尖角状熔渣碎块构成的火山角砾，熔岩流减速时熔岩流前缘的熔渣角砾就会沿前缘斜坡掉落在前面，而后面继续前进的熔岩则将其覆盖（Schmincke，2004），因此渣状熔岩的顶部和底部都是角砾。

块状熔岩（block lava）子宫山熔岩流中分布有面积约 50000m^2 的块状熔岩，主要由直径约 1m ~ 2m 的形状不规则的玄武岩岩块组成。其中岩石大多裸露，基本无植被覆盖，只发育苔藓（图 3c）。在火山活动的晚期，熔岩的粘度大，流速慢，熔岩流前端冷却并自碎为很多大的块体，后面的熔岩流继续缓慢向前推动，将岩块冲散，最终形成块状玄武岩。

以上三种熔岩构成哈拉哈河—淖尔河地区熔岩流的主体，然而熔岩流的形态与结构构造除了与熔岩本身的物理化学性质及流动状况有关以外，很大程度上还受外界环境因素的影响，在该地区主要是受到外界水的影响。喷气锥、熔岩冢和玄武岩峡谷就是该地区熔岩流在受到包括水在内的外界环境因素影响下形成的特殊地质现象。

喷气锥（fumarolic cone）杜鹃湖的西岸有一大型喷气锥群，喷气锥直径约 1.5m，高约 0.8m ~ 0.9m，边沿宽约 0.2m，外形似微缩的火山锥，表面瓦片状熔岩饼层层相叠（图 3d）。喷气锥发生在熔岩覆盖潮湿地带时，此时熔岩表层已固结成壳，底部受熔岩热作用，大量水汽化，冲破壳层，形成喷气锥。焰山熔岩由南向北流动过程中在杜鹃湖附近侵占哈拉哈河河道，所以在此形成大量喷气锥。

熔岩冢（lava hillock）杜鹃湖一带和兴安林场公路两侧发育形态完整的熔岩冢构造（图 3e），又称熔岩丘。熔岩冢多呈馒头形，直径 5m ~ 7m，高 2m ~ 4m，中间有通气孔道，熔岩丘的顶部和侧面常常裂开，形成裂隙式孔洞。从大黑沟到摩天岭约 40km^2 的范围内分布着数以百计的熔岩冢。熔岩冢是由于熔岩流中局部气体聚集或当熔岩流流经潮湿地带（如沼泽）时，岩流底部局部形成气囊，在这种气体作用下，使熔岩流表面穹起，但气体未完全喷出熔岩流表面而形成的一种熔岩构造。熔岩冢构造也见于五大连池火山，但远不如该区壮观。

玄武岩峡谷（basalt valley）驼峰岭天池火山北侧约 5km 的熔岩流中发育一条玄武岩峡谷（图 3f），该峡谷长约 5km，最宽的地方约二三十米，最窄的地方只有十几米，峡谷最深的地方约四十米，十分壮观。熔岩从驼峰岭天池火山西北口溢出向北流动，形成了大片的熔岩流台地。这些熔岩流以结壳熔岩为主，其中发育大量的熔岩隧道，隧道后期发生塌陷形成沟谷。此外，熔岩流在中段可能覆盖在古河道之上，其中的水汽化膨胀使熔岩流发生崩裂，形成谷地，同时熔岩流在自身冷却时也因体积的收缩形成崩裂谷。早期的河流利用这些沟谷做为河道，加上后期河流的强烈冲蚀，最终形成今天的玄武岩峡谷。

6 射汽岩浆喷发成因的火山产物

上升的岩浆或岩浆前缘的气相遇到水（地下水，浅部海水，富水沉积物），或者是水流下渗进入到火山通道中，这种岩浆-水接触会引起爆炸性极强的喷发，这种喷发常常早于后来的火山碎屑喷发，称为射汽岩浆喷发（phreatomagmatic eruption）（Schmincke，2004）。射汽岩浆喷发成因火山产物主要是低平火山和基浪堆积物（主要由火山碎屑与围岩泥沙组成），研究区的乌苏浪子湖火山和卧牛泡子火山是射汽岩浆喷发形成的，另外红花尔基河水帘洞附近也有零星基浪堆积剖面出露。

卧牛泡子火山位于扎兰屯市柴河镇后山，具有近圆形直径约 2km 的低平火山。第四纪更新世时在该地发生射汽岩浆火山喷发，形成的基浪堆积物主要出露于卧牛泡子西南和东南缘。图 3g 为卧牛泡子火山西南的一个基浪堆积物剖面，主要成份是射汽岩浆爆破式喷发的灰黑色火山碎屑及围岩碎屑，粒径以 0.5mm ~ 3cm 为主，其中以侵蚀面为界分为多个喷发单元，每个喷发单元又发育多个韵律层，每个韵律层均底部粒度粗，顶部粒度细，其中平行层理、大型交错层理、层理下陷等构造发育。

乌苏浪子湖的的基浪堆积主要分布于其南侧哈拉哈河附近（图 3h），露头延伸约 2km，剖面厚度在一些地方超过 25m。其中基浪堆积物与空降火山渣堆积互层，发育至少二十个韵律层，基浪堆积物中大量发育平行层理和大型交错层理，堆积物之上为熔岩流所覆盖。这些反映出乌苏浪子湖火山是射汽岩浆作用与岩浆作用两种方式交互进行的产物。

区内两个低平火山与龙岗地区的低平火山（徐德斌等，2005）相比，火山直径为后者的 1.5 ~ 2 倍，火口沿相对高度是后者的 2 ~ 4 倍。考虑到中生代火山岩基底围绕整个卧牛泡子都有分布，火口沿相对高度最高甚至达到 200m，基底岩石中还发育以火山口为中心的放射状断裂，因此推测卧牛泡子基底有可能是中生代破火山口的残余。乌苏浪子湖周围的基底岩石与卧牛泡子有类似的情况。研究区内这两个低平火山是否受到基底破火山的影响，低平火山的形成与破火

表 2 哈拉哈河—淖尔河地区火山成因湖泊参数*

Table 2 Parameters of volcano-create-lakes in the Halaha River and Chaoer River area

湖泊	面积 (km^2)	长半径 (m)	短半径 (m)	形状	成因分类
阿尔山天池	0.09	200	130	椭圆形	火山口湖
驼峰岭天池	0.24	500	150	左脚丫形	火山口湖
双沟山天池	0.10	230	130	椭圆形	火山口湖
基尔果山天池	0.03	60	60	近圆形	火山口湖
太阳池	0.01	50	50	近圆形	火山口湖
卧牛泡子	0.91	700	450	近圆形	低平火山口湖
乌苏浪子湖	1.62	750	600	近圆形	低平火山口湖
眼镜湖	0.48	500	200	不规则	火山堰塞湖
鹿鸣湖	1.68	1000	500	不规则	火山堰塞湖
杜鹃湖	1.09	1000	250	不规则	火山堰塞湖
松叶湖	3.13	1700	500	长条形	火山堰塞湖
月亮池	0.01	50	50	近圆形	火山堰塞湖
仙鹤湖	1.05	1200	300	不规则	火山堰塞湖
地池	0.01	60	60	近圆形	塌陷熔岩湖

* 表内数据通过 GPS 实测结合 1∶5 万地形图测算得出

山之间是否可能有联系,这值得进一步研究。

7 火山成因湖泊

哈拉哈河—淖尔河地区湖泊众多,其中大多与火山作用有关。按照不同的火山作用成因,可以分成火山口湖,低平火山口湖,火山堰塞湖和塌陷熔岩湖四类,成因的差异造成这些湖泊不同的形态与规模(表 2)。

7.1 火山口湖(crater lake)

岩浆喷发成因的火山碎屑锥中的火山口蓄水形成火山口湖,这种火山口湖受火山口本身大小所限,一般规模较小,直径不超过 500m,面积大多在 0.2km^2 以下,大多近圆形或椭圆形。这里很多天池即为火山口湖,如阿尔山天池、驼峰岭天池、双沟山天池、太阳池、基尔果山天池等 5 座岩浆喷发成因的火山口,后积水成湖又称天池(图 4a)。

7.2 低平火山口湖(maar)

研究区中两个射汽岩浆喷发成因的低平火山口湖(玛珥湖),即乌苏浪子湖和卧牛泡子(图 4b)。它们都是射汽岩浆喷发形成的低平火山口后期积水形成的,两个湖泊周围都分布有大片射汽岩浆基浪堆积物。

7.3 火山堰塞湖(volcanic dammed lake)

火山堰塞湖是熔岩流在流动过程中堵塞河道,造成水流阻滞而形成的湖泊。以杜鹃湖为例(图 4c),杜鹃湖在西侧

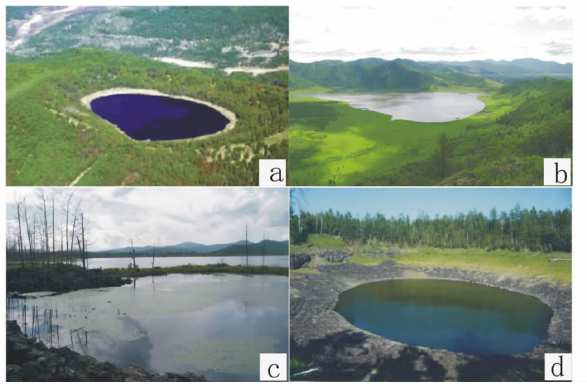


图 4 哈拉哈河—淖尔河火山成因湖泊

a-阿尔山天池火山口湖;b-卧牛泡子低平火山口湖;c-杜鹃湖火山堰塞湖;d-地池塌陷熔岩湖

Fig. 4 Volcanogenic lakes in the Halaha River and Chaoer River area

a-crater lake in Aershan Tianchi; b- maar lake in Woniupaozi; c-volcanic dammed lake in Dujuan Lake; d- collapse lava lake in Dichi

北侧及南侧岸边均分布有熔岩流前缘,熔岩流明显侵占了哈拉哈河河道,堵塞河流形成湖泊。该地火山堰塞湖主要有仙鹤湖、鹿鸣湖、眼镜湖、四号泡子、杜鹃湖、松叶湖、月亮池 7 个湖泊。其中仙鹤湖、鹿鸣湖、眼镜湖、四号泡子、杜鹃湖这 5 个湖泊成因是由于焰山火山的熔岩流堵塞哈拉哈河河道形成的。松叶湖和月亮湖是由于 1396 高地火山的熔岩流堵塞河道形成的。这些火山堰塞湖泊有三个特点:一是湖泊某一侧边缘有地势较高的熔岩流出现;二是湖泊一般都有入水口与出水口,如杜鹃湖等 5 个湖泊就是呈串珠状分布(类似五大连池),由哈拉哈河将其串接起来的;三是湖泊的形状一般不规则。

7.4 塌陷熔岩湖(collapse lava lake)

地池是一个具有独特成因的湖泊,位于阿尔山天池东约 7km 处(图 4d)。地池周围为灰黑色块状玄武岩排列,有少量紫红色玄武岩。地池四周玄武岩直立柱状节理发育。其中顶层玄武岩气孔发育,涡流也较发育。类似于地池这样的火山湖可能是以下三种成因之一:一、早期在地池发生熔岩喷泉式火山喷发,形成熔岩湖(lava lake);在熔岩湖喷发晚期,由于岩浆供给不足,其火山通道底下的岩石冷却收缩,在重力作用下,顶部岩石向中心垮塌,从而形成盆形负地形,最后汇水形成地池,其成因类似于夏威夷的 Kilaue 火山中的 Mauna Ulu 熔岩湖(Schmincke,2004)。二、熔岩注入地势低洼的盆地中形成熔岩池(lava pond),熔岩池逐渐冷却体积收缩,发生中心塌陷,后期再聚水形成湖泊,类似的例子也在夏威夷火山中出现过,如 Kilauea 火山中的 Aloi 熔岩池(Schmincke,2004)。三、熔岩流流至平坦的地方时,边缘冷却逐渐形成固结的熔岩墙,中心位置包围着尚未固结的近圆形的熔岩池,熔岩池固结之后易聚水形成湖泊(Bardintzeff

and McBirney,2000)。不管属于以上哪种原因,地池都属于塌陷熔岩湖。

8 结论

哈拉哈河—淖尔河地区第四纪火山已分辨出的有28座,可分为更新世和全新世两期。火山群总体呈北东向带状分布,火山可分为岩浆喷发和射汽岩浆喷发两类。火山产物分别有碎屑锥、火山碎屑席、熔岩流,射汽岩浆基浪堆积物等,其中熔岩流发育结壳熔岩、渣状熔岩、块状熔岩等产物,另外还发育喷气锥、熔岩冢、玄武岩峡谷等特殊的火山地质现象。根据火山作用不同,区内发育四种与火山成因有关的湖泊：火山口湖,低平火山口湖,火山堰塞湖和塌陷熔岩湖。本文是对哈拉哈河—淖尔河地区第四纪火山初步报道,有关火山年代学与火山地质有待下一步的详细研究。

References

Bai ZD, Tian MZ, Wu FD, Xu DB and Li TJ. 2005. Yanshan and Gaoshan: Two active volcanoes of the Volcanic Cluster of Arshan, Inner Mongolian. Earthquake Research in China, 21:113 – 117 (in Chinese with English abstract)

Bardintzeff JM and McBirney AR. 2000. Volcanology. Jones and Bartlett Publishers, 76 – 81

Liu JQ. 1987. Study on geochronology of the Cenozoic volcanic rocks in northeast China. Acta Petrologica Sinca, (4): 21 – 31 (in Chinese with English abstract)

Liu JQ. 1988. The Cenozoic volcanic episodes in northeast China. Acta Petrologica Sinca, (1): 1 – 10 (in Chinese with English abstract)

Liu JQ. 1999. Volcanoes of China. Beijing: Science Press, 1 – 106 (in Chinese with English abstract)

Liu RX. 2000. Active Volcanoes of China. Beijing: Seismological Press, 1 – 93 (in Chinese with English abstract)

Schmincke HU. 2004. Volcanism. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 35 – 41,209 – 228

Tang J, Wang JJ, Chen XB, Zhao GZ and Zhan Y. 2005. Preliminary investigation for electric conductivity structure of the crust and upper mantle beneath the Aershan volcano area. Chinese J. Geophys., 48 (1):196 – 202 (in Chinese with English abstract)

Xu DB, Bai ZD, Zhang BL and Hong HJ. 2005. Characteristic and genetic mechanism of pyroclastic base-surge deposits of volcanic swarm in Longgang area, Jilin Province. Acta Sedimentologica Sinica, 23(1):60 – 66 (in Chinese with English abstract)

Yu FS and Cong LM. 2006. Trace element characteristics of Cenozoic basalts and their mantle xenoliths selected from Aershan area in Inner Mongolia, China. Journal of Mineralogy and Petrology, 26(1):29 – 34 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

白志达,田明中,武法东,徐德斌,李团结. 2005. 焰山、高山——内蒙古阿尔山火山群中的两座活火山. 中国地震,21(1): 113 – 117

刘嘉麒. 1987. 中国东北地区新生代火山岩的年代学研究. 岩石学报,(4): 21 – 31

刘嘉麒. 1988. 中国东北地区新生代火山幕. 岩石学报,(1): 1 – 10

刘嘉麒. 1999. 中国火山. 北京:科学出版社,1 – 106

刘若新. 2000. 中国的活火山. 北京: 地震出版社,1 – 93

汤吉,王继军,陈小斌,赵国泽,詹燕. 2005. 阿尔山火山区地壳上地幔电性结构初探. 地球物理学报, 48(1):196 – 202

徐德斌,白志达,张秉良,洪汉净. 2005. 吉林龙岗火山群火山碎屑基浪堆积特征与成因机理. 沉积学报, 23(1):60 – 66

于福生,丛立民. 2006. 内蒙古阿尔山地区新生代玄武岩及其幔源包体微量元素组成特征. 矿物岩石,26(1): 29 – 34