

文章编号: 1000-0550 (2005) 01-0060-07

# 吉林龙岗火山群火山碎屑基浪堆积特征与成因机理

徐德兵<sup>1</sup> 白志达<sup>1</sup> 张秉良<sup>2</sup> 洪汉净<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(中国地质大学 北京 100083)

<sup>2</sup>(中国地震局地质研究所 北京 100029)

**摘要** 吉林龙岗火山群火山碎屑基浪堆积是中国少数保存较好的、近代喷发的低平火山区之一。基于岩性、岩相与相序的识别与分析,火山碎屑基浪堆积序列由分选性和磨圆度较差的玄武质砂、砾和火山灰构成的毫米级—厘米级厚高频韵律有序叠置而成,堆积物中发育大量的块状层理、似丘状层理、低角度板状交错层理、槽泊层理、平行层理、冲蚀槽等堆积构造。横向上低平火山由内至外其碎屑粒度、堆积构造、厚度存在着一定规律变化,与易混淆的火山岩区地面流水沉积和火山碎屑流堆积物存在明显的差别。岩浆射汽喷发晚期往往伴随斯通博利式喷发和夏威夷式熔岩流,三者构成一个完整火山活动旋回。

**关键词** 低平火山 基浪堆积 成因机理 吉林龙岗

**第一作者简介** 徐德兵 男 1967 年出生 博士 副教授 火山—沉积地层、石油地质、区域地质调查

**中图分类号** P588.21<sup>+</sup>1 **文献标识码** A

火山碎屑基浪堆积代表的是一种重要火山作用方式——射汽岩浆喷发的产物,是由一种迅速扩张、低密度汽—固相密度流即基浪 (base-surge)<sup>[1]</sup> 所形成,广泛分布于我国雷琼半岛、吉林龙岗、内蒙古阿尔山等近现代玄武质火山喷发地区<sup>[2~4]</sup>,同时也见于燕山中生代中酸性破火山喷发盆地中。显然,对前者的研究无疑对火山喷发期次的划分、火山喷发成因类型的研究、火山岩地层的对比、火山机构与相模式的建立、火山喷发成因机理探讨、火山灾害预测与评估、旅游资源开发等有着积极意义<sup>[5~13]</sup>,对后者的研究则有利于古火山机构的恢复和火山碎屑地层划分与对比。由于该类火山喷发碎屑物结构构造、堆积特征易与地质历史时期火山碎屑岩区流水沉积物、火山碎屑流堆积物等相混肴。因此,有必要对该类堆积物特征与成因机理进行总结与探讨。

## 1 火山地质概况

龙岗火山群位于吉林省东部辉南县、靖宇县境内的龙岗山脉中段,在约 1700 km<sup>2</sup> 范围内分布有 100 多个大大小小玄武质岩浆爆破成因的火山渣锥、熔岩锥、溅落锥和射汽岩浆成因的低平火山口<sup>[2,3,5~11]</sup>。火山群主要座落在太古宙表壳岩和变质深成岩构成

的基底之上,为新近纪以来的火山活动,活动时限较长,最新喷发距今约 1500~1600 年,化学成分以单一粗面玄武岩为主<sup>[6,8,10]</sup>。

大地构造位置上龙岗火山群属华北地台北缘,位于北东向的敦化—密山断裂与图门江—鸭绿江断裂之间<sup>[2]</sup>,中生代之后进入板内活化发展阶段,新生代以来,由于太平洋板块向西俯冲,使吉林省东部发生板缘裂谷火山作用,形成一系列北东向、北西向和近东西断裂构造与断陷盆地,并引起强烈的火山活动,构成了雄伟壮观的龙岗火山群。

龙岗火山群火山碎屑基浪堆积物形成时代以往研究均划归为早更新世,系统野外调查发现,基浪堆积物的形成具有多期性,多数低平火山形成于晚更新世(另有文章详述),但大龙湾低平火山可能形成于全新世或至少在全新世时期曾有活动。在金川镇东,大龙湾基浪堆积物明显盖在金龙顶子晚期火山渣之上,金龙顶子晚期火山渣覆盖在金龙顶子早期火山渣之上,后者顶部已遭受长期风化并形成粘土层,并被金龙顶子晚期火山渣烘烤,粘土热释光年龄为 2000 aB. P.,金龙顶子晚期火山渣<sup>[4]</sup> C 年龄为 1600 aB. P. 左右。因此,大龙湾的最后活动时限应晚于金龙顶子晚期火山渣的时限。早更新世代表性

科技部十五攻关项目《吉林东部活动火山灾害预测研究》(编号 2001BA601B06-01)资助。  
中国地质大学(北京),正蓝旗食品牧场幅、白家营子幅、多伦县幅、黑山咀幅、大北沟幅等 1:5 万区域地质报告, 2000  
收稿日期: 2004-02-20; 收修改稿日期: 2004-08-31

低平火山有三角龙湾、四海龙湾、龙泉龙湾、大瓮圈、南龙湾、瓮圈、东龙湾、二龙湾等,全新世以大龙湾为代表(表 1、图 1)。就每一期火山喷发旋回而言,射汽岩浆喷发往往作为火山活动主体喷发,晚期可能伴有斯通博利式岩浆爆破式喷发或和夏威夷式熔岩流溢出,熔岩流的大量溢出,标志着火山活动接近尾声。

## 2 低平火山平面特征

根据低平火山口是否残留有火山口湖、低平火山是否存在熔岩流溢出口及后期是否有熔岩流流入等特征分析,吉林龙岗低平火山平面形态大致可划分三类:

第一类:以金川镇三角龙湾、四海中心参场四海

龙湾和龙泉镇龙泉龙湾为代表。其特征表现为平面上呈圆形—椭圆形,无溢出口,火山口内积水成火山口湖,火山沿最高点与周围的低洼地最低点的相对高差约有 50~100 m,与龙湾湖平面相对高差约 30~50 余米。火山口内侧大部分因射汽岩浆喷发、塌陷而保留不完整,局部地段出露有下伏基岩,未塌陷的地段基浪堆积层产状朝火山口内倾,倾角一般为 10°~45° 之间,至火山沿产状渐变水平,锥体外侧产状总体外倾,倾角由 0° 渐变过渡为 22° 不等,至锥脚低洼外岩层产状又趋于平缓。受地形的控制,在基浪堆积物前缘地带岩层产状与地形坡向相同,这种产状变化完全取决于基岩古地形和火山碎屑涌流爬升能力的大小,为较典型的凝灰环(Tuff ring)。

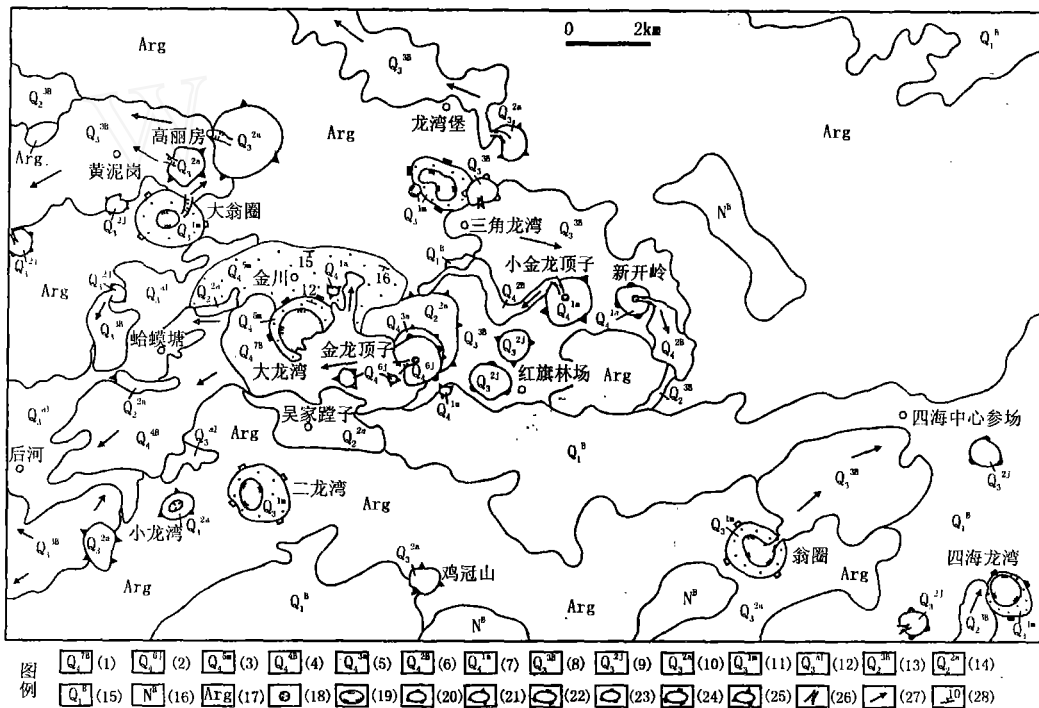


图 1 吉林省辉南县金龙顶子地区火山地质图

(1)全新世晚期熔岩流单元;(2)全新世晚期溅落堆积熔结集块岩;(3)全新世晚期射汽岩浆喷发物;(4)全新世中期熔岩流;(5)全新世中期降落火山渣;(6)全新世早期熔岩流;(7)全新世早期火山渣;(8)晚更新世熔岩流;(9)晚更新世溅落堆积熔结集块岩;(10)晚更新世火山渣;(11)晚更新世射汽岩浆喷发物;(12)晚更新世冲洪积物;(13)中更新世熔岩流;(14)中更新世降落火山渣;(15)早更新世台地玄武岩;(16)新近纪玄武岩;(17)太古宙花岗岩片麻岩;(18)火山口;(19)玛珥式火口;(20)溅落锥;(21)降落火山渣锥;(22)低平火山凝灰环;(23)熔岩锥;(24)射汽岩浆与岩浆喷发复合火山锥;(25)驮移锥;(26)岩浆溢出口;(27)岩流流向;(28)产状

Fig 1 Volcanic map of Jinlongdingzhi in the Huinan County, Jilin Province

(1) Lava flow unit of late Holocene; (2) Spattering welded agglomerate of late Holocene; (3) Phreatomagmatic ejecta of late Holocene; (4) Lava flow of middle Holocene; (5) Falling scoria of middle Holocene; (6) Lava flow of early Holocene; (7) Falling scoria of early Holocene; (8) Lava flow of late Pleistocene; (9) Spattering welded agglomerate of late Pleistocene; (10) Falling scoria of late Pleistocene; (11) Phreatomagmatic ejecta of late Pleistocene; (12) Alluvial and diluvial deposits of late Pleistocene; (13) Lava flow of middle Pleistocene; (14) Falling scoria of middle Pleistocene; (15) Platform basalts of early Pleistocene; (16) Basalts of Neogene; (17) Granitic gneiss of Archean; (18) Crater; (19) Maar Crater; (20) Spattering cone; (21) Falling scoria cone; (22) Maar tuff ring; (23) Lava cone; (24) Phreatomagmatic and magmatic compounding cone; (25) Dragged cone; (26) Magna outgate; (27) lava Direction; (28) Occurrence

表 1 吉林龙岗低平火山参数统计表  
Table 1 Statistic parameters of the maars in  
Longgang region, Jilin Province

低平火山	参数	火山直径 /km	火口湖 直径 /km	火口湖 最大水 深 /m	火口沿 相对高 度 /m	溢出口 有无	邻近制 高点 /m
龙泉龙湾	东西: 1.1 南北: 1.1	东西: 0.7 南北: 0.9		150	50	无	659
四海龙湾	东西: 0.95 南北: 0.95	东西: 0.75 南北: 0.7		50	100	无	902
三角龙湾	南东: 1.25 北东: 0.6	南东: 1.0 南北: 0.5		76	90	无	817
南龙湾	东西: 0.75 南北: 0.5	东西: 0.65 南北: 0.4		80	60	有	632
东龙湾	东西: 1.0 南北: 0.95	东西: 0.7 南北: 0.65		127	80	有	802
翁圈	东南: 1.5 北东: 1.2	东西: 0.2 南北: 0.2		2-3	100	有	978
大翁圈	东西: 1.7 南北: 1.4		0	干枯	50	有	615.3
二龙湾	东南: 1.0 北东: 0.75	东西: 0.5 南北: 0.75		50	60	有	826
大龙湾	东西: 1.5 南北: 1.5	东西: 1.0 南北: 1.0		85.6	80	无	732

第二类:以金川镇大翁圈、四海参场瓮圈、龙泉镇南龙湾、东龙湾等低平火山为代表,与第一类相比较不同之处在于低平火山存在一熔岩流溢出口,火山口很少能积水而形成玛珥式火口湖,即是有积水其水深较浅,一般为几米。熔岩流溢出口是晚期夏威夷式熔岩流溢出时肢解锥体所致,由此可见该类火山在喷发过程中火山作用方式有明显的转变,由射汽岩浆喷发转为岩浆型喷溢,火山形态上保留了典型的低平火山凝灰环的形态(火口沿相对高度 60~100 m),晚期叠加有火山降落渣锥或熔岩穹丘,是射汽岩浆和岩浆喷发复合作用的产物。

第三类:以金川镇大龙湾为代表,火口积水形成火口湖。火口湖东西长约 1100 m,南北宽约 900 m,水深 85.6 m,火口沿最高点相对高差约 80 m。与第一类相比较其东南缘被金龙顶子晚期熔岩流注入覆盖,火口沿不完整。堆积物的扩散距离约 3~4 km,在 2.5 km 以外火山碎屑涌流仍有很快的速度和爬升能力,可爬升约 150 m 的高山。

### 3 岩相单元与堆积序列

通过不同低平火山的不同部位观察,吉林龙岗低平火山共发育以下岩相单元:具正递变层理中细砾,薄层或透镜状,砾石为二辉橄榄岩、花岗片麻岩、玄武质火山渣、橄榄石及辉石巨晶等碎屑构成,大小一般为 0.2~30 cm 不等,未固结,碎屑颗粒呈次圆状—次棱角状,分选较差,凝灰质充填,底面总体上平直,局部见有明显的冲蚀槽(图 2);具块状层理厚层块状含砾中粗粒火山砂,固结程度较好,碎屑颗粒大小混杂,磨圆度较差;发育低角度板状交错层理中粗粒—中细粒砂,固结程度较好,分选中等,次棱角状;发育丘状层理中粗粒—中细粒砂,固结程度较好,分选中等,次棱角状;发育槽泊层理(图 3)中粗粒—中细粒砂,固结程度较好,分选中等,次棱角状;灰色、灰绿色薄层发育平行层理细粒火山砂,分选较好,次棱角状—次圆状;灰色、灰黄色薄层火山灰,固结程度相对较好,发育平行层理;灰色、深灰色具递变层理细砾级—中粗砂级火山渣,略显层理,疏松,分选较差,次棱角状。

不同岩相单元有序叠加构成低平火山的堆积序列。堆积序列相对较复杂,旋回性明显,总体上以射汽岩浆喷发物为主,晚期夹有少量的岩浆喷发火山渣。如龙泉镇龙泉龙湾低平火山至少表现为两次射汽岩浆喷发,第一次喷发至少可划分出 3 个旋回和多个低级别的小旋回,每个旋回或小旋回中组成的韵律十分明显,每个韵律均由两部分组成:(1)下部单元为粗碎屑物质,厚度薄,一般为 10~20 cm,由二辉橄榄岩、花岗片麻岩、玄武质火山渣、橄榄石及辉石巨晶等碎屑构成,碎屑颗粒呈次圆状—次棱角状,分选差,凝灰质充填,横向上部分延伸不稳定呈透镜状,底面总体上平直,局部见有明显的冲蚀槽。(2)上部单元为细碎屑物质,厚度极薄,为毫米—厘米级,延伸稳定,多由火山灰级凝灰物组成,偶含粗碎屑砾,与下伏粗碎屑物堆积分界线截然。多个韵律在垂向上有序叠加构成每个旋回或小旋回堆积序列,具体表现为每个旋回或小旋回下部以粗碎屑层占主体,夹少量细碎屑层,平行层理及低角度斜层理发育,上部或以粗碎屑层与细碎屑为主,或以细碎屑层为主夹少量粗碎屑透镜体,发育低角度斜层理、丘状层理、槽泊层理。3 个旋回和 5 个小旋回在垂向又有序叠加构成早期喷发总相序,即上下部旋回中小旋回较发育,中部旋回小旋回不发育。第二次喷发可划分出 2 个旋回,下部

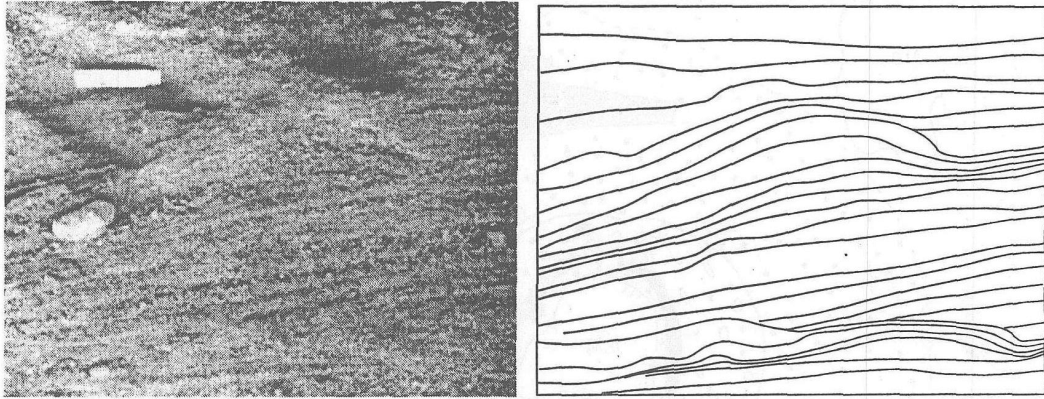


图 2 冲蚀槽构造 (龙泉龙湾)

Fig 2 Scouring trough structure in base-surge deposits in the northern side of the Longqian tuff ring

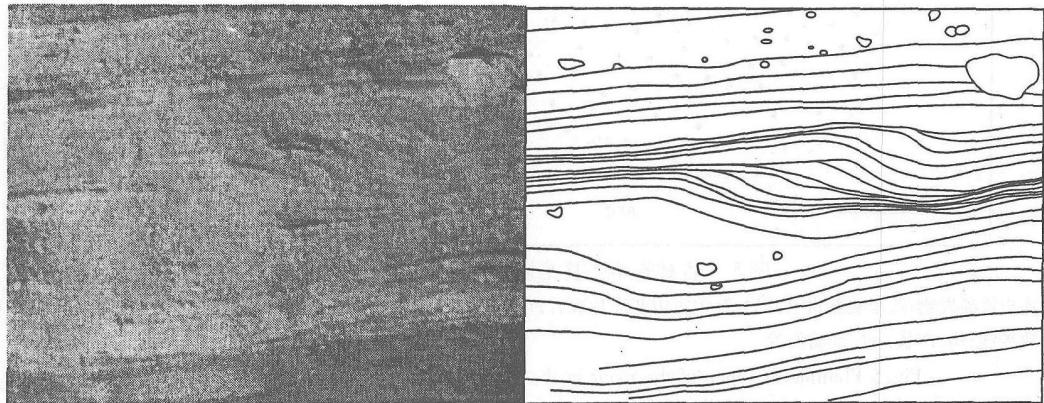


图 3 槽泊层理构造图 (龙泉龙湾)

Fig 3 Chute and pool structure in base-surge deposits in the northern side of the Longqian tuff ring Flow direction from left to right

旋回以射汽喷发为主,主要由上述韵律上部单元细碎屑层构成,发育平行层理及槽泊层理,与下伏第一次喷发呈明显的交切关系(图 4);上部旋回下部以岩浆喷发的灰色、灰黑色火山渣为主,发育递变层理,而上部为以射汽喷发细碎屑层为主,发育平行层理。

#### 4 横向变化及堆积相模式

低平火山地形上表现为不对称的正态曲线形式,火山口内壁相对较陡,火口沿外侧的外沿坡由陡渐缓,直至快速过渡为低洼的平地。同样地,堆积物的产状、厚度、颗粒大小、堆积构造变化也存在同样的变化规律(图 5、图 6)。(1)产状:火山口内壁岩层倾向火山口,倾角相对较陡,一般为  $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$  之间,火山沿岩层产状较平缓,火山沿外沿坡岩层向外倾斜,倾角较缓,多为  $0 \sim 20^{\circ}$  之间,低洼平地产状较平缓,近于水平,前缘因受古地形影响产状随地形变化而变化;(2)堆积物厚度:火山口内壁地层厚度较薄,一般不超过 5m,局部地段甚至无堆积物,直接出露下伏的

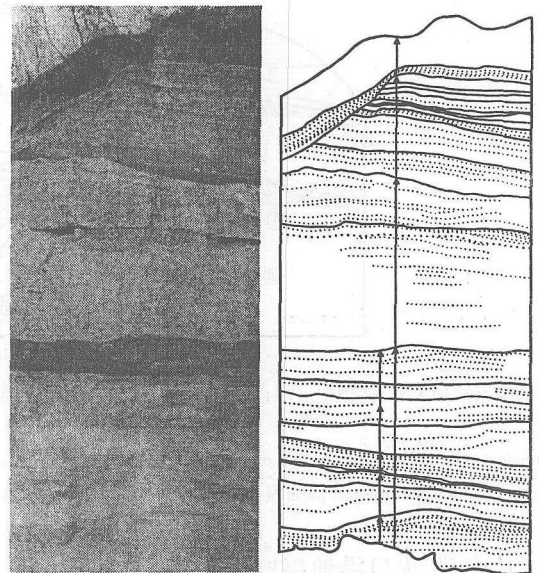


图 4 龙泉龙湾岩浆射汽喷发垂直相序

Fig 4 Vertical sequence of phreatomagmatic eruption of the Longqian maar

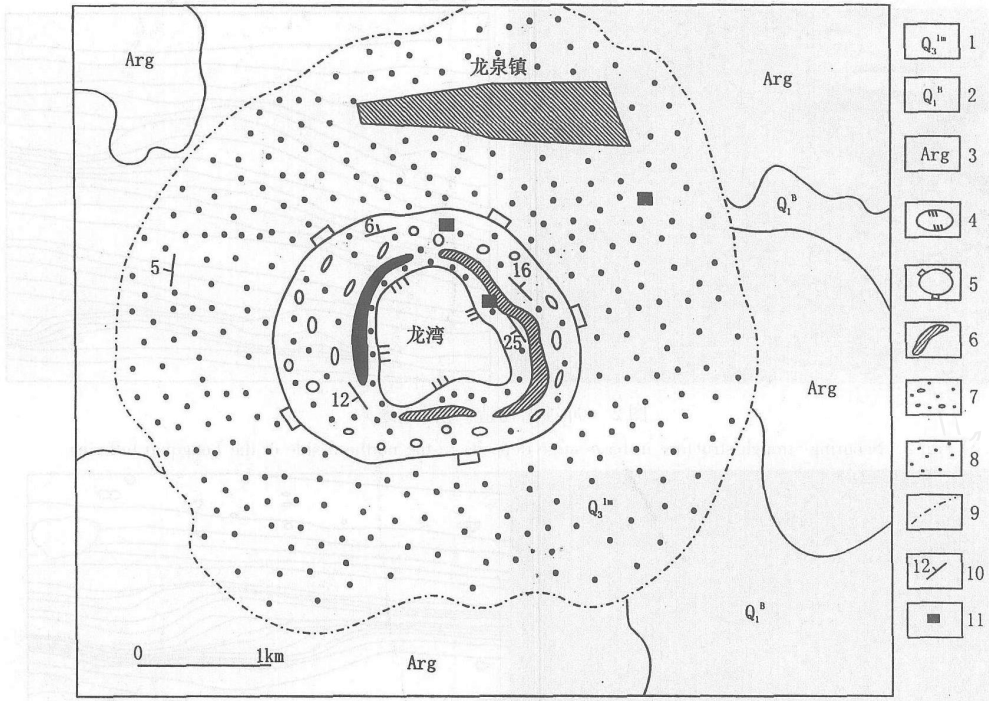


图 5 吉林省靖宇县龙泉龙湾玛珥式火山平面图

1. 晚更新世射式岩浆喷发物; 2 早更新世玄武岩; 3. 太古宙花岗片麻岩; 4. 玛珥式火口; 5. 低平火山锥; 6. 火山沿; 7. 火山砂砾石; 8. 火山砂; 9. 射式岩浆喷发物大致界线; 10. 产状; 11. 剖面位置

Fig 5 Planimetric map of the maar in the Longqian of Jinyu County, Jiling Province

1. Phreatomagmatic ejecta of Late Pleistocene; 2 Basalts of early Pleistocene; 3. Granitic gneiss of Archean; 4. Crater of maar; 5. Scoria cone of maar; 6. Volcanic ridge; 7. Volcanic sand and lapillus; 8. Volcanic sand; 9. Approximate boundary of phreatomagmatic ejecta; 10. Occurrence; 11. Location of section

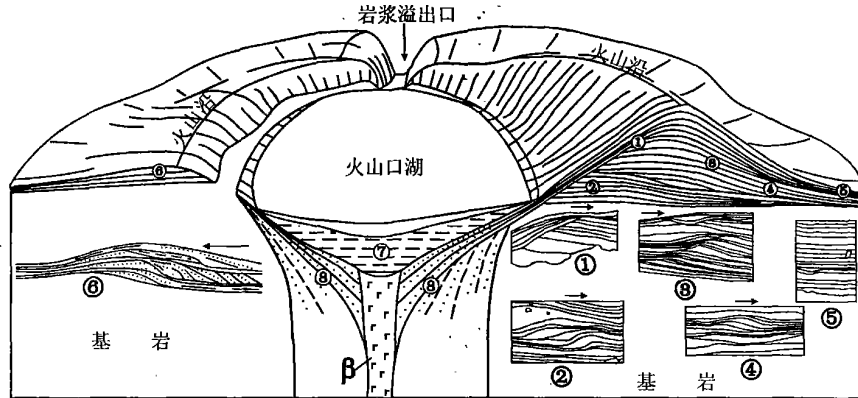


图 6 低平火山基浪堆积相模式图

脉动喷发交切关系; 槽泊层理; 似丘状层理与冲蚀槽; 爬升层理; 冲蚀槽与平行层理; 槽泊层理; 湖相泥; 火山砂砾石; 火山颈玄武岩

Fig 6 Facies model of pynoclastic base-surge deposits in maar

Intersect relationship of pulsating eruption; Chute and pool structure; Dune like structure and scouring trough structure; Climbing structure; scouring trough structure and parallel structure; Chute and pool structure; Lacustrine mud; Sand and lapillus; - Volcanic neck basalt

花岗片麻岩,火口沿地层厚度最大,如龙泉龙湾一采砂坑可视厚度达 21 m。火山沿外侧外沿坡厚度介于火口沿与低洼平地厚度之间,而低洼平地岩层厚度较薄,一般为几十厘米,直至尖灭;(3)碎屑物颗粒大小:火山口内壁、火口沿及外沿坡靠火口沿一侧总体

以粗碎屑堆积为主,夹少量细碎屑堆积,向外至低洼平地过渡为以细碎屑堆积为主;(4)堆积构造:火山口内壁、火山沿以发育似平行层理、低角度斜层理、槽泊层理为主,局部见有冲蚀槽,火山沿外侧的外沿坡主要发育丘状交错层理、低角度斜层理及冲蚀槽,低

洼平地发育平行层理, 偶见冲蚀槽, 底面平直。

## 5 成因机理探讨

吉林龙岗火山群位于吉林省东部, 直接坐落在太古界花岗质片麻岩结晶基底之上。早更新至近代吉林省龙岗地区为中低山区, 气候温暖潮湿为主, 无冰川活动痕迹; 太古界花岗质片麻岩基底又较致密, 孔隙度与渗透率较低, 基本上为非渗透层和非含水层。由此, 可推断吉林龙岗射汽岩浆喷发形成所需的水源可能来源于近地表的断裂系统。因太平洋板块向西俯冲引发板缘裂谷火山作用, 幔源部分熔隔玄武质岩浆沿深大断裂上升至地表附近与断裂带中地下水发生相互作用而爆炸, 形成基浪堆积物和低平火山。与此同时, 低平火山形成晚期因火山喷发而卸载, 压力降低, 岩浆通道被打开, 断裂带水体被耗尽或被分隔, 晚期岩浆以斯通博利式火山喷发形式的玄武质溅落渣、火山碎屑渣叠加在基浪堆积物之上或冲破低平火山沿溢出口呈夏威夷式溢出形成的熔岩流 (图 6)。

## 6 讨论与结语

射汽岩浆喷发是一种快速扩张、汽—固相低密度流—基浪, 是地下炽热岩浆在上升到地表过程中与表层水体相互作用而成, 其堆积物与堆积序列既有别于火山碎屑岩区的地面流水沉积物, 又有别于火山碎屑流形成的堆积物。

(1) 射汽岩浆喷发与火山碎屑流均为密度流, 流动能量较高, 堆积物分布往往不受地形控制, 流动单元易越过沟谷谷坡两侧, 谷坡与谷底堆积厚度相似; 火山碎屑岩区的地面流水流动能量较少, 沉积物仅分布于沟谷内, 向谷坡两侧趋于尖灭。

(2) 基浪堆积物主要物源为岩浆喷发, 少量来源于下伏基岩, 常见深源包体如二辉橄榄岩、橄榄石及辉石巨晶, 后期时常叠有空降的火山渣或火山灰, 碎屑颗粒多呈次圆状——次棱角, 分选中等—较差; 火山碎屑岩区的地面流水沉积物是先形成的火山碎屑物经水动力改造后再沉积下来的, 碎屑颗粒以次圆状为主, 分选中等—较好; 火山碎屑流堆积物主要源于岩浆喷发形成喷发柱崩塌而成, 后期时常叠有空降火山渣或火山灰, 碎屑颗粒多呈塑变特征, 分选较差—差。

(3) 基浪堆积物无论是粗碎屑还是细碎屑均由高频韵律构成, 单层厚度较薄, 毫米级—厘米级常见, 很少超过 1m; 地面流水沉积物与火山碎屑流堆积物韵律单层厚度较大, 一般为几十厘米, 甚至达几米。

(4) 基浪堆积物因高能量冲击波作用底界面一般为较平直的剪切面, 局部见有冲蚀凹槽, 堆积物内部发育大量的平行层理、低角度交错层理、丘状交错层理、槽泊层理、正、逆递变层理、块状层理; 火山岩区地面流水沉积物底界面为凹凸不平的冲刷面, 沉积物内部发育水平层理、平行层理、槽状交错层理、板状交错层理、递变层理、块状层理; 火山碎屑流堆积物底界面较平直, 内部除递变层理、块状层理、假流纹构造发育外其它层理构造不发育。

(5) 基浪堆积物平面上大致呈同心圆状分布, 火山沿及内斜坡碎屑颗粒相对较粗, 火山沿外斜坡及以外碎屑颗粒大小依次递减, 地层厚度以火山沿处最大, 火山沿内外两侧依次降低; 火山碎屑岩区的地面流水沉积物分布于火山口内或凝灰环和凝灰锥外低洼处, 呈条带状分布, 碎屑颗粒靠物源区较粗、远离物源区较细。

(6) 吉林龙岗射汽岩浆喷发是由于幔源部分熔融玄武质岩浆沿深大断裂上升至地表附近与断裂带中地下水发生相互作用爆炸而形成基浪堆积物。在低平火山形成晚期伴有斯通博利式火山喷发的玄武质溅落渣或火山碎屑渣和夏威夷式火山活动形成的熔岩流。

### 参考文献 (References)

- 1 Stuart W Bull and Cas R A F. Distinguishing base-surge deposits and volcanoclastic fluvial sediments: an ancient example from the Lower Devonian Snowy River Volcanics, South-eastern Australia. *Sedimentology*, 2000, 47: 87 ~ 98
- 2 刘祥, 向天元. 中国东北地区新生代火山和火山碎屑堆积物资源与灾害. 长春: 吉林大学出版社, 1997. 83 ~ 105 [Liu Xiang, Xiang Tianyuan. Cenozoic Volcanoes and Pyroclastic Deposits in Northeastern China Resources and Hazards. Changchun: Jilin University Publishing House, 1997. 83 ~ 105]
- 3 刘祥, 王锡魁. 吉林省辉南县大龙湾火山基浪 (base-surge) 堆积物的发现. *地质论评*, 1987, 33 (6): 577 ~ 582 [Liu Xiang, Wang Xikui. Discovery of base-surge deposits in the Dabangwan of Huinan County, Jilin Province. *Geological Review*, 1987, 33 (6): 577 ~ 582]
- 4 孙谦, 樊祺诚, 魏海泉, 等. 琼北地区晚更新世射汽岩浆喷发初步研究. *地震地质*, 2003, 25 (2): 289 ~ 297 [Sun Qian, Fan Qicheng, Wei Haiquan, et al. Preliminary studies on phreatomagmatic eruption of late Pleistocene, in the north of Hainan island. *Earthquake Geology*, 2003, 25 (2): 289 ~ 297]
- 5 王彦生, 靳克. 吉林省新生代龙岗火山群期次划分及火山喷发类型特点. *地质论评*, 1999, 45 (增刊): 332 ~ 338 [Wan Yanshen, Jin Ke. Division of issue and types of volcanic eruption in the Longgang volcanic swam of Cenozoic, Jilin Province. *Geologic Review*, 1999, 45 (Suppl): 332 ~ 338]

- 6 樊祺诚,隋建立,刘若新,等. 吉林龙岗第四纪火山活动分期. 岩石学报, 2002, 18(4): 495~500 [Fan Qicheng, Sui Jianli, Liu Ruoxin, *et al* Periods of Quaternary volcanic activity in Longgang area, Jilin province. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(4): 495~500]
- 7 刘祥. 当代火山喷发碎屑堆积物的研究进展及其主要类型. 世界地质, 1996, 15(1): 1~6 [Liu Xiang, Progress of study on contemporary pyroclastic cumulus deposits and main types. *World Geology*, 1996, 15(1): 1~6]
- 8 隋建立,樊祺诚,曹杰. 龙岗火山喷发特征与火山岩岩石化学初步研究. 地质论评, 1999, 45(增刊): 319~324 [Sui Jianli, Fan Qicheng, Cao Jie Preliminary studies on volcanic eruptive characteristics and petrochemistry of volcanics in the Longgang area. *Geologic Review*, 1999, 45(Suppl): 319~324]
- 9 魏海泉,刘若新,樊祺诚,等. 龙岗火山群单成因火山作用. 地质论评, 1999, 45(增刊): 325~331 [Wei Haiquan, Liu Ruoxin, Fan Qicheng, *et al* Single-volcanism of volcanic swam in the Longgang area. *Geological Review*, 1999, 45(Suppl): 325~331]
- 10 樊祺诚,刘若新,魏海泉,等. 龙岗金垅顶子近代活动火山的岩石学与地球化学. 岩石学报, 1999, 15(4): 584~589 [Fan Qicheng, Liu Ruoxin, Wei Haiquan, *et al* The petrology and geochemistry of Jinlongdingzi modern active volcano in Longgang area. *Acta Petrologica Sinica*, 1999, 15(4): 584~589]
- 11 刘祥,张成梁. 龙岗火山群四海火山渣层——来自金龙顶子火山亚普林尼式火山爆发. 吉林地质, 1997, 16(3总 63): 1~8, 26 [Liu Xiang, Zhang Chengliang Sihai basaltic scoria deposits in the Longgang volcanic swam belong to the sub-Plinian eruption of Jjinlongdingzi volcano. *Jilin Geology*, 1997, 16(3): 1~6, 26]
- 12 刘尔义. 吉林省龙岗火山群地质构造特征研究. 中国区域地质, 1990, 2总 33: 157~165 [Liu Eryi Study on characteristics of geologic structure in the Longgang volcanic swam, Jilin Province. *Chinese Regional Geology*, 1990, 2(Gross 33): 157~165]
- 13 马也驰. 吉林省龙岗火山群旅游地质资源开发利用的初步探讨. 吉林地质科技情报, 1987, 11总 49: 26~29, 20 [Ma Yechi Preliminary approach to development and utilization of tour geologic resource in the Longgang volcanic swam, Jilin Province. *Geologic Scientific and Technical Information*, 1987, 11(Gross 49): 26~29, 20]

## Characteristic and Genetic Mechanism of Pyroclastic Base-Surge Deposits of Volcanic Swam in Longgang Area, Jilin Province

XU De-bin<sup>1</sup> BAI Zhi-da<sup>1</sup> ZHANG Bing-lian<sup>1</sup> HONG Han-jing<sup>2</sup>

1(China University of Geosciences, Beijing 100083)

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

**Abstract** Pyroclastic base-surge deposits of volcanic cluster in the Longgang region of Jilin Province is one of the few neoteric maar deposits which are preserved in good condition in China. Based on the lithological characters, lithofacies and sequences, pyroclastic base-surge sequence consists of millimeter-scale to centimeter-scale frequent cyclothem that constitute a regularly vertical stacking pattern, which is made of sub-edge angle and worse graded basaltic sand, lapillus and tuff ash. Mass bedding, dune-like structure, low angle cross-bedding, chute and pool structure, parallel bedding and scouring through are widely developed in base-surge deposits. Pyroclastic granularity, deposit structures and thickness are developed with a regularly transverse disciplinary from inner to external of maar. The characteristic of pyroclastic ejecta is more different with ignimbrite and alluvial and/or diluvial deposits from volcanic cone. Bits of strombolian-type scoria and Hawaii-type effusive lava may accompany lately after Phreatomagmatic eruption, they constitute a eruptive activity cycle in its entirety.

**Key words** maar, base-surge deposits, genetic mechanism, Longgang area in Jilin Province