

广西涠洲岛南湾火山喷发特征

孙 谦¹, 樊祺诚¹, 龙安明², 尹克坚²

1. 中国地震局地质研究所, 北京 100029

2. 广西地震局, 广西南宁 530022

摘要: 涠洲岛是北部湾内的一座火山岛, 火山熔岩构筑了该岛的基底, 岛南端的南湾火山喷发物形成了涠洲岛现代火山地貌。南湾火山喷发以岩浆喷发和射气岩浆喷发交替进行为特征, 火山碎屑岩和基浪堆积物向岛北延伸, 覆盖了大半个涠洲岛。选取了鳄鱼嘴和猪仔岛 2 个典型剖面, 对南湾火山喷发活动进行详细的观察和描述, 发现了诸如爬升层理、大型低角度交错层理和板状层理等射气岩浆喷发成因的基浪堆积物中特有的构造, 并且观察到射气岩浆作用的指相物质——增生火山砾。所有这些现象都反映了南湾火山是射气与岩浆交替喷发成因的复合火山, 其中射气岩浆喷发占据重要地位, 而喷发中心位于南湾海中。

关键词: 涠洲岛; 南湾火山; 射气岩浆喷发; 基浪堆积物; 复合火山。

中图分类号: P588.1

文章编号: 1000-2383(2006)01-0066-05

收稿日期: 2005-12-03

Nanwan Volcano Eruption Features on Weizhou Island, Guangxi

SUN Qian¹, FAN Qi-cheng¹, LONG An-ming², YIN Ke-jian²

1. Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China

2. Guangxi Seismological Bureau, Nanning 530022, China

Abstract: Weizhou island is a volcanic island, which is located in Beibu Bay. The base of Weizhou island is constituted by lava. The Nanwan volcano effusive mass forms modern volcanic physiognomy of Weizhou island. Pycroclastics and base surge extend to the north island, covering more than half of the island. Eyuzui and Zhuzidao are two typical sections, which are selected in order to observe and describe the volcanic activity of Nanwan volcano in detail. Special structures were found that belong to the base surge, including large-scale and low-angle cross-bedding, slaty-bedding, climb-bedding, and distal facies accretionary lapilli. These structures prove that Nanwan volcano is a multiplex volcano caused by alternation of magma eruption and phreatomagmatic eruption. Phreatomagmatic eruption plays an important role in the formation of Nanwan volcano. The eruptive center is located in the Nanwan sea.

Key words: Weizhou island; Nanwan volcano; phreatomagmatic eruption; base surge; multiplex volcano.

0 引言

涠洲岛位于北海市正南面 21 海里 (1 海里 = 1 852 m) 的海面上, 总面积 24.74 km², 相当于澳门岛的面积。早期的溢流式玄武岩构筑了涠洲岛的基座, 岛南端的南湾火山射气岩浆喷发物向北延伸, 覆盖了大半个涠洲岛, 所以涠洲岛堪称我国“第一火山岛”。涠洲岛东南方向 9 海里的海面上屹立着一座面

积不足其 1/10 (1.89 km²) 的小岛——斜阳岛, 也全部由火山喷发物构成。它们构成北部湾内一对姊妹火山岛, 岛上的火山地貌及火山喷发特征保存完好。

火山口位于南湾海中, 火山碎屑岩和基浪堆积物分布十分广泛, 可见岩浆喷发和射气岩浆喷发是交替进行的, 岛北的潮间带出露早期基底玄武岩 (图 1)。

21°30'N 的纬线穿过涠洲岛的中部, 该岛地处南亚热带, 气候温暖, 阳光充足, 风光秀丽, 环境优美,

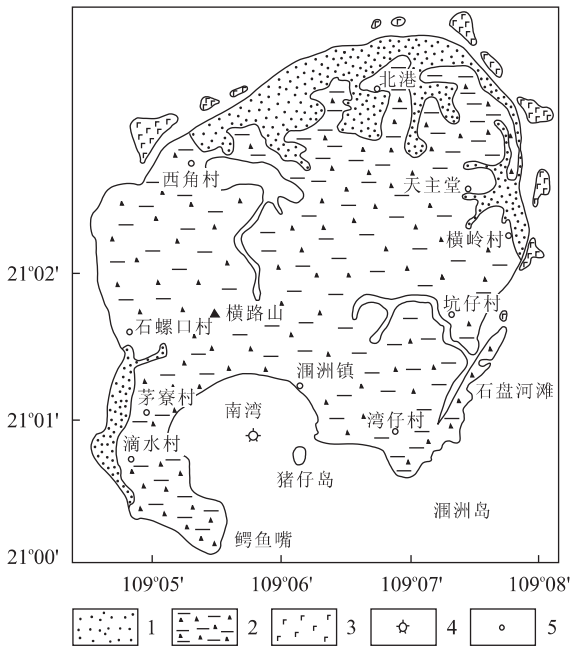


图 1 涠洲岛地质简图

Fig. 1 Sketch geological map of Weizhou island

1. 含生物碎屑中一细砂及海滩岩; 2. 火山碎屑岩及基浪堆积; 3. 球状风化玄武岩; 4. 火山口; 5. 城镇

1995 年已被列为省级旅游度假区, 是旅游和休闲度假的理想之地。南湾火山口巨大的射气岩浆喷发造就了独特的火山地貌景观, 以及周边海域的海底地貌和生物景观, 使游人在欣赏大自然巧夺天工的神韵之余还增长了火山知识。

20 世纪 80 年代以来, 许多学者对涠洲岛南湾火山口地质特征及岩石学等方面进行了初步研究(刘传章, 1986; 黎希明和刘传章, 1991; 卢进林, 1991, 1993; 杜远生, 2005)。本文在前人研究基础上, 重点对南湾火山口的射气岩浆与岩浆交替喷发进行探讨, 选取典型剖面初步研究其喷发的地质特征和动力学机制。

1 南湾火山口的喷发特征

南湾火山口位于涠洲岛的南端, 为一近圆形的火山口, 规模较大, 直径约 2 km, 火山口南面被海浪冲蚀殆尽, 形成现今的半环状港湾——南湾。在火口垣的东、北、西三面均是呈近乎直立的陡崖, 由射气岩浆喷发成因的基浪堆积物和岩浆喷发成因的火山角砾、岩块和火山弹等组成, 海拔标高约 20~70 m。

从火山喷发物出露特征看, 南湾火山口是一座

巨型射气与岩浆交替喷发成因的复合火山口, 它奠定了涠洲岛现代地貌与地质的基本特征。所谓射气岩浆喷发 (phreatomagmatic eruption), 是指当火山活动时, 炽热的岩浆在上升过程中如遇到水 (主要是含水沉积物中的水体) 会立即发生爆炸, 产生巨大的向上冲击力, 造成上覆地层的挠曲、破裂、坍塌等一系列过程, 形成大小不等的近似圆形的低平火山口 (maar) 及基浪堆积物 (base surge)。在此过程中, 岩浆和水共同扮演重要的角色。在涠洲岛, 由于海浪冲刷和陆地抬升, 鳄鱼嘴南端和猪仔岛陡崖剖面 (图 2) 成为观测南湾火山射气岩浆喷发活动的最佳场所。

鳄鱼嘴位于涠洲岛的西南端, 由于其尖端像鳄鱼的嘴巴一样伸入北部湾海面, 因此而得名。在鳄鱼嘴的最南端, 由于长期的海蚀作用, 形成近乎垂直的海蚀陡崖, 剖面出露完整, 主要由基浪堆积物与火山角砾、集块岩和火山弹等互层产出。现将鳄鱼嘴最南端陡崖的剖面自下而上简要描述如下:

第⑤层: 中厚层灰黑色火山角砾和集块岩, 顶部见薄层褐黄色凝灰质砂组成的基浪堆积物, 厚约 6 m。

第④层: 中厚层灰黑色火山角砾、火山集块岩及火山弹, 其间夹薄层褐黄色凝灰质砂组成的基浪堆积物, 构成 3 个韵律层, 厚约 14 m。

第③层: 下部为火山角砾、火山集块岩及火山弹等, 上部为中厚层褐黄色凝灰质砂组成的基浪堆积物, 厚约 8 m。

第②层: 灰黑色火山角砾和集块岩夹薄层凝灰质砂组成的基浪堆积物, 厚约 4 m。

第①层: 下部为火山角砾、火山集块岩及火山弹等, 上部为凝灰质砂组成的基浪堆积物, 厚约 8 m。

底部为强熔结的火山角砾、集块岩、火山弹、薄层熔岩流构成的海蚀平台。

鳄鱼嘴剖面清晰地展示了射气岩浆喷发的特点, 为南湾火山口是由射气岩浆喷发成因的结论提供有力的证据。在鳄鱼嘴悬崖处可见基浪堆积层朝南湾海中倾斜, 射气成因基浪堆积物沿火口内壁向外爬升, 其迎流面坡度陡, 而背流面较为平缓, 清楚地显示由迎流面向背流面坡度变化的明显转折端 (爬升层理)。当基浪堆积物爬升到一定高度 (鳄鱼嘴上部) 地层趋于平缓, 这是射气喷发的典型特征, 藉此可以确定南湾火山口的中心就位于南湾海中。这种现象在琼北杨花村、吉林龙岗的龙湾等地的射气岩浆喷发成因的基浪堆积物中也有发现 (刘祥和向天元, 1997; 孙谦等, 2003), 区别于通常的水下沉积, 不是所谓的沉凝灰岩。

猪仔岛位于鳄鱼嘴北东约 60° 方向的南湾海

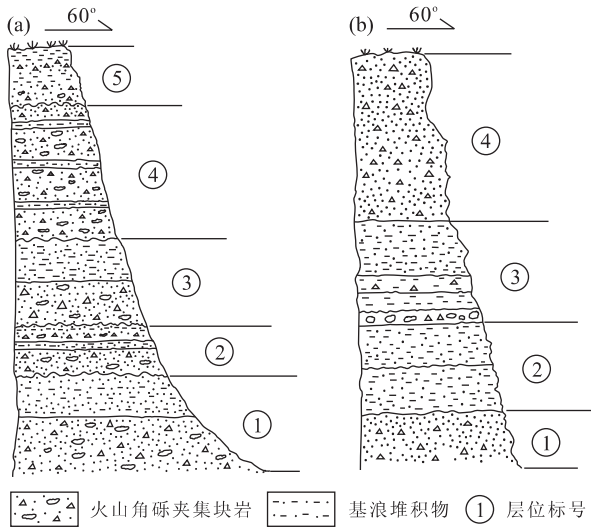


图 2 鳄鱼嘴南端(a)和猪仔岛(b)喷发物堆积剖面

Fig. 2 Profile of volcanic eruption in the south of Eyuzui and Zhuzidao

中,地理坐标为:21°01'11"N,109°06'35"E,从侧面看去像一只憨态可掬的猪仔伏卧于海面之上,因此而得名.猪仔岛剖面与鳄鱼嘴剖面具有相似性,但厚度略小,剖面自下而上为:

第④层:由中厚层灰黑色火山角砾、集块岩等组成,夹有少量基浪堆积物,顶部略有风化,厚约 16 m.

第③层:主要由中薄层褐黄色凝灰质砂组成的基浪堆积物构成,下部存在少量火山弹和火山角砾,角砾大小不一,其中大者直径可达 50 cm 左右,厚约 9 m.

第②层:由中厚层褐黄色凝灰质砂组成的基浪堆积物构成,粒度自下而上逐渐变细,成层性好,具水平层理,厚约 8 m.

第①层:主要由灰黑色强熔结的火山角砾、集块岩等组成,底部是薄层熔岩流构成的海蚀平台,厚约 5 m,未见底.

2 射气岩浆喷发基浪堆积

南湾火山射气岩浆喷发形成巨厚基浪和火山碎屑混合堆积,其东、北、西三面构成几十米高的半环状围墙,由凝灰质砂以厘米级薄层叠置而成壮观的基浪堆积,反映火山脉动式射气喷发成因的特点.基浪堆积由南湾火山口向外延伸,由南向北厚度逐渐变薄.在后背塘村北东,靠近北港公路边,距北海岸约 200 m 处,点位 21°04'06"N,109°07'22"E 处见风化红土层之下出露基浪堆积物,其上风化碎屑层的厚度约 1.5 m,下部未见底,这一现象反映出射气成因的基浪堆积物已经从南湾火山口向北延伸至岛北,覆盖了涠洲岛的大部分地区.实地考察发现,南

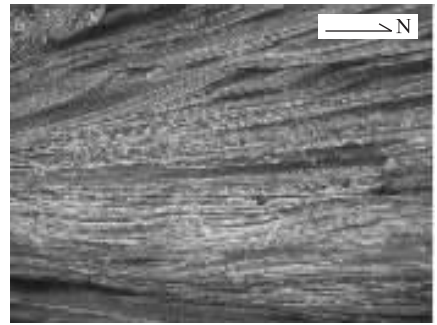


图 3 基浪堆积物中的交错层理和波状层理

Fig. 3 Cross-bedding and slaty-bedding within base surge



图 4 基浪堆积物中的增生火山砾

Fig. 4 Accretionary lapilli within base surge

湾火山基浪堆积物中保留了许多射气成因基浪堆积物所特有的构造和产物.除了爬升层理外,还具有大型低角度板状层理和交错层理、波状层理等构造,明显具有纹层结构,纹层的峰顶是向基浪的下游方向迁移的,这种现象在滴水丹屏基浪堆积剖面中可以清晰看到(图 3).其成因机制是由于基浪流本身是湍流,也称之为“火山碎屑密度流”,随着能量减弱逐渐衰减成普通的沉积重力流(Fisher, 1990).火山灰级颗粒和一定量级的增生火山砾夹在湍流中以悬浮形式被运移,这种运移同时也依赖于剪应力和沉积速率的平衡,最终在牵引流的作用下以基底载荷的形式被搬运(Dellino and La Volpe, 2000),而堆积下来的基浪堆积物便具有了上述构造.这类特征性构造在琼北、吉林龙岗火山区出露的射气成因基浪堆积物中也有报道(刘祥和向天元,1997;孙谦等,2003).

此外,在鳄鱼嘴公园的航标灯塔西侧和茅寮村基浪堆积物中都发现射气岩浆作用的指相物质——增生火山砾(accretionary lapilli)(图 4),照片中的球粒状颗粒代表了近源相和远源相基浪堆积成因的增生火山砾.其成因机制是岩浆遇水时蒸汽爆炸炸出的细小碎屑物在涌浪的推动下向远离火山口的方

向运动,在此期间碎屑物表面粘结了细粒火山灰和尘土等,并在滚动过程中形成圆形的圈层.离火山口越远,滚动距离越长,圈层越多,增生火山砾也就越大(孙谦等,2003).

南湾火山口垣基浪堆积中的大型低角度交错层理、板状层理和波状层理以及特有的球粒状增生火山砾,以及前已述及的鳄鱼嘴南端陡崖剖面中发现的基浪堆积朝向、爬升层理及转折,这些事实说明南湾火山是射气与岩浆交替喷发成因,其中射气岩浆喷发占据重要地位,其喷发中心就在南湾海中.

3 岩浆爆破喷发物

岩浆爆破喷发形成的喷发物主要包括各种大小不一的火山凝灰岩、角砾岩、集块岩、火山弹、火山渣等,还有少量熔岩流,鳄鱼嘴和猪仔岛的海蚀平台即由上述岩浆爆破喷发产物处于半塑性状态强熔结而成.

火山弹大者长达 60 cm 以上,有纺锤状、梨状、牛角状等,弹体内部气孔常具环带构造,外环致密,表面可见龟裂纹.火山碎屑大小悬殊,从凝灰级到集块级,最大者可达 1 m 以上,以棱角状居多,主要是玄武质成分,少量壳源岩石.火山渣外形不规则,呈黑色蜂窝状或类似面包渣.

由射气岩浆和岩浆交替喷发形成的南湾火山,由于以凝灰质砂为主的基浪堆积物与岩浆产物强度不同,在海浪作用下,造就了特有的海蚀火山地貌(如海蚀崖、海蚀平台等),形成形态各异、栩栩如生的海蚀地貌(如狮子观海、海蚀桥、海蚀洞、海蚀蘑菇、海上罗马宫殿等),成为岛上的旅游景点.

射气岩浆和岩浆交替喷发形成的杰作是“V”字形冲击凹坑.这一现象在岛西的军队靶场西侧出露最为典型,笔者在点位 $21^{\circ}01'21''\text{N}$ 、 $109^{\circ}05'32''\text{E}$ 处连续观察,测量“V”字型凹坑的振幅与波长,可以将其近似地看作正弦曲线(图 5),并且在同一层面上连续分布,镶嵌在陡壁之中,颇为奇特.观察得知,有的凹坑是巨大岩块砸压所致,而有的则是火山碎屑物覆盖其上所致.实测的岩块粒径分别为 $80\text{ cm}\times 90\text{ cm}$ 和 $70\text{ cm}\times 80\text{ cm}$.由岩浆爆发抛射到空中的火山角砾、岩块、火山弹等坠落在尚未固结或半固结的基浪堆积物上(可能是有水的浅滩或湿地),由此形成了这类“V”字形凹坑.同时也指示该处为近火山口相.



图 5 军队靶场西侧基浪堆积及 V 形凹坑

Fig. 5 Base-surge and V-shape pit in the west of the army shooting range

4 初步认识

(1)南湾火山口直径约 2 km,由射气岩浆喷发成因的基浪堆积物和岩浆喷发成因的火山碎屑夹各种火山弹、火山渣及薄层熔岩流构筑了几十米高的火山口垣,基浪堆积物中低角度交错层理、爬升层理和增生火山砾等都具有典型的射气喷发成因,故射气岩浆喷发在南湾火山的形成中占有十分重要的地位,是一座岩浆喷发与射气岩浆喷发交替成因的复合火山.

(2)南湾火山口在形成之初为一近圆形火山口,由于火山口垣由相对松散的基浪堆积物组成,其南翼受到海浪的冲击而垮塌、崩解,形成类似破火山口地貌(通常的破火山口是岩浆的溢出口),保留了现今的半环状火山口地貌.

(3)南湾火山是射气岩浆喷发与岩浆喷发交替成因,两者喷发物的强度不一,在海浪长期作用下,形成各种奇特的海蚀景观,成为岛上的重要旅游资源.

(4)在岛北的潮间带和潮下带分布的玄武岩是新第三纪或稍晚些喷发的产物,这一期火山活动奠定了涠洲岛的基底,而更新世南湾火山的射气岩浆喷发则重塑了涠洲岛现代火山地貌的景观.

References

- Dellino, P., La Volpe, L., 2000. Structures and grain size distribution in surge deposits as a tool for modelling the dynamics of dilute pyroclastic density currents at La Fossa di Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 96: 57–78.
- Du, Y. S., 2005. Tempestite in the Quaternary Huguangyan Formation in Weizhou island, Beihai city, Guangxi. *Earth Science—Journal of China University of Ge-*

sciences, 30(1): 47—51 (in Chinese with English abstract).

Fisher, R. V., 1990. Transport and deposition of a pyroclastic surge across an area of high relief: The 18 May 1980 eruption of Mount St. Helens, Washington. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102: 1038—1054.

Li, X. M., Liu, C. Z., 1991. Primary study on petrologic characteristic of alkali basalt within Weizhou island. *Geology of Guangxi*, 4(1): 43—50 (in Chinese with English abstract).

Liu, C. Z., 1986. Geological and geomorphological characteristics of the crater in south bay of Weizhou island. *Geology of Guangxi*, (1): 57—64 (in Chinese with English abstract).

Liu, X., Xiang, T. Y., 1997. Cenozoic volcanoes and pyroclastic deposits in Northeast China: Resources and hazards. Jilin University Publishing House, Changchun (in Chinese).

Lu, J. L., 1991. Discuss on abraded bedrock platform and abraded kopje—A case study of Weizhou island. *Geology of Guangxi*, 4(1): 89—93 (in Chinese with English abstract).

Lu, J. L., 1993. Active characteristic of volcanic eruption within Weizhou island, Beihai city. *Geology of Guangxi*, 6(3): 53

—57 (in Chinese with English abstract).

Sun, Q., Fan, Q. C., Wei, H. Q., et al., 2003. Preliminary study on Late Pleistocene phreatomagmatic eruption in North Hainan island. *Seismology and Geology*, 25(2): 289—297 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

杜远生, 2005. 广西北海涠洲岛第四纪湖光岩组的风暴岩. *地球科学——中国地质大学学报*, 30(1): 47—51.

黎希明, 刘传章, 1991. 涠洲岛碱性玄武岩类岩石学特征的初步研究. *广西地质*, 4(1): 43—50.

刘传章, 1986. 涠洲岛南湾火山口地貌及地质特征. *广西地质*, (1): 57—64.

刘祥, 向天元, 1997. 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.

卢进林, 1991. 海蚀基岩台地和海蚀残丘的讨论——以涠洲岛为例. *广西地质*, 4(1): 89—93.

卢进林, 1993. 北海市涠洲岛火山喷发活动特征. *广西地质*, 6(3): 53—57.

孙谦, 樊祺诚, 魏海泉, 等, 2003. 琼北地区晚更新世射气岩浆喷发初步研究. *地震地质*, 25(2): 289—297.

2004 年地球科学类期刊前 20 名影响因子和总被引频次排序表

代码	期刊名称	总被引频次	学科内排名	影响因子	学科内排名
E124	中国沙漠	1455	3	1.837	1
E024	地球化学	1352	5	1.635	2
E105	干旱区研究	624	11	1.500	3
E153	地球物理学报	1665	1	1.415	4
E142	地球科学	1437	4	1.272	5
E115	地球科学进展	1187	6	1.206	6
E357	地学前缘	1501	2	1.098	7
E518	天然气地球科学	282	24	1.023	8
E301	第四纪研究	969	7	1.023	8
E150	地震地质	677	10	0.938	10
E300	地球学报	767	9	0.883	11
E143	地震学报	787	8	0.810	12
E137	自然灾害学报	476	15	0.644	13
E146	大地构造与成矿学	343	19	0.621	14
E656	地球信息科学	142	31	0.582	15
E308	地球物理学进展	407	16	0.564	16
E304	古脊椎动物学报	376	17	0.547	17
E116	吉林大学学报地球科学版	542	14	0.531	18
E351	中国地震	296	22	0.500	19
E118	地震工程与工程振动	614	12	0.481	20