

# 香港九龙破火山的地层结构与划分讨论

邢光福<sup>1)</sup>, 孙敏<sup>2)</sup>, 李龙明<sup>1,2)</sup>, 王步云<sup>2)</sup>, 陈荣<sup>1)</sup>

1) 中国地质调查局南京地质矿产研究所, 南京, 210016; 2) 香港大学地球科学系, 香港

**内容提要:** 香港岛—九龙半岛地区以往火山地层的划分主要依据岩性特征, 基本不考虑火山构造和火山岩相的鉴别, 由于陆相火山岩区特有的岩性岩相时空上的复杂多变, 导致地层组越划越多, 不能合理进行区域地层对比, 更无法通过火山地层划分恢复古火山活动过程。笔者等在该地区开展了野外路线地质调查和火山构造—火山岩相研究, 鉴别出九龙复活破火山机构, 在此基础上确定火山地层主要由同一期普林尼式喷发形成的冷却单元构成, 有类似的地层结构, 结合年龄资料和区域地质对比, 它们基本上可归入同一地层组; 同时, 分析了陆相火山地层的划分方法, 指出岩石地层单位划分不能作为主要方法; 冷却单元或流动单元才是合理划分陆相火山地层的基本单位。

**关键词:** 火山地层结构与划分; 九龙复活破火山; 香港

## 1 香港岛—九龙地区岩石地层介绍

### 1.1 岩石地层划分沿革

香港特别行政区(The Hong Kong Special Administration Region)位于中国东南大陆中生代火山岩带内, 火山岩分布面积约占基岩面积50%, 岩性以火山碎屑岩为主, 熔岩少量。香港主城区所在的香港岛(Hong Kong Island)和九龙(Kowloon)半岛地区(以下简称本区), 是火山岩集中出露区, 其火山地层的划分经历了多次变化, 最早由Williams等(1945)划分为浅水湾(Repulse Bay)火山岩系、粮船湾(Rocky Harbour)火山岩系、牛尾洲(Shetler)火山岩系和大帽山(Tai Mo Shan)斑岩等4个火山岩单元, 之后Ruxton(1960)将它们统归入船湾(Plover Cove)组酸性火山岩, Allen and Stephens(1971)又改称为“浅水湾组”, Lee(1985)对比认为浅水湾组相当于广东省晚侏罗世高基坪群。Addison(1986)又将本区火山岩从下到上划分为盐田仔(Yim Tin Tsai)组、城门(Shing Mun)组、鸭脷洲(Ap Lei Chau)组和大帽山(Tai Mo Shan)组, 归入区域上的“浅水湾火山群”。

近年来, Campbell & Sewell(1997)重新修订了香港全区的中生代火山地层系统, 共划为三套岩系: 底部为早侏罗世屯门组(Tuen Mun Formation); 中

部为晚侏罗世荃湾(Tsuen Wan)火山群, 包括盐田仔组、城门组、大帽山组和西流江(Sai Lau Kong)组; 上部为白垩纪浅水湾火山群。Sewell等(2000)进一步分别从浅水湾火山群的顶部和底部划分出濠西洲(Kau Sai Chau)火山群和大屿山(Lantau)火山群, 并将分解后的浅水湾火山群据全岩化学成分分为“流纹质”和“粗面质”两大亚群(subgroups), 两亚群地层交错出露(interdigitate), 可能由不同成分岩浆房喷发形成; 其中“流纹质”亚群包括大滩海(Long Harbour)组(Krl, 地层代号, 未采用中国大陆的标准, 下同)和摩星岭(Mount Davis)组(Krd), 主要岩性为粗火山灰晶屑凝灰岩, 出露于香港南部、东部和东北部等地; “粗面质”亚群包括娥眉洲(Ngo Mei Chau)组(Krn)、鸭脷洲组(Kra)、鹧鸪山(Che Kwu Shan)组(Krc)、孟公屋(Mang Kung Uk)组(Krm)及槟榔湾(Pan Long Wan)组(Krp), 主要岩性为细火山灰凝灰岩和条纹斑杂熔结凝灰岩, 分布于香港南部(包括本区)、东部和东北部。他们的最新划分方案将本区火山地层归入重新定义的白垩纪浅水湾火山群, 相应地各地层组名也随之全部更改(表1)。

新厘定的白垩纪浅水湾火山群各地层组主要特征简述如下(据Sewell等, 2000):

大滩海组(Krl): 命名地在新界东部大滩海峡

注: 本文为中国地质调查局综合研究项目(编号200113000053)和国家自然科学基金资助项目(批准号40672041)的成果。

收稿日期: 2006-10-10; 改回日期: 2007-08-05; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 邢光福, 男, 1965年生。博士, 研究员。主要从事中国东南大陆中—新生代火山作用研究。通讯地址: 210016, 南京地质矿产研究所; Email: njxguangfu@cgs.gov.cn。

表1 香港中生代火山岩层序划分沿革 (不反映地层的准确关系;修改自Sewell et al., 2000) Table 1 Evolution in nomenclature of volcanic successions of Hong Kong (Precise correlations not intended; revised from Sewell et al., 2000)

全区 Williams et al. (1945)	全区 Ruxton (1960)	全区 Allen & Stephens (1971)	沙田 九龙 Strange & Shaw (1986)	新界西北部 Langford et al. (1989)	西贡清水湾 Strange et al. (1990)	大屿山地区 Langford et al. (1995)	新界东北部 Lai et al. (1996)	全区 (Territory-wide) Campbell & Sewell (1997)	全区 (Territory-wide) (Sewell et al., 2000)
大帽山斑岩 Tai Mo Shan porphyry			未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	大滩海组 Long Harbour F. 荔枝庄组 Lai Chi Chong F. 粮船湾组 High Island F. 清水湾组 Clearwater Bay F.	未见顶 摩星岭组 Mount Davis F. (大东山端元) Sunset Peak Member	大滩海组 Long Harbour F. 荔枝庄组 Lai Chi Chong F. 娥眉洲组 Ngo Mei Chau F.	5 粮船湾组 High Island F. 清水湾组 Clearwater Bay F. 粮船湾组 Pan Long Wan F. 孟公屋组 Mang Kung Uk F.	清水湾组 Clearwater Bay F. 粮船湾组 High Island F.
牛尾洲 火山岩系 Shelter Volcanics	船湾组	浅水湾组	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	孟公屋组 Mang Kung Uk F. 银线湾组 Silverstrand F.	大屿山组 Lantau Formation (北角端元) Pak Kok M. (象山端元) Cheung Shan M.	西流江组 Sai Lau Kong F.	4 西贡组 Sai Kung F. 大滩海组 Long Harbour F. 荔枝庄组 Lai Chi Chong F.	粗面质 亚群 (trachytic) 浅水湾 火山群 (Repulse Bay Group)
粮船湾 火山岩系 Rocky Harbour Volcanics	Ploue Cove Formation	Repulse Bay Formation	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	大帽山组 Tai Mo Shan F. 鸭洲组 Ap Lei Chau F.	城门组 Shing Mun F.	大帽山组 Tai Mo Shan F.	3 西贡组 Sai Kung F. 大滩海组 Long Harbour F. 荔枝庄组 Lai Chi Chong F.	摩星岭组 Mount Davis F. 大滩海组 Long Harbour F.
浅水湾 火山岩系 Repulse Bay Volcanics			未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 未见顶	城门组 Shing Mun F. (石龙拱端元) Shek Lung Kung Member	城门组 Shing Mun F.	2 大屿山组 Lantau Formation	荔枝庄组 Lai Chi Chong F. undifferentiated
			未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 未见顶	城门组 Shing Mun F.	城门组 Shing Mun F.	1 西流江组 Sai Lau Kong F. 大帽山组 Tai Mo Shan F. 城门组 Shing Mun F. 盐田仔组 Yim Tin Tsai F.	西流江组 Sai Lau Kong F. 大帽山组 Tai Mo Shan F. 城门组 Shing Mun F. 盐田仔组 Yim Tin Tsai F.
			未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 大帽山组 Tai Mo Shan F.	未见顶 未见顶	城门组 Shing Mun F.	未见顶		屯门组 Tuen Mun F.

(Long Harbour), 本区见于东北部的西贡一带, 主要为流纹英安质一流纹质粗火山灰晶屑凝灰岩, 含特征性肉红色碱性长石晶屑, 发育六边形柱状节理, 局部出现条纹斑杂熔结凝灰质粗火山灰晶屑凝灰岩。在大滩海和西贡两处测得该组 U-Pb 锆石年龄分别为  $142.8 \pm 0.2\text{Ma}$  和  $142.7 \pm 0.2\text{Ma}$  (Davis et al., 1997)。

摩星岭组 (Krd): 命名地在本区香港岛西北之摩星岭, 至少厚 500m, 主要岩性为含火山砾的粗火山灰晶屑凝灰岩, 另有少量条纹斑杂熔结凝灰岩和砂岩, 底部以块状粗火山灰晶屑凝灰岩为标志层, 覆于鸭脷洲组之上; 有时也与鸭脷洲组条纹斑杂玻屑凝灰岩相互交错接合 (Langford et al., 1995)。在九龙东部该组厚约 950m。大屿山岛莲花山 (Lin Fa Shan) 的摩星岭组粗火山灰晶屑凝灰岩 U-Pb 锆石年龄为  $142.8 \pm 0.2\text{Ma}$  (引自 Sewell et al., 2000)。

娥眉洲组 (Krn): 本区无出露, 仅见于新界东北, 厚达 450m, 岩性主要为熔结细火山灰玻屑凝灰岩, U-Pb 锆石年龄  $< 142.7 \pm 0.1\text{Ma}$  (Sewell et al., 1998)。本区无出露。

鸭脷洲组 (Kra): 主要出露于本区香港岛西南部, 以熔结细火山灰玻屑凝灰岩为主, 含绿泥石化火焰石, 另有火山角砾岩、层凝灰岩及粗火山灰凝灰岩、薄层熔岩等。该组地层褶皱发育, 至少厚 1250m (未见底)。U-Pb 锆石年龄为  $142.7 \pm 0.2\text{Ma}$  (Sewell et al., 2000)。

鹧鸪山组 (Krc): 命名地在本区东北部的鹧鸪山 (Razor Hill / Che Kun Shan), 为互层的条纹斑杂熔结凝灰岩和细火山灰玻屑凝灰岩, 厚约 1400m; 与大滩海组和摩星岭组特征性的粗火山灰晶屑凝灰岩交错接合 (interdigitate) (Campbell and Sewell, 1998)。U-Pb 锆石年龄为  $142.5 \pm 0.3\text{Ma}$  (Davis et al., 1997)。

孟公屋组 (Krm): 命名地在本区东侧清水湾半岛北端的孟公屋, 以成层性良好的层凝灰岩、外力碎屑角砾岩、砾岩、泥岩、粉砂岩及砂岩互层为主, 也有厚层细火山灰和粗火山灰凝灰岩单元, 偶见流纹质熔岩夹层, 总厚达 300m。底部为可作标志层的凝灰质沉积岩, 与下伏鹧鸪山组整合接触。在碧沙湾海滩 (Bayside Beach / Piksha Wan), 该组近底部获得 U-Pb 锆石年龄为  $142.9 \pm 0.2\text{Ma}$  (引自 Sewell et al., 2000)。

槟榔湾组 (Krp): 主要分布于本区东侧清水湾半岛的小棕林海滩 (Siu Chung Lan Wan) 以南, 底

部为厚达 150m 的灰兰色粗面安山岩熔岩, 发育流动构造与六边形柱状节理, 夹厚达 50~140m 的细火山灰凝灰岩层, 弱熔结结构。总厚度 420m。该组尚无年龄资料, 据全岩地球化学特征而划归浅水湾火山群 (Campbell 和 Sewell, 1998)。

此后, 广东省地质调查院又于 2003 年完成了包括香港全境在内的 1:25 万香港幅区域地质调查, 但其成果报告未采用香港已有的火山地层划分方案, 而将本区浅水湾火山群及其东侧清水湾 (Clear Water Bay) 和粮船湾 (High Island) 一带分布的滘西洲火山群地层等, 统一并入广东省境内的岩石地层单位南山村组 ( $J_3K_{1n}$ )<sup>①</sup>。但这样的地层合并过于简单化。作为香港的中生代最晚期火山地层, 滘西洲火山群清水湾组 (Kkw) 和粮船湾组 (Kkh) 火山岩锆石 U-Pb 年龄分别为 140.7Ma 和 140.9Ma (Davis et al., 1997), 与浅水湾火山群存在明显时代差异; 而且据笔者野外调查并综合相关地质资料, 本区的浅水湾火山群主要分布于九龙破火山范围内, 而滘西洲火山群则可能限于另一更晚的破火山机构内, 后者呈叠瓦状部分切割叠置于前者之上 (邢光福等, 2007), 反映它们属于不同火山喷发中心的产物。

## 1.2 岩石地层划分存在的问题

综观本区以往的火山地层划分, 存在以下问题: ① 各地层组的命名只有典型岩性段的描述, 缺乏上、下层序清楚、具有区域代表性的层型剖面; ② 各地层组的分布有时出现相互交错的现象 (Sewell et al., 2000), 反映所厘定的地层层序不合理; ③ 本区各地层组的同位素年龄 (142.5~142.9Ma) 在误差范围内一致, 应属同时喷发形成; ④ 地层划分的主要依据是岩石类型和化学成分, 未考虑火山构造的鉴别和火山岩相的时空变化。

显然, 上述火山地层的划分方案并未清晰反映本区火山喷发物的时空展布规律, 无法通过这样的地层划分揭示古火山作用过程。

## 2 香港岛—九龙地区火山地层特征

笔者等在本区发现并解剖了九龙复活破火山, 该大型破火山的范围包括香港岛全境、九龙半岛及其东侧的观塘等地, 香港主城区维多利亚港 (Victoria Harbour) 所在的九龙花岗岩体为其中央侵入相 (邢光福等, 2007)。在解剖该破火山机构的过程中, 笔者对本区火山地层进行了多条路线地质调查。因地形复杂陡峻、植被十分茂盛, 多数地区无

法作长距离连续观察,为了查明本区火山地层的特征,经比较后选择了4条火山岩基本连续出露、岩性岩相齐全、路线方位变化不大的地质路线,结合相近路线的部分地质点,编制了4条路线地质剖面(图1),进行较详细的地质结构分析和火山岩相岩石学研究。

## 2.1 路线地质剖面介绍

### 2.1.1 薄扶林—西高山—山顶公园路线地质剖面(A—A')

该剖面位于薄扶林—西高山—山顶公园一带,火山岩可根据岩性岩相由下往上分为7层,剖面起点为细粒花岗岩小岩株,呈肉红色,半自形粒状结构,主要由石英、钾长石和黑云母组成,粒径 $\leq 1\text{mm}$ ,岩株的西南侧为第四系覆盖;剖面终点为中央侵入相九龙岩体的中粒黑云母花岗岩(图2)。现逐层描述如下:

⑦ 深灰色厚层流纹英安质弱熔结凝灰岩,晶屑主要为石英(约10%);向上局部熔结较强,风化面假流动构造较明显,假流面产状: $20^\circ \angle 20^\circ$ 。在山顶公园最高处出露深灰色侵入相流纹—英安质霏细碎斑熔岩体,斑状结构,斑晶主要由石英、钾长石和斜长石组

成,钾长石发育典型再生珠边结构;基质显微包含结构,可见斑块状消光现象。

⑥ 深灰色流纹质弱熔结凝灰岩,风化后呈灰红色,弱熔结凝灰结构明显,假流面产状: $40^\circ \angle 22^\circ$ 。向上相变为流纹质晶屑玻屑凝灰岩,晶屑主要为石英(18%);局部见流纹英安质熔岩夹层。在低洼山坳处,局部见爆发崩塌相熔结集块岩,集块棱角状,大者达 $47\text{cm} \times 6\text{cm}$ ,小者约 $20\text{cm} \times 6.5\text{cm}$ ,胶结物为弱熔结凝灰岩,地表风化较强,可能为晚期次级喷发口。

⑤ 深灰色流纹英安质强熔结凝灰岩,浆屑条带粗长,构成西高山山顶;风化面上强熔结凝灰结构更为清晰;假流面产状: $55^\circ \angle 65^\circ$ 。

④ 深灰色流纹英安质强熔结凝灰岩,强熔结凝灰结构相当明显,假流面产状 $35^\circ \angle 34^\circ$ 。

③ 深灰色厚层流纹英安质弱熔结凝灰岩,风化后呈浅灰色或灰红色,岩性与第⑥、⑦层类似,往下熔结强度进一步减弱,露头逐渐看不到明显熔结现象。

② 灰色薄层流纹英安质含角砾凝灰岩,角砾棱角状,风化后呈灰黄色,大者1cm,小者约0.5cm;晶屑含量 $\leq 10\%$ ,主要为石英和斜长石。

① 深灰色流纹质富晶屑凝灰岩,晶屑含量丰富,主要为石英(15%)、斜长石(10%)。

剖面起点有细粒花岗岩小岩株侵入。

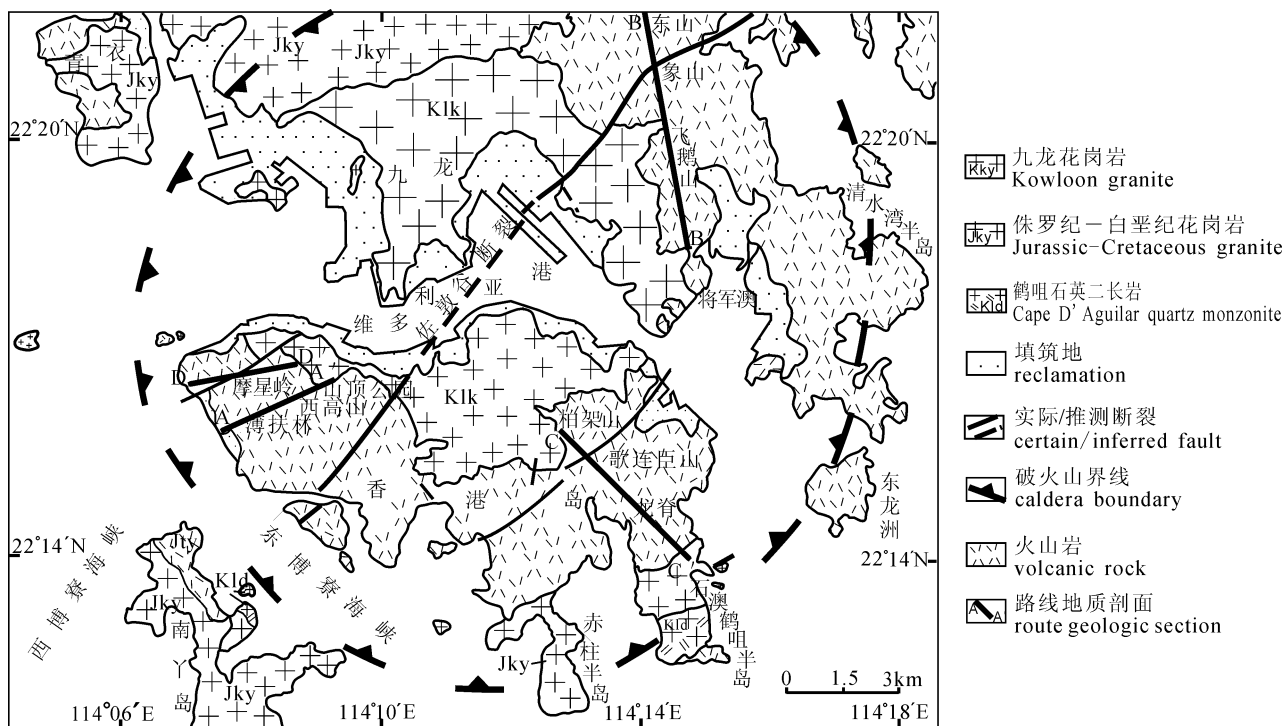


图1 九龙复活破火山路线地质剖面位置图

Fig. 1 Positions of the route geologic sections within the Kowloon Revived Caldera

A—A': 薄扶林—西高山—山顶公园剖面; B—B'— 东山—象山—飞鹅山剖面;

C—C'— 柏架山—歌连臣山—龙脊—石澳峰剖面; D—D'— 摩星岭剖面

A—A'— Pok Fu Lan—Sai Ko Shan—Victoria Peak Section; B—B'— Tong Shan—Cheung Shan—Fei Ngo Shan Section;

C—C'— Mount Parker—Mount Collison—Dragon Back—Shek O Peak Section; D—D'— Mount Davis Section

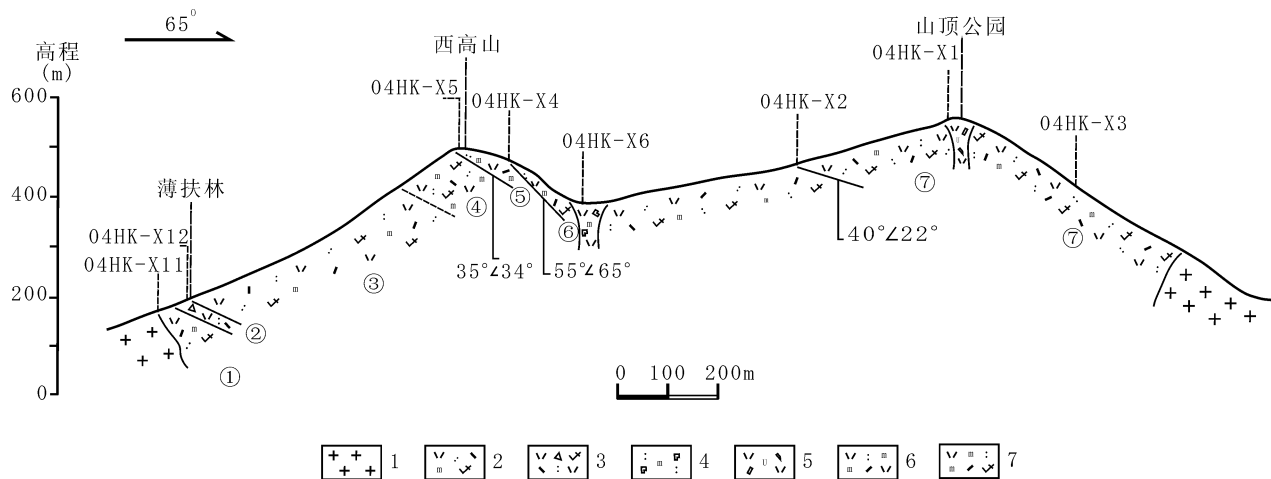


图 2 薄扶林—西高山—山顶公园路线地质剖面

Fig. 2 Route geologic section of Pok Fu Lan — Sai Ko Shan — Victoria Peak

1—花岗岩; 2—流纹英安质弱熔结凝灰岩; 3—流纹英安质含角砾晶屑凝灰岩; 4—熔结集块岩; 5—流纹质碎斑熔岩;

6—流纹质强熔结凝灰岩; 7—流纹英安质强熔结凝灰岩。①~⑦—为岩性分层号

1— granite; 2— rhyodacitic weak-welded tuff; 3— rhyodacitic lapilli-bearing crystal tuff; 4— welded agglomerate; 5— rhyolitic porphyroclastic lava; 6— rhyolitic strong-welded tuff; 7— rhyodacitic strong-welded tuff. ①~⑦— the numbers of lithologic layers

该剖面火山岩主体属火山碎屑流相,在垂向上,中部的第④、⑤层为强熔结凝灰岩,往上或往下均相变为厚层弱熔结凝灰岩,构成一个典型的火山碎屑流堆积亚相流动单元;下部的第②层薄层含角砾凝灰岩可能属地面涌流堆积亚相,与上覆火山碎屑流堆积亚相构成一个二元结构的冷却单元。

第①层流纹质富晶屑凝灰岩出露有限,岩性岩相与上覆火山岩明显不同,但不存在明显的火山喷发不整合界面或喷发间断(如未见沉积夹层或古风化壳等),反映第①层与上覆二元结构的冷却单元应属不同的流动单元,但它们喷发堆积的时间间隔不会很长,因此可认为该剖面的火山岩属同一期火山活动、但不同喷发阶段的产物。

### 2.1.2 东山—象山—飞鹅山路线地质剖面(B—B')

东山—象山—飞鹅山一带,火山岩根据岩性岩相由下往上可大致分为 10 层,剖面起点为早于九龙复活破火山的侏罗纪—白垩纪花岗岩(JKy),剖面终点为破火山机构中央侵入相九龙岩体的中粒黑云母花岗岩(图 3)。现逐层描述如下:

- ⑩ 深灰色厚层流纹英安质含角砾晶屑凝灰岩,晶屑主要为石英(10%)和斜长石(20%),角砾约 5%,次棱角状为主,粒径 1~3cm;偶见墨绿色细小浆屑,假流面产状:275°∠54°。
- ⑨ 深灰色厚层流纹英安质晶屑凝灰岩,晶屑主要为石英(10%)、斜长石(8%);角砾含量减少。据剖面整

体产状及岩性,可能与第①层属同一层位,构成冷却单元底部火山岩层。

- ⑧ 深灰色厚层流纹英安质弱熔结凝灰岩,含少量晶屑凝灰岩角砾,以棱角状为主;镜下观察,玻屑多为弱变形,普遍脱玻化形成长英质集合体假像,表明熔结程度较弱;往下角砾含量相对有所增加。上部发育一流纹斑岩岩墙(Lp),宽约 10m 余,流纹构造发育,局部呈紊流构造,斑状结构,斑晶主要为石英(12%);流面(侵位)产状:255°∠65°。
- ⑦ 深灰色厚层流纹质—流纹英安质含角砾强熔结凝灰岩,风化后呈灰白色、灰褐色,角砾岩性为晶屑凝灰岩,棱角状—次棱角状,含量不等,局部可达 15%~25%,大小一般 1~5cm,个别大者达集块级(30cm);胶结物为强熔结凝灰岩,熔结条带细长而密,风化面上更为清晰;晶屑主要为石英(15%)、斜长石(10%);假流面产状:93°∠17°。
- ⑥ 深灰色厚层流纹质—流纹英安质含角砾强熔结凝灰岩,岩性基本同第⑦层,含大小不等之角砾,但与第⑦层不同的是,角砾一般较小,岩性主要为晶屑凝灰岩或熔结凝灰岩。镜下观察,浆屑呈拉长的透镜条带状,两端呈撕裂交叉状—焰舌状,内部具束状—球粒脱玻结构,两侧为隐晶状脱玻结构;塑性玻屑呈细条带状,变形强烈,绕大的晶屑或角砾构成明显的假流动构造。向下熔结强度呈减弱趋势。
- ⑤ 深灰色厚层流纹质含角砾弱熔结凝灰岩,角砾岩性主要为晶屑凝灰岩,次棱角状为主,大小约 1~3cm;浆屑少量,长度一般 < 10cm;晶屑主要为石英(15%)、斜长石(20%);岩石表面常因浆屑和晶屑风化剥落而留下较密的孔洞。向上角砾呈增多趋势,

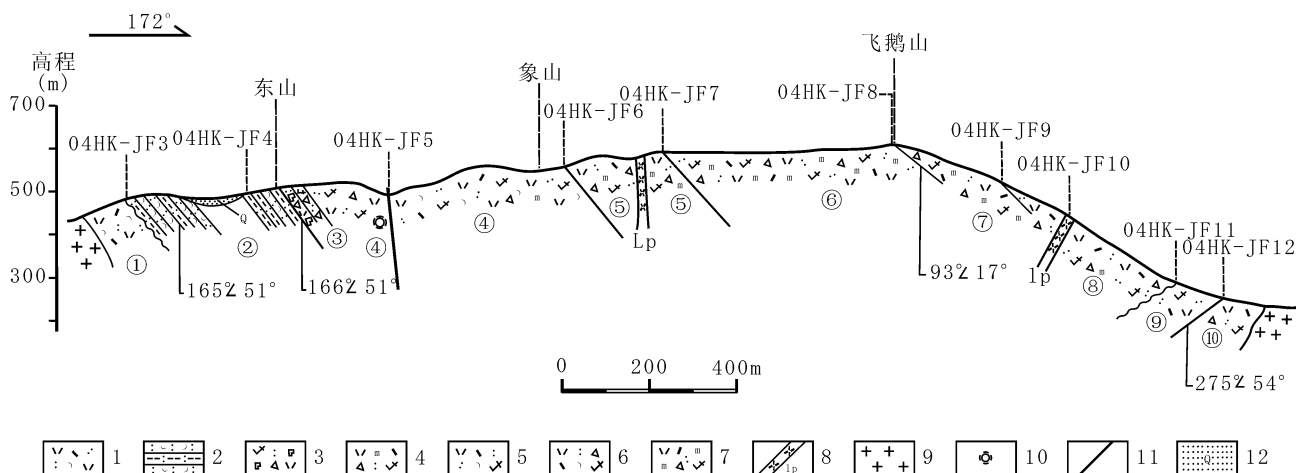


图3 东山—象山—飞鹅山路线地质剖面图

Fig. 3 Route geologic section of Tong Shan — Cheung Shan — Fei Ngo Shan

1—流纹质晶屑玻屑凝灰岩；2—细玻屑凝灰岩与凝灰质泥岩互层；3—凝灰质集块角砾岩；4—流纹英安质含角砾弱熔结凝灰岩；5—流纹英安质凝灰岩；6—流纹英安质含角砾凝灰岩；7—流纹英安质含角砾强熔结凝灰岩；8—流纹斑岩；9—花岗岩；10—硅化；11—断层；12—第四系坡积物。①~⑩为岩性分层号

1—rhyolitic crystal vitric tuff; 2—intercalated fine vitric tuff and tuffaceous mudstone; 3—tuffaceous agglomerate-bearing breccia; 4—rhyodacitic lapilli-bearing weak-welded tuff; 5—rhyodacitic tuff; 6—rhyodacitic lapilli-bearing tuff; 7—rhyodacitic lapilli-bearing strong-welded tuff; 8—rhyolitic porphyry; 9—granite; 10—silicification; 11—fault; 12—Quaternary deposit. ①~⑩—the numbers of lithologic layers

大小一般2~5cm。有肉红色流纹斑岩脉(Lp)侵入,斑状结构,斑晶主要为石英(30%)和钾长石(30%)。

④ 深灰色厚层流纹英安质晶屑凝灰岩,晶屑为石英(12%)、斜长石(5%),风化后呈灰白色,总体上岩性岩相变化不大;下部出现角砾凝灰岩—凝灰角砾岩,底部为集块角砾岩,西端发育一走向120°的断层,形成地貌上的山脊凹部和山沟,可见硅化形成的石英角砾(一般2~4cm),据其西侧涌流相细玻屑凝灰岩等产状近于垂直,推断该断层产状亦几为垂直。

③ 凝灰质含集块角砾岩,集块较少,大者达10~15cm;火山角砾30%,粒径一般为1~5cm;胶结物为凝灰质,其中晶屑为石英(12%)、斜长石(20%),表明其成分主要为流纹英安质;此外,还含少量增生火山砾。向上集块消失,均为火山角砾岩。

② 灰黑色涌流相互层状细玻屑凝灰岩和凝灰质泥岩,层理发育,产状稳定,底部与中部产状分别为:165°∠51°和166°∠51°;每一层内微纹理、低角度交错层理亦相当发育。细玻屑凝灰岩以细小的玻屑、晶屑为主,粒径0.1~0.3mm或更小,火山尘胶结;晶屑不多,主要为棱角状石英和泥化长石;玻屑含量>80%,多为鸡骨状、凹面棱角状等的刚性玻屑,隐晶—霏细状脱玻或泥化;可因热变质角岩化而出现空晶石。凝灰质泥岩含少量粉砂质,凝灰质含量不高,大多不同程度角岩化,普遍出现空晶石,变余泥状结构,微层理或纹层的褶曲、错断现象极明显。

① 深灰色厚层流纹质晶屑凝灰岩,晶屑主要为石英(15%)、斜长石(15%),风化后呈灰白色,无熔结现

象,岩性岩相变化不大。

剖面终点是侵入火山岩的九龙岩体,岩性为肉红色中粒黑云母花岗岩,粒状半自形结构,主要由石英(30%)、钾长石(50%)、斜长石(10%)和黑云母(10%)组成,粒度4~5mm。

该剖面岩性岩相变化较复杂,可大致分为两期火山活动的产物。第一期为剖面两端(第①层和第⑨、⑩层)的流纹质—流纹英安质深灰色晶屑凝灰岩,或被涌流相火山物质超覆(西北端第①层),或与上覆火山地层产状截然不同而呈“角度不整合接触”(剖面东南端第⑨、⑩层),表明应属于早期喷发的一套火山产物。第二期自下而上为涌流相(第②层的互层细玻屑凝灰岩+凝灰质泥岩)、爆发崩塌相凝灰质含集块角砾岩(第③层)、厚层弱熔结凝灰岩(第④、⑤层)、厚层强熔结凝灰岩(第⑥、⑦层)、厚层弱熔结凝灰岩(第⑧层)。据此可确定:第③~⑧层出现熔结程度由弱→强→弱变化的熔结凝灰岩,属典型的火山碎屑流堆积亚相流动单元,底部出现近火口相凝灰质含集块角砾岩,与其分布于主喷发口附近相一致;第②层则属地面涌流堆积亚相,两者构成较完整的普林尼式喷发成因的二元结构冷却单元(缺顶部的火山灰云亚相,可能已剥蚀)。

值得指出的是:该剖面第一期与第二期火山岩之间的“角度不整合”是火山喷发不整合的一种表现

形式,没有构造意义。

### 2.1.3 柏架山—歌连臣山—龙脊—石澳峰路线地质剖面(C—C')

该剖面的火山地层根据岩性岩相由下往上可分为 8 层,剖面起点为中央侵入相九龙花岗岩体,剖面终点为鹤咀半岛花岗岩体(图 4)。现逐层描述如下:

- ⑧ 深灰色厚层球粒状流纹岩,结构致密,流动构造不发育,斑状结构,斑晶主要为钾长石和斜长石,石英和黑云母斑晶少量;基质霏细结构、(球粒状)显微包含结构;北西侧被九龙岩体侵入,岩体为中粗粒花岗岩,主要由石英(43%)、钾长石(35%)、斜长石(20%)、少量黑云母等(2%)构成,两者接触边界有冷凝边和烘烤边。
- ⑦ 深灰色流纹质弱熔结凝灰岩,晶屑粗而多,主要为石英(15%)、斜长石(20%),一般粒径 3~6mm,个别大者达 8~9mm。
- ⑥ 深灰色厚层流纹英安质强熔结凝灰岩,风化后呈灰白色,可见粗大而密集的浆屑呈定向排列,构成假流动构造;晶屑主要为石英,较细而少(<5%)。局部为花岗岩岩株侵入。
- ⑤ 深灰色厚层流纹英安质强熔结凝灰岩,晶屑有石英(10%)、斜长石(10%)等,粒径一般 1~2mm;钾长石和黑云母晶屑少量。镜下观察,浆屑多为拉长的透视镜条带状,具撕裂枝叉端,内部有束状脱玻化结构,并晶出粒状石英;玻屑绝大多数变形强烈,构成假流动构造,部分为半塑性,呈现一定的刚性特征,反映熔结强度有所减弱。假流面产状:330°∠20°
- ④ 深灰色厚层流纹英安质强熔结凝灰岩,结构较致密,晶屑向下由多变少,从石英(10%)、斜长石(15%),减少为石英(<5%)、斜长石(<10%);浆屑细而少,与玻屑共同构成假流动构造,假流面产状:275°∠40°。
- ③ 深灰色厚层流纹英安质强熔结凝灰岩,熔结凝灰结

构明显,浆屑条带粗而长且较密集出现,晶屑含量明显增加。镜下观察,浆屑和玻屑均以半塑性为主,多已不同程度脱玻化。

- ② 深灰色厚层流纹英安质弱熔结凝灰岩,结构致密,晶屑主要为石英(10%)、斜长石(10%),粒径 1~3mm,局部可见细小纺锤形浆屑,部分具燕尾分叉,长度<1cm,表明熔结强度不高,假流面产状:210°∠54°。

- ① 深灰色厚层流纹英安质一流纹质弱熔结凝灰岩,上部晶屑为石英 12%,斜长石 5%~10%,粒径 2~4mm,主要为流纹英安质;往下变为石英 15%、斜长石 8%~10%,个别粒径达 4~5mm,岩性逐渐变为流纹质,含少量角砾(<3%),粒径 1~5cm。火山地层底部被鹤咀半岛中粗粒花岗岩侵入。

由上可知,该剖面火山岩在垂向上同样发育熔结程度弱—强—弱的火山碎屑流堆积亚相流动单元,岩性亦以流纹英安质为主,说明属同一期喷发的火山碎屑流。该剖面中部强熔结凝灰岩厚度较大,而上部弱熔结凝灰岩却残缺不全,仅局部保留,说明火山喷出物厚度大,形成了较厚的熔结—强熔结部分,而且已遭受较强的剥蚀。剖面第⑧层深灰色厚层球粒状流纹岩的岩性岩相与下伏岩层明显不同,应属稍晚的另一流动单元,是普林尼式爆发性喷发后的溢流式喷发产物;两者之间因小岩枝侵入而未见接触关系,但鉴于当时整个东南沿海火山岩区的区域火山活动猛烈而频繁,且继普林尼式爆发之后,常因大量挥发份的逸出而转为较平静的溢流式喷发,加之本区均未见标志喷发间断的沉积夹层或古风化壳,推测上述两流动单元构成同一冷却单元,即基本属同期喷发产物。

### 2.1.4 摩星岭路线地质剖面(D—D')

摩星岭为香港岛西部一座不高的山峰,火山岩出露较好,岩性岩相保存较齐全,在路线地质剖面上

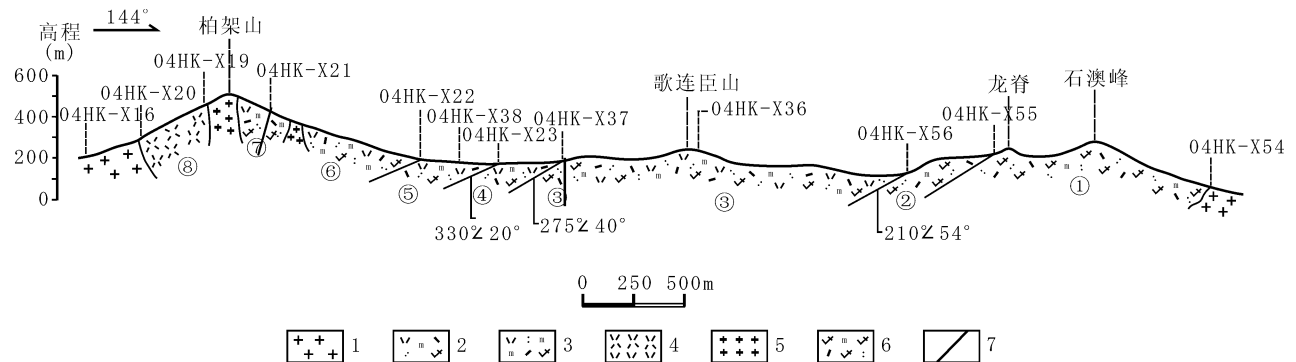


图 4 柏架山—歌连臣山—龙脊—石澳峰路线地质剖面

Fig. 4 Route geologic section of Mount. Parker — Mount. Collison — Dragon Back — Shek O Peak

4—流纹岩; 5—花岗岩斑岩; 6—英安质弱熔结凝灰岩; 其余图例同图 2。①~⑧为岩性分层号

4—rhyolite; 5—granitic porphyry; 6—dacitic weak-welded tuff; the others as in Fig. 2. ①~⑧—the numbers of lithologic layers

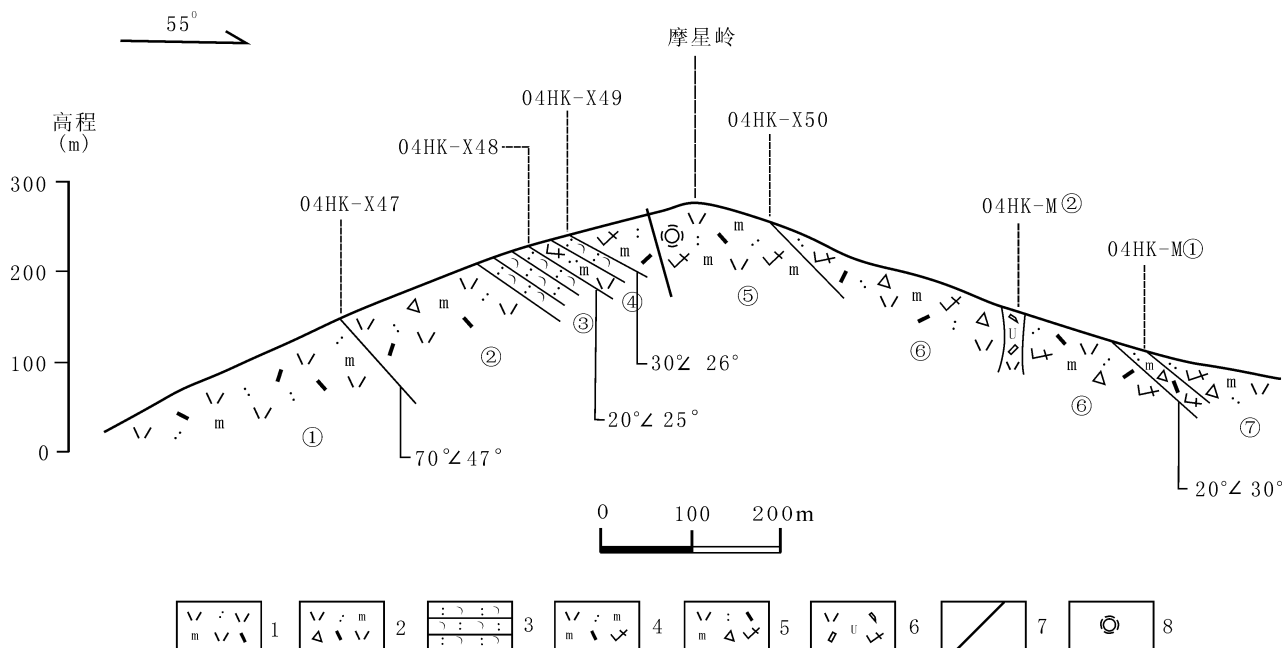


图5 摩星岭路线地质剖面

Fig. 5 Route geologic section of Mount Davis

1—流纹质弱熔结凝灰岩；2—流纹质含角砾弱熔结凝灰岩；3—玻屑凝灰岩；4—玻质碎斑熔岩；

其余图例同图2和图3。①~⑦为岩性分层号

1—rhyolitic weak-welded tuff；2—rhyolitic lapilli-bearing weak-welded tuff；3—vitric tuff；4—vitric porphyroclastic lava；  
the others as in Fig. 2 and Fig. 3. ①~⑦—the numbers of lithologic layers

(图5),火山岩根据岩性岩相由下向上可分为7层,现逐层描述如下:

⑦ 深灰色厚层流纹质含角砾弱熔结晶屑凝灰岩,风化较强而呈灰红、灰黄色,晶屑以石英(15%)、斜长石(10%)及少量黑云母为主,风化后石英晶屑突出于岩石表面。下部夹薄层含角砾熔结凝灰岩,新鲜者深灰色,风化后呈灰黑、灰褐色,角砾含量10%~15%,大小不等,棱角状为主,风化面上可见浆屑风化后留下的定向排列条带。

⑥ 深灰色厚层流纹英安质粗晶屑弱熔结凝灰岩,晶屑丰富而粗大,可达40%~45%左右,粒径可达5~7mm,以半自形钾长石为主,次为石英(较细小)和斜长石;塑性玻屑变形不甚强烈,主要为压扁拉长,中间可见暗色"脊",构成弱熔结凝灰结构。岩石热接触变质特征较明显,可见鳞片状黑云母集中成团、细小石英粒状镶嵌等现象,反映有一定角岩化。中段见深灰色玻质碎斑熔岩小侵出体,少斑结构(斑晶含量<10%),主要为石英、钾长石和斜长石,其中石英和钾长石具碎斑结构,部分钾长石发育再生珠边结构,基质为显微霏细结构、显微包含结构,成岩晚期的气相结晶作用使基质发生脱玻重结晶,形成较多囊状体,貌似细小浆屑,两者的主要区别是前者无明显边界。

⑤ 深灰色流纹英安质强熔结凝灰岩,浆屑条带粗而长,

定向排列,构成假流动构造,底部假流面产状:30°∠26°;晶屑主要为石英,部分较自形。摩星岭山顶西侧岩石破碎硅化强烈,形成硅质网脉,推断为破火山之放射状断裂,走向约30°。

④ 深灰色流纹质粗晶屑弱熔结凝灰岩,晶屑主要为石英(15%)、斜长石(15%~20%),粒径一般2~5mm,大者达6~7mm;向上晶屑减少,到顶部相变为灰黄色细玻屑凝灰岩,不见明显晶屑,有一定成层性。

③ 灰黄色细晶屑凝灰岩和细玻屑凝灰岩,细晶屑凝灰岩位于下部,晶屑细小而少,主要为石英(<5%)和斜长石(<6%),粒径1~2mm,向上晶屑基本不见,变为灰黄色玻屑凝灰岩,有一定成层性,层理产状:20°∠25°。

② 深灰色厚层流纹质弱熔结凝灰岩,可见少量明显定向排列、压扁拉长的塑性岩屑与细小浆屑,假流面产状:70°∠47°。向上晶屑有增多趋势,主要为石英(15%)、斜长石(20%),而浆屑难以见到。

① 深灰色厚层流纹质富晶屑弱熔结凝灰岩,晶屑多而粗大,主要为石英和斜长石,与第②层上部富晶屑弱熔结凝灰岩类似。

摩星岭剖面虽不长,但岩性岩相变化现象颇丰富。首先,第④~⑦层的火山岩整体上同样存在一个垂向上熔结程度弱→强→弱逐渐变化的现象,属一个较典型的火山碎屑流堆积亚相冷却单元;



其次,在摩星岭西南坡的第①、②层富晶屑弱熔结凝灰岩和第③层灰黄色细玻屑凝灰岩,应分属火山碎屑流亚相和火山灰云亚相,这两个流动单元构成二元结构冷却单元。

由上可看出:摩星岭火山岩至少可划分出 2 次喷发形成的 2 个冷却单元,但这 2 个冷却单元之间并未见明显的喷发间断,而基本上是连续堆积,说明它们喷发的时间间隔不长;另一方面,从垂向上的岩性变化来看,剖面下部以流纹质为主(石英晶屑含量丰富),上部以流纹英安质为主,这是发育成分分带的大型高位硅质岩浆房在一期大规模喷发过程中,其火山堆积物特有的成分变化规律,这一现象在中国东南大陆中生代火山岩带相当普遍。因此,可以认为摩星岭剖面的上述 2 个冷却单元实际上属连续冷却单元,两者共同构成一个温度间隔有差别的复杂冷却单元(compound cooling unit),宏观上仍属同一期大规模普林尼式火山活动(可能包括了多个较强烈的喷发阶段)的产物。

## 2.2 本区火山地层结构特征

由上述 4 条路线地质剖面,可明显看出香港岛—九龙地区的火山岩共同特征是:

(1)火山岩相类型主要为火山碎屑流相,火山地层主体均属同一个垂向上呈弱熔结→强熔结→弱熔结的完整火山碎屑流堆积亚相。

(2)局部出现地面涌流亚相(除了东山—象山一带外,在鸭脷洲厚层火山碎屑流底部同样发育类似的涌流亚相),或火山灰云亚相,与火山碎屑流堆积亚相构成二元结构冷却单元,此外还有爆发崩塌相等,揭示火山岩主要由一期强烈的普林尼式喷发形成。

(3)已有年龄资料(142.5~142.9Ma)也证明本区火山岩基本同时喷发形成。

(4)因此,本区不同区域的火山地层结构类似或可较好地对比,说明它们层位相当。

综上所述,前人在本区所划分的各个地层组,无论从火山堆积物的成因(喷发方式)、火山岩相或标志层(冷却单元)、还是同位素年龄资料等,均可合理地归入同一地层组。

但上述 4 条路线地质剖面并非实测地层剖面,且剖面存在顶底不全、厚度不准确等问题,不能作为新建地层组的层型剖面,暂还不合适命名该地层组。

## 3 火山地层划分方法的讨论

地层层序的厘定是区域地质调查的基本任务之

一,而正确划分陆相火山岩区的火山地层层序,对恢复古火山活动过程与规律又起着至关重要的作用。但陆相火山地层的划分一直是国内外难点,主要原因就是火山岩相复杂多变,存在“同期异相”和“异期同相”。

《火山岩地区区域地质调查方法指南》(1987)要求:“岩石地层单位划分是火山地层划分的主要方法”,“岩石地层单位,是依据岩性特征把地壳的岩层层序系统地划分为能反映出岩性特征和变化的单位。这些单位是建立在某种岩石特征在纵、横两个方面有延展范围的基础之上的,不考虑其等时性和时限范围”。但由于单个火山机构喷发活动的相对独立性,以及多个火山机构之间常有复杂的时空叠加关系,造成火山岩相复杂多变,相应地一定岩性的火山岩在空间上也常重复出现或频繁变化,若采用岩石特征(主要是岩性)作为火山地层划分的主要方法,则普遍出现的一种后果是:将不同时期形成的同类火山岩划入同一地层组,而将同一期次的不同火山岩类分别归入不同地层组,由此产生地层组越划越多、组与组之间出现相互穿插等问题,无法建立正确反映火山活动过程的地层层序,更难以作区域性对比。我们的区调实践也证明,仅依据岩石地层单位来划分火山地层,容易造成地层混淆<sup>⑨</sup>。

上述问题在本区火山地层划分中十分突出,如虽然火山岩面积不大且时代相近,但却划分出多个地层组,且出现组与组之间缺乏明确的时空层序关系、甚至于相互穿插等问题;最关键的是无法通过火山地层的划分,较完整地恢复古火山活动的过程,从而失去了地层划分的意义。Sewell 等(2000)也已意识到这一点,提出西贡以西的大滩海组与摩星岭组的岩性和地球化学特征均十分相似,层位也相当,可能有必要进行合并。

此外,以酸性、中酸性为主的大规模陆相火山岩区还有一种岩性的空间变化规律:长英质岩浆在岩浆房内常发生成分分带,相应地喷发堆积物在垂向上即存在明显的化学成分变化,即下部更富硅质,向上酸性减弱,且不同层位之间还可能产生较明显的“成分间断”,这在中国东南大陆中生代火山岩带中相当普遍(邢光福等,1993,2004)。显然,也不能仅据化学成分划分火山地层。因此,Sewell 等(2000)据全岩化学成分将浅水湾火山群分为“流纹质”和“粗面质”两大亚群,结果出现地层层序的混乱,就不足为奇了。

中国东南大陆中生代火山岩带是陆相火山岩集

中分布区,也是我国火山构造—火山岩相研究程度最高的地区。在二十余年的火山地质调查与研究,已总结出一套成熟的“火山构造—火山岩相—火山地层”一体化的调查研究方法(陶奎元,1994),即将火山构造和火山岩相的研究作为火山地层划分的基础性工作,从而较好地解决了因火山岩相“同期异相、异期同相”而带来的地层划分对比难题。本文即是按照此方法开展本区火山地层研究的。

当然,强调火山构造和火山岩相研究为先导的火山地层划分方法,并非完全排拆沉积岩的某些经典调查方法,因为整体上火山地层也普遍呈有规律的层状展布。因此,类似建立层型剖面与地层柱等的经典工作程序,依然是火山地质调查中的重要手段。

建立在九龙复活破火山机构解剖和火山岩相特征研究基础上的火山地层解剖,使本区火山活动过程变得十分清晰:在早期火山喷发之后(以图3火山喷发不整合面下部的火山岩为代表),发生了一期强烈的普林尼式爆发,包括多次较小规模的喷发(如摩星岭剖面的多个冷却单元),形成巨厚的、以火山碎屑流相为主的火山地层,底部则出现涌流相、火山崩塌相;大规模的火山灰流喷出后,浅部酸性岩浆房排空、上覆静岩压力增加,导致岩浆房发生坍塌形成破火山,并产生相应的环状和放射状断裂,火山地层产状也由正常的围斜外倾变为围斜内倾;后期破火山复活,岩浆沿主喷发通道上侵,形成中央侵入相九龙花岗岩体。之后,本区大规模岩浆活动停止,进入长期差异风化剥蚀阶段,最终形成现今的圆形洼地地貌,为东方明珠香港及其世界级天然良港—维多利亚港的建设,创造了理想的自然地理环境。

## 4 结论

(1)九龙破火山机构内的火山岩相类型以火山碎屑流堆积亚相最为常见,并与地面涌流亚相或火山灰云亚相构成二元结构的冷却单元,反映火山以普林尼式爆发性喷发为主。

(2)本区火山地层可能包括了多个冷却单元,但未见明显喷发间断,表明火山喷发基本连续进行,不同的冷却单元基本属连续冷却单元,共同构成大的复杂冷却单元,即仍属同期强烈火山活动的产物。

(3)通过火山构造解剖和火山岩相研究,结合年龄资料与区域地质对比,确定本区中生代火山地层结构基本相同,主体均属同一期普林尼式喷发形成的冷却单元,基本上可归入同一地层组,即本区已有

的众多火山地层组可进行合并处理。

(4)由于陆相火山岩岩性岩相的复杂多变,岩石地层单位划分不能作为陆相火山地层划分的主要方法;采用冷却单元或流动单元作为划分单位,才能更合理地划分陆相火山地层。

**致谢:**感谢香港特区政府土木工程署、香港大学地球科学系提供了有关香港地质资料,并在野外考察中给予了大力支持。

## 注 释

- ① 广东省地质调查院. 2003. 1:25万香港幅区域地质调查报告.
- ② 中国地质调查局南京地质矿产研究所. 2004. 1:25万嵯县幅区域地质调查报告.

## 参 考 文 献 / References

- 地质矿产部区域地质矿产地质司. 1987. 火山岩地区区域地质调查方法指南. 北京:地质出版社.
- 陶奎元. 1994. 火山岩相构造学. 南京:江苏科学技术出版社.
- 邢光福,陶奎元,杨祝良. 1993. 浙江温州山门双峰式火山岩成因探讨. 岩石学报, 9(增刊): 1~13.
- 邢光福,陈荣,杨祝良,沈加林,周宇章,余明刚,李龙明. 2004. 闽浙赣中生代火山岩研究问题浅议——兼与郑承意等商榷. 福建地质, 23(4): 233~239.
- 邢光福,孙敏,王步云,李晓池,陈荣,李龙明. 2007. 香港九龙复活破火山的鉴别及其地质意义. 地质论评, 53(3):363~370.
- Allen P M, Stephens E A. 1971. Report on the geological survey of Hong Kong. Hong Kong Government Printer, 1~107 (2 maps).
- Addison R. 1986. Geology of Sha Tin. Hong Kong Geological Survey Memoir No. 1, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 1~85.
- Campbell S D G, Sewell R J. 1997. Structural control and tectonic setting of Mesozoic volcanism in Hong Kong. Journal of the Geological Society, 154: 1039~1052.
- Campbell S D G, Sewell R J. 1998. A proposed revision of the volcanic stratigraphy and related plutonic classification of Hong Kong. Hong Kong Geologist, 4: 1~11.
- Davis D W, Sewell R J and Campbell S D G. 1997. U-Pb dating of Mesozoic igneous rocks from Hong Kong. Journal of the Geological Society, 154: 1067~1076.
- Lai K W, Campbell S D G, Shaw R. 1996. Geology of the northeastern New Territories. Hong Kong Geological Survey Memoir No. 5, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 1~143.
- Langford R L, Lai K W, Arthurton R S and Shaw R. 1989. Geology of the Western New Territories. Hong Kong Geological Survey Memoir No. 3, Geotechnical Control Office, Hong Kong Government, 1~140.
- Langford R L, James J W C, Shaw R, Campbell S D G., Kirk P A and Sewell R J. 1995. Geology of Lantau District. Hong Kong Geological Survey Memoir No. 6, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong Government, 1~173.
- Lee C M. 1985. Explanatory Notes by C. M. Lee on his stratigraphic column in Table 1. Geol. Society of Hong Kong

- Newsletter, 3: 8~9.
- Ruxton B P. 1960. The geology of Hong Kong. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 115: 233~260.
- Sewell R J, Campbell S D G, Davis D W. 1998. Three new U-Pb ages from igneous rocks in the NE New Territories of Hong Kong and their structural significance. *Hong Kong Geologist*, 4: 31~36.
- Sewell R J, Campbell S D G, Fletcher C J N, Lai K W and Kirk P A. 2000. The Pre-Quaternary Geology of Hong Kong. *Hong Kong Geological Survey*, 1~181.
- Strange P J and Shaw R. 1986. Geology of Hong Kong Island and Kowloon. *Hong Kong Geological Survey Memoir No. 2*, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 1~134.
- Strange P J, Shaw R and Addison R. 1990. Geology of Sai Kung and Clear Water Bay. *Hong Kong Geological Survey Memoir No. 4*, Geotechnical Control Office, Hong Kong, 1~111.
- Williams M Y, Brock R W, Schofield S J and Phemister T C. 1945. The physiography and igneous geology of Hong Kong and the New Territories. *Transactions of the Royal Society of Canada*, 39: 91~119.

## Stratigraphic Structure and Subdivision of the Kowloon Caldera in Hong Kong

XING Guangfu<sup>1)</sup>, SUN Min<sup>2)</sup>, LI Longmin<sup>1,2)</sup>, WANG Buyun<sup>2)</sup>, CHEN Rong<sup>1)</sup>

1) *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Nanjing, 210016;*

2) *Department of Earth Sciences, the University of Hong Kong, Hong Kong*

### Abstract

Volcanic strata in the Hong Kong Island—Kowloon area were subdivided according to their lithologic and petrochemical features, regardless of volcanic structure and petrofacies. As a result, due to specifically lithologic and petrofacies variations in time and space of continental volcanic rocks, the stratigraphic formations were subdivided to be more and more, and could not be used rationally to compare regional volcanic sequence and to probe into paleo-volcanic process. The authors carried out field route surveys and studied volcanic structure—petrofacies in the Hong Kong Island and Kowloon area, and identified the Kowloon Revived Caldera. On this basis, we demonstrate that volcanic strata within this caldera consist mainly of the same cooling unit formed during a Plinian eruption, and have similar stratigraphic structure. Combined with age data and regional geologic comparison, they are inferred rationally to classify into the same formation. It is also proposed that cooling units or flow units, other than lithologic unit, are rational basic unit to subdivision of continental volcanic strata.

**Key words:** structure and subdivision of volcanic strata; Kowloon Revived Caldera; Hong Kong

