

# 中国香港大型酸性火山岩六方柱状节理构造景观及其地质成因意义

方世明<sup>1</sup>, 李江风<sup>1</sup>, 伍世良<sup>2</sup>, 郭旭<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉, 430074; 2. 香港中文大学 地理与资源管理学系, 中国 香港)

**摘要:** 在简单介绍中国香港地质概况的基础上, 对发育在香港境内酸性火山岩中的大型六方柱状节理构造景观进行了介绍, 并对其形成的地质基础和过程进行了探讨。对世界上著名的十多个柱状节理构造景观进行对比后指出, 香港酸性火山凝灰岩大型六方柱状节理景观是世界上同类岩石中罕见的地质现象, 分布面积大, 露头完整, 具有稀缺性、独特性和典型性, 对西太平洋中生代火山岩发育历史有重要的科学价值。

**关键词:** 酸性火山岩; 六方柱状节理; 香港

中图分类号: X141

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)05-0089-06

香港, 全名中华人民共和国香港特别行政区, 又称“东方之珠”。地理位置在珠江三角洲的东面, 北面陆地与广东省深圳市接壤, 南部海域与广东省珠海市万山群岛海域连接。截至 2009 年 2 月, 香港陆地面积为 1 108 km<sup>2</sup>, 水域面积为 1 647 km<sup>2</sup>, 总面积共 2 755 km<sup>2</sup>。从地域上讲, 香港由 3 个大区组成, 分别是香港岛、九龙半岛和新界(包括 260 多个离岛)。2007 年的香港总人口达 6 925 900 人, 平均居住 6 410 人/km<sup>2</sup>, 使香港成为全世界人口密度最高的城市。

香港素以金融、商业贸易中心闻名于世界, 是世界著名的大都市。香港作为一个高人口密度的城市, 栉比林立的高楼大厦、灯火通明的维多利亚港湾、充满生机的现代化动感都市, 一直是世人对香港的印象。而香港人多年来开发和建设的地质公园、郊野公园、湿地公园和海岸公园等市民活动场所, 以及曲折有致的岩石海岸、幽远宁静的海滩、巍峨多姿的群山、造型奇异的岛礁, 弥足珍贵的自然生态和地质遗迹却鲜为人知。尤其是从万宜水库到果洲群岛一带最为特色和突出的全球罕见的大型酸性火山岩柱状节理景观, 其稀有性、科学性、独特性、美学性, 尚未被香港市民完全认知, 使得市民未能体验和领悟大自然所展示的地质魅力, 对于港岛的形成、演化和未来趋势缺乏有深度的理解。这些罕见大规模的酸性柱状节理景观只是香港得天独厚自然景观的一部分, 对于研究香港的地质发展史和地质演化特征有重要的意义, 是对世界地质历史发展史的重要补

充, 是人类了解地球的窗口之一。

## 1 香港地质概况

在区域地质背景中, 香港位于中国大陆的东南边缘。中国东南边缘位于亚洲东部大陆边缘南段, 是元古代以来扬子古陆块和华夏古陆块在漫长的地质演化历史中多次拼合-裂解-再拼合而成的复杂大陆板块; 是晚中生代火山-侵入杂岩大量分布的地区<sup>[1-4]</sup>, 是濒太平洋地区一个宏伟构造——岩浆岩带的重要组成部分。

火成岩、沉积岩和变质岩这三大类岩石在香港均发育和出露, 但出露面积最为广泛的是火成岩, 包括火山岩和侵入岩, 它们的分布范围占据了香港面积的 85%左右。沉积岩和变质岩在香港的分布非常局限, 主要集中在新界北部地区和零星散布在赤门海峡两侧以及大屿山岛的边缘。

中国南方著名的莲花山断裂带控制着香港的地质构造。莲花山断裂带区域上属丽水—海丰大断裂之西南段, 总体呈北东 45°左右展布, 由二条相间约 50 km, 大致平行延伸的断裂束及夹持于其间的一系列断裂构造带、复式褶皱带、岩浆带、断裂动热变

收稿日期: 2009-11-02; 修回日期: 2011-01-13

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(40772196)

作者简介: 方世明(1977-), 男, 安徽太湖人, 中国地质大学(武汉)副教授, 博士, 博士后, 主要从事国土资源调查评价与规划等方向教学研究工作, 电话: 027-67883088, E-mail: fsmcug@qq.com

质带和韧性剪切带组成。在香港境内，同样也以北东方向较大型而连续的断层为其他地质构造的主要走向。赤门海峡—沙田—荔枝角断裂是最典型的代表，其地貌特征非常显著。北西方向的断层规模较小，以张性断裂为主，而且往往延伸不连续，这种构造格局控制着香港现今山脉的分布和基本地形的态势。

根据目前的资料，香港境内缺失中生代三叠纪、早古生代及更早时期的地层和岩石记录。泥盆纪的

沉积岩是目前香港发现的最古老的岩石，而新界东北部平洲岛上古近纪(以前称为“早第三纪”)的沉积岩则是香港最年轻的岩石。第四纪末固结成岩的沉积岩，则会告诉我们最近的将近 2 Ma 以来的地质历史事件。所有这些岩石和沉积层构成一个由下至上，由老而新的地层柱。根据各岩层的岩石特征和它们形成的时代，香港的地质工作者将这个地层柱划分为 17 个地层组和 4 个火山岩群(表 1)<sup>[5]</sup>。

表 1 香港地层柱

Tab. 1 The stratigraphic column of Hong Kong

界	系/统	群/组	厚度 (m)	分布/形成环境	年龄 (Ma)
新生界	全新统	冲积层(未分组)	21	新界北部/冲积平原	0.6~0
		坡积/洪积层(未分组)	0~15	全港各处山坡及山间盆地/山坡堆积及洪积	
		坑门组	31	香港海域/海相砂泥	
	上更新统	山下村组(陆上)	10~36	新界北部/河流阶地;山坡及山间盆地坡积和洪积	1.4~0.6
		赤角组上部(海区)	60	香港海域/海相沉积	
	中更新统	黄岗山组(陆上)	17~30	新界北部/河流阶地;山坡及山间盆地坡积和洪积	
		赤角组上部(海区)	30	香港海域/海相沉积	
下第三系	平洲组	450	平洲岛一带/淡水湖泊沉积	53~33.7	
中生界	上白垩统	吉澳组	> 100	吉澳、鸭洲、长排头 and 流浮山	96~65
		赤洲组	> 1 200	赤洲、石牛洲及大雅湾海底	
		八仙岭组	> 500	八仙岭等地	
	下白垩统	诰西洲火山岩群	> 1 000	新界东西贡、清水湾、牛尾海一带	
		浅水湾火山岩群	> 2 000	大屿山岛、嶂上、西贡和香港岛	
	下白垩统	大屿山火山岩群	1 500	大屿山岛	154~96
	上侏罗统	荃湾火山岩群	> 500	元朗、上水、沙田和大埔	203~160
	中下侏罗统	大澳组	800	大澳	
	下侏罗统	屯门组	400	屯门至天水围一带	
		赤门海峡组	120	凤凰笏、白角山南岸、泥涌、深涌和元朗	
上古生界	中下二叠统	丫洲组	> 100	大埔海丫洲岛	290~260
	下二叠统	大埔海组	500	马屎洲和香港中文大学	355~325
		落马洲组(新田群)	300~400	罗湖、大石磨和落马洲、老鼠岭、米埔、横洲和虎地上村	
	下石炭统	元朗组(新田群)	350	马田、元朗和朗坪	
		马鞍山组	> 500	马鞍山	400
		泥盆系	黄竹角咀组	300~600	马鞍山、白沙头洲至黄竹角咀，泥涌和大洞等地

## 2 香港六方柱状节理构造景观

柱状节理是发育于火山岩中的一种呈规则的六方或不规则的四方、五方、六方棱柱体形态的原生

张性破裂构造。近一个多世纪以来，许多学者均认为这种构造只能发育在 SiO<sub>2</sub> 质量分数在 45% ~ 52% 之间、黏度小、流动性大的基性喷出岩体中，而在 SiO<sub>2</sub> 质量分数大于 65% 以上、黏度大、流动性小的酸性

喷出岩体中则不可能发育。因此，玄武岩柱状节理构造一词长期来实际上已被人们作为特指的、专门性的基性岩浆喷出岩体原生破裂构造形态术语加以引用<sup>[6-7]</sup>。

但是，随着野外地质调查工作的广泛开展，人们逐渐发现柱状节理构造非玄武岩所特有，它也可以发育于非基性的火山岩中。例如世界著名的美国怀俄明州“魔鬼塔”柱状节理就发育在属于碱性喷出岩类的响岩体中<sup>[8-10]</sup>。另外在中国内地浙江临海桃渚、衢州湖南镇和吉林四平等地的酸性熔岩中发育有柱状节理的报道<sup>[11-12]</sup>。

香港六边形柱状节理较为发育，主要分布在西贡粮船湾万宜水库及果洲群岛一带(含海域部分)，面积约 150 km<sup>2</sup>，其岩性特征为粮船湾组酸性凝灰岩。从粮船湾组的分布特征看，火山岩柱形成在一个巨大的破火山口内，而且其周边主要由断层所控制。岩层厚度超过 400 m，个别岩柱的长度可达 30 m，直径可达 3 m 以上(图 1)。

万宜水库东坝附近是观察六方柱节理的极佳场所，交通极为方便。这里的节理露头表面新鲜，易于观察，节理柱高达 50 m(图 2)。柱状节理的形成，表明极热的火山灰在贴近地面处迅速冷却，引致收缩及形成六角形。目前世界上发现的大多数柱状节理景观都是由玄武岩形成，而这里的六方柱节理却是由构造十分均一的细火山灰玻璃屑凝灰岩形成。凝灰岩经收缩而形成深深的六角形节理，冷却作用亦延伸至融化物质的中心部位。最后结果与一团干燥的黏土相似，但黏土变干是因为失去水分，而火山凝灰岩的冷却则是由于推动热力所致。

在万宜水库东坝下面可以看到一组弯弯曲曲的岩柱(图 3)，这些被扭曲的岩柱展现了大自然神奇的



图 1 香港西贡区火山岩柱

Fig. 1 The volcanic column in Hong Kong Sai Kung District



图 2 万宜水库东坝附近发育的六方柱状节理景观

Fig. 2 The six-party columnar joints Landscape near the eastern dam of High Island Reservoir



图 3 弯曲六方柱岩柱与侵入岩脉

Fig. 3 Six-column bent with the intrusive dyke rock column

一面。约于 140 Ma 前，西贡的古老火山坍塌，造成凹陷，这些岩柱便是凹陷处大量沉积火山灰和熔岩的剩余部分。圆滑的曲线显示岩石在仍然炽热时被弄弯，在弯曲部分的中央造成裂隙。在 1 亿 a 前左右，源自地底岩浆库的玄武岩熔岩侵入裂隙，形成今日所见的入侵玄武岩岩墙及扭曲状六角形岩柱，甚为壮观。

### 3 成因

从万宜水库到果洲群岛一带出露的具柱状节理的火山岩是酸性的凝灰岩，岩石较均一，含有大量的钾长石和石英的斑晶。这套岩石被命名为“粮船湾组”，属于早白垩世濠洲火山岩群。估计粮船湾组的厚度约为 400 m。

这些奇特的火山岩柱形成于大约 140 Ma 前。当时，地底的岩浆活动剧烈，火山频繁爆发。当火山猛烈爆发时，伴随着炽热的火山灰流，大量的熔岩从

地底涌出地表，覆盖了山坡和大地，刹时间形成了巨厚的火山熔岩层。多次间歇性的喷溢形成了多层的火山熔岩层。当大面积的火山熔岩层慢慢冷却，逐渐凝固变成坚固的岩石时，出现了非常规则的收缩，形成了今天所看到的这种具六方形柱状节理的岩石。

柱状节理常见于玄武岩中，但也见于其他火成岩与熔结凝灰岩中。在岩体中柱状节理长轴延伸方向垂直于岩体冷却表面。所以它们通常垂直于岩流和岩床的顶面、底面，垂直于岩墙的侧壁。柱状节理

是火成岩在摄氏几百度固结以后继续冷却到空气温度并发生收缩作用的条件下发生的<sup>[13]</sup>(图 4)。当淤泥干固，失水而收缩时，也会形成类似的柱状节理。

从粮船湾组的分布特征看，它似乎形成在一个巨大的破火山口内，而且其外围主要由断层所控制<sup>[14]</sup>。熔岩流快速地填充进这个低凹的地带，如同稀饭倒进一个碗内。破火山口的半封闭环境为熔岩的缓慢冷却提供了有利的条件。当熔岩慢慢冷却时，就形成了规则的收缩节理。节理所形成的石柱可高达 30 m，造成了今天所看到的壮丽无比的景观。

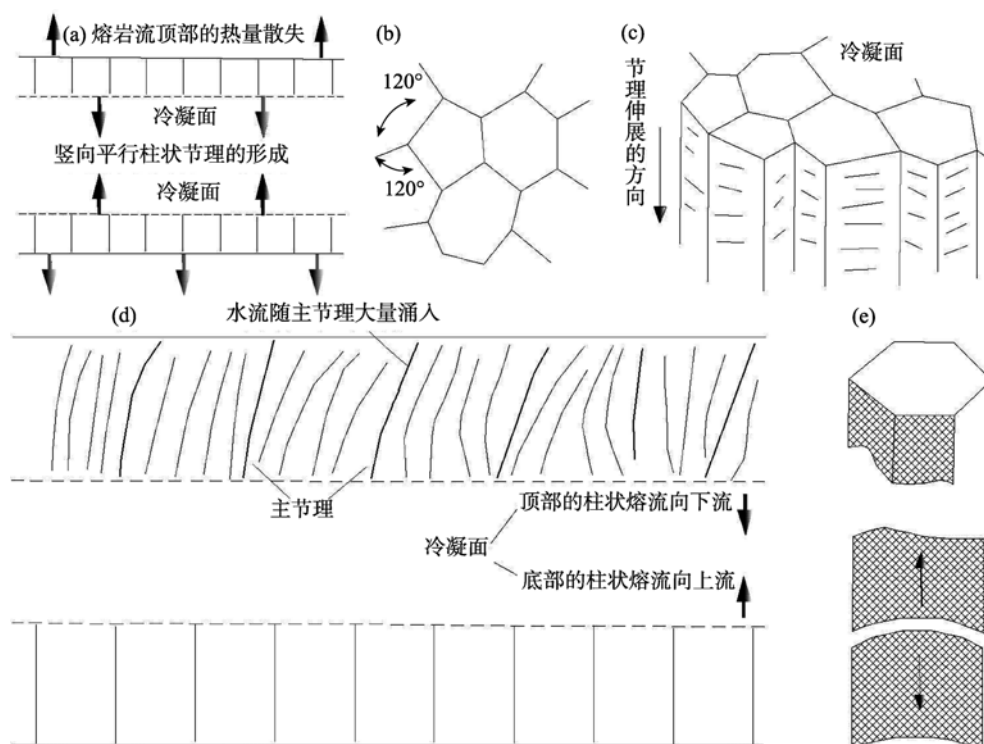


图 4 六方柱状节理成因示意图

Fig. 4 Schematic diagram of the causes of six-party columnar joints

a. 火山熔岩流里的水平冷凝面导致竖向平行柱状节理的形成; b. 夹角为 120° 的交叉冷凝裂缝形成规则多边形; c. 由于凝固的继续进行和冷凝裂缝向下伸展便形成了多边形柱; d. 由于熔流表面在冷凝过程中的进一步扩张便形成了多层柱状熔流; e. 沿着岩柱纵向发育的冷凝收缩便形成了球状或圆柱状节理，进而形成竖向岩柱

a. the level condensation surface in the volcanic lava flows leads to the formation of parallel columnar joints; b. the crossover condensing crack of angle of 120° formation rules polygons; c. the continued and condensing solidification and cracking downward-pointing leads to the formation of polygon column; d. the further expansion of melt flow surface in condensing process leads to the formation of multi-layer columnar melt flow; e. the longitudinal growth of condensing along the basis of shrinking leads to the formation of spherical or cylindrical joints, and consequently the formation of the vertical safety coal-rock pillar

## 4 意义

尽管地球上许多地方出露有六方柱状节理的岩石，但绝大多数为玄武岩柱状节理，很少有酸性火成岩六方柱节理，尤其难得见到如香港地区出露的酸性火山凝灰岩大型六方柱节理，因此，香港地区

的酸性火山凝灰岩大型六方柱节理地质现象，具有独特性、稀有性，并具有极高的美学性和观赏价值(表 2)。

通过对比分析不难得出以下结论：(1)香港火山岩在区域上属于西太平洋中生代火山岩带的重要组成部分，在地质构造上位于欧亚板块东缘裂陷带。由

于大洋板块向大陆板块俯冲，大陆边缘出现大陆裂谷带，从而造成火山喷发和岩浆侵入。香港火山岩的深入研究对西太平洋中生代火山岩发育历史有重要的科学价值；(2)香港酸性流纹质火山凝灰岩大型六

方节理柱是地球上同类岩石中罕见的地质现象，是属于人类共有的自然遗产；(3)香港具有大型六方柱节理的酸性流纹质火山凝灰岩分布面积大，露头完整，景观奇特，具有稀缺性、独特性和典型性。

表 2 世界主要六方柱状节理岩石的对比分析

Tab. 2 Comparative analysis of the world's major party columnar joints

国家	地区	形成时代	面积 (km <sup>2</sup> )	岩石性质	特征
中国	香港西贡果洲群岛至万宜东坝	约 1.4 亿 a 前	150	流纹质晶屑凝灰岩	从万宜水库到果洲群岛一带，火山岩在这里呈现为一排排竖立及整齐的巨大六方形石柱及石墙。这些巨大天然石柱非属一般世界其他地方出现之玄武岩，它属于酸性流纹质凝灰岩。结构及岩石特质，加上规模之大，世界少有。以量船湾组的厚度为例，厚约为 400 m，而同类岩石覆盖的范围为 150 km <sup>2</sup> 。
中国	杭州德清市南舍	约 1.4 亿 a 前	约 0.5	流纹质玻屑凝灰岩	主要岩性为流纹质晶屑熔结凝灰岩，是晚侏罗纪火山喷发的产物，该时代的地层中发育有大面积的柱状节理，形成六方柱状节理的岩石却很少，只有南舍地区有小面积出露。
英国	北爱尔兰巨人坝	约 50 Ma ~ 60 Ma 前	约 2	玄武岩	联合国教科文组织授予的世界自然遗产，号称“世界七大自然奇迹”之一。由火山熔岩形成的玄武岩。熔岩爆裂时所产生的节理一般具有垂直延伸的特点，在水流沿节理流动的作用下，久而久之形成这种聚集在一起的多边形石柱群，加上海浪冲击，将之在不同高度截断，便呈现出高低参差的石柱林地貌。
韩国	济洲岛西归浦	约 30 万 a 前	不详	玄武岩	济洲岛是世界上寄生火山最多的地方，30 万 a 前熔岩喷出形成汉拿山，并在山脚形成了 360 个寄生火山。主要岩性为玄武岩。
韩国	中文大浦海岸	约 30 万 a 前	不详	玄武岩	由大大小小的玄武岩四方或六角形的石柱(约 30 m 高)组成。
美国	怀俄明州魔鬼塔国家自然保护区	60 Ma 前	32	响岩	最著名的魔鬼塔(Devil's Tower)是由响岩侵入冷凝收缩而形成的柱状节理岩柱，魔鬼塔高约 260 m。该地区的火山岩大约形成在 6 000 万 a 前，当熔岩流入低洼的山谷，在天然的岩体陡壁受阻后，以较慢的速率冷却，在冷却过程中逐渐收缩和产生裂隙，最终形成六方柱状节理。石柱堆包括了高约 12~18 m、直径约 25~75 m 的三到六边的多边形节理柱。
中国	台湾澎湖花屿岛	约 25 Ma 前	约 1.5	玄武岩	澎湖列岛由大小 64 个岛屿组成，地形景观上最大的特色为熔岩构成的平台，以及多处具有柱状节理的玄武岩。
中国	云南腾冲	约 4 万 a 前	2	玄武岩	面积约 2 km <sup>2</sup> ，是我国内地迄今为止发现的一片保存完整、年代最短的玄武岩柱状节理。
中国	南京六合	约 10Ma 前	0.15	玄武岩	占地面积 15 ha，陡壁高达 30 m 的玄武岩，由直径 40~60 cm 的“石柱”组成。
中国	厦门龙海	约 25 Ma 前	10	玄武岩	主要岩性为玄武岩。
中国	福建漳州	距今 26 Ma ~ 700 万 a 间	约 14	玄武岩	其喷发次序清楚，火山口典型且保存完好，有罕见的无根喷气口群、气孔柱群及由 140 万根巨型六边形玄武岩柱组成的柱状节理群。

## 参考文献:

- [1] 谢家莹, 陶奎元. 中国东南大陆中生代火山地质及火山侵入一杂岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [2] 任纪舜. 论中国南部的大地构造[J]. 地质学报, 1990, 64: 275-288.
- [3] 王德滋, 周金城. 我国花岗岩研究的回顾与展望[J]. 岩石学报, 1999, 2: 161-169.
- [4] 周新民, 李武显. 中国东南部晚中生代火成岩成因: 岩石圈消减和玄武岩底侵相结合的模式[J]. 自然科学进展, 2000, 1: 240-247.
- [5] Hong Kong Geological Survey, Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department Hong Kong. The Pre-Quaternary Geology of Hong Kong[R]. Hongkong: Hong Kong Geological Survey, 2000.
- [6] 徐松年. 玄武岩柱状节理构造研究的进展与动向[J]. 地质科技情报, 1986, 5(3): 16-23.
- [7] 徐松年. 浙江中生代酸性火山岩柱状节理构造的发展及其地质意义[J]. 岩石学报, 1995, 11(3): 325-332.
- [8] Beard C N. Quantitative study of columnar jointing[J]. Geol Soc Amer Bull, 1959, 70(3): 379-381.
- [9] Spry A. The origin of columnar jointing, particularly in basalt flows[J]. Geol Soc Australia Jour, 1962, 8: 191-216.
- [10] Hills E S. Elements of structure Geology[M]. London: Methuen, 1963: 360-364.
- [11] 吕惠进. 我国酸性火山岩中的柱状节理构造景观[J]. 自然杂志, 2005, 27(1): 33-36.
- [12] 赵明, 刘福臣. 吉林省四平市山门中生代流纹岩柱状节理特征及成因意义[J]. 吉林地质, 2003, 22(3): 57-61.
- [13] Knight J. Field guide to the coastal environments of Northern Ireland[R]. Northern Ireland: University of Ulster, 2002.
- [14] 邢光福, 孙敏, 王步云, 等. 香港九龙复活破火山的鉴别及其地质意义[J]. 地质论评, 2007, 53(3): 363-370.

## Large six-party columnar joints of acidic volcanic rocks and its geological causes and significance in Hong Kong China

FANG Shi-ming<sup>1</sup>, LI Jiang-feng<sup>1</sup>, NG Sai-Leung<sup>2</sup>, GUO Xu<sup>1</sup>

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Department of Geography & Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China)

**Received:** Nov., 2, 2009

**Key words:** acidic volcanic rocks; the six-party columnar joints; Hong Kong

**Abstract:** In this paper, the author described the large six-party columnar joints structural landscapes in HongKong China, which is developed in the acidic volcanic rocks, an discussed its geological formation. In addition, through comparing more than 10 columnar joints landscape structures worldwide, the author pointed out that the large six-party columnar joints structural landscape of acidic volcanic tuff rocks is a rare geological phenomenon of the same kind rocks in the word, characteristic of large distribution area and complete outcrops, which has important scientific value to the developmental history of the Western Pacific Mesozoic volcanic rocks.

(本文编辑: 刘珊珊)