

Study on Global Volcanic Activity Genesis and its Classification

Lijun Chen
Changsha city, China
Email: seisman@foxmail.com

Abstract

According to the author's Seismo-geothermics principle and method on the prediction of intracrustal strong earthquakes and volcano activities, and the concept of seismic cone, using Smithsonian Institution volcano data, and the mantle plume data from www.mantleplumes.org website and 24 seismic cones defined by the author, the author of this paper preliminarily thinks that the global volcano activity can be divided into two types of the seismic cone type volcanoes and the mantle plume type volcanoes by its genesis. The seismic cone type volcanoes are controlled by the seismic cone structures, and its main eruption characteristic is the explosive eruption plume of viscous, gas rich magma and volcano ash plume, and the mantle plume type volcanoes are controlled by the mantle plume tectonics, mainly characterized by low viscosity material to the quiet type lava overflow or lava fountain type eruption. The causes and the eruption matter of the two type eruptions are differently. The seismic cone type volcanoes are in densely populated areas, threatening the human life security. Therefore, the prediction research of the hot engine belt is urgently needed, to investigate the seismic cone structure and its deep source earthquake activity, combined with the traditional volcanic prediction method, and some basic experience formed in forecasting. The traditional forecasting methods of volcanic eruption of mantle plume type are effective for the place people living in. This paper provides a new idea for the observation and study of global volcanoes, and the prediction of volcanic activity, which may be beneficial to the human response to the threat of volcanic activities.

Keywords

Seismo-geothermics; volcano; genesis; classification; seismic cone type eruption; mantle plume type eruption

Subject Areas: Earth & Environment

全球火山活动成因及其分类研究

陈立军

中国，长沙市

Email: seisman@foxmail.com

收稿日期：2016年6月15日；发布日期：2016年6月16日

摘要

本文按照作者的地震地热说关于壳内强震与火山活动预测的原理和方法，以及地震柱的概念，采用 Smithsonian Institution 的火山资料、www.mantleplumes.org 网页的地幔柱资料和作者所定义的全 24 个地震柱，根据火山成因将全球火山及其喷发类型划分为地震柱型火山和地幔柱型火山两大类型。地震柱型火山喷发受到地震柱构造的控制，主要特征是以爆破式烟柱喷发粘性大、富含气体的岩浆和火山灰，而地幔柱型喷发则受到地幔柱构造的控制，主要特征表现为低粘度物质以宁静式熔岩溢流或熔岩喷泉型喷发。二者的成因不同，所喷发的物质和喷发方式也各不相同。地震柱型火山喷发处在人口稠密地区，威胁人类的生命安全，因此热机带的预测研究刻不容缓，可以根据地震柱构造内中深源地震活动状态探讨，辅以传统的火山预测方法，和已经形成了一些基本的预测经验。地幔柱型火山喷发的传统预测方法对有人居住的地方是行之有效的。本文对全球火山的观察与研究，以及火山活动的预测提供了一种新的思路，或许对于人类应对火山活动的威胁不无裨益。

关键词

地震地热说；火山；成因；分类；地震柱型喷发；地幔柱型喷发

1. 引言

本文按照作者所提出的地震地热说关于壳内强震与火山预测的原理和方法，采用 Smithsonian Institution 的 Global Volcanism Program (GVP) 网站的火山资料和取自 www.mantleplumes.org 网页的地幔柱资料，以及作者所定义的全球 24 个地震柱构造，对火山与地震柱构造和地幔柱构造的关系逐一鉴定，将全球火山按照其成因划分为地震柱型火山和地幔柱型火山两大类，分别描述了地震柱型火山喷发和地幔柱型火山喷发的基本特征，为火山的分类研究与预测提供了一种有益的尝试。

2. 研究方法

2.1. 资料的选取

本文从 Global Volcanism Program (GVP) 网站获得全球 1900 年以来 443 座活火山的资料，从 www.mantleplumes.org 网页获得全球 64 个地幔柱的资料，加上作者所定义的全球 24 个地震柱构造，作为本文研究的基础资料，同时从 Internet 网页获得大量有关介绍这些活火山的资料和生动有趣的图片，不胜枚举，不能一一罗列。

2.2. 研究方法

地震地热说原理认为，全球的强震活动与火山活动受到地球上的热机带和冷机带两大构造系统所制约；热机带由 24 个已知的地震柱构造组成，控制着全球的所有中、深源地震和 90% 以上的壳内强震，以及 80% 以上的活火山，在全球呈 M 型展布，是全球地质灾害的能动带；冷机带主要沿大洋海底中脊出现浅源地震和少量火山活动，呈 W 型展布，表现为全球地质灾害的调整带[1-12]。

地震柱构造的概念 (seismic cone, 曾被称为 seismic cylinder 或者地震地幔柱 seismic mantle plume) 由一个或多个地震柱单柱体复合而成，已知最大深度 740km[2][3]。单个的地震柱柱体构造由中、深源地震的震源体密集而成倒立的圆锥体，具有独立的能动层 (含恆热层和次级能动层)、储能层和影响区的耗散层[7]，由于中深源地震活动的自下而上逐层驱动[1][3]，将能量累积在储能层内，为火山喷发提供热能和热物质，或者转化为壳内强震所需要的机械能，推动地表构造活动[4-10]，根据地震柱构造内中深源地震的活动性，可以探讨对壳内强震与火山活动的预测方法[11][12]。

全球 1900 年以来的活火山分布如图 1 所示。图 1 包括 24 个地震柱，即 01 号智利地震柱，02 号厄瓜多尔地震柱，03 号危地马拉地震柱，04 号海地地震柱，05 号白令海地震柱，06 号鄂霍次克海地震柱，07 号日本地震柱，08 号中国珲春地震柱，09 号北马里亚纳地震柱，10 号南马里亚纳地震柱，11 号台湾及琉球地震柱，12 号菲律宾地震柱，13 号所罗门地震柱，14 号西汤加地震柱，15 号汤加地震柱，16 号印尼地震柱，17 号缅甸地震柱，18 号兴都库什地震柱，19 号地中海地震柱，20 号地中海西口地震柱，21 号南桑威奇地震柱，22 号马尼拉地震柱，23 号安达曼地震柱，24 号北美洲地震柱。其中只有 21 号地震柱处在无人区，其他地震柱构造皆与壳内强震和火山造成人类的生命威胁有关，因此除 21 号地震柱之外的所有地震柱划分为 8 个预测研究区[13]，以便在研究中将区域内相关的壳内强震与火山通盘考虑。

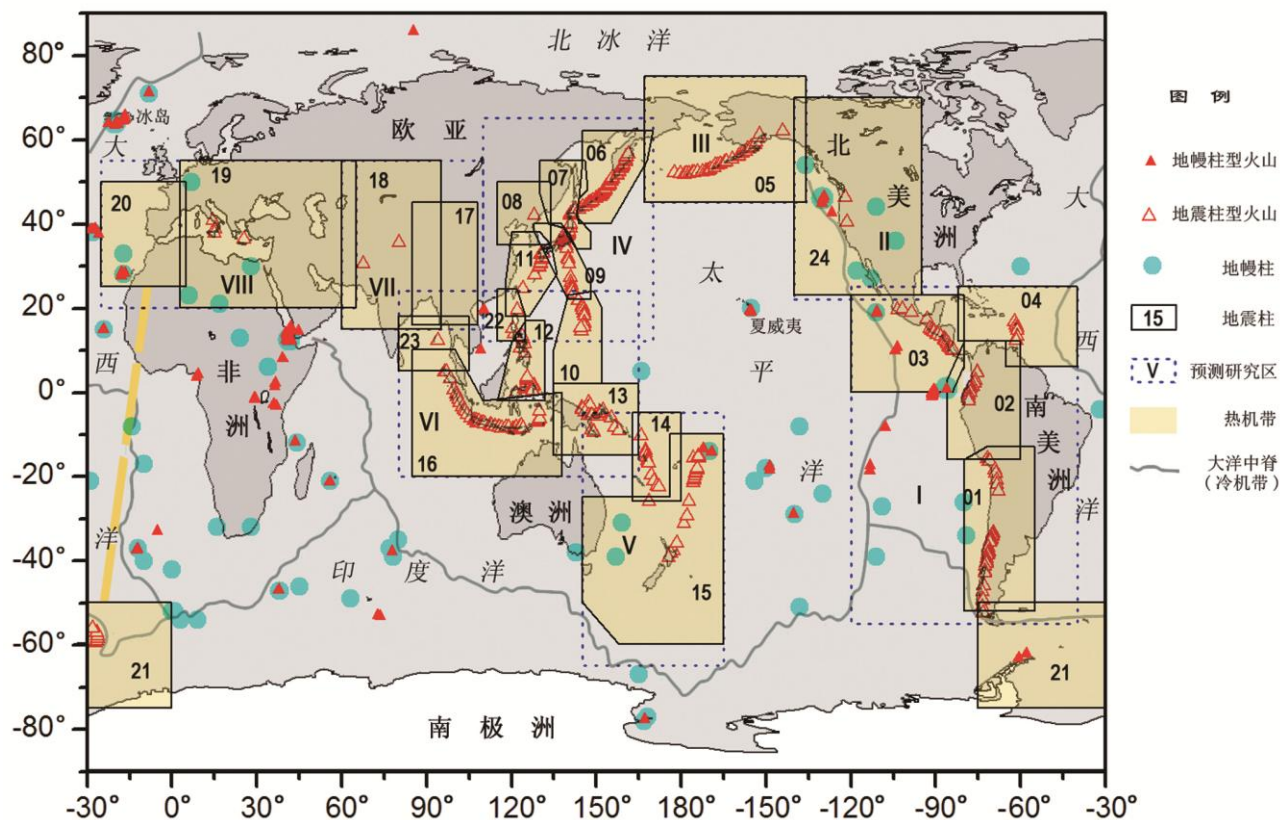


Figure 1. Distribution and classification of global volcanic activity (by Smithsonian Institution, 1900-2016.3)

图 1 全球火山活动的分布及其分类（据 Smithsonian Institution, 1900-2016.3）

64 个地幔柱构造均分布在热机带以外，广义上都属于冷机带。图中所有地震柱的框框只表示地震柱构造活动的大致影响范围，并非确定的地块。因此，尽管有些地幔柱坐落在地震柱的框框以内，同样不属于热机带。地震柱构造属于地震 P 波的快速异常体，地幔柱构造则属于地震 P 波的慢速异常体[4]。二者性质迥然不同，可以相邻，但不可能在同一地点同时存在。

地幔柱构造和地震柱构造一样，也会有热液的活动和热能的积累，只是没有以中深源地震活动的形式表现出来。同样地，地幔柱构造的活动也可以为冷机带的火山活动提供热能和热物质，或者转化为冷机带里少量的壳内强震活动所需要的机械能，推动地表构造活动。

作者推想，地震柱构造的活动与地幔柱构造的活动或许是可以互补的，不过目前没有验证。

3.火山分类的研究

3.1.分类研究的原则

作者曾经在概念上根据成因将全球火山划分为地震柱型火山和地幔柱型火山两大类[10]。两类火山的喷发物质和喷发方式各不相同。

1) 热机带的火山喷发归结为地震柱型火山喷发, 包括:

- 斯特朗博利型火山喷发 (Strombolian Eruption): 粘性熔岩流可以间歇性的爆破活动(如在斯特朗博利火山), 或是连续地溢出 (如像墨西哥的帕里库丁火山)。喷发次序是以潜水水汽爆炸开始, 紧随着为熔渣的喷出, 最后是熔岩流出地面。
- 乌尔坎诺型喷发 (Vulcanian Eruption): 粘性的、富含气体的岩浆伴随火山灰抛出地面, 形成烟柱强烈喷发。烟柱最高可达 40-50km 高空。熔岩流较少或没有。
- 培雷型火山喷发 (Pelean Eruption): 粘性的岩浆喷发, 开始阶段由新喷出的多气体岩浆产生火山发光云, 随之为最猛烈又具破坏性的火山喷发。
- 普里尼型火山喷发 (Plinian Eruption): 粘性大的岩浆特别强烈的连续的气体爆炸性喷发类型。初始是短期的富含气体的硅质岩浆喷发, 随后是平静的玄武质熔岩流; 另一些则是长期的、大量的浮石爆破, 形成浮石雨和发光云 (火山灰和浮石流)。
- 卡特迈型火山喷发 (Katmai Eruption): 极粘性的酸性熔岩物质, 以碎屑物组成的火山灰流在火山口附近堆积, 使地面变得比较平坦, 形成火山灰台地。1912 年阿拉斯加的卡特迈火山喷发属此类型。

2) 冷机带的火山喷发归结为地幔柱型火山喷发, 包括:

- 夏威夷型的火山喷发 (Hawaiian Eruption): 低粘度的玄武岩熔岩宁静式从山顶破火山口内的喷口溢流喷出, 一般属裂隙型。典型火山有夏威夷冒纳罗亚火山 (Mauna Loa), 基拉韦厄火山 (Kilauea) 等。普通意义的喷发为熔岩溢流或熔岩喷泉型, 遇海水发生爆炸, 烟云可高达数百米。
- 冰岛型的火山喷发 (Iceland Eruption): 大量喷出易流动的玄武岩质熔岩, 形成表面较平坦的熔岩台地。典型火山有冰岛埃亚菲德拉冰盖火山 (Eyjafjallajökull), 由于冰盖融化水的涌入而发生爆炸, 烟云高度可达 10km 以上。
- 非洲的火山喷发也为熔岩溢流或熔岩喷泉型, 典型火山有刚果的尼亚穆拉吉拉火山 (Nyamuragira) 和尼拉贡戈火山 (Niyiragongo) 等。

于是我们可以总结为:

地震柱型火山喷发的主要特征是以爆破式烟柱喷发粘性大、富含气体的岩浆和火山灰, 可高达数千米乃至数十千米。烟柱或因密度较大而难以散开, 周边地区的火山灰可厚达几十厘米, 附近居民不得靠近, 只能撤离, 游客也只能眺望。

地幔柱型喷发皆为低粘度物质, 表现为宁静式熔岩溢流或熔岩喷泉型, 人员可以就近观察或欣赏, 只有遇到海水 (夏威夷) 或者冰盖水 (冰岛) 才会发生爆炸, 喷射烟柱。温顺而绚丽的地幔柱型火山喷发, 最适合于旅游观赏。

有兴趣的读者可以点击下面的链接观赏两类火山不同的喷发方式。

Link: <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-983911.html> 地震柱型火山喷发特征[14]

Link: <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-982026.html> 地幔柱型火山喷发特征[15]

3.2.火山分类的结果

全球 1900 年以来的 443 座活火山, 共划分出地震柱型火山 359 座, 占火山总数的 81%, 地幔柱型火山 84 座, 占火山总数的 19%。火山的分类见表 1 和表 2, 其分布显示见图 1。

本文按照 GVP 报告的资料分析, 不一定完整, 因为常常在网页中见到某某火山喷发却并不在 443 座之列。

由图 1 可见, 地震柱型火山受到地震柱构造的严格控制, 其活动地点均十分靠近地震柱构造的中心

活动区，即地震柱构造的出地点。当地震柱构造由多个单柱体组成时，火山则位于这些单柱体的出地点的连线上，比如 01 号智利地震柱，05 号白令海地震柱，06 号鄂霍茨克地震柱，11 号台湾及琉球地震柱，15 号汤加地震柱，16 号印尼地震柱，等等。

值得指出的是，某些偏离地震柱构造出地点较远的火山，比如编号为 300240 的俄罗斯托尔巴奇克火山和编号为 312170 的美国阿拉斯加卡特迈火山，喷发物质为粘性大、富含气体的岩浆，表现为地震柱型喷发特征，然而其喷发方式却带有地幔柱型的溢流，推测其原因可能是由于这种火山偏离地震柱构造出地点较远而压力不足所致，本文依然定义为地震柱型火山喷发而没有定义为混合型火山喷发。已有的研究资料表明，它们的喷发活动分别与它们所在的 06 号鄂霍茨克地震柱和 05 号白令海地震柱的活动性有关联[11][12]。

地幔柱型火山与地幔柱构造的位置，在夏威夷、冰岛和非洲，基本都是吻合的。散布在大洋中的火山，或许是由于火山资料不全的原因。显然，最容易遗漏的火山就是大洋中的火山。图 1 同样值得地幔柱研究者参考，那些有地幔柱型火山而没有地幔柱构造的地方，是否值得再研究。

Table 1. Global seismic cone type volcanoes (by Smithsonian Institution, 1900-2016.3)

表 1 全球地震柱型火山（据 Smithsonian Institution, 1900-2016.3）

编号	英文名	纬度(°)	经度(°)	海拔(m)	最后喷发
211020	Vesuvius	40.821	14.426	1281	1944
211040	Stromboli	38.789	15.213	924	2015
211060	Etna	37.734	15.004	3330	2016
212040	Santorini	36.404	25.396	367	1950
232080	Tor Zawar	30.479	67.492	2237	2010
241040	White Island	-37.52	177.18	321	2013
241050	Okataina	-38.12	176.5	1111	1981
241080	Tongariro	-39.157	175.632	1978	2012
241100	Ruapehu	-39.28	175.57	2797	2007
241130	Rumble III	-35.745	178.478	-220	2008
242005	Havre Seamount	-31.08	-179.033	-897	2012
242030	Raoul Island	-29.27	-177.92	516	2006
242050	Monowai	-25.887	-177.188	-132	2012
243010	Unnamed	-21.38	-175.65	-500	1932
243030	Unnamed	-20.85	-175.53	-13	1999
243040	Hunga Tonga-HungaHa'apai	-20.536	-175.382	114	2015
243050	Falcon Island	-20.32	-175.42	-17	1936
243060	Tofua	-19.75	-175.07	515	2014
243070	Metis Shoal	-19.18	-174.87	43	1995
243080	Home Reef	-18.992	-174.775	-10	2006
243091	Unnamed	-18.325	-174.365	-40	2001
243100	Fonualei	-18.02	-174.325	180	1957
243102	Curacoa	-15.62	-173.67	-33	1979
243110	Niuafu'ou	-15.6	-175.63	260	1985
243120	Tafu-Maka	-15.37	-174.23	-1400	2008
243130	West Mata	-15.1	-173.75	-1174	2009
250010	St. Andrew Strait	-2.38	147.35	270	1957
250030	Unnamed	-3.03	147.78	-1300	1972
251010	Bam	-3.613	144.818	685	1960
251020	Manam	-4.08	145.037	1807	2015
251030	Karkar	-4.649	145.964	1839	2014
251050	Long Island	-5.358	147.12	1280	1993

251070	Ritter Island	-5.519	148.115	75	2007
252010	LangilaLangila	-5.525	148.42	1330	2012
252070	Krummel-Garbuna-Welcker	-5.416	150.027	564	2008
252080	WitoriWitori	-5.576	150.516	724	2012
252120	Ulawun	-5.05	151.33	2334	2013
252130	Lolobau	-4.92	151.158	858	1912
252140	Rabaul	-4.271	152.203	688	2014
253010	Lamington	-8.95	148.15	1680	1956
253030	Victory	-9.2	149.07	1925	1935
253040	Waiowa	-9.57	149.075	640	1944
255020	Bagana	-6.137	155.196	1855	2015
255050	Simbo	-8.292	156.52	335	1910
255060	Kavachi	-9.02	157.95	-20	2007
256010	Tinakula	-10.38	165.8	851	2012
257010	Suretamatai	-13.8	167.47	921	1966
257020	Gaua	-14.27	167.5	797	2011
257030	Aoba	-15.4	167.83	1496	2011
257040	Ambrym	-16.25	168.12	1334	2015
257050	Lopevi	-16.507	168.346	1413	2007
257060	Epi	-16.68	168.37	833	2004
257070	Kuwae	-16.829	168.536	-2	1974
257100	Yasur	-19.53	169.442	361	2016
258001	Eastern Gemini Seamount	-20.98	170.28	-80	1996
258010	Matthew Island	-22.33	171.32	177	1956
258020	Hunter Island	-22.4	172.05	297	1903
258030	North Norfolk Plateau	-25.78	168.63	-2400	1964
260010	Barren Island	12.278	93.858	354	2016
261030	PeuetSague	4.914	96.329	2801	2000
261050	Telong, Bur ni	4.769	96.821	2617	1937
261080	Sinabung	3.17	98.392	2460	2016
261120	Sorikmarapi	0.686	99.539	2145	1986
261140	Marapi	-0.381	100.473	2891	2015
261150	Tandikat-Singgalang	-0.39	100.331	2854	1924
261160	Talang	-0.978	100.679	2597	2007
261170	Kerinci	-1.697	101.264	3800	2009
261180	Sumbing	-2.414	101.728	2507	1921
261220	Kaba	-3.52	102.62	1952	2000
261230	Dempo	-4.03	103.13	3173	2009
261250	Besar	-4.43	103.67	1899	1940
261270	Suoh	-5.25	104.27	1000	1933
262000	Krakatau	-6.102	105.423	813	2014
263040	Perbakti-Gagak	-6.75	106.7	1699	1939
263050	Salak	-6.72	106.73	2211	1938
263060	Gede-Pangrango	-6.77	106.965	3008	1957
263090	Tangkubanparahu	-6.77	107.6	2084	2015
263100	Papandayan	-7.32	107.73	2665	2002
263140	Galunggung	-7.25	108.058	2168	1984
263170	Cereme	-6.892	108.4	3078	1951
263180	Slamet	-7.242	109.208	3428	2014
263200	Dieng Volcanic Complex	-7.2	109.92	2565	2009
263210	Sundoro	-7.3	109.992	3136	1971
263250	Merapi	-7.542	110.442	2968	2014
263280	Kelut	-7.93	112.308	1731	2014
263290	Arjuno-Welirang	-7.725	112.58	3339	1952

263300	Semeru	-8.108	112.92	3676	2016
263310	Tengger Caldera	-7.942	112.95	2329	2016
263340	Raung	-8.125	114.042	3332	2015
263350	Ijen	-8.058	114.242	2799	1999
264010	Batur	-8.242	115.375	1717	2000
264020	Agung	-8.342	115.508	3142	1964
264030	Rinjani	-8.42	116.47	3726	2015
264040	Tambora	-8.25	118	2850	1967
264050	Sangeang Api	-8.2	119.07	1949	2015
264071	Ranakah	-8.62	120.52	2350	1991
264090	Inielika	-8.73	120.98	1559	2001
264100	Ebulobo	-8.82	121.18	2124	1969
264110	Iya	-8.897	121.645	637	1969
264140	Kelimutu	-8.77	121.82	1639	1968
264150	Paluweh	-8.32	121.708	875	2014
264160	Egon	-8.676	122.455	1661	2008
264180	Lewotobi	-8.542	122.775	1703	2014
264200	Leroboleng	-8.365	122.833	1095	2003
264220	Iliboleng	-8.342	123.258	1659	1993
264230	Lewotolo	-8.272	123.505	1423	2012
264250	Iliwerung	-8.53	123.57	1018	2013
264260	Tara, Batu	-7.792	123.579	748	2015
264270	Sirung	-8.508	124.13	862	2015
265050	Teon	-6.976	129.144	728	1904
265060	Nila	-6.73	129.5	781	1968
265070	Serua	-6.312	130.017	608	1921
265090	Banda Api	-4.523	129.881	596	1988
266010	Colo	-0.162	121.601	404	1983
266020	Ambang	0.75	124.42	1795	2005
266030	Soputan	1.112	124.737	1785	2016
266100	Lokon-Empung	1.358	124.792	1580	2015
266110	Mahawu	1.352	124.865	1299	1977
267010	Ruang	2.3	125.37	725	2002
267020	Karangetang	2.78	125.4	1784	2016
267030	Banua Wuhu	3.138	125.491	-5	1919
267040	Awu	3.67	125.5	1320	2004
268010	Dukono	1.693	127.894	1229	2016
268030	Ibu	1.488	127.63	1325	2015
268040	Gamkonora	1.38	127.53	1635	2007
268060	Gamalama	0.8	127.33	1715	2015
268070	Makian	0.32	127.4	1357	1988
271080	Camiguin	9.203	124.673	1552	1953
272020	Kanlaon	10.412	123.132	2435	2015
272080	Biliran	11.523	124.535	1301	1939
273010	Bulusan	12.77	124.05	1565	2016
273030	Mayon	13.257	123.685	2462	2014
273070	Taal	14.002	120.993	311	1977
273083	Pinatubo	15.13	120.35	1486	1993
274020	Didicas	19.077	122.202	228	1978
274030	Babuyan Claro	19.523	121.94	1080	1924
282010	Submarine Volcano NNE of Iri	24.57	123.93	-200	1924
282020	Io-Torishima	27.881	128.223	212	1968
282030	Suwanosejima	29.638	129.714	796	2016
282040	Nakanoshima	29.859	129.857	979	1914

282050	Kuchinoerabujima	30.443	130.217	657	2015
282060	Kikai	30.789	130.308	704	2013
282080	Aira, Sakura jima	31.593	130.657	1117	2016
282090	Kirishimayama	31.934	130.862	1700	2011
282100	Unzendake	32.761	130.299	1483	1996
282110	Asosan	32.884	131.104	1592	2015
282120	Kujusan	33.086	131.249	1791	1996
283010	Izu-Tobu	34.9	139.098	1406	1989
283020	Hakoneyama	35.233	139.021	1438	2015
283040	Ontakesan	35.893	137.48	3067	2014
283070	Yakedake	36.227	137.587	2455	1995
283090	Niigata-Yakeyama	36.921	138.036	2400	1998
283110	Asamayama	36.406	138.523	2568	2015
283120	Kusatsu-Shiranesan	36.618	138.528	2165	1983
283140	Nikko-Shiranesan	36.799	139.376	2578	1952
283150	Nasudake	37.125	139.963	1915	1963
283170	Adatarayama	37.647	140.281	1728	1996
283180	Azumayama	37.735	140.244	1949	1977
283190	Zaozan	38.144	140.44	1841	1940
283210	Kurikomayama	38.961	140.788	1627	1950
283220	Chokaisan	39.099	140.049	2236	1974
283230	Akita-Komagatake	39.761	140.799	1637	1971
283240	Iwatesan	39.853	141.001	2038	1919
283260	Akita-Yakeyama	39.964	140.757	1366	1997
284010	Izu-Oshima	34.724	139.394	758	1990
284040	Miyakejima	34.094	139.526	775	2010
284070	Myojinsho	31.888	139.918	11	1970
284080	Sumisujima	31.44	140.051	136	1916
284090	Izu-Torishima	30.484	140.303	394	2002
284096	Nishinoshima	27.247	140.874	25	2015
284100	Kaitoku Seamount	26.06	140.933	-173	1984
284110	Kita-Ioto	25.424	141.284	792	1945
284120	Ioto	24.751	141.289	169	2012
284121	Kita-Fukutokutai	24.417	141.417	-73	1954
284130	Fukutoku-Oka-no-Ba	24.285	141.481	-29	2010
284131	Minami Hiyoshi	23.5	141.935	-107	1975
284133	Fukujin	21.93	143.47	-217	1974
284134	Kasuga 1	21.765	143.71	-598	1959
284140	Farallon de Pajaros	20.538	144.896	360	1967
284141	Ahyi	20.42	145.03	-75	2014
284142	Supply Reef	20.13	145.1	-8	1989
284150	Asuncion	19.671	145.406	857	1906
284160	Agrigan	18.77	145.67	965	1917
284170	Pagan	18.13	145.8	570	2012
284193	South Sarigan Seamount	16.58	145.78	-184	2010
284200	Anatahan	16.35	145.67	790	2008
284202	Ruby	15.62	145.57	-230	1995
284211	NW Rota-1	14.601	144.775	-517	2010
284305	Mariana Back-Arc Segment at	15.406	144.506	-4100	2015
285020	Hokkaido-Komagatake	42.063	140.677	1131	2000
285030	Toya	42.544	140.839	733	2001
285040	Shikotsu	42.688	141.38	1320	1981
285050	Tokachidake	43.418	142.686	2077	2004
285070	Akan	43.384	144.013	1499	2008

285090	Shiretoko-Iozan	44.133	145.161	1562	1936
290030	Chachadake [Tiatia]	44.353	146.252	1822	1981
290050	Etorofu-Atosanupuri	44.808	147.131	1206	1932
290070	Etorofu-Yakeyama	45.012	147.871	1158	2013
290080	Sashiusudake [Baransky]	45.1	148.019	1125	1951
290100	Moyorodake [Medvezhia]	45.389	148.838	1124	1999
290120	Kolokol Group	46.042	150.05	1328	1973
290150	Chirpoi	46.525	150.875	742	2016
290160	Unnamed	46.47	151.28	-502	1972
290161	Milna	46.815	151.786	1504	1914
290180	Zavaritzki Caldera	46.925	151.95	624	1957
290200	Ketoi	47.35	152.475	1172	1960
290220	Rasshua	47.77	153.02	956	1957
290230	Unnamed	48.08	153.33	-150	1924
290240	Sarychev Peak	48.092	153.2	1496	2009
290250	Raikoke	48.292	153.25	551	1924
290260	Chirinkotan	48.98	153.48	724	2015
290270	Ekarma	48.958	153.93	1170	2010
290290	Sinarka	48.875	154.175	934	2014
290300	Kharimkotan	49.12	154.508	1145	1933
290310	Tao-Rusyr Caldera	49.35	154.7	1325	1952
290320	Nemo Peak	49.57	154.808	1018	1938
290350	Karpinsky Group	50.148	155.373	1326	1952
290360	Chikurachki	50.324	155.461	1781	2015
290380	Ebeko	50.686	156.014	1103	2010
290390	Alaid	50.861	155.565	2285	2016
300030	Iliinsky	51.498	157.203	1555	1901
300040	Zheltofsky	51.577	157.328	1926	1923
300050	Ksudach	51.844	157.572	1079	1907
300060	Mutnovsky	52.449	158.196	2288	2000
300070	Gorely	52.559	158.03	1799	2010
300090	Koryaksky	53.321	158.712	3430	2009
300100	Avachinsky	53.256	158.836	2717	2001
300120	Zhupanovsky	53.589	159.15	2899	2016
300125	AkademiaNauk	53.98	159.45	1180	1996
300130	Karymsky	54.049	159.443	1513	2016
300140	MalySemyachik	54.135	159.674	1527	1952
300200	Kronotsky	54.753	160.533	3482	1923
300230	Kizimen	55.131	160.32	2334	2013
300240	Tolbachik	55.832	160.326	3611	2013
300250	Bezymianny	55.972	160.595	2882	2013
300260	Klyuchevskoy	56.056	160.642	4754	2015
300270	Sheveluch	56.653	161.36	3283	2016
304030	Kunlun Volcanic Group	35.52	80.2	5808	1951
305060	Changbaishan	41.98	128.08	2744	1903
311020	Kiska	52.103	177.602	1220	1990
311060	Semisopchnoi	51.93	179.58	1221	1987
311070	Gareloi	51.79	-178.794	1573	1989
311080	Tanaga	51.885	-178.146	1806	1914
311110	Kanaga	51.923	-177.168	1307	2012
311120	Great Sitkin	52.076	-176.13	1740	1974
311130	Kasatochi	52.177	-175.508	314	2008
311161	Korovin	52.381	-174.166	1518	2007
311180	Seguam	52.315	-172.51	1054	1993

311190	Amukta	52.5	-171.252	1066	1997
311210	Yunaska	52.643	-170.629	550	1937
311240	Cleveland	52.825	-169.944	1730	2015
311260	Kagamil	52.974	-169.72	893	1929
311290	Okmok	53.43	-168.13	1073	2008
311300	Bogoslof	53.93	-168.03	150	1992
311310	Makushin	53.891	-166.923	1800	1995
311320	Akutan	54.134	-165.986	1303	1992
311340	Westdahl	54.518	-164.65	1654	1992
311360	Shishaldin	54.756	-163.97	2857	2015
312030	Pavlof	55.417	-161.894	2493	2014
312060	Kupreanof	56.011	-159.797	1895	1987
312070	Veniaminof	56.17	-159.38	2507	2013
312090	Aniakchak	56.88	-158.17	1341	1931
312110	Chiginagak	57.135	-156.99	2221	1998
312131	Ukinrek Maars	57.832	-156.51	91	1977
312140	Martin	58.172	-155.361	1863	1953
312160	Trident	58.236	-155.1	1864	1974
312170	Katmai	58.28	-154.963	2047	1912
312180	Novarupta	58.27	-155.157	841	1912
312260	Fourpeaked	58.77	-153.672	2105	2006
313010	Augustine	59.363	-153.43	1252	2006
313030	Redoubt	60.485	-152.742	3108	2009
313040	Spurr	61.299	-152.251	3374	1992
315020	Wrangell	62.006	-144.017	4278	2002
321050	St. Helens	46.2	-122.18	2549	2008
323080	Lassen Volcanic Center	40.492	-121.508	3187	1917
341040	Colima	19.514	-103.62	3850	2016
341060	Michoacan-Guanajuato	19.85	-101.75	3860	1952
341090	Popocatepetl	19.023	-98.622	5426	2016
341120	Chichon, El	17.36	-93.228	1150	1982
341130	Tacana	15.132	-92.109	4064	1986
342030	Santa Maria	14.756	-91.552	3772	2016
342080	Acatenango	14.501	-90.876	3976	1972
342090	Fuego	14.473	-90.88	3763	2016
342110	Pacaya	14.381	-90.601	2552	2015
343020	Santa Ana	13.853	-89.63	2381	2005
343030	Izalco	13.813	-89.633	1950	1966
343050	San Salvador	13.734	-89.294	1893	1917
343100	San Miguel	13.434	-88.269	2130	2016
344020	San Cristobal	12.702	-87.004	1745	2015
344040	Telica	12.602	-86.845	1061	2016
344070	Negro, Cerro	12.506	-86.702	728	1999
344080	Pilas, Las	12.495	-86.688	1088	1954
344090	Momotombo	12.422	-86.54	1297	2016
344100	Masaya	11.984	-86.161	635	2016
344120	Concepcion	11.538	-85.622	1700	2011
345020	Rincon de la Vieja	10.83	-85.324	1916	2014
345030	Miravalles	10.748	-85.153	2028	1946
345033	Arenal	10.463	-84.703	1670	2010
345040	Poas	10.2	-84.233	2708	2014
345060	Irazu	9.979	-83.852	3432	1994
345070	Turrialba	10.025	-83.767	3340	2016
351020	Ruiz, Nevado del	4.892	-75.324	5279	2016

351030	Tolima, Nevado del	4.658	-75.33	5215	1943
351050	Huila, Nevado del	2.93	-76.03	5364	2012
351060	Purace	2.32	-76.4	4650	1977
351070	Dona Juana	1.5	-76.936	4137	1906
351080	Galeras	1.22	-77.37	4276	2014
351100	Cumbal	0.95	-77.87	4764	1926
351110	Chiles-Cerro Negro	0.817	-77.938	4698	1936
352010	Reventador	-0.077	-77.656	3562	2016
352020	Guagua Pichincha	-0.171	-78.598	4784	2002
352050	Cotopaxi	-0.677	-78.436	5911	2016
352080	Tungurahua	-1.467	-78.442	5023	2016
352090	Sangay	-2.005	-78.341	5286	2015
354006	Sabancaya	-15.78	-71.85	5967	2015
354010	Misti, El	-16.294	-71.409	5822	1985
354020	Ubinas	-16.355	-70.903	5672	2016
355020	Guallatiri	-18.42	-69.092	6071	1960
355030	Isluga	-19.15	-68.83	5550	1913
355040	Irruputuncu	-20.73	-68.55	5163	1995
355070	San Pedro	-21.88	-68.4	6145	1960
355100	Lascar	-23.37	-67.73	5592	2015
357010	Tupungatito	-33.425	-69.797	5660	1987
357020	San Jose	-33.789	-69.895	6070	1960
357021	Maipo	-34.164	-69.832	5323	1912
357030	Tinguiririca	-34.814	-70.352	4280	1917
357040	Planchon-Peteroa	-35.223	-70.568	3977	2011
357050	Descabezado Grande	-35.58	-70.75	3953	1933
357060	Azul, Cerro	-35.653	-70.761	3788	1967
357070	Chillán, Nevados de	-36.863	-71.377	3212	2016
357090	Copahue	-37.856	-71.183	2953	2016
357091	Callaqui	-37.92	-71.45	3164	1980
357100	Lonquimay	-38.377	-71.58	2865	1990
357110	Llaima	-38.692	-71.729	3125	2009
357120	Villarrica	-39.42	-71.93	2847	2015
357130	Mocho-Choshuenco	-39.927	-72.027	2422	1937
357140	Carrán-Los Venados	-40.35	-72.07	1114	1979
357150	Puyehue-Cordon Caulle	-40.59	-72.117	2236	2012
358020	Calbuco	-41.326	-72.614	2003	2015
358030	Huequi	-42.377	-72.578	1318	1920
358041	Chaiten	-42.833	-72.646	1122	2011
358057	Hudson, Cerro	-45.9	-72.97	1905	2011
358059	Arenales	-47.2	-73.48	3437	1979
358060	Lautaro	-49.02	-73.55	3607	1979
358061	Viedma	-49.358	-73.28	1500	1988
358063	Reclus	-50.964	-73.585	1000	1908
358070	Burney, Monte	-52.33	-73.4	1758	1910
360050	Soufrière Hills	16.72	-62.18	915	2013
360060	Soufriere Guadeloupe	16.044	-61.664	1467	1977
360101	Watt, Morne	15.307	-61.305	1224	1997
360120	Pelee	14.809	-61.165	1394	1932
360150	Soufrière St. Vincent	13.33	-61.18	1220	1979
360160	Kick 'em Jenny	12.3	-61.64	-185	2015
390070	Thule Islands	-59.458	-27.186	1075	1975
390080	Bristol Island	-59.063	-26.587	1100	1956
390081	Montagu Island	-58.42	-26.33	1370	2007

390090	Michael	-57.787	-26.46	990	2015
390100	Candlemas Island	-57.08	-26.67	550	1911
390140	Protector Shoal	-56.014	-28.246	-27	1962

Table 2. Globalmantle plume type volcanoes (by Smithsonian Institution, 1900-2016.3)

表 2 全球地幔柱型火山 (据 Smithsonian Institution, 1900-2016.3)

编号	英文名	纬度(°)	经度(°)	海拔(m)	最后喷发
221010	Tair, Jebel at	15.55	41.83	244	2008
221020	Zubair Group	15.05	42.18	191	2013
221041	Dallol	14.242	40.3	-48	2011
221060	Alu-Dalafilla	13.793	40.553	578	2008
221080	Erta Ale	13.6	40.67	613	2016
221101	Nabro	13.37	41.7	2218	2012
221112	Alayta	12.888	40.573	1496	1915
221113	Dabbahu	12.595	40.48	1401	2005
221115	MandaHararo	12.17	40.82	600	2009
221122	Manda-Inakir	12.38	42.2	600	1928
221250	TulluMoje	8.158	39.13	2349	1900
222030	Barrier, The	2.32	36.57	1032	1921
222051	Emuruangogolak	1.5	36.33	1328	1910
222120	Lengai, Oldoinyo	-2.764	35.914	2962	2013
222160	Meru	-3.25	36.75	4565	1910
223020	Nyamuragira	-1.408	29.2	3058	2015
223030	Nyiragongo	-1.52	29.25	3470	2015
223050	Visoke	-1.458	29.485	3696	1957
224004	Santa Isabel	3.58	8.75	3007	1923
224010	Cameroon	4.203	9.17	4095	2000
231120	Dhamar, Harras of	14.57	44.67	3500	1937
233010	Karthala	-11.75	43.38	2361	2007
233020	Fournaise, Piton de la	-21.244	55.708	2632	2015
234000	Boomerang Seamount	-37.721	77.825	-650	1995
234010	Heard	-53.106	73.513	2745	2016
234011	McDonald Islands	-53.03	72.6	230	2005
234070	Marion Island	-46.9	37.75	1230	2004
244000	Vailulu'u	-14.215	-169.058	-592	2003
244040	Savai'i	-13.612	-172.525	1858	1911
275001	Hainan Dao	19.7	110.1	0	1933
275060	Cendres, Ile des	10.158	109.014	-20	1923
331020	CoAxial Segment	46.52	-129.58	-2400	1993
331021	Axial Seamount	45.95	-130	-1410	2015
331030	Cleft Segment	44.83	-130.3	-2140	1986
331031	North Gorda Ridge Segment	42.67	-126.78	-3000	1996
332000	Loihi	18.92	-155.27	-975	1996
332010	Kilauea	19.421	-155.287	1222	2016
332020	Mauna Loa	19.475	-155.608	4170	1984
333010	Teahitia	-17.564	-148.821	-1743	1985
333020	Rocard	-17.662	-148.586	-2515	1972
333030	MouaPihaa	-18.325	-148.525	-312	1970
333060	Macdonald	-28.98	-140.25	-39	1989
334040	Unnamed	10.73	-103.58	0	2003
334050	Unnamed	9.83	-104.3	-2500	2006
334070	Galapagos Rift	0.792	-86.15	-2430	1996

334100	Unnamed	-8.27	-107.95	-2800	1969
334120	Southern EPR-Segment K	-17.436	-113.206	-2566	1990
334140	Southern EPR-Segment I	-18.53	-113.42	-2600	1915
341020	Barcena	19.3	-110.82	332	1953
341021	Socorro	18.78	-110.95	1050	1994
353010	Fernandina	-0.37	-91.55	1476	2009
353020	Wolf	0.02	-91.35	1710	2015
353040	Alcedo	-0.43	-91.12	1130	1993
353050	Negra, Sierra	-0.83	-91.17	1124	2005
353060	Azul, Cerro	-0.92	-91.408	1640	2008
353070	Pinta	0.58	-90.75	780	1928
353080	Marchena	0.33	-90.47	343	1991
353090	Santiago	-0.22	-90.77	920	1906
371020	Reykjanes	63.88	-22.5	230	1926
372010	Vestmannaeyjar	63.43	-20.28	279	1973
372020	Eyjafjallajokull	63.63	-19.62	1666	2010
372030	Katla	63.63	-19.05	1512	1918
372070	Hekla	63.98	-19.7	1491	2000
373010	Grimsvotn	64.42	-17.33	1725	2011
373030	Bardarbunga	64.63	-17.53	2009	2015
373050	Kverkfjoll	64.65	-16.72	1929	1968
373060	Askja	65.03	-16.75	1516	1961
373080	Krafla	65.73	-16.78	818	1984
376010	Jan Mayen	71.087	-8.146	2085	1985
377020	East Gakkel Ridge at 85 °E	85.608	85.25	-3800	1999
382010	Fayal	38.6	-28.73	1043	1958
382030	San Jorge	38.65	-28.08	1053	1907
382050	Terceira	38.73	-27.32	1023	2000
382110	Monaco Bank	37.6	-25.88	-197	1911
383010	La Palma	28.57	-17.83	2426	1971
383020	Hierro	27.73	-18.03	1500	2012
383030	Tenerife	28.271	-16.641	3715	1909
384010	Fogo	14.95	-24.35	2829	2015
385052	Unnamed	-32.958	-5.22	0	2002
386010	Tristan da Cunha	-37.092	-12.28	2060	1962
386011	Nightingale Island	-37.42	-12.48	365	2004
390020	Erebus	-77.53	167.17	3794	2016
390030	Deception Island	-63.001	-60.652	602	1970
390031	Penguin Island	-62.1	-57.93	180	1905

4.讨论

4.1.关于火山的成因

关于火山的成因，人们常常希望采用地壳构造的活动来解释，其理由是不够充分的。

举一个例子：人体上生长庖丁，是因为体内毒素的聚敛，发育成熟了，才能揭开盖子将其脓液挤出来。熟透了的庖丁不需要挤压。显然，如果把用手挤压脓液解释为庖丁的成因，自然令人啼笑皆非，即使你真的挤压过脓液。

已知的地壳构造，最深的断裂，即所谓的深大断裂，只有几十千米深，而且数量极少；活动地块以断层为边界，只有几千米到几十千米的深度；海沟只有几千米到十多千米的深度，板块构造主要也是依

据 35km 深度以内的浅源地震活动图像划分而且俯冲带也只是一种假设（详见《西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造》，待刊）。因此，它们都不可能为火山活动提供足够的能量和热物质，也不可能提供高温高压的喷发条件。火山活动的能量和热物质，只能来自地球的内部，如同生长庖丁的毒素只能来自人体的内部一样。地壳构造就是地壳构造。随意地将地壳构造引申到地下几百千米的深度，或者将地壳的运动（GPS 位移）刚性地向地壳以下延伸，都不是十分合理的。

地震柱构造和地幔柱构造最有条件为火山活动提供能量和物质的保障。它们都具有高温高压的构造环境，都具有纵深和横向的温差与压差，或许都拥有热液状态的物质，在地球自转并非绝对匀速的条件下，便会为地表带来灾难——火山和壳内强震。这样的推理，比起采用地壳构造的活动来解释，或许更为合理，更能为人们所接受，也更能对它们的预测研究提供新的概念和思路。

4.2.关于火山活动的预测

由图 1 可见，地震柱型火山喷发都处在人口稠密地区，威胁着人类的生命安全，其预测研究刻不容缓。作者以为，壳内强震与火山活动是地震柱构造释放能量的两种不同方式，是一对孪生兄弟，因此在一系列文章里同时谈到壳内强震与火山活动预测的新思路和新方法[9-12]。目前看来，这些思路和方法主要适用于对热机带的研究，因为它们的立足点都是对地震柱构造内的中深源地震活动性的研究。对于壳内强震，作者在爱琴海找到一个很好的例子，并以动画形式演示出 7 级强震前中深源地震活动上下翻滚的震撼画面[8]。作者相信，对于地震柱型的火山活动，也会找到同样的生动画面。

冷机带的研究暂时尚未找到更为适合的思路和方法。不过，对于火山活动的传统预测研究，在夏威夷火山区已经得到了很好的应用。夏威夷也发现，火山喷发前出现 50km 深度的地震活动，浅源地震更为活跃[16]。夏威夷的地壳很薄，因而为壳下地震活动的研究提供了可能性。希望冰岛与非洲的火山研究也能得以进展，因为冷机带里只有这 3 处的火山活动才会威胁到人类的安全。

5.结论

本文按照作者的地震地热说关于壳内强震与火山活动预测的原理和方法，以及地震柱的概念，采用 Smithsonian Institution 的火山资料、www.mantleplumes.org 网页的地幔柱资料和作者所定义的全球 24 个地震柱，根据火山成因将全球火山及其喷发类型划分为地震柱型火山和地幔柱型火山两大类型。地震柱型火山喷发受到地震柱构造的控制，主要特征是以爆破式烟柱喷发粘性大、富含气体的岩浆和火山灰，而地幔柱型喷发则受到地幔柱构造的控制，主要特征表现为低粘度物质以宁静式熔岩溢流或熔岩喷泉型喷发。二者的成因不同，所喷发的物质和喷发方式也各不相同。地震柱型火山喷发处在人口稠密地区，威胁人类的生命安全，其预测研究刻不容缓，可以根据地震柱构造内中深源地震活动状态探讨，辅以传统的火山预测方法，已经形成了一些基本的预测经验。地幔柱型火山喷发的传统预测方法对有人居住的地方是行之有效的。本文对于全球火山的观察与研究以及火山活动的预测提供了一种新的思路，或许对于人类应对火山活动的威胁不无裨益。

当然，本文只是一种探讨，尚需实践的检验与业界的认同，欢迎任何样的指点与批评。

致谢

本文火山资料来自 Smithsonian Institution 的 Global Volcanism Program (GVP) 网站，地幔柱资料来自 www.mantleplumes.org 网页，谨此致谢。

参考文献(References)

- [1] 陈立军 (2000) 中国地震震源深度与强震活动状态研究[J]. 地震地质, 22 (4) : 360-370
- [2] 陈立军 (2012) 地震地热说原理与应用[J]. 内陆地震, 26 (2) , 108-122
- [3] 陈立军 (2013) 地震柱的概念及其基本特征[J]. 华南地震, 33 (1) , 1-14
- [4] 陈立军, 胡奉湘, 陈晓逢 (2013) 全球地震柱的地震层析成像证据[J]. 华南地震, 33 (4) , 1-10
- [5] 陈立军 (2015) 2013 年巴基斯坦 7.7 级地震与兴都库什的地震构造[J]. 内陆地震, 29 (1) : 15-27. <http://dx.doi.org/10.16256/j.issn.101-8956.2015.01.002>
- [6] 陈立军. (2013)青藏高原的地震构造与地震活动[J]. 地震研究, 36(1): 123-131
- [7] Chen, L.J., Chen, X.F., Wan, F.F., Li, P.Z. and Shao, L. (2015) Comparative Study of Global Seismicity on the Hot Engine Belt and the Cooling Seismic Belt—Improvement on Research Ideas of Earthquake Prediction. International Journal of Geosciences, 6, 741-749. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2015.67060>. 中文版见 <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-912394.html>
- [8] Chen, L.J. (2016) Study on the Seismogenic Mechanism of the Earthquake Mw6.9 in 2014 in the Aegean Sea Seismic Cone. International Journal of Geosciences, 7, 669-684. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2016.75052>. 中文版见 <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-979237.html>
- [9] Chen, L.J., Chen, X.F. and Shao, L. (2015) Method Research of Earthquake Prediction and Volcano Prediction in Italy. International Journal of Geosciences, 6, 963-971. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2015.69076>. 中文版见 <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-920796.html>
- [10] 陈立军 (2015) 全球热机带和冷机带火山活动的比较研究—兼论对热机带火山预测研究思路的改进[J]. 地球科学前沿, 5, 334-357. <http://dx.doi.org/10.12677/AG.2015.55034>
- [11] 陈立军 (2015) 2012 年 0419 预测卡片(3 年期)的试验总结—地震地热说的壳内强震与火山预测方法介绍[J]. 自然科学, 3(4): 147-164. <http://dx.doi.org/10.12677/OJNS.2015.34019>
- [12] 陈立军. 全球主要地震柱 3 年期地震与火山预测卡片 0419 卡的有关说明[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-883826.html>, 2015-4-20
- [13] 陈立军全球地震预测研究区的划分. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-797995.html>, 2014-5-27
- [14] 陈立军地震柱型火山喷发特征[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-983911.html>, 2016-6-11
- [15] 陈立军地幔柱型火山喷发特征[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-982026.html>, 2016-6-2
- [16] 洪汉净 (2013) 火山预测与预警. 地震出版社, 北京.