

Summary of the Test of 0419 Forecast Card (3 Years) in 2012

—Recommend on the Methods of Intracrustal Strong Earthquake Prediction and Volcanic Prediction by the Theory of Seismo-Geothermics

Lijun Chen

Earthquake Administration of Hunan Province, Changsha Hunan
Email: seisman@foxmail.com

Received: Nov. 2nd, 2015; accepted: Nov. 16th, 2015; published: Nov. 19th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The reality check of activity trend and activity site prediction on major seismic cones within next 3 years on April 19, 2012 (0419 card), which was according to the strong earthquake and volcano prediction method from Seismo-Geothermics Theory and basing on the ANSS earthquake catalog from Northern California Earthquake Data Center, has been received in this paper and the prediction method are introduced and discussed that the method for intracrustal strong earthquake and volcanic activity background and trend in medium-short-term forecasting is feasible and therefore, it is necessary to improve observation precision in the region of coverage seismic cones and strengthen the subcrustal seismic activity monitoring and research.

Keywords

Seismo-Geothermics Theory, Seismic Cone, 0419 Card, Intracrustal Strong Earthquake, Volcano, Subcrustal Earthquake, Forecast

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

陈立军

湖南省地震局, 湖南 长沙

Email: seisman@foxmail.com

收稿日期：2015年11月2日；录用日期：2015年11月16日；发布日期：2015年11月19日

摘要

本文采用北加利福尼亚地震数据中心的ANSS地震目录，按照地震地热说关于壳内强震与火山的预测方法，总结了2012年4月19日关于全球主要地震柱未来3年活动趋势与活动地点预测(0419卡)的实况检验，并对预测方法进行介绍与讨论，认为该方法对于壳内强震与火山活动背景以及大趋势的中短期预测是可行的，为此应改善覆盖地震柱的地震台网监测能力，加强对壳下地震活动的监测与研究。

关键词

地震地热说，地震柱，0419卡，壳内强震，火山，壳下地震，预测

1. 引言

关于地震预测的理论，历来是单纯建立在地震构造或者构造体系基础之上，认为地震活动系地表构造运动的应变能积累所致[1]-[4]。作者根据地震柱的构造概念(seismic cone)、地震地热说的原理和工作方法(Seismo-geothermics Theory) [5] [6]，采用美国北加利福尼亚地震数据中心的 ANSS 地震目录[7]，按照壳下地震活动的动态与规律，于2012年4月19日向有关地震部门提交了3年期全球主要地震柱活动试验预测的卡片，简称0419卡。截止2015年4月19日卡片预测期满，作者遂在自己的科学网博客中公开了该卡片的内容[8]。

0419卡片包括2个附件：一个是《全球主要地震柱未来3年活动趋势估计》，一个是《全球主要地震柱未来3年活动地点估计》。这两个附件给予了地震预测和火山预测一套全新的思路与方法，因此总结其试验预测的效能很有必要。

2. 0419卡关于全球主要地震柱活动趋势预测的检验

在0419卡片的预测期内，即2012.4.20~2015.4.20，全球共发生M6.0及以上地震425次。其中，发生在全球24个地震柱之内的387次，占总数的91.1%；发生在24个地震柱之外的38次，占总数的8.9% (图1)。地震柱以外地震基本上都发生在大洋之中，对人类无害。因此，关注地震柱内的地震与火山活动，才是地震预测和火山预测的根本出发点。

表1为0419卡附件1关于19个主要地震柱活动趋势预测及预测检验的简表，省略了原件中的“历史活动时序图”。由表1可见，19个地震柱的活动各有强弱。3年来的实践表明，0419卡对各个地震柱活动趋势的预测基本正确，大凡预测有壳内强震和火山活动的地震柱内均有6级或6.5级以上地震活动以及相应的火山活动。欠缺的是：意大利火山未能预测，鄂霍次克海、白令海、南/北马里亚纳、台湾及琉球、马尼拉等5个地震柱的壳内强震震级估计偏高0.5级。

3. 0419卡关于全球主要地震柱活动地点预测的检验

3.1. 全球主要地震柱构造的活动地点预测图

附件2中0419卡关于全球主要地震柱的未来3年活动地点预测如图2所示。图2中蓝色虚线圆圈表

Table 1. Estimation and inspection of the activity trend on the main seismic cones in the past 3 years* (Simply)
表 1. 全球主要地震柱活动趋势估计及 3 年实况的检验*(简表)

地震柱	0419 卡片的分析与预测			3 年实况检验 含壳内强震与火山
	壳内强震活动期的划分	未来活动趋势估计	备注	
01 南智利	第一期: ? ~1975 第二期: 1975~1995 第三期: 1995~2015?	未来 3 年内可能有 7.5 级多的地震, 火山活动	博客中会做地点分析和估计	地震 $M \geq 6$, $N = 32$ $M_{\max} = 7.7$, $h = 35$ km 火山: 6 座
02 北智利	第一期: ? ~1979 第二期: 1979~1999 第三期: 1999~2019?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 火山相对活跃		地震 $M \geq 6$, $N = 20$ $M_{\max} = 7.1$, $h = 40$ km 火山: 5 座
03 危地马拉	第一期: 1964~1980 第二期: 1980~1999 第三期: 1999~2018?	未来 3 年内可能有 7.5 级多的地震, 火山相对活跃	(略)	地震 $M \geq 6$, $N = 33$ $M_{\max} = 7.6$, $h = 35$ km 火山: 10 座
04 海地	第一期: 1964~1980 第二期: 1980~1992 第三期: 1992~2009?	未来 3 年内或有火山活动		地震 $M \geq 6$, $N = 6$ $M_{\max} = 6.6$, $h = 10$ km 火山: 1 座
05 白令海	第一期: 1964~1979 第二期: 1979~1999 第三期: 1999~2019?	未来 3 年内可能有 7.5 级多的地震, 火山相对活跃	地震可能在最近 1~2 年内	地震 $M \geq 6$, $N = 18$ $M_{\max} = 7.0$, $h = 33$ km 火山: 4 座
06 鄂霍茨克	第一期: ? ~1979 第二期: 1979~1999 第三期: 1999~2019?	未来 3 年内可能有 7.5 级多的地震, 火山活动	地震可能在最近 1~2 年内	地震 $M \geq 6$, $N = 21$ $M_{\max} = 6.9$, $h = 41$ km 火山: 14 座
07 日本 08 珥春	第一期: 1965~1980 第二期: 1980~1997 第三期: 1997~2016?	未来 3 年内以余震活动为主, 晚期或有火山活动		日本 $M \geq 6$, $N = 17$ $M_{\max} = 7.3$, $h = 31$ km 火山: 1 座
09 北马里亚纳	第一期: 1964~1979 第二期: 1979~1992 第三期: 1992~2004 第四期: 2004~2015?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 最大 8 级左右, 日本东京湾东南方向可能有火山活动	日本地震专家委员会预测南海道 9 级地震的可能性很小	地震 $M \geq 6$, $N = 9$ $M_{\max} = 6.2$, $h = 9$ km 火山: 4 座(新小岛的出现验证预测)
10 南马里亚纳	第一期: ? ~1978 第二期: 1978~1996 第三期: 1996~2015?	未来 3 年内可能有 7 级左右地震	本地震柱活动较北马里亚纳地震柱弱	地震 $M \geq 6$, $N = 7$ $M_{\max} = 6.3$, $h = 11$ km 火山: 2 座
11 台湾及琉球	第一期: 1965~1979 第二期: 1979~1998 第三期: 1998~2017?	未来 3 年内可能有 7 级左右地震, 九州至琉球或有火山活动	本地震柱分支较多, 需分解研究, 北台湾或有 7 级左右地震, 值得关注	地震 $M \geq 6$, $N = 6$ $M_{\max} = 6.4$, $h = 29$ km 火山: 5 座
12 菲律宾	第一期: 1964~1977 第二期: 1977~1987 第三期: 1987~2001 第四期: 2001~2014?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 火山活动	(2017 年前后或许有 8 级大震, 后续跟踪)	地震 $M \geq 6$, $N = 21$ $M_{\max} = 7.6$, $h = 28$ km 火山: 1 座
13 所罗门	第一期: 1964~1979 第二期: 1979~1994 第三期: 1994~2014?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 火山活动		地震 $M \geq 6$, $N = 46$, $M_{\max} = 7.6$, $h = 22$ km 火山: 8 座
14 西汤加	第一期: 1964~1980 第二期: 1980~1999 第三期: 1999~2018?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 火山活动	明显缺震	地震 $M \geq 6$, $N = 43$ $M_{\max} = 7.1$, $h = 10$ km 火山: 3 座
15 东汤加	第一期: ? ~1981 第二期: 1981~1994 第三期: 1994~2010 第四期: 2010~?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震, 火山活动		地震 $M \geq 6$, $N = 46$ $M_{\max} = 6.9$, $h = 20$ km 火山: 6 座

Continued

16 印尼	第一期: ? ~1978 第二期: 1978~1996 第三期: 1996~2014?	火山活动	本地震柱分支较多, 需分解研究, 4.11 地震后需重新评估; 2014 年前后可能还有大震	地震 $M \geq 6$, $N = 31$ $M_{\max} = 6.7$, $h = 9$ km 火山: 23 座
17 缅甸	第一期: ? ~1978 第二期: 1978~1995 第三期: 1995~2014?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震	2014 年前云南省需关注 博客中会专门研究	地震 $M \geq 6$, $N = 6$ $M_{\max} = 6.8$, $h = 14$ km
18 兴都库什	第一期: ? ~1979 第二期: 1979~1996 第三期: 1996~2013?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震	新疆自治区需关注 博客中会专门研究	地震 $M \geq 6$, $N = 8$ $M_{\max} = 7.7$, $h = 15$ km
19 地中海	第一期: ? ~1979 第二期: 1979~1999 第三期: 1999~?	未来 3 年内可能有 7 级多的地震	博客中会有分支研究	地震 $M \geq 6$, $N = 16$ $M_{\max} = 6.9$, $h = 7$ km 火山: 2 座

*表中地震为壳内强震, M 为震级, N 为频次, M_{\max} 为最大震级, h 为最大地震的震源深度。

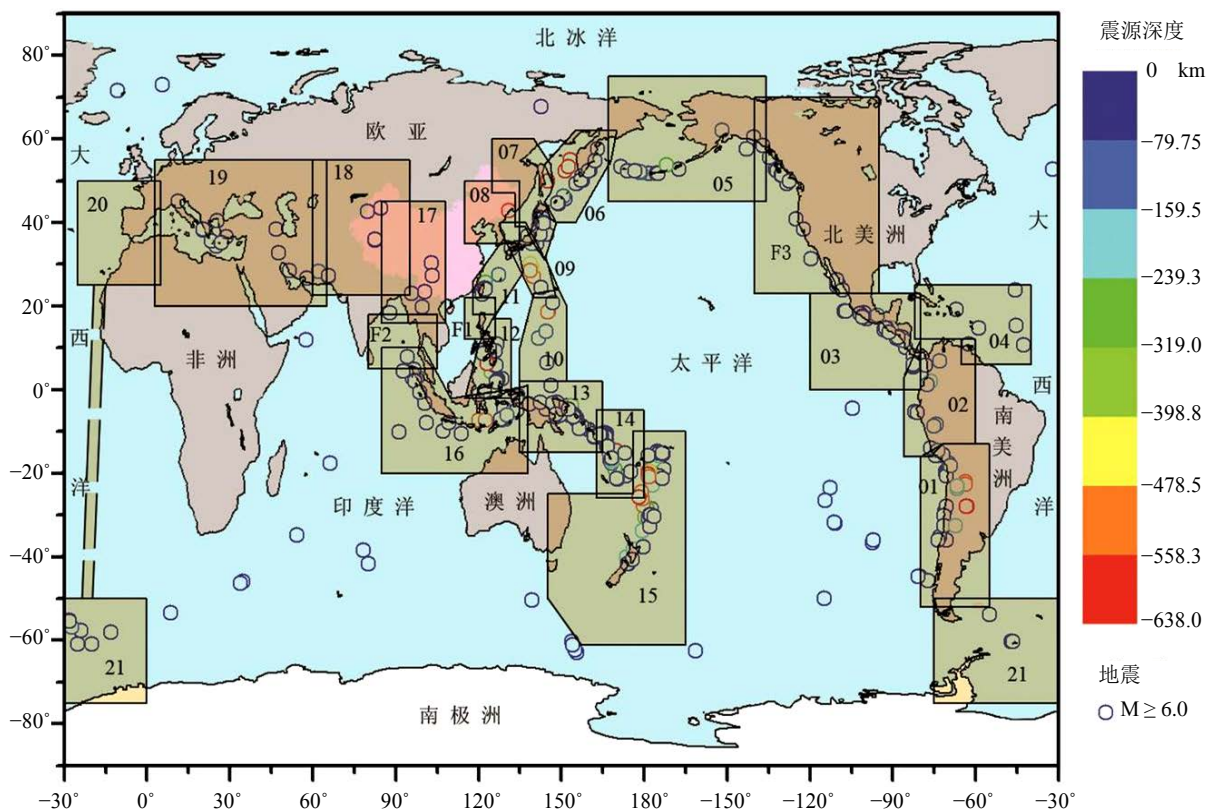


Figure 1. Distribution of global earthquake $M6+$ during the forecast period in 0419 card (According to the ANSS earthquake catalog, $M \geq 6$, between 2012.4.20 and 2015.4.20). The number and name of Seismic cones: 01 Southern Chile, 02 North Chile, 03 Guatemala, 04 Haiti, 05 Bering Sea, 06 Okhotsk, 07 Japan, 08 China Hunchun, 09 Northern Mariana, 10 Southern Mariana, 11 Taiwan & Ryukyu, 12 Philippines, 13 Solomon, 14 West Tonga, 15 East Tonga, 16 Indonesia, 17 Burma, 18 Hindu Kush, 19 Mediterranean, 20 West Mediterranean, 21 South Sandwich, F1 Manila, F2 Andaman, F3 North America

图 1. 0419 卡预测期内全球 6 级以上地震分布(据 ANSS 地震目录, $M \geq 6$, 2012.4.20~2015.4.20)。地震柱编号及名称: 01 南智利, 02 北智利, 03 危地马拉, 04 海地, 05 白令海, 06 鄂霍次克海, 07 日本, 08 中国珲春, 09 北马里亚纳, 10 南马里亚纳, 11 台湾及琉球, 12 菲律宾, 13 所罗门, 14 西汤加, 15 东汤加, 16 印尼, 17 缅甸, 18 兴都库什, 19 地中海, 20 地中海西口, 21 南桑威奇, F1 马尼拉, F2 安达曼, F3 北美洲

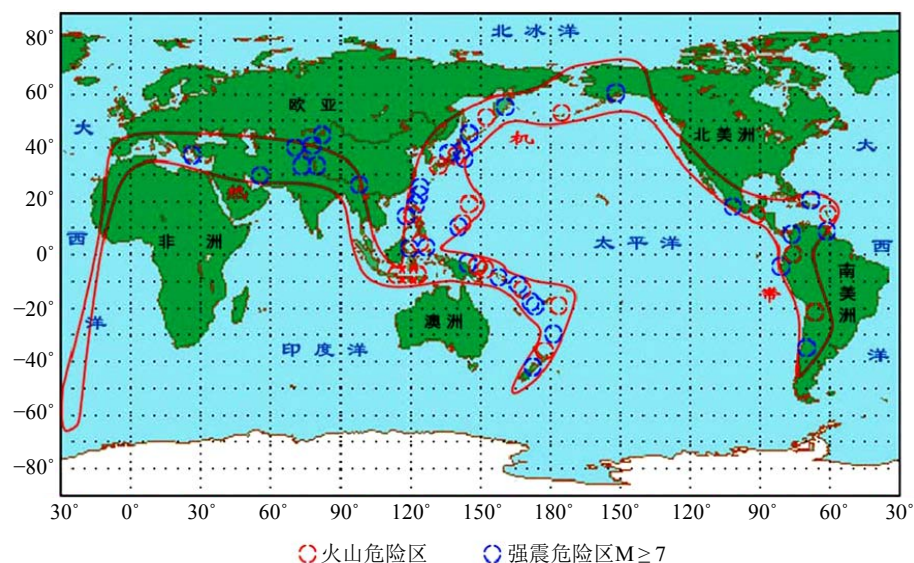


Figure 2. Forecast chart of active locations within the world's major seismic cones in 3 years (2012.4.20-2015.4.20)

图 2. 全球主要地震柱内活动地点的 3 年预测图(2012.4.20~2015.4.20)

示壳内强震的可能活动地点，图中称为“强震危险区”，附件文字中则称为“可能地震区”；红色虚线圆圈表示火山的可能活动地点，图中称为“火山危险区”，附件文字中则称为“可能火山区”。

图 2 中的热机带，是由图 1 中的 24 个地震柱组成的全球壳内强震与火山活动带。地震柱构造由各个中深源地震活动的柱体中心(倒立的圆锥体)加上其影响区定义，是壳内强震与火山活动的主体构造与统计单元。由于壳内强震与火山活动的前兆特征难以准确划分，故附件 2 加注了说明：“可能火山区”和“可能地震区”指可能地点，不代表地震或火山个数，而且“可能火山区”和“可能地震区”有可能性质互换。

为了清晰对比，以下的检验图改变了地图的底色，预测地点遵从原始预测图不变。

3.2. 壳内强震地点预测的检验

考虑到震源深度的不确定性，壳内强震取震源深度小于 50 km 的强震。鉴于地震震级标度很复杂，而且各个国家的震级测定也存在差异，因此本文取任意震级标度 $M \geq 6.5$ 称为模糊的壳内强震。据 ANSS 地震目录，2012 年 4 月 20 日至 2015 年 4 月 20 日，全球共发生壳内强震 102 个，发生在热机带内 94 个，热机带外 8 个，最大震级 8.2 (智利)。壳内强震的地理分布如表 2 和图 3 所示。图 3 还包括 211 个 M6.0~6.4 的地震。

由图 3 可见，90% 以上的壳内强震均发生在热机带内。热机带以外的强震，除俄罗斯远东 2013 年的 6.6 级地震外，其余均发生在大洋之中。

壳内强震的活动，除北美洲由于资料的局限预测不到外，其余均发生在“强震危险区”或者“火山危险区”(含周边)内。兴都库什地区的虚报较多，值得检讨。

3.3. 火山活动地点预测的检验

据史密斯研究所(Smithsonian Institution-Global Volcanism Program)的火山资料统计，2012 年 4 月 20 日至 2015 年 4 月 20 日，全球共有 107 座火山喷发，其中最大火山喷发指数 $VEI_{\max} \geq 2$ 的 100 座(表 3 和图 4)。图 4 中，发生在热机带内的火山有 97 座，冰岛、非洲以及其它非热机带内的 10 座火山喷发不在 0419 卡的预测之列。

Table 2. Global shell strong earthquakes catalog (2012.4.20-2015.4.20, Remove aftershocks)
表 2. 全球壳内强震目录(2012.4.20~2015.4.20, 剔除余震)

日期	时间	纬度	经度	深度(km)	震级	震级类型
2012/04/21	01:16:52.74	-1.6170	134.2760	16.00	6.70	Mw
2012/07/26	05:33:33.02	-17.5920	66.3910	20.00	6.70	Mw
2012/07/28	20:03:56.80	-4.6510	153.1730	41.00	6.50	Mw
2012/08/27	04:37:19.43	12.1390	-88.5900	28.00	7.40	Mw
2012/08/30	13:43:25.17	71.4410	-10.6050	14.00	6.80	Mw
2012/08/31	12:47:33.38	10.8110	126.6380	28.00	7.60	Mw
2012/09/05	14:42:07.88	10.0990	-85.3080	35.00	7.60	Mw
2012/10/09	12:32:09.77	-60.3260	153.6990	10.00	6.60	Mw
2012/10/12	00:31:28.27	-4.8920	134.0300	13.00	6.60	Mw
2012/10/24	00:45:32.99	10.0860	-85.2980	17.00	6.50	Mw
2012/10/28	03:04:08.82	52.7880	-132.1010	14.00	7.80	Mw
2012/10/28	03:07:30.00	52.7690	-131.9270	5.00	7.70	Unk
2012/11/07	16:35:46.69	13.9630	-91.8540	24.00	7.40	Mw
2012/11/11	01:12:38.87	23.0050	95.8850	13.70	6.80	Mw
2012/11/11	22:14:59.24	14.1290	-92.1640	20.00	6.50	Mw
2012/11/16	18:12:39.91	49.2800	155.4250	29.00	6.50	Mw
2012/12/07	08:18:23.13	37.8900	143.9490	31.00	7.30	Mw
2013/01/05	08:58:19.33	55.3940	-134.6500	10.00	7.50	Mw
2013/01/30	20:15:43.20	-28.0800	-70.6210	45.00	6.80	Mw
2013/02/06	01:12:27.00	-10.7380	165.1380	28.70	8.00	Mw
2013/02/06	01:23:19.77	-11.2541	164.9323	10.14	7.10	Mw
2013/02/06	01:54:15.20	-10.4790	165.7720	9.80	7.00	Mw
2013/02/08	15:26:38.50	-10.9320	166.0210	21.00	7.10	Mw
2013/02/14	13:13:52.80	67.5820	142.5640	9.90	6.60	Mw
2013/02/28	14:05:50.40	50.9420	157.3390	41.00	6.90	Mw
2013/03/10	22:51:51.60	-6.6530	148.1550	28.90	6.50	Mw
2013/04/14	01:32:22.60	-6.4750	154.6070	31.00	6.60	Mw
2013/04/16	22:55:27.00	-3.2180	142.5430	13.00	6.60	Mw
2013/04/20	00:02:47.50	30.3080	102.8880	14.00	6.60	Mw
2013/04/23	23:14:42.60	-3.9130	152.1200	23.30	6.50	Mw
2013/06/13	16:47:23.20	-9.9980	107.2430	8.60	6.70	Mw
2013/06/15	17:34:29.07	11.7246	-86.9754	35.81	6.50	Mw
2013/06/24	22:04:13.40	10.7010	-42.5940	10.00	6.60	Mw
2013/07/15	14:03:43.05	-60.8679	-25.1436	30.98	7.30	Mw
2013/07/21	05:09:31.27	-41.7134	174.4431	14.00	6.50	Mw

Continued

2013/08/13	15:43:15.20	5.7732	-78.1999	12.00	6.70	Mw
2013/08/16	02:31:05.75	-41.7340	174.1520	8.20	6.50	Mw
2013/08/30	16:25:02.77	51.6096	-175.3611	33.53	7.00	Mw
2013/09/24	11:29:47.98	26.9708	65.5198	15.00	7.70	Mw
2013/09/25	16:42:43.14	-15.8389	-74.5094	40.00	7.10	Mw
2013/09/28	07:34:06.45	27.1825	65.5052	12.00	6.80	Mw
2013/09/30	05:55:55.22	-30.9255	-178.3234	41.54	6.50	Mw
2013/10/12	13:11:53.35	35.5142	23.2523	40.00	6.60	Mw
2013/10/15	00:12:32.55	9.8901	124.1071	22.76	7.10	Mw
2013/10/16	10:30:58.55	-6.4456	154.9310	35.00	6.80	Mw
2013/10/19	17:54:54.70	26.0913	-110.3209	9.45	6.60	Mw
2013/10/24	19:25:12.02	-58.2081	-12.9503	26.09	6.70	Mw
2013/10/25	17:10:18.43	37.1713	144.6781	25.67	7.10	Mw
2013/10/31	23:03:59.31	-30.2979	-71.5572	29.00	6.60	Mw
2013/11/16	03:34:31.23	-60.2627	-47.0621	9.97	6.90	Mw
2013/11/17	09:04:55.53	-60.2738	-46.4011	10.00	7.70	Mw
2013/11/25	06:27:33.99	-53.8813	-54.8821	10.00	7.00	Mw
2014/02/02	09:26:37.82	-32.9076	-177.8806	44.26	6.50	Mw
2014/02/12	09:19:49.06	35.9060	82.5865	10.00	6.90	Mw
2014/02/18	09:27:13.12	14.6682	-58.9272	14.83	6.50	Mw
2014/03/10	05:18:13.43	40.8287	-125.1338	16.64	6.80	Mw
2014/03/16	21:16:29.59	-19.9994	-70.7235	20.00	6.70	Mw
2014/04/01	23:46:47.24	-19.6097	-70.7765	25.00	8.20	Mw
2014/04/03	01:58:30.45	-20.3081	-70.5787	23.57	6.50	Mw
2014/04/03	02:43:14.78	-20.5700	-70.4711	35.00	7.70	Mw
2014/04/11	08:16:45.66	-6.7878	154.9502	20.00	6.50	Mw
2014/04/12	20:14:39.30	-11.2701	162.1481	22.56	7.60	Mw
2014/04/13	12:36:19.20	-11.4782	162.0037	38.40	7.40	Mw
2014/04/15	03:57:02.15	-53.5271	8.7041	11.74	6.90	Mw
2014/04/18	14:27:24.99	17.4007	-100.9630	24.00	7.20	Mw
2014/04/19	01:04:02.94	-6.6731	155.0982	23.34	6.60	Mw
2014/04/19	13:27:59.50	-6.7203	154.9315	30.87	7.50	Mw
2014/04/24	03:10:12.88	49.8459	-127.4440	11.40	6.60	Mw
2014/05/12	18:38:36.70	-49.9403	-114.7995	10.47	6.50	Mw
2014/05/13	06:35:24.24	7.2096	-82.3045	10.00	6.50	Mw
2014/05/24	09:25:02.44	40.2893	25.3889	6.43	6.90	Mw
2014/06/14	11:10:59.85	-10.1229	91.0921	4.00	6.50	Mw

Continued

2014/06/23	19:19:15.94	-29.9772	-177.7247	20.00	6.90	Mw
2014/06/29	07:52:55.17	-55.4703	-28.3669	8.00	6.90	Mw
2014/06/29	17:15:09.34	-14.9831	-175.5096	18.00	6.70	Mw
2014/07/04	15:00:27.86	-6.2304	152.8075	20.00	6.50	Mw
2014/07/11	19:22:00.82	37.0052	142.4525	20.00	6.50	Mw
2014/08/03	00:22:03.68	0.8295	146.1688	13.00	6.90	Mw
2014/10/09	02:14:31.44	-32.1082	-110.8112	16.54	7.00	Mw
2014/10/14	03:51:34.46	12.5262	-88.1225	40.00	7.30	Mw
2014/11/15	02:31:41.72	1.8929	126.5217	45.00	7.10	Mw
2014/11/16	22:33:20.45	-37.6478	179.6621	22.00	6.70	Mw
2014/11/21	10:10:19.63	2.2999	127.0562	35.00	6.50	Mw
2014/11/26	14:33:43.64	1.9604	126.5751	39.00	6.80	Mw
2014/12/07	01:22:02.18	-6.5108	154.4603	23.00	6.60	Mw
2014/12/08	08:54:52.52	7.9401	-82.6865	20.00	6.60	Mw
2015/01/07	05:07:07.51	5.9045	-82.6576	8.00	6.50	Mw
2015/02/13	18:59:12.23	52.6487	-31.9016	16.68	7.10	Mw
2015/02/16	23:06:28.23	39.8567	142.8748	23.00	6.70	Mw
2015/03/29	23:48:31.02	-4.7363	152.5576	41.00	7.50	Mw
2015/03/30	08:48:26.33	-15.5149	-172.9402	15.50	6.50	Mw
2015/04/17	15:52:51.65	-15.9073	-178.5848	10.00	6.50	Mw

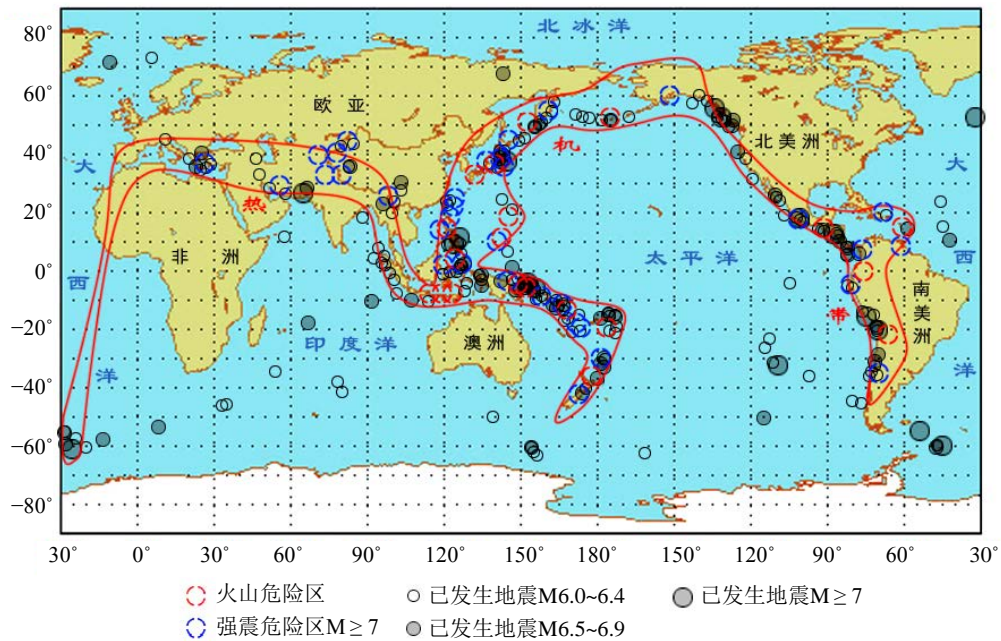


Figure 3. Distribution of global earthquakes $M \geq 6.5$ between 2012.4.20 and 2015.4.20

图 3. 2012.4.20~2015.4.20 全球 $M \geq 6.5$ 地震的分布

Table 3. Global volcanic eruptions* (2012.4.20-2015.4.20)
表 3. 全球火山喷发*(2012.4.20~2015.4.20)

火山编号	火山名称	火山坐标	最近喷发	VEI _{max}
211040	Stromboli 斯特朗博利	38.789, 15.213	2014.10.16	3
211060	Etna 埃特纳	37.734, 15.004	2013~2015.2.12	3
221080	Erta Ale 尔塔阿雷	13.6, 40.67	2014	2
221101	Nabro 纳布罗	13.37, 41.7	2011~2012.6.3	4
222120	Lengai Ol Doinyo 伦盖伊	-2.764, 35.914	2011~2013.7.28	3
223020	Nyamuragira 尼亚穆拉吉拉	-1.408, 29.2	2014.6.22~6.30	3
223030	Nyiragongo 尼拉贡戈	-1.52, 29.25	2014.6.30	2
233020	Fournaise Piton de la 富尔奈斯	-21.244, 55.708	2015.2.4~2.15	2
234010	Heard 赫德	-53.106, 73.513	2012~2014.11.30	2
241040	White Island 怀特岛	-37.52, 177.18	2012~2013.10.11	3
241080	Tongariro 汤加里罗	-39.157, 175.632	2012.11.21	3
242005	Havre Seamount 勒阿弗尔	-31.11, 179.04	2012.7.17~7.19	
242050	Monowai Seamount 摩诺威	-25.887, -177.188	2012.8.3~8.4	0
243040	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai 匈加	-20.536, -175.382	2014~2015.1	2
243060	Tofua 托富阿岛	-19.75, -175.07	2004~2014.2.20	2
251020	Manam 曼南姆	-4.08, 145.037	2014~2015.2.24	4
251030	Karkar 卡卡	-4.649, 145.964	2014.3.26~3.27	2
252010	Langila	-5.525, 148.42	2012.11.28~12.5	3
252080	Witori	-5.576, 150.516	2012.5.3~7.11	3
252120	Ulawun 乌拉旺	-5.05, 151.33	2013.7.8~12.21	4
252140	Rabaul 拉包尔	-4.271, 152.203	2014.8.29~9.18	4
255020	Bagana 巴加纳	-6.137, 155.196	2000~2015.4.2	4
255060	Kavachi 卡瓦其	-9.02, 157.95	2014.1.29	2
256010	Tinakula 蒂纳库拉岛	-10.38, 165.8	2008~2012.10.23	3
257040	Ambrym 安布里姆岛	-16.25, 168.12	2008~2015.4.7	4
257100	Yasur 伊苏尔	-19.53, 169.442	2014	2?
260010	Barren Island 巴伦岛	12.278, 93.858	2013~2015.3.31	2
261080	Sinabung 锡纳朋	3.17, 98.392	2013~2015.4.2	2
261140	Marapi 马拉皮	-0.381, 100.473	2014.2.3~2.26	2
262000	Krakatau 喀拉喀托	-6.102, 105.423	2014.3.31	3
263090	Tangkubanparahu 覆舟	-6.77, 107.6	2013.10.5	2
263180	Slamet 史拉默	-7.242, 109.208	2014.3.8~9.18	2
263250	Merapi 梅拉比	-7.542, 110.442	2014.3.9~4.20	4
263280	Kelut 克卢德	-7.93, 112.308	2014.2.13~2.15	4
263300	Semeru 赛美乳	-8.108, 112.92	2014.4.27	3

Continued

263310	Tengger Caldera 腾格尔	-7.942, 112.95	2010~2012.6.13	3
264050	Sangeang Api 桑厄昂	-8.2, 119.07	2014.5.30~6.9	3
264150	Paluweh 帕鲁维赫	-8.32, 121.708	2012~2014.4.5	3
264180	Lewotobi 勒沃托比	-8.542, 122.775	2014.10.6	3
264230	Lewotolo 勒沃托洛	-8.272, 123.505	2012.1.2~1.14	2
264250	Iliwerung 伊利沃龙	-8.53, 123.57	2013.8.20	2
264260	Tara Batu 孔巴岛	-7.792, 123.579	2015.4.7	2
264270	Sirung 锡龙	-8.508, 124.13	2012.5.8~5.12	2
266030	Soputan 索普坦	1.108, 124.73	2015.1~3	7
266100	Lokon-Empung 洛孔	1.358, 124.792	2012~2013.9.9	3
267020	Karangetang [Api Siau] 卡兰吉田	2.78, 125.4	2014.6.8~10.20	3
268010	Dukono 杜科诺	1.68, 127.88	2015.4.7	3
268030	Ibu 伊布	1.488, 127.63	2008~2014.6.24	2
268040	Gamkonora 甘科诺拉	1.38, 127.53	2013.1.23~5.27	2
268060	Gamalama 瓜马拉马	0.8, 127.33	2014.12.18~12.25	3
273030	Mayon 马荣	13.257, 123.685	2014.8.13~10.19	3
282030	Suwanosejima 諏访之瀬岛	29.638, 129.714	2004~2015.2.15	3
282050	Kuchinoerabujima 口永良部岛	30.443, 130.217	2014.8.3	4
282060	Kikai 鬼界	30.789, 130.308	2013.6.4	2
282080	Aira 爱拉	31.593, 130.657	2015.4.7	4
282110	Asosan 阿苏山	32.884, 131.104	2014~2015.2.20	3
283040	Ontakesan 御岳山	35.893, 137.48	2014.9.27~10.14	3
284090	Izu-Torishima 伊豆鸟岛	30.484, 140.303	2013.7.6	3
284096	Nishinoshima 新小岛	27.247, 140.874	2013~2015.2.27	2
284120	Ioto 伊沃岛	24.751, 141.289	2012.2.10~5.2	1
284141	Ahyi	20.42, 145.03	2014.4.24~5.8	0
284170	Pagan 帕甘	18.13, 145.8	2012.10.30~12.11	4
290070	Etorofu-Yakeyama 择捉	45.012, 147.871	2013.2.16~4.4	2
290150	Chirpoi	46.525, 150.875	2012~2015.4.5	2
290200	Ketoi 计吐夷	47.35, 152.475	2013.7.25~8.12	2
290260	Chirinkotan 地狱	48.98, 153.48	2013~2015.4.5	2
290290	Sinarka 锡纳尔卡	48.875, 154.175	2014.11.11~12.6	1
290360	Chikurachki 奇库拉奇基	50.324, 155.461	2015.2.16~2.17	4
290390	Alaid 阿莱德	50.861, 155.565	2012.10.5~12.12	4
300120	Zhupanovsky 朱帕诺夫斯基	53.589, 159.15	2014~2015.4.3	3
300130	Karymsky 卡雷姆	54.049, 159.443	2015.1.19~3.29	3
300230	Kizimen 基济缅	55.131, 160.32	2010~2013.9.13	3

Continued

300240	Tolbachik 托尔巴奇克	55.832, 160.326	2012~2013.8.22	4
300250	Bezymianny 别济米安纳	55.972, 160.595	2010~2013.2.1	5
300260	Klyuchevskoy 科柳切夫	56.056, 160.642	2015.1.1~3.24	4
300270	Sheveluch 舍维留奇	56.653, 161.36	1999~2015.4.3	4
311240	Cleveland 克利夫兰	52.825, -169.944	2013~2014.6.5	3
311360	Shishaldin 希沙尔丁	54.756, -163.97	2014~2015.4.7	3
312030	Pavlof 巴甫洛夫	55.417, -161.894	2014.11.12~11.18	3
312070	Veniaminof 维尼亚蜜诺芙	56.17, -159.38	2013.6.13~10.12	3
332010	Kilauea 基拉韦厄	19.421, -155.287	2014.6.27	2
341040	Colima 科利马	19.514, -103.62	2014~2015.4.7	5
341090	Popocatepetl 波波卡特佩特	19.023, -98.622	2005~2015.4.7	3
342030	Santa Maria 圣玛利亚	14.756, -91.552	2015.4.7	6
342090	Fuego 富埃戈	14.473, -90.88	2002~2015.4.7	4
342110	Pacaya 帕卡亚	14.381, -90.601	2015.1.10~2.17	3
343100	San Miguel 圣米格尔	13.434, -88.269	2015.1.26	2
344020	San Cristobal 圣克里斯托瓦尔	12.702, -87.004	2014.2.4~4.11	2
345020	Rincon de la Vieja 林孔德拉别哈	10.83, -85.324	2014.9.17~9.20	3
345040	Poas 波阿斯	10.2, -84.233	2009~2014.11.13	2
345070	Turrialba 图里亚尔瓦	10.025, -83.767	2015.3.5	2
351020	Ruiz Nevado del 鲁伊斯	4.892, -75.324	2014~2015.1.7	3
351080	Galeras 加勒拉斯	1.22, -77.37	2012~2013.5.21	3
352010	Reventador 雷文塔多	-0.077, -77.656	2008~2015.4.7	4
352080	Tungurahua 通古拉瓦	-1.467, -78.442	2015.4.6~4.7	4
352090	Sangay 桑盖	-2.005, -78.341	2015.3.3	3
354006	Sabancaya 萨班卡亚	-15.78, -71.85	2014.8.13~10.25	3
354020	Ubinas 乌维纳斯	-16.355, -70.903	2015.3.17	2
355100	Lascar 拉斯卡尔	-23.37, -67.73	2013.4.2~7.17	4
357090	Copahue(德)科帕韦	-37.856, -71.183	2014.7.4~12.2	2
357091	Callaqui 卡拉齐	-37.92, -71.45	2012.1.2	1
357120	Villarrica 比亚里卡	-39.42, -71.93	2014~2015.4.7	3
360050	Soufrière Hills 苏弗里埃尔	16.72, -62.18	2005~2013.2.5	3
373030	Bardarbunga 巴达本加	64.63, -17.53	2014~2015.2.27	2
384010	Fogo 福戈岛	14.95, -24.35	2014~2015.2.8	2
390020	Erebus 埃里伯斯	-77.53, 167.17	1963.11, 2014	2
390090	Michael	-57.787, -26.46	2012.6.30~11.22	1

*火山资料取自 http://www.volcano.si.edu/search_eruption.cfm.

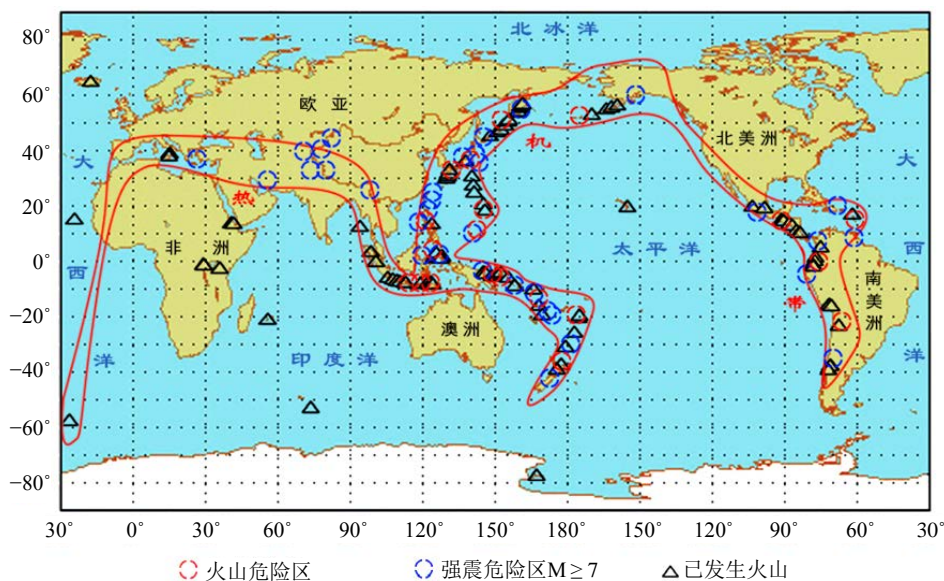


Figure 4. Distribution of global volcanic activity between 2012.4.20 and 2015.4.20
图 4. 2012.4.20~2015.4.20 全球火山活动的分布

由图 4 可见, 热机带内的火山活动, 除意大利西西里岛的埃特纳等 2 座火山外, 其余均发生在“火山危险区”或者“强震危险区”内(含周边)。意大利的 Etna 火山和 Stromboli 火山, 同在西西里岛上。

值得指出的是, 2013 年 11 月 20 日日本东京湾东南方向出现的火山活动并喷发出新小岛(编号 284096), 在作者博客[9] [10]和表 1 中均有预测。

4.0419 卡关于全球主要地震柱 3 年预测效能的评估

根据以上的检验, 可以对 0419 卡的 2 个附件所涉及到的 20 个地震柱统计单元的预测效能做出详细评估。地震柱按其规模和活动强度差异, 可以划分为超级地震柱和普通地震柱。超级地震柱指柱体内 4 级以上地震的震源深度达到 600 km 以上的地震柱。鉴于此, 以下对超级地震柱和普通地震柱的壳内强震分别按照 6 级以上(M6+)和 6.5 级以上(M6.5+)地震活动水平进行区别评估。“危险区”包括可能地震区和可能火山区, 不加区分。评估结果如下:

- 01 号, 南智利地震柱: 按 M6.5+评估, 地震强度估计正确, 火山活动估计正确, 2 个危险区无虚报, 3 个地震、1 座火山漏报。
- 02 号, 北智利地震柱: 按 M6.5+评估, 地震强度估计偏高 0.5 级, 火山活动估计正确, 3 个危险区 2 个虚报, 1 座火山漏报。
- 03 号, 危地马拉地震柱: 按 M6+评估, 地震强度估计正确, 火山活动估计正确, 2 个危险区无虚报, 多个地震和火山漏报。
- 04 号, 海地地震柱: 按 M6+评估, 地震强度估计正确, 火山活动估计正确, 3 个危险区 1 个虚报, 无漏报。
- 05 号, 白令海地震柱: 按 M6.5+评估, 地震强度估计正确, 火山活动估计正确, 2 个危险区 1 个虚报, 3 座火山漏报。
- 06 号, 鄂霍茨克地震柱: 按 M6.5+评估, 地震强度估计偏高 0.5 级, 火山活动估计正确, 3 个危险区无虚报, 多个地震和火山漏报。
- 07 号日本和 08 号珲春地震柱: 按 M6.5+评估, 地震强度估计正确, 火山活动估计正确。此处刚刚

经历 9 级地震，未划分危险区。

- 09 号，北马里亚纳地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计偏高 0.5 级，火山活动估计正确，4 个危险区 2 个虚报，2 座火山漏报。
- 10 号，南马里亚纳地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计偏高 0.5 级，火山活动估计正确，3 个危险区 2 个虚报，无漏报。
- 11 号，台湾及琉球地震柱：按 M6+评估，地震强度估计偏高 0.5 级，火山活动估计正确，2 个危险区无虚报，无漏报。
- 12 号，菲律宾地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计正确，火山活动估计正确，3 个危险区无虚报，2 个地震、1 座火山漏报。
- 13 号，所罗门地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计正确，火山活动估计正确，4 个危险区无虚报，1 座火山漏报。
- 14 号，西汤加地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计正确，火山活动估计正确，4 个危险区 1 个虚报，无漏报。
- 15 号，东汤加地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计正确，火山活动估计正确，4 个危险区无虚报，2 座火山漏报。
- 16 号，印尼地震柱：按 M6.5+评估，地震强度估计正确，火山活动估计正确，3 个危险区 1 个虚报，1 个地震和多座火山漏报。爪哇以西火山均漏报。
- 17 号，缅甸地震柱：按 M6+评估，地震强度估计基本正确，1 个危险区无虚报，地震有漏报。
- 18 号，兴都库什地震柱：按 M6+评估，地震强度估计正确，5 个危险区 3 个虚报，巴基斯坦 7.7 级地震漏报。
- 19 号，地中海地震柱：按 M6+评估，地震强度估计略偏高，2 个危险区无虚报，意大利西西里岛 2 座火山漏报。
- F1 号，马尼拉地震柱：按 M6+评估，地震强度估计偏高，3 个危险区全虚报，1 座火山漏报。
- 11 号台湾及琉球地震柱台湾分支(台湾地震柱)：按 M6+评估，地震强度估计偏高，2 个危险区 1 个虚报，无漏报。

由以上评估结果可以得出如下认识：

1) 各评估单元的地震强度估计与火山估计基本正确。

地震强度估计 15 个评估单元正确，5 个评估单元偏高约 0.5 级。火山估计 15 个评估单元正确，1 个评估单元漏报。

2) 20 个评估单元共计划分了 52 个危险区，其中 17 个虚报，约占 32.7%。也就是说，预测成功率约占预测地点总数约 2/3。

造成虚报的原因可能与虚报地区的地震构造环境以及历史活动水平有关，尚待进一步研究，以甄别虚假异常。18 号兴都库什地震柱的虚报较多，大致是由于该地区没有火山喷发，而地震柱柱体出地点附近壳下地震密集区较多而误判。F1 号马尼拉地震柱是一个新区，缺乏研究，全部虚报。

3) 漏报的地震或者火山大多数与壳下地震活动的密集区有关，显然是由于判断危险区时的经验不足造成的。也就是说，其中大部分还是可以预测到的。

综上所述，0419 卡的预测试验取得了一些经验，是一种大胆的、宝贵的尝试。部分预测的偏离，在当前的科技条件下应该可以容忍。但是，0419 卡涉及全球范围，情况复杂，而且预测期过长，不能及时追踪趋势动态，因此不是一种可取的预测方式。

5. 讨论与结论

5.1. 关于地震地热说预测方法的介绍

0419 卡的两个附件,是按照地震地热说的预测方法做出的。该方法起源于 2012 年 1 月 5 日对美国洛杉矶研究区“值得严密关注”的提示[11],当年 4 月 12 日加利福尼亚湾发生 6.2 和 6.9 级地震,正是该提示所指地区[12]。作者迅疾采用同样方法研究全球主要地震柱的活动态势,遂产生了 0419 预测卡。

地震地热说的预测方法包括如下主要内容:

1) 以作者所定义的全球 24 个地震柱构造作为预测统计单元

地震柱构造以中、深源地震活动中心为柱体,呈倒立的圆锥体,中、深源地震的活动必然对于比起该柱体大得多的地表构造活动产生极大的影响。也就是说,每个地震柱都具有自己独立的影响区。

比如,2012 年危地马拉西海岸的串珠状强震活动,8 月 27 日发生 7.4 级地震(12.139°N, 88.590°W),9 月 5 日在其东南方向发生 7.6 级地震(10.099°N, 85.308°W),9 月 6 日作者按照上述原则预测“如果本地震柱再有壳内强震活动,则不太可能继续往东南方向发展,而可能回头向北西”[13],结果于 11 月 7 日果然在前 2 次强震的北西方向(13.963°N, 91.854°W)发生 7.4 级地震[14]。

再比如,按照作者的研究,2011 年日本 9 级地震是由于日本地震柱活动的结果[5]。最为有力的证据是该地震发生以后 196 天内周边的地震柱均只有正常的地震活动,不受 9 级地震的影响(图 5)。如果按照人们的假设是板块碰撞的原因造成,则势必殃及周边的地震柱。或许,图 5 中新燃岳火山(九州)当时的喷发也与 9 级地震只是巧合。二者相距 1000 多千米,不属于同一个地震柱。

日本地震柱是全球唯一的多柱体地震柱,即拥有 2~3 个柱体而只有 1 个共同熔岩囊和影响区的地震柱(图 6)。

2) 以地震柱柱体及其影响区地震震源深度的时序分布,辅以相应时段壳内强震与火山活动的对比研究,可以判断该地震柱的未来活动趋势,并确定其未来活动强度以及大致的活动时段。

地震柱内的中、深源地震活动,呈“自下而上逐层驱动”之势[6],并且具有一定的韵律,作者称之为“地幔年代际振荡(MDO)”[15][16]。于是,可以由此划分出各地震柱构造的既有活动期,并可以得到以往活动期的活动强度,包括壳内强震与火山的活动强度(图 7)。图 7 为 19 号地中海地震柱意大利分支的震源深度时序图。意大利分支具有独立地震柱的所有属性,因而可以简称为意大利地震柱。

由印尼地震与火山的对比研究表明,地震柱内的壳内强震与火山活动如同一对孪生兄弟,可以此消彼长,相互制约,互为补充[17]。由图 4 也可见到,16 号印尼地震柱在 2004 年的 9 级地震之后,依然要靠火山的喷发来释放余热。因此,壳内强震的预测与火山预测,具有同一性。

壳内强震与火山的活动时段,一般处于地震柱构造活动期的后半段甚至是末尾段,由此便可估计地震柱未来强震与火山活动的大致时段。

3) 以地震柱内的壳下地震活动的密集区,判断未来壳内强震与火山活动的大致地点或区域。

所谓壳下地震,原则上指沿海地区 50 km 深度以下,大陆地区 35 km 深度以下。对于喜马拉雅地区,实际上是指上地壳以下的地震[18]。实际操作中,多取一定深度以下,能够避开地表随机地震活动干扰的深度,作为模糊的壳下地震活动深度下限。

壳下地震活动的密集区靠近地震柱柱体出地点的多为火山危险区(图 8)。远离出地点的密集区,则应结合地表地震构造活动特征来判断是否属于强震危险区[19]。图 8 只漏报一个可能火山区。

由以上讨论可见,0419 卡完全遵从地震地热说的预测方法,并取得了比较好的效果。作为强震与火山活动背景以及大趋势的研究,地震地热说的预测方法总体上是可行的。而且,本方法的研究一直处于进行和完善之中[20]-[22]。

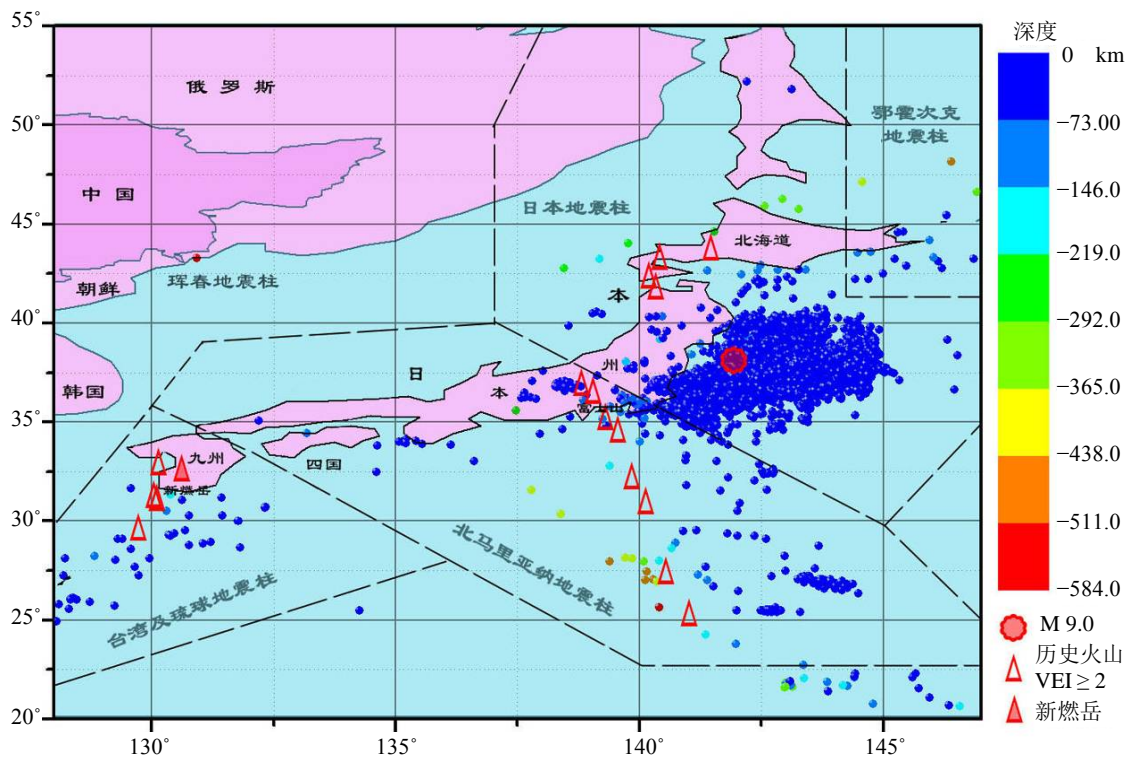


Figure 5. The seismic activity of magnitude 4 and above within 196 days after the earthquake M = 9.0 in Japan
 图 5. 日本 9.0 级地震后 196 天内 4 级以上的地震活动

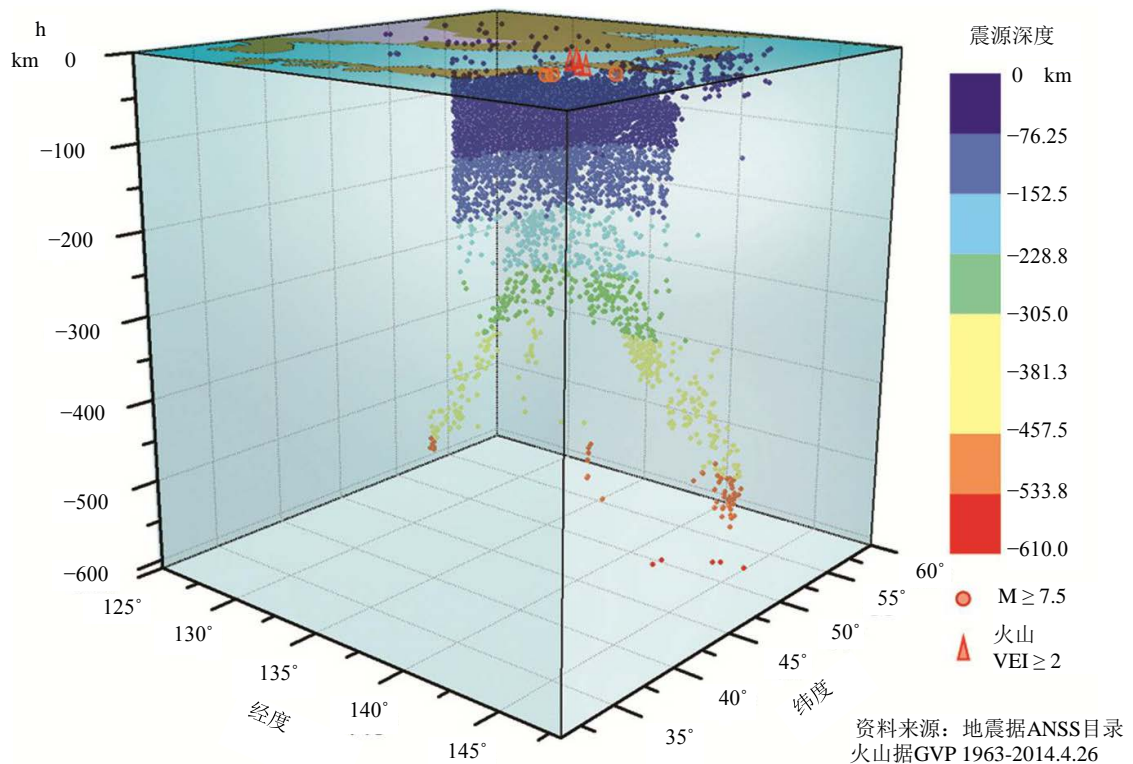


Figure 6. The three-dimensional image of Japan seismic cone
 图 6. 日本地震柱的三维立体图像

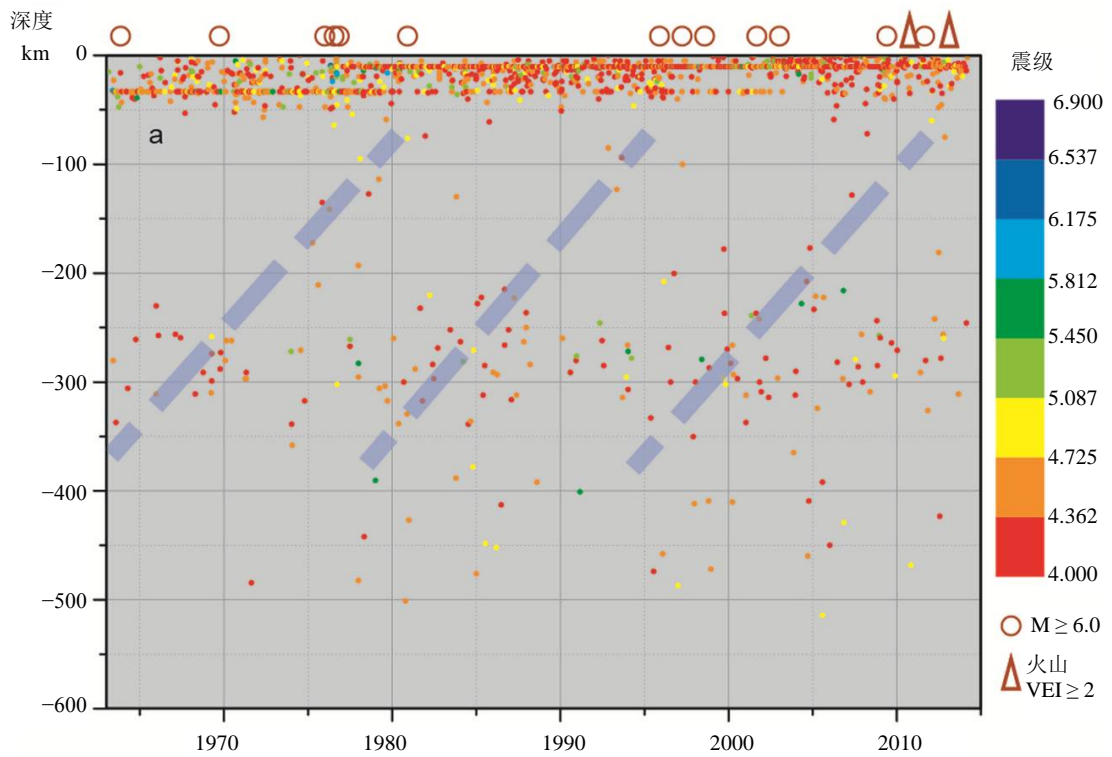


Figure 7. The timing diagram of focal depth in Italy cylinder (By ANSS earthquake catalog, $M \geq 4.0$, 1963.1.1-2014.3.29)

图 7. 意大利地震柱的震源深度时序图(据 ANSS 地震目录, $M \geq 4.0$, 1963.1.1~2014.3.22)

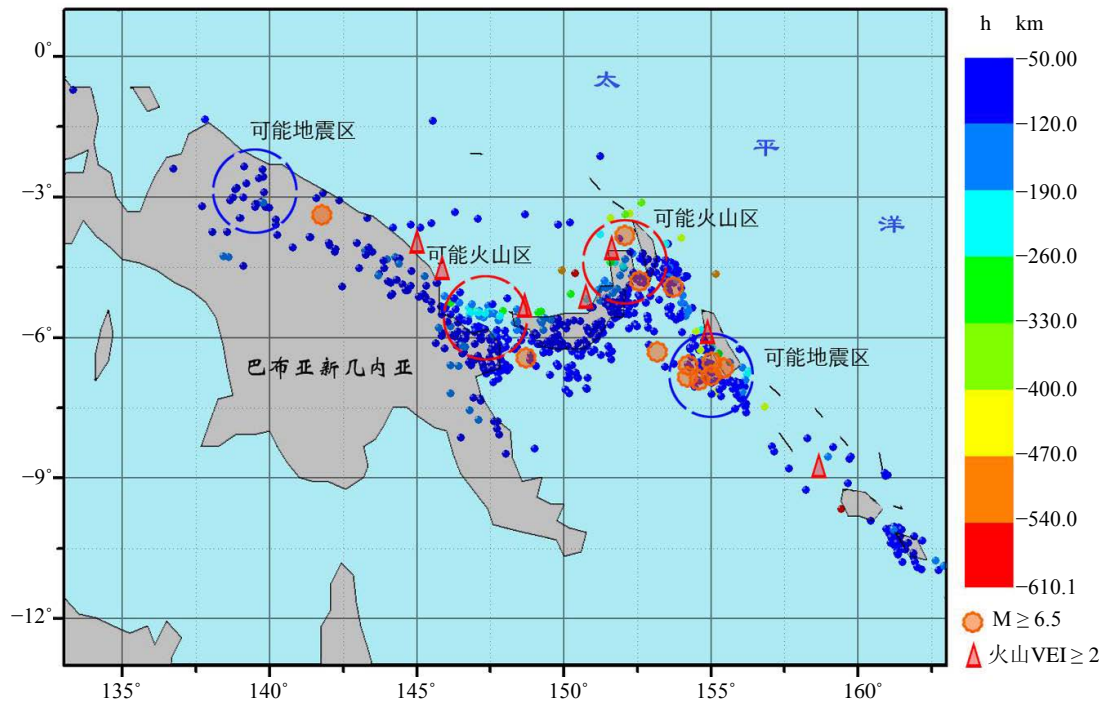


Figure 8. The prediction locations and its test of intracrustal strong earthquakes and volcanic activities by 0419 predicted card within 3 year forecast period on the Solomon seismic cone

图 8. 0419 预测卡片中预测所罗门地震柱的壳内强震和火山活动地点与 3 年预测期内的实况检验

5.2. 关于地震地热说预测方法的使用说明

1) 地震地热说的预测方法, 目前只能作为中短期的预测方法, 最后以单个地震柱的方式进行详细研究与预测。

2) 当前地震预测以地表构造活动应变能的积累为模式, 然而诸多强震发生之后往往找不到地震前兆, 或许因为强震活动的能量并非因地表构造活动应变能的积累, 而如同火山活动因深部能量所致, 便同样具有突发性[20]。

3) 当前全球的火山预测, 主要以地震台阵监测火山微震和火山震颤、地表变形观测、火山区气体和地温等研究来预测[23], 具有短临前兆的特征, 而对于中短期的趋势预测, 只有采用地震地热说的预测方法才能拓展视野。

4) 关于震源深度, 人们常常误解, 要求绝对深度。绝对深度的测定目前是做不到的。作者以为, 只要地震目录所测定的震源深度能够反映震源体深度的相对差异, 而且各地区地震目录所测定的震源深度具有可比性(系统偏差大体一致), 就是可用的。

5) 地震地热说预测法完全依赖于地震柱内地震台网的监测能力与地震目录的编制精度。地震资料好的地方, 或许 6 级左右的地震也能预测[24]-[26]。为此, 有必要改善覆盖地震柱的地震台网监测能力, 加强对壳下地震活动的监测与研究。

5.3. 结论

本文采用北加利福尼亚地震数据中心的 ANSS 地震目录, 按照地震地热说关于壳内强震与火山的预测方法, 总结了 2012 年 4 月 19 日关于全球主要地震柱未来 3 年活动趋势与活动地点预测(0419 卡)的实况检验, 并对预测方法进行了介绍与讨论, 认为该方法对于壳内强震与火山活动背景以及大趋势的中短期预测是可行的, 为此应改善覆盖地震柱的地震台网监测能力, 加强对壳下地震活动的监测与研究。

本文介绍的是对于全球壳内强震与火山活动进行趋势性预测的一般性方法。这是一次大胆的尝试, 并不具有明显的社会效益, 只是地震地热说预测方法研究的一个新的起点, 尚有诸多不足之处。这个新起点再次证明一个道理: 地震是有前兆的, 是可以预测、可以预防的。周恩来总理 1966 年在邢台地震现场这样说过, 它也成为地震人(seisman)几十年来的奋斗目标。我们距离终点还有很长的路要走, 地震人们会一直坚忍不拔地走下去。

致 谢

本文研究所采用的 ANSS 地震目录来自北加利福尼亚地震数据中心(NCEDC), doi:10.7932/NCEDC, 火山资料取自 Smithsonian Institution 的 Global Volcanism Program (GVP)网站, 谨此一并致谢。

基金项目

中国老科协地震分会老专家基金项目(1 年期)资助, 编号 201229。

湖南省地震局 2012 年度地震科研课题(3 年期)资助, 编号 201201。

参考文献 (References)

- [1] 韩建, 方洪银, 刘懋现.地震地质学基础[M]. 北京: 地震出版社, 1998: 207-253.
- [2] 李四光. 地震地质[M]. 北京: 科学出版社, 1977.
- [3] 刘肇昌. 板块构造学[M]. 重庆: 四川科学技术出版社, 1985: 189-218.
- [4] 国家地震局广州地震大队. 中国大地构造概要[M]. 北京: 地震出版社, 1977: 94-118.

- [5] 陈立军. 地震地热说原理与应用[J]. 内陆地震, 2012, 26(2): 108-122.
- [6] 陈立军. 地震柱的概念及其基本特征[J]. 华南地震, 2013, 33(1): 1-14.
- [7] NCEDC (2014) Northern California Earthquake Data Center. UC Berkeley Seismological Laboratory. Dataset. <http://dx.doi.org/10.7932/NCEDC>
- [8] 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.
- [9] 陈立军. 试论日本 9 级地震的成因及对南海道地震预测的思考[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-599776.html>, 2012-8-7.
- [10] 陈立军. 北马里亚纳海沟的新生火山小岛——给本博的最好脚注[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-753035.html>, 2013-12-26.
- [11] 陈立军. 美国西海岸地震预测方法初探[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=552558&do=blog&id=525866>, 2012-1-5.
- [12] 陈立军. 地震预测验证记录 001 号 加利福尼亚湾 4.12 发生 6.9 级地震[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-558624.html>, 2012-4-12.
- [13] 陈立军. 地震与火山预测验证记录 002 号(续) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-609729.html>, 2012-9-16.
- [14] 陈立军. 地震与火山预测验证记录 002 号(续 2) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-633850.html>, 2012-11-19.
- [15] 陈立军. 壳下地震活动的研究(6) 拉马德雷现象: 地幔的年代际振荡和年际振荡[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-664926.html>, 2013-2-15.
- [16] Chen, L.J. (2013) Mantle Decadal Oscillation (MDO). <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-665664.html>
- [17] Chen, L.J. (2011) Identify Study of Earthquake Prediction & Volcano Prediction. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-423131.html>
- [18] 陈立军. 近年喜马拉雅地区壳内强震的前兆显示[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-825524.html>, 2014-9-16.
- [19] 陈立军. 2013 年巴基斯坦 7.7 级地震与兴都库什的地震构造. 内陆地震, 2015, 29(1): 15-27.
- [20] 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: <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=552558&do=blog&id=912394>
- [21] 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: <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=552558&do=blog&id=920796>
- [22] 陈立军. 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. 地球科学前沿, 2015(5): 334-357.
- [23] 刘嘉麟. 中国火山. 北京: 科学出版社, 1999: 192-193.
- [24] 陈立军. 意大利地震预报入罪事件的教训[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-652328.html>, 2013-1-12.
- [25] 陈立军. 中天山地区强震活动成因探讨——以 2012 年 6 月 30 日新源 6.6 级地震为例[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=552558&do=blog&id=829373>, 2014-9-20.
- [26] 陈立军. 内蒙古阿拉善左旗 5.8 级地震的前兆现象[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/home.php?mod=space&uid=552558&do=blog&id=882681>, 2015-4-16.