DOI:10.19789/j.1004-9398.2015.05.017

全球地震及火山的分布特征及其变化关系

董金龙[1] 胡修举[2] 邹常伟[1,2]

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 武警黄金部队第一支队,黑龙江 牡丹江 157021)

摘 要

根据全球地震和火山的分布特征,发现全球的地震和火山具有相似的活动区,其活动区与板块运动密切相关. 全球的地震和火山活动区大致可以分为大陆活动区、大洋活动区和俯冲-碰撞带. 根据近一个世纪内地震和火山发生强度的大小,将全球的地震和火山活动划分为四个时期,通过分析全球地震和火山分布的平均维度曲线,发现地震和火山在时空上具有同步变化的特征,这很可能与板块的运动密切相关,但局部却显示出不一致性.

关键词: 全球,地震,火山,板块运动.

中图分类号: P65;P317

0 引 言

地震和火山多数是板块运动的结果,是现今地球动力学过程的重要现象. 近年来,地震和火山之间的关系受到很多地质学家的重视,例如 Berryman 等[1] 认为新西南陶波地堑的地壳大断层和 20km 内的大规模流纹岩喷发可能存在某种关系. Walter 等[2] 研究了全球四个九级大震后的火山喷发,认为地震引起岩浆体系的减压导致了火山喷发.

火山喷发涉及到岩石部分熔融形成岩浆,而后岩浆汇集,火山通道形成以及岩浆上升等过程. 而地震则是岩石的变形破裂. 尽管地震和火山具有非常不同的发生机制,但是它们绝大数都与板块的活动有关,而最强烈的地震和火山往往发生在俯冲带上,如 3.11 日本大地震[3].

全球火山、地震活动区的划分[1,2,4-7] 是研究全球地震、火山等的时空特征,全球构造以及板块动力学过程的一个重要前提. 马宗普[5] 等将全球现今的活动构造区划分为环太平洋构造带、洋中脊构造带和大陆构造带,并分别论述了它们的运动学和动力学特征:认为环太平洋地震带最集中、最强烈,最大的特点是有完整的沟-弧-盆体系;大洋中脊无特大地震和深源地震,强度比其他两个活动带低.

收稿日期: 2014-02-26

洪汉净[6] 等将全球火山活动带划分为三个大区:西太平洋火山活动区,东太平洋火山活动区,以及大西洋火山活动区. 西太平洋火山活动区主要与太平洋板块向北西西方向的俯冲有关,东太平洋火山活动区主要与太平洋东面的小版块(纳斯卡板块、科科斯板块等)向美洲板块俯冲有关,而大西洋火山活动区与大西洋和非洲的裂开以及地中海的活动有关. 而且这三大火山活动区的火山活动有随维度呈带状分布的特点,大角度正面俯冲带的弧后火山活动最强,地震也频发.

1 大陆活动区

大陆地震以片状分散分布而不同于板块边缘的带状分布. 大陆火山与大洋火山的区别是:①大陆岩石圈和大洋岩石圈的厚度不同;②大陆岩石圈和大洋岩石圈的年龄不同. 由于大陆岩石圈的不均匀性,大陆应力场的变化更加明显,大陆火山活动比大洋火山更受应力场的影响,如大陆裂谷主要是由于岩石圈拉长而形成. 地震和火山活动区的特征见表 1 (据文献[1-7]).

1)欧亚大陆:欧亚大陆是全球最大的大陆,这里的地震活动是除四个环太平洋地震带外全球第五强的地震活动区. 绝大多数地震活动区分布在中国及其邻区[6]. 全新世火山主要分布在东亚、戈壁、贝加尔南、南海等地,主要喷发大陆玄武岩,中酸性岩

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 地震火山活动区的特征

活动区	浅源地震能量	中深源地震能量	动力学特征
太平洋	0.3	–	大洋地震弱
印度洋	3.4	–	大洋地震强
欧亚大陆	11.0	–	印度板块的挤压和太平洋板块的俯冲
北美大陆	3.8	–	西太洋的走滑
非洲大陆	0.1	–	大陆裂谷发育,地震最弱
大西洋	1.5	0.5	大洋火山活动最强,北有冰岛,南有桑威奇和斯科舍
地中海	2.8	7.3	地中海闭合过程中的俯冲带
南美洲	13.7	25.2	纳兹卡板块向东俯冲
阿留申	5.5	2.3	太平洋板块向北俯冲
西北太平洋	16.9	18.0	太平洋板块向西俯冲
西南太平洋	16.5	16.4	太平洋 – 澳大利亚板块碰撞带
菲律宾	6.5	19.4	菲律宾板块向西俯冲

浆很少喷发.

2)北美洲:北美大陆中部为稳定的克拉通,西部为科迪勒拉造山带. 北美洲板块的地震活动带主要位于西部,即在北美板块和太平洋板块的交界附近. 由于圣安地列斯断层的右旋走滑,将门多西诺三联点向北推移. 这里的火山链有喀斯喀特、胡安德富卡、加利福尼亚和阿拉斯加东等.

3)非洲:非洲大陆是冈瓦纳古陆的一部分[8,9],古近纪末以来,非洲东部在区域隆起的基础上出现裂谷. 裂谷西段规模小,发生过一系列七级大地震. 东段火山活动发育,但没有七级以上大地震的记录. 东段向北的红海裂谷,主要地震活动发生在裂谷北边的死海转换断层上,这里的火山活动以大陆玄武岩为主. 非洲西部喀麦隆火山链是一条自三叠纪至今的弱活动带,分布着大量的玛珥湖和玄武岩的火山渣锥.

2 大洋活动区

相对于陆壳,洋壳具有年轻、厚度薄和相对均匀的特点,地震活动也相对较弱. 岩浆活动主要以基性岩为主的裂隙式溢流为主,并不形成火山喷发. 有记录的火山喷发主要来自深部地幔的热柱,与海岛有关,如夏威夷皇帝火山链.

1)太平洋:太平洋的地震活动在大洋里是最弱的,主要与太平洋洋脊以及一些海岭有关. 夏威夷火山代表着下地幔的地幔柱活动,此外还有厄瓜多尔西面的玄武岩盾状火山.

2)印度洋:在大洋中印度洋的火山活动最弱,但是地震活动却最强. 印度洋的地震活动主要集中在三叉形的印度洋洋脊的轴线附近. 另外,值得注意的是,在澳大利亚西侧,横穿印度与澳大利亚板块边界存在一条 NW 向稀疏的地震线,由一些列间隔 1 500 km左右的 M8、M7 震群或者 M6 震群组成,向南可以延伸到澳大利亚西南珀斯、南极洲附近,向西北延伸到印度的古吉拉特邦,其地震能量占到整个印度洋地区的 80% 左右.

3)大西洋:主要的地震和火山活动均沿大西洋中脊分布,冰岛的火山地震活动最为显著. 大西洋地区发育的火山群从北到南有冰岛、亚速尔、加那利、佛得角和桑威奇.

3 俯冲 – 碰撞活动区

在俯冲 – 碰撞区有着最强烈的火山喷发与地震活动,地震活动与强烈的板块挤压和俯冲密切相关,而火山喷发与俯冲板片脱水以及岛弧变形有关. 俯冲 – 碰撞过程中产生的巨大能量,很大程度上是以地震和火山的形式表现出来的.

1)地中海:从兴都库什到伊比利亚,是特堤斯海关闭过程中残留的俯冲带. 爱琴海有一个宽 200 km左右的俯冲带,东边主要以浅源地震为主,西侧的撒丁湾有一个非洲板块向北、亚德里亚向西南的俯冲带. 最西部的直布罗陀俯冲带以大约 26° ~29°的倾角向北俯冲,深度为 110 km 左右. 主要发育有意大利火山链和爱琴海火山链.

2)南美洲:纳兹卡板块向东俯冲对这里的地震火山分布起着主要的控制作用. 在中北部俯冲深度可达 680 km 左右,然而俯冲程度在 300 km ~ 500 km的范围内均存在震源间的断层. 从北到南,发育哥伦比亚 – 厄瓜多尔、北智利、中智利等火山链,而它们之间缺少明显的火山活动.

3)菲律宾:菲律宾板块西缘为俯冲带,北段与南段为火山弧. 菲律宾岛弧东西均存在海沟,北段为向东俯冲的马尼拉弧,南段为向西俯冲的菲律宾弧. 火山链有九州、琉球、台湾、菲律宾、苏拉威西等.

4)西北太平洋:最北面是千岛弧,太平洋板块以 8 ~9 cm/a 的速率正向千岛群岛下边俯冲,俯冲带宽度从 NE 向 SW 逐渐加宽,震源深度也由浅变深. 从北到南有堪察加、千岛、北海道 3 条火山链,其火山活动的强度有所减弱.

千岛弧之南的日本弧大至呈 SN 向带状展布. 该俯冲板块以 24° ~27°的倾角向西一直俯冲到中国东北大陆之下,俯冲深度可达 620 km 左右. 这里发育有日本火山链.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

伊豆 - 小笠原弧,地震带从北向南由宽逐渐变窄,这意味着俯冲带的倾角从 NW 向 NE 有从小变大的趋势. 这里有伊豆和小笠原火山链. 与马里亚纳火山链并列的是马里亚纳弧,其深源地震呈向东凸出基本对称的弧形分布,由北向南震源深度变浅,均以大于 80°的高角度俯冲下去.

最新的研究发现[10],西太平洋北部地区 M≧8 的强震,其震中随时间在发生迁移,而且空间迁移在经纬向上具有同步性和对称性,这反映西太平洋板块向西的俯冲仍然在继续,未来发生强震的可能性依然很大.

5)西南太平洋:位于澳大利亚板块的东北缘,火山活动和地震活动都很强烈.

西部由新几内亚和所罗门岛弧组成,是澳大利亚板块向北俯冲的结果;中部斐济是新赫布里底、瓦努阿图向东俯冲的结果;而东部汤加 - 科马德克 - 新西兰是由太平洋板块向西俯冲所致.

6)阿留申:是太平洋板块北缘的俯冲带,震源深度小于 300 km. 阿留申岛弧东部为水深小于 300 m 的白令海陆架,西半部是阿留申盆地. 由于这里太平洋板块的运动方向与岛弧斜交,因而地震活动相对较弱. 主要的火山链有西阿拉斯加、东阿留申、中阿留申、西阿留申.

4　地震和火山分布的关系

1)地震和火山明显受控于板块运动,因而地震活动区和火山活动区往往重叠在一起,特别是在俯冲带表现的尤为明显. 大角度俯冲板块的弧后火山活动最为强烈,当板块运动方向与板块边缘走向成小角度相交时,由于缺少正面俯冲的动力,火山活动往往比较微弱. 欧亚大陆上发生的地震大多在东部,而东部也是全新世火山活动比较频繁的地区. 这种地震和火山活动在同一地区的情况在北美大陆也能见到,全新世火山活动和强震基本上都发生在美国西部.

2)俯冲带上有大于 500 km 的深震地段,火山活动相对较弱,往往在历史上没有火山喷发过.

3)岛弧火山链走向大致与主压应力呈垂直关系,而裂谷型的火山链走向大致与主压应力呈平行关系. 亚洲大陆内部的火山链,如五大连池、长白山以及贝加尔南北的火山链,都与主压应力轴垂直,这说明这些是与地壳挤压有关的火山链.

5　地震与火山随时间变化的关系

根据已发生地震的资料,可知各活动区地震的震级并不相同,释放的能量也并不一样,而且随着时间的推移,其能量也不断变化. 从地震能量分布的格局来看,俯冲 - 碰撞带的能量最大,但在不同的板块碰撞带其能量又有很大的不同. 尽管大陆地震活动的程度近百年来逐渐减小,但是在 1953 年之前欧亚大陆的活动非常引人关注,特别是在 1902 ~ 1920 年,欧亚大陆的地震活动甚至高于所有的俯冲 - 碰撞带.

近百年来,全球总的地震能量分布是随时间发生变化的,选择震级 8 以上的地震,VEI 在 4 以上的火山,分四个时期统计后,可以发现,地震和火山的变化具有同步的特点,分析的四个时期和平均纬度数据见表 2,相关关系见图 1.

通过上面的分析(图 1)可以看出地震和火山具有同步性,但是两者又有不同之处. 从机理上讲,火山与岩浆热的活动有关,而地震与岩石的破裂有关,这也使得两者具有不同的表现. 例如,在 1980 ~ 1992 年,全球地震低发,但是却发生了 3 次大的火山喷发.

表 2　各时期地震、火山的平均纬度

时期(年)	1902 ~ 1920	1921 ~ 1953	1954 ~ 1979	1980 ~ 2012
地震(纬度°)	13	7	18	3
火山(纬度°)	29	19	22	5

注:地震数据来源于中国地震台网和美国国家地震信息中心(2012);火山数据参考文献[11,12]

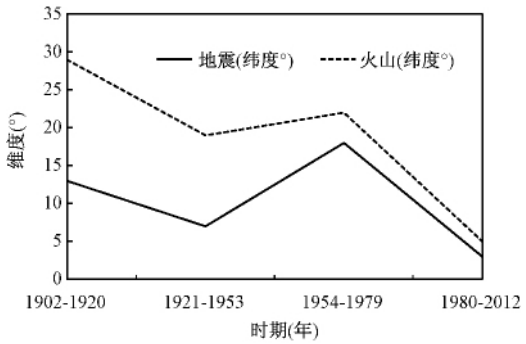


图 1　各时期地震和火山平均维度变化图

6　分析与讨论

1)就全球的地震和火山分布情况来看,地震和火山都受板块运动的控制. 但是地震和火山的机制并不完全相同. 火山与岩浆热有关,地震跟岩石的破

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

裂变形有关.

2)地震和火山具有一定的时间和空间联系,地震与火山的平均纬度随时间表现出具有同步变化的特点,但由于地震和火山的机制并不一样,两者又具有局部的不一致性.

3)进入新世纪以来,全球的地震和火山频繁发生,尤其是地震,这说明全球的板块活动很可能进入了一个活化期.

参 考 文 献

[1] Berryman K, Villamor P, Dissen R Van. Volcano-tectonic interactions in a rhyolite domain: the Taupo volcanic zone, New Zealand [J]. Geophysical Research Abstracts, 2006, 8:05376.

[2] Walter T R, Amelung F. Volcanic eruptions following M≥9 megathrust earthquakes: Implications for the Sumatra-Andaman volcanoes [J]. Geology, 2007, 35(6):539 - 542.

[3] 姜辉,邓志辉,高祥林,等. 日本俯冲带地震发生过程的数值模拟研究 [J]. 地球物理学报, 2013, 56(7):2303 - 2312.

[4] 陈培善,陈海通,黎向东. 全球地震地理分区 [J]. 地震地磁观测与研究, 1994, 15(1):6 - 20.

[5] 马宗晋,杜品仁,洪汉净. 地球构造与动力学 [M]. 广州:广东科技出版社, 2003.

[6] 洪汉净,于泳,郑秀珍,等. 全球火山活动分布特征 [J]. 地学前缘, 2003, 10(特刊):11 - 16.

[7] 郝晓光,方剑,柳林涛,等. 基于新编《系列世界地图》的全球板块分布图 [J]. 地球物理学进展, 2006, 21(4):1108 - 1112.

[8] Calais E, Ebinger C, Hartnady C, et al. Kinematics of the East African Rift from GPS and earthquake slip vector data [J]. Geological Society, London, Special Publications, 2006, 259: 9 - 22.

[9] Chorowicz J. The East African rift system [J]. Journal of African Earth Sciences, 2005, 43(1 - 3):379 - 410.

[10] 李双双,延军平. 西太平洋俯冲带北部地区 M_S≥8 强震时空对称特征 [J]. 地球物理学进展, 2012, 27(3):0960 - 0966.

[11] Siebert L, Simkin T. Volcanoes of the world: An illustrated catalog of Holocene volcanoes and their eruptions [J]. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program Digital Information Series, 2002, GVP - 3.

[12] Jan Esper, Lea Schneider, Pual J. Krusic, et al. European summer temperature response to annually dated volcanic eruptions over the past nine centuries [J]. Bulletin of Volcanology, 2013, 75:736.

Distribution Characteristics of Global Earthquakes, Volcanoes and Their Changes in Relationship

Dong Jinlong[1] Hu Xiuju[2] Zou Changwei[1,2]

(1. School of Earth Science and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;
2. No. 1 Gold Geological Party of the Armed Police Force, Mudanjiang 157021, Heilongjiang)

Abstract

According to the distribution characteristics of global earthquakes and volcanoes, it's found that global earthquakes and volcanoes have similar active regions. And the activity regions are closely related to plate movement. The activity regions of global earthquakes and volcanoes can be roughly divided into active continental area, active oceanic area and subduction-collision zone. On the basis of the intensity of earthquakes and volcanoes, activities of the global earthquakes and volcanoes over the past century are divided into four periods. By analyzing the average latitude curves of global earthquakes and volcanoes, it's concluded that earthquakes and volcanoes have the feature of synchronization changes in time and space. This is likely to be intimately bound with plate movement, but locality shows inconsistency.

Key words: Global, earthquakes, volcanoes, plant movement.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net