Advances in Geosciences 地球科学前沿, 2016, 6(3), 214-238
Published Online June 2016 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ag
http://dx.doi.org/10.12677/ag.2016.63024

Seismic Activity and Seismic Cone Structures in the Coastal Area of the Northwest Pacific Ocean

Lijun Chen

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

Received: Jun. 2nd, 2016; accepted: Jun. 25th, 2016; published: Jun. 28th, 2016

Copyright © 2016 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

According to the Seismo-Geothermics theory about methods of intracrustal strong earthquake and volcano prediction, by comparing the ANSS earthquake catalogue from the Northern California earthquake data center and the earthquake monthly reports from Japan Meteorological Agency, and extensive study of the seismic activities and the seismic cone structures in the coastal area of the Northwest Pacific Ocean, the author of this paper further confirms that the seismic cone structure in that area is a stable frame structure. This paper also identifies carefully the polygon regions of Okhotsk seismic cone, Japan seismic cone and Taiwan & Ryukyu seismic cone, makes a special demonstration of the Hunchun seismic cone, China, and then studies the situations and causes of Japan earthquake Mw9.0 in 2011, Kumamoto earthquake Mj7.3 in 2016, Hanshin earthquake Ms6.8 in 1995, the activities of Taiwan seismic cone, and volcano activities in related regions, and the relationship of seismic activities between Taiwan and Ryukyu. At the same time, this paper introduces some prediction methods of earthquakes and volcanoes, which are meaningful for the study area, and maybe for whole of the Earth. The principle and methods of seismo-geothermics theory, and the concept of seismic cone structure have been put forward for many years by the author, who has been committed to the ideas of prediction research of intracrustal strong earthquakes and volcanic activities, and hopes to be able to contribute to the disaster prevention for human being.

Keywords

Seismo-Geothermics Theory, Seismic Cone, Subcrustal Earthquake, Intracrustal Strong Earthquake, Volcano, The Northwest Pacific Ocean

文章引用: 陈立军. 西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造[J]. 地球科学前沿, 2016, 6(3): 214-238.
http://dx.doi.org/10.12677/ag.2016.63024

西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造

陈立军

湖南省地震局，湖南 长沙
Email: seisman@foxmail.com

收稿日期：2016年6月2日；录用日期：2016年6月25日；发布日期：2016年6月28日

摘 要

按照地震地热说关于壳内强震与火山预测的方法，本文采用北加利福利亚地震数据中心的ANSS地震目录和日本气象厅的震源月报，对西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造进行广泛研究，通过两套地震目录的对比，进一步印证和确立了研究区内的地震柱构造结构，表现为一种稳定的框架结构，仔细鉴别了鄂霍茨克地震柱、日本地震柱和台湾及琉球地震柱的多边形区域，并对中国珲春地震柱构造做出特别的论证，进而列举了若干应用研究的例子，包括2011年日本9级地震、2016年日本熊本7.3级地震、1995年日本阪神6.8级地震，台湾地震柱的活动性，以及相关地区的火山活动的态势与成因，台湾地震与九州地震的关系，等等，做出了全面的分析，同时介绍了一些预测的方法，对于研究区内的地震预测和火山预测研究都是有意义的，或许对全球也有用。地震地热说的原理与方法，以及地震柱构造的概念，提出多年了，作者一直致力于壳内强震与火山活动的预测思路研究，希望能对人类的防灾事业有所贡献。

关键词

地震地热说，地震柱，壳下地震，壳内强震，火山，西北太平洋

1. 引言

西北太平洋的滨海地区是全球地震与火山活动极为频繁的地区之一。人们对该地区地震与火山的成因通常是以板块的“碰撞”和“俯冲”来解释。但是，长期的经验表明，这种解释千篇一律，很难解决地震的预测问题。本文采用作者所提出的地震地热说原理与方法[1]-[4]，根据中深源地震活动的三维分布状态，将该地区划分为若干个地震柱构造，研究地震柱内部的地震与火山活动规律，并介绍了一些应用研究的例子，试图为壳内强震与火山的预测研究打开一条新的思路。

2. 资料的选取与研究方法

图 1 为全球壳下地震的分布与地震柱和预测研究区的划分图。为了便于分析和资料比对，作者将全球划分为 8 个预测研究区(图 1)，本文研究区域取 12˚~65˚N，110˚~170˚E，即第 IV 预测研究区。

本文所采用的资料主要取自 2 个来源。一是来自美国北加利福利亚地震数据中心的 ANSS (Advanced National Seismic System)地震目录，二是来自日本气象厅的震源月报。在讨论中国珲春地震柱时，也用到了中国地震台网的统一地震目录。

ANSS 地震目录取 1963 年至 2016 年 4 月 16 日 4 级以上的地震参数，共计 74,382 个地震(图 2)。日本震源月报取 1997 年 10 月 1 日至 2015 年 7 月 31 日 1 级以上的地震参数，共计 1,285,361 个地震(图 3)。

由图 1 可以看到，如果剥去了震源深度为 35 km 以内的地震，大洋中脊就不能作为板块的边界了，因而可以理解为板块构造的边界只是以浅源地震的活动为标志划分的。

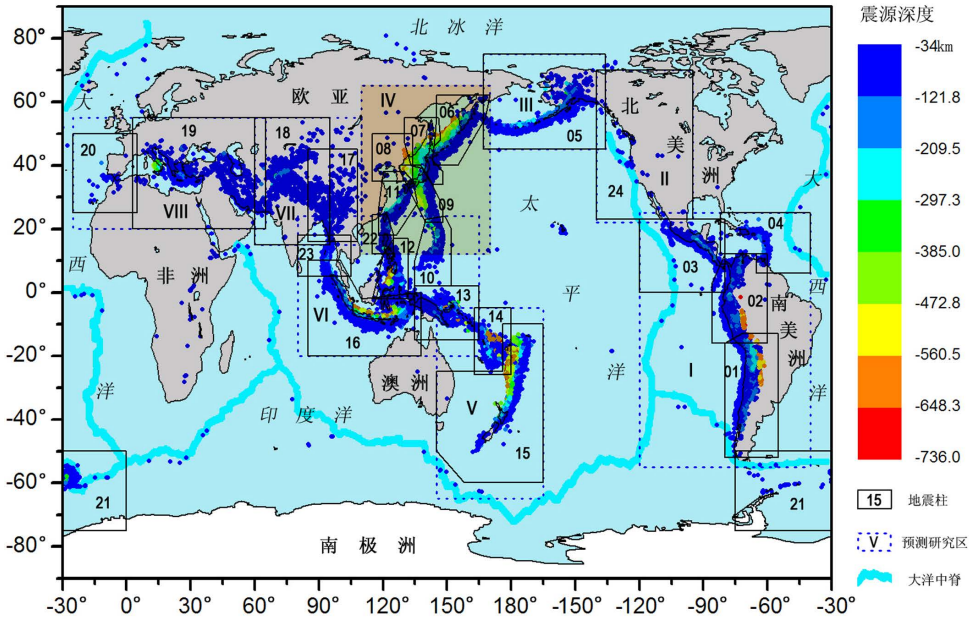

Figure 1. The distribution of the global subcrustal earthquakes and the division of seismic cones and prediction areas according to ANSS seismic catalogue. Number and name of seismic cones: No. 01—Chile seismic cone, No. 02—Ecuador cone, No. 03—Guatemala cone, No. 04—Haiti cone, No. 05—Bering Sea cone, No. 06—Okhotsk Sea cone, No. 07—Japan cone, No. 08—Hunchun cone, No. 09—North Mariana cone, No. 10—Mariana cone, No. 11—Taiwan & Ryukyu cone, No. 12—Philippines cone, No. 13—Salomon cone, No. 14—West Tonga cone, No. 15—Tonga cone, No. 16—Indonesia cone, No. 17—Burma cone, No. 18—Hindu Kush cone, No. 19—Mediterranean cone, No. 20—West Mediterranean cone, No. 21—The South Sandwich cone, No. 22—Manila cone, No. 23—Andaman cone and No. 24—North America cone

图 1. 全球壳下地震的分布与地震柱和预测研究区的划分(1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0, h > 35 km)。地震柱编号及名称：01 智利，02 厄瓜多尔，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 马里亚纳，11 台湾及琉球，12 菲律宾，13 所罗门，14 西汤加，15 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，22 马尼拉，23 安达曼，24 北美洲

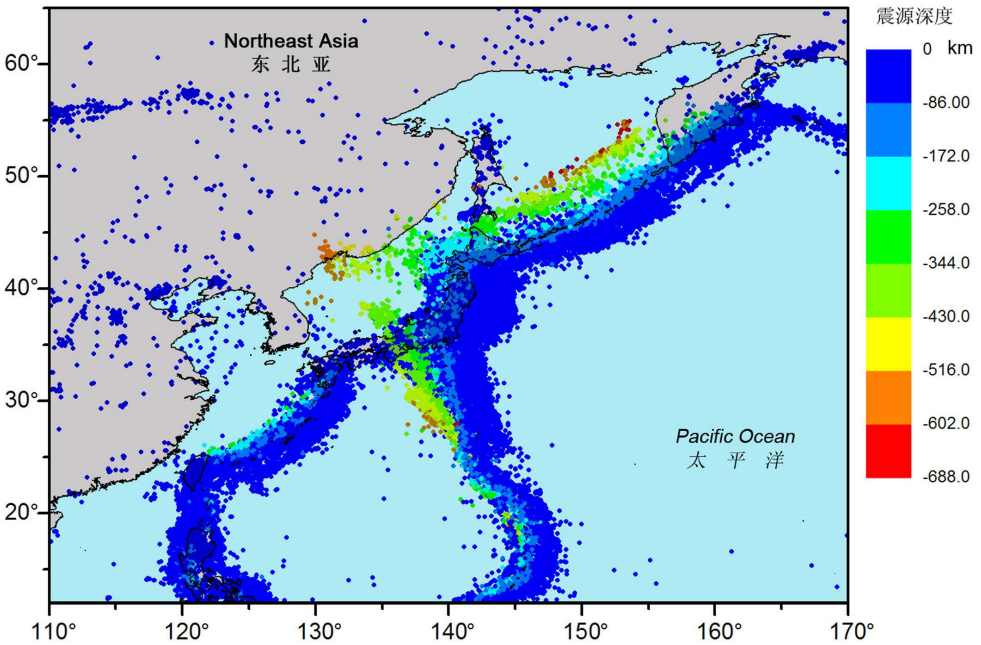

Figure 2. Seismic distribution of ANSS earthquake catalog in the study area

图 2. 研究区内 ANSS 地震目录的地震分布

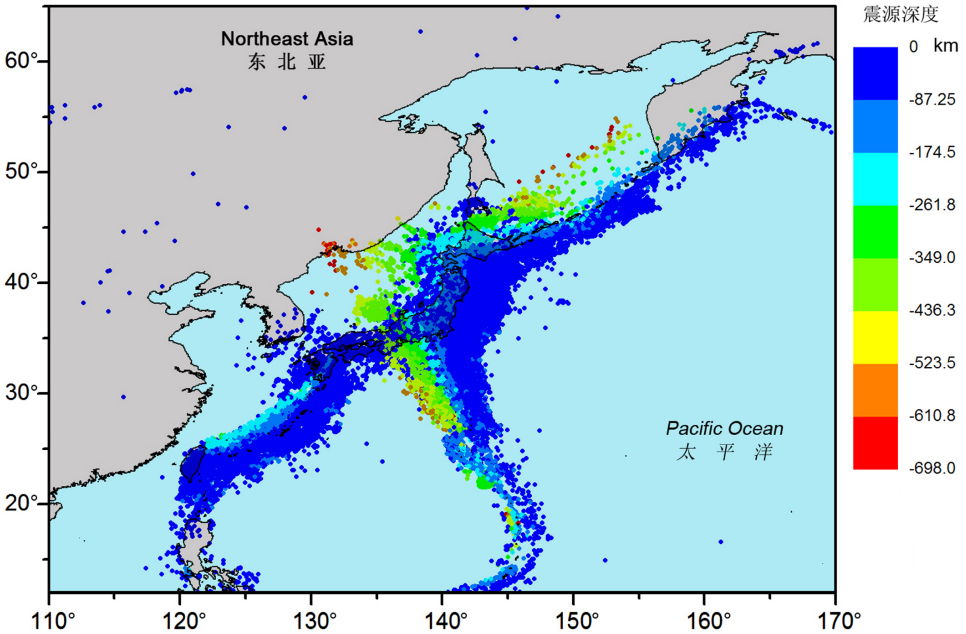

Figure 3. The earthquake distribution in the study area according to the Japan earthquake monthly reports
图 3. 研究区内日本震源月报的地震分布(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

图 2 和图 3 的地震分布形态大体一致，说明这两套地震目录是可以比拟的，只是图 3 是以日本本土为中心，顾及不了日本以外的地区。

本文的研究方法，是根据区域内中深源地震活动的三维分布状态，将该地区划分为若干个地震柱构造，研究地震柱构造内部的地震活动规律，以寻找地震预测的可能途径。

地震地热说原理认为，全球的强震活动与火山活动由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 个已知的地震柱组成，控制着全球的所有中、深源地震和 92%以上的壳内强震以及 83%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(图 1)。

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 740 km。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(含恆热层及次级能动层)、储能层和影响区的耗散层，地震所标示的热能活动自下而上逐层驱动，由储能层内所积累的热能提供火山喷发所需要的热物质和热能，或转化为壳内强震所需要的机械能，推动地表构造活动。

所谓壳下地震，笼统地指深度小于 35 km 的地震。对于青藏高原地区，这个说法是不准确的。图 1 表明，35 km 的深度界限，已经将壳内地震与深部地震截然分开了。所谓壳内强震，因为考虑到震源深度测定的不确定性，笼统地指深度小于 35 km 或者 50 km 的强震，视地震柱构造内部的活动状态而定。

3. 西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造的划分

3.1. 采用 ANSS 地震目录研究的结果

采用 ANSS 地震目录，取震源深度大于 35 km 地震的分布，及其按照中深源地震活动中心所划分的地震柱构造，如图 4 所示。图中的 05 号白令海地震柱、10 号马里亚纳地震柱和 12 号菲律宾地震柱等因资料不全，不在本文研究之列。本文研究的 6 个地震柱的基本参数见表 1。

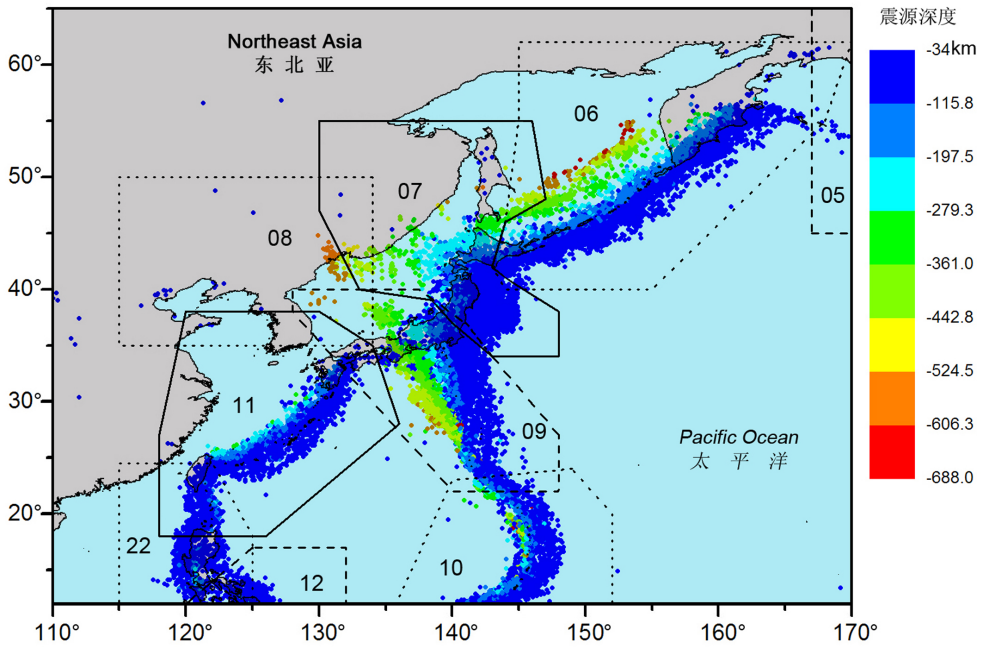

Figure 4. Subcrustal earthquake distribution in the study area according to ANSS seismic catalogue. No. 05—The Bering Sea, No. 06—the Okhotsk Sea, No. 07—Japan, No. 08—Hunchun, China, No. 09—North Mariana, No. 10—Mariana, No. 11—Taiwan & Ryukyu, No. 12—Philippines, No. 22—Manila seismic cone

图 4. 研究区内 ANSS 地震目录的壳下地震分布(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0，h ≥ 35 km)。05 号白令海地震柱，06 号鄂霍茨克地震柱，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，22 号马尼拉地震柱

Table 1. Basic parameters of seismic cone structures in the study area according to ANSS earthquake catalogue

表 1. 研究区地震柱构造的基本参数(据 ANSS 目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)

地震柱编号及名称	最小矩形区域		地震数	最大震级	最大震源深度 (km)
	经度(°)	纬度(°)			
06 鄂霍茨克	144~170	40~62	20,619	8.3	678.9
07 日本	130~148	34~55	28,087	9.1	631.9
08 中国珲春	115~134	35~50	556	7.9	590.3
09 北马里亚纳	128~148	22~40	27,935	(9.1)	686.39
11 台湾及琉球	118~136	18~38	11,988	7.8	502.2
22 马尼拉	115~126	12~24.5	6356	7.8	384

研究中需要尽可能地剔除相邻地震柱的壳下地震，故地震柱的边界多采用多边形来表示。图中多边形的框线采用不同线型只是为了区别不同的地震柱构造。

研究区内地震活动的三维立体分布如图 5 所示。这张图是作者 2011 年形成的，本文采用新的资料修订[5]。由图可见，在研究区近 700 km 深的立方体内，倒立着参差不齐的、近乎直立的圆锥体。这些圆锥体由中深源地震的震源体密集而成，是震源体以及地震所标示的热能自下而上逐层驱动的稳定通道，至少几十年没有变化。因此，中深源地震并不像人们所想象的位于某种斜坡带上，而是处在一个个粗大的、近于直立的管道内。它们有自己的习惯通道，自己独立的活动方式，自己特有的韵律，互相牵连但又互不侵扰。这就是大自然的魅力所在。

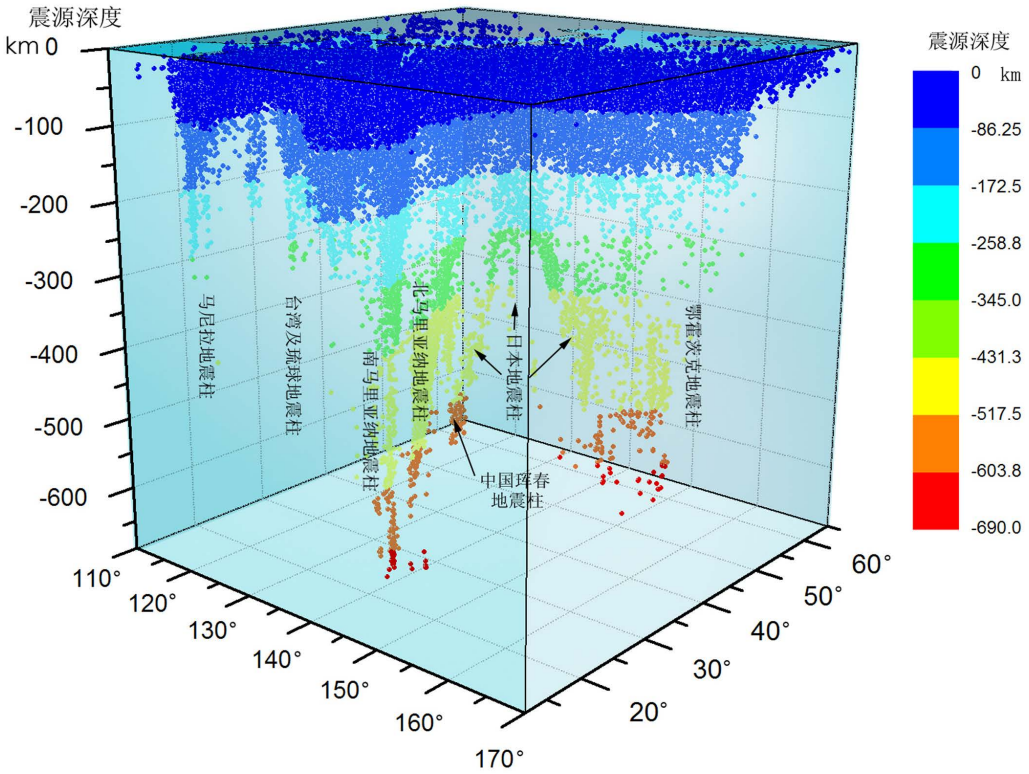

Figure 5. Three dimensional distribution in the study area according to ANSS earthquake catalogue
图 5. 研究区内 ANSS 地震目录的三维分布(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)

图 5 的地震柱图像，如同一副框架结构的构筑物，坚不可摧，每年几十毫米的 GPS 地表水平位移恐怕是难以撼动的。至于俯冲，则更加不可能，因为在这里任意截取一个通过深源地震区的剖面所做出来的所谓“本尼奥夫带”，只是人们的虚拟，根本不存在。

本文所研究的 6 个地震柱的立体图像如图 6 所示，相关参数见表 1。这 6 幅图像多数并非单柱体地震柱，而是由多个单柱体复合、具有共同特征的复合地震柱，大致分述如下。

06 号鄂霍次克海地震柱，深源地震密集在鄂霍次克海 600 多千米深处，中深源地震活动沿着鄂霍次克海东部的火山链展布，由多个单体地震柱并列组成一种扇型结构，收敛于深源地震区。该地震柱构造内火山活动较多，壳内强震较少。

07 号日本地震柱，是全球唯一的多腿地震柱，即同一个柱身由多条腿支撑着。该地震柱构造只有一个柱身，自然也只有一个熔岩囊，因而主要控制本州北部的壳内强震和本州北部的火山活动。最大地震为 9.0 级。下一节还会详细论述。

08 号中国珲春地震柱，目前表现为潜在的地震柱，即在深部有地震活动，而中源地震和浅源地震并不活跃。该地震柱构造主要控制中国东北地区的火山活动，对华北地区的壳内强震似乎也有影响。下一节还会详细论述。

09 号北马里亚纳地震柱，横跨日本本州南部，主要控制本州南部的壳内强震，以及由富士山向东南方向延伸的一组雁列的火山活动。2013 年日本小笠原群岛的西之岛附近出现了一座新的小岛，也与本地震柱构造的活动有关[6]。作者曾在一篇文章中预言过这里的火山活动，但是却被某编辑部封杀了。

11 号台湾及琉球地震柱，连接日本九州和中国台湾，由多个单柱体复合而成，比较活跃的有九州地震柱和北台湾地震柱。九州地震柱构造控制九州的壳内强震与火山活动，北台湾地震柱则控制宜兰、花

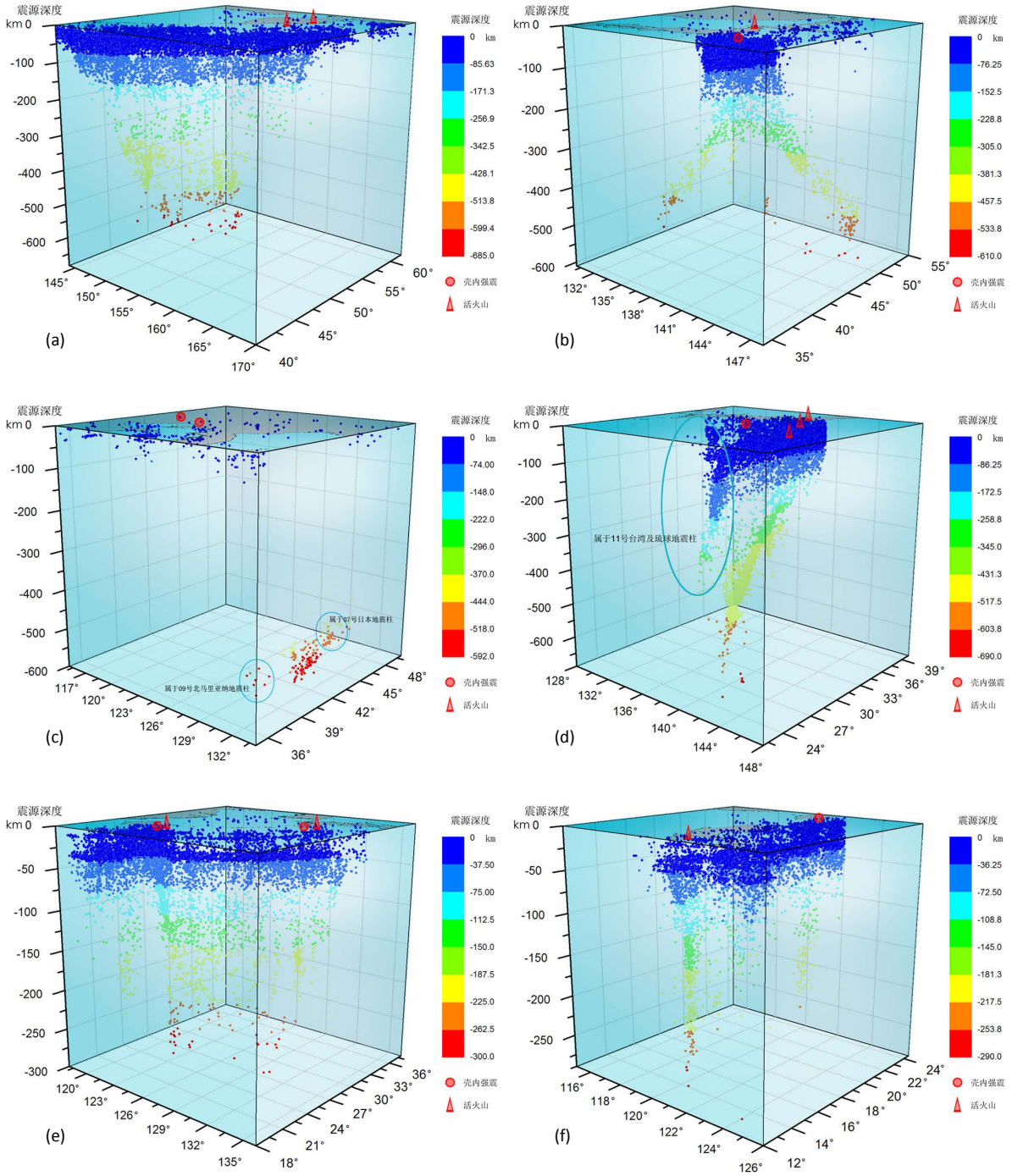

Figure 6. The three-dimensional images of seismic cones in the study area according to ANSS earthquake catalogue. (a) No. 06—Okhotsk; (b) No. 07—Japan; (c) No. 08—Hunchun, China; (d) No. 09—North Mariana Islands; (e) No. 11— Taiwan & Ryukyu; (f) No. 22—Manila seismic cone (1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)

图 6. 研究区内按照 ANSS 地震目录划分地震柱的三维立体图像(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)。(a) 06 号鄂霍茨克地震柱；(b) 07 号日本地震柱；(c) 08 号中国珲春地震柱；(d) 09 号北马里亚纳地震柱；(e) 11 号台湾及琉球地震柱；(f) 22 号马尼拉地震柱

莲及其以东海域的壳内强震，火山不活跃。九州地震柱和北台湾地震柱的活动相互呼应，下节还会详细论述。

22 号马尼拉地震柱(曾经编号 F1)，衔接在 11 号台湾及琉球地震柱与 12 号菲律宾地震柱之间，可以划分为两个二级震柱，即南台湾地震柱和吕宋地震柱。前者控制台湾中南部壳内强震，含 1999 年南投 7.7 级地震，后者控制吕宋岛北部的火山群。

3.2. 采用日本震源月报研究的结果

本文所收集到的日本震源月报资料只限于 1997.10.1~2015.7.31 期间，而且多限于日本本土，因而使用起来有较大的局限，但是作为上一节研究的补充和验证仍然很有必要。

表 2 为日本震源月报对研究区内资料较为完整的 4 个地震柱的基本参数。

研究区内的壳下地震分布及地震柱的划分见图 7。图 7 与图 4 的地震柱划分保持一致。二者虽然源自不同的地震目录，经过仔细比较，只存在一些检测精度上的差异，没有颠覆性的矛盾。

研究区内地震的三维分布见图 8，表 2 的 4 个可研究地震柱的三维立体图像见图 9。

Table 2. Basic parameters of the main seismic cone structures in the study area according to the Japan earthquake monthly reports
表 2. 研究区主要地震柱构造的基本参数(据日本震源月报，1997.10.1~2015.7.31, M ≥ 1.0)

地震柱编号及名称	多边形区域 经度(°)，纬度(°)	地震数	最大震级	最大震源深度 (km)
07 日本	146, 55-130, 55-130, 47-133, 40-138.5, 39-141, 37-143, 34-148, 34-148, 38-144, 41-143, 42-144.7, 46-147, 48-146, 55	703,611	9	657
08 中国珲春	134, 50-115, 50-115, 35-134, 35-134, 50	16,299	7.3	671
09 北马里亚纳	148, 27-143, 34-141, 37-137.5, 40-128, 0-128, 37-132, 37-142, 20-148, 20-148, 27	557,093	8.1	698
11 台湾及琉球	136, 28-134, 35-130, 38-120, 38-118, 27-118, 18-126, 18-136, 28	325,035	7.7	293

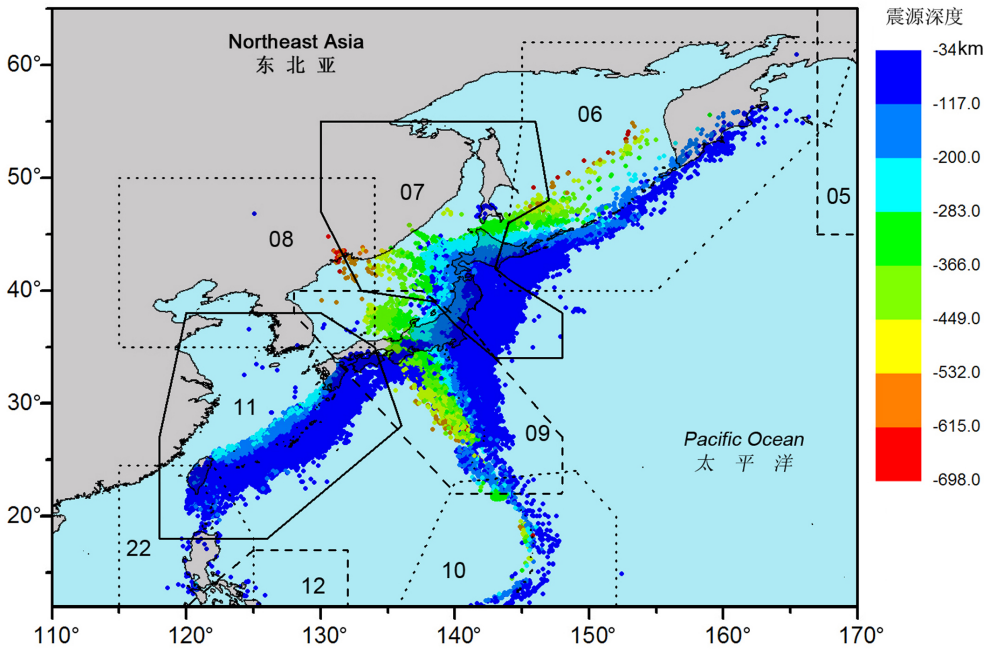

Figure 7. The subcrustal earthquake distribution in the study area according to the Japan earthquake monthly reports
图 7. 研究区内日本震源月报的壳下地震分布(据日本震源月报，1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0，h ≥ 35 km)

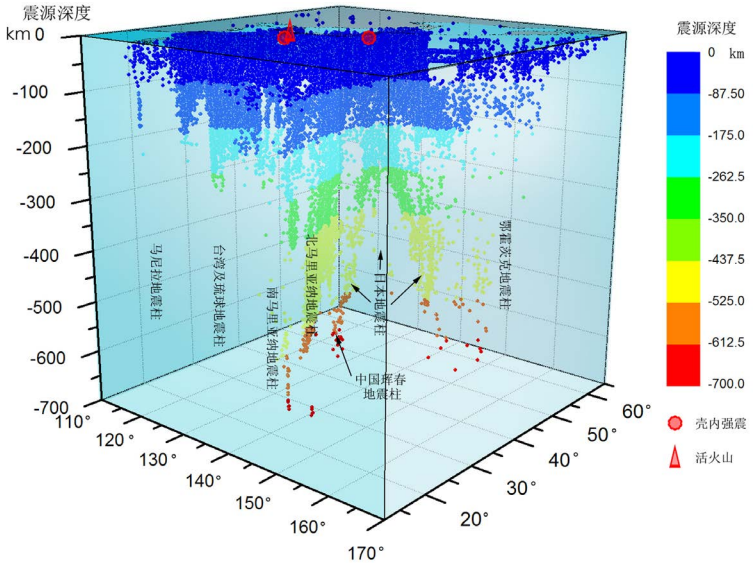

Figure 8. Three-dimensional distribution in the research area according to the Japan earthquake monthly reports
图 8. 研究区内日本震源月报的地震三维分布(据日本震源月报，1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

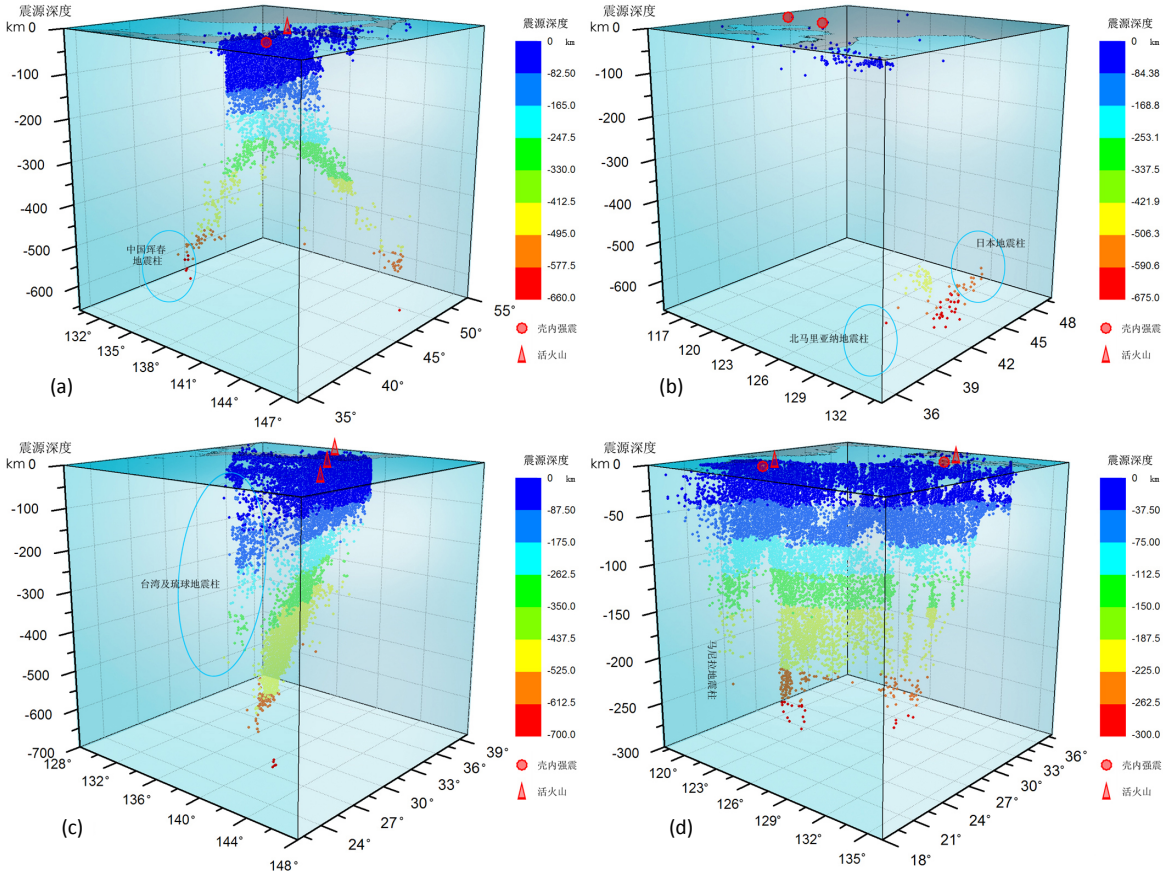

Figure 9. Three dimensional distributions of the main seismic cones in the study area according to the Japan earthquake monthly reports (1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0). (a) No. 07—Japan; (b) No. 08—Hunchun, China; (c) No. 09—North Mariana Islands; (d) No. 11—Taiwan & Ryukyu
图 9. 研究区内主要地震柱的地震三维分布(据日本震源月报，1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)。(a) 07 号日本地震柱；(b) 08 号中国珲春地震柱；(c) 09 号北马里亚纳地震柱；(d) 11 号台湾及琉球地震柱

比较图 8 与图 5、图 9 与图 6，4 个可研究地震柱的三维立体图像基本吻合，于是就由不同国家的地震目录验证了这些地震柱划分的合理性。作者也做过同样的工作，采用美国和地中海两套不同的地震目录，验证了地中海地震柱划分的合理性[6]。

由于不同的地震目录毕竟存在观测精度上的差异，在确定地震柱的多边形边界时需要做仔细地调整。在监测精度差异不大的情况下，采用本地地震目录研究当然更为合理。

3.3. 地震柱构造的共同特征及其工作方法

综合上述研究结果，可以得出这些地震柱构造的共同特征及其工作方法，大致包括：

- 这些地震柱扎根于数百千米的地幔深部，由底部的中深源地震活动密集区向上扩张形成较为粗大的储能体(深度大约 50~150 km)，然后按照地表构造的复杂度形成更为宽阔的地震柱构造影响区。由于深部地震活动所释放的能量是无法耗散的，这种管状通道内的地震活动只能是在地幔深部的热能和热物质支撑下的自下而上逐层驱动。如果假定为自上而下的活动方式，是找不到力源的，也与地震柱的震源深度时序图的图像不符。
- 作者曾经利用收集到的资料论证过，这种地震柱体都是地震 P 波的快速异常体[4]。因此，在一些论证地幔柱的全球性资料中，在 1000 km 深度范围内，大凡 P 波的慢速异常体即为地幔柱，P 波的快速异常体则为地震柱[7]。二者皆为地幔内的热柱体，但其性质迥然不同。
- 过每个单体地震柱的轴心可以做出本尼奥夫剖面，但本尼奥夫剖面中的斜面仅仅是地震柱倒立圆锥体的某一条母线，离开了地震柱就没有任何意义了。作者将地震柱的出地点指向深部地震活动密集区的剖面称之为地震柱的本征剖面(intrinsic profile of seismic cone) [5] [8]，能够帮助判断未来火山活动的地点，或许在预测研究中有用。本尼奥夫剖面中的斜面往往是由于地震柱的影响区远大于地震柱的柱体造成的，因而只是一种错觉。地震柱构造是否真正倾斜，要靠地震柱的本征剖面来判定。比如 10 号马里亚纳地震柱和 18 号兴都库什地震柱，都可以画出我们常见的本尼奥夫剖面中的斜面，但其实它们的本征剖面都是垂直于地表的，因而地震柱也是垂直于地表的。图 5 中的各个地震柱都有自己的本征剖面，其倾斜方向也各不相同。人们常常跨海沟任意截取一个指向深震区的剖面来做本尼奥夫带，并以此作为地表海沟向下延伸的依据，在图 5 中显得它既不是平均效果，也不是什么特效，因而在物理上和构造上都是没有意义的。由图 5 可以看到，地震柱与地表的海沟地貌没有直接的瓜连。海沟或许正是地震柱长期活动所造成的破裂带的叠加，加上海水的侵蚀而形成的地表地貌，大多数只有几千米深，将它们延伸到 300~400 km 深的高温高压地幔环境之中是难以想象的。
- 同一个地震柱内的单体地震柱，其活动性可能互相呼应和影响，比如九州地震和台湾地震活动的相互呼应。但是，相邻地震柱构造活动的相互影响则大大减少，比如 2011 年日本 9 级地震后，相邻地震柱则并不受其影响，各自保持着正常的活动水平。
- 同一个地震柱内的壳内强震与火山活动，是地震柱释放累积能量的两种不同方式，可以相互制约，互为消减。比如 2011 年的日本 9 级地震较大程度地释放了地震柱的累积能量，故本州岛北端的火山并没有随之而动，然而 2016 年的日本熊本 7.3 级地震可能并未完全释放掉地震柱所累积的能量，故强震连发，强震后火山活动也连发。火山活动是地震柱构造年轻程度的重要标志之一。全球所有的地震柱历史上都曾经有过火山活动，但是现在有的地震柱没有活火山了，只保持着壳内强震的活动。本预测研究区的情形也是如此，多数地震柱都有活火山，有的却没有了。比如 08 号中国珲春地震柱，历史上曾经有长白山和五大连池的火山活动，现在沉寂了，或者说休眠了。北台湾地震柱上世纪 50 年代还有过火山活动。
- 每个单体地震柱都有自己的活动韵律，即震源深度随时间的律动，作者称之为地幔年代际振荡或者

年际振荡[9]，或许正是寻找壳内强震与火山活动时间预测的重要依据。按照人们常用的历史地震比拟分析方法，将地震柱的震源深度时序图与同时期的壳内强震和火山活动加以比对，便可以划分地震柱的活动期次，预测未来活动的大致时段和大致强度。

- 由于管状通道内的地震活动是自下而上逐层驱动的，那么壳下地震活动的密集区或许正是寻找壳内强震与火山活动地点预测的重要依据之一[10]-[13]。不过，火山活动多半靠近地震柱的出地点，而壳内强震的活动则可能远离出地点，甚至出现在地震柱构造影响区的边缘部位，需视地震柱构造影响区内的地表构造活动形式和活动状态而定。壳内强震可能发生在壳下地震活动的密集区与活动断层的闭锁段相吻合的部位，也可能发生在地震活动空区里的断层闭锁段。后面这种情况判断的难度大一些。越是临近事件的发生时间，这种比较研究越是重要，因此应加强对地震柱的地震监测，提高监测精度。为达此目的，拥有本地 1 级以上或者 2 级以上的地震目录十分必要。地震目录中的震源深度信息虽然不能要求准确，但是要求各家测定深度的精度可以互相比对。人们常常误解震源深度的准确度，其实我们的方法要求的只是震源深度的相对差异，大家比较一致就好。至于震源深度的准确度，目前是做不到的。关于地表活动构造的研究，目前大量的文献都是若干个块体的拼接，然而本文的研究方法要求的是对具体构造(断层或者褶皱)的剖析与研究[14]-[19]。
- 对于单体地震柱的预测研究，需要尽可能地剔除相邻地震柱中深源地震活动的干扰。这种干扰主要影响到震源深度时序图的真实性和可靠性。为此，需要按照地震分布的平面图像和立体图像进行反复比对，并结合不同版本地震目录的差异加以调整。壳内地震的活动不太可能影响到预测分析。

4. 几个应用研究方面的例子

以下的应用研究例子，是作者近几年研究的心得，虽然在工作方法上不断有所改进，但基本的理念是始终如一的。

4.1. 关于 2011 年日本 Mw9.0 级地震

2011 年 3 月 11 日日本 9 级地震之后，作者立即着手研究其地震成因，2 天后在新浪网博客和科学网博客上发表博文，提出地震成因的新解，认为日本 9 级地震是日本地震柱构造活动的产物，并非与碰撞或者俯冲有关[20] [21]。现在看来，这个解释依然是正确的。

4.1.1. 日本 9 级地震前后的壳下地震活动

根据 ANSS 地震目录资料，日本地震柱的震源深度时序图如图 10 所示。图中表明，在 400 km 深度以下，深源地震活动带有明显的韵律，十多年为一族，随时间流转。在 200~400 km 深度范围内，也有类似的现象。作者按照中深源地震活动自下而上逐层驱动的思路，在图面上画了一条紫色虚线和一个蓝色虚框，表示中深源地震活动族向上逐层驱动的历程，指向 2011 年的 9 级地震。在其前面的多个 7.5 级以上地震之前，实际上也有类似的虚拟线存在，连接着深部的深源地震活动族与 7.5 级以上的壳内强震。更有意思的是，在 9 级地震之前，大约在 2001~2009 年期间，在 50~150 km 深度范围内(通常被称为熔岩囊)，地震活动十分活跃，而地表却只在临震前 2~3 年才活跃起来。这一切都表明，会有大的事件发生。

根据日本气象厅的震源月报资料，3 级以上的震源深度时序图见图 11。图 11 的资料时限较短，但同样也发现与图 10 类似的情形。3 级以上或者 3.5 级以上的地震，都在 400 km 深度以下出现一族一族的地震律动。图 11(a)在 2003~2010 年期间熔岩囊内的地震活动也表现活跃。

再看看地震活动的地理分布，如图 12。图 12(a)和图 12(b)分别为 9 级地震之前和之后的壳下地震活动，前者侧重于中深部的地震活动而后者则侧重于大约 100 km 深度内的地震活动。从能量的角度来说，前者侧重于积累能量而后者则侧重于释放能量，都表现了地震柱构造活动对于壳内强震的控制作用。

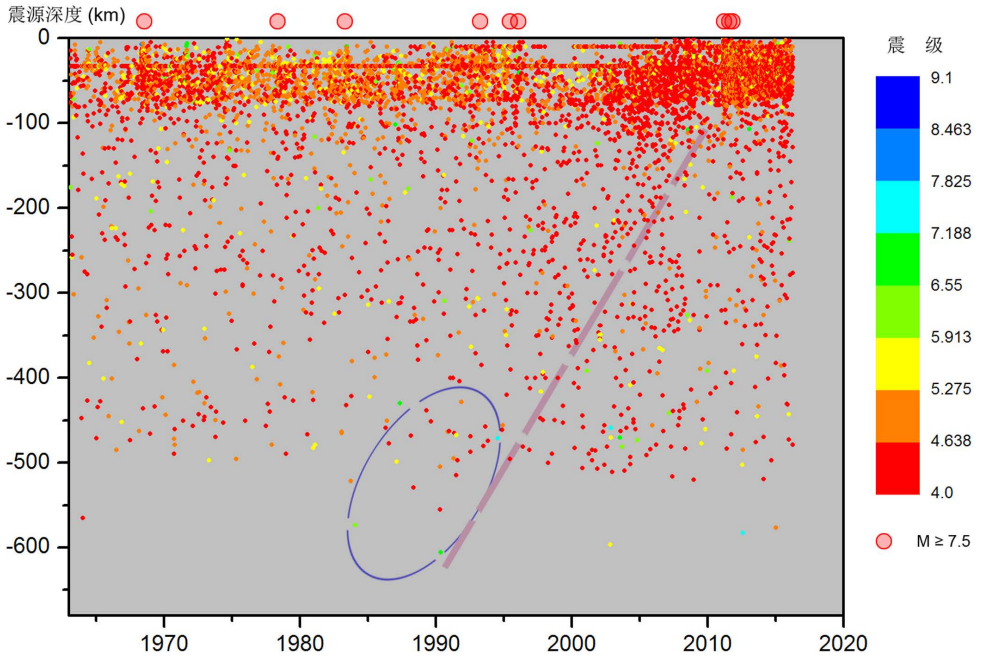

Figure 10. The focal depth sequence diagram of earthquake M4+ in the Japan seismic cone according to ANSS catalog
图 10. 日本地震柱 4 级以上地震的震源深度时序图(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)

4.1.2. 日本 9 级地震活动与周边地震柱的关系

日本 9 级地震后的 300 天之内，日本及周边地震柱的地震活动如图 13 所示。震后 100 日内也是这样的图像[22]。由这张图可见，在此期间内，除了 9 级地震震中区密集的地震活动，周边地震柱均处于正常的活动状态，并没有受到 9 级地震的波及和影响。如果按照碰撞的说法，偌大的太平洋板块与欧亚板块碰撞，不可能只攻其一点而不及其余。

图中标注了日本自 1960 年以来较为活跃的 3 组活火山，分别受到 07 号、09 号和 11 号地震柱的控制。九州地区的地震活动并没有受到 9 级地震的影响。因此，震后新燃岳火山的喷发也许只是碰巧而矣。当时人们极度关注地震是否会引发富士山火山的活动，作者曾两次在科学网博客上发表文章，详细分析这 3 组火山成因的差异，指出“其实日本不必太惊慌”，富士山火山的活动受控于北马里亚纳地震柱，不会受到 9 级地震的直接影响[23] [24]。李四光有一句名言：同一构造体系的，再远也是近，不同构造体系的，再近也是远。真是妙极！

4.2. 关于 2016 年日本熊本 Mj7.3 级地震

2016 年 4 月 14 日和 4 月 16 日，日本九州地区相继发生 7 级以上地震，定名为熊本地震。地震以后，阿苏火山和樱岛火山也接连喷发。

为了研究九州与台湾的地震活动，根据日本气象厅的震源月报资料，本文将 11 号台湾及琉球地震柱的单体地震柱(二级地震柱)做了初步划分，如图 14 所示。图中 A 区为九州地区，称为九州地震柱。B 区为北台湾地区，C 区为南台湾地区，合称为台湾地震柱。C 区属于 22 号马尼拉地震柱的南台湾二级地震柱，本文的资料不全。

九州地区的地震活动与地表构造的关系以及与壳下地震活动的关系如图 15 和图 16 所示。图中的活动断层为依据日本地震调查研究推进本部事务局 2013 年的相关资料绘制的示意图[25]。九州地震柱的三维立体图像见图 17。

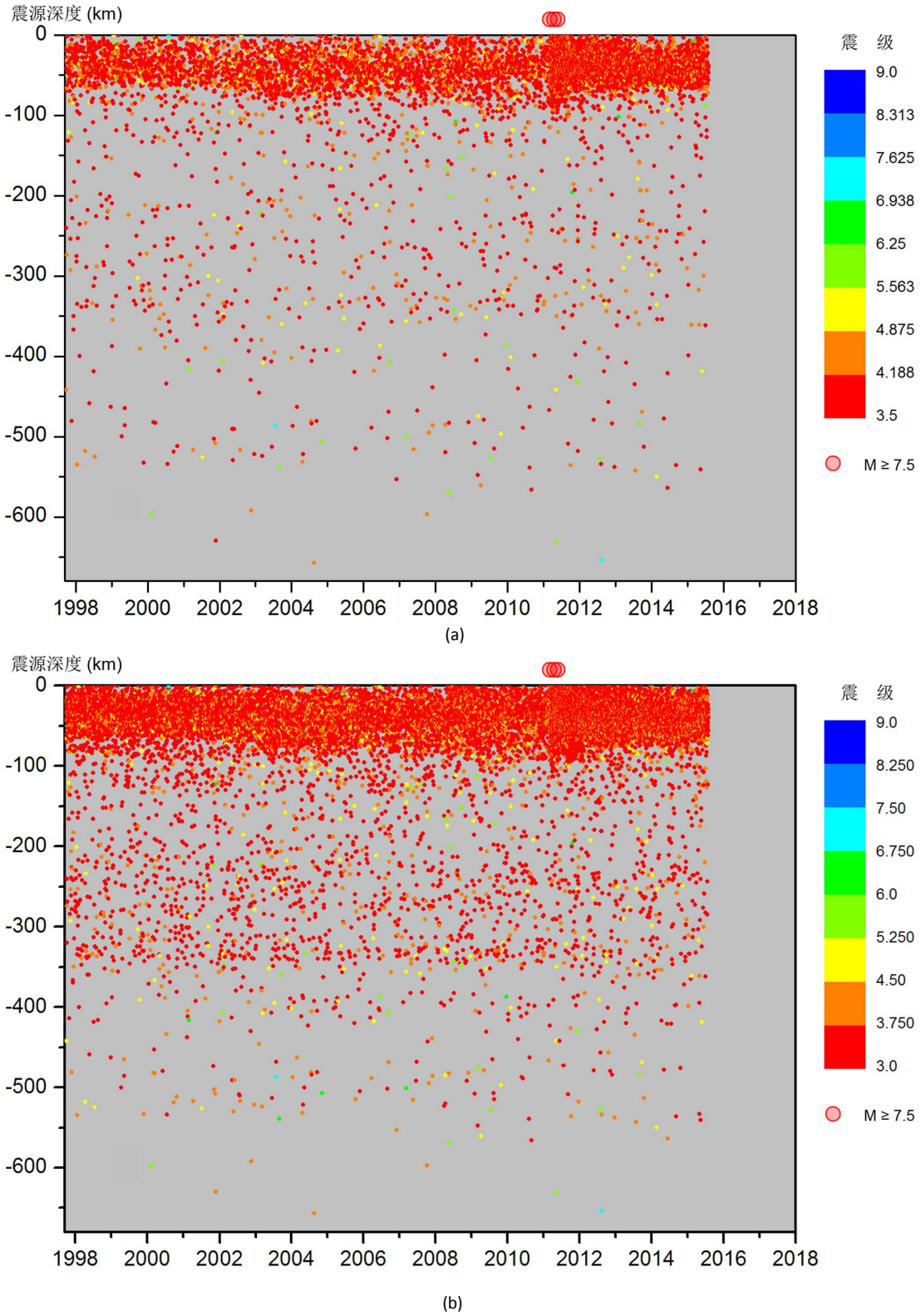

Figure 11. The focal depth sequence diagram of earthquake M3+ in the Japan seismic cone according to the Japan earthquake monthly reports. (a) 1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.5; (b) Mv ≥ 3.0

图 11. 日本地震柱 3 级以上地震的震源深度时序图。(a) 1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.5；(b) Mv ≥ 3.0

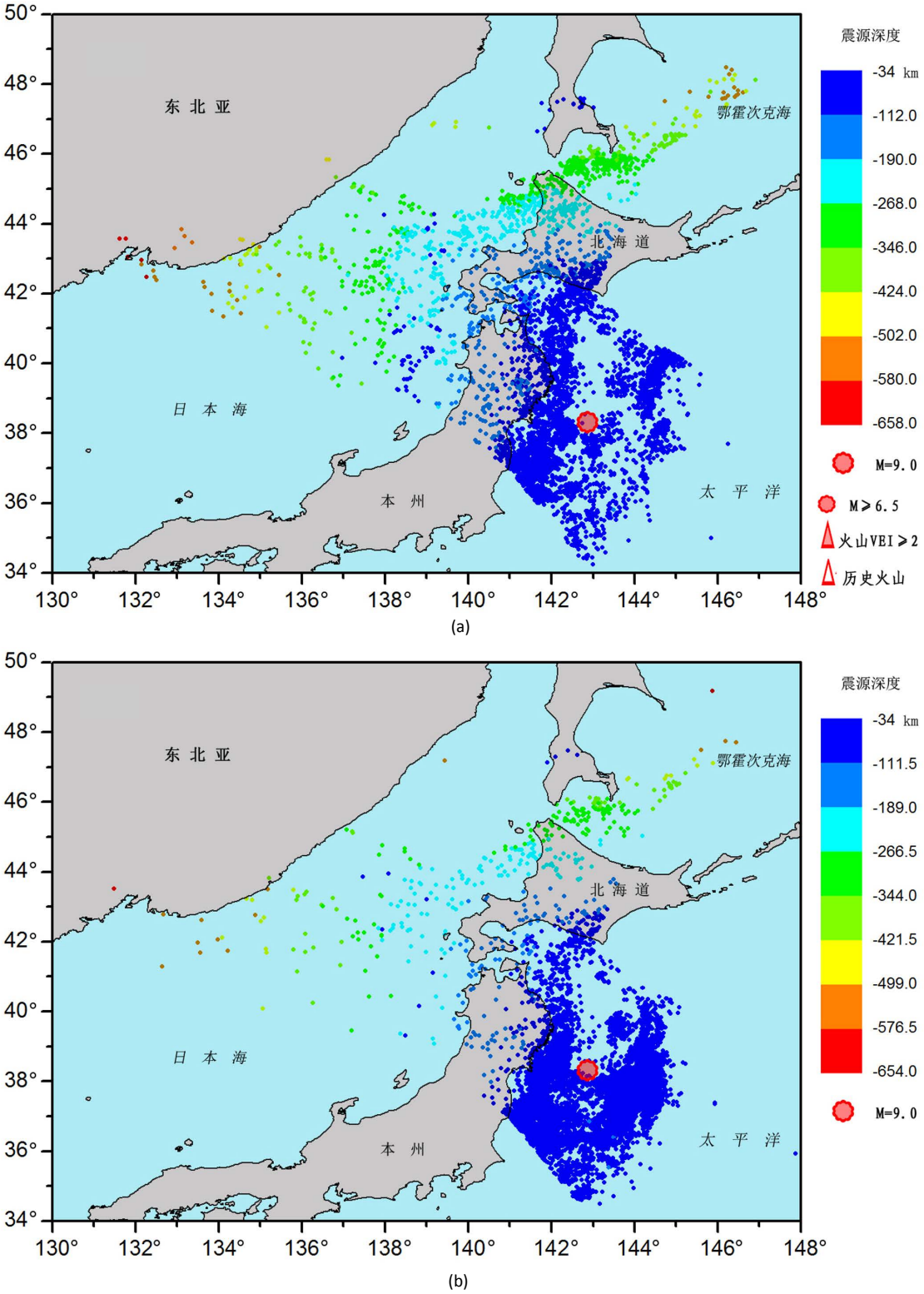

Figure 12. The seismic activity before and after the Japanese earthquake magnitude 9. (a) Before: 1997.10.1~2011.2.28, Mv ≥ 3.0; (b) After: 2011.3.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0, according to the Japan earthquake monthly reports

图 12. 日本 9 级地震前后的壳下地震活动。(a) 地震前：1997.10.1~2011.2.28，Mv ≥ 3.0；(b) 地震后：2011.3.1~2015.7.31，Mv ≥ 3.0，据日本震源月报

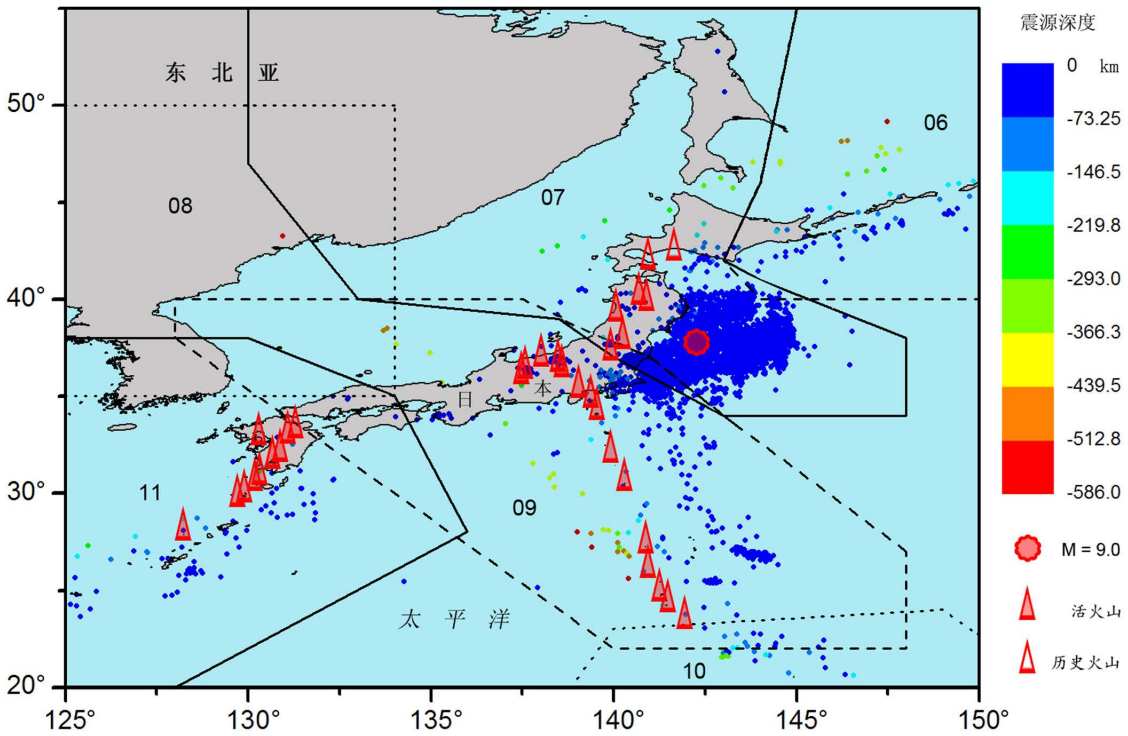

Figure 13. The activities of the surrounding seismic cones in the 300 days after the Japan earthquake M9 according to the Japan earthquake monthly reports (2011.3.1~2011.12.31, Mv ≥ 3.0)
图 13. 日本 9 级地震之后 300 天内周边地震柱的活动(据日本震源月报，2011.3.1~2011.12.31, Mv ≥ 3.0)

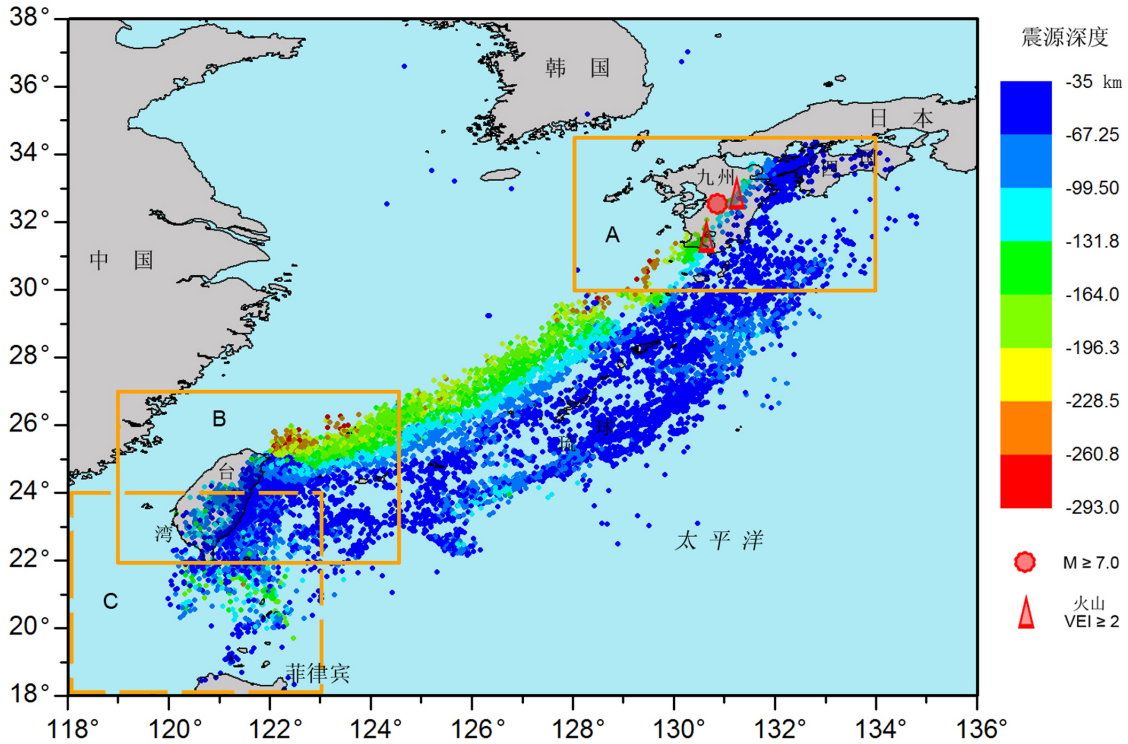

Figure 14. Single seismic cone analysis in Taiwan and Ryukyu seismic cone according to the Japan earthquake monthly reports
图 14. 台湾及琉球地震柱的单体地震柱分析(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

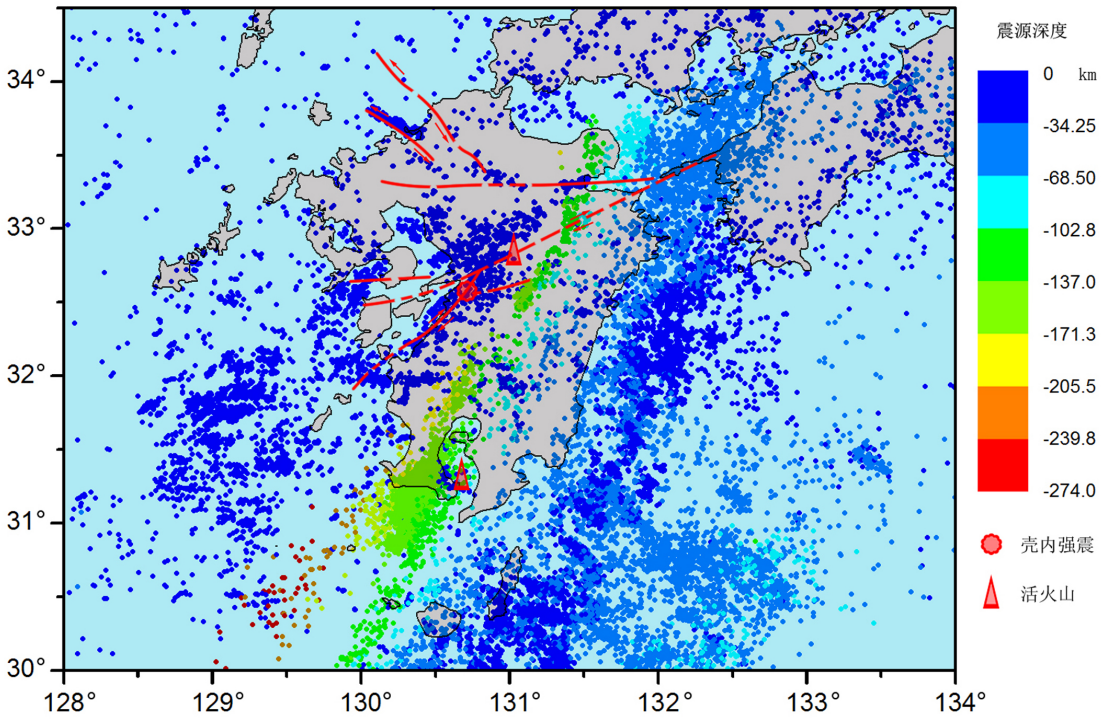

Figure 15. The relationship between geological structure and intracrustal strong earthquakes and volcanic activity in the Kyushu, Japan, according to the Japan earthquake monthly reports
图 15. 日本九州壳内强震和火山活动与地表构造的关系(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

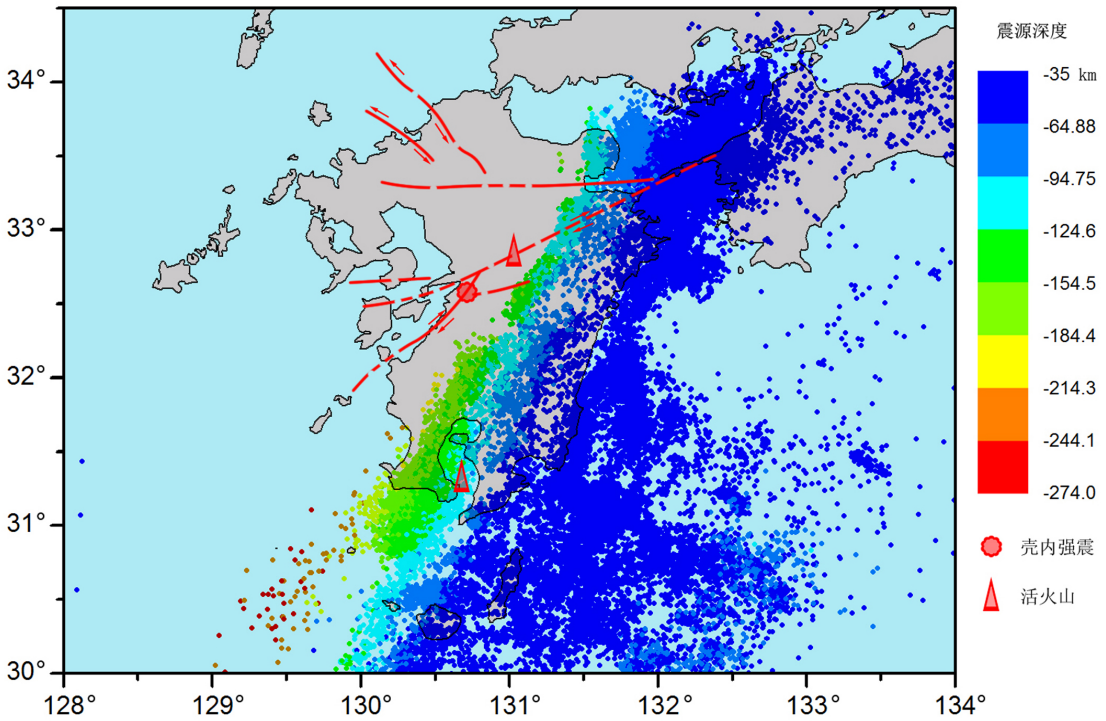

Figure 16. The relationship between subcrustal activity and intracrustal strong earthquakes and volcanic activity in the Kyushu, Japan, according to the Japan earthquake monthly reports
图 16. 日本九州壳内强震和火山活动与壳下地震活动的关系(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

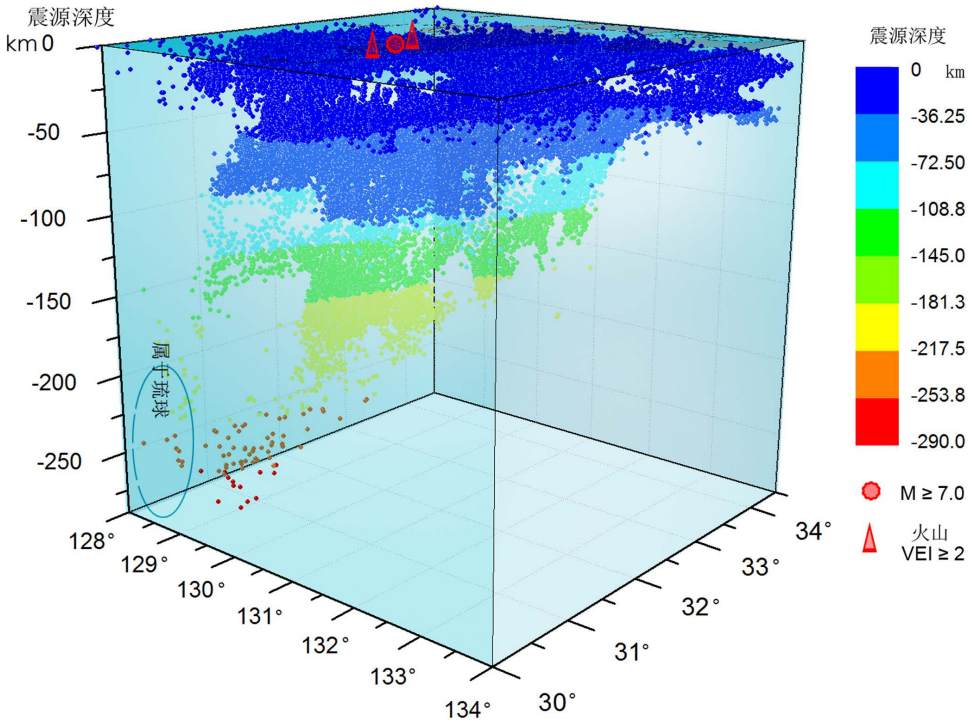

Figure 17. The three dimensional image of the Kyushu seismic cone according to the Japan earthquake monthly reports
图 17. 九州地震柱的三维立体图像(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 3.0)

由图 15 可见，九州地震柱的壳内地震与地表构造密切相关，而壳下地震活动则不受地表构造控制(图 16)。因此，试图采用地表构造的观念来解释中深源地震活动的成因是不可取的。

由图 17 可见，壳下地震活动的能量是无法耗散的，只能在壳内以热能(火山)或者机械能(壳内地震)的形式来释放。因此，壳内地震活动和火山活动受控于壳下地震活动。

图 15 中断层的规模不大，或许正是壳内强震连发、并且壳内强震与火山活动连发的真正原因。因为断层规模不大，一次强震，或者一次火山喷发，都不能彻底释放掉地震柱所累积的能量。当然，这取决于地震柱能量积累的规模。比如 2011 年新燃岳火山的喷发，就没有壳内强震伴随。

4.3. 关于 1995 年日本阪神 Ms6.8 级地震

日本阪神 1995 年 1 月 16 日发生 6.8 级地震，人们常常会提及阪神地震所造成的灾难，因此本文作一些初步的研究和介绍。

按照 ANSS 地震目录，09 号北马里亚纳地震柱构造自 1963 年至 2016 年的地震分布如图 18 所示，三维立体图像见图 6 和图 9。图 18 显示，该地震柱有 2 个深源地震活动中心，一个在东南端，一个在西北端，中源地震大致以本州岛为界分为 2 部分，因而构成 2 个单体地震柱。西端单体地震柱可能主要控制本州西海岸的地震活动，本州岛中部 6.5 级以上的壳内强震多数都在西海岸(见表 3)。本州东海岸的地震与富士山的火山链(见图 13)主要受东端单体地震柱控制。

本州岛中部自 1978 年的伊东地震后，至 1994 年相隔十多年没有 6.5 级以上地震活动。为研究阪神地震，本文作 1975~1994 年的壳下地震活动图像，如图 19 所示。图中在本州岛陆地出现 3 个壳下地震密集区，即广岛、阪神和东京地区。广岛密集区属于 11 号台湾及琉球地震柱，本例不予讨论。东京密集区可能与周边火山活动有关(见表 4)，阪神的密集区则显然与阪神地震有关。

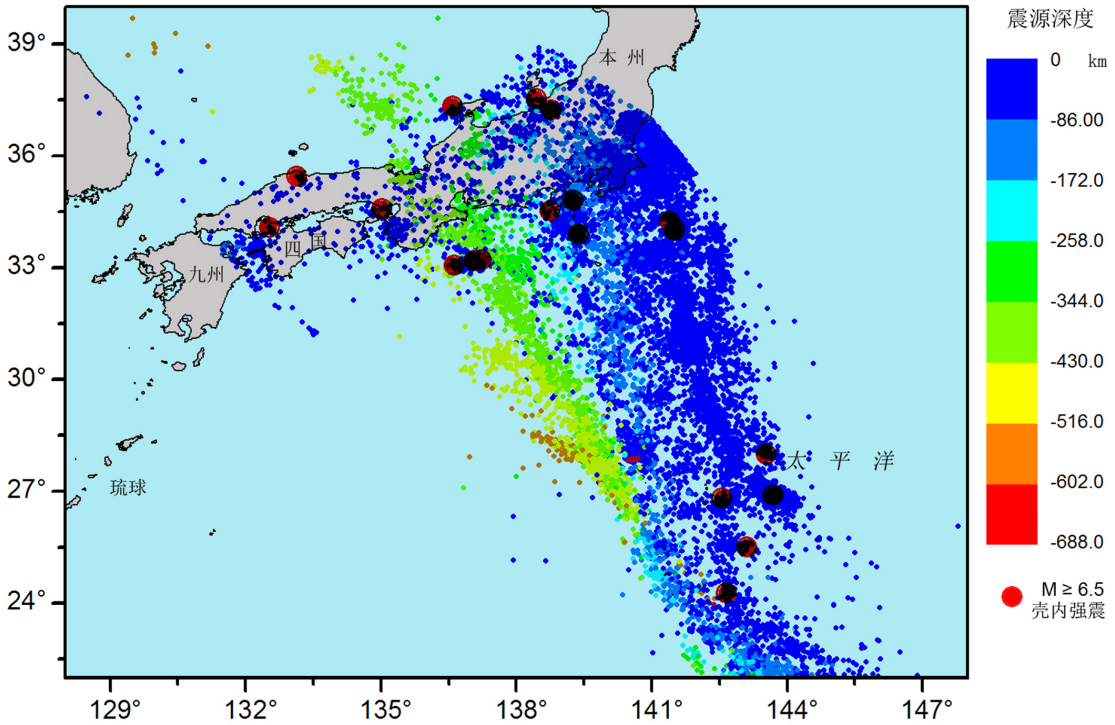

Figure 18. The distribution of earthquakes in North Mariana seismic cone (according to ANSS earthquake catalog, 1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)
图 18. 北马里亚纳地震柱的地震分布(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.0)

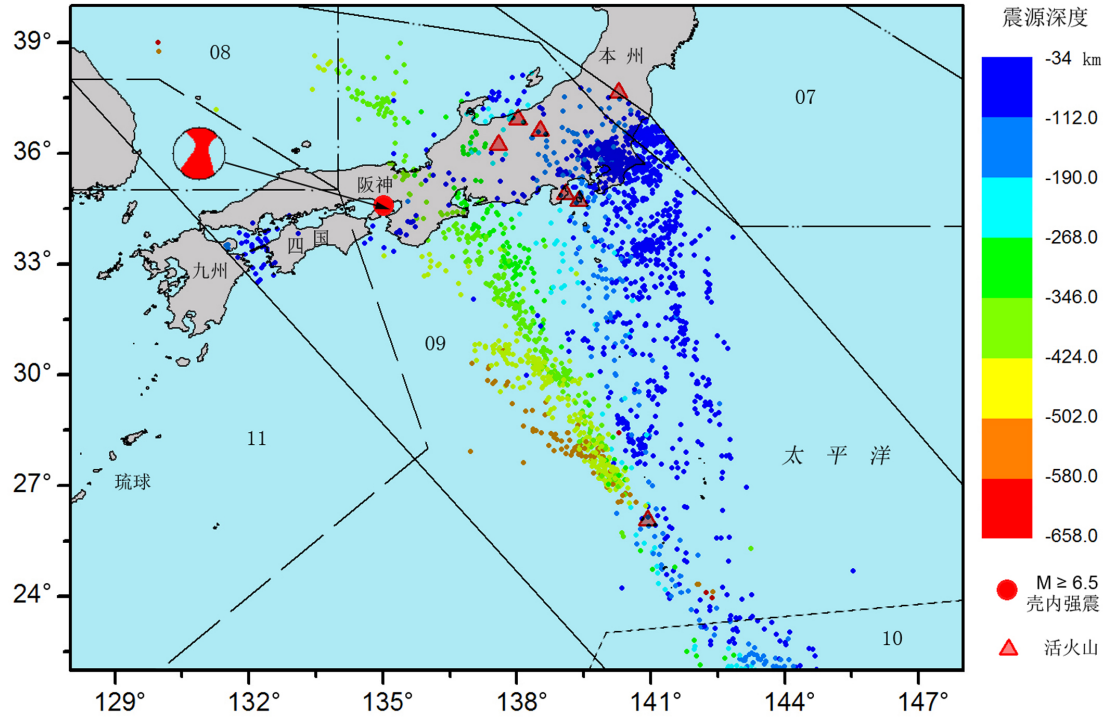

Figure 19. The distribution of subcrustal earthquakes in Northern Mariana seismic cone before the Hanshin earthquake (according to ANSS earthquake catalog, 1975.1.1~1994.12.31, M ≥ 4.0)
图 19. 阪神地震之前北马里亚纳地震柱的壳下地震活动分布(据 ANSS 地震目录，1975.1.1~1994.12.31, M ≥ 4.0)

Table 3. Strong earthquakes in the crust of the middle Honshu Island, Japan (according to ANSS earthquake catalog, 1963~2016)
表 3. 日本本州岛中部陆地的壳内强震(据 ANSS 地震目录，1963~2016)

日期 (年/月/日)	经度 (°)	纬度 (°)	震源深度 (km)	震级	震级类型	参考地点
1974/05/08	138.7400	34.5220	2.00	6.50	Ms	伊东
1978/01/14	139.2590	34.8090	14.00	6.60	Ms	伊东
1995/01/16	135.0180	34.5830	21.90	6.80	Ms	阪神
2000/10/06	133.1340	35.4560	10.00	6.70	Mw	松江
2001/03/24	132.5260	34.0830	50.00	6.80	Mw	广岛，11 号？
2004/10/23	138.7790	37.2260	16.00	6.60	Mw	新泻
2007/03/25	136.5880	37.3360	8.00	6.70	Mw	轮岛
2007/07/16	138.4460	37.5350	12.00	6.60	Mw	新泻

Table 4. Active volcanoes in the middle Honshu Island, Japan (1983~1996)
表 4. 本州岛中部的活火山(据 Smithsonian Institution，1983~1996)

编号	火山名称	经度 (°)	纬度 (°)	海拔高度(m)	最新喷发时间	所属地区
283010	Izu-Tobu	139.098	34.9	1406	1989	Japan
283070	Yakedake	137.587	36.227	2455	1995	Japan
283090	Niigata-Yakeyama	138.036	36.921	2400	1998	Japan
283120	Kusatsu-Shiranesan	138.528	36.618	2165	1983	Japan
283170	Adatarayama	140.281	37.647	1728	1996	Japan
284010	Izu-Oshima	139.394	34.724	758	1990	Japan
284100	Kaitoku Seamount	140.933	26.06	−173	1984	Japan

图 20 为该地震柱 4.7 级以上地震的震源深度时序图。图中实心圆为本州岛本土地震，空心圆为外海地震。由图可见，深源地震表现出成团特征，显示了活动韵律，按照地震柱管道内地震活动“自下而上逐层驱动”的理念，沿图中虚线便可追溯到阪神地震。

因此，按照地震地热说的理论和方法，即使采用美国的地震目录，阪神地震也是有可能预测的。

4.4. 关于台湾地震与九州地震的关系

在图 14 中，台湾和九州分别位于 11 号台湾及琉球地震柱的两端，统计发现壳内强震活动存在两头跳的特征，如图 21 所示。由图可见，大凡九州 6.5 级以上的地震，皆有台湾 6.5 级以上地震相随。反之亦然。

台湾地震划分了 B 区和 C 区，是因为台湾跨在 11 号台湾及琉球地震柱与 22 号马尼拉地震柱之间。台湾北部，宜兰和花莲，及其外海地区，位于 11 号地震柱之中，台湾南投及以南地区的地震活动，则处在 22 号地震柱的二级地震柱，即南台湾地震柱之中[26]。图中 B 和 C 的重复地震即属于台湾中部的地震，为慎重起见未加以完全分离。

2011 年日本 9 级地震之后，互联网间盛传台湾或许会发生 8 级大震，作者及时在科学网博客载文，指出“台湾 2011 年或许无大震”[27]。当时，作者对 09 号和 22 号地震柱也同样报过平安[28] [29]。实践检验了作者的判断。

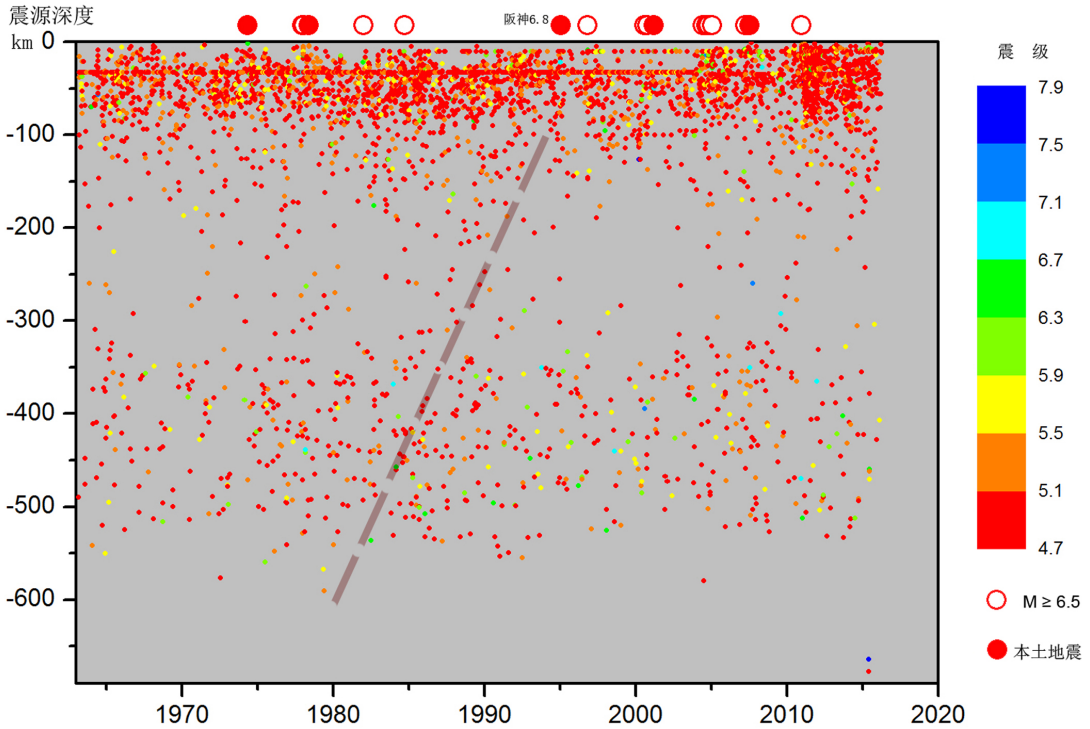

Figure 20. The sequence diagram of earthquake focal depth of North Mariana cone (1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.7)
图 20. 北马里亚纳地震柱的震源深度时序图(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16, M ≥ 4.7)

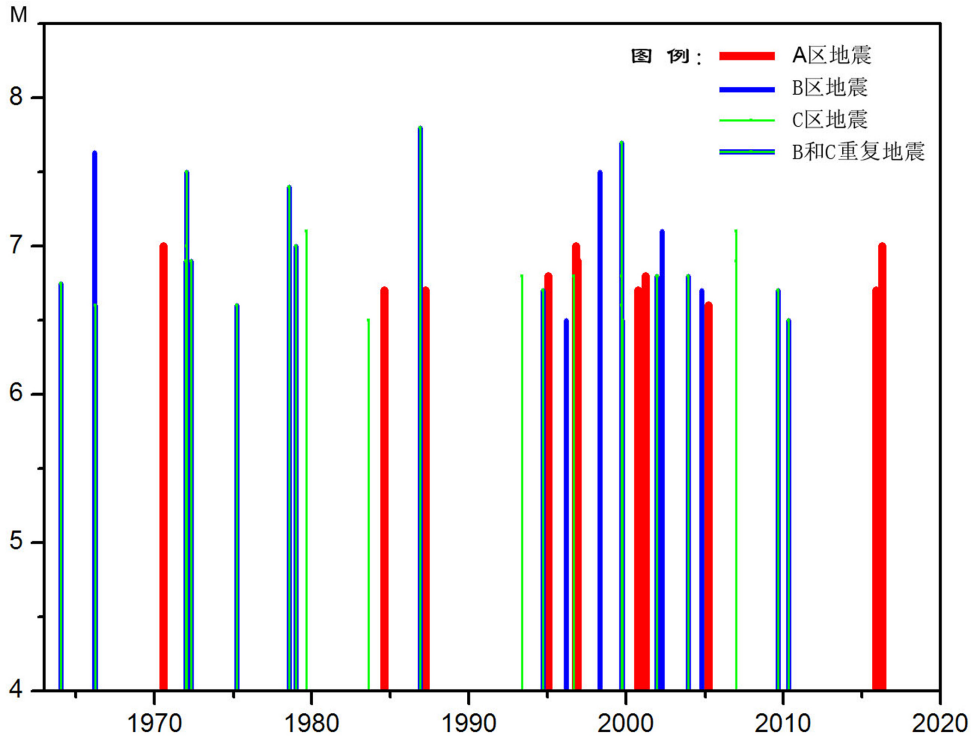

Figure 21. Correlation between the Taiwan earthquakes and the Kyushu earthquake activity according to ANSS earthquake catalogue (1963.1.1~2016.4.16)
图 21. 台湾地震与九州地震活动的相互关联(据 ANSS 地震目录，1963.1.1~2016.4.16)

实际上，台湾需要关注的是九州和琉球的地震活动，而不是日本本州中部和北部的地震活动。此次日本熊本地震或许对台湾地震活动产生重大的影响，值得关注。

4.5. 关于台湾地震柱的活动性

依据 ANSS 地震目录，台湾地区的地震活动分布见图 22，壳下地震活动见图 23。

由这两张图可以看出，台湾实际上可以独立划分为地震柱，大致以图 23 中的虚线为界，还可划分为北台湾和南台湾两个二级的单体地震柱。但是这样做，也会讲不清台湾地震活动与九州地震活动的关系，而这种关系是的确存在的。

在图 23 中，台湾东南海域有一组呈北西向展布的中深源地震，指向 1999 年的南投 7.7 级地震，是值得关注的[26]。台湾中南部的地震活动，主要应关注这组中深源地震的活动。因此，在地震地热说看来，南投地震与花莲地震、宜兰地震，在构造与成因上是有差异的。

日本震源月报提供了北台湾地区较为详尽的资料，可以做出北台湾地震柱的三维立体图像，如图 24 所示。北台湾地震柱仍为复合地震柱，要加以剥离，难度较大。

图 21 中当前台湾明显缺震，缺乏 6.5 级以上的壳内强震。那么，熊本地震之后台湾地震活动会作如何响应？这需要拥有台湾地区的详细地震资料进行研究。初步判断，熊本地震对北台湾地震活动的影响可能会更直接一些。

4.6. 关于中国珲春地震柱

中国珲春地震柱是一个潜在的地震柱，缺少中源和浅源地震活动，容易被人们忽视。本文将中、美、日等 3 个地震目录加以对比，得到如图 25 的图像。3 张图的震源深度稍有差异，误差在 100 km 左右，基本上是可比拟的。图 25 中，由于日本地震柱和珲春地震柱的深源地震不在同一个深度层面，因而在剔除日本地震柱的深源地震以后，珲春地震柱的构造便可以得到确认。3 张图都表明珲春地震柱的中源地震活动已经出现在 400 km 深度以上，似乎表现了地震柱构造活动复苏的迹象。图 25(a)和图 25(b)中的中源地震是笔直上升的，而图 25(c)则偏向日本一侧，可能是由于日本地震台网偏置的原因。总体来说，珲春地震柱的中深源地震活动分布应该是近乎垂直向上、指向长白山和五大连池的火山地区。该地震柱也同样是 P 波的快速异常体[4] [30]。

中国东北地区的火山监测是需要做的。但是，东北火山活动的复苏，首先在于珲春地震柱构造活动的复苏。因此，对珲春地震柱的监测应该是东北火山监测的重中之重。作者有一篇关于全球火山研究的文章，详细解释了这方面的原因[7]。然而，比较中国和日本对于这个深源地震活动区的监测能力(图 25(a)和图 25(c))，显得相差甚远。建议中国地震台网摈弃国界外或者省界外超出 30 km 就只管大震的观念，对珲春地震柱的中深源地震活动给予特别地关注。同样地，出于对中国全境地震预测研究的需要，对于我国台湾地震柱、境外的 17 号缅甸地震柱，以及 18 号兴都库什地震柱，也应打破这样的观念，予以特别地关注。

5. 讨论和结论

本文没有给出地震与火山预测方面的直接结果，而是更多地给出了一些进行壳内强震与火山预测的思路。作者以为，预测研究的思路比起预测结果显得更为重要。

关于地震预测思路，人们通常习惯于从地表构造或者地表现象寻找答案。比如，板块构造学者习惯于碰撞与俯冲之说，活动构造学者习惯于地块或者活动地块之说，物探学者习惯于重力成因之说，地震学者习惯于地表地震分布的统计分析，大地测量学者习惯于地表形变之说，等等。而且，很多说法最后都以板块构造为成因的终结。

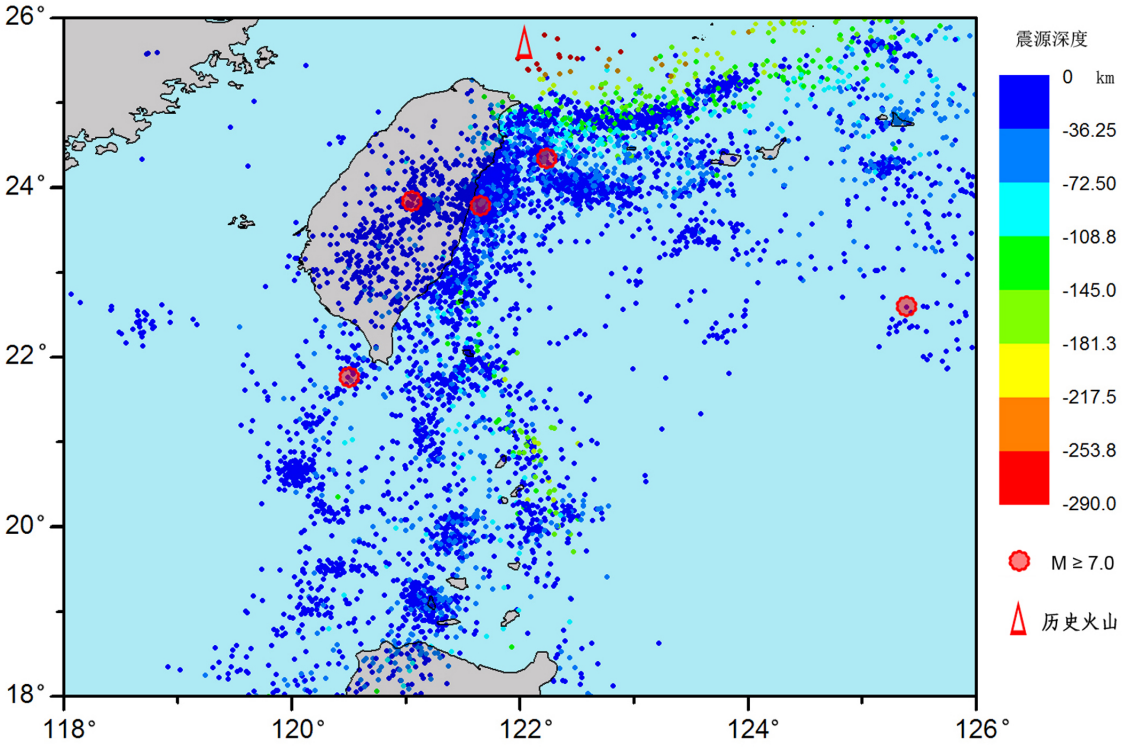

Figure 22. Seismic activity of Taiwan seismic cone according to ANSS earthquake catalog
图 22. 台湾地震柱的地震活动(1985.1.1~2016.4.16, Mv ≥ 4.0)

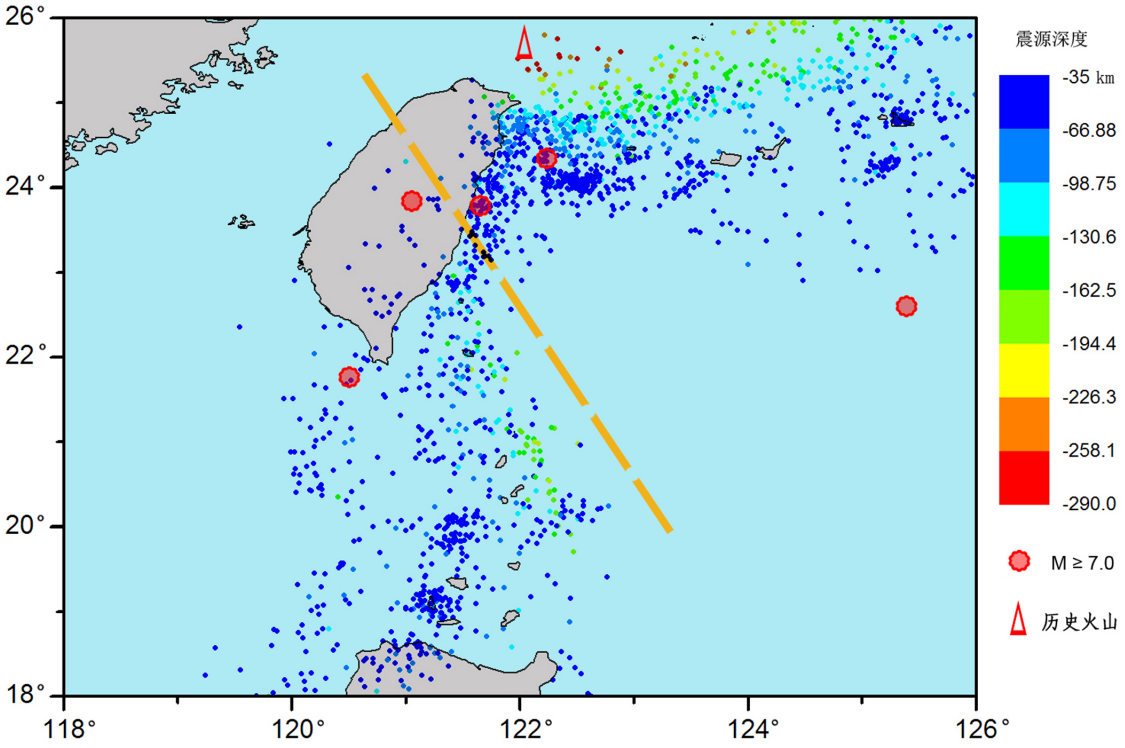

Figure 23. Distribution of subcrustal earthquakes in the Taiwan seismic cone
图 23. 台湾地震柱的壳下地震分布(1985.1.1~2016.4.16, Mv ≥ 4.0)

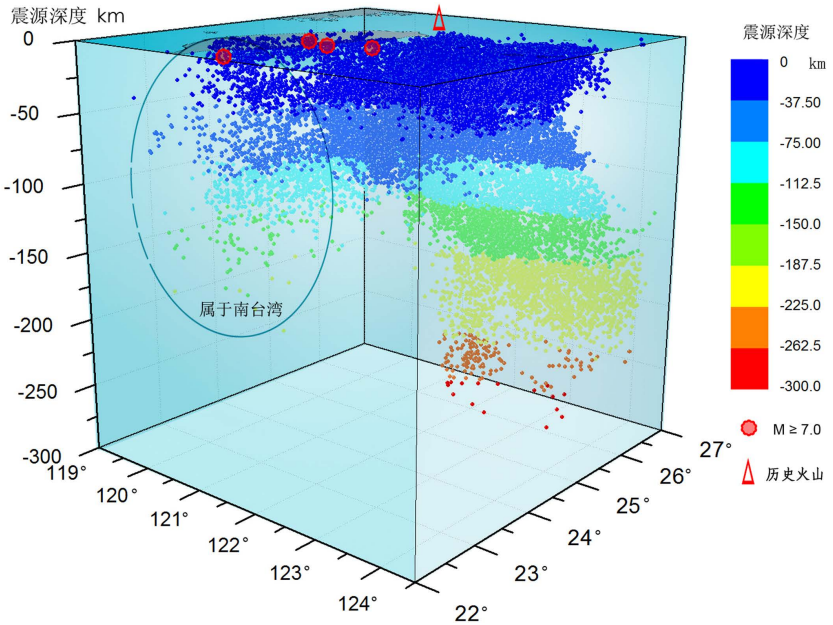

Figure 24. The three-dimensional image of the North Taiwan seismic cone according to the Japan earthquake monthly reports
图 24. 北台湾地震柱的三维立体图像(1997.10.1~2015.7.31, Mv ≥ 1.0)

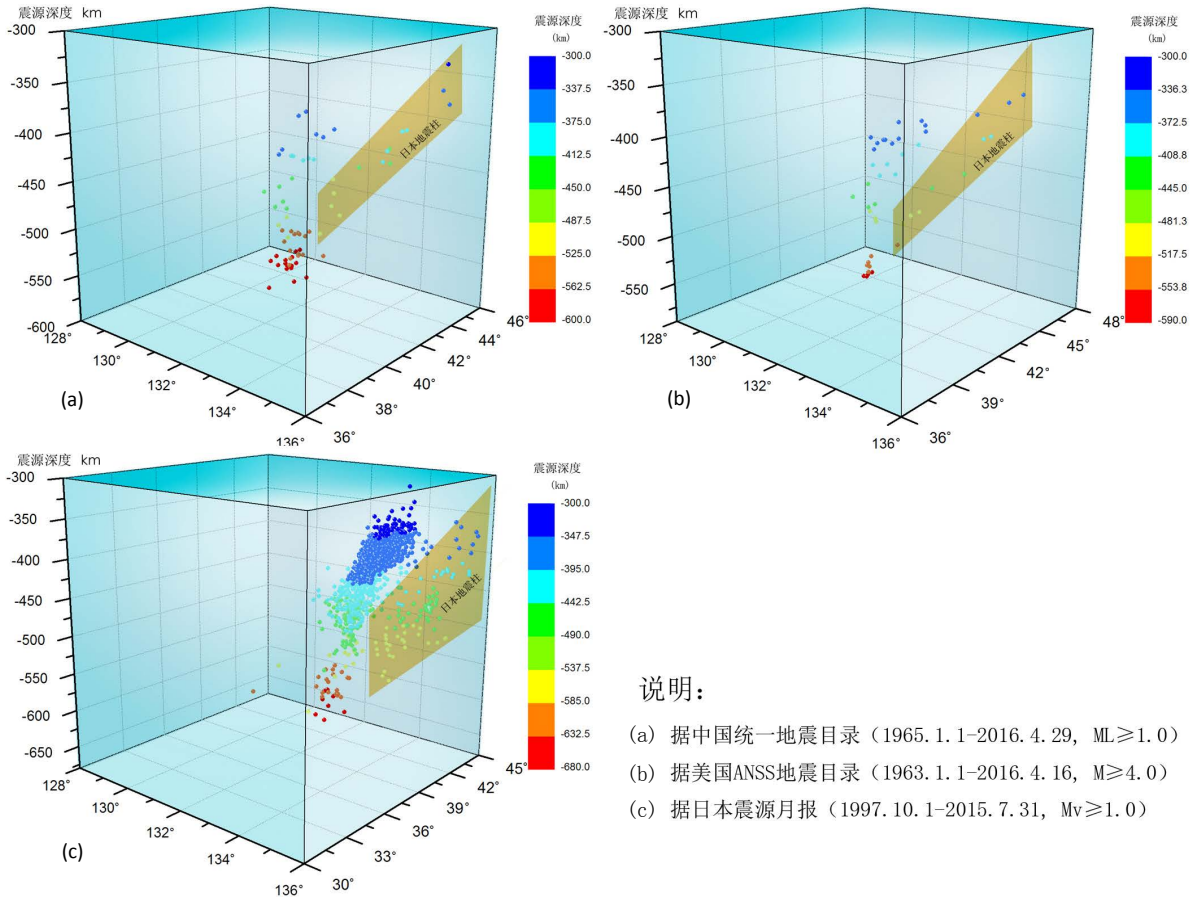

Figure 25. Analysis of the deep seismic activity of the Hunchun seismic cone, China
图 25. 中国珲春地震柱深源地震活动的辨析

但是，按照地震地热说的观念，如果地震的成因不与地幔深部的构造挂钩，不与地震柱的构造相结合，试图用地表构造的活动来解释中深源地震和火山的成因，则地震的预测、火山的预测，都将劳而无功。因为，目前只有最为常规的地震信息，才能带领人类深入到地球的内部。地震柱的构造便是深入地下数百千米地学信息的代表和精华。人们如果见到了图 5 和图 8、图 6 和图 9 的西北太平洋的地震柱构造结构，再将地表的什么日本海沟、琉球海沟、马里亚纳海沟等等延伸到地下三、四百千米，不免会让人觉得可笑。如果见到了图 13 日本地震柱构造的独立活动，再来谈论“碰撞”之类的神话，也会让人觉得乏味。再比如日本，如果人们对日本及其周边的 3 个地震柱，即 07 号日本地震柱、09 号北马里亚纳地震柱和 11 号台湾及琉球地震柱，没有认识和研究，人们就不可能对日本的壳内强震和火山活动有所真正的了解，谈论预测也只能是盲目地宣称。

世间万事万物的产生和发展，内因是起决定作用的。目前人类对地球的内部依然不甚了了，但图 5 和图 8、图 6 和图 9 给予了人们漂亮的地幔内部景观。这是一种全新的平台，或许能把人们引向中深源地震成因的新观察，从而以壳下地震活动的行迹来为壳内强震和火山的活动解套。人们既使把地壳板块的构造和运移推演得再漂亮，把活动地块划分到极为精致，也解决不了中深源地震的成因问题，因而也就难以解决地震与火山的预测问题。当然，地壳板块和活动地块或许有它们自己独特的作用，作者无意要否定某某学说，只是在地震和火山的预测方面就事论事。

因此，本文从地震与火山的预测思路出发，采用北加利福利亚地震数据中心的 ANSS 地震目录和日本气象厅的震源月报，按照地震地热说关于壳内强震与火山预测的方法，对西北太平洋滨海地区的地震活动与地震柱构造进行广泛研究，通过两套地震目录的对比，进一步印证和确立了研究区内的地震柱构造结构，表现为一种稳定的框架结构，仔细鉴别了鄂霍茨克地震柱、日本地震柱和台湾及琉球地震柱的多边形区域，并对中国珲春地震柱构造做出特别的论证，进而列举了若干应用研究的例子，包括 2011 年日本 9 级地震、2016 年日本熊本 7.3 级地震、1995 年日本阪神 6.8 级地震、台湾地震柱的活动性，以及相关地区的火山活动的态势与成因，台湾地震与九州地震的关系等，做出了分析，同时介绍了一些预测的方法，对于研究区内的地震预测和火山预测研究都是有意义的。地震地热说的原理与方法，以及地震柱构造的概念，提出多年了，作者一直致力于壳内强震与火山活动的预测思路研究，希望能对人类的防灾事业有所贡献。

致　谢

本文感谢北加利福尼亚地震数据中心提供的 ANSS 地震目录(http://dx.doi.org/10.7932/NCEDC)、日本气象厅网页上提供的震源月报(http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/eqdoc.html)以及中国地震台网提供的统一地震目录(http://data.earthquake.cn/datashare/datashare_tyml_query.jsp)，同时感谢中国地震局离退办提供的老专家科研基金课题资助，编号 201601。

参考文献 (References)

[1] 陈立军. 中国地震震源深度与强震活动状态研究[J]. 地震地质, 2000, 22(4): 360-370.

[2] 陈立军. 地震地热说原理与应用[J]. 内陆地震, 2012, 26(2): 108-122.

[3] 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.

[4] 陈立军, 胡奉湘, 陈晓逢. 全球地震柱的地震层析成像证据[J]. 华南地震, 2013, 33(4): 1-10.

[5] 陈立军. 地震地热说应用: 火山成因之 10——西太平洋的火山研究[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-458428.html, 2011-6-23.

[6] 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.

[7] 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[J]. 地球科学前沿, 2015, 5(5): 334-357. http://dx.doi.org/10.12677/AG.2015.55034

[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. (2013) Mantle Decadal Oscillation (MDO). http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-665664.html

[10] 陈立军. 壳下地震活动的研究[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-649931.html, 2013-1-5.

[11] 陈立军. 全球部分地震柱的壳下地震活动图像[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-650622.html, 2013-1-7.

[12] 陈立军. 全球部分地震柱的壳下地震活动图像(续) [EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-651045.html, 2013-1-8.

[13] 陈立军. 2010 年以来中国的壳下地震活动状况[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-689049.html, 2013-5-12.

[14] 陈立军. 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, 2015, 29(1): 15-27.

[15] 陈立军. 青藏高原的地震构造与地震活动[J]. 地震研究, 2013, 36(1): 123-131.

[16] 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

[17] 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

[18] 陈立军. 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, 2015, 3(4): 147-164. http://dx.doi.org/10.12677/OJNS.2015.34019

[19] 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.

[20] 陈立军. 对日本 9.0 级地震成因的新解说[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-422577.html, 2011-3-15.

[21] 陈立军. 日本 9 级地震与碰撞和俯冲无关[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-565201.html, 2012-4-30.

[22] 陈立军. 地震地热说应用——日本 9.0 级地震百日纪[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-458696.html, 2011-6-24.

[23] 陈立军. 地震地热说应用——其实日本不必太惊慌[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-434233.html, 2011-4-17.

[24] 陈立军. 地震地热说应用——富士山火山的若干资料[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-436221.html, 2011-4-22.

[25] 日本地震调查研究推進本部事务局. 九州地域の活断層の地域評価. 2013. http://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/regional_evaluation/kyushu-detail/

[26] 陈立军. 壳下地震活动的研究(7)——台湾南投地震的壳下前兆现象[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-688730.html, 2013-5-11.

[27] 陈立军. 地震地热说应用——台湾 2011 年或许无大震[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-437354.html, 2011-4-26.

[28] 陈立军. 地震地热说原理——09 北马里亚纳地震地幔柱简介 深源地震机制探讨[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-439790.html, 2011-5-3.

[29] 陈立军. 地震地热说原理——F1 马尼拉地震地幔柱 报平安[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-440531.html, 2011-5-4.

[30] 陈立军. 中国珲春地震柱的地震层析图像依据[EB/OL]. http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-506157.html, 2011-11-9.

再次投稿您将享受以下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：http://www.hanspub.org/Submission.aspx