

# Simplified Map of Major Tectonic Belts Exposed on the Surface & Seismic Cone Tectonics in the Upper Mantle of the Northern Hemisphere\*

—An Interpretation of Seismo-Geothermics

Lijun Chen

Earthquake Administration of Hunan Province (Retired), Changsha Hunan  
Email: [seisman@foxmail.com](mailto:seisman@foxmail.com)

Received: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2020; published: Apr. 24<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Based on the author's theory and working method of Seismo-geothermics, combined with Li si-guang's theory of Geomechanics, this paper compiles the sketch of the Simplified Map of Major Tectonic Belts Exposed on the Surface & Seismic Cone Tectonics in the Upper Mantle of the Northern Hemisphere. The preliminary results of this map show that the geotectonic system is the stage and performance of the inherited and forced movements of the earth's crust. The seismic cone tectonics established by Seismo-geothermics finds that the energy of strong earthquakes in the crust and volcanic eruptions comes from the thermal energy accumulation in the deep upper mantle, which provides a strong energy support for the earth's catastrophic geological changes. As a representation of the thermal energy accumulation process in the deep upper mantle, the trend change of subcrustal earthquakes in the seismic cone tectonic provides a judgment basis for the prediction of geological disasters in the rough time domain and the rough region. Through the accumulation of a large number of examples of the Seismo-geothermics, we have done a good job in removing the essence, erasing the false and preserving the true of the earthquake precursor data that have been available for decades. The results of this paper provide an important practical tool, whose experience accumulation and gradual improvement may bring bright prospects for the prediction of geological disasters.

## Keywords

Seismic-Geothermics, Seismic Cone Tectonic, Tectonic System, Simplified Map, Northern Hemisphere

---

# 北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图\*

——地震地热说编图说明

\*作者自主研究项目：地震地热说。

## 陈立军

湖南省地震局(已退休), 湖南 长沙

Email: seisman@foxmail.com

收稿日期: 2020年4月2日; 录用日期: 2020年4月17日; 发布日期: 2020年4月24日

## 摘要

本文依据作者的地震地热说理论与工作方法, 结合李四光的地质力学理论, 编纂了《北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图》的草图。该图的初步结果表明, 大地构造体系是地壳继承性运动和强迫性运动的舞台与表演体; 地震地热说建立的地震柱构造, 发现壳内强震与火山喷发的能量来源于上地幔深部的热能积累, 从而为地球的地学灾难性变化找到了强大的能源支撑; 作为上地幔深部热能积累过程的表征, 地震柱构造内部壳下地震的活动趋势性变化为地质灾难的预测提供了大致时间域和大致地域的判断依据; 通过大量的地震地热说震例积累, 对几十年来已经拥有的地震前兆资料去粗取精、去伪存真, 工作做好了, 壳内强震与火山喷发等地质灾难都是可以预测的。本文结果提供了一个重要的实用工具, 它的经验积累与逐步完善, 可能为地学灾难的预测研究带来光明的前景。

## 关键词

地震地热说, 地震柱构造, 构造体系, 简化图, 北半球

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

地震灾害能否预测, 是人类所面临的重大难题之一(图 1)。20 年前, 作者开始从事地震地热说的研究, 逐渐形成了一整套相关的理论与工作方法[1]-[25], 似乎能为人们带来某种崭新的理念。为适应研究工作进展的需要, 遂决定编纂《北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图》, 将上地幔的地震柱构造和地幔柱, 与地质力学的大地构造体系归置于同一张底图上, 紧密结合在一起, 用于壳内强震与火山喷发的预测研究, 寻找预测的突破口。当然, 此图可能还会具有更为广泛的用途。现就有关事项加以说明。

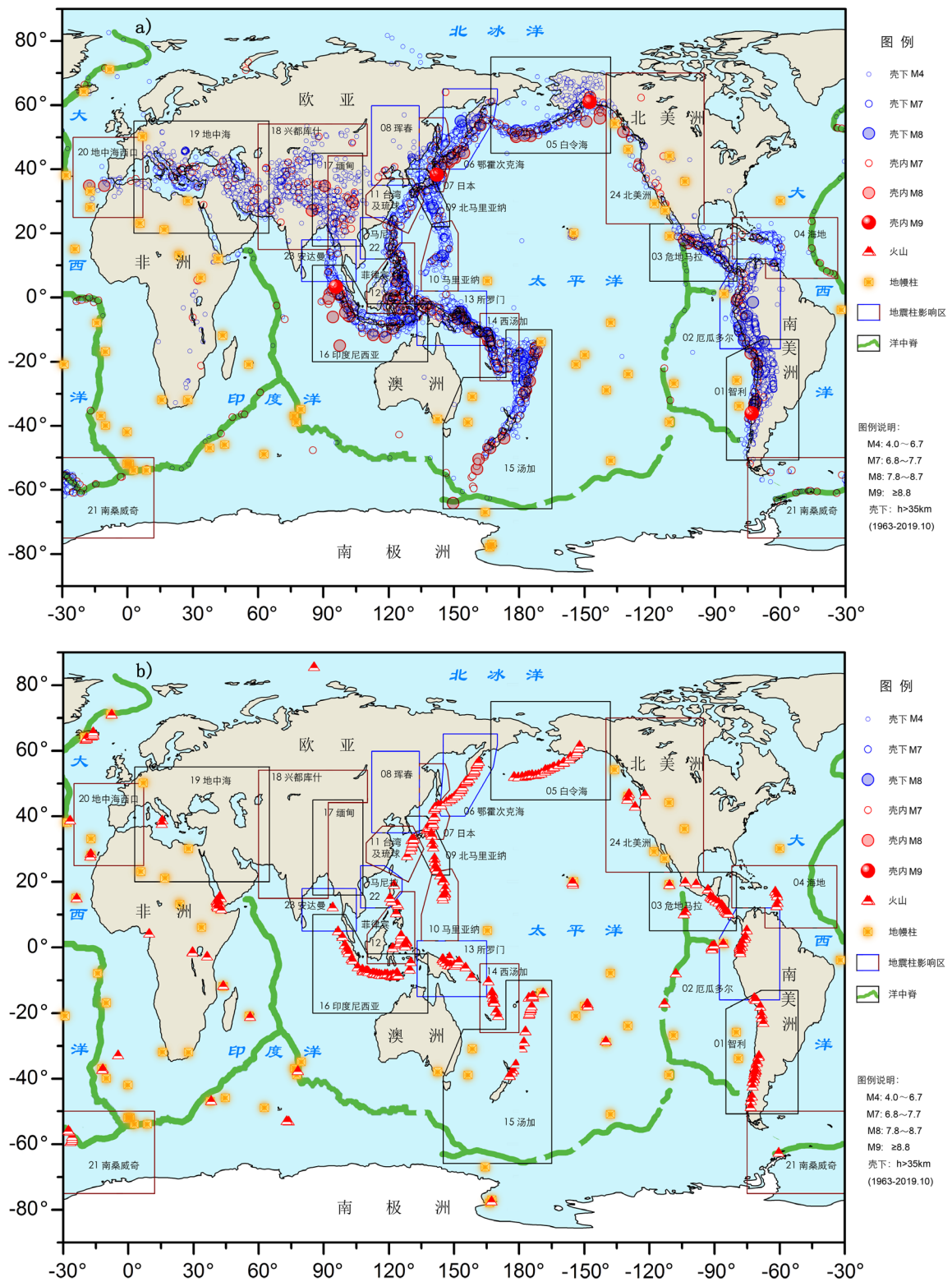
## 2. 资料

### 2.1. 地震目录

地震目录取自北加利福尼亚地震数据中心(Northern California Earthquake Data Center)的 ANSS 复合地震目录(ComCat), 时段 1963~2019.10, 共计包括全球 M4+地震记录 463,179 条(图 1(a))。网址包括 <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> (2004 年以前)和 <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/#site-sectionnav> (2004 年及以后)。

### 2.2. 火山目录

火山目录取自 Smithsonian Institution 新生代以来的火山 1246 座, 其中已知最后喷发时间为 1960~2019.10 的 334 座, 北半球 189 座(图 1(b))。网址为: <http://volcano.si.edu/index.cfm>。



**Figure 1.** Global distribution of earthquakes and seismic cone tectonics. (a) Global earthquakes and seismic cone tectonics (1963-2019.10); (b) Global volcanic activity and seismic cone tectonics (1960-2019.10)

**图 1.** 全球地震和地震柱构造的分布。(a) 全球地震与地震柱构造(1963~2019.10); (b) 全球火山喷发与地震柱构造(1960~2019.10)

### 2.3. 热点目录

热点目录取自 Don L. Anderson (Seismological Laboratory, California Institute of Technology) 所编制的热点 71 座, 其中北半球已知坐标位置的 24 座(图 1)。网址为:

<http://www.mantleplumes.org/CompleteHotspot.html>。

### 2.4. GPS 观测地壳年度运动矢量图

作者曾从 <http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html> 网站获得 1999、2000、2001、2007 和 2010 年的年度运动矢量图, 如图 2 所示, 但因其网址已经变更, 未能获得新的资料。好在这 5 张图虽然跨度 12 年, 但基本格局一致, 年度间只有不大的变化, 故以 2010 年的年度运动矢量图作为基本参照使用。

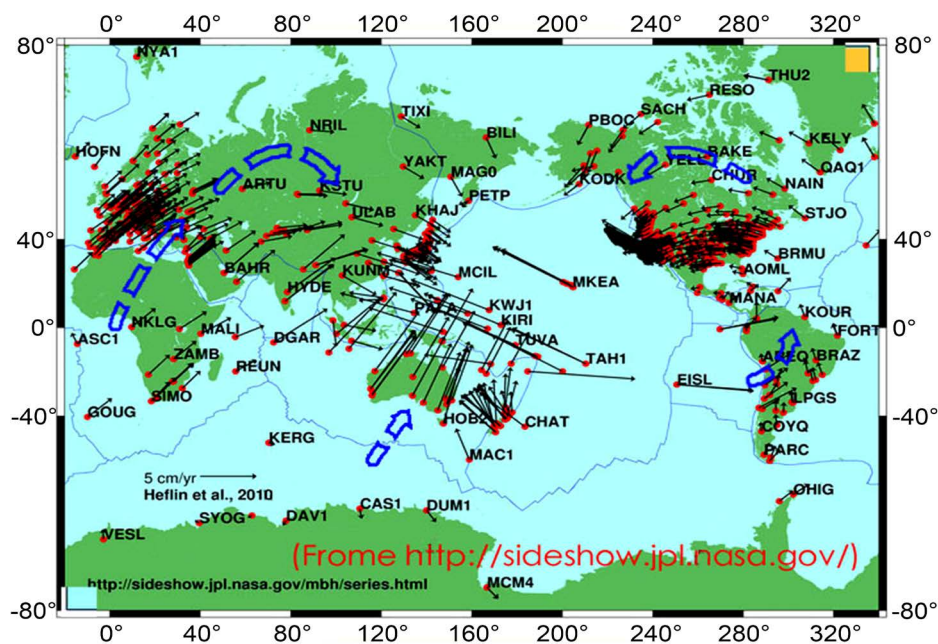


Figure 2. The global annual GPS maps and model diagram of surface ground motion (compilation from <http://sideshow.jpl.nasa.gov>, 2010)

图 2. 全球 GPS 年度成果图及地表运动模式示意图(据 <http://sideshow.jpl.nasa.gov> 网页(2010)改编)

### 2.5. 地球自转运动的相关参数

地球自转参数由 IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) 网站获得, 包括 1962~2019.12.19 地球的极移、地球自转角速度 UT1-UTC (UT1-TAI)、日长 LOD (length of day), 以及地球的黄经章动  $d\psi$  和倾角章动  $d\epsilon$  的资料, 网址 <https://www.iers.org/IERS/>。

### 2.6. 北半球表面露出的主要构造带简化图

《北半球表面露出的主要构造带简化图》取自李四光《地质力学概论》(1999 年第二版) p. 136 的大幅面插图[26]。该著作最早发表在 1940 年前后, 后续多次再版, 1999 年第二版为扩编版, 原著依旧版。该书的第二章, 地质力学的方法, 即相当于该图的说明书, 极为珍要。

## 3. 编图方法及结果

本文所编制的图名为《北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图》, 是在李四光



《北半球表面露出的主要构造带简化图》的背景上添加了北半球 1963~2019.10 的 M7+地震(区分壳内与壳下)、1960~2019.10 的活火山、地震柱构造及其影响区、地幔柱热点, 以及 GPS 观测的地壳年度运动趋势矢量(示意), 得以构成北半球上地幔的地球动力学大致图像, 如图 3 所示。

北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图

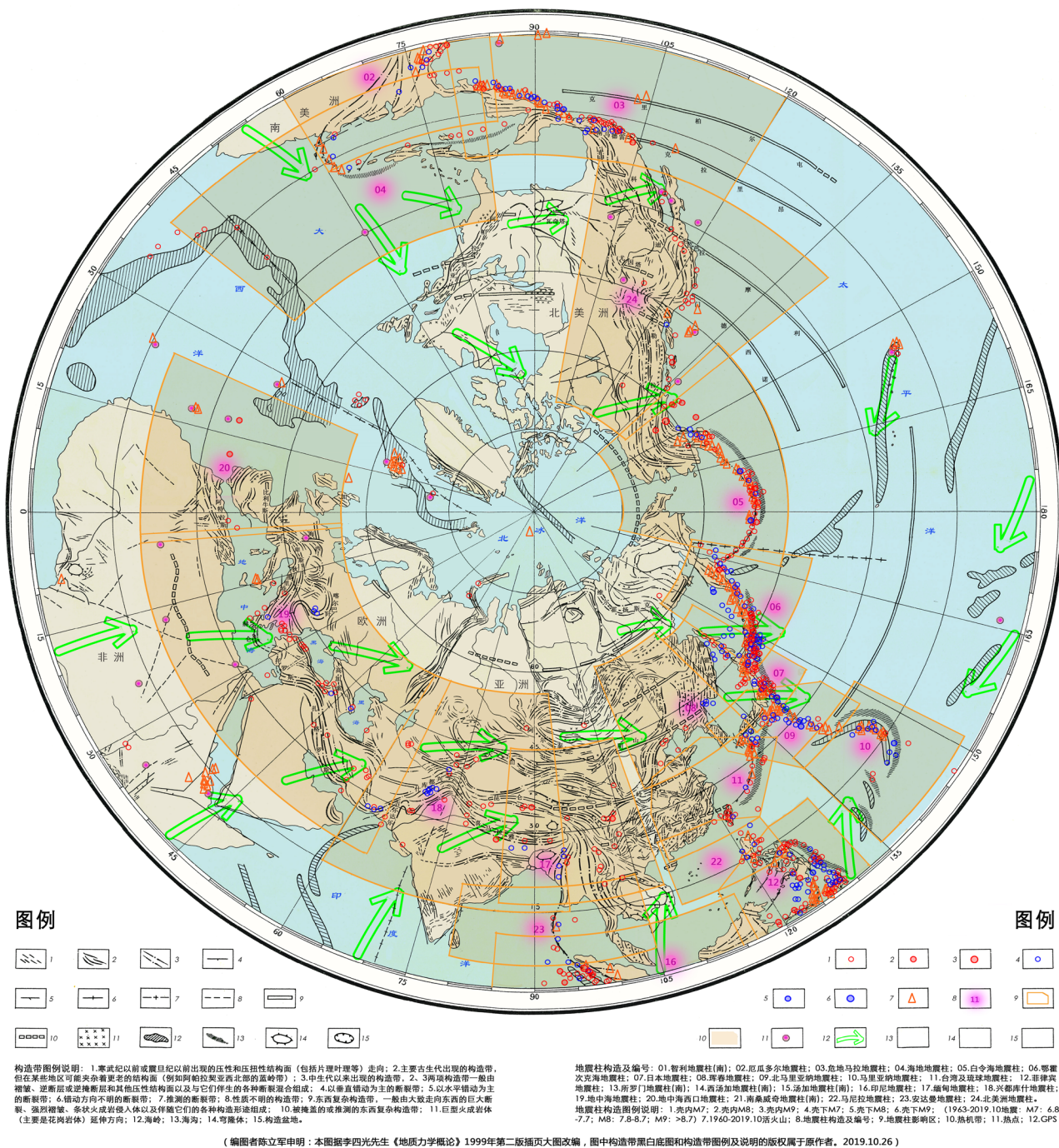


Figure 3. Simplified map of major tectonic belts exposed on the surface and seismic cone tectonics in the upper mantle of the Northern Hemisphere (adaptation from Li si Guang's "Geomechanics", 2nd edition, 1999, p. 136)

图 3. 北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图(据李四光《地质力学概论》1999年第二版 p. 136 插图改编)

该图囊括了地质力学和地震地热说的全部精华，并包含地幔柱热点以及 GPS 观测的地壳年度运动趋势的最新地学成果，适用于在掌握地震柱构造内的壳下地震活动动态的情况下，在北半球根据上地幔的地球动力学模型判断未来壳内强震与火山喷发的可能地域乃至相关构造体系，对重大地学灾害事件预测研究的有力工具。

目前，该图还只是一个框架草图，需要随着地震地热说预测研究经验的积累而不断优化。

## 4. 相关释义(讨论)

由上述编图结果可以看到，北半球的地震、火山、地震柱、地幔柱构成浑然一体的美妙图像，可以展示很多有关地球上地幔运动的现象，从而揭示地球动力学的某些真谛[1]-[40]。

### 4.1. 地震地热说原理与应用

地震地热说的初衷是从壳内强震与火山的预测研究出发的，由地震震源的深度分布，发现了地震柱构造，由地震柱构造对壳内强震与火山喷发的控制发现地震与火山的成因并非地表构造运动的能量积累所致，而是源自于上地幔的深部热能。

地震地热说原理的表述：在地球自转方式变化的驱动下，上地幔深部的热能通过相对稳定的通道，地震柱构造或地幔柱，以壳下地震活动为表征向地表运移，逐层驱动，逐层积累，当能量接近地表并达到饱和状态时，便推动地表大地构造运动，在其薄弱构造部位突发壳内强震或火山。

壳内强震指壳内 M7 以上地震，壳下地震指地球平均地壳厚度 35 km 往下的深部地震。壳下地震并非深部能量上涌的全部，而只是地震柱构造活动的表征。因为，深部能量的上涌不止地震活动这一种单一的方式，至少还包括热的传导、辐射与对流。然而，后者目前是无法检测的。

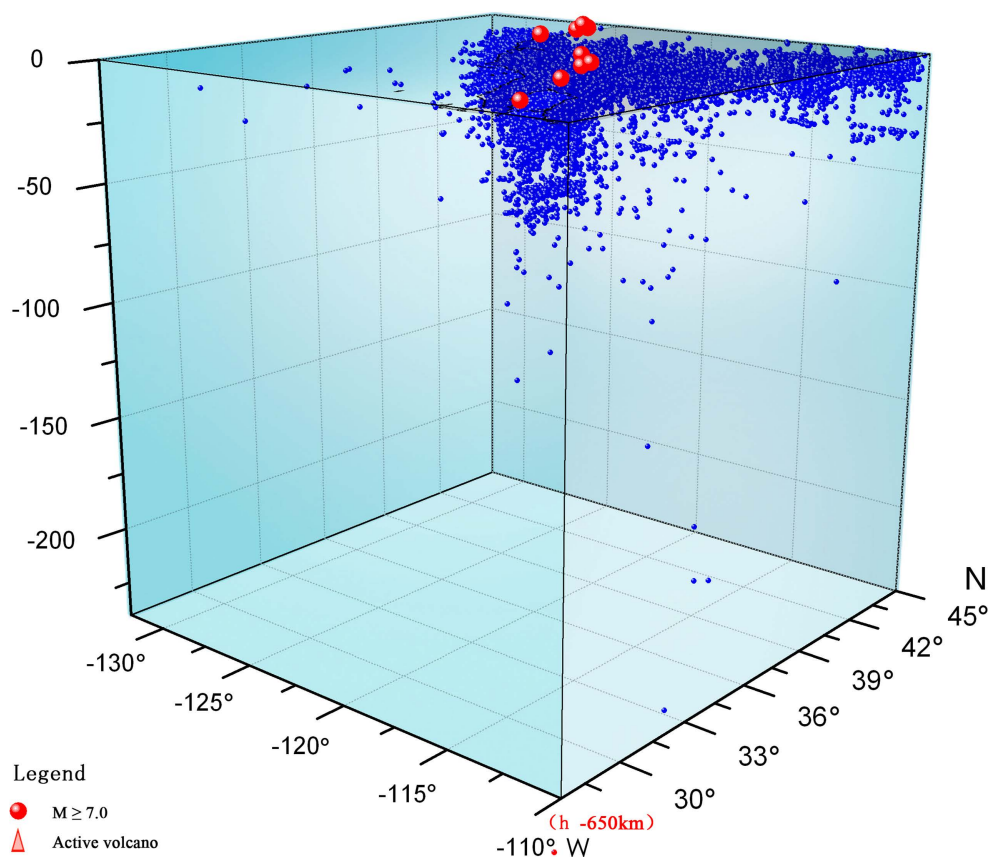
作者的实践经验表明，全球 90% 以上的壳内强震和火山喷发均发生在地震柱构造之内，在地震监测数据能够较为准确分辨壳内地震与壳下地震的条件之下，这些事件发生之前几乎都会出现由地震柱构造底部几百千米的深度到近地表随着时间的推移自下而上、逐层驱动的壳下地震活动，持续时间可长达十年、二十年不等，背景清晰，特征鲜明，从而为地震地热说对强震与火山活动的预测研究奠定了理论上与实践上的基础。

### 4.2. 地震柱构造与地幔柱简述

地震柱构造由地幔深部震源体的密集组成，呈近乎垂直、倒立的圆锥体，最大深度 200~650 km，在地表的影响范围半径可达数百千米。全球已发现的深部地震活动，可划分为 24 个地震柱构造。地震柱构造可依据最大震源深度、影响范围大小、地表活动强度划分为 1~3 级[8]。典型地震柱构造立体图像如图 4 所示[25]。

全球 24 个地震柱构造见图 1，包括：01. 智利地震柱(南“半球”，下同)；02. 厄瓜多尔地震柱；03. 危地马拉地震柱；04. 海地地震柱；05. 白令海地震柱；06. 鄂霍次克海地震柱；07. 日本地震柱；08. 瑛春地震柱；09. 北马里亚纳地震柱；10. 马里亚纳地震柱；11. 台湾及琉球地震柱；12. 菲律宾地震柱；13. 所罗门地震柱(南)；14. 西汤加地震柱(南)；15. 汤加地震柱(南)；16. 印尼地震柱；17. 缅甸地震柱；18. 兴都库什地震柱；19. 地中海地震柱；20. 地中海西口地震柱；21. 南桑威奇地震柱(南)；22. 马尼拉地震柱；23. 安达曼地震柱；24. 北美洲地震柱[6]。其中唯有 08 号瑛春地震柱和 20 号地中海西口地震柱为潜在地震柱构造，其特征是目前只有上地幔深部和壳内地震活动，而中间层却没有地震活动。当然，这种情形不排除与地震震源深度的监测能力有关。最浅的地震柱是 24 号北美洲地震柱，M4+地震最大震源深度 96 km，后来发现其 M2+地震的最大深度可达 650 km。





**Figure 4.** Primary model of the Mini Seismic Cone Tectonic in California, USA (1965-2019.7, intracrustal earthquake M3.0+, subcrustal earthquake M2.0+)

**图 4.** 美国加州地区地震子柱构造的初级模型(1965~2019.7, 壳内地震 M3.0+, 壳下地震 M2.0+)

复杂地震柱构造可包含几个构造分支, 比如地中海地震柱, 也可包含若干地震子柱构造, 比如北美地震柱、地中海地震柱伊朗分支[24]和珲春地震柱[23]。简单的地震柱构造和地震子柱构造是地震柱的最小构造单元, 能够独立控制本单元内的壳内强震与火山的发生、发展与关联, 因而成为其影响区范围内研究强震与火山预测的独立平台。

地震柱构造的影响区不是一个地块, 只是地震活动的统计单元。影响区内的大地构造带分布是决定影响区形状和大小的主要因素。比如 18 号兴都库什地震柱, 北部的影响可以延伸到贝加尔湖地区, 19 号地中海地震柱涉及区域内的整条波状的东西向弧形构造带。地震柱构造严格地控制着其影响区内的地震活动。比如, 日本地震柱构造的周边有多个地震柱构造围绕, 但在 2011.3.11 的 M9.1 地震后的 300 天之内, 日本地震柱构造影响区内余震频发, 而周边的地震柱构造则仍然保持着正常的地震活动态势, 丝毫没有受到 M9.1 地震的影响与干扰[11] [21]。

通常所说的贝尼奥夫带, 其实只是地震柱构造圆锥体的一条特殊母线。过地震柱柱体的中心可以做任意多条母线, 而且是成对的, 但它们都不能表示圆锥体的倾斜度。母线只是圆锥体上的假想线, 因而将相邻地震柱的母线勾连起来没有任何物理意义或者构造意义, 将某一侧母线上分布的深部地震活动称之为俯冲带更不合理, 因为这些地震活动实际上是自下而上逐层驱动的。在实际工作中, 可以利用贝尼奥夫带来发现火山底部的熔岩囊[17] [20] [25], 也可以用来寻找地震柱构造的出地点。活火山大多发生在地震柱构造或者地震子柱构造的出地点附近, 即熔岩囊的顶部。

地幔柱的已知最大深度为 700 km，直径 100~200 km，也是上地幔深部能量升降的稳定通道。全球已定义的热点 71 个，有地理坐标的 64 个，见图 1。北半球有热点 24 个，大多数散布在地震柱构造之外。地幔柱地表多数为中强地震活动，没有壳下地震；少数出现 7 级左右地震或火山活动，同样几乎没有壳下地震活动。因此，地震柱构造的壳内强震与火山喷发可以利用壳下地震活动活动趋势做出预测，而地幔柱则不具备这样的优势。

由于地球在不停地转动着，因而地震柱构造与地幔柱都是有生命之体。比如地震柱型的意大利火山活动，近代以来明显由西北方向向着东南方向移动[27]，地幔柱型的夏威夷火山链也同样由西北方向向着东南方向移动着，其岛链中的火山岛屿年龄(百万年)，愈往东南方向愈新[28]。显然，火山活动的能源体的移动比起人们所设想的板块移动显然会轻松得多(图 5)。

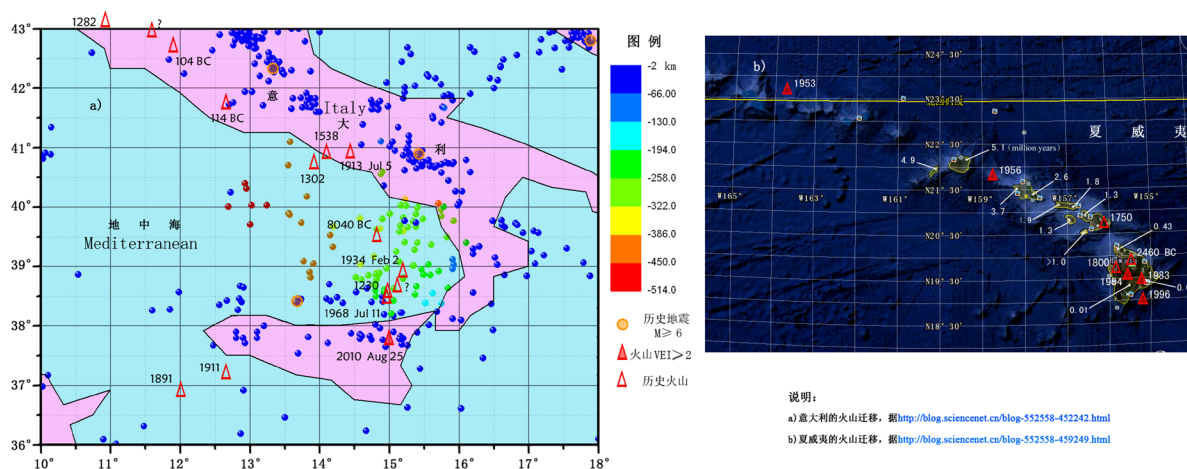


Figure 5. The life track of volcanic activities  
图 5. 火山活动的生命轨迹

地震柱构造与地幔柱是两类不同性质的能流通道。大量地震层析成像研究结果表明，地震柱构造表现为 P 波速度的高速异常体，地幔柱则表现为 P 波速度的低速异常体[11]。因此，二者在物质结构、温度和压力状态上都会存在巨大的差异，其地质作用也就截然不同[38] [39]。

由图 1 可见，地震柱构造除 21 号南桑威奇地震柱之外，全部分布在地球上人口稠密地区，对人类威胁极大，而地幔柱除非洲之外则基本上位于大洋之中，对人类威胁极小。

### 4.3. 1963 年以来地震与活火山的关系

自 1963 年至 2019 年 10 月，北半球共计发生 M7+地震 426 个，发生在地震柱构造内的 424 个，占总数的 94.8%，其余 22 个散布在相关地幔柱或大洋中脊地区，见图 1(a)和图 3。

自 1960 年至 2019 年 10 月，北半球共计发生火山喷发 189 座，发生在地震柱构造内的 165 座，占总数的 87.3%，其余 24 座散布在相关地幔柱或大洋中脊地区，见图 1(b)和图 3。

由此可见，强震和火山与地震柱构造是密不可分的。壳内强震与火山喷发，是地震柱构造释放能量的两种不同方式[5]。前者释放机械能为主，后者释放热能为主。一些地震柱以壳内强震为主，辅以火山活动，另一些地震柱则以火山喷发为主，辅以强震活动。二者相辅相成，以达到地震柱构造内部的能量平衡为目的。

火山喷发按成因可划分为地震柱型喷发和地幔柱型喷发两大类[22]。前者由于压力大、温度高，岩浆喷薄而出，如同散天花，烟柱可高达数千米上万米，人们夺门而逃[38]。典型例子是印尼火山和意大利埃特纳火山。后者由于压力小、温度低，岩浆呈溢流状，人们可近距离观赏[39]。典型例子是夏威夷火山和



非洲的诸多火山。夏威夷火山有时也冲高，是因为岩浆碰到海水而致。冰岛也是典型的地幔柱型火山，烟柱冲高是因为岩浆碰到冰川所致。美国的黄石火山虽然处在地震柱构造之内，同时也以地幔柱的面目出现，似乎主要属于地幔柱型火山喷发。

地震柱构造内的强震与火山活动，以地震柱构造内的壳下地震活动为其基本的前兆特征，因此它们的预测具有同一性[5]。作者已经在这方面收集整理了很多很好的案例[10] [12] [14]-[21] [24] [25]。

#### 4.4. GPS 年度成果图的意义

图 2 展示了当今最为先进、最为重大的地学勘测成果，GPS 的观测结果。GPS 的年度地表运动年度矢量图表现了一种综合形象，可以为地壳运动提供一个纲要。由图 2 可见，地球的东半球，包括非洲和欧亚，明显呈整体顺时针方向地旋转，而西半球，包括南、北美洲，明显呈整体逆时针方向地旋转，共同分裂大西洋，压迫太平洋[12]。旋转速率大约 2~9 cm/a。

两半球之所以相向旋转，可能是由于大西洋的南北两端的海底扩张速度不一致造成的。由图 3 可见，大西洋的大洋中脊在北纬 15°~30°的海岭段明显西移并大规模扩张。

由图 2 还可看到，印度洋和非洲及欧亚大陆整体呈顺时针旋转，南、北美洲及加勒比地区整体呈逆时针旋转，似乎都不支持地表的块体碰撞。与大西洋的情形相比较，印度洋地区似乎并不支持海底的扩张，太平洋地区的情形也不是很确切。

#### 4.5. 地震地热说与地质力学的天作之合

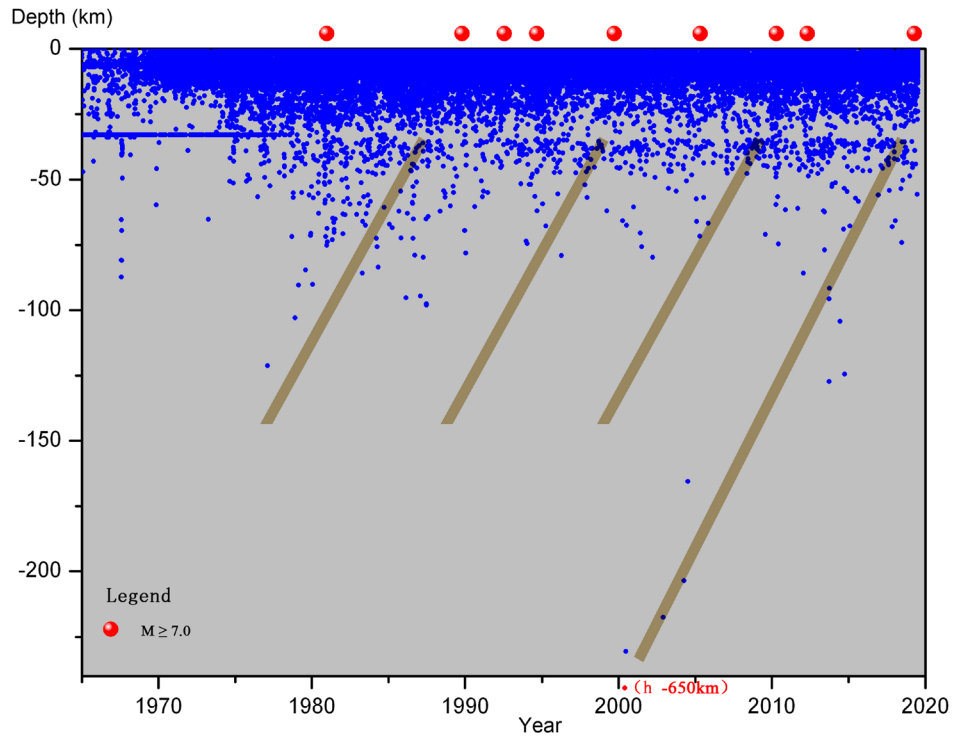
地质力学的重要原理[26]，指地球自转是地壳运动和变形的主因。李四光先生按照地球自转角速度的变化引起两极与赤道之间作用力的增减，并结合力学原理，合理地解释了地壳变形的各种构造行迹，堪称典范。地震地热说按照地球自转的某些变化引起上地幔内作用力沿着地球半径方向的增减，造成地震柱构造内深部热能的进退，试图解释壳内强震与火山活动的机制，可谓是不谋而合。

地震柱构造的震源深度时序图，是描述震源深度随时间变化的重要工具，是地震柱构造活动状态的真实写照，也是地震地热说赖以寻找地震与火山喷发前兆现象的主要手段。研究这种时序图，发现有两个现象可以印证地震地热说与地质力学的关系：

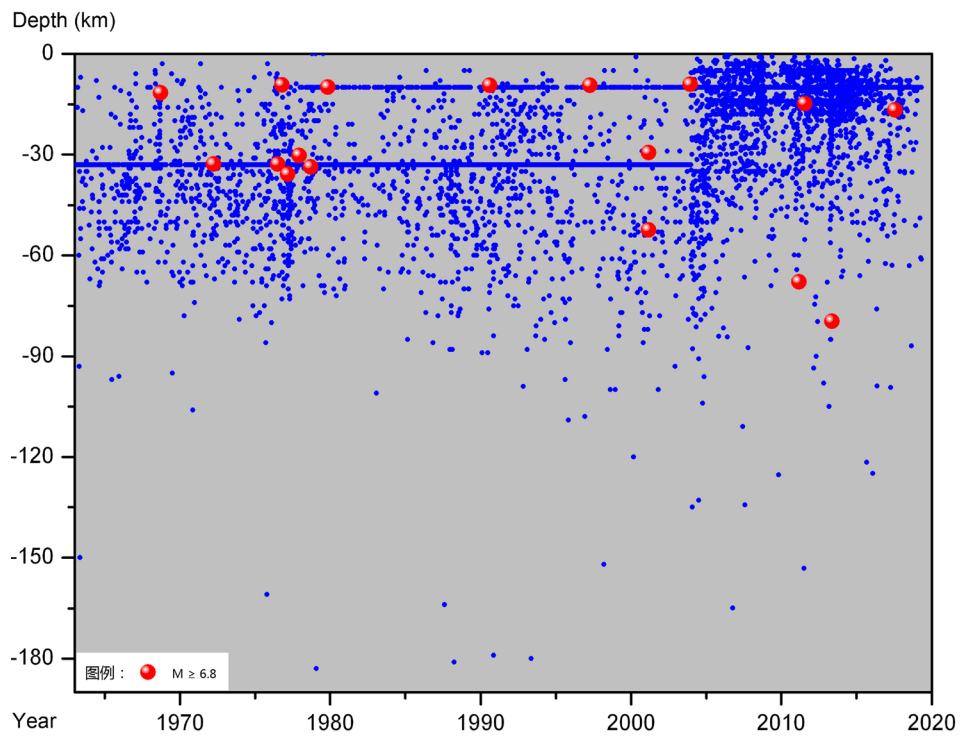
1) 壳下地震活动是自下而上逐层驱动，而不是向下俯冲的。典型例子如图 6 所示，象征上地幔的热能是随时间的推移自下而上逐层累积。图 6 的最后一条灰色斜线(趋势线)，表征出自 2000 年开始长达 19 年的壳下能量积累，显示了 2019 年 7 月 6 日加州 M7.1 地震漫长的孕育过程。这就说明，加州地震是深部能量积累迫使圣安德列斯断裂运动的结果，而并非 50 km 范围内一条小小的加诺克断层所能自主发动的。加诺克断层只不过是此次加州地震活动的扮演者而已。因此，地震地热说的研究与地质力学的结合，可以相互弥补不足。

2) 壳下地震活动存在着 10~20 年不等的节律，作者称之为地幔年代际振荡(Mantle Decadal Oscillation, 简称 MDO) [36] [37]。典型例子如图 7 所示，表征壳下地震活动受到了地球自转节律的控制。图 7 中的三组壳下地震活动几乎呈等效的密集群，在大多数地震柱构造的震源深度时序图中都可以见到。三组密集群的活动韵律约为 20 年，似乎与地球自转的章动，俗称“点头运动”，周期基本吻合。公认的地球章动主周期为 18.6 年，如图 8 所示。密集群的活动韵律与地球自转角速度(日长)也同样关系密切(图 9)，只不过地球自转角速度没有如章动那样的卓越周期。

由图 8 和图 9 可见，地球的章动和地球自转角速度的变化与地震柱构造内的壳下强震活动图像态势吻合，如影随形，说明了地球自转角速度的变动和点头运动对上地幔深部能量通道的强大制动能力，是对诸如图 7 以及其它地震柱构造的震源深度时序图中 50 多年时段内出现三组密集群的最为合理的解释，也是对李四光关于地球表面变异的动力来自地球自转运动理论的有力支持。当然，这种关联的密切程度，似乎还需要更长时间尺度的验证。



**Figure 6.** The focal depth sequence diagram of U02 Mini Seismic Cone Tectonic, USA (1965-2019.7, intracrustal earthquake M3.0+, subcrustal earthquake M2.0+)  
**图 6.** 美国 U02 地震子柱构造的震源深度时序图(1965~2019.7, 壳内地震  $M \geq 3.0$ , 壳下地震  $M \geq 2.0$ )



**Figure 7.** The source depth sequence of the Iranian branch of the Seismic Cone Tectonic No.19-3 from ANSS earthquake catalogue (1963-2019.5,  $M \geq 4.0$ )  
**图 7.** 伊朗地震柱分支依据 ANSS 地震目录的震源深度时序图(1963~2019.5,  $M \geq 4.0$ )

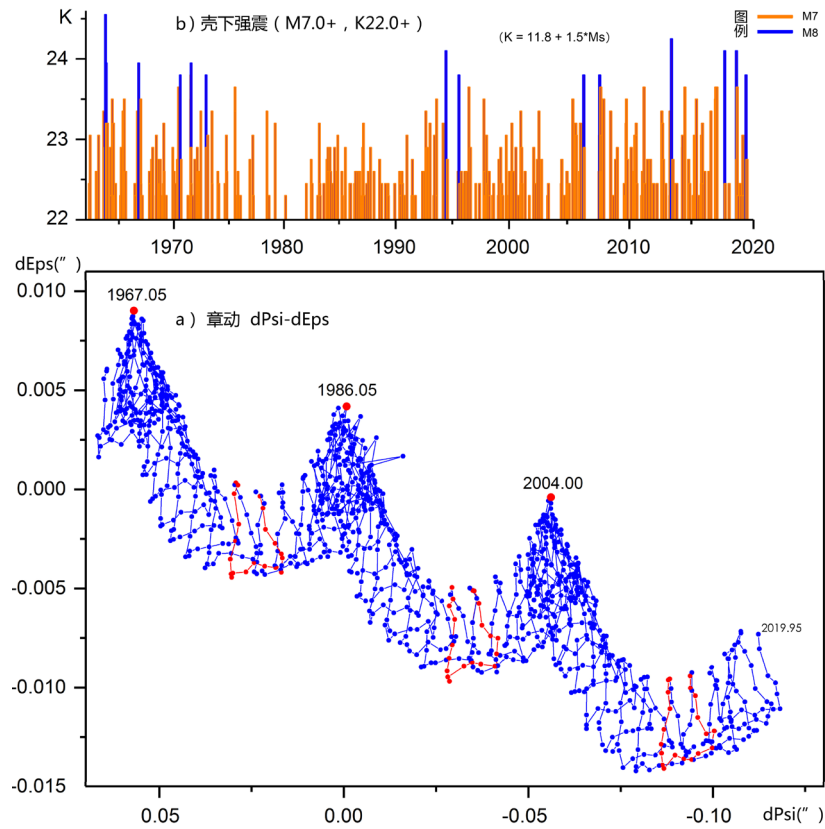


Figure 8. The relationship between earth nutation and subcrustal seismic activity  
图 8. 地球章动与壳下地震活动的关系

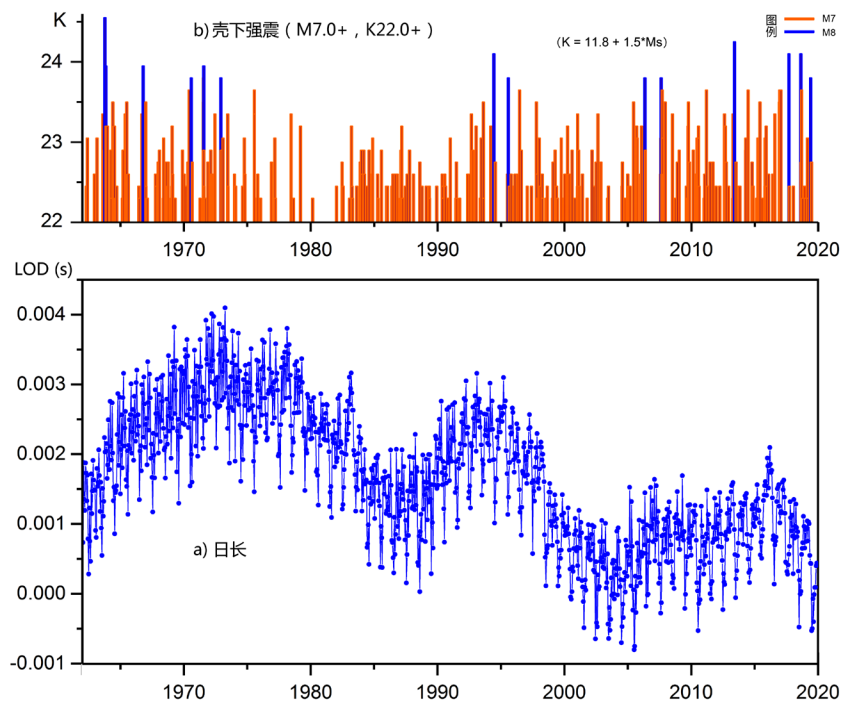


Figure 9. The relationship between the earth's rotation angular velocity (LOD) and subcrustal seismic activity  
图 9. 地球自转角速度(日长)与壳下地震活动的关系

值得指出的是，地壳的运动和变形只是在地球自转作用下的缓慢的继承性运动，只有将地震柱构造的运动叠加，才能造成强震与火山的突发性灾变。继承性运动也可能造成构造带的闭锁或者薄弱环节，甚至可能出现微震活动，但那不是强震活动的主因。主因要靠地震柱构造内部能量的积累，足以推动地表构造带的强迫运动，以消除其闭锁或者薄弱部位。因此，地震柱构造的活动才是强震与火山活动的控制因素，起决定性作用。

然而，地震柱构造活动与地表大地构造带的结合，才是壳内强震与火山喷发的充要条件。因此，地震地热说与地质力学的紧密结合，才是地震与火山预测研究的正确之道。

另外，地幔年代际振荡(MDO)与太平洋年代际振荡(Pacific Decadal Oscillation, 简称 PDO)在很大程度上应该是同源的。但是，由于前者是在上地幔深部发生的变化现象，动力源可能来自地球的章动，而后者则只是太平洋的海平面变化现象，所以 MDO 可能还是 PDO 之源[36] [37]。

#### 4.6. M7+壳内强震发震与火山喷发的构造条件

地震柱构造内的壳内强震，多发生在地震柱影响区内容易被激励的构造体系部位，因而在影响区内分布并不均匀，有的甚至在影响区的边缘部位活动，然而活火山则多发生在地震柱构造或者地震子柱构造的出地点附近，活动位置比较容易判断。作者发现意大利[17]、厄瓜多尔[20]、西雅图[25]等多个活火山可能存在的熔岩囊就位于地震柱构造出地点附近 50~150 km 深度内。

由图 3 发现，M7+地震大致多受复杂的東西向构造带控制，多发生在扭动构造的部位。这里的扭动构造，主要涉及多字型构造的新华夏系和山字型构造的前弧与翼部。典型的新华夏系构造如太平洋西部的滨海地区，壳内强震与火山频发。阿富汗-伊朗山字型构造，其东翼及反射弧为兴都库什地震柱，西翼为地中海地震柱伊朗分支，都是强震频发之所。因此，没有处在地震柱构造影响区内的東西向构造带和扭动构造带，也不会存在强震活动的风险。

地震与火山的预测研究之中，当发现如图 6 那样的趋势线时，需要做好两件事。一是判断趋势线何时可能到达地壳底部，即 35 km 左右的深度。这是未来事件突发的临界点。二是寻找这个临界点之前 3~5 年内壳下地震活动地表投影的密集区，参照图 3 寻找未来突发事件可能涉及的大地构造带，或者大地构造带的敏感部位。这是未来突发事件的可能地域。至于未来突发事件的强度，往往不言而喻，因为如果不是壳内强震或者火山喷发，就不会出现如图 6 那样的趋势线。当然，中强地震活动区的研究另当别论。

#### 4.7. 地震与火山的预测研究

图 5 的最后地震就是 2019.7.6 的美国加州 7.1 级地震。由图可见，地震之前十多年就已经开始壳下地震活动，图中斜线指向发震时间，斜线之上呈逐层累积、逐层驱动之势，因此表明地震是可以预测的。作者对美国西雅图的火山喷发也有类似发现。经过诸多壳内强震与火山的前兆信息总结，作者建议了一套适用于强震活动地区处理类似事件的方案[25]，包括：

- 1) 地震柱构造内的壳下地震活动时序图有如图 6 所示的趋势线，可大致判断未来强震活动的时间域，并引起高度重视；
- 2) 根据壳下地震活动在地表的投影参照图 3 寻找相关的地表易震构造，尤其是那些压扭性构造带，借以大致判断未来强震活动的地域；
- 3) 参考历史地震活动情况大致判断未来强震活动地点与活动强度；
- 4) 地震预测的短临阶段，则应依据本地大量的地震前兆观测资料以及宏观异常现象来判断未来强震活动的时间和地点。

本方案也适用于所有地震柱构造对强震和火山的预测研究。火山的研究相对简单，因为火山喷发地点常常可以不言而喻。当然，本工作方法尚需多次经验验证。目前全球关于震源深度的测定技术并不规范，



良莠不齐,某些重点监视地区却震源深度的检测能力不强,因而试验验证受到诸多限制。

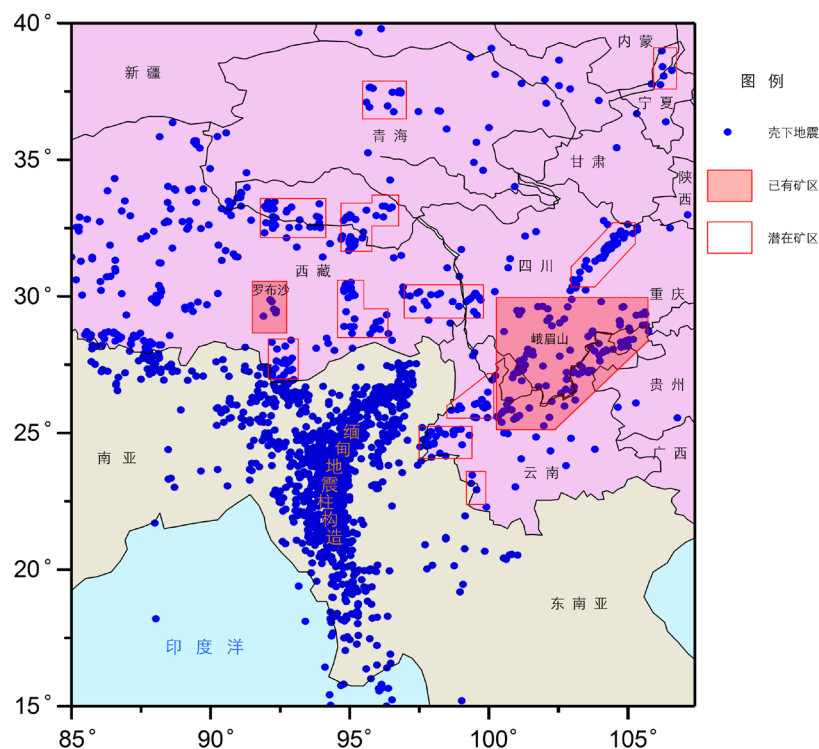
总体而言,地震柱构造内如果具有丰富的壳下地震活动数据,也就具备强震与火山预测研究的技术条件。同时,地震柱构造基本位于人口密集地区,因而预测研究具有重要的社会意义。地幔柱以中强地震活动为主,几乎没有壳下地震活动,且远离人类活动地区,预测研究的意义不大。

#### 4.8. 地震柱构造与全球泥石流等地质灾害的关系

高强度的泥石流与重大的海啸灾难,很多都是伴随着壳内特大强震或地震柱型火山喷发而产生,因此必然与地震柱构造的活动有关。依据互联网资料可以初步查明,中国易发生泥石流的地区与08号珲春地震柱、17号缅甸地震柱和18号兴都库什等3个地震柱构造影响区的关系密切,中国易发生滑坡的地区与17号缅甸地震柱的影响区密切相关[41];全球泥石流分布区与01号、02号、03号、05号、06号、08号、17号、18号、19号、20号等10个地震柱构造的影响区分布基本一致[42]。离开这些地震柱构造的影响区,此类灾害大为减少。泥石流与大规模的山体滑坡似乎主要受到地震柱构造活动的控制,小规模滑坡和崩塌则不在此列。关于地震柱构造活动与全球泥石流等地质灾害的预测研究,目前尚属空白。

#### 4.9. 地震柱构造对矿产控制的研究

众所周知,大地构造带对矿产控制是确定的,那么地震柱构造对矿产控制的研究也值得研究。17号缅甸地震柱构造的柱体呈弯月型凸镜状,弯月状的北端切割出横断山脉,指向中国的南北地震带,强烈的地壳运动在藏东地区形成一个巨大的棋盘格式构造,不少棋盘格点都有壳下地震活动。那里已经发现了一些地幔性的稀有金属矿床,似乎与地震柱构造的活动有关[43]。因此,该区域的壳下地震活动值得着力关注,或许能在某些潜在矿区寻找到稀有的地幔性金属矿床(图10)。



**Figure 10.** The possibility of subcrustal seismic activity and mantle deposits in the Myanmar Seismic Cone Tectonic (according to the ANSS seismic catalogue, 1963-2019.10, M4+earthquakes)

**图 10.** 缅甸地震柱构造的 M4+壳下地震活动与地幔性矿藏的可能性(据 ANSS 地震目录, 1963~2019.10)

#### 4.10. 深源地震的机制解释

深源地震的机制解释，目前仍然采用力偶模型，似乎并不合理。图 6 和图 7 的壳下地震活动态势，适合地震地热说的开水试验的解释[6]，即在上地幔一些合适的温、压状态和具有液、固两相混成的条件下，壳下地震如同烧杯中受热的液体发生变化，初始从杯底出现相变→空化→成核→溃灭，随着温度的上升、能量的增强，空泡上升溃灭，直至水体沸腾，灾变发生。因此，引入相变与空化理论，即空泡动力学，来寻求深源地震机制的解释，并寻找“响水不开”的临界时间点，似乎更为合理。如此，或许能够引发地震学领域的重大革新。作者曾勉力翻译过相关著作的前 3 章[44]-[58]，但由于专业水平所限，迄今无力拓展。参考文献[45]-[58]曾被某些媒体盗版转载，作者维权无果[59] [60]。

#### 5. 结论

李四光先生的地质力学，是中华文化的瑰宝。本文只是在巨人的理论基础之上做了一些引申。

1) 大地构造体系是地壳继承性运动和强迫运动的舞台和表演体，地质力学从地质学和物理学、构造力学相结合的角度给予了充分的理论解释；

2) 地震地热说建立了地震柱构造，发现壳内强震与火山喷发的能量来源于上地幔深部热能积累，从而为地球的地学灾难性变化找到了强大的能源支撑；

3) 作为上地幔深部热能积累过程的表征，地震柱构造内部壳下地震的活动趋势性变化为地质灾难的预测提供了大致时间域和大致地域的判断依据；

4) 通过大量的地震地热说震例积累，对几十年来的地震前兆资料去粗取精、去伪存真，工作做好了，壳内强震与火山喷发的预测研究将会具有光明的前景。

为了实现上述目标，本文的编图工作初步提供了一个重要的实用工具。当然，这张草图还必须在今后的实践之中不断积累经验，不断完善，以致规范化。

#### 重要申明

本文特别申明：《北半球表面露出的主要构造带及上地幔的地震柱构造简化图》是在李四光《地质力学概论》1999 年第二版 p. 136 大幅面插图的基础上编纂的，因此图 3 中的大地构造带黑白底图、构造带图例及图例说明，版权属于原作者。

#### 致 谢

衷心感谢北加利福尼亚地震数据中心(Northern California Earthquake Data Center)、Smithsonian Institution 和 Don L. Anderson (Seismological Laboratory, California Institute of Technology)以及 IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service)等网站在公网上所提供的地震目录、火山目录、热点目录和地球自转参数。

#### 参考文献

- [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, 陈晓逢, 黎品忠. 中国强震活动的时空特征研究[J]. 华南地震, 2007, 27(2): 40-48.
- [3] 陈立军. 全球地震、火山和地幔柱的比较研究[C]//中国地震局老专家科研基金课题论文摘编(2007-2009 年度). 北京: 地震出版社, 2010: 140-144. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100ng0w.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100ng0w.html), 2010-12-31.
- [4] 陈立军. 全球地震震源深度与地震柱的研究[J/OL]. 湖南地震, 2011(33): 1-8. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-489392.html>, 2011-09-23.

- [5] 陈立军. 试论地震预测与火山预测的同一性[C]//地震预报与历史地震专业委员会联合学术交流会摘要集(2011年). 北京:地震出版社,2011:83.
- [6] 陈立军. 地震地热说原理与应用[J]. 内陆地震,2012,26(2):108-122.
- [7] 陈立军,陈晓逢. 美国西海岸地震预测方法初探[J/OL]. 湖南地震,2012(34):1-6. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-525866.html>,2012-01-05.
- [8] 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.
- [9] 陈立军. 全球壳下地震活动研究[J/OL]. 湖南地震,2013(35):5-12. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-649931.html>,2013-01-05.
- [10] Chen, L.J., Chen, X.F., Wan, F.F. and Ouyang, C.X. (2013) The Earthquake Prediction Method Research in the West Coast of the United States. 湖南地震, No. 35, 90-98.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 陈立军. 有关地震地热说的基本概念和术语[J/OL]. 湖南地震,2014(35). <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-823743.html>,2014-08-31. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-824117.html>,2014-09-01.
- [14] 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://blog.sciencenet.cn/blog-552558-912394.html> <https://doi.org/10.4236/ijg.2015.67060>
- [15] 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.
- [16] 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.
- [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://blog.sciencenet.cn/blog-552558-920796.html> <https://doi.org/10.4236/ijg.2015.69076>
- [18] 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.
- [19] 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://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40102wgwq.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40102wgwq.html) <https://doi.org/10.4236/ijg.2016.75052>
- [20] 陈立军. 厄瓜多尔地震柱的构造与地震和火山的预测研究[J]. 自然科学,2016,4(3):292-306.
- [21] 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.
- [22] 陈立军. 全球火山活动成因及其分类研究[J]. 汉斯预印本.
- [23] 陈立军. 吉林松原地震活动与珲春地震柱构造[J]. 自然科学,2019,7(5):429-438.
- [24] 陈立军. 伊朗地区的地震活动与地震柱构造[J]. 自然科学,2019,7(6):494-514.
- [25] Chen, L.J. (2019) Seismic Activity and Seismic Cone Tectonics on the West Coast of the United States. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7, 92-112. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40102yv2k.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40102yv2k.html) <https://doi.org/10.4236/gep.2019.711007>
- [26] 李四光. 地质力学概论(第二版) [M]. 北京:地质出版社,1999.
- [27] 陈立军. 地震地热说应用:火山成因之1——意大利的火山研究[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-452242.html>,2011-06-06.
- [28] 陈立军. 地震地热说应用:火山成因11 冰岛、夏威夷以及非洲的火山略考[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-459249.html>,2011-06-25.
- [29] 陈立军. 全球地震震源深度研究(四) [EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100nteu.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100nteu.html),2011-01-17.
- [30] 陈立军. 全球地震震源深度研究(三) [EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100nsmq.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100nsmq.html),2011-01-16.
- [31] 陈立军. 全球地震震源深度研究(二) [EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100nr8f.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100nr8f.html),2011-01-15.
- [32] 陈立军. 全球地震震源深度研究(一) [EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100npr5.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100npr5.html),2011-01-13.
- [33] 陈立军. 日本9.0级地震成因的新解[EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40100p9ot.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40100p9ot.html),2011-03-12.

- [34] 陈立军. 印尼 9 级地震的成因分析[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-571677.html>, 2012-05-16.
- [35] 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>, 2012-04-30.
- [36] 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(MDO) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-664926.html>
- [37] Chen, L.J. (2013) Mantle Decadal Oscillation (MDO). <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-665664.html>
- [38] 陈立军. 地震柱型火山喷发特征[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-983911.html>, 2016-06-11.
- [39] 陈立军. 地幔柱型火山喷发特征[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-982026.html>, 2016-06-02.
- [40] 陈立军. 2019 年 7 月 6 日美国加州 M7.1 地震似可预测[EB/OL]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_41478bf40102yqla.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_41478bf40102yqla.html), 2019-07-18.
- [41] 中国地理. 中国泥石流、滑坡崩塌灾害分布图[EB/OL]. <http://www.onegreen.net/maps/HTML/60231.html>
- [42] 青夏教育精英家教网. 世界泥石流分布图[EB/OL]. [http://www.1010jiajiao.com/gzdl/shiti\\_id\\_7614c760bfce2eda033e3b1b172daa62](http://www.1010jiajiao.com/gzdl/shiti_id_7614c760bfce2eda033e3b1b172daa62)
- [43] 陈立军. 地震地热说应用——初议缅甸地震柱的找矿前景[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-430338.html>, 2011-04-06.
- [44] Brennen, C.E. (1995) Cavitation and Bubble Dynamics. Oxford University Press Inc., New York.
- [45] 陈立军. 相变(1) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-471467.html>, 2011-08-03.
- [46] 陈立军. 相变(2) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-471781.html>, 2011-08-04.
- [47] 陈立军. 相变、成核与空化(1) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-472526.html>, 2011-08-06.
- [48] 陈立军. 相变、成核与空化(2) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-475517.html>, 2011-08-15.
- [49] 陈立军. 相变、成核与空化(3) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-477723.html>, 2011-08-20.
- [50] 陈立军. 相变、成核与空化(4) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-478764.html>, 2011-08-23.
- [51] 陈立军. 球泡动力学(1) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-482848.html>, 2011-09-04.
- [52] 陈立军. 球泡动力学(2) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-484797.html>, 2011-09-10.
- [53] 陈立军. 球泡动力学(3) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-485009.html>, 2011-09-10.
- [54] 陈立军. 球泡动力学(4) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-485368.html>, 2011-09-11.
- [55] 陈立军. 空泡的溃灭(1) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-508949.html>, 2011-11-17.
- [56] 陈立军. 空泡的溃灭(2) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-509138.html>, 2011-11-17.
- [57] 陈立军. 空泡的溃灭(3) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-510105.html>, 2011-11-21.
- [58] 陈立军. 空泡的溃灭(4) [EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-510450.html>, 2011-11-22.
- [59] 陈立军. 维权: “相变、成核与空化”与“球泡动力学”博文的版权[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-946277.html>, 2015-12-27.
- [60] 陈立军. 维权: “相变、成核与空化”的节译版权[EB/OL]. <http://blog.sciencenet.cn/blog-552558-946417.html>, 2015-12-28.