撤稿声明

撤稿文章名: 全球6级以上地震预测研究
作者: 招洁兰，李志平

* 通讯作者. 邮箱: 463362328@qq.com

期刊名: 自然科学(OJNS)
年份: 2021
卷数: 9
期数: 1
页码 (从X页到X页): 161-172
DOI (to PDF): https://doi.org/10.12677/OJNS.2021.91020
文章ID: 2950692
文章页面: https://www.hanspub.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=40072
撤稿日期: 2021-5-21

撤稿原因 (可多选):
☐ 所有作者
☐ 部分作者:
☐ 编辑收到通知来自于 ○ 出版商
○ 科研机构:
○ 读者:
☑ 其他:
撤稿生效日期: 2021-5-21

撤稿类型 (可多选):
☐ 结果不实
○ 实验错误 ○ 数据不一致 ○ 分析错误 ○ 内容有失偏颇
○ 其他:
☐ 结果不可再得
☐ 未揭示可能会影响理解与结论的主要利益冲突
☐ 不符合道德

☐ 欺诈
○ 编造数据 ○ 虚假出版 ○ 其他:
☐ 抄袭 ☐ 自我抄袭 ☐ 重复抄袭 ☐ 重复发表 *
☐ 侵权 ☐ 其他法律相关:

☐ 编辑错误
○操作错误 ○ 无效评审 ○ 决策错误 ○ 其他:

☑ 其他原因: 著作权纠纷。

出版结果 (只可单选)
☐ 仍然有效.
☑ 完全无效.

作者行为 失误(只可单选):
☐ 诚信问题
☐ 学术不端
☑ 无 (不适用此条，如编辑错误)

* 重复发表: "出版或试图出版同一篇文章于不同期刊."

历史
作者回应:
☐ 是，日期: yyyy-mm-dd
☑ 否

信息改正:
☐ 是, 日期: yyyy-mm-dd
☑ 否

说明:

“全球 6 级以上地震预测研究”一文刊登在 2021 年 1 月出版的《自然科学》2021 年第 9 卷第 1 期第 161-172 页上。由于文章存在著作权纠纷，根据国际出版流程，编委会现决定撤除此稿件，保留原出版出处：

招洁兰，李志平．全球 6 级以上地震预测研究[J]. 自然科学，2021, 9(1): 161-172. https://doi.org/10.12677/OJNS.2021.91020

所有作者签名：

招洁兰

Open Journal of Natural Science 自然科学, 2021, 9(1), 161-172
Published Online January 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ojns
https://doi.org/10.12677/ojns.2021.91020

Hans汉斯

全球6级以上地震预测研究

招洁兰[1,2,3,4]，李志平[5]

[1]中国管理科学研究院地球运行规律与系统科学研究中心，北京
[2]中国管理科学研究院生产力促进研究所瓦斯雷避雷综合科技研发中心，北京
[3]西安交通大学人工智能学院认知科学与工程国际研究中心(COSE)，陕西 西安
[4]广州市恒联计算机科技有限公司人工智能实验室，陕西 西安
[5]天津市滨海新区大港油田信息中心，天津
Email: 463362328@qq.com

收稿日期：2020年12月28日；录用日期：2021年1月21日；发布日期：2021年1月28日

RETRACTED

摘 要

在过去的50年中，许多研究已经确定了地震前的信号。已针对众多大地震对各种信号进行了分析。某些因素(包括一些先前未研究过的因素)最适合指示即将发生的危险地震活动，并为实际的地震预报实践开发了一个模型。该模型显示出正确预测下一次危险地震发生区域的极高概率。识别出将要经受6级以上地震的特定区域和断层系统的准确度为+80%。

关键词

全球地震，地震预测，6级地震

Research on the Prediction of Global Earthquakes above M6

Jielan Zhao[1,2,3,4], Zhiping Li[5]

[1]The Earth Operation Law and System Science Research Center, Chinese Academy of Management Sciences, Beijing
[2]China Academy of Management Science Productivity Promotion Institute Gasley Lightning Comprehensive Technology R&D Center, Beijing
[3]International Research Center for Cognitive Science and Engineering (COSE), School of Artificial Intelligence, Xi’an Jiaotong University, Xi’an Shaanxi
[4]Artificial Intelligence Laboratory of Guangzhou Henglian Computer Technology Co., Ltd., Xi’an Shaanxi
[5]Dagang Oilfield Information Center, Binhai New Area, Tianjin
Email: 463362328@qq.com

Received: Dec. 28th, 2020; accepted: Jan. 21st, 2021; published: Jan. 28th, 2021

文章引用：招洁兰，李志平．全球 6 级以上地震预测研究[J]．自然科学, 2021, 9(1): 161-172.
DOI: 10.12677/ojns.2021.91020

Abstract

Pre-seismic signals have been identified by numerous studies over the last fifty years. The various signals have been analyzed for numerous large earthquakes. Certain factors (including some not previously studied) stood out as best-suited to indicate impending dangerous seismic activity, and a model was developed for real-world practice of earthquake forecasting. The model demonstrates a highly significant probability of correctly forecasting the region of the next dangerous earthquake to occur. Specific regions and fault systems that would imminently endure M6+ earthquakes were identified with +80% accuracy.

Keywords

Global Earthquake, Earthquake Prediction, Magnitude 6 Earthquake

RETRACTED

1. 引言

地震是一个爆发巨大能量的力学过程，地震的预兆可追溯到对附近一场大地震造成的余震的最初认识。从那以后，前震和其他诸如“地震”的现象灯光，地面离子发射以及大气中总电子含量的变化(TEC)被认为是某些大地震的合法先兆事件，但此后不久，为确定哪些地震和信号将导致更大地震事件的努力却不足。主动地震预报基本上不在地球物理学的主流词典之内。

能够成功识别前震和火山前喷发信号的成功历史模型之一，描述了地幔中的深层地震如何通过能量迁移过程影响地壳(Blot, 1976; Blot, 1963)。其他研究也确定了在发生大地震之前的前震行为和其他先决条件的相似模式或公认的远距离某些地震如何触发后续事件的全球模式(Giacco *et al.*, 2015; Whiteside & Ben-Zion, 1995)。在审查这些模式以及其他伴随许多最近发生的事件的模式时，斯科特·温德比尔(Scott Windbiel)进行了观察，随后温德比尔(Windbiel)和该作者以开源/公共访问格式进行了演示(Windbiel, 2017; Davidson, 2017)，在低速带和过渡带之间的 M4+地震中，反复显示了一种在短时间内(不到一周)缩小 M6+最终破裂点的可靠方法[1]。

20 世纪 60 年代板块大地构造学说的确立，为根据板块边界的地形变和历史地震活动性“收支”平衡情况估算在地质年代里板块边界的地形变速率提供了精确的运动学参考框架。作为地震长期预测的一种方法，特征地震方法取得了一定程度的成功。用这个方法预测大地震原理很直观，看上去很简单，做起来似乎也很容易。但是要把它推广应用仍有一定的困难，因为不易确定特征地震的震级，并且缺少估计复发时间所需的完整的地震记录资料。20 世纪 90 年代以来，空间对地观测技术和数字地震观测技术的进步，使得观测(现代地壳运动、地球内部结构、地震震源过程以及地震前兆的)技术，在分辨率、覆盖面、动态性等方面都有了飞跃式的发展。当前，高新技术在地球科学中的应用为地震预测研究带来了新的机遇，多学科协同配合和相互渗透，将成为寻找发现与可靠地确定地震前兆的有力手段。

为此，应当实施旨在对地球内部及对地震系统地进行基础性的、综合性的观测、探测与研究的大型科学计划。目前美国正在实施的“地球透镜计划(EarthScope)”就是一个很有创新意义的例子。该计划由

4 个部分组成：美国台阵(USArray)计划、圣安德列斯断层深部观测计划(SAFOD)、板块边界观测计划(PBO)、合成孔径雷达干涉测量计划(InSAR)。日本地震学家运用关于地震活动性图像的“茂木清夫(Mogi, K.)模式”成功地预报了 1978 年墨西哥南部瓦哈卡(Oaxaca) 7.7 级地震；俄罗斯克依利斯－博罗克(Кейлис-Борок, В. И.)及其同事提出了一种称作强震发生“增加概率的时间”的中期预测方法，对 2003 年 9 月 25 日日本北海道 8.1 级大地震以及 2003 年 12 月 22 日美国加州中部圣西蒙(San Simeon) 6.5 级地震做了预报，并取得了成功。但是，这些方法的准确性及客观性仍存在问题。

除了地下地震前信号外，最近的研究还发现了大地震之前的许多大气，电离层，磁层和地球空间信号。在地震之前已经发现了带电粒子数，太阳磁场以及与 L 壳有关的特征和无线电信号的异常(早川，2016；Davidson, Holloman, U-yen, 2015; Davidson, 2015; Khachikyan *et al.*, 2014; Fidani *et al.*, 2010)，以及地球磁场的其他波动(De Santis *et al.*, 2017; Scoville, 2015; Johnston, 1994)。关于地震的其他电磁先兆(例如 GPS 破坏和 TEC 波动)以及地面，大气层和电离层之间的电耦合的工作正在不断发展(Pulinets, 2014; Kamogawa, 2013; Namgaladze, 2013; Yao, 2012; Zolotov, 2010; Namgaladze, 2009; Rycroft, 2006; Sorokin, 2006 等)。对地壳电阻率的研究可以为断层的结构提供线索，许多断层带的电阻率都低，这可能为电流提供了一条途径(Iidaka *et al.*, 2015; Morrow *et al.*, 2015; Becken *et al.*, 2011)。地壳作为电容器的模型(Namgaladze, 2013; Ustundag *et al.*, 2005; Hill, 1971)允许 GEC 和地磁系统的波动来补充已知的机制，以在地震发生之前和之中产生电流和其他电磁信号。包括通过空间天气对地磁、地电流、垂直电子含量和 GEC 的其他各个方面进行调制。在对这些研究的分析中，观察到大气压力和热流出(传出的长波辐射)是即将发生的(在 72 小时之内)地壳破裂的最可靠指标，即在太空天气影响下地球的朝阳面呈现比夜晚更深的地震，并且本研究中使用的深地震呼应了大气和太阳的模式。为了纪念克劳德•布洛特(Claude Blot)，我们将俯冲的地壳内这些震级足够大的地震称为“布洛特回声”[2]。目前，使用这些观察值的模型正在持续运行，试图预测 M6 +美国地质调查局定义为“重大”地震，本文的将详细介绍研究模型和预测结果。

2. 当前模型和警报系统

在模型中，印迹回波定义为 100 公里或更深处的 4.0 级或更大地震。紧接在印迹回波上方的区域被认为在 72 小时内处于 M6 或更大地震活动的较高风险，其范围在每个方向上延伸 1000 km，沿着位于北/南矢量上的断层系统直接延伸到 1500 km，并且延伸到 2000 km 直接沿东/西印度尼西亚－大洋洲断层系统。在先前印迹回波的地壳警报区域下方发生的后续印迹回波会为所有未过期的印迹回波警报区域(由当前印迹回波创建的区域重叠)重置 72 小时时钟。污点回波后 72 小时内风险的进展取决于地壳事件。在警报区域内发生的 M4+事件，深度小于 60 km，表明深事件指示的至少部分地壳破坏潜力已经消除，并且可以作为印迹回波的答案，从而降低了发生雷暴的风险在该地区发生的较大事件[3] [4]。

大气中最强的地震前信号涉及风/压力和长波辐射。强低压室的中心，如气旋和强烈的温带风暴，立即在大多数火环，中亚，中东和南欧的所有深度的地震风险增加。这种风险仅限于半径 500 公里。压力会聚线在风向低压中心漏斗时会发生碰撞，在该线接近俯冲带(500 公里以内)并经过 48 小时后，也会产生类似的风险。越过赤道的地表风与南美洲和大洋洲东部有关，在南太平洋和赤道流终止时风险水平也升高(通常发生在低压单元处)，并且沿附近的断层系统持续了 500 km。只要任何由风或压力驱动的信号持续在头顶上方，就可能会发生地壳事件，并不一定会降低该区域任何最近的 Blot 回波的地壳破坏潜力。发出的长波辐射(OLR)用于评估上述压力驱动因素的重要性。在较小的地理区域(小于 12 度)内，热流出异常的最强梯度(热带地区的 $\Delta > 120$ W/m^2，热带地区的 $\Delta > 80$ W/m^2)表示大气中的地震前信号在 OLR

异常梯度中值得高度警惕。

并将继续每 4~36 小时公开发布遭受地震警报的地球区域。包含多个信号的区域会处于警报状态，更多/更强的信号会收到较高的警报，并且最大覆盖范围约为火环的 20%，全世界活动故障的~20%。按照警告降序，我们用“警告星星”，红线和黄线标记记录并跟踪正在进行的警报，以及所有做出的预测，结果的完整列表以及指向时间戳保存的警报发布的链接。每次 M6+“重大”地震后都要检查模型[5] [6] [7]。问一个简单的问题：最近发布的最高警报级别(通常是红线警报或警报星)包括最近的地震吗？如果是的话，那么地震就是该模型的重灾区。如果没有，那就太错过了。确定成功的这种简单方法允许简单的二项式概率分析结果的重要性，其依据是发生了多少次地震与随机预期发生的地震数相比。

如果我们想将地震作为确定性系统进行描述，企图建立完整的物理-化学方程组并进行求解，看来更加困难。实际的地震，不管是符合板块冲撞学说，还是符合化学爆炸学说，还是符合电磁爆炸学说，说到底，就是当地地壳下每处的物质产生了激烈的变化。当地地壳内物体的机械运动(非巨大振动形式的机械运动)、热运动、物理相变(固态、液态和气态等)、化学反应状态产生了异常。进一步不难归结为：当地地壳内任意一点物质的化学成分、密度、速度和温度的状态产生了异常。与过去相比，运用该模型进行地震预报的思路也有了很大改变，如现在强调了要以“基于新的观测基础，新研究成果应用和汶川地震的总结反思，清理调整研究思路”和“以大区域构造动力动态过程为主线，循着边界动力－区域动态场－块体与边界带－应力应变增强集中区－强震危险性判定的思路；强调多学科综合性研究、动态与背景结合、统计与物理分析结合的原则。重视大背景与大动态研究结果对数年趋势判定的约束，对重点战略区(南北地震带、华北地区、天山地震带等)逐步加强基础性地学成果的应用，……。”这一地震预报新思路与新作法是很有重大进步，意义重大。强调了区域与边界力的动态分析，强调多学科综合性研究、动态与背景结合、统计与物理分析结合的原则，核心思路是对的。

令 P = (X，Y，震)为某地震区域内下部地壳中的任意一点，P 点处物质同地震有关的主要物质性状参数有：化学成分 C(X, Y, Z, t)，密度 ρ(X, Y, Z, t)，速度(矢量，具有大小和方向) V(X, Y, Z, t)，温度 θ(X, Y, Z, t)。在平静期，参数 C、ρ、V 和 θ 同时间 t 无关，而在地震发生之前的孕育阶段、正在发生时和结束以后的自平衡期，参数 C、ρ、V 和 θ 中至少有一个产生变化，也就是跟随 t 的变化而变化。参数 C、ρ、V 和 θ 相互之间存在一定的关系，它们各自还存在别的关联因素，因此，要相建立它们的实时变化方程组的确非常困难。因此，行之有效的是进行重点化、简单化、工程化处理，将地震预测作为单纯型自然性随机事件进行处理，通过各种前兆现象(如地应力、地位移、地磁场、地声和地振动等)的检测和数据处理，进行科学决策。

在中国当前科学预报还没有取得突破性进展的情况下，采取专群结合、土洋结合、多学科结合、多部门合作等措施非常必要。这里，本地群众观测和提高防震意识是第一位的，毕竟他们才是经历者承受者，他们最关心自己，而地方相关部门领导的风险决策作用也是起着关键作用。以唐山大震时的青龙县、海城地震的地方领导、松潘地震时地方当局为例，他们的作用太重要了。我们国家国土面积太大了，各地地震地质情况又很不同，统一管理很难周全，需要加重地方当局的责任，加大其防灾的主动性，应从国家层面上决策。

3. 预测成功和失败的示例

意大利-2016 年 10 月 30 日 M6.6。尽管在火圈中出现多个红线警报，但在 2016 年 10 月 29 日发布的警报地图中，意大利(警报星，图 1)出现了最高警报。这是唯一的 M6+现实生活中发生在欧洲的一次主要地震，也袭击了意大利上空的预警巨星。见下图 1：

Figure 1. The most recent alarm was issued in M6.6 in Italy on October 30, 2016. All alert maps are in the background with Google satellite images. All alert maps are in the background with Google satellite images
图 1. 警报发布最多最近在意大利的 M6.6 在 2016 年 10 月 30 日。所有警报地图是用 Google 卫星图片背景

美国-2016 年 12 月 8 日的 M6.6。美国唯一的 M6+活动在现实世界的实践中警惕东北太平洋火环。另一个高度戒备(中国)是当天接收 M6.0。那里不是“警示之星”，因此红线代表当天的最高警报。见下图 2：

Figure 2. The alert map was released on the morning of December 8, 2016
图 2. 警报地图发布于 2016 年 12 月 8 日上午

南美－在整个实际操作中，成功率很高。有 4 个 M6+“重要”实际操作的前 100 天发生地震(2016 年 11 月 4 日在智利为 M6.3，阿根廷西北部地区，2016 年 11 月 20 日，M6.4，巴西西部地区，2016 年 12 月 18 日，M7.6，智利南部(2016 年 12 月 25 日)，每个炸弹都袭击了当时处于最高戒备状态的区域，秘鲁 2016 年 12 月 1 日(不是“重要”)也发生在最高警报区域内。见下图 3：

Figure 3. The image of the most recent alert before the November 4, 2016 event
图 3. 最近发布于 2016 年 11 月 4 日事件之前的警报图

日本自从实际操作开始以来，日本已经发生了 3 次 M6+ “重大”地震，而这三起地震都是在使用本文所述系统对岛国进行高度预警的期间发生的。一个例子发生在 2016 年 11 月 12 日，当 M6.1 袭击日本时，其预警重点转向了西太平洋。见下图 4：

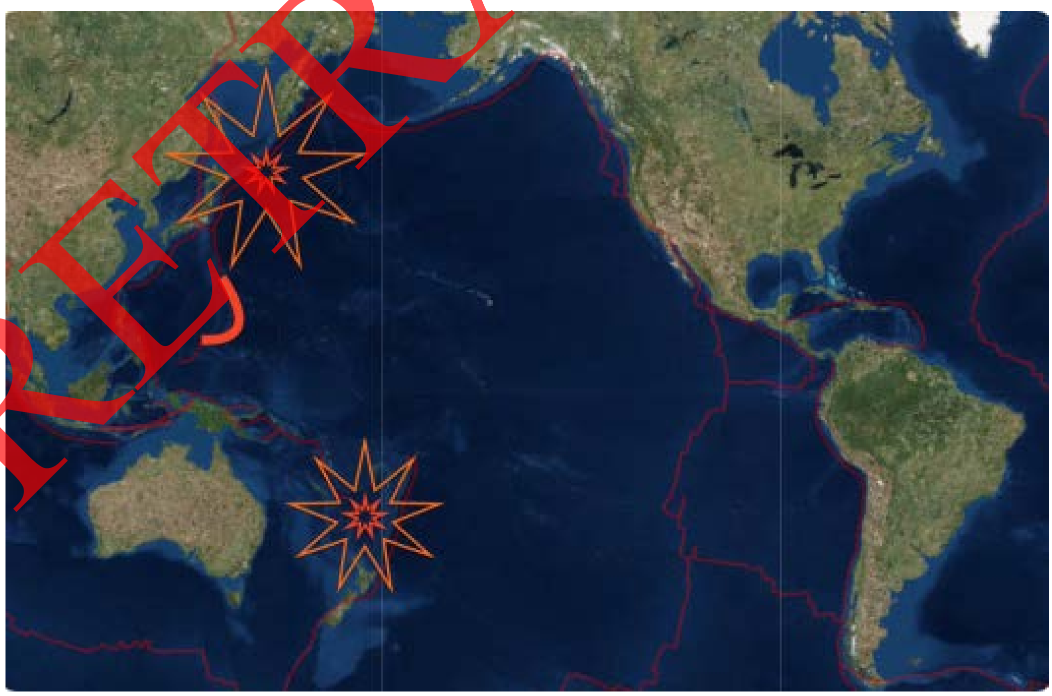

Figure 4. The alert image released on November 11, 2016. Age released on November 2016
图 4. 11 月 11 日发布的警报图 2016

新西兰：2016 年 11 月 13 日的 M7.8。2016 年 11 月 12 日日本地震后，焦点转移到了南火环(图 5)，大洋洲警报向着故障区域的角落蔓延。2016 年 11 月 13 日，M7.8 地震在高警报区袭击了新西兰。由 M5.8 和 M6.2 之间的各个机构报告，当天第二大地震袭击了阿根廷内陆高度戒备。见下图 5：

Figure 5. The warning map issued on November 12, 2016 after M6.1 attacked the Japanese warning star (Figure 4)
图 5. M6.1 袭击日本警报星后于 2016 年 11 月 12 日发布的警报图(图 4)

塔吉克斯坦错过的地震：2016 年 11 月 25 日的 M6.6，只有一场 M6+“重大”地震袭击了中东在前 100 天与西亚相遇的地区，2016 年 11 月 25 日发生了 M6.6。该地区不在地震发生时的任何警报，但是基于 Blotechoes 的 72 小时高警报仅在该区域过期 72 虽然结果错过了模型统计数据，但它为印迹在世界这部分地区发生后的可能等待时间提供了线索。最后的印迹回波发生在 2016 年 11 月 22 日世界标准时间(UTC) (图 6)，而 72 小时警报已于 2016 年 11 月 25 日在世界标准时间 13:12，地震发生在 2016 年 11 月 25 日世界标准时间 14:24。见下图 6：

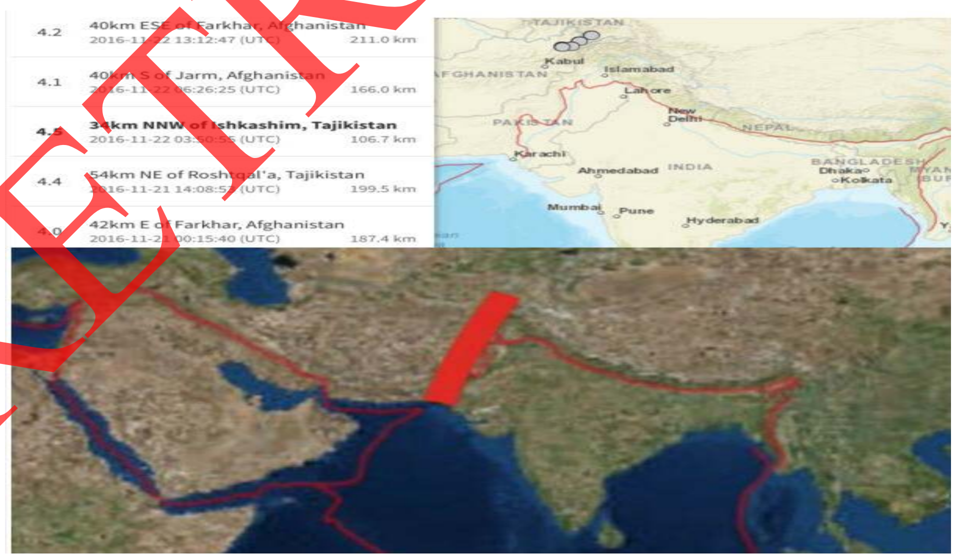

Figure 6. The five blemish echoes that struck northwestern India from November 21 to 22, 2016 (above), zooming in on the Middle East/West Asia warning area that expired 72 minutes before the earthquake (below)
图 6. 2016 年 11 月 21 日至 22 日袭击印度西北部的五个污点回波(上图)，放大了在地震发生前 72 分钟到期的中东/西亚警报区域(下图)

印度尼西亚西部：M6.5 on 2016 年 12 月 6 日错过的地震。一个强大的低压电池在印度洋亚齐海岸，印度尼西亚。地震在因子半径之内，但是没有污点回声的风暴本身不足以发出警报，地震也没有覆盖。见下图 7：

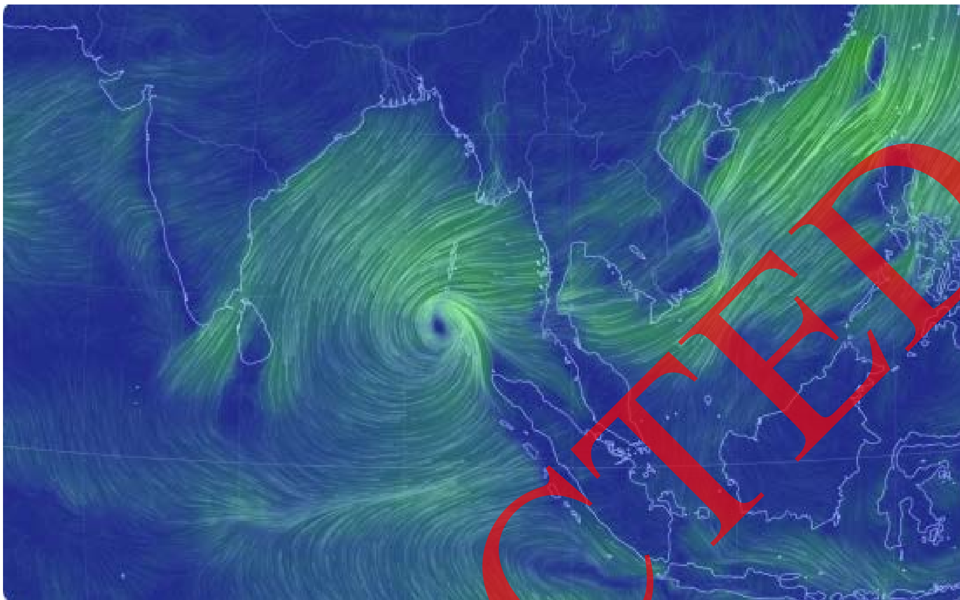

Figure 7. Low-voltage batteries in Northwest Aceh, Indonesia, December 6, 2016
图 7. 印度尼西亚亚齐西北的低压电池 2016 年 12 月 6 日

所罗门群岛的失踪地震：2016 年 12 月 8 日，发生 M7.8 级地震。同一天，一场 M6.6 级地震袭击了加利福尼亚州高戒备地区，一台 M7.8 级地震袭击了警报范围外的所罗门群岛。在图 8 中，我们看到了警报地图，其中包括当天发生的四次最大地震的位置，包括美国和中国的地震。见下图 8：

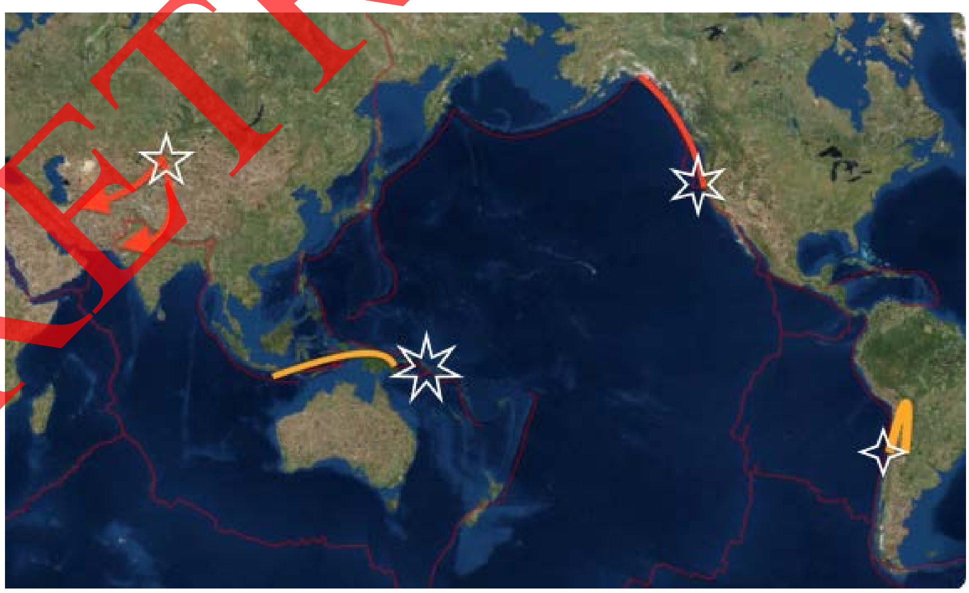

Figure 8. The warning map released on December 8, 2016. The four major earthquake epicenters are white as the protagonist
图 8. 发布于 2016 年 12 月 8 日的警报图四个主要地震震中以白色为主角

4. 前 100 天的总模型结果

从 2016 年 10 月 15 日到 2017 年 1 月 23 日(前 100 天)，发生了 24 次大于 M6.0 的“主要”(主要)地震。明显是前震(例如：M6.3 地震发生在地壳，在 M6.9 袭击斐济之前一天在斐济以下 555 公里)或余震(例如：两次 M6.5 地震和一场 M6.2“重大”地震)不包括在 2016 年 11 月 13 日的 M7.8 之后 13 个小时内袭击新西兰)。在这 24 次地震中，有 20 次(83.3%)达到了最近发布的警报地图中的最高警报区域，警报涵盖了全球最活跃的故障中的 17.9%。

尽管覆盖了 17.9%的活动断层区域，但仍有 71%的时间中有一部分断层系统从苏门答腊到克马德克群岛处于高警戒状态，而超过 80%的高警戒区发生在火环上。从统计上讲，警报覆盖的 17.9%的地球应期望看到 M6+“重大”地震的 29%至 37%，具体取决于是否选择按国家，地区，断裂带或地理坐标选择历史统计数据，以及是否选择 5，将使用 10 或 20 年的统计记录。出于此分析的目的，随机获得的最高预期成功率(37%)被用于创建此模型的最大意义障碍。成功+80%时，该模型的性能要比随机分布的警报区域好 2 倍以上。使用二项式概率分析，预期成功率为 37%，n = 24，成功预测的平均地震预期数量为 8.88，方差为 5.59，标准差为 2.4。随机地，警戒区应覆盖不超过 24 个地震中的 14 个或 15 个(2 个标准差)。使用此规模的警报区域，在此时间段内有 99.9996%的机会覆盖不到 24 个 M6+“重大”地震中的 20 个，覆盖 9 个或更少的概率为 99.1%，表 1 显示了在预测模型的前 100 天中，每场大于 M6.0 的“重大”地震。

Table 1. In the first 100 days of actual model practice of the current earthquake prediction model, there were 24 M6+ “major” earthquakes, with the amplitude decreasing from large to small, and whether the earthquake reached a high alert zone
表 1. 在当前地震预报模型的实际模型实践的前 100 天中，发生了 24 次 M6+“重大”地震，幅度从大到小依次递减，以及地震是否达到了高警戒区

Serial number	Mag.	Date	Location	In Alert Zone
1	7.9	January 22, 2017	Papua New Guinea	Alert Zone
1	7.9	December 17, 2016	Papua New Guinea	Alert Zone
3	7.8	November 13, 2016	New Zealand	Alert Zone
3	7.8	December 8, 2016	Solomon Is.	Not in Alert Zone
5	7.6	December 25, 2016	Chile	Alert Zone
6	7.3	January 10, 2017	The Philippines	Alert Zone
7	6.9	January 3, 2017	Fiji	Alert Zone
7	6.9	November 24, 2016	El Salvador	Alert Zone
7	6.9	November 21, 2016	Japan	Alert Zone
10	6.8	October 17, 2016	Papua New Guinea	Not in Alert Zone
11	6.7	December 20, 2016	Indonesia	Alert Zone
12	6.6	December 8, 2016	USA	Alert Zone
12	6.6	October 30, 2016	Italy	Alert Zone
12	6.6	October 19, 2016	Indonesia	Alert Zone
12	6.6	November 25, 2016	Tajikistan	Not in Alert Zone
16	6.5	January 19, 2017	Solomon Is.	Alert Zone
16	6.5	December 6, 2016	Indonesia	Not in Alert Zone
18	6.4	December 18, 2016	Brazil	Alert Zone

Continued

18	6.4	November 20, 2016	Argentina	Alert Zone
20	6.3	December 5, 2016	Indonesia	Alert Zone
20	6.3	November 4, 2016	Chile	Alert Zone
20	6.3	October 15, 2016	Papua New Guinea	Alert Zone
23	6.2	October 21, 2016	Japan	Alert Zone
24	6.1	November 11, 2016	Japan	Alert Zone

5. 讨论

成功的限制性观点，一旦发生M6+地震，只有最近发布的警报将被视为地震发生时的警报。该“最新”规则用于简化对地球上哪些区域处于警戒状态以及哪些区域不再处于危险状态的了解。通过这种方法，寻找M6+事件，从理论上讲，华盛顿特区可能处于警戒状态，如果华盛顿特区发生五次M5.9地震，再加上佐治亚州的M6.4，然后在解除警戒一小时后，发出M6.6可能会袭击华盛顿特区，而我们的模型在此期间从技术上讲将是零成功。实施这种最终的限制性成功观点可以消除有关预测是否成功的任何问题，即使像本例中那样，如果警报确实在如此难以想象的罕见地震事件之前发布，则可能值得进行大量的事后研究。信息性的，不可行的。17.9%的警报区域覆盖率要求我们将模型输出表征为信息性数据，而不是可操作的数据。几乎不可能保证发生地震的确切地点，并且直到预报的确定性与飓风的预报准确度相匹配之前，输出结果仍应具有信息性，以避免不必要的资源使用，民众的误解和不适当的理解。该模型代表了朝未来地震预警目标迈出的一步，也是实现这一目标所必需的一步。地震预报可能引起公众的负面反应，绝不应该阻碍其进展。

与标准印迹预测的偏差，印迹回波已经可靠地预测了欧洲，南美，大洋洲，东南亚/东南亚和中美洲的大地震。世界上某些地区遵循的规则略有不同。美国西部和加拿大的断层系统不需要将回波的深度作为明显的前兆。在这些海岸线上发生的M4+事件增加了附近同时发生的大气信号也是地震前信号的机会。在中东，尼泊尔和东南亚，连续几个月几乎每天都有斑点回声事件发生，与某些大气条件(如长波辐射(OLR))相比，预报回声事件似乎并不重要(Lal & Bhagavathiammal, 2016; Prakesh *et al.*, 2015; Venkatanathan & Natyaganov, 2014年支持了这一观察结果)。大洋洲东部的大地震(萨摩亚，汤加，斐济，瓦努阿图，新喀里多尼亚，新西兰)与低速区的污点回波的相关性比与靠近过渡带的地震强(Windbiel, 2017; Davidson, 2017)。

超越历史大型事件统计，这种方法的一个有效问题可能是，人们将只对世界上最活跃的区域保持高度警惕，并希望与整个地球相比，在这些区域内发生高比例的地震。可以想象，这种方法可以确定五年，十年和二十年中最活跃的区域，并可以很好地猜测在警报区域大小的范围内，地球的哪个部分将产生最高的“回波”(地震次数)。但是，在本模型中，警报区域是动态的，并且基于客观因素。在此期间，四次漏失地震中的三次从印度尼西亚到所罗门群岛，这一区域正是上述静态监视区方案中需要覆盖的区域。此外，美国，欧洲，中美洲和新西兰(在处于最高戒备状态的前100天内都经历了M6+“重大”地震)的活动不如南美，日本，大洋洲北部和通过印度尼西亚的西断层那么活跃。如果仅使用最活跃的区域来代替所描述的地下和大气信号，那将不会保持警惕。行动机制问题，在这个时候，前感觉信号的准确性比作用机制更容易理解，就像我们的祖先可以预测天体的运动而误解它们是活的神一样。尚不确定该模型中的信号是独立触发随后的地壳地震，还是仅仅是在较大过程中的同时发生的症状。这里使用的大气信号的性质，深层地震的性质和位置以及地幔中的化学成分表明，电磁学是理解触发这些事件的作用机理的可能途径。

6. 结论

目前国际上发展的1年尺度地震预测模型，在数量上相比时间尺度更长(例如5年)的中长期预测模型、短期预测模型(天~周~月尺度短期预测模型)明显较少。重点介绍了CVb等5种基于G-R关系的统计概率预测模型、Triple-S等4种空间平滑类的统计概率预测模型、RTM等6种基于前兆现象和其他原理的统计概率预测模型。此外，混合模型共涉及到将预测结果混合、不同的统计概率预测模型混合、统计概率预测模型与物理预测模型混合、不同的物理预测模型混合等多种类型的8个模型。在预测效能检验上，用于比较的“参考模型”仍是物理意义清晰、广泛认可的预测模型，因此面临着与1年尺度预测模型相同的研究现状，在具体的效能检验中，国际上主要选取RI、空间平滑等相对简单的模型进行比较。当前国际上对1年尺度地震预测模型的研究，总体上的建模基本原理较为单一、开发的模型数量较为有限，凸显了该方向并不是快速发展的研究领域，在基础理论架构、关键技术体系上并未足够成熟，仍有较大的发展空间。未来在提升1年尺度地震预测效能上，近年来一些新的技术思路的引入可能具有参加价值，例如将数年尺度的中长期预测结果作为年尺度预测的约束的“反向前兆追踪”(RTP)技术(Zhao *et al.*, 2010)，以及将从数天到数年的多尺度预测模型混合、发挥各自在不同时间尺度上的信息增益(IGPE)优势的Janus混合模型(Rhoades, 2013)。当然最为关键的提升，仍是继续发现更多的有物理意义的震前1年中期尺度地震前兆现象并模型化，以及深入研究地震孕育发生和成灾演化过程。

地震预测研究重要，但是回顾地震的灾害，造成人员财产损失最大的因素是地震造成房倒屋塌，山崩地裂，滑坡泥石流等，这些损失完全可以采取其它措施加以避免和减小的，在今天我们的国力强大完全可以找出办法解决。建议，一要加强国土规划。按照国土特点，城区发展规划，在宜居地区搞好防震住房建设，不适合居住生活的地带(地质危险地带)要做到有计划的调整搬迁；二要进行防震房的建设。汶川地震后建造的房屋坍塌很少，证明这是一件很有效的措施。这方面，科学技术开发已取得许多很好的成果与经验，应加以推广，国家有关部门应继续引导社会各界增加投入，并对重点项目给予支持，鼓励发展，以形成大产业；三，加强对群众的防震教育，提高防震自救意识，这方面好的实例很多，海城地震、唐山地震、松潘地震、汶川地震等都涌现出很多人和事迹，需要广泛宣传推广学习。同时也要发扬地方与群众预报预测地震的积极性。

致　谢

感谢各位老师对本文在构思、写作过程中的指导！感谢中国管理科学研究院地球运行规律与系统科学研究中心主任全春娴教授、中国管理科学研究院生产力促进研究所常务所长赵东礼教授、中国管理科学研究院生产力促进研究所副所长钟楚田研究员、中国管理科学研究院生产力促进研究所院士专家委员会名誉主任刘租林教授、中国管理科学研究院生产力促进研究所瓦斯雷避雷综合研发中心主任李臣忠教授等专家的悉心指导。

参考文献

[1] Becken, M., *et al.* (2011) Correlation between Deep Fluids, Tremor and creep along the Central San Andreas Fault. *Nature*, **480**, 87-90. https://doi.org/10.1038/nature10609

[2] De Santis, A., *et al.* (2017) Potential Earthquake Precursory Pattern from Space: The 2015 Nepal Event as Seen by Magnetic Swarm Satellites. *Earth and Planetary Science Letters*, **461**, 119-126. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.12.037

[3] Fidani, C., *et al.* (2010) A Study of the Correlation between Earthquakes and NOAA Satellite Energetic Particle Bursts. *Remote Sensing*, 2, 2170-2184. https://doi.org/10.3390/rs2092170

[4] Giacco, F., Saggesse, L., de Archangelis, L., Lippielo, E. and Pica Ciamarra, M. (2015) Dynamic Weakening by Acoustic Fluidization during Stick-Slip Motion. *Physical Review Letters*, **115**, Article ID: 128001.

https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.128001

[5] Grover, J.C. (1967) Forecasting of Earthquakes—Correlation between Deep Foci and Shallow Events in Melanesia. *Nature*, **213**, 686-687. https://doi.org/10.1038/213686a0

[6] Grover, J.C. (1974) Implications of Blot's Theory for the Prediction of Volcanic Eruptions and Earthquakes. *Geoexploration*, **12**, 232-234. https://doi.org/10.1016/0016-7142(74)90084-2

[7] Hill, R.D. (1971) Spherical Capacitor Hypothesis of the Earth's Electric Field. Jour. *Pure and Applied Geophysics*, **84**, 67-74. https://doi.org/10.1007/BF00875454