

魏柏林. 地震预报成功与失败的讨论[J]. 华南地震, 2021, 41(3): 145–150. [WEI Bolin. Discussion on the Success and Failure of Earthquake Prediction [J]. South China journal of seismology, 2021, 41(3): 145–150]

地震预报成功与失败的讨论

魏柏林

(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 地震过程的复杂性、地壳深度的不可入性、地震事件的小概率性, 导致地震预报是仍未解决的世界难题。通过广东及邻区震情处理事件的回顾, 以及我国大震的预报成功与失误的例子分析, 简述我国地震预报的困境和亟待解决的问题, 指出地震预报目前或相当长的时间都无法做到精确的三要素的预报。然而, 不太精确的地震预报应是地震工作者奋斗的目标, 也是社会的需要, 必须坚持中国特色的地震预报道路。

关键词: 地震预报; 地震预测; 地震台网; 地震前兆; 预报思路

中图分类号: P315.75

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2021)04-0145-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2021.04.20

Discussion on the Success and Failure of Earthquake Prediction

WEI Bolin

(Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The complexity of the seismic process, the inaccessibility of the crustal depth, and the small probability of seismic events make earthquake prediction an unsolved world problem. Based on the review of earthquake processing events in Guangdong and its adjacent areas, as well as the analysis of the examples of the success and failure of earthquake prediction in China, this paper briefly describes the difficulties and problems that need to be solved in earthquake prediction in China, and points out that earthquake prediction cannot achieve accurate three-element prediction at present or for a long time. However, the inaccurate earthquake prediction should be the goal of earthquake workers, and need of society. We must adhere to the road of earthquake prediction with Chinese characteristics.

Keywords: Earthquake prediction; Earthquake forecast; Seismic network; Earthquake precursors; Forecast ideas

0 前言

汶川地震是在耗资巨大的全国数字台网(汶川地震震中附近亦有地震台网分布)建立后, 却未能捕捉到地震前兆, 而漏报了这次8级地震。汶川地

震为何没能预报, 中国地震局总结为长期预报偏差、中期预报偏差、短临预报偏少。地震预报是仍未解决的世界难题, 因为地震过程的复杂性、地壳深度的不可入性、地震事件的小概率性^[1], 因此地震是很难预报的。

收稿日期: 2021-03-10

作者简介: 魏柏林(1937-), 男, 研究员, 主要从事大地构造、地震地质、地震与海啸等研究。

E-mail: wbl33831137@163.com

1 广东及邻区震情处理的回顾

广东地区属于东南沿海地震带的一部分,就地震活动水平而言,高于邻省。与全国地震带的地震活动比较,又为低活动区。从东南沿海地震带地震活动来看,3~4级的地震每年都有发生,5级地震,每隔3~5年一次,6级以上地震,据近百年的统计,约7~26年发生一次。在作者工作期间,主持或参与一些震情处理,积累了一些经验与教训,那就是:在东南沿海地震活动较低的背景下,地震发生又是小概率事件,地震成因和前兆又不明确的前提下,不能作地震三要素的预报。凡预报某处近期内将发生5~6级地震,必遭失败。只能在已知发生小震的地段作震后趋势判定,不存在地点的预报。按照“突发性震情综合分析预报程序”判定某处近期内不会发生5级以上地震,十之八九都是正确的。下面列举震情处理的震例。

(1)1976年唐山地震后,全国许多地方都报道出现异常,广东遂溪1976年8月4日发生一次3.9级地震,海康气象站报道一口井出现气体异常,还有群众报来的其他异常,于是国家地震局广州地震大队(广东省地震局前身)作出了8~9月雷琼地区将发生5级以上地震预报。结果未发生,一次明显的虚报。

(2)1977年10月19日广西平果5.0级地震,我们派出了4个流动地震台赴地震现场监测震情,地震序列是主—余型,随着余震的衰减,判定今后不会有更大的地震。判定正确。

(3)1981年4月9日广东海丰4.2级地震,2月26日发生3.3级,3月14日发生3.4级,4月9日发生4.2级。1~5月共发生1800次一群小地震,地震序列是震群型,由3个子群组成。判定今后不会有更大的地震。判定正确。

(4)1982年1月25日海南三亚北4.5级地震,根据这次地震的序列特征和历史地震情况,且又无宏观异常出现,判断为孤立型,近期无强震发生。判定正确。

(5)1986年1月28日阳江发生5.0级地震,当时判定是1969年6.4级地震的晚期强余震,地震序列是前—主—余型,今后还会发生一定数量3~4级地震,但近期内发生5.0级地震可能性很小。按当时的5.0级地震序列衰减判定最大也不会超过4.5,可是没想到只隔13个月于1987年2月25日发生了4.7级地震。判定失误。

(6)1994年及1995年北部湾6级双震,这次6级地震,曾有过明确的中期预报,在“华南片1994年下半年地震趋势会商意见”中指出,粤桂琼交界地区未来1~3年内有发生5~6级地震危险。在华南地区开展2005年前强震预测研究中,根据多项指标的综合分析,明确将北部湾划为2005年前发生强震的第二危险区。这两次6级地震都在预测范围内。但无短临预报。1994年12月31日发生6级地震后,广东省局工作人员正在现场作宏观调查及震情判断,认为近期内不会有6.1级以上地震发生,结果只隔10天,在同一地区又发生了一次6.2级地震。判定失误。

2 我国几次大震预报的成功与失误

1966年3月8日河北邢台发生6.8级地震,8000余人丧生,3.8万余人受伤。震后不久,当时中国科学院中南大地构造研究室派陈国达教授、陈恩民和作者一同赴邢台地震现场参加会商并进行烈度及宏观考察。梅世蓉、时振梁主持了邢台地震现场工作,向我们介绍了邢台地震的序列特征,宏观破坏情况以及最近的震情。通过地震现场的艰苦工作,发现了密集—平静—大震的规律,并在海城地震得到应用,取得了地震预报的成功。但在唐山地震时,未等密集的小震出现,突然发生大震。显然,密集—平静—大震的规律,只适合某种类型的地震,不具普遍性。因此,在此后的地震预报中,虽也有过成功,但多数归于失败^[2-3]。

(1)1966年3月8日河北邢台发生6.8级地震,一直到21日,地震专家判断,主震已过,近期不会发生更大的地震。结果22日发生了一次7.2级地震。显然判断失误。但从这次地震中总结出密集—平静—大震的规律,对今后的地震预报很有参考价值。

(2)1970年1月5日云南通海7.7级地震,主震前没有直接的前震,未作预报。

(3)1975年2月4日19时36分,辽宁海城(今海城市)一带发生7.3级地震。这次地震作了长中短临预报。这是联合国惟一承认的一次成功的地震预报。经查证,官方并没有就海城地震正式发布短期预报。1975年1月13日,全国地震趋势会商会在北京召开时,国家地震局沈阳大队的顾浩鼎在会上发言,认为“半年甚至一两个月内,会有6级地震”。这大概是海城地震“短期预报”的出处。但实际上,官方并未认可顾的观点,而是

调整为“一年内会有5至6级地震”——这刚好超出短期预报的范畴,属于中期预报了。

1975年2月3日傍晚,营口至海城一带小震活动骤然增多,至2月4日晨8时,当地已先后监测到200多次地震。其中最大的一次地震,是4日晨7时50分的4.7级地震。2月4日零时30分,辽宁省地震办主任朱凤鸣向省政府提交的《地震情报》中,提出“震级尚在不断加大”,“很可能后面有较大地震”。这些被认为是海城地震的临震预报。但据说,朱凤鸣并未明言大地震将在24小时内发生,他的时间尺度或许是一两个星期之内。但革委会副主任华文看到这份《地震情报》后,当即处于紧张状态,立即要求开会布置防震工作。当天11时,作为辽宁省革委会第一副主任的李伯秋将军,下令要求市、县、公社采取紧急措施,包括昼夜值班巡逻、不坚固的房子要借宿睡觉等。个别电影院贴出“因地震改露天放映”的布告,营口驻军2月4日取消了春节在礼堂慰问演出,当晚19时36分,大地震发生。由此而减少了大量的人员伤亡和财产的损失。

(4)1976年5月29日云南龙陵7.4级地震,各级政府部门曾作过不同程度的中期和短临预报。尤其值得一提的是,当5月29日19时58分5.2级地震发生后,龙陵县政府根据县地震办公室的临震预报,立即拉响了事先规定好的警报,震中附近的公社领导则鸣枪报警,动员大家疏散,因而大大减少人员伤亡。

(5)1976年7月28日河北唐山7.8级地震,唐山地震前有过长中期预报,但未作出短临预报。地震前兆都观测到中、短、临的变化,但因没有前震,故漏报了这次灾难性的地震。

(6)1976年8月16日四川松潘7.2级地震,作了较好的长、中、短、临的预报。四川省委在听取了四川省地震局关于震情动态的汇报后,于1976年6月22日发出“关于切实做好防震抗震工作的紧急通知”明确指出近一两个月内龙门山断裂带中南段有可能发生7级以上破坏性地震,要求各有关地市州加强对地震工作的领导,切实做好防震抗震工作。7月底到8月初,根据宏观异常的猛烈涌现,四川省地震局预测8月13日、17日、22日前后,在龙门山中南段、茂汶、北川一带或康定、泸定一带可能发生6级或6级以上甚至7级左右地震。8月16日四川松潘发生了7.2级地震。预报基本正确,只是时间过长,地点过大。

(7)1985年8月23日新疆乌恰7.4地震,无预报。

(8)1988年11月6日云南澜沧-耿马7.6、7.2级地震,作了中长期预测,无短临预报。

(9)2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震,当地和周围台站稀少,无预报。

(10)2008年5月12日四川汶川8.0级地震,长期预报偏失、中期预报偏差、短临预报偏少,无预报。

3 地震预报的进展情况

3.1 地震预报的争论

上世纪五十年代前,地震预报处于低迷状态。但是,地震的突然袭击给人类带来重大的灾难,随着地震和地球物理事业的发展,地震预报问题愈来愈引起学术界关注。六十年代后,尤其是像日本、俄罗斯、美国和我国不时遭受破坏性地震威胁的国家对地震预报更为关注并加大了投入。

尽管各国政府对地震预报的投入加大,许多地震学家不管遇到多大的困难,都在作不懈的努力。但近年来西方有一股思潮,认为地震不能预报。尤其是1997年,日本东京大学、加州大学洛杉矶分校等学校的盖勒(Robert J. Geller)等4名地震学者联名在《科学》杂志发表了《地震不能预测》^[4]的论文。该文指出,在对地震预测进行了近30年的苦心研究之后,得出的结论是:地震是无法预测的,从事这方面的研究工作是一项毫无希望的工作。

几个月后,《科学》杂发表了两位学者对此文的批判以及盖勒等人针锋相对的反驳。1999年,争论发起人英国爱丁堡大学地质与地球物理系教授梅恩^[5](Ian Main)在英国“自然”杂志的网站上发起了一场历时两个月的专题辩论,探讨“单个地震的准确、可靠的预报是否是一个现实的科学目标;如果不是,我们在试图达到地震发生过程的可预测性中还应该走多远”。各国学者发表了自己的看法,而盖勒则舌战群儒,陆续提交了好几篇文章。这场辩论对后来很长时间的 earthquake prediction 研究都产生了深远影响。

盖勒等人在这篇文章中提出一个重要观点,即认为地球处在一种自组织临界(SOC)状态,任何小地震都有可能发展成为一次大地震。而美国加利福尼亚大学地球物理学与行星物理学研究所的诺波夫(Leon Knopoff)教授^[6]则早就提出,地震具有“自组织,但不临界性”(SO but not C)的特点,尤

其是考虑到余震,地震的震级-频度关系是具有特征尺度的,而不是像 SOC 模型所建议的具有“尺度不变性”。

中国地震局地球物理研究所所长吴忠良表示,“即使地震活动的 SOC 模型是成立的,得出‘地震预测不可能’的结论也显得过于仓促和简单化。”

很多人对此并不认同,美国哥伦比亚大学 Lamont-Doherty 地球观测站的肖尔茨(Christopher Scholz)教授^[7]提出:“我们是否应当宣布地震预测是不可能的,并将它从我们的思维中排除掉?我想不应当,对地震物理学还有那么多需要了解,快速的进展也正在实现。”

美国阿拉斯加大学地球物理研究所教授怀斯(Max Wyss)^[8]的看法具有一定的普遍性:“我对其(地震预测)近期的前景是悲观的,而对其长期的前景则持乐观的态度……地震破裂无疑是存在一个预备过程的(前震显示了这一点)。我相信,紧随我们之后的有创造性的、充满活力的人们最终将会提高我们的能力,预报出某些地区的某些地震……”

实际上,关于地震预测最重要的区别是“Forecast”和“Prediction”。这两个英文单词对应的中文都是“预测”、“预报”,但在英文中却有着本质区别。“Prediction”指极为精确的预测,某个具体地点在未来某个确定时间内将以非常高的概率发生某个震级的地震,近乎“预知”;而“Forecast”则是以一定资料为基础,对一个较为广泛的区域在一段较长时期内的某一不确定时间发生地震的概率估计。绝大部分地震学家和相关专业人士作出的预测都属于“Forecast”而非“Prediction”。

盖勒等人规范的“地震预报”,即能够明确给出地震的时间、地点和震级。地震预报必须非常可靠、精确,以减少因预报错误而造成的各方面的损失。在随后的文章中,盖勒将他所指的“预报”限定为“对即将来临的大地震的报警……也就是说,对地震风险的长期预测,或对余震可能性的统计性预测,均不能分类为预报”。盖勒的“地震预报”,实际是“Prediction”,可以理解为精确的地震预测,显然目前做不到,甚至相当长的时间都难以做到。而“Forecast”可理解为不太精确的预测,是可以做到的,包括我国的海城 7.3 级地震、云南龙陵 7.4 级地震、松潘 7.2 级地震的预测都属这个范畴。我们目前从事的和必须坚持的地震预报事业也正是“Forecast”含义的地震预测。

3.2 我国地震预报的艰苦历程

我国的地震预报是 1966 年邢台地震后开始的,周恩来总理站在邢台地震的废墟上说:“我们不能只留下地震史实,要抓住地震现场不放,希望你们这一代搞出地震预报。”1975 年海城地震准确预报,给中国地震界极大的鼓舞。它是人类历史上第一次准确预报的强震,也是联合国惟一承认的准确预报的地震案例。大家很兴奋,以为实现了总理要求,有些人甚至认为地震预报很快将要程序化。1976 年唐山地震,虽然观测到大量信息,但最终没有预报,地震预报一度走入低谷。但我国地震工作者并未泄气,不断总结经验教训,系统地解剖震例,找出地震前兆,规范地震预报方法。1998 年地震预报被写入《防震减灾法》,规定国家对地震预报实行统一发布制度。地震短期预报和临震预报,由省、自治区、直辖市人民政府按照国务院规定的程序发布。国家加大了地震科研的投入,中国地壳运动观测网络是“九五”国家重大科学工程建设项目,1998 年开工建设,由国家投资 1.35 亿元人民币。2001 年 7 月,中国数字地震观测网络项目正式立项。2004 年 6 月开始实施,至 2008 年 4 月 11 日在北京国务院抗震救灾指挥部通过专家组验收,总投资 22.8 亿多元人民币^[9-11]。尽管这些项目都已完成,但是 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级地震仍未能预测,不但没有短临预测,连中期预测都未做到。

3.2.1 我国地震预报的思路

我国目前所走地震预报的道路,是在广泛的监测基础上,边观测、边研究、边预报。经过“七五”、“八五”攻关,进行地震预报实用化深入研究,逐步发展了具有中国特色的预报思路和工作程序,形成“长、中、短、临”的阶段性的渐进式预报科学思路,并将区域应力“场”的动态监视与震源过程追踪相结合,以“场”求“源”,加强短临跟踪预报。初步建立了一些中、短、临预报指标和综合预报方案,为对某些类型地震一定程度预报奠定了基础,也取得了一些成功的预报震例^[8]。

3.2.2 预报了几次成功的震例

在“长、中、短、临”的阶段性的渐进式预报科学思路未形成之前,我国地震界已在边观测、边研究、边预报的基础上作出了 1975 年海城 7.3 级地震、1976 年 5 月 29 日云南龙陵 7.4 级地震和 1976 年 8 月 16 日四川松潘 7.2 级地震的预报。在这个思

路形成之后,又作了3次较为成功的预报。如1995年7月12日中缅边境7.3级地震,1996年12月21日四川甘孜白玉—巴塘5.5级地震,1997年4月6日新疆伽师6.3和6.4级地震。

3.2.3 漏报了3次大震

当我们为1975年海城7.3级地震预报准了而高兴的时候,1976年唐山7.8级地震有觉察,但未能预报,令人沮丧。2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震,无预报可归因当地和周围台站稀少。可是2008年5月12日四川汶川8.0级地震,是在台网比较密集,数字化台网建立地区,然而中期的没有觉察,更无短临预报。

4 地震预报的前景

地震预报的前景,陈运泰引用了著名科学家、液态燃料火箭发明人戈达德的一句话:慎言不可能,昨日之梦想,今日有希望,明日变现实。

4.1 地震预报是世界难题

汶川8.0级地震之所以未能预报,正如中国地震局的总结:长期预报偏失,中期预报偏差,短临预报偏少。为什么会这样,因为人们的认识水平还未达到如此的高度,因此对汶川地震就有5个想不到:汶川发生地震想不到,时间2008年没想到,震级没想到,余震序列那么复杂没想到,震前异常那么少没想到。这就是公认的地震预报是世界难题。曾任美国地震学会会长的艾伦教授评价说:“地震短期预报比预料的困难得多”,“对这一问题研究进展比预期的要缓慢得多”。盖勒等人认为地震不能预报。我国地震界大多认为,地震预报目前困难,最终是能做得到的。

地震预报之所以难也就是难在汶川地震5个想不到,前3个想不到就是地震预报的地点、时间和震级,这三要素判断又取决于第5个想不到,即震前异常那么少没想到。涉及地震有无前兆,这也是地震学界争论不休的问题。如果没有前兆怎么判断地震孕震的地点,发震时间和震级。因此,地震预报归根究底是震前异常和前兆的确定。海城地震预报成功主要就是地震前兆明显,小震密集—平静—大震。唐山地震和汶川地震的漏报就是无前震的前兆,像这种类型的地震今后也无法预报。

4.2 地震预报的探索

汶川地震未能预报,温家宝总理仍然对从事地震预报的科技人员寄予厚望,在国家地震局开

会研究成立国务院汶川地震专家委员会时说,要“深化对地震发生规律的认识,深刻地吸取经验教训,提高地震预测预防的水平,为今后搞好地震科学预测工作提供宝贵的科学模式”。温家宝总理是地质学家,他深知地震预报的难处,也看到地震预报的曙光。我国的地震预报事业是在周总理号召下开创的,走过了55年历程。其中,既有成功的喜悦,证明地震是可以预报的;也有失败的沉痛,反映地震预报确是世界难题。虽然地震预报路慢慢,只要我们坚持,目标是可一步一步逼近的。怎样深化对地震发生规律的认识,如何提高地震预测预防的水平,最终找到地震预测科学模式。地震预报的终极目标,即地点、震级和时间的确定。

4.3 预报地震的地点难以确定

从世界地震分布来看,大震多数集中在环太平洋地震带和地中海—喜马拉雅地震带,即是两板块接触带,也是地壳最活动的构造带。从我国地震分布来看,强震和大震主要发生在板内亚板块交界带,如南北地震带、昆仑地震带、天山地震带、汾渭地震带等,也是地壳的活动带。这些地震带的地震都是沿断裂排列和分布。弹性回跳、断层粘滑、岩石破裂、震源机制解等都证明地震的断层成因说。用现在的地球物理、钻探等手段能否查明地壳深层的精细结构,哪些地段岩石处于破裂的临界状态,活动断裂带的位置、活动速率。无疑,这样的工作量是巨大的,如果像地质普查那样,把地壳不同深度活动断层精细结构查清楚了,那么离地震准确的地点预报也就不远了。但是,目前的勘测手段达不到圈定活动断层精细结构那样的精度,同时,也因断裂活动带的范围很大,无人力和经费投入这样大的工作,故预报地震地点难以确定。如果某地发生一些小震,或某一区间发生一系列小震,经验的做法是根据小震的空间分布规律可以作到地点的预测,若无小震发生,仅靠异常来预测地点是非常困难的。

4.4 预报地震的震级难以确定

虽然经过地震学家近百年的努力,大致了解地震与岩石破裂和断层活动的关系,但地震孕震过程仍不清楚,这也就是地震成因的复杂性。根据断裂两侧孕震的岩体,即震源体多大难以判断对应的震级多大,因孕震过程是非线性的,其演化的途径和结果不是惟一确定的。再者,地壳深

处的精细结构都无法测定,震源体的大小又如何测定。此外,震级还取决于断层破裂初始条件和破裂长度,如何确定断层的局部应力状态和强度。因此,预报一个地区地震的震级难以确定。通常的方法是根据异常的范围和数量来粗略估计震级大小或根据经验,若发生确认的前震,一般在前震震级加2即为主震震级。

4.5 预报地震的时间难以确定

地震有无前兆一直在地震界争论已久,经近百年的寻找,终于在1989—1990年间,国际地震学与地球内部物理学协会(IASPEI)下属的地震预测分委员会,组织了一个由13位专家参加的工作小组,对各国专家提出的28种他们认为有意义地震前兆进行了较为严格的评审,结果只评出3项:①强余震之前的地震“平静”;②中国海城地震的前震;③日本伊豆一大岛近海7.0级地震(1978-01-14)前水氢含量减少。我国海城地震预报成功主要是海城地震的前震,出现了小震密集-平静-大震,而作了短临预报。但许多地震小震密集-平静不一定发生大震,如1981年海丰地震。还有不出现小震密集-平静,突然发生大震,如唐山地震、汶川地震等。到目前为止,仍未找到具有因果关系的前兆震群。因此预报地震的时间难以确定。

4 结语

地震预报目前或相当长的时间都无法做到精确的三要素的预报。然而,不太精确的地震预报应是我们奋斗的目标,也是社会的需要。我们必须坚持中国特色的地震预报道路。

(1)坚持边观测、边研究、边预报的实践道路,按照“长、中、短、临”的阶段性渐进式预报科学思路,并将区域应力“场”的动态监视与震源过程追踪相结合,以“场”求“源”,加强短临跟踪预报。初步建立了一些中、短、临预报指标和综合预报方案。

(2)专群结合,加大捕捉地震前兆力度。地震的专业队伍,在地震成因和地壳精细结构上进行深入的研究和攻关,在地震高发地震带特别要注意发现和寻找地震的微观前兆^[12-13]。群测队伍在宏观前兆方面要努力发现、寻找和鉴别与地震有关的异常。

(3)尊重地震预报的非主流队伍,对他们的预

报意见要充分的考虑,不要轻易否定。在地震预报未实现之前,广开思路,多路探索,学科互补,让更多的人参与到地震预报事业中来。中国地震局和中国科委应对那些一生都献给地震预报事业的非主流队伍给予经费的支持。所谓地震预报的非主流队伍都是在前一个地震高潮期中的干将,现在退休了,但为地震预报作奉献的精神不减当年,他们有一定的理论基础和扎实的专业知识,何不让他们为地震预报事业发挥余热呢?!应给予经费的支持。

(4)广东及东南沿海地区的震后趋势判定。广东及东南沿海地区的地震活动水平较低,不能作地震三要素预报。一旦地震发生,不存在地点的预报,只能在地震发生的地区作震后趋势判定。由于这一带人口密集,工农业发达,市场繁荣,社会稳定至关重要。同时广东及东南沿海地区5级以上地震发生概率都很低,因此判定近期内不会发生大于5级的地震,十之八九是正确的。

参考文献

- [1] 张国民,张晓东,吴荣辉,等.地震预报回顾与展望[J].国际地震动态,2005(5):39-53.
- [2] 陈立德,付虹,张翔,等.地震力学成因及前兆机理研究——再“读”唐山地震有感[J].地震研究,2019,42(1):1-10.
- [3] 张素欣,边庆凯,张子广,等.唐山断裂北段地震分布特征及其构造意义[J].地震研究,2020,43(2):270-277.
- [4] Robert J. Geller, David D. Jackson, Yan Y. kagan. Earthquakes cannot be predicted [J]. Science, 1997, 275(5306): 1616.
- [5] Ian Main. 单个地震的可靠预测是一个现实的科学目标吗? [J]. 国际地震动态, 1999(6): 19-21.
- [6] Leon Knopoff. 地震预测是困难的但并非不可能[J]. 国际地震动态, 1999(6): 29-32.
- [7] Christopher Scholz. 地震预测:可行和有用吗? [J]. 国际地震动态, 1999(6): 28-29.
- [8] Max Wyss. 还不能,但最终能[J]. 国际地震动态, 1999(6): 23-24.
- [9] 王正尚,王建国. 珠江三角洲台网——中国区域数字地震台网的源点[J]. 华南地震, 2021, 41(1): 1-8.
- [10] 林庆西,梁明,杨选,等. 广东地震台网水平定位能力评估 [J]. 华南地震, 2020, 40(4): 49-55.
- [11] 谢夜玉,潘岳怡,牟剑英,等. 北部湾地震烈度速报台网建设与讨论[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 118-124.
- [12] 禹小军,李翀,郜怀龙,等. 韶关地震台数字化地震前兆观测典型非正常事件分析[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 66-70.
- [13] 陈大庆,杨雪. 1987年江西寻乌5.4级地震及1994年台湾海峡7.3级地震前中小地震活动图像特征[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 78-82.