

张桂铭、刘文锋, 2013, 基于震例研究的地震预测预报分析, 中国地震, 29(4), 528 ~ 536。

• 研究报道 •

基于震例研究的地震预测预报分析

张桂铭 刘文锋

青岛理工大学土木工程学院, 山东省青岛市四方区抚顺路 11 号 266033

摘要 对国内外 45 例地震预测预报震例的相关资料与文献进行查证与整理, 总结、分析了震例中采用的中长期预测方法、短临前兆异常以及预报结果。研究表明, 对地震发生的时间、地点和震级三要素均明确预测的概率较低, 且仅为三要素的粗略预测, 准确预测地震目前尚难做到。中国在地震预测过程中更注重对短临前兆异常的观测, 在震前小震活动异常、地下水化学组分、地下水状态、地磁、地电、地倾斜、地应力应变、电磁波异常、前震平静等前兆预测方法中, 根据震前小震活动异常作出临震预测的成功率较高, 可作为预测某些类型大震的重要参考指标之一; 国外震例大多是对地震进行中长期预测, 在中长期预测结果的基础上采取以“防”为主的防震减灾策略, 长期预测的理论和方法比中国丰富。

关键词: 地震预测预报 震例 地震预测现状 中长期预测方法 短临前兆

[文章编号] 1001-4683(2013)04-0528-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

学术界关于地震能否预测的争论一直没有停止过。1994 年, Geller 等人在《科学》杂志上发表了“地震不能预报”的文章, 认为地震是自组织临界现象, 地震无法预测预报。Geller 的观点给世界的地震科学领域带来巨大的冲击, 地震预测预报的研究也就此跌入谷底。2004 年《自然》杂志的一篇“思路的剧变”的报道为地震预测预报的争论带来了新的转折(吴忠良等, 2007), 对地震预测预报的研究也开始升温。地震预测是世界性难题, 陈运泰(2007)把地震预测困难的原因归结为 3 点, 即地球的不可入性、地震孕育发生过程的复杂性和地震的非频发性。2008 年汶川地震给我们造成了重大的伤亡和损失, 在此之前虽然对汶川地震作出过 15 年的中长期预测, 震前也曾捕捉到中短期的前兆(钱复业等, 2009), 但由于受各种因素的限制, 并未在震前发布临震预测意见。以目前的科学水平还很难对地震作出准确预测。因此, 基于目前的研究水平, 从不同角度对地震预测问题展开研讨, 十分必

[收稿日期] 2013-09-02; [修定日期] 2013-10-17

[项目类别] 国家自然科学基金项目(50878110)资助

[作者简介] 张桂铭, 男, 1987 年生, 硕士。E-mail: zgm0631@163.com

刘文锋: 通讯作者, 男, 1966 年生, 教授, 博士, 主要从事工程抗震与安全研究。

E-mail: lwf6688@sohu.com

要。本文通过对国内外地震预测预报案例的梳理,对国内外地震预测的水平、现状和技术途径进行分析讨论。

1 中国地震预测预报的现状

从 20 世纪五六十年代开始,各国就纷纷开始进行地震预测的研究。半个多世纪以来,各国在地震预测预报领域取得了一定的进步,有过一些成功预报的案例,也有过预报失败的教训。中国地震局局长陈建民 2006 年 7 月 15 日在《中原减灾》报上发表《纪念唐山地震 30 周年,扎实推进我国的防震减灾事业》的署名文章中表明,中国先后做出了 20 多次较为成功的地震预报。当时作为中国地震局副局长的岳明生也在《地震预测研究发展战略几点思考》一文中列表总结了 1975~2001 年间做出成功或有一定程度上成功预测的地震 20 多例(岳明生,2005)。本文在此基础上,对国内地震预测相关历史资料和文献进行了查证、清理总结和补充,整理出了较为成功的地震预测预报案例 27 例,包括地震中长期预测方法、短临预报的前兆异常、地震三要素的预报情况以及是否发出临震预警等(表 1)。对一些尚存疑义和未查到具体预报过程的地震案例暂未列入表中。

中国《地震预报管理条例》^①中规定地震预报包括对时间、地点和震级三要素的准确预报。这些要素中只要有一个错误,都会造成严重的负面影响。表 1 整理了 27 例较成功的预报案例。由表 1 可见,时间、地点和震级三要素完全准确的预报只有 3 例,仅占 11.1%。即使是获得世界认可的海城地震预报,也没有做到时、空、强三要素完全准确的预报。当前的地震预测预报大多都是停留在对地震三要素粗略预报的水平上,对时间、地点和震级三要素的精确预报还很难做到。

短期和临震预报是通过对地震前兆的观测来进行的。对作出临震预警的 18 例和做出了短临预报但未做出临震预警的 9 例的地震前兆分别进行统计,结果见表 2、3。在 18 例成功预警的案例中,震前小震活动异常、地下水动态异常和地下水化学组分异常的分别为 14 例、12 例和 11 例,分别占这 18 次预报的 77.8%、66.7% 和 61.1%。在 9 例未作出临震预警的案例中,震前小震活动异常、地下水动态异常和地下水化学组分异常的分别为 4 例、5 例和 6 例,分别占 44.4%、55.6% 和 66.7%。虽然地下水化学组分异常和地下水动态异常这两项前兆在 18 例做出临震预警的震例中占的比例较大,但同样在震前未做出临震预警的震例中所占的比例也很大,难以作为地震预报的可靠依据。另外,电磁波、动物行为异常、波速比和震前小震平静异常现象在没有做出临震预警的震例中的比例为 0,在成功做出临震预报的震例中所占的比例也很低,也无法作为地震预报的可靠依据。在 18 例成功作出预警疏散的震例中有 14 例都有小震活动异常现象,相比于其他的前兆预报方法,小震活动异常有一定的可信度。根据震前小震异常的出现,地震预报的时间和震中范围就可以大大地缩小。但小震活动异常也只能适用于某一类型的地震,表 3 中就有 4 例根据小震活动异常预报失败的案例。而且有时存在小震活动异常也不一定会有地震发生,例如 2012 年 7 月广西百色与河池交界发生千余次小震,后来也没有大震的发生。此外,小震活动不明显而发生大震的

^① 中华人民共和国国务院令,1998,地震预报管理条例。<http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/125/229/231/20120802112441232889753/index.html>

表 1 中国较为成功的地震预报案例总结

震例	时间 (年-月-日)	地点	震级	中长期预测 采用的方法	短期预报 前兆	临震预报 前兆	三要素预测预报情况			震前预 警疏散	文献来源
							时间	地点	震级		
1	1975-02-04	辽宁海城	7.3	Y 构造运动和地震 活动特征	Y 地倾斜、地下水 组分和地下水动 态、动物异常、 4.8 级前震	Y 地倾斜、地电异 常、地下水动态 异常、小震活动 异常	√	√	×	Y	陈棋福, 2005; 赵克 常, 2012
2	1976-05-29	云南龙陵	7.3 7.4	Y 地震迁移、弱震 活动等异常	Y 地倾斜、地下水 化学组分、前震 异常、波速比、地 形变速率、地应 力异常	Y 5.2 级前震、地 磁、地电、地下水 化学组分、地下 水动态异常和地 光	√	√	×	Y	陈立德 ^②
3	1976-08-16	四川松 潘-平武	7.2	Y 地震资料统计分 析	N 地下水动态异 常、前震平静异 常	Y 地磁、地电、地下 水化学组分、地 下水动态、动物 行为异常	√	√	√	Y	刘兴怀, 1996; 罗灼 礼等, 1989; 田力, 2006
4	1976-11-07	四川盐 源-宁蒍	6.7	N	Y 小震活动异常、 地壳形变、地电、 地下水动态异常	Y 地磁、地电阻率、 地下水化学组分 异常	○	√	×	Y	张珍, 2008
5	1976-12-03		6.4	N	Y 地磁异常和地震 相关性	Y 地磁异常、土地 电异常和地震相 关性	×	√	○	Y	
6	1982-06-16	四川甘孜	6.0	N	Y 地电及地下水化 学组分、地下水 动态异常, 小震 活动异常	Y 地电、地下水组 分、地下水动态、 小震活动异常	○	√	√	Y	罗灼礼, 1982, 1983
7	1994-02-16	青海共和	5.8	N	Y 地震活动性特 征、地下水化学 组分异常	Y 电磁波、地磁、地 下水化学组分、 地下水动态异常 等、小震活动异 常	○	√	√	Y	夏玉胜, 1995
8	1995-07-12	云南孟连	7.3	Y 地震资料统计分 析、震中周围中 强地震密集活跃	Y 地下水化学组 分、地下水状态、 地倾斜等异常	Y 地磁、地下水组 分、地下水状态、 地倾斜异常、小 震活动异常	√	√	○	Y	陈立德等, 1997; 李宣 瑚等, 1995
9	1996-02-03	云南丽江	7.0	Y 地震历史资料分 析研究	Y 地磁、地下水化 学组分、地应力 应变异常	Y 地磁、地倾斜、地 下水状态和重力 异常	○	○	×	N	刘栋勋, 1997; 杨光 渝等, 1996

② 陈立德, 1976 年 5 月 29 日云南省龙陵 7.4 级地震, 国家地震科学数据共享中心 <http://data.earthquake.cn/data/zhenli/liuying/zhenli/html/zhenli016.htm>

续表 1

震例	时间 (年-月-日)	地点	震级	中长期预测 采用的方法	短期预报 前兆	临震预报 前兆	三要素预测预报情况			震前预 警疏散	文献来源
							时间	地点	震级		
10	1996-03-19	新疆伽师-阿图什	6.9	Y 地震带的活动周期、特性,地震空区	Y 地磁异常、地倾斜	N	○	√	×	N	杨马陵等, 1998
11	1996-12-21	四川巴塘、白玉	5.5	Y 中小震活动由沐川、宜宾向西迁移,中小震活动异常	Y 地下水化学组分、地下水状态、地壳形变异常、小震活动异常	Y 地磁、地电、地倾斜、地下水组分、地下水状态、地应力应变、电磁波异常、小震异常	○	√	×	Y	程万正, 1997
12	1997-01-25 和 01-30	云南景洪	5.1 5.5	N	Y 地下水化学组分、地下水动态	N	○	○	○	N	夏菲, 1997
13	1997-02-21		5.0	N	N	Y 地震序列参数异常、小震平静异常	√	√	√	Y	
14	1997-04-06	新疆伽师群震	6.3 6.4	N	Y 地震活动缓慢衰减、地震序列参数异常	Y 4月1日起连续发生3次4级以上地震、4月4~5日小震平静异常、地磁变化异常	○	√	○	Y	李志雄等, 1997; 朱令人等, 1998
15	1997-04-11		6.6			Y 地震序列参数异常、小震活动异常	×	√	○	N	
16	1997-04-13		5.5	N	N	Y 地震序列参数异常、小震活动异常	○	√	○	Y	
17	1997-04-16		6.3			Y 地震序列异常和地磁低点位移等异常	○	√	○	Y	
18	1997-05-17		5.2	N	N	Y 地震序列异常和地磁低点位移等异常	○	√	○	Y	
19	1998-10-02		5.3	N		Y 震前小震平静异常、地震云、地下水状态异常、动物异常、小震活动频繁	√	√	√	Y	
20	1998-10-27	云南宁蒗	5.2	N	Y 地下水状态、地下水组份、动物行为异常、小震活动异常	Y 地震序列参数异常、地下水状态异常	○	√	×	Y	王学仁, 1999
21	1998-11-19		6.2	N		Y 地下水状态异常、地下水组织分异常、动物异常	×	√	×	Y	

续表 1

震例	时间 (年-月-日)	地点	震级	中长期预测 采用的方法	短期预报 前兆	临震预报 前兆	三要素预测预报情况			震前预 警疏散	文献来源
							时间	地点	震级		
22	1999-11-29	辽宁岫 岩-海城	5.4	Y 小震活动增强, 形成北黄海-海 城-辽西地区的 3级地震条带	Y 发生两次4级前 震、地下水状态 异常	Y 再次发生3次4 级地震、小震的 频度也明显增强	○	√	√	Y	谷光裕等, 2001
23	2000-06-06	甘肃景 泰-白银	5.9	N	Y 地下水化学组 分、地电异常、断 层形变异常	N	○	○	○	N	肖丽珠 等 ^③
24	2001-10-27	云南永胜	6.0	Y 地震的活动特征 和地震资料统计 分析	Y 地下水状态异 常、地形变异常、 地电异常、断层 二氧化碳异常	N	○	√	○	N	程万正, 2002
25	2003-07-21	云南大姚	6.2	Y 历史地震活动特 点的分析研究	Y 前震平静异常、 小震活动密集增 强	N 地倾斜、地下水 化学组分、地下 水状态异常	○	√	√	N	苏有锦, 2004
26	2003-10-25	甘肃民 乐-山丹	6.1	N	Y 地电、地应力应 变、地下水状态、 地下水化学组分 等异常、前震异 常	Y 地下水状态异 常、前震异常	○	√	√	N	杨立明, 2004
27	2007-06-03	云南宁洱	6.4	Y 对资料的统计分 析得出云南地区 地震平静,小震 活动增强	Y 滇西南地区集中 发生3级以上地 震,地下水化学 组分异常、地下 水状态异常	N	×	√	○	N	云南省地震 研究中心, 2007

注:根据中国《地震预报管理条例》^①规定,长期、中期、短期和临震分别为10年内、1~2年内、3个月内和10日内。√表示准确预报,○表示预报的时间、地点和震级跨度较大,×表示预报错误;Y表示该时期作出预报或震前作出预警疏散,N表示该时期没有做出预报或震前没有做出预警疏散。

例子也常出现,如表1中的四川松潘-平武地震。所以,前兆方法的局限性也使该方法目前并不具有普遍意义。但由于社会对地震预报的迫切需求,而且鉴于有前兆方法成功预报的震例,震前小震活动异常可作为预报某些大震的重要参考指标之一。

表 2 对作出临震预警的震例中所使用的前兆方法统计结果(共 18 例)

前兆现象	地磁	地电	地下水 化学组分	地下水 动态	地应力 应变	电磁波	动物 行为	地倾斜	小震活 动异常	波速比	震前小 震平静
统计结果	9	6	11	12	3	2	5	4	14	1	6

③ 肖丽珠等,2000年6月6日甘肃景泰5.9级地震,国家地震科学数据共享中心 <http://data.cea-ies.ac.cn/iesshare/zhenli/gansujingtai5.9.htm>

表 3 对未作出临震预警的震例中所使用的前兆方法统计结果(共 9 例)

前兆现象	地磁	地电	地下水 化学组分	地下水 动态	地应力 应变	电磁波	动物 行为	地倾斜	小震活 动异常	波速比	震前小 震平静
统计结果	2	3	6	5	4	0	0	3	4	0	0

2 国外地震预测预报现状

从国外发布的地震预报中整理出了 18 例预报案例(表 4)。

表 4 国外地震预报案例统计

序号	时间	地点	震级	中长期预报方法	短临预报	预报结果	文献来源
1	1923 年	日本关东大地震	7.9	地震空区	-	成功	陈运泰,2007;赵克常,2012
2	1944~1946	日本南海道大地震	8	地震空区	-	成功	陈运泰,2007;赵克常,2012
3	1968-05-16	日本十胜-隐歧	8.3				
4	1969-08-11	南千岛群岛地震	8.2	地震空区	-	成功	陈运泰,2007
5	1971-12-15	堪察加中部	7.8				
6	1976 年	美国南加州	-	波速比、地面隆升	-	失败,地震未发生	Wikipedia ^④
7	1978-11-29	墨西哥瓦哈卡州	7.7	地震前兆平静和大震的时空关系	-	成功	Wikipedia ^④
8	1978 年	日本东海大地震	-	地震空区	-	至今仍未发生	梁凯利等,2011
9	1981 年	秘鲁利马	-	包体塌陷理论	-	失败,地震未发生	Wikipedia ^④
10	1985-03-03	智利中部近岸海域	7.8	地震资料统计、板块运动以及地震活动的机制与时空变化,M8 算法	-	中长期的预测基本成功	赵阿兴,1989
11	1989-10-17	美国洛马普列塔	7.1	地震活动和断层特征、地震空区 M8 算法	地震活动特征、大地测量观测	预报结果与实际有很大的不同	Wikipedia ^④ ; 哈里斯等,2000a、2000b
12	1990 年	美国新马德里	-	地球、月亮和太阳将会在一条线上,引起大潮,并触发那个纬度的地震	-	地震未发生	Wikipedia ^④
13	1998-11-03	冰岛西南	5	剪切波劈裂	-	成功	Wikipedia ^④ ; Crampin et al,2000
14	2003-09-27	日本北海道	8.1	强震发生概率增长时间(TIP)的中期预测方法	-	成功	陈运泰,2007
15	2003-12-22	美国圣西蒙	6.5	M8 算法、强震发生概率增长时间(TIP)的中期预测方法	前兆逆向检测法	成功	Keilis-Borok et al,2004
16	2004-09-28	美国帕克菲尔德	6.0	M8 算法,地震空区	-	失败,比预测的时间晚了 10 年	Wikipedia ^④
17	2004~2005	美国加利福尼亚州南部	-	M8 算法	-	失败,地震未发生	Wikipedia ^④
18	2009-04-06	意大利拉奎拉	6.3	-	氦气体浓度监测	失败	Wikipedia ^④

④ Earthquake prediction, wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_prediction

国外在地震预报方面取得的成就远远不及中国。表4为近40年来国外地震预报的案例,共18例,其中成功预测的案例有10例,占55.6%。表4中的国外震例大多都是对地震进行中长期预测,只有3例涉及到了短临预报,而且这3例所使用的预报方法也不尽相同。1989年10月17日美国洛马普列塔地震是根据地震活动的特征和大地测量观测来预报的,但预报的结果与实际发生的地震有很大的不同。2009年意大利拉奎拉地震震前已经有人用氡气体浓度作出预测,但当地政府认为该方法并不可靠,预测结果最终没有被接受。短临预报的困难性与复杂性使国外把精力主要放在地震中长期预测上,美国、日本等发达国家主要采用以“防”为主的地震预报策略,在中长期预测的基础上编制地震危险性图,据此制定防震减灾的规划,以减少地震发生所带来的损失。

在长期预报方面国外与中国有很大的不同。表1的27例中国预报案例中,作出长期预测的有11例。该11例在对历史资料分析统计的基础上对地质构造特征、地震活动特征进行研究,或在资料统计的基础上进行概率计算。对历史资料的统计分析是目前我国中长期预测的主要方法,方法比较单一;而国外的地震中长期预测方法却是多种多样,有的已经是系统性提出的,已经获得了一定的认可度的假说或算法,例如地震空区说、包体塌陷理论以及M8算法,这些都是国外科学家进行大量的基础理论研究所取得的成果。在地震预测预报方法上,国外更注重理论的研究,而中国更注重短临前兆的观测研究。因而国外的预报震例非常少,而且对预报方法和结果也有颇多的讨论和争议。所以,虽然中国的地震预报所取得的成果已居于世界领先水平,但是对于地震预报领域基础理论的研究,国外却在中国之上。

3 结论与展望

本文对国内外地震预报相关历史资料和文献进行查证、整理和总结,共列出了45例国内外地震预测预报的震例,并对这些震例的中长期预测方法、短临前兆异常以及地震预报的结果进行分析讨论,结果如下:

(1) 地震预报是世界性科学难题,对时间、地点、震级三要素的精确预报目前尚难做到,即使是获得世界认可的海城地震预报,也没有完全做到三要素的准确预报。以目前的科学水平过分地追求三要素的准确预报也有违现实,应力争把地震预报结果控制在一个比较可靠但又实用的精度水准上,并在此基础上提前采取震前措施并做出正确的临震预警疏散,以减少公众的生命和财产损失。

(2) 中国在地震预报过程中更注重短临前兆异常的观测,在震前小震活动异常、地下水化学组分、地下水状态、地磁、地电、地倾斜、地应力应变、电磁波异常、前震平静等前兆预报方法中,震前小震活动异常方法预报地震的成功率较高,可作为预报某些大震的重要参考指标之一,但这种方法也不具有普遍意义。

(3) 由于短临预报的困难性与复杂性,国外震例大多是对地震进行中长期预测,在中长期预测结果的基础上采取以“防”为主的防震减灾策略。国外的中长期预测方法更注重理论的研究,包括地震空区说、包体塌陷论、M8算法等,这些方法都有过成功预测地震的案例。相比之下,中国震例中所使用的中长期预测方法比较单一,大多都是基于对历史资料分析统计的基础上对地质构造特征、地震活动特征的研究,或在资料统计的基础上进行概率计算。

总之,无论是在中国还是世界其他国家,都不存在一个公认的、能可靠预报地震的模式。目前的地震预报方式是在多年积累的震例和观测的前兆信息等大量的资料基础上所进行的经验性预报,我国在过去的几十年里已经通过这种途径取得了一定程度的成功。而且当下没有更好的地震预测预报方法,地震经验性预报在将来仍然会是主要的、最现实的途径。但是这种方式有很大的局限性,这种预报思路对地震预测预报水平很难有质的提高,更难以通过这种方法在地震预测预报领域取得重大突破。总体来说,目前中长期预测已经取得了一定的进展,但是中长期预报的准确率仍有待提高,而短临预报仍然是世界性的难题。目前的关键就是在中长期预报的基础上加强对短临预报的研究,加强短临前兆的观测,实现由中长期预报向短期预报的过渡。

参考文献

- 陈立德、罗平、付虹等,1997,1995年7月12日云南孟连中缅边界7.3级地震中、短、临预报及前兆异常特征,地震,17(1),1~13。
- 陈棋福,2005,海城地震预报过程的回顾及地震预报发展的思考,国际地震动态,(5),154~155。
- 陈运泰,2007,地震预测——进展、困难与前景,地震地磁观测与研究,28(2),1~24。
- 程万正,1997,四川白玉、巴塘县间5.5级地震的短临预报依据、过程和防灾决策,四川地震,(2),1~12。
- 程万正,2002,对永胜6级地震的预报及依据,四川地震,(3),9~14。
- 谷光裕、于龙伟、王安东等,2001,辽宁岫岩5.4级地震临震预测,地震,21(1),78~84。
- 哈里斯、王丽凤、李兴才等,2000a,1989年加州洛马普列塔地震的预报(之一),国际地震动态,(6),33~36。
- 哈里斯、王丽凤、马丽,2000b,1989年加州洛马普列塔地震的预报(之二),国际地震动态,(7),21~32。
- 李宣瑚、王瑜青,1995,1995年7月12日中缅边境7.3级地震预报成功,国际地震动态,(9),25~26。
- 李志雄、高荣胜,1997,1997年新疆伽师几次中强地震的短临预报过程,地震,17(3),327~330。
- 梁凯利、王峰,2011,日本东大海地震预测预报百年沉浮,国际地震动态,(6),9~11。
- 刘栋勋,1997,云南丽江7.0级地震四川部分短临前兆异常分析,四川地震,(2),20~27。
- 刘兴怀,1996,松潘-平武7.2级地震预测预报对策和体会——纪念松潘-平武地震预报20周年,四川地震,(4),1~13。
- 罗灼礼,1982,1982年6月16日甘孜6.0级地震异常情况与短期预报判断概况,四川地震,(3),2~8。
- 罗灼礼,1983,1982年四川省甘孜6.0级地震预报和前兆,国际地震动态,(9),8~9。
- 罗灼礼、江在雄,1989,1976年松潘-平武7.2级地震预报实践,中国地震,5(3),62~66。
- 钱复业、赵璧如、钱卫等,2009,汶川8.0级地震HRT波地震短临波动前兆及HRT波地震短临预测方法,中国科学D辑:地球科学,39(1),11~23。
- 苏有锦,2004,2003年7月21日、10月16日云南大姚6.2级和6.1级地震预测预报回顾与讨论,国际地震动态,17(1),18~21。
- 田力,2006,一次较为成功的地震预报——纪念松潘-平武地震30周年,防灾博览,(4),20~21。
- 王学仁,1999,宁蒗地震预报回顾,城市与减灾,(3),9~11。
- 吴忠良、蒋长胜,2007,统计预测、经验预测、物理预测,中国地震,23(3),211~224。
- 夏菲,1997,景洪5.1、5.5级地震地下水动态预报启示,地震研究,22(3),243~250。
- 夏玉胜,1995,共和5.8级地震的成功预报,高原地震,7(2),36~41。
- 杨光渝、李维俊,1996,云南丽江7.0级地震预报与对策措施,中国减灾,6(2),34~35。
- 杨立明,2004,甘肃省民乐6.1级地震短期预报的简要回顾与启示,国际地震动态,(1),15~17。
- 杨马陵、徐道尊、王筱荣,1998,1996年3月19日阿图什6.9级地震的追踪预报,内陆地震,12(2),110~118。
- 岳明生,2005,地震预测研究发展战略几点思考,国际地震动态,(3),7~21。
- 云南省地震研究中心,2007,密切跟踪、科学判定——宁洱6.4级地震的预测预报工作,防灾博览,(4),16~17。
- 张珍,2008,1976年盐源地震预报,四川地震,(2),17~20。

- 赵阿兴, 1989, 智利中部地震机制及地震预报研究, 世界地震译丛, (6), 28 ~ 32。
- 赵克常, 2012, 地震概论, 56 ~ 64, 北京: 北京大学出版社。
- 朱令人、苏乃秦、杨马陵, 1998, 1997 年新疆伽师强震群及三次成功的临震预报, 中国地震, 14 (2), 101 ~ 115。
- Crampin S, Voltin T, Stefansson R, 阮爱国译, 2000, 一次成功的应力预测, 世界地震译丛, (2), 25 ~ 31。
- Keilis-Borok V, Shabalin P, 杨智娴译, 2004, 2003 年 12 月 22 日加利福尼亚圣西蒙 6.5 级地震前做出的短期预报, 世界地震译丛, (1), 84 ~ 86。

Analysis of earthquake forecast/prediction based on cases research

Zhang Guiming Liu Wenfeng

Qingdao Technological University, Qingdao 266033, Shandong, China

Abstract 45 cases of earthquake forecast/prediction at home and abroad were verified and collected. Methods of long-term earthquake prediction, short-term precursor information and results of earthquake prediction are discussed and analyzed. Research shows that the probability of completely accurate earthquake prediction which must include time, place, and magnitude of earthquake is low and most cases are relatively rough prediction of three elements of earthquake. It is rather difficult to achieve accurate forecast at present all over the world. Chinese researchers pay more attention to observation of short-term precursor in the process of earthquake forecast. Of all these short-term precursor methods which include abnormal weak seismic activity, chemical components of groundwater, underground water conditions, terrestrial magnetism, terrestrial electricity, crustal inclination, in-situ stress and strain, electromagnetic wave and quiet process of small shocks before earthquake, the method of abnormal weak seismic activity before earthquake has higher probability of forecasting earthquake successfully, and should be one of indexes of forecasting some earthquakes. Most cases of foreign countries are the long-term prediction of earthquake with the view to preventive strategies. Foreign countries have purposed more theories and methods of long-term earthquake prediction than China.

Key words: Earthquake forecast/prediction Cases Status of earthquake prediction
Techniques of earthquake prediction Short-term precursor information