

强震成功预报的曙光

李 珩, 杨美娥

(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

[摘要] 20世纪50年代以来,我国30多次成功预报了中、强地震的发生;近20年来国外有些地震学家对几次强震预测失败感到失望,逐渐将地震研究的主攻方向转变为对建筑物抗震能力的鉴定、加强建筑物抗震措施和建立现代数字台网,以便迅速准确确定强震的发生地点,可以即刻到现场救援;国内地震界部分地震学家受他们的悲观情绪的影响,也放弃了对强震预报的努力。所幸的是部分专业和业余地震学家仍在强震预报领域做出了不懈的努力,取得了可喜的成绩。

[关键词] 汶川地震;强震预报;强震发生断层

[中图分类号] P315.2 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)06-0019-09

1 前言

2008年5月12日至今,一年过去了我们不能忘记汶川地震的惨剧!我们应以受灾人民的要求,时刻鞭策自己,众志成城,奋力拼搏,百折不挠地探索,以求强震发生前采取一定的措施,作出预报。2008年5月12日14时27分8秒,四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县发生8.0级地震。据中国地震台网中心测定,微观震中为 30.95°N , 103.40°E ,震源深度为14 km。截至11月27日,汶川M8.0级地震序列共记录到 $M \geq 4.0$ 级余震281次,其中4.0~4.9级240次,5.0~5.9级33次,6.0~6.9级8次,最大为5月25日青川M6.4级地震,为典型的主余型地震序列。最大烈度达11度。灾区总面积约50万平方公里、受灾群众4 625万多人,其中极重灾区、重灾区面积13万平方公里。已确认69 227人遇难,失踪17 923人,374 643人受伤。这次地震造成的直接经济损失达8 451亿元人民币。

地震的地表破裂沿龙门山形成了两条走向NE、长约240 km的北川—映秀破裂带和90 km的汉旺—白鹿破裂带,以及一条长约6 km、连接以上两条NE向地表破裂带西段的NW向小鱼洞地表破裂

带。北川县城位于强震发生地断层上,建筑物荡然无存;处于断层外的两侧建筑物得以保存(见由邓志辉等提供的图1)。图中出露的新鲜岩石乃断层破碎所致,并非泥石流的结果。



图1 北川县城现状

Fig. 1 Status quo of Beichuan

“教室能不倒该多好!”这是汶川地震时一位母亲在她的孩子被埋于教室倒塌的废墟下,发出的绝望呜咽!“震前能给我们打一声招呼该多好!”这是唐山地震时,一个9口之家的唯一幸存者,站在8个亲属遗体旁的喃喃自语。这里深含着人民对我们的谴责、要求。地震预报我们做得到吗?显然,预测预报地震

[收稿日期] 2009-04-13

[作者简介] 李珩(1924-),男,湖北大悟县人,中国工程院院士,中国地震局地质研究所研究员,研究方向为地震构造;

E-mail: liping@ies.ac.cn

灾害,是人民的要求,社会的要求,是党和政府的要求!因此,研究地震发生机制及地震构造,探索地震的预测预报,是我们从事地震工作者肩负的重大使命和责任;承担并毕生追求预测预报的成功,更是我们把地震的可预测预报作为必须研究和开拓发展的目标,使地震预报的成功率不断有所提高,地震预报的科学技术水平不断有所进步,以尽量减少减轻乃至避免地震所造成的巨大灾难。值汶川大地震周年之际,谨以此文献给不幸在地震中伤亡、失踪的数十万同胞。为此,我们必需认真反思,总结经验教训,以利今后的地震预报工作,使这种惨重灾难不再重演。

2 地震能否预报

从1966年河北邢台地震以来,由于政府、科学

界和群众的通力合作,我们对强震的预测预警是做了不少工作的。从表1可以看到1975年辽宁海城、1976年云南龙陵等多个大于7级地震的预报都是成功的,死亡人数很少。河北唐山短临预报失败,但距唐山115公里,拥有47万人口的青龙县,房屋倒塌7300多间,而直接死于地震的仅有1人,真是奇迹!因此联合国给了奖励,这是青龙县领导在一次群众性经验交流会上听到地震工作者预测7月22日至8月5日京津唐地区可能发震的意见后,决定“预防为主,有备无患”,及时把消息传达到群众所取得的重大成就!

1978年开始,我国进入改革开放振兴经济的时代,加之震情也相对较前期缓和,过去行之有效的群测

表1 1949年以来中国大陆破坏性最大的12个地震及相关地震预报情况^[1]

Table 1 The 12 most destructive earthquakes and their prediction occurred in the surface of China mainland since 1949

时间	地点	震级/M	死亡人数	有无预报
1950-8-15	西藏察隅	8.5	4 000	无
1966-3-8	云南通海	先后发生 6.8,7.2	8 064	无
1966-3-22				
1970-1-5	河北邢台	7.7	15 621	无
1973-2-6	四川炉霍	7.9	21 99	无
1974-5-11	云南永善	7.1	1 541	无
1975-2-4	辽宁海城	7.3	1 382	长期、中期、短期、临震预报
1976-5-29	云南龙陵	先后发生 7.3,7.4	98	长期、中期、短期、临震预报
1976-7-28	河北唐山	先后发生 7.8,7.1	24.2 万	长期、中期趋势判断,无短期、临震预报
1976-8-16	四川松潘、平武	7.2,7.2	41	长期、中期、短期、临震预报
1976-8-23				
1988-11-6	云南澜沧、耿马	7.6,7.2	743	长期、中期预报,无短期、临震预报
1996-2-3	云南丽江	7.0	309	长期、中期预报,无短期、临震预报
2008-5-12	四川汶川	8.0	估计 8 万	长期、中期趋势判断,无短期和临震预报

群防地震预报工作规模被大大整顿、缩小,但即使在这一阶段我国的地震工作者仍做出了30余次较为成功的短临预报,例如北京小汤山1990年9月22日4级地震(亦称亚运会地震),震级虽小,但发生在亚运会开幕式当天,因事先做了预报,安定了人心,亚运会得以顺利进行,获得诸多外国友人的好评。其他成功预报的还有:青海共和5.8级、云南孟连7.3级、四川甘孜—巴塘5.5级、新疆伽师6.3级及6.4级、辽宁岫岩—海城5.6级、云南大姚2003年7月21日6.2级及同年10月16日6.1级、2007年6月3日云南普洱6.4级等地震,国家地震局还给预报者发了奖金、奖状。虽然这些成功的预报存在一些不足和缺点,但是在地震前给人民“打了招呼”,发出了警示,做到防患于未然,从而减少了伤亡,这是最大的成绩,是以人为本的实际体现,

也可以说是初步实现了周恩来总理关于“科学界要提前解决外国从未解决的地震预报问题”的愿望。回顾1976年唐山大地震预报的失败,是当时十年浩劫的时局和谁也不敢负责的环境,加之当时搞具体分析预报的工作人员认识不一,有人认为地震将发生在成都及其以北的山区;有人认为在京津唐一带,争执相持不下,延误战机,最后决定第二天再讨论,以最终决定是否发布预报,不幸的是在数小时后,唐山的7.8级地震于凌晨3时发生了。

笔者认为,汶川地震漏报的主要原因是:自1996年起国际上一些学者在《自然》、《科学》等杂志上发表了多篇文章,总结他们多年来耗资、耗力的地震预报工作失败,得出短临预报绝不可能成功的观点。不幸的是这种地震不能预报的学术观点竟轻易地左右了我国的部分地震专家及有关领导。

投巨资建成的现代化数字台网的目的竟然只是地震后能迅速确定发震的地点,便于赴现场救援,而对于预报没有任何考虑。汶川地震过程中台网运转正常,但未见任何前兆报导。因为强震不能预报,所以对群测群防的政策予以取消是必然的;颁布地震预报规定和管理条例,对地震预报做了诸多约束,如预报必须对地震的强度、时间、地点三要素齐全,缺一就不准预报;有关短临预报水平的报道和写实艺术作品,发表前应征得有关地震部门同意等等。当然为了保证8月8日奥运会的顺利召开,保证社会安定以利于经济发展,制定这一谨慎的政策是对的,但将之与地震预报对立起来,使谁也不敢涉及预报问题,导致本可以或可能成功预报的汶川地震失之交臂,这是最严重的教训。据中国地震局首席预报员说:“这次汶川地震,地震系统没有向国务院提出任何预报意见,四川省地震局也没有给四川省政府提出过任何明确的预报意见”。可见职能部门对于地震预测预报的不重视、不做为、不上报!这种情况若不彻底改变,那么,唐山、汶川这种地震惨剧还会重演。

近闻意大利中部发生强震,摘录2009年4月7日《参考消息》如下(路透社意大利拉奎拉4月6日电):今天凌晨,当人们尚在熟睡之中时,强烈地震袭击了意大利中部的大片地区,导致290多人死亡,5万人失去家园……震区的很多城镇实际上已经被完全摧毁……死亡事件大多发生在位于罗马以东约100公里处的古老的山城拉奎拉,以及周围阿布鲁佐地区的城镇和乡村。此次灾难发生前数周,一名意大利地震学家根据地震活跃地区的氡气浓度,曾预测拉奎拉地区附近将发生严重地震。但这名地震学家因“散布恐慌”而被警方传唤,并被迫删除了其在互联网上公布的相关研究。3月底,相关机构还曾向当地居民澄清说,对于一个地震多发区来说,他们感受到的震动是“绝对正常的”……。这则报道与我国汶川地震前的情况如出一辙。

这次汶川地震中不少专业和业余的地震工作者在震前曾做出长期、中期、短期和临震的预测。现举数例简介如下。

2.1 李均之(北京工业大学地震研究所教授)团队的预测预报

近几年,他们运用多学科的观测方法已经成功做出了25次年度地震预测及13次临震预测,他们运用次声波、大地微动、地电脉冲等多种非常规的地震前兆观测方法^[2,3],发现震前次声波的主频率及

用其预测发震时间、震级;地电脉冲能预测发震时间和震级以及预测火山爆发的规律^[4];发明的大地信息扫描方法能准确地预测发震地点。

2.1.1 新疆伽师地震的成功预测

1997年4月3日17时李均之等人将填写的“短临预报卡片”送中国地震局分析预报中心值班室。预测4月4日至10日在新疆(38.7°~40.2°N, 75°~77°E)将发生7.0~7.5级地震。当晚,分析预报中心的郑大林先生将预测意见通知了新疆地震局。4月6日上午在预测地区发生了6.3级、6.4级地震,下午5时中国地震局分析预报中心副主任张国民给李教授打电话感谢并祝贺预报成功。李进一步告知张该地震震级较小,地震能量未完全释放,请他通知新疆地震局该地区还有可能发生更大地震。果不其然,4月11日在该地区又发生了6.6级地震,随后又发生了6.3级地震。释放总能量相当于6.8级地震。预测的发震时间、地点完全正确,被原美国国家地震工程研究中心主任 Georgec. Lee 评价为超常准确预报的典范。

2.1.2 日本三宅岛地震的成功预测

2000年6月29日李均之得知日本三宅岛火山要爆发并动员居民搬迁的信息。但李的地电脉冲仪却未收到火山爆发的信号,但收到了次声波等多种临震信号,于是于7月1日上午做出了7月1日至9日,在日本三宅岛地区(33.5~35.5°N, 138.5~140.5°E)将发生6.5~7.5级的地震,当天11时32分电告日本著名科学家上田诚也教授等5位专家。当天13时就在预测地区发生6.4级地震。7月4日地电脉冲仪收到火山爆发信号,通知日方日本三宅岛火山将要爆发,结果7月9日三宅岛火山爆发并又发生一次6级地震。日本、美国、俄罗斯三国科学院院士上田诚也教授评价说:李教授和他的同事们对新疆伽师及日本多次强震预报取得了非凡的成功,而且能够预测几千公里以外的地震。

2.1.3 否定北京将发生7.3级地震

1998年春节期间,有人预测北京将发生7.3级地震,消息传出后引起市民恐慌。但李均之团队的十多种地震前兆观测仪器均无异常,认为北京在春节期间不会发生大地震。为此,新华社专门写了报道,平息了这次混乱。2008年5月12日四川汶川发生8级地震。距震中1500多公里的李均之团队在震前收到了三种临震信号:特大次声波异常信号、虎皮鹦鹉行为异常及震中上空电离层异常。

1) 特大的次声波异常信号^[5]。2008年5月2至3日连续收到次声波异常信号,最大值为3 300 mV(相当于26.4 Pa 声压信号),与2001年11月14日中国青海昆仑山口西发生8.1级地震震前收到1 600 mV(相当于12.8 Pa 声压信号)的信号相对比后,认为在5月4日至12日将发生8级以上的地震。将此意见告知中国地震局首席预报员孙士宏。5月8日日本发生7.1级地震,李均之又告知孙先生此次日本地震震级远小于我们预测的震级,认为还应该发生大于7.5级的地震,才能与异常信号相符。

2) 虎皮鹦鹉行为异常。2008年5月1~15日,他们观测虎皮鹦鹉平均日跳动2 268次,震前5天及震前8天出现4 185次及4 254次跳动异常。

3) 震中上空电离层异常。汶川8级地震前,在震中上空出现电离异常,5月6,7,9三日出现全电子浓度异常波动,认为很可能是一种前兆。2008年4月在中国地震预测咨询会上,中国地震局有关人士讲:“奥运会形势不容乐观,不要因为地震预报影响奥运会的召开,大家要特别谨慎。”因此李先生收到异常信号后也不敢做出预测。

2.2 耿庆国(中国地震局研究员)的预测预报

从事早震关系研究数十年的他根据2002年川甘青陕交界大面积干旱和四川阿坝州形成特旱区的早震背景,在2005年5月8日中国地震台网中心会商时首次正式提出以阿坝州红原为中心、150公里为半径的地区,近年会发生8级地震的中期预测意见,未获认可。但他仍坚持不懈地在2006,2007和2008年度预测会上和6次短临预测中反映他的中期预测意见,但是短临预测未获成功,也淹没了他的中期预测的必然性。

耿庆国6次对汶川地震做短临预测^[6]。但中国地震局通过中央电视台宣传耿的短临预测准确率为零。他因不能掌握完整资料,未能一下子分析出2005—2008年当地6个强磁暴组合病态磁暴的二倍点,不能对6个危险期做分析比较。实际上前5次预测在中国大陆周边都发生大震,并在阿坝州近处发生3~4级信号震,说明与强震孕育过程有关,第6次他以2002年、2006年、2007年四川连续干旱和重庆、成都、天水、兰州4个站点出现病态磁暴,以及用2002年5月23日及2005年5月15日两个强磁暴组合的二倍时间来计算,预测出2008年5月8日前后10天在阿坝州红原发震;说明在地震孕育的漫长过程中捕捉危险期,预报大震是可能的。

2.3 钱复业、赵玉林(中国地震局地球物理所研究员)的预测预报

2.3 钱复业、赵玉林(中国地震局地球物理所研究员)的预测预报

使用设在四川攀枝花市的红格(HG)台(距汶川465 km,距破坏最严重的北川县城640 km)的PS-100新仪器在汶川地震临震前记录到显著的HRT波波动前兆。PS-100是我国自主研发的大地电测仪^[7],于5月11日夜至12日凌晨6时发现该仪器记录到地电阻率相对幅度达1%,超过平时观测标准偏差10倍的显著HRT波波动异常(见图2)。

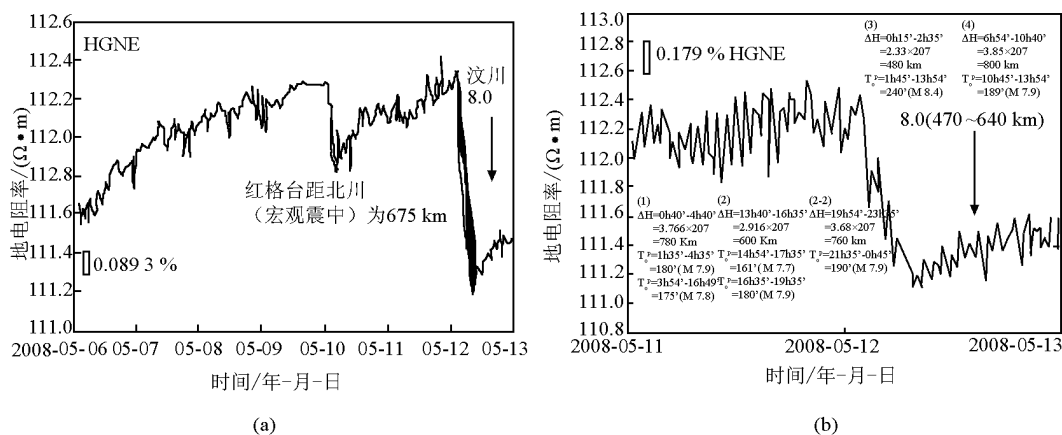


图2 汶川地震8小时前红格台NE向HRT波记录图

Fig. 2 The HRT wave in NE direction of Honggetai 8 hours before Wenchuan Earthquake

他们据此得出的预测意见(当时记录在原图上):2008年5月12,13日前后,距红格台2 000 ± 200 km地区将发生7级地震(5月11日中国台湾发生6.6级地震);距红格台600~800 km地段将发生

7~8级地震(5月12日14时发生汶川8.0级地震)。表明,钱和赵的临震预测预报是何等的准确(因只有1个台工作,不能确定震中位置)。

HRT波是潮汐力谐振(HT)波与共振(RT)波的

简称,记录和分析 HRT 波给出了地震短临预测的一个新途径。该法把目前尚不确切了解的孕震过程及其产生前兆的机理视为“黑箱”。采用与工业探伤技术或敲碗听声判断有无裂纹相类似的方法。从唐山地震实际记录得到启示,采用人们熟悉的潮汐力波作敲打地球的输入信号,利用实测与孔隙结构、孔隙流体关系最密切的地电参量(地电阻率、地电流场)作输出信号,找到了一种可操作的地震短临波动前兆的新方法。

HRT 波预测模型指出位移增量(ΔU)与源区介质刚度(λ)成反比^[8],根据源区介质 λ 的变化,找到了孕震过程进入短临阶段的物理标志:a.孕震早期,源区 λ 为很大的正值,不能产生可记录的 HT 波;b.当源区 λ 趋近零时(因 HT 波的幅度与 λ 成反比),产生可记录的,其周期与潮汐力波一致,但其振幅却异常增大的谐和振动(HT)波,记录到 HR 波表明孕震过程进入短期阶段,通常数月至数天后便有强震发生;c.当 λ 进一步减小, $\lambda \leq 0$ 时,特别是输入信号周期(T)与断层系统的固有周期(T_0)相近,即在 $T \cong T_0$ 时,源区通常产生一对突然变化的共振(RT)波,据此可以计算确定震中距和震级。RT 波的出现是孕震过程已进入临震阶段的物理标志。一般数天到数小时后强震即将来临。

2003 年底钱复业、赵玉林在给中国地震局的两个内部报告中指出,我国西部,特别是南北地震带的中段,2~3 年内有发生特大地震的可能^[9]。为此中国地震局 2004 年初,特批在川滇地区布设 4 个使用 PS-100 仪器记录 HRT 波的台站,进行短临预测跟踪及探索 HRT 波短临预测法的研究^[10]。2004 年 12 月 26 日印尼苏门答腊 Mw9.0 级海啸地震前,最大震中距 $\Delta = 2900$ km 的 4 个台首次记录到从震源区传来的 HRT 波波动前兆^[11],后来还记录到国内外 HRT 波强震(包括汶川 8.0 级地震在内)震例 20 余次。所记震例之间有很强的一致性,与 HRT 波模型一致,预测参数与实发地震吻合,初步验证了 HRT 波模型的正确性。十分可惜的是 2004 年所建的 4 个 PS-100HRT 波台站,其中的 3 个由于无维护经费等原因,于 2007 年底先后停测,在汶川地震前只剩红格一个台仍在维持工作,虽在震前记录到显著的 HRT 波异常,但因只有一个台的记录,无法确定具体的震中位置等原因,未能向职能部门报告。

2.4 刘德富研究员的预测预报

曾任中国地震局全国分析预报室副主任,并负

责全国地震分析预报技术协调与管理长达 16 年。数十年来刘的主研方向是地震活动的自然规律及数学建模的计算预报,地震活动的空间环境影响以及卫星遥感技术成果在地震预报中的应用。“5·12”汶川特大地震前,他利用上述研究的成果曾提出过以下分析和预测:

1)根据地震活动具有自律性的特征^[12,13],通过数学建模曾预测我国大陆地震大形势将在 2001—2003 年和 2008—2010 年有显著性转折并向峰值发展的趋向。这一分析结果与 2001 年发生的青海昆仑山口西 8.1 级、2003 年的新疆巴楚 6.8 级强震相符;2003 年底继续分析预测 2004—2006 年活动水平不高,但在 2008 年前后将显著转折增强,这与 2008 年发生的汶川 8 级活动峰值形势完全相符。该分析预测在 2000 年即已做出。

2)根据空间环境影响,太阳活动将自 2006 年进入第 24 黑子周的低值位相期这一重要信息,他在预测所 2006 年底召开的关于未来 1~3 年地震趋势会商中提出,2007—2009 年期间,我国大陆的新疆、四川和河北三省是在黑子低值位相期最可能发生 7 级以上大震的危险区,首先要注意新疆。实况是 2008 年 3 月 21 日新疆于田发生 7.3 级、同年 5 月 12 日四川汶川发生 8.0 级地震,与预测分析意见相符,河北是否有强震尚待证实。

在 2008 年 3 月份编写的《震情分析参考》中,指出 2007 年底至 2008 年 2 月华东南地区出现的低温冻害气候,特别是上海 2008 年 1 月气温较常年偏低约 5 度的异常指徵,明确指出我国大陆地震活动将有明显转折,应予以关注的分析意见。“5·12”汶川特大地震也确是在此环境影响下出现的。

3)根据 2007 年卫星遥感长波辐射信息场的分布及变化特征^[14-16],他与台网中心的康春丽副研究员合作,由康春丽同志在台网中心关于 2008 年地震趋势会商会上明确提出四川雅江以北是南北地震带上唯一可能发震的危险区,这一预测与汶川大震震中区基本符合(见图 3)。

2.5 徐好民(中国地震局地质所副研究员)的预测预报

徐好民从事征兆地质学研究,在中国地震危险区年度报告 2004,2005,2006 根据前兆现象、动物异常等连续 3 年将成都一大邑一仁寿,大邑一仁寿一雅安划为危险区;2007 年底又将天水—宝鸡圈划为危险区;他根据 2007 年、2008 年筠连山丘爆炸,宜

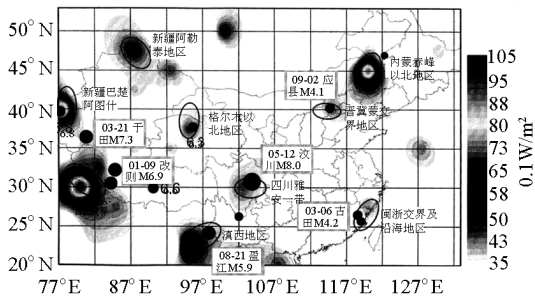


图3 2007年度OLR距平涡度场及2008年度危险区预测

Fig.3 OLR distance vorticity field in 2007 and prediction of dangerous areas in 2008

宾、达州等地,地一陷再陷、井水喷火等异常,心存警惕,4月26日晚在北京工业大学地震研究所天灾预测专业委员会小型会议上主张有异常尽快通气、会商及上报,5月11日下午看到绵竹、泰州蟾蜍异常时,意识到大陆可能出问题。通过分析认为5月15日和18日,地点在四川或江苏会发生强震,遗憾的是未来得及与其他学者协商,就发生了汶川大地震。

征兆地质学一再强调的是信息获取问题。徐好民创立了临震判别三原则:热红外有明显异常(大面积夜间升温)^[17];地下水宏观水位有明显异常;以8公里为半径的区域内每天发生宏观异常10项次连续两天,第三天上半天发生宏观异常20项次以上,则该区必发生6级以上地震。若异常继续发展、时间延后,震级必然更大。异常的集中、加速是临震信息和必震信息^[18]。据此,如果徐好民5月4至5日知道了成都华阳井水异常、北工大次声波异常,将发震时间提前几天是可能的。若群众能陆续将都江堰水库等震前400多项异常(震后中国地震局派遣的考察组落实的异常数字)报上来,将重点防御区定在龙门山也是可能的。地震预报就是这样一个渐进的过程,地震震级愈大愈易报准。同时也再次说明,“群测群防”对于地震灾害的预测预报是何等重要!

综上所述,强震成功预报的曙光已在中国大陆升起,假以时日,如果再多进行一些深入的、全面的、多种方法的综合研究、测试,预报的准确性一定会大有提高。笔者作为一个地震构造工作者思考预报问题,下面提出强震发生断层的概念^[19],希望从地质的角度为强震预报添砖加瓦,提供背景材料和补充。

2.6 强震发生断层的概念和应用

不是所有的活断层都会发生强震,只有未来几年、几十年、几百年内可能发生强震的断层才特称之为强震发生断层。强震发生断层规模宏大,长数十

公里、数百公里,甚至更多;深数公里或一、二十公里,有的切穿地壳;地面宽数米、数十米,少数数百米或更多;断层内较之断层外地震烈度陡增2~3度或更多,断层内外界线分明,强震只发生在断层内,断层外不会发生强震;强震间隔一定时间可在原地重复发生。鉴于这些特点,确定一个地方是否有强震发生断层并确定其边界,这就是把地震预报三要素中的发震地点确定了,抗震减灾也就能达到最佳的效果。如高楼林立的北京,建筑时所用的烈度为8度,设计按规范增加1度,亦即是用9度设计的。倘若北京的某条强震发生断层发生强震,只要建筑物不在该强震发生断层的范围内,地震时,建筑物亦就顶多坏而不倒,不至于垮塌而引起大量的人员伤亡。可参考图4和图5。



注:为现浇钢筋混凝土框架结构的五层楼,其左配楼,因位于强震发生断层上而倒塌

图4 唐山市面粉加工厂磨粉车间*

Fig.4 Milling workshop of Tangshan flour mill



注:断层内受地震的影响高楼如骨牌倾倒而其旁断层外的高楼仍耸立,破坏轻微

图5 断层通过处的高楼大厦**

Fig.5 The high building at fault

* 取自中国八大地震震害摄影图集

** 来自中国地震局台湾921地震图录

一个地区若本身不存在强震发生断层,仅仅是受到外区地震的波及影响,那么建筑物按7~8度的设计是绝对安全的。因为根据台湾集集地震的经验,7度设计的石岗大坝,在没有强震发生断层通过的部位已能抗御9度的影响^[20](见图6)。



注:全长700 m,在断层通过处坝体垮塌,断裂处南侧拱起约9.8 m,北侧拱起约2 m,但坝体未垮

图6 石岗大坝^{*}
Fig. 6 Shigang dam

若一个地区存在强震发生断层,则首先要把它边界清楚划定出来,在强震发生断层范围内,就是未来可能发生强震的地方。图7至图9均为野外考察所作的强震发生断层的剖面图,图中展现断层范

围内、外的地层,其构造变形绝然不同,分界清楚。这与地表建筑物在断层内外的破坏程度绝然不同是一致的。

关于发震强度,吸取集集和汶川地震的经验,在断层范围内地震烈度可达11度,建筑物最好避开或采取特殊的抗震措施。而断层范围外,用7度或8度的设计即可,所以强度要素也基本确定了。至于发震时间,则可立足于“震”,因为地点和强度已知道了,则可事先做好抗震措施,何时发震,都可无忧了。

笔者这里是用地震构造的确定性方法来替代潜在震源区的划分所使用的非确定性方法,使确定出来的地震烈度或地震动参数比较恰当,既避免了加固不足,造成抗震失败;又不至于过头,造成人力和经费的不必要浪费。这样,防震减灾工作就做得更踏实可靠了。

人们希望能在地震发生之前做出预报,打声招呼,使大家有时间采取措施,避免生命、财产的损失,防患于未然,这是理所当然的;同时如果我们能识别强震发生断层及其分布范围,提前做好抗震措施,建筑物的选址,避开强震发生断层,若不能避开,则采取特殊的抗震措施,使建筑物坏而不垮,不危及生命,达到一劳永逸的抗震减灾目的。强震发生断层的有无及其边界的确定,用现在所掌握的技术是可以做到的。

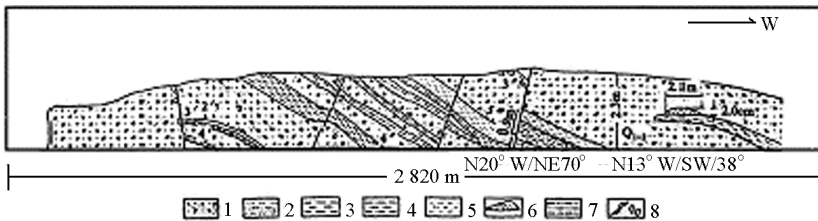
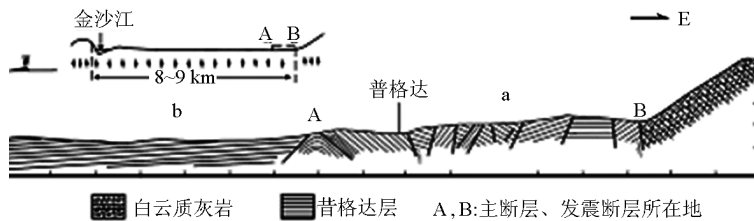


图7 海风园小江强震发生断层剖面^{**}

Fig. 7 The fault profile of Haifengyuan in Xiaojiang strong earthquake



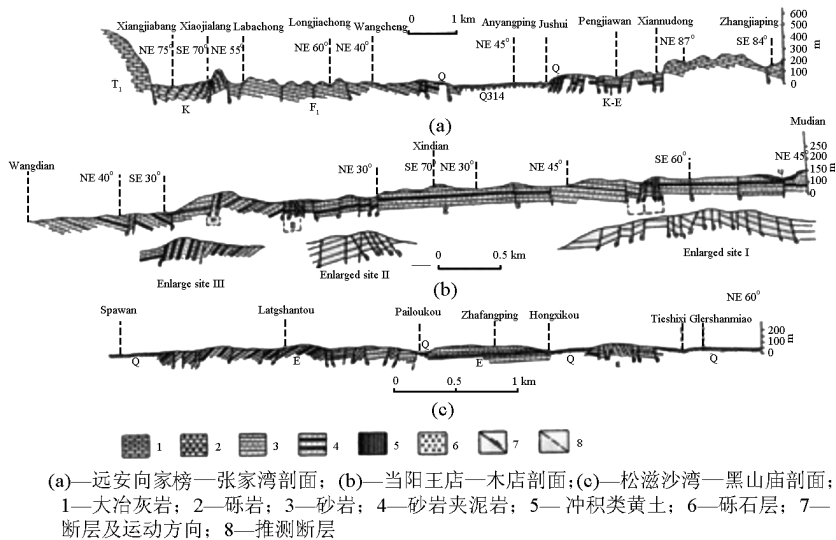
A, B 为强震发生断层,与断层外地层分界明显

图8 普格达村东西向地质剖面示意图

Fig. 8 Geological profile in EW direction of Xigeda village

* 中国地震局编著:台湾集集地震照片

** 陈睿提供



(a)—远安向家榜—张家湾剖面；(b)—当阳王店—木店剖面；(c)—松滋沙湾—黑山庙剖面；
1—大冶灰岩；2—砾岩；3—砂岩；4—砂岩夹泥岩；5—冲积类黄土；6—砾石层；7—
断层及运动方向；8—推测断层

图9 远安地堑南延的三个剖面

Fig. 9 Three profiles of Yuan'an graben in south direction

3 结论和建议

1) 已有的地震台站与业余测报者携手合作,把新的观察手段和仪器安置在已有的台站上,相辅相成,既可节省基建投资,又能立即上马,互相学习,取长补短,攻克强震预报难关。

2) 成立地震预报信息网站,以利广大群众向网站提供地震预报信息、各种前兆现象等,也从网站了解情况进行公开研究讨论,去伪存真,使信息科学化、透明化,达到群测群防的目的,提高民众的地震预报和防震减灾的能力,也给专业队伍增加素材,提高测报水平。

3) 鉴于强震发生断层的有无和其边界的确定,是等于解决了强震预报所要求的三要素(即时间、空间、强度),未来发生强震的地点和强度确定了,只要立足于震则时间也算确定了。由此,给予我们更充裕的时间来采取抗震措施,从长远看,这是另一条突破强震成功预报的途径。建议编制全国性的、地区性的及个别重大工程的强震发生断层图。

4) 对水电工程的场址区做是否有强震发生断层的检查。因以往没有强震发生断层的认识,其地震安全性评价主要依据地震区带内的潜在震源区的划分,用概率法做出评估,其结果具有不确定性,第1至第4代的地震区划图就收效甚微^[21],在唐山、昆仑山口西、汶川等震例中均有证明,即它们的震中区在图上都是一般的安全区,看不到有任何危险标志。工程场址下若存在强震发生断层,一旦发生强

震,其后果是不堪设想的。我国已建成的大中型水坝约有7万座,加上小型的约20余万座,坝址所在多为狭谷、深槽、洼地,这些地段的形成有可能是强震发生断层的存在所致,不能掉以轻心,有关单位应核查坝下有无强震发生断层,以便采取补救措施。

5) 建议开展建筑物抗震能力的测试并采取有效的抗震措施。鉴于日美等国抗震经验是推行建筑物的抗震能力测试和有效的抗震措施,颁布有详细的立法规定,值得我们借鉴。同时如上述离开强震发生断层,断层外地震破坏力锐减,一般采用地震烈度7~8度的抗震就可取得极好的效果,新建筑物按此烈度抗震,更可能较之常规方法有所节省。唐山地震,汶川地震,以及最近的意大利地震警示我们,古老的、新建的建筑物都要作震能力测试,凡是不能抗御7度的,都要责令加固。

6) 普及地震常识和防震减灾知识。鉴于汶川地震中群众对地震前兆认识的缺乏,地震来临不知如何逃生,酿成惨剧。建议在已知的地震危险区,尤其是安宁河带、小江带、鲜水河带、郯庐带南端和北端,首先进行地震前兆识别和抗震知识的宣传,提倡群众因地制宜设置抗震床、抗震仓等。有的地方还可进行演习,作到临震不惊,合理躲避。

参考文献

[1] 钱 钢. 中国的地震预警史[J]. 炎黄春秋, 2008, (11): 39-45
[2] 李均之, 陈维升, 夏雅琴. 综合多学科观测方法预测强地震[J]. 北京工业大学学报, 2007, (7): 778-784
[3] Li Junzhi, Xia Yaqin, Chen Weisheng. Future Systems for Earth-

- quake Early Warning[M]. New York: Nove Science Publishers
- [4] 夏雅琴,孙学波,刘程艳,等.基于 ARM9 的次声波采集与网络传输系统设计[J].北京工业大学学报,2007,33(9):985-988
- [5] 夏雅琴,胡争杰,郑菲.震前次声波信号特征研究[J].北京工业大学学报,2005,31(5):461-465
- [6] 耿庆国.对2008年5月12日汶川巨震预测过程的简略回顾[M].北京:中国大地出版社,2008
- [7] 赵璧如,赵健,张洪魁,等.PS-100型IP到端可控源高精度大地电测仪——CDMA技术首次在地电阻率测量中的应用[J].地球物理进展,2006,21(2):675-682
- [8] Qian F Y, Zhao Y L, Xu T C, et al. A model of an impending - earthquake precursor of geoelectricity triggered by tidal forces[J]. Phys Earth Planet Int, 1990, 62:284-297
- [9] 钱复业,赵玉林.关于“川滇地区1~3年可能发生特大地震的地电学方法监测应急措施方案”的建议(2003年12月)[J].国际地震动态,2008,8:1-12
- [10] Zhang H K, Zhao B R, Zhao Y L, et al. PS100 anti - interference electrical observation system and its application to earthquake prediction study[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2006, 31:172-181
- [11] 赵玉林,赵璧如,钱卫,等.印尼 Mw9.0 级地震的短临地电波波前兆——HRT 波法进行短临地震预测可能性的探讨[J].国际地震动态,2006,(8):6-21
- [12] 刘德富,黎令仪.多种活动的自律现象[J].中国科学 B 辑,1989,2:191-198
- [13] 黎令仪,刘德富.震级序列的门限建模[J].地球物理学报,1985,3:303-310
- [14] 刘德富,康春丽.地球长波辐射(OLR)遥感与重大自然灾害预测[J].地学前缘,2003,10(2):427-434
- [15] 刘德富,康春丽.苏门答腊岛 8.7 级大地震前的辐射异常现象[J].国际地震动态,2005,1:37-39
- [16] Dimitar O, Liu D F, Kang C L, et al. Outgoing long wave radiation variability from IR satellite data prior to major earthquakes[J]. Tectonophysics, 2007,431:211-220
- [17] 徐好民.卫星热红外地震预报研究新进展[J].地球信息科学,2001,3(4)
- [18] 徐好民.地震预报的新思索[J].地球信息科学,4(2)
- [19] 李珩,黄广思,杨美娥.中国强震发生带地震构造的几点思考[J].高教地质学报,2001,7(3):245-255
- [20] 李珩,杨美娥,赵东芝.城市规划中抗震减灾的新构想[J].中国工程科学,2007,4(7):1-6
- [21] 国家质量技术监督局发布.中国地震动参数区划图[S]. GB 18306-2001

The dawn of successful prediction of major earthquakes

Li Ping, Yang Mei'e

(Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China)

[Abstract] Since 1949, Chinese scientists have successfully predicted occurrence of many major earthquakes, such as the Haicheng M 7.3 event in 1975 and the Asian Game Village shock of 1990. In recent 20 years, however, some seismologists abroad have taken a disappointed and pessimistic view to earthquake prediction because of several failures. They suggest that the efforts should turn toward other fields, such as identification of building's earthquake-proof capability, enhancement of house strength, and development of precise observational systems which will facilitate fast locating of future major temblors and emergent relief on site. Such a pessimistic feeling has also influence some Chinese researchers of the seismological community who attempted to give up efforts for earthquake prediction. Meanwhile other scientific workers are insisting in experiments and practices in this field and achieved some inspiring results. In this paper, we present several representative cases to illustrate that earthquakes are predictable under some conditions.

[Key words] Wenchuan Earthquake; strong earthquake prediction; microseism generating fault