

文章编号: 1009-3850(2009) 01-0058-07

科学认识大地震

李建忠¹, 郭 阳¹, 余 团², 朱华平¹, 王生伟¹

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082 2 西南电力设计院 勘察工程分公司, 四川 成都 610021)

摘要:笔者从汶川大地震的成因出发,根据地震序列的类型、发生大地震的时间尺度和都江堰-江油断裂带对地震波的消减,以及成都平原特殊的地壳结构,认为发生大地震或大余震对成都平原的影响有限。在大地震后,随着地壳应力场的改变,可能在成都平原引发小地震,应加强对熊坡活动断裂等的监测,以及附近房地产等工程建设的管理,提高民众的防震意识。地震宏观前兆异常并不是都很明显。单一动物的异常行为,如蟾蜍或青蛙迁徙,不能构成预测地震的依据。大地震诱因是很复杂的,现阶段的科学技术还不能准确预测地震。

关键词:青蛙迁徙;单一动物异常;熊坡断层;地震监测;成都平原;汶川大地震

中图分类号: P546 **文献标识码:** A

2008 年 10 月 10 日早晨,四川省蒲江县村民李克蓉被眼前的场景惊呆了:在花滩子河两岸 50 m 长的范围内,密密麻麻地聚集了大量的青蛙,估计至少有一万余只。大部分青蛙是两只重叠在一起,在非正常的繁殖季节,进行交配。这种情景让人们不由地想起,5.12 汶川大地震前的 5 月 9 日,在距离汶川仅 65 km 的绵竹市,上万只蟾蜍集体迁徙,在水泥路面上密密麻麻地排着过马路,历时两个多小时。霎时,“要地震了”的惊恐声,又不绝于耳,弄得人心惶惶。成都平原会发生大地震吗?

1 5.12 汶川大地震

2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分,几万人的生命在这一刻终止。在汶川县映秀镇与漩口镇的交界处,一个名叫白流沟的地方,突然,地下“轰”一声巨响,地动山摇,喷出来的不是水,而是坚硬的岩石。剧烈的地动和地底喷出的岩石摧毁了青山绿水、如画的村庄,留下了一条约 20 m 深、3 km 长的深沟。这股巨大的能量,沿北东方向,以 3.1 km/s 的速度,经过 80 s

的传递到了青川。在地壳深部的岩石中形成一条长约 250 km 深达 30 km 的大断裂,形成沿映秀-北川断裂分布的地表破裂带。地震掀起的巨大能量摧毁了北川县城,重创汶川、青川等十余个县市、乡镇,灾情波及周边四省。这相当于 3.3 万颗广岛原子弹的能量(也有报道认为,汶川地震释放的能量相当于 400 多颗原子弹),震动了四川,震惊了中国,震撼了全球。

2 大地震的成因

最早的地震记载^[1]见于《吕氏春秋·制乐篇》:“周文王立国八年(公元前 1177 年),岁六月,文王寝疾五日而地动,东西南北,不出国郊”,距今已有 3100 多年。但是,我们的先辈们并不知道为什么要地震。今天,人们已经知道,地震是一种客观的自然现象,是地壳运动的必然结果。

2.1 地震成因分类

地震按成因分为构造地震、火山地震和陷落地震三类^[2]。汶川大地震属于构造地震,是印度板块

收稿日期: 2008-10-28 改回日期: 2009-02-16

作者简介: 李建忠(1964-),博士,研究员,主要从事矿田构造、矿产勘查研究

持续地向北与欧亚板块碰撞,形成青藏高原(图 1A),能量(应变能)在其东部龙门山断裂带长期积累,超过一定弹性限度,岩石破裂,能量以地震波的形式释放的结果。

2 2 龙门山断裂带

汶川地处南北地震带,同时,又处在四川龙门山断裂带上(图 1A)。龙门山的东南坡地形陡峭,是全球山脉中地形坡度最大的地区之一。龙门山山脉

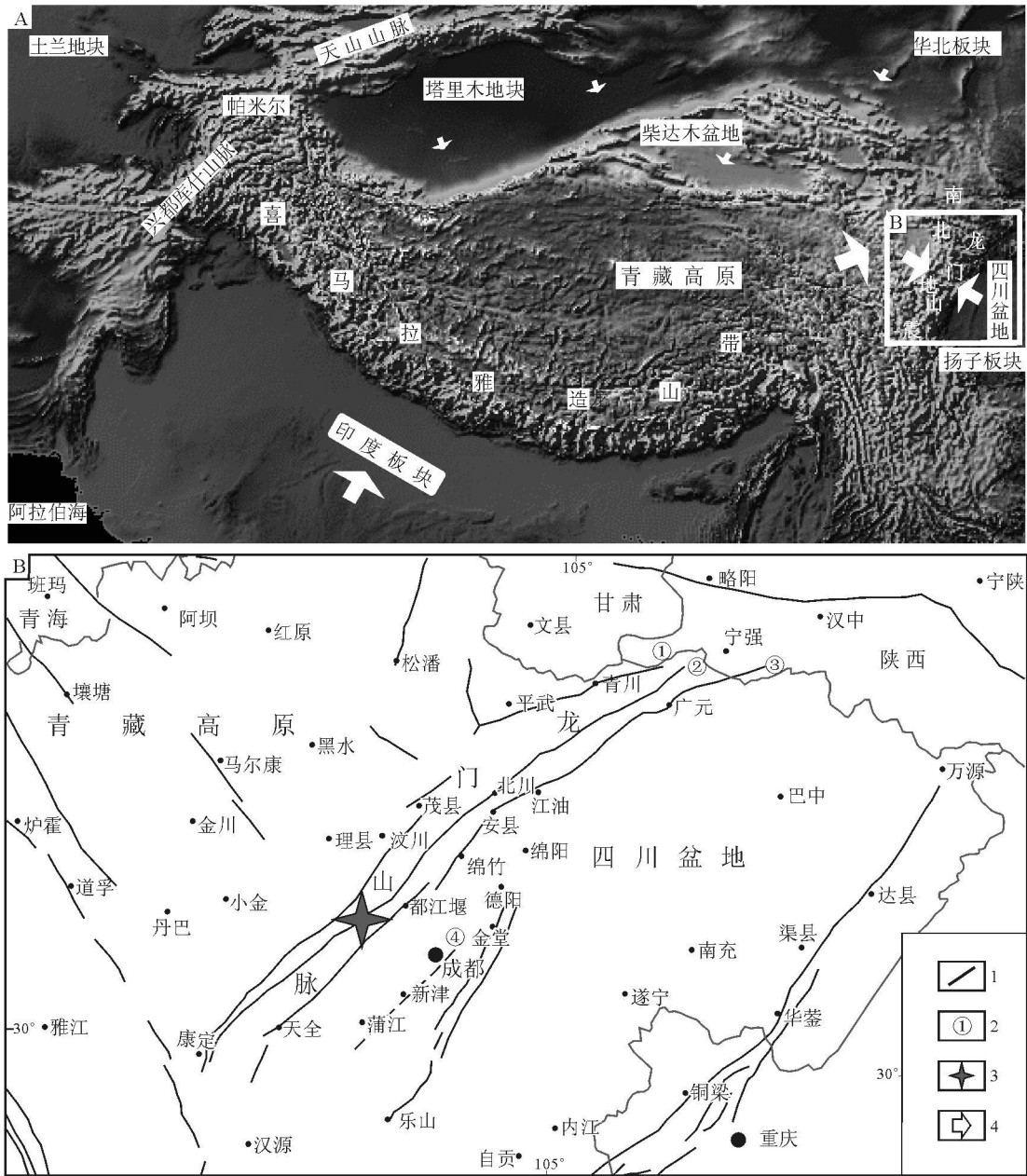


图 1 龙门山断裂带、汶川大地震震中和余震分布 (B)及其大地构造位置简图 (A)

1. 断层; 2 主要断层编号; 3 震中位置; 4 板块或地块运动方向。① 后山断裂带(汶川 茂县断裂); ② 主中央断裂带(映秀 北川断裂); ③ 前山主边界断裂带; ④ 熊坡断裂

Fig 1 Sketches to show the distribution (B) and tectonic setting (A) of the Longmen Mountains fault zone, epicenter and after shocks

1= fault 2= major fault 3= epicenter 4= direction of Plate or landmass movement ① = back range fault (Wenchuan-Maoxian fault); ② = main central fault (Yingxiu-Beichuan fault); ③ = front range main boundary fault (Dujiangyan-Jiangyou fault); ④ = Xiongpo fault

是经过强烈的地壳运动形成的, 至今仍处于活动状态的陆内造山带, 是东部刚性的扬子板块薄壳稳定区向西部高原厚壳活动区的过渡带^[3, 4]。由于印度板块持续向北运动, 与欧亚板块的长期碰撞, 以及属于扬子板块的刚性四川盆地的阻挡, 在青藏高原东部与四川盆地交界的地带, 形成了南起四川泸定、天全, 北达四川广元和陕西勉县, 长近 500 km, 宽约 40 ~ 50 km, 北东走向的龙门山山脉。这条山脉发育了一系列北东走向的雁形排列的紧密褶皱和 3 条主要大断裂: 从东向西依次为山前断裂带 (又叫主边界断裂或都江堰江油断裂)、主中央断裂带 (映秀-北川断裂) 和后山断裂带 (汶川茂县断裂)^[5~13] (图 1B)。

2.3 大地震的形成

印度板块运动传递过来的力, 往北有华北板块的阻挡 (图 1A), 青藏高原东部的地壳物质向上和往下运动又都受到一定的限制, 因而主要向东和向南扩展。扩展的能量容易在龙门山断裂带集中, 加上汶川、都江堰一带有一种古老的岩石, 这种岩石抵抗破裂的强度特别大, 它是构成映秀-北川断裂南西端两盘的主要岩石, 断裂南西端及附近应力应变集中, 长期积累巨大的能量, 在瞬间释放从而形成强烈地震。这些经过地壳运动形成的特殊的地质构造为地震的孕育和发生提供了客观物质条件, 又为能量以地震的形式释放提供了场所。但是, 地震专家们至今不知道诱发地震的真正原因。

3 再次发生 8 级以上大地震的时间尺度

尽管龙门山山脉将来是否会发生 7 级以上地震, 相关专家还存在争论, 但是再次发生 8 级及以上大地震的时间尺度还是比较公认的, 至少在 1000 年以上。成都地质矿产研究所 (陈智梁和刘宇平等) 与美国科学院院士、中国科学院外籍院士、麻省理工学院 Burchfiel 等合作, 通过近 20 年的 GPS 全球卫星定位系统) 长期监测, 利用龙门山断裂带每年吸收的位移和地震产生的位移关系, 推断 8 级强震复发的间隔至少在 1000 年以上。美国麻省理工学院的地球物理学家 Royden 教授通过对青藏高原的长期研究认为: 汶川大地震是罕见的地质现象, 估计每 2000 年至 1 万年才有可能发生一次, 像这种规模的地震一般来说 5000 年才会发生一次。中国地震局地质研究所所长、国家汶川地震专家委员会南北带地震构造研究组组长张培震认为, 龙门山断裂带滑动

速率缓慢, 导致强震复发周期的加长, 估计龙门山断裂带 8 级强震的复发间隔至少在 3000 ~ 5000 年以上。

4 发生大余震对成都平原的影响

4.1 余震和地震序列

余震是主震后岩层破裂的进一步扩展, 或主破裂面的相邻岩块内新产生的次级破裂, 从而形成地震。根据地震专家对地震序列的统计研究^[14, 15], 地震序列分为主震型、双震型和群震型。主震型地震的主震, 地震波能量占全地震序列的 95% 以上, 较大余震较少; 双震型为两个主震的组合; 群震型地震的主震, 地震波能量占全地震序列的不到 75%, 震级相近的较大余震较多。

4.2 最大余震震级

汶川大地震为典型的受断裂控制的构造地震。它的余震和相关理论研究表明, 属主震型地震, 最大余震震级不会超过 7 级。所有较大的浅源地震发生以后, 总会有一系列的余震发生。根据最大余震震级与主震震级的相关性, 有关经验数据^[14]表明两者震级差最大为 1.2。按此次地震预报的最大震级 8.2 推算, 发生余震的最大震级为 7.0 级。成都市区 (三环路以内), 当然包括主城区的南部和东部, 都经历了 5.12 大地震的考验, 没有房屋及其它建筑物受损。所以, 龙门山断裂带以发生 7.0 级最大余震计算, 对成都平原的影响将非常有限。

如果主边界断裂不发震 (映秀-北川断裂发震时, 都江堰江油大约 90 km 的断裂发震), 那么汶川大地震对成都平原的影响将非常之小。

4.3 地震历史记录对成都平原的影响及破坏较小的原因

历史资料^[11]表明, 龙门山 3 条主干大断裂均有破坏性地震的记录, 如: 1933 年 8 月 25 日茂县迭溪 7.5 级, 1957 年汶川 6.5 级, 1958 年北川 6.2 级, 1970 年大邑 6.2 级地震和 1976 年 8 月 23 日的平武-松潘 7.2 级地震, 但是, 它们对成都平原的影响都比较小。主要原因是: ①由于成都平原是相对稳定的刚性地块; ②其上巨厚的松散沉积物 (冲积层) 使地震波消减很快; ③加上主边界断裂 (断裂是松散的破碎带) 也能消减一部分地震波; 也有可能④由于交通、通讯不发达, 有些地震的破坏情况缺少记载。

5 成都平原与大地震

成都平原属于扬子板块 (图 1A)。在地震的 3

种成因类型中,它不具备发生火山地震和塌陷地震的客观条件:火山地震,与火山运动有关,成都主城区没有火山活动;塌陷地震,与地下采矿活动造成的采空区等塌陷有关,成都主城区没有地下矿产开采活动。而地震中,最常见的、破坏性最大的、影响面最广的是构造地震。构造地震,与构造断裂活动有关。但是,成都平原没有大的活动断裂,又不在任何一条地震带上,是一个相对稳定的刚性地块,居住的安全岛,不会产生大的构造地震。所以,成都平原不会产生大地震,不可能成为大地震的震中。

汶川大地震使其地表在垂直和水平两个方向发生位移,最大的垂直位移有4米多,水平位移也达到4米以上。这种位移使成都平原相对下沉,龙门山大幅度抬高,重庆地区也有所抬升。这种特点使成都平原所在的地块原有的应力状态发生了改变,应变能可能在一些小断裂的附近聚集,从而可能诱发震级较小的地震。

6 小地震对成都平原的影响及对策

6.1 小震对成都平原的影响

地震历史资料^[1]证明,成都及其附近发生过的一些小型地震,最大地震震级为6.2,有房屋垮塌和人员伤亡的记录,但是影响范围都不大。在成都平原巨厚的松散沉积物下,发育有一些北东走向的小断裂。这些断裂中比较重要的是熊坡断裂^[9](图1B)。断裂从蒲江、新津,向北一直延续到双流的牧马山。再向北,经成都东南郊的包江桥、帽盒山,到北郊的凤凰山以西。该断层曾经剧烈活动,致使新津以南的白垩纪岩层,推覆到第四纪中更新世雅安砾石层上。往北,可能和新都广汉隐伏断层相连接。往南,可能与南边的总岗山断层相连接。仁寿、蒲江等都曾经发生过震级较小的小型地震。

6.2 应对小地震的对策

目前,假定龙门山地震带发生的6级地震,成都建筑物的抗震强度一般设计为地震烈度7度^[9]。通过这次8级地震观察,原来的抗震设计稍微偏低,倘若存在工程质量不佳、普遍采用砖混结构等问题,一些房屋的实际抗震强度可能会降低。因此,建议在国家的层面,提高国家建筑抗震标准,加强建筑行业管理和规划,从根本上防震。对成都来讲,首先要提高抗震设计,将抗震强度设计从地震烈度7度提高到8度,严禁在活动断层及附近新修房屋,或从事房地产开发,或在活动断层及附近废除砖混结构建筑的商品房,重要的化工厂不能修建在活动断层带

上,对大开间房屋加强梁柱强度等措施。加强对成都平原内部各条断层,特别是熊坡断层的研究,监测其近期有无复活的可能性。同时,加大地震预报尤其是临震预报的多学科研究,提高大众地震知识素养,积极防震。

因此,成都平原即使发生地震,也是较小的地震。通过强有力的工程措施和合理的规划,完全可以减小地震的影响。

7 预测地震的可能性

7.1 地震宏观前兆异常

在地震尤其是大地震前,由于地壳运动积累了巨大的能量,地壳内部要产生各种物理、化学变化,同时它又要影响到地壳的表层,使地下水、大气层的物理化学和电离层的物理条件发生改变,形成地震宏观前兆异常,包括动物异常、地下水异常、地声异常、地光异常、地动异常、地电磁场异常和气象异常等。但是并非所有的地震宏观前兆异常都很明显,比如,这次的5.12汶川大地震。统计表明,大约10%~30%的地震在主震前数天到数月会有地震前兆发生,后来一段沉静期后就是主震。地震专家认为,前震是主震孕育过程的前兆。

7.2 单一的动物异常行为与地震

一些动物在物竞天择的自然压力下,形成一些器官或使一些器官具备了一些特殊能力,例如,1902年5月8日,意大利提尼克岛火山爆发,有3万多人死于非命。在火山爆发前一个月,城郊树林里已经听不到鸟叫。早在5月3日,就有人见到“狗吠,母牛急促地奔跑”。显然,自然界有些动物是有能力提前感知地震的。

据统计,目前已发现地震前有一定反常表现的动物有130多种,其中反应普遍且比较确定的约有以下20多种:

家禽畜:鸡、鸭、鹅、鸽子、马、驴、骡、牛、狗、猫、猪、羊、兔等;

穴居动物:野兔、鼠、蛇、黄鼠狼等;

水生动物:鱼类、泥鳅等;

会飞的昆虫:蜜蜂、蜻蜓等。

这些生物能较早地探测到地震宏观前兆异常,从而尽早地调整自己的行为,逃离即将到来的地震。但是,地震预报前兆现象是很复杂的,动物异常的原因也很复杂,很多时候与地震之间没有任何关系,所以在观察宏观变化时,一定要注意识别真伪:它们的异常行为也有可能是气候变化、生态环境恶化,或一

些其它原因造成。由于动物种类单一, 仅仅靠震前的 5 月 9 日绵竹市上万只蟾蜍的集体行动, 或震后的 10 月 10 日蒲江县上万只青蛙的交配行为, 依然不能构成“地震宏观前兆异常”的证据, 不能得出“要地震了”的结论。这些异常现象可能是动物对生态环境变化的反映。

所以, 单一的动物异常行为并不一定意味着动物能真正识别地震。

7.3 准确预测地震的可能性

1. 地震预报的成功率

目前, 地震预报的成功率很低, 大约只有 10% ~ 20%。成功预报的地震, 它的地震宏观前兆异常明显。在国外, 前苏联成功预报了 1978 年 11 月 1 日发生在中亚加尔姆以东 150 km 的一次 7 级地震。震中位于帕米尔高原北边 (靠近塔吉克与吉尔吉斯边界) 的无人区。预报这次地震的发震时间误差是几小时, 震级误差在 0.5 级以内, 地震的地点误差为几百公里。美国和日本也有成功预测的例子。中国地震预报成功的案例是 1975 年海城 7.3 级地震。海城地震的成功预报, 得益于当时的环境, 几乎所有可能发震的地方都动员起来躲避这场灾难。此后, 却未能对唐山 1976 年 7.8 级地震做出短期临震预报, 造成 24 万人死亡。1993 年 7 月 12 日, 日本北海道西南近海发生 7.8 级地震。这次地震发生在日本全国划定的 10 个特定或强化观测区以外, 日本地震界对此均感到“意外”。显然, 这些成功预报地震的例子误差较大。

所以, 准确预报地震发生的时间、地点和震级是完全没有的。

2 地震与准确预报

地震能不能准确预报, 在学术界一直是长期争论的焦点问题。在南北地震带, 包括龙门山, 何时何地发生多大地震一直就是争论的话题^[16~20]。在 1997 年, 来自不同国家大学的 Geller R J(日本), Jackson D D(美国), Kagan Y Y(美国)和 Mulargia F(意大利)四位学者从非线性物理学的混沌理论 (chaos theory) 出发, 强调地震孕育和发生过程存在许多控制已有物理定律的潜在的非线性复杂系统。在世界著名的美国《科学》杂志上发表文章^[21]认为, 地震是不能预测的。麻省理工学院 Royder 教授指出, 就目前技术来看, 地震 (几乎) 无法提前准确预测。就在 Geller R J 等四位学者发表文章认为, ‘地震是不能预测’不久, 世界一些著名大学的学者, 如美国阿拉斯加大学的地球物理学家 Wyss M

加利福利亚大学的 Aceves R I 和 Park S K 也在《科学》杂志上撰文^[22]指出, ‘地震不能预测’太过悲观, 虽然, 准确预测地震还有困难, 但是决不能停止灾难性地震的野外、实验和理论研究。他们从电磁学、应力应变和岩石力学等角度论证了地震预测的可能性。目前, 科学技术无法完全准确地预报地震发生的时间、地点和震级。从汶川震前的有关监测结果来看, 既没有动物的异常活动, 也没有任何前震活动, 没有发现能够让地震学家们依据现有经验做出地震判断的“前兆”。几十年前美国曾有个很大的项目来研究如何预测地震, 但结论是否定的: 地震是无法准确预测的。国家汶川防震减灾委员会主任、中国科学院院士、中国地震局马宗晋研究员也认为, 准确预测地震现在是不可能的。

3 地震难以预测的原因

难以预测地震有以下 4 个主要因素:

第一是上天容易入地难。至今, 人类已进行了 123 次月球探测活动^[23]。早在四十多年前, 人类就实现了“九天揽月”的梦想, 近年来的深空探测和探月计划也一个接一个。然而, 由于地壳结构的复杂性和探测技术手段的限制, 人类对地下发生的变化知之甚少。目前对地球的深部探测也不过是十几千米 (至今, 人类钻探最深记录为 12300 m, 由前苏联科学家于 1990 年在芬兰的科拉半岛创造), 汶川地震震源深达 19 km, 人们无法对震源进行直接观测。

第二是地震孕育和发生的复杂性^[21, 22]。经过多年的研究, 地震专家们逐渐认识到, 地震孕育和发生的过程相当复杂。不同的地质构造环境、不同的时间阶段、不同震级的地震, 或是同一地质构造环境、同一条断层在同一时间, 都会显示出各不相同的特征。孕震过程是非线性的, 其演化途径和结果也不是惟一确定的, 从而存在多种可能性, 这就导致地震“前兆”图像的高度复杂性。

第三是引发地震的原因和物理学原理不清楚^[21, 22]。因为存在许多影响地震的因素, 决定了搞清引发地震的原因和物理学原理是非常困难的。美国胡佛大坝于 1935 年建成, 科学家们在坝建成之后 10 年发现, 水库的地震活动增加了, 原因是: 水库的水对地面岩层产生压力, 从而导致已经存在的地质断层产生滑移, 增大引发地震的可能性。另外, 水还能渗透进岩层, 增加岩层孔隙中水的压力, 引发或加速地震的到来。从那以后, 人类活动, 包括采矿、采石、深部钻探和向地下灌注废水等, 能够引发地面

的强烈震动已被大量的事例所证实。因此,中外有的科学家认为,距汶川大地震震中 5.5 km 紫坪铺水库引发了地震。但是,美国地质调查局 (United States Geological Survey) 的地球物理学家罗斯·斯坦 (Ross Stein) 认为,如果没有大坝兴建前和水库蓄水后相关的地震活动频率数据,很难得出水利工程能引发大型地震的结论。环境咨询机构国际河流 (International Rivers) 的政策主任 Peter Bosshard 进一步认为,紫坪铺水库不存在引发汶川大地震的直接证据,但从获得的有限证据看,这种说法也不是完全没有科学依据的。更有甚者,香港大学土木工程学系副教授岳中琦认为,蕴藏大量高压天然气是诱发汶川大地震的原因。成都市地震局研究员洪时中反驳说,震源在地下 10 km 多深处,天然气不可能埋藏得这么深,历史上从来没有天然气引起这么大地震的记录。从这些争论可以看出,引发地震的原因是很复杂的。

第四是同一个地区地震发生的可能性小,大地震复发周期长。地球每年都有地震发生,但是就一个地区而言,地震发生的时间间隔相对较长,属于突发性事件,可能是几十年、几百年甚至上千年。大地震的孕育要数百年,对主震型的 8 级大地震从孕育到发生至少一千年。

这真是,地震预测有险阻,苦战才能过难关。我们坚信,进入 21 世纪,随着科学技术的进步,人类一定能实现准确预报地震的梦想。

鸣谢:文章参考了大量的在地震后网站和报纸发表的公开信息,无法将它们一一列出,在此一并致谢!

参考文献:

[1] 周文林. 汉代至民国成都、阿坝、广元、绵阳、德阳地震灾害 [J]. 四川档案, 2008 (3): 57—59.
 [2] 刘蒲雄, 黄德瑜, 杨懋全, 等. 地震类型和震源机制 [J]. 地球物理学报, 1983 26(3): 237—248.
 [3] 潘桂棠. 汶川八级地震的区域地质构造背景 [J]. 决策咨询通

讯, 2008 (3): 1—8
 [4] HSU K J. Thin-skinned plate tectonic model for collision-type orogenesis [J]. Scientia Sinica (Ser. A), 1981, 24(1): 100—110
 [5] 王振荣, 兰江华. 四川汶川大地震的构造分析 [J]. 矿物岩石, 2008 28(2): 1—5.
 [6] 唐荣昌, 韩渭宾. 四川活动断裂与地震 [M]. 北京: 地震出版社, 1993
 [7] 黄润秋. 5.12 汶川大地震地质灾害的基本特征及其对灾后重建影响的建议 [J]. 中国地质教育, 2008 (2): 21—24
 [8] 陈智梁, 刘宇平, 张选阳, 等. 全球定位系统测量与青藏高原东流变构造 [J]. 第四纪研究, 1998 (3): 262—270
 [9] 刘兴诗. 汶川大地震的回顾与反思 [J]. 成都理工大学学报, 2008 16(2): 1—6.
 [10] 周荣军, 李勇, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘活动构造 [J]. 矿物岩石, 2006 26(2): 40—51.
 [11] 卢华复, 贾东, 王良书, 等. 关于汶川地震震害机制 [J]. 高校地质学报, 2008 14(2): 133—138
 [12] 吴刚. 龙门山推覆构造带与地震活动 [J]. 地震研究, 1992 15 (3): 291—297
 [13] 冯海燕. 5.12 汶川地震及其山地所科技抗震救灾 [J]. 山地学报, 2008 26(3): 283—285
 [14] 谷继成. 地震类型的判别与强地震的预测 [J]. 地震, 1987, (6): 1—9
 [15] 周仕勇, 许忠淮. 地震序列研究综述 [J]. 中国地震, 1999 15 (3): 268—277
 [16] 韩渭宾, 蒋国芳. 川滇地区较长时间尺度的地震活动盛衰交替性 [J]. 地震, 2005 25(1): 51—57
 [17] 余团, 何昌荣. 龙门山构造带区域稳定性探讨 [J]. 地震研究, 2000 23(4): 378—383
 [18] 江道崇. 龙门山地震带地震活动特征的研究 [J]. 四川地震, 1995 (4): 10—18
 [19] 龙小霞, 延军虎, 孙虎, 等. 基于可公度方法的川滇地区地震趋势研究 [J]. 灾害学, 2006 21(3): 81—84.
 [20] 黄子波. 川滇地区强烈地震预报研究 [J]. 四川地震, 1994, (1): 9—13
 [21] GELLER R J, JACKSON D D, KAGAN Y Y et al. Enhanced Earthquakes cannot be predicted [J]. Science, 1997 275 (5306): 1616—1617.
 [22] WYSS M. Cannot earthquakes be predicted? [J]. Science, 1997 278(5337): 487—490.
 [23] 邓连印, 崔乃刚. 月球探测发展历程及启示 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2008 10(3): 14—19

Earthquakes: An insight

LI Jianzhong, GUO Yang, YU Tuan, ZHU Huaping, WANG Shengwei

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Southwest Electric Power Design Institute, Chengdu 610021, Sichuan, China)

Abstract: In the light of the types of seismic sequences, time scales of earthquake inductions, waning of seismic waves in the Dujiangyan-Jiangyou fault and crustal structures of the Chengdu plain, the authors contend that the Wenchuan earthquake and subsequent aftershocks have a highly limited effect on the Chengdu plain due to the changes of the crustal stress fields. Particular attention should be drawn to the monitoring of the Xiongpo active fault and the management of construction sites. In general, the macroseismic premonitory anomalies are not always prone to be obviously observed. The anomalous habits of animals, e.g., the migration of birds and frogs, can't be considered as the basis for earthquake forecast. The earthquake inductions remain unclear. Therefore it is impossible for us to predict earthquakes with accuracy at present.

Key words: migration of frogs; anomalous habits of animals; Xiongpo fault; seismological monitoring; Chengdu plain; Wenchuan earthquake