

汶川巨震的预测和思考

耿庆国

(中国地震预测咨询委员会, 北京 100036)

[摘要] 根据多年来对旱震关系、强震活动有序性及强磁暴组合法的地震预测探索,就川、甘、青、陕,特别是四川阿坝州地区的地震活动连续3年的研究做了简要的回顾,披露了在汶川地震前的2005年12月8日向中国地震局提交的“关于加强川甘青交界地区强震短临监测和分析预报应急工作的紧急建议”要点。

[关键词] 汶川巨震预测;旱震关系;强震活动有序性;强磁暴组合法

[中图分类号] P315 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)06-0123-06

1 预测汶川巨震过程的简略回顾

1.1 依据旱震关系研究

2005年12月8日笔者向中国地震局正式提出“关于加强川甘青交界地区强震短临监测和分析预报应急工作的紧急建议”。1972年夏,笔者在研究孕震过程中的气象效应时,发现6级以上大地震震中区,震前一至三年半时间内往往是旱区。旱区面积随震级大小而增减。在旱后第三年发震时,震级要比旱后第一年内发震增大半级^[1]。2002年我国四川、甘肃、青海和陕西出现了大面积旱区,依据旱区面积预测足以发生8级左右强震。马尔康—松潘—合作—达日一带,构成了2002年川、甘、青特旱区。

由旱震关系给出的大地震中期预测意见:2006年内,在2002年川、甘、青特旱区内,特别是四川阿坝藏族、羌族自治州境内的红原(32.7°N,102.6°E)附近150 km为半径的区域内,可能发生M 7.0~7.6级强震。2006年和2007年在川甘青地区持续干旱,因“在旱后第三年发震时,震级要比旱后第一年内发震增大半级”,2008年5月发震时,震级果真达到8级左右,造成巨大灾害损失。

1.2 依据强震活动有序性研究

为了在马尔康—松潘—合作—达日一带特旱区

中进一步寻求强震震中位置。2005年1月,笔者通过强震活动有序性研究,得出20世纪以来的中国强震,具有5月中旬或11月中旬发震信息的强震旋钮共轭点,交汇在四川阿坝州红原(32.7°N,东经102.6°E)附近150 km为半径的地区的结论。也就是说,每年5月中旬或11月中旬可能是强震的发震危险时段。认真做好5月中旬和11月中旬的短临监测工作,就不会有很大失误。

1.3 强磁暴组合法与强震临震预测

2008年5月12日14时28分04秒在北纬31.00°东经103.40°发生M8.0级四川汶川—北川特大地震(震源深度为14公里)。从强磁暴组合法可以认定^[2],早在汶川—北川8级强震前1994年2月21日和2001年3月31日出现的2个强磁暴就已经显示了2008年5月12日四川汶川—北川8级强震的病态磁暴信息。

1)强磁暴组合法。2001年3月31日 $K=8\sim 9$;1994年2月21日 $K=7\sim 8$ 。给出2008年5月11日(± 10 日)为中国大陆境内及周边地区 $M\geq 7.5$ 级强震发震危险时间点。

2)起倍磁暴(见表1)。1994年2月21日 $K=8\sim 7$ (1994年内唯一强磁暴)。我国北纬40°以南、东经116°以西地区的地磁台站中,病态磁暴出现在CDP(成都)台LZH(兰州)台;磁暴急始变幅和最大

[收稿日期] 2009-04-20;修回日期 2009-04-28

[作者简介] 耿庆国(1941-),男,北京市人,中国地震局研究员,中国地震预测咨询委员会委员,研究方向为重大天灾综合预测研究;
E-mail: geng_qingguo@hotmail.com

幅度水平分量都处于最低值。CDP 台磁暴急始变幅垂直分量为 -18。

表 1 起倍磁暴(1994 年 2 月 21 日)

Table 1 Magnetic storms (February 21, 1994)

地磁台名	磁暴开始时间			类型	急始变幅			活动程度	最大活动程度			磁暴最大幅度			磁暴终止时间	
	天	小时	分钟		D'	H/nT	Z/nT		日期	3 小时时段	指数	D'	H/nT	Z/nT	天	小时
BJI	21	09	01	SC	-2.7	102	15	ms	21	5	7	21.2	280	42	22	22
KSH	21	09	00	SC	2.2	58	—	s	21	5	8	20.2	291	37	22	17
GRM	21	09	00	SC	2.1	89	36	s	21	5	8	15.3	272	80	22	23
LZH	21	09	00	SC	1.9	43	14	s	21	5	8	14.1	248	53	22	16
CDP	21	09	00	SC	-1.7	47	-18	s	21	5	8	10.9	250	44	22	19
WHN	21	09	00	SC	3.3	97	13	s	21	5	8	12.7	296	23	22	17
LSA	21	09	00	SC	1.5	48	9	ms	21	5	7	9.3	266	57	22	17
QZH	21	09	00	SC	4.9	75	18	ms	21	5	7	10.4	278	39	22	16
THJ	21	09	00	SC	2.0	89	11	s	21	5	8	10.3	318	57	22	16
GZH	21	09	00	SC	1.6	79	10	s	21	5	8	9.2	274	38	22	16
QGZ	21	09	00	SC	1.0	78	19	s	21	5	8	7.3	296	61	22	17

3) 被倍磁暴(见表 2)。2001 年 3 月 31 日 $K = 8 \sim 9$ (2001 年内最大的强磁暴)。我国北纬 36.2° 以南地区的地磁台站中,病态磁暴同样出现在 CDP(成都)台 LZH(兰州)台;磁暴最大幅度水平分量,处于最低值。CDP 台磁暴急始变幅垂直分量为 -14。须特别指出的是,磁暴急始变幅水平分量的病态磁暴出现在 CDP(成都)台、TSY(天水)台;磁

暴最大幅度水平分量,都处于最低值。而 LZH(兰州)台和 XIC(西昌)台磁暴最大幅度水平分量,则处于最高值。综上可知成都—天水—兰州和西昌存在明显病态磁暴异常,强磁暴组合给出了时间、震级、地区三要素齐备的完整预测信息,预示 2008 年 5 月 11 日(± 10 日)在中国大陆境内的成都—天水—兰州和西昌一带地区发生 $M \geq 7.5$ 级强震。

表 2 倍倍磁暴(2001 年 3 月 31 日)

Table 2 Magnetic storms (March 31, 2001)

地磁台名	磁暴开始时间			类型	急始变幅			活动程度	最大活动程度			磁暴最大幅度			磁暴终止时间	
	天	小时	分钟		D'	H/nT	Z/nT		日期	3 小时时段	指数	D'	H/nT	Z/nT	天	小时
LZH	31	00	52	SC	8.8	132	17	s	31	2	9	18.8	534	111	01	09
QIX	31	00	52	SC	-6.2	128	11	s	31	2	9	16.5	592	112	01	09
ZZH	31	00	52	SC	9.3	100	21	s	31	2	9	24.7	540	108	01	09
TSY	31	00	52	SC	6.9	95	14	s	31	2	9	17.2	584	112	01	09
NAJ	31	00	52	SC	7.0	124	15	s	31	2	9	25.4	565	93	01	09
COM	31	00	52	SC	6.9	96	-44	s	31	2	9	25.6	536	106	01	09
SSH	31	00	52	SC	7.7	112	-39	s	31	2	9	26.8	552	118	01	09
CDP	31	00	52	SC	6.7	55	-14	s	31	2	9	16.9	509	106	01	09
WHN	31	00	52	SC	7.9	108	7	s	31	2	9	21.3	570	86	01	09
LSA	31	00	52	SC	6.6	110	6	s	31	2	9	18.1	541	126	01	09
HZC	31	00	52	SC	7.2	99	-32	s	31	2	9	24.2	555	102	01	09
COQ	31	00	52	SC	105	21	s	31	2	9	14.7	566	117	01	09	
XIC	31	00	52	SC	6.9	146	34	s	31	2	9	18.7	560	110	01	09
SYG	31	00	52	SC	6.1	104	-21	s	31	2	9	16.4	574	83	01	09
GYX	31	00	52	SC	5.1	128	24	s	31	2	9	14.3	542	101	01	09
QZH	31	00	52	SC	10.0	122	6	s	31	2	9	18.7	638	91	01	09
THJ	31	00	52	SC	7.1	111	-24	s	31	2	9	19.4	615	132	01	09
GZH	None															
YON	31	00	52	SC	5.4	116	8	s	31	2	9	13.6	626	81	01	09
QGZ	31	00	52	SC	4.5	117	41	s	31	2	9	12.8	647	161	01	09

4) 出现病态磁暴的地磁台站。出现急始变幅水平分量病态磁暴的地磁台站为:CDP(成都)台:东经 103.7°; LZH(兰州)台:东经 103.8°; XIC(西昌)台:东经 102.2°。出现急始变幅垂直分量病态磁暴的地磁台站为:CDP(成都)台:北纬 31.0°; COM(崇明)台:北纬 31.6°; SSH(佘山)台:北纬 31.1°; HZC(杭州)台:北纬 30.2°; SYG(邵阳)台:北纬 27.2°; THJ(通海)台:东经 102.7°。病态磁暴主体异常区(北纬 27.2°~31.6°;东经 102.2°~103.8°)位于 2008 年 5 月 12 日四川汶川—北川大地震震中区(31.0°N,103.4°E)和强破坏区。

5) 依据强磁暴组合法,进行 7 级以上强震跨越式发震危险时间点预测。从 2005 年 5 月中旬以来,笔者共填写了针对四川阿坝州红原附近的 7.5 级以上强震的预测 5 张短临卡片。2008 年 4 月 26 日晚 7~9 时,在中国地球物理学会天灾预测专业委员会全体委员会议上,笔者依据 2005 年 5 月 15 日和 2002 年 5 月 23 日的强磁暴组合,提出 2008 年 5 月 8 日前后 10 天是国内 7.5 级强震的危险点,重庆和成都—天水—兰州 4 站发现病态磁暴,河北昌黎发现病态磁暴。成都—天水—兰州的病态磁暴主要反映兰州以南至川甘青交界地区,特别是四川阿坝州红原 150 km 范围内的 7.5 级以上强震。

强磁暴信息表明:2008 年 5 月 12 日四川汶川—北川 8.0 级大地震是可以预测的。

2 对预测结果的必要说明

中国地震局 2008 年 9 月 2 日正式公布了汶川 8 级巨震宏观等震线图(见图 1)。该图表明:烈度 6 度区位于重庆与兰州之间;烈度 7 度区位于成都与天水之间;与强磁暴组合法显示的 2008 年 5 月 8 日(± 10 日)病态磁暴异常完全一致。表明病态磁暴异常是汶川 8 组巨震的重要临震前兆,也表明强地震是可以预测的。同时通过早震关系和强震旋钮共轭预测的震中:四川阿坝州红原县确与汶川—北川 11 度极震区沿北东向平行展布,二者相距 150 km 范围。

3 川、甘、青、陕交界 2002 年特旱区的演化过程

3.1 2002 年我国川、甘、青、陕特旱区

根据 2002 年川甘青陕发生大面积干旱,马尔康、松潘、达日、合作一带出现特旱区(年降水量突破当地历史记录)的情况,在 2005 年 12 月 8 日提出

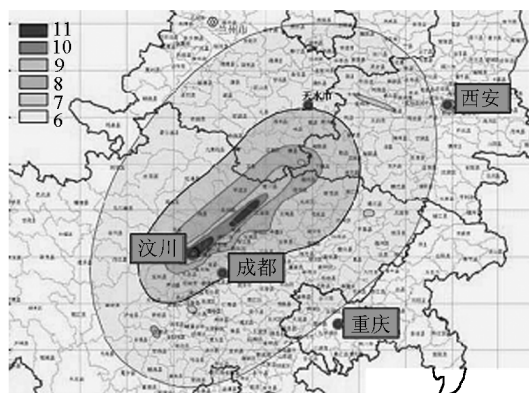


图 1 8 级巨震宏观等震线图

Fig. 1 Macro intensity isoline map of the Wenchuan M8 earthquake

四川阿坝红原县 150 km 范围内将发生 8 级地震的中期预测意见。汶川地震后,进一步收集到更为详实的数据,确定 2002 年我国川甘青陕大旱区的特旱区范围是:马尔康、小金、雅安、成都、都江堰、绵阳、广元、汉中、武都、平武、松潘、红原、若尔盖、久治、玛曲、岷县、合作、河南、达日,汶川和北川在特旱区范围内(见图 2)。

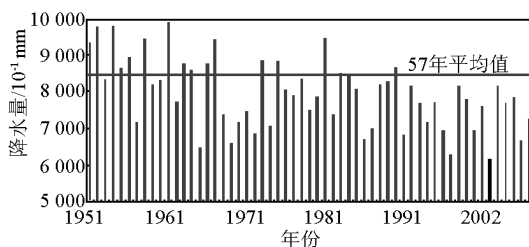


图 2 历年降水量图——2002 年我国川甘青陕特旱区(单位: 10^{-1} mm)

Fig. 2 Historical precipitation chart of the Sichuan - Gansu - Qinghai - Shaanxi drought area in 2002 (unit: 10^{-1} mm)

3.2 2002 年我国川、甘、青、陕特旱区中 2006 年出现特旱区

2002 年川、甘、青、陕特旱区内——2006 年我国四川龙门山断裂带主体地区出现特旱区。2006 年特旱区包括下述站点:小金—雅安—成都—都江堰—绵阳—广元—武都—平武—松潘。这些站点处于四川龙门山断裂带主体地区(见图 2)。

3.3 2002 年我国川、甘、青、陕特旱区中 2007 年出现特旱区

2002 年我国川甘青陕特旱区内——在 2007 年于我国四川小金—成都—都江堰一带出现特旱区,这些站点处于 2008 年 5 月 12 日汶川 8 级巨震首发

地区(见图4)。

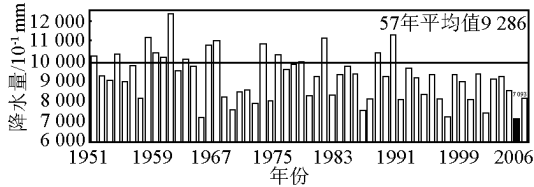


图3 历年降水量图——2006年四川龙门山断裂带主体地区出现特旱区(单位: 10^{-1} mm)

Fig. 3 Historical precipitation chart of the extreme drought area appearing in the Sichuan Longmen fault zone in 2006 (unit: 10^{-1} mm)

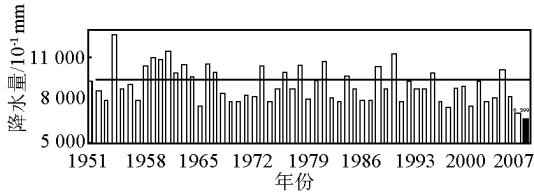


图4 历年降水量图——2007年四川小金—成都—都江堰特旱区(单位: 10^{-1} mm)

Fig. 4 Historical precipitation chart of the Sichuan Xiaojin - Chengdu - Dujiangyan extreme drought area in 2007 (unit: 10^{-1} mm)

3.4 2002年我国川、甘、青、陕特旱区的演化过程

2002年我国川、甘、青、陕特旱区中,在2002年、2006年、2007年分别出现了特旱区,其演化过程如图5所示。

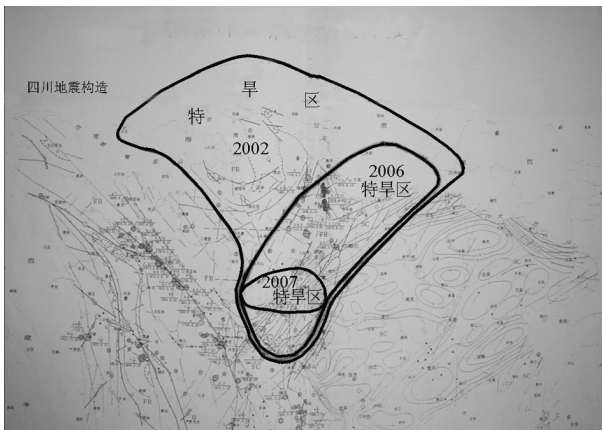


图5 2002年我国川甘青陕特旱区演化图(2002—2007年)

Fig. 5 The extreme drought area evolution map of the Sichuan - Gansu - Qinghai - Shaanxi drought area in 2002 (2002 - 2007)

4 人民的安危重于泰山、祖国的利益高于一切

2006年笔者在地震中期预测意见中郑重建议

“鉴于震中区位于四川、甘肃、青海交界地区,即四川阿坝藏族、羌族自治州、甘肃甘南藏族自治州、青海果洛藏族自治州,系三省藏胞聚居地区,为了保障藏胞、羌胞生命安全和兄弟民族团结,我们必须切实做好防震减灾工作”。

四川平武、北川、青川是四川熊猫主要聚集地。“鉴于这里是熊猫家乡,请当地有关方面认真保护好、转移好国宝熊猫。众所周知,我国四川平武、南坪、甘肃文县是世界上极稀有的珍贵动物熊猫之乡。1974年,包括平武、南坪、文县在内的川、甘交界地区出现了大面积严重干旱,造成箭竹开花、干死、开裂、竹林大片枯死,以致熊猫因缺食而大量死亡,后经及时发现和抢救,才使得一大批饿得奄奄一息的熊猫,重新获得生机。这个教训告诉我们,一旦四川、甘肃交界地区出现特旱区,在研究旱震关系和地震动向的同时,也应向有关动植物管理部门打个招呼,提醒他们注意大旱年后植物二次开花和重花重果现象,特别是在熊猫之乡,更要使其免受饿死的威胁,在遭遇地震时避免蒙难”。

5 地气耦合机制很可能在强震孕育过程中引发一系列灾害性天气

5.1 汶川地震前半年震中附近地区,出现特殊降水过程

在2002—2007年连续出现特旱区中期异常背景下,汶川8级巨震发生前半年,震中附近地区出现连续降水过程。全国降水量百分率图显示,以成都为例,从2007年10月至2008年4月期间逐月降水都呈现正距平。特别是2007年12月至2008年3月连续4个月降水正距平 $\geq 200\%$ 。

5.2 巨震发生前10天出现了热带风暴袭击缅甸事件

四川汶川—北川8级巨震发生前10天,出现了热带风暴袭击缅甸事件。这是否与我们强调的“震源体所在处,通过引逗台风逼境而造成特大降水”有关,值得认真研究。这场超强风暴十分罕见,属于“500年一遇”。世界气象组织声明指出,“纳尔吉斯”是40年来第一个在缅甸登陆的强热带风暴。

“纳尔吉斯”是2008年第一个孟加拉湾风暴,强度最强时达59 m/s,相当于人们常说的超强台风。“纳尔吉斯”于2008年4月28日在孟加拉湾西部海面生成,随后缓慢向偏北方向移动。在“纳尔吉斯”的发展过程中有两次加强过程,一次是在

29日下午加强为特强热带风暴,另一次是在5月1日,其本已减弱为强热带风暴,再次加强为特强热带风暴,并于5月2日在缅甸伊洛瓦底省登陆,登陆时中心附近最大风力达52 m/s,相当于16级台风。笔者注意到,在孟加拉湾形成的热带风暴2008年5月2日早晨在缅甸伊洛瓦底省的海基岛附近登陆,接着横扫三角洲地区,穿过伊洛瓦底省、孟邦、克伦邦、勃固省和仰光省。登陆初期,热带风暴的最高时速超过190 km。2008年5月2日热带风暴“纳尔吉斯”袭击缅甸,超过5万人死亡2400万人受灾(缅甸人口总数近一半)。缅甸整个沿海平原都被淹没,位于红三角处的仰光市则几乎完全被洪水所包围。台风袭击严重毁坏了缅甸的大米生产区,2008年5月4日热带风暴“纳尔吉斯”形成的低压降水甚至北上影响到我国云南境内。

5.3 地气耦合机制,在强震孕育过程中将引发一系列灾害性天气

笔者长期从事研究表明:孕震过程中气象效应的特征表现,包括中长期(震前1~3年半时间)的大面积严重干旱特征(表现在年指标的降水总量低值异常上);中短期(震前半年至1年以上)的暖冬、冷春、凉夏特征(表现在旬、日指标的气温异常上)及干湿失调、旱涝交替特征(表现在旬、日指标的降水异常上);短期临震低压高温、低压低温,特殊降水特征(表现在日指标的气压、气温、降水异常上)。正如笔者所指出的,从早到震,必然有一个特殊降水把旱区瓦解的过程,即在大面积干旱的中期气象异常背景上,还将陆续出现暖冬冷春或凉夏和干湿失调的中短期气象异常,这是从早到震的一个必然过程。震源体在孕震过程中,甚至能影响和改变台风路径和寒潮路径。震源体所在处,通过引逗台风逼境而造成特大降水;震源体所在处,通过引逗寒潮逼境而造成急剧降温^[3]。临震前的降水(雨、雪)是在干旱的背景下出现的,这是一个显著的特点;从长期趋势上看“天旱地要震”,但到临震时“天不下雨,地不震”。因此地震前的雨涝,特别是在长年干旱背景中的雨涝现象(包括大雨、大雹、大雪)应予注意。

临震前气象异常的典型表现是:地光、怪风、特大降水、低压闷热异常、地气雾味、云状异常、大气浑浊和日月光象异常等。强震发生之后气象效应的一般表现是:持续降水和降温(地震发生在冬季,则震后气象效应表现是降大雪和低温冻害)。震后有大雨,把握住这个特点,预防洪涝冻害,这对做好防震

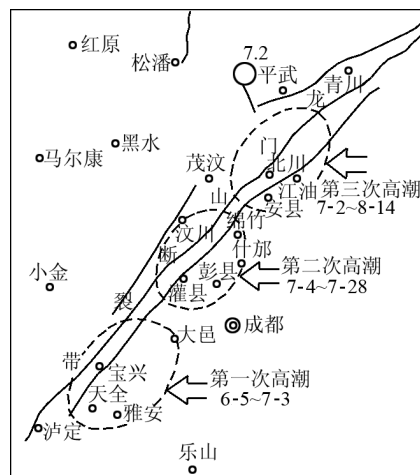
工作,减轻地震灾害是大有裨益的。

基于地球放气作用和地气耦合机制,地震与气象之间的相互关系是十分密切的。在孕震过程中,地震引起的气象效应,表现为一系列灾害性气候和灾害性天气的陆续出现,分别达到或突破历年同月、同旬、同日的极端值。因此有理由确信,地震气象研究所取得的成就和进展,必将能帮助解决灾害性气候和灾害性天气的预报问题。另一方面,大气环流运动和状态的变化,可能对地震活动性起着某种调制作用;临震前出现的低气压和特大降水,也可能对地震的最终发生起某种触发作用。总之,地震引起及影响气象变异和气象调制及诱发地震活动。这是地震气象学相辅相成、并行不悖的两大研究课题领域,今后都有继续深入开展探索和研究的必要。

6 要从演化的观点研究强震信息,历史的经验值得注意

地球处在不断发展演化中,巨大地震事件也不例外。预测也就必须根据研究对象的发展演化提取信息,以求获知研究对象的发展趋势,而达到预测目的^[4]。

图6标明了1976年6月5日至8月14日期间龙门山地区宏观异常时空分布^[5]。从图6中可知:1976年6月20日至23日为第一次宏观异常高潮,6月24日进入相对平静。宏观异常以地下水为主。空间分布上主要在大邑、邛崃、天全、宝兴一带。



注:包括地下水、动物等(1976年6月5日至8月14日)

图6 龙门山地区宏观异常时空分布图
Fig. 6 Longmen area macro - anomalies space - time distribution map

1976年7月19日至23日为第二次宏观异常高潮,7月24日进入相对平静。火球活动居主要内容。在空间分布上,宏观异常已移到龙门山断裂带

中部的汶川、都江堰、彭县、什邡、绵竹一带。

1976年8月7日至8月14日为第三次宏观异常高潮,8月15日进入相对平静。这次高潮远远超过前两次宏观异常高潮,其主要特点是大动物普遍异常。在空间分布上,宏观异常继续沿龙门山断裂带由汶川、都江堰依北东方向移至北川、江油等地。

值得注意的问题是:1976年8月16日、8月23日松潘、平武两次M7.2级地震并未发生在北东向的龙门山断裂带上,而是发生在北偏西的虎牙断裂与东西向构造的复合部位。但1976年8月松潘、平武地震前60天内出现的宏观异常现象,时间上高潮与平静相互交替,显现“三起三落”,空间上沿龙门山断裂带由南向北转移。

笔者一向认为:科学是人类与自然的通信。在提取自然界信息时,特别应注重从原始信息和全部信息中提取有用信息。1976年6月20日至8月14日的三次宏观异常高潮,沿龙门山断裂带由

宝兴向汶川—北川转移,应当说自然界向人类预先警示了汶川—北川地区存在未来发生强震的危险性。或者说1976年8月16日松潘、平武7.2级强震发生前宏观异常的空间转移,业已给出了汶川—北川作为下一个大地震震中区的重要信息。强地震是可以预测的,强地震是确有前兆信息的;但必须从发展演化的观点来研究和提取强震前兆信息。

参考文献

- [1] 耿庆国. 中国早震关系研究[M]. 北京:海洋出版社, 1985
- [2] 天文与自然灾害编委会. 天文与自然灾害[M]. 北京:地震出版社, 1991
- [3] 耿庆国, 张元东, 任振球. 地震气象学天文学气象学进展[M]. 北京:海洋出版社, 1987
- [4] 王明太, 耿庆国. 中国天灾信息预测研究进展[M]. 北京:石油工业出版社, 2004
- [5] 四川省地震局. 一九七六年松潘地震[M]. 四川:地震出版社, 1979

Prediction and thoughts of the Wenchuan large earthquake

Geng Qingguo

(China Consulting Committee of Earthquake Prediction, Beijing 100036, China)

[Abstract] According to many years of earthquake prediction exploring work based on analysis of drought-earthquake relations and ordered strong earthquake activities and the method of strong geomagnetic storm combinations, the paper briefly reviewed the consecutive three year studies of seismic activities in the Sichuan-Gansu-Qinghai-Shaanxi region, especially within the Sichuan Abazhou area, and revealed the main points of the “Urgent advice to enhance strong earthquake short-term/imminent monitoring and analysis prediction contingency work for the Sichuan-Gansu-Qinghai-Shaanxi region” report submitted to the China seismological Bureau on Dec. 8, 2005.

[Key words] Wenchuan Large Earthquake prediction; drought-earthquake relations; strong earthquake activities order; strong geomagnetic storm combination method