



汶川巨震与玉树强震地气系统演变的对比分析^①

汤懋苍¹, 廖留峰^{1,2}, 邓国卫^{1,2}, 郭维栋³, 惠小英¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730000;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 南京大学大气科学学院, 江苏 南京 210093)

摘要:分析了 2008 年汶川 8.0 级巨震和 2010 年玉树 7.1 级强震之前各月的 3.2 m 地温场和降水场变化, 发现它们均符合“强震孕育三步曲”。三步曲的时间点是: 干热面积最大月(第一步): 2006 年 8 月和 2009 年 6 月; 应变波始月(第二步): 2007 年 7 月和 2009 年 7 月; 应变弱停月(第三步): 2008 年 3 月和 2010 年 3 月。2009 年 11 月曾根据已得到的“孕震三步曲”规律, 对玉树地震进行了预测, 结果发震地点和时间均报错, 仅震级报对, 显示利用“孕震三步曲”预报地震还有很长的路要走。

关键词: 汶川地震; 玉树地震; 地气系统; “孕震三步曲”; 降水场; 地温场

中图分类号: P315.728

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2012)02-0199-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2012.02.0199

A Comparative Analysis on the Evolution of Earth-gas System between Wenchuan Earthquake and Yushu Earthquake

TANG Mao-cang¹, LIAO Liu-feng^{1,2}, DENG Guo-wei^{1,2}, GUO Wei-dong³, HUI Xiao-ying¹

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of Gansu Province, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 73000, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;

3. College of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The monthly 3.2 m-depth ground temperature and rainfall fields before the $M_s 8.0$ Wenchuan earthquake in 2008 and the $M_s 7.1$ Yushu earthquake in 2010 are analyzed separately. The "earthquake-birth 3 steps" law are found also before the two cases. The time nodes for each step started in for the two respective earthquakes were Aug. 2006 and Jun. 2009 with a largest dry-hot area appeared for the first step, Jul. 2007 and Jul. 2009 with a strain wave beginning for the second step, and Mar. 2008 and Mar. 2010 with the strain wave ending for the third step. We had made an earthquake prediction for Yushu case according to the "earthquake-birth 3 steps" law in Nov. 2009, and the result showed that the magnitude forecasted was right but the location and the time were wrong. Therefore, though the "earthquake-birth 3 steps" is found, we still have a long way to make a prediction success.

Key words: Wenchuan earthquake; Yushu earthquake; Earth-gas system; "Earthquake-birth 3 step"; Rainfall field; Ground temperature field

① 收稿日期: 2010-05-12

基金项目: 国家 973 项目(2008CB425704); 国家自然科学基金面上项目(40975049)

作者简介: 汤懋苍(1935—), 男, 江西宜春人, 研究员, 主要从事地球系统演化 and 短期气候预测研究。

通讯作者: 廖留峰, E-mail: liufeng0208@126.com

0 引言

2008年5月12日发生在汶川的8.0级巨震和2010年4月14日发生在玉树的7.3级强震是近5年来我国的最强地震,它们造成千上万的生命瞬间殒逝,给人民的生产生活带来了巨大的损失^[1-2],这是中国地学工作者心中永远的痛。对于这两次地震已有一些科学家进行了研究^[3-5]。以前我们根据我国各气象站3.2 m月地温资料和月降水量资料,总结出了强地震的“孕震三步曲”^[6]。汶川巨震和玉树强震是否也符合“孕震三步曲”?本文拟予讨论。观测事实表明强震发生的直接原因是两断层之间的错动,此时错动的力源在何处?目前比较流行的看法是大板块之间的挤压、拉张等。我们认为是震源之下的外核对流上升体顶托其上的壳幔层所致^[7]。我们提出的“强震孕育三步曲”用外核顶托说可以得到很好的解释。

1 孕震第一步——干热异常出现

对任一3.2 m地温测站均可求得第*i*月(*i*=1~12)的地温距平月际变化 $\Delta T'_i = T'_i - T'_{i-1}$, T'_i 为*i*月的3.2 m地温距平值。将 $\Delta T'_i$ 与下月(*i*+1)的降水距平 $R' \%_{i+1}$ 相乘,可得到该站的“温湿指数” $th_{i+1} = \Delta T'_i \cdot R' \%_{i+1}$ 。特别将 $\Delta T'_i > 0$,但 $R' \%_{i+1} < 0$ ($th_{i+1} < 0$)的面积圈出,将其称为“干热面积” S_{wd} 。图1给出我国2006年6月—2007年7月和2009年3—10月的逐月 S_{wd} 变化曲线,可见2006年8月和2009年6月是 S_{wd} 的两个极大月,其面积分别是360万和180万 km^2 ,它们分别是汶川巨震和玉树强震的孕震开始月。如此算来,汶川巨震和玉树强震的孕震时间分别是21个月和10个月。根据震级 M_s 与最大干热面积 S_{wd} 的统计相关^[6] ($M_s = 6.2 + 0.5 S_{wd}$ (S_{wd} 以 10^6 km^2 为单位)),可算得未来震级将分别是8.0级和7.1级,这与实况相符。

将两次强震的孕震开始月,即2006年7月和2009年5月的 $\Delta T'$ (月际变温)分别绘于图2(a)、(b)。对照着下个月即2006年8月和2009年6月的降水距平百分率($R' \%$)实况图(图略),可绘出如图中双实线所围的“干热异常区”。在图2(a)点绘出了孕震开始3个月(2006年7—9月)每个月月际正变温的中心点,它们均位于江河源区,其平均经纬度约为 $34^\circ\text{N}, 99^\circ\text{E}$,按我们的假设^[6],此地点可看成是地壳被抬升的中心点;还点绘出了2006年7—9

月各月最干点的位置,3个月的平均位置大致在 $29^\circ\text{N}, 106^\circ\text{E}$,按文献^[6]的假设,此点可看成是地壳被压缩最强的中心点。“抬升中心点”与“压缩中心点”二者的平均位置是 $31.5^\circ\text{N}, 102.5^\circ\text{E}$,这与汶川巨震的震中($31^\circ\text{N}, 103.4^\circ\text{E}$)已很接近。图2(b)点绘出了下月(2009年6月)的最干点位置,可见有两个最干点,一个在南疆西部,一个在柴达木南部。柴达木的最干点约位于 $36^\circ\text{N}, 95^\circ\text{E}$ 。在6月的月际变温图上(图略),可读正变温中心大体位于 $30^\circ\text{N}, 99^\circ\text{E}$,二者平均得中心点位置为 $33^\circ\text{N}, 97^\circ\text{E}$,这与玉树震中($33.1^\circ\text{N}, 96.7^\circ\text{E}$)相差不远。2009年7月孕震过程进入到第二步——应变波出现,此后“最干点”不能认为是地壳压缩最强点,但月际变地温的最大点仍可认为是地壳抬升最强点。图2(b)还标出了2009年7月和8月 $\Delta T'$ 最大点,它们距未来震中(玉树)均在200 km以内。

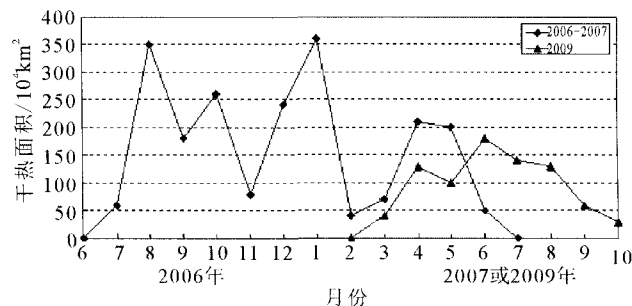


图1 2006年7月—2007年7月和2009年2—10月我国干热面积逐月变化曲线

Fig. 1 Monthly-change curves of dry-hot area during July 2006 – July 2007 and Feb. – Oct. 2009.

2 孕震第二步——应变波形成

随着外核对流上升体(孕震体)的持续顶托,岩石圈的被压缩逐渐达到极致状态,以后岩石之间的裂隙基本不再变小,热传导系数 K 基本维持不变。于是地温升高之处又变成多雨区,反之亦然。即是说“正多负少规则”^[8]又得以恢复,外核顶托形成的压力转变成了岩石内部的应力。地温波和降水波(应变波)得以出现。这是孕震第二步的开始。

图3(a)、(b)是2007年7月和2009年7月的 $R' \%$ 图,可见多雨、少雨的经向波动很清楚,将它们分别与上个月(2007年6月和2009年6月)的 $\Delta T'$ 图(图略)相比,可知“正多负少规则”又很好地相合,这是孕震第二步的开始,在图3上沿 $30^\circ \sim 35^\circ\text{N}$ 做一条降水波半波长随经度的变化曲线(图4),可见在2007年7月的曲线上有两个半波长最短点,分别

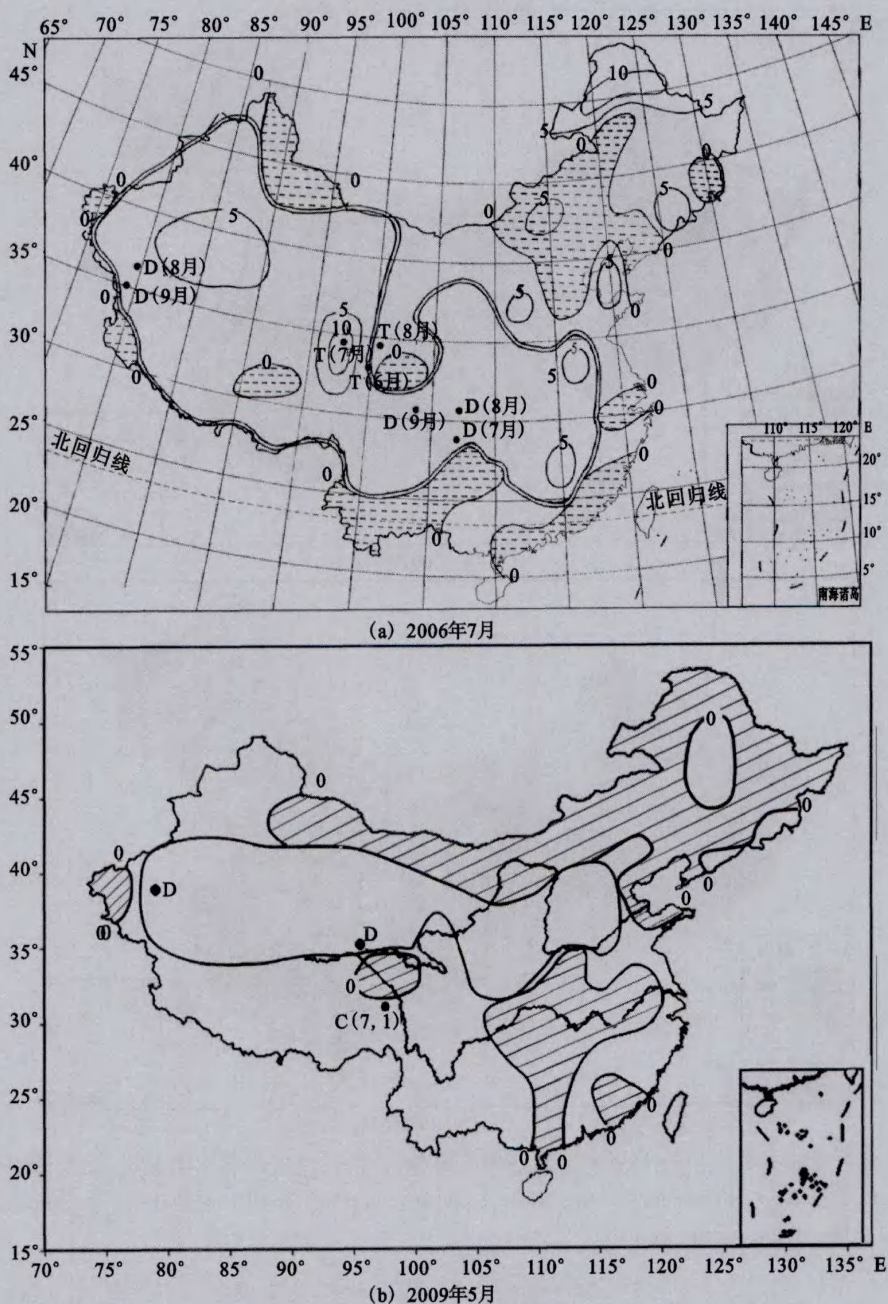


图2 孕震开始月3.2 m月际变温($\Delta T'$) (单位 0.1°)和最干点、正变温最大点分布图。

(等值线间隔为5, 双实线所围区域为干热区, 横断线阴影区为负变温区, D、T分别表示最干点、正变温最大点, 括号内表示月份, 看似国界的实线实际是气象区界)

Fig. 2 The map of inter-monthly soil temperature-anomaly change at the depth of 3.2 m in "earthquake-birth start" month and distribution of most dry points as well as maximum point of positive temperature-anomaly. (units: 0.1°) (Contour interval is five. Area enclosed by double solid lines is dry-hot area. Transverse line of shadow is Negative soil temperature-anomaly. D, T means dry most, maximum point of positive temperature-anomaly. The month in brackets and the boundaries of the solid line actual is meteorological boundary).

位于 85°E 和 103°E 左右, 它们分别与改则强震(6.9级, 85°E)和汶川巨震相对应。2009年7月的曲线,

半波长最短点约位于 93°E , 这与玉树强震相对应。从图4可看到, 玉树强震前的半波长比汶川巨震前

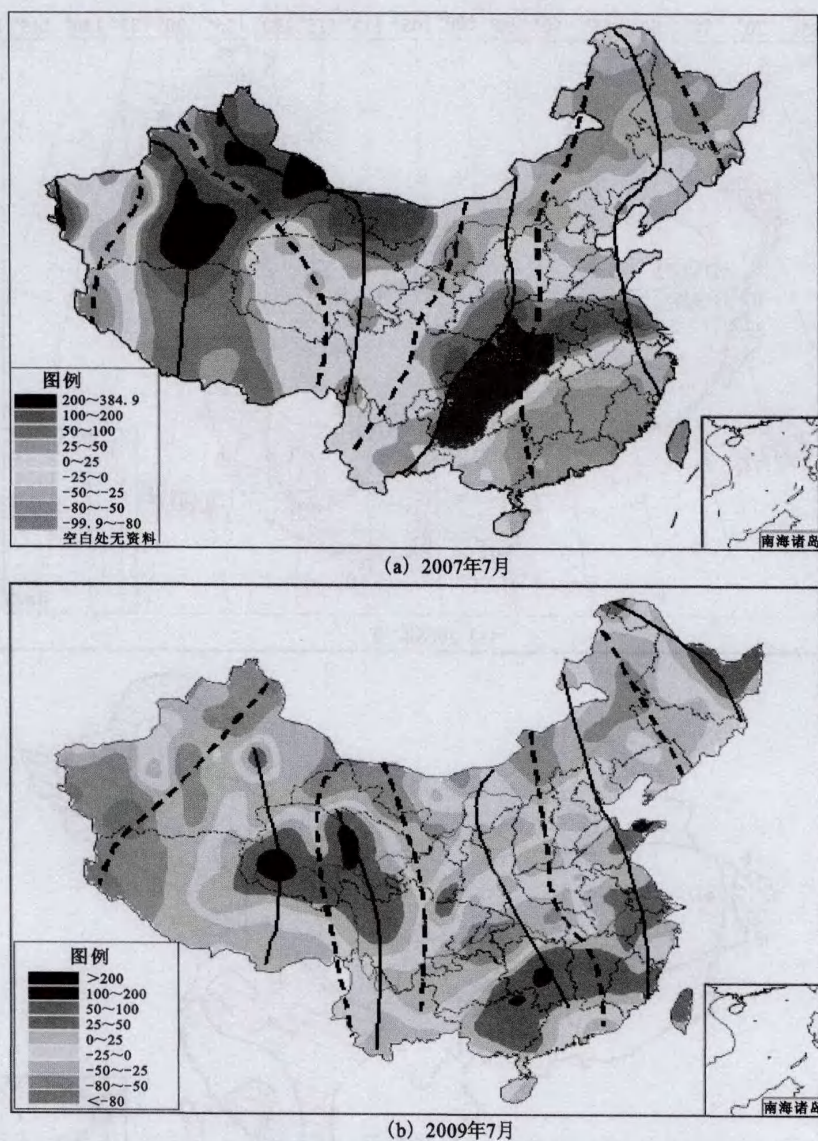


图3 第二步开始月降水距平百分率(R' %)实况图(单位%)。(实线是多雨轴线,虚线为少雨轴线)

Fig. 3 Percentage of precipitation anomaly in second step start month. (The solid line is the rainy axis, Dotted line for the dry axis).

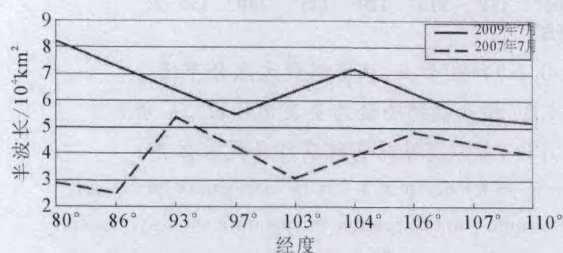


图4 2007年7月和2009年7月沿 $30^\circ \sim 35^\circ$ 降水百分率波的半波随经度的变化曲线

Fig. 4 The curves for half-wave of the percentage of precipitation anomaly (R' %) along longitude $30^\circ \sim 35^\circ$ in July 2007 and July 2009.

要长得多,这应该是汶川巨震(8.0级)比玉树强震(7.1级)要强得多之故。

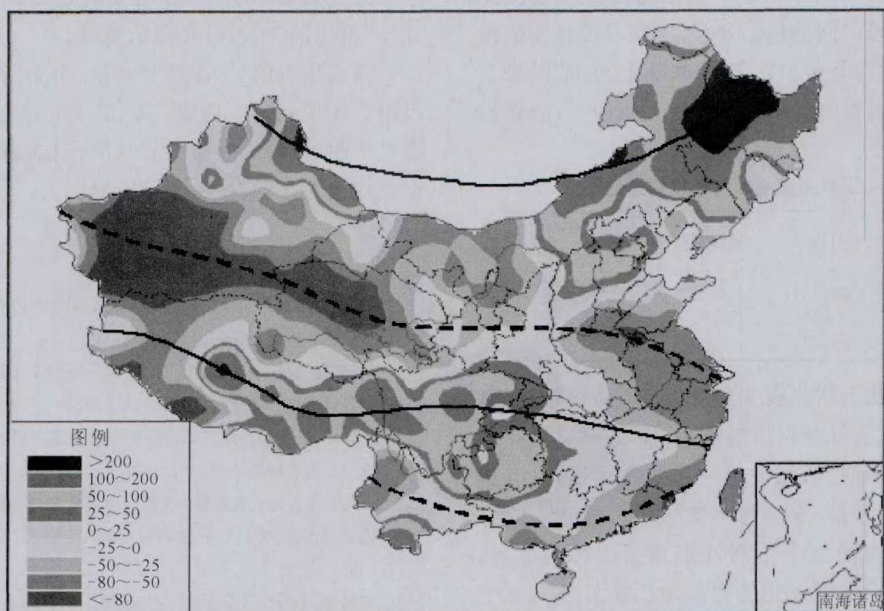
3 孕震第3步——应变弱停出现

2008年1月西藏改则发生6.9级强震,全国性多雨(雪),但在本月的 R' %图上,仍可明显的分析出降水的经向波,表明此时还处在孕震第二步阶段,至2008年3月的 R' %图上(图5(a)),降水的经向波才基本消失,被纬向波所代替,这是孕震第3步的开始,此时距巨震发生仅剩2个月了。

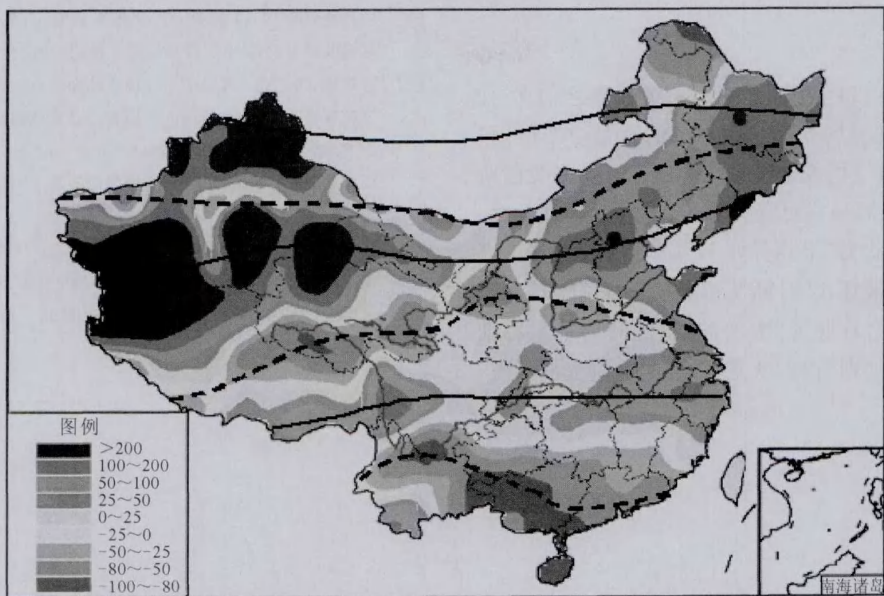
2009年10月的 R' %图上,降水的纬向波很清

楚,经向波基本上不见了(图略),当时误认为是孕震第3步的开始,但其后两月经向波又变得清楚,至

2010年3(图5(b))才是孕震第3步的真正开始,此时距玉树强震仅剩1个月了。



(a) 2008年月3



(b) 2010年3月

图5 第三步开始月降水距平百分率实况图($R'\%$)(实线为多雨轴线,虚线为少雨轴线)

Fig. 5 Percentage of precipitation anomaly ($R'\%$) in the third step start month (The solid line is the rainy axis, Dotted line for the dry axis).

4 玉树强震预报失误的检查

汶川巨震之前,我们对它毫无察觉,因为当时对“孕震3步曲”毫无研究。2009年初因为参加了“汶川地震”的国家973项目,开始对“孕震3步曲”的研

究。2009年6月出现了大面积的干热异常(180万 km^2)。当即察觉到一年以内在我国大陆将发生一次强震,震级大概是7.1级。但是以后关于震中位置的预报与实况相差约2000 km,发震时间落后了

4 个月,全部预报错了。我们曾将此预报结果写成一文,于 11 月投到地球物理类杂志。因 12 月未发生强震,于 1 月份被退回了。应指出:“强震三步曲”不能做发震时间的短临预报,本次发震日期的预报是在做出发震月份(12 月)的基础上利用“磁暴二倍法”得到该月的“倍暴日”(12 月 26 日)^[9],后做出的。

表 1 玉树强震实测与预报值对照表

	发震日期	震级/M	震中	
			N/°	E/°
实测值	2010-04-14	7.1	33.1	96.7
预报值	2009-12-26	7.1	39	75
差值	4 个月	0	6	22

总之,此次玉树强震 3 要素只有震级预报正确,震中位置 and 发震日期均预报错误。但它毕竟是我们利用“强震三步曲”所做的第一次实际预报,具有历史意义。我们相信,在经过多次预报失败和不断总结经验教训后,最终会达到逐步预报成功的境界。我们坚信的是:强震发生的根本原因是外核对流上升体对幔壳层顶托的结果。

5 结论

汶川 8.0 级巨震与玉树 7.1 级强震之前 1~2 年的 3.2 m 地温场和降水距平场的逐月演变(可将他们合称为地气场或地气系统)与近 30 年来我国所有 $M \geq 6.9$ 强震一样可分为三步:①地温逐月升高,但降水减少,此为“干热异常”,其本质特征是“正多负少规则”被破坏;②月际变地温场与月降水场的经向波动明显(合称此为“应变波”),此时的基本特征是“正多负少规则”得以恢复;③经向的应变波消失,

代之以纬向的地温、降水波,此为应变弱停阶段,它距强震发生一般只有 0~2 个月。

上述观测事实,可以用强震成因的外核对流上升体“顶托说”^[6]进行合理的解释。

应该指出的是:即使“孕震三步曲”符合事实,要想用它预报强震 3 要素还有很长的路要走。用“孕震三步曲”做的第一次强震预测,对强震的时空预测误差均很大,只有震级预报正确。

[参考文献]

[1] 王根龙,刘红帅,张军慧. 汶川特大地震之北川县城震害分析[J]. 西北地震学报,2010,32(02):173-178.

[2] 刘玮,吴志坚,马宏旺,等. 汶川 8.0 级地震甘肃陇南地区建筑震害调查[J]. 西北地震学报,2010,32(02):179-185.

[3] 荣代潞,李亚荣. 汶川 8.0 级地震前地震空间相关长度变化特征[J]. 西北地震学报,2010,32(01):54-58.

[4] 韦伟;孙若昧;石耀霖. 青藏高原东南缘地震层析成像及汶川地震成因探讨[J]. 中国科学(地球科学),2010,40(7):831-839.

[5] 张景廉,杜乐天,张虎权,等. 汶川大地震与中地壳低速、高导层的成因关系初探[J]. 西北地震学报,2008,30(4):405-412.

[6] 汤懋苍,惠小英,郭维栋,等. 强地震前的“干热异常”与地温降水波及应变弱停[J]. 西北地震学报,2010,32(1):99-104.

[7] 郭维栋,汤懋苍. 地形变场与现代地壳垂直运动及地震活动关系初探(Ⅱ)——地凸凹区与地壳运动及地震活动的关系[J]. 西北地震学报,2003,25(02):18-24.

[8] 汤懋苍,成青燕,张东方,等. 地气图预测全国月降水的实践总结[J]. 高原气象,2008,27(5):1054-1059.

[9] 沈宗丕,林命周,赵俭茅. 2008 年全球 7.5 级以上大震的对应情况及其短临预测意见(二)[A]//2009 天灾预测学术研讨会论文集(天灾预测专业委员会)[G]. 北京:[s. n.],2009:197-200.