

池顺良：从汶川地震应变前兆看大地震预测审慎乐观前景

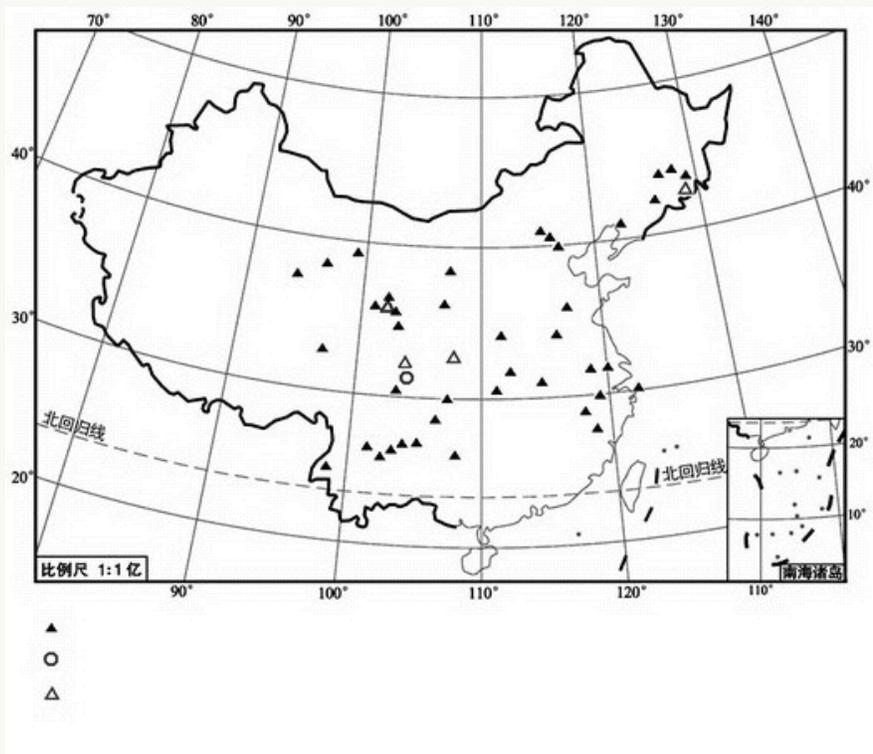


图1. 分量应变观测台站全国分布图。

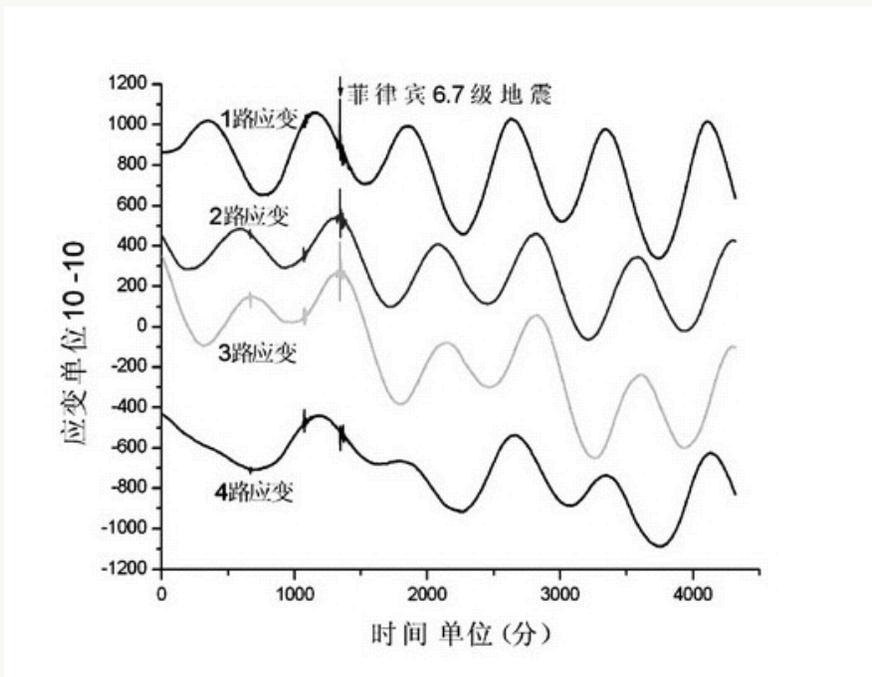
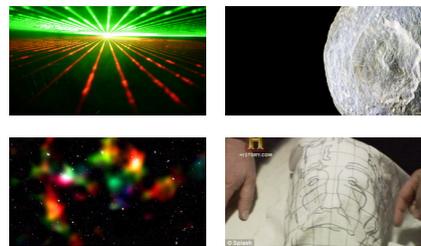


图2. 上海佘山台2008年3月3日至5日连续3天的固体潮记录图。

- 1 大地震后智利患失眠症人数增加一倍多
- 2 智利专家详解“2·27”大地震
- 3 研究发现汶川地震后“心理台风眼”效应两变式
- 4 中国地震专家称亚太地区近期地震未见异常
- 5 苏州动物园动物“兼职”地震前兆观测对象
- 6 地震令智利科研遭重创
- 7 智利大地震造成地轴移动 改变地球质量平衡
- 8 《科学》再次撰文关注汶川地震起源问题

图片新闻



>>更多

一周新闻排行

一周新闻评论排行

- 1 史上最牛连环抄袭门：一篇论文遭16个单位25人6轮抄袭
- 2 俄罗斯天才数学家佩雷尔曼拒领百万千禧年数学大奖
- 3 清华大学教授论文被指多处抄袭 希望学术界澄清
- 4 一位研究生父亲的疑虑：是谁绞杀了青年学子心头的崇高
- 5 井冈山大学再成撤稿风波主角 丑闻波及生科院院长
- 6 中青报：是什么让揭开地沟油“盖子”的教授改口
- 7 中国学生论文研究瘫痪美国电网 引发美国警觉
- 8 中国政法大学教师萧瀚“被停课”引发学术自由讨论风波
- 9 800余名校博硕士争抢9个学生辅导员岗位
- 10 评论：中国需要什么样的大学

更多>>

编辑部推荐博文

- 欢迎参加CN域名杯第二届全国青年科学博客大赛
- 学术期刊有权不接收已经在网上发表的投稿吗？
- 生物技术最怕什么？
- 信息安全技术要讲究有效性（100331）
- 好莱坞强大的原因之一
- 人才如水滴

更多>>

- 第二届CN域名杯全国青年科学博客大赛开始报名
- 国家自然科学基金标书（NSFC）写作全攻略
- 博士毕业后从事科研工作的个人体会（科研思路和发表文章）
- 宇宙的起源 布赖顿
- 分享高效人士的7个好习惯
- 硕博学位论文到手擒来

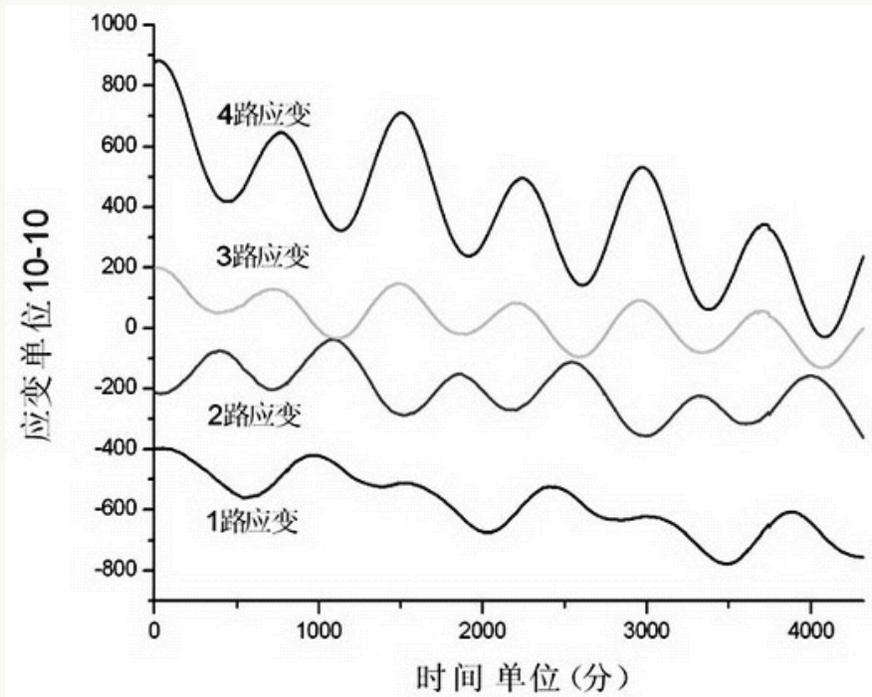
[更多>>](#)


图3. 汶川地震15个月前，2007年2月1日至3日姑咱台记录的光滑规则的固体潮曲线。

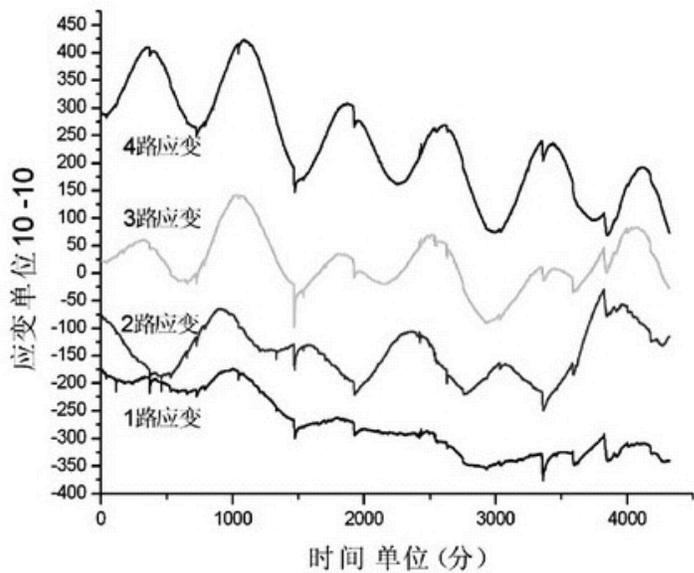


图4. 2007年4月以后，固体潮出现畸变和大量“压性脉冲”，图为2007年6月22日至24日的记录。

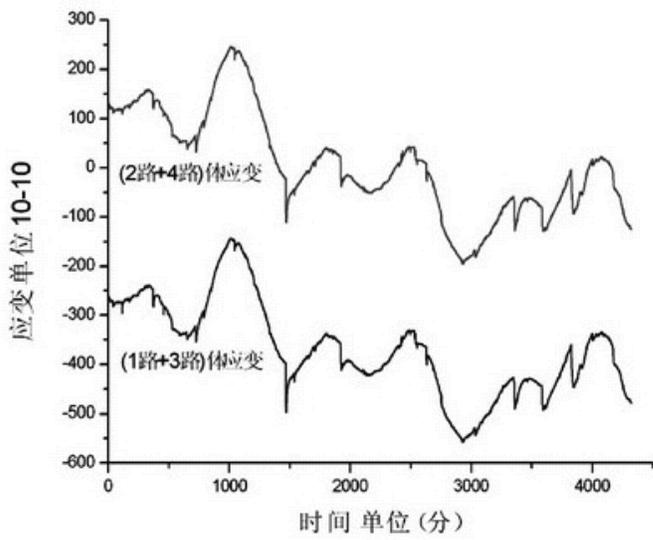


图5. “压性脉冲”和“潮汐畸变”在(1+3)和(2+4)体应变同步, 相关系数达0.996。

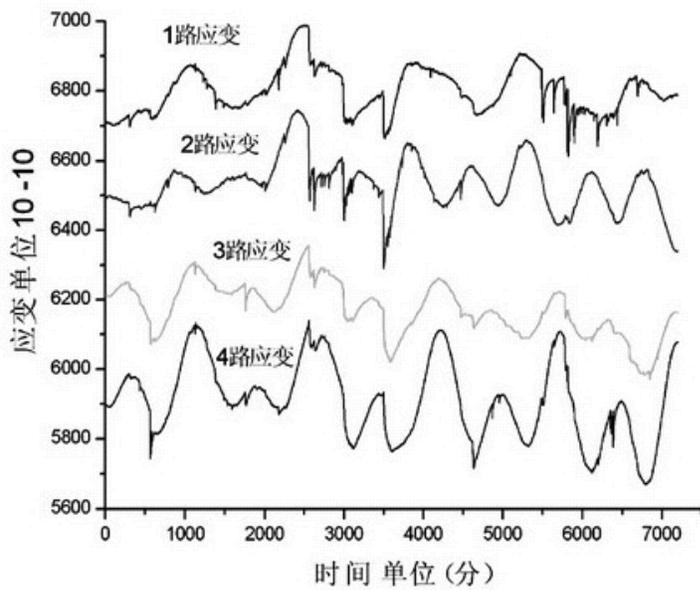


图6. 临近汶川地震, 姑咱台2008年2月14日至18日, 5天的连续记录。

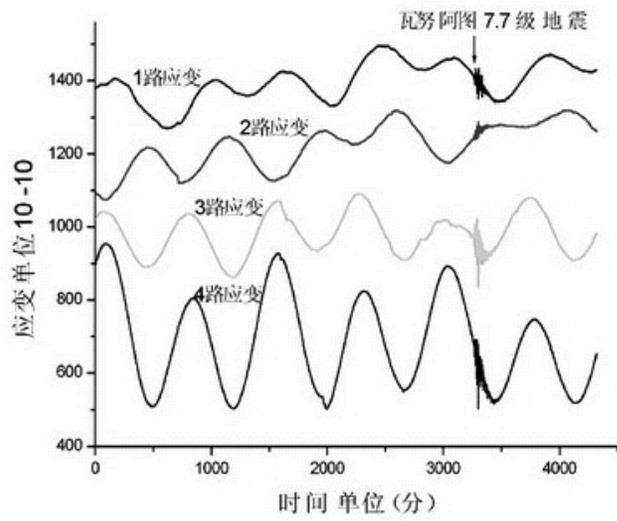


图7. 姑咱台2009年10月6日至8日的记录曲线，固体潮曲线已大体恢复正常。

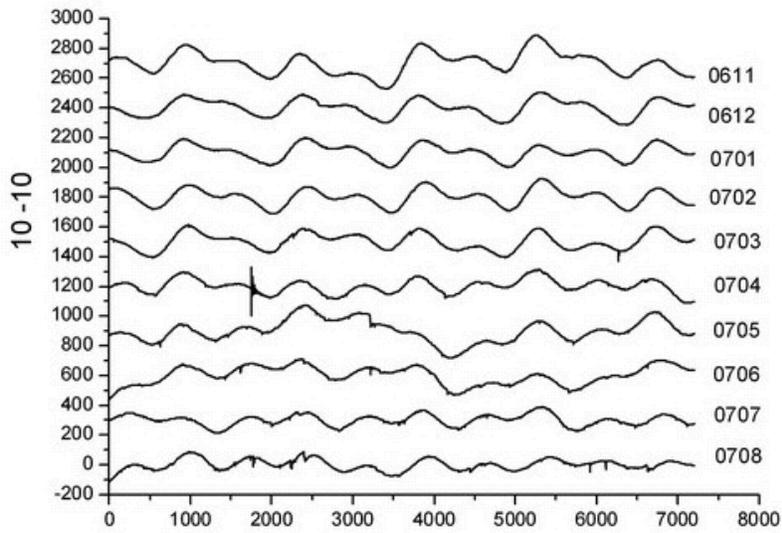


图8. 2006年11月至2007年8月，每月前5天的记录曲线

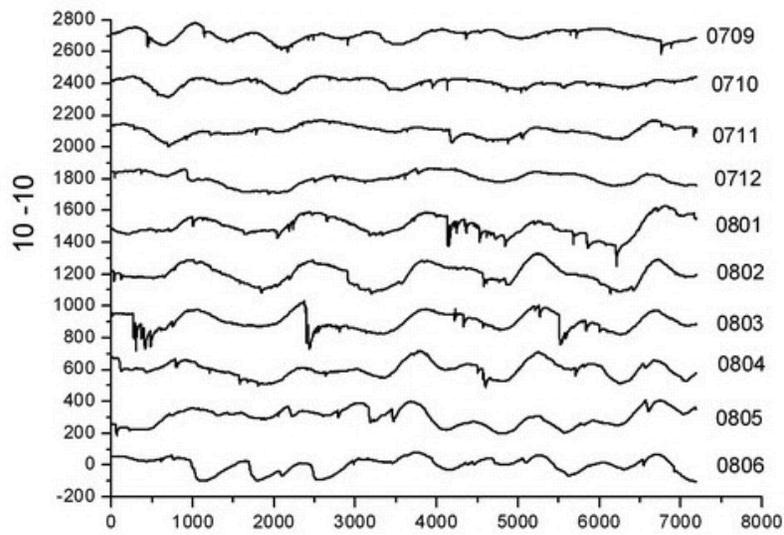


图9. 2007年9月至2008年6月，每月前5天的记录曲线

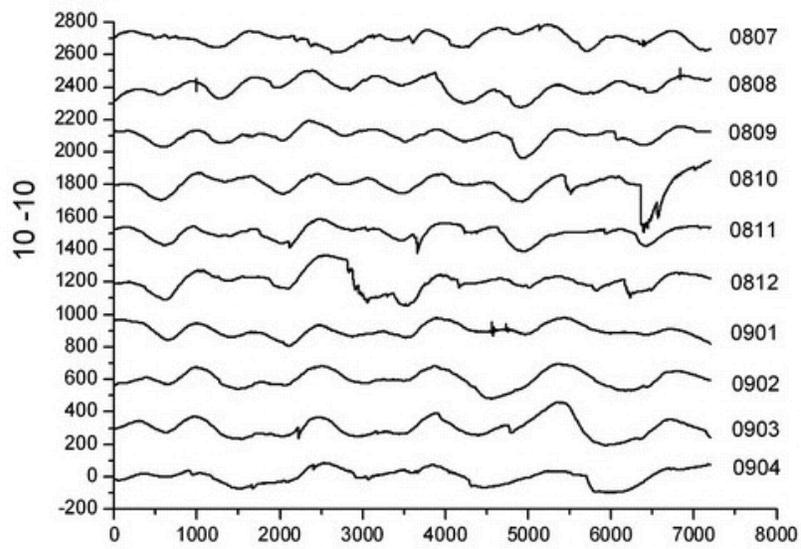


图10. 2008年7月至2009年4月，每月前5天的记录曲线

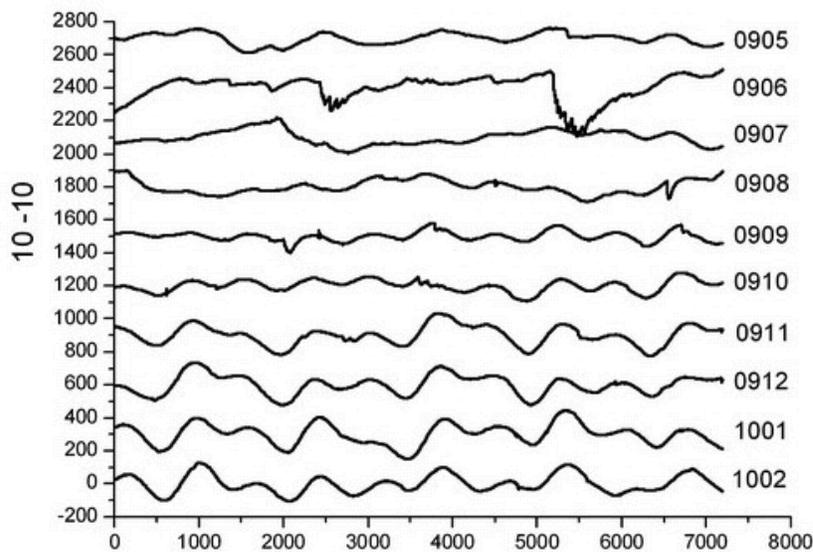


图11. 2009年5月至2010年2月，每月前5天的记录曲线

准确预测大地震的地点、时间和强度，可以拯救成千上万人的生命，减少地震造成的经济损失，保障社会稳定与和谐发展。这一目标的实现，有赖于寻找到“确定性的地震前兆”，即可以在大地震之前被无一例外地观测到，并且一旦出现，必将发生大地震的异常变化。世界各国为寻找这种前兆，设计、布置了多处地震预报试验场。美国Parkfield地震预报试验场中，安置了大量先进的观测仪器。之后发生了一次6级地震，科学家们并没有用它捕捉到任何明显的前兆信号。全世界多个地震预报试验场数十年“守株待兔”，至今未取得突破性进展，没有发现“确定性的地震前兆”。但地震科学家们仍未放弃这种努力。

我国建设分量钻孔应变仪台网寻找大地震应变前兆

为继续寻找地震前兆，地震学界推出了新型地震前兆观测仪器——多分量钻孔应变仪。2003年，美国“地球透镜”计划决定在西海岸地区布设200台三分量钻孔应变仪，探索地质构造运动和地震孕育过程。2004年，我国“数字地震观测网络”工程决定在全国布设分量钻孔应变仪。到2007年底，40套国产四分量钻孔应变仪在全国布设完成。观测点设备包括四分量应变探头、水位气压辅助观测探头、采集控制机箱、网络传输电路、全隔离供电电源、信号输出隔离光纤等。实现了全自动无人值守、网络传输数据、台网中心自动调集全国数据等新技术。数据采样率为每分钟一次。

汶川地震前后分量钻孔应变仪记录到的应变异常

分量钻孔应变仪就是李四光倡导的地应力仪。1985年，我国四种钻孔应变仪通过国家鉴定。在钻孔应变观测技术方面，我国具有充分的自主知识产权，技术上也处于前沿水平。钻孔应变仪埋设在地下数十至数百米深，与岩层黏结为一体，它可以感应地层极微弱的伸长、压缩及扭切变形，其感应灵敏度相当于1000公里地面伸缩0.1毫米即可发现。由于深埋于地下，它可以避开地表各种干扰，使得这种仪器能够探测到地球的“脉搏”和“心电图”——固体潮。地震活动性弱、地壳稳定地区，固体潮曲线光滑、规则，潮汐调和精度分析高。如图2，是上海佘山台连续3天的固体潮记录，它展示了一天一次大潮、一次小潮光滑而规则的固体潮曲线及远处传来的地震波，如果曲线长期光滑规则，表明这里地层稳定。但在地震活动性较强的地区，固体潮曲线上会出现一些不规则变化，即出现“潮汐畸变”现象。

在四川汶川发生8.0级特大地震前后，离汶川最近的姑咱台分量钻孔应变仪就记录到延续3年多的“潮汐畸变”、“压性脉冲”应变异常。

姑咱台处于北西向的鲜水河断裂带、北东向的龙门山断裂带和北南向的安宁河断裂带复合部位靠北的地段，坐落于姑咱镇西面鸡心梁子山背斜部。

姑咱台离汶川140公里。仪器2006年10月28日安装，几天后就记录到清晰连续的固体潮汐。图3是2007年2月1日到3日，姑咱台记录的连续3天光滑、规则的固体潮曲线。

从2007年4月中旬以后，原先光滑的固体潮曲线上，不时出现“压性脉冲”和“潮汐畸变”。随后，压性脉冲越来越严重。一直到“5·12”汶川大地震发生，几乎每一天的固体潮曲线都有“压性脉冲”和“潮汐畸变”。这种现象持续了13个月。通常情况下，分量钻孔应变仪记录数据出现不规则变化，我们首先判断是否为仪器故障。但四分量应变仪具有检验观测数据真实性的自检功能。自检条件关系式为：

$$1\text{路数据} + 3\text{路数据} = 2\text{路数据} + 4\text{路数据} + \text{任意常数} = \text{面积应变}$$

当上述关系式满足时，表明4路观测数据反映了地层真实的应变变化。

图5是从图4数据计算的（1+3）和（2+4）两条面应变曲线图，两曲线的相关系数达到0.996，据此判断异常应变记录并非仪器故障，而确实是地层真实的应变变化。

随着“5·12”的临近，固体潮曲线畸变和“压性脉冲”越来越频繁，幅度越来越大。直到5月12日8.0级大地震发生。图6是震前3个月时，2008年2月14日到18日5天的连续记录。

尽管在“5·12”之前13个月时，就发现了姑咱台记录的“压性脉冲”和“潮汐畸变”应变异常，但要肯定是地震前兆，单台仪器的记录终存在各种疑问。分析人员对姑咱台的应变异常是否是地震前兆也有不同看法，如是否仪器性能变化或某种未知的干扰源所致？研究人员曾经怀疑应变异常是由地下水水位变化所致，但分析同步的水位记录，两者变化完全不相关。对周围环境条件的调查，也未发现可能的干扰源。其他应变仪器并未发现类似异常，并且全国数百套应变观测仪器30年来几乎没有观测到过类似情况。如何判断姑咱台钻孔应变仪观测到的“压性脉冲”和“潮汐畸变”异常，只有再在附近增设仪器比对观测来进一步分析。但还未落实钻孔地点，汶川大地震就发生了。

2008年底，邱泽华、唐磊、周龙寿、阚宝祥用他们提出的“超限率分析法”，对钻孔应变仪的分钟值数据（传统的地震预报分析，通常不使用分钟值数据）进行分析。“发现离震中最近的姑咱台资料的短周期变化，确实与汶川地震有相当明显的相关性”。

2009年10月，邱泽华、周龙寿等在《大地测量与地球动力学》杂志上发表文章，“确认汶川地震前姑咱台钻孔应变仪观测到的频繁的脉冲变化，是地震前兆信号”。文章还将姑咱台记录的前兆异常“与唐山地震前钻孔应力观测的前兆异常变化比较，引人注意的是，二者都是以周期比较短的频繁的脉冲为特点”。

汶川地震后，我国材料科学与工程领域专家金日光教授，根据地壳断裂流变动力学和群子统计力学，对中国地震台网中心提供的钻孔应变、重力、倾斜等观测数据进行了细致的分析处理，也得出了姑咱台的应变数据反映了汶川地震孕震过程的结论。

现在，仍然没有一种演绎推理的方法，可以最终证明地震前的某种变化是地震前兆。姑咱台记录到应变异常，之后地震发生，已有一些研究指出两者间有密切的相关性。若地震后这些异常又逐渐消失，固体潮又能逐渐恢复光滑，那么就有更大的把握可以下“这就是汶川地震应变前兆”的论断。

地震发生后，钻孔应变仪的“压性脉冲”和“潮汐畸变”仍未消失，但随着时间的流逝，“压性脉冲”和“潮汐畸变”的频度和幅度逐渐减少。在汶川地震一年半后，固体潮曲线果然又慢慢开始恢复光滑了。

图7是2009年10月6日到8日，连续3天的记录。将图3至图7整个过程联系起来，历时3年多，经历平稳——紊乱——恢复平稳变化的渐变过程，排除了气象因素等干扰的可能。这些事实使我们相信，姑咱

台确实记录到了汶川大地震的应变前兆。

大地震的孕育是个漫长、渐变的过程。实际上，在震前16个月，固体潮曲线上已经出现了“压性脉冲”和“压性台阶”，只是数量少、幅度小。仔细观察图3，可以发现2月3日有一个不易察觉的压性小台阶。但在震前一年到震后一年这段时间中，“压性脉冲”和“压性台阶”数量多、幅度大，几乎找不到一天的固体潮记录是清晰、光滑的。

大地震后，“压性脉冲”和“压性台阶”数量开始减少，幅度减小。一年半后，较为清晰的固体潮记录图形逐渐开始出现。一个8级大地震的余震会延续数十年，要恢复到非常光滑、规则的固体潮记录，怕要若干年后了。

地震前后3年多，姑咱台共有1200多天记录数据，数据完整率接近100%，难以全部展示。我们将2006年11月到2010年2月共40个月，每个月取前5天，共200天的第一分量消除趋势变化后的记录图形，展示在图8至图11中，从中我们可大致了解应变异常的变化过程。

我国分量钻孔应变观测台网第一次在一个观测点上捕捉到了一次特大地震近场应变经历平稳——紊乱——恢复平稳变化的完整过程。这在国际上也是第一次。

关于强震近区应变前兆普遍性的讨论

姑咱台记录到的这种应变前兆只是“个例”，无法确定其普遍性，或者说，无法据此判断这种应变前兆是否“确定性地震前兆”。从统计学观点，如果想回答这个问题，就要经历相当多次大地震的检验，才能从统计上得出结论。经历了唐山、汶川惨剧，我们不能再听任破坏性大地震肆虐，靠一次次的惨剧来扩大统计样本。必须充分利用40年宝贵的实践资料及数据形成的对地震过程的科学认识，用科学分析来解答这一问题。

1976年唐山7.8级地震发生的时候，震中区有赵各庄、陡河两个压磁钻孔地应力观测点。震前两百多天两个台记录的曲线就开始异常抖动，特别是向上跳动（表示受拉伸），越临近地震跳动得越厉害。当时仪器灵敏度低，采用人工读数每4小时记录一次数据，采样密度小。但震中区异常幅度大，震前的应变异常还是被测出来了。两个台可以互相佐证的观测资料保证了它们的可靠性。

1985年8月23日新疆乌恰发生7.1级地震，距震中30~40公里的喀什台土层应力仪在地震前两个多月就发现了异常变化。喀什台的土层应力仪有连续的纸带模拟记录。1984年全年和1985年6月份前的观测记录还相当光滑，而7月份的曲线却出现了向下的受压变化及很多毛刺。到了8月份，地震发生前，毛刺已经变成了剧烈的波动。地震后波动逐渐衰减，之后恢复平缓。这种地震前兆变化与唐山地震前的现象非常类似。

唐山和乌恰地震，地应力仪的灵敏度低，但仪器离震中很近，仍记录到了强震孕育可信的应变异常。姑咱台离强震中较远，但由于仪器的高灵敏度，强震孕育时微弱的应变异常仍被记录到了。大地震终究是小概率事件，位于震中附近的仪器数量极少，有这样几次事件重复出现，说明强震近区应变前兆有普遍性。

地震本质是地层中积累的弹性应变能释放。根据弹性力学中圣维南局部影响原理（圣维南，法国科学院院士，弹性力学家），震源体处引发地震的构造应力是一个平衡力系，只会使震源区近处产生显著的应力应变，而远处的应力应变随距离增加迅速衰减。不论何种类型的地震，只要是应力积累引发的地震，岩层必然经历从线弹性变形向破裂前的非线性弹性变形逼近的一系列应变变化。在震源及临近地区布设应变仪，就能监测到地层介质在构造应力作用下的应变变化过程。

因此，在大地震的震源及临近地区（约100公里半径）有钻孔应变观测仪器，发现大地震孕震过程中的应变变化就有其必然性。

姑咱台的记录数据中包含了大量信息，与汶川地震孕震过程有关的信息正在被逐步认识。

我国“数字地震观测网络”工程，有40台分量钻孔应变仪、60多台钻孔体应变仪。在100多台钻孔应变仪中，只有离汶川震中最近的姑咱台记录到了明显的应变前兆异常，表明大地震应变前兆确实有近距性或区域性——明显的强震前兆异常只发生在震中及其附近地区，稍远处的仪器就记录不到应变异常；反之，只要在强震震源或临近地区布设有观测仪器，就能观测到强震孕育的应变变化过程。

单台仪器监测的区域面积小，全国就要布设大量仪器。这看似缺点，其实是个优点。前兆观测方法若是对数千公里远处发生的大地震有反映，全球每年发生约20次7级以上地震，长程响应仪器就会经常处于异常状态，缺乏正常背景，全国许多地区会经常处于紧张状态。而定域性的前兆仪器则只对有异常的局部地区发出警示信号，无异常时，还能对本地区“报平安”。

姑咱台记录到的汶川大地震应变前兆在震前13个月就出现，表明大地震应变前兆具有相当长时间提前量，相应地，就会有较长的应急处理时间。

现有应变观测网密度很稀，汶川大地震只有姑咱台一个台接收到应变前兆信号。在一个密度较高的台网中，就会有多套仪器同时接收到同步的应变变化，就能圈出震源区以确定地点和震级。非常可惜的是，计划要布设的更接近震中的松潘台因地层岩性太软，仪器未能装成。

姑咱台探测到了汶川大地震清晰的、长时间的应变前兆，为大地震的预测提供了新思路和新方法。这一认识的得来是付出了血的代价的。

从唐山到汶川，地震预测虽然又一次遭遇挫折，但这30多年来，地震预测观测技术取得了巨大进展。我们正是在观测技术巨大进展的基础上，发现了汶川地震的应变前兆。

加紧在全国布设钻孔应变密集观测网络，处于困境中的大地震预测难题将逐渐得以破解。大地震预测审慎乐观的前景已展现在我们面前。

（作者系中国地震学会地震观测技术专业委员会委员）

《科学时报》（2010-3-23 A3 观察）

打印 发E-mail给:



以下评论只代表网友个人观点，不代表科学网观点。

[查看所有评论](#)

读后感言:

验证码: