

安徽地震前兆台网监测效能综合分析^{*}

李罡风, 赵建和, 朱生水, 张学应

(安徽省地震局, 合肥 230031)

摘要: 分析了安徽地震前兆台网三大学科观测项目的现状, 统计了近年来安徽前兆观测数据的同震效应与映震情况, 结果表明: 仅局限于地表或浅层的前兆观测数据, 很大程度上难以获取到反映地震孕震过程的真实有用信息。提高现有前兆数据使用效率、选择真正有意义的前兆观测手段和直接触及孕震区边界的观测敏感点是安徽地震前兆台网的发展方向。

关键词: 同震效应; 异常特征; 孕震体; 敏感点; 地震预测; 安徽地区

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2010)03-0280-07

0 前言

汶川大地震给地震工作者带来了更多、更深层次的思考, 究竟应该为地震预测预报提供什么样的资料? 人们对已运行的前兆台网、观测场构造特征、仪器观测量物理含义以及数据处理方法, 尤其是与孕震相关的过程有一个重新认识, 这就需对前兆台网的监测效能作综合评估。本文通过分析安徽前兆台网现状, 评估当前前兆数据的实用价值, 为前兆观测技术的突破做技术上的准备, 争取在前兆技术、仪器研发、孕震过程探索等方面有所作为。

我们从地震与前兆信息之间的关联分析出发, 选择安徽地震前兆监测台网三大前兆学科主要测项(地形变、地电阻率与电磁场、流磁与地下流体)的观测资料, 对 2008 年汶川 8.0 级地震和近年来安徽及邻区中强震活动情况进行解析, 对选定时间段的前兆数据进行映震检验与综合评价, 提出改善安徽前兆台网监测效能的一些初步设想, 以提高对安徽前兆台网与观测资料分析的有效性, 实现对安徽及邻近区域中强以上地震中长期和短临异常概率判定, 使前兆观测从映震或同震效应的检验逐步向区域地震概率预测的物理异常判定过渡。

1 地球与地震活动

一般认为地球内部是分层的, 它有三个同心球层: 地核、地幔和地壳, 其中地壳是地球的最外层, 厚度一般为 30 km。地壳通常由上部地壳花岗岩层与下部地壳玄武岩层两部分构成, 构造地震一般发生在下部地壳中。在地壳岩层内部力的相互作用下, 岩层内力产生一个聚集或扩张过程, 若缓变中内力致使地壳内部岩体层某处发生失衡变形、引起区域多组断裂的地缝间流体上升或下降, 甚至出现化学变化, 导致地壳内板块出现瞬间错动, 就会发生地震。一个相当量级的地震在发生之前应存在一个孕震过程, 这类似于人体内某种疾病发生的潜伏期, 称为“红肿理论”(蒋长胜, 2007)。地震前兆观测就是在孕震的“红肿边界区”的敏感区观察临近构造断裂隙缝的流体变化、岩石电磁介质特性突变、块体变形或蠕变, 这就是孕震过程中的前兆信息, 通过对这些“病”前信息的分析处理和识别判断, 就可以得到有意义的物理地震概率预测结果。因此, 前兆观测传感器是否触及到这些“红肿敏感区”就是前兆观测的关键。

2 安徽地震前兆台网现状

安徽地震前兆台网始建于 20 世纪 70 年代, 主

^{*} 收稿日期: 2009-08-19.

基金项目: 安徽省科技攻关计划 (08010302204) 资助

要由定点观测站点与流动观测点组成。截至 2009 年初, 全省已拥有国家 I 类台 4 个、II 类台 8 个、III 类台 13 个、地市 (企业) 台 11 个以及 20 多个静水位观测井; 流动观测主要有流动重力、流动水准和流动地磁。安徽地震前兆监测涉及到地表形变、地下水位、水温、地下化学成分含量、地磁、地电阻率、大地电场与电磁波等多种手段。随着科技的不断进步, 这些前兆观测系统大都已实现数字化观测。目前安徽省境内已有 120 多个数字化前兆测项, 实现了数据的自动采集、自动传输、自动报送, 实现了前兆仪器的远程监控、数据浏览、数据预处理等, 观测数据精度也大大提高, 数据信息量成量级增长, 并实现了台网前兆数据的数据管理与共享, 拥有对观测数据的分级管理权限。

目前, 前兆观测数据更多地用于地震预测会商、前兆映震分析、同震效应检验, 通过渐进方式拟合已发生地震与存在异常的区域前兆观测数据的物理关系, 从而对未来区域地震趋势开展有条件的预测研究, 逐步有序地推进前兆观测资料在区域地震预测中的应用。

2.1 地电磁观测映震能力分析

安徽现有蒙城、嘉山、泾县、合肥、金寨、蚌埠、安庆、黄山 8 个地电磁监测台站 (图 1)。从图 1 可见, 皖中西部台站较密集, 南北走向台站较稀疏, 分布极不均匀, 这种布局与安徽的构造断裂分布有关。安徽地电磁观测主要是定点测量大地某一地域浅层深度岩体或土层介质的地电磁场特性, 即: 地电阻率、大地电场与相对定点地磁场, 物理量观测较为清晰。通过定点观测区域地下岩石介质电磁特性变化规律, 可以初步了解该区域表层地下结构速度变化。通过长期资料积累与数据分析, 能够初步判断一段时间内该区域地下岩石或土层结构介质电性变化是否存在异常, 从而推测未来一段时间该地域岩体或土层介质的电性变化是否与未来地震有关 (陆明勇等, 2006), 是否为区域场地电磁的前兆异常。由于这些地电磁观测点大都仅在地表面几十米至数百米深处, 地壳深处孕震发震过程是否与观测到的地电磁异常有关, 还有待于更深入的研究和检验。

针对地电磁观测资料特点, 我们收集了 2004 年 1 月至 2008 年 12 月安徽数字化地电磁观测数据, 进行整理与均值计算, 结果是: 每个台站地

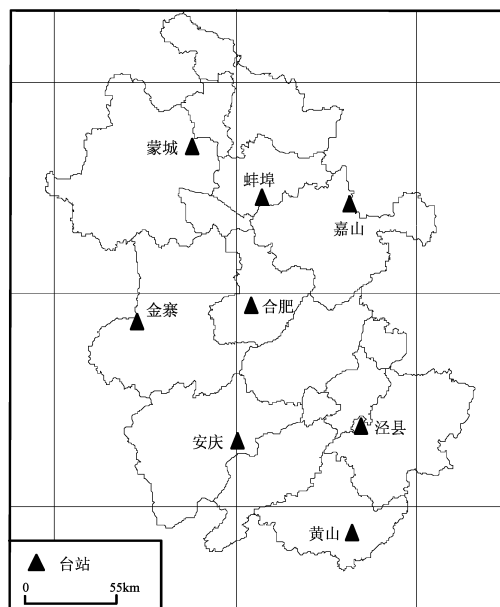


图 1 安徽地区地电磁观测台站分布示意图

Fig 1 Sketch of geoelectric stations in Anhui

电磁观测数据年变均值基本正常。合肥台及邻区地电阻率为 $12.90 \sim 13.44 \Omega \cdot m$, 嘉山台及邻区地电阻率为 $19.74 \sim 21.15 \Omega \cdot m$, 蒙城台及邻区地电阻率为 $80.13 \sim 87.69 \Omega \cdot m$, 年变化率 $\Delta \rho \leq \pm 5.0\%$ / 年; 台站地磁总场强相对测值为 $100 \sim 120 nT$, 年变化率 $\Delta B \leq \pm 3\%$ / 年, 基本上也在允许变化范围内; 大地电场由于观测时间不长, 观测数据受场地环境影响也较大, 电极测数极不稳定, 目前还不能用于前兆映震检验。

以上地电磁观测数据分析处理结果描述的仅仅是台站所在地域的地表岩体或上土层结构介质电性, 而这些数据在 2008 年汶川大地震前后近一年没有明显异常特征。2007 年初至今, 安徽及周边 (省界外延 100 km) 地区也未发生 5.0 级以上地震, 因而无法检验安徽地电磁观测资料的近场映震能力。结合过去该区域地震活动情况, 笔者认为安徽地电磁前兆观测数据的同震效应并不明显, 难以根据此类数据对近场前兆异常作出判定。

2.2 地下流体观测映震能力分析

安徽地下流体观测网点较密集且分布均匀 (图 2), 观测台点密度达 1.36 个 / 万 km^2 。其中, 水位观测有静水位和动水位两种观测方式, 静水位观测站点主要有淮北皖 22 井、淮北皖 35 井、涡阳皖 18 井、临泉皖 08 井、怀远召郢井、五河皖女山井、五河皖 11 井、天长皖 07 井、定远 04 井、金寨 05 井、霍山皖 33 井、肥东路口井、巢湖皖

14井、无为皖 24井、含山皖 10井、芜湖皖 28井、芜湖皖 29井、马鞍山皖 17井、马鞍山皖 27井、安庆皖 23井、泾县凤村井、宣城皖 20井、黄山皖 30井；动水位观测站点有庐江地震台、香泉地震台 2个。地下水化学成分与水温观测站点很少，氡值观测仅有庐江地震台、蚌埠地震台、香泉地震台、临泉地震台和汤池水化观测站 5个；水温观测站点仅有庐江地震台、巢湖皖 14井、无为皖 24井、黄山皖 30井和香泉地震台 5个；气体成分观测点仅庐江地震台 1个。水温与地缝隙氡值观测点密度为 0.28个/万 km²。显然，从该区域地下流体中获取背景场值或辨析异常信息所需数据量与台站密度不相符。距郯庐断裂中南段最近的地下流体观测点只有庐江地震台，要真正获取与郯庐断裂中南段区域地下构造间岩石块体蠕变有关的地下流体信息，真正提高安徽区域前兆监测能力与预测研究水平，应在该区域增加台点密度。

每个观测井点，部分能量被井下流体吸收转换成水波能量，使水位上下振荡，振幅大小与震级大小、震中距离有关，也就是与震波能量转换率有关。2007年 9月 12日印尼 8.5级巨震与 2008年 5月 12日汶川 8.0级地震发生时，庐江地震台、临泉地震台氡值观测均记录到同震效应，庐江地震台氡值振幅瞬间高于正常值的 25%~40%，震后 1~5个月才逐渐趋于正常；水温观测同震效应出现较大离散性，虽有一些异常特征，但用于地震预测较勉强，经数据处理后的时间变化记录曲线与地震前兆信息间关联程度很难准确判定（图 3 b）。

以往地震工作者在建选流体观测点时，更多考虑的是台站是否易于维护管理，因此所选井点并不一定是断层附近岩体缝隙处的观测敏感点。根据同震效应，地震波能量通过岩石介质传递给地下流体介质，转换成另一形式，引起井下水位移变化。在时域分析中，无论水温、水化学物质含量或浓度的突跳现象，人们都无法判定它们是否属于构造带内岩体间流体出现的物理、化学现象异常。通过前人的工作我们知道数据有用性与采样率有关（陆明勇等，2006），高采样率可获取海量数据及更多有用的地下信息。虽然目前数字化前兆观测的采样率已大大提高，达到小时或分钟量级，但数据变化过程仍不能满足判定水温、水化学物质含量或浓度的变化现象就是构造带内岩体间流体出现的物理、化学异常现象的要求。通过对 2007年 5月至 2008年 12月安徽流体资料的分析表明：水位、氡值含量有较好的大震同震效应，但存在数据量不够，信息量明显不足的现象，无法判定数据的突跳与大震孕震过程之间的物理、化学关联。在合适的地点增加观测点，提高数据采样率以增加数据信息量是改善这一方法的有效手段。

2.3 形变观测映震能力分析

安徽地形变观测有定点观测和野外流动观测两种。定点观测主要有淮北、泗县、金寨、泾县、安庆、肥东及佛子岭 7个定点观测台站（图 4）；野外流动观测主要由郯庐断裂中南段流动观测场和大别山地区的霍山落儿岭—土地岭断裂与仙人冲断裂两侧的流动观测场组成。定点观测传感器主要采用水管倾斜仪、金属摆、石英摆倾斜仪和高精密水准测量仪，观测区域场地球表面潮汐变化趋势；流动观测主要为定期跨断层短水准测量，

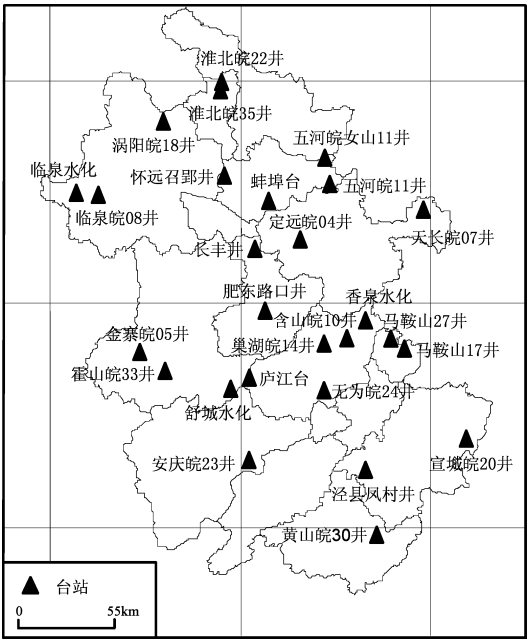


图 2 安徽地区地下流体（水位、水温）站点布局图
Fig 2 Distribution of underground fluid (water table water temperature) stations in Anhui

汶川 8.0级大震安徽前兆流体测项是否存在异常与同震效应？笔者使用 2007年 5月至 2008年 12月全省 20多个地下流体站点的水位以及水温、氡值观测资料进行分析与计算，结果表明：汶川地震发生时全省水位站点均记录到瞬间的明显的水位振荡（图 3 a）及同震效应。地震波能量传递到

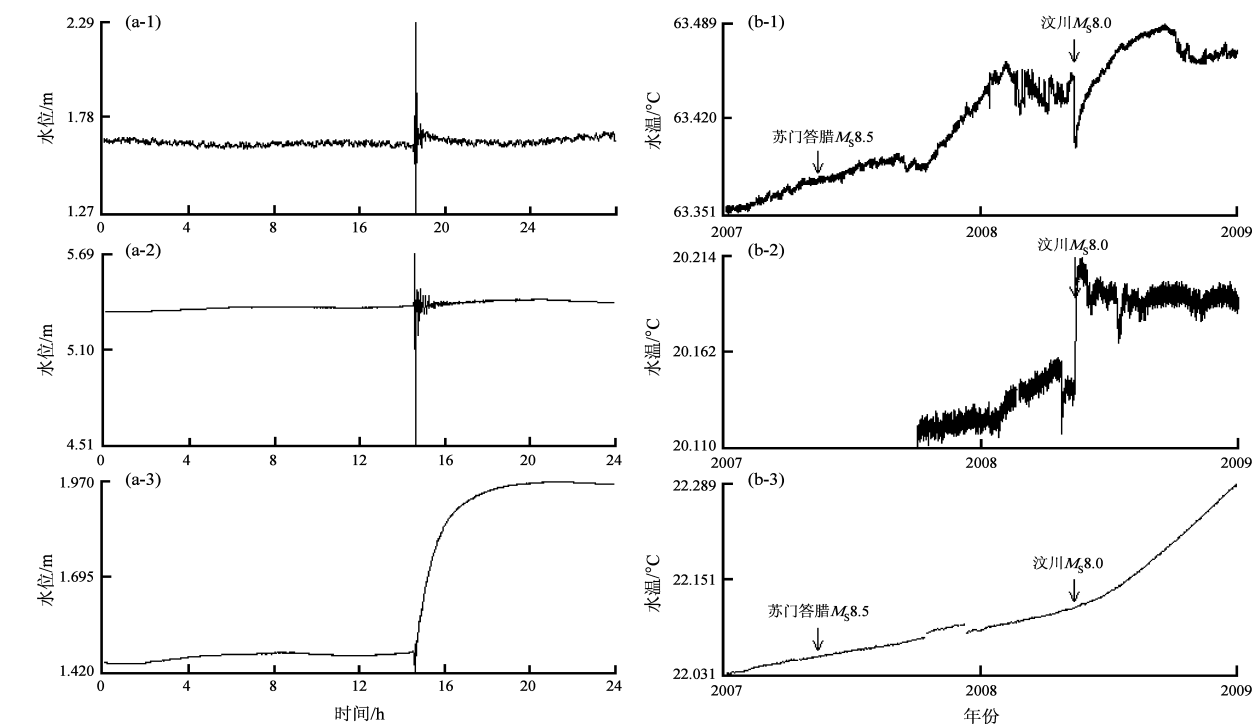


图 3 2008 年 5 月 12 日庐江台 (a₁)、淮北台 (a₂)、巢湖台 (a₃) 水位观测曲线和
庐江井 (b₁)、巢湖井 (b₂)、无为井 (b₃) 水温观测曲线

Fig 3 Curve of water table of Lujiang station (a₁), Huabei station (a₂), Chaohu station (a₃)
and Curve of water temperature of Lujiang well (b₁), Chaohu well (b₂)
and Wuwei well (b₃) on 12 th May 2008

其中霍山地区有 5 个跨断层流动短水准场地，郊庐断裂中南段有 2 个跨断层流动短水准场地。仪器采用高精度水准测量仪，观测方式是跨断层主断面测量，点位为基岩点，复测频率为 6 次/年，流动测量通过观测监视该区域跨断层面间地表的相对位移变化，判断区域变形是否存在异常。形变观测的原理是区域性潮汐变化或相对位移变形一定程度上反映了地球内部某一位点应力聚集或迁移（钱晓东等，2004）。

笔者选取 2007 年 5 月至 2008 年 12 月安徽 5 个定点形变台观测资料与跨断层流动水准资料进行复核计算，绘制时间曲线，得出的定点台站倾斜记录曲线固体潮清晰，对较远的大地震 ($M \geq 7.0$) 有明显同震效应（图 5）。由图 5 可见，泾县、金寨、淮北、泗县台的倾斜记录较好地反映了 2008 年 5 月 12 日汶川地震引起的区域场形变位移过程，但在大震发生前没有出现明显异常，如矢量打折、固体潮畸变、曲线高频抖动、阶跃、锯齿波或串珠形状等现象。近几年来安徽及周边地区（由省界外延 100 km）没有 5.0 级以上中强

震发生，因而安徽地形变倾斜观测的近场同震效应和短临异常无法验证。

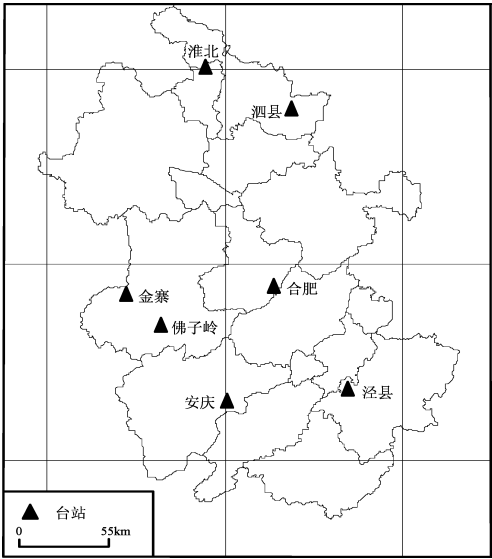


图 4 安徽地区地形变观测台站布局图
Fig 4 Distribution of deformation
stations in Anhui

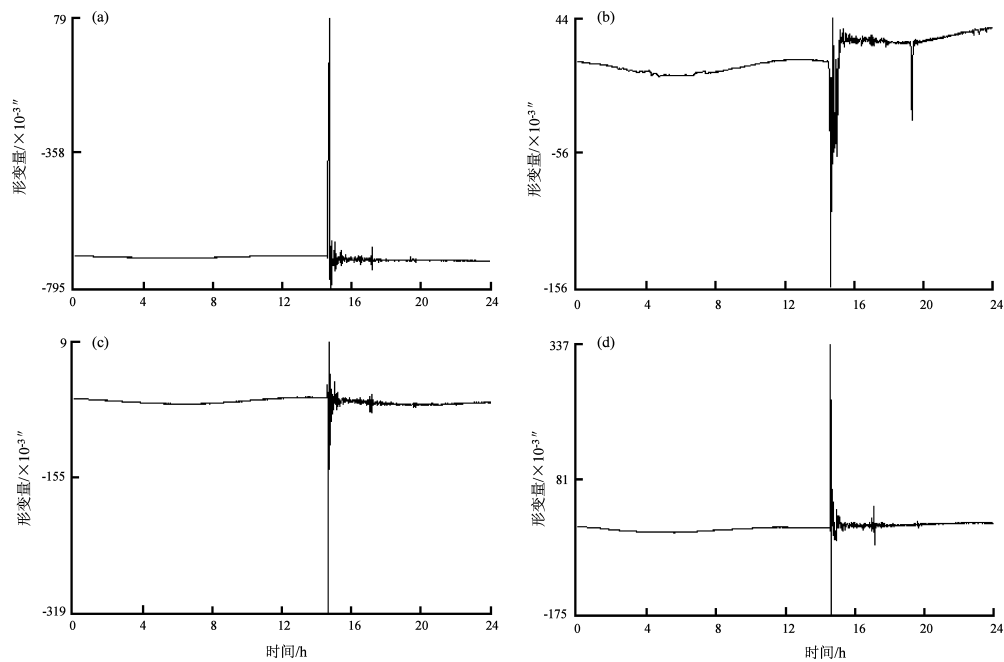


图 5 2008 年 5 月 12 日 泾县台 (a)、金寨台 (b)、淮北台 (c)、泗县台 (d) 形变观测的日变化曲线
Fig 5 Deformation curve of Jingxian station (a), Jinzhai station (b), HuaBei station (c) and Sixian station (d) on May 12, 2008

3 前兆异常综合分析与预测概率

我们选取安徽前兆台站 2004 年 1 月至 2008 年 5 月的地电磁观测资料, 2007 年 5 月至 2008 年 5 月地下流体及大地形变观测资料与记录曲线, 采

用各前兆观测学科制定的异常指标判定方法, 对汶川大震前后的资料进行对比分析, 判定是否存在异常, 并针对近年来安徽及周边地区没有 5.0 级以上地震的情况, 分析观测资料的背景值变化趋势, 进行异常特征综合效能判定。安徽前兆台网观测资料综合分析判定见表 1。

表 1 安徽前兆台网资料综合性能分析判定
Tab 1 Comprehensive performance of the Anhui Earthquake Precursory Network

| 测 项 | 资料时间 | 同震效应 | 前期异常概率 | 近场异常特征 | 综合效能判定 |
|---------------------------|------------------------|------|--------|--------|--------|
| 地下流体 (水位、氡值含量、水温) | 2007 年 5 月至 2008 年 5 月 | 65% | 13% | 不明显 | 置信度一般 |
| 形变 (水管、金属或石英摆倾斜仪) | 2007 年 5 月至 2008 年 5 月 | 100% | 21% | 27% | 置信度较高 |
| 地电磁 (地电阻率、大地电场、地磁总强与相对磁场) | 2004 年 1 月至 2008 年 5 月 | 不明显 | 10% | 不明显 | 一般 |

从地震活动趋势概率预测角度出发, 笔者对 2009 年度山东、江苏、安徽交界地区 33°~36°N 117°~119°E) 的 5.0 级以上地震活动趋势

进行实时分析, 并使用山东、江苏、安徽交界区域 2008 年 1 月至 2009 年 9 月 41 个测项的观测资料^{①~⑧}, 分别以 100 km、200 km 半径为界进

① 安徽省地震预报研究中心. 2008 安徽省地震局周月会商报告 [R].
② 安徽省地震预报研究中心. 2009 安徽省地震局周月会商报告 [R].
③ 安徽省地震预报研究中心. 2008 安徽省地震趋势会商研究报告 [R].
④ 安徽省地震预报研究中心. 2009 安徽省地震趋势会商研究报告 [R].
⑤ 江苏省地震预报研究中心. 2008 江苏省地震局周月会商报告 [R].
⑥ 江苏省地震预报研究中心. 2009 江苏省地震局周月会商报告 [R].
⑦ 山东省地震预报研究中心. 2008 山东省地震局周月会商报告 [R].
⑧ 山东省地震预报研究中心. 2009 山东省地震局周月会商报告 [R].

表 2 苏、鲁、皖交界地区地震预测概率分析

Tab 2 Probability analysis of the earthquake prediction in Jiangsu Shandong Anhui bordering area

| 观测半径 / km | 资料时间 | 资料来源 | 异常测项 | 异常级别 (条件概率) | | | 综合效能判定 |
|-----------|-------------------------|---------|------|-------------|-----|-----|--------|
| | | | | 短临 | 中期 | 长期 | |
| 100 | 2008 年 1 月 ~ 2009 年 9 月 | 形变、地下流体 | 19 | 45% | 21% | 34% | 置信度一般 |
| 200 | 2008 年 1 月 ~ 2009 年 9 月 | 形变、地下流体 | 41 | 56% | 24% | 20% | 置信度一般 |

行形变、地下流体资料指标异常的归类处理,以检验该地区 2009 年度的地震趋势预测意见。

2009 年至今,苏、鲁、皖交界地区尚未发生 4.0 级以上地震,但一些被认为是异常的现象依旧存在,显然这些异常不是近场地震的短临异常变化,当然在一定意义上可以说它们是中长期前兆异常,仍需长期密切关注。由此看来,将 2008 年 1 ~ 12 月苏、鲁、皖交界地区前兆资料存在的某些异常看作短临异常显然是不够严谨的。

综上所述,安徽台网前兆观测测项资料在汶川大地震前后均无明显短临异常;安徽台网资料大都有良好的同震效应,郯庐断裂南端或滁河断裂附近五河井、庐江地震台、泗县地震台、金寨 05 井地下水观测、地形变观测有明显同震效应,但研究人员无法根据这些异常给出较大地震的震级和发震区域的定量化判定意见。同理,仅仅使用苏、鲁、皖交界地区的前兆观测资料对苏、鲁皖、交界近场地区作出短临地震活动趋势预测,这样的结果是难以令人信服的。

4 区域地震预测研究设想与技术改进思路

一些地震预测研究成果(车用太,1989)表明,中强以上地震前,能够观测到异常的台站数和测项比例数一般随震级和震中距大小而变化。统计表明:我国川滇大部分地区的 6 ~ 6.9 级地震前,地电磁、地形变、地下流体资料会出现中期异常,震中距为 100 km。

在震中距 100 km 范围内约有 15% 的台站和 9% 的测项能够记录到异常,100 ~ 200 km 范围内有 8% 的台站和 6% 的测项能够记录到异常;5 ~ 5.9 级的地震,100 km 内记录到中期异常的台站和测项分别为 3% 与 1%,100 ~ 200 km 范围内记录到并确定为异常的仅为 1%。通过表 2 可以看出苏、鲁、皖交界地区被判定为短临异常的测项占总异常测项的 50%,显然它们

并非真正意义的震前异常,有虚报的迹象。造成这一结果的原因可能是构造地震一般发生在地下 10 ~ 30 km 深处,现有的地电磁、地形变、地下流体观测传感器仅触及到地下几百米深处,基本不能达到孕育中强震的区域或敏感区,此外随着社会经济的发展和观测环境的恶化,观测数据受到越来越多的外来干扰,而这些干扰有时被判定为短临异常。

通过对安徽前兆台网监测效能的综合评估,我们认为应改变前兆观测现状,提高前兆数据使用效率,更新技术实现思路与方法。从一定意义上说,前兆综合深井观测是今后获取大量有用前兆信息的必由之路,改进前兆传感器是一项关键技术;保留和强化现有前兆观测中物理化学特征比较明显的测项,如地下水位、水温、水化学组分、地热、地深处低频电磁扰动、大中尺度地表形变、断层位移,以获取有价值的前兆异常信息;创新井下高温高压传感器研发新思路、新方法,结合深井探测技术,在构造特征明显的断层交叉敏感处新建台点,研发一些具有深部特征的应变成形传感器(压力传感器、应变传感器、高温高压传感器);在重点监视区新建一些同型号、同测项、同观测物理量前兆仪器系统小孔径深部监测网,探索更多的前兆观测新技术。

在中强地震的孕震期都会有一个异常显现和逐步扩散过程,异常有多种表现形式(应变、蠕变、温度、气压、水位等)并通过不同方式由介质内部(连续、散粒)传递出来。因此,应加强区域的井下形变观测技术应用,如在大别山区构造断裂以及郯庐断裂中南段区域,新建一定数量定点长期 GPS 观测点和高密度流动 GPS 观测点;重点建设区域性井下应变观测网,完善并优化已成规模的地下水位观测网点,加强在郯庐断裂敏感点位处的庐江水化综合观测台的环境保护,增加高精度、高稳定性能仪器。当然,观测人员与分析人员对观测数据的分析能力、异常识别能力与异常指标归类能力更需提高。

参考文献:

车用太 . 1989. 中国地震地下水动态观测网[J]. 中国地震, 5(2): 9—17

蒋长胜 . 2007. 与地震预测有关的关键物理问题[J]. 国际地震动态, (9): 2—10.

陆明勇, 牛安福, 白长清, 等 . 2006. 地壳形变短临异常与地下水位短临异常关系及识别方法的初步研究[J]. 地震研究, 27(1): 13—20.

钱晓东, 邬成栋, 秦嘉政 . 2004. 用环境应力参数对云南地区进行地震短临跟踪监视[J]. 地震研究, 27(1): 1—7.

Synthetic Study of the Observational Efficiency
of Anhui Earthquake Precursory Network

LI Gang-feng ZHAO Jian-he ZHU Sheng-shui ZHANG Xue-ying
(Earthquake Administration of Anhui Province Hefei 230031 Anhui China)

Abstract

We analyze the current situation of the three main items of Anhui Precursory Observational Network such as earth deformation, geomagnetism, and underground fluid, and study the coseismic effect and anomalous response of the data yielded by the Network in recent years. We find that it is difficult to obtain the true abnormal information of seismogenesis on the surface or in the shallow crust of the Earth. Therefore, It is urgent to enhance Anhui Precursory Observation Network by improving efficacy of the observational data, choosing effective precursory items, and selecting sensitive points in the earthquake-pregnant body.

Key words: coseismic effect, anomalous characteristics, seismogenic body, sensitive point, earthquake prediction, Anhui



张宇翔 陕西省地震局高级工程师。1986年毕业于陕西工学院电子系无线电专业,获学士学位。陕西省地震学会学术委员会委员,陕西省地震学会地震监测技术委员会主任。主要从事地震监测技术、地震灾害研究等工作。



曹玲玲 甘肃省地震局副研究员。1996年毕业于南京大学地球科学系,获学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所,获硕士学位。主要从事地下流体地震预报研究工作。



方宏芳 福建省漳州市地震局工程师。1990年毕业于中国地质大学水文地质工程地质专业,获工学学士学位;2009年12月毕业于云南大学固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地下流体、体应变监测及地震预测研究工作。



程建武 甘肃省地震局高级工程师。1996年毕业于西安地质学院矿产勘查专业,获理学学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所地球物理专业,获理学硕士学位;2010年毕业于中国地震局地质研究所,获博士学位。主要从事活动构造与地震危险性评价工作。



李罡风 安徽省地震局工程师。1996年毕业于安徽大学数学系应用数学专业,获理学学士学位。主要从事地震前兆观测数据分析处理和地理信息系统开发等工作。



徐春迪 宝鸡文理学院地理科学与环境工程系副教授。1997年毕业于西北大学城市与资源学系,获理学学士学位;2007年毕业于华东师范大学资源与环境学院地理信息系统与地图学专业,获理学硕士学位。主要从事3S技术应用及资源与灾害方面的教学和研究工作。



韩晓明 内蒙古自治区地震局工程师。2004年毕业于河南理工大学测绘与国土信息工程学院大地测量专业,获工学学士学位;2007年毕业于中国地震局兰州地震研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震活动性以及测震学方面的研究工作。



史杰 中国地震局兰州地震研究所在读硕士研究生。2003年毕业于新疆大学资源勘查系资源勘查工程专业,获工学学士学位。主要从事活动构造研究工作。

注:张昱、李永莉、莘海亮、曾宪伟、谢晓峰、刘丽芳、胡毅力、曹彦波、倪泰山的简介已分别刊登在本刊:
Vol31, No3 Vol29, No3 Vol31, No2 Vol31, No2 Vol33, No1 Vol28, No4 Vol29, No2 Vol30
No3 Vol32, No1.