

2021年第6期(总第27期) 2021年4月15日

云南昭通防震减灾局专群结合工作调研报告

地震数值预测研究和传统方法评估试点项目 地震监测站网评估试点项目 人工智能地震监测分析系统完善与应用 地震危险区精细调查和地震现场综合科学考察试点项目 预报员访学试点项目 地震信息专题图试点

> 地震重点监视防御区公共服务试点 地震短临预报专群结合研究

中国地震局地震预测研究所

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设 全国地震重点监视防御区公共服务 地震短临预报专群结合研究



2021年第6期(总第27期) 2021年4月15日

云南昭通防震减灾局专群结合工作调研报告*

■ 地震预测研究所、中国地震台网中心、中国地震局第二监测中心、四川省地震局、凉山州防震减灾局、凉山州地震监测中心、云南省地震局 **

前言

为了深入贯彻落实习近平总书记关于防灾减灾救灾重要论述和防震减灾工作重要指示批示精神,落实《关于印发〈中国地震局党组关于进一步加强地震监测预报工作的实施意见〉的通知》(中震党发〔2021〕1号)和《中国地震局地震短临预报专群结合研究试点行动方案(2021-2023)》,探索研究新时代专群结合短临预报模式,中国地震局科技与国际合作司、地震预测研究所、中国地震局科技与国际合作司、地震测研究所、中国地震局网中心、中国地震局第二监测中心、四川省地震局、四川凉山州防震减灾局、云南省地震局一行24人于3月14-16日在云南昭通市防震减灾局开展专群结合调研工作。参加调研的有科技司周龙泉副处长、预测所邵志刚副所长、云南局周光全副局长等。

调研组分别到渔洞地震监测站、昭阳区巡龙地震监测站、昭阳区一中地下流体观测站、昭阳区防震减灾局、巧家治乐地震监测站、鲁甸县龙头山地震遗址、鲁甸县防震减灾局、昭通市防震减灾局开展调研工作,并在鲁甸县防震减灾局和昭通市防震减灾局进行了座谈。调研组还在云南省地震局观摩了月会商会、交流讨论了云南 6.5 级以上地震预测指标。

根据《中国地震局地震短临预报专群结合研究试

点行动方案 (2021-2023)》的要求,这次调研工作主要有6个方面的内容:

- 1. 仪器的原理、采样、精度、性能;
- 2. 监测工作中的选点、建设、运维;
- 3. 数据的传输、处理、分析:
- 4. 预测指标 (含特别是云南 6.5 级以上地震)、会商机制、预报决策:
- 5. 宏观异常的获取、报送,宏观点的运维,以及宏观异常应用;
 - 6. 防震减灾的工作机制、形式以及科普工作。 调研结果总结如下:

一、仪器

(一) 流体仪器

昭通现有流体观测 25 个台站,74 个测项,包括水位、水温、水氡、气氡、气汞、氢气、水质 (氟离子、钙离子、镁离子、碳酸氢根离子和电导率等)和土壤二氧化碳。分别是水氡 5 套,水化 3 个点 (11 个测项),断层气二氧化碳 5 个点,水位 23 套,水温 21套,井孔逸出气 9套。地下流体物理量(水位、水温)

^{*} 支撑新时代防震减灾事业现代化建设试点任务之一"地震短临预报专群结合研究试点项目"成果。

^{**} 本文由地震预测研究所、中国地震台网中心、中国地震局第二监测中心、四川省地震局、凉山州防震减灾局、凉山州地震监测中心、云南省地震局编写完成,由专群结合首席专家张永仙研究员统稿。

观测仪器均为珠海泰德生产,为全国市县台流体物理量的主流观测仪器,目前已有少数该类仪器已接入国家地下流体专业台网;化学量观测仪器则与国家地下流体专业台网的主流观测仪器型号相同。所采用的仪器类型及主要性能指标如表1所示。

总体上昭通市局观测仪器的主要技术指标与地下流体专业台网基本相同,能够满足地震监测的需要。数字化观测仪器大部分均在正常运行,3套数字化气氡、气汞及氢气观测仪器因观测点迁建及观测装置问题停测,1套测氦仪老化严重处于带病工作状态。大

部分水质人工观测仪器使用时间已接近三十年,亟待 更新为新型智能观测仪器。

现场调研发现,昭通局采用珠海泰德的数采 TDP-0844i集成了水位、水温、气象三要素,减少了 数采的使用,节约了成本,也便于仪器产出数据的统 一管理;多个台站有流体、形变和电磁新型仪器在试 验观测,这种开放式的理念让观测站在承担监测任务 的同时也成为了新型仪器的试验基地,赋予了监测站 新的活力,提升了其影响力。

表 1 昭通市局地下流体观测仪器基本信息一览表

仪器 名称	仪器型号	仪器 套数	观测原理	观测 方式	主要技术指标	生产 厂家	运行状态
水位仪	TDP-15+T- DP-0844i	23	压力传感器 法	数字	分辨力≤ 1mm; 观测精度≤ 0.2 % F·S 量程: 0 ~ 10m; 采样率: 1 次 / 秒	珠海泰德	正常
水温仪	TDT-36+T- DP-0844i	21	石英温度传 感器法	数字	分辨率≤ 0.0001 C; 观测精度≤ 0.05 C 量程: 0 ~ 100 C; 采样率: 1 次 / 分	珠海泰 德	正常
测氡仪	SD-3A	2	闪烁法	数字	检出限: 0.1Bq/L; 重复测量误差≤ 5%; 采样率: 1次/时	北京陆 洋	1 套正常、 1 套停测
测氡仪	DDL-1	1	电离法	数字	灵敏度 0.1Bq/L,重复测量误差≤ 5%; 采样率: 1次/时	郑州晶 微	正常
测汞仪	RG-BQZ	1	冷原子吸收 法	数字	检出限: 0.008ng (汞) ; 精确度≤ 3%; 采样率: 1次/时	北京陆 洋	停测
测汞仪	ATG-6138M	2	金膜吸收法	数字	检出限: 5ng/m³; 重复性: ≤ 5%; 采样率: 1 次 / 时	杭州超 距	1 套正常、 1 套停测
测氦仪	WGK-1	1	石英膜渗透 法	数字	检出限: 8×10 ⁻⁶ ; 测试精度: 相对标准差≤ 2%; 采样率: 1次/时	北京汇海	老化、带 病运行
测氢仪	HDZA02	1	半导体气敏传感器法	数字	量程范围: 0.5 ~ 5000 ppm 自然扩散; 检出限: ≤ 0.5ppm; 线性度: ≥ 0.996; 采样率: 1 次 / 分	智能 (厦 门) 传感 器有限 公司	试验仪器
测氢仪	ATG-6118H	1	半导体气敏 传感器法	数字	精密度 (重复性): 相对误差≤ 5%; 采样率::1次/分	杭州超 距	观测点迁 建
测氡仪	FD-125+ FH463B	5	闪烁法	人工	固有本底小于 10 脉冲 /100s; 样品重复测量误差不大于 10%	北京宏信核诚	运行,标定有困难
电导率观测	DDS-11A 电导率仪 +DJS-1 型电 导电极	2	电极法	人工	基本误差: ±0.5% (FS) ±1个字		老化运行
氟离子观测	PXJ-1C数 字离子计 +CSB-F-1型 氟电极 + 参 比电极	1	电极法	人工			老化运行
水质观测	滴定管	1	滴定法	人工			正常
土壤二氧化碳观测	二氧化碳检 测管	5	指示粉法 (NaOH)	人工			正常

(二) 形变仪器

昭通地区有形变类观测手段的台站共 18 个, 共 计 25 套仪器, 其中分量式钻孔应变 15 套、石英水平 摆 3 套、垂直摆 3 套 (VP2 套 /VS1 套)、井下垂直摆 2 套、短基线伸缩仪 2 套。

SKZ 四分量钻孔应变仪和 DCY- I 短基线伸缩仪为山东省地震局孔向阳生产的仪器,其中 SKZ 四分量钻孔应变仪的探头直径 106mm、长 900mm,量程优于 ±8×10⁻⁶,分辨力优于 5×10⁻¹⁰; DCY- I 短基线伸缩仪的量程 ±10⁻⁵,分辨力 10⁻¹⁰,频带宽度 100Hz,山洞开地槽深度 1m,自应力水泥耦合,可有效减缓人员出入及温度变化干扰,避开山洞开凿后应力调整产生的岩石松动,目前已基本定型。

SKZ-3 型四分量钻孔应变仪、VP/VS 垂直摆倾斜仪和 JQY-1 井下垂直摆倾斜仪为武汉地震科学仪器研究院生产的仪器,其中 SKZ-3 型四分量钻孔应变仪的量程优于 $\pm 8 \times 10^{-6}$,分辨力优于 5×10^{-10} ; VP/VS 垂直摆倾斜仪采用垂直悬挂摆系测量地倾斜信号,量程 ≥ 2 ",分辨力优于 0.0002",频带宽度 4 秒至直流; JQY-1 井下垂直摆倾斜仪的量程 ± 2 ",分辨力优于 0.0002",目前已基本定型,待申报入网许可。

SSQ-2型数字石英水平摆倾斜仪为中国地震局地震预测研究所冯海英生产的仪器,采用 Zouner 双吊丝悬挂的石英水平摆体接收地倾斜信号,量程≥2",分辨力优于0.0005"。其中位于渔洞观测站的石英水平摆 NS 分量正常,EW 分量由于石英丝系受潮,观测记录受影响;目前仪器已经老化,但由于缺少配件,无法对仪器进行维修,也无法完成标定,因此输出数据为电压值。此外,水富台和永善台也各有一台石英水平摆,目前基本情况差不多,仪器自身都存在一些故障。

此次调研的形变类仪器包括渔洞地震监测站的 SKZ四分量钻孔应变仪、SSQ-2型数字石英水平摆倾 斜仪、两分量短基线伸缩仪;巡龙地震综合监测站的 SKZ-3型四分量钻孔应变仪、VP宽频带垂直摆倾斜仪; 巧家治乐综合数字地震台的 VS 垂直摆倾斜仪和两分量短基线伸缩仪。

以上仪器通过泰德公司 TDP0844i 数采进行数模转换,可根据用户需要产出秒值、分钟值、整点值等不同类型数据文件。

(三) 电磁仪器

昭通地区有电磁类观测手段的台站共有6个,7 套仪器,其中"TDW-26"型电磁波传感器3套,极低频(ELF)大地测量系统1套,AETA多分量电磁仪3套。

广东珠海泰德企业有限公司生产的 TDW-26 型电 磁波传感器, 搭配 TDP-0844i 型数据采集器和 TDPP-

160 型电源控制器工作。TDW-26 电磁波传感器是一种测量超低频磁场、电场变化量的仪器设备,其测量频率响应为 0.01Hz-20Hz,灵敏度 ≥ 2 mV/nT,分辨率为 0.1nT,测量范围 ± 100 0nT,线性误差范围 ≤ 1 %,在 -20 C -60 C 均可正常工作。该仪器 2010 年安装并投入使用,磁探头或浅埋于地下或置于山洞,输出磁场分量,仪器运行、数据产出较稳定,有震例可查。

加拿大 Metronix 公司生产的多通道大地电磁测量系统 GMS-07e,通频带很宽,覆盖范围 DC-250kHz,低频 (LF): 直流 -1000Hz; 中频 (MF): 0.001Hz-20kHz高频 (HF): 1Hz-250kHz,通过数字滤波可以建立亚频带。三个磁传感器,四个不极化电极,分辨率取决于某一频段输出频点的个数,输出频点越多,分辨率越高,传感器的灵敏度在 \geq 4Hz 频率时是 0.8V/nT。该仪器 2015 年安装使用,仪器观测精度高,但是观测台点干扰较大,待重建。

北大深圳研究院生产的 AETA 多分量地震监测系统,包括地声传感探头和电磁传感探头,地声监测频段为 0.1Hz-50kHz,从次声波、声波到部分超声波波段,灵敏度为 3LSB/pa@0.1Hz-50kHz; 电磁传感器监测频段为 0.1Hz-10kHz,探头地埋,分辨率为 0.1nT,量程为 0.1nT-1000nT 的较宽动态范围的低频、超低频电磁波段,灵敏度大于 14mV/nT@0.1Hz-10kHz。该类仪器 2017 年安装并投入使用,运行较稳定,由于仪器使用市电供电,停电导致数据连续性较差,有记录震例。

二、监测

(一) 站点选址原则

昭通市市县两级防震减灾局现有33个地震监测 台站, 其中含25个野外地震监测台站(见附件1-2)。 在监测台站在建设选点方面,昭通市防震减灾按"沿 构造、避干扰、利运维、凸显示"4个原则来开展。 ①沿构造,即台站点位的选择主要沿昭通境内的小江 断裂、昭通-鲁甸断裂、马边-盐津断裂和五莲峰断 裂展布,这个工作可在图上作业规划时完成;②避干 扰,即根据相关观测站点观测环境要求,在实地勘选 过程中注意避开干扰源; 典型选点是顺势而为, 依山 修建观测山洞; ③利运维, 台站建设点位的确定, 也 要充分考虑到后期的运维工作, 在观测环境和利于运 维方面折中或是有所取舍; ④凸显示, 台站兼顾科技 属性和社会服务属性。例如,昭通市渔洞地震监测台 站即是一个综合的地震监测场所, 也是昭通市的省级 科普教育基地之一。又例如,昭阳一中观测井处于中 学内, 由香港设计师设计的观测景观与校园有机结 合, 既保护了地震观测环境, 又增强了显示度 (见附 件1)。

(二) 监测站点建设

昭通市的地震监测台站建设分为3个阶段。第一

阶段是80、90年代,昭通经济基础薄弱,对地震监测工作投入有限,多利用工业和生活废弃机井、改造成地震监测台站。如:水富云天化机井、昭阳区一中机井和大关谢家沟机井等。第二阶段是2003年以来昭通进入地震活跃期,市县地震部门充分把握恢复重建机遇,申报台站建设项目,此期间,昭通地震监测台站的数量和质量上都有快速提升。如2014年鲁甸"8.03"6.5级地震的恢复重建中,巧家(见附件2)、鲁甸、昭阳、永善新建了7个台站、改建1个台站。第三阶段是主动作为,积极争取地方党委、政府支持,加大防震减灾工作投入,建设地震监测台站。如去年投入工作的永善莲峰台和镇雄毡帽营台。优势:①吸纳废旧井是在节约成本的基础上增加监测井。②台站因地制宜的多测项优化组合,例如钻孔应变与流体观测为一孔多用,节约成本。

(三) 监测台站运维

昭通地震监测台站为市县部门自建台站,日常运维工作以市县为主。云南省地震局主要是通过省政府预防和处置地震灾害"十项重大措施"和"十项重点工程"等专项,经市、县部门申报,为昭通20个台站接入了地震行业网、部分台站增加了UPS电源。昭通市防震减灾局全程参与到各台站的仪器安装过程,并对县局业务人员开展培训,指导做好台站的运维工作。各县市区防震减灾局是所辖区域地震监测台站的具体管理者,需完成日常巡检和维护工作,确保了各类仪器正常工作,产出数据真实可靠。优势:积极按照专业台网运维,例如缺少氡源的情况下,购买P2000进行水氡标定,保证观测质量。劣势:需要进一步标准化培训,观测仪器存在老化现象。

三、数据

昭通测震台网现有 42 个子台,其中自建 16 个, 共享川、滇、黔省级区域台 17 个,加密台 9 个;地球 物理化学场观测共计 106 项,目前通过地震行业网进 行数据传输,整个传输方式上较为规范、统一,有利 于后期的统一管理与数据汇集工作。

数据传输方面,测震数据经市局监测预警中心流服务器汇集转发,测震台网事件触发后 1 - 2 分钟产出自动定位结果,2 级以上以短信推送。每天监测预报科负责处理生成的地震事件,产出地震目录和观测报告;前兆数据则是通过直接连接数采获取数据,是,前兆观测数据按辖区县市区局负责收集汇总,进行数据处理,统一上传到市局网站数据库,市局负责全部数据的管理和维护。目前,昭通市测震、前兆观测数据未实现数据自动入库,仍为人工上传入库方式开展工作。现亟需建设"地震监测业务管理平台",以实现地震监测数据汇集、传输、处理、分析和服务等全流程业务链智能监控,有效提高信息、数据的资源共享程度,提升信息、数据展示的直观性和全面性,从而形成完善的现代化地震监测信息管理体系,完成分

散信息的大融合。

总体来说,昭通局目前的数据传输及管理方式对 于专群结合的数据汇集等工作的开展有一定基础,但 为确保数据共享对当地数据传输和存储的稳定性,需 购置2台服务器,以确保在完成数据汇集任务的同时 不影响地方日常工作。

四、预报

(一) 昭通地震中短期预测指标

昭通市防震减灾局在不断探索地震预测预报工作中,形成了立足本地、动态跟踪、加强总结的地震预测预报思路,地震分析预报工作取得了一定的进展。

在震情跟踪过程中,不断总结了昭通前兆异常指标,其中鲁甸氟离子、永善水氡和巧家碳酸氢根离子等观测手段对 6个月内滇东北发生 $M \ge 4.5$ 地震有较好的指示意义;通过梳理滇东北及邻区 7 组 5 级以上地震前的异常情况,并对 19 项指标赋予不同的权值,得到了滇东北集成预报指标,结果显示,指标值大于 0.4 时,易发生 5 级左右地震;指标值大于 0.8 时,易发生 6 级左右地震。

基于 2012 年彝良 5.7/5.6 级、2014 年鲁甸 6.5 级等地震前的异常演化,获得滇东北 5.6 级以上地震的前兆异常进程特征。

- 1. 异常测项数多: 地震前的中期、短期和临震异常测项数达 33 项 (彝良地震前出现 24 项),占昭通市及邻区前兆测项数的 42%。
- 2. 异常变化量大: 鲁甸地震前昭阳区一中水位、 鲁甸氟离子 (2013 年 6 月换仪器后) 以及四川部分二 氧化碳均出现观测以来的最大变幅。
- 3. 异常测点分布广: 鲁甸地震前兆异常测点最远 为水富, 距震中 198km。

异常测项时间演化过程:中期以流体异常为主,多表现为年变形态异常,随地震时间的逼近,形变类异常增加,临震前有电磁类异常出现。异常测项空间演化过程:前兆异常点位有随孕震期由远而近向震中地区集中的现象。

昭通市防震减灾局的地震预测决策思路为,时间预测主要依据地震活动周期规律、地球物理观测趋势性变化的中期指标,滇东北集成预报指标和地震活动性的短期指标,以及地球物理观测异常时间演化特征和多台测项出现准同步的群体异常的临震指标;地点预测主要依据地震活动空间分布特征和地球物理异常台站空间分布;强度预测主要依据为地震活动性和集成预报指标值大小。鉴于此,昭通市防震减灾局在短临预测方面也取得了一定的成效,在2003年11月26日鲁甸5.0级地震、2006年7月22日盐津5.1级地震和8月25日盐津5.1级地震、2012年5月7日彝良

5.7、5.6级地震以及2014年4.05 永善5.3级地震和8月3日鲁甸6.5级地震前出现各类前兆异常,并提出了相关的分析预测意见。

昭通市地震分析预报水平取得显著进步的主要原因有:一是测震和地球物理场观测台站密集,在区内所有活动断裂上均有布设,平均每个县可达到3个台站。这样在地震发生之前,不同学科手段和不同地方的测点均可能出现多项异常,可相互映证,对地震发生的时间和地点判断具有一定的指示意义。二是观测台站的观测仪器较为稳定,受到的环境和人为干扰相对较少,产出的地球物理场观测数据质量较高。三是开展了昭通地区不同观测手段的震例总结,形成了一套科学有效的指标预测指标。

(二) 云南 6.5 级地震中短期指标建设与应用

云南 6.5 级地震指标建设主要思路是以危险地点的分析为基础,首先对比当前的地震活动状态与历史强震前的地震活动状态之间的相似性,从历史震例前常出现的平静 - 活跃型和活跃型两种模式、6 级地震与后续7 级强震活动主体地区相关、强震区周边常出现 GNSS 面应变持续挤压增强、震中150km 范围内可能出现7-14 年中等地震平静等多个共性因素考虑,类比目前活动状况,初步判定得到云南地区目前可能存在危险的两个主体区域,再进一步从地球动力学背景,包括羌塘块体中强地震活动与云南地区地震活动之间的关系、缅甸弧中深源地震对云南地区的中强地震影响等角度进一步分析云南地区强震危险性。最后从短期内 4 级地震活动频次,b 值动态变化信息,跨断层综合指标、GNSS 综合指标等角度最终综合判定区域强震危险性。

总体来说,云南地区目前 6.5 级跟踪建立了部分指标,对于日常 6.5 级地震的危险性分析具有一定意义,但系统性仍有欠缺,没有形成较为完善的综合分析研判机制,对各个指标之间如何结合的研究还显得不够深入,各项指标之间如何分层次递进跟踪,最终如何形成较为明确的研判意见方面还需要进一步开展工作。

五、宏观观测及群测群防

(一) 云南省昭通市地震宏观异常测报概况

昭通市 11 个县市区现有地震宏观异常测报点 478 个,观测项目主要以地下水和动 (植) 物异常为主, 偶尔会出现地形变异常。观测模式大多以人工肉眼所 见为主,少量测点有低精度仪器辅助观测。观测点设 在不同的村委会和社区,均由本地防震减灾助理员 和联络员负责上报宏观异常信息,联络员文化程度不 限,从小学到大专均有。一旦发现宏观变化,由本地 宏观联络员第一时间上报县市区防震减灾局,各县市 区防震减灾局派人现场核实确认异常现象属实后,上 报市局,由市局每周向省局开展宏观异常零报告。

(二) 宏观联络员队伍管理

为了强化对宏观联络员队伍的管理,提高联络员的业务技能,确保所有宏观现象上报机制畅通,各县市区防震减灾局会联合当地其他相关部门,定期举办防震减灾协管员(三网一员)业务培训会,并随时与当地乡镇分管领导沟通协调,组织当地宏观观测员积极参与各类跟防震减灾事业相关的问卷调查等。同时还与当地宏观联络员建立了专门的防震减灾局的微信群,一旦出现宏观显示,实时将图片、视频等资料上传至群里共享讨论。

(三) 宏观观测的作用

整个市每年都会收到数十份宏观现象,经多为周边环境干扰引起的变化,部分确定的宏观异常之后滇东北地区会有5级以上地震对应,也有部分宏观异常之后周边无中强震发生。收集了几年的宏观异常报告,较为显著的有1974年5月11日大关、永善间7.1级地震前震区出现数十起动物、地下水及地光、地声宏观异常;2006年4-6月,在昭通地区多地先后出现了7起宏观异常现象,之后7、8月在盐津发生了5.0、5.1级震群;2012年1-3月沿昭鲁断裂多地出现5起地下水位升降和井水变色、变味现象,之后发生2012年9.07彝良5.7、5.6级地震;2012年12月-2013年3月,昭阳区面粉厂机井出现了翻花冒泡现象,并伴随有水位持续上升和突降的变化,之后2013年4月20日发生芦山7.0级地震。

(四) 宏观报送和应用情况

云南 16 个市州地震宏观观测点位 1620 个,其中昆明 163 个,曲靖 73 个、昭通 478 个、玉溪 112 个、红河 111 个、文山 26 个、普洱 45 个、版纳 2 个、楚雄 232、大理 85 个、保山 74 个、德宏 32 个、丽江 34 个、怒江 55 个、迪庆 50 个、临沧 48 个,宏观观测测点多,主要分布在昭通、楚雄、昆明、玉溪,点位分布集中在滇东、滇北和滇西地区,滇南地区点位分布较少。每年提出异常月 100 项左右,约 33 项确认为宏观异常。

按照职能职责划分,云南省地震局监测预报处为云南地区地震宏观业务管理部门,云南地震台为具体业务技术部门。为加强宏观观测宏观管理,监测预报处 2014 年分别印发云震测函〔2014〕43 号、100 号规范管理流程。按照中国地震局关于实行宏微观异常零报告制度的通知、云南省人民政府办公厅关于加强地震群测群工作的意见和监测预报处文件要求,由市县"三网一员"人员具体负责云南地区宏观观测、异常上报、现场初步核实等工作。观测人员每日将零报告上传至 FTP,如出现宏观异常则在零报告标注"异常",并通过电话等渠道通知地震台或监测预报处。地震台安排人员每日查看 FTP 零报告,并进行电话初步核实,在电话初步核实的基础上,针对重大异常由地震台组织技术力量开展现场核实分析。

经多年地震宏观预测预报经验总结,部分上报宏观异常与地震活动存在一定相关性,主要应用于年度年中会商中地震发震优势分布区域确定,对地震预报还存在一定困难。主要是:一是宏观观测点多,每年提出异常约100项,约33项为确认的宏观异常,积累了大量数据,但数据的合理使用及映震效果仍需深入研究。二是宏观异常很少具有重复震例,其应用有待进一步挖掘。三是宏观异常核实需要规范性的指导,欠缺水文地质知识及异常机理研究。

六、防震减灾工作

昭通市位于我国南北地震带东翼,川滇菱形块体东南边界节点附件,地质构造复杂,在大凉山次级块体南东方向运动和川滇菱形块体南南东向的侧向挤压的共同作用下,区域内地质构造纵横交错,活动断裂众多,地震活动频度高、强度大、分布广、震源浅、灾害重。面对频繁的地震活动和灾害,昭通积极争取中国地震局、云南省地震局、省委省政府、市委市政府等多渠道资金支持,在市内建设密集的地球物理观测站点,并积极开展天然地震预报实验场相关工作,深入探索地震孕育机理和地震预测预报研究,为防震减灾事业发展打下坚实基础。

早在 2005 年昭通市人民政府就印发了《关于加强防震减灾工作的通知》,从制度层面规范做好防震减灾工作,随后 2006、2011 和 2016 年,昭通市人民政府连续出台《关于做好"十一五"期间防震减灾工作的意见》、《关于做好"十二五"期间防震减灾工作的意见》、《关于做好"十三五"期间防震减灾工作的意见》,从"十一五"到"十三五"昭通市人民政府对全市防震减灾工作一贯高度重视和支持,任务明确,措施具体,极大的推进了防震减灾事业发展。2006 年,依托中国地震局南北地震带观测项目资金资助,昭通鲁甸茨院台数字化流体观测设备安装调试成功,截止2017 年,全市已建成 29 个地震监测台站,10 个地震观测山洞、22 口地震观测井,台网密度已达到每万平方公里地球物理台站 11.7 个、测震台站 6.1 个,强震台站 8.7 个,均已走在全国前列。

2019年昭通市构建改革落地完成,市政府设置 38 个机构部门,并设置 6 个市政府直属事业单位,市防震减灾局保留作为 6 个直属事业单位之一。2019 年 4 月,市应急管理局与防震减灾局召开专题会议,研究商议应急管理局和防震减灾局在防震减灾、抗震救灾方面相关职责划分,明确原市防震减灾局的地震灾害应急救援职责以及抗震救灾指挥部划归应急管理局,其余职责保留。并参照省级机构设置,成立市自然灾害管理委员会,进一步明确市防震减灾局职能职责。机构改革后市防震减灾局保持机构不变、人员不变、经费不变,为做好防震减灾工作提供坚实保障。昭通市委市政府历来高度重视防震减灾工作,近 2 年市委常委会、市政府常务会均专题听取防震减灾工作汇

报,市委、市政府主要领导提出具体工作要求,亲自 部署防震减灾工作。

昭通市防震减灾工作取得显著成效的主要原因有:一是积极主动争取中央、省、中国地震局、云南省地震局资金支持,为建设测震和地球物理场观测密集台站提供坚实经费支持。二是市委市政府高度重视防震减灾工作,机构改革后,将防震减灾局设置为市直属事业单位,除将地震灾害应急救援职责以及抗震救灾指挥部划归应急管理局,其余职责保留,确保防震减灾局机构不变、人员不变、经费不变。

调研组成员

周龙泉 中国地震局科技与国际合作司副处长 邵志刚 中国地震局地震预测研究所副所长 / 研究员

张永仙 中国地震局地震预测研究所研究员 / 专 群结合首席专家

李凯月 中国地震局地震预测研究所助理研究员

刘春国 中国地震台网中心正高级工程师

李 美 中国地震台网中心研究员

赵 静 中国地震台网中心副研究员

周志华 中国地震台网中心高级工程师

王文青 中国地震局第二监测中心高工

张致伟 四川省地震局副台长/高工

朱 航 四川省地震局研究员

甘桂琴 四川省地震局主任科员

王 迪 四川省地震局助工

赵德杨 四川省地震局助工

李春辉 凉山州抗震救灾指挥部专职副指挥长

杨晓梅 凉山州防震减灾局科技监测科科长

罗思义 凉山州防震减灾局科技监测科科员

耿 翔 凉山州地震监测中心工程师

张洪友 凉山州防震减灾局驾驶员

周光全 云南省地震局副局长

刘丽芳 云南省地震局处长

洪 敏 云南省地震局副台长/高工

胡小静 云南省地震局高工

杨正纲 云南省地震局高工

特別感谢昭通市防震减灾局铁朝曙局长、何德强副局长、贺莉晶、佘如昌,昭阳区防震减灾局赵庆萍局长、徐孝芳副局长、易榕桦、李朝君、申时至,及鲁甸县防震减灾局钱文学副局长、何正沧副局长、刘德方。

附件 1 昭通市昭阳区防震减灾局部分地震监测台 站情况介绍

一、昭阳区一中地下流体观测站(滇10井)

(一) 基本情况

昭阳区一中地下流体观测站位于北纬 27° 20'、东经 103° 42',昭阳区城南区一中(原市一中院内)。井口标高 1908.87m,井深 404.13m。水位埋深 $4.9m\pm$,水温 $22\,\mathrm{C}$,属承压水,第三系含水层。观测孔于 1980

年7月26日由143煤田地质队施工成井,原名为3011井。1982年9月移交"昭通行署地震办公室"(现"昭通市防震减灾局")作为地震观测用井,1982年11月向省地震局报送资料。1983年通过"全国地下水观测网点"验收合格,由云南省地震局统一编号为地震观测"滇10井"。原观测项目有"水位"和"深井水温",其中水位于1982年9月开始观测,观测仪器为SW-40型水位仪;深井地温于1988年12月开始观测,观测仪器为SZW-1型高精度地温仪。





图 1. 左: 改造前台站内部 右: 市、区防震减灾局与学校领导现场商议改建方案

2005年,滇10井由昭通市防震减灾局移交昭阳 区防震减灾局管理和观测。昭阳区防震减灾局2011年 启动观测台站改造工作,于当年4-7月投入19万元 拆除原观测井房重新修建新井房,又新购置了数字化 水位、地温和气象三要素观测仪器,2011年7月8日 开始数字化观测。改造完成后,滇10井由外到里焕 然一新,观测井房兼具"地震科普、安保、美观"于 一身,观测仪器实现由"九五"到"十五"的跨越。





图 2. 左:改建后的区一中流体观测站(合影人员右起:佘如昌、夏维敏、徐家金、申玻、崔汝洲、何德强、陈剑)右:市局申玻调研员带领监测预报科安装仪器

2016年,昭阳区一中学校扩建,为使滇 10 井不遭到破坏,在昭通市防震减灾局的要求下,昭阳区防震减灾局积极协调学校聘请专业设计师,对观测站外

围进行设计,改建后的观测站与学校教学楼浑然一体,既保证了地震前兆数据产出持续、准确、可靠, 又美观大气不影响教学。





图 3. 左: 改建后区一中流体观测站右: 地震短临预报专群结合试点调研组赴区一中流体观测站调研

(二) 地质情况

井孔位于昭通向斜 - 荷花向斜的轴部,附近50km 内分布有 NE 走向的洒渔河断裂,昭鲁断裂和箐门断裂,其性质均为燕山期逆断层。此外,还相间致密地发育了一系列与断裂走向一致的向斜、背斜以及倒转背斜等,构造分界交错复杂,显示出了强烈的地质构造活动特征。自 1900 年以来,井孔附近 60km 范围内就发生了 10 次 5 级以上地震,特别是在 2003 年和 2004 年,昭阳、鲁甸间就连续发生了 3 次 5 级以上地震。这些地震的城中分布大多呈 NE 走向,与相应的构造带走向一致,说明该区的中强地震均属第四纪以来构造运动之结果。

昭通坝子内地表水为大龙洞冷泉,流向由北西向东南,水温为16-23 C;地下温泉水温为38-42 C,碳酸盐水质。该观测井为层间承压水,无地表水干扰,上有第三纪粘土、砂质粘土隔水层,含水层为砂砾岩、砾岩,含水层下为侏罗纪红色砂岩、砂砾岩、侏罗纪下为二叠纪峨眉山玄武岩、灰岩。

(三) 井孔观测项目震前异常表现

该井在地方震前异常幅度大。如: 2003年3月15、16日水温出现日均值低于正常值0.001℃的异常,9月27日再次出现水温日均值低于正常值0.001℃的异常,11月15日鲁甸发生了5.1级地震;2004年4月23、24日水温出现日均值低于正常值近0.001℃,8月2日至9日水温出现了最大低于正常值0.003℃的异常,8月10日鲁甸发生5.6级地震;2014年6月6日水位日均值开始出现上升现象,直至6月14日升至最高点,上升高度达53.3cm,8月3日鲁甸发生了6.5级地震。该井对远一点地震则表现为出现高值阶跃,如: 2006年7月22日盐津5.1级地震前,从7月9日开始出现高值阶跃。

二、昭阳区巡龙地震综合观测站

(一) 基本情况

巡龙地震观测站位于昭阳区洒渔镇巡龙村 18 组,为鲁甸 8.03 地震恢复重建项目。观测站总投资 150.3万元,其中恢复重建资金 40万元,上级拨付资金 110.3万元。台站在 2015年 10月 10日开工建设,2016年 5月 10日竣工,现有测震、流体、形变等观测手段。

监测站占地约120m²,新建观测用房2间,共30m²;观测用房连接观测山洞,深度60m(含52米引洞和2个支洞),安装垂直摆倾斜、中长周期测震观测设备,洞外安装气象三要素监测设备用于辅助观测;观测用房内建有机井一口,深度100m,观测井内安装分量应变传感器、水温传感器和水位传感器,洞外安装气象三要素监测设备用于辅助观测。2016年12月31日水位和四分量钻孔应变正式观测,2017年2月6日安装测震和水温,开始观测。水温17.3℃左右。观测深井根据地层岩性,分部采用相应的管材隔离,以防地表水渗入。



图 4. 巡龙地震综合监测站

(二) 观测项目

1. 钻孔应变观测: 仪器的探头置于钻孔中 100m 深的基岩中,在钻孔内的耦合方法为专用的膨胀水泥、精细石英砂耦合,观测的是地壳表层的应变变化。

测量对象: 钻孔内岩体应变状态的变化

传感装置:探头直径 106mm,长度 900mm,元件数量 4 个 (互相为 45 度夹角)

信号灵敏系数: 0.25mv/10⁻⁹, 噪声:0.03mv

数据记录方式:模拟、数字,数据存储量: 180 天

采样率: 秒钟、分钟; 时钟服务: GPS 授时。

2. VP 型宽频带倾斜仪: 武汉地震科学仪器研究院生产的 VP 型垂直摆倾斜仪是在 VS 型垂直摆倾斜仪基础之上研发的新型地震前兆观测设备,其优于千分之一角秒的分辨力和拓宽的频带不但满足了对地倾斜固体潮的观测,并且也能记录到缓慢地震和长周期地震等更多的地震信息。

VP 型宽频带倾仪的主要技术指标如下:

仪器分辨力: 优于 0.001 角秒

位移传感器精度: 0.0001 μ m

频带宽度: 2 秒至直流

仪器摆长: 120mm

摆重: 280 克

自振周期: 0.6 秒。

3. 中长周期测震: 仪器为 TDV-60B 型宽频带地震计+TDE-324CI 数采,广东珠海泰德公司研制生产。

- 4. 高精度水位观测: 水位观测采用 TDL-15 水位 传感器 +TDP-0844I 地震前兆数采、LN-3 数字水位仪, 广东珠海泰德公司生产。
- 5. 高精度水温观测项目:采用 TDT-36 温度传感器 TDP-0844I 地震前兆数采、SW-1A 水温仪,广东珠海泰德公司生产。

以上观测项目自观测以来,观测数据连续、真实、可靠,及时向有关部门提供,为滇东北地区震情跟踪提供了数据支撑。





图 5. 左: 巡龙地震综合监测站机房与机井; 右: 巡龙地震综合监测站观测山洞

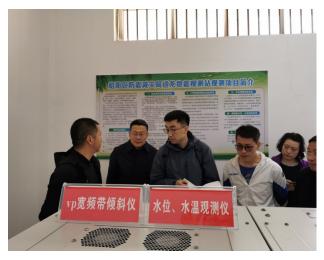


图 6 地震短临预报专群结合试点调研组赴巡龙地震综合监测站调研

资料质量:昭阳区防震减灾局建观测点以来,充分认识到利用钻孔应变、倾斜仪、高精度地温、水位等观测资料在一些重要的基础理论研究方面的重要性,确保资料连续可靠。观测人员责任心强,严格按照各项观测规范操作,观测数据连续完整,真实可靠。数据进入昭通市局服务器并通过网站共享。

(昭阳区防震减灾局李朝君供稿)

附件 2 巧家县防震减灾局地震观测台站简介

一、巧家地震地质和地震活动情况

巧家县大区域地质构造属青藏滇缅罗字形构造康 滇经向构造带,位于川滇菱形地块东边界转折节点部位,小江、则木河和昭通-莲峰三大断裂交汇形成"Y"字型构造,次级断裂有昭鲁断裂、荞麦地河断裂、以礼河断裂、包小断裂、水塘断裂、治乐断裂、花椒营断裂与迤岔断裂。北东向构造主要由一系列褶皱和压性断裂组成,南北向构造主要由一系列褶皱和张性断裂组成。据省地震局1966~1975年小江断裂北段4级以上地震震源机制解释结果和1956~1967年三角测量结果,应力场方向为北西西一南东东,其主应力为北西西向压应力。巧家及邻区自1900年以来共发生4.7级以上地震39次,6级以上强震3次,最大为2014年8月3日鲁甸6.5级地震。

二、台站建设情况

目前巧家境内拥有老店、大寨、蒙姑、范家店



子、毛椿林 5 个综合数字观测站,正在新建兴隆综合数字观测站。现有水质、二氧化碳等 11 个模拟观测项目,测震、形变、电磁、流体等 26 个数字化观测项目,巧家各主断裂带上均有监测台站,地震监测四大学科均有观测。最早的观测项目为巧家水氡,观测始于 1976 年。所有测项数据连续真实,对于地震预测分析贡献显著。

(一) 老店治乐综合数字地震观测站

该观测站位于昭鲁断裂、花椒营断裂、迤岔断裂 及治乐断裂附近,2015年初,冉正祥局长带领巧家县 防震减灾局专业人员进行初选,选择了2个备选点, 报市局专家组审核后,认为该处岩性较好,基岩完 整,周边干扰较小,道路交通便利,周边通讯电力设 施较为完善,同意选择该点进行建设。2015年3月开 工建设,2016年1月完工投入使用。该观测站投资金 额 150 万元, 占地 1500m², 资金来源是鲁甸"8·03" 地震应急资金, 主要用于征地、基建、购买仪器等, 另外昭通市防震减灾局配套部分设备, 共同组建成该 观测站。内有65米观测山洞一个、153米深井一口、 200 ㎡综合观测房及宏观观测池一个。监测设施包含 测震、电磁、形变、流体四大学科。其中, 测震设备 为 TDV-60B 型宽频带地震计; 电磁设备为 TDW-26 电磁波传感器;形变设备为 VS 型垂直摆倾斜仪 (武 汉地震科学研究院)、九分量钻孔应变(武汉地震仪器 院):流体设备为 TDP 泰德水位水温仪和气象三要素、 SD-3A型自动测氡仪、RG-BQZ自动数字测汞仪。



图 1 老店治乐综合数字地震观测站



图 2 老店治乐综合数字地震观测站观测山洞, 地震短临预报专群结合试点调研组现场调研

(二) 大寨车坪综合数字地震观测站

观测站位于则木河断裂和莲峰断裂带附近,地处天然玄武岩石板坡上,基岩坚硬完整,与老店治乐综合数字地震观测站同期进行初选,报市局专家组审核后,于 2015 年 5 月开工建设,2016 年 2 月完工投入使用。该观测站投资金额为 50 万元,占地 1000㎡,资金来源于鲁甸"8·03"地震应急资金。内有 80 米深井一口、20 ㎡综合观测房一间,监测设备集测震、应

变于一体,包含TDV-33S短周期地震计、TBT-28钻孔两份量倾斜仪。

由于此处岩性较好,云南省地震局于次年在此建立 GNSS 综合观测站,用于观测该区域地壳运动状态,以分析未来强震发生的可能性。随后中国地震局预警台网建设云南分中心在此建立预警台网基准站,成为全国预警台网上一颗重要的棋子。





图 3 大寨车坪综合数字地震观测站

(三) 蒙姑石龙综合数字地震观测站

观测站位于小江断裂带北端,地处天然玄武岩石脊,基岩坚硬完整,2016年初,冉正祥局长带领巧家县防震减灾局专业人员完成初选,报市局专家组审核后,同年5月开工建设,2017年2月完工投入使用。该观测站投资金额为95万元,占地600m²,资金来源是"8·03"地震恢复重建资金,内有203米深井一

口、50m²综合观测房一间,监测设备集测震、流体于一体,包含 TDV-33S 短周期地震计、泰德水温、水位 仪及气象三要素观测仪。

该观测站因地处小江断裂,具有重要的观测意义,同期入选中国地震局预警台网建设云南子项目基本站。





图 4 蒙姑石龙综合数字地震观测站

(四) 范家店子综合数字地震观测站

观测站位于小江断裂带北部,东经 $102^{\circ}56'39''$,北纬 $26^{\circ}54'42''$ 。台站于2004年11月开工建设,2005年完工投入使用,并于2015年自筹资金20余万元改造。占地8亩,为地震综合观测台站。台站建有20米观测山洞1个,观测用房

40m²,主要观测项目有短周期数字测震,宽频带数字测震,舒曼谐振、极低频、AETA多分量地震监测、电磁等。该观测站属云南省38个区域测震台之一,昭通市测震台网子台,国家极低频探地工程云南三个电磁台之一,在川滇交界东部和小江断裂带的地震监测中发挥重要作用。





图 5 范家店子综合数字地震观测站

(五) 毛椿林温泉地震观测站

观测站位于小江断裂北段巧家县蒙姑镇毛椿林,初建于1980年,改扩建于2008年,占地20m²,建有10m²观测室一间。内有温泉自溢井一口,宏观观测池一个,为云南省地震局十项措施观测点之一。该观测点有水温、水位、气氡、气汞及气象三要数五项

数字前兆测项和镁离子、钙离子、氟离子及碳酸氢根离子 4 项模拟测项。该测点观测对象为地下深层温泉水,对多次发生在小江断裂带北段的地震,应震效果较好。在这条断裂带上曾发生过 1930 年巧家蒙姑新塘湾 6 级地震及 2005 年会泽 5.4 级地震。该测点因白鹤滩电站建设即将被淹没,2021 年 2 月 28 日起停测。





图 6 毛椿林温泉地震观测站外景

(七) 设计建设中的兴隆综合监测站

计划利用白鹤滩电站赔偿复建资金 600 余万元, 在金塘镇兴隆村新建综合监测站。监测站计划征地 5000 余 m², 新建监测山洞 150 米, 新钻监测井 300 米,新建监测用房 80m²。计划开展的监测项目有四分量钻孔应变、短基线应变、测震、数字化水温水位、极低频电磁波等。

(巧家县防震减灾局供稿)



图 7 兴隆综合监测站效果图

加强科技创新支撑新时代防震减灾事业现代化建设 全国地震重点监视防御区公共服务 地震短临预报专群结合研究



预报员访问学者导师聘任管理办法 "解剖地震"计划"十四五"实施方案 AI 开创的新地震学研究 CSEP 1.0工作理念及十年工作成就 CSEP 2.0重点工作导向 云南昭通防震减灾局专群结合工作调研报告 2021年第1期(总第22期) 2021年第2期(总第23期) 2021年第3期(总第24期) 2021年第4期(总第25期) 2021年第5期(总第26期) 2021年第6期(总第27期)

编委会 王武星 王琳琳 田勤俭 汤 毅 孙汉荣 孙 珂 李 营 杨林章 吴忠良 张永仙 张晓东 邵志刚 孟国杰 赵翠萍 编辑部: 中国地震局地震预测研究所科研管理部 E-mail:sycglb@ief.ac.cn