

云南宾川地震信号发射台的流动观测 数据服务系统及数据质量评估^{*}

张云鹏¹, 李孝宾², 王伟涛¹, 王宝善¹, 叶 泵², 杨 军², 王 彬³

(1. 中国地震局地球物理研究所 地震观测与地球物理成像重点实验室, 北京 100081; 2. 中国地震局滇西地震预报实验场, 云南 大理 671000; 3. 云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 对2011年以来云南宾川地震信号发射台的实验数据进行规范化处理, 整理原始 Reftek 数据库, 构建为统一的 G1 数据库 (MiniSEED 格式), 并提供 SAC 等数据格式的截取服务。对台站分布及数据连续性、各台站仪器类型及经纬度位置变更情况、气枪激发时刻与集中加密实验、台站背景噪声水平等进行数据质量评估, 并对宾川附近天然地震分布进行了统计分析。结果表明: G1 数据库是对历史数据的检验, 格式与信息均可达到统一, 也可作为新疆、甘肃等地主动源数据整理的模板。

关键词: 大容量气枪; 地震信号; G1 数据库; 数据质量评估; 云南宾川

中图分类号: P315.63

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2017)04-0525-09

0 引言

近年来利用地震学方法进行地下介质变化的研究得到了越来越多的关注。天然重复震源在时间、空间分辨率及精度上都受到了一定程度的限制, 利用人工震源主动向地下发射地震波已成为新的手段 (王宝善等, 2016)。然而, 目前常用的人工震源存在某些局限, 如 Vibroseis 震源的激发信号频率偏高, 运行、维护成本较高, 精密控制震源 (ACROSS) 探测距离也同样受限, 爆破震源会严重破坏地表并污染环境, 故选择合适的人工震源成为非常关键的问题。研究表明大容量气枪震源具有重复性好、激发能量大、能量转换效率高、绿色环保等优点, 是开展 4D 地震学的有效手段 (陈颢等, 2007a, b)。

近年来, 中国地震局地球物理研究所联合多家单位引入海中气枪震源作为陆地震源, 并开展了一系列的实验。2006 年在河北遵化市上关湖水水库测试了大容量气枪的激发效果, 并探索气枪震源在陆地水体激发的可行性 (陈颢等, 2007a)。2007 年利用同套激发装置进行了更大容量的实验, 对技术系统进行了完善。2009 年在北京市房山区

马刨泉又测试了大容量气枪在相对较小的水体中的激发效果 (Wang *et al.*, 2010)。以上 3 年多的积累实验使在陆地水体中进行大容量气枪激发实验的各项技术趋于成熟 (杨微等, 2013)。为了选定一个固定地震信号发射台, 经过多地区多次遴选, 最终于 2009 年将云南省大理州宾川县大银甸水库作为大容量气枪震源实验基地 (王彬等, 2015)。该发射台在 2011 年经短期试激发和后续不断完善后, 最终于 2012 年 9 月进入常规运行, 近 6 年内积累了大量的实验数据。

在大数据管理服务方面, 国内已经开展了很多探索。国家数字测震台网数据备份中心可以准实时地接收并存储全国 1 000 多个固定地震台站的数据, 具备海量数据校验、数据格式转换、以用户定制方式截取地震事件波形数据和数据网络下载的功能 (郑秀芬等, 2009)。何加勇等 (2010) 将中国地震科学探测台阵数据构建成数据服务系统, 实现了 Web、FTP 及 AutoDRM 方式的数据服务功能, 同时以 SEED、MiniSEED、SAC 等数据格式提供下载服务, 方便用户快速使用。可见, 在大数据背景下, 数据管理工作最为基础, 如何对数据进行规划、备份、归档, 并能实时进行质量评估尤为重要。

^{*} 收稿日期: 2017-04-11.

基金项目: 地震行业专项 (201508008)、国家自然科学基金 (41674058)、中央公益类科研院所基本科研业务专项 (DQJB16A01) 和云南省陈颢院士工作站 (2014IC007) 联合资助。

云南宾川地震信号发射台自常规运行以来,已取得了多方面的研究成果(刘自凤等, 2015; 王彬等, 2015; 李孝宾等, 2016; 栾奕等, 2016; 翟秋实等, 2016), 但以上研究在数据处理上都采用各自独立的流程, 缺乏一致性, 未知因素较多。为提供便捷的数据支撑、开展更深入的研究, 本文对 2011 年以来云南宾川地震信号发射台所有的流动观测数据进行整理, 构建了统一的数据库, 对台站分布及数据连续性、台站仪器类型及经纬度位置变更情况、气枪激发时刻与集中加密实验、台站背景噪声水平等进行数据质量评估, 并对宾川附近天然地震分布进行了统计分析。

1 宾川大容量气枪震源激发与接收系统简介

滇西地区处于欧亚板块和印度洋板块碰撞带的东缘地带, 地质构造复杂, 强震活动频繁。云南宾川地震信号发射台正好位于红河断裂、剑川—丽江断裂和程海断裂带围成的三角形块体内, 坐落于宾川县城以西约 7 km 的大银甸水库。该水库为中型水库, 主坝高 58 m, 总库容可达 4 085 万 m^3 , 最大水深大于 40 m (王彬等, 2015)。

宾川大容量气枪的激发系统由 4 支 Bolt 1500LL 型气枪 (单支容量 2 000 in^3 , 总容量为 8 000 in^3)、1 套气枪控制器、1 台空气压缩机、储气瓶组和气源控制系统构成。激发一次大约相当于 $M_L 0.7$ 地震, 且震源优势频率集中于 3 ~ 5 Hz。陈蒙 (2014) 对气枪震源的工作原理等作了详细介绍, 李孝宾等 (2016) 对不同气枪组合激发试验和数据进行了分析说明。

由于县城供水、灌溉用水和降雨等, 大银甸水库的水位季节性变化非常明显, 而气枪沉放深度一直保持 10 m 不变 (杨微等, 2013)。自 2012 年 9 月常规运行开始, 在水位条件许可的情况下, 每周激发 1 组 (每组 20 次左右)。从 2014 年 9 月开始每周激发 3 组, 每年 5—9 月为枯水期而无法进行实验 (王宝善等, 2016)。为积累更多的数据资料, 根据不同的实验目的, 期间还进行了多次集中加密观测实验。

常规运行期间, 接收系统由布设于发射台周围 150 km 范围内的 40 多个短周期流动测震台构

成, 包括 3 个参考台。这些仪器均由 Reftek 130 数据采集器和频带范围 2 s ~ 100 Hz 的短周期 Guralp CMG-40T 地震计组成 (Wang *et al.*, 2012)。加密实验临时布设的台站, 仪器类型更多一些, 如 2015 年 11—12 月从发射台到洱源布设的 EY 测线。5 年来积累了大量的实验数据, 所使用的台站总数量达 60 余个, 其中个别台的经纬度、高程、位置存在变更, 某些仪器还发生过故障。

2 流动台站数据规整化

为方便各种格式数据转换, 使存储量达到最小, 并可自动检测信息变更等信息, 我们开发了一套数据整理流程, 并已将“中国地震科学台阵探测——南北地震带南段”(“喜马拉雅”项目一期) 数据整理完毕。本文选取其中适用于主动源数据整理的程序, 对云南宾川发射台现有观测数据进行整理, 如图 1 所示 (图中灰色背景标识均为王伟涛提供的程序, 其中 msmod 为开源, 可自行下载)。

根据已整理好的 2011 年第 18 天至 2016 年第 140 天的 Reftek 数据库资料, 利用 mkrtstrmfilelist 程序选定通道, mkmetabytbl4dailyrt 可根据实际数据计算得到台站每天的经纬度平均值, 对比提供的台站经纬度信息可将其分为 best、check 和 bad 三类, 同时也可提取各台站的 GPS 误差值。利用 rt2db 仅将 best 数据转换为 MiniSEED, 对于 check 的类别, 核查更改后再进行转化。因 msarchive 处理对象不能超过 4 096 个, 需先根据 splitfile 4 archive ARCHIVE.pl 将 MiniSEED 按 ENZ 三分量进行划分, 再利用 msarchive 将数据进行拼接 (断的部分补零), 并按照采样率进行分类。因在 rt2db 转换时误将短周期数据标识为宽频带的, 我们利用 msmod 程序将 BH 更改为 SH, 故此步并非必须的操作。最终可得到连续的各台站每天的三分量 MiniSEED 格式数据, 整理好的云南宾川主动源流动台站 MiniSEED 数据库可达 1.6 T。

为方便地进行数据截取, 我们利用 mktraceiodb 按数据库生成索引文件 db.temp, 根据 ctlg 文件 (激发时刻和气枪位置) 和 meta 文件 (台站经纬度信息), 再利用 cutevent 程序可直接截取得到 SAC 格式数据。

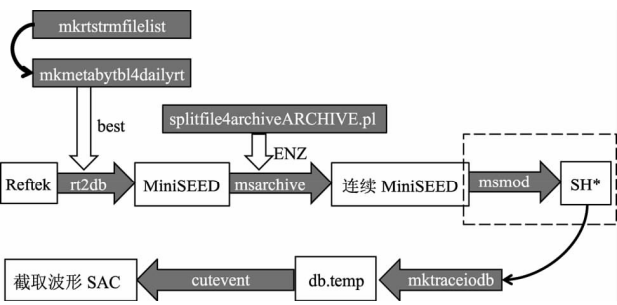


图 1 云南宾川主动源流动台站数据规整化流程

Fig. 1 Data normalization flow chart of mobile stations in Binchuan, Yunnan

3 数据质量评估

3.1 数据库基本情况

云南宾川主动源流动台站数据库的台网标识

为 G1，起止时间为 2011 年第 18 天至 2016 年第 140 天，涵盖的台站数目共 64 个（图 2）。所有台站的采样率除 CKT0 台（200 Hz）以外均为 100 Hz，具体仪器元信息见表 1。数据原始格式为 Reftek，整理的数据库（共 1.6 T，以下统称 G1 数据库）为 MiniSEED 格式，利用 cutevent 截取得到的为 SAC 格式。

3.2 台站分布及数据连续性

因“喜马拉雅”项目一期观测时将台站名称设定为统一的数字编号，我们在处理时将原字母台站名与数字编号名进行了统一，并将所有台站名中的小写字母更改为大写（表 2）。台站大致可分为 3 类（图 2）：主动源长期观测专有台站（参考台和以 532 开头的台站）、2015 年 11—12 月布设的 EY 测线（EY01 ~ EY15）和部分集中实验时布设的临时台站（如 1、2、3、SKGL 等）。其中

表 1 G1 数据库仪器元信息

Tab. 1 Meta-information of the instrument in the G1 database

类别	台站	频带宽度	地震计	数据采集器
专有台站	参考台、532 开头台站	2 s ~ 100 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
EY 测线	EY01 - EY04、EY06 - EY07	2 s ~ 100 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
EY 测线	EY05、EY09 - EY13	30 s ~ 50 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
EY 测线	EY08、EY14 - EY15	60 s ~ 50 Hz	CMG - 3ESPC	REF TEK 130
临时台站	1、2、3、SKGL 等	2 s ~ 100 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
其他	EY13（2016 年后）、EY16	2 s ~ 100 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
其他	53034	30 s ~ 50 Hz	CMG - 40T	REF TEK 130
其他	53065	60 s ~ 50 Hz	CMG - 3ESPC	REF TEK 130

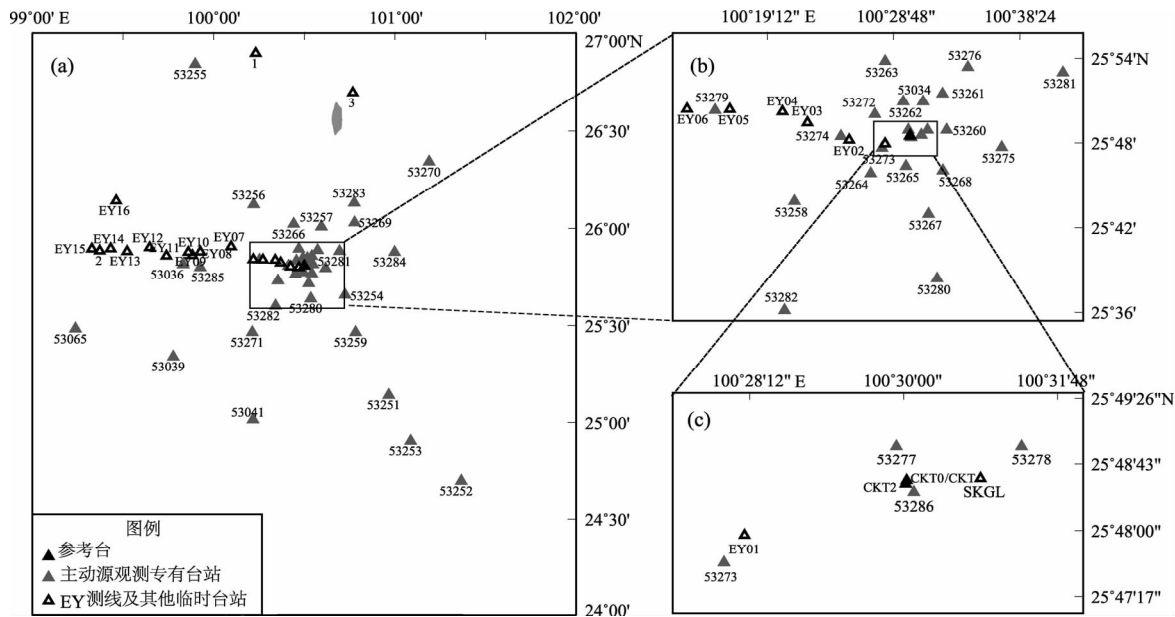


图 2 云南宾川地震信号发射台参考台及周边流动台站位置分布

Fig. 2 Distribution map showing reference and mobile stations of transmitting seismic station in Binchuan, Yunnan

EY16 于 2016 年之后布设, 并不属于 2015 年的测线。而 EY13 是自 EY 测线观测完成后在 2016 年之后再再次投入使用, 采用不同的数据采集设备 (UNIT 不同) 和地震计, 位置也有稍许变化。另外需要说明的是, 53065 只有 1 d 数据, 且地震计为 CMG-3ESPC, 而 53286 在水库附近, 一直无数据。总体来说, 研究区内共分布有 2 条测线 (EY 测线和 1 条近 NW-SE 向测线), 台站在气枪震源附近分布最为密集。

另外, 个别台站在长期布设过程中稍有移动。结合众数和时间信息, 我们根据每天的经纬度信

息 (由 mkmetabytbl4dailyrt 程序得到) 对全部台站位置进行了统计整理, 精度可达 7 位数, 误差为 0.0001° , 图 3 以 53258 和 53260 台站为例给出了统计结果, 从图中可以看出, 53285 台经纬度没有变更; 53260 台有 2 个经度值, 在 2015 年第 286 天变更位置。经纬度变化较大的几个台站分别为: 53257 (片角东, 2015 年第 209 天变更位置)、53260 (白塔, 2015 年第 289 天变更位置)、53261 (定光, 2015 年第 314 天变更位置)、53269 (平川, 2015 年第 233 天变更位置)、53276 (河北村, 2015 年第 231 天变更位置)。

表 2 台站名称字母与数字的统一及字母大小写的统一

Tab. 2 The unity of letters and numbers, upper case and lower case of the names of mobile seismic stations

G1 台站名	字母名称	G1 台站名	字母名称	G1 台站名	字母名称	G1 台站名	字母名称
53034	caife、cft	53251	wjt	53252	ddj	53253	zst
53254	mid	53255	luw	53256	hpx	53257	pjd
53258	pyx	53259	wjz	53260	PR4	53261	dingdu
53262	liand	53263	njt	53265	SEQT	53266	SDT
53267	SMT	53268	GANDT	53271	Yonl	—	—
CKT0	ckt (200Hz)	CKT1	ckt (100Hz)	CKT2	ckt2	CKT	ckt4
EY13	ey13	EY16	ey16	—	—	—	—

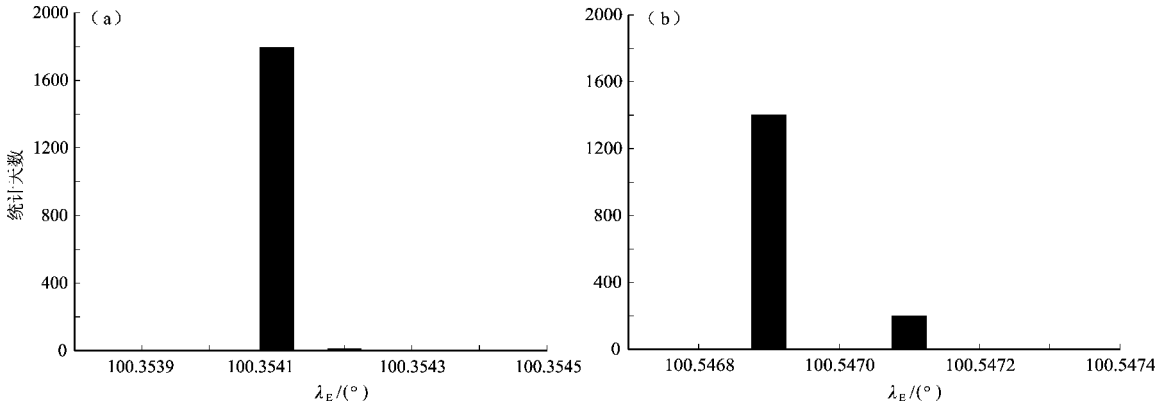


图 3 53285 台 (a)、53260 台 (b) 在 G1 数据库时间段内 (共 1 949 d) 经纬度信息变更统计

Fig. 3 Latitude and longitude information of the 53285 station (a) and the 53260 station (b) obtained from the G1 database (1 949 days)

为更好的评估数据质量, 对各个台站的数据连续性进行了统计, 如图 4 所示。因数据整理时原始数据均为 Reftek 格式, 未对使用 Nano 设备的 11 个台站 2012 年 5 月之前的数据 (表 3) 进行转换; 53034、53036、53039、53041 和 53065 台 2014 年之前的数据已整理到“喜马拉雅”项目一期数据库 (X1 台网) 中; EY 测线是 2015 年 11—12 月布设, 故以上台站的数据连续率较低。自 2012 年 9

月常规运行开始, 参考台及 53251~53285 台站的数据均具有很好的连续性, 可供使用者方便地进行数据选取。

3.3 参考台详细信息及钟差情况

在实际研究中, 经常将参考台近似为震源, 将其波形作为震源时间函数。栾奕等 (2016) 利用对参考台波形聚类的方法来研究水位对震源的影响; 而在地下介质波速变化研究中, 需要先

表 3 2012 年 11 套 Nano 设备更换统计
Tab. 3 Replacement statistics of 11 sets of Nano equipments in 2011

台站代码	替换时间	台站代码	替换时间	台站代码	替换时间	台站代码	替换时间
53269	第 163 天	53270	第 165 天	53273	第 131 天	53276	第 132 天
53277	第 132 天	53278	第 131 天	53279	第 128 天	53281	第 163 天
53282	第 145 天	53283	第 164 天	53285	第 143 天	—	—

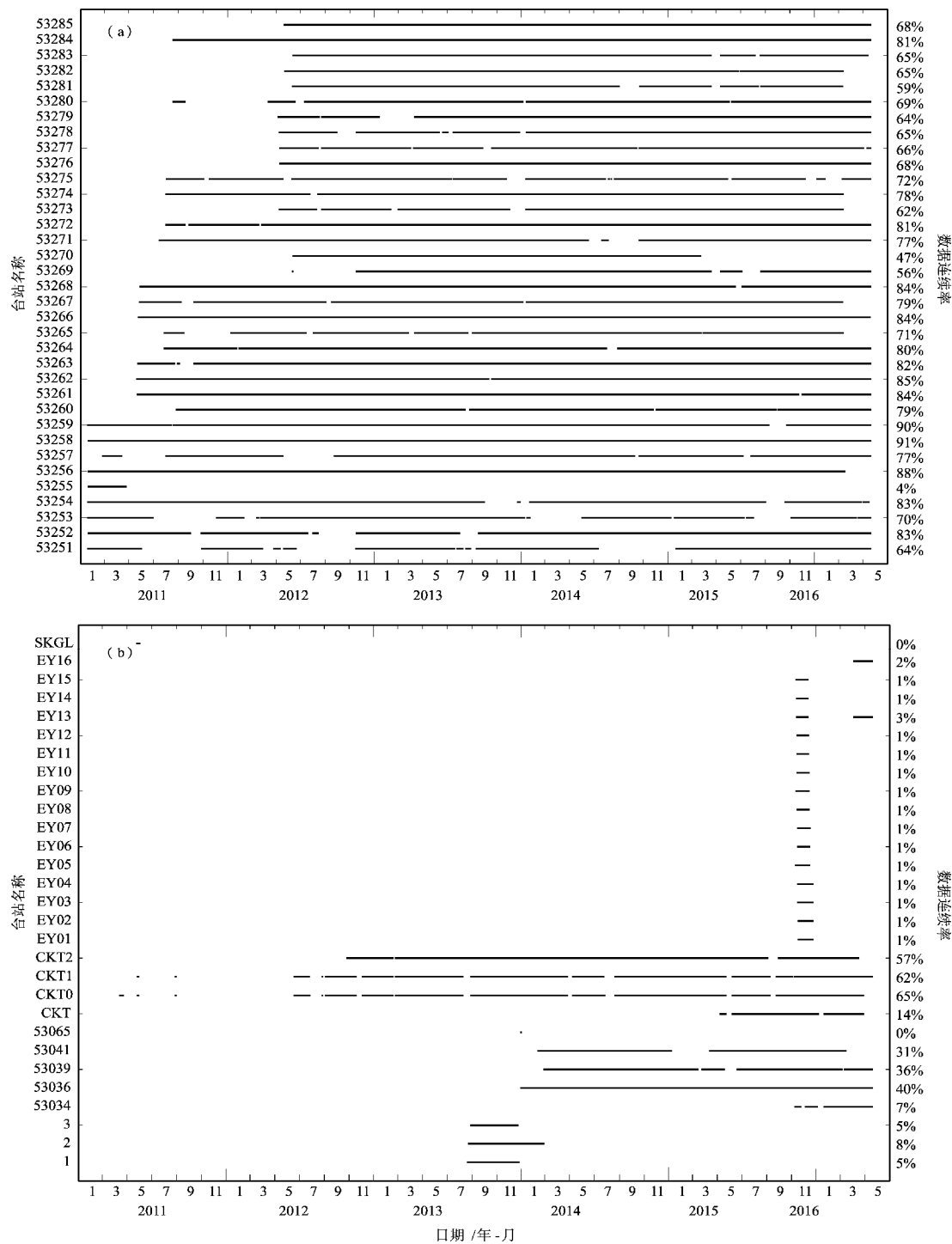


图 4 53251 ~ 53285 台站 (a)、EY 测线、参考台和部分临时台站 (b) 数据连续性分析
Fig. 4 Continuity analysis of 53251 – 53285 stations (a), the EY profile, reference stations and other temporary stations (b)

对参考台反褶积以消除震源变化造成的影响,得到气枪源到台站之间的格林函数(翟秋实等,2016),对于走时变化这种高精度的研究需要了解仪器本身的钟差等情况。因此,参考台非常重要,我们对其进行了详细整理(表4)。目前

有3个参考台在运行,共有4组数据(CKT1与CKT0为同一台站接收的不同采样率数据),钟差均分布在很小的范围内(图5),为几十 μs ,远小于走时变化的量级(几十ms)(刘自凤等,2015)。

表4 参考台详细信息
Tab. 4 Detailed information of reference stations

G1 台站名称	原名	采样率	震中距(距气枪激发点)/m	UNIT(时间范围)
CKT0	ckt	200	41.33	9A25(2011年第104天—2016年第118天)
CKT1	ckt	100	41.33	9A25(2011年第147天—2016年第140天)
CKT2	ckt2	100	107.12	9C1A(2012年第301天—2016年第106天)
CKT	ckt4(2015年第129天—2015年第305天)	100	50.98	ABAE(2015年第129天—2016年第6天)
	CKT(2015年第306天—2016年第118天)		50.98	9F98(2016年第21天—2016年第118天)

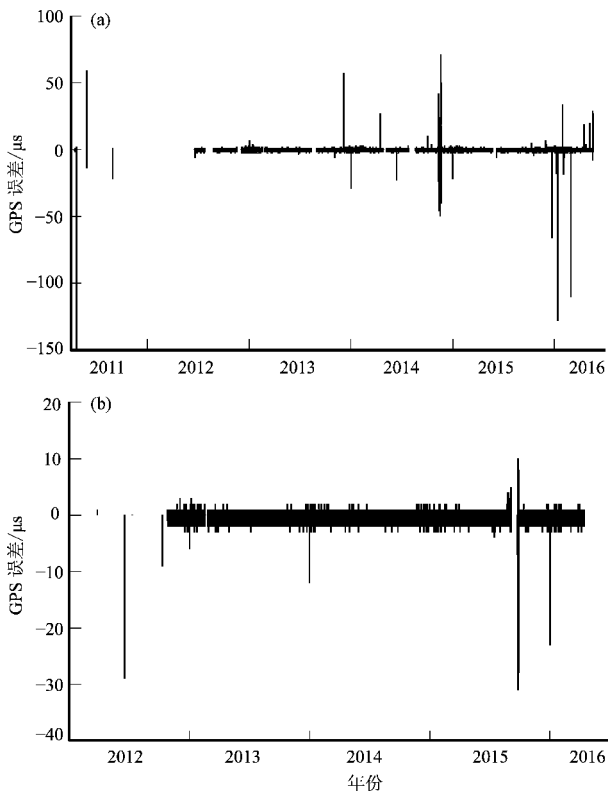


图5 CKT0/CKT1 (a) 台、CKT2 台 (b) 的 GPS 误差分布
Fig. 5 GPS error distribution of CKT0/CKT1 (a) and CKT2 (b) stations

3.4 激发时刻与历年集中实验

通过对参考台(CKT1)波形进行互相关扫描,得到了历年气枪震源的激发时刻,并对每天的气枪激发次数做了统计,如图6所示,图中黑色曲线为水位信息(GMT时间)。从图6可看到,在水位

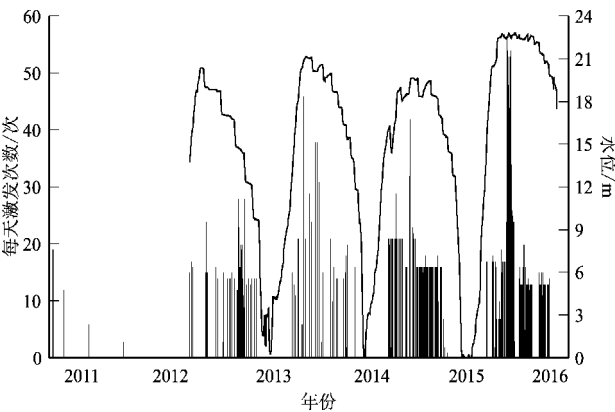


图6 气枪震源每天激发次数统计
Fig. 6 Triggering number per day for the airgun seismic source

不小于10 m的情况下,自2012年9月常规激发以来,激发天数和次数都有明显增加。

近年来,我们在宾川及其周边地区进行了多次集中加密实验,主要目的为:

(1) 为分析气枪地震信号发射台站的性能,研究激发条件对宾川气枪地震信号发射台站激发地震信号的影响。2011年4、5月以及2013年4月进行了6次非调制气枪阵列激发试验。陈蒙(2014)对其进行研究发现随着激发压力的增加,气泡震荡周期越长,气枪信号主频越低,而振幅近似呈线性增加;与激发压力相比,沉放深度对振幅的影响要小很多,但沉放深度越深,气泡震荡周期越短,气枪信号主频越高;水库水位越高,气枪信号的振幅越大,主频也会有所增加。

(2) 为调查红河断裂的复杂结构。2012年6

月18—19日在滇西北地区完成一条近SN向、长300 km的云县—宁蒗宽角折/反射剖面。陈思文等(2016)结合初至波走时成像及正演建模方法,获得了该地区沿测线的二维地壳速度结构模型。

(3) 为研究单枪激发性能及不同激发位置的影响。2013年10—12月及2015年3月共进行了3组单枪与4枪对比实验。李孝宾等(2016)对其研究发现单枪激发100多次的叠加信号可以在150 km外的地震台被记录到;单枪激发与4支枪同时激发的信号频率基本相同,且衰减一致,但4支枪同时激发的信号的均方根振幅和激发效率均约为单支枪的4倍,故在牺牲一定效率的情况下,单枪激发信号可以替代4支枪组合的激发信号。

(4) 为进行隐伏活动断裂及城市活动断裂探测。2015年11—12月中科院地质与地球物理研究所开展了宾川地区程海断裂密集台阵观测。同期

由中国地震局地震观测与地球物理成像重点实验室联合中国地震局预测研究所、中国科学院、云南省地震局等单位沿发射台至2013年3月3日洱源 $M_s5.5$ 地震震区附近建立了一条长约120 km、横跨多条断裂、由15个流动测震仪组成的EY测线,相关研究尚在进行中。

3.5 台站背景噪声水平

王伟涛等(2011)根据云南境内的43个宽频带固定台站,利用平均能量流的方法对云南地区进行了地脉动噪声能量空间分布和时间演化的评估分析。本文也对流动台站进行了噪声水平评价,图7为2015年53256台垂直分量的加速度功率谱概率密度函数,可看到在短周期范围内台站的噪声水平均在全球高低噪声模型范围内。关于更多台站和更长时间的结果,我们将在后续进行更详细更深入的研究和分析。

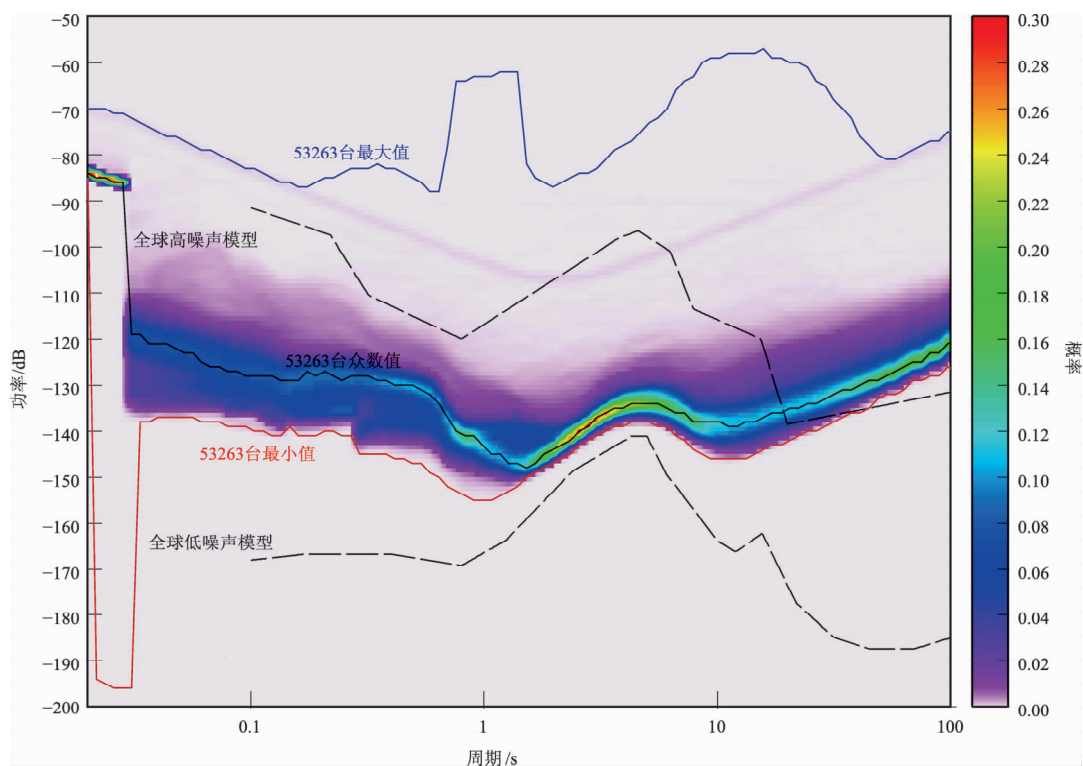


图7 2015年53256台垂直分量的功率谱概率密度函数

Fig. 7 Probability density function (PDF) for the power characteristics of vertical component recorded at the 53256 station in 2015

4 天然地震分布

刘自凤等(2015)针对宾川附近的6个流动台站,采用互相关时延方法检测到台站下方

存在 $10^{-5} \sim 10^{-2}$ 的相对波速变化。Niu等(2008)在帕克菲尔德钻孔中精巧的压电陶瓷主动源试验中也发现了震前的波速变化(M 分别为2.6、3和1级)。因此,本文对宾川附近的天然地震及其与气枪震源激发时刻的对应分

布进行了统计分析,如图8所示。地震目录取自中国地震台网统一地震目录,2011-01-01—2016-05-19(GMT时间)研究区发生 $M \geq 1.8$ 的地震共2 035个, $M \geq 4$ 的地震共28个,其中最大地震为5.5级。图8a、b显示自宾川

气枪发射台建成以来,在其周围地区发生了多次中强地震,图8c、d给出了气枪激发时刻与天然地震发震时刻的对应分布,这为我们深入地研究地震过程中介质的变化(包括震前、同震、震后)提供了丰富的数据。

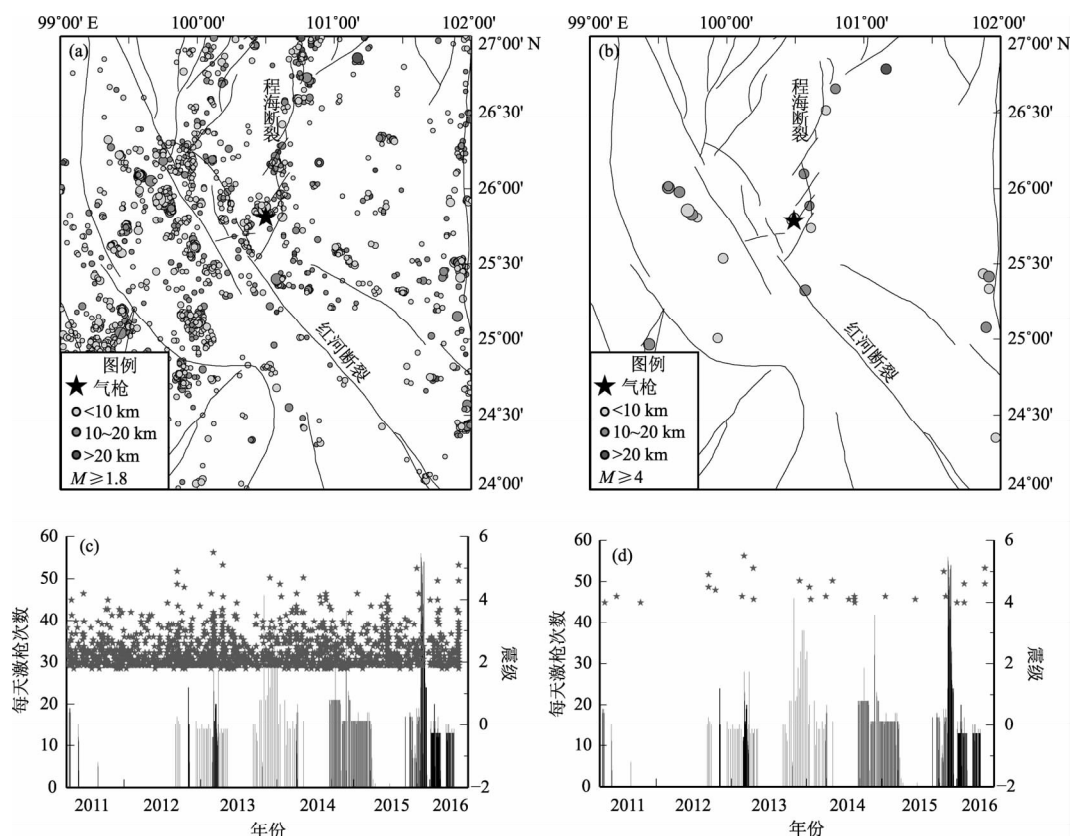


图8 2011-01-01—2016-05-19(GMT时间) $M \geq 1.8$ (a)和 $M \geq 4$ (b)地震分布及其与气枪震源激发时刻的对应分布(c、d)

Fig. 8 Distribution of earthquakes with $M \geq 1.8$ (a) and $M \geq 4$ (b) and the corresponding distribution with the triggering time of the airgun seismic source from 2011-01-01 to 2016-05-19 (GMT time) (c, d)

5 结论

云南宾川地震信号发射台自2011年建成以来,积累了丰富的实验数据。为提供便捷的数据支撑,本文将原始Reftek数据库进行整理,构建为统一的G1数据库(共1.6 T, MiniSEED格式,包括64个流动台站,起止时间为2011年第18天至2016年第140天),并提供SAC等数据格式的截取服务。(1)台站分布在气枪震源附近分布最为密集;(2)参考台及53251~53285台站的数据均具有很好的连续性,且仪器均由Reftek 130数据采集器和频带范围2 s~100 Hz的短周期Guralp CMG-

40T地震计组成;(3)个别台站(53257、53260、53261、53269和53276)存在位置变更;(4)参考台钟差均分布在很小的范围内,为几十 μ s;(5)2012年9月常规激发以来,激发天数和次数都有明显增加;(6)自发射台建成以来进行了多次集中加密实验;(7)宾川及其周围地区发生过多次中强地震,为我们深入研究地震过程中介质的变化提供了丰富的数据。

为方便后续更高效地进行数据整理,建议台站名称统一使用大写字母,做好仪器类型、经纬度、高程、位置变更及故障说明,并进行详细的时间记录。此次整理得到的G1数据库既是对历史数据的检验,又可很方便地进行数据截取,关键

是格式与信息均可达到统一, 为后续进一步深入开展各方面的研究奠定了基础, 同时也可作为新疆、甘肃等地主动源数据整理的模板。在下一步的工作中, 我们将把钟差信息添加到数据库, 并对各台站进行更深入的噪声水平分析。

感谢过去十年来大量工作者为开展实验和采集数据所付出的艰辛努力, 感谢杨微、冀战波和主动源 ET11 小队各队员在数据整理方面给与的指导。

参考文献:

- 陈蒙. 2014. 利用水库大容量非调制气枪阵列进行区域尺度地下结构探测和监测[D]. 北京: 中国地震局地球物理研究所.
- 陈思文, 王宝善, 田晓峰, 等. 2016. 滇西北地区云县—宁蒗宽角反射/折射剖面结果[J]. 地震地质, 38(1): 91–106.
- 陈颢, 王宝善, 葛洪魁, 等. 2007a. 建立地震发射台的建议[J]. 地球科学进展, 22(5): 441–446.
- 陈颢, 张先康, 丘学林, 等. 2007b. 陆地人工激发地震波的一种新方法[J]. 科学通报, 52(11): 1317–1321.
- 何加勇, 吴建平, 王未来. 2010. 中国地震科学探测台阵数据服务系统[J]. 地震学报, 32(4): 490–494.
- 李孝宾, 叶泵, 杨军, 等. 2016. 水库气枪震源不同组合激发效率的对比研究[J]. 地震研究, 39(3): 458–465.
- 刘自凤, 苏有锦, 王宝善, 等. 2015. 宾川主动源地震波走时变化分析方法研究[J]. 地震研究, 38(4): 591–597.
- 栾奕, 杨宏峰, 王宝善. 2016. 大容量气枪主动源波形资料处理(一): 云南宾川[J]. 中国地震, 32(2): 305–318.
- 王宝善, 葛洪魁, 王彬, 等. 2016. 利用人工重复震源进行地下介质结构及其变化研究的探索和进展[J]. 中国地震, 32(2): 168–179.
- 王彬, 吴国华, 苏有锦, 等. 2015. 宾川地震信号发射台的选址、建设及初步观测结果[J]. 地震研究, 38(1): 1–6.
- 王伟涛, 倪四道, 王宝善. 2011. 云南地区地脉动噪声特征分析研究[J]. 地震, 31(4): 58–67.
- 杨微, 王宝善, 葛洪魁, 等. 2013. 大容量气枪震源主动探测技术系统及试验研究[J]. 中国地震, 29(4): 399–410.
- 翟秋实, 姚华建, 王宝善. 2016. 气枪震源资料反褶积方法与处理流程研究[J]. 中国地震, 32(2): 295–304.
- 郑秀芬, 欧阳飏, 张东宁, 等. 2009. “国家数字测震台网数据备份中心”技术系统建设及其对汶川大地震研究的数据支撑[J]. 地球物理学报, 52(5): 1412–1417.
- NIU F, SILVER P G, DALEY T M, *et al.* 2008. Preseismic velocity changes observed from active source monitoring at the Parkfield SAFOD drill site[J]. *Nature*, 454(7201): 204.
- WANG B, GE H, WEI Y, *et al.* 2012. Transmitting seismic station monitors fault zone at depth[J]. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 93(5): 49–50.
- WANG B, YANG W, YUAN S, *et al.* 2010. An experimental study on the excitation of large volume airguns in a small volume body of water[J]. *Journal of Geophysics & Engineering*, 7(4): 388–394.

Data Service System and Data Quality Sssessment for Mobile Observation of Transmitting Seismic Stations in Binchuan, Yunnan

ZHANG Yunpeng¹, LI Xiaobin², WANG Weitao¹, WANG Baoshan¹,
YE Beng², YANG Jun², WANG Bin³

(1. Key Laboratory of Seismic Observation and Geophysical Imaging, Institute of Geophysics,
China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

(2. Western Yunnan Earthquake Prediction Study Area, China Earthquake Administration, Dali 671000, Yunnan, China)

(3. Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

We made standardized processing of the Reftek database of the transmitting seismic stations located in Binchuan from 2011, eventually we got the G1 database (MiniSEED format) and provided data interception service with the format of SAC, etc. We made data quality assessment such as the station distribution and data continuity, equipment type and position changed information, triggering time and concentrated experiments, and the ambient noise level. We also made statistical analysis of earthquake distribution. The results indicate that the G1 database is the test of historical data with uniform format and information, which can lay the foundation of further study and be the template of active source in Xinjiang, Gansu and other places.

Keywords: large volume airgun; seismic signal; G1 database; data quality assessment; Yunnan Binchuan