

杜瑶,阮祥,王余伟,等.长河坝水库蓄水前库区地震精确定位[J].地震工程学报,2018,40(增刊):134-145.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.134
DU Yao,RUAN Xiang,HAN Jin,et al.Accurate Location of Earthquakes before the Water Storage of Changheba Reservoir[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(Supp):134-145.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.134

长河坝水库蓄水前库区地震精确定位

杜瑶,阮祥,王余伟,邵玉平,景晟,郑昭

(四川省地震局,四川成都610041)

摘要:利用水库地震台网监测数据,对大渡河流域梯级电站中的长河坝水电站蓄水前地震活动进行精确定位,以获得水库蓄水前库区附近地震活动准确位置并对其时空特征进行分析研究。利用波形互相关技术并结合部分地震震相观测报告,采用双差定位方法得到444次地震的精确定位结果,其中大坝附近分布三个高度集中的地震丛集,再通过时间分布分析和卫星影像分析可明确判断其为水库建设期采石爆破事件;水库大坝上游的蓄水区域附近没有地震丛集分布现象,而主要的地震丛集分布于大坝西南至鲜水河断裂带之间,通过利用地震进行断层拟合的方法,给出该地震集中分布区7条小型断裂的产状特征。

关键词:双差定位;波形互相关;长河坝水库;断层拟合

中图分类号:P315

文献标志码:A

文章编号:1000-0844(2018)增刊-0134-12

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.134

Accurate Location of Earthquakes before the Water Storage of Changheba Reservoir

DU Yao, RUAN Xiang, WANG Yuwei, SHAO Yuping, JING Sheng, ZHENG Zhao

(Earthquake Agency of Sichuan Province, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Based on the monitoring data of reservoir earthquake observation network, the accurate location of seismic activity before the water storage of Changheba reservoir is presented in this paper, and the space-time distribution characteristics of the earthquakes are analyzed. Using the waveform cross-correlation technique and the phase observation reports of some earthquakes, the accurate location results of 444 earthquakes are obtained using the double-difference location method. The results of time distribution analysis and satellite image analysis clearly show that three highly concentrated seismic clusters distributed near the dam are the quarry blasting events during the reservoir construction; there is no seismic cluster distribution near the water storage area in the upper reaches of the reservoir dam, and the main earthquake clusters are distributed from the southwest of the dam to the Xianshuihe fault zone. In addition, the occurrence features of seven small faults in the earthquake concentrated area are given.

收稿日期:2018-03-12

基金项目:四川省地震局地震科技专项(LY706);地震科技星火计划项目(XH16032);川滇国家地震监测预报试验场项目(2016CESE0101)

第一作者简介:杜瑶(1984-),女,四川成都人,工程师,主要从事水库地震分析编目及分析研究。E-mail:64953467@qq.com。

Keywords: double-difference location; waveform cross-correlation; Changheba reservoir; fault fitting

0 引言

长河坝水电站是大渡河流域水电梯级近期开发的大型水电工程之一,坝址处控流面积 56 648 km²,多年平均流量 843 m³/s。水库正常蓄水位 1 690 m(下坝址),最大坝高 240 m,装机容量 260 万 kW。水库由大渡河主库及金汤河等支库组成,主库长约 35 km,正常蓄水位以下库容约 10.15 亿 m³,总库容为 10.75 亿 m³,调节库容为 4.15 亿 m³,具有季调节能力。水库地处四川省甘孜藏族自治州康定县境内,大渡河上游金汤河口以下约 4~7 km 河段。库区位于青藏高原东南缘,地属川西南高原区,库区内山顶海拔一般为 3 000 m 以上,地处高山峡谷,库段河谷狭窄,基岩裸露,谷坡陡峭,为一狭窄的“V”形谷,属典型的高山峡谷型水库。在大地构造上,库区位于以鲜水河—安宁河—小江断裂为界的川滇断块与凉山断块结合部位 SN 向构造北端,金汤弧形构造的西南端。库区内的主要构造形迹以近 SN、NNW、NW 向的褶皱和断裂为主,库区主要断裂为大渡河断裂,其他断裂远离库水。大渡河断裂总体走向近 SN,倾向 W 或 E,倾角 45°~80°,分布于金汤五大寺—石棉之间,长约 150 km。断裂带由多条断裂组成,包括昌昌断裂、泸定断裂、得妥断裂等。其中与库水相关的昌昌断裂长约 40 km,总体走向近 SN,倾向 E,倾角 60°~70°,破碎带宽达数十米,由断层泥、角砾岩、糜棱岩组成,为压扭性断裂,断裂为晚更新世晚期的活动断裂。该断裂位于坝区东约 4 km,断裂带附近有中强地震发生。

水库附近区域具有强烈的地震活动背景,历史上曾发生多次中强地震^[1],库区及附近(30.0°~30.7°N,101.8°~102.4°E)较小的范围内就有 4 次 M_L6.0 及以上地震,包括 1725 年 8 月 1 日康定 M_L7.0 地震、1932 年 3 月 7 日康定的 M_L6.0 地震、1941 年 6 月 12 日康定金汤 M_L6.0 地震及 1955 年 4 月 14 日康定折多塘 M_L7.5 地震,其中 1941 年 6 月 12 日的 M_L6.0 地震距现在的长河坝坝址仅 14 km。而最近发生的 2014 年 11 月 22 日四川康定 M_L6.3 地震虽不在研究区内,但距大坝仅有 50 km。

与低烈度地区水库诱发地震不同,高烈度地区水库在蓄水前就存在明显地震活动^[2],因此蓄水前

对地震资料的细致工作是判断长河坝水电站蓄水后是否诱发地震的基础。其中对水库蓄水前库区附近中小地震开展精确定位不仅可以帮助判别一些人工活动造成的地震事件^[3-4],还可根据精确定位结果进一步认识库区附近小型断裂或裂隙^[5-8]。在众多地震定位方法中,利用结合波形互相关技术的双差定位丛集地震进行精确定位有明显优势。波形互相关利用“发震机理相同地震波形相似”的原理,通过对相似地震波形进行互相关分析,计算同一震相的走时差。该方法对 P 波 S 波到时读数进行校正,使得到时读数精度减少达百分之几秒,某些震相甚至可达 7‰ s。而相对走时差的使用在很大程度上解决了传统方法中因速度结构不够准确造成地震定位的矢量分散问题,使定位精度高达几十米甚至几米^[9-11]。本文主要对长河坝库区附近(30.0°~30.7°N,101.8°~102.4°E)蓄水前本底地震活动开展双差定位,进而分析其空间分布特征。

1 方法及数据

本文选取了长河坝水库蓄水前 13 个月(2015 年 9 月—2016 年 10 月)共 665 次 M_L≥0.0 地震开展精确定位。长河坝水库临时监测地震台网于 2015 年 9 月正式投入运行,由 XHD、YEB、BAL、XJG、WDS、SJZ 和 HBA 七个测震台站组成,布局孔径 NS34 km×EW17 km,沿库区均匀展布,监测范围包括可能诱发地震的重点监视区段,监测震级下限为 M_L0.5,震中定位误差≤1 km。台站全部采用反馈式短周期地震计和 24 位数据采集器,观测频带 2 s~40 Hz,其中 SJZ 和 HBA 两个台的数据并未实时传回。为了增强台站覆盖范围、提升监测水平,增加了大渡河流域的泸定水库地震监测台网中 GZA、LAN 和 LMS 三个台站的监测数据(图 1)。

精确定位方法采用结合波形互相关的双差定位^[12]。定位过程中首先通过波形相关方法提取事件对的到时差。根据水库地震监测台网产出的地震目录从连续地震波形记录中截取事件数据,进行去均值、去线性趋势等预处理以及 1~10 Hz 的带通滤波。考虑到水库监控台网监控的地震活动主要为近

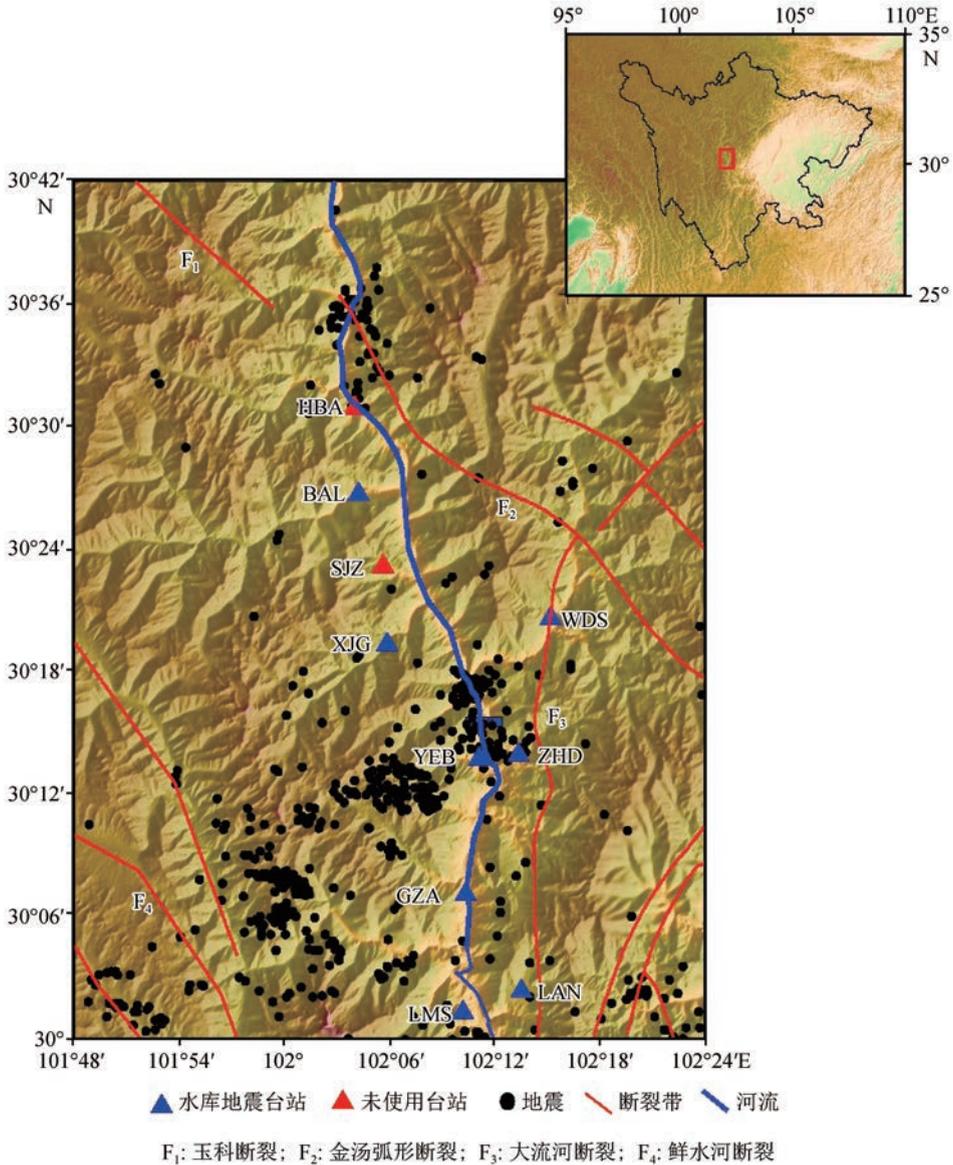


图1 长河坝研究区台站及震中分布图

震,其S波能量较P波能量更大,所以先根据赵珠^[13]给出的四川西部地区P波平均速度模型(表1)计算地震事件的理论S波到时,并选取其到时前后2s的时间窗口进行滑动窗口的波形互相关计算对齐S波震相,其最大滑移量设为2s。从互相关结果中选取一定的阈值生成地震丛集,丛集内的波形记录相似度较高,在此基础上标定S波的到时,然后选取标定S波震相到时前0.5s及后1.5s的时间窗口进行互相关计算,得到更为精确的结果。由于P波能量较S波小,所以在计算互相关过程中需要注意时间窗口不能包含S波,以免造成干扰,因此将P波波形互相关的时间窗口设定为S波到时之前2s窗口内的波形计算互相关系数,进而获得P

波的到时差数据。综合考虑数据数量及质量,将互相关阈值设置为0.75,可得到较为理想的结果(图2)。本次时间窗内共获得Pg波到时差数据10850条,Sg波到时差数据66632条,符合条件的地震对个数约3500个。互相关提取到时差后,结合震相观测报告对库区附近蓄水前地震进行双差定位。波速比 v_p/v_s 取1.73。运用共轭梯度法,迭代反演事件的发生位置。整个迭代过程分为两轮,第一轮进行5次迭代,将参数WTP设置为1,WTS设置为1,WR设置为-9,WD设置为-9,DAMP设置为10。第二轮同样分5次迭代,参数WTP设置为1,WTS设置为1,WR设置为-9,WD设置为-9,DAMP设置为1。

表 1 研究区域地壳 P 波平均速度模型

深度/km	0.0	2.0	5.0	10.0	18.0	28.0	40.0	49.0	60.0
P 波速度/(km · s ⁻¹)	4.60	5.75	5.87	5.92	6.05	6.50	6.95	7.05	7.25

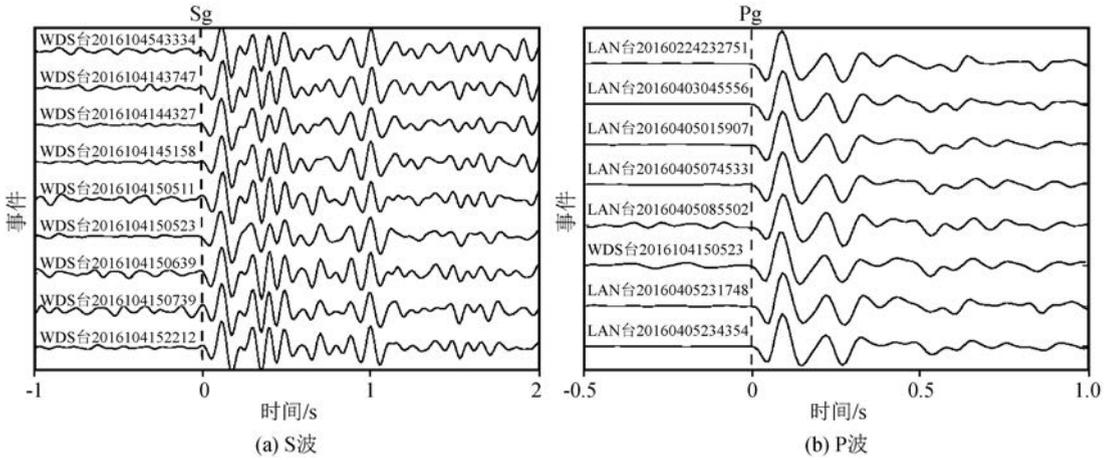


图 2 两组事件波形互相关示例

2 结果及分析

利用波形互相关结合震相报告进行重新定位,在互相关阈值设定为 0.75 时最终得到 444 个精确定位事件,占定位前地震总数的 66.8%,震源位置的

理论平均误差在 EW、NS 和垂直方向分别为 121.7 m、87.4 m 和 179 m。重新定位后地震震中分布[图 3(a)]大体依然沿重新定位前(图 1)的 NE-SW 向展布,但在细节上有明显变化,主要体现在原来分布较分散的地震形成了明显的丛集或条带分

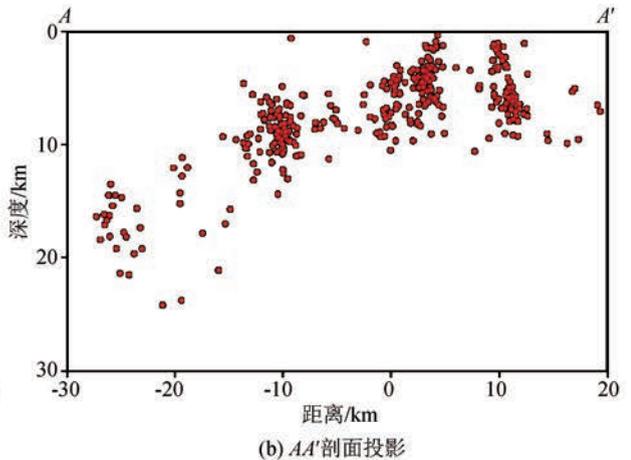
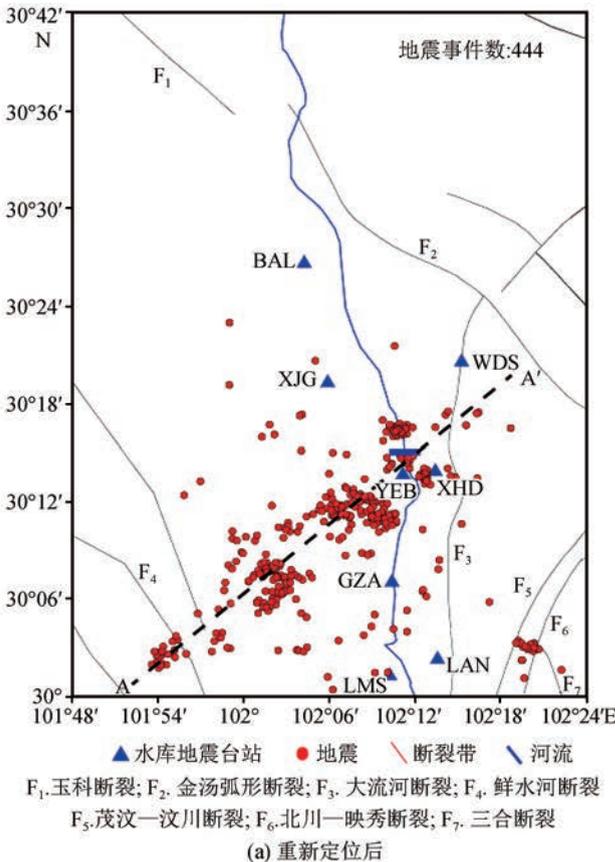
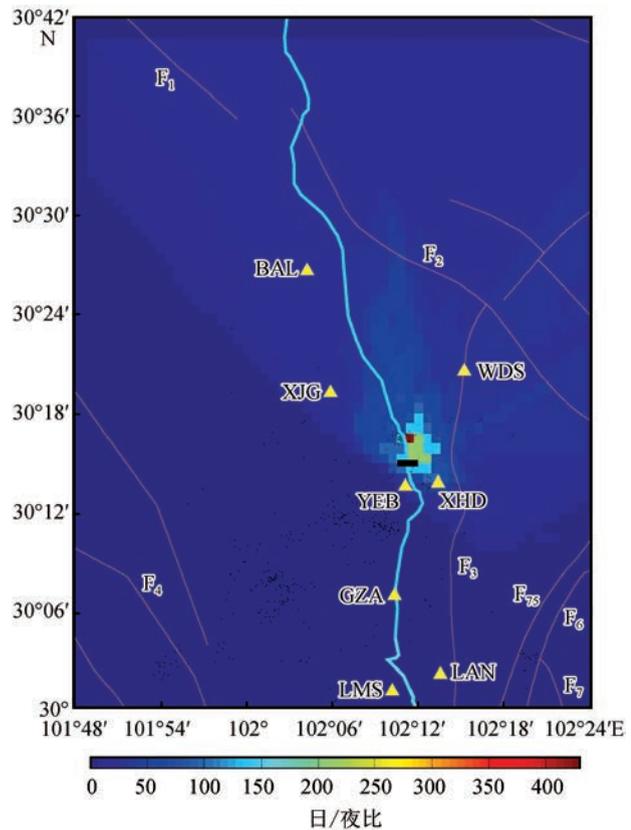


图 3 重新定位后地震震中分布及地震深度剖面投影

布,如水库大坝附近在重定位后形成了3个明显的地震丛集。此外,大坝西南的地震条带上分布了3个明显的地震丛集,每个地震丛集中又有方向性明显的密集小震分布。研究区东南角分布了NW向地震丛集,与三合断裂相接,连通了茂汶—汶川断裂和北川—映秀断裂两条近似平行的断裂。沿着SW-NE向将地震投影到剖面AA'上[图3(b)],地震分布在0~20 km深度范围内,深度由A端向A'端逐渐变浅。

2.1 疑似爆破事件剔除

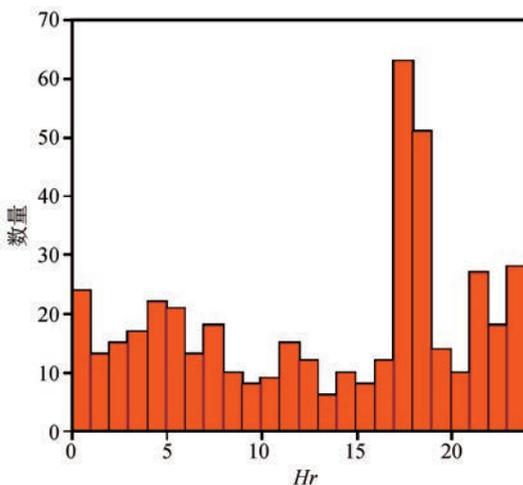
根据已有对水库附近地震活动的研究经验^[4,14],在水库蓄水前的工程建设期间可能会出现集中爆破事件,该事件段内密度较高的水库地震台网会记录到这些震级较小的地震事件。Wiemer等^[15]给出了一种区别天然地震事件与人工爆破的方法,即利用白天和夜间地震数量的比例(通常出于安全等因素考虑人工爆破都在白天固定时段进行,而夜间不开展爆破作业),利用ZMAP程序^[16]计算研究区域内白天与黑夜地震比例的空间分布(图4)。大坝附近区域呈现出明显的高值分布,即该区域白天地震数量远远高于夜间地震数量,除此之外,研究区内的其他区域都表现为低值区,即白天地震数量与夜间地震数量相当。由此判断长河坝大坝附近存在人工爆破事件。图5对研究区内地震按一天24小时做地震数量统计,可以看出图5(a)在17、18时存在明显高值,去除了大坝附近事件后的统计结果[图5(b)]则显示17、18时的高值消失,表明大坝附近地震事件集中发生于每天的17、18时,这一特征



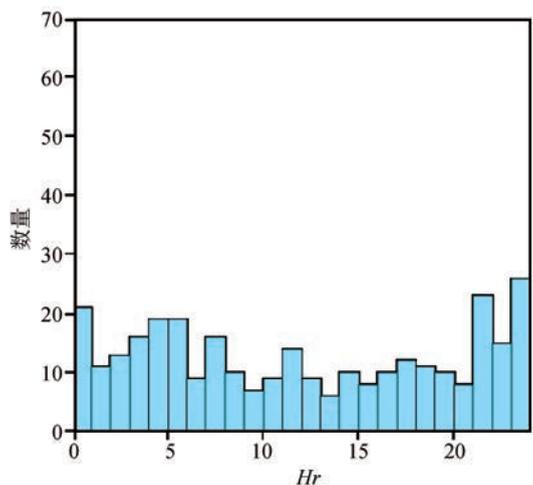
(断裂名同图3)

图4 白天与夜间地震数比空间分布

与人工爆破作业特征一致。为进一步明确这些疑似爆破的类型,我们根据双差定位后大坝附近的3个小震丛集在Google Earth上截取了对应的卫星影像(图6)。图6(d)为大坝卫星影像,图6(a)、图6(b)、图6(c)分别为三个地震丛集对应的采石场的卫星影像。从图中可知重新定位结果(图中黑色实心圆)与采石场在空间位置上存在一定偏离,但偏

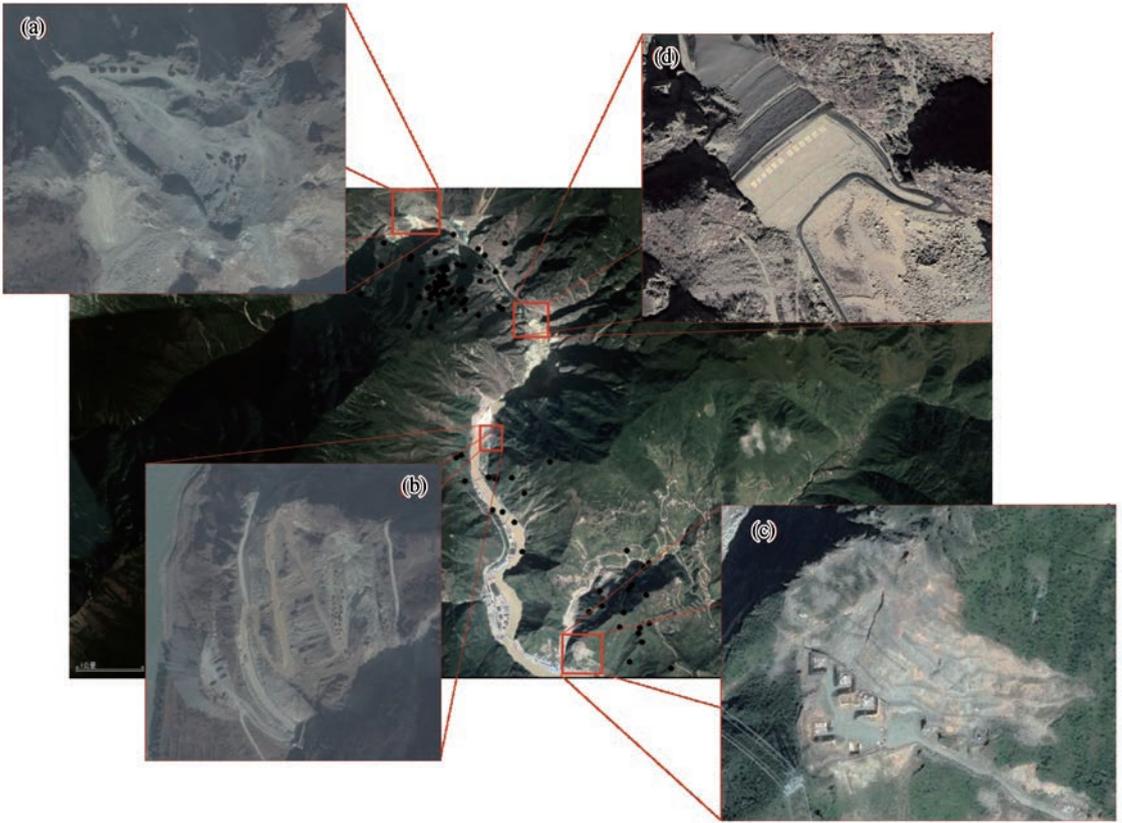


(a) 据重定位目录统计结果



(b) 去除疑似爆破事件统计结果

图5 研究区域地震发生时刻统计



(其中黑色实心圆为地震震中;(a)、(b)、(c)分别为三个采石场卫星图;(d)为长河坝水库大坝卫星图)

图 6 疑似爆破区域卫星地图

离量很小(基本在 1 km 以内,可能为速度模型不准确产生的整体偏离)。卫星影像显示大坝附近由于工程建设需要存在的大规模采石作业必然伴随大量爆破事件,由此可排除大坝附近 3 个地震丛集为天然地震活动,在此不再对其开展进一步分析讨论。

2.2 小型断层拟合

去除疑似爆破事件后,水库大坝西南方向依然分布了大量小震事件,此外东南方向也有地震丛集分布。长河坝蓄水前的小震丛集区域集中分布于大渡河断裂和鲜水河断裂两个规模较大断裂构造间,从第五代国家地震区划图看其间虽无明显的断裂通过,但小震的丛集却表明该区域小型断裂的存在及活跃程度。通常水库诱发地震与库区附近断层有关,但并不一定和大断层有关^[17],而是与靠近库水边缘的浅层断裂密切相关^[18]。利用蓄水前密集水库台网监测水库附近的小震活动,计算给出其发生的断层产状,从而进行高烈度地区水库蓄水后潜在诱发地震活动的分析和研判。对于长河坝大坝附近经过精确定位的地震活动分布,根据其展布特征将该区域划分为 7 个地震丛集区(图 7)。利用万永革等^[19]提出的断层拟合方法给出了 7 个地震丛集的

发震断层的相关参数(表 2)。

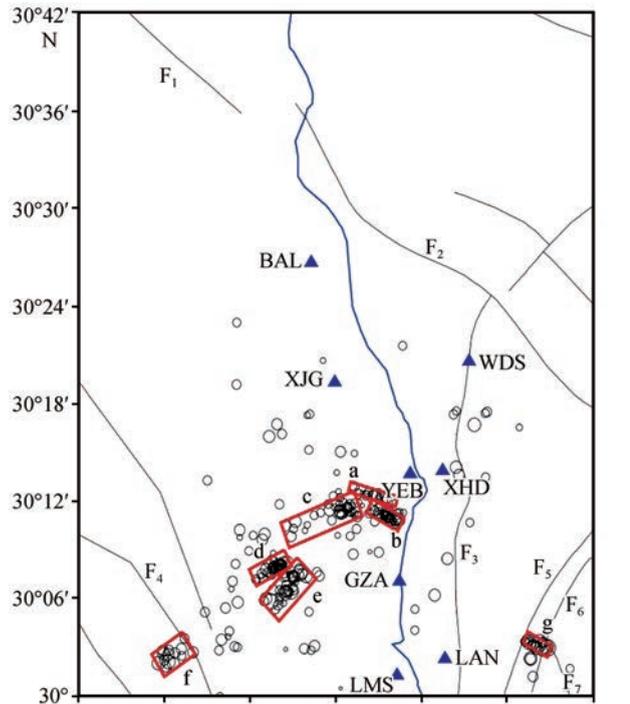


图 7 反演断层走向、倾角的 7 个小震丛集区 (红色矩形框)

表 2 7个地震丛集发震断层的相关参数

地震丛集区	小震个数	走向		倾角		顶点位置 纬度/(°),经度/(°),深度/km
		值/(°)	标准差/(°)	值/(°)	标准差/(°)	
a 区	27	289.6	1.61	84.4	1.84	(30.1949,102.1655,3.2);(30.1990,102.1672,8.1) (30.2138,102.1191,8.1);(30.2097,102.1174,3.2)
b 区	42	293.2	4.86	88.5	4.17	(30.1775,102.1736,1.2);(30.1783,102.1740,5.0) (30.1897,102.1434,5.0);(30.1889,102.1430,1.2)
c 区	45	243.5	2.33	84.6	2.83	(30.1962,102.1204,1.0);(30.2034,102.1163,10.5) (30.1713,102.0419,10.5);(30.1641,102.0460,1.0)
d 区	38	60.9	3.57	86.9	2.65	(30.1208,102.0039,5.6);(30.1185,102.0054,11.0) (30.1362,102.0422,11.0);(30.1385,102.0407,5.6)
e 区	44	222.0	3.48	88.0	2.71	(30.1265,102.0596,4.9);(30.1281,102.0576,12.5) (30.0928,102.0208,12.5);(30.0912,102.0228,4.9)
f 区	21	39.9	7.78	83.4	4.13	(30.0329,101.8922,13.4);(30.0276,101.8995,21.3) (30.0555,101.9265,21.3);(30.0608,101.9192,13.4)
g 区	16	109.6	4.62	82.3	4.29	(30.0577,102.3185,6.9);(30.0554,102.3175,8.9) (30.0480,102.3418,8.9);(30.0502,102.3427,6.9)

大渡河断裂与鲜水河断裂之间划分了 a、b、c、d、e、f 6 个地震丛集,距大坝最近的 a、b 丛集呈 NWW-SEE 向展布。拟合结果显示,a 丛集发震断层走向 289.6° (标准偏差 1.6°),倾角 84.4° (标准偏差 1.84°);b 丛集发震断层走向 293.2° (标准偏差 4.86°),倾角 88.5° (标准偏差 4.17°)。两条断层位置靠近,走向大致相同,且均近直立。b 区断层较 a

区断层略陡,b 区断层拟合参数标准偏差较大,地震距断层面的距离在 1 km 以内(图 9),而 a 区地震距断层面的距离在 0.5 km 以内(图 8)。剩下的 c、d、e、f 4 个丛集均呈 NE-SW 向展布。断层拟合结果为 c 丛集发震断层走向 243.5° (标准偏差 2.33°),倾角 84.6° (标准偏差 2.83°)(图 10);d 丛集发震断层走向 60.9° (标准偏差 3.57°),倾角 86.9° (标准偏差

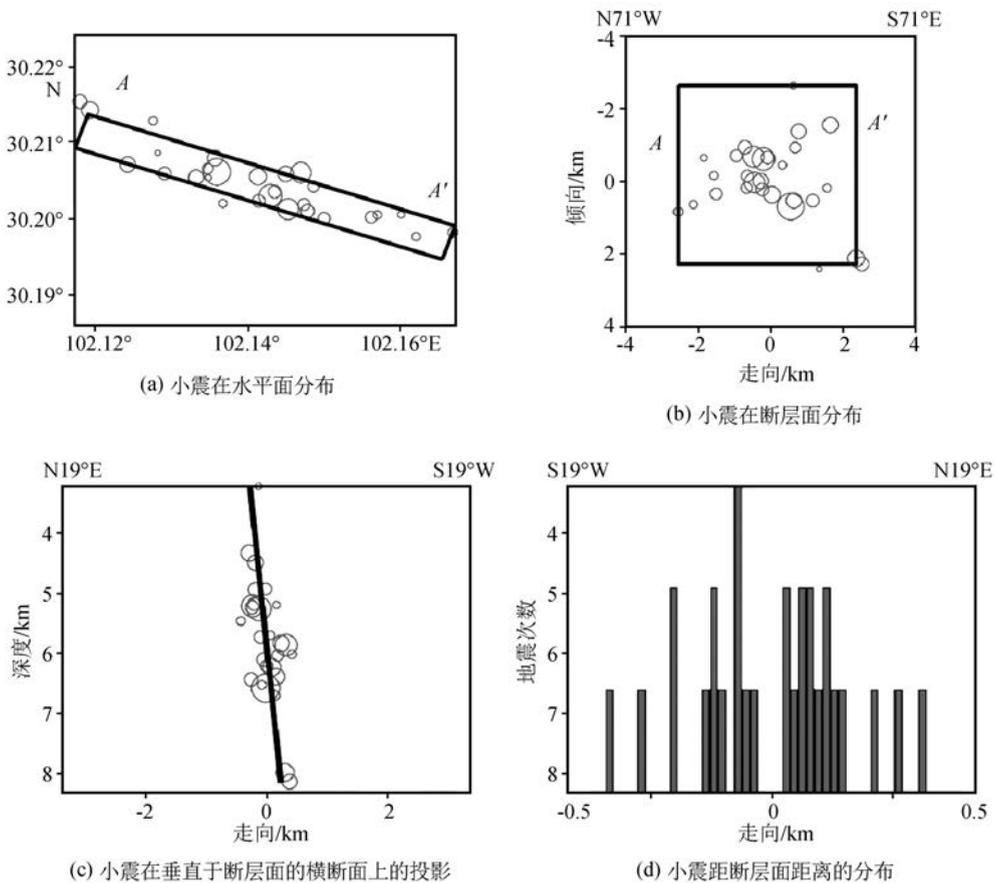


图 8 地震丛集 a 区断层面拟合结果

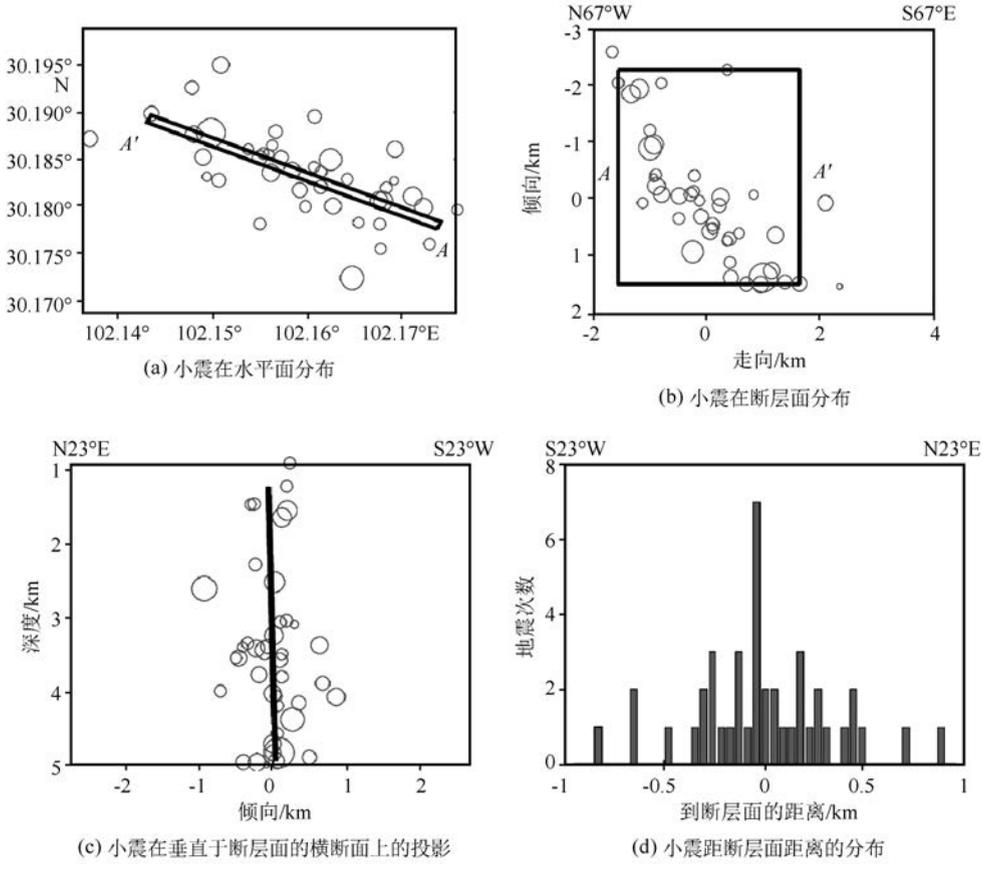


图 9 地震丛集 b 区断层面拟合结果

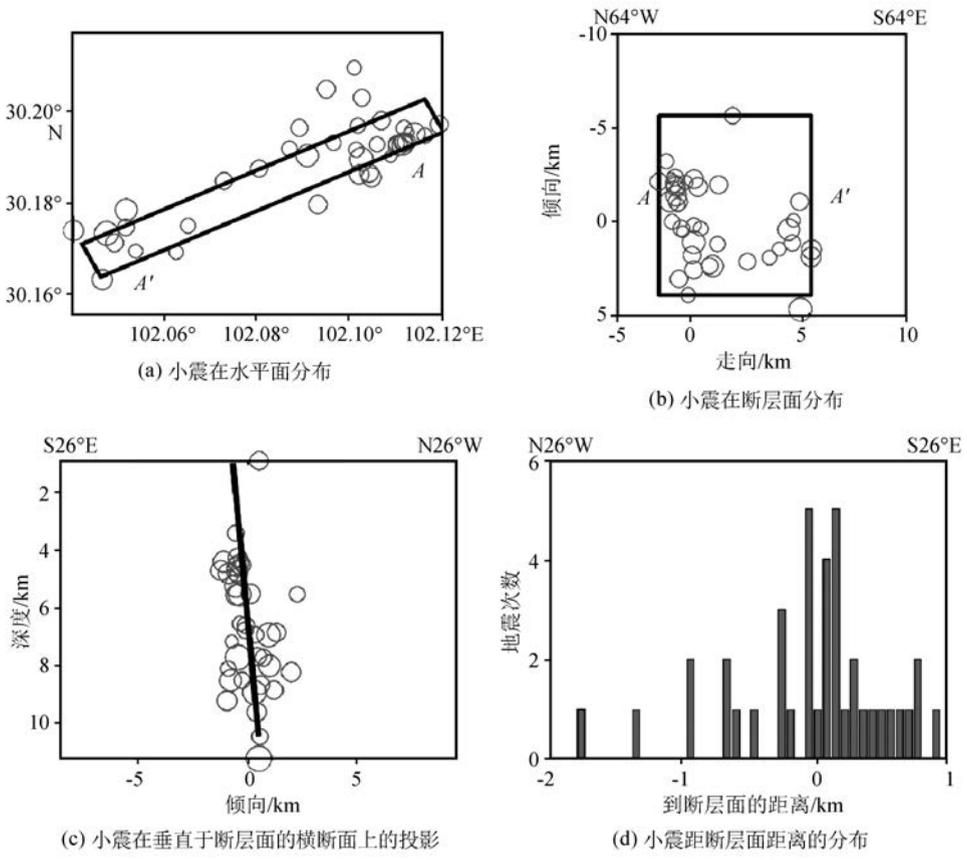


图 10 地震丛集 c 区断层面拟合结果

2.65°)(图 11);e 丛集发震断层走向 222.0°(标准偏差 3.48°),倾角 88.0°(标准偏差 2.71°)(图 12);f 丛集发震断层走向 39.9°(标准偏差 7.78°),倾角 83.4°(标准偏差 4.13°)(图 13)。四条断层水平延伸方向近似,但倾向不同,c 和 e 断层倾向 SE,d 和 f 断层倾向 NW,皆为高倾角断层。f 区拟合标准偏差较大,地震分布相对较散,距断层面距离在 2 km 以内(图 13)。分布在长河坝大坝东南的 g 丛集地震数量为所有丛集中最小,仅 16 次,但丛集程度较高(图 7)。g 丛集断层拟合结果显示,走向 109.6°(标准偏差 4.62°),倾角 82.3°(标准偏差 4.29°),倾角较研究区其他 6 个拟合断层小,且与 a、b 丛集拟合断层相反,为 NE 向。7 个丛集拟合断层面的 4 个顶点如表 1 所列。

3 讨论与结论

本文利用精确定位后的小地震对长河坝水库附近蓄水前疑似爆破进行排除,并尝试给出传统地质区划资料没有给出的小型裂隙分布。鉴于水库地震台网分布的特殊性(沿河两岸分布),库区附近大量地震孔隙角分布不理想,绝对定位获得的定位精度可靠性不高,而采用相对定位方法提升地震的相对

位置精度,可使地震空间形态分布特征更加明显。

由于水库地震分布密度高,通常本底地震活动中都包含了一些人工爆破记录,本文通过精确定位、地震时间分布特征并结合卫星地图识别出大坝附近存在的爆破事件。在精确定位中爆破事件深度并未表现为实际的 0 km,分析认为除了速度模型不完全准确的因素外,初始深度是主要的决定因素。为了验证结合波形互相关的双差定位方法在深度上受初始值的影响,将这组爆破作为一组已知事件,将初始深度设置成 1 km、2 km 和 3 km 分别重新定位进行比较。通过该方法重新定位后的深度部分均得到了不同程度矫正,初始深度越小,重新定位的爆破丛集也越接近地表,越符合爆破深度的特征(图 15)。

根据四川省地震台网数据,长河坝库区附近现今地震活动(1970—2015 年)主要分布在库坝西南,即库坝至鲜水河断裂乾宁—康定段之间,与水库台网监测到的水库蓄水前库区附近中小地震分布一致。鲜水河地质调查显示,从北西到南东,鲜水河断裂带有逐渐向南偏转的趋势,从而形成了一个向北东方向凸出的、和缓的弯曲,弯曲顶点位于乾宁附近的断裂上^[20]。阮祥等^[21]给出的鲜水河断裂南段主压应力方向在汶川 8.0 级地震前后分别为 87°和

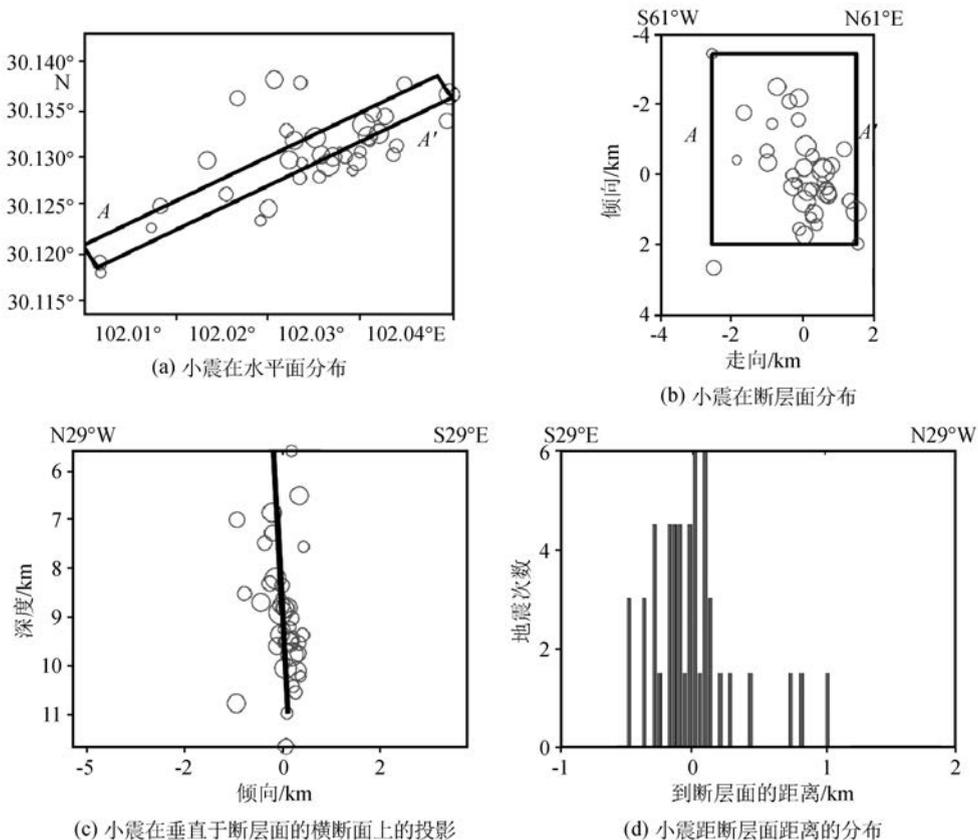


图 11 地震丛集 d 区断层面拟合结果

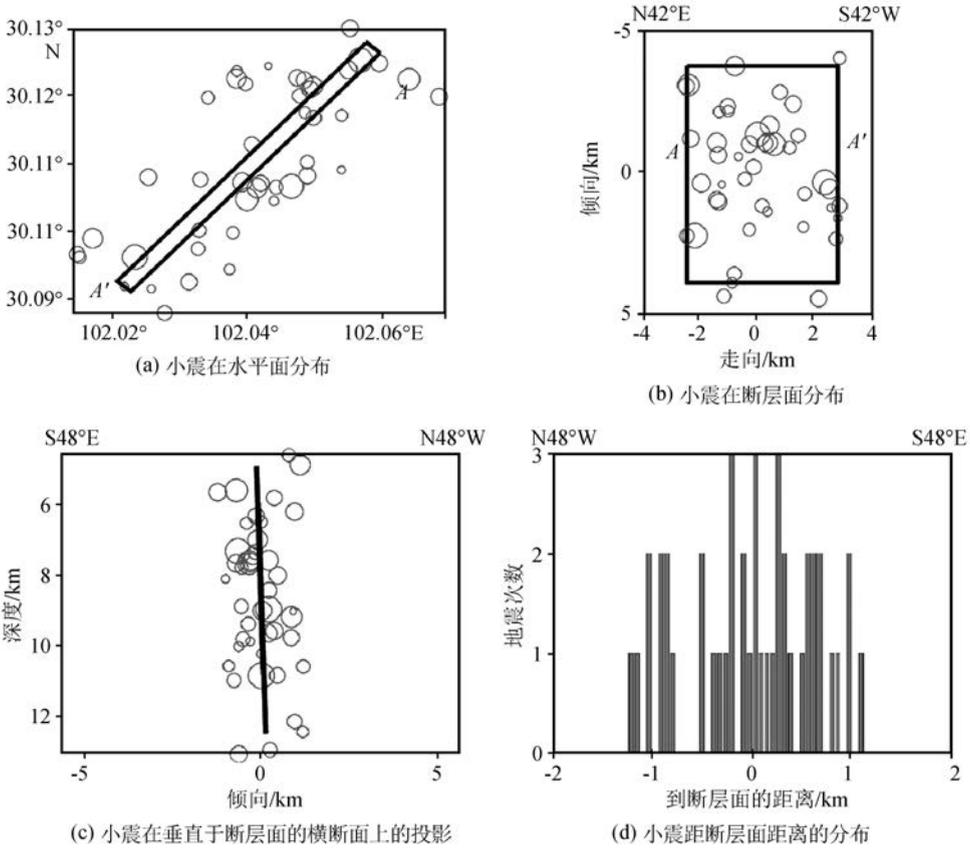


图 12 地震丛集 e 区断层面拟合结果

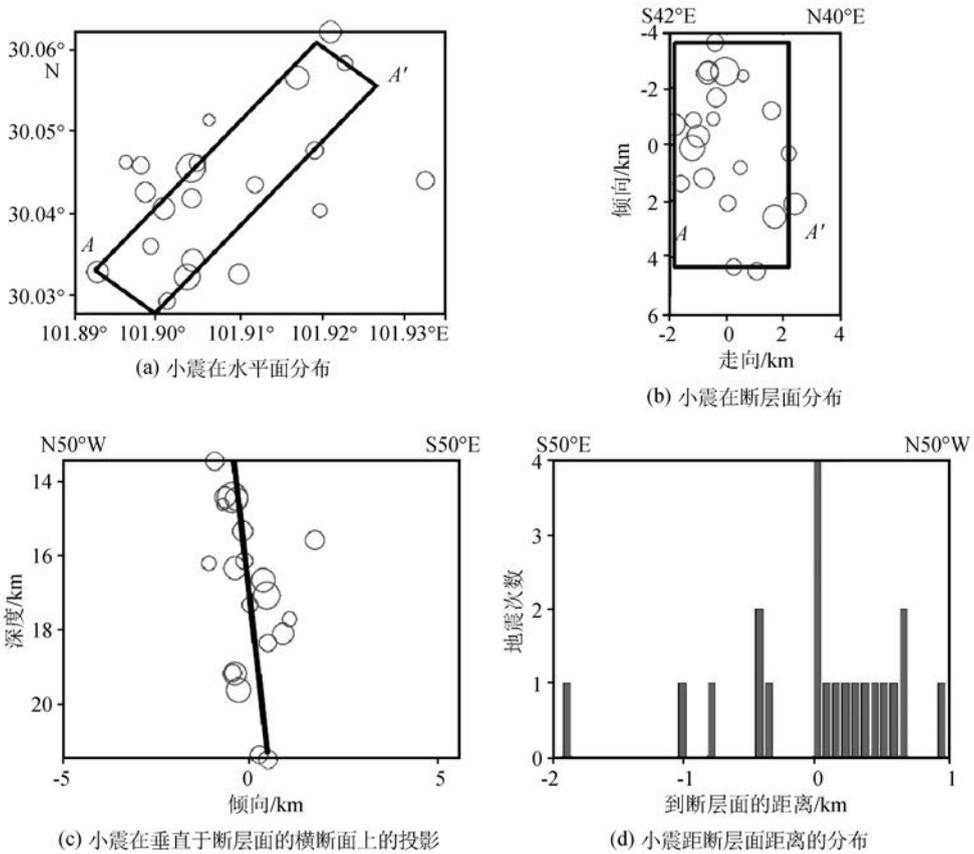


图 13 地震丛集 f 区断层面拟合结果

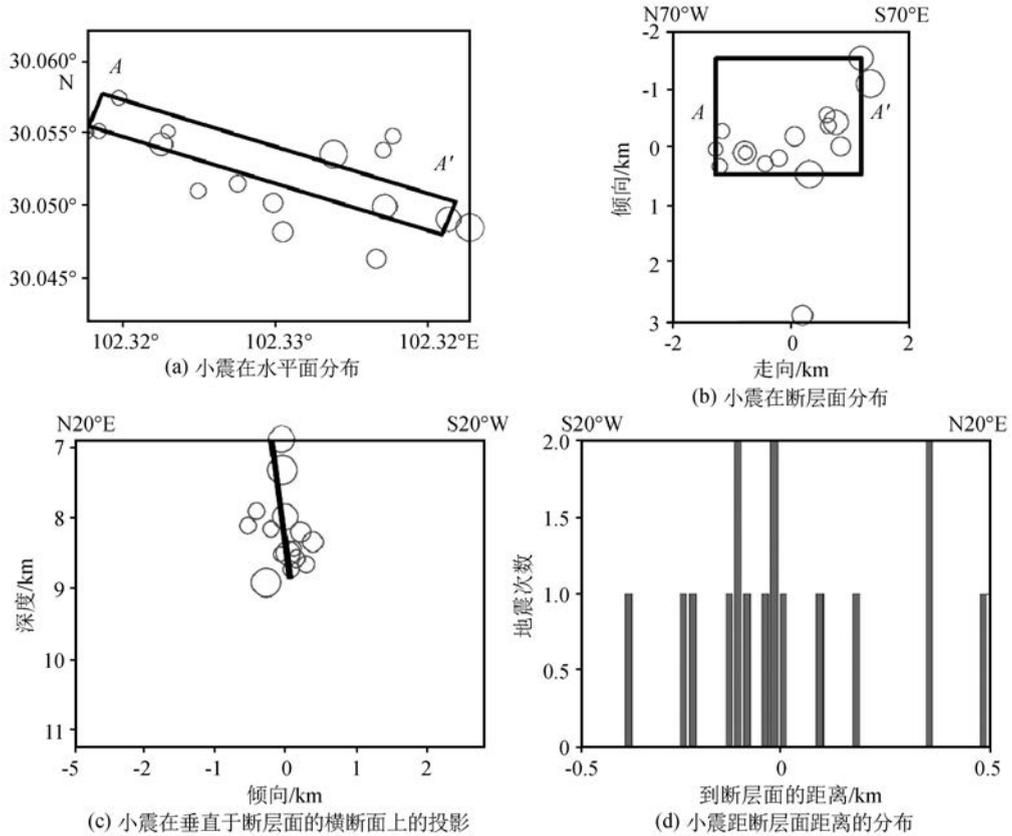


图 14 地震丛集 g 区断层面拟合结果

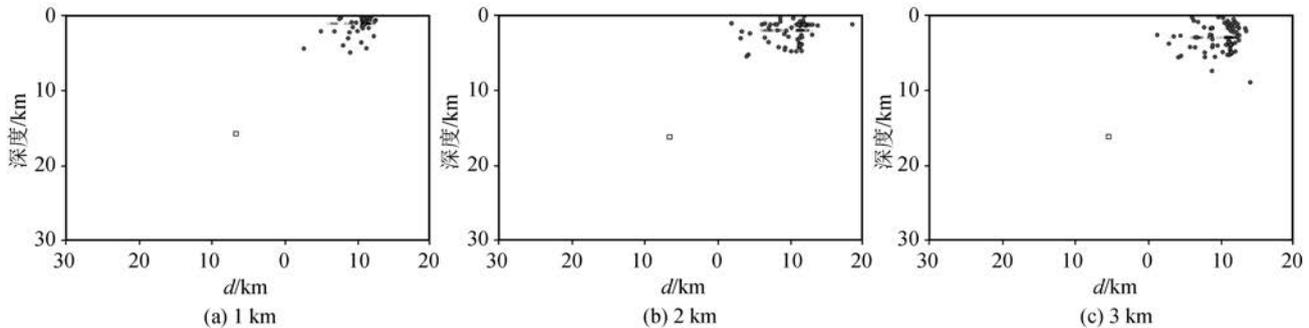


图 15 假设初始深度分别为 1 km、2 km、3 km 重新定位后的爆破深度

102°,即近 EW 向。由于主干断裂走向的转折,使得 EW 向主压应力在鲜水河南段造成断层错动的难度加大,从而在断裂带转折顶点附近产出大量小型断裂分布。鲜水河断裂带乾宁—康定段有很多明显的曲折交叉分支,而在其 NE 侧虽然地质图未给出断裂分布,但长期存在小震活动,表明该区域存在小型断裂。我们利用水库地震台网监测数据开展精确定位后,根据小震分布特征拟合了该区域的小型断裂构造分布。这些拟合给出的断裂均分布在长河坝水库大坝下游,距大坝及蓄水区域最近的断裂在大坝西南 7 km 左右。在整个长河坝大坝上游的水库蓄水区域附近,蓄水前均没有明显地震丛集活动区域,即

在没有库水加载或下渗影响下水库蓄水区域附近可能存在的断裂或裂隙都表现为稳定状态。这一认识对该水库未来蓄水后诱发地震活动的识别有参考意义。

致谢:中国地震局地球物理研究所郑晨博士提供的程序并给予指导。

参考文献

- [1] 孙成民.四川地震全记录[M].成都:四川人民出版社,2010.
- [2] 程万正.高烈度区的水库地震问题[J].国际地震动态,2013(4):10-18.
- [3] 张永久,谢蓉华,张致伟,等.瀑布沟水库区域小震重新定位与

- 地震性质研究[J].地震地质,2013,35(1):113-124.
- [4] 阮祥,张永久,谢蓉华,等.瀑布沟库区地震活动及应力场特征[J].中国地震,2013,29(3):316-326.
- [5] 朱新运,张帆,于俊谊.浙江珊溪水库地震精细定位及构造研究[J].中国地震,2010,26(4):26-36.
- [6] 卢显,张晓东,周龙泉,等.紫坪铺水库库区地震精确定位研究及分析[J].地震,2010,30(2):10-19.
- [7] 钟羽云,张帆,赵冬.珊溪水库 $M_L4.6$ 震群精确定位与发震构造研究[J].地震研究,2011,34(2):158-165.
- [8] 刘特培,邵叶,杨选,等.利用高精度小震资料确定新丰江水库大坝区北西向发震断层[J].地震学报,2017,39(1):23-33.
- [9] WILLIAM M. Using Waveform Similarity to Constrain Earthquake Locations[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1999, 89: 1143-1146.
- [10] SCHAFF D P. Lg-wave Cross Correlation and Double-Difference Location: Application to the 1999 Xiuyan, China, Sequence[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2004, 94(3): 867-879.
- [11] 黄媛.结合波形互相关技术的双差算法在地震定位中的应用探讨[J].国际地震动态,2008(4):29-34.
- [12] WALDHAUSER F, ELLSWORTH W L. A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2000, 90: 1353-1368.
- [13] 赵珠,张润生.四川地区地壳上地幔速度结构的初步研究[J].地震学报,1987,9(2):154-166.
- [14] 王余伟,杜瑶,阮祥,等.长河坝水电站临时地震台网建设及蓄水前本底地震活动性初步分析[J].四川地震,2016(4):10-14.
- [15] WIEMER S, BAER M. Mapping and Removing Quarry Blast Events from Seismicity Catalogs[J]. Bull Seismol Soc Am, 2000, 90: 525-530.
- [16] WIEMER S. A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP[J]. Seismol Res Lett, 2001, 72: 373-382.
- [17] 胡毓良.水库地震研究的新进展[J].地震地质译丛,1983(3):2-11.
- [18] 李志祥,毛玉平,谢建斌,等.云南景洪电站水库库区断层与地震危险性分析[J].地震研究,2008,31(2):174-179.
- [19] 万永革,沈正康,刁桂苓,等.利用小震分布和区域应力场确定大震断层参数方法及其在唐山地震序列中的应用[J].地球物理学报,2008,51(3):793-804.
- [20] 潘懋,闻学泽.中国川西地区鲜水河断裂和则木河断裂几何学、运动学特征及地震活动性对比[J].中国地震,1994,10(1):28-37.
- [21] 阮祥,程方正,杜方,等.汶川 8.0 级地震前后四川及邻区构造应力场研究[J].中国地震,2010,26(2):183-191.