

王彬, 许正霖, 马文来, 等. 蓄水初期玛尔挡水库地震监测系统分析[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 57-59. [WANG Bin, XU Zhenglin, MA Wenlai, et al. Preliminary Study on Earthquake Monitoring System for Maerdang Reservoir in the Initial Impoundment Period[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 57-59]

蓄水初期玛尔挡水库地震监测系统分析

王彬¹, 许正霖¹, 马文来¹, 晁增辉¹, 马国财²

(1. 青海省地震局, 西宁 810000; 2. 国能青海黄河玛尔挡水电开发有限公司, 西宁 810000)

Preliminary Study on Earthquake Monitoring System for Maerdang Reservoir in the Initial Impoundment Period

WANG Bin¹, XU Zhenglin¹, MA Wenlai¹, CHAO Zenghui¹, MA Guocai²

(1. Qinghai Earthquake Agency, Xining 810000, China; 2. Guoneng Qinghai Yellow River Mardang Hydropower Development Co., Ltd., Xining 810000, China)

关键词: 水库地震监测能力; 地震时间变化; 玛尔挡水库

Keywords: Reservoir earthquake monitoring capabilities; Temporal variation of earthquakes; Maerdang Reservoir

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0057-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.21

0 研究背景

黄河玛尔挡水电站是黄河干流规划的第九座梯级电站, 是黄河龙羊峡以上河段规模大、电量多、经济效益好的水电工程, 对“西电外送”实施具有重要作用, 玛尔挡水库是位于地震烈度Ⅶ度区的高坝大型水库。近场区主要展布 10 条较大的断裂(带), 走向以近东西向为主。其中, 东昆仑断裂带东段和中铁断裂是全新世断裂, 哈拉塘盆地南缘断裂是晚更新世断裂。自 1970 年至今, 近场区内记录到 $M_L 3.0$ 以上地震 240 次, 其中, $M_L 3.0 \sim 3.9$ 地震 205 次, $M_L 4.0 \sim 4.9$ 地震 35 次。为保障当地人民群众的生产、生活设施和生命安全, 2023 年 12 月建成玛尔挡水库地震监测台网, 对该区地震活动进行监测。

1 研究内容、理论基础和研究方法

玛尔挡水库地震监测台网监测能力分析主要利用台网密度、台站布局、台站环境、地动噪声、

各个台站的检测阈值以及地震事件检测所需要的最少台站记录数 N , 当最大事件振幅 A_μ 和背景噪声幅值 d 之间的信噪比 (SNR) 大于 3 时, 通常认为超过了单个台站的检测阈值, 最常见事件记录的频率, 通常为 2~10 Hz。将计算区域网格化用于计算每个网格点的最小可监测 M_L 震级, 其公式为: $M_L = \lg A_\mu + R(\Delta)$; 式中 A_μ 表示两水平分向地动位移记录的最大算术平均值, 单位为 μm , $R(\Delta)$ 表示我国常用短周期地震仪测定 M_L 的量规函数。

玛尔挡水库 2023 年 11 月 15 日导流洞下闸蓄水至今玛尔挡地震监测台网产出了大量的地震监测信息, 通过对比蓄水期间水库地震监测能力和地震时间变化分析地区的地震活动性与水库蓄水的关系, 深入研究玛尔挡水库诱发地震的活动趋势。

2 研究结果

2.1 监测能力分析

玛尔挡水库地震监测台网由 15 个地震台站和 1

收稿日期: 2024-20-20

基金项目: 青海省地震局基金课题 A 类 (2022A05)

作者简介: 王彬 (1994-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地震监测工作。

E-mail: 969822234@qq.com

个台网中心所构成，台站平均台间距约为 10~15 km。玛尔挡台网 15 个台站观测系统中 11 个采用短周期地震计、4 个台站采用宽频带地震计，11 个短周期台中有 4 个配备加速度计。建设完成后 15 个地震监测台站有 14 个台基背景噪声均达到 I 级以上

水平，仅 1 个台为 II 级水平，台站总体背景噪声水平良好。综合计算玛尔挡水库周边地区地震监测能力由原来的 2.5 级提升至 0.5~1.0 级，监测能力提升效果明显。

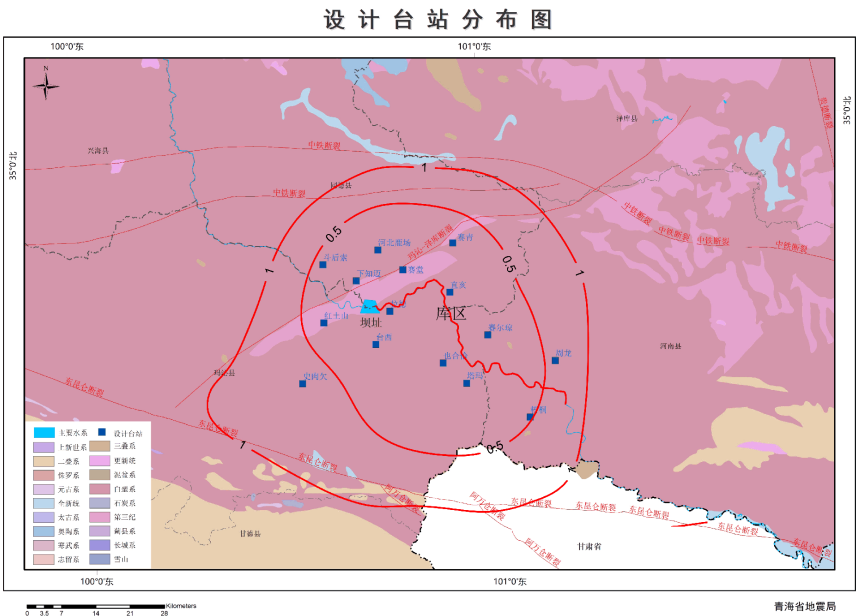


图1 玛尔挡水库地震监测能力图

Fig.1 Seismic monitoring capability map of Maerdang Reservoir

2.2 近场区地震活动

玛尔挡水库地震监测台网建成后，在水库影响区范围内记录地震 438 次。日频次 2.14 次，在所记录 438 次地震中， $M_L \leq 0.9$ 地震 355 次，日频次 1.74 次； $M_L 1.0 \sim 1.9$ 地震 56 次，日频次 0.28 次； $M_L 2.0 \sim 2.9$ 地震 24 次； $M_L 3.0 \sim 3.9$ 地震 3 次，无 $M_L 4.0$ 以上

地震，震中分布见图 2。由图 2 可知：在玛尔挡水电站水库地震监测系统监测区内，地震主要分布在玛沁县拉加镇、同德县河北乡、秀麻乡、玛沁县与甘肃玛曲县交界地区，在青海河南县、甘德县、泽库县、兴海县有零星分布，地震活动水平不高，小震活动明显增强。

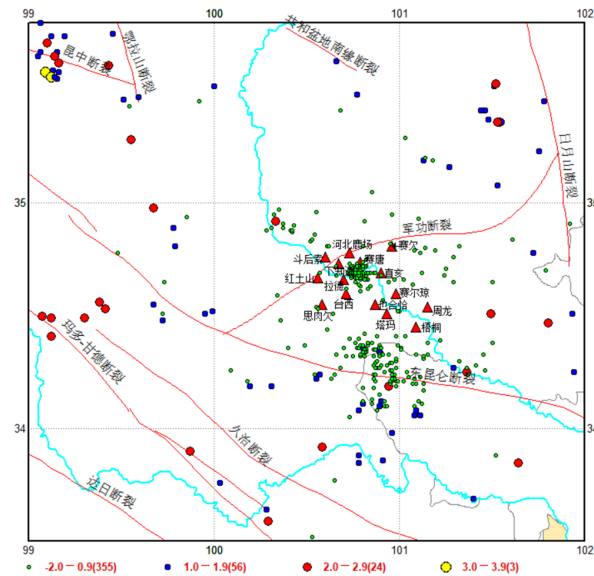


图2 玛尔挡水库附近 2023 年 12 月 10 日—2024 年 7 月 30 日 $M_L \geq 2.0$ 以上地震分布

Fig.2 Distribution of earthquakes with $M_L \geq 2.0$ near the Maerdang Reservoir from December 10, 2023 to July 30, 2024

玛尔挡水库近场区现代中小地震分布不均匀, 主要以小震、微震为主, 主要发生在整个坝址区及库区的南部, 大致沿黄河呈北西向分布, 以黄河为界, 东北部的地震活动明显弱于西南部。在玛尔挡坝址的西南方向约 60 km 处, 小震活动较为密集, 与其处于构造边界有关联性。地震主要分布于玛沁—泽库断裂(军功断裂)、东昆仑断裂、久治断裂附近, 该地区的地震活动性与后期玛尔挡水库蓄水有密切联系, 目前该地区地震强度不高, 但小震、微震密集, 在同一地区重复发生。

玛尔挡水库近场区域内强震分布极不均匀, 强震主要分布在场址的南北两侧。区域地震活动强度较弱, 且频度较低。区域内中小地震活动频度高, 集群特征更明显, 在区域内形成多个小震密集团簇。

2.3 蓄水期地震时间变化关系

玛尔挡水库于 2023 年 12 月开始蓄水, 至 2024 年 3 月初蓄水至死水位 3240 m, 具备发电条件, 并维持该水位至 7 月。根据蓄水情况结合图 3 可以发现, 在 2023 年 12 月至 2024 年 3 月蓄水初期, 玛尔挡地震监测台网记录到的小震急剧增加, 并且台网记录到三次 $M_L > 2.0$ 地震都发生于此蓄水期间, 分别为 2023 年 12 月 17 日 22 时 56 分青海河南 $M_L 2.3$ 地震, 2023 年 12 月 26 日 5 时 54 分青海玛沁 $M_L 2.5$ 地震, 2024 年 2 月 12 日 3 时 21 分青海共和 $M_L 2.1$ 地震。蓄水早期微震也会导致微裂隙错动, 库区局部地块的微错动使更大尺度的岩体内出现应力集中和应力不均衡, 微震形成的库区岩体微破裂可能导致库基弹性变形、局部出现应力不平衡^[1]。

3 结语

根据对玛尔挡水库地震监测台网监测能力及初期蓄水阶段库区地震活动的分析, 水库专用地震台网的建设是成功的, 玛尔挡水库周边地区地震监测能力由原来的 2.5 级提升至 0.5 ~ 1.0 级, 水库重点监视区达到 $M_L 0.5$ 。玛沁—泽库断裂(军功断裂)、昆仑断裂地区的地震活动性与玛尔挡水库蓄水有密切联系, 在水库蓄水至死水位 3240 m 的初期阶段, 近场区的地震时间变化关系十分剧烈, 监测到大量在同一地区重复发生的小震、微震。后续应结合库区相关地质构造背景, 密切关注库区水位变化, 深入研究玛尔挡水库诱发地震的活动趋势^[2], 从而有效开展地震监测预报工作, 为防震减灾事业服务。

参考文献

[1] 李碧雄, 田明武, 莫思特. 水库诱发地震研究进展与思考[J]. 地震工程学报, 2014, 36(2): 8.
[2] 张天宇, 刘自凤. 白鹤滩水库诱发地震活动性特征浅析[J]. 地震地磁观测与研究, 2021, 42(S1): 145-147.

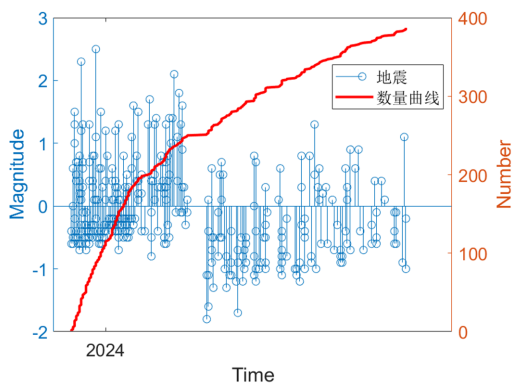


图3 地震时间变化图

Fig.3 Relative variation chart of earthquake time