

王翠芳, 王仁强, 王宇玺, 等. 锅浪跷水电站水库地震监测台网的勘选测试[J]. 华南地震, 2019, 39(S1): 50–57. [WANG Cuifang, WANG Renqiang, WANG Yuxi, et al. Survey and Test of Reservoir Seismic Monitoring Network in Guolangqiao Hydropower Station[J]. South China Journal of Seismology, 2019, 39(S1): 50–57]

## 锅浪跷水电站水库地震监测台网的勘选测试

王翠芳<sup>1</sup>, 王仁强<sup>2</sup>, 王宇玺<sup>1</sup>, 赵 昱<sup>1</sup>, 马 彦<sup>1</sup>

(1. 四川省地震局水库地震研究所, 成都 610041; 2. 大唐雅安电力开发有限公司天全分公司, 四川 天全 625500)

**摘要:** 锅浪跷水电站所属的四川省天全县位于青藏高原的东边界上, 处于地震强烈活动环境。按照相关法律法规规定, 锅浪跷水电站应建设专门的水库地震监测台网以加强水库地震活动的监测, 地震监测台网建设的第一步是要进行勘选测试, 从台站选址、台站背景噪声测试、背景噪声数据分析、传输信道测试和台网监测能力等方面阐述锅浪跷水电站水库地震监测台网的勘选测试情况。

**关键词:** 勘选定址; 背景噪声测试; 传输信道测试; 测震能力

**中图分类号:** P315.78      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662(2019)S1-0050-08

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2019.S1.009

## Survey and Test of Reservoir Seismic Monitoring Network in Guolangqiao Hydropower Station

WANG Cuifang<sup>1</sup>, WANG Renqiang<sup>2</sup>, WANG Yuxi<sup>1</sup>, ZHAO Yu<sup>1</sup>, MA Yan<sup>1</sup>

(1. Reservoir Seismological Research Institute of Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China;

2. Datang Yaan Electric Power Development co., Ltd. Tianquan branch, Tianquan 625500, China)

**Abstract:** Tianquan County in Sichuan Province is located on the eastern boundary of the Qinghai-Tibet Plateau and is in a strong seismicity environment. According to the relevant laws and regulations, a special reservoir seismic monitoring network should be built for the Gulangqiao Hydropower Station to strengthen the monitoring of the seismic activity of the reservoir. The first step in the construction of the seismic monitoring network is to carry out prospecting and testing. In the aspects of background noise test, background noise data analysis, transmission channel test and network monitoring ability, the survey and test of seismic monitoring network of Gulangqiao Hydropower Station are described.

**Keywords:** Site survey; Background noise test; Transmission channel test; Seismic monitoring ability

收稿日期: 2019-02-26

作者简介: 王翠芳(1969-), 女, 高级工程师, 主要从事水库地震观测和研究。

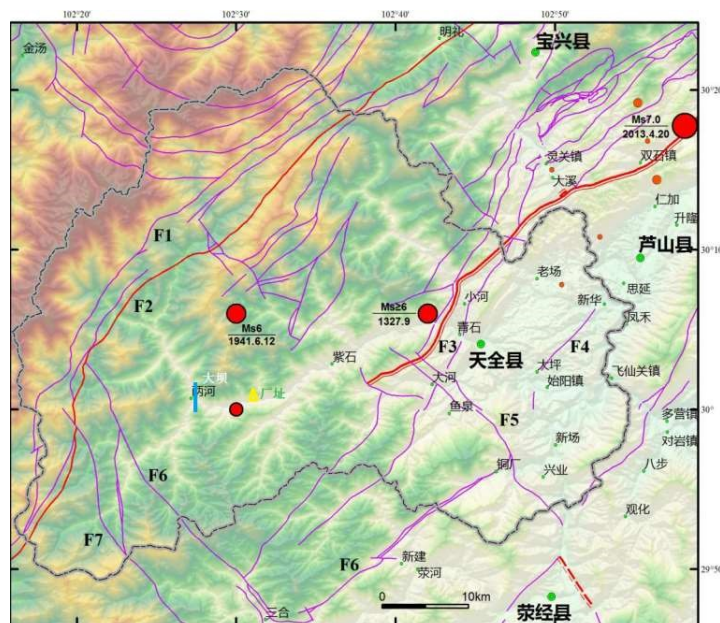
E-mail: wwwcfff@163.com.

## 0 引言

锅浪跷水电站位于四川省天全县境内, 该水电站系青衣江一级支流天全河梯级开发中的龙头水库。水电站装机容量 220 MW, 年发电量 7.7855 亿 kW·h, 水库正常蓄水位 1280.00 m, 总库容 1.84 亿 m<sup>3</sup>, 最大坝高 186.30 m。

锅浪跷电站所属的天全县位于巴颜喀拉块体东边界龙门山断裂带与南边界鲜水河—安宁河断裂带交汇区的过渡地带。受这两组边界断裂带的控制, 境内断裂构造十分发育见图 1。

锅浪跷水电站所属的天全县位于青藏高原的东边界上, 处于地震强烈活动环境。自 2004 年苏门答腊 8.9 级地震以来, 青藏高原内部的巴颜喀拉块体周边进入地震活跃期, 相继发生了 2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级特大地震(距锅浪跷水电站大坝 260 km)、2013 年 4 月 20 日芦山 7.0 级地震(距锅浪跷水电站大坝 60 km)、2014 年 11 月 22 日康定 6.3 级地震(距锅浪跷电站大坝 80 km), 这反映了巴颜喀拉块体仍在向东、东南方向持续运动, 天全县一带未来存在发生强震的块体构造动力学背景。



F1: 耿达—陇东断裂(后山断裂南段); F2: 盐井—五龙断裂(中央断裂南段); F3: 大川—双石断裂(前山断裂南段); F4: 始阳断裂; F5: 荣经断裂; F6: 三合断裂; F7: 宝新厂—凰仪断裂; 图中蓝色条块为锅浪跷水电站大坝。

图 1 锅浪跷水电站活动断裂分布图

Fig.1 Schematic diagram of active fault distribution in Tianquan county

根据《中华人民共和国防震减灾法》、《四川省防震减灾条例》以及《四川省水库地震监测规定》<sup>[3]</sup>等法律法规的规定, “大中型水电站、水库或其他可能产生诱发地震的工程, 除进行地震安全性评价外, 还应根据要求建立地震监测台网”, 实时捕捉对库区有影响的地震活动动态, 及时向有关部门和业主提供监测成果及震情趋势判断意见, 减轻地震灾害损失, 消除社会影响, 维护社会稳定, 并为分析研究提供可靠的科学数据。建立地震监测台网的第一步就是要对该水库地震台网进行勘选测试, 勘选测试主要分为台站选址、台站噪声测试、台站噪声数据分析和信道测试等方面, 下面详细阐述<sup>[4]</sup>。

## 1 台址勘选测试

### 1.1 台址勘选定址

2018 年 1 月四川省地震局水库地震研究所派出勘选定址团队, 通过在地形图备选和现场实地的踏勘, 确定了四个备选台址, 备选的安乐宫台站、王坦坪台站、昂州河台站和长河坝台站如图 2 所示, 图中王坦坪、昂州河台站和长河坝 3 个台站在一条直线上, 布局上存在一定的缺陷。2018 年 3 月中旬, 四川省地震局水库地震研究所、雅安市防震减灾局、天全县防震减灾局和锅浪跷电站共同组成勘选定址团队, 对 4 个备选台址进行了复核, 在复核中, 将原昂州河台站向西变更,

变更到业主所属的两岔河电站处，以方便台站建设、安全托管、征地协商和数据传输等事宜，向

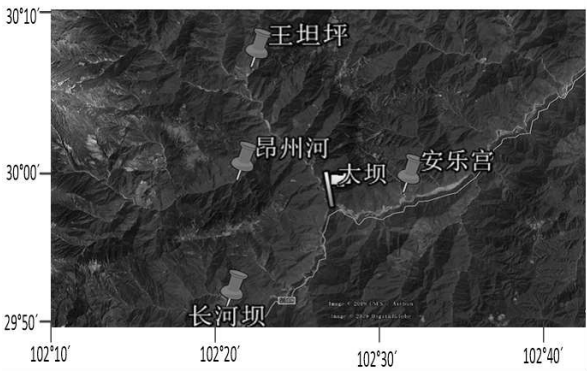


图 2 锅浪跷水库地震台网备选台址

Fig.2 Alternative site of Guolangqiao reservoir seismic network

台站定址后，工作人员对台站的地理坐标、台站地形及环境、干扰、地质情况、交通情况、通讯情况、供电方式、岩性、行政区划、土地权属等各方面的情况逐一调查落实，锅浪跷水电站水库地震监测台网台站的基本情况见

西昇址距离 3 km，复核定址后的台站分布如图 3 所示。

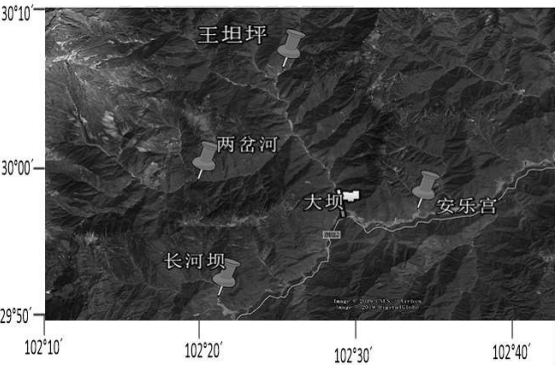


图 3 锅浪跷水库地震台网台站分布图

Fig.3 Station distribution of Guolangqiao reservoir seismic network

表 1，处于保密考虑，地理坐标省略。表中所属台站无交流供电的地方，只要地理位置向南开阔，就采用太阳能电池板和蓄电池供电，两岔河台站有交流供电，但地理位置狭窄，就采用交流电和蓄电池供电。

表 1 锅浪跷水库地震台网台站基本情况表

Table 1 Basic table of seismic station of Guolangqiao reservoir seismic network

台站名称	地形及环境	干扰	地质情况	交通情况	通讯情况	供电方式	岩性	行政区划	土地权属
长河坝	向南开阔	无	无地质灾害	汽车能到达	电信信号强	太阳能+蓄电池	泥盘系灰岩	四川省天全县两路乡长河坝村	私有
安乐宫	向南开阔	无	无地质灾害	汽车能到达	电信信号强	太阳能+蓄电池	元古代花岗岩	四川省天全县紫石乡小仁烟村	私有
王坦坪	向南开阔	无	无地质灾害	汽车能到达	电信信号强	太阳能+蓄电池	元古代花岗岩	四川省天全县紫石乡大仁烟村	私有
两岔河	向南狭窄	无	无地质灾害	汽车能到达	移动有线	交流电+蓄电池	元古代闪长岩	四川省天全县紫石乡大唐公司的两岔河电站处	国有

2.2 台址背景噪声测试

台站定址后，在台基背景噪声测试时，应选择基岩出露状况较好和周边环境干扰较小的地点进行，每个台站的垂直分向(UD)和水平分向(东西向 EW 和南北向 NS)同时测试，且每个台站连续测试 24 小时，并对测试数据计算加权均方根值(RMS 值)，锅浪跷水电站水库地震监测台网 4 个台站台基背景噪声 RMS 计算值见表 2 中，长河坝台站 1 月 7 日早上 7 点开始，噪声大幅度提高，主要是因为测点对面有一个修建雅康高速公路的

碎石加工厂进行加工作业，该加工厂待雅康公路完工后弃用，现雅康高速已正式运行，该加工厂即将关闭，关闭后，台站噪声将大幅下降。安乐宫台站 2018 年 1 月 7 日 13 点 14 点噪声较大，原因是测点附近人家人员和车辆较多，人为活动频繁导致干扰幅度较大。  
上述长河坝台、安乐宫台、王坦坪和两岔河台站地质情况：基岩出露完整，表面风化较弱，无断裂出露，无山体滑坡，除两岔河台站向南方较狭窄，山体陡峭外，其余 3 个台站均向南方开阔。

表 2 锅浪跷水电站水库地震监测台网台基背景噪声 RMS 值  
Table 2 RMS value of background noise of reservoir seismic monitoring network for Guolangqiao Hydropower Station

台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
长河坝台	2018-01-06 17:00	6.372 500 E-09	1.855 670 E-08	8.665 090 E-09
	2018-01-06 18:00	6.111 160 E-09	1.747 940 E-08	7.928 710 E-09
	2018-01-06 19:00	5.581 570 E-09	1.752 840 E-08	7.574 850 E-09
	2018-01-06 20:00	5.782 000 E-09	1.743 960 E-08	7.929 560 E-09
	2018-01-06 21:00	5.649 880 E-09	1.780 650 E-08	8.165 910 E-09
	2018-01-06 22:00	5.863 140 E-09	1.774 300 E-08	7.814 090 E-09
	2018-01-06 23:00	3.601 380 E-08	4.160 990 E-08	4.001 350 E-08
	2018-01-07 0:00	3.902 400 E-08	5.206 870 E-08	5.154 830 E-08
	2018-01-07 1:00	6.918 360 E-09	1.797 300 E-08	8.562 090 E-09
	2018-01-07 2:00	5.233 760 E-09	1.802 120 E-08	7.760 220 E-09
	2018-01-07 3:00	5.137 600 E-09	1.779 230 E-08	7.623 330 E-09
	2018-01-07 4:00	5.224 450 E-09	1.808 740 E-08	7.693 190 E-09
	2018-01-07 5:00	5.070 890 E-09	1.708 280 E-08	7.407 220 E-09
	2018-01-07 6:00	7.744 030 E-09	2.114 410 E-08	1.199 570 E-08
	2018-01-07 7:00	1.257 940 E-07	1.867 380 E-07	9.678 150 E-08
	2018-01-07 8:00	1.809 130 E-07	2.370 650 E-07	1.315 610 E-07
	2018-01-07 9:00	1.764 250 E-07	2.226 980 E-07	1.255 300 E-07
	2018-01-07 10:00	1.740 070 E-07	2.115 160 E-07	1.300 990 E-07
	2018-01-07 11:00	1.976 710 E-07	2.749 000 E-07	1.479 060 E-07
	2018-01-07 12:00	1.041 720 E-07	1.061 850 E-07	6.559 990 E-08
	2018-01-07 13:00	3.484 070 E-08	3.308 710 E-08	3.523 790 E-08
	2018-01-07 14:00	9.497 440 E-08	1.306 840 E-07	7.463 470 E-08
	2018-01-07 15:00	1.834 800 E-07	2.278 140 E-07	1.828 420 E-07
	2018-01-07 16:00	1.506 380 E-07	1.741 750 E-07	1.672 040 E-07
平均值		6.536 009 E-08	8.813 313 E-08	5.616 991 E-08
三分向平均值: 6.988 771 E-08				
台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
安乐宫台	2018-01-07 12:00	9.232 350 E-08	2.435 540 E-07	5.134 090 E-07
	2018-01-07 13:00	1.738 960 E-07	5.358 390 E-07	1.286 820 E-06
	2018-01-07 14:00	1.329 720 E-07	3.706 960 E-07	7.602 870 E-07
	2018-01-07 15:00	9.756 410 E-08	2.512 490 E-07	5.285 940 E-07
	2018-01-07 16:00	8.167 220 E-08	2.136 070 E-07	4.294 150 E-07
	2018-01-07 17:00	6.312 800 E-08	2.029 730 E-07	4.558 350 E-07
	2018-01-07 18:00	9.942 060 E-08	3.953 440 E-07	8.739 370 E-07
	2018-01-07 19:00	3.718 470 E-08	1.173 230 E-07	2.743 050 E-07
	2018-01-07 20:00	3.954 510 E-08	7.570 060 E-08	1.523 920 E-07
	2018-01-07 21:00	2.018 790 E-08	4.195 370 E-08	9.280 530 E-08
	2018-01-07 22:00	2.735 870 E-08	6.647 740 E-08	1.175 520 E-07
	2018-01-07 23:00	2.229 380 E-08	5.708 780 E-08	9.587 590 E-08
	2018-01-08 0:00	1.988 040 E-08	4.829 390 E-08	9.091 410 E-08
	2018-01-08 1:00	1.319 780 E-08	3.418 420 E-08	6.659 150 E-08
	2018-01-08 2:00	1.826 150 E-08	4.502 280 E-08	8.770 700 E-08
	2018-01-08 3:00	1.227 490 E-08	3.185 560 E-08	6.107 550 E-08
	2018-01-08 4:00	2.956 730 E-08	1.078 710 E-07	2.175 220 E-07
	2018-01-08 5:00	1.637 260 E-08	4.418 420 E-08	8.690 140 E-08
	2018-01-08 6:00	2.771 500 E-08	7.211 280 E-08	1.347 020 E-07

(转下表)

(接表 1)

台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
安乐宫台	2018-01-08 7:00	4.116 550 E-08	9.068 470 E-08	1.846 030 E-07
	2018-01-08 8:00	1.018 610 E-07	4.151 610 E-07	1.047 010 E-06
	2018-01-08 9:00	6.200 170 E-08	1.973 480 E-07	4.521 040 E-07
	2018-01-08 10:00	5.423 880 E-08	1.336 540 E-07	2.887 350 E-07
	2018-01-08 11:00	6.440 930 E-08	3.000 620 E-07	6.681 510 E-07
平均值		5.618 718 E-08	1.705 099 E-07	3.736 352 E-07
三分向平均值: 2.001108E-07				
台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
王坦坪台	2018-01-08 16:00	7.867 940 E-09	8.087 870 E-09	9.174 720 E-09
	2018-01-08 17:00	9.826 470 E-09	8.601 230 E-09	1.112 220 E-08
	2018-01-08 18:00	7.894 620 E-09	6.864 420 E-09	7.374 260 E-09
	2018-01-08 19:00	7.745 250 E-09	6.562 270 E-09	6.978 580 E-09
	2018-01-08 20:00	7.900 010 E-09	6.617 370 E-09	7.036 140 E-09
	2018-01-08 21:00	7.829 900 E-09	6.600 510 E-09	6.999 090 E-09
	2018-01-08 22:00	7.877 500 E-09	6.500 480 E-09	6.992 010 E-09
	2018-01-08 23:00	1.038 690 E-08	9.015 170 E-09	1.003 890 E-08
	2018-01-09 0:00	7.555 830 E-09	6.116 430 E-09	1.050 880 E-08
	2018-01-09 1:00	7.726 730 E-09	6.371 330 E-09	6.842 670 E-09
	2018-01-09 2:00	7.717 920 E-09	6.404 000 E-09	6.855 940 E-09
	2018-01-09 3:00	7.648 610 E-09	6.343 480 E-09	6.809 440 E-09
	2018-01-09 4:00	7.712 690 E-09	6.415 370 E-09	6.854 930 E-09
	2018-01-09 5:00	7.919 510 E-09	6.565 700 E-09	7.527 460 E-09
	2018-01-09 6:00	7.705 050 E-09	6.460 200 E-09	7.050 200 E-09
	2018-01-09 7:00	7.754 540 E-09	6.534 560 E-09	7.178 640 E-09
	2018-01-09 8:00	8.561 240 E-09	7.250 150 E-09	7.998 860 E-09
	2018-01-09 9:00	8.509 960 E-09	6.839 670 E-09	7.479 390 E-09
	2018-01-09 10:00	1.002 300 E-08	7.858 140 E-09	8.354 680 E-09
	2018-01-09 11:00	8.291 700 E-09	6.722 310 E-09	7.569 270 E-09
	2018-01-09 12:00	8.142 900 E-09	7.549 670 E-09	8.994 240 E-09
	2018-01-09 13:00	8.490 420 E-09	1.486 070 E-08	2.007 150 E-08
	2018-01-09 14:00	8.108 320 E-09	1.267 150 E-08	1.700 310 E-08
	2018-01-09 15:00	9.193 640 E-09	1.023 540 E-08	1.282 600 E-08
平均值		8.266 277 E-09	7.668 664 E-09	8.985 043 E-09
三分向平均值:8.306 661 E-09				
台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
两岔河台	2018-01-09 18:00	8.910 370E-08	8.023 770 E-08	5.968 620 E-08
	2018-01-09 19:00	2.970 860 E-08	2.705 870 E-08	2.578 370 E-08
	2018-01-09 20:00	5.914 130 E-08	3.779 400 E-08	4.026 700 E-08
	2018-01-09 21:00	4.678 660 E-08	3.679 510 E-08	3.361 620 E-08
	2018-01-09 22:00	5.050 540 E-08	4.115 590 E-08	3.642 060 E-08
	2018-01-09 23:00	6.787 160 E-08	5.236 670 E-08	4.457 320 E-08
	2018-01-10 0:00	1.107 140 E-08	1.357 110 E-08	1.080 920 E-08
	2018-01-10 1:00	4.933 260 E-09	5.140 920 E-09	4.157 670 E-09
	2018-01-10 2:00	5.041 100 E-09	5.362 560 E-09	4.300 800 E-09
	2018-01-10 3:00	5.018 400 E-09	5.341 890 E-09	4.168 200 E-09
	2018-01-10 4:00	5.005 050 E-09	5.309 520 E-09	4.189 410 E-09

(转下表)

(接表 1)

台站名称	时间/年-月-日 h:min	UD 分向	EW 分向	NS 分向
两岔河台	2018-01-10 5:00	5.107 950 E-09	5.390 750 E-09	4.238 840 E-09
	2018-01-10 6:00	2.947 260 E-08	2.354 460 E-08	1.988 030 E-08
	2018-01-10 7:00	5.899 080 E-08	4.802 350 E-08	4.109 020 E-08
	2018-01-10 8:00	6.965 040 E-08	6.324 800 E-08	4.008 360 E-08
	2018-01-10 9:00	6.762 290 E-08	6.576 440 E-08	3.293 050 E-08
	2018-01-10 10:00	9.190 700 E-08	8.199 100 E-08	5.056 940 E-08
	2018-01-10 11:00	7.098 520 E-08	7.050 300 E-08	4.273 760 E-08
	2018-01-10 12:00	8.010 350 E-08	5.920 510 E-08	4.930 950 E-08
	2018-01-10 13:00	1.337 600 E-07	1.008 010 E-07	8.691 170 E-08
	2018-01-10 14:00	8.475 570 E-08	8.033 330 E-08	5.307 570 E-08
	2018-01-10 15:00	8.633 200 E-08	8.031 100 E-08	5.413 850 E-08
	2018-01-10 16:00	1.026 430 E-07	8.128 330 E-08	5.989 240 E-08
	2018-01-10 17:00	1.213 530 E-07	8.850 810 E-08	8.076 440 E-08
平均值		5.736 960 E-08	4.829 338 E-08	3.681 645 E-08
三分向均值: 4.749 314 E-08				

2.3 台基背景噪声数据分析

国际上对于地震台站分时间段记录的台基背景噪声数据进行信号频谱分析，谱分析是采取通用的地脉动噪声加速度功率谱密度描绘地动背景噪声功率谱，并绘制出在一定频段内的记录台基背景地动噪声功率谱密度曲线图如图 4。图中

NHNM、NLNM 是全球高噪声边界曲线和低噪声边界曲线，现已成为评价地球上任意一个地震台站台基背景噪声水平的基本标准。从台站台址测试结果来看，在短周期地震计的频带通带范围内，未见明显干扰噪声频率，噪声功率均未靠近高噪声曲线。

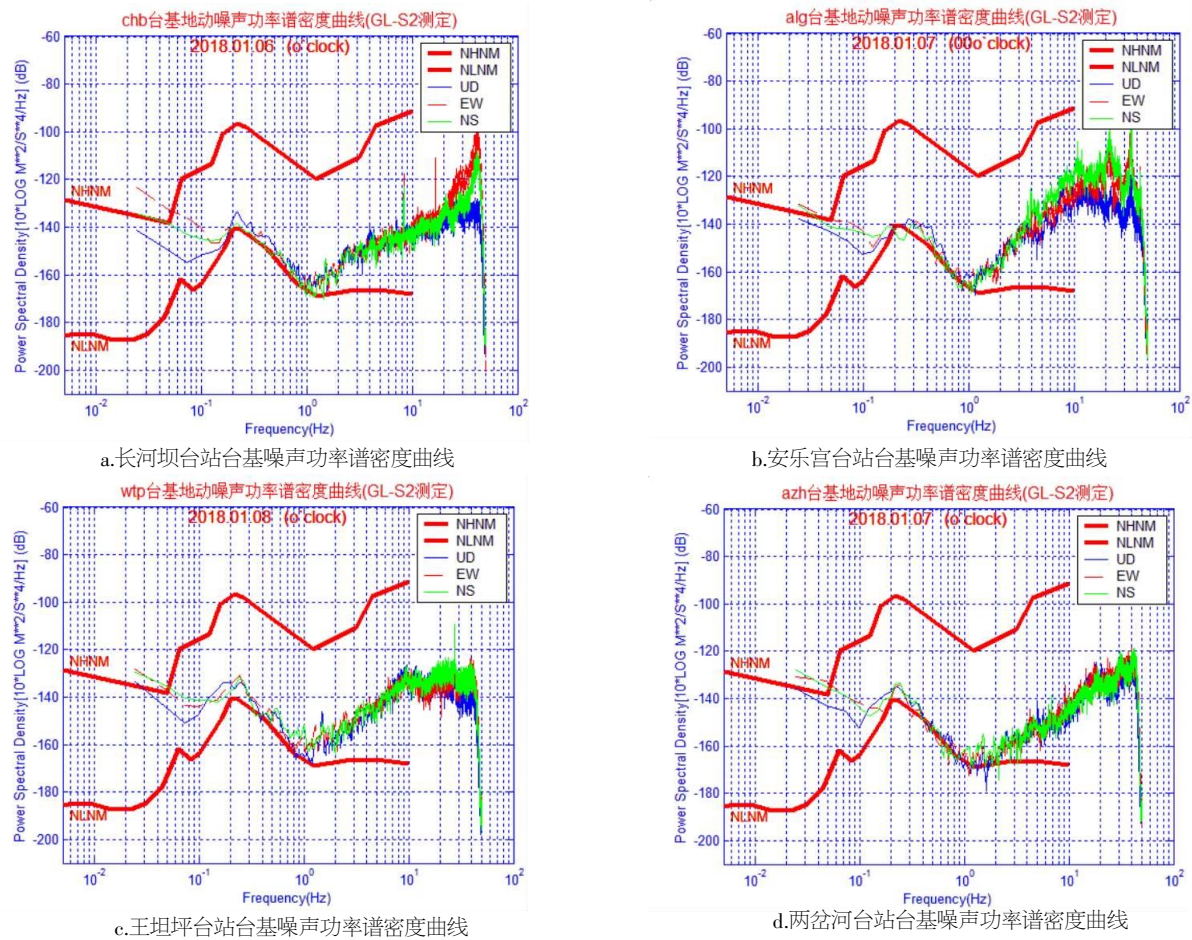


图 4 台基地动噪声功率谱密度曲线

Fig.4 Ground motion noise power spectral density curve of station

国内常用台基噪声水平等级衡量台基噪声，根据《地震台站观测环境技术要求》<sup>[2]</sup>测震台站台基噪声水平等级的划分，用速度型地震仪记录地噪声时，可用台基噪声的速度有效值 RMS 值表示台基背景噪声水平，噪声水平划分为如下 5 个等级：

- (1) I 级环境地噪声水平： $Enl<3.16\times10^{-8}\text{m/s}$ ;
- (2) II 级环境地噪声水平： $3.16\times10^{-8}\text{m/s}\leq Enl<1.00\times10^{-7}\text{m/s}$ ;
- (3) III 级环境地噪声水平： $1.00\times10^{-7}\text{m/s}\leq Enl$

- $<3.16\times10^{-7}\text{m/s}$ ;
- (4) IV 级环境地噪声水平： $3.16\times10^{-7}\text{m/s}\leq Enl<1.00\times10^{-6}\text{m/s}$ ;
- (5) V 级环境地噪声水平： $1.00\times10^{-6}\text{m/s}\leq Enl<3.16\times10^{-6}\text{m/s}$ 。

根据以上国家标准的描述，四川属于 B 类地区，环境地噪声水平应不大于 III 级。再对台基噪声测试数据进行数字化分析，可以得出锅浪跷水电站水库地震台网台基噪声类型见表 3。

表 3 锅浪跷水电站水库地震监测台网台基噪声测试结果及台基类型  
Table 3 Results and types of noise measurement of reservoir seismic monitoring network of Guolangqiao Hydropower Station

台名	UD 向噪声值	EW 噪声值	NS 噪声值	三分向(平均值)	台基类型(取 UD 向)
长河坝	6.536 009 E-08	8.813 313 E-08	5.616 991 E-08	6.988 771 E-08	II 类台
安乐宫	5.618 718 E-08	1.705 099 E-07	3.736 352 E-07	2.001 108 E-07	II 类台
王坦坪	8.266 277 E-09	7.668 664 E-09	8.985 043 E-09	8.306 661 E-09	I 类台
两岔河	5.736 960 E-08	4.829 338 E-08	3.681 645 E-08	4.749 314 E-08	II 类台

从表 3 可以看出，4 个台站的背景噪声达到并优于国家标准对台址背景噪声的要求，台址均能够达到 II 类或以上台址噪声水平，获得了较为理想的测试数据。

3 传输信道测试

在台站定址后，采用网络方式传输地震信号的台站，要对当地有线和无线网络的接入能力和可靠性进行考察和测试。通过实地勘选测试，长河坝台、安乐宫台、王坦坪都有中国电信的 CDMA (Code-DivisionMultipleAccess 码分多址 (简

称 CDMA)) 信号覆盖，具备 CDMA 通讯条件，因此这 3 个台站采用中国电信 CDMA 传输方案。两岔河台站移动和联通的无线信号极不稳定，数据传输极不可靠，但两岔河电站的座机电话能打出去，因此该台站采用有线传输。

信道测试选用 CDMA 数传电台进行实地测试，各台站的信道测试信号强度见表 4。从表中可以看出：长河坝台、王坦坪台和安乐宫台的 CDMA 数传电台的信号强度均在 15 dB 以上，均满足无线信道传输要求，数据传输时延较小、丢包率为 0%。两岔河台的信号场强为 0，该台建设时采用有线传输。

表 4 CDMA 信号强度表  
Table 4 CDMA signal strength table

台站名称	CDMA 信号强度(dB)	开阔度	传输时延	丢包率	备注
长河坝	24	开阔	较小	0%	适合 CDMA 传输
安乐宫	31	开阔	较小	0%	适合 CDMA 传输
王坦坪	22	较开阔	较小	0%	适合 CDMA 传输
两岔河	0	较狭窄	-	0%	建设时有线传输

4 台网的监测能力估算

台网布局确定之后，台网的地震监测能力主要受限于台址的背景噪声，当共用有四个以上的台站监测到 P 波振幅大于干扰背景 4 倍时，定为可定位地震，根据公式(1)计算出不同设定震级下的各台站监测距离。

$$M_L=l_g(V\frac{\tau}{2\pi})+R(\Delta)+C$$

(1)

根据测定的地动噪声水平，再依据 MAPSIS 专用程序进行计算。实际勘选测试后的锅浪跷水库专用地震监测台网监测能力估算见图 5。从监测能力估算图可以看出，用勘选测试数据计算出的地震监测能力下限为  $M_L$  0.5 级，达到了《水电水利工程区域构造稳定性勘察技术规程》的要求，说明台网的布局是可行的、合理的。

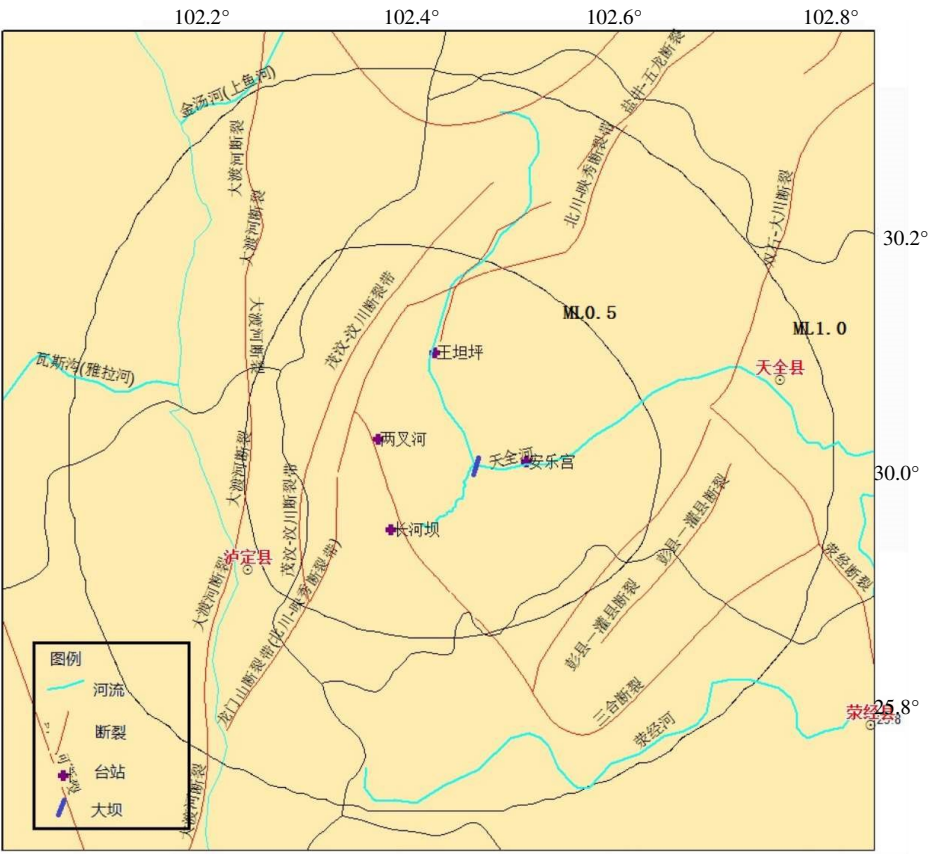


图 5 锅浪跷水电站水库地震监测台网监测能力估算图

Fig.5 Estimation of monitoring ability of reservoir seismic monitoring network in Guolangqiao Hydropower Station

5 结语

综上所述，通过一段时间实地勘选和测试，取得了大量详实可靠的测试数据资料。从勘选测试结果情况可得出如下结论：

- (1) 4 个台站背景噪声功率谱密度曲线均未超出高噪声模型，符合国际噪声标准。
- (2) 台址噪声水平均为Ⅱ类及以上，达到了四川 B 类地区的要求。
- (3) 长河坝、王坦坪和安乐宫 3 个台站的 CDMA 传输信道场强达到 15 dB 以上，符合网络传输的条件，两河台站符合有线传输的条件。
- (4) 监测台网测震能力的下限达到  $M_L$  0.5 级，符合《水电水利工程区域构造稳定性勘察技术规程》<sup>[9]</sup>的要求。

致谢：四川省天全县锅浪跷水电站水库地震监测台网在勘选测试期间，四川省地震局、雅安市防震减灾局、天全县防震减灾局和四川天全锅浪跷水力发电有限公司的领导及相关人员给予了大力支持和帮助，在此一并感谢！

参考文献：

- [1] 林伟,谢剑波,刘少文. 广东省地震预警台网建设规划[J]. 华南地震,2018,38(S1):101-107.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. 地震台站观测环境技术要求 第 1 部分:测震 GB/T 19531.1-2004[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 水电水利工程区域构造稳定性勘察技术规程:DL/T 5335-2006[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.