

景晟, 杜瑶, 康宏. 雅砻江流域中下游地震监测系统实现[J]. 华南地震, 2018, 38 (3):9-14. [JING Sheng, DU Yao, KANG Hong, et al. Implementation of the Earthquake Monitoring System for the Cascade Hydropower Stations at the Mid- and Down-stream of the Yalongjiang River Basin[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(3):9-14]

## 雅砻江流域中下游地震监测系统实现

景 晟, 杜 瑶, 康 宏, 赵 昱, 王宇玺  
(四川省地震局, 成都 610041)

**摘要:** 雅砻江流域中下游水库库坝区具备孕育水库诱发地震的条件, 又是典型的高坝大库工程, 应当对水库及其周围地区的地震活动进行监测。雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统是电站工程专用小孔径密集型地震监测系统, 重点监测库坝区特别是可能诱发地震库段的地震活动情况, 为提高库坝区的防震减灾能力提供科学的决策依据。系统采用了卫星、数传电台、超短波、CDMA 和有线传输方式的混合组网方式来确保数据的传输, 由 38 个地震监测台、5 个中转站、2 个汇集站和系统监测中心组成。

**关键词:** 雅砻江流域中下游; 水库诱发地震监测系统; 监测台站; 中转站; 汇集站; 监测中心

**中图分类号:** TV698.13      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-8662(2018)03-009-06

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2018.03.002

## Implementation of the Earthquake Monitoring System for the Cascade Hydropower Stations at the Mid- and Down-stream of the Yalongjiang River Basin

JING Sheng, DU Yao, KANG Hong, ZHAO Yu, WANG Yuxi  
(Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** It is necessary to monitor earthquakes for the reservoir and surrounding areas because the reservoir dam area of the cascade hydropower stations at the mid- and down-stream of the Yalongjiang river basin is not only capable of inducing earthquakes but also a typical high-dam with large-reservoir project. The reservoir induced earthquake monitoring system for the cascade hydropower stations at the mid- and down-stream of the Yalongjiang river basin is a dedicated small diameter dense seismic monitoring network for power station projects. The focus is to monitor the seismic activities in the reservoir dam area, particularly the sections that has the potential of inducing earthquakes, and to provide scientific basis for decision making in order to promote the emergency response of the reservoir dam area. Consisted of 38 monitoring stations, 5 relay stations, 2 aggregation stations and a system monitoring center, the system adopts a mixed architecture that includes

**收稿日期:** 2017-07-26

**基金项目:** 雅砻江流域水电开发有限公司专项 EHDCA-201005、四川省地震科技专项 LY706 资助

**作者简介:** 景 晟(1974-), 男, 高级工程师, 主要从事地震监测、地震事件分析等研究。

**E-mail:** ajsjs@126.com.

satellites, digital radios, ultrashort wave, CDMA and wired system to ensure the transmission of seismic data.

**Keywords:** The mid- and down-stream of the Yalongjiang river basin; The reservoir induced earthquake monitoring system; Monitoring station; Relay station; Aggregation station; Monitoring center

## 0 引言

在大地构造部位上,雅砻江流域中下游河段位于川滇菱形断块北部,由鲜水河断裂带、安宁河断裂带、金河-箐河断裂带和金沙江断裂带所围限的次级断块“雅江—稻城断块”内。区内断裂构造发育,按其展布方向大致可以分为SN向、NW向、NE向及弧形断裂,地震地质构造背景较为复杂(图1)。雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统为是电站工程专用小孔径密集型地震监测台网,重点监测库坝区特别是可能诱发地震库段的地震活动情况,为提高库坝区的防震减灾能力提供科学的决策依据<sup>[1]</sup>。

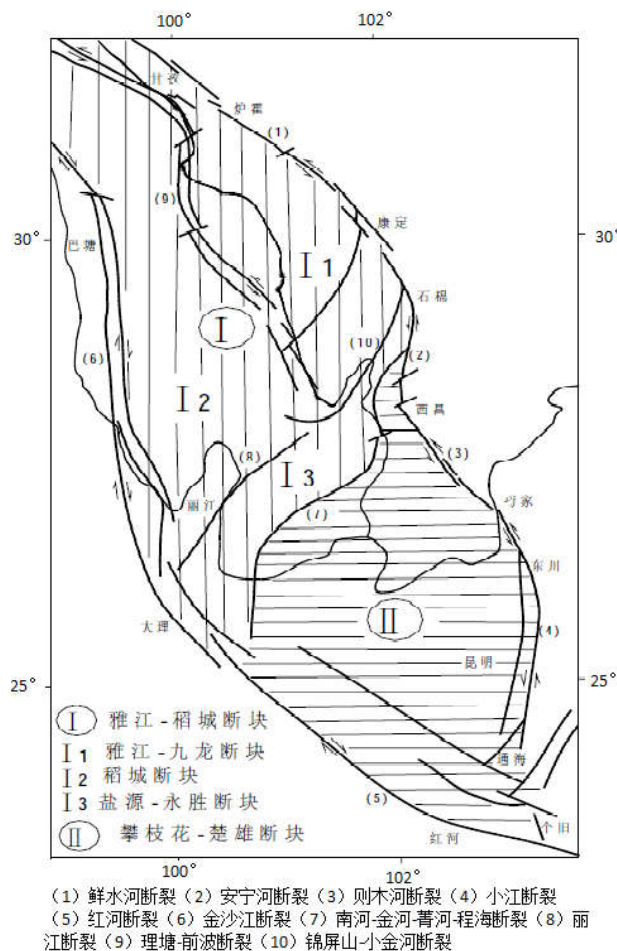


图1 工程区所在区域断裂构造示意图

Fig.1 Schematic diagram of the fracture structure of the zone where the project is located in

## 1 雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统概况

雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统的监测范围包含锦屏一、二级水电站、官地水电站及二滩水电站,地震监测台站分布于四川西昌市、冕宁县、盐源县、木里县、米易县和盐边县境内,是雅砻江流域的重要梯级电站。雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统组网技术复杂,由于受地理和环境条件的制约,系统采用了卫星、数传电台、超短波、CDMA 和有线传输方式的混合组网方式来确保数据的传输。监测系统共有 38 个地震监测台,含 12 个卫星传输台、15 个 CDMA 传输台、5 个网络电台传输台、5 个超短波传输台和 1 个有线传输台,5 个中转站、2 个汇集站和系统监测中心组成<sup>[2]</sup>。

雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统在重点监视区内地震监测能力达到  $M_L \geq 0.5$  级,一般监视区内监测能力  $M_L \geq 1.0$  级;测震观测项目为短周期微震、宽带微震、强震观测,观测频带短周期微震为 2S~40 Hz,宽频带微震为 60 S~40 Hz,强震为 DC~80 Hz。

## 2 监测台系统实现

以往水库地震监测台网多采用单一传输方式组网传输监测数据,组网难度小,联网调试复杂度不高。

雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统组网技术在国内专用地震监测台网中最为复杂,由于受地理和环境条件的制约,系统采用了卫星、微波电台、超短波电台、CDMA 传输和 SDH 传输方式的混合组网方式来确保数据的传输(图2)。

### 2.1 卫星传输台站系统实现

卫星传输台由地震计、数据采集器、卫星调制解调器、充电控制稳压器、逆变器、太阳能板及蓄电池组成。卫星宽带通信系统由卫星、业务关口站和小口径天线地面终端组成,采用星状拓扑结构,是一个完全基于 IP 包交换技术的宽带卫

星通信广播系统,可充分发挥卫星通信不受地理条件限制、组网迅速灵活、点对面的广播特性等天然优势<sup>[3]</sup>。卫星传输台站安装用户终端系统,通

过卫星宽带通信终端系统将数据发送到关口站,关口站通过 SDH 专线将数据传回雅砻江流域地震监测中心。

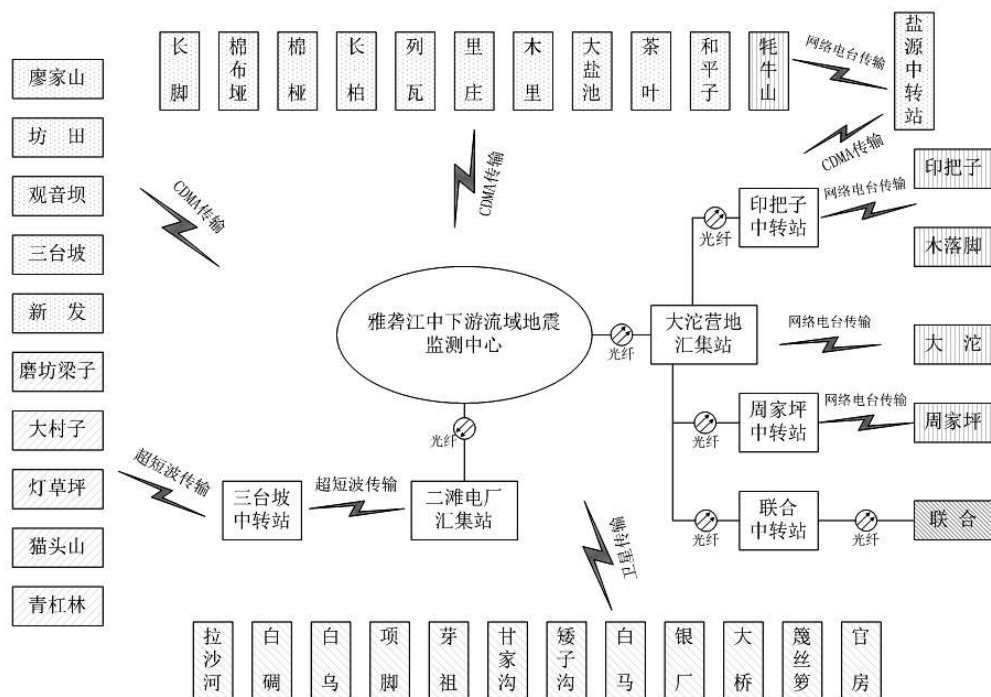


图2 雅砻江流域中下游流域地震监测系统传输路由图

Fig.2 Transmission route of the earthquake monitoring system for the cascade hydropower stations at the mid- and down-stream of the Yalongjiang river basin

如图3所示,卫星传输台站分布在314号点波束中,台站信号强度在80 dBm以上,信噪比7.5 dB以上,通过测试台站传输数据至关口站丢包率为0。

## 2.2 CDMA 传输台站系统实现

CDMA 传输台站由地震计、数据采集器、CDMA 路由器、充电控制稳压器、太阳能板、避雷器及蓄电池组成。采用 CDMA 方式传输的各台站均有 CDMA1x 无线网络覆盖,台站信号强度 $\geq 19$  dBm,网络平均速率满足传输要求<sup>[4]</sup>。

台站利用电信 CDMA 网络,通过 CDMA 路由器拨号接入。为确保数据传输质量,监测中心通过 SDH 专线接入电信数据机房,台站监测中心通过认证服务器完成用户认证和 IP 地址绑定,完成台站与中心的 VPDN 专网组建,实现台站与监测中心间的数据安全传输,有利于增加系统的稳定性和可维护性,有利于确保系统的运行率。

## 2.3 微波电台传输台站系统实现

微波电台传输台由地震计、地震数据采集器、

微波电台、充电控制稳压器、太阳能板、蓄电池和避雷器等组成。当传输信道有轻微阻挡时,利用编码增益来补偿传输信道的损耗以保证数据传输质量。

## 2.4 超短波电台传输台站系统实现

超短波传输台由地震计、地震数据采集器、无线数传发射机、功率接续器、充电控制稳压器、太阳能板、蓄电池和避雷器等组成。当传输信道有轻微阻挡时,电台采用编码增益较高的 FEC 前向纠错编译码,增大发射功率或增加天线增益来补偿传输信道的损耗以保证数据传输质量<sup>[5]</sup>。通过技术措施,各监测台站的信道传输条件均得到明显的改善和提高,使功率储备这个重要的传输质量指标普遍接近或超过规范值。

## 2.5 SDH 传输台站系统实现

SDH 传输台站由地震计、数据采集器、以太网桥、光端机、充电控制稳压器、太阳能板及蓄电池组成。通过专用光纤将数据传输至汇集站。有线传输信号串扰小,损耗低,无电磁干扰,信号稳定,网络速率满足传输要求。



时接收周家坪变电站中转站、印把子变电站中转站及有线传输台数据后通过 SDH 专线将数据传输至雅砻江流域地震监测中心。

## 4.2 二滩电厂汇集站

二滩电厂汇集站由超短波数传电台、数据分接设备、串口服务器、交换机、协议转换器数据、UPS 电源和避雷器等组成,接收三台坡中转站和青杠林监测震台的实时波形数据流。首先将接收的三台坡数据进行二次群数字分接还原成 4 路异步串行数据,再由串口服务器输入至交换机中,同时通过交换机以 IP 数据流的形式通过 SDH 专线传输到雅砻江流域地震监测中心。供电系统采用交流供电和稳压大容量蓄电池组浮充供电,配备长延时在线 UPS 电源,电源线和数据线均采取避雷保护措施。

## 5 地震监测中心系统实现

雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统监测中心采用与区域数字地震台网独立而兼容的技术系统(图 5),由以服务器为主的数据收集处理系统、以交换机为主的局域网系统以及 SeisDPS 台网数据处理系统软件包组成,SeisDPS 软件包括实时处理、实时监视、基于测震数据库和交互处理等处理模块,主要处理水库诱发地震微震观测和强震观测获取的数据信息,完成实时数据接收处理、脱机处理、数据交换、检查、存储连续波形数据和人机交互处理功能。SeisDPS 实时处理程序从数据库获取波形数据,然后进行事件检测、自动震相拾取、自动定位和搜索最大 S 波,仿真后自动计算  $M_L$  震级。并将自动处理结果写入到数据库中。

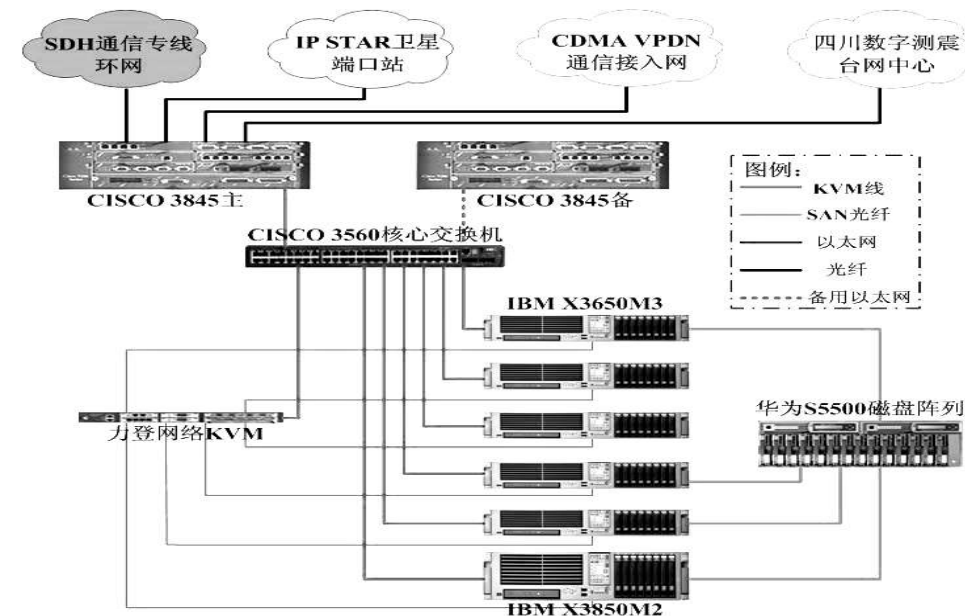


图 5 监测中心示意图

Fig.5 Diagram of the monitoring center

为保证数据的连续性、避免数据丢失,数据交换系统及交互处理均采用双机热备份工作方式,把记录的地震数据和地震事件通过局域网传输到至人机交互系统,地震编目系统,数据备份系统以及数据库。系统运行产出的资料进行记录并刻录光盘作为永久性保存。实时数据经过人机交互系统产出地震目录数据、观测数据、事件文件备份数据<sup>9</sup>。

## 6 地震记录及处理情况

地震监测系统 2011 年 8 月至 2012 年 1 月运

行期间共记录了地震 352 次,其中单台地震 46 次,定位地震 306 次,在定位地震事件中:0.0~0.9 级的地震 141 次,1.0~1.9 级地震 144 次,2.0~2.9 级地震 58 次,3.0~3.9 级地震 7 次,4.0~4.9 级地震 1 次,5.0~5.9 级地震 1 次。

监测系统记录库区内的地震波形正常,2012 年 01 月 26 日  $M_L$  2.6 级地震波形如图 6 所示。

## 7 结语

雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统监测雅砻江中下游水电工程库区内的天然构造地震

以及水库诱发地震活动，按要求及时提供库区地震观测资料及地震趋势分析结果，为水电站工程安全建设、运行提供地震活动情况，为地震科学研究积累资料。

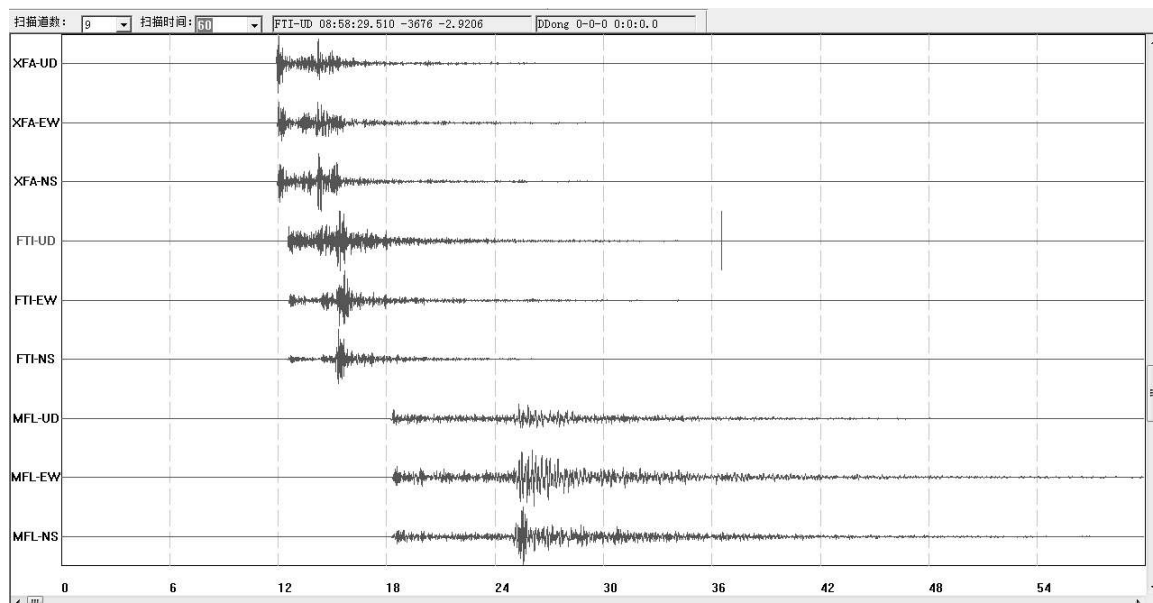


图 6 地震波形  
Fig.6 Seismic waveform

参考文献:

[1] 四川赛思特科技有限责任公司. 雅砻江流域中下游水库诱发地震监测系统建设技术报告[R]2012.

[2] 杜瑶. 雅砻江流域下游水库诱发地震监测系统简介[J]. 四川地震,2012(4):42-45.

[3] 景晟,韩进,宋澄. IPSTAR 卫星在高斯信道中传输数据的应用与性能分析[J]. 地震地磁观测与研究,2013,34(2):266-270.

[4] 景晟,何学勤. cdma2000 1x 系统传输地震数据的分析与应用[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(4):454-458.

[5] 景晟,吴彤,钟立人,等. Viterbi 译码算法在 GMSK 系统中的性能分析[J]. 地震地磁观测与研究,2012,33(2):110-116.

[6] 湛亮,宋澄,景晟,等. 雅砻江流域测震台网中心网络通信系统设计思路与部署情况简介[J]. 四川地震,2017(3):25-29.