

# 九寨沟 Ms7.0 地震四川电网受损分析及处置措施

韩晓言<sup>1</sup>, 刘洋<sup>2</sup>, 范少君<sup>3</sup>, 曹永兴<sup>4</sup>

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 中国电力科学研究院有限公司, 北京 100192;  
3. 国网四川省电力公司凉山供电公司, 四川 西昌 615000;  
4. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041)

**摘要:** 地震能量释放巨大, 对电网的破坏力极强。2017年8月8日四川省阿坝州九寨沟县发生了7.0级地震, 造成阿坝供电公司所属的110 kV九寨沟变电站部分重要设备损毁, 导致全站失电。依据此次地震中相关地质和电网数据, 分析九寨沟变电站重要设备受损原因, 利用卫星遥感资料解译了九寨沟变电站周边区域地质破坏的影响, 并提出了针对重要设备的隔振减震措施。

**关键词:** 地震; 重要设备; 卫星遥感; 隔振减震

中图分类号: TM727 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)02-0068-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.02.016

## Damage Analysis of Sichuan Power Grid in 7.0 – magnitude Earthquake of Jiuzhaigou and Processing Measures

Han Xiaoyan<sup>1</sup>, Liu Yang<sup>2</sup>, Fan Shaojun<sup>3</sup>, Cao Yongxing<sup>4</sup>

(1. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China;  
2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192;  
3. State Grid Liangshan Electric Power Supply Company, Xichang 615000, Sichuan, China;  
4. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China)

**Abstract:** The seismic energy is powerful, so it has extremely destructive force on power grid. On August 8, 2017, a 7.0 – magnitude earthquake hit Jiuzhaigou County of Sichuan province. It made great damage of some important equipment in 110 kV Jiuzhaigou substation of Aba electric power supply company, which caused the total power loss of the station. The relevant geological and grid data in the earthquake are collected. The damage of important equipment in Jiuzhaigou substation caused by the earthquake is analyzed. The influence of regional geological damage around Jiuzhaigou substation is described by satellite remote sensing data, and the vibration isolation and shock absorption measures for the important equipment are put forward.

**Key words:** earthquake; important equipment; satellite remote sensing; vibration isolation and shock absorption

## 0 引言

2017年8月8日21时19分,在四川省阿坝州九寨沟县(北纬33.20°,东经103.82°)发生7.0级地震,震源深度20 km。

地震能量释放巨大,对电网的破坏力极强,造成阿坝供电公司所属的110 kV九寨沟变电站部分重要设备损毁,导致全站失电。下面收集了此次地震中相关地质和电网数据,分析了九寨沟变电站重要

设备受损原因,利用卫星遥感资料解译了九寨沟变电站周边区域地质破坏的影响,提出了针对重要设备的隔振减震措施。

## 1 地震情况简介

### 1.1 中国九寨百河强震台记录及分析

根据四川九寨沟7.0级地震强震动观测简讯,截至8月8日23时50分,共获取了17组强震动观测记录,其中九寨百河强震台(51JZB)的震中距最

小,为30.50 km,如图1所示。

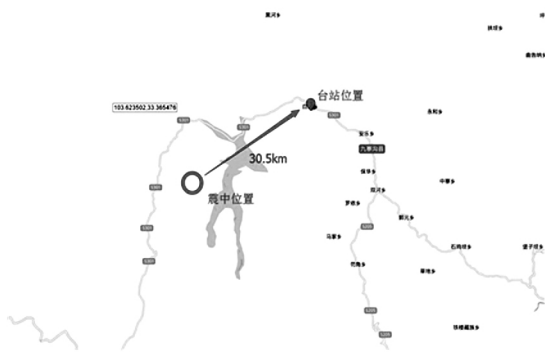


图1 九寨百河强震台位置

九寨百河强震台位于北纬33.2°,东经104.106°,东西、南北、垂直向加速度峰值分别为-129.5、-185.0、-124.7 cm/s<sup>2</sup>。该地震动与当地设计反应谱,以及近年来中国主要强烈地震震中反应谱的对比如图2所示。由图可见该地震动强度比汶川、芦山等地震的记录都要小很多。

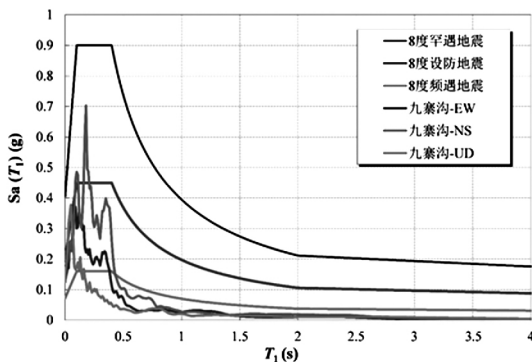


图2 九寨百河强震台记录反应谱

### 1.2 国家强震动台网中心记录

根据国家强震动台网中心记录,此次地震的最大烈度为IX度(9度),等震线长轴总体呈北西走向,VI度(6度)区及以上总面积为18 295 km<sup>2</sup>,共造成四川省、甘肃省8个县受灾,包括四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县、若尔盖县、红原县、松潘县;绵阳

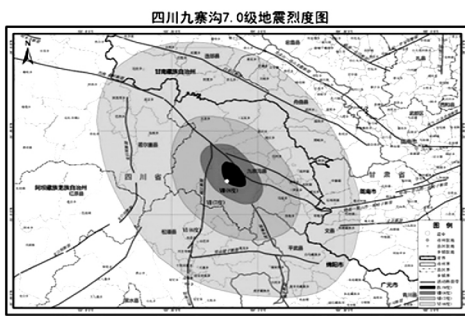


图3 九寨沟7.0级地震烈度分布图

市平武县;甘肃省陇南市文县;甘南藏族自治州舟曲县、迭部县。九寨沟7.0级地震烈度分布情况如图3所示。

## 2 110 kV 九寨沟变电站建筑物破坏情况分析

对110 kV 九寨沟变电站内的建筑物破坏情况进行统计分析,结果如表1所示。

表1 震中地区九寨沟变电站建筑物的破坏力分析

| 部位        | 完好率<br>/% | 轻微<br>破坏率<br>/% | 中等<br>破坏率<br>/% | 严重<br>破坏率<br>/% | 完全<br>毁坏率<br>/% |
|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 框架结构      | 11.39     | 3.80            | 84.81           | 0.00            | 0.00            |
| 未设防<br>砌体 | 0.00      | 0.00            | 95.89           | 4.11            | 0.00            |
| 设防砌体      | 0.00      | 0.00            | 100.00          | 0.00            | 0.00            |
| 生土结构      | 0.00      | 0.00            | 76.71           | 23.29           | 0.00            |
| 汇总        | 0.90      | 0.40            | 82.40           | 16.30           | 0.00            |

根据分析结果,可见本次四川九寨沟7.0级地震对非设防结构、低矮短周期结构破坏力较大。鉴于变电站现在的建设标准均按照框架典型设计设防,判断震中附近变电站建筑物受损情况较为轻微,仅变电站围墙发生部分倒塌。这与实际勘察的情况也较为吻合。

## 3 变电站重要设备的破坏情况分析

### 3.1 主变压器受损情况

九寨沟变电站110 kV主变压器受损情况:1号主变压器高压侧套管3相破裂漏油及中性点1019刀闸支柱断裂。主变压器未发生倾覆和位移。图4为110 kV 1号主变压器高压侧套管根部受损破裂漏油情况的实拍照片。

### 3.2 开关类及四小器设备受损情况

九寨沟县漳扎镇110 kV九寨沟变电站1号主变高压侧101号开关断裂,隔离开关1011号、1013号倾斜及CT漏油。川九线151号开关(LW25-145)断裂,隔离开关1511号、1513号倾斜及CT漏油。110 kV母线PT漏油。图5为变电站部分开关根部断裂的实拍照片。



图4 九寨沟变电站 110 kV 1号主变压器  
高压侧套管根部受损破裂漏油情况



图5 110 kV 九寨沟变电站部分开关根部断裂



图6 35 kV 南黄线输电线路 84号杆塔倒塌情况

#### 4 输电线路受损情况

35 kV 南黄线(松潘城南站—黄龙站) 84号杆在地震中倒杆,其材质为水泥,原因系滚石砸倒线路杆塔,见图6所示。8月10日用抢修塔临时恢复。

另有1条110 kV川九线(川主寺—九寨沟) N169~170段因滑坡造成树木倒塌搭在导线上,引发线路跳闸。8月10日17时许已排除故障恢复送电。

#### 5 电网受损原因分析

九寨沟7.0级地震对电网影响情况总体较小:离九寨沟县较近的国网阿坝供电公司有1条110 kV川九线和1条35 kV黄龙线以及松潘县35 kV城南变电站的35 kV南黄线因地震发生跳闸;阿坝公司控股公司下属九寨沟变电站全站停电;地方电力所属的35 kV九火线跳闸;110 kV九寨沟变电站供电的甲蕃古镇、九寨天堂国际会议度假中心失电。分析电网受损原因如下。

##### 1) 地震烈度超过了设防标准

此次地震震中附近最大烈度为9度,超过了九寨沟地区地震烈度区划为8度的设防标准。

2) 变电站设备套管材料为陶瓷材料,其固有频率与地震波频率接近,容易发生类共振而导致套管受损。

这类设备的固有振动频率在1~10 Hz范围内,与地震波频率相接近,同时这类设备阻尼值较小,其主体材料瓷柱属脆性材料,储能能力小,因此在地震中极易因类共振影响使设备遭受破坏。多数设备破坏位置主要发生在套管根部,这是薄弱部位,与历次地震情况吻合。

##### 3) 开关类设备重心高,动力放大效应显著

开关类设备采用支架都是“头重脚轻”,地震时易在瓷套管根部折断。

##### 4) 输电线路损坏主要由次生灾害引起

此次地震对输电线路的破坏,主要由滚石砸坏线路杆塔、滑坡冲垮杆塔、树木倒塌引发跳闸等。

#### 6 九寨沟地区地质变化的影响

基于加拿大的 radarsat-2 数据,已经获得了可以用于干涉的图像。考察数据质量,主要看相干性,产生干涉效果右侧较好,左侧较差。获取的 SAR 图像中的干涉条纹干涉不够充分,但仍可识别并提取地表形变的数据。如图7、图8所示。图9为九寨沟熊猫海子周围震后遥感影像及解译结果。

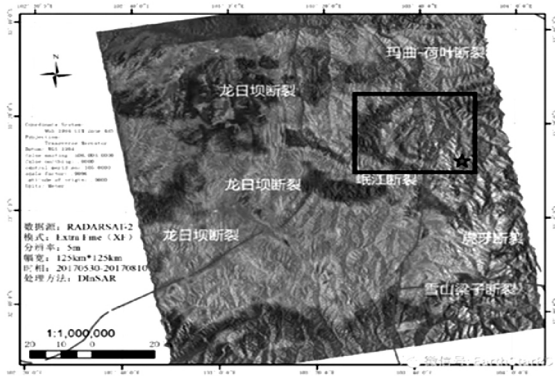


图7 九寨沟地区 InSAR 监测提取地震形变场  
(数据来自中国科学院遥感与数字地球研究所)

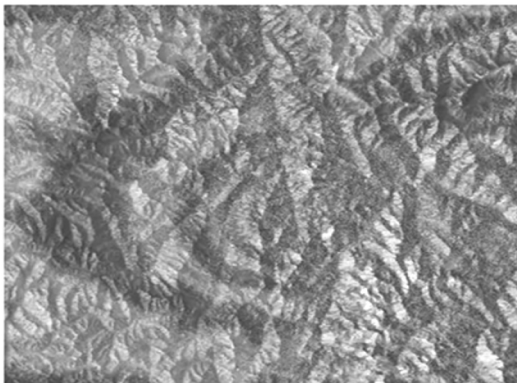


图8 九寨沟地区 InSAR 监测提取地震形变场(局部)  
(数据来自中国科学院遥感与数字地球研究所)



图9 九寨沟熊猫海子周围震后遥感影像及解译结果  
(数据来自四川省测绘局)

监测结果反应,断层东侧失相比较严重,西侧约有5个干涉条纹(如图7黑框所示),可以推断出此次地震形变场的范围。监测得到的同震形变场进一步可用于震源参数反演等后续研究。

图9中除了水体湖泊以外,浅色区域均为地震后地表变化、植被损毁的区域,反应出地震对该地区的地震动作用。

## 7 结 语

1) 九寨沟变电站设防标准不足,造成重要设备如变压器无法抗衡地震作用。应该采取措施,对主变压器等重要设备增加隔振减震装置,提高高烈度地区的设防水平。

2) 地震导致九寨沟地区产生大量滑坡。应继续关注地震次生灾害链的影响,如滑坡泥石流、强降雨、洪灾的影响,以及对道路破坏的影响;加强监测,及时预警,确保电网的安全。

3) 应继续利用卫星遥感解译、无人机巡航等先进技术,监测地震次生灾害的影响,特别是对电网的影响。

### 参考文献

- [1] 戴岚欣,许强,范宣梅,等. 2017年8月8日四川九寨沟地震诱发地质灾害空间分布规律及易发性评价初步研究[J]. 工程地质学报, 2017, 25(4): 1151-1164.
- [2] 黄民双,陈伟民,黄尚廉. 2017年四川九寨沟 Ms7.0地震 InSAR 同震形变场及发震构造探讨[J]. 地质力学学报, 2017, 23(4): 507-514.
- [3] 李爱国,岳中琦,谭国焕,等. 2017年8月8日四川九寨沟7.0级地震强震记录及特征分析[J]. 地震工程学报, 2017, 39(4): 652-656.

作者简介:

韩晓言(1965),博士、高级工程师,主要从事电网建设、运维及科技创新工作。

(收稿日期:2018-01-15)

# 欢迎订阅

# 《四川电力技术》