

刘星云,范柱子,陈阳,等.基岩地温异常变化与地震关系初探[J].地震工程学报,2018,40(增刊):59-64.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.059

LIU Xingyun,FAN Zhuzi,CHEN Yang,et al.Preliminary Study on the Relationship between Abnormal Bedrock Ground Temperature Changes and Earthquake Occurrence[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(Supp):59-64.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.059

基岩地温异常变化与地震关系初探

刘星云¹, 范柱子², 陈阳¹, 许东红¹

(1. 雅安市防震减灾局, 四川 雅安 625000; 2. 石棉县防震减灾局, 四川 石棉 625400)

摘要:雅安市地处南北地震带中南段,是龙门山、鲜水河、安宁河三大断裂带交汇的部位,地震活动性强。几十年以来,这一地区地震监测和分析预报研究工作得到一定发展。本文尝试利用中国地震局地质研究所的基岩高精度地温观测数据资料,提取地震前可能存在的前兆异常与地震发生的相应关系信息。基岩地温的突变反映基岩内部正在进行物理调整,而这种调整会通过多种方式表现出来,不仅局限于温度变化,也会通过地震活动进行。因此根据同一测点不同深度、同一地区不同测点将地温数据与同区域地震活动进行对比分析,发现在高精度地温数据发生变化之后点位一定范围内出现有相应地震的实例。

关键词:高精度地温;地震活动性;雅安

中图分类号: P315.72⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)增刊-0059-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.059

Preliminary Study on the Relationship between Abnormal Bedrock Ground Temperature Changes and Earthquake Occurrence

LIU Xingyun¹, FAN Zhuzi², CHEN Yang¹, XU Donghong¹

(1. Earthquake Prevention and Disaster Mitigation Bureau of Ya'an City, Ya'an 625000, Sichuan, China;

2. Earthquake Prevention and Disaster Mitigation Bureau of Shimian County, Ya'a 625400, Sichuan, China)

Abstract: Ya'an city, located in the mid-southern section of the north-south seismic belt of China, is the site of the intersection of the Longmenshan, Xianshuihe, and Anninghe faults, with a history of strong seismic activity. For decades, research on earthquake monitoring and forecasting in Ya'an city has developed. This work attempts to extract information, showing a relationship between the possible precursory anomalies before an earthquake and the occurrence of an earthquake, from high-precision ground temperature data recorded by the Institute of Geology, China Earthquake Agency. Our study shows that a sudden change in bedrock ground temperature reflects a physical adjustment taking place in the bedrock. This adjustment can be shown in a variety of ways, not only in temperature change, but also in seismic activity. Therefore, we compared

the ground temperature data with the seismic activities in the same region through different modalities, and found that there are earthquake cases within a certain range of the measuring points after high-precision ground temperature data changes.

Keywords: high-precision ground temperature; seismic activity; Ya'an city

0 引言

基岩地温观测是一种新型的地壳热(或应力)变化的监测方式,利用其可对地震活动性做出有针对性的预报。国内外学者在这方面做了大量的研究。汤懋苍等^[1]在多年研究地温的基础上结合地震资料进行统计分析,提出中国大陆强震月季预测三步法,并进行实际预测检查发现,该方法对地震三要素的预测一般有2项符合预测要求。高晓清等^[2]通过对地表热动过程及其影响的追踪研究推测地下的热动过程,并对其进行统计分析,寻找出地震孕育的前兆信息。这些研究均表明地温对地震是有一定指示意义的。

基岩高精度地温观测是中国地震局地质研究所马谨院士研究团队开发的地震前兆观测方法,目前正在推广应用。研究发现康定台基岩地温在2013年芦山7.0级地震前有较好的前兆异常信息^[3-4]。

目前,中国地震局地质研究所在雅安市境内布设了10个基岩高精度地温观测点,每个测点有8个观测深度。经该项目主管团队的同意,雅安市防震减灾局已取得这10个观测点(图1)的实时数据。本文使用这之中的3个测点进行数据变化的综合分析处理,并与地震活动性进行对比分析,以期进一步探索地震前可能存在的前兆信息。

的温度数据等;串口1用于温度采集通讯,最多可带5组温度采集模块,可单独控制。通讯采用切换方式,控制发送、接收通道数据,每5 min启动采集1次。相对采集与GPRS通讯,绝大部分时间MCU都处于低功耗休眠状态,休眠唤醒周期为8 s。

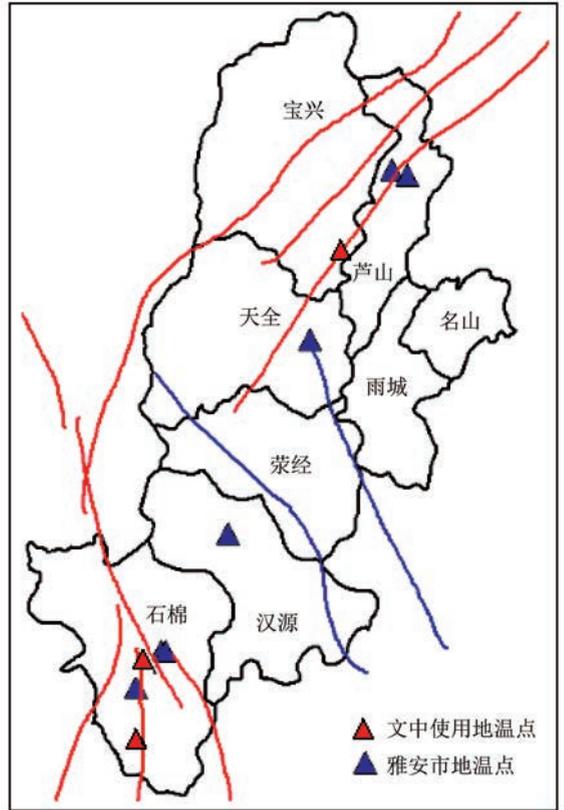


图1 雅安市地温分布点

1 观测资料

1.1 基岩地温观测技术

为减小后期维护的人工成本,高精度地温观测系统采用无人值守方案,主体功能模块如图2所示^[5]。其通过GPRS移动网络实现远程控制,在自主服务器端开发网络服务程序,发送控制指令,接收采集数据。通过PC客户端访问服务器进行参数设置,下载数据及数据分析。

1.1.1 主控管理

主控MCU配置实时时钟,进行日期、时间计时。定时开启GPRS模块、启动温度采集模块。MCU带有2路串口,串口0用于GPRS通讯,GPRS通讯5 h启动1次,完成时间校时,上传采集

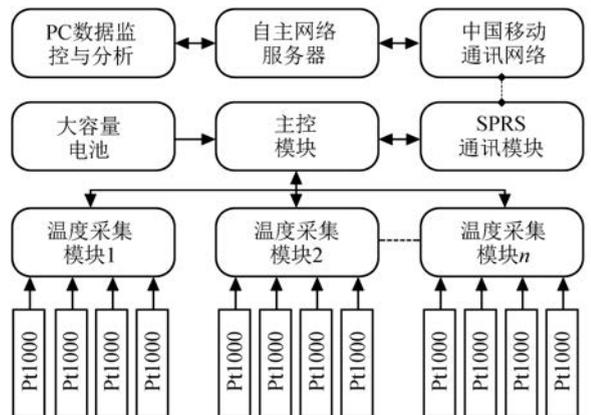


图2 地温监测功能架构

1.1.2 GPRS 通讯

GPRS 通讯天线采用地表埋伏方式,地表无裸露,不易被发现,以防被盗。服务器通讯包括:发出登陆口令,上传温度数据,时间校对,配置采集参数等。

1.1.3 温度采集

温度模块与主控模块共 4 根连线,为电源与串口通讯,可满足长距离传输要求。1 块温度采集板带 4 路 Pt1000 温度传感器。具体数据采集过程:电路接通,第 4 路传感器先通电,稳定 0.5 s,切换到第 1 路传感器通电采集,依次切换 2、3、4 路采集。

1.2 数据处理原理

为了获得基岩地温监测应力的变化值,对数据进行两方面的处理:(1)将周期 <8 h 的成分滤去,以消除短周期的影响;(2)将周期 >5 d 的成分滤去,以消除长周期成分的影响。地表温度年周期成

分影响深度可达几十 m,日周期成分影响深度约 1 m,而 5 d 周期成分地表温度的影响深度仅几 m。本文所采用的基岩测点深度均 >10 m,消除了 5 d 的地温成分后,余下的温度信号已不含地表的热信息,而是属于测点的基岩自身产生的温度变化。

2 对比及分析

浅表地温主要受地表和大气温度的影响,其典型周期成分为日变和年变。选取石棉紫马垮地温数据绘图(图 3)可见,原始地温中年周期成分清晰可见,变化平稳。4 个探头的温度(CH1~CH4),变化趋势基本无差异。从长期趋势看,每个深度温度到达峰值的时间,从浅(CH4)到深(CH1)具有清晰的先后顺序;温度的变化幅度也是从浅(CH4)到深(CH1)逐渐减小。这充分反映出地表年周期温度信号逐步从上往下传导的特征。

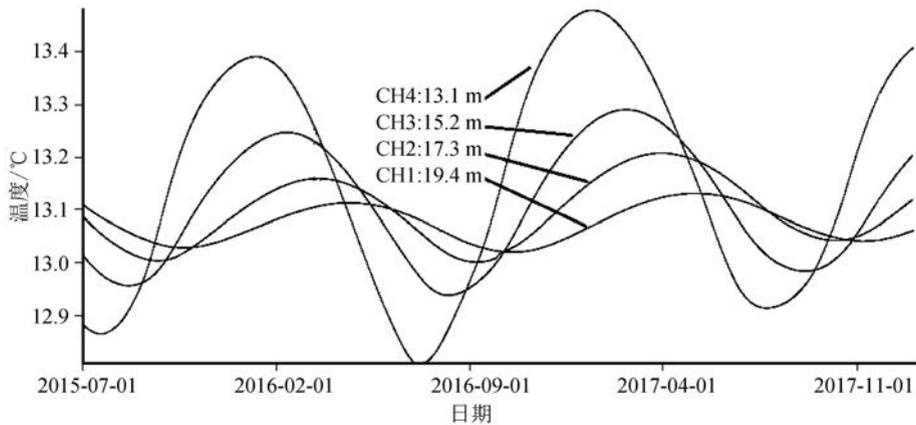


图 3 石棉紫马垮地温

2.1 同一测点不同深度对比

选取宝兴灵关镇中层地温观测点 2017 年 1 月 1 日—2017 年 12 月 31 日间 4 个探头的数据进行对比观测可见(图 4),4 个地温短周期成分中均出现了较为清晰的变化信息,其中 CH4 反映比较明显,数据波动幅度较大,持续时间也较长。从图 4 中可看出,大多数时间的温度变化处于平静状态,2017 年 3 月 15 日—4 月 25 日出现一个明显的上升阶跃抬升。从原始数据中(图 5)也可以看出,CH4 在 2017 年 3 月 22 日数据曲线突然上升之后缓慢恢复至原来的变化趋势,其余 3 探头则无异常反应。

另外,我们收集了台站周边 30 km 半径范围内 2017 年地震的活动情况,全年共发生 $M_L \geq 0$ 地震

205 次,最大为 3 月 19 日 3.5 级地震。 $M-T$ 图(图 6)显示,这些地震从时间上并非均匀分布,而是呈现出一定的成丛特征。在 2017 年 3 月 15 日—4 月 25 日期间的 3 月 19 日发生了一次 3.5 级地震,4 月 10 日发生了一次 3.0 级地震,说明小地震成丛发生与温度突变具有时域上一定的对应关系。

2.2 同一地区不同测点对比

选取石棉县新场村、紫马垮高精度地温点数据进行对比(图 7、图 8)。收集测点周围 50 km 半径范围内 2016 年 7 月 1 日—2017 年 6 月 30 日间的的活动情况,期间共发生 $M_L \geq 0$ 地震 627 次(图 9)。

由图 7、8 可知,2016 年 7 月 1 日—2017 年 6 月 30 日新场村、紫马垮地温点分别在不同时间出现了

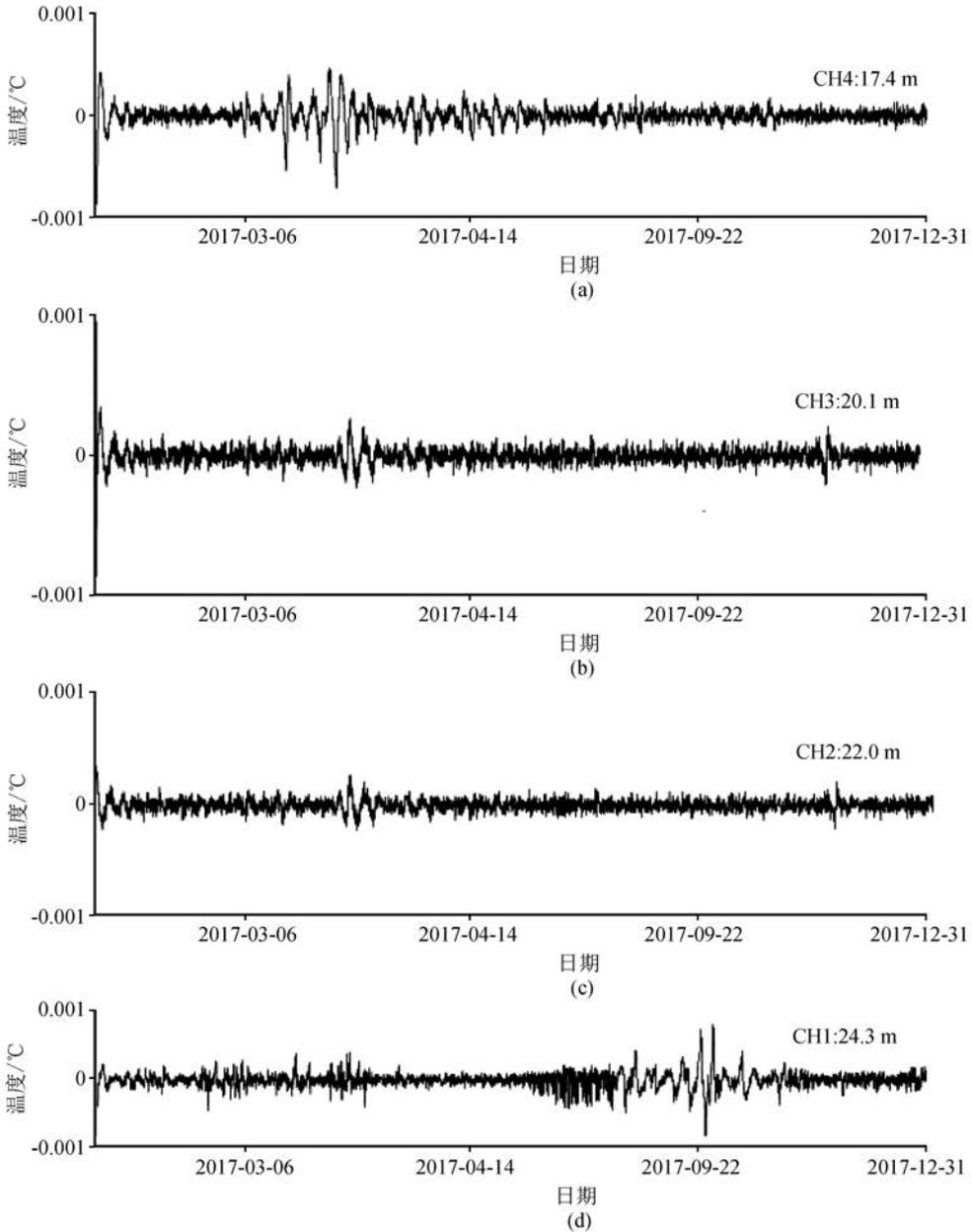


图4 宝兴灵关镇中层地温4探头数据处理对比图

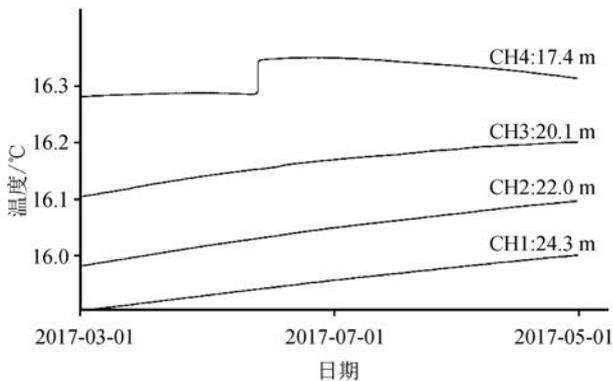


图5 灵关镇中层地温原始数据图
(2017-03-01—2017-04-30)

波动。紫马垮地温点在2016年9月20日—10月12日间有一个巨幅波动,地温曲线突跳;新场村地温点则在2017年2月7日—2月20日间异常波动。从图9中可以看出这两个时间节点地温台站附近出现了较为密集的小震,说明测点周围地质岩体出现了地质活动增强的迹象。2016年9月20日开始,小地震频次明显增多,最大震级为2.8级;2017年2月起,地震活动也呈现一个明显的活跃趋势,2月17、18、20日连续发生3次 $M_L 3.0$ 以上地震,最大为2月18日3.9级地震。说明地温的异常活动变化与地震活动增强(增多)存在对应关系。

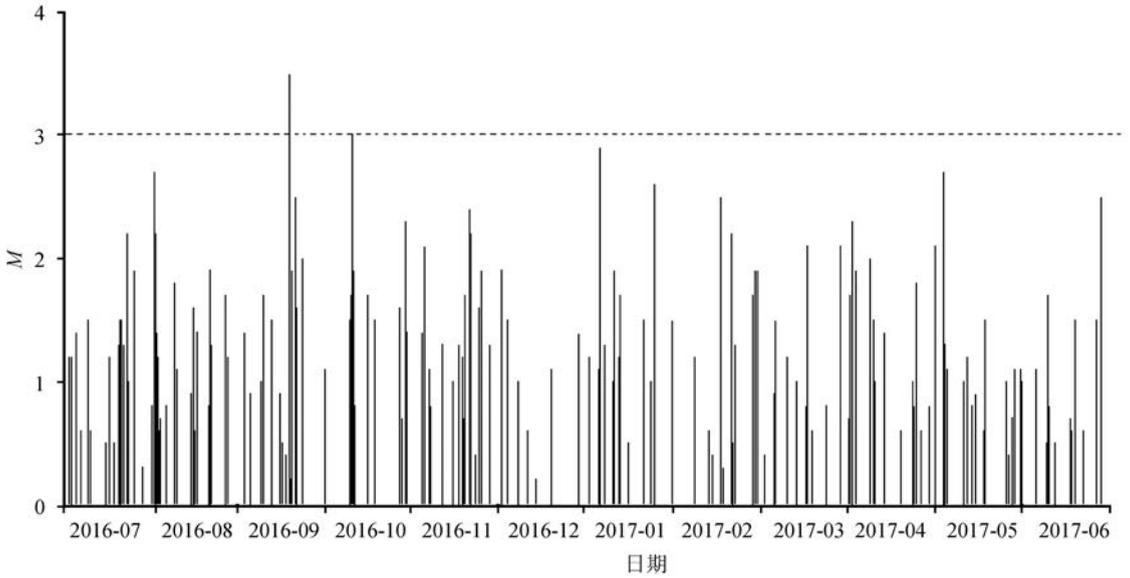


图 6 灵关地温点 30 km 半径范围内地震 M-T 图(2017 年)

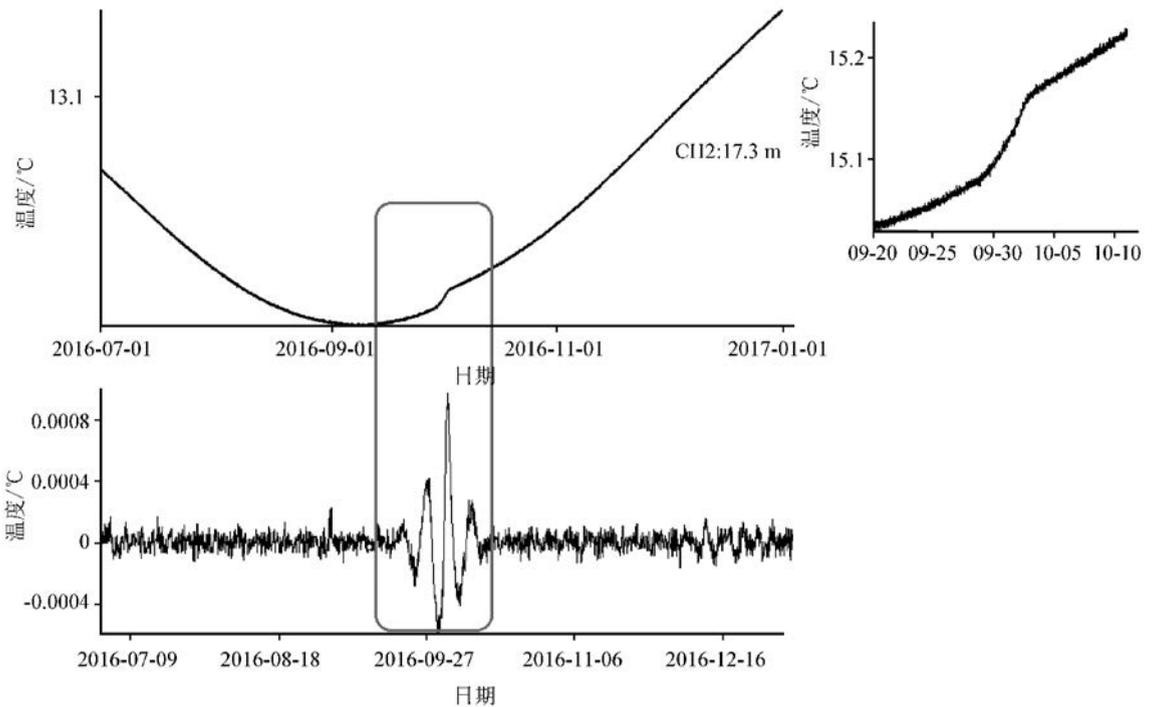


图 7 紫马垮地温点原始数据与处理数据后对比

3 结论

(1) 本文选取的宝兴灵关镇地温点、石棉县紫马垮地温点、新场村地温点均反映出当地温数据出现变化时,台站一定范围内的地震活动会有良好的对应关系,这也反映出局部地区构造活动出现增强的迹象。由此说明,通过高精度基岩地温观测可获得地震前兆异常信息。

(2) 不同测点的地温变化形式是不一样的,而

同测点不同探头深度温度变化也存在差异,因此观测点位置、观测探头深度的选取对于提高观测有效性具有不可忽视的影响。

致谢:衷心感谢陈立春研究员、郭安宁研究员、陈顺云副研究员、刘琼颖助理研究员对本次基岩地温观测项目提供全面的支持与帮助;同时感谢雅安市防震减灾局韩世康工程师、戈培峰工程师在撰写论文的过程中给予的宝贵建议意见。

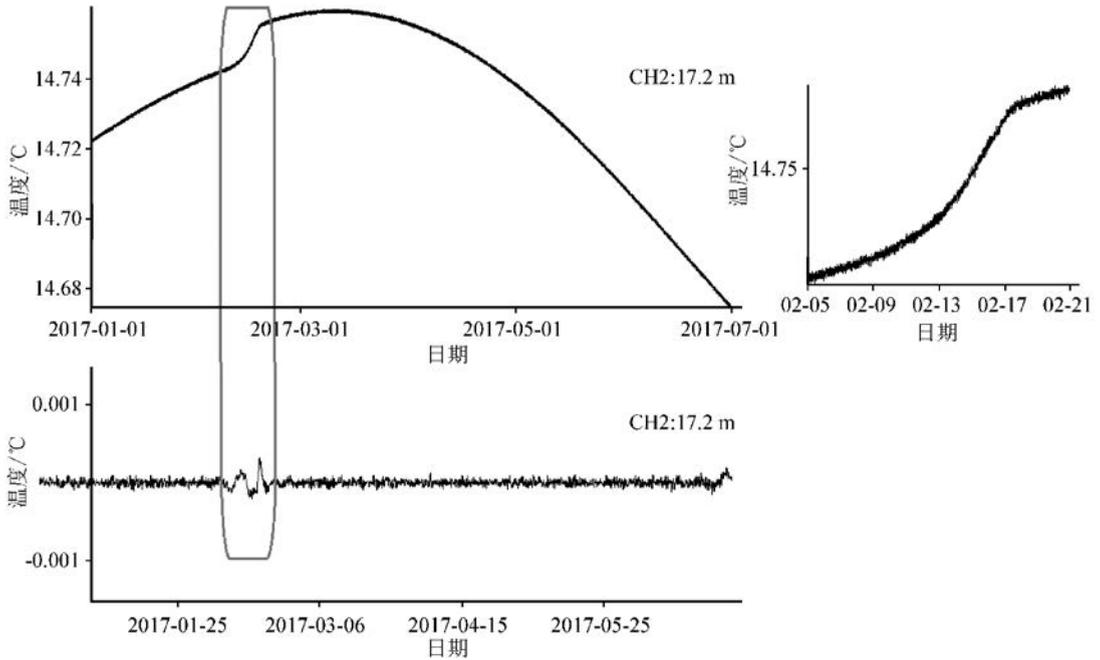


图8 新场村地温点原始数据与处理数据后对比

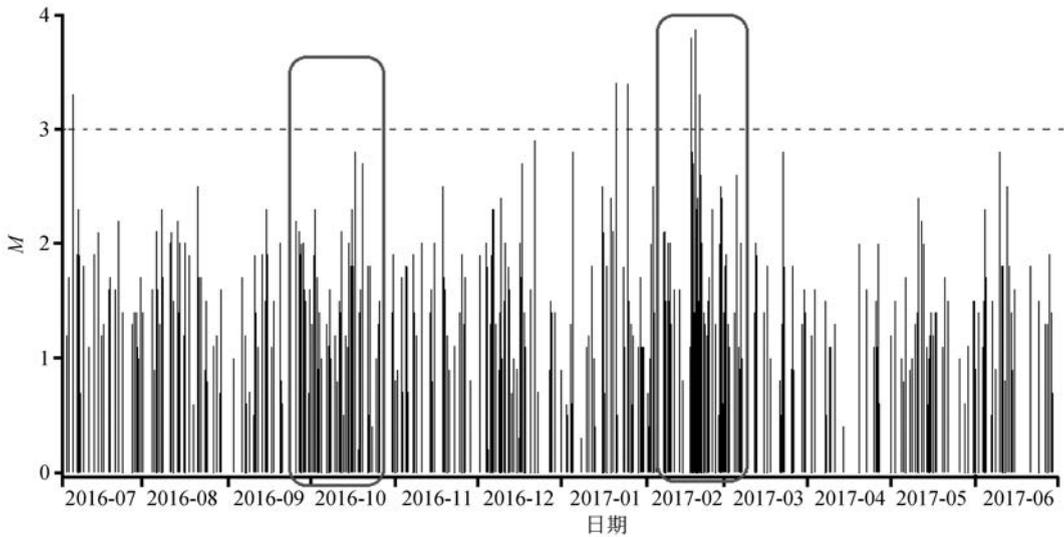


图9 新场村、紫马垮地温点 50 km 半径范围内地震 $M-T$ 图(2016年7月—2017年6月)

参考文献

- [1] 汤懋苍, 廖留峰, 郭维栋, 等. 中国大陆强震月季预测三步法和 2010 年实际预测检查[J]. 地球物理学进展, 2012, 27(3): 903-907.
- [2] 高晓清, 杨丽薇, 郭安宁, 等. 地震成因的外核对流顶托说[J]. 地震工程学报, 2016, 38(1): 1-7.

- [3] 陈顺云, 刘培洵, 刘力强, 等. 芦山地震前康定地温变化现象[J]. 地震地质, 2013, 35(3): 634-640.
- [4] 曾蒂, 陈立春, 陈顺云, 等. 2013 年芦山 $M_s 7.0$ 地震前基岩地温变化的再分析[J]. 地震地质, 2017, 39(5): 994-1006.
- [5] 张智河, 陈顺云, 刘培洵, 等. 热测应力的技术基础: 高精度多通道低功耗温度测量系统[J]. 地震地质, 2018, 40(2): 499-509.