

2016年11月10—11日
中国 南宁
10—11 November 2016
Nanning China

互联网+测绘地理信息

中国测绘地理信息学会学术年会论文集

Chinese Society for Surveying, Mapping and Geoinformation
Academic Annual Conference Proceedings

(2016)

中国测绘地理信息学会 编



测绘出版社

中国测绘地理信息学会学术年会论文集

Chinese Society for Surveying, Mapping and Geoinformation
Academic Annual Conference Proceedings

(2016)

中国测绘地理信息学会 编

测绘出版社

· 北京 ·

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

中国测绘地理信息学会学术年会论文集. 2016/中国测绘地理信息学会编. — 北京: 测绘出版社, 2016. 11
ISBN 978-7-5030-3992-8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 229697 号

责任编辑	赵福生	执行编辑	王佳嘉	封面设计	李 伟	责任校对	吴晓娟	责任印制	陈 超
出版发行	测绘出版社					电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号						010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045						010—68531363(编辑部)		
电子邮箱	smp@sinomaps.com					网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司					经 销	新华书店		
成品规格	210mm×297mm								
印 张	27					字 数	830 千字		
版 次	2016 年 11 月第 1 版					印 次	2016 年 11 月第 1 次印刷		
印 数	0001—1350					定 价	80.00 元		

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

编辑委员会名单

主任委员	杨元喜	院士	西安测绘研究所
副主任委员	李建成	院士	武汉大学
	张继贤	研究员	国家测绘产品质量检验测试中心
委 员	燕 琴	研究员	国家测绘地理信息局
	张 扬	教高	北京吉威时代软件股份有限公司
	赫建忠	编审	测绘出版社
	陈品祥	教高	北京市测绘设计研究院
	王 丹	教高	建设综合勘察研究设计院
	刘纪平	研究员	中国测绘科学研究院
	党亚民	研究员	中国测绘科学研究院
	孙 群	教授	信息工程大学
	孙中苗	研究员	西安测绘研究所
	张永生	教授	信息工程大学
	马振福	高工	中国测绘地理信息学会
	苏文英	高工	中国测绘地理信息学会

前 言

中国测绘地理信息学会 2016 年学术年会于 2016 年 11 月 10 日至 11 日在广西南宁市召开。年会围绕会议主题“互联网+测绘地理信息”,展现新形势下测绘地理信息发展的新动态、新理论、新方法、新技术,交流测绘地理信息为民生服务、推动经济社会发展等方面的经验,展现当代测绘地理信息技术及发展趋势。

在北京吉威时代软件股份有限公司的大力支持下,今年的“吉威时代杯”青年优秀论文评选活动得到顺利开展。围绕会议主题,在全国范围内征集优秀稿件,鼓励广大青年测绘地理信息工作者自主创新并积极参加学术交流活动。

今年的年会论文集共收录近 70 篇质量较高的论文,经过论文评审专家组认真、严格的评审,评选出优秀青年论文 18 篇。论文内容涵盖了大地测量与导航定位、地图制图与地理信息系统、工程测量与不动产测绘、摄影测量与遥感等方向。

现将论文汇编成学术年会论文集,由测绘出版社公开出版。由于时间仓促,难免有不妥之处,敬请读者批评指正!

目 录

大地测量与导航定位

最小二乘配置在川滇地区跨断层形变异常识别中的应用.....	贾 鹏,张 希,李瑞莎,唐红涛(3)
基于 BFGS-BP 神经网络方法混凝土大坝变形预测分析	李鑫龙,杨东旭,王 璐(10)
一种高精度数据处理方案在 CORS 站数据解算中的应用	曹炳强,成英燕,党亚民,许长辉,王 虎,万 军(15)
流动 GPS 地壳垂向形变监测的数据处理方法研究	梁洪宝,顾焕杰,王 友(20)
基于千里岩定标站的 Jason-2 和 Saral/AltiKa 测高绝对偏差结果	杨 磊,周兴华,朱 琳,杨 龙(27)
CORS 站数据解算中对流层映射函数影响分析	李晓光,程鹏飞,成英燕(34)
2012 年山东区域电离层时空变化研究	董正华,郭金运,刘智敏,张海平(39)
最小二乘配置在测线式海洋重力数据计算测线垂线偏差上的应用——局部协方差函数距离参数和先验噪声方差研究	王建波,郭金运(46)
低轨卫星精密轨道确定方法研究	闫志闯,楼 楠,张毓琴(56)
2006—2015 年间环太平洋地震带 M7.0+地震前电离层异常扰动分析	李 旺,岳建平,郭金运(61)
长距离精密三角高程测量研究	马晓云,周 荣(69)
非差方法在 GLONASS 卫星精密轨道确定中的应用	任 锴,李 婧,苗岳旺,张英利(75)
基于“陆态网络”的中国大陆速度场模型建立方法研究及其精度评估	于 亮,朱 璇,张英利,谢 方(79)
利用滑动 PCA 探测 2015 年尼泊尔地震震前 TEC 异常	邹 斌,常晓涛,郭金运,朱广彬,李 旺(85)
BDS/GPS 中长基线精密相对定位模型及精度分析	苗岳旺,李 军,朱 璇,刘 帅(93)
提高获取高分辨率重力场长波方法研究	荣 敏(98)
GPS/SLR/VLBI 技术在检测固体地球半径变化中的应用研究	田 亮,赵德军,姜鹏远(104)
K 均值聚类自适应算法在人员定位系统零速检测中的应用	孙 伟,丁 伟(109)
基于 CG-5 相对重力仪观测数据的固体潮提取	于红娟,郭金运,沈 毅,王建波(117)
基于神经网络模型和 ARMA 模型预报电离层总电子含量	李忠财,龙 华,黄庭睿(128)
基于 CORS 的区域电离层建模及其在 PPP 中的应用	范昆飞,黄名华,孔 建(132)
多系统精密单点定位及 GPS 模糊度固定	陈泉余,梁焕青(137)
Jason-2 近海海面高的最优高斯低通滤波半径选择	柯宝贵,李兴桥(145)
利用单站 GPS 测速信息进行地震监测	张益泽,陈俊平,王解先(151)
基于 Holt-Winters 的电离层总电子含量预报	黄良珂,吴丕团,陈 军,谢劲峰,秦旭元,刘立龙(156)
基于 Holt 指数平滑模型的 Klobuchar 模型精化研究	陈 军,刘立龙,黄良珂,吴丕团,秦旭元(161)
基于 GPS 信噪比反演海平面高度研究	封海洋,刘立龙,陈伟清,吴丕团,陈香萍,陈 军(166)
利用 Gauss-Listing 经典大地水准面定义进行地球重力场模型评价	丁 剑,许厚泽,章传银(173)
全国测量标志现状调查分析	王孝青,王永尚,张 鹏,孙占义(180)

地图制图与地理信息系统

Python 在 AVHRR 植被数据可视化处理中的应用	梁昊鸣,曹学诚,陈胤旋(189)
------------------------------------	------------------

海图的历史及其启示·····	王 昭(194)
地理网络结构的归一化拉普拉斯谱分析方法·····	黄金彩,李海峰,邓 敏,赵 斌(199)
一种基于坡度分区滤波的 DEM 转换等高线方法·····	赵学松,吴君峰(208)
基于地理信息服务的社区智慧管理系统设计与实现·····	杨娜娜,宋彦涛,李春光(214)
一种快速配置地形图说明性注记的方法·····	汶建龙,姬 炜,张兴伦,荣元博(219)
大数据驱动下的智慧房产全生命周期管理研究·····	李东阳,王少伟,张忠胜(224)
基于集群和网络附加存储的地图缓存生成方法与实现·····	李 扬,赵 丹,任培祥(229)
基于地理国情普查成果数据的基础地理信息增量更新方法研究·····	程立君,王德冬,刘中秋,宋清泉(237)
显著时空级联模式挖掘方法·····	陈袁芳,蔡建南,刘启亮,邓 敏(242)
显著局部空间同位模式自动探测方法·····	蔡建南,刘启亮,何占军,熊强强,邓 敏(251)
基于众源地理空间数据的城市热点探测研究·····	滕巧爽,孙尚宇,秘金钟(262)

工程测量与不动产测绘

三维激光扫描技术在灾害抢险中的应用比较研究·····	孙振勇,马耀昌,张 燕(273)
多维时间序列分析在地铁位移监测中的应用研究·····	胡玉祥(278)
基于小波变换的建筑物抗浮失效事故变形监测的应用研究·····	李 鹏(289)
基于点云的罐体容积计算方法·····	孙文满(293)

摄影测量与遥感

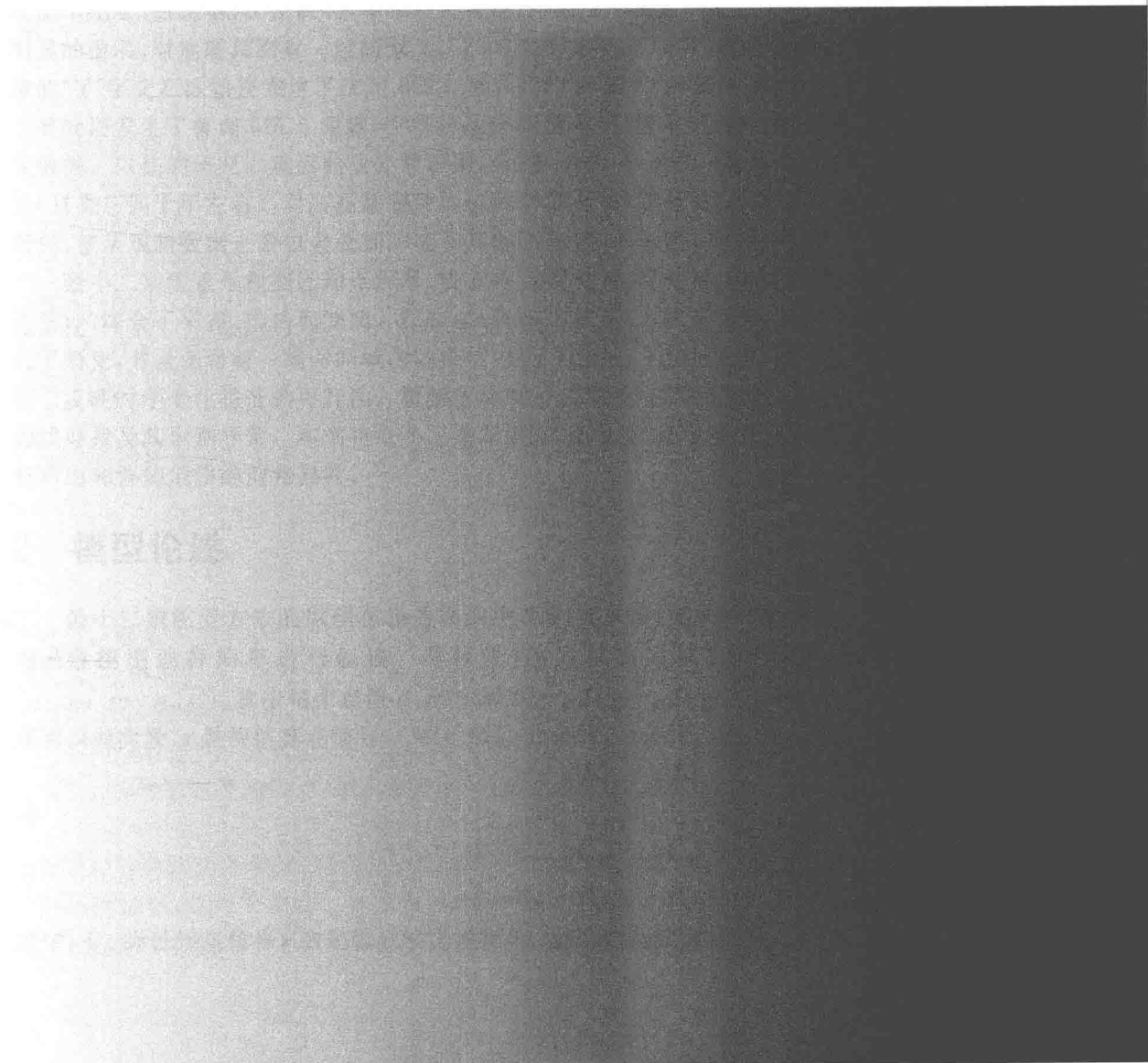
基于 DOM 和地理国情普查成果的林地资源变化监测技术研究·····	周玉刚,朱晓东,王 银,于 佳(301)
基于概率积分法沉陷预计的 SAR 差分干涉测量矿区地表沉陷监测·····	刁鑫鹏,周大伟,曾繁轩(306)
浅谈无人机倾斜摄影三维建模解决方案·····	黄敏儿,南 胜,周兴华,唐远彬(313)
遥感地表温度反演与土地分类的土地热效应关联研究·····	廖永生(317)
辽西北土地沙化遥感监测方法研究及应用·····	张楠楠(324)
自然生态空间监测成果形式研究与探索·····	周 泉,古一鸣,周 墨(328)
结合 TLS 强度数据与几何数据的地铁隧道渗水检测·····	谭 凯,程效军,琚俏俏(332)
一种地面倾斜摄影多视相机的设计方案及实验·····	李 翔,全昌文,冯一军(341)
拓普康影像全站仪的应用与开发·····	韩 丹(345)
多视倾斜影像定位定姿方法研究·····	王 卿(350)
航天线阵传感器高精度间接对地定位方法研究·····	杨韫澜,胡海彦,张朝阳,潘思宇(354)
大比例尺地形图外业检查软件的研究与实现·····	杨海关,李厚洪,刘 兆(364)
自然生态空间监测服务模式研究·····	周 墨,古一鸣,周 泉(368)
无人机红外影像点特征提取算法对比·····	梁焕青,陈泉余(373)
无人机航摄技术在露天矿山储量动态监测中的应用·····	谢 意,潘正潮(379)
MODIS 数据动态阈值云检测方法研究·····	韦 晶,孙 林,周雪莹,甘 平,杨以坤,夹尚丰,刘方伟(384)
新疆北部天然植被变化信息提取及与矿业活动的关联度分析·····	周雪莹,孙 林,李秀瑞,吴 桐,韦 晶,王 权(396)
遥感影像时空融合的螺旋型降尺度方法·····	刘博宇,陈 军,武 昊,张委伟,张 俊,邢华桥,张宇硕(408)
高性能影像处理系统在农村土地经营权确权基础图件生产中的应用·····	吕华权,郭小玉(417)
数字相机校准中转台测角精度的改进与提高·····	曹宗伟,邹勇平,杜沛远(422)

大地测量与导航定位

地图制图与地理信息系统

工程测量与不动产测绘

摄影测量与遥感



最小二乘配置在川滇地区跨断层形变异常识别中的应用

贾 鹏, 张 希, 李瑞莎, 唐红涛

(中国地震局第二监测中心, 陕西 西安 710054)

摘 要: 本文将最小二乘配置方法的高斯型经验协方差函数模型应用于区域跨断层形变曲线的异常辅助识别。通过川滇地区跨断层形变对芦山 7.0 级、康定 6.3 级、鲁甸 6.5 级等地震的前兆异常判定曲线, 说明最小二乘配置内插拟合可以进行区域跨断层水准形变曲线的趋势模拟和辅助查找区间异常特征, 对于跨断层形变曲线异常识别有一定意义。

关键词: 最小二乘配置; 川滇地区; 跨断层形变; 拟合; 前兆异常

1 引 言

川滇地区位于南北地震带中南段, 拥有鲜水河断裂带、龙门山断裂带、安宁河断裂带、红河断裂带、小江断裂带等, 跨断层形变场地主要布设在这些大小断裂上, 对整个川滇地区的断裂活动有很好监测作用。根据车兆宏、吕戈培、江在森、苏琴等研究发现, 跨断层形变监测对强震中短期(即数月至 1 年左右)前兆有明显的显示, 对地震预测有一定的意义。2008 年和 2013 年在鲜水河断裂带、龙门山断裂带与安宁河断裂带的“Y”字交汇区接连发生了汶川 M8.0 和芦山 M7.0 强震, 2014 年发生了康定 M6.3 地震, 并且在川滇交界处还发生了鲁甸 M6.5 地震, 所幸的是分布在川滇地区断裂带上的跨断层场地测量记录到了相关形变数据。以往的研究以观测曲线异常识别, 寻找加速、转折、突跳等直观异常为主, 由于实际监测时间并不长(只有三四十年左右), 对所在断裂带构造活动总体趋势特征及其动态变化, 包括突跳、加速、转折等异常指标, 仅从观测数据上看也会受到环境和其他因素的影响, 不好直接判定。

最小二乘配置是根据已知点信号、协方差及其与待估算点的协方差关系而获得的待估算点的无偏最优估计, 综合了平差、推估和滤波。江在森、张希对该方法进行过深入的研究和探讨, 将协方差经验函数进行了简化, 并且张希将一维时间域内的推估内插进行了验证, 武艳强等将其用于 GPS 连续站资料分析、验证了反映时序变化特征的可行性。贾鹏等将时域最小二乘配置的拟合和外推也应用到定点形变观测特征曲线寻找及其识别异常。本文将最小二乘配置的拟合应用至跨断层形变测线中, 辅助寻找识别震前尤其是芦山和鲁甸地震的前兆异常。

2 模型论述

最小二乘配置方法的原理在相关文献中都进行过相关的探讨和论证, 也对所选取高斯型经验协方差函数模型选择简单进行叙述。即假设待内插区域有 m_0 个已知点观测(或计算)值, 设 $L = [g_1 \ g_2 \ \cdots \ g_{m_0}]^T$, 其中每个点值 g_i 的中误差值为 m_{g_i} ($i=1, 2, \cdots, m_0$)。 t 为要滤波的已知点信号, n 为观测误差向量, s 是待估算点信号, t 和 n 都是中心分布的。那么最小二乘配置的基本方程为

$$L = t + n \quad (1)$$

则

$$\hat{t} = C_{tt} (C_{tt} + C_{nn})^{-1} L \quad (2)$$

$$\hat{s} = C_{st} (C_{tt} + C_{nn})^{-1} L \quad (3)$$

式中, C_{tt} 为已知点信号 t 的先验自协方差矩阵, C_{nn} 为观测误差向量的自协方差矩阵, C_{st} 为待估算点信号

与已测点信号 t 之间的协方差矩阵。经推算的 $\hat{t}, \hat{s}$ 的协方差矩阵为

$$C_{\hat{t}\hat{t}} = C_{tt} - C_{tt}(C_{tt} + C_{nn})^{-1}C_{tt} \quad (4)$$

$$C_{\hat{s}\hat{s}} = C_{ss} - C_{st}(C_{tt} + C_{nn})^{-1}C_{ts} \quad (5)$$

将某一坐标为 (x, y) 的待估算点的值表示为 g , 而用 $c(a, b)$ 表示变量 a, b 间协方差, 于是得到

$$g = (c(g, g_1), c(g, g_2), \dots, c(g, g_{m_0})) (C_{tt} + C_{nn})^{-1} L \quad (6)$$

上述各式中, C_{tt}, C_{nn} 均根据同一个高斯型经验协方差函数 $f(d) = f(0)e^{-k^2 d^2}$ 确定。式中, d 为两点间距离, k 为待定参数。其中, 假设 C_{nn} 为对角元素相等的对角矩阵, 此对角元记为 $f_r(0) = \frac{1}{m_0} \sum_{j=1}^{m_0} m g_j^2$, 而

$$f_L(0) = \frac{1}{m_0} \sum_{j=1}^{m_0} g_j^2, \text{ 于是 } f(0) = f_L(0) - f_r(0)。$$

为保证 $f(0) > 0$, 定义 $f_r(0) = \alpha \cdot f_L(0)$, $0 < \alpha \leq 0.2$, 令 $\alpha > 0$ 意为必须滤波。

确定参数是最小二乘配置实现的关键, 但一般情况下很难得到可靠性较好的协方差图形, 故根据具体地区测点分布情况来确定参数 k , 即首先确定拟合量在整个区域的相关距离 S (即超出这一距离, 则点间协方差值接近于零), 而参数

$$k = \min_{k'} \{ e^{-k'^2 S^2} \leq 10^{-3} \} \quad (7)$$

设 $d_{ij} (i, j = 1, 2, \dots, m_0)$ 为任两点间距离, 而

$$d_{\min} = \min_i (\min_j d_{ij}), \bar{d} = \frac{1}{m_0} \sum_{i=1}^{m_0} \{ \min_j d_{ij} \}, d_{\max} = \max_i (\min_j d_{ij}), D_{\max} = \max_i (\max_j d_{ij})$$

分别定义为最小相邻点距、平均相邻点距、最大相邻点距、最大点距。可取

$$S \in (\max(1, 2d_{\max}, 4\bar{d}, 0.2D_{\max}), \max(1, 5d_{\max}, 4\bar{d}, 0.25D_{\max})) \quad (8)$$

且

$$S \leq 0.5D_{\max} \quad (9)$$

在相关文献中笔者已经对模型的参数 k 进行了探讨和确定, 本文根据式(7) ~ 式(9), 使用程序自动计算缺省值为参数 k 值。在此选取了(由于篇幅有限)四个川滇的跨断层场地测段, 虚墟、汤家坪、龙灯坝三个基线场地和尔乌水准场地如图 1 所示, 其中虚墟和龙灯坝场地在鲜水河断裂上, 汤家坪场地在则木河断裂上, 尔乌水准场地在安宁河断裂上(图 1 中断层箭头所指为上盘, 其他图或文字中箭头所指也为上盘)。对于所选的场地以初次测得两基线 L (水准 H) 点距(高)差为初始值记为 0, 利用第 n 期测得高差值与初始高差值之差作为第 n 期累积形变 ΔL (ΔH) 为纵轴, 横轴为时间, 获得跨断层基线 L (水准 H) 点的动态变化曲线。一般对于断层来讲, 不同性质的活动断层在理想状况下 ΔL 和 ΔH 随时间推移基本持续增加或减少, 但是考虑到实际因素的影响, 如气温、降雨、人为干扰、测量误差以及地震等, ΔL 和 ΔH 并非持续增加或减少, 而是在一定范围内出现波动和折返。排除这些干扰后所获取的波动和折返的单期或多期变化异常形态则是我们所需要的。

3 区域跨断层测段实例应用

南北地震带南段的川滇地区, 主要以鲜水河断裂为主, 在 2013 年 4 月 20 日芦山 M7.0 地震前数月出现了多个场地异常, 包括侏倭、虚墟、龙灯坝等基线场地, 以大幅压缩、压性变化为主, 震后转折、呈恢复减弱迹象。如图 2 所示, 跨断层短基线虚墟 ($B \leftarrow A$) 测段数据获得始于 1981 年, 整体趋势在 2012 年前主要以拉张上行为主, 这期间有小幅上下波动变化。从整体上看在 2013 年芦山地震前一年有比较明显的大幅快速压缩变化, 异常较为明显。在 2013 年 9 月前后, 该基线再次连续压缩, 在其恢复过程中发生了康定 M6.3 地震。

如图 3 所示, 通过最小二乘配置的拟合计算, 该场地 $B \leftarrow A$ 测段 30 多年的趋势特征被很好地拟合出来, 拟合趋势与原测段观测曲线相比, 实际观测曲线 2013 年快速压缩明显。如图 4 所示, 通过绝对值与 2 倍均方差残差可以看出, 芦山地震前的曲线趋势异常与拟合值差值很大, 可以确定为异常变化; 在

2013 年年底前,拟合值残差部分同样小幅超过了 2 倍均方差,这部分异常变化同样能反映出 2014 年康定地震的前期应变积累异常。

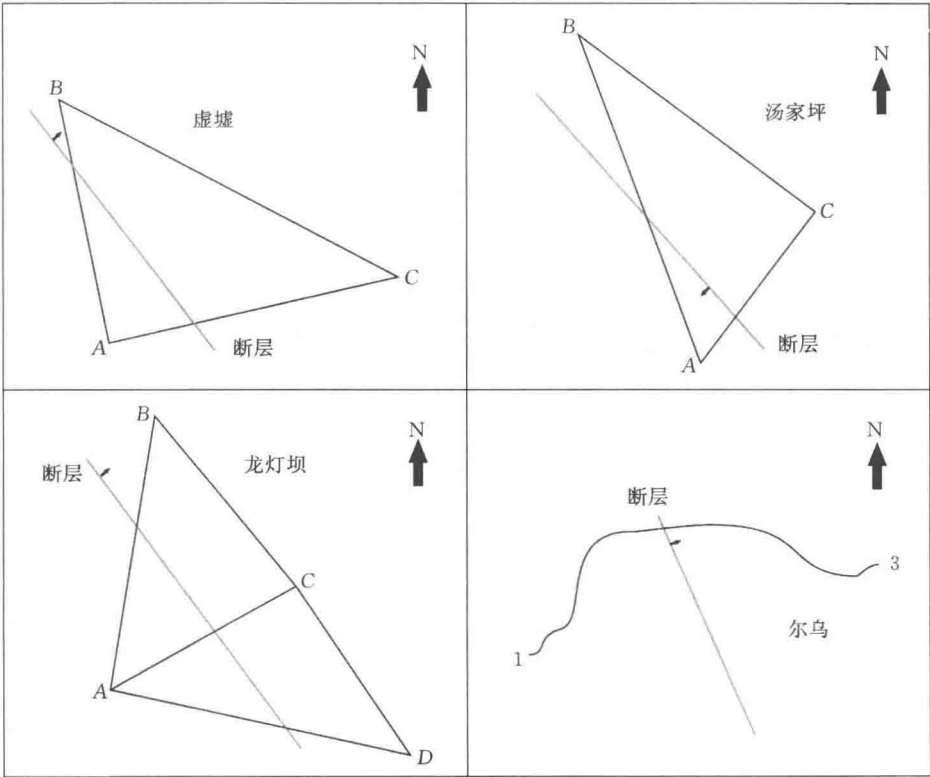


图 1 选取测段跨断层形变场地

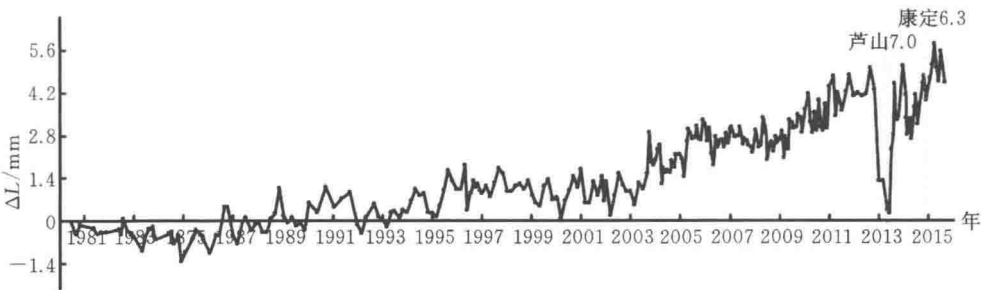


图 2 跨断层基线场地虚墟 (B ← A) 测段变化曲线

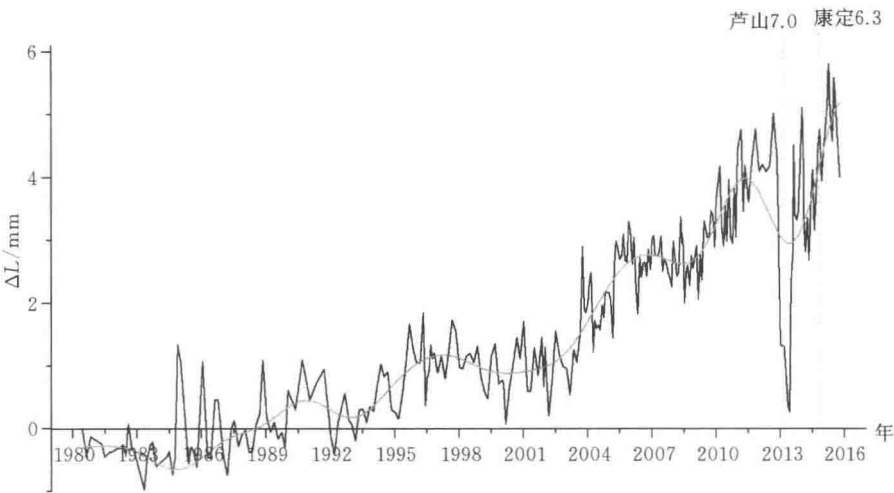


图 3 跨断层基线场地虚墟 (B ← A) 测段原曲线与拟合值对比

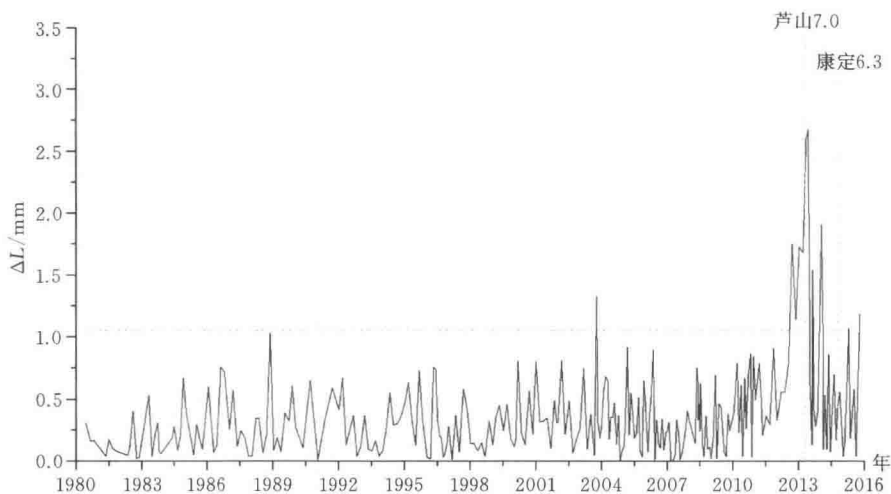


图4 跨断层基线场地虚墟(B ← A)测段绝对值差异曲线及二倍均方差

龙灯坝场地(D ← A)基线与虚墟场地相隔不远,属鲜水河断裂中北段,从1984年对龙灯坝场地观测开始,至今已连续观测了31年,累计观测数据240多期。如图5所示,该基线也在芦山地震前一年出现了大幅的压缩变化,不同的是该测线整体年变幅度波动较大,2000年、2003年以及芦山地震恢复后也出现过较大的压缩变化,该场地距离康定地震较近。但仅从原始曲线看,除了芦山地震前压缩极为明显外,2000年、2003年以及2013年年末的异常变化都是存在的,本文利用最小二乘配置进行拟合看是否对应为异常情况。

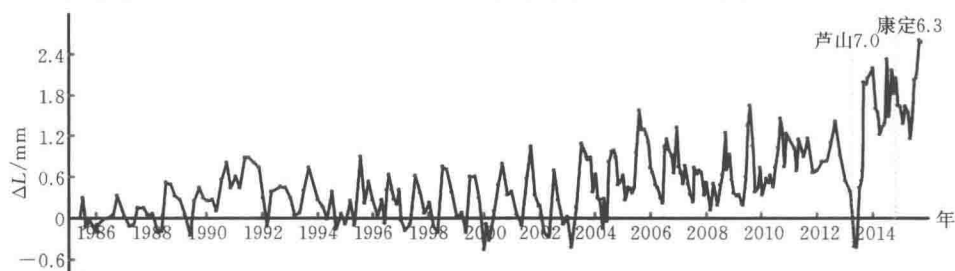


图5 跨断层短基线场地龙灯坝(D ← A)测段变化曲线

如图6所示,曲线即为最小二乘配置拟合的结果,整体趋势平稳,2004年趋势由平转折拉张,2013年芦山地震后的趋势上行加速,在芦山地震前出现明显的趋势差异,异常明显。如图7所示,拟合值和原始值之差也超过2倍均方差幅度。2002年、2006年有小段变化差异超过2倍方差,但是幅度非常小;2009年小幅度的超出而2倍方差异常存在,不能是排除汶川地震后调整的影响;此外2013年年末的一段超出2倍均方差的异常,即在芦山地震后,基线恢复后的转折压缩,时间段上比2009年长,应为康定地震前的应变积累所致。

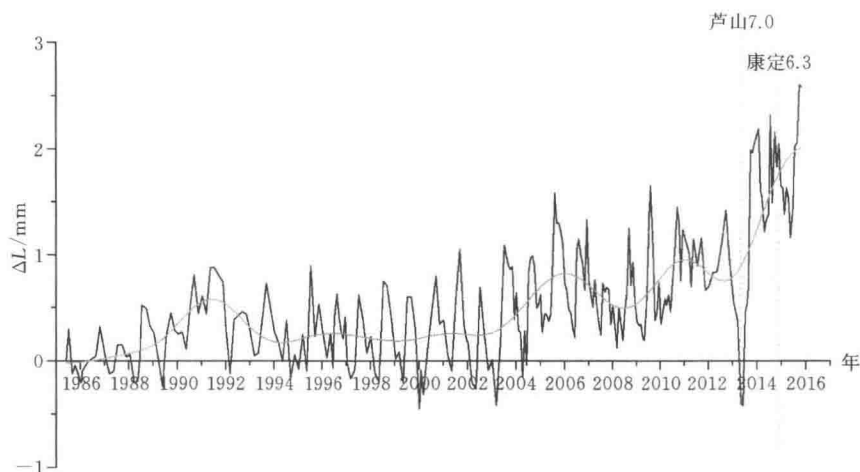


图6 跨断层基线场地龙灯坝(D ← A)测段原曲线与拟合值对比

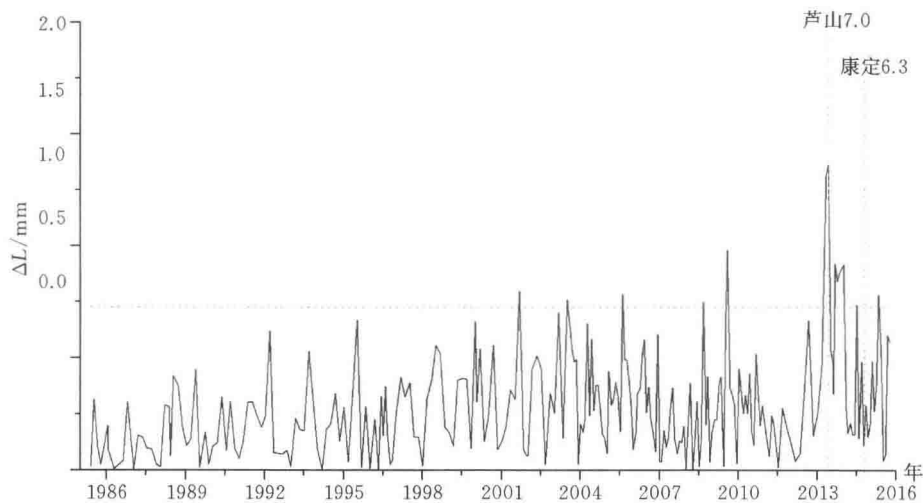


图 7 跨断层基线场地龙灯坝 (D ← A) 测段绝对值差异曲线及 2 倍均方差

位于则木河断裂上的汤家坪与鲜水河断裂的上面两处场地不同,在 2010 年以来持续正断、拉张加速。2013 年后再次拉张,2014 年转平下行,鲁甸地震后转折。单看测段原基线整体趋势变化波动较为繁杂,如图 8 所示。

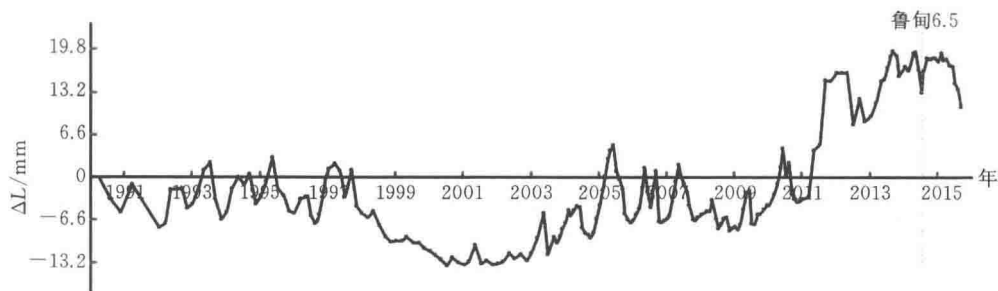


图 8 跨断层短基线场地汤家坪 (B ← A) 测段变化曲线

利用最小二乘配置拟合后,如图 9 所示,曲线显示出汤家坪场地基线变化趋势。2010 年以前该场地基线以压缩为主,而 2010—2014 年鲁甸地震前出现了大幅的拉张变化,鲁甸地震后趋势转折。如图 10 所示,从 2 倍均方差差异曲线来看,2010—2012 年比较集中。而 2005 年年初也出现了比较大的差异,不能排除与 2004 年 12 月 26 日印尼 M8.9 级强震的影响有一定关系。

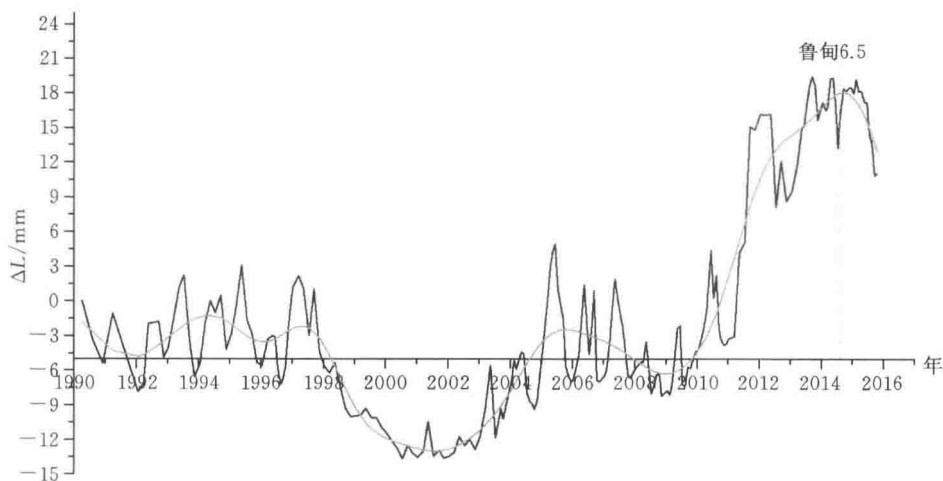


图 9 跨断层基线场地汤家坪 (B ← A) 测段原曲线与拟合值对比

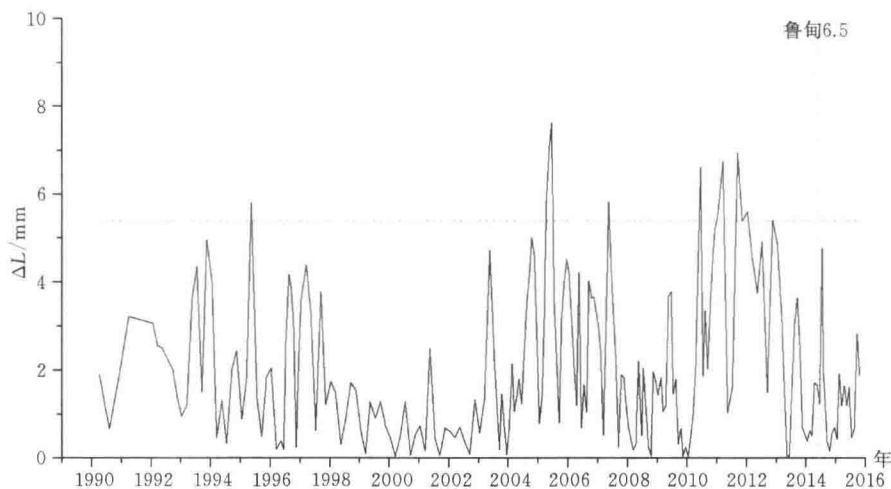


图 10 跨断层基线场地汤家坪 (B ← A) 测段绝对值差异曲线及 2 倍均方差

然而,对于跨断层形变来说,测段曲线异常变化复杂,例如,位于安宁河与则木河断裂交汇中段的尔乌水准场地(3←1)测段,在汶川地震前后有拉张后的压缩变化,在芦山地震前也有一段时期的快速拉张变化,如图 11 所示。笔者利用最小二乘配置拟合和残差看是否在震前与震后有比较明显的趋势差异。

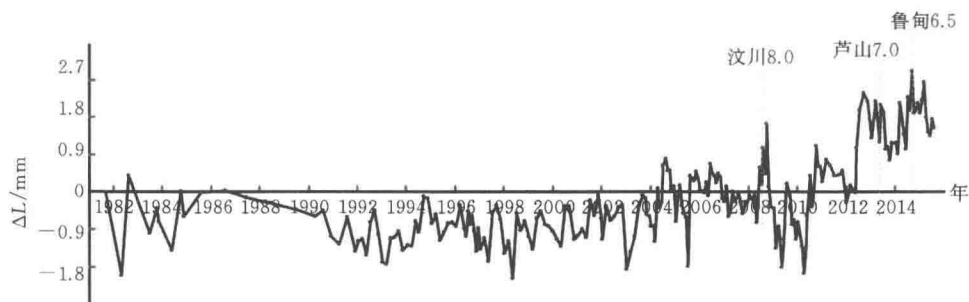


图 11 跨断层短水准场地尔乌(3←1)测段变化曲线

如图 12 和图 13 所示,通过最小二乘配置拟合该测段的整体趋势可以看出,在汶川地震后,2010 年开始整个尔乌水准(3←1)测段是一个拉张的过程,有一个较为明显的趋势性异常,原观测曲线与拟合的 2 倍均方差差异比较大的也是 2010—2012 年这一段。另外,尔乌水准场地距离芦山地震和鲁甸地震的震中距都不算近,芦山和鲁甸地震后并未恢复到 2010 年前的原有趋势,鉴于截至本稿前该场地的异常趋势依然存在,笔者认为不能排除是对应其他前兆异常信号,是否能够进一步的确定是其他地震的前兆异常,要根据未来的监测数据和实际场地情况乃至结合其他测震手段综合而定。

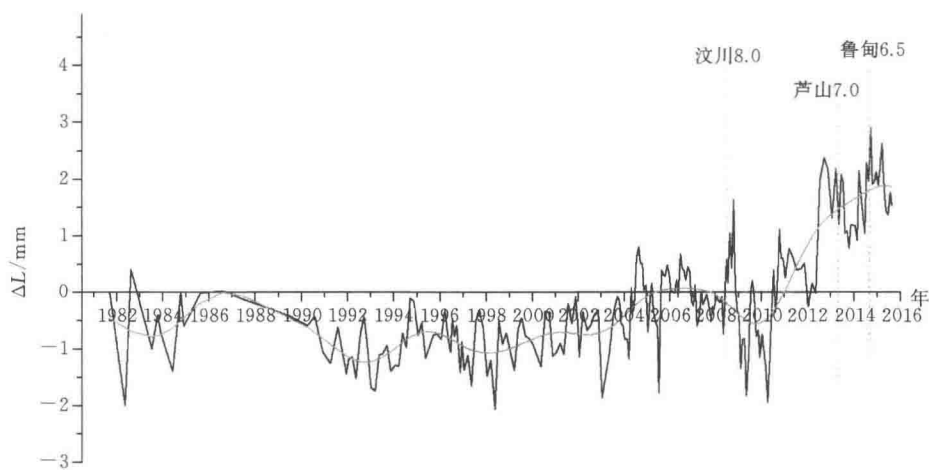


图 12 跨断层短水准场地尔乌(3←1)测段原曲线与拟合值对比

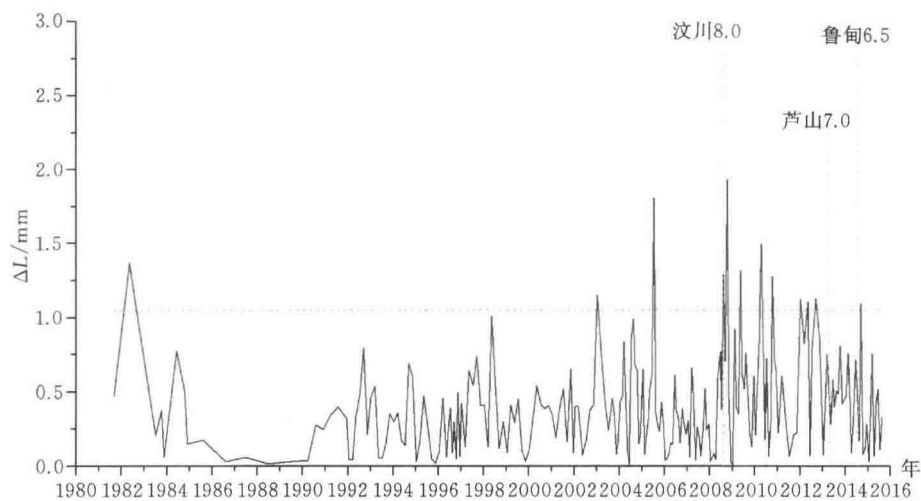


图 13 跨断层短水准场地尔乌(3←1)测段绝对值差异曲线及二倍均方差

由于篇幅有限,笔者也对川滇地区的其他场地进行了计算拟合,总体效果良好。因此,利用最小二乘配置拟合能够检验跨断层形变偏离已有数学模型所能描述的部分信息,对辅助判定区域跨断层形变前兆异常有一定的意义。

4 结束语

笔者尝试利用最小二乘配置进行区域跨断层形变曲线特征模拟和寻找异常特征,通过内插区域内所有已知点的相关性,反映其随时间变化的趋势性。川滇地区断层形变复杂,同一条断层不同地震的孕震、发震机理甚至远距离超强大震的影响都会给前兆异常查找和识别带来很大困难,很多时候还是一种经验和探索。例如,芦山地震前鲜水河北段短期异常十分突出,而地震却发生在高应力积累的形变闭锁区的龙门山断裂带;同样是龙门山断裂带上相近的汶川和芦山两个大震,前者没有明显异常前兆而后者却有。通过滤波和拟合可以较好地反映曲线周期,可以根据该场地的周期和短时变化偏离数学模型的部分辅助识别异常。

参考文献:(略)

作者简介:贾鹏,男,1985年生,工程师,主要从事地壳形变研究与地震预报工作。E-mail:45097027@qq.com

基于 BFGS-BP 神经网络方法混凝土大坝变形预测分析

李鑫龙, 杨东旭, 王 璐

(中水东北勘测设计研究有限责任公司, 吉林 长春 130026)

摘 要:大坝变形区间预报是大坝安全监测系统中重要的组成部分,是对大坝结构形态与安全状况最直观和有效的反映。根据两江水电站雪山湖大坝多年的变形观测数据,本文提出一种基于 BFGS-BP 神经网络预测大坝变形的模型方法,利用多年监测的库水位、温度、气压等环境资料,实现了混凝土大坝的变形预测分析。分析结果表明,与传统的统计方法比较,预测精度和收敛速度得到了明显提高。本文的研究对大坝工作状态、安全管理工作起到了重要的意义。

关键词:BFGS-BP 人工神经网络;混凝土大坝;大坝变形

1 引 言

大坝变形监测预报工作是大坝安全监测系统中的重要组成部分,对大坝安全运行和辅助决策具有重要作用。大坝变形观测会得到大量数据,为了解大坝的变形规律,实现大坝变形情况预报分析,需要对此类数据进行科学的处理分析。近年来,许多专家学者对大坝位移预报工作做了深入探索研究,卢骏等应用变系数回归分析方法提高了大坝变形预测精度;宋志宇等应用最小二乘向量机方法解决了大坝变形大规模数据建模的难题;徐培亮应用时间序列方法也对大坝变形进行了研究预报;王新洲等提出了基于小波变换的大坝变形预测方法。这些经典的方法对于解决大坝变形预报起到了重要的作用,但此类方法也存在自身的缺陷与不足。时间序列预测方法对大坝变形数据的等时性与稳定性有极高需求,并且对明显影响坝体变形的一些因子无法全部兼容;回归分析模型需要建立复杂的数学模型,当方程组出线异常时,回归方法准确性开始降低。因此选择一种合适的数学模型来近似的描述动态的观测数据变化,达到控制与预报的大坝变形目的。

人工神经网络是基于模仿大脑神经网络结构和功能而建立的一种信息处理系统,作为新兴的一项技术手段,已经在参数反演、电力载荷与变形预测等研究中得到了广泛的应用。与传统的基于回归模型或基于时间序列大坝位移监测系统相比,人工神经网络方法无须假设输入变量与输出变量复杂的相关联系。人工神经网络是人工建立的以有向图为拓扑结构的动态系统,通过对连续或间断的输入作状态相应而进行数据信息处理。

2 工程概述与数据来源

两江水电站雪山湖大坝位于二道松花江干流上,在二道松花江与福尔河汇合口 18 km 处。工程属于二等大型工程,由混凝土面板堆石坝、右岸泄洪(兼导流)隧洞、左岸岸边开敞式溢洪道、发电引水隧洞及厂房、升压变电站等组成,最大坝高 56.6 m,坝顶长度 270.0 m 左右,坝顶宽 6.0 m,面板顶高程 545.35 m;上游坝坡 1:1.4,下游坝坡 1:1.3,坝顶高程为 547.40 m,防浪墙顶高程为 548.60 m(加高后)。两江水电站总装机容量 60 MW,主要以发电为主,兼顾灌溉、防洪等综合利用。

为监测大坝表明水平位移,共设 6 条纵向测线 34 个测点,如图 1 所示。其中迎水坡混凝土面板上布设 2 条、坝顶 1 条、背水坡 3 条,纵向测点高程分别为 521 m、531 m、545 m、532 m、522 m 及 509 m(自上游