

鲜水河断裂带垂直形变资料初析*

吴子安

摘 要

本文着重对多震区垂直形变模式的建立方法进行了探讨。讨论中注意了地震对地面点形变的影响,考虑了沿断层布设点在地震发生时刻突变位移的处理。通过对实测网的分析,对多震区垂直形变监测网的布设与资料处理提出了若干建议。

【关键词】 形变模型; 突变位移; 样条函数

1 鲜水河断裂带的垂直形变资料情况

自1973年炉霍大震以后,在鲜水河断裂带及其两侧完成了4 334公里的精密水准测量,布设了12处跨断层短水准场地。

鲜水河区域水准网是由三个环线组成的,其略图如图1所示。到目前为止,仅有三期完整的环线水准资料。第一期中有二段(l_1 及 l_2)是二等水准测定高差,其余的高差及第二、三期高差均按一等要求施测。第一期资料是由1965、1973、1978、1979及1980年施测的几段拼接而成的。第二期高差在道孚1981年元月6.9级地震后于1981年2月到1982年9月所测,第三期资料为1986年8月到1987年9月所测。水准网三环线总长1 333公里。

跨断层短水准场地共12处,图2给出了部分场地的分布与场地布设示意图。短水准采用每年2—6期的流动观测,对某些场地在地震后曾进行过每天一次的连续观测。部分观测场地高差观测时间如表1所示

表 1

地 名	侏 倭	虚 墟	虾 拉 沱	道 孚	沟 普	老 乾 宁
水准线路	CA	AC	A' C'	AC	A' C'	WE BA AC
观 测	80.4	73.2	80.5	73.2	76.6	72.6 81.2 83.5
间 时	~85.8	~83.6	~85.8	~85.11	~83.6	~85.8 ~84.8 ~85.8 ~85.9

收稿日期: 1990-08-04

* 震联基金 87.074

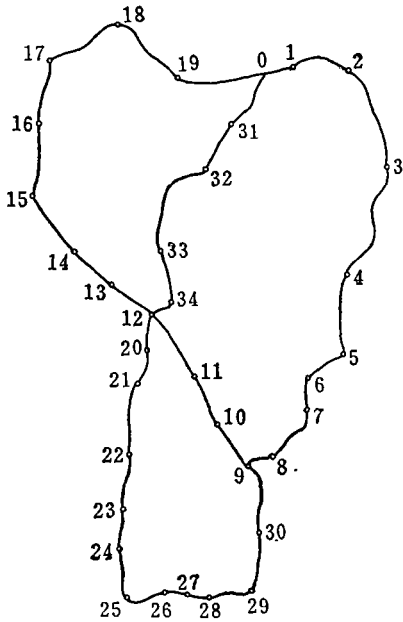


图1 鲜水河区域水准网略图

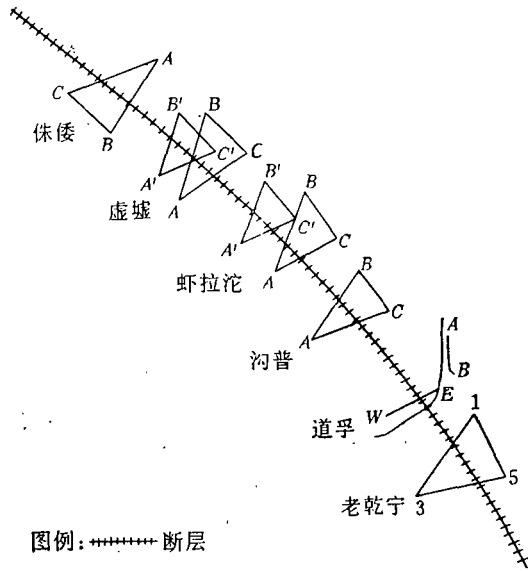


图2 鲜水河断裂带部分跨断层短水准观测示意图

2 垂直形变资料的分类分析

2.1 各地区跨断层水准高差变化曲线

若以时间为横坐标，以跨断层水准高差变化为纵坐标，可绘制跨断层短水准高差变化曲线，利用这一曲线，相对地震发生时刻，可以初步看出地震的前兆蠕动加速蠕动与临震前的异常形变，也可看出主震能量释放后的断面松弛状态与震后的蠕动方式^[1]。

通过各地区跨断层水准高差变化过程的分析，在将它们联合起来时，可以初步看出断层两侧的蠕动方式^[2]，如图3所示。

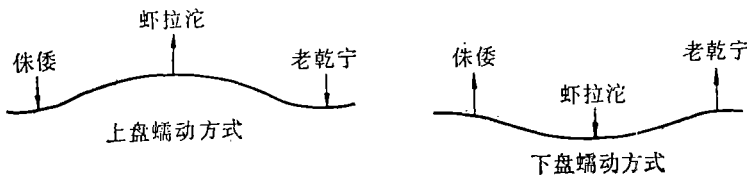


图3 沿断裂带两侧断层蠕动

2.2 环线水准资料的静态分析^[1]

当将远离断层的南北两排点作为拟稳点，沿断层布设及其余的点作形变点对环线各期水准资料进行拟稳平差，则由一、二期平差成果可绘成如图4之道孚地震形变图。由图可以看出沉降中心偏于极震区主破裂面东侧（道孚盆地中心）。沉降量达97.6mm，沉降量按盆地地形有规律的衰减。

若由图4沿震中垂直于断层作一剖面，则显示了-5km和10km之间的急剧下沉。

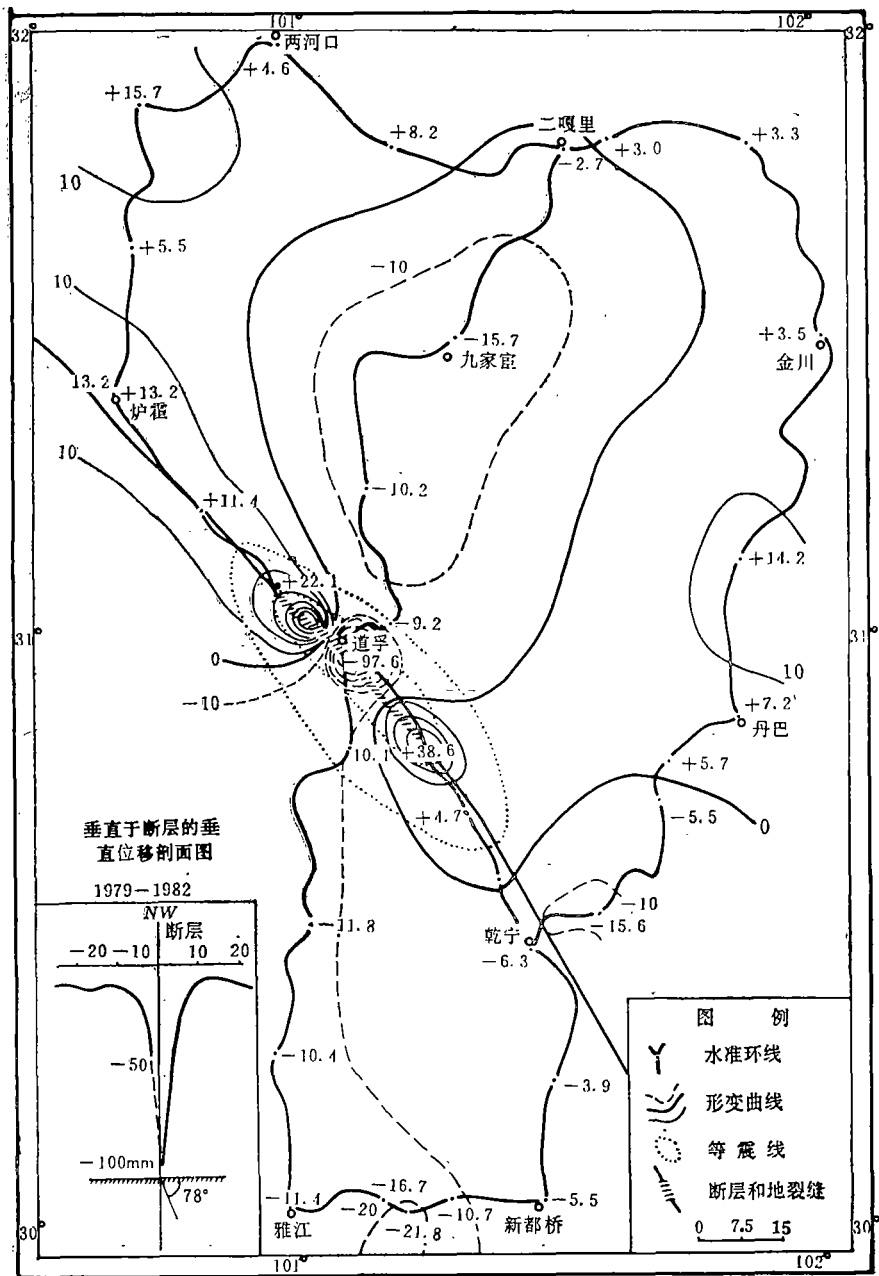


图4 道孚地震形变图

3 垂直形态资料的综合分析^[3]

对垂直形变资料进行分类分析, 虽能获得地区的形变情况, 但它只能给出与观测周期相应的时间间隔地区的形变情况, 未能给出测区随时间形变的变化状况。此外在各周期单独平差时, 由于采用的是静态平差, 未能考虑观测周期内点位的变化, 这一缺点在观测时间较长时 (如第一期观测) 尤显出它的不足。

对鲜水河三期资料用拟稳平差处理时,若取16km线路观测高差精度为单位权中误差,则各期平差所获得之单位权中误差估值对一、二、三期分别为 $\pm 9.5\text{mm}$, $\pm 9.1\text{mm}$ 与 $\pm 3.9\text{mm}$ 。与按一等观测精度计算之先验单位权中误差 $\pm 4\text{mm}$ 比较,第一、二期估值的偏大不能不认为是未考虑观测期间内点位的变化所引起的。

为了克服静态平差的上述缺陷,则应采用动态平差。若按一般动态平差方法,如假设点位随时间是均匀变化的,仍取16km线路观测高差精度为单位权中误差,对一、二期与二、三期资料分别平差,获得单位权中误差估值分别为 $\pm 27.3\text{mm}$ 与 $\pm 7.1\text{mm}$,单位权中误差估值与先验单位权中误差 $\pm 4\text{mm}$ 相差悬殊,说明所选动态模型与实际形变情况不符。为了解决地区合适形变模型。应综合利用垂直形变资料与地震信息来初步确定该地区的动态形变模型。

根据对环线三期观测资料拟稳平差的成果,可将测区分块。

假设各块体(单点作为特殊块体)的形变模式为 $f(t) = a_i t + b_i t^2$ (i 为各形变区域的编号)。本地区由于观测资料的限制,暂取到二次项。

考虑到地震发生时,沿断层布设的点可能产生突变,震前震后这些点可能出现不同的形变规律,故对沿断层布设的点(9~15点)采用样条函数(以1978年为参考时刻):

$$f(t) = (c_1 + c_2 x + c_3 y)t + (c_4 + c_5 x + c_6 y)t^2 + (t-3)_+^0 (c_7 + c_8 x + c_9 y) \log_{12}(t-3) + (t-3)_+^0 U_i \quad (1)$$

式中 $(t-3)_+$ 是“+”函数(截断多项式函数),其定义为:

$$(t-3)_+ = \begin{cases} t-3 & \text{当}(t-3) \geq 0 \\ 0 & \text{当}(t-3) < 0 \end{cases}$$

x, y 为各点的平面坐标,单位为公里,坐标原点选在点12(参见图1)。

由于观测资料所限,仅假定点11、12、13在地震时有突变,故令 $U_9 = U_{10} = U_{14} = U_{15} = 0$ 。

采用上述形变模型替代点位随时间均匀变化的假设进行动态平差,平差时仍取16km线路观测高差精度为单位权,由三期资料平差求得单位权中误差估值为 $\pm 5.14\text{mm}$ 。求得沿断层布设的点11、12、13在地震时产生之突变垂直形变分别为 46.75mm , -69.97mm , 3.19mm 。

由平差求得之各区域模型参数 a_i, b_i, c_i 可用以描述相应区域的形变过程。动态平差所求得的各区域的形变函数提供了该地区时间、空间上的形变信息。

4 关于鲜水河断裂带变形模型选择中值得探讨的方向

在前面分析中,基本上采用以点为块体的形变模式。这种形变模式的优点是原则上没有对各点的变形加以限制,因而它能较好地接近实际形变状态(这一特点由单位权中误差较小得到反映)。但这种形变模式用来分析整个地区形变时则有一定困难,所以有必要寻求一种能模拟整个地区形变的形变模式。为此我们将由环线三期观测资料拟稳平差所求得的形变值,绘制成图5所示的位移场图。对图5作粗略分析,可以看出:第一、二期观测期间,若以断层带为准,则整个断层带(除11号点附近例外)以南与道孚以西地区为下沉区,其余地区则为上升区,而在第二、三期观测期间,原先下沉的地区变为上升区,且在断层带以北,上升区向东有一定范围延伸。这反映了:

(1) 地震前(包括地震发生后短时期),在震中附近一定地区存在下沉现象,而在地震以后则存在地面回升;

(2) 下沉值与上升值的大小与距地震震中距离有一定相关性;

(3) 地震发生前(包括地震发生后短时期)整个地区下沉时,局部地区(如11号点附近)有隆起。

上述现象说明在断层带附近范围内,各地区的形变并不是完全杂乱无章的,各点之间的变形存在某种相关性。对整个地区形变模式的探求是有一定价值的。为了确定整个地区的形变模式,应该充分利用已有地震的记载与地区的地质资料,以及各种形变观测资料。

鲜水河断裂带近期地震,1968年朱倭地震,由于震中离水准环线较远,故可不予考虑。1973年炉霍地震与1981年道孚地震则应予以考虑,从位移场图的分析中来看,在形变模型中可以对各形变点设置与这两次地震震中有关的参数 R_{Li} , R_{Di} , 它们分别代表两次地震震中与形变点 i 的距离。

若把地区随时间的形变模式定为

$$f_i(t) = C_{1i}t + C_{2i}t^2 \quad (2)$$

则在考虑上述参数 R_{Li} , R_{Di} 后,形变模式应改写成

$$f_i(t_1 R) = (a_1 + a_2 R_{Di} + a_3 R_{Li})t + (a_4 + a_5 R_{Di} + a_6 R_{Li})t^2 \quad (3)$$

如在第3节中分析时所考虑一样,对沿断层带所布设的水准点,应该考虑在地震发生时可能产生突变。从观测资料分析来看,各点之间突变量存在一定的相关性,这就可减少未知参数数目。

图6绘出了以各变形点距炉霍距离为横坐标,以形变量为纵坐标的形变图。由图可以看出,地震发生时沿断层各点的突变量与它们和震中的距离是有一定相关性的(图中1973-1981与1980-1981两条形变曲线的相似说明了地震发生时沿断层布设的水准点确实发生突变)。由图6可认为,1981年道孚地震时,以震中道孚为原点,沿断层之突变量函数形式可取为:

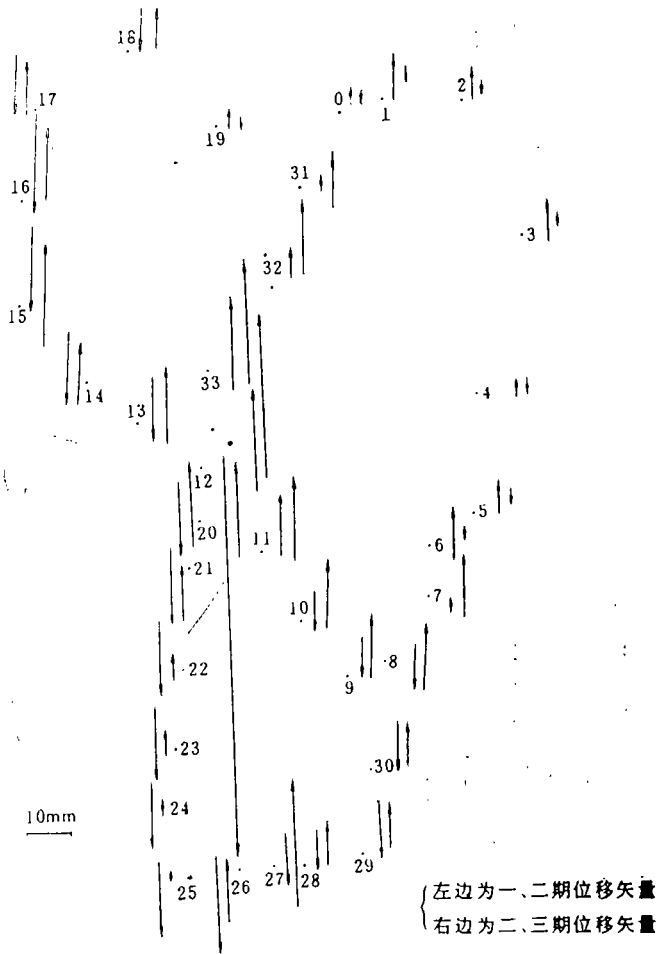


图5

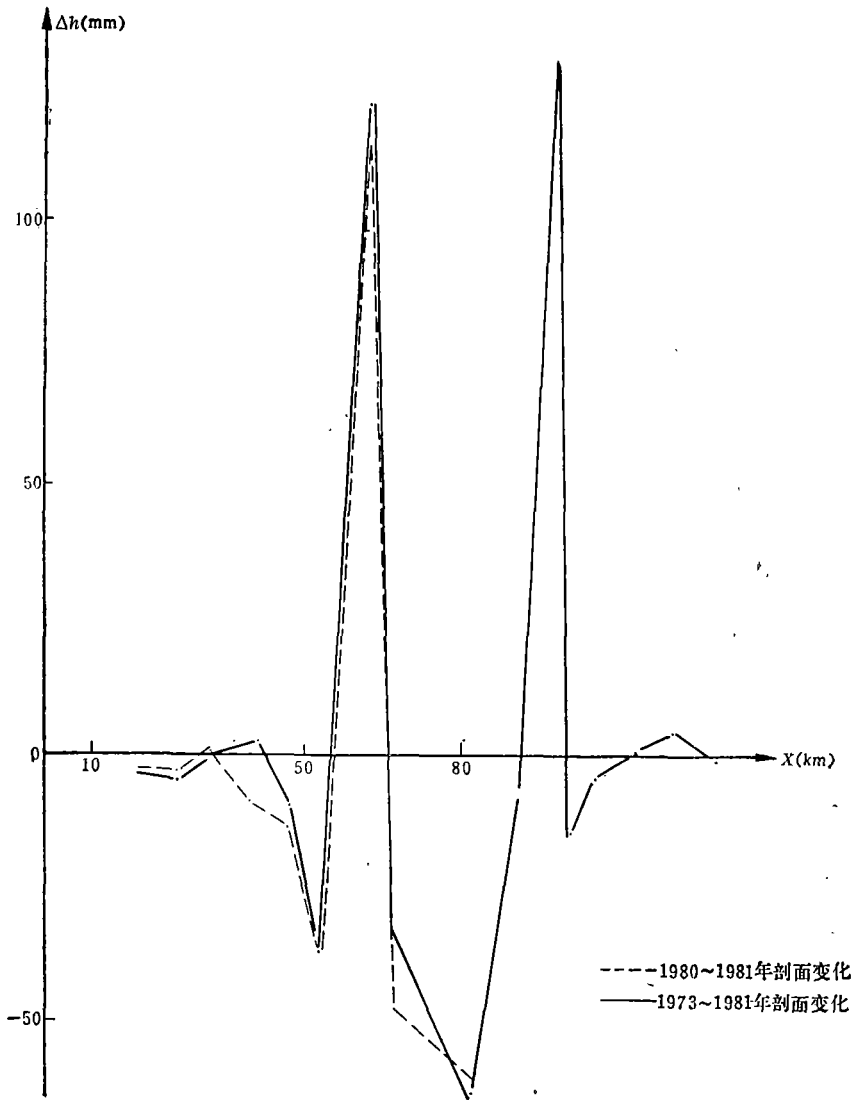


图6 沿断层剖面形变图

$$f(x_i) = a_j c_{1j}^{-|c_{2j} x_i|} \cos(c_{3j} x_i) \quad (4)$$

式中, i 为点号; j 为观测期号。

式(4)中待定参数 c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} 可利用沿断层所测水准观测资料事先求得。利用式(4)可以把沿断层各点的突变量未知参数减少到只求一个未知参数 a_j 。当将沿断层水准观测资料与地区水准环线统一处理时, 则突变量未知参数共有四个 (a_j , a_{1j} , c_{2j} , c_{3j})。

按上述思想曾计算了鲜水河地区的形变模型, 计算表明这是一个值得进一步探讨的方向^[4]。

5 结论与建议

1. 大面积水准环线的定期观测, 可以给出地区面范围的垂直形变信息, 但由于观测条件艰巨, 经费开支过大, 因而观测周期较长, 为了弥补这一不足, 利用有限期的观测资料, 结合短水准资料与已有地震信息建立动态模型, 进而对观测资料进行动态平差, 求得描述地区时间与空间的形变模型参数是值得深入探讨的方向。

2. 沿断层带增加水准线路观测期数, 使各地区布置的短水准线路资料联成一个整体, 将有利于整个形变区动态模型的建立, 它可以大大弥补环线水准观测资料期数较少的缺陷, 有利于各种垂直形变资料的联合处理, 建立更接近实际的时间与空间形变模型。

为了较好地确定沿断层带突变函数的待定参数, 沿断层带布设的水准线路应尽量多设置一些变形观测点。

3. 为了求得更好地符合实际地区的形变模型, 必要时应按地区地质情况(特别是地区断层分布)结合观测资料综合分析后将地区划分成几个形变区域, 以减少形变模式的概括误差。

参 考 文 献

- [1] 李建中. 鲜水河断裂带的现今构造形变. 四川省地震局地震测量队, 1984. 7.
- [2] 高圣益. 回归分析应用探讨. 武测函授生毕业论文, 1988. 12.
- [3] 陆付民. 多震区垂直位移变形分析方法. 武测硕士论文, 1988. 11.
- [4] 茹 环. 鲜水河断裂带垂直变形动态分析. 武测工测系毕业论文, 1990. 6.

Analysis of Information of Vertical Deformation of Xian-Shui River Multi-Seismic Region

Wu Zian

Abstract

In this paper, to build the method of the vertical deformation model in the multi-seismic region is emphatically discussed. The method considers that the earthquake effect on deformation of the surface points, especially, those points near the seismic center may be make a sudden change displacement at the earthquake.

By means of analysis of practical levelling network, some of the proposals about the design of the vertical deformation network and the analysis of observed data are proposed.

[Key words] deformation model; sudden change displacement; spline function