

# 一九七六年盐源——宁蒭地震前后 地壳形变特点

程 式 杜 方 刘本培

(四川省地震局)

## 摘 要

1976年11月7日四川省盐源县和云南省宁蒭县交界地带发生了6.7级强烈地震。本文复查核  
实了震区外围300公里范围内川、滇两省的形变测量资料,对部分资料重新进行了误差估算和平  
差处理。给出了盐源—宁蒭地震前后地壳形变场的粗略概貌,并对其变化特点作了定性描述。

## 一、测线的布设

盐源—宁蒭地震位于川、滇两省的交界地带,山高谷深,交通困难。1976年四川省地震  
局施测了西昌—木里的长水准测线。震区外围100—300公里范围内,沿鲜水河断裂、安宁  
河断裂、红河断裂、金河—永胜—宾川断裂等布设有长水准、跨断层破裂面的短水准、短基  
线场地以及测角、测边三角网。如图1所示。

总的看来,形变测量的线路和场地是比较稀疏的,因此很难勾画出盐源—宁蒭地震前后  
区域形变场的细节。我们对上述场地和测线的资料进行了查对。对部分资料重新进行了误差  
估算和平差处理。除了宁南场地高差变化较大,标石规格小,怀疑点位有变动外,其它资料  
精度大都在规范要求范围内。但部分资料观测时间较短,有的场地存在明显的年变,有的变  
化量级不大。现把地震前后有一定异常显示的资料介绍如下。

## 二、地震前后的某些变化特点

### (一) 长水准

西昌至德昌布设了精密水准测线。自1956年至1977年共有复测成果6期,除1956年为Ⅱ等  
水准测量外,其余各期均为Ⅰ等精度。

选历史上地震活动相对比较平静的德昌新店(绵昆164号点)为参考点,作出各期相对  
于1967年的高差变化图,并选绵昆158、160号点作相对164号点的历年高差变化图(图2)。

该测线不成环,故未能进行平差处理,这里仅按观测误差作近似精度估算:

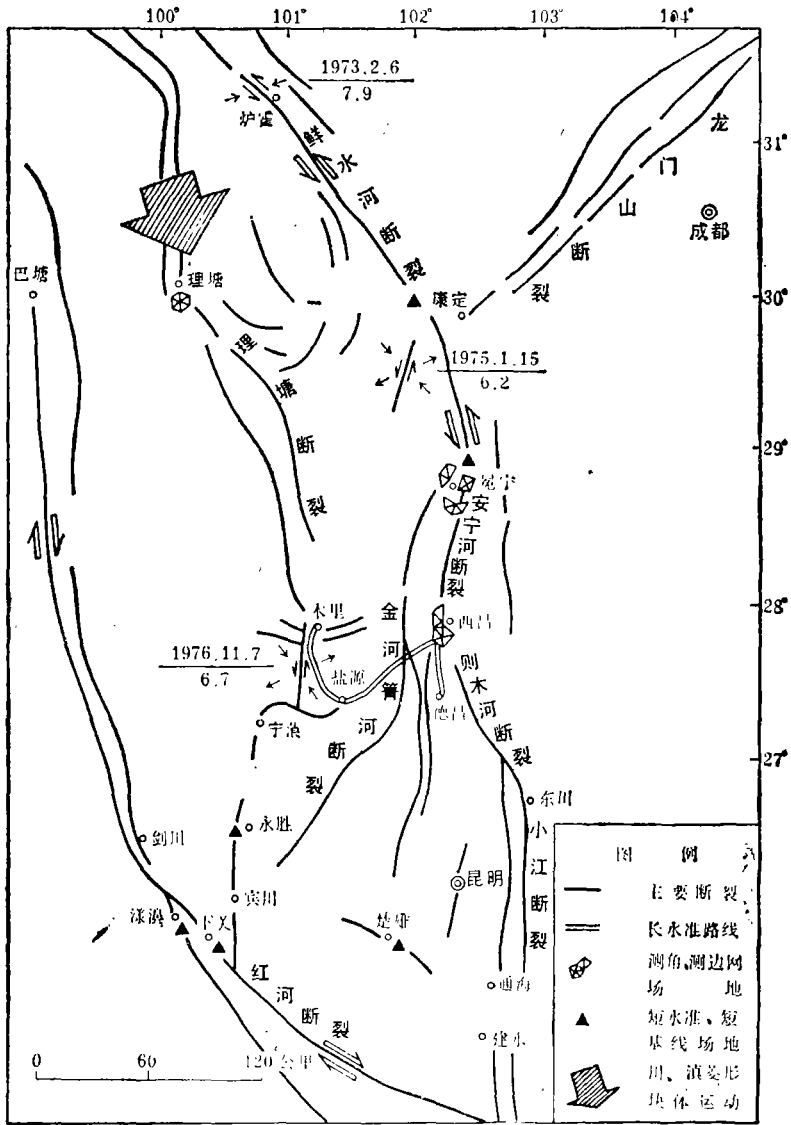


图1 测线布设及构造示意图

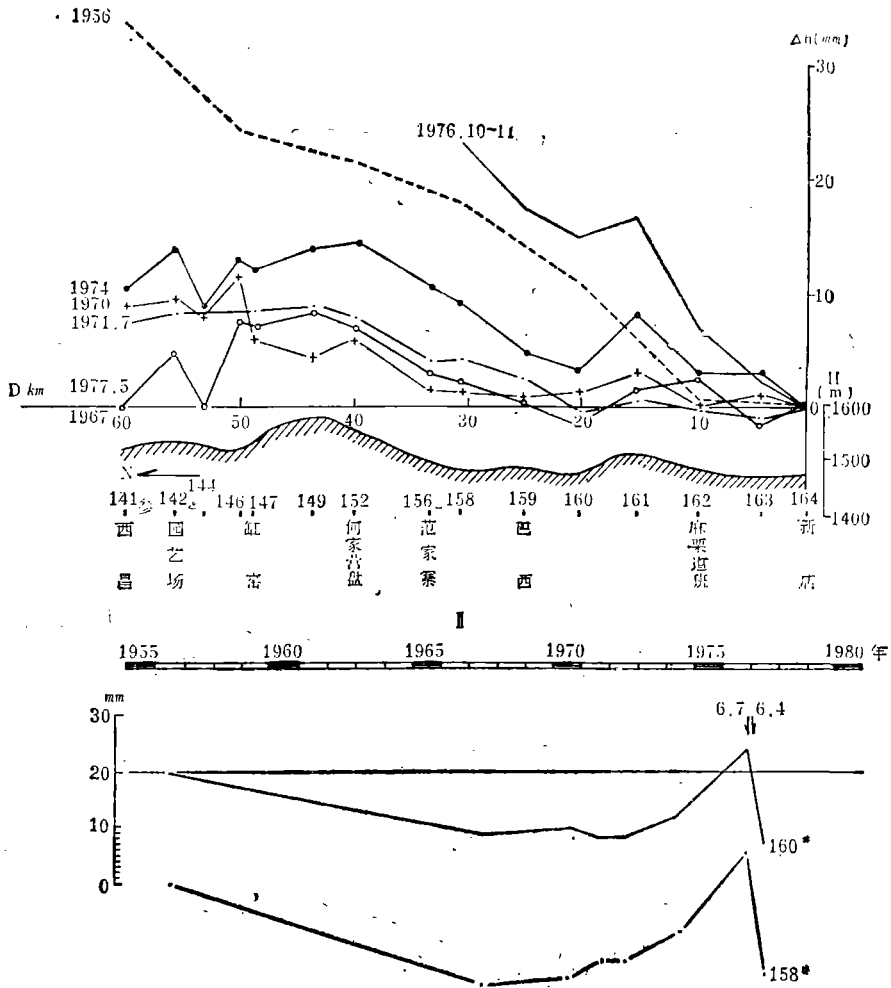
$$M\delta H = M_{\text{公里}} \cdot \sqrt{L} \cdot \sqrt{2}$$

从而得:

$$M\delta H_{158} = \pm 3.9\text{mm}$$

$$M\delta H_{160} = \pm 3.2\text{mm}$$

从图2可见,西昌至德昌地形起伏不大,尺改误差可以忽略。垂直形变趋势有明显的阶段性。在德昌以北巴西附近十几公里的局部范围内变化尤为突出。1956—1967年为缓慢下沉,这是继承性构造运动的反映;1967年后反向上升。以158号点为例,1967年到1974年上升约  $9 \pm 3.9\text{mm}$ ,属长趋势变化阶段;1974年后加速变化,74年至76年发震前,两年多时间上升达  $15 \pm 3.9\text{mm}$ ,自1967年以来总计上升达  $24 \pm 3.9\text{mm}$ 。若按张祖胜等<sup>[1]</sup>对唐山地区精



I 高差变化剖面 II 158、160点随时间的变化

图 2 1956—1977年德昌—西昌垂直形变

密水准网平差的精度估算,取 $1mm/KM$ , 则得 $M\delta H_{158} = \pm 7.7mm$ 。以 $2\sqrt{L}$ 作为限差, 则 $M\delta H_{158} = \pm 15.5mm$ 。该地的变化量也超过了二倍中误差。这是震前受压隆起的表现。震后复测又基本恢复到继承性构造运动水平。图 2 中变化趋势十分明显, 因此, 有一定可信价值。

西昌至木里布设了精密水准测线。1976年盐源—宁蒗地震前施测第一期。1977年, 在同一季节用同一付标尺又复测一期。选木西 1 为参考点, 作1977年相对1976年高差变化, 如图 3 所示。

该测线仅有震前震后两期成果, 对震前形变异常无法估计。图 3 显示了测线在11—15号点间, 即跨过棉垭—清水河断裂处, 震时产生10多毫米的垂直形变。该断裂走向北北西, 倾向北东, 测量成果显示东盘下降。这一沉降趋势一直延续到西昌。这与德昌至西昌测线震后复测情况相似, 可能反映了盐源—宁蒗地震后的应力松弛。

(二) 短水准、短基线

距震中区100—300公里范围内, 共布设短水准、短基线场地九处。其中震前反应比较明

显的有折多塘、漾濞和下关三个场地。

折多塘场地位于鲜水河断裂南东端，1974年8月开始施测水准，1975年5月开始施测基线。因实际观测子样较少，故按统计精度取极限值估计：

$$M\Delta h = \pm 0.11 \cdot \sqrt{N} \cdot \sqrt{2}$$

估算的精度为：

$$M\Delta h_{BA} = \pm 0.31mm$$

$$M\Delta h_{BC} = \pm 0.22mm$$

$$M\Delta d_{AB} = \pm 0.20mm$$

从1975年9月到1976年6月A—B基线加速伸长达1毫米左右，呈反扭。短水准变化较小，但BC和BA表现为同步变化，反映出盐源—宁蒗地震前北东盘（上盘）下降。震后基线与水准均发生了与震前相反的变化（图4）。

漾濞、下关场地从1975年4月起为每日连续观测。除个别测值受雨水干扰较大外，总的说来资料连续可靠。其测值曲线展于图5a、b。

漾濞场地位于红河断裂上，介于龙陵与盐源之间（距龙陵地震震中约190公里；距盐源—宁蒗地震震中约220公里），1973年4月开始观测。据1974年底以前的资料分析，似可看出该场地水准2—1边有比较清楚的年变，即每年4月和10月前后分别为这条测线的低点和高点。1975—1977年年变消失。1978年年变有所恢复。这个场地反应出的异常现象可能是龙陵和盐源—宁蒗两次大震的叠加效应。

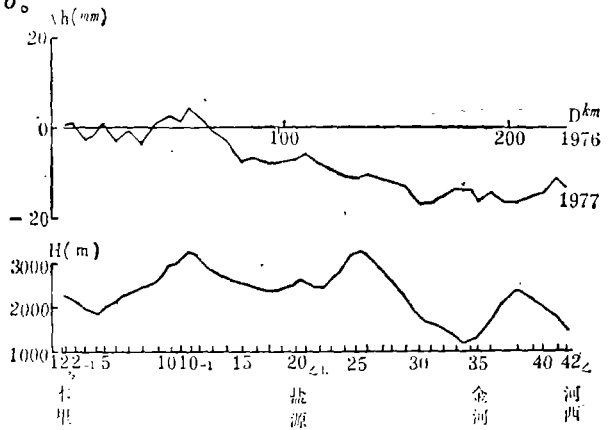


图3 1976—1977年木里—西昌垂直形变

下关场地位于漾濞场地东南约二十公里，从图5b可见，1971—1981年基线1—2（垂直边）总的变化趋势是伸长。1975年5月起有一加速过程，从1975年5月至1976年11月基线

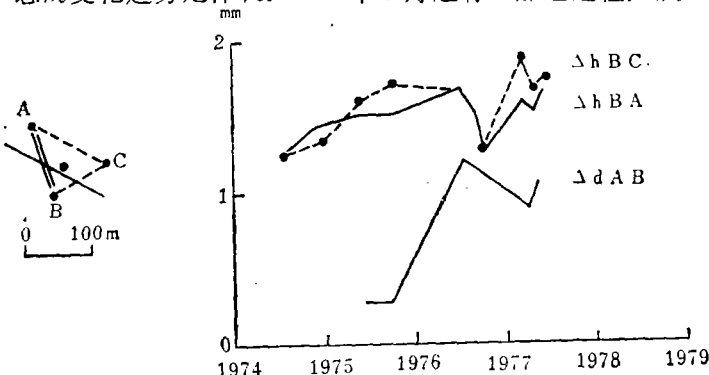


图4 折多塘短水准、短基线变化

1—2边伸长达2.5mm。震后出现短时期的反向变化，可能是龙陵和盐源—宁蒗地震的效应。以后又恢复震前趋势活动。

### (三) 水平形变及应变

西昌测边网经严密平差后求出地应变。因目前缺乏归算资料，所以测角网按原始成果进行计算，给出震区

外围主压应变轴方位。其结果见图6a、b和表一。

从表一和图6可发现如下特点：

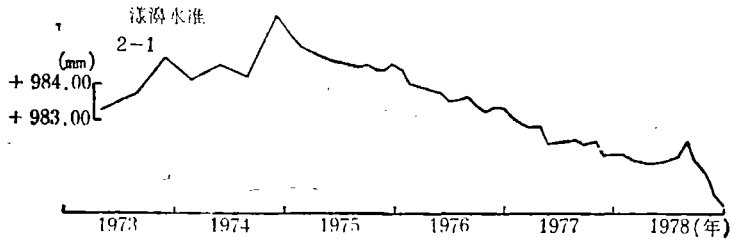


图 5 a 下关、漾濞短水准变化

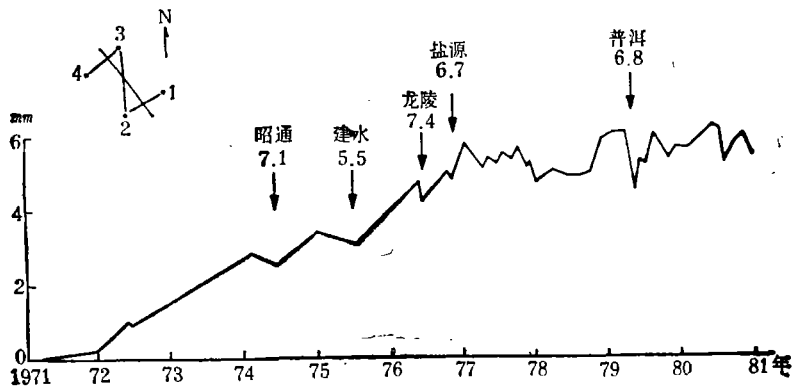


图 5 b 下关短基线旬均值图

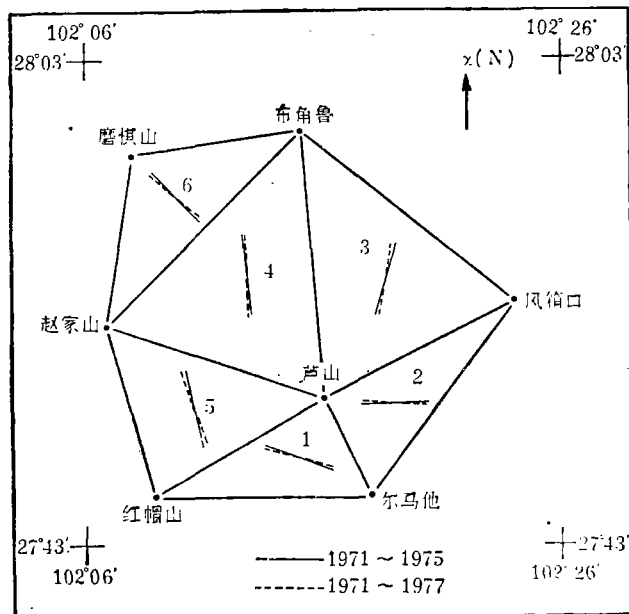


图 6 a 西昌网按边长变化计算的主压应变轴方位

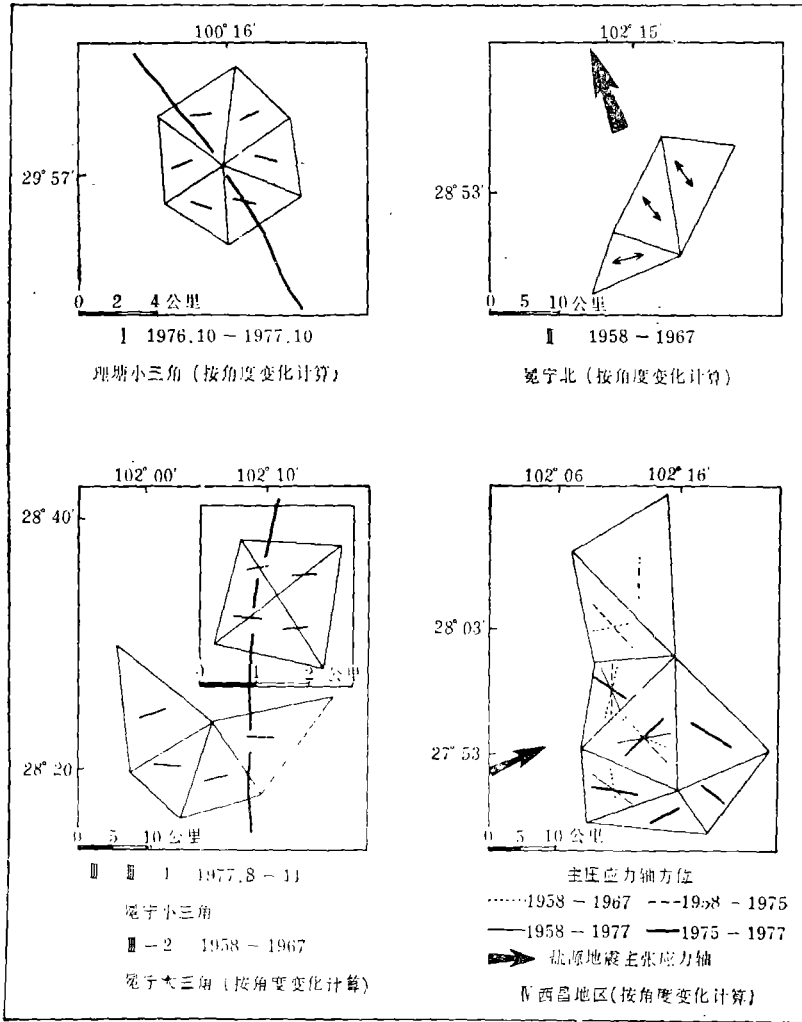


图 6b 主压应力轴方位

表一：西昌测边网算得主压应力轴方位、面积膨胀  $V_1$ 、 $V_2$

三角形	主压应力轴方位 $\alpha$				面积膨胀 $\Delta$ ( $10^{-6}$ )				$v_1$ ( $10^{-6}$ )				$v_2$ ( $10^{-6}$ )			
	71-75	$m\alpha$	71-77	$m\alpha$	71-75	$m\Delta$	71-77	$m\Delta$	71-75	$mv_1$	71-77	$mv_1$	71-75	$mv_2$	71-77	$mv_2$
1	106°56'	12°35'	106°48'	12°14'	+30.93	8.34	+34.69	8.34	-15.67	13.34	-16.22	13.34	+10.52	13.23	+10.78	13.23
2	90°19'	12°41'	90°25'	11°54'	+18.06	8.01	+21.18	8.01	-23.43	17.04	-24.89	17.04	+0.26	10.48	+0.35	10.48
3	16°12'	44°09'	11°09'	43°13'	+4.11	6.75	+5.46	6.75	+4.53	10.55	+5.19	10.55	-2.87	9.52	-2.13	9.52
5	174°45'	19°30'	175°59'	21°22'	+13.11	6.86	+12.74	6.86	+12.93	10.67	+12.05	10.67	+2.39	9.52	+1.70	9.52
4	166°37'	19°56'	162°08'	18°59'	+16.19	6.78	+18.20	6.78	+13.78	9.19	+13.14	9.19	+6.95	10.23	+9.46	10.23
6	135°48'	13°11'	129°46'	30°02'	-4.42	13.16	+3.82	13.16	+0.52	8.65	-1.69	8.65	+18.67	20.99	+9.17	20.99

1. 冕宁以北, 不论是1977年8月到11月的小三角, 还是1958年至1667年的大三角以及冕宁北1958年至1976年的三角测量, 其主压应变轴为近 $EW$ 向。而往南的西昌地区, 按边长和按角度计算, 其主压应变轴的优势方向为 $NNW$ 向。

2. 西昌网按边长计算面膨胀。1971年至1977年, 除个别三角形为面压缩, 大部分为面膨胀。

### 三、几点认识

虽然震区附近形变测量的线路和场地比较稀疏, 很难对地震前后区域形变场的细节作出定量分析。但可得出一些定性的认识:

#### 1. 形变测量资料显示与川滇菱形块体运动方式一致

由于印度洋板块与欧亚板块的碰撞、推挤, 在北部、东北部受到塔里木盆地、鄂尔多斯台地、四川盆地等几个上地幔隆起区的阻挡, 使几个由北西向弧形边界断裂所围限的地壳块体向南南东方向运动。1973年2月6日, 位于川滇菱形块体<sup>[3,4]</sup>最易剪切错动的西北角边界上发生了炉霍7.9级强烈地震。呈左旋错动, 使块体加速向南南东运动。1975年9月至1976年6月, 折多塘场地 $A-B$ 基线加速反扭伸长1毫米, 可能即是这一运动的反映。与此同时, 位于川滇菱形块体西南边界红河断裂上的下关短基线场地, 1975年5月至1976年11月基线1—2边加速作右旋张扭活动, 伸长2.5毫米。这些结果均与川滇菱形块体的运动方式相符合。

由于块体运动的加速, 使块体中部某些特殊构造部位上应力不断积累。1975年元月西昌北西方向九龙发生了6.2级地震。根据震源机制解<sup>[5]</sup>, 主压应力轴方位为 $NNW$ 向, 是 $NNE$ 向断裂作左旋错动。西昌位于压缩区象限(图1), 西昌三角网解算主压应变轴以 $NNW$ 向为主。1976年11月7日盐源——宁蒭地震的主压应力轴方位也是 $NNW$ 向, 为近 $SN$ 向偏东的断裂作左旋走滑错动\*。西昌位于引张区, 主压应变轴为 $NNW$ 向。

上述资料说明, 形变测量成果与块体运动性质是一致的。同时也说明, 盐源——宁蒭地震的孕育和发生是区域性块体运动加强的一种结果。

#### 2. 形变测量资料显示与地震孕育发生过程基本一致

根据董颂声<sup>[6]</sup>的研究, 宁蒭地区从1969年开始波速比下降, 孕震区扩容膨胀。1972年异常区向东扩展, 据资料\* 异常区已扩展到东经102度, 即已波及到长水准和某些短水准场地所处的安宁河断裂。从德昌——西昌垂直形变可见, 1967—1970年测段一反继承性的沉降趋势, 曲线拉平。1972年开始反向上升。1974年至1976年加速上升。这可能是膨胀的孕震区对川滇菱形块体东部边界造成的侧压, 在某些局部有利地段所反映出来的一种隆起效应。

西昌——木里长水准测量, 反映了距震中25公里处的棉垭——清水河断裂在震时有10毫米左右的位错。该断裂走向北北西, 倾向北东, 测量成果显示东盘下降。震后宏观考察表明: 沿棉垭——清水河断裂出现6度和7度的裂度异常条带\*。阶地、河漫滩面上地表裂缝发育。这与测量成果是吻合的。

\* 四川省地震局等, 《一九七六年盐源——宁蒭地震总结》, 1984。

震后的复测资料表明：德昌——西昌长水准又回复到继承性缓慢下沉运动。水平应变得西昌为面膨胀。均显示出震源外围地区应力松弛，呈引张状态。

上述外围地区的形变测量资料，从侧面反映了盐源——宁蒍地震前后应力积累和释放的过程。

3. 从地震预报角度看，形变测量是有发展前途的手段之一。但因研究区内测线、场地比较稀疏，就目前所取得的资料来看，很难在震前对地震三要素作出准确的预报。所以，如何合理布设场地，提高观测精度等问题都有待于进一步深入研究。

本文得到廖敬梅同志热情帮助，在此致以谢意！

(1984年3月5日收到初稿)

### 参 考 文 献

- [1] 张祖胜等，唐山7.8级地震的地壳垂直形变，地球物理学报，24，2，1981。
- [2] 黄崐等，红河断裂中段的水平形变，地壳形变与地震，1，1983。
- [3] 阚荣举等，我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨，地球物理学报，2，1977。
- [4] 李坪等，云南川西地区地震地质基本特征的探讨，地质科学，4，1975。
- [5] 成尔林，四川及其邻区现代构造应力场和现代构造运动特征，地震学报，3，3，1981。
- [6] 董颂声等，根据波速比变化预报地震的一个实例，地震研究，1，3，1978。

## THE CHARACTERISTICS OF THE CRUST'S DEFORMATION BEFORE AND AFTER YANYUAN-NINGLANG EARTHQUAKE IN 1976

Cheng Shi Du Fang Liu Benpei

(Seismological Bureau of Sichuan Province)

### Abstract

On November 7, 1976, an earthquake (=6.7Ms) occurred in the boundary between Yanyuan in Sichuan province and Ninglang in Yunnan province. In the paper, the data of geodetic surveying within a range of 300KM around the seismic area are recalculated. For a part of the data, the error estimate and adjustment are reprocessed. The crustal deformation in the area before and after Yanyuan - Ninglang earthquake is roughly outlined. And a qualitative description is made for its characteristics.