

龙陵震区的重力变化与强余震活动

李天生 范文

(国家地震局地球物理勘探大队)

摘 要

本文对1976年龙陵震区的重力复测资料进行了分析。结果表明,震区发生的几次强余震前,重力测值都出现了明显的增大→减小的变化过程,余震发生后,重力值恢复。本文还对重力变化特征进行了初步探讨。

一、重力复测工作概况

为了研究川滇交界的西昌—渡口及滇西北地区的地壳深部构造,划分出地震危险区,国家地震局物探大队从1972年开始就在该地区开展了大面积的重力测量和部分测线的重力流动测量工作。至1976年初,经分析研究地震活动趋势,初步认为上述地区具有发生大地震的条件。并设计部署了川滇交界地区重力观测网和测线(图1)。

1976年四月份即组织力量从四川西昌开始向滇西北方向进行重力复测。5月29日在云南龙陵发生了7.3级、7.4级强烈地震。地震发生后立即布设了保山—龙陵—潞西(芒市)—畹町测线,观测重力场的变化,监测强余震活动。该测线跨越震中区,穿过了局部重力异常区和重力异常梯级带(图2)。

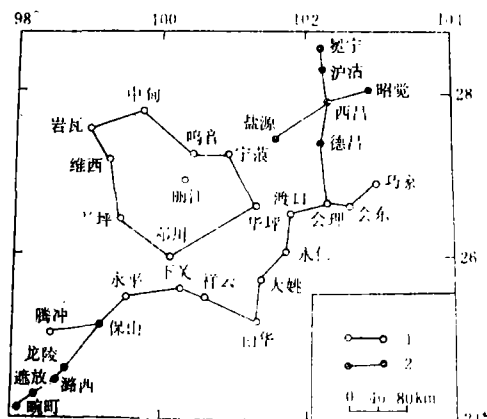


图1 1976年重力工作部署图

1. 1976年计划作的测网测线
2. 1976年实际重力测线

Fig.1 Layout for the gravity work in 1976

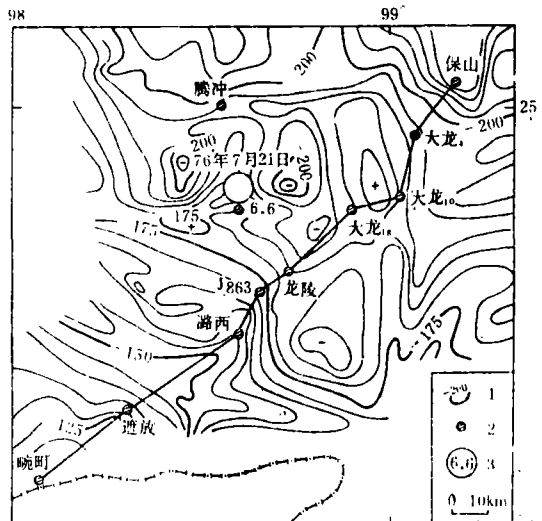


图2 重力测线位置图

1. 布格重力异常等值线
 2. 重力复测点
 3. 强余震震中
- Fig.2 Location of the gravity observational lines

进行重力复测时,使用两台国产ZS₂-67型仪器,工作方法为双程往返,即A→B→B→A。复测周期一般为10天,其中潞西—J₈₈₃测段,在7月底至8月上旬每天复测一次。

二、6.6级强余震前后的重力变化

计算重力段差值时作了固体潮及线性零漂改正。最终复测成果按国家地震局制定的《地震重力重复测量规范》的要求取舍。

将各测段的复测值与1976年6月份第一次建点值相减,求其变化量,绘出重力段差值随时间变化图(图3)。

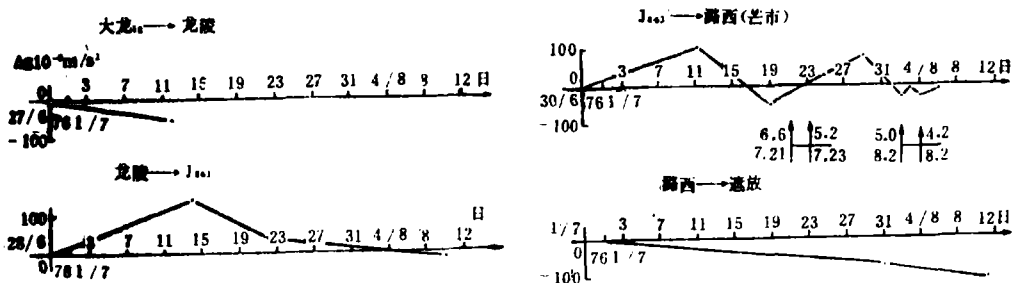


图3 测点间重力差值的变化

Fig. 8 Variation of the gravity differences between observational points

由图3可见,6月下旬—7月15日,测线中的龙陵—J₈₈₃—潞西两测段的重力值都是增大的,变化幅度为 $+100 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 左右;而大龙₁₈—龙陵及潞西—遮放测段的重力值则减小,形成了一个较明显的异常分布范围。重力值变化尤其明显的是J₈₈₃—潞西段,6月底—7月11日,重力段差值增大 $100 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$,到7月19日,重力值又减小了 $100 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 左右。与此同时,在该测线进行的地磁总场观测结果表明,龙陵—潞西变化了10nT,而距龙陵较远的保山点看不出有明显变化。

重力的这种短周期波动,引起人们的关注。在分析研究了重力变化趋势后,根据重力异常展布的范围,地球物理勘探大队在现场工作的领导于7月19日向震区现场指挥部提出了“近几天,在龙陵以西及以北地区可能有中强以上地震发生”的意见。7月21日23时10分,在龙陵西北的勐连附近发生了6.6级余震。余震震中距潞西约40km,距龙陵15km左右。此余震后,重力复测表明重力值开始反向回升。此后对潞西—J₈₈₃段的重力复测每天进行一次。

1976年7月29日—8月2日,潞西—J₈₈₃测段的重力值再次减小约 $80 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$,其变化趋势与6.6级强余震前相类似,8月2日—4日在震区又发生两次4—5级地震。

8月4日以后,该测段复测的结果显示出重力没有大的变化,并逐渐恢复到1976年6月份建点的水平。此后,龙陵震区也没有5级以上的地震发生。

1976年8月中旬至9月初,由于多种原因,重力复测工作暂停,将两台重力仪放在芒市宾馆内作静态观测,也测得了有意义的重力变化¹⁾。

1) 国家地震局物探队,龙陵大震后重力测量在震区捕捉强余震情况,1977。

三、重力变化的分析

1. 龙陵震区1976年6—8月重力异常变化与强余震活动相关。余震前重力值出现增大→减小变化，地震后重力值恢复。

2. 余震前后出现的重力变化不是由于观测误差和地下水、地形变等因素引起的，因上述两测段的间距都较小，其中重力变化量较大的潞西—J_{8.3}段，相距仅有10km多，复测闭合时间只一个多小时，故气温气压对仪器的影响不是很大。观测的资料还表明，测得的重力变化量与其段差值的大小无关，说明不是仪器常数这类系统误差的影响。再者，震前的重力变化量也较大，已超过2—3倍中误差，排除了偶然误差的可能。另外，龙陵主震前后，震中附近的重力变化大于 $100 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ，而其中一些重力点的高程却只有几十毫米的变化^[1]，即实际测到的重力变化要比地形变引起的重力效应大得多。

3. 余震前后的重力变化是深部地壳构造应力急剧变化引起的。龙陵—潞西的东南隅为一局部重力负异常区（图2）。该异常区的范围恰是由怒江、龙陵—瑞丽及畹町三条大断裂所围限的花岗岩体展布的区域。龙陵测点基本位于龙陵—瑞丽大断裂带上，潞西测点位于断裂带的东南侧（图4）。

6. 6级强余震前，震中区应力应变剧烈变化，并在一定范围内以某种速度逐步向四周传播，至龙陵—潞西一带受其东南侧的花岗岩体阻挡，在断裂带附近造成一个侧压，致使该地段的重力呈现明显变化。

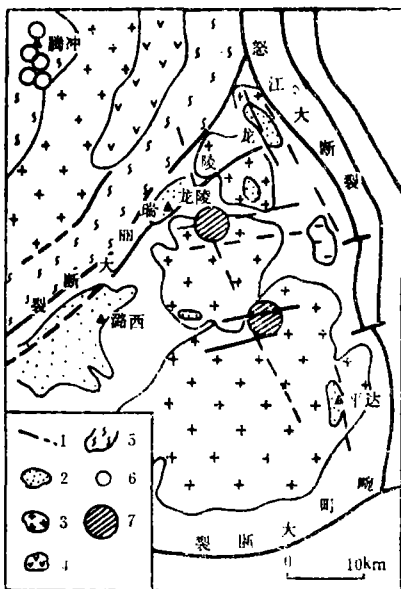


图4 龙陵地震区构造略图
(据张四昌等, 1978)

1. 断裂 2. 近代沉积盆地 3. 花岗岩 4. 玄武岩
5. 变质岩 6. 历史地震震中 ($M=6.0-6.9$)
7. 龙陵地震震中

Fig. 4 Sketch of the structure in the Longling earthquake area

局部岩体存在巨大应力是发生地震的直接原因。岩石的压力试验表明：在加压过程中，岩石起初是弹性变形，体积压缩、密度增加；当压力增大到接近岩石破裂的临界状态时，岩石开始膨胀，出现微裂；若压力继续增加，超过临界值，岩石则发生破裂。

根据岩石这一力学性质，李瑞浩计算了具有扩容过程的大地震孕育期间，震中附近重力场随时间的变化^[2]。假设震源体为一半径长40km、高20km的圆柱体，该岩体在构

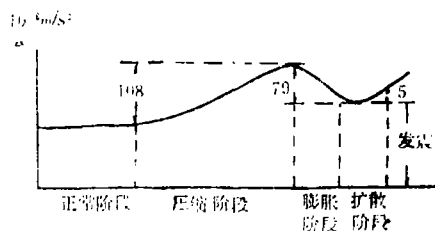


图5 大地震前重力场的变化过程
(据李瑞浩)

Fig. 5 Full process of the variation of gravity field before strong earthquake

造应力作用下经历压缩、膨胀、流体扩散三个阶段。在压缩阶段,由于体积缩小、密度增加,可引起重力值增加 $100 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 左右;在膨胀阶段,由于隆起部分和震源体新密度变化的影响,可使重力值减小 $50-70 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$;震后应力状态恢复正常,重力异常亦随之恢复。至于在流体扩散阶段,由于水进入扩容裂缝会导致卸载时裂缝不能闭合,因此可认为仅有少量的流体进入裂缝。根据计算,水所引起的重力值的变化只有 $5-10 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ (图5)。如考虑水的少量作用,则它所引起的重力变化更小,此时可认为震后震源区的扩容裂缝又趋于闭合。

潞西— $J_{8,3}$ 段1976年6—8月的重力段差变化过程与上述模式很相似。因此,可用具有扩容过程的地震孕育模式解释余震前的重力场的变化。

四、几点认识

1.当重力复测发现异常变化时,为了获得短临信息,宜机动地缩短复测周期、加密观测。由图2可知,龙陵— $J_{8,3}$ —潞西相邻两测段,在6.6级强余震前重力曾呈现基本相同的变化形态。但对8月2日—4日的余震,由于龙陵— $J_{8,3}$ 测段在7月22日以后仅于8月10日进行了复测,故在重力变化曲线上没有出现如同 $J_{8,3}$ —潞西段一样的变化形态。而 $J_{8,3}$ —潞西测段在此期间每天复测一次,在8月2日—4日的余震前,重力仍清晰地呈现出增大—减小,乃至地震发生的变化过程。

2.重力场受外界干扰因素影响相对较少,它反映的变化较为真实可靠。我国的唐山地震、日本的松代震群前都观测到了重力异常变化^[8]。

布设重力测线,要考虑区域性深部和浅部地质构造背景,最好通过主要构造单元及活动断裂带。穿过活动构造带的重力测线,可较为敏感地反映出地壳深部活动信息。如跨越龙陵—瑞丽大断裂的龙陵—潞西测段,其重力变化就较其它测段明显。又如,1976年盐源—宁蒗地震前后,我们在四川西昌安宁河断裂东西两侧的测段,也观测到了明显的重力异常变化^[4]。

3.由于仪器的精度所限,尽管野外测量时采取了一些措施,但总的看来,当时的资料质量较差,故本文仅从定性的角度分析了重力变化情况。要获取更为可靠的流动重力资料,应选用高精度的重力仪进行观测。

该项重力监测工作是由国家地震局物探大队孙武城同志在龙陵震区亲自部署进行的。在整理资料及编写本文的过程中,得到了孙武诚、刘光夏同志的指导,特此致谢。

(本文1990年6月21日收到)

参 考 文 献

- [1] 陈立德等,一九七六年龙陵地震,地震出版社,1979.
- [2] 李瑞培,重力学引论,地震出版社,1988.
- [3] 力武常次(日),地震预报,冯锐译,地震出版社,1978.
- [4] 盐源—宁蒗地震编辑部,一九七六年盐源—宁蒗地震,地震出版社,1988.

附表

部分测段重力复测成果

单位: $1 \times 10^{-8} \text{m/s}^2$

测段名称	测量日期	ZS ₂ -31°		ZS ₂ -98°		平均段差值		备 注
		段 差 值	自 差	段 差 值	自 差	$\bar{\Delta g}$	中误差	
龙陵 ↓ J ₈₈₃	1976.6.28	74955	6	74928	1	74942	±14	
	7.14	75076	1	75085	26	75080	4	
	7.22	74992	16	74964	39	74978	14	
	8.10	74952	21	74904	29	74928	24	
J ₈₈₃ ↓ 潞西(芒市)	1976.6.30	62564	11	62549	28	62557	8	
	7.11	62657	17	62659	0	62658	1	
	7.19	62514	17	62497	1	62506	8	
	7.29	62636	33	62635	1	62636	0	
	8.2	62551	8	62503	3	62527	24	
	8.3	62550	10	62547	16	62548	2	
	8.4	62545	3	62504	22	62524	20	
	8.5	62535	20	62529	22	62532	8	
	8.6	62569	10	62522	26	62546	24	

GRAVITY VARIATIONS IN THE LONGLING EARTHQUAKE AREA AND STRONG AFTERSHOCK ACTIVITY

Li Tiansheng, Fan Wen

(*Geophysical Prospecting Brigade, SSB, Zhengzhou, China*)

Abstract

This paper analysed the data of repeated gravity measurements in 1976 Longling earthquake area. The result shows that before several strong aftershocks occurred in the earthquake area, the variation of gravity measurement appeared obvious process of increasing and then decreasing, and after aftershocks, the gravity value recovers. Finally, the features of the gravity variation are also discussed.