

震前重力异常的讨论

李 渭 娟

(国家地震局 兰州地震研究所)

在我国首先指出重力与地震关系的是顾功叙等同志〔1〕,他们在1950年指出:中国西部重力均衡负异常带地震比较活跃,如甘肃、四川和云南等省常发生地震。近年来,通过大震前后重力测量发现重力在地震前后有一定变化。本文着重介绍重力前兆异常在空间和时间的分布特点,并用震源模式来介释与地震的关系。

一、大震前后的重力场变化

许多地震表明大震前后是有重力变化的。例如美国的阿拉斯加地震,日本松代地震和新泻地震都先后报导了地震前后的重力变化。在我国也发现不少中强地震前重力场有明显的变化,其主要特征是震中及其邻近地区震前重力值下降,震后重力值回升,下面举一些震例。

1. 1966年3月22日河北省邢台7.2级地震

1966年3月邢台发生了6.8—7.2级的震群,震源机制资料表明这次地震的错动形式是北北东走向的平推右旋断层。根据震区周围1955年,1957年,1962年的重力基点资料和1972年的复测资料*,发现震前离震中100公里的邢台鸭鸽营重力值变化最大,为负异常,其值达-399微伽。震前回升,相对震前上升312微伽。

2. 1967年3月27日河北省河间6.3级地震

根据震源机制资料,该地震发生在北北东走向的以右旋平推错动为主的断层上,震中位于里坦拗陷内。地震前距震中100公里内州点的重力值变化最大,为-188微伽。1955年开始重力值下降,1957年以后以年变率184微伽/年下降,1962年转折回升,在回升过程中于1967年3月27日发生6.3级地震。震后相对震前以年变率47微伽/年缓慢上升。

3. 1975年2月4日辽宁省海城7.3级地震

震源机制资料表明,震源断层的错动几乎是平推的。根据文献〔2〕的研究,地震发生前,离震中50公里的盖县—东荒地测段重力变小,段差值变化最显著,为-178微伽。震后在震中区及其附近进行5次面积性复测工作,发现与震前的一次测量相比其值是回升的,由此推测辽南地区震前重力场是下降的。

4. 1976年11月7日四川省盐源6.9级地震

震前1972年和1976年5月二次重力测量发现,震中区东面100多公里的西昌地区重力值

* 河北地震队 大震重力复测报告 1975年。

比周围地区相对下降*。其变化过程是1976年5—6月段差值变化明显,1976年8月下降加

剧,到9月左右曲线为最低值,然后反向回升发生6.9级地震(图1)。

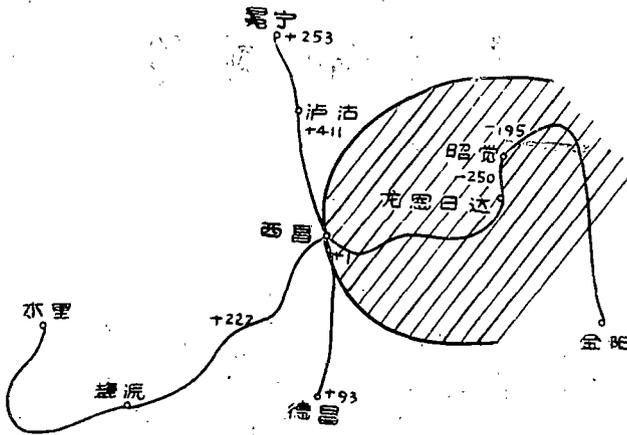


图1a 盐源地震前76.10—72.7重力变化图 (相对西昌)

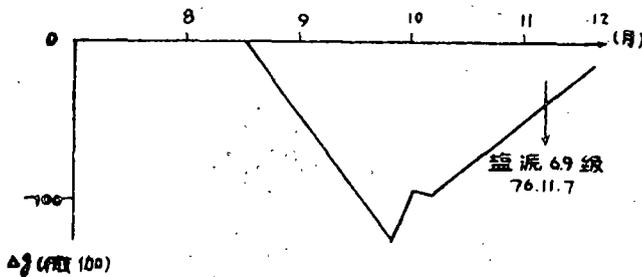


图1b 盐源地震前西昌南北重力段差变化曲线

另外,1970年12月3日宁夏西吉5.4级地震前,离震中120公里的天水台重力有变化。具体情况是震前呈现趋势性下降,1970年11月下降值最大,达-40微伽,经过一段时间的相对稳定,重力值上升,12月3日发生5.4级地震(图2)。由于西吉地震震级偏小,所以天水台是震源外的重力场变化。

除了上述重力场震前下降震后回升的这种变化特征外,一些中小地震也有类似特征。例如1970年6月25日邢台永福庄发生4.0和4.1级震群,震区及其附近地区震前重力下降幅度为-50微伽以上,震后上升幅度为+50微伽,震前震后图形正好互补(图3)。

应当指出,尽管地震前震中区及其附近重力下降的较多,但也有上升的。例如1976年7月28日唐山7.8级地震震前几个月震中区和其附近相对周围地区是上升的(临震前未作测量,情况不明),不过幅度较小。

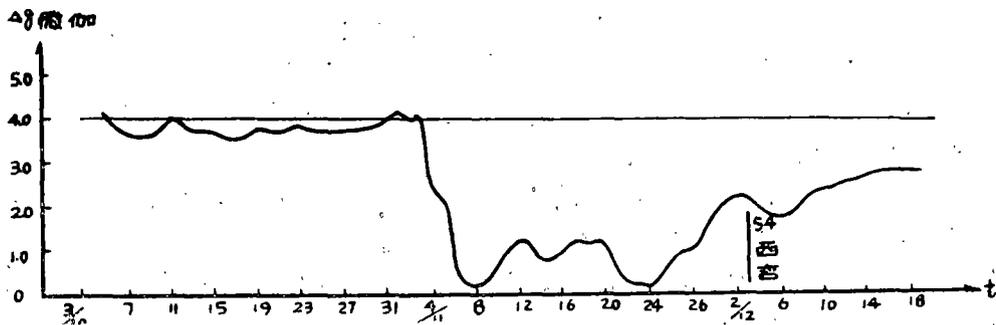


图2 西吉地震前重力五日均日图(天水重力台)

总结以上震例,值得指出的是:震前重力异常无论下降还是上升,往往存在反向变化的特点,这种特点可以用来预报地震发生的时间。

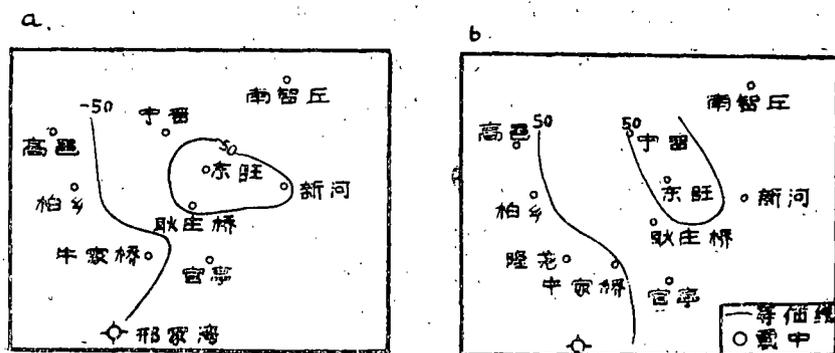


图3 河北邢台耿庄桥——东旺一带重力变化平面图

除了上面所讨论的重力异常情况外，往往发现震前的重力异常具有较大的范围。即震前重力异常不但出现在震中及其邻近地区，而且在远离震中较远的地方也会出现。如1976年8月16日四川省松平7.2级地震前，远离震中300多公里的天水重力台，测到重力负异常。另外前述的1970年12月3日西吉5.4级地震前的重力变化也属此类。

二、大震前重力场变化的物理解释

1. 震中区及其附近不远处重力变化的解释：在这方面已有不少模式，下面列举几个。

(1) 扩容理论 扩容理论努尔和肖尔茨提出扩容理论比较合理地解释了震源区的前兆异常，其中也包括重力异常的解释。

努尔^[3]认为，震前由于长期应力积累，岩石受压而出现裂缝，体积膨胀，水进入膨胀区，岩石密度降低，重力下降，而震后由于应力减小，岩石裂缝闭合，水被挤出，扩容停止，重力回升，如图4所示。

1973年肖尔茨^[4]提出湿岩石扩容模式，认为在岩石膨胀扩容过程中会出现膨胀硬化，它限制张性裂缝不能任意扩大，并使地震在扩容后延迟发生。这就导致了各种前兆手段出现暂时的相对稳定（包括重力）。

大多数震例重力异常符合下降——回升——发震模式，而唐山地震例外。有人假设唐山地区是地下水被大量开采使地面下沉引起重力增加。对此有待进一步研究。

(2) 流体运动模式 这个模式为日本某些作者所主张^[5]。例如日本松代地震时，有大量的地下水涌出，日本人认为松代地震可能是由于岩石发生水化作用而使体积增加，造成震前重力下降。我国海城地震，震中附近地下水位以上升为主，地震时有冒水现象，也与震前重力下降相呼应。

(3) 解缚模式 这是1977年郭增建和秦保燕提出的模式^[6]。用它可解释震前重力下降和震后回返的现象。其基本点是地壳上部孕育着水平剪切震源，但底部存在介质相对软弱的

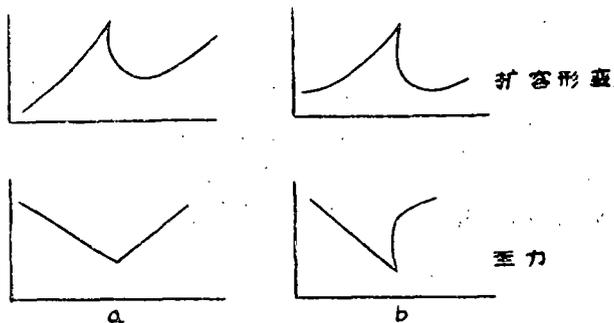


图4 震源过程图（努尔）

薄层, 因之当地壳深部下陷时, 可造成震源底部的拉松状态(简称解缚)如图5所示。当震源底部解缚时可促使地震发生。因之重力变小是地震的前兆。震后地壳上部下陷, 造成重力值回返。

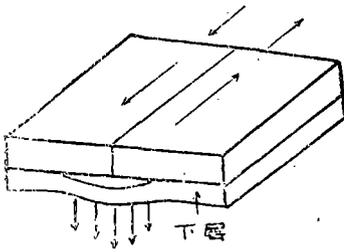


图 5

(4) 予位移模式; 予位移是大震发生前断层两盘予先出现的相对位移。根据文献〔7〕研究, 临震前, 震源断层面上的岩石由弹性形变进入塑性形变, 于是摩擦力相应减小, 使断层两侧岩体发生相对位移。此时原来引张区相对变压, 原来压缩区相对变张, 这就意味着岩石密度会变化, 从而变张区的重力值由上升返回下降, 变压区的重力值由下降返回上升。由于予位移是大震发生

前震源地方的重要前驱过程, 可以由它引起的重力变化对地震预报来说是重要的。

以上是震源区和附近不远处重力异常的某些解释。但是它们不能解释很大范围内的重力变化。

2. 远离震中较大范围内重力变化的解释

震前其它前兆手段, 如地下水、地应力、地电等手段也与重力异常一样, 会在远离震中的地方出现。这种大面积的前兆异常用断层成因假说和扩容理论都是无法解释的。傅承义同志曾经用红肿假说来解释〔8〕。这种大面积的重力前兆异常也可以用地幔对流来解释, 即重力分异, 形成地幔物质缓慢的流动, 并造成地壳底部的隆起与凹陷, 这些变异部位应力不断集中而发生地震。而地幔大范围物质迁移造成了物质增减, 使震前大区域重力场发生变化, 为地震预报提供了大范围的前兆信息。

结 束 语

上面论述了重力异常在时间、空间上的分布特征。但应指出目前利用重力测量从事地震研究工作还处于实验性阶段, 在方法技术上还存在许多问题(如仪器精度, 测量精度, 气温和气压等)影响, 特别是积累的震例资料太少, 太简略。今后仍应大量取得丰富可靠的资料, 以便结合模式的讨论进一步实现地震预报。

主 要 参 考 文 献

- 〔1〕顾功叙、曾融生, 中国境内208处重力测站之海陆均衡异常, 地球物理学报, 1950年2卷1期。
- 〔2〕卢造勋等, 重力变化与海城地震, 地球物理学报, 1978年, 1期。
- 〔3〕A. Nur, Dilatancy, pore fluids, and premonitory variations of toltip travel times, Bull. SeiSm. Soc. Am, 62, 5, 1972.
- 〔4〕C. H. Scholz, L. R. Sykes et al, Earthquake predictions: A physical basis, Science, 181.4102, 1973.
- 〔5〕荻原幸男, 重力の经年变化, 1973年, 日本《东大地震50周年论文集》p.311—327.
- 〔6〕郭增建、秦保燕, 地震预报中的某些力学问题, 力学, 1977年1期。
- 〔7〕郭增建、秦保燕、徐文耀、汤泉, 震源孕育模式的初步讨论, 地球物理学报, 1973年
- 〔8〕傅承义 关于地震发生的几点认识。地震战线, 1971年8期。