
研究简报

大同 - 阳高地震重力异常*

华昌才 郑金涵 刘端法

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

1989 年 10 月 18 日, 在大同 - 阳高之间发生了中强震群: 一个 6.1 级及六个 5 级地震, 震中区约在东经 $113^{\circ}50'$, 北纬 $39^{\circ}53'$. 这次地震在极震区引起了 VII 度的破坏, 受灾较重的地区为册田 (VII 度)。

在震前的 1982 年, 我们曾在距震中约 10 km 的西坪地震台实施过流动重力测量; 地震发生之后, 在国家地震局科技司的支持下立即进行复测. 这两次测量, 使我们可以比较地震区重力场是否发生过变化, 并为震后的震情监视提供背景资料.

一、测量概况

1981 年在山西省大同县西坪地震台设置重力固体潮观测台站时, 曾试做过重力测量, 但资料不好, 误差太大, 未曾保留使用. 1982 年 11 月在北京 - 大同 - 西坪正式直接联测重力. 测量时采用往返测量方法. 北京 - 大同的距离为 300 多 km, 利用火车联测重力值, 单程的测量时间约需 9 小时左右. 大同 - 西坪约 30 多 km, 利用汽车联测, 行驶时间较短.

北京 - 大同间的重力差值有 $3 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$, 考虑到 LaCost-Romberg G 型重力仪的格值精度约为 10^{-4} , 所以在 1983 及 1987 年对 Nos. 147, 570, 596 三台仪器都分别在“85 国家基本重力网”进行过标定, 求出了格值的一次项修正系数, 使测量成果精确到 10^{-5} .

图 1 为大同测区的示意图. 为研究地震前后重力场的变化, 提取地震前兆信息, 在震后的 1989 年 10 月又进行了复测. 表 1 为地震前后二次测量的结果.

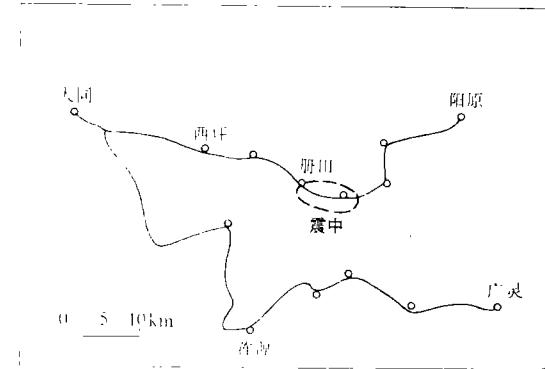


图 1 大同测区示意图

* 国家地震局地球物理研究所论著 92A0005.

1989 年 12 月 6 日收到本文初稿, 1990 年 2 月 17 日决定采用.

表 1a 北京-大同重力值对比

测段	测量时间 (年·月)	仪器号	线性修正因子	段差(10^{-8}m/s^2)	平均值 10^{-8}m/s^2
北京-大同	1982·11	147	1.000345	301.572	
		570	1.000453	301.583	301.575
		596	1.000570	301.570	± 4
北京-大同	1989·10	147	1.000318	301.654	
		570	1.000400	301.631	301.649
		596	1.000570	301.661	± 6

表 1b 大同-西坪重力值

测段	仪器号	测量时间 (年·月)	段差(10^{-8}m/s^2)	平均值
北京-西坪*	147	1982·11	862	
			885	867
			855	± 9
北京-西坪*	570	1989·10	909	891
			889	± 9
	596		875	

注: 表 1a 线性因子分别测于1983 和 1987 年; * 表示原地震台上的重力测点(此台已撤消).

此外, 又布置了二条重力测线: 一条自大同起经西坪穿过震中区, 册田、友宰、到东井集, 最后到河北省阳原, 共计 8 个测点. 该线全长约 120 km; 另一条自大同经浑源, 然后向东经沙圪塔, 最终到广灵, 全长约 140 km. 此两条测线正处于恒山山系的六棱山的南北两侧, 目的在于观测断层的活动情况. 整个测区布置了 14 个重力测量点. 表 2 为该两条测线的第一次测量结果. 它们将进一步提供考察震源区在震后演变的依据.

表 2 大同测区段差值

测段	段差 10^{-8}m/s^2	测段	段差 10^{-8}m/s^2
大同-西坪*	-3607 ± 9	大同-大浑	-17895 ± 7
西坪-许堡	-8866 ± 4	大浑-浑源	-22023 ± 4
许堡-册田	3025 ± 5	浑源-沙圪塔	-14400 ± 3
册田-友宰	6038 ± 6	沙圪塔-望孤	-22295 ± 9
友宰-鳌石	12894 ± 9	望孤-广灵	83061 ± 3
鳌石-东井集	6062 ± 6		
东井集-阳原	23952 ± 1		

* 此为新建的西坪测点.

二、重力异常分析

表 1 及表 2 的计算均考虑到固体潮的改正及线性零漂改正. 重力段差值的中误差均小于 $15 \times 10^{-8} \text{m/s}^2$, 测量结果是可靠的.

虽然两次测量的时间相隔较长, 在这 7 年之间又未曾进行过复测, 这使我们无法了解在这期间重力场是如何变化的. 但是可靠的测量结果仍给出了 7 年间的重力变化量.

本次测量中所用的三台重力仪: No. 147, No. 570, No. 596 在华北地区工作了 8 年, 在构造运动相对稳定的地区重力的变化幅度一般为 $10-20 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$. 如在北京-承德长达 200 多 km 的测线上, 重力差的变化即属于此种情况; 1981 年的第一期的 ΔG 是 $12.891 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$, 经过 8 年的时间, 1989 年第 21 期的 ΔG 是 $12.890 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$. 这显然是较突出的了, 但至少可以说明稳定的情况. 再者, 在长期的工作中, 也未观测到温度、气压、磁场对重力测量的干扰大到足以能观测出来的情况. 特别是气压、磁场的干扰问题, 都经过实验证实, 对观测系统无影响. 所以上述这三种因素可不予考虑.

由测点的地理位置来看: 北京测点在天安门历史博物馆北门, 地基稳固; 西坪测点在山洞内的基岩上, 地基也很稳固; 大同测点在大同宾馆前, 几年来周围环境无明显变化, 如高大建筑物的修建等. 总的说来, 这三个测点周围没有新建筑物的直接影响.

据表 1 可知, 北京-大同间的重力变化 Δg_1 为 $-74 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$, 大同-西坪地震台间的 Δg_2 重力变化为 $24 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$. 所以, 北京-西坪的重力变化量为 $-50 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$.

北京测点自 1981 年以来未发现重力值有意义的变化, 而且此点常与绝对重力值联测进行比较. 我们说该点的重力值是稳定的, 不影响联测的重力段差值. 所以北京-西坪之间 Δg_3 为 $-50 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 的变化反映了西坪点的重力值下降, 它可能是与地震有关的一种变化.

大同为工业区, 几年来工业用水很多, 不少水井的水位至少要埋深 100 m 以上. 271 地质队距大同宾馆不远, 有一口观测用井 7 年来水位下降约 30 m. 这是否会引起重力值的下降? 从许多大量用水的工业城市来看, 如天津、沧州、北京、宁波, 大量抽取地下水的结果是会造成地面沉降的. 如天津地面的沉降速率约每年 6-7 cm 左右, 它引起的重力值增加约每年为 $20 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$. 这一点和北京-大同间的重力变化 $\Delta g_1 = -74 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 正相反. 所以抽水导致地面沉降引起的重力值增加不能说明这一负异常. 目前无确切的大同地面升降资料, 故无法定量推算.

城市抽水多是在承压含水层, 仅能形成水位及地面的沉降漏斗. 地表浅层的潜水层也是直接影响重力值变化的一个重要因素. 虽然一般情况下无工业用水的直接抽取, 但有这样的可能, 较高层位的承压含水层与地表潜水有一定程度的连通, 从而造成地表潜水缺失. 大同地区地下水明显缺失是无可怀疑的, 近地表无法打出抽水用井. 盆地沉积很厚, 黄土层也很厚, 含水度自然也较小. 若把潜水层视作一有限平板, 并设给水度为 0.1, 水位下降 5 m, 则据下式:

$$\delta g = 42 \rho h (1 - h/R)$$

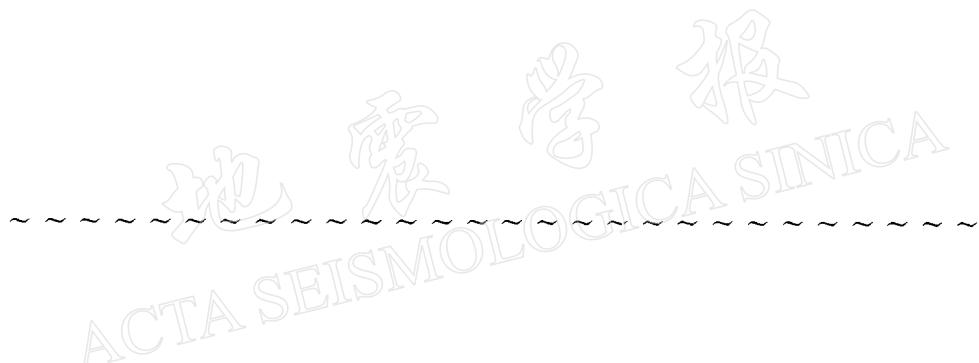
可知, 若把 R 取作 500 m, 则 h/R 仅影响 1%, 而实际上 R 要大得多, 因此可推算得出: 潜水水位下降 5 m 可引起 $20 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 的负值. 而大同-西坪的段差变化量 $24 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$, 似乎可看作大同重力值下降, 或者是西坪相对大同增大了 $20 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$. 因无确切的资料, 目前这仅是一种推测.

由此可认为, 大同-阳高地震前引起的重力变化为 $-50 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 左右. 这个变化量不是地表浅层变化所能解释的. 很可能是震源区深层有物质分布的变化, 或是地下深部有物质的局部迁移.

从地质构造上看, 大同盆地内有西坪-大同-右玉的隐伏东西向断裂. 这一构造线

在地质史上有火山活动.在西段的右玉为第三纪喷发的火山,东段有大同弧山、西坪的第四纪活动火山,在震区有分布很广的火山石.因此,很可能这地区的地壳深部有软性或流动性的物质在震前有迁移.而负值的重力异常,可看作有物质的迁出.上述仅是很粗浅的推测,尚需作进一步的测量、研究.

这项工作得到国家地震局科技司蒋克训、孙其政等同志的支持及大同地震中心台杨树仁、蔡国栋等同志的大力协助.本文也经顾功叙、陈运泰教授提出宝贵意见,谨此致谢.



四通 4S 高级科技编排系统简介

四通 4S (Super Science Setting System) 高级科技书刊编排系统,是专门为科技类书刊文献的编排而设计的,排版功能实用性很强,采用即打即排的操作界面,直观形象,从根本上解决了科技书刊排版的难题.

4S 系统具有文字、图片、数学、化学、乐谱、表格、杂志、造字等直观排版功能,可在 24 针打印机、不同精度激光印字机及激光照排机,输出与版式一致的样张,目前可提供包括宋、楷、黑、仿宋、魏碑、隶书、中圆、细圆、标宋等丰富的汉字字体.

四通 4S 先后荣获第 37 届尤里卡世界发明博览会金奖、北京首届国际博览会金奖、广州第二届国际专利技术及新产品展金奖、美国纽约第 14 届国际发明展金奖、北京市发明展金奖、科技进步一等奖等 20 多项大奖,获中国发明专利和美国发明专利授权.

四通 4S 系统自 1987 年 7 月问世以来,受到广大用户的欢迎,取得了令人满意的使用效果.为了使 4S 系统更加完善,北京四通集团公司于 1990 年 6 月在珠海创办了生产基地,先后推出了 4S-KNM、4S-9218 等性能价格比极优的排版机,及国内一流的向量汉卡及激光照排机.该公司拥有一支经验丰富的技术开发队伍,及遍布全国各地的销售、服务网点,可为广大用户提供优质服务.