

研究简报

京津唐地区的重力变化

华昌才 沈晶 郭凤义 张征宇

(国家地震局地球物理研究所)

J. T. Kuo W. E. Brown

(美国哥伦比亚大学)

摘要

我们重力测量组在1981年7月用三台LCR重力仪建立了重力测网。测量精度优于 100 nm/s^2 。文章描述了京、津、唐地区重力随时间的变化。

结果表明在天津地区增加了约 1000 nm/s^2 ，天津是沉降中心，每年平均沉降约 $7-8 \text{ cm}$ 。在其它台站，如堂二里、霸县等地重力值也逐年增加，但其幅度小于天津。重力变化的空间分布由东南向西北逐渐减小。

一、引言

地球重力场不仅随空间位置变化，也随时间变化，尽管变化量很小。地球重力场随时间变化的原因既有潮汐因素，也有非潮汐因素。尤其令人感兴趣的是伴随地震发生过程的重力变化，其量级较小，一般约 $(10^2-10^3) \text{ nm/s}^2$ 。例如我国的唐山、海城地震，日本的新瀉、松代地震，美国的阿拉斯加地震^[1,2]，伴随这些地震发生的过程都曾观测到重力的变化。

重力随时间的变化是否与地震有关？一直是有争议的。为此选择在京、津、唐、张地区这样一个危险性较大、社会意义又是至关重要的地区实施高精度重力重复测量，进而研究重力变化和地震的关系是很有价值的。

二、测网概况

图1是京、津、唐、张地区的高精度重力重复测网。它以北京为中心由六条剖面组成，分别是A、B、C、D、E1、E2六条测线，各测线的终点分别是完县、文安、天津、承德、张家口、北戴河；并联结保定、高阳、霸县、天津等，使之构成二个闭合环。

绝大部分的测点埋设在公路两侧，各测点都有 1.5 m 埋深的水泥标石，少量的点位设在基岩上，共计60个点位。

从地震地质角度来看，在测网覆盖的地区断层构造主要是北北东、北西西、东西三组

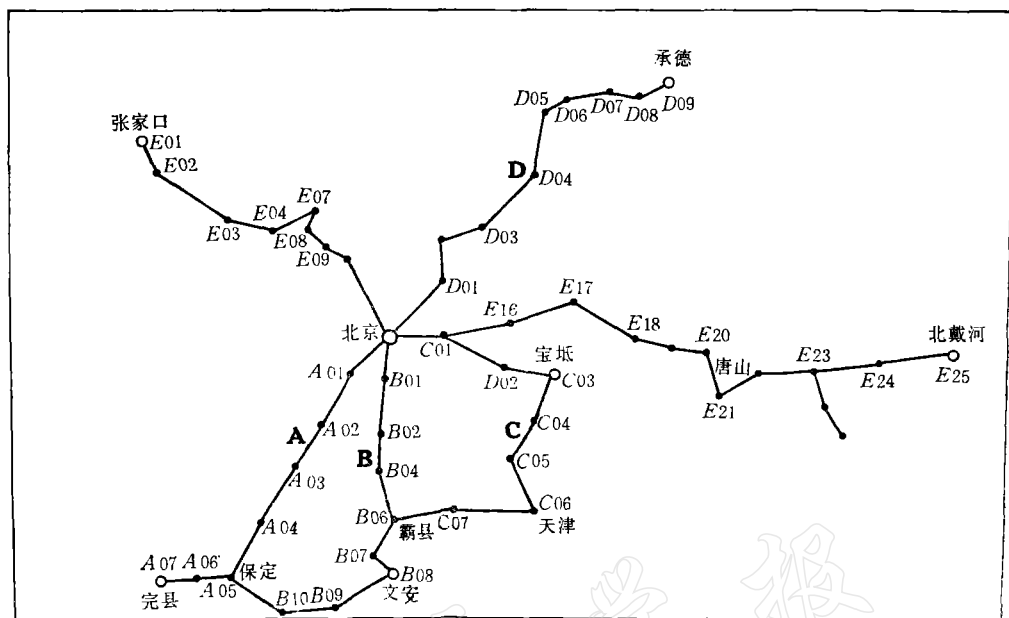


图1 京津地区重力网

Fig. 1 Gravity network in the Beijing-Tianjin area.

断层构造,霸县近年来又是形变活动强烈的地区。若以 1978 年为分界,则在此前是明显的隆起,此后又下降。根据物探的重磁图,牛驼(B04)正是处于重力高异常的地区;从地震活动性来看,承德地震活动性较小,可说是相对稳定;测网南部或京、唐地区则地震活动相对较强,可以互相对比。

三、施测概况

每期测量我们使用三台 Lacoste-Romberg G型重力仪,其编号分别是 No. 147, 570, 596, 每隔四个月测量一次,一年共施测三次。测量方法主要为双程往返测量,即由 $A \rightarrow B \rightarrow C \cdots \rightarrow n$, 再按相反顺序返回^[2]。此方法累积误差较小,效率高,较之国内目前常用的三程观测法精度高,速度快。我们规定段差的精度或是测量的中误差是 100nm/s^2 ($10\mu\text{Gal}$)。实际测量精度是 $(60-80)\text{nm/s}^2$ 。

重力值的计算是以北京为基准点,并且都扣除了固体潮的值,固体潮计算的经、纬度都用各测点上的值,潮汐因子定为 1.16。假定仪器的零漂是线性函数,并据此改正重力段差。

重力仪的格值常数,每年都在高崖口基线场做 2—3 次标定。在 $640(\mu\text{m/s}^2)$ 的测段上格值的相对精度高于 1.5×10^{-4} ^[3,4]。在允许的精度范围内仪器的稳定性是可靠的。

此种仪器受外界的干扰较小,一般情况下在精度范围内观测不到明显的气温、气压影响,因此也不加这些改正。

我们规定野外观测时各台仪器的自差要小于 200nm/s^2 , 各台仪器相互间的互差要小于 250nm/s^2 , 超限即返工,一般二个单程的行程时间比值不超过 2:3, 所以规定的测量精

度都能达到。如果测段上有较大的变化,都要再校核。

四、测量结果

图 2(a)、图 2(b)、图 2(c) 分别是 1982—1981 年,1983—1981 年,1984—1981 年之间的重力变化等值线图。由图可知,重力增加的最大值在天津 (C06),而牛驼 (B04) 测点的重力值基本保持不变,等值线值向北逐渐减小。基本的变化范围在 C 线和 B 线上及它们的交汇点所构成的闭合区,即测网的东南部。

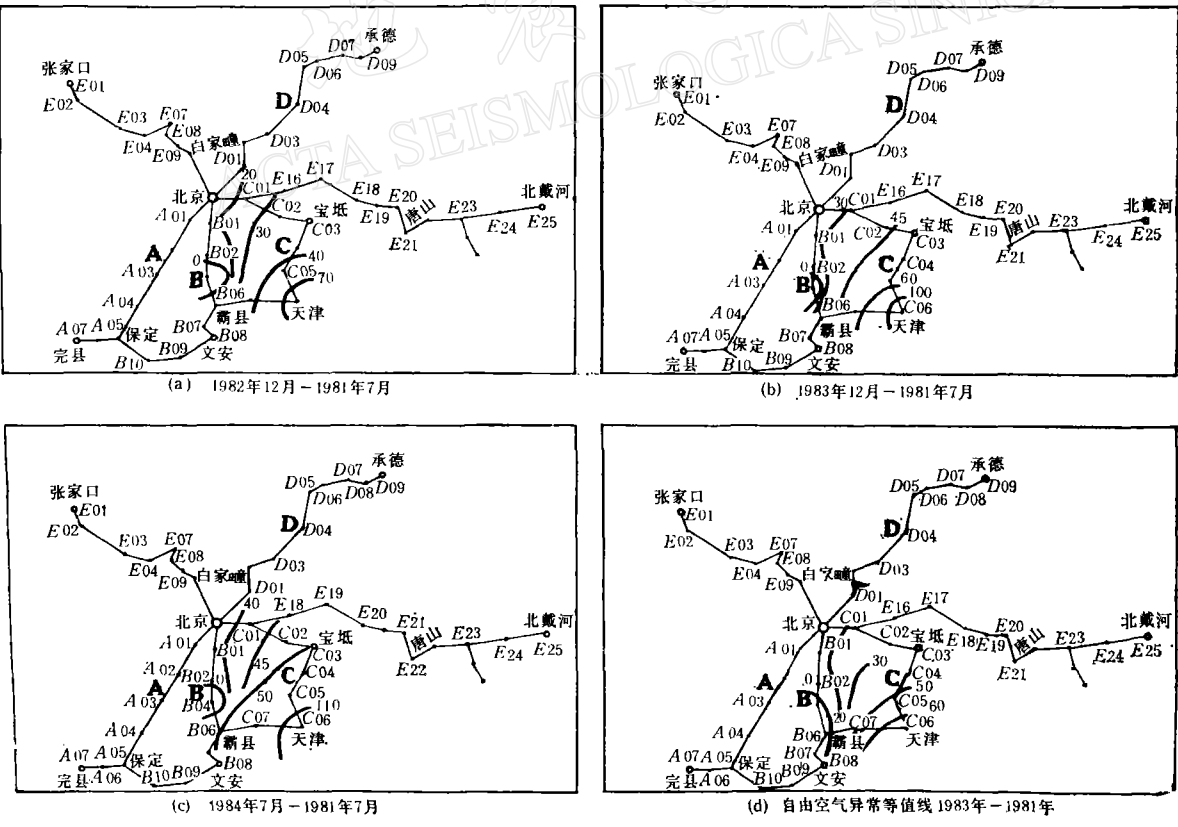
由图 2(a)、图 2(b)、图 2(c)反映出以天津为中心的重力增大的范围,其量值有一个逐年增大的趋势。

A 线略有变化。在观测精度范围内 E 1 及 E 2 线上各点可认为无变化且资料不全,暂不讨论。各单点值的变化见附图。

图 3 是重力变化的剖面图。天津明显地有一突出的高值变化,且这一基本变化时空展布的轮廓也是可信的。

水准测量资料仅提供了 1981—1983 年的高程变化,图 4 是高程变化的剖面图。

天津地区有明显的沉降,其趋势符合重力变化的情况,其次是堂二里(C 07)等点。总



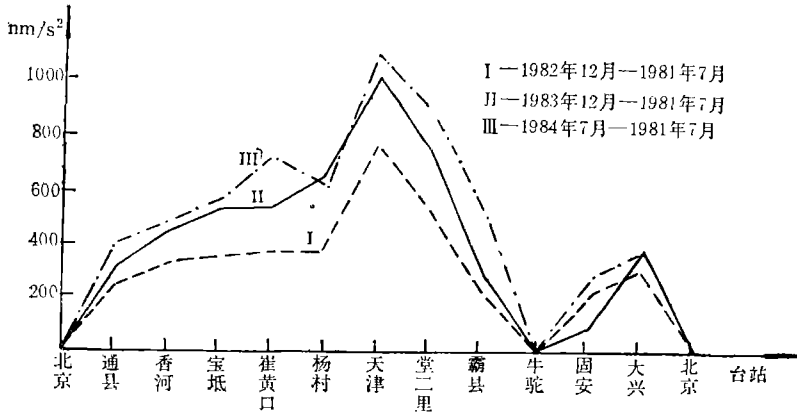


图 3 重力剖面图

Fig 3. Profile of gravity.

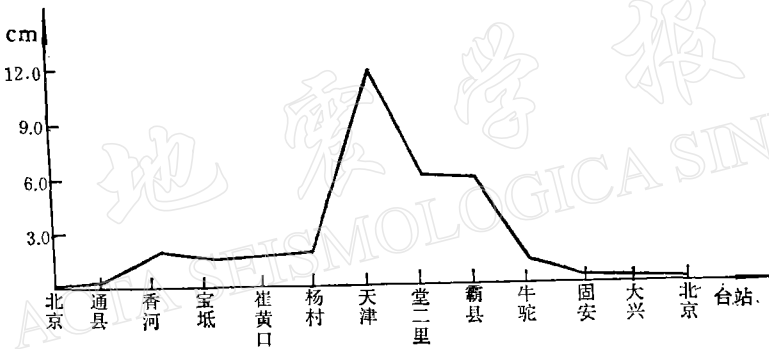


图 4 水准剖面图

Fig. 4 Profile of leveling.

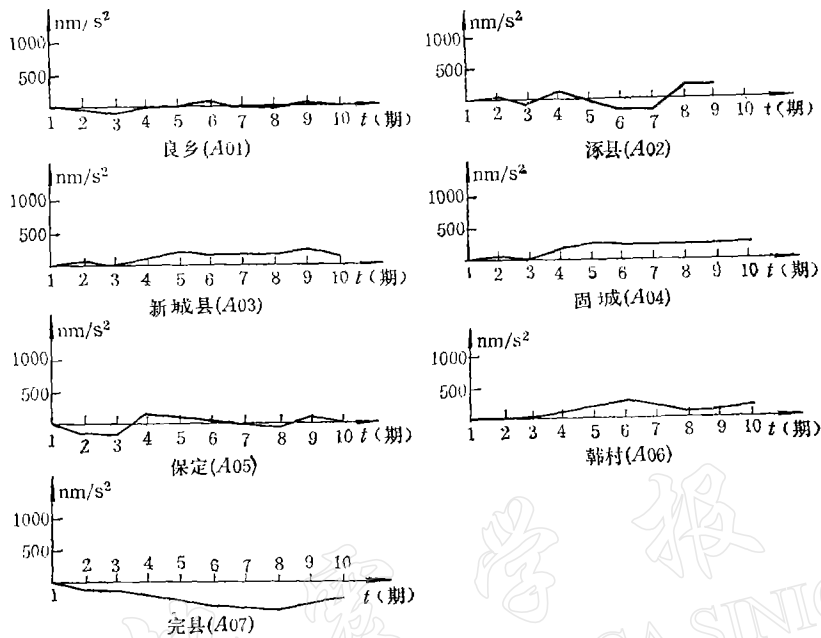
的来说,沉降区和重力增大区基本相符。

五、讨 论

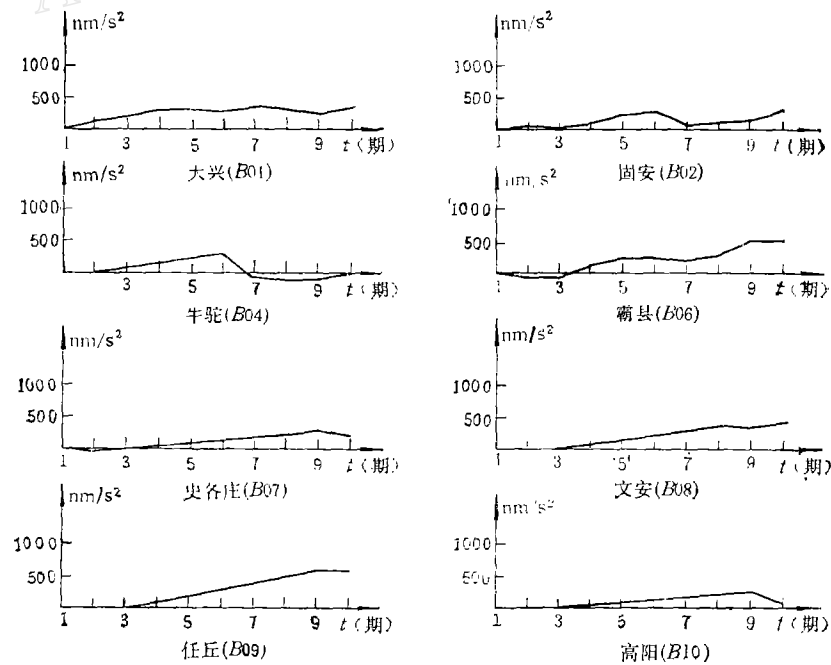
在各测点上重力变化量与高程改变量之比都大于布格改正系数及自由空气改正系数。经过高程改正后,重力变化的幅度明显减小,各点之间的相对幅度也减小了[见图 2 (d)]。堂二里和天津处于同一水平,可说是沉降影响扩展到堂二里、杨村,此外霸县、牛驼可认为都在零值,整个等值的变化趋势自东南向西北递减。我们认为变化的时空分布是真实的。京津地区确实存在一个逐年递增,自东南向西北减少的重力变化区域。

由于重力变化的量级是 10^2 nm/s^2 , 可说是比较大。我们首先可以排除测量仪器的自身影响。拉科斯特 G 型重力仪器的格值精度是 10^{-4} , 它随时间的变化,在测量精度的范围内可说是没有。温度、气压的变化引起的干扰也属于这种情况。观测到的变化与它们不存在相关性。所以我们认为引起重力变化的直接因素就是物质分布的改变。

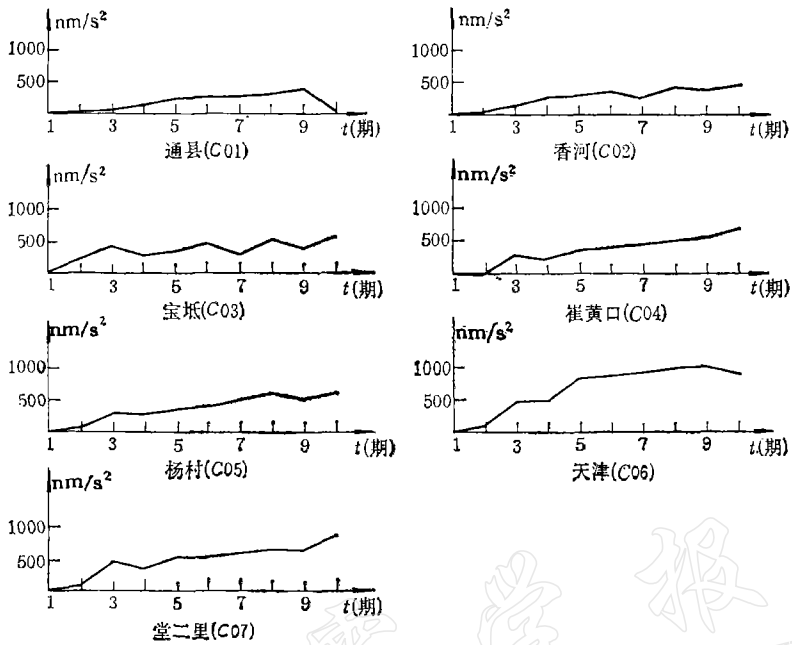
地下水的情况如何? 近年来在很多地区的工业发展,大量抽用地下水,华北地区这几年又少雨干旱,地下水位虽然每年仍有周期性起伏,但其平均水位是逐年下降的。地下水



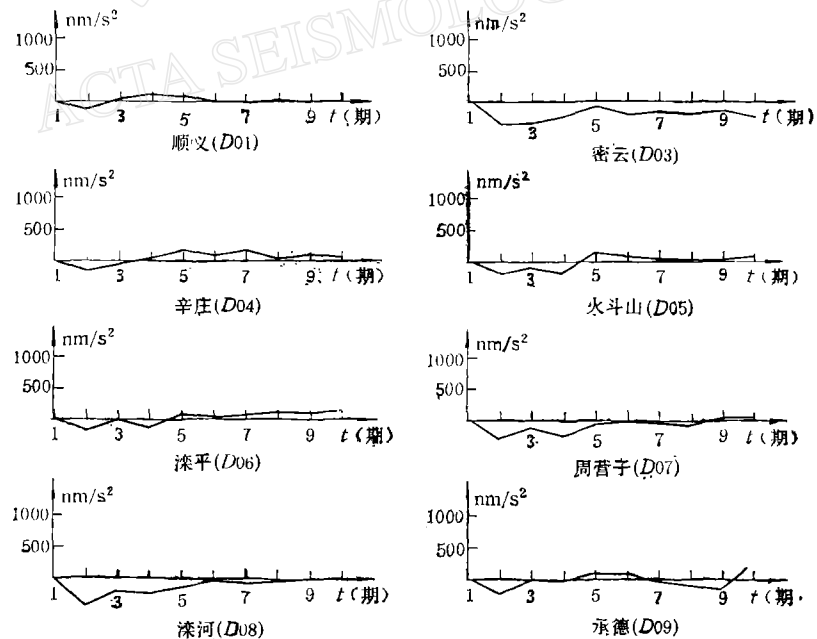
附图 1



附图 2



附图 3



附图 4

位的下降只能减少测点上的重力值,却不能说明重力值的不断增加,所以地下水位的变化更不是直接的原因。

地面的沉降固然可以引起重力值增大,但从量值来看不足以说明整个变化,经过高程

改正后,仅在霸县(B 06)点正好重力值变化为零,在天津、宝坻、通县还有较大的余量。

看来物质质量分布的变化是唯一可能的物理因素,即由于地层内物质密度的增加所致。

为了简单起见,把测点下方视作一个无限大的平板层来估算。在1000m厚的地层内,密度平均增加 $1\text{kg}/\text{m}^3$,重力约增 $400\text{nm}/\text{s}^2$ 。此种密度变化是否可能?我们还没有直接的其它资料来证实。

对于观测到的京津地区重力场变化的物理机制问题,还应在大量调研工作的基础上作进一步探讨。

参加过本文工作的还有郑金涵、刘端法、果勇,刘克人、李鸿吉对本文提出了宝贵意见,特此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Barnes, D., Gravity change in Alaska, *J. Geophys. Res.*, **71**, 451—457, 1966.
- [2] 华昌才、肖钢,相对重力测量的双程工作法,地震地磁观测与研究, **5**, 37—39, 1984.
- [3] 华昌才、郑金涵,苏鲁皖地区拉科斯特 G 型重力仪与绝对重力仪测定结果对比,地震地磁观测与研究, **4**, 54—56, 1983.
- [4] 华昌才、郑金涵,使用 G 型重力仪进行昆明、西安基线场测量工作中发现的问题,地震地磁观测与研究, **4**, 56—58, 1983.
- [5] 田岛稔一,松代地震の重力变化,测地学会誌, **20**, 153—157, 1979.

GRAVITY CHANGE IN THE BEIJING—TIANJIN—TANGSHAN AREA

HUA CHANGCAI, SHEN JING, GUO FONGYI AND ZHANG ZHENGYU

(Institute of Geophysics State Seismological Bureau)

J. T. KUO AND W. E. BROWN

(Geophysics Department of Columbia University)

Abstract

A gravity net-work was set up through a group of gravity measurements in July, 1981 with three LCR gravimeters. The errors of measurement are less than $100\text{ nm}/\text{s}^2$. The detected changes of gravity with time in the Beijing—Tianjin—Tangshan area are described in this article.

The results show that the gravity has increased by about $1000\text{ nm}/\text{s}^2$ in the area round, where the ground has subsided at a rate of 7—8 cm/year with Tianjin as the center of subsidence and gravity increase.

At other stations, such as Baodi, Tangerli etc. gravity has also increased gradually, but the amplitude is smaller than that at Tianjin. The tendency of gravity change is smaller in the north-west part than in the south-east part of the area.