

北京黄庄-高丽营断层、八宝山断层 现今活动追踪研究*

车兆宏, 范 燕

(中国地震局综合观测中心, 北京 100039)

摘要:综合分析了控制黄庄-高丽营断层、八宝山断层活动性的形变、重力及地磁资料, 认为断层的活动以永定河断层与良乡断层之间最为显著; 其活动与强震的发生密切相关; 断层所在地段是地震活动引起应力场变化的敏感地区, 是大同及张北地震后应力转移集中的地区, 转移集中的部分应力可能以断层蠕动的形式得到缓慢释放。

关键词:黄庄-高丽营断层; 八宝山断层; 活动性; 应力转移

中图分类号:P313.2

文献标识码:A

文章编号:1000-3274(2003)03-0097-08

引言

黄庄-高丽营断层及八宝山断层, 位于北京凹陷与京西隆起的交接地带, 是控制北京凹陷的西界断层。黄庄-高丽营断层南自涞水, 向北东经晓幼营、大灰厂、黄庄与南口-孙河断层交切后继续北延, 经高丽营东至怀柔庙城一带, 全长 131 km; 八宝山断层与黄庄-高丽营断层近于平行, 由涞水向北东方向经晓幼营、大灰厂抵八宝山之后隐伏于北京平原, 全长 80 km。两条断层第四纪都有活动, 黄庄-高丽营断层活动强烈, 中更新世以至全新世仍有活动, 八宝山断层活动相对较弱。断层倾向均为东南^{[1],[2]}。

跨断层形变测量得到的结果, 可能是断层的蠕动, 也可能是断层两侧的应变变化。跨断层测量成果是无法区分上述两种情况的。当断层两侧存在应变积累时, 跨断层形变测量及重力、地磁应有相呼应的同步变化, 其变化应具有一致性^[3]。因此, 用多种手段对断层进行监测, 综合分析其变化, 有助于判断断层活动性质。

有的学者曾对这两条断层的活动性进行过广泛的研究^{[1],[2]}, 认为黄庄-高丽营断层活动方式以粘滑为主, 兼少量稳滑; 八宝山断层活动方式为兼有粘滑和稳滑。笔者曾于 1997 年分析了控制这两条断层的形变、重力及地磁同步、共点观测资料, 认为八宝山断层中段目前处于蠕动或旷动的状态^[3]。

为讨论方便, 本文以与这两条断层相交的南口-孙河断层、永定河断层及良乡断层将这

* 收稿日期: 2002-08-26; 修改回日期: 2002-10-31

作者简介: 车兆宏(1940-), 男, 陕西西安人, 研究员, 主要从事地形变及地震预报等研究。

两条断层分为北段、中北段、中南段及南段四段。综合分析控制黄庄-高丽营断层、八宝山断层活动性的形变、重力及地磁资料，并对其活动性提出一些看法。

1 资料概况

1.1 断层形变

控制断层活动的形变测点共有 6 处(图 1a, 表 1)。水准测量精度约 0.35 mm/km, 基线测量精度约为 2×10^{-6} , 短边测距精度约为 0.5×10^{-6} 。流动水准及基线大多每月观测一

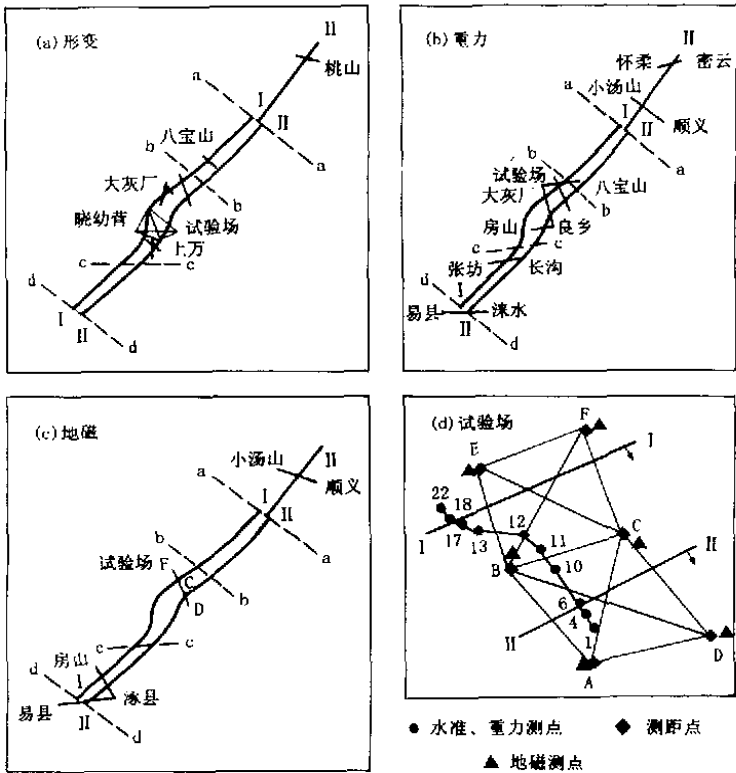


图 1 断层活动监测点布设示意图

I——I 八宝山断层; II——II 黄庄-高丽营断层;
a——a 南口-孙河断层; b——b 永定河断层;
c——c 良乡断层; d——d 涿水-涿县断层

表 1 断层形变监测点概况

测点	φ_N	λ_E	控制断层	测线长/m	资料时间 (年-月~年-月)
桃山	40°16'	116°36'	黄庄-高丽营	850	1978-01~2001-12
八宝山	39°55'	116°14'	八宝山	24~48	1983-01~2001-12
试验场	39°52'	116°07'	黄庄-高丽营、八宝山	2450	1993-01~2001-12
大灰厂	39°51'	116°07'	八宝山	24~48	1971-05~2001-10
晓幼营	39°50'	116°03'	黄庄-高丽营、八宝山	693~1484	1985-05~2001-10
上万	39°48'	116°01'	黄庄-高丽营	24	1981-01~2001-12

次,短边测距每半年观测一次。桃山水准、试验场水准及晓幼营短边测距测线较长,其余 3 处测线长仅数十米。

1.2 重力

断层两侧的重力段差,在断层北段有密云-怀柔、小汤山-顺义,中北段有八宝山-大灰厂,中南段有试验场、大灰厂-良乡及良乡-房山,南段有张坊-长沟及易县-涞水(图 1b)。测点距断层大多为数百米至一、二十公里;试验场重力为由 22 个测点组成的标石阵,近的测点距断层数米。段差精度约 $10 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 。段差值是在观测北京重力大网及小网时得到的,1984 年开始观测(试验场重力 1993 年开始观测),小网每年观测 4 期,大网每年观测 1 期。

1.3 地磁

断层两侧地磁测点的地磁差值是由通化后的点值计算得到的。北段有小汤山-顺义,中南段有试验场 F-D,南段有房山-涿县及易县-涿县(图 1c)。测点距断层大多为数公里至二、三十公里;试验场地磁测点距断层数十米至近百米。资料从 1986 年开始(试验场地磁 1993 年开始观测)。每年观测 4 期,精度约 3 nT。

上述成果大多由综合观测中心观测。桃山、大灰厂、八宝山及上万形变测点先后由地壳所及北京市地震局观测。成果符合观测规范要求,连续可靠,均排除了外界条件变化所带来的干扰。

2 断层活动性观测结果

2.1 断层形变(图 2)

桃山水准:1982~1984 年曾出现断层张性活动,1985~1998 年水准变化不大,1999 年初出现大幅度的异常变化,至 2001 年底累积异常幅值已达 9 mm。

八宝山基线、水准:自观测以来断层呈压性顺扭活动趋势。1999 年断层开始出现反扭活动,直交水准同期显示断层呈张性活动,2001 年变化减缓。

试验场水准:黄庄-高丽营断层北侧 10 号测点与八宝山断层南侧 13 号测点之间的高差,1999 年开始出现 10 号点相对 13 号点升高的持续变化,反映这两条断层之间的块体呈压性变化,2001 年 6 月累积异常幅值达到 7 mm 并开始转折。

大灰厂基线:大同地震前出现断层顺扭异常活动,大同地震后总体呈压性反扭趋势,在曲线波动下降过程中发生张北地震。震后持续顺扭,2001 年以来变化速率减缓。

晓幼营测距:1988 年断层出现显著的压性反扭活动,1997 年初反向为张性顺扭,幅值累积达 7~8 mm。2000 年以来变化不大。

京西试验场测距:自 1999 年初至 2000 年底处于压缩趋势,幅值达 6×10^{-6} 。这一变化与流动水准观测获得的两条断层之间的块体呈受压状态的结果是一致的。

上万基线、水准:观测以来呈比较稳定的顺扭活动,变化速率较缓。

跨断层形变的特点是:变化幅度大;空间分布上中段变化大、南端无明显变化;同一段变化具有相对的统一性。大同地震后断层中南段出现了持续大幅度变化,成为黄庄-高丽营断层、八宝山断层活动的重要特点,这一变化在张北地震后仍持续了一段时间,近年变化趋缓。

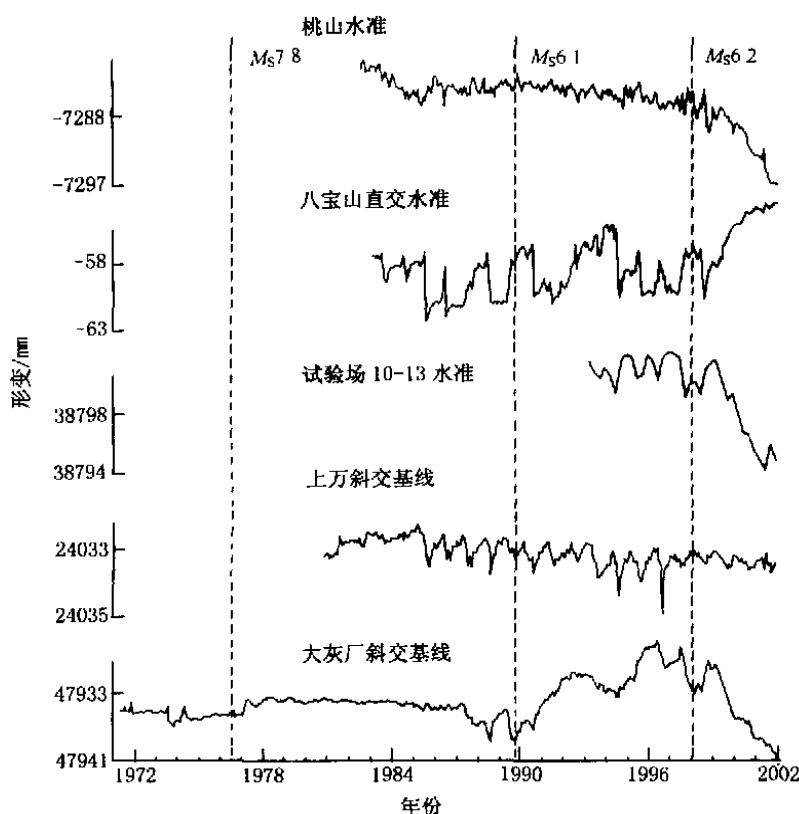


图 2 断层形变

2.2 断层两侧重力变化

北段怀柔-密云重力段差在张北地震后出现 $30 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 的持续下降；小汤山-顺义重力段差在观测期间呈现持续下降，速率比较稳定，1993~1996 年初出现幅值为 $50 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 的异常变化，异常恢复后 2 年发生张北地震(图 3)。其他测段变化不显著。上述重力测点距断层比较远，持续时间较长，为趋势性变化。

变化比较突出的是在测点距断层较近的试验场观测场地上(图 4)。黄庄-高丽营断层两侧重力段差在张北地震前 2 个月观测到 $60 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 的异常变化，震后恢复，这一变化主要分布在靠近黄庄-高丽营断层断面两侧 4 号与 6 号测点之间几十米的地段，这是震前观测到的可靠的重力短期前兆。张北地震前两年靠近八宝山断层两侧的 17、18 号测点几十米的地段重力段差值持续下降 $70 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ，震后该段重力段差变化不大。张北地震后距八宝山断层较远的 13 号与 22 号测点之间的重力测段及两条断层之间 13 号与 10 号测点之间重力段差分别持续上升 $45 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 及 $25 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ，总计上升 $70 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ 。这一重力变化的空间分布有着断层活动的深层次的原因。

2.3 断层两侧地磁变化

大同地震后小汤山-顺义地磁差值曾出现持续 2 年的下降，幅值近 10 nT；房山-涿县地磁差值持续下降，年速率大致在 0.5 nT/a，速率也较低。张北地震后小汤山-顺义、房山-涿县及易县-涿县地磁差值均出现趋势上升，幅值在 4~8 nT(图 5)。

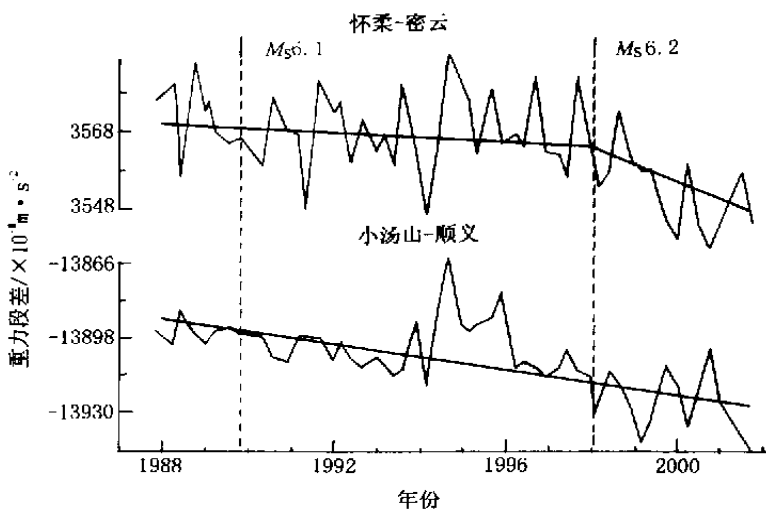


图 3 断层两侧重力段差变化

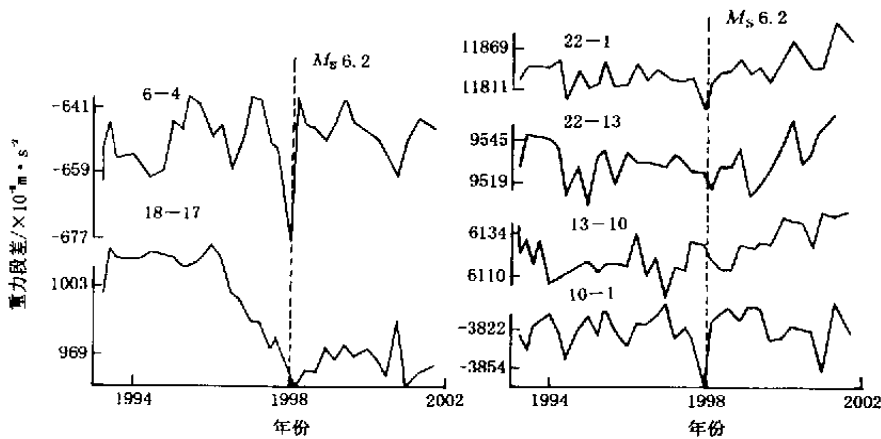


图 4 试验场测点断层两侧重力段差变化

试验场两条断层外侧地磁总体呈上升变化，幅值在 7 nT 左右，年速率为 0.9 nT/a；其中黄庄-高丽营断层两侧地磁差值持续上升，八宝山断层两侧地磁差值持续下降，显示两条断层之间块体的地磁值处于升高的状态(图 6)。

3 讨论与结论

(1) 断层活动以中南段最为显著，并存在向北扩展的趋势。中南段垂直及水平形变已达厘米级。断层两侧重力、地磁变化也比较显著：黄庄-高丽营断层两侧的重力段差在张北地震前变化 $60 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ，八宝山断层两侧重力段差震前累计下降 $70 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ；试验场两条断层外侧地磁差值以 0.9 nT/a 的速率上升。断层南段活动比较弱。1999 年开始北段桃山水准监测到断层呈加速张性活动，怀柔-密云重力段差持续下降 $30 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$ ，小汤山-顺义地磁差值趋势上升 4~8 nT。断层活动似有从南向北扩展的趋势。

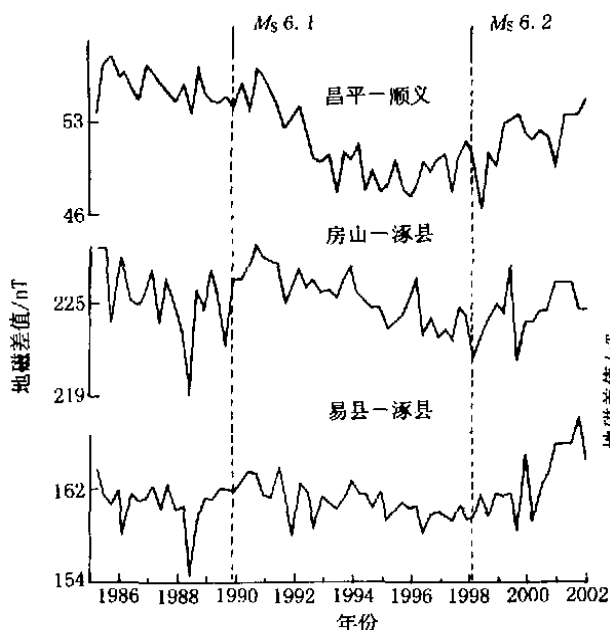


图5 断层两侧地磁差值变化

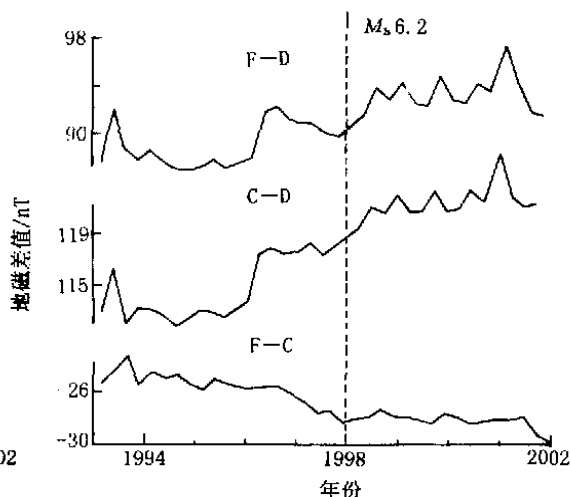


图6 试验场测点断层两侧地磁差值变化

(2) 断层活动与强震活动密切相关。1987年前断层活动不显著,大同地震前2年大灰厂基线开始出现断层异常活动,震后断层呈反向趋势变化,并随着地震的衰减断层活动速率逐渐趋缓。张北地震前2年八宝山断层两侧出现的重力段差变化在震后停止;黄庄-高丽营断层两侧重力段差仅在张北地震前2个月出现短期变化,并在震后即恢复;怀柔-密云重力段差在张北地震后出现持续下降。张北地震后小汤山-顺义、房山-涿县及易县-涿县地磁差值出现趋势上升。断层两侧形变、重力及地磁变化,在时间上大多与两次地震的发生有关,有的在两次地震前后出现转折。两条断层所在地段是地震活动引起应力场变化的敏感地区。

(3) 黄庄-高丽营断层与八宝山断层之间的块体,在断层活动中具有特殊性,为一压性变化的区域。位于黄庄-高丽营断层与八宝山断层之间的水准测线,1999年上半年开始出现反映两条断层之间的块体呈压性的持续变化,同一地点的测距结果也显示了同一现象;张北地震后试验场出现重力上升的趋势变化,是由八宝山断层及两断层之间块体的重力值升高引起的;试验场地磁空间变化显示,断层之间块体的地磁值持续升高,也反映了这一地块处于持续压缩的状态。这两条断层为铲式正断层,其断面呈“Y”形相交,断层之间的块体为“无根”的块体,这种结构是形成这一变化的构造背景。

(4) 黄庄-高丽营断层与八宝山断层为大同及张北地震后应力转移集中的地区,转移集中的应力可能以断层蠕动的形式得到缓慢释放。近年国内外学者曾研究了大地震诱发的静应力场变化^[4],这种变化引起震源区附近一定范围内应力的转移及调整,因此大地震不仅触发震源区附近的余震活动,而且可以影响到一定范围内另一次强震的发生,或使某一断层的地震危险性得到缓解。转移集中的应力,可以以地震的形式集中释放,也可以以慢地震或断层蠕动的形式缓慢释放。对断层的多年监测显示,强震发生后不少形变台点出现较

震前幅度更大、持续时间更长的异常变化，但在异常测点附近并没有强震发生。这一现象在我国华北及西南地区都观测到。这一事实表明，存在有以断层蠕动的形式缓慢释放强震后转移集中应力的可能。黄庄-高丽营断层与八宝山断层在大同地震前后开始出现显著活动，并在两次地震后断层活动持续发展，表明强震发生后应力转移集中到了这一地区，但转移集中的部分应力可能以断层蠕动的形式得到了缓慢释放。

由上述分析可以看出，断层形变及断层两测重力、地磁变化具有一定的协调性：在变化的空间分布上断层的中南段变化均最为显著；在变化时间上均与强震的发生密切相关；3种测项的变化均反映了两条断层之间的块体处于持续压缩的状态。但由于除试验场水准与重力、测距与地磁为共点准同步观测外，其余各处各测项均为单独布设，复测的时间间隔不一致，观测时间不同步，因此形变与重、磁的变化在时间及幅度上存在一定差异，对从变化的机理上进行进一步深入研究带来一定困难。

综上所述，笔者得到如下结论：黄庄-高丽营断层及八宝山断层的活动，以永定河断层与良乡断层之间最为显著；两条断层所在地段是地震活动引起应力场变化的敏感地区，是大同及张北地震后应力转移集中的地区，转移集中的部分应力可能以断层蠕动的形式得到缓慢释放；利用形变与反映介质状态的观测手段对断层进行综合监测，有助于断层活动性质的判断。用于地震及断层活动性监测的重力及地磁测点，应尽可能靠近断层面，并与形变共点同步观测。

由于现有各测项大多没有共点同步观测，观测时间较短，目前尚难以彻底消除外界干扰的影响，因此上述结论仍有待进一步深入研究。

参考文献：

- [1] 高文学，马瑾. 首都圈地震地质环境与地震灾害[M]. 北京：地震出版社，1993. 40-41.
- [2] 徐杰，汪良谋，方仲景，等. 北京八宝山断裂和黄庄-高丽营断裂构造活动性的初步分析[J]. 华北地震科学，1992，10(3)：1-11.
- [3] 车兆宏，巩曰沐，刘善华，等. 北京黄庄-高丽营断层、八宝山断层中段活动性综合研究[J]. 中国地震，1997，13(4)：330-337.
- [4] 石耀霖. 关于应力触发和应力影概念在地震预报中应用的一些思考[J]. 地震，2001，21(3)：1-7.

Tracing study of fault activity of the Beijing Huangzhuang-Gaoliying fault and Babaoshan fault in recent time

CHE Zhao-hong, FAN Yan

(Center for Comprehensive Surveying, CSB, Beijing 100039, China)

Abstract: In this paper we have analyzed the data of deformation, gravity and geomagnetism that control activity of Huangzhuang-Gaoliying fault and Babaoshan fault. It is considered that the fault between Yongdinghe and Liangxiang is the most active one. This fault activity is closely related to the occurrence of strong earthquakes. The region, where Huangzhuang-Gaoliying fault and Babaoshan fault are located, is the sensitive area of stress field variation resulted from seismic activity. It is the region of stress migration and concentration after Datong earthquake and Zhangbei earthquake. The migrated and concentrated partial stress is possibly released slowly in the form of fault creep.

Key words: Huangzhuang-Gaoliying fault; Babaoshan fault; Activity; Stress migration