

刘元章. 2018. 依据地热井资料探讨北京八宝山断裂北段的基本特点. 地震学报, 40(5): 646–653. doi: 10.11939/jass.20180018.

Liu Y Z. 2018. Characteristics of northern section of Beijing Babaoshan fault based on the stratigraphic data of geothermal drillings. *Acta Seismologica Sinica*, 40(5): 646–653. doi: 10.11939/jass.20180018.

依据地热井资料探讨北京八宝山 断裂北段的基本特点

刘元章[†]

(中国北京 100195 北京市水文地质工程地质大队)

摘要 根据地热井的地层资料, 绘制了横穿八宝山断裂带北段的地质剖面图, 对八宝山断裂带的深部构造特点进行了探讨, 并对几个地热钻孔的地层进行了横向对比. 研究结果显示: 剖面中存在众多倾角不同、规模不一且相互错断的逆断层, 反映出八宝山断裂受逆冲作用非常强烈, 同时具有多期性; 剖面中存在两条较大的断层, 一条是八宝山断裂带的主断层, 另一条是雾迷山组小断块被顶托至上部后所形成的次断层, 在八宝山一带, 次断层的上盘被推覆至主断层线之上将其掩盖, 地表仅显示一条断层, 即平常所说的八宝山断层, 由此可见这并非八宝山断裂带的主断层, 在研究及监测中应注意加以区分. 此外, 根据钻孔地层厚度资料估算, 本段主断层倾角约为 40°, 最大切割深度约为 5 000 m. 根据地层切割与沉积关系, 认为八宝山断裂带最终形成于中生代晚期.

关键词 地热井资料 构造分析 八宝山主断裂 断层产状 形成时代

doi: 10.11939/jass.20180018 中图分类号: P315.2 文献标识码: A

Characteristics of northern section of Beijing Babaoshan fault based on the stratigraphic data of geothermal drillings

Liu Yuanzhang[†]

(Beijing Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Beijing 100195, China)

Abstract: Basing on the stratigraphic data of geothermal drillings, a geological profile is plotted across the north segment of Babaoshan fault zone, and deep structure is discussed. According to the lateral stratigraphic alignment, it is found that there are many reverse-faults in different scale and inclination in the section, and these faults are dislocated mutually, which reflects that the thrusting effect of the Babaoshan fault is very strong and is of multiphase. Meanwhile, there are two larger faults in the section. One is the main fault of the Babaoshan fault zone, and the other is the minor fault resulted from the blocking of Wumishan formation put upwards by the main reverse fault. Because the main fault is covered by hanging wall of the minor fault for the thrusting of the minor fault is so strong, therefore in the Babaoshan area, there only one fault line appears on the surface, and the fault we normally refer to as the Babaoshan fault. We can see it is not the main fault line of the fault zone, which should be carefully examined in the



research and monitoring of the fault zone. According to the rough estimation basing on the stratigraphic data of geothermal boreholes, it is deduced that the dip angle of the main fault is about 40 degrees, and the maximum cutting depth is about 5 000 m. In additional, the relation between stratigraphic cutting and deposition reveals that the Babaoshan fault was formed approximately in the Late Mesozoic era.

Key words: geothermal drillings data; geological structure analysis; Babaoshan main fault; fault occurrence; formation age

引言

北京八宝山断裂因在八宝山一带出露而得名,与作为北京凹陷西边界的黄庄—高丽营断裂走向大致平行,该断裂呈 NE 向展布,总体走向为 NE40°—50°;南起河北涞水,向北经牛口峪、房山、磁家务、北车营、晓幼营、大灰厂、八宝山、清河到东三旗,全长约为 100 km (北京市地质矿产局, 1991; 车兆宏, 范燕, 2003). 该断裂在平原区除了少数地段有地表出露外,大部分均被第四系覆盖,在八宝山处表现为蓟县系雾迷山组逆掩于寒武系一下侏罗统之上,上盘的老地层逆掩至下盘之上. 该断裂的糜棱岩带在有些地段宽 20—30 m,显示为压扭性断裂,断层面倾向 SE,倾角较缓,断层产状随地段不同有所差异.

八宝山断裂是一条活动断裂,长期受到地震研究人员的关注(杨景春等, 1981; 张保民等, 1981; 孙叶等, 1983; 金凤英, 严润娥, 1985; 赵刚, 李军雄, 1986; 徐杰等, 1992; 焦青等, 2005),关于该断裂的研究主要集中在地震活动性方面. 杨景春等(1981)根据断层位移观测、地下水及小震活动等资料,认为该断裂有一定的活动性;王宋贤(1988)根据观测台站及测点的观测数据分析,认为该断裂近期仍在活动,且对地震活动具有一定的响应;车兆宏和范燕(2003)根据对形变、重力及地磁资料的分析,认为该断裂的活动与强震的发生密切相关,断裂所在地段是地震活动引起应力场变化的敏感地区;焦青等(2005)根据跨断层位移观测资料的分析,认为该断裂近期表现为北强南弱的继承性活动特点.但也有观点认为该断裂当前活动很弱甚至不再活动,例如徐杰等(1992)通过对断层线之上第四纪沉积物有无明显错断加以分析,认为八宝山断裂自早更新世后活动甚弱;赵刚和李军雄(1986)利用平面光弹性测试技术对八宝山断裂的活动量进行监测的结果显示,第四纪以来该断裂趋于稳定.上述关于断层基本产状特征方面的研究相对较少,另外,当前对隐伏断层产状基本性质的研究主要是通过地质地貌、钻探、重力、物探、人工地震等间接手段进行探测(徐杰等, 1992; 向宏发等, 1996; 赵希俊等, 2000; 马文涛等, 2004; 常旭等, 2008; 胡平等, 2010).

由于八宝山断裂大部分均被第四系覆盖,研究难度较大,所以对其认识尚不够充分,例如对于断层基本产状中的断层面倾角,北京市地质矿产勘查开发局和北京市地质调查研究院(2008a)认为一般处于 20°—30°之间,徐杰等(1992)描述为 25°—35°,尚未形成一致观点.因地表出露不多,对其研究主要是根据相关的物探资料及部分钻孔所揭示的地层情况进行一定的了解.由于各种物探方式均属于间接手段,解译结果一般具有多解性,且均存在相应的分辨率问题,因而依据物探所得结果的可信度一般;而钻孔岩芯是对深部地层及构造进行研究的最直接、最为可靠的手段,能够较好地揭示深部地层构造.以往钻孔的深度较小,这使得对于八宝山断层性质的了解较为有限.近年来,随着本地区对地热资源的开发,施工了一些较深的地热钻孔,积累了一定的深部地层资料,为我们对该断层的进一步了解提供了有

利的条件，因此有必要根据这些深孔资料对该断层的性质进行更深入的研究总结，这对于基础地质、区域构造、地震监测、地下水及地热开发、工程建设等均具有重要的理论和现实意义。

八宝山断裂南北向延伸约 100 km，大致以永定河断裂为界分为南北两段。由于该断裂长度较长，断层产状可能会存在较大的变化，尤其是南段，因受侵入岩体的影响，产状受后期干扰较大，变化相对复杂；北段受后期干扰相对较少，产状较为稳定，比较具有代表性，而且北段区域内的地热钻孔较多，资料相对丰富，便于研究。因此本文拟选取八宝山断裂北段部分(鲁谷—东三旗段)对其地层结构重点研究，以期能较好地揭示该断层的产状等基本特征。

1 区域构造概况

八宝山断裂北段所在区域在构造单元上属于华北板块(Ⅰ级)冀辽断陷盆地(Ⅱ级)北京断陷(Ⅲ级)。北京断陷是多期构造作用形成的巨型断陷，该断陷内沉积厚约 1 500 m 的古近系和新近系。北京断陷为一地堑式凹陷，凹陷内有 5 条较大的平行断裂，分别为车公庄断裂、莲花池断裂、前门断裂、崇文门断裂和西红门断裂，其西北、东南边界分别为黄庄—高丽营断裂、南苑—通县断裂。根据白垩纪以来的沉积差异，北京断陷又可细分为琉璃河、丰台和东坝—天竺等 3 个小断陷盆地(北京市地质矿产勘查开发局，北京市地质调查研究院，2008a)。本文重点研究的八宝山断裂中段即位于丰台断陷西部边界的外侧。

八宝山断裂大致与黄庄—高丽营断裂平行展布，两者相距仅 1—5 km，其间地带受多期构造挤压，较为破碎，称之为八宝山断裂带。本区域的地质构造如图 1 所示。

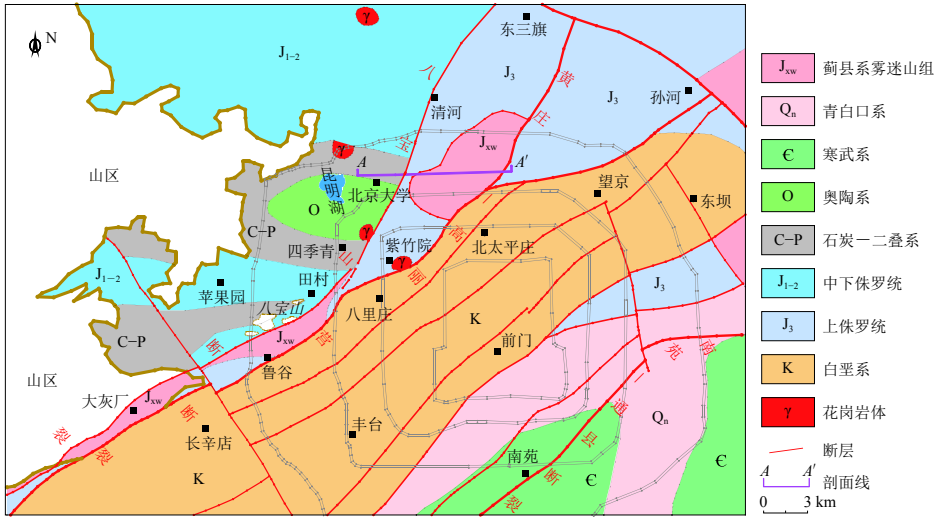


图 1 研究区基底地质构造示意图(修改自北京市地质矿产勘查开发局和北京市地质调查研究院，2008b)
Fig. 1 Schematic diagram of regional basement geological structure (revised from Beijing Geological and Mineral Exploration and Development Bureau and Beijing Institute of Geological Investigation and Research, 2008b)

2 深层地质剖面与岩层接触关系分析

近年来，随着地热资源的开发，一些深井的施工为我们了解八宝山断裂北段区域的地层接触关系及地质构造提供了较多的地层资料。图 2 和图 3 分别给出了根据北京大学地热井(JR-119，深 3 200 m)、中国农业大学地热井(JR-141，深 3 671 m)、中国农业机械化科学研究

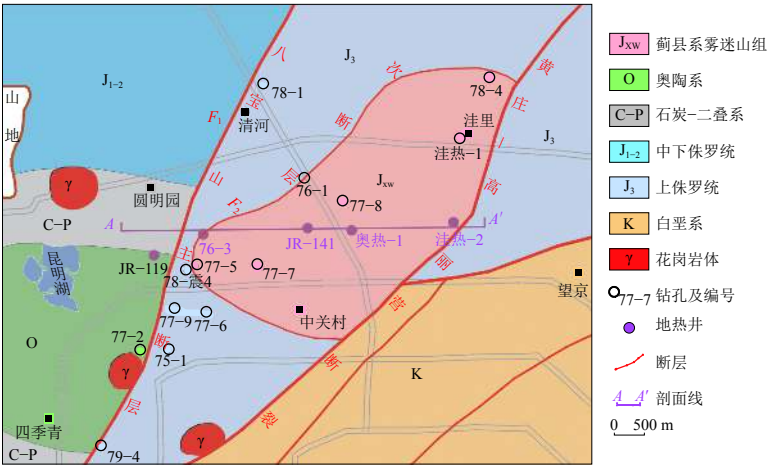


图 2 AA'剖面位置示意图(修改自北京市地质矿产勘查开发和北京市地质调查研究院, 2008b)

Fig. 2 Schematic diagram for location of the section line AA' (revised from Beijing Geological and Mineral Exploration and Development Bureau and Beijing Institute of Geological Investigation and Research, 2008b)

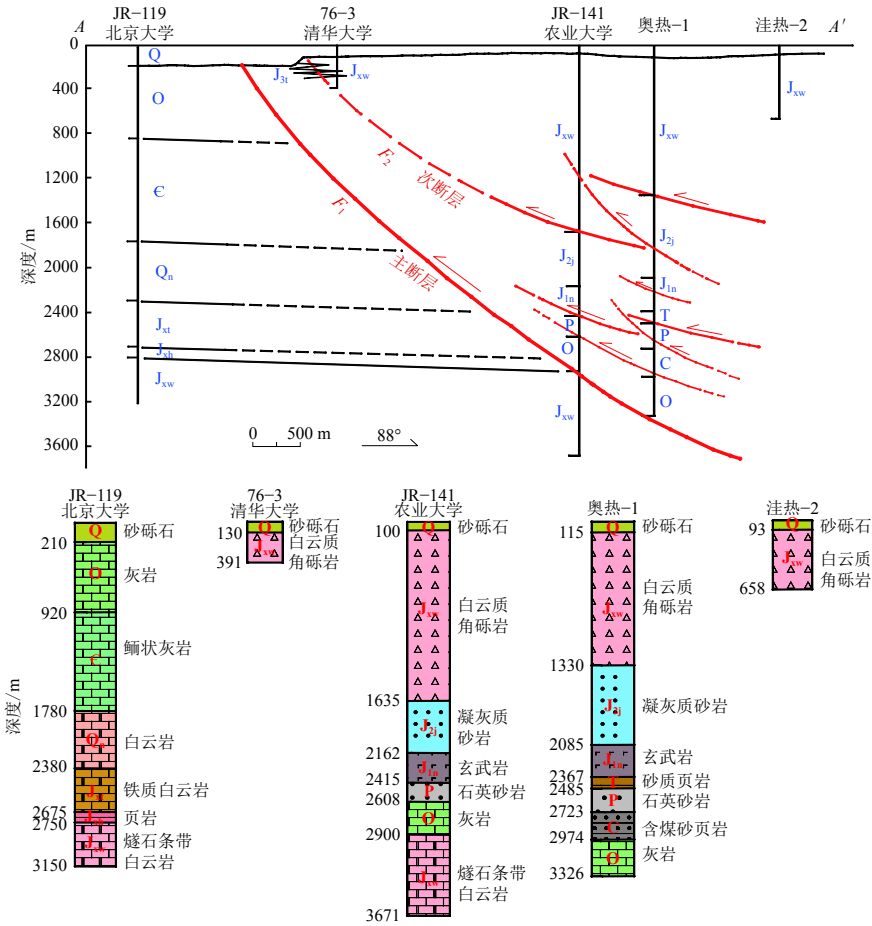


图 3 AA'地质剖面示意图及钻孔柱状图

Fig. 3 Schematic daigram for the geological section AA' and borehole histograms

院奥运公园地热井(奥热-1, 深 3 326 m)以及其它钻孔所绘制的横穿八宝山断裂与黄庄—高丽营断裂之间地带的地质剖面图。

从地层剖面图(图 3)中可以看出, JR-141 和奥热-1 两井虽然相距仅 750 m, 但地层存在较大的差异, 主要特点如下:

1) 两井的地层很不连续, 同组岩层的厚度相差较大。例如: 蓟县系雾迷山组(J_{xw})西侧比东侧厚度大, 在西侧 JR-141 地热井中的厚度为 1 559 m, 在东侧的奥热-1 地热井中的厚度为 1 215 m; 但侏罗统九龙山组(J_{2j})和南大岭组(J_{1n})在东侧的厚度较西侧大, 九龙山组(J_{2j})在 JR-141 钻孔厚 527 m, 在奥热-1 钻孔厚 755 m, 南大岭组(J_{1n})在 JR-141 钻孔厚 253 m, 在奥热-1 钻孔厚 282 m;

2) 西侧 JR-141 钻孔中的地层与东侧的奥热-1 钻孔相比, 缺失了石炭系(C)和三叠系(T), 存在地层缺失现象;

3) 两井的地层厚度均不是正常的沉积厚度, 各组的厚度普遍小于本区该层正常的沉积厚度, 即层厚不完整, 仅为其中一部分。例如: 南大岭组(J_{1n})在 JR-141 钻孔中厚 253 m, 在奥热-1 钻孔中厚 282 m, 区域正常层厚一般为 300—500 m; 九龙山组(J_{2j})在 JR-141 钻孔中厚 527 m, 在奥热-1 钻孔中厚 755 m, 而正常层厚一般为 1 000—1 540 m (北京市地质矿产局, 1991)。这说明剖面中存在很多个不整合面, 很不正常;

4) 西侧的 76-3 孔(清华大学)存在侏罗统髫髻山组(J_{3t})与蓟县系雾迷山组(J_{xw})交互穿插出现的现象, 也呈现出非正常的地层层序。

这样看来, 两地热井的地层层序非常错乱, 难以对比, 因此只能用断层不连续加以拟合对比, 其地层对比关系如图 4 所示。可以看出, 在不同层位上存在着多条角度不一的逆断层, 断层往往又同时受到后期断层的再切割。图中所绘出的断层是根据地层组间的厚度差异大致推断出的主要断层, 尚不包括组内更小规模的断层。可以看出, 本区地层中存在数量众多、规模不一的逆断层, 且存在相互错动现象, 这体现出八宝山断裂的逆冲作用非常强烈, 同时活动具有多期性。

3 断裂特征分析

3.1 构造特征

通过对剖面中的地层接触关系分析, 可以发现剖面中存在以下主要构造特征:

1) 逆冲作用强烈。从图 4 中可以看出, 地层中存在多条规模不一、相互切割的逆断层, 可见断层活动具有多期性。在逆冲推覆过程中会产生较强的挤压, 且随着阻力的增大, 断层会不断地调整倾角, 减小阻力, 继续前进, 从而形成了倾角不一、规模不同的多条断层, 后期断层会错断前期断层, 从而对地层层序产生了较大的扰动。经多期倾角不一的逆断层的反复挤压、错断, 最终形成了非常破碎的、巨厚层的断层破碎带, 这反映出八宝山断裂逆冲作用非常强烈, 从该断裂一直到黄庄—高丽营断裂之间的整个断块均属于断层破碎带。

顺便提及的是, 黄庄—高丽营断裂以东的北京凹陷内广泛发育角砾岩, 也反映出该区域挤压强烈以及断层活动频繁这一特点。例如: 髫髻山组下部的砾岩层在 JR-94 孔(北辰绿色家园)厚约 300 m, JR-130 孔(北辰绿色家园)厚约 330 m, JR-53 新孔(奥体中心)厚 580 m, JR-117 孔(索家坟)厚 1 300 m (柯柏林, 2005)。

2) 存在两条主要断层。剖面中显示有两个较大的断层, 一条是八宝山断裂带的主断层

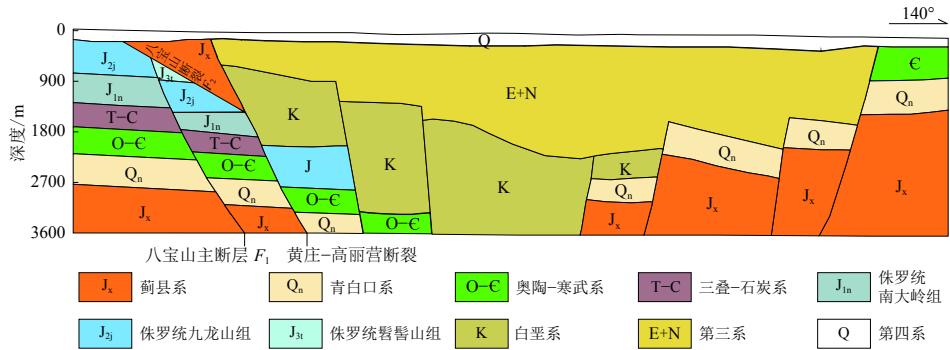


图 4 北京凹陷田村—瀛海段的地质构造剖面示意图(修改自北京市地质矿产勘查开发局和北京市地质调查研究院, 2008b)

Fig. 4 Sketch map of geological structure section of the Tiancun-Yinghai segment of Beijing depression (revised from the Beijing Geological and Mineral Exploration and Development Bureau and Beijing Institute of Geological Investigation and Research, 2008b)

(F_1), 另一条是雾迷山组(J_{xw})小断块被顶托至上部后与底部侏罗统所形成的不整合面(F_2), 其余断层相对规模较小. 这两个不整合面两侧的地层差异较大, 地层不连续较为明显, 表现为内外两条断层线, 本剖面处即是如此. 但由于逆冲作用较为强烈, 且两条断层线之间的距离较小, 有时上部的雾迷山组岩块(图 4 中 F_2 断层面之上部分)会逆冲至主断层 F_1 之上, 将前面的 F_1 主断层线掩盖, 从而地表仅有一条断层线出露, 八宝山处即是如此. 如图 1 所示, 在八宝山处雾迷山组逆冲至下侏罗统之上, 地表只有一条断层线, 此处断层虽然是八宝山断层的命名地, 但我们可以看出此断层并不是剖面中的主断层 F_1 , F_1 被掩盖在雾迷山组之下, 断层线位置应当位于地表所显示的断层线以东; 而地表出露的断层, 即我们平常所指的八宝山断层, 则相当于剖面图中的 F_2 , 是雾迷山组断块继续向前逆冲所形成的次断层. 这在对八宝山断裂带进行研究及监测过程中需要特别注意. 我们以往对八宝山处地表所出露断裂所进行的活动性监测, 体现出的可能只是浅表处次断层的活动性, 而对于地震监测意义更为重大的是主断层的监测, 今后可通过钻探手段揭示到主断层的断层面后再对其加以监测.

3) 关于 F_1 和 F_2 的倾角和切割深度. 剖面中钻孔所揭示的雾迷山组的最大深度为 JR-141 钻孔处的 1 635 m, 东侧受到后期断层的错动深度变小, 由于目前钻孔资料较少, 只能根据剖面大致估测次断层 F_2 的最大深度约为 1 800 m. 结合地层剖面图(图 4), 根据 76-3 和 JR-141 两钻孔的雾迷山组的层厚及其间距计算出 F_2 本段的断层面倾角大致为 33° .

JR-141 钻孔在 2 900 m 深处可见深部下盘的雾迷山组(J_{xw}), 奥热-1 钻孔在 3 326 m 深度处尚未见, 据此推断主断层 F_1 的倾角大于 37° . 从剖面图中可以看出, 奥热-1 钻孔也已基本接近雾迷山组(J_{xw}), 因此目前只能大致估测本段 F_1 的倾角为 40° 左右. 若倾角按 40° 估算, 则 F_1 的最大切割深度约为 5 000 m, 底部呈铲状与黄庄—高丽营断裂交会.

3.2 成因与时代分析

北京凹陷是一地堑式凹陷(图 4), 在其形成过程中, 首先是区域板块在拉张作用下产生断陷, 形成八宝山、黄庄—高丽营等平行断层, 初期为正断层, 八宝山断裂与黄庄—高丽营断裂之间的断块下陷至左侧岩块雾迷山组以下深度; 之后区域板块间又产生反向运动, 挤压产生逆冲作用, 八宝山主断层转变为逆断层, 在其逆冲上升过程中, 将一部分底部的雾迷山

组岩块顶托至高处,从而出现了雾迷山组逆冲推覆至侏罗统之上的现象。

北京凹陷最初大约形成于燕山运动早期,其后一直不断发展,最终形成于燕山运动末期(北京市地质矿产局, 1991; 车兆宏, 范燕, 2003; 北京市地质矿产勘查开发局和北京市地质调查研究院, 2008a)。考虑到髫髻山组(J_{3t})被切断并被叠压,因此北京凹陷最终的形成时代应该是在晚侏罗世(J_3)之后;东侧的凹陷基本控制了下白垩统大灰厂组(K_{1dh})的沉积,因此该凹陷应当最终形成于大灰厂组(K_{1dh})沉积之前。基于此本文推断,八宝山断裂带的最终形成时代应该是介于晚侏罗世(J_3)与早白垩世(K_1)之间,即中生代晚期。

4 讨论与结论

以往对八宝山断裂的研究主要是根据相关的物探方法,多属于间接手段,解译结果也通常具有多解性,因而依据物探所得结论的可信度一般;而钻孔岩芯是对深部地层及构造加以研究分析的最直接证据,能够对深部地层构造加以较好地揭示,较为可靠。本文根据近些年来施工的地热井地层资料,对该断层性质进行了更加深入的研究。

通过构造分析,剖面中显示有两条较大的断层,一是八宝山断裂带的主断层;另一条是雾迷山组小断块被顶托至上部后形成的次断层。在八宝山处,后者推覆至主断层之上将其掩盖,地表只出露一条断层,即平常所指的八宝山断层,但它并不是本断裂带的主断层,这在监测中需要重点加以区分。

根据钻孔资料大致估算,本段上部的次断层断层面倾角约为 33° ,最大切割深度为 1 800 m 左右;下部的主断层倾角为 40° 左右,最大切割深度为 5 000 m 左右。

本次研究主要是根据一条剖面的深孔资料对八宝山断层北段的基本性质进行了探讨,并不一定能完全代表其它各段断层的特点。今后随着新地热钻孔的施工,应进一步对其各段的性质进行研究,这对于基础地质、区域构造、地震监测、工程建设等方面均具有重要的理论意义和现实意义。

参 考 文 献

- 北京市地质矿产局. 1991. 北京市区域地质志[M]. 北京:地质出版社: 172-455.
- Beijing Geological and Mineral Bureau. 1991. *Regional Geological Chronicles of Beijing*[M]. Beijing: Geological Publishing House: 172-455 (in Chinese).
- 北京市地质矿产勘查开发局,北京市地质调查研究院. 2008a. 北京城市地质[M]. 北京:中国大地出版社: 23-25.
- Beijing Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Beijing Institute of Geological Investigation and Research. 2008a. *Urban Geology of Beijing*[M]. Beijing: China Land Press: 23-25 (in Chinese).
- 北京市地质矿产勘查开发局,北京市地质调查研究院. 2008b. 北京城市地质图集[M]. 北京:中国旅游出版社: 9-10.
- Beijing Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Beijing Institute of Geological Investigation and Research. 2008b. *Urban Geological Atlas of Beijing*[M]. Beijing: China Tourism Publishing House: 9-10 (in Chinese).
- 常旭, 李林新, 刘伊克, 王红落. 2008. 北京断陷黄庄—高丽营断层伪随机可控震源地震剖面[J]. *地球物理学报*, **51**(5): 1503-1510.
- Chang X, Li L X, Liu Y K, Wang H L. 2008. Seismic profile of Huangzhuang-Gaoliying fault in Beijing by Mini-sosie method[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, **51**(5): 1503-1510 (in Chinese).
- 车兆宏, 范燕. 2003. 北京黄庄—高丽营断层、八宝山断层现今活动追踪研究[J]. *地震*, **23**(3): 97-104.
- Che Z H, Fan Y. 2003. Tracing study of fault activity of the Beijing Huangzhuang-Gaoliying fault and Babaoshan fault in recent time[J]. *Earthquake*, **23**(3): 97-104 (in Chinese).
- 胡平, 刘保金, 白立新, 母红旺, 张杰, 丁彦慧, 罗华春, 冯锐. 2010. 奥林匹克公园地区隐伏断裂综合探测[J]. *地球物理学报*,

53(6): 1486–1494.

- Hu P, Liu B J, Bai L X, Mu H W, Zhang J, Ding Y H, Luo H C, Feng R. 2010. Synthetic exploration of the buried faults in Olympic park area[J]. *Chinese Journal of Geophysics*, **53**(6): 1486–1494 (in Chinese).
- 焦青, 邱泽华, 范国胜. 2005. 北京地区八宝山—黄庄—高丽营断裂的活动与地震[J]. *大地测量与地球动力学*, **25**(4): 50–54.
- Jiao Q, Qiu Z H, Fan G S. 2005. Analysis on recent tectonic activity and seismicity of Babaoshan-Huangzhuang-Gaoliying fault in Beijing region[J]. *Journal of Geodesy and Geodynamics*, **25**(4): 50–54 (in Chinese).
- 金凤英, 严润娥. 1985. 从断层泥石英颗粒的微观形貌研究八宝山断裂带的活动性[J]. *地震地质*, **7**(2): 45–50.
- Jin F Y, Yan R E. 1985. Study of the activity of the Babaoshan fault zone in terms of the microscopic surface features of quartz grains in gouge[J]. *Seismology and Geology*, **7**(2): 45–50 (in Chinese).
- 柯柏林. 2005. 北京“洼里砬岩”地质特征及时代讨论[J]. *北京地质*, **17**(3): 11–15.
- Ke B L. 2005. Discussion on geologic characteristics and age of Wali conglomerate[J]. *Beijing Geology*, **17**(3): 11–15 (in Chinese).
- 马文涛, 徐锡伟, 郝书俭, 尹功明, 于光明, 于贵华, 储宝贵, 郑宝贵, 张兰凤. 2004. 北京市立水桥附近黄庄—高丽营隐伏断裂的浅层地震勘探[J]. *地震地质*, **26**(4): 698–705.
- Ma W T, Xu X W, Hao S J, Yin G M, Yu G M, Yu G H, Chu B G, Zheng B G, Zhang L F. 2004. Shallow seismic exploration for Huangzhuang-Gaoliying buried fault in the vicinity of Lishuiqiao, Beijing[J]. *Seismology and Geology*, **26**(4): 698–705 (in Chinese).
- 孙叶, 王宗杰, 沈士贞, 田洪清, 程伟雪, 候宗仁, 杨建华, 张景寿. 1983. 北京八宝山断裂带煤岭弧形断裂附近局部地应力场[G]//中国地质科学院 562 综合大队集刊第 4 卷. 北京: 地质出版社: 83–98.
- Sun Y, Wang Z J, Shen S Z, Tian H Q, Cheng W X, Hou Z R, Yang J H, Zhang J S. 1983. The local ground stress field adjacent to the Meiling arc-shaped fault at the Babaoshan, Beijing[G]// *Bulletin of the 562 Comprehensive Geological Brigade of Chinese Academy of Geological Sciences Vol. 4*. Beijing: Geological Publishing House: 83–98 (in Chinese).
- 王宋贤. 1988. 关于八宝山断裂带活动性的讨论: 对《现场高精度测试及验证北京八宝山断裂的“活动性”》一文的商榷[J]. *工程勘察*, (4): 10–15.
- Wang S X. 1988. Discussion on the activity of the Babaoshan fault zone: A discussion on the article “High precision test and verification of ‘activity’ of Babaoshan fault in Beijing”[J]. *Geotechnical Investigation & Surveying*, (4): 10–15 (in Chinese).
- 向宏发, 方仲景, 张晚霞, 李如成, 贾三发. 1996. 北京平原区隐伏断裂晚第四纪活动特征的联合剖面研究[J]. *地震研究*, **18**(1): 75–79.
- Xiang H F, Fang Z J, Zhang W X, Li R C, Jia S F. 1996. Joint profile survey of active features for the Late Quaternary subsurface faults in Beijing plain region[J]. *Journal of Seismological Research*, **18**(1): 75–79 (in Chinese).
- 徐杰, 汪良谋, 方仲景, 张裕明, 王辉, 黄秀铭, 杨主恩, 计凤桔. 1992. 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*, **10**(3): 1–11.
- Xu J, Wang L M, Fang Z J, Zhang Y M, Wang H, Huang X M, Yang Z E, Ji F J. 1992. Preliminary analysis of the tectonic activity of Babaoshan and Huangzhuang-Gaoliying faults[J]. *North China Earthquake Sciences*, **10**(3): 1–11 (in Chinese).
- 杨景春, 林伟凡, 蒋铭, 李格平. 1981. 北京八宝山断裂带近期构造活动及其和地震的关系[J]. *地震学报*, **3**(4): 390–398.
- Yang J C, Lin W F, Jiang M, Li G P. 1981. Recent tectonic movement of the Babaoshan fault near Beijing and it's relation to earthquake occurrences[J]. *Acta Seismologica Sinica*, **3**(4): 390–398 (in Chinese).
- 张保民, 程伟雪, 苏岳鲁. 1981. 北京八宝山断裂的岩组分析[G]//中国地质科学院 562 综合大队文集第 2 卷(1). 北京: 地质出版社: 59–68.
- Zhang B M, Cheng W X, Su Y L. 1981. Petrofabric analysis of the Babaoshan fault, Beijing municipality[G]// *Bulletin of the 562 Comprehensive Geological Brigade of Chinese Academy of Geological Sciences Vol. 2* (1). Beijing: Geological Publishing House: 59–68 (in Chinese).
- 赵刚, 李军雄. 1986. 现场高精度测试及验证北京八宝山断裂的“活动性”[J]. *工程勘察*, (4): 6–11.
- Zhao G, Li J X. 1986. On-site high precision testing and verification of the “activity” of the Babaoshan fault in Beijing[J]. *Geotechnical Investigation and Surveying*, (4): 6–11 (in Chinese).
- 赵希俊, 刘锡大, 洪少峰. 2000. 黄庄—高丽营断层的分段性[J]. *华北地震科学*, **18**(1): 9–15.
- Zhao X J, Liu X D, Hong S F. 2000. Segmental characteristics of Huangzhuang-Gaoliying fault system[J]. *North China Earthquake Sciences*, **18**(1): 9–15 (in Chinese).