

广安一期工程场地项目活动断层资料收  
集论证报告  
(修改稿)

北京宏达安基科技有限公司  
二〇二四年十月

---

## 负责人签章页

项目名称: 广安一期工程场地活动断层资料收集论证项目

委托方: 西城区规自分局

承担方: 北京宏达安基科技有限公司

项目负责人: 董阿青

地震构造评价: 胡进祥 高级工程师

报告编写: 胡进祥 高级工程师

## 第一章 项目基本情况

## 1.1 项目概况

项目位于西城区，北至校场口胡同、南至广安门内大街、西至广安西里、东至宣武门外大街，项目范围为入市出让地块（面积 36,000 平方米）。

受西城区规自分局的委托，北京宏达安基科技有限公司承担了本项目的断层资料收集论证工作。

根据北京市地震局“多规合一”行政审批意见，本项目需在入市前完成场地活动断层资料收集论证工作，确认地块周边的断裂展布及其影响，编制论证报告并交由北京市地震局进行专家审查，根据专家审查意见，甲方开展后续土地入市工作。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》(GB18306-2015)，场址所在地区的设计基本地震加速度值为  $0.2g$ ，地震动反应谱特征周期为  $0.4s$ 。场址在中国地震动峰值加速度区划图中的位置如图(图 1.1-2)。

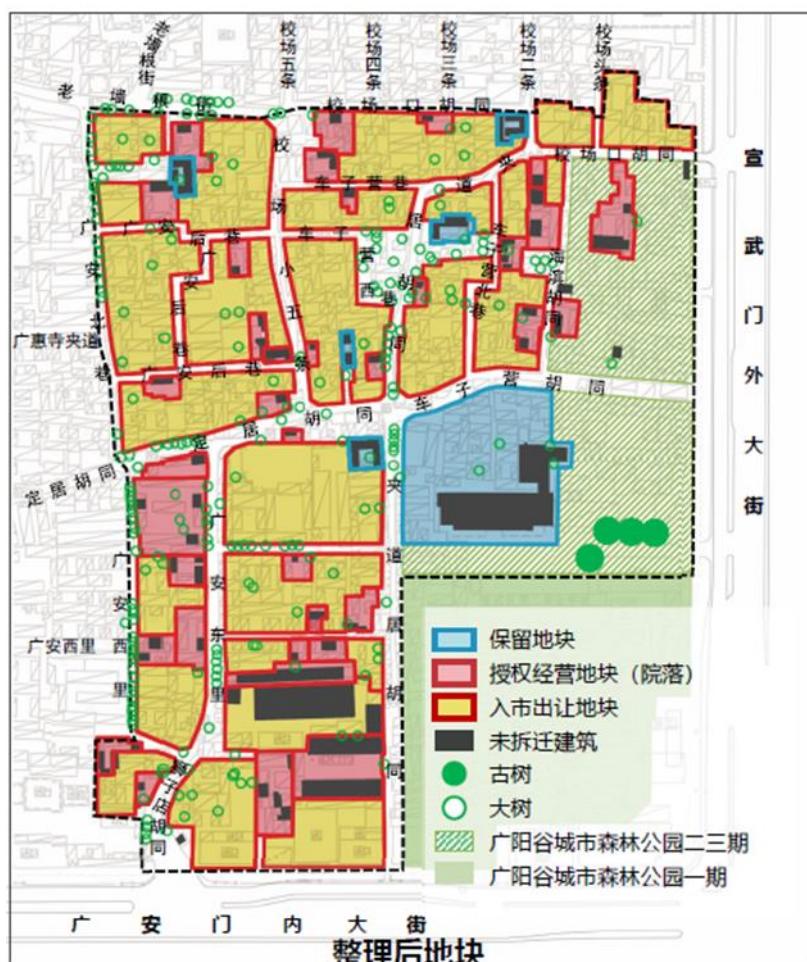


图 1.1-1 场址地理位置示意图

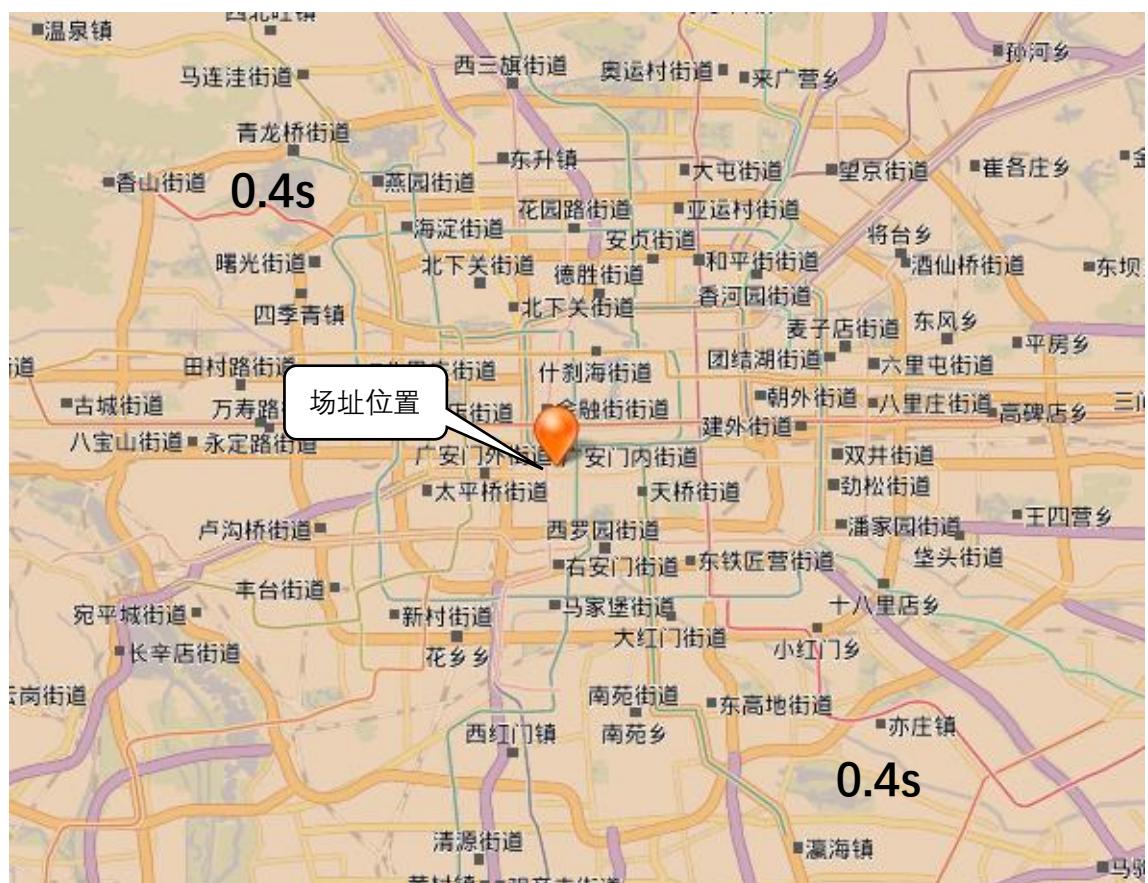


图 1.1-2 场址地震动峰值加速度及反应谱周期分区图

---

## 1.2 任务要求

按照北京市地震局“多规合一”审批意见以及合同要求，场址靠近顺义-良乡断裂，需要收集场址外扩~25km 范围和~5km 已经开展的断层探测工作资料，初步分析场址与断裂空间位置关系，供项目方规划建设使用。本报告收集资料的范围主要为场址区和近场区，并依据收集资料提供断裂的空间展布和活动性特征，针对报告涉及的场址、场址区和近场区范围做如下定义约束。

**场址：**项目规划建设的范围。

**场址区：**场址外扩 5km 范围。

**近场区：**场址外扩 25km 范围。

## 1.3 工作依据

- (1) 《中华人民共和国防震减灾法》(2008 年颁布);
- (2) 《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》(国办发“2019”11 号)
- (3) 中华人民共和国国家标准 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》，中华人民共和国建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布;
- (4) 中华人民共和国国家标准 GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》，国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会;
- (5) 中华人民共和国国家标准 GB18306-2015《中国地震动参数区划图》，国家质量监督检验检疫总局;
- (6) 《北京市工程建设场地地震安全性评价管理办法》(北京市人民政府令 1997 年第 5 号)
- (7) 《活动断层探测》(GB/T36072-2018);
- (8) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001) (2009 年版)

## 1.4 主要工作内容与技术思路

按照相关规范标准的要求及合同协定，本项目的主要工作内容与技术要求如下：

1. 收集近场区范围内断裂的基本资料，依据断裂基本资料和前人认识，评价断裂的活动性特征和整体展布特征。
2. 依据收集的资料和断层探测工作，分析顺义-良乡断裂及其与场址之间的空间关系。

---

## 1.5 工作范围

本次工作近场区范围为场址外延 25 km，场址的中心地理坐标为 116.36 E, 39.89 N。

本次工作场址区范围为场址外延 5km，场址的中心地理坐标为 116.36 E, 39.89 N。

## 第二章近场区主要断裂特征

### 2.1 近场区主要断裂的空间展布和活动特征

根据本次工作安排，评价近场区的地震构造特征。

近场区在构造上位于北京断陷的中东段，在断陷及邻近地区，历史上曾多次发生中强地震，因而，多年来人们对该地区做了大量的地震地质、地质勘探、物化探和测年等研究工作，对了解该地区的断裂活动特性提供了一定的基础。

根据现有收集资料，把近场区主要第四纪活动断裂可以划分为全新世活动断裂、晚更新世活动断裂和第四纪活动断裂（表 2.1-1、图 2.1-1）。这些断裂的性质、规模及地震活动性分述如下。

表 2.1-1 近场区主要断裂特征一览表

编号	名称	产 状			断裂性质	最新活动时代
		走向	倾向	倾角		
F1	小汤山-东北旺断裂	NNE	SE	60-70°	正断	Q2
F2	南口-孙河断裂	NWW	SW/NE	87°	正断	Q4
F3	八宝山断裂	NE-NNE	SE	35-45°	逆断	Q2
F4	黄庄-高丽营断裂	NE-NNE	SE	55-75°	正断	Q4
F5	永定河断裂	NW	NE	35-45°	正断	Q2
F6	顺义-前门-良乡断裂	NNE	SE	60-80°	正断	Q4
F7	南苑-通县断裂	NNE-NE	NW	50-75°	正断	Q2
F8	大兴凸起东缘断裂	NEE	SE	60-75°	正断	Q4

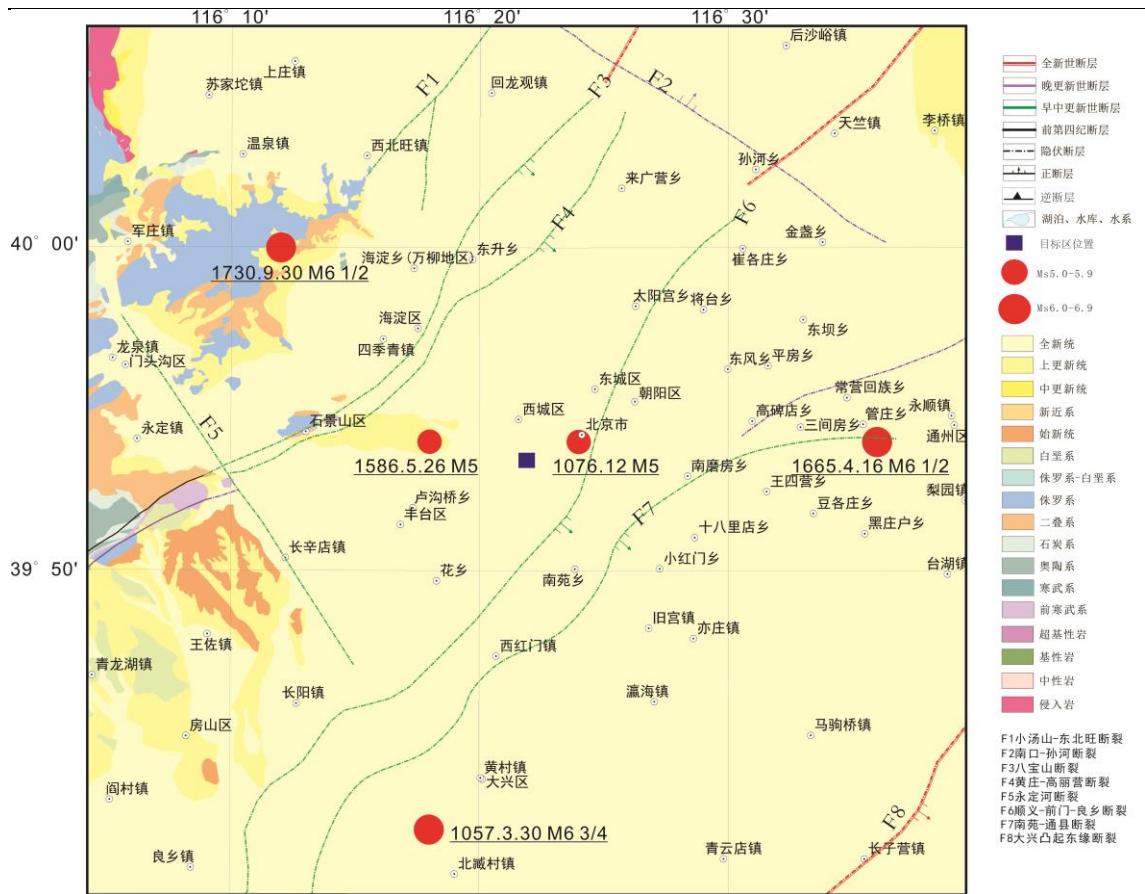


图 2.1-1 近场区地震构造图

## (1) 小汤山-东北旺断裂(F1)

该断裂北起小汤山以北，南止三家店以南，总体走向北东 30~40°，倾向南东，总长度约 40km。是一条根据地形、第四系厚度、全新世断层和现代小震资料确定的隐伏活动正断裂。断裂在沙河水库库坝东与北西向的南口—孙河断裂相交，被分为南、北两段。

### (1) 北段

东北段倾向南东，控制小汤山东边第四纪沉积凹陷的西边界。断裂西侧（下盘）第四系厚 150~200m，小汤山、大汤山等残丘突出于平原上，而东侧第四系厚度剧增至 300~400m。小汤山有温泉分布，沿断裂常有现代小震发生。何仲太等（2009）在沙坨附近实施了浅层地震勘探，沙坨测线在沙坨南地震剖面显示有 1 个断点，断面倾向 SE，上断点埋深 300~340m 左右（图 2.1-2）。

### (2) 南段

断裂西南段控制了颐和园—清河凹陷的分布，卫星影像上线性特征清楚。自颐和园往东，在 ETM 假彩色合成影像上，南侧色调偏深，代表含水量较高的松散沉积物，北侧色调偏浅（图 2.1-3）。钻孔资料揭示，线性构造南侧的隐伏拗陷区内第四系厚 240~330m 左右，而线性构造北侧则相对隆起，第四系厚 150~175m 左右，两侧相对落差 100~150m 左右。小震活动主要分布在小汤山—东北旺断裂的南段，没有形成明显的带状分布，但其周围小震活动较频繁，

可能说明该段断裂的现今活动性较强，而在其北段少有小震活动。1730年北京西郊6 1/2 级地震推断发生在这条断层上。该地震的极震区正好与该线性构造的中段相吻合，表明该线性构造是一条活动年代很新的活动断层。据汪素云（1993）对1979年1月—1992年3月的微震观测资料重新精确定位结果可以看出，这次地震的极震区内存在一条北东方向微震震中密集带。震中带走向与极震区走向一致，也与卫星遥感判读的清河隐伏线性构造一致。

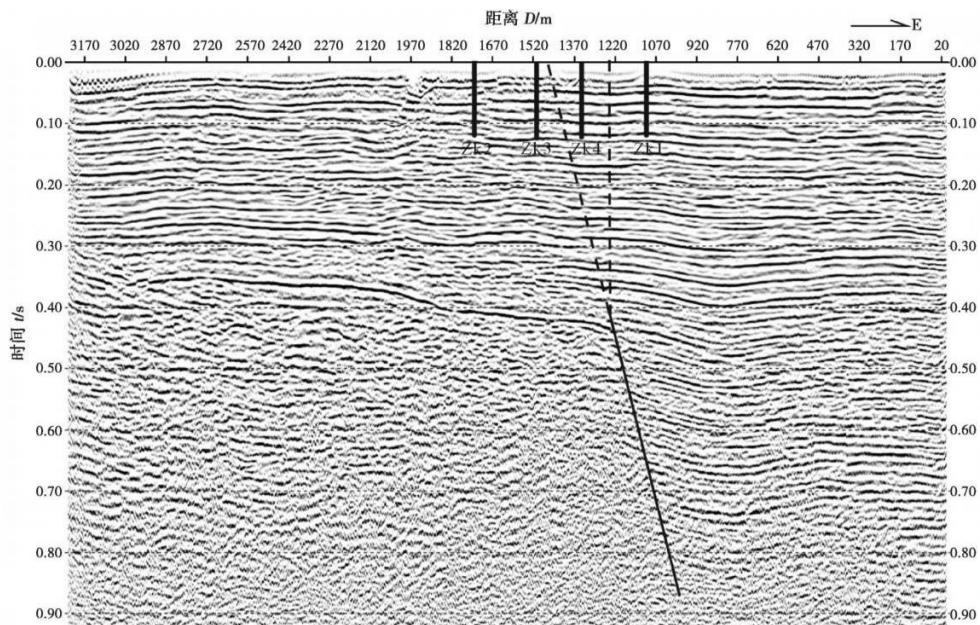


图 2.1-2 沙坨测线浅层地震反射剖面（据何仲太等，2009）

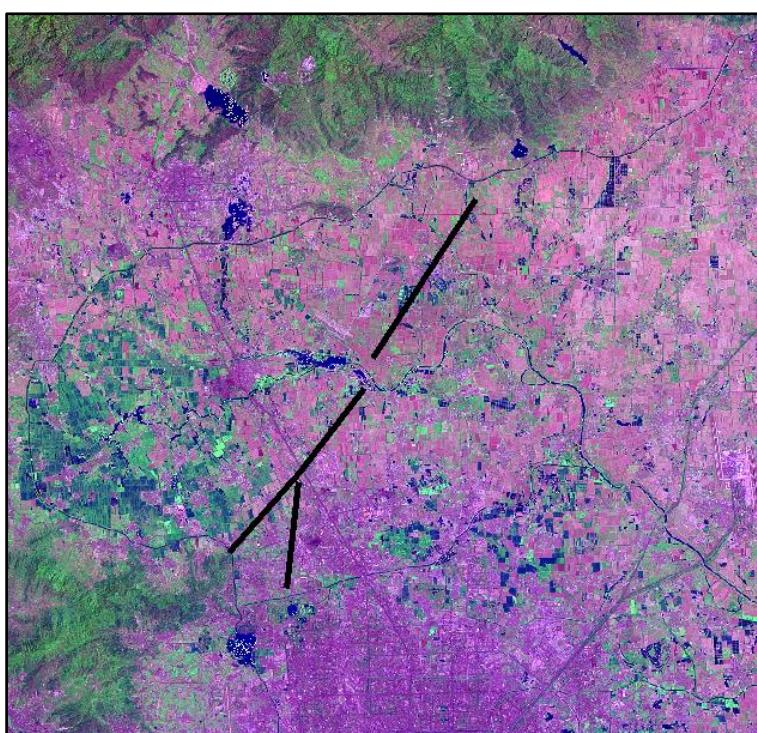


图 2.1-3 ETM+影像上显示的小汤山-东北旺断裂南北色调特征

比较汪素云（1993）对1979年1月—1992年3月的微震观测资料重新精定位结果，该断

裂段所通过位置与微震震中密集带及其震源带剖面特征吻合较好。

另外，近年来由“北京市城市活断层探测项目”针对该断裂，分别在七里渠、回龙观龙禧二街、永丰路以及农大南路等位置实施了多条浅层人工地震测线。根据农大南路剖面上各地层反射波的纵横向展布以及反射同相轴数目的变化和同相轴的畸变等特征（图 2.1-4），在测线桩号 780m 处解释了 1 个向东倾的断点，它在剖面可分辨的上断点深度约为 88~93m，对应 T3 界面的断距约为 2~4m。

另外沿着回龙观西，八达岭高速东侧辅路东自东南向北西布设的浅层人工地震反射波叠加时间剖面的中南段，在测线桩号 2000m 处可解释 1 个向北西倾的断点（图 2.1-5）。

同时沿农大南路在海淀区树村布设钻孔（图 2.1-6），对断裂所在地点的地层进行了对比分析。在该钻孔探测剖面中，1 号孔的 96.1m 出现地层的破碎及粘土与砂团块的混杂，可能是断层活动所形成，2 号孔的 58.2m 处钻取出一段类似断点的岩芯；6 号孔的 29.6m 发现一疑似断面的构造，该点位于标志层 B2 之下；而 B2 层的顶面无落差，底面有落差，因此推测上断点位于 B2 层中，埋深为 23.6~29.0m。依据光释光年龄划分的树村钻孔剖面的全新统底板在 0~4m 左右，上更新统底板在 23~25m，终孔深度 80~100m 处的年龄约为 300~350ka 左右。上断点位于上更新统底板之下的中更新统顶部，表明断裂的最新活动时代为中更新统，未进入晚更新世。

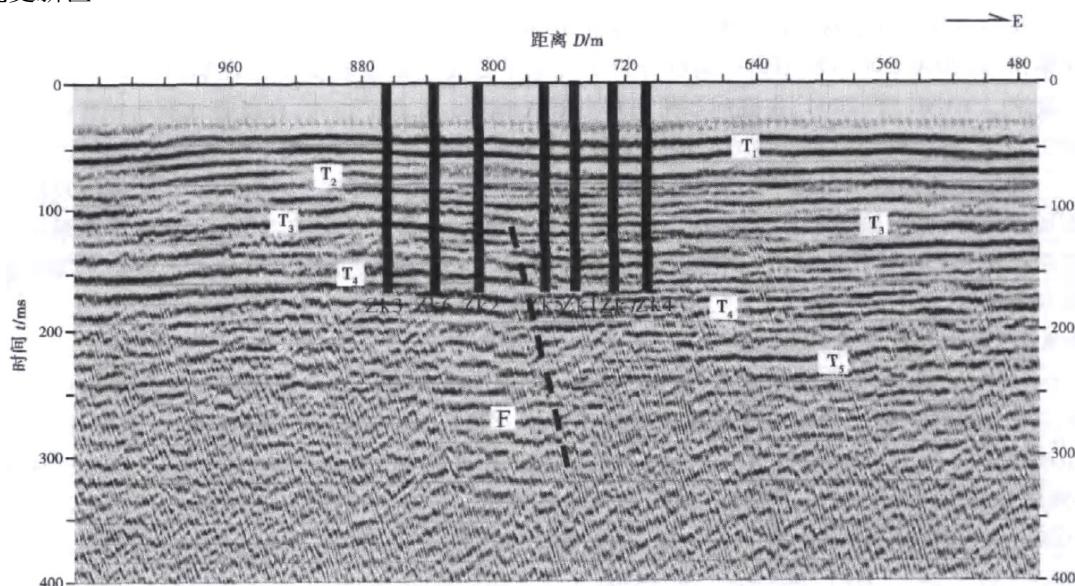


图 2.1-4 农大南路浅层地震测线及跨断层钻孔剖面（据何仲太等，2009）

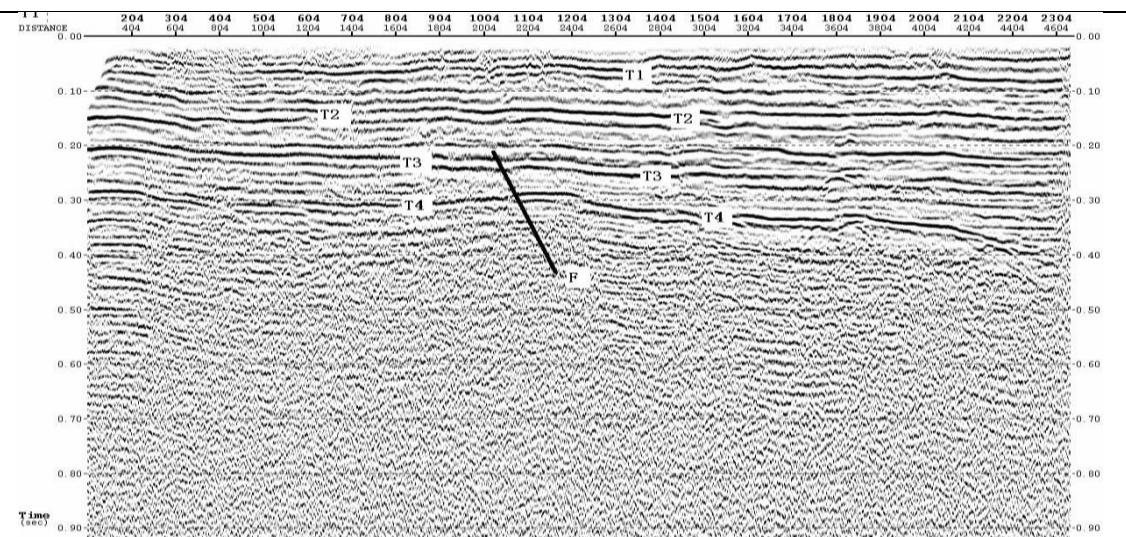


图 2.1-5 回龙观西测线反射波偏移时间剖面图（据北京市地震局，2008）

综上所述，场址所在近场区范围内的小汤山—东北旺断裂的最新活动时代为中更新世。

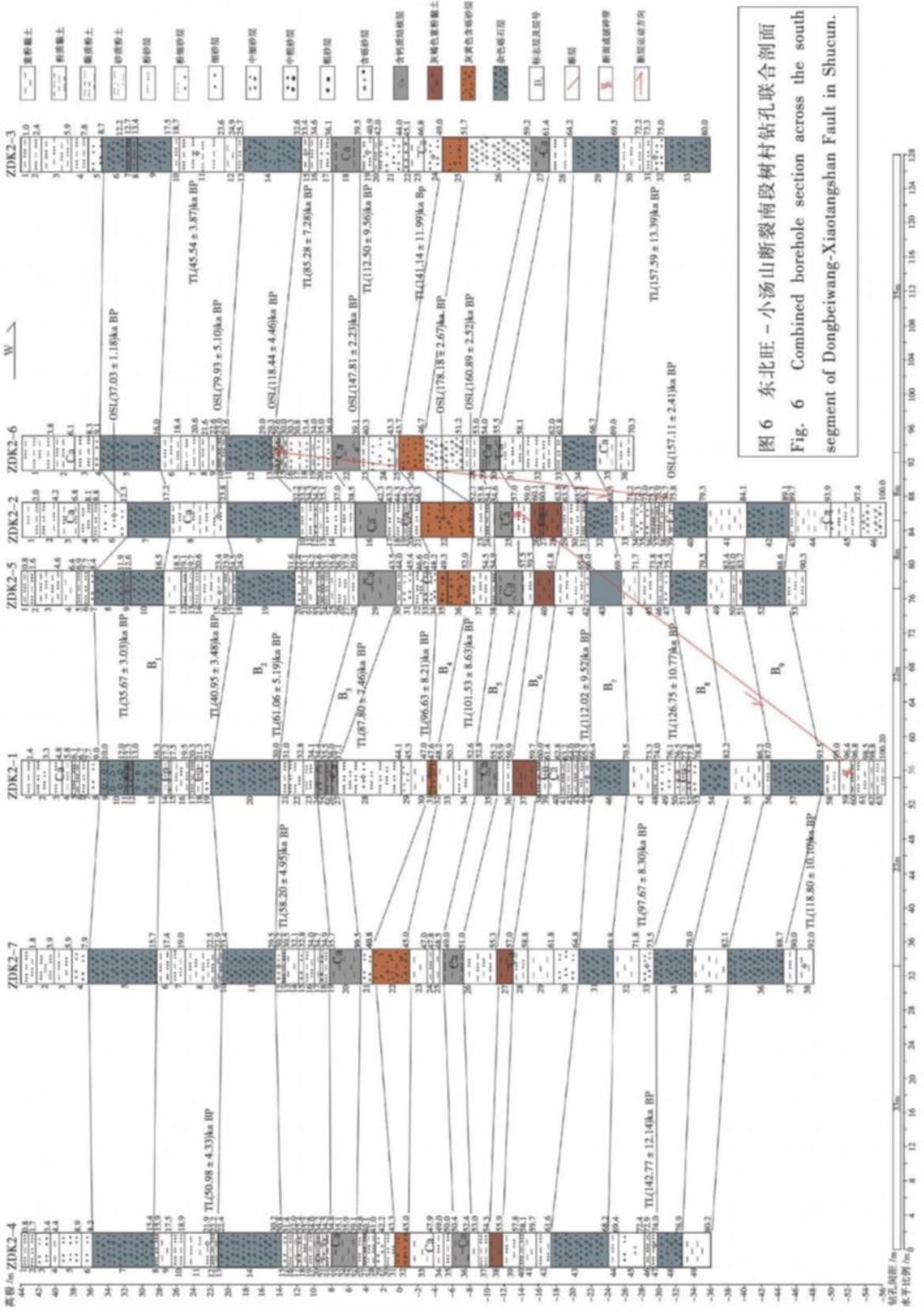


图 2.1-6 南段树村钻孔联合剖面(何仲太等, 2009)

---

## (2) 南口-孙河断裂(F2)

南口-孙河断裂是本区一条重要的活动断裂，晚更新世晚期—全新世期间发生过地表错动，其东部段落控制着顺义凹陷的形成与演化。断裂西起南口关沟附近，向南东东方向经昌平旧县、百泉庄，过百善、东三旗，延至区内的孙河附近，与顺义-良乡断裂相交，后斜列延伸到通州西北，止于南苑-通县断裂，总体走向  $310^{\circ}$ ，长达 58km（若把通州东南的北西向断裂作为南口-孙河断裂的延伸段，则全长为 83~88km）。该断裂由一系列不同级序的北西西向断层右阶斜列组成，阶区宽数百米至 2~3km 不等，形成了复杂的几何结构。整条断裂表现出枢纽运动的四象限活动特征，是一条以正断为主要表现的左旋正走滑活动断裂（向宏发等，1994；徐锡伟等，2002）。

南口-孙河断裂形成于前中生代。燕山运动后期，断裂活动使中侏罗统的沉积边界右旋位错 3km。第四纪以来，断裂再度明显活动，表现为对两侧第四纪断陷活动的控制，其垂直差异活动在地层分布、地貌表现、水系布局及第四系厚度变化上均有反映，具有明显的分段特征。断裂主体在沙河水库大坝附近与小汤山断裂、在孙河附近与顺义-良乡断裂交汇而划分为三段，西北段倾向南西，中段、南东段倾向北东。

### ① 北西段

倾向南南西，第四纪期间上盘强烈持续下降，形成一个长轴北西西向、沉降中心靠近南口-孙河断裂的单断型盆地（沙河凹陷），地势低平，河沼发育，沉积厚度可达 600m 以上；下盘则相对抬升，中上元古界残丘出露，第四系极薄，仅有 30~100m 厚，两侧落差约 500m。

在百泉庄村西，浅层地震（北方卓越（北京）勘测技术有限公司，2022）和钻孔联合探测剖面（北京市地震局，2006）一致地发现了近地表断裂的存在（图 2.1-7）。断层高角度南倾，上断点埋深约 3m，揭露断距 0.6~0.8m，被断地层顶部  $^{14}\text{C}$  年龄为距今 1.21 万年，未断地层底部  $^{14}\text{C}$  年龄为距今 1.17 万年，表明该处断裂晚更新世末、全新世初发生过一次断错地表的活动。

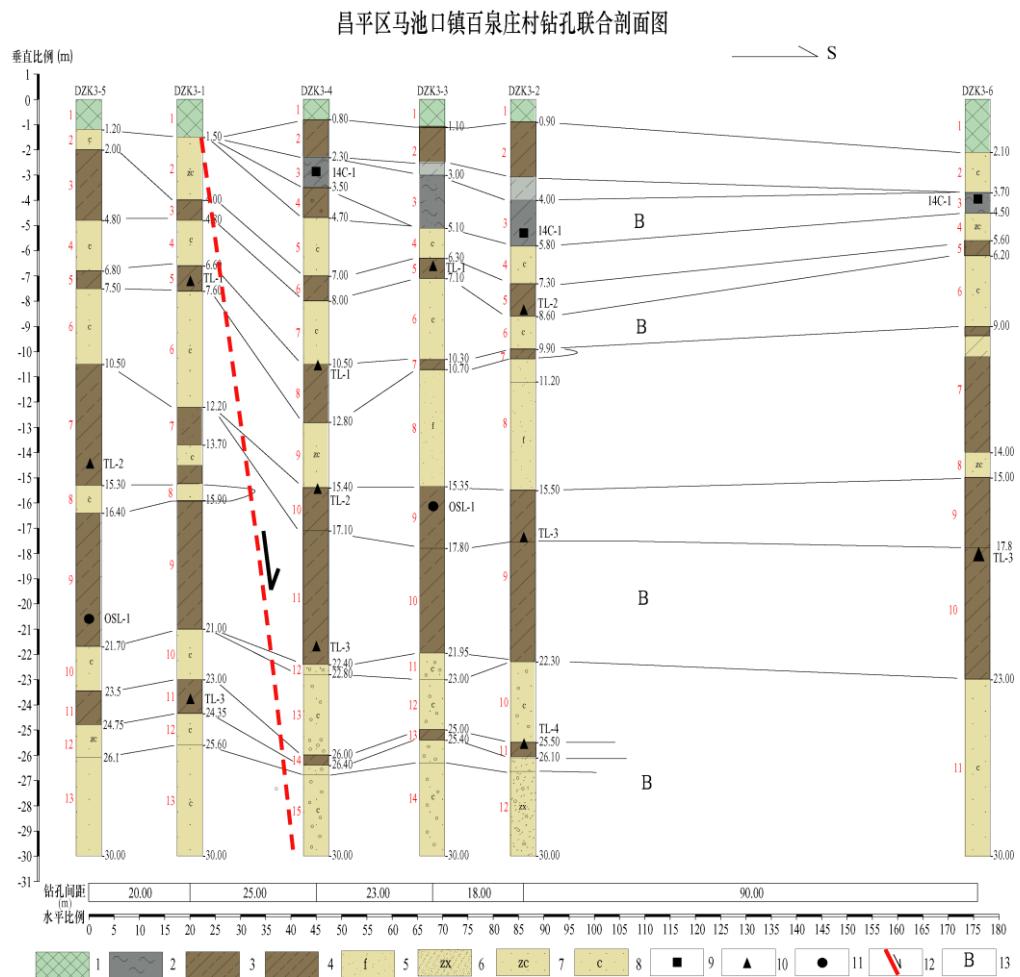
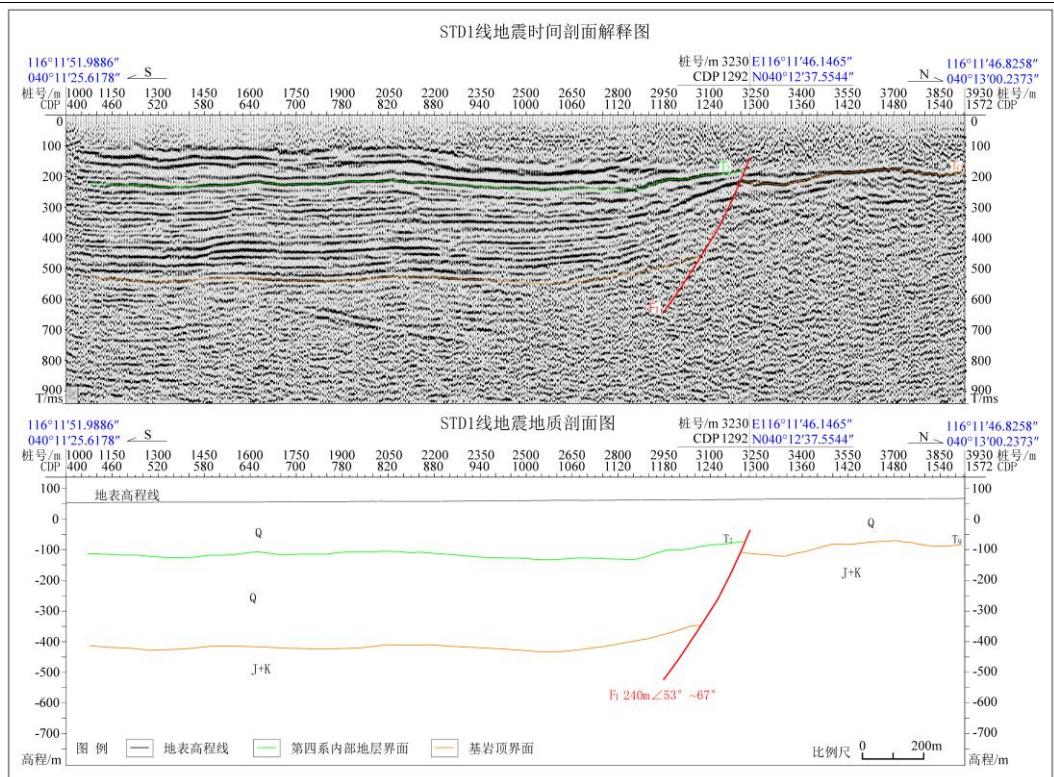


图 2.1-7 百泉庄周边探测剖面（据北京市地震局，2006；北方卓越（北京）勘测技术有限公司）

赵帅等 (2024) 在南口-孙河断裂全新世活动段东南端进行了古地震研究, 通过古地震探槽研究揭示, 南口-孙河断裂的活动造成了沉积地层显著构造变形, 表现为标志地层的错断、地层厚度的变化以及崩积楔的发育等。对探槽内沉积地层的对比分析表明, 南口-孙河断裂的活动错断了探槽内 1.3 m 以下的沉积地层。<sup>14C</sup> 测年结果揭示, 南口-孙河断裂最新一次地震事件的离逝时间为 2 820~3 700 a BP。依据古地震探槽内崩积楔、错断层位分布、地层厚度变化以及地层的倾斜变形等古地震事件识别标志分析, 南口-孙河断裂在本探槽内共揭示了 4 次古地震事件, 10 020 a BP 以来发生了 3 次古地震事件。依据显微构造分析揭示, 断裂主断层面存在平行于断层走向的黏土矿物的定向排列, 揭示断层可能存在左旋水平运动, 这也被探槽内揭示的主断裂约 75° 的陡倾角和显著的花状构造所验证, 南口-孙河断裂全新世以来表现为显著的走滑运动特征。

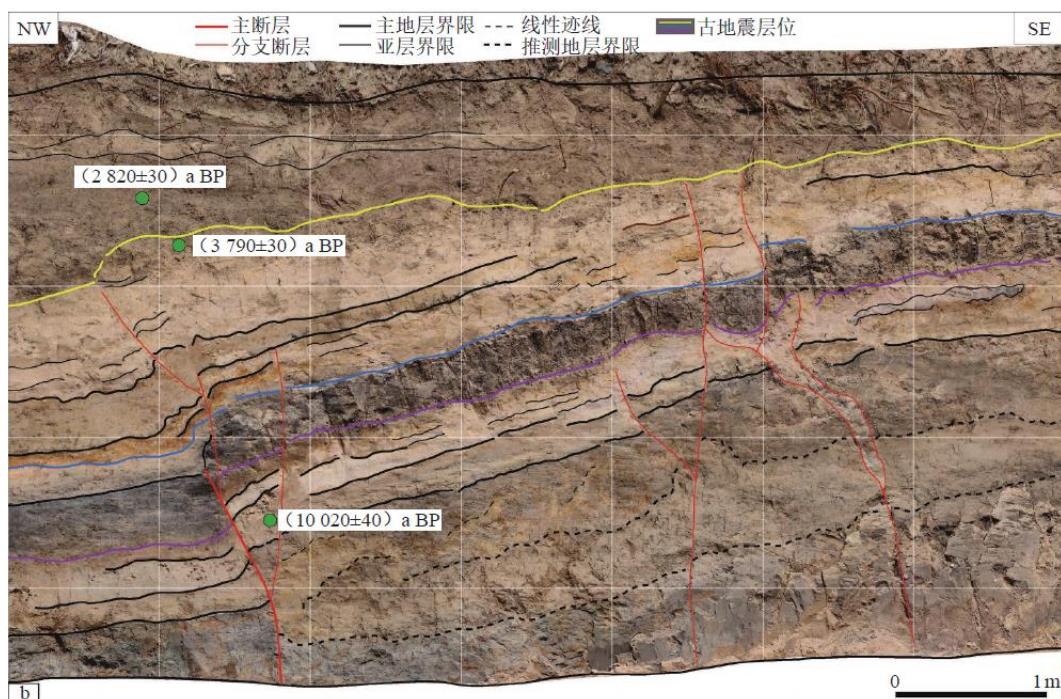


图 2.1-8 南口—孙河断裂西段探槽照片及解释 (赵帅等, 2024)

## ②中段

走向北西西, 倾向北, 与黄庄—高丽营断裂北段和顺义—良乡断裂北段一起控制着其北侧的顺义凹陷鲁町第四纪次级沉降中心 (最大沉积厚度达 800 余米)。该段在第四纪地层和地貌分异上不甚明显, 根据第四系厚度分布及钻探资料综合分析, 该断裂段已影响到早、中晚更新世地层, 晚更新世晚期以来活动不明显。第四系厚度在断裂两侧落差 150—200m 左右。根据北京市地勘局在北七家地区的二维地震剖面显示 (图 2.1-9), 北七家地震剖面中也可识别出两处反射震相被明显错断, 解释为南口-孙河断裂中主断层 F1 和次级断层 F2, 均为正断。

层性质，视倾向北，视倾角 $78^\circ \pm$ ，也组合构成阶梯状产出。其中，主断层F1 在0.1s 以深地震相能量差异明显（两盘地震波组差异大），且同相反射轴发生明显错断，垂向断距较大，上断点可一直向上追溯至地震勘探揭示深度，活动年代较新。该断裂活动还使得下盘地层一定宽度地层发生牵引变形构造。次断层层F2 地震反射相同相轴也发生错断，相对主断层F1 同相轴错断规模要小，但断裂上盘地层厚度明显厚于下盘。F2 断层上断点止于地震剖面0.2s $\pm$ ，根据切割地层时代限定为早更新世活动断层。F1 和F2 断层之间地震相能量发生波形畸变现象，地层反射波组连续性变差，尤其在0.2s 以深地层。因此，认为该段属晚更新世活动断裂。

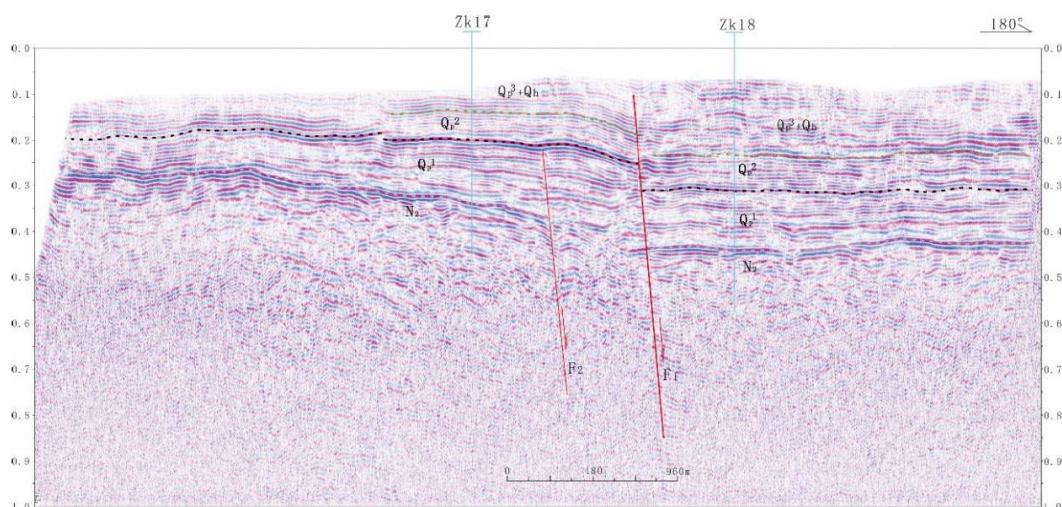


图 2.1-9 北七家地区二维地震剖面及其地质解释图（据北京市地勘局，2016）  
③南东段

走向北西西，倾向北，长约16km，明显控制顺义凹陷东坝第四纪次级沉降中心，地表迹象不甚清楚。从它是中段的自然延伸、控制的沉降中心性质与演化及沉降中心其它控制断裂的活动性等分析，该段应为晚更新世以来活动断裂。除了上述典型剖面外，北京市城市活断层探测（北京市地震局，2007），在东纬路上的该段的末端与南东段起始端还部署有两条连续二维纵波地震剖面（图2.1-10），解译有二个较为可靠的断点和一个疑似断点，其中北断点为中段最末端断点，联合钻孔对其进行了有效验证。剖面揭示，受勘探深度控制，700 ms 以浅反射震相丰富，反射能量较强，700 ms 以深反射震相较少，反射能量较弱。由于沉积层位稳定，反射能量也相对较强，700ms 深度以浅可识别出10 组振幅较强的反射同相轴，由上向下依次为T1~T9 和TQ 层。

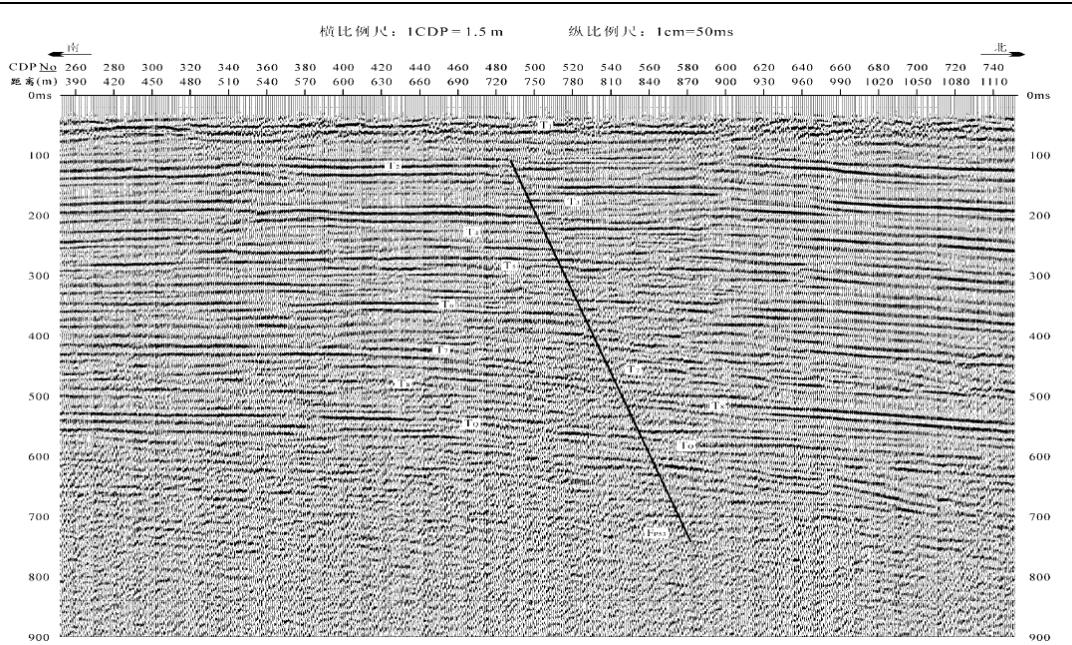


图 2.1-10 南口—孙河断裂东段东苇路浅层地震剖面  
(据北京市地震局, 2007)

#### ④延伸段

走向  $305^{\circ}$ , 长 27km。该段对第四系有一定的控制作用, 西部第四系厚度南深北浅, 显示断裂倾向西南, 东部第四系厚度北深南浅, 表明断裂倾向东北, 推测为早、中更新世断裂。

综上所述, 南口—孙河断裂是区内一条分段明显、西段变形强烈、向东活动性减弱的第四纪不同时期的活动断层, 走向北西西, 为枢纽正走滑断层, 主体分为三段, 另有一个延伸段。北西段全新世发生过古地震活动; 中段、东段控制着第四纪凹陷的发育, 为晚更新世活动断裂, 但表现不很清楚; 延伸段推测为早、中更新世断裂。

### (3) 八宝山断裂 (F3)

该断裂位于北京西山山麓与山前平原的接触地带, 无论是地质露头还是钻孔资料均表现为中、上元古界以低角度向西北逆冲于寒武纪—早侏罗世地层。该断裂南起河北的涞水, 向北经南尚乐、岳各庄、房山牛口峪、南观、北车营, 至磁家务拐一大弯经晓幼营、羊圈头、后卜营、石门口、化工七场、梨园、回民公墓北, 过永定河到八宝山进入北京平原区, 在海淀中关村一带于钻孔中仍见其踪迹, 推测往东北可能继续延伸至东三旗一带, 全长 100 余公里。

八宝山断裂于中侏罗世晚期开始发育, 晚侏罗世到早白垩世发生拉张活动, 控制着北京中生代盆地的西界。早白垩世末的燕山运动, 使之又转变为逆断层性质, 此后对北京坳陷的控制作用退让给陡倾的黄庄—高丽营正断裂。

在近场区范围内, 根据断裂的几何展布、地貌表现、地质构造、断层新活动等特征, 八宝山断裂有明显的分段特征。

#### ① 永定河以北段

除在八宝山南麓可见断层出露外, 其余地段均被第四系所覆盖。根据钻孔和物探资料, 该

段断裂过衙门口以北，在八宝山南麓转为走向 $20^{\circ}\sim30^{\circ}$ ，继续向北东经过海淀镇、清华园东至太平庄一带，全长30余公里。

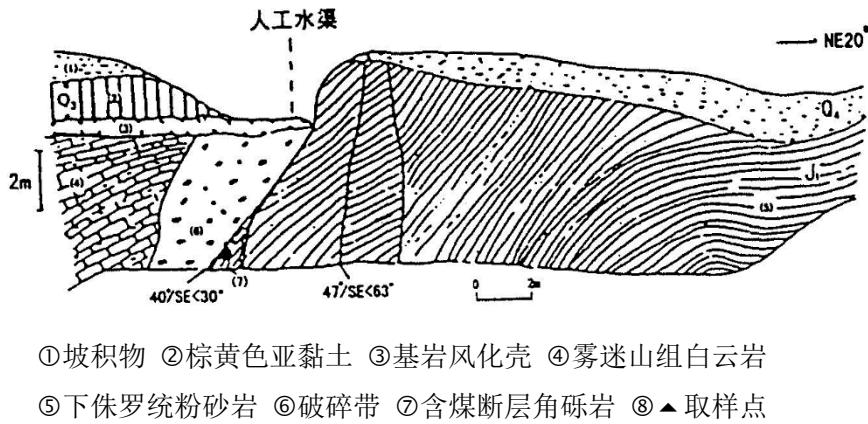
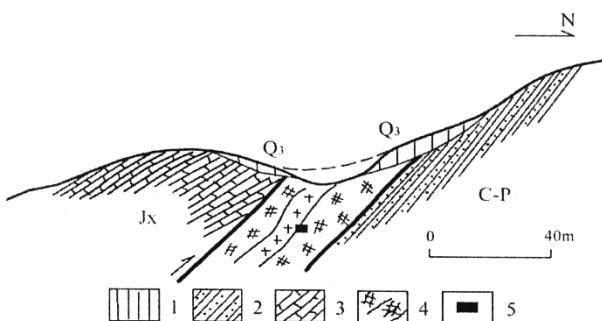


图 2.1-11 八宝山东侧八宝山断裂剖面（据国家地震局分析预报中心，1997）

在八宝山东侧可见该断裂出露，如图2.1-11所示，断裂西侧为下侏罗统的含砾粉砂岩，东侧为蓟县系雾迷山组硅质条带白云岩，可见后者逆冲到侏罗系含砾粉砂岩之上，断层走向 $75^{\circ}$ ，倾向南东，倾角 $30^{\circ}$ 。国家地震局分析预报中心（1997）对断层面接触处的断层泥进行了热释光测龄，测试结果为距今 $13.97\pm1.13$ 万年，说明该段八宝山断裂的最新活动时代为中更新世。另据北京市地矿局物化探队(1990)资料，该断裂段在早一中更新世有过活动。



①黄土 ②砂岩、千枚岩、页岩 ③白云质灰岩 ④破碎带 ⑤TL采样点

图 2.1-12 梨园村东八宝山断裂剖面（据国家地震局地质研究所，1988）

### ② 北车营—永定河段

该段断裂破碎带多处裸露地表，倾向南东。在梨园村东垭口东侧，蓟县纪白云质灰岩逆冲于石炭一二叠纪变质页岩、千枚岩和砂岩之上，破碎带宽达 $40\sim50m$ ，由杂色含炭泥岩、砂岩、页岩、白云岩块的粘土岩组成，并有花岗岩侵入体（图2.1-12）。此处基岩和破碎带上原覆有马兰黄土，未见变形（国家地震局地质研究所，1988）。断层泥的TL年代为距今 $19.1\pm1.39$ 万年，故断裂最新活动在中更新世。沿断裂附近，现代小震活动稀疏。

### ③ 房山—北车营段

走向北北东—近南北，倾向东。据南观火车站剖面等显示，该段最新活动时代为上新世末

至早更新世，中更新世以来没有明显活动，断层泥热释光年代 $>100$ 万年（据国家地震局分析预报中心，1997）。

综上所述，八宝山断裂在局部段落，最新一次活动发生在中更新世期间，而整个断裂晚更新世以来已无新活动迹象。

#### （4）黄庄-高丽营断裂(F4)

黄庄-高丽营断裂是北京平原区重要的断裂之一，是划分京西隆起与北京坳陷的界线。该断裂自中生代晚期以来一直持续活动，它展布于八宝山断裂的东侧，二者相伴而行，一般相距1~2km，最远4~5km，区内长约77km。该断裂大致从早白垩世开始发育，明显控制了下白垩统的分布，新生代时期构成了北京坳陷的西边界，是一条边断边沉积的同生正断裂。

该断裂地表露头主要处露于南段，北东部分主要依据物探和钻孔资料揭示其存在，据断裂对第四系沉积厚度的控制作用与横向断裂的交切关系、新活动性等，在近场区范围内，自南而北可把断裂划分为永定河以南段、永定河-北七家段和北七家段以北段，其中北七家段以北段的断裂活动年代最新。

##### ① 永定河以南段（南段）

黄庄-高丽营断裂南段走向北东东，倾向SE，为前白垩纪地层与下白垩统坨里组和下第三系长辛店组的分界断裂，也是一相对隆起剥蚀地段，第四系较薄。该段北端的芦井剖面(图 2.1-13)，中更新世棕黄色亚粘土下界被断错14m，上界被断错90cm，上覆晚更新世黄土也被断错，国家地震局地震预报中心对被断错的黄土的TL测年显示，上下分别为(4.2±0.5)万年和(6.2±0.4)万年。表层的晚更新世晚期-全新世细砂层TL测年结果为(1.8±0.4)万年。芦井以南的辛庄北剖面(图 2.1-13)，显示断错了中更新世砂砾石层夹亚粘土层，TL测年结果为(29.39±1.79)万年，断层 ESR 测年结果为(12.9±3.9)万年(国家地震局地质研究所，1992)。大灰厂剖面显示断错了距今(12.84±0.78)万年的黄土层(图 2.1-13)。该段南端晓幼营剖面处断裂断错了中更新世-晚更新世地层，其 TL 测年结果从老至新为(6.6±0.4)万年、(2.1±0.14)万年和(1.3±0.09)万年(图 2.1-13)。

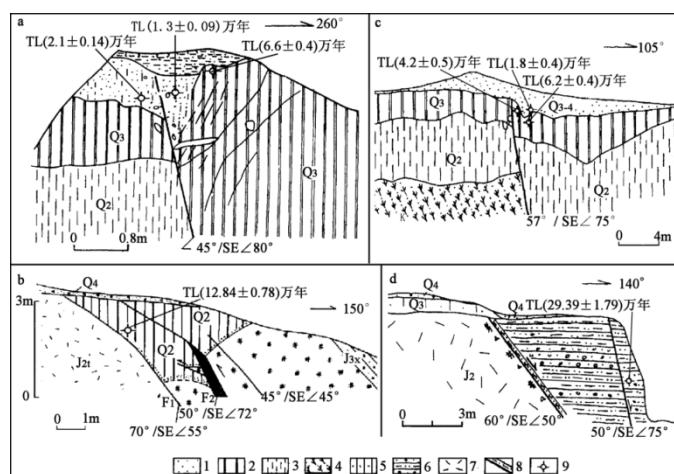


图 2.1-13 黄庄—高丽营断裂晓幼营—芦井段断层剖面

a.晓幼营剖面; b.大灰厂剖面; c.芦井剖面; d.辛庄北剖面

1.细砂; 2.黄土; 3.棕黄色亚粘土; 4.早白垩世火山角砾岩; 5.亚砂土; 6.砂砾石层夹亚粘土;

7.火山岩; 8.断面压碎岩; 9.热释光取样点

在“十五”北京市活断层探测期间,中国地震局地质研究所(2007)对芦井剖面进行了剥落(图 2.1-14 和图 2.1-15)。得到以下几点认识。

①地貌上,芦井一带未见较为连续分布的断层陡坎等活动微地貌,反映断裂晚更新世以来活动较弱;

②剖面上,中更新世地层顶面位于断面两侧存在 1m 左右落差;上更新统顶面在断面两侧断错现象不明显,说明晚更新世以来断裂活动已减弱。

从晓幼营往南至房山一带,地貌上,沿断裂追索,未见断层陡坎等活动地貌迹象。在房山山前地理坐标 E115°57'56.8", N39°41'24.9"处,见到灰岩中出露断面(图 2.1-15)。

上述资料说明,该段断裂最新活动时期为中更新世晚期至晚更新世。黄庄-高丽营断裂芦井-晓幼营段活动性为晚更新世,最大发震震级为 7.0 级,晓幼营以南段活动性为早-中更新世,根据构造类比,最大发震震级为 6.0 级。



图 2.1-14a 芦井剖面近景, 镜向 NE

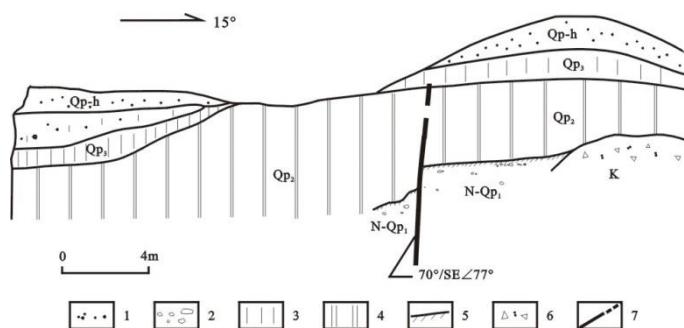


图 2.1-14b 芦井附近综合地质剖面图

1.粉细砂; 2.砾块; 3..黄土; 4.红土; 5.古土壤; 6.火山角砾岩; 7.推测断层(裂缝)



图 2.1-15 房山山前灰岩中断层露头，面向 N

### ② 永定河—北七家段（中段）

该段南端以永定河断裂为界，北端以南口—孙河断裂为界，全部地段均被第四系所覆盖。断裂的空间展布特征主要是根据物探、化探和钻孔资料确定，总体走向北北东，断面倾向南东，长度约为 33km。在玉泉路附近 422-83 孔 62.7m 见蓟县系，而东侧相距 400 多米处的铁司孔 1140m 未穿下白垩统；在洼里一带，断裂两侧第四系底界落差可达 50~70m。

据北京市地震局（2003）在学院南路等处的浅层地震反射勘探证实，该断裂上断点埋深大于 50m（图 2.1-16）。

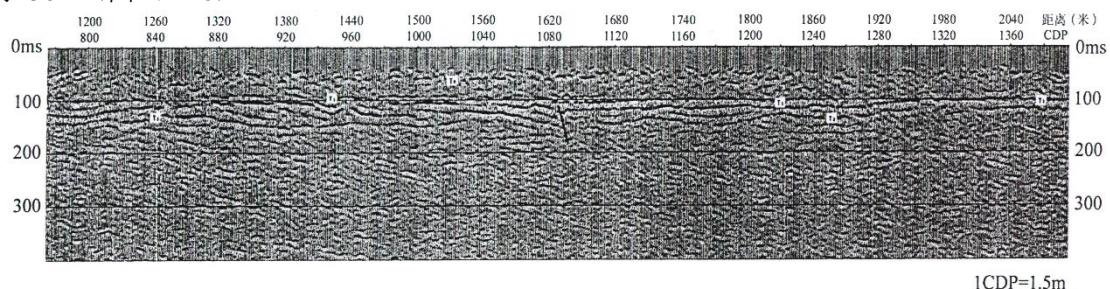


图 2.1-16 学院南路浅层地震反射时间剖面（据北京市地震局，2003）

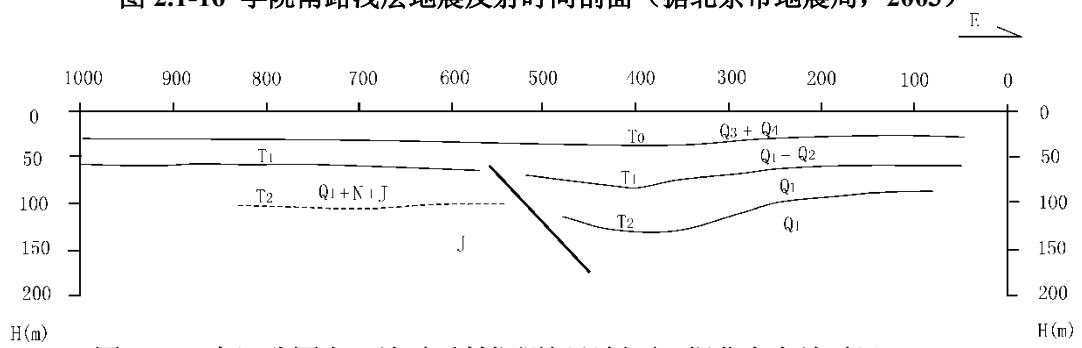


图 2.1-17 奥运公园人工地震反射探测解释剖面（据北京市地震局，2003）

另外根据在奥林匹克公园采用的物化探综合探测成果（北京市地震局，2003），结合钻孔和地层测年资料说明断裂明显错动了中更新世中早期地层（图 2.1-17），可以认为该断裂段最新活动时代为中更新世中期。

### ③ 北七家以北段（北段）

该段控制了第四纪顺义凹陷盆地的西界，倾向南东，长约 40km。根据北京市地震会战钻孔资料，第四系底面垂直落差为 400m 左右。在怀柔庙城一带，断裂两侧第四系厚度差异达 250m；在顺义鲁町附近，断裂两侧上第三系底面落差 800m，第四系底面落差 400m。野外调查发现，该段北部地表有明显的陡坎存在，在高各庄、桃山村一带，北西侧为晚更新世台地，南东侧是全新世平原，两侧高差 1.5~2m；南部也有类似差异现象，东侧地形较低，西侧是晚更新世高平台，形成明显的坡折带，其走向和位置与断裂一致。通过上述微地貌分析，认为本段为晚更新世—全新世活动段（刘光勋等，1983；向宏发等，1994）。

徐锡伟等（2002）在高各庄跨断层陡坎打了 3 个钻孔，通过对岩芯取样分析，推测距今 2.83 万年以来该段发生过 6 期断层错动事件，其中 2 次发生在全新世期间，最近一次错动年代距今  $3.51 \pm 0.10$ ka，单个事件的垂直错距为 1.5~7.0m。

北京城市活断层探测项目（北京市地震局，2007）在高丽营西地裂缝发育处，跨地裂缝开挖了一个规模较大的探槽（图 2.1-18）。

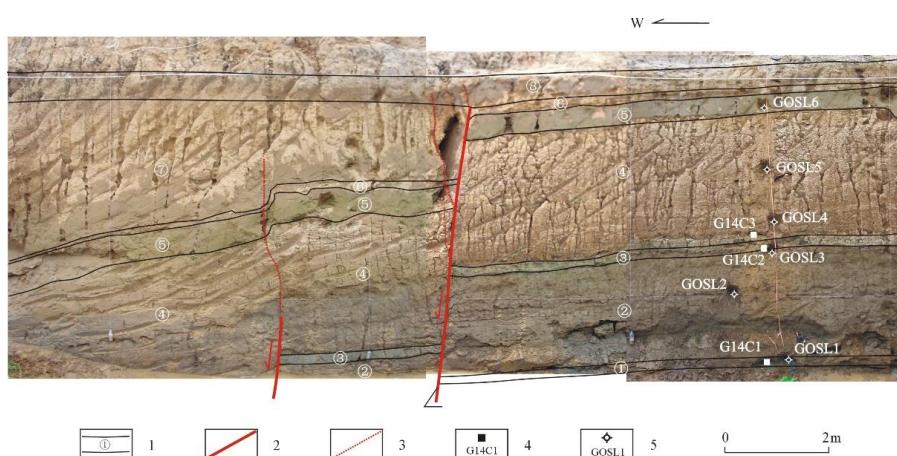


图 2.1-18 高丽营探槽北壁剖面图（据北京市地震局，2007）

1) 地层及其编号；2) 断层；3. 裂隙；4. 14C 样品采集点；5. OSL 样品采集点，测年结果：光释光样品 GOSL1,  $26.2 \pm 3.0$ ; GOSL2,  $24.2 \pm 2.6$ ; GOSL3,  $24.0 \pm 3.1$ ; GOSL4,  $25.5 \pm 3.5$ ; GOSL5,  $25.1 \pm 3.5$ ; GOSL6,  $22.9 \pm 2.5$ ka B.P.

探槽剖面上，地层层序清楚，层①、层③与层⑤在颜色和物质组成上非常特征，显示为典型的标志层：层①富含有机质而呈深灰色～灰黑色；层③呈灰绿色，为粉砂质淤泥局部富含有机质；层⑤为淡黄绿色较纯的粉砂，水淋后呈颜色略深的薄层。这 3 套地层单元明显断错，显示正断性质，断面清晰，层①垂直断距 1.8m，层③垂直断距 1.8m，层⑤垂直断距 0.9m，标志层的断距突变与地层层序反应：探槽附近，层①形成以来，断裂有过 2 次古地震事件，事件 I 发生在层③沉积之后、层④沉积之前，根据样品测试结果，时代限制为 25ka B.P. 左右，同震位错量 0.9m 左右；事件 II 发生在层⑤、层⑥沉积之后、层⑦沉积之前，根据样品测试结果，时代限制为 22ka B.P. 左右，同震位错量 0.9m 左右。沿断层往上延伸，过渡为裂隙，并延伸至地表，

地表民宅围墙亦发育裂缝。

综上所述，作为北京坳陷西北边界的黄庄—高丽营断裂是一条走向北东、倾向南东的高角度正走滑断层，在近场区内第四纪以来活动具有明显的分段性：北七家以北段较以南段活动性明显增强，在全新世仍有继承性活动，现代小震密集；永定河—北七家段隐伏地下，第四纪晚期不再活动；永定河以南段最新活动时期主要为中更新世，部分地段晚更新世晚期还有活动。

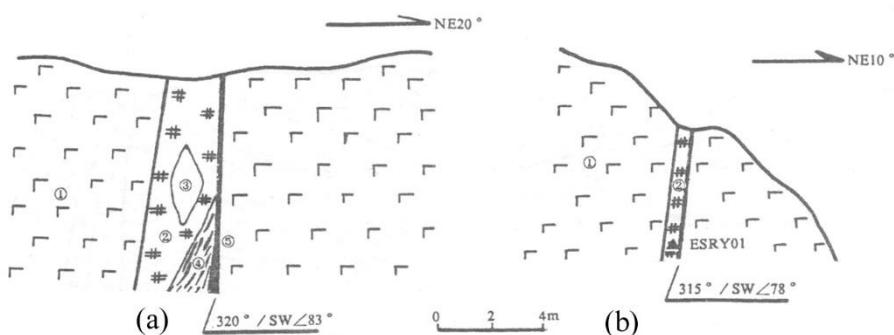
## (5) 永定河断裂(F5)

永定河断裂走向  $330^{\circ}$ ，倾向南西，倾角  $80^{\circ}$  左右，北起军庄附近，向南东大致沿永定河谷展布，至水屯村附近，与八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂互相切错，并继续向南东方向延伸至立垡村附近，全长 40 余公里，为次级重力异常带。早在 1958 年矿业学院黄克兴等在京西进行了 1:5 万的地质测量，认为该断裂存在，1964 年煤炭部京西实验场物探队在三家店进行过人工地震、电法等物探工作，1965 年铁道部第三设计院电探组也做过工作，发现八宝山断裂为永定河断裂左旋错动 600-700m。

该断裂以黄庄—高丽营断裂为界可分为两段：

### ① 北段

北段长 10km，倾向 SW，位于山区、丘陵与平原的过渡地带，表现为河谷地貌，永定河军庄以下河段的形态与上游河段截然不同，上游蜿蜒曲折，下游较为平直，河型的急剧变化显然受到永定河断裂的控制。在地质构造上，河流两侧的九龙山—香峪向斜等北东向构造被永定河断裂大幅度错开，造成地层与构造在走向上的严重不接，水平错动大于 1000m。1965 年铁道部第三设计院电探组通过浅层地震和电测深物探工作在三家店地区发现八宝山断裂被永定河断裂左旋错动 600~700m。国家地震局地质研究所（1988）、国家地震局分析预报中心（1994）在三家店一带的河谷两侧发现永定河断裂的地表露头（图 2.1-19）。



1.玄武岩；2.破碎带；3.透镜体；4.劈理带；5.断层泥。(a)大桥东；(b)隧道北

图 2.1-19 永定河断裂三家店北铁路桥剖面（据国家地震局分析预报中心，1994）

在三家店铁路大桥东侧，见高角度西倾的正走滑断层（图 2.1-19a），发育于早侏罗世南大岭组玄武岩之中，断层破碎带宽约 2m，以透镜体和挤压片理碎裂岩为主，显示出断裂的正断兼左旋走滑活动，北侧界面有 5mm 厚的黄色断层泥，国家地震局地质研究所（1992）测得

的断层泥 ESR 年代为  $59.1 \pm 7$  万年。在三家店公路隧道北端，下侏罗统中有一条宽 40~50cm 的断层破碎带（图 2.1-19b），呈现挤压片理化和绿泥石化。破碎带的物质排列反映断裂具有正左旋走滑活动特征。破碎带内发育有 20cm 厚的断层泥，其 ESR 年代为距今年  $33.7 \pm 10.1$  万年（国家地震局分析预报中心，1994），表明断裂的最新活动时代为中更新世。

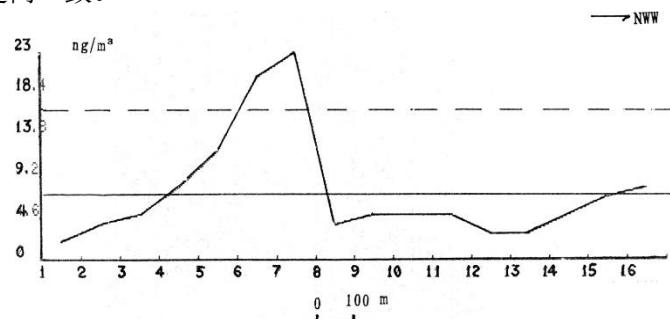
在永定河西岸，龙泉务加油站西的铁路旁见到向东倾的正断走滑断层，断层剖面在铁路人工边坡被揭露，走向北西  $330^\circ$ ，倾向北东，倾角  $73^\circ$ ，发育在石炭系下杨家屯组变质砂岩、千枚岩中。剖面处可见到断层下盘大面积的倾斜擦痕侧伏角，一般在  $45^\circ$  以上，显示断层走滑正断层运动特征。

从三家店到龙泉务存在东西向的断裂，有些规模很大，如龙泉务南的大沟内，有一条 50 余米宽的近东西向挤压破碎带，侏罗系地层强烈挤压、揉皱、绿泥石化。在这里看到永定河北西向断裂斜切东西向断裂（剖面北侧见东西走向的逆掩断层），断裂走向北西  $315^\circ$ ，产状近于直立，断层的垂直位错量不大，显示出剪切破裂的特征。该点的断层泥 ESR 测年值是  $86.0 \pm 25.8$  万年。

## ② 南段

断裂南段由东河沿村北向南经张郭庄、大宁水库、鹅房村，长约 30km，走向  $335^\circ$ ，倾向 NE，均为第四系覆盖。南段早第三纪末时曾产生过强烈的正断活动，第四纪活动性不明显。

断裂北东盘下降，为正断层。在良乡—长辛店一带，断裂南西侧地表出露白垩纪到早第三纪地层，断裂北东侧，下第三系埋藏于数百米之下，丰 1#孔下第三系顶面埋深 541m，其上堆积有上第三系和第四系，可见断裂两侧下第三系顶面落差达 500m 以上。电阻率等值线走向为  $330^\circ$ ，与断裂走向一致。



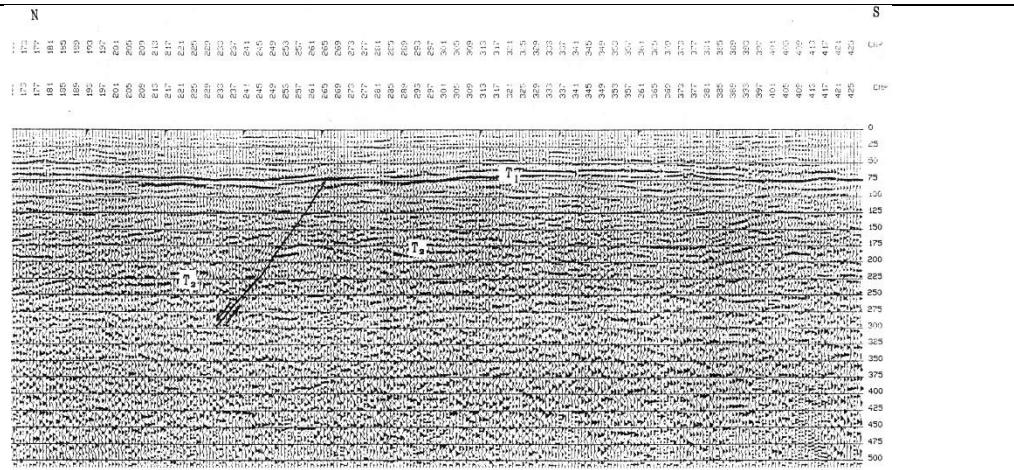


图 2.1-20 永定河断裂大宁化探及浅层人工地震剖面（据国家地震局分析预报中心，1997）

据钻孔资料，在东河沿一带第四系沉积厚度在断裂两侧为 23、25m，未见断裂的差异性活动显示（曾秋生，1979）。在大宁附近，第四系厚度为 25—30m，国家地震局分析预报中心（1997）在化探定位的基础上，进行了浅层人工地震探测。由浅层人工地震剖面（图 2.1-20）可以看出，断裂为北倾正断层，向上未错断 T1 反射界面，即第四系底界。

从以上的调查和分析，可以认为永定河断裂主要发育在第三纪，其形成晚于东西向和北北东、北东向断裂，在许多地方可以见到永定河断裂切过并左旋错断了印支期、燕山形成的断裂和褶皱构造。第四纪以来断裂主要表现为正左旋走滑活动。其北段（军庄—东河沿）断层主要倾向南西，最新活动时代为中更新世。而南段断层倾向北东，是长辛店—坨里凹陷和的丰台凹陷的构造分界，与黄庄—高丽营断到一起控制了丰台第三纪凹陷的发育。

## （6）顺义-前门-良乡断裂(F6)

该断裂是北京拗陷内一条规模较大的隐伏断裂，断裂的存在主要是根据石油地震勘探和水文地质钻孔资料(北京市地质局水文地质工程地质大队, 1979; 北京市地震地质会战办公室, 1979; 石油部石油物探局, 1988; 北京市地矿局物化探队, 1990)确定。从现有资料上来看，断裂是由数条北北东—北东走向的较大断裂组成，但这些断裂在走向上并不连续，断裂的历史和第四纪活动性亦有明显的差异。

### ①顺义-孙河段

该断裂段北起唐指山水库一带，自北北东向南南西经荣各庄、顺义，在孙河镇一带为北西向南口-孙河断裂所截，断裂总体呈“S”形展布，倾向南东，为一高角度的正断层。

前人主要根据人工地震和深钻孔资料揭示了该段的存在。断裂走向北东 30~40°，倾向南东，为高角度正断层，该段控制了北京断陷北部的顺义凹陷的发展，断裂两侧第四系落差较大。

北京市地震局在 2004-2007 年间为进一步确定顺义—良乡断裂北段的展布和活动特性，在北段顺义城北郝家屯、顺义城区光明街、天竺镇东南林荫路等地附近开展了高分辨率浅层地震勘探与钻孔联合剖面探测鉴定，并在顺义城南地裂缝处进行了探槽开挖。

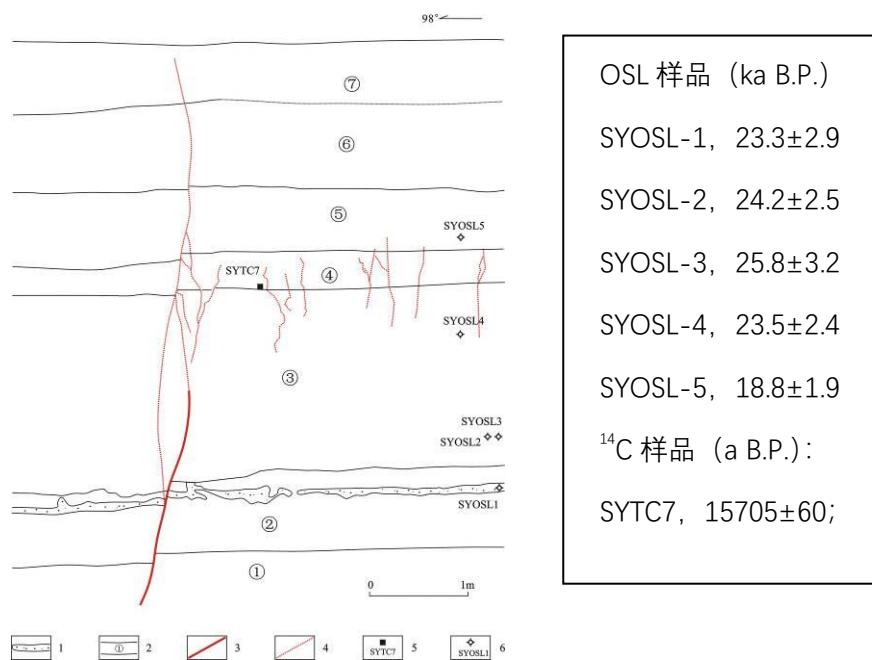
据在顺义石油公司内油库内开挖的探槽剖面上可以看出断层破裂倾向北西，垂直运动量很小，可以清楚地看出断层结构特征。在深 5.5m 的探槽中为一套灰黄色亚黏土、细砂、亚砂土交错地层，地层层位沿一断裂面出现明显断错，断面倾向南东，该断面已断续延伸至地表，层①、层②垂直断距 ( $10\pm1$ ) cm，层④顶界断错 6cm，层⑤顶界断错 5cm，再往上延伸，表现为裂隙，并延伸至地表，断距不清楚。在探槽底部，沿断层具 10cm 左右变形带（图 2.1-21），断面上见有擦痕，擦痕侧伏向 N，侧伏角 80°。

综合地层沉积特征与断层剖面特征，探槽揭示：

- (1) 靠近断面发育快速堆积的不规则粘土团块、层②近顶部砂层较为强烈的扰动以及标志层的断距突变，反映断层至少发生过 1 次粘滑事件（即古地震事件），垂直位错量 5~10cm；
- (2) 古地震事件发生在层②堆积后至层③堆积期间，其年代由 OSL 测年样品 SYOSL-1、SYOSL-2 和 SYOSL-3 控制，约 24ka B.P.。

(3) 层④与层⑤顶界存在 5~6cm 断距、地表具地裂缝、层④具短暂地表暴露特征，反映剖面上部断距可能为地基沿断层不均匀沉陷引起；

综合分析研究表明顺义-孙河断裂段是一条现今仍在活动的断裂，走向北东，主体为张性断裂，在顺义城西南一带倾向北西，倾角较陡，可达 80°。



1. 细粉砂；2. 地层单元界线及编号；3. 断层；4. 裂隙；5. <sup>14</sup>C 样品采集点；6. OSL 样品采点  
图 2.1-21 顺义城区 (E116°38'12.7'', N40°07'00.0'') 处探槽南壁剖面图 (北京市地震局, 2007)

## ②前门一良乡段

该段断裂缺少较为详实的物探资料(陈泽芬, 1983)，在城区一带主要是由钻孔所揭示的断裂两侧中、新生代地层厚度或中上元古界埋深存在明显差异确定的(表 2.1-2)。由于该段落处

于场址区 5km 范围内的断裂，在第三章做详细论述。

## (7) 南苑-通县断裂 (F7)

该断裂为北京坳陷与大兴隆起的分界断裂，总体走向 NE-NNE，倾向 SW，倾角 50—75°。北起沿河附近，向南经通县、南苑、大兴、北臧村到达涿州附近，全长约 93km。断裂与南口-孙河断裂交汇，可分为北段和南段。北京市地震局（2004）在大兴芦城西侧对该断裂进行了探测。探测剖面存在 4 组明显的地层反射界面（T0-T3），T1、T2 和 T3 界面被断错，存在 2 处明显的横向不均匀性：f1、f2。沿该剖面跨 f1 施工了 3 个钻孔，断裂两侧第四系岩性及沉积特征基本相同，底界在 62.8-63.5m 深度范围内，没有明显位差，但新近系底界面出现了近 10m 落差（图 2.1-24），据此确定 f1 最新活动时代为新近纪。f2 与 f1 相比，上断点更深，其最新活动时代不会晚于 f1，也应为新近纪。石油地震勘探剖面显示，该段断裂对新近系和第四系地层分布有明显的控制作用，北京市地震局（2003）在平房村附近跨断裂进行人工地震探测，初步判定其最新活动时代在早更新世。

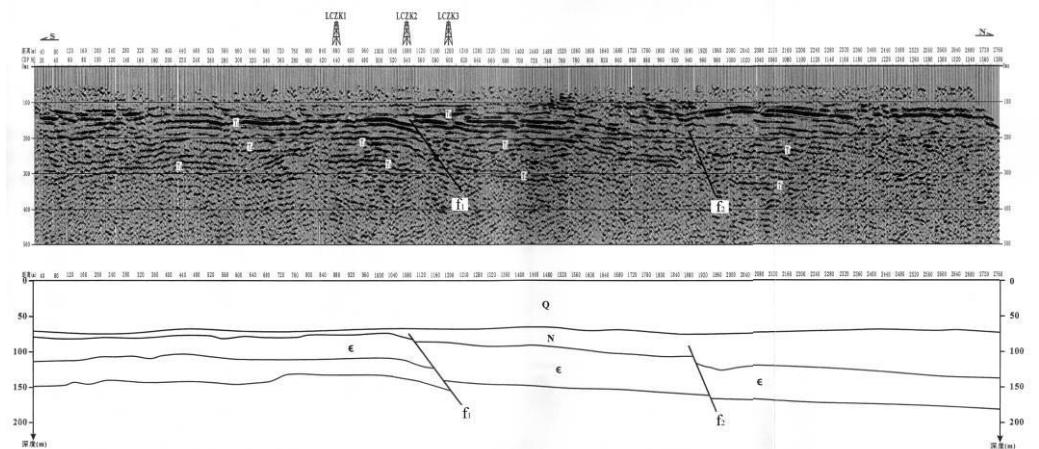


图 2.1-24 大兴芦城浅层地震反射时间剖面（上）与深度剖面（下）（据北京市地震局，2004）

在断裂北段，人工地震剖面反映该段断错第四系中下部地层(图 2.1-25)。断裂两侧钻孔资料也反映两盘地层有显著差异，西盘第四系厚度大于东盘，且下伏为上第三系，而东盘一般缺失上第三系，如平家疃以北，西盘第四系厚 432m，第三系厚 553m，而东盘第四系厚 342m，直接覆于震旦系之上；又如马庄北西盘第四系厚 455m，未见底，而东南盘第四系厚 290m。断裂带附近公元 1665 年发生过 6½ 级地震。

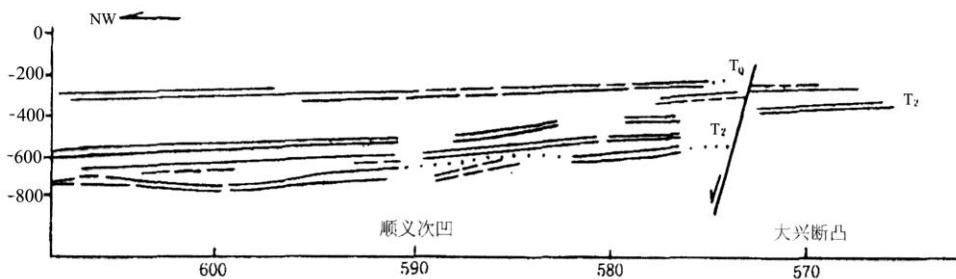


图 2.1-25 南苑—通县断裂北段人工地震解释剖面(317 线)

(北京市地震地质会战办公室, 1979)

北京市活动断层探测与地震危险性评价工作, 沿南苑—通县断裂北段布设多条测线, 对断裂进行浅层人工地震探测。由北向南, 在北庄头、平家疃和温榆河大堤的测线探测到断点的存在。其中, 北庄头测线的地震剖面剖面显示上断点埋深为 50~55m, 与钻探结果联合揭示南苑—通县断裂北段错断了上新世底界。平家疃测线地震剖面显示上断点埋深 48~52m。温榆河大堤测线地震剖面显示上断点埋深 58~62m。

北庄头测线的浅层人工地震剖面显示 (图 2.1-26), 地下地层成层性较好, 反射层位较为丰富, 可识别出 8 组反射震相。根据时间剖面的波组特征, 在该剖面测线桩号 4233m 附近解释了 1 个断点: 断点 FP238 是一个向北倾的正断层, 它错断了 T1 以下的所有地层, 其上断点埋深约为 50~55m, 对应 T1 反射界面的垂直断距约为 2~3m (北京市地震局, 2004)。

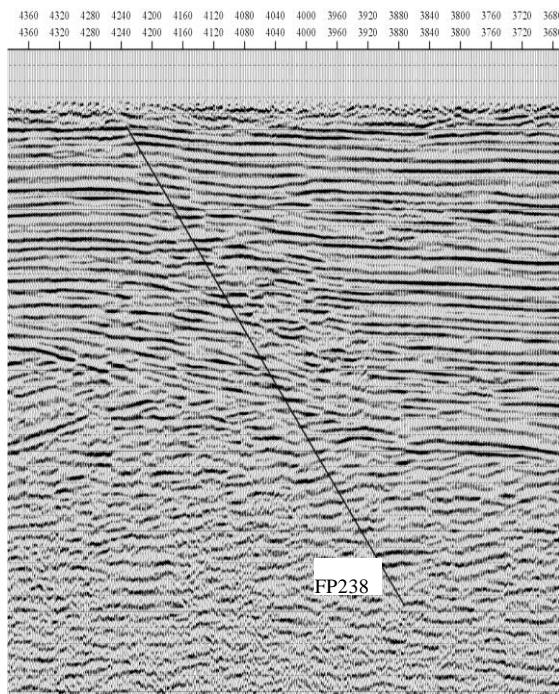


图 2.1-26 南苑—通县断裂北庄头浅层人工地震时间剖面

(北京市地震局, 2004)

北庄头测线的钻探验证结果表明, 断层 FP238 在地面的投影点位于测线桩号 4230m 处。在浅层地震剖面上解释的深约 50m 左右的反射面 T1, 与钻孔剖面上的上更新统通县组中段底

界深度相当，钻孔剖面上的上更新统底界则与浅层地震剖面上的 T2 反射界面相对应（北京市地震局，2004）。上述资料表明，南苑—通县断裂北段最新活动时代为晚更新世。

北京市地震局震害防御和工程地震研究所和中国地震局分析预报中心都先后在断裂南段的芦城附近进行了浅层物探工作，都表明未断错第四系（北京市地震局震害防御和工程地震研究所；中国地震局分析预报中心，1997）。据在方庄附近浅层地震探测剖面揭示，断面倾向北西，断裂带宽约 10m，明显断错第四系底界及中更新统底界，断距分别为 12m 和 3.6m（国家地震局工程地震研究中心，1996）。在后高米店附近的浅层地震反射剖面探测表明断裂断开了第四纪底界面（图 2.1-27）。

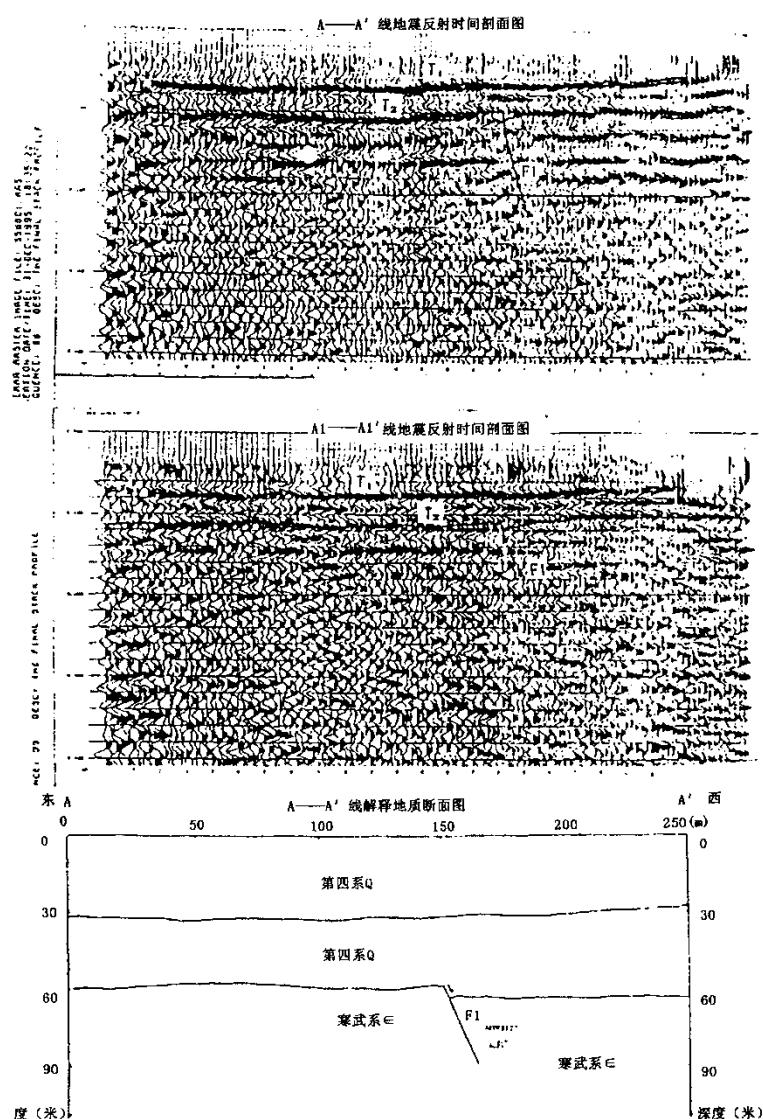


图 2.1-27 南苑—通县断裂后高米店浅层地震反射剖面及地质解释剖面  
(中国地震局地质研究所, 2002)

中国地震局地壳应力研究所 2006 年委托中国地震局地球物理研究所在南四环中路进行了浅层地震勘探。勘探工作沿着南四环外侧辅路由东向西进行，测线长度 2052m，有效探测长度（CDP）为 1930m（图 2.1-28）。图 2.1-27(a)是该测线的双程地震反射时间剖面。剖面显示，在 CDP215 附近(F1)，T 波组的 3 个反射同相轴被错断，在 CDP215 以西，反射同相轴介于

100~130ms 之间, CDP215 以东, 反射同相轴介于 90~120ms 之间, 错断幅度可达 10ms。初步推定为一正断层所致, 该断层倾向北西。

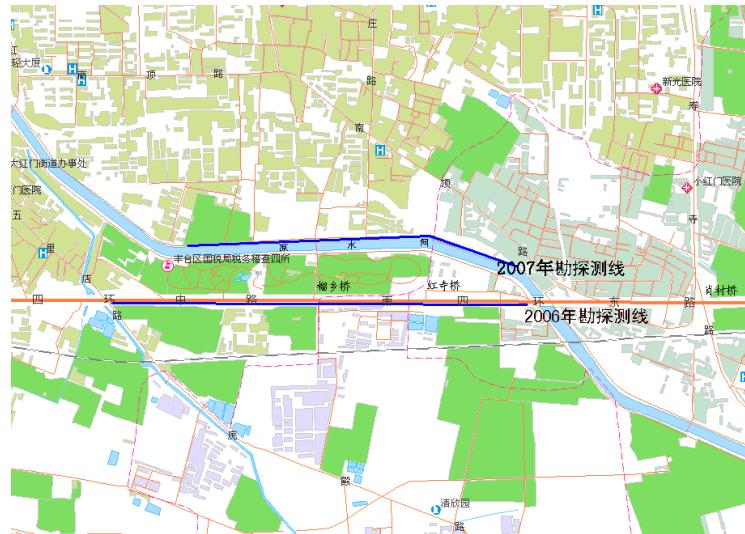


图 2.1-28 浅层地震勘探测线布置

2007 年 5 月在北京市南四环中路附近, 沿着凉水河(南四环中路段)北侧的小路由西向东又补充浅层地震勘探工作, 测线长度 1736m, 有效探测长度(CDP)为 1600m。图 2.1-29(b)是该测线的双程地震反射时间剖面。剖面显示, 测区内有一组非常明显的反射波组, 用 T 来表示。T 波组由 2~3 个反射同相轴组成, 双层旅行时在 100~140ms, 它不仅具有较强的能量, 而且沿测线基本能连续追踪。沿测线该波组的地震波速度为 1250m/s。取能量最强的反射同相轴为地层标识 T, 其埋深约 65~75 米。

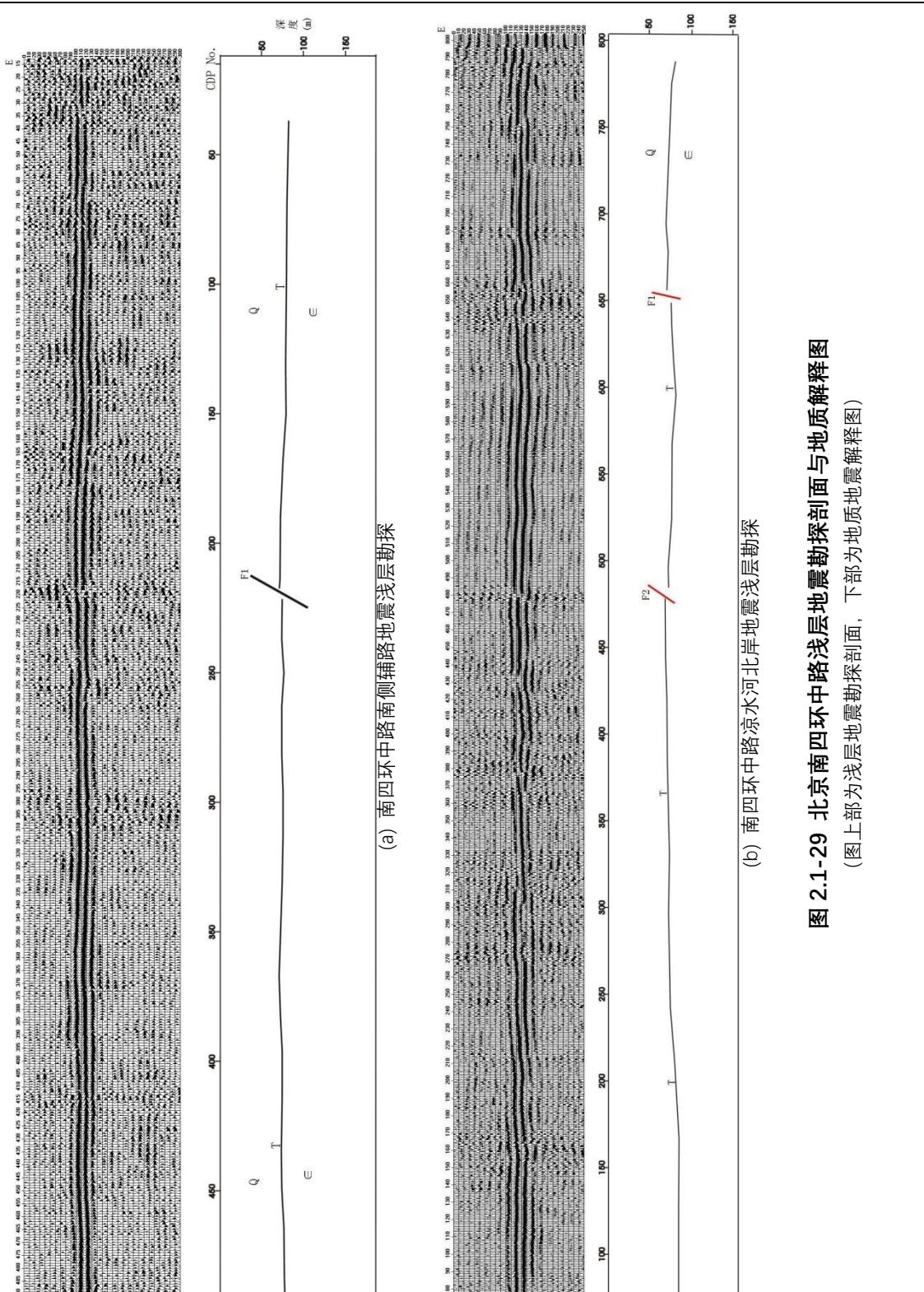
根据剖面中反射波组的横向展布特征(图 2.1-29b), 初步解译出 2 个断层构造, 用 F1 和 F2 表示。

F1 正断层: 在 CDP650#附近, T 波组的 3 个反射同相轴被错断, 在 CDP650 以西, 反射同相轴介于 110~140ms 之间, CDP650 以东, 反射同相轴介于 100~130ms 之间, 错断幅度可达 10ms(6m 左右)。初步推定为一正断层所致。

该断层与南苑-通县断裂的位置一致, 倾向北西。

F2 逆断层: 在 CDP480 附近, 初步推定为一条次级的小规模逆断层所致。

结合地质资料, 推定南苑-通县断裂在此向西南延伸, 并从测线控制范围内穿过。



根据第四系等厚线，测区第四系厚度在 50m—100m 之间。结合区域地层资料，T 波组（埋深约 65~75 米）可能代表第四系底界，推测断层的最新活动时代为早更新世。

在北京市活断层探测期间，中国地震局地球物理勘探中心在大兴区黄村镇永定河东大堤路实施浅层人工地震探测，揭示断层倾向北，为正断层，可分辨的上断点埋深约为 100~105m

(图 2.1-30)。据此,中国地震局地壳应力研究所(于慎谔等,2007)在鹅房南实施了钻孔联合剖面探测,测线长度约 210m,实施钻孔 6 个,钻孔间距 12~56m,钻孔深度 64.0m。钻孔联合剖面显示,6 个钻孔之间的岩芯地层可大体对比,显示在这些第四纪松散沉积地层中没有断层活动迹象。在该剖面跨度约 210m 距离内,基岩顶面没有明显起伏。

综合分析认为,南苑一通县断裂北段最新活动时代为晚更新世,南段在中更新世晚期以来无明显活动迹象。

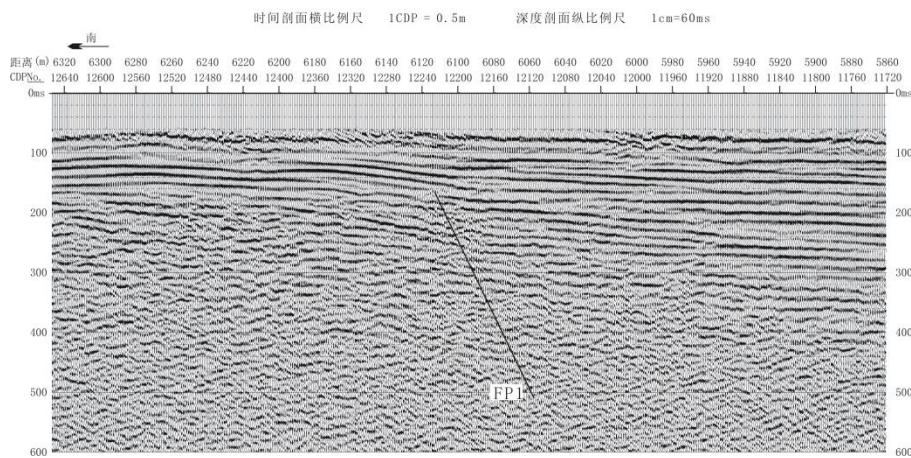


图 2.1-30 永定河大堤人工地震测线断点位置解释图

## (8) 大兴凸起东缘断裂(F8)

区域大兴凸起东缘断裂是依靠石油资料揭示的一条规模较大的断裂,该断裂长约 65~90 km,走向 NE,倾向 SE。在通州区内,该断裂控制了隆起区的东内部的采育凹陷。该断裂在区域上向南延伸后构成大兴凸起东缘的边界断裂,也叫做“礼贤断裂”,属于广义夏垫断裂的分支。

在通州区内,大兴凸起东缘断裂通过大杜社村、郭村村,呈北西-南东走向,长度约 9km。该断裂目前缺少断层活动性资料的约束。根据采育凹陷及两侧凸起中更新世以来沉积厚度较为均一,即全新世(Qh)沉积底界深度 10-15 m,晚更新世沉积底界深度 59-72m,中更新世沉积底界深度 106-116 m。

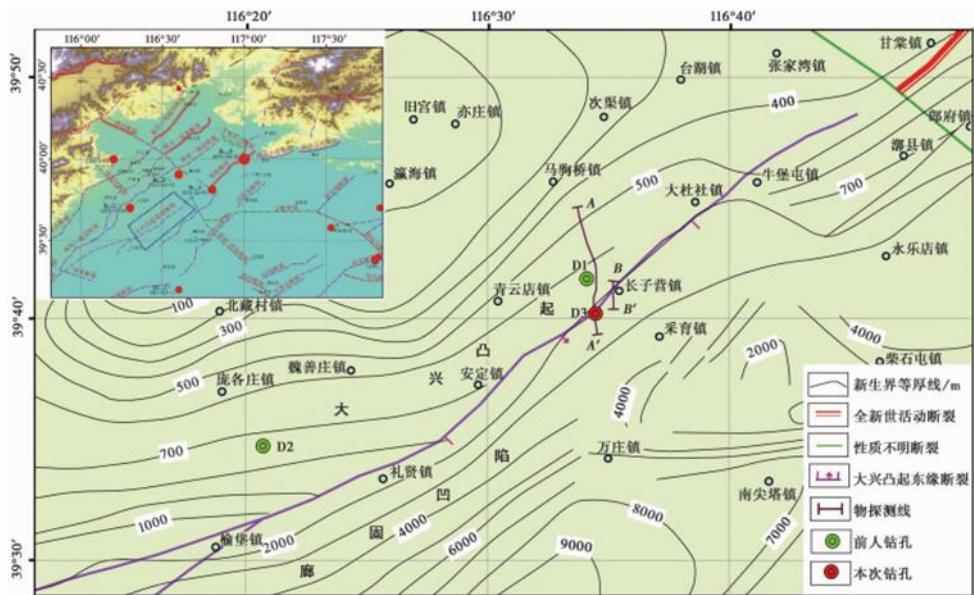


图 2.1-31 大兴凸起东缘断裂的浅层物探测线和钻孔布置图（引自李正芳等，2021）

中国地震局地质研究所基于全国地震灾害风险普查工作沿大兴凸起东缘断裂在安定镇 NE 延伸方向上布置了 AA 和 BB2 条浅层物探测线（图 2.1-31）。

AA 测线长约 10km，其反射波叠加时间剖面（图 2.1-32）震相丰富，参考河北省廊坊地区的第四系地层表，通过构造类比确定了物探剖面的地层特征，剖面显示新近系及以上地层整体表现出南深北浅的倾斜形态，剖面南段新近系以下有明显的反射特征，与新近系底界面 TN 呈角度不整合接触。根据剖面特征在剖面上解释了 2 个断点，FP15 为视倾向 S 的正断层，断点 FP15-1 为其下降盘上的反向次级断层，2 个断点两侧新近系底界面 TN 和第四系底界面 TQ 反射波的同相轴有明显的错断现象，向上均错断了第四系内部反射波同相轴 T1，上断点的埋深为 60-65m。为追踪在 AA 测线剖面上所解释断点的具体走向，在该测线东侧约 12km 处布设了 1 条 2m 点距的加密测线 BB，其时间剖面揭示新近系及以上地层整体表现出南深北浅的倾斜形态，新近系以下地层与新近系底界面 TN 呈角度不整合接触（图 2.1-32）。根据剖面特征在剖面北端上解释了 1 个视倾向 N 的断点 FP16，该断点向上错断了所有可连续追踪的第四系内部反射波同相轴 T1，其上断点埋深为 38-43m，对比该地区已有的地层特征及时代划分界线（赵勇等，2019）

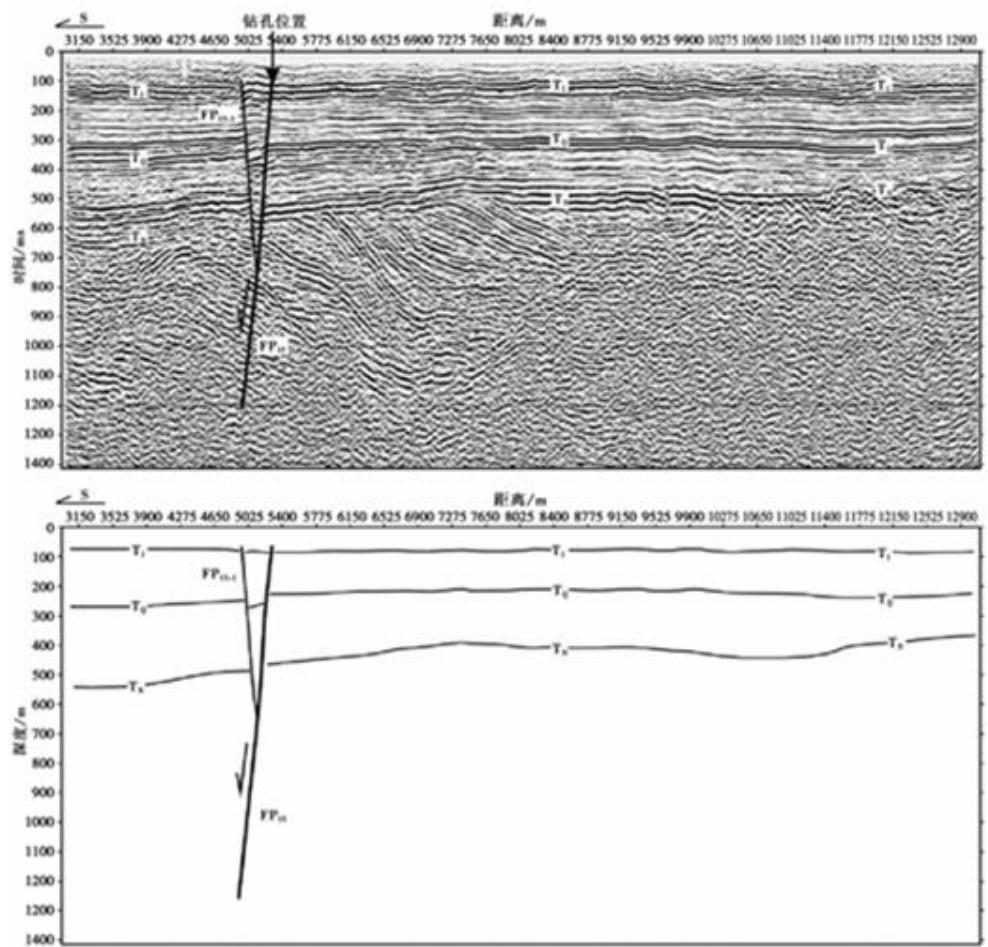


图 2.1-32 AA 测线的反射波时间剖面

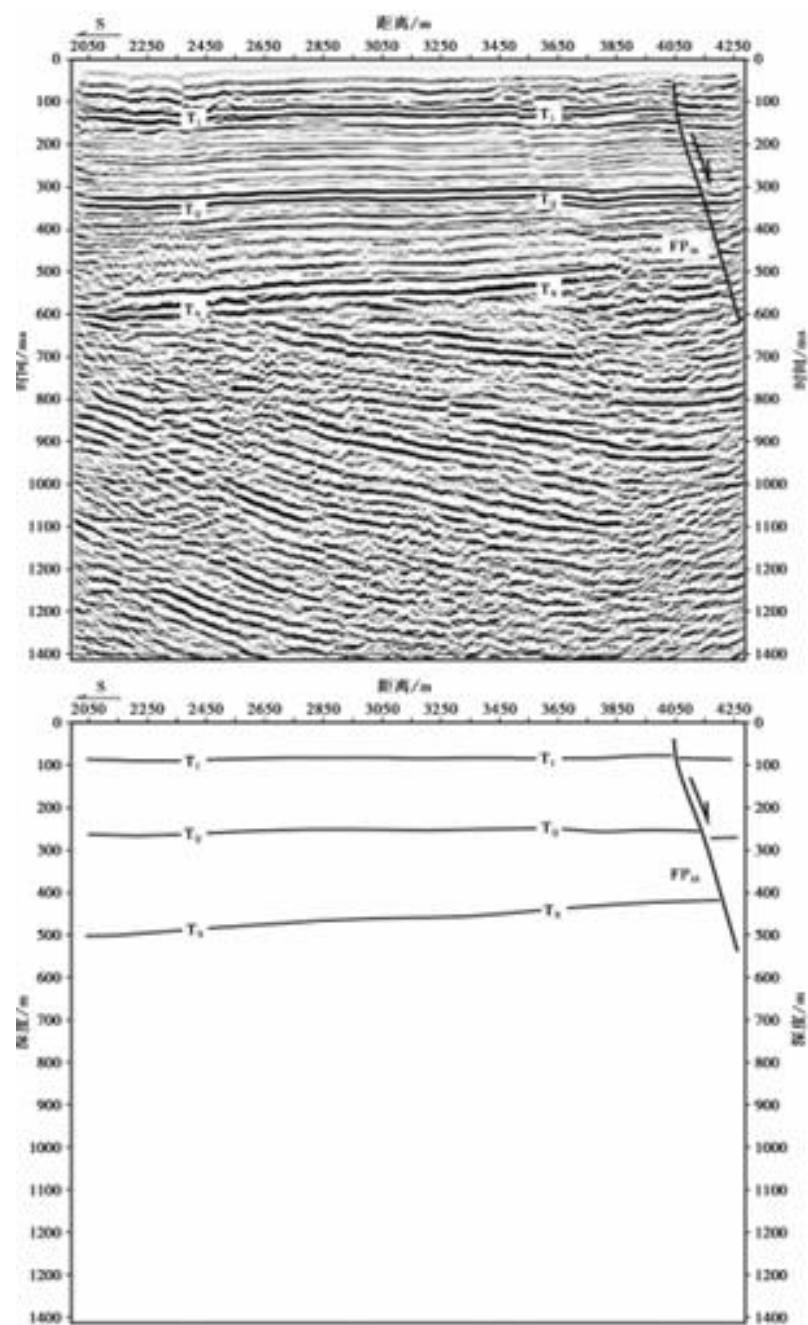


图 2.1-33 BB 测线的反射波时间剖面

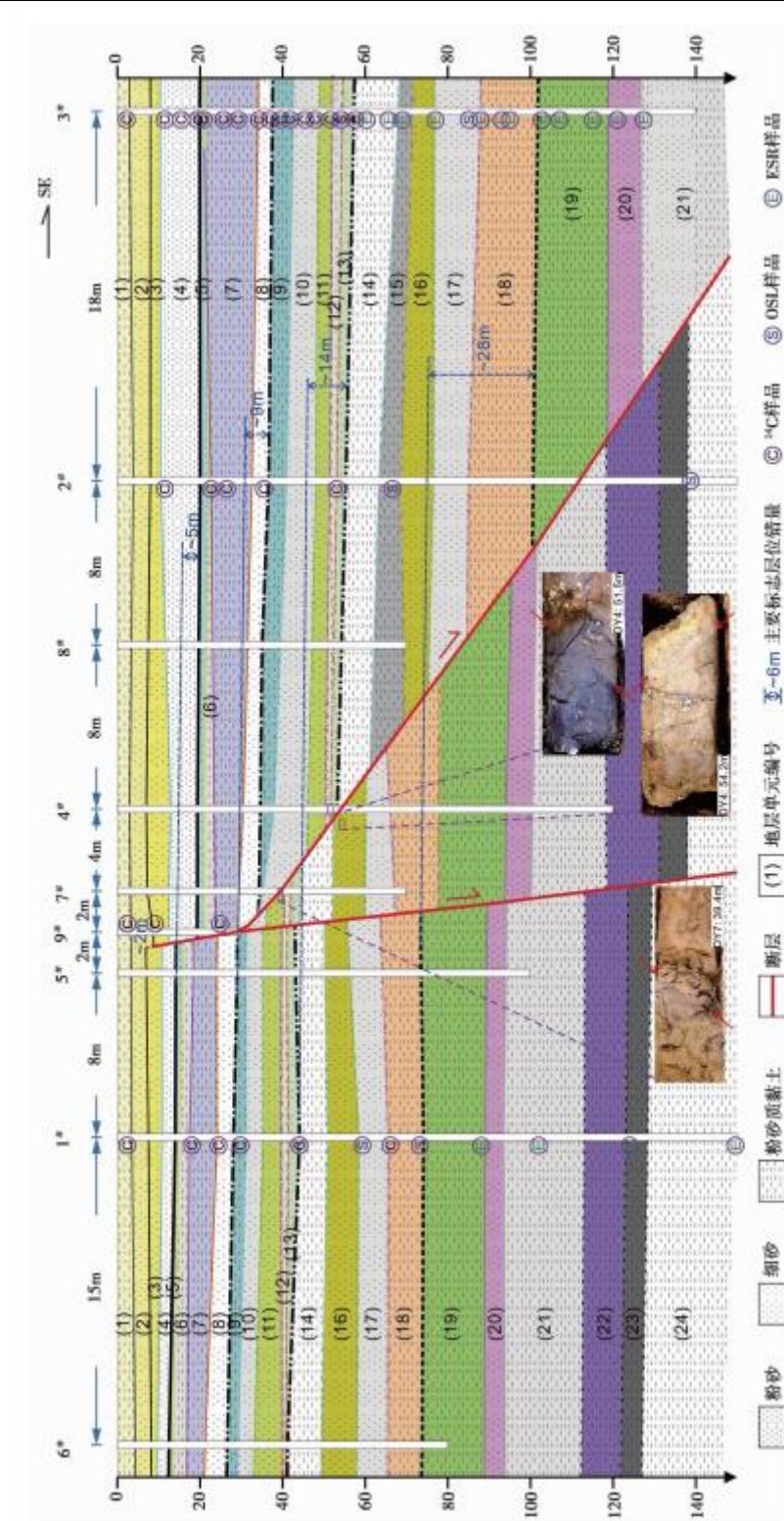


图 2.1-34 钻孔联合地质剖面的综合解释图

为了进一步确定断裂的活动性，中国地震局地质研究所根据物探剖面识别出的上断点的位置布置了 1 条钻孔联合剖面，剖面位于北京市大兴区长子营镇，本次钻孔的位置(D3)与中国地震局地壳应力研究所于 2012 年在该区域布置的钻孔位置(D1)相距约 2km，与赵勇等(2019)

---

在大兴凸起南部 钻孔的位置 (D2) 相距约 20km, 它们的岩性地 层特征和测年数据具有一定的可比性。

结合赵勇等(2019)在大兴凸起南部标准孔的研究成果可知, 本区全新统底界埋深约为 17-35m, 上更新统底界埋深约为 57m, 中更新统底界埋深约为 75m, 下更新统底界埋深约为 181m (赵勇等, 2019)。

经浅层地震勘探发现大兴凸起东缘断裂在地下浅部有明显的反映, 结果显示上断点的埋深为 38-43m, 由于浅层地震探测的分辨率有限, 其探测结果显示的断裂上断点埋深往往与断裂的实际上断点存在偏差, 因此需要结合钻孔联合地质剖面探测结果和地层年代测试结果对该断裂的活动性进行进一步验证。钻孔联合剖面显示断层位于 5 # 钻孔和 9 # 钻孔之间, 剖面显示其具有明显的正断特征, 上断点的埋深约在 8m 或更浅的位置。赵勇等 (2019) 在其标准孔深 12m 处获得的  $^{14}\text{C}$  年龄测试结果为 2370BP, 并以 17-35 作为全新统的底界。中国地震局地壳应力研究所在钻孔深 51m 处获得的  $\text{C}14$  年龄测试结果为 3600BP。

基于邻近已有钻孔的地层年代学资料并结合区域构造背景开展类比分析, 推断大兴凸起东缘断裂可能属于晚更新世-全新世活动断裂。

## 2.2 近场区地震构造评价

通过综合对比分析近场区的构造活动特点与历史地震及现代小震活动性的关系, 可以得出近场区的地震构造具有如下几个特点。

(1) 近场区地跨太行山断隆东北缘与北京断陷平原两大新构造区, 以差异性断块活动为特征。地貌轮廓表现为从西至东逐级下降的阶梯状特征, 场址位于主要由第四纪洪冲积物组成的老洪冲积平原区内, 隶属于北京断凹。新构造时期北京断陷内部的北京断凹沉降中心不断由南向北迁移, 并在北东向与北西向断裂的共同作用下, 在近场区北部顺义等地形成了第四纪断陷盆地, 反映了近区域新构造运动有由南向北逐渐增强的特点, 这与华北断坳的新构造演化格局是一致的。

(2) 以北京市地震局十五活断层探测资料为基础, 结合收集的报告、公开发表的论文, 近场区主要发育 8 条断裂, 其中黄庄-高丽营断裂 (F4) 北段、顺义-良乡断裂 (F6) 北段、大兴凸起东缘断裂 (F8) 长子营附近为全新世活动断裂, 南口-孙河断裂 (F2) 中段、南苑-通县断裂 (F7) 北段、八宝山断裂南段 (F3) 为晚更新世断裂, 其余断裂均为早中更新世断裂。

## 第三章 场址区主要断裂特征

### 3.1 场址区主要断裂的空间展布和活动特征

根据本次工作安排，收集整理场址区范围的地震构造、断层探测资料，由于参考的国家地震活动断层探测中心断层分布数据比例尺相对较小，因此依据收集的北京市地震局十五活断层探测数据、地震安全评价相对探测资料以及北京市地震局开展的相关探测工作，对断层在场址区的精确位置进行了重新约束。

总体来看场址区在构造上位于北京断陷的中东段，在断陷及邻近地区，历史上曾多次发生中强地震，因而，多年来人们对该地区做了大量的地震地质、地质勘探、物化探和测年等研究工作，对了解该地区的断裂活动特性提供了一定的基础。

根据现有收集资料，把场址区可能发育的主要断裂总结如下（表 3.1-1、图 3.1-1）。

表 3.1-1 场址区主要断裂特征一览表

编号	名称	区内 长度 (km)	产 状			断裂 性质	最新活 动时代
			走向	倾向	倾角		
F1	顺义-前门-良乡断裂	20	NE	NW	60~80°	正断层	Q <sub>2</sub>

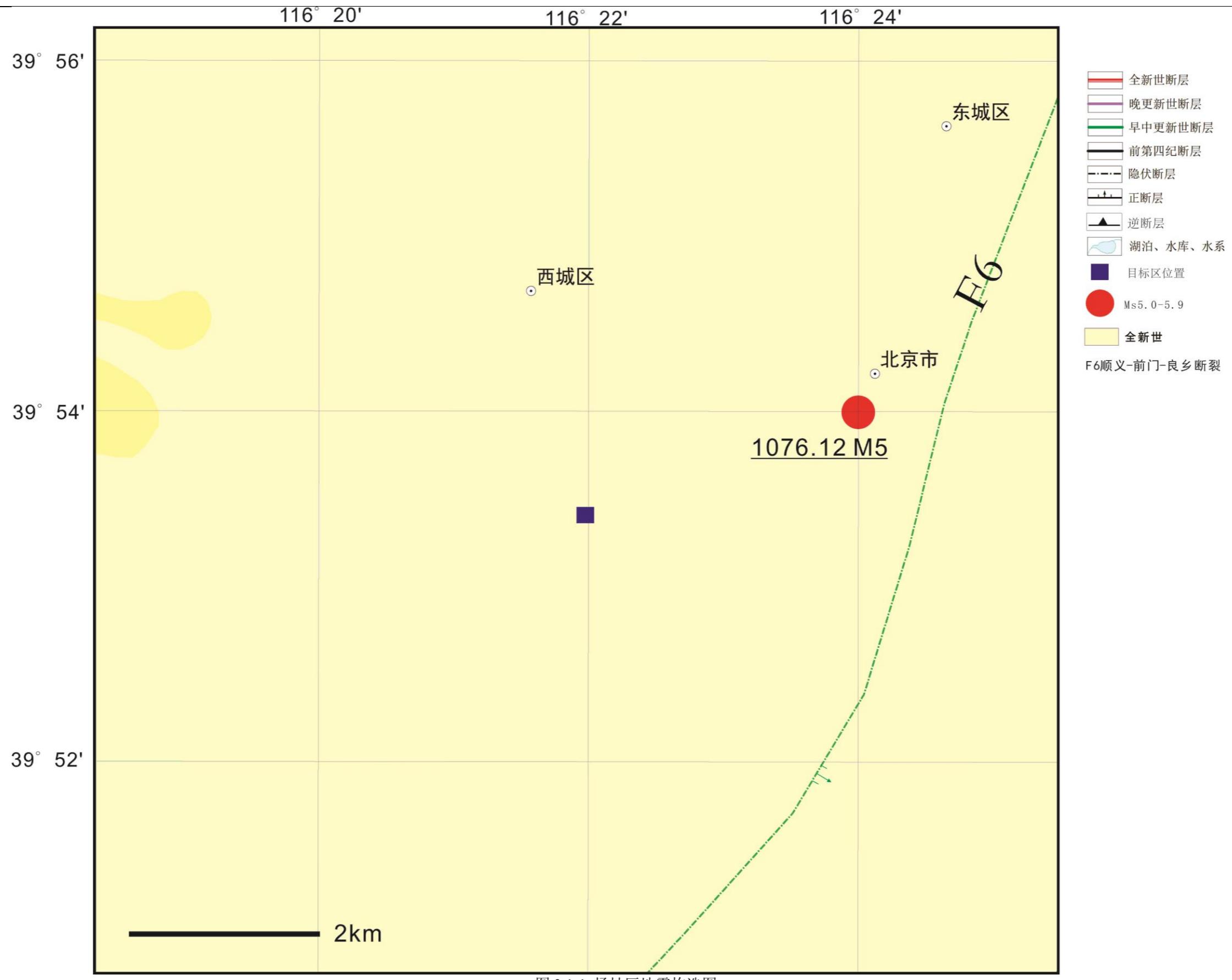


图 3.1-1 场址区地震构造图

## F1-顺义良乡断裂

顺义—良乡断裂北自顺义附近，向南西经天竺、孙河、东单、南苑、良乡，总体走向北东 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，全长 100km。该断裂以南口—孙河断裂为界分为南北两段，北段长约 45km，倾向南东，在顺义凹陷第四系沉积中心通过，其在军营以南分为两支。南段长约 55km，断面倾向北西，控制丰台凹陷的第三系沉积。断裂是北京平原区规模较大的一条隐伏断裂，总体走向  $25\text{--}30^{\circ}$ ，倾向北西，倾角  $60\text{--}80^{\circ}$ ，主要活动时期为中生代和新生代早期并持续到晚第三纪，北段的活动可能影响到第四纪早期地层（高文学等，1993）。通常将南口—孙河断裂以北的顺义—良乡断裂称为北段，以南为南段。向宏发等（1993）通过物探和化探工作，认为北段为第四纪活动断裂，或第四纪以来有明显活动，但晚更新世以来垂直差异活动不明显（李文浩等，1992）。近年来，在顺义附近发现沿顺义—良乡断裂发育着 25km 长的地裂缝，通过对地裂缝的调查、地球化学勘探、探槽揭露和地震活动分析认为，顺义—良乡断裂是一条现今仍在活动的断裂（胡平等，2000），但也有人认为顺义—良乡断裂北段在早更新世有明显活动，中更新世以来活动不明显，顺义地裂缝东南侧下沉，与 1966 年以来超量开采地下水形成的地面沉降有关（张世民等，2005）。场址主要位于顺义-良乡断裂南段（图 2.1-1）。

从地层埋深可以看出断裂主要活动时期在早白垩世和晚第三纪，中一上元古界顶界落差在 100m 以上，晚第三纪可达 500m，第四纪时断裂活动比较微弱。

表 3.1-2 城区顺义—前门—良乡断裂两侧中、新生界沉积厚度

地层时代	北西侧（米）	南东侧（米）
Q	79~98	108~129
N <sub>1-2</sub>	1000~1100	600~630
E <sub>2-3</sub>	330	120~200
E <sub>1</sub>	130	100
K <sub>1</sub>	537	0
J <sub>3</sub>	沉积岩	56
	火山岩	282
Pt <sub>2-3</sub>	2442	833~1257

### 1) 断裂位置控制物探资料

顺义—良乡断裂南段延伸在丰台凹陷内，断裂走向北东  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，倾向北西，长约 45km，是通过北京城区的一条主要断裂。根据石油人工地震和钻孔资料，断裂主要活动时期为晚侏罗—晚第三纪，元古界顶面落差在 1000m 以上，晚第三纪时断裂两侧上第三系厚度相差可达 500m，而第四系厚度变化不大。在城区断层西盘热 14 孔基岩埋深、上第三系埋深、第四系厚度分别为 1567m、1105m

和 78m，断层东盘热 1 孔基岩埋深、上第三系埋深、第四系厚度分别为 820m、740m 和 98m。

北京市地震局曾在东交民巷布设了一条浅层人工地震勘测剖面(图 3.1-2)，剖面总长度为 600m，从时间—深度剖面图中可以清楚看出 3 组反射波界面(T1、T2、T3)，它们的同向轴分段连续性较好，相对起伏较小。但大致相当第四系底界的 T2 明显错断。另据化探和浅层人工地震探测工作的结果，此断裂段化探异常明显，且浅层人工地震探测表明，地下 40m 以上的上更新统地层未有断错（北京市地震局震害防御与工程地震研究所，2003）。

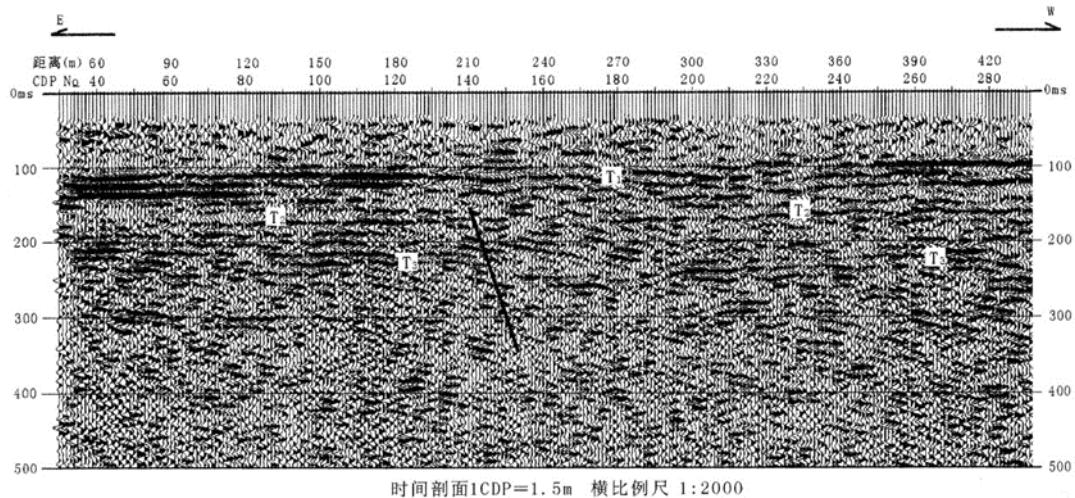


图 3.1-2 东交民巷浅层人工地震反射时间剖面  
(北京市地震局震害防御与工程地震研究所, 2003)

北京市地震局十五活断层探测期间，在朝阳区酒仙桥位置开展了浅层地震勘探工作。酒仙桥测线为南东-北西向，南东段为将台路，中段为花家地街，北西段为南湖南路。该测线的南东端起于酒仙桥路口，穿过首都机场高速路、京顺路、阜通东大街和阜通西大街，北西端止于南湖南路拐弯处（三岔路口），测线全长 2960m。由图 3.1-3 地震反射时间剖面可以看出，该测线反射同相轴较多，各反射同相轴的反射能量基本上比较均衡，在横向上有差别不大。根据该时间剖面的特征，从上到下可以识别出 6 组反射震相 (T1、T2、TQ 和 TK1-TK3)。从剖面反射同相轴的形态来看，该剖面 TQ 以浅的反射波基本呈水平展布，它们虽然在局部地段也存在起伏变化，但相对起伏变化不大；TQ 之下的反射震相 TK1-TK3 在剖面桩号 2220m 以东的剖面段上表现为南东深北西浅的单斜形态，表明与 TQ 面呈不整合接触。

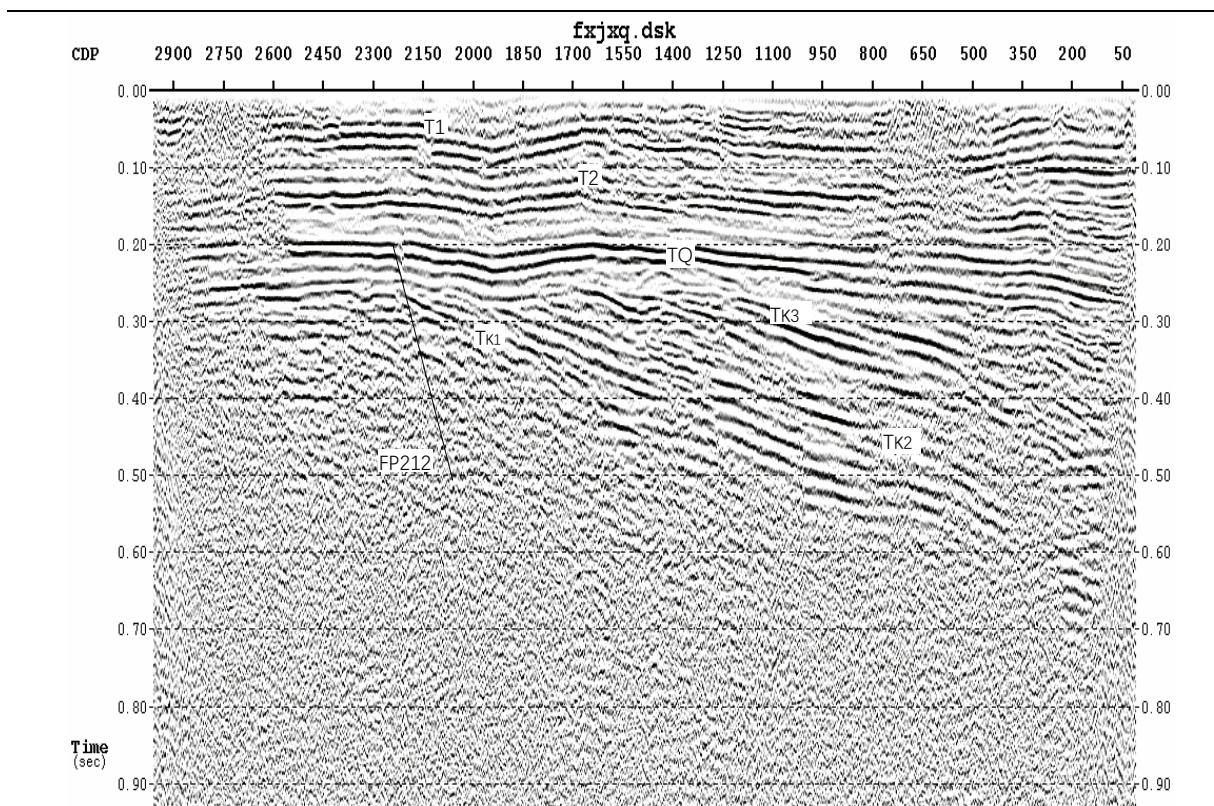


图 3.1-3 酒仙桥测线反射波叠加时间剖面图(道间距 2m)

在酒仙桥测线的反射时间剖面上解释了一个向东倾的正断层 FP212，其上断点在地面上的垂直投影点位置位于测线桩号 2211m 附近，对该断点的上断点埋深约为 135~140m 左右，其断距约为 2~4m。图 3.1-4 为断点 FP212 的波形加变面积显示图。

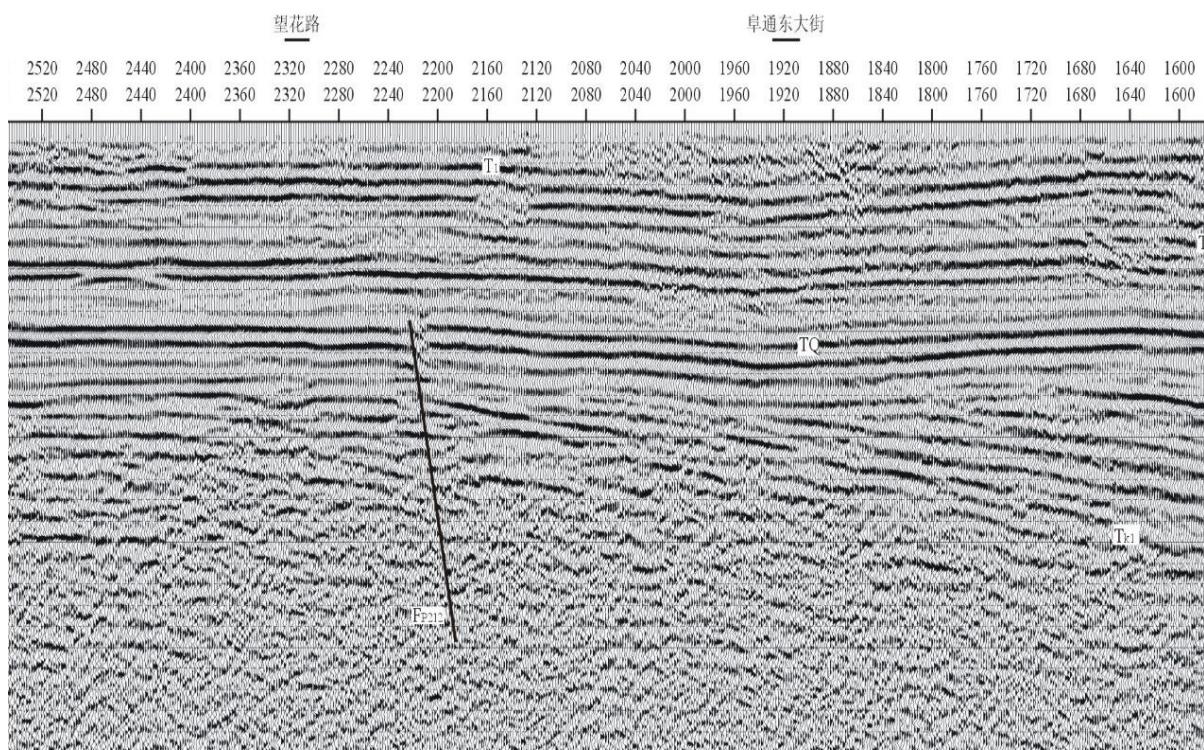


图 3.1-4 断点 FP212 在剖面图上的显示

北京东直门外大街测线浅层地震反射时间剖面图

[COP]m [COP]1:200

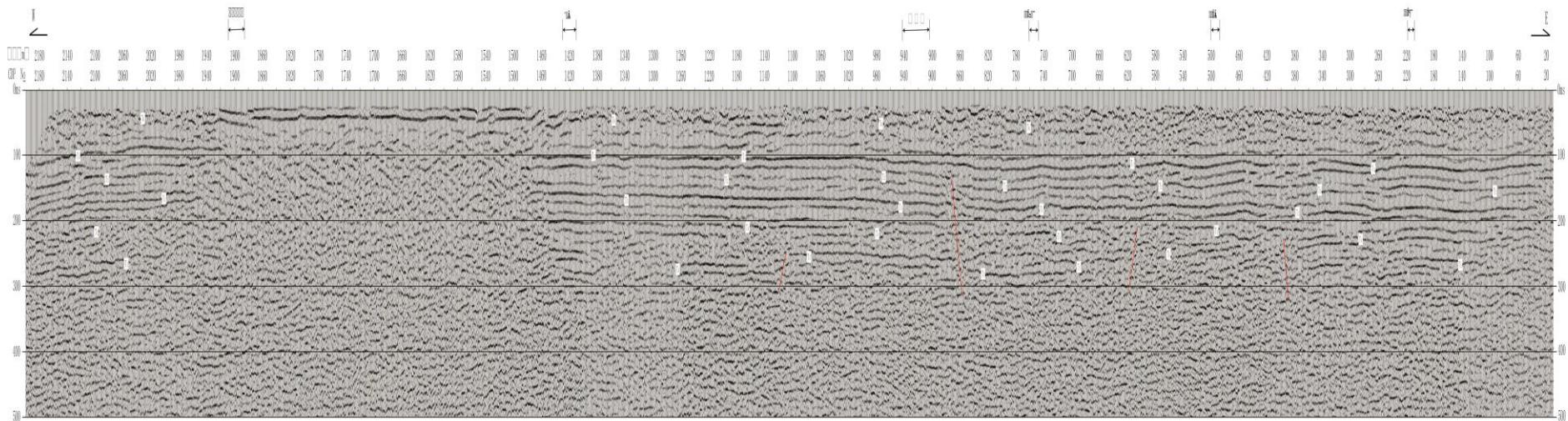


图 3.1-5 顺义-良乡断裂东直门外大街测线（北京市地震局 2003）

北京市地震局在东直门外大街开展了浅层地震勘探工作，依据获得的地震反射剖面，根据反射轴的错断等特征，识别了倾向 NW 的正断层，推测为顺义-良乡断裂（图 3.1-5）。

同时，在顺义-良乡断裂南段大兴狼垡地区有 2 条浅层地震勘探测线，一条位于永定河的左堤路，一条位于芦丰路。芦丰路浅层地震勘探测线北西端起于狼垡一村村北的铁路桥西芦丰路拐弯处，穿过西南五环和京良路，南东端止于西芦城村芦丰路西一条，测线全长 3260m，其反射波时间剖面揭示出 3 个断点：FP1 视倾向南南东，可分辨的上断点埋深约为 75~80m 左右，地面垂直投影点位于 1338m 桩号附近，推测垂直位移约为 2~4m。FP2 视倾向北北西，可分辨的上断点埋深约为 75~80m 左右，垂直投影点位于 1581m 桩号附近。FP3 视倾向北北西，可分辨的上断点埋深约为 67~72m 左右，地面垂直投影点位于 1707m 桩号附近（图 3.1-6）。根据剖面特征分析，FP1 为主断层，它可能是目标断层（顺义—良乡断裂）在剖面上的反映。

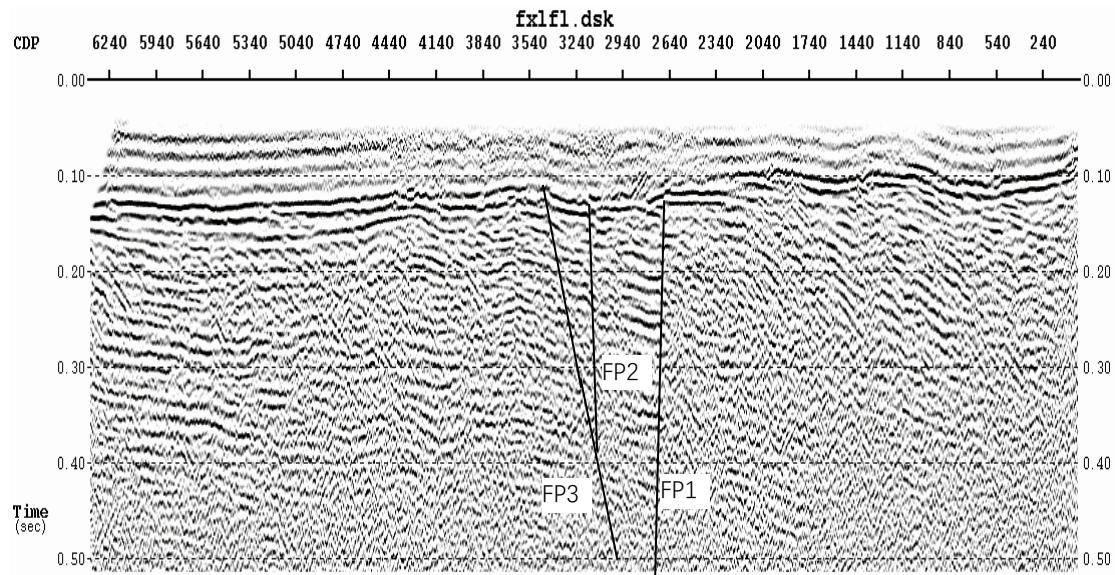


图 3.1-6 芦丰路测线反射波叠加时间剖面图(道间距 1m)

永定河测线沿永定河大堤由北向南布设，北端起于永定河左堤路 9km 处，穿过京良路，南端止于小村西南永定河左堤路拐弯处，测线全长 9800m。反射波叠加时间剖面揭示，断点 FP217 视倾向南，其可分辨的上断点在地面的垂直投影点位于 2303m 桩号附近，埋深约为 85~90m，在 TQ 界面的断距约为 6~8m（图 3.1-7）。

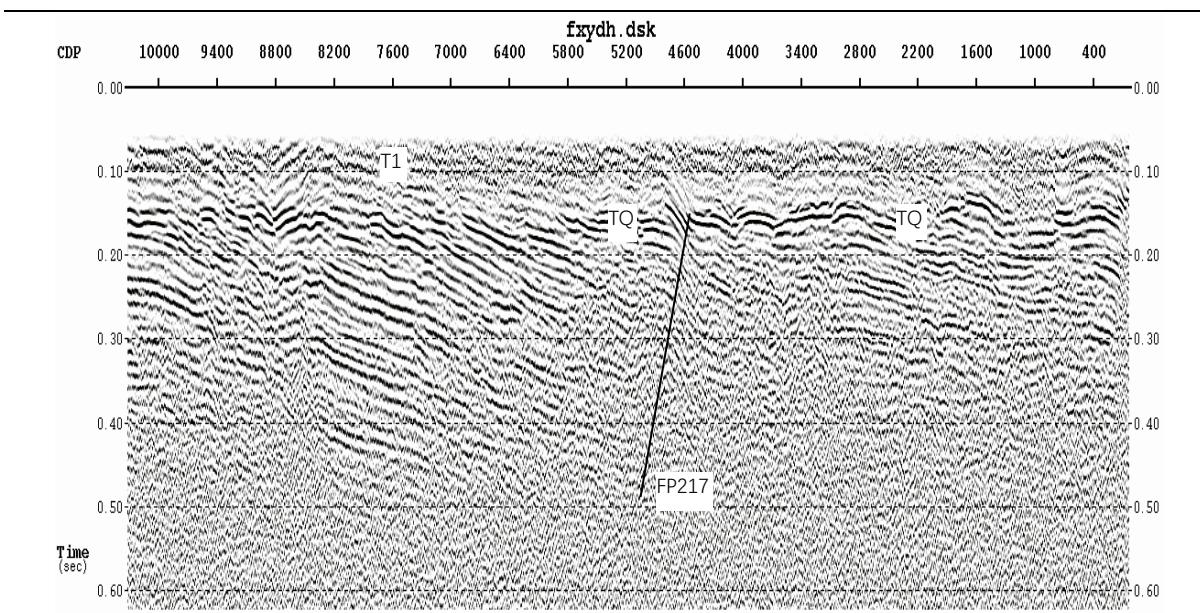


图 3.1-7 断点 FP217 在剖面图上的显示

## 2) 断裂活动时代控制资料

针对上述大兴狼垡地区地震勘探结果，在芦求路东侧的葡萄园内完成了排列长 135m 的 5 口钻孔联合探测，控制住顺义—良乡断层的位置，鉴定其活动性排钻探测的空间位置分布如图 3.1-8 所示。



图 3.1-8 地震测线、断点和钻探场地位置图（两侧的黑点为断点）

### ● 钻孔联合地质剖面揭露的第四纪地层

剖面中揭露出晚更新世以来的松散堆积，钻孔底部深入到白垩纪红层 2-40m 不等。

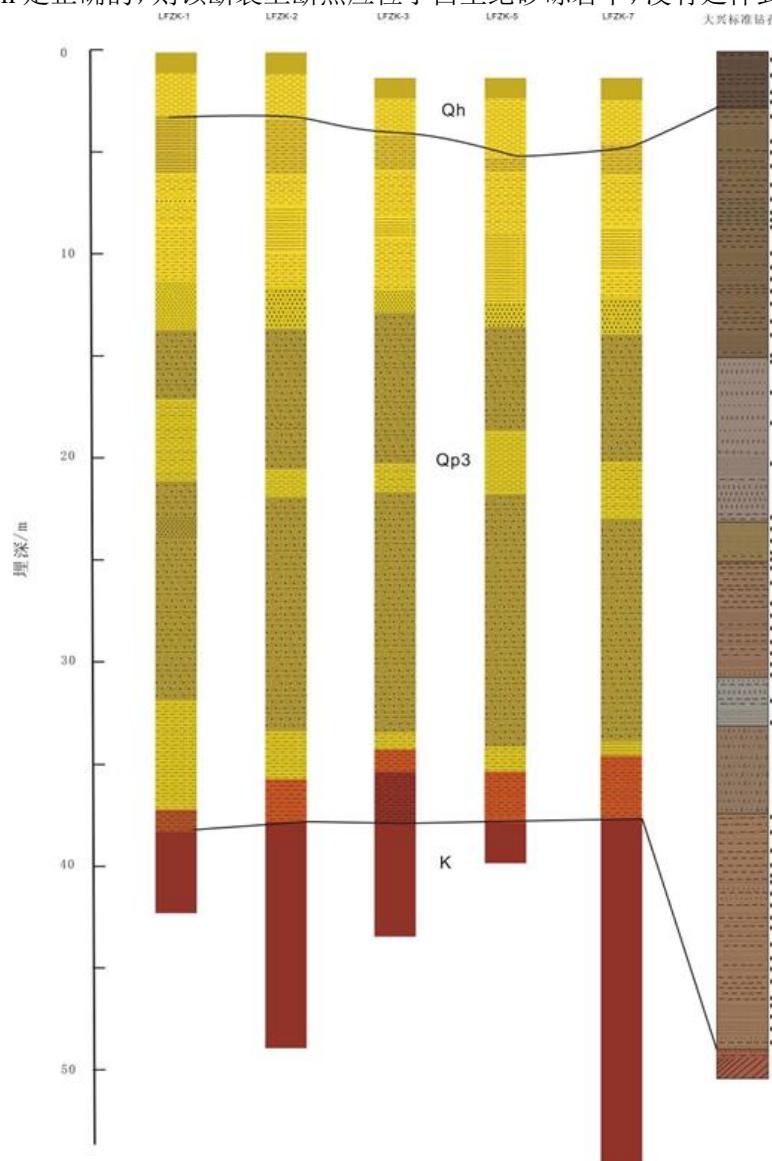
全新统 (Qh): 为一套灰黄色沙土，厚 5m 左右。

上更新统 (Qp3): 为一套灰黄色、灰褐色黏土、砂砾石堆积, 底部为紫红色黏土、沙土层。与下伏白垩系不整合接触。

白垩系 (K): 紫红色砂岩、泥岩, 近于水平。

#### ● 地质解释与结果

根据钻孔联合地质剖面探测结果可知 (图 5-110), 钻孔下部第四纪地层 (晚更新世以来) 的底面位于相同的海拔高程, 顺义—良乡断裂在狼垡一带没有切入第四纪地层中。若浅层地震勘探揭示得上断点埋深为 75m 是正确的, 则该断裂上断点应位于白垩纪砂砾岩中, 没有延伸到第四纪地层中。



因此, 综合场址区附近资料, 场址区范围内发育断裂为顺义-前门-良乡断裂, 活动时代为早中更新世, 晚更新世以来未见活动迹象。

### 3) 小结

综合上述北京市地震局和相关地震部门的物探及钻孔排钻探测资料揭示, 顺义—良乡断裂南段总体走向  $35^{\circ}\sim45^{\circ}$ , 倾向北西, 倾角  $60^{\circ}\sim80^{\circ}$ , 为正断层。浅层地震勘探、

---

钻孔联合地质剖面为晚更新世以来不活动断裂。

## 第四章 结论

通过综合收集北京市地震局“十五”城市活断层探测、地震灾害风险普查成果、历史安评及活断层探测项目和北京市地勘局的相关资料，依据现有靠近场址的最新物探上断点资料对顺义-良乡断裂位置的约束，不同来源资料都揭示该断裂可能为早中更新世断裂。

依据北京市地震局等地震部门开展的浅层地震勘探约束获得的断裂展布距离场址~3 km。精确顺义-良乡断裂位置根据工程建设和相关规范要求可以开展更细致的断层探测工作来确定。综上，项目场址依据现有资料无活动断层穿过。（图 4.1-1 和表 4.1-1）。

表 3.1-1 场址区断裂基本情况表

编号	名称	区内 长度 (km)	产 状			断裂 性质	最新活 动时代
			走向	倾向	倾角		
F1	顺义-良乡断裂	11	NE	NW	60-80°	正断	Q2