

文章编号: 0253-3782(2000)04-0385-10

邢台地区深浅构造耦合关系的探测研究 和几个值得思考的问题^{*}

顾梦林 刘保金 赵成斌 孙振国

(中国郑州 450003 中国地震局地球物理勘探中心)

摘要 根据“九五”期间在邢台震区开展的深浅构造耦合关系探测研究的结果,以及以往在该区开展的深地震测深、深地震反射和石油地震勘探工作的结果,指出邢台大震震源区深约 8 km 处的滑脱面以上的上地壳存在一系列浅层断裂。其中,除新河断裂向上错断了中更新统地层,艾新庄断裂和其它断裂均未错断第四系地层。艾新庄断裂等向下归并于新河断裂,而新河铲形断裂则以低倾角向下延伸归并于滑脱面。滑脱面以下存在的贯穿中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深大断裂是邢台大震的发震断裂。它的错动引起大震,并引起浅层断裂的活动和地表土层物质的运动。上地壳的浅层断裂不是大震的发震断裂,但可能是活动断裂。滑脱面的存在使深、浅构造之间形成既彼此相对独立、又相互影响的特殊关系。它在上、下地壳之间传递部分能量和形变,同时又具有一定的解耦作用。最后,提出活动断裂不一定错断最新地层,断裂所错断的最上部地层的年代也不一定就是该断层最近的活动年代。这对活动断裂年代的判定和研究提出了一个值得思考的问题。本文还提出了其它值得思考的问题。

关键词 深部构造 浅部构造 发震断裂 活动断裂

中图分类号: P546 **文献标识码:** A

引言

为了解邢台地震区的深部构造环境,1967 年以来先后开展了 3 次穿过邢台震区的人工地震测深,获得了 3 条宽角反射/折射剖面:元氏—济南剖面、任县—武清剖面和泰安—隆尧—忻州剖面。其中,元氏—济南剖面通过 $M_s 7.2$ 主震的震中位置,泰安—隆尧—忻州剖面通过 $M_s 6.8$ 地震的震中位置。“八五”期间又在邢台震区作了 3 条深地震反射剖面:临城—巨鹿剖面、宁晋—新河剖面 and 任县—宁晋剖面。其中,前两条剖面为 NWW-SEE 向,分别穿过牛家桥 6.8 级和东旺 7.2 级地震震中区;第 3 条剖面为 NNE 向,与前两条剖面垂交。原石油部石油物探局 70~80 年代也在邢台地震所在的束鹿盆地开展了大量的石油地震勘探工作,获得了丰富的资料和研究成果。所有这些探测研究结果对了解该区的地壳构造和地震地质构造背景均有非常重要的价值,得到了以下主要结果(祝治平等,1995;王椿镛等,1993;王椿镛等,1994;徐杰等,1988):

^{*} 中国地震局“九五”重点项目(95-04-08-02)资助。
1999-09-27 收到初稿,2000-02-21 收到修改稿并决定采用。

(1) 邢台地区地壳有明显的层状结构. 其中, 上地壳厚约 10 km, 速度为 2.0~6.25 km/s; 中地壳厚 12~15 km, 速度为 6.0~6.9 km/s; 下地壳厚 9.6~15.0 km, 速度为 6.4~7.0 km/s. Moho 界面深度约 32 km, 具明显上拱现象. 震中区下方深约 10 km 处存在一低速体, 厚约 6.5 km, 速度为 6.0~6.3 km/s.

(2) 在震区中、下地壳分界面附近发育一条倾向东南、连续性好、厚约 3 km 的滑脱带. 该带由东南向西北缓慢抬升, 在震中区深约 8~10 km.

(3) 邢台 7.2 级和 6.8 级地震震中区滑脱面以下存在一条贯通中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深断裂. 该断裂走向北东, 与新河断裂等浅部断裂并不贯通.

(4) 在束鹿凹陷和晋县凹陷内部的浅部地层中, 发育一系列向东南掀斜的反射事件. 这些反射事件相当于从新生界、中生界、早古生界至晚元古界的沉积建造. 这是由于早第三纪时期地壳在伸展过程中上地壳发生旋转掀斜. 早第三纪的凸起和凹陷之间由一系列铲式正断层相隔. 它们的倾角随深度而变缓, 最后收敛于壳内滑脱构造带之内.

“九五”期间, 为了进一步研究华北北部强震区伸展型构造耦合关系和强震发生条件, 又在邢台、延怀和三河-平谷等地区开展了一系列探测研究. 其中, 在邢台 7.2 级和 6.8 级地震震中区开展了高精度、高分辨的浅层和超浅层地震勘探工作, 本文着重介绍了这方面的工作情况、探测研究成果和由此提出的几个值得思考的问题.

1 地质构造背景和地震活动概况

邢台地震区位于华北盆地内冀中拗陷南部隐伏的束鹿断陷盆地的南部次凹内. 束鹿盆地为走向北北东向展布的早第三纪单边断陷盆地, 长 70 km, 宽 14~20 km(图 1). 盆地东

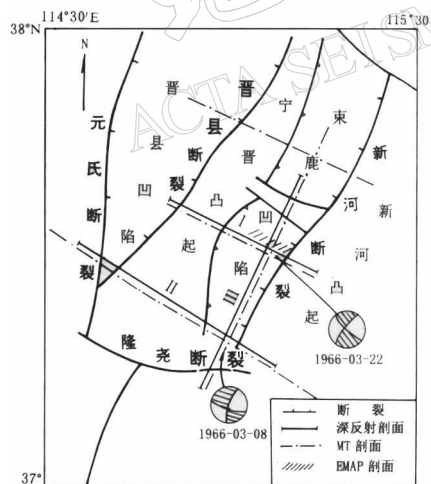


图 1 束鹿断陷盆地地质构造及深地震反射剖面位置图

以新河“铲状”断裂与新河凸起相接, 盆地西缘的宁晋凸起呈斜坡状单斜倾没到盆地之下, 北部经北西向衡水断裂与深县断陷盆地相通, 南部则与隆尧凸起相连^①. 新河断裂是束鹿盆地东侧的主控边界断裂. 其走向北北东, 倾向北西西, 正断倾滑性质, 主要切割了古生界、中上元古界的蓟县系、长城系及前长城系变质岩, 直接控制了第三系地层的发育. 新河断裂呈上陡下缓的“铲状”形态. 其上部倾角较陡, 约 45°~55°, 下部约 25°~35°, 向下延伸至 8~10 km 处接近水平, 终止在东倾滑脱面上; 向上切入了上新统和第四系下部, 消失在中更新统或晚更新统底部附近. 束鹿盆地及其周边地区还发育着一系列北东向、北西向和近东西向次级断裂, 它们是“铲状”断裂的同生正断裂, 未错

① 国家地震局地质研究所, 国家地震局地球物理研究所, 国家地震局地球物理勘探中心. 1995. 华北北部重点地区地壳精细结构和介质物性的探测研究及其潜在震源区的预测. “八五”课题研究报告, 5~14.

断第四系地层. 上述新生代时期的构造运动及其受铲状正断裂控制的盆岭构造, 以及上新世—第四纪时期的华北平原的整体下沉等, 构成了邢台地震区地壳浅部的地质构造背景. 邢台地震区地壳深部构造, 在 7.2 级和 6.8 级地震震源区滑脱面下存在贯穿中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深断裂. 其走向与新河断裂等上地壳浅层断裂基本一致, 但相互之间并不贯通(王椿镛等, 1994; 徐杰等, 1988), 见图 2 所示.

1966 年邢台地震发生在华北地区冀中平原中南部的一个北西向狭长的束鹿断陷盆地及其附近. 至 1984 年底, 区域台网记录到的地震共 68 800 余次. 其中, 1966 年 3 月 8~29 日共发生 $M_S \geq 6$ 的强震 5 次, 最大的两次分别为 3 月 8 日的牛家桥 6.8 级地震和 3 月 22 日的东旺 7.2 级地震. 邢台地震余震总体走向呈一 $N35^\circ E$ 的椭圆形. 其长轴长约 110 km, 短轴长约 60 km, 总面积为 5 000 km^2 . 震区 3 级以上地震震源深度集中在 10~25 km 的深度范围内. 主震深度, 由仪器记录资料确定为 9 km, 而按宏观资料推算为 15 km. 根据震源机制解, 邢台震群主震和强前、余震的震源机制基本一致. 断层面走向多为 $N20^\circ \sim 30^\circ E$, 平均为 24.8° ; 断面较陡, 倾角大多大于 70° , 平均为 80° , 属右旋走滑为主的斜向正断层; 主压应力轴近水平, 取向多为 $N60^\circ \sim 70^\circ E$, 同华北地区区域应力场一致. 其中, 1966 年 3 月 8 日牛家桥 6.8 级地震断层面走向 $N27^\circ E$, 倾角 80° , 倾向 SE, 破裂速度 3.3 km/s, 破裂长度 28 km, 平均错距 43.4 cm, 最大水平错距 56.8 cm, 最大垂直错距 10.5 cm; 3 月 22 日东旺 7.2 级地震断层面走向 $N19^\circ E$, 倾角 90° , 基本直立(河北省地震局, 1986). 邢台震群较强地震断层面走向与新河断裂等上地壳浅层断裂基本一致, 但断层面倾向则与这些上地壳浅层断裂很不一致, 而与滑脱面以下的高倾角深断裂基本一致.

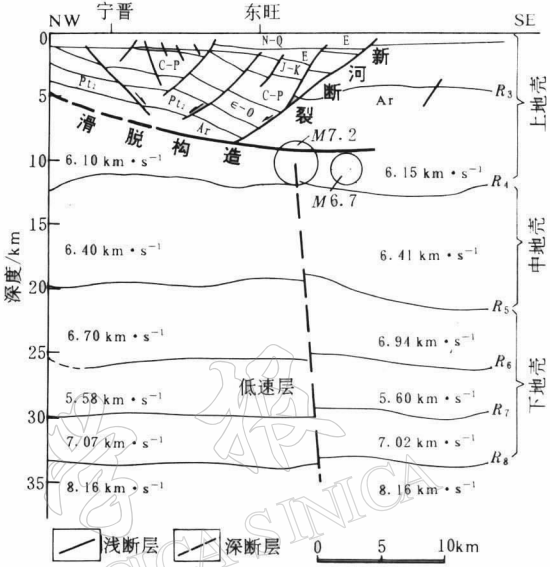


图 2 东旺 7.2 级地震震中区深、浅构造图

同华北地区区域应力场一致. 其中, 1966 年 3 月 8 日牛家桥 6.8 级地震断层面走向 $N27^\circ E$, 倾角 80° , 倾向 SE, 破裂速度 3.3 km/s, 破裂长度 28 km, 平均错距 43.4 cm, 最大水平错距 56.8 cm, 最大垂直错距 10.5 cm; 3 月 22 日东旺 7.2 级地震断层面走向 $N19^\circ E$, 倾角 90° , 基本直立(河北省地震局, 1986). 邢台震群较强地震断层面走向与新河断裂等上地壳浅层断裂基本一致, 但断层面倾向则与这些上地壳浅层断裂很不一致, 而与滑脱面以下的高倾角深断裂基本一致.

2 邢台震区浅层和超浅层地震勘探

2.1 测线位置

根据“九五”项目的任务、目的和野外实际观测条件, 分别在东旺 7.2 级地震震中区和牛家桥 6.8 级地震震中区, 沿“八五”期间所做的北西西-南东东向深地震反射剖面, 布设了浅层地震勘探测线 XT-I 和 XT-II, 以及相应的超浅层地震勘探测线. 浅层测线 XT-I 位于宁晋县东旺乡, 西起东旺乡铺头村西约 800 m 处, 东至毕家庄村南约 300 m 处, 方向 $N60^\circ W$, 全长 5 500 m. 超浅层测线与浅层测线重合, 位于毕家庄西桩号 3 900~4 600 m 处, 全长 700 m. 浅层测线 XT-II 分为东西两段: 东段位于隆尧县牛家桥南, 方向 $N58^\circ W$, 全长 3 000 m; 西段位于牛家桥北, 方向 $N55^\circ W$, 全长 2 700 m. 超浅层测线位于牛家桥东,

全长1 000 m.

2.2 野外工作方法

在综合考虑了目的层埋深和实现对近地表沉积层进行详细分层的目的、使 2 km 深度范围内深浅部的地质构造都能被精细探测到后, 分别采用了浅层和超浅层两种观测系统. 通过估算和现场试验, 确定了观测系统及仪器工作参数: ① 观测系统. 浅层: 道间距 20 m, 偏移距 120 m, 单边激发, 24 道接收, 12 次覆盖, 每道采用 10 个 10 Hz 检波器组合接收. 超浅层: 道间距 5 m, 偏移距 50 m, 单边激发, 24 道接收, 6 次覆盖, 每道采用一个 14 Hz 数字宽频带检波器接收; ② 仪器采集参数. 浅层: 采样率 1 ms, 记录长度 2 048 ms, 仪器通频带 50~500 Hz. 超浅层: 采样率 0.5 ms, 记录长度 512 ms, 仪器通频带 70~500 Hz; ③ 激发参数. 浅层: 孔深 3.0~3.5 m, 药量 1 200~1 500 g. 超浅层: 孔深 1.5 m, 药量 300 g.

2.3 资料处理

邢台地区地形平坦, 野外静校正中仅对井深进行了校正, 基准面选在自然地表面. 由于在超浅层地震勘探中近地表地层层位多、厚度薄以及相邻层反射信号相互干涉, 从而影响了分辨率, 因此, 在资料处理中应用了反褶积技术, 压缩了子波, 从而获得了较高的分辨率.

3 邢台震区浅层地震剖面特征和地质解释

3.1 东旺 7.2 级震中区浅层、超浅层地震剖面特征

图 3 为 XT-I 测线的浅层地震勘探时间剖面图. 由图中可以看出, 在 400~1 600 ms 的时间范围内, 地下介质成层性较好、层位较多、震相也比较清晰. 从浅到深可连续追踪到 8 组($T_1 \sim T_8$)有代表性的波组. 剖面的东西两部分反射特征差异较大. 西部地层比较平缓, 反射相位一般较容易连续追踪; 而东部地层起伏变化较大, 同相轴不易连续追踪, 存在明

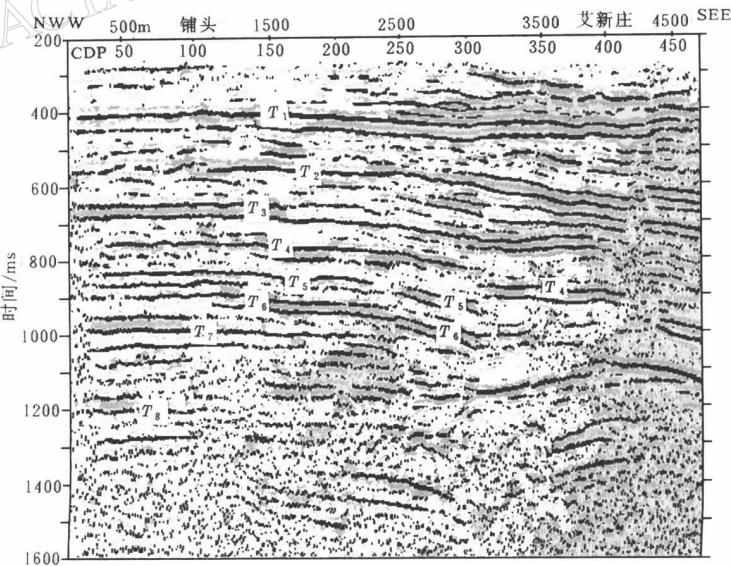


图 3 XT-I 线浅层地震勘探时间剖面图

显的错动现象. 图 4 为图 3 的地质解释剖面图. 该图是由图 3 根据附近钻孔进行对比解释的结果. 由图 4 可以看出, 东旺地区上部地层界面比较平坦, 下部起伏变化较大. 该测线早更新世 Q_1 顶板埋深约 430 m, 上面为 Q_2 地层; 新第三系 N 顶板埋深约 620 m; 老第三系 E 顶板埋深约 1 200 m. 该区断裂比较发育. 其中, 新河断裂 (F_1) 为一铲形断裂, 向上断至 Q_2 内部层位. 艾新庄断裂 (F_2) 和 F_3 断裂向上断至新第三系地层 N 内部, F_4

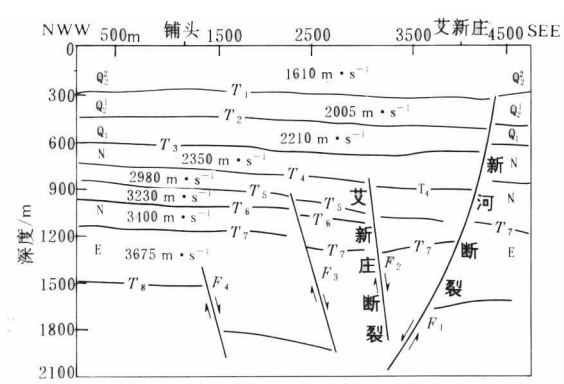


图 4 XT-I 线浅层地震勘探地质解释剖面图

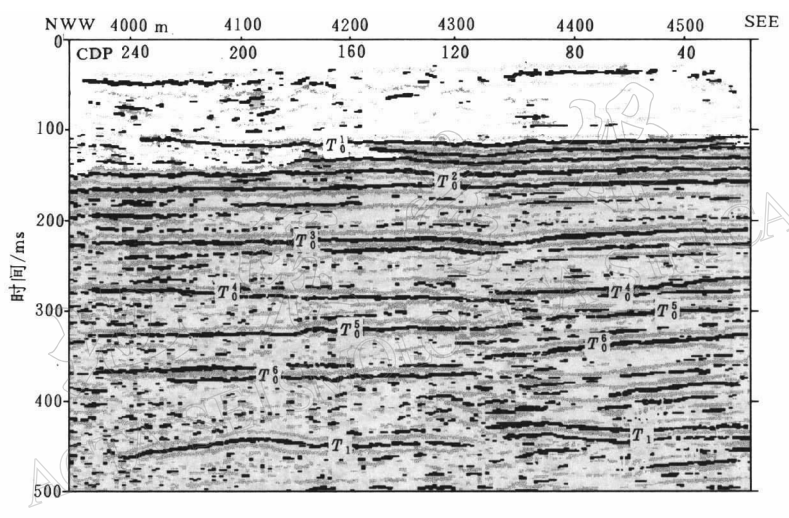


图 5 XT-I 线超浅层地震勘探时间剖面图

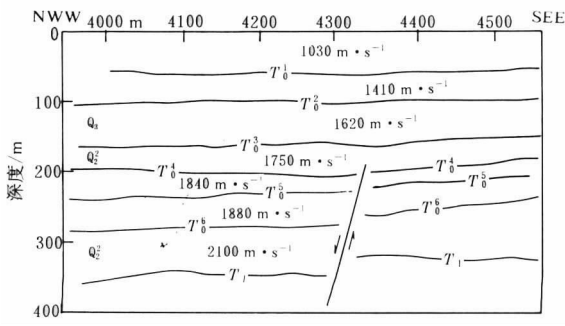


图 6 XT-I 线超浅层地震勘探地质解释剖面图

断裂向上断至老第三系地层 E 内部. 从整体来看, 这 4 条断裂形成一铲形断裂体系, 而 F_2 , F_3 和 F_4 断裂向下归并于新河铲形断裂 F_1 上.

图 5 为 XT-I 线的超浅层地震勘探时间剖面图. 图 6 为图 5 的超浅层剖面的地质解释剖面图. 由图中可以看出, 该处地层比较平坦. 其中, 震相 T_3^0 代表 Q_2 和 Q_3 的分界面. 该处 Q_2 地层顶板埋深约 150 m. 在桩号 4 300~4 400 m 之间, 所存在的断层为一正断层. 根据该断层的性质、产状及所处位置, 经对比图 4 可知, 该断层为新河断裂 (F_1) 的向上延伸.

根据该断层的性质、产状及所处位置, 经对比图 4 可知, 该断层为新河断裂 (F_1) 的向上延伸.

它错断了 Q_2^2 地层, 但没有错断 Q_3 地层的底界.

3.2 牛家桥 6.8 级震中区浅层、超浅层地震剖面特征

图 7 为 XT-II 测线西段浅层地震勘探时间剖面图. 由图可见, 在 100~1 000 ms 的范围内, 地下介质的成层性较好, 层位较多, 震相也比较清晰; 仅在 200~400 ms 和 1 000 ms 以下, 反射波同相轴比较模糊. 表明在此范围内, 地下介质成层性较差或两层间物性差异较小. 该测线从浅到深可连续追踪到 6 组 ($T_0 \sim T_5$) 有代表性的波组. 图 8 为图 7 的地质解释剖面图. 可以看出, 牛家桥地区地层成层性较好. 对比附近地质及钻孔资料可知, 该区早更新世 Q_1 地层顶板埋深约 320 m, 上面为 Q_2 地层. 新第三系 N 地层顶板埋深约 650 m, 缺失老第三系 E 和白垩系 K 地层, 下面为侏罗系—石炭系地层(J—C). 由图可见, 在桩号 1 050 m 附近的断层, 错断了新第三系地层 N, 但第四系 Q_1 地层内部的界面 T_2 没有被错断, 超浅层地震剖面也证实了这一点. 从该断层的平面位置及断层倾向等性质来看, 它应对应于图 7 中 XT-I 线中的 F_3 断层. XT-II 测线东段未发现有浅层断裂通过.

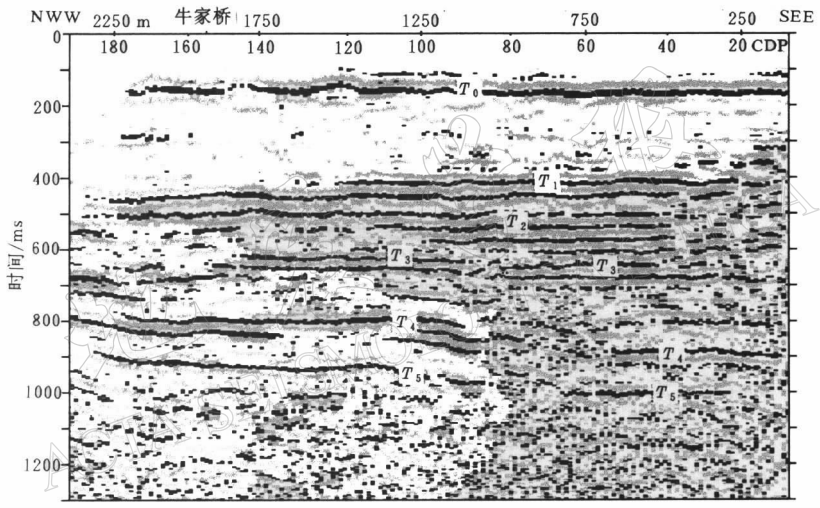


图 7 XT-II 线西段浅层地震勘探时间剖面图

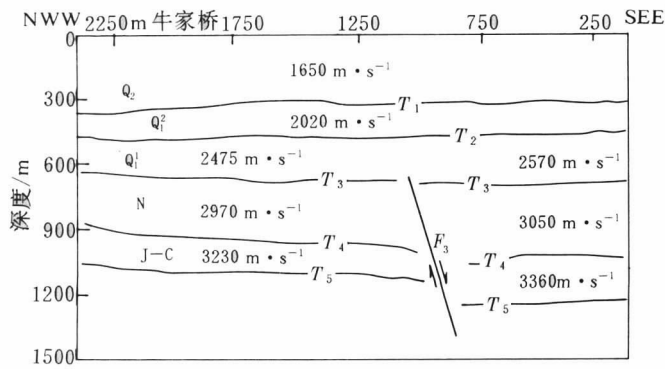


图 8 XT-II 线西段浅层地震勘探地质解释剖面图

4 邢台震区深浅构造耦合关系初释

4.1 震中区新生代断层的活动特征

根据浅层地震及深地震反射剖面结果可以看出, 邢台地震区的上地壳结构明显以结晶基底为界, 分为上下两个结构层: 上结构层为新生代、中生代、古生代和上元古代的沉积岩系地层, 层位较多, 断裂发育, 并明显表现出构造盆地的特征; 下部地层为下元古代以前的结晶变质岩系, 层位不明显, 断裂相对不太发育. 第四系以下地层明显向东南倾斜, 并发育一系列铲式断层. 这是由于在第三纪时期以来地壳发生了伸展作用, 在伸展过程中地壳发生旋转掀斜所造成的结果. 这些铲式断层倾角随深度的增加而变缓, 最后收敛于新河断裂上. 新河断裂为束鹿断陷盆地的主断裂. 它以铲形方式向下延伸到 8 km 以下, 然后归并于下面的滑脱构造(王椿镛等, 1994). 根据这些铲式断裂所错断的地层层位可知, 它们形成于第三纪时期. 除新河断裂外, 其它断裂未错断第四系地层, 而新河断裂错断了 Q_2 地层, 但未错断 Q_3 地层.

4.2 深浅构造耦合关系

华北盆地自中、新生代以来岩浆活动强烈, 新第三纪以来又呈现较强的活动. 由于岩浆的底侵作用, 在盆地内部的中、下地壳内形成了一些高温异常体. 这些异常体速度值偏低, 在地震剖面上出现低速异常带, 使得中、下地壳由脆性变为塑性. 于是, 在华北地区区域构造应力场及岩浆活动所产生的附加应力场的作用下, 有利于地壳中、下部深断裂的形成. 根据邢台地区深地震反射剖面结果(王椿镛等, 1994), 在 8 km 左右存在一滑脱构造. 它对应于脆性的上地壳到塑性的中、下地壳的过渡带. 在滑脱构造的下面为一低速层, 有利于上下盘构造的滑脱. 新生代构造都位于该滑脱构造之上. 由于滑脱构造有效地把上部的脆性和下部的塑性作用分离, 使得上地壳和中、下地壳相对独立, 具有不同力学特性. 于是, 浅部的中到低角度的铲形断裂与中地壳顶部的滑脱构造, 以及中、下地壳内的高倾角超壳断裂, 共同组成了邢台地震区地层和断裂特殊的展布形态. 当中、下地壳的应力达到极限时, 引起了深大超壳断裂的活动. 当该断裂向上拓展时, 受到滑脱构造隔阻, 使下部破裂终止于滑脱构造之下; 又由于上部断裂的存在, 地震时高倾角深断裂活动引发了上地壳断裂的活动和错动, 但并未错动到较浅的地层和地表. 总之, 由于滑脱构造的存在, 在深、浅构造之间形成了一种既彼此相对独立、又相互影响的特殊关系. 上部和中、下部地壳之间既传递部分形变和能量, 又具有解耦作用, 使上部地壳的脆性变形和下部地壳的塑性变形解耦.

4.3 发震断层

根据邢台地震区的地震活动图象, 邢台地震震中呈现围绕新河断裂、并沿该断裂走向分布的特征. 根据震源机制解, 邢台地震发震断层为走滑断层. 断层面走向 $N20^{\circ}E$ 左右, 倾角 80° 左右, 近于直立, 震源深度 9 km 或更深. 新河断裂虽与发震断层走向一致, 但它是中到低角度的铲形正断层, 而且在深度 8 km 处归并于滑脱构造. 这与发震断裂为一高倾角断裂的性质, 以及震源在 9 km 以下均不一致.

根据深地震反射资料(王椿镛等, 1993), 在邢台 7.2 级和 6.8 级地震震源的下方均存在一条高倾角的深断裂. 从横向上看, 这两条深部断裂的构造形态基本相同, 因此可认为是同一条北东走向的深断裂. 该断裂贯通中下地壳直至 Moho 界面, 且具有走滑性质, 但

它与新河断裂等浅部断裂并不贯通,而与震源机制解得到的错断面倾角相一致.因此可以认为,高倾角深断裂的存在和重新活动,引起邢台大震,并引起浅部断裂活动和地表物质运动,从而造成了建筑物破坏、地裂缝、喷水冒砂等现象.总之,滑脱构造以下贯穿中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深断裂是邢台大震的发震断裂,而上地壳内的新河断裂等浅层断裂不是邢台大震的发震断裂,但可能是活动断裂.

5 讨论与结论

(1) 浅层和超浅层地震勘探表明,邢台大震区滑脱带以上的上地壳存在一系列浅部断裂.其中新河铲形断裂 F_1 向上断至中更新统 Q_2 地层,艾新庄断裂 F_2 和断裂 F_3 向上错断至上第三系 N 地层,断裂 F_4 向上错断至下第三系 E 地层.石油地震和深地震勘探表明, F_2 , F_3 和 F_4 这 3 条断裂向下归并于新河铲形断裂 F_1 ,而 F_1 铲形断裂向下以低倾角延伸归并于 8 km 深处的滑脱带上.滑脱带以下存在着贯通中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深断裂.它的活动引起大震,并可能引起浅部断裂活动和地表土层物质运动.上部地壳内的浅部断裂不是大震的发震断裂,但可能是活动断裂.

(2) 邢台地区滑脱带的存在,在深、浅构造之间形成了一种彼此相对独立、又相互影响的特殊关系.它既在上部和中下部地壳之间传递部分形变和能量,又使上部地壳的脆性变形和下部地壳的塑性变形解耦.

(3) 上部地壳内的浅部断裂从下到上,错距由大变小.下部错距达二三百米,而上部错距仅几十米或十米左右.这些断裂是由下而上经历长时间多次拓展而形成目前的状态,每次拓展也并不是都拓展至当时的最新地层,一条断裂上部错断的最新地层的年代不一定是该断层的活动年代.新河断裂 F_1 未断至晚更新统地层,并不能说明它在晚更新世以后就不再活动.同样,艾新庄 F_2 以及断裂 F_3 、断裂 F_4 未错断至第四纪地层,也不能说明它们从第四纪以来就不再活动.邢台地震的发震断裂是从震源处向下贯通中、下地壳直至 Moho 界面的高倾角深断裂.该断裂向上并未错断至最新地层,甚至未断至上地壳底部,但它的活动引发了邢台地震,是发震断裂,当然也是最新活动断裂.这方面国外也有类似的报道.邢台地区滑脱带以上的上地壳断裂,在伸展作用和区域应力场的作用下,处于某种力学状态.许多研究者根据地形地貌、地壳形变等资料,认为这些断裂是活动断裂;有的研究结果甚至认为,深、浅断裂的组合是邢台地震的发震断裂.因此,提出活动断裂,甚至发震断裂,不一定向上错断至最新地层,断裂错断的最新地层的年代也不一定就是该断裂的活动年代,从而对断层活动性和活动年代的判定与研究提出了一个值得思考的问题.国内外一些震例报道也表明了这一点(国家地震局赴美专家代表团,1995;朱令人等,1998).

(4) 在邢台地区开展的深浅构造耦合关系的探测研究取得了初步的结果,但对首都圈和华北北部地区伸展型深浅构造耦合关系是否具有普遍意义,这也是一个值得思考的问题.我们认为,仅在邢台、延怀和三河-平谷等少数地区开展这样的工作,数量太少,其结果是否具有普遍意义和代表性难以定论.建议今后在首都圈和华北北部其它地区,如 1976 年唐山 7.8 级地震、1975 年海城 7.3 级地震、1937 年菏泽 7 级地震、1830 年磁县 7.5 级地震和 1668 年郟城 $8\frac{1}{2}$ 级地震等震中区,也逐步开展这样的探测研究工作.只有这样,才能对首都圈和华北北部地区伸展型深浅构造关系和强震发生条件有一个客观真实的了解,才能对未来强震发生地点和震级上限作出科学的预测.

(5) 在邢台地区开展的深浅构造耦合关系的探测研究结果表明, 滑脱面以下贯穿中、下地壳直至 Moho 面的高倾角深断裂是大震的发震断层, 上地壳中的浅层断裂不是大震的发震断裂。搞清楚深部构造环境是了解强震发生条件的关键, 而浅部和近地表活动断裂的探测研究, 则可为强震发生条件的研究提供线索。因此, 在研究强震孕育、发生的构造背景和预测强震发生地点时, 如何处理深部探测研究和地表及浅部地质构造研究, 也是一个值得思考的问题。我们认为, 只有在充分重视深部探测研究工作的基础上, 将这两者有机地联系起来, 才能全面地搞清强震发生的深浅构造环境及强震发生、孕育过程中, 深部构造和浅部构造的作用及其相互关系, 才能真正建立起真实的强震发生的地质-地球物理模型。

在野外探测和论文撰写过程中, 得到了中国地震局地球物理勘探中心张先康先生和中国地震局地质研究所徐锡伟先生的指教, 他们提出了许多有益的建议。此外, 还得到了中国地震局地球物理勘探中心许多同志的关心和帮助, 在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- 国家地震局赴美专家代表团. 1995. 1994 年 1 月 17 日美国加州北岭地震现场考查报告[J]. 国际地震动态, (3): 15~22
- 河北省地震局. 1986. 一九六六年邢台地震[M]. 北京: 地震出版社, 58~68
- 王椿镛, 王贵美, 林中洋, 等. 1993. 用深地震方法研究邢台地震区地壳细结构[J]. 地球物理学报, 36(4): 445~452
- 王椿镛, 张先康, 吴庆举, 等. 1994. 华北盆地滑脱构造的地震学证据[J]. 地球物理学报, 37(5): 614~620
- 徐杰, 方仲景, 杨理华. 1988. 1966 年邢台 7.2 级地震的构造背景和发震构造[J]. 地震地质, 10(4): 51~59
- 朱令人, 苏乃秦, 杨马陵. 1998. 1997 年新疆伽师强震群及三次成功的临震预报[J]. 中国地震, 14(2): 101~115
- 祝治平, 张先康, 盖玉杰, 等. 1995. 邢台震源区及相邻地区地壳上地幔速度结构研究[J]. 地震学报, 17(3): 328~334

STUDY ON THE COUPLED RELATIONSHIP BETWEEN DEEP AND SHALLOW STRUCTURES OF XINGTAI AREA AND SOME SIGNIFICANT QUESTIONS

Gu Menglin Liu Baojin Zhao Chengbin Sun Zhenguo

(Research Center of Exploration Geophysics, China Seismological Bureau, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: In the light of results from study on the coupled relationship between deep and shallow structures in Xingtai earthquake area during the “Ninth Five-Year Plan” period and other previous results from deep seismic refraction/reflection and seismic prospecting of petroleum, we infer that there exist a series of shallow faults in the upper crust above the 8 km-deep detachment surface in Xingtai macroseismic focal region, where none of the faults, including Aixinzhuang fault, reaches the Quaternary stratum, except that the Xinhe fault cut through the mid-Pleistocene formation upwards.

Aixinzhuang fault and other faults extend downwards into Xinhe fault, whereas the Xinhe listric fault stretches downwards at a low dip angle into the detachment surface. The abyssal fault with high dip angle under the detachment surface cutting through the middle and lower crust to Moho is the causative fault for the Xingtai large earthquake,

whose dislocation can cause strong earthquakes, shallow fault activity and the motion of surface material. The shallow faults in the upper crust are not causative faults for strong earthquakes, although they may be active faults. The existence of the detachment surface brings about a special relationship between shallow and deep structures, *i. e.* they are relatively independent of each other and have effects on each other. It not only transmits partial energy and deformation between the upper and lower crust, but also has a certain decoupling effect. Finally we conclude that active faults do not necessarily reach the latest stratum, and the age of uppermost faulted stratum cannot represent the latest active period of the fault. This put to us a significant question in regard to the age determination and study of active faults. Other noticeable questions are also referred to in this study.

Key words: deep structure; shallow structure; seismogenic fault; active fault

地 震 学 报
ACTA SEISMOLOGICA SINICA