科 学 通 报
第 39 卷 第 7 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1994 年 4 月

冀中拗陷内深地震反射剖面揭示的滑脱构造*

王椿镛 张先康① 吴庆举
(国家地震局地球物理研究所，北京 100081；① 国家地震局地球物理勘探大队，郑州 450003)

关键词 深地震反射、CDP 叠加剖面、断陷盆地、滑脱构造、壳幔过渡带

华北盆地是我国东部的一个大型新生代裂谷盆地．它在中生代以前是一个稳定的大陆地块，在新生代期间经历了几次重要的断裂和沉降阶段．许多研究(例如文献[1, 2])结果表明，华北盆地的伸展构造有与美国 Basin 和 Range 地区相类似的特征：盆地由一系列地堑和地垒组成，其中的断陷盆地大多为半地堑，一侧为高或中等角度的面状(或铲形)正断层，另一侧为沉积超覆．这一重要结论来自石油勘探的反射地震剖面．然而，石油勘探反射剖面一般只提供 4s 以内的处理结果，对华北地区在 4s 以下的重要构造(如滑脱构造)未能提供确定的证据．因此，对上地壳的底部及中、下地壳的结构分析，只能求助于其他深部地球物理方法．但是它们在分辨率方面都不如反射波方法，因而妨碍了许多关键问题的进一步探讨．根据最近完成的临城 — 巨鹿深地震反射剖面的处理结果，本文讨论冀中拗陷内存在的滑脱构造．

1 构 造 背 景

华北盆地内部分布着一系列北北东至北东的断裂以及部分北西西向断裂，而周边多为大型边界断裂所围绕．盆地西部和北部分别以太行山隆起和燕山隆起相邻，东南部以广饶 - 聊城为界并与鲁西隆起相邻，东临渤海，以郯庐断裂为界．在盆地的中部自西至东依次为冀中拗陷、沧县隆起、黄骅拗陷、呈宁隆起和济阳拗陷等构造单元．大型拗陷通常由次级地堑和地垒组成复式盆地，在冀中拗陷的南部，自西向东由晋县凹陷，宁晋凸起，束鹿凹陷，新河凸起和南宫凹陷组成(图 1)．

2 剖 面 概 况

临城 - 巨鹿深地震反射剖面位于冀中拗陷的西南部．剖面西起太行山隆起的东缘，横跨晋县凹陷，宁晋凸起和束鹿凹陷，终于新河凸起(图 1)．在地理位置上，剖面从临城县渎村至巨鹿县周于村．它总长 55km，方位 N60° W．反射剖面的野外观测系统为 48 次覆盖的单边放炮排列，

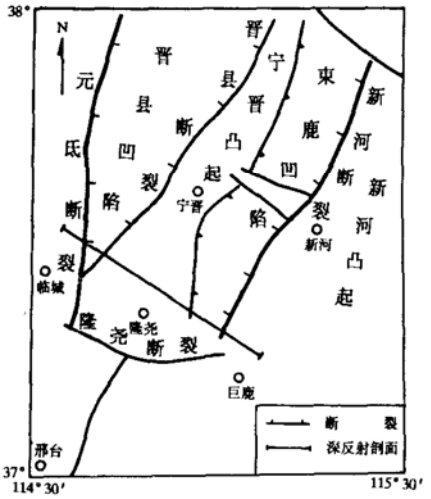

图 1 冀中拗陷西南部浅部构造分布图

1993-07-16 收稿，1993-12-13 收修改稿．
*国家"八五"重点科技基金资助项目．

使用96道的MDS-10型数据采集系统，道间距为100 m，因而排列长度为9500 m，最小和最大偏移距分别为1000 m和10500 m. 每道使用2组(每组12个)10 Hz的检波器作组合检波. 地震信号的记录长度为20 s. 震源为爆炸源，井深25 m. 这一深度在当地的场地条件下保证了良好的激发条件.

数据处理是按照标准的处理流程进行的，它包括解编，场地静校正，预处理，反褶积，速度分析，剩余静校正，正常时差(NMO)或倾斜时差(DMO)校正和叠加. 由于常规处理流程对深部(尤其在6s以下的深度)的偏移效果并不理想，因此本文的解释仍以未经偏移的叠加剖面为基础.

3 解 释 结 果

图2为共深度点(CDP)叠加处理结果的线描图，并附加了解释性描述.

剖面上部显示出两个断陷盆地，它们分别位于东西两端. 两个盆地具有相似的构造形态，盆地的西侧边界为主边界. 在规模上东部盆地比西部大. 东部盆地与束鹿断陷盆地的浅部构造基本一致，因此它仍属于束鹿断陷盆地，相应的主边界断裂为新河断裂. 西部盆地即为晋县断陷盆地，主边界断裂为晋县断裂. 这两个盆地均为冀中拗陷南部走向为北北东的单边断陷盆地(图1)，它们经历了早第三纪断陷下沉，晚第三纪和第四纪整体沉降两个阶段. 这两个盆地之间部分为近似透明的无反射区或由能量小、不连续的短反射组成的弱反射区，在构造上它属于宁晋凸起. 凸起区变质基底很浅，且内部强烈褶皱、变形，因此产生短波长，陡倾角的特征，它不可能用常规的反射剖面方法清晰地成象. 这是上部地壳"透明"的可能原因.

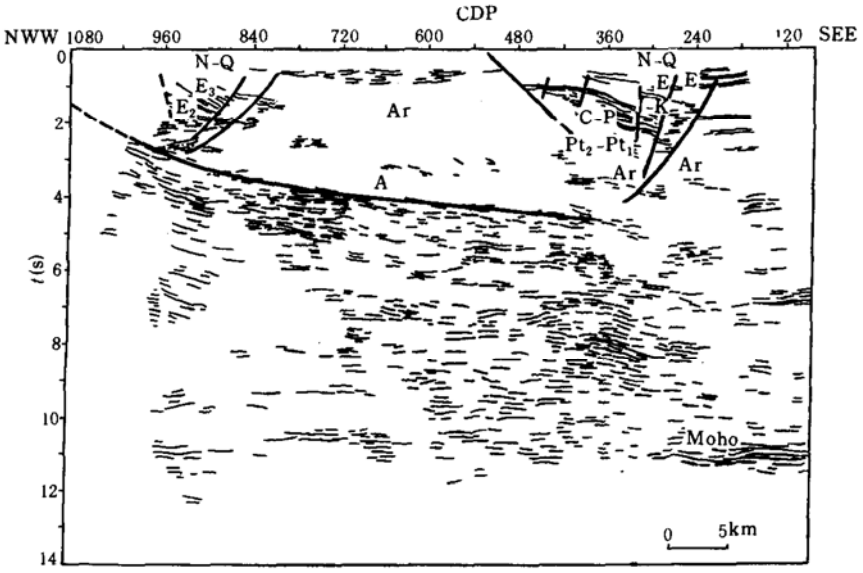

图2 临城-巨鹿深地震反射剖面解释性剖面图
"A"表示滑脱构造

剖面中部的事件A为滑脱构造，显示为大约1.0s宽的多循环反射带. 这组反射波的频率与两个沉积盆地内的反射事件基本一致，但倾角却低得多. 在剖面西端为25°，向东逐渐减小，在CDP640处为10°，再往东则减至5°左右. 它不可能表示沉积分层，因为断陷盆地内沉

积作用产生的反射要浅得多，而可能表示在一个低速通道内的多次反射，这种交混回响可能产生较强的反射波．这一构造从剖面西端 2.5s 往东一直可以追踪到东部大约 4.5s 左右，追踪距离达 40km．测线西端由于基岩出露无法进行钻孔爆破，未能取得这一区域的地震记录，因此在当前的剖面上滑脱构造无法追踪至地表，但推测它可能与太行山山前断裂相连．根据 CDP 叠加剖面上滑脱构造的趋势，推测在剖面西端之西 10—15km 处滑脱面将出露地表．滑脱构造具有反射事件连续性好，能量强而且有多循环的特点，在时间剖面上延续 1.0s 左右．反射最密集的地段在 CDP1000—640，CDP640—400 次之，而在 CDP400 以东反射事件的确定性较差．

深部的反射可以分为两个部分：(i)在 10.5—11.5s 之间出现的多循环反射带，它相应的深度为 31—34km．这是壳幔过渡带，其厚度大约为 3—4km．与宁晋—新河剖面[3]相比，临城—巨鹿剖面上壳幔过渡带横向连续性较差，相应的反射波能量横向变化较大，仅在 CDP-300 以东部分较强．(ii)在 6—10.5s 的深度上 CDP640—360 出现一组信号频率较低、但能量较强、连续性较好且具有叠层状的反射事件，而在 CDP360—280，反射事件明显向东倾斜，这些特征表明地壳下部的复杂演化过程，可能对应于在新生代发生的地幔物质的底蚀作用并侵入至下地壳内．

4　讨　论

上部地壳内低角度滑脱面是新生代华北盆地伸展作用的主要构造因素，它控制了盆地的发生和演化．盆地内的铲形正断层，倾角随深度增加而逐渐变小，并收敛于该滑脱面之上．这一滑脱面往西延伸与太行山山前断裂重合，它作为新生代正断层也可能利用了中生代的逆冲断层，较年青的伸展断层系叠加到这个在伸展之前由逆冲断层作用过的地体上．这一构造特征与美国 Basin 和 Range 地区相似[4]．马杏垣等[5]曾经对此作过论述．

在滑脱面下广泛分布的多循环强反射可能起因于糜棱岩带．因为从地震波速度 - 深度分布[1]看，在这一种深度上缺乏较强的声阻抗，因此在一般情况下难于产生较强的中地壳反射波．实验室测量的结果表明[6]，在速度和密度差异不大的背景下，糜棱岩带由于存在较强的各向异性使得这一带上的反射波可以清晰地观测到．

根据人工地震测深和大地电磁测深的观测结果(例如文献[7, 8])，华北地区在地壳普遍存在低速层和高导层．与深反射剖面重合的深地震测深剖面的解释结果也表明[1]：在大约 10km 深度上存在一个明显的速度间断面，与深反射剖面显示的滑脱构造所在的深度基本一致，而中地壳显示为低速．有人推测中地壳可能出现部分熔融，以致剪切强度减弱，有利于上盘的侧向滑动，并对上、下地壳起解耦作用．本剖面揭示了地幔物质侵入到地壳内的可能性．因此，另一方面有说服力的解释是：华北盆地由于上地幔岩浆上涌，侵入到地壳内，其拉伸作用部分地增补伸展应力场．同时，岩浆侵入使下地壳增热，粘度下降，某些矿物发生脱水作用，脱出的水上移并储存于中地壳内，这种热和水的作用引起了上、下地壳层之间的解耦作用．因此，推断滑脱构造是在早第三纪裂陷时期发育的，它表示了在热的和湿的地壳内从脆性到韧性的过渡带．

1) 祝治平等，泰安 - 隆尧 - 宁州深部地震测深剖面初步解释结果，1993.

致谢 反射资料处理得到了石油物探研究院徐子伯和王克斌等的帮助. 丁国瑜、任纪舜、刘国栋、邓启东等对本项研究提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢.

参 考 文 献

[1] 马杏垣等, 地质学报, 1983, **59**: 22—32.
[2] Ye, H., Shedlock, K. M., Hellinger, S. J. *et al.*, *Tectonics*, 1985, **4**: 153—169.
[3] 王椿镛等, 地球物理学报, 1993, **36**: 445—452.
[4] 马杏垣等, 江苏响水至内蒙古满都拉地学断面 1:1000000 说明书, 地质出版社, 北京, 1991, 5—6.
[5] Smith, R. B., Bruhn, R. L., *J. Geophys. Res.*, 1984, **89**: 5733—5762.
[6] Jones, T., Nur, A., *Geophys. Res. Lett.*, 1983, **10**: 140—143.
[7] 孙武城等, 中国大陆深部构造的研究与进展, 地质出版社, 北京, 1988, 19—37.
[8] 刘国栋等, 中国科学, B 辑, 1984, (9): 439—448.