

沧州地区 NWW 向隐伏断裂存在依据 及其地震地质意义

杨家亮, 张四昌, 刁桂苓, 彭远黔, 冯向东, 王晓山
(河北省地震局, 河北 石家庄 050021)

摘要: 经过对河北沧州地区中强地震和小震空间分布分析发现, 存在 NNE 向条带分布, 与大规模的河北平原地震带的走向一致; 同时也呈现了明显的 NWW 向条带, 与 NNE 向组成共轭构造图象。对比 2 次中强地震, 其震源机制解基本相同, 有近于直立的 NWW 向节面做左旋走向滑动; 3 次地震烈度的极震区长轴方向也是 NWW; 1967 年河间 6.3 级地震之后 5 天的余震分布也是 NWW 方向。这和历史上 5 级地震分布方向一致。虽然没有浅表断层的对应, 多种资料的相互验证表明沧州地区深部存在一条 NWW 向的隐伏断层, 对于判别区内地震危险性具有重要意义。

关键词: 沧州地区; 隐伏断层; 地震地质; 地震烈度; 震源机制

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2010)02-0191-05

The Existing Evidences of NWW Buried Fault in Cangzhou Area and Its Seismogeological Significance

YANG Jia-liang, ZHANG Si-chang, DIAO Gui-ling,
PENG Yuan-qian, FENG Xiang-dong, WANG Xiao-shan
(Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Based on the analysis of earthquakes distribution in Cangzhou area, it is found that there exists a NNE belt of small earthquakes, which is consistent with strike of the Hebei plain seismic belt. In addition, middle and strong earthquakes show obvious NWW-striking distribution, constructing conjugate structure image with the NNE striking belt. Comparing the focal mechanisms of 2 moderate-strong earthquakes, they are similar and have a nearly vertical NWW fault plane doing left-lateral strike-slip movement. The long axis directions of intensity in the meizoseismal area for 3 earthquakes are NWW. The aftershocks distributed in NWW direction within 5 days after the 1967 Hejian $M_{6.3}$ earthquake. This character coincides with the distribution direction of historical earthquakes with $M \geq 5$. Although there is no relevant shallow fault, mutual verification of many kinds of information reflects that there exists a deep buried fault with NWW striking in Cangzhou area. Therefore it can be regarded as the potential seismic source of seismic risk analysis.

Key words: Cangzhou area; Buried fault; Seismogeology; Seismic intensity; Focal mechanism

0 前言

2006 年 7 月 4 日在河北文安发生 5.1 级地震^[1], 震源深度 19.3 km, 京津地区有明显的震感,

社会反映比较强烈。沧州地区地震活动自上世纪 80 年代以来一直比较弱, 这次 5 级地震的孕育发生是否意味着一个新的构造活动期的开始? 这个区域

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 地震科研行业专项(20070808)

作者简介: 杨家亮(1961-), 男(汉族), 河北石家庄人, 主要从事地震地质、工程地震研究。

是否存在更大地震的孕育背景?其深部构造值得我们深入分析和研究。

1 区域地质背景

华北平原是古老大陆块体发育起来的中、新生代板内裂陷盆地,区域内巨厚的新生代沉积(如冀中拗陷、黄骅拗陷、临清拗陷、济阳拗陷等)和穿插于其间的地垒式隆起(如沧县隆起、埕宁隆起、内黄隆起)等形成了截然不同的地质构造块体,使华北北部盆地地壳结构复杂多变^[2](图1)。其中沧县隆起正好位于冀中拗陷和黄骅拗陷之间,其壳内介质结构、地壳厚度、沉积盖层厚度与盆地地区都相差比较悬殊。随着中、新生代以来的印支、燕山、喜马拉雅等多次运动,在东、西方向太平洋板块从东南方向向亚洲板块斜向俯冲产生弧后扩张和印度板块由南向

北与亚洲板块的会聚碰撞,青藏高原隆起并向东蠕散挤压于华北板块西南边缘等大地构造应力场作用背景下,形成了华北平原地区以近 NE 向压应力为主的相对应于 NW-SE 向拉张应力分布状态^[3],并在该区域发育以 NNE 走向为主的活动断裂构造系统。

沧州地区发育有沧东断裂、沧西断裂、大城东断裂和河间断裂,4 条断裂都是 NE 走向,与华北地区的最大剪切应力方向一致。根据沧州地区多条人工地震探测结果,浅层断层的断裂倾角都比较小,向下延伸深度浅,比较大的断裂在几公里的深度在水平层位有一定延展,如该区较大的沧东断裂就具备这个典型的特征。

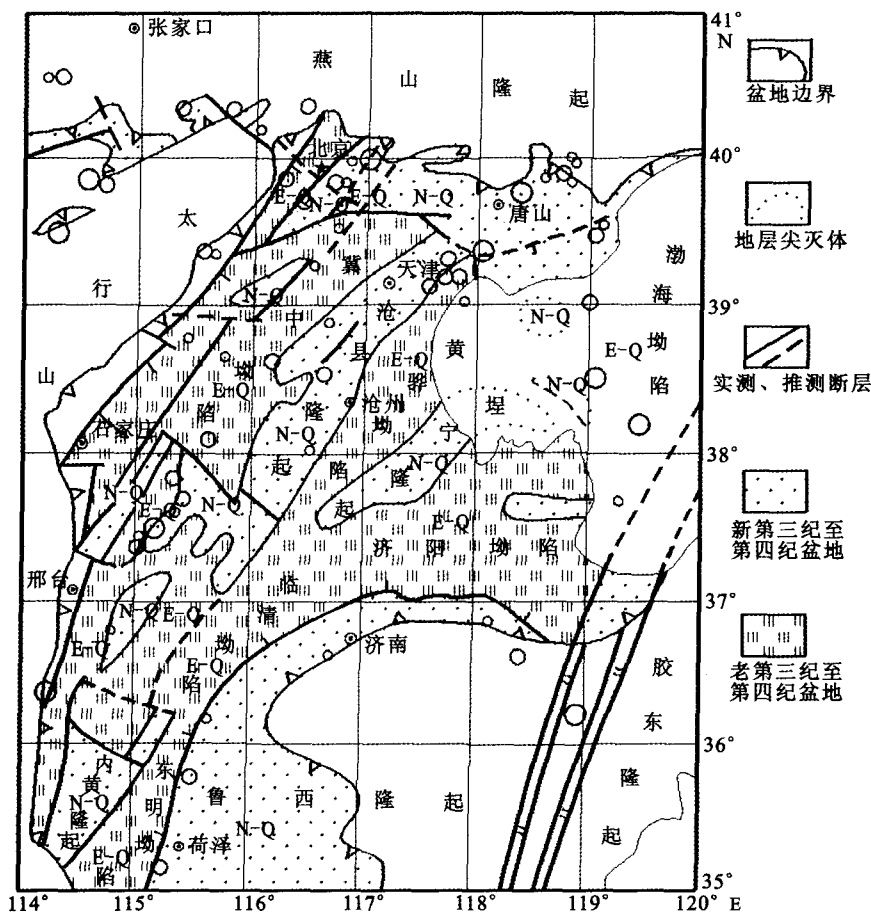


图1 河北平原地区裂陷盆地活动构造及地震震中分布图(据文献[4])

Fig. 1 Distribution of active tectonics in the rift depression basins and epicenters in Hebei plain.

2 地震活动特征

2.1 地震分布特征

华北平原盆地内地震活跃,自上个世纪以来多

次发生7级以上强震,主要分布在河北平原地震带上。该地震条带整体呈 NNE 向分布(图1),南起河北邯郸、磁县,经邢台、河间,至唐山、滦县地区,地震

带内多次记录到 6 级以上强震,如 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级、1966 年邢台 7.2 级和 1976 年的唐山 7.8 级地震。该地震条带在天津东北部与 NW 向分布的张家口-渤海地震带相交,之后仍保持 NNE 方向延伸。3 级以上地震分布显示 $38^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $115^{\circ}\sim 117^{\circ}\text{E}$ 区域内相对条带的南北两段地震最为疏散,是整个条带中活动相对较弱的部分。

沧州地区 1970 年以来 1 级以上地震分布清楚地显示了与 NNE 走向共轭的 NWW 向小震条带(图 2)。河北省有史以来 5 级以上的空间分布表明,绝大多数地震集中在 NNE 向的河北平原地震带和 NWW 的张家口-渤海地震带及其分支上,在沧州地区也呈 NWW 向(图 3 中椭圆区域内)分布在河北沧州-河间。值得注意的是 30 余年来沿沧东断裂无地震分布。

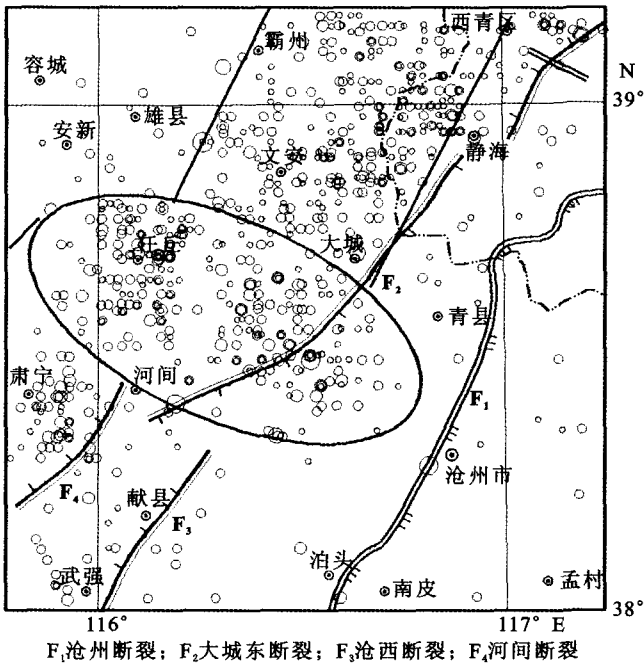


图 2 沧州地区 1970 年以来小震和断裂分布
Fig. 2 Distribution of faults and small earthquakes since 1970 in Cangzhou area.

2.2 强震破裂特征

沧州地区历史地震记录的时间较早,约有千年的记录。表 1 列出了本区记录的 10 次 $\geq 4\frac{3}{4}$ 级地震,集中分布在 NWW 条带上,以其中几次记录比较详细,可以给出等震线分布的地震为例分析研究区域的断层破裂特征。

(1) 1068 年河间 $6\frac{1}{2}$ 级地震。图 3(a) 给出了

这次地震的等震线,显示较明显的 NWW 向烈度分布。震中西部的保定、定州都受到强烈影响。

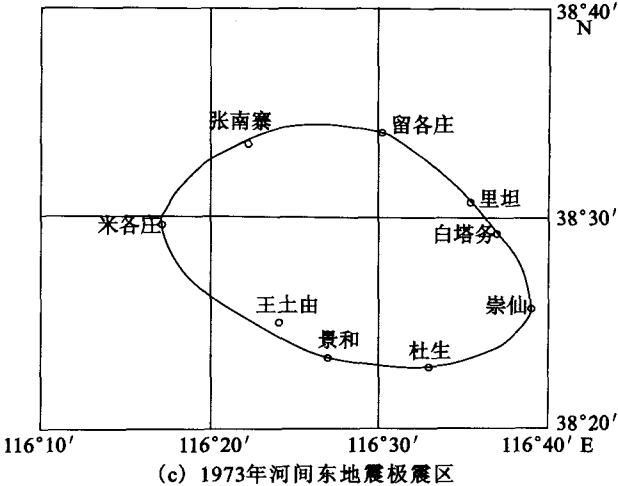
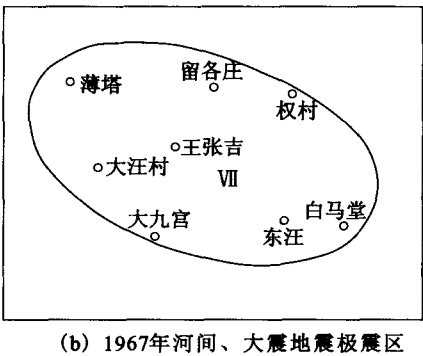
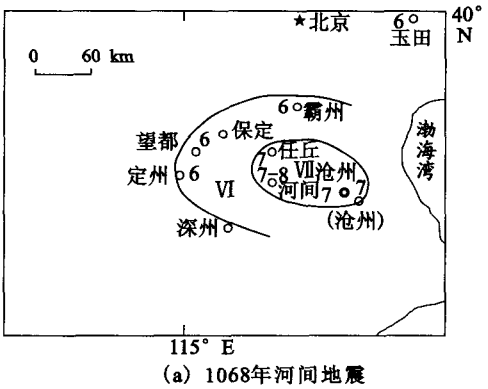


图 3 沧州地区部分地震的极震区分布图
Fig. 3 The meizoseismal areas for some earthquakes in Cangzhou area.

(2) 1967 年河间、大城 6.3 级地震。这是一次经专业队伍考察并有一定研究水平的现代地震,图 3(b) 给出了等震线图,由图可见极震区呈 NWW 向。而且 5 天之内的余震分布区长轴也是 NWW 方向(图 4)。

(3) 1973 年河间东 5.3 级地震。由图 3(c) 可见,极震区呈椭圆形,长轴为东西向。本次地震为

1967年6.3级地震的晚期余震,两次地震震中十分接近,余震在主震的南侧,这与两个地震震源深度差异有关。

表1 沧州地震强震目录

日期	震中位置			震级 /M	震源 深度 /km	震中 烈度
	纬度 /°N	经度 /°E	精度 /km			
1068-08-20	38.5	116.5	≤50	河间 6 $\frac{1}{2}$		VIII
1069-01-24	38.2	117.0		沧州东南 5		≥VI
1526-春	38.3	116.5	≤50	河间东南 4 $\frac{3}{4}$		
1625-04	38.3	116.9	≤25	沧州 5		VI
1704-09-18	38.1	116.7	≤50	东光、沧州 5 $\frac{1}{2}$		VII
1807-05-17	38.3	116.8	≤100	沧州 4 $\frac{3}{4}$		
1816-08-07	38.5	117.0	≤100	沧州东北 4 $\frac{3}{4}$		
1893-02-23	38.3	116.8	≤100	沧州 5		VI
1967-03-27	38.5	116.5	≤10	河间、大城 6.3		VII
1973-12-31	38.4	116.5	≤10	河间东 5.3	19	VI
2006-07-04	38.9	116.3	≤10	文安 5.1	19.3	V

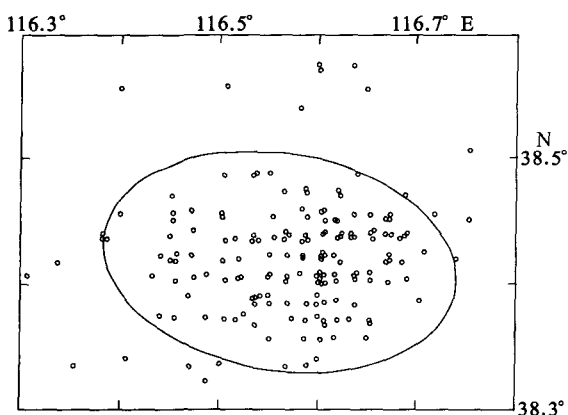


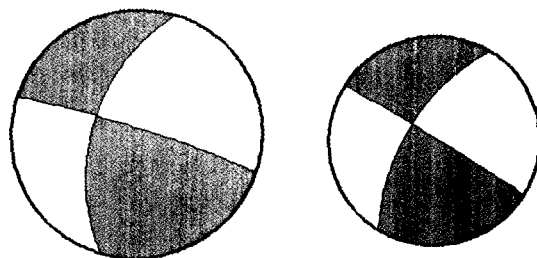
图4 1967年河间地震5天内余震分布

Fig. 4 Distribution of aftershocks within five days after the 1967 Hejian $M_{6.3}$ earthquake.

由上面给出的地震资料可以看出:沧州地区除1967和1973年等3次地震外,其余均为历史地震,受地震震级和历史条件所限震中定位误差较大,按国家地震局震害防御司编《中国历史强震目录》给出的定位误差在25 km以上。不过从沧州地区的强震震中分布图可以看出,在里坦、沧州、东关一线存在的NW向地震线十分明显,而该线以外的1816和1526年两次地震都是无破坏记录地震,其参数由多个有感烈度点获取,震中误差大。1704年地震烈度分布矛盾很多,震中误差很大。更值得考虑的是在该NW向地震线上,1068年6 $\frac{1}{2}$ 级地震之后5个月在其SEE方向发生沧州东关地震。上述资料似乎

表明地壳深部可能存在相互沟通的一条断裂,这有待今后的进一步证实。

1967年6.3级和1973年5.3级地震的震源机制解见图5。对比2次中强地震的震源机制解基本相同;主压应力轴P方位NEE;主张应力轴T方位NNW;P轴和T轴倾角较小,近于水平,而中等应力轴直立;2个地震都有近于直立的NNW向节面,节面上应为左旋错动。



(a) 1967年河间6.3级地震 (b) 1973年河间东5.3级地震

图5 震源机制解

Fig. 5 Focal mechanisms of two strong earthquakes.

3 构造特征解析

上述地震活动空间分布显示,在沧州地区既有与NNE河北平原地震带一致的小震分布,同时也显示了清晰的NNW向地震分布条带,尤其是3级以上地震的NNW向条带更为清楚。1967年河间地震的余震序列也与NNW向构造有关。反映这个地区可能有两个相互垂直断层共轭作用。

华北地区发育的NW、NNW向断裂构造已有多处,在京津唐地区十分发育,如天津-通县断裂、怀柔-宁河断裂等;在山东境内有昌乐-广饶断裂、益都断裂等。这些NNW向断裂与NE向断裂相互配套共轭互切,是同期活动的产物。前人的研究结果显示,华北地区现代构造应力场的总体特征是平均主压应力轴和主张应力轴接近水平(俯角小于20°),主压应力轴为NEE向,主张应力轴为NNW向^[3],这意味着这个区域的构造变形以断层的走滑型活动为主。现代构造应力场是形成现代破裂系统的动力条件,实验研究表明,应力主轴取向与地震构造带走向夹角在30°~50°,地震带走向接近于应力场的最大剪切应力方向。

地表探测结果表明,华北地区大部分浅部断层呈NE~NNE向分布,向下延伸深度小于10 km,而且多以正断性质为主,与该区域发生的强震以走滑为主的特性相去甚远。如沧县隆起东部的沧东断裂,根据石油部门的勘探结果其倾角比较小,延伸深

度在 6 km 左右,而多个剖面的石油地质勘探结果表明^[5-6],沧东断裂自北向南主要呈现勾形、椅形、阶形和坎形四种形态,破裂深度都比较小,界面底部向东延伸。华北地区在两个强震区邢台和唐山震区浅部的构造探测也显示了相同的特点^[7-9],但邢台 7.2 级地震和唐山 7.8 级地震的发震断层基本与浅部存在的铲型正断层无直接关系,而是与深部存在的隐伏近于直立的断裂作用有关。2006 年文安地震的断层面倾角为 87°,同样属于直立型。所以浅部分布的地质断层在现今华北应力场作用下活动比较弱,无法与强震的震源断层吻合,在强震孕育过程中深部的震源断层更容易成为应力释放的破裂点。

在没有深部结构探测的地区,利用小震分布研究地震断层不失为一种比较有效的方法^[10],沧州地区 1967 年的小震分布显示了明显的 NW 向特征;河北平原地震带在该区域也有一个错断,显示 NW 向断层的存在;多个地震的震源机制解也清楚揭示了 NW 向的活动断层面。表明沧州地区存在一条 NW 向的震源断层,可以作为地震危险性分析的潜在震源区。

沧州地区与整个华北地区的构造特征一致,其活动构造既有继承性又有新生特点,NW 向断裂活动的增强,反映了这个地区新的地表破裂格局。根据石油勘探部门在沧州地区的浅表探测结果,地表断裂一般在地下延伸深度很浅,基本在 10 km 以上就消失或转为铲状水平延伸。而发生在这个地区的地震,能够得到深度结果的均显示在 19 km 附近。该区地壳厚度为 36 km 左右,也就是说发生的 5 级强震都分布在中下地壳,与地壳浅部断裂关系不大。华北地区中、新生代以来经历了岩石圈快速减薄的过程,整个岩石圈厚度消失近 100km,因此地下地幔热物质相对比较活跃,地表热流值也相对较高,这种热物质可能引起垂直方向热传递,从而激发垂向应力,加载在原来的应力场上,使深部介质更易积累应力应变^[11],深部近直立的断层往往是强震的发震断层,更易积累强震,而地表断裂仅是被动的牵扯作用,或者作为剩余应力的释放点,以多个小震的集中分布为主。所以沧州地区深部潜伏的 NW 向构造与华北其他强震区类似,同时该构造又位于盆地区与隆起区交界部位,因此沧州地区虽无中小地震活动但可能是未来强震发生的危险区。实际上西北地区也有类似的情况存在^[12]。

4 结论

沧州地区小震分布与强震分布呈现共轭条带分布形态,强震的震源机制也反映地震主破裂在 NW 向破裂面上,反映了这个地区 NW 向断层活动在现代地震活动中逐渐显示了自己的特殊地位。通过与地热资料等对比分析,认为沧州地区处于拗陷与隆起的交界地区,存在地下热介质上涌、传输的通道,引起垂直方向的差异运动,导致应力应变能量积累。因此认为沧州地区地震、构造活动在华北地区大区域背景场影响下,既有继承性活动,又呈现了局部区域性特点。其浅部的地质断层仅是深部构造的一种表现形式,在地震孕育过程中,尤其是在地震破裂过程中所起的作用较小,而深部隐伏存在的断裂构造包括 NW/NW 向断裂是未来强震发生的震源构造背景,因此需要加强对沧州地区 NW/NW 向构造的深部探测、研究。

[参考文献]

- [1] 刁桂苓,张四昌,孙佩卿,等. 2006 年 7 月 4 日文安 5.1 级地震,地震地质,2006, 28(3):497-502.
- [2] 邓起东,闵伟,晁洪太,等. 渤海地区新生代构造与地震活动 [A]//卢海啸,等主编. 新构造与环境 [G]. 北京:地震出版社,2001:218-233.
- [3] 汪素云,许忠淮,余言祥,等. 中国及其邻区周围板块作用力的研究 [J]. 地球物理学报,1996,39(6):764-771.
- [4] 嘉世旭,张先康,方盛明. 华北裂陷盆地不同块体地壳结构及演化研究 [J]. 地学前缘,2001,8(2):259-266.
- [5] 陈大贤. 沧东断裂的地质结构分析 [J]. 石油学报,1989,10(1):20-26.
- [6] 高战武,徐杰,宋常青,等. 华北沧东断裂的构造特征 [J]. 地震地质,2000, 22(4):125-133.
- [7] 王椿镛,王贵美,林中洋. 用深地震测深方法研究邢台地震区地壳细结构 [J]. 地球物理学报,1993, 36(4):434-444.
- [8] 尤惠川,徐锡伟,吴建平,等. 唐山地震深浅构造关系研究 [J]. 地震地质,2002, 24(4):571-581.
- [9] 张家茹,邵学钟,殷秀华,等. 深部构造背景和深部的孕震环境 [A]//高文学,马谨,编. 首都圈地震地质环境与地震灾害 [G]. 北京:地震出版社,1993:52-86.
- [10] 刁桂苓,张四昌,赵军,等. 用现今小地震研究历史强震的震源断层——以 1830 年河北磁县 7½ 级地震为例 [J]. 地震地质,1999,21(2):121-126.
- [11] 周斌,邓志辉,晁洪太,等. 营滩断裂带走滑构造特征、演化及动力学机制 [J]. 西北地震学报,2008,30(2):117-123.
- [12] 都昌庭,李文巧,卢宁,等. 2006 年青海玉树地震类型和发震构造分析 [J]. 西北地震学报,2007,29(3):271-274.