

河北省文安—霸县地区地震地质研究

李绍柄 翟振生 靳雅敏
何春贵 许建恩 于新昌

(河北省地震局)

摘 要

河北省文安—霸县地区发育两组深断裂构造，一组为北东到北北东，另一组为北西到近东西，其中北东到北北东向断裂较发育，控制该区的断陷和凸起，霸县断陷就是受活动性牛东深断裂控制形成的。据人工测深和重力资料推算结果，文霸地区位于上地幔隆起区内，并被几条深断裂切割，地壳厚度变化梯度较大，深部构造较复杂。据地震活动性与震源机制研究结果表明，该区与华北地区同处于一致性较好的应力场中。综合以上，本区与华北地区强震的地质构造对比研究表明，具备发生强地震的地震地质背景。

一、引 言

河北省文安、霸县地区位于冀中平原北部，近年来，这一地区地震危险性引起人们的关注，这不仅因为该区位于冀中平原地震带内，而且它的北面和东北分别是我国两个重要的政治、经济、文化的中心城市，这就增加了对这一地区地震危险性的重视。因此，对该地区地震地质研究，并对地震危险性给予评价无疑具有一定的意义。

本文将根据这一地区的地质构造、地壳深部结构、地震活动性，与华北地区其他强震区的地质构造进行对比，对其地震地质背景和地震危险性给予评定。

二、文安—霸县地区的地质概况

文安—霸县地区是冀中拗陷的一部分，其范围是：北以宝坻断裂与燕山褶断带相接；南以石家庄—衡水断裂与冀南凹陷相邻；西界涿县—石家庄断裂与太行山隆起相毗连；东与沧县隆起相过渡，为一北东向展布的矩形断陷盆地（见图1）。

该区的结晶基底为太古代阜平群深变质的黑云母斜长片麻岩类。从震旦亚代至古生代典型的台地型沉积，发育了海相、海陆交互相和陆相三种不同性质的地层，其间没有明显的角度不整合。中生代初期，该区处于相对隆起状态，缺失三迭系沉积。中生代中晚期的燕山运动使沉积于古老结晶基底上的盖层发生了褶皱和断裂并伴有岩浆侵入和喷发，发育了北东—北北东和北西—北北西两组断裂，构成了该区断块构造的基础。

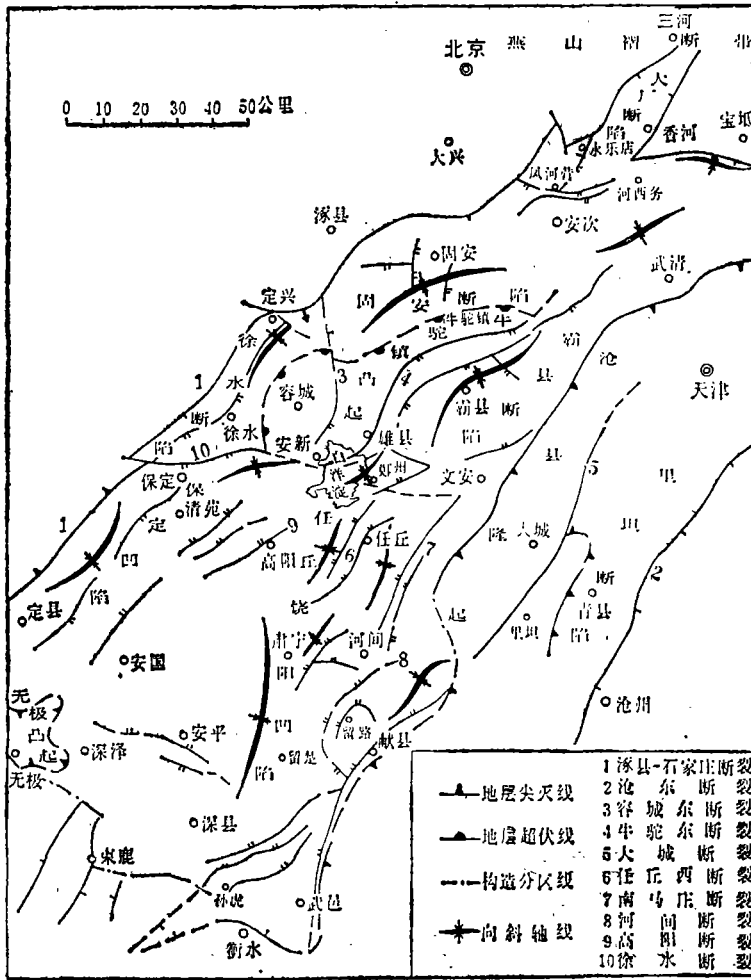


图1 文安~霸县地区地质构造图

该区新生代地壳运动以垂直升降和断块的差异运动为主。下第三纪初期处于剥蚀状态，缺失古新世沉积，始新世有孔店组堆积，最大厚度达390多米，并伴有轻微火山喷发活动。始新世末期拗陷下沉，牛驼镇、容城、高阳等地成为水中孤岛，这时的沉积中心在北部为武清、廊坊、固安，中部为霸县，西部为保定、徐水，南部为饶阳等地，沉积厚度达2000—4000米。

上第三纪，该区普遍下沉，形成统一的断陷盆地，呈北东向展布，有三个深陷部位，即饶阳、霸县、武清，沉积了厚达2500—3500米的上第三系。第四系沉积物复盖全区，早、中期有火山活动，各地沉积厚度受基底构造控制，厚度大约在100—600米之间。沉积中心北为武清，南为饶阳盆地。牛驼镇、容城、大城等地相对上升。至此，该区的断裂、凸起和断陷的地质构造轮廓已经形成。

三、文安~霸县地区断裂构造

文安、霸县地区主要发育两组断裂，一组为北东~北北东向断裂，一组为北西~北西西向断裂。这些断裂构造主要形成于燕山期，新生代有继承性活动。

1. 北东~北北东向断裂，主要有涿县~石家庄断裂、沧东断裂，容城东断裂、牛驼东断裂、大城断裂、任丘西断裂、南马庄断裂、河间断裂和高阳断裂等。

涿县~石家庄断裂（见图1），走向北北东，倾向南东东，为太行山隆起与冀中断陷的分界线。断裂西盘上升，东盘下降，为正断层，控制了第三系地层的沉积。新生代以来有明显活动，控制了山前水系分布及河流拐点。该断裂在卫星影象上反映清晰。据人工地震测深在定兴未家庄一带莫氏面被错开。

沧东断裂，走向北北东，倾向南东东，正断层，长约400公里，是沧县隆起与黄骅凹陷的分界线。是燕山运动以来的活动断裂带，由一系列正断层组成，局部被横向或斜交断裂切割。新生代以来断裂以东大幅度下降，使黄骅凹陷新生代沉积最大厚度达8000米。该断裂在卫星影象上清晰。

容城东断裂，是容城凸起的东界，走向北北东，呈“S”形弯曲，倾向南东东，长约30公里，正断层，断距1600米。该断裂形成于燕山期，新生代早期有活动。

牛驼镇东断裂，是控制霸县断陷的大断裂。走向北东，倾向南东，长约78公里，东盘下降，属正断层。形成于燕山期，新生代以来活动强烈。下第三纪地层被错断并伴有基性玄武岩喷发，现代活动明显，断裂以东下降为山前冲洪积扇，东西两侧第四纪厚度差异达100米，东侧有第四纪海相沉积，而西侧缺失。该断裂为一多条向上分开而向下合拢的继承性活动断裂。根据地壳测深资料，该断裂已将莫氏面断开。

大城断裂，是控制里坦断陷的深大断裂。走向北北东，倾向南东东，长约135公里，西盘上升，东盘下降，属正断层，控制了新生界的中部和下部沉积。现代构造运动明显，愈往西南断层错开层位愈新，可断到第四纪地层。沿断裂有河流发育，该断裂在卫星影象上反映清晰，根据地壳测深资料，莫氏面被错开。

2. 文安、霸县地区北西~北西西向断裂主要为徐水断裂，该断裂为徐水凹陷的南界，向东在白洋淀一带可能与牛东断裂交汇，走向为北西西到近东西，倾向南，长约400公里，为一北盘上升南盘下降的正断层。据人工地震测深在文安~安新以南有一隐伏的深断裂，将莫氏面断开，推测可能为徐水断裂的东延部分。

该区断裂的特点是深度较大，几条断裂均将莫氏面断开，且均为正断层。

四、文安、霸县地区的断陷和凸起

1. 断陷

该区断陷可分为受断裂控制较明显的断陷和受断裂控制不明显的凹陷。前者如霸县断陷、里坦断陷、徐水断陷和固安断陷等。其特点是一侧为活动深大断裂，控制新生代甚至中生代地层沉积，断陷不对称，沉积中心靠近断裂一侧，地层厚度大，远离断裂一侧地层厚度

逐渐变薄。后者如任丘~饶阳凹陷等,受断裂控制不明显,凹陷开阔,面积大。

霸县断陷,为受牛东断裂控制的北东走向的断陷,两翼不对称,面积约2050平方公里,主要形成于新生代,基底由震旦亚界和古生界碳酸岩建造组成,在葛鱼城有少量侏罗系沉积。断陷基底北高南低,西低东高。自西向东可分为潜山构造带、霸县凹陷和堂二里~吕公堡斜坡组成。新生代以来沉降中心各时期不同,下第三纪凹陷近于封闭。主要有两个沉降中心,北部在霸县城北侧,南部在郑州与雄县之间,下第三系厚度达4000米,上第三纪凹陷近于圆形,沉降中心在霸县以北,厚度达3000米。

里坦断陷,为沧县隆起上的断陷,受大城断裂控制,呈北东向长条展布,长约60公里,宽12公里。下部为石炭二迭系地层,上部为完整的上第三纪沉积。断陷不对称,北部较窄,地层产状较陡,南部较开阔,地层产状变缓。上第三纪中新世沉积中心在里坦镇附近,馆陶组底界埋深1600米。

任丘~饶阳凹陷,位于霸县断陷的东南,二者由近东西向低凸起相连,为一开阔的浑圆形凹陷。西界高阳低凸起,东界沧县隆起,南至石家庄~衡水断裂,面积约6050平方公里。基底由震旦亚界和下古生界的石灰岩组成,局部可能有侏罗系沉积。下第三纪时凹陷有三个沉降中心,北部任丘向斜,下第三系最大厚度达3200米;中部饶阳向斜,下第三系最大厚度3400米;南部深县向斜,下第三系最大厚度2800米,后二者地层向四周超复过渡。上第三纪时为北东向开阔沉积盆地,沉积中心在饶阳,厚度为2500米。

2. 凸起

牛驼镇凸起,走向北东,面积约900平方公里,除北侧与固安断陷为过渡接触外,周边以断裂与霸县断陷,容城凸起相接触。基底地形东翘西倾,自东南向西北分布着震旦系、寒武系、奥陶系、石炭~二迭系,老第三系均为向北倾的单斜层,倾角为 2° — 20° ,其上为上第三系及第四系复盖。

容城凸起,呈椭圆形,长轴走向为北北东,东和南侧与牛驼镇凸起、保定断陷为断裂接触,西和西北为陡倾单斜与徐水断陷相过渡。基底自东向西分布震旦系、寒武系、奥陶系、石炭~二迭系、侏罗系等,地层倾向北西,倾角 15° — 20° ,缺失下第三系,上第三系超复在老地层上。

五、地壳深部构造

地壳深部构造的研究对地震中长期预报和地震区划有着重要意义。据国家地震局物探大队在该区所做人工地壳测深结果表明,在通县、廊坊、永清、霸县、容城、徐水之间是一个呈北东向分布的上地幔隆起带,顶面向西北倾斜。莫氏面最高处位于永清县东南,地壳厚度为30公里,向西、南、北皆为缓倾,永清东南为急倾斜。此外,在文安、大城、河间、高阳、安新一带亦为一个上地幔隆起带,北界可能以深断裂与上述的上地幔隆起分开,东部可能被大城断裂与静海、大城、沧州一带的上地幔凹陷分开。在这个隆起区内,任丘附近是一个隆起中的低凹部位。文安附近又是一个小范围的突起,二者可能被徐水深断裂分开。

魏梦华等〔2〕(1980)利用重力资料推算了华北北部地区的深部地壳结构指出,文安~霸县地区下面是上地幔隆起区,该区又分为次一级的隆起和凹陷。一个是河间、容城、固安、

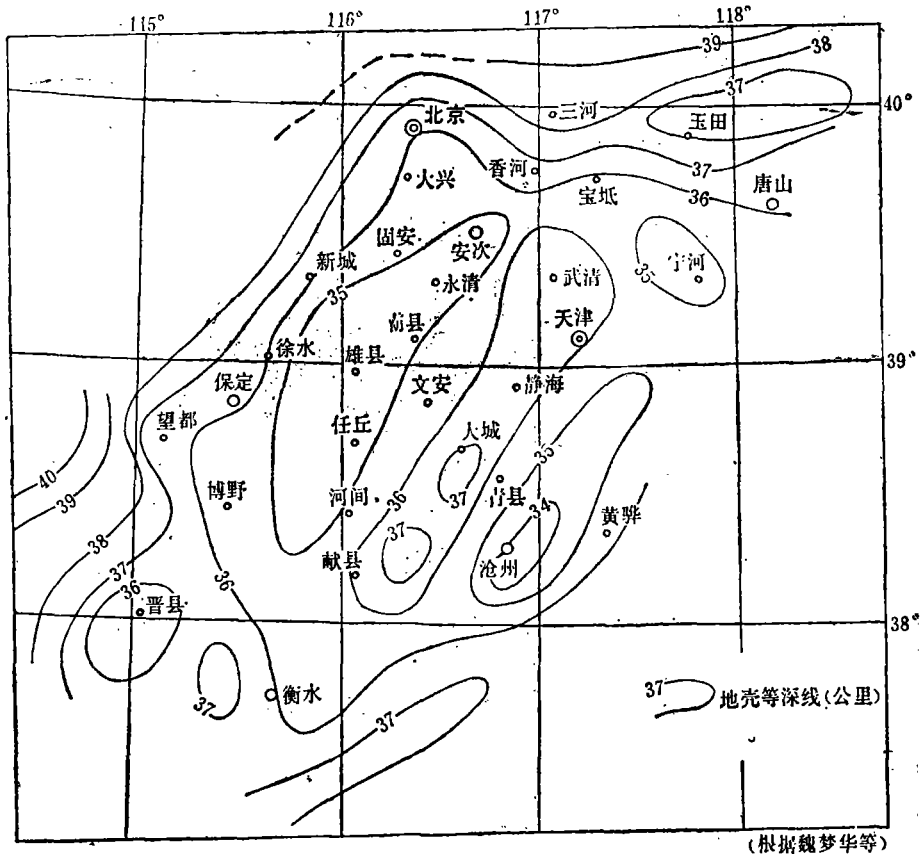


图2 文安~霸县及其周围地区地壳厚度图

霸县一带，是上地幔隆起区，长轴走向为北东，地壳厚度在35公里左右（图2）；一个是献县、大城、静海、青县一带是上地幔凹陷区，长轴走向为北东，地壳厚度最深达37公里。

上述资料所反映的文安~霸县地区的深部构造轮廓大体是吻合的。文安~霸县地区处于上地幔隆起区内，在这个范围内又被几条深大断裂所切割，使这一带的深部构造变得更复杂。

六、文安、霸县地区的地震活动性

1. 地震分布

在 $38^{\circ}00' - 39^{\circ}30'N$ ， $115^{\circ}40' - 117^{\circ}00'E$ 范围内，取公元274—1957年 $M \geq 4.0$ 级、1958—1981年 $M_L \geq 2.0$ 级地震作震中分布图¹⁾，由图3所见，本区所发生的大于6级地震（1057年固安6 $\frac{1}{4}$ 级、1068年沧县、河间6级、1658年涑水6级地震），以北纬39度为中线呈南北方向迁移。中、小地震绝大多数分布在沧县隆起的西翼与霸县断陷相交接的近北东向的文安斜坡带上，该带南端曾发生过1967年3月27日河间大城6.3级地震和1973年12月31日里坦5.3级地震。

1) 公元274—1977年用《北京及邻区地震目录》，1978年—1981年7月用《河北省及其附近地区地震目录》。

2. 小地震释放应力场

用文献〔3〕所提出的方法, 我们获得了本区自有仪器记录以来的文安地震台(包括文安深井摆)和霸县地震台 $M_L \geq 2.0$ 级地震的44个P波初动资料, 作出小地震综合断层面解(上半球投影), 初动符号矛盾比占18.2%, 结果见图4。由图4可见, 初动符号在震源参考球上呈明显的四象限分布, 主压应力轴P的方位为 293° , 近东西方向, 水平分量为主, 主张应力轴T的方位为 201° , 近南北方向, 仰角也很小。节面I 66° , 节面II 337° , 具有走滑逆断层性质。

与本区早期所发生的中强地震的断层面解比较(见表1), 主压应力方向没有明显的变化, 可见该区近年来正处在一个一致性较好的、主压应力近东西向的、水平分量为主的统一应力场中。

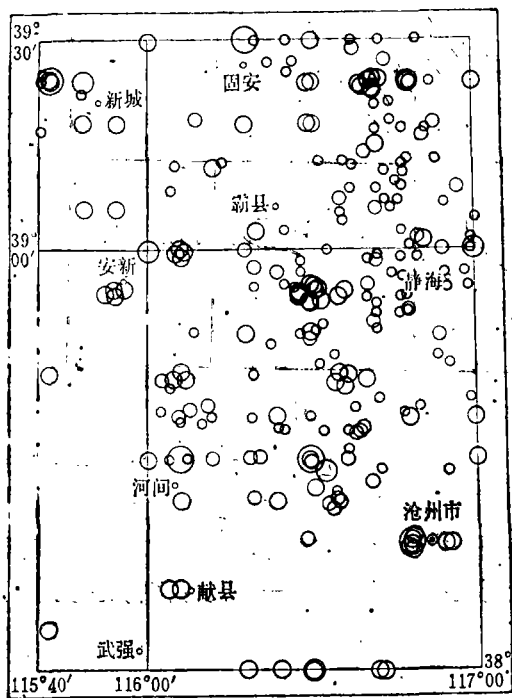


图3 文安~霸县地区震中分布图

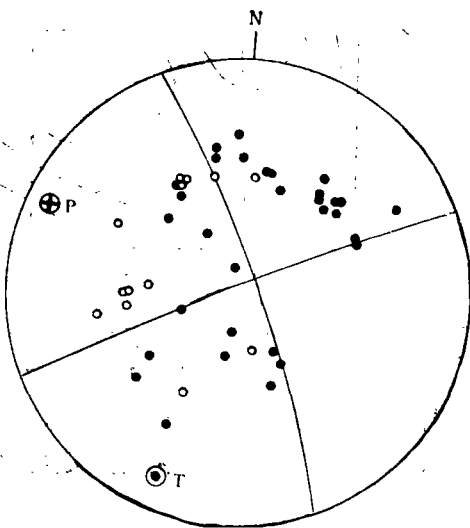


图4 小地震综合断层面解

表1

编号	日期			发展时刻			震中位置		地点	震级 (Ms)	深度 (公里)	节面 I			节面 II			P 轴		T 轴	
	年	月	日	时	分	秒	纬度	经度				走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角
1	1967	3	27	16	58	20	38.5°	116.5°	河间大城	6.3	30	15	NW	61	287	NE	85	238	17	335	24
2	1973	9	21	12	22	57	$39^\circ 03'$	$116^\circ 20'$	文安	4.5	25	35	SE	60	324	SW	61	89	11	180	44
3		12	31	19	00	53	$38^\circ 26'$	$116^\circ 29'$	里坦	5.3	30	48	NW	80	316	SW	82	267	12	205	2
文安台1972.1~1981.7, 初动符号44个, 矛盾8个, 矛盾比18.2%												66	SE	87	337	SW	78	292	6	201	10

3. 小地震震源参数

为定量描述本区地壳介质的应力状态，用文献〔4〕叙述的方法，由地震纵波初动半周期($\frac{T}{2}$)和振幅(A)，测定了大城附近10个中小地震的震源尺度(2a)、应力降($\Delta\sigma$)、地震矩(m_0)和平均位错(Δu)。由文安地震台短周期微震仪烟记录图上分别测定的上述地方震的震源参数，结果见表2。

图5表示大城附近10个中小地震的震源尺度、应力降和地震矩。本区 $M_L \geq 3.0$ 级地震的应力降平均为11巴。这个数量级比用同一方法测定天津东堤头地区小地震应力降约1.5巴为高〔5〕。

表 2

编号	日期			发震时刻			震中位置		震级 M _L	T/2 (秒)	A (微米)	a (公里)	m ₀ (达因·厘米)	$\Delta\sigma$ (巴)	Δu (厘米)
	年	月	日	时	分	秒	北纬	东经							
1	1972	8	13	00	05	37.6	38°34'	116°39'	3.1	0.2	2.70	0.25	1.3×10^{20}	4	0.22
2				01	06	16.6	38°34'	116°39'	3.1	0.15	2.73	0.15	9.0×10^{19}	12	0.41
3				01	28	20.1	38°34'	116°39'	3.2	0.2	3.32	0.25	1.65×10^{20}	5	0.30
4			15	20	56	31.6	38°34'	116°33'	2.2	0.15	0.17	0.15	5.1×10^{18}	0.7	0.02
5	1973	7	1	02	45	30.1	38°34'	116°25'	2.4	0.13	0.09	0.11	2.35×10^{18}	0.7	0.02
6		12	31	19	00	53.0	38°28'	116°33'	5.6	0.15	4.62	0.15	1.60×10^{20}	22	0.71
7	1975	8	9	17	43	14.0	38°25'	116°35'	3.4	0.25	1.6	0.4	1.60×10^{20}	1.3	0.12
8	1976	4	12	02	11	09.0	38°36'	116°20'	2.4	0.13	0.25	0.11	6.6×10^{18}	2.2	0.05
9			22	09	54	58.5	38°41'	116°40'	4.8	0.2	1.12	0.25	4.4×10^{19}	1.3	0.08
10	1977	8	22	02	19	07.0	38°38'	116°38'	2.0	0.15	0.06	0.15	1.7×10^{18}	0.2	<0.01

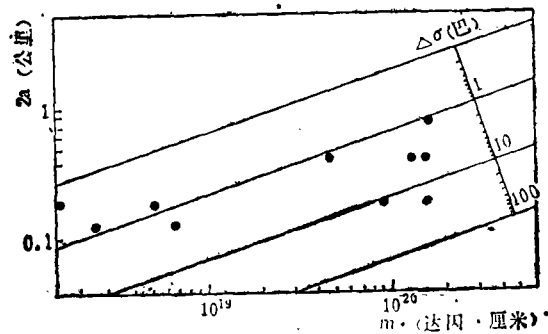


图 5 文安~霸县地区小地震震源参数

七、对文安~霸县地区地震危险性的地质评价

为了对文安、霸县地区地震危险性作出评价，首先应对华北地区一些大震发震的地质条件进行分析，然后进一步讨论这一地区的地震危险性。

从华北地区较大地震的震源机制,地震构造裂缝,大地震的等震线长轴走向的研究表明,华北地区是处于一个统一性较好的应力场中,受力方向为北东东—南西西到近东西向的挤压。但是从华北地区大地震分布特征来看,单纯受这一水平挤压应力作用,难以解释一些地震的空间分布特征,一些大地震分布在一定地质构造范围内。该区除了受北东东—南西西到近东西向的挤压应力外,还与来自地壳下部或上地幔的向上的挤压作用有关,这种自下而上的挤压应力大体上影响了强震的空间分布。实际上华北地区的大地震,是在水平挤压和自下而上的挤压的两个方向相互叠加的应力作用下发生的,而且自下而上的挤压应力对强震的发生起重要作用。

华北地区中和强地震发生的地质构造条件的研究表明,许多大地震是发生在新构造运动较明显的活动性深大断裂带上以及由活动性深大断裂控制的地堑型断陷盆地和断裂型盆地内及其周边。因此,活动性的深大断裂以及由活动性深大断裂控制的地堑型断陷盆地和断裂型断陷盆地,可以作为划分中和强地震危险区的标志。

人工地壳测深和根据重力资料推算的结果表明,一些发生过6级和6级以上地震的大多数新生代断陷盆地下部的上地幔,都处于相对隆起的部位或上地幔隆起的边缘地带。

从上所述可以指出,华北地区6级和6级以上地震是发生在上地幔隆起区或上地幔隆起的边缘地带,其上发育有活动性深大断裂或活动性深大断裂所控制的新生代断陷盆地。这就是控制华北地区6级和6级以上地震的地质构造背景。在具备这样的地质构造条件的地区,可以认为是具有发生6级和6级以上地震的危险区。

根据上述华北地区6级和6级以上地震发震的地质构造背景,来分析文安、霸县地区的地震地质特征。前面已提到,文安、霸县地区发育了几条活动性深大断裂,受这些深大断裂控制形成了几个新生代断陷盆地,从人工地壳测深和重力推算资料表明,文安、霸县地区是一个上地幔隆起区,并向上地幔凹陷的过渡地带,其间被牛东深断裂所切割,地壳厚度变化较大,深部构造比较复杂。从地质构造上可以指出,该区与华北地区许多大震发震的地质构造条件是类似的。震源机制研究结果表明,该区处在华北地区统一性较好的应力场中,具有较高的小地震应力降。因此,我们认为文安、霸县地区具备发生强地震的地震地质背景。

(1983年6月1日收到修改稿)

参 考 文 献

- [1] 杨理华、李钦祖,华北地区地壳应力场,地震出版社,1980。
- [2] 魏梦华等,根据重力资料分析华北地区地壳结构的基本形态及其与地震的关系,地震地质,2, 2, 1980。
- [3] 李钦祖等,由单台小地震资料所得两个区域的应力场,地球物理学报,16, 1973。
- [4] 陈运泰等,巧家、石棉的小震震源参数的测定及其地震危险性的估计,地球物理学报,19, 3, 1976。
- [5] 靳雅敏等,唐山地震的震源参数及地壳介质的品质因数,地震学报,4, 1, 1982。