

渤海及邻区地震地质、地球物理场 和地震活动特征

周 斌, 张英凯, 李继训

(胜利石油管理局地震台, 山东 东营 257027)

摘要: 对渤海及周围地区地质构造、地球物理场特征及地震活动特征进行了分析和研究. 结果表明: 该区域发育有 NNE、NW 和 NW 向 3 组断裂. 在渤海海域 NNE 向的郑庐断裂被 NW 向断裂分割为 3 段, 中段地震活动最强, 发生过 3 次 7 级以上地震和 3 次 6 级以上地震. 在空间上, 地震活动可以划分为 2 个带, 即郑庐地震带和燕山-渤海地震带. 渤海中部地区热流值偏高, 莫霍界面和康腊界面隆起, 上地幔高速层埋深浅, 为 30~50 m.

主题词: 渤海; 郑庐断裂带; 地震活动特征; 地球物理场

中图分类号: P315.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)03-0333-05

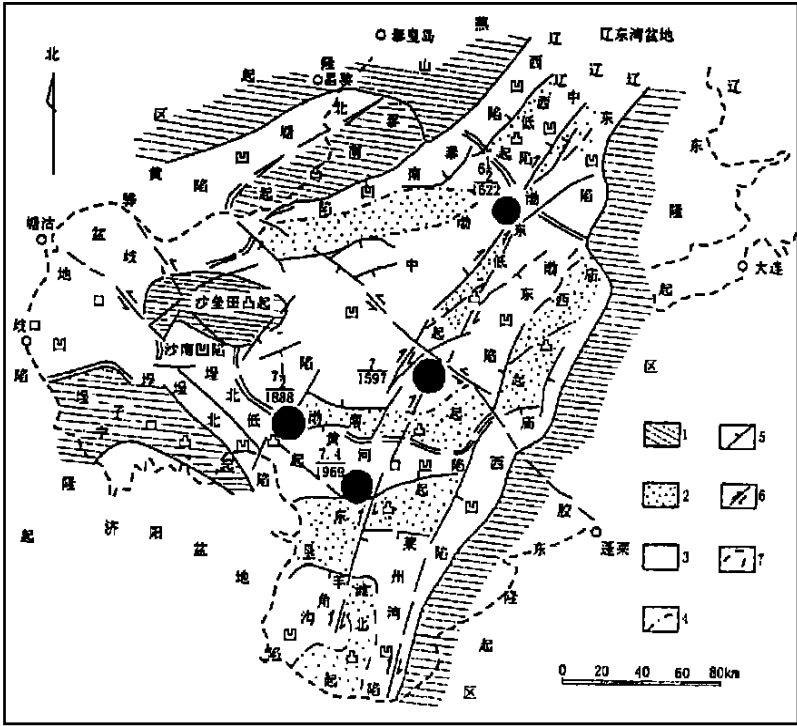
1 渤海及邻区地震地质特征

渤海及邻区位于郑庐断裂带和燕山-渤海断裂带的交汇部位, 是华北地区地震活动最强的区域. 中生代末~早第三纪初在 NE 向大型断裂的分割控制下, 该区域被分割成多个大型的隆起和拗陷. 这些隆起和拗陷又被次一级断裂分割成更小的凸起和凹陷. 第三纪晚期 NW 向断裂活动使它们普遍遭受改造(图 1). 主要的大型隆起和凹陷有 3 个, 即沙垒田隆起、渤中拗陷和庙西拗陷.

沙垒田隆起大部分在陆地上, 少部分在海中, 是一个晚第三纪以前形成的 NNE 向隆起区. 其 SW 端通过 NW 向断裂组与黄骅拗陷在海域中的延伸部分连接. 黄骅拗陷在海域中的部分是渤海海域内最深的沉降中心, 上第三系底界埋深达 3 100 m. 隆起内部被 NW 向断裂分割成次一级的构造单元.

渤中拗陷是一个 NE 向的长条状拗陷带. 其西界是沙垒田东大断裂, 东界为庙西大断裂. 该拗陷向 NE 方向延伸与下辽河断陷在海域中的延伸部分相接. 其间没有明显的分界线; 在 SW 方向与埕宁隆起相对应. 其二侧边界断裂被 NW 向断裂分割成数段, 这些 NW 向断裂是燕山-渤海断裂带的组成部分. 该拗陷是渤海中最大的一个新生代继承性拗陷, 上第三系底界深 2 700 m, 是渤海晚第三纪~第四纪的沉降中心之一.

庙西拗陷位于渤中拗陷之东, 中间以庙西大断裂为界, 其 SW 端与济阳拗陷延伸入海的部分相接. 早第三纪时期该拗陷基本上还是一个隆起, 下第三系只在局部发育. 拗陷内被 NNE 向断裂分割成次级构造单元, 这些构造单元又被 NW 向断裂切割成数段.



1 隆起(区)及盆地中的高凸起(缺失老第三系); 2 盆地中的凸起或低凸起(部分缺失第三系); 3 盆地中的老第三系凹陷沉积分布区域; 4 构造单元大致边界线; 5 基底主干断裂; 6 基底(隐伏)走滑断层及盖层走滑构造带; 7 海岸线

图 1 渤海及邻区构造略图(据中国含油气盆地图集及渤海石油公司资料编制)

Fig. 1 Sketch map of structures of the Bohai Sea and its vicinity.

跨越渤海的 NS 向剖面(图 2a)显示, NW 向断裂是以渤中坳陷为中心的对陷断裂, 断错晚第三系和第四系, 沿断裂发生过多期火山活动. 跨越渤海的 EW 向剖面(图 2b)显示, NNE 向断裂断错晚第三系和第四系, 沿断裂有玄武岩分布. NNE 向断裂被 NW 向断裂切割、错移、改造, 失去了原有的连续性. NW 向断裂显示左旋张扭特征, NNE 向断裂显示右旋张扭特征, 二者构成了共轭破裂格局, 控制着区内强震的活动.

NWW 向断裂由一系列大致平行的断裂组成, 其中规模最大、活动性最强的是渤海中部的 NWW 向断裂. 渤海内部的构造格架主要由这组断裂组成, 它们控制着渤海的现代构造及地震活动. 新的物探资料表明, 在渤海内部 NNE 向郯庐断裂被 NWW 向断裂分割成活动程度不同的 3 段. 其北段活动性相对较弱, 只记载到 5~5.5 级地震; 南段只发生过 6 级左右地震, 地震活动较北段强; 中段由于受到一系列的 NWW 向断裂的切割, 结构十分复杂, 渤海内部的 3 次 7~7.5 级地震和 3 次 6~6.5 级地震均发生在中段^{①, ②}.

2 渤海及邻区地球物理场特征

华北平原地区的地壳平均厚度约 34 km. 山西五台山地区地壳厚度最大, 达 44 km. 渤海中部地区地壳最薄, 其厚度为 29~31 km, 表明在该地区上地幔隆起. 这一上地幔隆起区长轴

① 山东省工程地震研究中心. 东营市城区及八分场地区地震小区划报告. 1999.
② 国家地震局地球物理研究所. 山东省地震局. 胜利油田部分地区地震小区划报告. 1991.

呈 NE 向, 向二侧地壳厚度逐渐加深, 达 32 ~ 33 km. 康腊界面形态与莫霍界面相似, 渤海中部为隆起区, 深度为 15 km, 向二侧逐渐加深到 17 km 左右. 强震活动带与上地幔隆起带和地壳厚度梯度带相对应, 大地震往往发生在上地幔隆起的翼部和转折部位^[1].

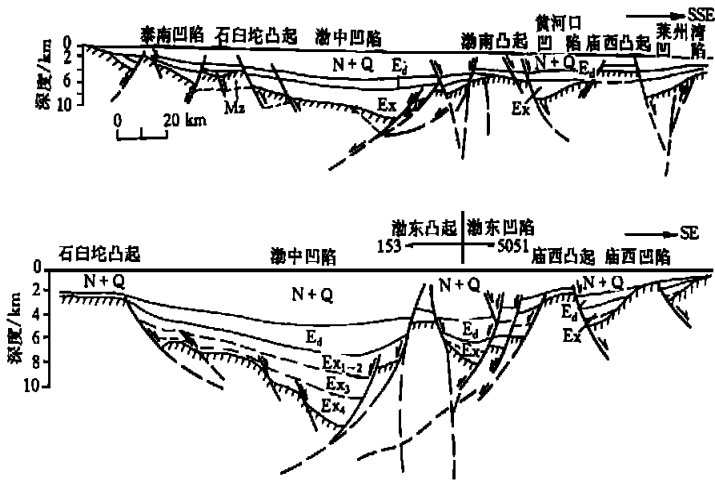


图 2 渤海盆地构造剖面图(根据陆克政等, 1997)
Fig. 2 The tectonic section of Bohai basin.

渤海内部重力异常值是华北地区的最低点, 异常值为+70 毫伽, 重力异常等值线的形态与渤海拗陷构造区形态基本一致, 断陷盆地相对为负异常, 隆起区则相对为正异常. 重力异常的分布特征反映了基底界面的起伏状况, 区域强震活动往往发生在重力梯度带内^[1~3].

华北平原周围山区大地热流值一般小于 4.19 mW/cm²·s, 平原区的热流值为 6.07 ~ 6.28 mW/cm²·s, 渤海凹陷中热流值则高达 9.88 mW/cm²·s. 据有关资料推测, 渤海中部的热流值可能更高, 地温梯度、等深温度和大地热流值由南、西北向渤海中部逐步增高. 渤海内部地震震源大都分布在 10 ~ 20 km 深度, 不少震中位于康氏面上, 这可能与来自地球深处的热流有关^[4, 5].

大地电磁测深反演结果表明, 渤海地震区的上地幔高导层埋深相对于整个华北地区是最浅的. 渤海中部地区上地幔高导层埋深只有 30 ~ 50 km 左右. 这表明渤海地震区可能有地幔热能上涌, 从而引起岩石物理性质变化, 使其与周围地区有所差异. 另外 NNE 向航磁异常带沿燕山-渤海断裂带出现扭曲畸变, 表明 NE 向断裂系统与 NW 向断裂带之间相互切割的关系. 地震的成带活动与航磁异常条带相吻合^[1, 3].

3 渤海及邻区地震活动特征

3.1 地震活动空间分布特征

3.1.1 地震活动的成带性

渤海及邻区地震在空间上分布是不均匀的, 主要表现为强震沿活动断裂呈条带状展布, 大致可以划分郯-庐地震带和燕山-渤海地震带(图 3).

郯-庐断裂带是中国东部最大的一条断裂带, 在研究区范围内主要为该断裂带下辽河 ~ 渤海段以及沂沭断裂带北延入海段, 总体走向 NNE. 据史料记载, 自公元前 70 年以来, 在渤海海域及其附近共发生过 4 次 7 级以上地震. 近 30 年来又发生了 1969 年渤海 7.4 级和 1975 年海城 7.3 级强烈地震. 该带地震活动具有强度大、频次低、复发周期长的特点. 郯-庐断裂带渤海

海域段自 1970 年以来现代小震活动也十分活跃,表现出成带和成片的密集分布特征^{②,16}.

燕山-渤海断裂带为一条 NWW 向复合型断裂构造带.河北平原 NEE~NE 向活动断裂和 NNE 向郯-庐断裂分别延伸至燕山南缘和穿过渤海,同时沿燕山南缘至渤海发育有一系列活动强烈的 NWW 向断裂带.这两组构造的活动对该带强震均起着十分重要的作用,燕山南缘至渤海一线的地震活动十分强烈.

3.1.2 强震活动的重复性和迁移性

在渤海及邻区自公元 70 年以来共发生 $M \geq 5$ 地震 21 次,其中 4 次是原地发生的,占 19%(表 1).必须说明的是,历史地震震中位置误差较大,特别是渤海海域震中定位误差更大.从表 1 中可以看出,这 4 次地震都位于北纬 38° 和 39° 之间,似有一定的构造关系,值得进一步深入研究.自公元 1400 年以来,渤海海域及邻区的 $M_S \geq 6$ 地震主要在燕山-渤海地震带内沿断裂构造迁移和在燕山-渤海地震带与郯-庐地震带之间迁移(图 4).

3.2 地震活动时间分布特征

图 5 显示渤海及邻区自公元 1400 年以来出现 2 个地震活跃期:1408~1730 年为第 1 地震活跃期,发生 5.0~5.9 级地震 11 次,6.0~6.9 级地震 2 次,7.0 级地震 2 次;1796 年至今为第 2 地震活跃期,发生 5.0~5.9 级地震 15 次,6.0~6.9 级地震 5 次,7.0 级以上地震 3 次,最大地震为 1888 年 6 月 13 日渤海 7 1/2 级地震.与华北地区第 3 地震活跃期相比,渤海地区第一活跃期开始的时间推迟 1 年,结束的时间提前 26 年;与华北地区第 4 活跃期相比,渤海地区第 2 地震活跃期开始的时间提前 19 年.华北地区第 3 活跃期的地震频次和强度均大于第 4 活跃期,而渤海区第 1 活跃期的地震频次和强度均要小于第 2 活跃期.

3.3 历史地震活动概况

(1) 1597 年渤海 7 级地震:连震 3 日,最远波及辽宁、河北、山东、江苏、河南诸省,远及朝鲜半岛北部地区.长白山有火山喷发.据史料记载:广饶地震,小清河水逆涌流;临淄不雨,漾水忽涨,南北相向而斗.夏庄大湾忽见潮起,随聚随开,聚则丈余,开则见底.这次地震对黄河三角洲区域的影响烈度为 VI.

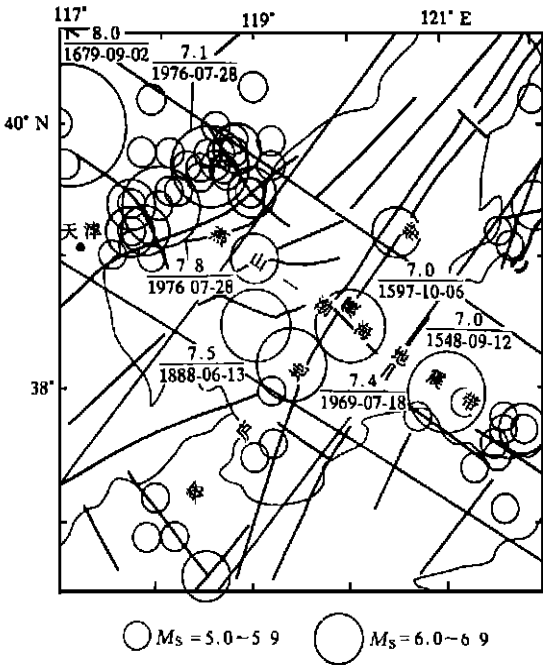


图 3 渤海及邻区 $M_S \geq 5$ 地震分布与地震带划分

Fig. 3 Distribution of $M_S \geq 5$ earthquakes and divided seismic belts in the Bohai Sea and its vicinity.

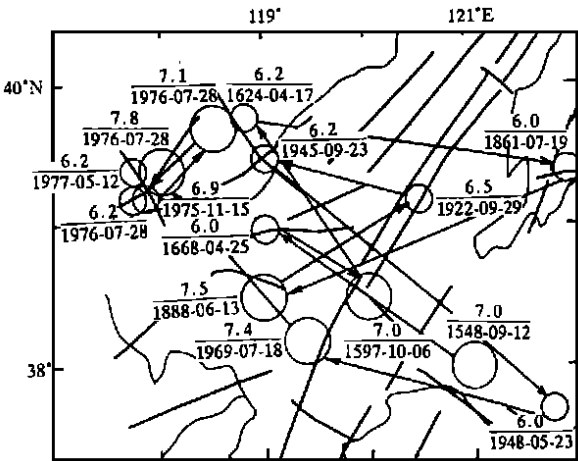


图 4 渤海及邻区 $M_S \geq 6$ 地震迁移

Fig. 4 Migrations of $M_S \geq 6$ earthquakes in the Bohai Sea and its vicinity.

表 1 渤海区域重复地震的有关参数

发震日期	震中位置	震级	间隔时间
1624-02-01	38. 5°N, 118. 0°E	5 ½	0.21 年
1624-04-19	38. 5°N, 118. 0°E	5 ½	
1568-05-05	39. 1°N, 119. 0°E	6	2 天
1568-05-07	39. 0°N, 119. 0°E	5	

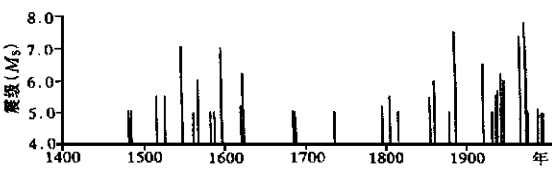


图 5 渤海及邻区 $M_s \geq 5$ 地震 $M-t$ 图

Fig. 5 $M-t$ diagram of $M_s \geq 5$ earthquakes in the Bohai Sea and its vicinity.

(2) 1888 年渤海 7.5 级地震: 惠民县志记载:“地大震, 十余日不止, 房屋倒塌无算, 濒海地裂, 溢出黑水, 海云塔十三级崩毁六级”; 利津县志也记载:“房屋倒毁甚多”。

(3) 1969 年渤海 7.4 级地震: 利津至六合长 130 华里的黄河大堤堤面和石护坡普遍出现裂缝, 垦利县下镇、新安、永安等地地面多处出现地裂缝和沙孔群, 大的喷沙口直径可达 4 m; 六合一段长 200 m 堤身下沉 5~15 cm, 三分之一老旧民房山墙倒塌或落顶, 新房近屋角有裂缝, 3% 墙壁倒塌。

4 结束语

渤海及邻区位于郯-庐断裂带和燕山-渤海断裂带的交汇部位, 是华北地区地震活动最强的区域, 1548 年、1597 年、1888 年和 1969 年先后发生 4 次 7 级以上的地震。研究该区域地震地质构造、地球物理场特征及地震活动性对于该地区地震的监测预报有一定的意义。本文的研究成果可以为环渤海地区油井动态观测提供参考。

[参考文献]

[1] 国家地震局. 中国地壳上地幔地球物理探测成果[M]. 北京: 地震出版社, 1986.

[2] 史志宏, 殷秀华, 魏梦华, 等. 华北地区地壳深部结构与地震活动[J]. 地震科学研究, 1983, (5): 30—36.

[3] 李家正, 刘敬宽. 华北地区重磁场特征与地震关系[J]. 地震科学研究, 1983, (5): 19—22.

[4] 吴乾藩, 谢毅真, 祖金华, 等. 华北地热场研究[J]. 中国地震, 1988, 4(1): 15—19.

[5] 陈墨香. 华北地热[M]. 北京: 科学出版社, 1988.

[6] 魏光兴, 刁守中, 周翠英, 等. 郯庐带地震活动性研究[M]. 北京: 地震出版社, 1993.

CHARACTERISTICS OF GEOLOGY, GEOPHYSICAL FIELD AND SEISMIC
ACTIVITY OF BOHAI SEA AND ITS VICINITY

ZHO U Bin, ZHANG Ying-kai, LI Ji-xun

(Seismic Station, Shengli Oil Administrative Bureau, Dongying 257027, China)

Abstract: Characteristics of geological structure , geophysical field and seismic activity of the Bohai Sea and its vicinity are analysed and studied. The results show three groups of fault of NNE, NW and NWW developed in the region . The Tan-Lu fault of NNE is divided into three section by faults of NWW. The seismicity is the strongest in the middle section among them . Three $M \geq 7$ earthquakes and three $M \geq 6$ earthquakes occurred in the section . The earthquakes are distributed along two belts, forming the Tan-Lu seismic belt and Yanshan-Bohai seismic belt. In the middle part of the Bohai Sea , the values of heat flow are the highest, the Moho discontinuity and the Conrad discontinuity have risen , depth of the low-resistivity layer of the upper mantle is 30 ~50 km, being more shallow .

Key words: Bohai Sea ; Tancheng-Lujing seismotectonic zone; Seismicity feature; Geophysical field