

烟台、威海市地震地质特征

贾圣三

(山东省地矿局第三地质队)

提要 本文阐述了山东半岛的新构造运动及有史载以来、特别是自七十年代以来地震活动特点。以其相互依存的关系,在烟台、威海市辖区内划出了四条地震带和四处地震危险区。对半岛及其邻区中强地震的地震烈度进行了推测。结合半岛的地壳结构,对近二十年来上百次有感地震进行了震源深度、震源解质、发震特点作了分析,区内地震属壳内浅源地震,发震密集层位——是在深17公里的硅铝层与硅镁层分解面上部硅铝层中,另一是在其分解面下部约20—25公里的硅镁层中。从板块运动的观点出发,推断了半岛地壳的现代应力场、半岛地区的运动总趋势及其地震发生原因。参考史载地震强度,半岛地区地震地质环境,并与邻区进行类比,推测各地震危险区在未来几十年内,发生的中强地震为里氏6—6.5级,极震区的地震烈度通常不会超过Ⅷ度。烟台市芝罘区、威海环翠区,未来几十年内由地震危险区地震所波及的地震烈度约Ⅷ度左右。

前 言

烟台、威海市均属市管县建制。烟台市辖两区(芝罘区、福山区,烟台市经济技术开发区位于福山区内)、六县(蓬莱、长岛、招远、栖霞、海阳、牟平)及三个县级市(莱州、龙口、莱阳)。威海市辖一区(环翠区)、三县(文登、荣成、乳山)。其两市面积约1.8万平方公里,人口814.7万。烟台市市区为芝罘区,其现区面积约45平方公里,人口28万,据烟台市政府总体规划,城区面积将为100余平方公里,人口将发展到60万,属中等城市。

在1978年第二次全国抗震工作会议上,确定烟台市(芝罘区)为全国重点抗震城市之一。1981年全国抗震工作六五规划和十年设想确定,城市抗震防灾规划以烟台、徐州两城为试点。

城市地震地质的调查与研究,是防震抗灾的基础工作和先行工作,与生产实际密切结合,其涉及的学科多、探索性强,既应有面上的区域性研究,又要有城市范围的重点探讨,因而本文对有关地震地质特征的阐述,不仅限于芝罘区,亦包括其所辖的有关县市及威海市。

一、烟台、威海地震地质工作的回顾

烟台、威海位于山东半岛,自然地理条件优越、矿产资源丰富。其地质矿产的研究起步早,进展快,但以地震地质为主要目的的调研工作却仅开始于七十年代初。

1. 地震地质的基础工作

地震与地质构造关系密切,所以地震地质的基础工作,也就是区域地质构造工作,此项工作在区内开展较早、研究程度亦高。

解放前就有中外学者来区内进行过地质调查及矿产开发,留有相应的图件及文字资料。解放后,相继来半岛地区进行地质矿产调查研究及矿产开发的部门有地质、冶金、化工、建材、煤炭等部门及大专院校和有关科研单位,积累了丰富的地震地质基础资料。如二十万分之一的地质区调和水文区调早已完成,近年又对多幅图幅进行了修测,大部地区已完成了二十万分之一的航空重力、磁力测量,相应比例尺的重砂测量、地球化学水系沉积物测量亦取得了相当的进展,在成矿远景地区完成了数千平方公里五万分之一的区测,沿金成矿带进行了二万五千分之一及更大比例的图件测制,围绕着金矿的成矿、找矿、开发方面的研究,近几年仅专题科研报告及有关论文就约 130 余篇。

以上工作都从面与点的不同角度及其二者的结合上,使区内的基础地质研究程度有了很大的提高。因而为区内地震地质工作的开展,提供了大量的基础地质资料。

2. 以地震为主要目的的调研工作

以地震为主要目的的调查、研究工作是从七十年代初开始的,先后直接或间接参与此项工作的部门或单位有:中国科学院、中国地质科学院、国家地震局、山东省地震局、山东省地矿局及其下属单位、烟台市综合地震台、烟台市抗震办公室、山东师范大学等,取得了若干调研成果¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。

二、烟台、威海地震地质特征

烟台、威海地震地质的研究从两方面入手,一是地震地质特征的研究,二是地震带和地震危险区的划分。

(一) 烟台、威海地震地质的特征

烟台、威海的地震地质特征,主要从以下方面阐明。

- 1) 山东省地震地质考察队, 1973, 胶东半岛的一些主要断裂描述。
- 2) 山东省地质局, 1979, 山东省构造体系与地震震中分布规律图说明书(1/50万)。
- 3) 烟台地区地震综合台, 1980, 烟台地区地震地质、历史震害及对未来地震活动趋势估计。
- 4) 烟台市城市防震抗灾委员会, 1981, 烟台市城市抗震基础资料(1—8)。
- 5) 烟台市地震综合台, 1983, 鲁东地块地震地质背景地震活动性及危险区划分。
- 6) 山东省地震局近期地震危险区判定小组, 1984, 山东省近期地震危险区判定与研究。
- 7) 山东省地质矿产局第三地质队, 1987, 中华人民共和国山东省烟台市构造地质图说明书(1/5万)。
- 8) 山东省地质矿产局第三地质队, 1987, 中华人民共和国山东省烟台市灾害地质图说明书(1/5万)。

1. 在全国全省的地震位置

烟台、威海属华北亚板块的胶东断块，断块西界是郯庐断裂带，东界是郯庐断裂的东分枝、嘉山——响水断裂，北界为威海至秦皇岛、天津一线的断裂构成，后者包括威海沿海岸带至蓬莱断裂及北黄海中部坳陷盆地的南缘断裂。据国家地震局1976年出版的“中国活动构造和地震震中分布图”、“中国地震烈度区划图”，烟台、威海属华北震区，予测临近最大危险区在北部海域中。地震震级予测为里氏六级，烟台市芝罘区地震基本烈度为Ⅷ度。

2. 地震地质背景

胶东断块由太古界胶东群和元古界粉子山群组成结晶基底，前者同位素年龄值在17亿年以上，最大为26.8亿年（锆石、u—pb、沈阳所），后者在12亿年以上，属基底裸露的长期隆起区。中生代燕山运动以来，其构造运动和岩浆活动强烈，称活化期。自第三纪至现代，区内的新构造运动显著。

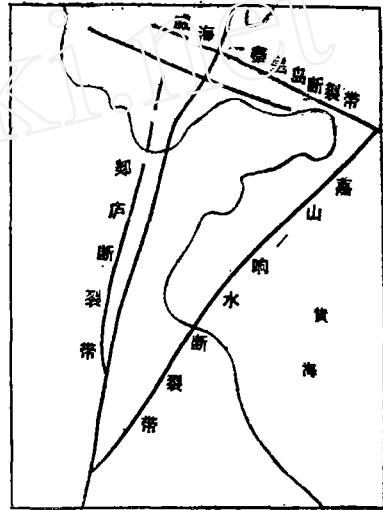


图1 胶东断块示意图

(1) 地质构造活动特点

断裂活动、岩浆活动、地壳差异性的升降、以及地热异常诸方面构成了区内地震的震发背景。

1) 地壳差异性的升降运动

胶东断块盖层甚少，且长期处于风化剥蚀状态，说明了上升是区内地壳运动的总趋势。地壳的运动亦与其它事物的发展变化一样，即不可能是直线向前发展的，有动有静，有升有降，升降交替，运动中出现差异，这就是区内地壳运动的特点。

A. 夷平面

胶东断块存在三期夷平面，即鲁中山地夷平面、唐县期夷平面及临城期夷平面。

鲁中山地夷平面：燕山运动过后，地壳相对进入了一个平静期。第三纪早期，即古新世，地壳稳定而遭受剥蚀，形成了鲁中山地夷平面。该夷平面在低山丘陵分布范围内表现明显，其高程约在500米左右。

唐县期山麓夷平面：第三纪中新世开始，地壳上升加剧，鲁中山地夷平面遭受切割破坏，上新世早期地壳又处于稳定，形成了唐县期夷平面。夷平面高出河床150~160米。因第三纪晚期玄武岩喷发、喷溢的复盖，夷平面保存完好，现为平平山顶盖着玄武岩层的方山地貌，有的玄武岩层下见河流堆积的砂砾层，为胶东地区砂金层位之一。

临城期夷平面：第三纪末地壳又上升加剧，唐县期夷平面遭到破坏。早更新世地壳稳定形成了临城期夷平面。夷平面高程约100~130米，其上见河流相堆积，如福山马山残存有黄色砂、砾石层堆积，应属当时所形成。

B. 河流阶地

区内 I、II 级河流阶地十分明显, III 级河流阶地仅在河流上游的丘陵区可辨。I 级河流阶地高出现代河床 3~5 米, 中下游为内迭阶地及掩埋阶地, 中上游多为内迭阶地, 阶地下部以砂砾为主, 上部由亚砂土及亚粘土组成, 属全新世以来地壳上升所致。II 级河流阶地在其中上游高出河床 10~15 米, 在山区有的高出河床 20 米以上, 在中下游一般为 5~10 米, 多为基座阶地, 阶地多由黄土及其上部每层砂砾石构成。

C. 沿海岸地带的海蚀及海积阶地

海岸带陆地边缘和近海岛屿, 海蚀及海积地貌形态千姿百异, 依其组合及出现高程和平面特征, 可以确定烟台、威海沿海有四级海蚀、海积阶地。

I 级海蚀及海积阶地: 发育在海水高潮线以上 2~6 米之间, 有海蚀阶地、海积阶地及诸如海积平原、连岛沙洲等类型。烟台市芝罘区的玉岱山、东炮台山海岸, 有高 4~5 米的海蚀平台, 其前缘清晰, 台面无第四系物质。以芝罘岛连岛沙洲为主体的芝罘区西沙旺平原, 其高程不足 5 米。青岛市连三岛、烟台市的崆峒岛均见到高出高潮线 2.3~6 米的海积阶地, 阶地由海积砂砾和海生贝壳组成。I 级阶地沿海岸带分布范围广, 结构和形态多异, 芝罘岛连岛沙洲泻湖中的贝壳 C^{14} 同位素年龄值为 5500 ± 150 年^[2], 故 I 级阶地形成的时间为全新世。

II 级海蚀及海积阶地: II 级阶地分布不如 I 级阶地广, 阶地面亦较窄, 其高程约为 10~15 米。芝罘岛芝罘大礁以东, 见阶地面由海积砂砾和海生贝壳组成, 荣成石岛湾一带的 II 级阶地面无堆积物。

III 级海蚀阶地: 阶地台面狭窄, 高程约在 25~30 米之间, 在牟平、福山沿海多处可辨。

IV 级阶地: 高程在 50~60 米之间。烟台市王家岛附近海岸高程 60 米处见峰窝状海蚀穴, 苏山岛高程 50 米处见海蚀微地貌, 青岛市千里岩岛上的 II、III、IV 级海蚀阶地极为显明, 其 50 米高程处见海蚀穴多处。在长山列岛, 多处可见由更新统黄土构成的 10~20 米高的海蚀崖, 在 60 米左右的高程处见亚砂土及亚粘土, 有海生生物和陆生生物的混杂堆积^[7], 说明该部位曾位于潮汐带附近, 是由新构造运动使其台升至现代的高度。

D. 断陷盆地

主要指由断裂活动而形成的黄县第三纪断陷盆地, 该盆地沉降幅度在千米以上, 第四系厚度在百米以上, 为胶东地区唯一具工业价值的含煤层位。从黄县(龙口)新生代盆地内某煤矿区的地层构造特征(图 2), 大体可窥探胶东断块第三纪的构造活动和三次夷平面形成的大体时代。

E. 胶东断块的掀翘特点

由于不均衡的地壳活动, 半岛地区宏观上呈现北部沿海一带的上升趋势和南部沿海一带的下降趋势, 从而导致了整个断块向西南方向倾斜, 即谓之“掀翘”。胶东断块掀翘的地质特征: 在区域地质构造上, 北部为胶西北隆起、文荣隆起、南部属胶莱坳陷, 半岛北部沿海海蚀地貌显著, 如千姿百态的沿海岛屿与海蚀地貌, 多岬角和陡峭的岸段, 南部胶州湾一带海岸为平直沙岸。胶东半岛的分水岭呈脊状、自西而东大体沿区内中部而稍偏北呈东西向伸展, 其以北河流坡降大、河流的侵蚀作用强, 以南的河流坡

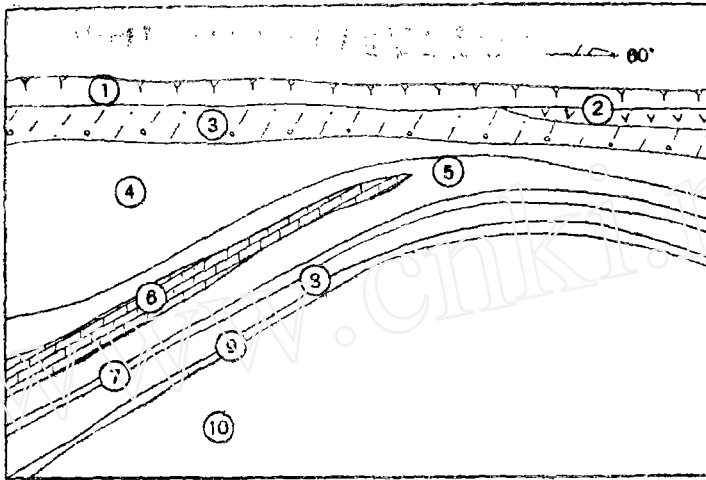


图2 黄县(龙口)新生代断陷盆地某煤矿区某勘探线剖面示意图
第四系：①亚粘土，亚砂土。②玄武岩（临城期夷平面形成期）；上第三系：③亚砂土，砂砾石。（唐县期夷平面形成期）；下第三系④钙质页岩、泥灰岩，⑤砂质页岩炭质页岩。⑥泥灰岩，⑦⑧煤系，⑨⑩砂页岩、砾岩（鲁中山地夷平面形成期）

降小、侵蚀作用弱，由河流的溯源侵蚀作用，宏观上表现为分水岭南移的现象。近年来通过监测发现，北部沿海非新生界断陷区，地壳每年上升幅度大于3毫米。

2) 断裂活动

胶东断块断裂的延伸方向主要有北东和近东西向两组。北东向的断裂有NE $0\sim 10^\circ$ 金牛山断裂带，NE $10\sim 25^\circ$ 左右的胶西北断裂带，NE约 $40\sim 50^\circ$ 的牟平—即墨断裂带；近东西向的断裂主要展布于栖霞复式背斜的两翼，北翼有福山镇—孚庆集断裂带，南翼有金刚口—石岛断裂带。上述各断裂带之主断裂成生时间较早，最强烈的活动期在中生代。蓬莱城南东西向断裂带主要展布于第三纪玄武岩出露区，为新生代断裂。经研究表明，上述各断裂带都有程度不同的活动，属区内发震断裂构造。

区内十三处地热出露点——温泉，皆与不连续的结构面、即断裂有关，地下热水的径流是沿结构面进行的。

3) 岩浆活动

新生代岩浆活动主要分布于胶东断块北部栖霞、蓬莱一带，表现为玄武岩的多次喷发和喷溢，属第三纪和第四纪玄武岩。第三纪玄武岩形成上新世中期，盖在唐县期夷平面上，经十余件同位素年龄测定平均值为6.71百万年（k—Ar）^[1]。第四纪玄武岩主要沿断裂出现在蓬莱沿海一带，黄土被复盖部位有烘烤变质现象，玄武岩相邻黄土层位热发光年龄测定值为 930.5 ± 14.34 千年^[8]，玄武岩为早更新世末、中更新世初产物。

(2) 地震背景

地震背景是指历史的和近期的地震活动特征。

据有关资料统计，烟台、威海自1917年至1963年共发生有感地震100余次，震级在

1) 王锡亮, 1985, 关于山东岩浆岩同位素年龄数据的应用和讨论, 山东地质情报, 第4期,

3~5级之间。从公元495年至1986年,陆地及近海发生4级以上地震13次,其中4~4.7级8次,5~5.5级3次,6级2次,震中烈度在V~Ⅷ度之间。

自1969年7月18日渤海大地震发生后,陆地及近海海域地震活动频繁,小震活动进入了一个高潮,其不仅频率高,而震级在3级以上的也越来越多。1976年唐山大地震临震前,长岛县的黑山岛、砣矶岛两次小震群达800余次,其最大震级为5级,同一时间发生3级地震多次。自1970年至1987年,发生2.8级以上的有感地震36次,地震有成群、成带分布的特点。

3. 地震地质特征

截至目前已有的资料,地震震源皆位于地壳内。

(1) 震源深度和震源介质

胶东断块的地壳厚度为30~36公里,其结构:0~6公里为沉积岩及变质岩层,6~10公里为结晶基底下部,10~20公里花岗岩层,以上为地壳硅铝层,20~30公里属硅镁层上部,30~36公里为硅镁层下部,以下为上地幔。

下面是自1970~1979年区内发生的108次 ≥ 2 级地震和43次 ≥ 3 级地震的震源深度、发震介质的统计(表1、2)。

表1 1970~1979年烟台、威海108次 ≥ 2 级小震统计

震源深度(公里)	小震次数(次)	占总数百分比(%)	震源介质层位	小震密集层位
0-6	无	0	沉积岩变质岩层	
6-10	11	10.2	结晶基底下部	分布在黑山岛深6~7公里处
10-20	41	38.0	花岗岩层	深17公里处为密集层位
20-30	48	44.4	玄武岩质层上部	20~25公里深处为最密集层位
30以下	8	7.4	玄武岩质层下部	

表2 1970~1979年烟台、威海43次 ≥ 3 级小地震统计

震源深度(公里)	小震次数(次)	占总数百分比(%)	震源介质层位	小震密集层位
0-6	无	0	沉积岩及变质岩层	
6-10	9	21	结晶基底下部	分布在黑山岛一带
10-20	15	35	花岗岩层	15~19公里为发震最多层位
20-25	15	35	玄武岩质层上部	
25-30	4	9		
30以下	0	0	玄武岩质层下部	

由表可知,从地表向下至5公里深处无发震层位,6—9公里深处之结晶基底下部层位有少量小震发生,深17公里左右为发震密集层位,这里应是硅铝层和硅镁层之介面附近,其20~25公里为另一高发震层位,该处应为硅镁层上部,硅镁层下部发震亦很少。

(2) 发震原因

依板块运动的观点,由板块的撞碰、挤压与俯冲,从而在板块之间、亚板块和构造块体中产生应力场,而集聚的应力是通过它们之间的位移来进行应力均衡及应力的释放,从而便产生地震,这就是胶东断块的发震原因。

烟台、威海属华北亚板块的胶东断块,其应力场在地质历史的进程中发生过多次变异,太古界胶东群和元古界粉子山群的构造线、岩浆岩带基本一致,二者构成了栖霞复式背斜的主体,震旦系沿复式背斜两翼及其与复式背斜轴向相垂直的南北向断陷盆地的分布^[6],表明这个地质时代的主压应力方向为南北向。中生代燕山运动强烈,是胶东断块形成和发展的主要时期,此时期的应力场亦发生过多次变异^[4],从而造就了胶东断块现代的主要构造形态。

现在胶东断块的应力场与燕山运动末期不同,其主压应力方向近东西、呈NEE~SWW向^[6],在此应力场的作用下,胶东断块的运动有如下特点(图3):沿嘉山~响

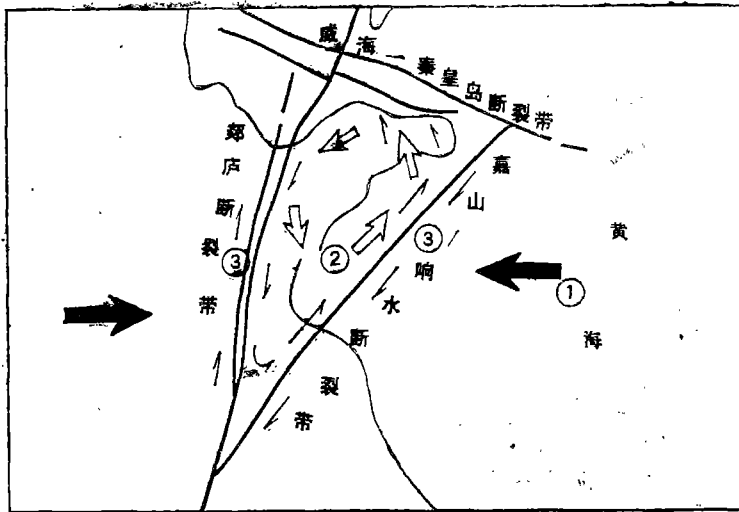


图3 胶东断块现代应力场示意图

- ①胶东断块的区域主压应力方向; ②胶东断块内旋扭应力场方向;
③断块界面两侧地壳相对运动方向; 矢量的长短代表相对运动的快慢

水断裂西侧的胶东断块相对断裂东侧向北滑动,其滑动方向由断块南部的北东向逐渐变为北东至北向;在郯庐断裂东侧的胶东断块则作相反方向、即向南滑动,但是其滑动速度要比嘉山~响水断裂一侧的该断块慢的多。由胶东断块呈近乎等腰的尖三角形,从而决定了断块相对东西断裂以外的地块,作向北滑动的趋势,并在胶东断块北部较宽阔的范围内,产生了如图3所示的扭应力场。如下的一些地质构造特征,似乎证明了该应

力场在起作用; 牟平~即墨断裂带在北部入海部位明显向西扭动, 并使其断裂带变窄, 金牛山断裂带北部也有向西扭动的特征, 北西西向的威海~蓬莱近海断裂带近期显示了若干张扭特点, 蓬莱城南新生代玄武岩分布区形成张扭性断裂群, 近期黄县(龙口)盆地的下沉亦应与近东西向断裂的张性活动有关, 区内温泉也主要分布在北东向压性断裂与北西向张性断裂的交汇部位。

据国家地震局测量大队的测量数据¹⁾表明, 山东半岛北部与辽东半岛南部正以每年 15 厘米的速度相向推进, 如果测量误差足以保证测量数据的准确性的话, 那就说明胶东断块正沿北黄海中部拗陷南缘的断裂带, 以较快的速度向北逆冲, 这或许就是胶东断块掀翘的原因。

断块的推移和断块内断裂的活动是相伴随的, 而断裂的活动又与地震密切相关。推发震机制为: 在区域应力场的作用下, 胶东断块作为一个整体相对东西两侧的断块向北滑动。由于断块本身呈尖长的三角形, 这就决定了其不同部位的地应力大小、方向等存在着差异, 由于断块的边界条件和断块内部由断裂划分的块体边界条件限制。故在断块内的滑动速度和方向亦不可能协调一致, 因而在地壳内的某些部位便产生了应力的聚集和积累, 当应力的积累达到一定程度时, 就在断块和断块内由断裂划分的块体之间, 沿其结合软弱部位发生相对滑动或振动位移来传递、释放应力, 协调其间地应力的平衡, 从而产生了地震。

由胶东断块的边界条件、地壳结构及断裂划分性强、部分断裂推测已达硅镁层及上地幔^{2) [6]}这一特点, 故断块内部块体之间以滑动或振动进行能量的均衡、释放是较容易的, 换言之, 区内不大可能产生强震。

(3) 发震特点

烟台、威海地震活动的特点是发震频度高, 地震强度小, 有感范围广。胶东断块基底裸露, 刚性强, 断裂划分性强, 断裂力学性质多次变异, 因而断块内部块体之间结合力弱, 从而决定了上述发震特点。

(4) 地震周期

历史与近期地震活动表明, 烟台、威海地震活动与华北及山东全省的地震活动时间特点一致, 似乎存在着 400~500 年左右的周期, 目前正处在中强地震的活跃期(表 3), 3 级以上的地震频繁发生, 1970~1987 年之间, 大于 4 级小于 5 级的地震共发生 11 次, 近期有发生 6.5 级中强地震的可能性。

4. 地震带的划分

划分地震带是研究地震活动, 进行地震危险区划分和烈度区划的基础。

(1) 划分地震带的条件

主要依据下列条件划分地震带: 历史地震和现在地震震中分布的带状地带, 发震条

1) 桂煜长, 1987, 大地变形测量在城市定势研究中的作用。一九八七年“全国城市地质理论与技术方法”讨论会论文。

2) 山东省地质局, 1979, 山东省构造体系与地震震中分布规律图说明书(1/50万)。

表3 烟台、威海自公元495~1969年中强地震统计

地震时间	地点	震级 (ML)	相隔时间 (年)	
495. 3. 31	福山近海	5.5		551
1046. 4. 18	蓬莱滨海	5.0		
1548. 9. 13	蓬莱近海	6.0	502	384
1796. 3	诸城	5.0	248	
1932. 8. 22	青岛市东海中	6.75	136	
1939. 1. 9	乳山巫山	5.5	7	37
1948. 5. 23	威海近海	6.0	9	
1969	西邻渤海	7.4	21	

件、频度特征、震源深度大致相近,发生在同一构造活动带的地震为同一地震带;地震带的边界条件是震中在平面上的分布范围和构造上有小震震中分布范围及断裂活动带的范围。

(2) 地震带的划分

烟台、威海划出四条地震带(图4)。

1) 荣成~千里岩地震带:范围是从荣成城厢中生代断陷盆地至千里岩断拗区,该带自1970年至今,共发生小于及等于5级的有感地震10次,6.75级的中强地震1次。

2) 牟平~即墨地震带:范围大致与牟平~即墨断裂带和金牛山断裂带主干断裂展布范围一致。该带自1970~1987年共发生小于或等于5级的有感地震5次,1939年曾发生过5.5级的中强地震一次,1948年在北端海域还曾发生过6级地震一次。其北延可能跨海与鸭绿江地震带衔接,向南经五莲、莒县与沂沭地震带相连。

3) 威海~蓬莱沿海地震带:范围在陆地沿岸和近海海域中,带的北界应为北黄海中部拗陷南缘断裂带。有的认为该带是怀来~北京~天津~渤海地震带的东延部分,其在长山列岛以西为沂沭断裂带所分割,地震活动则表现为西强东弱。该带为区内最活跃的地震带。

4) 招远~石岛地震带:呈东西延伸,与荣成~千里岩、牟平~即墨地震带相贯穿,该带位于栖霞复式背斜轴部偏南,与其近东西向的断裂发育地带相一致,带的西段自1970年以后,共发生5级以下有感地震6次。

(二) 地震烈度及地震危险区的划分(图4)

地震烈度的确定是城市防震抗灾的依据。地震危险区是根据历史及当前地震活动的特点、规律结合地质构造条件确定的中强地震可能发生的地区。

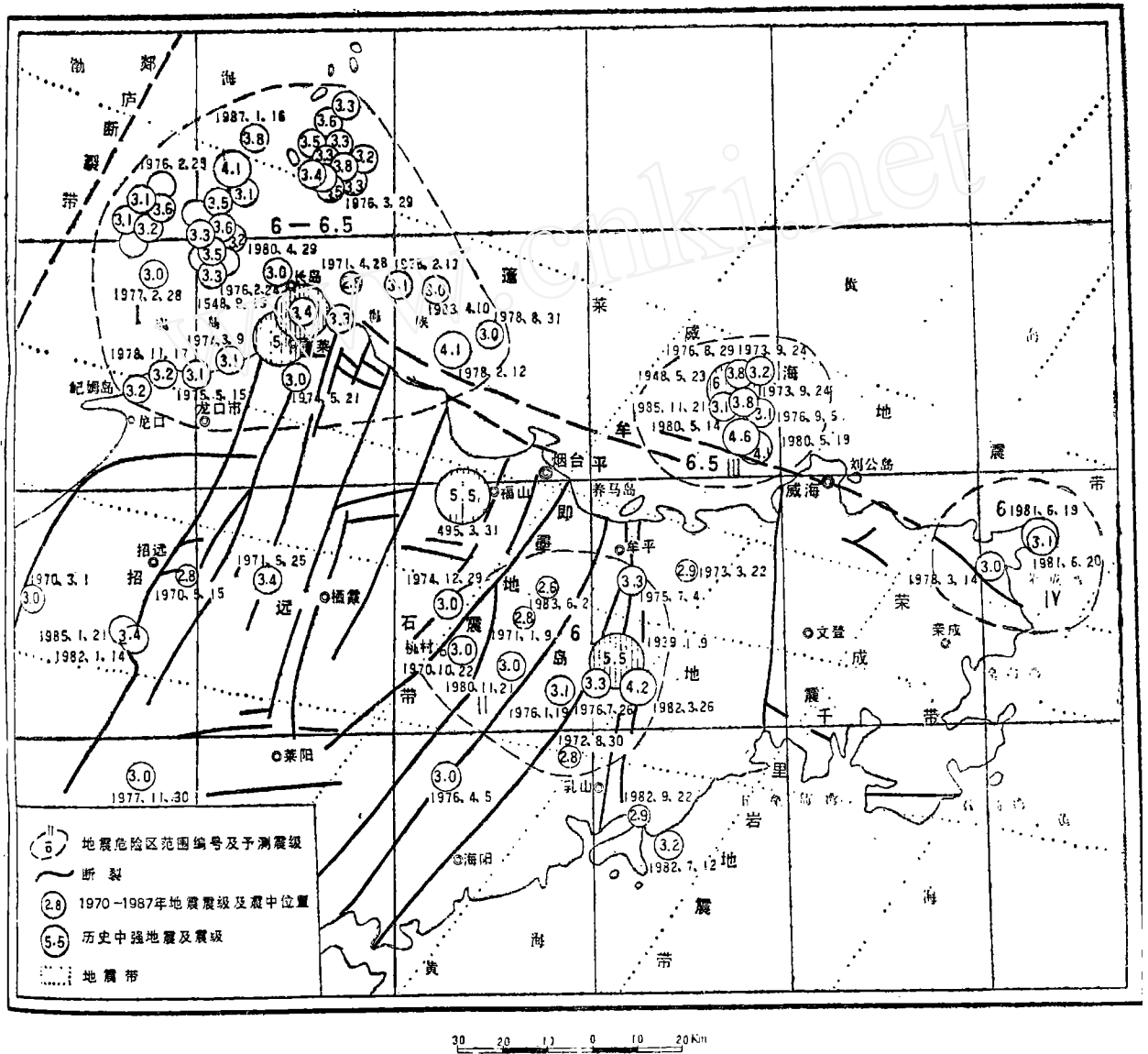


图4 烟台、威海市地震带及地震危险区划分图
(附1970-1987年有感地震及历史中强地震)

1. 地震烈度

地震烈度的高低，除了与地震震级的大小直接相关外，还有若干其它因素。

(1) 烈度的确定

我国地震高发区已实现监测台纲化，所以一旦有地震发生，里氏震级即可测出，结合现场调查其烈度不难确定。对于历史上发生的中强地震烈度的研究，主要靠震害记载进行推研。

1) 1548年9月13日(明嘉靖廿七年八月十六日)蓬莱地震记载:登州(蓬莱)大震、城为之崩,坏民舍无算(嘉靖宁海志)。宁海州(牟平)地大震、有声、坏民庐舍(嘉靖宁海志)。福山大震(中国地震目录)。推测地震震中位置为:东经 $120^{\circ}42'$,北纬 $37^{\circ}48'$ 。震级为里氏6级,震中基本烈度为Ⅷ度。

2) 1939年1月9日,乳山县河南村发生地震,据1978年对四十余村的调查,宏观上震中位于乳山与牟平交界处,包括午极镇、下初乡北部,水道镇南部,受灾较重的有巫山、河南、簸箕掌、马台石、山前庄、西仙姑等村。据不完全统计,伤亡近百人,震中一带地面普遍裂缝、喷砂、冒红黑水,倒塌房屋数以百计,地裂缝最宽达40厘米,喷水线呈北东~南西向相继出现,其方向与金牛山断裂一致,推测震中为:东经 $121^{\circ}34'$,北纬 $37^{\circ}06'$,地震震级为里氏5.5级,震中烈度Ⅷ度,局部为Ⅸ度,等烈度线呈纺锤状,长轴呈北北东向,地震与金牛山断裂活动有关。

3) 1948年5月23日威海地震(威海西北近海海域中):威海市少数房屋倒塌,地裂缝甚多,原威海体育场裂缝宽处约3厘米,长数米,地震时地裂缝喷水高丈余,市内房屋瓦片脱落多,东门外浴池砖垒烟囱由四个角扭为八个角。前双岛村震时地下呼噜作响,远处地面腾起白雾,嗅到硫磺气味,喷水地裂缝呈北西~南东向。文登瓦片脱落、河水上翻。烟台市芝罘区少数房屋倒塌、裂缝。青岛市有感。推测震级为里氏6级,震中烈度为Ⅷ度,震中位置为:东经 $121^{\circ}54'$,北纬 $37^{\circ}42'$ 。

4) 1969年7月18日渤海地震:地震震级7.4级,震中烈度Ⅸ—Ⅹ度。震中位置:东经 $119^{\circ}24'$,北纬 $38^{\circ}12'$,震源深度35公里。

以上四次地震于烟台、威海推研等烈度线如下(图5)。

(2) 影响地震烈度的因素

地震震级,震源深度,传播介质,地质构造特点是影响烈度的主要因素。

1) 地震震级震源深度与震中烈度

据有关资料^[1],震级、震源深度、震中烈度有如下相关关系。

表4 地震震级、震源深度与震中烈度相关关系

震中烈度 震级 (ML)	震源深度 (km)				
	5	10	15	20	25
3	5	4	3.5	3	2.5
4	6.5	5.5	5	4.5	4
5	8	7	6.5	6	5.5
6	9.5	8.5	8	7.5	7
7	11	10	9.5	9	8.5

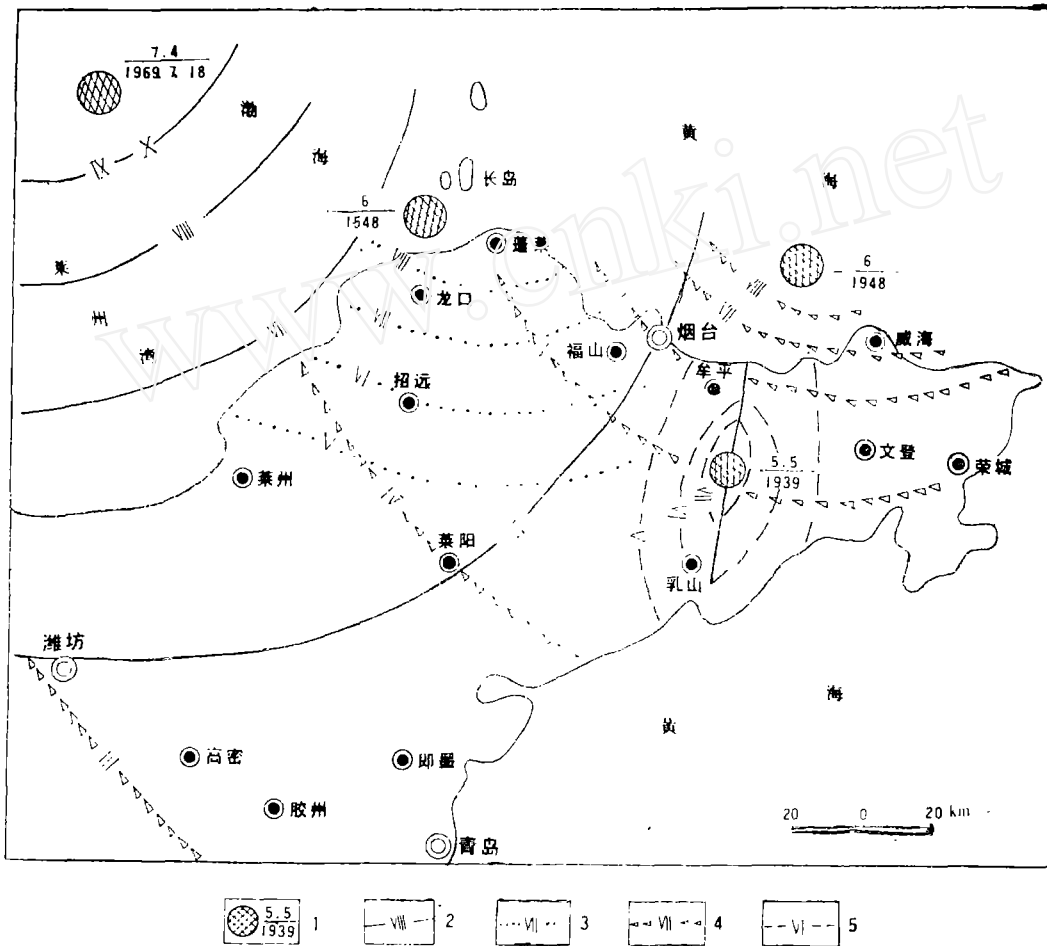


图5 烟台、威海四次中强地震推研烈度线图

1、中强地震发生部位,时间与震级; 2、1969年渤海7.4级地震等烈度线; 3、1548年蓬莱6级地震等烈度线。 4、1948年威海6级地震等烈度线; 5、1939年牟平乳山5.5级地震等烈度线。

胶东断块的地震为壳内浅源地震,其震源深度多在10~25公里之间,一般5级地震的震中烈度为VI~VII度,5.5级为VII度,6级为VIII度,如果区内地震震级不超过6.5级,则地震烈度一般不会大于IX度。

2) 地质构造因素

地震等烈度线的长轴方向,一般与主要发震构造线走向一致(图5),如果地震发生在两组较大断裂的交汇部位,一般等烈度线呈园状或长短轴比值很小的椭圆状,烈度在断裂倾向方向衰减慢,而在相反方向则减快,当断层面倾角很小时,此种现象尤为明显,地震烈度沿断裂面表现较高的原因是由地震波的折射及反射所致。

3) 地形地貌岩石水文因素

在不同的岩石中,地震波的水平加速度及卓越周期不同,因而在同一地震相距震中距离相等的范围内,由岩石不同会出现烈度差异。基岩与第四系松散物相比,前者水平加速度峰值低,卓越周期短,后者峰值高,卓越周期长,因而基岩与松散物来比,地震的烈度低。另外由地形地貌因素产生的次生灾害,如滑坡、崩塌、泥石流,由水文因素产生的液化、喷沙、喷水、地裂缝等,均相应使震害加重。

2. 危险区的划分

依据地震历史背景、近期地震的分布、活动特点及发展趋势,结合新构造运动的特征,进行危险区的划分,并予测近期可能发生的地震震级和震中烈度。

烟台、威海划出四处地震危险区(图4)。

(1) 蓬莱、龙口沿海地震危险区(I)

范围包括蓬莱、龙口北部,长山列岛及其附近海域,予测今后几十年内可发能生6~6.5级中强地震,极震区的烈度可达Ⅷ度左右。

(2) 芝罘区南邻牟平、乳山间巫山地震危险区(II)

位于牟平、乳山两县交界地带,危险区范围约2000平方公里,预计今后数十年内可能发生6级中强地震,推测震中烈度约Ⅷ度左右。

(3) 威海西北海域地震危险区(III)

位于威海市西北近海水域,予测今后数十年内可能发生6.5级中强地震,极震区烈度可达Ⅷ度,波及近岸沿海约Ⅷ度左右。

(4) 荣成城厢地震危险小区(IV)

位于荣成城厢至成山角一带,预计今后几十年内可发生6级中强地震,震中烈度约在Ⅷ度左右。

3. 各地震危险区的地震地质特征

(1) 蓬莱、龙口沿海地震危险区

区内新构造运动强烈,地震活动频繁。

三组不同方向的断裂于区内相汇,北北东向断裂、北西向断裂及近东西向断裂都处在程度不同的活动之中。北北东向主断裂之林家庄~上庄断裂、丰仪店断裂、玲珑断裂成生于元古代^[7],中生代强烈活动,沿断裂部分区段形成岩浆杂岩带及断陷盆地,新生代继续活动,从而导致了玄武岩的喷发和喷溢,以及构成龙口第三纪盆地之边界。北西向主断裂为蓬莱~威海断裂,由胶东断块沿其向北逆冲,成为区内构造活动最强烈的地带。近东西向断裂主要展布在蓬莱城南大片玄武岩地区和龙口(黄县)断陷盆地中,断裂目前正处在反时针张性扭动中。在蓬莱城南铜井一带,于第四纪玄武岩和午城黄土中^[5],有成组出现的新断裂及断层崖。

新生代褶皱见于龙口(黄县)第三纪盆地中,下第三系被末褶皱的上第三系所复盖,见零星第四纪玄武岩分布,目前盆地正以每年3.5毫米的速度下沉。

该区是地震集中的高发区,历史记载有感地震154次,其中1970~1987年发生有感地震71次。1976年3月29日~30日两天,在危险区北缘的黑山岛、砣矶岛发震560余次,其中有感地震34次,4~5级的两次。史载于1046年4月18日发生过5级地震,

1548年9月13日发生过6级地震,1986年7月2日在长山岛北部连续发生了4.4级、4.3级两次地震,1987年1月16日该岛西部再次发生过3.8级地震。

(2) 芝罘区南邻牟平、乳山间巫山地震危险区

位于芝罘区南,为烟台、威海金矿成矿远景区及产金区之一。区内的主要活动断裂带有金牛山断裂带、牟平~即墨断裂带,各带之主要断裂为继承性活动断裂,现在地热异常区与牟平、即墨断裂带范围大体一致,通过卫片及航磁解译发现数条北西向的韧性剪切带与上述断裂带相汇。

近年区内地震活动有加强的趋势,有记载的地震14次,其中1970年至1987年发生有感地震13次,最大震级4.2级。1939年1月9日曾发生过5.5级中强地震。

(3) 威海西北海域地震危险区

处于威海~蓬莱断裂带与金牛山断裂带和牟平~即墨断裂带的交汇部位,近期为地震高发区,历史记载有感地震75次,其中1970年以来14次,震级4级以上的3次。1948年5月23日发生了6级地震,1980年5月14日和19日又分别发生了4.6级和4.1级地震。

(4) 荣成城厢地震危险小区

位于蓬莱~威海断裂带于陆上端点入海部位,为中生代断陷盆地和岩浆活动区,1978至1981年发生过3~4.5级地震3次。胶东断块呈三角形,该区位于一顶点附近,预计未来的地震活动会有增无减。

4. 芝罘区地震危险性分析

芝罘区位于胶东断块北缘,西北为蓬莱龙口沿海地震危险区,东部有威海西北海域地震危险区,东南有巫山地震危险区。1668年郯城8.5级地震影响芝罘区的地震烈度为Ⅷ度,1948年威海6级地震影响区内的烈度为Ⅵ度,1969年渤海7.4级地震影响区内的烈度为Ⅵ度。1976年中国地震烈度图定芝罘区的基本烈度为Ⅷ度。通过各地震危险区的地震地质特征分析和未来地震震级予测表明,芝罘区遭受破坏性地震灾害的可能性是不允忽视的。

依据芝罘区周围200~300公里地震地质环境、芝罘区内不同岩石的地震动能衰减规律,用概率的方法估计遭受各种地震动能影响的可能性及大小,认为芝罘区在50年内遭受大体上相当于或超过地震烈度为Ⅷ度的影响概率为百分之十^{*}。

三、烟台、威海地震地质特征总结

1.烟台、威海区域构造为断块特征,其西界郯庐断裂带规模最大。断块地壳厚度30~36公里,为几组不同方向的断裂切割,部分主要断裂已达地壳硅镁层下部或上地幔,断裂多数属壳内继承性活动断裂。

2.断块结晶基底裸露,长期以来处于上升趋势,中生代岩浆强烈活动,中生代及新生代有断陷盆地形成。第三纪及第四纪仍然有岩浆活动。

* 烟台市城市抗震防灾委员会,1985,烟台市城市抗震防灾规划。

3.属地震高发区,发震与断裂关系密切,多组断裂交汇部位为地震密集区。地震为壳内地震,震源多发生在硅铝层与硅镁层介面附近及硅镁层上部,地震频度高、震级小、有感范围广。

4.区内划出四条地震带和四处地震危险区,预测数十年内发生地震最强为里氏6.5级左右,极震区最高烈度不会超过Ⅷ度。

5.芝罘区位于几处地震危险区之间,推测数十年内,各危险区地震影响区内的基本烈度约Ⅷ度左右。

结 语

为了防御地震灾害,若干单位于烟台、威海做了大量的地震地质调查、研究工作,积累了丰富的资料。本文是基于发震地质条件和宏观地质特征写成,对于地震地球物理方面的微观资料未予涉及。

若文中有不当之处,请指正。

参 考 文 献

- 〔1〕工程地质手册编写组,1982,工程地质手册(第二版)。中国建筑工业出版社。
- 〔2〕山东省地震局,1983,山东省地震史料汇编。地震出版社。
- 〔3〕丁梦麟、裴静娴,1984,山东蓬莱等地第四纪玄武岩的热发光年龄。地质科学,第1期。
- 〔4〕聂宗笙,1985年,华北地区的燕山运动。地质科学,第4期。
- 〔5〕刘石年,1987,山东西北部地洼构造~岩浆活动与脉金矿床的形成。大地构造与成矿学,第11卷,第2期。
- 〔6〕马杏垣,1987,中国岩石圈动力学概要。地质学报,第61卷,第2期。
- 〔7〕金期龙、郑开云,1964,庙岛群岛地质初步观察。海洋与湖沼,第6卷,第4期。

SEISMOGEOLOGICAL CHARACTERISTICS IN THE CITIES OF YANTAI AND WEIHAI

Jia Shengsan

(The 3rd Geological Brigade, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The paper is intended to expound on the neotectonic movements in Shandong Peninsula and the characteristics of seismic activities there in history, especially since the 70's. On the basis of the interdependence between them, four seismic belts and four seismic danger regions are delimited in the area under the jurisdiction of Yantai and Weihai. The intensity of the moderately strong earthquakes in the Peninsula and its vicinity has been estimated; the analyses of the depth and media of focuses, the advent characteristics as well as the crust structure therein have shown that the quakes within the region were crustal shallow-focus ones, and the concentrated positions were i) at a depth of about 17 km in the sialsphere just above the interface; ii) at a depth of 20—25 km in the simasphere just below the intrface. The current stress field of the crust, the general movement tendency and the causes of the quakes in the Peninsula were inferred based on the plate tectonics. With reference to the recorded earthquake intensities and the seimogeological circumstances in the Peninsula, and by comparison with its vicinity, it can be predicted that in scores of years to come, the moderately strong quakes would be 6—6.5 on Richter Scale, with the intensity of the epicenter area seldom stronger than IX degrees. In the Zhifu District of Yantai and the Huancui District of Weihai, the seismic intensity to be caused by the quakes in the danger regions in the scores of years to come would be VI degrees approximately,