

环渤海地区区域地壳稳定性分区与评价

田德培, 王兰化, 王丽瑛

(天津市地质调查研究院, 天津 300191)

摘要:以构造稳定性研究为主, 配合介质稳定性和地面稳定性的研究, 采用模糊数学评判方法, 对环渤海地区区域地壳稳定性进行了探讨。以现今构造应力场、现今地壳垂直形变和水平形变资料为依据, 综合分析探讨现今构造活动性和地震活动的规律, 将本区地壳稳定性划分出相对稳定、相对基本稳定、相对较不稳定、相对不稳定四个等级。相对稳定区主要有辽东本溪—凤城等地, 相对基本稳定区主要有辽宁阜新—抚顺—本溪—岫岩环形带等地, 相对较不稳定区主要有河北昌黎—玉田—霸州—任丘—海兴等地, 相对不稳定区主要有唐山—天津—沧州等地。评价分区结果与中国地震局用地震危险性分析概率方法所编著的地震烈度区划图、地震动区划图结果是一致的。

关键词:区域地壳稳定性; 构造稳定性; 介质(岩土体)稳定性; 地面稳定性; 地震烈度

中图分类号: P546

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2005)01-0047-09

环渤海地区包括辽宁、河北、天津、山东四省市的平原和周边山区(包括两个半岛区), 是我国东部沿海三个重要的经济发展战略地区之一。

环渤海地区, 特别是渤海地区地质构造复杂, 新构造和地震活动频繁。了解该区地质构造特征、地球物理特征, 特别是深部构造特征与介质的横向非均匀性, 对研究断层的活动性及地震的孕育环境具有重要意义。多年来, 本区开展了众多重磁、地热场、大地电磁测深和深地震测深等工作, 获得重要成果。中国地震局有关专家采用地震危险性分析概率方法, 完成了该区地震烈度区划图及地震动参数区划图的编制, 我们试图利用现今构造活动性和地震活动性分析资料, 采用评价地壳稳定性的指标, 以模糊数学综合评判方法, 确定稳定性等级, 进行区域地壳稳定性分区与评价。

1 区域地质构造环境

环渤海地区在区域构造单元上属华北断块, 其中次一级构造单元为燕山块隆、冀渤块隆、胶辽块隆和鲁西隆起等。该区发育有太古代、元古代变质岩组成的结晶岩基底和中上元古界、寒武系和奥陶系组成的沉积盖层, 燕山运

动在本区发育有大量岩浆岩, 白垩纪至古近纪在华北陆缘盆地次一级断陷中发育有厚达 5 000 m 碎屑岩沉积, 新近纪至第四纪陆缘盆整体下沉, 沉积了厚达 2 000 多米的碎屑沉积物。不同时代、不同结构、不同密度的岩石归并后, 划分为结晶岩、沉积岩(隆起区)和松散层沉积区(盆地或平原区)^[1]。

本区新构造运动具明显的继承性与新生性。继承性表现为新近纪基本继承了古近纪的构造格局; 新生性表现为在古近纪构造格局的基础上, 上新世以来形成一些前所未有的新构造, 如张家口—渤海一系列北西向拗陷带; 周边山区新近纪以来继承性持续上升, 冀渤拗陷为继承性持续下沉地区。主要区域新构造单元构造及沉积演化特征如下:

(1) 燕山块隆: 总体走向近 EW—NE 向, 新生代时期主要表现为间歇性、阶梯性整体抬升, 形成多级夷平面; 第四纪除河谷中有一些堆积阶地外, 广大地区为剥蚀区。新构造时期的持续隆起区内部差异活动不明显, 地震活动较弱, 但渐新世、尤其是第四纪以来, 隆起区南缘形成的 NW 向张家口—渤海断裂带, 构造活动明显增强。

(2) 胶辽块隆: 总体走向为 NNE—NE 向, 在新近纪—第四纪时期, 在辽东、胶东之间形成渤

收稿日期: 2004-10-10

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(200112400003)

作者简介: 田德培(1939-), 男, 高级工程师, 从事环境地质、环境工程地质研究, 电话 022-23670182。

海湾;第四纪以来以间歇性抬升为主,形成多级夷平面。区内地震活动弱。

(3)太行山块隆:总体走向 NNE-NE 向,新构造运动主要表现为整体间歇性抬升,发育多级夷平面,抬升后呈北陡南缓状,且东侧间歇性上升幅度小,西侧幅度大,为掀斜运动特征。地震活动较弱。

(4)鲁西隆起区:总体走向 NW 向,新生代晚期以来一直处于缓慢上升状态,形成数级夷平面。

(5)冀渤块陷:系周边被一系列深大断裂和隆起山区围成的断陷块体。始新世早期,在块体内部 NNE 向断裂控制下,发育了一系列 NNE 向长条形断陷盆地,中间以隆起相隔,互不相连。次级构造单元可分为下辽河拗陷、渤中拗陷、冀中拗陷、沧县隆起、黄骅拗陷和埕宁隆起等等。渐新世是块陷活动最强烈时期,原来的断陷继续扩大,又沿 NW 带形成一些断陷中心,中新世以来,长期处于继承性持续下降区。区内多组构造发育,构造线主要呈 NNE 和 NWW 向,也有一些近 E-W 向断裂。块陷边缘和内部差异性升降活动明显,强震十分活跃,有大量的 7 级以上地震发生。

新生代晚期以来,冀渤块陷内部一直快速下沉,黄骅拗陷和冀中拗陷第四系堆积最大厚度超过 500 m,下辽河拗陷沉积 100 ~ 300 m;渤中拗陷古近系至第四系的厚度在凸起上约 1 600 m,而在拗陷中厚度达 3 600 m,拗陷区内构造断裂复杂,地震活动强。

2 深部地球物理特征

2.1 华北断块的重力特征

根据《辽宁核电站厂址区域稳定性分析与评价》^①报告中的资料,认为本区重力特征从整体上看,华北断块的布格重力场与地面高程有明显的反向关系:地面愈高的地区(如燕山区和太行山区)布格异常值愈小,如北京怀来地区负异常值

达 -120 毫伽左右,地面愈低的地区(如渤海地区)布格异常趋于正值达 +70 毫伽。重力异常趋势变化反映区域地壳厚度由东向西逐步变厚,这与均衡说是一致的。重力异常梯度带与深部的构造带和表层构造单元的边界相对应。

2.2 华北断块的地壳厚度特征

从徐煜坚^[2]等人编制的华北地区莫氏面等深线图可以看出,重力资料显示上地幔隆起中心在渤海湾,与新生代拗陷区呈很好的镜像关系。隆起与拗陷大致呈 NE-NNE 向排列展布。华北平原上地幔隆起莫氏面埋深一般 28 ~ 34 km,到燕山、太行山地区地壳厚度为 40 ~ 43 km,沧县隆起的莫氏面埋深 35 ~ 36 km(图 1)。

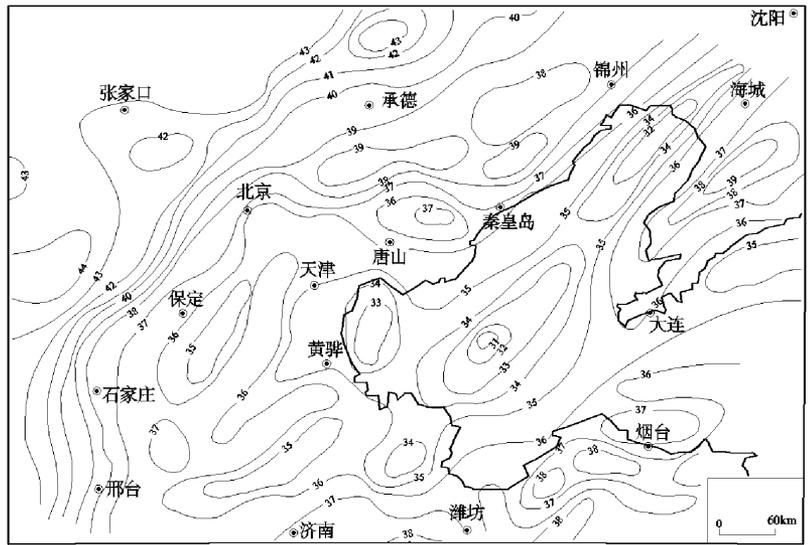


图 1 华北地区莫氏面等深线图(单位:km)^[2]

Fig. 1 Moho isobath in North China region (unit: km)

值得指出的是:从渤海中部到塘沽,经塘沽到北京、张家口一带有一个隐状上地幔隆起带,其东南端是渤中上地幔隆起,西北端则是怀来、宣化上地幔隆起,由此莫氏面 36 ~ 38 km 埋深线在北京地区明显向西偏离。深大断裂发育于上地幔隆起与拗陷的边界地带,也是中强地震容易孕育的部位。

2.3 华北断块的地磁特征

根据《辽宁核电站厂址区域稳定性分析与评价》报告中的资料,磁场与重力场一样,变化也较为剧烈。工作区西北部为正负磁异常区,渤海凹陷与下辽河凹陷为正负磁异常,磁场以

①地质矿产部沈阳地质矿产研究所. 辽宁核电站厂址区域稳定性分析与评价,1984.

北东、北北东向为主,一般为 +100 ~ +400 伽玛。以郟庐断裂为界,西侧为华北正磁异常区,东侧为胶辽负磁异常区,磁场大多低于 -50 伽玛。华北平原正磁异常区异常轴多为 NW - NWW 或 NNE 向,地震的成带活动与航磁异常条带相吻合。

3 新构造运动与构造应力场

3.1 区域活动构造带

本区发育着不同方向、不同深度的深大断裂(图 2),其形成和发展虽各有差别,但共同点是新生代时多有强烈活动。

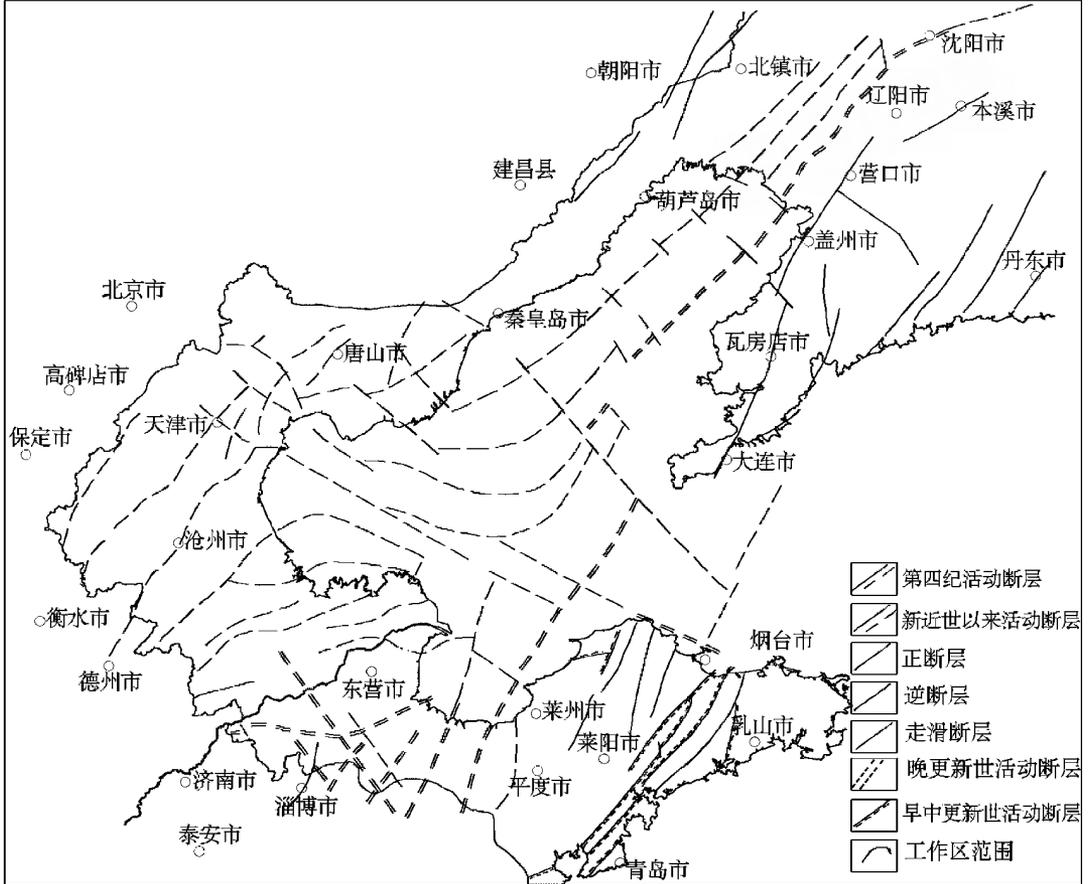


图 2 环渤海地区活动构造带分布简图

Fig. 2 Distribution of the active structural zones in Circum-Bohai-Sea Region

(1) 郟—庐断裂带,全长近 5 000 km, NNE 走向,大体可分北、中、南三段(其中北、中段在研究区内出现),北段为辽河段,中段为营(口)—潍(坊)段、南段(临)沂—沭(阳)段。南段和北段由四条断裂组成,形成两(地)堑夹一(地)垒的构造格局。沂—沭段南北两端第四纪活动强烈,北段新生代早期断陷活动强烈,第四纪活动较弱。

(2) 唐山—衡水活动断裂带,在区内长 310 km,宽 40 ~ 50 km,由一系列 NNE 向断裂和少数 NW 向、近 E - W 向断裂组成,其中以沧东断裂和大城断裂规模较大。该带断裂北部第四纪活动强烈,南部及 NEE 向断裂有:唐山—宁河

断裂、沧东断裂及宁河—昌黎断裂等;NW 向及近 E - W 向断裂有:蓟运河断裂、宝坻断裂、滦县—乐亭断裂、海河断裂等。上述断裂相交切割成块体,构造复杂^[3]。

(3) 东营—聊城束状活动构造带,由西南向东撒开,长 250 km,宽 20 ~ 130 km,由一系列 NE - NNE 向断裂和少量 NW 向、近 EW 东西向断裂组成。其中广饶—齐河断裂和聊城—兰考断裂为华北平原与鲁西山地区边界。NE 向断裂呈向 NW 方向的凸出弧形弯曲,且入渤海与郟—庐断裂带中段相交。诸断裂在第四纪早、中期有继承性活动,以正断层活动为主。第四纪中晚期以来活动减弱(大多已停止活动),未

发现全新世活动断裂。

(4) 渤海活动构造区内断裂带,由渤中坳陷及周边断裂组成,位于埕宁隆起、济阳坳陷和下辽河坳陷的衔接地区。NE、NW 及近 E-W 向三组走向的断裂构造都存在,构造比较复杂,营一滩断裂穿过本区,致使地幔上隆,地壳拉张。西北边有 NEE 向断裂带,长 180 ~ 200 km,宽 20 ~ 30 km。西南边有 NWW 向断裂带,长 140 km,宽 30 ~ 40 km。坳陷东侧为营一滩断裂带的一部分,由于渤中坳陷的强烈下沉,从而造成周围断裂的发育。新生代沉积厚度达 11 000 m^[5]。

(5) 辽东—胶东活动构造带,辽东半岛和胶东半岛两部分组成,中间由北黄海相隔。辽东半岛由一系列 NNE 向断裂和 NEE 向断裂组成,第四纪时仍有活动。胶东地区的断裂由 NE 向断裂和少数 NNE、EW 向断裂组成,部分断裂第四纪有活动。胶东北部沿海区有 NW 向渤海—威海断裂带,具由北向南掀斜抬升的特点,大多数断裂在第四纪早、中期逐渐停止活动,仅少数在晚更新世、全新世时有活动。

3.2 第四纪构造运动特点

环渤海地区新构造的基本特点是断块升降活动,主要受 NE、NNE 向构造体系控制,构造断裂亦以此方向为主,NW、NWW 向断裂规模较小。本区最大沉降中心为渤海,第四系厚度接近 500 m,局部沉降中心有冀中坳陷、黄骅坳陷、下辽河东部坳陷等,总体看来是凹陷中有隆起,隆起上也有凹陷,第四系厚度变化较大。相对隆起的地区第四系厚度一般为 100 ~ 300 m,局部下更新统缺失,反映平原内部差异性升降活动明显,新构造活动活跃。相对隆起区隆起幅度也不相同,如辽西走廊汾水期夷平面高度一般在 100 m 左右,而在辽东山地则达到 230 m,胶东丘陵一般为 150 ~ 180 m,相对渤海沉降区高差达 830 m;减去原始地形高差,表明第四纪以来本区相对升降最大可达 600 m。

第四纪以来胶辽山地隆起区以间歇性上升为主,广泛分布 4 ~ 5 级夷平面,相对高差达 150 ~ 200 m。

3.3 新构造运动特点

3.3.1 环渤海地区地壳垂直形变

使用大面积精密水准网复测资料进行地形变问题和现代构造运动研究是一种很好的手段。本次研究收集最早的资料为 1951 年,最近的为 2001 年观测资料^①。水准路线超过 20 000 km 进行平差计算,得到本区垂直形变速率,可分三个地区说明。

(1) 山东地区:在莱州湾西部和济南—兖州一带为相对下降区,潍坊西部和兖州地区下降速度较大,达到 -6 mm/a 以上。鲁中、鲁南和胶东丘陵为上升区,大部分地区上升速率在 0 ~ 3 mm/a,烟台—蓬莱等局部地段达 4 mm/a。莱州湾南部和东部以及黄海沿岸相对上升,西部的黄河口附近相对下降。莱州湾东西两侧的对差异活动达 6 ~ 7 mm/a。东营—博兴地区,由于 20 世纪 80 ~ 90 年代胜利油田建成后开采石油出现快速下降,1985 ~ 1996 年间下降速率达到 -25 mm/a。

(1) 河北地区(含天津市):北部的燕山地区表现为上升,上升速率 1 ~ 2 mm/a。河北平原为下降区,形成了以汉沽、天津、沧州为中心的强烈下降区,下降速率均在 -20 mm/a 以内,其主要原因是过量开采地下水。河北平原区下降速率普遍较大,主要是由于廿世纪 70 年代以来大中小城市开采地下水和华北油田的采油造成的下降区连在一起,加快了下降变化。天津下降中心局部曾一度达到 -77 mm/a。

(3) 辽宁地区:辽宁地区西部的朝阳—沈阳一带和辽东半岛为上升区,上升速率较大者达 4 ~ 6 mm/a。下辽河近河口地区和辽西渤海沿岸为下降地带,一般下降速率为 -1 ~ -3 mm/a,辽河口地区的下降速率最大达到 -8 mm/a。

综上所述,本区现代构造运动的主要特征是以继承性运动为主,即山地和丘陵地区垂直形变仍为上升,而平原等地区继续保持下降。

3.3.2 环渤海地区地壳水平形变

环渤海地区在 GPS 重点监测区大华北地区内监测点相对较多,且已有多期观测资料积累,具备水平形变分析条件。选时间跨度长、数据较好的 1996 年和 2001 年资料^①进行计算和分

^①天津地质调查研究院(田德培,王兰化等). 环渤海地区水资源与环境调查评价区域稳定性分区与评价专题报告,2003. 万方数据

析,重点研究环渤海地区几条较大地震活动构造带的活动性质。

(1)以横向贯穿图幅中部的北京—渤中—蓬莱构造带为界,北部的 GPS 观测点位移矢量大部分指向 NW 和 NWW 方向;南部各点则比较凌乱,但是指向 SE 方向者占一半以上。这表明沿此活动构造带南、北两个块体存在着相对的左旋运动,即在东、西块体整体向 SEE 方向运动趋势下,华北块体与燕辽块体之间存在相对的运动速率差异,此即引发左旋运动的原因。华北 GPS 地壳运动观测 1992 ~ 1996 年复测结果显示^①,其北部燕山块体多点平均运动矢量为 NW(2.3 ± 1.2)mm/a,南部平原断块多点北西平均运动矢量为 SE(2.4 ± 0.7)mm/a,两大断块呈现出反向位移,表明北西带两侧断块现代左旋水平滑动十分显著。

(2)郟庐断裂带的现代构造活动性是不明显的。

3.4 构造应力场概述

从地貌特征、第四纪地层分布及厚度变化、新构造运动特征(主要是火山口的分布、火山岩的发育、温泉点的出露)反映出环渤海地区新生代构造运动作用方式为南北挤压和南北向相对扭动两种构造应力场起主导作用。

根据本区地应力绝对值测量点(全区共 22 个点)和震源机制解(本区震源机制解 11 个,天津市 5 级以上震源力学参数 14 个),反映出本区现代构造运动及应力场主要受 NWW—近 E—W 向压应力作用,NNW 向拉张,主应力值各地不一,未见张应力。

本区大多数震源都以平推错动为主,震源地方的最大主压应力呈近水平方向。

4 区域地震活动性特征和地震强度分析及预测

4.1 区域地震活动性特征分析

本区是我国地震强烈活动地区之一,我国东部地区四次强烈地震(河北省邢台 1966 年 7.2 级、渤海 1969 年 7.4 级、辽宁省海城 1975 年 7.3 级、河北省唐山 1976 年 7.8 级)均发生在这

个地域内。

4.1.1 地震活动的时间分布

华北地区从公元前 231 年就有 6 级地震记录,至今已发生 ≥ 6 级地震 44 次。公元 1000 年以来地震时间分布是不均匀的,明显存在四个活动期,地震高潮阶段出现间隔时间与活动期持续时间都反映出周期性。根据章淮鲁^②的地震序列周期分析,无论频度、强度都存在 300 年左右周期。根据近三个活动期强度顶峰地震活动时间分布规律,可推测唐山地震之后,华北 6 级地震危险尚需延续 60 年左右,即今后 40 年内华北地区仍有 6 级地震的起伏。

4.1.2 地震活动的空间分布

本区属华北地震区,根据区域大地构造、新构造、地球物理场和地震活动等特征,可以划分出河北平原地震带、郟—庐地震带、北京—渤海强震带、辽东地震带、辽西地震带和石家庄—安丘地震带,全区 90% 的 6 ~ 6.9 级强震和全部 ≥ 7 级的大震都发生在这几条强震带上。

(1)河北平原地震带:西界为太行山断裂带,北界至燕山南麓张家口—渤海断裂带,东部与郟—庐地震带相邻,包含河北平原一系列 NNE—NE 向断裂。呈 NNE 向展布,与区域地壳厚度、布格重力异常和航磁异常等值线展布方向基本一致。历史上曾发生一次 8 级地震、5 次 7.0 ~ 7.9 级地震、13 次 6.0 ~ 6.9 级地震,为中强地震密集区。

(2)郟—庐地震带:呈 NNE 向展布,是一条巨大重力梯度带。深部重力异常表现东部高西侧低,同时也是一条航磁异常梯度带,在上延 10 km 磁异常图上,表现为正负异常区的分界带。带内多发生强烈地震,最大的 8.5 级一次,7.0 ~ 7.9 级 6 次,6.0 ~ 6.9 级 6 次,且多发生在 NNE 与 NW 向活动断裂带交汇部位,尤其是郟—庐断裂带与张家口—渤海断裂带相交部位。

(3)北京—渤海强震地震带:地震发生频率高,强度大,分布广泛。该带集中了整个环渤海地区三分之一的强震,也是近代小地震密集分布区,特别是它与河北平原地震带与郟—庐地震带相交,在环渤海区形成两个高密度和高强

①天津地质调查研究院(田德培,王兰化等).环渤海地区水资源与环境调查评价区域稳定性分区与评价专题报告,2003.

②章淮鲁.华北地区地震序列周期分析,1984.

度地震发生区,成为对全区地壳稳定性最具威胁性的地带。计发生 ≥ 6.0 级地震 20 次,其中 7~7.9 级地震 7 次,8 级地震 1 次,例如 1679 年三河、平谷 8 级大地震和 1976 年唐山 7.8 级地震,以及 1969 年渤中 7.4 级地震。带内地震强度尚有差异,以渤海段最强,燕山南地段地震活动次之,蓬莱—威海段最弱。

(4) 辽东强震构造带:该带位于辽东隆起与下辽河拗陷交接地带,带内分布有 NE-NNE 向的金州断裂,浑河断裂等,曾发生 ≥ 6.0 级地震 3 次,其中 ≥ 7 级地震 1 次。

(5) 辽西强震构造带:该带包括辽西的几条主要活动断裂,如阜新一锦州断裂、朝阳—北票断裂等。沿着这些断裂发育有中生代断陷盆地,共记录 ≥ 5 级地震 3 次,其中 ≥ 6.0 级 1 次,地震活动较弱。

4.2 地震强度分析及预测

公元 1484 年以来,环渤海地区 6 级以上地震明显呈带状分布(图 3)^①,北京—渤海地震带呈

NW 向分布,河北平原地震带和郯—庐地震带呈 NE 向展布。不同地震活动期中各地震带地震活动特点有很大差别。在第三地震活动期中(1484~1730 年),NW 向的北京—渤海带共发生 6 级以上地震 11 次,其中 8 级 1 次,7 级 2 次,6~6.9 级 8 次都发生在该带北部的 NE 向次级构造带上。同一时期 NE 向地震带地震活动较为平静,仅发生为数不多的 5~5.9 级地震。第四地震活动期(1815 年至今)本地区地震活动发生根本性变化,6 级以上皆发生在 NE 向地震带上。河北平原地震带 6 级以上地震 12 次,其中 7 级以上地震 4 次,郯庐地震带 6~6.9 级地震 3 次,7 级以上地震 3 次。在空间分布上,6 级以上地震在两条 NE 向地震带的南北两端丛集分布,而在地震带的中部段落仅有个别一两次 6 级地震发生。第四地震活动期,地震活动表现特点为 NE 向带状分布,强度大,频度高,丛集发生。与此相反,第三地震活动期中,地震活动频繁的 NW 向地震带仅有几次 5~5.9 级地震发生。

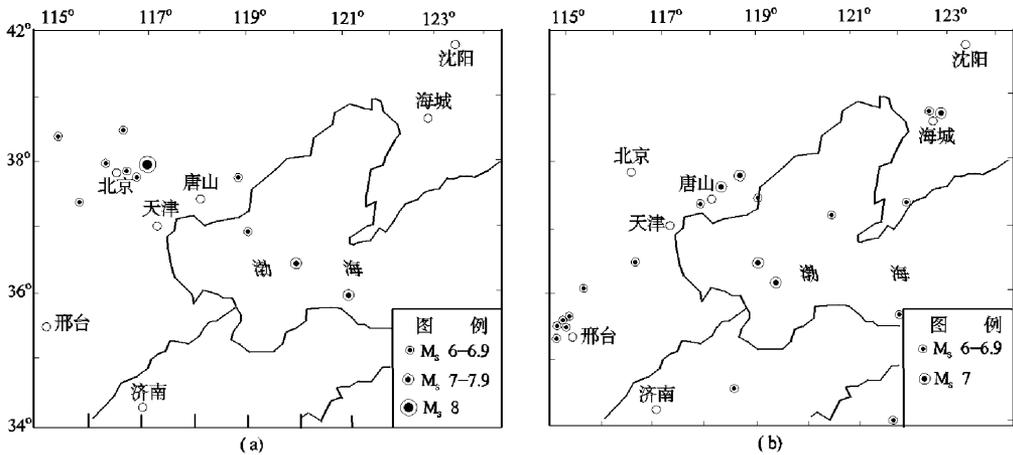


图 3 渤海及近邻地区地震($M_s \geq 6$ 级)分布图

Fig. 3 Earthquake ($M_s \geq$ class 6) distribution in Bohai Sea and its adjacent regions

(a) 1484 ~ 1730 年 $M_s \geq 6$ 级, (b) 1815 ~ 现在 $M_s \geq 6$ 级

第三活动期 1484 年以来,区内强震发生与区内 NW 向和 NE 向断裂带构造活动有直接成因关系。不同地震活动期强震活动带与强震活动主导方向的变化,反映了区域构造应力场应力状态的变化,以及地壳构造薄弱带主导构造活动带的构造转变和活动性迁移特征。区域地震活动性变化规律及现今地震活动特点表明,

通过几次 7 级以上地震发生,NE 向地震活动带已经达到高潮期,今后一段时期它们仍是中强地震活动的地区。

1976 年唐山 $M_s 7.8$ 地震是华北地区第四地震活动期中最大的一次。根据第四地震活动期以唐山地震为主峰两侧地震的时间分布,可推测此次地震后,本活动期剩余释放阶段发生 6

① 万方数据 天津市工程地震研究中心,天津市经济技术开发区地震小区划,1999 年。

~ 7 级地震活动时间仍可延续 50 ~ 60 年。结合构造分析结果,6 级以上地震的余震构造为 NE 向地震构造带,可能发震地段在 NE 向断裂带与 NW 向断裂带交汇部位,其中渤海中部地区发震可能性较大。

6 区域地壳稳定性分区

环渤海地区区域地壳稳定性的分区与评价属于区域层次,是在数省大面积地域内进行的,它以研究地球内力作用下的地壳形变、断裂位移动、地震活动形成的地质灾害对人类和工程建设安全的影响程度为主。

6.1 分区原则及方法

(1) 以活动构造断裂带为核心,“安全岛”理论为指标思想,现代地壳活动为重点,依据区域地壳稳定性的基本含义,以内动力作用为主,参考地块性状和物理地质作用。

(2) 时间和空间上,分别侧重选用全新世以来的时限范围和地壳表层的稳定程度。

(3) 待评区的划分原则:待评区是在区域构造研究的基础上,编制构造分区图作为基本待评区的轮廓,在此基础上进一步细分待评区作为计算评判使用。

(4) 在综合各因素的基础上,将活动构造体系或主干构造带,以及它们之间所围限的地块

形体,分别划分出不同类型的活动构造带和块状形体。

(5) 稳定性类型以四分法为基础,分别划分为稳定区、基本稳定区、较不稳定区、不稳定区,在不稳定区中还可划分出极不稳定地段。

(6) 区域地壳稳定性评价的模糊数学计算将按照取值、计算、判定相对稳定性等级的顺序进行。

(7) 各个待评区都按照计算结果相应确定相对稳定等级以后,对相邻同一构造单元相对稳定等级相同的待评区可合并,按照构造单元依次进行地壳稳定性分区。

(8) 区域地壳稳定性综合评价与分区是根据各种影响因素综合制定的,主要依据构造稳定性、介质稳定性和地面稳定性进行综合评价,具体评价标准在环渤海地区主要选择六项指标内容,包括①表层地壳结构及岩土力学性质,②深部地壳结构构造,③地块升降及地壳活动速率,④断裂及其活动性,⑤现今地应力,⑥主要内动力地质灾害。

6.2 区域地壳稳定性分区

评价分区结果与国家地震局所编著本区地震烈度区划图(第三代)^[7]和地震动区划图(第四代)^①结果一致。这两张图是由中国地震部门用地震危险性分析概率方法编制的。两种方法分区的一致性,说明我们的地壳稳定性分区是可信的(表 2,图 4)。

表 2 环渤海地区地壳稳定性分区

Table 2 Crustal stability divisions in Circum-Bohai-Sea Region

地壳稳定性等级划分	各等级分区大致范围
相对稳定区 (3 处)	1. 辽东本溪—凤城地区
	2. 辽西义县南—河北迁安
	3. 山东青岛—海阳—莱阳地区
相对基本稳定区 (5 处)	1. 辽宁阜新—新民—抚顺—本溪—岫岩环形带
	2. 辽宁复州—大连地区
	3. 辽宁锦州—河北秦皇岛地区(辽西走廊)
	4. 河北泊头—山东乐陵—山东邹平地区
	5. 山东高密—招远—荣成地区
相对较不稳定区 (5 处)	1. 河北昌黎—滦县—玉田—霸州—任丘—泊头—海兴地区
	2. 山东潍坊—东营—沾化地区
	3. 山东长岛—烟台—威海北西带
	4. 辽宁金州—鞍山—沈阳—辽西义县环形带
	5. 辽宁丹东—孤山地区
相对不稳定区 (2 处)	1. 唐山—天津—沧州地区,其中宁河、汉沽和丰南为极不稳定地段。
	2. 辽宁下辽河地区:盘锦—营口地区

① 中华人民共和国国家标准(GB18306-2001),中国地震动参数区划图, 15506601-17600,国家质量技术监督局发布,2001. 万方数据

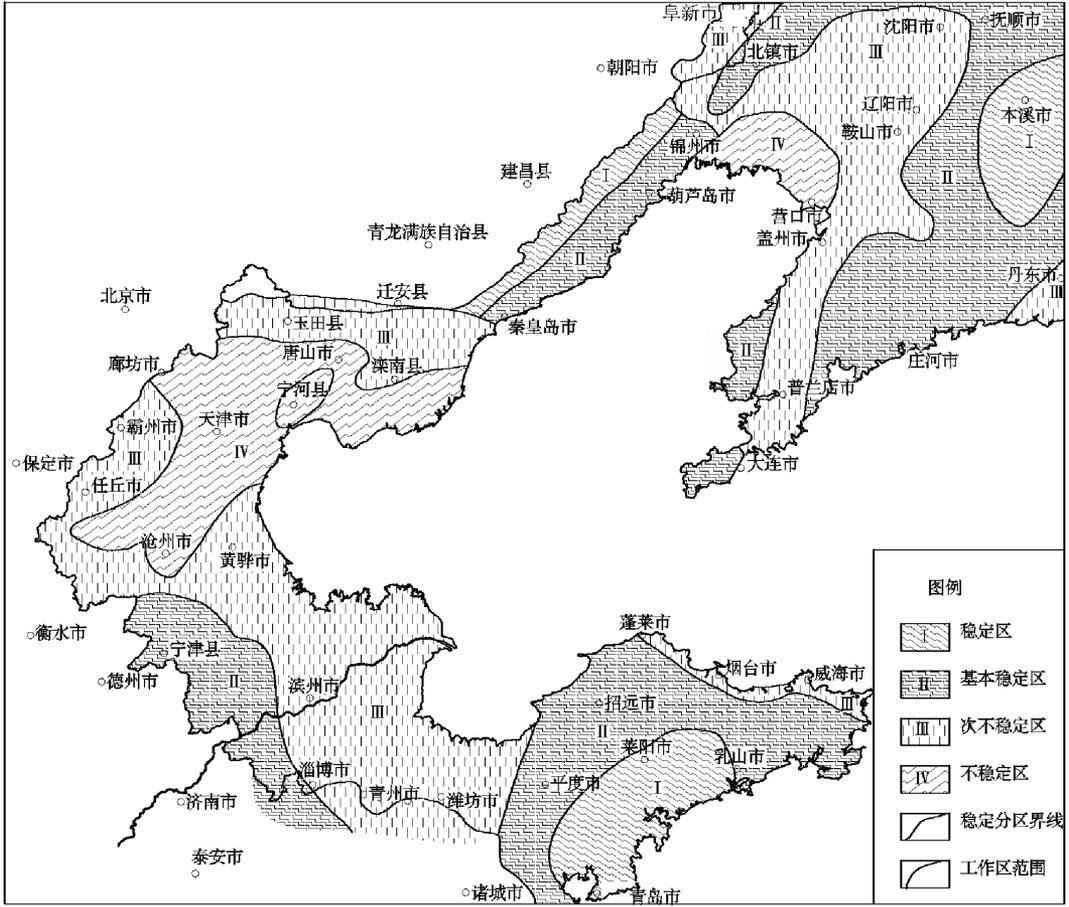


图 4 环渤海地区地壳稳定性分区简图(1 : 5 000 000)

Fig. 4 Crustal stability divisions in Circum-Bohai-Sea Region

参考文献:

[1] 国家地震局. 中国岩石圈动力学地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1989, 7-5031-0540-2/K · 265.

[2] 徐煜坚, 罗焕炎, 等. 华北北部地区地质模型与强震迁移[M]. 北京: 地震出版社, 1985, 108-228.

[3] 国家地震局地质研究所. 河北平原及周围地区新构造图说明书[M]. 北京: 地震出版社, 1985 年.

[4] 晁洪太, 王琦, 李家灵, 等. 《山东省地震构造图》, 《山东省新构造图》说明书[M]. 山东省地图出版社, 1997, 7-80532-285-6.

[5] 王善书, 等. 沿海大陆架及毗邻海域油气区(上册)中国石油地质志·卷十六[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987, 7-5021-0504-2/TE · 482.

[6] 孙叶, 谭成轩, 李开善, 等. 区域地壳稳定性量化评价(区域地壳稳定性地质力学)[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 7-116-02763-7.

[7] 国家地震局. 中国地震烈度区划图及说明书[M]. 北京: 地震出版社, 1991.

Estimation on Regional Crustal Stability in Circum-Bohai-Sea Region

TIAN De-pei, WANG Lan-hua, WANG Li-ying

(*Tianjin Institute of Geological Survey and Research, Tianjin 300191*)

Abstract: Through the investigation of the structural stress field present period, the vertical and horizontal deformation of the crust, the stability of the earth's crust in Circum-Bohai-Sea Region is discussed in this paper based on the studies of the stability of the rock, soil medium and the ground surface, and present structural activity and seismic active regularity. It is suggested that four relative stable grades should be divided in this region, i. e. stable, sub-stable, less stable and instable. The stable areas include Benxi-Fengcheng of Eastern Liaoning etc., and the sub-stable areas Fuxin--Fushun-Benxi-Xiuyan etc., less stable areas Changli-Yutian-Bazhou-Renqiu--Haixing etc., and instable areas Tangshan-Tianjin-Cangzhou etc.. This division of the regional crustal stability is the same with the conclusion that worked by China Seismic Bureau on the basis of the probability method of earthquake fatality analysis.

Key words: regional crust stability; stability of the rock and soil media; ground surface stability; earthquake intensity

科技部“环渤海地区海洋及陆地矿产资源图集整编”项目获优秀

科技部“环渤海地区海洋及陆地矿产资源图集整编”由天津地质矿产研究所承担,于 2004 年 12 月 21 日在京通过验收并获优秀项目。主要成果:(1)首次编制完成了环渤海地区 1:250 万及河北、北京、天津、辽宁、山东、山西 1:200 万(内蒙中部 1:400 万)贵金属、有色金属、非金属、固体能源矿产图、油气田图和地质图,包括矿种 85 种,矿产地 4200 余个。(2)编制完成了该区超大型、大型、中型和小型矿床系列卡片,系统总结了该区海洋和陆地矿产资源的成矿地质特征和成矿规律。(3)总结了区内矿床的成矿时代,采用最新的测年方法获得了区内十余处金矿的新年龄数据。(4)首次运用了 GIS 技术,采用了统一的技术标准,编制了环渤海地区以及分省的黑色、有色、贵金属、非金属、固体燃料和油气矿产资源数字图件和数字地质图。参评专家认为,该项目成果图文并茂,内容丰富,富于创新,重点突出,符合有关技术要求,充分而准确地反映了该区矿产资源现状,对今后的矿产资源的勘查、评价、科学研究和政府决策将产生重要影响,给予“优秀”评价。

编辑部报道