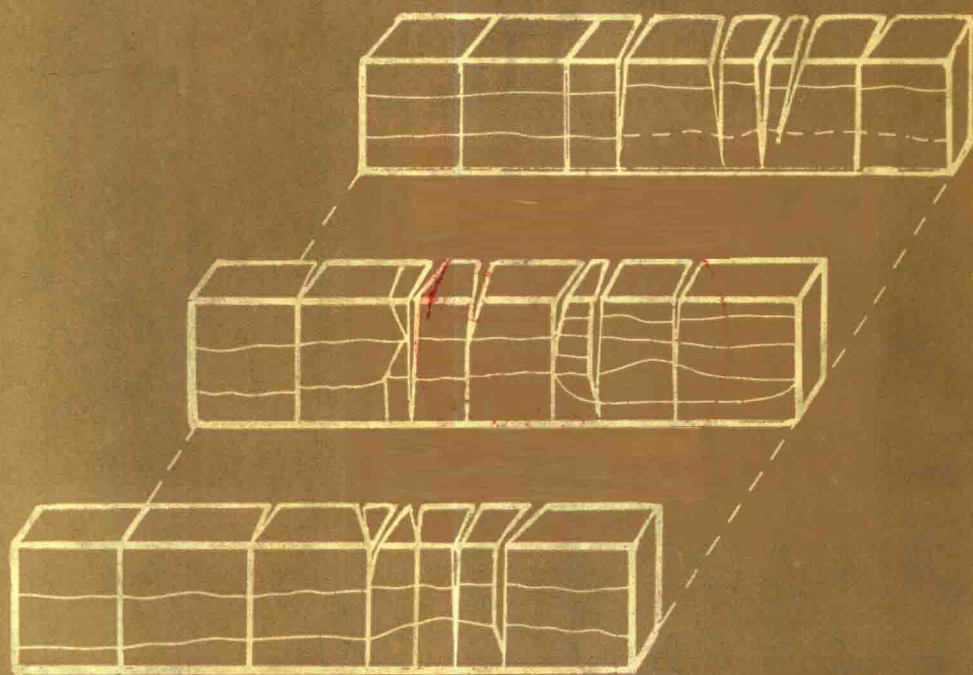


华北北部地区 地质模型与强震迁移

徐煜坚 罗焕炎 魏顺民 向宏发 宋惠珍 等著



地震出版社

华北北部地区地质模型 与 强 震 迁 移

徐 煜 坚 罗 焕 炎
等 著
魏 顺 民 向 宏 发 宋 惠 珍

地 震 出 版 社

1 9 8 5

内 容 简 介

本书是研究华北北部地区地质模型与强震迁移的一部专著。

全书共分五章。第一章叙述了区内地质构造、岩浆活动及活动断裂；第二章叙述了各种地质界面及立体地质模型建立的原则、方法，块体运动和现代构造应力场；第三章分析了区内地壳形变、强震的发育构造和地震地质条件，进而研究了地震危险性；第四章叙述了三维有限单元方法和计算程序，以及区内四个强震迁移规律的数值模拟；第五章论述了用图象识别方法计算区内地震危险性的方法原理、资料选择及计算结果。结论中总结了全书各章的主要研究及计算成果，以及区内发生强震的主要标志，并指出今后可能发生强震的地区。

本书可供地震地质、地震预报、地震区划研究人员以及这方面的教学人员参考。

华北北部地区地质模型与强震迁移

徐煜坚 罗焕炎 等著

戴顺民 向宏发 宋惠珍

责任编辑：李树菁

地 震 出 版 社 出 版

北京复兴路63号

北京市印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/16 10.75印张 267千字

1985年10月第一版 1985年10月第一次印刷

印数 0001—1300

统一书号：13180·268 定价：2.60元

绪 言

地球动力学的基本原理形成于十九世纪。本世纪六十年代以来,地球科学得到了新的发展,特别是板块构造理论的出现,推动了地质构造学、岩石学、地球化学、地球物理学以及数学和力学等学科的相互渗透,形成了一个比较全面而统一的全球构造学说。

在大陆漂移和海底扩张的基础上,提出了板块构造学说。近年来,为了发展板块构造学说,除了加强研究板块成因及其运动的力源外,特别重视大陆岩石圈动力学的探讨,以便说明大陆内部地震成因机制等问题。我们首先用地质构造学、岩石学和地球化学的观点来研究大陆地壳的格架和物质在时间和空间上的演化规律,同时特别重视深部地球物理性质的探测。这样做的目的是为了建立比较可靠的地质模型,定性说明区域构造力的作用方式,为地球动力学模型的建立提供依据。然后按照深部温度和压力条件的定性分析,进行岩石的物理、力学性质和化学变化(包括流变、相变和化学能的转换等)的室内模拟实验,以便了解深部物质状态,并对探测到的重力、地热、大地电磁和地表形变等进行物理解释。这样把野外的宏观定性分析同室内实验和数值计算等结合起来,便成为利用地壳运动学来解释大陆内部地震成因和机制的重要方法。

板块构造理论把岩石圈看作为刚体,这固然很容易解释在板块边界发生地震的驱动机制,但对板内地震活动和火山作用,以及板内的垂直和水平运动(如盆地下沉、山脉隆起和地层褶皱断裂等现象)都不易阐明它们的机制和成因。因此,近年来人们特别重视研究板内重力和热力引起的深部物质运动与浅部地质构造的关系,用来说明板内地震驱动力的方向和大小。并利用地形变等资料来说明震源应力变化和深部动态。在此基础上通过数学模拟板内应力、应变状态的变化,就可能为板内大地震迁移和地震预报提供理论依据。

目前,国内外文献所报导的大多为二维地应力场的数值模拟问题,单纯以断层位移量的变化来计算围岩的应力状态。为弥补这些不足,我们采用了三维有限单元进行计算。

华北北部是指河北、辽南、鲁北以及渤海地区。1966—1976年十年间,先后在邢台、渤海海域、海城和唐山发生了四次破坏性地震。主震震中从邢台地区向东北东延入渤海海域,转向北东到海城,再折向南西越过渤海到达唐山,大致呈菱形分布。这一系列强震的发生引起了国内外地震工作者的普遍注意。人们最关心的是这一系列强震的形成条件和迁移过程。特别是唐山地震发生后,下一次地震将在什么地方发生?这一问题不能不引起人们的关注。因此,密切注视这一地区的地震趋势和状态,是摆在我们面前的一项重要而又迫切的任务。本书在前人对地质、地球物理、大地测量和二维有限单元分析研究的基础上,试图通过建立地质模型,把地震地质综合分析、三维有限单元计算和图象识别结合起来,探讨华北北部地区大地震迁移规律和未来可能发生强震的危险区。

我们应用地球动力学的原理和方法,侧重对活动断裂和地壳深层界面进行研究,并尽可能把地面地质构造和用地球物理方法探测到的深部结构结合起来,把山区和平原的地质构造和海洋地质构造结合起来。考虑到本地区的地震多发生在地壳中上部界面附近,因此,整个工作是用断裂形成地震的力学机制和方法来讨论的。根据上述观点和方法建立起本地区的地

质模型。

通过地震地质综合分析,研究未来地震危险性,这是地震预测的一项基础性工作。在这里我们强调了断层的活动状况与地震的关系。我们根据这种关系,除了可以为三维有限单元计算提供必要的参数外,还可以提出新的独特的地球动力学见解。其结果与有限单元计算和图象识别互相对比、补充和验证,无疑是有益的。地震地质综合分析部分在利用大量实际资料和编制地质模型的基础上,重点突出了与发生地震直接有关的因素。

地震地质工作中所用的图象识别技术,也是一项较新的工作。我们在地质模型的基础上,选择出与地震活动有关的特征参数,对华北北部地区的震源构造进行图象识别,进而通过计算,求出未来的地震危险区。

按照岩石圈动力学观点,从断块运动与地震的相关性出发,建立地质模型;以三维有限单元计算为主,结合地震地质综合分析和图象识别方法探索地震危险区,是一项新的工作。为此目的,书中综合介绍了一些基础资料,在此基础上进行了分析、计算,并得出结论。

第一章从沉积建造、岩浆活动、构造变形等方面概略介绍了本区的地质构造发展史,进而讨论了中生代的地质构造特征,然后比较详细地介绍了新生代以来的构造(特别是断裂)运动。

第二章根据一般地质分层并考虑有限单元计算的需要,从岩石密度出发划分了各个地质界面和相应的岩性层,分析了各个地质界面的形态特征。在此基础上提出建立地质模型的原则和方法,编制了华北北部地区的立体地质模型。作出北西西—南东东方向的三十九个地质剖面,讨论了华北地壳块体运动方式和应力场。

第三章根据历史地震时、空、强规律和1970—1980年 $M_s=2.0$ 级以上地震的活动特点,结合地质构造、地球物理、地形变等资料,对四个强震的地震构造作了比较详细的讨论。在此基础上提出了强震发生的地震地质条件,定性地指出了可能发生6级以上地震的几个危险区。

第四章是三维有限单元计算,根据地质模型中划分的三十九个剖面,采用八节点三维实体单元位移模型,利用降低刚度和扩大塑性变形,以及震源区剪应力反向方式模拟四个强震的形成和迁移过程,并预测未来可能发生强震的地区。

第五章是图象识别计算。根据地质模型提供的资料,从地质构造、新构造活动、岩性特征和深部构造物理条件等几个方面选择与地震有关的图象特征参数三十个,根据历史地震资料对区内二百三十个图象点进行识别,预测本区未来的地震危险区。

最后是结论。其中对地震地质、三维有限单元和图象识别三种方法提出了地震危险区的综合评述,论证了华北北部地区的现代构造应力和地震活动的力源以及区内应变积累、释放的方式,并对地震危险区作了评价。

全书在徐煜坚、罗焕炎两位教授指导下,由魏顺民、向宏发、宋惠珍、叶洪等具体负责各章节的撰写,并由魏顺民、向宏发对全书进行汇总、修改和统编。

在本书编写过程中,得到河北省地震局、辽宁省地震局、国家地震局分析预报中心、地震地质大队、地震测量大队和地质研究所等单位的大力支持。刘杰汉、王登第、张正曙、罗东明、刘德林、于新昌、耿士昌、陈德明、王纪尧、陈银河、卢良玉、韩子荣、殷秀华、刘占坡、王永烈等参加了部分工作。

初稿完成后,承张步春、张裕明、王连芳等提出修改意见,在此谨致谢意。

序

一九六六年至一九七六年，在我国东部，从邢台、渤海到海城、唐山，先后发生了四次七级以上的破坏性地震。这些强震相继发生在人口密集的华北平原区，不能不引起人们普遍的关注。特别是，这一连串的大地震究竟是如何形成、发生和迁移的？唐山地震后情况会怎样？对于这一系列问题，国内外地震科学工作者各抒己见，众说纷纭。

为此，国家地震局组织所属的地质研究所及有关单位的研究人员，在过去多年工作的基础上，自一九七九年开始全面收集地质构造、地球物理、地形变、地震等方面的资料，编制面积为五十六万平方公里的地质模型及与此有关的一套图件。然后按照新的科学思想，采用地震地质、图象识别、三维有限单元计算等多种方法对区内的孕震环境、地震地质标志，以及未来可能发生强震的地区进行了综合研究，并取得了令人满意的成果。

用三维有限单元法模拟地球动力学以及地震孕育和迁移过程，在我国还是首次尝试。这就把数学和地质、地震等学科结合起来，使地震地质研究逐步由定性向定量发展。鉴于在资料的丰富和可靠程度、数学模型的合理性等方面都有待于完善和提高，所以，地质模型的三维有限单元计算，还只能是一项探索性的工作，今后还需要不断充实和提高。可以设想，这一专著的出版，对于开展岩石圈动力学研究，板内构造活动以及地震发生的驱动机制等的探讨，将是有益的；对于推动地质学与数学、力学的结合，开展地震中、长期预报的综合研究定会起到有效的促进作用。

高文学

1984年

目 录

序	(II)
绪言	(III)
第一章 区域地质和活动构造	(1)
第一节 地质构造概况	(1)
第二节 中生代地质构造	(3)
第三节 新生代岩浆活动	(5)
第四节 新生代活动断裂	(6)
第五节 新生代构造运动	(20)
第二章 立体地质模型	(22)
第一节 地形地貌特征	(22)
第二节 松散沉积层	(23)
第三节 结晶基岩顶界面	(34)
第四节 康氏面和莫氏面	(37)
第五节 岩石圈底界面特征	(42)
第六节 建立立体地质模型的原则和方法	(45)
第七节 立体地质模型的形态特征	(51)
第八节 地壳块体运动和现代构造应力场	(54)
第三章 地震地质特征及未来地震危险性分析	(59)
第一节 本区地震活动特征	(59)
第二节 地壳形变及现代构造运动	(69)
第三节 四个强震区的发震构造	(74)
第四节 强震发生的地震地质条件	(85)
第五节 地震危险性研究	(97)
第四章 构造应力场与强震迁移的三维有限单元分析	(105)
第一节 引言	(105)
第二节 三维有限单元法的应用	(105)
第三节 计算方法和计算机程序	(119)
第四节 邢台、渤海、海城和唐山四个强震迁移模型的数值模拟	(128)
第五节 三维有限单元计算结果及讨论	(139)
第五章 用图象识别方法研究华北北部的地震危险区	(141)
第一节 计算原理和资料选择	(141)
第二节 计算结果及有关问题讨论	(146)
结论	(158)
主要参考文献	(161)

第一章 区域地质和活动构造*

建立立体地质模型所需的基础资料,主要有断裂、不同深度的地壳壳层(界面)和介质。本章重点介绍地表地质和深部地质所确定的活动断裂以及地质、物探和钻探所揭露的各大类岩系的特征。

关于地质构造的研究重点放在新生代构造上。为了更好地认识新构造的来龙去脉,本章轮廓地介绍了本区的构造发展史。由于新生代构造与中生代构造在很多情况下有密切的继承关系,所以还专门介绍了中生代构造的特征。

第一节 地质构造概况

一、主要岩系

本区出露不同时代、不同结构、不同密度的岩石。根据有限单元计算的要求,对各类岩石作了归并,并且划分为:结晶岩,沉积岩和松散沉积层三类。

1. 结晶岩

结晶岩包括所有的岩浆岩类和变质岩类。岩浆岩主要指侵入岩。本区分布有大量的侵入岩,其中最主要的是不同时代的花岗岩、花岗闪长岩,其次有辉长岩、辉绿岩等。火山岩多呈夹层分布于沉积岩中,故归并到沉积岩内。

变质岩是本区结晶岩系的主要组成部分。变质岩主要形成于太古代和早、中元古代。太古界是一套变质很深的岩石,主要出露于辽东、辽西、冀北、赞皇、泰山等地区。岩石为多种片麻岩类、片岩类、以及斜长角闪岩、磁铁石英岩、大理岩等。它们的原岩主要为中酸性火山岩以及超基性岩、基性火山岩和碎屑岩(张兆忠等,1980)。下、中元古界主要为一套浅一中深变质岩系。分布于五台山、太行山、冀东北、辽西、辽东、胶东等地。出露的岩石主要为片岩一角闪岩系,其次是中深和深变质的片麻岩、混合岩,以及变质较浅的板岩、变质火山岩、变质砂页岩、变质砂砾岩等。结晶岩出露面积约占图幅的1/5(图1-1)。

2. 沉积岩

沉积岩包括震旦纪到中生代所有未变质的沉积岩和一些火山岩,其中以震旦纪和中生代的沉积岩出露面积最大,其次是古生代的地层。

沉积岩系主要分布于辽西一带,以及冀北沽源、围场、承德、张家口,晋东灵丘、昔阳,辽东旅顺、辽阳和山东胶东、莱阳等地。出露的岩石主要为一套碎屑岩以及砾岩、白云岩和各种火山岩等。它们约占全区出露面积的1/5。

3. 松散沉积层

包括第三纪至第四纪所有未成岩或未完全成岩的沉积物,以及部分海相化学岩层。它们主要分布在河北平原、下辽河平原。在山区也有零星分布,形成山间盆地堆积,如辽西的宁

* 本章执笔者还有:聂宗笙、强祖基、赵喜柱。

城盆地，冀西北的阳原、涿鹿、灵丘盆地等。其中以第四纪沉积物出露最广，第三纪沉积物另呈出露。渤海范围内也有大量的第四纪、第三纪地层分布（详见第二章）。

新生代沉积物主要为一套陆相碎屑岩，它们是半胶结的砾岩、砂岩、页岩、油页岩、粘土岩、泥岩，以及未胶结的粘土、砂、砾石。其次是石灰岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩、白云质灰岩和石膏等。各时代沉积物中夹有多层玄武岩。松散沉积层分布约占全区（包括渤海海域）面积的3/5。

二、构造发展概况

华北北部地区位于华北断块区东北部，涉及冀鲁断块和胶辽断块大部分和太行山断块的一部分。

根据地质、地球物理资料的综合分析，本区地壳运动主要以断裂为特征。本区由多组（北北东向，北东向，北西向和东西向）断裂分割、围限，形成不同大小块体，构成了本区的基本构造格局（图1-1）。

根据沉积建造、岩石变形、变质特征以及区域重、磁场的差异，将本区划分为内蒙块隆、燕山块隆、冀渤块陷、太行山块隆和胶辽块隆五个一级构造单元。各断块之间均以深大断裂为界（张步春等，1980）。各一级构造单元还可进一步划分出次一级和更次一级的块体。

本区断块形成及其变形过程大体可划分为三个阶段：基底形成和构造形变阶段，盖层发育时期的振荡运动阶段及其后的强烈破裂阶段。

1. 基底形成和构造变形阶段

此阶段大致包括37亿年至18亿年（共19亿年）的地质历史。我国大面积出露的最古老岩系，就是这个阶段的产物。根据铷-锶法及钾-氩法测定，迁西县太平寨迁西群（桑干群）变质岩（原岩为火山碎屑岩）年龄接近或大于39亿年（刘鸿允等，1981）。区内结晶基底形成的时期以五台运动为代表。这是一个地壳剧烈变动的时期，它经历了桑干期末（25亿年）的“铁堡运动”，五台期末（20亿年）的五台运动，以及溥沱期末（17亿年）的中岳运动（张步春等，1980）。岩浆活动、断裂运动、变质作用十分强烈，在五台群内发育有许多同期的超基性岩体，是上地幔物质剧烈变动的表现。

2. 振荡运动阶段

此阶段包括17亿年至2亿年之间的发展历史。中岳运动后形成了结晶基底，其上发育了震旦系（包括长城期、蓟县期和青白口期的岩层）和古生代的盖层。此期没有发生强烈的地壳褶皱运动，而表现为断块频繁的升降运动。震旦纪末的蓟县运动，使断块隆起、剥蚀，然后下降为浅海。寒武系假整合于较老岩系之上。整个古生代经历了大面积海侵（早古生代）—上升剥蚀（中古生代）—海侵海退交替（晚古生代）的发展过程，其基本构造轮廓与中、晚元古代并无显著差异（郑炳华等，1980）。晚古生代断块差导运动较弱，岩浆活动不明显，可能与深部地幔物质处于平静分异状态有关。

3. 强烈破裂阶段

此阶段包括二亿年以来的历史。中、新生代以来，地壳发生强烈破裂和大规模的岩浆活动。大量的基性岩浆活动说明了深部物质的上涌并沿断裂溢出地表。由于断裂的水平和垂直活动，产生了块状断陷和隆起，引起了沉积盖层的褶皱和断裂。根据沉积特征、构造变形和岩浆活动，本阶段又可分为印支期、燕山期和喜山期三个阶段。

三叠纪时期的印支运动表现较弱，而燕山运动却非常强烈，它们以块断运动为特征（详

见本章第二节)。

早第三纪开始的喜马拉雅运动遍及全区, 且以断块升降和水平位移运动为特征。燕山、太行山、辽东、胶东块隆稳定上升, 形成山地。冀渤块陷强烈下沉, 形成深达10000米的拗陷。

本区构造发展简史, 是一个从活动(前震旦纪)到稳定(震旦纪到古生代)再到活动(中、新生代)的过程。新构造运动和地震活动表明, 该区现在仍处于活动阶段。

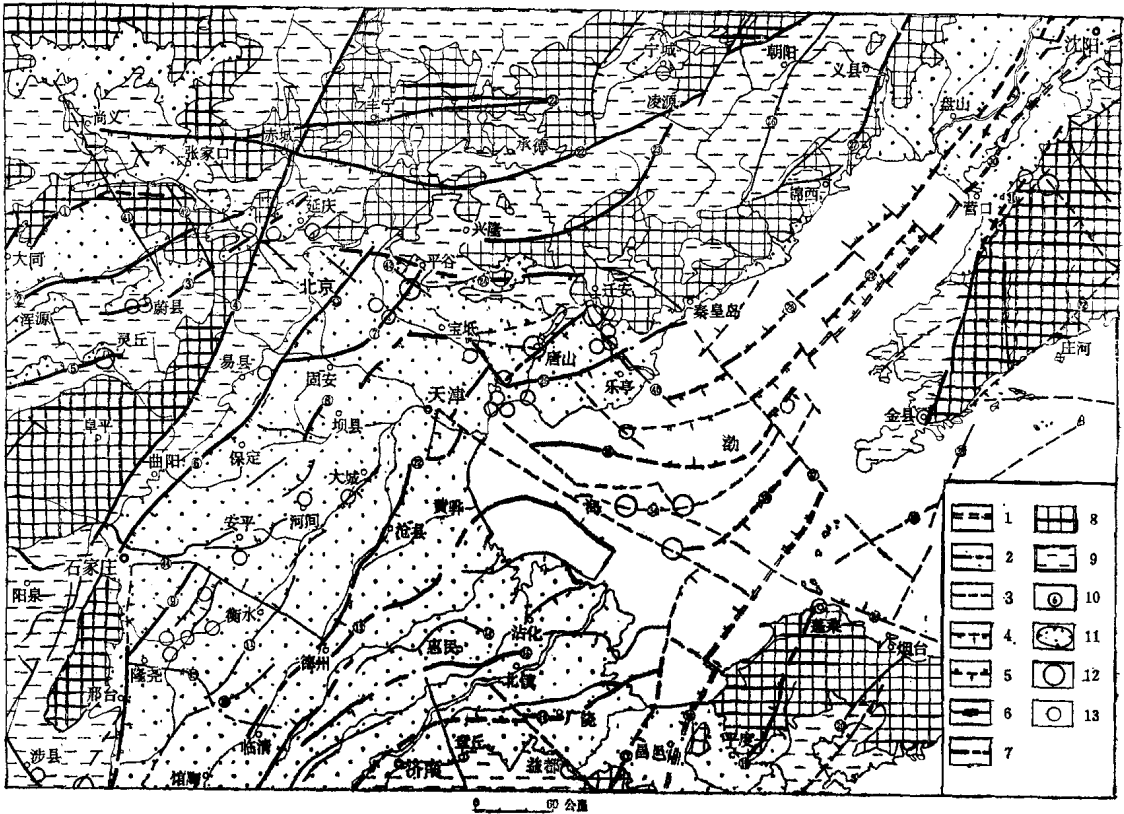


图1-1 华北北部地区活动性构造和强震震中分布图

1—超壳断裂; 2—地壳断裂; 3—基底断裂; 4—正断裂; 5—逆断裂; 6—走滑断裂; 7—性质不明断裂; 8—结晶变质岩系; 9—沉积岩系; 10—断层编号及名称(见后); 11—新生代盆地边界; 12— $M_s \geq 7.0$ 级地震; 13— $M_s = 6.0-6.9$ 级地震

断裂名称: ①阳高-怀安断裂; ②阳原-涿鹿断裂; ③蔚县-怀来断裂; ④紫荆关断裂; ⑤紫荆-灵丘断裂; ⑥太行山山前断裂; ⑦固安-平谷断裂; ⑧牛驼镇-香河断裂; ⑨束鹿-邯郸断裂; ⑩曲周-威县断裂; ⑪大城-枣强断裂; ⑫沧东断裂; ⑬埕北断裂; ⑭平原-无棣断裂; ⑮高唐-垦利断裂; ⑯齐河-广饶断裂; ⑰沂水-汤头断裂; ⑱昌邑-大店断裂; ⑲蓬莱-平度断裂; ⑳烟台-即墨断裂; ㉑丰宁-隆化断裂; ㉒张家口-承德断裂; ㉓兴隆-喜峰口-凌源断裂; ㉔昌平-迁西断裂; ㉕宁河-昌黎断裂; ㉖北票-朝阳断裂; ㉗阜新-锦州断裂; ㉘台安-辽东断裂; ㉙辽中-辽东湾断裂; ㉚沈阳-营口断裂; ㉛海城-金州断裂; ㉜庄河断裂; ㉝渤中1号断裂; ㉞渤中2号断裂; ㉟渤中3号断裂; ㊱天津-蓬莱断裂; ㊲秦皇岛-旅顺断裂; ㊳长海-福山断裂; ㊴长山群岛南断裂; ㊵滦县-乐亭断裂; ㊶尚义-怀安断裂; ㊷洗马林-石门断裂; ㊸二十里长山断裂; ㊹石家庄-德州断裂; ㊺隆尧-临清断裂

第二节 中生代地质构造

中生代地质历史是本区构造发展中一个重要的阶段。强烈的地壳运动使古老基底断裂再

次活动，产生块隆和块陷。同时，沉积盖层发生褶皱、断裂，并伴随大量岩浆活动，从而奠定了本区的基本构造轮廓。

一、沉积建造

本区早、中三迭世沉积不发育，仅在京北、石家庄、济南等几个小型陆相盆地内有出露，主要为各种碎屑岩。晚三迭世时，沉积范围更加缩小，仅在京西地区有砂页岩堆积（黄振辉，1966）。

早、中侏罗世沉积范围扩大，在几个狭长型盆地内（燕山，淄博，昌邑等），下部堆积了中基性火山岩建造；上部为陆相含煤碎屑岩建造。早中侏罗世沉积在燕山地区厚度达2000—4000米（黄振辉等，1966）。

晚侏罗世和早白垩世，断陷盆地比前期更加发育，除燕山、昌邑、淄博地区继续下沉外，沉积范围扩大。在平原内黄骅、下辽河等地区大面积堆积了类磨拉石建造、中酸性火山岩建造和碎屑岩建造。总厚1200—2000米左右，燕山地区最厚，可达4500米（陶国宝等，1966）。

从晚白垩世开始，断陷区范围又继续扩大，在平原区地堑内广泛堆积了黑色含煤、含油碎屑岩建造（李坪等，1966），沉积厚度最大，可超过5000米。

二、岩浆活动

侵入岩主要分布于燕山和胶辽地区。印支期花岗岩体分布于建昌、朝阳、凌源、怀来等地，有名的狼山花岗岩体就是其中之一。燕山期中酸性侵入岩广泛分布于燕山山脉一带，岩性以花岗岩、花岗闪长岩为主。另有基性、超基性岩零散分布，多呈岩墙出现。

燕山期火山活动强烈。火山岩主要分布于燕山、山东、辽西、辽东、内蒙、山西等地。以安山岩、流纹岩、玄武岩为主。厚度一般为200—1300米，最厚可达2000—2300米。燕山地区以丰宁-隆化断裂为界，南北差异明显。从柏林等（1980）把火山岩分为南、北二带。北带火山岩发育在前震旦纪结晶基底之上，火山活动强烈，以酸性偏碱性熔融凝灰岩、火山碎屑岩为主，多为受断裂控制的中心式爆发产物。南带岩浆活动较弱，以钙碱性安山质熔岩、火山碎屑岩为主。其次是玄武岩和酸性火山岩，且其间沉积层很发育。喷发类型为裂隙式和中心式。它们的形成与大陆岩石圈部分熔融和沿断裂喷发有关。

本区岩浆活动主要受断裂控制或与断裂带控制的隆起、拗陷有关（张裕明等，1980）。

三、构造运动

本区印支运动的影响已逐渐有人注意，其表现主要是早侏罗世煤系地层与三叠-二叠系之间的不整合，但仍弱于其它各期的运动，或者说它只能作为中生代构造运动的序幕。

燕山运动表现十分强烈，它使全区普遍发生褶皱、断裂和岩浆活动。燕山运动至少可分为五期。其中，早、中侏罗世之间，中、晚侏罗世之间，晚侏罗世和早白垩世之间的三次活动较强；晚白垩世与早第三纪之间的活动较弱。各期活动的强度因地而异，如燕山地区早、中侏罗世和中、晚侏罗世之间的活动比其它地区为强。

中生代构造变形与基底硬化程度和断裂有关，由于基底的破碎，使盖层也产生相应的变形。基底断裂和块体的活动，使盖层往往形成宽度大、坡度缓的拗折变形，如华北平原北东向短轴褶皱（马宗晋等，1966）即是一例。燕山地区形成的北东走向的背斜、向斜和逆断层与断块边界的侧向挤压有关，胶东地区的北东向雁行盆地的形成与郯庐带中生代时期的左旋平移有关。张家口-烟台构造带内发育的一系列北西向拉张形成的中生代盆地，如洗马林、

洋河、沿河城、二十里长山、建昌营、抚宁等盆地，呈雁列式排列，是基底断块右旋扭动的结果（郑炳华等，1981）。

本区断块基底（刚性块体）形成以后，构造运动以断裂运动为主。山西断裂带北段的活动，形成了南北向吕梁山块隆和太行山块隆（张文佑等，1980），太行山山前断裂带的活动，分割了太行山块隆和冀渤块陷。此外，张家口-烟台断裂带、石家庄-德州断裂带，以及燕山块隆一系列近东西向的断裂带都是中生代时期新生或再度活动的断裂。

四、中生代构造对后期构造的控制

本区各种方向的断裂以及由它们所围限的不同形态的块体（或隆起，拗陷），基本上都是中生代构造运动的产物。以后的构造变动，主要是在此构造格局基础上的继续和发展。所以研究区内中生代构造运动对新构造运动的影响和控制是十分重要的。

第三节 新生代岩浆活动

伴随构造运动，新生代发生过多地岩浆喷发活动（图1-2）。喷发岩主要为玄武岩。喷发时期分为早第三纪、晚第三纪和第四纪三个时期。

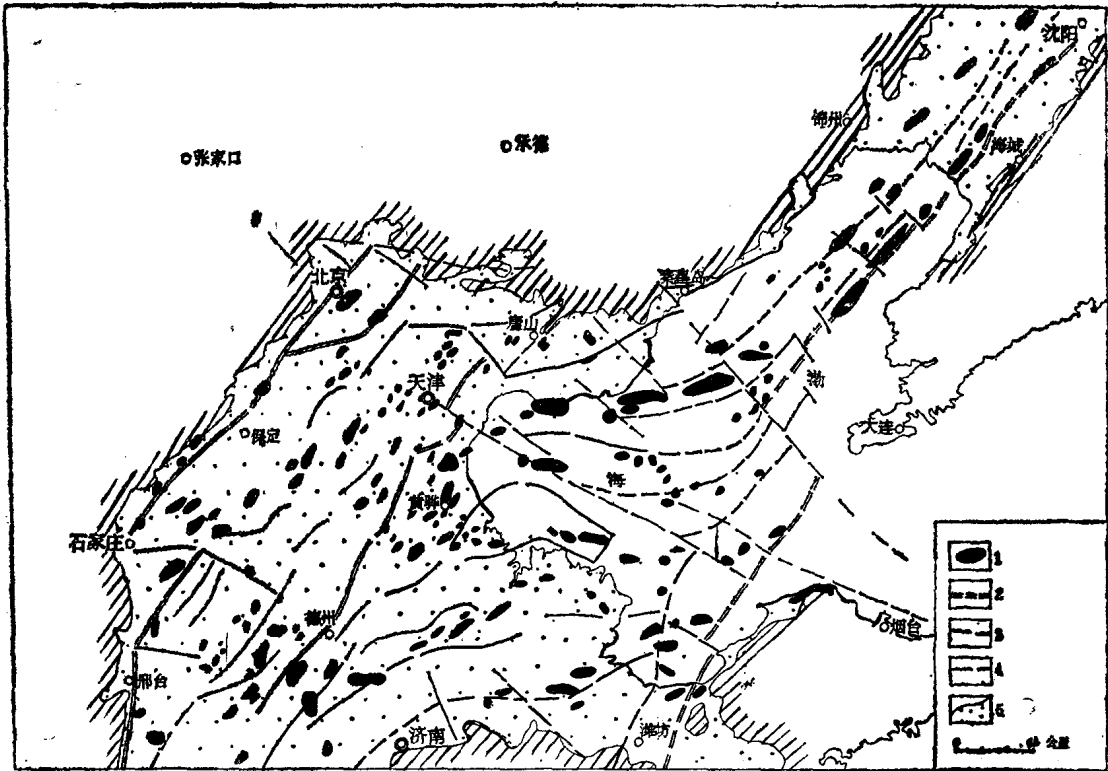


图1-2 华北平原区主要活动性断裂及新生代火山岩分布图
(火山岩主要根据地质部航空物探大队及石油部地质勘探局等单位的资料，1978)
1—新生代火山岩；2—超壳断裂；3—地壳断裂；4—基底断裂；5—新生代盆地

早第三纪玄武岩：见于冀中拗陷和渤中一下辽河拗陷。渐新统地层含大量玄武岩，有的成单层形式出现，厚度达100米；有的呈多层形式出现，下辽河地区层数多达43层，累计厚

度达292米。渤海内玄武岩层数多达36层，累计厚度最大为550米。隆起区的断陷盆地（如抚顺地区），也有玄武岩分布。据古生物化石和同位素年龄测定（中国科学院地质研究所岩矿室，1977），这些玄武岩的时代主要为早第三纪。

晚第三纪玄武岩：分布于燕山山脉、山东临朐和冀中拗陷、渤中一下辽河拗陷等地。燕山地区玄武岩流多形成高原平台或桌状地形。其厚度变化大，从几米至几百米不等。围场以北钻孔揭示：玄武岩厚度达459米，张北汉诺坝玄武岩厚度大于454米。沉积间断和沉积物的夹层层数表明玄武岩的活动达10—20次。平原区玄武岩多成层状，如黄骅拗陷上第三系的明化镇组的下段，即夹有玄武岩层。

第四纪玄武岩主要分布于一些新的山间盆地内，如山东蓬莱、元棣、辽宁沈阳、宽甸及河北尚义等地。玄武岩多呈火山锥、桌状山、帽形山、平顶山形式出现。在河北平原沧县、盐山、黄骅、肥乡、井陘等地也有玄武岩分布（丁国瑜等，1966），它们一般埋深200—500米，厚度较小，为几米至20米。各期玄武岩活动都受断裂控制。如北京、井陘、涉县等地的玄武岩，与太行山前断裂活动有关；燕山东西带分布的玄武岩与张家口—承德断裂、丰宁—隆化断裂、赤峰—围场断裂活动有关；下辽河拗陷、渤中拗陷、胶东隆起区的玄武岩则与郯城—庐江断裂活动有关（图1-2）。

总之，华北地区新生代玄武岩的基本特征是：在活动程度上，早第三纪的规模、强度最大，晚第三纪至第四纪活动强度减弱。在分布区域上，早第三纪玄武岩主要集中在华北平原区，而晚第三纪以来的玄武岩则散布于整个华北断块区，而且在周边山区也颇多出露。在岩石化学特征上它们也有明显差别：早第三纪玄武岩多以过渡型拉斑玄武岩为主（郑学正等，1978），而晚第三纪至第四纪的玄武岩则主要属碱性玄武岩系列，后者常含有尖晶石二辉橄榄岩的包体。这种包体，晶形完好，棱角明显。据研究，这类包体来源于上地幔上部50—70公里的深度（郑学正，1980），它比早第三纪过渡型拉斑玄武岩形成深度（35—50公里）要大。新生代玄武岩在成分、分布和深度上的这种变化，显示了早第三纪、晚第三纪、第四纪构造运动是不完全相同的。

第四节 新生代活动断裂

本区发育着不同方向、不同深度的深大断裂（见图1-1），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。根据断裂的不同深度，张文佑（1977）将其分为岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂、盖层断裂和层间断裂。考虑到本区地震的震源深度多在10—30公里范围内，因此，与其有关的断裂应该是：断至花岗岩质层（或康氏面）的基底断裂，断至玄武岩质层（或莫氏面）的地壳断裂，断至上地幔的超壳断裂。盖层断裂，因埋藏深度较小，一般对地震的孕育和发生影响较小。壳内低速层附近的层间滑动，可能形成一种层间断裂。由于其研究程度较低，不作专门讨论。

一、超壳断裂

本区比较公认的超壳断裂是郯庐断裂带。根据近年来进行的人工地震、天然地震转换波等方法的研究，沧东断裂、太行山山前断裂，亦应属于超壳断裂。郯庐断裂的规模比其它两条大得多，它可能延伸到岩石圈内。

1. 郯庐断裂带

纵贯我国东部的郯庐断裂带呈北北东走向，是一条长期活动的断裂带。沿此断裂带，除大量的古生代乃至前震旦纪地层发生强烈变形外，新生代地层也发生了强烈的挤压褶皱和糜棱岩化。郯庐断裂带是一条线型升高的磁异常带和重力梯度带，同时也是一条深源岩浆岩带和地震活动带。人工地震*和电磁测深资料证实，该断裂带已切穿莫氏面，是一条超壳深断裂带。一些古地磁资料表明，寒武纪至晚侏罗世，断裂西盘似有过百余公里的南向运动（程国良等，1980）。中生代后期逐渐发育起来的两堑夹一垒的结构形态，显示出北西—南东向引张应力的作用。在这一时期，迅速的裂陷堆积和深部岩浆的上涌喷溢造成了厚达5000—6000米的红色碎屑岩建造和中基性为主的火山岩建造。早第三纪，潍坊—沈阳段表现出明显的张裂活动。在渤海东北部海域，明显的北北东向线型升高磁异常带长30—50公里，局部地区出现高达500—700伽玛的正异常。钻井和地震资料揭示：这些高的正磁异常除有可能为中生代火山岩外，尚有晚第三纪以来（贯穿全部第三系地层）的岩浆活动**。岩石学研究（郑学正等，1978）表明，早第三纪的玄武岩多系过渡型拉斑玄武岩，似属拉张的大陆裂谷型。

在沈阳以北，断裂两侧垂直差异运动清楚，由山区向平原，地貌显示阶梯式下降，其中山区与平原的交界附近，是主断面通过之处，形成明显的断层陡坎（图1-3）。

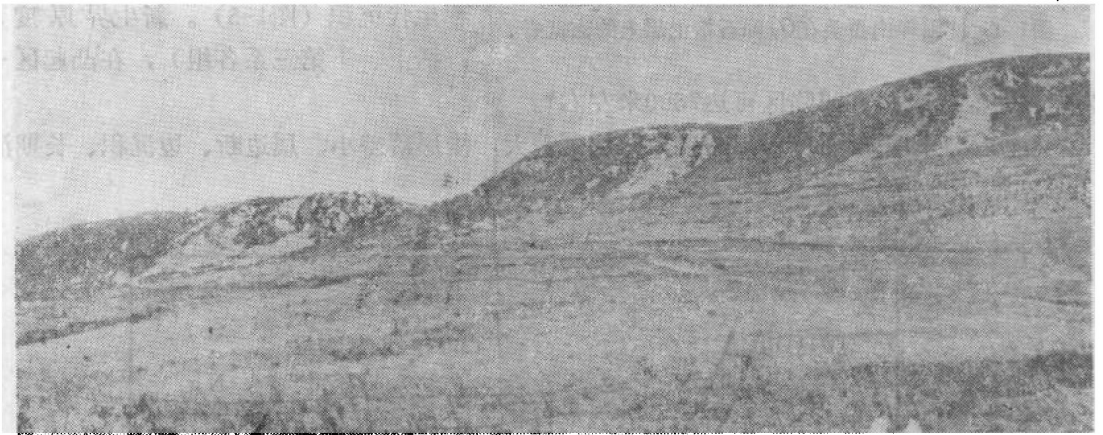


图1-3 沈阳东北的北东向断裂形成的地貌陡坎

自晚第三纪特别是自第四纪以来，郯庐带活动十分明显。山东和苏北地区，以挤压右旋平移为主（方仲景等，1979），而潍坊—沈阳段则仍继承早第三纪以来的引张正断性质。在渤海海域，上第三系底板埋深等值线图明显地受到郯庐带东界主断裂的控制。同时，由于通过渤海中部的北西向构造的作用，郯庐带西侧诸断裂的方向发生了较大的变动。但经过渤中进入辽东湾后，两堑夹一垒的结构形态又复出现。浅层地震反射资料以及重、磁、人工地震等资料都表明，无论在浅部或是深至上地幔顶部，渤海地区的构造都十分复杂。从周围的地表地质资料也可看出，北北东，北西和北东—北东东向构造等都延向渤海海域。以渤海为中心的高热流、高地震活动性等也都显示渤海地区上述各种方向构造的强烈活动性。第四纪也有基性岩浆活动，如沈阳东北辉山可看到玄武岩层覆盖在 Q_2 粘土砾石层之上（图1-4），它

* 刘光夏、王敬禹，1980，沂沭断裂带的地震地质和深部特征。

** 李嘉琪，1980，郯庐断裂带在渤海海域地球物理场的特征。



图1-4 沈阳辉山覆盖在 Q_2 砾石粘土层上的玄武岩

为1000—2000米，在凹陷区可达7500米左右*。

根据人工地震剖面资料，断裂带深层落差大，浅层落差小，属边断、边沉积、长期活动

可能与沈阳-营口断裂的新活动有关。

2. 沧东断裂带

沿德州、沧州一带呈北东—北北东向展布，全长约 380 公里，为河北平原区延伸最长的隐伏断裂带。

该断裂带在布格重力异常图上显示为北北东—北东向的梯度带。所有穿过断层的人工地震剖面及钻井资料都证实：断裂带由一系列西升东降的阶梯状正断层组成。

沧东断裂带控制了沧县隆起和黄骅拗陷的分布。断裂带西侧为古生界组成的隆起。基岩埋深为754米—1000余米，其上为上第三系至第四系所覆盖。在断裂带东侧黄骅拗陷内，发育了巨厚的新生代沉积（图1-5）。新生界厚度（包括上、下第三系各组），在凸起区一般

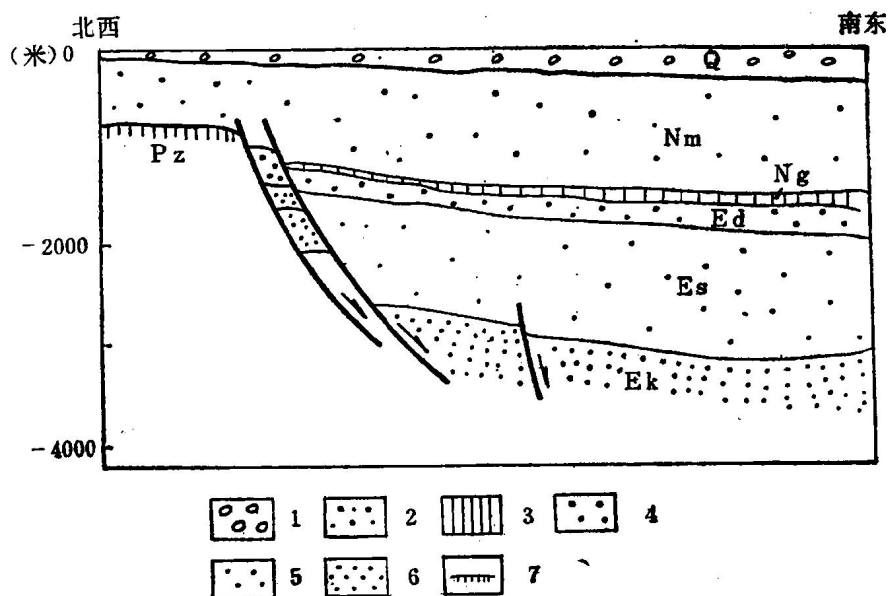


图1-5 沧县北沧东断裂带剖面（据王宜昌等1974年资料简化）

1—第四系；2—上第三系明化镇组；3—上第三系馆陶组；4—下第三系东营组；5—下第三系沙河街组；6—下第三系孔店组；7—古生界

* 大港油田英勇等，1978，沧东断裂带中段地区地震勘探成果总结。

的断裂带。从断裂东侧早第三纪沉积厚度的变化以及基性岩浆的喷发来看，断裂活动南强北弱。如在始新世时，断裂南段的沧东凹陷，早第三纪孔店组沉积厚达3400米，而大中旺以北则无孔店组沉积；在德州凹陷内，很多钻孔均见到多层基性喷发岩，累计厚度达234.5米*，渐新世以后，断裂活动性逐渐转为南弱北强。

沧东断裂控制多次基性岩浆的喷发，除始新世有基性岩浆活动外，渐新世和更新世也有基性岩浆喷发。沧东断裂还控制了热水的分布，天津东南的万家码头—小营盘即为一热异常区。它位于沧东断裂西侧基岩凸起上，呈北东方向展布。该断裂带多处被北西向断裂错断，其中被海河断裂横错最为明显。它使沧东断裂带在海河断裂北侧向西错动10公里，之后断裂带再向东北方向延伸，到达黄庄洼附近与蓟运河断裂相交。

本断裂带地下热水丰富、水温大于55℃，地温梯度为6—8℃/100米，最高可达8.7℃/100米**。根据对热水的化学成分分析，F⁻为3—4毫克/升，SiO₂为25—40毫克/升，其含量较一般热水高。热水碱度较大（pH=8.2—8.6）。说明热水可能与深部岩浆活动有某些关系。

3. 太行山山前断裂带

该断裂带是纵贯河北省西部的一条规模巨大的活动断裂带，它呈北北东走向，是西部太行山块隆和东部冀渤块陷的分界。

目前对该断裂尚存在着不同的看法。我们认为，该断裂在石家庄附近是不连续的。被北西西向的石家庄—德州断裂错开后分为南、北两段。

（1）北段高丽营—石家庄断裂：该断裂展布于石家庄至京西高丽营之间的京广铁路西侧，走向北20°—50°东，倾向南东，长约180公里。

断裂带形成于燕山期，新生代以来有强烈活动。东部平原区下降幅度可达5000米，西部隆起区所发育的北台期夷平面已抬升到3000米以上。该断裂在布格重力异常图上表现为陡梯度带。

根据北京市水文地质大队资料，在京西地区，可见震旦系逆冲在石炭二迭系之上。新生代却为拉张性质，断裂东侧强烈下沉，形成新生代盆地；西侧上升，基岩接近地表（图1-6）。又根据天然地震转换波资料（邵学钟等，1979），断裂宽5—6公里，倾向东南，

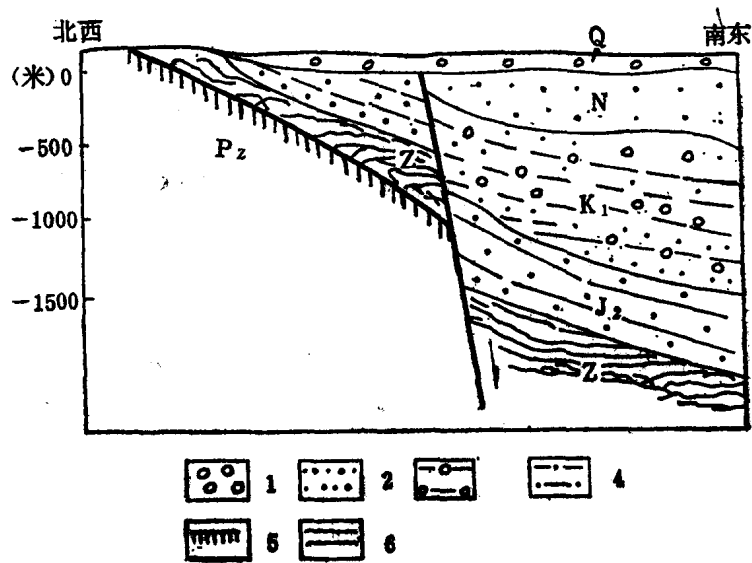


图1-6 京西（八宝山）高丽营断裂剖面
1—第四系；2—上第三系；3—下白垩系；
4—中侏罗系；5—古生界；6—震旦系

* 胜利油田杨新民等，1972，德州凹陷1970—1972年初步勘探小结。
** 大港油田地质调查指挥部研究大队史华珍等，1977，黄骅坳陷中部地区地震勘探成果报告。

延伸达50—60公里,断距3000—4000米。北京东部夏垫断裂(根据赵喜柱1980年资料,认为它是太行山山前断裂的组成部分之一),在齐心庄断至M及M₁界面(深约40—50公里),也为超壳断裂。国家地震局物探大队1976年人工地震剖面也得到了同样的结果。1679年三河、平谷地震发生后,沿断裂产生了很多裂缝和陡坎,有的地段形成大的地震陷坑(图1-7)。



图1-7 1679年地震时沿夏垫断裂出现的陷落

邵学钟等(1980)取得的转换波资料表明,太行山山前断裂在涿县附近,根据地壳分层的不连续性推断,可能表现为地壳断裂。在涿县以南容城以西,人工地震方法也查明该断裂在莫氏面附近有错断*。

(2) 南段束鹿-邯郸断裂:北起束鹿经隆尧、邯郸、磁县进入河南省安阳以西地区。全长250公里。断裂走向北北东,倾向南东,为一系列高角度正断层组成。南段以西为太行山隆起,以东为华北平原拗陷带。滏阳河进入平原后基本上沿该断裂发育。从基岩埋深看,在邯郸以南和隆尧等地均出现明显的断阶陡坎,东侧下沉,西侧上升。

在布格重力异常图上,断裂以西为一系列正异常带,以东为一系列负异常带。

沿断裂带有热水井分布,如永年县北杜村热水孔和磁县梧桐庄热水孔。

二、地壳断裂

本区发育有断至玄武岩层或莫氏面的地壳断裂,现分别叙述如下:

(一) 北北东—北东向的地壳断裂

1. 紫荆关断裂

北起赤城以北,经怀来、紫荆关至平山、井陉一带,向南可能与山西境内的晋城-获鹿断裂相接,长600余公里。断层走向为北北东向,断面东倾,西盘上升,东盘下降。断裂由一系列互相平行的正断层组成,新的活动明显,控制现代山脊水系,沿断裂带发育断层谷、破碎带、断层角砾岩和擦痕等。获鹿至长治一段,断层面面向西倾。断裂系西盘多为古老的变质结晶岩基底,东盘以震旦纪以后的沉积岩为主。

沿断裂带有大规模中生代侵入岩和新生代火山岩分布。花岗岩和闪长岩在银坊、王安

* 国家地震局物探大队,1981,文安及其周围地区地壳深部构造要点示意图。