

# 第一章 地震监测概况

## 第一节 地震监测网基本情况

地球物理勘探中心是一支以人工地震探测和流动，重力、流动地磁为主的综合地球物理勘探队伍。20 世纪 70 年代初，地球物理勘探中心就开始进行监测工作。先后在华北地区、南北地震带、西北地区、西南地区、连云港—郑州—西宁、京津唐张渤地区、新疆维吾尔自治区、西藏自治区、内蒙古呼和浩特—包头地区、四川盐源和松潘地区、云南龙陵地区、山西地区和豫鲁地区等开展了人工地震探测、流动地震台网、流动重力、流动地磁和大地电磁监测工作。

### 一、监测区域自然地理条件

本部分区域自然地理条件是指地球物理勘探中心在全国各地开展流动地震监测时各地的区域自然地理概况。有关人工地震探测和流动地震台网监测中的区域自然地理条件见相应章节中的有关内容。

#### （一）京津唐张渤地区

1977~1991 年，地球物理勘探中心一直在该地区进行人工地震探测、流动重力、流动地磁、大地电磁、流动地震台网监测工作。

该区北到秦皇岛，南到保定、沧州，东到塘沽，西到张家口。北跨燕山构造带，东穿太行山隆起。

该区位于华北平原的北端，西部北部均为山地，其中西部属太行山脉，北部属燕山山脉，东南部地区为华北平原地带。位于北纬 38.5°~41°、东经 114°~120° 面积约 15 万 km<sup>2</sup>，居住人口约 6 000 万。所跨行政区域包括北京市、天津市、河北省、辽宁省和山西省部分地区。其中北京、天津两座特大城市及唐山、承德、廊坊、张家口、秦皇岛和保定 6 个大城市坐落其中，通常还包括该区外围的石家庄、沧州 2 个大中城市。该区山地、丘陵面积占 50% 以上，总的地势轮廓是西北高东南低，由西北山区向东南的平原区呈阶式倾斜，分别构成高山、丘陵、冲洪积扇、基岩残丘及平原，平原与山地相对高差在 500m 左右，山区多数海拔在 1 000m 左右，最高海拔近 3 000m，平原高程在 15~100m 之间。

该区属温带大陆性季风气候，年平均气温 11.9~13.9℃，最高气温 42.2℃，最低气温 -27.0℃；无霜期 200 多天，初霜期平均在 10 月 15 日 终霜期平均在 3 月 24 日；年日照 1 981~2 844h；年平均降水量 640mm 左右，雨量大都集中在 7~8 月，占全年降雨量的 65% 左右。该区河流大部分发源于西部和北部山区，主要有永定河、潮白河、北运河、大清河、蓟运河、桑干河、南洋河、滦河、青龙河、子牙河、南运河、拒马河、白沟河、潞龙河和沙河等。主要水库有密云水库、官厅水库、怀柔水库、于桥水库、潘家口水库、大黑汀水库、

丘庄水库、陡河水库、白洋淀、西大洋水库、安各庄水库和王快水库等。

该区是我国政治、经济和文化中心，城市化程度较高，人口稠密，经济发达，在国家政治、经济和社会生活中占有极其重要的地位，素有京津经济、文化圈之称。1996年经国务院确定为我国21个地震重点监视防御区之一，是实施防震减灾十年目标的重点地区（中华人民共和国分省地图集编委会，1990）。

## （二）内蒙古呼和浩特—包头地区

20世纪70年代到90年代初该地区是地球物理勘探中心人工地震探测的重点工作区之一，同时，也是流动重力复测的重点地区之一。

该区北到中蒙交界地区，南到鄂尔多斯市，东到内蒙古的集宁，西到内蒙古五原县。该测网主要是研究阴山断裂带中段地区重力场变化。

本区地形基本上是一个海拔1000m左右的开阔高原，为内蒙古高原的一部分。地形可分为五部分：

（1）内蒙古北部高原位于阴山山脉以北，地表起伏微缓，多宽广的浅盆地。高原上草原辽阔丰美，是我国优良的天然牧场之一。局部地方有波状起伏的风蚀残丘和流沙分布。北部和蒙古人民共和国接壤的地区，有一片砾石戈壁。

（2）阴山山地。阴山山脉横亘本区中部，大部分海拔1500~2000m，是我国内流区与外流区的分水岭之一。阴山山脉南麓为断层陷落的河套平原，相对高差达1000m，北坡较平缓。

（3）河套平原位于鄂尔多斯高原与阴山山脉之间，海拔约1000m左右。河套平原分为东西两部分；西部叫后套平原，为黄河及其支流乌加河冲积而成；东部叫土默川平原，也叫前套平原或呼和浩特平原，为黄河及其支流大黑河冲积而成。如今渠道纵横，农田遍布，是著名的“塞上谷仓”。

（4）鄂尔多斯高原位于本区南部，东、北、西三面为黄河环绕，南界长城，海拔1000~1300m。地表呈波状起伏，中部高，岩石裸露；四周低，沙丘很多。寨子山耸立在西部黄河之畔，海拔达2149m。北部有库布齐沙漠，南部有毛乌素沙漠。高原上盐、碱湖群广布。

（5）丰镇丘陵位于河套平原以东，是阴山山脉的东延部分，海拔多在1300m以上。山间盆地和平缓山丘交错分布，相对高差近300m。不少地方有火山熔岩形成的盆地。山间盆地是重要的农牧区。

本区冬季严寒，夏季温暖。年平均气温从东北到西南，由-1递升到8左右。年平均降水量从西到东，由150mm递增到400mm左右。

## （三）四川西昌、盐源重磁复测地区

该区是1974~1977年期间在四川地区开展重磁复测的工作区。地球物理勘探中心曾在1976年盐源6.7、6.4级地震前利用重力和地磁测量的方法捕捉到短临异常并受到四川省地震局和地方地震局的表扬。

西昌、盐源地区位于四川省的西南部，属于川西南高原地区，横断山区北段，山高谷深，岭谷相间，自西向东有金沙江、沙鲁里山、雅砻江、大雪山、大渡河、邛崃山等，岭谷高差向南逐渐增大，可达2000m左右，会东至雷波附近的金沙江沿岸，达3000m以上。峡谷森林广布，为四川省主要林区。

#### (四) 文县—武都、南坪—松藩重力复测地区

该区是 1973~1974 年期间在甘肃地区开展重力复测的工作区。位于甘肃省南部和四川省北部,地形上属川西高原的北部地区,是青藏高原主体的一部分,高原面相当完整,有大片沼泽、草地分布,富泥炭资源。松藩草地经排水疏干,多垦为农田,草地和沼泽面积大大缩小,成为新兴的农作区。

该区海拔 2000~4000m,山间河谷深陷,有徽(县)成(县)盆地。甘川边境的岷山海拔 4000m 左右。西部甘南高原海拔 3000m 以上,地面起伏不大。

具明显的大陆性气候过渡的特征。年平均气温由祁连山的 0℃向北递升到 8℃向东南的白龙江流域递升到 16℃。

#### (五) 空运重力测量地区

1979年8月,地球物理勘探中心参加了河南省地质矿产厅组织的国家“八五”重力基准网的建设工作。1980年,经国家地震局监测预报司批准立项,以河南为中心,在河南、山东、河北、安徽、陕西等省,以“八五”国家重力基准网的一等重力观测平台为基础,开展空运重力重复测量工作。该区的区域自然地理概况和豫鲁地区大致相似,在此不再详述。

#### (六) 云南龙陵重磁测量地区

1976年云南龙陵地区发生 7.3 级地震之后,地球物理勘探中心立即派出人工地震和重磁复测工作人员进入地震现场,进行主震后地震趋势判断、余震监测和地壳深部构造探测工作。

该区位于云南省西部,以龙陵、保山、腾冲、瑞丽、潞西为其主要城市。大致位于怒江以西,属滇西高原。局部高原面保持比较完整,大部分地区由于东北—西南流向的河流发育,已被侵蚀成低山地形。盈江、陇川、瑞丽、潞西、畹町镇等地的河谷平原相当开阔。河流至边境附近,始流下高原,形成峡谷。气候垂直变化显著,干湿季节分明,而气温季节变化不太明显。

#### (七) 晋中南(1973年)重力测量地区

该区为地球物理勘探中心在建队后不久(1973年)根据当时的地震趋势立即在该区开展了重力复测工作。该区的自然地理环境情况和山西及河南省北部地区基本相似(详见本节九)(十)部分内容。

#### (八) 唐山小点距重力复测地区

为了进行试验研究,1979年在唐山地区建立了点距为 4km 的两条重力复测剖面。一条由柏各庄开始,经唐山到罗文峪;一条由乐亭开始,经滦南、玉田到蓟县。该区的自然地理条件见本节(三)部分内容。

#### (九) 山西重磁复测地区

1991年12月,经中国地震局批准,地球物理勘探中心在山西中南部建立重力复测网;1997年9月,又将该测网扩展到山西北部,形成相对完整的山西重力监测网。测网南到运城,北到大同,测区面积约 15万 km<sup>2</sup>。

山西省是一个有黄土覆盖、起伏较大的山地型高原,称为“山西高原”。总的地势轮廓是“两山夹一川”,东西两侧为山地和丘陵的隆起,中部为一列串珠式盆地沉陷,平原分布其间。山西又位于中纬度地域,大体以内长城为界,南北跨暖温带和中温带两个气候亚带;东距海洋 400~500km,大气环流的季节性变化明显,属大陆性季风气候区,是我国东部湿润、半湿润和西北半干旱、干旱地区之间的过渡地区。

山西自然环境有如下一些基本特点<sup>1)</sup>：

(1) 该区是华北地台中部的一个二级构造单元，一般称“山西台背斜”。除缺失古生界奥陶系上统、志留系、泥盆系、石炭系下统地层外，从太古界起，其他各界、系、统地层在全省都有不同程度出露，地层发育比较齐全。中生代晚期燕山运动，褶皱、断裂活动强烈，背斜成山，向斜成谷，形成了山西地貌基本格架。新生代以来的喜马拉雅运动，大面积隆起抬升，在隆起区轴部两侧，有北东和北北东向断裂，中间地块陷落成谷，两侧山势陡峻，产生了雁行排列地堑式断陷盆地；雁北玄武岩喷发，形成火山群；近代地震经久不息，并有温泉、热水井分布。这些都说明新构造运动至今还在激烈活动。

(2) 山地、丘陵多，平原少；地势高差悬殊，挺拔高耸，自然景观垂直变化突出。省境地形复杂多样，山地、丘陵、平原三大类地形大体成 4：4：2。省内最高处是五台山的北台叶斗峰，海拔 3 058m，最低处在垣曲县黄河谷地马蹄窝村西阳河入黄河处，海拔仅 167.7m，高低相差 2 890m。全境大部分地区，均在 1 000m 以上，省会太原市位处海拔 780m。五台山区素有“华北屋脊”之称。北台不仅是山西省和华北地区最高峰，也是我国东部大陆地区的最高峰。随着山地高度的巨大差异，气温自山麓向山顶不断降低，从而使山地的自然景观以及气候、土壤、植被等要素发生相应的垂直差异变化，形成了各个山地自然景观的垂直地带。海河和黄河两大水系的分水岭大体从省境的西北向东南斜穿而过，黄河流域占全省面积的 62%，海河流域占 38%。

(3) 黄土广泛分布，地面侵蚀切割强烈。山西黄土集中成片分布在吕梁山脉以西沿黄河诸县，与陕北、陇东的黄土高原主体连接，覆盖厚度多在 100m 左右。此外黄土还散布于全省山麓地带、台地、宽谷等处，一般厚度有 30~50m。黄土分布地区，地面受到强烈侵蚀，切割十分破碎，沟壑纵横，水土资源大量流失。据治理前的测算，全省有水土流失面积 95 000km<sup>2</sup>，占全省面积的 60.8%。每年向省外流失的泥沙量达 4.56 亿 t 其中黄河流域为 3.86 亿 t，占全省的八成。

(4) 中、暖温带大陆性气候。山西处在季风性气候控制范围内，大气环流的季风性变化明显。大体以北纬 39° 的恒山山脉为界，省境雁北和晋西北地区属中温带，恒山以南大部分地区属暖温带；按干湿程度，省境大部分是半干旱气候，一些中、高山区和晋中南地区是半湿润气候。全省主要的气候特征是冬季寒冷干燥，夏季高温多雨，春季短暂，冬春风沙，春旱频繁，十年九旱，雨热同期，昼夜温差大，日照充足。省境大部分年平均气温介于 4~14℃，其分布趋势是由北向南升高，由盆地向中、高山地降低。五台山顶最冷，年平均气温 -4.1℃。一年中，一月最冷，月均温 -2~-16℃；七月最热，月均温 19~27.5℃。平均无霜冻期为 100~250 天，分布趋势也是由南向北，由盆地向山区递减。全省年降水量 400~650mm，其分布是东南部较多，西北部较少，山区较多，盆地较少，少数较高山区降水量可达 700mm 以上。各地均以冬季各月雨量最少，一般在 10mm 以内；大部分地区 7、8 两月雨量最多，月降水量 100~170mm。

(5) 水平自然地带演替的跨幅短，过渡性明显。山西境内的纬度跨幅相对于同纬度的华北平原急剧的缩短，这是由于山西地势高起，特别是中部盆地由南向北呈阶梯状抬升，从而形成纬度地带递变与垂直递变在顺向上的叠加，加强了自然景观的演替变化。从经度地带看，

1) 山西省测绘局，《山西省地图集》，1995

省境东部有一系列走向呈北东向及北北东向相平行的山地，西部山地走向南北转北东向。如此山势，恰与夏季东南季风的来向相垂直，山峦重叠，山脉走向横断，形成层层天然屏障，阻挡着潮湿气团向内陆深入，加速了省境内自然景观在经度地带性上的过渡。在 300~400km 的较短水平距离内，年降水量从 600mm 以上逐渐剧减到 200mm 左右，气候由湿润向半湿润，半湿润向半干旱、干旱转化，都来得极其明显。这与邻近的东西向秦岭和北西向祁连山，让畅通无阻的东南季风深入到内陆约 1000km，形成了鲜明对照。

#### (十) 豫鲁重磁复测地区

自 1972 年开始，就在该地区开展重磁复测工作，该区也是人工地震探测的重点工作地区之一。

该区北起河北邯郸，南到河南郑州、商丘，东止山东菏泽、济宁，西达河南林州；测区面积约 7.6 万 km<sup>2</sup>。

在河南省境内，北、西、南三面分别由太行山、伏牛山、桐柏山和大别山环抱，东部为平原。山地占全省面积的 26%，丘陵约占 18%，平原约占 56%。

(1) 黄淮平原，属华北平原的西南部分。主要有黄河、淮河冲积而成，多在海拔 100m 以下，略向东南倾斜，土壤肥沃，地下水丰富，为本省评分农业区。孟津以东有巨大黄河冲积扇。孟津至兰考间的黄河河床高出地面 3~7m，为黄淮平原的脊轴。由于过去黄河泛滥改造，平原北部多沙丘和黄土岗地。

(2) 豫北山地，位于太行山东麓，黄河以北。主要有林滤山、王屋山等，因断层作用形成海拔 1500m 左右的单面山。山前有海拔 300~400m 的丘陵，山间多小型盆地，较大的有林州、沁阳等盆地。盆地和山坡黄土分布普遍。

(3) 山东西南部为中山、低山丘陵和鲁西冲积平原，黄河、大运河穿行其间。

(4) 河南省和山东省西南部河流众多，由西向北、东、南呈辐射状分流，以黄河、淮河为主。黄河自陕、晋边境折向东流入境，横贯河南省北部和山东省西南部，河南省内长约 700km，流域面积约 2.6 万 km<sup>2</sup>。在中条山和崤山之间穿过三门峡，形势险要，出峡后至崑津以东流入黄淮平原，流速骤减，泥沙沉积，河床日渐淤高，两岸堤防高筑。淮河发源于桐柏山，横贯河南省南部，流入安徽，境内长 300km 余，流域面积 8.35 万 km<sup>2</sup>，占淮河流域总面积的 43%。南侧支流河短流急，北侧支流坡平湾多。此外，还有北部海河流域的卫河及南部长江流域的唐河、白河、丹江等。河南省湖泊少，山麓和盆地有自流井和喷泉分布。

(5) 河南省和山东省西南部气候特点：冬长寒冷雨雪少，春季干旱风沙多，夏热多雨且丰沛，秋季晴和日照长。年平均气温一般在 13~15 之间，由北向南递增。最冷月（1月）平均气温颍河、沙河以南为 0~2℃，以北为 0~-2℃；最热月（7月）平均气温为 27~28℃；豫西山地西部不到 20℃，全年无霜期从北往南为 6~8 个月，年降水量集中于夏季。

#### (十一) 连云港—郑州—西宁重磁复测长剖面

该剖面东西穿越大半个中国，其目的是研究在不同地质构造单元之间的重力场变化。该剖面穿越江苏省、山东省、安徽省、河南省、陕西省和青海省等省。

#### (十二) 成都—昌都—拉萨重力、地磁测量剖面

1975 年初，地球物理勘探中心参加了中国科学院组织的青藏高原科学考察，沿川藏公路在拉萨市、日喀则市、山南地区、当雄市、昌都市、四川省甘孜、雅安市、成都市等地进行了重力和地磁测量工作。

## 二、监测区域地震地质条件

本部分主要是指流动重磁监测网的区域地震地质条件，人工地震探测和流动地震台网监测区域地震地质条件见第五章和第四章的相关内容。

### (一) 京津唐张渤地区

京津唐张渤地区地处华北平原的西北边缘，在大地构造上位于华北地台的中北部，跨越燕山台褶皱带和华北断坳区两个二级构造单元，其深、浅部地质构造环境复杂，新构造运动强烈，活动断裂发育，为我国东部强震活动地区之一。新生代特别是晚第三纪以来，该区主要发育有三个垂直差异断陷作用强烈的活动构造区（带），它们是华北平原断陷地区、山西断陷盆地和叠加在这两个区带北部及燕山南麓边缘地区之上的张家口—北京—渤海湾构造带。区内现今地震活动主要集中分布在这三个活动构造区（带）内，并相应的构成了华北平原地震带、山西地震带、以及大部分叠加在华北平原地震带之上的张家口—渤海地震带。各地震带与相应构造带的范围大体一致。

测区内新生代以来构造运动强烈，形成一系列新生代断陷盆地，并伴随近东西向、北东—北北东向和北西向三组主要断裂构造。

测区新生代可分为一系列级次不同的构造单元，一级区分为：东北新构造区和华北新构造区；其中东北新构造区含二级区燕山断块隆起区；华北新构造区包含的二级区有：太行山断块隆起区、北华北裂陷盆地和延庆—怀来构造带；在北华北裂陷盆地又分为三个三级区：即北京坳陷（怀柔—北京—涿州构造带）、大兴隆起、冀中坳陷（平谷—三河—廊坊）、延庆—怀来二级构造带含四个四级构造盆地：延庆断陷盆地、涿鹿断陷盆地、怀来断陷盆地和矾山断陷盆地。

新生代中后期，本区新构造活动表现为北东、北北东向断裂以右旋扭动为主；凡北西、北西西向断裂以左旋扭动为主。新生代以来有玄武岩活动，第四纪玄武岩在本区主要分布于尚义一带（1998年1月10日张北—尚义6.2级地震发生于此）。本区现今构造运动继承了新生代以来构造运动特点，由震源机制解所给出的主压应力方向为北东东向。

测区现今山川的基本形态是新构造运动的产物，第四纪以来依然承袭着第三纪的构造格局。受区域强烈新构造运动的影响，该区的活动断裂相当发育。第四纪活动构造带可概括为表1.1。

根据地震测深、转换波测深、重力观测和电磁测深方法编制的两条综合地球物理剖面图（张家口—怀来—北京—武清—塘沽；保定—固安—三河—兴隆—承德），该区地壳结构最显著的特点是层状断块结构，除沉积盖层外，地壳分为上中下三层，上层厚9~12km，速度为6.1~6.3km/s，密度2.74~2.85g/cm<sup>3</sup>，电阻率为10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup>Ω·m，是高速高密高阻脆性层。中层厚6~8km，速度为6.0~6.2km/s，密度2.75~2.91g/cm<sup>3</sup>，电阻率为几~十几Ω·m，是脆性地壳到韧性的过渡层。下层厚8~12km，速度为6.5~7.2km/s，密度2.92~3.07g/cm<sup>3</sup>，电阻率为10<sup>2</sup>~10<sup>5</sup>Ω·m，是高阻层。莫霍界面埋深33~40km。

监测区内历史上曾发生8级地震1次，7级以上地震5次，6级以上地震20次，5级以上地震47次（不含大震后的余震），近期有影响的是1976年7月28日唐山7.8级大震，1989年10月19日大同—阳高6.1级地震和1998年1月10日张北—尚义6.2级地震，这些地震均发生在监测区内或其边缘<sup>1)</sup>。

1) 中国地震局信息观测中心，《地震监测志》，2003

表 1.1 京津唐张渤地区第四纪活动断裂一览表

序号	断裂名称	参考长度 (km)	产 状			活动 时代	活动 性质	分段 数
			走向 (°)	倾向	倾角 (°)			
1	怀涿盆地断裂	56	50	南东	50~75	Q4	正断	5
2	延矾盆地断裂	102	20~85	南东	50~80	Q4	正断	6
3	蔚广盆地南缘断裂	115	50~70	北西	55~70	Q4	正断	4
4	孙庄子—乌龙沟断裂	115	25~30	北西	65~75	Q3	正走断	3
5	南口山前断裂	61	40~50	南东	50~80	Q3	正断	4
6	沿河城—紫荆关断裂	160	20~60	南东	5~75	Q2	正断	—
7	小汤山—东北旺隐伏断裂	24	30~40	南东/北西	60~70	Q4	正断	2
8	八宝山断裂	100	40~50	南东	35~45	Q1~Q2	逆断	—
9	北石城—河防口断裂	51	20~50	南东	30~50	Q2	正断	2
10	黄庄—高丽营隐伏断裂	140	20~50	南东	55~75	Q3	正断	5
11	前门—良乡隐伏断裂	110	25~30	北西	60~80	Q3	正断	2
12	大华山断裂	25	45	南东	60~80	Q2	正断	—
13	通县—南苑隐伏断裂	130	60	北西	—	Q1?	正断	—
14	大兴隆起东缘隐伏断裂	122	45~80	南东	60~70	Q4	正断	2
15	廊坊盆地西缘隐伏断裂	52	45~50	南东	—	Q3?	正断	—
16	永清盆地北缘隐伏断裂	34	45~50	南东	—	Q3?	正断	—
17	靳家堡断裂	10	350~10	西	65~70	Q3	正断	—
18	青石岭断裂	41	12	北西	约	Q2	正走断	—
19	程各庄断裂	34	5~10	南东/北西	80	Q3	正走断	—
20	黄土窑断裂	4	315	南西	60	Q3	正断	—
21	新保安—沙城隐伏断裂	26	290	南西	65~75	Q4	正断	—
22	施庄断裂	16	300~320	北东	70~80	Q3	正走断	—
23	南口—孙河隐伏断裂	60	300~310	南西/北东	70~80	Q4	正断	2
24	永定河隐伏断裂	26	320	南西/北东	80	Q2	正走断	—
25	廊坊盆地东缘隐伏断裂	56	310~320	南西	—	Q3?	正断	—
26	东垒子—涑水断裂	45	305~320	南西	70	Q1	逆断	—
27	松林店隐伏断裂	12	310	北东	60	Q1~Q2	正断	—
28	桑干河隐伏断裂	25	80	北西	60~70	Q3	正断	—
29	古北口断裂	16	70	南东	85	Q2	正断	—

(参照 高文学, 1993; 北京市地震局监测志等)

该区构造情况见图 1.1, 历史上地震震中分布见图 1.2。

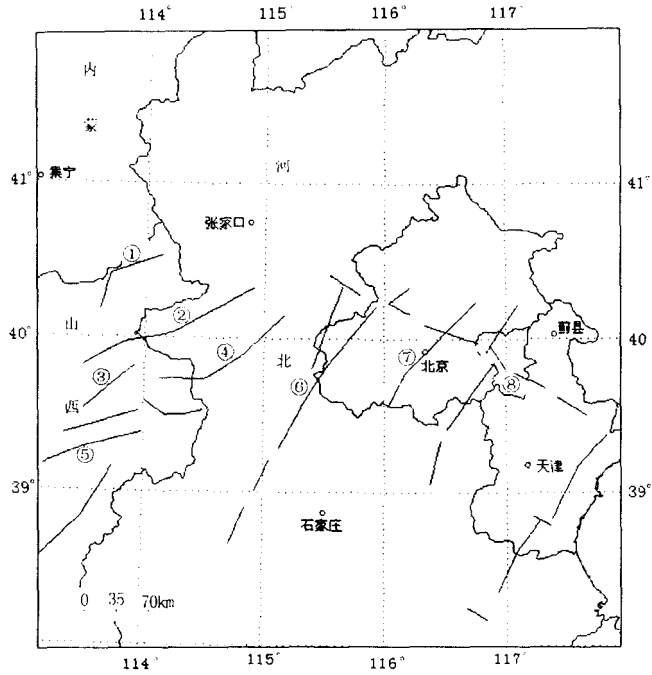


图 1.1 京津唐张渤地区构造图

① 天镇—阳高断裂；② 六棱山北麓断裂；③ 恒山北麓断裂；④ 蔚广盆地南麓断裂；⑤ 五台山北麓断裂；  
⑥ 孙庄子—乌龙沟断裂；⑦ 黄庄—高丽营断裂；⑧ 昌平—南丰断裂

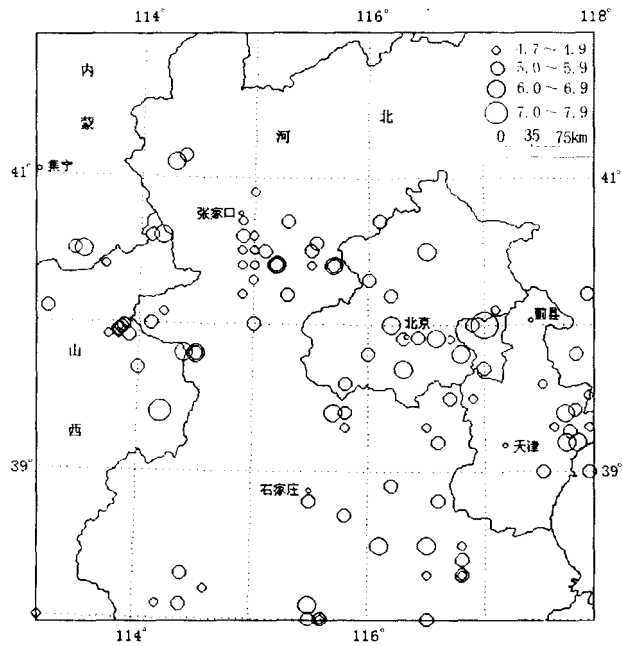


图 1.2 京津唐张渤地区地震震中分布图  
(公元前 780~2002 年,  $\geq 4\frac{1}{4}$ 级)

## （二）内蒙古呼和浩特—包头地区

该区新生代以来构造运动强烈，形成了一系列新生代断陷盆地，并伴随产生近东西向、北西向和北东向活动断裂。新生代断陷盆地有：河套盆地，走向近东西，北深南浅呈箕状，新生代沉积厚度约为 5 000~7 000m，最厚达 10 000m，第四纪厚度为 400~1 800m，最大厚度为 2 400m 左右；鄂尔多斯盆地新生代沉积厚度仅有几十米至 200m。以横贯全区的东西向断裂占优势，主要有大青山山前断裂、鄂尔多斯台地北缘断裂、乌拉山山前断裂、磴口—木井断裂、和林格尔断裂等。这些活动断裂，不仅控制着区域地形、地貌特征，而且控制着新生代盆地的形成和发展，以及地震的孕育等。

区内前震旦纪结晶基底，其展布方向与构造线一致，主要出露于阴山东西向构造带，新生代构造轮廓也受此控制。

现今构造运动，基本上继承了新构造运动及老构造运动的活动方式。从第四纪活动断裂运动方式、新生代盆地形成的机制、地震震源机制解结果都反映了整个区域构造应力场同华北地区基本一致，即主压应力方向为北东—南西向，主张应力方向为北西—南东向。

据历史资料，该区自公元前 7 年已有破坏性地震的记载。该区有史以来发生 4.7~4.9 级地震 4 次，5.0~5.9 级地震 3 次，6.0~6.9 级地震 6 次。近期影响较大的有：1976 年 4 月 6 日和和林格尔 6.2 级地震，1979 年 8 月 25 日五原 6.0 级地震，1996 年 5 月 3 日包头 6.4 级地震，该区是我国地震构造活动区之一。

该区的地震在地理分布上具有明显的成带性，总体走向近东西，构成阴山—燕山东西向地震活动带。另外在大兴安岭地区的雅鲁河、阿伦河形成北东向地震活动带，此外还有阿拉善地震活动带，通辽地震活动带等。在时空分布上，也有明显的区域性和阶段性，有的地区还具有明显的重复性。地震活动的频度、强度各地区不平衡，从东向西，由北而南，频度、强度逐渐增高。震源深度一般为 18~25km，东部浅，西部深。最浅为 10km，最深达 35km。均属发生在地壳内的浅源构造地震（《中国岩石圈动力学地图集》编委会，1989）。

该区构造情况见图 1.3，历史上地震分布见图 1.4。

## （三）四川西昌、盐源地区

该区位于四川省南部，主要的活动性断裂有：安宁河断裂、则木河断裂、木里弧形断裂、盐源弧形断裂等。安宁河断裂的冕宁、西昌段，在更新统地层发育一组近南北向冲断层和褶皱，显左旋挤压性质。盐源盆地内有喜马拉雅期煌斑岩脉出露。该区地震活动频繁，频次高，强度大，破坏性强烈。该区是板内强震活动地区之一，因陆壳岩石圈上部结构的差异，在大区构造印度板块、菲律宾板块向欧亚板块直接俯冲碰撞时，是本区块体强烈推挤运动的动力，导致本区新构造运动，现今构造运动和强震发生的根源（《中国岩石圈动力学地图集》编委会，1989）。

## （四）文县—武都、南坪—松藩重力复测地区

该区位于秦岭地区，属秦岭褶皱山系，构造线的基本走向为北西西或东西向。以武都—天水一线将秦岭分为东西两部分，地形地貌上表现为西高东低，其间的西和一礼县盆地则为北东走向，新生代沉积厚度可达 700~800m。

该区新构造运动强烈，破坏性地震多发生在这些地区。表现为：断裂带继承性活动明显，以北仰南倾的掀斜运动为特征，从祁连山、河西走廊地区到甘南、陇南地区，地壳水平构造运动非常强烈，致使新生代盆地绝大部分皆显示为压性盆地。

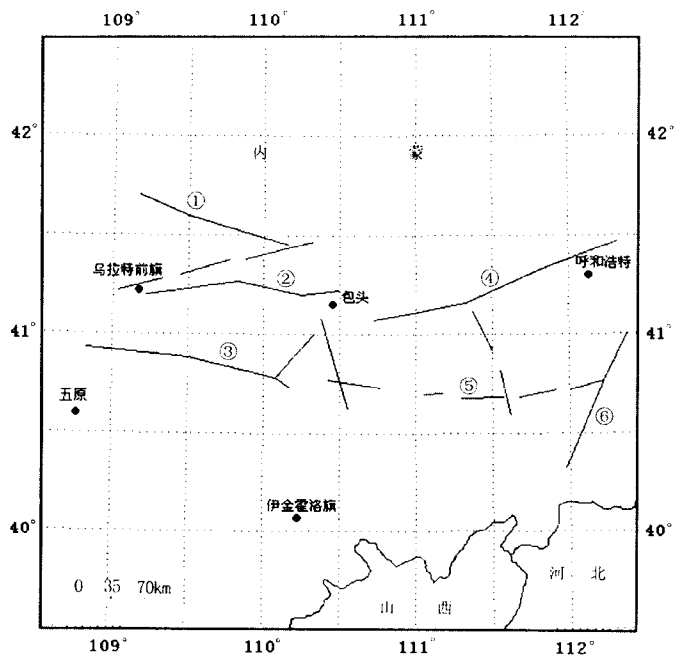


图 1.3 内蒙古呼和浩特—包头地区构造图

① 狼山—色尔腾山前断裂；② 乌拉山山前断裂；③ 磴口—本井断裂；  
 ④ 大青山山前断裂；⑤ 鄂尔多斯北缘断裂；⑥ 和林格尔断裂

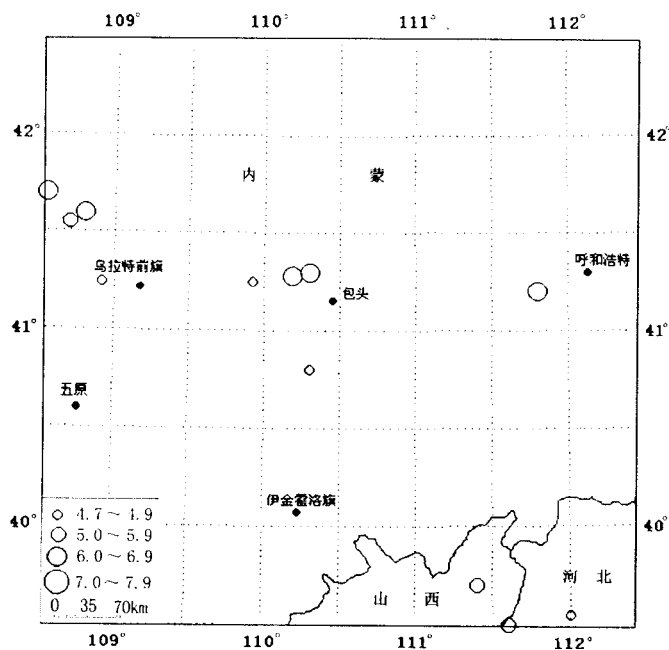


图 1.4 内蒙古呼和浩特—包头地区地震震中分布图  
 (公元前 780~2002 年,  $\geq 4\frac{3}{4}$  级)

1900年以前该区强震较多现今构造运动以北北东—南西西向挤压为特征的现代应力场所控制。1900年以后，该区仍然是我国境内强震活动区之一（《中国岩石圈动力学地图集》编委会，1989）。

#### （五）空运重力测网

该区新生代以来构造运动总的特征是差异断块运动。由于断裂活动控制了隆起和凹陷的边界，形成了一系列新生代的隆起与盆地。本区主要活动断裂按延伸方向大体分为三组东西向主要分布在河南中部。形成时代较早，曾多次活动，特别是新生代活动尤为剧烈，控制了新生代沉积盆地的发育。北西向活动断裂方向为北西  $300^{\circ} \sim 325^{\circ}$ ，阶跨河南省中部，错断的地层从太古界至新生界都有。此组断裂与东西向断裂相交，并将其错断，具有压性或压扭性活动特征。北东向活动断裂分布较广，形成时代较晚。喜马拉雅运动加剧了该组断裂的活动，具有张性活动特征。

该区构造情况见图 1.5，地震震中分布见图 1.6。

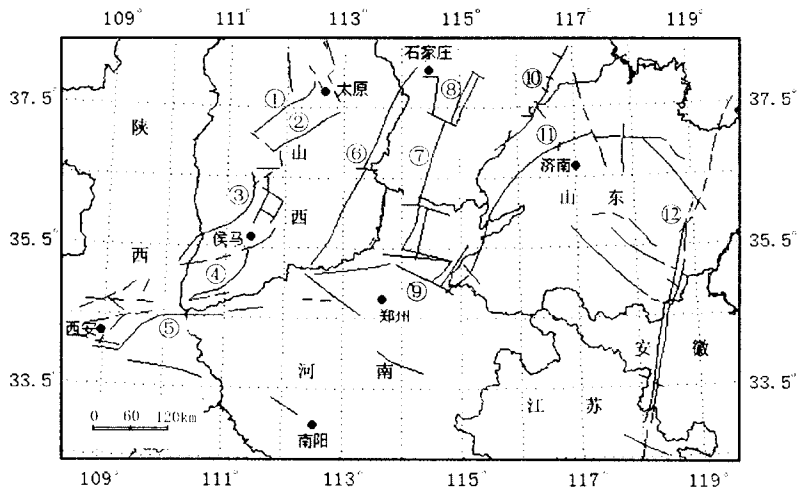


图 1.5 空运重力测网地区构造图

- ① 交城断裂 ② 太谷断裂；③ 罗云山断裂；④ 霍山山前断裂；⑤ 华南山前断裂；⑥ 晋获断裂；⑦ 邯郸磁县断裂；  
⑧ 新河断裂；⑨ 新乡—商丘断裂；⑩ 沧东断裂 ⑪ 聊兰断裂 ⑫ 庐断裂

该区位于大地构造单元的交接部位，因而地震构造有其独自的特点，大体以新乡—商丘断裂为界：以北，莫霍界面形态、结晶基底起伏，中、新生代构造盆地，均为东西分异，主要构造线的走向为北北东向，其地震活动特点与华北平原区一致；以南，情况较复杂，总的构造特征是近南、北向分异，地震活动自北向南减弱。

#### （六）云南龙陵重力、地磁测量地区

云南省新生代构造轮廓形成的主导因素为始新世末印度次大陆板块与欧亚大陆板块的碰撞，导致了大规模的喜马拉雅运动。碰撞效应形成陆壳的“叠加”，使云南高原崛起，西藏东部岩壳向东南方向推挤，亦改变了云南发育历史较长的断裂运动方式，并形成新的断裂形式。

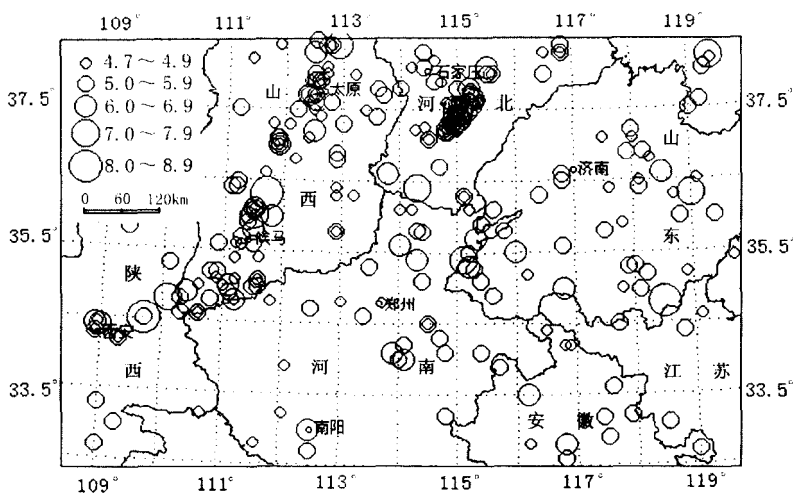


图 1.6 空运重力测网地区地震震中分布图

(公元前 780~2002 年,  $\geq 4\frac{1}{4}$  级)

该区新构造运动图象具有单条断裂、多条断裂交切和区域构造单元三种控制因素的勾画特征。单条断裂的斜滑特征形成了大量沿断裂线的“串珠状”断陷盆地，盆地中的新沉积物厚度可达 2000m 左右，并与同期沉积物在高差上达 4000m 的垂直差异。同时现代水平扭错亦可达数千米量级。在盆地中发育的与断裂运动一致或相互力学配套的第四纪断裂亦屡见不鲜。

第四纪火山主要分布在该区。腾冲火山群保存数十座完整的火山锥体，喷发物以次碱性玄武岩、玄武安山岩为主，并追踪南北、北西和北东三组断裂呈线性排列。该区的活动断裂主要有：怒江断裂、龙陵断裂等。

1976 年 5 月 29 日在云南省龙陵地区相继发生了 7.3 级和 7.4 级强烈地震，7 月 21 日~8 月 4 日，在老震区又相继发生了一次 6.6 级，两次 4~5 级强余震（《中国岩石圈动力学地图集》编委会，1989）。

#### (七) 山西断陷带地区

该区新生代以来形成和不断发展的地堑和盆地，由大同、忻定、太原、临汾、运城等地堑和分割它们的横向隆起所组成的地堑盆地带，其南与陕西渭河地堑相连，北与河北的蔚县延怀地堑相对接而组成的汾渭地堑—裂谷系，总体呈“S”形雁行排列，长达 200km。其特点是：

(1) 地堑两侧或一侧均有山前大断裂存在，地堑内部则存在一系列与盆地边缘大断裂平行、垂直、斜交的隐伏断裂，将地堑底部基岩切成许多断块，形成地堑内部许多次一级隆起与凹陷构造。

(2) 各地堑在总体上均是一侧深陡，一侧浅缓的不对称箕状盆地。

(3) 各地堑表面高程由北向南依次变低，如大同为 1100m，向南直至运城为 400m。

(4) 南部灵宝等地堑形成于始新世—渐新世，在北部除忻定地堑形成时代有待进一步研究外，其余地堑均形成于中新世—上新世。

(5) 新生代沉积物厚度因盆地的长轴方向的不同而有区别。北北东向者薄，北东向—北东东向者厚。而且前者的扩张速率小于后者。

(6) 负重力异常和部分地壳相对减薄。

(7) 局部地区（如忻定地堑东北缘和大同地堑内部）有新生代玄武岩活动。

(8) 各地堑均有温泉分布。据少数数据表明，有较高的热流值。

新生代构造运动另一重要表现是老断裂新活动以及新断裂的形成。前者控制地堑裂谷系的展布以及各个地堑的形成和沉积物厚度的差别；后者则发育于地基内部及其横向隆起与地堑之间的地段，它们可能是裂陷过程中不断形成和发展的。从地质、地球物理和卫星照片等资料分析，上述断裂的方向主要是北北东、北东、北东东，其次是北西、北西西等。然而地堑边缘大断裂大多是沿袭中生代及其以前断裂走向活动形成的，但力学地质往往相反，如在中生代为逆断层性质，上盘向西推覆；新生代转变为正断层性质，上盘向东降落。

地壳厚度在 40~45km 之间变化，由东向西增厚。东部太行山一带尚存在一条规模巨大的地壳梯度带。而中部地堑—裂谷带的地壳厚度大多比周围山区薄，如临汾、太原地堑及其周围就是这种情况。

区内新构造运动表现为块体断陷活动，特别是地堑带断陷最强烈。同时盆地边缘和内部断裂切割新第三系和第四系的证据屡见不鲜。另外，区内一些地区水系格局也明显受活动断裂的控制。据断层摩擦痕分析结果表明，该区多数北东向断裂，具倾滑或斜滑的运动方式，而且其中有一些水平分量超过垂直分量，为右旋型；而北西西或近东西向的则为左旋型。

震源机制解、地应力测量、形变资料说明，现今的构造运动总体上仍然表现为北东—北东东挤压、北西拉张的应力场作用下的运动。表明现今断裂活动继承着新生代以来的运动方式。这与地堑—裂谷系的形成应力状况是一致的

地震活动主要与断裂活动，以及地堑—裂谷系的形成与发展有密切关系， $\geq 6$ 级地震明显受中部地堑带控制，均分布在地堑内部及其旁侧。以往地震资料表明，在中部地堑—裂谷带的北北东向地堑区地震强度大，频度中等；反之，北东向地堑的地震强度较小，而频度较高。另外， $\geq 6$ 级地震的具体发震部位大多是断裂交汇、拐弯、端部地带。特别应注意地堑沉降强烈的一侧以及北东向断裂与北西向断裂交汇处。地堑系的形成是在本区中部隆起和地壳减薄的背景上，并且受北东（北东东）—南西（南西西）向挤压区域应力场作用下不断形成和发展的。地震活动则是在这些地壳剧烈活动、区域应力强烈作用下的产物。

地震活动强烈 历史记载资料悠久。自公元前 231 年至公元 1982 年间  $\geq 4.7$  级地震达 74 次 其中  $> 8$  级 2 次，7~7.9 级 4 次，6~6.9 级 10 次，5~5.9 级 49 次，4.7~4.9 级 9 次。1982~1993 年间， $\geq 4.7$  级地震 15 次，其中 6 级以上地震 1 次，5~5.9 级 6 次，4.7~4.9 级 8 次。1994~2003 年间， $\geq 4.7$  级地震 3 次，其中 5~5.9 级 1 次，为 1999 年 11 月 1 日大同 5.6 级；4.7~4.9 级 2 次。6 级以上的地震几乎均集中于山西中部地震带内。根据仪器记录，每年数百次 4 级以下的小震发生，它们也主要散布于地堑带及其两侧；但有时呈震群形式集中，如太谷、平遥、和顺及北格等震群。地震都属壳内浅源地震，震源深度多为 10~30km。

自 1039 年以来，5 级以上地震活动可分为 1039~1368 年、1369~1695 年、1696 年至今

三个周期，每一个周期均存在着平静期和活跃期。平静期一般不发生或只发生个别的 6 级地震，6~8 级地震主要发生于活跃期<sup>1)</sup>。

该区地质构造情况见图 1.7，该区历史上地震分布见图 1.8

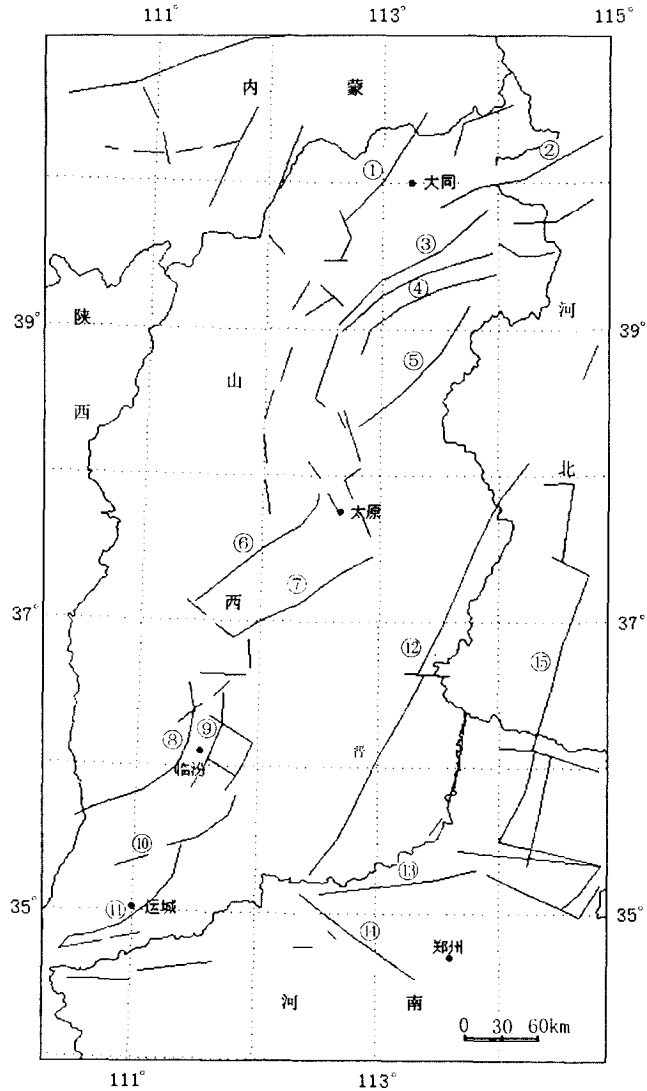


图 1.7 山西地区构造图

- ① 泉断裂；② 六棱山北麓断裂；③ 恒山北麓断裂；④ 五台山北麓断裂；⑤ 系舟山北缘断裂 ⑥ 交城断裂；  
 ⑦ 太谷断裂 ⑧ 罗云山断裂；⑨ 霍山断裂；⑩ 临猗断裂；⑪ 中条山北缘断裂；⑫ 晋获断裂  
 ⑬ 盘古断裂；⑭ 封门口—五指岭断裂；⑮ 邯郸—磁县断裂

1) 山西省测绘局,《山西省地图集》, 1995

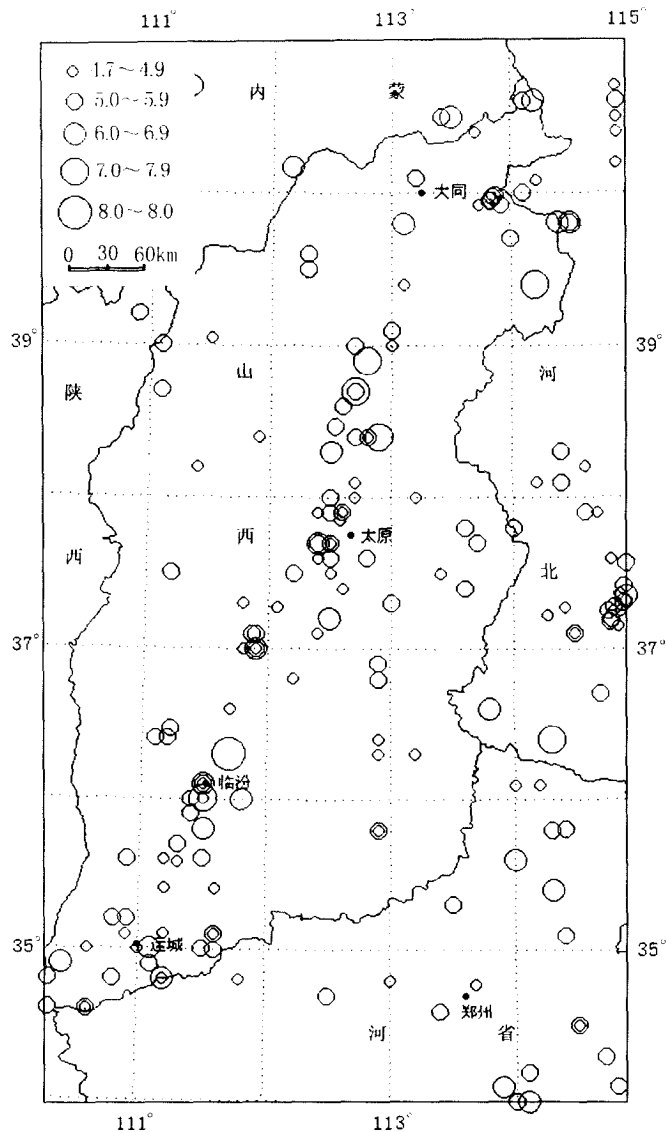


图 1.8 山西地区地震震中分布图  
(公元前 780~2002 年,  $\geq 4\frac{1}{4}$  级)

#### (八) 豫鲁重力、地磁复测地区

该区新生代以来构造运动总的特征是差异断坦运动。由于断裂活动控制了隆起和凹陷的边界, 形成了一系列新生代的隆起与盆地。本区主要活动断裂按延伸方向分为三组。东西向活动断裂主要分布于河南中部。形成时代较早, 曾多次活动特别是新生代活动尤为强烈, 控制了新生代沉积盆地的发育。根据切过老第三系的断裂结构面分析 该组断裂晚期为张性或张扭性活动。北西向活动断裂方向为  $300^{\circ} \sim 325^{\circ}$ , 斜插河南省中部 错落的 地层从太古界至新生界都有。此组断裂与东西向断裂斜交 并将其错断, 一般表现为北东盘西移 具有压性或压扭性活动特征。北东向

活动断裂分布较广 形成时代稍晚。喜马拉雅运动加剧了该组断裂的活动。具有张扭活动特征。

本区新生代盆地中大型盆地分布在东部，小型山间盆地分布在西部。盆地的基底绝大部分为前震旦系的古老变质岩系，其次为古生代地层，个别为震旦系。根据控制盆地的断裂方向，以及盆地形态可将其分为 4 组。东西向盆地有周口、开封、济源、洛阳、登封、南阳等 10 个盆地。新生代的沉积厚度，大型盆地一般大于 4 000m，小型盆地 1 000~4 000m。它们形成时代虽不相同，但从结束时间来看为南早北晚，上第三系—第四系的沉积厚度有自南而北增厚的趋势，反映了断裂活动北强南弱的特点。北西向山间盆地有：淅川、西峡、临汝等 5 个盆地的沉积厚度一般为 2 000~3 000m。这些盆地多形成于晚白垩纪时期。老第三纪末期的构造运动使山体抬升，盆地随之消亡。惟临汝盆地发育稍晚并延续到第四纪。北东向单断陷盆地有伊川、嵩县、汤阴、东濮等。该组盆地呈雁行状排列。控制盆地的主要断裂位于盆地的东侧，均表现为东断西超。盆地的主要发育时期为新生代。沉积厚度不等，最厚者可达 7 000m 左右。箕状盆地的鹿邑、临淇等，是由北东与东西向的断裂联合形成的向北西向敞开的盆地。沉积中心靠近两交汇部位。总的看来，盆地的沉降幅度与断裂的活动强度都有自南而北增大的趋势，这与地震活动北强南弱的特点是一致的。

结晶基底的组成，其南、北各不同，以栾川—南召—明港—固始为界，以北为太古界；以南为元古界。西部山区太古界零星出露于地表，东部平原则隐伏于沉积盖层之下，随新生代盆地的深浅而起伏，例如开封盆地、嵩山—太康隆起、周口盆地，结晶基底埋深分别为 6 000~9 000m，1 000~2 000m，6 000~7 000m。同时伴随基底的起伏还有基底断裂，这些断裂经历了不同地质时期的构造运动，有的直到新生代还有活动。

根据人工爆破地震测深剖面分析，莫霍界面是一个不连续面。在东部平原地区为 10~20km 震源的分布与该面关系密切。莫霍界面深度 30~40km 之间，东部平原一般在 30~35km，西部山区可达 40km 左右。北部的濮阳、长垣、新乡南、洛阳一带，存在一地壳隆起带，最薄处仅 28~29km。

该区新构造运动是以大面积升降作用为主，并伴随有老断裂的新活动，表现出差异断块运动方式。新构造时期断裂通常在盆地边缘的上第三系地层中发现一些小型断裂，方向多为北东或北北东向。第四系中的断裂只在三门峡一带，以及南阳盆地的西南缘发现有第四纪断层。新构造时期的水平运动形迹，可在豫北地区汤西断裂上观察到右旋斜向下滑的运动形迹。此外，在盆地边缘上第三系中北东向张性或张扭性断裂发育，以及北西向最新构造隆起存在的事实，表明第三纪以来有北东—南西向的水平应力作用。

根据地震震源机制解，最大主压应力方位大体是，黄河以北 P 轴方位绝大部分为北东—南西方向；以南 P 轴方位一致性较差。根据现有资料推断，北部可能受大华北地区统一应力场的控制，而南部地区比较复杂，可能与所处构造的交接带有关。

本区位于大地构造单元的交界部位，因而地震构造有其独自的特点，大体以新乡—商丘断裂为界：以北，莫霍界面形态、结晶基底起伏，中、新生代构造盆地，均为东西分异，主要构造线的方向为北北东向，其地震活动特点与华北平原区一致；以南，情况较为复杂，总的构造特征是近南、北向分异，地震活动自北而南渐弱（《中国岩石圈动力学地图集》编委会，1989）。

该区地震主要分布在太行山边缘地区 河南中部的许昌—太康一带 河北南部的邯郸地区，山东西南部的菏泽地区。从频度和强度上看，该区属于中等强度略偏高的地震区。1983 年 11 月 7 日，在该区的山东菏泽发生了 5.9 级地震，这是该区近代最具影响的一次中强地震事件。

该区地质构造情况见图 1.9, 该区历史地震分布见图 1.10。

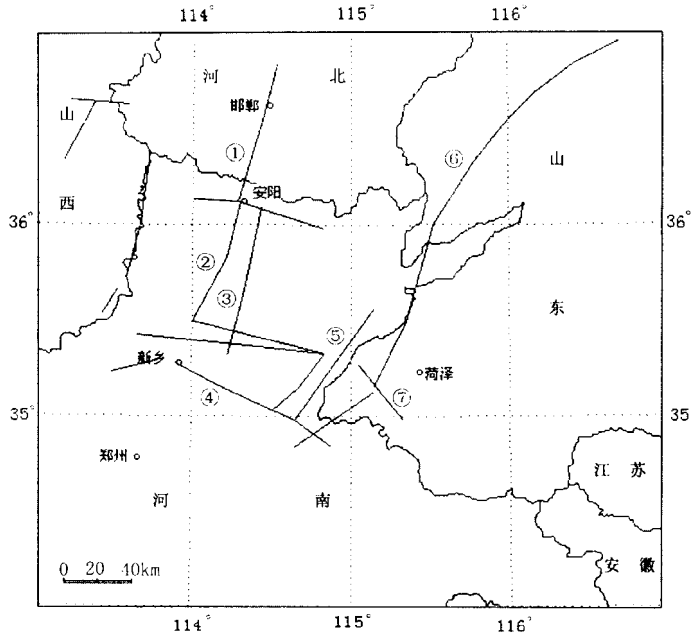


图 1.9 豫鲁地区构造图

邯郸—磁县断裂；② 汤西断裂；③ 汤东断裂；④ 新乡—商丘断裂；  
⑤ 长垣断裂；⑥ 聊兰断裂；⑦ 成武—东明断裂

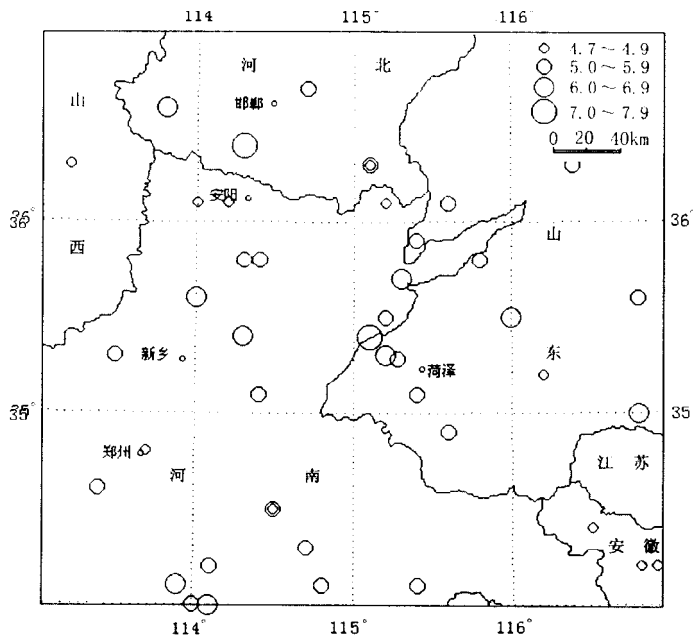


图 1.10 豫鲁地区地震震中分布图

(公元前 780~2002 年,  $\geq 4\frac{1}{4}$  级)