

第一章 区域地质概况及新生代构造动力学演化

第一节 大地构造位置

豫北地区位于华北断块区南部(图 1.1), 所涉及的二级构造单元有太行山断块、冀鲁断块、豫皖断块等。华北断块区包括了我国贺兰山、六盘山以东, 秦岭、大别山以北, 北纬 42° 以南的广大地区, 这里仅对华北断块区的边界断裂作一简述。

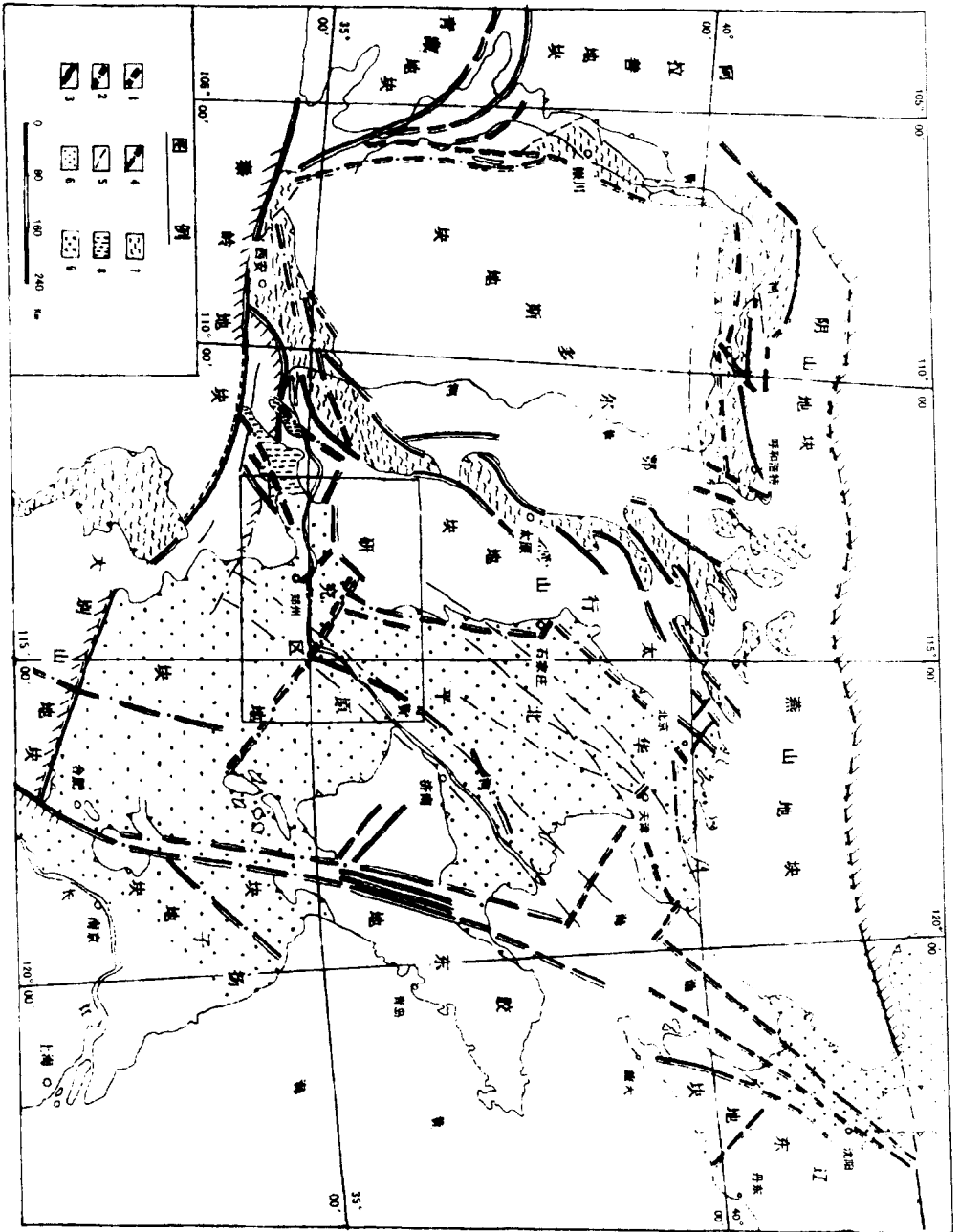
1. 华北北缘断裂带: 西起狼山—阴山北侧, 向东经内蒙达尔罕达明安旗之北, 经保康、赤峰, 横越下辽河平原, 而后绕过开原附近到达辽东山地, 继续向东沿龙岗山一带延伸, 主要包括川井—镶黄旗断裂、康保—赤峰断裂、赤峰—开原断裂、古洞河—富尔河断裂等。该断裂带构成华北断块与其北侧的天山—大兴安岭断褶, 吉黑断坳的天然分界线, 其形成时代为元古代或更老, 晚古生代强烈活动, 并有花岗岩侵入, 中、新生代活动减弱, 属地壳断裂, 运动方式以挤压—剪切为主。

2. 华北南缘断裂带: 华北断块区南界, 长期以来一直是一条争论未定的边界, 从不同角度确定的华北南界的位置相差甚大。一般认为, 该断裂带西起宝鸡, 向东经西安、蓝田、卢氏, 折向东南大致沿方城—确山一线以南, 再向东延到息县, 固始直到合肥东, 与郟庐断裂相交, 主要包括秦岭北缘断裂、伏牛山断裂、肥中断裂等。该断裂带的南部属东秦岭断褶的加里东期构造带和华力西—印支期构造带。该断裂带形成于中岳运动之后, 熊耳群火山岩喷发堆积之前。从岩浆活动、变质带分布和地球物理(重、磁异常带)资料来看, 可定为岩石圈断裂, 其运动方式以挤压为主。

3. 鄂尔多斯西缘断裂(青铜峡—固原断裂): 为华北断块区的西界, 南起宝鸡一带, 向北沿六盘山东侧通过, 经固原直达贺兰山南段, 再往西北方向延伸到腾格里沙漠的内部, 该线以西为加里东期祁连山断褶的一部分。断裂形成时代为前寒武纪, 古生代以来, 特别是在新生代活动十分强烈, 从而构成我国东、西两部北段之分界线。

4. 嘉山—响水断裂带: 自嘉山一带开始向东北方向延伸, 经洪泽湖、响水后入海, 并横跨黄海北部海域。该断裂带为物探和钻探所证实。重磁上表现为一条北东向梯度带, 其西南段明显切割郟庐断裂带。梯度带两侧的钻孔资料证实它是胶东断块与扬子断块的分界线, 是控制从中元古代到新生代早期地层差异发育的重要界线。

上述四条断裂带所围限的华北断块区, 北边沿近东西向—北东东向延伸, 南缘近东西向—南东东向分布, 西部边缘为北北西向—近南北向, 而东南部边缘则以北东向为主。就其断裂的切割深度来看, 南边为岩石圈断裂, 其它三边为地壳断裂。在大地构造位置上, 豫北地区位于由上述四条断裂带围限的华北断块区南部。



- 1. 活动阶段 2. 隐伏活动阶段 3. 深断裂 4. 推覆的或隐伏的深断裂 5. 活动性不确定的断裂
- 6. 大型超覆的新生代沉积盆地 7. 地块边缘新近盆地 8. 已抬升的第三纪盆地 9. 新生代玄武岩

图 1.1 华北地区活动构造略图

第二节 构造单元划分

华北地区构造单元的划分，前人已经做了大量的研究工作。但由于从不同的大地构造理论以及从不同的区域地质研究角度出发，其划分的构造单元是不一致的。从新构造角度出发，华北断块区内二级构造单元的划分，主要根据中生代地层的沉积特征、岩浆活动特征、形变特征以及中生代构造线的展布特征等，由此将华北断块区分成六个二级断块，即：鄂尔多斯断块、太行山断块、冀鲁断块、豫皖断块、胶辽断块、阴山—燕山断块。豫北地区位于冀鲁断块西南部，豫皖断块西北部及太行山断块东南部。

1. 鄂尔多斯断块：位于研究区西侧，是华北断块区最稳定的单元，四周被断裂所围限。东为离石断裂，南为秦岭北断裂，西为鄂尔多斯西缘断裂，北为狼山—大青山山前断裂。该断块于古生代时表现为自东北向西南掀斜的块体，中生代则以整体下沉为主发展成一个大型盆地，接受较厚的沉积，燕山运动影响不大，仅发生微弱和缓的褶皱，喜马拉雅运动于其周缘发生裂陷运动，形成一系列新生代断陷盆地。

2. 太行山断块：研究区西北部属太行山断块。该断块东界为太行山东麓断裂带，西界为离石断裂，西北缘有大同一五寨断裂通过，东北侧以唐河断裂为界，西南侧以盘古寺断裂、中条山南麓断裂为界。该断块为华北断块区的相对隆起单元，古生代盖层较厚，中、新生代转为以上升为主，内部次一级的相对隆起与拗陷间隔。盖层褶皱一般多比较平缓，高角度断层比较发育，而且多受基底构造的控制。

3. 冀鲁断块：研究区东北部属冀鲁断块，该断块西以太行山东麓断裂带为界，东以郟庐断裂为界，南界为新乡—商丘断裂，北界则与燕山断块相邻。古生代本区处于相对稳定的发展阶段，中新生代以来的构造运动则十分强烈，岩浆活动和褶皱、断裂等作用使构造骨架变得更为复杂，并形成一系列次一级的构造单元，如区内的鲁西隆起、东濮拗陷、内黄隆起、汤阴地堑等。

4. 豫皖断块：研究区南部属豫皖断块，该断块东以郟庐断裂为界，北以新乡—商丘断裂、盘古寺断裂为界，南以华北南缘断裂带为界。豫皖断块的盖层发育阶段，地壳运动以强烈的沉降运动为主，盖层构造形态特征表现为开阔、平缓的褶皱，但断裂非常发育，西部以东西向和北西向为主，东部以近东西向和北东向为主，多为高角度正断层，控制次一级菱形块体的发育，如开封拗陷、太康隆起等。

5. 胶辽断块：位于研究区东北侧，北界为华北断块区北缘断裂的东段，西以郟庐断裂为界，东南部以嘉山—响水断裂为界，与南侧的扬子断块区分开。主要包括胶东半岛、辽东半岛、渤海湾、朝鲜等地，是一个长期隆起，前震旦纪基底广泛出露的单元。燕山运动在此活动强烈，不仅引起岩层的强烈褶皱与断裂，而且有大规模的花岗岩类岩浆活动，并形成一些中生代小型的断陷盆地。在朝鲜半岛，有大面积的粗面岩、玄武岩类的钙碱性火山岩流喷发，其时代为晚新生代，与弧后扩展的日本海的形成时代相同。

6. 阴山—燕山断块：位于研究区北部，是由两条近东西向断裂所夹持的构造块

体。西部阴山断块的南界为蹬口—东胜以北的断裂，东部燕山断块的南界为宝坻—秦皇岛断裂，阴山—燕山断块的北界为华北北缘断裂带。该断块也是一个长期隆起的构造单元，基底岩系大片出露，由于燕山运动，在断块东段形成了许多地堑式断陷盆地。在断块中、西段，盖层形成宽缓的褶皱，并发育许多逆冲断层。喜马拉雅运动，使全区普遍抬升，新生代地层仅在局部地区分布，且厚度较小。

上述断块之间多为地震构造带，如太行山断块与冀鲁断块之间的太行山前地震构造带，是本研究区内一条重要的地震构造带，历史上已发生过多次强震，现代小震活动密集成带。可见，构造单元的划分以及构造单元之间边界断裂的研究是地震构造研究的重要组成部分。

第三节 前晚元古代结晶基底

华北断块的基底构造系属前上元古界，他们广泛出露于断块边缘（如阴山—燕山断块的呼和浩特至大同，胶辽断块的鞍山—海城一带）与中央部位（如太行山、吕梁山、五台山等地）。华北断块的基底构造，经历了太古代及早、中元古代漫长而复杂的地质历史，并经历多次地壳运动，即太古代末期的泰山运动，早元古代末期的五台运动，最后，通过中元古代末期的吕梁运动，形成华北断块统一的基底，故相应进一步划分为太古代构造层、早元古代构造层与中元古代构造层。

一、太古代构造层（25亿年前）

我国最古老的火山碎屑岩在迁西县太平寨的迁西群内发现，其铷锶全岩等时法年龄约为36.7亿年。相应的地层有桑干群、迁西群、鞍山群、集宁群与乌拉山群、阜平群和龙泉群、界河口群、涑水群、泰山群等。这是华北地区最古老的原大陆或古岛链。主要分布在太行山以西至丰宁、呼和浩特至大同、鞍山至海城、清原至新滨一带。

泰山群主要为一套深度变质的黑云母片麻岩，夹有角闪石或白云母等变粒岩、大理岩等，局部夹硅质岩建造。其原岩为碎屑岩夹海底基性火山岩流与火山碎屑物为主，大多经历了广泛而强烈的混合岩化及花岗岩化作用。迁西群原岩为以基性火山岩为主夹碎屑岩及少量中、酸性火山岩，变质程度一般为中深，属麻粒岩相和铁铝榴石—角闪岩相。

研究区内太古界在黄河以北地区称赞皇群和林山群，主要出露于太行山区的林州城西丰镇至桑园一线，辉县的黄水、上八里，济源的小土岭、后郑坪、河口、仙人口和卫辉塔岗等地。太行山以东的平原区隐伏于新生代之下的有内黄县的王宋村，沁阳县的王陵集等地；黄河以南地区称登封群，主要出露于嵩山、箕山一带。

在太古代早期，有超基性岩浆沿断裂侵入，呈小透镜状及串珠状岩体。太古代末期，在太行山、中条山及泰山等处均有火山碎屑岩堆积，其中以基性火山岩为主，中酸性火山岩常在晚期出现。

上述太古界地层大约在25亿年经历了一次构造变动，即泰山运动（或称鞍山运动

铁堡运动等)，并发生有较强的区域变质作用，同时有强烈而普遍的花岗岩化和混合岩化。太古代地层的褶皱轴向和片麻理方向大多为近南北向，反映当时主要受东西向的区域挤压应力场的作用。

二、早元古代构造层 25—20亿年前)

相应的地层有五台群、龙华河群、单塔子群和朱杖子群、宽甸群、二道洼群、吕梁山群、绛县群、霍丘群、嵩山群、胶东群等。

五台群为一套绿泥片岩、云母片岩、角闪片岩与条带状含铁石英片岩或赤铁矿石英岩等，尚有较多的铁质大理岩为特征，底部含有稳定的变质砾岩层，原岩碎屑岩具有一定的分选，总厚达5000米左右，属中—浅变质而强烈变形的变质岩系，变质作用达到麻粒岩相，铁铝榴石相和绿片岩相。

研究区内只在济源西北的银鱼沟、铁山河一带有出露，其原岩为碎屑岩、半粘土岩和碳酸岩，属浅海陆缘碎屑建造。其次，在登封嵩山一带也有出露，为一套富含硅、铁、镁、钙、磷的砂质和泥砂质为主的滨海相陆缘碎屑建造，并夹有少量浅海相碳酸岩建造。前者称银鱼沟群和铁山河群，后者称之为嵩山群。

五台期是华北断块区形成阶段中，地壳活动性最普遍、最强烈的一段时期，迁就了太古代的北西西和北东东向剪切断裂形成地壳的剪切—拉张带，发展成为走向近东西的凹陷活动带。它以强烈的火山喷发为特征，主要为基性成分，部分地区形成细碧角斑岩建造和复理石建造。

在早元古代末期发生的强烈地壳运动—五台运动，不仅是一次重要的褶皱运动，而且还使得华北断块区内太古代的古大陆块体，经期间的下元古代大洋地壳的褶皱拼合、焊接成一块具有相当规模的太古—早元古代的“原地台”，使华北断块区的地壳增厚并更加固化。五台运动形成的褶皱轴方向为北东东向，并产生一套北北东和北北西向的剪切断裂，在断块区北缘发育北东东向断裂，南缘产生北西西向断裂。反映早古生代的构造应力场转为近南北向挤压。

三、中元古代构造层 20—17亿年前)

相应的地层有溥沱群、辽河群和马家店群、甘陶河群、中条群、熊耳群、粉子山群等。分布范围比泰山群和五台群及其相当地层小，主要在华北断块区中部的吕梁山、五台山、太行山及辽东半岛等地分布。

溥沱群为一套厚度较大或巨大的具有中—低级变质的沉积岩或火山—沉积岩，其剖面自下而上显示由碎屑岩过渡到碳酸盐岩和由粗变细的沉积旋回，其内部还有次一级的韵律，三分性明显，一般下部为变质砾岩—石英岩—板岩—变质碳酸岩的大旋回性；中部为含丰富叠层石的白云岩组成，其下部夹有具对比意义的变质基性火山岩层；上部为一套具磨拉石建造特征的碎屑岩。溥沱群为轻微区域变质的绿片岩相，一般见不到混合岩化或花岗岩化。

在中元古代的中晚期阶段，除少量的中基性岩浆岩外，其它的岩浆活动不显著，构造变动不剧烈，变质作用轻微。但在中元古代末期，在华北地质历史上发生了一次规模浩大、影响很广的吕梁运动（或称中岳运动）。吕梁运动除了强化了泰山群与五台群的构造形态，而更重要的意义是结束了华北断块基底的发展阶段，它焊接统一了华北断块的基底，从而使华北地区由原来活动强烈的地槽基底阶段转化成活动性相对稳定的地台盖

层发展阶段，从而改变了华北地区的大地构造性质。

总结华北断块区晚元古代以前这一段漫长的地质历程（约20亿年）属于地壳发展的早期阶段。一般认为，华北断块在晚元古代以前，地壳活动性较大，但同时也出现相对稳定和活动的构造差异，并也发生海陆的多次变迁和分异，同时发生至少有三次构造运动，并伴随有普遍的变质作用与岩浆活动。在内、外各种地质动力作用影响下，形成两套古老的变质岩系，即太古代的深度变质岩系和早、中元古代的中、浅变质岩系与火山岩系。并在其中形成近南北向和近东西向两组褶皱构造和断裂构造。

第四节 晚元古代及古生代构造层

一、晚元古代震旦亚界构造层（17—6亿年前）

晚元古代是华北断块的槽、台过渡时期，其间形成的震旦亚界地层以燕山地区的蓟县剖面为典型，称为北方型震旦系。这套地层主要分布于河北、辽东、山东、豫西等地，大部分为一套未经变质的沉积岩系，厚达数千米到万余米。

下部长城系基本上由海浸序列的岩系组成并含有以兰绿藻类为主的植物以及叠层石化石等，中部蓟县系主要为一套海浸—海退完整的序列岩系组成，上部青白口系为一套海退序列岩系。其后发生的一次不很强烈的地壳上升运动—蓟县运动，使震旦亚界顶部地层缺失。但在华北断块西南的豫西地区，在相对燕山地区青白口系的地层上，还连续沉积了以冰水堆积为主的罗圈组地层。

震旦亚界剖面的中、下部，见有多次的海底火山岩喷发和侵蚀面的存在。晚元古代的华北断块区大部分为隆起区，经过长期的剥蚀，华北断块区的崎岖地形相对被夷平，地壳运动处于宁静状态。发生在晚元古代末期的蓟县运动，使华北断块区在整体上升的背景上，伴有微弱的褶皱活动。

二、早古生代构造层（加里东旋回）

由于晚元古代末期的蓟县运动，而使华北断块整体上升，经过短暂的剥蚀即转为整体下降，接受寒武系和下、中奥陶统以碳酸盐岩类为主的连续沉积。当时的沉积属浅海环境，海浸方向由东南向西北，反映在地层上是由东南向西北超覆，地层厚度也是东南厚西北薄。

中奥陶世末期，华北断块整体隆起成陆，一直持续到早石炭世末期，使其长期处于陆地的剥蚀—夷平作用。这次大规模的长期上升，称宜昌上升或冶里上升，相当于加里东构造旋回中期的塔康运动，它是华北断块盖层发展阶段的一次影响深远的地壳运动，以致华北断块的贺兰山以东，阴山、燕山以南，秦岭、大别山以北的广大地区，缺失晚奥陶世、志留纪、泥盆纪和早石炭世的沉积。而作为这一漫长地质历史时期的地质标志，是形成了华北断块区一个共同近似的剥蚀面，发育了一个几米厚的古风化壳。

三、晚古生代构造层（海西旋回）

晚古生代的华北断块曾发生多次海水进退，但总的趋势是以整体上升为主，陆地不

断扩大。因此晚古生代是华北断块区由海洋向陆地转化的一个时期，同时也是断块内部地壳东、西分异逐渐扩大，逐步形成彼此隔离的盆地（如西部的鄂尔多斯内陆盆地），并且也由海洋性气候转化为内陆干燥性气候。

中石炭世初期，华北断块开始以整体逐渐下降为主，海水由东北向西南侵入，并伴随有次一级的频繁升降运动。晚石炭世，华北断块是在上升的背景下，发生频繁的次级升降运动，相应地发育了一套典型的陆海交互相地层并含有重要的煤层，该时期的海浸方向与中石炭世相反，由西南向东北推进。二叠纪是华北断块基本脱离海浸而普遍以海退为主，使全区上升成为陆地，并出现一些相对拗陷的大型内陆盆地。二叠纪石千峰组地层和上覆三叠纪地层呈整合或假整合接触，反映二叠纪末期的海西运动在华北断块区比较微弱。

第五节 中生代构造层

一、中生代三叠纪构造层（印支旋回）



三叠系地层主要分布在华北断块区的西部（鄂尔多斯）和南部（豫西）呈北北西—北西向的大型拗陷，在东、北部隆起区仅有一些小型盆地沉积。发生在中三叠世末期的印支运动，在东部表现为以基底的北东向块状断裂为主，并伴有岩浆活动，而西部则表现为大型块状拗陷。到晚三叠世末期的晚印支运动，基本上继承早期印支运动以普遍上升为主，使得吕梁山以东广大地区普遍上升，侏罗纪仅出现个别小型盆地，西部鄂尔多斯缓慢地下陷形成了大型盆地，而在东部燕辽地区则以断褶为主，使古生界受挤压而破碎，而与上覆侏罗纪地层呈不整合接触。总的来说，印支运动在华北地区表现微弱，是华北断块区新构造运动的序幕。

二、中生代侏罗—白垩纪构造层（燕山旋回）

侏罗纪开始，华北断块继承海西—印支旋回构造的特征，东西分异明显。西部鄂尔多斯凹陷，以沉积作用为主，盆地内沉积了一套陆相含煤碎屑岩建造；而东部隆起区，则在其不同的基底上发育一系列北北东—北东向的小型断陷盆地，堆积陆相地层并夹有中酸性火山岩系，其岩性和厚度在空间上变化很大。早白垩世的特点，基本上和侏罗纪相似。晚白垩世由于晚期燕山运动的影响，使得大部分地区成为剥蚀区，由此结束了华北断块区自中生代以来长期的东、西向分异的构造格局。

华北断块区燕山旋回的地质发展历史，标志着自晚元古代以来一直比较稳定的华北断块进入了一个新的活动阶段。自侏罗纪到白垩纪，燕山运动大致可划分出五个运动幕（表1.1），其影响范围遍及整个中国。燕山运动主要表现为大规模的断裂活动、中酸性为主的岩浆活动、盖层褶皱以及各类断陷盆地的形成，特别是形成了下辽河、华北等一些北北东向的大型拗陷带。燕山运动是迭加在古生代以来比较稳定的地区而发生强烈的活动，组成了环太平洋构造体系的外带—中生代构造带。我国现代地质构造的轮廓，基本上是燕山运动以来奠定的。

表 1.1 燕山运动幕的划分

时 代	幕 次	代表地层	褶皱运动	断裂活动	岩浆活动
第三纪	5	官庄组	次 强	次 强	弱
晚白垩世		王氏组			
早白垩世	4	南天门组	弱	强	中 等
晚侏罗世	3	张家口组	强	强	强
中侏罗世	2	三台组	强	强	强
早侏罗世	1	门头沟组	强	强	强
		 主要区域不整合  一般不整合			

第六节 新生代构造层及其动力学问题

一、早第三纪构造层

经历燕山运动后的华北断块整体上升，进入一个新的剥蚀阶段，全区普遍缺失下第三系底部古新统地层，于始新世开始又重新呈现以差异性的块状运动为主。太行山以西地区，特别是中生代长期拗陷的鄂尔多斯转化为隆起区，仅于鄂尔多斯周缘，基于早期深断裂的控制而发育一些新的断陷带，堆积了含煤含石膏的陆相碎屑岩建造。太行山以东地区（包括豫北地区），在原来隆起上发育的断陷盆地范围进一步扩大，在地堑内广泛堆积了黑色含炭、含油碎屑岩建造，如东濮地堑沉积厚度最大超过7000米。这些盆地在新乡—商丘断裂带以南大多为长轴近于东西向的菱形盆地，而北部则以走向北北东—北东的箕状地堑为主。

早第三纪的岩浆活动比较微弱，火山岩的岩石化学成分为偏碱性的玄武岩。发生在早第三纪末期的喜山运动，在华北断块区主要表现为大范围的断块运动，断裂活动比较活跃，但褶皱变形微弱，仅形成一些拱曲和倾斜地层。

二、晚第三纪及第四纪构造层

晚第三纪和第四纪是属于新构造发展阶段，其构造发展轮廓基本上是前一时期的继续。东部盆—岭区整体沉陷，晚第三纪以陆相细碎屑岩建造为主，局部夹有湖相泥灰岩，第四纪则广泛发育河湖相碎屑岩。山西地堑系进一步发展并强烈断陷，盆地内堆积了近百米的三趾马红土及数百米厚的第四纪河湖相碎屑岩。鄂尔多斯自晚第三纪开始又发生相对沉陷，堆积了上第三系红土及第四系黄土地层，直到更新世晚期以来大面积抬升，形成鄂尔多斯高原。

晚第三纪—第四纪的火山活动，比早第三纪时期有所增强，分布范围有所扩大。内蒙南部及晋北地区出现大片高原玄武岩。晚第三纪玄武岩基本上属拉斑玄武岩，第四纪主要为碱性玄武岩，但碱质较低。这一时期的构造运动表现为大范围的断块运动，形成

大面积的隆起和凹陷。在太行山以东地区，新构造运动打破了早第三纪华北盆—岭构造的格局，而形成一个统一的华北平原下沉区。而在西部山区，则发育了一些晚第三纪或第四纪的山间断陷盆地。总之，晚第三纪至第四纪的新构造时期，断裂活动十分活跃，它们控制着大小隆起区和凹陷区的边界，大量的新生代玄武岩浆的喷发与其密切相关

三、新生代构造动力学演化

前已述及，新生代以来华北断块区大体以太行山东麓断裂带为界，西部为整体隆起区，而东部则为相对下沉区，由此形成了华北断块区西高东低的地貌特征。相应地近几年在华北断块区开展的人工地震测深结果表明，深部莫霍面或上地幔的隆起、凹陷与地面起伏呈镜象对称(图 1.2)。另外，对鄂尔多斯周缘断陷带的研究表明，东部山西地堑系及鄂尔多斯西缘地堑系的形成，可能是一对右行剪切力偶的结果，而鄂尔多斯北缘，象临河—呼和浩特那样近东西向的地堑构造则受控于北西西向左旋剪切力偶的活动的影晌(图 1.3)。

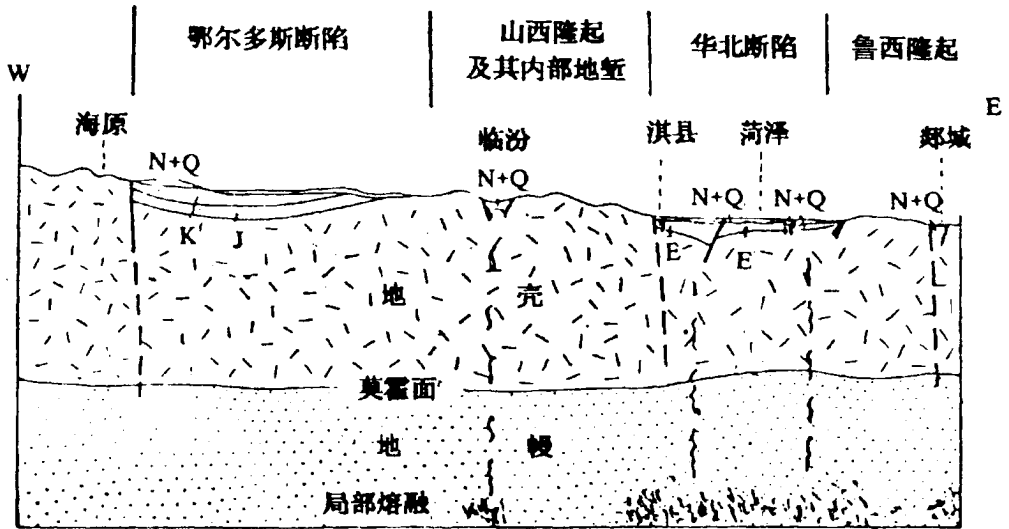


图 1.2 华北断块深部结构示意图

(据中国地震局地球物理勘探中心资料编制)

由此可见，华北断块区内的新生代地堑构造的形成受到水平和垂直两种力的控制。前者控制着地堑系的排列方向，后者则主要控制地堑的形成与发展。

至于北北东向右旋剪切力偶与近东西向左旋剪切力偶的产生，显然受控于华北断块区新生代以来近北东—南西向的区域主压应力场的作用。而这一北东—南西向挤压作用的产生，不仅受太平洋板块向大陆边缘呈北西向俯冲作用的影响，同时还与印度洋板块沿北北东方向和欧亚大陆板块碰撞产生的推挤力，经长距离传递而迭加于华北断块区有关。由于受北东—南西向主压应力场的控制，结果在华北断块区沿两组剪切面（北北东向和北西西向）形成一系列地堑构造。

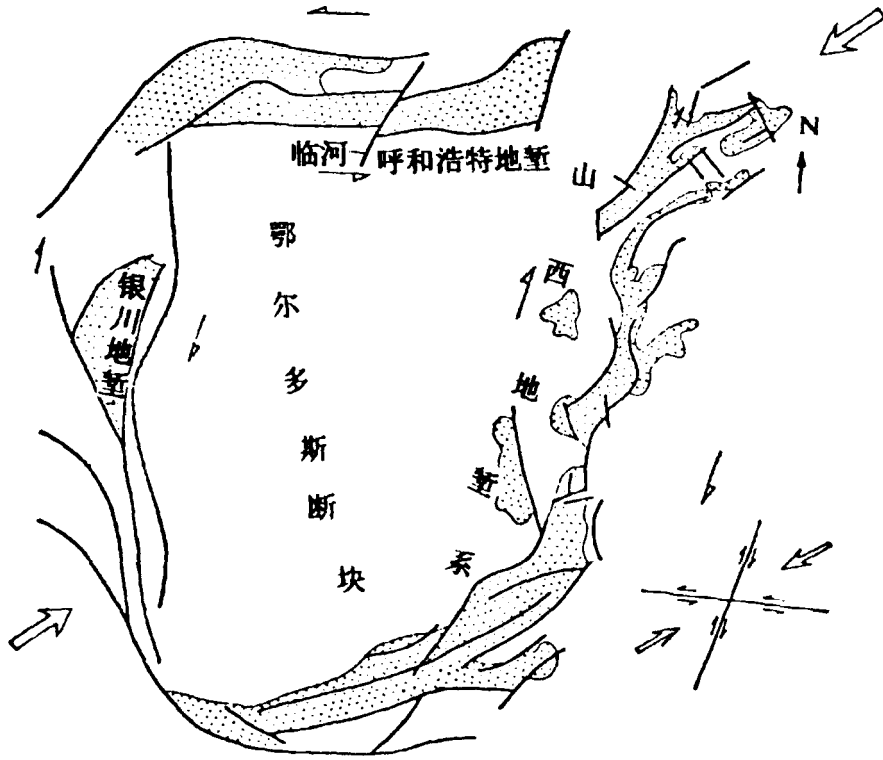


图 1.3 鄂尔多斯断块周围新生代地堑构造形成的力学模型

另一方面，华北断块区内地堑的形成和发展，还与太平洋板块在大陆边缘下消亡产生的热扩散也有密切的关系。在早第三纪早期，由于太平洋板块向大陆边缘的俯冲，诱发形成华北深部地幔的次级热动力流，并使之上升扩容，导致华北断块区东部地幔隆起。其结果，一方面使华北东部地区古新世成为上隆剥蚀区，而未接受沉积；随后在地壳上部产生一个近于北西—北北西向的拉张力，致使北北东—北东向和北西西向断裂分别作右旋剪切拉张和左旋剪切拉张运动，而在上述地区形成一系列地堑构造，这一过程一直持续到早第三纪末。在此期间，由于岩石圈地幔和下地壳的侧向蠕动，以及上地幔的拉张破裂，使地壳和岩石圈厚度减薄，基性岩浆也随之大量喷出。

到晚第三纪及第四纪时，大范围内软流圈热活动显著衰退，上地幔和下地壳蠕动大大减弱，早第三纪的盆—岭地区发生大面积下沉，接受了上第三系及第四系的被状沉积，在此期间的岩浆活动也很微弱。

第二章 地球物理场与深部构造特征

地球物理场的各种参数通过图件反映地表以下各类地质体的物理特性在上半空间的综合效应，也反映了场源体的规模、形状、深度、分布、结构、构造等多个地质参数。传统的地球物理场描述是很粗略地分析地下地质情况，依此探求解决更多的地质问题是不可能更全面、更详细的。为了取得更多的地质信息，本文用实测地球物理场资料进行电算处理，分离不同异常谱和不同场强，分别研究各分离场的特征，使地质解释更加深入。下面将对各种分离异常谱进行分析，力求给出多层次的场源特征。

第一节 磁场特征

一、基础航磁 ΔT 图中的磁场特征

根据河南省地震局（1986）编制的1/50万高精度航磁图资料表明：由于该图保留了一定数量的1/20万异常信息，故太行山南段及东部平原区不同规模、不同类型磁异常云集、叠加，其中包括有局部短轴状或条带状强磁异常，它们多属于中、基性岩浆岩体，某些岩体（脉）又与断裂构造有成因上的联系。其次，包括有中生代以来的某些磁性盖层（例如：灵宝、义马一带有中生代火山碎屑岩、流纹岩等磁性盖层）和某些具有磁性差异的次级地质构造，这些小规模的构造异常往往被局部磁性岩体异常干扰产生畸变。再者，作为本区重要的区域磁场（规模在数十千米至数百千米）在很大程度上是反映了前震旦系结晶基底的起伏与构造特征。而更深部的地质构造异常随着远离观测位置而被淹没。在以上各类异常之中，只有经过处理（分离）才能被发现。

基础航磁图中反映区域场强度在 $\pm 100-200\text{nT}$ ，以新乡、焦作、陵川为中心正区域异常（称太行南段正异常区）周围被四个区域性负异常所包围，北部有长治—安阳一大名负异常，呈N字形，是由两个北东向和一个北西向负异常带组成，总体分布近东西。在安阳、汤阴、淇县、卫辉有一条近南北向负异常带，控制了太行山东界。南部则有黄河南岸负异常作东西向分布，控制了太行山隆起。西北部则有沁水负异常区控制。太行南段正异常近乎呈一方形，南起武陟北至林州，东起卫辉西至晋城。而正异常的南半部与黄河北岸东西向正异常衔接，该异常东起黄陵集西止王屋山以西，全长250千米左右，这两个异常合并恰似“凸”字形。林州以北负异常宽约25千米，再向北为磁县正异常，这表明太行山南段地质构造的分段性，而林州、水冶负异常带则反映了重要的地质构造。对比东部平原区，值得指出的是太行山南段区域异常中普遍存在有高频局部异常，这些局部异常为研究太行山南段地质构造、岩浆活动提供重要依据。

东部及南部平原区磁场特征是由 $\pm 50 \sim \pm 100 \text{ nT}$ 、正负相间、中等规模（数十千米）、规则而单一的区域异常组成。正磁异常有：浚县、濮阳异常、定陶异常。负异常有：东明、范县、大名、魏县、安阳等。南部地区有：郑州、开封负异常。上述这些异常与已知地质构造十分吻合，正异常为隆起区，负异常为凹陷区。

二、航磁 ΔT 向上延拓磁场特征

航磁 ΔT 上延5千米后，局部强磁异常大大减弱，小规模磁性岩体（脉）异常基本滤掉，区域性正、负异常更加突出、完整。正异常多为磁性基底隆起区，负异常则为凹陷区。在一些正负异常之间突出了磁力梯级带特征，其中北北东向梯级带有：兰考、 郵城梯级带，长垣梯级带，淇县、卫辉梯级带。北东向梯级带有：水冶、临漳梯级带。北西向梯级带有：巨野、范县梯级带，林州、淇县梯级带，民权、商丘梯级带。东西向梯级带有：孟州、武陟（黄河北岸）梯级带，它是区内最长的一条磁力梯级带。这些梯级带绝大多数都与断裂构造吻合。

将航磁 ΔT 上延10千米及20千米后，更突出了区域性磁异常，在 ΔT 上延10、20千米图中，沿长治、平顺、安阳、大名、台前、郟城、济宁一线出现负异常带，它由两个北东向负异常和两个北西向负异常及一个东西向负异常拼成，这个负异常带将南北地质构造分开，说明太行山南段在安阳、林州一带深部地质方面存在不连续性。

第二节 重力场特征

根据河南省地矿局物探队（1988）编制的1/50万布格重力异常图可以看出，本区重力场资料反映了以华北断块区为背景的重力场特征，区域性重力场总体按北东向展布，从东向西重力值逐渐降低。研究区东部异常值达12毫伽，西部晋中盆地可达-60毫伽，东西方向水平梯度平均在0.31毫伽/千米。在义马、汝阳、郊县一线以南地区重力场资料则反映了以北西向为主的秦岭、伏牛山、桐柏山、大别山褶隆带的特征，秦岭褶隆带内有洛宁、嵩县、石门重力梯级带，该梯级带北西向展布，长120千米，宽30千米，最大水平梯度值为1.3毫伽/千米，北端与洛河及杜关、高村两条重力梯级带相交，南端与伏牛山梯级带相交，其位置与地势展布一致，该带曾发生过4—5级地震。

一、区内重力梯级带特征

1. 聊兰梯级带：该梯级带南起孟寨经东明，范县至聊城以北，全长约200千米，宽10千米，水平梯度达2.4毫伽/千米，走向北东 30° ，与磁力梯级带十分吻合，它反映了一条控震的切壳断裂，1937年菏泽7级地震发生在此带上。

2. 太行山重力梯级带：沿太行山分布，近南北走向，太行山北段梯级带宽在50千米左右，在邯郸、安阳一带宽度逐渐达到150千米，在新乡、焦作一带逐渐转为近东西向，梯级带特征也随着减弱，在三门峡一带终止，因而它的水平梯度变化也很大，为0.47—1.3毫伽/千米。太行山重力梯级带内夹有许多局部重力高或重力低异常，这些局部重力异常与该带内岩浆活动有着直接关系。根据近年来研究结果表明，太行山重力

梯级带自安阳以南有明显分带现象，它除了与地形有关外，进一步反映了该带断裂成束现象或多条近平行的断裂所构成的断裂破碎带。当布格异常上延20千米后，图中梯级带呈S型完整出现，值得注意的是从新乡至许昌之间梯级带从东向西可分为三支，西支由长治经汾渭梯级带伸向三门峡沿伏牛山转向东南，大体与现代山区边界一致。中支沿新乡、焦作、洛阳一线为北东向，在洛阳以南转为北北西。东支在安阳以南向东转，后与聊兰梯级带合拢，在开封一带又转为东西。这三条次级重力梯级带控制着全区绝大多数历史地震。

3. 曹县梯级带：南起河南老颜集经山东曹县至柳林集，全长80千米，走向北东，宽8千米，水平梯度为2.2毫伽/千米。

4. 兴隆、谢集梯级带：位于单县、商丘以北的兴隆、谢集之间，全长70千米，宽6千米，走向北东，最大水平梯度为1.7毫伽/千米。

5. 郟城、阳谷梯级带：南起郟城以南，北至阳谷，长约90千米，宽8—10千米，走向北北西，最大水平梯度值为1.5毫伽/千米。

6. 花园口、中牟、朱仙镇梯级带：西起花园口以西邙山脚下，东经中牟至朱仙镇，走向北西西，重力等值线西段密集向东逐渐发散，全长80千米，西段梯度值为1.5毫伽/千米，东段为0.8毫伽/千米。

7. 新乡、汤阴梯级带：南起新乡，北至大赟店，走向北北东，在大赟店至汤阴间梯级带连续性较差，汤阴以北有所显示，故分成南、北两段，总体是沿太行山东缘展布，南段长为70千米，宽8千米，梯度值为2.5毫伽/千米。北段长30千米，梯度值为1.7毫伽/千米。该梯级带与汤西断裂十分吻合。

8. 汤东梯级带：南起卫辉，向北经安阳，终止在成安附近，全长120千米，走向为北东 30° ，在安阳以北转为北东 45° 。梯级带宽7.5千米，梯度值为2.6毫伽/千米，反映了比较老的、完整性好的汤东断裂。

二、区域重力异常特征

在太行山南段以东及南部平原区，地势平坦，新生界盖层很厚，从数百米至数千米，地表地质工作很难弄得清楚，但是从重力资料则出现不同场强的区域性重力异常，这些区域性重力异常边界清晰，异常完整，它反映了不同级次的地质构造单元，现分述如下：

1. 定陶、菏泽重力高异常：该异常区南起曹县，北至阳谷，东起巨野，西至东明，呈一梨形，面积达5600平方千米。异常最高值为8毫伽，异常三个边界分别以重力梯级带为界。西界有聊兰梯级带，东及东南分别由郟城、阳谷梯级带及曹县梯级带为界。异常中心新生界厚度达855米，在阳谷附近新生界厚达1008米。对比磁测资料（化极上延10千米 ΔT 平面图）异常形态，范围基本一致，是属于重、磁同源体异常，即重磁场源既是高密度体又是强磁性体，并且四周受断裂控制。

2. 长垣重力低异常：该异常呈三角形，其三个角顶分别在卫辉、兰考、范县附近，重力低中心呈长条状，轴向北东，分布在黄河河道西侧，重力低异常东界以聊兰梯级带为界，北界为范县、濮阳、滑县缓梯级带（梯度值为0.9毫伽/千米左右），南界位置在卫辉、封丘、兰考一线，相当于新乡—兰考断裂位置，该边界两端重力等值线密集，形成长30千米左右的梯级带，而中段封丘一带则不出现梯级带。两端梯级带走向一

致，对应在一条线上，但并不连续。重力低中心地带新生界厚度达 5500 多米，越向北西方向越薄，在上官村一带仅有 2000 米左右，基岩表面则呈北高南低趋势。

3. 长治、晋城重力低异常：异常位置在山西长治、高平、晋城一带，近南北走向，重力低中心在 -90 毫伽左右。从地势图上看恰位于长治盆地，东有太行山，西有丘陵山地。该重力低异常具明显沉降凹陷特征。

除以上三个较大的重力区域性异常外，研究区内还有开封重力低异常，商丘重力高异常等，这里不再一一赘述。区内大部分地区多以局部重力（高或低）群体出现，异常群体中单个异常多呈短轴状，规模一般 20—40 千米，这些异常群体多分布在研究区的东南、西南及内黄、安阳一带，它反映了这些地区岩浆活动强烈，不同岩性的岩浆岩体普遍存在，次级断裂构造也十分发育。

第三节 深部构造特征

一、人工地震测深剖面综合解释

通过区内菏泽—林州—长治及随州—安阳两条人工地震测深剖面，并利用航磁测资料进行磁性块体顶、底界面深度计算，从该区地壳速度结构及磁结构的关系研究，得出区内地壳厚度变化特征及中、上地壳的磁结构特征，进而对全区的构造格架给出清晰轮廓，现分述如下：

1. 菏泽—林州—长治综合剖面（图 2.1）

菏泽—林州—长治剖面位置，东起山东省巨野县，经河南濮阳市、汤阴、林州、至山西省平顺、屯留县，全长 436 千米，方位 $294^{\circ} 50'$ 。剖面从东向西依次穿越鲁西隆起、东濮凹陷、内黄隆起、汤阴地堑、太行山隆起不同构造单元。

(1) 人工地震测深资料解释结果

根据地壳速度结构将地壳分为四层：

a. 地壳表层，主要是新生代沉积层，可能包括部分古生代地层。大量资料已证实，聊兰断裂带以东下古生界奥陶系灰岩埋深为 1 千米左右，第四系和第三系直接覆盖在奥陶系之上。聊兰断裂以西东濮凹陷内第四系和第三系厚达 5 千米，奥陶系灰岩埋深可达 8 千米。汤阴地堑内第四系和第三系厚度约 2 千米。而在内黄隆起上，第四系和第三系只有 0.26—0.34 千米厚，直接盖在前震旦系地层之上。鹤壁以西，除林州、长治附近外，古生界地层广泛出露地表。

b. 上部地壳，主要是指下古生界和结晶基底变质岩系。层速度为 5.9—6.45 Km/s，厚度 6—11 千米。在汤阴地堑和东濮凹陷内，上部地壳较薄，内黄隆起上最厚，聊兰断裂以东和西部太行山区上部地壳厚度也较大。

c. 中部地壳，相当于花岗质硅铝层，以濮阳为界东西两边的中部地壳有明显差异。濮阳以西的厚度为 15—16.8 千米，中部地壳内存在着 2.3—5.5 千米厚的夹层，夹层速度为 6.5—6.8 Km/s，到濮阳至汤阴之间这一高速层逐渐变薄以至缺失。濮阳以东，没

有发现高速夹层，中部地壳厚度也相应变薄为8.4—9.5千米。

d. 下部地壳，相当于玄武质硅镁层，速度为6.5—7.6 Km/s。层厚变化较大，濮阳附近最薄，为3.4千米，往东厚度增加为8千米，往西厚度也逐渐增至6.8千米。

该剖面莫霍界面总趋势是东浅西深，在这一背景上出现两处隆起和三处下凹。东濮凹陷与汤阴地堑为莫霍面隆起部位，最浅深度分别为29.2和33千米；太行山区、内黄隆起、鲁西隆起为莫霍面下凹部位，其深度分别为38.5、35和35千米。

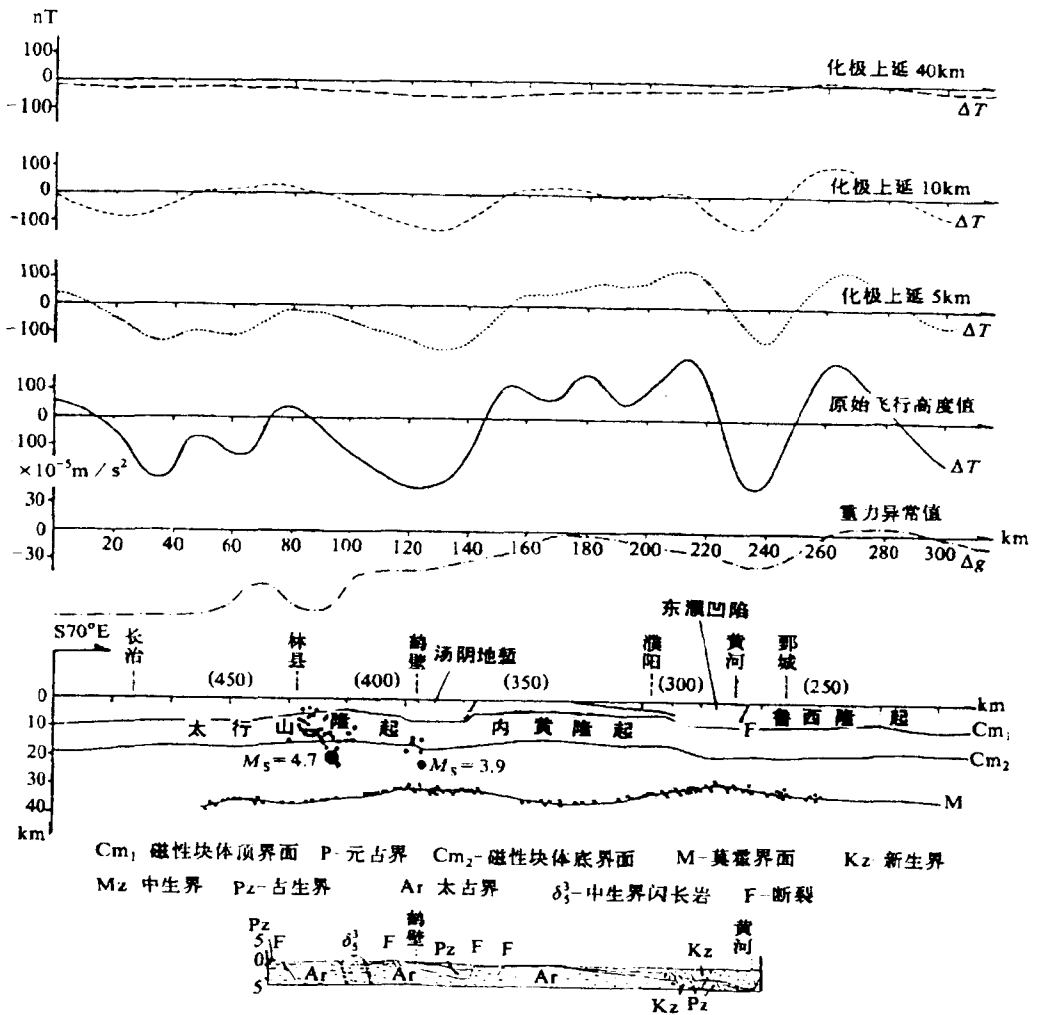


图 2.1 菏泽—林州—长治综合剖面图
(据中国地震局地球物理勘探中心)

(2) 重、磁资料解释结果

该剖面东部菏泽地区为鲁西隆起区，反映为重力高异常，重力值在零毫伽左右；向西依次为东濮凹陷，重力低异常，-30毫伽；内黄隆起为重力高异常，重力值在2毫伽；汤阴地堑为重力低异常，汤阴附近为-36毫伽，淇县为-46毫伽；太行隆起区为重力高异

常，异常峰值范围在 -12—18毫伽之间。剖面通过聊兰、汤东、汤西三条重力梯级带。

磁测资料随不同高度延拓更清楚的反映了下部构造形态，经过磁性块体的功率谱法，顶、底界面深度计算，太行山隆起与内黄隆起顶界面最浅视深度在4千米，东濮凹陷最深视深度达9千米（详见表2.1）。明显的划分出以上五个构造单元及其界线。磁性块体下界面深度在15至19千米之间起伏。总的来看磁性介层（块体）的空间分布相当于人工地震反演的中地壳低速层位置。

表2.1 菏泽—林州—长治剖面界面深度表（千米）

构造单元 界面名称	太行山隆起	汤阴地堑	内黄隆起	东濮凹陷	鲁西隆起
磁性块体顶界面	4	8	4	9	7.5
磁性块体底界面	15	17	16	19	18
莫霍界面	38.5	33	35	29.2	35

2. 随州—安阳综合剖面（图2.2）

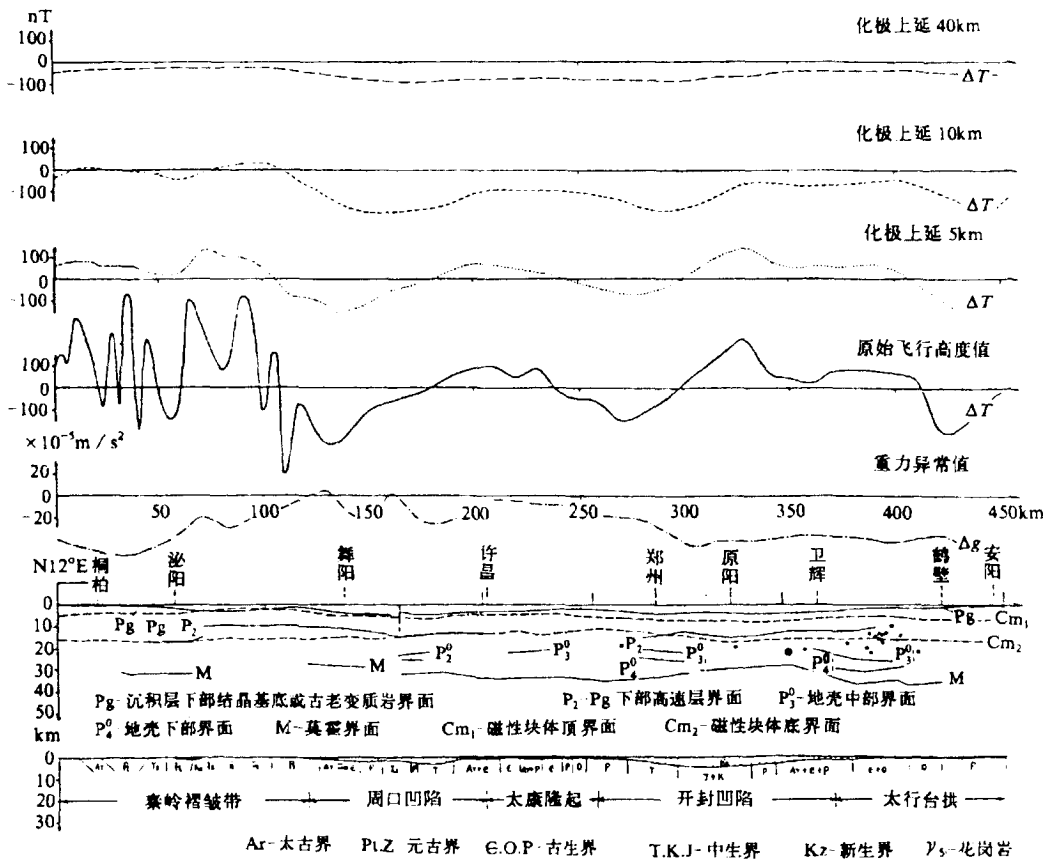


图2.2 随州—安阳综合剖面图
（据中国地震局地球物理勘探中心）

随州 - 安阳剖面位置，南起湖北随州以北，经河南桐柏、泌阳、许昌、卫辉至安阳。全长约450千米，方向北东12°。剖面从南向北先后穿过秦岭褶隆带、周口凹陷、太康隆起、开封凹陷、太行台拱五个不同构造单元，是纵贯河南南北的一条重要综合剖面。剖面通过的大部分地区为第四系黄土覆盖。剖面南端随州附近有大片花岗岩或古老变质岩出露，北端进入山区后沉积覆盖层较薄。

(1) 人工地震测深解释结果

靠近地表是沉积层，Pg波速度约3.50Km/s，厚0—5.5千米，其下部为结晶基底或古老变质岩层，速度约6.00 Km/s。在黄河两岸地区沉积层厚度最大（5.5千米），泌阳附近有小的沉积盆地形成小凹陷，厚度约2.5千米。

首波P₂速度为6.30—6.60 Km/s，相应界面深度为9—15千米，由于该震相不太稳定，其参数计算误差较大。

P₃⁰界面的深度在18—23千米之间，其上覆盖层平均速度为5.97 Km/s，其界面深度变化不大。在局部地区，地壳下部还存在P₄⁰反射界面，其深度约24—27千米，但该震相追踪比较困难。

莫霍界面深度是根据莫霍界面反射波Pn⁰和莫霍界面首波Pn求得。地壳平均速度为6.24 Km/s 莫霍面深度在28至36千米之间。

(2) 磁测资料解释结果

原始航磁资料反映出剖面南段由于老地层及岩浆岩出露，磁性不均匀，磁场特征在正异常背景上叠加有高频异常，舞阳以北则明显反映出隆起区以磁力高为特征，凹陷区以磁力低为特征，随着航磁资料化极处理和不同高度延拓，给出了反映地壳构造异常信息越发清晰，通过计算磁性块体顶、底界面深度，得出剖面内磁性介层顶、底视深度及其变化特征，磁性层的起伏与已知的五个构造单元十分吻合，并以此划出隆起、凹陷的边界。

综合人工地震解释资料，给出该剖面不同构造单元各层位的深度资料（见表2.2）

表 2.2 随州—安阳剖面界面深度表（千米）

构造单元 界面名称	秦岭褶隆带	周口凹陷	太康隆起	开封凹陷	太行台拱
磁性块体顶界面	1.5	6	4	7.5	5
磁性块体底界面	15	15	12	17	15
莫霍界面	32	29	33	28	35.5

二、地壳厚度特征

本区地壳深部构造情况是根据人工地震测深、重、磁资料反演结果，并结合地质及其它资料综合分析，划出区内构造分区及深、浅断裂构造。并对某些重要地段（如新乡、焦作、郑州地区）用大比例尺物探资料进一步进行反演计算，并给出更详细资料。

根据重力资料计算的区内地壳厚度结果表明（图2.3），东部平原地区地壳较薄，西部变厚，鲁西隆起在35千米左右，太行山南段山区地壳厚度在37—39千米，西部长治盆地在41千米左右，地壳厚度变化最大地段是在鹤壁至平顺段，莫霍面以每千米变化40米的梯度向西变深，这是一条地壳厚度变异带，其走向为北北东与太行山脉延伸方向一致。