

华北地震 学术交流文集



国家地震局华北协作区办公室
一九八一年九月编印

前 言

华北地震协作区于1981年8月31日至9月6日在内蒙古自治区呼和浩特市召开了地震学术交流会。河北、山西、内蒙古地震局和国家地震局地球物理研究所、地震研究所等单位共50余人参加了会议，向会议提交论文共53篇，其中28篇在大会上进行了宣读。

为了更加广泛地进行学术交流，我们组织编印了《华北地震学术交流会文辑》。征稿的原则是：1、向华北协作区地震学术交流会提交的论文中征稿；2、在省级以上刊物已经刊登过的文章不再征稿；3、在稿件的数量上要适当照顾到各观测手段之间的平衡。根据以上原则由各省自行推荐编入《文辑》共20篇文章。

本《文辑》既有地球物理、地震地质在地震预测、预报中的研究成果，也有排除干扰因素，改进观测技术等方面的研究报告。可供有关地震工作者参阅。

在编印《文辑》过程中，内蒙古地震局的同志做了大量的具体工作，在此表示感谢。

由于我们第一次编印《文辑》缺乏经验，错误在所难免，欢迎读者批评指正。

一九八一年九月

目 录

地震地质

- 卫星象片上显示的冀鲁皖豫地区现代活动构造……………李建华 (1)
- 河套盆地新构造运动与地震……………扬发 郭文生 吴景峰 (8)
- 地震围空区的迁移……………任振起 (15)
- 山西裂谷带 (山西地区) 新构造运动与地震……………巩玉琪 (21)
- 鄂尔多斯盆地的稳定性与外围地震……………刘德简 仁钦道尔吉 (27)

测 震

- 强震前震源区主压应力轴转向问题的探讨
——地震预报的一个重要途径……………孙加林 李 炜 阎海滨 (38)
- 平遥5.0级地震前后地震活动征兆及序列特征……………孙国学 张美仙 张德信 (45)
- 山西历史强震震源参数测定……………赵学普 张开健 (51)
- 地震活动呼应、迁移相关性的讨论……………蔡国泰 白格乐图 (58)
- 利用后至的P波波列测定震中位置的方法……………夏乱保 (67)

形 变

- 真假异常的识别方法……………黄 杰 (70)
- 强震前地倾斜临震信息的初步研究……………马桂芳 黄根喜 (76)

水化学与水动态

- 高压自流热水的基本特点及其观测……………李师群 贾化周 陈拴群 (85)
- 降水与抽水影响水氧浓度变化的机理……………王吉易 尹汉南 郑云贞 王运启 (89)
- 地下水水氧环境因素研究……………吴定定 樊光明 (94)

重力、地磁

- 华北地区重磁场特征与强震震中分布的关系……………李家正 刘敬宽 (100)
- 河北及其邻区的地磁场长期变化……………许 智 (106)
- 近二十年来我国地磁总强度年变率的经度效应……………刘月和 (110)

其 它

- 以介休、平遥震例讨论山西地震对电磁波干扰效应的特征及其意义……………钟漫天 (116)
- 如何在计算机上实现参数的动态时空扫描……………陈锦标 李全林 耿 洪 章艾娣 (124)

卫星象片上显示的 冀鲁皖豫地区现代活动构造

李建华

(国家地震局地质研究所)

摘 要

平原地区,卫星象片上由密度差异和微地貌显示的线性影象,是疏松沉积物复盖下,基底构造活动在地表的反映,是新构造运动的最新表现形式,反映的是现代活动构造。影象的清晰度,一定程度上反映出构造的规模和活动的强弱。利用卫星象片研究平原地区的隐伏构造,为揭示地震地质背景提供了一种新的途径。

各种地质体反射电磁波的强度不同,在卫星象片上产生了密度反差,也就是通常所指的卫星象片上的色调—灰阶特征和形态特征。在黑白多光谱扫描(MSS)象片上,密度是用15级灰阶来表示的。但是,一般卫星象片上灰阶只能显示出黑、浅黑、淡黑、深灰、暗灰、灰、浅灰、淡灰、灰白和白等十个级差,也就是目视判读所能分辨的范围。因此,色调和形态也就是目视判读的主要标志。

平原地区,卫星象片上由密度差异和微地貌显示的线性影象,是疏松沉积物复盖下,基底构造活动在地表的反映,是新构造运动的最新表现,反映的是现代活动构造。它与地震活动关系更为密切。影象的清晰度,一定程度上反映出构造的规模和活动的强弱。利用卫星象片研究平原地区的隐伏活动构造,为揭示地震地质背景,提供了一种新的途径。

一 现代活动构造的影象特征

冀鲁皖豫地区,卫星象片上显示的现代活动构造的影象,形式是多样的。根据影象的色调和形态特征,归纳以下几类:

1、条带状的深色调线性影象,这是一种压性断裂在平原地区显示的影象,它是由于基底断裂的活动,造成疏松沉积物岩性破碎,含地下水比较丰富,所以在象片上表现为条带状的深色调线性影象,也有人称之为充水断层。例如,昌平—丰南断裂就是由地下水富集,在特定的气候条件下,卫星象片上显示的条带状深色调线性影象反映出来的(照片1·图1A-A')。

2、两种色调界面显示的线性影象,这是由于两侧疏松沉积物的岩性不同、含水性能的差异以及地下水埋藏深浅不同造成的。例如南苑—通县断裂、唐县—藁县断裂就是由色调界面显示出来的(照片1·图1B-B'、C-C')。

3、现代地貌组合显示的线性影象,水系是反映新构造运动最灵敏的标志。控制河流的发育,造成一系列河流转折、分流、汇流及直线排列的湖泊、河流和沟谷,是现代构造运动在地表的显示。例如,沂沭断裂带的南延,是由线性展布的沟谷和直线排列的河流显示出来的(照片2、图2)。



照片 1

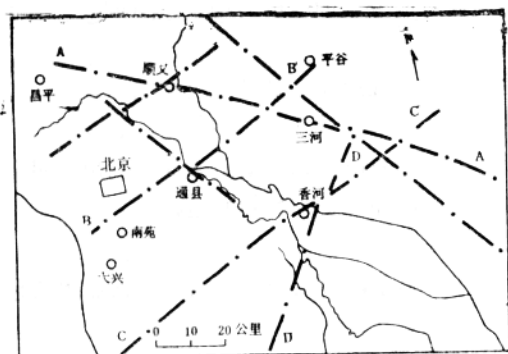


图 1

4、密度差异显示的线性影象，是由于基底断裂的活动，造成疏松沉积物结构及微地貌不同而引起含水性能差异显示的，表现为隐晦的，或隐或显的线性影象。例如武安—香河断裂就是由密度差异显示出来的（照片1、图1D-D'）。

上述这些平原地区反映到地表的，控制和影响水系发育的，通过密度差异和微地貌表现出来的各种线性影象，是基底构造活动在地表的显示，是新构造运动的最新表现形式，反映的是现代仍在活动的构造。这可以通过地球物

理资料、历史地震和近期地震活动资料以及部分测量资料来证实。

一条规模较大的断裂或断裂带，是经过不同地质时期，多次构造运动发展而来的，往往穿越不同的地质构造单元。因此，反射电磁波能量也不尽相同；同时，卫星象片对平原地区的隐伏构造显示，受气象因素影响，效果差异很大^[1]，同一地区或相邻地区不同时间获得的象片，对隐伏构造显示效果也不同。因此，同一条断裂所表现的影象特征也不尽相同。

根据上述影象特征分析，冀鲁皖豫地区，卫星象片上反映的现代活动构造主要有北东向、北北东向、北西向和北西西向四组（图3）。丁国瑜等同志称之为现代破裂网络^[2]，列表如下：

表

断 裂 名 称	走 向	影 象 特 征	地 质 依 据	现 代 活 动 标 志
1. 南苑—通县断裂	北东东	色调界面显示的线性影象, 形迹清晰, 色调有1—3个级差	有物探资料证实, 延伸方向上发育断层崖	水系在曲阳一带受到牵引, 显示右旋平移的性质
2. 唐县—蔚县断裂	北东东	色调界面显示的线性影象, 色调有1—2个级差		
3. 获鹿—遵化断裂	北东东	色调界面显示的线性影象, 色调有1—2个级差		
4. 天津—丰润断裂	北东	色调界面显示的线性影象, 色调有1个级差		
5. 菏泽—泰安断裂	北东	密度差异和沟谷, 陡崖显示的线性影象		沿断裂地震活动
6. 武安—平谷断裂带	北北东	从太行山向邢台方向延伸的断层崖以及由密度差异显示的线性影象	不同段落分别有地面地质资料和物探资料证实	水系在断裂带上汇集与转折, 显示右旋平移的性质, 沿断裂带地震活动频繁, 近年大量出现宏观异常
7. 沧东断裂	北北东	密度差异显示的线性影象	有物探资料证实	往往控制河流发育, 沿断裂地震活动
8. 沂沭断裂带	北北东	密度差异和直线排列的沟谷显示的线性影象	山东境内与地面地质资料一致	泉水沿断裂出露, 控制一系列河流发育, 沟谷呈直线排列
9. 蓟运河断裂	北西	密度差异显示的线性影象	有物探资料证实	控制蓟运河发育, 沿断裂地震活动
10. 武清—平度断裂	北西	地下水富集显示的条带状深色调线性影象, 色调有1—2个级差		一系列河流在断裂带上汇流与转折
11. 涑水—诸城断裂	北西	密度差异显示的线性影象	益都一带有物探资料证实, 根据影象, 在诸城金沟发现了北西向断裂	沿断裂地震活动
12. 获鹿—平邑断裂	北西	密度差异和陡崖显示的线性影象	东南段即为蒙山断裂	控制汶河发育, 水系在平邑一带受到牵引, 显示左旋平移的性质
13. 宁晋—济宁断裂	北西	密度差异和直线展布的湖泊显示的线性影象		现代汇水盆地
14. 昌平—丰南断裂	北西西	地下水富集显示的条带状深色调线性影象, 色调有2—3个级差	钻孔发现破碎带, 航磁, 转换波, 人工地震发现深断裂	第四系沉降中心, 水系牵引显示左旋平移的性质。近期地震活动

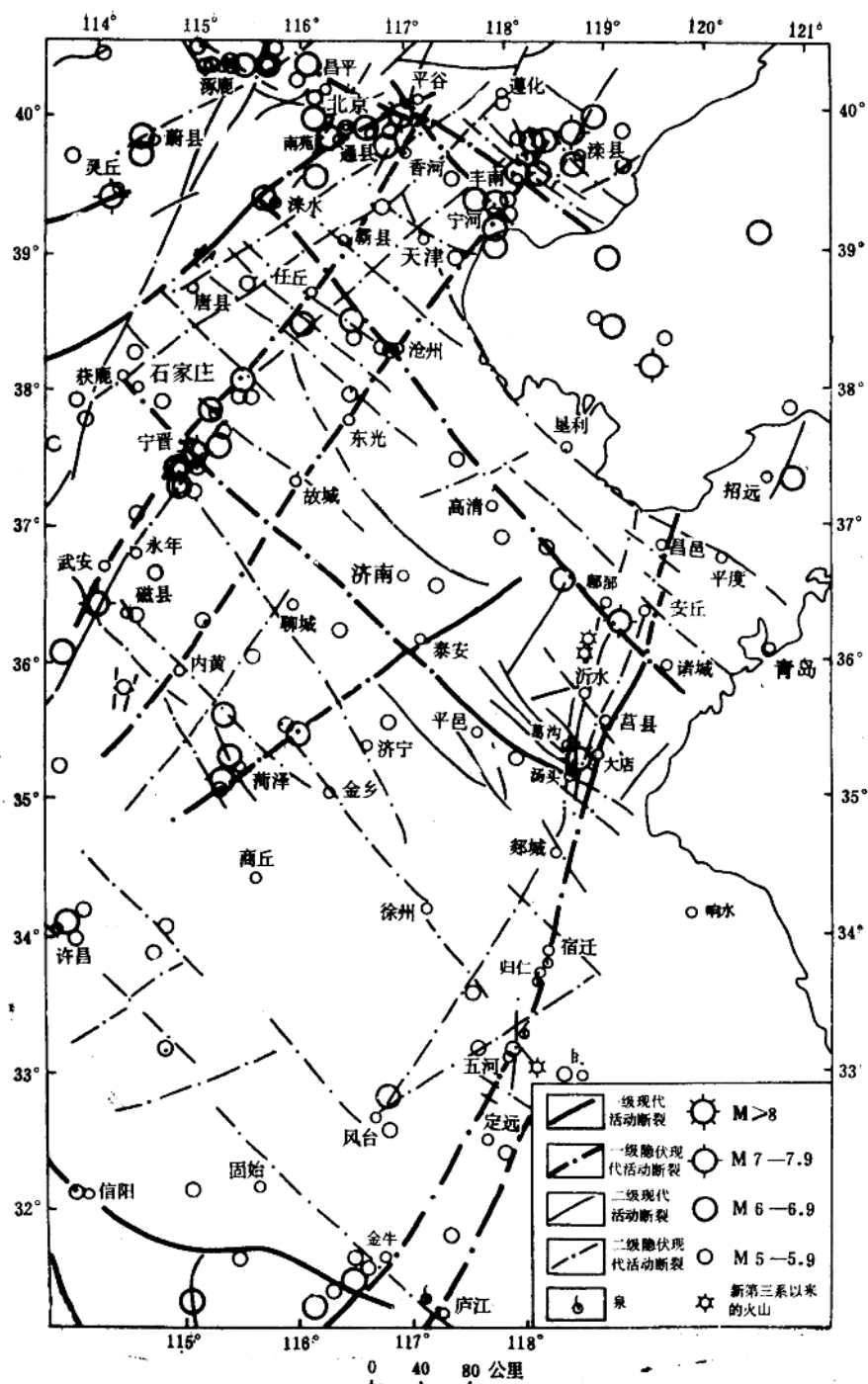


图 8

图片
2

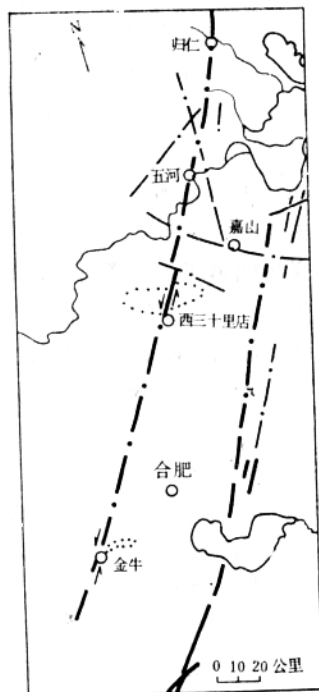
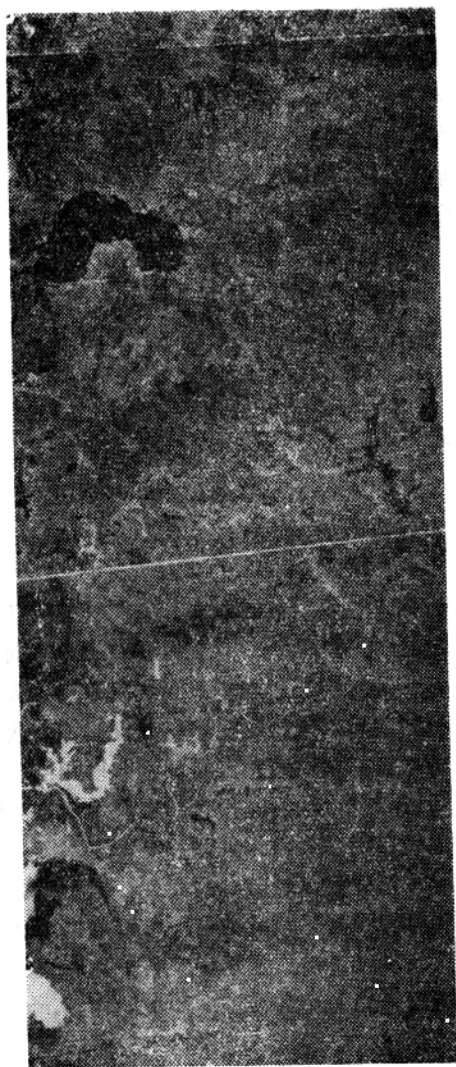


图 2

二 现代活动构造的依据

平原地区卫星象片上显示的现代活动断裂的可靠性,是至关重要的。广大平原地区,以往主要是根据地球物理方法(诸如重力测量、地磁测量、地电测量及地震方法)来研究基底隐伏构造的。1972年7月23日美国发射了 Landsat,从而对研究平原地区的隐伏构造提供了一种新的途径。卫星象片上由密度差异和微地貌显示的线性影象,是深部构造在地表的显示,反映的是面上的资料,平面位置相当准确。这可以通过地球物理等资料来加以证实。诸如:

南苑一通县断裂,在卫星象片上由色调界面显示的线性影象相当清晰,目视判读密度值达1—3个级差。与物探资料推测的断裂位置、形态大体一致,但并非完全一样。卫星象片上显示的南苑一通县断裂走向偏北东东向,向太行山延伸,在曲阳一带水系受到牵引,断裂显示

右旋平移的性质。1975年3月12日获得的卫星象片上清晰的线性影象和水系的牵引,显示了断裂的现代活动性。测量资料表明:断裂两盘1967年至1973年间相对运动速度为6毫米/年,北西盘下降;1973年至1975年间速度为35毫米/年,年速增加近6倍^[3]。两者表现的活动性是一致的。

昌平—丰南断裂,表现为地下水富集显示的条带状深色调线性影象,是卫星象片判读首先发现的一条现代活动断裂。它的存在和新活动性,作者已有论述^[4],不再重复,仅补充如下一些资料。航磁证实了断裂的存在。人工地震资料揭示在丰南一带,地壳深部康氏面与莫氏面都存在着明显的断裂,西侧相对上升,东侧相对下降,落差约4—5公里。在三河附近,康氏面与莫氏面也显示出3公里的落差^①。据河北省地质局综合队研究,1679年三河平谷地震和1976年唐山地震极震区11度、10度区分布形态是北北东向,而8度区却是北西西向,可见昌平—丰南断裂控制了低烈度线长轴的走向。沿断裂带南侧,分布雁列式的第四系沉降中心,诸如顺义拗陷第四系沉降幅度达800余米,雅鸿桥拗陷达600—700米,草泊沉降中心达700—800余米^②。流经断裂带的潮白河、洹河、黑豆河、周河、辽运河、双城河、还乡河、黑龙江发生同步弯曲,断裂显示左行平移的性质。小汤山温泉就位于该断裂带上,唐山地震以后,就北京地区而言,小汤山的水化学异常多次与唐山地震的余震对应^③,也是构造上有内在联系的一个佐证。

武安—平谷断裂带,从卫星象片上可以清楚地看到太行山向邢台方向延伸的断层崖,进入平原地区,由密度差异显示的线性影象沿北32°东方向经宁晋、束鹿、任丘、霸县向香河、平谷方向延伸,主要由安次—曹家路断裂、武安—香河断裂和永年—深县断裂三条大致平行的断裂组成的断裂带。断裂的不同段落,分别得到地面地质及物探资料的证实,安次—曹家路断裂北段相当于程各庄断裂,南段相当于夏垫断裂;武安—香河断裂,北段相当于皇庄—香河断裂,中段相当于束鹿地堑西界断裂;永年—深县断裂,北段相当于束鹿地堑东界断裂。断裂控制地堑和拗陷的发育。香河一带,流经断裂带的水系发生同步拐弯,断裂显示右旋走滑的性质(象片1、图1)。一系列水系在断裂带上汇集与分流。沿断裂分布一系列第四系沉降中心,如安平沉降幅度达640米,深县沉降幅度达648米,武清镇一带沉降幅度达1000米以上^②。有意义的是根据浮沱河等故道分布特点及变迁方向,显示出宁晋—束鹿—深县一带存在北北东向近期新隆起。这一活动构造带受到北西向乃至北西西向断裂的切割,成为应力容易释放的部位。历史上多次发生强震,共发生八级地震一次,七级以上地震二次,六级以上地震十次,成为华北平原最重要的地震活动带。据80年全国趋势会商,水准测量发现霸县、文安、任丘一带出现较大幅度的隆起,沿断裂带大量出现宏观异常,表现了断裂带的现代活动性。

沂沭断裂带,大多数资料是经郯城、庐江与大别山东缘断裂相接,称之为“郯城—庐江断裂带”。“郯城—庐江断裂带”在山东境内地表有出露;在安徽大别山及巢湖一带有出露。关键部位宿迁至嘉山以南一段,是根据物探资料推测的。通过卫星象片判读,发现郯城和庐江并不在同一断裂带上。前者位于沂沭断裂带上,后者位于盱眙—庐江断裂带上。在山东境内卫星象片上由密度差异显示的,控制地堑和地垒的线性影象自西向东分别为郯部—葛沟。

①国家地质总局航空物探大队904队,1978,京津唐地区航空磁测报告。

②李祥根,1979,京津及河北平原的新构造运动表现及其地震地质意义。

③本所胡玉台介绍

断裂、沂水—汤头断裂、安丘—莒县断裂和昌邑—大店断裂。沂沭断裂带“两堑夹一垒”北宽南窄呈北北东向展布的特征与前人资料完全一致。汤头以南与前人资料有差异。郯部—葛沟断裂在郯城以北向偏西南方向延伸，安丘—莒县断裂在汤头附近与沂水—汤头断裂交汇。宿迁以南，卫星象片上由密度差异和直线排列的水系及沟谷显示的昌邑—大店断裂经五河、定远西三十里店向霍山金牛附近延伸与霍山—罗田破碎带相接。可以清楚地看到定远附近的狼窝山被断裂错断，左旋滑动大约一公里。从五波段卫星象片上可以见到霍山东北东西向的大潜山，西南端向南西弯曲，大潜山出露的侏罗系地层向北倾，断裂附近转为向北西倾。大潜山的形态到地层倾向的变化均表明大潜山受到牵引，侏罗纪以后，断裂曾经有过左旋滑动。宿迁至五河一带，沿断裂分布一系列泉水^①，五条小河沿断裂发育^②。定远—金牛一带，地貌上表现为现代分水岭，分水岭上沟谷呈直线排列。沿着卫星象片上显示的沂沭断裂带，是一个比较明显的地震活动带。1980年在山东潍坊召开了“郯庐断裂带科学讨论会”，正象张玉山等同志文中所述：“郯庐断裂存在不少问题，并非新的提法，只不过随着各种资料不断丰富和研究程度的日趋深入，分歧意见愈加明显和不可忽视罢了”^③。

以上所述，是平原地区卫星象片上显示的现代主要活动断裂的地质证据和新活动性。断裂的现代活动，还表现在地震活动性方面。

三 地震活动性的讨论

冀鲁皖豫大部分地区为第四系所复盖，根据卫星象片分析揭示的隐伏构造，与地震活动的关系更为密切。从图3可以看到，历史上破坏性地震都发生在特定的构造部位上。

沂沭断裂带控制的汞丹山地垒的倾伏端，左侧是北西向获鹿—平邑断裂控制的蒙山断块山，也在这里倾伏。右侧，根据卫星象片上密度差异显示出一个横切沂沭断裂带的北西向隐伏隆起。控制地垒和断块山的断裂均有明显的新活动。1668年莒县郯城间的8 $\frac{1}{2}$ 级地震就发生在这样三足鼎立的背景上。

沿着武安—平谷断裂带，是华北平原重要的地震活动带，强震都发生在与北西向、北西西向断裂交汇的部位上。1679年三河平谷8级地震发生在该断裂与北西向蓟运河断裂、北西西向昌平—丰南断裂、北东东向南苑—通县断裂交汇的部位上。1966年宁晋7.2级地震发生在该断裂与北西向获鹿—平邑断裂交汇的部位上。

在菏泽—泰安断裂带上，卫星象片上发现一个受北西向断裂控制的浅色调隆起。1937年菏泽7级地震就发生在现代活动的菏泽—泰安断裂带上，北西向隆起的背景上。

对唐山地震的发展构造背景，众说纷纷。在卫星象片上可以看到活动的北北东向沧东断裂，受北北西向断裂阻截，受北西—北西西向断裂切割。特别是昌平—丰南断裂，是一条现代强烈活动的断裂，断裂带上历史地震和近期微震都很活跃。1976年唐山地震就发生在北北东向断裂与这几组北北西—北西西断裂交汇的部位上。

从卫星象片解释的地震构造图上，发现上述一些强震，有着构造上的内在联系。1668年莒县—郯城间8 $\frac{1}{2}$ 级地震298年以后，在北西构造带上发生了1966年宁晋7.2级地震；1679年三

①泗洪县打井队提供。

②安徽省地质局综研究队，1977，安徽省地质图（50万分之一）。

③张玉山、李汉标，1980，从地球物理场特征谈安徽境内的郯庐断裂。

河平谷8级地震297年以后,在北西西构造带上,发生了唐山7.8级地震。地震沿着构造带迁移的规律,已逐渐被人们所认识。

由此可见,破坏性大地震都发生在现代活动构造带上横向隆起或者与其他方向构造交汇的部位。值得指出的是1980年全国地震趋势会商,水准测量发现,唐山地震后,坝县、文安、任丘一带出现较大幅度的隆起,地震活动有所增强;焦作一带存在3.5级左右的地震空白区,水准测量和深井水位明显变化;邢台的电阻率有不同程度的趋势变化。冀晋豫交界的地方,大量出现宏观异常。这些都是武安—平谷断裂带上最新构造活动的反映、对于人类历史上没有发生强震的现代活动断裂交汇的部位,诸如文安、临清、内黄一带,要密切注意它的地震活动动向。

参 考 资 料

- [1] 李建华, 1981, 蓟县幅卫星象片的断裂构造解译。地震, 地震出版社。
- [2] 丁国瑜、李永善, 1979, 我国地震活动与地壳现代破裂网络, 地质学报, 科学出版社。
- [3] 张承德、向家翠, 1979, 应用大地测量资料论证北京平原现代构造活动和现代应变场, 地震地质, 地震出版社。
- [4] 李建华, 陈上福, 1980, 京津唐张地区断裂构造与地震活动性的分析, 华北断裂区的形成与发展, 科学出版社。

河套盆地新构造运动与地震

扬 发 郭文生 吴景峰

(内蒙地震局)

摘 要

第四纪以来,河套盆地是我国新构造运动较强烈的地区之一;自有史记载始,河套盆地地震活动频繁,尤其近几年中强地震相继发生,是内蒙古主要的地震活动区之一。

本文试图通过对盆地的形成与演变,新生代构造活动基本特征,新构造运动主要表现,中强地震地质特征等方面的讨论,探索河套盆地新构造运动与地震活动的某些规律。进一步认识:盆内地震受控于盆控构造;差异运动显示强烈的不同构造单元(隆起与凹陷)交接带;东西向活动断裂带与北东、北西向活动断裂带交切部位,是盆内中强地震发生的重要场所。盆内第四系沉降幅度最大的狼山山前磴口西至杭锦后旗,大青山山前的包头,呼和浩特(以下简称呼和)一带,将是未来发生强震最危险的地段。

一、盆地的形成与演变

河套盆地位于内蒙古中部,界于阴山山地与鄂尔多斯高原之间,西起狼山西南端,东至和林格尔,东西长达500公里,南北宽30~90公里,面积近3万平方公里。阴山山脉一般海拔1600~2200米,鄂尔多斯高原为1200米,盆地平均海拔为1020米左右。

在地质构造上,是一个奠基在不同结晶基底上发育起来的新生代断陷盆地。总体走向近

东西，基底埋藏深，沉积厚度大。新生代沉积北厚南薄向四周起伏，构成所谓“箕状形态”。据钻探物探资料^{[1][2]}沉积中心约在盆地北部，西北部，靠近山前断裂带附近。最大沉积厚度杭五（杭锦后旗至五原一带）断陷为7000~9000米，哈腾套海地震反射面深度达10000米以上，为盆地的最深部位。巴拉亥断陷4000米左右，呼包断陷为4000~5000米，白彦花断陷据航空磁测其基底深度为4000~5000米。

断盆形成于第三纪中新世喜马拉雅运动剧烈活动时期，形成与发展严格地受周缘活动断裂带控制。在漫长的地质年代，经历了多次构造运动，主要有太康运动、海西运动、印支运动等造成了复杂的构造形态，侏罗纪前总体处于隆起剥蚀状态。

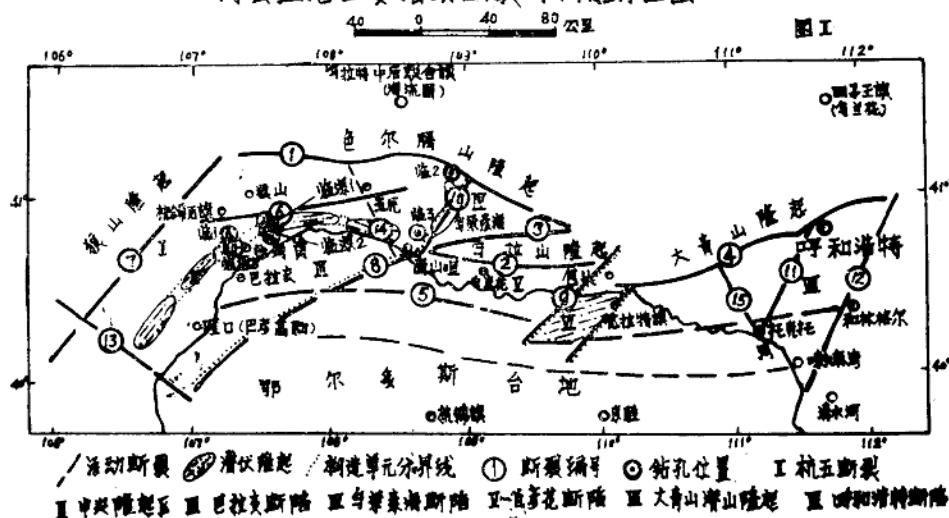
据周缘出露的地层及钻孔资料^[1]，侏罗纪末期，燕山运动使盆地发生了一次强烈的构造变动，构成了盆地新基底。在此基础上接受了早白垩世沉积。下白垩系沉积后盆地再次升起，直至第三纪中期到末期，由于喜马拉雅运动强烈活动，沿老构造线阴山山地上升，盆地下降，接受了大面积包括第四系在内的新生代沉积。在此期间，以强烈的重直差异运动为主的构造变动，在周缘及内部产生了一系列规模可观的张性、张扭性正断层。在发展过程中，下陷的不均衡性，使盆地逐渐发育为北部、西北部为深陷。第四纪初断陷进一步发展，盆地大幅度下降，导致了整个河套盆地的统一，形成了今日构造之貌。

从山前发育的台地，冲洪积扇及岩相变化等特征^[3]，说明构造活动愈来愈频繁，阴山山地继续上升，盆地相对下沉、拉宽，现今仍在继承这种活动趋势。

二、新生代构造活动的基本特征

新生代时期，受喜马拉雅运动影响，盆地发生过多次构造变动，尤其在早更新世初期，阴山山地，鄂尔多斯高原沿老构造线复活再生，形成新断裂。构造活动以断裂为主（图1），地层产状平缓褶皱不明显，对现今地震活动起重要控制作用。

河套盆地主要活动断裂与构造分区图



1、新生代活动断裂系发育，主要有近东西、北东及北西向三组。近东西向活动断裂展布于盆地南北两侧，控制着盆地的形成、发展。南北两侧有明显重力梯度，发育着一系列向断陷内倾斜的近东西向正断层，使盆地内层呈阶梯状降落。主要活动断裂带有：①*色尔腾山山前大断裂；②乌拉山山前大断裂；③乌拉山北缘大断裂；④大青山山前大断裂；⑤鄂尔多斯北缘大断裂；⑥杭五大断裂。北东向活动断裂系展布于盆地的东西两侧及盆内，对断陷起着分闭与分割作用，主要活动断裂带有：⑦狼山山前大断裂；⑧磴口~西山咀大断裂；⑨包头断裂；⑩西山咀断裂与发育强大的前两组断裂相比则稍逊一等，不甚发育。主要有：⑬磴口南大断裂；⑭五原断裂；⑮托克托~哈素海断裂带。

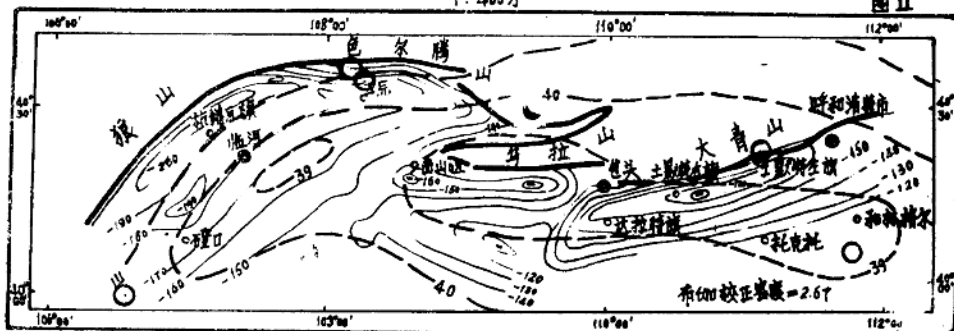
2、新生代活动断裂系延伸长，规模大（近东西、北东向的一般的百公里以上，北西向为几十公里），多为正断层或平推断层。在平面上为斜列展布，并控制着次一级构造单元。临河、白彦花、呼包断陷亦呈斜列展布，在剖面上往往呈阶梯状。（见图1）

3、新生代活动断裂带活动的强度不同。阴山山前活动大断裂在地貌上将盆地与高山截然分开，断层由北向南跌落，落差较大，重力值变化为每公里10糕；鄂尔多斯北缘断裂带由南向北跌落，断距一般不大，重力值变化为每公里2糕；狼山山前断裂带重力值为每公里5糕。在沉积构造上造成的差异，由大量的物探资料获得盆地北深南浅，（图2）西部沉降中心在哈腾套海，杭锦后旗至五原稍偏北一带，与狼山、色尔腾山山前活动大断裂带走向一致。东

河套盆地布格异常图

1:400万

图II



○ $M_0 \geq 6.0$ 布格异常等值线

--- 莫霍界面等值线

— 断裂

部沉降中心轴在美岱以北大小黑河之间一带^[3]，与大青山山前断裂带走向一致。钻孔资料揭露^[1]，临一井第四系厚996米，临二井1019.65米未见底全为第四系，临三井第四系为246.5米。呼和浩特附近一钻孔第四系为505米左右，包头西南水文钻孔CKB46号孔深115米钻穿第四系遇前震旦纪片麻岩。从上述不难看出整个盆地西部较东部、北部较南部活动强烈；阴山山前大断裂较鄂尔多斯北缘大断裂活动强烈；狼山山前大断裂较和林格尔大断裂活动强烈。

4、新生代构造活动的继承性与新生性。新生代活动断裂系主要形成于晚更新世或以前，其展布方向与老构造线一致，临河盆地是中生代发展起来的新生代断陷，新生代继承了中生代活动的特点，白垩纪时拗陷向东抬起，新生代则向东向南抬起，北部、西部为深陷，

• 即图中断裂带编号。

物探推测④中新界厚达9000米以上,第四系最厚达1100米左右。呼和盆地主要是新生代拗陷,逐渐扩大断陷发生较晚期,第三、第四系厚达1000米以上,第四系最厚为500米左右⑤。又据长指地调一处80年度地震勘探初步推测呼和拗陷新生界厚达5000米以上,第四系厚1000米以上。这些均反映了河套断陷盆地新生代构造活动具有一定的继承性和新生性。

5、活动断裂系控制着盆地构造分区。盆地虽为一个统一的下沉区,但受活动断裂系的制约,局部地段又有隆起。据重磁资料①④从西山咀以西,乌兰图克至黄羊一线为升高异常带,显示为隆起,即“中央隆起带”。在白彦花与呼和断陷之间为大青山潜山隆起②,其隆起两侧发育着活动断裂。综合物探成果,沉积构造,地震活动等特征,将盆地进一步划分为七个次一级构造单元。(见图I)

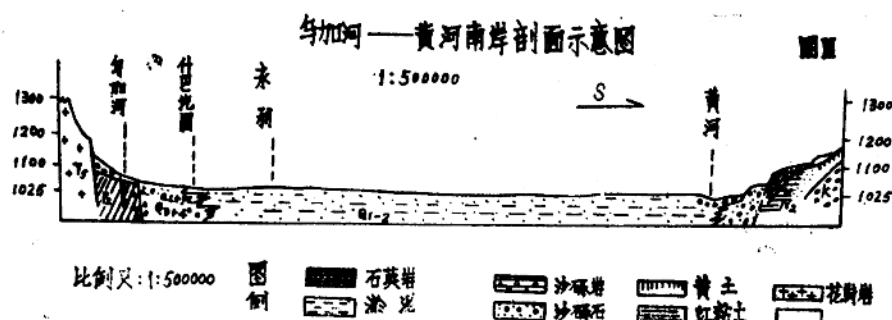
三、新构造运动的主要表现

盆地晚近地质时期以来,强烈而明显的差异运动占主导地位。其主要表现:

1、地壳表层隆起与断陷,老断裂复活再生。形成一系列新生代活动断裂带。现今地震沿构造带活动频繁,仅1976年~1979年连续发生了三个6级以上地震。(图II)

2、地貌上明显的分带性。盆地长期处于活动状态,从北而南可清晰地划出四个地貌单元,即山前倾斜平原,冲积洪积平原,黄河冲积平原,河漫滩。

3、阶地发育。阴山山地底盘不断上升,侵蚀基准面不断下降,在北部山前倾斜平原上发育着3~5级阶地。在色尔腾山山前乌不浪口至乌加河一带可见三级阶地,反映了盆地在更新世至少有过三次间歇性上升。山脉总的上升高度⑤为75~100米。黄河冲积平原有1~3级阶地。若把河漫滩,黄河阶地、山前阶地连贯起来,便呈现出阶梯状地形(图III)

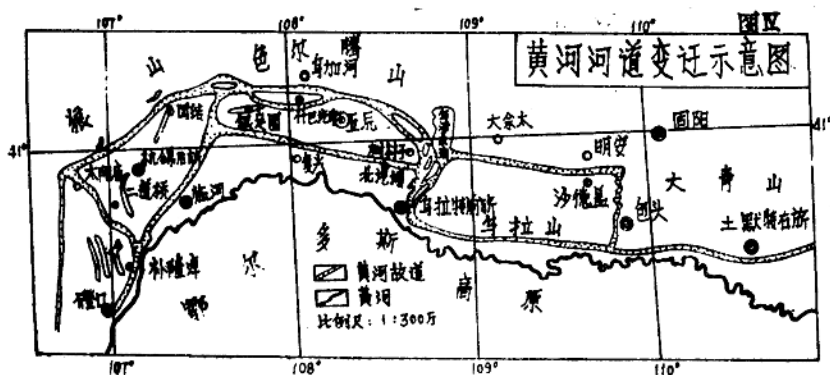


4、冲积,洪积扇重迭。在盆地北缘老冲积扇后退,新冲积扇发育在老冲积扇下部,呈现扇中扇的构造。大青山山前近代冲积扇与早期冲积扇上,河谷向西偏移,如大青山山前近代冲积扇与早期冲积扇相距3000米左右。乌拉山山前冲洪积扇直达黄河北岸。

此外,山前“V”字形沟谷,断层崖,断层三角面屡见不鲜,内蒙古水文队勘探呼和至陶思浩一带为一东西向热异常区。和林格尔一带新生代基性岩流喷发达29次⑤。

5、黄河变迁。据记载⑥黄河流经河套后,在近代时变迁频繁,改道显著(图IV)。黄河之古河道原是沿乌加河流动,因山地抬升,逐年逐次向南改道,形成今日黄河之河道。现今河道仍在向南迁移。

黄河在频繁的迁移中,遗留下许多河道故迹,除乌加河外尚有七条(7)补隆 浑西有三



条，陕坝～西山咀之间有四条，此外，乌拉山前，大黑河以西亦有多次改道的遗迹。残留的湖泊有乌梁素海、哈素海、神肯尔湖、太阳庙海子等。

四、盆地地震地质特征

河套断陷新构造运动的强烈活动，为中强地震的孕育、发生，造成了极为重要的地震地质背景，新构造表现强烈的地区往往是地震活动最有利的地段。

1、断陷盆地是中强地震活动的重要场所。据历史资料记载，发生在盆内及波及盆内的大地震不少。公元前七年河套区大地震，“毁坏城廓，凡杀415人”（《汉书五行志》），公元849年和林格尔至乌拉特前旗一带大地震，“毁军城庐舍，死者上千”（《唐本本记》），公元1305年大同、凉城、呼和浩特一带大地震，“毁坏官民庐舍五千余间，死两千余人”（《元史五行志》）。当时河套地区人烟稀少，造成如此残重的损伤，估计地震烈度均在7～9度。

从1929～1980年有较详细地震记录以来，据不完全统计3级以上的地震120多次，占全区3级以上地震的40%以上。其中6级以上地震5次，占全区的50%，4.0～5.0级地震28次。1929年毕克齐6.0级、1934年五原6 $\frac{1}{4}$ 级地震后，时隔45～47年发生了1976年和林格尔6.3级、磴口6.2级、1979年五原6.0级地震。和林格尔地震与毕克齐地震相距70公里左右，五原两次地震几乎是原地重复。这不仅反映了6级以上地震有40～50年重复发生的周期，而且说明地震活动的频度强度在增高。

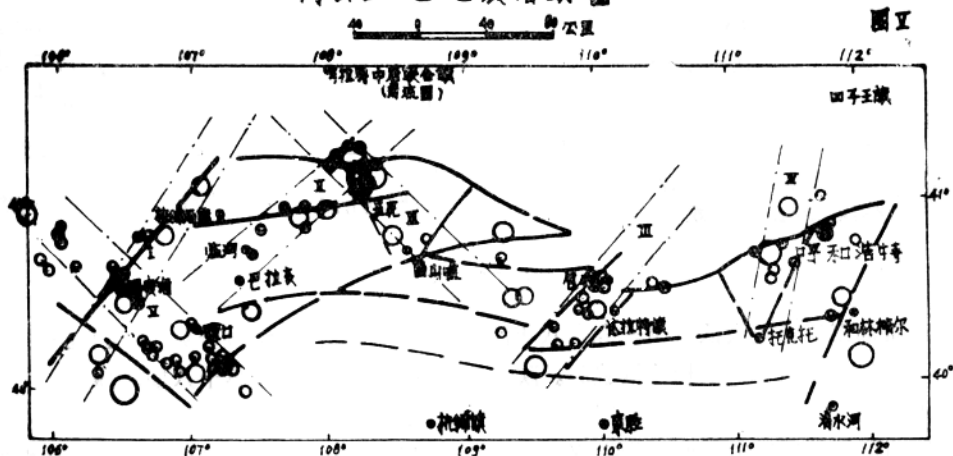
2、地震活动严格受新生代活动构造控制。总观盆内3级以上地震在平面上展布呈近东西向，为阴山～燕山地震带的重要组成部分。6级以上地震集中分布在盆构造活动断裂带附近特殊部位。1929年毕克齐6.0级地震^⑥发生在大青山山前断裂的转折处、呼和断陷沉降中心北部、大青山隆起与呼和断陷重力梯度变化大的地段。1934年、1979年五原6 $\frac{1}{4}$ 、6.0级地震^⑦受色尔腾山山前断裂控制，与杭五断裂东端的断裂交汇部位。1976年和林格尔6.3级地震^⑧与北北东向活动断裂密切相关。磴口西南6.2级地震受几组断裂活动的控制，可能与北北东及北西向活动断裂更为密切。另外继盆内发生的几个^{⑨⑩}4级以上地震考察的极震区长轴方向与震源机制结果一致，发震构造主要为北东或北北东，北西或北北西向两组活动断裂带。

• 巴音木仁6.2级地震

3、地震的分布与断裂的活动程度有关。盆内3级以上地震分布不均一，主要分布在阴山山前大断裂，鄂尔多斯北缘大断裂与北东向、北西向活动断裂带相交汇、复合地段。初步统计发生在阴山山前活动断裂带附近的3级以上地震约40多个（包括1929年毕克齐6.0、1934年五原6.1、1979年五原6.0级地震），鄂尔多斯北缘大断裂附近的地震26个，无发生6级以上地震。在盆地两端狼山山前大断裂带上的地震21个（包括1976年磴口西南6.2级地震），发生在东缘和林格尔断裂带附近地震11个（包括1976年6.3级地震）。以上概略地说明了断裂的活动程度高地震就多，震级亦大，相反地震则少，震级亦小。

4、地震活动的成带性。盆内3级以上地震具有一定的成带活动特征，根据其分布的范围与活动构造的关系，可划为北东、北西两组地震活动带。北东向地震活动带有：I*狼山地震带，II临河~五原地震带，III包头~达拉特地震带，IV喇嘛湾~呼和浩特地震带；（图V）北西向地震活动带有：V磴口~哈腾套海地震带，VI和林格尔~察素齐地震带，而1979年五原6.0级地震，恰好发生在西山咀~五原北西向地震带与临河~五原北东向地震带的交汇地段。

河套盆地地震活动图



综上所述，盆内发生6级以上地震的地震地质条件是：

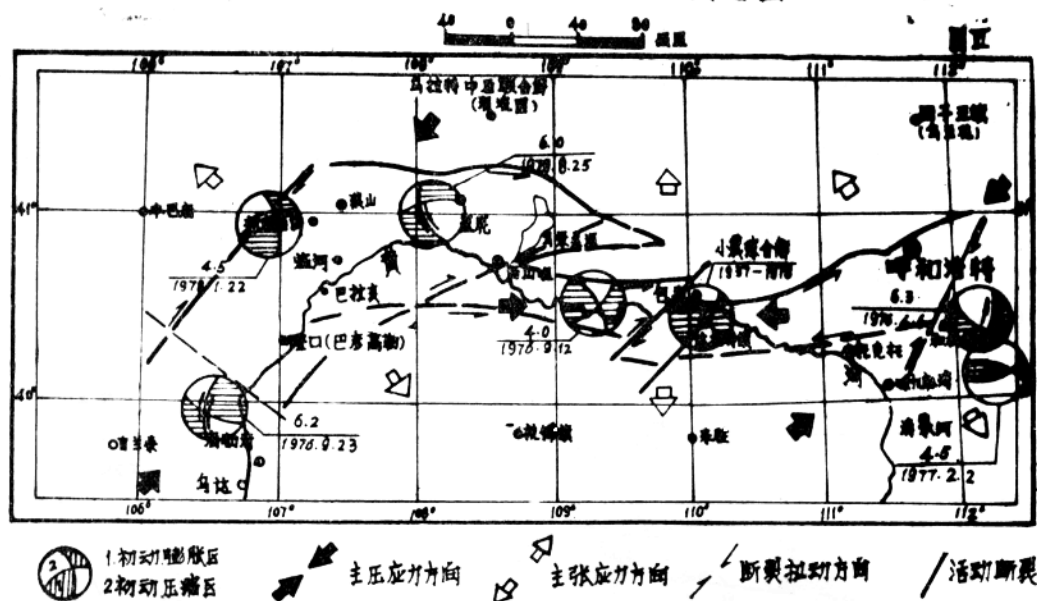
- 1、盆控构造北侧阴山山前活动大断裂与北东、北西向活动断裂带交汇，复合部位；
- 2、盆内现今差异性升降活动表现强烈。新生代下陷幅度大，第四系地层沉积厚度大（一般在400米以上的地区）；
- 3、盆内重磁变异带与莫霍面等深线剧变带及转折带；
- 4、不同方向展布的地震活动（破裂）带相交叉或迭加的地方，尤其是盆内北东向与北西向以及东西向地震活动带相交汇的地段；
- 5、在地壳块体交接带上（即不同构造单元交界处，盆内次一级断陷与隆起的衔接处。

鉴于上述认识，盆地在水平力和垂直力的相互作用下，狼山山前的杭锦后旗，磴口西，大青山山前的包头、呼和浩特一带，正处与强震发生的地震地质背景。随着区域应力场的不断增强，尤其在现今北西~南东向的引张应力作用下^{②③}（图6），将是盆内未来发生强震最

*与图1中编号相同。

危险的地段。因此，密切注视这些地区的小震活动、前兆异常反映以及区域应力场作用于这一地带的力学效应，有着非常的意义。

河套断陷盆地现今构造应力场示意图



参考文献

- ① 地质部第三普查大队：《一九六八年河套地区地质工作总结报告》。1969.2
- ② 陈家强：《河套盆地构造概貌》。陕甘宁石油普查通讯，总第十八期。1980
- ③ 阎锡屿等：《内蒙古河套地区第四纪地质的初步探讨》。1964
- ④ 石油部长庆油田地质调查指挥部：《内蒙古自治区临河地区地震勘探成果总结报告》。1980.9
- ⑤ 内蒙古地质研究队，内蒙古地震队：《内蒙古构造体系及地震分布规律图说明书》。1979
- ⑥ 孙金铸：《河套平原自然条件及其改造》。内蒙古人民出版社。1976
- ⑦ 中国科学院内蒙、宁夏综合考察队：《内蒙古自治区及东北西部地区地貌》。科学出版社。1980
- ⑧ 内蒙古地震队：《一九二九年内蒙古毕克齐地震》。地震战线。1975. (6)
- ⑨ 内蒙古和林格尔地震工作队：《和林格尔6.3级地震初步总结》。1976.6
- ⑩ 《五原6.0级地震总结》。内蒙古地震1979 (2)
- ⑪ 《一九七三年以来内蒙地区 $M_s \geq 4.0$ 级地震资料汇编》。内蒙古地震 1979 (1)
- ⑫ 郭增建等：《从水平力垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生》。地球物理学报，第三卷第三期。1977.7
- ⑬ 高名修：《华北断块构造区的现代引张应力场》。地震地质。第一卷第二期 1977.6
- ⑭ 聂宗笙：《华北新生代构造活动及其机制的讨论》