

华北卫片线性破裂特征的统计研究

刘光夏*

(国家地震局地球物理勘探大队)

摘 要

我们利用美国陆地卫星第1、2、3号(LANDSAT~1、2、3)的多光谱黑白扫描片123张,在华北136万平方公里面积,目视解译出了各类线性破裂4737条^[1],发现大量破裂的交汇点,长度和组数因地而异,地震活动、地热、新生代岩浆活动以及深源岩矿等与之密切相关。本文通过简便方法,对上述三项破裂特征进行统计、编图和初步分析后,拟定了一项半定量指标,即用地壳线性破裂的密度梯度来解释以上地质现象同构造破裂的关系,并认为华北地台的一些地区正在被新破裂分割。

一、统计和编图

通过对陆地卫星1、2、3号扫描片镶嵌图的目视判读,在华北地区解译出各类线性破裂4737条,如逐条描述特征,显然是既无必要也不可能的。数学地质告诉我们,数字化的地质现象,能起“去粗取精,去伪存真”的作用。如此众多的破裂,若能用数字说明,进而以疏密相间的等值线衬托,可能是一种好的表现方法。在研究破裂同地震和其他地质现象的关系上,看来等值线胜于繁琐的文字描述,是一条可行途径。

多年来,地质人员在考察研究大震的构造背景时,总结出地震的发生同多组断层交汇有关;而震级大小则同发震断层的长度(规模)有关。因此,我们在统计时,首先从破裂的交汇点数、长度及组数(走向)等三项参数入手,用等值线将其分别表示在不同的平面图上。

先把全区打成 5×5 公里的方格网,共得545格(方格网大小可视研究地区的面积和编图比例尺而定),再把方格网蒙在线性破裂解译图上,数清每个方格网的交汇点数、累计穿越每个方格的破裂总长度和量测每格内的破裂走向组数(每10为一组),把以上三种数据分别标记在三张同样大小的方格网图上,最后,把同等数值的方格,一一勾绘成等值线即成。我们把不同计算者统计时目差的2.5~3.0倍暂定为等值线的最低值,并作为起算值^[1]。交汇点等值线表示不同方向破裂交汇的密度;长度等值线代表单位面积破裂的疏密,即破裂间距的大小;组数等值线说明不同走向破裂的多少。这样,看来互不相干的破裂影象,似乎有机地联系起来而给人以整体概念。成图之后,把上述反映构造运动的主要地质现象点上(参阅图1~6)。为了减轻图面负担,把地震同其他现象分开。这一组粗糙的图件,尚

* 王敬禹、王浙辉、任文菊等同志参加了工作。

能概括大的构造轮廓,对较小地域的构造活动,亦有一定反映。

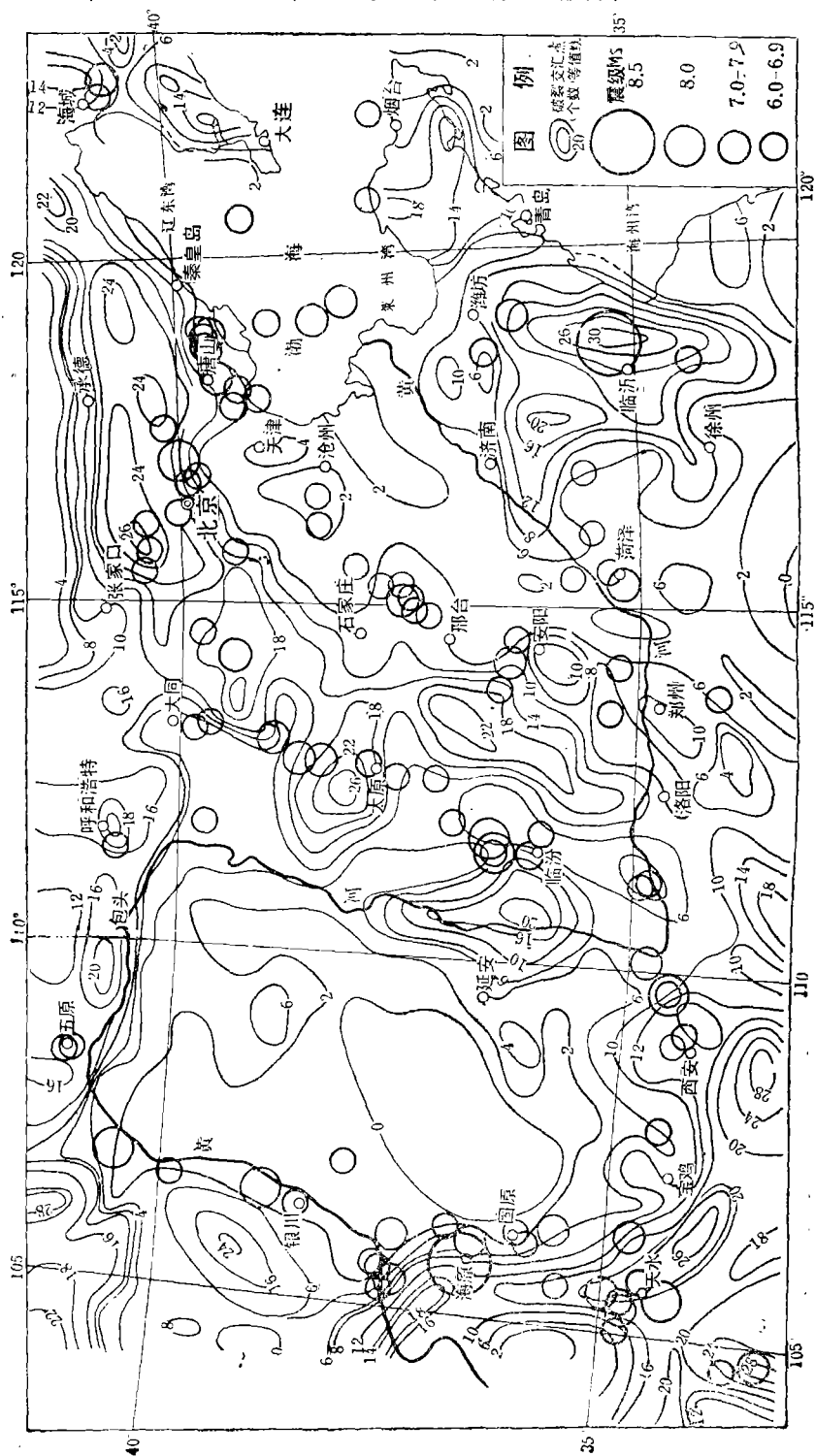


图 1 华北地壳线性破裂交汇点数值等值线与震中关系图

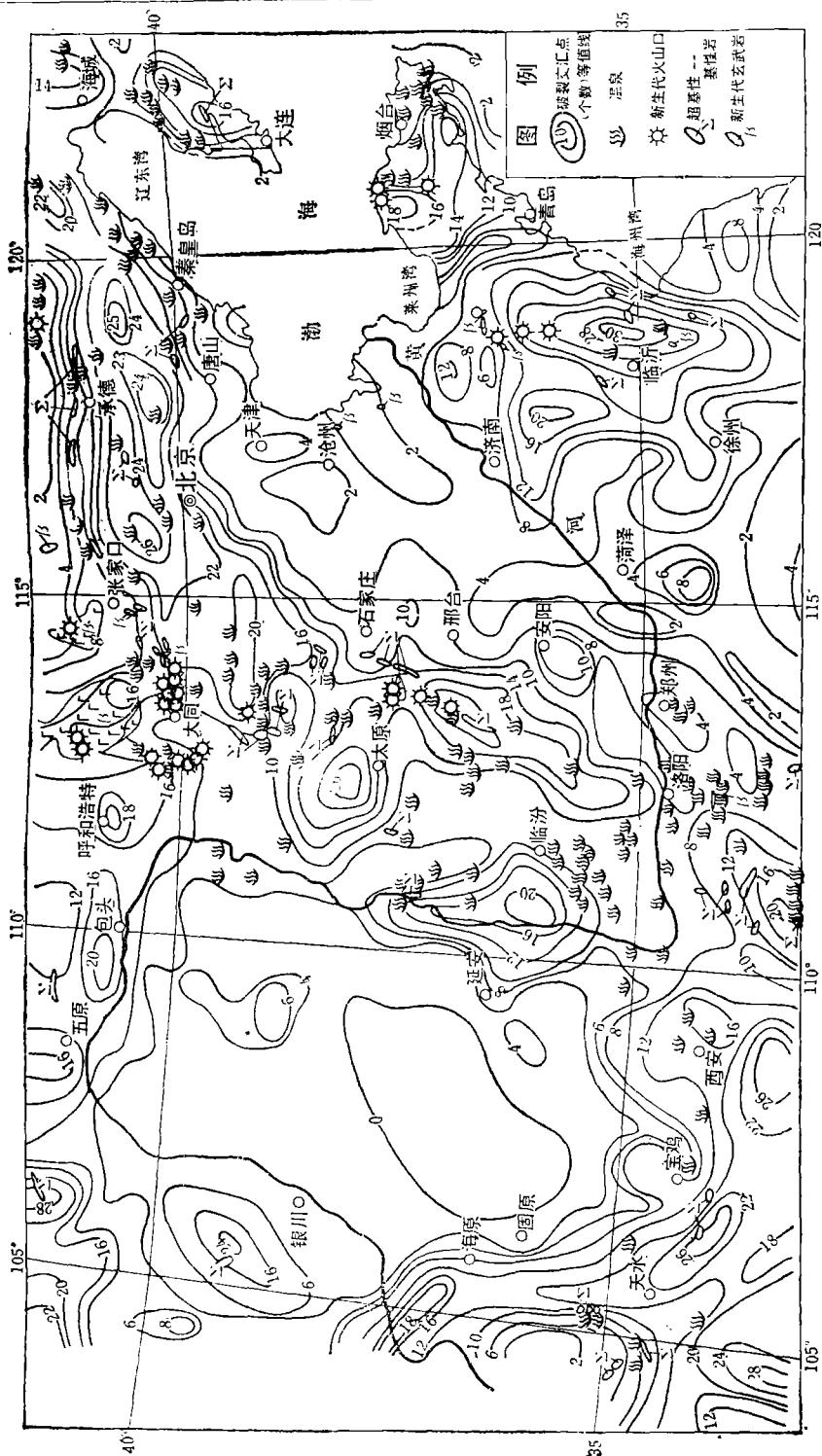
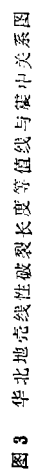
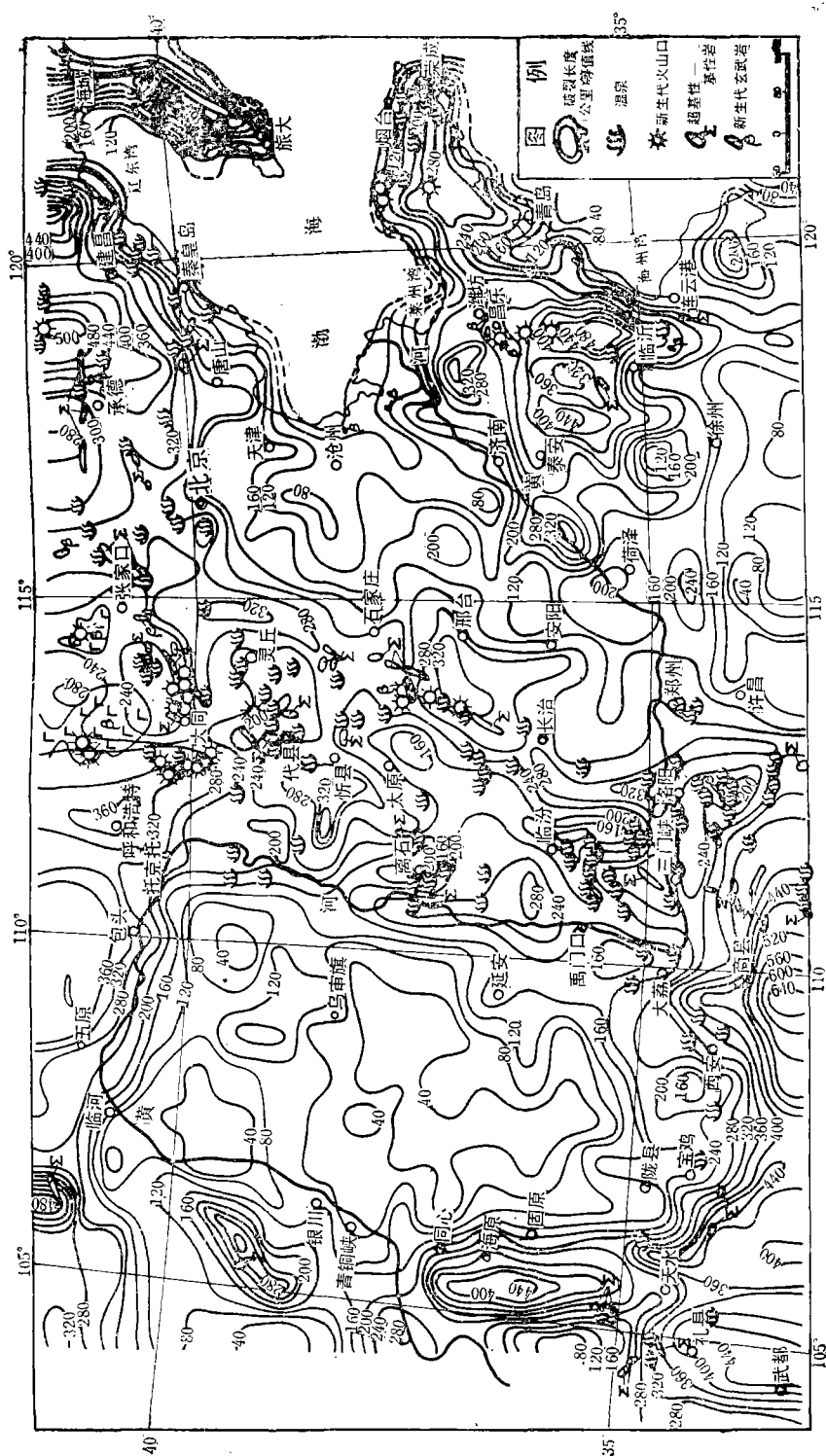


图 2 华北地壳线性破裂交汇点等值线与火山、温泉及深源岩石关系图





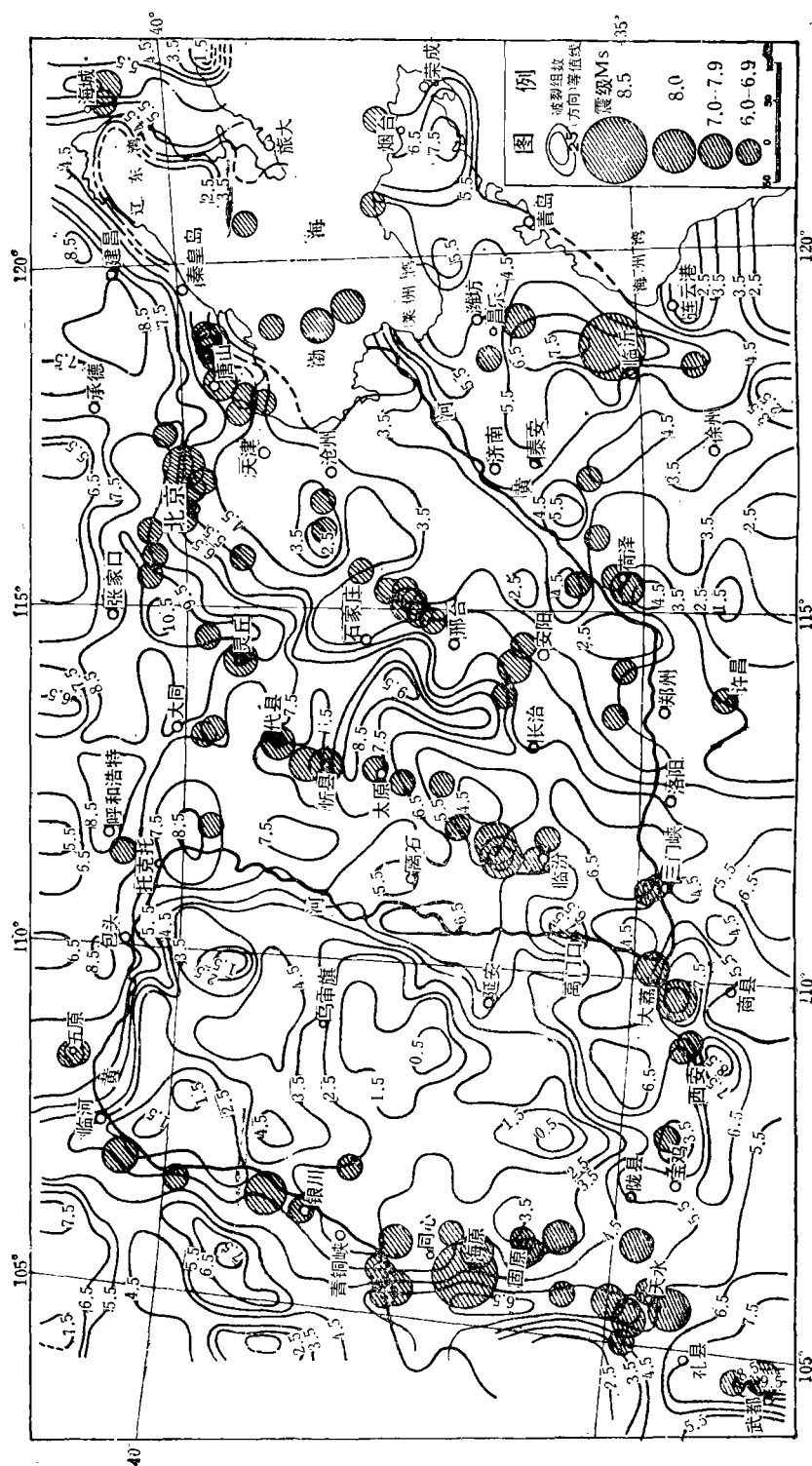


图5 华北地壳线性破裂交汇组数等值线与震中关系图

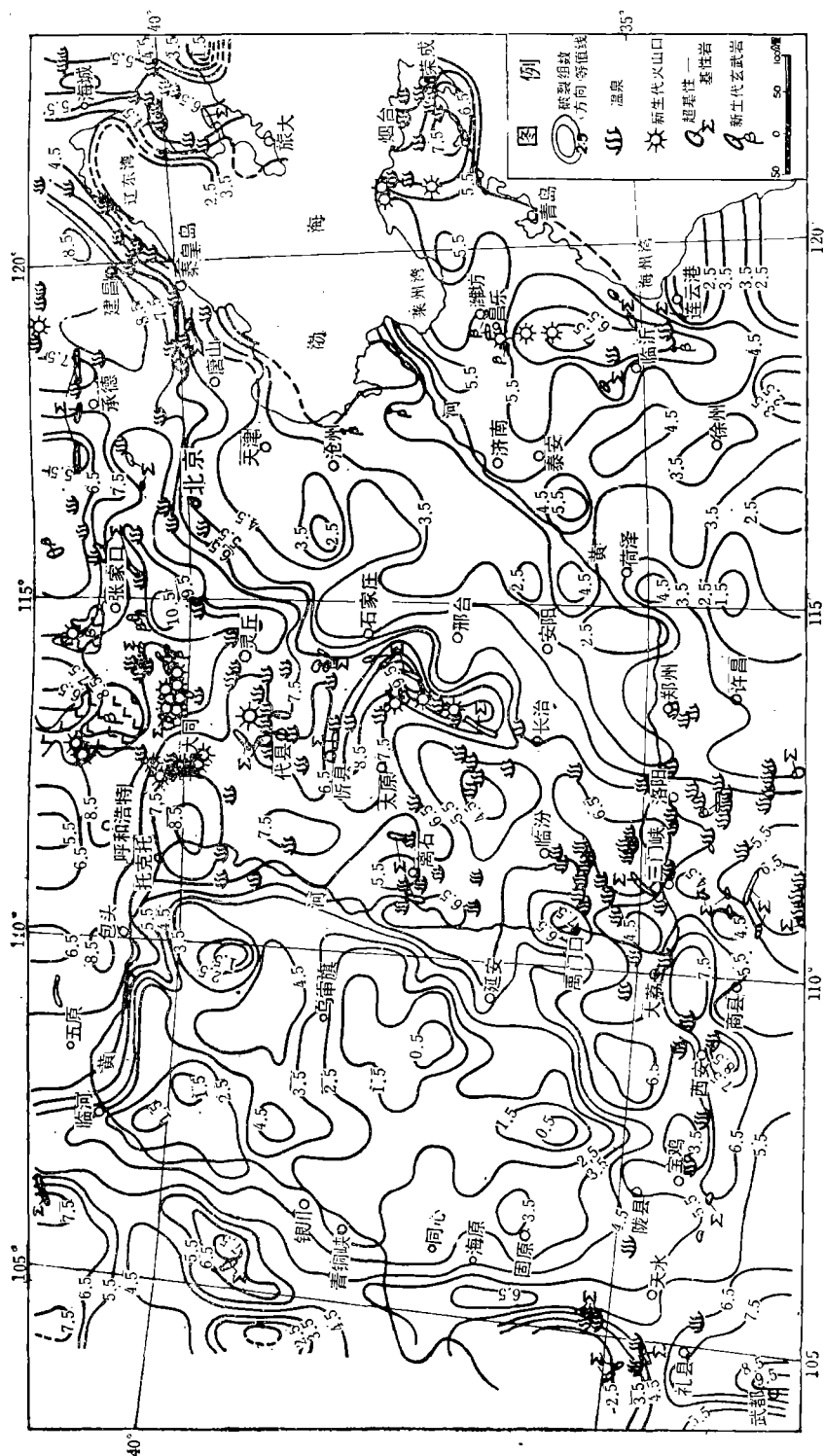


图6 华北地壳线性破裂交汇组数等值线与火山、温泉及深源岩石关系图

以上三张等值线图总的面貌大同小异。线条的疏密代表单位面积破裂的密度;单位水平距离的线条多少就是破裂密度梯度值的大小。

两个最大的纬向带已经发生了构造分异。北秦岭被北西走向的六盘山破裂带插入;和林格尔附近的岱海第四纪断陷隔开了阴山带。东部地区等值线走向以北东至北北东为主,穿插了一定数量的北西至北西西和南北方向的等值线圈闭。在西部,南北地震带的宽锯齿状等值线尤为突出醒目,也有不少北东向的圈闭线条。鄂尔多斯、腾格里、冀中以及黄淮海平原等值线稀疏宽缓。

下面简述三幅图要点:

一、地壳线性破裂交汇点等值线图

南北地震带北段,从临河西北沿贺兰山、六盘山南下,密集的等值线呈南北—北东—北西摇摆不定的宽锯齿状,是全区最大的密度梯度带。线条的分段拼合和交叉聚拢等特征表明所谓南北带的北段,并不是一条“贯彻始终”的断裂构造,而是几组构造的镶嵌复合带。阴山和北秦岭有分化解体的趋势。阴山带除张家口至建昌和狼山西段呈现较稳定的东西走向之外,其他地段都有较大畸变,如岱海断陷把阴山带一分为二;临河西北、五原、包头北、呼和浩特北、和林格尔、建昌东北以及海域等地皆有南北等值线插入。北秦岭被解为三段:西段是南北带的一部分;中段宝鸡至西安明显受六盘山构造的改造,等值线走向由北西渐变为北西西至东西;东段商县及渭、华地区,又被北北东和南北方向的等值线分解。新的破裂不但正在改造着北秦岭,而且殃及渭河地堑。通过长治的北北东等值线北上南下,是紫荆关深断裂的破裂显示。石家庄以北,整齐的等值线经北京、三河、唐山北、秦皇岛,呈北东至东西方向伸展,组成华北平原北部最大的密度梯度带。辽东半岛的北北东等值线被东西破裂隔为两段,海城出现的梯度带是郯—庐构造的北延。天津和沧州,宽缓的等值线同河间、邢台相连,邢台—安阳—郑州—许昌又相对密集成南北走向。山东地块是一幅老的東西构造和新的近南北构造交织在一起的破裂图象,以临沂为中心的郯—庐带,等值线呈北 5° 东,密度梯度堪称全区之冠,惟规模不及南北带;东西构造自泰安东延荣成,至山东半岛,梯度略大,从形态看,有沿郯—庐带东侧北移的迹象。北秦岭构造带进入平原后在徐州~连云港一线基本恢复纬向,但有北北东和北北西两个方向破裂的交切。一组明显的北东构造经乌审旗斜贯鄂尔多斯地台,其东,等值线自托克托南下,在离石、临汾、延安、禹门口汇同其他方向破裂,围成一个四边形密集区。雁行排列的山西地堑带,被平遥、太原、忻县的北西破裂分割成南、北两部分:北部代县、繁峙和大同,等值线北东东至东西走向,范围不大,梯度可观;南部洪洞、临汾至三门峡、渭南自成一个新的北东向的新月形破裂体系,同北秦岭东段溶为一体。长治—邢台—沧州和许昌—菏泽各有北东走向的梯度带。从本图总的形态看,冀—晋—陕的北东破裂一气呵成;除大同盆地受纬向影响外,北西干扰随处可见,但与北东破裂交汇最密的地区是太原南北和忻县,次为临汾和繁峙、灵丘。

二、地壳线性破裂长度等值线图

临河至托克托等值线转为北西西方向,建昌至北京为北东东方向,仅在张家口一带保留了原来的纬向特征。南北走向破裂插入阴山带的部位同前。东径 $105^{\circ}\sim 107^{\circ}$,等值线走向南北,形象突出,密度梯度最大的南北带同前图。鄂尔多斯北部等值线基本为东西向,以乌审

旗至海原一线为界, 南部为北东向。商县以南的北秦岭腹地为纬向, 出现了最大的密度值。紫荆关和太行山两条深断裂, 分别在长治和石家庄以及邢台至郑州一线汇成较大的梯度带, 被东西向的鼻状线在几处隔开。华北平原北部最大的密度梯度带仍集中在燕山南麓。辽东半岛出现稳定的密度带而下辽河拗陷梯度陡增。天津东北有北西破裂显示, 沧州至邢台以东的梯度带为冀中平原最明显者。山东半岛破裂密度大, 是个自成一体的破裂菱块。沿黄河和山东半岛南部海岸线有北东向密度梯度带, 主要经过济南—菏泽以及青岛—连云港。临沂南北的郯—庐带仍是东部密度梯度最大的地段, 南延江苏。胶东的等值线似有沿郯—庐带北移现象。许昌—连云港有一定纬向梯度。临汾和太原的梯度值在山西仍然居首位。北西破裂穿插了临汾、平遥、太原、忻县、代县, 而且扰动了鄂尔多斯东缘的南北等值线。

三、地壳线性破裂交汇组数等值线图

除具备以上二幅图的共有特征外, 纬向带更加模糊。西部高值点在武都, 为9.5; 东部高值点在涿鹿西蔚县北和石家庄西南, 分别达10.5和9.5。7.5以上的圈闭点有银川西北、包头西北、呼和浩特东北、托克托东南、建昌东北、荣成西、临沂北、西安东南至大荔以及禹门口等地。秦皇岛—唐山—沧州—邢台—长治—洛阳以及济南—菏泽—许昌两条密度梯度带较前二图清楚。

二、分析讨论和存在问题

1. 稳定地块的破裂图象, 是构造运动史的综合记录, 主要反映在破裂的密度上; 但在中、新生代, 特别是现代构造运动的活跃地带, 将发生破裂密度的突变, 从而提高了梯度。所以, 华北地震区和地热区的第三、第四纪构造运动主要表现在破裂的密度梯度上。

2. 从以上三类图来看, 华北地台构造运动的继承性是明显的, 但对地震地质和地热资源勘探来说, 新破裂对老构造的改造作用似乎更重要些。例如

(1) 北东破裂在西部的广泛发育。

(2) 北西和北西西走向的破裂在东部平原及周边山区大量存在。

(3) 南北破裂全区皆有, 尤以东径 105° — 107° 为最发育。

古老的华北地台, 正经受着在程度和方式上各不相同的改造, 甚至连鄂尔多斯这样稳定的构造单元也不能幸免, 这种变动在地震区划的意义, 有待实践检验。

3. 三种破裂参数同地震活动带的关系:

(1) 在三张图的西侧, 一致勾出了一条近南北的锯齿状梯度带, 这正是南北地震带的北段, 曾发生过7.5级以上大震5次, 6~7级地震多次。该区地表构造线为近东西向, 但圈闭的等值线却较清晰地反映了一条北略偏东的地震带的总貌, 同大多数地震的等震线及迁移方向一致。成都以南等值线有延向松潘的趋势。

(2) 北东的梯度带与地震活动: 前已指出, 海原经乌审旗到和林格尔, 两端皆有地震活动; 垣曲(长治西南)1965年地震后, 依次发生了邢台、河间、渤海和唐山等地震; 许昌和菏泽都曾发生过破坏性地震, 等值线梯度带有越过渤海中的庙岛群岛和旅大相连之势。

(3) 北西走向的梯度带规模一般不及前者, 但在控震上也有一定意义。如固原—宝鸡

带分割秦岭, 西侧为南北带的一部分, 地震强; 东侧为秦岭中段, 地震弱。山西多字型盆地在太原被北西梯度带一分为二, 北部地震的时空分布皆较分散, 7级以上地震不多; 南部临汾盆地于1303至1695年集中发生了二次8级地震。前面谈到的华北北部最大的密度梯度带, 正是宁河—三河—怀来地震带, 有过马坊、唐山等大震和成带的弱震活动。新乡—商丘一线近年4级左右地震亦相对集中。

下表列举地震活动同地壳破裂密度梯度值的关系。

表1: 华北地震区与非震区地壳线性破裂密度梯度值对比表

地震区	破裂描述	地壳线性破裂的密度梯度值			最大震级
		长度 KM/KM	组数 组数/KM × 100	交汇点数 个/KM × 100	
地震区	海原	5.0	12.5	28	8.5
	临沂	5.06	12.0	40	8.5
	银川	4.6	8.3	40	8.0
	天水、通渭、泾源	4.59	16.0	40	8.0
	华县	6.2	13.5	50	8.0
	洪洞、临汾	3.5	13.3	40	8.0
	三河	4.0	13.3	40	8.0
	唐山、滦县	4.3	9.0	31	7.8
	海城	4.0	11.4	25	7.5
	沂县	5.0	12.0	25	7.3
	代县	5.0	10.0	30	7.5
	原平	5.0	12.0	25	7.0
	灵丘	3.4	20.0	20	7.0
	武都	3.6	8.3	40	7.5
	菏泽	1.14	1.0	20	7.0
	宁晋	2.0	8.0	25	7.2
	河间	3.2	8.0	20	7.0
	磁县	2.0	3.0	28	7.5
	五原、临河	3.0	9.0	21	6.3
非震区	鄂尔多斯	0.26	1.0	1.0	
	黄淮海	1.09	0.8	2.0	

4. 破裂密度梯度同深部构造的关系:

下辽河、渤海的地壳厚度只有30公里〔2, 3〕; 华北及南北地震带中段和北段电性高导层普遍埋藏较浅〔4, 5〕证明上地幔在隆起。深部物质的运移, 必然影响莫霍界面。我大队

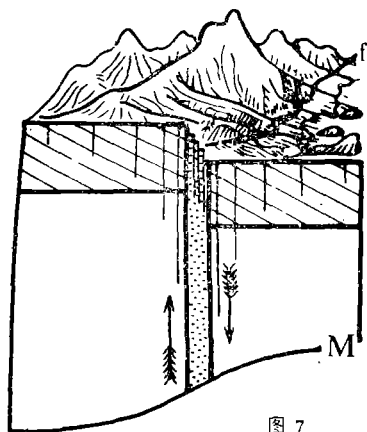
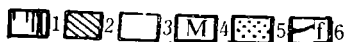


图 7

地壳线性破裂密度梯度与莫氏面波浪构造关系模式图



1、巨—大型及中—小型破裂 2、结晶基底 3、中、下地壳 4、莫氏界面 5、垂向张扭带（箭头表示运动方向） 6、卫片线性影像

近几年的地震测深工作，发现华北地震区莫霍界面有似正弦波的起伏，一些强震震源多密集于莫霍界面拱起和下陷的斜坡带上〔6〕，这些地带都具有大的破裂密度梯度（图 7）。

综上所述，我们认为研究地壳表层破裂的密度梯度，可能对强震带的构造背景提出一些新的认识，在地质构造同地震构造不一致的地带，亦可用此法一试；一些大的破裂密度梯度带可能有深部构造背景。

存在问题：经多次翻拍的粗制卫片，其分辨率和信息量大减，对覆盖区解译的影响尤为突出，尽管做了一些光学处理，仍难满意；卫片中一些非构造线性体的识别也有不少问题；影象的判别及新活动标志的辨认难免掺入主观因素，同时，岩性的差异未能很好考虑。所以，等值线不可能完全反映客观实况。

本文承孙武城、刘昌铨、赵文俊同志的关心和帮助；王浙辉同志精心绘制图件和表格；王开明、朱秀华和潘菊敏等同志进行了照相缩制和植字，在此一并表示谢意。

（1983年7月15日收到初稿）

参 考 文 献

- 〔1〕刘光夏，卫星照片的线性破裂解释，西北地震学报，6，2，1984。
- 〔2〕中华人民共和国地质部，地球物理地球化学探矿图件编制规范，中国工业出版社，1964。
- 〔3〕刘国栋等，华北北部地区地壳上地幔构造及其与新生代构造活动的关系，中国科学B辑，12，1982。
- 〔4〕刘昌铨等，燕山与华北平原地壳结构特征的初步分析（初稿），中国地球物理学会第一次全国地壳与上地幔物理学术讨论会论文，1982年12月
- 〔5〕祁贵仲等，渤海地区地磁短周期变化异常、上地幔高导层的分布及其与唐山地震的关系，中国科学，7，1981。
- 〔6〕毛树恩等，中国南北地震带（北段、中段）的深部环境与地震关系的初步探讨，地震地质，2，1982。
- 〔7〕孙武城等，华北大陆地壳—上地幔构造的波浪断裂特征，中国地球物理学会第一次全国地壳与地幔物理学术讨论会论文，1982年12月。

SOME STATISTICAL RESEARCH ON THE LINEAR FRACTURES FROM LANDSAT PHOTO PICTURES IN NORTH CHINA

Liu Guangxia

(Geophysical Prospecting Brigade, State Seismological Bureau)

Abstract

In this paper, the author used 123 Photos from LANDSAT-1, 2, 3, which covered 1.36 million km^2 of the North China Region and then interpreted 4737 linear fractures of several kinds. We discovered that a lot of intersected points of the linear fractures, the length of the linear fractures, and the number of the trending of the intersected groups are quite different in North China. The seismicities, geotherm, Cenozoic magma activities, and the deep source rocks are strongly related to the three characteristics of the linear fractures as mentioned above. The author applied a simple and convenient method to the statistics, mapping and preliminary analysis. A semi-quantitative quota had been worked out, that is, the density gradient of the crustal linear fractures, which can interpret the relationship between the geological phenomena as described above. The author believes that the new fractures occurring recently in some regions of the North China platform result from the phenomena.