

地壳形变测量与地震预报 经验交流会议资料汇编

地壳形变测量与地震预报经验交流会议
《地震战线》編輯組編

一九七一年九月

地壳形变测量与地震预报经验交流会议
《地震战线》编辑部编

地址：北京三里河中国科学院

电报挂号：77777

1971年9月出版

編 者 的 話

地壳形变測量与地震預报經驗交流会，于一九七〇年十二月二十八日至一九七一年一月二日在天津召开。現將會議期間总结交流的工作报告，选編七篇，供学习参考。

目 录

华北部分地区地壳垂直形变与地震	地震测量队 (1)
津唐滄地区地壳垂直形变与地震	河北省革委会基建局 地质勘测总队第十六队 (17)
山区垂直形变测量中关于尺长改正问题的分析	北京市地质地形勘测处测三队 (28)
陕甘宁地区地面垂直形变分析报告	兰州地震大队地震测量队 (36)
小三角测量实验的总结	兰州地震大队地震测量队 (42)
有关通海地区地面垂直变化的分析意见	原第二大地测量队 (48)
一等杭广南(福鼎南宁段)重复水准成果分析	原第二大地测量队 (52)
形变测量与地震关系的几点认识及今后工作的建议	地壳形变测量与地震预报经验交流会议 (58)

华北部分地区地壳垂直形变与地震

地震测量队

地壳形变是指地球表层的岩石圈,在地球内力和外力(天体引力)的作用下所发生的一种变形。地球表层受外力作用而引起的微小变形,有些已被认识和掌握,例如潮汐影响引起的变形和地球固体部分随日月位置移动而引起的变形(固体潮)等。虽然地球内力的性质与形态,还没有确切的说法,但是对在这种地球内力作用下的地壳所形成的不同构造形态:层、褶皱、裂缝以及断裂等等,已有所认识,并且也证明这种内力是巨大的。一般情况下,内力引起的地壳形变比外力引起的要大得多,内力是起主导作用的。既然能够观测到地壳受外力作用的变形,那么无疑地也可以观测到地壳受地球内力作用而发生的变形。通常所说的地壳形变,主要是指地球内力所引起的地壳变形。

强烈的破坏性地震一般发生在地壳内(在地球的莫氏面以上)。这是因为,在地球内力作用下,地壳在其脆弱部位,存在着弹性应力的长期积累和短期急剧调整两个过程。前者是地震孕育期,后者是发震期。无论哪一个过程,地壳都要发生大幅度的上升、下降、平移、错动或旋扭。这就是应用地壳形变测量研究地震和地震预报的前提。

伟大领袖毛主席教导我们:**“我们是马克思主义者,马克思主义叫我们看问题不要从抽象的定义出发,而要从客观存在的事实出发,从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。”**长期的地震工作实践证明,强烈的破坏性地震,一般发生在构造运动差异性强烈的地区。因此,查明这种构造运动差异性强烈的地区,特别是查明活动构造带最近几年、十几年、几十年的活动性质,对地震研究工作有着特殊的意义。要确定活动构造带的近几年、十几年、几十年的活动性质,并非一般地质和地貌的方法所能实现的。而应用高精度的大地测量——水平和垂直测量——方法,却能最真实地、最直观地确定地壳变形这一物理量,提供构造带的最近的活动形态和各构造带之间的相关性。应用大地测量方法,结合地震、地质和地貌等特征,研究地壳形变与地震的关系,探索未来强震可能发生的地区或地带是完全有希望的。

1966年邢台地震发生以后,在毛主席、党中央的亲切关怀下,大地测量手段参加了征服地震灾害的斗争行列。通过几年的实践,取得了较丰富的经验和数据。尽管国外也在开展这方面的工作,例如1964年日本的新泻地震、1965年的松代地震、1966年苏联的塔什干地震,虽也取得了一些资料,但是用毛泽东思想武装起来的中國地震战士,决心与帝修反争时间,为毛主席争光、为社会主义祖国争光,走在帝修反的前面,夺取地震预报的重大胜利。

遵照伟大领袖毛主席关于**“要认真总结经验”**的教导,本文主要是根据邢台大震、里坦地震、渤海地震、唐山丰南地震等资料,总结震前和震后的重要地壳形变规律。并应用这些规律,在历年几次形变测量资料分析的基础上,对华北部分地区今后的地震趋势与危险区(或重点区)作初步估计或预报意见。

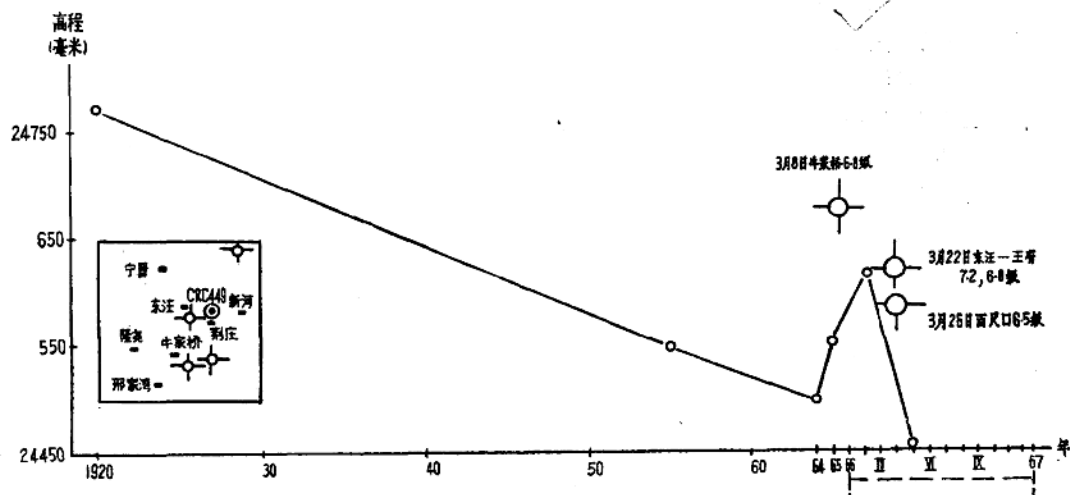
一、地壳形变的前兆规律与地震

“地震是有前兆的”。近年来的大面积地壳形变测量，尤其是经过 1966 年邢台大震、1967 年里坦地震、1969 年渤海地震、1970 年唐山丰南地震等几次地震实践，更进一步揭示了地震前地壳形变不仅有相当明显的前兆反应，而且有其独特的规律性，今就其中两个基本特点，分别予以论述。

地壳长趋势形变积累与孕震

大量的形变与地震的资料表明，一个发生在地壳中的强烈破坏性地震或震群，需要一个长趋势的积累过程。掌握地壳形变长趋势的变化过程，也就有可能掌握地震应变能长趋势积累的孕震过程。对于这一孕震过程的长趋势地壳形变的规律，我们可以从邢台、里坦、渤海、唐山丰南等几次地震的地壳垂直形变资料中揭示出来。

邢台地震区从 1920 年起就有了水准测量资料，到 66 年 3 月发生大震前，共进行了四次重复测量工作。从 1920 年——1964 年 12 月的测量结果中，取 66 年 3 月 22 日大震震中（东汪——王府）附近的 CRC 449 号水准点（位于荆庄）的数据（图一），表明邢台地震区的地壳在近半个世纪（有测量资料记载）以来，存在着一个长趋势的下沉运动。下沉速度 5 毫米/年左右，其最大幅值达 270 多毫米。下沉速度超过通常地壳运动的速度。

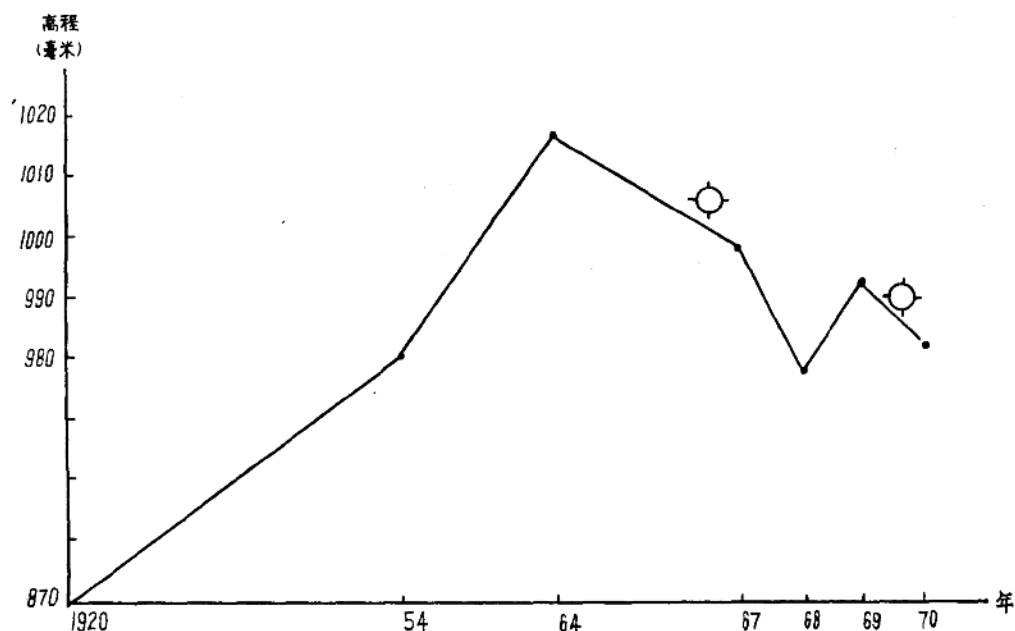


图一 邢台地震区荆庄 CRC449 号水准点大震前后变化趋势图

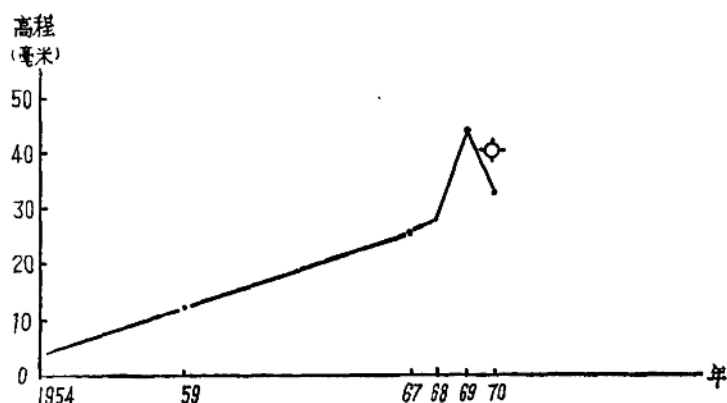
1967 年里坦地震前的资料，亦证明这种长趋势形变积累的存在（图二），离震中七十公里的静海第十一堡地区从 1920—1954 年上升达 140 毫米，平均速率为 +4 毫米/年左右。

1969 年渤海地震，震中处在海底，尽管目前还无法确定海底形变值，但从处于这次大震烈度 VI 度区的唐山、黄骅地区震前十几年的资料中，也说明了震中区周围的海岸一带，存在着 +3 毫米/年的形变趋势。

1970 年唐山丰南发生了 5.2 级地震，震前的资料同样证明了地壳形变的趋势性变化



图二 里坦地震区静海第十一堡 CRC152 号水准点大震前后变化趋势图



图三 丰南地区南孙庄 31 号水准点地震前后变化趋势图

(图三)。震中区南孙庄 31 号水准点的变化趋势,自有资料记载的十四年以来,平均年速为 +3 毫米/年左右。

从以上邢台、里坦、渤海、唐山丰南四次地震的震前地壳垂直形变资料中,反映了一个共同的特点,即在一个大地震的长趋势孕震过程中,该地区的地壳发生着相应的形变(上升或下降)。这种形变活动,说明了地壳形变的长趋势积累过程,也即反映了该区域(或局部地区)地震应变能积累的孕震过程。

震前地壳形变具有长趋势积累的基本规律,我们还发现它与水准点所处地区的地质构造近期继承性显著活动密切相关。邢台地震区的 CRC 449 号水准点处于继承性活动的束鹿断陷中,地壳形变长趋势积累表现为下沉。里坦地震区的 CRC 152 号水准点处

于沧县隆起中的大城凸起次一级构造单元中,所以震前该处的地壳形变长趋势积累表现为上升。唐山丰南地震区的南孙庄 31 号水准点处于唐山隆起的新军屯凸起次一级构造单元中,故亦表现为上升。渤海地震的震前地壳形变,处于唐山隆起构造单元中的为上升、处于黄骅凹陷构造单元中的为下降。应该指出,这种震前的继承性运动与正常构造运动在数量上是有区别的。上面的事实表明,我们研究地壳形变与地震的关系,除了认识地壳形变的长趋势积累的孕震过程这一基本规律之外,还必须充分顾及地壳升降运动与地质构造近期继承性显著活动的一致性这一实质性的特点。同时通过上述的讨论,基本上确定了未来的震中地区,将处于地壳形变具有长趋势孕震过程的构造单元中。

地壳急剧反向或加速突变与临震

某一区域(或局部地区)的孕震过程中,由于应变能的不断积累,将对该区域(或局部地区)的地壳产生越来越大的压力,而当地壳所承受的应力达到临界状态时,地壳将发生急剧的变形,直到地壳破碎,地震发生。这一急剧反向或加速的地壳形变,就是地震将发生的信号,即临震地壳形变。这一震前地壳形变规律,在邢台、渤海、唐山丰南几次地震中亦有所证明。

由图一看出,1964 年 12 月—1966 年 3 月 15 日这一段时间的形变特点。在此期间的地壳一反其将近半个世纪的下沉趋势,而急剧上升。从 1964 年 12 月—1965 年 8 月年速达 +82 毫米/年,而 1965 年 8 月—1966 年 3 月 15 日高达 +110 毫米/年,这一形变值已十几倍于长趋势孕震过程的年变化率。

渤海地震的 VI 度区唐山地区,在 67—68 年中地壳形变急剧上升,年变率比长趋势积累期间大了六倍。黄骅地区从 68—69 年 6 月渤海地震前,地壳形变表现为急剧的反向加速上升(原长趋势下沉),黄骅拗陷相对沧县隆起上升了 50 多毫米。

唐山丰南地震前,从 68—69 年地壳形变急剧地上升(原长趋势上升),年速比长趋势积累期间大五倍。

里坦地震,临震前几年无资料。

由此可见,大地震前地壳要发生急剧反向或加速形变,这一规律可视为临震的一个信号。

二、主震群(或强震)中的地壳形变

某一区域(或局部地区)随着应变能的长趋势积累,地壳所承受的应力将相应地不断增大。从地壳形变过程来说,亦由长趋势的缓慢形变积累,而变为急剧反向或加速突变。当地壳所承受的应力超过地壳中的岩石强度时,地壳将发生破碎,而在地壳中长期积累的应变能则以地震的形式释放出来。在释放积累的应变能时,地壳将发生最急剧的、大幅度的水平与垂直变形。

地震期间的急剧地壳形变在邢台、里坦、渤海、唐山丰南等地震中,已呈现了一定规律性,现简述于后。

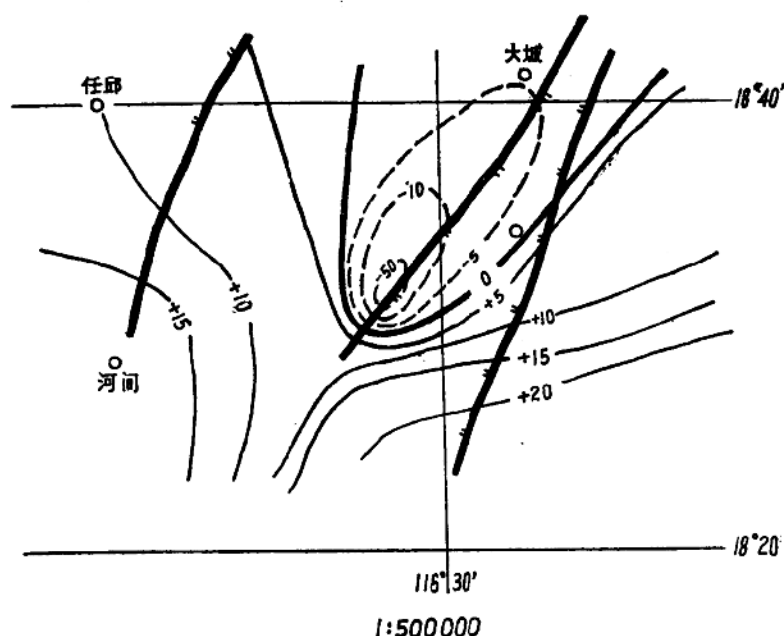
强震震中与地壳形变的大幅度下沉

发生在地壳中的强烈破坏性地震,一般都有一个震源。因此,在发震瞬间,处于震源

地区的地壳将是变形最激烈的地区。这种急剧的、大幅度的地壳形变,将几十倍于震前的地壳形变率,而且把震中地区突出地反映出来。根据最近几年邢台等几次强震的实践,证明了震中地区震后都有一个共性的大幅度的下沉规律。

根据震前(1965年8月)与震后(1966年3—4月)资料,绘制的邢台主震群相应的垂直形变图(图四),可以看出,主震群($M>5.0$)集中地区,地壳形变对应着一个大幅度的狭长沉降条带。沉降带呈北东方向,南北长约75公里,东西宽约20公里。沉降带中突出反映了南部3月8日牛家桥——马栏6.8级大震的沉降地区,最大下沉幅度达-274毫米;以及北部3月22日东汪——王府7.2级大震的沉降中心,最大下沉幅值达-440毫米。这一大幅度沉降特点,反映了邢台主震群的分布形态。

1967年的里坦强震震中地区,也具备了震中下沉这个特点。下沉区基本呈北东方向的条带,下沉区两侧相对隆起,最大下沉幅值达40多毫米(图五)。



图五 大城—河间地区震后(1964年—1969年)垂直形变图

渤海大震震中处于海底,没有资料说明震中的形变状态,但从震后渤海沿岸的地壳形变情况亦能推测震中形变的大概状况。处于渤海大震 VI 度区的唐山沿海一带,震后产生普遍下沉,下沉方向指向震中。在震中方向上的山东局部地区,也同样呈现下沉。

丰南地震后,在唐山——宁河之间以南孙庄为中心,半径22.5公里的范围内,普遍产生了下沉,下沉最大幅值20多毫米。

由以上几次地震的实践证明,强震后震中地区地壳形变出现大面积、大幅度的下沉。下沉的幅度与震级的大小及震中区的远近有关。下沉幅度最急剧的地区与震中最大烈度区基本一致。根据这一规律和震前地壳形变的特点,应用地壳形变的幅值,有可能探索未来地震的烈度区。

主震群(或强震)衰减与地壳形变

随着强震能量的大规模释放,地壳相应地发生了急剧变形,地壳中集中的应变能也迅速衰减,而地壳变形的速率也随之缓和下来。地震能量衰减与地壳变形的缓和的规律,在邢台震群型地震中,有着特别明显的反应。(图六)水准点艾曲 1 和艾曲 6,正处于 3 月 22 日东汪——王府和 3 月 8 日牛家桥两次强震震中地区。由图六可以看出,经 3、4 月份地震大爆发时地壳急剧下沉之后(马栏艾曲 6 水准点资料最全),垂直形变迅速趋于平稳。而从 67—69 年已基本上不变了。这一形变事实完全符合邢台地震能量释放的衰减趋势。

强震能量衰减与地壳形变之间的规律,对今后一旦发生强震后,掌握它的发展趋势与研究它的类型都是极其重要的。

地壳形变与地震、地质构造运动

强烈的破坏性地震与地质构造强烈的差异性运动密切相关。一般来说,这种地震大多数发生在活动构造带上。邢台地震工作的实践提供了极其丰富的垂直形变与部分水平形变资料,这些资料完全证实了这种关系的存在。

邢台主震群爆发期间,震中地区地壳形变的大面积、大幅度的北东向沉降条带,与邢衡隆起构造单元中次一级的构造——束鹿断陷——形态是完全相应的。特别是耿庄桥以北的地壳垂直形变,明显地证明了这一点,它说明了这个地堑型的束鹿断陷,在地震期间作块状的向北倾斜陷落活动,它证明束鹿断陷在地震期间是非常活跃的。里坦地震区呈北东向的沉降带也说明了里坦凹陷向北东倾斜陷落。

同时在大震期间的地壳形变中,也表明了断裂两侧的活动差异性(表一):

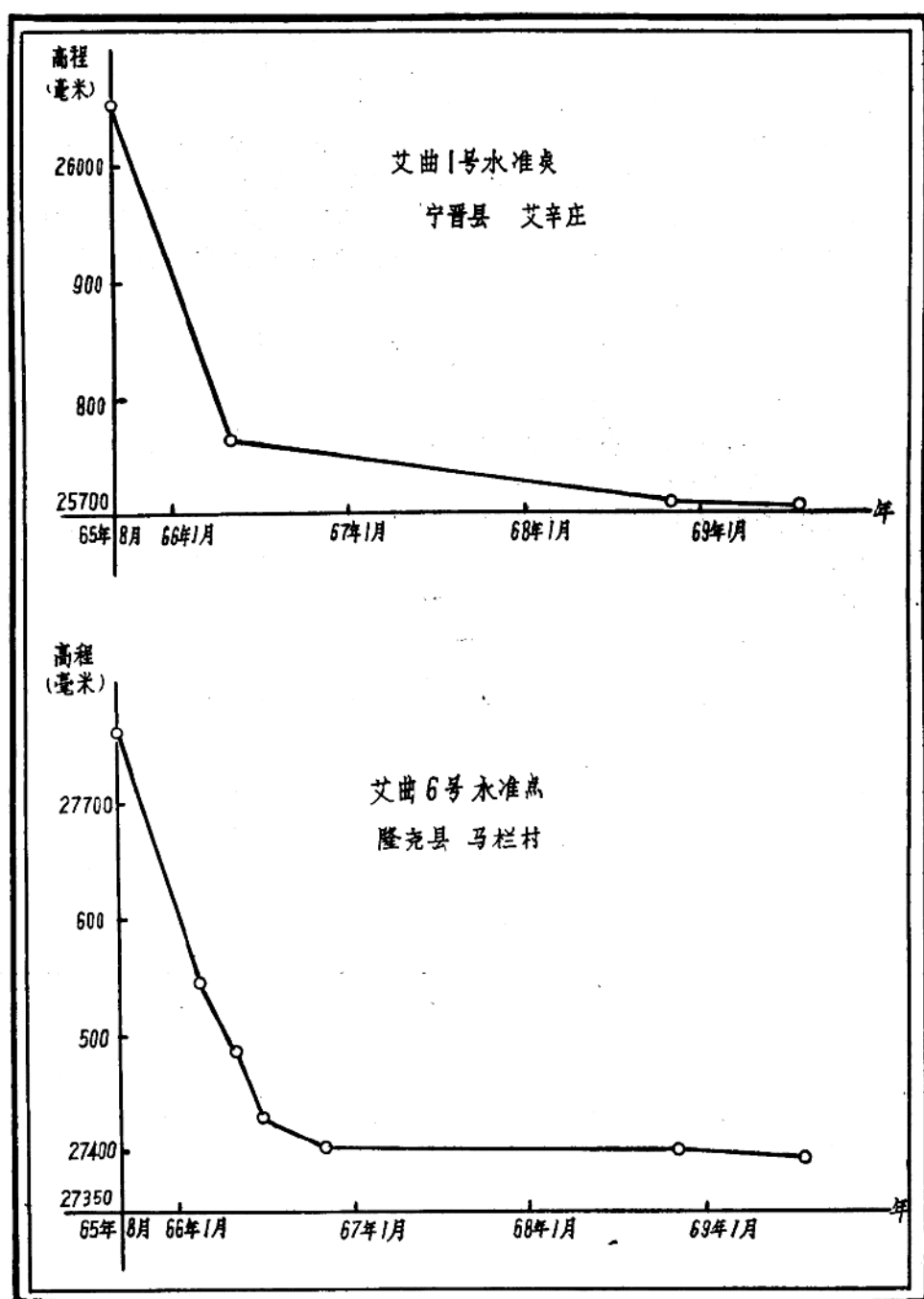
表一 牛家桥断裂两侧形变

时 间	所在地区	西 侧		东 侧 (通过艾辛庄百尺口断裂)				
		0—5 公里	5—10 公里	0—5 公里	5—10 公里	10—15 公里	15—20 公里	20—25 公里
1966 年 2—4 月	大田庄 小河庄	+40 毫米	+34 毫米	-236 毫米	-440 毫米	-332 毫米	-186 毫米	-68 毫米

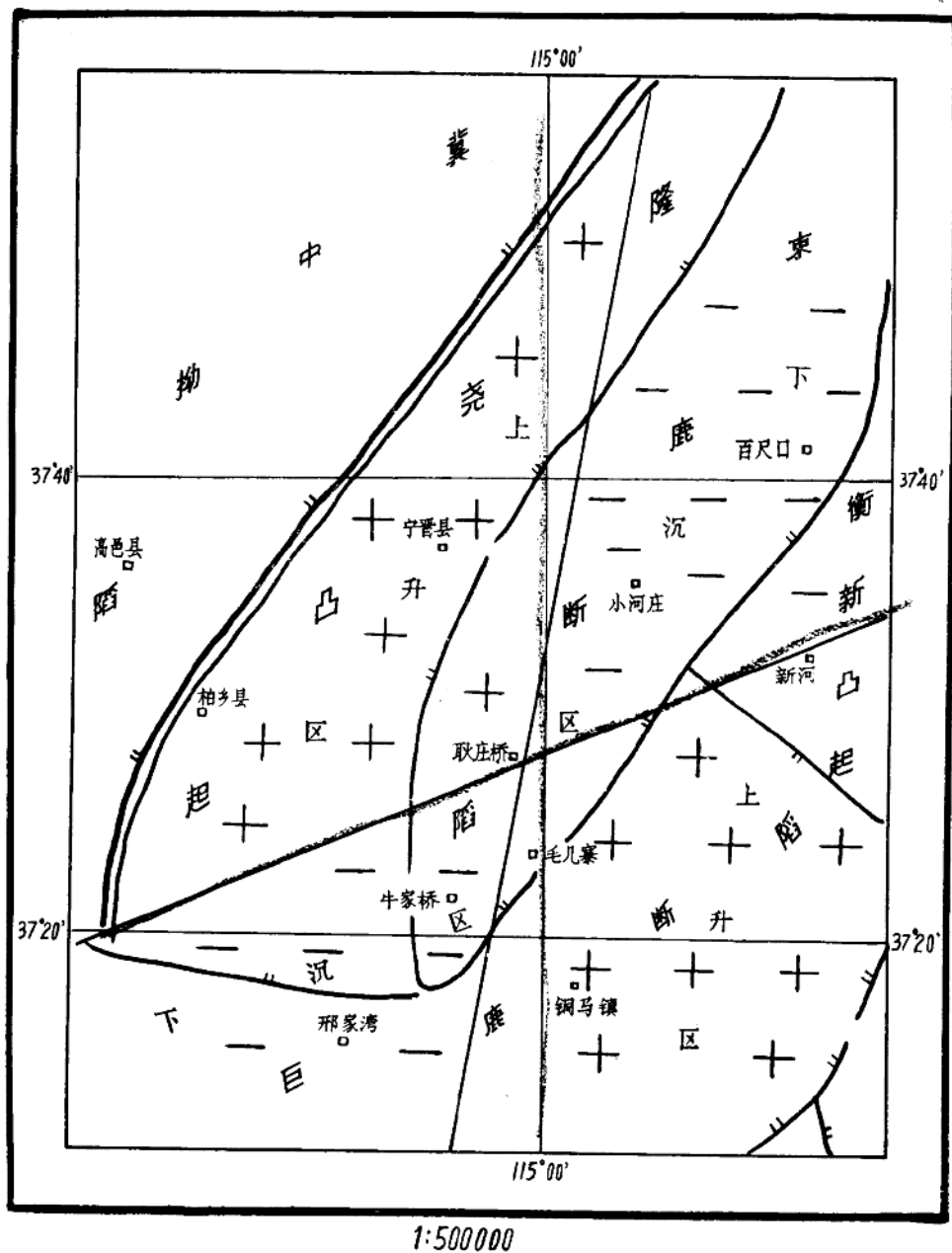
从表中看出,牛家桥断裂东南盘比西北盘活跃得多。西北盘在五公里内就比较平稳了,而东南盘可达 20—30 公里的范围,而幅度方面也大了十几倍。这样一种活动构造单元与断裂差异运动形态的揭示,对今后探索活动构造带提供了一定的依据。

由图四中看出,通过沉降带中垂直变化比较稳定的耿庄桥地区作两条升降分界线,得出一个对称的升降分布区(图七)。由此,理解邢台主震群($M > 5.0$)的应力分布是有意义的。

另外,邢台地震前与主震群后的地壳水平形变资料(图八),同样对邢台地质构造的活动形态提供了极其宝贵的数据。图中明显地揭示出邢衡隆起区的“右旋”活动形态。同时突出地揭示了极震区中断裂两盘巨大的错动运动。邢台地震的地壳水平形变幅值最大竟达 700 多毫米,它比垂直形变将近大二倍,这说明邢台地震中以水平错动为主。这一特征对于研究邢台地震的成因与机制都是极其重要的线索。

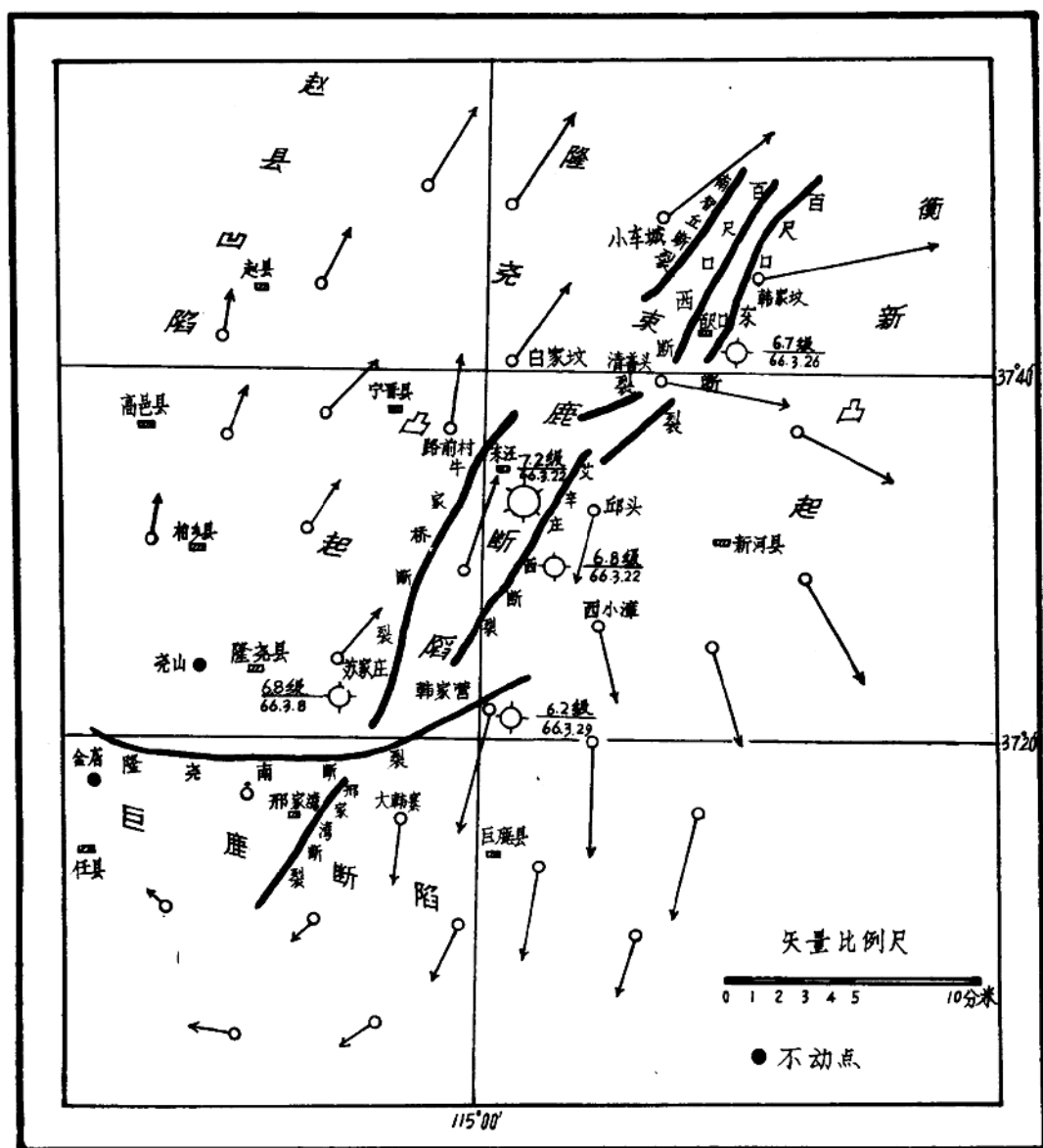


图六 邢台地震区震后震后垂直形变图



图七 邢台地震垂直形变升降分布图

综上所述,应用地壳形变完全有可能获得地质构造的活动形态,断裂活动的差异性等等,为划定地震危险地区或地带,估计可能发生的地震类型与发展趋势,提供了时间和空间预报依据。



图八 邢台地震前后水平形变矢量图 (1959, 1960 年—1966 年)

主震群(或强震)震中迁移与地壳形变

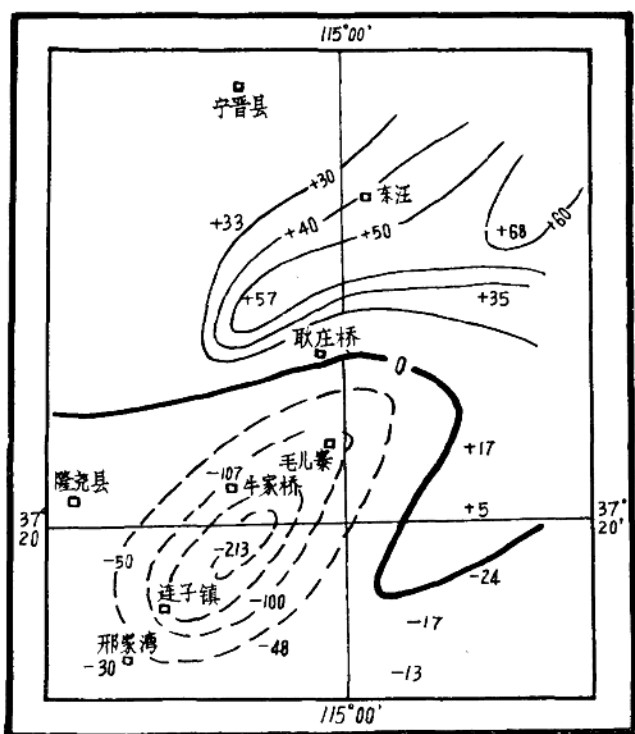
通过上述几节的讨论,已经证明了无论在地震前或地震后,地壳形变与地震的发生及发展趋势之间,都存在着明显的规律。在讨论这些规律的基础上,现在进一步阐述主震群(或强震)震中迁移与地壳形变之间的关系。

为了讨论震中迁移与地壳形变的关系,首先看一下邢台地震的发展趋势。1966 年 3

月8日在邢台地震区南部牛家桥发生了6.8级强震；接着3月22日于中部东汪——王府发生了7.2级强震，3月26日北部百尺口地区发生6.5级强震，3月29日又回到南部观寨一带发生6.2级强震。

地震期间的地壳形变有效地反映了邢台地震这一空间分布状态。

3月8日牛家桥地震后(3月22日东汪——王府大震前)的地壳垂直形变(图九)表明，除了表现出震中区的下沉之外，在同一束鹿断陷中，耿庄桥以北出现了急剧的隆起区，隆起中心正是3月22日的震中地区(这时百尺口没有资料，根据隆起区的走向也应包括在这里)。3月22日震后的地壳垂直形变(图十)却与(图九)所示者相反，(图十)中的隆起部位中心处于铜马镇一带，而3月29日观寨6.2级强震正是发生在这一隆起区。由此看来，地震期间的地壳形变与震中迁移是密切相关的。根据这一相关性，如果能在更大的区域内掌握地壳形变的形态，对于实现大范围的中长期地震预报，就有着一定的时间空间概念了。



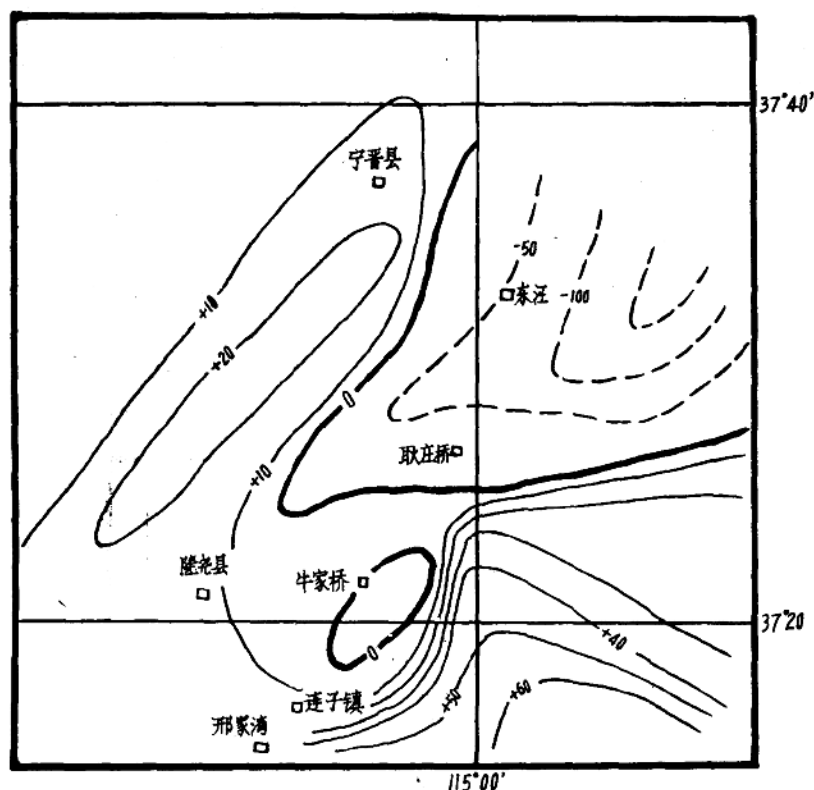
图九 邢台地区三月八日震后形变图

三、华北部分地区的地震趋势

“认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。”

根据上述的地壳形变震前、主震群中的规律以及地壳形变与构造运动、震中迁移等方面的关系，今就我所所有的京津沦唐、辽东半岛、鲁东、晋中南等地区的形变测量资料，对华北部分地区进行地震危险区的划分。

首先，从华北部分地区的地壳垂直形变(图十一)中，可以看出，该地区的构造继承性



图十 邢台地区三月二十二日震后形变图

运动相当强烈,局部范围内有明显的差异运动,其主要特征:

1. 位于郟城庐江断陷、下辽河断陷、临汾断陷、冀中拗陷等处,垂直形变是继续的下沉。西部太行山,东北部燕山沉降带中宣化密云隆起,唐山凸起,辽东半岛千山山脉,泰山附近的穆陵关,山海关隆起等处,垂直形变继续的上升。

可以充分说明近十几年来垂直形变与构造继承性运动是相吻合的。

2. 从垂直形变的幅度来看,东部比西部要大,冀中拗陷与沁水拗陷近几年相对的比较稳定。

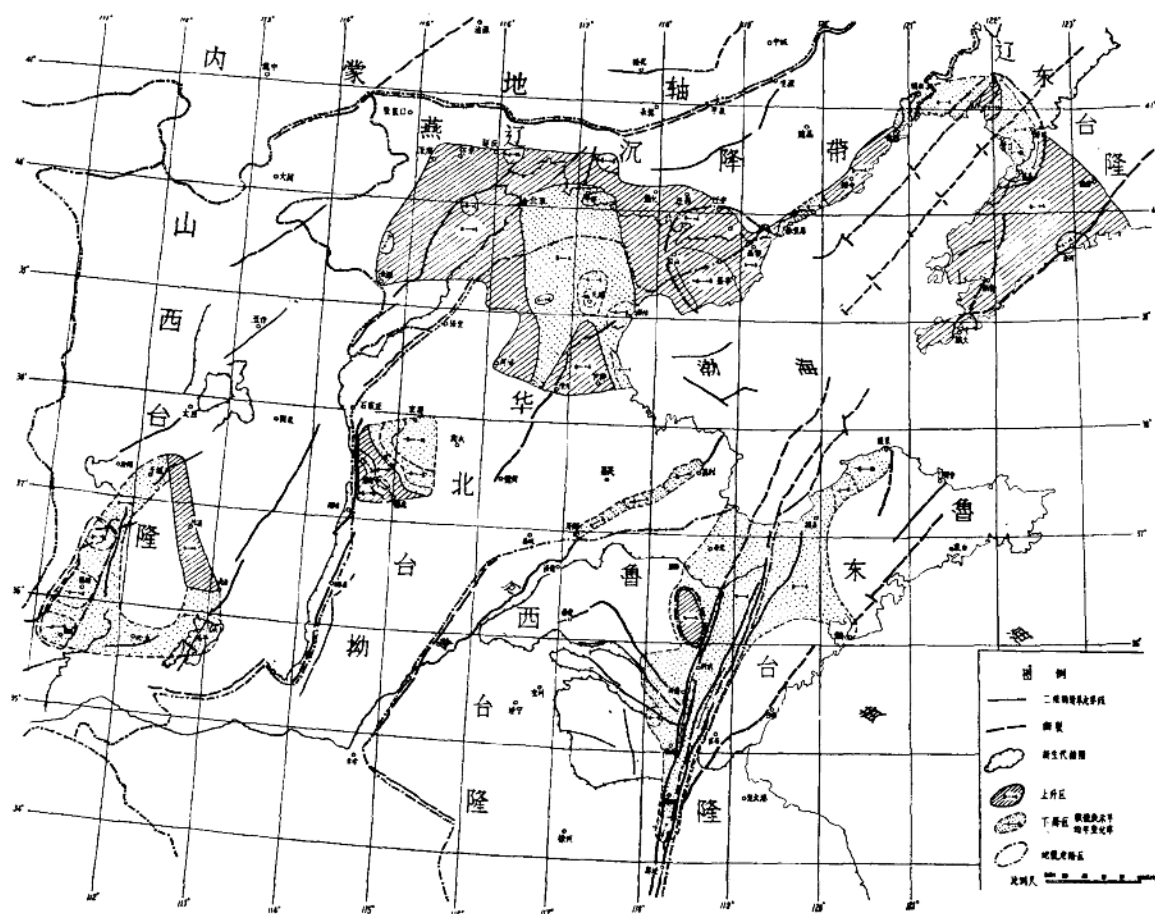
3. 渤海沿岸构造运动比较强烈而且与构造密切相关,郟城庐江营口大断裂两侧上升,分成若干个升降区,升降运动形成明显的交替性与对称性:大连上升而相对应的蓬莱下沉;唐山地区上升对应秦皇岛天津两地的下沉;盘山上升相邻两侧下沉。这种大面积的构造差异运动,可以看出渤海四周总的趋势。

其次,应用已认识的地壳形变规律,结合地质构造的明显继承性运动,以下列几条原则出发,对华北部分地区进行地震危险区的划定:

1. 当垂直形变测量资料有三次以上,足以证实区域性的地壳长趋势缓慢形变,而垂直形变同方向积累速率每年在 ± 5 毫米。

2. 在形变资料不多的条件下,用先后两年间的观测中误差的二倍作标准,区分形变正常区和异常区。

华北部分地区1953年—1970年垂直形变图



图十一

3. 发现垂直形变速率(连续几个点或局部区域内)达到了长趋势形变速率的5倍以上(或作反向加速运动)。这是临震前兆现象。

4. 垂直形变幅度对应于区域性的面积愈大,震级愈大。据此来划定地震烈度区。

按照以上原则,结合不同地区资料精度与形变幅度,对华北部分地区的地震趋势意见如下。从(图十一)可以看出华北部分地区构造继承性运动与反向运动,这与地震前地壳形变长趋势缓慢运动紧密连系在一起,我们认为:华北地区一个比较大的地震孕育的可能性是存在的,尤其是渤海北部及唐山、营口地区危险性更大,地震将在何时发生,尚待进一步工作而定。现仅从现有资料提出在空间上需密切注意的地震危险地区及地段,以及需要加强工作的地点:

1. 唐山地区:唐山一带是渤海四周形变幅度最大地区,从图十一来看,华北地震最大危险地区是在郯城庐江断裂北端,而唐山地区滦县滦南一带是比较危险地点。这一地区形变特征是逐年上升,形成一个北西向的隆起区(图十二)。东侧滦河近期向北方