

5-895

5608321

文安 - 霸县 地壳隆起的研究



地震出版社

321

895

文安-霸县地壳隆起的研究

国家地震局科技监测司 编

地震出版社

1986

内 容 提 要

本书是一本专题研究文集,汇集了我国地震工作者对河北文安-霸县地区近年来出现的地壳升降运动进行综合研究的成果。书中从地质背景、深部构造、地震活动、地震前兆等多方面探讨了该地区地壳运动与地震的关系,比较客观地介绍了人们对未来地震趋势的不同认识。书中所反映的实际资料、研究思路和分析方法,对开展地震预报研究工作有一定参考价值。

本书可供从事地震预报、地震地质、地球物理研究的科技人员阅读。

文安-霸县地壳隆起的研究

国家地震局科技监测司 编

责任编辑:陈非比

*

地质出版社 出版

北京复兴路63号

山东电子工业印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 10印张 248千字

1986年8月第一版 1986年8月第一次印刷

印数0001—1200册

统一书号:13180·336 定价:2.40元

前 言

地壳异常隆起、沉降与地震的关系,是国内外许多地震学者力图打开地震预报之门的重要研究课题之一。近年来,文安-霸县及其邻近地区(范围约东经 $115^{\circ}45'$ — $117^{\circ}30'$;北纬 $38^{\circ}20'$ — $40^{\circ}00'$,以下简称文霸地区)地面呈现出大幅度的升降运动,总的趋势是降大于升;1966年至1976年间共出现两次上升、三次下降,平均上升幅度约10—20毫米,下降幅度约20—30毫米,在下降结束时发生了唐山大地震。这个现象是表明了该区地壳运动与地震的因果关系呢,还是一种巧合?至今人们仍有较大的争论。

唐山地震以后的几年间,文霸地区地面又经历了由隆起到沉降的过程。这是否预示着未来大地震的危险?这个问题引起了人们的普遍关注。为了研究这个问题,1981年,国家地震局科技监测司组织国家地震局测量大队、分析预报中心、地质研究所、地球物理研究所、地球物理勘探大队、地震综合流动观测队,以及河北省地震局、天津市地震局等单位的研究力量,从构造地质、地壳测深、地震活动、大地形变、地电、重力、地磁、水化学等方面对这一升降运动进行了全面的探讨。

通过这项综合性的研究工作,对该区地面运动的性质进行了深入分析,并对未来震情趋势估计提供了多方面的依据,同时对该区孕震条件也进行了一定的探讨。工作的结果得到两种不同的看法:一种意见认为,文霸地区地壳的升降主要是由非构造运动的干扰因素(如地下水的开采、降雨等)所致,因此这一过程与地震无关;另一种意见则认为,该区地壳升降运动主要是由构造运动引起的,构造力将导致地震的发生。让两种相反的结论出现在同一本书中,供读者参阅,并受到检验,正是本书的目的之一。这是因为,当前地震预报尚处于探索阶段,各种方法的可靠性究竟如何还很难定论。我们在选取本书的文章时,主要着眼于其所用资料的准确性和采样的随机性,以及所用分析方法的合理性。

本书文章顺序大致按以下思路安排:首先给出介绍文霸地区地壳形变特征的文章;然后是背景方面,如地质构造、深部结构、地震活动性等的研究结果;最后介绍有关前兆方面(包括综合预报)的工作结果及其他。本书编辑委员会的成员是:强祖基、胡长和、徐树心和梁中庸同志,他们对本书的编辑、出版做了大量的工作。

实践是检验真理的标准,让事实来检验我们的科研与震情监视工作吧!希望本书的问世能对大家的工作有所裨益,对地震科研和地震预报工作有所促进。

陈 鑫 连

目 录

文安-霸县地区地壳形变特征的研究	徐树心等(1)
冀中拗陷地区的构造背景与孕震环境.....	刘国栋(18)
文安-霸县地区活动构造体系与地震的关系	国家地震局地震地质大队京津地质组(28)
文安-霸县地区第四纪构造运动概要	孙建中(38)
京津冀地区地壳结构的研究	孙武城等(45)
文安-霸县地区地震转换波测深的研究	邵学钟等(53)
京津冀地区隐伏构造与地震活动.....	林伟凡等(63)
文安-霸县隆起的构造分析	强祖基(72)
京津唐张地区地震危险性估计.....	国家地震局地球物理研究所(76)
文安-霸县地区地震危险性的综合判断	河北省地震局分析预报中心(86)
文安-霸县地区近期地震危险性的综合研究.....	国家地震局分析预报中心(108)
文安-霸县地区地壳垂直形变干扰因子的讨论.....	胡惠民等(119)
霸县地区地电流观测与震情分析.....	王振群等(128)
文安-霸县地区流动地磁观测与震情估计.....	樊秀英(133)
文安-霸县地面隆起区地下水化学动态研究.....	张炜等(136)
任丘油田的地震活动与地面下沉.....	傅征祥等(143)
牛东断裂的无震滑动.....	陈绍绪(147)

文安-霸县地区地壳形变特征的研究

徐树心 耿士昌 胡惠民 桂焜长 王纪尧

(国家地震局测量大队)

近几年来,文安、霸县一带的地壳形变出现了大幅度的升降变化,这种现象在京、津、唐及其邻近地区比较突出,引起了人们的关注。为了探讨这种形变的原因及其与地震的关系,确定了“文安-霸县地区地壳形变特征的研究”这一课题,开展了有关的研究工作。

为了给研究工作提供可靠的基础,除了每年对全区的垂直形变测量进行复测外,在现场还采取了以下技术措施:

1. 在区内选取两个具有代表性的测线剖面,即:固安—霸县—任丘—沙河桥,任丘—大保村,全长240公里,沿测线剖面选定10处(10个水准点近旁)打钻取原状土,测定土壤力学参数。雨季前后分别测定参数,并同时进行相应的水准观测。

2. 沿上述测线剖面,对水准点近旁的水井进行水位观测,并同时相应的水准复测。获得了1981年、1982年两年雨季前后的形变对比数据及形变与地下水位的对比数据。

3. 对全区128座水准标石的稳定情况进行了现场逐点调查。

一、区域构造及地貌特征概况

本区地壳形变研究范围为东经 $115^{\circ}45'$ — $117^{\circ}30'$,北纬 $38^{\circ}20'$ — $40^{\circ}00'$ 。全区主体部分位于华北平原冀中拗陷带内,北接大兴凸起,南连沧县隆起,它是中、新生代以来不断下沉的拗陷区,东西宽约100公里,南北长约260公里,呈北东向展布,在漫长的地质年代中,形成了现今以断裂控制为主的凸起和凹陷相间的构造格局(图1)。本区跨越了多个构造单元,是覆盖厚度不等的新生代地层,凸起区覆盖厚度为700—1500米,而凹陷区的覆盖厚度竟达6000—8500米,反映了本区自中、新生代以来构造活动的强烈性,这种活动到第四纪时期又得到了继承和发展。

区内次一级的构造单元,主要是霸县凹陷和牛驼凸起两个断块构造,北东向的霸县断裂是这两个断块的边界构造,控制着两边断块的发生和发展。从构造剖面图上(图2)可以看出,霸县断裂实质上由一组浅部分散深部归一的滑落式正断层所组成,

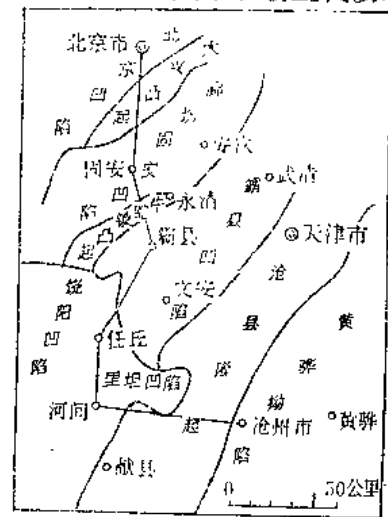


图1 文安-霸县地区构造略图

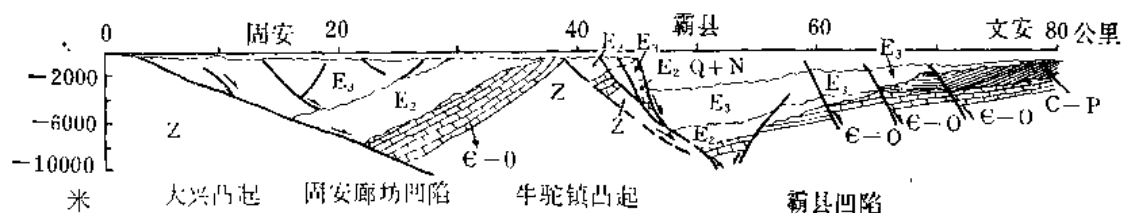


图2 固安—霸县构造剖面图
(据石油工业部物探局研究院图编绘)

断层两侧新生代沉积厚度极不一致，具有生长断裂的性质。此断裂的东南侧发育一系列新生代掀斜断块，下第三纪地层沿掀斜方向向北倾斜，各断块为反向正断层所分割。紧靠牛东断裂，下第三纪至第四纪沉积物总厚度达8500余米¹⁾，为华北平原覆盖厚度之最。霸县断裂西北侧是牛驼凸起，主要由下古生界地层组成，石油部门称之为南孟潜山，此处潜山陡滑，在重力作用下有很大的不稳定性，是掀斜断块不断滑落的重要因素。

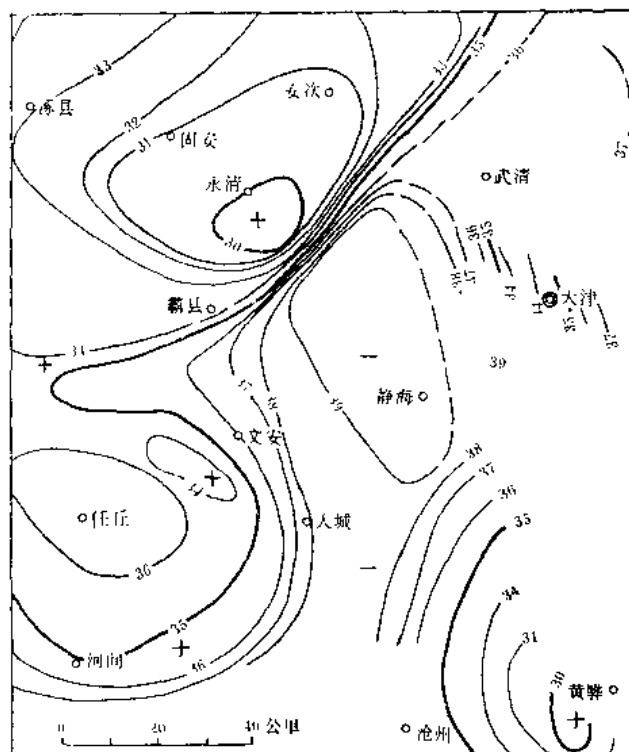


图3 文安-霸县地区地壳深部构造图 (单位: 公里)
(据国家地震局物探大队图编绘)

据国家地震局物探大队深部探测工作的分析认为²⁾，霸县胜芳镇附近莫氏界面发生了急剧的变化，地壳厚度在永清附近为30公里，在胜芳镇附近为39公里，落差8—9公里，出现了一条北北东向地壳厚度高梯度带。从图3可以看出，文安、霸县一带还处于北京莫氏界面隆起、黄骅莫氏界面隆起与静海莫氏界面拗陷的交汇部位。

1) 石油部地球物理勘探局研究院，石油地质研究报告，1975。

2) 国家地震局物探大队，文安及其周围地区人工地震地壳深部探测研究工作简介，1981。

在重力布格异常图上，霸县附近有一条北东向梯度带。此外，在牛驼凸起存在地温热异常，它与断裂可能有一定的成因联系。

上述情况说明，文霸地区在地质构造和地球物理方面有一定的特殊性。

从地貌上看，全区地势平坦，区内最高部位为海拔50米，最低部位海拔仅1米左右。本区西北隅靠近太行山系，北西毗连燕山山系，东南濒临渤海湾，地势由西北向东南倾斜，倾斜斜率仅约万分之四。区内水系受地貌控制，其展布方向为北南、北东和近东西向，较大河流有永定河、大清河、子牙河等。主要河流均从北、西、南三个方面汇集海河注入渤海。霸县以南有多条河流交汇，附近还有白洋淀、文安洼等，说明本区中部比较低洼。

二、垂直形变资料及数据处理情况

区内有大量精密水准复测资料，从1967年至1982年，成片成网的复测资料共有12期，每期复测的网形均不固定。另外还有1972年、1973年、1977年、1982年四期不成片的复测资料。历年施测均按国家颁发的水准测量规范(或细则)进行作业，外业实测精度按往返高差均值计算每公里偶然中误差

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{R} \right]}$$

式中 Δ ——各测段往返高差不符值；

R ——各测段距离；

n ——测段数目。

历年计算的 M_{Δ} 均小于等于1毫米，符合测量规范要求。每期观测结果分别按最小二乘法进行条件观测平差。各期精度统计见表1。

表1 文霸地区历年施测精度统计表

复测年代	总长度 (公里)	环线数	平差后单位权中误差 μ (毫米)
1967	1064.1	8	± 1.07
1968	1318.7	10	± 0.61
1969	1414.1	12	± 1.33
1970	1495.9	13	± 0.97
1971	1359.9	9	± 1.28
1975	1217.7	7	± 1.10
1976	1464.4	13	± 1.19
1978	1199.6	8	± 0.59
1979	1422.4	9	± 0.85
1980	1510.6	12	± 0.92
1981	1250.4	9	± 0.97

注：1974年复测总长度不及各年的半数，故未列入统计表。

为了给出每期复测成果平差后的点位中误差，我们编制了点位中误差等值线图。从图4中可以看出，网的边缘最大点位中误差为 ± 12 毫米。在一般情况下，形变幅值为10

—20毫米,变化较大时达到40毫米左右,在地下水漏斗区可能达到100毫米,因此水准点位的精度能够满足编制形变图的要求。

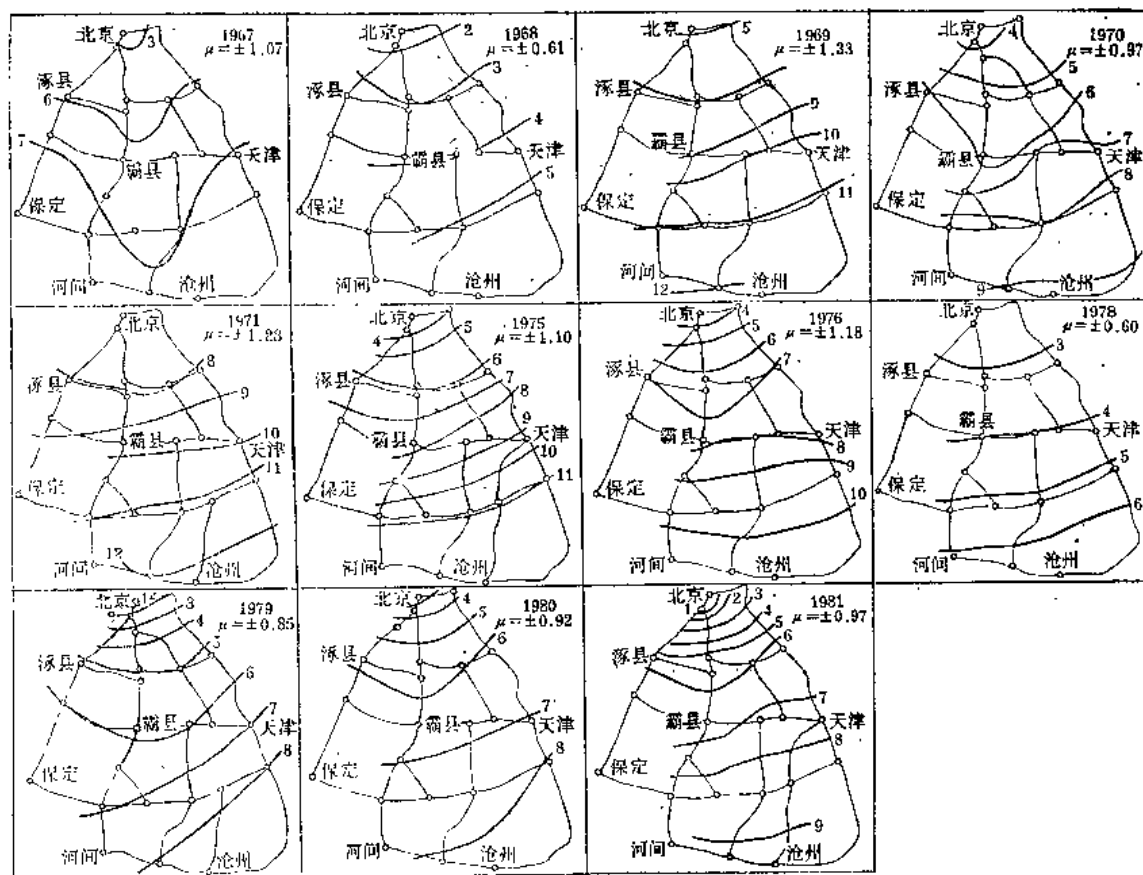


图4 水准网平差后点位中误差示意图 (单位: 毫米)

历年水准复测结果均以北京水准原点为起算点。七十年代以来,我们已经发现北京水准原点有缓慢下沉现象。为了估计起算点下沉可能带给本区形变的影响,取1976年以后的复测资料按广义逆平差法另行作了处理,用来与传统平差方法进行比较。

垂直形变图的编制方法是以两期水准点高程之差值作等值线图。用传统平差结果和广义逆平差结果分别编绘了1978—1976年、1979—1978年、1980—1979年的垂直形变图,用两种图同期一一对比,可以看出,形变形态基本相似,只是等值线取值不同,因而高程面呈现平移现象(参见图14a与图14b)。

此外,考虑到网形结构不同,网的大小不同,可能对本区平差结果产生差异,因而将京、津、唐、张、渤地区的大网和文霸地区的小网分别按传统平差法计算并编出两套形变图作对比,事实说明两套图件的差异甚小。

通过以上的,认为全区水准网的平差无论是方法不同或网形不同,对反映本区形变的效果均是一致的。由此说明,本区的形变并非是起算点或数据处理方法等因素带来的影响造成的。

三、地壳形变演化过程及其特征

根据全部复测资料，我们编制了1967至1981年一整套垂直形变图件(图5—图15)，按相邻两期复测结果编绘各图。这批图件反映了1966年邢台大震后16年来文霸地区地壳形变演化的全过程，其间经历了1969年渤海7.4级地震和1976年唐山7.8级地震震时地壳急剧形变的扩散影响以及大震后地壳运动的调整。可以看出，两次大震前后本区都有抬升或沉降，无大震期间也有升降现象。这种反复升降似乎具有周期性。1976年以前，一般两年左右一个周期，升或降的幅度都在10—30毫米之间。渤海大震前一年抬升约20毫米(图5)，震后全区下降(图6)，1970年上升15毫米左右(图7)，1971年全区相对稳定(图8)，1972年下降约20毫米(图9)，1975年又抬升约10毫米(图10)，1976年唐山大震

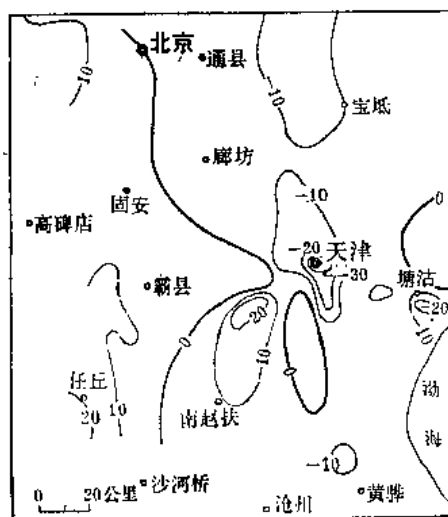


图5 1968—1967年形变图 (单位: 毫米)

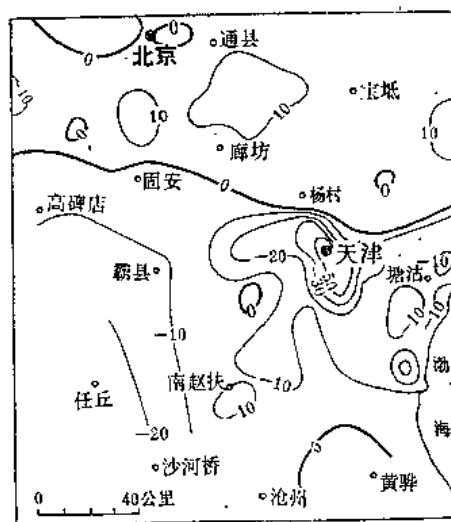


图6 1969—1968年形变图(单位: 毫米)

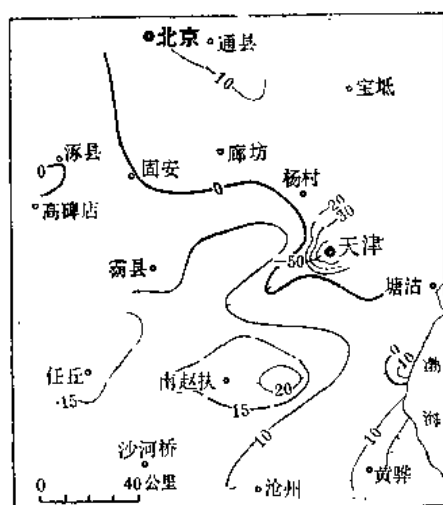


图7 1970—1969年形变图 (单位: 毫米)

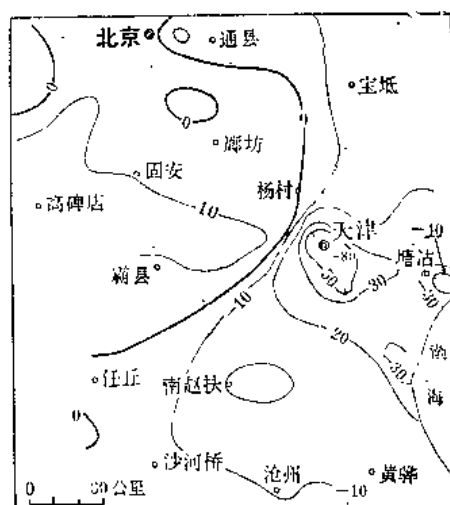


图8 1971—1970年形变图(单位: 毫米)

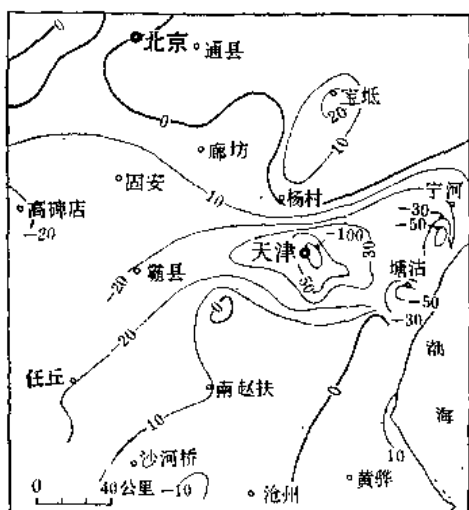


图9 1972—1971年形变图 (单位: 毫米)

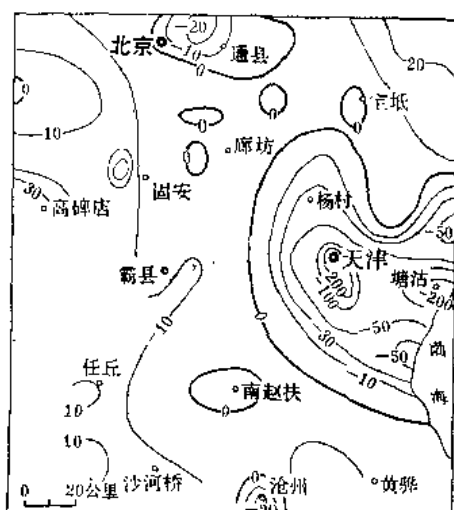


图10 1975—1972年形变图 (单位: 毫米)

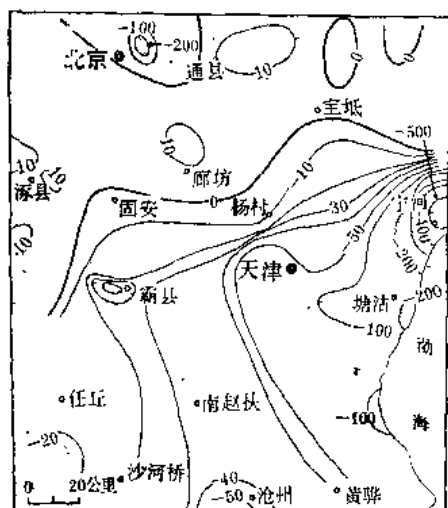


图11 1976—1975年形变图 (单位: 毫米)

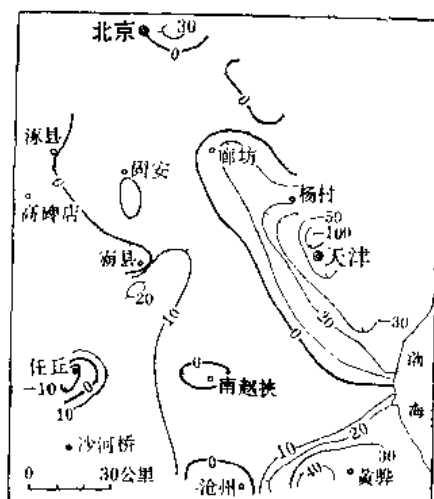


图12 1978—1976年形变图 (单位: 毫米)

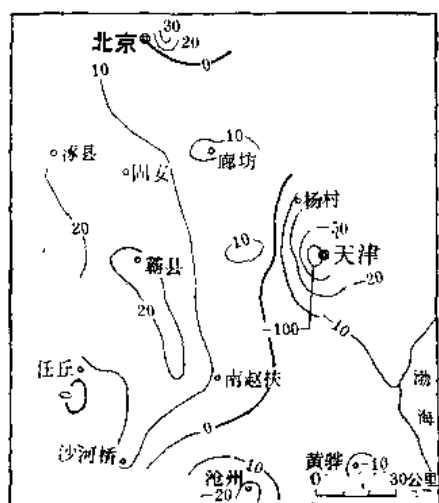


图13 1979—1978年形变图 (单位: 毫米)

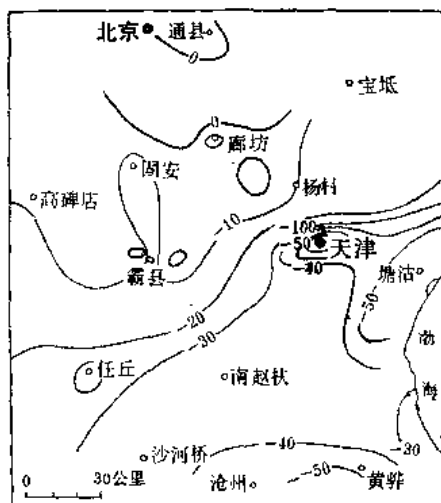


图14a 1980—1979年形变图 (单位: 毫米)

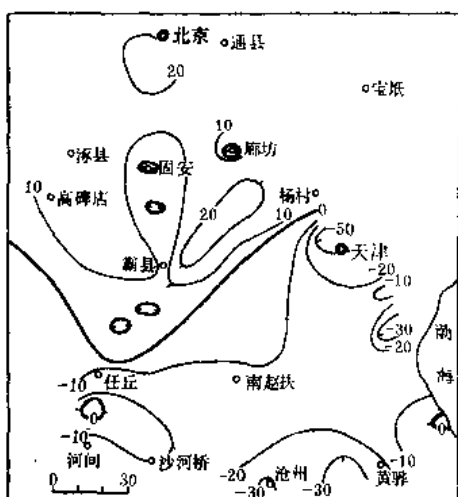


图14b 1980—1979年形变图(广义逆)(单位: 毫米)

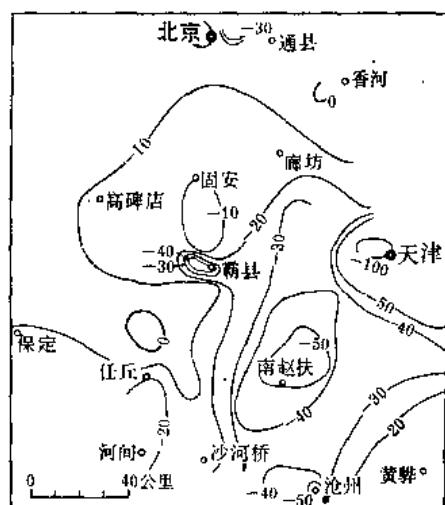


图15 1981—1980年形变图(单位: 毫米)

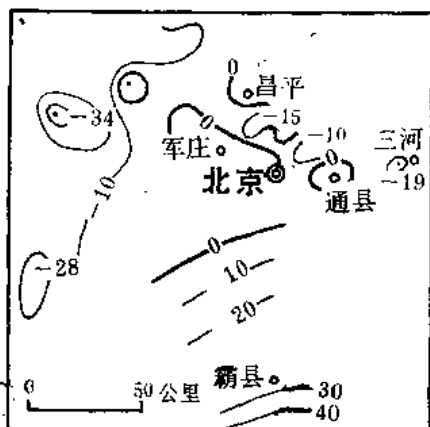


图16 1977—1976年形变图(单位: 毫米)

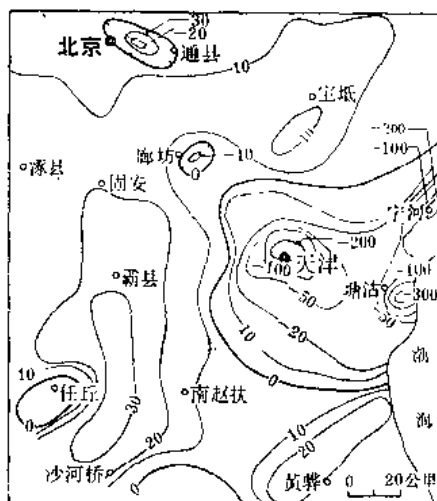


图17 1979—1976年形变图(单位: 毫米)

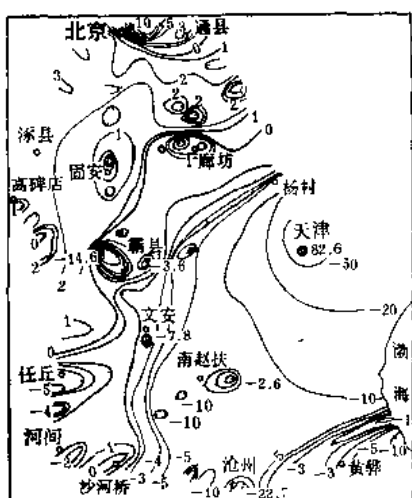


图18 1981—1966年文霸地区地壳形变速率图(单位: 毫米/年)

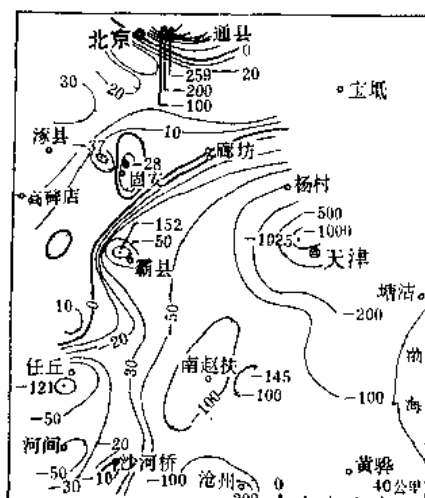


图19 1981—1967年形变图(单位: 毫米)

后,本区一般下降20—30毫米,局部地段大幅度下沉(图11),例如霸县西下沉中心,最大下沉量达80余毫米。上述升降幅值均为当年相对上一年的升降量值。

1972年以来,华北平原地区掀起了打井采水的高潮,机井群大量涌现。此后陆续出现了几处漏斗,如沧州、大城、任丘、霸县等,这种情况反映在形变图上就是几处下沉中心。随着地下水开采量的持续增大,下沉中心的沉降幅度和范围也在不断地扩大。一般对下沉中心范围内的形变原因均视为过量开采地下水所致。但霸县西下沉中心的形变却是例外,在唐山大地震前后,其形变过程似乎具有地震信息的特征。唐山大地震前一年,霸县西下沉中心的速率大大增高了,出现了加速下沉现象,震后立即复测,发现更大幅度的下沉,这可能是震时效应。该处在震后四年内基本稳定无大升降,1981年开始又有小幅度下降。

唐山大地震以后的一、二年内,唐山地区的垂直形变已逐渐趋向稳定,京、津地区的形变也相对稳定,但在文霸地区却显示了较大变化。1977年,在霸县以北60公里、以南20公里,即霸县南北80公里的地段上,抬升约40毫米(图16)。由于当年复测线路很少,无法了解抬升的全貌。后经全面复测,才摸清了它的隆起范围(图17)。1979年隆起最高部位在文安附近。隆起区的范围为:北自固安,南至河间,西起旧城,东止大城。隆起幅度不很大,经平差处理后,最大抬升幅值约为35毫米,但形变速率却较大,达到12毫米/年。

1980年,隆起区相对1979年全面下沉(图14a),即以宝坻—廊坊—固安—高碑店一线为界,在该线以北,形变无异常显示;在该线以南,是大范围向南倾斜的下沉区,以沧州下沉最大,沧州漏斗中心最大下沉幅值达73毫米,如果粗略地减去沧州漏斗的影响,则沧州附近形变幅值约为40毫米。1981年全区仍继续有些下沉,下沉范围向北有所扩张,下沉中心在南赵扶附近(图15),形成一个盆式形态。

总之,自1976年以来,文霸地区地壳形变显示了一个既复杂又不稳定的过程。1977年以后的形变没有出现过去那种两年左右的升降周期,是否有更长的周期目前尚无法判断。

历年的形变图展示了本区形变总体是降大于升,所以从长时间尺度来看,本区的形变总貌是长期的缓慢下沉。

为了探讨全区垂直形变长趋势的形变情况,编绘了1966年至1981年的形变速率图和1981—1967年垂直形变图。

速率图是取1966年至1981年的全部高程数据,按回归计算法求得每点的平均速率,然后编绘速率图(图18)。此图逐点排除了周期性的升降和某些非稳态变化的影响,认为能够较好地反映本区16年间地壳形变的总貌。从图中可以看出速率零线自任丘北面沿北东方向延伸至廊坊县旧州镇折向东西方向。零线以西、以北为上升区,零线以东、以南为下沉区。上升区速率一般为1—2毫米/年,最大速率为3毫米/年。下沉区速率一般在-10毫米/年以内,最大达-50毫米/年,比上升区速率高出数倍乃至十几倍。下沉区范围占全区的三分之二以上,速率曲线多呈北东向展布,但又呈现全区自北、西、南三个方向朝中间倾斜的趋向,这与地貌形态相似。下沉最大速率在天津市,其次为沧州。此外在北京东面存在一个下沉区,速率较大。

速率图显示的上升区是本区相对稳定的地区。下沉区除了几处高速率中心反映了地下水漏斗区以外,图上还显示了两处相对隆起地段,一是沙河桥附近,二是沧州—黄骅

一歧口之间高速率中的低速条带(北东向)。此外,在上升与下降的过渡地带,即雄县—任丘之间,白洋淀的东面也是相对隆起的地段。这三处因为具有长趋势的背景,值得注意。

1981—1967年形变图是取首末两期高程之差值编绘的(图19),对照图18和图19,两者十分相似。不难看出两种图上的曲线展布都受构造所控制。

综上所述,本区地壳形变的特征可归纳为:

1. 本区地壳形变受构造控制,表现与地质地貌具有一致性。长趋势形变上升的地区一般都是凸起的构造单元,长趋势形变下沉的地区则是凹陷构造单元。例如北京凹陷、大兴凸起、固安凹陷、牛驼凸起、霸县凹陷等都是如此。整个冀中拗陷的形变总趋势是缓慢下沉的。表明本区地壳运动具有明显的继承性。并且形变总貌与地貌基本吻合。

2. 本区西北部是相对稳定的地区,平均上升速率为2毫米/年。中部和东南部为大片下沉区,如果圈除地下水漏斗区范围,其平均下沉速率为5毫米/年。至于地下水漏斗区范围内的形变速率问题则须另作专门研究,因为速率图上给出的速率没有排除人工过量开采地下水的影响,但借鉴有关单位的研究结果^{1,2)},得知天津市的地壳形变下沉速率约为3—5毫米/年,这与我们对下沉区求得的平均速率是较接近的。

3. 本区在大范围长趋势下沉区的背景上,出现了三个相对隆起地段(沙河桥附近、黄骅附近、白洋淀东面),值得注意。

4. 从唐山7.8级地震前后,看霸县西下沉中心的形变过程,可以看到一个前兆—后效的全过程。据此认为霸县西可能是本区地壳形变的敏感点。该处形变的显示可能与所处的特殊构造部位有关。

四、干扰因素的分析

文霸地区位于华北平原冀中拗陷带内,第四纪覆盖层巨厚,水系发育,近几年来旱涝异常、人工大常开采地下水、开发油田等等,这些自然和社会因常,无疑会对地形变监测手段造成较严重的干扰背景。多年的实践经验使我们认识到,设置在土层中的水准点,其主要干扰源可归结为“水”的影响,其中包括地下水位的升降、降水量的多少、蒸发量的大小、冰冻程度、土壤含水状态等。

地壳形变的主要干扰因素有气象因素、水文因素、土质因素等。这些因常对地壳形变的干扰,有的是直接作用,有的是间接作用,还有各因素之间的相互作用。各因素之间既有相互影响,又有相互制约,这也是自然现象的综合作用,这种综合作用可能会有各种组合,而每种组合都将以一种新的形态出现,这就决定了我们所研究的是极其复杂的现象。

(一) 降雨量的分析

本区1977年至1979年的隆起区位于固安—河间之间,我们选取其中主要三个县的降雨量与形变量进行对比分析。图20给出了文安、霸县、固安三县平均高程变化量与本区降雨量的比较,二者大致有所对应,但1970—1971年和1978—1979年不对应。

1) 耿士昌等,华北部分地区近期地壳垂直形变过程及其与地震关系,1980。

2) 天津市地质局,天津市地面沉降水文工程地质勘察1977—1979年中间报告。

根据廊坊气象局多年统计资料划分的降水类型见表2，按此标准划分上述三县地区的降水类型为：1968，1972，1975，1980—1981年属旱年；1969，1973，1977—1979年属涝年。用“涝升”、“旱降”的概念对图20进行分析，发现旱年或涝年与地表下沉或上升有所对应，但对应下沉的时间有先有后，有的是在当年就有对应，有的滞后一年或两年，甚至更长。这种对应的时间关系比较模糊。

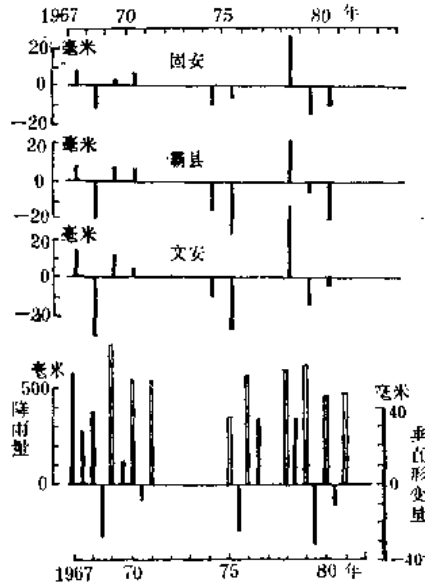


图20 文霸地区垂直形变(上)与降雨量(下)的对比

表2 降水类型表

年降水量(毫米)	类 型
800以上	涝 年
700—800	偏 涝 年
500—700	正 常 年
400—500	偏 旱 年
400以下	旱 年

另据全区154个水准点历年高程变化与降雨量的三种情况，即：1. 当年降雨总量；2. 滞后一年(上年度)降雨总量；3. 观测当时的降雨量(从当年开始降雨时累计至水准测量时的降雨量)；进行回归计算分析，结果表明形变与降雨量的相关程度概差。

为了实际考察降雨对形变的影响，曾选择了两处试验场地进行雨季前后的观测对比，由于地段不同，试验结果各异。1979年在霸县环线100多公里的测线上施测，雨季前后变化不大(图21)。1981年和1982年连续两年在固安—霸县—任丘—河间—沙河桥测线上进行雨季前后的观测，却有明显的变化，从图22可以看出，经过一个雨季，形变县有自北而南递增的特点。

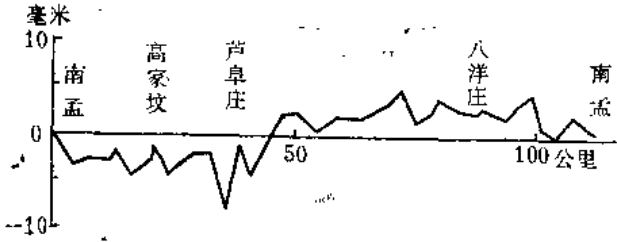


图21 霸县环线1979年雨季前后形变剖面图

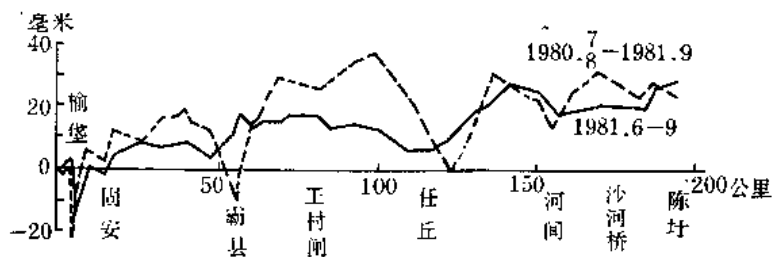


图22 固安—沙河桥1981年雨季前后形变剖面图

(二) 蒸发量的分析

蒸发量与降水量有较密切的联系,但它受土壤、植被、局部小气象的影响,具有一定的局限性,紧邻地区也可能差异较大。

图23给出了降雨量与蒸发量比值曲线,凡是比值系数小于0.2者,一般均属旱年,它与形变的对应效果和降雨量相似。

对全区154个水准点,也逐点按历年高程与相应的蒸发量进行回归计算,考虑了两种情况,即:1.当年蒸发总量;2.观测当时的蒸发量。计算结果表明相关程度也很差。

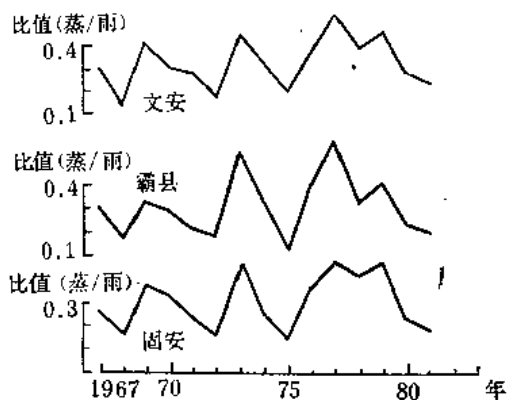


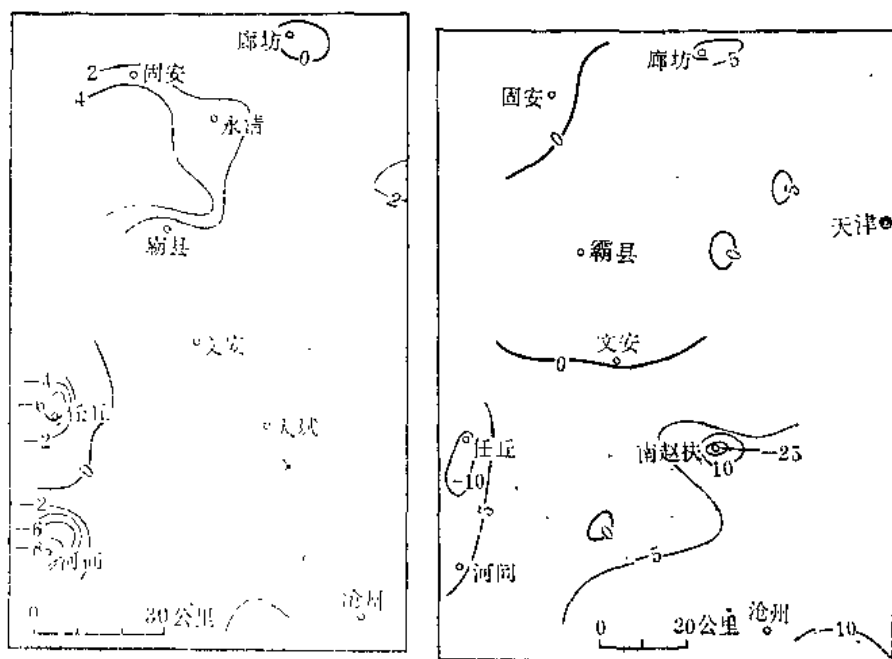
图23 文安、霸县、固安年蒸发量与降水量比值图

(三) 地下水位的分析

本区地下含水层在不同地区的厚度、层次、深度等均有很大差异,它与补给及开采有直接关系。由于七十年代以来,区内工农业发展很快,人工开采地下水激增,严重地破坏了地下水贮存、运动、排泄的自然平衡规律,使得不同含水组的地下水位变化形态更为复杂。

本区第四纪地层大致可划分成四个含水组。第Ⅰ含水组主要是潜水,由降水补给,与河流水位高低变化关系密切,埋深由10米至50—60米不等;第Ⅱ含水组属承压水,有些地区为成 layers,埋藏深度为80—200米;第Ⅲ含水组属承压水,分布广泛,埋藏深度为200—350米。含水层厚度变化较大;第Ⅳ含水组属承压水,由于埋藏深,北部很少开发利用,南部沧州地区已在大量开采,埋藏深度均在350米以下。

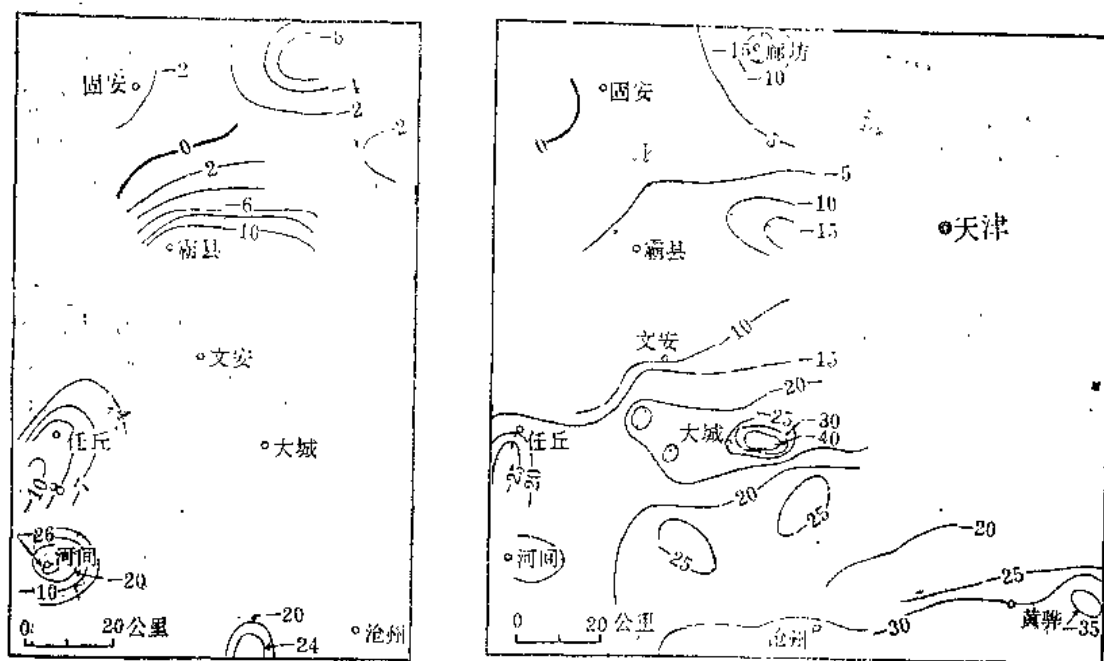
本区北部主要开采第Ⅰ组和第Ⅱ组,由于补给较丰富,尚未形成大面积的地下水漏斗。霸县以南,主要开采第Ⅱ组和第Ⅲ组,有少数地区已开发第Ⅳ组。在集中开采区形成了大小不等的漏斗。因区内几个明显的漏斗主要分布在第Ⅱ、第Ⅲ含水组内,为此用历年区内全部井的水位数据,按相邻两年水位差值,分别不同含水层次,绘制了各年水位差值图。下面给出1979—1976年、1981—1976年和1981—1979年第Ⅱ层和第Ⅲ层水位差值图(图24, 25, 26),与相应年份的形变图一对比不难看出,总体上两者相关性不好,但细部上有的对应较好有的对应不好。例如,1979—1976年固安—河间的隆起,在水位差值图(图24)上并无显示,且任丘—河间的水位差值比周围地方还低;形变图上固安—霸



a. 第Ⅱ含水组

b. 第Ⅱ含水组

图24 地下水位差值图(1979—1976)(单位:米)



a. 第Ⅱ含水组

b. 第Ⅱ含水组

图25 地下水位差值图(1981—1976)(单位:米)