

# 卫星遥感信息与华北平原第四纪环境变迁研究

陈述彭

(中国科学院遥感应用研究所)

**内容提要** 遥感已成为第四纪研究的重要信息源。50年来对华北平原的认识过程,为遥感分析提供了判断和推理的理论依据。卫星遥感信息具有宏观概念与微观论证相结合的特点,为研究华北平原第四纪环境变迁提供了多方面的信息和新的概念:通过线性形迹查明一些新的断裂构造;依据地貌标志和考古、测年记录标定古海岸线;利用多时相对比阐明河道迁移与河槽摆动规律;追踪残存遗迹和剖析开发利用的人文标志;查明湖泊、沼泽的消亡;提出建立数据库用于第四纪环境的再现、模拟和预测等。

**主题词** 遥感信息 环境变迁 线性形迹 多维分析

## 一、遥感信息与第四纪研究

遥感并不是第四纪研究的经典方法,然而无疑已成为主要的信息来源之一。第四纪研究注重时间序列的分析,遥感只能提供一些间接的、相对的动态信息,但用于了解第四纪沉积的相变、组合、区域分布以及揭示区域第四纪自然历史过程的痕迹,其贡献则是多方面的。通过航空象片与卫星影象,不仅可以追踪环境演化和变迁中的历史痕迹,同时还利于综合研究自然环境的历史背景和现代过程,深入分析新构造运动的影响、现代营力作用以及人类活动的干预。遥感信息具有兼容性和周期性的特点,成为第四纪研究不可多得的时空动态资料。遥感信息延伸了人类观测和追踪地球演化和自然历史过程的能力,有助于对第四纪环境变迁的研究,从微观论证推进到宏观动态监测,从地区对比发展到全球系统和宇宙科学的新水平。

## 二、50年来的认识过程

华北平原是以第四纪沉积建造为主的复合体。多层次的洪积、冲积扇、三角洲、海相沉积的组合和叠加,纵横交织,难解难分,加以平畴沃野、城镇稠密,历史时期的水利、交通建设,数千年来“修理地球”的结果,使自然环境早已面目全非,给第四纪调查和研究带来了很大的困难和局限性。回顾一下半个世纪以来有关华北平原第四纪研究的历史进程,的确是耐人寻味的。科学家们前仆后继,不断采用当时最先进的技术手段,才能在认识的广

作者简介: 陈述彭 男 70岁 中国科学院学部委员、研究员 地貌、遥感与地理信息系统专业

度和深度上有所发现,有所创新和有所前进。

### (一) 概念性的推论

在 20 世纪初,我国第一幅百万分之一地质图——北京—济南幅问世。图上只划分了下第三系(E)的山麓洪积扇和第四系的冲积平原。1945 年,丁骥著“华北平原的生成”<sup>[1]</sup>一文,提出渤海海侵和海退的概念。认为 10 000 a.B. P. 前由于陆地的沉降而肇致渤海内侵到今天的白洋淀一带,同时河流堆积作用的速度大于沉降速度,陆地建造推向渤海

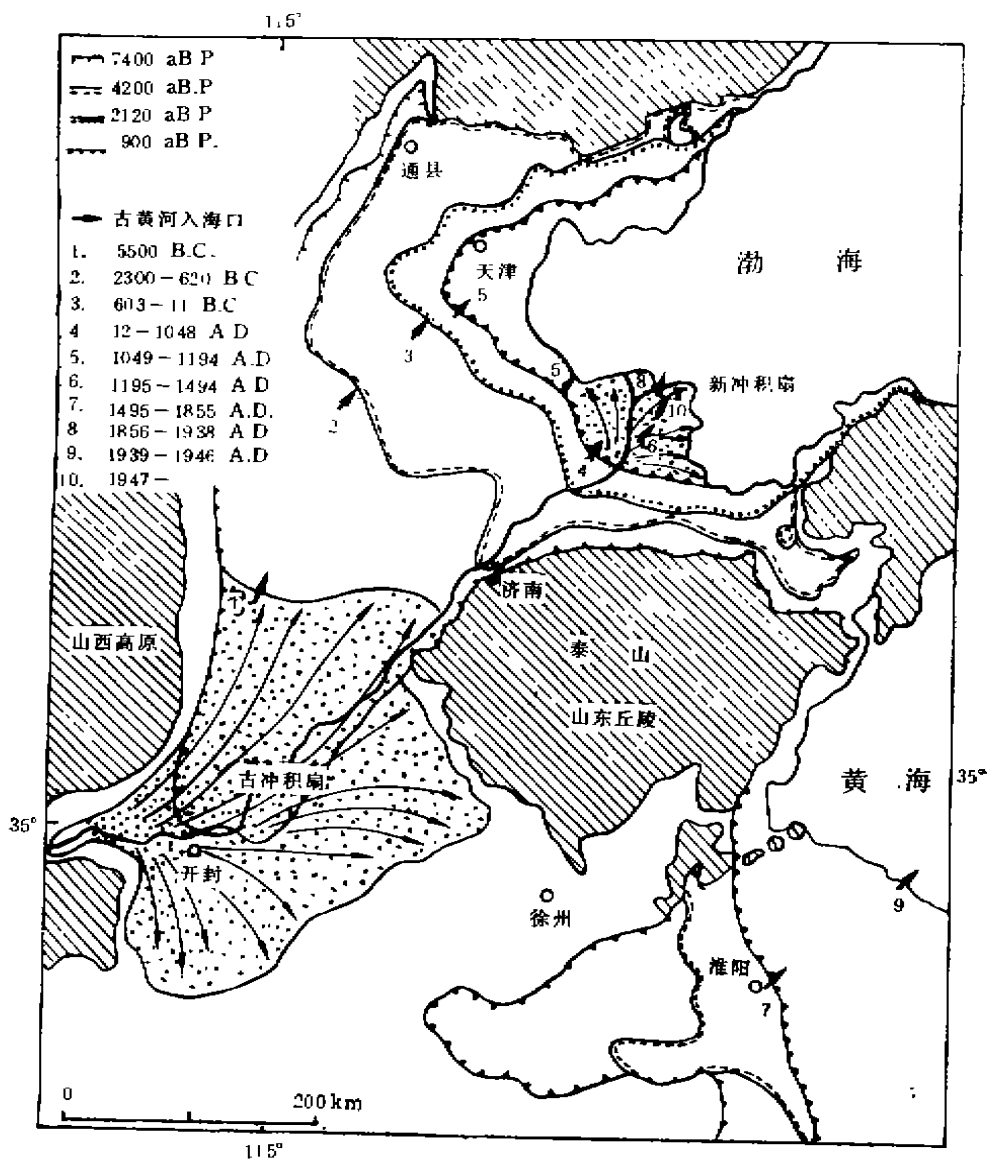


图 1 华北平原的形成

(据丁骥原图修改)

海<sup>[1]</sup>(图1)。1953年,徐近之考察淮河流域之后,论述了黄淮平原的形成,黄河改道形成的大冲积扇建造起着主导的作用<sup>[2]</sup>。他们主要是从地貌发育的概念推论平原形成过程。

## (二) 地形测量与地貌制图

由于天津防汛的需要,对华北平原的水系河道进行地形测绘,完成1:50 000的顺直水利地图70余幅,开华北平原地形测图之先河。50年代由于治淮工程需要,测绘水利地形图1 000余幅。基于黄河流域规划,在上述水利地形图的基础上,编制了1:200 000黄河中下游流域地形图。在平原上保留着2.5m的等高距,对平原的微地形起伏提供了最详尽的定位、定量描述<sup>[3]</sup>,当时农业部组织全国农业土壤普查,动员了700 000农民,填绘了1:50 000分县土壤图。通过对土壤表层质地的划分,按砂质、壤质和粘土质分布,清晰地划分出东部大平原上第四纪冲积-洪积扇建造的五种空间模式。对燕山、太行山麓滹沱河、拒马河、永定河和湾河的迁徙,黄河两岸的决口扇和新三角洲的地貌结构,已初步显示它们的轮廓<sup>[4]</sup>。

## (三) 地质钻探与物探

60年代初期,根据苏联专家的建议,查明华北平原地下水资源,部署了30 000多处浅钻,大量记录证实了太行山麓洪积-冲积扇建造与浅海相沉积的交互叠加<sup>[5]</sup>。70年代河北省地理研究所吴忱等通过20m浅钻,编制了1:500 000古河道图<sup>[6]</sup>。查明了古河道的多层分布和倾斜连通的现象,对低平原的湖相沉积有了初步的立体概念。由于取得了任丘、中原、胜利和苏北等许多油田的深部钻井记录和地磁、重力、人工地震记录,对东部大平原的基底构造和第四纪沉积的时序和位相积累了比较丰富的数据并提出了许多新概念。

## (四) 航空摄影测量与地球动力学现象的监测

30年代,在禹门口以下,首先开展航空摄影,监测黄河河床的变迁。近50年来,黄河水利委员会对黄河下游400km大堤之间,常在汛期前后进行航空摄影,其中11年测绘1:50 000地形图各26幅,对于黄河50年来中泓线的摆动、河槽的演变提供了极其珍贵的历史记录<sup>[7]</sup>,这对水沙流变学分析和河流地貌的研究<sup>[8]</sup>,无疑是很有意义的。1969年和1976年,邢台和唐山分别发生大地震,为了查明灾害损失,测量房屋倾倒方向和损毁程度,当时采用航空摄影,编制了地应力分析、地壳垂直和水平形变以及地裂缝、喷水、冒沙等震害现象的地图<sup>[9]</sup>。1976年出版的《中华人民共和国水文地质图集》和即将出版的《中国地球动力学地图集》,对这方面的调查研究进行了全面的概括。

## (五) 演化模式与时空多维分析

在编制黄淮海平原地貌图<sup>[10]</sup>的基础上,叶青超对黄河冲积扇的发育模式及下游河道演变做了系统论述<sup>[11,12]</sup>。邵时雄等在完成1:1 000 000黄淮海平原地貌图的过程中,研究了本区地表地貌的形态成因,特别是对0—4m的物质组成及0—30m深度的埋藏地貌-地质体做了四维时空的分析<sup>[13]</sup>。从宏观到个体,划分4级成因类型,其中第III级划分平原微地貌类型20种,具有明显的第四纪地质体特征和水文地质学的意义。第IV级为

14 种特殊的个体地貌,似乎侧重于环境地质学的表达。

以上综述,挂一漏万,远不足以反映有关华北平原的全部调查研究工作,不过举一反三,从而可以看到半个世纪以来,对于华北平原认识的不断深化的历史过程。由于多学科的相互交叉和渗透,对于第四纪地质建造和环境演化正在向多维的综合分析迈进。就已积累的丰富数据和图件来看,为运用遥感信息打下了良好的基础,为充分发挥遥感信息具有的宏观微观相结合的特点,提供了判读和推理的依据。

### 三、华北平原第四纪环境变迁的遥感分析

1975 年我国引进第一批陆地卫星遥感图象,随即编制出版了全国及地区的各种影象地图<sup>[44]</sup>。先后用计算机经几何纠正,编制了京津唐地区<sup>[45]</sup>、沂蒙山区的 1:500 000 MSS 影象地图<sup>[46]</sup>和 1:500 000 黄淮海平原地区卫星影象图<sup>[47]</sup>。这些卫星遥感图象和数据,为华北平原的第四纪研究,特别是环境变迁的动态分析提供了多方面的信息,从而获得了一些新的认识。摘要综述如下:

#### (一) 线性形迹与断裂构造

陆地卫星影象上的线性形迹,可能反映出新的断裂构造骨架。以京津唐为例,燕山山区的东西构造带,逐级掀斜下降,隐伏于华北大平原之下;燕山运动遗留下来的 NE 构造体系,又形成自内蒙古高原到渤海的梯级断陷和地堑地垒相间隔的格局,不仅涿县、官厅盆地填充着黄土和现代冲积层,而且隐伏于北京附近的冲积扇形平原之下,对永定河的改道形成控制的节点起着控制的作用<sup>[48]</sup>。张家口以下的永定河和围场以下的滦河水系,深切的曲流明显地分别追迹 E-W 与 NNW-SSE 或 N-S 与 NNW-SSE 两组断裂构造形成的裂隙而发育,对 A. Grabou 提出的先成河的假说,有了进一步的构造成因方面的新认识。

唐山 1976 年大地震以前,历年的地面调查表明,在京津唐地区大约有 30 多条断裂带,认为主要是以 N-E 剪切 E-W 组成的 S 形体系。根据陆地卫星影象判读的结果发现,构造线性形迹多达 110 条,1977—1979 年间,经过北京地区 100 多位地质工作者的地面勘查和验证,其中 70% 确属断裂构造,误判率约占 10%,而难以证实的约占 20%<sup>[49]</sup>。

又如纵贯山东半岛的郯庐深大断裂,早为地质学界所瞩目。在卫星影象上根据水系的错动与地下水等标志,由 4 组平行的断裂构造线所组成<sup>[50]</sup>,而且明显地向北延伸,跨越渤海,经由海城向东北,分为两支,直抵佳木斯以至黑龙江以北。嗣后数年,经渤海的浅海钻探记录和沿线金刚石的发现所证实。从郯城大地震和海城地震的内在联系,获得了新的解释。郯庐大断裂是否向南延伸到长江以南,尚无定论。但在卫星遥感影象上看,线性形迹经鄱阳湖口,沿赣江干流作雁行式断断续续地出现,似乎与南岭 N-E 走向的构造线相剪切,尚有待于进一步的分析和验证。

更饶有兴趣的是,黄相宁和林恒章等根据卫星影象发现斜贯黄淮海平原的 4 条 NNW 走向的线性形迹(图 2)。认为是一组 NNW 向的断裂带,形成于 NNE 向断裂带之后,对华北平原的水系、地貌、火山、地震均有一定的控制作用。其中大同-南京断裂带最为显

著,并有压性、反扭的深大型断裂带的特征。鲁运河沿断裂带开挖,东平湖和南四湖沿断裂带展布,沿线共有大同、女山和方山等火山成串分布,地震频繁。黄河在断裂带以东,北段为盐碱地,南段为平原湖泊群,影象东西两侧对比强烈。北京-盐城-宝山断裂带在山东莒县切穿郯庐大断裂带,北运河沿线开挖,与渤海湾西岸及苏北海岸大体平行,也有若干火山及多次地震震中分布。此外,还有北戴河-黄县断裂、长治-新乡-开封-阜阳断裂、长清-邳县-无锡断裂、蓟县-宁河及苏北沿海断裂,鹤壁-兰考断裂等都是等间距展布并与垂直形变梯度吻合,在近期活动中具有压性、反扭的力量特征<sup>[19]</sup>。五台山区 NNW 断裂构

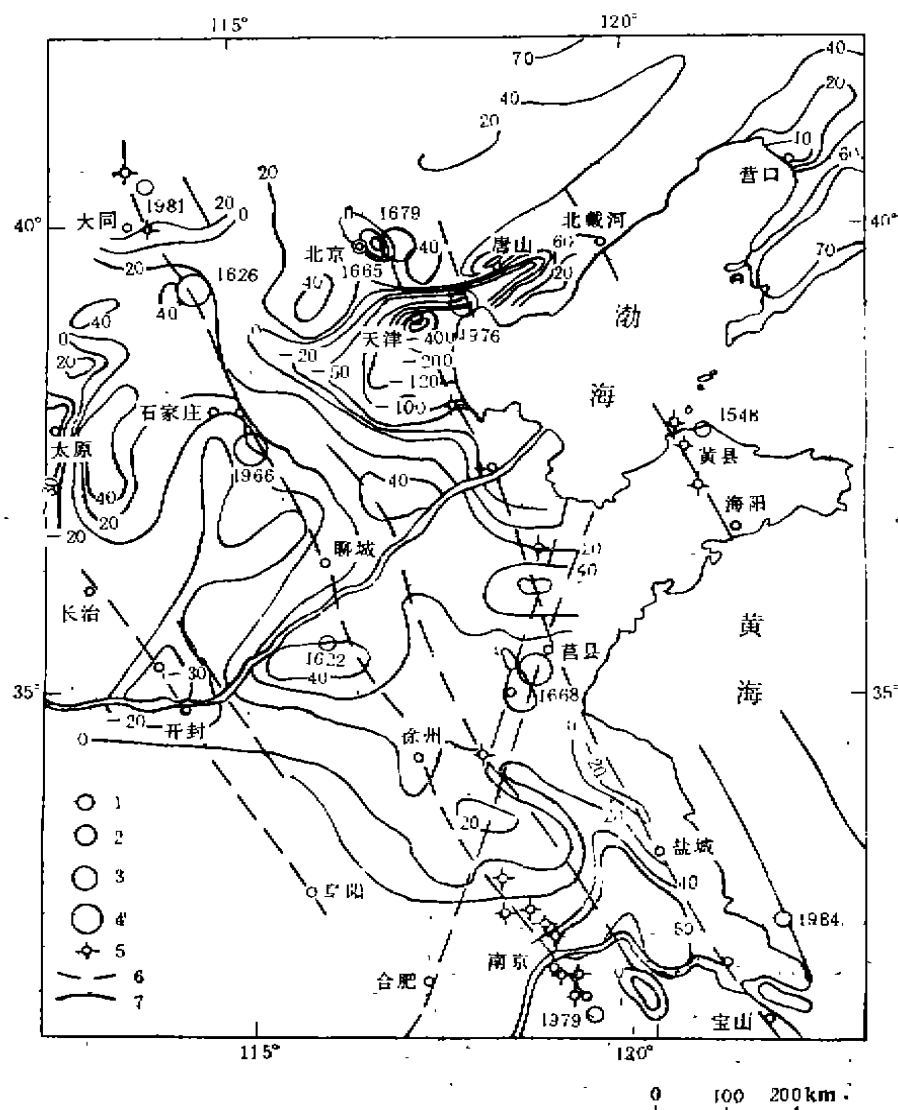


图2 华北平原 NNW 线性形迹图

(据林恒章)

1—4.地震震中,依次为 5—5.9, 6—6.9, 7—7.9,  $\geq 8$  5.火山 6.线性形迹及断裂  
7.垂直形变等值线,单位 (mm) (据 1951—1982 年资料)

造的存在,早为李四光教授所预言。潜伏于冲积平原数百米之下,影响及于地表形态如此显著,延续竟达数千公里,则不能不叹为观止。

## (二) 全新世以来的海岸变迁

海岸变迁综合反映海面升降和地壳运动引起的海水进退过程,在遥感图象上留下复杂的痕迹,赵英时<sup>[7]</sup>利用多时相的 MSS 和 TM 影象,对渤海湾、莱州湾海岸带的地貌形态和水盐动态进行分析。着重以地表裸露、土壤反盐的冬春季节(3月中下旬)和作物成熟、指示植被(作物)活跃的春末和秋末(5月下旬或9月下旬)作为特征信息提取的最佳时段,同时利用考古、<sup>14</sup>C 测年手段以及地图学、沉积学等多学科的成果作为综合分析的依据。着重对波浪、湖泊与沿岸流共同作用下形成的海岸沙堤和沙丘、贝壳堤、水下沙堤进行判读。这些沙堤不仅由于沙质具有较高的光谱反射率与泻湖或海形成强烈的反差,而且由于透水性好,地下水位较低,多有村落、道路、堤坝工程,使之在遥感信息中格外突出。堤外大都是盐田、养虾池或芦苇;堤内多是耐涝的玉米、高粱等大田作物以及平原水库或淡水泻湖,对比强烈,为古海岸的识别提供了明显的空间组合模式。根据影象分析,指出渤海沿岸有6条古海岸线遗迹,即(1)宋—清;(2)春秋—隋唐;(3)殷商;(4)约4700—4000 aB. P.;(5)约5000 aB. P.;(6)约7000—6000 aB. P.。其中历史时期(1—3)的古海岸,主要依据直接的地貌标志;考古时期,主要依据<sup>14</sup>C 测年、文化遗址及地下水含盐浓度对作物的影响等间接标志来标定<sup>[9]</sup>(图3)。

杨达源等根据影象地图及部分地段的地面调查和测年资料,判断并确定苏北平原沿海的古海岸位置,研究全新世以来的变迁。洪泽湖西部地表出露早更新世及晚第三纪沉积,向东南掀斜。盐城附近第四系中上部的三个海侵沉积夹层,埋深分别为49—43m;25—22m和13.5—0m。沿海则有5—6个夹层,厚达200—300m以上。更新世期间,长江曾经在琼港一带入海,1194—1855年间黄河南徙,淤塞了苏北沿海一系列古湖泊,如硕项湖、桑墟湖和青伊湖等,还营造了三三角洲。在卫星影象上,清楚地显示黄河故道及其两侧交错分布的决口扇,在苏北灌溉渠迤北,形成东西长150km,宽45km的条带;苏北灌溉渠迤南,则出现走向NNW的6条古沙堤,依次是西沙坝子(长20km)、龙岗(长140km,测年5600 aB. P.)、沙墩(长10km,测年4400 aB. P.左右)、潘岗(长200km,测年3300—2500 aB. P.)、秦桥(隋唐时代,测年1042±150 aB. P.)和滨岸的近代贝壳沙坝。它们北端呈雁行错列,向南逐渐撒开,显示清晰程度不一,但都依稀可辨。沙堤主要由中砂组成,石英占60—70%以上,透水性好,反射率高;两侧湖泊或河流泛滥的粉砂、粘土和淤泥,持水性好,富含有机质,反射率低。加以土地利用状况差别显著,沙堤多种植桑、桃、棉、花生等经济作物,而堤间多辟为水田或盐田。堤上城镇村庄密集,筑有主干公路,两侧有疏浚排涝、泄汗渠道和运河,使古沙堤影象标志更加增强,易于识别。通过卫星影象的主成分分析和比值增强,苏北海岸带和水下沙洲的动态变化就更加一目了然<sup>[10]</sup>。

## (三) 河道迁徙与河槽摆动

河道变迁不仅反映于宏观的水系变迁,同时也表现为河槽的摆动和泛道、决口扇的变化。3000年来,黄河决口泛滥1500多次,其中大规模迁徙近30次(图4)。海河在1368—

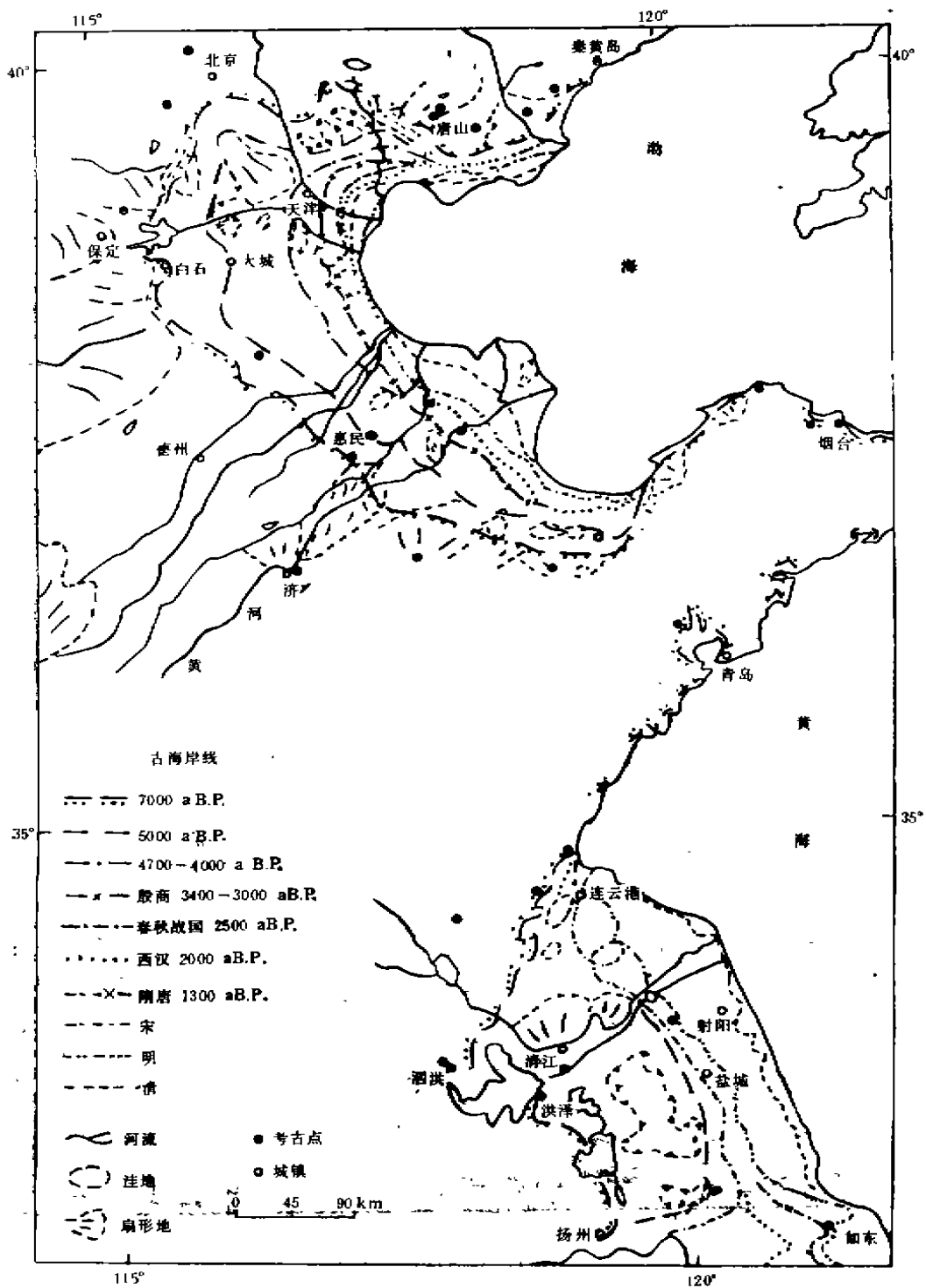


图3 渤海、黄海全新世以来海岸线变迁图

(据赵英时)

1948 年间,严重水灾 387 次。黄河决、徙、淤、涝的痕迹,在遥感影象上留下许多信息。例如在增强 TM 的图象上,从西向东穿过文安堡的白色条带(沙地),经王长耀等验证,认为

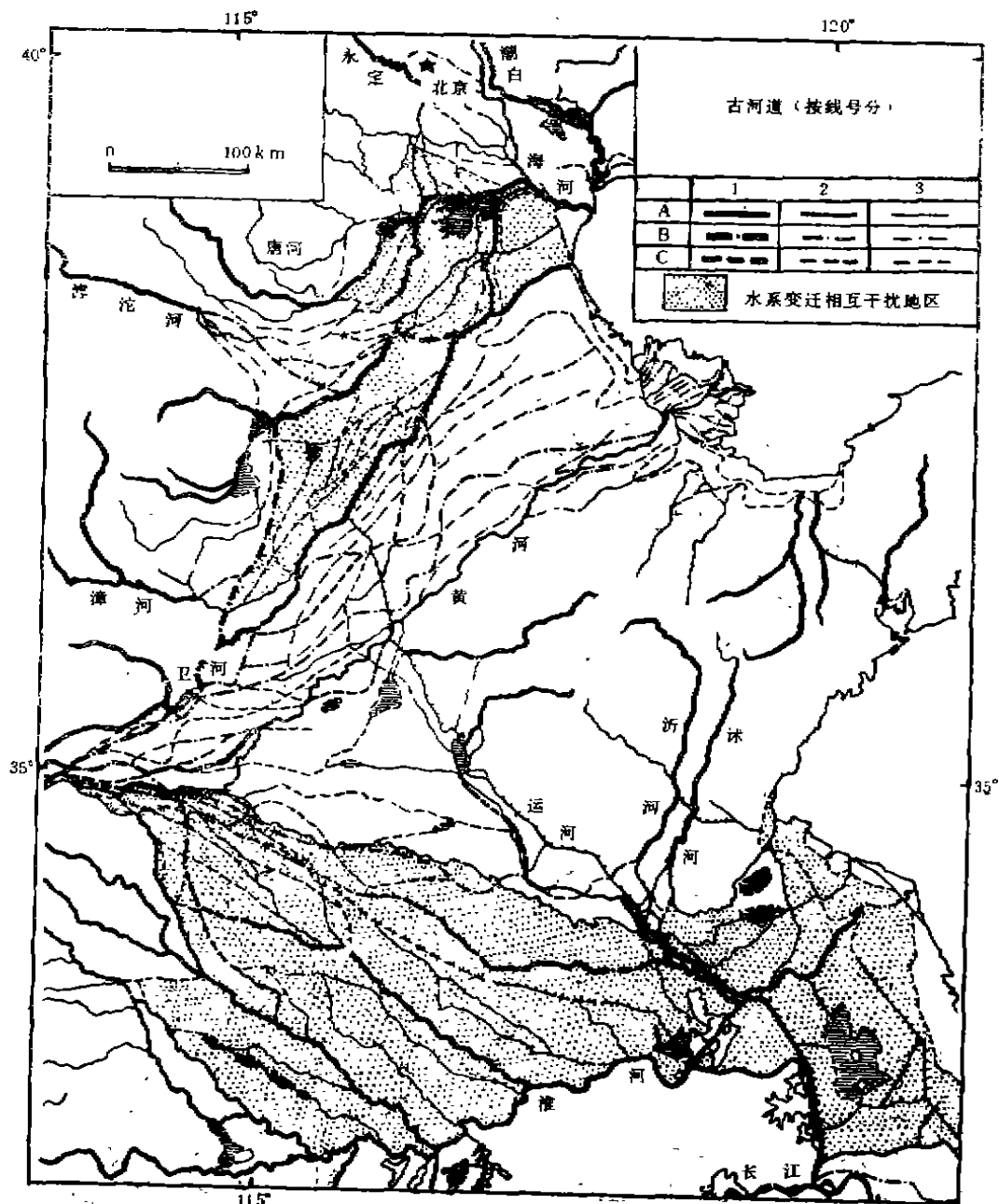


图4 黄河水系变迁

(陈述彭, 1963 年)

1. 1000a 以上 2. 1000—500a 3. 500a 以下

A. 与今河道大致符合的 B. 有沙岗干河床遗迹的 C. 根据历史记载推测的改道稳定时期(按粗细分)



是西汉故道的遗迹。黄河以南明清故道,隋唐通惠渠和花园口黄泛区的串沟和决口扇,也非常清楚。从而划定不同时期的古河道 155 条,其中 1855 年黄河铜瓦厢决口以来,可以识别的古河道痕迹就有 26 条。

燕山山地河谷内普遍出现嵌入的曲流。滦河上游袭夺了闪电河,中游放弃了迁西至丰润的古流路。永定河水系在延庆怀来盆地的改组,八达岭-南口段古河谷的废弃,这些水系变迁的形迹,都说明燕山山地新生代差异构造运动是很活跃的。

永定河流出山口之后,在卫星影象上,展示出从老到新三期洪积-冲积扇形平原。石景山洪积-冲积扇面,古河道原先流向东北,即清河故道,渐次向东,向东南迁徙成为蓟河和瀑水。卢沟桥冲积扇面积大于前者两倍,北宋初一明代 16 世纪中叶,历时 6 000 余年,无定河和浑河等古河道由东北向西南迁徙,沙质故道,在卫星影象上形迹历历在目。以金门闸为顶点的现代冲积扇,形成至今不过 400 年,在卫星影象上可以识别的故道有 16 条之多。东郊的潮河和白河,由于永定河洪积-冲积扇不断向东扩展,它们的汇流点由通县附近不断向北推移。网状水系变化频繁,在影象上难解难分。

林恒章研究天然文岩流域的黄河泛道和决口扇多期发育与相互交织的变迁历史过程时,指出决口扇在遥感图象上具有比较充分的标志。由于质地偏砂,地下水位较低,适于种植小麦及其他不能耐涝、耐盐的作物,在生长季节的红外影象上,呈现鲜艳的红色;在春末土壤反盐高峰季节,决口扇在地形上正处于“洼上坡下”的过渡带,土壤毛细管作用很强,地下水矿化度高,蒸发的盐分积累在决口扇的周边,形成明亮的白色裙边,从而一刻画出决口扇的规模和形状。豫北黄河故道几经变迁,河床不断淤高。天然文岩流域的泛道和决口扇的演变是相当错综复杂的:大体在 11—15 世纪,黄河决口泛流主要倾向东南,除西北一角之外,很少留下痕迹。16—20 世纪上半叶,决口泛流主要倾向东北,泛道决口的遥感形迹绝大部分与历史记载的复原图对应良好,经过逐一对照,大部分的形成时期可以确定。这种图文与时空相结合判定泛道遥感形迹的相对年代的推断,基本上是可信的。

#### (四) 洼地变迁与湖泊消失

历史时期,在华北平原曾经有过许多古湖沼和洼地,分布在大河冲积扇和三角洲之间,类型繁多,成因不一,有的是古河道、河间洼地,有的是濒海、潟湖洼地,还有短暂的内涝洼地、平原水库。吴忱按其环境演变过程归纳华北平原三大洼淀群,即滦河—永定河之间的黄庄洼-七里海群;永定河—滹沱河之间的白洋淀-文安洼群;滹沱河—黄河之间的大陆泽-宁晋泊淀群。由于古洼淀中土壤水分的含量一般高于邻近地区,在近红外波段的遥感图象上显示出清晰的轮廓。开垦较早、作物长势好的三角淀、大陆泽以及尚塘、利辛附近的洼地,野外虽然难以辨认,但遥感图象却很清楚。鸿隙坡和硕项湖的轮廓与历史文献记载的地理位置大体一致,文安洼、荷泽以及早已消失的荣泽、圃田泽等,在初春的图象上仍能大体勾画出它们的范围。王长耀等初步圈定的黄淮海平原有古湖泊、洼地痕迹达 245 处之多。

黄庄-七里海洼地群,原来都是古雍奴薮的遗迹。按历史记载,汉代雍奴薮“北自巨梁(今还乡河),入鲍丘水处,南极滹沱河,西极象州、雍奴薮,东极于海。”“其泽野九十九淀,

支流条分,往往相通。”北魏时期,随着海岸线的东移,西部逐渐成为湿地,隋唐以后逐步干涸,明清分割成为黄堡庄、里自沽、尔王庄、黄庄洼等零散的淀泊。根据这些残存的线索,包括沼地开发的人文标志(如大片垦地、渠系模式、村庄密度等)大体还能追溯雍奴藪、延芳淀的规模。

王长有(1988)利用天津附近的多期航空象片,对洼地的近期演化进行了有趣的判读分析指出:七里海(后海)迄至 50 年代还是湖沼。1954 年量测水面尚有 4 500 亩,并与潮白河、曾口河贯通。1955 年开挖潮白新河,切断水源补给,围垦造田,在 1981 年彩色红外航空象片上,前七里海仍留沼泽痕迹,后七里海已全部改成农田。天津城郊附近人类对于洼地的改造和利用,正在加速地改变环境的面貌。黄庄洼原为雍奴藪的一部分,1950 年辟为潮白河滞洪区,筑起高 2m,宽 3m,总长 37km 的大堤,面积达 400 000 亩。纳洪沉沙,地面迅速淤高。1955 年根治海河,趋于干涸。北大港 2 000a B. P. 原为泻湖,面积两倍于天津市区,50 年代筑堤建堰,由独流减河和大清河补给,作为天津市最大的平原水库。近年由于水源短缺,库区水位下降,库容减少,芦苇丛生,1980 年航空象片上水面只剩 13.2%,1984 年又降为 4.4%,1985 年蝗虫滋生,祸及黄骅等县。短期行为所引起的自然界的报复,是为期不远的。

根据遥感图象王长耀等在白洋淀附近划出洼淀遗迹 23 个,比历史地图多出 9 个,量测白洋淀 1978 年水面面积为 166.95 km<sup>2</sup>,1984 年已基本干涸,而 1988 年来水恢复的水面又大体与 1978 年相近。60—80 年代,白洋淀 6 次干涸,蛛丝马迹一目了然<sup>[19,20]</sup>,对于引黄计划中以白洋淀作为平原水库的设想,预测沼泽化、盐渍化的生态效应,提供了历史的依据。

吴忱等对大陆泽-宁晋泊的萎缩划分为三期,从卫星影象上能标定出最早与最近两期的范围。早期洼淀的西线未超过洪积扇的前缘,地下 8m 处外发现古菱齿象-披毛犀动物化石,地表有商周战国文物。说明洼淀形成于晚更新世之后,由于河流冲积扇的发育和古河道的迁移,洼淀随之缩小。至 1921 年测绘的 1:50 000 顺直水利地形图上,已局限于宁晋、新河、巨鹿、邢台、隆基之间的洼地,面积仅有早期洼淀的 1/2。1975 年、1978 年的卫星影象上,湖泊已基本干涸。

滦河改道频繁,原由迁安流出山口建造第一期洪积-冲积扇形平原,晚更新世中期,已久经切割剥蚀。今滦河以东为第二期冲积平原,属晚更新世末及全新世,主要为沙质平原;滦县以南为第三期的新冲积扇平原,河槽摆动的痕迹密如蛛网;(全新世)河床蜿蜒曲折,冲破古海岸沙堤,建造了最新的小三角洲。整个滦河三角洲的多期建造呈向东迁移的趋势。从卫星影象上可以看到,滦河几个早期三角洲的顶点,均在迁西以东地区而不在滦县<sup>[21]</sup>。是否反映新构造运动的抬升和河流下切、改道的痕迹,尚待验证。

#### 四、多维分析方法的探索

通过上述华北平原环境变迁的卫星遥感分析,在遥感信息图象上可以找到许多第四纪环境变迁的痕迹,提供了丰富的空间信息。显然,遥感成为研究区域差异重要的现代手段之一,这是第四纪研究的一大进步。但需要测年与钻探记录的配合和地面实况的验证。

特别是对我国丰富翔实的历史文献必须充分利用。否则长于揭露, 难免误判。针对这一难点, 很有必要建立多维的第四纪环境变迁数据库, 把卫星遥感地面观测与历史文献记录, 按照统一的标准格式加以数字化, 存储起来, 建立动力学模型, 对比综合<sup>[2]</sup>, 模拟第四纪以来的环境演变过程, 再现华北平原的发育历史过程, 进而推断其发展趋势, 将会获得许多认识上新的进展以及应用上巨大的效益。

近年来, 我们以黄河新三角洲为试点, 按 25cm 的高程, 建立了微地形数据库。这一高程数据库的功能是多方面的: (1) 它本身可以揭露三角洲的自然发育过程与人为工程的相互作用和影响。发现许多冲积扇和洼地的形成与废弃堤防、道路和居民地有着相互依存的关系。这种地形数据库, 可用于计算修堤、放淤的土方, 预测凌汛决口的流路等等。(2) 将它与遥感图象匹配, 则可以反映土壤盐渍化与地形微起伏的相互关系。在蝶形洼地的周边, 正是盐碱富集的地方, 对采取洗盐脱碱措施, 布署生态农业, 建设油田工程提供科学依据。(3) 以它为基面, 建立三维的第四纪地层数据库。把从钻孔剖面中实地观测的地下水、含油层位、沉积层的组成和相变, 测年、化石以及地球化学分析数据, 深部地质的人工震动、重力场和地磁场数据等纳入统一的地理空间坐标体系; 把对地观测的各种遥感数据和地球物理、地球化学分析数据等纳入统一的地理空间坐标体系, 就可以把对地观测的各种遥感数据与地球物理、地球化学场集中起来, 在计算机上进行数字模拟, 实现第四纪古地理环境的再现, 从而立体显示河流改道、河槽摆动、三角洲淤长的历史过程, 分析预测地下卤水内侵、海岸线进退的趋势<sup>[3]</sup>。

另一方面, 如果在黄土高原也同样建成三维的第四纪地层数据库, 模拟黄土堆积与侵蚀的历史演变过程, 更进一步综合分析青藏高原隆起对黄土堆积和侵蚀, 对华北平原与渤海沉积之间的历史韵律, 则对于季风亚洲第四纪环境变迁的内外循环和区域差异必将做出更大的贡献。目前, 我们只是在黄土高原的重沙区进行试点, 研究有关土壤侵蚀数据库的建立和分析模型的软件<sup>[4]</sup>。实现对华北平原第四纪环境变迁的宏观研究的目标, 尚有待于长期的科学储备和艰苦的通力合作。

## 参 考 文 献

- [1] 丁骥, 1945, 华北平原的生成。中央大学地理系。
- [2] 徐近之, 1953, 淮北平原与淮河中游的地文。地理学报, 第 19 卷, 第 2 期, 203—233 页。
- [3] 中国科学院地理研究所, 1957, 1:20 万黄河中下游流域地形图 (108 幅)。国家测绘总局临时版。
- [4] 陈述彭, 1965, 黄淮海河中下游平原地貌图。中国自然地图集, 国家测绘总局。
- [5] 邢嘉明, 1964, 太行山北坡的山前冲积扇及其与地下水的关系。中国地理学会 1963 年年会论文选集 (地貌学), 科学出版社。
- [6] 河北省地理研究所, 1984, 华北平原古河道图 (1:50 万)。河北省测绘局。
- [7] 中国科学院遥感应用研究所, 1988, 黄淮海平原水域动态演变遥感分析。科学出版社。
- [8] 钱宁, 1961, 黄河下游游荡性河道的特性及其成因分析。地理学报, 第 27 卷, 1—27 页。
- [9] 国家地震局地质研究所, 1983, 唐山地震灾害航空调查图。
- [10] 中国科学院地理研究所地貌室主编, 1985, 黄淮海地貌图 (1:50 万)。山东省地图出版社。
- [11] 叶青超, 1988, 黄河冲积扇发育模式及下游河道演变。人民黄河, 第 4 期。
- [12] 叶青超, 1989, 华北平原地貌体系与环境演化趋势。地理研究, 第 8 卷, 第 3 期, 10—20 页。
- [13] 邵时雄、郭盛乔、韩书华, 1989, 黄淮海平原地貌结构特征及其演化。地理学报, 第 44 卷, 第 3 期, 314—322 页。
- [14] 黄绂、励惠国, 1976, 1:400 万全国概况——影像地图。科学出版社。
- [15] 张晋、付肃性, 1982, 1:50 万京津唐地区陆地卫星影像地图 (8 幅)。科学出版社。

- [16] 北京市遥感信息研究所, 1983, 1:50 万沂蒙山区陆地卫星影像地图。科学出版社。
- [17] 中国科学院遥感应用研究所, 1985, 黄淮海平原地区卫星影像图(1:50 万)。科学出版社。
- [18] 陈述彭主编, 1985, 陆地卫星影像中国地学分析图集。科学出版社。
- [19] 河北省科学院地理研究所, 1983, 白洋淀水源保护研究图集。科学出版社。
- [20] 陈丙咸、陈敦杰、唐文周、孙国清, 1985, 江苏海岸带海滩的遥感分析及其在规划与管理中的应用。遥感在规划管理和决策中的应用与发展讨论会, 科学出版社。
- [21] 高善明, 1981, 全新世黄河三角洲相和沉积模式。地理学报, 第 36 卷, 第 3 期, 303—314 页。
- [22] 叶青超, 1982, 黄河三角洲的地貌结构及发育模式。同上, 第 37 卷, 第 4 期, 349—363 页。
- [23] 陈述彭主编, 1989, 黄河三角洲地区国土资源与环境调查。国土普查卫星资料应用研究, 第二集, 科学出版社。
- [24] 何建邦主编, 1989, 黄土高原信息系统。科学出版社。

## SOME INFORMATION OF QUATERNARY ENVIRONMENT CHANGES FROM SATELLITE IMAGE IN NORTH CHINA PLAIN

Chen Shupeng

*(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences)*

### Abstract

The satellite image for micro demonstration and macro change monitoring can be used not only to detect the historical vestiges of environmental evolution and change, but to comprehensively study historical background and modern process of natural environment, and to analyze the effect of neotectonic movement, the process of modern force and the interference of human activities.

The North China Plain is a compound mainly constructed by Quaternary sedimentary process and also some other multiple processes mixed up together such as flood and alluvial fans and deltas, and marine deposits. Since the latest half century, the study on the North China Plain by Chinese geoscientists has experienced five stages, that is, concept deduction; relief surveying and geomorphological mapping; geological drilling and geophysical prospecting; aerial photogrammetry and monitoring on geo-dynamic phenomena; evolution modelling study and multiple dimension analysis.

Since 1975, the mosaic imagery maps of the whole and also some local areas of the North China Plain have been published by Landsat MSS images geometrically corrected with different accuracies. The scales are ranged from 1:500 000 to 1:250 000. Multiple information has been provided for the study on Quaternary environment changes.

#### 1) Linements and Neotectonic Movements

The linements and Neotectonic faults have increased 50 percent in Beijing area through ground checking. The Tan-Lu deep fault belt is extended thousand km. The fault belt with NNW strike is run through the North China Plain, Which plays a role in landform and river change control.

#### 2) The Seashore Change Since Holocene Epoch

According to the comprehensive analysis on geomorphological marks, archaeological and

<sup>14</sup>C dating, six old coast lines have been marked along the Bohai Sea and the Huanghai Sea.

### 3) River Course Migration and River Bed Change

155 old river course marks during various periods have been demarcated by using multi-date comparison. Among these old river course marks, there are 26 abandoned by the Yellow River since 1855. On the flood and alluvial fan of the Yongding River, the old river courses are divided into three stages. The migration of the old river courses and the neck points where the tributaries converged are controlled by neotectonic movement, and appearing regularities.

### 4) Withering Away of Lakes and Changing of Depressions

There are three groups of lakes and marshland in the North China Plain. Near the Baiyangdian Lake, 23 vestiges of marsh lakes have been discovered by tracing the remaining marks and analyzing the cultural developing marks. The withering process of the old lakes and swamps in the North China Plain has been analyzed.

It has been proposed to establish a database for Quaternary environment of the North China Plain, which is used to store remotely sensed data, and ground observation and historical document records to reproduce, simulate and predict environment evolution process. Also it will be further used to be connected with erosion of the Loess Plateau and marine deposit of the Bohai Sea to construct geo-dynamic analysis model for systematical study on internal and external circulation of the sedimentary matter. Pilot study work has been being carried out in the new delta of the Yellow River, the lower reaches of the Yellow River and parts of the Loess Plateau.