

应用航空象片研究东沙河河道演变*

鄭 威

(中国科学院地理研究所)

一、問題的提出

低平原地区,河道的迁徙活动是很频繁的,在它活动的过程中,既塑造了微地貌,也建造了冲积层,进而更影响到土壤剖面的结构,径流和盐分的运行。因此,查明一个地区河道的演变过程,对于设计水库渠系、改造洼淤盐碱、勘查水源补给等农田水利工作,都有很大的帮助。

但是,平原地貌一般辽阔而平衍,野外勘查时,视野非常有限,通常只能观察到河道及其有关地貌的片断景象而不易总览全局;因此,探寻更迅速有效地发现河道演变线索的方法显然是极有现实意义的。

И. В. 波波夫(Попов, 1959, 1961)曾在平原自由曲流的动态分析中应用航空象片分析与地形图对比方法卓有成效。尹学良(1957)曾用航空象片对比分析了永定河有堤防约束河段多年来的流势变迁、岸滩冲淤、新旧河槽交替、险工上提下挫、沙洲淤积变化等问题。本文试以活动在燕山南麓洪积-冲积扇上的东沙河为例,探讨如何从航空象片的影象中发现河道演变痕迹、了解活动性质的过程经验。可以设想,随着地理环境不同,河道演变的规律不一,应用航空象片的方法也必异趣;但本文所得的结果对于华北平原河流多少具有代表性意义。

二、水系特性的认识

水流在它所经过的地面上,由于冲刷和堆积作用,会形成许多特殊的微地貌,这些微地貌虽历时较久,但仍然会影响水分的分配、植物的生长和农业的利用,这样就为水流的工作在地面留下了显明的痕迹。如果这些痕迹没有完全被人类的活动所破坏,可以一直在千百年内保存下来。很显然,发现这些痕迹,详细地分析这些痕迹,对于我们追溯河道的演变历史是有重大意义的。但是在地面观察,发现这些痕迹并不容易;可是在航空摄影的过程中,如果它们的反射光线透过摄影物镜,摄影材料上的卤素银盐,会因光化作用使溴离子失去电子氧化,银离子得到电子还原,所产生的潜象(скрытое изображение),却有可能将它们详细地记录下来。

但问题是航空象片所显示的地物影象,既包括了水流和它所流经的土质条件相互作用所形成的痕迹,也包括了人类活动在地面进行建设、改造、和利用的影响。因此,要在象片上识别出河道活动遗迹,必须先根据水流活动所特有的图形结构区别于其他影象,再进

* 本文承陈述彭先生提出修正意见,戴昌达同志协助解决土壤问题,施曼丽、林恒章、黄洵同志共同参加部分野外调查与资料收集工作,明士乾同志俄译节要,特深致谢忱。

而区分今古,划定类型;同时应该考虑到,图形的黑度变化是与物质、水分及地貌条件的差异有着密切联系的。这里我们先探讨水系特性的认识与今河道的确定问题。

(一)水系特性的认识 试验地区正是燕山南麓,东沙河切割山地南流,在山前所形成的洪积-冲积扇建造,全流域集水面积约 250 平方公里,冲积扇南北近 20 公里。这种地貌类型,由顶端至边缘可明显地分出中央带、过渡带和前方带;由顶点向边缘组成物质逐渐变细、坡降变缓,水的活动分别具有渗透、蒸发和泉水溢出等特性,确定这些不同类型地貌的界线,以从水系影象的分析着手为最有利。从这地区的1:50000复照镶嵌图(накидной монтаж аэроснимков)上可以发现,那些在山口以下具有连续不断而又逐级交汇的正弦波形,可以认为是贯穿全区的水系。我们知道,平原河道与山区不同,比降小,下蚀能力弱,旁蚀作用强,原始微有弯曲的河槽,因凹岸离心力使水面产生横比降所造成的横向环流,有导引主流冲刷凹岸、加积凸岸,逐渐形成河曲的能力。在这里我们所见到的具有交替方向的正弦波形,正是由这原因所形成的蜿蜒流綫。这就可以和那些等宽、修直且只在方向转折处由弧綫组成的公路、铁路等綫状地物相区别。由于洪积-冲积扇地貌的影响,这些流綫各段的影象也就不同了,这正是河槽水文特性的具体反映。

从镶嵌复照图上可以看到,上段水系图形呈灰白色 ($D = 0.06-0.20$) 的絹絲状曲綫,黑度低于周围地物影象,属于深背景,这是由于砂砾质河床有较高反射力(反射系数 $r = 0.35$),反映了水流的间歇性,沿河的蹼状侵蚀沟系说明了这间歇性水流的侵蚀作用。在这里并没有观察到正常的径流系统,反映了这是中央带的地貌范围。中段的水系影象则不然,逐渐由灰白色絹絲状($D = 0.06-0.2$) 曲綫向深灰色或黑度更深的($D \geq 1.0$)束发状曲綫过渡,说明了已有连续的径流綫出露,河道正由间歇性向常流性过渡,可以认为这是过渡带的河流特征。自此以下,水系影象成为深灰色曲綫,有时露出白色($D < 0.1$)水面闪光影象,这些象片是在 6 月雨季尚未来临时(图 1A)进行航空摄影的,而河槽中已有水流的影象,反映了这是由泉水所补给的常流性河道,说明了有这样影象的河系都已进入了前方带(表 1)。

表 1 山前洪积-冲积扇水系航空象片影象的群体结构

地 带	水分活动特性	水系航空象片影象的群体结构	水平活动幅度(米)	图形黑度	背景黑度	差 差	反 差	水系性质
中央带	水分渗透	由灰白色絹絲状曲綫组成树干状图形	$B = 180$ $b = 45-90$	$0.06-0.2$	0.5	$-0.4- -0.3$ 深背景	$0.6-0.9$	间歇性河道
过渡带	水分蒸发	1.由灰白色絹絲状曲綫向深灰色束发状曲綫过渡 2.掩复状曲綫	1. $B = 720$ $b = 225-450$ 2. $B = 900$ $b = 90$	1.0	0.4	$+0.6$ 浅背景	0.6	间歇性河道向常流性河道过渡
前方带	泉水溢出	深灰色曲綫	$B = 315$ $b = 22.5$	$1.0-1.1$	0.5	$+0.5-+0.6$ 浅背景	0.5	由泉水补给的常流性河道

注: B 为河曲带宽度, b 为河宽。

(二)今河道的识别 在过渡带与前方带有径流綫的河道,我们可以判断为今河道。前已指出,河槽中的深灰色或黑度更深的曲綫($D \geq 1.0$)或出现闪光的曲綫($D < 0.1$),

可以作为径流綫的标志,也是确定今河道的关键,这是因为:

1) 水是透明物体,它透过光綫的能力通常比反射光綫的能力大得多,混浊的水体比純淨的水体反射能力要高。水面的光綫投射角越大,反射能力也越强。因試驗地区河底和水中悬浮物質的影响差异不大,只从投射光綫来考虑。我們所試驗的航空象片是在太阳投射角为 $h_0 = 37^\circ - 73^\circ$ 时摄取的,如果根据弗列奈尔(Френель)公式計算,这样的太阳投射角可以反射 2.4—17.8% 的光綫¹⁾。以水面反射光綫的光譜組成來說,不論观测方向(a)如何,总是以藍綠光綫($<550\text{m}\mu$)为最强,几占全部可見光綫的三分之二(图 1B)。在航空摄影时 ЖС-18 深黃滤色鏡又拦阻了藍綠光綫的大部分($<510\text{m}\mu$)(图 1B)。这样,进入到摄影物鏡为全色片所感受的光綫(图 1Г)就只不过 1—6% 了。根据試驗时的暗室处

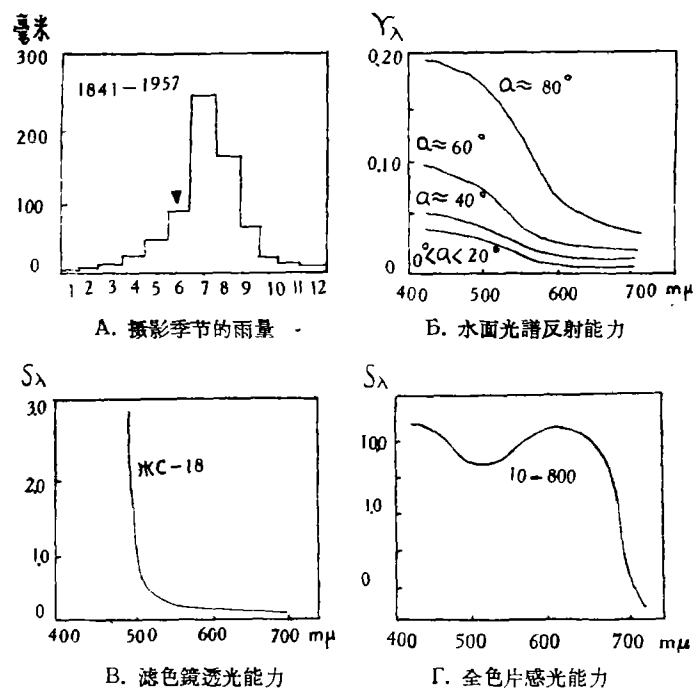


图 1 航空摄影的技术条件

理条件來說,反射能力低于 5% 的地物影象大部分为深灰色($D \geq 1.0$),这样,径流綫实际上已成为谷地中黑度最深的綫状地物。当然,另一方面还要注意到与低槽地貌中土壤的潛育化与草甸化現象相区别,因为这种土壤,水分与腐殖質的含量均高,反射能力大都低于 5%,象片黑度也从浅灰到淡黑($D = 0.6 - 1.2$)均有,不过它們的影象都呈带状或斑块状,与呈曲折細綫的径流影象是不会混淆的。

2) 当水面与太阳光綫投射方向相反的衍射散射(диффузное рассеивание)光綫进入航摄像物鏡时,航空象片上会形成閃光(блик),有水河槽則形成白色($D < 0.1$)曲綫,这就成为指示径流綫更有效的标志了。水面閃光影象在航空象片上出現,要求航空摄影时太阳的

1) $R = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\varphi - \psi)}{\sin^2(\varphi + \psi)} + \frac{\tan^2(\varphi - \psi)}{\tan^2(\varphi + \psi)} \right]$, R 为水面光綫反射能力, φ 为光綫投射角, ψ 为光綫折射角, 見

Применение аэрометодов для исследования моря, АН СССР, м-1963, стр. 15—18.

投射角 h_0 、航摄像机的焦距 f_k 和航空象片对角线的长度 d 之间构成这样的关系¹⁾:

$$h_0 \geq \frac{\arctg f_k}{0.5d}$$

已知航摄像机的焦距为 $f_k = 209$ 毫米, 18 厘米 \times 18 厘米的航空象片对角线长度为 $d = 254$ 毫米, 可以算出当太阳投射角为 $h_0 \geq 58^\circ 42'$ 时, 也就是约在 10^h — 14^h 地方时所摄取的象片上才可能出现这一现象。由于水面闪光不是每幅象片都会发生的, 必须与上一标志相辅助用, 判断径流线的位置才更可靠(照片 1)。

三、河道演变遗迹的发现

在了解河道水文特性的基础上, 以径流线为线索, 建立了今河道的体系之后, 存在于今河道以外的那些河床微地貌象片影象, 或被今河道弃置, 或相互复迭、遮断, 我们进而追索, 是有助于发现河道演变遗迹的。以下象片影象是在试验地区所发现的若干实例:

1. 古沙洲汉流 照片 2, 照片 3 是古沙洲航空象片图形, 它们略呈平行四边形的纺锤状, 中间有北东—南西走向的低槽, 是古沙洲的汉道, 它们的位置高出今河面 4—6 米, 说明不是今河道的沉积地貌, 也不能用洪水冲开汉流来解释它的形成。沙洲表面有不均匀的毛茸状起伏痕迹, 是沙质土坑洼, 单壠状的旱地图形, 栅状结构的菜圃图形, 说明古沙洲早已高出今洪水位并已用来经营农业, 而今河道由它们的某一汉流深切发展而成主流。照片 2 的古沙洲南北长 600 米, 东西宽 375 米; 照片 3 的古沙洲长 1500 米, 宽 525 米。

可以看出, 古河道与今河道在位置上并没有多大改变, 但古河道在这一段中是江心洲河型, 它们是在各汉流反复冲淤, 分水分沙比值大致平衡的条件下形成的, 所以各汉流能够几支并存, 边界条件相对稳定, 含沙量一般较小, 洪峰偏差系数 $C_v < 0.3$, 上游来沙量 P_i 与河道夹沙力 P_0 的比值为 $\frac{P_i}{P_0} \leq 1$; 而现在的弯曲河道则不同, 只由一汉发展成为主流, 是在 $C_v < 0.4$ 与 $\frac{P_i}{P_0} \geq 1$ 的水文条件下形成的²⁾。

野外的实地调查, 证明了象片上所观察到的材料。在照片 2 的位置上发现, 一般耕地都呈规则的多边形, 砂壤质, 而河西的古沙洲上的耕地却成纺锤形, 为细砂—粗砂质, 证明了象片观察的可靠。在河东岸坡上发现有轻壤质埋藏草甸土剖面, 说明了当这一层草甸土发育时, 全剖面可受到地下水的影响, 处于氧化作用的强烈带上, 剖面上出现了三价铁所形成的锈斑。而现在地下水面已降低了 4 米多, 土壤正向脱草甸化过程发展, 可以说明河道有下切现象。

在照片 3 的野外位置上观察到, 古沙洲上分布着粗砂夹径 2—3 厘米的砾石层, 这一沙洲已高出今河面 5 米, 原为采砂场, 现已垦为自留地, 在航空象片上所发现的沙洲中部的低槽有粗砂质潜育化沼泽土发育, 部分已经辟为稻田, 可以证明是古汉流。古沙洲北部的园圃称为“东园子”, 也证明了古沙洲早已脱离水面已用来种植蔬菜的事实。

2. 河网的辐散 照片 4 的这些槽状低地, 它们自北而南由中央带进入过渡带, 都是

1) 见 Н. С. Подобевов: топографическое картографирование, м-1962, стр. 83.

2) 见方宗岱: 论江心洲弯曲河道的成因及其稳定性, 中国地理学会地貌专业会议论文摘要, 科学出版社, 1962。

狭长暗灰色波状微曲的窄带,曲率不等,并向下游方向辐散,深约1米,槽内影象为灰色—深灰色($D = 0.7-1.1$),北浅南深,比附近淡灰色($D = 0.3-0.7$)的耕地影象暗得多了,反映了槽内土壤有草甸化现象。槽宽达30—60米,低槽内有顺槽南北延伸的耕垅,与平原上淡灰色单向垅呈多边形的耕地图形,有明显的区分。这些槽形低地,它们有的上游分汊,有的侧旁分支,和主流呈 $20^\circ-45^\circ$ 交角。这些槽形低地除栏坝辟为平原水库的以外,都有槽无水,但它们的下游却与今河道的径流綫相联系。可以认为,这些低槽是它们的上游延伸部分,如果今河道水位抬高5—12米,它们也就联在一起了;这些低槽显然可以当作古河道水源退缩下降5—12米所遗弃的旧槽来看待。

在照片4野外位置上的6号点上(见图5)观察,证明所见的象片影象确是浅凹形低槽,发育有轻壤质草甸土,村北的浅钻发现,地表下40厘米的土壤水为润,40—60厘米为潮,60—80厘米为湿,以下水分就更丰富了,说明了这古河道遗迹仍有地下径流的活动。

清光绪乙卯(1879年)重修的地方志中曾说:“泗河发源旧县城西北虎眼泉南流,经大埝头村东,左合百泉水,百泉在州城西南四里许,泉极多”。百泉水指的是5号点(见图5)上的古河道,今已无此河名。州志中另一段说:“白浮泉即龙泉山水也,南径西沙屯,右合凉水河”。凉水河指的是7号点(见图5)上的古河道,现只留无水的空槽,也同样证明了根据象片影象所作的判断是正确的。

3. 迂迴扇的复迭 照片5是相互复迭以不同曲率分组的同心弧羣,这是鬃岗组成的迂迴扇象片图形,它是由沙堤、沙脊、沙嘴发展而来的。象片上所显示的曲率半径有 $R = 150、525、600$ 米三组,它们与今河道分别相距900、600、和300米。从鬃岗上的细格状结构看来,已经利用为稻地,由于灌水,图形为灰色($D = 0.7-0.8$)与灰白色($D = 0.2-0.3$)的旱地背景,构成了反差达0.9的极易分辨的图形。这些迂迴扇很可能和今河道有成因上的联系,每次鬃岗曲率的改变,就向今河道趋近一次,标志着在河道发育的过程中,有数次突然向西南迁移的现象。

野外观察时发现这是弧状排列的粗砂质稻地,并有自流井多口,迂迴扇所发育的位置约相当于今河道自然堤外侧洼地的范围。

4. 节点的限制 照片6中显示出在灰色($D = 0.7$)而有凸起光学模型的石丘之下,有弧形狭带,呈辫流掩复状。这是游荡型的新旧河道交错图形,早期的河道常被近期的掩复、遮断,由此可以确定河道的相对年龄。这说明了石丘是河道发育过程中的特殊边界条件——节点,影响了它的活动型式。节点之前壅水,节点之后水面坡降又突然减缓,遂使流速减低,横向环流增强,促使河曲的发育。从象片上可以看到,主泓靠近丘缘,这里也就成为河道改变流向的枢纽,传播主槽摆势的中心。摆动带宽度 B 与河道宽度 b 的比值 $B/b = 7-18$,流向角 $\theta = 15^\circ-30^\circ$,它们的水文泥沙特性可以归入 $C_s > 0.4, \frac{P_i}{P_0} \gg 1$ —

类。

这里可以发现历次新旧河道曲率半径的变化,也意味着造床流量的消长不一,与之相适应的槽形不同。因为小水时流綫座弯,大水时水流趋直,因此便留下了河势上提下挫的痕迹。这些河曲的移距(\bar{u})可达到200—800米。

新旧河道曲率半径的改变,也意味着水流对沿岸冲刷能力的差异。因为河曲的横向

冲刷力(τ)、横比降(β)、流向角(θ)与曲率半径(R)之间是有着相互制约的力学关系的¹⁾:

横向冲刷力 $\tau = \rho \beta \gamma_h$ (ρ 为水的比重, β 为横比降, γ_h 为水力半径)

横比降 $\beta = \frac{1}{g} \left(\frac{dv}{dt} \sin \theta + \frac{v^2}{R} \right)$ (g 重力加速度, v 流速, $\frac{v^2}{R}$ 离心力, $\frac{dv}{dt} \sin \theta$ 为 x 方

向加速度, θ 流向角)这说明了当水流冲岸的流向角(θ)减小时, 河道曲率半径(R)便增大, 使横比降(β)与横向冲刷力(τ)均减小; 反之, 流向角的增大, 使曲率半径减小, 横比降与横向冲刷力也就增大 (图 2)。

由航空象片上所发现的各河道形态数量特征如表 2。

根据河道影象的迭置关系, 可以将它们分为三期:

(1) 今河道 流綫連續完整, 沿河沉积物上植物复被稀少, 影象灰白色 ($D = 0.1-0.2$), 曲率半径 $R = 450$ 米。

(2) 废河道 流綫已被今河道掩复, 出露部分成为弧段, 槽内深灰色 ($D = 1.0$) 的細格状是后来利用的灌水稻田, 当水面閃光时, 呈白色, 各年流綫有上提下挫現象, 曲率不一, 輪廓清晰。

(3) 古河道 分布在两石丘之間的古河道象片上的影象已不显著, 灰白色的斑状沙坑图形呈弧状排列, 把弧形耕壟和三角嘴 (faceted spur) 的位置結合起来, 可以找出流綫痕迹。这一古河道高出水面已有 6 米。

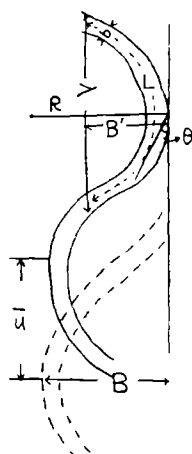


图 2 河曲的形态

表 2 受节点限制的河道形态

調查訪問到的河道时代	象 片 量 測									河道性質
	河寬 b	河段長 L	跨距 λ	曲率半徑 R	流向角 θ	单向摆幅 B'	摆幅帶寬 B	B/b	河曲移距 \bar{a}	
1956	30米	1125米	900米	450米	30°	375米	555米	18	225米	今河道
1939	75	1650	1350	1050	15°	375		7	600	廢河道
1900	45	637	600	450	20°	113		12	825	廢河道
Q2-s	—	1650	1275	750	30°	415		—	—	古河道

野外調查时結合訪問, 确定了每一废河道的确实年代。1956 年的东沙河废河道靠近东石丘的东侧, 并有泉水补給河道。1954 年的废河道并不依旁石丘, 現已成为积水坑。1939 年废河道因洪水掛淤, 2—3 年后就改为稻田, 在沙質土之下有埋藏的砂壤質草甸土。說明这段河道也还是新迁过来的, 以前还是河間地, 当河道被洪水冲开时还冲毁了河东半个村子。1900 年的废河道已在 1954 年辟为稻地。

在两石丘之間 4 号点 (见图 5) 的沙坑中所发现的沉积物質剖面, 对于証明由象片上所发现的流经这里的古河道的确是重要的証据。由剖面发现, 在砂質亚粘土层之下的暂时性水流交錯层, 已露出地面的有 4 米以上, 每交錯层厚 7—30 厘米不等, 由粗砂、細砂、小砾等层次組成, 說明每次沉积时流量是多变的; 顏色有淡黄、暗灰、淡棕、深黄等, 說明物質成分的不一; 圓度 0—2 級, 多次稜角状, 說明搬运距离較近, 水流亦緩。从沉积物的主

1) 見張鑑模: 河流发育的力学分析, 地质学报, 第 3 卷第 3 期, 1953 年。

要粒径看来,起动流速在 0.3 米/秒以下。斜层理倾向西南,倾角 10°—30° 不等,指示出当时的水流方向和航空象片上所发现的影象是可以对証的(表 3)。

表 3 4 号点古河道沉积物质剖面

层次与剖面图	物 质 与 层 理	厚度	倾角	倾向
1	1. 淡棕色粗砂、細砂、角砾,无层次	50厘米		
2	2. 淡棕色小砾、粗砂、細砂混杂,无层次	17		
3	3. 棕色粗砂,斜交层理	16	15°	SW
4	4. 棕黄色粗砂夹中砾、細砂,斜交层理	13	10°	SW
5	5. 棕黄色粗砂,斜交层理	13	25°	SW
6	6. 淡黄色粗砂夹小角砾	13	0°	
7	7. 锈黄色粗砂夹淡黄色粗砂,斜交层理	14	20°	SW
8	8. 暗灰色粗砂夹灰色粗砂,斜交层理	15	10°	SW
9	9. 锈黄色小砾夹粗砂,斜交层理	19	30°	SW
10	10. 锈黄色粗砂夹中砾,斜交层理	17	20°	SW
11	11. 淡棕細砂夹粗砂,水平层理	19	0°	
12	12. 淡棕砂壤夹輕壤,水平层理,有锈斑	30	0°	
13	13. 夹灰帶細砂,有鈣斑,水平层理	25	0°	
14	14. 锈黄粗砂夹淡灰細砂,斜层理	17	20°	SW
15	15. 淡灰細砂,无层理	44		
16	16. 淡棕灰細砂夹粗砂,水平层理	7	0°	
17	17. 淡棕色粗砂,无层理	10		

注: 本剖面与黄陶同志共同調查。

石丘以北,还訪問到在細砂壤土之下 3 米, 尚有埋藏的粗砂砾石层向西北方向伸展, 說明了这古河道的上游所延长的方向。

5. 曲流的切穿 照片 7 的今河道边旁有新月状的低槽影象, 它的两端与河道保持一定联系,是曲流被切穿的象片图形。牛軛湖寬 30 米,走向由东南轉向正西,切穿前曲率半径 $R = 150$ 米,切穿后 $R = 525$ 米,不同流量要求一定的河槽形态与之相适应,大水河槽曲率半径較大。这一图形,說明了洪水冲刷主槽切穿滩唇导引主流归直而引起的主泓移位現象。牛軛湖影象进口色淡($D = 0.2$),出口色深($D = 0.7$),意味着洪水时表流清水,速度大,流綫趋直,底流泥多,流速小,流向牛軛湖。这样使湖的进口先淤,出口为清水。所以象片上进口色淡,而出口色深,表示出口尚殘留着水流通道的痕迹。

在地面調查时,牛軛湖部分已成为葦塘,1962 年又填平为耕地,据訪問,1928 年此湖尚与河道相联,是一条旧道,1929 年 7 月洪水冲开趋直,旧道就被遺弃了。淤成葦塘后,湖底下曾挖出 2 米深的沙土来,这些事实也都証明了象片影象的正确。

四、間接推測方法的应用

由上节看来,我們在航空象片上識別河道遺迹,是将图形符号組合起来,汇成河床、流綫等印象,再經過認識特征,区别差异,建立彼此間的联系,才能綜合归納,提出是今河道或是古河道的推理和判断。所以在航空象片判讀中称为象片具有載負信息(информация)的能力,也就是指我們可以由微观的象片个体信息归納成为宏观的地理羣体信息,以使我們获得比較全面的知識。从实际說来,这些象片上的信息,其实也就是碼化(кодирование)过了的知識,也正如电报已把汉字先編成号碼,后換成点划,文字是由思想变化为音节和音位的过程一样。它已将地物形状与位置轉換为縮小了比例尺的黑灰白色的图案了。就古河道來說,它在象片上的信息是具有多重結構形态的:它先由各种几何形体組成了槽、壠、弧、斑、黑、灰白等黑度第一級分体信息,再汇集为曲綫低槽、沙洲崗壠可以用来識別古河道的第二級个体信息,由若干古河道个体信息才可能汇总为古河系第三級羣体組合信息。很显然,第一級分体信息本身虽然拥有一定的数学和物理量度值,但还不可能构成一組独立而具有地理意义的古河道知識,只有当这些第一級多种形式的符号組合积累到一定数量时,才能获得完整的地理概念,区分不同地物的差异,进入到第二級信息的高度。

因此,我們可以这样說,前述的象片分析过程,一方面是由微观信息提升为宏观信息,由分体个体信息綜合为羣体信息的过程;另一方面也反映了象片信息在区分差异、辨别类型、确定空間分布型式与位置的作用,而这种作用的大小程度运用信息論的計算方法,也可以用数量来表达它們的。这一点,可以專門进行討論¹⁾,本文暫不作叙述。上节所論是指象片表达信息的能力很好,在質量上图形既清晰,在数量上也有足够的影象符号的情况而言。反之,如果因为象片比例尺太小,地物要素之間的反差不足,甚至地物处于埋藏或隱蔽的状态,或被人类的活动消毀了,象片就不可能發揮它的特长,我們也难以获得可靠的信息了。这在判讀中也是常遇到的事。补救的办法,一是利用間接标志,一是利用輔助資料,但其效果如何,是不能一概而論的。在試驗中曾遇到下列二实例:

1. 河道的埋藏 在洪积-冲积扇的过渡带与前方带上,所发现的几种河道遺迹象片影象都先后一一証实了。但是在中央带上,除了东沙河阶地上的流綫影象外,再也找不到过去河道流动的遺迹了,但还不能肯定沒有古河道的活动。这里有三点象片影象需要提出:

1) 河道自中央带进入过渡带,影象的黑度自 0.1 增至 0.8—1.0,并在河槽中出現閃光,反映了自过渡带以下才有潺潺不絕的緩水长流。这水流的来源不会是河道上游山地南坡的干沟浅谷,因为它平时并无地表径流,显然是由地下水补給的,有地下埋藏的径流系統,水流所通过的,可能是洪积砾石层,也可能是古河道冲积层。

2) 分布在 2 号点与 1 号点一带 4 公里范围内的石質散丘,虽然它們不相联接,但都露出走向北东,倾向南东的单斜构造影象。頂部并有削平构造的夷平面,相对高度从象片上发现可分为 20, 40, 60, 80, 130 米等几級,造成这些夷平面的营力,以谷地中水流的側蝕作用与构造上升作用的綜合影响可能性最大。当然造成这样規模的夷平面,目前槽寬不过 20 米的間歇性河道是无能为力的,可能另有一規模較大的古河道曾在谷地活动过。

1) 錢文浩:文字和通信,科学通报,1956 年 10 月号。

3) 在2号点宽达1公里的谷地两侧,象片上可以发现有一级高达5米的堆积阶地残留痕迹,受耕作利用的影响,阶地边缘影像已不清晰,它正受间歇性的今河道主干所切割。说明了造成这一级堆积阶地的河道年代要比今河道来得早。

由以上几点象片影像间接推断,只能认为谷地中有古河道存在的可能,因此实际的验证,还有待应用更直接的方法。

从钻探资料中发现这个谷地中确实存在有古河道,是处于埋藏状态,其上游二支流在2号点汇流,冲积层厚达103米,以下才遇到基岩。谷底呈宽U形。2号点的钻探纪录是:上部12米为含砂亚粘土(透水层),10米亚粘土(隔水层),2米砂卵石(含水层),5米亚粘土(隔水层),以下68米为砂卵石(含水层)。2号点上地下古河道的水力坡为 $i = 0.006$;1号点上 $i = 0.013-0.017$,渗透系数 $K\phi \approx 100$ 米/昼夜。这一古河道储

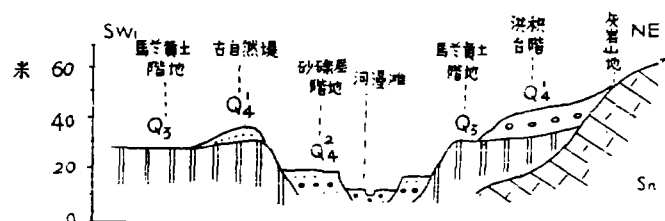


图3 东沙河新道河谷剖面

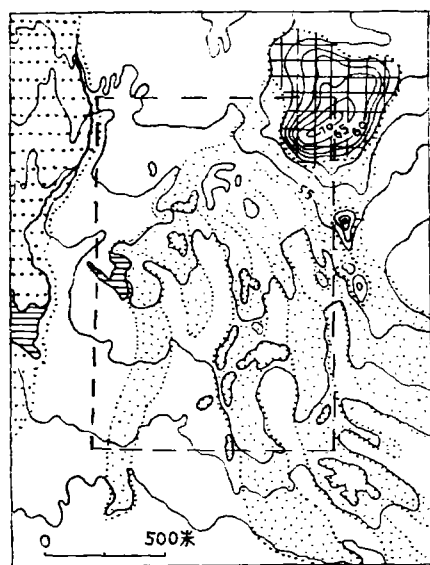


图4 地形图上所见的条状沙嘴

1. 有石质基座的沙地 2. 条状沙嘴 3. 沙坑
 4. 河流与湖泊 5. 砂壤质泛滥平原 6. 等高线
- 航空象片影像范围

水构造补给了下游河道的径流¹⁾。

如果这一古河道钻探材料与今河道钻探材料对比起来,更可说明2号点古河道与3号点东沙河河道的交替关系了。2号点上东沙河古河道的纪录可以认为上面22米为黄土状物质,下部75米为流水沉积的沙卵石层;3号点上东沙河今河道上的钻探纪录上部为15米砂卵石层,下部为40多米的洪积残积坡积物质。这说明了早期古河道经过2号点并建造流水堆积时,3号点谷地尚为风化作用、重力作用和洪流作用活跃的场所;当黄土状物质普遍堆积2号点古河道谷地以后,东沙河水流才逐渐移向3号点,并切割洪积锥造成河谷。这时2号点又重新在黄土状物质表面镌刻成50米宽、5米深的间歇性水流谷地。

在东沙河改道的枢纽点上也观察到,现今东沙河河谷是切割在黄土状物质上发育的,在它上面还留着砂砾沉积,构成了自然堤,说明了今东沙河是在黄土状物质形成之后发育的。它的二级阶地离今河面已达16米(图3)。

1) 根据当地水利机关提供的资料。

2. 河道的溢流 照片 8 的航空象片, 位于东沙河东岸, 象片上反映的除单壟状耕地外, 是斑斑的沙坑痕迹。本来沙坑有反映河流冲积物质分布的意义, 但这里, 反映不出它的分布和成因有什么联系。在这种情况下只好用地形图来作对比了。在地形图上可以发现(图 4), 东沙河的东岸有高达 15 米的大沙坨, 沙坨之北是沙质泛滥平原, 也是它的旧河床, 沙坨之南有宽约 150 米的平行条状沙壟群由河岸向东南低地伸展。这些砂壟的分布反映了东沙河在历史上河宽大规模拓展时曾有过一次洪流漫溢, 含沙洪水向平原低处倾流, 造成了条状沙壟。航空象片上这些沙坑的分布只有一部分位置是和这些沙壟一致的。

五、河道演变过程的認識

以上所探討的若干航空象片河道演变遗迹实例, 对于詳細論証东沙河的演变过程是不够的, 还有待进一步研究沉积物质与河流的动力作用。但如果将它們在時間順序上貫串起来, 初步建立起河道演变的輪廓, 还是有可能的。它們的順序是:

1. 根据上述的象片影象和鑽探材料看来, 古东沙河在黄土状物质堆积以前就形成了, 与建造洪积-冲积扇、創造夷平面的同时, 古河道汇集了上源各支流, 以散流型式由中央带进入过渡带。因为河道遗迹被埋藏在黄土状物质之下, 所以航空象片上观察不到它的遗迹了。



图 5 东沙河今河道、废河道、古河道及其有关地貌
(1—7 为地名代号, I 为中央带, II 为过渡带, III 为前方带)

2. 想在黄土状物质堆积时,气候干寒,古东沙河水量少,含泥沙多,动力作用大大削弱。因为构造作用的活跃,洪积锥大量发育,沿山麓堆积在黄土状物质表面。构造作用也促使沟谷发育,当3号点构造断裂谷中的洪积锥被切割以后,就为袭夺古东沙河使改道进入新谷口创造了条件。被切割的洪积锥与断裂谷地,象片上是可以观察到的。

3. 2号点上的古东沙河水流被3号点的谷地所袭夺而改道,可能有由西向东的掀升作用在促进它。这一过程没有在航空象片上留下痕迹。

4. 古东沙河的主干虽已东迁,但它的中下游散流水系并不消失,它们由古河道补给径流仍然活动在黄土状物质表面,可以证明这一过程的是航空象片上的沙洲汉流和河网辐散古河槽图形。

5. 改道后的新东沙河河床是宽阔的,几达今河床的3倍,曾有一次大量洪水向东南决口溢流,在沿河的东南低地造成了条状砂壠群,在航空象片上能看到的是以后在砂壠群上被挖掘过的坑洼影象。

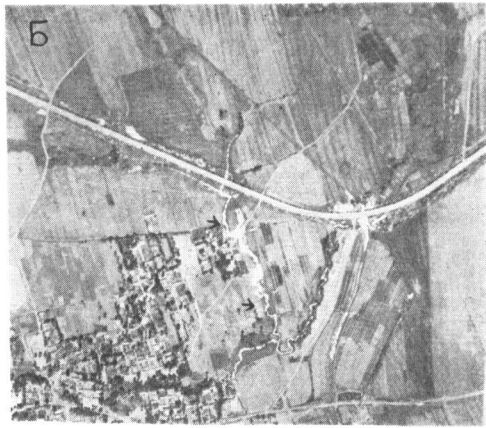
6. 近代河道活动平面尚在继续降低,这可以在航空象片上观察到沙洲汉流中的一支深切转变为弯曲河道,以及辐散河网,因水位降低而形成干涸的槽形低地等现象。

7. 今水系受洪水影响流綫不断改变,航空象片上可以发现曲流切穿,截弯取直、节点限制上,提下挫等水平活动形式。

总结以上在航空象片上所初步发现的各种河道演变遗迹可汇绘成图5,可以看出它们所分布的位置。当然这些遗迹的发现,就应用航空象片的效果来看是各不相同的,说明了只有综合运用象片分析与野外的验证,文献的研究与地形图的对比,才能构成更完善而有效的古河道研究方法。

(收稿日期:1963年4月)

图版 I

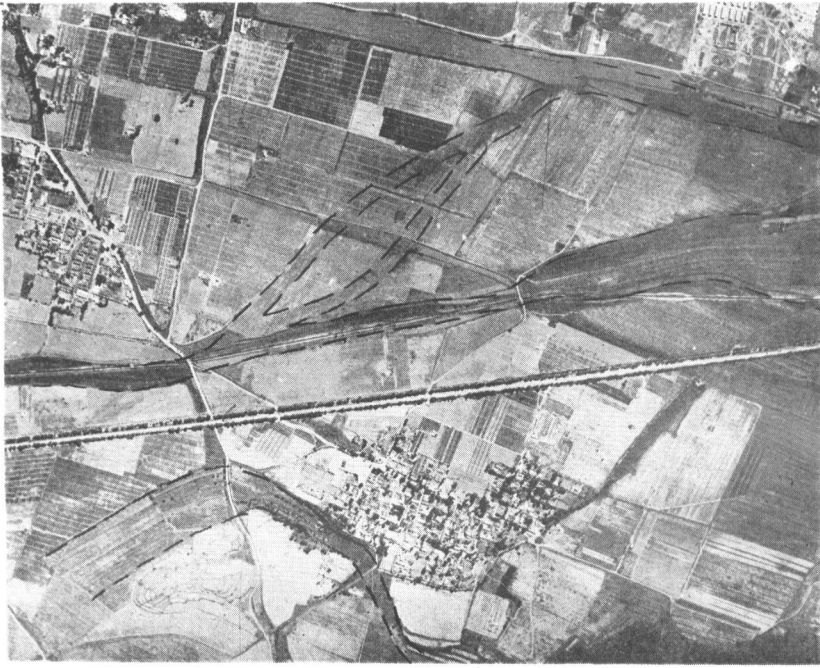


照片 1 利用水面閃光白色曲綫判讀徑流綫确定今河道
(箭头指示水面閃光位置)



照片 2 古沙洲汊流(1)

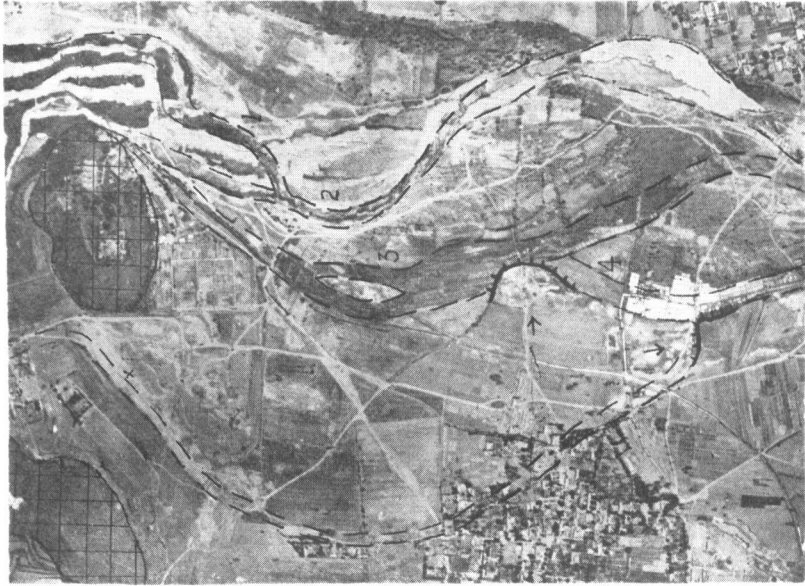
图版 II



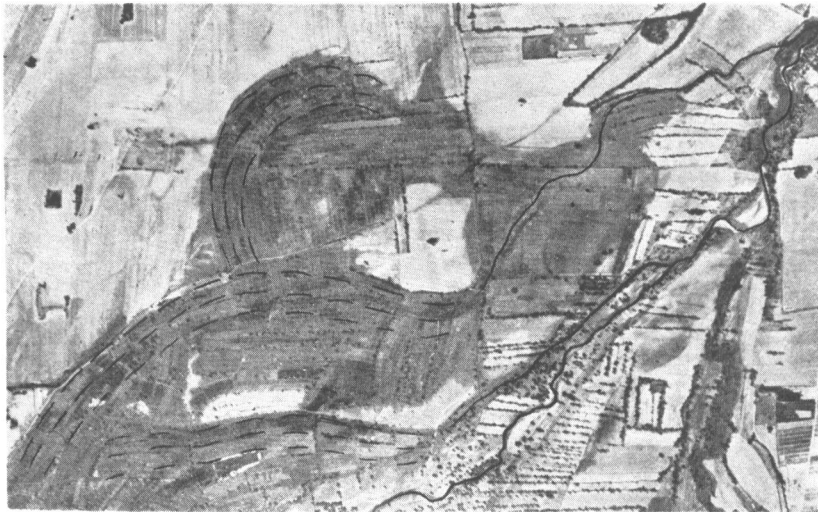
照片 4 河网的辐射



照片 3 古沙洲及流(2)

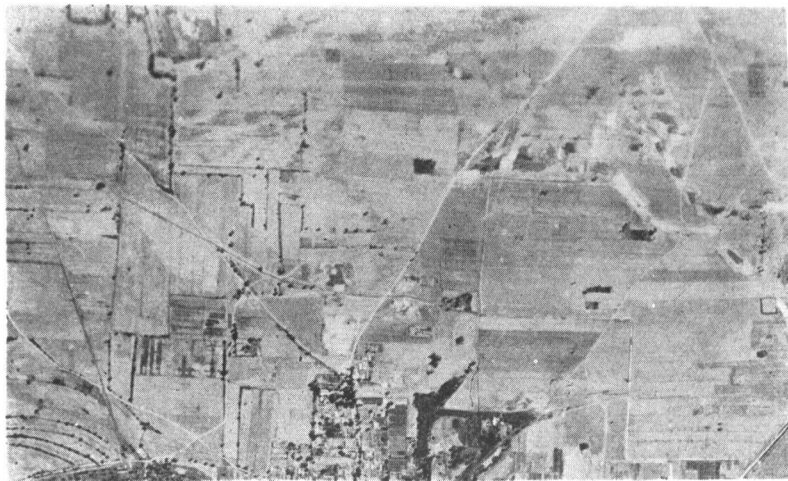


照片 6 节点限制河谷活动
×地面沉积物观测点 →指示三角嘴
1. 1954 年河道 2. 1956 年河道
3. 1939 年河道 4. 1900 年河道



照片 5 迂迴扇的复迭

图版 IV



照片 8 河道的溢流
(航空象片上只能显示出坑洼)



照片 7 曲流的切穿
在航空象片上发现的古河道
在航空象片上未发现的古河道

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОСНИМКОВ В ИЗУЧЕНИИ ИЗМЕНЕНИЯ РУСЛА РЕКИ ДУНШАХЭ

Чжэн Вэй

(Институт географии АН Китая)

Резюме

В данной статье излагаются предварительные результаты экспериментальной работы по применению аэроснимков в изучении изменения русла реки Дуншахэ.

В районах пролювия и аллювиального конуса большая часть их поверхности была изменена культурной деятельностью человека. Но экспериментальные работы показали, что метод анализа аэроснимков все-так дает возможность доискать следы изменения русел.

Процесс анализа заключается в следующих: определении общей структуры системы воды по закономерности изображения геоморфологической структуры на аэроснимке, опознавании современных русел по изображению оптических особенностей стока и доискании следов изменения русел по изображению сухого русла.

Полевая проверка позволяет углубить данный анализ и исправить ошибки камерального суждения.

Весь процесс анализа аэроснимков можно рассматривать как процесс объединения информации отдельных микроэлементов, полученных по изображению снимка в информации групповых макроэлементов. Хотя в снимках содержатся богатые материалы, но существует и недостаточное место. Для необходимого сопоставления и обоснования должно полностью использовать топографические карты и литературные источники. Это значительно повышает уверенность данного объединения.