

试论太原断陷盆地古湖泊的演变

桑志达

赵余录

(山西省农业区划委员会)

(山西省农业遥感应用研究所)

1987年6月1日收稿

摘要

本文采取遥感图像光学增强、地学分析和历史资料论证的方法,研究了太原断陷盆地古湖泊的演变与生态环境的变化。研究中应用了1973年12月11日,1977年5月9日和1979年10月23日三个年代的春、秋、冬季节的MSS5(+)与MSS7(-)的图像,并采用比值法提取信息,共选用了11个组合,提取了不同历史时期的古湖泊的轮廓界线,同时还应用光电扫描仪量算面积,进行定量分析。最后,结合历史资料,分析、确定了古湖泊的时代、森林植被的破坏及湖泊收缩乃至灭亡对环境的影响。

应用陆地卫星影像,进行现代湖泊的研究,在国内已取得了成功的经验。如应用陆地卫星影像研究新疆罗布泊湖泊的演变、西藏塔若错湖群的数量和湖群的干化现象、鄱阳湖水面的季节变化、洞庭湖水资源,以及应用光学增强方法,研究山西运城盐池、硝池、伍姓湖的变迁与生态环境的变化。本文探讨了应用不同波段、不同时相的陆地卫星像片和比值法,提取古湖泊不同历史时期的轮廓界线;结合地貌、地质演变、地质构造、物探资料及历史记载确定各个古湖泊的时代可行性,并分析了古湖泊演变与生态变化的关系。

一、应用遥感信息提取古湖泊的轮廓界线

提取古湖泊的信息,主要是利用影像的“叠合”、“组合”可使图像信息结构发生某些改变而产生新的密度胶片,从而可将某些信息突出出来来实现的^[1]。这次我们采用了两种光学增强方法。

1. 分层曝光法

为了提取盆地区和盆地周围丘陵、低山、中山的地貌景观特征,选用了1979年10月23日陆地卫星太原幅MSS4, 5, 7像片,分别透过蓝、绿、红滤光片,进行分层曝光,组合成假彩色合成像片。这样将地物在三个波段上不同的反射能量差异,变成在底片上的透过率差异,并以明显的色差将地貌类型拉开,清晰、准确地显示出太原盆地界线、盆地两侧中、低山区的地貌形态、水系形状、植被类型以及黄土丘陵区土壤侵蚀千沟万壑的景观。从而,为研究古湖泊演变,提供了科学的地表景观依据。

2. 比值法

多波段卫星像片的信息,是以不同的密度而显示,密度则是地物波谱特性和形态特征的综合反映。复杂多变的地理环境和自然景观,再加上地面组成物质性质的不同,组成了

表 1 太原断陷盆地陆地卫星影像比值法光学增强组合方案

Table 1 A Complex Plan of Optical Enhancement by Means of Landsat Image Ratio

项目 编号	组合方式			影像特征	信息效果
	年.月.日	波段(MSS)	滤光片		
1	1977.5.15 1977.5.15	M + 5 M - 7	G R	水体和有水河流显示为绿色无水河流为白色	对古湖泊群有显示,反映了“九数”。古河道亦有显示
2	1977.5.15 1979.10.23	M - 7 M + 5	R G	水体和有水河流为绿色,无水河流为品红色白色黄土台地为品色	盆地东、西、中部古河道有显示,盐碱地为蓝色云影
3	1973.12.11 1977.5.15	M + 5 M - 7	G RB	水体和有水河流为草绿色,无水河流黄土台地为品色。	隐伏构造,古河道有显示。
4	1973.12.11 1977.5.15	M + 5 M - 7	G R	同 3	同 3
5	1973.12.11 1979.10.23	M + 5 M - 7	G RB	水体有水河流为墨绿色,无水河流为品色,居民点为绿色	对古湖泊有明显的显示。现代河流、居民点土壤含水显示
6	1979.10.23 1973.12.11	M + 5 M - 7	G R	有浮雕感	对现代河流,盐碱有显示。
7	1979.10.23 1973.12.11	M - 7 M + 5	R G	古河道含水的为蓝色,无水为品色	对古河道,隐伏构造,古湖泊界线有显示。
8	1973.12.11 1977.5.15	M - 7 M + 5	R G	古河道含水的为浅蓝色无水的为品色。	对古湖泊,特别是对照余祁菽演变界线较明显
9	1977.5.15 1977.5.15	M + 5 M - 7	G R	居民点为蓝色	河流、铁路、大型渠系有显示,
10	1979.10.23 1979.10.23	M + 5 M - 7	R G	水体有水河流为蓝色	对现代河流有显示
11	1979.10.23 1973.4.9	M - 7 M + 5	R G	同 10	同 10
标准假彩色合成	1979.10.23	M4,5,7	BGR	水体有水河流为蓝色	显示山、川、丘地貌水系、植被,黄土丘陵区侵蚀切割情况。

卫星像片上丰富的信息层次。古湖泊的遗迹虽然被不同厚度的第四纪沉积物所掩埋,但其地理环境,地表组成物质的波谱特性,在影像上仍有所反映。关键是要设法排除一切地面干扰因素,将这些微弱的信息解析出来。首先是选择反映被提取物信息较明显的季节的卫星像片。因为任何影像增强的手段,都不可能提取出原来卫星像片上不存在的信息。只能在原有微弱信息的基础上加以增强,使之有可能提取出来,选择春、秋、冬季地面植被少的卫星像片就是这个目的。第二选用了比值影像增强法。众所周知,该法是识别和提取地物及其特征的有效方法。尤其是应用了正负片叠加,达到了消除地面多余信息干扰、揭示区域景观和区域分异特征的目的。为提取古湖泊的遗迹,选用了反映该物体波谱较突出的 MSS+5-7 波段。因为 MSS5 (0.6—0.7 微米)对第四纪沉积物的研究具有很好的效果。尤其对于第四纪沉积物类型的划分和分布规律的研究,意义更大。MSS7 (0.8—1.1 微米)对水体、水陆界线反映清楚^[2]。MSS7 为近红外波段,对于温度差有特殊效应。叠加后可取长补短,消除干扰信息。具体选用了三个年代 (1973 年 12 月 11 日, 1977 年 5 月 9 日, 1979 年 10 月 23 日)春、秋、冬三个季节,进行了十一个组合方式提取专题信息。(其结果 1, 2, 5, 8, 9 组合对古湖泊的痕迹界线有明显的显示, 3, 4, 7 组合对较大河

表 2 太原断陷盆地古湖泊时代、形状、面积推测表
Table 2 Date, Shape and Acreage of the Ancient Lake in Taiyuan
Fault and Subsiding Basin

项目 名称	编号	历史记载时代		古湖 形状	面积 (平方 公里)	范 围 界 线
		朝 代	公元(年)			
“晋阳湖”	1	原始社会末	公元前 1100 年前	烟斗形	1150	北至太原市北格,南至介休、孝义、东至榆次、祁县、平遥,西至清徐、交城、文水、汾阳
昭余祁藪	2	西周—东汉	公元前 1100—公元 420	长带形	715	北至清徐、南至文峪河、汾河汇流处、东至太谷、祁县、平遥西境、西系交城文水汾阳
邬泽	3	北朝—魏	420—539	长带形	510	北至南庄南至文峪河、汾河汇流处、东至祁县平遥西境、西至文水、汾阳东境
蒿泽	4	隋	539—618	椭圆形	300	北至上下曲,南至文峪河、汾河汇流处、东至平遥西境、西至文水、汾阳东境
邬城泊	5	唐—宋	618—1229	椭圆形	150	北至杜家庄、南至文峪河、汾河汇流处、东至平遥县净化、西至平遥县香乐。
邬城泊洼	6	元	1271—1664	圆 形	70	北至平遥县西王智,南至文峪河、汾河汇流处,东至平遥县净化,西至平遥县武林
文湖	7	西周—东汉	公元前 1100—公元 420	椭圆形	130	北至汾阳县太平村,南至汾阳康宁堡、东至汾阳县城子、西至汾阳县城
洞过泽	8	西周—东汉	公元前 1100—公元 420	椭圆形	120	北至榆次市永康、东至榆次市修文、南至太原市集义,西至清徐刘村

流、隐伏构造有显示, 10 组合对水系、线性地物有显示, 11 组合对现代河流有显示(表 1)。

对古湖泊有显示的 1, 2, 5, 8, 9 组合中, 尤以 1, 5, 8 组合为佳。这三个组合的共同特点是: ①对于古湖泊的界线, 均以紫色、不均匀的线体所显示。②对于昭余祁藪古湖泊的演变界线, 三个组合虽然显示的明暗程度不一, 但其出现的位置、形状、大小基本相似。具体分析, 1 组合显示的色环多, 但不太明显; 5 组合显示昭余祁藪古湖泊的历史演变界线和洞过泽、文湖界线较清晰; 8 组合突出显示了“晋阳湖”和昭余祁藪古湖泊五次收缩的演变界线。

根据 1, 5, 8 组合所显示古湖泊界线情况, 进行对比筛选。选其显示明显部位, 勾绘出洞过泽、文湖和昭余祁藪、“晋阳湖”的界线。同时, 昭余祁藪五次收缩的历史界线也可以勾绘出来。诸古湖泊的形状、面积见表 2。

卫星像片上所呈现的古湖泊的轮廓界线, 是比较直观的。但仅依靠 1:50 万的比值卫星像片, 是难以勾绘出古湖泊的确切界线的, 更确定不了古湖泊的时代。还必须借助于地貌、地质和历史资料综合分析研究, 才能达到预期的目的。

二、以地貌形态、地质演变、地质构造资料、论证古湖泊的存在

古湖泊的形成与消亡, 是近几千年的变化史, 对于地质年代来讲, 是非常短暂的。所以, 古湖泊留下的痕迹还是可查的。

1. 从地貌景观来分析

古湖泊多分布在盆地内比较低洼的地区。该盆地四面环山,呈北东—南西向展布,盆地地区地势北高南低,中部低洼。盆地东侧的乌马河、象峪河、昌源河、潇河、津水河、惠济河、柳根河、龙凤河由东向西流,注入汾河;盆地西侧的磁窑河、瓦窑河、文峪河、阳城河、孝河由西北向东南流,也注入汾河。汾河由上兰村(S)进入盆地后,由北向南纵贯盆地,到义棠(E)进入灵霍峡谷。上述水系除汾河外,都向盆地中部汾河汇流,组成了向心水系。因此在汾河与文峪河间出现了带状洼地;另外在汾阳县东肖家庄一带、榆次市陈倪村一带,也出现了三面较高,一面低洼的簸箕形局部洼地。据考证这些洼地曾经是古湖泊出现的地方(图1图版I)

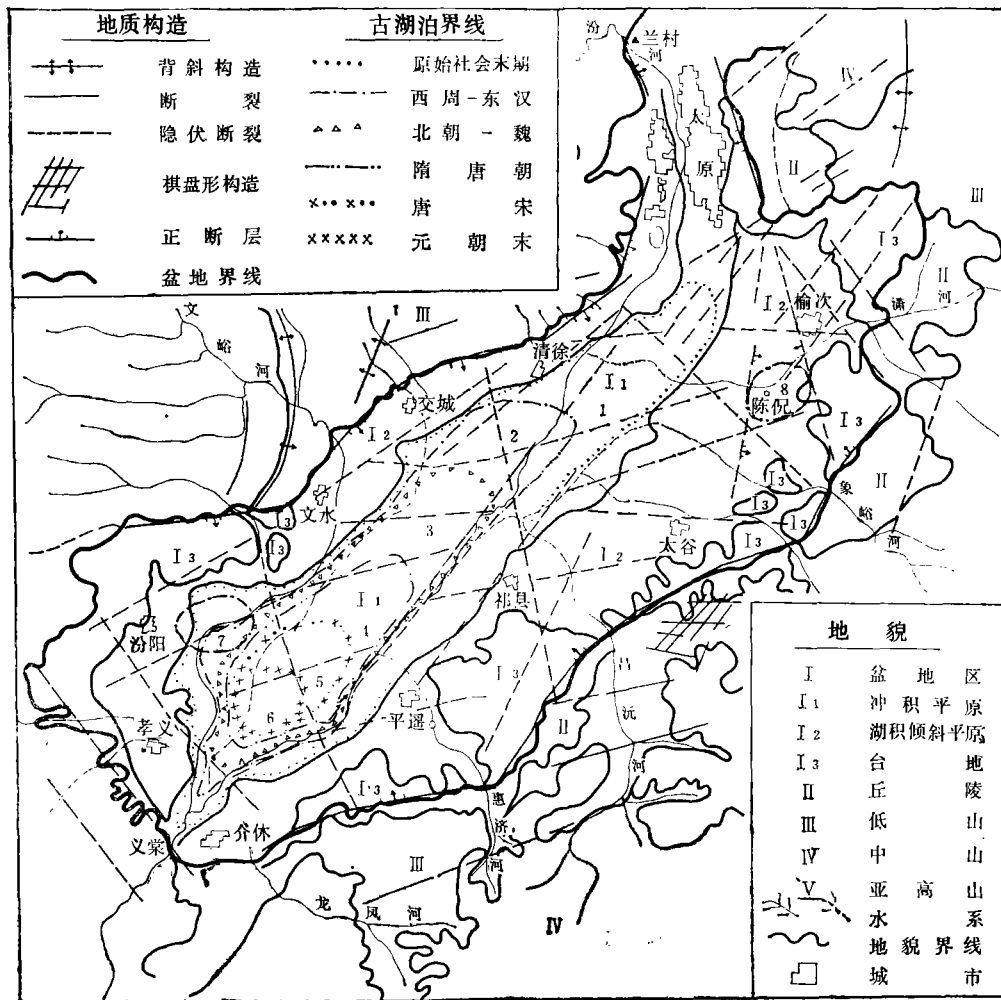


图2 太原新陷盆地、地貌、地质构造古湖泊示意图

地貌、地质构造根据图版 I 判读;古湖泊根据 1:50 万太原幅比值法卫星像片判读

Fig. 2 Sketch Map of Topographic Features, Geological Structure and Old Lake in Taiyuan Fault

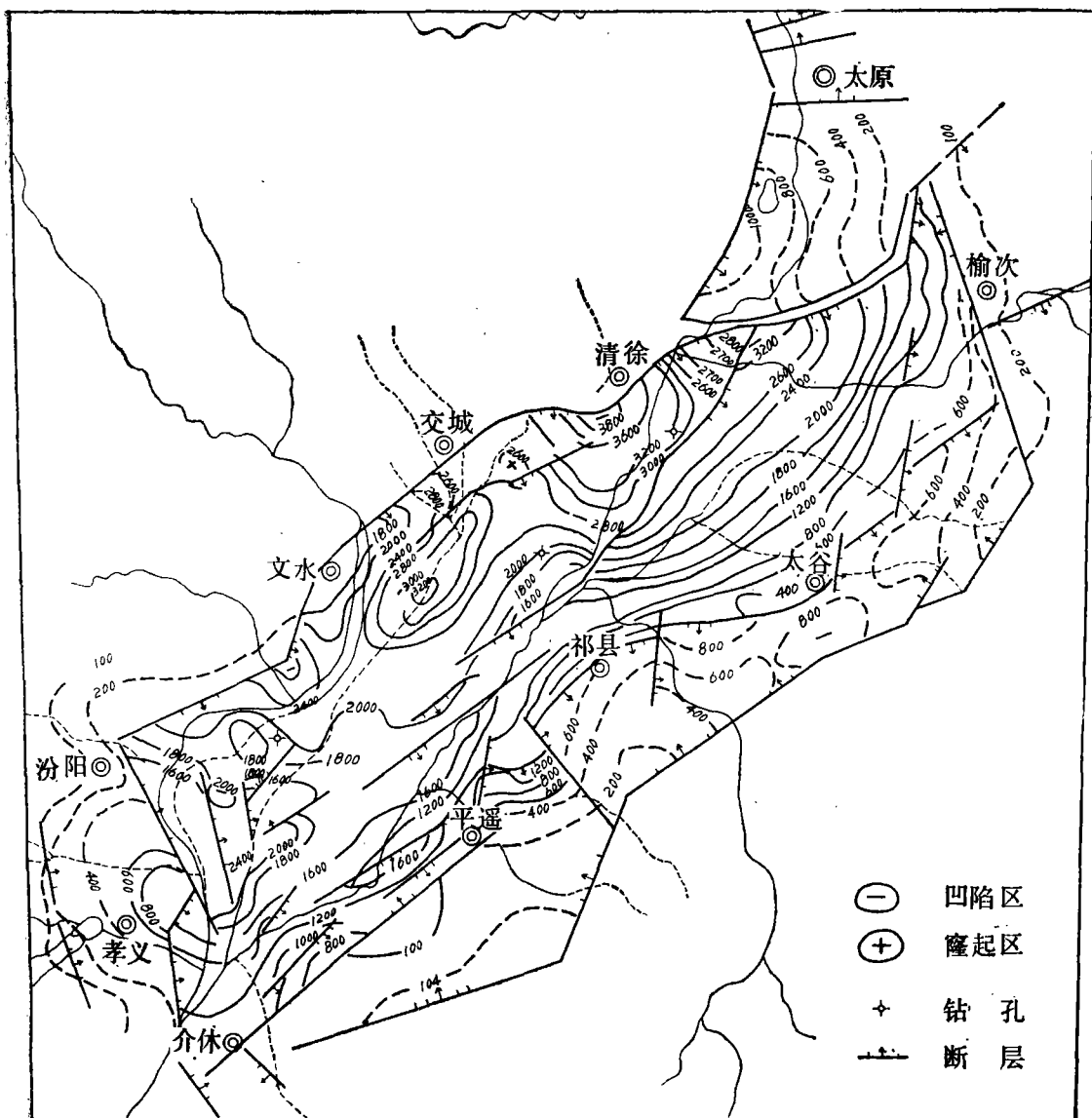


图 3 太原断陷盆地新生界底板埋藏深度图

本图摘自山西省地质局石油普查勘探队编制的“晋中断陷新生界底板埋藏深度图”。

Fig. 3 Sketch Map of Burial Depth of Substrate in Taiyuan Fault Basin in K₂

总之古湖泊出现在盆地内地势低凹处,长期积水,多堆积有近代河流冲积物,土壤多为盐化浅色草甸土和草甸土。这些土壤的光谱反射率比其它土壤低,据文水、祁县地物波谱测量,这两种土壤的反射率均在 30% 以下,而且到近红外波段,曲线出现下降趋势¹⁾。反映在标准假彩色合成卫星像片上,呈浅蓝色带有云雾感,这是区别于其它土壤和判读本区

1) 文水、祁县农业航空遥感彩色红外摄影、实测样方地物波谱测量曲线册,山西省农业遥感应用研究所,1980年。

古湖泊的主要依据之一。

2. 以地质演变、地质构造研究古湖泊的存在

该盆地是新生代形成的断陷盆地,新构造运动比较强烈。目前盆地区还在继续下沉,两侧山区相对上升。由于东侧山区斜掀上升,发育成“之”字形不对称的地堑盆地。

盆地基底构造也很复杂。据卫星像片判读,盆地内由北北东、北东东、北西西和近东西向的四组隐伏断裂组成了斜菱形格局。北北东向的两条深大断裂,由东北向西南纵贯盆地中部地区,断裂规模大、切割深,堆积了巨厚的新生界松散岩层(图 2)。

钻探和物探资料证明,北北东向的两条平行大断裂,是基底岩埋深的分界线。在大断裂的东侧基岩埋藏浅,一般埋深 200—600 米;大断裂西侧基底岩埋藏深,一般 1400—1600 米,最深达 3600 米。在此带还出现了三个凹陷区。A 凹陷区呈半圆形,面积约 90 平方公里,凹陷深 2800—3600 米;B 凹陷区呈椭圆形,面积约 70 平方公里,凹陷深 2800—3200 米;C 凹陷区呈圆形,面积约 6 平方公里,凹陷深 1800—2000 米。上述大断裂地堑带和一些凹陷区,与比值法卫星像片提取的古湖泊位置、轮廓界线基本一致(图 3)。

另外从水文地质条件来分析,古湖泊区一般地下水位高,矿化度大,水质劣,富水性小。如邬城泊范围(6号古湖泊)内潜水水型为氯化物硫酸一钠镁型水(CIS—NaMg),矿化度 2—10 克/升。

总之,古湖泊曾经出现的地区,尚留有地势低凹,土壤下湿盐碱,潜水位高,矿化度大,水质劣,基底岩埋藏比较深;新生界松散岩层沉积厚等特征。

三、以历史记载确定古湖泊的时代

据记载,太原断陷盆地在原始社会末期,还是一望无际的大湖,直至禹王治水,“打开灵石口,空出晋阳湖”¹⁾,湖泊才逐渐缩小,变成耕地。这些历史传说没有确凿的记载引为佐证,但从第四纪沉积岩相是可以说明的,在下更新统时期太原断陷盆地确实是一望无际的大湖,沉积了遍及全盆地的湖相地层,由于新构造运动的不断破坏,使该地层在盆地区下沉到海拔 600—700 米;盆地边沿山区上升到海拔 1200 米左右,比盆地中部高出 400 多米。但这只能说明一百万年前太原断陷盆地曾经是一个巨大的湖泊,还说明不了历史上记载的湖泊群。

卫星像片比值法显示的一号湖泊界线,超出了水经注记载的昭余祁藪的范围界线,作为未有记载的湖泊的面积,即称为“晋阳湖”。据《尔雅·释地》与《周礼·职方》等古籍记载,当时(西周至东汉时期,公元前 1100 年至公元 420 年)的昭余祁藪“方圆数百里,烟波浩渺”(今介休以北,平遥、祁县、太谷西境、文水、汾阳东境),是全国著名的“十藪”或“九藪”^[3]之一。这与比值法卫星像片显示的 2 号湖泊范围近似。北魏《水经注》(公元 420—539 年)记载的邬泽和祁藪^[4],与比值法卫星像片显示的 3 号湖泊范围近似。《水经注》记载的蒿泽(隋唐时期,公元 539—618 年),与比值法卫星像片显示的 4 号湖泊范围近似。唐

1) 啸虎,大禹、仙女、灵石口,晋中水志史料,1986 年第一期。

宋(公元618—1229年),记载的邬城泊的范围,与比值法卫星像片上显示的5号湖泊范围近似。元初(公元1271—1664年)仍称为昭余池或称邬城泊的洼地,与比值法卫星像片显示的6号湖泊范围近似。到了明、清时代,再无湖泊的记载,说明湖泊已消失无闻。

至于历史记载的文湖和洞过泽的范围界线,与比值法卫星像片显示的7号、8号湖泊相吻合。初步分析,这两个湖泊的形成可能是“晋阳湖”水面缩小后,形成的昭余祁藪、文湖、洞过泽三个独立的姐妹湖。由于文湖和洞过泽所处地势较高,湖泊面积小,所以湖泊消亡的年代也较早。这仅仅是个分析,尚无历史资料可以证实。

综上所述,以影像特征为基础,地学分析找规律,历史记载定时代,综合分析研究古湖泊的演变,必须是:

(1) 影像判读要建立在地质规律的基础上。比值影像增强法提取的古湖泊信息,不仅要有可辨的图斑界线,而且要符合地貌、地质构造、沉积相的规律。否则是不可置信的。

(2) 影像判读要与景观结构相一致。判读的古湖泊还必须以景观结构作全面的分析。卫星像片上可清晰地分辨出各种不同性质的地段,以及组成各地段要素之间的相互关系,如岩相结构、植被类型、水系形态、土地利用状况等,均可作为有效的辅助分析依据。

(3) 历史记载资料与影像相结合。古籍记载古湖泊的情况,数量少,又比较笼统,一般没有精确的数据。但这确实是可贵的依据,必须多方查找核对,尽量取得与影像上一致的图形。再从图像上量算得面积,这种互相验证,互补不足的方法,还可解决一些具体问题。

需要说明的是,有以下几种关于“九藪”的记载:“《周礼·职方》“九藪”: 扬州的具区、荆州的云梦、豫州的圃田、青州的大野、雍州的弦蒲、幽州的猗养、冀州的杨纒、并州的昭余祁。《吕氏春秋·有始览》“九藪”: 吴的具区、楚的云梦、秦的阳华、晋的大陆、梁的圃田、宋的孟诸、齐的海隅、赵的钜鹿、燕的大昭。《淮南子·坠形训》“九藪”: 越的具区、楚的云梦、秦的阳纒、晋的大洼、郑的圃田、宋的孟诸、赵的钜鹿、燕的昭余、齐的海隅”^[3]。

四、湖泊的收缩消亡反映了生态环境的变化¹⁾

从太原断陷盆地的湖泊收缩与消亡,直接反映了森林植被生长、水系变迁及人类活动等生态环境的变化。该盆地在唐代以前,虽然湖泊水面在逐渐缩小,但还保留有一定的面积,说明森林植被涵蓄水的能力还保持有一定程度,水文网还没有什么变化。据记载,唐代以前,太原断陷盆地东侧的太行山、太岳山和西侧的吕梁山,“树木茂密,草地广阔”,平原区草木畅茂。在魏晋南北朝时,太行山中段,除丘陵低山的森林有些破坏外,广大山区保持完好。由于森林涵养水源,防风固沙,保持水土,调节气候,河水流长,终年不断。《诗经》魏风中描述汾河,“河水清且涟漪,河水清且伦漪”。汉武帝在秋风词中还说“泛楼船允济汾河,横中流兮扬素波”。充分说明了当时汾河不仅是深槽型河床,而且是清水扬波。从春秋时期鲁喜公到隋唐,汾河均发展航运,甚至是枯水通航,一次漕运粮米达700万石。

1) 太原断陷盆地内古湖泊的消亡,故然有生态环境恶化的原因,但亦不能忽视近百万年来地震、断裂等新地质构造造成的构造泄漏的地质背景——编者。

盆地边缘诸河流、溪流不断,泉水沿边山涌现。如晋祠泉、洪山泉、寒石烈泉、神头泉、酌泉等,水量充沛,早在唐代以前就引以灌田,是一派山青水秀、五谷丰登良性循环的生态系统。唐、宋时代森林采伐面积扩大,森林植被覆盖度下降,涵蓄水的能力有所降低,水土流失增加,河道变形,干旱有所露头。北宋末年汾州大旱,河水涸,水运停,“修楠巨梓”,“积压数万株”¹⁾。郛泽、祁藪水位下降,成为沼泽潭。明中叶前尚保留一些片状残林,但还可观。太岳山两侧的灵石、介休、平遥、孝义等县仍多松柏,交城山老柏满岩,汾阳山上和太原东西山仍有不少森林。明中叶实行“锄山为田”的政策后,使太行山腹地、吕梁山中段森林遭到严重破坏。明、清时代到阎锡山统治时期,以及日寇入侵,将残留的片林摧毁殆尽,变成了光山秃岭,散失了涵养水的能力。山洪暴发、河道淤积、水土流失、湖泊干涸,旱涝灾害频繁出现,生态环境向劣性循环方向发展。据记载,从 1602—1933 年的 300 多年间,汾河决口改道 20 余次,1892 年汾河决口,局部改道,淹没耕地 24 万亩,1913 年汾河决口,淹地 181 万亩,1928 年旧河床淤平、河流局部改道、淹地 75 万亩,1933 年决口淹地 93 万亩。1942 年河流决口淹地 100 万亩。河流每次决口都淤高地面 2—3 尺²⁾。旱灾更为频繁,号称“十年九旱”。如光绪三年(公元 1878 年)连续三年大旱,“赤地千里,饿殍遍野”。由此可见,人类破坏森林植被,不仅使湖泊消声匿迹,而且带来了干旱和洪涝灾害,这是大自然对破坏生态环境的有力惩罚。

结 束 语

采用遥感影像光学增强提取信息,地质资料论证,历史记载分析确定古湖泊的时代来研究生态环境的变化,是一次粗浅的尝试。深感用比值法在卫星像片上提取古湖泊的信息是个关键,否则就无从下手。所以要选择对提取信息干扰少的时期的卫星像片,也就是地面植被少、土壤含水量小的春、冬季节的卫星像片。选用不同时相的多种组合方案,可提取出较多的有用信息,并便于对比勾绘出的古湖泊界线与范围。

实践证明,应用比值法提取古湖泊形状、范围的信息,并应用地质、地貌、历史考古等资料论证,可信度较高。由此可见,应用多种手段相结合的方法,是弥补资料不足的有效途径。

参 考 文 献

- [1] 李琦,陆地卫星像片(太原幅)乔灌草信息特征增强和提取及其解译,遥感文选,科学出版社,1981年。
- [2] 北京大学地理系地貌专业遥感研究组编,地球资源卫星像片的地质解译,地质出版社,1978年。
- [3] 田世英,黄河流域古湖钩沉,山西大学学报,(2),1982。
- [4] 酈道元,后魏水经注卷六·汾水,巴蜀书店印刷。

1) 山西省简明综合农业区划编写组,山西省简明综合农业区划(初稿),1981年。

2) 山西省治汾指挥部,汾河流域治理规划,1972年。

A STUDY ON THE EVOLUTION OF ANCIENT LAKE IN TAIYUAN FAULT AND SUBSIDING BASIN

Sang Zhida

(Shanxi Committee of Agricultural Regionalization)

Zhao Yulu

(Shanxi Institute of Remote Sensing Application in Agriculture)

Abstract

In this paper evolution of ancient lake in Taiyuan basin and changes of ecological environment were studied by optical enhancement of remote sensing image, geoscience analysis and historical records. Using 11 combinations we extracted information by means of the ratio method between MSS+5 and MSS-7 gathered by landsat in Dec. 11, 1973, May 9, 1977 and Oct. 23, 1979. Information about the contour of the ancient lake bank during different historical period was obtained, its acreage was measured by optical electronic scanner and analysed quantitatively. By analysing historical records we identified the date of the ancient lake, the influence of forest destruction on environment and shrinkage or extinction of the lake.

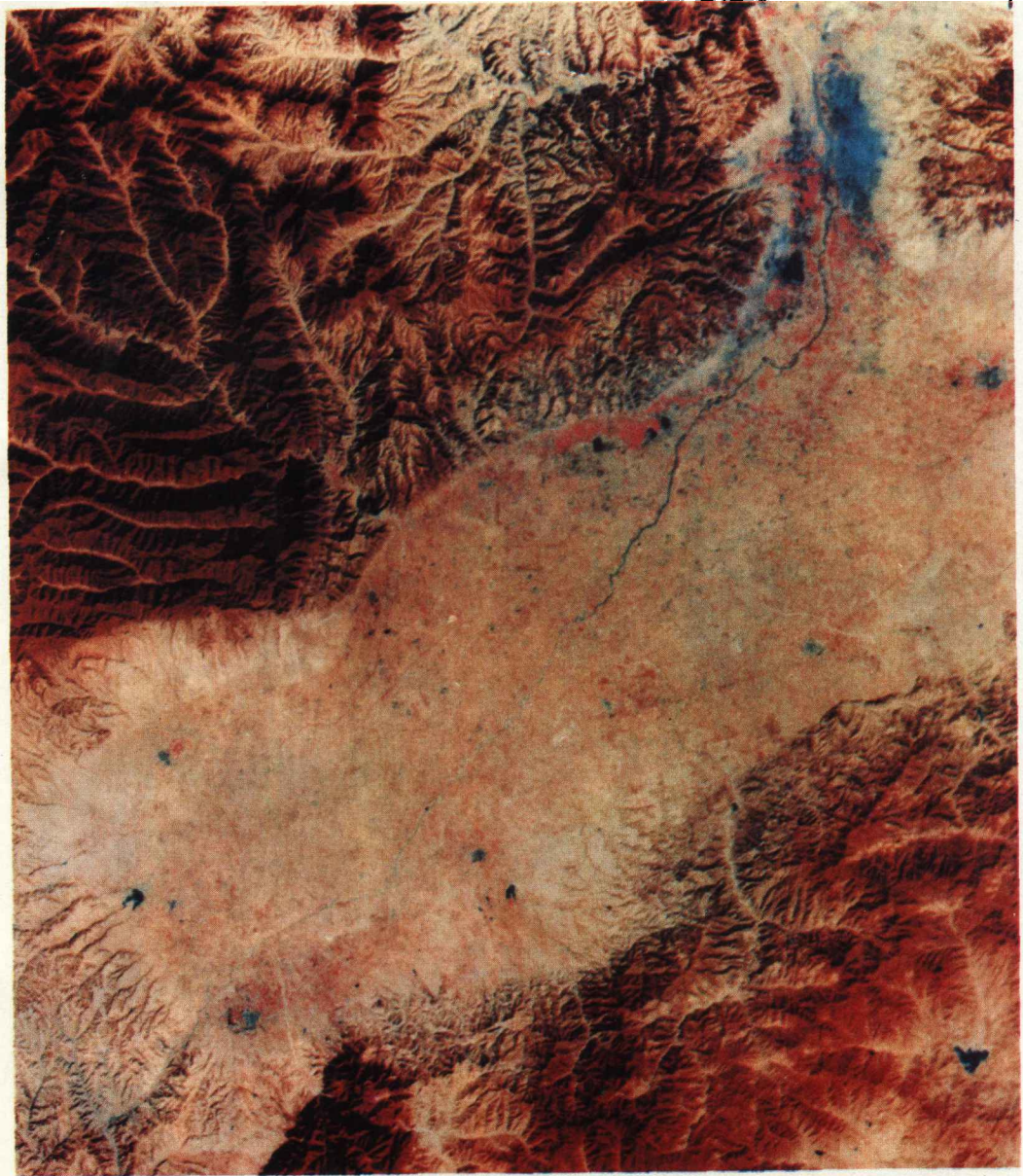


图 1 太原断陷盆地假彩色合成卫星影像