

# 遥感在环境地质调查方面中的应用

王金辉 祝德成 李洪奎 曾庆斌

(山东省地质调查院, 济南 250013)

**摘要:** 为了研究小浪底水库建成运行后对黄河下游山东段的影响, 本论文借助 GIS 和 MAPGIS 软件, 以遥感图像处理软件 ENVI 为工具, 利用两期不同时相的遥感数据, 对黄河下游山东段的环境地质方面的问题进行了研究。

**关键词:** 遥感; 环境地质; 盐碱地; 湿地

黄河下游山东段地处鲁西北平原及鲁中南山地西北部, 东临渤海, 南依泰沂山区, 西北部与河北省相邻, 西南部分别与河南省、江苏省接壤。该区社会区位优势, 经济发展迅速。沿黄两岸则分布有省会济南及泰安、淄博、东营、滨州、德州、聊城、菏泽等重要城市和所属县(市、区), 以及胜利油田等。区内基础设施完善, 工业体系齐全, 土地充足, 资源较为丰富, 也是山东省主要粮棉基地和农业综合开发示范区, 在山东的经济发展中具有举足轻重的地位。研究区交通发达, 已构成海、陆交通枢纽, 高速公路已连接各地级市, 发达的交通为该区经济发展注入了活力(图 1)。

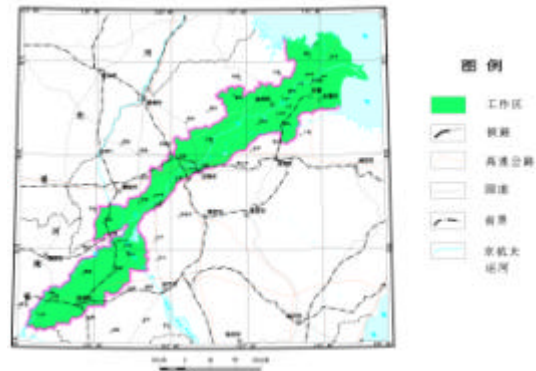


图 1 研究区交通位置图

## 1 研究背景

黄河是中华民族的母亲河, 然而由于受到人类的过度开发, 破坏该地区的生态平衡, 使黄河下游经常出现断流的现象, 严重的年份甚至常年断水, 随着小浪底水库的建成, 对黄河下游的环境地质产生了重要的影响, 基于此, 本次充分利用 ETM+遥感卫星中的多波段和多时相特征, 经过图像处理和人机对话解译, 深入分析了小浪底水库运行前后, 黄河下游周边地区土壤盐渍化、湿地化范围及其变化趋势, 为黄河下游山东省一带水资源的合理开发利用, 国民经济与地质环境的协调发展, 地区生态平衡维护, 提供了重要的科学依据。

## 2 遥感图像处理

### 2.1 遥感资料搜集

不同分辨率影像的选取, 对研究成果的精度有着密切的联系, 为了实现高精度的动态观测和研究, 本次研究采用了同时期不同年份的两期 ETM+遥感数据作为数据源(表 1)。

### 2.2 遥感图像处理

结合本次研究目的, 根据实际需要和数据的特点, 通过试验制定出了一套实用的图像处理流程。

#### 2.2.1 假彩色合成

所需影像的合成采用定量计算 OIF 指数的方法, 选择各波段图像的最佳合成方案。以轨道号 121034 为例, 首先依据公式 1 统计各个波段(30m)的标准差、波段间的相关系数, 然

后据此计算 OIF 值。

计算公式为：

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 |S_i|}{\sum_{i=1}^3 |CC_i|} \quad (\text{式 1})$$

其中， $S_i$  为灰度值标准离差，标准差越大，表明图像包含的信息量越大； $CC_i$  为波段间的相关系数，相关系数越小，说明图像间的冗余度越小。一般说来，OIF 值越大，合成方案越佳，但是往往要结合实际情况来确定合成方法。

通过计算，可以得到六个波段的相关系数（表 2）

表 2 波段相关系数表

band	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Band 1	1.000000	0.965857	0.861210	0.607862	0.579792	0.586447
Band 2	0.965857	1.000000	0.935026	0.648562	0.660463	0.675327
Band 3	0.861210	0.935026	1.000000	0.731086	0.811553	0.834571
Band 4	0.607862	0.648562	0.731086	1.000000	0.850316	0.781162
Band 5	0.579792	0.660463	0.811553	0.850316	1.000000	0.974391
Band 7	0.586447	0.675327	0.834571	0.781162	0.974391	1.000000

得到几个合成方法的 OIF 指数如下：ETM+135：61.822714；ETM+137：57.180411；ETM+145：64.851059；ETM+147：62.468234；ETM+235：55.369637；ETM+237：50.928664；ETM+245：58.435648；ETM+247：55.781148，由上我们可以看出，1，4，5合成的指数最大。其中三波段为叶绿素的主要吸收波段，而对于植被的反射信息，本次研究工作尤为重要。结合以上信息，选用4，5，3合成方案，对遥感数据进行了去云去噪、融合、矫正等处理，就得到了我们所需要的遥感影像。

2.2.2 图象增强处理

波谱特征增强是为了突出不同地物间波谱特征的差异，以利于地表信息的反映，而对图像中包含有用信息的灰度组分进行选择性地增强。在反差扩展和彩色增强时，进行了各波段增强后彩色合成，多波段的比值、差值、K-L 变换后各组分增强及混合彩色合成的“多波段增强”，以及多时相差值增强和彩色的“多时相对比增强”。

a、反差扩展

对于 RGB 图像显示系统，灰度显示范围为 0 - 255 之间，但实际图像由于成像系统的特性、成像时的光照条件、以及像幅范围内地物间辐射差异的大小等各种原因，常常使大部分象元的亮度值集中在比较窄的区间，致使图像的反差小。反差增强就是要对灰度图像通过扩展图像的亮度分布，使之占满整个动态范围（0 - 255）以扩大地物间亮度差异，从而分辨出较多的亮度等级。其变换后的像元亮度值  $y$  与变换前的值  $x$  遵从函数关系：

$$y = f(x) \quad (\text{式 2})$$

其中  $0 < y < 255$ 。按照变换的性质不同，可以将反差增强分为线性增强和非线性增强（对数变换和指数变换）等。

b、彩色增强

表 1 ETM+影像列表

编号	图幅名	轨道号	成像时间
1	东营幅	121/034	2000-05-02，2003-05-27
2	惠民幅	122/034	2000-06-10，2003-04-16
3	济南幅	122/035	2000-04-07，2003-04-16
4	济宁幅	122/036	2000-04-23，2003-04-16
5	德州幅	123/034	2000-05-16，2003-05-25
6	聊城幅	123/035	2000-05-16，2003-05-25
7	菏泽幅	123/036	2000-03-29，2003-05-25

是利用人的视觉对不同色彩的分辨能力远高于对不同灰度级的分辨能力这一特点，将单波段图像按不同灰度赋色，表现为易分辨的伪彩色或多波段做彩色分量合成“真彩色”或“假彩色”图像，以同时显示多变量图像信息。

#### c、主成分分析

主成分分析可以起到数据降维的结果。Landsat-7 ETM+传感器一次可以获取 8 个波段的数据，但是由于 RGB 图象显示系统每次只能同时显示三个通道。利用主成分分析可以将原始多波段数据变换到特征空间，从而使得前三个主成分包含了原始多波段图像的大部分信息，以利于分析和解译。第一主成分（PC1）代表了原始多波段图像中的大部分信息，PC2、PC3 等依次递减，下图为东明县南面的湿地变化影像，由于含水量充足，植被茂盛，在变换后的影像图上湿地为绿色调，与水浇地有一条比较明显的分界线。

#### d、缨帽变换

缨帽（Tasseled Cap）变换又叫 K-T 变换，有助于分离（提取）植被（绿度）和土壤（湿度）等信息。对 MSS 数据，缨帽变换得到四个参数 - 土壤亮度指数（Soil Brightness Index，即 SBI）、绿度指数（Green Vegetation Index，即 GVI）、黄物质指数（Yellow Stuff Index，即 YVI）和与大气效应相关的 Non-such Index（NSI）。对 Landsat TM 数据，缨帽植被指数包含三个部分：“亮度（Brightness）”、“绿度（Greenness）”和“土壤含水量等与土壤有关的第三部分（Third）”。

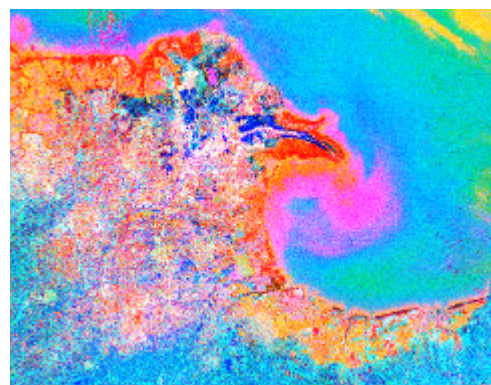


图2 主成分分析 1, 2, Brightness 彩色增强处理

图2为黄河三角洲地区主成分分析后1(红),4(兰)和缨帽变换后亮度(Brightness)(绿)波段合成后经过图像增强变换的影像，从图上我们可以清楚地看到不同地类的界线，最外面粉红色的为滩涂地带，深黄色调靠近海边的为湿地和沼泽地带，粉红色夹带着黄色的地区为盐渍化地区，蓝色的为非盐渍化地区。

#### e、比值和差值

比值和差值法是一种比较简单而有效的图像增强方法，可以扩大不同地物之间的微小亮度差异，消除或减弱地形等环境因素的影响，提取土壤含水量等专题信息，而且对地质信息尤为敏感。可以使用较成熟的比值方法，也可根据波段之间的相关性来设计比值方案，通常，相关性越小，比值效果越好；弱异常信息提取较为复杂，不同地区应选择不同的处理方法，要获得最佳效果需反复试验。

#### f、归一化植被指数

变换后的影像上植被生长茂盛的地方白色调很明显，而在盐渍化地区，由于缺苗，植被覆盖率不够，表现为明暗相间的色调。

在实际处理过程中，以上几种处理方法往往不是单一的独立的，要结合在一起不断的尝试，反复使用，以求达到最好的效果，探求最好的适合人的生理特点的假彩色合成方法。

### 3 解译标志

根据本次项目的研究要求，参照朱亮璞的《遥感地质学》、山东省地貌图、黄河中下游（山东段）环境地质背景图以及野外现场验证，通过数字图像处理，并参考区域地质资料，进行综合地质分析，建立了该区域地质解译的解译标志。

### 3.1 湿地

“湿地”人们通常称之为“地球之肾”，可见其重要性。“湿地”是地球上最富有生命力的水体，包括海洋与陆地的过渡带。简言之，“湿地”就是自然水源使大片植被赖以生存之地。

遥感解译“湿地”不仅仅指河流两岸、水库四周、大量农田、水田、海滩等，而系指不经人为灌溉就能使植物自由生长之潮湿地带，统称为“湿地”。“湿地”影像特征在 ETM+遥感影像上色调较为突出，呈浅灰白至浅绿蓝色调，比周围的颜色较深，斑点状和杂乱状影纹，无正规几何图形。在灰白色或浅绿蓝色调中，也零星见小块浅红色色调，斑块状影纹，这一影像特征是因为在大片盐碱“湿地”中因水量丰沛并以淡水为主，近期开辟成新的农田。此种影像较为孤独，在黄河三角洲中能零星见到，如利津县盐窝镇近期被改造成的水稻田，野外得到验证。

“湿地”植物以芦苇群落为主，除优势种芦苇外，伴生有獐茅、白茅等耐盐植物。天然柳群落主要分布在黄河口附近河漫滩上。碱蓬、盐蒿植物主要分布在地势稍高的滩涂边缘地带。

湿地总的变化趋势是从西南菏泽地区到黄河三角洲，湿地沼泽化现象越来越明显，分布面越来越广，在西南地区主要以零星分布为主，面积也不是很大，沿着黄河两岸，分布面积逐渐增大，如济南西面的湿地，面积约 7 平方，到黄河三角洲地区面积最大，大片的分布，芦苇等喜淡水植被生长茂盛，野外验证一望无际。

### 3.2 盐碱地

土壤盐渍化系指咸水区土壤在蒸发之后，形成大片盐碱地，使土壤生殖能力大大降低，植物难以生存之地。这类土壤之所以盐渍化，就是盐份大大超过土壤正常指标几倍至上千倍，农作物难以正常生存之地。

土壤盐渍化分为原生盐渍化和次生盐渍化，原生盐渍化的分布主要受控于地貌形态类型和地表岩性，次生盐渍化受人为因素影响，如近黄地带的不合理灌溉可产生次生盐渍化，主要是由于不合理的灌溉而造成。

影像上土壤盐渍化呈浅蓝绿白色，斑块状影纹，形成不规则状几何图形特征，让其耐盐植被自由生长，所以无正规影像信息，但与农作物生长区之交接线显示清晰、易识别，它往往与非盐渍化土壤形成一条易识别的不规则线性影像色线。在交接线农作物生长一侧为茂盛的正规几何图形，以红色色调为主；而咸水区之盐渍化土壤在影像上呈明显反差，多以浅灰白、浅灰绿色为特征，无规则几何图形，且盐碱地所在的地区村庄密度较小，往往建有一些中小型的水库，较易识别解译。

土壤盐渍化总的分布规律，从鲁西南的菏泽—黄河三角洲，盐渍化现象越来越严重，分布面积越来越大。本次解译工作在西南地区主要解译出两处盐碱地，分布在菏泽市内，面积比较小，有两个平方公里左右，从滨州市往东，面积逐渐增大，盐渍化越来越严重。

### 3.3 沙化

区内土壤沙化的成因主要有二：其一，黄河古（故）河道的废弃河床内沉积的粉砂，经风力二次搬运，形成沙丘、沙垄等，造成土壤的沙化；其二，引黄沉积的泥沙，造成灌渠两侧和沉砂池周围相应范围内土壤的沙化。第一种成因的沙化可称为原生沙化，第二种成因的沙化可称为次生沙化。

土壤沙化在影像上表现为白色或者浅绿色调，色调比周围浅，无规则形状，植被不发育或者很少发育，主要在古河道的交界处，在影像上与非沙化地有一条比较明显的界线。

次生沙化沿引黄干渠、沉砂池两侧和周围分布，沙化程度受人为因素影响，引黄干渠两侧沙化宽度一般 5-20m，近黄地带较宽，随着引黄量的增加和在雨季（黄河高含沙量季节）

引黄,使得这类沙化有日趋严重的趋势;由沉砂池引起的沙化更为明显,但现在已实行了沉砂池复垦工程,当沉砂池已不能继续使用而废弃时,能够得到复垦,因此沉砂池引起的沙化具有阶段性,如齐河县东北角上的沉砂池,可以明显地看到在 2000 年是白色到浅绿色的沉砂池色调,而在 2003 年,可以清楚地发现已被复垦。

## 4 结论

通过本次研究证明,利用遥感影像进行环境地质调查是一重非常科学的研究方法,值得在今后工作中推广应用。

通过两个时段影像比较研究发现,小浪底水库建成投入运营以后,黄河下游的生态环境得到了极大的改善。经过小浪底工程的宏观调控,黄河水从此再也没有断流过,这就为黄河下游的植被带来了充足的水源基础,且黄河来水量变化趋小,再加上 2000 年以后黄河两岸降雨量增多,生态方面主要体现在以下:

### 4.1 盐碱地

面积在缩小,从 2000 年的影像上我们可以清楚地看到,盐碱地的范围伸展到滨州市以西,总面积为 161.2 平方公里,而从 2003 年的影像上经过处理后,发现盐碱地的范围已明显地缩到滨州市的东面,且在黄河三角洲地区原来很多不能生长植被的地方已经开始复苏,有的已形成湿地和沼泽区,被淡水植被所覆盖,野外验证得到确认。如垦利县北面,2000 年时为盐碱地,植被很难生长,而在 2003 年可以清楚地发现沼泽化比较明显,在影像上表现为深色调,野外验证部分地区已种为水稻,总面积减少到 145.8 平方公里,由此我们可以看出也可以推断,黄河三角洲地区的盐碱地会随着时间的推移逐渐向海边退却,而且盐渍化程度也会逐渐得到改善。

### 4.2 湿地与沼泽地

在黄河下游山东段,随着充足水源的补给,面积有增大的趋势,在 2000 年为 145.6 平方公里,而 2003 年增为 153.5 平方公里。在影像上表现得也比较明显,例如:菏泽市东明县南面的沼泽地,从影像上可以明显的看到沼泽范围的扩大,而且沼泽地含水量也有明显的增加,野外验证得到确认;黄河入海口,由于黄河每年携带大量的泥沙进入渤海湾,使海滩逐渐向外扩大,黄河入海口处的芦苇和沼泽地面积逐渐增大,以前干涸的地方植被开始复苏,有的地区已经形成湿地和沼泽地带,黄河三角洲又开始呈现出一片勃勃生机的大好景象。

### 4.3 沙化地

沙化情况得到有效的控制,沿黄两岸由于得到充足的水源,使一些以黄河灌溉为主的地区得到了充足的水源,黄河两岸一些原来不能耕作的地区在当地政府的支持下,被当地农民开发,黄河的两岸不再是光秃秃的一片,例如菏泽地区的黄河大堤内土地的开垦。

但是在菏泽市东到梁山县一段,初步探测是由于水资源不合理开发利用造成的,沙化地面积有进一步扩大的趋势,本次研究野外验证时得到确认。

## 5 结束语

由上可以看出,经过小浪底工程的宏观调控,黄河下游的生态环境总体上得到了极大的改善,对黄河下游的经济发展起到了良好的促进作用。

经过以上研究可以发现,用遥感做环境地质动态监测是行之有效的方法,节省了大量的财力和物力,值得在以后的工作中推广应用。

- [1] 王彦俊等,黄河中下游(山东段)主要环境地质问题调查评价成果报告,山东省地质调查院地质调查项目报告,2002年12月.
- [2] 唐孟武等,黄河三角洲地区遥感解译报告,山东省地质调查院地质调查项目报告 2003年6月.
- [3] 朱亮璞,《遥感地质学》,地质出版社.
- [4] 1:50万山东省地貌图,山东省地质调查院,2004年8月.
- [5] 张景发等,山东省大中城市活断层研究遥感专题报告,中国地震局地壳所,2002年12月.
- [6] 区域土壤盐渍化遥感监测研究综述,关元秀,刘高焕 《遥感技术与应用》,2001年3月第16卷第1期.
- [7] 黄河三角洲生态环境动态监测与数学模拟,刘高焕,叶庆华,刘庆生等,科学出版社.