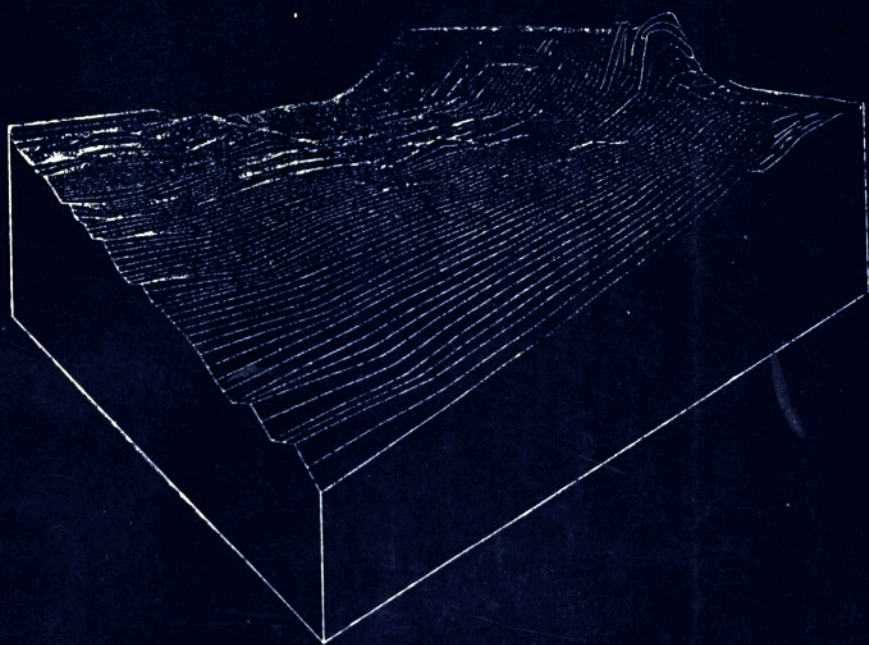


黄河口遥感研究

许殿元 著



气象出版社

黄河口遥感研究

许殿元 著

气象出版社

内 容 简 介

本书是应用遥感技术研究黄河口和三角洲地学问题的专著，全书二十多篇论文分别探讨研究了黄河口动态变化、海城泥沙、海岸演变、陆地淤蚀、三角洲形成、黄河尾间摆动，以及水文气象等。作者在书中提出一些自己的观点和看法。

本书对黄河三角洲的开发，黄河口的治理以及这一地区的石油工业建设等，都具有一定的实际意义和重要的参考价值。

本书可供地理、地貌、地质、石油、环境、海洋、农林、水利、气象、以及遥感应用等领域的科研、生产、教学单位人员参考使用。

黄 河 口 遥 感 研 究

许殿元 著

责任编辑 潘根娣

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京安华印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 13.5印张 318千字

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷

印数：1—1000 定价：7.00元

ISBN 7-5029-0346-1/P·0191

序 言

我在“六五”与“七五”期间都承担了遥感技术攻关项目的课题任务，具体科研工作也都是落实在黄河口三角洲及其附近海域地区的地质专题内容上。大家知道，黄河是世界著名的大河，也是世界上输沙量最大的河流。自1855年黄河改道山东入海以来，已逾130余年，黄河善淤善决善徙，下游地区经常决口改道，尾间流路在三角洲扇形区内也频繁摆动。由于黄河在三角洲河口及其滨海水域的大量泄沙，促使这一地区海陆环境演变异常迅速，因而具有典型的地质研究意义，这就是我们课题工作落实在黄河口地区的发端思想。近30年来，由于石油工业在黄河三角洲的兴起与发展，也促使了我国对这一地区的关注和重视，这也加强了我们对这一地区的研究动力。

这些年来，随着新技术的引进，国内遥感设备与资料的使用也日益普及，获得遥感信息也日益迅速方便，计算机系统的发展，也为遥感信息资料的及时处理创造了条件，并为黄河口的遥感研究奠定了物质基础。

因此，在整个研究过程中，我们始终把应用遥感技术来研究黄河口问题放在首要位置，其中有些是应用遥感技术直接研究分析的成果，另有些则是遥感研究成果升华后的理论总结，还有一些更是包括遥感在内的多学科的综合研究分析成果。我们把遥感技术与地质应用相结合，室内分析与野外调查相结合，人的专业知识与计算机的定量计算相结合，按这样的方式进行着工作。通过大量收集资料，遥感数据处理，计算机上的分析模拟，野外的实践验证等作业活动，进行了反复多次的判别对比，复杂多因素的综合性分析，以及遥感信息的增强解译和分类识别等等，最后才得以认识黄河口三角洲及其附近海域的自然环境及其演变的一些初步的基本规律。

本书的出版，一方面是作为黄河口遥感研究成果的学术性总结，另一方面也是对目前黄河三角洲的规划开发，黄河口的整治管理，以及这一地区油田的勘测建设等提供一份基础性的成果资料。本书内容包括有黄河口研究应用的遥感技术、黄河口海域研究、黄河尾间流路研究、黄河三角洲研究、黄河口海岸带研究、以及黄河口水文气象研究等六个方面的二十三篇专题文章。在论述中作者提出了自己的一些观点和看法，但由于资料的取舍，方法的引用，模式的选择以及研究水平等各种因素的影响，这些观点和看法不一定成熟，也可能有误，衷心的希望大家给予指正。

在编辑本书出版过程中，郑威研究员，叶青超副研究员，王平、马芬荣等同志都曾给予大力协助与支持，特此一并表示深刻的谢意。

许殿元 1989年5月

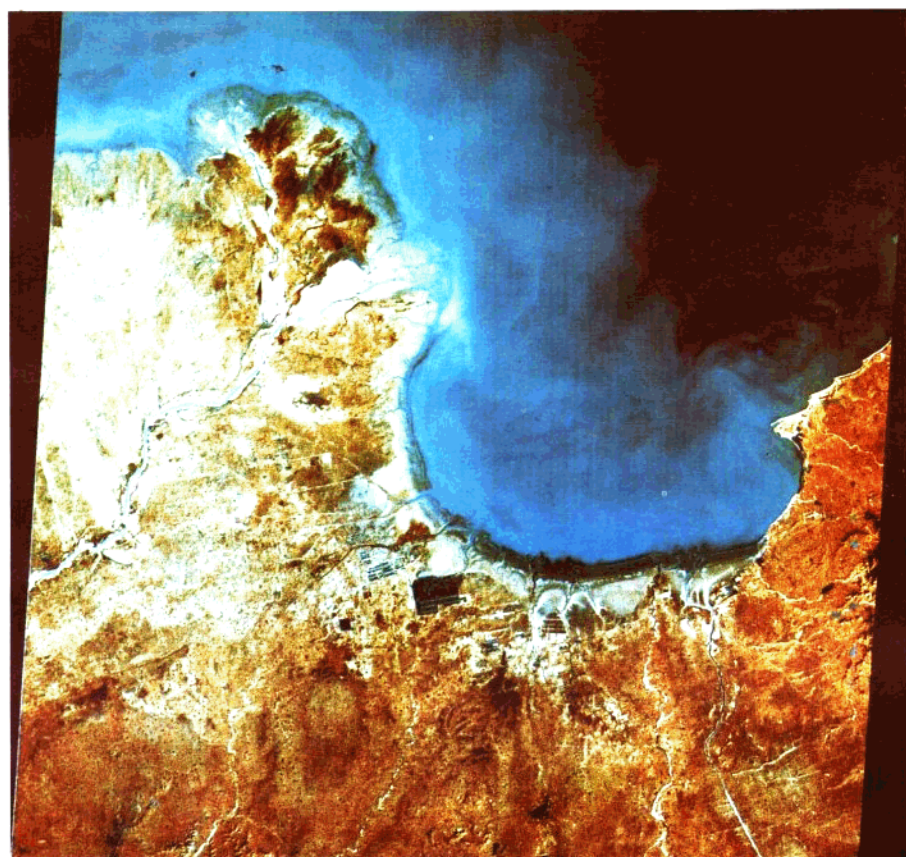


图 1 黄河口 1976 年 12 月 27 日卫星图象的二次增强处理

Fig 1. The Landsat Image of Huanghe River Mouth on December 27, 1976 Processed by Twice Enhancement.

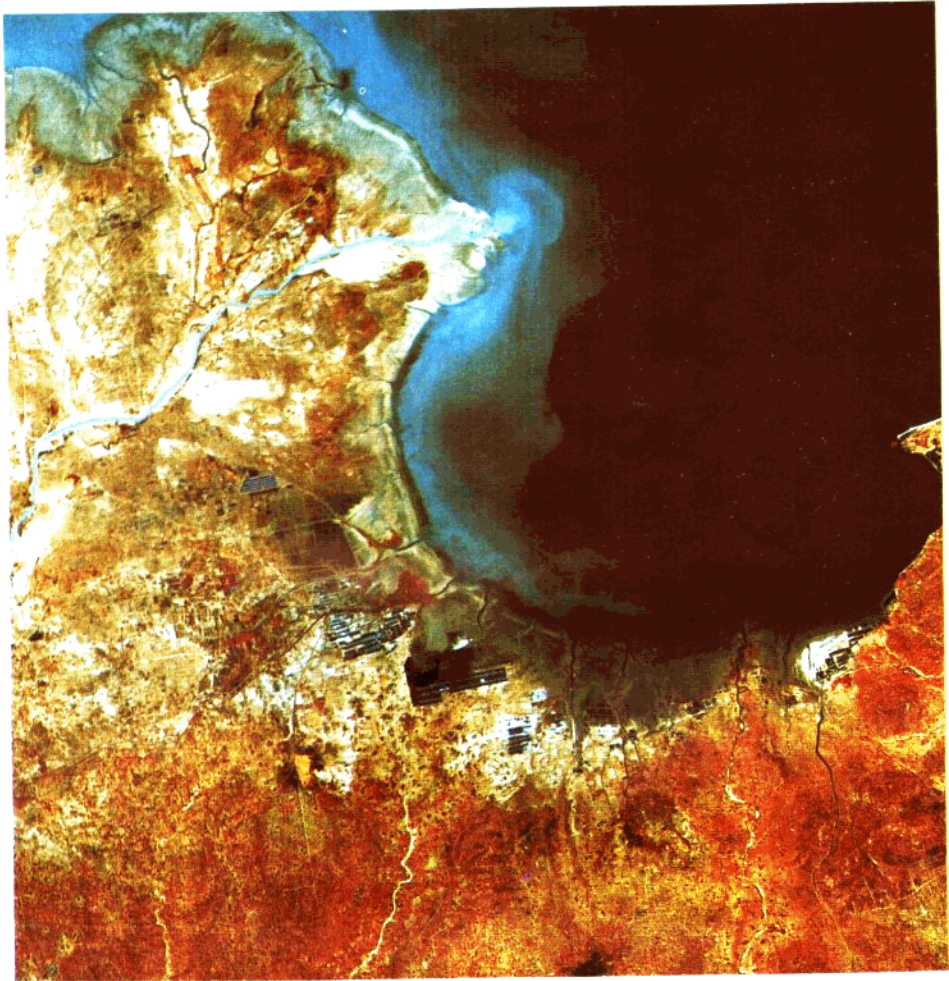


图 2 黄河口 1981 年 11 月 21 日卫星图象的二次增强处理
Fig 2. The Landsat Image of Huanghe River Mouth on November 21, 1981 Processed by Twice Enhancement.

目 录

一、黄河口研究应用的遥感技术.....	(1)
1. 黄河口三角洲遥感信息的处理技术.....	(3)
2. 黄河口卫星遥感图象的数字增强处理.....	(9)
3. TM图象特性及其在黄河三角洲的应用.....	(15)
4. 黄河口地区遥感图象信息的最大似然分类.....	(24)
5. 黄河尾间流路摆动遥感信息的提取及其动态分析.....	(34)
6. 黄河三角洲遥感图象的复合试验.....	(42)
二、黄河口海域研究.....	(51)
1. 黄河口海域卫星图象的计算机处理和解译.....	(53)
2. 黄河口海域遥感图象多种变换处理及其对泥沙流的研究.....	(59)
3. 黄河口海域的泥沙悬浮体.....	(66)
4. 黄河口海域泥沙海况和海底地形的遥感解译.....	(74)
5. 黄河口海域泥沙的冲淤.....	(79)
三、黄河尾间流路研究.....	(89)
1. 黄河尾间流路行水年限的预估模型.....	(91)
2. 黄河尾间流路的计量评价与规划.....	(102)
3. 黄河尾间清水沟流路的演化和摆动.....	(110)
4. 黄河河口治理与流路规划.....	(116)
四、黄河三角洲研究.....	(125)
1. 黄河口三角洲的动态演变.....	(127)
2. 黄河口三角洲地貌遥感信息的解译特征.....	(133)
3. 黄河口泥沙输送与三角洲的形成.....	(139)
4. 黄河口清水沟流路亚三角洲的形成.....	(152)
五、黄河口海岸带研究.....	(163)
1. 黄河口海岸淤进动态遥感分析.....	(165)
2. 黄河口分类图象海陆主题信息的解译.....	(173)

六、黄河口水文气象研究 (183)

1. 黄河口海域的风暴潮 (185)

2. 黄河口孤东地区的暴雨积水与排涝 (200)

参考文献 (207)

STUDY OF REMOTE SENSING FOR HUANGHE RIVER MOUTH

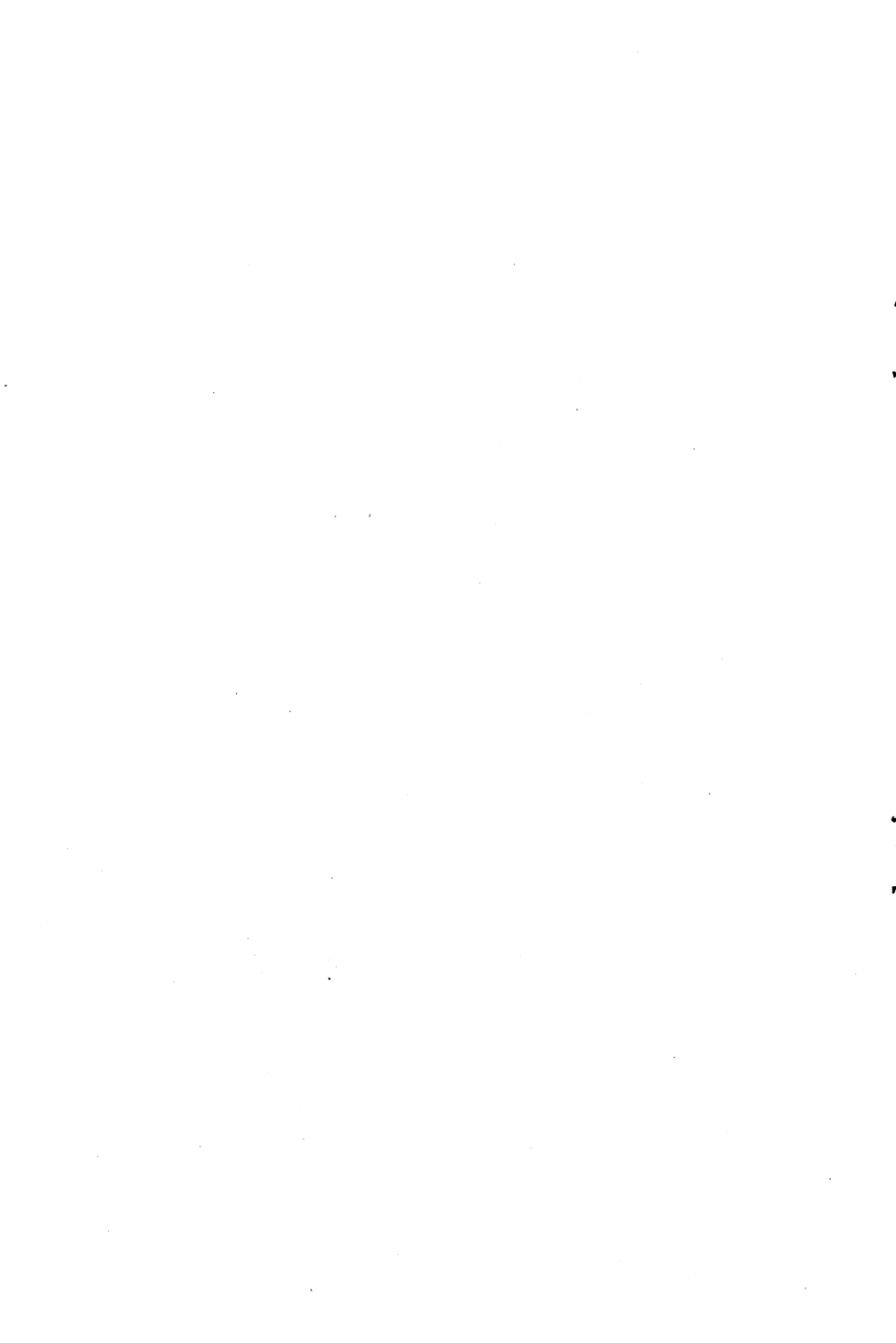
Contents

- 1 Remote Sensing Techniques Used for studying the Region of Huanghe River Mouth..... (1)
 - 1.1 Information processing techniques in remote sensing of the Huanghe River mouth and Delta (3)
 - 1.2 Digital enhancement processing for Landsat remote sensing image at the mouth of Huanghe River..... (9)
 - 1.3 Features of TM imagery and application of the imagery to the Huanghe River delta..... (15)
 - 1.4 Maximum Likelyhood Classification of the information of remote sensing image of the Huanghe river mouth area (24)
 - 1.5 Extraction of remote sensing information on the flow path swing of the Huanghe River tail part and its dynamic analysis..... (34)
 - 1.6 Superposition tests with the remote sensing image of the Huanghe River delta..... (42)
- 2 Study of Sea Area of Huanghe River Mouth (51)
 - 2.1 Computerised processing of the Landsat imagery of the Huanghe River mouth sea area and the interpretation (53)
 - 2.2 Multi-transformation processing of the remote Sensing image of Huanghe River mouth sea area and the investigation of silt flow..... (59)
 - 2.3 Suspended silt body in the Sea area of Huanghe River mouth..... (66)
 - 2.4 Interpretation of Situation of silt and Submerged Landform in the sea area of Huanghe River mouth..... (74)
 - 2.5 Scouring and depositing for silt in the sea area of the Huanghe River mouth..... (79)
- 3 Study for the Flow path of the Tail part of

the Huanghe River.....	(89)
3.1 A predicting model for the life of the flow path of the Huanghe River tail part.....	(91)
3.2 Quantitative assessment and planning for the flow path of the Huanghe River tail part.....	(102)
3.3 Evolution and swing of the flow path of Qingshuigou in the Huanghe River tail part.....	(110)
3.4 Harnessing of the Huanghe River mouth and planning of the flow path.....	(116)
4 Study of Huanghe River Delta.....	(125)
4.1 Dynamic Changes of the Huanghe River mouth and delta	(127)
4.2 Features for interpretation of remotely Sensed information of Landform on the Huanghe River mouth and delta	(133)
4.3 Silt carrying in the Huanghe River mouth and the formation of the delta.....	(139)
4.4 Formation of the subdelta by the flow path of Qingshuigou at the Huanghe River mouth.....	(152)
5 Study on the coast zone of the Huanghe River Mouth	(163)
5.1 Dynamic remote sensing analysis on the depositing progression along the coast of the Huanghe River mouth	(165)
5.2 Interpretation of thematic information on sea and Land with the Classified imagery of the Huanghe River mouth	(173)
6 Study in Hydrology and Meteorology of Huanghe River Mouth.....	(183)
6.1 Storm tide in the sea area of Huanghe River mouth	(185)
6.2 Stagnant rain storm water and drainage in the Gudong area of the Huanghe river mouth.....	(200)
References	(207)

一、黄河口研究应用的遥感技术

Remote Sensing Techniques Used
for Studying the Region of Hua-
nghe River Mouth



黄河口三角洲遥感信息的处理技术

一、前 言

遥感信息处理是遥感领域中的一门重要技术，特别是卫星遥感图象信息的处理更是如此，因为它对遥感分析解译的研究和应用是十分不可缺少的前提条件；良好的遥感信息处理工作是提高遥感研究质量的保证，而遥感图象信息的数字处理更是信息处理中的一种有效方法。

我们在黄河口三角洲的遥感应用研究中大量地使用了遥感图象处理和数据处理等信息处理技术。例如，为了突出所研究地区的地物信息，我们使用了增强处理技术，其中有黄河三角洲地貌类型信息的提取，古河道水系的分布，以及近岸浅海泥沙分布的特征等等。为了提取黄河口三角洲及其滨海海域的主题信息，我们对这一地区按主要地物景观的特征进行了分类处理。我们还对黄河下游（山东境内）和河口三角洲地区做过多幅遥感图象的大幅面数字镶嵌，应用遥感资料和专题图件做过多项复合试验，其中有黄河口海域水深分布与遥感资料的复合，三角洲地貌类型与遥感资料的复合等。对于黄河尾间流路的长度变化和孤东地区的面积大小也都曾进行过定量的量测处理以及遥感数据统计处理，机理规律分析，数学模式的建立等等。总之，我们在黄河口三角洲及其附近海域遥感信息的提取、识别、分类、数据统计、定量分析以及综合研究等方面，都做了不少的工作。这些工作从遥感技术角度进行概括，则分别有增强、分类、镶嵌、复合、量测以及数据处理等项内容。

二、增 强

遥感图象增强技术是数字图象处理的一项主要内容。它通过使用一些数学模型改变图象象元的灰度结构关系来变换各象元的灰度数据，使处理后的图象能够突出我们所需要的某些专题信息。一般说，由于增强的处理方法较为简单，效果比较明显，故深受用户欢迎，乐于使用。但是要想获得一个高质量的增强处理图象，也并不是轻而易举的。它必须根据原始图象直方图和一些统计特性进行认真周密的考虑，合理的设计增强处理方案，并根据地物光谱和图象灰度之间的某些物理机制的关系，通过一定的数学方法来改变图象的灰度和色调，从而达到突出某灰级范围内图象信息细节的目的。只有这样，才有可能达到较好的增强效果。另外，由于数字增强方法很多，它们在不同的数学模型的制约和控制之下，其增强效果也各有特点，因此，选择各种有效功能进行组合处理，效果可能会更好一些。

黑白片数字增强实际运用多以5、7波段为主，5波段反映地质地貌信息较好，7波段则以水体和水陆边界效果为好，故单波段拉伸处理多选用5、7两个波段为代表。比值处理也是属于增强处理的内容，根据不同专业的需要和处理条件的要求，可以选用

不同的比值处理，比值处理在除法运算之后，往往再做一次对数变换即可得到满意的效果。直方图均衡化是一个有用的功能，它可以改善图象在较密集灰度级之间的对比度，按照一定模板进行卷积处理之后，再与原图象叠加进行比例拉伸，其增强效果非常明显。图象进行太阳角纠正之后再拉伸变换，可以明显的看出地物细部的信息。

在彩色增强处理中，最简单的是选用7、5、4三个波段分别配置红绿兰三色做标准彩色合成，可以计算机数字合成，也可以将计算机处理的三个波段的黑白片进行光学合成。一般说，彩色图象比黑白图象的增强和识别效果要好的多。标准彩色的合成，如果不能使人满意，则不妨再做一次局部增强试试。一般说，这样处理后色度方面会得到明显的改善。各种增强片种的合成，即比值片、卷积片、频率域变换片，KL变换片以及单波段片的各种形式的组合合成，其对某些专题提取会有明显的收效。各种黑白片的假彩色着色，例如黑白片的卷积处理与原图象相加再比例拉伸变换之后，进行假彩色着色就非常好。101图象处理系统上有一个直接操作跟踪球进行彩色数据的矩阵变换处理功能，它可以使用户实时的挑选各种不同色调的增强图象。彩色图象如果色调灰暗平滑，即出现中性灰，这时可以采用扩大三个合成波段间的均值差异的办法来突出彩色效果。

最后，就黄河河口幅的增强试验，可以总结以下几点。

(1) 如要增强处理好一幅卫星遥感图象，必须掌握分析研究下列情况，例如图象覆盖地区、地物景观、成像时间、图象中心位置、云量复盖、图象本身质量、图象直方图和其他统计数据。

(2) 黑白图象较易处理，彩色图象比较复杂。由于合成各波段间存在着较强的相关性，往往简单的合成，其增强效果并不理想，因此必须采用两次增强处理方案。

(3) 彩色图象增强的关键，是要设法把合成图象的三个单色图象直方图拉伸展开并相互错开位置，位置拉开距离越大越好，做到这一点，彩色增强就基本达到目的。

(4) 彩色图象增强的调整主要是通过控制色调、饱和度和亮度的变化来完成的。

①色调，指赋予每个波段的颜色，通常对7、5、4三波段分别顺序赋予红绿兰三色，色调色度纯没有杂色则色调为好。②饱和度，表示对透过和反射光的选择程度，一般色彩越鲜艳饱和度就越高，反之，就愈低。③亮度，为彩色明暗深浅的测定值，黑色度小则亮度就大。

三个要素处理得当，彩色增强效果就好。

我们处理的黄河口卫星图象请参看附页彩照图1、图2。

三、分 类

目前，卫星遥感图象地物信息的计算机分类，主要都还是采用统计性质的分类方法，其分为监督分类和非监督分类两大类型。总的情况是有监督分类比非监督分类要好的多，非监督分类仅是按图象数据的统计参数特征作为分类标准进行分类，它仅反映地面实况的大致趋势。但它分类快速，有时我们也需要这种快速的分类结果，以便于心中有数好考虑安排更详尽的分类方案。有监督分类可以考虑作业者先验的专业知识和经验，通过预先选定的类别样本可以训练计算机按标准类别样本进行识别分类，当然其分

类精度较非监督分类要高。最好的分类方案还是把两者接合起来，首先做非监督分类得到一个大致趋势的分类主题图，在此基础上，再考虑进行有训练类别样本的监督分类，这样可以得到满意的分类处理效果。

至于各种的具体的分类方法则有很多种，例如最大似然分类，最小距离分类，集群分类和平行六面体分类等等。这些方法结合黄河口三角洲的科研工作我们都试验使用过。就方法本身而论，可以认为：最大似然分类方法较好，其次是最小距离分类法和集群分类方法，较差的是平行六面体分类方法。对于分类方法的评价，我们的经验是：最好对同一地区做两种以上分类方法的分类处理，然后考虑各种分类结果之间混淆矩阵的情况，找出其中两个分类结果比较相近的分类主题图来，采用“或”（OR）逻辑功能由计算机系统进行处理，可以合并为一个分类图。这样做的结果可以使两种分类方法的结果，合并补充为一个较为详尽的分类主题图。

黄河三角洲分类图基本上也是这样做的。黄河三角洲及其附近海域，主要地物景观为三角洲冲积平原和河口附近海域两大景观，其中海域景观根据近海远海的深浅和泥沙含量的多少，进一步按光谱和图象色调细分为远深海、深海、浅海和超浅海四种类型景观，陆地三角洲按土地湿度含水量及其图象色调反映细分为高、坡、洼和滨海低地四种类型，三角洲各种不同的地貌类型，按着解译标志分别进一步分入高坡洼所属的不同类别，例如在高地类型中有古河床高地，古河漫滩，决口扇，沙地沙丘泛滥地等。这样分类效果较好。

在分类过程中，类别样本训练区的选择是一项非常重要的工作，选取的是否合适，例如所选训练区的大小、位置、多少等等，都会对分类结果和精度产生直接影响。一般说这与作业者对分类地区的熟悉程度，专业知识和工作经验等有关，但是通过摸索和实践，每个作业者或用户终久会积累起自己一套系统的分类处理的步骤和方案。

四、镶 嵌

在数字图象处理领域中，卫星遥感图象数字镶嵌是一项具有一定复杂性和难度的计算机处理技术，而多幅卫星遥感图象的镶嵌，由于图幅多，处理过程需要顾及前后左右，在色调上和位置上要考虑互相匹配，稍有不慎便有顾此失彼之误，因而它比两幅图象的简单镶嵌所需的工作量更大技术更为复杂其难度也就更高。因此，为了保证上机处理工作的顺利进行，镶嵌处理之前，要拟定详细周密的技术方案。卫星遥感图象的数字镶嵌步骤大致可以分为拟定技术方案，挑选CCT磁带，进行预处理，色调调整，几何对准，镶嵌连接。其中，特别是在多幅卫星遥感图象的数字镶嵌过程中，各幅图象的色调调整和几何对准是两个重要的关键环节，这两个环节处理好了，就基本上可以得到满意的镶嵌结果。

我们镶嵌处理的卫星遥感图象图幅的复盖区是黄河下游及黄河口三角洲地区（都在山东境内）。平原地区的卫星遥感图象，其地物光谱单调，图象亮度范围较窄，变化幅度较小，这从图象直方图上可以看出这点。另外，由于华北地区干旱风沙较大，大气透明度和散射对成像质量都有所影响，所以平原地区卫星遥感图象一般都是色调单纯平滑而且灰度偏暗，地物信息朦胧混沌，不易增强处理和难以与邻幅色调进行匹配，这是平

原地区镶嵌图象不易克服的一个缺陷。

几何对准过程中，主要是选择控制点和通过控制点对变形图幅进行内插计算，不同的内插算法，精度有所不同，上机时间也各有异，但它们之间并不成一定的比例关系。三次样条插值算法精度高些但花费机时太多，有时还会给处理的图象带来一些网状条纹，得不偿失。考虑经济效益，建议使用最小邻域赋值方法较为合算一些，而且实际处理效果也较好。几何对准过程中，可以通过拟合误差来检验筛选控制点，为了精确的对准，可以反复的进行这项工作，但是精度也有个极限值，在101图象处理系统上，一般做到2、3个象元的误差就算可以了。

五、复 合

各种遥感图象的匹配复合处理是最近十多年内才在国内逐渐开发的一种新的遥感资料的处理技术，它的发展与近年来多种遥感信息源的出现，遥感资料的多样化，以及计算机图象处理系统的普及使用是有密切关系的。遥感图象的复合处理是一种很有前途的处理方法和技术，它的处理结果即匹配复合后的遥感图象，对于所要研究的对象或事物可以更为容易的揭示问题的本质及其内在规律。复合图象增添了研究内容的新的信息和特征，故较一般遥感图象更为直观清晰易于理解和有利于课题的研究分析。根据研究的需要，可以做不同内容和形式的匹配复合，例如可以将不同信息源的遥感资料进行复合，也可以将不同时相的遥感资料进行复合，还可以把遥感资料与非遥感资料进行匹配复合。这些复合处理结果都能在某种程度上进一步深入的解释或解译一些所要研究的专题内容。

我们对黄河口三角洲的遥感图象资料做过一些匹配复合试验。这些试验主要是遥感资料与非遥感资料的匹配复合试验，其中有黄河口海域水深分布海底地形与遥感图象的复合，有黄河尾闾摆动趋势与遥感资料的复合，还有黄河三角洲地貌类型河流水系与遥感资料的复合等等。复合试验的初步结果还是令人满意的。

复合试验过程包括以下各项工作。

(1) 由于地球曲率地球自转卫星姿态以及扫描投影等因素的影响，致使卫星扫描所摄图象出现失真存在着几何畸变，而且这种失真畸变随着远离幅面中心距离的增大而更加显著。因此，在进行匹配复合作业时，这种遥感图象不宜直接使用，而应在复合之前先要进行几何纠正。

人工绘制的同一地区的专题图件是按照实地缩小比例尺测绘的，其地物的几何图形分布与图象相比是较为正确的，因此，我们多以被匹配的图件为准而对图象进行纠正。这种纠正也就是按图件的坐标系来变换图象坐标系中图象各象元点的坐标位置，并应用对应控制点的方法来确定联系两个坐标系之间的多项式函数关系，然后把每一象元点代入多项式就可以求出纠正后图象的相应的坐标值。

(2) 图象在经过上述几何纠正后，象元点便按图件坐标中的位置重新布点。因此新的坐标系中有的象元点便被展开，也有的象元点被挤压。它们之间的空间位置必须进行重新插值，才能得到灰度均匀平滑和图形准确的图象。具体的插值运算有多种，但我们采用了双线性内插算法。

(3) 图象与图件的匹配复合，是以图象作为图件的底图背景为基础的，图象的遥

感信息与图件的地学符号必须尽量对应，因而必须对遥感图象中含有的地学信息进行突出的增强处理。处理过程中考虑黄河口三角洲地物景观特点，在两次增强处理方案的基础上，对图象信息细分为若干不同的区间范围。它们分别反映不同的地物景观，然后针对这些不同的区间范围，采用分别增强的办法进行处理。另外，在处理过程中还要考虑应尽量让处理后的三个单色图象的直方图互相展开互不遮挡。这样合成后的图象色调饱和、层次多样、细节清晰、信息丰富，可以得到一幅较好的为匹配复合所用的图象底图。

(4) 最后将待复合的图象图件的数字化数据输入到计算机系统，由计算机系统进行处理。处理过程中注意图象图件的图幅尺寸匹配与比例尺的变换以及灰度值叠加的越界溢出等问题。最终便得到了复合图象。

通过黄河口三角洲卫星遥感图象与专题图件的匹配复合试验，我们的体会是：复合图象把遥感图象中的地学信息与专题图件中的地图符号融为一体，影象清晰，地学内容具体，观察直观，分析研究方便。因此，图象图件的复合处理是一种很有前途的新的处理技术，可以认为这是遥感制图的一种新的尝试，而处理结果的复合图象也是遥感研究分析应用的一种新型遥感图象品种。

这次黄河口三角洲的复合试验也有某些不足之处，即原始遥感资料是用卫片经数字化后输入计算机的，而不是应用遥感图象数据磁带来做的。

六、量 测

应用图象处理系统的某些软件功能和命令，可以在被处理的遥感图象上对所要研究的地物信息直接进行量测。这是定量反映遥感研究成果最重要的技术措施，其中有面积的量测、长度的量测等等。例如在101图象处理系统中，应用BLOTCH功能在圈定量算面积范围之后，再使用某些统计功能软件就可以将BLOTCH区间范围内的象元数计算出来，用它乘以单个象元的面积，再考虑乘一个经验性的比例系数，就可以求出BLOTCH范围内的面积。另外，还可以应用图象处理系统中的HECTARE功能命令直接统计分类主题图各种类别的面积。它的输出单位是公顷数，其统计精度决定于输入时的一个参数，即每个象元的平方米数的大小。对于长度的量测，可以应用LINEAR FEATURE功能直接在图象上量测线状物的长度，作业时可以使用人机交互方式在图象上划线，每条线段的长度是始终两点间的距离。量测曲线时，则用多段折线逼近的方法来实现测量任务。在作业过程中，系统对各段折线都注有顺序编号和关于长度的注记。长度单位以公里计算，测量精度与输入参数比例因子的大小有关。应用这一功能还可以量测线段的角度和方向，最后并能统计出相位增益图。

黄河口三角洲的遥感研究解译分析过程中也使用过这些量测功能，使用的效果还是很好的。例如我们曾应用1986年TM图象量测计算了孤东地区的面积，这是计算孤东暴雨内涝积水量所必需的。另在黄河口三角洲地物景观主题信息分类图中也使用过HECTARE功能命令对各类面积分别进行过统计。还有在黄河尾间流路摆动演变的研究过程中，也量测了各年尾间流路的长度，并由此分析了它们的动态变化。

总之，在遥感图象数字处理领域内，量测处理也是一项重要的处理内容，它为遥感