黄淮海平原治理与开发研究文集
(1983—1985)

天然文岩渠流域遥感应用研究

陈正宜 主编

18
4

科学出版

黄淮海平原治理与开发研究文集

（1983—1985）

天然文岩渠流域遥感应用研究

陈正宜　主编

陈正宜　卫　政　张圣凯　编

（中国科学院遥感应用研究所）

科　学　出　版　社

1987

24543

内 容 简 介

本文集是中国科学院“黄淮海平原综合治理与开发研究”的科研成果总结之一。

本文集辑录了以天然文岩渠为典型试验区的农业自然资源综合调查及旱、涝、盐碱和风沙等自然灾害治理中所进行的遥感应用研究论文。文集中分别就遥感时相、片型、比例尺的选择及解译标志的建立；应用航空和航天遥感图像对区域地理特征及其自然灾害性因素的类型特征和分布规律的分析；以及编制遥感影像图和自然资源系列图的有关问题作了论述。

本文集可供自然地理、农业、林业、国土整治和遥感应用等科研工作者及有关高等院校师生参考。

黄淮海平原治理与开发研究文集

（1983—1985）

天然文岩渠流域遥感应用研究

陈正宜 主编

责任编辑 姚岁寒

科学出版社出版

北京朝内大街137号

华勘五一七队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年2月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1987年2月第一次印刷 印张：8 1/4 插页：8

印数：0001—2,000 字数：195，000

统一书号：13031·3549

本社书号：5615·13-13

定价：2.85元

中国科学院黄淮海平原治理与开发研究编委会名单

（按姓氏笔划排列）

王天铎	王重九	王毓云	王遵亲
邓静中	左大康	刘文政	许越先
李松华	吴长惠	罗焕炎	席承藩
黄荣翰	童庆禧		

中国科学院黄淮海平原治理与开发研究成果

一、黄淮海平原综合治理与农业发展问题……
……席承藩、邓静中、黄荣翰主编
二、天然文岩渠流域农业发展战略和综合治理研究……
……王遵亲等著
三、黄淮海平原农业气候资源评价……丘宝剑等著
四、黄淮海平原农业自然条件和区域环境研究（第一集）……
……左大康主编
五、黄淮海平原农业自然条件和区域环境研究（第二集）……
……左大康主编
六、天然文岩渠流域农业自然资源研究……王遵亲主编
七、天然文岩渠流域遥感应用研究……陈正宜主编
八、黄淮海平原区域治理技术体系研究……傅积平等主编
九、土壤水盐动态和盐碱化防治……俞仁培主编

序

黄淮海平原指黄河、淮河和海河下游的冲积平原，包括京、津、冀、鲁、豫、苏、皖五省二市的部分地区，总面积约35万平方公里，其中耕地27,000万亩。1983年，这一地区的粮食和棉花产量分别占全国总产量的17%和21%，大豆、花生和烤烟的产量约占全国总产量的10—20%。由此可见，这个平原的农业经济状况，对全国农业的发展有重要影响。

黄淮海平原地理位置优越，交通方便，光照充足，热量资源丰富，年降水量500—1,000毫米区内地势平坦，土层深厚，开发历史悠久，耕作技术精细。这些条件对农业生产十分有利。但是，长期以来受到洪涝、干旱、盐碱风沙等多种自然灾害的危害，严重限制了农业生产的发展，粮食产量低而不稳。

新中国成立后，对黄河、淮河、海河进行了大规模治理，并以改土治水为中心，开展了群众性的农田基本建设。经过三十多年的持续努力，区内已建机电井160万眼，水浇地发展到14,000万亩，治理盐碱地4000万亩，三分之二的易涝地也得到了初步治理，各种灾害有所减轻。1983年，粮食平均亩产达215公斤，接近全国平均水平，皮棉亩产60公斤，已超过全国平均水平。

现在，黄淮海平原存在的主要问题是，洪涝威胁依然存在，特别是黄河万一出险，平原内将蒙受重大损失；水资源短缺日趋严重，尤其是平原北部地区，水资源供需矛盾已相当突出，区内尚有2,200万亩盐碱地，3,000万亩砂礓黑土地，2,000余万亩风沙地，低产地总面积约占总耕地面积三分之一左右；农业结构不合理，畜牧业、林业、副业和渔业十分薄弱。这些问题，影响农业生产潜力的发挥。

由于本区在全国的重要地位，而自然条件又很复杂，灾害频繁，1982年国家将“黄淮海平原的治理与开发”列为重点科研项目，组织多部门跨学科联合攻关。中国科学院则是这个项目的主持单位之一。

关于黄淮海平原治理与开发的研究，三十多年来，中国科学院做了大量工作，取得了一批重要研究成果。早在1954年，中国科学院与水利部及有关单位合作，在熊毅、席承藩领导下的土壤调查队，对华北平原13万平方公里的土壤进行了系统的调查，完成了一套1∶20万土壤图集，撰写了《华北平原土壤》专著，为华北平原发展灌溉农业和改良土壤，提供了基础资料，提出了以治水为中心的综合治理方案。六十年代初期，对该地区盐碱土及淮北平原砂礓黑土的成因和防治作了大量调查研究，并对部分地区旱涝灾害进行了调查。1965年和1966年，先后在封丘和禹城开辟了10万亩试验区，对旱涝盐碱综合治理及除灾增产技术进行典型试验，将井灌井排和农业措施相结合的综合防治旱涝盐碱技术首先应用于这个地区。在石家庄德州和衡水等地也设立了定位试验点。与此同时，在邯郸地区、德州地区、聊城地区、封丘县等地县开展了农业区划和旱涝碱综合治理区划工作。在十年动乱期间，研究受到干扰，但工作并没有完全停顿，在豫北、苏北，鲁西北等地区仍坚持开展土壤盐化和碱化成因，土壤改良和培肥及土壤增温保墒等

方面的试验研究；八十年代初期，开展了南水北调及其对自然环境影响的研究。这些工作，既探讨了自然规律，也解决了生产实际中一些关键性技术问题，对防治自然灾害促进农业发展做出了贡献。

上述长期工作的积累，使之在科学资料、试验基地及人才和组织管理上，为“六五”科技攻关任务的完成提供了有利条件。1983年初，中国科学院在接受国家交给的六项课题的同时，又增设了一些项目，在1983年至1985年间，组织了院系统的南京土壤研究所、地理研究所、遥感应用研究所、系统科学研究所、石家庄农业现代化研究所、植物研究所、遗传研究所等19个单位，30多个专业，300余名科技人员，对黄淮海平原自然资源的开发利用与综合治理开展了大规模联合攻关研究。这项攻关任务，在中国社会科学院，中国人民大学及河南、山东、河北省有关部门和有关地、县协助和支持下，通过三年的工作，现已圆满地完成了任务。

这一研究工作在总体方案指导下，是分点、片、面三个层次进行的。点上的工作，分别在河南省封丘县、山东省禹城县和河北省南皮县，建立了三个万亩典型试验区，提出了区域治理配套技术。在封丘试验区，提出了以井、沟、渠相结合，水利工程措施和合理施肥及培肥为重点的旱、涝、盐碱、瘠薄土地综合治理开发技术体系。在禹城试验区，提出了以节水节能、盐碱荒地改良为主的旱涝盐碱综合治理开发技术体系。在南皮试验区，提出了以农业结构调整和作物高产技术为主的综合治理开发技术体系。通过上述技术体系的治理，三个试验区粮食产量分别都增加一倍以上，经济作物产量增加二倍到三倍，人均收入增加了二倍以上。

片上的工作则选择了天然文岩渠流域。这个流域包括河南省北部的四个县，面积2500多平方公里，流域内排水不畅，易涝易旱，土地瘠薄，盐碱地面积大。在综合治理研究期间，运用了生物、地学、水利等常规方法和遥感，系统工程等新技术手段，调查了区内自然资源和社会经济要素，分析了存在的主要问题，明确了发展目标，提出了数学模型，制定了流域总体规划方案。

面上的工作，则开展了旱涝成因、资源调查、灾害防治、类型划分、农业布局、农村经济及黄河有关问题的研究；查明了水资源和土地资源，得出了各类低产土的分布和数量，指出水土资源合理开发利用的方向；深入研究了洪旱涝盐碱等灾害的时空变化规律，提出了一些重要的学术见解。同时，用地貌学方法，划出了平原的边界和范围，量算了平原的面积；分析了黄河下游泥沙沉积规律和量值，查明了中游粗沙区范围和产沙量，提出了黄河下游治理途径。进而，在自然条件和社会经济条件调查的基础上，提出了农业结构调整意见；依照资源开发和配量及经济生态平衡，建立了黄淮海平原农业资源、农村经济开发时空配置模型，提出了本区加速经济振兴的措施。

“六五”期间，中国科学院在黄淮海平原的科研工作，注意了多层次的结合，宏观和微观相结合，自然科学和社会经济科学相结合，常规技术方法和最新技术手段相结合，综合治理研究和合理开发研究相结合，注意了发挥科学院的特点，因而取得了一大批可喜成果。据初步统计，三年内共采集和分析各种样品3,000多个，统计科学数据700多万个，两次航空遥感飞行拍摄遥感象片760多张，绘制各种专业图件60余幅，取得科研成果56项。这些成果将在国家和地方有关部门的决策中，发挥一定作用。

在完成国家任务的同时，进行了系统的学术总结，写出了150多篇论文，出版了一批论文集、专著和图件成果。这套学术论著的出版，将系统地反映全院三年来在黄淮海平原的工作内容和学术成就。希望能够对这个地区的经济发展和科学研究起到促进作用。当然，这些成果只是阶段性成果，局限性和片面性在所难免，希望读者给予评论，以使我们在“七五”期间和以后长期的工作中得到改进和提高。

叶笃正

1986年10月

前　言

“黄淮海平原综合治理及农业发展战略研究”是中国科学院承担的国家“六五”重点科技攻关项目之一。为了圆满地完成国家任务，中国科学院农业研究委员会选定天然文岩渠流域作为典型试验区，组织了多学科的科研技术力量，采用遥感新技术，对该流域的水、土、生物等农业自然资源和条件，及旱、涝、盐碱和风沙等自然灾害性因素，进行了综合调查研究，并在黄淮海平原综合治理区域研究和专业遥感分析方法方面，取得了一批有价值的成果。

遥感技术是当前地学研究中的一种新手段，在资源调查与环境科学研究中已经得到广泛的应用。但是，如何发挥遥感技术的优势，则需要根据不同地区的具体条件和专业调查的要求，引进新技术，探索新途径和新方法，总结新经验，并反馈到实际工作中去，使之在当前的技术和条件下，在为农业现代化服务中，取得最大限度的实际应用效果。

天然文岩渠流域的土地资源和自然条件，在黄淮海平原具有一定的代表性（除滨海平原以外）。因此，该流域的遥感应用成果和经验，对其它地区也具有较广泛的实用意义和参考价值。为了便于各有关部门和研究工作者了解该流域土地资源和自然条件研究工作中的概况，我们编辑出版了这本文集。

本文集辑录了12篇论文和研究报告，主要内容为：

1．天然文岩渠流域土地资源和自然条件研究中适用的遥感时相、片型和比例尺，以及各种专业要素判读分析的方法和标志的论述；

2．应用航天与航空遥感图像，从黄河演变及其形成的平原地貌条件和物质分异规律入手，对天然文岩渠流域地理特征和旱、涝、盐碱、风沙等自然灾害因素的类型特征和分布规律的综合研究，及对其成因、性质取得的新认识；

3．应用影像地图编制平原地区土地资源和自然条件系列图的方法及其成果。

天然文岩渠流域遥感应用研究，是在中国科学院遥感应用研究所主持下完成的，在封丘试验区课题负责人王遵亲和童庆禧组织和支持下进行的。参加单位有南京土壤研究所、植物研究所和水利电力部水利电力科学研究院水利研究所。试验中，还曾得到河南省、新乡地区和封丘、原阳、延津和长垣等县有关部门的大力协助和支持。

本文集是集体研究成果，由中国科学院遥感应用研究所陈正宜统稿整理主编，卫政、张圣凯编辑，周静茹清绘插图。

目　录

天然文岩渠地区农业土地资源条件的遥感应用研究……陈正宜（1）
天然文岩渠流域地貌类型的遥感分析……林恒章　吕克解（13）
天然文岩渠流域盐渍土类型及其分布规律的遥感图像分析……黄秀华　林树道（25）
土壤盐渍化遥感影像的产生和解译标志分析……赵俊琳（33）
土壤盐渍化类型与彩色红外航空像片色调的相关分析……林树道　黄秀华（42）
天然文岩渠流域涝情的遥感调查……石韧　卢亚非（50）
天然文岩渠流域植被的遥感应用研究……王绍庆（58）
天然文岩渠流域土地利用现状的遥感调查……刘纪远　胡征宇　任凤清（63）
天然文岩渠流域土地类型遥感分析……罗修岳　陈正宜（81）
黄淮海平原遥感信息处理与影像图的编制……张圣凯　颜铁森（96）
封丘试验区数据管理系统的建立与应用……任凤清（103）
天然文岩渠流域专业系列图的基础底图编制和统一协调……林恒章　张圣凯　铁佩茹（114）

THE STUDIES OF REMOTE SENSING APPLICATION TO THE TIANRAN-WENYAN CANAL BASIN

Contents

The Application of Remote Sensing to Studies on Conditions for Agricultural Land Resources in the Tianran-Wenyan Canal Area..... Chen Zhengyi (1)

Remote Sensing Analysis of Geomorphologic Types in the Tianran-Wenyan Canal Area.....Lin Hengzhang, Lu Kejie (13)

Analysis of the Types of Salinized Soil and Its Distribution in the Tianran- Wenyan Canal Area Using Remote Sensing Images ..... Huang Xiuhua, Lin Shudao (25)

The Cause for the Pattern of Soil Salinization on Remote Sensing Image and the Analysis to Its Interpretative Criterion..... Zhao Jun lin (33)

Correlation Analysis Between the Types of Salinized Soil and the Tones on Color Infrared Aerial Photos..... Lin Shudao, Huang Xiuhua (42)

Remote Sensing Investigation into Waterlogging in the Tianran-Wenyan Canal Area..... Shi Ren, Lu Yefei (50)

Remote Sensing Application to the Study on Vegetation in the Tianran-Wenyan Canal Area.....Wang Shaoqing (58)

Remote Sensing Survey to the Present Land Use in the Tianran-Wenyan Canal Area..... Liu Jiyuan, Hu Zhengyu, Ren Fengqing (63)

Remote Sensing Analysis of Land Types in the Tianran-Wenyan Canal Area .....Luo Xiuyue, Chen Zhengyi (81)

Remote Sensing Information Processing and the Image Map Compilation for the North China Plain..... Zhang Shengkai, Yan Tiesen (96)

The Establishment of Data Management System and Its Application in Fengqiu.....Ren Fengqing (103)

Compilation and Standardization of Basic Maps of Agricultural Map Series for the Tianran-Wenyan Canal Area ....Lin Hengzhang, Zhang Shenkai, Tie Peiru (114)

天然文岩渠地区农业土地资源条件的遥感应用研究*

陈正宜

（中国科学院遥感应用研究所）

黄淮海平原是我国一个开发历史悠久、开发程度较高的地区，但是农业自然灾害因素较多，产量不稳。对于这样一个广阔的平原农业区，如何进行合理开发和改造治理，历来受到国家的重视，被列为国家“六五”重点科技攻关项目之一。其中首要的问题是查明确切的农业土地资源情况，找出影响各地农业生产的关键所在，为区域开发治理提供科学依据。天然、文岩渠地区是黄淮海平原的一个重要组成部份，它的农业土地资源条件，以及旱、涝、盐碱和风沙等农业灾害因素在黄淮海平原地区具有一定的代表性。因此，中国科学院在此应用遥感技术进行了区域性综合研究；目的是探讨在高度开发和受人为活动影响大的黄淮海平原地区，应用遥感技术研究农业土地资源条件的技术途径和效果，研究该地区旱、涝、盐碱和风沙等农业灾害因素的成因、性质和分布规律，并为区域综合治理提供科学依据。本文仅是此项研究中遥感应用工作的总论，各项专题研究工作另有文章论述。

一、区域概况与图像资料

（一）区域概况

天然文岩渠地区位于河南省北部，在行政上分属原阳、延津、封丘和长垣县所管辖。包括天然渠和文岩渠两条排水渠系所流经的整个地区及其南部的现代黄河滩地。东边和南边以黄河为界(图1)。全区主要是黄河冲积泛滥作用形成的平原地貌，地表平坦，总面积为3416平方公里。在局部黄河故道区，因风力作用形成的次生沙丘，相对高度可达10米左右，是主要的风沙灾害区。南部的黄河滩地，高出黄河大堤外侧地面约6—8米，是黄河被称之为“悬河”的主要地段。由于黄河“高悬”于地面之上，所以本地区是历史上主要的黄泛灾荒区。在黄河大堤外侧，由于黄河的侧渗作用强，地下水位高，因此该地区也是低湿易涝和受盐渍化危害的主要地带。

---

*本文是集体研究的总结，参加工作的还有林恒章、罗修岳、林树道、刘纪远、石钧、黄秀华、吕克解、任凤清、赵俊林、胡征宇、卢亚非等。协作单位有：中国科学院南京土壤研究所和植物研究所，水利电力部水利电力科学研究院水利研究所。

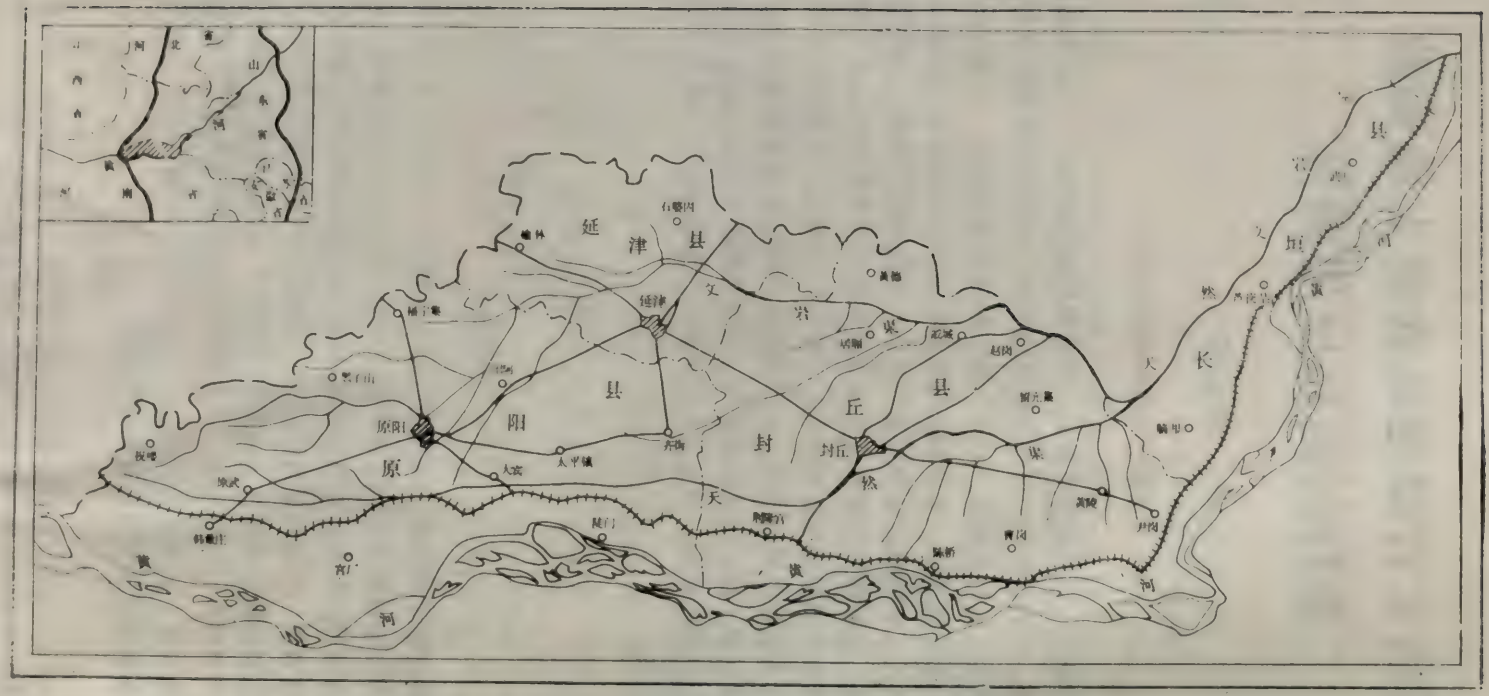


图 1　天然文岩渠地区遥感应用研究试区概况图

（二）图像资料

在本地区的遥感应用研究中，主要的遥感资料是卫星图像和航空像片。卫星图像概括性强；但因比例尺小，对于田块碎小，耕作制度复杂的黄淮海平原地区判读来说，显得粗糙了些。与此相反，航空遥感可以根据工作需要随时调整遥感时相、片型和比例尺，具有分辨力高、飞行机动灵活的特点。因此，我们在研究中，应用由1981年8月26日的Landsat MSS磁带数据，经计算机图像处理系统纠正、增强处理和光学放大合成的假彩色图像[1]，研究了天然、文岩渠地区的宏观地理特征；应用航空像片和1：5万地形图，进行专业判读和系列制图，取长补短，达到为农业发展和治理规划提供高精度土地资源数据的目的。

遥感图像的实际应用效果与遥感的时间，片型和比例尺等技术环节都密切相关。在任何一次遥感应用工作之前，为了取得良好的应用效果，都必须根据工作任务的要求，从理论和实际条件等方面进行分析，确定最佳的遥感时相、片型和比例尺。天然、文岩渠地区的航空遥感，根据华北地区的物候特征，于1983年9月和1984年3月，分别进行了两个季节、两种比例尺的彩色红外航空遥感试验[2]，局部地区还进行了多光谱和热红外遥感对比试验。表1列出了这些飞行试验的摄影范围、时间和比例尺。

表1　天然文岩渠地区航空摄影资料

项目 / 日期	地区	片型	比例尺	面积（平方公里）	片数	航带数	像幅（厘米）
1984.3.14	全试区	彩红外	1：8万	7400	74	4	23×23
1984.3.14	潘店	彩红外	1：2.5万	150	35	2	23×23
1983.9.13	全试区	彩红外	1：8万	7400	547	12	23×23
1983.9.13	潘店	彩红外	1：2万	100	45	2	23×23
1983.9	潘店	红外					
1983.9	应拳	多光谱	1：5万			2	5×5

下面将天然、文岩渠地区航空遥感的时相、片型和比例尺作一分析介绍。

1．时相

遥感图象是地面景观的瞬间反映，哪一个时机能够取得最丰富的专业信息并使之发挥最大的应用效果，必须根据任务要求和具体的时间、地点和条件而确定。如研究作物布局，需要根据各地的物候变化、耕作制度和环境条件等选择地面作物种类多和差异比较明显的时期；而研究土地条件，则要选择地面作物覆盖度小或能够反映土壤、水文地质及地貌等土地条件的有利时期。在天然文岩渠地区我们进行了春（1984年3月）、秋

1）图像处理由朱重光、张圣凯等同志完成。

2）天然文岩渠地区的航空遥感由童庆禧同志组织完成。

（1983年9月）两次彩色红外航空遥感对比试验。春季的遥感图像，地面作物是单一的小麦苗，覆盖度低，土壤的裸露程度高，因此在航空像片上比较清晰地反映了沙土和盐渍土的分布；对黄河冲积泛滥作用形成的故道、泛流形迹、决口大溜等地貌现象也提供了较丰富的信息。在秋季，因地面作物种类多，此时的航空像片有利于研究作物布局和进行土地利用调查。此外，天然文岩渠地区，在1983年9月13日摄影的前七天下了一场大暴雨，因此在遥感图像上真实地纪录了当地的受灾情况，为分析该地区的涝情及其形成条件等，提供了难得的宝贵资料。

2．片型

多方面的遥感试验和实际应用效果表明，分波段的多光谱图像数据对研究工作具有一定的灵活性，但由于多光谱图像的彩色合成工艺比较繁琐，成本高，给使用带来了诸多不便。因此，一般认为对于资源和农业现状调查来说，除了某些特殊的要求之外，一般地讲彩色红外像片可判读性好，应用范围比较广泛，是比较适用的遥感片型。

彩色红外像片的特点是片基结构无蓝色感光层，可以减少散射能力较强的短波光影响，提高像片的彩色反差和空间分辨力；另外增加的近红外感光层，则有利于区分不同的植被类型和作物种类以及它们的生态状况。由于植被在近红外波段的反射能力强，不同作物之间的反射率值差异大，所以在彩色红外像片上呈现不同的鲜红色。据研究，植物反射近红外光的机理，主要是叶子内部的水化细胞壁和海绵状叶肉组织胞间空隙之间界面的多次内部反射作用引起的[1]。当农作物因成熟或遭受病虫害以及干旱等，引起叶内缺少水份的时候，内部细胞结构开始衰萎，绿色叶绿素衰减，对红外光的反射能力降低，因而这种状态的作物在彩色红外像片上的鲜红程度也随之降低。这种现象既有利于了解农作物的长势，同时又间接地反映了农作物的生态环境。如在天然文岩渠地区，在秋季的彩色红外像片上，虽然农作物覆盖度大，表土脱盐，但是通过作物的受害现象可以间接地了解到土壤盐渍化的程度和分布范围。显示了彩色红外像片的特殊作用和效果。

本次试验中采用的是国产1821型彩色红外胶片，该片在反映旱、涝、盐碱和风沙及其对农作物的危害等方面都显示了十分良好的效果。沙土和盐碱地因强烈反射红外光和可见光并抑制作物生长，因而其影像呈白色或浅色；潮湿的地面和水体因吸收红外光，其影像呈暗色或蓝绿色；各种农作物因反射红外光的强弱有差异而显示不同的红色调。

3．比例尺

航天遥感图像与航空遥感图像的重要区别，是图像比例尺及其对地物的分辨力不同。航天遥感图像比例尺小，分辨力低，但具有高度的概括性，对研究区域宏观特征有良好的效果。在天然文岩渠地区，1981年8月26日接收的MSS磁带数据质量良好。用计算机图像处理系统，纠正镶嵌输出的图像（彩图1a），为了保持影像的清晰度，以用较大尺寸的胶片纪录效果较为理想。若纪录像幅过小，即输出图像比例尺过小，虽然在理论上保持的像元信息量不变，但由于机械扫描纪录在胶片上的像元数量过于浓缩、密集，实际上经过高倍放大后将会影响地物影像的清晰度。关于放大的比例，从实际应用效果来看，高质量的卫星图像（MSS）可放大到1：20万（彩图1b）或1：10万使用；若

比例再大，如放大到1：5万，则已清楚地显示出每一个像元的矩形方块，反而干扰了地物轮廓的清晰度。

关于航空遥感图像，一般也不宜盲目追求过大的摄影比例尺，应充分发挥放大技术的作用。选择摄影比例尺的原则应以放大后能够满足专业判读分析中的定性、定量要求为宜。天然文岩渠地区的两种摄影比例尺，一种是秋季的1：3万，另一种是春季的1：8万。经过实际应用对比，两种比例尺的图像，从使用的方便程度、可判读性和经济效益等多方面综合评价，我们认为1：5万至1：8万的航空摄影比例尺是比较适宜的。即用小比例尺摄影，然后进行放大使用，是比较经济实用的技术方案。如果摄影比例尺过大，单张像片的视野缩小，像片数量成倍增加。如天然文岩渠地区的航空摄影，全区1：8万的像片只要72张，而1：3万的像片则需多达547张，即比例尺增大一倍多，而像片数量则增加7倍多，不仅大大增加摄影时间和材料，而且大大增加了各个方面的工作量；不仅提高了成本，而且降低了判读分析的工作效率。

从像片分辨率来看，如果像机和摄影胶片的系统分辨率为60线对／毫米，1：8万的像片地面分辨率可达一米左右。目前我国生产的1821型彩色红外胶片，分辨率也是60线对／毫米，在正常情况下，放大5—8倍，仍可保持良好的影像清晰度，基本上可以达到土地资源清查的要求。

二、区域综合研究的基本设想

天然文岩渠地区是黄河冲积泛滥平原的一部分，其农业土地资源条件及其类型特征都与黄河冲积泛滥平原这个物质基础密切相关，在华北平原地区也具有一定代表性。其特点是地势平坦、土地开发利用率高、受人为活动影响大，但存在有较严重的旱、涝、盐碱和风沙等农业灾害因素。对这样一个开发程度高但存在问题较多的地区，为了查明各种灾害因素产生的原因，掌握其发展规律，基本的设想是组织多学科的研究，以“会诊”的方式进行区域综合性研究。在技术上拟应用新的遥感手段和多种信息复合的方法，互相印证，互相说明，提高认识，为区域治理提供科学依据。在实际工作中，我们应用遥感技术与地面典型调查相结合的方法，分析了黄河演变及其形成的平原地貌条件和物质分异规律，综合研究了该地区旱、涝、盐碱和风沙等农业灾害因素和土地资源条件的成因性质、类型特征和分布规律。具体作法是：

(1) 设置有机联系的系列性专业研究课题。即从分析黄河在本地区的决口和演变入手，研究平原地貌结构—物质分异规律—土壤盐渍化—旱涝灾害—土地利用和土地类型等一系列专业问题，剖析它们之间的内在联系和制约关系。

(2) 组织综合的科学技术队伍。即组织多种专业技术人员分工协作，互相配合，对农业土地资源条件和区域问题进行综合分析与评价，了解各种专业问题的成因、性质和发展趋势。

(3) 用航天与航空、遥感与非遥感相结合的综合方法，编制天然文岩渠地区农业土地资源条件系列图，为区域治理规划提供科学依据。

三、区域地理特征

利用1981年8月26日接收的Landsat-3郑州幅MSS磁带数据合成的假彩色图像，从宏观上显示了天然文岩渠地区的区域地理特征及其内部结构，即黄河进入平原地区之后，在郑州铁桥以东形成了一个洪积扇形平原。该扇形平原的西部顶点在黄河铁桥附近，东部的扇缘扩展到滑县、长垣和陈留镇一带，平原内部的水系和物质分布都呈扇形展布。整个洪积扇由四个不同时期、不同性质的冲积、洪积地貌单元所组成（见彩图1）。

(1)北部禹河故道扇形区　这是早期的禹河故道形成的沙土区。沙性物质由故道区向东南方向呈扇形展开。

(2)南部运粮河故道扇形区　这是运粮河故道形成的沙土区，沙性物质由故道区向两侧呈羽毛状展开。

(3)西部扇形平原区　这是现代黄河在河床两侧形成的扇形冲积洪积平原。

(4)中部现代黄河滩地及其两侧背河湿地区　这是现代黄河的冲积泛滥平原，由西向东展布在整个扇形平原的中轴部位。

由于这四个部分的形成时期和性质各不相同，因此各地具有不同的农业土地资源条件，发育成各自的农业自然景观。在卫星图像上，这种扇形平原的影像特征是影像色调浅，截然不同于扇形平原外围的自然景观。这种浅色影像说明，构成该扇形平原的地表物质和农作物的光谱反射能力强。据此可以判断：该地区的土地资源条件和农作物发育状况有以下特点（也是形成这种浅色影像特征的主要原因）：(1)黄河在该地区形成的后期覆盖物以沙土为主，土壤的盐渍化程度高，且有较广泛的分布。(2)由于沙土和土壤盐渍化的危害，土壤持水性差，肥力低，农作物缺水、缺肥、长势差，植被覆盖度低。(3)农作物本身因受干旱和盐碱的危害，造成作物内部缺少水份，细胞结构衰萎，叶绿素衰减，对红外光的反射能力降低，因而在假彩色红外像片上的鲜红颜色大大减弱。

另外从1981年8月26日的磁带数据回放合成的1：20万假彩色卫星图像上，可以看出如下几方面的问题和内容：(1)农村居民点星罗棋布，其外围都有较多的荒芜土地。这说明本区的农村居民点布局不尽合理，占用耕地面积过多，需要进行统一规划和调整。(2)主要道路和排灌渠系的布局及其控制面积。(3)主要的黄河故道形迹及其低湿地和沙土地的分布特征。(4)主要盐碱地的分布特征和规律性明显。

四、区域综合研究与地学相关规律

遥感图像为区域研究提供了丰富的环境信息和良好的基础资料。在同一个区域自然综合体中，各种自然现象的形成和发展都和当地的环境条件密切相关。各种自然要素之间都是相互联连相互制约的。因此，在各种专业要素的像片分析中，需要掌握和运用这些要素之间的相关规律，并从复杂的遥感图像中提取有用的信息，把定性和定量分析建立在可靠的理论和实践基础上，把判读分析中的感性认识提高到理性认识。

在天然文岩渠地区的遥感应用中，首先对黄河在该地区的演变及其形成的平原地貌条件和物质分异规律等，进行了全面的综合性研究，从而为弄清该地区的农业土地资源条件奠定了基础。

（一）黄河的演变与平原地貌类型

根据航空遥感图像上提供的地貌形迹和其它信息分析，黄河在天然文岩渠地区是从北向南发展演变的，并在不同时期形成了由不同物质组成的平原地貌类型。天然文岩渠地区的平原地貌成因类型，可概括为三个类型区。

第一类是黄河故道区。这是早期黄河故道（即禹河故道）的产物。主要分布在本试验区的西北部。除了黄河故道本身的低湿地之外，区内主要是微岗起伏的沙丘和风沙地（彩图4）。由风力作用形成的次生沙丘可高达10米以上。干旱和风沙灾害较重，是本区农业十分严重的不利因素之一。

第二类是现代黄河滩地区。其主要分布在本区南部的黄河大堤之内。由于受黄河大堤的约束，堤内黄河冲积物约高出大堤外侧地面6—8米。根据滩地的影像特征和高度可分为高滩、低滩和嫩滩三个地貌单元。由于洪水洗刷以及地势高和地下水位低等原因，本区内的土壤盐渍化程度轻微，除受洪水威胁外，是重要的高产优质良田区。

第三类是冲积泛滥平原区。这是本试区的主体部位，是黄河从北向南演变过程中及现代黄河决口时冲积泛滥而成的平原区，内部结构复杂。根据航空像片分析，全区系由十多个不同时期的黄河决口扇形微岗地和扇前洼地所组成。每一个扇形地貌单元从扇顶到扇前，其地表都有微小的倾斜。这种地貌上的微小差异明显地反映在耕作利用方式、土壤水份条件和土壤盐渍化程度等各个方面，开发利用也因地而异（彩图2）。这充分说明了这些微地貌条件的变化对农业土地资源条件的作用和影响。

另外，在冲积泛滥平原内部，普遍存在着各种槽型谷地和泛流形迹等地貌类型单元。所谓槽型谷地，即是黄河泛滥时的主河床形迹。而泛流形迹，从遥感图像上显示的特征分析，主要是黄河泛滥后在洪水后期形成的自然排水系统（彩图3），其物质组成地貌形态，都不同于两侧的泛滥平原，水土条件较好，作物长势好，在图像上呈鲜红色；而泛流两侧因土壤盐渍化程度高，抑制作物生长，呈浅色影像。这种不同时期的泛流形迹和槽型谷地与决口扇交织在一起，也就造成了本平原区内部的微地貌和物质分异的复杂化。所以农业土地条件也因地而异。

（二）地貌条件与物质分异规律

河流与洪水搬运泥沙物质的分异规律是，洪水期河水携带泥沙物质粗，静水期携带泥沙细；在搬运距离上，从近到远沉积的物质由粗变细。根据这些基本规律，在查明黄河在天然文岩渠地区的演变及其平原地貌结构之后，基本上可掌握土壤质地在区域分异上的规律。即在黄河故道区和一些决口大溜区是以沙土为主，影像色调浅，耕作条件差；在决口扇地区，从扇顶到扇缘，沉积物由粗变细；而在扇前洼地地区，则以粘土物质为主。除此之外，由于决口扇形微岗地和扇前洼地地区，普遍叠置有上述的槽型谷地

和泛流形迹，所以该平原区的土壤质地变化复杂。在槽型谷地和泛流形迹区，主要为洪水后期的沉积物，此时的流水平静，水中悬浮物质细，故以粘性沉积物为主。利用航空像片查明了这些泛流形迹与决口扇等地貌单元之后，了解本地区的土壤质地分布规律，也就不难了。

（三）物质基础与盐渍化土壤的分布规律

盐渍化土壤，由于表层有盐霜或表土板结，农作物生长受到抑制，因此在遥感图像上呈浅色调。在天然文岩渠地区，利用航空像片上这些色调标志分析土壤盐渍化与平原地貌之间的成因关系取得了良好的效果。即在气候条件一致的情况下，地貌和水文地质条件对土壤盐渍化的形成和分布规律起主导作用。本地区的盐渍化土壤可按地貌和水文地质条件，划分为如下几个成因类型区（图2）。

1．背河湿地类型区

由于黄河的侧渗作用，在背河湿地地区，地下水位高，所以盐渍化土壤普遍发育，分布广泛。在航空像片上盐渍化影像呈明显的浅色调。

2．决口扇类型区

在天然文岩渠地区，反映在遥感图像上的浅色的盐渍化土壤，总的分布多呈孤形趋势，而且这种孤形分布现象，基本上和当地的地貌条件——决口扇前缘相吻合。这种现象说明，决口扇前缘地区是容易发生盐渍化的地带，分析其原因主要是：①黄河决口扇的地表形态和土层结构具有从扇顶向扇缘倾斜的基本特征；②决口扇前缘地势低，地下水位高，而决口扇顶和扇身地区地势较高，物质较粗；因此在整个决口扇上的水盐动态规律是水盐成份主要从扇顶向扇缘淋沥迁移，盐份在决口扇前缘地区通过蒸发和蒸腾作用积累于地表，因而加重了决口扇前缘地区的土壤盐渍化。

3．槽型谷地和泛流形迹类型区

盐渍化土壤在遥感图像上的另一种分布现象是呈条带状或梭形展布，而且这种条带都沿槽型谷地或泛流形迹两侧的微高地分布；而呈梭形分布的盐碱地则是处在早期河床中形成的心滩上。由于这些心滩和泛流两侧的微高地，土质较粗，毛细管作用强，有利于盐份向地表迁移和积累，所以盐渍化程度较重。而在槽型谷地中，因有粘土夹层存在（表2），下部的盐份不易向上迁移和积累，所以土壤盐渍化程度低，或是非盐渍化土（彩图6，7）。

表2　槽状洼地和心滩型微高地上的土壤质地

槽状洼地	0～25厘米	两合土	心滩型微高地	0～17厘米	粉沙
	25～100厘米	粘土		17～70厘米	细沙
	100厘米以下	细沙		70厘米以下	流沙层

图 2　天然文岩渠地区盐渍化土壤分布类型区划图

五、遥感图像综合利用与系列制图

遥感图像是地面景观的综合反映，包含有丰富的信息和专业内容。科学地合理地利用遥感图像的方法是综合利用，挖掘其信息潜力，提高利用率。天然文岩渠地区的航空遥感图像，一是提供给省、地县有关部门使用；二是我们应用影像地图编制了该地区的土地资源系列图件，找出了存在的问题，提出了分区开发治理的方案。

1．编制影像地图

像片分析工作，一般多是应用单张像片和立体观测方法进行专业要素的定性和定量研究，但是由于单张像片的视野有限，往往不便于了解某些专业现象的整体和宏观展布，及其与周围环境的相互关系。为了能了解全局，在工作过程中，常常需要将大量单张像片拼接起来使用，或制作影像图；尤其是进行系列制图时，更需要有统一可靠的定位和定量判读制图基础，因此编制影像地图已成为当前遥感应用与系列制图研究中值得大力提倡和发展的一个重要方面。

影像图有像片镶辑图、像片略图和像片平面图之分。在天然文岩渠地区工作中，我们试验编制了上述三种影像图，并检验了其应用效果。

(1)像片镶辑图　这种影像图一方面可供了解工作区的全貌；另一方面也便于寻找各地区和各种地物现象所涉及的像片号码和位置。在工作时间紧急，暂时得不到影像略图和正射影像图的情况下，为了及时了解工作区的全貌和某些宏观现像的展布趋势，可临时制作像片镶辑图。制作方法是用原始晒印像片，以地物影像为依据，将像片叠置拼接起来，这样便得了全区的镶辑影像图。

(2)像片略图　这是一种无控制镶嵌的像片略图。在没有像片平面图的情况下，在平原地区可以用飞行质量好的像片（晒印或放大的像片），依据地物影像直接镶嵌影像略图。在天然文岩渠地区，用1：5万的像片，镶嵌成近似1：5万的像片略图，影像的拼接精度一般可控制在3毫米之内。利用这种影像图研究全区的宏观现象和地物的分布规律，是实用的和可行的，甚至可以直接在这种影象图上判读编制某些专业要素的分布略图。

(3)像片平面图　由于像片略图的几何精度达不到专业制图的要求，所以在正式的系列制图中，应以像片平面图为制图基础。天然文岩渠地区的像片平面图[1]，以实测和内业电算加密取得控制资料，用1：3万彩色红外底片在纠正仪上光学镶嵌成黑白像片平面图。制作该像片平面图的主要目的是减少多种专业制图的转绘过程，保证专业制图的几何精度和取得统一制图基础。实践证明，这种黑白像片平面图可以满足各种专业制图的工作要求，保证了制图质量，提高了工作效率。

2．系列制图成果

利用遥感图像进行专业判读分析，除了需具有专业知识之外，还需要研究和利用环

1）该图是请天津市测绘处制作。

境信息以及各专业要素之间的相互联系和相互制约规律。因此专业判读与区域综合研究是相辅相成的。组织多种专业人员协同工作，进行区域综合研究与系列制图，可以提高专业分析效率和研究深度。在天然文岩渠地区，由多种专业技术人员相互配合，在区域综合研究的基础上，利用一次遥感图像共作出20多种专业及派生图件，收到了一次遥感多方受益的效果。完成的主要专业图件有：

(1) 天然文岩渠地区黄河演变与泛流形迹图
(2) 天然文岩渠地区地貌类型图
(3) 天然文岩渠地区土壤类型图
(4) 天然文岩渠地区土壤盐渍化类型图
(5) 天然文岩渠地区涝情分析图
(6) 天然文岩渠地区水资源图
(7) 天然文岩渠地区植被类型图
(8) 天然文岩渠地区土地利用图
(9) 天然文岩渠地区综合治理区划图
(10) 天然文岩渠地区土地类型图

3．分区治理方案

在取得上述专业图件的基础上，量算了全区各类土地资源的面积，对农业土地资源条件的成因、性质和分布规律等提出了专题研究报告。通过对天然文岩渠地区进行综合分析后认为，影响该地区农业生产的关键问题，及造成旱涝、盐碱和风沙等农业灾害因素的基本原因都与当地的平原地貌和水资源条件有关。根据这一分析和遥感图像提供的综合信息，提出了以调节水资源为中心的分区治理方案，按照排、灌系统和水资源条件将全区划分为五个综合治理区。在同一个区内可以通过水利工程措施统一调配水资源，然后在每一个区内又按各地的水、土、地貌条件和利用状况划分出不同的类型块，由于每一个类型块内具有相同的生态环境条件，因此，每个类型块就是因地制宜发展专业性农业生产的综合治理单元。

4．区域开发中的几个问题

(1)农村居民点分布零乱占地过多。遥感图像上真实地反映出该地区的农村居民点星罗棋布。这些居民点不仅过于分散，而且在每一个居民点的外围都有较大面积的荒芜土地，侵占了大量农田，人为地造成了土壤盐渍化，破坏了农田生态环境。据统计，在全区大部分地区，居民点占地面积达到了10—20%；反映了非生产性用地侵占耕地的现象十分严重，也反映出进行农村居民地统一规划的必要性。

(2)农、林、牧用地比例不当。在遥感图像上反映出，本地区的土地利用率很高，但基本上是一个单纯发展种植业的地区，只见耕地不见森林。全区耕地面积占77%以上，而林业和牧业两项合计占地不到2%。大面积的活动沙丘尚未植树造林；大面积

的平铺沙地未采取防风固沙措施即已垦为耕地，生产效益不佳，而且易酿成风沙灾害。因此今后需要大力发展林业和牧业，增加林、牧用地比例，改善生态环境。

(3)发挥区域特征，挖掘生产潜力。本地区的农业土地资源条件有明显的区域差异，但是遥感图像上反映出的土地利用现状，却没有因地制宜和发挥区域特征的农业布局，即在利用上存在着不合理性，未能发挥土地资源的生产潜力。今后应因地制宜分区治理，适当发展各地区的专业化生产。

六、结　语

在天然文岩渠地区，应用航天与航空遥感相结合的方法进行农业土地资源条件研究收到了良好的效果。首先用卫星遥感图像从宏观上研究区域地理特征，然后用航空遥感从黄河的演变及其形成的平原地貌条件入手，综合研究旱涝、盐碱和风沙等农业灾害因素的成因、性质和分布规律，加快了工作进度，提高了区域研究深度。在黄淮海平原地区，更应十分重视应用多时相及选用理想的遥感季节。不同季节的遥感资料，对研究农业土地资源条件具有不同的作用和效果。

航空遥感是一种比较昂贵的技术手段，在区域研究与农业土地资源调查中，一般不宜采用过大比例尺的航空摄影。根据天然文岩渠地区的工作经验，用1：5万至1：8万航空摄影底片，然后进行放大使用是比较经济实用的技术方案，可以满足综合利用和系列制图中的各项基本要求。

参 考 文 献

〔1〕 F. F. 萨宾著（杨廷槐等译），遥感原理及解译，地质出版社，1981年。

天然文岩渠流域地貌类型的遥感分析*

林恒章　吕克解

（中国科学院遥感应用研究所）

一、概　述

天然文岩渠流域位于黄淮海平原的中部，紧靠黄河。其地貌为近几百年内黄河决口泛滥沉积物所塑造。作为一项基本自然要素，它影响并控制着地面的起伏，土壤质地的区域分异，地表水、地下水的活动及盐分的迁移和积聚。它和土壤、植被、水文、土地利用和土地类型有密切的成因上的联系。为了综合治理本流域，我们运用遥感方法编制了1：10万地貌类型图，以求反映区域地貌类型及其演变过程和分布规律，为区域研究提供依据。

图像判读以1983年6月的1：3万和1984年3月的1：8万（放大为1：5万）的彩色红外航空像片为基本资料，同时辅以八十年代初的6，8和11月份等三个时相的陆地卫星CCT磁带的电算处理图像，以及1955年和1972年的黑白航空像片，从中划分地貌类型，并把握其分布规律。此外，为获取微起伏信息，还收集了1：1万地形图作对比。在完成内业判读之后，进行了实地路线调查，采集剖面土样进行粒度分析，以验证和补充判读成果。采用遥感影像分析方法大大缩短了作业时间，仅一年就完成了三千多平方公里的流域地貌类型图的编制和论文编写工作，显示了遥感方法的优越性。

二、塑造流域地貌的基本动力

本流域位于中生代晚期燕山运动形成的华北构造盆地内，在喜马拉雅运动时期，太行山以东地区，除山东半岛隆起以外，均强烈拗陷。长期沉降使流域地区承受黄河、沁河等河流所携带的大量泥沙，堆积物厚度达几百米。黄河自出孟律以后，频繁地南北摆动，至本流域西界，摆动幅度大增，其堆积物形成了一个巨大的黄河冲积扇（见彩图1a），本流域即处其上。历史上自1194年（金朝明昌时代）以来，黄、沁两河决口、泛滥频繁地发生于本流域地区。泛流的堆积和侵蚀作用塑造了一整套泛滥地貌。由于决口堤段的变化和河床的逐年抬高，不同时期泛滥的沉积物交错重叠，又增加了地貌类型的复杂性。微地形起伏频繁，小地貌单元众多，是本区地貌的显著特点。

本流域所濒临的这一段黄河，处于刚进入平原的地段，河床比降明显变小，淤积严重，游荡性强，只得在两岸修筑人工堤防加以约束。两堤的间距是黄河下游最宽的，一

*参加本项工作的有童寿彬、傅秀银、姜建华等同志。

般为5—10公里，最宽达25公里。由于堤距过宽、河床淤积速度又快，最容易出现辫状汊流。汊流流速较慢，反过来又加强沉积作用，于是形成广阔的河漫滩，河床过水能力随之降低。遇有大洪峰来临，主泓游摆不定，一但靠近堤身，强烈的冲刷作用，或则掏底或则漫顶，酿成决口、改道。“善淤、善决、善徙”成了黄河的一个显著特点。1194年黄河第四次大改道的口门在本流域西界的原阳县福宁集和黑羊山之间，口门以下的黄河河床干涸暴露成为故道，河道两侧的古决口扇扇顶，部位较高，物质较粗，改道后新河床发生决口的泛流也不易到达，长期处于植被稀少的暴露状态。在冬春季强劲的西北风的吹蚀下，沙粒为风力搬运，就近沉积，遇到障碍（如堤防、树丛和村庄等）便堆积成沙丘。本流域西北部多风沙地貌即缘于此。1494—1855年这三百六十年间，黄河流经本流域南界一带，这是塑造本流域各种地貌类型的最重要时期。其特点是以左岸决口为主，并出现过同一小堤段有过几次决溢的情形。每次决溢的泛流在流量和含沙量上均不相同，流过的地区也不尽相同。泛流沉积物塑造出多种多样的地貌，本流域大部分地区的地貌形成于这个时期。1855年铜瓦厢决口，黄河从入黄海改经大清河入渤海，决口口门以上河道下切，河床中出现连片的高滩地。

长时期以来，黄河河床均较堤外地面高。决口时，河水一旦冲出口门，居高临下，一下子便丧失大部分水头，泛流也立刻撒开成为指状漫流，泥沙按先粗后细的规律依次将细砂、粉砂和亚粘土陆续沉积下来，形成决口冲积扇。由于决口前原来地面起伏状况的影响，泛流撒开的幅度不相同，所形成的决口冲积扇形地，有因迅速散流而成为平缓的的蒲扇形的；有因大溜受到约束而流得较远，呈为舌状的；泛流分溜适中时则出现典型扇形（彩图9a）。它们的共同沉积规律是：从中轴线向两侧、由扇顶向扇缘、沉积物粒径越来越小，厚度越来越薄。

当泛流流出侧翼和前缘之后，流速明显降低，散流消失，水流处于近似静水的沉积状态，细粒物质相继下沉，形成亚粘土和粘土沉积层。由于泛流所携带的大部分泥沙已沉积于上游的流程中，能到达这里的泥沙既少又细，且洼处沉积厚度比高处要大一些，起到了缓和原来地表起伏的作用。但总起来说，它们与决口扇形地那部分地面间的相对差，比决口扇形成之前来得大。

泛流在漫流过程中，有处于主流的大溜，也有处于汊流地位的串沟。后者在数量上占优势。相对地说，大溜处于水深流急状态，水流含沙量高，由于溜道两侧无约束，洪水越槽外溢，大量泥沙沉积于槽沿，形成类似于天然堤的缓岗，向外逐渐过渡到微倾斜泛滥平地；与此相似，串沟在流动过程中也相应形成串沟“天然堤”。这类缓岗的形成，使大溜溜道和串沟沟槽相对地成为浅槽形洼地。串沟为数众多，水流分散，水量不大，在流程中易受原始地面起伏，甚至是本次泛滥中先此形成的岗洼地形所制约，流向和流速时有变化。两组流向不同的串沟，其“天然堤”便能交织出大小不等的碟状浅洼地。因此，在决口冲积扇扇面上，大平小不平的情形几乎到处出现。

人类活动对本流域泛滥地貌的形成和发展有着深刻的影响。首先是修筑人工堤防，人为地将河流流势约束在两堤之间，泥沙也只在堤内沉积，日积月累，河淤堤升，遂成“悬河”，为决口后的泛流提供水力条件。有些堤防仅为阻挡泛流推进而筑，如本流域北界十四世纪末所筑的太行堤，其目的就是防止泛流冲击运河。本流域内的黄河决口大溜的流向与太行堤几近直交，洪流受到堤的阻挡，壅水上溯形成大面积的临时水库，其

岸线成为新的侵蚀基准面，泛流提前进入停滞状态，决口冲积扇状地形的发育受到限制，扇缘发育不充分，与扇身不成比例。临时性水库的近于静水的沉积环境，干涸后构成大面积浅平洼地，成了往后的多次决口的共同扇前洼地，并成为流域内大面积沥涝容水的汇集之地。洼地内出现的方向不同的条带状影像特征，正是泛滥退水进入洼地的串沟形迹。

引黄淤地是引用高泥沙含量的汛期黄河水，借助于泥沙的淤积，人为地抬高地面，起到改良土质，改善排水条件和降低地下水位的作用。这是又一个影响地貌特征的人类生产活动。此外，各级灌排渠道和各级道路的修筑，也都影响到地貌的演变方向。

三、判读标志的建立

本流域属泛滥冲积平原，地面起伏不大，在1—2米的高差内，地貌类型便有显著变化，所要划分的是微地貌类型。因此，依据地物的影像特征，判明地面起伏状况，进行地貌类型划分是很重要的。下面就本流域地貌类型的主要判读标志作一简述。

1．土地覆盖标志

本流域是典型的农业区。因地制宜、因土种植所形成的各种农田利用方式与微地貌有显著相关性。在1983年3月的彩色红外像片上，农田中只有小麦开始返青，幼苗显示为淡红色。小麦不耐盐也不耐涝，常种植于相对肥沃、高燥之地，因而大面积连片小麦田的出现，预示着决口冲积扇、黄河高滩地和古滩地的存在。相反，淡蓝色调显示潮湿而尚无作物（或仅散布少量麦田且长势较差）的区域，是以水稻为主的种植区的影像特征。这对判定决口扇间洼地和扇前低平地有利。1983年9月的彩色红外摄影正好是在一次成涝暴雨之后，它记录了旱作物（玉米、棉花、谷子等）受淹后提早萎黄，显示为蓝绿色或褐色；水稻由于耐淹且成熟时稍晚，叶片和稻穗处于绿中带黄，呈现为淡红或粉红色（彩图11）；花生芝麻等耐旱作物，处于成熟或收获阶段显示为浅黄色。根据这些作物与生态环境之间的适应关系，可以推断出前二者中，前者与小麦一样指示地貌类型为决口扇形地、高滩地和古滩地。至于花生和芝麻多种于沙土质土地，可知其分布区是泛道“天然堤”或决口扇顶部，甚至是沙质决口扇。

田块的大小和排列方向，与微地貌类型之间也存在密切关系，在泛流微岗地上，田块小，且长轴方向往往和紧邻的泛道内的田块相差90°左右。不仅刻画出缓岗地的形状和泛道宽度，而且其弯曲状况也得以显示。

2．土壤盐渍化标志

黄河在本流域的一侧处于“悬河”状态，其侧渗作用抬升了地下水位，同时其决溢泛流及其所形成的决口冲积扇又局部改变地面起伏，形成岗洼相间的地貌。决口冲积扇的扇身，沉积物厚度大，相对较高，地下水位低，不易出现盐渍化；而扇缘地带地势低下，土质沙粘适中，普遍出现由灰白色斑块联成的弧形土壤盐渍化带。带的外缘即是扇体和扇前洼地的分界线（彩图5a）。在1984年3月的航空彩色红外像片上，扇缘盐渍化带上的盐霜更显示为连片的条带状。

3．水份标志

在暴雨后航摄的1983年9月份的彩色红外像片上，季节性积水坑和耕地中的过湿带，由于水份对电磁波的强烈吸收，呈现出蓝色或蓝中带绿色。这样，决口口门处的水蚀坑和泛道的残余部分，可从蓝色的斑块或条带中得以辨认；即使是已被淤没的决口大溜或串沟，也可以根据断续排列的蓝色条带，勾划出其流径和规模；从而大大地方便了对决口扇及扇间、扇前洼地作出判断（彩图9b）。

4．人为设施标志

本流域在水利上采取灌排并举的方式，灌溉渠是自高处向低处逐级散开；排水渠是自高处向低处逐级汇集。灌排渠道系统真实刻画了区域的微地貌起伏状况。在1984年3月的彩色红外像片上，灌渠正值春灌，渠槽过水，在单调的以浅色调为主的背景上，均呈现出蓝色的纲络，清晰易辨。

本流域居民点的大小、密度和排列方向，不但与地下水埋深有关，也同土壤质地和土地质量有关，而这些又同决口冲积扇体沉积物的粒度分异息息相关。本流域地区所有三座县城均位于决口冲积扇体的中轴线上；相对密集、排列有序的村庄群，成片地集中于决口扇体上；扇间和扇前洼地上的村庄，则相对小而稀。而紧靠于泛道残迹和古堤的村庄，则以长条形展布的形式成列出现。

四、类型划分及特征

1．地貌类型的分类原则

考虑到本流域地貌类型的形成系黄河决口泛滥的产物，在分类原则上，既要反映出类型的特殊性，又要顾及其在图像上的可辨程度。据此，我们提出如下分类原则：

(1)按形态—成因分类

一般说来，地貌分类主要表现在形态上，但形态并不能很好地反映地貌演变规律。因此要以这两个因素，作为判读、分类的主要原则。

(2)反映遥感资料的分类特点

我们分类的主要依据是遥感图像信息，必须考虑有关信息对类型划分的可信度。以航空及航天遥感图像信息进行地貌分类，较之常规大路线调查有优越性。本流域所要划分的是微地貌类型，分类时除立足于影像标志之外，还借助了地形图和其它专业地图，以增添必要的内容，从成因上加以补充。

(3)以有利于调整农业结构为出发点

从农业总体规划的需要出发，对流域综合治理关系密切的类型，尽量详尽，而不拘泥于定要划分到同一级的固定模式。

2．地貌类型的分类系统

依照上述分类原则分出一级类型四个；二级类型十八个；三级类型仅择要划出四类，以作为对二级类型的补充。分类系统见表1。

表 1

一级类型	二级类型	三级类型（补充性）
Ⅰ. 河床地貌	I_1 嫩滩地 I_2 低滩地 I_3 高滩地 I_4 黄河故道 I_5 古滩地 I_6 槽状洼地	
Ⅰ. 泛滥地貌	I_1 决口冲积扇	I_{11} 决口扇缘地 I_{12} 决口扇身地
	I_2 决口扇外洼地	I_{21} 决口扇间洼地 I_{22} 决口扇前低平地
	I_3 决口槽状洼地 I_4 泛流槽形窄浅洼地 I_5 碟状浅洼地 I_6 微岗地	
Ⅱ. 风沙地貌	II_1 沙丘 II_2 平沙地	
Ⅳ. 人工地貌	IV_1 堤防 IV_2 放淤平地 IV_3 刮盐土堆	

3．地貌类型的特征

I_1 嫩滩　分布于现代黄河河床边缘，是最新的不定形的河漫滩（彩图20①）。其影像呈土黄色，滩面平坦光滑，无植被覆盖，留有小汊流切割的痕迹。从土地利用角度出发，嫩滩也包括可种一季但收获无保证的新滩地。

I_2 低滩地　分布在黄河现代河床两侧，介于嫩滩和高滩之间（彩图20②），只在较大洪水时被淹没。影像呈长条形。种有庄稼或绿肥，地块排列规则，在1：3万彩色红外像片上呈红色或肉红色；在1：8万彩色红外像片上呈蓝青色。没有居民点。

I_3 高滩地　紧靠大堤，呈条带状分布，是特大洪水才能淹没的河漫滩。有上滩洪水遗留的串沟形迹。高滩地田块排列整齐，作物生长良好，呈红色影像（彩图20③）。居民点密集，零星空地呈青色。

I_4 故道　为河流改道后被遗弃的或决口后未及时堵合、行洪时间较长完成了造床作用的决口大溜的痕迹。影像上，未被淤平还积着水的河床呈深蓝色。其东南岸有风力再造沙丘及平沙地的灰黄色影像。

I_5 槽状洼地　成因同故道，差别是河床已为后期的泛滥沉积物所淤平。由于河槽较深，有砂层，后期淤积的沉积物质地较细，耕性良好，肥力较高。村庄均分布于其两侧。在1984年3月的像片上，连片小麦地显示出艳红色，反映了原河床宽度。其东南侧也有沙丘出现。

Ⅱ$_1$ 决口冲积扇　由黄河决口洪流携带的泥沙淤积形成，呈扇形状，有单个、复式之分。扇面上有串沟所构成的窄浅洼地。冲积扇体由扇身和扇缘带两部分构成。

Ⅱ$_{11}$ 决口扇缘地　为决口扇的边缘带，一般由粉砂、亚粘土组成。不同决口扇的扇缘带，宽度不一样。其重要判读标志是有灰白色的盐碱斑块的影像出现。

Ⅱ$_{12}$ 决口扇身地　组成物质较扇缘粗，一般为砂质或粉砂质。耕地连片，居民点集中。看不到条带状、云块状的灰白色盐碱斑。其沉积物质地越粗影像色调越灰白。

Ⅱ$_{21}$ 决口扇间洼地　为两个决口扇侧翼的交接地带，处于相对低洼的半封闭环境，其范围由两侧的扇缘线所圈定。

Ⅱ$_{22}$ 决口扇前低平地　是决口扇前的季节性积水地段，组成物质为半静水或静水环境下的亚粘土和粘土。在1984年3月的彩色红外像片上，麦地的比例很小，麦苗弱小，显示为极浅的红色。并可见到因涝而未能秋种的耕地田面的灰蒙蒙的影像特征。

Ⅱ$_3$ 决口槽状洼地　也是被淤没的泛滥水道。与槽形洼地相比较，不仅规模小，属于大溜，而且由于行洪时间短，没有完成造床作用，东南侧也没有沙丘或平沙地的灰黄色的影像出现。

Ⅱ$_4$ 泛流窄浅槽形洼地　为被淤平的泛流串沟，淤积层之下往往有厚度不大的粘土、亚粘土夹层，造成较好的生态环境，作物长势与两侧有明显不同。特别是在1984年3月份的航空像片上，长势良好的麦苗以加深的红色带显示出来。其清晰的影像在流域内广泛出现。

Ⅱ$_5$ 碟状浅洼地　为相对低洼的封闭小洼地。较多分布于扇间洼地，也分布在窄浅槽形洼地内，呈现为洼中洼状态。在1983年9月份的像片上，可依雨后过湿而显示的深蓝色斑辨认，环状浅色调盐碱斑中心的蓝色圆斑，可断定为碟状浅洼地。

Ⅱ$_6$ 微岗地　微岗地的突起形态除一部分依据田块异常判别外，还可从呈梭形分布的灰白色盐碱斑予以识别。此外借助于大比例尺地形图的等高线可以把相对高差仅一米左右的缓岗较详细地分析出来。

Ⅲ$_1$ 沙丘　是由风力搬运砂粒所堆积成的正地形，形状有垄状、链状、新月状等。植被茂密的为固定沙丘，植被较密的为半固定沙丘，植被稀疏呈灰白色的是流动沙丘（彩图4）。

Ⅲ$_2$ 平沙地　基本平坦或呈波状微起伏，分布在沙丘之间，有田块形迹，但作物生长很差，影像呈灰黄色。

Ⅳ$_1$ 堤防　黄河大堤巨大而完整，通过立体像对的观察，据立体形态及特定位置，极易识别。即使是仅起阻挡泛滥洪流作用的太行堤，及黄河故道两侧残破的古堤防，其残迹仍有清晰显示。

Ⅳ$_2$ 放淤平地　为淤高地面、改善土质，引用洪水期含高泥沙的黄河水淤灌背河低洼地带而形成的平地，因而通常是良田所在。在航空像片上要将其与非淤灌的背河耕地区分开还缺少足够标志，在稻田区尤如此。

Ⅳ$_3$ 刮盐土堆　本流域碱化盐土的盐分集中在深10厘米以内的表土层。群众为了降低表土层的含盐量，刮表土堆弃于田边，形成土堆，高出田面2—5米，类似于砖窑。这种特殊的土堆，集中于封丘县西部的应举一大村南北。

五、成果验证

判读成果的验证，主要依据各地学要素间相互联系及相互制约的关系进行。

1．土壤表层质地方面的验证

本区地貌由泛滥沉积物所塑造，水力学特征和沉积环境的不同，引起了沉积物粒度的空间分异。对一个决口冲积扇来说，其所发育的土壤，即砂土、砂壤土、小两合（砂壤-轻壤）土、两合（轻壤）土和淤土（重壤-粘土），同决口扇的扇顶、扇身、扇缘以及扇间和扇前洼地等地貌类型有良好的对应关系。由于决口时洪流含砂状况不同，因而各个决口扇从扇顶到扇缘的沉积物粒度等级也不相同。与各县土壤图相对照，决口扇所在位置及其沉积物的粒度分配便一目了然。总的说来，砂壤土和小两合土与决口扇身在空间分布上有良好的相关（图1）。

图1　表层主要土壤类型分布图

2．土壤剖面质地方面的验证

已如前述，每一次决口时洪流含沙状况都不相同，黄河又是不断淤高的地上河，河底与堤外背河地带的高程差，在沿河方向上也不相同。决口发生之后，泛流浸淫范围和沉积物的堆积标高自然就不相同，因而往往出现后期决口扇超覆于前期决口扇之上的情形。两个或两个以上决口扇的叠置，形成了土体剖面上的复杂的质地层次。各县土壤图上标出的，处于剖面的底、腰和通体等三个深度上的夹层（包括砂质的、壤质的和粘质的）的出现，便是佐证。这些夹层的空间分布特征，反映了它们在时间上的联系。说明了最新决口扇形成前的地面状况（图2）。

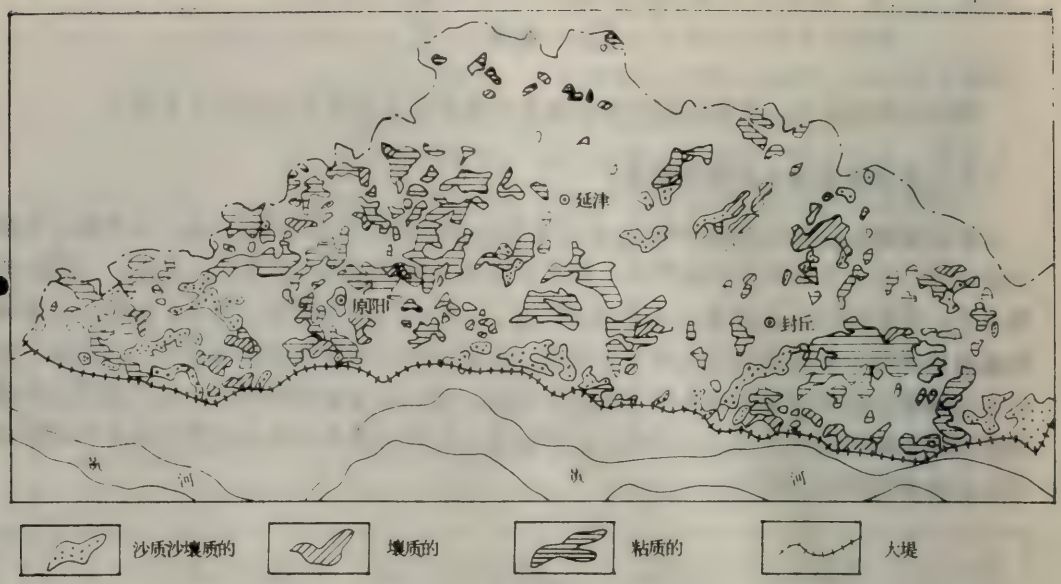


图 2　近表层土壤质地图

3．盐渍化土壤和涝地方面的验证

已如前述，决口冲积扇的扇缘带均是土壤盐渍化最活跃的地段。一条条呈弧形分布的盐碱带的出现，也就证实了决口扇的存在与规模。而涝地则集中于决口扇间和扇前洼地，它们刻画了决口扇的外廓（图3）。

图 3　盐渍土及涝情图

4．野外浅层钻孔样品粒度分析方面的验证

完成内业判读之后，选择决口扇和泛道、沙丘等典型地貌，打浅钻取样，进行粒度分析。这样可以根据剖面上的粒度等级和组成特征，验证内业所划分的各类型是否合理，为定稿提供依据。表2列出了部分样品的粒度分析结果，从中可以看出不同类型间的差别。

六、微地貌与农业生产条件

本流域各类地貌都与泛滥沉积作用有关。一次决口的洪流在漫流的过程中，便已开始沉积，同时也在重新塑造泛区的地貌。当决口口门封堵合拢，水流断绝，其沉积作用也随之结束，新的地貌形态遂告形成。如前所述，本流域的这一段黄河大堤历史上决口频繁，不同时期决口的口门相距不远，泛滥水流的沉积随流程的增加和原始地面的起伏有一定的分选性。纵向上，距口门越远沉积物粒径越小；横向上，以大溜溜道为中轴，越近侧翼则沉积物越细。总的来说，黄河的悬物质大部来源于黄土，以粉砂为主。所以沙质沉积物只分布于河流的主流和决口冲积扇的顶部及大溜溜道上段，整个扇体以粉砂质为主，扇缘以外的洼地沉积的是亚粘土和粘土。然而，不同时期决口洪流的泥沙含量及其粒度组成不尽相同，这取决于形成洪流的暴雨中心地区的下垫面特点，尤其与基岩及其风化特点有关。因此，每次决口的沉积物粒度组成是不同的。在本流域，黄陵决口扇主要是砂质的；封丘、大宫、张光等决口扇以粉砂质为主；而原阳、大王庄等决口扇则介于这二者之间，属于粉砂质砂（彩图9a）。相应地在其扇间洼地和扇前低平地是亚粘质的或者是粘质的。显然，发育其上的土壤质地就不相同，因此，影响到养分含量，毛细管水的上升高度和速率，以及伴随水分运移而来的盐分的迁移和累积，导致土地质量上的明显差别，进而影响到农业利用的方向和潜力。

如上所述，本流域内的黄河决口频繁，且口门相距不远，甚至在小段河内堤出现几处决口。如封丘县荆隆宫附近，自1445年至1631年这186年间，有记载的决口就达七次。不同决口的溜道和漫流，位置和范围也不尽相同，交互沉积的情形相当普遍。这就使本流域泛滥沉积物的质地层次趋于复杂，以致出现砂粘多层交互的剖面特征：在原阳县的原武和县城一带，在薄层的粉砂质砂之下不大的范围内（半米上下的深度上）可见到粘质的、壤土质的和砂质的夹层就是证明。砂粘夹层或多层砂粘互层的质地剖面，对土壤的水份，养份和盐份的运移都有明显的影响。

占本流域面积绝大部分的泛滥平地区，泛滥沉积物所形成的微地貌类型和土壤母质的差异，明显地导致土壤水份的重新分配。并由于本流域的地下水具有一定的矿化度，因而也导致盐份的重新分配。以黄河废河床和“天然堤”的砂质沉积物为砂源的风力搬运再造的沙丘和平沙地，形成正向地貌，大大降低了地下水位。再加上砂质土壤的保水力差，干旱就很突出；在决口扇形地、扇间洼地和扇前低平地，微地貌间的组合和交错，对地表水的汇集，地下水的补给和迁移影响显著。决口泛滥大溜和串沟的“天然堤”形成长条形微岗地和分汊汇合出的“心滩”型微高地。它们的规模不大，与周围地面相对高差在1米甚至往往在0.5米以内，不能明显降低地下水位，突起的形态却增加了表面积。沉积物又是粉砂质砂，毛细管作用强烈，因而蒸发作用加强，加上周围的地下水侧向补给，促使地下水矿化度的提高和盐份在表层的积累。相反，大溜溜道和串沟沟床等浅槽形洼地由于相对低下，后期坡面漫流所携带的细粒物质沉积于内，故土壤

表2　各地貌类型的沉积物粒度组成*

编号	采样地点	地貌类型		机械组成（粒径mm）						沉积物名称
				粗砂	中砂	细砂		粉砂	粘土	
				1—0.5	0.25—0.10	0.10—0.05	累计	0.05—0.005	0.005—0.001	
1	李和北铁路西	扇间地	大宫决口扇	0.25	0.88	65.11	66.24	15.26	19.36	粉砂粘土质细砂
2	蔡顶北	决口扇间洼地	大宫决口扇	0.12	2.85	71.54	74.51	4.76	20.64	粘土砂质
3	鲁岗东	扇身地	大宫决口扇	0.03	0.13	27.47	27.63	60.68	11.68	粘土砂质粉砂
4	潘店北	扇缘地	大宫决口扇	0.13	0.78	20.48	21.39	46.21	31.47	砂质粘土质粉砂
5	曹寨北	扇缘地	黄陵决口扇	0.06	78.63	0.33	79.02	5.63	16.22	粉砂粘土质细砂
6	黄陵南	扇身地	黄陵决口扇		83.73	2.34	86.07	4.02	9.91	
7	延州东	决口扇缘地	原阳决口扇	0.13	18.67	57.21	76.01	7.97	15.43	
8	延州东	决口扇缘地	原阳决口扇	0.03	12.65	53.62	66.30	10.00	23.86	粉砂粘土质
9	阳阿	决口扇身	原阳决口扇		0.64	82.75	83.39	5.76	9.53	
10	南留侯西	决口扇身	柳园决口扇		0.63	85.31	85.94	3.73	10.06	

表2（续）

编号	取样地点	地貌类型		机械组成（粒径mm）						沉积物名称
				粗砂	中砂	细砂		粉砂	粘土	
				1 0.5	0.25—0.10	0.10—0.05	累计	0.05—0.005	0.005—0.001	
11	朱伟村南	扇缘地	延津决口扇		0.60	87.58	88.18	4.32	7.34	粉砂粘土质砂
12				0.05	0.50	72.18	72.73	10.67	16.57	
13		泛流窄浅槽形洼地		0.10	0.27	57.53	57.90	12.70	27.80	
14	胡村西北	扇间地	延津决口扇	0.13	0.48	67.05	67.66	15.47	16.85	粉砂粘土质细砂
15	官停西南	古滩地		0.38	41.86	45.96	88.20	2.00	9.10	粘土质砂
16	官停西南	古滩地		0.13	34.73	50.72	85.58	1.80	10.80	
17	孙庄西	高滩地		0.02	12.06	70.37	82.45	7.20	9.79	粉砂粘土质砂
18	吴寨西	决口槽状洼地		0.28	2.82	76.71	79.81	8.17	12.67	
19	尹柳洼和曹柳洼间	平沙地		0.07	6.68	76.28	83.03	5.71	11.20	粘土质砂
20	官停东	砂丘			51.03	39.97	91.00	2.01	6.99	

※样品由北京大学地貌实验室分析

的质地较细，避免了这种情况。这情形在扇间洼地最为突出，因为它是一种倒转的负地形，它原是先期决口扇的扇身，当其侧翼之外的扇间洼地为后期决口泛流占据时，新的大量的沉积使地面抬高了，因为黄河河床不断抬高，使得后期决口扇扇顶高程超过先期决口扇顶，于是原先作为正地形的早期决口扇身便倒转为新的扇间洼地。但其指状分流所堆积的岗洼相间的地貌形态仍然保留着，在干旱季节，高起的“岗”就成了水盐汇集的处所。又由于总体处于洼地形态，雨季时容易成为扇面沥水过境水道，常有涝灾，过境的弱矿化雨水溶解并带走一部份可溶性盐份，出现一个脱盐时期。这样年复一年的返盐和脱盐作用的交替，使相对难溶于水的重碳酸盐和碳酸盐，在土壤盐份中的比例越来越大，终将导致土壤的碱化。封丘、原阳交界地带的獐鹿市—大村一带和封丘县南部的曹岗—蔡顶一带就是这样。

决口扇前低平地是地表水和地下水的汇集场所，是最易积水成涝的地区。在本流域，太行堤如拦水坝一样，使决口扇前低平地变成一个季节性的平原水库。低洼处积水时间相当长，引起土壤的沼泽化。积水又以补充地下水的形式，向周围相对高起的决口扇缘带侧渗，把可溶性盐类带到扇缘，随着蒸发作用，导致其地下水矿化度的提高，从而带来盐渍化的威胁。所以涝区出现在中心部位，而盐渍化在其边缘，如封丘城北居厢、戚城等地。碟状浅洼地的面积比扇前低平地小得多，也是地表水和地下水汇集之所在，但由于积水体积小，易于为蒸发和蒸腾作用所干涸，水份向四周微高地侧渗作用不大，造成洼地内的地下水矿化度的提高。所以涝灾和盐渍化同时出现于洼地中心。

本流域所处的黄河冲积扇平原，决口冲积扇是正地形，抬高了地面，不易出现涝害，同时，没有次生盐渍化的威胁。值得注意的是，仍在不断淤高的黄河河床，势必会因水力梯度的增加，而抬升堤外地下水水位，从而导致次生盐渍化在扇身的出现。因而必须提防这潜在的危险。

黄河决口时，泛流大溜和串沟随着散漫分流而遍布于整个决口扇面，甚至向前延伸到扇前低平地之中。如前所述，扇间洼地通常就是先期的决口扇身，同样是密布串沟的，这些窄浅的槽状洼地成了泛流的通道，与其两侧的天然堤一样，沉积较粗的物质。当行洪后期，水势变缓，或者在决口因堵塞合龙水源断绝的退水过程中，水量与流速都明显变小，沉积物质变细，沉积出薄层的亚粘土质或粘土质。断流后决口冲积扇形成，但其上的窄浅的槽状洼地形态并未消失，仍然成为后来的雨水冲刷和沥涝水汇流的途径。面蚀为主所带来的粒度较细的泥沙，逐渐地以粉砂质沉积物将这些浅槽几乎淤满。这种轻壤质的质地构成，有益于保持良好的养份和水份状态。1984年3月份的彩色红外像片上，刚返青麦苗的带状旺苗现象（呈鲜艳的红色条带显示）就证实这一点。

泛滥冲积平原的中小地貌单元的形态-成因类型的划分，对于农业自然条件的研究，对于本流域的有利和不利自然条件的分析都是有益的。

地貌类型组合形式不同，对本流域内各地区的水土、肥力状况有明显的直接影响，因此是一个基本的自然要素。在进行农业综合规划和布局时，是必须考虑的因素。

天然文岩渠流域盐渍土类型及其分布规律的遥感图像分析*

黄秀华　林树道

（中国科学院遥感应用研究所）

天然文岩渠地区属于黄淮海平原的一个组成部分。整个地区因黄河历次泛滥和改道南迁塑造的典型泛滥平原地貌以及现代黄河高悬的特殊水文地质等条件，使本区盐碱、洼涝、风沙等自然灾害十分严重。尤其是在土壤盐渍化方面，类型多样，分布广泛。因此，对天然文岩渠地区盐渍土的形成特点、类型及其分布规律的研究，不仅对该区农业生产发展具有重要意义，而且对全区盐碱荒地的开发利用和防止次生盐渍化，也有重要意义。

为此，我们应用1983年9月和1984年3月拍摄的彩色红外像片，对本区盐渍土的形成特点及其分布规律进行了研究，并绘制了本地区1：10万盐渍土分布图。

一、天然文岩渠地区盐渍土的形成特点

土壤盐渍化的发生，多是地下水位高、蒸发量大、有盐分来源三个因素共同作用的结果。这些条件在本地区都存在。首先，本地区的气候属暖温带半湿润季风型，一年中四季变化明显。春季干旱多风，年蒸发量大于降水量的三倍多；其次是本地区为平原地貌，径流不畅，盐分容易积累；第三是本区的东、南两面被高悬的现代黄河所环抱，造成高地下水位的特殊水文地质条件。本地区土壤盐渍化具有以下特点。

1．盐碱类型复杂多样，分布广泛

本区由于承受了黄河多次决口改道和频繁泛滥，造成新老地貌形态多次交替更迭和新老河流泥沙的多次沉积叠置，因而在水平方向上建造了泛滥地貌微缓起伏，岗、坡、洼相间分布的地形结构；在垂直方向上一层砂一层粘的多旋回分布，致使盐渍土类型复杂多样，分布广泛。在很多地区，地貌形态对盐渍土的分布起着控制作用。

2．土壤盐分表聚性强

本区的黄河水位高出堤外地面，因河水常年侧渗，抬升了地下水位，使紧靠黄河大堤的背河湿地，地下水埋深仅1—2米，矿化度仅0.5克／升，属弱矿化型（表1）。高地下水位及弱矿化型的地下水，在强烈蒸发的季节里，盐分沿着土壤毛管迅速向上运移到表土，使在土层中的盐份分布呈上多下少，主要集中分布于0—1厘米的土层中。例

*本课题由中国科学院南京土壤研究所和遥感应用研究所合作完成。本文经黄荣金和陈正宜审阅并提出宝贵意见，工作中得到林恒章和刘兴文的帮助，特此致谢。

表1　不同地貌类型地下水状况

地貌类型 \ 地下水状况	地下水埋深（米）	矿化度（克／升）	地下水矿化类型
背河湿地	1—2	0.5	重碳酸型水
泛滥冲积平原	2—4	0.5—1 1—2	重碳酸型水 氯化物硫酸盐型
风沙地貌	4—6	1—2	〃

如封丘县北孙庄东南300米处的土样分析表明，表土0—1厘米深度的含盐量，是70—100厘米深度的60—70倍，1.0厘米以下骤然下降(表2)。

表2　土壤可溶性盐含量

深度（厘米）	计算值全盐(%)	阴离子（%）				阳离子（%）		
		Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$K^+ + Na^+$
0—1	2.778	1.501	0.993	0.032	0.165	0.003	0.039	1.009
1—5	0.330	0.154	0.308	0.018	0.023	0.003	0.006	0.111
5—10	0.726	0.369	—	0.016	0.102	0.076	0.048	0.115
10—20	0.597	0.295	—	0.010	0.091	0.065	0.032	0.103
2—40	0.043	0.003	—	0.017	0.007	0.003	0.003	0.010
40—70	0.035	0.002	—	0.018	0.007	0.002	0.003	0.003
70—100	0.042	0.056	—	0.023	0.005	0.003	0.001	0.006

注：数据由宋荣华提供。

二、天然文岩渠地区盐渍土判读标志的建立及类型的划分

1．盐渍土判读标志的建立

利用遥感图像进行盐渍土的现状调查，首先要建立判读标志。在本研究工作中，建立判读标志的工作包括盐渍土的识别及其界线的准确勾绘。

在春季，地表蒸发量大，土壤中的水份主要为垂直上升运动，土壤表面积盐的表聚率最高，常有盐霜结晶出来。由于盐霜对可见光和近红外光波段均具有较强的反射率，所以在春季的彩色红外航空像片上，盐渍土呈现独特的白色图斑(彩图6)。利用这种显而易见的色斑标志，可以很容易地区别盐渍土和非盐渍土。

在遥感图像上，根据色斑能识别盐渍土。但是，在具体勾绘其界线时，会遇到以下一些情况：(1)有些地区盐渍土与非盐渍土之间是渐变的带过渡性的，界线不清，且影响色调的因素又十分复杂而不稳定；(2)在遥感图像上还出现有不同地物，呈现相同色调，如沙土和盐渍土都呈现浅色调；(3)有些地方的盐渍土已被利用和改良，或被其它因素“破坏”了原来的面貌，已不能客观地反映盐渍土的本来分布范围。在这些地区，光靠

色调和形态标志是不能准确地勾绘它们的界线的。鉴于以上情况，在进行盐渍土的判读分析中，既要善于利用直接的判读标志，又要善于根据具体情况，进行综合分析，利用地学相关规律。如在彩色红外遥感图像上，沙地和盐碱斑都呈现白色色调，二者很难区分，但是本区的物质组成规律是，沙土地一般都分布在古河道及黄河决口大溜地区，而盐渍土一般发育在洪积扇前缘及洼地边缘，因此，利用地学相关分析，就不难从地区上将盐渍土和沙土区别开来。又如，按照地貌形态与盐渍土的相关关系，对已被改造的盐碱地，可以根据当地的残留盐碱斑和其它蛛丝马迹，合理准确的勾绘出它们的界线，更好地反映本地区盐渍土的分布规律。

总之建立盐渍土的判读标志和方法，是以它在彩色红外遥感图像上的影像色调和形态以及地学相关分析为依据的。

2．利用不同时相的航空像片区分盐化土和碱化土

盐渍土的界线勾绘出来之后，对照秋季的航空像片可以进一步区分出盐化土和碱化土。

本区秋季的航空像片是九月份拍摄的，地面上作物种类齐全，在非盐渍化土地上均被秋季作物所覆盖，作物长势良好，色调均一。在盐渍化土地上，由于作物的生长受到不同程度的抑制，作物长势及色调均与前者明显不同。在不毛之地的重盐渍区，地区裸露，由于雨季刚过，土壤表层的盐霜及可溶性盐已被降水冲洗、淋溶掉，处于脱盐状态，加之地势本身相对低洼，地表水份多，湿度大，所以在航空像片上呈现蓝色调(见彩图5a)。而裸露的碱化土，在本区主要发育于扇间及扇前洼地的交接地带，由于它所处的地貌部位，使钠质盐渍土在积盐和脱盐频繁交替过程中，有较多的钠离子进入土壤吸收性复合体中，使土壤碱化，此外低矿化度地下水中的重碳酸钠，在上升积累进程中，也有较多的钠离子进入土壤吸收性复合体中，也能使土壤碱化[1]。九月份雨季刚过，碱化土中可溶性盐多被雨水冲洗带走；而土壤吸收性复合体中的交换性钠不易被雨水带走，因此，当土壤吸收性复合体中钠离子处于饱和状态时，土壤土粒高度分散，雨后板结厉害。由于碱化土有以上的理化性状，所以在秋季航空像片上表现为白色调或灰白色调(见彩图5b)。

通过以上分析可知，以春季航空像片上暴露的盐碱斑为基础，勾绘出盐渍土图斑后，若图斑在秋季航空像片上呈蓝色调即为盐化土，呈白色调即为碱化土。据此，不难将盐化土和碱化土区分开来。

3．利用影像色调的深浅划分盐渍土的等级

在春季的航空像片上，盐化土和碱化土可按照色调的深浅和作物长势，再进一步分为重、中、轻三个等级(表3)。自然界中不同类型、不同等级的盐渍土和非盐渍土之间，常常是成复区存在，在遥感图像上表现为色调和结构不均一的、大小不同的色斑。由于制图比例尺的限制，太小的盐斑(小于0.2平方厘米)不能单独表达，为此，将盐渍土的等级分为三个标准：当白色小盐斑(一般都是指重度或中度盐渍土的盐斑)在盐渍化制图单元内占10%以下的为轻度盐渍土；达10—40%的为中度盐渍土；占40%以上的为重度盐

1）中国科学院南京土壤研究所盐土室，瓦碱的形成及其改良。

表3 盐 渍 土 等 级 表

项目 / 盐渍土等级 / 数据	盐碱土等级代号	取样地点（封丘县）	阴离子（%） CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	阳离子（%） Ca^{2+}	Mg^{2+}	$K^+ + Na^+$	全盐量（%）	碱化度（%）	遥感参数 影像亮度值（B+R+G）	影像色调 春季航空片	影像色调 秋季航空片	生长状况
轻度盐渍土	盐化土S_1	前运墙村东南	—	0.045	0.013	0.024	0.001	0.001	0.034	0.118	—	53.56	浅白色调	蓝色调	出苗正常 作物生长
	碱化土A_1	康寨村东	—	0.032	0.008	0.004	0.002	0.001	0.014	0.061	10.66	59.36	浅白色调	浅白色调	被受抑制
中度盐渍土	盐化土S_2	老庄村南	0.004	0.071	0.105	0.022	0	0	0.107	0.309		254.2	淡白色调	蓝色调	缺苗率达20—30%
	碱化土A_2	王马牧村西南	0.003	0.059	0.072	0.011	0.001	0.001	0.074	0.221	23.88	263.92	淡白色调	淡白色调	作物生长受抑制
重度盐渍土	盐化土S_3	李和村西南	—	0.020	0.315	0.082	0.021	0.051	0.131	0.620	—	244.32	白色调	蓝色调	缺苗率达30—50% 作物生长严重或基本受抑制
	碱化土A_3	祝店村南	0.003	0.071	0.063	0.033	0	0	0.085	0.255	45.27	312.88	白色调	蓝白色调	

注：取样深度为0—20厘米。

渍土。此外还可参看春季小麦的缺苗率，秋季作物的长势等来综合考虑。一般地说，重度盐渍土的色调为纯白色，结构较均一，缺苗率达30－50%，作物生长受到严重抑制；中度盐渍土的色调为淡白色，结构均一性较差，缺苗率为20－30%，作物生长受抑制；轻度盐渍土的色调为浅白色带蓝绿，结构均一性差，出苗正常，作物生长微受抑制。从表3可以看出，封丘县利用遥感图像划分的盐渍土等级及在相应的盐碱斑上，用常规取样方法分析化验后划分的等级，二者的结果基本一致。

此外还发现，含盐量和影像亮度值之间有数量的相关性。将彩色红外航空像片用S 101图像处理系统进行处理，取得图像之后，在其与地面取样点相应的点位上，分别提取三个波段的影像亮度值。在本区，重度盐渍化亮度值达300以上，中度盐渍化亮度值达250左右，轻度盐渍化亮度值为50左右。然后将各波段的亮度值分别和含盐量进行相关计算，除近红外波段外，红波段(R)和绿波段(G)以及三个波段的亮度值总和(B+G+R)，与含盐量之间均有很理想的正相关，即含盐量越高，影像亮度值越大。

根据以上关系，利用Phosdec-1200等密度分割仪，将春季航空像片进行密度分割，以灰白—深篮—浅蓝—灰蓝四个密度等级，代表碱化土的三个等级，其中灰白色密度等级为重度碱化土；深篮—浅蓝为中度；灰蓝为轻度。通过彩色等密度分割处理的典型航空像片，可以直接勾绘碱化土的等级分布图(彩图7)。

根据遥感图像解释的结果，本地区是以盐化土为主、碱化土为次的盐渍化类型。土壤盐渍化程度(表4)以轻度盐渍化分布较为普遍，占盐渍土总面积的61.33%，中度盐渍化占31.52%，重度盐渍化占7.15%。

表4　天然文岩渠地区盐渍化土面积

面积(万亩) \ 县名 / 盐渍化程度	原　阳	封　丘	延　津	长　垣	总面积
轻度盐化土S_1	14.8971	13.8261	2.0648	1.5676	32.3556
中度盐化土S_2	9.1739	4.9044	0.8944	0.7404	15.7131
重度盐化土S_3	2.7044	0.6830	0.0900	0.0659	3.5433
轻度碱化土A_1	0.1568	6.0084	0.0398	—	6.2050
中度碱化土A_2	0.0244	4.0293	0.0510	—	4.1047
重度碱化土A_3	—	0.9431	—	—	0.9431

三、天然文岩渠地区盐渍土的分布规律及其特性

各种类型盐渍土的形成，都是在各自特定的条件下，由各种自然因素相互综合作用形成的。当其中某一自然因素起主导作用时，就会引起该区盐渍土分布规律及其特性的改变。本区盐渍土主要分布于泛滥地貌区[1]。该区由于受现代黄河高悬的特殊水文地质条件及复杂的平原地貌结构的控制，盐渍土的分布和类型，在靠近黄河地段较为普

1）中国科学院遥感应用研究所，天然文岩渠地区地貌类型图，1985年。

遍，盐渍化程度由于稻改和放淤相对较轻，类型简单；随着远离黄河，盐渍化程度加重，类型也多而复杂。为了阐明本流域盐渍土的分布规律和特征，根据盐渍土在遥感图像上显示的分布特点及大的地貌类型单元，将盐渍土划分为下面两个分布类型区。

1．背河湿地盐渍土分布类型区

本盐渍区位于黄河大堤北侧，紧靠大堤，包括原阳县和封丘县的南部地带，即王禄—太平镇—曹岗一带，成一东西长，南北窄的条形湿地。它的一侧与高河滩地相连，处于黄河决口泛滥的近口门处，沉积物较粗，大多系粉砂壤土。地貌形态组合，主要是由沿现代黄河发育的决口冲积扇及一些槽型洼地组成，地面微起伏不平。由于本盐渍区较黄河河床低3—8米，常年受“悬河”侧渗影响，形成浸润带，地下水埋深仅1—2米，大大超过盐渍化临界水位，局部地区溢出地表。地下水水质为重碳酸盐型，矿化度低，仅达0.5克／升。由于地下水位过高，几乎处于滞流状态，造成盐渍土连片分布，几乎遍及微地形的各个部位（图1），在遥感图像上，盐渍化土的影像特征是影像结构性较差的白色或略带蓝色的连片图斑。

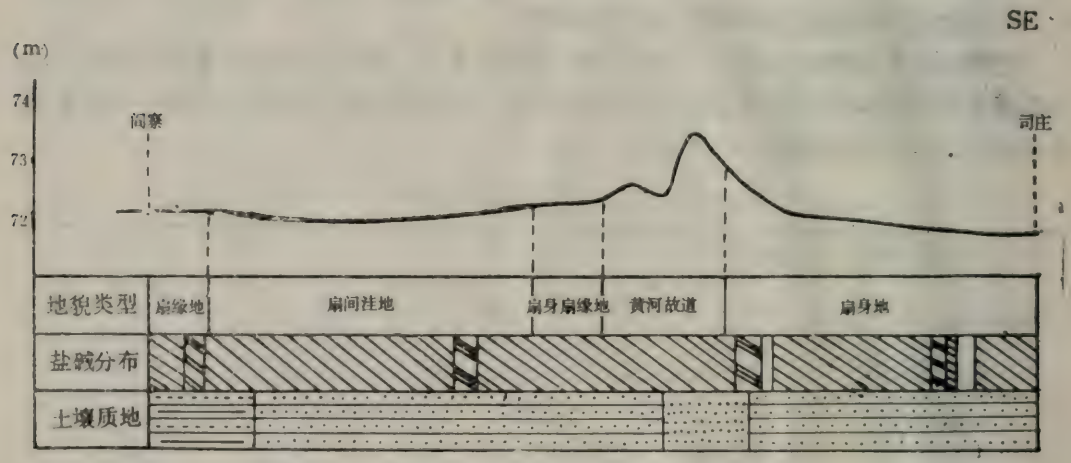


图1　背河洼地盐渍区闫寨—司庄盐渍土分布剖面图

由于地下水埋深过浅，本盐渍区的水盐动态是垂直上升运动加侧渗运动，几乎一直处在积盐过程，自然降水引起的下渗及水平运动受破坏，靠降水冲洗、淋溶的脱盐过程不易进行，所以本盐渍区主要发育盐化土，土壤不易碱化。本类型区的盐渍土的特点有三：一是盐碱类型简单。本区以盐化土为主要类型。盐化土中的盐份组成以苏打及氯化物分布最广。二是盐化土连片分布，遍及微地形所有部位。三是盐化土含盐量低，以轻度盐渍化为主。

2．冲积泛滥平原盐渍土分布类型区

本盐渍区北至文岩渠，南与背河湿地盐渍区相连。随着与黄河距离的加大，侧渗作用的影响相对减弱，地下水埋深达2—4米。本盐渍区是泛滥地貌组合的主体部分，地貌形态主要是黄河历次泛滥决口形成的决口扇和扇间洼地，以及次一级的槽状洼地。地

而起伏不平，缓岗、漫坡和低洼地相间分布，土壤质地也被这些地貌形态所控制。

根据本区主要的地貌形态，可将本区盐渍土的分布特点分为如下两类。

（1）决口扇地盐渍土的分布特点

决口扇地包括扇身地及扇缘地，一般说扇缘地比扇身地低，沉积物也较扇身地细，多见粉砂壤质。从地貌部位看，扇缘地相对扇间或扇前洼地来说，相当于坡地的部位，所以决口扇地的盐渍土，主要沿扇缘呈指状分布（图2，3）。盐渍土类型以盐化土为主，盐渍化程度有轻有重。

（2）决口扇间洼地盐渍土的分布

扇间洼地指二个或二个以上决口扇间及扇前洼地；洼地与洼地相连，成为交接洼地。盐渍土在地貌形态上，不是按“漫坡碱”的特点分布，而是按“洼中高”的规律来分布，因为本地貌形态相对来说是低洼地，它的漫坡位置也相对低。一般是沿槽状洼地的两侧分布，有呈带状分布的，也有呈斑块状断续分布的。盐碱类型除盐化土外，还发育较多的碱化土，盐渍化程度一般来说都较重。

总之，通过对冲积泛滥平原盐渍土分布类型区内二种主要地貌形态及盐碱分布特点的分析，可将本盐渍区盐碱分布特性归纳为：①盐碱类型复杂：盐化土和碱化土均有分布。盐化土的盐份组成除氯化物外，还有硫酸盐及少量硝酸盐，碱化土主要为瓦碱。②盐渍土按一定地貌形态分布：盐化土主要是沿扇缘呈指状分布；碱化土主要分布于扇间洼地的“洼中高”处。③盐渍化程度有差异：盐化土分布地区的盐渍化程度有轻有重；而在碱化土分布地区，一般来说盐渍化程度较重。

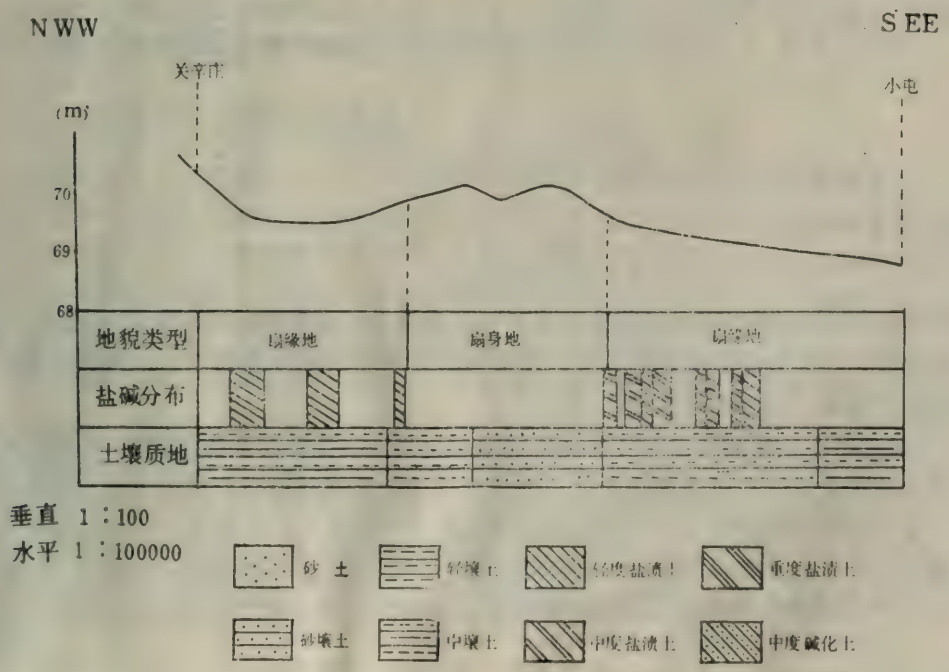


图2　延津决口扇关辛庄—小屯盐渍土分布剖面图

图3　延津决口扇盐渍土平面分布图

四、结　语

(1)通过建立环境特征与遥感特征的关系，及结合试验数据的综合分析，探索了盐渍土的成像机理及遥感图像定量分析，使影像分析的结论更加真实可靠，确切的阐述了自然现象，提高了遥感应用水平。

(2)通过用航空遥感图像对天然文岩渠地区盐渍土类型及其分布规律的分析，得到了常规土壤调查方法难以达到的效益，初步证实了航空遥感对研究盐渍土的良好效果。但对于盐渍化类型的划分，目前还只能区别盐化土和碱化土。在盐渍土等级的划分上，轻度盐渍化由于耐盐作物的覆盖，在判读制图中可能会缩小轻度盐渍化土壤的分布范围。相信随着遥感技术的发展，将会提供更多的信息，使研究工作做得更细更好。

土壤盐渍化遥感影像的产生和解译标志分析*

赵俊琳

（北京师范大学环境科学研究所）

利用遥感资料最大限度地提取表生环境中元素迁移、富集和分异的信息乃是一项复杂而困难的工作。然而，土壤盐渍化信息在遥感影像上则清晰可辨，在很多情况下，达到了可直接解释的程度。

一、盐渍土的直接解译标志分析

盐渍土在裸露土壤的遥感影像上具有直接解译标志。裸露土壤包括：收获地；受土壤盐渍化抑制，作物生长很稀疏的农田；农作物刚播种或刚栽植，正处于萌芽或幼苗期，作物叶片稀少的农耕地。

盐渍土最明显的直接解译标志是近白色的浅色调图斑，其边缘自由弯曲；图斑破碎，形状有条带状、斑块状、环状、弧状、放射状和网状等。

1．色调标志与土壤盐渍化程度

在遥感影像上，盐渍土总呈现为浅色调。在雨季拍摄的彩色红外航空像片上，土壤的浅色调渊源于碱化层以上的碱化土表面。碱化土表面几乎没有盐霜或很少盐霜，但由于缺乏有机质及土粒分散度高而具有不良的透水性和通气性，表土呈现出坚硬的灰白色结壳。这些都使得碱化土的光谱反射率，有别于非盐渍土和经过雨水冲洗的盐化土壤；表现出较高的反射率，从而在彩色红外航空像片上呈浅色调。

在春旱季拍摄的彩色红外航空像片上，盐渍土壤的浅色调主要是由表土返盐形成的盐结壳或盐霜决定的。随着盐渍化程度的加重，反射率也随之增高(图1)。在可见光和近红外光的波长范围内，反射率大体上逐渐增高，表现出偏黄色调的特征曲线。这是由于在测光谱的视场内，除了白色的盐霜外，还有土黄色的土壤作为背景的缘故。

彩色红外航空像片以假彩色反映地物的特征，产生所谓“蓝移”的现像(图2)，从而使得人眼看不见的近红外光在彩色红外航空像片上显示为红色调。依此类推，红光为绿色调，绿光为蓝色调。蓝光被黄色滤光片滤去(图3)。在彩色红外航空像片上，非盐渍土呈现出灰绿色；表面盐霜较重的土壤因其高反射率而色调较浅；表面盐霜较轻的土壤反射率较低，色调相对较深。这意味着，彩色红外航空像片的色调可能与土壤的含盐量存在着某种量的关系。

*本文系作者在中国科学院遥感应用研究所读硕士学位时的论文的一部分。

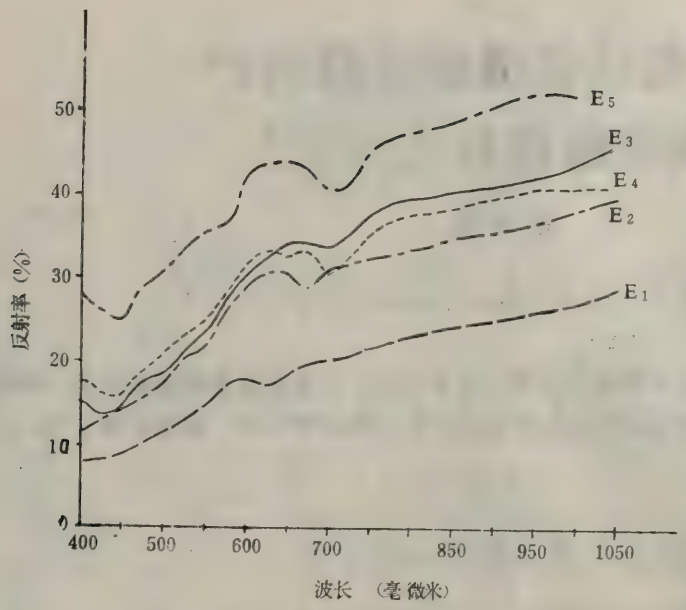


图1　盐渍土的野外反射光谱

E_1——非盐渍；

E_2——轻微盐渍化（地表稍有盐霜）；

E_3——轻度盐渍化（地表有较多的盐霜）；

E_4——中度盐渍化（地表潮湿，有许多盐霜）；

E_5——重度盐渍化（地表有盐结壳）。

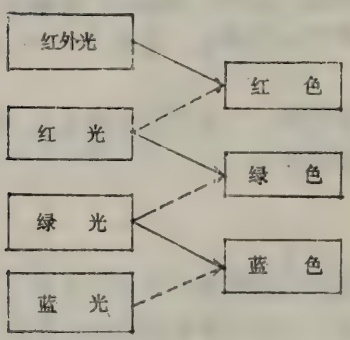


图2　彩色红外片和普通彩色反转片成像色相的比较

实线箭头方向表示彩色红外片的成像色相；

虚线箭头方向表示普通彩色反转胶片的成像色相。

表1列出了采样点上的化学分析数据和红(R)、绿(G)、蓝(B)三个波段的亮度值。为了减小航空像片色调在冲洗过程中产生的相互差异，选用同一张1：8万的彩色红外航空像片，在其上测了12个位置。对于每一个位置，测5×5＝25个像元的亮度值。然后求平均，代表该位置亮度值。

从表1可以看出，每一位置上的B、G、R三个分光亮度值依次递增，这与盐渍土野外反射光谱曲线(见图1)是一致的。在可见光和近红外光的波段范围内，盐渍土反射率的递增导致了图像上B、G、R三个分光亮度值的依次递增。

从表1中取前10组数据作线性回归，以分光亮度为y轴，以全盐量为x轴作图(图4)。红波段与全盐量的相关系数$r=0.880$(回归方程为$y=3.88+375.56x$)，绿波段$r=0.925$ $y=-11.99+414.60x$)、蓝波段$r=0.946$($y=-13.47+306.54x$)。其中，红波段(红外光)与全盐量的相关性较差，这是由于不同部位上的土壤含水量以及盐份潮解不一致所引起的。水份对红外光的吸收比对红光和绿光更为强烈。不同的地貌部位、不同的土壤质地、不同的盐类组成，其盐霜和土壤的含水量是不同的。这种差异干扰了分光亮度值与全盐量的相关性，而红外光更易受干扰。这一点在图1的波谱曲线上也得到反映：曲线

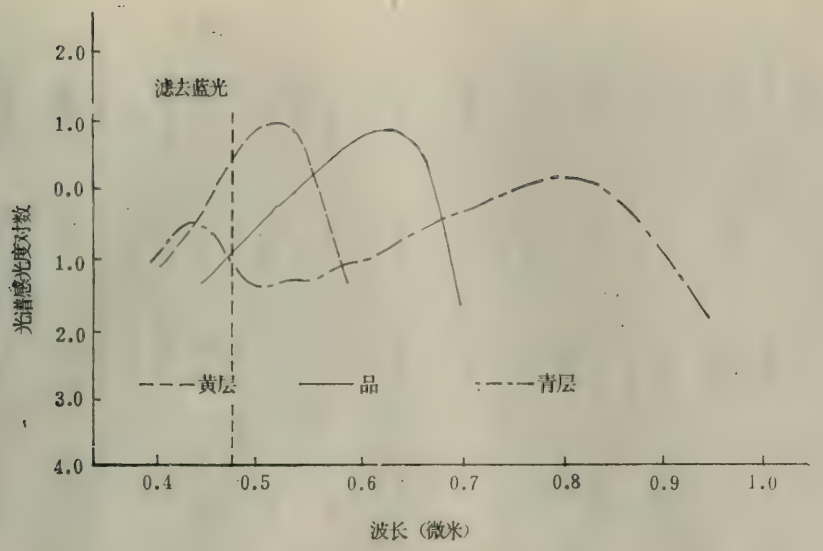


图3　彩色红外负片的光谱感光特性曲线

E_4由于其地表潮湿，在红光和红外光波段上，反射率明显下降。彩色红外航空像片的色调是红、绿、蓝三个分光亮度的综合结果。用R+G+B与全盐量作线性回归，相关系数$r=0.919$($y=-21.58+1096.69x$)，其曲线也绘在了图4。分光亮度值与土壤盐渍化程度的显著相关表明：在大多数情况下，依据彩色红外航空像片的色调来目视解译盐渍化程度，或依据计算机光谱亮度值对盐渍化程度自动分类是可行的。

在上述回归分析中，舍去了表1中的最后两组数据。如果把这两组数据落在图4上，它们将严重偏离回归直线；这种例外情况与该区的盐渍化特点有关。

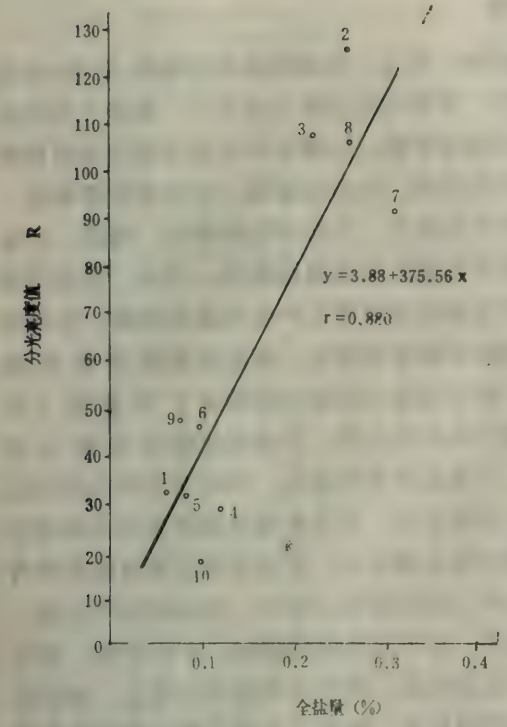
该区盐渍化特点是表层积盐，0—1厘米土层中的含盐量往往是1—20厘米土层的几倍甚至十几倍。但是也有少数例外，譬如：心滩型微高地，由于其周围的槽状洼地富含水份，且地下径流通畅，而心滩型微高地与槽状洼地的相对高差又不大。这样，心滩型微高地在强烈蒸发的过程中，其周围的槽状洼地源源不断地供给其充足的水份，盐份可随毛管水迁移至微高地上，除在表层积盐外，也累积于心底土中，再是因表层盐份向下淋溶，更增加了心底土的盐份累积。在这两个例外中，一个(表1第12)在心滩型微高地上，另一个(表1第11)在槽状洼地外侧的天然堤微高地上，与心滩型微高地有类似的地球化学环境。所以，导致了这两点上的土壤耕作层(0—20厘米)含盐量(分别为0.547%和0.620%)远远大于回归方程所确定的分光亮度值所应对应的土壤含盐量，如按相关性最好的蓝波段与全盐量的回归方程$y=-13.47+306.54x$($r=0.946$)计算，样品No.12含盐量应为0.238%，远小于0.547%(表1第12)，样品NO. 11含盐量应为0.221%，远小于0.620%(表1第11)。

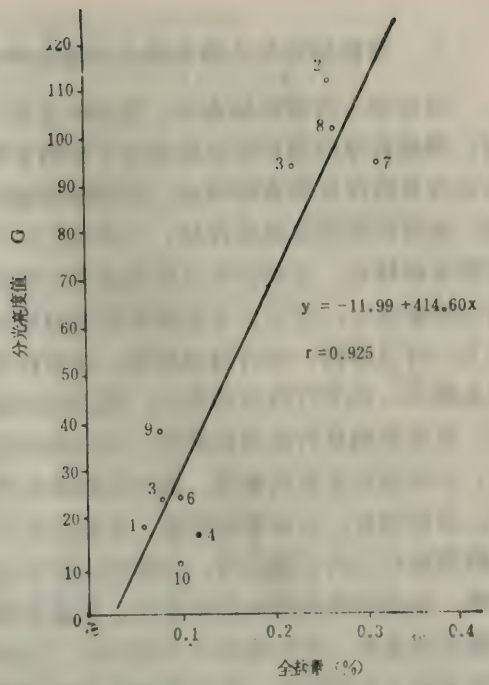
基于这种事实，在解译盐渍化程度时，不应仅仅只根据影像色调或光谱亮度，还要充分考虑到具体的地球化学环境(这种地球化学环境往往是通过影像的图形表现的)，以它们之间的相互差异。

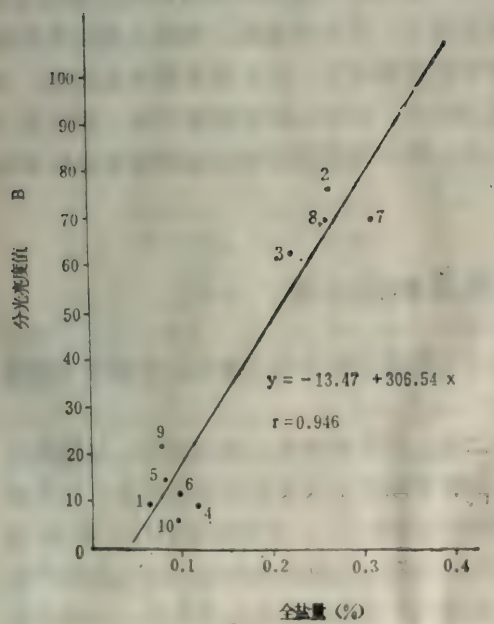
表1　土壤可溶性盐含量与计算机测定的图像亮度值

编号	采样位置	计算值全盐（%）	阴离子（%）				阳离子（%）			亮度（均值）			
			CO_3^{2-}	HOC_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$K^+ + Na^+$（差数）	B	G	R	B+G+R
1	康寨东	0.061	/	0.032	0.008	0.004	0.002	0.001	0.014	9.04	18.16	32.16	59.36
2	祝店南	0.255	0.003	0.071	0.063	0.033	—	—	0.085	76.04	111.92	124.92	312.88
3	王马牧西南	0.221	0.003	0.059	0.072	0.011	0.001	0.001	0.074	62.6	94	107.32	263.92
4	前运墙东南	0.118	/	0.045	0.013	0.024	0.001	0.001	0.034	8.6	16.4	28.56	53.56
5	李和北	0.084	/	0.032	0.016	0.010	0.006	0.002	0.018	14.4	23.96	31.2	69.56
6	李和古河道南端	0.099	/	0.043	0.014	0.012	—	—	0.030	11.8	24.24	46.2	82.24
7	老庄南	0.309	0.004	0.071	0.105	0.022	—	—	0.107	69.4	94.36	90.44	254.2
8	蔡顶北（1）	0.259	/	0.033	0.086	0.049	0.003	0.001	0.087	68.8	101.96	105.12	275.88
9	蔡顶北（2）	0.073	/	0.028	0.013	0.012	0.007	0.001	0.014	21.72	38.04	47.2	106.96
10	短堤南	0.097	/	0.037	0.015	0.016	0.007	0.002	0.020	6	10.48	17.52	34
11	李和槽状洼地外侧	0.620	/	0.020	0.315	0.082	0.021	0.051	0.131	54.4	89.28	100.64	244.32
12	李和心滩型微高地	0.547	/	0.029	0.244	0.080	0.009	0.014	0.171	59.52	98.72	115.56	273.8

注：采样深度为0—20厘米。采样时间1984年3月。







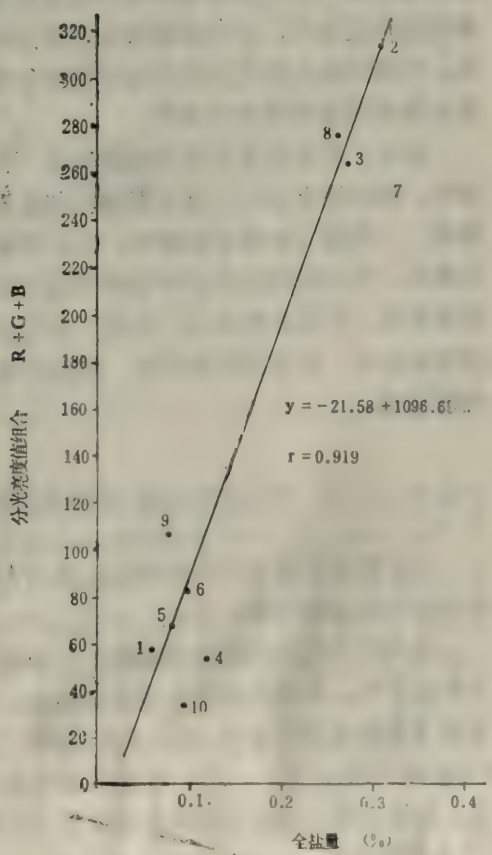


图 4　　回归曲线（分光亮度值与全盐量）

2．图形标志与土壤盐渍化地球化学环境

在盐渍土的遥感标志中，色调标志是主要的。但是，在解译盐渍化地球化学环境时，遥感影象的图形标志也显示了它的重要性。在彩色红外航空像片上，盐渍土白斑的形态与其所在环境密切相关。古河道两侧的白斑呈带状，心滩型微高地上的白斑呈纺锤状，洼地四周的白斑呈环状，二坡地上的白斑呈片状，决口扇扇缘上的白斑呈条带状，这些分布特点，反映出在不同的盐渍化地球化学环境下，水盐动态的形迹。因此，在盐渍土的解译中，要充分考虑图形标志与地球化学环境之间的成因联系。譬如：在航空像片上，可以看到一些白色的圆圈，这是在浅平洼地的洼缘部位产生的盐渍化圈。洼地的中心部分，由于有较多的淡水，可以把表层的盐份淋溶到深处，蒸发仅耗损表层的淡水，故没有明显的盐渍化现象。而洼缘地段，由于洼地中的淡水层抬高了这里地下水位，丰水期这里短期被淹，进行自然淋盐和地下水淡化过程，平水期这里首先露出地面，蒸发积盐。在频繁的积盐、脱盐过程中，土壤逐渐发生碱化，因而在雨季的彩色红外航空像片上仍显浅色调，并围绕洼地中心呈环状分布。比较盐渍化圈内外的色调可以发现：盐渍化圈内的绿色调较浅，盐渍化圈外的绿色调较深，这与古河道两侧碱化带内外侧色调基本一致的情况是不相同的。这种色调上的差别提示我们，封闭的浅平洼地，毕竟不同于槽状洼地。槽状洼地是古河道形成的，地下水径流较通畅，矿化度低，故无盐渍化现象；而封闭洼地的地下径流滞缓，矿化度较高，故在封闭浅平洼地上，相对容易发生轻盐渍化，使得遥感影像上盐渍化圈内的绿色调，相对于盐渍化圈外的绿色调要浅。封闭洼地与槽状洼地在地球化学环境上的相似性和差异性，造成了两者之间土壤盐渍化特点的相似性和差异性。

沙丘、沙土以及水体的镜面反射，在彩色红外航空像片上也呈现出浅色调。但在解译时，利用综合分析，可以把它们与盐渍土分开（识别沙土区的浅洼地内的盐渍斑尚有困难）。利用立体像对观测时，沙丘凸起，而盐渍土一般是平坦的；即使仅利用单张航空像片，也可以通过沙丘所特有的流动波纹把它们识别出来。沙土尽管色调也发白，但白中发青，并且图斑较大；另外，由于沙土可塑性差，故沙土区的田块不如一般土壤上的田块清晰。水体的镜面反射，在航空像片上是一种均匀的连续的受池塘或渠道环境制约的白斑。

二、盐渍土的间接解译标志分析

在农作物覆盖率较高的地区，盐渍土的分布不能直接在影像上显示，要解译它需要利用间接标志来推断。

我们在天然文岩渠流域选择了一块地势、土质、水肥条件较一致的棉田，根据棉花长势的好坏，来探索评价土壤盐渍化的方法。棉花受盐害主要发生在两个时期，一是春季棉花播种出苗的时候，另一是在6月中、下旬的棉花蕾期[1]。受害棉花的叶片数减少（可以减少到2／3—1／2），叶片重叠度降低，生长期和开花期普遍推迟（表2）。受害严重者，叶片发黄，甚至叶片变为红棕色。这种由盐渍化而引起的植物生理异常，在遥感影像上有所反映。

表2　不同土壤渍度下棉花各发育阶段的状况

一米厚土层中 Cl⁻的含量（%）	7月25日开花的植株数（%）	9月10日吐絮的植株数（%）
0.006	90	77
0.009	37	39
0.030	7	6

引自：〔苏〕《盐渍土改良》

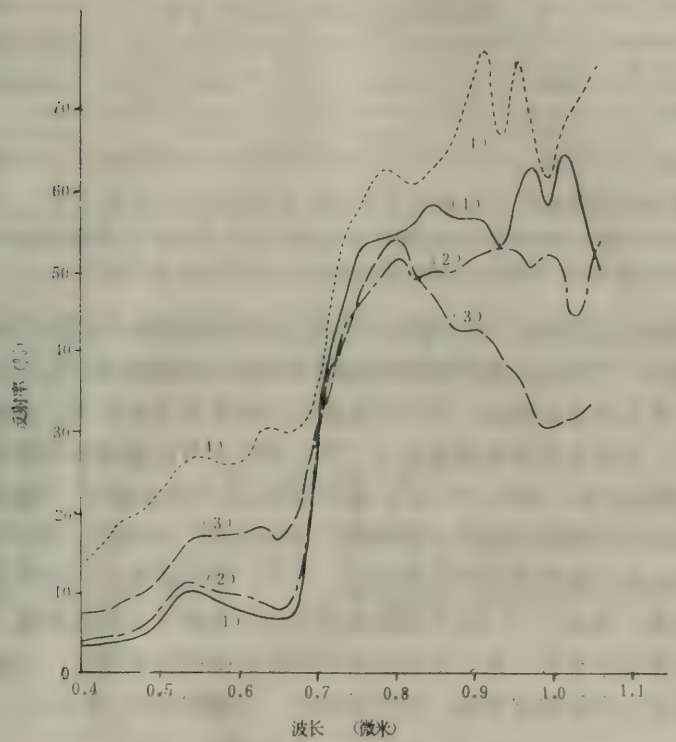


图5　棉花的野外反射光谱曲线

（1）非盐渍土上生长正常的棉花；（2）盐渍土上长势较差的棉花；（3）盐渍土上长势很差的棉花；（4）碱化土壤上“贪青”的棉花。

图5是该流域内（封丘县应举乡小寨北）棉花的野外反射光谱曲线。生长正常的棉在地面上呈深绿色，这是由于它在0.66微米处具有最大的叶绿素吸收谷，在0.54微米处表现出可见光波谱段最高的光谱反射率的缘故〔图5曲线(1)〕。在彩色红外航空像片上，棉花的红色调是由于近红外光的高反射率所造成的。曲线(2)是受轻度盐渍抑制的棉花的光谱反射率曲线，由于地面上叶片呈绿色，但株型矮小，因此，它与曲线(1)的区别是绿波段的反射峰有所上升，而近红外波段的反射率明显下降。曲线(3)是重度盐渍抑制的棉花的光谱反射率曲线，由于叶体变质，叶片发黄，使得绿波段的峰值向红波移动，近红外光反射率大幅度下降。曲线(4)是碱斑上生长的所谓“贪青”棉花的光谱反射率曲线。在碱地上，常有这样的现象，即在一大片长势受抑制的棉花地里，常常会有几簇直径一米左右的长势特别好的“贪青”棉花，但这些“贪青”的棉花

只会疯长而不结桃。在光谱曲线上，由于它正处于生长期，所以在全波段上表现出最高的光谱反射率。但它的面积很小，且成点状分散在大片长势受抑制的棉花中，对影像的色调不起明显的作用。用D-122反射密度计测量彩色红外航空像片上棉花的影像密度。棉花长势的不同，可引起影像密度的显著差异(表3)。

表3　应举公社附近棉花的影像反射密度

色调 / 棉花长势	白	黄	品	青	黄／青
很好	1.01	1.93	1.48	0.37	5.22
好	0.96	1.68	1.37	0.40	4.20
差	0.68	1.13	0.80	0.40	2.83
很差	1.02	1.35	1.14	0.80	1.69

注：长势好和很好的棉花：生长茂密，叶色深绿，株高、株型等均正常；
长势差的棉花：生长稀疏，叶色淡绿，叶面积较小，叶片数减少，植株较正常棉株矮小；
长势很差的棉花：缺苗3—5成，植株矮小，叶色发黄，叶片边缘干枯。

表3中影像密度值在黄、品、青三个色相上的变化趋势，与图5的波谱曲线一致。在野外光谱曲线上，近红外波段的反射率与绿波段的反射率之比(IR／G)，反映了作物的生长情况。生长正常的棉花，IR／G比值大；轻度受害的居中；重度受害的棉花比值最低。类似地，在彩色红外航空像片上，可以用黄／青比值来评价棉花的长势。长势好的棉花，黄／青比值大(一般大于3.5)；长势差的，黄／青比值小(一般小于3.5)。不言而喻，除土壤盐渍化对棉花长势产生影响外，其它因素，如旱涝、肥力等也会对作物长势产生影响，因此必须慎重地应用间接标志。为此，我们依据1：8万彩色红外航空像片上小麦长势的影像，验证了1：3万彩色红外航空像片上棉花长势的影像。如果该地的小麦长势与棉花长势基本趋势一致。则利用间接标志的把握性就较大。土壤含盐量有密切的关系。盐渍化使小麦的株高变矮，生物量减轻，分蘖数减少(表4)。

表4　小麦生长和土壤含盐量的关系*

		好苗	中等苗	弱苗
株高(厘米)		25.8	20.4	13.4
干重(克／株)		0.882	0.512	0.224
分蘖数		5.9	4.7	2.5
不同深度土壤中的含盐量(%)	0—5 厘米	0.136	0.237	0.398
	5—10 厘米	0.155	0.193	0.249
	10—20 厘米	0.161	0.175	0.235
	20—30 厘米	0.171	0.167	0.261

引自：余叔文，次生盐渍化土地小麦丰产经验总结(品种：北京1号，3月25日测定，封丘盛水源大队)。

一年中春秋两季是返盐的主要季节，盐害主要发生在这两个时期[1]。1：8万的彩色红外航空像片是3月份拍摄的，将它与同一地点的9月拍摄的1：3万航空像片对比可见，土壤盐渍化对小麦和棉花均产生危害。生长正常的小麦颜色较深，呈肉红色；生长受抑制的小麦颜色较浅，呈浅红带淡灰色(表5)。植物细胞中不同的离子具有不同的植物生理作用[2,3]。钠盐和氯盐均可以引起植物灼伤现象。如果交换性复合体的钠饱和度超过40—50%，交换性复合体实际上从作物根组织中移出钙，并由于缺钙而发生死亡。过量的氯还可以使作物体内的叶绿素含量降低而影响光合作用的正常进行，使彩色红外航空像片上作物的红色调减弱。

表5　应举小麦的影像反射密度

小麦的长势 \ 色调	白	青	品	黄
好	1.13	1.58	1.08	1.08
差	0.67	0.89	0.64	0.71

注：长势好的小麦，生长发育正常，株高约12厘米左右，叶色发绿；
长势差的小麦，缺苗2—5成，株高约为正常植株的3／5—1／2，叶片的绿色调较浅。

将反映棉花和小麦长势的航空像片与当地的土壤图对照可以看到，彩色红外航空像片上作物长势好的地方，恰恰就是土壤图上的非盐渍土区；作物长势受抑制的地方，则是盐渍土区。

参考文献

〔1〕石元春等，黄淮海平原的水盐运动和旱涝盐碱的综合治理，河北人民出版社，1983年。

〔2〕L. A. 理查兹主编(肪兵译)，盐碱土的鉴别和改良，科学出版社，1965年。

〔3〕A.波杰科夫-梅柏，J.盖尔主编（赵可夫译），盐渍环境中的植物，科学出版社，1981年。

土壤盐渍化类型与彩色红外航空像片色调的相关分析*

林树道　黄秀华

（中国科学院遥感应用研究所）

七十年代已有人用陆地卫星1号数据、天空实验室彩色像片以及航空遥感热数据探测和勾绘裸露土壤不同程度盐渍化的范围[1]。八十年代初，报导了实验室内0.7—0.9微米波段光谱摄影测量的成果分析，说明了在非盐渍化土壤中生长的棉叶比盐渍化土壤中生长的棉叶反射的光量要大得多，并用大比例尺的彩色红外航空像片目视解译，将盐渍度分成4—5个等级。其研究成果表明，彩色红外航空底片光密度与棉产量以及土壤盐渍度之间的相关性较好。其研究剖面，两年内的相关系数变化不大，棉产量的相关系数平均为0.9，而土壤盐渍度的相关系数为0.75—0.80[2]。有人用四种不同光源，白光（无滤光片）、红光、绿光和蓝光分别测量彩色红外胶片光密度，辨别盐化区的范围，其中使用白光和蓝光得到了最好的效果[3]。

综上所述，可认为前人研究结果已证实土壤盐渍化程度能够直接或间接地反应到某些波段的遥感信息中。在此基础上，本文仅就利用彩色红外航空像片对天然文岩渠流域盐渍化土进一步划分类别的可行性进行初步探讨。

一、资料和方法

根据1983年9月拍摄的1：3万彩色红外航空像片和1984年3月拍摄的1：8万并放大为1：5万的彩色红外航空像片，以目视解译为主，配合常规的野外调查、取样分析和个别点的光谱测量，圈定了盐渍化土的范围并划分了盐渍化的程度。选取一块包括有几种不同类型的盐渍化土地段——封丘县东南部，用S 101计算机图像处理系统量测典型点盐斑影像的分光亮度值，并将各点对应的地面样品化验结果取其反应盐渍化类型特征的数据进行统计计算，分析它们的相关程度，并建立二者的相关关系。

二、不同类型盐渍化土的影像特征

土壤盐渍化是土质、地下水、气候等多种自然因素综合作用的结果，其在地面形成的自然景观也随多种自然因素而变化。各种盐渍化土的不同化学成份形成的生物地球化学特征的差别，就可以在不同条件下显示出一些独特的物理、化学特点，其中有些构成了遥感影像的不同特征。积盐季节几种不同类型的盐渍化土地表的目视特征如下。

*本文承陈正宜审阅并提出宝贵意见，在此表示感谢。

氯化物盐土　常呈油腻色泽，由于氯化物盐类有吸水性，所以土壤湿度较大，表面呈油亮暗褐色。

硫酸盐盐土　硫酸盐多呈白色结晶状态，失水后变成白色粉末，所以硫酸盐盐土地表多有白色盐霜。

苏打盐土　地表有灰白色结皮，结皮下有蜂窝状构造，土壤透水性差，雨后地面积水混浊。

以上三种类型的盐渍化土壤裸土在彩色红外航空像片上的影像都是形成接近白色色调的图斑，由于每块地段往往都不单纯的由一种类型构成，加之其它因素的影响，致使目视解译难以区分。实地表面状况和色调的差异在彩色红外航空像片上有无反应，其影像能否被仪器检测区分，是本文探讨的问题。

三、盐渍化类型与彩色红外航空像片影像信息量测值的相关性分析

1．研究地区土壤的盐渍化类型

为探讨上述问题，选用封丘县东南部一块包括上述类型及其过渡类型的地段，进行实地观察和取样分析。取样点地段影像及取样点位置见彩图8。康寨东等12个采样点（0—20厘米）盐份组成见表1。

表1　康寨东等采样点盐份组成

顺序号	采样点位置	阴离子（毫克当量／100克土）					阳离子（毫克当量／100克土）		
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	总量	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$K^+ + Na^+$
1	康寨东		0.523	0.218	0.074	0.815	0.094	0.105	0.616
2	祝店村南	0.109	1.155	1.782	0.694	3.740	0.010	0.026	3.704
3	王马牧与祝店之间	0.087	0.959	2.030	0.236	3.312	0.035	0.073	3.204
4	前运墙东南		0.741	0.364	0.496	1.601	0.059	0.069	1.473
5	李和村北		0.523	0.455	0.198	1.176	0.275	0.135	0.766
6	李和古河道南端		0.702	0.394	0.248	1.344	0.017	0.026	1.301
7	老庄南	0.117	1.155	2.951	0.459	4.683	0.005	0.024	4.654
8	蔡顶北（1）		0.545	2.436	1.017	3.998	0.134	0.078	3.786
9	蔡顶北（2）		0.485	0.376	0.248	1.082	0.356	0.112	0.614
10	巨　岗		0.610	0.424	0.335	1.369	0.337	0.151	0.881
11	李和槽状洼地外侧		0.327	8.878	1.705	10.910	1.039	4.167	5.704
12	李和心滩型微高地		0.475	6.878	1.655	9.009	0.425	1.152	7.432

采样及样品分析由赵俊琳完成。

盐渍化土分类命名的原则是：阴离子毫克当量数大于25%的组成参加命名，而名称中前者为次要成份，后者为主要成份。例如氯化物-硫酸盐盐土，这一名称表示了是一种以硫酸盐为主，而氯离子毫克当量数大于阴离子总量的25%的一种盐化土。这一分类命名原则表明了盐份组成在决定盐渍化土的性质和类型方面所起的决定性作用。盐份组成中以阴离子的相对比例为划分类别的根据。表2列出了康寨东等采样点盐份组成中各种离子的相对比例。其$CO_3^{2-}+HCO_3^-$、Cl^-和SO_4^{2-}三元组份图解如图1。12个样品在此图解中分别落在五个区域：样品1，5，6，9,10落在氯化物-碳酸盐类型区(图中Ⅳ区)；2，3，7落在碳酸盐-氯化物类型区(图中Ⅴ)；8落在硫酸盐-氯化物类型区(图中Ⅵ)；4落在硫酸盐-碳酸盐类型区(图中Ⅸ)；11，12落在氯化物类型区(图中Ⅱ)。归纳以上五类可以看出，落在Ⅳ和Ⅸ区域的六个样品是以苏打盐土为主的，落在Ⅱ，Ⅴ和Ⅵ区域的六个样品是以氯化物成分为主的。

表2　康寨东等采样点盐份组成各种离子的相对比例

顺序号	盐分组成比值 / 采样点位置	$CO_3^{2-}+HCO_3^-$ 阴离子总量	Cl^- 阴离子总量	SO_4^{2-} 阴离子总量	Ca^{2+} 阳离子总量	Mg^{2+} 阳离子总量	K^++Na^+ 阳离子总量
1	康寨东	0.642	0.267	0.091	0.115	0.129	0.756
2	祝店村南	0.338	0.476	0.186	0.003	0.007	0.990
3	王马牧与祝店之间	0.316	0.613	0.071	0.011	0.022	0.967
4	前运墙东南	0.463	0.227	0.310	0.037	0.043	0.920
5	李和村北	0.445	0.387	0.168	0.234	0.115	0.651
6	李和古河道南端	0.522	0.293	0.185	0.013	0.019	0.968
7	老庄南	0.272	0.630	0.098	0.001	0.005	0.994
8	寨顶北（1）	0.136	0.609	0.254	0.034	0.019	0.947
9	寨顶北（2）	0.423	0.348	0.229	0.329	0.104	0.567
10	巨　岗	0.446	0.310	0.245	0.246	0.110	0.644
11	李和槽状洼地外侧	0.030	0.814	0.156	0.095	0.382	0.523
12	李和心滩型微高地	0.053	0.763	0.184	0.047	0.128	0.825

2．彩色红外航空像片盐渍化图斑影像信息量测

对以上采样点影像图斑进行分光亮度值量测(用S-101计算机图像处理系统量测，每个采样点取25个像元平均)，所得结果见表3。各采样点红(R)、绿(G)、蓝(B)三个波段亮度值与三波段亮度值总和的比值见表4。由所得结果可以看出：各采样点红、绿、蓝三个波段亮度值的比例有显著的差别。例如康寨东红光亮度是蓝光亮度的3.56倍，是绿光亮度的1.77倍，而老庄南红光亮度仅为蓝光亮度的1.30倍，是绿光亮度的0.96倍。各采样点红、绿、蓝三波段亮度值在三波段亮度值总和中所占的比例与采样点盐份各

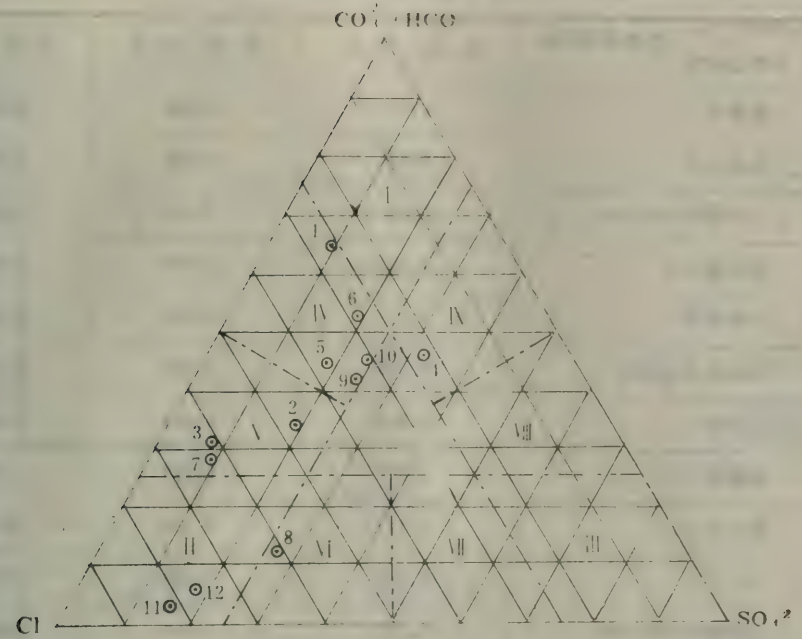


图1　康寨东等采样点盐分组成图解

Ⅰ苏打盐土；Ⅱ氯化物盐土；Ⅲ硫酸盐盐土；Ⅳ氯化物—碳酸盐盐土；Ⅴ碳酸盐—氯化物盐土；Ⅵ硫酸盐—氯化物盐土；Ⅶ氯化物—硫酸盐盐土；Ⅷ碳酸盐—硫酸盐盐土；Ⅸ硫酸盐—碳酸盐盐土。

表3　康寨东等各采样点影像图斑分光亮度值

顺序号	采样点位置	分光亮度值			
		R	G	B	R+G+B
1	康寨东	32.16	18.16	9.04	59.36
2	祝店村南	124.92	111.92	76.04	312.88
3	王马牧与祝店间	107.32	94.00	62.60	263.92
4	前运墙东南	28.56	16.40	8.60	53.56
5	李和村北	31.20	23.96	14.40	69.59
6	李和古河道南端	46.20	24.24	11.80	82.24
7	老庄南	90.44	94.36	69.40	254.20
8	蔡顶北（1）	105.12	101.96	68.80	275.88
9	蔡顶北（2）	47.20	38.04	21.72	106.96
10	巨　岗	17.50	10.48	6.00	34.00
11	李和槽状洼地外侧	100.64	89.28	54.40	244.32
12	李和心滩型微高地	115.56	98.72	59.52	273.80

分光亮度值数据由赵俊琳量测。

表4　康寨东等各采样点分光亮度值比值

顺序号	分光亮度比值 / 采样点位置	R／R+G+B	G／R+G+B	B／R+G+B
1	康寨东	0.542	0.306	0.152
2	祝店村南	0.399	0.358	0.243
3	王马牧与祝店之间	0.407	0.356	0.237
4	前运墙东南	0.533	0.306	0.161
5	李和村北	0.449	0.344	0.207
6	李和古河道南端	0.562	0.295	0.143
7	老庄南	0.356	0.371	0.273
8	蔡顶北（1）	0.381	0.370	0.249
9	蔡顶北（2）	0.441	0.356	0.203
10	巨　岗	0.515	0.308	0.176
11	李和槽状洼地外侧	0.412	0.365	0.223
12	李和心滩型微高地	0.422	0.361	0.217

组成在总盐分中所占的比例(毫克当量数)的相互关系如图2所示。由图2可以看出：CO_3^{2-} + HCO_3^-／阴离子总量与R／(R+G+B)及Cl^-／阴离子总量与G／R+G+B和B／(R+G+B)变化趋势是一致的，而 CO_3^{2-} + HCO_3^-／阴离子总量与 B／(R+G+B)及Cl^-／阴离子总量与R／(R+G+B)的变化趋势是相反的。其它组分比值则与分光亮度值的比值之间没有任何规律性的关系。

3．盐份组成比值与影像分光亮度比值的相关性分析

用CO_3^{2-}+HCO_3^-／阴离子总量，Cl^-／阴离子总量，SO_4^{2-}／阴离子总量，K^++Na^+/阳离子总量，Ca^{2+}/阳离子总量，Mg^{2+}/阳离子总量六种比值分别与R／(R+G+B)，G／(R+G+B)，B／(R+G+B)数据进行线性相关分析，求得的相关系数见表5。计算结果表明：CO_3^{2-}+HCO_3^-／阴离子总量与R／(R+G+B)和B／(R+G+B)的相关系数接近于0.01概率水平上有统计意义[1)]，两者分别为正相关和逆相关，而与G／(R+G+B)的相关程度较低，负相关系数为－0.41，显然低于0.05概率水平上有统计意义的标准。Cl^-／阴离子总量与R／(R+G+B)为逆相关，与G／(R+G+B)，B／(R+G+B)都成正相关。三项相关系数都达到了0.01概率水平上有统计意义的标准。

SO_4^{2-}／阴离子总量，K^++Na^+／阳离子总量，Ca^{2+}／阳离子总量和Mg^{2+}／阳离子总量与R／(R+G+B)，G／(R+G+B)，B／(R+G+B)三项的相关系数均达不到显著相关的标准。

1）根据相关系数检验表，当样品数为12，达到0.01概率水平上有统计意义时，其相关系数要达到0.708。达到0.05概率水平上有统计意义时，其相关系数要达到0.576。

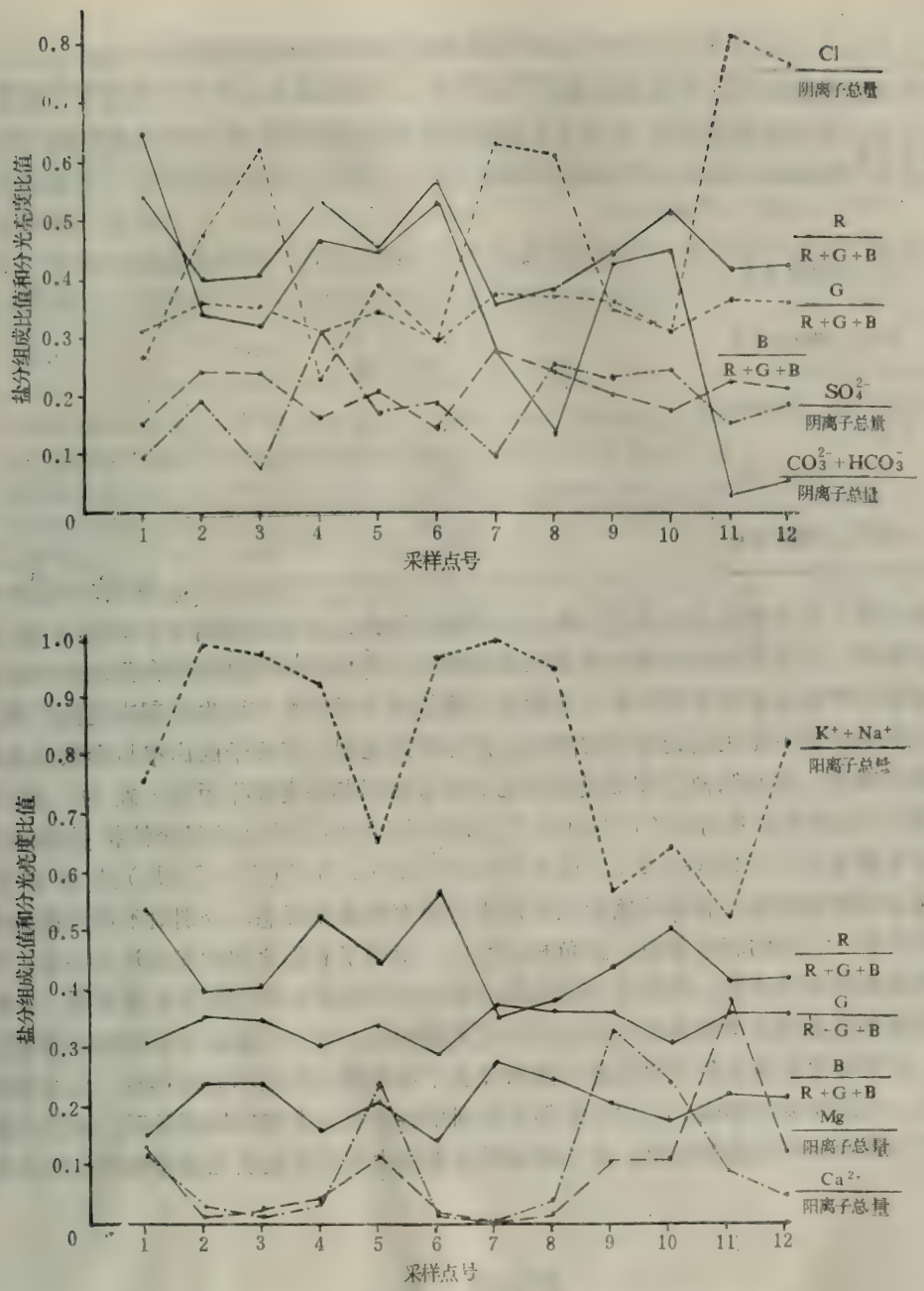


图2　　各采样点盐份组成比值与分光亮度比值的关系

以上统计计算结果表明：分光亮度值与决定盐份类型的阴离子比值有关，CO_3^{2-}和HCO_3^-是苏打盐土的组成部分，Cl^-是形成氯化物盐土的基础物质，同样SO_4^{2-}是形成硫酸盐盐土的基础物质。这些成份在阴离子总量中所占的比率对盐渍化类别的划分有重要意义。类别的划分不能根据各种成份的绝对量，而是根据某种成份在总盐份中所占的比率，命名原则充分反映了这一点，因绝对量受全盐量的控制，即受盐渍化程度的影响。阳离子的含量对盐渍化类别有影响，例如$K^++Na^+/Ca^{2+}+Mg^{2+}$比值与碱化度有

表5　盐分组成比值与影像分光亮度比值的相关系数

相关系数 / 亮度值比值 / 盐分组成比值	R／(R+G+B)	G／(R+G+B)	B／(R+G+B)
CO_3^{2-} + HCO_3^- ／阴离子总量	0.70	−0.41	−0.70
Cl^-／阴离子总量	−0.78	0.81	0.74
SO_4^{2-}／阴离子总量	0.27	−0.24	−0.29
K^++Na^+／阳离子总量	0.14	0.01	0.23
Ca^{2+}／阳离子总量	0.21	−0.12	−0.27
Mg^{2+}／阳离子总量	0.01	0.12	−0.10

明显的关系，但它们的含量不能作为划分类别的依据，因为同种阳离子可以形成多种盐。例如钠，可以形成碳酸钠、氯化钠或硫酸钠，所以不能根据钠的含量确定是苏打盐土还是氯化物盐土或硫酸盐盐土，在影响土壤物理化学特性方面也不起决定性作用。因此，它们的含量不能决定盐渍化的类型。计算结果表明，阳离子的比率与影像信息量测值相关性极差，这与阳离子在形成盐渍化类别方面不起决定性作用是一致的。而CO_3^{2-}+HCO_3^-／阴离子总量与R／(R+G+B)和B／(R+G+B)的显著性相关和Cl^-／阴离子总量与R／(R+G+B)，G／(R+G+B)，B／(R+G+B)的显著性相关，正好表明苏打盐土和氯化物盐土所形成的地面色调和形态，分别对不同波段的感光效应有差异。它们的相关系数，正负相互对应，说明了它们之间的相互消长关系。亮度值采用比值求相关系数，是因为总的亮度值和各波段亮度值都与盐份含量有关，为反映出某种成份在总成份中的比率，用某波段亮度值的比，可以消除盐份总量对总亮度值的影响。同时利用亮度比值可以消除一些像片各个部位感光程度不同的影响，以及消除摄影时间、光照角度等影响。上述计算得出的利用各波段亮度值的比例关系，来反应各种阴离子含量的比例关系的结果，可为根据遥感影像大体区分盐渍化类型提供一个参考数据。

四、结　论

(1)不同类型的盐渍化土壤在地表形成的不同色调和状态，对彩色红外航空像片在不同波段的感光效应有一定的影响，所形成的影像色调也有一定程度的差别，但这种差别是怎么形成的，每种物质特有的分子光谱能否对彩色红外像片起作用等理论问题，还需进一步研究，然而这一现象的存在是可以肯定的。

(2)盐份组成的分析数据和影像信息量测数据都受多种因素影响，因此研究它们之间的相关关系也需要控制一些条件，例如采样点的地学环境不要相差太大，航空像片冲洗条件要基本一致等。

（3）定量研究测量遥感影像所得数据和地面样品化学成份分析数据之间的关系，是宏观遥感手段定性划分类别的基础研究。其目的不是使遥感手段达到能代替定量研究的程度，而只是确定遥感手段定性划分的宏观类别是否有根据。根据遥感影像解译划分为不同类别的图斑，其量测结果应有差别。反之，图斑量测结果有差别，则说明可用遥感手段划分出这个类别。

（4）地学问题是复杂的、多变化的，以上结果只是限定一些条件，探索一种相关关系的一个例证，实现这种划分尚需进行更多地区的多次研究。

参 考 文 献

〔1〕Richardson, A. J., A. H. Gerberman, H. W. Gausman等著（周慧珍译），利用天空实验室多谱段扫描数据探测盐土，遥感技术在土壤和水资源研究中的应用，科学出版社，1981年。

〔2〕Емельянов,В.А.,В.В.Гордачев,В.А.Харитонов,Аэрокосмические методы оценки засоленности мелиорированых земель, Вестник сельскохозяйственной,науки,7(1980), 120—128.

〔3〕Everitt, J.H., A.H.Gerbermann, M.A.Alaniz, Microdensitometry to Identity Saline Rangelands on 70mm ColorInfr ared Aerial Film, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.47, No.9, pp.1357—1362, 1981.

天然文岩渠流域涝情的遥感调查*

石　韧　　卢亚非

（中国科学院遥感应用研究所）

一、引　　言

豫北天然文岩渠流域位于黄淮海平原中部，地势低平，历史上涝灾频繁。1983年9月8日，该地区下了一场数十年来少有的大暴雨，据封丘县气象站记载，日降雨强度达217.4毫米，超过该县年均降水量615毫米的三分之一；位于降雨中心的原阳县梁寨乡，12小时内降水量达295毫米，超过该县年均降水量550毫米的二分之一[1]。这场来势迅猛的大暴雨，使该流域遭受了大面积严重秋涝；直到大暴雨过后十几天，许多农田中仍有积水。在这种背景下，1983年9月14日——大暴雨下过一周之后，在该流域进行了第一次彩色红外航空摄影；1984年3月，又进行了第二次彩色红外航空摄影。利用这两次不同时相的彩色红外像片，对该流域1983年秋季的涝情进行了调查，编绘了“天然文岩渠流域涝情分析图”，在此基础上，对该流域中各类涝区的面积进行了量算，并对该流域受涝的原因及涝区分布规律进行了分析探讨。

二、分类系统

为确切反映天然文岩渠流域的涝情，先对该流域的地理环境进行了分析。在该流域内，由于地理位置、地势、地貌及土质的不同，各地造成涝灾的可能性也不同；由于土地利用方式和作物种类的不同，各处抵御涝灾的能力也不一样。因此，根据农业生产的适宜性，即致涝可能性的大小及抗涝能力的强弱，首先将该流域划分为水田区、水浇地和旱地区、沙地区三种大的背景区。

水田区　主要指种植水稻的地区。在天然文岩渠流域，水田通常分布在地势低洼、地下水位高、种其它作物极易受涝的低湿地带。由于水稻是一种需水量大、耐涝性很强的作物，故尽管水稻普遍种植在低洼易涝区，但在同样大的降水强度下，在同一积水环境中，当其它作物受涝减产时，水稻却往往不受影响。这样，如果将水田与其它耕地混在一起划分涝情，就会由于水稻本身的抗涝性而掩盖了水田所在地的低湿状况。因此，为了真实反映水稻生长区低洼积水的地理环境，有必要将水田区作为一种特殊的环境背景单独划出。

水浇地和旱地区（以下简称水浇地区）　该区以水浇地为主，包括有灌溉设施和

---

*刘斌、郭杉参加了面积量算工作，本文由石韧执笔。

1）此资料系由封丘、原阳两县的气象站、水利局及农业区划委员会气象专业组提供。

无灌溉设施的各类耕地(水田、沙土耕地除外)、园地、林地(沙丘地带的林地、除外)等。这是天然文岩渠流域内面积最大的一类背景区，致涝可能性各处不等，作物抗涝能力均低于水稻，天然文岩渠流域的涝灾大量地集中在这里。

沙地区　包括沙土耕地、活动半活动沙丘及固定沙丘。由于沙土质地粗，渗透性强，保水能力差，故在该区不易积水成涝。

为了反映涝灾的程度，根据彩色红外像片上不同的影像特征，将水田区和水浇地区中的涝区，分别划分为重涝、轻涝、非涝三个等级。经实地调查，划分为“重涝”的耕地，实际上包括了“重涝”和“特重涝”两种情况，其中“重涝”减产约50—80%，“特重涝”减产约80—100%；划分为轻涝的耕地，实际上包括了“中涝”和“轻涝”两种情况，其中“中涝”减产约30—50%，“轻涝”减产约10—30%；划分为“非涝”的耕地，一般减产在10%以下。

水田区、水浇地区及沙地区范围内均有少量未利用土地，如荒地、盐渍荒地、沙荒地等。这些未利用土地在本分类系统中不做为单独的一类专门表示，而是依照它们所处的位置及遭受水淹的情况，将其分别划入三大背景区及背景区中的重涝、轻涝或非涝区中。

为了全面反映该流域地表水及地下水的分布状况，在本分类系统中将“积水坑塘”划分为单独的一类，并依据1983年秋季和1984年春季两套不同时相的彩色红外像片，将其按照主要的季节性积水坑塘和主要的常年性积水坑塘两种类型分别勾出。

上述各类图斑，在1：10万底图上，面积小于3平方毫米的，在“涝情分析图”中均不上图。

各类村镇、厂矿及交通用地等，在本图中不一一勾绘，而是按照它们所处的位置，分别归入三个背景区中。为了保证量算涝区面积的精度，仅将分布在涝区范围内的村镇界线勾出，以便量算面积时将这些村镇面积予以扣除。因此，在分类系统中划分了“涝区内村镇”一类。

“天然文岩渠流域涝情分析图”的分类系统如下：

1. 水田区
   - 11　重涝　12　轻涝　13　非涝
2. 水浇地和旱地区
   - 21　重涝　22　轻涝　23　非涝
3. 沙地区
   - 31　沙地区
4. 主要积水坑塘
   - 41　主要的季节性积水坑塘
   - 42　主要的常年性积水坑塘
5. 涝区内村镇
   - 51　涝区内村镇

三、解译标志

天然文岩渠流域涝情解译标志的建立，实质上是要在1983年秋季的彩色红外像片上

区分三种影像差异：(1)非涝区之间的差异。即非涝水田区、非涝水浇地区及沙地区三者之间的差异。(2)涝区与非涝区之间的差异。(3)重涝与轻涝之间的差异。

这里所说的涝区与非涝区，又都包括两种情况，即作物覆盖着的地表和没有作物覆盖的地表。

区分影像差异的关键，是掌握不同地物影像的色调和图型两方面的特征。其中色调特征与地物的光谱反射特性是密切相关的。

1983年9月在天然文岩渠流域测得的地物光谱曲线表明，绿色作物(水稻、棉花等)、黄熟作物(玉米等)及雨后裸土三者的光谱反射特征存在着明显差异[1)]，因而在彩色红外像片上它们的色调是不同的。又因水稻在种植方式、覆盖度、顶部特征等方面与其它旱作的绿色作物存在着差别，故又可从影像的图型特征方面将水稻与其它绿色作物进一步分开。这样，非涝的水田区与非涝的水浇地区就可区别开了。

由于沙地的光谱曲线具有反射率高的特性，故沙地区在彩色红外像片上特征显著。无植被覆盖的沙丘或沙地呈白色，常伴有波状纹理；有植被覆盖的沙丘为致密均匀、有立体感的深红色。与村镇的区别是：村镇的深红色图斑被纵横交错的白线(道路)切割，而沙丘的图斑上没有白线。长有作物的沙土耕地中作物覆盖往往不均匀，覆盖率一般也较低，故像片上红或褐色的图斑中露出一块块白斑。

区分涝区与非涝区的关键在于对水体的识别。在天然文岩渠流域测得的浑浊水体的光谱曲线表明，浑浊水体仅在0.55—0.7微米处有一低反射峰，而在近红外波段反射率接近于零。水体这一独特的光谱反射曲线使它在整个红外波段与植被、土壤相比，具有突出的低反射特征，因而在彩色红外像片上的颜色与周围植被、土壤差异很大。加上较深的水体，表面平滑，色调均匀，故很易识别。据野外验证，既便是很浅的地表积水，甚至仅仅是地表湿度较大，不管地表有无植被覆盖，在彩色红外像片上的影像也都会比周围正常的、较干燥的地表色调发暗。如褐色的庄稼地雨后变为深褐色，青白色的裸地雨后变成暗青色等等。这是因为，在自然环境下，即使很浅的水，在近红外波段也几乎能吸收全部的入射能量。

涝区与非涝区在彩色红外像片上的影像特征常常还存在另一个差异，即影像清晰度的差异。这主要表现在轻涝地块中。轻涝地块的影像常给人的视觉一种“虚”感，即不同颜色相互交融成模糊的一片，各种色彩之间没有清晰的界线；而非涝地块的影像，虽也是由多种色彩组成，但因没有水体的干扰，故影像色彩分明，界线清晰，视觉感“实”(见彩图10a、11a)。

涝区内重涝与轻涝的差异，在彩色红外像片上主要表现在水体对地表的“覆盖度”不同。重涝地块中，积水对地表的“覆盖度”大，水下地物的影像完全看不见或隐约看见，其色调受蓝色影响较大，田间原有的白色田梗、小路、小桥等线性地物在这里中断、消失；而轻涝地块因积水浅，水下地物的影像虽然模糊但仍可见，其色调受蓝色影响，但仍可辨，田梗、小路、小桥等在这里由白色变为浅蓝色，也依然可识别。

表1列出了“天然文岩渠流域涝情分析图”中主要分类系统的解译标志。

1984年春季的彩色红外像片，显示了1983年秋涝之后的土地利用状况和1984年春季的冬小麦长势，对1983年秋季的涝情是一个间接的反映。由于1983年9月8日大暴雨所

1)参见本文集第58页“天然文岩渠流域植被的遥感应用研究”一文图1的光谱曲线。

降之时距该流域冬小麦播种期(10月1日前后)只差二十天，进行第一次航空摄影的9月14日，距离小麦播种期只有半个月。从9月14日摄取的航空像片上可以看出，当时的地面实况是，重涝区仍有严重积水，大部分作物淹在水中；轻涝区也有部分积水或地表很湿，大部分作物还未收获。据实地调查，9月14日前后许多地块仍无法进入。因此，这

表1 “天然文岩渠流域涝情分析图”主要分类系统的解译标志

类别		解译标志	
		色调	图型
水田区	重涝	长有水稻的水田呈蓝紫色或绿褐色，隐约可见水下的暗红色格状图斑。 未种水稻的休闲地呈蓝黑色、黑绿色	尽管稻田受淹，但水下矩形格网状的田埂仍可辨认。受涝图斑边界清晰。
	轻涝	长有水稻的水田由暗红色，褐绿色的矩形小格构成花斑状图象，每一小格内色阶相同，但小格之间色阶有差异。水中稻田的红色调比重涝区清楚。未种水稻的休闲地呈绿色。	水中的田埂不如重涝区清楚。受涝图斑影像模糊，有“虚”感。图斑边界不甚清晰。
	非涝	长有水稻的水田呈鲜红色或粉红色。每一矩形小格内色阶一致，但小格之间色阶略有差异。 未种水稻的休闲地呈青绿、青白色，多为盐渍地。	几何特征明显、整块水田被多条纵横垂直的田梗切割成规则、整齐的矩形格网状，图斑影像清晰。
水浇地和旱地区	重涝	耕地被蓝色的积水覆盖，隐约可见水中红色、褐色的矩形条块。作物已收获的地块，呈深蓝色或蓝绿色。	耕作界限模糊不清，田梗、小路、小桥等到此消失。受涝图斑呈不规则状，边界清晰。
	轻涝	长有绿色或黄熟作物的地块呈暗红色、暗绿色、褐绿色。 作物已收获的地块呈绿色。	耕作界限隐约可见，较宽的田梗是小路，小桥等在此由白色变为蓝色。受涝图斑呈不规则状，影像模糊，有“虚”感，图斑边界不甚清晰。
	非涝	未收割的地块呈鲜红色、红褐色、黄褐色等，地表水分较多的地块色彩略暗。 已收割的地块为青绿色（地表水分较多）、青白色（干燥）。	地表无明显积水。影像清晰。耕作界限明显。田间小路呈清楚的白色曲线。较宽的田梗呈白色线状，小桥亦为白色。

种情况势必要延误以致错过冬小麦的播种期。实际情况正是如此，从1984年春季的像片上可以看到，1983年秋季遭受重涝的地区，大多数为青白色的不规则图斑，说明这些耕地没有种上冬麦。极少数重涝区虽然抢种上了冬麦，但因播种期推迟或土壤水分含量过高，小麦出苗率和长势均很差。春灌后只能看到暗青色的水迹，麦苗的红色则很难分辨；在春季的像片上还可看到，1983年秋季的轻涝地块，多数为疏密不均、稀稀拉拉的淡红色，其中进行了春灌的麦地的红色，影像上只能隐约看见。少数地块没有种麦，呈青白色。这反映了遭受轻涝后的耕地，多数地块虽种上了冬麦，但播种时间不一致，冬麦出苗不齐，长势较差；而1983年秋季未受涝的耕地，在春季像片上的影像则呈色调较重、整齐均匀的暗红色，尽管由于春灌使红色调发暗，但与周围受涝区的麦地相比，仍有明显区别，反映出未受涝的耕地中，小麦长势良好。总之，1984年春季像片上的麦地

状况，对1983年秋季的涝情解译是一个验证。封丘县居厢公社辛安店附近同一地区不同时相的两张彩色红外像片（见彩图10a、10c），正反映了这种相互对应的情况。

此外，用秋季与春季两套不同时相的彩色红外像片相互对照，还可将季节性积水坑塘与常年性积水坑塘区分开来。季节性积水坑塘和常年性积水坑塘在秋季的彩色红外像片上没有大的区别，都是蓝色调，长有芦苇等水生植物的坑塘，呈棕红、棕黄、褐绿等晕状色斑，但在春季的像片上，二者截然不同，常年性积水坑塘的影像色调仍为蓝或蓝绿色，而季节性积水坑塘却已干涸见底，影像色调呈青白色（见彩图10a、10c）。

利用phosdac-1200彩色密度分割仪，对1983年秋季的典型样片进行彩色密度分割试验，将所得到的含有九种颜色的假彩色图像划为三个等级，与彩色红外像片上用目视解译划分出的重涝、轻涝、非涝三个等级比较，结果其基本界线是一致的（见彩图10b，照片左上角的灰白色斑有些扩大，这是因操作时像片左上角未放平引起反光所致）。这说明：(1)利用彩色红外像片所做的涝情解译是基本合理的。(2)利用彩色密度分割仪进行分类有助于改进解译手段，提高解译水平。

四、涝情分析

在建立了分类系统和解译标志之后，以1983年秋季拍摄的1：3万彩色红外航空像片为依据，参照1984年春季的1：8万彩色红外航空像片，用经过几何纠正的1：5万黑白影像图为控制底图，蒙以聚脂薄膜进行天然文岩渠流域的涝情解译，编绘成1：5万草图。经外业验证和修正，再用日本产ZSCP型归零求积仪和透明格网模片在聚脂薄膜图上进行面积量算，最后根据成图比例尺要求，将1：5万底图缩编成1：10万“涝情分析图”。面积量算的结果见表2。

表2　涝情面积统计表

	旱作耕地和水浇地（亩）		稻田（亩）		共计（田）	占天然文岩渠流域内该县总面积的百分比
	重涝	轻涝	重涝	轻涝		
封丘	7751.5	111502.5	2844.5	3300	195159.5	10.96%
原阳	11906.25	66187.5	20587.5	39975.0	138656.25	6.83%
延津	11242.5	34961.25		191.25	46395.0	7.29%
长垣	26865.58	9469.48			36335.06	6.93%
共计	127526.83	222120.73	23432.0	43466.25	总计 416545.81	占该流域总面积的 8.13%

借助1983年9月8日的气象资料和其它有关资料，对天然文岩渠流域涝灾成因的分析表明，大暴雨是造成该流域涝灾的首要原因。据资料统计该流域各县年均降水量约在550—660毫米之间，但降水量的80—95%集中在夏秋两季。在夏季风活动时期，降水常以暴雨，大暴雨形式出现，因此容易成涝。用天然文岩渠流域近60个雨量站提供的资料绘制而成的该流域“1983年9月8日大暴雨等值线图”（图1），反映了该流域9月8

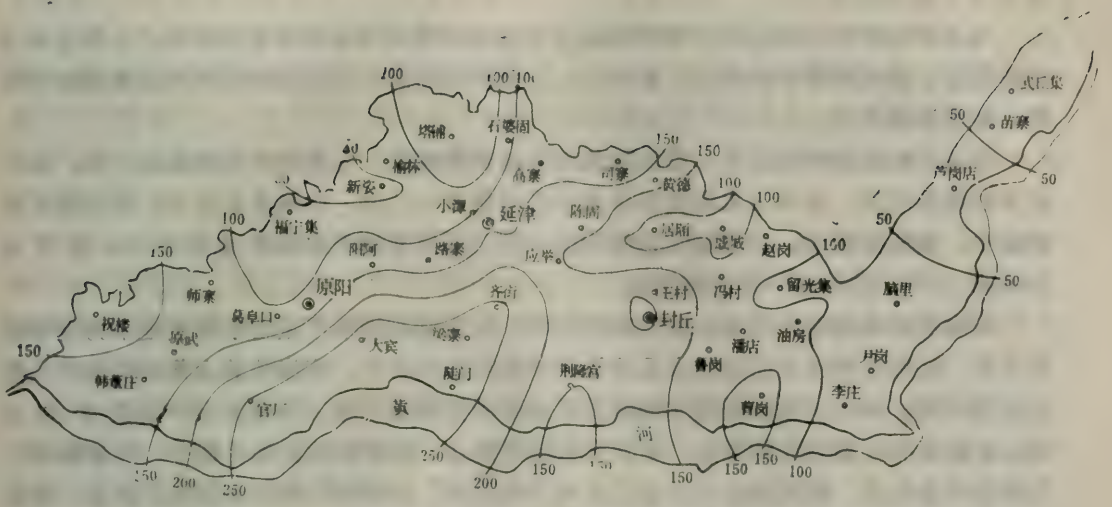


图1　天然文岩渠流域1983年9月8日大暴雨等值线图（单位：毫米）

（根据封丘、原阳、延津、长垣各县水利局、气象局提供的资料绘制）

日大暴雨的降水强度和降水分布状况。

但用“涝情分析图”与“大暴雨等值线图”相对照，可发现1983年9月的涝区分布与降水的分布并不一致，各地受涝的严重程度与当地降水量的大小也不一致。如这场大暴雨的降雨中心区位于原阳县东南部，在此范围以内日降雨量达250毫米以上，属特大暴雨。但“涝情分析图”却表明，处在此降雨中心区范围以内的大部分地区（官厂公社东部、大宾公社东南部、齐街公社南部及徒门公社），因位于黄河大堤以内的高滩地上，故只有少量地块遭受轻涝。位于黄河大堤以外的齐街公社涝情虽较重，但在该流域也未成为涝灾中心。相反，在降雨量不是最大的文岩渠中下游和封丘境内的背河湿地绝大多数雨量站9月8日降雨量＜150毫米），以及降雨量相对较小的长垣县天然文岩渠以东的低洼地上（9月8日降雨量＜75毫米），却遭受了大面积重涝灾害。由此可见，在该流域内，某一局部地区降水强度的大小，不是该处能否致涝的决定性因素。

用“天然文岩渠流域涝情分析图”与该流域的地势图、地貌图、土壤图、地下水埋深图及排水渠系图一一对比，得知该流域的涝区分布与地势图上的低地、地貌图中的洼地、土壤图中土质粘重的地区、地下水埋深图中埋深浅的地区及排水渠系图中排水条件差的地区均存在明显的对应关系。

与地势的对应关系：该流域地势的总趋势是从西南向东北缓倾，因此涝区主要集中在东部和东北部，即天然渠、文岩渠下游地区；两渠交汇地区；天然文岩渠注入黄河地区及封丘境内的背河湿地。

与地貌的对应关系：该流域位于一个古黄河三角洲上。由于历史上黄河多次摆动，在黄河三角洲上形成了一套由黄河故道、黄河决口扇、扇前低平地、扇间洼地及叠加在它们之上的浅槽状洼地、碟状洼地组成的平原地貌。其特点是地势低平，但又有微小起伏，在大面积的低平地上有相对低凹的各种类型的洼地。这些洼地，便是今天大暴雨后的各个涝区。如沿文岩渠干渠南侧分布的赵岗—朱佛村带状涝区，在地貌上就位于决口扇前低平地地带；而沿黄河大堤分布的背河湿地涝区，在地貌上则分别

处于几个扇间洼地之中。

与土质的对应关系：在该流域低洼易涝的扇间洼地和扇前低平地地带，土质也多为细腻粘重、渗透系数小的淤土、灌淤土，这是因为历史上水流易在这些低洼处减缓或停滞，故沉积物细腻。

与地下水位的对应关系：该流域地下水位普遍较高，尤其黄河背河湿地一带，由于黄河的侧渗浸润，使地下水埋深多年来始终保持在1—2米，土壤含水量大，无力接受大量降水，故低湿易涝。北部的文岩渠干渠一带，近年来地下水埋深也由2—4米抬升到1—2米〔1〕，致使这一带涝情加剧。

与水利设施的对应关系：除自然因素外，该流域的涝情严重与水利设施不力有着直接关系。除部分滩地无固定排水系统靠自然坡降排水以外，该流域的大部分都属于天然文岩排水区。其中，天然渠和文岩渠是区内两大排水骨干渠。天然渠有11条较大的支渠，文岩渠有17条较大的支渠。尽管排水渠系发达，但因该地区地势低平、纵坡降小，自然排水条件差，特别是由于本来已成为“地上河”的黄河，河床还在逐年淤高，致使天然文岩渠向黄河排水的能力越来越弱，故涝灾仍在不断发生。每逢大暴雨后，两渠上游客水激增，流经中下游地区时，干渠中水量已满，又排水不畅，使得中下游地区支渠中的水无法向干渠排出，造成排水渠仅排过境水，不排本地水的状况。因此，正如“涝情分析图”中所反映的，在两渠中下游地区的支渠入干渠处及两大干渠交汇处，往往形成大面积涝灾。

根据天然文岩渠流域的涝情与上述诸因素的对应关系，可找到该流域涝区分布的“空间”规律，即涝区一般分布在相对低洼、土质粘重、地下水位高且排水不畅的地方。

可将天然文岩渠流域的涝情，按照所处地貌部位的不同划分为五大涝区。

(1)黄河决口扇扇前低平地涝区　即封丘北部、延津东部和东北部的文岩渠中下游涝区，是该流域内涝情最重的地带。

(2)黄河故道涝区　即封丘县城以东的天然渠下游涝区和文岩、天然两大干渠交汇地带的涝区。

(3)黄河决口扇扇间洼地涝区　即黄河大堤以外的背河湿地涝区。其中原阳境内的背河湿地，地处天然、文岩渠上游，排水条件好，已大面积引黄放淤，种植水稻，因此不易受涝；封丘境内的背河湿地，位于天然渠下游，排水困难，涝情严重。

(4)黄河低滩涝区　即长垣境内天然文岩渠以东、黄河低滩北部的涝区。该低滩地因受黄河汛期顶灌的威胁，秋不保收，故多年来没有修建排水系统，仅靠自然坡降排水，故雨季易涝。

(5)黄河高滩涝区　主要指原阳境内黄河大堤以内的高滩地上由碟状洼地、槽状洼地形成的少量涝区。一般为轻涝。

上述五大涝区，概括了天然文岩渠流域1983年秋季涝区分布的总趋势和特点，反映了涝灾的实况。

将“涝情分析图”与依据1957年遥感资料绘制的该地区“1957年涝情图”1）对比后进一步发现，该地区1983年秋季的涝区分布与1957年的涝区分布在总趋势上是一致的，

1）该图由中国科学院南京土壤研究所刘兴文于1984年绘制。

主要涝区的位置也基本吻合。这一发现揭示了三个重要问题：

(1)天然文岩渠流域的涝区分布不仅具有“空间规律”，而且具有“历史规律”。即多年来该地区涝区分布的总趋势和基本位置无大变化（但具体受涝程度和面积则因降水量不同而有变化）。这是因为多年来当地的地理环境和水利状况没有大的改变，因而以此为背景形成的涝区分布的“空间规律”也是相对稳定的，空间规律多次重复，便形成了“历史规律”。

(2)由此推理，“涝情分析图”上的重涝、轻涝及非涝图斑，就不仅反映了1983年秋季的受涝程度，而且反映了在历次涝灾中它们三者间的相对关系：重涝图斑代表最低洼易涝的地块，即常涝区；轻涝图斑代表有可能受涝的地块，即易涝区；非涝图斑代表不易受涝的地块，即少涝区。

(3)由此可知，在该流域的地理环境和水利状况得到根本性改造之前，遭受涝灾时涝区的分布仍摆脱不了上述历史规律，即“涝情分析图”中的重涝图斑仍将是该流域的常涝区；轻涝图斑仍将是易涝区。

五、结　论

在天然文岩渠流域，由于致涝因素的长期存在，使涝区分布具有规律性。一次随机性大暴雨后的涝情，可揭示这种规律。利用1983年秋季和1984年春季的彩色红外像片及其它资料，不仅查明了该流域1983年秋季的涝情，而且摸清了该流域常涝易涝区的分布规律，为该流域的综合治理提供了可靠的依据。

参 考 文 献

〔1〕 河南省科学院地理研究所，新乡地区地下水埋深图，新乡地区灌溉图集，测绘出版社，1986年。

天然文岩渠流域植被的遥感应用研究*

王绍庆

（中国科学院植物研究所）

1983年9月和1984年3月，我们参加了河南省天然文岩渠流域的航空遥感试验。通过野外调查，实地分析了典型地段植被的彩色红外航空像片的影像特征，测试了主要植被类型的光谱曲线，探索了在黄淮海平原地区如何应用遥感，方法进行植被研究的途径。

一、植被光谱特性的分析

1983年9月在天然文岩渠流域测试了17个植被目标，9个土壤目标一个浑水目标的光谱曲线。图1示出了水稻、棉花、玉米和杨树四种植物群落及耕地裸土（雨后）与灌渠浑水的光谱曲线。从图1可以看出：几种地物的近红外反射率的顺序为棉花、水稻、

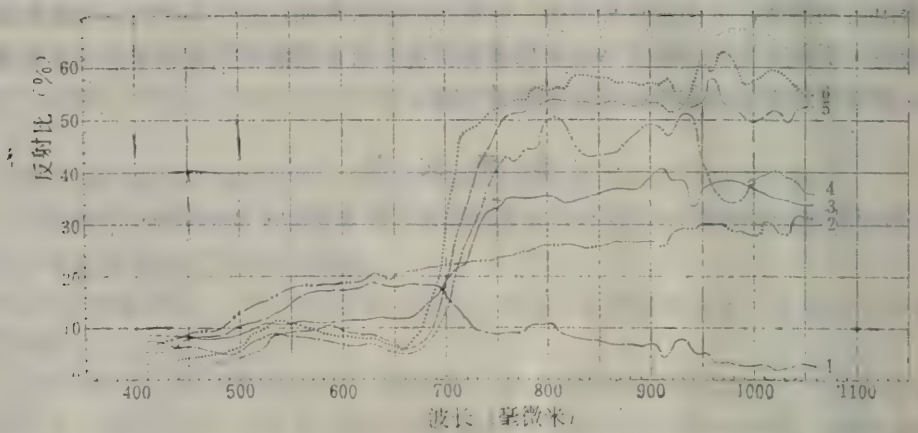


图1　天然文岩渠流域主要地物的反射光谱曲线

1、沟渠浑水；　2、雨后裸土；　3、玉米群落；
4、杨树群落；　5、水稻群落；　6、棉花群落；

杨树、玉米、土壤、浑水；在可见光波段则是另外一种状况，其顺序为土壤、浑水、玉米、棉花、水稻、杨树。此外，所有植物群落的反射光谱曲线，都在660——680毫微米波长处有一明显的反射谷值，这与植物叶绿素的强烈吸收有关。唯有玉米因在9月上旬已处于收获期，叶子大部分干枯，其光谱曲线上的这一谷值表现得不太明显。

如果将上述六种地物在580—630，640－680和810－900毫微米波段的平均反射率以及三个波段的比值作一比较（表1），则可以看出，这六种地物在两个可见光波段的平均反射率差距不大，每种地物的这两个波段反射率的比值则更接近。但在近红外波段，

* 参加部分野外或室内工作的还有池宏康，李陆萍和田新智同志。

不仅六种地物的平均反射率差异明显，而且六种地物在近红外波段与可见光波段的平均反射率比值的差异也很显著。这种特点表明，用彩色红外航空像片上的影像，解译黄淮海平原地区的植被类型及其它地物，是可以得到比较满意的结果的。同时也表明，对植被及其它地物的反射光谱特性的研究，是正确识别它们的遥感信息的基础。

表1　天然文岩渠流域地区主要地物的分波段反射比

地物名称 \ 波段 / 平均反射率（%）	580—630（毫微米）	640—680（毫微米）	810—900（毫微米）	三波段平均反射率的比值
沟渠浮水	17.7	17.4	7.0	1：1.0：0.4
雨后耕地土壤	18.1	20.8	26.1	1：1.1：1.5
玉米群落	11.3	12.4	36.3	1：1.1：3.2
杨树群落	7.1	6.1	46.0	1：0.9：6.5
水稻群落	9.5	7.3	53.6	1：0.8：5.6
棉花群落	8.5	8.2	57.4	1：1：6.8

二、植被解译标志的建立

在典型地段实地详查的基础上，通过对547张1：3万1983年6月和74张1：8万1984年3月的彩色红外航空像片的综合解译，及植被光谱特性的分析，确定了天然文岩渠流域主要植被类型的解译标志。这些标志可以分为以下六类。

1．植被影像的颜色和色调

根据植被影像的颜色与色调，可以区分作物种类与树种。例如，在1983年9月的彩色红外航空像片上，处在生长旺盛时期的棉花呈深红色；玉米叶已干枯，显示为暗栗色；谷子绝大部分已收获，则呈现为灰绿色(土壤湿度大的)或浅灰绿色(土壤湿度小的)；刺槐，柳树，泡桐等显红色；杨树，榆树，侧柏等显暗红色。

2．植被影像的影纹结构

根据影纹结构也可以划分植被类型。例如，同一播种期和同一品种的作物在彩色红外航空像片上通常显示为均匀的整体影纹结构；而各种乔木则呈现为颗粒状的影纹结构。

3．树冠形状及树冠投影形状

区分由乔木树种及高大灌木组成的植被类型，可以用树冠形状及树冠投影形状作为标志。例如杨树树冠呈长卵形；泡桐树冠近似球形，而刺槐树冠则呈倒扫帚形，果树树冠多呈椭球形，并具有行列式稀疏排列的特点。

4．植被影像的镶嵌状况

植被类型的差异和农业耕作制的差别，都可以通过植被影像的镶嵌状况反映出来。

例如，在1984年3月的彩色红外航空像片上，种植小麦的地块呈现为红色，而没有种小麦的地块则显示为淡灰黄色。当某些村庄附近被红色地块布满时，则反映这一地块以种植小麦和小秋作物为主，采用的是一年两作的耕作制。当另一些村庄附近基本上没有红色地块时，则反映这一地块不适合种小麦，只能种植花生、大豆、红薯等作物，实行的是一年一作的耕作制。还有些村庄附近，红色地块约占一半左右的面积，表示小秋和大秋作物的播种面积基本相近，小麦的种植面积约占耕地面积的一半左右，是以两年三作制为主的地段。

5．群落边界的几何形状及清晰程度

大田作物群落的边界通常呈矩形或多边形，而成片林地的边界则往往是由不规则的曲线所构成的。水稻作物群落的边界比较清晰，因为田梗宽而高，而旱地作物群落的边界却不太清晰，因为田梗窄而低。因而，以这些特征作标志，也可以划分某些植物群落的类型。

6．在不同季相的彩色红外航空像片上植物群落影像特征的匹配状况

在3月份的彩色红外航空像片上呈红色、而在9月份的彩色红外航空像片上显示为暗栗色与褐红色相间的影像时，其所反映的是小麦、玉米、大豆一年两作的群落类型；当某一地段在3月份与9月份的彩色红外航空像片上均呈现为红色时，则表明该地段是属于小麦套棉花的群落类型。因此，在不同季相的彩色红外航空像片上，植物群落影像特征的匹配状况，也是划分植物群落类型的依据之一。

三、植被解译检索表的编制

秋季种植的大田作物种类比较多，加之近年来多种经营的普遍发展，新辟的果园、苗圃、经济林及用材林地都比较多。据粗略估算，一张1：3万的秋季彩色红外航空像片上，约有两万个地块，各种植被类型在这些地块上镶嵌、插花分布。要编制出天然文岩渠流域的植被现状图，就必须对全区547张彩色红外航空像片、约1000万个地块进行准确无误的解译、概括，并绘制出各种植被类型的界线。如果没有一个正确的解译检索表，要做到这一点几乎是不可能的。为此编制了天然文岩渠流域植被解译检索表（表2），作为制图的依据。

表2　天然文岩渠流域植被解译检索表

1．群落边缘或内部不具有明显的直线延伸的影纹
　2．群落整体的影纹具有均匀的整体结构
　　3．色调很浅
　　4．具有淡黄色的色调…流动沙丘或虫害、沙蓬、疏草丛
　　4．具有淡灰白色的色调……重盐渍化裸地或极稀疏的盐生植被
　3．色调较深
　　4．影像具有蓝色色调
　　5．没有明显的紫红色色调……水体或同时含有少量水生植物

5．在蓝色背景上呈现出暗紫红色或蓝紫色的斑块……狐尾藻、眼子菜水生植被

4．影像不具有蓝色色调

5．影像具有绿褐色或灰褐色（有时略显不均匀的细小颗粒）……柘树、胡枝子、灌丛

5．影像具有粉红色……莲水生植被

2．群落整体的影纹具有不均匀的结构

3．影纹中杂有蓝绿色

4．褐棕色，并具有团絮状颗粒的影纹……芦苇、香蒲沼泽

4．具有灰褐色或绿褐色的色调

5．分布在黄河嫩滩……假拂子茅、芦苇沼泽草甸

5．不分布在黄河嫩滩……白茅、芦苇盐生草甸

3．影纹中不杂有蓝、绿色

4．色调不暗，呈红色

5．具有毡状影纹，单株树冠边缘较破碎……刺槐林

5．具有倒扫帚状影纹，单株树冠边缘破碎……柳树林

4．色调较暗，具有暗红色的颗粒状影纹、单株树冠长卵形，边缘较整齐……杨树林

1．群落边缘或内部具有某些明显的直线状延伸的影纹

2．群落边缘没有明显的界线

3．群落内部具有行列式排列的椭球形颗粒

4．影纹颗粒较大

5．影纹颗粒为暗棕红色……苹果园

5．影纹颗粒为红色……梨桃园

4．影纹颗粒较小

5．具暗棕褐色，分布在黄河大堤两侧……石榴园

5．具棕褐色，多分布在低缓沙丘或平沙地上……杏园

3．群落内部有行状排列的倒扫帚形颗粒

4．颗粒影像清晰……枣园

4．颗粒影像不清晰……葡萄园

2．群落边缘有明显的界线

3．地块划分很小，通常其影像的长宽均小于0.7—1毫米（相当于实地21—30米）

4．地块边界清晰，立体感强，呈褐红色或黄褐色……水稻群落

4．地块边界不清晰，立体感不强

5．具有多种颜色和色调的地块镶嵌分布……蔬菜园

5．颜色和色调较单一，地块中有稀疏散布的浅色颗粒，此为瓜棚的影像……瓜园

3．地块划分不很小，通常其影像的长宽均大于0.7—1毫米（相当于实地21—30米）

4．具有红色或褐色的影像

5．影像带褐色

6．影像呈褐红色或橙红色……大豆群落

6．影像呈暗棕褐色……高粱群落

5．影像不带褐色

6．影像呈深红色……棉花群落

6．影像呈紫红色……红薯群落

4．不具有红或褐色的影像

5．具有暗栗色……玉米群落

5．具有灰绿色……谷子群落（已收获）

四、在综合治理开发中的应用

根据上述解译标志及检索表，作者对天然文岩渠流域及邻区的植被进行了类型划分，共划分了38个类型，编制了1：5万及1：10万植被现状图（共包括一万多个斑块）；并量算了全区的以及分县的各个植被类型的面积。在此基础上又进行了植被区划，根据各植被类型组合及其生态环境的区域差异，将全区划分为7个植被小区，对每个小区的植被资源现状、存在问题、综合治理及合理开发的途径等进行了论述。量算了各植被区及植被小区的面积。同时对每种生态环境条件下植被发展的前景作了预测，然后在优化方案的基础上，编制了植被前景图，指出了每一种合理开发利用方式应当发展到多大的面积，应占多大的比重。经过研究后认为，种植业用地占总土地面积的比重应从76.1%降低到66%左右，用减少的低产耕地发展林业（由12.4%提高到21%左右）、果园（由1%提高到5.4%）及水生养殖（由0.03%提高到2.4%）。在种植业内部，粮食作物的比重应从占总播种面积的86.9%降低到69%左右，棉花由7.4%降至6%左右，与之相反油料作物可由3.4%提高到9.0%左右，绿肥及饲料作物可由0.3%提高到8%左右。瓜类、蔬菜可由1.8%提高到6%左右，药材和麻类可由0.2%提高到2%左右。通过对农业生产结构的调整，迅速促进农、林、牧、副、渔及工、商各业的均衡发展。建立优化的农业生态系统之后，将会使该流域在获得显著的经济效益的同时，也将获得良好的生态效益和社会效益。

总之，通过对天然文岩渠流域植被遥感应用的研究，基本摸清了该流域主要植被类型的反射光谱特性，建立了彩色红外航空像片的解译标志，编制了植被解译检索表，并在此基础上查清了全区的植被资源现状，编制了植被现状图、区划图和前景图，量算了有关的面积，为制订农业发展战略、确定综合治理方案提供了可靠的科学依据。由于天然文岩渠流域具有广泛的代表性（除滨海盐渍土地区以外），因而，上述基本论点和基本方法，也同样适用于黄淮海平原的其它地区。

天然文岩渠流域土地利用现状的遥感调查*

刘纪远　胡征宇　任凤清

（中国科学院遥感应用研究所）

天然文岩渠流域位于黄淮海平原中部，系郑州以东黄河巨型三角洲顶部的北半部，属于我国耕作农业开始最早的地区之一，也是集黄淮海平原旱、涝、盐碱、风沙四大农业障碍因素于一地的典型地区。为此中国科学院与河南省科学院等有关单位将该地区选作试验区，并通过深入细致的调查研究，提出并逐步实施对该地区进行全面规划和治理的方案，以便科学地系统地为发展整个黄淮海平原的农业提供经验。

本文介绍运用彩色红外航空像片对全流域土地利用现状进行调查的方法及取得的成果，并对该流域内土地利用现状的地域规律做了初步的探讨，以期为全流域的农业发展规划工作提供依据。

一、土地利用现状调查及其结果

天然文岩渠流域土地利用现状调查的主要工作方法是利用春秋两季彩色红外航空像片进行对比判读，结合实地调查建立判读标志，使用1：5万影像图转绘成图，最后用求积仪量算面积，根据图纸理论面积进行逐级平差，然后进行数据汇总和成图。考虑到不同地区、不同时间土地利用现状调查结果的可比性，整个技术要求基本按照全国农业区划委员会1983年制定的《土地利用现状调查技术规程》进行，仅针对当地特点在个别要求上做了一些更改。

1．天然文岩渠流域土地利用现状调查的资料来源

本次调查以中国科学院遥感应用研究所1983年9月中旬及1984年3月中旬在本流域两次重复拍摄的彩色红外航空像片为主要判读依据。其航摄比例尺分别为1：3万和1：万，后者在判读过程中放大到1：5万使用。在转绘成图时主要是用1983年9月中旬的彩色红外航空像片纠正成图的1：5万黑白像片平面图，进行地类界线的直接勾绘。

在全流域1：5万土地利用遥感调查工作进行当中，河南省各县1：1万的土地资

*本项工作在河南省科学技术委员会、省科学院、中国科学院黄淮海平原治理封丘试区办公室领导下进行。石韧、王长有同志参加了野外调查。河南省封丘、延津、原阳三县的土地资源调查专业组及长垣县农业委员会提供了有关资料，特在此致谢。

源详查工作也在分阶段进行。在流域以内，封丘县的土地资源调查，是采用已有的黑白全色航空像片于1983年底取得的1：5万土地利用现状图及分公社的各类土地面积数据[1)]；原阳县是于1984年夏季，用已有的黑白全色航空像片和1983年秋季的彩色红外航空像片，取得的1：1万土地利用现状草图及分公社的各类土地面积数据；延津县是在1984年春季与中国科学院遥感应用所合作，使用1983年9月的彩色红外航空像片及其黑白像片平面图，于1984年秋季完成1：1万土地利用现状草图及相应的分公社各类土地面积数据的；位于流域东部的长垣县东南部则尚未开展土地资源详查工作。由于封丘、原阳、延津三县在土地利用现状调查方面已做了部分工作，为了求得土地利用分类系统、地类确定和数据汇总等方面的一致性，我们在进行彩色红外航空像片判读转绘及面积量算、数据汇总过程中，充分对照了上述图件及数据，并根据全流域成图和数据汇总的要求进行了适当的综合与调整。

2．土地利用现状调查的分类系统

全流域土地利用现状调查，基本上是依据全国农业区划委员会1983年土地利用现状调查规定的分类系统。对于流域内没有出现的地类编号也予以保留，个别地类则根据本地区的情况进行了调整。例如水田与水旱轮作田在原分类系统的二级类型中分列。由于本地区水田绝大部分位于堤北侧渗区，为避免水的长行不断，基本上采用水旱轮作制，因此在新的分类系统中将水田与水旱轮作田在第二级类型中合并为一类，实际指水旱轮作田（表1）。

表1　天然文岩渠流域土地利用现状调查的分类系统

第一级类型	第二级类型	含　义
1．耕地		种植农作物的土地，包括新开荒地，多年耕种的滩地及林粮间作地
	11．水田	筑有田埂，经常蓄水淹灌的耕地，包括水旱轮作地
	12．旱地	无灌溉设施，作物靠天然降水生长的耕地，包括无固定灌溉设施的引洪淤灌地
	13．菜地	种植蔬菜为主的耕地
	14．田埂	田间宽度小于2米的线形地物，视作耕地的组成部分，调查中只量算面积
	15．水浇地	水田、菜地以外，有灌溉设施，在正常年景能够灌溉的耕地
	16．林粮间作地	在耕地中生长有防风林网，但仍以种植农作物为主的耕地
	17．河滩地	处于河流的低滩部位，并已连续耕种三年以上的土地
2．园地		种植以采集果、叶为主的集约经营多年生木本和草本作物的土地
	21．果园	种植果树的园地
	22．桑园	种植桑树的园地
	23．其它园地	种植其它多年生作物的园地
3．林地		生长乔木、竹类、灌木等林木的土地，不包括居民绿化地和铁路、公路、河流、渠道的防护林
	31．森林	树木郁闭度＞30%的天然林和人工林
	32．灌木林地	覆盖度＞40%的生长灌木为主的林地

1）封丘县土壤普查办公室，封丘土壤，1984年。

表1（续）

第一级类型	第二级类型	含　　义
	33．疏林地	林木郁闭度10—30%的有林地
	34．未成林造林地	造林成活率大于40%，尚未郁闭，但有成林希望的新造林地
	35．迹地	森林采伐后尚未更新的土地
	36．苗圃	固定的林木育苗地
4．疏林草地		以放牧为主，树木郁闭度10—30%的生长草本植物的土地
	41．疏林草地	同　　上
5．草地		生产草本植物为主用于畜牧业的土地
	51．天然草地	以天然草本植物为主，未经改良，用于放牧或割草的草地
	52．人工草地	人工种植牧草的草地
6．城乡建筑用地		城乡居民点及居民点以外的工矿等企事业单位用地
	61．城镇	县级居民点用地
	62．农村居民点	县以下各级农村居民点用地
	63．独立厂矿用地	居民点以外的独立的工矿企业用地，包括砖瓦厂、仓库等。
7．交通用地		居民点以外的各种道路及其附属设施和民用机场用地
	71．铁路	铁路线路及站场用地，包括护路沟、取土坑及护路林
	72．公路	乡级及乡级以上公路用地，包括护路沟及护路林
	73．农村道路	乡级以下宽度在2米以上的道路
8．水域		陆地水系和水利设施用地，不包括多年耕种的河滩地
	81．河流	天然形成或人工开挖河流的常水位岸线以下的面积
	82．湖泊	天然形成的积水区常水位岸线以下的面积
	83．水库	人工修建的总库容＞10万立方米的水体，正常蓄水位岸线以下的面积
	84．坑塘	天然形成或人工开挖的蓄水量＜10万立方米的常年积水水体，正常水位岸线以下的面积
	85．苇地	天然生长或人工种植芦苇的土地
	86．沟渠	人工修建，用于排灌的宽度大于2米的沟渠
	87．水工建筑	人工修建的水利设施，包括常水位岸线以上的闸、坝、堤、扬水站等
9．特殊用地		居民点以外的军事用地与墓地等
	91．国防用地	营房及其它军事用地
	92．其它特殊用地	国防用地以外的特殊用地，主要是墓地
10．未利用土地		目前尚未利用的土地，包括难利用的土地
	101．荒地	树木郁闭度小于10%，表层为土质，生长杂草或基本无植被的未利用土地
	102．盐碱荒地	表层盐碱聚集，只生长天然盐生植物的土地
	103．沙荒地	表层为沙覆盖，基本无植被的土地
	104．沼泽地	经常积水或渍水，一般生长湿生植物的土地
	105．其它未利用土地	以上四项以外的未利用土地

3．土地利用现状分类判读标志的建立

彩色红外航空像片上所反映的各类地表覆盖物色调，是地物在绿、红和近红外三个波段波谱反射特性的综合反映，因此对地物在可见光和近红外光波段波谱反射性的研

究，是彩色红外航空像片判读的基础。在天然文岩渠流域这样一个农业开发历史悠久的地区，天然植被覆盖绝大多数被农作物和人工林等人为植被所代替。在土地利用现状调查中，需要在遥感图像上加以区分的地类，主要是各种农田类型、林地类型、人工建筑用地类型、未利用地类型以及水体类型，而对于这些不同地类的区分，绝大多数是以地表植物在遥感图像上的不同反映，为直接或间接判读依据来进行的。例如对农耕地中水田、水浇地和旱地的区分，水田区别于其余两地类，是靠水稻在秋季与其它大田作物的波谱特征差异（彩图12）；而水浇地区别于旱地，除渠系配置不同外，在春季的彩色红外航空像片上，可见到冬小麦返青及春灌阶段的明显的色调差异，前者较后者更为鲜红，实际上这是同一种农作物，因土壤水分条件不同造成长势差异而产生的波谱反射特性的差异（彩图13）。因此，对彩色红外航空像片的土地利用判读，格外强调对植被反射波谱特性差异的了解。

地表植被覆盖产生不同波谱反射特性，从而影响其在彩色红外航空像片上的色调，其原因主要有以下三个方面。首先是植物种类的不同。在不同种类的绿色植物之间，在生长盛期，其波谱反射率曲线，虽都符合人们熟知的典型绿色植物反射曲线模式，但仍有差异存在，如图1给出的例子，从三种植物的反射率曲线可得出结论，在彩色红外航空像片上，水稻最为鲜红，芦苇次之，旱玉米红色调减退，蓝绿色调加强，略呈棕红色。其次是植物物候期与作物生长期的不同。同一种绿色植物在每年一度的生长盛期到来之前与结束之后，都存在着一个过渡阶段，在这两段时间中，由于叶片结构及成份的不断变化，使植物的波谱反射特性亦随之变化，从而影响影像色调，从图2所给出的例子可以看出，在冬小麦成熟的过程中，随着近红外波段反射率的下降和黄红波段反射率的上升，在不同时相的彩色红外航空像片上，冬小麦

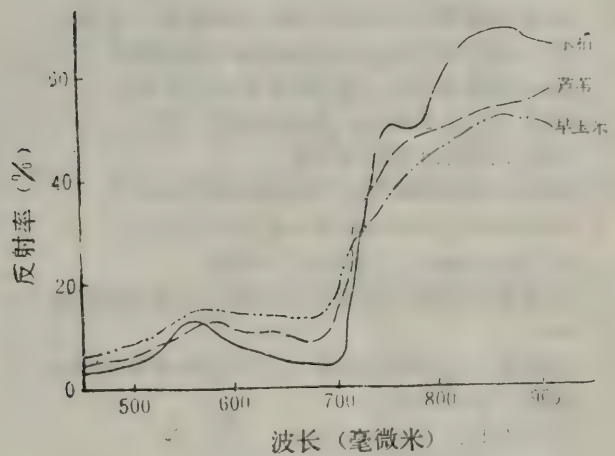


图1　三种主要地类的反射率波谱曲线

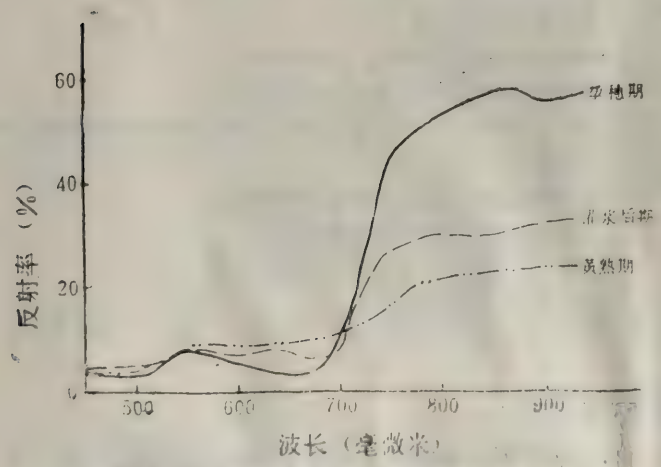


图2　不同生长期的冬小麦反射率波谱曲线

的色调从鲜红变为棕黄。第三是植被覆盖率的差异。对于同一种植物在垂直取得的遥感图像上反映出的波谱特性，实际上是植株本身与未被覆盖的地表土壤两者波谱反射特性的综合，覆盖度越低，则土壤背景对图像色调的影响越大，植被所特有的图像色调特征越不突出。例如前面所列举的利用春季彩色红外航空像片区分水浇地与旱地冬小麦田的例子，实质上是灌溉后的冬小麦返青快，叶片生产迅速，因而在覆盖度上远大于旱地冬小麦，因此在彩色红外航空像片上受土壤背景反射特征影响较小，影像色调较旱地鲜红。

我们以春秋两次彩色红外航空像片取得的植物波谱反射特征作为主要物理基础，结合不同地物在彩色红外航空像片上表现出的图形、影纹、阴影及相关位置等特征进行综合分析，建立了土地利用现状调查的成套分类判读标志，为准确而高效率地判定地类及其界线打下了基础（表2）。

表2．主要土地利用类型在春秋两季彩色红外航空像片上的判读标志

分类名称	判读标志	
	1983年9月中旬的航空像片	1984年3月中旬的航空像片
水田及水旱轮作田	鲜红色，被大量纵横田埂切割构成连片的矩形，各矩形之间色调差异明显，但均呈红色	几何形状同秋季，色调呈暗青色，伴有局部的微红色*
旱地	由红色、棕色、青色等多种颜色的矩形组合在一起，渠系不完善	青灰色或灰白色，局部伴有很微弱红色的矩形组合，渠系不全*
水浇地	同上，但有完善渠系	影像上色调最红的连片耕地，渠系完善*
菜地	临近村镇的小块耕地，呈红、品、青等杂色的矩形，田块细小	青灰色，与村镇旁的场院、裸地易混
林粮间作地	平行的暗红色条纹及阴影，背景有旱地特点	平行的暗青灰色条纹，背景与旱地或水浇地特征相同
果园	排列规则的暗红色细小圆斑及阴影	树冠呈微暗的斑点，树龄短者不易分辨
森林	暗红色图斑，边缘多不规则，影纹粗糙，阴影明显	暗青色，图斑形状、影纹与秋季相同，阴影不明显
灌木林地	暗红色图斑，边缘不规则，影纹较细，阴影不可辨	青灰色，与裸土的色调差异微小
疏林地	不规则分布的暗红色细小图斑及阴影	不规则分布的暗青色斑点
苗圃	鲜红色，图斑形状规则，表面色调一致	均匀的暗青色，形状规则
苇地	由不同的晕状红斑组合构成，部分夹有深蓝色水面	深蓝色水面，与水库等水体难以区分
荒地	青色，局部有浅红色斑块，形状不规则	较均匀的青色，形状不规则
盐碱荒地	明亮的青灰色或灰白色，图斑较小，边缘平直	同秋季
沙荒地	明亮的灰白色，图斑边缘多呈弧线，形成与盛行风向平行的条带	同秋季

注：表中有*号者指利用多季相航空像片对比分析，可明显提高其地类判读精度。

4．土地利用现状图件的产生与面积量算

由于采用了秋季与春季的彩色红外航空像片，和纠正成图的像片平面图为底图，因此，通常使用较早拍摄的黑白航空像片进行调查所必须的野外补测和调绘工作几乎可全部取消，而代之以在彩色红外航空像片上进行地类判读，然后在1：5万影像图上直接

用聚脂薄膜透绘。这样就大大提高了调查速度，减少了野外工作量。在1：5万影像图上透绘的土地利用现状图，保持了正规地形图原有的分幅尺寸，可直接成为面积量算用图。对1：5万分幅土地利用现状图进行适当的综合，便形成了天然文岩渠流域1：5万土地利用现状挂图。在影像图透绘过程中，大量参考了封丘、延津、原阳三县土地利用现状详查的阶段性图件，从而进一步提高了分类精度。

由于面积量算工作量相当大，而且在1：5万图件上进行量算时精度要受到影响，因此尽量利用了封丘、延津、原阳三县土地利用现状调查中采用1：1万地形图作为底图而取得的面积量算数据，仅对个别明显有出入的数据进行了修正。对于尚未进行土地利用现状详查的长垣县及流域下游分属濮阳县和山东省的土地进行了图上面积量算，对于因1983年秋季黄河主河道摆动所造成的流域面积变动进行了重新量算，并以此为依据对封丘、原阳两县的河流面积及总土地面积的数据进行了订正。

1：5万幅土地利用图上的面积测量，系采用美国LASICO公司XE型数字显示求积仪进行的。通过对不同尺寸几何图形面积的测量，对仪器作了调整，使仪器的末位显示数与1平方毫米面积相对应，并通过多次试测证明，对1平方厘米以上图斑的量算精度在百分之一以内，小于1平方厘米的图斑则误差较大。因此，对小于1平方厘米的图斑使用透明座标纸进行量算。实施分幅土地利用现状图面积量算时，首先对图上所有基本图斑进行测量，记录仪器上显示的分划数，并折算成平方毫米面积，然后求算1：5万土地利用现状图的整幅面积。其方法是用钢板尺量出图幅的上下底和一条对角线长度，然后，按任意三角形面积公式，求出被对角线分割的两三角形的面积，其和即是图纸面积。碎部图斑的量算误差△由下式得出：

$$\triangle = S - \sum_{i=1}^{n} Si \tag{1}$$

式中，S为图纸面积（毫米^2），Si为第i块图斑的量算面积（毫米^2），n为该图幅碎部图斑总数。

在△小于二百之一的情况下，在高斯投影表上查得该图幅的理论面积（公里^2），并换算为亩数，最后按下式一次进行平差，求得各碎部图斑的实际面积。

$$Ai = A \cdot \frac{Si}{S} \tag{2}$$

式中，A为图纸理论面积（亩），Ai为第i块图斑平差后的面积（亩）。

在每个图幅A值与按比例尺折算为亩数的S值之间均有一微小的差别，这是由图纸变形引起的。在用（2）式对图斑面积的测量误差进行平差计算时，已对这一差值进行了合理的分配，并达到了各图斑的面积总和$\sum_{i=1}^{n} Ai$与图纸理论面积A的完全一致。

对于在面积量算中必须加以区分并需量算其面积的各类线形地物，采用在1：3万彩色红外航空像片上，用10倍航空测量放大镜逐条量测其宽度，然后，在：5万影像图上，逐条量测其长度的方法求算面积，并对线形地物所在的地块面积做相应的扣除。

最后，对采用以上步骤和方法求得的各类土地面积，按乡、县、流域三级分级进行汇总，完成天然文岩渠流域土地利用类型面积汇总表。

5．土地利用现状调查结果与数据管理

通过全流域土地利用现状的遥感调查，得到1：5万天然文岩渠流域土地利用图及分县土地利用类型汇总表各一份。成果图和汇总表，从各土地利用类型的分布情况和数量情况两个方面，集中反映了全流域土地利用的基本特征和地域分异规律。

为了有效地利用以乡为基本单位的土地利用调查数据，并使用这批数据与大量的人文活动和经济发展方面的统计数据进行匹配分析，研究全流域土地利用的地域分异与自然条件和人类经济活动的相互关系，我们进行了微计算机数据管理方面的试验工作。采用TRS-80微型计算机组成了数据文件管理系统，将全流域以乡为单位的各种土地利用类型面积、总面积、总劳动力，总产量以及其它有关的统计数据，按计算机数据文件的要求输入微型计算机，然后进行分专题的编辑汇总和统计分析，并根据研究需要，以专题数字图的形式，输出汇总和分析的结果。利用TRS-80微计算机数据文件管理系统，进行数据管理和分析，得到了土地利用专题分析所必须的各乡耕地面积所占百分比（图3），劳动力平均耕地（图4）、粮食单产（图5）、人均产量（图6）等，共计24幅数字图，为分析全流域土地利用现状的地域差异及合理性，以及为提出今后的土地利用方向提供了重要依据。

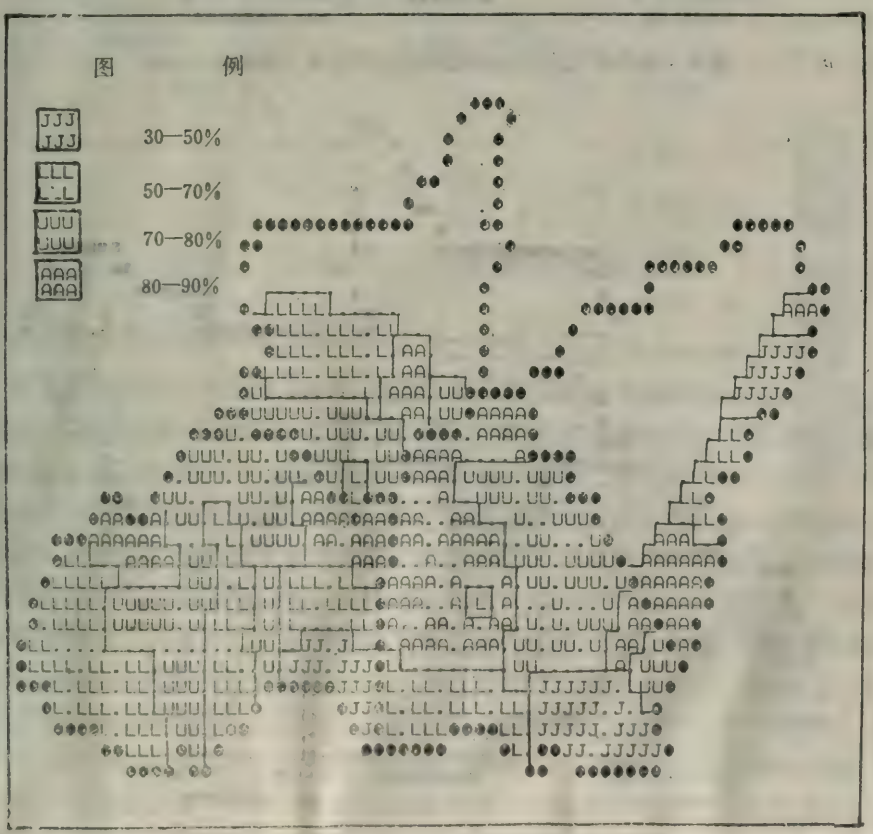


图3 各乡耕地面积占总面积百分比数字图（1983）

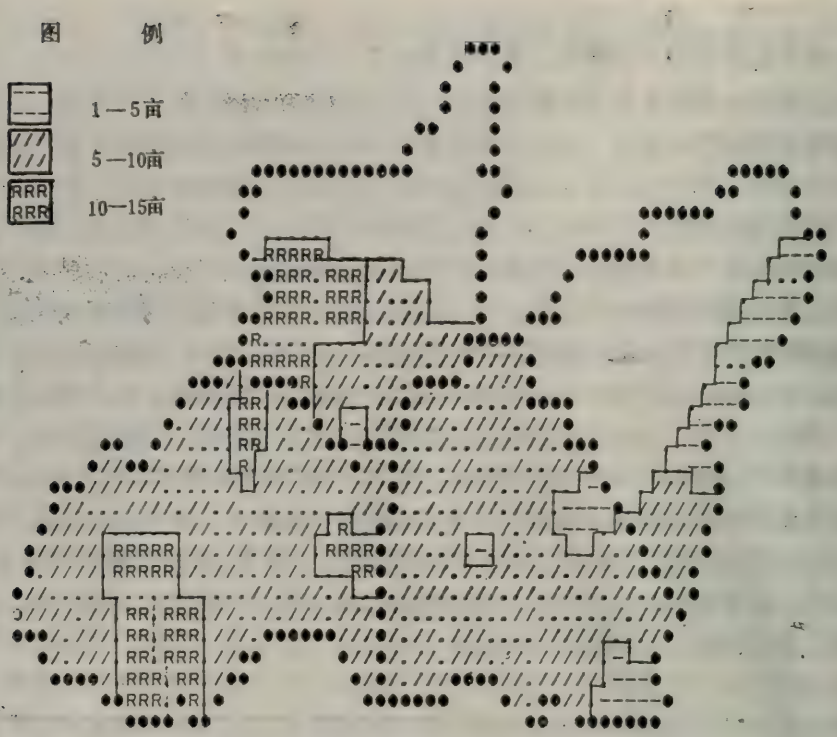


图 4　各乡劳动力平均耕地面积数字数图（1983）

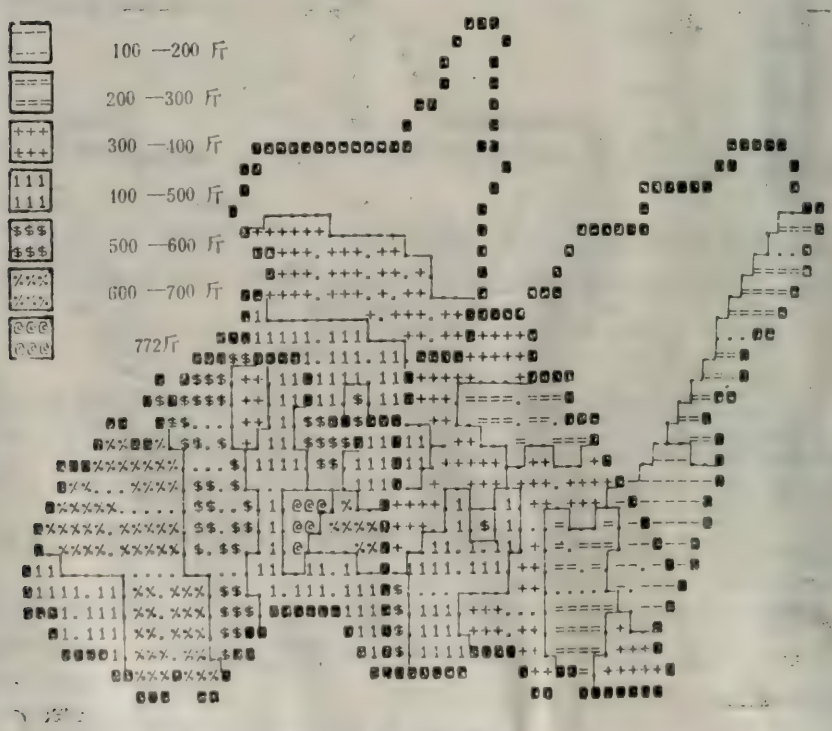


图 5　各乡每亩粮食单产数字图（1983）

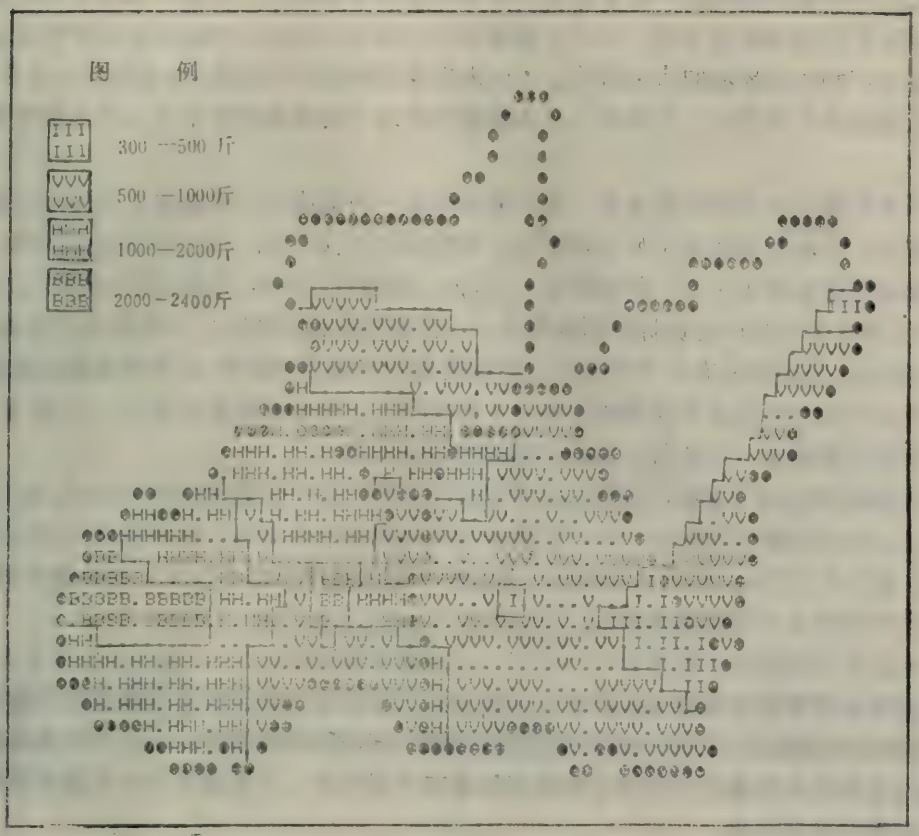


图 6　各乡人均产量数字图（1983）

二、土地利用现状调查结果分析

1．流域内各土地利用类型面积及分布

天然文岩渠流域位于我国农业垦殖历史最长的黄河中下游平原，农耕地总面积为356.8万亩，垦殖系数高达69.6%。长期以来，挟带大量泥沙的黄河频繁地决、溢、徙，在地貌建造上起了决定作用，流域内除几条规模较大的古河道构成的风沙带，和南东两侧黄河现河道所形成的滩地与河床外，黄河大堤以北的大部分地区，由历次黄河决口形成的决口扇及扇间洼地交错构成，造成了土质、地势、地下水矿化度及土壤盐碱化程度等多方面的差异，直接影响到耕作农业的生产条件及不同类型农田的布局。在本流域内，水田面积约22.4万亩，占全部耕地（不计田埂）面积的6.4%，其分布范围主要在黄河大堤以北直接受黄河侧渗影响的地下水渗出带内，由于重视了淤灌改土，近年来水田区的土壤盐碱化明显降低。同时为了保证地下水位在一定深度以下，坚持了水旱轮作，目前一般多为麦稻轮作，一年两熟。由于流域内黄河水资源的直接利用和大部分地区浅层地下水资源丰富，因此，水田以外的大部分耕地是水浇地，旱地只占少部分。具体地说，水浇地总面积为219.7万亩，旱地为71.4万亩，分别占全区土地总面积的42.9%和13.9%，两者面积之比为3.1比1。水浇地普遍分布在黄河高滩地和广阔的堤北冲积

平原上，而旱地则局限在一些水资源不足或难以利用的地区，如风沙土地带和个别浅层地下水矿化度过高的苦水区。对于土壤质地为沙壤质的地区，林粮间作是保持水土、改善农业生产和生态环境的有力措施。本区内现有的林粮间作地仅为4.8万亩，且从彩色红外航空像片（彩图14）上观察，许多林粮间作地上的林带管理不善，并未发挥预期的作用。

从本区的土地利用结构来看，属于典型的单一种植业型。种植业以外的生产用地，包括园林、林地、草地及工矿交通用地，总面积仅23.8万亩，占全区土地面积的4.6%，与耕地面积之比为1：15。其中园地3.9万亩，林地8.7万亩，草地仅3千余亩，工矿用地2.9万亩（多为生产建筑材料的砖窑等），交通用地包括铁路、公路和农村道路共占地7.9万亩。果园的分布多是零星的，而林地的分布则相对集中，且有明显的分布规律，即多分布在由黄河故道形成的风沙带上（彩图15）。由于气候条件较好，水热资源充足，所以造林效果一般较好，发挥了防风固沙的作用。

水域面积共69.0万亩，占全区总面积的13.5%，其中仅黄河河流占地就达43.6万亩，约为全部水域面积的63.2%，其余各项常年积水的静水面，包括湖泊、水库、坑塘和苇地，共计7.0万亩。利用水平较低，苇地中芦苇覆盖率多低于20%，在各类水面中发展水产养殖的生产亦刚刚起步。

全区尚未利用的土地共有15.9万亩，占全区总面积的3.1%。这部分土地主要由沙质土地和重度盐碱土地组成。沙质荒地多分布在未造林的黄河故道风沙地带，其中一部分有稀疏草被覆盖的沙地，属于荒地类型，另一部分则是移动沙丘，属于沙荒地类型。盐碱荒地多在农耕地之间和村落周围零星分布（彩图16），大部分位于冲积平原中各决口扇扇缘和扇间洼地。

2．当前土地利用当中存在的主要问题

从1983年秋季全流域航空遥感开始，在一年半的时间内，经过对流域自然条件和农业发展现状的系统调查，并把这些调查取得的结果与土地利用现状调查的结果及当地的历年农业经济统计数据进行综合分析，对全区土地利用现状有了一个较为全面的认识。就土地利用方面存在的问题而言，有以下几点。

首先，是农、林、牧、副、渔五业用地比例不当，不仅不能适应当前国民经济发展的需要，而且也使当地农业生态系统缺少抗御自然灾害的能力。如前所述，本区基本上还是一个单一发展种植业的地区。从各土地利用类型的面积占全区土地面积的比值直方图可知（图7），种植业占地很高（达70%左右），而园、林、草、厂矿等占地面积则过低。从各乡林业占地百分比数字图可以看出，只有在黄河故道风沙带上，才有营造的成片林地，所占比例相对较高，如塔铺、福宁集、祝楼等乡，而在广大冲积平原区和滩地区，林地面积则接近于零。当然，在这些地区居民点绿化和渠、路防护林建设是有一定成绩的，在某些区域还发展了林粮间作地。但从未利用地及旱作耕地的面积和分布情况来看，本流域的林业发展还是很不够的。此外，目前全区直接用于牧业的土地仅占0.06%。作为一个耕作历史很长，具有丰富农业生产经验的地区来说，在目前粮食生产自给有余的情况下，应立足于实现粮食的就地转化来安排畜牧业生产。而在一些农业生产条件较差的地区，如旱作农业区、未利用土地集中的地区和黄河低滩区，可适当开辟

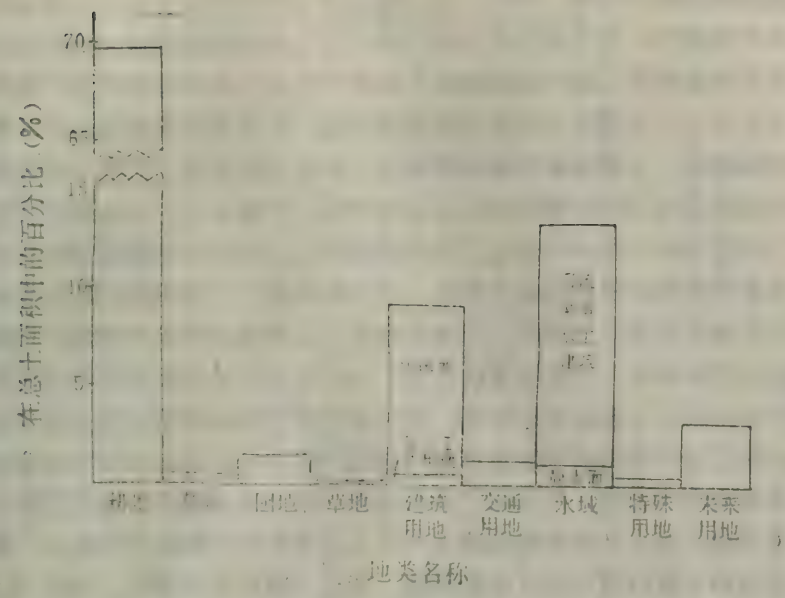


图7　天然文岩渠流域各土地利用类型面积直方图

牧草种植区，直接发展畜牧业。本区水产养殖业亦十分薄弱，目前可利用的静水面仅占土地总面积的1.4%，多数未加利用。在尽量利用现有水面的同时，可提倡充分利用黄河水资源的优势，在低洼盐碱、土质粘重的地区适当开挖鱼塘，提高单位面积土地的产值。

适当扩大林、牧、渔各业的占地面积，不但可充分利用土地资源，提高经济效益，而且林地、牧草地和水面的扩大，将有助于改善农业生态环境，减小旱、涝、风沙等自然灾害对农业生产的影响。

其次，是生活用地侵占农业生产用地的现象严重。本流域内人均耕地多在1.5亩以下，人口密度较高。星罗棋布的居民点，无论在彩色红外航空像片上，还是在陆地卫星多光谱合成影像上都十分醒目，给人留下深刻印象。调查结果表明，全区约有五分之二的乡，其居民用地占总面积的比例为10—20%，其余五分之三的乡为4—10%。从历年来的统计资料可看出，随着人口的增加，居民点在逐年扩大，而耕地在逐年减少。这种居民点侵占耕地的现象，在彩色红外航空像片上反映的十分清楚（彩图17）。据封丘县统计局统计，五十年代中期，耕地为123万亩，人口约35万，到八十年代初期，耕地减至约96万亩，人口增加到近56万人，人均耕地仅为五十年代中期的一半。随着工矿业的发展和人口的增加，耕地面积势必还会有所减少，但对非生产用地的增加必须严格控制，尤其是居民点用地，要在条件成熟的情况下，在居民点规划改造过程中，将其部分用地恢复成农业生产用地。

第三，对自然条件对土地利用的制约作用的认识，尚未由被动的经验阶段上升到主动的理论指导阶段。在长期的农业生产实践中，本流域内广大群众在顺应和改造自然条件，合理利用土地方面积累了大量的经验，但由于某些影响农业生产的自然条件和自然规律尚未被人们全面认识，或已有了一定认识并开始考虑相应的农业生产措施，但实施

这些措施的某些条件尚不具备，因此，在土地利用方面尚存在某些不合理的现象。这就要求本区各级有关部门，想方设法让全区人民广泛了解和接受此次全流域综合调查的结果，并用于指导合理利用土地资源的实践。以黄河大堤以北的冲积泛滥平原为例，该平原表层基本上由十几个大型决口扇及扇间洼地构成，自扇顶的缓岗到扇身、到扇缘的漫坡、再至扇间浅洼地，土壤盐碱程度逐渐加重，但在土地利用上并没有形成明显的类型差异，使之与这种农田生态环境的明显差异相对应。一般认为，在盐碱地上发展棉花生产效果较好，但在1984年春季的彩色红外航空像片上，冬小麦的覆盖相当普遍，在盐碱地中看不到为春棉种植而保留的成片裸地。又如在沙地上广种薄收的旱作农田，保水条件差，受到旱灾和风沙的双重威胁，而临近地块上土质相同的优质林地，已经证明了在这类地区应大力发展林业。上述现象的存在，一方面由于对自然条件的认识不够，另一方面也受到自给自足式小农经济的束缚，缺乏农业生产商品经济化的全局观念。

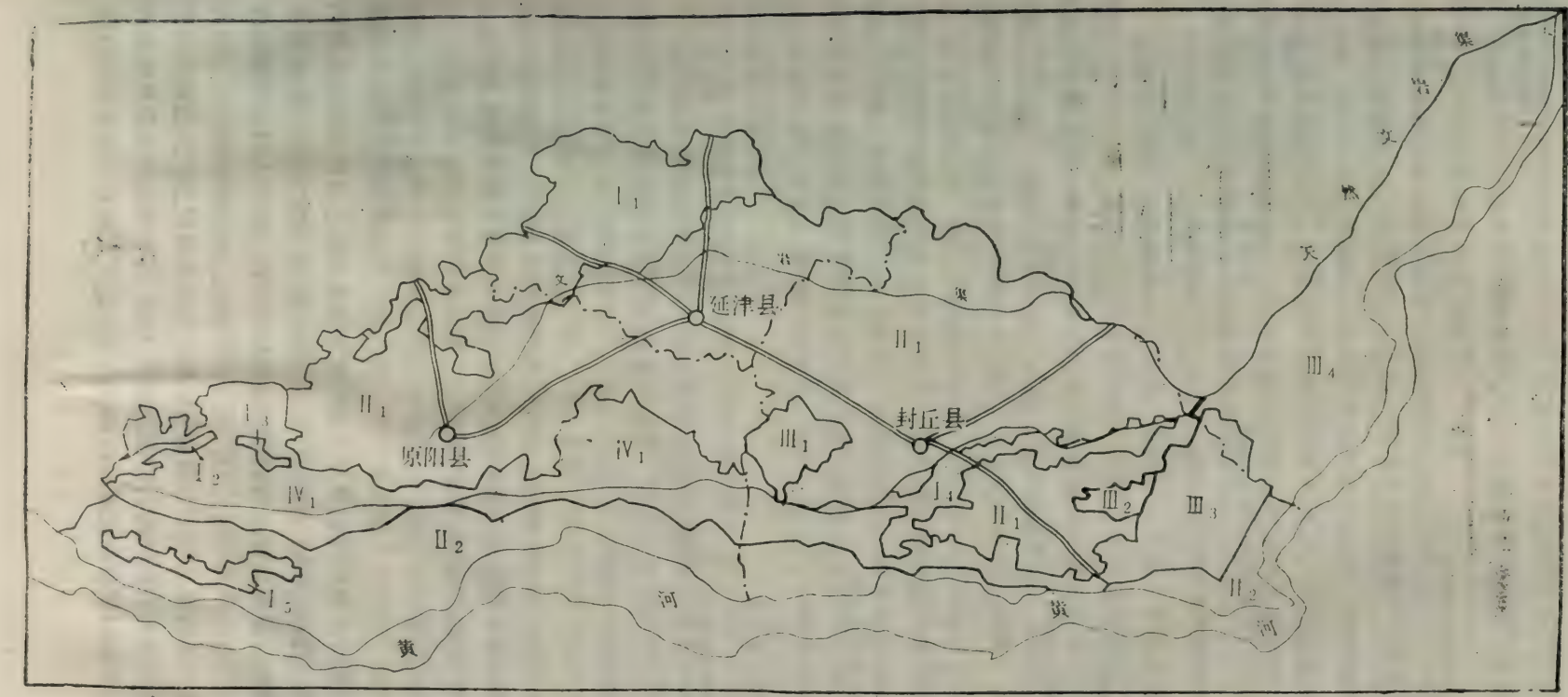
第四，某些已认识到的合理利用土地的措施落实不力。通过长期的农业生产实践和近年来的科学调查研究工作，已采取了某些合理利用土地、提高土地利用水平的措施，但对有些已认识到的确有必要的措施落实不力，或因某些原因而尚未落实。例如水利措施当中最为突出的关键问题是排水出路问题。若这一问题得到解决，则可大大增加在流域东南部的背河湿地的稻改面积，冲积平原内沥涝和土壤次生盐碱化的威胁可大大减轻，但由于工程量大，涉及面广，一直未能付诸实施。又如在沙壤质农田中发展林粮间作是涵养水源、防止土壤侵蚀和风沙危害农作物的有力措施，但该项措施并未全面落实。在采用了林粮间作措施的农田当中，也有一部分由于林木管理不善，而没有达到预期的目的。

三、土地利用分区与今后发展方向的探讨

为进一步阐明全流域土地利用的地域性差异，分析土地利用现状与自然条件和人文因素的相互关系，并因地制宜地对当前土地利用当中存在的不合理现象提出有针对性的建议，我们根据1：5万全区土地利用现状图，对全区进行了土地利用分区，绘制了天然文岩渠流域土地利用分区图（图8），并汇总和编制了天然文岩渠土地利用分区面积表（表3）。土地利用分区图将全区分为4个一级类型区和12个二级区，一级类型区主要考虑土地利用类型的地域差异，二级区则根据所处地貌部位和土壤条件等作具体的命名，现根据各区的基本情况和当地的农业生产条件，对今后土地合理利用的方向作一初步探讨。

Ⅰ．林业及旱作农业综合利用区

共包括五个区，均分布在黄河故道上，总面积约55.5万亩，占全流域总土地面积的10.8%。由于历史上的黄河河道均为地上河，又由于河水对地形的建造和对泥沙的分选作用，因此每次黄河改道后遗留的故道，均较故道两侧地势略高，且地形复杂，岗洼相间，土质多系沙质或沙壤质，局部在风力作用下形成沙丘，地下水位低，针对风沙危害严重的特点，本区内十分重视营造防风固沙林。全流域8.7万亩各类林地，绝大部分分布在这个类型区中。此外，由移动沙丘构成的沙荒地和由稀疏草被覆盖的荒地面积都比



Ⅰ 林业及旱作农业综合利用区
Ⅰ₁ 福宁集—石婆固黄河故道林业及旱作农业区
Ⅰ₂ Ⅰ₃ 祝楼黄河故道林业区
Ⅰ₄ 二郎庙—李王庄黄河故道林业及旱作农业区
Ⅰ₅ 原阳西部滩地黄河故道林果旱作农业区

Ⅱ灌溉农业区
Ⅱ₁ 冲积平原灌溉农业区
Ⅱ₂ 黄河滩地灌溉农业区

Ⅲ旱作农业区
Ⅲ₁ 獐鹿冲盐碱土旱作农业区
Ⅲ₂ 蔡顶盐碱土旱作农业区
Ⅲ₃ 黄陵风沙土旱作农业区
Ⅲ₄ 长垣东部滩地旱作农业区

Ⅳ水旱轮作农业区
Ⅳ₁ 黄河背河湿地水旱轮作农业区

图 8　天然文岩渠流域土地利用分区图

表3　天然文岩渠流域土地利用分区面积表

编号		土地利用分区名称	面积（亩）	占流域总面积（%）
Ⅰ		林业及旱作农业综合利用区	555088.1	10.83
	Ⅰ1	福宁集—石婆固黄河故道林业及旱作农业区	405527.4	7.91
	Ⅰ2	祝楼黄河故道林业区	14037.5	0.27
	Ⅰ3	祝楼黄河故道林业区	5359.0	0.07
	Ⅰ4	二郎庙—李王庄黄河故道林业及旱作农业区	88124.2	1.72
	Ⅰ5	原阳西部滩地黄河故道林果旱作农业区	41940.0	0.82
Ⅱ		灌溉农业区	2981578.6	58.18
	Ⅱ1	冲积平原灌溉农业区	2004241.1	39.11
	Ⅱ2	黄河滩地灌溉农业区	977337.5	19.07
	其中	滩地	629735.9	12.29
		河流	347601.6	6.78
Ⅲ		旱作农业区	906197.7	17.69
	Ⅲ1	獐鹿市盐碱土旱作农业区	60829.1	1.19
	Ⅲ2	蔡顶盐碱土旱作农业区	21056.2	0.41
	Ⅲ3	黄陵风沙土旱作农业区	179367.9	3.50
	Ⅲ4	长垣东部滩地旱作农业区	644944.5	12.59
Ⅳ		水旱轮作农业区	681598.0	13.30
	Ⅳ1	黄河背河湿地水旱轮作农业区	681598.0	13.30
合计			5124462.4	100.00

较大，这些地方土壤瘠薄，漏水漏肥，水源不足，因此，农耕地多为低产旱地。

Ⅰ1福宁集—石婆固黄河故道林业及旱作农业区

该区包括延津县榆林乡和塔铺乡全部、石婆固乡北部及新安乡西部以及原阳县黑羊山乡的北端、福宁集乡北部、王杏兰乡北部和中部。该区是从大禹治水到宋庆历年间黄河故道的一部分，在全流域各故道中规模最大，总面积为40.6万亩，占流域总面积的7.9%。该区沙丘及沙质荒地面积较大，地形复杂，在北部有较大积水洼淀。在农业生产上，旱灾和风沙的威胁较为突出。在土地利用方面突出的特点，一是人均占有耕地面积多（图4），每个劳动力负担耕地10亩左右，因此耕作粗放，加之水资源不足，因此除少量井灌地外，大多数农耕地为旱地；二是林地面积较大，半数以上沙丘已为林地所覆盖，且造林效果较好；三是大面积荒坡、沙丘未充分利用，具有较大的发展林牧业的潜力。本区在土地利用自然和经济条件方面的优势，主要是地广人稀和土地基本上没有

次生盐碱化现象，不足之处主要是土壤为沙质、地势不平和水资源不够丰富。针对以上特点，本区应大力发展林业，充分利用地下水资源和部份荒地资源，发展喷灌型人工草场，适当限制和压缩旱作农耕地的面积，使本区成为林业为主牧业为辅的土地利用区。

I_2，I_3祝楼黄河故道林业区

这两个区位于原阳县祝楼乡的中部和原武乡的北部。这一部分黄河故道，是宋代黄河短期改道的结果，规模小且不连续。两个区总面积仅1.9万余亩，占全流域面积的0.34%。这两个区的东中部由断续的沙地和沙丘构成，地势起伏，西部则为低湿地。由于距黄河现河道较近，且周围均为引黄淤灌的水田，因此水源条件有充分保障。目前故道东段和中段已普遍造林，但在祝楼村以西仍有一片大面积连片低湿荒地，其中有一部分是弃耕地。该片低湿地经治理可发展为苇地。

I_4二郎庙—李王庄黄河故道林业及旱作农业区

该区包括封丘县荆隆宫乡的东端，司庄乡西北部、鲁岗乡西北部、潘店乡和油坊乡北部，与I_2，I_3同系宋代黄河故道的一部分。由于历时较短，因此形成的黄河故道特有景观特点是不连续的，在封丘与原阳两县城之间被其后形成的数个决口扇遮断。本区面积8.8万亩，占全流域面积的1.72%。东段地势低洼，天然渠从中穿过，形成大型天然坑塘，其余部分则多为沙地或沙丘。本区除沙丘和洼淀外，多为耕地，且耕地多为旱作。为了防风固沙，推广了林粮间作制，并已在西部的部分耕地中实现。沙丘中大部分已营造了防风固沙林，但仍有少量是无植被或只有稀疏草被覆盖的移动沙丘。东段积水洼地仅少部分水面有天然芦苇生长，未充分利用。由于该区农业人口较为稠密，因此除沙丘应全部造林外，现有耕地应予以保留，但必须在旱作耕地上全面推行林粮间作，并加强林带的维护管理。东部积水洼地，除在水深适当的部分进行人工种植芦苇外，其余部分可发展渔业。

I_5原阳西部高滩黄河故道林果旱作农业区

该区位于原阳县黄河大堤以南高滩的西部，自杨庄以西至靳屋以北呈条带状，系由黄河河床在目前的滩地范围内摆动所形成。其中平沙地、沙丘与洼淀交错分布，与大堤以北的各黄河故道景观十分相似。全区面积约4.2万亩，占全流域面积的0.82%。目前本区东、西两部分已营造人工林。由于水源丰富且土壤无盐渍化，因此造林效果较好。本区中部则发展了部分林粮间作地。该区土地利用较为合理，各项措施也较落实。当然这是与相对优越的农林业生态环境直接有关的。对于现存的旱作耕地应继续发展林粮间作，适当利用黄河水源发展灌溉，并将其中的一部分继续改作林地。

Ⅱ．灌溉农业区

由于黄河的丰富的地表水资源，和多数地区浅层地下水埋深较浅且矿化度不高，为浇灌农业的发展提供了充分的水源保障，因此，水浇地的分布最为广泛。灌溉农业区的总面积约为298.2万亩，占全流域总面积的58.18%，是最重要的粮棉产区。

II_1 冲积平原灌溉农业区

在黄河大堤以北的冲积平原区，目前的地表形态系由13个规模不同的决口扇及扇间洼地所形成[1]，呈缓岗、漫坡、浅洼相间的地表形态，地势起伏不大。除黄陵决口扇

1）林垣章、吕克解，天然文岩渠流域地貌类型的遥感分析，见本书第13页。

外，其余大部分地区土壤质地适中，浅层地下水易于开发，再加上黄河水利用方便，形成了历史悠久的灌溉农业区。该区构成了天然文岩渠排水流域的主体，包括原阳县北半部、延津县南部和封丘县北部、中部和西部的广大地区，总面积200.4万亩，占全流域面积的39.1%。该区目前基本上可称为单一的种植农业区，几乎没有成片的林、牧、渔业用地。在种植业中，冬小麦种植面积最广，普遍为一年两熟制，在冬小麦收获后种植玉米、棉花等，亦有少量一年一作的棉田。农业生产上目前的主要障碍因素是，由于地表坡降过缓，造成天然、文岩两大渠系排水不畅，加上黄河侧渗的影响，使地下水位普遍偏高，在流域中下游地势较低的地区，土壤的次生盐碱化现象普遍，同时由于排水不畅，使浅洼地带在雨季经常沥涝成灾。因此，目前迫切需要解决排水出路问题，并在易发生次生盐碱化的地区坚持实行井灌井排，在盐碱土分布区推广种植一年一作棉花，在低洼易涝区，则适当开挖鱼塘，发展渔业。在封丘南部背河湿地中，目前水田种植面积过小，在排水问题得以解决的情况下，部分水浇地可通过引黄淤灌发展水稻生产。

Ⅱ$_2$滩地灌溉农业区

该区位于黄河大堤以南的滩地上，由于黄河挟带泥沙的淤积，其高程一般高出背河冲积平原6—8米。该区包括原阳、封丘两县大堤以南的地区，呈条带状，其宽度一般为3—6公里，只有封丘县司庄、陈桥、曹岗三个乡的滩地，宽度不足1公里。全区总面积为97.7万亩，占全流域面积的19%，其中除黄河河床与嫩滩外的滩地面积为63.0万亩，占全流域的12.3%。滩地的水源条件较好，土质适中，且一般不受次生盐碱化的威胁，仅临河的低滩地在雨季易受水淹，大秋作物收成不保。目前滩地的土地利用，基本上是单一的灌溉种植业，间有少量林地和果园。今后可进一步加强灌溉设施，发展精耕细作型的种植业。

在上述两大灌溉农业区当中，近年来粮食产量大幅度增加，如何发展畜牧业生产的问题已提到了议事日程。我们认为在这样一个种植业历史悠久、经验丰富而人口又较稠密的地区，不宜发展直接载畜型的牧草地，而应抓紧种植业产品的就地转化，将生产的粮食用于饲养业，同时适当安排青饲料的种植，这样可取得较高的经济效益。

Ⅱ．旱作农业区

在全流域中，虽有长期的农业耕作历史，以及黄河的高位地表水源这一重要优势，但仍分布有一些旱作农田相对集中的旱作农业区，这些农田由于各种限制性因素的影响，至今仍以旱作为主。目前旱作农业主要分布在四个区，总面积90.6万亩，占全流域面积的19.1%，是农业生产相对落后的地区。

Ⅱ$_1$獐鹿市盐碱土旱作农业区

总面积6.1万亩，包括封丘县獐鹿市乡的大部和应举、娄堤两乡的小部。属于规模较大的决口扇间洼地，土壤中大部分有不同程度的盐碱化，且多属碱土。由于对这部分碱土地没有进行有效治理，因此，直接影响到农业生产，大约40%的土地不进行灌溉，采用旱作方式种植。由于碱性土壤难以利用水利措施改造，因此可考虑采用类似原阳县背河湿地稻改的措施，引黄淤灌加以改造。由于当地浅层地下水尚可采用，因此在稻改措施未能落实之前，可适当发展井灌。

Ⅲ$_2$蔡顶盐碱土旱作区

该区面积不大，约2.1万亩，与Ⅲ$_1$区的农业自然条件和土地利用现状基本一致。所不同的是该区浅层地下水位及矿化度均高，是典型的苦水区。因此引黄放淤稻改是比较有效的措施，关键在于排水和隔渗措施的落实。

Ⅲ$_3$黄陵风沙土旱作区

该区总面积17.9万亩，占全流域面积的3.5%。包括封丘县境内的黄陵乡大部和尹岗乡大堤以西、李庄乡大堤以北部分，以及长垣县城关乡的南部，该区是由三十年代台两次连续决口形成的决口扇。由于距决口地点和主流较近，因此粒径较大的沙土在此沉积，形成平缓的岗坡沙地。虽然土质较粗，对地下水垂直向上运动有阻碍作用，但由于该区南半部距黄河大堤过近，直接受到地下水侧渗的影响，因此在一些沙质和沙壤质耕地上有次生盐渍化现象产生。该区目前以一年两作的旱作耕地为主，粮食单产在全流域最低，北部和中部的部分农田实行林粮间作，由于未能保证林带灌溉用水，再加上管理不善，至使部分林带生长缓慢，未发挥应有的作用。今后南半部可利用黄河水资源的优势以淤压沙，发展水旱轮作；北半部可适当开发地下水，确保林带正常生长，抑制风沙危害，同时在农田中发展喷灌等节水灌溉，扩大以花生为主的油料作物的种植面积。

Ⅲ$_4$长垣东部黄河滩地旱作区

该区面积64.5万亩，占全流域面积的12.6%。主要包括长垣县东部武丘集、苗寨、芦岗店三个乡的全部和城关乡的北半部，面积占长垣县的三分之一左右。天然、文岩两渠在长垣南部汇合后，在紧靠黄河大堤的东侧与黄河并行，在大堤与黄河河道之间形成一条平均宽度达8公里的滩地。这片旱作农业区地势较高，与大堤以西高差3—5米，区内多沟坡，地表不平整，由于受到汛期黄河水位抬升的直接威胁，秋不保收，因此，多年来一直未兴建系统的水利工程。农田以旱作为主，粮食单产水平较低。今后应适当兴修水利，利用黄河水资源，解除旱灾对夏熟作物的威胁，并在灌溉渠两侧营造防护林，以减少汛期洪水对渠道可能造成的破坏。对于部分草滩地，则可发展畜牧业。其中，处于低滩位置的草滩地由于汛期常被水淹，因此有必要在高滩地上安排适当的饲料种植地，作为低滩发展畜牧业的第二线保障。

Ⅳ．水旱轮作农业区

Ⅳ黄河背河湿地水旱轮作区

该区位于黄河大堤以北，自原阳至封丘形成一西宽东窄的条带，总面积为68.2万亩，占全流域面积的13.3%。该区包括原阳县祝楼、原武、师寨、靳堂、大宾、太平镇、梁寨、路寨、齐街九个乡的部分地区和封丘县荆隆宫、司庄、陈桥、曹岗四个乡的一部分。由于大堤南北存在7—9米的高差和黄河水对大堤以北地下水的补给，在大堤以北形成了明显的地下水侧渗带，并由此造成了土壤的普遍盐渍化。近年来在该区利用黄河水的自然落差淤灌种稻，实现水旱轮作，加上健全排水系统，使“盐随水去”，因此，取得了良好的效果。尤其在位于流域上游的原阳县内更是如此。但是由于下游的排水出路问题未根本解决，上游的稻改又对下游的农田形成了加重土壤盐渍化的威胁，因此，在封丘境内的背河湿地上，实行水旱轮作的土地，相对要少得多。可以认为，对该

水旱轮作区土地利用合理性的讨论，应集中在划定该区的北界上，原阳县境内部分稻改区（如韩董庄和祥符朱两大引黄灌区的北部）已经超出了地下水侧渗影响的范围，在目前的排水条件下，其稻改面积不宜再扩大；而在封丘县南部一些较严重的盐碱土分布区，则应尽快健全排水系统，引黄放淤推行稻改；在封丘县临堤洼地上，可利用黄河水适当淤高，发展芦苇生产，以利于巩固堤防。

天然文岩渠流域土地类型遥感分析

罗修岳　陈正宜

（中国科学院遥感应用研究所）

一、前　言

土地是相互作用着的地貌、水文、土壤和植被等自然因素的综合体[1,2]。地球表面的不同地带、不同地区和不同地段以及在不同时期，这些要素在量上和质上的配比是各不相同的。这样，在不同地点或同一地点的不同时期，就会出现不同的土地类型。研究土地类型的形成、分布和演化规律，是科学地认识和评价土地的基础，也是现代土地开发和农业生产的基本环节。因此，探索应用多时相彩色红外航空遥感图像进行土地类型调查和制图，并将它们用于土地评价与土地配置的方法，有着重要的现实意义。

彩色红外航空像片把形态信息和色调信息，可见光信息和不可见光信息，正常信息和异常信息，类别信息和环境信息兼容一体，有良好的定位、定性和定量性能[1]，为数量量测创造了新的精度基础；在多专业系列制图和具有专业数据的条件下，对各种信息进行复合分析，还可以从类型识别和制图，深入到对土地类型的数量分配、展布规律和演化趋势的研究中去[2,3]，为土地的治理和配置提供基本依据。

二、土地类型图的编制原则和图例系统

参照全国1：100万土地类型图的编制规范（1982）和有关县级土地类型图的图例系统[4]，针对本区的环境特征和生产需要，我们确定天然文岩渠地区的成图比例尺为1：10万。

系统分为三级，第一级以土地成因的主导因素为主要划分依据；第二级以地貌特征和利用现状为主要划分依据；第三级以优势土壤的性状为主要划分依据。其中把土壤按质地、构型和生产性状，归纳为淤土、壤土、沙土、盐渍化土和灌淤土五个类别，并标示了碱化土、浅洼地和微岗地。整个系统共计有28个基本图例单位和三种符号（表1）。

1）戴旭等，滇洲里幅百万分之一土地类型图的编制，地理制图研究，1981年，第3集。

2）缪鸿基，珠江三角洲土地分类系统，地理制图研究，1981年，第3集。

表1　土地类型图的图例系统

Ⅰ．河滩地	Ⅱ．冲积泛滥地		符号
Ⅰ$_1$嫩滩地	Ⅱ$_1$低平地	Ⅱ$_3$缓岗地	1．碱化土
Ⅰ$_{1-3}$灌淤土嫩滩地	Ⅱ$_{1-1}$淤土低平地	Ⅱ$_{3-2}$壤土缓岗地	2．浅洼地
Ⅰ$_{1-4}$沙土嫩滩地	Ⅱ$_{1-2}$壤土低平地	Ⅱ$_{3-4}$沙土缓岗地	3．微岗地
Ⅰ$_2$低滩地	Ⅱ$_{1-3}$灌淤土低平地	Ⅲ．风沙地	
Ⅰ$_{2-1}$淤土低滩地	Ⅱ$_{1-4}$沙土低平地	Ⅲ$_1$固定风沙地	
Ⅰ$_{2-2}$壤土低滩地	Ⅱ$_{1-5}$盐渍化土低平地	Ⅲ$_2$流动半流动风沙地	
Ⅰ$_{2-4}$沙土低滩地	Ⅱ$_2$漫坡地	Ⅲ$_3$垦殖风沙地	
Ⅰ$_{2-5}$盐渍化土低滩地	Ⅱ$_{2-1}$淤土漫坡地		
Ⅰ$_3$高滩地	Ⅱ$_{2-2}$壤土漫坡地	Ⅳ．水域	
Ⅰ$_{3-2}$壤土高滩地	Ⅱ$_{2-3}$灌淤土漫坡地	Ⅳ$_1$河流	
Ⅰ$_{3-3}$灌淤土高滩地	Ⅱ$_{2-4}$沙土漫坡地	Ⅳ$_2$水库湖泊	
Ⅰ$_{3-4}$沙土高滩地	Ⅱ$_{2-5}$盐渍化土漫坡地	Ⅳ$_3$坑塘	
		Ⅳ$_4$低湿地	

三、土地类型的识别与绘图

土地类型反映一定历史阶段上诸土地要素相互作用的总和，也反映各土地要素在综合作用中的相对强度，在因素相关上既具有综合性，又具有特殊性；在时间演化上既具有相对的稳定性，又具有绝对的变异性。因此，土地类型的信息标志，也有复合标志和单一标志两个相互依存的方面。单一标志反映由主导性土地要素所决定的特征，以形态和色调为表现形式；复合标志反映由诸土地要素所决定的特征性组合，以它们的空间展布图式和动态演化为表现形式。它们是相联系、相补充，相印证的整体[5]。

1．形态标志

形态标志形像而逼真。反映识别对象的顶视几何形态和阴影形状及其建成规律。对具有特殊形状的土地类型的识别尤为有用，如河流、道路、水库湖泊以及堤坝等。

2．色调标志

色调标志鲜明而敏感。反映地物在遥感实施时的光谱反射特征，揭示不同地物表面光谱反射能量的数量和质量差异。由于它从质和量两个方面反映不同地物的不同反射光谱，因而扩大了地物之间的色别和色调反差，使不同地物以鲜明的颜色相区别，大大提高了农田分类识别的精度[6]。在彩色红外航空像片上，正常的水体、土壤和植物分别显蓝色、黄色和红色。在秋天的彩色红外航空像片上，棉花呈鲜红色，红茨呈浅红色，水稻呈品红色，田菁呈橙红色，大豆呈红褐色，玉米呈淡褐色，芦苇呈灰褐色等等。对彩色红外航空像片来说，色调标志的敏感性有两种特殊的表现，一是舍弃了蓝色反射光的干扰，突出了红外光的反射特征；二是通过“病态”波谱所形成的异常色调，传递地物的内部状况及其与环境之间的物质和能量交换与转化的关系，不但显示了人眼不可见的红外信息，而且显示了物体所处的不同状态，使病害和灾害的鉴别更为容易。

如深水为藏蓝色，浅水为淡蓝色，洪水为淡黄色（彩图11），污水为蓝黑色；板结土壤显白色，乾燥土壤显淡黄色，潮湿土壤显蓝灰色，浸润土壤显深蓝色（彩图19）；受淹玉米为褐黄色，水浸玉米为土黄色，正常的旱玉米为淡褐色等。因此，色调标志又是能够传递因素之间相关关系的信息标志。

3．空间展布标志

空间展布标志形象、稳定、综合性强。既包含了个体的形态和色调特征，又包含了群体的组合和排列规律，揭示了地物之间的相对位置、聚散趋势、数量关系质量对比及其相互影响，有利于高级土地类型的识别和评价。如处于现代黄河河床和大堤之间的土地为河滩地（彩图19）；位于大堤外侧，农田整齐、渠道较多及水稻、棉花和玉米成片分布的区域为冲积泛滥地（彩图2）；有成片树林、田块不整齐、红薯大豆多、无水稻分布的区域是风沙地（彩图4）。同类作物的集中或分散，反映了土地类别生产潜力的高低；村庄的规模和密集程度，反映了土地开发效益的大小；作物的红色背景上浮现的浅色盐渍化斑迹的多少（彩图16），反映盐渍化危害的轻重程度等等。

4．动态演化标志

动态演化标志既敏感、形象，又具体、深刻。反映不同时间断面的遥感图像上的形态、色调和空间展布信息的变化状况，或它们在同一时间断面的遥感图像上的演化差异，是识别低级土地类型的有效指标，并有利于进行土地类型的环境分析和生态分析。有些地类，只有在具备春秋两个季节的信息组合时，才能准确鉴别。坑塘春秋两季都显蓝色，但面积和形态常不相同；低湿地只在秋季显蓝色（彩图11）；嫩滩也是春秋两季的面积与形态常不相同；低滩的面积和形态却较稳定，田块大，渠道小，色彩鲜艳；在自然状态下，高滩地的面积和形态都是稳定的，但田块小，作物品类多，秋季呈现杂色画面，春季小麦呈散在分布；壤质土生产潜力高，常常麦棉连作，春秋均呈鲜红色；沙壤土生产潜力较高，常两年三作，春季小麦地散在分布，秋季出现由棉花、玉米、大豆等作物组成的五彩图斑；灌淤土的生产潜力也较高，以秋季出现连片的水稻地、春季小麦播种较普遍、并伴有密集的白色盐碱图斑为特征；淤土地则以秋季雨后浸水而显蓝色及春季因小麦返青晚而显淡红色为特征，暗示生产潜力较低；垦殖风沙地的主要标志，是秋季因花生已收获而有多数淡黄色空地，春季休闲地连片，而且田块的边界模糊不清，常为一年一作，生产潜力低。

运用地学、生态学规律把上述四种标志进行综合分析，还能借以判别微地形或物质运动的方向性。田块呈环状或弧状排列，中心在秋季呈蓝色，春季呈白色者，启示其水盐运动的方向呈向心型，是浅洼地；中心在秋季不显蓝色，则水盐运动为离心型，是微高地（彩图2上部）；雨后出现半封闭状蓝色斑块的区域，可判别为碱化地，等等。

根据上述标志和分析方法，对两个时相的彩色红外航空像片进行判读，逐一确定类型的边界，并在借鉴前人成果和系列图的基础上，编绘了土地类型图，其工作流程如图1所示。

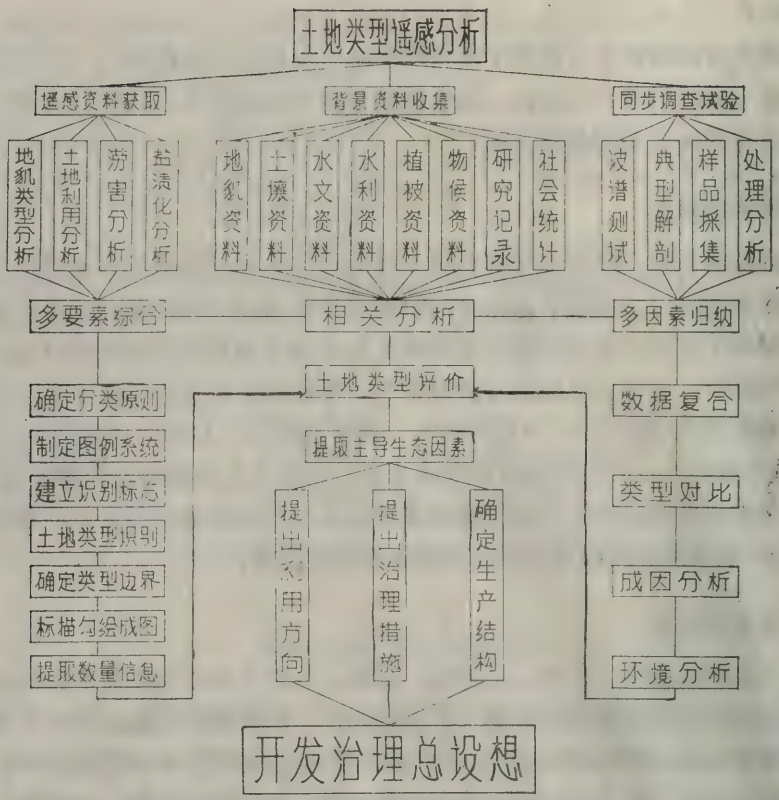


图1　土地类型遥感分析的流程

四、土地类型的展布规律与灾害治理途径

研究利用遥感信息编绘的土地类型图可以发现，本流域的土地类型在空间展布上，具有顺序性分布、似对称分布和伴生分布等三种规律，它们反映了土地类型形成的主要控制因素，是确定治灾途径的主要依据。

1．顺序性分布规律

土地类型的顺序性分布规律，指风沙地、冲积泛滥地、河滩地和水域四种一级土地类型自南而北的规律性排列。它反映了类型间水文特征及成因上的差异。自南而北从富水向贫水变化，显示其富水程度，与距黄河的远近密切相关。沙垅的展布方向，常与风沙地的展布不相平行，表明风沙地是河成的，但又受风力的搬运和雕刻。冲积泛滥地酷似一未完全打开的折扇，扇轴朝西，扇缘朝东，随着扇面的逐渐展宽，地势渐低，坡度渐小，土质渐细，显示为洪积所成；越接近黄河岗地出现的频度越高，反映其形成与现代黄河的冲决有关。高、低、嫩滩自大堤向河床成波浪式台阶状下降，都有洪漫大溜遗迹——风沙地分布，低滩秋季叉流影像清晰、嫩滩的大小与出没，有明显的季节差异。

顺序性分布规律揭示，本流域的陆地，是黄河徙道、漫决或冲积的产物。黄河是土

地类型发生、分异和水文状况的决定性因素。

2．似对称分布规律

似对称分布有两个级次的表现：第一，以黄河大堤为中轴，冲积泛滥地和河滩地都以波浪式向两侧下降，距大堤越远，地势越低，涝渍或洪漫机遇越高，堤外以降雨型沥涝为主，堤内以洪峰型漫淹为主；第二，以武丘、堌里、黄陵、留光、封立、延津、原阳、王禄等大小不等的缓岗为轴线，两侧依次出现漫坡地和低平地。漫坡地外测盐渍化普遍，低平地外侧涝渍频繁。岗地群的南侧以碱化和渗涝为特点；北侧以盐化和沥涝为特点。

土地类型的似对称分布揭示：水文状况的区域差异，是土地性质及其演化的控制因素，也是盐、涝灾害治理的根本环节。而区域水文条件的差异，虽受人为活动、地形结构和黄河水情等多种因素的影响，但仍以黄河为主导因素，所以开发和治理，都应以科学开发黄河的水沙资源为中心，兴其利抑其害。

3．伴生分布规律

伴生分布规律主要指旱、涝、盐、碱等限制性农业生态因素与土地要素质量配比的伴生关系。

遥感图像的地学、生态学分析表明，易旱区域远离水源，并和沙土或风沙土的分布相重合，与引水困难的地貌组合和蓄水保墒能力差的土壤条件相伴生分布。因此，治理时，应采取既能提高灌溉效率又能降低灌溉成本的“引余”补源和喷灌节水等针对性措施。遥感图像显示本流域的涝害地区常与封闭、半封闭地形或淤土、灌淤土分布区相重合，在一个半封闭大地形中包含着许多规模较小的封闭、半封闭地形组合，因此易涝区与排水出路不畅的地貌组合相伴生；重涝区则和通透不良的土类或黄河倒灌的叠加相伴生。因此，治涝时，必需排渠、灌渠分设，并注重机动提排，而有渠道侧渗影响和堤岸阻塞涝水出路的“裤裆地”低洼部分（彩图18）只能采用生物适应措施，化害为利。

对于盐渍化，虽早有“高旱、低涝、二坡碱”的提法，但遥感图像的定性，定位和定量的优点，则为“二坡碱”的圈定提供了具体的依据，并赋予它明确的含义。它显示90％的盐渍化土分布在漫坡地上，尤其集中分布在与低平地相毗邻的漫坡地的外缘，具体地阐明了“二坡碱”是一定土地类型组合的产物。坡地的盐渍化，是以同低地相接壤为必要条件的。遥感图像也同样清楚地显示，所有盐渍斑都是以斑点状间断分布的形式呈现出来的，并不是所有和低地相毗邻的“二坡地”都无例外地发生盐渍化现象，这就暗示还有其它一些因素也对盐渍化的发生起着决定性的作用。一个盐渍斑就是一个地球化学场，它的出现需要具备三个因素：盐分累积的物质源、能量源及盐分的运移通道，即蒸发的水份除了来自降雨外，还来自高于临界深度的地下水和具有发达的毛细管的土体结构。本区在季风气候控制下，一年中大多数月份的蒸发量为降雨量的三倍或三倍以上，因此，只要同时具备经常高于临界深度的地下水埋深和粉沙质土体两个条件，就有可能出现盐渍化。“二坡地”虽然最有可能具备以上条件，但是由于不同期次洪积物的相互掩覆，因而当土体中出现厚度足够（大于50厘米）的粘土夹层时，就可阻断水份沿毛细管上升，减少盐渍化的发生。这就是盐渍化土呈间断分布的地球化学原

因。所以，遥感影像是可以传递规律性的盐渍化信息并反映其形成机理的。

分析遥感图像上盐渍化土展布图式的差异与土地要素的关系时发现，在地下水条件相似时，土壤质地是决定盐渍化的具体地点的主要因素；在土壤条件相似时，地下水的补给方式是决定盐渍化程度和性质的主要因素。在遥感图像上，由稀疏斑块排列成带状间断分布的盐渍化区，是轻盐渍化地，与地下水补给有明显季节性变化的区域相重合，如文岩渠沿渠低地北侧的盐渍化带；由密集的斑块排列成带状间断分布的盐渍化区，是重盐渍化地，与地下水补给无明显季节变化的地段相重合，如沿河湿地中的微高地及其北侧二坡地；呈现为由斑块汇集成团状或弧状间断分布的盐渍化区是碱化地，与地下水补给季节变化不显著，又受时令性降水影响的地段相重合，如獐、鹿大村和蔡顶、马牧一带的漫坡地。从盐渍化区展布的图式来看，轻盐渍化地与淤土低地的边界相类似，重盐渍化地与黄河的走向相似；碱化地与封闭、半封闭洼地的范围相仿，显示不同的盐渍程度和性质，受地下水补给方式的强烈控制，而不同的地下水补给方式，则受不同的土地组合的控制[1]。

遥感分析从宏观上给我们以重要的启示，在季风气候条件下，土地类型的区域组合决定了盐渍化的区域分布；土地要素的质量配比决定了盐渍化的轻重、性质和展布的方式。在进行盐渍化治理时，必须根据盐渍区土地要素配比的特点，采取针对性的措施，在继续健全渠沟排水的同时，轻盐渍化区应侧重加强提排，把排泄雨季涝水和控制旱季地下水位结合起来；重盐渍化区则应针对黄河侧渗的特点，加强灌淤，改善土体构型，并实行适应种植；碱化土区水平排水不畅，应加强井灌井排，并针对土壤高度分散、容易板结和pH高的特点，采用薄膜覆盖和施用酸性肥料等物理和化学措施，进行综合治理。

五、土地类型的数量分配及其利用方向

遥感技术的突出优点之一是定位和定界准确，使数量量测达到了新的精度。用方格法套合在1：5万像片平面图上量得各类土地类型的数据（表2），并对照有关的专业资料，可对土地类型的生产意义进行评价。

1．土地类型的基本概况

量得本流域总土地面积为512.4亩。其中以冲积泛滥地的面积最大，约占57.6％，其次为河滩地，占28.3％，在这两类土地中，又分别以漫坡地和低滩地面积量大（彩图20②）分别占37.9％和57.2％。在漫坡地中，又以壤土和沙壤土占优势。这说明充分挖掘漫坡地和低滩地的生产潜力，对农业经济有重要意义。就质量而论，以缓岗地和高滩地最优（彩图20③），基本无洪涝和盐渍危害，灌溉也较方便。就类型的发生而言，本区地表物质有共同的来源和相近的化学组分，处于同一气候区中，有相似的发育和演化条件，形成以潮土为代表的土地类型，但因黄河徙道或漫决的时间和规模有差异，不同期次，不同粗细的沉积物相互掩覆和叠置，造就了多种多样的土地要素，形成了各种各样的土地环境，产生了多种多样的土地类型，因此必须分别对待，因土经营，各尽其用。

[1]）左大康主编，黄淮海平原治理与开发，1985年。

表2　天然文岩渠地区土地类型面积表（单位：万亩）

总面积：512.4

Ⅰ　河滩地：145.1	Ⅱ　冲积泛滥地：295.3	Ⅲ风沙地：2.92	Ⅳ水域：42.8
Ⅰ1 嫩滩地：8.2	Ⅱ1 低平地：73.3	Ⅲ1固定风沙地：8.8	Ⅳ1河流：35.3
	Ⅱ1-1淤土低平地：9.7		
	Ⅱ1-2壤土低平地：21.4		
Ⅰ1-3灌淤土嫩滩地：1.2	Ⅱ1-3灌淤土低平地：36.2		
Ⅰ1-4沙土嫩滩地：7.0	Ⅱ1-4沙土低平地：4.8		
	Ⅱ1-5盐渍化土低平地：1.2		
Ⅰ2 低滩地：83.3	Ⅱ2漫坡地：194.6	Ⅲ2流动半流动风沙地：2.5	Ⅳ2水库湖泊：2.8
Ⅰ2-1淤土低滩地：20.4	Ⅱ2-1淤土漫坡地：3.3		
Ⅰ2-2壤土低滩地：23.3	Ⅱ2-2壤土漫坡地：93.0		
	Ⅱ2-3灌淤土漫坡地：6.4		
Ⅰ2-4沙土低滩地：36.8	Ⅱ2-4沙土漫坡地：55.6		
Ⅰ2-5盐渍化土低滩地：2.8	Ⅱ2-5盐渍化土漫坡地：36.3		
Ⅰ3高滩地：53.6	Ⅱ3缓岗地：27.4	Ⅲ3垦殖风沙地：17.9	Ⅳ3坑塘：2.4
Ⅰ3-2壤土高滩地：35.8	Ⅱ3-2壤土缓岗地：21.5		
Ⅰ3-3灌淤土高滩地：5.0			
Ⅰ3-4沙土高滩地：12.8	Ⅱ3-4沙土缓岗地：5.9		
			Ⅳ4低湿地：2.4

2．水域的评价与利用

本区的水域由河流、水库湖泊、坑塘和低湿地组成。可分为常年积水地和季节性积水地两类；常年水域又可分为流动水体和静态水体两种。

如表3所列，静态水域面积甚小，只占总面积的1.1%，且集中分布在黄河故道和沿河湿地的局部地区，因而降低了它的灌溉效益，限制了水产养殖业的发展。加之在季风气候的控制下，平均600毫米的年降水量，年际变化率达47%，且季节分配不均。7，8，9三个月占80%；3，4，5，6月正值麦、棉田灌水期，而蒸发力竟超过降水量200毫米。季节分配和主要作物的需水期不相对应，决定了本区必需用工程措施来改变自然水资源时空分配不均的状况，也决定了农业灌溉用水对黄河的巨大依赖性。目前水产养殖业的产值只占总产值的1%，封丘县1983年亩产鲜鱼仅3.9斤，开发程度很低，技术条件差。而清河水库经简单工程措施后，1984年就从养鱼业获利150万元。因此，只要技术措施跟上，静态水域的生产效益就可迅速提高。

低湿地的积水具有季节性，水深较小，多处于“自流”状态，苇荡或柳树疏林的产

值很低，应该用于种藕或筑堰养鱼，或加强苇田的抚育管理，提高产量。

表3　水域的数量及组成

组成类型 / 相对数量	河　流（黄河）	水库湖泊	低湿地	坑　塘	小　计
面积（万亩）	35.2	2.8	2.4	2.4	42.8
占流域总面积（%）	6.9	0.6	0.4	0.5	8.4
占水域总面积（%）	82.1	7.1	4.8	6.0	100

3．风沙地的评价与利用

风沙地总面积不过30万亩，但历来是本区的一大自然灾害。目前半流动或流动风沙地占8.6%（表4），为1957年的57.3%；固定风沙地占30%，为1957年的1.5倍强，说明风沙治理已取得成效。有的大队利用风沙地造林，不但固定了风沙，而且使林业产值占总产值的25%，为人民带来住房、入学等不收费的“八不要”福利，说明在季风气候条件下，只要坚持防风固沙，乔灌草结合，以林养牧、养副、促农的原则，把防风林建成风沙障、蜜源地、菌类篷、家禽场和刈草田，就能形成多种类、多层次、多功能、多效益的良性生态体系，发挥区域资源的优势。

表4　风沙地的数量组成

组成类型 / 相对数量	固定风沙地	流动半流动风沙地	垦殖风沙地	小　计
占流域总面积（%）	1.7	0.5	3.5	5.7
占风沙地总面积（%）	29.9	8.6	61.5	100

彩色红外航空像片显示，流动、半流动风沙地草木覆盖稀疏，甚或裸露；有农田痕迹者，是固定风沙地毁林开荒而成。这些地块分布在固定风沙地周缘，坡度大，易崩塌和飞扬，是当前主要的风沙源，应坚决退耕还草，封草育林。

垦殖风沙地指已辟为农田的风沙地，近邻为冲积泛滥地，地面起伏小，持水力差，容易遭旱。目前多用于种植耐瘠、或生长期短、或根系深、或种子重的作物，如红薯、花生、大豆、小米等，年仅一作，大部分时间裸露。每当处于“旱”半年，则风沙弥漫，因此急需造林防风，改善农田生态环境。根据引水难易，可分别种草养畜或种植耐旱的枣、杏、柿等果树，或进行农桐、果桐间作，有条件的可引水补源，或承纳雨季涝水、余水，以济旱季之需，改善风沙土的成土环境和开发条件。表5说明，只要合理开发，科学管理，改善风沙地的经济和生态效益，是完全可能的。

4．河滩地的评价和利用

河滩地占流域总面积的28.3%（表6），以低滩地的面积最大。因滩位和滩形的不同而土地质量有明显的差别，因此，需要采用不同的利用方式和利用方法。

表5　风沙地的肥分含量与利用方式的相关

肥分类型 / 利用类型	有机质含量（%）	全氮含量（%）	速效磷含量（ppm）
固定风沙地	0.5—0.8	0.04—0.05	1—2
垦殖风沙地	0.3—0.7	0.02—0.04	<2
半固定风沙地	0.4—0.5	0.018—0.025	0—1
流动风沙地	0.15		

表6　河滩地的数量及组成

组成类型 / 相对面积	高滩地	低滩地	嫩滩地	总计
占流域总面积（%）	10.5	16.2	1.6	28.3
占滩地总面积（%）	37.1	57.2	5.7	100

高滩地高出河面5—10米，是全区最高的土地单元，基本无洪漫和盐渍害患，而且邻近黄河、灌溉方便。90%以上的土壤为壤质和沙壤质土，耕性好，肥力高，有机质、全氮和速效磷含量分别达到0.6—0.8%、0.05—0.08%和10ppm，是全区最好的土地类型之一。此类地区应该针对地势高亢、地下水位深的情况，建设渠灌和提灌工程。目前以封丘段要求最为迫切。原阳段有堤南灌渠滋润，已成为粮棉稳产区，并可随着黄河公路桥的修建，发展水果、蔬菜、肉类、奶品、禽蛋的“城郊型”农业结构。

低滩地汊流多，有季节性洪漫威胁；地表起伏较大；局部出现淤土和盐渍化土，但壤土和沙壤质土占72%；有机质、全氮和速效磷含量分别为0.2—0.4%、0.04—0.08%和1—2ppm，比高滩地低，但释放快。必需加强土地平整和提灌建设，才能减轻洪漫、盐渍危害，提高麦、豆、高粱的生产效益；其次，应广种耐涝的饲草绿肥，发展禽畜饲养业，形成麦类、杂粮、畜牧相结合的多种经营。目前大牲畜的存栏数，已属全区之冠，基础较好，可向肉、役兼营方向发展，并增养鸭、兔等小型禽畜，以适应洪漫规律。

嫩滩由边滩和心滩组成，形态和面积都不稳定，受季节性和时令性洪漫的双重威胁，或遭淹没、或被裁削冲毁。宜作为牧草、绿肥的辅助用地而参与到农业生态循环中去。其中贯台—武丘段的可利用性最强。

5．冲积泛滥地的评价和利用

冲积泛滥地的总面积为295万亩，占全区的57.6%(表7)，分布于黄河大堤和太行堤之间，土壤多样，是全区的种植业中心，应当根据土地要素的区域组合特性，进行因地制宜的开发。

低平地约占冲积泛滥地总面积的25%，分布于冲积泛滥地的两翼。北翼紧依文岩渠，南翼紧靠现代黄河，分别以淤土和灌淤土占优势，深受涝渍之危害。淤土低平地以沥涝为主，土壤干时坚硬，湿时泥泞，耕性不良，但肥力较优，后劲足，有机质，全氮

及全磷含量分别为1.0—1.5%，0.06—1.0%和0.14—0.16%。因此，可在健全渠排和加强机排的基础上，在较高地段发展麦、棉、油料作物的生产、在较低处开展水稻旱种和大麦、高粱的栽培；在渠道交汇的“裤裆地”底部（彩图18），可筑堤蓄水，发展水产养殖，挖掘土地潜力。灌淤土是由黄河泥沙沉积而成的薄层人工土壤，耕层的性状和沉积的高度不尽相同，兼有抬高地面、压盐洗碱、改善土壤构型、提高土地肥力等多种功效。近年来还针对黄河侧渗的环境条件，进行了稻改，实行稻麦两作，使亩产由几十斤提高到800—1000斤，一跃而成高产区。因此，应针对黄河侧渗难以阻挡的区域特点，扩大灌淤面积，提高灌淤质量，使灌淤层不薄于30厘米，以防止返碱。实行稻改，仍然是本区的有效开发途径。还应利用碱化荒地种植绿肥和饲草，形成对渗涝和盐渍有较高适应能力的生态系列。

表7　冲积泛滥地的数量及组成

类型组成 / 相对数量	低平地	漫坡地	缓岗地	总计
占流域总面积（%）	14.3	37.9	5.4	57.6
占冲积泛滥地总面积（%）	24.8	65.8	9.4	100

漫坡地面积占耕地面积的54.4%，其中75%为壤质、沙壤质土，有机质和速效磷含量分别为0.8—1.0%和6—10ppm。灌溉设施较好，是最重要的粮棉产区。为了获得更高的生产效益，应进一步完善排灌设施，改变水利建设的区域不平衡状况。此外和低平地相接壤的地段，普遍受盐渍危害，集中了全区90%以上的盐渍化土，其中碱化土占17.8%，其分布区形成本区的旱作中心，足见盐渍化土，尤其是碱化土对农业生产影响之严重。因此，建设渠、井、沟相结合的排灌体系，控制地下水位，治理盐碱灾害，是提高单位面积产量，促进多种经营的重要环节。针对地下水补给的方式，轻盐渍区还应辅以提排；重盐渍化区应实行稻改；碱化土区应加强井排井灌，推广薄膜覆盖，施用煤酐石、硫酸钙或压埋绿肥等综合治理措施，尽快改善土壤理化性状。

缓岗地以捻珠状间断镶嵌于漫坡地上，组成冲积泛滥地的脊轴。地势较高，洪涝盐渍危害轻微，壤质、沙壤质土占绝对优势，肥力较优，全氮和速效磷分别达到0.06—0.14%和10—15ppm。缓岗地上分布着主要的乡镇、“五小”工业和中等学校，文化技术条件较好，因此，管理相对精细，单产也高，麦棉油料作物的亩产量分别是674斤，151斤和155斤。可发展集约型种植业和农产品加工业，进行产品的多层次增值。

总之，从土地类型的自然属性出发，风沙地土地类型应发展以林、牧为特色的多种经营；冲积泛滥地应建立以种植业及其产品加工业为特色的多种经营；河滩地应发展以牧、农业为特色的多种经营；静态水域和低湿地应尽可能分别发展水产养殖业和宜水种植业。

6．土地质量的区域分异与利用

土地质量的区域分异，取决于土地类型的区域组合特点。本区土地类型的区域质量，有自西向东渐次下降的趋势。它从五个主要方面体现出来：(1)风沙地的规模自

西向东减少，而开发程度自西向东增高(表8)；(2)缓岗地上的壤质土自西而东减少，如原阳占99%、封丘仅占59.4%；(3)低平地上的淤土地灌淤土地互呈相反的变化趋势，前者集中在封丘，后者在封丘只占低平地的26%，原阳却占69.4%；(4)高滩地在滩地中所占的比重自西而东减少，原阳、封丘、长垣分别为52%、35%和22%；(5)地势自西向东下降，涝情和盐渍化危害加重，原阳的盐渍化土占耕地的20%，封丘是原阳的14.4倍。在日降水量为200毫米的条件下，冲积泛滥地的受涝耕地占耕地的百分数，原县为72%，封丘为88%，其中重涝耕地，封丘为原阳的四倍。

表8　风沙地类型的区域分布

对比项目 \ 风沙地类型	固定风沙地	半固定风沙地	垦殖风沙地	合　计
西大沙河（含桥北）（万亩）	4.6	2.3	14.6	21.5
东大沙河（含黄陵）（万亩）	3.2	0.2	2.4	5.8
长垣滩地（万亩）	0.9	～	1.0	1.9
西大沙河／东大沙河（倍）	1.7	19.3	10.3	6.1
西大沙河／长垣滩地（倍）	5.1	～	15.2	22.5

土地类型区域质量的递变趋势，表明东部的灾情比西部深重，受灾的机遇高，范围广，在黄陵一堌里地区，风沙，盐碱，旱涝并存，是本流域单产和产值最低的区域。因此，要求对流域进行分段、分区的开发与治理，以促进农业生产的区域平衡与全面提高。

六、土地类型的分区与土地资源的配置

通过土地类型的数量对比、质量评价及其空间展布和动态变化分析，发现土地的开发固然应当以类型的性状为基本依据，但更重要的是必须以其环境特征及它们之间的相互关系为转移，即根据环境的特征来确定本类型的开发方向和治理途经；根据土地类型的区域组合特点来确定区域的开发目标和治理重心，把一个自然流域作为整体，找出全局性的主要矛盾，并围绕它进行分区治理和配置，发挥各类型的优势，促成类型间的相互协作。

1．土地类型的分区与灾害治理

表9和表10说明，本区主要限制性农业生态因素之间，有三种主要关系，(1)涝害是流域最主要的限制性农业限制因素，它出现的机率高，危害的范围广，还控制着盐碱化的增减、轻重和分布。易涝、易旱地分别占总土地面积的39%和22%。解放后的35年中，共发生涝灾23次，旱灾18次，累计遭灾面积分别为1311万亩和522万亩，涝害面积为旱害的两倍半。(2)旱害和涝害的区域分布，有显著的不同，需要对水资源进

行时空平衡，尤其应在雨季实行以涝济旱，以余补缺，以备乾季之需。(3)不同旱、涝区域的成灾因素不同，需要区别情况，因害施治，分区治理。

表9　涝灾的类型和分布

涝灾的类型	洪涝地			沥涝地		浸涝地	间接涝地
涝灾的分布	嫩滩地	低滩地	低湿地	淤土低地	沙土低地	灌淤土低地	盐渍化地
占总面积的百分数(%)	1.9	17.3	0.8	2.1	1.0	8.2	7.6

表10　旱害的类型和分布

旱害的类型	易灌旱害地			难灌旱害地	
旱害分布	缓岗沙地	高滩沙地	漫坡沙地	垦殖风沙地	固定半固定风沙地
占流域总面积%	1.3	2.7	11.7	3.5	2.5

2．土地类型的分区与农业经营

农业是利用无机资源进行有机物质生产的过程。一切有机体，只有在它所要求的最适宜环境中，才能形成最高的产量，因此，必须按照土地的类型性状和区域组合特点，以及动、植、菌的生活习性，进行分区配置，促进生产的高效益和生态的良性循环。

农业生产的目的，是满足人民生活的不断提高和国家工业发展日益增长的需求，所以要随着社会需求的变化，调整生产结构，以便从产品的种类、数量和质量上，维护供需或产销平衡，并获取社会效益和经济效益的同步提高。为此，必须根据经济地理环境，进行分区配置。

3．土地类型的分区开发

根据土地类型的性状和区域组合特点进行分区，是灾害治理、农业生产和社会需求的共同要求。为了把流域建设成为一个多种经营、协调发展、具有良性循环的农业生态系统，可依一级土地类型来划分农业生态区，依二级土地类型来划分农业经营区，以三级土地类型为基础来划分农业管理区，然后依据这些分别反映土地的主导性生态因素、土地类型的优势组合和土地的主要限制性农业生态因素，来规定其开发方向、生产结构和治理途经或管理措施。这样，把全流域划分为3个农业生态区，9个农业经营区和31个农业治(管)理区。

4．土地资源的农业配置

每一个农业发展阶段，都是以往农业的继承和发展，也是未来农业的基础和先导，因此，土地资源的配置，必须既符合资源的特点，又符合农业的资金和技术条件，还要适应社会的需求，并能为未来的农业发展积蓄力量。

从表11可以看到：(1)随着人口的增加，人均耕地显著下降，但单产、总产和人均产值仍有显著提高，这是技术改进的反映。(2)粮食总产的增长速度，落后于单产

的增长速度，所以人均产值的增加，是农业结构调整的结果，说明农业结构的调整，是生产发展的要求，也是增值的途径。(3)本区1983年人均粮食已超过全国平均水平，但人均产值只有全国平均水平的82%，说明生产结构的调整是不彻底的。表12说明，本区的国民生产总值具有单一种植业的性质。产值较高的牧、副、渔业未充分开发，这和土地资源的配置不合理有关。本区未利用地只占总面积的3.1%，且质量差，利用难，所以产值的提高，主要依赖于土地的合理配置，单位面积产量的提高。

表11　天然文岩渠四县的主要农业生产指标变化情况

项目 / 年度	总产值（亿元）	粮食总产量（亿斤）	粮食单产（斤／亩）	人均耕地（亩／人）	人均产值（元／人·年）	总人口（万人）
1949	0.56	3.87	71	3.18	44.9	124.7
1983	5.03	18.10	409	1.99	255.1	197.2
1983：1949(倍)	9.0	4.7	5.3	0.6	5.7	1.6

表12　天然文岩渠四县生产值构成与土地配量对比（1983年）

生产值的构成	生产总值	工业总值	农业总值		农业总值	种植业	林业	牧业	渔业	副业
（%）	100	10	90		100	74	1.7	7.3	0.05	17.0
土地配置状况	总面积	工矿用地	农业用地	其它	农业用地	耕地	林地	草地	水面	荒地
（%）	100	0.6	75.1	17.0	100	82.2	3.4	0.5	10	3.7

多种多样的土地类型是多种经营的基本条件。占耕地面积2／3的中低产田，则潜藏着增加单产的可能性；中原油田的开发，新荷铁路的建成通车，黄河大桥的修建，安阳、新乡、郑州和开封等城市的发展，开阔了产品的市场；较高的人均粮食水平，既为从事多种经营的人口提供了口粮，又为多种经济的开发提供了原料，也为粮食用地用于非粮食生产提供了基础。

以发展商品生产为目的的土地资源配置，仍然应在决不放松粮食生产、确保人均口粮和国家商品粮稳定增长的基础上进行。根据这个原则，1990年和2000年的粮食用地可参考表13配置。种植业和粮食品种的用地可参考表14来配置。如表14所载，随着粮棉单产的提高，逐步压缩粮食和棉花用地，相应扩大牧草（绿肥）及油料、药材、瓜果和菜蔬用地，把改善生活、增产增收、培肥地力和降低粮—牧转化中的能量浪费紧密结合起来。粮食作物的品种配置，除水稻略有增加外，其它种类，都应有不同程度的压缩。在区域配置上，主要是压缩涝区和盐渍化区的玉米、小麦种植面积。把复种指数高的壤质和沙壤质土地类型改为粮棉基地或菜蔬基地。

机动用地的比例很少，主要用于刚刚起步的工副业，并应严格控制在2—3%以内。因此，严格保证耕地不受侵犯，是应当着重坚持的原则，即要严格控制居住地的扩大，杜绝宽打窄用、早占迟用和占而不用的现象。林业用地要配置在风沙地、四旁地和防护林用地上；渔业用地应主要靠充分开发水库、湖泊、坑塘和低湿地及部分低洼“裤裆地”。这样才能保证农田面积的相对稳定。

表13　天然文岩渠流域粮食用地配置方案

序号	项　　目	1983年	1990年	2000年
1	人口增长率		<14%	
2	总　人　口（万人）	135.7	147.2	163.4
3	人均粮食　（斤）	918.2	900	1000
4	粮食需求量（亿斤）		13.2	16.3
5	粮食增产率		5－6%	
6	复种指数(%)	136.3	150—158	155—165
7	粮食播种面积（万亩）	335.7	320	278.8
8	总播种面积（万亩）	390.4	488—514	465—495
9	粮食单产（斤／亩）	391	500—600	700—800
10	粮食播种面积占总播种面积的%	86.0	63.4—68.7	56.3—62.0
11	粮食总产（亿斤）	12.5	16.0—20.0	20.9—22.3
12	粮食盈余（亿斤）		2.9—6.1	4.6—6.0
13	商　品　率（%）		18—32	22—27
14	总耕地　（万亩）	356.8	325.4	300

表14　种植业的土地资源配置

序号	作物种类 / 年份 / 占耕地%	1983 统计值	1990 预测值	2000 预测值
1	小　麦	37.3	32	28
2	玉　米	11.1	7	8
3	水　稻	12.7	9	8
4	杂　粮	7.8	8	6
5	大　豆	11.3	9	9
6	红　薯	4.5	3	3
7	棉　花	7.4	5	4
8	花　生		6	6
9	油　料	3.7	7	8
10	药　材	0.2	1.5	2
11	瓜　菜	2.2	4	5
12	绿　肥	2.3	6	9
13	果　树		2.5	6
14	总耕地（万亩）	356.8	325.4	300
15	复种指数（%）	136.3	150—158	155—165
16	人均产值（元）	255.0	850—950	1600—1800

七、小结

(1)彩色红外航空像片的多时相分析，有效地提高了土地类型的识别、编图和面积量算的效率及精度。

(2)彩色红外航空像片的形态、色调、空间展布和动态演化信息，是一个能传递土地类型、分布、数量和成因规律的信息组合。

(3)把彩色红外信息与系列成图的成果及社会统计数据结合起来，可对土地类型提出评价、治理、开发和合理配置的系统建议。

参考文献

〔1〕罗修岳等，彩色红外像片在城市绿被调查中的应用，天津—渤海湾地区环境遥感论文集，科学出版社，1985年。

〔2〕陈述彭，海南岛热带航空像片分析与农业制图的探索，海南岛航空像片判读文集，测绘出版社，1981年。

〔3〕林恒章，农业土地利用判读及其间接意义，海南岛航空像片判读文集，测绘出版社，1981年。

〔4〕申元村等，土地类型结构与农业综合区划的初步研究，地理研究，（4），1983。

〔5〕罗修岳等，大气污染生物效应的遥感调查，天津-渤海湾地区环境遥感论文集，科学出版社，1985年。

〔6〕王长耀等，平原地区土地利用现状调查的航空遥感方法研究，自然资源，（3），1984。

黄淮海平原遥感信息处理与影像图的编制

张圣凯　　颜铁森

（中国科学院遥感应用研究所）　（中国科学院航空遥感中心）

近年来，我们根据黄淮海平原科技攻关任务的总体部署和要求，利用航天、航空遥感资料，采用多种图像处理技术，为编制多种专业图件提供了信息丰富的影像图，现将有关图像处理和编制影像图的方法，作一简要介绍。

一、航天遥感图像处理及影像图的编制

黄淮海平原地区已有从美国进口的陆地卫星MSS胶片及CCT磁带共计1200多帧，同一帧卫星像片多则30多个时相，少则5个时相，局部地区还有新近获取的航天飞机雷达图像（SIR-A）及高分辨力的TM图像。为分析研究黄淮海平源自然条件和自然资源提供了十分丰富的资料。我们充分利用这一有利条件，并根据点、片、面和多学科、多兵种综合分析的需要，采用光电处理与计算机处理相结合的方法，进行了单张卫星像片的增强处理，再作光学合成镶嵌，编制了不同比例尺的假彩色卫星影像图。

1．图像增强处理及其应用效果

依据遥感图像的相关原理，应用同一时期或不同时期获取的同一地区的多种遥感图像，利用感光材料的特性，及不同的曝光时间和改变显影条件等，拷贝产生能彼此精确配准、且有不同厚度、不同反差的一组正、负胶片，通过不同组合及相互叠掩等处理，然后给每一组胶片配以一种色光（红、绿、蓝），以达到图像增强处理的目的。这些处理虽不能增加原片的信息量，但是，它能压抑不需要的信息，把有使用价值的目标或微弱的影像信息，从复杂的背景影像中增强或提取出来，帮助专业判读人员提高识别能力[1]。下面举例说明光学增强处理在判读应用中的作用。

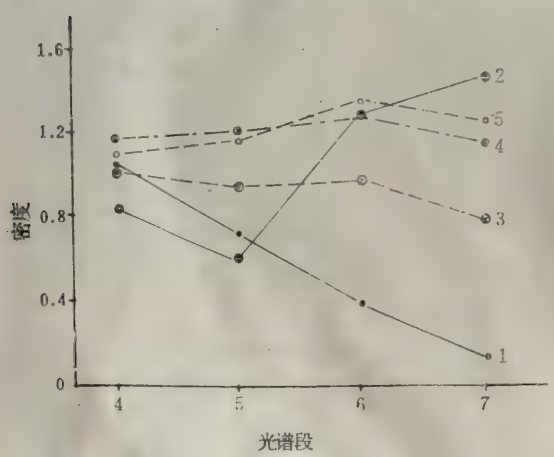


图1　各种地物影像密度的分布曲线

1、水体；2、植被；3、湿地；4、旱地；5、砂地。

例1　用透射密度计分别测量

水体、海岸带、植被、沙地、旱地、潮湿地等要素在天津幅陆地卫星（1975年8月1日成像）四个光谱底片上相同部位的密度差异（图1），并将四个波段的底片，拷贝成各种密度范围的二元正、负片，按照设计方案（图2）、组合叠掩成新图像。用这些模片既可合成综合要素的彩色图像，又可分别提取水体、潮湿地、植被，沙地等专题影像信息，为目视判读提供方便，对使用计算机图像处理方法进行分类也有一定的指示作用。

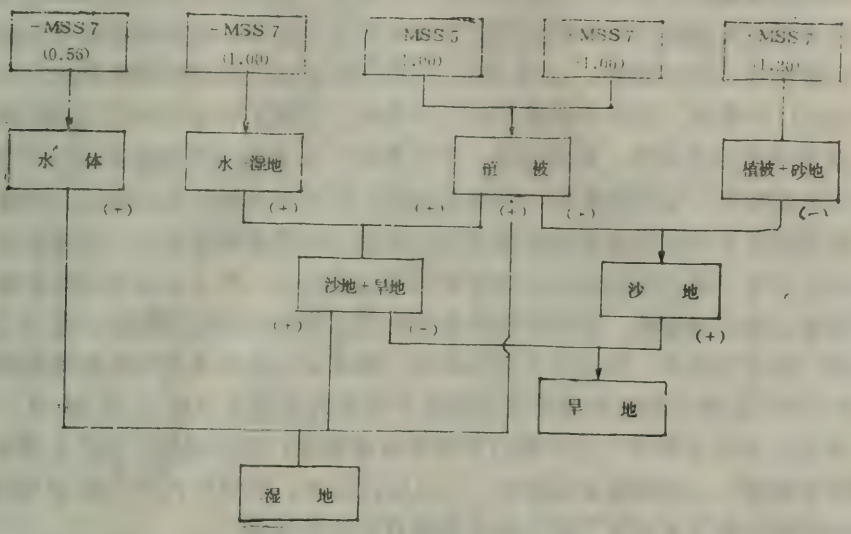


图 2　天津地区专题提取设计方案框图

例 2　黄河中游即孟津至高村段为游荡型河道。本段河床是由两条大堤约束的地上河，河心多沙洲，水流散乱。由于沙洲移动生长与消失迅速，河道外形经常改变，河床主槽摆动频繁。为了研究这段河道的动态变化，我们选用了郑州幅三个不同时期（1975年5月31日，1978年6月22日，1979年5月21日）的MSS 7波底段片，放在AC-90 B加色观察器的三个通道内，用相对稳定的地物，如开封城、黄河大桥、铁路线、渠道等作控制，将三个时期的卫星影像配准，在Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ通道上配红、绿、蓝滤色镜合成假彩色图像（彩图21）。在河道摆动不大的地段，如郑州铁桥附近，由于节点控制了河道的平面摆动，所以黄、品、青三色影像叠加成蓝黑色。铁桥以东至三义寨一段，由于三个时期的影像发生了位移、分离，产生如麻花状的彩色影像。量测分析彩色影像不难看出，九堡至袁坊段，1978年比1975年向北摆动幅度约400米[2]。

例 3　用C-4500扫描仪，将白洋淀地区的MSS 7，TM4及SIR-A三种图像进行数字化处理，并记录在磁带上后，再输入IRSA-2型图像处理系统，在512×512像元的范围内，选取15个明显地物点作控制，进行几何校正、匹配处理，并对图像作线性拉伸、比值合成及IHS变换处理，然后再合成新的假彩色图像，这种图像综合了MSS，TM，SIR-A三种图像的优点，以丰富的彩色影像层次，清晰地显示了白洋淀水域的动态变化及土地利用的现状，提供了其它常规调查手段难易取得的数据资料[1]。

1）张圣凯、朱宣清等，利用多时相遥感影像进行白洋淀水域动态研究方法的探讨，1986年。

2．卫星影像图的编制与应用

单张卫星像片的增强处理，对专业判读分析虽有很大的帮助，但这种处理结果，不能满足大区域范围分析研究的需要。为了使人们形象逼真地了解黄淮海平原地区的自然概况，我们主要选用美国陆地卫星3至4月份成像的粗卫星底片，以1：50万黄淮海平原地貌图的地理底图作控制，合成假彩色卫星像片，然后将精选出的56幅优质彩色像片，进行平面交叉镶嵌、整饰成大幅面假彩色卫星影像图。此图经过彩色处理，基本上达到了色彩协调一致的效果。全图的几何精度采用点位误差配赋控制的方法，使平面中误差为±1.17毫米，边长中误差为±1.01毫米，达到了中小比例尺地理制图的精度[3]。该影像图色彩鲜艳、影像清晰、层次丰富，从宏观上完整地反映了该区的自然环境和区域特征。它不仅形像、直观地显示了黄淮海平原及邻近山区、海域的总貌，而且一些自然要素的细微差异也清晰易读。根据这些影像信息特征，对黄淮海平原的现代河流与古河道、湖泊与洼地以及海岸带等的动态变化，作了由点到面的专题分析研究，撰写论文报告20余篇。还根据该影像图所显示的北北西向的线性形迹及已有的地震、地质、航磁等资料，经过综合分析研究，确认了一组北北西向断裂构造的存在（图3）。这一研究成果对我国的地震预报和地下资源的开发等研究工作都有一定的意义[4]。其次，院内外科研、生产部门还参考该影像图，先后编制了低产土壤分布图、土地利用覆盖图、土地资源分布图等。以上情况说明，中小比例尺卫星影像图，在科研、生产和教学等方面发挥了较大的经济效益和社会效益。

通过对该影像图的宏观分析，确定了重点研究地区及航空遥感飞行地段，如天然文岩渠、天津、白洋淀、黄河口等。对这些次一级的研究区域，如果仍用1：50万影像图判读分析制图，研究的深度和精度就会受到限制。为此，我们又用光学或电子计算机等处理方法，编制了1：20万、1：10万以至更大比例尺的彩色卫星影像图，为小区域研究提供了丰富而细致的影像资料。如应用1978年8月1日成像的131-32，33两幅卫星底片，以地形图作控制，分层曝光合成了1：20万天津市假彩色卫星影像图，为天津市土地利用概查提供了资料。又如用133-35，36两幅1982年8月26日记录的CCT磁带数据，通过IRSA-2型图像处理系统几何纠正处理后，再进行数字镶嵌输出单波段胶片，然后用光学放大合成方法，编制了1：20万假彩色影像地图（彩图1）。该图不仅形象地显示了天然文岩渠地区，由于黄河冲积泛滥作用所形成的黄河古三角洲的真实轮廓和细部特征，而且还显示出本区内黄河堆积的泥沙物质和次生盐渍化所形成的土地资源条件和农作物长势，明显地有别于三角洲之外的自然景观。更为可贵的是可以从这种影像地图上获得精确的量测数据。

在出野外之前，可以在大比例尺影像图上判读分析，做出分类预测图，选好野外验证及观察路线。整个研究工作程序是从大到小进行的。把传统的从小到大的地学工作方法颠倒了过来。近年的实践证明，采用不同比例尺的影像图，由面到片再到点逐步深入地进行判读分析调查的研究工作方法是可行的。这样做不仅可以大大节省野外工作时间，减小劳动强度，提高科研工作速度，而且还可以提高调查制图的精度和深度。

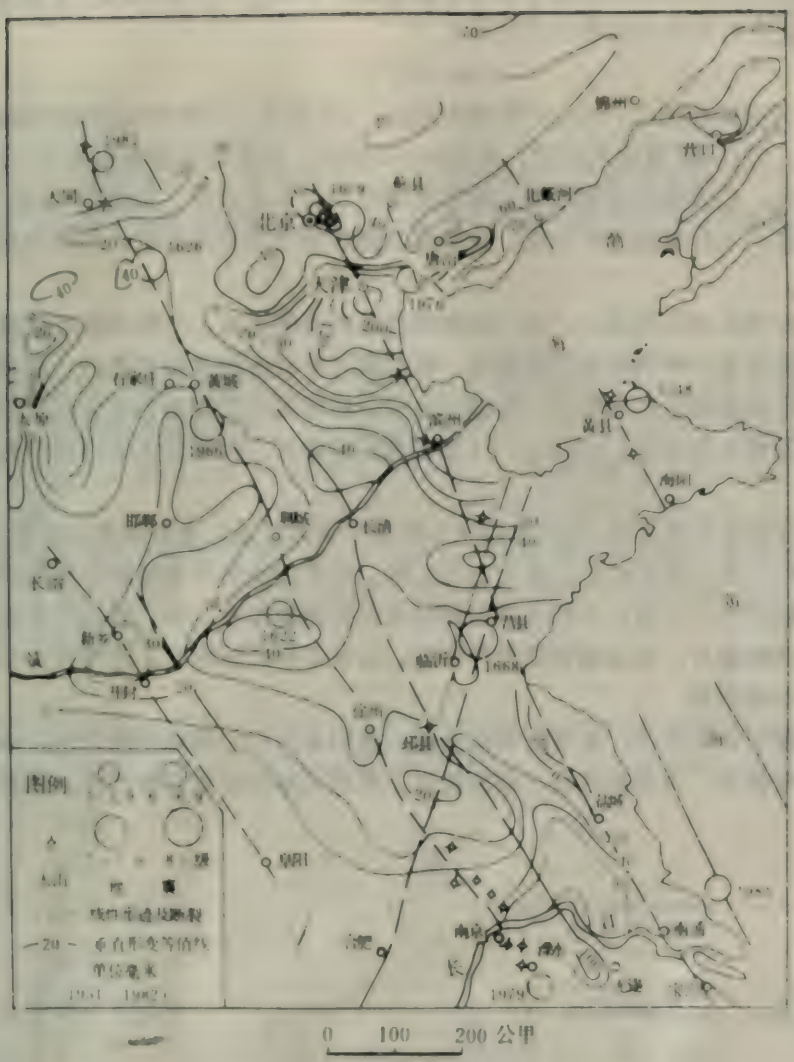


图 3　华北及其邻近地区北北西向断裂及新构造活动图

二、彩色红外航空摄影与影像地图的制作

航天遥感图像，由于比例尺小，分辨力低，很难满足农业土地资源详查和农、林、牧生产规划上的要求。为此，我们在天津市及黄淮海平原的重点研究区——天然文岩渠流域，进行了以彩色红外航空摄影为主的航空遥感试验。此次航空摄影采用瑞士生产的RC-10航空摄影机，摄影像幅为23×23平方厘米，镜头中心分辨力高于100线对／毫米。使用我国保定第一胶片厂生产的180型彩色红外负片。这种负片吸取了黑白红外负片和彩色负片的特点，它不仅可以记录物体近红外光谱的反射差异，而且可以通过不同的颜色来显示这种差异，这对提高遥感图像的识别能力是很重要的。

对所获彩色红外航空像片不仅要作定性判读分析，而且要作定量分析。所以要求在

试验区内制作1：2.5万像片的平面图。根据这一要求，首先要确定合适的摄影比例尺。摄影比例尺，可用下列经验公式计算：

$$m_b = C\sqrt{m_t}$$

式中，m 为摄影比例尺，m_t 为成图比例尺，C为系数，一般情况下等于200。将成图比例尺(1：2.5万)与C值代入上式，求得$m_b \doteqdot 30000$，所以此次摄影比例尺为1：3万。按这一比例尺，在天然文岩渠流域，由东至西共飞行12条航线，拍摄547张彩色红外片。经全面检查，飞行航线的弯曲度、重叠度及摄影底片的冲洗质量，均符合航空摄影测量规范要求。

加工好的彩色红外底片，是一份珍贵的原始遥感资料，一般不宜直接提供判读分析使用。为满足生产和科研部门的需要，我们用日本富士涂塑彩色相纸，采用常规方法，接触晒印十多套彩色红外像片，共5000余张。局部地区还在彩色放大机上用1：8万的彩色红外底片放大晒印成1：5万、1：1万彩色红外像片，以适应大比例尺专题判读制图的需要。

遥感应用分析工作中，主要通过立体观察单张像片进行专业要素的定性分析。应用单张像片进行工作，由于对全区缺乏宏观了解，往往会使局部地区的分析结果与整体不协调。为了解决这一矛盾，我们采用无控制或半控制的作业方法，将几十张甚至上百张色彩均匀一致的像片，快速编制成像片略图，以便了解区域概况。这种方法对定性分类分级具有良好的效果。

为了便于获取定位、定量的制图基础，我们采用光学纠正镶嵌方法，编制了黑白或彩色像片平面图，为专业判读、制图提供了准确可靠的定量分析图件。天然文岩渠流域

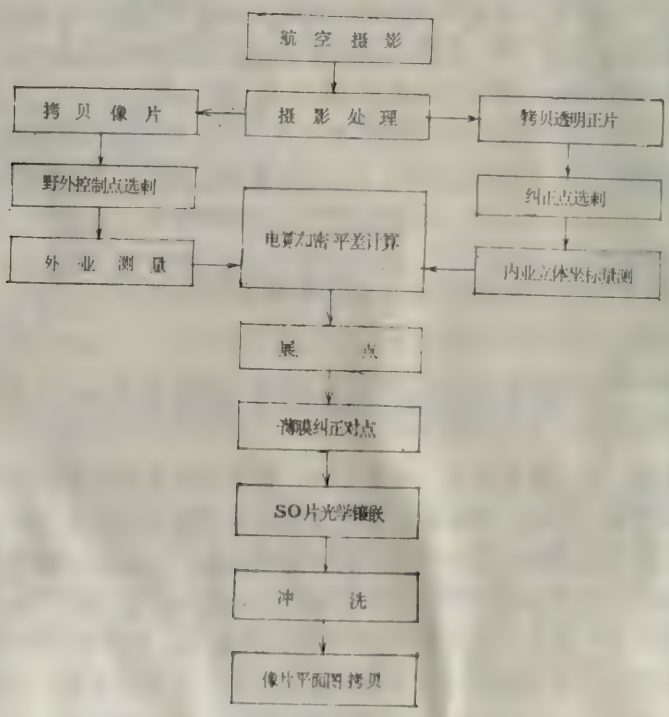


图4　黑白像片面平图的作业程序

是用彩色红外底片，纠正镶嵌制作1：5万黑白像片平面图的[1]。具体作业方案如图4。

野外控制点的测定

为了纠正像片的倾斜误差，外业控制点是不可缺少的，本区共选测了15个控制点，控制点联测是按1：1万航测外业规范进行的。联测方法采用激光导线与引点法，导线总长度约120公里。

电算加密

电算加密精度除了与野外控制点的布设方法，测量精度有关外，还决定于像片的质量，选刺点及立体坐标量测的精度。为了提高量测精度，采用SO感光片拷贝了一套透明正片，作为选刺点、量测、纠正对点的基本资料。仪器的量测精度除1818立体坐标量测仪为±0.02毫米外，C-100解析测图仪和PSK精密坐标量测仪均为±0.001毫米。平差方法主要采用航带法平面区域网平差，也有小部分采用独立模型法平高网平差。定向点残余误差、接边误差均小于1：1万内业规范要求。表1列出了定向点残余误差，接边误差与规范要求的限差。

表1

比较 \ 误差名称	定向点残余误差	接边误差
规范限差 （米）	3.0	9.0
加密误差 （米）	1.1	2.8

纠正像片平面图

本区一般地面相对高差在10米左右，摄影比例尺为1：3万，每张像片可覆盖48平方公里。覆盖面积范围内的高差均小于下列公式计算的要求，故无需分带纠正，所以电算加密点即为平面纠正点。计算高差公式如下。

$$\triangle h \leqslant 0.0008 \frac{f}{r} m_b$$

式中，f为航摄仪焦距，r为辐射中心至最远纠正点在像片上的距离。设r最大距离为14毫米，$f=151$毫米，$m_b=1:2.5$，代入上式计算出$\triangle h \leq 21$米。

像片平面图是在E$_4$纠正仪上，用首先展好纠正点、图廓点的薄膜片进行纠正对点，在对点符合要求后，用未曝光的SO感光片替换薄膜片，并严格恢复对点位置，然后按事先设计好的方案，进行光学镶嵌曝光，待全幅图光学镶嵌完毕，即可通过冲洗处理，得到纠正后的像片平面图的底片。晒印像片平面图应选用伸缩性较小的相纸，用涂塑黑白印相纸或过期彩色相纸，比用一般相纸晒印的像片平面图伸缩性小得多，这样可以保证取得良好的量测精度。

---

[1]）黑白像片平面图的制作由天津市测绘处协助完成。

用彩色红外底片制作黑白像片平面图，技术上难度不大，费用低廉，成图精度可以达到1：1万航测内、外业规范的作业要求。不足之处是，在由彩色红外底片拷贝黑白透明正片、通过光学纠正镶嵌成黑白底片、再晒印像片平面图的过程中，影像信息损失较多。

为了对比黑白与彩色像片平面图的判读应用效果，我们选择潘店乡作试验区，制作了1：2.5万彩色红外像片平面图，所用控制资料与上述相同。不同之处是将彩色红外底片直接放在蔡司纠正仪上对点纠正，晒印单张彩色红外像片，并使全幅单张彩色像片的色调尽可能一致，而后在事先准备好的控制图板上，进行切割镶嵌，整饰成彩色像片平面图（彩图22）。这种彩色红外像片平面图，色彩层次丰富，判读应用的效果比黑白像片平面图优越得多。对比分析表明，这两种像片平面图的数学精度是一致的，仅仅是彩色像片平面图作业难度和经费开支要大些。不过随着我国彩色摄影处理技术的发展和成本的降低，编制彩色像片平面图的技术方法，将会得到普遍的推广和采用。

三、结 束 语

实践使我们体会到，从不同空间层次获取的多种遥感图像，好似一个信息“宝库”，图像处理方法就像一把钥匙，只要巧妙地运用这把钥匙，即图像处理人员与专业判读人员密切合作，就能打开信息“宝库”，各取所需，解决应用分析中的许多实际问题。

按照面、片、点调查研究的要求，采用不同比例尺的航天和航空遥感影像图相结合的分析制图方法，整个工作由大到小、从宏观到微观逐渐深入进行。这种研究工作方法，不仅节省野外工作时间、减小劳动强度，提高科研生产的工作效率，而且还可以提高调查制图的精度和深度。

影像图是按照一定的数学基础，把丰富的影像信息与地理要素综合在一起的新型地图，它是定位、定量分析制图的基础资料。随着我国测地卫星的研制和卫星地面接收站的建立，以及航空遥感技术的迅速发展，遥感图像的品种越来越多，势必会对编制影像图提出更多、更高的要求，这就促使测绘工作者要做更加艰苦的努力，探索新的编制方法，制定各级比例尺影象地图的编制规范细则。可以预料，影像地图在解决地学分析的一系列重要问题上，将会发挥愈来愈重要的作用。

参 考 文 献

〔1〕阎守邕、张圣凯等，实用遥感图像光学处理方法——相关掩模技术及其应用，科学出版社，1981年。

〔2〕林恒章、张圣凯，遥感图像判读与自然资源分析，资源遥感会议文集，科学出版社，1987年。

〔3〕张圣凯、魏成阶，提高假彩色卫星影像图质量的方法，环境遥感，1(2)，1986年。

〔4〕黄相宁、林恒章等，华北及邻近地区北北西向断裂带初探，科学通报，(9)，1986年。

封丘试验区数据管理系统的建立与应用

任 凤 清

（中国科学院遥感应用研究所）

选择典型遥感试验工作区，建立地理信息数据库管理系统，对各种专题信息数据进行自动管理与更新，用于决策，是目前国内外计算机技术应用的新课题。数据库系统不仅能实现信息数据的自动管理，而且具有重要的经济效益。建立封丘试验区数据管理系统，对进一步研究、开发、更新以及拟定黄淮海平原综合治理方案和利用规划，具有重要的现实意义。

一、建立封丘试验区数据管理系统的基础和设想

在我国，由于科学技术手段的限制，对资源与环境信息的管理缺乏统一的规划和部署。因此，长期以来存在调查周期长，信息服务质量不高的现象。例如封丘地区，从六十年代到八十年代，曾有不少科学工作者进行过各种调查和试验研究，但是，由于没有统一的规划和管理技术标准，各部门所获得的资料信息不能互用，数据悬殊较大，图件参差不齐。这样，不仅给人、财、物造成重大损失，直接影响科学研究的进程和提高，而且更重要的是不能满足国家经济建设的需要。在“六·五”期间，中国科学院又组织院内外数十个科研单位的几百名科技人员在此进行了多兵种、多学科的联合科技攻关，进行了航空遥感分析和社会经济调查，建立了潘店、荆隆宫、大村、赵岗、獐鹿市、黄陵和鲁岗等七个示范区。为摸清土地资源，防治灾害和制定发展战略等取得了很多宝贵的资料与信息数据。如将这些科学试验数据、图件和论断输入计算机，建立信息数据管理系统，对于提高信息数据的应用效率、加速开发利用该地区的资源、发展农业生产、搞好国民经济建设，是有十分重要的科学价值和实际意义的。为此，在封丘试验区进行了微机数据管理方法的试验。

二、信息数据的格式化与存储

数据是信息的一种表示，又是实施决策的依据。如何将各种数字、图件等信息输入计算机，还要做很多预处理工作，也就是说要先使信息数据格式化。为了实现这一目的，不仅要求数据管理系统的计算机有较大的信息存储容量，还要求计算机读取信息的速度要快，而且具有灵活丰富的软件功能和相应的硬设备。我们主要采用 TRS-80微型计算机系统，其信息数据的输入方式如下。

1．数据的格式化

从收集的大量数据来看，大部分属汇总统计表。计算机的数据文件，是随机地将一项或几项数据按顺序输入，或者输出某一项或几项。这样，对输入计算机的原始数据要进行格式化处理。即把表1的记录形式转换为表 2 的逻辑结构，再按照图1的数据分支结构记录在计算机的存储器内，才能实现数据的自动存储、更新和输出。

表1　原始数据记录表

封丘																	…	延津
面积					人口						产量						…	
×××××					×××××						×××××						…	
耕地		…	未用地		农		工		商		粮		棉		油		…	
××××			×××		×××		×××		×××		×××		×××		×××		…	
旱地	…	…	盐碱	…	男	女	正式	合同	百货	副食	单产	…	总产	…	面积	…	…	
× × ×		…	× × ×	…	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×	× × ×	…	× × ×	…	× × ×	…	…	
																	…	

表2　数据格式化方案

A＝封丘 →	A_1＝面积 A_2＝人口 ⋮ A_N＝ →	A_{1-1}＝耕地 A_{1-2}＝园地 ⋮ A_{1-N}＝ →	A_{1-1-1}＝旱地 A_{1-1-2}＝水浇地 ⋮ A_{1-1-N}＝
B＝延津	B_1＝	B_{1-1}＝	B_{1-1-1}＝

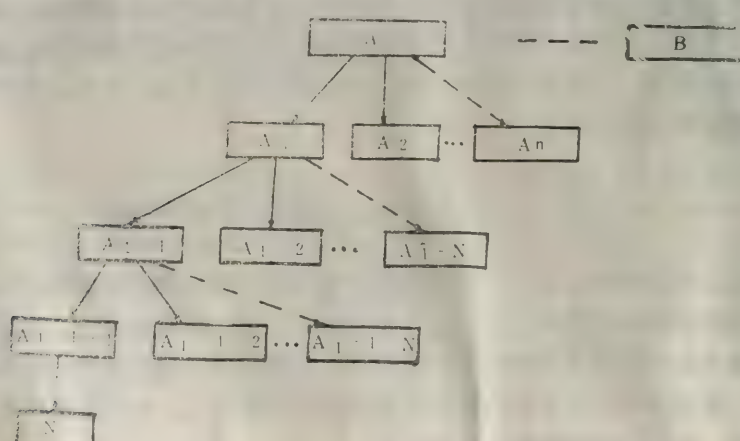


图1　数据的分支结构

2．图形信息的数字化

图形是很多信息数据的集中体现。数据文件的很多数据来源于某些单变量或多变量的图形。图形数字化有两种方法。一种是用计算机控制的数字化器系统，一种是人工格网法。下面介绍人工格网法中的几种方案。

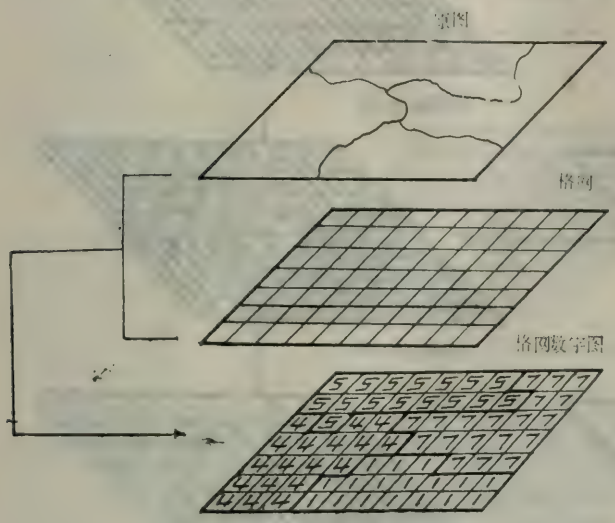


图2　格网数字化

（1）x，y坐标数据转换为格网单元数据文件

利用透明薄膜制作一张矩阵格网，加在原图上，将原图的线划转换为格网数字单元，便可得到每个格网数字单元的x，y坐标数字，形成数字信息，输入计算机后成为数字地图(图2)。

（2）可变精度边界转换为格网数字文件

利用透明薄膜制作不同间距的格网，可根据不同的要求得到不同精度的数据文件(图3)。这对某些详尽图件和重点区域的转换最为适用。

（3）单要素转换为综合数据文件

利用矩阵格网首先对单要素图件作单要素数字转换，并以数字形式存入磁盘文件中，这样就构成了各单要素的磁盘文件。如果把各单要素的数字相加后存储，就形成了多要素的综合文件。这种数字化方法，既可得到单要素数字图，又可得到多要素的综合图件，正确地处理了较复杂图件的数字转换和存储问题(图4)，同时也增加了文件的存储能力和管理方面的灵活性。

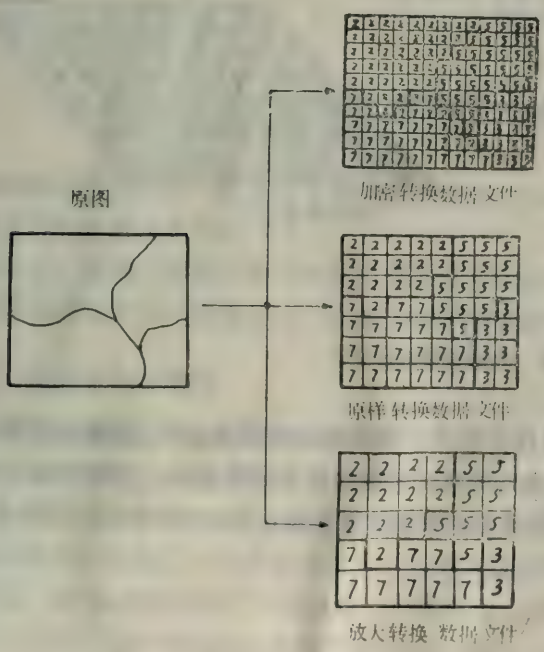


图3　可变尺寸格网数字单元

（4）不等量格网转换

在微机系统没有配备绘图仪时，在很多情况下，是利用宽行

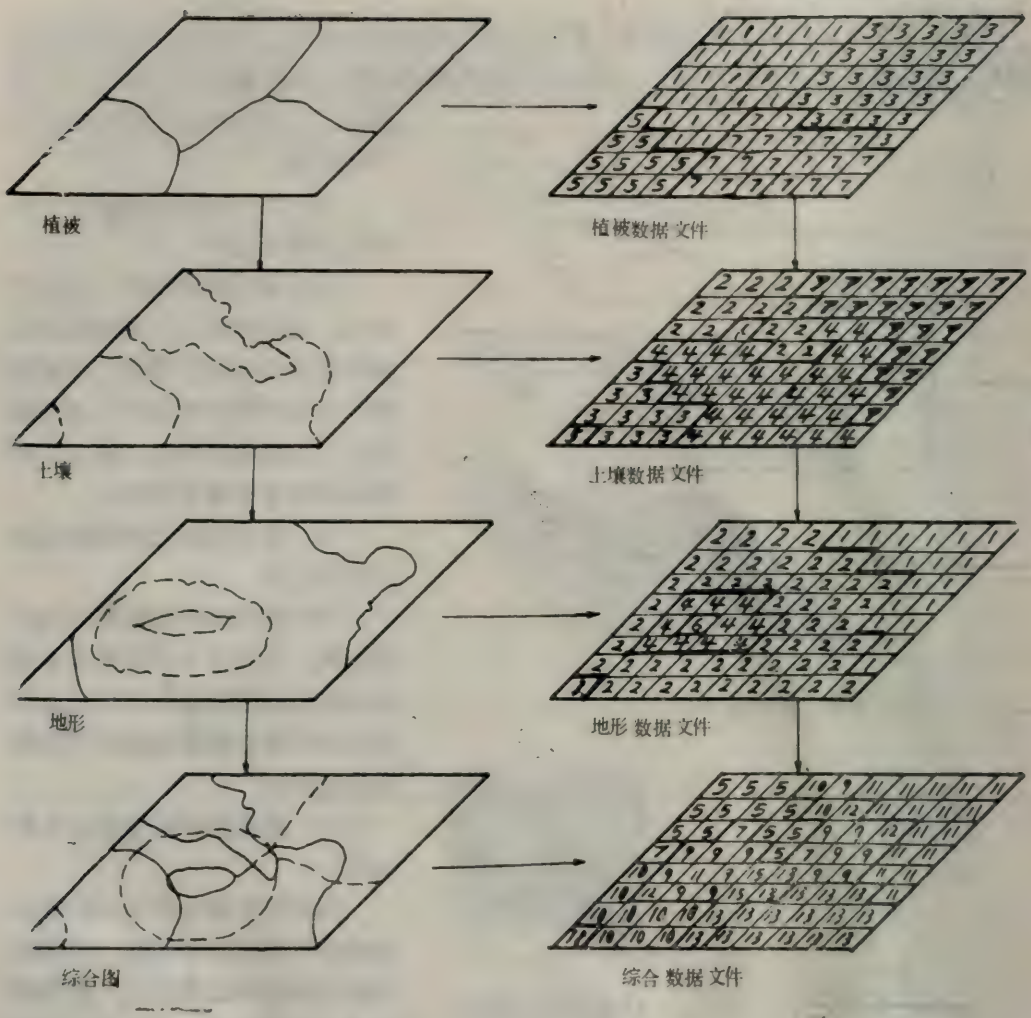


图 4　数据变量综合文件

打印机作为图形输出的。但是，由于打印机的字间隔与行间隔不相等，使输出图形的y方向变长，和x方向不成比例，引起图形失真，影响美观和应用效果。为解决这一问题，我们采用不等量格网转换方式，适当增加x方向的数字量，使y方向和x方向的比例相当，得到了较准确的数字图形（图5）。

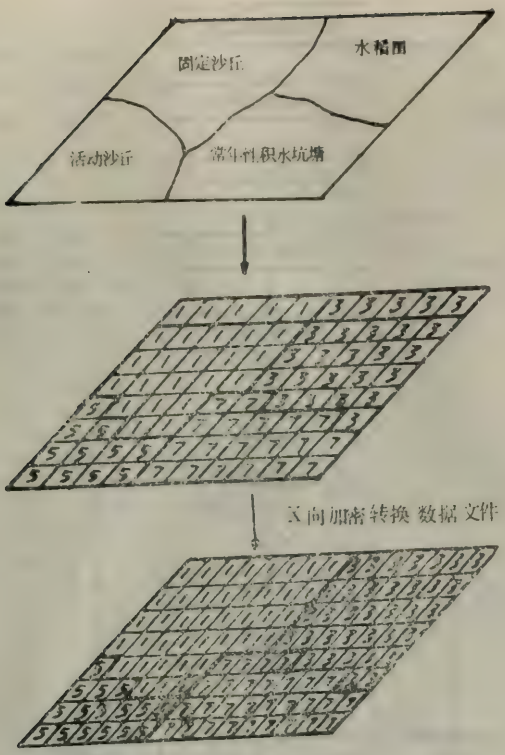


图5　不等量格网数据单元

三、数据文件的管理与用户

前面叙述了如何将一般统计数据和图形信息转换为数据文件和存储的方法。下面叙述如何管理和调用这些数据文件。

实际上，数据文件输入微型计算机后，是将源程序和数据块以磁盘文件的形式，驻留在计算机控制下的外存储器内。因此，这时的数据文件已经成了磁盘数据文件。

1．磁盘文件的调用

用户如何将驻留在磁盘上的磁盘文件，调入计算机并进行运算或输出，这是数据文件管理的重要工作。只有用户完全了解和掌握了数据文件的管理程序，才能正确地调用所需要的文件。这时，只要通过键盘输入欲实现某一目的的指令程序，计算机就处在为用户服务的状态，告诉用户所有的文件名，由用户来选用。图6是如何调用一个磁盘文件的流程图。图7是处理天然文岩渠流域59个乡目前人均占有耕地面积的源程序。图8是执行这一程序后由打印机输出的数字图。从图8可以看出，该流域59个乡的人均占有耕地大部分为一亩左右，占有二亩的只有几个乡，而占有二亩以上的乡只有一个。原阳、延津、封丘三个县镇的人均占有耕地都不足一亩。由此看来，该地区提高粮食产量的人

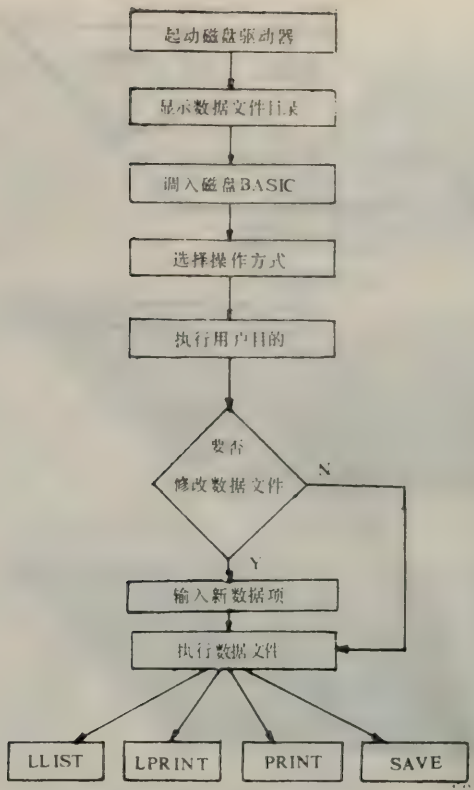


图6　用户调用磁盘文件流程图

均占有量有两条措施，一是在提高亩产上下功夫，包括引进先进技术和优良品种，增加农业投资；二是控制人口增长。否则，是没有出路的。

2．数据文件的应用效率

计算机数据文件，将堆积如山的统计表格和图件，以数字的形式存储在磁盘等媒体上．成为存取速度快，应用方便、准确的用户文件，可大大提高信息数据的应用效率，开发人力资源。

(1)数据文件的内容可随时更新

对于一个主管部门来说，及时准确地了解和掌握所属各单位的生产情况，对于调节和指挥生产，调整生产方向，制定新的方案是非常必要的。但是，直到目前，我国多数部门的管理手段还很落后，特别是农村，要做到及时掌握下情就更困难了。例如，某县统计的1983年某乡的总人口为38000人。但经过调查，该乡1983年1月为38061人，2月为38064人，3月为38082人，4月为38075人，5月为38080人，6月为38082人，7月为38082人，8月为38083人，9月为38081人，10月为38088人，11月为38090人，12月为38092人。经过计算机统计分析，该乡总人口如取全年平均人数为38079人，取最多数为38092人，取最少数为38061人。由此看来，某县统计该乡的总人口为38000人是有误差的。诸如此类的现象，还可举出很多。究其原因，是采用一般统计方法，工作量较大，

图7　自动作图程序

费时费力，一年只能调查一、二次。但若利用计算机数据文件形式，则可把随时调查来的数据输入计算机，由计算机去代替人的管理和比较，只要用户提出所希望得到的哪一方面的哪一项数据，它就会立刻提供给用户，十分方便。可见，数据文件不仅可以随时增加或删改文件内容，而且可以进行各种运算和比较。图9是天然文岩渠流域59个乡的人口总数分布图。它是由各县统计局提供数据，用计算机作分级处理后的输出结果。

(2) 数据文件的应用评价

从1983年开始，经过三年的数据收集和计算机处理，组成了各种形式的数据文件。下面对这些数据文件的实用性作一些分析和评价。

利用统计数字作成的未利用土地、盐碱地、水域、林业、粮食总产量等数字分布图反映的情况尚好。特别是盐碱地的分布形态，与利用1984年春季航空遥感图像编制的盐

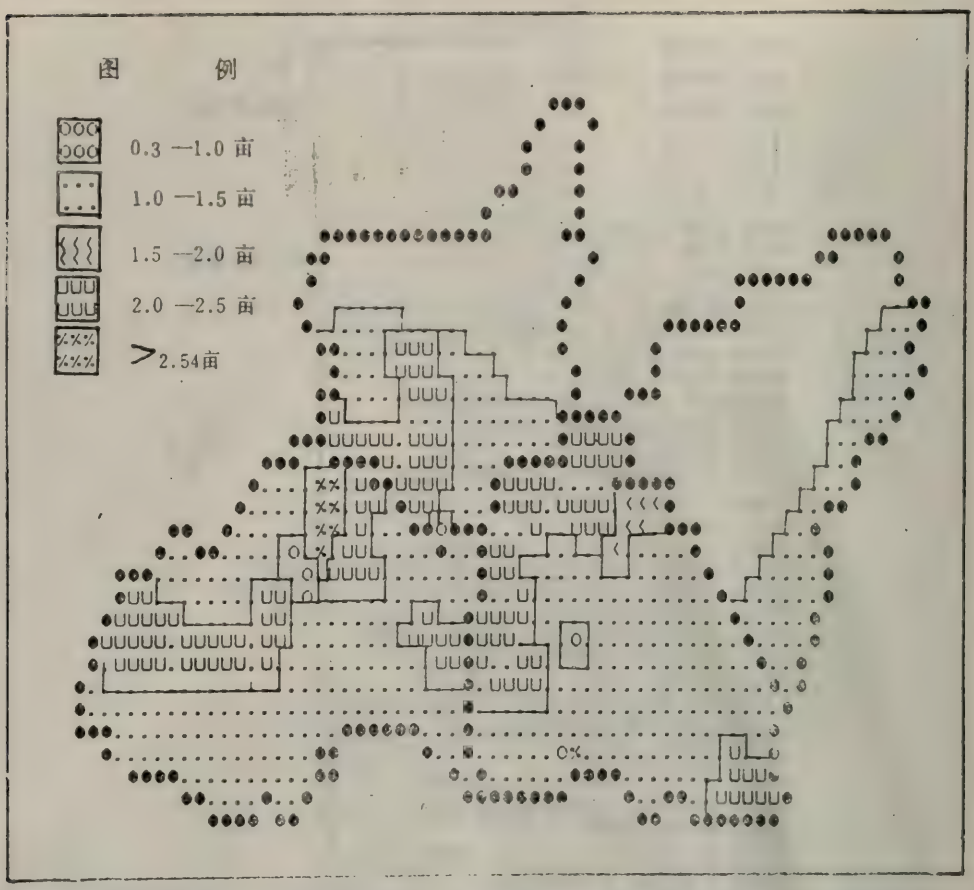


图 8　各乡人均耕地数字图（1983）

碱地分布图[1]）相当接近。而居民地用地，耕地面积，交通用地等数字图反映的情况则不太好。因为这些数据与该乡土地总面积的比例有关，只用一方面的数据不足以说明问题。图10是各乡居民地面积占该乡总面积的百分比分布图。从图10中可看出，封丘、延津、原阳三个县城居民地占其总面积的20—25%，而大部分乡的居民地面积占其总面积的15—20%，还有不少乡只占10%左右。基本上反映出了该流域人文活动的分布情况和农村人口的分布规律。

（3）多数据的综合分析

利用计算机来管理数据文件，可将各文件中的关键数据作多项比较分析。这样，可以从巨大的数据量中抽取某些关键数据用于决策。

现在，我们利用各数据文件中抽出的有关封丘黄陵乡的生产条件和生产潜力的数据（表3），来分析一下该乡的产值情况。

1）林树道等，天然文岩渠流域盐碱地分布图，1985年。

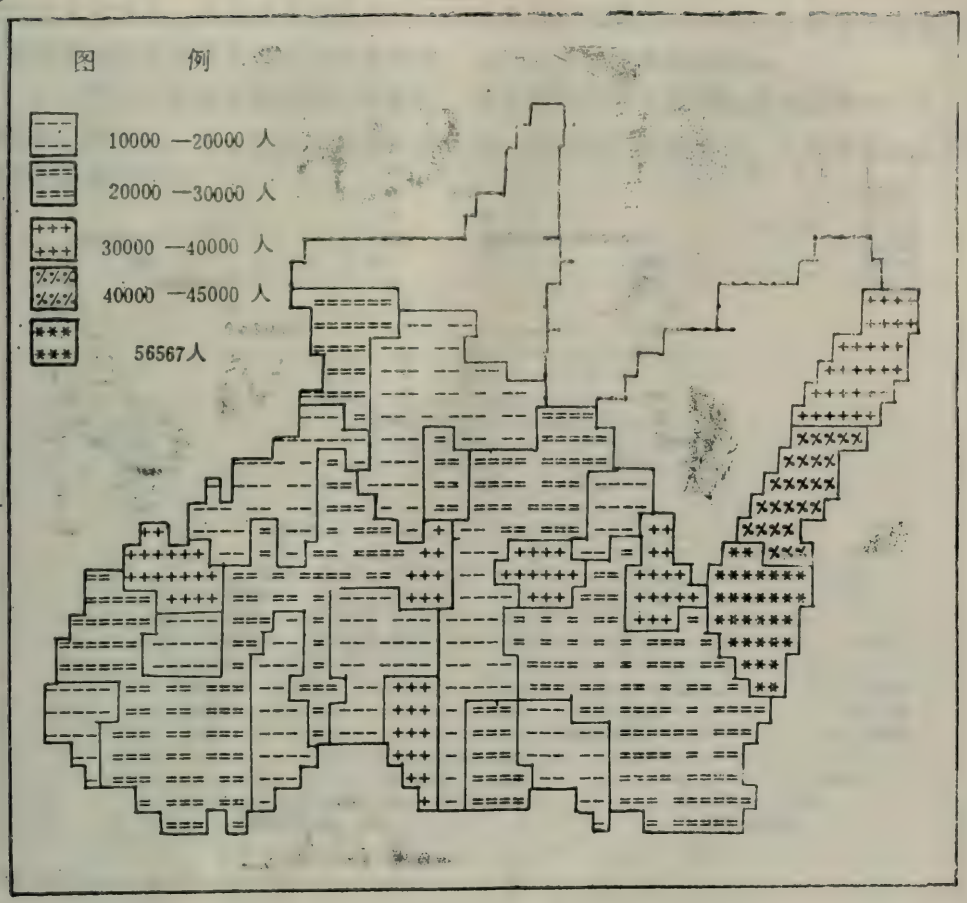


图9 各乡人口总数数字图（1983）

表8 黄陵乡多项数据的比较结果

项 目	1983年统计量	计算机比较序号
总面积（亩）	79817	30
耕 地（亩）	54708	9
人均耕地（亩）	1.92	21
劳均耕地（亩）	6.89	35
人 口（人）	28402	13
劳动力（人）	9604	20
粮食总产量（万斤）	943	56
亩 产（斤）	188	57
人均产量（斤）	331	58
亩均机械马力（马力）	0.016	45
盐碱地（亩）	38	21
未利用地（亩）	634	37

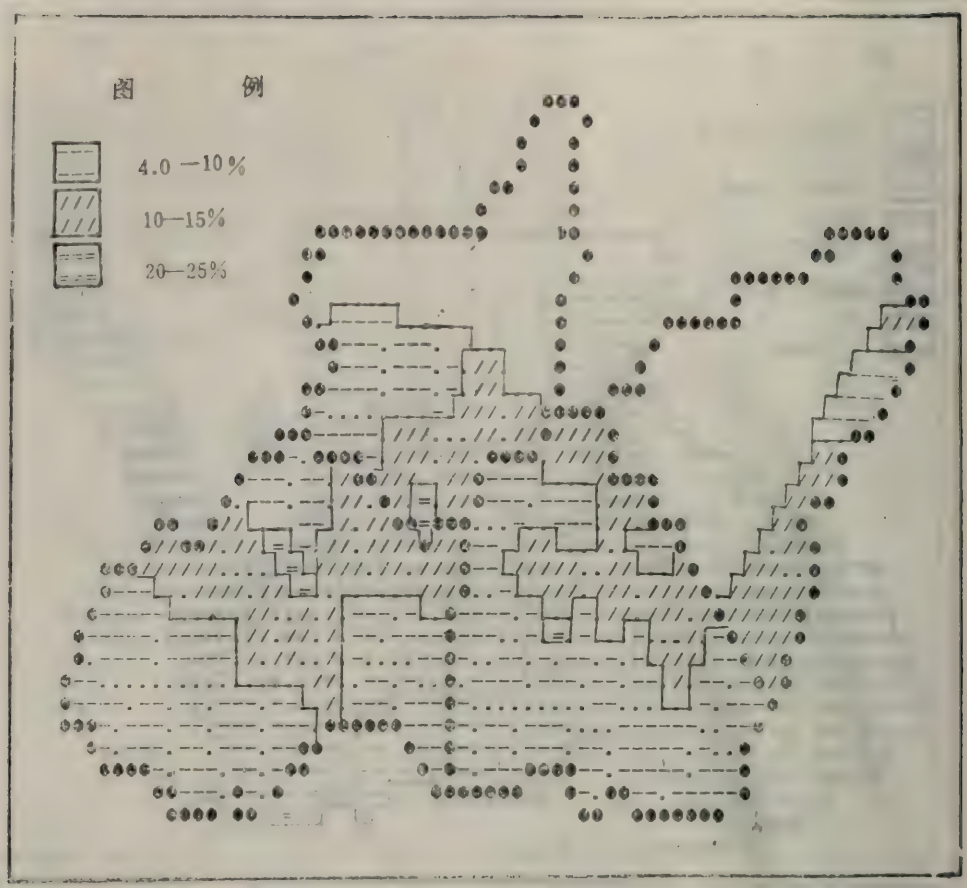


图10 各乡居民地面积占总面积百分比数字图（1983）

从表3的数据可以看出，黄陵乡的总面积居天然文岩渠流域59个乡中的第30位，耕地面积居第9位，亩产和人均产量则分别居第57位和58位，等等。这些情况说明，黄陵乡的土地总面积和人均耕地并不少，而且盐碱地和未利用土地的面积很少，粮食产量却不高，原因何在呢？我们从其它数据文件发现，该乡的沙土地面积分布较广，土层属低产型土壤类，这是影响黄陵乡粮食产量的主要因素，如不加强治理与改造，要实现高产是不可能的。

另外，我们还利用已收录的天然文岩渠流域的土地资源数据文件、1949—1983年基本情况统计数据文件、人口和劳动力统计数据文件、农作物播种面积和亩产数据文件、农作物总产量数据文件，以及封丘、延津、原阳、长恒四县的总产值等数据文件进行了农业发展前景预测分析。认为该地区土地资源条件差异很大，具有水域和沙丘、沙土地面积分布广两大特点。绝大部分地区属低洼易涝型低产地区，应在认真考虑排水防涝的同时，合理利用水资源养鱼和种藕；在沙丘和沙土地集中的地区，应把植树和种草结合起来，发展畜牧业。也就是说，应建立农、林、牧、渔和农副产品加工业为主的综合型农业生产结构，发挥该地区自然资源的优势，实行发展具有传统特点的农业生产和引进

先进技术相结合，在充分合理地开发和利用本地资源潜力的同时，注意保护生态平衡，继续加强对各种自然灾害的研究和防治，生产水平与效率就会提高。

综上所述，将各种数据输入计算机，由计算机代替人做信息数据的管理工作，不仅速度快、耗资少，而且会大大提高应用效率。这对我们制定规划，开发资源，必然会起到非常显著的作用。

天然文岩渠流域专业系列图的基础底图编制和统一协调

林恒章　张圣凯　　铁佩茹

（中国科学院遥感应用研究所）　（中国科学院地理研究所）

遥感图像是地表景观信息的储藏库。专业图像判读人员通过建立判读标志，从库中提取专业信息，判读专业内容，编制专门图件。这次航空遥感采用的彩色红外像片，既能记录近红外反射率，又能以彩色显示。因此，丰富了影像的色相和色反差。为各专业判读标志的建立提供了良好的基础。

判读标志包括：(1)影纹特征所提供的形态标志；(2)影像密度、色彩反差所反映的物理信息；(3)经过图像处理(光学的和计算机的)按一定的数学模式重建的影像与地物性质之间的相关信息。不同专业所建立的判读标志构成各自的专用编码。从无所不包的库中提取专业信息编制出一系列的专门地图，以表达各种重要的自然和社会要素为内容的专业图件，是遥感判读成果的最重要的表现形式。它们形象、客观、精确的图斑，既反映各要素独立时的质的特征，也表示各要素的量的概念。使人们一经接触，便能对当地的自然和社会基本特征有一通盘的了解。明了该地区存在的利弊及其规模和在今后发展中所处的地位。很适宜于为制订农业发展战略及综合治理这一总目标提供科学依据。而发展战略与治理规划的制定，要求分类不但要依据充分、措施合理，而且要定位定量准确，以利于实施与效益估算。因此，地理底图的编制是遥感判读制图的重要环节之一。

一、地理底图的编制

地理底图是编制各种专业图和综合治理区划图的基础图件。要求有严格的数学基础，以保证方位和面积的准确性。在满足图面负载量的基础上，从科学性、合理性、艺术性等方面进行各底图要素的综合取舍。使底图做到真实易读，便于量测各类型的面积以及统一协调各专业图的最基本的制图要素。

过去编制底图是以地形图为基础，经过筛选简化编成地理基础底图。这种从线划到线划缩编的地理底图，不但可供选择的地物有限，而且存在现势性较差的普遍缺陷。为此，我们在编制天然文岩渠及其邻区综合治理系列图的底图时，采用当时摄影的大比例尺航空彩色红外底片，经过纠正制成黑白像片平面图，作为判读选取各制图要素的主要依据。只是名称、注记及政区界线取自地形图。由于像片平面图所反映的地理要素比地形图大几倍，这就使所编制的底图，从科学内容及数学基础上看都显得扎实可靠。

根据各专题内容表达上的需要，底图选取了如下要素分别以线划或符号表示。

1．居民点　在平原地区，城镇与乡村居民地的占地面积相当大。其大小疏密直接反映劳动力及各种消耗的数量概念，是最重要的底图要素。在影像图上，可看到排列有序的暗色调的长方块房屋群和长条带状街巷的影像，构成团块的总体特征。街巷的外口常与向外辐射的公路及大车路相联接。密集高大的房旁、村旁绿化树，更使居民点的影像显得极为突出。从“用地”角度上考虑，我们把村旁绿化林带也包括在居民点范围内，作为一个整体来表示。为了突出重点，县和乡两级政府所在地，根据其实际分布范围，以几何形状的真形符号全部予以表示。村庄只选取对各专业内容分布有方位指示意义的，以直径为5毫米的圆圈表示。上述三级居民点，以两种不同字体注记，县、乡、村以大、中、小三级注记来区别。

2．渠道　本区除黄河外，没有河流。排水依靠人工大排水渠——天然文岩渠。排水渠道呈现为平直而大拐弯的深色带状或线状影像。表示时，以比例尺可容许为限，用双线和粗细变化的单线表示其真实宽度，反映其干支关系，并以大小不同的两个等级注记予以区别。灌溉渠仅以粗细一致的粗线表示其干渠。黄河河床按影像图所显示的深色水道和浅色滩地，真形表示摄影时刻的河道，边滩和心滩。

3．堤坝　黄河大堤高耸而宽大。其顶面相当于土敷面高级公路。显示为均一的浅色条带，用带牙线的双线予以表示。历史上用于阻水的故堤，规模较小，且破损不堪，影像上呈断续的浅色线段（如太行堤），其重要性大为降低，用带牙线予以表示。

4．道路　只选取连接市、县和乡所在地的铁路和公路。由于工作区域内的铁路都是地方小铁路，路基窄，宽度与公路相当。虽然铁轨及受污染的路基红外光反射率低，但本区公路大部分是沥青敷面。影像色调是很接近的。加上平原地区公路也极少弯曲，因而，频路的站台建筑和站前线路的梭形影像，就成了识别公、铁路的主要标志。如果参考彩色红外原片，则还可根据铁路影像为暗青色调，而沥青敷面公路显略浅的淡青色调加以区分。按惯例，公路用双线，铁路用明暗相间的节线表示。当其通过排、灌渠道时，以桥梁和涵洞符号表示其穿越关系。

5．境界线　根据各县提供的1∶1万土地利用图的县、乡界缩编。县界用双点锁线、乡界用单点锁线表示。

天然文岩渠流域及邻区共有1∶5万国际分幅的21幅地理底图，作为各专业的编稿原图。成图的底图则是经拼接、整饰、缩编成三幅自由分幅的1∶10万底图。尺寸为114.92厘米×267.7厘米。经照相制版印刷，供作各种专业图的正式地理底图。

二、专业地图的编制

专业图是直接为制定区域发展战略和综合治理规划提供科学依据的。根据规划的需要，确定了以地貌类型、土壤类型、盐渍土类型、水资源及涝情、土地利用类型、植被类型、土地类型等专题，组成系列专业图。各专业所表现的自然要素，务求详细而准确，而且要体现相互之间的内在联系，以满足规划的要求。

为此，编制各专业图时，都在航空像片上进行判读，采用两级分类系统，将所判读的各个类型界线根据影像特征勾绘在相应的像片平面图上。这样编制出来的各专业原图之间就有了可以对比的基础。各专业内容在区域发展和治理方面所处的地位是不相同

的，在表示范围上可广可狭，以求达到突出重点的目的。

在熟悉专业要素的地表特征以后，根据影像特征，从形状、大小、色调、影纹结构、位置等方面，建立各专业类型的判读标志，建立起完整的分类系统。然后逐张进行类型判读，定性划界。编制出系列专业原图之后，进行各专业图斑内容的统一协调是非常重要的。这样，一方面可以统筹各专业图斑的表示程度，协调各专业图斑的界线走向，另一方面可从各专业要求之间的互相联系互相制约的关系上，互相验证判读结果，发现矛盾，并通过实地调查等办法，纠正不符合实际情况的判读结果，使系列专业图能够完整而真实地体现出自然综合体的实际特征。如黄河呈地上“悬河”状态，河水的测渗压力，使沿河两测的临堤地段形成一个明显的背河湿地带。在这里，地下水位常年很高。在当地的半干旱季风气候下，这个带也是一个土壤盐渍化带。由于这个带形成于一系列决口扇和扇间洼地之中，因而背河湿地带有宽有窄。宽段与决口扇间洼地相适应；窄段与决口扇身相适应。而在土地利用上，处于扇间洼地的宽段是大面积水田分布区；处于扇身的窄段，则是以大田作物为主的旱地区。因此，盐渍土壤图、地貌类型图和土地利用图，在背河湿地带就应进行统一协调、互相验证补充。它们所确定出的界线也成为判读编制土地类型图的基础。再比如天然文岩渠流域紧靠的郑州—兰考黄河东西流向的河段，是明清两代黄河决口频繁的地方。经地貌类型判读，共识别出16个规模不同、形状不同和沉积物粒度不同的决口冲积扇。它们共同形成五个明显的扇间洼地带和两处决口冲积扇前低平地。不同的水力学和沉积学特征，决定了发育在这些地貌类型和部位之上的土壤，有着不同的表层和剖面质地。因而这些土壤质地的片状区域分异，与决口泛滥地貌类型有着极为密切的关系。决口扇扇缘—扇体和洼地或低平地的交接地带，壤质的土壤和较高的地下水位决定了这里是易致盐渍土发育的“二坡地”地带。而与扇间洼地交接的扇缘带则又是碱化土壤的主要分布区。因而，盐渍土壤的带状分布的范围，对决口扇前缘的具体位置和扇缘带的宽度有决定意义。还有，后期的决口扇出现在老的决口扇间洼地上，形成蒲扇形的扁平扇体，厚度均在1米以下，从地貌上说不易划定其范围。但因为它构成了“洼中高”的地形，一方面促使土壤普遍盐渍化，另一方面因相对地势高而减轻涝害，因而内涝地和盐渍化土壤的分布边界，成了检验这一扁平扇体边界线的重要依据（图1）。上述例子均表明：专业图之间的统一协调不仅必要，而且可行。

为了进行各专业图之间的统一协调，应该用半透明的聚脂薄膜蒙在底图上，透绘适量的明显地物，作为蒙绘各专业内容的控制基础，然后用不同符号和不同色线透绘出各有关的专业界线。这些密集的色线网的交互关系，能起到互相验证和揭示矛盾的作用，达到提高各专业类型的定性和定量精度的目的。最后还可以将这种透绘图再蒙回地理底图之上，以检查村庄等点状地物选取的合理性。经过修改，达到用尽量少的点状地物标明各专业界线的实地位置，减轻图面负载量的目的。

经过统一协调之后，各专业图便可定稿清绘，交付出版。

三、专业图的制印工艺

地理底图和专业图清绘出来之后，如何通过制印技术使专业图中各要素达到理想的

色彩效果，成为既有科学价值又有艺术效果的多色地图，就要通过合理的制印工艺来实现。

天然文岩渠流域地处黄淮海平原中部，频临黄河，地势平坦，自然景观比较单一。因此，反映渠系流域的图斑时，不能采用对比强烈的色调，而应根据本区特点和人们的视觉习惯来考虑。

为了达到用尽量少的印刷版，套合出色层丰富的多色图的目的，首先需编制制印工艺流程表（图2）。设计原则是，按照色彩混合规律，采用不同比例的网线及其不同角度的叠加，使色层出现色彩和色调的递变。也就是说，采用同一色相的不同饱和度来增加色彩的层次。使同一成因的各类型的差异，以同一色系的浓淡不同的方式，表达仅是内部变异的科学概念；而对成因不同的类型，则使用对比性较强的不同色系，通过不同色彩来突出它们之间的外部差异。为了达到上述目的，从制印角度讲，采用网线的递变来区别图中的各普染色块较为合适。

图1　盐渍化土和涝地、表层土壤与决口扇的协调

以《天然文岩渠流域及邻区综合治理区划图》为例，在图中约占全区面积3/4的天然文岩渠流域，第一层面以蓝绿色表示，其它自然区域的色调与之协调。本图共有12种需要用普染色表示的图例。分别在蓝、绿、黄、浅棕、浅紫的基础上，以逐级过渡的色调加以表示。区域以外的地区用淡紫色作衬托。图中的第二层面是地理线划要素和注记，用黑色和青钢灰色表示。根据图中的图斑面积较大的特点，本图选用了120线／英寸作为基本网线，选用红、黄、蓝作为印刷时的基本色。每个基本色选用3—5个色层，通过不同角度的套合，可组合出图中所需要的普染层次（表1）。这一套成色方案，既能表示出整体特征，又避免了由于色彩过于鲜明而破坏与邻区的协调。对位于两侧的面积小又呈条带状的邻区，则选用黄和棕两种较亮的颜色，使之浮现出来，但又不喧宾夺

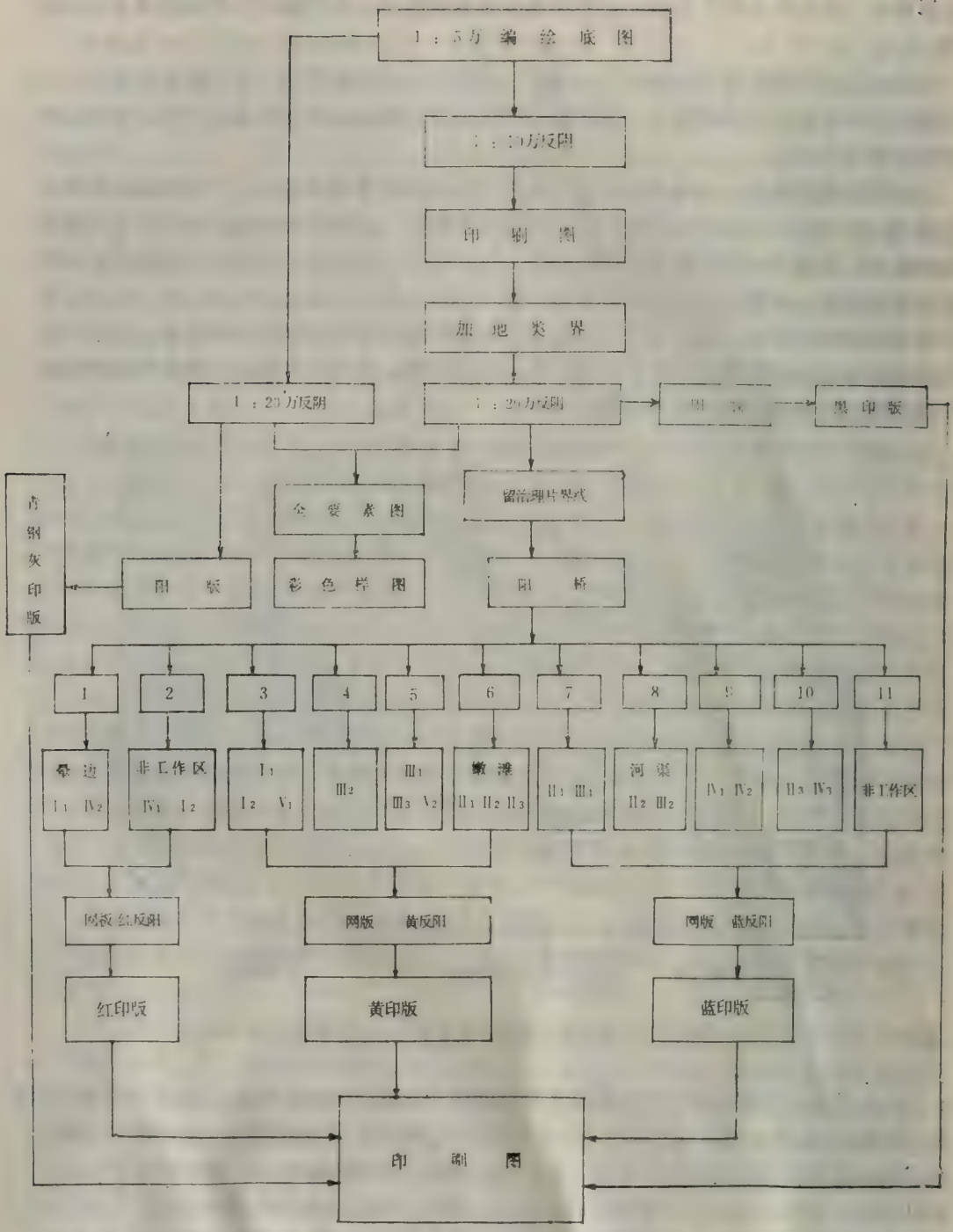

1：5万编绘底图
1：10万反阴
印刷图
加地类界
1：20万反阴
1：20万反阴
黑印版
青钢灰印版
阳版
全要素图
彩色样图
留治理片界线
阳桥
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
晕边 I1 IV2
非工作区 IV1 I2
I1 I2 V1
III2
III1 III3 V2
嫩滩 II1 II2 II3
II1 III1
河渠 II2 III2
IV1 IV2
II3 IV3
非工作区
网版 红反阳
网版 黄反阳
网版 蓝反阳
红印版
黄印版
蓝印版
印刷图

图2 制印工艺流程图

主。整个区划图以蓝、绿、黄、浅棕为基调，使分出的五个区显得既易分又协调。以其浓淡表现了12个综合治理块，即用逐级过渡的色调表示块与块之间的联系。以这种分层次的方法表示出来的差别，具有简明、易读的效果。

表1　综合治理区划图印色、网线比例、角度一览表

治理区	代号	治理片	红		黄				蓝				
			30	15	70	50	30	15	实	70	50	30	15
黄河滩地区	I_1	高滩片											
	I_2	低滩片											
天然渠区	II_1	天然渠上游片											
	II_2	天然渠中游片											
	II_3	天然渠下游片											
文岩渠区	III_1	文岩渠上游片											
	III_2	文岩渠中游片											
	III_3	文岩渠下游片											
天然文岩渠区	IV_1	天然文岩渠上游片											
	IV_2	天然文岩渠下游片											
柳青河区	V_1	柳青河一支片											
	V_2	北干河片											
非工作区													
晕边													
嫩滩													
河、渠													

依据图幅内容和制印工艺流程的要求，常采用阳版分涂法和阴版撕膜法。阳版分涂，依据分色样图和工艺方案的要求，先用毛笔按轮廓线描出所需要的要素。经检查无误后，涂去不需要的部分。操作时技术要求较高，有一定难度。但这种方法灵活，可以把阳像版分涂成阴像；也可以分涂成阳像。由于这种方法适用于图幅普染色少、面积小的地图，而且比聚乙烯醇翻版容易达到要求，因此在生产中仍然使用。

阴版撕膜法是用阳版翻出撕膜阴版。这种方法适用于图幅面积较大、图斑繁多、内容较为复杂的地图。作业时根据彩色样图和分涂参考图，按不同区、片类型编号，在撕膜版上撕去相同色相、相同网线比例的图斑，使之成为单色要素底版。一幅多色图要使用若干撕膜版作为套合网线阳版的过渡版。对于撕膜分版后的单色底版，要根据全色样图、分涂参考图的要求，进行严格的检查。经检查无误后，即将撕膜版上的非印刷要素

用氧化铁修版墨涂掉，使之成为套拷网线的阴像底版。采用撕膜法有许多优点，如可以保证类型界线的套合精度，易掌握，节省工时等。

《天然文岩渠流域及邻区综合治理区划图》全图尺寸为69.2×31.2厘米，图中只有12个图斑，在制印过程中，曾先后采用上述两种方法进行试验。根据该图的特点，两种方法都是可行的。但地图的种类繁多，工艺的制定也不是千篇一律的，而要根据各类地图的特点，制印单位的技术条件等多种因素全盘考虑。

普染色图斑在经过分版后即要套拷网线反阳版。操作时，应严格按规距线来控制套合精度。按分类色别，将印色相同的普染色块套拷在同一感光版上，经过处理，成为反阳网线版。

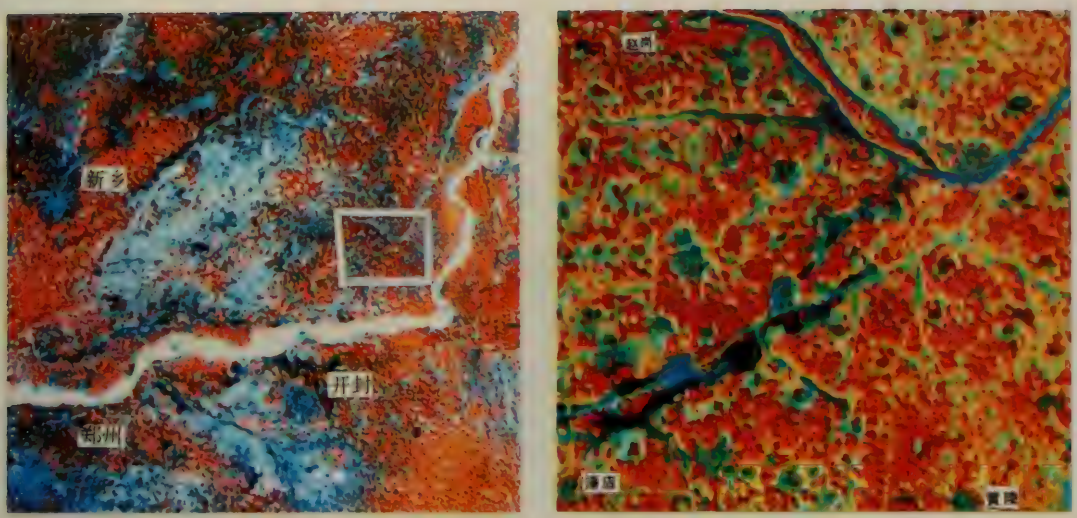
在分版等各道工序中，虽经严格检查，仍有可能出现遗漏。此外，多色图的彩色效果能否达到原设计要求也难以预测。因此，在印刷前必须经过打样，请有经验的作业员及原图作者参照彩色样图或其它设计资料，对图中的色彩组合、有无错漏等等进行严格的批改。有关人员根据批改样，认真研究分析其中的问题，及产生问题的原因，逐一加以修改。直到无技术差错，无内容遗漏，色彩效果美观，层次协调，符合设计要求为止，最后上机印刷。

四、结束语

(1) 随着对自然界和社会现象研究程度的深入，各种专门图的实用效果显著提高。由于应用的广泛与深入，要求各专门图件不但能正确反映实况，而且能提供准确的面积等数量资料，以利制定计划和验算效益。因此，精确的底图编制越显重要。天然文岩渠流域就在1：5万工作底图上量算土地利用类型、盐渍化土壤类型、涝地类型、沙土类型、土地类型等以图斑为单位的面积数据的。并已供系统工程分析和规划制定之用。

(2) 尽管各个专业的外业考察路线和采样点不相同，但由于有以像片平面图为统一基础底图，因此，所有专业的类型界线的表示就有了一致的数学基础，使各专业类型界线可以套叠对比。由于是以影像为对比依据，统一协调就有了可靠的基础。其次，当不同专业图间关系紧密的类型界线走向有矛盾时，也能够回到图像上作进一步的判读，分析正误。各专业图件经过内容的统一协调之后，更真实地反映了自然界各要素之间的互相联系与制约关系，构成了有机联系的系列图集。

(3) 各种专业图件的实用性越来越强，用图单位也越来越向基层发展，各专业图的易读性也越显重要。由于图例众多，遥感图象判读所表示的图斑详细，若用素图表示，就难于直观地看出各要素的分布特点，更难于建立包括各要素的总体观念，从而影响效果。以系列专题图作为表示区域综合研究成果的主要方式，图件（至少是主要图件）的彩色印刷是很必要的。因此，探讨用少量印刷版套合出多色层的彩印工艺流程，是很有意义的。



a　压缩增强显示黄河洪积扇平原　　b　局部增强放大影像

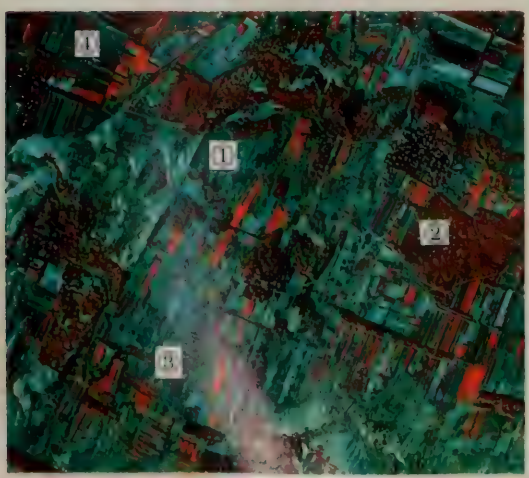
彩图 1　计算机增强处理的卫星图像

彩图 2　冲积泛滥平原的彩色红外航片

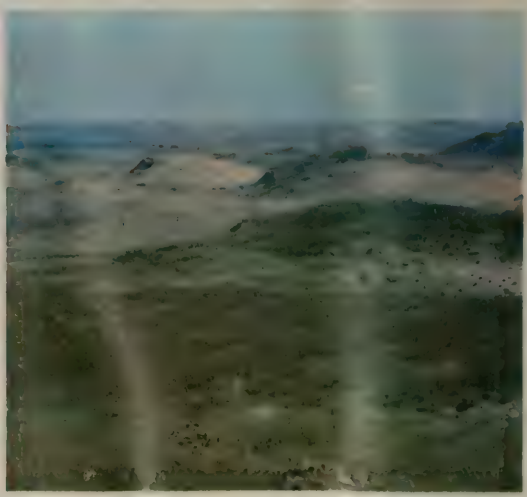
右上部为扇形微岗地旱作农业区　　下部为扇前洼地水稻田

彩图 3　冲积泛滥平原上的泛滥形迹影像

①泛流形迹区水土条件好作物长势良好②泛流形迹两侧因土壤盐渍化作物受仰制
③泛流形迹以外的平原区作物长势一般



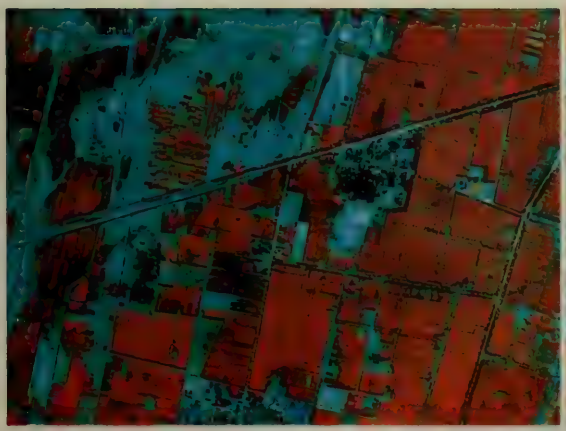
a　彩色红外航片



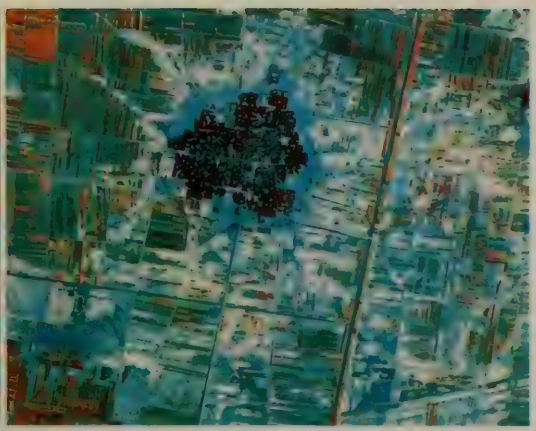
b　地面照片

①活动沙丘②固定沙丘 ③风沙地④良好耕地

彩图 4　黄河故道风沙影像



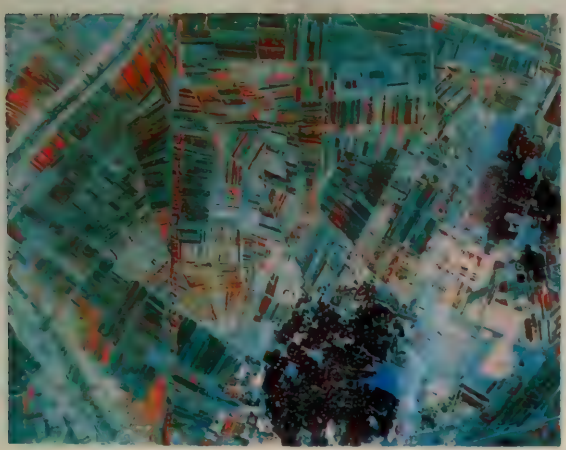
a　齐街附近的盐化土



b　祝店附近的碱化土

彩图 5　盐渍土在秋季彩色红外航片上的影像特征

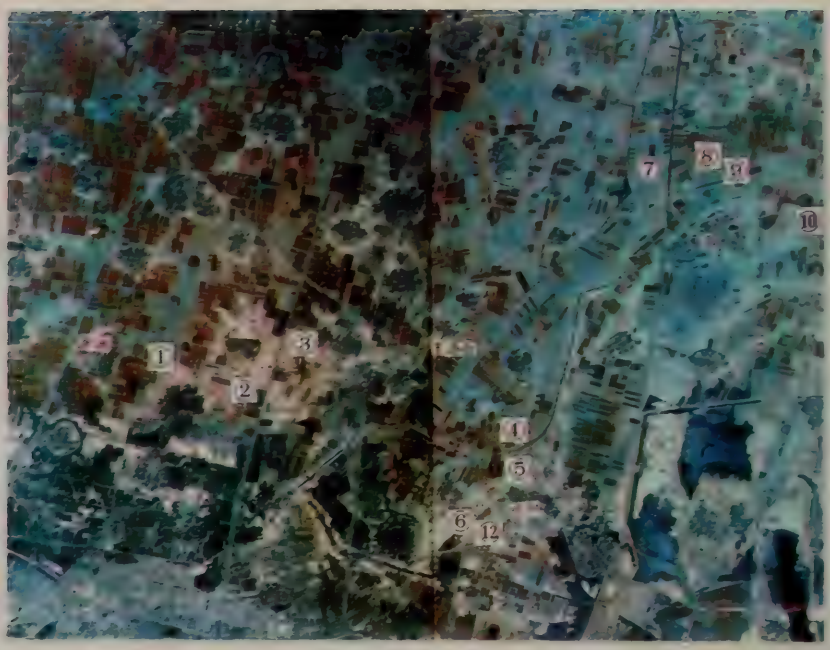
彩图 6　盐渍土在春季彩色红外航片上的影像特征



a　彩色红外航片

b　a 片的彩色密度分割图像
灰白色斑为重度碱化土深蓝—浅蓝色斑为中度碱化土
灰蓝色斑为轻度碱化土

彩图 7　碱化土等级在不同图像上的反映



彩图 8　土壤盐渍化类型取样点位置

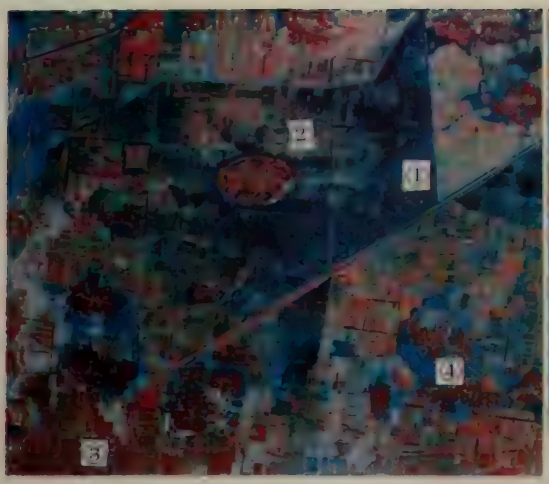
a　11月份假彩色合成卫片

①砂质决口扇②粉砂质决口扇③背河湿地
④砂质决口大溜③碱化土决口扇间洼地
⑥砂质决口泛滥地

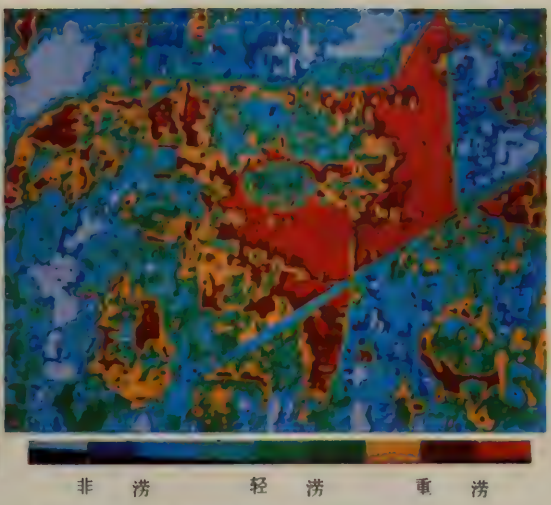
b　8月份假彩色合成卫片

①作物受涝凋萎揭示的扇间洼地
②积水所揭示的串沟形迹
③未受涝害作物揭示的决口扇体

彩图 9　决口泛滥地貌



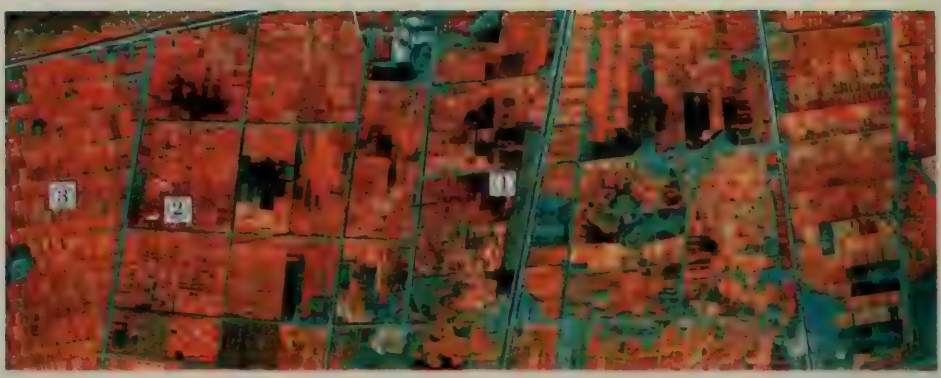
a　1983年秋季水浇地受涝情况
①重涝②轻涝③非涝④积水坑塘



b　a 片的彩色密度分割图像

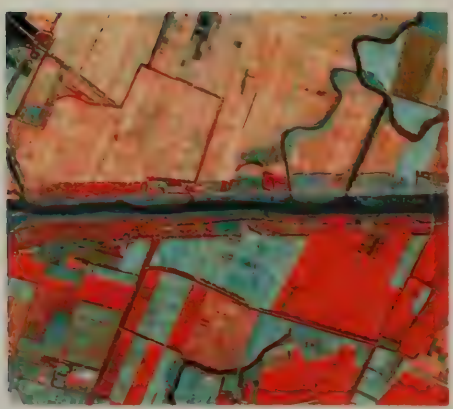
c　1984年春季水浇地利用情况　①因秋涝未种上麦的耕地 ②因秋涝长势差的麦地
③非涝区长势好的麦地 ④常年性积水坑塘 ⑤季节性积水坑塘（干涸）

彩图10　辛安店附近不同季节的彩色红外航片对比

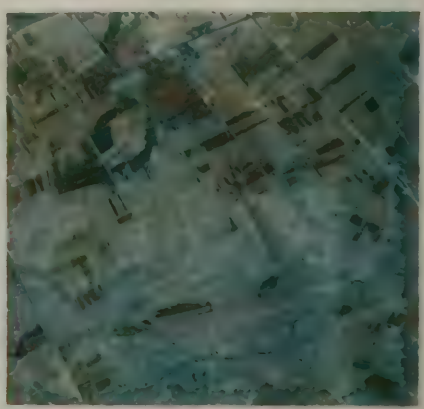


彩图11　1983年水稻田中的秋季涝情

①重涝　②轻涝　③非涝



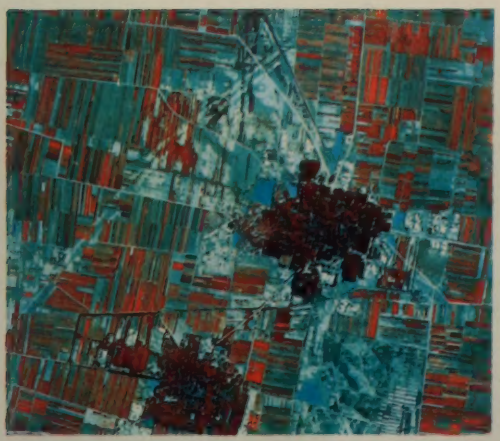
彩图12　在秋季彩色红外航片上水稻田（上）与水浇地（下）的差别



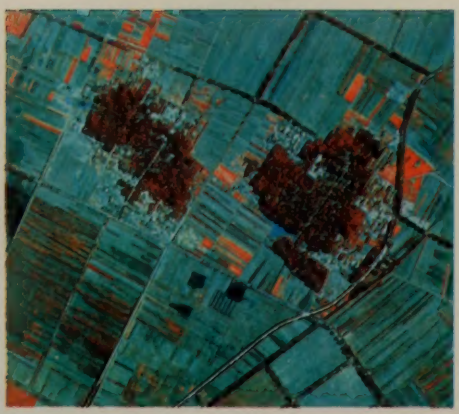
彩图13　在春季彩色红外航片上水浇地与旱地的差别

彩图14　沙质旱作耕地与林粮间作地

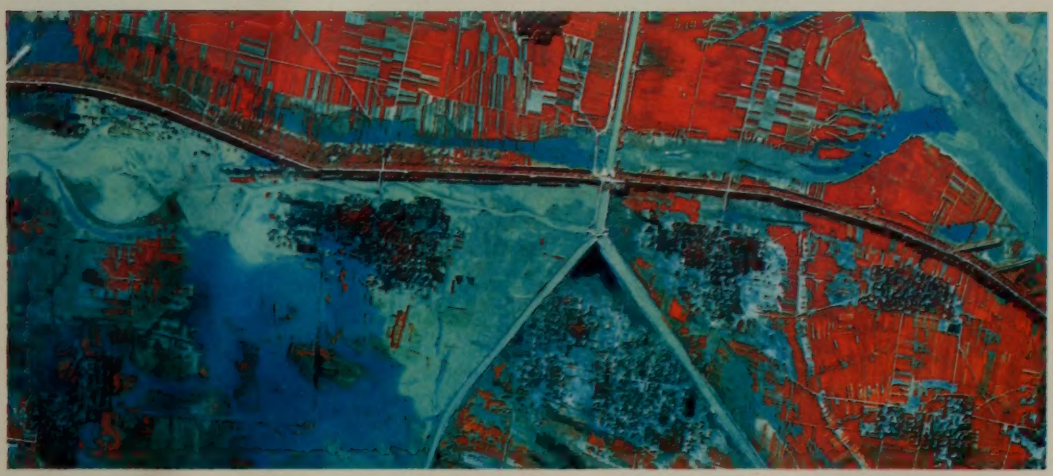
彩图15　黄河故道上的林地、灌木林和未造林的沙丘



彩图16　村庄周围的零星盐碱荒地



彩图17　彩色红外航片上新建居民地侵占农田的现象

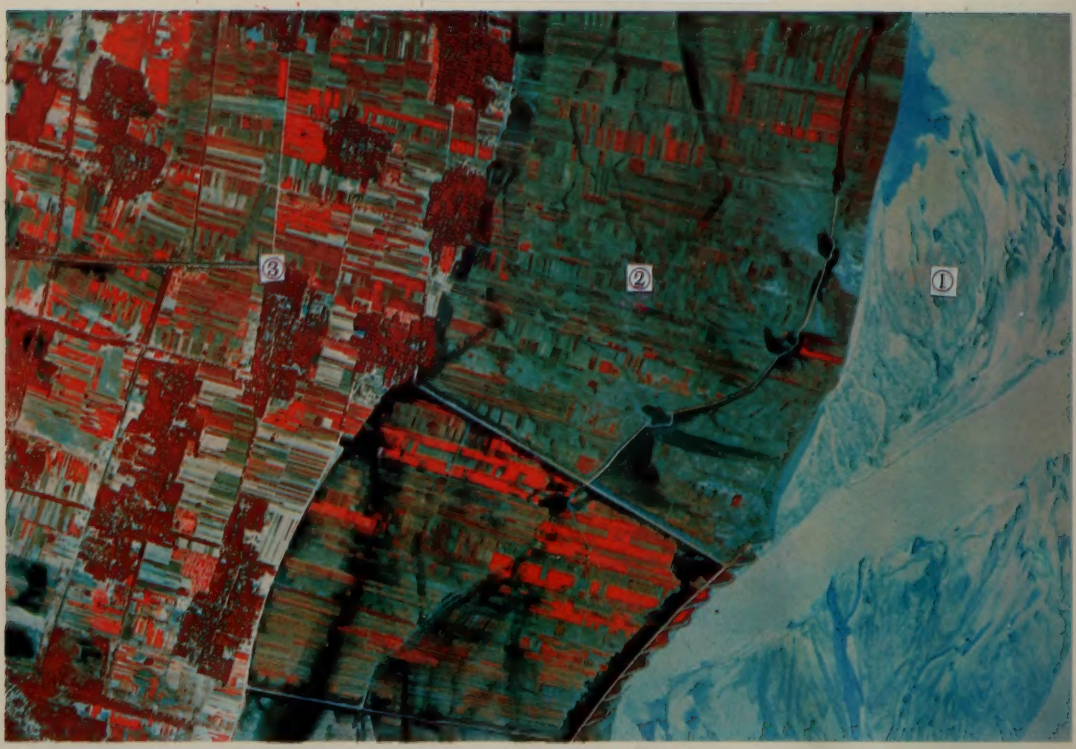


彩图18　排水渠系交会处的裤裆地

彩图19　土壤水份的识别

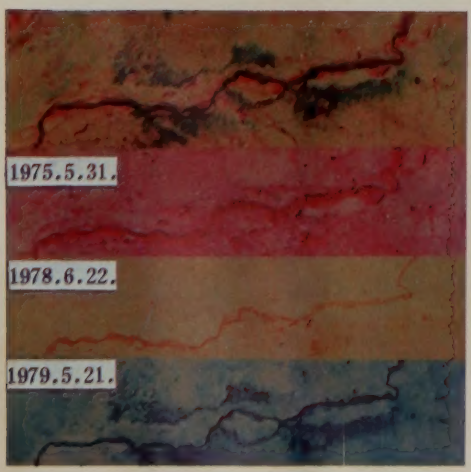
①干燥土　②潮湿土　③侵润土

中科院植物所图书馆
S0015481



彩图20　黄河滩地中的土地类型

①河漫滩　②低滩地　③高滩地



彩图21　多时相（MSS 7）彩色合成显示黄河水系的变化

彩图22　潘店地区彩色红外像片平面图

收到期 1988.4.19.
来源 赠送
书价 2.85元
单据号
开票日期

24549 58.18
144

天然岩溪流域遥感应用研究

借者单位	借者姓名	借出日期	还书日期

58.18
144

24549

注 意

1 借书到期请即送还。
2 请勿在书上批改圈点，折角。
3 借去图书如有污损遗失等情形须照章赔偿。

京卡0701