

三江平原地区土地利用的遥感分析与制图*

赵华昌 刘兴汉

(中国科学院长春地理研究所)

1986年9月10日收稿

摘 要

三江平原位于我国东北端,总面积 108900 平方公里。本文是在多时相、多波段、准同步的 MSS 信息全面资源复查基础上撰写的。文中从遥感资料选用、地理基础底图编制、分类原则和体系、解译步骤和制图工艺流程、卫星像片质量和成图精度分析以及土地利用现状分析等六个方面,论述了土地利用与土地覆盖图、影像图、资源复查数据及综合评价等成果的科学性,为该区总体规划、农业合理开发论证、综合治理、实验基地建设、保持生态平衡等专题研究,提供了重要的基础资料和科学依据。应用遥感进行资源复查,精度高、速度快、经济效益好,有推广价值。

前 言

三江平原地区位于我国东北部,北起黑龙江,南抵兴凯湖,西邻小兴安岭,东至乌苏里江,为一河湖堆积平原。土地总面积 108900 平方公里,山地丘陵占 39%,平原占 61%。该区地域辽阔,地势平坦,土质肥沃,资源丰富,是我国重要的商品粮基地之一。建国以来,在开发建设方面已取得多方面的成绩,但由于垦建脱节,经营单一,资源利用率不高,抗灾能力尚差,因此综合发展的潜力很大。为了进一步合理开发利用及整治,该区需要制订一个方向性、综合性总体规划方案。这就更需要摸清“家底”,重新认识,重新规划,以便合理布局,建立最佳生态环境。中国科学院在三江平原“六五”科技攻关中,承担了自然资源复查等课题,应用遥感技术对该区土地利用和土地覆盖现状进行了卫星像片解译和分析,编制了 1:20 万《土地利用现状图》、1:50 万《三江平原地区卫星影像地图》、1:10 万典型地区(宝清县东升乡、尖山乡)《土地利用影像地图》,并按各县(市)、农场统计了土地利用和土地覆盖类型的面积,求出了用地结构比。这些成果,为大型现代化商品粮基地建设、农林牧副渔全面发展的总体规划和战略决策,提供了科学依据。

一、遥感资料的选择和应用

土地利用和土地覆盖类型的解译,是以 1983 年 MSS、RBV 卫星像片、经初步几何纠正的 1:20 万标准假彩色合成图像为依据,参考 1975—1984 年十个时相的 MSS 影像、

* 参加本工作的还有陈琴笙、徐吉炎、常兴武、王作云、杨志伟、刘兴土、陈刚起、马长辉、宋海远、李凤华、许洪之、刘银良、张栢、于宗波和于英;图像处理:华仁葵、曹伟和李田肃;清绘:陈丽艳,谨致谢意。

1979 和 1980 年 RBV 片、1980 和 1983 年 MSS CCT 磁带信息及以往有关资料来进行的。首先用 RBV 片在 1:5 万地形图上选取控制点,经底片纠正制成裱版 1:20 万黑白影像图,以检查地图和影像的配准精度(± 0.3 毫米)。解译的草图,又应用 TM 片进行了补充校核,提高了解译的精度。

(一) 主要地物的光谱特性与影像信息特征分析

遥感技术是根据地物对辐射波产生不同响应的原理,来识别土地利用和土地覆盖类型的。遥感图像是随地物的物理、化学性状的差异而显示其波谱特性的(色调、颜色和影像结构等)差异。因此,地物光谱反射特性的研究,是解译的物理基础和前提。三江平原地区的区域特点(寒温带大陆性湿润半湿润气候,冲积低平原,沼泽和沼泽化植被发育,荒地分布广,国营农场机耕地块大而连片等),农事历和物候期,不仅与南方不同,且与毗邻的吉辽两省也有明显区别。以图 1 实测地物光谱资料为依据,对应准同步卫星图像分析,

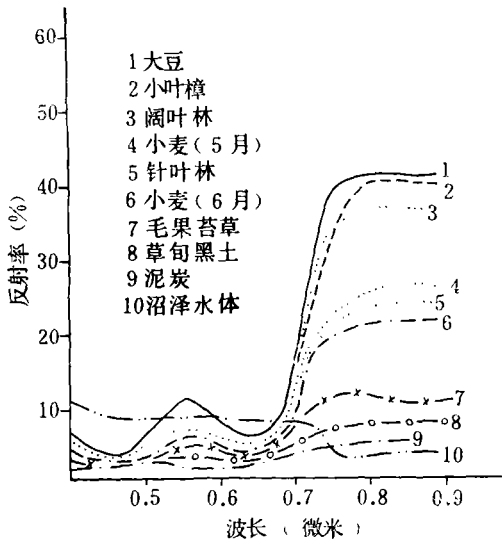


图 1 三江平原主要地物的光谱曲线

Fig. 1 The spectral curves of principal objects in the Sanjiang plain

可宏观地判别出林地、耕地、荒地、水域等土地利用类型。主要地物光谱反射曲线,有其各自的规律(峰值、谷值、斜率、拐点及均值),结合影像密度值的测定,可了解不同地物透射(反射)比及密度值的微小变化,从而解译有关地物类型。以拷贝负片为例,透射比与反射率成反比,而密度值与反射率成正比。例如沼泽植被、树木等,对红光表现吸收特性,其反射率则较低,而底片密度值则偏小,在图像(MSS 5)上显示偏黑色;对近红外波段则有强反射效应,底片密度值较大,在图像(MSS 7)上为淡灰一白色;泥炭、黑土和水体,其反射率偏低,在图像上均呈暗黑色调。绿色植被在近红外波段虽有较强的反射特性,但由于种属、植株、叶片、盖度及长势的不同,也反映

出若干差异。从图 1 中可见,小叶樟红外峰值最高(大于 40%),毛果、漂筏苔草及草甸黑土等偏低(小于 20%)。因此在红外区其反射差值有 15—20% 的变化幅度。不同物候期、不同农作物的光谱曲线,也反映出明显的差异:大豆在 8 月初正值开花盛期一结荚期,枝叶繁茂,叶绿素浓度大,反射红外强(42%),在黑白红外图像上呈白色,在标准假彩色合成像片上呈鲜红色;春小麦于 6 月初分蘖、拔节,反射红外较强,而其它大田作物(大豆、玉米)的小苗刚出土,还未覆盖地面,背景清晰,在耕地中易于分辨。小麦到 7 月份则近腊熟期,叶绿素含量很低,故呈暗灰色,到 7 月下旬有的小麦已收割、秋翻,在图像上显黑色,再结合方形、矩形的几何形态,黑白相间的耕地轮廓较为醒目。林地、荒地、水域、湿地等界限,也便于对比勾绘出来。毛果、漂筏苔草和芦苇等重沼泽(习惯上称为四类荒地),多位于低河漫滩及平原中的洼地中,常年积水(20—50 厘米),其部分叶片被水淹没,

出露水面的叶片仍具有反射红外能力,未被植被覆盖的水面、湿土又具有吸收光谱特性,在 MSS 6、7 图像上均呈深灰或黑色,并杂以细点状纹理结构。苔草—小叶樟、乌拉苔草、乌拉苔草—灰脉苔草等轻沼泽(亦称三类荒地),多分布在洼地边缘或微地貌稍高、排水条件稍好的低平地上,有季节性积水(5—20 厘米),其反射红外能力低于小叶樟,高于毛果苔草,故呈灰色调。江河湖泊水库和大型积水洼地,对红外有强烈吸收效应,在 MSS 7 上多呈黑色。至于近圆形、椭圆形地块(如裸露泥炭地、草甸黑土及秋翻地等),如只从多波段黑白像片判读,则易错判为积水洼地,应用假彩色增强图像,综合分析,即可加以区分^[1]。

(二) 最佳时相的选择和信息提取

土地利用和土地覆盖状况是随季节而变化的,根据不同要素的解译,选择适宜时相和增强处理,是提高解译质量的关键。

(1) 耕地解译: 根据物候期、农事历,选择黄绿分明的时相,进行反差增强和处理,即可收到理想效果。如春小麦于 7 月上旬即进入黄熟期、7 月下旬开始收割;而大豆则是开花盛期—结荚期、玉米是抽雄期。选此时相进行标准假彩色合成,三种作物的耕地界限的几何形态分明,色调各异(小麦地为蓝色、大豆呈鲜红色、玉米为棕红色)。该区的水田,多于 5 月份灌水播种、8 月中旬抽穗扬花,选此二时相合成,前者为蓝绿色、后者为黄绿色,结合规则状田埂和积水,则可与旱田、沼泽、沼泽化荒地、灌丛及森林区分开来。在穆稜河谷中的水田,单从八月份的卫星像片上不易识别,而采用 5 月份的 MSS 7 加 8 月份的 MSS 7 和 MSS 5,进行假彩色合成,则水田信息(红色几何形)就能醒目的突现出来(图版 I 图 2)。

(2) 林地解译: 常绿针叶林,除用 11 月份的卫星像片合成后识别紫红色调外,也可选择春秋两季(4 月中下旬,10 月中下旬即萌动期和落叶期)进行组合,针叶林可显示偏红色调,而阔叶林、灌丛均近黄色。对阔叶林解译则选早春初冬的展叶期(5 月上旬—6 月中旬)、落叶早期(9 月下旬),在合成像片上显示红色。其它草本沼泽植被刚返青,盖度小,偏黄色调,从而区分林、草界限。

卫星像片经过反差增强处理后再进行合成,使欲解译地物,处于胶片特性曲线的直线部分,从而提高了解译潜力¹⁾。

(3) 水体解译: 江河湖沼和水库,其反射通量均低,在近红外黑白像片上呈黑色,在假彩色合成像片上为暗翠绿色(当悬浮泥沙杂质等浓度增加,则逐渐趋向淡青或褐色),影纹结构紧密均匀。直线形大坝,为水库的明显解译标志;水渠、河堤多呈折线形,与背景对比,较为醒目。分析洪涝淹没范围,采用同一年份(或季节)丰枯时相、正负片组合法,效果明显^[2]。

(4) 其它用地解译(居民点、工矿用地): 多呈块状、灰蓝色特征,有立体感。此外居民点还具有与四周有放射状道路相联等特征。特别是用 TM 片进行校核补充时,大部分人工特征,均有独特的光谱显示。长方形物体(建筑物)4—5 个像元、线状物体(道路)0.5—1.0 像元、面状地物 3.0—4.0 像元都可分辨出来^[3,4]。

1) 孙太东等,多光谱彩色合成图象的改善与增强,长春遥感试验论文集,1979 年。

二、编制地理底图

地理底图是各要素定位、定量和了解地学相关规律进行综合解译的空间依据。我们采用了双标纬线(45°、47°N)等角正轴圆锥投影。其长度、面积最大变形误差都小于2‰。其长度比为:

$$m = n = \frac{\alpha \rho \mu_0}{r \times 100} \quad (1)$$

面积比(P)为:

$$P = m^2 \quad (2)$$

(1)(2)式中的m和n代表两个相互垂直方向,即经线与纬线方向的长度比。 α 代表圆锥投影常数, ρ 代表投影到平面上的极坐标向径, μ_0 代表比例尺(1:200000), r 代表地球椭圆柱体纬线半径(可查表求得)。据(1)(2)式,求得长度与面积变形不超过 $\pm 1\%$ (面积比:43°20'为1.001828855,44°40'为1.001889449,45°与47°为1.0000,46°为0.9996389;面积改正值:43°20'为0.998174433,44°00'为1.000303703,48°40'为0.998114114)¹⁾,精度能满足量测要求。因属等角圆锥投影性质,无角度误差,图上任何一点两个主方向放大或缩小的倍数一致,有利于局部转绘卫星图像的解译结果和底片的光学纠正。凡属卫星像片能解译出的,都用初步纠正的1:20万影像进行核实。影像分辨不出的,则从地形图上选取有方位和有控制意义的村镇、道路为佐证。应用RBV、TM片还可分级地解译出居民点、道路。政界、场界分别由省测绘局、国营农场管理局提供。因此,地理底图现势性强,精度高。

三、分类原则和体系

土地利用和土地覆盖图是反映人类活动对土地资源的利用改造、地表覆盖现状及其

表 1 土地利用现状图的分类及图例

Table 1 The classification and legend of the figure of current situation of land use

一级分类	二 级 分 类	图例编号
I 耕地	1.旱田 2.堤外地 3.不稳定耕地(低洼易涝地) 4.水田	1, 2, 3, 4
II 草甸	5.平地草甸 6.沼泽化草甸	5, 6
III 沼泽	7.芦苇沼泽(重) 8.毛果、漂筏苔草沼泽(重) 9.乌拉一灰脉苔草沼泽(轻)	7, 8, 9,
IV 有林地	10.针叶林 11.针阔混交林 12.阔叶林	10, 11, 12
V 疏林地	13.疏林	13
VI 灌草丛	14.灌丛	14
VII 无林山地	15.无林山地(迹地)	15
VIII 水域	河流 渠道 水库 湖泊 积水洼地	
IX 其它	居民点 铁路 公路	

1) 系由张力果教授计算。

空间分布规律的。它既是土地资源进行评价的基础，也是合理开发、综合治理的科学依据。根据区域特点、判读精度、比例尺和制图技术的要求，确定了以下分类原则：(1) 卫星图像的可解译程度；(2) 土地利用方式、农业结构相似性和地域差异性；(3) 生产上的实用性；(4) 一定层次等级的系统性和衔接性。按此分类原则，将该区划分为 9 个 I 级区、18 个 II 级区(表 1)。

四、解译步骤与制图工艺流程

三江平原地区土地利用类型的解译步骤和制图工艺流程分卫星图像选择与资料收集,图像处理与纠正,地理底图的编制,室内预判,野外试点,室内详判与综合分析,抽样验证,复核校对和编绘成果。编图工艺流程见图 3,图 4 为萝北地区的土地利用现状图。

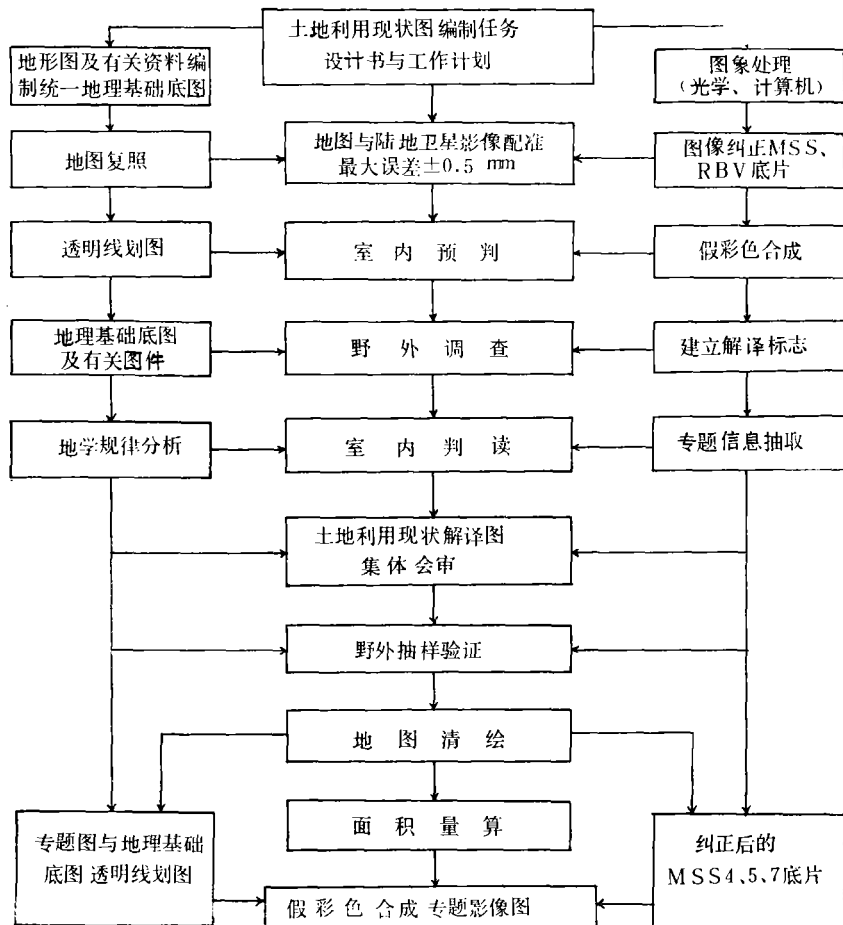
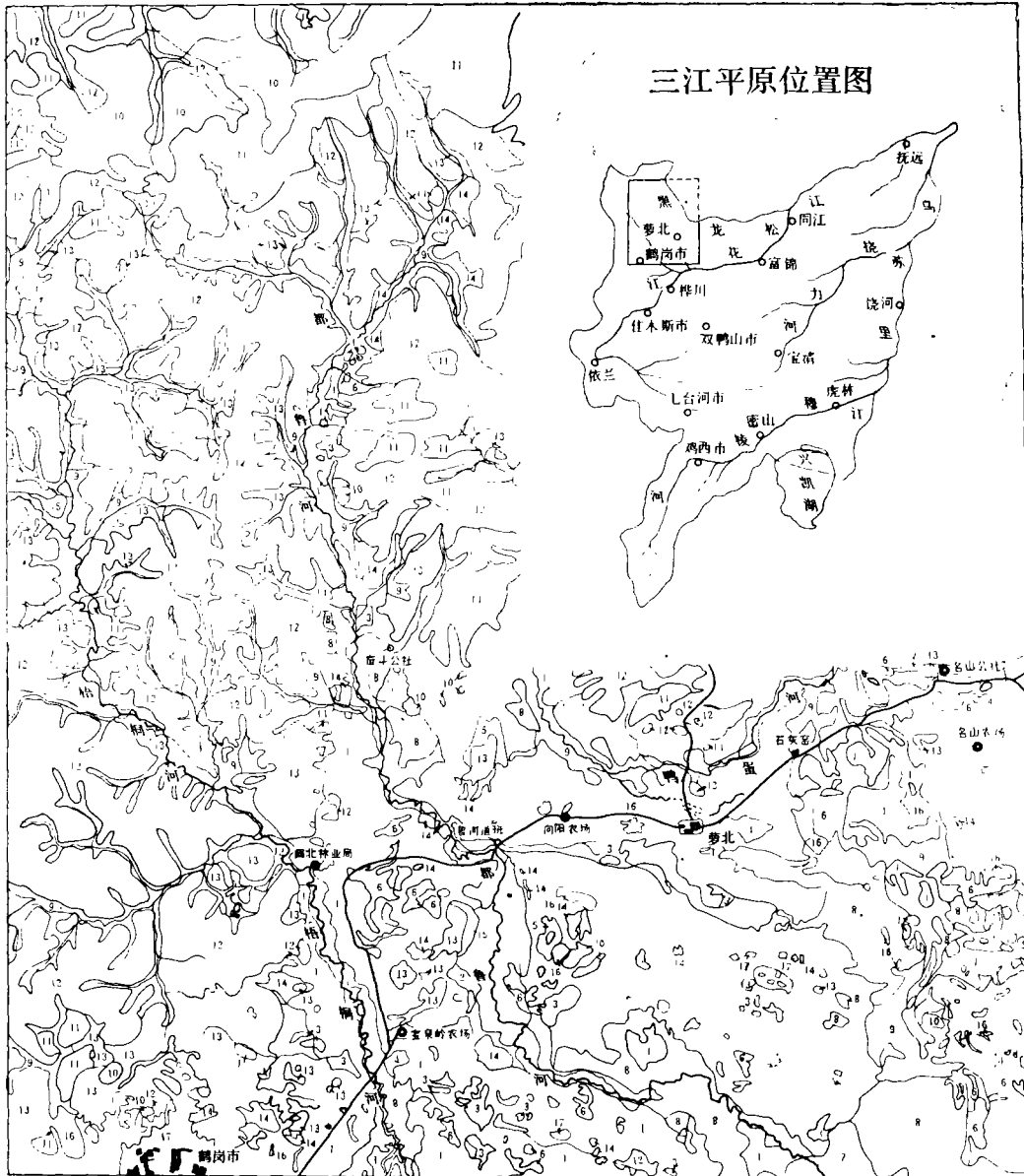


图 3 工艺流程方框图

Fig. 3 The technological process



注: 本图以1:20万地形图作控制, 利用4号陆地卫星图像(1983年)和MSS-1解译的, 参考了R、BV、TM及CC-T磁带信息, 进行了光学、计算机的图像处理, 并经过实地调查、抽样验证, 面积是利用数字求积仪量算的, 仪器误差: 2%。

图例

- | | | | |
|---------|-----------|----------|---------|
| 1 旱田 | 6 沼泽化草甸 | 10 杂类草地 | 14 灌丛 |
| 2 城外地 | 7 芦苇沼泽 | 11 阔叶林 | 15 无林山地 |
| 3 不稳定耕地 | 8 稻田(旱、果) | 12 针阔混交林 | 16 水域 |
| 4 水田 | 9 沼泽(草、藓) | 13 阔叶林 | |
| 5 平地草甸 | | | |

中国科学院长春地理研究所 1986·7

图4 三江平原(萝北地区)土地利用现状图

Fig. 4 The current situation of land use Sanjiang Plain(Luobei region)

五、卫星像片质量与成图精度分析

(一) 卫星像片质量分析

据美国宇航局资料分析, MSS 粗制片平面位置最大误差值为 759 米, 但因成像高度在 900 公里以上, 并已进行了 14 项误差纠正, 实际残留误差仅 200—450 米, 易与“兰伯特”等角圆锥投影地图对准。林格尔测量结果表明, 1:25 万—1:50 万卫星像片位置误差小于 2 毫米¹⁾, 因此, 我们采用的 1:20 万解译地理底图与经过光学纠正的卫星像片配赋了误差后编制的专题图是符合制图要求的。

(二) 成图精度分析

在制图过程中影响成图精度的因素很多, 主要反映在底图精度, 判对率, 上图单元的级别, 图斑定性、定位、定量的准确程度, 以及面积量算精度等方面。其中解译误差在成图过程的影响最大, 如错判某一地物, 将几倍于其它因素的误差。我们在别拉洪流域六个国营农场进行了判对率调查: 小麦和大豆作物的地块可达 100%, 其它地物单一、地块大于 0.1 平方公里的也可达 95%。另外, 于宝清县进行的 1:20 万土地利用类型解译试点, 判对率也在 90% 以上²⁾。还利用一景 CCT 磁带 (114—28 幅图像), 进行了计算机图像处理, 应用监督分类 (最大似然法), 有林地判对率超过 90%, 其它类型为 60—80%。据上述试点, 判对率设计指标为 90%、最小图斑为 2.5 平方毫米、面积量测误差小于 5‰。从解译、编图、清绘等工序, 即注意线划定位精度, 处处把关, 以免误差积累。各类资源数据的量算是采用 8409 型微机控制多功能量算仪进行的。首先量算三江平原地区总面积, 在三江平原地区内凡属 1:20 万国家基本地形图的完整图幅, 可从高斯-克吕克斯座标表中查得理论值, 非完整图幅经精心量算后汇总获得总面积数, 以此为总控制面积。其次, 分别量算各市、县、农场的总面积, 然后汇总相加, 求得总面积。同总控制面积相比, 误差小于 5‰。然后再按面积大小比例求得系数, 进行平差。第三步以县为单位, 按类型逐个图斑进行量算, 每个图斑量算三次取平均值, 编号后分别记录在表格上和图斑内。这不仅可防遗漏, 且便于以后检查或修改。一个县内的各类图斑的面积数相加, 同该县的总面积相比, 误差小于 5‰, 并按各类型面积大小比例求得系数进行平差, 最后求出全地区的各类资源面积数据, 同时求出用地结构比。这种方法, 我们称之为多级控制, 层层平差法。

六、土地利用现状分析

三江平原地区共有 22 个县(市)、254 个乡、4 个国营农场管理局的 52 个农场、8 个森工局的 12 个林场 (包括县、市属)。其利用现状如下:

(I) 耕地: 该地区自解放初期的 8551.8 平方公里增至 1983 年的 37778.9 平方公里, 占总面积的 34.7% (净增 3.4 倍)。近些年来由于连续干旱, 开荒速度较快, 平均年增加耕

1) 齐国光、白增生等, 卫星像片的土壤解译及其成图精度, 中国农业科学院土壤肥料研究所、山西省农业科学院土壤肥料研究所, 1980年。

2) 刘兴汉执笔, 宝清县土地利用和土地覆盖卫星像片解译图说明书, 1982年。

地 1333 多平方公里。如别拉洪河北岸,在 1978 年卫星像片上还是沼泽、沼泽化草甸,1980 年“洪河农场”新建后,大面积沼泽荒地垦为农田,在 1983 年卫星图像上,渠道纵横,田连阡陌;宝清县的大、小挠力河之间,1976 年的卫星像片上,只在几个较高的砂岗上分布有另星的次生阔叶林地,周围均是积水较多的沼泽荒地。1978 年开荒建点(东升乡)后,沿岸围堤,耕地逐年扩大,1983 年已有耕地 133.3 多平方公里^[5]。上述两个地区,皆因地势低洼,1981 年均受洪涝威胁,造成减产和绝产。因此,加强水利配套工程建设,确保稳产高产是当务之急。有的沼泽化草甸,应控制开荒,发展牧业;一些典型沼泽类型,应建立保护区,克服盲目开垦现象。此外,常受盐碱涝害威胁的低洼地、“堤外地”,以及“超坡地”,“挂画地”,应逐步限期退耕还牧、还林,发展多种经营,以副促农”。耕地中的水田比例甚小(只占 4% 左右),从国内外沼泽地开发利用经验看,发展水田是很重要的方向,也是合理调整作物结构、满足人民多种粮食需要的问题。并应有计划地因地制宜地建立“苇渔稻”体系。还要保持耕地的稳定性和人口的一定平衡,采取有力措施,使农业生态进入良性循环轨道。

(II) 草甸: 占总面积的 10.6% (其中沼泽化草甸居多占 68% 左右),从开发与治理相结合的角度看,现有草甸只零星分布,也不宜再垦,应加以保护并发展牧畜业。

(III) 沼泽: 现有各种沼泽类型约 11164.2 平方公里,占总面积的 10.3%。几十年来,已垦沼泽荒地约 26664 平方公里,在大型商品粮基地建设方面,作出了一定贡献。但由于沼泽面积日趋缩小,已影响到区域小气候的变化,旱涝风灾不断加重,酿成一些明显的不良后果。应重新规划,改变盲目开荒、单纯种粮的局面,发挥沼泽地的牧草、药用植物、纤维植物、芦苇、珍禽、鱼类等生物资源优势,开展多种经营,促进全面发展。使它进一步起到蓄水、削减洪峰、均化洪水过程、调节气候、净化环境等多种功用^[5]。对区域生态平衡有重要影响、有科学研究意义的沼泽类型,应规划为自然保护区,有的要改沼育林,建立良好的生态环境。

(IV) 林地: 现有约 25223.5 平方公里,覆被率为 23.2%,但分布不均,主要集中在小兴安岭、完达山、老爷岭三大林区(如穆稜县占 53.6%),平原区较少(抚远县占 4%、富锦县仅占 1.2%)。因此平原农业区应以营造多功能、高效益的农田防护林为重点,有计划地发展用材经济林,提高覆被率(10% 左右为宜)。

(V) 疏林地、灌丛和无林山地: 共 8079.2 平方公里,占总面积的 10%,尚未得到充分利用。要合理规划,坚持采伐抚育并举的方针,及时转入以林为基础、培育后备林的轨道。

(VI) 水域: 共 4414.2 平方公里,占总面积的 4.1%。江河、湖泊、水库、泡沼较多,鱼类饵料生物丰盛,渔业生态环境多种多样,发展养殖业条件优越。据统计有捕捞价值的鱼类达 30 多种。鲤鱼、乌苏里蛙、大麻哈鱼、哲罗鱼等特有品种,仅分布在黑龙江水系,生产潜力很大。今后应有效利用这些广阔水面,发展人工养殖业。

(VII) 其它用地(居民点、交通、工矿用地): 共 6624 平方公里,占总面积的 6.1%。应减少非农业用地,利用废弃地,贯彻“尽量少占、不占耕地”的方针。

1) 张养贞等,三江平原地区土地资源图的编制说明书,中国科学院长春分院三江平原攻关办公室,1985 年。

结 语

三江平原地区的土地资源,为各业发展、兴边富民,提供了得天独厚的自然条件,几十年来在商品粮基地建设中,作出了一定的贡献,但还存在着若干问题,迫切需要一个合理开发与整治的总体规划方案。这次解译的现状图(图 4)、影像地图(图版 I 图 6)、资源复查数据及综合评价等资料,为该区农业合理开发论证、综合治理、实验基地建设、保持生态平衡等专题研究,提供了基础资料和科学依据。实践证明,应用遥感技术进行土地利用与土地覆盖调查,速度快,精度高,经济效益好,有推广价值。

参 考 文 献

- [1] 刘兴汉、赵华昌等,三江平原别拉洪河中上游地区沼泽荒地及土地利用状况变化的研究,长春遥感试验论文集,吉林人民出版社,1981。
- [2] 刘兴汉、赵华昌,遥感技术在土地利用动态研究中的应用,地理科学,1(2),1985。
- [3] 孙育秋,七十年代以来美国土地调查遥感应用的发展,地理研究,4(1),1985。
- [4] 村井俊治、柳田聡,セマテイツクマツパ——画像の特性,写真測量とリモートセンシング, Vol.23, No. 3, 1984。
- [5] 中国科学院长春地理研究所沼泽研究室著,三江平原沼泽,科学出版社,1983。

Remote Sensing Analysis and Mapping of Land Use (Sanjiang Plain as an Example)

Zhao Huachang Liu Xinghan

(Changchun Institute of Geography, Academic Sinica)

Abstract

This paper was written on base of the general remote sensing reexamination of resources in Sanjiang Plain which is about 18,900 km². In this article we discussed the achievements of current situation map of interpretation, image map, data of resource reexamination and comprehensive evaluation in the following six aspects: the selection and application of remote sensing data, the making of geographic basis map, the principles and systems of classification, the steps of interpretation and the technological process of mapping, the analyses of the quality of satellite image, the precision of map and the current situation of land use. The methods and achievements discussed in this article are high precise, fast, high economic efficient and are valuable to extend.

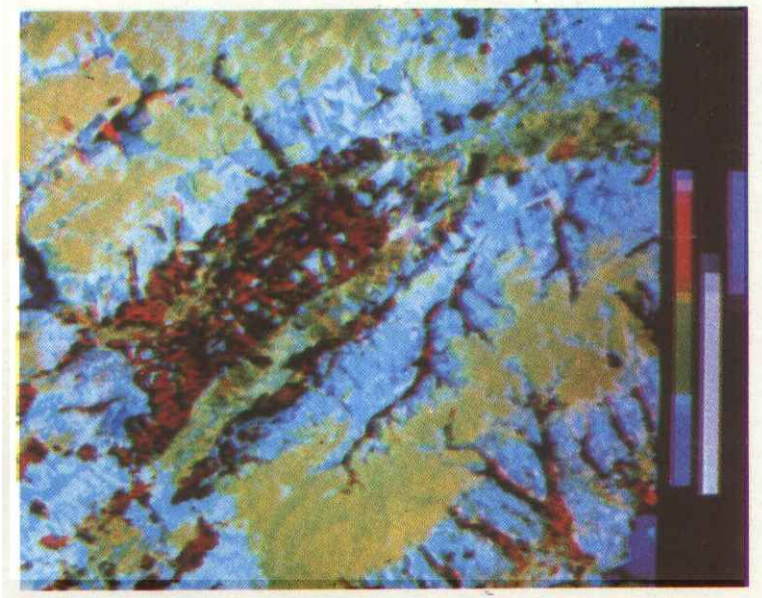


图 1 水田信息提取（黑龙江省密山县地区）
红色为水田，青色为旱田，黄绿色为林地，绿色为沼泽荒地，深蓝色为水域



图 2 三江平原（松花江中游依兰）地区土地利用现状影像图
1. 耕地，2. 草地，3. 沼泽，4. 林地