

# 彩色红外航空遥感技术在西藏农田非耕地系数测算中的应用研究与实践\*

刘纪远 俞志谦

(中国科学院遥感应用研究所)

1989年1月26日收稿

## 摘 要

西藏自治区的耕地多分布在藏东、藏南河谷地带,多数耕地地块破碎,形态各异,并且有大量的非耕地成分混杂其间,即使采用大比例尺图件,也难以测量准确的耕地面积。为准确查清耕地面积,在西藏土地资源调查工作中,独创地采用了彩色红外条带航空摄影,计算机图像处理系统求算彩色红外航空像片耕地样地中非耕地系数值和建立不同地貌、不同耕地类型非耕地系数检索表等系统的方法。该方法已在全藏调查工作中普遍推广,提高了调查精度,缩短了调查时间,大大减少了人力和经费投入。该项研究为我国山区耕地面积调查提供了有效的手段。

**关键词** 非耕地系数 条带采样彩色红外航空摄影 计算机图像处理系统 检索表

## 一、前 言

由于国民经济建设的需要,耕地调查成为西藏土地资源调查工作中最受重视的组成部分。西藏的农耕地绝大多数分布在藏东、藏南海拔4500米以下的宽谷河滩地、河流阶地、洪积扇、洪积台地以及河谷两侧较为平缓的坡地上。大多数耕地地块破碎,田块中嵌有大量不规则的各类非耕地成分。根据有关技术规程,只有宽度大于4米的线状地物和面积大于2亩的零星地物才能在调查中给予扣除,而其它非耕地成分则只能采用另外的办法进行扣除。

该情况在我国其它地区的调查工作中,尤其是在山区,也都普遍存在。在内地的调查工作中,一般采用测算非耕地系数的方法。已经使用的方法有:

(1) 实测一定数量有代表性的样地,分不同耕地类型、不同地貌或坡度给出系数均值,用于全部地块非耕地系数值的指定\*\*;

(2) 全面实地丈量或测图,该方法在平坦规整的农田调查中可以使用,但所需人力甚

\* 本项工作系西藏自治区土地利用现状调查工作的组成部分,在西藏自治区土地管理局的领导下进行。参加本项研究的还有丁家志、支毅乔、纵坚平、郑柯、王长有、李爽、金燕虎、孙毅、关威等。中国土地勘测规划院李伯衡、李妍姝、薛保平,国家土地管理局向洪宜,西藏自治区土地管理局李建平、何明鲁、姜顺勇对本项工作给予支持和帮助,提供了宝贵意见。本文经王长耀审阅并提出宝贵意见。特此致谢。

\*\* 全国土地资源调查办公室编,土地利用现状调查技术文集第一辑,1986年5月。

多;

(3) 采用航空像片显微测量放大镜直接在航空像片上测量, 然后与实测样地进行必要的回归分析, 调整镜测结果。该方法在田块规则的平原地区显示出较大的优点<sup>[1]</sup>, 但在山区使用则有明显的局限性。

为探索一条在西藏和我国广大山区切实可行的非耕地系数测算方法, 我们应用了彩色红外航空像片测算非耕地系数的方法。进行该项研究的前提是: 首先从指导农业生产和基层单位经济计划、土地管理的需要出发, 必须使每一单独田块的非耕地系数测算具有绝对误差值小于 5% 的测算精度。还有要充分发挥遥感和计算机技术的作用, 使关键技术问题的解决局限在一个小范围的研究班子内, 而使定型后的操作方法简单易行。

该项工作的航空遥感与方法研究于 1985—86 年进行, 全面推广应用为 1987—88 年。目前, 全藏土地资源调查的野外工作已基本完成, 本项研究成果对于在调查中缩短调查时间、减少人力物力消耗、提高调查精度起到了重要作用。

## 二、非耕地系数测算彩色红外样片及检索表生成的方法研究

产生彩色红外航空像片的非耕地系数测试样片, 编制与其配套使用的检索表是应用彩色红外航空遥感技术测算农田非耕地系数的关键环节。经过反复探讨, 形成了如图 1 所示的工作流程框图。现将主要工作阶段分述如下。

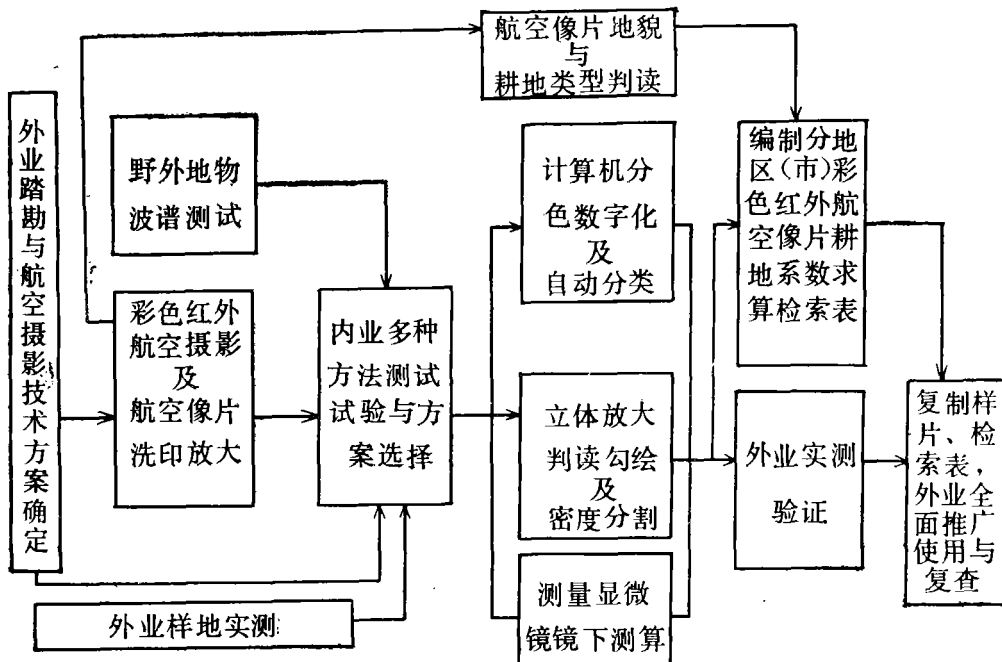


图 1 应用彩色红外航空遥感技术进行非耕地系数测算的工作流程框图

Fig. 1 Scheme of Adopting Intrared Colour Aerial Photograph to Calculate the Non-cultivation Coefficient

## (一) 资料获取与外业勘测

### 1. 彩色红外航空像片的获取

彩色红外航空像片能够记录并且用色彩来表示地物在可见光及近红外光波段的反射率差异。由于绿色植物在近红外波段反射率较高, 不同植物种类之间以及植物与非植物之间在该波段反射率的差异较大, 因此彩色红外航空像片上耕地中农作物与各类非耕地有明显的影像差别, 有利于耕地与非耕地的区分<sup>[4]</sup>。为了全面反映西藏不同地区各类农田非耕地系数的情况, 提高航空像片测算精度, 在航空摄影方案设计中特别注意了飞行路线及时相的选择。设计确定采样飞行条带主要考虑要包括全藏有耕地分布的各种不同地貌类型和耕地类型, 并具有一定的重复量。航空摄影路线及其它主要技术参数详见表 1。时相上则选择西藏农作物生长盛期的 6—8 月, 以利用农作物与无农作物覆盖的田块在此时相具有的最为明显的影像色彩差别。

### 2. 地物波谱测试

采用 100 AX 型多通道辐射计对西藏各耕地及非耕地类型进行了地物反射波谱的野外测试, 选用与彩色红外航空像片蓝、绿、红三个染色层的感光波段一一对应的三个测试波段, 测试时相与航空摄影一致。

表 1 西藏非耕地系数测算彩色红外采样航空摄影条带一览表

(1986 年 6—8 月, 航空摄影仪 RC-8,  $f = 152\text{mm}$ )

Table 1 Table of Sampling Strip of Colour IR Aerial Photographs for  
Non-cultivation Coefficient Calculation in Tibet  
(Jun.—Aug. 1986, Camera: RC-8,  $f = 152\text{mm}$ )

地区 (市)	航空摄影路线	路线长 (公里)	路线宽 (公里)	航空摄影面积 (公里 <sup>2</sup> )	绝对航高 (米)	航空像片 比例尺	航空像片数
拉萨	曲水东部—拉萨城 关—达孜西部	48.6	37.0	1798.2	8000—8600	1:2.5 万	359
拉萨— 那曲	拉萨城关—当雄— 班戈—无人区玛依 岗峰	610.0	8.0	4880.0	10020—10320	1:3.5 万	284
山南— 林芝	琼结—乃东—加查 —林芝—工布江达	480.0	8.0	3840.0	8720—9620	1:3.5 万	171
日喀则	萨迦—江孜—谢通 门—日喀则—拉孜	270.0	8.0	2160.0	9120—9920	1:3.5 万	103
昌都	丁青—类乌齐—昌 都—察雅—八宿	390.0	8.0	3120.0	9320—9820	1:3.5 万	141
合计				15798.2			1058

同类地物的反射光谱特性在同一时相内是基本稳定的, 但也因受某些因素影响表现出一定的差异。例如同种作物因灌溉、施肥及播种时间的差异均会造成反射光谱特性的变化。对于类似因素造成的影响, 在大量抽样的情况下可视为随机因素处理, 并假设所测某类地物的反射率值是正态随机变量。这样, 测试值服从  $n - 1$  个自由度的  $t$  分布 ( $n$  为样本数, 即某类地物的采样数)。由此可给出该类地物的置信区间:

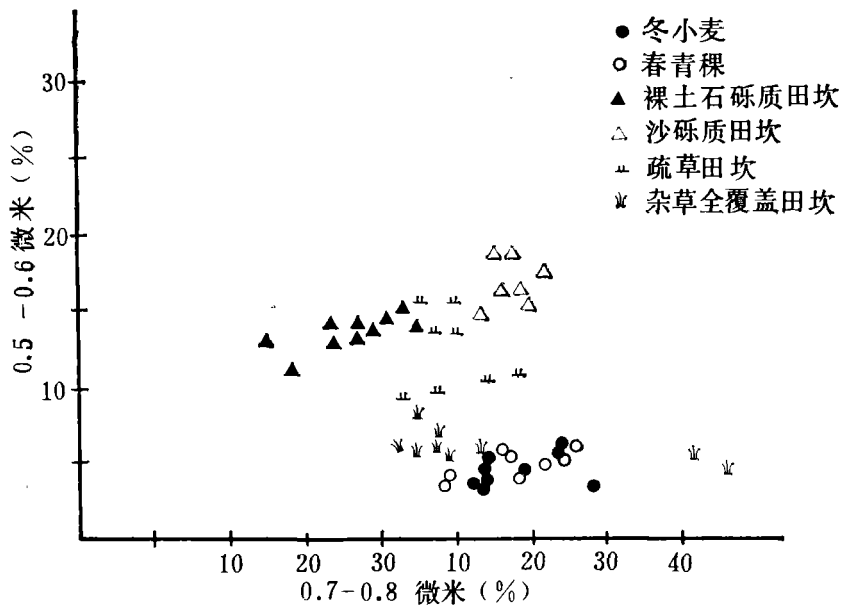


图 2 几种农作物与非耕地波谱反射率的集群趋势(西藏山南地区, 1985 年 7 月)

Fig. 2 The Clustering Tendency of the Spectral Reflectances of Crops and Non-cultivation Components (South Tibet, July, 1985)

表 2 西藏山南地区农作物与非耕地分波段反射率的分布区间(95% 置信区间, 1985 年 7 月)

Table 2 The Distributed Areas of the Spectral Reflection of Main Types of Crops and Non-cultivated Components in South Tibet (Confidence Interval: 95%, July, 1985)

地物 反射率 (%)	波段		
	0.5—0.6 微米 彩红外航空像片兰染色层陆 地卫星 MSS 4	0.6—0.7 微米 彩红外航空像片绿染色层陆 地卫星 MSS 5	0.7—0.8 微米 彩红外航空像片红染色层陆 地卫星 MSS 6
冬小麦	4.46 2.58—6.35	3.18 1.11—5.24	28.65 21.71—35.59
春青稞	5.20 3.59—6.81	3.11 1.58—4.64	29.13 21.36—36.91
裸土石砾田坎	14.23 11.72—16.74	16.58 11.78—21.38	18.29 11.15—25.43
疏草田坎	12.14 6.11—18.17	14.06 6.64—21.49	23.98 17.42—30.53
沙砾田坎	17.30 12.46—22.14	21.33 17.04—25.61	28.27 23.72—32.82
杂草全覆盖田坎	6.31 3.59—9.03	6.07 1.29—10.84	26.92 6.11—47.73

$$\left[ \bar{x} - \lambda \sqrt{\frac{s^2}{n}}, \bar{x} + \lambda \sqrt{\frac{s^2}{n}} \right]$$

其中:  $\lambda$  是  $n - 1$  个自由度的  $t$  分布的临界值,

$\bar{x}$  与  $s^2$  分别为反射率的均值和样本方差。

根据上式,求出了各类有关地物在 95% 置信度情况下的置信区间,见表 2。

另外,又以与彩色红外航空像片蓝染色层对应的 0.5—0.6 微米波段和与该类航空像片红染色层对应的 0.7—0.8 微米波段构成二维空间,绘制散点图,分析了几种农作物与非耕地波谱反射率的集群趋势(图 2)。

分析结果证明,利用彩色红外航空像片上提供的三维地物波谱特征信息,无论采用计算机自动分类还是人工判读的方法,都能够有效地将农作物覆盖的田块和裸露的或杂草覆盖较少的田坎加以区分,但对于被杂草全覆盖的田坎,则很难凭波谱特征差异将其与农作物相区分,在这种情况下只能借助于航空像片的高分辨率,用人工判读来加以识别。这一结论对于确定室内测算非耕地系数的方法发挥了关键作用。

### 3. 外业样地实测

为确定各种室内测算彩色红外航空像片非耕地系数方法的精度,特在室内测试的样地中选取不同类型的农田进行了实地测量。采用经纬仪配合小平板仪,成 1:500 或 1:1000 大比例尺耕地平面图,然后用 KP-90 型电子求积仪和微机数字化量测系统进行耕地田块与总面积的量算,最后求出非耕地系数。

## (二) 室内测试航空像片非耕地系数方案的确定

### 1. 计算机自动分类测算非耕地系数

在该项工作中利用了 IRSA-2 和 I<sup>2</sup>S-101 两种图像处理系统。工作过程框图见图 3。

首先实现彩红外航空像片的模数转换,即把图像上的点  $(x, y)$  的亮度,转换成与

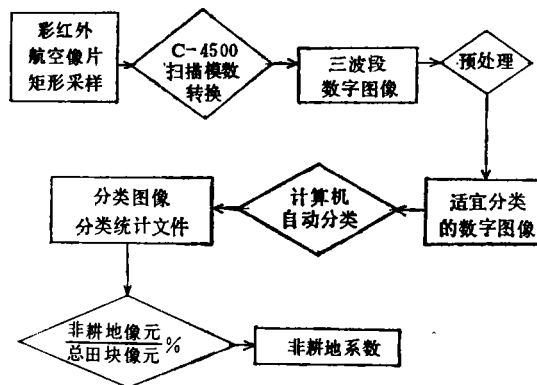


图 3 用计算机图像处理系统测算非耕地系数的过程框图

Fig. 3 Scheme of Non-cultivation Coefficient by Digital Image Processing System

该亮度成正比的数字  $f(x, y)$ , 该项工作采用 C-4500 扫描仪完成。进行彩红外航空像片扫描时加滤光片分别得到蓝、绿、红三色的分色数字图像。这就相当于把彩红外航空像片上的影像分成 0.5—0.6、0.6—0.7、0.7—0.8 微米三个不同的波段来加以数字化, 从而反映出地物的分波段波谱反射特性。

在数字化过程中, 采用 256 灰度级, 12.5 和 25 微米两级光栅孔径进行扫描。这样就使数字化后的像元尺寸为航空像片上的 1/80—1/40 毫米, 与彩红外航空像片 20—30 线对/毫米的分解力相近。这一尺寸在 1:2.5 万航空像片上约相当于地表 0.3—0.6 米, 完全可以满足识别耕地中非耕地成分之需。

将扫描得到的数字图像用跟踪球围成非耕地系数测算样地多边形子区 (见图版 I 图 4), 然后用系统中的直方图均衡化、正态化和局部增强、分段线性密度变换等功能改变原图像的亮度对比, 从而有利于分类时的操作观察<sup>[2]</sup>。

以上预处理工作完成后, 就形成了样地可直接用于计算机自动分类的三维数字图像, 在计算机图像处理系统的图像监视器上读取地物分波段密度数据样本, 然后与野外地物波谱测试数据进行相关分析, 其分析结果证明, 由于航空摄影的相对高度只有 4000—5000 米左右, 且西藏的大气透明度又较高, 因此在地物的分波段影像密度值与野外波谱反射率测试值之间存在着很好的相关关系。因此, 在对地物波谱特征信息的集群趋势进行分析后所得结论, 可在室内确定非耕地系数测算方法时直接加以应用。

采用的计算机自动分类方法是监督分类方法。该方法根据操作人员在图像监视器上选定的耕地与非耕地训练区所提供的样本, 通过选择特征参数, 建立判别函数来对各像元进行分类, 然后由计算机自动完成非耕地像元在样地像元总数中所占的百分比, 即样地的非耕地系数值的测算。这里采用了最小距离法来建立判别函数, 该方法适用于所区分的地类在谱空间中不重叠的情况。因此, 当田块中的非耕地没有杂草覆盖或覆盖较少时, 可用此方法完成样地分类及非耕地系数测算。

## 2. 人工放大判读与密度分割测算

为进一步解决计算机自动分类难以完成的杂草全覆盖田坎与农作物的区分问题, 必须依靠彩色红外航空像片的高分辨率特征进行人工判读。首先, 采用 ZOOM ZT4-S 转绘仪进行航空像片变焦放大, 进行立体判读, 放大倍数 6—16 倍。然后将彩色红外航空像片上作为样地的耕地地块中净耕地的边界转绘到白纸上, 并将耕地与非耕地成分分别着色。最后在 Md-4200 图像处理仪上进行密度分割, 并经该设备自动完成分类统计, 求出非耕地的像元数与总像元数之比, 即非耕地系数值。

由于采用人工放大判读和密度分割测算面积, 本方法最大限度地利用了航空像片本身的波谱分辨率和地面分辨率, 同时具有较高的测算精度。可以对包括计算机自动分类无法有效区分的各类非耕地和农耕地进行高精度地区分测算。与自动分类相比, 此法的缺点在于作业速度较慢。

## 3. 镜测求算非耕地系数

10 倍航空像片测量放大镜具有最小间距为 0.1 毫米的刻度尺, 可准确量测宽度大于 0.05 毫米的物体。也就是说, 在 1:2.5 万的彩色红外航空像片上, 可丈量 1.25 米以上宽度的线状地物。利用该方法测算非耕地系数, 除用于样地外, 还可在野外利用航空像片直接

核对某些地块的非耕地系数, 从而成为彩色红外样片配合检索表方法的重要补充手段。

为取得较高的测算精度, 首先在选定的样地中随机抽取一较大的田坎宽度样本。具体作法是在航空像片上与耕地中田坎和其它线状地物斜交, 布置间距约相当于实地 100 米, 长度为实地 200—300 米的测线 5—8 条, 读取全部非耕地成分宽度, 然后用非耕地成分宽度的累加值除以测线总长度, 即为该样地的非耕地系数值。

此方法由于利用了人工放大判读, 所以同样可以区分全部各类非耕地成分与农作物, 但由于测量放大镜放大倍数及最小刻度有限, 而且采用抽样统计方法, 所以测算精度略低于前两种方法。

以上三种非耕地系数测算方法与实测值的对比及精度分析结果见表 3。由该表可见, 各类测算方法与实测的最大较差均小于 4%, 达到了技术要求。

表 3 利用野外实测数据对室内各种非耕地系数测算方法进行精度分析的结果  
Table 3 Accuracy Analysis of Non-cultivation Coefficients Calculated Indoor  
with Field Measurements

实测地点	实测方法	室内测试方法	耕地地貌部位	耕地类型特征	内外业测试较差	
					最大%	平均%
拉 萨	经纬仪加小平 板仪大比例尺 测图, KP-90 求积仪量算	A	洪积扇	梯田水浇地, 形状不规则	0.60	0.25
拉 萨		B	同上	同上, 有部分休耕地	0.83	0.23
拉 萨		B	宽谷河滩地	平坦水浇地	0.70	0.26
拉 萨		A	同上	同上	0.52	0.20
拉 萨		C	同上	同上	2.90	0.50
加查县		B	狭谷河流阶地	平坦水浇地, 田坎不规则	1.12	0.33
加查县		B	同上	同上, 且为草覆盖	1.24	0.36
加查县		B	洪积台地	同上	1.67	0.39
加查县		C	同上	同上	3.50	0.60

表中室内测试方法: A 为计算机自动分类, B 为放大判读勾绘加密度分割, C 为镜测。

采用上述三种方法, 在各摄影条带的彩色红外航空像片上共选择约 600 块样地进行了测算。样地的选择主要参照表 4 的检索分类系统, 以确保各类样地的代表性。

考虑到航空摄影中心投影特性产生地形投影差对量测精度的影响, 除在航空摄影方案设计时充分利用高空飞机的升限, 采用较长焦距的镜头外, 还在彩色红外航空像片上选择测试样地时尽量在像主点周围选择, 以减少地形投影差的影响。当然, 为进一步减少航空像片投影差所造成的影响, 提高样地测试精度, 可对航空像片进行正射投影纠正。由于西藏尚无对大比例尺单条带航空像片进行纠正所需的控制点测量数据, 故该设想未能实现。今后在内地进行类似工作时, 在有条件的地区, 可进行这方面的试验, 以进一步提高测算精度。

### (三) 地貌与耕地类型判读及检索表的编制

在取得了彩色红外航空像片上耕地样地的全部非耕地系数测试值之后,为了不仅控制整体精度,而且能准确地测定每一单独地块的非耕地系数值,进而对在野外实地利用样片资料测定非耕地系数值的方法进行了研究,分述如下。

#### 1. 检索表分类系统的建立

作为检索表分类系统,分类所涉及各级要素应容易从航空像片上加以判读,这样才能作到简便快速,适宜推广。另外,该系统应包括本区域内全部耕地类型。基于上述考虑建立了非耕地系数测算检索分类系统(表4)。

表4 西藏彩色红外样片非耕地系数检索分类系统

Table 4 The Indexing Classification System of Non-cultivation Coefficient of IR Air-photos in Tibet

第一级	第二级	第三级(系数分等, %)		
		1	2	3
A. 宽谷河滩地	I. 水浇地,不需排水	<10	10—20	>20
	II. 水浇地,需排水	<20	20—40	>40
	III. 旱地	<10	10—20	>20
B. 狭谷河滩地及河流阶地	I. 连片平坦水浇地	<10	10—20	>20
	II. 梯田	<20	20—40	>40
	III. 缓坡旱地	<10	10—20	>20
C. 洪积扇及洪积台地	I. 梯田水浇地	<20	20—40	>40
	II. 梯田旱地	<20	20—40	>40
	III. 缓坡地	<10	10—20	>20
D. 残坡积地	I. 梯田水浇地	<20	20—40	>40
	II. 梯田旱地	<20	20—40	>40
	III. 旱坡地	<10	10—20	>20

由于地貌对田块中非耕地成分起控制作用,故将地貌部位列为一级类型,农田是否灌溉,是否修梯田以及排水、坡度等情况对非耕地系数均有直接影响,故将其列为2级类型。经以上两级分类后仍存在同一耕地类型中非耕地系数差异较大的情况,故在三级以10—20%的差值为间隔,划为三个等级。在每一等级的栏目内,填入10—20块彩色红外航空像片样地的编号及测定的非耕地系数值。

#### 2. 彩色红外样片与检索表的分地区制作

西藏各地区(市)耕地类型不尽相同,根据野外调查和航空像片判读,确定了各地区的2级类型,并按照分类系统的要求,针对各地区(市)的情况;在航空像片上选定经非耕地系数测试的,有一定数量的不同类型耕地作为样地。然后根据各地区(市)的需求,将样片复制多份。在建立非耕地系数检索表的基础上,配齐相应的样片,从而形成完整的非耕地系数对照检索资料。

### 三、样片检索表法测算非耕地系数的实际 运用与精度、效益分析

#### (一) 样片配合检索表法的实际运用

用彩色红外样片配合检索表测算非耕地系数的方法如下:

首先对待测定系数的田块所需地貌、坡度、灌排水以及是否修梯田等情况进行航空像片判读和实地调查。然后在彩色红外样片和检索表中找到相应类型的近似样地, 用该样地的已定系数值作为其系数值, 或者对比调查地块与各近似样地的微小差异, 对应给定的系数值作适当的修正, 使之更符合实际。经过简单的培训, 全体野外调查人员都可以熟练地掌握上述方法。

#### (二) 样片配合检索表法的测算精度分析

在西藏的部分调查中利用本方法完成了野外测算工作之后, 我们对不同地貌及耕地类型的地块进行了抽样检查, 见表 5。检查结果证明, 该方法完全可以达到将最大测算误差控制在 5% 以内的技术规程要求。

表 5 样片配合检索表法确定农田非耕地系数的外业实测验证结果  
Table 5 Accuracy Analysis of Non-cultivation Coefficients Defined by the  
Method of IR Air-photo/Classification Indexing with Field Measurements

被调查地区(市)	被调查县	有无采样航空摄影区	耕地所处地貌部位	抽查点位数	合格率 (%) <sup>*</sup>	平均较差 (%)
拉萨	曲水、林周、堆龙、达孜	有	宽谷河滩地及洪积扇	36	91.7	1.6
林芝	米林、工布江达	有	狭谷河流阶地及洪积台地	12	100.0	1.7
阿里	普兰	无	河流高阶地	7	100.0	2.5
日喀则	拉孜、仁布、亚东、江孜	有	宽谷河滩地、阶地及洪积扇	39	94.2	2.6
平均值					94.7	2.13

\* 较差 >5% 为不合格, 合格点位 >80% 者为合格成果。

#### (三) 样片配合检索表法测算非耕地系数的效益分析

彩色红外样片配合检索表测算非耕地系数的方法, 是一套全新的方法。其应用潜力, 除了看能否达到必须的精度指标外, 还要看它的实际效益。为此, 特列表 6, 试图对效益问题给出一个基本的估计。

从表 6 可见, 对西藏这样一个地域辽阔, 耕地分散的地区, 各种实测方法所需人力和时间均是无法满足的, 而采用某些统计方法又无法达到把足够精度的非耕地系数值落实到单独地块上去的要求。相比之下, 本文介绍的方法不但节省人力和时间, 在经济上也是

表 6 各类非耕地系数测算方法的效益对比  
Table 6 The Benefits of Different Methods in Non-cultivation Coefficient Calculation

方 法	适用范围	推广的可能性	野外作业时间		经 费	
			人·小时/ 100 亩	全藏(人·年)	元/100 亩	全藏(万元)
大比例尺测图配合求积仪量算	山地、平地。包括不规则地块。	需人力时间甚巨,无法推广	15	200	30	120
非耕地逐段量算扣除	平坦地区,对地块不规则的山地无法进行。	在西藏和其它山区无法推广	6	—	12	—
典型样地实测,其它地块用统计值推算	山地与平地。只求总体面积,达不到单独地块测算精度。	在土地资源详查中以牺牲单独地块精度为代价,不宜采用。	—	—	—	—
彩色红外样片配合检索表法	山地与平地,包括不规则地块	易推广和操作	0.2	3.4 (含室内测算时间)	18 (含前期费用及交通费)	72 (含前期工作及交通费)

较为节省的。

#### 四、结 语

通过在西藏土地资源调查工作中利用彩色红外样片配合检索表法测算非耕地系数的方法研究与实际推广应用,得到如下认识。

(1) 在彩色红外航空像片上利用室内方法测算非耕地系数值有三种可行的方法。

第一种方法: 计算机自动分类。该方法适用于耕地与非耕地成分具有较明显反射波谱特征差异的地块,其测试误差可控制在 1% 以内。

第二种方法: 人工放大判读勾绘配合密度分割求算系数。该方法适用于各种类型的耕地,较第一种方法费时,但仍可将测算误差控制在 2% 以内。

第三种方法: 航空像片放大镜测法。该方法最适用于平坦规则的地块,但在野外作为一种补充手段时,也可用来测算不规则地块。该方法测算精度略低于前两种方法,但仍可将测算误差控制在 5% 以内。本方法具有简便易行和节省经费的明显优点。

(2) 为使大量的测算样片在野外测算非耕地系数时得到充分的应用,根据地貌和耕地类型按不同区域制作检索表是十分必要的。在彩红外样片和检索表齐全的情况下,经过简单讲解和示范,一般外业调查人员均能掌握这一方法。

(3) 彩色红外样片配合检索表测算非耕地系数的方法在西藏土地资源调查工作中已全面推广使用。实践证明,它具有几个特点: ①充分应用遥感和计算机技术,大大降低了野外工作的艰苦程度,成几十倍地缩短了调查时间。②将调查数据落实到每一个单独地块,单独地块的系数测算误差可控制在 5% 以内,从而使调查结果能够更有效地服务于经济建设和土地管理工作。③该方法的成功推广降低了调查成本,具有明显的经济效益。

(4) 彩色红外样片配合检索表法测算非耕地系数, 对于除西藏以外的我国其它地区, 尤其是耕地地块破碎复杂的山区具有一定的推广意义。

### 参 考 文 献

- [1] 王长耀、刘纪远、王长有, 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, 第 3 期, 1984 年。  
[2] 刘纪远, 应用遥感技术进行西藏高原当雄县牧区土地利用现状详查的方法研究, 环境遥感, 第 4 期, 1987 年。

## The Study and Practice on the Application of Colour Infrared Aerial Remote Sensing Technique to Non-cultivation Coefficient Calculation in Tibet

Liu Jiyuan Yu Zhiqian

(Inst. of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

### Abstract

The cultivated land of Tibet Autonomous Region is distributed mainly in the river valleys of the east and south Tibet. Most of the cultivated fields were scattered in broken pieces, which, varying in their different patterns, mix up a large quantity of non-cultivated components. And therefore, it is difficult to measure the accurate areas under cultivation even with large scaled data. In order to make thorough investigation, the systematic methods were adopted creatively which includes (1) taking sampling strip aerial photographs; (2) calculating the value of non-cultivation coefficients of sample fields in the infrared colour air-photos by digital image processing system; and (3) Setting up the non-cultivation coefficient indexing table in different geomorphologic conditions and types of cultivated lands, etc. The methods that have been spreaded in the investigation of whole Tibet, have improved the investigation accuracy, shortened the time and reduced the expenses of manpower and funds. The study also provided efficient methods to investigate the cultivated areas in other mountainous regions in China.

**Key words** non-cultivation coefficient sampling strip aerial IR photographs digital image processing system indexing table

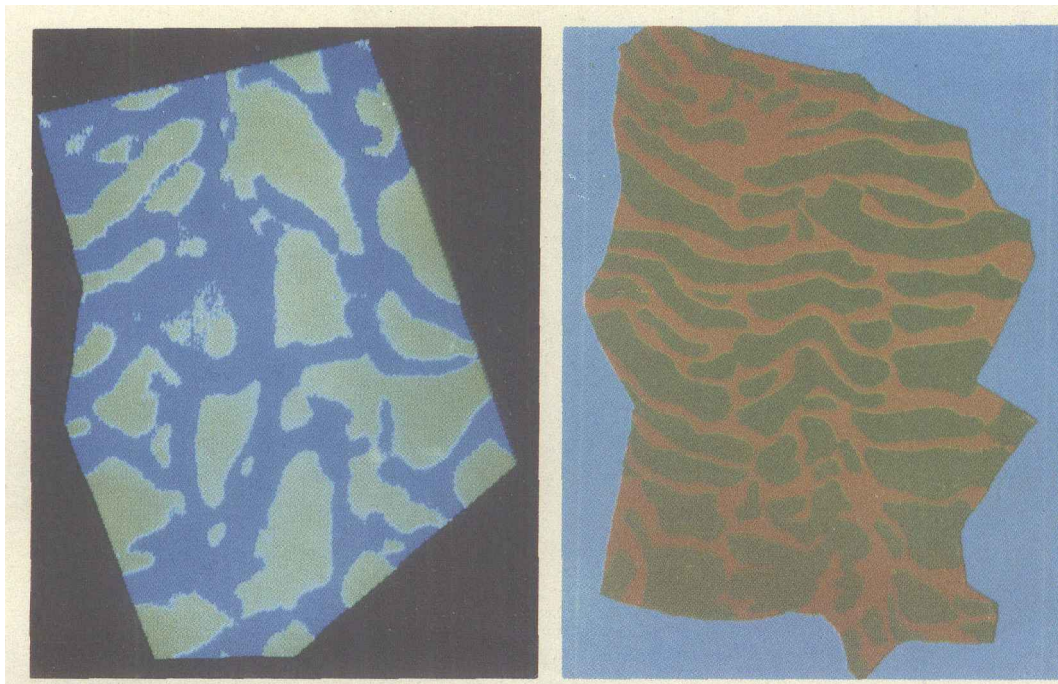


图 4-1 计算机自动分类的图像显示

图 4-2 密度分割的图像显示

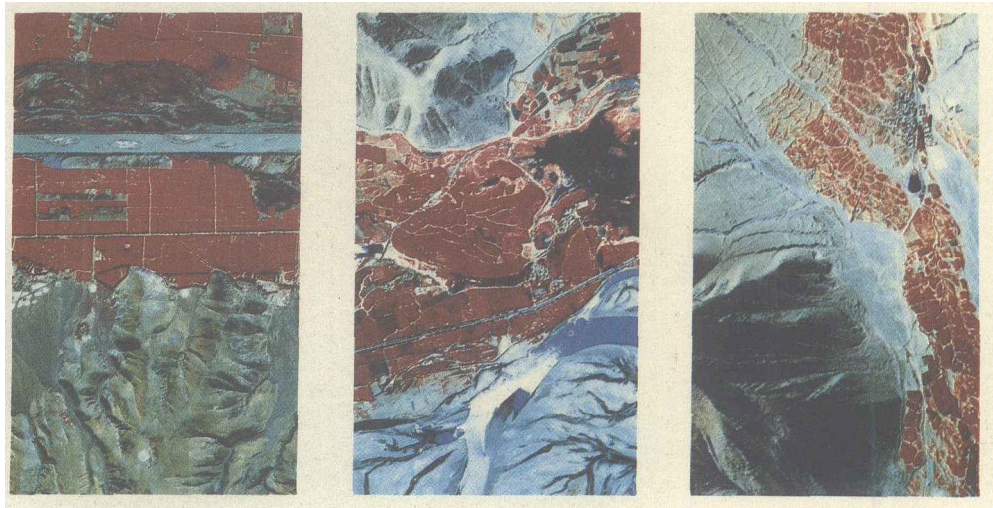


图 4-3 不同地貌与耕地类型, 不同非耕地系数的彩色红外样片  
非耕地系数值:左6.5%(样片中部),中23.8%(样片中部),右22.8%(村庄左侧)

图4 西藏彩色红外航空像片非耕地系数测算样片