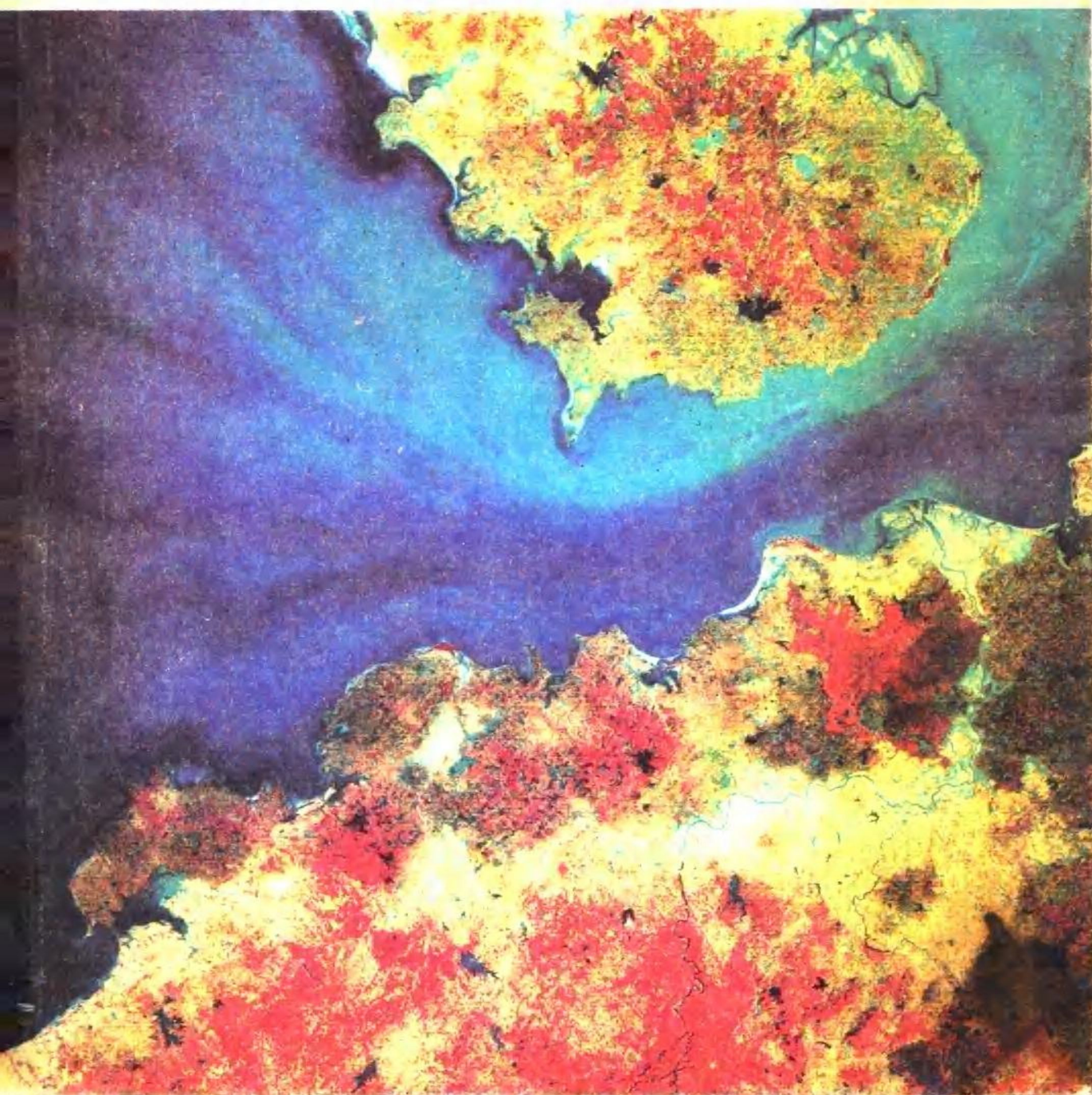


海 南 岛

航空像片判读文集

中国科学院遥感应用研究所



海南岛 航空像片判读文集

中国科学院遥感应用研究所

测绘出版社

内 容 简 介

本文集是我国海南岛地区航空像片综合利用和专题制图研究的初步总结。全书十三篇文章，分别讨论海南岛的地质构造、岩体类型、火山喷发、成矿环境、海岸地貌和农业土地类型等问题，总结在资源调查和系列成图中航空像片综合利用的作用和效果，分析各种专业要素的判读标志和方法，探讨多光谱摄影和生物地球化学等技术手段，并且提供了一部分判读样片。还附有一组通过航空像片判读而编制的专题地图的样图。

本书可供农、林、地质、地貌等专业判读人员和其他有关科技人员参考。

海 南 岛 航 空 像 片 判 读 文 集

中国科学院遥感应用研究所

*

测绘出版社出版

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 9 · 字数 205 千字

1981 年 11 月第一版 · 1981 年 11 月第一次印刷

印数 1—1,500 册 · 定价 1.65 元

统一书号: 15039 · 新 212

前 言

六十年代初期至七十年代中期的十五年间,我们曾在海南岛进行过三次航空像片的判读试验。1963年到1965年着重于自然条件和自然资源的综合判读与制图,目的是探求应用一次航测摄影资料,判读编制出一套专门的自然地图的方法与步骤。经野外典型样片调绘,总结判读标志,在室内判读编制了地貌、坡度组合、土壤、现状植被、土地利用、农用地形图等六种样图,以1:25 000、1:100 000、1:200 000等三种比例尺表示。嗣后,编印了儋县全境1:25 000地貌结构图、土壤图、土地利用状况图、现状植被图和1:50 000土地类型图和土地利用图,显示了像片判读成果的快速和详尽的特点,证明像片的综合利用是一种费用低而效果大的方法,以这种方法判读编制的各种自然条件与自然资源图是同时编出的,在内容上是互相协调相互补充的。其发展前景已为后来其它国家推行的系列成图所证实。1973年到1975年间,为了解全海南岛的农业和热带作物的利用现状,进一步规划其发展方向,布局其开发地域,进行了全岛的1:100 000土地类型及土地利用状况图的判读与编制工作,证明这种扼要地把有关自然条件综合概括成土地类型特征,对土地资源进行质量分析,合理确定各类土地的开发利用方向,是有价值的。再加上土地利用现状与程度的表示,有发展前景的地区和规模便大体了然。1976年到1978年上半年为配合普查找矿,在原有地面地质成果的基础上,用新一代航空像片,判读编制了1:200 000海南岛航空地质图,证明在断裂体系和侵入岩分期、分布方面,较地面工作有突出的优越性。同时,为准备多波段的地质遥感试验,在一些已知矿区或成矿有利地段进行了岩石、矿石及植物的地面光谱特性测定和地面多光谱摄影试验,进行了植物种的生物地球化学采样分析,都取得了一些试验成果。

事实证明:断续三个阶段所获得的成果,如果从综合利用航空像片的观点而不是仅仅从某项工作的一时需要出发,实际上是可以一次判读全部得到的。这样做表面上看是一项动员面广的庞大任务,其实从总体上说是省时省力的。更重要的是这样做以后,取得了一整套关于自然条件与自然资源的现状和开发程度的系统情报,这是传统的地面调查方法所难以同时提供的。

为了反映试验情况和有利于交流经验,我们收集了十三篇文章以及部分样片和样图,汇编成这个文集。本书主要反映了三个方面的情况:(1)海南岛航空像片综合利用和农业资源条件的判读与制图;(2)航空像片在地质和矿产调查方面的应用;(3)遥感技术试验。为了便于印刷,典型像片统一编排在书的后部。另外,为了反映专题地图系列成图的问题,书末附了一组(五幅)专题地图样图。

还应当指出,本书有关判读的各篇文章,都是目视判读的成果和经验总结。看起来这是些初级的工作,但是:(1)它是具备专业知识的人的能动性产物,是整个判读工作的基础。因为诸如确定各种标志在判读某个自然要素中的地位和作用,探讨标志编制成计

程序的可能性，分析标志组合的计算程序，圈定判读对象的准确性，以及计算机自动识别成果中的错判成分的抽出等等，都不能不仰赖于建立综合应用直接的和间接的、定性的和定量的标志上的经验判读。计算机助识别中训练场和地面采样点设置的必要性则从正面证明了这一点；（2）发展遥感技术，要走合乎中国现实经济和技术条件的道路。在我国九百六十万平方公里的土地上，已经有了大量的航空摄影像片，在当前的建设中，如何挖掘潜力，综合利用现有的航空摄影像片去进行环境研究和资源考察工作，这对加速实现祖国现代化来说，是一项有重大现实意义的研究工作。遥感事业在我国正在起飞之始，经验的积累十分重要。本书中有些资料虽然搁置比较久了，但它今天仍不失其参考价值，本书所讨论的目视判读技术也并不失其实用意义。

由于水平有限，书中难免有错误和不当之处，请读者批评指正。

编 者

1981年2月

目 录

海南岛热带航空像片分析与农业制图的探索·····	陈述彭 (1)
海南岛西北部的地貌结构·····	陈述彭 (15)
海南岛的侵入岩类型与航空像片分析·····	陈正宜、蔺启忠 (29)
海南岛第四纪火山及火山岩的航空像片判读·····	傅秀银 (44)
铁矿成矿环境的像片信息·····	郑 威 (50)
某些地质构造现象的像片判读·····	林恒章 (54)
试用航空像片探讨海岸地貌的成因及发展·····	吕克解 (60)
海南岛土地类型的航空像片分析·····	魏成阶 (64)
农业土地利用判读及其间接意义·····	林恒章 (73)
铁矿层及含矿地层的地物光谱特性测定·····	阎守邕、任凤清 (80)
遥感找矿的基础研究之一——生物地球化学标志的地面调查与分析·····	罗修岳 (88)
地面多光谱摄影试验·····	张圣凯 (103)
多镜头地面多光谱摄影试验·····	阎守邕、任凤清 (109)
像片 (图版 1 至24) ·····	(115)
附图·····	(139)

海南岛热带航空像片分析 与农业制图的探索

陈 述 彭*

一、初步的调查

发展热带经济作物是我国当前重大农业任务之一，而海南岛和滇南又是热作的重点地区。1962年全国农业科学技术规划会议期间，中国科学院地理研究所指派了一个专题调查小组，对于在海南岛热带地区如何利用航空像片为热带资源开发与农业生产编制各种农业基本自然条件图和土地资源图的问题，组织了三个月的路线考察，并进行了航空像片分析与制图实验。以那大西北地区为例，调绘了七十幅航空像片，试编了六种试验样图，包括微地貌、坡度组合、土壤与土质、植被、土地利用和农用地形图。比例尺分为1:25 000、1:50 000及1:200 000三级，试图分别适应国营农场和人民公社、县级和专署农业领导部门生产管理和规划设计的不同需要^①。

海南岛的科学普查工作原有较好的基础，生产布局也已初具规模。但是随着农业生产现代化水平的提高，随着人们向自然斗争的规模日益扩大，所需要的地图就不再是满足于反映一般的区划概念和分布规律，而是要求深入具体的分析，定位、定量的数据，趋向于十分详尽细致的大比例尺制图，即大面积的、全面系统的科学资料。这是现代农业制图的一项普遍的国际经验，也正是海南岛农业生产当前的迫切需要。

试验证明，采用现代航空新技术的成就，特别是充分发挥航空像片中所蕴储的极其丰富的科学资料，确实是一种多、快、好、省的增产节约的方法。它大大改善了在热带丛林草莽中的野外制图条件，加强了勘察的目的性和计划性。在那大西北1200平方公里的范围内，大约进行200公里的综合剖面勘察和15个定点的典型像片（每幅面积约2.5平方公里）的分析，就可以大体摸清这个地面自然现象的成因和发生发展规律，摸清这些现象的基本结构和分布规律，保证在编绘各种基本自然条件和土地资源图时，在航空像片中划分类型、确定分布界线的要求。野外工作量和经费比1956年分县普查减少2—5倍。约需4000余工天的外业和30 000—40 000元的勘测经费，就可能使1959—1960年间国家投资摄制的全

* 这项工作由陈正宜、罗修岳、付肃性、左国之、黄绚、赵璞等同志共同完成。

● 考察小组是在热作所何康所长、地理所黄秉维所长的倡议下组织的。在海南工作期间，得到华南热带作物研究所、华南热带作物学院、海南农垦局设计室、儋县及各公社的领导的支持和指导，本文中提到的许多意见，是向他们请教学习得来的，谨此志谢。

岛航空像片, 不仅被用来编制出一种地形图, 而且可以编绘出成套的基本自然条件与土地资源图, 更好地为热带作物与其它农业生产服务。

无可讳言, 海南岛上常绿郁闭的热带雨林, 深厚的红色风化壳, 粗放的垦植与快速的更新等等, 确实对于航空像片的分析带来了许多技术上和理论上的难题, 需要作长期努力。但是根据海南岛的情况加以具体分析: ①由于它受季风、台风和寒潮的影响, 气候环境的分异与季节更替都比较明显; ②开发的历史很长, 使热带原始雨林、季雨林的保存不满6.4%; ③海南岛现有航空像片的比例尺大(1:14 000—1:16 000), 解像力高; ④前人积累了大量的普查成果, 为像片分析提供了宝贵的地面控制资料。这些都是海南岛航空像片分析的有利的条件, 使得为热带作物服务的农业制图有可能满足生产需要。

困难能否克服, 有利条件能否发挥, 关键在于调查研究的工作方法。如何运用辩证唯物主义的综合观点和现代新技术的分析基础, 具有决定性的意义。实验证明: 如果能够以自然综合体的发生、发展过程和分布规律作为分析与制图的理论依据, 以路线剖面、选点观测等野外“控制”调查与立体量测、密度分析等内业数量分析相结合作为“综合成图”的研究手段, 以统一协调和相互参证的原则和方法来克服各种专业分析与制图之间的矛盾, 在统一的科学领导与技术规定下, 在农业生产部门和有关科学家的共同努力之下, 可以保证各种专门制图的同时进行与完成。换言之, 只有在航空像片“综合利用”与农业“综合制图”的密切配合与具体实现的条件下, 才能真正做到事半功倍, 使许多困难问题迎刃而解, 在经济效益上增产节约, 在科学质量上和使用效果上得到可靠的保证。

二、现阶段农业生产上的需要

归纳调查访问农场、公社和各级领导的意见, 海南岛农业生产上当时迫切需要进行以下三方面的像片分析与农业制图工作:

(1) 重点国营农场和人民公社田间基本建设和生产管理使用的地图。这种地图, 主要是作为解决地权整理、土地评价与合理利用、居民点、水利、交通网设计、土壤改良与水土保持、安排机耕定额、制订管理与产量计划的科学依据。比例尺要求在1:10 000到1:25 000之间。

这类地图对于农业生产和农村经济生活起着很直接的作用: 一方面是用来解决农田(或农场)基本建设的问题, 例如有的橡胶农场要求在农场范围内区分出哪儿有厚层红土覆盖的花岗岩剥蚀台地, 哪儿是紫色砂岩的剥蚀台地, 因为后者不宜于定植橡胶。有的公社中要求查明那儿有厚层铁核层或铁盘层的分布, 因为它们会导致油棕幼苗的死亡。在南部沿海一带椰林最理想的部位是冲积扇的前缘和滨海堆积台地的外缘。在中部山区梯田扩建的上限不宜逾越山麓坡积裾中部的潜水出露线。为了适应改良酸性土壤和建筑房屋的需要, 需查明在海南分布稀少的石灰岩的分布; 为了减少探井, 需查明地下含水层的规律。这些都是农村中最受欢迎的调查研究工作。随着农村形势的好转和集体经济的巩固, 海南岛许多人民公社发展多种经营、加强农田基本建设的计划已经提到日程上来了, 对这些具体的科学资料的需要与日俱增。试验证明, 通过细致的航空像片分析与综合制图是可能加

以解决的。另一方面,是用来解决农业经济内部的矛盾问题。国营农场与人民公社的田地往往是犬牙交错地分布的,地权的争议与水源的纠纷,成为农业发展中的新问题。例如:森林砍伐而橡胶幼苗尚未成林以前,一些雏谷梯田或望天田发生水源枯竭、抛荒废弃的现象;而刀耕火种的习惯,有时严重损毁了防护林和橡胶林。不少农场缺乏必要的粮食、饲料和蔬菜基地,不得不仰给于远距离运输;不少公社需要解决牧场,薪炭用材的草坡、林地,增加副业收入。可见整理地权、统筹安排副业基地和排灌系统,有利于正确处理全民与集体所有制之间的矛盾,缩短人民公社对于国营农场生产水平与生活水平上所存在的差距,还具有巩固工农联盟、加强民族团结的重要政治意义。海南农垦局设计室在西联农场的经验,曾经利用航空像片,只用十几个工天的调绘,代替了原来设计需要1:5000比例尺地籍图的测绘工作,在某一个水库区清查出来的零星分布水田,就比1:10 000地形图上表示出来的多出10 000亩。利用航空像片进行土地整理、划分土地类型、制订农场规划的效益,是十分明显的^①。

(2) 编制为农业企业领导部门服务的地图,为研究解决某些特定农业生产问题提供比较精确数据和设计资料。例如,核实全岛范围的定植橡胶情况,根据对一些热作农场的抽样试验,利用现有1:15 000左右比例尺的航空像片可以区分出分期分批定植的橡胶,量测它们的株行距和树高,包括防护林网格的宽度和高度,查明不规则定植的老胶林的范围、橡胶的郁闭程度和林下灌丛,都达到很高的准确程度。虽然是1960年的像片,不足以反映近来的新变化,但不难从统计得到弥补,而且增减的数量不超过25%。以全岛范围而论,目前不少部门估算的定植面积相差半倍或一倍,比根据航空像片量测的误差显然大得多。其它热带作物如成龄的椰子或油棕,成行的剑麻、香茅,成片的甘蔗等,在一定条件下,同样具有识别及量测的可能性。

又如在为沿海渔捞养殖和海涂围垦服务方面,航空像片同样显示了无可代替的优越性。在白马井、新盈港一带的试验证明:像片分析有力地克服了对潮浸地带和海底地形野外观测的自然限制,例如春江河口三角洲上四期河道变迁的轨迹和江心沙洲的消长规律、两侧淤泥质红树林海滩的萎缩、二级滨海沉积阶地、七条沙堤的演变等,通过1—2个横断面的观测就可以详尽地描绘出来。在光照条件比较理想的像片上,对水下20米以内溺谷、暗礁、栏门沙和浪蚀海滩、海面波浪的扩散晕及其对不同海岸的冲击方向和强度,也可以进行推断和计算。这在国际文献中不乏成功的经验^②。对于养殖场、海涂围垦的场址、渔港选址和工程设计,都是不可缺少的海岸地貌和动力地质资料。南海热带水产资源极其丰富,目前90%都被资本主义国家所掠夺。海南岛渔捞和养殖业的发展前景是难以估量的。

(3) 编制为农业综合发展,为农、林、牧、副、渔的全面规划服务的成套基本自然条件图与土地资源图。按1:200 000比例尺计,全海南岛每种图约10幅左右,这是一项农业科学技术的基本建设工作。农业生产问题,只有综合地调查、研究和评价自然条件、资

① 根据葛其铮同志介绍的经验。

② 参见American Society of Photogrammetry: Manual of Photographic Interpretation, 1960。

源和经济,全面考虑它们之间的相互联系和依存,制订综合性的规划、计划和措施,才能因地制宜,合理解决。在系统总结前人普查成果的基础上,利用航空像片加以充实和提高,编制成套的专门地图,全面反映最基本的农业自然条件和土地资源。它们统一编制,互相协调,便于对比,既可用于分析全岛范围自然规律和地区差异,又可用于研究农业技术政策和措施。只有在比较坚实的微地貌图、土壤图、植被现状图和土地利用现状图的基础上,才有可能进一步编制侵蚀作用强度图、垦前复原植被图等,才能进一步研究农业综合自然区划,进行不同土地类型的农业综合评价,才能进一步结合热水平衡定位试验的灌溉定额或土壤改变定位试验的施肥方法,制订因地制宜的技术方案,为长远的农业发展规划提供可靠的科学依据。可见成套农业自然条件图的编制,只是提高农业科学技术水平和生产水平的第一步,但却是基础的一步。例如橡胶宜林地的选择,也是这样复杂的综合性例子,需要步步深入,才能层层落实。一方面,目前在海南岛有哪些自然因素的影响,哪些地理环境的差异,领导部门和基层生产单位通过多年来的调查研究和生产实践,已经掌握了普遍性的规律或概念。另一方面,关于橡胶适生条件与丰产试验,也已经积累了大量的成果。例如,不同品系的适生丰产试验,灌溉定额的试验,土壤肥力与改良的试验,以及根系发育、芽接与割胶技术的季节,定植密度与坡度的关系,产胶量、生长量与土壤母质的相关等等^①,都有了初步的难能可贵的结论和数据。但是这两方面如何联接起来,让普遍性的规律、概念和单项试验的结论、数据落实到地块上去,因地制宜,制约平衡,计算出生产技术的指标来,中间的一个关键环节,就在于精确地像片量测与制图。对于具备水利或其它有工程技术素养的人员来说,这个环节的重要性是无需赘述的。

以上三个方面,是既有区别,又有联系的制图任务。例如第一类以农场或公社为重点的典型分析,就是第三类全面综合的积累和基础;第三类从地带规律所制订的统一原则和规范,又将作为指导第一类制图的依据;第二类专题的分析也就是第三类的组成部分。如果在我国能够分期分批地进行,不仅将对海南岛农业生产水平进一步的提高作出直接的贡献,而且有可能在较短时期内超过台湾岛的科学调查研究水平,为我国滇南和亚、非、拉美的热带作物地区提供切实可行的技术经验。可见,无论在农业生产上和政治上,其意义都很重要。

三、不利与有利条件

1. 具体困难的分析

热带地区的航空像片分析,至今国际上仍然缺乏成功经验^②。在海南岛热带地理环境下的具体困难,可概括为如下四个方面:

(1) 结构复杂的常绿雨林植被:海南岛有维管束植物2613种,分隶于1040属,214

① 参见中国科学院、中华人民共和国农垦部:《华南热带资源开发科学讨论会会刊》(1957年8月)及近年《热带作物科学研究》历年刊载的有关橡胶栽培与生态环境的论文。

② 例如D.A.Francis: The Use of Aerial Photographs in Tropical Forests, 《Unasylva》 Vol. 11, No. 3, 1957 (P 103—109)。

科^①。特别是季雨林，林相结构十分复杂，根据在五指山和黎母岭测绘的两个垂直结构剖面，它们的上层树冠高达30—40米，形成参差不齐的多层结构，分群分丛很不明显，再加上大量藤本和附生寄生植物，大多数是常绿植物，错综复杂地生活在一起，形成一个难解难分的生物群落。要想单纯通过航空像片分析来辨认植物种属，划分群丛类型，的确是极其困难的。但是，①经过了长期的历史开发，海南岛残存的原始热雨林面积已不足全岛面积的6.4%^②。②受季风气候的影响，既有台风寒潮活动，又有明显的旱季，热带雨林、季雨林已经被人为或天然灾害破坏，即为萌生林所代替（占全岛总面积17.5%）。热带干旱草原型的灌丛草地、稀树草原、沙荒植被的面积也很广，它们大都种属比较简单，高度小，层次少，季节变化明显。③森林分布一般按垂直分布规律和采伐搬运距离的局限，都在海拔600米以上，而热带雨林主要在600至1200米之间的中山沟谷荫蔽地段，亚热带常绿阔叶林主要在800至1600米之间的山脊上，1400米以上则为生长在孤峰陡崖上的“山顶矮林”。可见热带作物发展和农垦的需要，只是一个局部性的问题。而且了解了它们的分布规律和演替方向以后，也将有助于在航空像片上参照地形部位来判读森林类型。自然，从为热带森林开发服务的目的出发，作为热带森林航空方法的理论技术问题，一方面应该进行彩色、多光谱航空摄影与像片分析等新技术的探索，另一方面有赖于热带植物群落学的深入，改进植被调查与制图方法，摸清雨林、季雨林的群落结构及其在不同生态环境的相变规律，那么通过树冠的分析，来推断下木和林下植被才有一定的依据。

（2）深厚的红色风化壳：海南岛除总面积10%的500米以上山地外，一般活动积温约在8000°至9000°C以上，而又有出现0°C以下低温的可能。除西部滨海地区雨量在700至1000毫米之间外，一般雨量均在1000毫米以上，东南部雨量超过2000毫米，而又以雷暴雨和台风雨为主，季节分配不均，变率为20%至50%不等。生物作用活跃，有机酸丰富，化学风化远较高纬地带强烈，如结晶石灰岩大都溶蚀成低谷。物理风化也比高纬地带强烈。第三纪以前的地层，除石英岩类抗蚀力强、突露地表成为露头之外，其余大都为松散深厚的风化壳所被覆。花岗岩类的风化壳有时可深达20米以上。即便在地面观测，埋伏的基岩也不得不通过堆积物的矿物扩散晕来判断，在航空像片上可以直接判读的地层标志，自然就更隐蔽了。尤其是更新世以前的古风化壳，普遍经历了红壤化和砖红壤化的过程，深红色的铁氧浸染，抹煞了各种不同母质的砂砾或壤质堆积层应有的区别。

在这种情况下，在航空像片上判读岩层的产状和构造走向的轮廓，例如紧密的复式褶皱、从砾岩风化出来的“再生砾石层”、石英岩脉的侵入等等，如果没有前人的记录或野外路线观测作为控制，是很可能判读错的。地层年龄的确定，地貌和沉积物的发生发展过程，更不能代替地层学的其它现代方法如古生物、孢粉、同位素鉴定，航空物理勘探和多光谱、彩色航空摄影的研究。A.A. 博格丹诺夫（Богданов）早已指出^③“航空地质学”

① 参见侯昭宽、徐祥浩著“海南岛的植物和植被与广东大陆植被概况”一文（植物生态学与地植物学资料丛刊，第四号，科学出版社，1955年）。该文转录正宗严敬（日）著《海南岛植物志》（1943年）统计：海南岛计有特有种10属、特有种估计500种左右，约占海南岛现有种的20%，比附近的海洋岛屿要少。例如我国台湾特有种占42.9%（在3658种中有特有种1605种），菲律宾特有种占72.5%（在7620种中特有种占5832种）。

② 根据1956年“开发海南岛热带资源规划方案”对海南岛的森林面积的统计资料。

③ 参见 M.H. 彼得鲁谢维奇（Петрушевеч）《应用航空方法进行地质测量与找矿》一书中译本的序言。地质出版社，1958年。

的称号是片面的。但是另一方面,对于大部分地区的地质制图并不是无能为力的。海积、冲积及洪积的松散堆积物判读,并没有很大的困难。其它地层大部分可据微地貌、地植物、甚至土地利用等间接标志作为判读的依据。利用前人的观测记录作为地面控制与野外路线综合剖面 and 典型像片的方法相结合,我们曾经在儋县北部划分了20个岩相组,其中包括不同时期的四期玄武岩类和三期花岗岩类。目前,海南岛的地质普查资料详略不一,偏重于金属矿区的勘探和地层系统的记述。如果从农业生产出发,反映出全岛范围的岩相和构造,注意到地下水源和土壤改良的需要,利用航空像片来编制微地貌图和农用地质图就很有实践意义了。

(3) 对自然历史过程的认识不足:摸清自然历史过程,是编制农业生产中所需要的各种条件图的理论基础。但是热带景观自然综合体的发生发展过程十分曲折复杂,要想从航空像片上研究它,那是困难的。例如土壤形成过程,就包含着自然历史的因素,自然环境的因素以及人为的因素。荷兰J.S.维尼波斯(Veenbos)指出,为了土壤制图的目的,利用航空像片有许多限制因子,影像仅仅显示了影响土壤形成和分布的条件,而不是土壤本身,并不能反映各土层的物理、化学性质和剖面厚度^①。И. И. 普留兴(Плюсин)也认为不结合野外观测,不能精确地鉴定和标绘土种。例如航空像片上所反映的色调,除受航空摄影中的许多技术条件的影响之外,土壤本身形成因子和小环境也有复杂的影响,包括母质矿物成分,风化壳的土壤化程度,地形部位,坡度及其对水分,盐分分布的影响,耕作的深度和时间等等。多因子的多项式分解,在理论上曾经有过广泛地探讨^②,目前还处在新技术装备条件下进行的试验阶段,在生产上推广还有地区的局限性。热带砖红壤和红壤的研究,不仅可资借鉴的像片分析方法和经验不多,甚至对砖红壤和红壤的属性和分布规律也还没有一致的意见。例如在一些旧的土壤图上,根据有限的点线调查,把儋县西北部的广大玄武岩台地普遍划为砖红壤,只能说是从土壤发生学所引伸的概念,或者单纯从气候地带作出的推论。实际上砖红壤的分布面积很小,如果弄清楚第四纪后期(Q₄)喷发的玄武岩和滨海平原的新堆积物,它们都还没有经过砖红壤化的阶段,就不会混为一谈。因此,利用航空像片进行土壤制图的时候,不能单纯从土壤本身着眼。我们同意戴昌达同志的意见:“成土因子理论和景观学说,是进行航空像片土壤判读的重要理论依据,通过像片上判读景观类型,分析景观要素特点来了解被摄影地区的土壤资料,是进行航空像片土壤判读的重要方法”^③。在儋县西北部的实验结果证明,利用航空像片来编制大比例尺的土壤图,要想区分砖红壤与红壤、黄壤化红壤与褐红土等气候地带性的土类,在摸清各个地段自然历史过程的基础上就不难把它们在地图上确定下来。例如:现在已经是萌生林或稀树草原植被,而土壤却是当初发育在热带季雨林下的砖红壤;现在已经是开垦地,而土壤仍然保存着当初在森林下的属性。通过野外综合制图的观察,或者依据前人所提供

① 参见 J.S.Veenbos: Aerial Photo-interpretation and Analysis for Soil Survey and Land Classification Purpose.

② 例如 Ю.С.托尔切里可夫的文章:影响航空像片上耕作土壤色调的自然因素,苏联科学院航空方法实验室论文集,第九卷(1961),明世乾译稿。

③ 戴昌达:航空像片土壤判读的若干基本问题。(未刊稿)

的地面控制材料，建立了自然历史过程的概念以后，就不难得到证实。进一步划分出水稻土、沙土、盐土等隐域性土类也就都有明确的判读标志，在8种土类之下进一步划分土种或变种。为区分它们的成土母质，也不难从微地貌结构或地植物耕垦程度方面获得间接的标志。

土壤以外的其它自然要素，如地貌、植被等亦复如此。

(4) 人类经济活动：人们与自然斗争的新的进展，显然直接影响到像片分析的现势性、正确性。海南岛现有的航空像片，已经十四年。社会主义的建设和热带资源的开发利用，迅速地改变着全岛的自然界，特别是社会经济的面貌。主要有以下四方面：①水利化之后，水田面积相应扩大，长坡公社由于东西干渠的畅通，旱地改了水田，单造改了双造；②热作发展之后，森林面积减少。那大侨植场附近林地减少了35%；③居民点交通网的变化，红旗镇（自治州首府）、腰子（公路枢纽）、宝岛村（科学中心）都有显著的扩建。少数民族聚居的村落，仍有二、三年集体迁居的习惯；④刀耕火种，例如那大个别橡胶农场破坏防护林（坡度25°以上）种植饲料，不少公社烧山取肥，有的公社采伐柴薪，发展副业。饲料、燃料和肥料三大问题，引起了相当严重的森林破坏。这些变化，使航空像片所提供的资料日益陈旧和过时。最理想的简单的解决办法自然是进行全面的更新或部分的重摄，这要从目的、要求和经济效果来决定。实验的结果证明，利用1959—1960年间拍摄的旧航空像片，仍然具有现实的意义。这是因为：用来编制基本自然条件图和土地资源图时，相对地说，判读对象比较稳定；最近三、四年来贯彻以调整为中心的八字方针，数字变化的幅度不算很大。居民点一般的数目几无增减，只是内部结构的兴废；水利网的变化主要是排灌渠系的配套成龙。以儋县1962年与1959年末的统计为例，新垦的耕地增加约5.5%。其中水田增加约3%，旱田增加很少，草地增加约14%，橡胶定植株数增加约25%。此外向地方政府收集有关民政、交通、水利资料和农业统计材料，按人民公社生产队所管辖范围，按数字编制点描统计地图，以便与像片分析对照检查，作必要的增补或订正。

以上四方面的困难，归根到底有两方面的原因：一方面是由于航空像片本身的局限性。航空像片毕竟是从天顶透视或正射投影的平面，缺乏对剖面 and 深度的透视。全色片的黑白色调，不仅取决于摄影和暗室技术处理的条件，而且是对物体成分、湿度、糙率、颜色、几何形状和自然光照亮度的综合反映，对物质和色彩的鉴别有一定的限制。由此可见，如果采用多光谱、彩色航空摄影等新技术或者在重点地区重新摄影作补充，无疑将大为减轻像片分析中的困难。但仍然不可能彻底消除这些困难。因为产生困难的还有另一方面原因，这就是有关学科研究方法和深度的问题，以及自然综合体本身发生、发展规律与相互依存、相互制约的特点。例如地质年龄，地貌形成过程，土壤剖面性质，植物种属分类等等，不可能也不必要单纯通过像片分析来解决。同时，注意光谱、电子学新技术的运用，采取“综合的”研究方法，才能充分地发挥航空像片分析的特长。

2. 有利条件的分析

如果从综合利用的观点出发，在海南岛利用原有的航空像片，进行综合性的农业制图，具有下述三方面的有利条件：

(1) 1959—1960年摄制的航空像片的解像力很高, 实地检验证明, 具有许多可贵的优点: ①像片比例尺较大, 水平比例尺平均在1:14 000—1:15 000之间, 在有利的光照条件下, 可以判读2.0米以上的点状地物或1.0米以上的线状地物, 便于计算密度。垂直比例尺夸大约2—2.5倍, 可以量测1.5米以上的高度; ②摄影在冬季, 干旱少雨, 能见度高, 成像清晰, 黑白反差好, 借助于简易黑白分级表, 就可以区分五至七级, 判读质感丰富。冬季是海南岛阴影最长的季节, 有利于海南岛面积广大的台地(占35%)与丘陵(占45%)的判读。冬季正值橡胶等部分树木枯黄落叶时期, 颜色分异比较明显, 部分林下灌丛或杂草可以直接判读。旱田作物主要在冬季轮作换茬; ③滨海地带摄影大都在低潮位时进行, 波浪平缓, 水下地形清晰, 对河口三角洲及港湾、海涂的分析, 对珊瑚礁、红树林的测绘, 显示出无可代替的优越性。这批航空像片所以能够获得这样的成就, 主要是适应了海南岛的地理环境的特点, 选择了最有利的季节, 这是热带航空像片分析的一项重要的重要的技术经验。

(2) 在这次航空摄影测量的基础上, 国家测绘总局为支援农业与热带资源开发, 进行了全岛的大比例尺地形图的编制工作。在编制过程中, 进行了像片调绘工作。图例中很多都与农业生产有直接的关系, 它们既可以用来补偿航空像片之不足, 又可以用来提高像片略图的控制精度。或者制成转绘专门地图内容的塑料底图, 使编成的各种地图的数学精度得到保证, 成图方法比较简便。如果运用地图分析的方法来解决农业生产和热带地理学问题, 也有十分难能可贵的坚实的基础。

(3) 农垦水利和外资部门历年来进行了大量的科学普查工作。规模较大的例如华南热带资源开发委员会的分县普查(1956年), 全国农业土壤普查鉴定(1959年), 中国科学院华南热带资源综合考察队(1960—1963年), 水利部和广东省水利厅组织的南渡、昌化等小河流域规划(1950—1963年)。华南植物所海南植物志的调查研究(1963年), 特别是海南农垦局自1952年以来在当地坚持了长期的重点深入的农场规划设计工作。前人辛勤的劳动成果, 不仅反映了海南岛的许多基本规律和区域差异的特点, 可以供我们学习, 用来作为像片分析与农业制图的指导原则, 而且提供了大量的实测样图, 剖面, 调查、访问材料和统计数据, 可以作为像片分析的“地面控制”和佐证材料, 节约一部分外业考察, 提高判读的准确性。

由此可见, 在海南岛综合利用原有航空像片来编制农业基本自然条件和土地资源图, 虽有不少的困难, 但也有一定的基础。一方面完全有可能满足当前热作发展与农业生产的需要, 另一方面, 并非所有的科学理论与技术问题都可以在短期内得到彻底的解决。任务艰巨, 前景灿烂。关键在于如何紧密切合农业生产需要, 有计划、有步骤地由近及远, 层层深入, 通过农业生产问题的逐步解决, 开拓热带航空像片分析与农业制图的广阔前景。

四、航空像片综合利用与农业综合制图的实验

从海南当前农业生产上的需要与现代科学技术上的可能性出发, 我们主张: 以地理的

综合方法，作为解决热带航空像片分析与农业制图上的基本途径，在深入分析基础上的高度综合，是现代科学的普遍特征，也是解决农业生产问题的基本要求。“地理的综合的方法”，包括四方面的具体含义：

(1) 从研究区域自然综合体的自然历史过程着手，摸清各种自然要素之间相互依存、相互制约的关系，作为分析航空像片与编制农业基本自然条件与土地资源图的指导原则。必须认识自然的规律，学会以完备的知识去运用它们、利用它们来为社会谋福利，从而征服它们，求得控制它们。只有认识热带地理景观的成因、特点及其区域分异的规律，航空像片上所提供的客观影像才不是分散孤立的事物，才不是机械的几何图像和数据，而是可以判读的海南岛的区域地理科学记录。M.H.彼特鲁谢维奇曾经指出：“如果每一个别地区具有一套共同的有代表性的自然条件，（地面结构、气候、植物、地质构造等），那末，对于某些地形、岩系或个别岩性不同的岩石的共同判读标志，常常是固定不变的，而且以一定方式加以系统化”^①。例如海南岛只有东南各县才有三季的水稻田，中山顶峰才有广东松（*Pinus kwantungensis*）、华南杜鹃（*Rhododen dronsimiarum*）和原叶乌饭树（*Vacciniumbracte atumvar*）组成的矮林。因此，通过划分景观相的办法，来分析判读标志的地方性的深化和普遍性的转化，是切实可行的。

(2) 地面控制考察与航空像片分析相结合，也就是航空摄影测量常用的外业与内业相结合的分工成图方法。专门地图的航摄成图，亦复如此。首先是通过在航空像片略图进行预测，选定横贯水平地带或垂直地带的控制路线，实地测绘综合剖面，选取代表典型地段或过渡地段的像片，有的放矢地节约野外测绘综合剖面的时间和人力。然后通过综合路线剖面 and 典型像片的分析，了解这个地区的自然历史过程，地质、地貌与土壤、植被、土地利用的相互关系和分布规律，作为判读的地面控制和制图的指导原则，来进行由点线到大面积的像片分析与农业制图。

大凡地层、地貌年龄的鉴定，植物种属和土壤性状的分析，主要通过外业确定，而分布类型的界线和面积，密度和盖度，高度和坡度等等定位、定量的数据，通过内业像片分析，精度和速度都要高得多。实验证明，这种少量外业调查与大量航空像片内业分析相结合的办法，有利于新干部的成长，有利于克服地区性的经验不足的困难，尤其适应于热带地理环境的复杂性。

(3) 综合利用航空像片，专业判读与专门制图，需要加强综合自然地理的基础，需要综合性的指标，包括其它自然经济要素所提供的间接指标，通过各要素的相互依存和制约关系，相互阐明，彼此印证。第一，对于高级的类型而言，水平地带与垂直地带的分异起着决定性的作用，而对于比较低级的类型来说，局部的地质和地貌条件往往决定水分、土壤条件的一致性，反映出共同的植物群丛和土地利用方式^②。第二，在综合判读的情况下，反常的例外，也就成为有用的判读标志。例如天角潭东侧反向河的出现，说明了剥夷面的存在。牙拉河深切曲流间突然出现的一段迳直河谷，指示出断层线的可能。第三，判

● 见M.H.彼特鲁谢维奇所著《应用航空标志进行地质测量与找矿》中译本第22页，地质出版社，1958年。

● 斯大林：苏联社会主义经济问题，人民出版社，1952年版，第七页。

读的推断，必须综合各要素的论证，例如地质构造的判读，在海南岛不能不通过水网和微地貌结构，植被的长势，甚至水田类型和分布等等特点的分析，而不可能单纯依靠岩层产状的量测。

(4) 综合制图。最基本的几种自然条件和土地资源图，必须在统一的制图规范与技术保证下同时编制，成套供应。既能克服彼此间的矛盾，又有利于克服学科之间的局限性，节约旁征博引的时间和精力，加强分析的深度，从而提高了地图的科学质量，更重要的是保证了生产的利用价值。综合制图，包括三个主要环节：①分类原则，表示方法的互相协调，彼此对应，保持内容的详略大体一致；②在统一的地图基础底图上，按照区域自然综合体的分异的原则，区分各级类型界线的同异。通过自然地理轮廓线与景观结构的分析，保证制图的精度；③各种基本类型图的编制由无机环境到有机环境，由自然条件到社会经济现象，按照一定的顺序进行。在成套基本类型图的基础上，进一步编制一系列特定部门或专题的分析图，然后提出对自然条件与土地资源评价的总结性地图，分别满足农业生产与规划的不同需要。

这些虽都是十分浅显而平凡的概念，但在实践中并不是轻而易举的。因为专业素养的局限性和思想方法上的片面性，有时会妨碍在科学实践中选择正确的途径。甚至付出过高的代价，仍然不能满足生产上的要求。这可能是热带航空像片利用问题长期以来陷入窘境的一个原因。他们抛开对自然综合体的本质的认识的基础，想凭藉新技术作为唯一的研究手段，作孤军深入的探索，前途终究会是渺茫的。我们在那大北部的试点地区，面积约1200平方公里的范围内，通过200公里的综合路线剖面的勘测，15个选点的样片调绘，基本上摸清了区域自然综合体的结构及其自然历史过程，初步了解自然或经济现象与航空像片上影像特征的联系，然后参考前人的勘察调查成果和补充采集的标本和剖面记录，根据农业生产上的需要，考虑到像片判读和量测的可能性，试编制了六种基本自然条件与土地资源图。以1:25 000比例尺为例，主要内容和编制原则如下：

①微地貌结构图——全海南岛拟分海滨、河谷、台地、丘陵、山地五个大类，按内外营力作用分为亚类。其中海滨平原和河谷，按沉积建造划分为5—8个类型，台地、丘陵，按岩相构造划分5—8个类型。共计40个基本类型（在儋县北部试验地区约有22个），附加了4组补充符号：第一组11种，表示风沙堆积和水流的雕刻作用；第二组9种，表示河床纵横剖面的特征；第三组6种，表示风化壳；第四组6种，表示小型构造特征。它们以线划或个体符号与上述40种基本地貌类型的底色组合在一起，可以详细地描绘各种微地貌类型（例如不同时期建造的冲积扇上，不同部位的表层物质，冲刷状况以及边缘低洼地有无沼泽化的现象），为土地平整、机耕、排灌等田间工程和热作定植提供具体的资料，而且它们都是从航空像片不难判读出来的。地面实测的地质—地貌综合剖面图，则保留在图廓的外面。

②坡度组合图——它是农业地貌图另一个组成部分，但是在农业生产上具有独特的作用和意义。儋县北部为海拔200米以下的平原、台地区，地势起伏较小，坡度分级分为正负地形两个大类，负地形堆积作用尚在继续，分为1°左右的平原、洼地，2°左右的阶地和冲积扇。正地形现代侵蚀作用比较强烈，分为五个不同的坡度组合。它们是按照3°—5°—

8°—15°—25°—30°几种不同的坡度分级，在不同的地貌单元中由坡顶、坡腰和坡麓所占的面积比例所构成。坡度的分级主要依据机耕、封山育林等有关农业生产的指标，而坡度组合则是建立在地貌成因类型的基础上的，因此具有比较坚实的理论基础和直接的生产意义。为了同时反映坡度与坡向、坡长、切割密度、切割深度的密切联系，图上采用了三组补充符号：第一组包括7个符号，反映不同的坡折线；第二组包括有关坡面侵蚀与破坏坡面的正负地物和工程建筑物；第三组为高程注记。坡度组合图的编制，一般以地形图为基础。我们还进行了利用航空像片直接编制坡度图的尝试：第一种是经过相对高程的立体量测与坡度换算；第二种是分析太阳高角与坡面黑白度的关系；第三种是利用梯田的田面宽度和梯坎高度等作为等间接指标进行推算。这些方法，各有利弊，但在缺乏大比例尺地形图的情况下，仍然是有一定实用意义的。

③植被图——在儋县北部地区试编的植被现状图，反映森林、草地、滨海植被和栽培植被四大类。共分为18个群系，其中包括干性常绿季雨林、干性混交季雨林等6种热带森林群系，稀树草地、灌丛草地等6种热带干草原群系，沙生刺丛、红树林等4种热带滨海植被。基本上反映了本区热带季雨林的特点及其与生态环境的密切联系，而且考虑到从航空像片上可以明确判读的标志。较之前人在本区进行的植被调查中所划分的类型，虽然增加不多，但编制的植被图显然有所提高。由于在航空像片上有定位、定量的便利，保证了新图分布界线的精确，具备了类型图的性质。此外，还增加了三组补充符号，第一组表示若干群系中可能进一步划分的群丛组，例如灌木林按常绿、混合、有刺分为三个群丛组。第二组表示覆盖度、树高和灌木-草地面积比等从航空像片上量测所得的数据，覆盖度分为五级，树高分为三级。第二组标注地面考察样方位置，实地查明的优势种属等。植被现状图不仅是编制复原植被图和土壤图的基础，而且为农垦和林、牧业规划，例如计算自然蒸发腾量与森林材积量的增长等提供了详实的科学依据。

④土地利用图——试验的儋县北部地区土地利用图，主要反映农业土地利用的现状。分为粮食作物地、经济作物用地、林地、草地、抛荒地等五个大类，共计19个基本类型。其中水、旱田和坡地（旱地）等粮食作物用地，根据水、土条件的差异和地形部位区分为8个类型。水田的区分以水分为主导因素，而旱地以土壤为先决条件，然后根据地形部位，把水田中的坑田再划分为3个类型，同时把各类水田的田块大小和梯田级差从航空像片上量测下来，标注在地图上。它们的排灌条件、地下水源补给、土壤母质、保水抗旱能力等都有所不同，对品种选样和耕作制度都有不同的影响。在热带经济作物用地中着重表示了4种不同年龄的橡胶林，还注明橡胶林的树高和株行距，防护林网的宽度和树高，区分保留的与栽培的两种防护林的林相，除有关蔗田、胶林、红树林等数量注记外，还有四组补充符号。其中：第一组表示可能从像片判读的主要热带经济作物，如椰子、油棕、剑麻等；第二组表示换茬、轮作不很稳定的水旱田作物，如甘蔗、蔬菜等；第三组区分林地的经济类型，如用材林、薪炭林等；第四组表示为农业以外的各种用地，包括居民地、交通网、水利工程等等。这种土地利用图的特点是：分类不多而比较稳定，密切联系自然条件，充分利用了航空像片所提供的定位量测数据，因而对于研究农业规划或土地资源评价问题，提供了详实具体的基本资料。但是，由于原有航空像片比较陈旧，搜集历年的农业