

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 41 号

科 学 出 版 社

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 41 号

科 学 出 版 社

1987

内 容 简 介

本期的内容分两部分：一、土壤遥感研究专辑；二、红壤区某些土壤和水的地球化学特征。在前一部分中，对我国宁芜地区的土壤特性、土壤遥感的最佳工作波段、土壤光谱反射率分布特性、反射特性与土壤理化性状的相关性、主要粘土矿物的近红外反射特性、土被合成光谱及其应用、多波段航片大比例尺土壤制图、热红外图象的分析和应用等均有较详细的论述。在后一部分中，对我国红壤区某些土壤、雨水、地表水和地下水的地球化学特征作了详细的研究和阐述。

本书可供土壤学、地理学和环境科学工作者参考。

中国科学院南京土壤研究所专刊

土 壤 专 报

第 41 号

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987 年 12 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1987 年 12 月第一次印刷 印张：12 插页：2

印数：0001—950 字数：277,000

ISBN 7-03-000128-1/S·3

统一书号：13031·3983

定 价：3.00 元

图版 I 典型区 TM 多波段航片(正像)



照片 1 TM B $0.45-0.52\mu\text{m}$



照片 2 TM G $0.52-0.60\mu\text{m}$

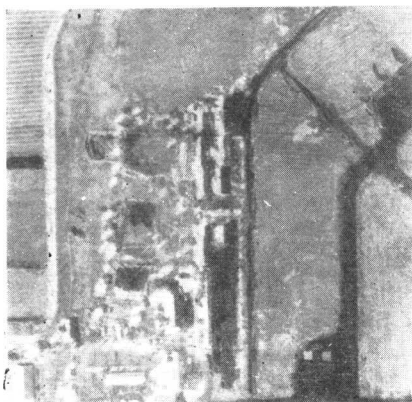


照片 3 TM R $0.63-0.69\mu\text{m}$

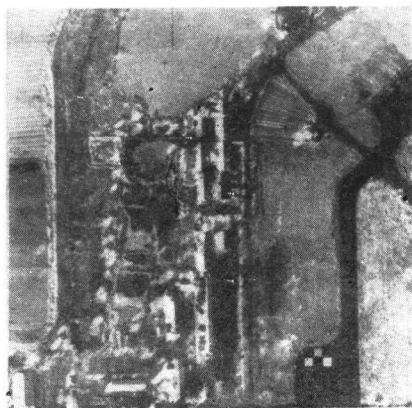


照片 4 TM IR $0.76-0.90\mu\text{m}$

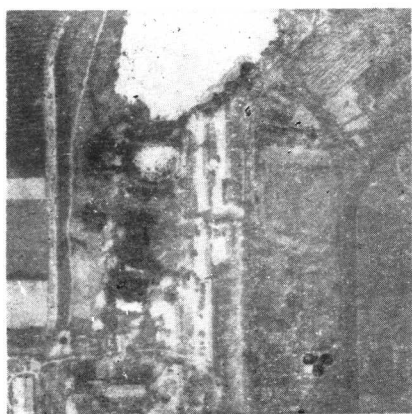
图版 II 典型区 MSS 多波段航片及色标(负像)



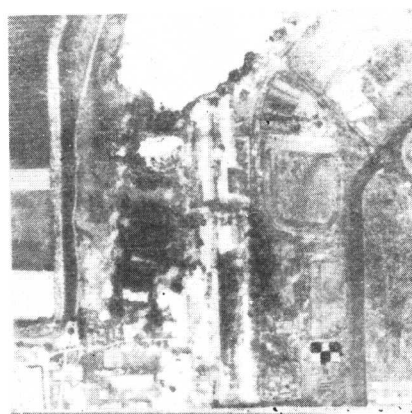
照片 5 MSS4 0.50—0.60 μm



照片 6 MSS5 0.60—0.70 μm



照片 7 MSS6 0.7—0.8 μm



照片 8 MSS7 0.8—1.1 μm

图 版 III



照片 1 试验区的全色航片

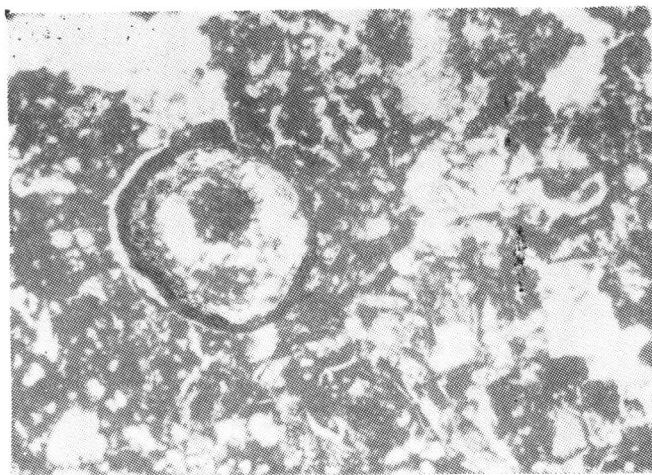


照片 2 试验区热红外日航扫描图象

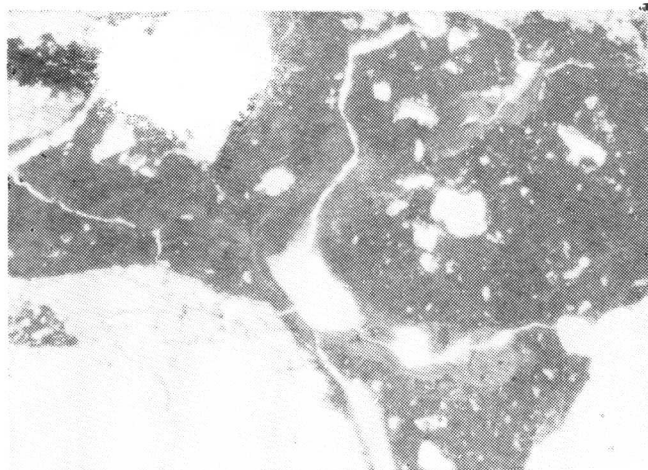


照片 3 试验区热红外夜航扫描图象

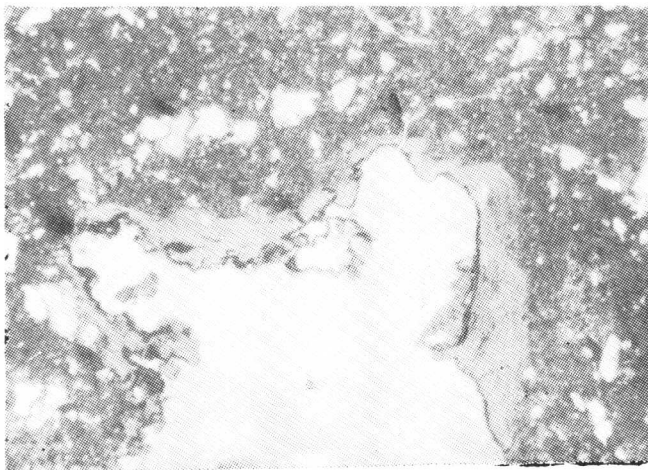
图 版 IV



照片 1 粤 13, 0—5cm, 示多有机质的团块状结构体内部, 一较大黑圈是半分解植物残片。单偏光 $\times 39$



照片 2 粤 13, 20—46cm, 示孔隙壁扩散状变形淀积粘粒胶膜。单偏光 $\times 39$



照片 3 粤 13, 80—120cm, 带黑边的孔隙壁淀积粘粒胶膜。单偏光 $\times 39$

目 录

宁芜土壤遥感研究专辑

宁芜航空遥感试验概况·····	徐彬彬、季耿善	(2)
宁芜土壤遥感研究的主要成果·····	徐彬彬、季耿善	(5)
宁芜遥感试验区的土壤特征·····	季耿善、徐彬彬	(9)
土壤遥感最佳工作波段的选择和验证·····	徐彬彬、季耿善	(51)
土壤光谱反射率分布特性的初步研究·····	徐彬彬、季耿善	(59)
土壤光谱反射特性与理化性状的相关分析·····	徐彬彬、季耿善	(66)
土壤主要粘土矿物的近红外反射特性·····	季耿善、徐彬彬	(77)
土壤阳离子交换量与光谱反射率的相关研究·····	季耿善、徐彬彬	(89)
室内外土壤光谱反射特性的相关分析·····	徐彬彬、季耿善	(95)
土被合成光谱及其应用的初步研究·····	徐彬彬、季耿善	(101)
用正交多项式拟合土壤光谱反射曲线·····	徐彬彬、季耿善	(107)
遥感波段的土壤解译特性·····	季耿善、徐彬彬	(114)
多波段航片大比例尺土壤制图研究·····	季耿善、徐彬彬	(129)
热红外图像的分析与应用·····	徐彬彬、季耿善	(137)

红壤区某些土壤和水的地球化学特征

某些富铁铝土壤形成中微量元素的含量变化与剖面分布·····	·····	
·····	陈志诚、赵文君	(146)
梅岭、罗浮山、尖峰岭成土过程中的地球化学特点·····	周瑞荣、王明珠、何园球	(159)
我国南方雨水、地表水和地下水的地球化学特征·····	张效朴、龚子同	(169)

土 壤 专 报

第 41 号

宁芜土壤遥感研究专辑

宁芜航空遥感试验概况

徐彬彬 季耿善

一、任务的由来和目的

八十年代初,确定我国第一颗地球资源技术卫星的任务是:“主要为农业、林业、水利资源的清查、管理服务,兼顾地质矿产资源的调查。在有可能的情况下,希望也能照顾海洋、测绘和其他部门的需要。”

地球资源卫星综合试验场是进行基础研究、模拟实验、同步观测和应用示范研究的基地,是开展地球资源卫星研制及推广应用研究的重要环节。

据此,在1980年5月,由中国科学院空间科学技术中心组织了有十三个部委所属的三十五个单位参加的南京地区选场考察。考察结果表明:该地区位于长江三角洲的上部,是亚热带向温带过渡的地区。农业资源丰富。地质结构发育典型,富含各种矿藏。长江横贯本区,大小湖泊星罗棋布。因此,该区自然资源类型多样。且已有的研究程度高,资料齐全。所以,南京地区作为长期的综合试验区是合适的。最后,经中央有关部门审定,宁芜地区作为我国资源卫星综合试验场。

作为研制我国地球资源技术卫星的前期工程,由院空间中心主持进行宁芜地区航空遥感试验。

试验的具体目的有三:

(1) 用现有的美国第四颗资源卫星的MSS和TM波段做验证飞行试验,结合航空及地面光谱测量,利用卫星与航空资料,通过各种方法评价各波段的分类能力,研究地物光谱数据对图像处理的作用与联系,以及选用其他新波段的可能性。

(2) 试验我国自行研制的各类遥感仪器,如多光谱扫描仪、红外扫描仪、CCD相机、航空光谱仪等。

(3) 调查和积累宁芜试验区的基本资料和图件,为把该区建成资源卫星地面综合试验场作准备。

二、试验的概况

试验自1982年夏起,参加该项工作的有院内十多个研究所和部分院外单位。整个试验有五个阶段:

(1) 准备工作。包括各项组织机构的建立,人员的安排,计划协调,图件资料的收集等。

(2) 现场踏勘、选点。初步确定A、B两个试验区,以A区为主。A区以安徽省马鞍山

市为中心,面积为600平方公里。B区位于安徽省郎溪县至芜湖县之间的一带状地段。

(3) 地面实况调查和光谱测量。地面调查测试工作共分地质、土壤、植被、水体四个专业组。各项测试均按统一规范进行。

(4) 航空遥感与地面同步测试。1982年11—12月,对A、B两区进行多种仪器的航空遥感。这些仪器除常规的黑白和彩色红外航摄外,还包括前述新研制的各仪器。与此同时,各专业组在地面开展各种同步(准同步)测试和实况调查。

(5) 资料处理和总结。按预定计划该阶段一直延续到1985年中。拟出版《地球资源波谱信息资料汇编》和《宁芜遥感试验论文集》二书。前者即将由能源出版社出版。后者尚在审定中。

三、土壤专业组工作概况

土壤专业组由中国科学院南京土壤研究所负责。参加单位有中国科学院地理研究所和新疆地理研究所。

土壤专业组的工作分如下几个阶段进行。

(1) 制订计划。在熟悉该地区各方面资料的基础上,根据实地踏勘、总体计划的要求和研究课题内容设计,结合各参加单位的具体情况,制订专业组实施方案。方案顾及预期成果,细致的安排各观测项目。

(2) 野外测试。在野外工作期间共进行了如下项目:土壤剖面的观测;按发生层采样,供室内理化分析用;土壤含水量,除测定全剖面每层的含水量外,还测定了每个光谱观测点0—5cm土层的含水量;土壤温度,用温度计和红外测温仪测定每个光谱观测点表土5cm深处和地表温度及部分植被的表面温度;土壤光谱反射特性,在每个点位上搬动仪器分别在9个观测点上进行测试。还进行了某些植被、植被-土壤复合及土壤剖面各发生层的光谱测定;在热红外飞行日,在地面进行了昼夜同步观测,选择黄棕壤丘陵地的一个地形断面,进行定时的温度、水分和光谱测定;此外,还进行了植被叶绿素含量的测定和土壤受硫铁矿污染的系列调查和采样。

在1983—1984年先后几次进行了试验区的野外补充调查和土壤图的校核。

(3) 室内工作¹⁾。除了土样理化分析、资料处理、图像的判读解译外,还测定了各类土样的室内光谱。为探讨土壤光谱反射特性的形成机理,对土样经不同处理后测定其光谱特性。

经过近三年的努力,基本上达到了预期的目的,对宁芜土壤遥感研究作了较全面的总结,完成了1:5万试区土壤图,论文14篇,并负责主编《地球资源波谱信息资料汇编》中的土壤部分。

四、致 谢

本项工作是中国科学院空间科学技术中心主持的宁芜航空遥感试验的一部分,并得

1) 由中国科学院南京土壤研究所承担。

到了它的资助。

中国科学院遥感应用研究所、上海技术物理研究所和安徽光学精密机械研究所等提供了有关的航空遥感资料,并给予热情帮助和支持。

中国科学院地理研究所张仁华、孙燕、祁连山、马传芳、王谦、张长林、刘平同志;新疆地理研究所李岩、蒋铁、冯亚斌、马洪、赵国荣同志和本所高龙鑫、朱祥明同志参加了野外工作。

中国科学院安徽光学精密机械研究所沈华、刘洪馥、吴荣等同志;广州地质新技术研究所叶宗怀、许安同志和上海计量局分别承担了室内光谱的测试。

江苏省计算技术研究所蔡家环同志协助完成了部分数据处理工作。

本所分析室作了标本的理化分析,绘图室清绘图件。物化室蒋梅茵和杨德涌同志鉴定了粘土矿物。周斌同志翻拍和洗印照片。陆长青、刘良梧、杨德涌等同志提供了部分腐殖质和粘土矿物的测试样品。

本项工作得到了所内外各级领导和专家的支持和关怀。特别得到了蒋挺乾、席承藩、龚子同、戴昌达、张俊民、许冀泉、魏正仓、陈志诚、刘兴文等同志的热情指导和帮助。并承蒋国祥同志提供不少宝贵意见。

谨此一并致以深切的谢意。

宁芜土壤遥感研究的主要成果

徐彬彬 季耿善

宁芜土壤遥感研究是宁芜航空遥感试验的一部分。其研究成果可归纳为如下四个方面。

一、试验区土壤分布和土壤性态的研究

试验区土壤分布和土壤性态的研究是遥感研究的基础,它不仅是为了证实遥感资料判读结果的“事后证实”型研究,而且是遥感飞行前合理的设计遥感器和确定获得数据最佳条件的预研究。所以,本次试验中,在广泛进行试区土壤调查、剖面观测、采样分析的基础上,利用航片较精确地编制了试区 1:5 万土壤分布图。除了对试区土壤的成土过程特点及全区各主要土壤类型的性态特征进行研究外,还着重对试区内发育于五种不同母质的黄棕壤的性状进行了研究。结果表明,不同母质对黄棕壤的粘土矿物类型、硅铝率等风化度指标和理化性状有很大影响。把它与山东的棕壤和安徽宣城、郎溪等地区的黄红壤比较,在土壤 pH,交换性酸及交换性盐基总量、盐基饱和度、硅铝率、游离铁含量及游离度等多项指标明显地呈现与生物气候带相对应的规律性变化。这些性质的差异也是土壤遥感和光谱反射特性研究的基础。

二、土壤遥感最佳工作波段的选择

土壤遥感最佳工作波段的选择是属“预研究”型的。它的正确选择有助于提高土壤遥感的探测和解译水平。目前,国内外常用数理统计的方法来确定。但是,一般的统计方法中均需以变量遵从正态分布为前提,如 t 检验、逐步判别分析等。以往均采取假定它是遵从正态分布的办法。在本研究中,不用假定正态分布,采取利用多年积累的全国各土壤的室内外光谱反射特性资料,从不同的范围对土壤光谱反射率的分布特性进行了初步研究。统计结果表明,无论是全国各类土壤,还是其中单独一个土类;不论是不同土壤带中各类土壤,还是同一土壤带中的单独一个土类;也不论是室内资料,还是野外数据,土壤光谱反射率在每一波长上均遵从正态分布。其中不论区域范围的大小,也不论是室内还是野外资料,只要是包含各类土壤在内的土壤光谱反射率,在可见光范围内需经数据变换后,才遵从正态分布。进入红外波段后,不论何种情况均遵从正态分布。上述结论基本证实原先假设的正确。但是,也应在使用中注意,若将多种土壤视作一类地物与其他地物(如水体、植被、岩矿)进行统计时,则在可见光波段需将数据作适当变换后方可。

根据上述分布特性的研究结果,以宁芜试区实测的各类土壤光谱反射特性为主,应用

多种统计方法,并参照其他有关我国土壤遥感最佳波段选择方面的资料,经综合分析后,初步选定,在 $0.4\text{--}2.0\text{ }\mu\text{m}$ 范围内,适于土壤遥感的波段组合为 $0.4\text{--}0.5$ 、 $0.58\text{--}0.69$ 、 $0.73\text{--}0.80$ 、 $0.82\text{--}0.92$ 、 $1.08\text{--}1.20$ 、 $1.54\text{--}1.70\text{ }\mu\text{m}$ 。为了验证和评价所选波段的分类能力,采用计算模拟的方法证明:不论分类的多少,“自选”波段的比值的类间差异均明显比 MSS 和 TM 波段大。因此,在实用中“自选”波段的分类能力可望优于其他二者。

三、土壤光谱反射特性与理化性状的相关性研究

影响土壤光谱反射特性的主要因素是土壤的有机质、水分、氧化铁的含量以及它的机械组成或母质类型。

在本次试验中,对土壤光谱反射特性与土壤理化性状之间的关系,进行了多途径的探索。结果表明:

(1) 土壤光谱曲线的 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ 弓曲差、 $0.62\text{--}0.66\text{ }\mu\text{m}$ 波段的反射率等均与土壤有机质含量呈高度负相关。若按土类进行回归,则相关性更高。

(2) 由于水稻土在土壤颜色和形态上与其他土壤不同,故将它们分别回归,发现这两大类土壤反射光谱的 $0.50\text{--}0.64\text{ }\mu\text{m}$ 波段反射率与土壤中氧化铁、活性铁含量均呈高度线性负相关。

(3) 土壤质地通过二个途径影响土壤光谱反射特性。其一是土壤颗粒大小本身的直接影响;其二通过影响土壤持水能力,间接影响光谱特性。据测定,同一土壤研磨成不同粒径的光谱反射曲线是一族几乎相互平行的曲线,颗粒越细,反射率越高。这明显反映了土壤颗粒大小对光谱反射率的影响。又,在土壤光谱反射曲线的 $1.9\text{ }\mu\text{m}$ 吸收峰的强弱与土壤中粘粒($<0.001\text{mm}$)含量成高度的线性正相关。

(4) 土壤水分含量是影响土壤光谱反射率的一个重要因素。本次测试结果表明:随着水分含量的增减,在各波长或波段上其光谱反射率并非简单的线性变化,而是遵从二次回归方程。开始随水分含量增加而光谱反射率显著下降,当水分含量超过最大田间持水量时,土壤光谱反射率又重新增加,这是因为土壤表面膜水层形成镜面反射所致。

(5) 阳离子交换量是土壤保肥供肥能力的一个重要指标。经统计发现,土壤反射光谱的 $1.9\text{--}2.3\text{ }\mu\text{m}$ 波段上各点的反射率均与阳离子交换量呈明显的负相关。

在研究中,除了探讨上述这些定量关系外,还通过脱铁、脱有机质前后的土壤和土壤胶体的光谱曲线,从光谱反射特性的机理上部分地证明了上述定量关系的准确性。还着重研究了土壤主要粘土矿物的近红外反射特性。在 $0.76\text{--}1.3\text{ }\mu\text{m}$ 谱区,研究了土壤中各种形态铁对该区光谱特征的影响,提出了影响该区光谱的主导因素是土壤中游离氧化铁,其特征吸收带位于 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 附近。并以黑龙江至海南岛的一组土壤光谱曲线说明游离氧化铁含量与该带吸收强度的关系。还证实了三价铁与二价铁特征带。在 $1.3\text{--}2.1\text{ }\mu\text{m}$ 谱区,着重研究了粘土矿物经各种温度和湿度处理后其结构水、层间水、膜状水、自由水对光谱 1.4 和 $1.9\text{ }\mu\text{m}$ 二个强吸收带的影响。提出了粘土矿物风干样在 $1.4\text{ }\mu\text{m}$ 反映结构水、在 $1.9\text{ }\mu\text{m}$ 反映层间水为主的新观点。并指出特征谱带的强度、形状与水分子排列有关。在 $2.1\text{--}2.5\text{ }\mu\text{m}$ 谱区,研究了与 Al_2O_3 、 MgO 有关的羟基特征谱带,提出了区别粘土矿物二八面体、三八面体的方法,并以此方法在试区花岗岩发育的土壤中发现了三八面体粗粒蛭

石,这有益于土壤形成与粘土矿物研究。根据粘土矿物在上述各谱区的特征,提出了直接根据土样或粘粒的光谱反射曲线鉴别土壤中主导粘土矿物的方法。

上述一系列的研究结果证明,土壤光谱反射特性能充分反映土壤的理化性状,有的已初步建立了对应的函数关系。这种关系的建立,不仅在土壤遥感解译上有意义,而且也为研究土壤本身性状提供了一个新途径,只要根据土壤的光谱曲线,就可以定量或半定量地预测该土壤的某些理化性状。

为了适应遥感的需要,通常要在实验室和野外进行多种形式的反射率测量。本次试验中专门研究了室内与野外不同条件下测试的土壤光谱反射特性的相互关系。结果是,室内碾磨至粒径小于 0.84 mm 的土样的光谱曲线与野外实测的该土壤的光谱数据最为相似;室内土样与野外实测的不同含水量下的同一土壤的光谱反射特性之间遵从二次回归方程,即抛物线方程;室内不同粒径的土壤光谱反射特性之间,可以认为是极为简单的线性关系。这些结果有助于室内外土壤光谱反射特性测试方法的简化和统一,使得不同条件下测试的土壤光谱资料有可能互相换算、验证,为建立土壤光谱资料数据库提供了必要的前提。

迄今为止,在室内外测试的光谱反射曲线大多是反映“纯”土壤的波谱信息。实质上,遥感器所接收到的往往是各种地物的混合信息。就土壤而言,主要是土壤和植被的混合信息。因此,研究土被合成光谱和植被在合成光谱中的贡献率是把光谱反射特性成果应用到判读解译中去的关键之一。根据宁芜试区的实测资料证明:在整个土被合成光谱中,植被的反射光谱是居支配地位的,只要绿色植物的覆盖面积达 10% 以上,就会使原来土壤的光谱特征面目全非。在单独测试土壤和植被的光谱特性基础上,根据面积加权公式计算任意覆盖度的土被合成光谱,其精度与在野外实测的基本相同。

在对土壤光谱反射特性研究到这样程度之后,自然会考虑到信息的贮存问题。目前,地物的波谱测量(包括土壤)无论是室内还是野外,其结果都是一组一一对应的离散数值。这对于计算机的贮存、提取及分析均有许多不便之处。我们试用正交多项式来拟合各种不同土壤光谱反射曲线。结果表明,应用正交多项式拟合土壤光谱反射曲线,具有明显的优点:计算简便,有现成的数表可查,可根据不同的精度要求渐次增加项数,无需重复计算,精度即可较高,若采用分段拟合,则精度更高,有利于实用。因此,应用这种方法建立数据库会节省计算机存贮量。这种方法不仅适用于土壤,同样可用于其他地物,也可用于化学元素的定量分析。

根据上述研究结果,初步认为比较合理的土壤光谱反射特性的研究方法是:室内外兼顾,以室内为主,辅以必要的野外测试。在室内样品处理中,一般宜将土样研磨过 20 孔筛,以它的测试结果作为该土样或某一土壤类型的基本数据,用正交多项式的形式存入计算机,而后根据已建立的各种不同模式,按需要模拟出野外不同水分含量、不同植被、不同覆盖度的光谱,乃至不同有机质、氧化铁含量等光谱反射特性。这给土壤光谱反射特性的应用提供了良好的前景。

四、土壤遥感制图及图像解译研究

遥感图像解译和制图是遥感研究的归宿。在本研究中,着重研究了土壤光谱反射特

性如何应用于遥感图像解译中。首先,建立了多波段图像信息与地面物体合成光谱之间的函数关系。在实用中就可根据多光谱图像上的影像密度和少量地面实测的光谱资料,估算各地物景观的光谱响应值,建立必要的判读标志,而后进行土壤解译或进一步预测地面植被覆盖率。

在研究中专门分析了不同波段区分土壤类型的能力。对土壤颜色与反射曲线的反射峰和吸收带的位置及强度的关系进行了讨论,并对如何用反射曲线、磁带数据及影像进行土壤颜色的解译作了介绍。根据土壤光谱反射特性的研究结果,提出了适宜于判读土壤有关性状(如有机质含量、水分含量等)的最佳波段。

在宁芜试区进行的把多波段航片用于土壤制图研究,在我国尚属首次。在与黑白航片对比分析的基础上,初步总结出多波段航片土壤判读方法是以土壤光谱反射特性为基础的土壤景观综合分析法。多波段航片土壤制图具有信息量多,解译能力强;能进行彩色合成和各种影像增强,提高土壤判读效果;更适合于大比例尺土壤制图等三大优点,是土壤航片制图的一种新的更有效的手段。

研究中,还对一个特殊的图像进行了判读解译,即热红外图像分析。在热红外飞行日,选择黄棕壤丘陵地的一个地形断面,在不同部位上进行了定时的温度、湿度和光谱测定。根据这些同步观测的资料和热红外日夜航扫描图像,得到了日夜航扫描片上的密度与实际温度之间的对应关系。利用等密度分割仪直接勾绘了日夜航扫描瞬间的地面温度分布图。虽然由于热红外扫描时间不妥,没有做出试验区的热惯量图和土壤水分含量的分布图,但基本演示了如何从日夜航扫描片编制表观热惯量图的简单方法,并且肯定了土壤热惯量与水分含量的密切关系及其解译意义。

宁芜遥感试验取得了大量的资料,虽然已经过二年多时间的室内工作,但终因人手不够,还有不少资料尚未很好总结,如计算机制图、土壤污染的遥感监测、土壤剖面的光谱特性等,有待以后再总结。即便如此,我们认为宁芜土壤遥感研究是有收获的,比1979年腾冲遥感研究又进了一步,特别是在土壤光谱反射特性研究方面,不仅与土壤性状相联系建立了一定的数量关系,为应用于遥感解译迈进了一步,而且也探索了新的研究领域。无疑,此次宁芜土壤遥感研究对发展我国土壤遥感技术是有益的。

宁芜遥感试验区的土壤特征

季耿善 徐彬彬

宁芜遥感试验区的土壤调查是在1982年5月试验区选区考察、1982年10月航空遥感试验同步测试时同时进行的。此后,根据试验区航空摄影的1:2万黑白全色片和1:4.125万多波段航片等资料,编制了1:5万土壤图,并于1983年10月进行了野外校核。本文着重介绍试验A区的主要土壤类型。

一、土壤形成条件

宁芜遥感试验区(A区)位于东经 $118^{\circ}22'$ — $118^{\circ}42'$;北纬 $31^{\circ}37'$ — $31^{\circ}48'$,面积600平方公里,包括完整的马鞍山市行政区和江宁县、和县、当涂县的一部分。辅助试验区(B区)位于皖南宣城一带。

试区在地质上位于扬子地层区下扬子分区¹⁾,地貌属长江中下游丘陵平原区。长江自南向北流经并贯穿试区西部,故本区西部为冲积平原区,东部为低山丘陵区。有三条长江支流,都起源于本区东部山区:陆郎河自濮塘向北偏西经陆郎镇流出本区,并经江宁镇流入长江;慈湖河由向山附近向西北流经慈湖镇后入江;采石河于试区南部自东向西在采石矶附近与长江汇合。上述支流流量不大,加上地形影响,形成的冲积面积不大。全区平原占总面积三分之一左右,水面小于十分之一,其余为丘陵或低山区。

平原区海拔1—4m,一般2m左右,成土母质为长江或其支流搬运来的第四纪全新统河流冲积物。黄土丘陵区主要位于本区中部,为上更新统下蜀黄土丘陵岗地,相对高度一般不超过10—20米,除岗顶为旱地外,丘陵中下部都已修成梯田,经切割形成岗、塍、冲结构。数量众多的大小泊塘都位于丘陵区冲尾及地形较低部位。石质丘陵和低山海拔高度100—200m,最高280多m。山区成土母质比较复杂,主要为火山岩系和沉积岩(图1)。东部地区以粗面岩、安山岩等中性岩为主;我国著名的碱性岩(响岩)分布于本区中部娘娘山、葛羊山一带;各类酸性花岗岩零星散布于各地,砂岩主要沿长江分布。马鞍山钢铁联合企业矿石主要基地位于向山地区。

试区位于北亚热带南部(辅助区位于中亚热带北部),为亚热带湿润气候。主要特点是受季风环流支配,温暖湿润,霉雨季节明显,夏季炎热,雨量较多,冬季较冷,雨量较少。

马鞍山地区年平均气温 $15.5-16^{\circ}\text{C}$ 。最冷月1月平均气温 2.5°C ,月最低平均气温 -1°C 左右;最热月7月平均气温 $28.5-29^{\circ}\text{C}$ 。全年日平均温度稳定通过 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 的积温

1) 1974,中华人民共和国区域地质调查报告,马鞍山幅。