



土壤航测普查

戴昌达等编著

农业出版社

17.36

土壤航测普查

戴昌达等编著

农业出版社

土壤航测普查

戴昌达等编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 8印张 196千字
1980年9月第1版 1980年9月北京第1次印刷
印数 1—14,500册

统一书号 16144·2231 定价 1.00元

序 言

在四个现代化的建设中，农业现代化是一个十分伟大而艰巨的任务。土壤是最基本的农业生产资料，所以认识土壤、改造土壤，根据土壤特性确定利用方向和作物布局，采取合理的改土培肥措施建设高产稳产农田，实行科学的耕作、施肥和管理，是高速发展农业的必要前提，也是实现农业现代化的重要组成部分。

土壤普查是改造利用土壤的基础。土壤普查已列为1978—1985年全国科学技术重点研究项目的第一项，“农业自然资源和农业区划研究”的重要内容。并提出要重视调查制图手段的革新，尽可能运用遥感技术，提高土壤普查的精度和速度。

在一些发达国家，应用航片进行土壤调查制图已有较长历史。美国早在本世纪三十年代就广泛应用，目前大比例尺土壤图都以航片做基础，中、小比例尺土壤图以高空航片和卫片做基础，绘制成影象土壤图。

我所自六十年代初即结合有关任务，先后在华北、西北、南方等典型地段，开展土壤航测、土壤遥感的试验研究，部分结果曾在有关刊物上发表。去冬今春在浙江富阳、北京通县土壤普查试点训练班及其他省、区组织的部分训练班上也作过一些简单介绍。

我国幅员辽阔，自然条件复杂多样，现有土壤技术力量十分薄弱，为了保证土壤普查工作多快好省地进行，今后必须尽可能地在全国范围内采用先进手段，为此，一方面要大力普及航测、航判及现代遥感技术的基本知识，建立一支能正确运用航摄资料

进行土壤普查的专业队伍；另一方面，必须大力加强土壤航测、土壤遥感的试验研究，进一步提高航片及其它遥感资料的分析判读水平，进一步改进转绘、制图方法，及时解决土壤普查中应用航片及其它遥感资料所出现的技术问题。

我所土壤地理研究室戴昌达等同志在总结过去应用航摄资料进行大比例尺土壤调查制图的基础上，根据部分典型地段的试验资料，并参照国内外有关文献，编写了这本书，供各省区应用航测方法开展土壤普查时参考。期望各地的土壤工作者在应用航片进行土壤普查的广泛实践中，订正和充实这本书的内容，以便进一步提高和发展我国的土壤航测和遥感水平，为四个现代化的早日实现贡献力量。

中国科学院南京土壤研究所所长 熊 毅

一九七九年十月

目 录

序言

第一章 概论	1
第一节 航空摄影的发展	1
第二节 土壤航测的产生与发展	3
第三节 航测法土壤普查制图的优越性	7
第二章 航片的基本特性	13
第一节 航空摄影的一般知识	13
一、航空摄影的种类	13
二、航高和航空摄影比例尺	15
三、航片的重叠度	16
四、摄影航线方向与飞行速度	16
五、航摄资料与质量评定	17
第二节 航片的一般知识	18
一、航片与地形图的区别	19
二、航片上的点和线	20
三、航片的内、外方位元素	22
第三节 影响航片影象色调的因素	23
一、感光材料	23
二、摄影及暗室处理的条件与技术	24
三、地物光谱反射特性	25
第四节 象片上的点与地面相应点之间的座标 关系及象片比例尺	28
一、几个基本公式	28
二、象片比例尺	30
第五节 由象片倾斜和地形起伏引起的象点位移	33
一、由象片倾斜引起的象点位移	34

二、由地形起伏引起的象点位移	36
三、其它因素引起的象点位移	37
第六节 象片的有效面积和象片略图	38
一、象片有效面积的确定	38
二、象片略图的拼接方法	39
第三章 航片的立体观察和量测	43
第一节 立体视觉原理	43
第二节 立体观察的仪器和方法	46
第三节 航空象对的特性	49
第四节 立体模型的量测	53
第四章 航测法土壤普查的工作组织与仪器装备	58
第一节 准备阶段	58
第二节 室内象片预判阶段	62
第三节 野外补充调查与校核阶段	64
第四节 转绘成图阶段	66
第五节 总结阶段	66
第六节 仪器装备	67
第五章 土壤判读的基本原理、原则与方法	71
第一节 土壤判读的任务与种类	71
第二节 土壤判读的理论依据与标志	73
一、土壤判读的综合景观分析法	73
二、直接判读土壤的可能性	74
三、主要土壤判读标志简介	74
第三节 土壤判读的原则	79
第四节 影响土壤判读效果的因素	81
一、影响土壤判读效果的主观因素	81
二、影响航片土壤判读效果的客观因素	82
第六章 成土因子的判读	86
第一节 地形地貌的判读	86
一、山川大势和水系的判读	87
二、冲积地貌的判读	88
三、洪积地貌的判读	90
四、风成地貌的判读	90

五、黄土地貌的判读	91
六、溶蚀地貌的判读	91
七、剥蚀地貌的判读	92
第二节 成土母质的判读	92
一、残积物的判读	93
二、坡积物的判读	93
三、洪积物的判读	93
四、冲积物的判读	93
五、第四纪红色粘土的判读	94
六、石灰岩的判读	94
七、紫色砂页岩的判读	94
八、砂页岩（包括板岩）的判读	95
九、花岗岩的判读	95
十、玄武岩的判读	96
第三节 植被的判读	96
一、荒漠灌丛的判读	97
二、草甸植物的判读	98
三、沼泽植物的判读	98
四、耐酸性植物的判读	98
五、喜钙植物的判读	99
第四节 人类生产活动的判读	99
一、砍伐森林和弃耕抛荒地的判读	100
二、植树造林和水土保持措施的判读	100
三、农田建设和园田化的判读	100
四、水利化的判读	101
第七章 西北干旱地区土壤的判读	102
第一节 山前洪积、冲积扇土壤的判读	102
一、洪积扇土壤的判读	102
二、冲积扇土壤的判读	104
三、干三角洲土壤的判读	105
第二节 新、老冲积平原土壤的判读	105
一、新冲积平原土壤的判读	106
二、滨湖平原土壤的判读	106
三、老冲积平原土壤的判读	107
四、河流摆动与沙漠进退的判读	108

第三节 绿洲耕作土壤的判读	108
一、扇形地中、上部及高阶地绿洲耕作土的判读	108
二、扇形地中、下部及低阶地、滩地绿洲耕作土的判读	109
第四节 山地土壤的判读	111
第八章 华北半干旱地区土壤的判读	113
第一节 丘陵、山区土壤的判读	113
一、不同母质发育的山地土壤的判读	113
二、丘陵山区阶地和河滩地土壤的判读	115
三、土壤侵蚀状况的判读	116
四、山坡地利用状况的判读	117
第二节 山前倾斜平原区土壤的判读	117
一、通过土地利用方式判读耕种土壤类型	118
二、旱作土壤类型的判读	119
第三节 冲积平原土壤的判读	120
一、浅色草甸土(潮土)的判读	121
二、不同质地草甸土的判读	121
三、褐土化土壤的判读	122
四、沼泽化土壤的判读	123
第九章 南方亚热带湿润地区土壤的判读	124
第一节 水稻土的判读	124
一、红壤型水稻土的判读	125
二、泥质型水稻土的判读	126
三、板结型水稻土的判读	127
四、岩成土型水稻土的判读	128
五、冷浆烂泥型水稻土的判读	129
六、冲积草甸型水稻土的判读	130
第二节 旱作土壤的判读	130
一、油沙土的判读	131
二、沙土的判读	131
三、油黄土的判读	131
四、黄泥土的判读	131
五、死黄泥土的判读	132
六、紫泥土的判读	132
七、大眼泥土的判读	132

八、末香土的判读	133
第三节 自然土壤的判读	133
一、典型红壤的判读	133
二、红壤性土的判读	134
三、水化红壤的判读	134
四、侵蚀红壤的判读	134
五、石灰土的判读	135
六、紫色土的判读	135
第四节 山地土壤垂直带谱的判读	135
一、山地黄红壤的判读	136
二、山地黄壤的判读	136
三、山地黄棕壤的判读	137
四、山地棕壤的判读	137
五、山地灌丛草甸土的判读	137
第十章 航片的纠正转绘与成图	138
第一节 航片的纠正原理	138
第二节 建立纠正转绘基础的方法	140
一、解析法	140
二、辐射三角测量法	141
三、无外业法	145
第三节 纠正转绘方法	151
一、光学仪器纠正转绘法	152
二、图解格网纠正转绘法	163
三、目估转绘法	167
四、纠正转绘方法的选用	167
第四节 土壤图件的编绘和复制	170
一、综合农业要素图的整饰	170
二、按图名着墨清绘专业内容	170
三、复制	171
第五节 快速简易成图方法	172
一、象片略图法	173
二、蒙绘法	173
三、任意格网法	174
第十一章 航测法土壤普查的若干制图问题	176

第一节	航测法土壤制图的特点	176
第二节	关于影象土壤图的编制问题	177
第三节	土壤图的制图单元	182
第四节	土壤图的整饰	188
第五节	关于土壤资源评价图的编制问题	189
第十二章	土壤普查中土地面积的量算方法	191
第一节	图斑面积的量算方法	192
一、	常用方法	192
二、	电子计算机法	196
第二节	非耕地面积的调查和土地利用系数计算	199
第三节	土地面积的最后统计	201
跋		203
附录	航片 6—1 到 6—3、7—1 到 7—13、 8—1 到 8—9、9—1 到 9—12	205

第一章 概 论

遥感是近年蓬勃发展的一门新兴科学技术，引起了许多学科和部门的重视，特别在自然资源勘测和自然环境动态监测等方面显示了无与伦比的优越性，获得愈来愈广泛的应用。

同其它任何新兴科学技术一样，遥感技术也有个萌芽和发展的过程。五十年代以来，随着近代物理学、空间科学、环境科学、计算技术、光电仪器仪表工业、感光材料工业……的发展，经典的航空摄影测量学（可简称航测学，航空摄影简称航摄，航空象片简称航片，下同）逐步扩展、演变，形成了现代遥感技术。可以说，航测学是现代遥感技术的前身，又是广义遥感的组成部分。按所使用电磁波谱的波段分，它属于可见光遥感；按接受记录地物波谱信息的方式分，它属于摄影遥感；按运载工具分，它属于航空遥感。所以，经典的航测也可称之为：可见光航空摄影遥感。考虑到目前在我国开展土壤普查主要是使用常规航摄获得的黑白全色片，所以本书仅限于介绍有关航测、航判方面的概念与内容，而不涉及现代遥感技术的其它手段与资料的应用问题。

第一节 航空摄影的发展

早在一个多世纪以前的1858年，法国人 Gaspara, Felix, Tournachou 第一次把摄影机安置在气球上，成功地拍摄了巴黎街道的象片。几乎与此同时（1860年），美国的 J.W.Black 和 S.King 也从气球上拍摄了波士顿街道的象片。至19世纪70年

代初, Meydenbaur 教授提出了应用摄影象片进行地形测量制图的想法。随后在英国、俄国等都陆续试验成功使用风筝或气球从空中拍摄地面象片, 并阐明了把中心投影的象片转换为正射投影地图的数学解析方法, 从而奠定了摄影测量学的基础〔1〕。

1903 年美国的莱特兄弟发明了飞机, 航空事业开始突飞猛进。1909 年 Wilb Wright 第一次从飞机上对地面摄影, 获得良好结果。1913 年 Tardiro 根据从飞机上拍摄的象片制作了地形图。在这期间, 德国蔡司公司研制了可用于航摄影片绘制地形图的立体制图仪。1915 年研制成第一架专用于航空摄影的航摄机。

第一次世界大战期间, 由于军事侦察的需要, 英、法、德等国都广泛开展了航摄活动, 美国海军还于 1918 年创办了世界上第一所摄影学校, 培养航摄技术人才。至二十世纪三十年代, 航空摄影与航空摄影测量开始广泛应用于各种民用项目, 并于 1934 年在美国创办了“摄影测量工程”杂志(该杂志从 1975 年改名为摄影测量工程与遥感 Photo-grammetrie Engineering and Remote Sensing), 标志着航空摄影与航空摄影测量已发展成为一门独立的科学技术。

- 第二次世界大战期间, 特别是战后, 航摄技术及其应用又有了新的进展。这时, 各类优质(高感光速度、高分辨率)的航摄胶片, 能够对航片进行立体观察的各类优质立体镜, 能够对影象色调进行数据量测的密度计等判读仪器, 以及能够纠正象片变形和立体量测地形地物高差的立体量测以及转绘、制图仪器都陆续问世, 配套成龙, 并日趋完善。随着判读仪器和量测技术的发展, 可以直接在航片上观察到更多的现象, 收集到更多的资料, 使许多科学工作者致力于探索地物客体与航片影象之间的相关性, 寻找直接在象片上鉴别客体和现象的标志与方法, 从而导致航片判读技术的诞生〔2、3〕。反过来, 随着判读技术的发展, 又进一步提高了航片的使用价值, 扩大了航片的应用范围。

进入二十世纪六十年代，彩色感光材料工业与彩色摄影处理技术发展到生产应用阶段。1963年美国摄影测量学会成立了彩色摄影委员会，出版了彩色航空摄影手册^[1]。苏联则致力于研制两层光谱带片（假彩色片），并在森林、植被航测等方面得到了实际应用^[9]，效果良好。

在这期间，欧美各国还先后发展了黑白红外片、彩色红外片，并发现这类片子对于探测土壤水分差异，鉴别植物长势，病害等都很有用^[4]。随后多谱段摄影机、多谱段扫描仪、红外摄影机、红外扫描仪、微波辐射计，侧视雷达等新型传感器陆续问世，并和航天飞行器相结合，进入了卫星遥感的新阶段。

第二节 土壤航测的产生与发展

最早应用航摄资料于土壤调查制图的是美国的 Cobb^[10]。他早在1918年就带着航片去野外进行土壤调查。由于航片上相当详细地反映了摄影地区的景观和各种地物的形状，而地形图上各种地物都依靠特殊的符号表示，不能直观地反映其本来面貌。这样，在航片上找目标、定方向比在地形图上要容易得多。他尝到了使用航片的甜头，得出结论说：航片对土壤调查制图有很大好处。稍后，Bushnell报道了按美国农业部土壤调查计划使用航片进行一个县的调查制图情况，他认为航片既实用，又经济，是调查工作中必需的基本资料，建议在今后所有土壤调查中都使用之^[2]。1938年美国全国协作土壤调查标准方法规定航片作为土壤调查的必备底图^[3]。在这段期间，其它许多国家如德、英、法、苏等等也陆续应用航片进行土壤调查制图。这可以说是土壤航测的萌芽时期，这个时期的主要特点是应用航摄获得的象片作为土壤调查制图的底图资料来弥补地形图的缺陷，以便找目标、定方向和注记调查资料等工作更快速方便、更准确可靠。

第二次世界大战后,有更多国家,在更大范围内,使用单张象片或象片镶嵌图作为土壤调查和制图的基础〔5〕。这时,随着航片判读理论与技术的发展,土壤判读的研究也受到了重视,可是在航片上判读地貌类型、地质构造、水文网、林型、植物群落等地理要素比较直观,可以从影象的形状、大小、色调、图型等特点来识辨。但土壤是地壳上部的疏松表层,无一定的几何形状。而且它上面往往为植被所覆盖,不能在象片上得到直接的反映。退一步说,即使土壤上没有覆盖植物,一般也只能反映土壤的表面,而不是土壤的垂直剖面,剖面各层次的厚度及其物理、化学、生物学特性等都不表现在常规航摄获得的象片上。对于这样一种特殊的地物,如果以一般的象片判读原理与方法来分析,当然得不到良好效果。正是这种困难,使不少人对航片土壤判读的可能性与可靠性产生怀疑甚至否定〔10〕。不过航片上反映出的丰富影象,以及土壤调查制图外业工作所面临的艰苦而繁重的劳动与各种实际困难,始终吸引着并推动着土壤学家去探索航片土壤判读的理论途径,以便尽可能充分发挥航片的作用,尽可能把外业工作量减少到最低限度。经过反复实践,美国学者先后提出了航片土壤判读的内插法(interpolation)和外推法(extropolation)等方法〔11〕。所谓内插法就是带着航片去野外进行路线踏勘,在实地建立影象与地物的相关性,路线之间则根据查勘和野外判读获得的规律与经验来分析影象特点,勾绘土壤分布变化界线;所谓外推法,仅用于新区的探索性调查。判读者把从其它类似地区获得的土壤判读经验应用于待研究地区的室内预判,然后根据预判结果去野外作校核与补充调查。这两种方法都能获得有益结果,可大大加速土壤调查制图速度,减少野外工作量。不过,在相当长时间内,这两种经验性的判读方法都只应用于区域性的土壤概测和一般的土壤利用或土地分类调查制图中。

原荷兰国际航测训练中心(ITC,现改名为国际遥感与地球

科学训练中心，代号如前）的象片判读专家总结了西方各国的研究成果和经验，提出了航片土壤因子分析法^[12]，这种方法基于这样一种设想，即大多数地表特征都在某方面与土壤条件有联系，其中有的联系是直接的、紧密的；有的则是间接的或不那么紧密的。其具体做法是：借助于某些测量仪器和优质立体镜，对相邻两张彼此有部分重叠的象对进行立体观察与量测，根据影象显示的密度、形状、大小、地理位置等特点来分析地形、地势、水系类型、植被、母质、土地利用等因子的变化过渡，勾绘其变化界线，构成一幅供野外校核用的象片判读图，其中有些界线将被证明确是土壤界线，有的则并不真正反映土壤变化，要删除掉。他们得出结论：这样获得的制图单元主要是土群、土壤复区和土相（如坡地相、侵蚀相等，通过立体观察与量测，可迅速准确地勾绘出来）。至于有些在分类时需考虑的因素如酸碱度、石灰含量、质地、底土颜色等在象片上判读不出来，则依靠常规的野外工作来确定。所以象片分析也不是全部取代野外工作。象片分析的任务在于分析和勾绘那些被认为是重要的，同时又是在象片上可以清楚地看到的客体，然后进行一般的野外调查和实验室研究来解决象片分析所不能解决的问题，这样就使外业工作进一步减少，土壤界线更加准确，甚至比在野外实测的土壤图都具有更高的制图学精度。但他们认为这种因子分析法不适用于比例尺大于1:2.5万的土壤详测制图，在土壤详测中应用航摄资料表现出的优越性不大，因为详图上要反映的许多内容仍有待野外调查获得，并认为适于进行因子分析的航片比例尺应不小于1:4万，最好在1:2万以下。

二十世纪五十年代苏联开始重视航空方法在土壤调查制图中的应用，并侧重于1:1万大比例尺土壤调查制图中应用航摄资料的方法论研究。他们指出：基于土壤与其它景观要素相互关系的间接判读法是在航片上判读土壤的重要方法。然而强调间接判读，

却不能排斥按照影象特点直接判读土壤的可能性。他们在不同土壤带进行的试验研究表明：如灰化土带具有不同灰化度的土壤和局部低洼滞水的沼泽化土壤；草原带的黑钙土和水分状况不同的草甸土、沼泽土；干草原地区的栗钙土和盐土、碱土等等一般都可航片上直接识辨出来〔13—18〕。

然而一般黑白全色航片包含的信息量毕竟有限，往往不足以分析出土壤调查制图所需的内容；同时借助于立体镜的判读，不管是间接判读还是直接判读，都凭目视经验，缺乏客观性，为了解决后面这个问题，Якути 等人曾试验测微密度计的判读方法〔19〕，即用仪器测定影象光密度，据此判别其内容。但由于影响到航片影象光密度的因素太多，同土壤异色调，同色调异土壤的现象并不鲜见，所以尽管在试验中采取了一些消除色调失真的措施，取得一定结果，可是推广到生产应用就会遇到许多难于克服的困难，没有生命力。为了弥补黑白全色航片信息量不足的缺陷，苏联和其它许多国家的学者倡导采用三层彩色片（真彩色片）和两层光谱带片（假彩色片）等感光材料〔9、20〕。三层彩色片对判读植物和某些地区的某些土壤有好处，不过成本高，暗室冲印技术繁杂，与其好处相比，经济效益不大。两层光谱带片系由两层感应波段不同的乳剂层组成，获得一张不反映客体真实颜色的象片。由于它感应的波段范围窄了，在这个窄波段内反射率有些差异的客体就表现为不同颜色的影象而突出出来，这无疑将进一步提高判读的可能性与可靠性，如 CH-2 型光谱带片曾用于植被摄影，获得良好效果〔9〕，但对裸露土壤摄影，效果很差，远远比不上 CH-3 型光谱带片。这是因为一些表土的反射率差异在 CH-2 片感应波段内不甚明显，而在 CH-3 片则较明显所致。因此，为了制备适合用于土壤摄影的光谱带片，必须知道土壤的光谱反射特性，从而促进了土壤光谱反射特性的测试与研究。

进入二十世纪六十年代，多种类型的航摄感光材料以及中、