

土壤调查 航空相片判读



联合国粮食及农业组织

土壤调查航空相片判读

**aerial photo interpretation
in soil survey**

by

多科·古森著

doeko goosen

国际航空调查培训中心
荷兰，德尔夫特

**international training centre for aerial survey
delft, netherlands**

(征求意见稿译本)

联合国粮食及农业组织

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
Rome

1967

本书中所用名称及其材料的编写方式不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分，表示任何意见。

M-51

ISBN 92-5-500105-1

本书版权属于联合国粮农组织。如未得版权所有者书面许可，不得以任何方法或程序全部或部分复制本书。申请这种许可应按下列地址写信给联合国粮农组织出版处长，并说明复印的目的和份数。

Via della Terme di Caracalla-00100, Rome, ITALY

© FAO

致 谢

本书是应联合国粮食及农业组织的要求编写的，并根据作者在由粮农组织派往哥伦比亚的多次任职期间获得的经验以及在荷兰德尔夫特国际航空调查和地球科学培训中心的工作中所积累的经验和知识而写成的。

作者愿对哥伦比亚“奥古斯丁-科达基”地理研究所主任允许他收集哥伦比亚的航空相片表示谢意，许多相片对本文起了说明作用。在国际航空调查和地球科学培训中心收集到国际的航空相片，使得有可能极大地扩大说明的地理范围，并感谢各有关政府和组织允许这些相片的出版。对每张相片的致谢在正文中列出。

许多人通过他们的文章和讨论对本专题文章有极大的影响，他们的名字在参考文献一览表中列出，但许多其它作者的影响渗透在全文中。

特别要感谢国际航空调查和地球科学培训中心的高级土壤科学家J·弗米尔先生，他的评论大大地有助于本书的构思。

作者还愿对粮农组织土壤协调员A·J·斯密斯先生承担的大量编辑工作表示特别的谢意。他在文法和用词方面提出了建设性的意见，但更重要的是他对有关技术内容指出许多改进的意见。他的思想和贡献与作者大多数章节中提到的人连在一起。

插图一览表

- 图 1 (1)哥伦比亚阿劳卡河, 一九四六年六月十四日拍摄
(2)同一地区, 一九六〇年一月八日拍摄
- 图 2 哥伦比亚考卡谷地一个地区的立体镜三合相片
- 图 3 西非一个沿海地区的红外线和全色相片
- 图 4 用小型飞机进行辅助勘测
- 图 5 在比例为 $1:40,000$ 的航空相片上看不到的侵蚀型
- 图 6 棱镜反射式立体镜
- 图 7 带有可调支座的袖珍式立体镜
- 图 8 双观察立体镜
- 图 9 航空相片转绘仪
- 图 10 一种热带水成土的剖面
- 图 11 哥伦比亚考卡河泛滥平原的立体镜三合相片
- 图 12 图 1 1 的土壤组合类型
- 图 13 西班牙蒙蒂约北部的伸长土壤剖面
- 图 14 (1)纵向河流沙丘的图型
(2)纵向沿海沙丘的图型
- 图 15 对图 1 4 (1)和(2)的地型因素“地貌”的分析
- 图 16 河流使河床阻塞
- 图 17 (1)滩脊地型
(2)曲流内侧沙洲地型
- 图 18 网纹和线形细沟侵蚀
- 图 19 部分切割高平原的体视图
- 图 20 图 1 9 (1) - (6)各种因素的相片分析

- 图 2 1 (1)泥流滩脊, 赞比亚
(2)泥流滩脊, 哥伦比亚
- 图 2 3 哥伦比亚马格达莱纳河的体视图
- 图 2 4 说明坡形和内聚力之间的关系的图表
- 图 2 5 复合起伏地区的体视图
- 图 2 6 一个石灰岩地区的体视图
- 图 2 7 一个沿海地区的航空相片
- 图 2 8 图 2 7 水系型的分析
- 图 2 9 在一个古海洋沉积地区上的圩田的航空相片
- 图 3 0 图 2 9 水系型的分析
- 图 3 1 说明不同的沟壑型的体视图
- 图 3 2 一个热带稀树草原森林过渡区的航空相片
- 图 3 3 哥伦比亚太平洋沿岸一个降水量高的地区的体视图
- 图 3 4 说明不同的森林类型的立体镜三合相片
- 图 3 5 一个枝状水系型的丘陵地区的立体镜三合相片
- 图 3 6 图 3 5 水系型的分析
- 图 3 7 一个山麓地区的航空相片
- 图 3 8 说明荷兰部分地区土地利用型式的航空相片
- 图 3 9 说明不同的反射产生“颜色”差异的立体镜三合相片
- 图 4 0 图 3 9 “颜色”的分析
- 图 4 1 甘蔗田的立体镜三合相片
- 图 4 2 一个新成冲积泛滥平原的航空相片
- 图 4 3 一个老年冲积泛滥平原的航空相片
- 图 4 4 一个风成平原的航空相片
- 图 4 5 图 4 4 的地貌分析
- 图 4 6 图 4 4 的地文分析

- 图 47 叙利亚一个冲积扇的航空相片
- 图 48 哥伦比亚一个冲积扇的航空相片
- 图 49 一个严重切割的高原的体视图
- 图 50 图 4 9 沟壑型的分析
- 图 51 说明老年细沟侵蚀的航空相片
- 图 52 一个平滑切割的平原的立体镜三合相片
- 图 53 图 5 2 的土壤图草图
- 图 54 图 5 2 的一般勘测土壤图
- 图 55 图 5 2 的部分详细土壤图
- 图 56 哥伦比亚东部平原土壤取样调查地点的地图
- 图 57 一个火山地区的体视图
- 图 58 从图 5 7 的部分绘成的方框图
- 图 59 说明土系地点的方框图

目 录

	页 次
致 谢	
插图一览表	
第一章 航空相片判读概说	1
前 言	1
航空摄影术和摄影测绘学	3
航空相片	3
照相机	4
相片比例	4
基本摄影测绘技术	5
仪 器	5
航空相片判读的一般原理	7
第二章 土壤调查判读的原理	11
第三章 土壤调查判读的方法	32
地型分析	32
因素分析	36
土地类型	39
起 伏	40
坡 形	41
水系条件	42
堆积水系	43
侵蚀水系	43
天然植被	44
母 质	45

颜 色	46
土地利用	47
各种因素的利用	48
地文分析	49
地文过程	68
沉积过程	68
侵蚀过程	69
第四章 不同方法的评价	72
共同的优点	72
差 别	73
应 用	74
第五章 土壤制图单元的特点和利用航空相片编制图例	93
编制土壤制图单元	93
航空相片判读和土壤差异之间的关系	94
不准确的原因	95
制图单元的不纯	96
土壤的地文因素	97
景观分类中存在的问题	97
土壤图图例的结构	101
第六章 在土壤调查中利用航空相片判读的实际问题	106
实地工作的组织	106
制图问题	109
选择出版比例	109
地形基准图	111
利用航空相片作基准图	118
方框图	119
参考文献	121

第一章

航空相片判读概说

前言

利用航空相片来研究地球的表面已有几十年的历史。航空相片的鸟瞰图作为说明和解释景观现象的一种手段，就成本比较而言是无可匹敌的。图1明确地证明了它们在说明地貌方面的价值。

然而，使用航空相片单纯作为描述情况的说明，不应与航空相片的判读混淆起来，后者是航空摄影术更现代和更微妙的应用。航空相片判读员不是把相片看成图片，而是看作变幻万千的自然现象的反映，他必须从其复杂的关系中推断出他所需要的信息。

想象航空相片判读员能掌握从地面所不能获得的信息是错误的。如果航空相片记录了差异情况，那么地面上的实地情况必定存在这些差异。这些差异可以在地面上鉴别和勘测出来，尽管在许多情况下，这种工作极其缓慢和繁琐，并可能需要使用精密的设备。另一方面，如果在航空相片上看到差异并把它们的分布绘制出来，通常可使从地面观察来确定这些差异的准确性质成为一件简单的工作。因此，问题不在于航空相片能否提供在实地工作中不能解决的事，而是对两种不同的方法产生同样的结果作比较，比较其在需要的时间和工作量上的差别。正确地判读航空照片能省去大量艰巨的实地工作。

各种科学专业都利用航空相片的判读。他们从每一套航空相片的浩瀚的信息中，提取出与他们各自的研究领域有关的数据。为了进行这一工作，他们必须学习如何处理相片，他们还必须知道地球表面不同的物体在一张相片图象中如何显示。研究那些被拍摄的物体的图象并推论出它们的意义通常称为“航空相片的判读”。

乍一看图2的色调、图形和图案的排列似乎杂乱无章。所代表的地形是哥伦比

亚考卡谷地一千六百公顷左右的一个地区。

地貌学工作者在研究这张相片时，将辨认出如废弃河床(1)、沼泽憩流地区(2)和冲积扇脚等特点，但地质学者可能首先注意相片下缘所显示的安第斯山脉的边缘。工程师感兴趣的是地形情况以便进行公路、灌溉渠道等的设计规划，而植物学家将发现憩流地区非常有意义的沼泽类型。水文学者对水体的空间排列及其相对于主要河流的位置感到兴趣。

考古学者将在接近5点处发现原先栖居在这一地区的土著部落令人感兴趣的古老耕种方式，而在6点处他将注意到表示原先居住地点的一些浅色斑点。农艺学者将观察到大部分作物都种植在沿着废弃河床的天然冲积堤上。

土壤科学工作者懂得土壤的类型与地势、排水条件、植被和其它特点密切相关，将对这些特点进行研究以形成他的土壤调查资料。

从这一例子可以得出两个结论。第一，可以把一张航空相片看成是一整套地图；第二，一个科学工作者为了正确地评价相片的什么特点与他特定的研究领域有关，也必须懂得所有其它特点的含义。他必须能够判断出它们的意义并抛弃那些与他的研究无关的东西。

航空相片提供了在不实际进入一个地区的情况下能够研究这个地区的地形的可能性，军事人员理所当然地会迅速抓住这种可能利用的机会。他们形成的方法几乎完全是建立在直接辨认相片图象的基础上。在大多数情况下缺乏完善的地面控制。但这些方法应用于民用科学时，如地质学和土壤科学，很快就发现是不完善的。这类科学领域早期的相片判读者极其热情的工作却产生严重的误差和令人失望的结果，这也是这些学科的许多科学工作者不乐意使用航空相片判读的原因之一。然而，航空相片的判读逐步地得到发展，加上完善的地面控制，确实有极大的价值。对航空相片的判读作出最大贡献的科学工作者，是那些最细心地利用它的可能作用的人。这是一种明智的态度，因为它导致客观地和无偏见地看待相片判读的优点和不足之处。这样逐步地对航空相片的判读形成了一种比较相称的态度，现在几乎所有的科学家都相信有非常巨大的用途。

为了最大限度地利用航空相片，需要对少数附属题目有所了解。这些题目包括：航空摄影术、基本摄影测绘学和简单的摄影测绘仪器。

航空相片

航空相片用装在飞机上的照相机拍摄。在飞行中，每隔一定的距离曝光，使相片之间有百分之六十的重叠。因此地形的同一部分出现在两张相邻的相片中。这对于利用立体镜来获得立体图象是必要的。相邻的胶卷边沿上通常有百分之二十五左右的部分重迭。

可以使用不同的滤光器和不同类型的胶片。最普通的胶片类型是全色的。红外线（图3）、全色和所谓“假”色照相术在特殊用途中具有优点，通常根据调查的类型来选择胶片的类型。必须认真地考虑未来使用雷达“照相术”和红外线扫描来获得新的信息的可能性。虽然目前这些发展仍处于试验阶段，但其结果对于专门用途是很有发展前途的。

相片可用各种方法晒图。作为精确的摄影测量制图上使用的相片晒制在玻璃板上，但用于一般的相片判读时，相纸复制就足够了。通常复制的相片与原底片的大小一致，因此称为“接触复制”或“接触晒图”。它们可以是双载、单载或轻载纸，并根据它们的使用情况，可以晒印成有光、半有光或无光的相片。对于实地工作来说，无光双载复制较可取，而作为办公室工作使用，建议使用单载腊光纸。这通常意味着作为一次特定的调查需要两套相片；与调查工作中的其它费用（如交通运输费用）比较这种费用是很少的。

可把单张的相片组合，称为“相片镶嵌图”，或简单地称为“镶嵌图”。镶嵌图可制成图表，如地形图。通过摄影测绘程序（矫正和复原、放大或缩小），镶嵌图可以调整进一个坐标系。镶嵌图根据调整的程度称为“未控制的”、“半控制

的”或“控制的”。

照相机

短焦距的照相机拍摄出所谓宽角度或超宽角度的相片。这些相片的成本一般低于正常角度拍摄的成本，因为飞机可以在较低的高度飞行而不需要专门安排高空飞行。除此以外，宽角度的相片提供较大的立体图象，因此除了非常多山的地形外适宜于相片的判读。

标准的航空摄影术通常为各种目的服务，在一次综合调查中有些相片可能要用于各个学科。为了满足广泛的要求，只有使用最好类型的照相机进行最好的拍摄才能做到。

然而也有这样的一些情况：航空摄影只由单引擎小飞机上一架普通的轻便式照相机拍摄。例如要记录一种暂时的情况，如冲积平原的季节性洪水。

相片比例

没有共同的比例可用于相片判读的一切领域。林业工程师喜欢大比例，因为它们要研究单棵树。地质学者喜欢小比例，因为一张小比例的相片能看到非常大的地区。土壤调查者通常喜欢中间的比例。

比例的范围一般在 $1:5000$ 到 $1:100000$ 之间。那一种比例最适合于某种调查依不同的情况而不同。如果选择 $1:20000$ 的比例，意味着需要拍摄比 $1:40000$ 多四倍的相片。由于这一理由，小比例可能是可取的。

然而在一张小比例的相片上，相片判读员感兴趣的一些细节可能看不到。与二十年前相比，现在在小比例的相片上可以显示更大量的细节，这一技术上的进步导致在相片判读中使用更小比例的趋势。在自然资源的调查中，相片比例通常仍大于最后出版的地图的比例。

在某些情况下用航空相片提供详细的信息补充是可取的和可能的。例如有这样的情况：要求除了一般的土壤调查资料以外了解某种侵蚀的类型，但这种侵蚀类型的图象按相片的比例看起来太小。用一架小飞机进行低空勘测飞行可以获得所需的资料，在此过程中侵蚀的类型和程度在镶铅图上注明（见图4和图5）。在这类飞行中用一架轻便小型照相机拍摄的相片可能为问题提供额外的或新的解决方法。把这两种类型的调查结合起来（一种是标准的航空摄影，另一种是勘测飞行），可能证明比用较大的比例记录和判读所有的侵蚀图象相片要便宜。

把小比例相片放大对于航空相片的判读不如一般使用的有价值。一方面，放大的相片使用不方便，另一方面，原底片所没有的细节在放大的相片上也不会有。但放大的相片用于实地注释则很有用。

基本摄影测绘技术

一张航空相片是地形的中心投影，这种投影由于地势起伏而发生畸变。通常需要应用摄影测绘技术把航空相片绘制成一张地图。在航空相片上由于地势起伏产生的位移是沿着通过“主心”（Principal point）即相片中心的一条线。在“径向三角测量”中利用了这一特性，从图解上或操作上矫正一些基准点（Control points）的位置。把基准点集合起来，就可用于制成一张基准图。相片判读的轮廓就可从基准图绘出。

仪 器

一台立体镜就是用来获得一对相片的立体图象的光学仪器。最简单的形式是图7所示的袖珍型立体镜。袖珍型立体镜放大 $2\frac{1}{2}$ 至3倍，它对地形提供了很好的立体图象。不足之处是相片必须放得过于靠近，以至于它们之间部分重叠，不能在一次操作中对一张照片全面进行仔细研究。另外，袖珍型立体镜也没有提供足够的距

离来在相片上绘图。

为了克服这些困难，设计了棱镜反射式立体镜（见图6）。通过一个棱镜和反射镜系统，相片之间的距离大大扩大了，有较大的距离可供绘图。立体镜可以使用或不用双筒镜来增加或降低放大率。双筒镜可以有3至8倍的不同放大率。双筒镜用来研究小部分的地形，还可以利用视差尺来测量高度。在通常的相片判读中不使用双筒镜。

两种类型的立体镜综合使用有一些优点。袖珍型立体镜比任何形式的棱镜反射式立体镜有更清晰的图象，因此可对判读仍存在问题的地形进行更好的研究。当一般的相片判读变为例行事务时，可使用不带双筒镜的棱镜反射式立体镜来进行更有效和更迅速的相片判读。

最近在市场上已出现在一定范围内放大率可调节到任何数值的图象电子放大立体镜。

一种特殊类型的立体镜是图8的立体观察镜。当面对面安放两台这样的立体镜时，可以由两个人同时观察同一对相片。通过可调节的反射镜无需移动相片或立体镜即可观察相片的整个图象。这样一种安排对于判读员之间进行教授和磋商有特殊价值。

一些公司在立体镜上装上特殊的仪器，用于直接在地图上绘图。这可能是一种机械的仪器，如一台比例绘图器，把相片上的迹轨直接转绘到一张地图上；或者它可能是一台双棱镜装置，通过它判读员可以同时观察相片的立体图象和基准地图。在这两种情况下，研究员都可以在观察航空相片的轮廓后再绘在基准地图上。使用这些仪器需要有一些技术训练。

立体图镜（Stereosketch）就是一个例子（伦敦，希尔格和瓦茨公司）。这是一台有放大基线的棱镜反射式立体镜。通过一个专门安装的棱镜可以看到相片，也可以看到放在相片支坐下面或之间的水平平板仪上的地形图。平板仪可上下移动调节地图和相片之间的比例差。

通常在立体镜下面的航空相片上直接绘出判读线，然后把这些线转绘到基准地

图上。这一工作可以使用一台照片转绘仪(Sketchmaster)来进行(见图9),仪器上的航空相片的图象通过一个带有可把图象调节成地图比例的观察棱镜投影到地图上。也可以通过直接观察把判读线转绘到一张精确的地形图上或一张相片镶嵌图上。在这方面必须注意摄影的放大或缩小,通过它把相片判读调节到任何地图的比例上。

有关判读上使用的航空摄影术和摄影测绘学方面的实际资料可参看《相片判读手册》(美国摄影测绘学协会,华盛顿,一九六〇年)。

关于更精确的方法,读者可参阅同一协会出版的《摄影测绘学手册》。

航空相片判读的一般原理

对相片和仪器有良好的技术知识是所有相片判读的共同基础。它包括识别相片从黑色到白色之间深浅不同的灰色所表示的地形,这些不同的色调是由地球表面物体映象的不同所引起的。

第一个要回答的问题有关地形不同部分映象浓淡的原因(参看第三章把颜色作为相片判读的一种因素的各段)。

相片图象的第二个方面是通过立体镜所看到的地势起伏的立体印象。地势起伏在立体镜图象中被夸大了。这有一个优点,尽管把夸大的印象转化为真实的图象需要经过一些训练。

景观的立体图象提供了对主要地形特点比从地球表面任何点上的正常视觉所提供的印象强得多的观察。首先,这当然是由于观察点明显地高于地球和在所有方向上都没有障碍。而在地球上很少能够提供类似的观察点。第二,在实地观察中当距离超出约一千米时立体感觉就消失,而立体图象与正常的视觉相比扩大了若干倍,使相片判读员能够观察到远距离地势起伏的非常微小的变化。这类变化的格局通常比在地面上能更容易得多地观察到。

一些作者(如Buringh, 1960, Lueder, 1959, Vink, 1963)认识到相

片判读的不同阶段。相片判读的第一步通常称为辨认和判别，或叫“读出”。

辨认和判读阶段指对清楚地看到的物体和特点进行研究，目的是作出确实无疑的辨认。这种工作的能力在很大程度上取决于判读者熟悉地球特点的程度。使用“相片图解”也可积累经验。一种相片图解实际上是一张有标明和说明物体的航空相片或航空相片的一部分。美国农业部农业手册第153期《美国的土地利用及其类型》一书很好地汇集了土地利用的各种图解。

在该书中汇集了168张航空相片，说明美国不同地区土地利用的各种类型。

为解释一种特定现象的图解往往是按它们的“说明”价值而挑选的，即选择一个某种特点明显可见的地区。这样注意力集中到明显的特点上，通常不理睬其它的现象。当图解单纯用于教学上时，这是令人满意的，但如在勘测工作中系统地利用，则要求在选择样本时有较全面的做法。图解在土壤调查中的价值有限，因为在航空相片上看不到土壤的剖面，根据外部的型态和现象来推断土壤剖面的性质是极不可靠的。这一点值得强调，因为只有例外的情况下和非常有限的地区，相片图解才有助于判别土壤类型。

里弗特拉（一九六〇年）在关于相片地质学图解的题目中作了一些非常有意义的说明：

“如果说在一般的地质研究工作中通过比较、类推和关联作用获得很大成绩的话，那么在摄影地质学程序中更是这样。从航空相片得到的资料严格地说是推断出的间接证据，物体的性质多少要扣去很大程度的准确性。摄影地质学经常被称为“罐头地质学”在某种程度上是有道理的，但有时候在调制新鲜食品时加进一点罐头配料更别具风味”。

他继续谈到：

“图解包括实体图——一对立体相片的某些部分，经切出和调整用于袖珍型立体镜进行立体观察。剪辑部分应胶合在板上使之不翘曲。可以直接在图片上作注释，但最好是在固紧在图板一个边缘上的透明图上作注释并可以升高进行更好的观察。不鼓励在图片上面作注释，因为这会扩大图象轮廓单元之间的差异。实体图应附有