

应用卫星图象编制土壤图的条件和方法

——以1:100万广州、汕头幅土壤图为例

卢家诚 朱世清 杨锦汉

(广东省土壤研究所)

摘 要

作者根据工作实践对假彩色卫星图象目视判读土壤的条件,判读土类的依据及判读方法和步骤等问题进行了详细的阐述。

近年来,随着航天技术和图象信息解译技术的迅速发展,应用卫星图象编制专业图件,已经广泛地用于许多领域。然而,到目前为止,应用卫星图象编制土壤图,还未形成一套完整和成熟的方法。我们在编制1:100万广州、汕头幅土壤图中,对图件资料充裕的地方采用基本图幅缩编的方法,对资料欠缺的地段则应用卫星图象编图。后一方法主要是通过必要的野外调查,并结合航空照片、土壤普查图件、地质图、地形图等资料相互参照进行目视判读编制。目前航天遥感制图技术,尽管已发展到磁带数据自动识别成图的新阶段,但是,根据我国实情,在相当一段时间内还难以普及。因此,目视判读土壤制图,还有其很大的实用价值。本文就我们在编制土壤图中,应用卫星图象识别土壤类型,勾绘图斑界线的一些粗浅体会整理如下,以供参考。

一、假彩色卫星图象目视判读土壤应具备的条件

(一)熟悉制图地区的生态环境及土壤分布规律

应用卫星图象编制土壤图,是通过土壤类型的判读来完成的。而土壤类型的判读,又是通过对卫片中不同地貌类型,不同地形部位以及植被群落等在象片中的影象特征进行综合分析和推断的。因此,制图人员对制图地区的熟悉程度如何,关系到成图的质量问题。

广州、汕头幅土壤图的制图范围是,东经 $108^{\circ}00'$ — $117^{\circ}51'$,北纬 20° — $24^{\circ}00'$,包括广西东南部,广东西部、中部和南部的大部分,面积约20万平方公里。本区地处高温多雨,四季常青的热带—亚热带,热量丰富,夏长冬暖,年平均气温 $>20^{\circ}\text{C}$,最冷月平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$,日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数约300—350天。雨量充沛,强度大,年均降雨量1400—2000毫米,台风频繁。自然植被为热带季雨林—亚热带季雨林。但因人为活动频繁,自然植被基本破坏殆尽,多被次生灌丛草被及人工松林所取代。成土母质有花岗岩、砂页岩、玄武岩、石灰岩和凝灰岩等。

本区地形特点大体是,北高南低,从内陆到滨海依次为山地、丘陵、台地、平原。山脉多为东北—西南走向,境内海拔超过1000米的山体有莲花山、罗浮山、云开山、云雾山、大容山和六万大山等山腿。丘陵、坑谷及河流冲积平原交错其间,著名的珠江三角洲分布于本区的中部。本区西北部为广西宾阳、武鸣等地的连片石灰岩丘陵区,地形崎岖,岩溶地貌发

育明显。

在上述生物气候条件的综合作用下,使本区土壤具有深厚的风化壳和富集铁铝的特点。由于地形多变,成土母质复杂,导致了本区繁多的土壤类型。根据本图的土壤分类系统,自北往南的水平地带性分布的土壤,依次为赤红壤到砖红壤。典型山地土壤的垂直分布为山地草甸土、山地黄壤、山地红壤到基带的赤红壤。微地域的土壤类型,则随地形、成土母质以及水热状况和人为作用等的变化而异。

(二)具备必要的编图资料

1. 基本资料的收集:用假彩色卫星象片编制土壤图必须有相同比例尺的卫星图象和地形图。根据“中国1:100万土壤制图规范”要求,我们收集了编图范围内不同时间拍摄的1:50万假彩色卫星合成图象,并选取了云彩少,图象清晰,信息丰富,质量较理想的象幅作为资料底图。并选用最新版的1:50万地形图作为编制过渡图。

2. 辅助资料的收集:由于卫片比例尺小,综合性强以及目视地物分辨率有限,必须备有比所用卫片比例尺大的图件资料,如土壤图、植被图、地质图、土地利用现状图以及航空照片等供判读时参考。这对提高判读精度和图斑定位都很有帮助。

(三)有适当的土壤分类级别作为制图单元

制图单元(指基本制图单元)是编制专业图件的基本单位,土壤图的制图单元,取决于制图的目的及比例尺的大小。不同比例尺的土壤图,是根据地图承载力,选取足以反映其最高表现精度的土壤分类级别作为制图单元的。因此,在考虑选用卫片作工作底图时,首先要看卫星图象的信息能否满足制图单元的要求。卫星图象的优势是现势性强,综合性高,地貌表现逼真,对以土属一级以上的制图单元来说,基本可以满足,但若以土种一级为制图单元的大比例尺土壤图,应用卫星图象判读制图,显然尚欠详尽。

二、假彩色卫星图象判读土壤类型的依据

利用卫星图象判读土壤类型,是从土壤发生学和自然景观学为理论基础的。土壤是一个自然客体,它的形成发育与其所处的生境密切相关,可以这样认为:各种土壤类型,都有其相应的景观特点,这就给我们应用卫星图象判读土壤提供了可能性。

(一)影象的形态、色调特征与土壤类型的关系

卫星图象是地表上按一定的比例缩小了的自然景观的综合影象。它比较全面,准确而客观地反映出地表的自然景观。在图象上能通过色调把各类地物的形状、大小、范围、轮廓以及相关位置显示出来。根据地面物体的形态与其在卫星图象上相似这一原理,在掌握了某些物体的形态特征——判读标志后,就能直接在图象上把它们判读出来。然而,土壤本身在图象上没有一定的几何图形,也不具固定的色调,其表面往往又被种类繁多,形状各异且随季节变化的植被所覆盖。因此,土壤类型的判读,就不如河流、森林有较固定的色调而易于识别,而必须运用土壤学知识和丰富的野外调查经验,在对制图地区情况比较熟悉的前提下,通过间接判读和综合分析推断,才能较客观地进行。

(二)生物气候与土壤类型的关系

1. 土壤类型与生物气候的相关性:当地形的形成历史基本相同和成土母质相似的情况下,成土因素当中生物气候的作用明显地表现出来。在不同的气候带内,自然植被群落的类型不同,成土物质的风化方式和强度也不同。进而形成了不同的土壤类型,出现土壤类型与

生物气候同时更替的现象,如本区地处南亚热带常绿阔叶林与热带季雨林过渡地带,土壤形成过程以富铁铝化作用为主,根据其强度不同,发育有砖红壤、赤红壤、红壤和黄壤等土类。卫星图象判读时,即据此确定本区大的土壤类型范围。

2. 土壤类型判读与季节变化的相应性:土壤在不同季节对不同的光谱具有不同的反射特征。其原因是土壤水分及其表面的植被,随着季节的变化而变化。夏季雨水充沛。河流、湖泊、水库、沼泽等贮水量增加,土壤湿度大,加上太阳高度角较大,植物生长比较旺盛,使图象上的植物色调反映清晰。而冬季天气干燥,土壤含水量降低,自然植被转黄而耕地土壤大部裸露,土壤本身的特征得到反映,为土壤类型判读提供了更好的信息。因此,在判读时,必须留意卫星图象的拍摄季节,否则会造成很大的差错。

3. 植物群落与土壤类型的关系:在自然界中,当植被未被破坏时,其植被的类型常能较准确地反映土壤类型。因此,在土壤类型判读时,可以通过对不同植被群落在图象上的色调特征来进行。对耕种土壤来说,不同的土壤类型都有其不同的利用方式,不同的地区有不同的作物和不同的耕作制,这些在判读前都要有充分的了解。如水田多种植水稻,植稻期间彩色卫片上多呈红色,色调均匀平滑,而冬季卫片上呈兰绿色,四边多平直整齐。旱地作物因类型多,一般位于地势较高的缓坡地或河流两岸,红色调不均匀,形状不规则。基水地(堆垫土)因水面大,种植作物的基面小,在图象上的色调多呈暗绿色。这些不同的植物群体都反映不同的土壤类型,在卫星图象上都易于判读。

(三)不同地貌类型与土壤组合的关系

对大区域来说,当地带性土壤类型确定后,在同一生物气候带内,因地貌或地形的变化,导致了水热的差异和地表物质的侵蚀、搬运和淤积的过程,使不同地貌类型或地形部位表现出不同的水热环境和成土物质,并在微区域的生态环境综合影响下,形成其不同的土壤组合系列。本制图区主要地貌类型的土壤组合如表1。

三、判读方法与步骤

(一)土壤判读标志的建立

所谓土壤判读标志,是指卫星图象中与土壤类型相关的地表影象特征,它可通过下面两个途径取得:一是编图人员利用自己熟悉的地区及编成的土壤图,与相应的卫星图象行进对照,以土壤图中不同土壤类型的图斑找出卫星图象相对位置上所反映出的图形、大小和色调等逐一进行对照识别,从而找出不同土壤类型在卫星图象上的影象特征和变化规律,由这一方法得出的判读标志,一般可应用于同一类型区的土壤判读;二是把卫星图象带到野外,通过实地考察,找出不同类型区和不同土壤类型与卫星的图象影象变化规律及其判读的主要特征。进而对不同类型区的各种土壤进行判读,这一方法对新区制图尤为需要。

(二)判读步骤

1. 从地貌类型入手,概略勾出土壤类型组合:因地貌类型与成土物质、植被、水分状况和人为活动等密切相关,可以这样认为,地貌的解译是解释一切水热资源、生物资源和土地资源的基础,无疑也是解译土壤类型的基础。各种地貌类型在卫星图象上都具有明显的几何图形和光学特征。根据影象的特征很容易识别水系和平原(包括河流冲积平原、三角洲冲积平原、滨海平原及山间盆地)、台地、丘陵、山地等地貌类型。在这基础上,再根据不同地貌类型的土壤组合和其间的分布规律进一步作土壤类型的勾绘。

表 1

不同地貌类型的土壤组合

地貌类型	卫星图象特征	土壤类型组合
山地	山脉走向清晰, 其形状、大小及走向与同比例尺地形图极为相似, 多呈红色或暗红色的不规则条块状。山脊明显地分出阴阳坡, 山体间被兰绿色或浅黄色的沟谷所分隔。	山地草甸土, 山地黄壤, 山地红壤和复盐基红壤。
丘陵	分布于主山体的外围, 因海拔相对较低, 交通方便, 人为干扰大, 植被长势差异很大, 红色调一般比山地浅, 多呈斑块或点斑状的淡红或黄白色。散布于河流冲积平原或三角洲冲积平原上的孤丘, 多为淡红色。丘陵间多被浅绿色的树枝状沟谷或河溪相隔。	各种母质的赤红壤, 表蚀赤红壤和复盐基赤红壤。
岩溶地貌 (石灰岩丘陵 山地)	影象特征为荔枝壳状密集红色或斑点状的暗红色, 常被浅兰色或黄褐色的谷地所分隔, 区内河流疏, 河叉很少。	黑色石灰土, 棕色石灰土, 红色石灰土, 耕种棕色石灰土, 壤质石灰性水稻土。
山、丘谷地	呈黄白色或暗绿色的树枝状斑纹, 穿插于红色、浅红色的山地、丘陵之间, 宽谷地可见兰绿色的小河蜿蜒其中, 低洼渍水地段多出现不规则的兰绿色斑点。	各种成土母质的淹育水稻土, 洪积冲积物质潜育水稻土, 洪积冲积物质潜育水稻土。
河流冲 积平原	呈不规则的条带状分布于丘陵、台地之间, 地面开阔, 冬季卫星图象多呈黄白色或浅兰色, 植稻季节为连片光亮的红色调, 深绿色或浅兰色的河道贯穿其中, 因两岸农业生产比较发达, 作物类型多样, 故耕地色调随季节的变化而有改变。	壤质冲积物质潜育水稻土, 沙质淡潮土。
三角洲冲 积平原	上接河流冲积平原, 下接河流入海处, 兰绿色的河道, 河叉从上而下逐渐增多, 加密形成网状, 把三角洲地分割得支离破碎, 随着沉积物的不断向海延伸及人为的围垦造田, 多被割切成方块状。色调随季节和作物组成而改变。	粘质冲积物质潜育水稻土, 粘质冲积物质潜育水稻土, 粘质冲积物质盐渍水稻土, 粘质冲积物质酸性盐渍水稻土, 滨海沉积物质盐渍土, 硫酸盐酸性滨海盐土, 滨海沙土。

2. 依据制图单元的要求勾绘图斑界线: 由于地处生物生长十分旺盛的热带和亚热带, 自然植被极为茂盛, 农作物更替频繁, 土壤水分随季节的变化而变化, 加之人为活动等 因素对自然生态景观的影响甚为深刻。因此, 经常出现同一土壤类型, 可能有不同的影象特征, 在应用卫星图象进行土壤判读时, 一般不允许用一两个判读标志就下结论。而必须用多种判读标志, 参考所收集到的有关图件资料, 通过综合分析来判译, 才能收到良好的效果。

野外考察表明, 本区土壤的分布, 随气候特点和地形变化呈有规律的变化。丘陵山地垂直分布明显, 海拔1000米以上的山地多分布有山地草甸土; 750—800米以上为山地黄壤; 400—800米为山地红壤, 400米以下为赤红壤。对山地土壤类型的勾绘, 除依据等高线外, 还应注意卫星图象上的影象特征, 并结合地质图、土地利用现状图等进行定位。此外, 丘陵坡地人为干扰严重, 土壤类型也较复杂, 但其中一般的表蚀赤红壤和复盐基赤红壤, 不论在卫片上还是在航片上都有明显的表现, 定位也较容易, 可先判读出来。

河流冲积平原的土壤分布, 因流水的分选作用, 沿河两岸, 由河岸至远, 分布有沙质淡潮土, 壤质冲积物质潜育水稻土, 并在低洼渍水或排水不畅的地方分布有壤质冲积物质潜育水稻土。这些土壤类型在卫星图象上都有明显的判读标志, 一般不易混淆。

三角洲冲积平原的土壤分布, 因沿海受海水影响, 从滨海到内陆, 分布有滨海沙土、滨海盐土、酸性滨海盐渍土、滨海沉积物质酸性盐渍水稻土、粘质冲积物质盐渍水稻土、粘质冲积

物质酸性盐渍水稻土、粘质冲积物质潜育水稻土、粘质冲积物质潜育水稻土。本组土壤组合，除滨海沙土和滨海盐土在卫星图象上有比较清晰的表现外，其余土壤类型则比较模糊，要准确地勾出其图斑界线，必须有现场的调查材料或大比例尺的航天照片作参照。

四、图斑内容的综合处理

本图地貌类型以山地丘陵为主，面积广大，地形变化复杂，土壤类型丰富，由于人多耕地少，大部分的谷地及低丘缓坡地已辟为耕地，其中山谷因水源条件较好都辟为水田。这是本图幅的重要土壤类型之一。然而，坑田一般面积不大，多为十几米到几十米宽，要把该类土壤全部反映在图上是不可可能的。因此，依据“规程”要求，对某些土壤类型，必须从内容、面积及图形三个方面进行综合，其做法是：

(一)对地形破碎、丘谷交错的地方，因缓坡地多被垦殖，耕种土壤与自然土壤之间有一定发生关系，如复盐基赤红壤及其谷底的冲积母质潜育水稻土等不能以单区表示时，一般划为复区，把面积大的土壤类型摆在首位，面积少的土壤类型以一符号相连放于其后。

(二)对山丘面积较大，坑田狭小而且分布稀疏的地方，则以合并的方法处理，即舍去窄小弯曲大的坑田，而夸大在地图上位置比较显著，能反映该土壤类型分布规律的主坑田土壤。使其相应面积不致因未能上图而减少。

(三)复盐基赤红壤，是本区发展经济作物的主要土壤类型，但面积小而分散，多以镶嵌式分布于各种母质的赤红壤之中，不易单独勾绘出来，我们在编制时，则以复盐基赤红壤为主，把交错其间未被利用的赤红壤组成复区，以反映该山体的利用状况。

五、结 语

(一)应用卫星图象进行土壤系统判读编制土壤图是可行的。它以土壤发生学和地理景观学为主要理论基础和依据，把土壤发生分类、成土因素及在卫星图象中的影象特征三者联系起来，通过建立卫星图象中的判读标志，进行综合分析和推断而实现。实践证明，按照目前的土壤分类系统，与有关资料结合，一般判读到土属一级是完全可以的。

(二)各种土壤类型，都是通过各自的剖面结构和诊断特征来确定的。而卫星图象主要是反映地球表面的自然景观特征，综合程度高，其影象特征又受地表水分、植被和人为活动等影响，因此，通过图象特征的分析推断进行土壤类型的判读，必须对卫星图象特点有充分的了解。要准确地判读土壤，编图人员对制图区域必须比较熟悉，对一些自己较生疏的地方或面对图象难以得出结论时，还需查对有关地质图、土壤图或航片等辅助资料进行分析推断，以确保制图质量要求。

(上接第311页)

由于所收集到图件的投影、地物标记、制图精度等都各不相同，又经几次缩放，虽然统一成1:50万或1:100万比例尺图时尽量控制，但仍有一定误差。这给各种资料的应用带来困难，主要是难以精确定位。为保证制图精度，我们以1:50万地形图及1:100万地形用图为准，以纬度20'，经度30'的密度，在所有资料图及中间图件上标出经纬网格，在变形较大，超出位置精度要求的图件上，根据地物分块消除误差。以后编图中每一步骤，都严格按经纬网格定位，保证了制图的位置精度。