

# 低山丘陵区土壤航片判读研究

黄鸿翔 朱大权 蒋光润 周春生  
李纯忠 赵克齐 张文群

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

## 摘 要

本文介绍了在地貌及土壤类型均较复杂的低山丘陵区,利用航片在概查后依中地貌为单元进行样区详查的结果。另结合立体观察,分析了各种土壤的定性特征与影响土壤判读的干扰因子。采取的土壤判读方法是从识别地貌、岩性、植被(指示植物)和土地利用类型入手,结合其他环境条件的分析,间接判读土壤至土属一级。经试验,土类、亚类与土属的定性精度依次为98.6%,92.5%及86.3%。定量(图斑界线)精度为75.3%,如扣除在航片上彼此难以准确定界的紫色土(自然土壤)与耕型紫色土图斑,则为86.6%。

如何进行土壤航片判读,国内外均有文献总结<sup>[1-4]</sup>。工作程序主要包括概查、建标、预判、校核、转绘成图等项。判读方法多以目视为主,采用综合景观分析法,间接判读土壤<sup>[1]</sup>;或依地形分析、因素分析、地文分析等法,内插外推<sup>[2]</sup>。但具体到地貌及土壤类型均较复杂的低山丘陵区的土壤判读,所见材料不多。

## 一、试验目的与方法

在地貌与土壤类型均较复杂的低山丘陵区,概查后采取“依中地貌为单元设立样区及进行土壤详查,实地对照航片建标,并从地貌、岩性、植被(指示植物)的识别入手,再间接判读土壤”的方法,以提高土壤判读精度。另以航片为底图,野外按田块逐块调查所绘土壤图作为确定判读精度的基准。航片规格18×18厘米,1975年11月航摄,航高分别为1300米与1450米,摄影机焦距98.4888毫米。

## 二、试点地区及其地貌类型

1981—1983年选湖南省祁阳县文富市及其周围一带作试点区。这一地区大体介于东经111°48'31"—111°55'3"及北纬26°43'14"—26°46'58"之间,面积约50km<sup>2</sup>。全境位于衡邵盆地内,并可分为下列岩性的不同地貌单元:

1. 板岩低山高丘: 大面积分布于试点区东南部,海拔300—500米之间。山体系由寒武系泥质板岩夹碳质、硅质板岩构成,呈北西向。杉、楠竹生长茂密,覆盖度80%以上。另有梨、梓、柿、板栗等阔叶树零星生长。沟谷发育,间有山泉。
2. 硅质砂岩中丘: 位于试点区中部,由泥盆系硅质砂岩夹砂质页岩等构成,与板岩低山高丘、第四

纪红土低丘、灰岩溶蚀残丘和紫色岩低丘交错分布,海拔 180 米上下,坡度  $20^{\circ}$  左右。马尾松、油茶、杉、茶有所发展,因土层薄,生长不茂密。毁林后部分荒山基岩裸露。硅质砂岩抗侵蚀性较强,沟谷不发育。

3. 第四纪红土低丘: 在试点区中部偏北沿祁水(沙滩河)及其支流两侧呈断续带状展布,局部覆盖于紫色砂岩之上。海拔 150 米左右,多缓坡,坡度  $8-12^{\circ}$ 。坡顶平阔,基部转折圆滑。植被为人工林,多为马尾松,部分为杉林。经济林为油茶、茶或柑桔,面积均不大。植被遭破坏后,侵蚀较强烈,局部地段沟蚀较重,砾石出露。

4. 灰岩低丘: 位于试点区中部、东部及北部边缘,主要系泥盆系灰岩构成,多为海拔 120—130 米的低矮残丘。丘体平缓,基岩裸露,溶蚀沟槽发育,但丘体内部较少形成明显的冲沟。植被稀疏,低矮,荒丘较多,在泥质灰岩低丘地形略为平坦、坡度较小之处,间或用于黄花栽培。接近公路的灰岩残丘,局部被开采。

5. 紫色岩低丘: 主要分布于试点区西北部,以白垩系紫泥岩、紫色粉砂岩为主,岩质较软,透水性差,侵蚀、切割严重,基岩裸露,地形破碎,冲沟发育,多形成单丘,基部相接。海拔一般不超过 150 米,相对高度 30—50 米。丘体多平缓,顶部略呈圆形,垦殖指数较高,多不规则小片旱作。自然植被稀少,仅枣、侧柏、刺槐零星生长。

6. 沟谷: 在试点区低山丘陵间广泛分布。在中低丘之间或第四纪红土低丘区多发育成宽谷,开阔平坦,其中的杨家冲,向北北西折向北延伸 2 公里,宽 0.5 公里,海拔降至 110 米以下;在紫色岩低丘中,冲沟发育,但多短而窄,最长不超过 1 公里,支沟尤短;板岩低山高丘间多为狭谷,干谷呈北西向,谷深而长,最长 4 公里,多分枝。沟谷内均系近代松散沉积物。

7. 阶地: 呈带状分布于祁水及白地水沿岸,为一级阶地,地形平坦。沉积物多为砂壤质,土层较厚,稻田广布。阶地高出河水位 3—5 米,海拔 108 米至 102 米之间。受地质构造等条件限制,阶地面均窄,最宽 1 公里,最窄 0.1 公里,在较开阔的坪阳町及大江湾,遍布水塘。

### 三、样区详查结果

试点区地带性土壤为红壤,因系海拔不超过 580 米的低山丘陵,无垂直带谱分异;非地带性土壤有紫色土、石灰土、水稻土及小面积潮土。根据样区详查结果,不同样区土壤类型及其分布如下:

1. 板岩低山高丘样区 自然土壤为红壤,土层多浅薄,含石砾,有薄腐殖质层。谷地系水稻土: 地势低洼(海拔 150 米以下)或处于水塘周围时,多为潜育型青泥田;窄沟两侧,地势较高耸,日照时间短,且以山泉为水源,沟内多为冷浸田;淹育型浅岩渣田顺沿坡麓,地势高,土层薄,含半风化物;潜育型岩渣子田则见于地势相对较高、来水、排水条件尚好之处;沼泽型烂泥田见于地势低洼或数条冲沟汇合处。整个样区及其土壤类型与分布见图版 I 图 1。

2. 第四纪红土低丘样区 自然土壤为红壤,土层较厚,质地粘重,侵蚀严重之处有砾石层出露。顺沿坡麓为淹育型浅黄泥田,一般居于高岸田或冲垄上部,耕层较浅,熟化程度差;浅黄泥田下部为潜育型黄红泥,多顺沿坡麓中下部的垄田及低排田分布,表土略黄,质地轻粘;在宽阔的冲田,排水不畅,地下水位较高,以潜育型青泥田为主。样区及其土壤类型与分布见图版 I 图 2。

3. 灰岩低丘样区 自然土壤为石灰(岩)土,基岩露头随处可见。丘陵中上部多未

开垦,耕种的旱土(耕型石灰土)散见于缓坡或缓坡下部。由于灰岩低丘在试点区内处于盆地底部,水源条件较好,未见淹育型水稻土发育,甚至在某些残丘上部,由于裂隙水涌出,仍可见潜育型水稻土。通常,顺沿残丘边缘一带的稻田,则为潜育型鸭屎泥。石灰(岩)土、鸭屎泥、青泥田自高至低依次呈梯状排布,但土壤分布规律不如在其他地貌单元内明显。在地势低洼之处,如严重漏水,可出现非潜育型。样区及其土壤类型与分布见图版 II 图 3。

4. 紫色岩低丘样区 自然土壤为紫色土,土层浅薄,荒地及耕种的旱土分散插花,田块零乱。水稻土水型与地形有关:排田多干旱,水源困难,以淹育型浅紫泥为主,沿等高线排布;潜育型紫泥田见于展宽的沟床,局部可溯源至沟头;在坡积洪积物与河流冲积物叠合的二元母质上,地形渐趋平缓,以潜育型紫黄泥为主;样区三面环河,排水条件较好,冲沟内水稻土极少潜育型,局部青泥田散见于几个水塘之间、地下水位高而较稳定的洼地上。整个样区及其土壤类型与分布见图版 II 图 4。

5. 阶地样区 除淤积抬高的心滩或边滩上有小面积潮土外,均为潜育型水稻土。阶地上未见其他水型的水稻土,与阶地面与河水水位相差 3—5 米、水源丰富、排水良好、地下水位不易抬高有关。

石英砂岩中丘土壤分布较简单,而沟谷地貌散见于阶地之外的各个地貌单元中,均未另设样区。

## 四、各种土壤类型的定性特征

结合样区详查结果、航片影象特征,以及在立体镜下观察,对不同土壤类型进行的航片判读定性研究结果如下:

1. 板岩低山高丘较高大、陡峭、带状,波浪形起伏,山脊线明显,发育的红壤可依所处地貌单元的判读标志,准确定性;谷地水稻土的冷浸田、青泥田、浅岩渣田、扁沙泥、烂泥田等可依地形部位、沟谷形状(大小、宽窄)、坡度、坡向、水文条件等间接定性,但锈水田定性困难。

2. 植被破坏后辟为旱土的耕型板岩红壤,耕作后田面稍突起,色调淡灰,不均一,与自然红壤及水稻土易于区别。

3. 板岩红壤以杉及楠竹为指示植物,影象特征明显,杉呈密集黑点。色调暗,楠竹图型近似蠕虫状或蚕卵状,色调浅,两者混交时,黑白分明。

4. 第四纪红土红壤的分布部位低于板岩及硅质砂岩红壤,可依地貌特征定性;在第四纪红土低丘的谷地水稻土中,三种水型的分布面积相差无几,其中的浅黄泥、红黄泥和青泥田可依地形结合影象特征(从高至低依次呈顺沿等高线的狭长矩形、较宽矩形及与两侧坡地侧向垂直的不同几何图型)定性。

5. 以第四纪红土为母质发育的青泥田,色调杂乱,间有花纹(稻草堆),表明积水迟熟,收获晚于淹育及潜育型稻田,而潜育型稻田由于排水条件较好,常有紫云英栽培,色调灰暗,与潜育型及淹育型稻田明显有别,有助于水稻土水型的间接定性。

6. 耕型第四纪红土红壤常位于村落周围,或位置较高、缺乏水源处,无稻田的密集图

型,田面稍突起,色调不均一,图型不整齐,面积也小,易于定性。

7. 第四纪红土红壤以马尾松、杉、油茶、茶为指示植物,马尾松排列较松散,灰黑色点状,密集时显不规则花纹。茶树呈黑白相间的规则条纹,油茶呈斑状或小圆点状,疏密不等,与马尾松有时难以分别。

8. 硅质砂岩红壤分布部位低于板岩红壤,但高于其他岩性的红壤,裸露的基岩多呈团块状图型,与裸露灰岩往往有溶蚀沟而形状各异的图型不同,可比较后定性。

9. 硅质砂岩中丘坡面完整,冲沟不发育,坡麓及坡麓上部无稻田,仅在坡麓最底部坡积物上有浅岩渣田分布,但面积很小。

10. 耕型硅质砂岩红壤也多分布于村落附近,图型呈条带状,与自然土壤易于区别。

11. 硅质砂岩红壤指示植物与第四纪红土红壤相同,但分布部位较高,生长不茂密。

12. 紫色岩低丘呈脑纹状或馒头状,影象独特,发育成的紫色土可据地貌影象特征准确定性。

13. 紫色岩低丘中的水稻土多淹育型及潜育型,色调区别不大,但淹育型浅紫泥田图型多狭长,居坡麓下部,紫泥田则居于沟床,图型较整齐平直,间有小圆环(凶肥)。

14. 耕型与非耕型紫色土可据图型划分,前者呈细条纹,常沿等高线排布,或呈小块状,分散插花于紫色土丘陵中,色调暗,不均一;后者无规则图型,色调浅,有侵蚀沟呈不顺直暗色细线,纵向向下延伸。

15. 紫色土指示植物为侧柏及枣,11月航摄的影象均呈暗色小圆点状,但侧柏圆点稍钝,零星分布,很少形成群落。

16. 灰岩残丘分布部位较低,丘体较小,图型表面不平整,多小突起,发育的石灰土多呈痢痢头状。

17. 灰岩残丘周围的水稻土,地势相对较低,水源条件较好,很少为淹育型;潜育型鸭屎泥田块图型狭长,顺沿等高线展布,而潜育型青泥田的田块,图型宽窄,长短不一,多与两侧残丘边坡倾向垂直,两者地形也有高低差别,且后者周围有时水塘较多。

18. 耕型石灰土田块通常无痢痢头状图型,较平坦,稍见突起的田面,色调稍暗,从丘顶至坡麓中下部呈小块状零星分布。

19. 石灰土生长的喜钙植物,多系旱生低矮灌丛,航片上不能显示指示性特征,难以利用自然生长的植被定性,但靠近公路的灰岩开采面常显阴影,石灰窑呈白色小点,有利于间接定性。

20. 阶地平坦,呈条带状图型分布于河流两侧,田块整齐、平滑,其上发育的潮沙泥,广布白色而略呈放射状花纹。

21. 潮土位于呈新月型的心滩或边滩上,由于水分条件好,色调暗,且无稻田几何图型。

## 五、环境条件判读

土壤很少呈现直接的影象特征,故从与成土过程有关的,而又能在航片上显示其光学

影象的环境条件,如地貌、岩性、指示植物及土地利用类型的识别入手,再间接判读土壤。

1. 地貌类型判读 地貌及岩性依宏观图型,地貌形态(山脊线、起伏状况、坡度、裸露基岩形状)、水系及其发育特征(水系图型、密度、沟型、比降)等区别定性。在试点区 50 公里<sup>2</sup>面积内,依前述 7 种不同地貌单元,判读后共勾出 51 个地貌图斑。经与实地调查勾绘的地貌图套合比较,有 49 个定性准确,1 个判错,1 个存疑,有 44 个图斑的轮廓基本吻合,7 个不吻合,即地貌的定性定量判读精度分别达到 90.0% 及 86.3%。此外,在判读勾绘的 51 个各种地貌图斑中,有 92 处彼此交界,其中 83 处,即 90.2% 的交界线高度可辨,尤以冲沟与阶地的界线最为清晰。其余 9 处交界线不清晰,是 7 个判读图斑与实地调查勾绘的地貌图不相吻合的原因。轮廓基本吻合的图斑比率,低于高度可辨的交界线比率,是由于交界线条数约超过判读的地貌图斑数一半的缘故。此外,尚漏判 13 个图斑,虽然占判读图斑数的四分之一,但面积均很少(小于 0.5 公里<sup>2</sup>)。

影响地貌判读精度的因素有:(1)第四纪红土在紫色岩地貌单元中出现,第四纪红土地貌特征不典型;(2)宏观地貌(板岩低山高丘,合计一处),按判读标志判读,可保证精度,但小面积地貌单元(0.5 公里<sup>2</sup>以下),地貌特征不典型,以致疏忽、漏判而归入就近的地貌单元之中;(3)与定性判读相比,定量判读精度略低,这是由于部分不同基岩(如板岩与硅质砂岩、砾岩与第四纪红土)过渡不明显,或二元母质交错,交界线判读困难造成的;(4)存疑图斑存在于紫色岩区,生长马尾松,较茂密,定性困难。这些都影响土壤判读。

2. 指示植物与土地利用类型判读 指示植物只判读少数能显示群落特征的植物,如杉、楠竹、马尾松、油茶及茶,可依群落图型、结构及色调定性。土地利用类型仅区分与土壤类型判读直接有关的水田、旱土及林地三类,主要依图型定性。实际判读中仅判读水田、旱土两类,指示植物的判读结果作为林地判读结果统计,不另进行林地判读。经与野外核查结果比较,判读为杉及楠竹的图斑各 9 个,由于它们的影象独特,无错判;马尾松、油茶、茶合计判读 14 个图斑,有 2 个判错。五种指示植物定性判读精度为 93.7%。此外,判读为水田的 68 个图斑中,仅有 1 处判错,判读为旱土的 53 个图斑有 4 处判错,与判读的指示植物图斑三者合计,共判读 153 个土地利用图斑,判对 148 个,判错 7 个,即定性判读精度为 95.4%。

影响指示植物判读精度的因素是一些树种,如马尾松及油茶等可生长于第四纪红土丘陵及硅质砂岩丘陵中,彼此的影象常难区分;一些幼林,由于不具备成林特征,较难判读。但前一情况对林地判读精度无碍。

少量土地利用图斑定性错误,主要在于紫色土区旱土与非旱土(自然土壤)分散插花,当色调或反差区别不明显时,常难勾界。林地与水田,通常影象特征鲜明,定性准确。抽查中仅有一小块旱土图斑,由于在航片上面积过小(10mm × 1mm)影象欠清晰,又与水田相接,因而错判成水田。

## 六、土壤类型判读

依中地貌为单元,设样区详查及实地建标后,由于相当充分地掌握了航片影象特征与土壤发生、分布及其与成土因素之间的关系,明确了试点区存在的各种土壤类型,分析了

定性根据以及影响土壤判读的干扰因素,并在识别地貌及岩性、指示植物与土地利用类型的基础上,进行土壤判读外推。采用的具体方法是综合分析影象特征,通过识别地貌及岩性,分辨成土母质;通过识别土地利用类型,区别农业土壤及自然土壤;再通过识别指示植物(植被),判读土壤类型;然后结合研究气候、地形、水文、坡度及其他影响成土过程的条件,加以比较分析,最终判读土壤至土属一级。

室内判读外推面积 45 公里<sup>2</sup>,随机核查面积 5 公里<sup>2</sup>,占试点总面积 10%。在核查面积内,实地调查勾出 152 个图斑,外推判读勾出 146 个图斑。与实地调查勾绘图斑数相比,漏判水稻土、红壤及石灰土图斑 8 个,但紫色土图斑却额外多勾 2 个,以上合计 10 个,即占野外核查勾绘图斑总数的 6.6%。土类、亚类、土属的定性判读精度依次为 98.6%, 92.5% 及 86.3%。误判各自占 1.4%, 7.5% 及 13.7%。有 75.3% 的图斑,与调查勾绘的轮廓基本吻合,如扣除难以定界的紫色土(自然土壤)与耕型紫色土图斑不计,轮廓基本吻合的图斑为 86.6%。

设样区详查后各种土壤的判读结果如下表 1。

设样区详查后,仍然出现错判,在各种土壤上表现的原因不尽相同,其中:

1. 水稻土: 土类定性,一般确有把握。外推判读中出现的一处土类判错与航片模糊,图斑过小有关。大多数图斑自亚类起出现错判,而亚类中的 8 处错判,有 7 处与水型判错有关。水型受地貌、岩性、水系、沟谷形状、坡向、坡度、地下水位、水塘密度等多种因素影响,定性较难。即使母质依地貌及岩性的影象特征判读正确,而水型判错,仍造成土属判错。这说明正确判读水型,是提高水稻土判读精度的关键。

土属错判则由于:(1)第四纪红土覆盖在紫色岩上,航片倾向显示第四纪红土地貌特征,丘陵下部谷地发育的水稻土,其成土母质主要为紫色岩风化物时,造成土属判错;(2)有个别土属与地形部位虽有关系,但主要与地下水及其水质关系密切,而在航片上并无特殊影象特征,如锈水田等,定性困难。

2. 紫色土: 土类、亚类一般可准确判读,土类一级出现错判也与第四纪红土在紫色岩地貌单元中出现有关。土属定性与定量判读精度最低的原因是紫色土按耕种与未耕种(荒地)划分土属,但多数旱地与荒地分散插花,历年变化不定,加之田块过小,在航片上常由于影象不清晰,定界困难,以致使判读的图斑数多于核查数,影响精度。

3. 红壤: 土类可准确判读,亚类以下出现误判,但土属定性判读精度仍高达 92.3%,说明红壤定性判读一般无大困难,这与红壤主要靠宏观判读定性,而宏观定性效果较好有关。出现土属错判的原因是:(1)板岩低山高丘向硅质砂岩中丘过渡不明显,并互有交错;(2)第四纪红土低丘零星出现时,面积较小,其地貌特征不典型。

4. 石灰土: 石灰土因基岩裸露,影象鲜明、突出,定性精度一般高于其他土壤。虽然预判的图斑全部准确至土属,但并不反映实际精度。因为判读的图斑数目过少,而亚类之下又未细分,因而使判读难度大大减少。未设样区前出现的土属错判,也系耕型石灰土有时难以区分造成的。

5. 潮土: 野外随机抽查的土壤无潮土,未统计精度。潮土一般可准确判读。

20 个错判的土属图斑,合计占判读总图斑的 13.7%,其中由于航片模糊出现的错判占 0.7%,制图方法不当占 3.4%,其他技术性错误以及某些难以预见的因素占 9.6%。这

表 1 设样区详查后土壤判读精度  
Table 1 Accuracies of soil interpretation made after detailed soil survey in model areas

土名 Soil name	Areas 图斑数(个) Number of areas 占判读图斑(%) % in number of areas interpreted	核查 Field checking	判读 Interpretation in the office	漏判 Omission in interpretation	定性判读 Qualitative interpretation						定量判读(判读图斑与实地 勾绘图斑界线基本吻合) Quantitative interpretation (boundary of areas inter- preted in coincidence with that delineated in field check)
					判对 Correct interpretation			判错 Erroneous interpretation			
					土类 Great group	亚类 Subgr- oup	土属 Genus	土类 Great group	亚类 Subgr- oup	土属 Genus	
水稻土 Paddy soil	74 108.8	68 100.0	6	67 98.5	60 88.2	57 83.8	1 1.5	8 11.8	11 16.2	59 86.3	
紫色土 Purple soil	32 94.1	34 100.0	2*	33 97.1	33 97.1	28 82.4	1 2.9	1 2.9	6 17.6	13 38.2	
红壤 Red earth	40 102.6	39 100.0	1	39 100.0	37 94.9	36 92.3		2 5.1	3 7.7	33 84.6	
石灰土 Limestone soil	6 120.0	5 100.0	1	5 100.0	5 100.0	5 100.0				5 100.0	
潮土 Fluviogenic soil											
判读精度 Interpretation accuracies		152 102.7	146 100.0	10	144 98.6	135 92.5	2 1.4	11 7.5	20 13.7	110 75.3	

\* 按漏判图斑统计。漏判率合计为 6.6%。

说明如改用新航片以及改进制图方法,则土属判读精度可达 90% 左右。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 戴昌达等, 1980: 土壤航测普查。58—67 页, 农业出版社。
- [ 2 ] 多科·古森, 1967: 土壤调查航空相片判读, 106—120 页, 联合国粮农组织。
- [ 3 ] Soil Conservation Service, USDA, 1966: Aerialphoto Interpretation in Classifying and Mapping Soils. pp. 59—61, U. S. Gov. Printing Office.
- [ 4 ] Андроников В. Л. 1973: Аэрокосмические Методы Изучения Почв. сmp. 38—42, М., Колос.

## A STUDY ON AIR PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION OF SOILS IN HILLY REGION

Huang Honxiang, Zhu Daquan, Jiang Guangran, Zhou Chunsheng,  
Li Chunzhong, Zhao Keqi and Zhang Wenqun  
(*Soils and Fertilizer Institute, Chinese Academy of Agricultural Science*)

### Summary

Present paper deals with the application of air photo-analysis and interpretation of the soils in the hilly region with more complex landforms in combination with detailed soil survey following reconnaissance survey along selected lines in model aeras with typical landforms. The qualitative features of soils and the factors interfering soil interpretation were analysed by stereoscopy. The soils were discriminated by landforms, rock types, vegetations (indicator plants), and land use patterns in combination with analysis of other environmental conditions. The soils could be discriminated from the level of great group to that of genus. The results obtained showed that the qualitative interpretation accuracies were 98.6%, 92.5%, and 86.3% respectively at the level of great group, subgroup, and genus. The quantitative accuracy (of boundaries between aeras) was 75.3%. It amounted to 86.6%, if the areas of natural and cultivated purple soils which were difficult to discriminate were deducted.



114 浅岩渣田; 125 扁沙泥; 127 岩渣子田; 131 青泥田; 132 冷浸田; 131 板岩红壤; 314 耕型板岩红壤。

图 1 板岩低山丘陵区及其土壤类型与分布

Fig. 1 Model area of low mountains of slate, and distribution of soil type

111 浅黄泥田; 114 浅岩渣田; 124 红黄泥; 125 扁沙泥; 121 灰板田; 131 青泥田; 311 板岩红壤; 312 硅质砂岩红壤; 313 第四纪红土红壤; 314 耕型板岩红壤; 316 耕型第四纪红土红壤; 411 石灰土。

图 2 第四纪红土低丘陵区及其土壤类型与分布

Fig. 2 Model area of low hills of Quaternary red clay, and distribution of soil types



111 浅黄泥田; 114 浅岩渣田· 122 潮沙泥· 124 红黄泥· 1211 鸭屎泥· 1211 灰板田· 131 青泥田· 312 硅质砂岩红壤;  
313 第四纪红土红壤· 316 耕型第四纪红土红壤; 411 石灰土; 412 耕型石灰土。

图 3 灰岩低丘样区及其土壤与分布

Fig. 3 Model area of low hills of limestone, and distribution of soil types  
111 浅黄泥田; 113 浅紫泥田· 121 河沙泥· 122 潮沙泥; 124 红黄泥· 128 紫泥田· 129 紫黄泥· 131 青泥田· 211 石灰性紫色土;  
212 耕型石灰性紫色土; 313 第四纪红土红壤; 316 耕型第四纪红土红壤。

图 4 紫色岩低丘样区及其土壤类型与分布

Fig. 4 Model area of low hills of purple shale, and distribution of soil types