

# RS 和 GIS 支持下的土壤系统分类 制图方法研究\*

——以贵州省贵阳市为例

杨胜天 朱启疆 李天杰

(北京师范大学资源与环境科学系, 北京 100875)

**摘要** 在对贵州省贵阳市地区进行深入细致的土壤分类工作基础上, 分析了土壤类型与发生条件的关系, 建立了二者间的判别模式, 应用 RS 和 GIS 技术提取和输入土壤类型的发生条件信息, 对它们进行矢量叠加运算, 最后通过土壤类型与发生条件的判别模式进行归并, 完成土壤系统分类制图。通过野外实地验证, 在以 TM 影像为信息源的基础上, 该制图方法完全达到 1:10 万土壤制图的要求。

**关键词** 中国土壤系统分类, 遥感, 地理信息系统

**中图分类号** S159-3

中国土壤系统分类是以诊断土层和诊断特性为基础的土壤分类系统, 自 1984 年以来已经进行了深入细致的研究, 分别在 1991 年和 1995 年提出了《中国土壤系统分类(首次方案)》与《中国土壤系统分类(修订方案)》。目前这一分类系统已开始广泛应用于生产实践中, 如中国科学院南京土壤所在中国土壤系统分类基础上编制了 1:400 万中国土壤图、1:50 万海南岛土壤图、1:75 万和 1:10 万长江三峡地区土壤图等<sup>[1]</sup>。随着遥感(RS, Remote Sensing)和地理信息系统(GIS, Geographic Information System)技术的发展, 已在土壤科学的研究和应用中发挥着重要的作用, 如从 1990 年至 1999 年间应用 RS 和 GIS 进行了土壤侵蚀动态监测与制图, 以及在农地分等定级等方面的研究<sup>[2~5]</sup>。但是, 利用 RS 和 GIS 技术进行基于中国土壤系统分类基础上的土壤制图仍在不断的探索中, 为此, 选择贵州省贵阳市为研究区进行这方面的工作, 以归纳出基于 RS 和 GIS 基础上的中国土壤系统分类制图的方法。

## 1 研究区基本情况

研究区选在贵州省贵阳市境内, 长 27.9km, 宽 40.3km, 海拔 1100m, 年均温为 15.6℃, 最冷月(一月)均温 5.0℃, 最热月(七月)均温 24.6℃,  $\geq 10^\circ\text{C}$  年积温 4600℃, 年降雨量 1200mm, 相对湿度 80% 左右, 属于典型的中亚热带湿润季风气候。植被以次生常绿阔叶

\* 国家自然科学基金项目(49761003)(49131020); 贵州省自然科学基金项目(96-3509)

收稿日期: 1999-07-19; 收到修改稿日期: 1999-12-27

林为主,由于气候温暖,水分条件良好,因而植被种类繁多,植被区系地理成分复杂,其中,属于热带、亚热带性质的属共 117 个,占 45%,温带性质的属 132 个,占 50.8%,反映了其处于温带和亚热带过渡区域的特点。由于地质构造复杂,在贵阳市范围内出露了许多不同岩性的地层,它们直接影响了地形、地貌的形成,也影响着土壤的形成。它们主要包括二迭系下统茅口厚层灰岩,上统吴家坪组的铁质粘土岩;三迭系下统大冶组泥岩、页岩和安顺组的石灰岩、白云岩及上统三桥组、二桥组的钙质砂岩、泥岩;侏罗系中下统自流井群夹石灰岩的紫红色砂页岩。

## 2 土壤类型空间分布规律与发生条件关系

### 2.1 土壤诊断层、诊断特性和土壤类型

为了清楚地掌握土壤类型空间分布规律与发生条件的关系,在贵阳市研究区中选择具有代表性的区域,采集土壤样品,按《中国土壤系统分类(修订方案)》的标准进行诊断层和诊断特性的识别,其诊断层和诊断特性有:(1) 雏形层(Cambic horizon)。风化一成土过程中形成的无或基本无物质沉积,未发生明显粘化,带棕色,红棕色,红或紫颜色,而且有土壤结构的 B 层,其厚度 $\geq 10\text{cm}$ ,底部至少在土表以下 25cm 处,具有砂壤或更细的质地等条件。(2) 低活性富铁层(LAC—ferric horizon)。由中度富铁铝化作用形成的土层,其厚度 $\geq 30\text{cm}$ ,具有砂壤和更细的质地,游离  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 20\text{g/kg}$ ,或游离铁占全铁量的 40% 或更多,并有部分亚层(厚度 $\geq 10\text{cm}$ )粘粒表观  $\text{CEC}_7 < 24\text{cmol}(+)/\text{kg}$  等条件。(3) 粘化层(Argic horizon)。粘粒含量明显高于上覆土层的表下层。其质地分异可以由表层粘粒分散后随悬浮液向下迁移并淀积而形成的粘粒淀积层,也可以由原土层中原生矿物发生土内风化作用就地形成粘粒并聚集而形成的次生粘化层。(4) 紫色砂、页岩岩性特征(L. C. of purplish sandstones and shales)。符合其色调为 2.5RP~10RP,固结性不强,极易风化,风化碎屑物直径皆  $< 4\text{cm}$  等条件。(5) 碳酸盐岩岩性特性(L. C. of carbonate rocks)。符合其上界位于土表至 125cm 范围内,沿水平方向起伏或断续的碳酸盐岩石质接触面;界面清晰,界面间有时可见分布不同密集程度的白色碳酸盐化根系,或土表至 125cm 范围内有碳酸盐岩岩屑或风化残余石灰,所有土层盐基饱和度 $\geq 50\%$ , $\text{pH} \geq 5.5$  等条件。(6) 石质接触面(Lithic Contact)。土壤与紧实粘结的下垫物质(岩石)之间的界面层,不能用铁铲挖开,下垫物质为整块者,其莫氏硬度 $\geq 3$ ,为碎裂块体者,在水中或六偏磷酸钠溶液中振荡 15 小时不分散。(7) 常湿润土壤水分状况(Perudic moisture regime)。为降水分布均匀,多云雾无冻结地区(多为山区),全年各月水分均能下渗通过整个土体,土壤很湿的水分状况。其大多数年份全年各月降水量超过蒸发量,土壤水分控制段中水分张力很少达到 100kPa,若按 Penman 经验公式推算,每月计干燥度  $< 1$ 。(8) 石灰性(Calcaric property)。土表至 50cm 范围内所有亚层中  $\text{CaCO}_3$  相当物均 $\geq 10\text{g/kg}$ ,用 1:3HCl 处理有泡沫反应。(9) 堆垫表层(Cumulic epipedon)。长期施用大量土粪、土杂肥或河塘淤泥等并经耕作熟化而形成的人为表层,其厚度 $\geq 50\text{cm}$  等。(10) 水耕表层(Anthrostagnic epipedon)。在淹水耕作条件下形成的人为表层(包括耕作表层和犁底层),其厚度 $\geq 18\text{cm}$  等。

依据上述土壤诊断层、诊断特性,根据《中国土壤系统分类(修订方案)》可将研究区土

壤归化为:

土 纲	亚 纲	土 类	亚 类
富铁土	常湿富铁土	粘化常湿富铁土	普通粘化常湿富铁土
锥形土	常湿锥形土	酸性常湿锥形土	普通酸性常湿锥形土
锥形土	常湿锥形土	钙质常湿锥形土	普通钙质常湿锥形土
锥形土	常湿锥形土	钙质常湿锥形土	石质钙质常湿锥形土
锥形土	湿润锥形土	酸性常湿锥形土	紫色酸性常湿锥形土
新成土	正常新成土	紫色正常新成土	酸性紫色正常新成土
新成土	正常新成土	湿润正常新成土	钙质湿润正常新成土
人为土	水耕人为土	筒育水耕人为土	普通筒育水耕人为土
人为土	旱耕认为土	土垫旱耕人为土	普通土垫旱耕人为土

## 2.2 土壤类型空间分布规律

土壤诊断层和诊断特性是现代土壤分类的核心,土层的土壤性状是成土过程的产物,故土壤诊断层和诊断特性本身就体现了土壤形态、土壤特性和土壤发生三者的结合<sup>[6]</sup>。因而以土壤诊断层和诊断特性为基础的土壤类型在空间上应表现出一定的规律性,并且这一规律性应具有一定的发生学特点。根据野外调查与室内分析的结果,可将土壤类型空间规律及其与发生条件的关系归纳如下:

**2.2.1 地质条件和岩型特征是控制土壤类型分布的基础** 地质条件影响着地形的发育,从而出现了不同地质构造基础上的中地形空间分异规律,最终控制着土壤类型的空间分布。极易风化的中下侏罗系自流井群夹灰岩紫色砂页岩始终影响着土壤的发育过程,形成了普通酸性常湿锥形土,而其中的紫色砂页岩风化更为强烈,形成了深受母质影响的酸性紫色常湿锥形土。有一定风化程度的三迭系三桥、二桥组和上二迭系吴家坪组页岩有丰富的物质供给土壤发育,其上的土层厚度较大,在中亚热带常湿条件下土壤出现了低活性富铁土层,形成了普通粘化常湿富铁土。风化程度较弱,主要以碳酸盐岩溶蚀过程为主的下二迭系茅口组灰岩和下三迭系安顺组灰岩则表现出对土壤形成的强烈影响,形成了石质钙质常湿锥形土。

**2.2.2 地形坡度也是影响土壤类型的重要因子** 地形的作用是影响地表物质和能量的再分配过程,因此在相同的岩性条件下由于地形坡度的不同,可以形成不同的土壤类型,在这方面发育在石灰岩上的土壤系列就是最好的例子,随着坡度逐渐减小石灰岩上土壤进化的系列为:

石质山地→钙质湿润正常新成土→石质钙质常湿锥形土→普通钙质常湿锥形土→普通粘化常湿富铁土

**2.2.3 植被状况在一定程度上反映了土壤的类别** 土壤形成实质是地质大循环和生物小循环矛盾运动的结果,一定的生物小循环作用不仅影响着土壤中物质富积的数量和种类,也反映出土壤属性方面的特点。普通粘化常湿富铁土、普通酸性常湿锥形土、酸性紫色常湿锥形土上生长的是酸性土植物群落:马尾松—油松—黑足鳞毛蕨—芒萁群落;在石质山地、钙质湿润正常新成土和石质钙质常湿锥形土上生长的是喜钙、耐旱的钙质土灌草丛群落:云南鼠刺—月月青—火棘—蜈蚣草;而在它们之间的过度区内,普通钙质常湿锥形土上生长的是钙质土上的乔木群落:云贵鹅耳枥群落

### 3 应用 RS 和 GIS 进行土壤类型识别

应用 RS 和 GIS 进行土壤类型识别的工作流程图如图 1 所示:

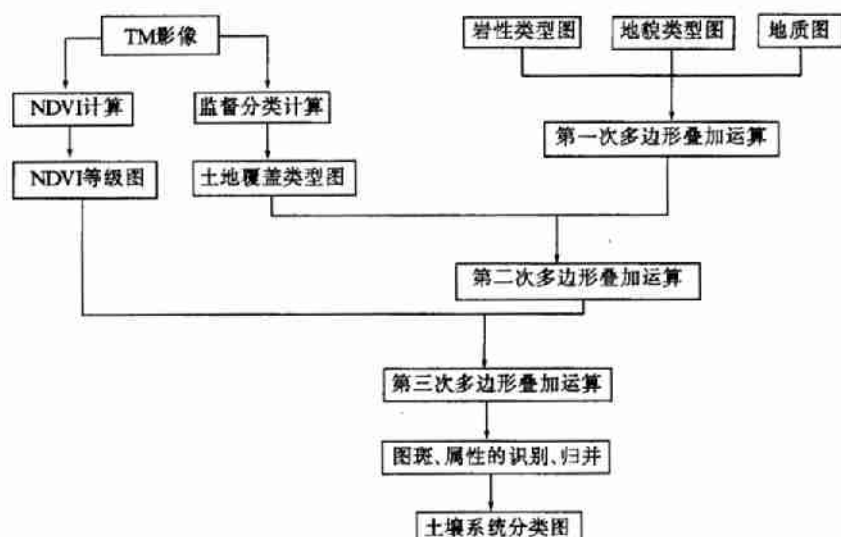


图1 应用RS和GIS进行土壤类型识别的工作流程

Fig.1 The flow chart of applying RS and GIS to identify soil taxa

具体步骤是: (1) 对研究区的岩性类型图、地貌图和地质图进行数字化,生成三种图的矢

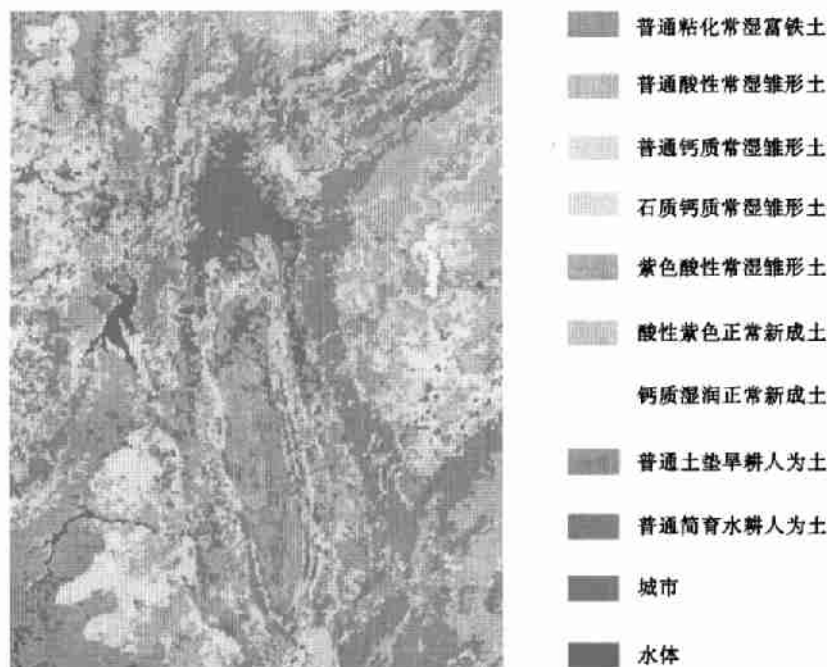


图2 研究区中国土壤系统分类图

Fig.2 The map by Chinese soil taxonomy in the selected region

表1 土壤类型与发生条件的对应关系

Table 1 The relationship between the soil taxa and soil forming factors

NDVI等级 NDVI grade	岩性类型 Rock class	地貌类型 Physiognomy	土地覆盖类型 Land cover class	土壤类型 Soil class
高植被覆盖度	白云岩	中山地貌	森林植被	
高植被覆盖度	钙质泥岩	低地	森林植被	
高植被覆盖度	钙质泥岩	低地	旱地	
高植被覆盖度	白云岩	低地	森林植被	
高植被覆盖度	白云岩	低地	旱地	
高植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	森林植被	普通粘化常湿富铁土
高植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	旱地	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	森林植被	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	森林植被	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	旱地	
低植被覆盖度	钙质泥岩	低地	森林植被	
高植被覆盖度	白云岩	中山地貌	灌丛植被	
高植被覆盖度	钙质泥岩	低地	灌丛植被	
高植被覆盖度	白云岩	低地	灌丛植被	普通酸性常湿雏形土
高植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	灌丛植被	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	灌丛植被	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	灌丛植被	
低植被覆盖度	白云岩	中山地貌	森林植被	
低植被覆盖度	白云岩	低地	森林植被	
低植被覆盖度	白云岩	中山地貌	灌丛植被	酸性钙质常湿雏形土
低植被覆盖度	钙质泥岩	低地	灌丛植被	
低植被覆盖度	白云岩	低地	灌丛植被	
低植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	森林植被	
低植被覆盖度	白云岩	中山地貌	旱地	
低植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	灌丛植被	石质钙质常湿雏形土
低植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	旱地	
低植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	森林植被	紫色酸性常湿雏形土
低植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	森林植被	
低植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	灌丛植被	酸性紫色正常新成土
低植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	灌丛植被	
高植被覆盖度	白云岩	中山地貌	旱地	
高植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	旱地	
低植被覆盖度	钙质泥岩	低地	旱地	普通土垫旱耕人为土
低植被覆盖度	白云岩	低地	旱地	
低植被覆盖度	紫色砂页岩	中山地貌	旱地	
低植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	旱地	
低植被覆盖度	白云岩	低地	水田	
低植被覆盖度	石灰岩	低地	水田	普通筒育水耕人为土
低植被覆盖度	紫色砂页岩	低地	水田	
低植被覆盖度	钙质泥岩	低地	水田	
低植被覆盖度	白云岩	高山地貌	裸地	
低植被覆盖度	石灰岩	高山地貌	裸地	钙质润湿正常新成土
低植被覆盖度	白云岩	中山地貌	裸地	
低植被覆盖度	石灰岩	中山地貌	裸地	

量图,并在 GIS 软件支持下进行第一次多边形叠加运算,产生岩性类型、地貌类型和地质类型的复合矢量图。(2)对研究区的 TM 影像进行信息增强处理,根据实地野外考察在 TM 影像中选择土地覆盖类型的训练区,选取 TM1、TM2、TM3、TM4、TM5 和 TM7,用最大似然法进行土地覆盖类型分类,将土地类型覆盖的栅格图转换成矢量图,并将其结果和岩性类型、地貌类型和地质类型的复合图进行第二次多边形叠加运算,产生二者的复合矢量图。(3)对研究区 TM 影像进行信息增强处理和植被指数(NDVI)运算,根据实地野外考察结果,以 NDVI 为 19 的值为阈值将植被划分为大于 19 的高植被覆盖类型和小于 19 的低植被覆盖类型,将其栅格图矢量化,并与土地覆盖类型和岩性、地貌、地质类型的复合图进行第三次多边形叠加运算,最终产生 44 类多边形的复合矢量图。(4)根据土壤类型空间分布规律与发生条件关系的研究结果,总结出研究区范围内土壤类型与发生条件的对应关系,如表 1 所示,并以此为依据分别对 44 类多边形进行归纳模式识别,最后运算产生贵阳市的土壤系统分类图,如图 2 所示。

## 4 制图方法验证

选取位于研究区黔灵山的典型土壤剖面与基于 RS 和 GIS 支持下的土壤系统分类类

表2 实地类型与制图识别类型对照

Table 2 Comparison between the actual soil taxa and the soil taxa in the map

编号 No.	土层 Horizon	采样深度 Depth(cm)	颜色 Color	质地 Texture	实地类型 Actual classes	制图识别类型 Classes in Map
Q1 1115M白象岭 东坡吴家坪组硅 铁质泥页岩	A1	4~7	7.5YR2/2	中壤土		
	A2	8~14	7.5YR3/4	重壤土	普通粘化常湿	普通粘化常湿
	AB	19~26	10YR4/3	轻粘土	富铁土	富铁土
	B	25~84	5YR5/8	中粘土		
Q2 1250M宏福寺 西山头 二桥组 砂岩	BC	84~112	5YR5/8	中粘土		
	A1	2~7	7.5YR3/4	砂壤土		
	A2	7~15	7.5YR4/4	砂壤土	普通粘化常湿	普通粘化常湿
	B	15~52	10YR5/8	轻壤土	富铁土	富铁土
Q3 1130M钵孟山 大冶组页岩	BC	52~88	7.5YR7/5	轻壤土		
	A2	5~20	7.5YR4/4	中壤土	普通粘化常湿	普通粘化常湿
	B	20~39	7.5YR5/6	重壤土	富铁土	富铁土
	BC	39~98	7.5YR5/8	重壤土		
Q4 1130M公园大 门西面山坡 茅口 组灰岩坡积物	A1	2~6	7.5YR2/2	轻壤土		
	A2	6~26	7.5YR3/4	轻壤土	普通粘化常湿	普通粘化常湿
	B	26~64	7.5YR4/4	重壤土	富铁土	富铁土
	BC	64~84	5YR5/4	中壤土		
Q5 1140M公园后 门东面山坡 自流 井群泥页岩	A	5.5~10.5	7.5YR5/6	重壤土	普通粘化常湿	普通粘化常湿
	B	10.5~19	5YR5/4	轻粘土	富铁土	富铁土
Q6 1150M黔灵湖 西岸山坡 自流 井群黄色砂岩	A	7~16	7.5YR3/4	轻壤土	普通酸性常湿	普通钙质常湿
	BC	16~45	7.5YR4/4	中壤土	锥形土	锥形土
Q7 1150M九曲径 小路旁 茅口组 灰岩	A	2~33	7.6YR2/2	中壤土	普通钙质常湿	普通钙质常湿
	AB	33~51	2.5Y5/2	中壤土	锥形土	锥形土
	BC	51~94	2.5Y6/3	重壤土		

注:土壤表层均为枯枝落叶和粗有机质层

型作对照。在验证过程中,因为黔灵山典型土壤剖面空间直线距离很短,所有土壤剖面仅集中在 400m 范围内,其制图比例尺为 1:1 万,而 TM 影像一般适用于 1:10 万制图比例尺,因此在验证过程中,必须首先对土壤典型剖面点按 1:10 万制图的要求进行制图综合,综合掉面积小,分布呈插花状的石质钙质常湿锥形土和酸性紫色常湿锥形土,最终结果如表 2 所示,其误差为 14%。所以可以认为,基于 RS 和 GIS 支持下的这种土壤系统分类制图方法,在以 TM 影像为信息源的基础上,是可以进行 1:10 万土壤系统分类制图的。

## 5 结 论

通过以上研究可以得出以下结论:

1. 虽然中国土壤系统分类是建立在诊断土层和诊断特性基础上,但土层的土壤性状是成土过程的产物,故土壤诊断层和诊断特性本身就体现了土壤形态、土壤特性和土壤发生三者的结合,因而以土壤诊断层和诊断特性为基础的土壤类型在空间上表现出一定的规律性,并且这一规律性具有一定的发生学特点,只要掌握这一规律,是可以应用 RS 和 GIS 技术进行土壤系统分类的精确制图的。

2. 应用 RS 和 GIS 技术进行土壤系统分类制图的步骤是:①选择研究区的典型样区进行土壤系统分类工作,归纳总结出土壤类型的空间分布规律和发生条件的关系,建立土壤类型和发生条件的判别模式。②分别对 TM 影像进行信息增强和类型识别,并与其它土壤发生条件的图件进行多边形叠加运算,逐级分解图斑和图斑的属性组合。③根据土壤类型和发生条件的判别模式对分解的图斑和图斑属性进行归纳、归并,最终产生土壤系统分类图。

3. 通过对研究区的典型土壤剖面验证,利用 TM 影像数据作为信息源,应用 RS 和 GIS 技术进行的土壤系统分类制图完全达到 1:10 万土壤制图的要求。

## 参 考 文 献

1. 龚子同. 中国土壤系统分类的建立和发展. 土壤学报, 1995, 32(增刊 1): 1~12
2. 周勇, 李学恒. arc/Info 信息系统在农地分等定级中的应用. 土壤学报, 1998, 35(4): 1~9
3. 卜兆宏, 孙金庄, 董勤瑞. 应用水土流失定量遥感方法监测山东全省山丘区的研究. 土壤学报, 1999, 36(1): 450~461
4. 史德明, 石晓日, 李德成等. 应用遥感技术监测土壤侵蚀动态研究. 土壤学报, 1996, 33(1): 48~59
5. 卜兆宏, 李士鸿. 利用遥感数据排序特征制作土壤侵蚀图的研究. 土壤学报, 1990, 27(4): 445~454
6. 赵 焯, 刘 芸, 李天杰. 内蒙古鄂尔多斯高原土壤系统分类研究. 北京师范大学学报(自然科学版), 1998, 34: 42~47
7. 蔡琴芳, 屠玉麟. 黔灵山的土壤与植物. 贵州师范大学学报丛刊, 1989
8. 中国科学院南京土壤研究所. 贵州土壤. 贵州人民出版社, 1980
9. Spaargreen O C. Comp. and ed. World Reference Base for Soil Resources (Draft). Wageningen/Rome. ISSS, ISRIC, RAO, 1994

# THE RESEARCH ON THE CARTOGRAPHY OF SOIL TAXONOMY ON THE BASIS OF RS AND GIS

—TAKING GUIYANG CITY, GUIZHOU PROVINCE AS EXAMPLE

Yang Sheng-tian Zhu Qi-jiang Li Tian-jie

*(The Department of Resource & Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875)*

## Summary

In the article, the relationship between the soil taxa and the soil forming factors is analyzed and its model is established on the basis of research on soil taxonomy in the selected region, GuiYang, GuiZhou Province. RS and GIS is applied to enhance and income the message of the soil forming factors, which are calculated by the method of overlying vector, and finally the map of soil taxonomy is achieved through the way of the model of soil taxa and soil forming factors. According to validating in the field, on the basis of TM, the method can meet the requests from 1:100 000 scale soil map.

**Key words** Chinses soil taxonomy, Remote Sensing, Geography Information System