基于 GIS 的湘中
紫色土丘陵地区土地适宜性评价
——以衡南县谭子山镇
紫色土综合治理试验区为例①[1]

谢树春[1] ，赵　玲[2]

（1.长沙理工大学公路工程学院，中国湖南长沙　410076；

2.中南大学信息物理学院，中国湖南长沙　401183）

【摘　要】文章以湘中紫色土丘陵综合治理试验区为研究范围，以中国1∶100 万土地资源图的评价系统为指导，系统分析了评价系统中各要素间的有机联系，阐述了如何利用GIS 强大的空间分析功能进行紫色土丘陵地区的土地适宜性评价，试图为我国南方同类地区的土地适宜性评价工作提供一定借鉴。

【关键词】土地评价；GIS ；紫色土丘陵区

【中图分类号】F301　　**【文献标识码】**A

湘中紫色土丘陵区面积约500 万亩，集中分布在衡阳盆地。由于人口与土地的矛盾日益尖锐，毁林开荒、乱砍滥伐和刨草皮，导致丘陵、坡地森林植被破坏殆尽，水土流失严重，母岩裸露，寸草不生，土地大量荒芜，农田遭水冲沙压，山场水库淤塞，生态严重失调，农业生产单一，主要是稻谷加稻草，农村烧柴困难，群众生活艰苦[1] 。为彻底改变这一地区穷山恶水的面貌，1996 年湖南省经济地理研究所承担了湖南省科技厅下达的重点攻关项目“ 湘中紫色土丘陵综合治理农业生态工程与示范” 。课题组选取工联村作为课题研究的中心试验村,在试验区进行土地适宜性评价是进行农业生态工程规划设计的重要前提和基础工作。

1　试验区基本情况

工联村位于湖南省衡南县谭子山镇正北部，处在东经112° 21′ 45″ — 112° 23′ 31″和北纬26° 59′ 50″ — 26° 55′ 45″之间。属中亚热带湿润季风气候区。年平均气温17.8℃，年降雨量1 ，268 .8mm ，适宜水稻、柑桔、棉花、油菜等多种作物生长。地貌类型以岗地为主，北部有小面积平原，为湘江二级支流清花河冲积平原。地势东、西、南三面高，逐渐向中北部

[1] ① **收稿日期:**2004 -09 -02 ； **修回日期:**2004 -10-22

倾斜，整个地形为一马蹄形盆地。地貌以低岗为主，在部分岗地相对高差30 — 50m 。成土母岩多为紫色页岩，少量为紫色砂岩及紫色页岩、紫色砂岩互层，还有零星的酸性紫色岩。由这些母岩形成的土壤主要为石灰性紫色土，其次为石灰性紫沙土，还有小面积的酸性紫色土、酸性紫沙土。农田土壤主要是紫泥、浅紫泥和紫河沙泥[1]。

2　试验区土地适宜性评价方法

2 .1　制订土地评价系统

工联村土地适宜性评价，由于其目的是为工联村的土地合理开发利用服务，与中国科学院自然资源综合考察委员会1983—1986 年主持“ 中国1∶100 万土地资源图” 的目的相似,故采用“ 中国1∶100 万土地资源图” 土地资源分类系统的分类方法，结合编制工联村1∶1 万土地资源评价图的实际，制定工联村的土地资源评价(或分类)系统。

由于评价区域范围小，因此不考虑土地潜力区。土地资源分类(评价)系统由土地适宜类及潜在适宜类、土地质量等、土地限制型、土地资源单位组成。在评价单元的选取上，本文采用了综合确定评价单元的方法:以土地类型图、土壤图、土地利用现状图为基础确定土地评价单元，即土地资源单位。这种评价的成果容易落实到地面，便于对现有土地利用的适宜性做出评定[2]。同时，有利于将评价结果与利用现状进行比较，从而摸清土地利用现状的合理与不合理之处，进一步进行土地利用的调整。

2 .2　选定参评因子，确定评价指标

确定土地资源评价因子，选取评价指标，是土地资源评价的核心。土地资源评价因子，是指影响土地质量和利用的一系列因素。从土地性质能否满足这些要求的角度来看，这些评价因子亦称为限制因子。针对各种土地用途，正确选择评价因子是科学地揭示土地质量差异的前提。影响土地质量等级的因子很多，有地貌条件、气候条件、土壤条件、生产条件和植被条件等，如果将每一个项目都要选作评价因子，不仅会增加实际调查的工作量，而且大量的实践经验也证明完全没有这个必要，只需从诸多因子中选取少数几个能够真实全面反映土地质量的评价因子即可。

按照评价因子选择原则，根据工联村土地评价的实际需要，选择坡度(p)、土层厚度(l)、地下水位(w)、土壤侵蚀(e)、土壤肥力(f)、灌溉条件(s)作为评价因子(表1)。

表 1　工联村土地适宜性评价指标体系

Tab. 1　Factors of land suitability evaluation in Gonglian village

限制因素类型	限制因素评级	农业评价	林业评价	牧业评价	潜在农业评价	潜在林业评价
坡度/度(p)	＜7(p_0)	1	1	1	1	1
	7—15(p_1)	2	1	1	2 或 3	1
	15—25(p_2)	2 或 3	1	1	2 或 3	1
	25—35(p_3)	3 或不	2	2	不	2
	＞35(p_4)	不	3	3	不	3
土层厚度/cm(l)	＞100(l_0)	1	1	1	1	1
	100—50(l_1)	1 或 2	1	1	1	1
	50—30(l_2)	3	1 或 2	1	1 或 2	1
	30—10(l_3)	不	3	2 或 3	2 或 3	1 或 2
	＜10(l_4)	不	不	3 或不	3	2 或 3
地下水位/cm (w)	＞100(w_0)	1	1	1		
	100—50(w_1)	1 或 2	2	2		
	50—20(w_2)	2	3	3		
	＜20(w_3)	3 或不	不	不		
土壤侵蚀(e)	无侵蚀(e_0)	1	1	1	1	1
	轻度侵蚀(e_1)	2	1	1	2	1
	中度侵蚀(e_2)	3	2	2	2 或 3	1
	强度侵蚀(e_3)	不	3	3	3	1 或 2
	极强度侵蚀(e_4)	不	不	不	不	3
土壤肥力(f)	高(f_0)	1	1	1	1	1
	中(f_1)	1 或 2	1	1	1	1
	较低(f_2)	2 或 3	1	1	2	1
	低(f_3)	3	2	2	3	2
灌溉条件(s)	好(s_0)	1	1	1	1	1
	较差(s_1)	1 或 2	1	1	1	1
	差(s_2)	2	1	1	2	1
	很差(s_3)	3	1	1	3	1

2 .3　土地资源(评价)图编图规范

编图是把土地评价成果落实到地块的手段，是土地评价结果在地图的体现。

本文的土地资源(评价)分类系统的表示方法采用了“ 中国1∶100 万土地资源图” 的编图规范。土地适宜类用颜色表示。土地质量等用阿拉伯数字表示，分别由0 、1 、3 数字的不同组合来表示土地质量等；不宜农林牧类用0 表示；宜农耕地类用一位数表示；其他质量等均用三位数表示，第一位表示宜农等级，第二位表示宜林等级，第三位表示宜牧等级。土地限制型用英文小写斜体字母表示放在土地质量等的右上角，限制强度则用小写阿拉伯数字1、2 、3、4 … …表示，放在英文字母的右下角。土地资源单位(上图的土地资源类型)用阿拉伯数字1 、2 、3 …表示，放在土地质量等的右下角。这是目前世界上土地评价系统最科学的表示方法之一。

3　基于GIS 的土地适宜性评价

3 .1　地理信息采集与处理

数据是GIS 最基本和最重要的组成部分[3]，利用GIS 进行土地适宜性评价工作首先要准备好一些必需的数据，如土地利用现状图、土壤图、地貌图、坡度图等图纸以及相关的文字资料，然后要将这些数据输入计算机供GIS 分析调用。本文的空间数据采集与处理方案为:纸质地图※地图扫描※图象预处理※建立地图投影和坐标系※栅格图象配准※屏幕矢量化※空间数据检查。属性数据采集使用键盘输入的方法。

数据质量的好坏，直接影响着系统应用分析结果的可靠程度和系统应用目标的真正实现[4]，因此在数据输入计算机后还需进行检查。数据检查可以从两个方面着手:①在数字化过程中进行 GIS 数据检查，包括检查栅格图象是否配准,检查图层中空间对象类型是否一致，多边形自相交、重叠及缝隙检查，对照底图检查，空间数据分类检查，属性数据检查等；②使用地理相关法进行 GIS 数据检查，即利用空间数据的地理特征要素自身的相关性来分析数据的质量[4]，如紫泥田必在谷地或平原中，所有耕种性土壤的土地利用现状必为耕地。

3 .2　土地资源类型划分

在进行土地适宜性评价之前，需要确定土地评价单元。本文采用土地资源单位作为工联村土地适宜性评价的土地评价单元,因此先要划分工联村的土地资源类型。

为划分工联村的土地资源类型，需要制订谭子山镇土地资源类型系统(或分类系统)。谭子山土地资源类型系统分为3 级，第1 级土地资源类型是以小地貌与土壤亚类、植被和土地利用相应类型划分的，是1∶1 万土地资源类型图的最高级类型，并以三者相结合命名，小地貌类型力求简单，分河谷平原、岗间窄谷、岗间宽谷、岗地等4 类。第2 级是1∶1 万土地资源类型图的中级类型，它是在第1 级类型之下根据土属和相应的植被类型与利用类型划分的，并以小地貌、土属和土地利用类型结合命名。第3 级土地资源类型是在第2 级土地资源类型之下，根据土种和植被类型、利用类型的最低一级划分的，并以小地貌、土种与植被(或利用类型)结合命名。第3 级土地资源(评价)图的土地资源单位，是制图单位，从图面看到的图斑，就是第3 级类型。

利用GIS 进行土地资源类型划分主要分为两步:将相关图层进行叠加分析以及叠加后的图斑融合。

叠加过程分两步完成，首先将试验区的地貌图与土壤图进行叠加得到土地类型分布图，然后再与土地利用现状图叠加得到试验区的土地资源类型图。新生成的土地资源类型编码按照“ 3 位分类码+2 位地貌编码+3 位土壤类型编码+3位土地利用现状编码” 的结构，共11 个码位。其中分类码采用国家“ 十五”科技攻关项目“ 中国可持续发展信息共享系统开发研究” 的分类方案，代表土地资源类型信息所属的门类、大类和小类。

由于图幅层次较多，各要素分类较细，所以产生的图斑相当破碎，占用信息空间大，运算速度慢，难以实际利用和综合制图。所以需对面积过小图斑根据其周边图斑信息进行代换融合[5]。根据综合制图要求，工联村1∶1 万土地资源(评价)图的最小图斑面积不小于4㎜^{2}(相当于实地面积400㎡)。因此要把面积小于4㎜^{2} 图斑融合到其相邻图斑中，以保持图面的整洁以及加快系统的运行速度。如果某个图斑面积虽小但类型唯一，则应允许保留，因为它代表了一种土地资源类型。

需融合图斑的周边图斑可能不止一个，此时要根据其周边图斑的属性信息选出一个最合适的图斑。在地貌、土壤类型及土地利用现状三种类型信息中，土地利用现状反映了土地资源使用状况和社会属性，是土地资源中最重要的属性。土壤类型和地貌反映了土地资源的自然属性，但一种类型的土壤往往是在特定的地貌下产生的，它从侧面也反映了地貌类型。同时，土壤类型对于农作物和植被生长也有十分重要的作用，因此它作为土地资源中第二重要的属性。综上所述,在图斑融合时按照土地利用类型、土壤类型、地貌的轻重次序在周边图斑中进行筛选，若仍未选出合适图斑则在前筛选的基础上按照图斑面积选出最大的一个。

3 .3　限制因素信息获取

根据土地适宜性评价的方法，利用 GIS 进行土地适宜性评价首先要获取每个土地资源单位的限制因素信息，并以编码的形式添加到土地资源单位原有编码中。为了将获取的限制因素信息存入土地资源单位中，在此之前应扩展土地资源单位的码位(图1)。

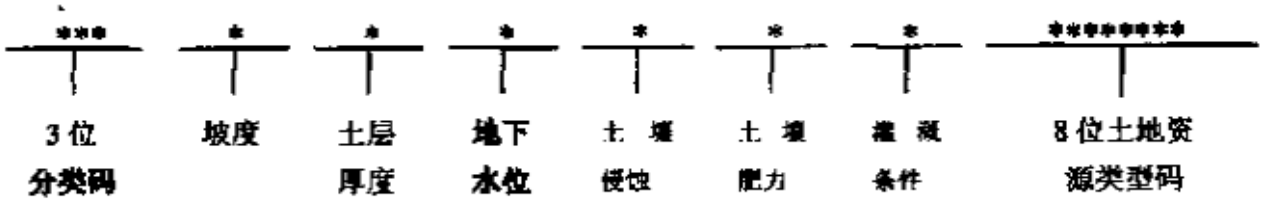

图 1　扩展的土地资源单位编码结构

Fig. 1　The patulous code structure of land resource unit

图1 中，3 位分类码和8 位土地资源类型码是在生成土地资源类型图时产生的，扩展的6 位限制因素码插入到分类码和土地资源类型码之间。

坡度和灌溉条件信息的提取，可以通过土地资源类型图层与坡度图层和灌溉条件图层相叠加，分析每个土地资源单位落在哪个坡度图斑和灌溉条件图斑中，然后将坡度和灌溉条件信息提取并写入土地资源单位相应码位中。由于每个土地资源单位不可能恰好全部落入一个坡度图斑或灌溉条件图斑中(图 2)，因此要采用一定的算法来计算提取信息的数值。

图 2　土地资源单位与坡度图图层叠加示意

Fig. 2　Overlay by soil resource unit with gradient map

图5— 7 中，土地资源单位与坡度图叠加后被分割成A、B 、C 三个区域，其中A 区域的坡度为小于7°，对应坡度编码为1；B、C 区域的坡度分别为7— 15° 和15— 25°，对应坡度编码为2、3。此土地资源单位的坡度因素取值可以按照A 、B 、C区域的坡度编码进行加权平均获得，这个“ 权” 是指A、B、C 区域面积占整个土地资源单位总面积的比值。假设A、B 、C 区域分别占总面积的0.2 、0 .3 、0 .5 ，那么0 .2 ×1+0 .3 ×2 +0 .5×3 =2.3，四舍五入后为2 ，这个土地资源单位的坡度因素值即为2。

由于缺少土层厚度、土壤肥力和地下水位的原始图件，故不能采用信息提取的方法。在土地资源类型图中，土壤类型的分类粒度到土种。土种是土壤分类中的基层单元。同一土种发育在相同母质上，具有相类似的发育熟化程度和剖面层次排列，土体构型特点，包括剖面形态，层次排列顺序、厚度、质地、结构、颜色、有机质含量，碳酸钙反应和PH 值等基本相似。土种中

蕴含了各种丰富的信息，同时也隐含了土层厚度、土壤肥力及地下水位信息，因此可以通过它们之间的对应关系将隐含的信息“ 挖掘”出来。

此外，原始资料中未提供土壤侵蚀强度分级图，并且土壤侵蚀强度信息也不能由某单一因素推导或挖掘出来，因此确定土地资源单元的侵蚀强度需另辟蹊径。考虑到土壤侵蚀强度与地貌、坡度、土壤类型、土地利用类型等因素紧密相关，故可在分析各个因素与土壤侵蚀量关系的基础上，确定土壤侵蚀的强度。这种方法即多因素综合法[6]。

表2 罗列了工联村土壤侵蚀强度与土地资源单位所含其它因素之间的关系，实际上就是一个推导规则表。根据此表在程序中通过一系列判断语句即可推断出每个土地资源单位的侵蚀强度级别。需补充说明的是，当推导结果不属于表中任何一种土壤侵蚀强度时就认为是“ 中度侵蚀” 。

3 .4　土地资源(评价)图编码方案

土地资源(评价)图编码方案的优劣直接影响土地适宜性评价结果的存储、管理和查询检索的效率，也影响着程序实现的难易繁简程度，因此其编码方案的设计是一项十分重要的工作。工联村土地适宜性评价土地资源(评价)图编码结构如图3 所示。

其中，3 位分类码代表资源门类、土地大类、土地资源评价小类。土宜类型码5 位，每个码位按前后顺序分别表示宜农耕地类、宜林土地类、宜牧土地类、潜在宜农耕地类和潜在宜林土地类。土宜类型码是一个有机整体，是通过5 个码位的各种组合来表达土地适宜类和潜在适宜类以及相应的土地质量等。

限制性因素码6 位，每个码位按前后顺序分别表示坡度、土层厚度、地下水位、土壤侵蚀、土壤肥力、灌溉条件这6 个土地适宜性评价的限制性因素。同样，限制性因素码也是通过各码位间的组合来表达某种土地适宜类的土地限制型和限制强度。

土宜顺序码2 位，表示在相同土地适宜类、土地质量等、土地限制型和限制强度的情况下，土地资源单位按土地资源类型进行分类的顺序号。设计土宜顺序码是为表达土地资源(评价)图编图规范中土地质量等右下角的数字序列。

土地资源类型码8 位，码位结构与编码规定与土地资源类型图完全一致，保证了与已有工作成果的兼容。

3 .5　土地适宜性评价

图 4 描述了土地适宜性评价流程:首先读取土地资源类型图中每个土地资源单位的编码，根据知识库中的事实库及知识规则，利用推理机推导出土地资源(评价)图每个图斑的编码，然后通过编码解释程序，将编码按照土地资源(评价)图的编图规范转化成每个图斑的标识，最后通过人机界面将土地资源(评价)图显示在屏幕上或打印输出。

表 2　工联村土壤侵蚀强度多因素综合表

Tab. 2　Soil erosion intension decided by multi— factors in Gonglian village

土壤侵蚀强度	地貌	坡度	土层厚度	土地利用类型
无侵蚀	谷地、平原			
				垄田、土埂田
			中土层、厚土层土壤	
	岗地	7—15°		有林地
轻度侵蚀	岗地	7—15°		坡土
	岗地	7—15、15—25°		园地
	岗地	15°以上		有林地
强度侵蚀	岗地	15—25°		坡土
	岗地	7—15°	薄土层土壤	裸土地
极强度侵蚀	岗地	＞25°		坡土
	岗地	＞15°	薄土层土壤	裸土地

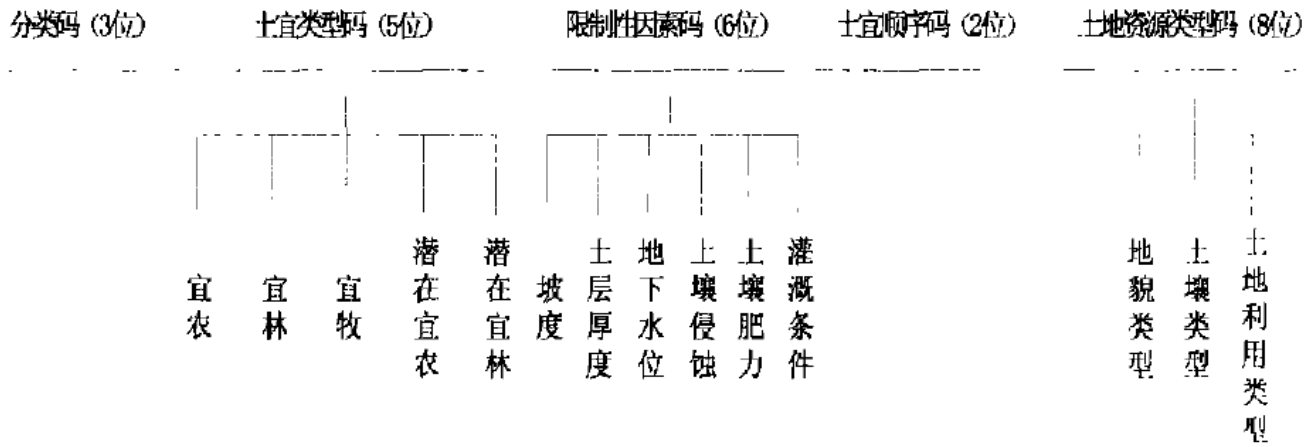

图 3　土地资源(评价)图编码结构示意

Fig 3　The code structure of land resource evaluation map

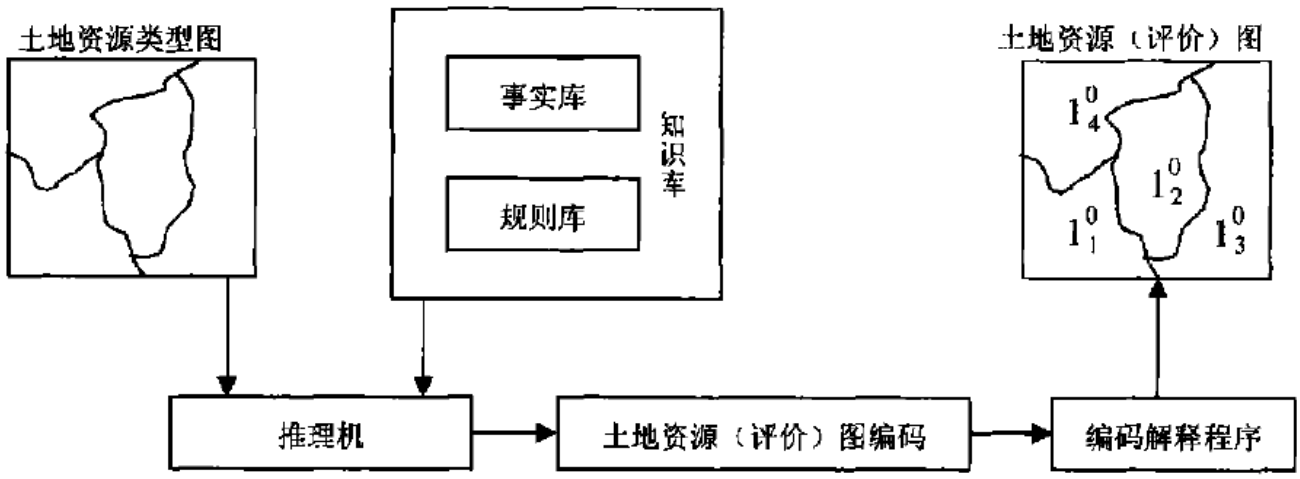

图 4　土地适宜性评价流程

Fig. 4　The flow chart of land suitability evaluation

知识库包含事实库和规则库两部分。凡是静态的知识,以所谓事实来表示，存储在事实库中。土地适宜性评价中的事实是指限制性因素、土地适宜等级及它们之间的关系。动态的知识，以产生式规则来表示，存放在规则库中，主要由三部分组成:以土

地利用类型和坡度确定评价类型的推导规则、以极限条件法确定适宜性等级的推导规则、限制性因素和限制强度的推导规则。

确定评价类型的指导思想包括五点:现有耕地只作宜农评价，只有耕地不宜农时才作其它适宜类评价，以保护现有耕地面积尽量不减少；对其它土地类尽量作宜农评价，为将来扩大耕地面积打下基础；对坡度大于25°的耕地坚决退耕；充分考虑现有的土地利用类型，如土地利用现状为林地则要进行宜林评价，是草地还要进行宜牧评价；评价要谋求经济效益和生态效益的最大化，如林地的经济效益和生态效益均比草地好，因此这一土地不作宜牧评价。根据以上的指导思想，可以得出土地适宜类推导规则(图5)。

极限条件法，是指将级别最低的土地质量等级作为总的土地适宜性等级。利用极限条件法，本系统适宜性等级评定产生式规则为:如果土地资源单位的限制性因素适宜性等级最大值为N(N =1 ， 2， 3)，则土地资源单位的总适宜性等级为N(注意N 值越大等级越低)。

限制性因素和限制强度产生式规则用来确定土地资源单位的限制性因素及其限制强度，具体规则为:如果土地资源单位的最低等级限制性因素为 X_n(X = p ， l ， w ， e ， f ， s；n = 0，1 ， 2 ， 3 ， 4)，则土地资源单位的限制性因素为 X ， 限制强度为 n 。

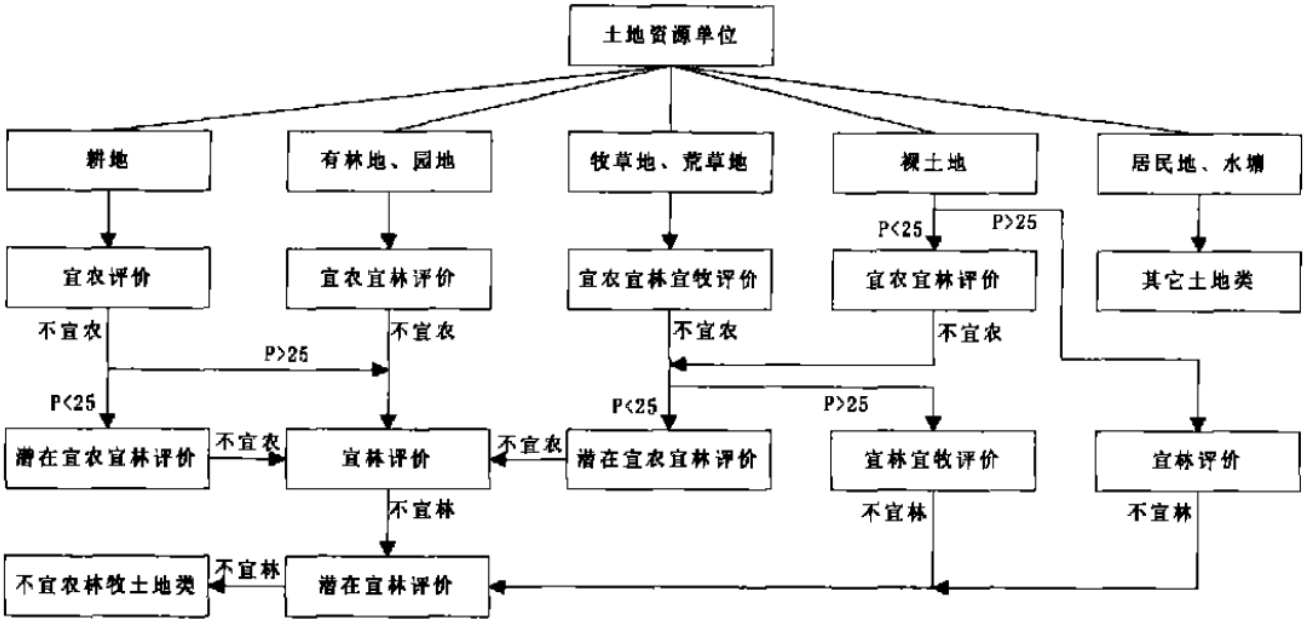

图 5　土地适宜类推导规则

Fig. 5　The understand rule of land suitability type

4　结语

以上基于GIS 的土地适宜性评价方法已通过VB 和MapX 集成开发实现，并为湘中紫色土丘陵综合治理农业生态工程发挥了重大作用。相对于传统的以手工进行土地适宜性评价的方法而言，利用GIS 进行土地适宜性评价进度快,精度高，具有明显的优势。

参考文献:

[1] 谢庭生.湘中紫色土丘陵综合开发技术试验[M] .北京:中国环境科学出版社, 2004 .

[2] 黄自立.黄土高原地区县级农业土地评价研究[J] .自然资源,1991 ,(2):23 -28 .

[3] 杨京平.农业生态工程与技术[M] .北京:化学工业出版社,2002 .

[4] 毕硕本, 王桥, 徐秀华.地理信息系统软件工程的原理与方法[M] .北京:科学出版社, 2003 .

[5] 史舟, 王人潮,A•阿贝德.红壤资源类型划分及机助制图研究[J] .土壤通报, 2004 ,(2):49 -51 .

[6] 李智广, 曾大林.浅谈基于GIS 的区域土壤侵蚀遥感快速调查技术[J] .中国水土保持, 1999 ,(10):38 -39 .