基于 GIS 的黄土塬区村级土地生态规划设计*

刘海斌, 吴发启
(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 在土地生态规划设计原则和方法的基础上, 以陕西淳化县西坡村为例, 利用生态学、经济学、景观生态学以及系统工程学的理论, 借助于 GIS 技术, 对其土地生态系统进行了分析。结果表明, 坡度和土壤性质是影响土地生态特征的两个主要因子, 故依据地貌垂直分异特征、坡度和土地生产力指数(PI)将全村 39 个土地生态单元归并为 7 大类, 并按地貌、坡度、土壤 3 个生态特征因子, 对各土地生态类型的利用进行了适宜性评价, 然后利用交互式线性规划软件(LINDO)对全村土地利用进行了生态规划, 最后作出不同土地生态类型利用的设计。

[关键词] 土地生态类型; 土地生态规划; 土地生态设计; 陕西淳化西坡村
[中图分类号] F301.2, X321.3 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2007)01-0148-07

Eco-land planning and designing based GIS in the villages of the Loess Plateau

LIU Hai-bin, WU Fa-qi
(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the principles and methods of eco-land planning and designing and GIS with the Xipo village of Chunhua country as an example, the eco-land planning and designing was analyzed with theories of ecology, economics, landscape ecology and systems engineering. The results show that gradient and soil are the two main factors influencing the land ecological characteristics. So according to vertical differentiation characteristic of the physiognomy, gradient and land productivity index (PI), the 39 land ecological cells in Xipo village was classified into 7 different eco-land types. And by three ecological characteristic factors of physiognomy, gradient and soil, were the use suitability of every eco-land type evaluated and the eco-planning for the whole land use was made by LINDO. Finally, on the basis of classifying different eco-land types and making eco-planning, the paper put forward the superior pattern of eco-designing for different land types.

Key words: eco-land type; eco-land planning; eco-land designing; Xipo village of Chunhua county, Shaanxi province

在水土流失严重的黄土高原地区, 土地既是人们衣、食、住、行的载体, 又是遭受侵蚀破坏的主要对象。因此, 保护土地资源等于维护人类的生存与发展。以往对被侵蚀土地的治理与保护多采用水土保持规划、土地利用规划和水土保持措施设计与布局等方法, 随着生态学、景观生态学和 GIS 技术等的兴起和应用, 为这些传统的方法注入了新的活力, 也促进了边缘学科——土地生态规划设计的产生与发展。关于土地的生态规划设计, 中外许多学者均有相关的论述; 其中心便是通过土地的生态规划设计, 使土地内部的社会活动与土地的生态特征在时空上达到协调有序的发展[1-2]。景贵和[3]认为, 对交叉学科的应用研究必然要涉及到众多学科的研究方法, 应经过鉴定、筛选以建立自己的方法; 傅伯杰[4]认为,

* [收稿日期] 2005-12-29
[基金项目] 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-06); 国家重点科技攻关项目(2001BA508B20)
[作者简介] 刘海斌(1975-), 男, 陕西澄城人, 在读博士, 主要从事土地资源利用与空间信息技术研究。E-mail: haibin553@yahoo.com.cn
[通讯作者] 吴发启(1957-), 男, 陕西黄陵人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持与流域管理研究。E-mail: wufaqi@263.net

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

系统分析、动态分析及地理信息系统均是土地生态建设所必需的方法; 此外刘胤汉[5]、欧阳志云等[6]、王仰麟[7]、杨子生[8]、刘康等[9]、吴次芳等[10]、Mcharg[11]、Forman[12]、Odum[13]、Haber[14-15]等均对土地生态规划设计的方法进行了研究。

黄土高原地区地形复杂多变, 不同土地之间自然生产力差异很大, 如何以生态优先, 兼顾经济的思想来进行土地生态规划设计, 目前在这方面开展的研究还较少。为此, 本研究在讨论土地生态规划设计原则和方法的基础上, 以陕西淳化县西坡村为例, 采用 GIS 技术和线性规划方法进行村级土地生态规划设计, 以期为该村今后发展规划提供理论依据。

1　土地生态规划设计的原则与方法

1.1　土地生态规划设计的原则

土地是一个非常复杂的生态系统, 同时又是景观的组成要素。因此, 土地生态规划设计不仅要考虑土地的生态特征, 而且还要考虑景观生态学、生态学、经济学以及系统工程理论等原则, 主要包括以下 4 个原则。

1.1.1　共生、协调的原则　人类是自然界的组成部分, 在其能动改造客观世界的过程中, 只有学会与自然生态系统协调共生, 才能健康持续发展。否则, 就会导致土地资源破坏、生产能力降低, 生态环境不适合人类生存的恶果。

1.1.2　生态、经济相统一的原则　土地生态系统兼有自然与社会经济双重属性, 在土地生态规划设计中, 必须充分考虑土地的自然属性, 同时也要考虑其提供人们生存和发展所需物质资源的功能。在对土地进行生态保护的前提下, 才能从土地上获取满意的经济效益。如果追求的经济效益超过土地的生态阈值, 则土地经济效益也难于发挥。因此, 将生态学与经济学的思想结合起来, 使得土地系统整体最优, 才能创造出一个经济高效、生态和谐的区域生态系统。

1.1.3　生态多样性及空间结构协调配置的原则　土地生态规划设计的一个重要内容就是调整土地利用类型的空间格局。一定区域内土地生态系统往往由多种多样的子系统成斑块状镶嵌在一起, 构成土地利用空间格局, 这样的配置方式可增强土地生态系统抗干扰的能力。土地利用空间格局配置必须以土地利用类型空间相互协调为原则, 尽量按最佳生态位, 合理安排土地利用类型, 增强土地及其生物环境之间信息交流、物质循环和能量流动, 最终提高区域土地的生态和经济效益。

1.1.4　因地制宜的原则　土地生态系统是一定地域范围内, 各种环境要素和生物因子的有机综合体, 其受水热条件、地质、地貌等因素的影响和制约, 因而使土地生态系统在空间分布上表现出严格的地域分异性。因此, 在进行土地生态设计规划时, 必须因地制宜, 充分考虑到当地的自然条件及社会条件, 制定出切实可行的土地最优利用方案, 切不可实行"一刀切", 或生搬硬套其他地区的土地生态规划设计模式。

1.2　土地生态规划设计的方法

土地生态规划设计研究的内容与生态规划设计以及景观生态规划设计重叠, 许多概念、研究方法也类似。在生态规划设计中, 许多规划最终的落脚点都是在土地上, 所以对土地进行生态规划设计是其一个重要的内容。同样, 在景观生态规划设计的空间格局中, 景观单元特征指数, 如斑块面积、景观相似性指数、斑块密度、斑块周长、边界密度等指标的优化最终是在土地上体现出来的。因此, 生态规划设计和景观生态规划设计的方法, 对土地生态规划设计有很重要的借鉴作用。作者认为, 土地生态规划设计包括土地利用生态规划和土地生态设计两个部分, 土地利用生态规划是在单纯土地利用规划的基础上, 将人们对土地利用中的生态要求(保持系统良性发展所需的最小生态林草面积及合理配置生态林草的位置)融入其中; 土地生态设计是对具体土地利用的空间格局进行优化。

综合前人的研究[1-15]结果, 作者认为土地的生态规划设计可分为土地生态调查、土地生态分析、土地生态规划与设计 3 个相互关联的方面, 现介绍如下:

(1) 土地生态调查。首先应该确定出土地生态规划设计的目标和范围, 然后进行土地生态调查及典型性土样的采集。土地生态调查不仅包括对土地的景观结构、自然过程、生态潜力、社会经济文化等方面的调查, 而且还要绘制当地的土地类型图、土地利用现状图、土壤类型图和坡度图。

(2) 土地生态分析。对生态调查的各个因子进行分析, 找出其中的关键变量, 这些变量对于土壤潜力的发挥以及土地如何利用有重要的作用。同时利用 GIS 技术将绘制好的图件进行叠加处理, 划分不同的土地生态单元, 再以一些关键变量为指标, 并利用数学方法将各个土地生态单元进行分类归并, 对土地的生态价值和功能进行评价。通常土地生态分析

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

是在一般土地评价的基础上,选择对环境最有意义的生态特征(地貌、坡度、土壤等因子)进行评价,评价土地生态类型对某种利用形式的适宜性,并指出土地的自然属性与何种利用形式相结合才能形成协调共生,且取得令人满意的效益。

(3)土地的生态规划与设计。根据土地适宜性评价的结果,依据生态工程学、生态学及可持续发展的原理,借助一些成熟的规划软件,对土地利用的数量和结构进行整体优化和调整,在此基础上,再进行土地利用的空间结构优化,即为土地的生态设计。并且,随着时间的变化,还需要对规划设计方案进行调整,以保证系统结构持续优化、生产能力不断增强和自我调节不断完善。

2 黄土塬区土地生态规划设计实例

2.1 研究区概况

研究区位于陕西省咸阳市北部淳化县西坡村,属渭北黄土高原强烈水土流失区,干旱和水土流失是制约农业发展的主要限制因素*。全年平均气温 9.8 ℃,无霜期 138 d,≥10 ℃活动积温 3 281 ℃,太阳年辐射总量为 505.68 kJ/cm^2,全年日照时数 2 372.1 h;多年平均降雨量 600.6 mm。土壤为黄土母质上发育的黄墡土,地带性黑垆土仅存于塬心。自然植被分布于沟坡,多为草本、灌木。平均沟壑密度为 1.87 km/km^2。

全村总土地面积 268.00 hm^2,总人口 956 人,劳动力总数 618 人,人均土地面积 0.28 hm^2,人均耕地面积 0.069 hm^2。农业用地(耕地)占 25.60%,经济林地占 41.40%,水保林地和牧草地分别占 0.27% 和 21.57%,已形成了以粮食和苹果为主的生态农业模式。该村是陕西省小康村,2002 年全村产值 361 万元,人均纯收入达2 867元,人均占有粮食 356 kg。

2.2 土地生态单元的确定与分类

2.2.1 土地生态单元的确定 对于村级土地生产力评价单元的确定,应在土地类型划分的基础上,参考土壤类型、植被状况、土地利用现状及地面坡度等特征,其原因是土地类型反映了土地的全部自然特征,也考虑了人类活动对土地的影响。本研究确定土地生态单元的步骤为:利用 1/10 000 地形图,结合野外踏勘和调查,制作西坡村土地类型图、土地利用现状图、土壤类型图和坡度图等专题图件,经室内清绘成图后,利用 GIS 中的 ARC/INFO 8.0.2软件,以土地类型图为基础,利用 Arcedit 和 ArcToolbox 模块,对图件数字化、矢量化后进行叠加,具体工艺流程见图 1,最后依照不同土地类型上土壤种类、坡度、土地利用现状等因素的差异,将西坡村划分为 39 个性质各异的生态单元,其中塬面平地 14 个,沟谷地、沟坡梯田和坡地 25 个(表 1)。

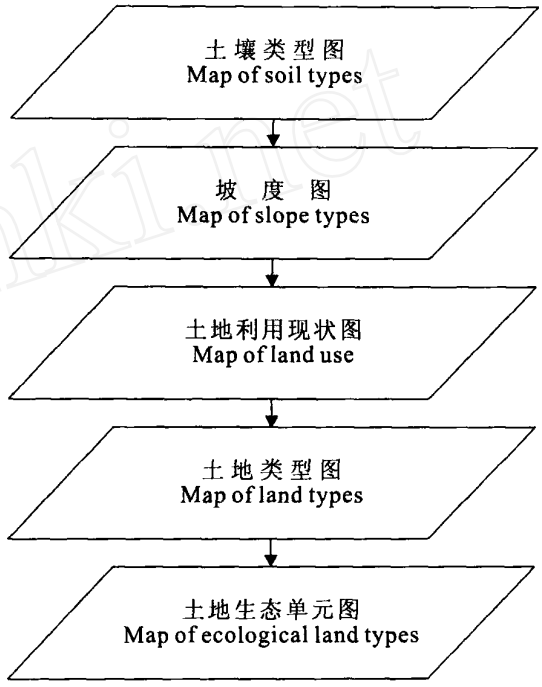

图 1 土地生态单元生成工艺流程图

Fig. 1 Flow chart of land ecological types

2.2.2 土地生态单元的分类 在野外调查的基础上,经分析讨论认为坡度(主要影响水分、光照、交通等)和土壤性质(主要影响肥力、耕性等)是影响西坡村土地生态特征的两大主要因子。故依据地貌垂直分异特征、坡度和土地生产力指数(PI)将 2.2.1 确定的 39 个土地生态单元归并为 7 大类(表 1)。

模型 PI 的计算公式为[16-17]

$$PI=\sum_{i}^{n}(A_i\times B_i\times C_i\times D_i\times E_i\times WF), \qquad (1)$$

式中:PI 为生产力指数,无量纲;A 为有机质适宜度;B 为全氮适宜度;C 为全磷适宜度;D 为地面坡度适宜度;E 为土壤种类适宜度;WF 为根系权重因子;i,n 分别为土层序号及土层数。

* 淳化县农业区划委员会. 淳化县农业区划报告集. 1984. 下同。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

模型中各因子对根系生长的适宜度确定如下:

(1) 有机质适宜度。以有机质含量高低衡量其对土壤生产力的影响。根据淳化县农业区划报告资料* 中有机质的分布特征, 取有机质含量 20 g/kg 为满分值, 当土壤养分含量大于或等于满分值时, 赋值为 1; 低于该值时, 以实际含量与满分值之比得分值, 为 0～1。

(2) 全氮、全磷适宜度。全氮、全磷适宜度分别为 1.25 和 2.00 g/kg, 计算方法同有机质适宜度。

(3) 土壤种类适宜度。根据淳化县农业区划报告资料* 将各类土壤的适宜度划分为: 黄盖粘黑垆土, 1.0; 黄墡土, 0.8; 淤墡土和白墡土, 0.7; 红色土, 0.6; 红胶土和潮土, 0.5。

(4) 地面坡度适宜度。根据黄土高原地形地貌的实际特点和计算比较的需要, 将联合国粮食与农业组织(FAO) 1971 提出的土地资源生产力自然评价综合指数(PI) 模型[18] 的部分参数作了一些修改, 其中改正后的地面坡度适宜度 D 的计算公式如下。

$$D = \mu(G) = \begin{cases} 1 & (G \leq 7^\circ), \\ 1 - 1.74\sin(G - 7) & (7^\circ < G < 35^\circ), \\ 0.001 & (G \geq 35^\circ)。\end{cases} \tag{2}$$

式中: D 为地面坡度适宜度; G 为实测地面坡度。

(5) 根系权重因子。以主栽作物小麦为标准, 根据调查可知小麦根系主要分布在 0～50 cm 土层, 占总根量的 93% 以上。因此, 取 0～60 cm 土层为生产力评价的目标层, 根系权重因子取 1。

表 1　陕西淳化县西坡村土地生态单元分类结果

Table 1　Classification of eco-land cells in Xipo village of Chunhua county, Shaanxi province

分类 Classification	土地单元编号 Land cell	PI	平均值 Average	面积/hm² Area	共同特征 Common characteristics
一级塬面平地 Better level field on upland	1, 6, 21, 22, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39	0.218～0.140	0.170	195.541	地面坡度小于 5°; 黄墡土、黄盖粘黑垆土 Gradient < 5°, the primary soils are Huangshan soil and Huanggainian-heilu soil
二级塬面平地 Level field on upland	2, 3, 12	0.136～0.092	0.114	5.089	地面坡度 5～15°; 淤墡土、红色土 Gradient is from 5° to 15°, Yushan soil and red soil
沟谷地 Vale feild	20, 32	0.141～0.124	0.133	2.485	地面坡度小于 8°; 红胶土、泥质潮土 Gradient < 8°, Hongjiao soil and Chao soil
沟坡梯田 Terrace on slope	10	0.120	0.120	10.529	地面坡度小于 2°; 白墡土、红色土 Gradient < 2°, Baishan soil and red soil
缓坡地 Slope field	4, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 19, 23, 27, 30, 31,	0.109～0.043	0.084	24.525	地面坡度 15～25°; 红色土、红胶土 Gradient is from 5° to 15°, Red soil and Hongjiao soil
陡坡地 Steep slope field	5, 24, 25, 26, 33	0.060～0.002	0.041	15.647	地面坡度 25～35°; 红色土、红胶土 Gradient is from 5° to 15°, Red soil and Hongjiao soil
极陡坡地 Very steep slope field	7, 13, 15, 18, 29	0.002～0.001	0.002	14.182	地面坡度大于 35°; 红色土、红胶土 Gradient is from 5° to 15°, Red soil and Hongjiao soil

2.3　土地生态规划设计

2.3.1　土地生态类型的适宜性评价　按照地貌、坡度和土壤 3 个生态特征因子, 将西坡村评价土地生态类型利用的适宜性分为 4 级(高度适宜、中等适宜、勉强适宜和不适宜), 结果见表 2。在此基础上可知土地的自然属性与何种土地利用形式相结合, 才能形成协调共生, 且取得令人满意的效益。

表 2　陕西淳化县西坡村土地生态类型适宜性评价结果

Table 2　Suitability levels of evaluation on eco-land in Xipo village of Chunhua county, Shaanxi province

生态类型 Ecological type	一级塬面平地 Better level field on upland	二级塬面平地 Level field on upland	沟坡梯田 Terrace on slope	缓坡地 Slope field	陡坡地 Steep slope field	极陡坡地 Very steep slope field	沟谷地 Vale field
耕地 Plantation	S_1	S_2	S_2	N	N	N	S_2
经济林地 Field for fruit trees	S_1	S_1	S_2	S_2	S_3	N	S_2
水保林地 Field for ecological trees	S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_2	S_1
牧草地 Meadow	S_1	S_1	S_1	S_1	S_2	S_3	S_1

注: S_1, S_2, S_3, N 分别表示高度适宜、中等适宜、勉强适宜和不适宜。

Note: S_1, S_2, S_3, N stands for the most suitable, more suitable, suitable and not suitable, respectively.

由表 2 可知, 西坡村一级塬面平地、二级塬面平地、沟谷地和沟坡梯田适宜于多种用地方式, 但在坡地中, 随着坡度的增加, 水、肥、交通、生态保护等制约因素逐渐增多, 使得土地用途减少。同时, 不同土

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

地生态类型在利用上存在多宜性的问题, 在农业生产实践中, 对不同土地类型利用的原则为: 在自然条件好, 距离村庄近, 交通方便的土地上, 安排经济价值较高的农业生态类型; 在交通不便、地力瘠薄的地块上, 安排经济价值较低的农业生态类型。基于这样的原则, 在进行生态规划设计时, 塬面平地类主要安排农业和经济林, 坡地种植林草, 沟坡梯田和沟谷地类(由于无机车道路, 所以上下运输非常不便)可安排各种农业生态类型。

2.3.2 土地利用生态规划 土地利用的结构优化是一个多目标、多层次的规划问题, 本研究采用系统工程和线性规划的原理及方法[19-22], 以相关的自然资源、社会经济效益和生态环境效益作为约束条件, 计算满足生态、经济和社会多重目标要求, 使村落总体功能达到最佳(经济效益最大)的土地利用新格局。根据各土地生态类型的适宜性评价结果, 进一步确定出西坡村不同土地单元上农、林、牧业利用类型的合理结构, 结果见表 3。

表 3 陕西淳化县西坡村各生态类型土地利用方式变量设置

Table 3 Installation of variable of eco-land types for land use in Xiop village of Chunhua county, Shaanxi province

生态类型 Ecological type	一级塬面平地 Better level field on upland	二级塬面平地 Level field on upland	沟坡梯田 Terrace on slope	缓坡地 Slope field	陡坡地 Steep slope field	极陡坡地 Very steep slope field	沟谷地 Vale field
耕地 Plantation	X_1	X_3	X_6				X_{18}
经济林地 Field for fruit trees	X_2	X_4	X_7	X_{10}	X_{13}		X_{19}
水保林地 Field for ecological trees			X_8	X_{11}	X_{14}	X_{16}	X_{20}
牧草地 Meadow		X_5	X_9	X_{12}	X_{15}	X_{17}	X_{21}

注: $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_{21}$ 分别为各类生态土地用于耕地、经济林地、水保林地和牧草地的面积。

Note: $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_{21}$ are the respective area of using by plantation, field on fruit trees, field on ecological trees or meadow.

由表 3 可知, 由于一级塬面平地和二级塬面平地自然条件好, 所以主要安排产值较高的农业和经济林业。沟坡梯田建设标准有高有低, 高的适宜农业和经济林业, 低的可用来发展牧业和生态林业。由于自然条件差, 坡地主要用于发展生态林业和牧业, 在阳坡缓坡地可发展经济林业。沟谷地生态条件好, 适宜农业、林业和牧业发展。

根据实际情况, 利用交互式线性规划软件(LINDO)对不同生态类型土地的利用方式进行优化求解, 制定以下参数和常量。

(1) 目标函数 Max。

$$\mathrm{Max} = A(X_1 + X_3 + X_6 + X_{18}) + B(X_2 + X_4 + X_7 + X_{10} + X_{13} + X_{19}) + C(X_8 + X_{11} + X_{14} + X_{16} + X_{20}) + D(X_5 + X_9 + X_{12} + X_{15} + X_{17} + X_{21})。 \quad (3)$$

式中: A, B, C, D 分别为每公顷耕地、经济林地、水保林地和牧草地每年的收益系数, 根据对西坡村的实际调查和计算, A 为 7 043 元/(hm^2·年), B 为 28 500 元/(hm^2·年), C 为 375 元/(hm^2·年), D 为 400 元/(hm^2·年)。

(2) 约束方程。根据需要, 共建立 5 类约束方程:

a. 土地约束方程。土地约束要求每种土地生态类型上的耕地、经济林地、水保林地和牧草地面积总和不得超过该类土地的面积, 即:

$$\left.\begin{aligned} &X_1 + X_2 \le 195.541 \\ &X_3 + X_4 + X_5 \le 5.089 \\ &X_6 + X_7 + X_8 + X_9 \le 10.529 \\ &X_{10} + X_{11} + X_{12} \le 24.525 \\ &X_{13} + X_{14} + X_{15} \le 15.647 \\ &X_{16} + X_{17} \le 14.182 \\ &X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} \le 2.485 \end{aligned}\right\}。 \quad (4)$$

b. 可用地约束方程。可用地约束要求所有可利用地面积总和不超过土地总面积(西坡村土地总面积减去 24.48 hm^2 道路、居民点和渠道用地), 即

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} \le 243.52。 \quad (5)$$

c. 粮食约束方程。为满足人们的粮食最低需求(400 kg/(人·年)), 耕地总面积不得低于需要的耕地面积。西坡村总人口 956 人, 人均粮食按 400 kg/年, 共需 38.24 万 kg 粮食。西坡村传统上主要粮食作物小麦(4 500 kg/hm^2)和玉米(1.05 万 kg/hm^2)的种植比例为 2∶1, 共需耕地约为 60 hm^2, 因此粮食约束方程为:

$$X_1 + X_3 + X_6 + X_{18} \ge 60。 \quad (6)$$

d. 林地及牧草地约束方程。这两类土地的面积应不小于目前两者的总面积, 目前两者面积分别为 111.68 hm^2(其中经济林地 110.96 hm^2, 水保林地

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

0.72 hm^2) 和 57.81 hm^2。

$$X_2+X_4+X_5+X_7+X_8+X_9+X_{10}+X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{19}+X_{20}+X_{21}\geq 169.49。\quad (7)$$

e. 水保林地及牧草地约束方程。这两类土地的面积应不小于目前两者的总面积, 目前两者面积分别为 0.72 hm^2 和 57.81 hm^2。

$$X_8+X_{11}+X_{14}+X_{16}+X_{20}+X_5+X_9+X_{12}+X_{15}+X_{17}+X_{21}\geq 58.53。\quad (8)$$

利用交互式线性规划软件(LINDO)在计算机上编程后求解, 结果见表 4。

表 4　陕西淳化县西坡村各生态类型土地利用优化结果

Table 4　Result of optimal land use of different ecological land types in Xipo village of Chunhua county, Shaanxi province

类型 Types	变量 Variable	合计/hm^2 Total	优化比例/% Optimized proportion	现状比例/% Current proportion
耕地 Plantation	X_1= 60	60	22.39	25.60
经济林地 Field for fruit trees	X_2= 111.07	111.07	41.44	41.40
水保林地 Field for ecological trees	X_7= 10.529, X_{19}= 2.485	13.014	4.86	0.27
牧草地 Meadow	X_5= 4.176, X_{12}= 24.525, X_{15}= 15.647, X_{17}= 14.182	58.53	21.84	21.57

由表 4 可知, 调整后西坡村耕地的面积减少, 经济林地的面积基本保持不变, 水保林地的面积增加较多, 草地的面积略有增加。由此可知, 各利用类型土地面积调整的总趋势是减少耕地面积, 增加林草面积, 优化生态环境。由公式(3)计算可知, 优化后西坡村的产值可由现在的 3 610 000 元/年增加到 4 008 492元/年, 人均产值增加 416.83 元/年。

2.3.3　土地生态类型利用的设计　土地生态类型利用的设计就是通过实施某种措施, 最大限度地保水保土, 实现整体改善生态环境的目的。因此, 水土保持措施设计与布局方法是有效的方法, 各类土地利用的具体措施如下:

(1)一级塬面平地生态类型。西坡村共有该类型土地 195.541 hm^2, 坡度< 5°, 距离公路和村庄较近, 地形平缓开阔, 交通方便, 土壤为黄盖粘黑垆土和黄墡土, 利用现状主要为耕地和经济林地。该土地生态类型宜种植最低限度的粮食作物, 以满足全村人口最基本的口粮需求, 以及经济效益较高且具生态优势的苹果。当前, 应以道路为骨架, 划分耕作区, 在其中布置宽 20～30 m、低坎(30 cm 左右)的条田, 田面长 200～400 m, 以便大型机械耕作和灌溉。田间道路纵横正交, 成棋盘状, 路宽 2～3 m, 道路两端与村、乡、县级公路相连。

(2)二级塬面平地生态类型。目前西坡村该类型的土地主要种植农作物, 共有 5.089 hm^2。大多分布在塬边线附近和塬面集流区, 地形较平缓, 坡度5°～15°, 轻度水土流失, 土壤以淤墡土为主, 红色土较少。塬边线附近此种土地生态类型的土地应以水保林地和牧草地为主。当前, 应将塬边线 20 m 距离内的耕地全部退耕, 栽植水保林, 树的株行距应为 3 m ×3 m, 树下种植豆科类牧草, 以阻止塬面向内侵蚀。树种可选用杨树或刺槐等, 牧草可选用苜蓿和黑麦等。

(3)沟谷地生态类型。西坡村该类型的土地共有 2.485 hm^2, 利用现状以天然草地、荒草地为主。土壤主要为泥质潮土和红色土。可将该土地生态类型发展为用材林地或菜地, 建设用材林地时, 应先种植可饲用的豆科灌木, 当土壤有机质含量较高时, 再营造林地; 种菜时应将土地修成条田, 同时配合种植人工草防止水土流失。在坡脚处应种植根蘖性强的速生树种, 使其串根蔓延固地, 与坡面上的水土保持林建设相互衔接。同时, 应配合实施一些工程措施, 如在沟头建设谷坊、淤地坝等, 以减少洪水的危害。

(4)沟坡梯田生态类型。西坡村该类型的土地共有 10.529 hm^2, 主要分布在村西的沟坡上, 利用现状为农耕地和经济林, 大部分梯田坡度小于 2°, 土壤以白墡土和红色土为主。由于梯田修建标准低、修成年代近, 土壤肥力低, 所以该土地生态类型宜发展成经济林。在建设经济林地时, 树木的密度不宜过大, 否则整片林地会因水分缺乏而全部旱死, 根据当地实际情况调查可知, 栽植苹果时的最佳种植密度为 3 m ×4 m。有条件时, 应根据周围地势, 设置径流收集场方便灌溉。

(5)缓坡地生态类型。西坡村该类型的土地共有 24.525 hm^2, 地形坡度 15°～25°, 水土流失严重, 土壤主要为红色土和红胶土。利用现状以天然草地为主, 灌木、乔木稀少, 少量为坡耕地。其发展的目标为人工草地、天然草地和灌木、疏林地的共生体系。应将耕地全部退耕, 采用林草复合措施尽快恢复植被, 具体措

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

施为灌木和草混交, 沿等高线种植, 待灌木和草长成后方可营造林地, 对于刺槐适宜的种植密度为 120～150 株/hm^2。对于坡面较大而平展的地方, 可先将一些土地修成坡式梯田, 然后经过多年向下翻土耕作, 最终将其变成水平梯田, 梯田宽度以10～22 m 为宜, 长度尽可能控制在 100～200 m。水保林地适宜的树种主要有刺槐、油松、侧柏、山杏等, 灌木林树种可选用柠条、沙棘、紫穗槐、毛条、杠柳等。

(6)陡坡地和极陡坡地生态类型。西坡村有陡坡地 15.647 hm^2, 极陡坡地 14.182 hm^2, 地形坡度均大于 25°, 水土流失严重, 土壤为红色土和红胶土, 利用现状以天然草地或荒草地为主。这两种土地应以自然修复为主。在采取工程措施时, 在 25°～35°的坡地可修建隔坡条带, 即每隔 3～4 m, 修 1 条宽 1.0～1.5 m 外缘筑埂的等高反坡条带, 带内再每隔 2.5～3.0 m 修筑宽 0.4 m、高 0.5 m 的横埂, 形成条状植树区。在隔坡条带内中间偏里处, 按株行距 2 m×3 m 的要求栽植乔木和灌木, 适宜的树种有刺槐、油松、侧柏等。一般阴坡栽植油松, 阳坡栽植侧柏, 在土壤质地较好的地块栽植刺槐; 大于 35°的坡地必须采取以护坡保水为中心目标的综合治理模式, 采取种植灌木、草与工程整地措施相结合, 工程整地宜采用鱼鳞坑, 根据坡面大小及坡度以 1～2 m 的间距呈"品"字形开挖。鱼鳞坑要提前开挖, 隔年造林。在坑内栽植刺槐、侧柏及沙棘、柠条等, 株行距 1 m×2 m, 逐步形成以坑为中心, 以乔、灌木为主体的簇状林草复合植被群落。

3 讨 论

本研究利用 GIS 技术在黄土塬区进行村级土地生态规划, 在关键问题——土地生态单元的划分上, 通过抓住坡度和土壤两个具有关键意义的生态因子, 将西坡村土地划分为 39 个生态单元, 并根据坡度、土壤和 PI 值的大小, 将其分为 7 类, 这样的划分与分类较好地体现出当地土地在塬面、塬边、沟坡和沟谷的差异, 这种差异是由自然和人为因素叠加造成的。该土地生态单元的划分方法, 较好地体现出宏观思维、因地制宜、突出生态等土地生态规划设计的要求。

本研究利用 GIS 技术将各专题图件进行叠加, 以得到不同的土地生态单元, 这种方法相对于以往靠人工手动叠加以获取不同土地生态单元的做法, 在划分速度、精确度、可包含信息量上均有很大的提高, 但是相对于一些不同的要求, 相同图件在不同利用上的重要程度是不同的, 如何精确地表征出这些图件的重要程度, 并以量化的形式反映出来, 应是今后有待深入研究的方向。

[参考文献]

[1] 刘彦随. 区域土地利用系统优化调控的机理与模式[J]. 资源科学, 1999, 21(4): 60-65.

[2] 景贵和. 土地生态评价与土地生态设计[J]. 地理学报, 1986, 41(1): 1-6.

[3] 景贵和. 景观生态学的发展及其前景[J]. 地理科学, 1990(4): 296-300.

[4] 傅伯杰. 论景观生态学的研究内容与方法[J]. 系统生态, 1991(1): 1-5.

[5] 刘胤汉. 论土地结构、演替与生态设计[J]. 自然资源, 1987(3): 25-32.

[6] 欧阳志云, 王如松. 生态规划的回顾与展望[J]. 自然资源学报, 1995, 10(3): 203-215.

[7] 王仰麟. 渭南地区景观生态规划设计[J]. 自然资源学报, 1995, 10(4): 372-379.

[8] 杨子生. 论土地生态规划设计[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2002, 24(2): 114-124.

[9] 刘 康, 李团胜. 生态规划——理论、方法与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

[10] 吴次芳, 徐保根. 土地生态学[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003.

[11] Mcharg IL. Design with nature, garden city[M]. New York: Doubleday, 1969.

[12] Forman R T. Some general principles of landscape and regional ecology[J]. Landscape Ecology, 1995, 10(3): 160-177.

[13] Odum E P. The strategy of ecosystem development[J]. Science, 1969, 164: 262-279.

[14] Haber W. Using landscape ecology in planning and management[M]//Zonneveld I S, Forman R T T. Changing landscapes: an ecological perspective. New York: Springer-Verlag, 1990: 217-232.

[15] Haber W. Basic concepts of landscape ecology and their application in land management[J]. Physiol Ecol Japan, 1990, 27(special number): 131-146.

[16] Smith J L. Using multiple-variable indicator kriging for evaluating soil quality[J]. Soil Science Am J, 1993, 57: 743-749.

[17] Meyer W B, Turner IB L. Change in land use and land cover: a global perspective[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

[18] 侯西勇, 孙希华. 土地资源生产力评价及粮食生产潜力估算——以长清县为例[J]. 地球信息科学, 2001, 7(2): 60-65.

[19] 贾志宽. 农业系统工程[M]. 北京: 世界图书出版公司, 1999.

[20] 杨京平, 卢剑波. 农业生态工程与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.

[21] 胡月明, 肖 莉, 江 华, 等. 层次分析法在中山市土地利用对策中的应用[J]. 西北农林科技大学: 自然科学版, 2001, 29(3): 57-60.

[22] 杨 林, 谷长发. 层次分析法在林区公路路线方案比选中的应用[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(1): 51-52.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net