



地理学报 2001年第56卷第4期

## 山地土地类型的结构分析与优化利用 ——以陕西秦岭山地为例

作者: 刘彦随

山地土地类型的多样性及其结构格局的序列性特征明显, 相应地呈现出土地类型在空间、数量和质量等3个方面的基本格局型式。格局分析能够揭示土地类型结构与功能的异质性及其有序性, 从而为全面认识土地类型群体的生态属性与其演替规律提供重要的理论依据, 同时为土地利用优化配置的实践提供科学指导。以陕西秦岭山地为例, 进行了土地类型的结构分析, 并根据山地类型结构格局的空间层次性、结构多级性和功能多元性的特点, 提出了不同空间尺度下山地土地利用配置的模式及其优化利用方案。

山地土地类型的结构分析与优化利用 ——以陕西秦岭山地为例 刘彦随 (中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101) 摘要: 山地土地类型的多样性及其结构格局的序列性特征明显, 相应地呈现出土地类型在空间、数量和质量等3个方面的基本格局型式。格局分析能够揭示土地类型结构与功能的异质性及其有序性, 从而为全面认识土地类型群体的生态属性与其演替规律提供重要的理论依据, 同时为土地利用优化配置的实践提供科学指导。以陕西秦岭山地为例, 进行了土地类型的结构分析, 并根据山地类型结构格局的空间层次性、结构多级性和功能多元性的特点, 提出了不同空间尺度下山地土地利用配置的模式及其优化利用方案。关键词: 山地土地类型 结构分析 土地利用配置 秦岭山地中图分类号: F301.24 文献标识码: A 长期以来, 人们对山地自然资源的非持续利用, 已不同程度地造成山地生态与环境的退化和山区经济的贫困化。联合国大会第53次会议确定2002年为“国际山地年”, 希望各国都能密切关注日益严峻的山地资源与环境问题。秦岭山地是亚洲东部暖温带与亚热带之间的地理分界线, 也是中国大陆中东部海拔最高的东西向山地和最大的贫困地区之一。从可持续发展准则和景观生态学原理出发, 秦岭山地的生态恢复与经济持续发展, 必须遵循山地发生发展的自然演化规律, 充分发挥人工技术调控的主导作用, 根本转变长期以来过垦滥伐的土地经营方式。具体而言, 山地土地资源开发利用应着眼于特定的土地类型, 并依据土地适宜性及其结构格局特征, 进行土地生态设计和结构优化 [1~3]。山地土地类型是地质、地貌、气候、水文、土壤、植被等地方性自然地理要素, 以及过去和现在人类经济活动综合影响的产物, 揭示不同土地类型的构型、质与量的对比关系及其时空变化规律, 既是基于结构格局进行土地生态评价和用地布局调整的依据, 也是深化地区土地利用与土地覆被变化 (LUCC) 研究 [4], 认识自然与人文过程耦合关系的重要途径。示范研究表明 [5~7], 在遵循土地类型分异规律的基础上, 着眼于山地土地类型结构格局, 按照土地类型现状利用的特点、土地适宜性及其动态演替的时间序, 进行类型——质量——功能的适宜匹配和调整, 可为山地产业间、地区间的土地利用优化配置开辟一条新的途径。1 山地土地类型分异的特点与规律 1.1 土地类型的分异 山地是具有一定高度和坡度的自然综合体。从空间尺度上, 它具有区、带和类3个序列的分异格局, 即不仅在宏观层面上其基带处于一定的水平自然地理区, 而且其本身由于受垂直地带性分异规律的影响, 在中观层面上形成不同的垂直带层分异, 以及在各带层内又因地形、坡向、土壤和植被等自然要素的差异, 而引起土地类型组合的分异。例如, 秦岭山地由于地形的屏障作用, 形成了南北坡不同的土地类型带谱, 其北坡处在暖温带半湿润区, 基带为暖温带针阔叶林与森林草原—褐土与棕壤地带, 而南坡处于北亚热带湿润区, 基带为北亚热带落叶阔叶与常绿阔叶混交林黄褐土与黄棕壤地带, 从而奠定了自然地带分异的基础, 由此并将产生2种分异系列: 一是在空间尺度上, 随着海拔高度的变化, 形成不同的垂直带层及其层内机理有别、属性各异和彼此联系的多种土地类型群落; 二是在时间序列上, 由于自然环境的持续变化及其人类经济活动的强烈影响, 因而产生了土地类型的动态转换, 即在一定的时间尺度内形成进化性或退化性互逆演替序列 (图1)。从这一意义讲, 山地土地结构格局只是土地类型历史演替进程中的“瞬时”表现

[3]。因此, 土地类型的分异及其划分只能在特定的时空范围内, 按照地域分异规律及其层次性来进行。图1 秦岭北坡区主导土地类型的演替模式 Fig.1 Succession pattern of main land types on north slope of Qinling Mountains 1.2 土地类型的划分 山地土地类型划分的基础是垂直带层。秦岭山地垂直带层划分, 以1998年10月30日陆地卫星TM4, 7, 3色合成的1:10万假彩色卫片作为基本信息源。首先在水平自然地理区的基础上, 以大中地貌类型为主导标志来分析自然地带垂直分异的特点与规律。据此划分出5个垂直自然带层 (第一级土地类型) (图1), 呈现出连续带层性分布; 其次, 进一步分析各自然带层内中小地貌、植被、土壤和土地利用方式等地方性因素分异的差异性, 依据主导性、生产性和综合性的原则, 进行垂直带层内土地个体类型划分 (二级土地类型), 秦岭北坡区可分为40种土地类型 (图2), 呈现带层系列性分布。掌握土地类型地域分异的机理与规律, 为深入分析区域土地利用结构格局及其功能, 提供了理论依据。2 山地土地类型结构 土地类型结构, 是区域内各种土地类型空间与功能有序的基本表现型式, 主要包括土地类型空间结构和土地类型数量结构。此外, 基于土地适宜性评价所揭示的不同土地类型适宜性的组合关系, 也可称为土地类型

质量结构,它是进行土地适宜利用决策与优化配置的基本依据。2.1 土地空间结构 土地空间结构,是在地域性分异规律支配下所形成的各种土地类型的空间组合形式。其实质是相邻的主导土地类型按照一定的方式,进行物质输送、能量转换和信息传递的结合关系。可以用模式来表示。例如秦岭北坡区土地类型垂直带层的分异十分明显,在基带暖温带针阔叶林—山地棕壤与山地褐土地带向上依次是:落叶阔叶林与森林草原—褐土低山带、针阔叶混交林山地灰化棕壤中山带、针叶林山地暗棕壤亚高山带、灌丛草甸和岩漠—高山草甸土与原始土带。各带层内又包含多种土地类型,但它们的分布特征具有地方性。其中,在典型的高山地区因显著的垂直带层分异而形成同心圆状的层次格局;在低山、丘陵台地区因农业垦殖、毁林和农林杂合经营,土地类型多样且结构复杂,一般形成以大面积的镶嵌状和沿河谷两侧对称状分布的结构格局。从秦岭山地土地类型的整体格局考察,各垂直带层内的一些主导类型,通过内在成因的联系性,形成了土地类型空间结构的总体构架及其优势资源组合模式(图2)。分析土地空间结构,能够揭示山地土地类型的演替规律、生态属性及其分布特点,从而为因地制宜地调整山区农林牧产业布局提供依据。图2 秦岭北坡土地类型的总体组合结构 Fig.2 Structural pattern of land types on north slope of Qinling Mountains

2.2 土地数量结构 土地数量结构,反映了不同垂直带层内各种土地类型量的对比关系,可用面积对比( $S_i$ )、频率( $P_i$ )、优势指数( $A_h$ )和复杂度( $I_h$ )等指标来表征(表1)。表1 土地类型数量结构主要分析指标及涵义 Tab.1 The main index and meaning of the quantitative structure of land types

图3 秦岭北坡不同带层土地类型复杂度/优势指数 Fig.3 Multiplicity and advantage index of land types on northern slope of Qinling Mountains

面积对比反映了某垂直带层内*i*土地类型面积占总面积的百分比;频率表示某垂直带层内各种土地类型个体(图斑)数量出现的概率大小,反映土地类型在该垂直带层内重复出现次数的多少;优势指数用于度量垂直带层内不同土地类型占有的地位及其对产业布局的影响;复杂度(也称土地类型多样性)反映不同垂直带层内多种土地类型个体组合的复杂程度,可用仙农熵公式测定。复杂度( $I_h$ )值越大,则说明*h*垂直带层内土地数量结构越复杂,表现为土地类型多样,用地交错布局,反之亦然。优势指数( $A_h$ )揭示了土地类型面积与其频度变化的组合关系,其值越大,表明土地类型的地位与集中程度越高,则越有利于土地利用的适度规模经营。从土地类型复杂度与优势指数随垂直带层变化的趋势线(图3)可以看出,虽然河川谷地土地类型的组合比较复杂,但其主导优势也十分明显,因此,有利于产业的集中布局。丘陵地、低山地的组合结构最复杂,但优势指数偏小,表明土地利用人为垦殖过度、多种用地混杂布局,因此协调的难度也大;中山地、亚高山地的土地类型组合相对单一,森林类型占据优势。这些差异性主要受不同自然要素、基质和人类经济活动强弱的显著影响。差异性的变化尤其对人类经济活动的方式与强度具有较强的指示性。

3 山地土地类型质量评价

3.1 评价指标体系 从自然环境要素功能及其彼此不能替代的原理出发,经过环境辨识、系统分析,重点选取对土地类型质量起决定作用的5种评价因素及其13个资源潜力因子,构成土地类型质量评价指标体系。各评价因素及因子对土地类型质量的重要性影响程度(权重)是有差别的。这些权重,通过选取典型样区,应用特尔斐(Delphi)法与层次分析(AHP)相结合的方法予以确定。同时,为了反映各因子在不同土地类型单元内的自身特点及其差异性,还拟定了各因子程度分级与相应的评分标准,使数量标度的绝对评价指标转化为相对标度的等级分值水平(表2)。表2 山地土地类型质量评价的指标体系及其标准 Tab.2 The index system and its standard of quality evaluation of mountainous land type

3.2 评价模式 评价模式是评价对象的结构、功能与变化等综合信息特征的体现。它包括土地类型的单项环境要素评价模式和环境综合评价模式。同一种因子在不同土地类型单元的作用等级不同,因而具有不同的分值水平,且因分布面积的差异,特定因子的生态效应也有很大不同。所以,进行单项要素评价时还需综合考虑其所占面积的比例。评价模式如下:
$$W_k = \sum_{i=1}^p \alpha_i \sum_{j=1}^g S_{kij} F_{kij} \quad (1)$$
式中  $W_k$  为环境要素评分(0—100); $k$ 为环境要素序号(1~5); $i$ 为环境要素各因子序号(设有*p*个因子); $j$ 为因子等级序号(设分*g*个等级); $\alpha$ 为因子生态效应权重(0~1); $S$ 为因子不同等级面积比例; $F$ 为因子等级评分。将各环境要素的资源潜力分值,按各自在环境中效应权重进行加权组合,求出各土地类型单元质量潜力分。以分值大小表示其质量的优劣。评价模式如下:
$$E_n = \sum_{k=1}^5 \beta_k W_{nk} \quad (2)$$
式中  $E_n$  为第*n*个土地类型单元的质量分值, $n$ 为土地类型单元序号(1~40); $\beta_k$ 为*k*要素权重; $W_{nk}$ 为*k*要素在第*n*个土地类型单元的评价分值。

3.3 评价程序与方法 (1)以各土地类型单元作为评价对象,对照既定的评价指标体系与评价标准,分别评判各要素并赋予分值,运用FoxPro2.5软件建立属性数据库;(2)进行土地类型图(1:10万)分层数字化,生成图形数据库,并在PC-ARC/INFO系统中,实现2种数据库对接;(3)运用评价数学模型,进行单元总分值统计分析,据其集聚与离散的规律确定均质区间;(4)按照主导用途进行土地类型单元归并,得出土地适宜性类型图(图4),统计各土地类型适宜性等级与面积(表3)。表3 秦岭北坡地区土地类型质量综合评价结果 Tab.3 Synthetic evaluation results of land types on northern slope of Qinling Mountains

土地类型质量评价的意义,在于通过鉴定各种土地类型适宜性,并对照其现状的利用方式,可以进一步确定山地不同土地类型优化利用需要调整的方向与结构[8],从而为编制山地土地类型优化利用方案,提供参考依据。图4 陕西秦巴山地土地类型适宜性类型分区 Fig.4 Suitable use zoning of land types on Qinling-Bashan mountainous areas of Shaanxi Province

4 土地利用优化配置

4.1 优化配置原理 土地,一旦被利用就成为人与自然界有机联系的生态经济系统,受自然、经济、社会和技术等因素的综合作用和相互影响。土地利用系统的基本属性在于它的经济可利用性和用途的可调控性,这是区域土地利用优化配置的基本前提。配置作为一种手段,其实质是依据土地类型本身的生态适宜性及其结构格局的差异性,运用人工技术调控的方法,对有悖于自然生态结构的现状利用结构进行优化调整与安排,以寻求土地资源在产业间、地区间的合理利用结构与布局,从而达到土地利用系统功能趋优的目的[9]。山地是陆地脆弱性生态系统,不仅地表形态多样、坡面具有不稳定性,人为性的环境问题最易产生,而且还具有自然地带的垂直分异性及其景观格局的多级性与复杂性,由此决定了山地土地利用配置的必要性和特殊性。山地土地利用优化配置,就是要遵循垂直地带性分异规律,以现状土地结构格局为基础,以景观生态学原理和可持续发展准则为指导,提出山地土地利用结构与布局的生态模式与途径,以稳定提高土地系统的生物生产能力和保持良好的生态环境效益为目标。在空间尺度上,山地土地利用优化配置应立足于垂直带层(地区),并以区域各种土地类型为操作单元;在时间序列上,考虑到山地土地类型历史演替的规律与特点,选择15~20年作为时间跨度;在战略举措上,以产业结构调整为突破口,采取



生物技术措施和合理安排人类经济活动,促使土地类型向进化性方向演替,以保持山地土地利用适宜性在时间上的延续,达到土地资源持续利用的目标。4.2 优化配置模式 优化配置模式是对山地土地利用系统的结构特征和功能属性的抽象概括与描述。按照空间尺度的差异,可以分为宏观、中观与微观3个层次的模式。秦岭山地的生态环境脆弱且质量的地域差异十分明显,考虑到山区经济发展中生态持续性的重要地位 [10],其宏观配置模式,应当突出山区生态环境的持续性与经济发展的地域差异性,立足于不同垂直带层土地生态适宜性,充分利用光、水时空差异性及其生物多样性互补性,科学设计山地资源的立体专业化利用与保护的地域格局;中观配置模式,主要着眼于产业结构的空间布局与调整,根据不同产业用地的生态功能要求,寻求各垂直带层内与之相适宜的土地类型,尤其是通过土地利用结构格局分析,将现状土地利用适宜性与土地类型的适应性匹配状况,同进行土地利用系统的改造决策有机地结合起来,对现状经济结构有悖于自然生态结构的土地利用方式,提出相应的改进对策,走生态基地型和集约专业化的产业发展道路;微观配置模式,侧重于具体土地利用方式的优化设计,强调可操作性。主要目的是在农林牧各业内部因地制宜地设计多熟制作物种植、市场型林特生产、生态林草防护与适度开发利用等模式(表4)。然而,虽然以上3种模式的主体层次与服务对象有所不同,但它们在实施过程中却有着内在的必然联系,而且均受到特定的社会经济条件、技术水平和环境状况的影响与制约。表4 秦岭北坡区土地利用配置模式

Tab.4 Optimal models of land use on northern slope of Qinling Mountains

4.3 优化配置方案 土地利用优化配置方案是土地利用优化配置模式的具体化和综合反映 [11]。方案的编制一般着眼于土地类型的地区格局(中观尺度)。技术路线是以土地类型为基本操作单元,在符合山地土地类型分异规律及其不同垂直带层土地利用宏观配置模式的前提下,主要根据土地类型适宜性评价结果,对每一种土地类型的现状利用方式与其适宜性进行匹配分析,鉴定出不宜利用的类型及其适宜利用的调整方向,从而提出面向山地产业用地结构与布局优化的动态方案 [12]。根据这一技术路线提出秦岭北坡地区土地优化利用方案(表5)。表5 秦岭北坡区土地利用优化配置方案 Tab.5 Optimal allocation scheme of land use on northern slope of Qinling Mountains 该方案以土地类型进化性演替为前提,以适宜性为依据,强调了山地开发利用的生态适应性及其多种经营的经济特殊性,把生态防护与经济发展有机地结合起来,保证基本口粮田,优先安排林用地,大力发展林牧果业。考虑到山地环境脆弱性和水土流失等自然灾害的严重性,陡坡地逐步实行退耕还林还牧,即在现状基础上退耕还林(草)656.36km<sup>2</sup>,使林地、牧草地分别增加614.78km<sup>2</sup>和130.09km<sup>2</sup>,林牧业复合用地面积增加182.72km<sup>2</sup>,农林混合用地减少243.22km<sup>2</sup>,未利用地适度还林草28km<sup>2</sup>。在海拔高度1000~1300m的低山地,农林牧用地交错布局,例如,褐土低山坡耕地目前为农林混作用地。虽然此高度已是耕作业一年一熟的临界适宜区,但考虑到山区人均粮食消费的巨大压力,在5~10年内尚可部分用于粮食生产,然而着眼于长远生态目标,应逐步向林用地转换。此外,优化配置方案的落实还须重视对微观土地经营方式的优化设计。例如,在不同的垂直带层或不同地段,通过实施粮、林(经果林)间作和林草复合等形式,逐步实现基地布局、专业化生产,提高土地利用的效率和效益,以促进山区自然、经济和社会的协调与可持续发展。5 结论

(1) 山地土地类型的分异具有时空特殊性。在空间尺度上,随着海拔高度的变化,产生土地类型群聚体的垂直分异,从而引起土地类型结构格局的带层性系列变化;在时间序列上,由于自然环境的持续变化和人类经济活动的显著影响,形成土地类型互逆性演替序列。时空特殊性为山地土地利用的动态优化配置提供了理论基础。(2) 土地类型结构格局,是土地类型空间组合方式和量与质对比关系的总和。相应地形成土地类型的空间、数量和质量3种结构型式。通过格局分析可以揭示区域土地类型结构与功能的异质性和有序性,为山地土地利用配置模式的设计提供重要依据。(3) 山地土地利用优化配置,遵循景观生态学原理和可持续发展准则,其模式是对山地土地利用结构特征和功能属性的抽象概括。在空间尺度上,可包括宏观地域模式、中观产业模式和微观经营模式。土地利用优化配置方案是优化配置模式的具体化和综合反映,主要是依据各种土地类型的适宜性,着眼于中观尺度产业用地结构与布局的优化,对农林牧各业现状利用的方式进行合理调整,同时,强调微观土地经营方式的优化设计,因此在土地利用实践中具有较好的适用性与可操作性。参考文献(References): [1] Lu Lixin. An integrate evaluation of ecological land types in the east section of Shaanxi Qinling Mountains [J]. Journal of Shaanxi Normal University, 1988, 16 (4): 42-50. (In Chinese) [陆立新. 陕西秦岭东段土地生态类型综合评价 [J]. 陕西师大学报, 1988, 16 (4): 42-50] [2] Yin Guokang. Geomorphic structure and land resources of the Hanjiang River Basin [J]. Scientia Geographica Sinica, 1993, 13 (2): 146-154. (In Chinese) [尹国康. 汉江流域的地貌结构与土地资源 [J]. 地理科学, 1993, 13 (2): 146-154] [3] Liu Yinhan, Yang Donglang. Land succession on the vertical natural zones of Qinling-Bashan Mountainous Area in Shaanxi Province [J], Mountain Research, 1996, 14 (1): 9-15. (In Chinese) [刘胤汉, 杨东朗. 秦巴山地垂直自然带的土地演替 [J]. 山地研究, 1996, 14 (1): 9-15] [4] Turner I B L. Socializing the pixel in LUCC [R]. LUCC Newsletter1, 1997, 10-11. [5] Stoorvogel J J, Fresco L O. Quantification of land-use dynamics: an illustration from Costa Rica [J], Land Degradation & Development, 1996, 7: 121-131. [6] Zheng Du, Shen Yuanchun. Studies on process, restoration and management of the degrading slopelands [J], Acta Geographica Sinica, 1998, 53 (2): 116-122. (In Chinese) [郑度, 申元春. 坡地过程及退化坡地恢复整治研究 [J]. 地理学报, 1998, 53 (2): 116-122] [7] Liu Yansui. Structural pattern of land type and ecological design in mountainous region [J], Journal of Mountain Science, 1999, 17 (2): 104-109. (In Chinese) [刘彦随. 土地类型结构与山地生态设计 [J]. 山地学报, 1999, 17 (2): 104-109] [8] Riebsame W E, Land use and landscape change in the Colorado Mountains: theory, scale and pattern [J]. Mount. Res. & Develop., 1996, 16 (4): 395-405. [9] Verburg P H, Veldekamp A. Simulation of change in the spatial pattern of land use in China [J]. Applied Geography, 1999, 19 (3): 211-233. [10] Jeron C J M, Van den Bergh. Ecological Economics and Sustainable Development [M], Vermont: Edward Elgar, 1996. 87-92. [11] Zhang Guangyu. Matter-element model in optimal allocation of land resource [J], Theory and Practice of Systems Engineering, 1998, 1: 108-112. (In Chinese) [张光宇. 土地资源优化配置的物元模型 [J]. 系统工程理论与实践, 1998, (1): 108-

112] [12] Liu Yansui. Structural pattern of mountain land types and optimal allocation of land use [J], Scientia Geographica Sinica, 1999, 19 (6) :504-509. (In Chinese) [刘彦随. 山地土地结构格局与土地利用优化配置 [J]. 地理科学, 1999, 19 (6) :504-509] Structural Analysis and Optimal Use of Land Types in Mountainous Regions ——Taking Qinling Mountains of Shaanxi Province as an Example LIU Yan-sui (Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing100101, China) Abstract: Key words:

**关键词:** 山地土地类型 结构分析 土地利用配置 秦岭山地