

耕地上山撂荒成因及空间优化路径探究 ——以江西省万年县为例¹

党昱譔^{1,2} 李超³ 谢臻^{4*} 孔祥斌^{1,2} 张凤荣^{1,2}

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193;

2. 自然资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100193;

3. 中国国土勘测规划院, 北京 100035;

4. 福建农林大学公共管理与法学院, 福建 福州 350000)

【摘要】：围绕耕地、林地与建设用地的占补平衡是兼顾粮食安全、生态安全及城市发展需求的土地空间置换制度。然而，“耕-建”占补平衡却造成了大量耕地上山并撂荒的现象，有悖于“藏粮于地”的耕地保护方针。利用二元 Logistic 回归模型和粮食产能核算模型，剖析山区农业大县万年县补充耕地撂荒特征、成因及粮食产能效应，提出联动“耕-林”占补平衡制度实现空间优化的方案。结果表明：(1) 2010 ~ 2020 年万年县补充耕地呈现上山和细碎化趋势，撂荒率约为 14.77%。(2) 当补充耕地海拔高度>130 m∩斑块面积<0.2 hm²、或所在村常住人口密度<400 人/hm²∩斑块面积<0.2 hm²、或临近耕地交通距离>40 m∩斑块面积<0.2 hm²、或海拔高度>110 m∩临近耕地交通距离>70 m 时，撂荒可能性较大。(3) 可开垦利用为耕地的林地共 3 183.39 hm²，其中有林地、其他林地、稀疏林地分别占 88.25%、9.74%、2.01%。(4) 通过上山耕地与稀疏林地置换可弥补撂荒造成的 297.48 t 粮食产能流失。研究认为，补充耕地撂荒是未考虑土地利用“条件-状态-功能”耦合关系导致空间错配的结果，山区土地整治要联动“耕-林-建”占补平衡制度，实现上山耕地与山下宜耕林地空间置换，优化土地利用状态，实现区域土地多功能协同。

【关键词】：山区；耕地占补平衡；林地占补平衡；耕地撂荒；粮食产能；万年县

【中图分类号】：F323.211 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1004-8227(2022)12-2756-12

¹ **【收稿日期】**：2021-12-27；**【修回日期】**：2022-02-16

【基金项目】：国家自然科学基金项目（42201280）；国家社会科学基金重大项目（19ZDA096）；福建省社科研究基地重大项目（FJ2021MJDZ019）

【作者简介】：党昱譔(1994~)，女，博士研究生，主要研究方向为耕地生态保护及补偿。E-mail: B20193030285@cau.edu.cn

* 通讯作者 E-mail: zxie7003@fafu.edu.cn

中国耕地占补平衡制度于 1997 年正式出台, 随即推动了“耕地保护”在 1998 年《土地管理法》中独立成章。耕地占补平衡运用土地整治工具优化土地空间结构, 成为了缓解城市发展与粮食安全争地冲突的重要手段。但伴随着中国未利用地接近枯竭、严控林地占用^[1,2], 通过城乡建设用地增减挂钩复垦农村集体建设用地补充耕地, 越来越受到地方政府青睐。因其不仅可以产生补充耕地指标, 而且能使村集体从中受益, 具有更强的社会 and 经济效益^[3]。据统计, 2012 年以来全国农村地区通过增减挂钩获得资金达 5 900 亿元^[4]。然而, 在山区土地整治中, 拆旧复垦的多是零散老旧的宅基地或自然村, 往往分布在高海拔、偏远地区, 因而造成了大量补充耕地上山。随着村落拆迁、人口转移, 山高水远, 补充耕地的耕作便利度差, 最终被撂荒。

究其原因, 在于地方政府进行土地空间置换时, 未充分考虑土地利用条件、利用状态、功能需求三者间的耦合关系, 土地空间错配导致了补充耕地的上山并撂荒。诚然, 山区耕地撂荒已是全球性现象^[5], 其原因主要包括自然地理因素、社会经济因素以及政策制度因素 3 个方面。以往研究发现, 耕地撂荒更易发生在海拔较高、坡度较陡、土壤条件差、田间设施差、交通不便以及远离居民点的碎片化地区^[5,6,7,8,9,10]; 农业与非农业就业间巨大的机会成本差距是造成农业劳动力非农化, 引发耕地弃耕最重要的社会经济和人口因素^[5,7,12]; 农业补贴、土地流转政策、农业金融机制等政策制度因素则通常会减少农田的撂荒^[5,13]。随着时间推移, 撂荒耕地逐渐变成灌木、乔木林地, 耕地耕作层被破坏, 导致粮食产能流失^[11,16], 势必增加严守 1.2 亿 hm^2 耕地红线的压力。虽然, 山区耕地由开荒到撂荒是农业文明向工业文明转型的客观规律^[17], 但耕地占补平衡下补充耕地上山撂荒并非农民的自发性行为, 目前学界对其原因仍未有清晰认知。此外, 政府为补充耕地投入了大量人力、物力、财力, 但在撂荒解决路径方面的讨论多集中在如何加强补充耕地的后期管护^[18], 收效甚微。

进入生态文明时代, 林业部门也提出了林地占补平衡, 目前已在福建、浙江、海南等地试点, 实行林地“先补后占, 占一补一”^[19]。但其与耕地占补平衡各自为营, 制度的分隔造成土地空间错配问题无法解决。因此, 本文基于土地利用“条件-状态-功能”的耦合分析框架, 探究影响补充耕地撂荒原因, 并在此基础上, 建立适宜开垦利用的耕地后备资源评价体系, 筛选出适宜开垦利用林地, 试图打通耕地占补平衡与林地占补平衡间的挂钩梗阻, 提出实现山区上山撂荒耕地与山下宜耕林地错配空间优化的路径, 为有效协调区域耕地社会功能需求-林地生态功能需求-建设用地经济功能需求, 避免粮食产能流失, 提供科学依据。

1 理论框架

1.1 土地利用“条件-状态-功能”耦合关系

2008 年欧盟第六框架计划(the Sixth Framework Programme for Research, FP6)提出了土地利用功能的概念, 即不同的土地利用状态提供了不同的私人 and 公共的产品与服务, 归纳为经济、生态、社会三项基本功能^[20,21,22]。其中, 经济功能指土地利用系统提供基本的生产、生活资料及经济基础设施等的的能力; 生态功能指提供非生物资源(如空气、水和矿产等)、维持生物多样性、调节生态系统过程等的的能力; 社会功能指提供就业机会、健康和娱乐服务及文化功能, 满足人类身心发展需求的能力^[23,24]。在不同土地利用状态下, 为供给相应功能所需要的条件也不相同, 自然土地利用状态在其适宜的土地自然覆被上就能提供一定商品和服务, 如生态功能; 而人工土地利用状态则还要结合土地利用规划以及人的需求等才能提供商品和服务, 如社会、经济功能^[25,26]。因此, 为可持续地提供土地利用功能, 要从生态(自然)、经济、社会范畴, 包括生产性、保护性、稳定性、经济可行性、社会可接受性等方面考虑土地利用状态的适宜性、可行性^[27]。与此同时, 对功能的需求又为人类改造土地利用条件提供了动力, 由此形成了土地利用条件-状态-功能的耦合关系。

人类对耕地、林地和建设用地的主要功能需求分别是经济功能、生态功能和社会功能。土地利用功能能否持续、有效供给, 取决于利用状态能否维持, 进一步取决于利用条件能否满足。林地是典型的自然土地利用系统, 状态维持只需要满足一定的立地及措施条件, 如封山育林, 便能保证其稳定的提供服务。建设用地是典型的人工土地利用系统, 除避免地质灾害地区外, 利用条件主要考虑区位因素和管理因素。而耕地属于自然-人工复合的土地利用系统, 不仅需要适宜的耕作环境, 还需要持续稳定

的劳动力与生产资料的投入，才能保证其粮食供给服务^[28]。因此，耕地维持需要较为严苛的利用条件，在土地整治过程中不仅要考虑自然环境下“宜耕则耕、宜林则林、宜草则草”，还要兼顾人力、机械、产业、财力可行性和社会可接受性，否则便会导致土地利用空间错配，造成土地利用功能供给不可持续。

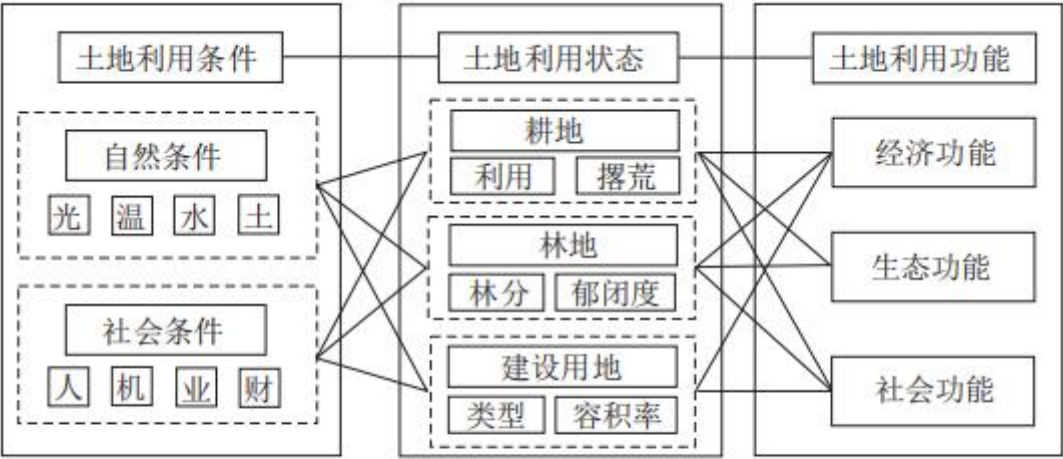


图 1 土地利用“条件-状态-功能”耦合框架

Fig. 1 Coupling framework of land use
“Condition-State-Function”

1.2 土地利用“耕-林-建”空间优化路径

占补平衡制度是在保证土地利用数量、质量平衡的基础上，进行空间结构调整的手段。上山耕地撂荒造成粮食供给功能下降是山区土地整治过程中空间错配的结果。因而，土地利用空间优化的目标是对区域内各类土地利用空间错配的再调整，实现土地资源的有效利用与功能提升。进行土地利用空间优化首先要明晰山区耕地利用状态维持与利用条件满足间的关系，即厘清山区耕地利用的适宜性。

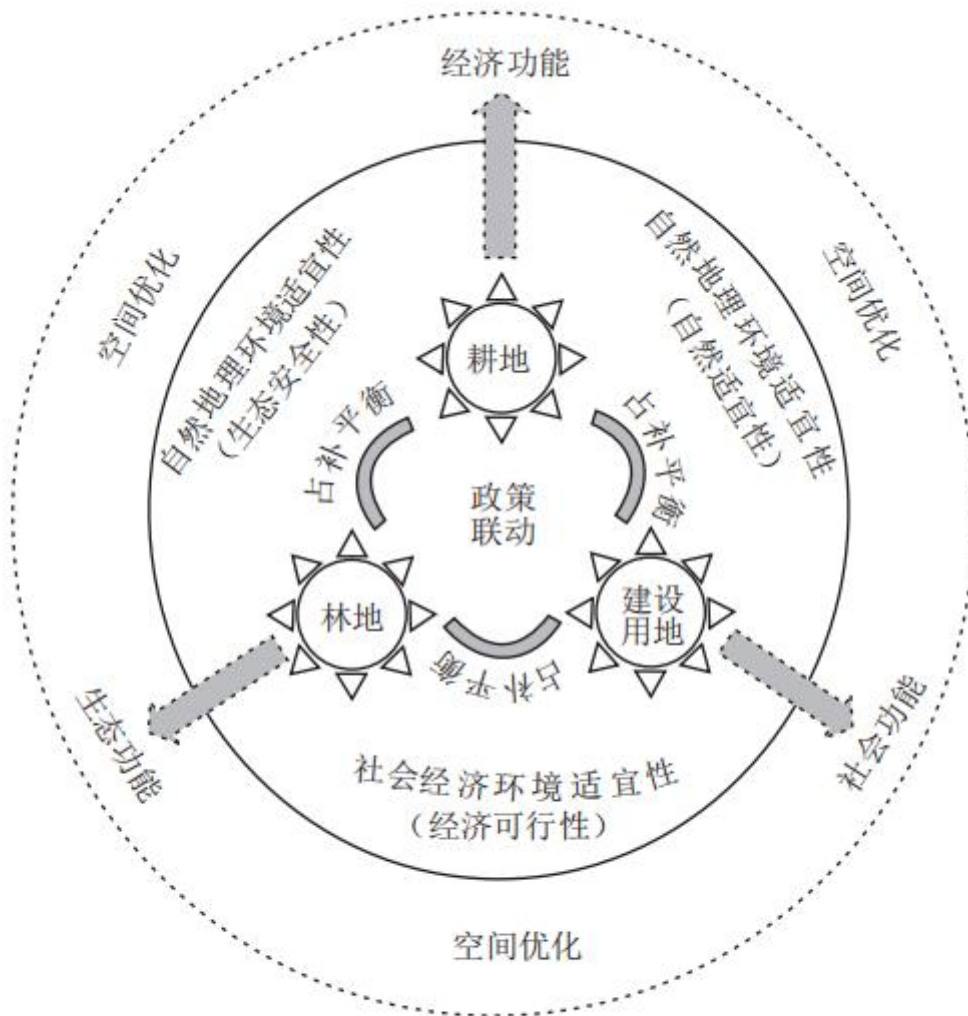


图 2 土地利用空间优化框架

Fig. 2 Framework of land use space optimization

(1) 确定耕地利用自然地理环境适宜性。

山区耕地利用条件要参照生态安全观下耕地后备资源评价指标体系，确保生态安全性和自然适宜性^[29]。其中，生态安全性反映了生态容许度和生态安全性，以确保后备耕地的开发利用不以破坏和牺牲生态环境为代价^[30]；自然适宜性反映了耕地适宜性以及适宜程度，从光、温、水、土等自然条件方面提出了要求。

(2) 确定耕地利用经济社会环境适宜性。

山区耕地利用还要考虑经济可行性，其反映了人类耕地利用的经济可持续性。耕地利用的收益和其所花费的成本是决定耕地能否由潜在的生产能力转化为现实的经济产量供给的关键因素，直接关系到耕地利用状态能否延续。随着我国城镇化的推进，山区耕地利用应树立“人地挂钩”的用地理念^[16]，耕地的利用离不开人力，以人类活动为指向的耕地空间格局优化才是可持续的。

2 研究区域与方法

2.1 研究区概况

万年县属长江流域，鄱阳湖水系。位于江西省上饶市中部西侧，是我国九大商品粮基地之一的鄱阳湖平原的重要区块。2020年常住人口 37.15 万，城镇化率 52%。地貌特征为“六山一水二分田”，地势东南高西北低，呈阶梯状。境内耕地主要分布在河流两岸丘陵与缓坡上，占耕地总面积的 58.5%；林地分布广泛，森林覆盖率达到 64.1%；农村居民点多分布于河谷或丘陵地带，其余则零散分布于山地地区。属亚热带季风湿润气候，年平均气温 17.4℃，年平均降水量 1 808.0 mm，雨热丰沛，农作物和自然植被生长力旺盛。县域内广泛分布着粉砂岩，在湿热气候条件下，粉砂岩山地比较容易开发，即使植被被破坏，生态也比较容易恢复。正因具有适宜发展农业的自然条件，万年县拥有悠久的农业发展史，素有“贡米之乡”的美誉，肩负着保障国家粮食安全重任。但近年来地方补充耕地撂荒的现象频发，对其粮食产能造成影响。

2.2 研究方法

2.2.1 补充耕地撂荒的影响因素

本研究通过梳理耕地撂荒相关文献中的指标及进行共线性分析，筛选出海拔高度、坡度、坡向作为补充耕地所处自然地理环境的控制变量；临近居民点交通距离、临近耕地交通距离、所在村常住人口密度作为补充耕地所处社会人口环境的控制变量；国家级农用地质量自然等、利用等、经济等、斑块面积作为补充耕地资源禀赋属性的控制变量。具体变量说明见表 1。

2.2.2 二元 Logistic 回归模型

采用二元 Logistic 回归模型测度控制变量与因变量补充耕地利用情况间存在何种影响关系，其中坡向为分类变量。模型如下：

$$P = \exp(\beta_0 + \sum_{i=1}^{10} \beta_i x_i) / [1 + \exp(\beta_0 + \sum_{i=1}^{10} \beta_i x_i)] \quad (1)$$

$$\text{Logistic } P = \text{Ln} \left(\frac{p}{1-p} \right) \quad (2)$$

$$\text{Logistic } (P | y = 0) = \text{Ln}(p/1-p) = \exp(\beta_0 + \sum_{i=1}^{10} \beta_i x_i) \quad (3)$$

式中：回归系数 $\beta_i (i=1, 2, 3, \dots, 10)$ 表示在其他解释变量保持不变的情况下，某一解释变量每增加 1 个单位，Logistic P 相应地增加(或减少) β_i 个单位^[31]。

表 1 补充耕地撂荒的影响因素变量定义及说明

变量类型	指标代码	指标名称	变量定义及赋值
因变量	y	耕地撂荒情况	0=利用；1=撂荒
自然地理环境	x1	海拔高度	评定耕地的海拔高度 单位：m
	x2	坡度	评定耕地的坡度 单位：度(°)
	x3	坡向	0=平坡(0°)；1=阴坡(0°~45°、315°~360°)；2=半阴坡(45°~135°)；3=半阳坡(225°~315°)；4=阳坡(135°~225°)
社会人口环境	x4	临近居民点交通距离	根据道路通达性，测算评定耕地与最近居民点之间的交通距离 单位：m
	x5	临近耕地交通距离	根据道路通达性，测算评定耕地与最近耕地斑块之间的交通距离 单位：m
	x6	所在村常住人口密度	所在村庄常住人口/村庄总面积 单位：人/km ²
资源禀赋属性	x7	自然等	按照标准耕作制度，在一定的光温、气候资源条件和土地条件下，综合评定划分出的耕地质量等别
	x8	利用等	按照标准耕作制度，在一定的自然条件和土地利用条件下，综合评定划分出的耕地质量等别
	x9	经济等	按照标准耕作制度，在一定的自然条件、平均土地利用条件和平均土地经济利用条件下，综合评定划分出的耕地质量等别
	x10	斑块面积	耕地斑块总面积 单位：hm ²

为增强结果的稳健性与可信度，采用 H-L(Hosmer-Lemeshow)指标检验二元 Logistic 回归模型的拟合优度^[32]，公式如下：

$$HL = \sum_{j=1}^J (Y_j - N_j P_j) / [N_j P_j (1 - P_j)] \quad (4)$$

式中：J 为分组数，J≤10；Y_j 为第 j 组事件的观测数量；N_j 为第 j 组中的案例数，P_j 为第 j 组预测事件概率；N_jP_j 为预测数。当 H-L 检验结果统计显著(<0.05)时，表明模型的预测值与观测值存在显著差异，模型拟合效果欠佳；反之则表明拟合效果

好。

2.2.3 耕地质量评定与粮食产能核算

耕地平均质量等别按照不同核算单元采用面积加权平均计算。在此基础上，根据评定耕地质量等别和农用地质量分等相关技术要求核算粮食产能^[33,34]，公式如下：

$$Y = (D - K) \times S \times 15 \times 100 \quad (5)$$

$$K = \sum_{i=1}^n K_i S_i / \sum_{i=1}^n S_i \quad (6)$$

式中：Y 为评定耕地的总产能量，单位为 kg；D 为产能计算常量， $1 \leq D \leq 16$ ，当产能为 0 时， $D=16$ ；K 为评定耕地的平均质量等别，该等别选用国家利用等， K_i 为评定耕地中第 i 个核定单元的耕地质量等别；S 为评定耕地的总面积， S_i 为第 i 个核定单元的耕地面积，单位为 hm^2 ；15 表示 1 hm^2 等于 15 亩的单位换算；100 表示耕地标准粮食产能为 100 kg/亩，即耕地质量每提升一个等别粮食产能提高 100 kg/亩；n 表示评定耕地中核定单元的总个数。

2.3 数据来源与处理

研究数据包括万年县 2010~2020 年城乡建设用地增减挂钩项目台账信息、2018 年农用地质量分等成果数据、空间数据、调查问卷数据等。(1)农用地质量分等成果数据全面分析了万年县耕地国家自然等、利用等和经济等的分布情况，等别越低质量越好。需要指出的是，对林地开垦为耕地后的质量等别是按就近原则，予以赋值最近耕地的质量等级。(2)2020 年复垦补充耕地利用现状信息通过遥感解译技术按“所见即所得”的原则获得，因山区居民点零散，斑块面积较小，故选取空间分辨率均为 10 m 的哨兵 2 号遥感影像，数据来源于欧洲航天局的“全球环境与安全监测”哥白尼计划。利用 ENVI5.1 软件通过面向对象分类法、基于极大似然法的监督分类法和人工目视法相结合，将复垦补充耕地中解译为林地、草地的土地视作撂荒。使用 Google Earth 影像对解译结果进行精度检验，Kappa 系数为 0.94，满足解译精度要求。(3)结合道路、耕地、建设用地信息，通过 OD 成本距离分析求得复垦补充耕地到达临近耕地和农村居民点的交通距离。(4)DEM 数据选用中国科学院地理空间数据云平台 ASTER GDEM V2 全球数字高程数据，利用 ArcGIS10.3 软件中表面分析工具生成坡度、坡向数据。(5)行政村常住人口数据来源于 2019 年研究团队深入各乡村问卷调查所得，为保证数据的可靠性，调查数据与医保中人口数据相互校验，最后结合村域面积求得行政村常住人口密度。

3 结果与分析

3.1 补充耕地特征及撂荒原因分析

3.1.1 补充耕地分布特征

2010~2020 年万年县通过增减挂钩，补充耕地总面积约 232.47 hm^2 。复垦补充耕地主要发生在 2011~2012 年和 2017~2019 年 5 年间，2014、2015 年无复垦补充耕地。补充耕地平均海拔波动上升且都远高于基期县域耕地平均海拔 50.70 m，由 2010 年的 154.71 m 升至 2019 年 192.47 m(图 3)。进一步剖析各年度补充耕地的海拔分布结构，补充耕地平均海拔的中位数呈现平缓上升趋势，由 2011 年最低时的 26 m 升至 2018 年最高时的 146 m，最高值由 2011 年最低时的 169.5 m 升至 2019 年最高时的 290 m；在上下四分位数上，补充耕地平均海拔逐渐趋向于最高值，偏离中位数(图 4)。可见，万年县补充耕地呈现“上山”趋势。

结合补充耕地斑块数,分析发现补充耕地平均斑块面积由2010年的1.31 hm²降至2018年的0.19 hm²,可以得出万年县补充耕地呈现逐步“细碎化”趋势。



图3 2010~2020年万年县增减挂钩项目补充耕地面积与海拔统计

Fig. 3 Statistics on area and altitude of reclaimed farmland by Increase or Decrease Hooks projects from 2010 to 2020 of Wannian County

3.1.2 补充耕地撂荒原因分析

据统计,复垦补充耕地中撂荒面积为34.34 hm²,占比达14.77%。H-L检验结果为0.316(>0.05),说明真实数据情况与模型拟合结果一致。二元Logistic回归结果(表2)表明,海拔高度(x1)、临近耕地交通距离(x5)、所在村常住人口密度(x6)、斑块面积(x10)共4个因素通过了显著性检验,是补充耕地撂荒的主要影响因素。具体的:(1)海拔高度(x1)和临近耕地交通距离(x5)对撂荒的影响系数分别为0.421和0.227,表明补充耕地海拔越高或与附近耕地相距越远,越容易被撂荒。(2)所在村常住人口密度(x6)和斑块面积(x10)对撂荒的影响系数分别为-0.831和-0.331,表明补充耕地面积越大或所在村庄常住人口越多,越不容易被撂荒。(3)自然等(x7)、利用等(x8)、经济等(x9)以及坡度(x2)、坡向(x3)对补充耕地撂荒的影响未通过统计学上的显著性检验,表明补充耕地质量对耕地利用与否的影响尚不明确。(4)临近居民点交通距离(x4)同样未通过显著性检验,表明对研究区乡村而言,补充耕地与居民点交通距离未能影响其利用与否。

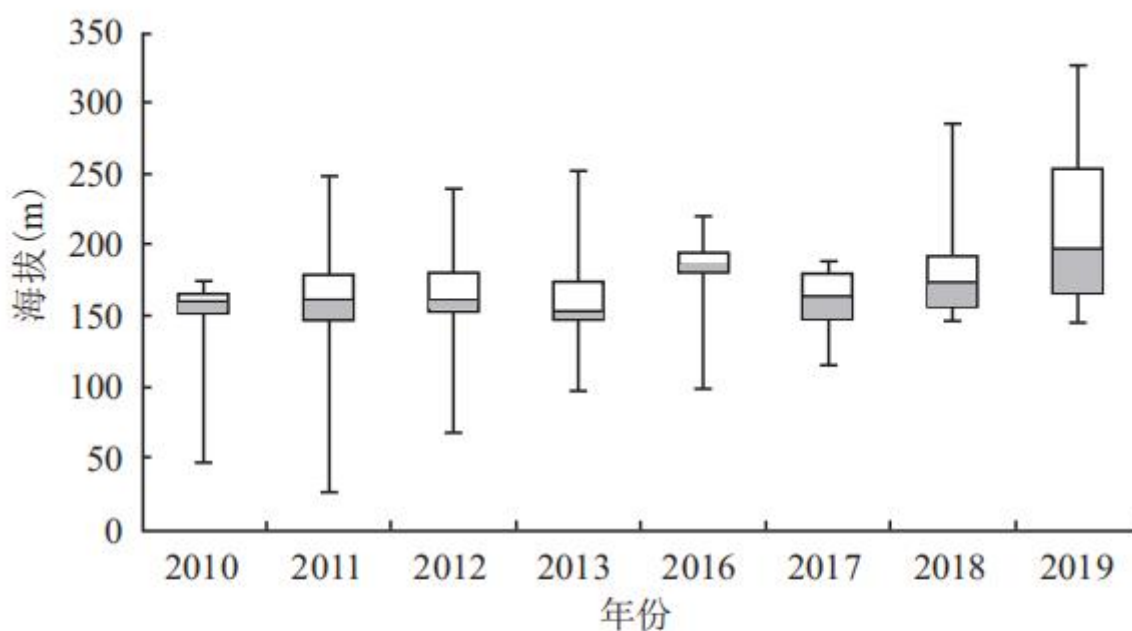


图 4 2010~2020 年万年县增减挂钩项目
补充耕地海拔分布箱型图

Fig. 4 Box map of the altitude distribution of
Increase or Decrease Hooks projects from
2010 to 2020 of Wannian County

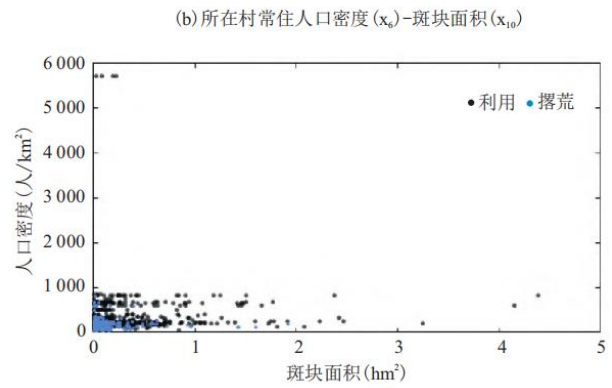
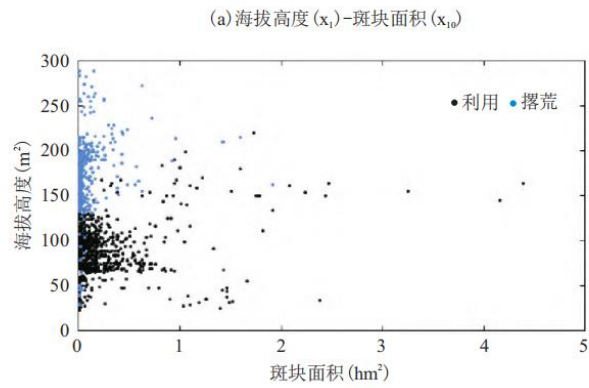
进一步分析影响因素间的相互作用对补充耕地撂荒的影响。对 4 个显著性影响因素两两组合统计分析后发现，仅在 $x_1 \sim x_{10}$ (图 5-a)、 $x_6 \sim x_{10}$ (图 5-b)、 $x_5 \sim x_{10}$ (图 5-c)、 $x_1 \sim x_5$ (图 5-e) 4 种情况下耕地利用具有显著分异特征。具体的：在 (1) $x_1 > 130 \text{ m} \cap x_{10} < 0.2 \text{ hm}^2$ ，(2) $x_6 < 400 \text{ 人/km}^2 \cap x_{10} < 0.2 \text{ hm}^2$ ，(3) $x_5 > 40 \text{ m} \cap x_{10} < 0.2 \text{ hm}^2$ ，(4) $x_1 > 110 \text{ m} \cap x_5 > 70 \text{ m}$ 这 4 种情形下时，补充耕地呈普遍撂荒态势，其他情况下耕地利用分异现象不明显。综上可得，当补充耕地海拔高度 $> 130 \text{ m} \cap$ 斑块面积 $< 0.2 \text{ hm}^2$ 、或所在村常住人口密度 $< 400 \text{ 人/km}^2 \cap$ 斑块面积 $< 0.2 \text{ hm}^2$ 、或临近耕地交通距离 $> 40 \text{ m} \cap$ 斑块面积 $< 0.2 \text{ hm}^2$ 、或海拔高度 $> 110 \text{ m} \cap$ 临近耕地交通距离 $> 70 \text{ m}$ 时，补充耕地撂荒的可能性较大；反之，则耕地撂荒的可能性较小。

表 2 补充耕地撂荒模型回归分析结果

变量类型	指标代码	指标名称	偏回归系数 B	标准差 S.E.	统计量 Walds	自由度 df	显著性水平 Sig.	Exp (β)
自然地理环境	x_1	海拔高度	0.421	0.005	71.040	1	0.000	1.043
	x_2	坡度	0.001	0.020	0.001	1	0.980	1.001

	x3	坡向	0.019	0.085	0.049	4	0.826	1.019
社会人口 环境	x4	临近居民点交通距离	0.000	0.001	0.289	1	0.591	1.000
	x5	临近耕地交通距离	0.227	0.003	47.746	1	0.000	1.022
	x6	所在村常住人口密度	-0.331	0.001	6.129	1	0.013	0.997
资源禀赋 属性	x7	自然等	-0.497	0.269	3.410	1	0.065	0.608
	x8	利用等	-0.021	0.314	0.004	1	0.947	0.979
	x9	经济等	0.063	0.179	0.125	1	0.723	1.065
	x10	斑块面积	-0.831	0.000	34.438	1	0.000	1.000

注：H-L(Hosmer-Lemeshow)=9.322;P=0.316.



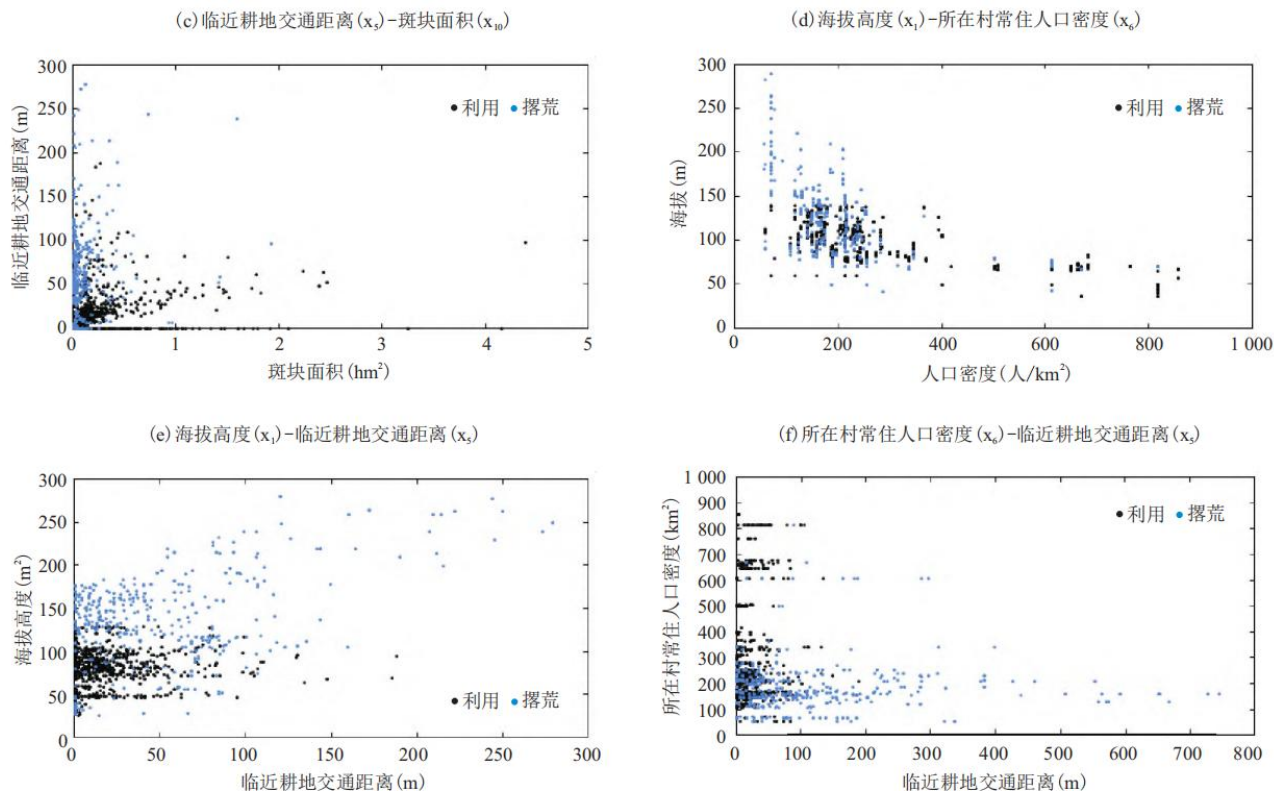


图5 显著性影响因素组合的撂荒统计结果

Fig. 5 Statistical results of a combination of significant influence factors affecting farmland abandonment

3.2 可置换林地调查评价

结合国家最新要求和上文研究结果，采取“限制性因子”评价法，建立适宜开垦且利用的耕地后备资源评价指标体系(表3)。(1)根据《全国耕地后备资源调查评价技术方案》(自然资办发[2021]47号)中对自然属性的要求，结合万年县实际农业生产环境，细化指标阈值，从而确定适宜开垦为耕地的林地。(2)将上文研究得到的补充耕地撂荒影响分析结果作为新增耕作便利度指标，确定适宜利用为耕地的林地。将研究区内既处于生态红线外，又满足自然适宜性和经济可行性的林地，归为可开垦且利用为耕地的林地(以下简称“可开垦利用林地”)，作为可供与上山撂荒耕地空间置换的宜耕林地。

表3 万年县宜开垦利用的耕地后备资源评价指标体系

维度	评价指标	适宜耕作要求	说明
生态安全性	生态条件	生态红线外,开发一般不会导致土地退化或引起地质灾害	不含:(1)自然保护区、公园、饮用水水源地、面积大于100hm ² 的滩涂;(2)生态脆弱区(3)崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害频繁发生区的土地;(4)蓄滞洪区
	地形坡	<25°	我国规定不能开垦坡度大于25°的土地

自然适宜性	度		
	年积温	$\geq 1800^{\circ}\text{C}$	万年县处于长江中下游区，地处亚热带和热带，而且没有高山，全域不存在温度限制
	年降水量和灌溉条件	天然降水量 $\geq 400\text{ mm}$ ，或有灌溉条件	万年县属亚热带季风性湿润气候，年平均降水量约为 1908.4 毫米，全域不存在灌溉限制
	土壤质地	土壤质地为壤质、粘质或砂质	若土壤存在大量砾石，会造成严重漏水漏肥，且影响作物扎根；即使有灌溉条件，但渗漏量极大，也不宜耕作
	土壤污染状况	土壤无污染或未超国家标准	土壤污染超过国家标准的，不宜作为耕地后备资源
	盐渍化程度	土壤盐渍化程度为重度以下	当土壤盐渍化程度达到重度时，其盐分含量会影响作物生长
	排水条件	有排水条件	指可自行排水，或可修建排水体系
	土层厚度和母质条件	土层厚度 $\geq 30\text{ cm}$ ，且基岩为可风化岩石或有客土土源	在南方湿润地区只要下伏基岩容易风化，土层厚度大于 30 cm，就可以开垦。万年县广泛分布着易风化的粉砂岩，只需加以一定工程措施就能形成质地适中且具有一定保水性和渗透性的土壤
	土壤 pH 值	$4.0 < \text{pH} < 9.5$	pH 值 ≥ 9.5 的碱土和 pH 值 ≤ 4.0 的酸性硫酸盐土作物难以生产，只能化学改良，但难度大、成本高
经济可行性	耕作便利度	当海拔高度 $\leq 130\text{ m}$ ∩斑块面积 $\geq 0.2\text{ hm}^2$ ，或所在村常住人口密度 $\geq 400\text{ 人/km}^2$ ∩斑块面积 $\geq 0.2\text{ hm}^2$ ，或临近耕地交通距离 $\leq 40\text{ m}$ ∩斑块面积 $\geq 0.2\text{ hm}^2$ ，或海拔高度 $\leq 110\text{ m}$ ∩临近耕地交通距离 $\leq 70\text{ m}$	耕作便利度反映了土地利用的经济可行性，直接影响耕地开垦后的利用与否，从上文分析可得，海拔高度、斑块面积、所在村庄常住人口密度及与附近耕地交通距离是耕作便利度的显著影响因素

评价结果表明，万年县可开垦利用林地 3 183.39 hm^2 ，其中有林地 2 809.26 hm^2 ，占可开垦利用林地的 88.25%；其他林地 310.15 hm^2 ，占 9.74%；稀疏林地 63.98 hm^2 ，占 2.01%。由图 6 可知，可开垦利用的林地主要分布在西北部地势平坦的梓埠镇、石镇镇和湖

云乡等地，其余乡镇则分布较为均衡。其中可开垦利用的有林地主要分布在石镇镇、梓埠镇和湖云乡，可开垦利用的其他林地主要分布在苏桥乡、石镇镇、湖云乡，可开垦利用的稀疏林地主要分布在裴梅镇、大源镇和珠田乡。

3.3 激活粮食产能核算

3.3.1 撂荒耕地质量等别及流失产能核算

万年县全域耕地自然等、利用等、经济等主要分布于 4~13 等之间，根据质量的相对优劣将其划分为高(4~7 等)、中(8~10 等)、低(11~13 等)3 类等别。图 7-a 所示，万年县全域耕地自然等面积加权平均值为 9.27, 利用等为 7.32, 经济等为 8.56。图 7-b 所示，城乡建设用地增减挂钩项目复垦补充耕地的自然等面积加权平均值为 9.26, 利用等为 7.47, 经济等为 8.78, 可见其平均质量低于县域耕地质量平均水平。图 7-c 所示，复垦补充耕地中撂荒的自然等面积加权平均值为 9.49, 利用等为 8.05, 经济等为 9.25, 可见补充耕地中撂荒耕地的平均质量等别更低。根据粮食产能核算公式(5) (6), 得到万年县增减挂钩项目复垦补充耕地撂荒造成的粮食产能流失共计 297.48 t。

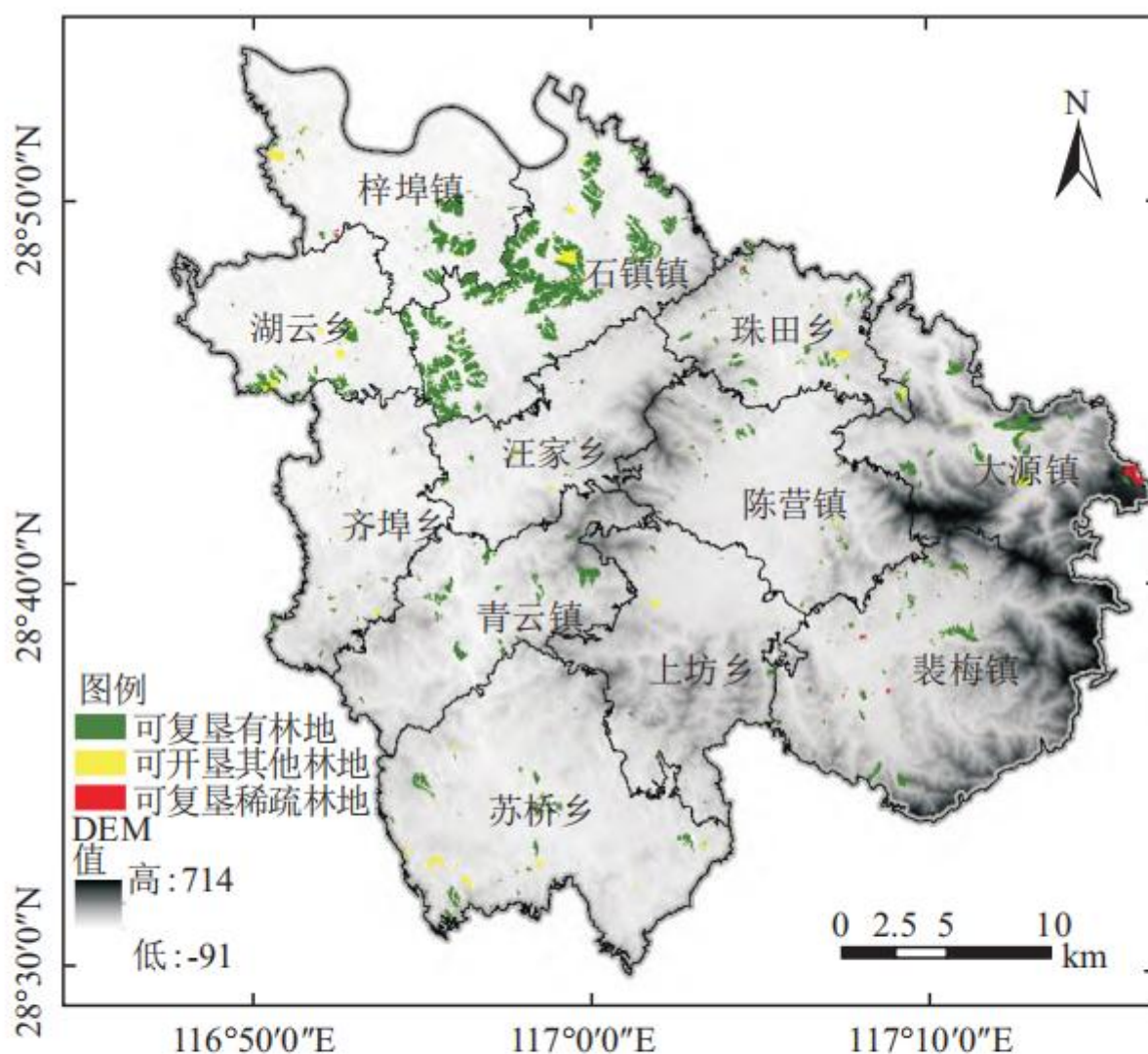


图 6 万年县可开垦利用林地分布

Fig. 6 Distribution of forest land
can be reclaimed of Wannian County

3.3.2 可开垦利用林地激活产能核算

图 7-d 所示, 可开垦利用林地置换为耕地后, 自然等面积加权平均值为 9.45, 利用等为 7.94, 经济等为 9.26。尽管可开垦利用林地置换为耕地总体质量略低于全域总体水平, 但却略高于复垦撂荒耕地的平均水平。

经核算, 可开垦利用林地空间与上山的补充耕地撂荒空间置换后, 可新增粮食产能达 38 498.84 t。其中有林地可新增产能 33 910.67 t, 占总量的 88.08%; 其他林地新增产能 3 936.87 t, 占总量的 10.23%; 稀疏林地新增产能 651.30 t, 占总量的 1.69%。可以看出, 只要通过林地占补平衡将稀疏林地与上山耕地撂荒置换, 就能够弥补造成的 297.48 t 产能流失。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1)在耕地占补平衡制度推动下,2010~2020年万年县城乡建设用地增减挂钩共补充耕地232.47 hm²。补充耕地平均海拔逐年升高,平均斑块面积逐年降低,因此补充耕地呈现上山和细碎化态势。补充耕地撂荒率达14.77%,撂荒受海拔高度、临近耕地交通距离、所在村常住人口密度、斑块面积共4个因素影响显著,其中前两者对撂荒呈正相关影响,后两者对其呈负相关影响。

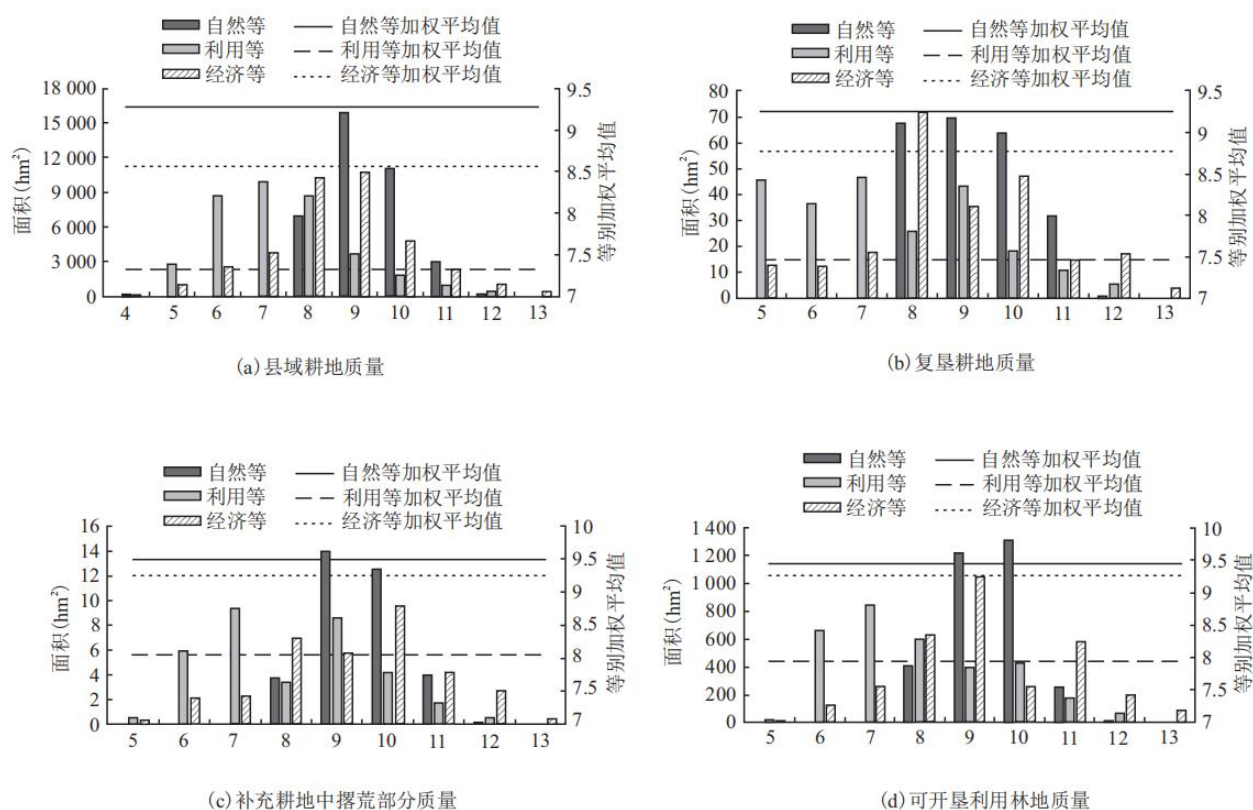


图7 万年县各类耕地质量等别结构

Fig. 7 Quality of various types of farmland and other structures of Wannian County

(2)当补充耕地海拔高度>130 m∩斑块面积<0.2 hm²、或所在村常住人口密度<400 人/km²∩斑块面积<0.2 hm²、或临近耕地交通距离>40 m∩斑块面积<0.2 hm²、或海拔高度>110 m∩临近耕地交通距离>70 m共4种情况时,撂荒可能性较大。将其作为耕作便利度评价指标,对林地进行评价发现,万年县可开垦利用林地资源共3 183.39 hm²,其中有林地、其他林地、稀疏林地分别占88.25%、9.74%、2.01%。

(3)耕地上山撂荒造成产能流失297.48 t。可开垦利用林地复垦后的耕地质量优于复垦撂荒耕地,可新增产能38 498.84 t,其中仅开垦稀疏林地可新增产能651.30 t。故现阶段只需将上山耕地与稀疏林地置换,就足以补充耕地上山撂荒造成的产能流失。

4.2 讨论

毋庸置疑,短时期内,撂荒还林的耕地在林分、郁闭度及生态调节能力等方面,与被置换的林地是无法匹敌的。但在我国

南方，尤其是热带、亚热带地区，雨热充沛的气候环境下，撂荒耕地在较短时间内即可恢复成灌木林，再过数年便可长成乔木林恢复郁闭度，图 8 中万年县这块复垦撂荒耕地的复绿就能证明这一点。从生态功能来看，撂荒还林的生态环境效应主要体现在对水土保持、固碳、生物多样性等方面的影响，不同地区的恢复速率和程度存在差异。就水土保持方面的研究表明，山区耕地撂荒减轻了土壤干扰，对抑制土壤侵蚀具有积极作用；即便在侵蚀环境下，坡耕地撂荒后土壤水稳性、团聚体、土壤碳库转化效率会随时间逐步提高[35, 36]；而植被恢复则可以抑制水土流失，改善生态环境[37]。因此，只要匹配一定时间和生态修复措施，撂荒还林能够提供与被开垦林地相当的生态调节能力。

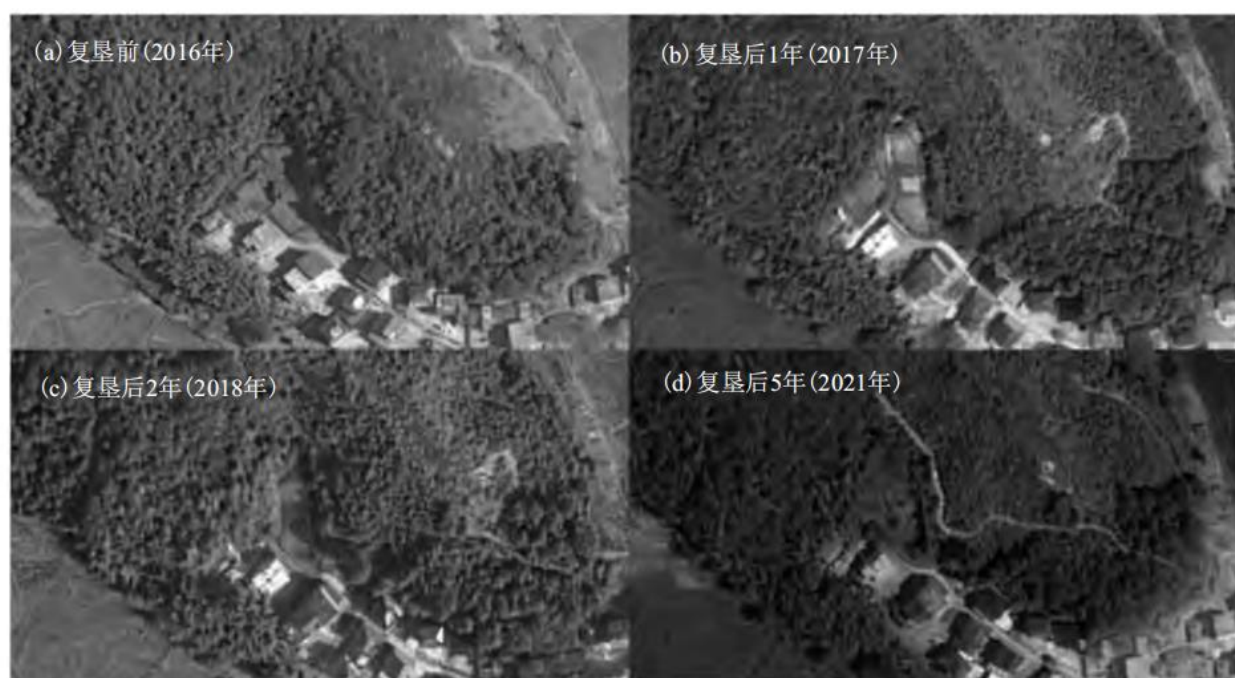


图 8 万年县复垦撂荒耕地植被恢复 Google 影像图

Fig. 8 A example of reclaimed wasteland vegetation to restore Google images of Wannian County

此外，“耕-林-建”占补平衡政策联动需要自然资源部门组织下设的耕地保护部门和林草保护部门协同合作。根据本研究对耕作便利度指标的要求可提前一步评估筛选出今后复垦后撂荒可能性较大的农村建设用地，建议其直接通过“耕-林-建”占补平衡置换其空间位置，并直接通过复绿方式恢复为林草地，与周边生态相适应；以产能作为置换标准在人口迁入地选择可开垦利用林地作耕地补充。这样不仅能够保证空间调整后土地的有效利用，保障各自服务的供给，同时也避免建设用地复垦后再复绿造成的过程性浪费。

参考文献

- [1] 张迪,张凤荣,安萍莉,等. 中国现阶段后备耕地资源经济供给能力分析[J]. 资源科学, 2004, 26(5):46-52. ZHANG D, ZHANG F R, AN P L, et al. Potential economic supply of uncultivated arable land in China[J]. Resources Science, 2004, 26(5):46-52.
- [2] 李英锋. 让林地“占补平衡”成为抗霾的生态力量[J]. 中国绿色时报, 2015-03-05(A03). LI Y F. Make forest land “occupation-compensation balance” an ecological force against haze[J]. China Green Times, 2015-03-05(A03).

-
- [3] 王旻. 关于构建增减挂钩项目复垦耕地耕种适宜度评价体系与实践路径的思考[J]. 资源与人居环境, 2021(3):27-31. WANG Y. Thoughts on constructing evaluation system and practice path of cultivated suitability of reclaimed cultivated land with increase and decrease linked project[J]. Resources and Habitat Environment, 2021(3):27-31.
- [4] 叶红玲. 推进长三角一体化发展的用地保障政策优化思考——以增减挂钩政策的实践分析与创新思考为主线[J]. 中国土地, 2020(11):4-9. YE H L. Thoughts on the optimization of land use security policy to promote the integrated development of the Yangtze River Delta: Taking the practice analysis and innovative thinking of the policy of increasing or decreasing as the main line[J]. China Land, 2020(11):4-9.
- [5] SONG W, ZHANG Y. Farmland abandonment research progress: Influencing factors and simulation model[J]. Journal of Resources and Ecology, 2019, 10(4):345.
- [6] 李升发, 李秀彬. 中国山区耕地利用边际化表现及其机理[J]. 地理学报, 2018, 73(5):803-817. LI S F, LI X B. Economic characteristics and the mechanism of farmland marginalization in mountainous areas of China[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5):803-817.
- [7] 程先同, 周洪, 刘秀华, 等. 山区农户兼业程度对耕地撂荒的影响研究——以武陵山区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(1):246-256. CHENG X T, ZHOU H, LIU X H, et al. Study on effect of farmers' concurrent business degree on cropland abandonment in mountainous area: A case study in Wuling Mountain area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(1):246-256.
- [8] DÍAZ G I, NAHUELHUAL L, ECHEVERRÍA C, et al. Drivers of land abandonment in Southern Chile and implications for landscape planning[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 99(3/4):207-217.
- [9] SHAO J A, ZHANG S C, LI X B. Farmland marginalization in the mountainous areas: Characteristics, influencing factors and policy implications[J]. Journal of Geographical Sciences, 2015, 25(6):701-722.
- [10] 谢臻, 张凤荣, 高阳, 等. 基于遥感和 GIS 的平原和山区贫困县农村耕地利用演变对比[J]. 农业工程学报, 2018, 34(15):255-263. XIE Z, ZHANG F R, GAO Y, et al. Comparison on evolution of rural farmland use in poverty-stricken counties between flat and mountainous areas based on remote sensing and GIS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(15):255-263.
- [11] MOTTET A, LADET S, COQUÉ N, et al. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 114(2/3/4):296-310.
- [12] 张凤荣. 土地保护学[M]. 北京: 科学出版社, 2006. ZHANG F R. Land resources conservation[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [13] 宋世雄, 梁小英, 陈海, 等. 基于多智能体和土地转换模型的耕地撂荒模拟研究——以陕西省米脂县为例[J]. 自然资源学报, 2018, 33(3):515-525. SONG S X, LIANG X Y, CHEN H, et al. The simulation of cropland abandonment based on multi-agent system and land transformation model: A case study of Mizhi County, Shaanxi Province[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(3):515-525.

-
- [14] MOTTET A, LADET S, COQUÉ N, et al. Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006, 114(2/3/4): 296-310.
- [15] 李升发, 李秀彬, 辛良杰, 等. 中国山区耕地撂荒程度及空间分布——基于全国山区抽样调查结果[J]. *资源科学*, 2017, 39(10): 1801-1811. LI S F, LI X B, XIN L J, et al. Extent and distribution of cropland abandonment in Chinese mountainous areas[J]. *Resources Science*, 2017, 39(10): 1801-1811.
- [16] 谢臻. 新时代中国山区县乡村振兴诊断分类及其应用研究[D]. 中国农业大学, 2020. XIE Z. Diagnostic classification and the applied research on the rural revitalization of Chinese mountainous county in the new era[D]. China Agricultural University, 2020.
- [17] 张凤荣, 谢臻, 张佰林, 等. 土地的视角: 山区农村的起源、现状和未来[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2019. ZHANG F R, XIE Z, ZHANG B L, et al. Past, current state and future of the mountainous countryside[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2019.
- [18] 党昱譞, 廖宇波, 孔祥斌, 等. 耕地占补平衡制度的顶层设计及优化探讨[J]. *中国国土资源经济*, 2022, 35(6): 43-48, 88. DANG Y X, LIAO Y B, KONG X B, et al. Discussion on the top-level design and optimization of the system of cultivated land requisition-compensation balance[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2022, 35(6): 43-48, 88.
- [19] 浙江省人民政府. 关于全面实施林地占补平衡管理的通知(征求意见稿)[EB/OL]. http://minyiy.zjzwfw.gov.cn/dczjnews/dczj/idea/topic_927.html (2020-6-4)[2021-9-28].
- [20] PÉREZ-SOBA M, PETIT S, JONES L, et al. Land use functions—a multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability[M]// *Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008: 375-404.
- [21] HELMING K, PÉREZ-SOBA M, TABBUSH P. Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes[M]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [22] 刘超, 许月卿, 孙丕苓, 等. 土地利用多功能性研究进展与展望[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(9): 1087-1099. LIU C, XU Y Q, SUN P L, et al. Progress and prospects of multi-functionality of land use research[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(9): 1087-1099.
- [23] PARACCHINI M L, PACINI C, JONES M L M, et al. An aggregation framework to link indicators associated with multifunctional land use to the stakeholder evaluation of policy options[J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(1): 71-80.
- [24] KÖNIG H J, PODHORA A, HELMING K, et al. Confronting international research topics with stakeholders on multifunctional land use: The case of Inner Mongolia, China[J]. *IForest - Biogeosciences and Forestry*, 2014, 7(6): 403-413.
- [25] 张凤荣. 土壤地理学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2016. ZHANG F R. *Pedogeography*[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2016.

-
- [26] 黄安, 许月卿, 郝晋珉, 等. 土地利用多功能性评价研究进展与展望[J]. 中国土地科学, 2017, 31(4):88-97. HUANG A, XU Y Q, HAO J M, et al. Progress review on land use functions evaluation and its prospects[J]. China Land Sciences, 2017, 31(4):88-97.
- [27] 张凤荣, 王静, 陈百明, 等. 土地持续利用评价指标体系与方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. ZHANG F R, WANG J, CHEN B M, et al. Evaluation index system and method of sustainable land use[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [28] 张凤荣. 中国耕地[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2021. ZHANG F R. Chinese Arable Land[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2021.
- [29] 张凤荣, 郭力娜, 关小克, 等. 生态安全观下耕地后备资源评价指标体系探讨[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9):4-8, 14. ZHANG F R, GUO L N, GUAN X K, et al. Study on the evaluation indicators of the arable land from the view of ecological security[J]. China Land Science, 2009, 23(9):4-8, 14.
- [30] 姜广辉, 张凤荣, 徐艳, 等. 论北京市耕地后备资源的开发可行性[J]. 土壤通报, 2007, 38(2):369-373. JIANG G H, ZHANG F R, XU Y, et al. Feasibility analysis of land exploitation in Beijing city[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(2):369-373.
- [31] 李福夺, 李忠义, 尹昌斌, 等. 农户绿肥种植决策行为及其影响因素——基于二元 Logistic 模型和南方稻区 506 户农户的调查[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(9):207-217. LI F D, LI Z Y, YIN C B, et al. Farmers' decision-making behavior of green manure planting based on binary logistic model: A case study of 506 households in Southern China[J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(9):207-217.
- [32] HOSMER D W, LEMESHOW S. Applied Logistic Regression: Hosmer/Applied Logistic Regression[M]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [33] 自然资源部. 土地整治和高标准农田建设项目新增耕地核定技术要求(试行)[EB/OL]. http://nr.gd.gov.cn/zwgknew/tzgg/tz/content/post_2740894.html. (2018-7-12)[2021-9-28].
- [34] 肖丽群, 陈伟, 吴群, 等. 未来 10a 长江三角洲地区耕地数量变化对区域粮食产能的影响——基于耕地质量等别的视角[J]. 自然资源学报, 2012, 27(4):565-576. XIAO L Q, CHEN W, WU Q, et al. Impact of cultivated land quantity change on grain productive capacity of Yangtze River Delta in the next 10 years: From the perspective of cultivated land quality grade[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(4):565-576.
- [35] 戴全厚, 刘国彬, 薛蕙, 等. 侵蚀环境退耕撂荒地水稳性团聚体演变特征及土壤养分效应[J]. 水土保持学报, 2007, 21(2):61-64, 77. DAI Q H, LIU G B, XUE S, et al. Dynamics of soil water stable aggregates and relationship with soil properties on abandoned arable land in eroded hilly loess plateau[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 21(2):61-64, 77.
- [36] 戴全厚, 刘国彬, 薛蕙, 等. 侵蚀环境退耕撂荒地土壤活性有机碳与碳库管理指数演变[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6):24-28. DAI Q H, LIU G B, XUE S, et al. Active organic matter and carbon pool management index of soil at the abandoned cropland in erosion environment[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(6):24-28.

[37] RENWICK A, JANSSON T, VERBURG P H, et al. Policy reform and agricultural land abandonment in the EU[J]. Land Use Policy, 2013, 30(1):446-457.