试验研究

陕北治沟造地工程对耕地分布及植被恢复的影响
——以延安市顾屯流域为例

杜鹏川，许 强，赵宽耀，郭 鹏，彭双麒，郭 晨
（成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室，四川 成都 610059）

摘 要：[目的] 研究陕北地区治沟造工程对耕地分布及植被恢复的影响，为同类地区耕地整治方向及优化布局提供科学参考。[方法] 以延安市顾屯流域为例，基于 ENVI 和 ArcGIS，通过目视解译、核密度估计及 NDVI 对此展开相关研究。[结果] ①治沟造地工程后，耕地更集中分布于沟谷，耕地整体破碎度降低，耕地质量提高；②缓坡耕地比例增加，耕地结构得到优化，但陡坡耕地仍然占有一定的数量，需继续优化；③基于核密度分析，耕地质量高的中—低密度区面积增加，耕地质量低的中高—高密度区面积减少，较高质量耕地比例提升；④流域内 NDVI 整体呈现“山下低，山上高”的规律，治沟造地后流域内植被情况得到良好改善；⑤退耕还林区域、边坡治沟造地工程段植被均得到了良好的改善。[结论] 治沟造地工程使耕地质量和植被生态状况均得到一定程度的改善，但仍然存在诸如水土流失、盐渍化、边坡失稳等问题，应立足于生态文明建设，权衡各方面利弊，为黄土高原的高质量发展服务。

关键词：顾屯流域；治沟造地；耕地分布；植被恢复；核密度估计
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2019)06-0001-08 **中图分类号**：S284，X171.1

文献参数：杜鹏川，许强，赵宽耀，等. 陕北治沟造地工程对耕地分布及植被恢复的影响[J]. 水土保持通报，2019，39(6)：1-8. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2019.06.001；Du Pengchuan，Xu Qiang，Zhao Kuanyao，et al. Impacts of gully reclamation project on cropland distribution and vegetation restoration in North Shaanxi Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(6)：1-8.

Impacts of Gully Reclamation Project on Cropland Distribution and Vegetation Restoration in North Shaanxi Province
—A Case Study at Gutun Watershed of Yan'an City

Du Pengchuan，Xu Qiang，Zhao Kuanyao，Guo Peng，Peng Shuangqi，Guo Chen
(*State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection，Chengdu University of Technology，Chengdu，Sichuan* 610059，*China*)

Abstract：[Objective] The impacts of the gully reclamation project in Northern Shaanxi Province on the distribution of cropland and vegetation restoration were studied in order to provide scientific reference for the direction and optimization of cultivated land remediation in similar area. [Methods] Taking the Yan'an Gutun watershed of Yan'an City as a case study，based on ArcGIS and ENVI，visual interpretation and kernel density estimation was used，and NDVI were calculated. [Results] ① After the gully reclamation project，the cropland was more concentrated in valleys，the fragmentation of cropland was decreased，and the quality of cropland was improved. ② The proportion of low-slope cropland was increased. The structure of cropland had been optimized，but the high-slope cropland still occupied a certain amount and needed to be further optimized. ③ Based on the analysis of kernel density，the area of the middle and low density zone with high cropland quality increased，and the area of the middle and high density zone with low cropland quality decreased. The proportion of high-quality cropland increased. ④ Overall，NDVI in the Gutun watershed showed the law of “low

收稿日期：2019-05-08 **修回日期**：2019-06-26
资助项目：国家自然科学基金重大项目“面向人地协调的黄土重大工程灾变防控研究”(41790445)；国家自然科学基金重点项目“溃散性滑坡成因机理、监测预警与定量风险评价”(41630640)
第一作者：杜鹏川(1994—)，男(汉族)，四川省南充市人，硕士研究生，主要从事地质灾害机理及防治研究。E-mail：1058115749@qq.com。
通讯作者：许强(1968—)，男(汉族)，四川省南江县人，博士，教授，博士生导师，主要从事地质灾害评价预测与防治处理研究。E-mail：xq@cdut.edu.cn。

at the foot of the hill while high on the hill". The vegetation situation in the watershed was improved after the gully reclamation project. ⑤ The vegetation in the area of returning farmland to forests and the slope control section had been improved well. [Conclusion] To a certain extent, the gully reclamation project has improved the quality of cultivated land and vegetation situation, but there are still some problems such as soil erosion, salinization and slope instability, etc. Gully reclamation project should be based on the construction of ecological civilization, weigh the advantages and disadvantages of various aspects and serve the high-quality development of the Loess Plateau.

Keywords: Gutun watershed; cropland distribution; vegetation restoration; kernel density estimation

陕西省延安市治沟造地工程是针对黄土丘陵沟壑地区特殊地貌,以小流域作为治沟造地工程单元,利用现代化机械快速填沟覆土,通过坝系修筑、旧坝修复、盐碱地改造、荒沟闲置土地开发利用等一系列工程措施和生态措施来实现"治沟保生态、造地惠民生"的一种沟道土地整治系统工程[1-3]。治沟造地工程是黄土丘陵地区补充耕地,保障民生,改善生态环境等方面的有效措施之一[4-5],该项工程对区域的耕地及植被情况产生了较大影响。延安顾屯流域是治沟造地工程的重点区域,"山上退耕还林,山下治沟造地"在当地已达成共识。工程前后耕地和植被特征均发生了巨大变化,而相关研究鲜有报道。耕地是最基本的自然资源,保持一定数量的耕地是人类生存的基本条件[6]。同时,植被作为连接土壤、大气和水分等的自然纽带[7-8],在生态系统中发挥着重要作用,是生态系统中的生产者,还具有防风固沙、减少地表径流、防尘、减少噪声、吸收有害气体等功能[9-12],在水土保持及道路护坡中扮演着重要角色。因此,研究耕地及植被的变化特征对当地生态环境保护、可持续发展、人地关系协调等方面具有重要意义。本文以位于陕北地区的延安市宝塔区顾屯流域为研究,选取 2012 和 2016 年 Google Earth 遥感影像数据并结合无人机摄影测量数据,借助 ArcGIS 平台,通过目视解译,对其进行分析。利用耕地集中度指数、核密度估算、耕地破碎度指数、斑块边界密度指数等参数分析了研究区耕地变化情况,为研究区耕地整治方向及优化布局提供参考。本文还选取了 2014 和 2018 年夏季的高分影像数据,借助于 ENVI 及 ArcGIS 平台,采用归一化植被指数 NDVI(normalized difference vegetation index),对流域内的植被变化情况进行相关分析。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于黄土高原中部,大地构造位置在鄂尔多斯盆地陕北斜坡带上[13],行政区划隶属于陕西省延安市宝塔区甘谷驿镇,经纬度坐标范围为 109°46′—109°51′E,36°45′—36°51′N,流域面积约为 42 km^2;属于中温带半干旱季风气候,海拔 900～1 282 m;顾屯流域地表为第四系黄土覆盖,侵蚀严重,沟深坡陡,地形复杂多变,属于典型的黄土丘陵沟壑区[14]。治沟造地工程对研究区内的耕地、植被影响颇大,本文根据现有资料对顾屯流域的耕地以及植被变化情况进行分析。为了相关工作的顺利开展,在该区域进行了现场作业,包括相关目视解译结果的核查、无人机航拍等工作。

1.2 工程前后耕地变化分析方法

研究区在 2013 年开展了治沟造地工程,治沟造地工程使研究区的耕地发生了巨大的变化。为研究治沟造地前后耕地变化特征,达到耕地对比分析的目的,本文选取了两期质量较好的遥感影像数据展开相关研究。治沟造地工程前选用 2012 年 Google Earth 遥感影像,治沟造地工程后选用 2016 年的 Google Earth 遥感影像。利用 Google Earth 遥感影像,通过目视解译的方法在 ArcGIS 中进行研究区耕地的解译,结合无人机摄影测量得到的数据进行相关分析,以此为基础来对研究区治沟造地工程前后耕地类型的变化特征展开分析。

1.2.1 耕地集中指数 耕地集中指数概念源于地理集中指数[15-17],表征了耕地在空间地域中的集中程度,主要用于分析耕地在空间上的分布。耕地集中指数越大,耕地在空间上的分布就越集中。反之,耕地分布就越分散。耕地集中指数的计算模型为[18]:

$$G=100\times\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i}{T}\right)^2} \tag{1}$$

式中:G——耕地集中指数;n——空间区域的总数;X_i——第 i 空间区域的耕地面积;T——耕地总面积。本文为研究耕地往沟谷中的集中程度,将沟谷耕地或坡耕地连成一片的地块视为一个空间区域。

1.2.2 核密度估计 核密度估计(KDE)是一种非参数密度估计的统计方法,是识别和分析热点和冷点的一种良好的探测方法[19]。KDE 法的具体原理是:以每个样点 x_i 为中心,用核函数计算每个样点在指定半径范围内(即带宽)的密度贡献值,搜索半径范围的栅格单元越靠近中心点,密度值越大。通常将核密度定义

为:设 $x_1,x_2,\cdots,x_n$ 是从分布密度函数 f 的总体中提取的独立的同分布样本,并估计某点 x 的 f 值[20]。

在耕地空间分布研究中,根据输入的耕地数据,估算耕地核密度来测算整个研究区耕地地块的集聚状况。核密度估算值越大,耕地空间分布密度越高。其估算模型[20]为:

$$f_n=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{2}$$

式中:f_n——耕地核密度测算值;n——耕地地块的数量;h——核密度测算带块的平滑参数;k——核密度函数;$x-x_i$——测算耕地地块 x 到样本耕地地块 x_i 之间的距离。

1.2.3　*耕地破碎度指数*　耕地破碎度指数(C)代表了耕地的破碎化程度,反映了耕地空间结构的复杂性,在一定程度上也反映了人类对景观的干扰程度[21]。C 值越大,耕地破碎化程度也就越高,其计算公式为:

$$C=N/A \tag{3}$$

式中:N——耕地田块数量;A——耕地面积。为方便本文对比研究,将耕地面积扩大了 100 倍,即 $C=N/(A\times100)$。

1.2.4　*斑块边界密度指数*　斑块边界密度指数(E_D)是评价单元内耕地斑块边界的长度与耕地的面积的比值。E_D 越大,表明单位面积耕地类型的边界长度越大,其分割程度越高,破碎化程度也就越大[22],计算公式为:

$$E_D=L/A \tag{4}$$

式中:L——评价范围内耕地斑块的边界总长度。为方便本文对比研究分析,将耕地面积扩大 100 倍,即 $E_D=E/(A\times100)$。

1.3　工程后植被变化分析方法

治沟造地工程对研究区植被产生了显著影响。为探讨植被变化情况,本研究采用高分一号影像数据并借助 ENVI,ArcGIS 平台以及 Origin 进行图像处理、NDVI 指数计算、数据分析等。高分一号数据每一景中包含有多光谱和全色图,其具有高空间分辨率、多光谱等优势,为众多行业提供了高质量的影像数据。采用高分一号影像数据有利于获取研究区治沟造地后小尺度的植被 NDVI 变化情况的详细信息。

植被指数是根据植被反射波段特征计算出来的,它能够反映地表植被生长情况、覆盖情况等,是一种间接性指标,目前已经定义的植被指数有 40 余种[23]。在众多的植被指数中,Deering[24-25] 在 1978 年提出的归一化植被指数(NDVI)是一种有效的监测区域植被和生态环境的指标,是植被生长状况和植被覆盖度的最佳指标,它被广泛应用于植被的时空动态监测和植被恢复的研究中。NDVI 是反映植物生长状况和空间分布密度的最佳指标,与植被覆盖分布密度呈线性相关[7]。NDVI 值越大则就表示植被覆盖度越高,长势也就越好,因而可以利用 NDVI 大小来表征植被活动强弱[26]。NDVI 计算公式为:

$$\mathrm{NDVI}=(P_1-P_2)/(P_1+P_2) \tag{5}$$

式中:NDVI——归一化植被指数;P_1——近红外波段反射率;P_2——红外波段反射率。

根据已有高分一号影像数据,在 ENVI 软件中经人工筛选发现,2014 年 5 月和 2018 年 6 月的影像质量较好,有利于分析陕西省延安市甘谷驿镇顾屯地区的 NDVI 情况。将筛选出的影像在 ENVI 软件中进行预处理(图像预处理流程如图 1 所示)。将所得高分影像预处理结果在 ENVI 中进行 NDVI 值计算、去异常值等一系列操作,最后将其导入 ArcGIS 10.3 中进行整理、出图。此外,还利用高分影像预处理结果通过目视解译的方法解译出研究区退耕还林地、未退耕还林坡耕地和边坡治沟造地工程段的边界,以便进行相关区域植被恢复情况的分析。

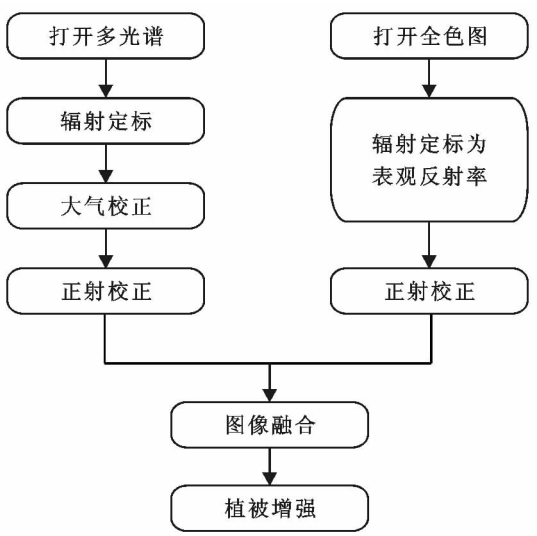


图 1　高分影像预处理流程[27]

2　结果与讨论

2.1　耕地变化特征

2.1.1　*基于目视解译结果分析*　研究区主张“山上退耕还林,山下治沟造地”,本研究以此为据,将耕地类型分为“山下”的沟谷耕地与“山上”的坡耕地,对选取的两期 Google Earth 遥感影像进行目视解译工作,其治沟造地工程前后耕地分布情况如图 2 所示,局部区域耕地分布情况如图 3 所示。

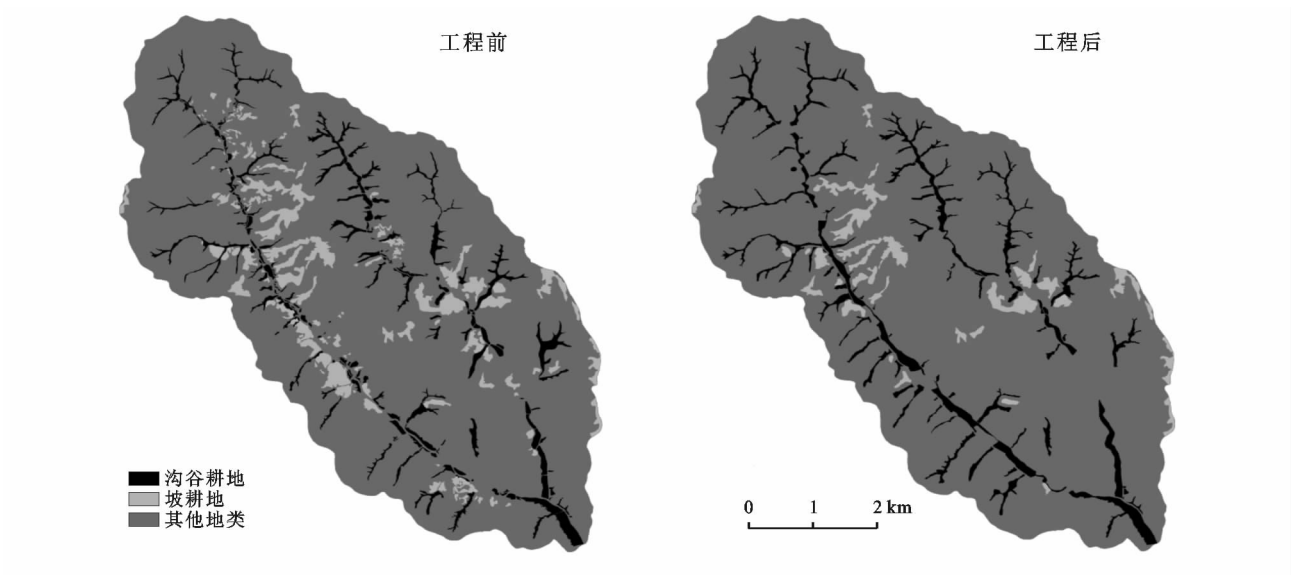


图 2 顾屯流域治沟造地工程前后耕地分布情况

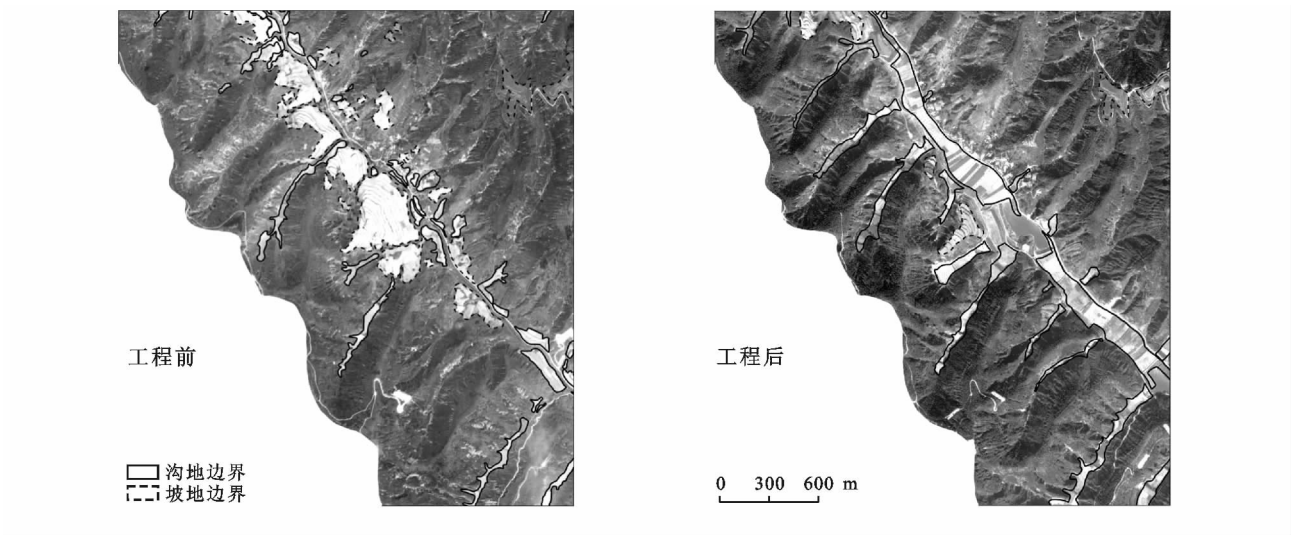


图 3 顾屯流域治沟造地工程前后局部区域耕地分布情况

根据图 2—3，不难发现研究区治沟造地工程后耕地的空间分布发生了显著的变化，坡耕地面积明显减少，沟谷耕地面积增加，在主沟道内还修建有大坝等水利设施，用以储水供灌溉和生活生产等方面使用。利用 ArcGIS 平台的统计功能，对研究区两期耕地图形数据进行面积统计，得到研究区治沟造地前后耕地面积情况。治沟造地工程后，耕地总面积由 5.61 km^2下降至 4.86 km^2，耕地总面积下降了约 13%；坡耕地面积由3.00 km^2减少至 1.59 km^2，减少了 47%左右，坡耕地面积缩减幅度大，但仍有较大一部分面积；沟谷耕地面积由 2.61 km^2 增加至 3.27 km^2，增加了 25%左右，增幅明显。根据耕地集中度指数计算结果，2012—2016 年耕地集中度指数由 11.37升至 24.66，耕地集中度指数大幅上升，这表明研究区耕地在空间地域中的分布更加集中分布于沟谷区域。

借助 ArcGIS 平台的分析功能，根据《第三次全国土地调查技术规程》中规定的坡度分类标准，对研究区耕地进行坡度分级，分为 5 个坡度等级：0°～2°，2°～6°，6°～15°，15°～25°和＞25°，统计得到的各个坡度耕地面积比例如图 4 所示。不难发现，治沟造地工程后，0°～15°的耕地比例增加，大于 15°的耕地面积比例降低，说明缓坡耕地的面积增加，陡坡耕地面积减小。从坡度方面看，耕地结构向缓坡耕地发展，缓坡耕地比例增加，有利于开展机械化农业生产。此外，整个区域的耕地破碎度由 3.17 降至 2.95，斑块边界密度指数由 0.85 降至 0.78，表明耕地整体上的破碎程度有所降低，边界分割程度也有所降低，反映了治沟造地工程对土地整治的积极作用。由于研究区沟道整治工作以及坡耕地的退耕还林工作，使得坡耕地面积减少、沟谷耕地面积增加、缓坡耕地面积比例明显提升，这有利于开展现代化农业生产。但由于新

增沟谷耕地或缓坡耕地资源的面积有限,还存在相当一部分面积的经济效益较低的坡耕地、陡坡耕地仍被用于农业生产。在实地考察时,笔者发现部分田坎上也种植了一些农作物以及许多未利用的耕地,说明治沟造地工程虽然平整了耕地,但是由于其他因素的影响使得部分耕地未被利用起来而导致当前耕地数量未能满足农户需求。

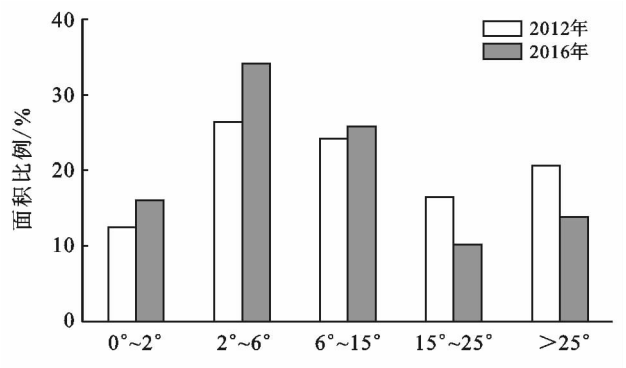


图 4　顾屯流域治沟造地工程前后各坡度等级耕地面积比例

2.1.2　基于耕地核密度估计结果分析　在 ArcGIS 10.3 中,利用 Feature to point 工具,将耕地的面数据转为点数据,再使用 Kernel Density 工具测算耕地核密度值。为了方便对比分析,本文以 2012 年为基础年,采用 Natural Breaks(自然断点法)的方法对 2012 年耕地地块空间分布核密度估算值进行分级,最终分为 5 个评价等级,分别为低密度区(0～19.16 个/km^2),中低密度区(19.16～48.4 个/km^2),中密度区(48.40～92.77 个/km^2),中高密度区(92.77～155.29 个/km^2),高密度区(155.29～257.14 个/km^2)。2016 年以此为据将 19.16,48.4,92.77,155.29,257.14 作为分界点进行等级划分,最终便得到研究区治沟造地工程前后的耕地核密度估算值的空间分布图,其结果如图 5 所示。由图 5 可以看出,中高—高密度区主要集中分布在研究区的中部。治沟造地工程前后相比,治沟造地工程后的中高—高密度区面积减小,中—低密度区面积增加。

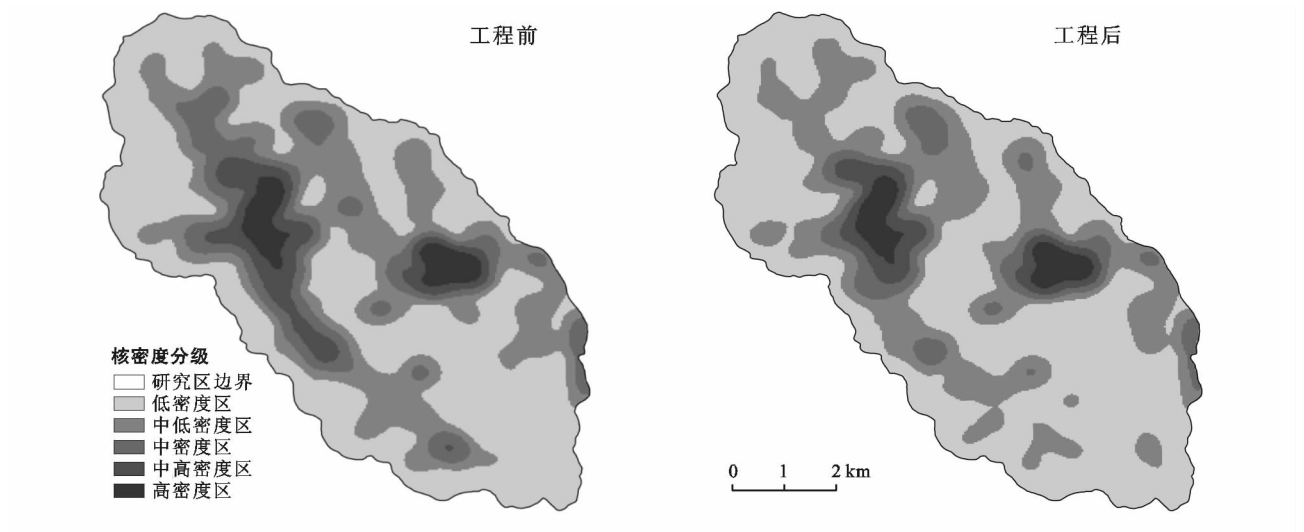


图 5　顾屯流域治沟造地工程前后耕地核密度估计值空间分布

根据上述 5 个评价等级,分析不同密度区的耕地破碎程度。计算不同密度区的耕地破碎度指数、耕地斑块边界密度指数,以此来分析不同密度区耕地破碎化程度的变化,结果如图 6 所示。结合研究区的地形条件分析,中—低密度区集中在地形起伏小的沟谷区域,其单个田块面积大,边界分割度低,破碎化程度低,耕地质量高,是人为改造的结果;中高—高密度区集中在地形起伏较大的山坡,其单个田块面积小,边界分割度高,破碎化程度较高,这些耕地主要是山上的坡耕地,其生态条件及耕地质量都相对较差。治沟造地工程后耕地质量及生态条件较好的中—低密度区面积增加,耕地质量及生态条件较差的中高—高密度区面积有所减少但其在区域内的分布范围仍然较广,导致此现象的原因是治沟造地工程后研究区内还有许多坡耕地仍然存在。

2.2　植被变化情况

2.2.1　植被整体变化情况　将 2014 和 2018 年高分影像在 ENVI 中进行预处理,再利用高分影像预处理结果计算出研究区 2014 和 2018 年的 NDVI 分布图,其结果如图 7 所示。由于流域内“山下”经常遭受人类活动的影响,导致流域内 NDVI 值均呈现出“山下低,山上高”的一般规律,即“山上”植被情况较“山下”好。对比两幅 NDVI 情况,流域内整体 NDVI 增量明显,植被整体情况得到良好改善。但是,耕地及人类工程活动区(如延长石油)等区域的植被长期受人类活动影响,侵蚀严重,NDVI 值低,常年无植被覆盖。

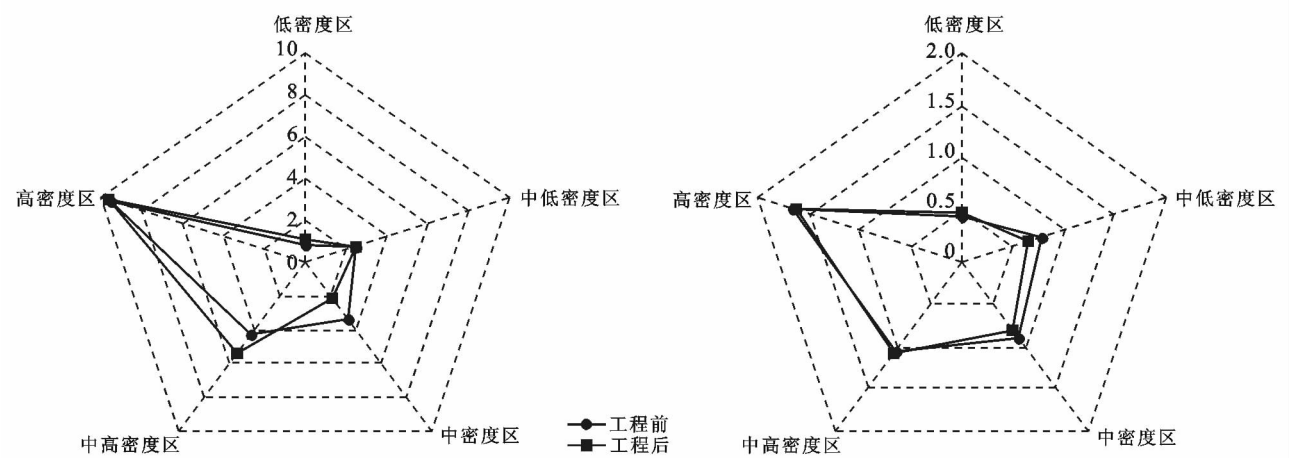


图 6 顾屯流域治沟造地工程前后耕地破碎度指数(左)与耕地斑块边界密度指数(右)雷达图

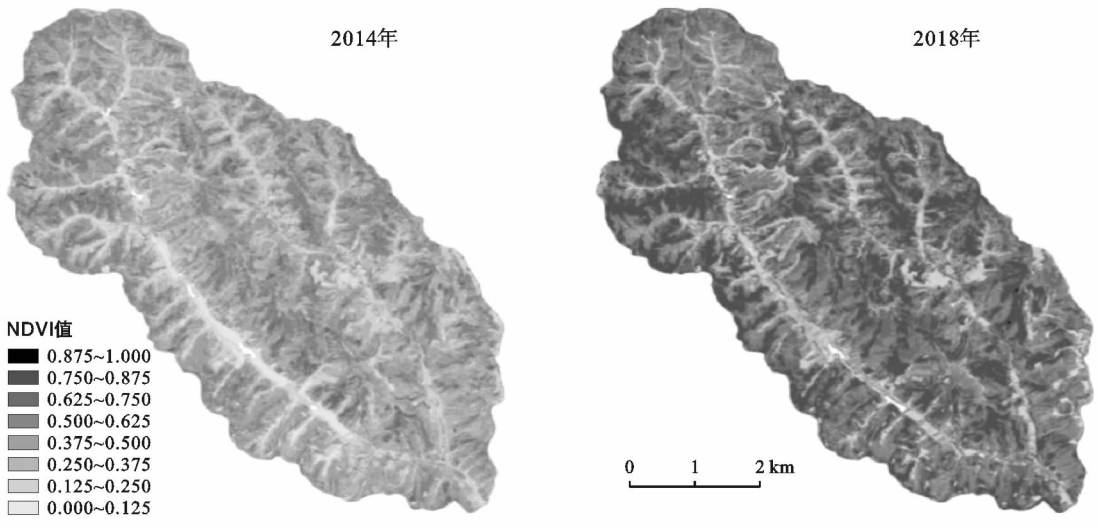


图 7 2014,2018 年顾屯流域 NDVI 空间分布

经过统计得到的研究区 NDVI 情况如图 8 所示。2014 年研究区 NDVI 值在 0～0.773 之间,主要集中在 0.125～0.625 之间,NDVI 均值为 0.388,植被整体覆盖程度低、植被状况不好;2018 年研究区 NDVI 值在 0～0.888 之间,主要集中在 0.375～0.875 之间,NDVI 平均值为 0.597,植被整体覆盖程度较高、植被情况良好。在统计直方图中 NDVI 分布区间整体向坐标轴右移,NDVI 均值增加了约 54%,NDVI 整体上升幅度大,治沟造地工程后流域内植被整体改善情况良好。在短短的几年间植被整体的改善情况在研究区得到了显著体现,生态环境面貌焕然一新,这得益于治沟造地工程进展中开展的退耕还林还草、植树造林等工作在当地的积极响应与配合。

2.2.2 *退耕还林区植被变化情况* 在 ArcGIS 中经统计得到的研究区全部未退耕还林坡耕地 NDVI 情况如图 9 所示。未退耕还林坡耕地 2014 年的 NDVI 值在 0～0.577 之间,NDVI 超过 0.5 仅占 0.03%,NDVI 主要集中分布在 0～0.375 之间,NDVI 平均值为0.215;未退耕还林坡耕地 2018 年 NDVI 最低值为 0.012,最高值为 0.700,NDVI 超过 0.5 占 2.27%,几乎没有,NDVI 平均值为 0.260。对比 2014 年夏季和 2018 年夏季,未退耕还林坡耕地的植被改善主要受控于人类活动,人类活动对其改造频繁,侵蚀严重,NDVI 基本未变,仅有微小的增幅,NDVI 增量不明显,植被覆盖差,植被情况没有得到改善。

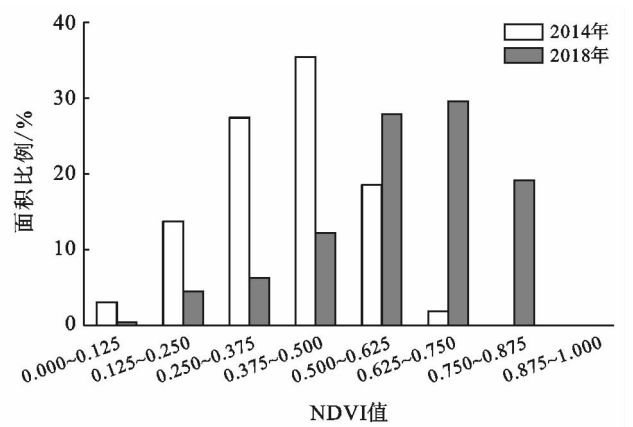


图 8 2014,2018 年顾屯流域 NDVI 统计

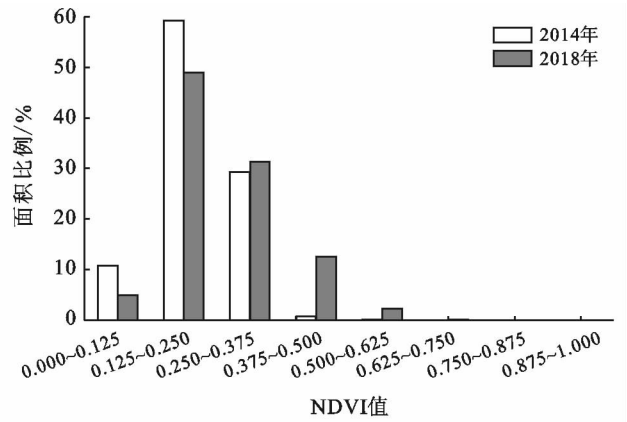


图 9　2014,2018 年顾屯流域未退耕还林坡耕地 NDVI 值统计

统计得到的研究区全部退耕还林地 NDVI 情况如图 10 所示。退耕还林区 2014 年 NDVI 最低值 0.026,最高值 0.617,主要集中于 0.125～0.375 之间,占 92.65%,平均值为 0.250,说明退耕还林前植被覆盖度低,植被情况差;2018 年 NDVI 最低值0.038,最高值 0.827,NDVI 集中分布于 0.375～0.827之间,达到了 90%左右,其中 NDVI 超过 0.5 的区域占 65%,NDVI平均值为 0.552,说明植被覆盖度高,植被情况良好。比较 2014 与 2018 年 NDVI 情况,坐标轴上 NDVI 分布明显右移,NDVI 均值上升了约 120%,增幅巨大,退耕还林区的植被得到高度改善,植被恢复情况良好,退耕还林工作在当地得到良好的落实。

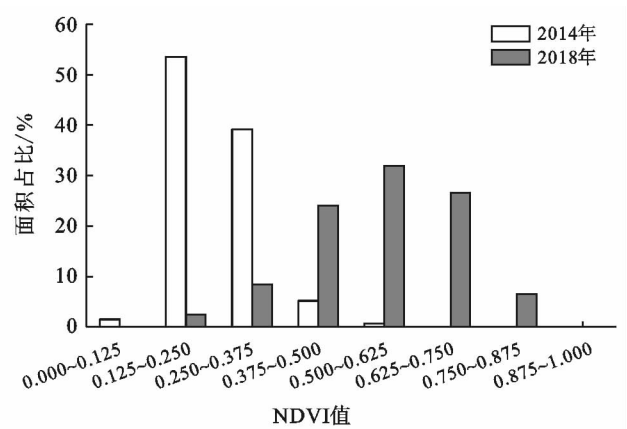


图 10　2014,2018 年顾屯流域退耕还林区 NDVI 统计

2.2.3　边坡治理区植被变化情况　为了保持边坡稳定性,有效防治边坡失稳,治沟造地过程中对边坡进行了工程削坡治理,边坡治理段沿沟谷分布,主要针对沟旁较陡的边坡进行治理,有利于边坡稳定性的提高,从而有效避免一些地质灾害。但是对边坡进行工程削坡治理的过程中其上的植被遭到了破坏,而治沟造地工程段植被情况的好坏对其稳定性也具有重要意义。本小节针对治沟造地工程段的植被恢复情况展开分析。

统计得到的流域内全部边坡治理段 NDVI 情况如图 11 所示。2014 年研究区边坡治理段 NDVI 最低值为 0.020,最高值为 0.507,NDVI 主要集中分布在 0.020～0.375 之间,占到了 98.9%,边坡治理段 NDVI 平均值为 0.192,植被覆盖度低,植被状况差;2018 年研究区边坡治理段 NDVI 最低值为 0.125,最高值为 0.841,NDVI 值大于 0.5 的达到了 76.4%,NDVI 平均值为 0.592,植被覆盖度高,植被长势状况良好。对比边坡治理段 NDVI 变化情况,在 NDVI 统计直方图中,NDVI 分布明显往坐标轴右移,均值增加了约 200%,边坡治理段 NDVI 增幅巨大,表明治沟造地工程后边坡治理段植被情况得到高度改善,对边坡稳定性的提高具有重要促进作用。边坡削坡治理区域的植被之所以能够得到高度改善是由于在削坡处理之后,开展植树种草,并保证植被在削坡区域的基本生长条件,以此来提高边坡稳定性、减少水土流失。

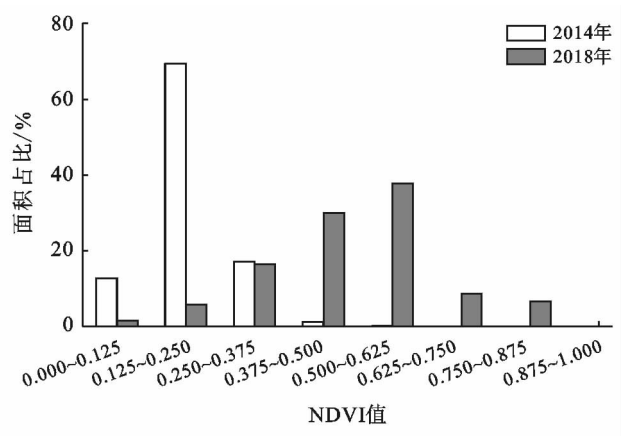


图 11　2014,2018 年顾屯流域治沟造地工程段 NDVI 统计

3　结 论

(1) 治沟造地工程使流域面貌发生了明显的变化,耕地空间分布状况变化尤其显著。由于沟道整治和山上退耕还林还草工作的开展,使得坡耕地面积减少,沟谷耕地面积增加。耕地更加集中分布于沟谷区域,耕地整体破碎度降低,可以提高耕作的便利程度,节约劳动力资源。

(2) 从耕地的坡度方面看,缓坡耕地面积比例增加,陡坡耕地面积比例降低,耕地结构向缓坡耕地发展,有效提高了耕地整体平整度,有利于机械化农业生产的开展。

(3) 基于耕地核密度分析结果表明,中高—高密

度区耕地的耕地质量及生态条件较差,主要集中分布在地形起伏较大的山坡;而中—低密度区耕地的耕地质量及生态条件较好,主要集中分布在形起伏小的沟谷区域;治沟造地工程缩减了中高—高密度区面积,增加了中—低密度区面积,耕地整体质量得到提高。

(4) 顾屯流域 NDVI 整体上呈现出"山下低,山上高"的规律,在短短的几年间植被状况显著改善,生态环境质量进一步提高。这得益于当地退耕还林还草和植树造林等植被维护工作的积极响应与配合。

(5) 退耕还林工程以及工程边坡治理区域的植树种草工作使得退耕还林区域、边坡治理段的植被均得到了良好的改善,对水土保持工作具有重要促进作用,而未退耕还林区常年无植被覆盖,侵蚀严重,主要受控于人类活动。

治沟造地工程在一定程度上有利于区域整体耕地质量及生态环境质量的提升,但研究区一些耕地质量较差且经济效益较低的耕地仍然有较大面积范围的分布。为了合理利用与开发土地资源,应重点进行这些区域的治沟造地工程工作,实施退耕还林或者土地平整,最大限度地发挥土地利用价值。治沟造地工程虽然平整了耕地,对植被的恢复也起到了一定促进作用,但不可避免地引发了一些问题。例如水库附近的盐渍化导致耕地难以利用,农作物多样性降低,部分田坎出现较大侵蚀沟,边坡开挖改变边坡稳定性等。开展治沟造地工程应立足于生态文明建设,权衡各方面利弊,为黄土高原的高质量发展服务。

[参 考 文 献]

[1] 贺春雄.延安治沟造地工程的现状、特点及作用[J].地球环境学报,2015,6(4):255-260.

[2] 陈超.延安市治沟造地效益评价与分析[J].河南农业,2017(35):46-48.

[3] 雷娜,韩霁昌,高红贝,等.延安治沟造地工程水资源调控与利用分析[J].中国农村水利水电,2017(5):26-30.

[4] 吴兴辉.黄土丘陵沟壑区治沟造地的主要工程措施研究[J].安徽农业科学,2018(25):186-187.

[5] 雷宁,赵彩云,郝起礼.治沟造地工程对耕地质量等别影响的研究[J].农村经济与科技,2018(1):1-3.

[6] 邵晓梅,杨勤业,张洪业.山东省耕地变化趋势及驱动力研究[J].地理研究,2001,20(3):298-306.

[7] 孙红雨,王长耀,牛铮,等.中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系:基于 NOAA 时间序列数据分析[J].遥感学报,1998,2(3):204-210.

[8] Kutiel P, Cohen O, Shoshany M, et al. Vegetation establishment on the Southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999[J]. Landscape and Urban Planning, 2004,67(1):141-156.

[9] 徐燕葵.植物对园林生态系统的重要性与病虫害的防治[J].北京农业,2012(18):52.

[10] Piao S, Ciais P, Friedlingstein P, et al. Net carbon dioxide losses of northern ecosystems in response to autumn warming[J]. Nature, 2008,451(7174):49-52.

[11] Penuelas J, Rutishauser T, Filella I. Phenology Feedbacks on Climate Change [J]. Science, 2009, 324(5929):887-888.

[12] Moors E J. Influence of spring and autumn phenological transitions on forest ecosystem productivit[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 2010,365(1555):3227-3246.

[13] 庞雯,郭德运,赵靖舟,等.甘谷驿油田延长组长 6 油层沉积特征[J].西北大学学报:自然科学版,2004,34(4):465-468.

[14] 王保军.甘谷驿油田顾屯探区储层特征研究[D].陕西西安:西安石油大学,2013.

[15] Ellison G. Geographic concentration in U. S. manufacturing industries: A dartboard approach[J]. Journal of Urban Economics, 2000,9(5):48-67.

[16] 钟业喜,陆玉麒.鄱阳湖生态经济区人口与经济空间耦合研究[J].经济地理,2011,31(2):195-200.

[17] 张文华,刘芳,吕晓,等.江苏沿海地区耕地分布格局及其变化特征[J].国土资源情报,2016(10):27-31,26.

[18] 李林山,杨青山,刘贺贺,等.吉林省中部城市群城市区位与区域均衡发展关系研究[J].地域研究与开发,2014,33(2):25-29,66.

[19] 李红波,张小林,吴江国,等.苏南地区乡村聚落空间格局及其驱动机制[J].地理科学,2014,34(4):438-446.

[20] 王远飞、何洪林.空间数据分析方法[M].北京:科学出版社,2007:6-71.

[21] 鲁春阳,齐磊刚,桑超杰.土地利用变化的数学模型解析[J].资源开发与市场,2007,23(1):25-27.

[22] 李鹏山,吕雅慧,张超,等.基于核密度估计的京津冀地区耕地破碎化分析[J].农业机械学报,2016,47(5):281-287.

[23] 郭铌.植被指数及其研究进展[J].干旱气象,2003,21(4):71-75.

[24] Aguilar C, Zinnert J C, María JoséPolo, et al. NDVI as an indicator for changes in water availability to woody vegetation[J]. Ecological Indicators, 2012,23:290-300.

[25] 范娜,谢高地,张昌顺,等.2001—2010 年澜沧江流域植被覆盖动态变化分析[J].资源科学,2012,34(7):1222-1231.

[26] 张学珍,戴君虎,葛全胜.1982—2006 年中国东部春季植被变化的区域差异[J].地理学报,2012,67(1):53-61.

[27] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[M].北京:科学出版社,2010.