

# 低丘缓坡土地开发影响下生态服务价值损益分析 ——以重庆市江津区为例

鄢大彬<sup>1,2</sup>, 李惠敏<sup>3</sup>, 陈芳<sup>1</sup>, 郑杰炳<sup>3</sup>, 田小松<sup>1</sup>

(1. 招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆 400067; 2. 成都兴蓉环保科技股份有限公司, 成都 610041; 3. 重庆地质矿产研究院 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室, 重庆 400042)

**摘要:**以重庆市江津区的低丘缓坡土地为研究对象,分析了开发为耕地、林地和建设用地的潜力,采用生态服务价值评估方法评价了土地资源综合利用带来的生态环境影响。结果表明:江津区低丘缓坡地的理论潜力面积为 137 652.55 hm<sup>2</sup>,可实现潜力面积为 31 428.37 hm<sup>2</sup>,宜农、宜建和宜林面积分别占低丘缓坡地的 74.19%,11.27%和 14.53%。低丘缓坡土地开发利用能够优化土地利用结构,改变原有的生态服务价值。其中,生态服务价值贡献最大的土地利用类型为林地,生态服务系统工程中贡献最大的是生物多样性保护;研究区生态服务价值可以增加 617.88 万元/a,生态服务价值发生了正向变化。低丘缓坡土地开发利用既能合理利用土地资源,又能提升研究区的生态环境承载力。

**关键词:**低丘缓坡土地;生态服务价值;开发利用;耕地;林地;建设用地

中图分类号:X171; F062.2; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)06-0292-06

## Analysis of Ecosystem Service Value Under the Influence of Land Development in Low-Slope Hilly Region —A Case Study of Jiangjin District, Chongqing City

YAN Dabin<sup>1,2</sup>, LI Huimin<sup>3</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>, ZHENG Jiebing<sup>3</sup>, TIAN Xiaosong<sup>1</sup>

(1. China Merchants Chongqing Communications Technology Research & Design Institute Co., Ltd., Chongqing 400067, China; 2. Chengdu Xingrong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chengdu 610041, China; 3. Chongqing Key Laboratory of Exogenic Mineralization and Mine Environment, Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 400042, China)

**Abstract:** Taking low-slope hilly land in Jiangjin District of Chongqing City as the research object, we analyzed the exploitation potential of agricultural land, forestland and construction land, and by used the ecosystem services value (ESV) to evaluate the eco-environmental impacts of comprehensive land utilization. The results show that the theoretical potential area of low-slope hilly land in Jiangjin District is 137 652.55 hm<sup>2</sup>, and the realizable potential area is 31 428.37 hm<sup>2</sup>; the land areas suitable for agriculture, construction and forest account for 74.19%, 11.27% and 14.53%, respectively, in low-slope hilly land. Exploitation of low-slope hilly land can optimize the structure of land use, and alter the original ecosystem service values. The land use type with the largest ESV is forestland, and ecosystem service system engineering has the largest contribution to biodiversity protection. ESV of the study area can occur positive change with the increase of 6.178 8 million yuan per year. The exploitation of low-slope hilly land can not only reasonably utilize land resources, but also improve the eco-environmental carrying capacity in the study area.

**Keywords:** low-slope hilly land; ecosystem service value; exploitation; cultivated land; forestland; construction land

收稿日期:2018-01-02

修回日期:2018-02-08

资助项目:重庆市社会事业与民生保障科技创新专项项目“典型城市水体综合治理技术集成研究与工程示范”(cstc2015shms-ztzz20002);重庆市社会民生科技创新专项项目“海绵城市理念在道路建设中关键技术研究”(cstc2015shmszx30022)

第一作者:鄢大彬(1983—),男,四川德阳人,助理工程师,学士,主要从事农村土地整治措施研究。E-mail:284967467@qq.com

通信作者:田小松(1985—),男,四川资阳人,高级工程师,硕士,主要从事农业及矿山生态环境破坏机理及治理措施研究。E-mail:419346052@qq.com

随着经济社会的快速发展和城市化、工业化进程的日益加快,建设占用耕地现象日益严重,“双保”难题日益凸显。从中国人多地少、耕地资源稀缺、山地丘陵面积较大的国情出发,推进低丘缓坡土地综合开发利用非常必要<sup>[1]</sup>。国土资源部指出“要发展山地工业、坡地城镇,在保护耕地和生态环境的同时,积极拓展建设用地新空间”,优先在浙江、江西、湖北和重庆等7个省市开展低丘缓坡荒滩等未利用土地开发利用规划试点。

重庆直辖以来,经济社会正呈现跨越式的发展,两江新区的建设、各大工业园区和保税港区的设立给重庆土地有效供给和耕地保护带来了前所未有的压力,开展低丘缓坡土地综合开发利用规划试点便显得尤为重要。山地丘陵资源丰富,开发利用低丘缓坡土地前景广阔。结合这一特点,开展低丘缓坡土地开发利用规划,转变土地开发利用思路,通过工业城镇上山,采取“占劣保优、占劣补优、保补结合”方式保护平坝优质耕地,实现在科学布局建设用地的同时切实达到保护优质耕地的目标。

近年来,低丘缓坡土地开发利用研究已成为热点,多数学者的研究集中在后备土地资源的农业开发利用调查评价<sup>[2-5]</sup>、低丘缓坡土地开发利用潜力<sup>[6-8]</sup>等方面,而有关低丘缓坡土地开发利用的研究主要关注农业需求层面<sup>[9]</sup>,鲜有将低丘缓坡土地开发和生态环境影响相结合的研究。为此,笔者以重庆市江津区为研究对象,分析低丘缓坡土地开发的潜力,采用生态服务价值评估方法,评价综合开发利用的生态环境合理性,以期制定低丘缓坡土地开发利用规划提供科学指导。

## 1 研究区概况

江津区的地理位置为东经 $105^{\circ}49'$ — $106^{\circ}28'$ ,北纬 $28^{\circ}28'$ — $29^{\circ}28'$ ,东临巴南区、綦江区,西接永川区、四川省合江县,南靠贵州省习水县,北连璧山县、九龙坡区。江津区地处四川盆地与黔北山区过渡地带,地势由西北向东南逐渐升高。西北以丘陵为主,间北东向长垣状低山,呈雁行排列,海拔标高 $190\sim 500\text{ m}$ ,高差多在 $300\text{ m}$ 以下;中部为坪状、低山及中、深丘地形,山脉走向近南北,大体与构造线一致,海拔标高 $300\sim 1\,000\text{ m}$ ,高差 $100\sim 500\text{ m}$ ;东南部属黔北中山或中低山区,地形强烈切割,以尖峰利脊、高山深谷为其特征,海拔 $1\,200\sim 1\,400\text{ m}$ ,高差 $500\sim 800\text{ m}$ 。最高点位于江津与习水市交界的蜈蚣坝,高达 $1\,709.4\text{ m}$ ,最低点珞璜镇长江出境处,高程为 $182\text{ m}$ 。全区系低山丘陵地貌,南部以山地为主,北部以丘陵较多。全区土地总面积 $321\,898.15\text{ hm}^2$ ,其中丘

陵面积占 $65.1\%$ ,山地占 $31.8\%$ ,河谷阶地占 $3.1\%$ 。研究区内有大小溪河38条,均属长江水系,流程 $415.45\text{ km}$ 。江津区多年平均径流总量达 $15\text{ 亿 m}^3$ ,年径流模数为 $47.1\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 。研究区属亚热带东南季风气候。全年无霜期 $341\sim 253\text{ d}$ ,年平均气温 $18.4\sim 13.9^{\circ}\text{C}$ ,年降雨量 $930\sim 1\,500\text{ mm}$ 。研究区内成土母质有中生代侏罗纪自流井组、沙溪庙组、遂宁组和蓬莱镇组,占幅员面积的 $78.65\%$ ;白垩纪夹关组,占 $13.69\%$ ;三叠纪的嘉陵江组、须家河组占 $5.34\%$ ;新生代第四纪新老冲积,占 $2.32\%$ ,土壤主要为黄壤、紫色土。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

以2010年江津区土地调查核实数据为基础;坡度和高程数据来源1:10 000地形图数据;人口、社会经济数据来源于2011年统计年鉴;其他数据等资料来源于区相关部门。

### 2.2 低丘缓坡资源分析

低丘缓坡土地资源定义为高程 $800\text{ m}$ 以下,坡度 $6^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 的土地,并依据《江津区土地利用总体规划(2006—2020年)》等相关规划,规避基本农田、水源地、天然涵养林、重点经济林、城镇工矿用地、重要基础设施、旅游设施及自然和历史人为保护、自然灾害易发、水土重度流失等区域。低丘缓坡综合开发利用过程可分为两个主要阶段:资料收集阶段、低丘缓坡资源分析与制定规划方案阶段。(1)基础资料收集阶段。拟定资料收集清单,到各部门收集相关资料。(2)低丘缓坡资源分析与制定规划方案阶段。以第二次土地利用现状数据库为基础,利用GIS技术描绘出符合条件的低丘缓坡资源图斑。根据的低丘缓坡图斑,以及由此而生成的调查表,紧密结合2010年土地利用现状底图,到实地复核及外业补充调查,对图斑进行现场调绘。整理调查底图和调查表的对应情况,并将外业调查有关资料建库,确定低丘缓坡资源的开发利用类型。最后,对调查区进行整理分析,按项目类型进行重新编号,并按项目进行面积量算、汇总,将汇总后的低丘缓坡资源面积数据进行分类统计。

### 2.3 低丘缓坡资源适宜性评价

低丘缓坡资源的宜农、宜林、宜建的适宜性评价采取多因素综合评价模型。将评价因子的权重与其对应的分值相乘,获取各评价因子的评价值,再通过加权相加,得出各栅格单元的综合分值。其计算公式为:

$$P_j = \sum_{i=1}^n F_{ji} \times \omega_i \quad (1)$$

式中： $P_j$ 表示第  $j$  个评价单元的总分； $n$  表示最低层次因子总数； $\omega_i$  表示第  $i$  个因子的权重； $F_{ji}$  表示第  $j$  个评价单元中第  $i$  个参评因子的作用分值。根据土地开发潜力分析和评价，重点分析规划期内可以实现的土地开发新增耕地面积与宜建资源面积，满足江津区社会经济发展的需要。

从土地利用的实际情况分析，考虑到评价指标的代表性、差异性和资料可得性，结合多位土地行业专家意见，选择灌溉条件、排水条件、利用现状、作物产量、高程、有机质含量、土壤和坡度作为农用地整治适宜性评价指标，采用德尔菲和层次分析法确定权重，并按照其对于土地质量的影响确定其作用分值；选择坡度、土层厚度、腐殖质层厚、有机质含量、母质类型、石漠化程度这 6 个因子及其土地特征值作为林地整治适宜性评价指标，采用德尔菲和层次分析法确定权重，并按照它们对于土地质量的影响确定其作用分值；以第二次全国土地调查 2010 年变更成果为底图，结合《土地利用总体规划图（2006—2020 年）》、《城镇体系规划图（2003—2020 年）》、《乡镇土地利用规划图（2006—2020 年）》、地形地质地貌等相关图件和资料，通过区位条件、地质环境复杂程度、道路和水利等基础设施条件、生态环境容量作为宜建评价指标，运用多因素综合评价模

型计算出每个格栅单元的综合分值。

2.4 生态服务价值评估方法

低丘缓坡资源的开发利用会引起土地利用类型变化，从而会影响生态系统的过程和所提供的服务，也就是生态系统服务价值的变化是土地利用类型变化带来的效应。生态系统的过程和所提供的服务的研究是以谢高地等<sup>[10]</sup>的研究结果为基础，采用修正后的重庆市生态系统服务价值系数<sup>[11]</sup>（表 1），计算低丘缓坡规划实施前后的生态系统服务价值（ESV，Ecosystem Services Value）和各单项功能的系统服务价值（ $ESV_i$ ）的变化，见公式（2）和（3）。

$$ESV_i = \sum (A_K \times VC_{ik}) \tag{2}$$

$$ESV = \sum (A_K \times VC_K) \tag{3}$$

式中：ESV 为生态系统服务价值（元）； $A_K$  为项目区第  $k$  种土地利用类型的面积（ $hm^2$ ）； $VC_K$  为生态价值系数[元/（ $hm^2 \cdot a$ ）]； $ESV_i$  为生态系统单项服务功能价值（元）； $VC_{ik}$  为单项服务功能价值系数[元/（ $hm^2 \cdot a$ ）]。生态服务价值计算时，耕地对应农田，园地对应森林与草地平均值，林地对应森林，牧草地对应草地，坑塘水面、水利设施用地对应水体，居民点、工矿用地、交通用地和未利用地对应荒漠，河流和滩涂对应水体和湿地的平均值<sup>[11]</sup>。

表 1 重庆市生态系统单位面积生态服务功能单价 元/（ $hm^2 \cdot a$ ）

生态服务价值功能	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气温调节	3747.37	856.56	535.30	1927.17	0.00	0.00
气候调节	2890.81	963.64	952.88	18308.39	492.47	0.00
水源涵养	3426.12	856.56	642.39	15385.39	21820.17	32.07
土壤形成与保护	4175.59	2087.86	1563.20	1830.85	10.65	21.42
废物处理	1402.63	1402.63	1755.95	19464.79	19464.79	10.65
生物多样性	34904.39	1167.05	760.12	2676.76	2665.99	363.97
食物生产	107.09	321.26	1070.73	321.26	107.09	10.65
原材料	2783.73	53.48	107.09	74.90	10.65	0.00
娱乐文化	1370.45	42.83	10.65	5942.19	4646.64	10.65

3 结果与分析

3.1 研究区低丘缓坡资源分布

低丘缓坡资源分布在坡度  $6^\circ \sim 25^\circ$  的贫瘠的耕地、园地、零星分布的林地、闲置的农村建设用地和未利用土地。通过数字高程模型 DEM 和坡度图叠加分析，得出研究区的低丘缓坡资源分布。研究区的低丘缓坡资源总面积  $137\,652.55\,hm^2$ ，占全区土地总面积的  $42.76\%$ 。其中，耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地、城乡建设用地和未利用地的面积分别为  $73\,562.28$ 、 $15\,472.16$ 、 $32\,990.05$ 、 $4.16$ 、 $1\,371.68$ 、 $12\,414.35$ 、 $1\,837.38\,hm^2$ ，分别占低丘缓坡资源总面积的  $53.44\%$ 、 $11.24\%$ 、 $23.97\%$ 、 $0.003\%$ 、 $1.00\%$ 、 $9.02\%$  和  $1.34\%$ 。江津区低丘缓坡资源分布较广，

集中分布在石蟆镇、白沙镇、珞璜镇、李市镇等，占江津区低丘缓坡总资源的  $28.12\%$ ，广兴镇、慈云镇、双福街道和夏坝镇低丘缓坡资源分布较少，其余乡镇的资源分布较平均。

3.2 研究区低丘缓坡资源适宜性评价及潜力分析

低丘缓坡的开发利用以“宜耕则耕，宜建则建，宜林则林”为原则，因地制宜，有计划地合理利用后备资源，将低丘缓坡资源按照开发利用类型的不同，分为“宜农、宜建和宜林”三大类。研究区内低丘缓坡资源理论潜力为  $137\,652.55\,hm^2$ ，占土地总面积的  $42.76\%$ 。受自然条件、交通条件和生态环境因素的影响，研究区内低丘缓坡资源可实现潜力为  $31\,428.37\,hm^2$ ，其中宜农、宜建和宜林面积分别为  $23\,318.03$ 、 $3\,543.16$ 、 $4\,567.18\,hm^2$ ，分别占低丘缓坡资源的  $74.19\%$ 、 $11.27\%$

和 14.53%。宜农开发区域主要位于白沙镇、石蟆镇、石门镇、西湖镇、永兴镇等。宜林开发区域主要位于嘉平镇、蔡家镇、中山镇、塘河镇、白沙镇、德感街道办事处、双福街道办事处。江津区宜建开发区域位于珞璜镇。

通过对土地进行农用地开发适宜性评价,结果见表 2。低丘缓坡资源适宜农用地开发面积为 23 318.03 hm<sup>2</sup>,其中适宜面积为 3 310.20 hm<sup>2</sup>,比较适宜农用地开发面积约 9 844.59 hm<sup>2</sup>,勉强适宜面积为 10 163.24 hm<sup>2</sup>,不适宜面积 114 334.50 hm<sup>2</sup>;宜农低丘缓坡资源主要分布在 6°~15°之间,面积约为 11 786.54 hm<sup>2</sup>,约占总面积的 50.55%,余下面积均分布在 15°~25°之间,面积为 11 531.49 hm<sup>2</sup>,约占总面积的 49.45%。从宜农低丘

缓坡资源的区域分布来看,理论潜力最大的乡镇为先鋒镇,低丘缓坡地可用于耕地开发的面积为 4 940.08 hm<sup>2</sup>,占宜农低丘缓坡资源理论潜力的 21.19%;潜力最小的乡镇为几江街道办事处,低丘缓坡地可用于耕地开发有 434.95 hm<sup>2</sup>,占宜农低丘缓坡资源潜力的 1.87%。从低丘缓坡资源的构成来看,耕地和林地占江津区的宜农低丘缓坡资源比重最大。研究区内有 10 626.14 hm<sup>2</sup>的耕地可以通过整理,归并田块、减少田坎系数,使耕地达到高标准农田的要求,使农用地整理出的耕地达到优质状态。原则上将宜农区的密集林地保留,作为农田生态景观使用,土壤质地较好的疏林地,经过平整或整治后开垦为耕地。

表 2 研究区土地资源开发潜力分析												hm <sup>2</sup>
行政区划	宜农面积				宜林面积				宜建面积			
	适宜	比较适宜	勉强适宜	不适宜	适宜	比较适宜	勉强适宜	不适宜	适宜	比较适宜	勉强适宜	不适宜
白沙镇	565.11	2008.74	309.83	8493.70	478.08	191.23	286.84	0.00	0.00	419.80	0.00	10957.58
柏林镇	0.00	0.00	0.00	5120.87	394.84	157.94	236.90	0.00	0.00	0.00	0.00	5120.87
蔡家镇	0.00	0.00	0.00	6987.86	90.62	135.92	226.54	0.00	0.00	0.00	0.00	6987.86
慈云镇	0.00	0.00	0.00	2225.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2225.29
德感街道办事处	0.00	0.00	0.00	6301.76	91.24	136.88	228.14	0.00	0.00	865.14	0.00	5436.62
杜市镇	0.00	0.00	0.00	5502.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5502.42
广兴镇	220.44	620.51	200.00	1008.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2049.84
几江街道办事处	0.00	434.95	0.00	2244.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2678.96
嘉平镇	200.32	0.00	245.90	2975.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3422.01
贾嗣镇	416.78	726.96	1261.30	2492.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4897.08
李市镇	233.25	0.00	2858.35	6591.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9682.67
龙华镇	146.96	152.78	392.32	3581.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4273.83
珞璜镇	0.00	0.00	0.00	8729.82	0.00	0.00	0.00	0.00	1990.28	0.00	0.00	6739.54
石蟆镇	279.23	1046.55	820.33	6773.45	42.81	64.21	107.03	0.00	0.00	0.00	0.00	8919.56
石门镇	0.00	444.79	988.76	2476.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3910.16
双福街道办事处	0.00	0.00	0.00	2411.59	92.79	37.11	55.67	0.00	0.00	267.94	0.00	2143.65
塘河镇	0.00	0.00	0.00	3302.51	319.77	127.97	191.94	0.00	0.00	0.00	0.00	3302.51
吴滩镇	0.00	0.00	0.00	3629.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3629.88
西湖镇	256.47	1142.43	1365.53	4964.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7728.60
夏坝镇	0.00	0.00	0.00	2229.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2229.15
先锋镇	589.26	3156.74	1194.08	2449.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7389.76
永兴镇	402.38	0.00	121.72	5988.73	60.30	36.17	24.13	0.00	0.00	0.00	0.00	6512.83
油溪镇	0.00	0.00	0.00	7359.66	10.96	16.44	27.41	0.00	0.00	0.00	0.00	7359.66
支坪街道办事处	0.00	0.00	0.00	4322.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4322.88
中山镇	0.00	0.00	0.00	3655.68	0.00	418.51	278.84	0.00	0.00	0.00	0.00	3655.68
朱杨镇	0.00	110.14	405.12	2515.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3030.50
总计	3310.20	9844.59	10163.24	114334.50	1581.41	1322.38	1663.44	0.00	1990.28	1552.88	—	134109.39

宜林适宜性评价结果显示(表 2),低丘缓坡土地资源中宜林适宜面积为 4 567.18 hm<sup>2</sup>,其中适宜面积为 1 581.41 hm<sup>2</sup>,比较适宜面积为 1 322.38 hm<sup>2</sup>,勉强适宜面积为 1 663.44 hm<sup>2</sup>,不适宜面积为 0.00 hm<sup>2</sup>;根据技术路线确定的方法调查,宜林的低丘缓坡资源即理论潜力,总面积为 4 567.18 hm<sup>2</sup>,其中白沙镇和柏林镇的宜林低丘缓坡资源面积最大,分别为 956.15,789.68 hm<sup>2</sup>,分别占宜林低丘缓坡总资源的 20.94%和 17.29%。

从宜林低丘缓坡资源的地类构成来看,全区的宜林资源中大部分是现有林地,其面积为 3 633.47 hm<sup>2</sup>,占宜林低丘缓坡总资源的 79.56%;其次是园地和未利用土地,其面积分别为 525.05,408.66 hm<sup>2</sup>,分别占宜林低丘缓坡总资源的 11.50%和 8.94%。低丘缓坡适宜进行建设用地的开发面积为 3 543.16 hm<sup>2</sup>,分布在珞璜镇、德感街道办事处、双福街道办事处、白沙镇。

由表 2 可知,宜建低丘缓坡资源的区域分布来分

布在白沙镇、德感街道办事处、珞璜镇、双福街道办事处。理论潜力最大的乡镇为珞璜镇,低丘缓坡地可开发为建设用地有 1 990.28 hm<sup>2</sup>,占宜建低丘缓坡资源理论潜力的 56.17%;其次为德感街道办事处,低丘缓坡地可开发为建设用地有 865.14 hm<sup>2</sup>,占宜建低丘缓坡资源理论潜力的 24.42%;理论潜力最小的乡镇为双福街道办事处,低丘缓坡地可开发为建设用地有 267.94 hm<sup>2</sup>,占宜建低丘缓坡资源理论潜力的 7.56%。宜建低丘缓坡资源主要分布在 6°~15°之间,面积约为 2 107.13 hm<sup>2</sup>,约占总面积的 59.47%,余下面积均分布在 15°~25°之间,面积约为 1 436.03 hm<sup>2</sup>,约占总面积的 40.53%。一方面是珞璜和德感街道办事处地势相对较为平缓,地形坡度均处在 6°~15°之间,此处较少有地质灾害发生,基础条件较好,渝黔铁路和城市外环快速路南北贯穿珞璜镇,德感有城市内环高速公路通过;另一方面是因为德感临近中心城区,区域内承担着全区较多的社会、经济、文化、教育等职能,珞璜镇为全区重点打造的工业园区,而且是承接江津和巴南区的重要交通物流枢纽,建设用地需求量大。

3.3 土地利用结构调整及生态服务价值变化

对比分析发现,低丘缓坡规划实施前后的地类组成发生了改变,结果见表 3。规划实施前耕地面积为 114 718.65 hm<sup>2</sup>,规划实施后耕地面积为 114 731.93 hm<sup>2</sup>,增加了 13.28 hm<sup>2</sup>;规划实施前园地面积为 27 652.72 hm<sup>2</sup>,规划实施后耕地面积为 27 541.39 hm<sup>2</sup>,减少了 111.33 hm<sup>2</sup>;规划实施前林地面积为 98 897.74 hm<sup>2</sup>,规划实施后耕地面积为 99 072.49 hm<sup>2</sup>,增加了 174.75 hm<sup>2</sup>;规划实施前交通运输地面积为 4 002.17 hm<sup>2</sup>,规划实施后交通运输地面积为 3 990.05 hm<sup>2</sup>,减少了 12.12 hm<sup>2</sup>;规划实施前其他土地面积为 37 115.54 hm<sup>2</sup>,规划实施后其他土地面积为 36 183.78 hm<sup>2</sup>,减少了 931.76 hm<sup>2</sup>;规划实施前城镇村及采矿用地面积为 28 774.25 hm<sup>2</sup>,规划实施后城镇村及采矿用地面积为 29 641.43 hm<sup>2</sup>,增加了 867.18 hm<sup>2</sup>;草地和水域及水利设施用地占地面积未发生变化。从表 3 可以看出,变化较大的地类为其他土地、城镇村及采矿用地、园地和林地,低丘缓坡土地资源开发利用实现了其他土地和园地向城镇村及采矿用地和林地的转化。

表 3 研究区土地利用结构调整

土地利用类型		规划前		规划后		变化	
		面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%
1	耕地	114718.65	35.64	114731.93	35.64	13.28	0.00
2	园地	27652.72	8.59	27541.39	8.56	-111.33	-0.03
3	林地	98897.74	30.72	99072.49	30.78	174.75	0.05
4	草地	9.05	0.00	9.05	0.00	0	0.00
10	交通运输地	4002.17	1.24	3990.05	1.24	-12.12	0.00
11	水域及水利设施用地	10728.03	3.33	10728.03	3.33	0	0.00
12	其他土地	37115.54	11.53	36183.78	11.24	-931.76	-0.29
20	城镇村及采矿用地	28774.25	8.94	29641.43	9.21	867.18	0.27
合计		321898.15	100.00	321898.15	100.00	—	—

根据生态系统服务价值评估计算公式(2),可以获得低丘缓坡土地资源开发利用前后各土地类型生态服务价值和总服务价值的变化情况,结果见表 4。研究区低丘缓坡土地资源开发利用前后的总生态服务价值由规划前的 768 871.16 万元/a 增加至整治后的 769 489.04 万元/a,增加了 617.88 万元/a。各土地利用类型的生态服务价值中贡献最大的为林地,约占总生态服务价值的 70.57%。不同土地利用类型的生态服务价值在低丘缓坡资源开发利用过程中发生了变化,其中耕地的生态服务价值增加了 9.82 万元/a,园地的生态服务价值减少了 346.27 元/a,林地的生态服务价值增加了 957.77 元/a,城镇村及采矿用地的生态服务价值增加了 38.97 万元/a,交通用地的生态服务价值减少了 0.54 万元/a,其他土地的生态服务价值减少了 41.87 万元/a。不同地类对生态服务价值贡献度发生了改变,变化最大的发生在园地

和林地之间,由于低丘缓坡土地资源开发利用引发的区域内的土地利用结构所致。

通过生态系统服务价值评估的计算公式(3),计算出低丘缓坡土地资源开发利用前后各单项功能的生态系统服务价值的变化情况,结果见表 5。在开发利用过程中,各单项功能的生态系统服务价值将发生变化,从表 5 可以看出,气温调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护、原材料和娱乐文化的生态服务价值发生了正向的改变,变化值分别为 42.36 万元/a,30.39 万元/a,37.83 万元/a,42.94 万元/a,9.18 万元/a,409.65 万元/a,32.70 万元/a,16.19 万元/a;食物生产的生态服务价值发生了逆向的改变,其变化值为-3.34 万元/a,这主要是由园地减少所致。在各单项的生态服务系统工程类型中贡献最大的为生物多样性保护,变幅最大的也为生物多样性保护,变幅为 409.65 万元/a。

表 4 规划前后生态系统服务价值的变化

土地利用类型	规划前		规划后		变幅	
	SEV/(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	比例/%	SEV/(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	比例/%	SEV/(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	趋势
耕地	84872.33	11.04	84882.16	11.03	9.82	增加
园地	86008.90	11.19	85662.623	11.13	-346.27	减少
林地	542040.32	70.50	542998.09	70.57	957.77	增加
草地	7.02	0.00	7.02	0.00	0.00	—
交通运输地	179.86	0.02	179.31	0.02	-0.54	减少
水域及水利设施用地	52801.69	6.87	52801.69	6.86	0.00	—
其他土地	1667.95	0.22	1626.08	0.21	-41.87	减少
城镇村及采矿用地	1293.10	0.17	1332.07	0.17	38.97	增加
合计	768871.16	100.00	769489.04	100.00	617.88	增加

表 5 研究区规划前后各单项功能的生态系统服务价值的变化

生态服务系统	规划前		规划后		变幅
	SEV <sub>i</sub> /(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	比例/%	SEV <sub>i</sub> /(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )	比例/%	ΔSEV <sub>i</sub> /(10 <sup>4</sup> 元·a <sup>-1</sup> )
工程类型					
气温调节	49123.73	6.39	49166.09	6.39	42.36
气候调节	45364.33	5.90	45394.72	5.90	30.39
水源涵养	70511.79	9.17	70549.62	9.17	37.83
土壤形成于保护	67326.09	8.76	67369.03	8.76	42.94
废物处理	59340.50	7.72	59349.68	7.71	9.18
生物多样性保护	408632.52	53.15	409042.17	53.16	409.65
食物生产	15160.39	1.97	15157.04	1.97	-3.34
原材料	32767.30	4.26	32799.99	4.26	32.70
娱乐文化	20644.50	2.69	20660.69	2.68	16.19
合计	768871.16	100.00	769489.04	100.00	617.88

4 结论

(1) 低丘缓坡资源理论潜力为 137 652.55 hm<sup>2</sup>,低丘缓坡资源可实现潜力为 31 428.37 hm<sup>2</sup>,其中宜农、宜建和宜林面积分别为 23 318.03,3 543.16,4 567.18 hm<sup>2</sup>,分别占低丘缓坡资源的 74.19%,11.27%和 14.53%。宜农开发区域主要位于白沙镇、石蟆镇、石门镇、西湖镇、永兴镇等。宜林开发区域主要位于嘉平镇、蔡家镇、中山镇、塘河镇、白沙镇、德感街道办事处、双福街道办事处。江津区宜建开发区域位于珞璜镇。

(2) 低丘缓坡土地资源开发利用改变了研究区土地利用结构,低丘缓坡土地资源中的园地和其他未利用地向林地、耕地和建设用地转化。低丘缓坡资源的开发利用在合理利用了土地资源前提下,既增加了建设用地指标,又提供了农用地后备资源。

(3) 低丘缓坡土地资源开发利用规划实施改变了研究区的生态服务价值。生态服务价值中贡献最大的为林地,约占总生态服务价值的 70.57%。生态服务系统工程中生物多样性保护贡献最大,约占总生态服务价值 53.16%。总生态服务价值由规划实施前的 768 871.16 万元/a 增加至 769 489.04 万元/a,生态服务价值发生了正向变化,低丘缓坡土地资源开发利用有利于提升当地的生态承载力。

参考文献:

[1] 高克昇. 浙江省低丘红壤资源调查与评价研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.

[2] 王暖玲,赵庚星,王瑞燕,等. 区域农地整理质量评价及其时空配置研究:以山东省青州市为例[J]. 自然资源学报,2006,21(3):369-374.

[3] 罗鹏. 基于 3S 技术的兰溪市低丘红壤资源调查及开发利用潜力评价[D]. 杭州:浙江大学,2006.

[4] 余新晓,宋维峰. 山地住宅建设中的生态环境问题及其防治对策[J]. 国土论坛,2004(4):23-25.

[5] 冯维波. 试论山地城市人居环境的生态建设[J]. 水土保持研究,2006,13(1):26-34.

[6] 吕杰,袁希平,甘淑. 低丘缓坡土地资源开发利用战略分析研究[J]. 中国农学通报,2013,29(35):225-229.

[7] 王志清,林飞,苗国丽,等. 低丘缓坡林地开发利用研究:以浙江省宁波市为例[J]. 林业经济,2011(12):74-77.

[8] 严伟. 经济发达地区低丘缓坡资源合理开发利用:以浙江省永康市为例[D]. 杭州:浙江大学,2007.

[9] 朱晓芸. 低丘缓坡土地资源开发利用评价研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.

[10] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2003,18(20):189-196.

[11] 王晓春. 基于土地利用结构变化对生态系统服务价值的评价:以重庆市为例[D]. 重庆:西南大学,2010.