



大都市郊区土地整治生态效益 定量分析研究

——以上海市廊下镇土地综合整治项目为例

宁秀红 申树云

一、前言

上海市金山区廊下镇国家级基本农田示范区土地整治项目位于廊下镇中部,是上海市级土地整治项目试点之一(见图1)。项目区内有金廊公路纵贯南北、漕廊公路横贯东西,且临近朱平公路、廊平公路和上海绕城高速公路,交通条件较为便利,交通区位优势明显,有利于加快廊下镇农业现代化发展,增强农业综合竞争力,快速推进农业旅游。该项目总面积1771.22公顷(约2.66万亩),总投资6.2324亿元,新增耕地55.90公

顷。根据该项目的规划设计报批稿,土地整治后比土地整治前可净增收益2671.17万元,通过静态投资分析,回收期为10.85年。

由此可见土地整治对经济效益的影响实时性相对来说还比较强,定量研究也较体系也较为成熟。相较之下,土地整治对生态环境的影响则往往具有明显的滞后性,且由于土地整治生态效益难以用货币衡量,使土地整治生态效益评价结果难以融入决策的价值判断体系,导致在土地整治推进过程中,容易忽视

土地整治对生态环境的影响。为了显现土地整治生态效益,促进土地整治实现经济效益与生态效益双赢,不少学者做出了积极的探索,力图将生态效益货币化,使人们能更直观地了解土地整治对生态环境的影响。

目前土地整治生态效益货币化主要有两种方法,一是能值分析法,通过将不同类别的能量转化为太阳能值,从而可以进行定量比较和加总,最后通过太阳能值货比率将生态效益货币化,但该方法反映的是物质生产过程中所消耗的太阳能,无法反映人类对生态系统所提供的服务的需求,也无法反映生态系统服务的稀缺性;二是货币价值量法,使用不同土地利用类型面积代表生态系统服务价值的量值,利用该值乘以平均生态系统服务价值系数,即可得到相应区域生态系统服务总价值,但由于生态系统具有复杂性与空间异质性,同一土地类型单位面积生态系统服务价值也会随着时空变化而不同,因而将不同时空状态下单位面积生态系统服务价值作恒值处理所得结果与实际情

况存在偏差。

虽然以上两种方法对于直观了解土地整治对生态环境的影响及将生态效益评价纳入土地整治价值判断体系都具有重要的意义。本文将在前人研究的基础上,基于生态系统服务价值理论,明确土地整治生态效益研究的内容,并根据上海市廊下镇土地整治项目的特征及数据的可得性,从生态系统服务的基本涵义出发,具体分析该项目所产生的生态效益。

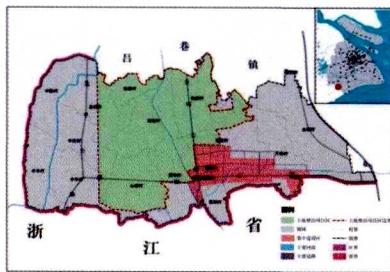


图1 研究区区位图

二、土地整治生态系统服务价值研究内容及方法

(一)研究内容

由于土地整治对生态环境产生的影响是多方面的,为避免重复计算,需要依据一定的标准对生态效益进行归类,明确土地整治生态效益的评价内容。在

现有文献中较有影响力的是 Costanza 和谢高地等人对生态系统服务的划分,通过分析研究,本文将基于谢高地等人的研究成果,根据上海市廊下镇土地综合整治的特征,确定土地整治生态效益的评价内容。

由于土地整治前后项目区粮食生产和原材料的增加体现在项目区群众收入的提高,一般将其纳入土地整治经济效益范畴,因此本次生态效益测算时不包含生活生产和原材料生产服务功能;废物处理功能大小与需要被处理的废物量相关,而一般情况下土地整治不会使项目区的人口与禽畜数量大幅度增加或减少,故不予考虑。另外,支持服务功能价值多采用条件法予以估算,即人类对其保护所付出的代价来评估,但土地整治项目在预算中基本没有该部分的投入,且缺乏生物数量及种类的相关资料,无法开展相关研究,故本文也不予考虑此项服务功能。

通过分析,本文测算土地整治对生态系统服务价值的影响,评估的对象及评价内容如表1所示。

表1 生态系统服务价值评估内容

一级分类	二级分类	评价内容
供给服务	食物生产	—
	原材料生产	—
调节服务	气体调节	固碳制氧 净化空气 温室气体排放
	气候调节	气候调节
	水文调节	蓄水功能
	废物处理	—
支持服务	保持土壤	—
	维持生物多样性	—
文化服务	提供景观美学	生态休闲服务

(二)生态系统服务价值测算方法

1、气体调节功能

(1)固碳制氧功能价值测算

绿色植被通过光合作用固定太阳能,吸收空气中的 CO_2 ,释放 O_2 ,维持大气化学组分平衡。项目区土地整治后,绿色植被变化最大的有水稻和防护林。根据植物光合作用方程式: $\text{CO}_2(264\text{g})+\text{H}_2\text{O}(108\text{g})\rightarrow\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(180\text{g})+\text{O}_2(193\text{g})\rightarrow$ 多糖(162g)可知,植物每生产162g干物质可吸收固定264g CO_2 ,即植物每生产1g干物质需要1.63g CO_2 ,释放1.20g O_2 。

可利用造林成本法,即营造可以吸收同等数量的 CO_2 或释放同等数量 O_2 林地的成本来代替其他途径吸收 CO_2 或释放 O_2 的价值。根据相关文献,农田生态系统单位面积农作物固碳制氧价值通式为:

农作物类:

$$\text{VN}=\text{N} \times \text{S} \times \text{B} \times \text{t} \quad \text{N}=\text{J} \times (1-r)/f \quad \text{公式 1}$$

林木类:

$$\text{VL}=\text{L} \times \text{A} \times \text{B} \times \text{t} \quad \text{公式 2}$$

其中,VN为农作物固碳或制氧价值,N为农作物年净生物量,S为农作物面积,B为固碳或制氧成本,t为固碳或制氧系数(固碳系数为1.63;固氧系数为1.20),J为农作物经济产量,r为农作物经济产量含水量,f为农作物经济系数;VL为防护林固碳或制氧价值,L为防护林年净初级生产力,A为防护林树木数量。

(2)净化空气功能测算

马新辉等人的研究成果表明水稻、林地等具有吸收吸附灰尘、 SO_2 、HF等作用。土地整治项目区有大面积的水稻田及防护林,可净化项目区的空气,但本文所研究的土地整治项目区内基本没有释放污染物的工厂,因此仅考虑生态系统滞尘功能的价值。在测算时采用费用分析法,以消减粉尘的成本估算滞尘功能价值,具体如下:

$$\text{Vd}=\text{Cd} \times \text{Qd} \quad \text{公式 3}$$

其中,Vd为滞尘功能价值,Cd为消减滞尘成本;Qd为滞尘量,而 $\text{Qd}=\text{单位面积稻田年滞尘量} \times \text{新增稻田面积}+\text{防护林带面积} \times \text{单位面积防护林带滞尘量}$,防护林面积=防护林株数 \times 株间距 \times 防护林宽度。

(3)温室气体排放

1)温室气体排放量测算



土地整治项目区稻田除了可以固碳制氧、净化大气外,还是 N_2O 、 CH_4 等温室气体排放源,土地整治灌溉水田的增加会导致温室气体排放量增大,对项目区生态环境产生负效益。土地整治后, N_2O 和 CH_4 排放增量计算公式如下:

N_2O 排放量=

$$\text{新增灌溉水田面积} \times \text{稻田} \text{N}_2\text{O} \text{年排放量} \quad \text{公式 4}$$

CH_4 排放量=

$$\text{新增灌溉水田面积} \times \text{稻田} \text{CH}_4 \text{年排放量} \quad \text{公式 5}$$

2)温室气体排放损失价值

Costanza估算全球生态系统服务时,分别采用了0.91元/kg和24.37元/kg分析 CH_4 和 N_2O 的损失值,本文也沿用这两个指标估算稻田温室气体排放的损失价值。

$$\text{V}_w=\text{CH}_4 \text{排放量} \times 0.91 \text{元/kg} +$$

$$\text{N}_2\text{O} \text{排放量} \times 24.37 \text{元/kg} \quad \text{公式 6}$$

2、气候调节功能

适宜的温度和湿度给人提供舒适的环境,人从中所获得的无形效益应该纳入生态效益之内。本文采用成果参照法计算气候调节功能价值,主要参考的是谢高地等人在2007年对我国生态系统服务价值的估算成果,由于生态系统的气候调节功能价值与其单位面积生物量成正比,故根据生物量予以修订,具体如下所示:

$$\text{P}=(\text{N}/\bar{\text{N}})\text{P}_i \quad \text{公式 7}$$

式中,P为修订后单位面积某生态系统的生态服务价值, P_i 表示某生态系统基准单价,N为土地整治前/后项目区某生态系统年净生物量, $\bar{\text{N}}$ 为中国某生态系统单位面积平均生物量。

3、蓄水功能



为了归并零散田块和满足新增耕地率应达到3%以上的要求,项目区相当数量的坑塘、养殖水面、断头浜被填埋。被填埋的坑塘、养殖水面、断头浜虽然对农业生产作用相对有限,但其能够涵养水源、净化污水,对项目区的生态环境却起着重要作用。另外,土地整治对蓄水能力影响较大还有河道的清淤、开挖及填埋,因此在本文蓄水功能的估算中,主要考虑坑塘和河道的填方和挖方量。

项目区蓄水功能的价值主要通过影子工程法进行定量测算,即首先估算土地整治前后项目区蓄水能力的变化量,然后计算修建具有相当蓄水能力的水库的价格来表示生态系统蓄水功能的价值,其公式为:

$$V_s = W \times C \quad W = W_1 + W_2 \quad \text{公式 8}$$

式中, V_s 为蓄水价值, W_1 为坑塘、养殖水面、断头浜的挖方和填方量差值, W_2 为河道清淤和开挖土方量与填埋土方量的差值, C 为水库蓄水成本。

4、文化服务

随着社会经济的发展,城市生活节奏越来越快,舒适恬静的田园生活便成为了时下比较受欢迎的一种解压方式。目前上海一些土地整治项目已经结合这种需求,尝试开展了马拉松、艺美乡村、农家乐等旅游休闲活动,且取得了良好的经济效益和社会反响,因此,土地整治后项目区在环境和景观上的价值可以通过其旅游价值来表示。

旅游价值的核算通常采用旅游费用法和机会成本法,即以消费者的旅游消费支出和时间成本来衡量旅游服务功能,其公式如下:

$$V_t = (\text{旅游费用支出} + \text{旅游时间价值} + \text{其他花费}) \times \text{客流量} \quad \text{公式 9}$$

式中,旅游费用支出一般包括旅客从出发地到景点的往返交通费、食宿费、门票和景点的各种服务收费三部分。本文往返交通费取市中心到项目区的交通费。旅游时间价值,是指由于旅游活动而不能工作损失的价值,游客工资水平取上海市平均水平进行计算。其他花费包括在购买旅游纪念品、摄影等方面的花费。在测算具体项目时,一般只计算主要收费活动的价值。

5、生态效益修订

由于在计算过程中选取的各单位费用的年份不同,直接加总没有任何意义。通货膨胀使相同数量的资金在不同的年份有不同的实际价值,本文利用上海市历年CPI增长率将所有功能的价值贴现到2014年,这样能更客观地认识生态环境各功能的价值。

(三)数据来源

本文中所涉及的与项目相关的数据主要来自于该项目已报批的规划设计书,所使用的社会经济数据来源于相关官方网站以及上海市统计年鉴。

三、研究结果

(一)气体调节功能

上海市廊下镇土地整治项目区范围内,以农田生态系统为主,土地整治对农田生态系统的气体调节服务影响最大的为灌溉水田和防护林的数量增幅明显。因此在测算气体调节生态服务功能时,以农田生态系统的灌溉水田和防护林为主要研究对象,其中灌溉水田主要种植水稻,防护林以水杉为主。依据该项目的规划设计书,土地整治之后,耕地面积由1210.87公顷增加到1266.77公顷;新增农田防护林乔木主要有水杉18352株、墨西哥落羽杉5682株、垂柳2457株、银杏1691株。

1、固碳制氧功能价值测算

土地整治项目实施后灌溉水田面积从904.83 hm^2 增加到985.46 hm^2 ,新增耕地80.63 hm^2 且由于配套了防护林和灌溉设施,水稻亩产值由569.2公斤/亩提高到654.58公斤/亩,参考相关学者的研究成果,可知水稻的经济系数 $f=0.45$;水稻种子的含水量 $r=27.17\%$,根据水稻年净生物量计算公式以及项目区粮食作物一年播种两次的种植方式,土地整治前水稻年净生物量为27.64 t/hm^2 ,土

地整治后水稻年净生物量为 31.78 t/hm²。

项目规划的农田防护林以河道护岸林兼做农田防风林的林带为主要构架,以护路护沟林兼做农田防护林的林带为辅,树种以适宜当地环境的水杉为主,乔木共 28479 株,根据相关参考文献水杉的年净生物量为 4.27kg/株。

由于土地整治项目实施后,水稻面积增加、产量提高,防护林网的配置,形成一个巨大的碳储库,吸收大气中的 CO₂,释放大量的 O₂,从使用价值角度来看,两者是相互独立的。参考相关文献,造林成本法固定 CO₂ 的价值为 273.3 元/t,制氧价值为 352.93 元/t。则可根据公式、公式可计算出土地整治后固碳制氧功能价值可增加 559.22 万元。

2、净化空气功能测算

廊下市级土地整治项目区范围内没有释放污染物的工厂,因此净化空气的功能仅测算水稻及防护林的滞尘作用。新增灌溉水田面积 80.63 hm²,防护林的平均间距为 2.25m,防护林宽度 0.8m,防护林树木数量为 28479 株,可估算出防护林的面积为 51262.2m²,参考相关文献,得到水稻田的滞尘功能为 0.92t/hm²/a,防护林滞尘功能为 3.15t/hm²/a,削减滞尘成本为 150 元/t。

根据公式可计算出土地整治后滞尘功能价值增加 1.35 万元。

3、温室气体排放损失价值

土地整治后新增温室气体排放量主要是由新增灌溉水田引起的,鉴于农田释放温室气体的过程较为复杂,本文采用陈书

涛在其博士学位论文《管理措施对农田生态系统土壤呼吸、N₂O 和 CH₄ 排放的影响》中的研究结果:稻田淹水期几乎没有 N₂O 的排放,但在泡田前和水稻成熟、稻田落干后的非淹水期内则排放大量 N₂O;水稻生长季 CH₄ 的排放有三个高峰期,分别为插秧不久后、水稻生长最旺盛的扬花期前后、水稻成熟期。通过测定,我国南方一般管理条件下,稻田 N₂O 年排放量为 1.63kg/ha; CH₄ 年排放量为 15.3g/m²。

根据公式、公式可估算新增温室气体排放量,根据公式 6 可测算出新增温室气体排放所损失的价值为 1.45 万元。

(二)气候调节功能

土地整治活动对气候的影响主要体现在三方面,一是农田对气候影响的改变;二是防护林的建设对气候所产生的影响;三是新增道路、沟渠等水泥表面对气候的影响。其中,防护林和道路、沟渠由于呈带状分布,所占比例较小,本文主要考虑成片农田的气候调节功能。参考相关文献可知,农田生态系统基准单价为 435.63 元/hm²/a,中国农田生态系统单位面积平均生物量 50t/hm²。原有耕地面积 1210.87 hm²,整治后耕地面积 1266.77 hm²。

根据公式可估算出上海市廊下镇土地整治项目气候调节功能价值增加 5.92 万元。

(三)蓄水功能

土地整治过程中对蓄水功能影响较大是对坑塘、断头浜以及河道的挖方和填方,根据该项目的规划设计书,土地平整工程和河道整治工程所涉及的挖方和填方的基本情况如表 2 所示:

表 2 项目区挖方和填方基本情况

项目	工程量/万方	备注
坑塘土方	2.37	挖方
	85.6	填方
断头浜	0.17	挖方
	12.8	填方
河道	49.58	挖方
	14.43	疏浚
	23.5	填方

从表 2 挖方和填方的差值,可知整个项目区填方量为 121.9 万方,挖方量为 66.55 万方,即项目区范围内蓄水量减少了 55.35 万方(55.35 万吨),参考相关文献,水库的蓄水成本为 0.67 元/t。

根据公式可以估算出项目区蓄水功能价值的损失值为 37.08 万元。

(四)文化服务

上海市廊下镇土地整治综合项目文化服务价值测算包含交通费、门票费、采摘费、餐饮费以及时间成本,具体测算如下:

1、交通费:以人民广场地铁站为起点,到达廊下镇土地综合整治项目区游玩,其路程约为 81.1 公里,耗时 1.5h。根据一般家庭用车每百公里耗油量、油价、乘坐人数以及廊下郊野公园停车收费标准,可估算出廊下郊野公园往返交通费为 21.5 元/人。

2、门票费:目前廊下镇土地整治整治区大部分区域免费开放,但廊下生态园需要门票,50 元/人,但不是所有人都会购买该门票,因此按照 75% 购买率估算,门票价格为 37.5 元/人。

3、采摘费:在项目区内,目前比较普及和受欢迎的是采摘园,以草莓采摘为例,约 30 元/

表3 项目区生态系统服务价值变化量/万元

项目	固碳制氧	净化空气	温室气体排放	气候调节	蓄水功能	文化服务
年份	2007	2014	1997	2007	2014	2015
价值	559.22	1.35	-1.45	5.92	-37.08	3876.42

表4 修正后项目区生态系统服务价值变化量/万元

固碳制氧	净化空气功能	温室气体排放	气候调节功能	蓄水功能	文化服务	合计
712.38	1.35	-2.07	7.54	-37.08	10971	4558.54

人/斤,游客游玩每人一般会采摘 2-3 斤草莓(取平均值 2.5 斤),即旅游购买力为 75 元/人。

4、餐饮费:项目区周边餐饮场所有锦江中华村农家乐、廊下生态园,参考锦江中华村农家乐人均消费平均水平,可知,游客餐饮消费约为 50 元/人。

5、时间成本:据上海市人力资源和社会保障局网页显示,2014 年上海市职工平均工资为 65417 元,月平均工资为 5451 元,则可推算出,日工资为 181.7 元/日/人,即旅游的时间价值为 181.7 元/日/人。

依据目前项目区运营过程中的人流量,可估算出项目区 2015 年人流量为 10 万人次/年。

根据公式可计算出文化服务价值增加 3876.42 万元。

(五)生态效益修正

项目区土地整治前后生态系统服务功能价值变化量结果如表 3。

根据我国历年 CPI 增长率修正后得到结果如表 4。

四、结论与讨论

本文基于生态系统服务价值理论,以上海市廊下镇土地综合整治项目为例,采用货币价值量法,对土地整治后项目区生态系统服务价值的变化进行了定量分析研究,根据测算结果可以得出以下结论:

(1)土地整治可以产生较高的生态效益。根据本文的测算结果,项目区土地整治后比整治前年净增生态效益为 4558.54 万元,而依据该项目的规划设计书,土地整治后比整治前年净增经济效益为 2671.17 万元,即从测算结果上来看土地整治所产生的生态效益远高于经济效益,但需要明确的是并不是所有生态效益都可以转化为经济效益。

(2)土地整治对项目区温室气体排放和蓄水功能服务价值产生负影响,且其中土地整治对

项目区蓄水功能服务价值负影响最大。对蓄水功能服务价值负影响产生的原因为土地整治过程中填埋了相当量的坑塘、养殖水面以及断头浜,因而在今后土地整治中,应注重农村坑塘水面综合开发利用问题的研究,如因地制宜种植莲藕、构建“桑基鱼塘”体系等,在降低土地整治对蓄水功能负影响的同时,促进“三农”发展。

(3)土地整治对固碳制氧、净化空气、气候调节、文化服务价值的影响为正影响,且对文化服务价值的净增效益影响最大,占项目区生态效益总增益的 85.04%。这是由于目前大都市普遍都面临着生态休闲空间匮乏的困境,因此在推进大都市郊区土地整治过程中,应在环境容量限度内,深入挖掘其文化服务价值,使生态效益转化为经济效益,实现“生态效益”与“经济效益”双赢。■

