

粮食安全视角下省际耕地生态补偿的标准量化与机制构建

崔宁波 生世玉 方袁意如

(东北农业大学 经济管理学院, 哈尔滨 150030)

摘要 为促进全国耕地利用布局优化,保障粮食安全与生态服务的持续供给,立足粮食安全视角,在厘清省际耕地生态补偿的理论逻辑和补偿标准的测算思路基础上,运用机会成本损失与生态外溢价值法对2019年受偿区粮食安全保障的耕地生态补偿标准进行了量化研究。结果表明:1)研究区有17个省份处于粮食安全保障的耕地生态赤字区(支付区),14个省份为盈余区(受偿区),后者在满足自身粮食需求后,平均约有超过30%的耕地承载的粮食产量和生态服务供给了各生态赤字区;2)受偿区的受偿标准总额约为24673.4亿元,其中最高的3个省份是河南、山东、安徽,最低的3个省份是宁夏、甘肃、新疆。为此,提出要构建包括补偿主体—目标责任—补偿方式—资金来源构成的补偿机制和配套体系,进一步保障生态补偿的长效实施。

关键词 粮食安全;生态补偿;标准量化;机制构建

中图分类号 F323.21

文章编号 1007-4333(2021)09-0232-12

文献标志码 A

Standard quantification and mechanism construction of inter-provincial cultivated land ecological compensation from the perspective of food security

CUI Ningbo, SHENG Shiyu, FANG Yuanyiru

(College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract The aims of this study were to promote the national land use layout optimization, and sustain a continuous supply of food security and ecological services. Based on the perspective of food security, the clarification of the theoretical logic and compensation standard calculation for interprovincial arable land ecological compensation, the ecological compensation standard of food security in cultivated land area in 2019 were quantitatively studied by using the opportunity cost loss and ecological surplus value. The results showed as follows: 1) A total of 17 provinces were in the cultivated land ecological deficit area (payment area), and 14 provinces were in the surplus area (compensation area). After the later provinces met their own food demand, about 30% of the cultivated land's grain yield and ecological services was supplied to each ecological deficit area. 2) The total amount of compensation standard of the compensated areas is about 2467.34 billion Yuan, among which the highest three provinces are Henan, Shandong and Anhui, and the lowest three provinces are Ningxia, Gansu and Xinjiang. In conclusion, a compensation mechanism and supporting system, which includes the compensation subject, the target responsibility, the compensation mode and the source of funds, is put forward in this study to further ensure the long-term implementation of ecological compensation.

Keywords food security; ecological compensation; standard quantification; mechanism construction

粮食安全问题事关国计民生,改革开放以来,中国在农业上取得的最大成绩就是成功的保障了十四亿人口的吃饭问题,粮食综合生产能力连续5年增

长在6.5亿kg以上,粮食总量连续7年保持在6000亿kg以上^[1]。耕地作为保障粮食综合生产能力的基本载体,是不可缺少的资源投入,也是深入

收稿日期:2021-01-12

基金项目:国家社会科学基金(20BJY149)

第一作者:崔宁波,教授,主要从事农业经济理论与政策研究,E-mail:82890000@163.com

落实“藏粮于地、藏粮于技”战略重要的物质基础。然而,随着经济利益的驱动、粮食生产任务的加重和对环境价值的忽视,耕地面临的压力越来越大。据统计,全国耕地土壤污染点位超标率为 19.4%,约 770 万 hm^2 耕地承受着不同程度的污染侵蚀,城市建设累计征收耕地面积截止 2016 年已占土地总面积的 43.8%^[2-3]。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提到“要以保障国家粮食安全为底线,健全农业支持保护制度,坚持最严格的耕地保护制度”,十九届五中全会指出要建立生态产品价值实现机制,继续完善市场化、多元化的生态补偿。由此看出,耕地生态安全问题根植于生态文明建设之中,是新时期国家对土地资源可持续利用、耕地生态状况、粮食安全以及永续发展问题的战略性关切,生态补偿正是遵循耕地生态安全的理念指引,在制度上为耕地生态安全提供了保障^[4]。

学术界关于耕地生态补偿的研究主要集中在补偿主体、补偿标准和补偿形式等方面,其中补偿标准的测算直接决定了补偿的科学性和有效性,是补偿机制建立的核心^[5]。在补偿标准的研究上,国内外学者大多基于耕地资源的非市场价值和耕地保护成本两方面展开。非市场价值源于耕地外部性的存在,指不能通过市场交换量化却又客观存在的价值,包括维持生物多样性、净化环境、调节气候、娱乐文化等生态服务功能,由于提高了社会整体福利,是生态补偿的重点内容。庇古理论和科斯理论分别指出通过税收等政府干预行为或市场价格机制来实现生态保护的外部性内部化^[6],在二者的开创性引领下,部分学者运用当量因子、条件价值、选择实验等方法开始了补偿标准量化的探索^[7-9]。以耕地保护成本为基础的补偿标准研究主要集中于对机会成本的测算上,指耕地为保障粮食安全或其他生态社会效益,受政策限制无法转为高收益用途所引发的收益损失^[10-11]。在补偿主体的研究上,较为一致的观点是政府、补偿给付者和补偿接受者是生态补偿的主要利益相关者,并且正在从以政府为主导向三方利益协同一致的趋势转化,其中补偿接受者应以农民为主^[12-13]。在补偿形式的研究上,多数学者认为政府是中国农地保护的倡导者,应当主要围绕政府主导的补偿方式展开,提出了政策补偿、实物补偿、资金补偿、智力补偿等多种相关补偿形式^[14-15]。

既有文献体现了补偿标准确定的基本共识和补

偿机制构建的基础要素。但对于补偿标准来说,多数研究往往仅从耕地保护成本或耕地资源价值的单一视角切入,无法兼顾耕地资源稀缺性和外部性的双重特征。对于补偿机制来说,较少有研究基于粮食安全视角的省际补偿展开,并且缺乏对不同区域空间差异及布局优化的考虑。为此,本研究立足粮食安全视角,首先基于 PSR 概念分析框架厘清粮食安全、耕地利用、生态补偿三者的作用关系以及补偿标准的测算思路;其次,从机会损失与生态外溢价值两方面充分考虑区域的流失与所得,量化省际层面粮食安全保障的耕地生态补偿标准;最后,在理论分析与实证量化结果基础上构建了省际耕地生态补偿机制。以期为促进耕地利用布局优化、调动耕地保护积极性,在持续保障粮食安全和生态服务供给的基础上实现社会利益最大化提供借鉴。

1 理论分析

1.1 粮食安全—耕地利用—生态补偿的关系分析

为了更清楚地表达粮食安全、耕地利用、生态补偿三者在本研究中的关系,运用较为契合的 PSR 即压力(Pressure)—状态(State)—响应(Response)分析范式。

压力:指人类活动给生态系统造成的负荷,即粮食安全对耕地的压力。从国家战略来看,粮食安全的关键在于保障粮食产量的有效供给,粮食产量又受到耕地数量决定的播种面积和耕地质量决定的单产水平双重作用。然而众所周知,建设用地的经济收益远远高于粮食生产,这就导致了一些耕地非农化利用的经济发达地区存在人口多、粮食需求量大但耕地数量少的矛盾。在国家粮食安全政策的要求和耕地资源稀缺性的约束下,势必推动粮食供给任务向耕地面积分布较多、质量高的省份来转移,既加重了这些地区超出自身粮食需求的耕地压力,也使其丧失了转为建设用地的经济发展机会^[16]。从粮食生产来看,尤其对于供给任务较重的地区,在经济利益驱动下为提高短期的粮食单产水平,往往导致农药、化肥、农用薄膜等过量使用,各种残留的有害物质以不同形态逸失、扩散造成土壤环境污染等负面影响,进一步加大了耕地生态压力。

状态:指自然环境、自然资源与生态系统的状况,即耕地生态系统在粮食安全压力下呈现的状态。相关研究认为耕地资源是粮食生产最重要的资源,其数量和质量直接决定了粮食是否安全^[17]。因此,

人口多、耕地数量少的经济发达地区往往呈现出粮食安全保障的耕地生态供给小于生态需求的赤字状态;人口少、耕地数量多、粮食供给任务重的地区则呈现出耕地生态供给大于生态需求的盈余状态^[18]。除此之外,耕地资源的数量和质量还决定着耕地提供生态服务功能的能力,而耕地生态系统作为具有强烈正向外性的开放式系统,其各种生态服务流动具有强烈的跨越行政边界的非定向扩散性,使得生态赤字区可以无偿享受伴随粮食种植且溢于市场之外的盈余区耕地生态系统服务功能^[19-20]。长期以来,由于发展权的丧失和耕地生态系统正外部性的存在,导致盈余区出现粮食耕地保护目标高但粮农主动进行耕地保护意愿低的现象。

响应:指人们面对生态问题所采取的对策与措施,即应对粮食一耕地问题所做出的响应。从国家整体利益最大化原则出发,需要盈余区和赤字区之间优势互补,在保障粮食安全的前提下,实现经济更好更快的发展,因此,粮食耕地盈余区与赤字区的利益失衡和生态消费问题必须通过政府制度才能得以纠正。生态补偿可以弱化耕地农用与非农用间的经济利益差异,减少土地资源配置非农化流转的可能性,还可以显化耕地生态服务功能所产生的生态社会效益,使其纳入到耕地利用的经济收益中。这其中,为了保障国家粮食安全,在一定程度上牺牲自身利益的盈余区地方政府应该得到相应的生态补偿,而粮食供给、耕地保护任务较少以及“搭便车”享受生态社会福利的赤字区地方政府则应该拿出一部分经济成果用于支付耕地生态补偿,以此提高盈余区的耕地保护积极性,进而实现粮食安全和生态服务的持续供给,达到整体社会利益的最大化。

1.2 基于粮食安全的省际耕地生态补偿标准测算思路

耕地作为粮食生产最基本的物质载体,在进行省际生态补偿时,一定要充分考虑盈余区与赤字区之间的实际流失与所得,在此基础上进行责任对等的政策设计。事实上,生态盈余区的利益所得仅有粮食市场交易的经济价值,而利益流失却包括两部分:一部分是由于承担超过自身需求的粮食供给和耕地保护任务所丧失的转化为建设用地的经济发展机会,另一部分是伴随粮食种植的耕地生态系统所提供的水土保持、生物多样保护、娱乐文化等无法进行市场交易的生态外溢价值。相应的,生态赤字区的利益所得包括耕地转化为建设用地的经济发展机

会和无偿享受的生态服务价值,利益流失却仅为粮食交易所付出的市场价值。因此,根据“受益补偿,受害得偿”的原则,赤字区应当成为粮食安全视角下省际耕地生态补偿的支付区,盈余区则应当成为受偿区,补偿的内容应当是超过后者自身需求的粮食耕地机会成本损失和生态外溢价值。补偿标准的测算思路也由此清晰的分别为三步:①核算区域粮食安全保障的耕地生态盈亏面积。②量化单位粮食耕地的机会成本损失和生态系统服务外溢价值的总量。③依据粮食耕地生态盈亏面积、单位机会成本损失、生态系统服务外溢价值,并结合支付能力等确定补偿标准。

2 粮食安全保障的省际耕地生态补偿标准量化

2.1 研究方法

2.1.1 区域粮食安全保障的耕地生态盈亏计算模型

本研究运用基于碳足迹修正的生态足迹模型计算粮食安全保障的耕地生态盈余或赤字。生态足迹模型分为区域自身粮食需求的耕地生态足迹、供给的耕地生态承载力以及差额的生态赤字或盈余 3 部分。

1) 粮食安全保障的耕地生态足迹计算

本研究在对粮食安全保障的耕地生态足迹核算时分为生物资源足迹和碳足迹两部分,前者指满足本地区人口粮食需求所折算的耕地面积,后者指过度追求粮食经济效益的耕地生态性破坏行为引致的“副产品”所折算的耕地面积。为避免二者直接加总所带来的重复计算问题,再引入平衡因子修正核算结果。

生物资源足迹计算:

$$EF_1 = N \times r \times \sum (c_i / z_i) \quad (1)$$

式中: EF_1 为研究区粮食安全保障的耕地生态足迹总量; N 为人口数; c_i 为研究区第 i 种作物的人均消费量; z_i 为第 i 种粮食作物的全国平均生产力; r 为耕地均衡因子,由于其随时间变化调整轻微,本研究直接参考刘某承等^[21]的测算结果。

碳足迹计算:

$$EF_2 = \frac{CB_1}{CB_2}$$

$$CB_1 = \sum (\epsilon_j B_j)$$

$$CB_2 = \alpha \times \beta \times (44/12) \times \sum (m_i / \theta_i) \quad (2)$$

式中： CB_1 为粮食生产过程中的释碳总量； j 为化肥、农膜、机械耕作等产生碳排放的农业活动； ϵ_j 、 B_j 为第 j 类项目的碳排放系数和投入量。 CB_2 为粮食耕地的固碳总量； α 为校正系数， β 为生物量与固碳量之间的转换因子，分别取 0.05 和 0.45；44/12 为碳与二氧化碳之间的换算系数； m_i 、 θ_i 为第 i 种农作物的经济产量和系数^[22]。

粮食安全保障的耕地生态足迹计算：

$$EF = EF_1 + \delta EF_2 \quad (3)$$

式中： EF 为粮食安全保障的耕地生态足迹； δ 为平衡因子，取值根据研究区而定，原则上不应大于 0.5^[23]，本研究采用 0.5 以最大限度保证自身粮食安全对耕地资源的需求。

2) 粮食耕地的生态承载力计算

粮食安全保障的耕地生态承载力是指研究区耕地生态系统实际粮食生产和生态环境的供容能力，具体计算公式为：

$$EC = N \times \sum s_i \times r \times y \times (1 - 12\%) \quad (4)$$

式中： EC 为研究区粮食安全保障的耕地生态承载力总量； s_i 为第 i 种粮食作物的人均面积； y 为产量因子，为使结果更为准确，本研究以研究区粮食耕地平均生产能力与全国粮食耕地平均生产能力的比值做修正计算； $(1 - 12\%)$ 为按照世界环境与发展委员会的报告给出的生物多样性保护面积。

3) 粮食安全保障的耕地生态盈亏计算：

$$ET = EC - EF \quad (5)$$

式中： ET 为耕地生态盈亏量； $ET > 0$ 说明该地区是粮食安全保障的耕地生态盈余区， $ET < 0$ 则为生态赤字区。

2.1.2 单位耕地机会损失和生态外溢价值计算模型

1) 单位耕地机会损失计算模型

本研究以耕地转化为建设用地所产生的收益与粮食市场交易的差值作为粮食耕地保护的机会成本损失。参考刘利花等^[24]的算法，公式如下：

$$C = O - Q = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \times r \times (1 + r)^N}{(1 + r)^N - 1} \times \frac{1}{2} - Q \quad (6)$$

式中： C 为单位耕地保护机会成本损失； O 为机会成本； P_1 为土地出让金纯收益，假设土地出让净收益占土地出让总价款的比例约为 20%； P_2 、 P_3 分别为土地使用权出让契税和耕地占用税，均参考文献计算； N 为土地使用年期，取综合用地出让年期为 50

年； r 为土地还原率，取 2019 年末一年期银行定期存款基准利率； Q 为粮食平均单产收益。

2) 单位耕地生态外溢价值计算模型

生态外溢价值是溢于市场之外的生态系统服务价值，借鉴 Costanza 等^[25]、谢高地等^[26]在该领域已取得的权威研究成果，运用当量因子法计算单位耕地生态外溢价值。

$$Ae = Ea \times \left(\frac{1}{7} \frac{\sum_{i=1}^n m_i p_i q_i}{S_0} \right) \quad (7)$$

式中： Ae 为单位耕地生态系统服务非市场价值； Ea 为谢高地等^[26]测算的当量因子权重； $1/7$ 指单位当量因子价值量约为全国粮食单产市场价值的 $1/7$ ； m_i 、 p_i 、 q_i 为研究区第 i 种粮食作物的播种面积、价格、单产； S_0 为粮食播种总面积。

2.1.3 生态补偿标准模型

生态补偿的测算是以粮食安全保障的耕地生态盈余量为面积，量化耕地保护机会成本损失与生态外溢价值总量。考虑到随着经济社会发展，人们的环保意识和生态保护能力也随之提高，这种认知过程和支付能力与 S 型皮尔生长曲线较为吻合，因此，做出一个补偿系数的修正。基于此，耕地生态补偿标准的计算模型为：

$$M = ET \times (Ae + C) \times R_i = \frac{1}{1 + e^{-(E_{n1} + E_{n2})/2}} \quad (8)$$

式中： M 为粮食安全保障的耕地生态盈余区应获得的补偿总量； ET 、 Ae 和 C 同上； R_i 为补偿系数； E_{n1} 、 E_{n2} 为全国平均城市和农村恩格尔系数，衡量支付能力（此处假设以全国平均水平代表生态赤字区的补偿支付能力）。

2.2 数据来源

本研究选取中国 31 个省（市、自治区，统计数据未含港、澳、台地区，下同）为研究对象，其中涉及的主要数据来自全国和各地区 2020 年的统计年鉴以及《中国农村统计年鉴》^[27]、《全国农产品成本收益资料汇编》^[28]、《中国国土资源年鉴》^[29]，部分土地出让及进出口数据也来自财政部官网、中国地价监测网、布瑞克数据库、艾格农业数据库等。其中，在测算单位粮食耕地机会成本时，仅能获取全国层面的综合数据，由于粮食种植占用的耕地的机会成本取决于当地的社会经济水平^[30]，因此，按各省份地均 GDP 占全国地均 GDP 的比例结合全国单位土地出让净收益计算。

2.3 结果分析

2.3.1 粮食安全保障的耕地生态盈亏分析

根据式(1)~(5)计算得出各省份粮食安全保障

的耕地生态足迹、生态承载力及生态盈亏面积如表1所示。整体来看,2019年全国有17个省份的粮食耕地生态承载力小于生态足迹,为粮食安全保

表1 粮食安全保障的耕地生态盈亏面积

Table 1 Ecological surplus and deficit area of cultivated land under food security

省份 Province	生态足迹/万 hm ² Ecological footprint			生态承载力/ 万 hm ² Ecological- capacity	盈余面积/ 万 hm ² Surplus area	区域类型 Area type
	生物资源足迹 Biological resources	碳足迹 Carbon	总足迹 Total			
黑龙江 Heilongjiang	325.96	134.28	393.10	1065.25	672.15	受偿区
吉林 Jilin	276.34	115.86	334.27	706.43	372.16	受偿区
辽宁 Liaoning	494.25	128.22	558.36	594.33	35.97	受偿区
内蒙古 Inner Mongolia	312.33	137.59	381.13	784.89	403.76	受偿区
北京 Beijing	242.27	150.73	317.64	4.04	-313.60	支付区
天津 Tianjin	167.16	88.15	211.23	30.46	-180.77	支付区
河北 Hebei	474.56	237.72	593.42	686.44	93.02	受偿区
山西 Shanxi	293.19	158.93	372.65	177.34	-195.31	支付区
陕西 Shaanxi	359.77	176.35	447.95	158.73	-289.22	支付区
山东 Shandong	838.42	223.43	950.14	1108.22	158.08	受偿区
河南 Henan	905.43	187.65	999.26	1467.30	468.04	受偿区
上海 Shanghai	273.09	177.24	361.71	13.77	-347.94	支付区
江苏 Jiangsu	546.37	173.61	633.17	427.36	-205.81	支付区
浙江 Zhejiang	447.66	220.33	557.83	246.73	-311.10	支付区
福建 Fujian	425.17	126.34	488.34	158.43	-329.91	支付区
安徽 Anhui	499.55	190.45	594.77	699.22	104.45	受偿区
湖北 Hubei	528.34	218.90	637.79	678.22	40.44	受偿区
湖南 Hunan	497.19	264.41	629.39	542.99	-86.41	支付区
江西 Jiangxi	316.44	148.58	390.73	509.42	118.69	受偿区
重庆 Chongqing	174.38	104.63	226.70	124.46	-102.23	支付区
四川 Sichuan	633.44	194.10	730.49	490.71	-239.78	支付区
云南 Yunnan	275.44	121.43	336.16	283.46	-52.70	支付区
贵州 Guizhou	221.55	90.82	266.96	160.46	-106.50	支付区
广东 Guangdong	711.63	315.52	869.39	220.34	-649.05	支付区
广西 Guangxi	436.58	189.43	531.30	627.61	96.31	受偿区
海南 Hainan	95.97	68.43	130.19	16.88	-113.31	支付区
宁夏 Ningxia	76.45	43.63	98.26	143.62	45.36	受偿区
甘肃 Gansu	153.88	83.15	195.45	243.77	48.32	受偿区
新疆 Xinjiang	173.44	98.43	222.70	349.36	126.66	受偿区
西藏 Xizang	56.34	21.44	67.06	5.04	-62.02	支付区
青海 Qinghai	68.39	24.43	80.60	7.27	-73.34	支付区

障的耕地生态赤字区,大多分布于东南沿海一带的人口多、经济发达或西部耕地生产力水平较低的地区,以 GDP 总量最高省份的广东省赤字情况最为严重。由于工业化、城镇化发展等耕地占用和自然禀赋问题,使得这些省份的耕地生态承载的粮食产量不能满足自身需求,间接将粮食供给任务做出了转移,属于生态补偿的支付主体。另外 14 个省份为粮食安全保障的耕地生态盈余区,也是生态补偿的受偿主体,集中在粮食主产区或人口少、耕地数量较多的新疆、甘肃等地。这些省份农业生产条件优越,在满足自身粮食需求后,平均约有超过 30% 的耕地承载的粮食产量和生态服务供给了各生态赤字区,为国家粮食安全和生态社会福利保障做出了重要贡献。其中以作为“压舱石”的东北地区更为突出,黑龙江、吉林、内蒙古自治区(省)的生态足迹低生态承载力又高,盈余面积分别高达 672.15 万、372.16 万和 403.76 万 hm^2 ,约占总

盈余面积的 51%。

2.3.2 盈余区单位粮食耕地的机会损失与生态外溢价值分析

根据式(6)~(7)计算支付区的发展机会获得以及受偿区的机会成本损失、生态外溢价值如表 2 和 3 所示。一方面,从单位建设用地与粮食单产价值的差额来看,生态补偿支付区的北京、上海、天津、江苏等省(市)遥遥领先,由于社会经济发展水平高,使得本来应当承担粮食供给任务的耕地非农化利用明显。对于西藏、青海等地,受气候、地形、社会、经济等多种原因,单位建设用地收益低于粮食单产价值,虽然理性选择会优先进行粮食生产,但由于其土地贫瘠,单产水平仅为 5 711 和 3 659 kg/hm^2 ,同时播种面积也少,仍然不能满足自身生存发展所需粮食产量对耕地资源的需求。而受偿区由于肩负国家粮食安全任务,不得不为保证耕地数量放弃转化为建设用地的发展机会。黑龙江、内蒙古、新疆等省份的机

表 2 支付区单位发展机会获得

Table 2 Development opportunities of units in the payment area

省份 Province	发展机会获得/(万元/ hm^2) Development opportunity acquisition		
	单位建设用地收益 Revenue from construction land	粮食单产价值 Revenue from grain	单位价值获得 Profit margin
北京 Beijing	231.959	1.191	230.768
天津 Tianjin	128.88	1.386	127.493
山西 Shanxi	12.057	0.932	11.124
陕西 Shaanxi	14.425	0.929	13.497
上海 Shanghai	502.694	2.07	500.624
江苏 Jiangsu	103.279	1.663	101.616
浙江 Zhejiang	66.363	1.572	64.791
福建 Fujian	40.775	1.56	39.216
湖南 Hunan	22.692	1.628	21.064
重庆 Chongqing	32.096	1.375	30.72
四川 Sichuan	11.212	1.366	9.846
云南 Yunnan	7.357	1.066	6.29
贵州 Guizhou	11.093	1.009	10.084
广东 Guangdong	65.773	1.478	64.295
海南 Hainan	16.993	1.392	15.601
西藏 Xizang	0.686	1.32	-0.634
青海 Qinghai	0.821	0.939	-0.119

表3 受偿区单位耕地面积的机会成本损失和生态外溢价值

Table 3 Opportunity cost loss and ecological spillover value per cultivated area

省份 Province	机会成本损失/(万元/hm ²) Opportunity cost loss			生态外溢价值/ (元/hm ²) Ecological overflow value
	单位建设用地收益 Revenue from construction land	粮食单产价值 Revenue from grain	单位价值损失 Loss margin	
黑龙江 Heilongjiang	3.627	1.195	2.432	9 508.52
吉林 Jilin	7.219	1.356	5.863	10 055.76
辽宁 Liaoning	18.764	1.389	17.375	9 022.71
内蒙古 Inner Mongolia	2.061	1.133	0.928	6 213.21
河北 Hebei	20.787	1.198	19.589	7 254.22
山东 Shandong	49.377	1.312	48.065	8 117.29
河南 Henan	35.789	1.331	34.458	7 922.67
安徽 Anhui	29.301	1.301	28.000	8 869.34
湖北 Hubei	27.314	1.487	25.828	6 743.98
江西 Jiangxi	16.672	1.525	15.147	8 107.69
广西 Guangxi	10.277	1.261	9.016	4 273.15
宁夏 Ningxia	8.157	1.297	6.861	4 601.58
甘肃 Gansu	3.132	0.974	2.157	3 953.53
新疆 Xinjiang	1.314	1.396	-0.082	4 066.61

会成本损失相对较少,但山东、河南等省每 hm² 的机会成本损失分别为 48.065 万和 34.458 万元,如若不支付一定的生态补偿,将难以调动这些地区的耕地保护和粮食生产的积极性。另一方面,由于生态系统具有正外部性和跨区域流动性,说明每多余生产自身粮食需求的 1 hm² 耕地粮食,还将有表 3 内的生态外溢价值被赤字区无偿消费。其中,仍然以东北地区最高,这主要源于性状好、肥力高、适宜农作物生长的黑土地贡献。

2.3.3 粮食安全保障的受偿区耕地生态补偿标准分析

根据上述理论分析和式(8),充分考虑区域间流失与所得并经过支付能力修正后,得出受偿区所应得的生态补偿标准如表 4 所示。14 个受偿区的补偿标准总额约 24 673.4 亿元,占全国 GDP 总额 2.4%,其中补偿标准最高的 3 个省份是河南、山东、安徽,最低的 3 个省份为宁夏、甘肃、新疆。可以看出尽管黑龙江省的盈余面积最多但其并不是补偿标准最高的省份,这主要由于河南、山东和安徽等省用

于粮食生产的单位耕地机会成本损失更多,是黑龙江省的 10 倍以上甚至将近 20 倍。之所以对支付区的支付标准不加测算,是考虑到支付区的支付意愿、承受能力和资金利用问题,自然不可能将全部所得收益用于支付粮食安全保障的耕地补偿。

3 粮食安全保障的省际耕地生态补偿机制构建

生态补偿的有效实施依赖于长效稳健的补偿机制。因此,本研究试图在补偿标准测算的基础上,进一步考虑区域差异性的布局优化,构建一个由补偿主体—目标责任—补偿方式—资金来源构成的省际耕地生态补偿机制,并配套以相应的保障措施做好持续的监管与激励。

3.1 补偿主体

关于“补给谁”和“谁来补”的问题,在前述的逻辑分析中指出赤字区是补偿的支付区,那么赤字区的地方政府作为政策制定和生态补偿的统筹者,也应当是生态补偿的主要支付主体,盈余区的地方政

表 4 粮食安全视角下受偿区的耕地生态补偿标准

Table 4 Ecological compensation standard of cultivated land in compensated areas from the perspective of food security

省份 Province	补偿标准/亿元 Compensation standard	省份 Province	补偿标准/亿元 Compensation standard
黑龙江 Heilongjiang	1 753.91	安徽 Anhui	1 797.24
吉林 Jilin	1 744.63	湖北 Hubei	645.09
辽宁 Liaoning	403.26	江西 Jiangxi	1 182.70
内蒙古 Inner Mongolia	617.37	广西 Guangxi	587.65
河北 Hebei	1 140.58	宁夏 Ningxia	222.80
山东 Shandong	4 522.31	甘肃 Gansu	97.14
河南 Henan	9 759.45	新疆 Xinjiang	124.24

府则应当成为受偿主体。但要注意的问题是,耕地是一种具有公共物品属性的载体,实施生态补偿实际上是一次利益再分配的过程。由于理性人的驱使,赤字区的地区政府很难自愿支付补偿费用,需要中央政府作为统筹协调和转移支付主体。其作用体现在两个方面:一是出于公平原则,委托专业机构对省际粮食安全保障的耕地生态补偿标准重新测算公示,对支付区和受偿区的差额进行协调或补助并监督执行;二是对于协调后的横向转移资金纵向下发到相应的具体单位。

3.2 目标责任

目标责任是基于补偿标准之上,从经济发展和资源禀赋的省际差异角度做出进一步的明确,以实现耕地利用的效率最大化和效益空间均衡。主要包括两方面问题:一是各支付区和中央政府应当如何承担支付责任?二是受偿区如何承担粮食安全和耕地保护责任?首先,应当在中央政府协调下,充分考虑生态补偿支付区的发展机会获得、支付意愿、承受能力和资金利用问题等基础上确定支付标准。其次,可以通过引入生态补偿优先级来量化不同受偿区或支付区的补偿迫切程度^[31]。以受偿区为例,本研究依据粮食安全保障程度、生态外溢价值以及单位面积 GDP 来衡量,优先级越高,说明该区域为了保障粮食安全和供给生态服务,更大程度上牺牲了经济发展,应该优先得到补偿。

生态补偿优先级的计算公式为:

$$ECPS = \frac{Q * k + Ae}{GDP/s} \quad (9)$$

式中:ECPS 表示生态补偿优先级; k 为粮食耕地盈

余率,反映研究区对全国粮食安全保障程度,以 ET/EC 表示; GDP 为研究区国民生产总值; s 为研究区土地总面积; Q 和 Ae 同上,具体测算结果如表 5 所示。整体来说,经济发展水平较低的区域补偿迫切程度相对经济发展迅速的地区要高,在资金周转有限的情况下,支付区和中央政府应当优先向新疆、内蒙古、黑龙江、吉林等地支付生态补偿。其中新疆地区在多数研究中易被忽略,事实上,其粮食单产水平是全国平均水平的 1.12 倍,耕地均衡因子值也高于部分地区 2~3 倍以上,因此粮食耕地盈余率达 36.25%,但单位面积 GDP 却远远落后。

最后,受偿区的粮农既是粮食生产的直接经营者和机会成本损失的直接承受者,也是耕地保护的主要执行者。因此,受偿区粮食安全和耕地保护目标责任的落实应当在进一步核算省内耕地保护外部性基础上,确保补偿资金一方面用于粮食生产者或生产组织补贴,刺激粮食生产积极性,提高组织化程度和产业化水平,增加粮食生产的附加值,以此缩小利益差距。另一方面用于耕地生态保护和提高地力水平,将耕地生态社会效益外部性内部化纳入主体收益中,保证粮食产出和生态服务的持续供给。

3.3 补偿形式

粮食是受偿区的主要经济产品之一,同时又是国家发展的基础依靠,在粮食安全保障下的耕地生态补偿可以通过市场和政府相结合的补偿方式来实现。但考虑中国的政策特点及土地产权管理制度,以政府主导仍然是较为有效的实现方式,可以在现有的实物、技术和货币补偿基础上,加入社会保障和农业保险等,将“基于耕地粮食生产经济价值衍生的

表5 粮食安全视角下受偿区的耕地生态补偿优先级

Table 5 Priority of cultivated land ecological compensation in compensated areas from the perspective of food security

受偿区 Accept area	单位面积 GDP/ (万元/hm ²) GDP per unit area	粮食耕地盈余率/% Surplus rate of grain cultivated land	补偿优先级 Compensation priority	补偿顺序 Compensation order
黑龙江 Heilongjiang	2.942	63.10	0.579 4	3
吉林 Jilin	6.136	52.68	0.280 3	4
辽宁 Liaoning	16.824	6.05	0.058 6	9
内蒙古 Inner Mongolia	1.452	51.44	0.829 1	2
河北 Hebei	18.630	13.55	0.047 7	10
山东 Shandong	45.228	14.26	0.022 1	14
河南 Henan	32.580	31.90	0.037 3	12
安徽 Anhui	26.485	14.94	0.040 8	11
湖北 Hubei	24.653	5.96	0.031 0	13
江西 Jiangxi	14.835	23.30	0.078 6	7
广西 Guangxi	8.940	15.35	0.069 4	8
宁夏 Ningxia	7.216	31.58	0.120 5	6
甘肃 Gansu	2.158	19.82	0.272 7	5
新疆 Xinjiang	0.817	36.25	1.117 7	1

社会保障”通过激励补偿机制变为“基于耕地外部效益补偿的社会保障”，即将显化后的生态社会效益部分用于农村社会保障；同时，还可以紧跟国家政策方向与财政支持，以粮食安全和耕地保护可持续利用为根本目的，建立统一的农业保险体系。在市场方面，受偿区和支付区可以直接建立横向补偿形式，一是直接通过市场要约形成粮食贸易关系，在降低运作成本和提高运作效率上进行补偿；二是粮食产业发展补偿，通过提供就业机会，加之技术支持和能力培训，引导盈余区生产方式绿色转型，从而形成区域间的利益分享和良性互动；三是异地储备补偿，用于调节市场供应和应对自然灾害等的储备粮费用是各级政府保证粮食安全的主要支出，在粮权为支付区所有，盈余区企业承担保管责任的情况下，实际增加了盈余区在粮食生产方面的收益，具有外部性补偿的性质。

3.4 资金来源

依据循序渐进和差异性的原则建立多元化的融资体系是生态补偿机制运行的根本保障。一般而言可以分为3个阶段进行不同方式的资金筹集。第一

阶段，由于受偿区的粮食耕地外部性和生态保护意识尚有欠缺，支付区对于生态补偿的意义和重要性也认识不足，补偿资金来源应当以支付区中经济发展优势省份的新增建设用地使用费和土地出让金为主，不足部分可由财政资金补助；第二阶段，随着经济发展和补偿意识的提升，可以新增与粮食产量挂钩的耕地保护调节基金或征收耕地生态社会效益税，主要内容包括为维持粮食安全、生态服务供应所必须支付的保护费用和放弃开发的机会成本等，但此阶段的调节基金或税率应当维持在较低阶段，不足部分仍以地方政府或中央政府的财政资金补助；第三阶段，长远来看，鉴于耕地的公共物品属性及其粮食安全保障和生态服务的公共效益性，必须进一步建立完善的耕地生态社会效益使用税，或通过显化生态效益吸引社会资金投入，用以补偿盈余区生态社会产品的再生产，达到社会效益最大化。此外，中央政府可以设立粮食安全保障的耕地保护生态补偿专项基金将各路资金来源纳入其中，统一管理，再通过转移支付的方式回归到地方耕地生态中，以此弱化省际政府“理性人”的利益驱动性。对于上述补

偿机制的构建可以先进行试点,而后不断优化并扩大实施区域,通过直接受偿和奖罚并行调动盈余区的粮食生产和耕地保护积极性。

3.5 配套保障体系

首先,要完善耕地生态补偿法律保障和监督管理体系,可以通过法律形式或出台相应的指导意见、条例等明确补偿的主体、方式和目标责任,同时注重舆论监督和群众监督作用,促进形成全社会的利益共同体意识;其次,要建立补偿涉及的各利益主体引导和沟通体系,一方面,可以通过电视媒体或现场宣

讲等方式提高赤字区对耕地外部效益、生态补偿认知和自身生态消费行为的意识,另一方面,可以通过信息公开平台等了解各主体的行为信息,根据不同选择和意愿及时进行调整,减少由于信息不对称造成的中间差错;最后,要健全粮食安全保障的耕地资源生态监测预警和补偿成效评估体系,依托各大高校和科研院所,充分利用农业信息技术和信息网络建设进行生态价值、生态安全等监测,同时兼顾省际的横向和省域内的纵向补偿成效评估,做好生态补偿的定期成果反馈。

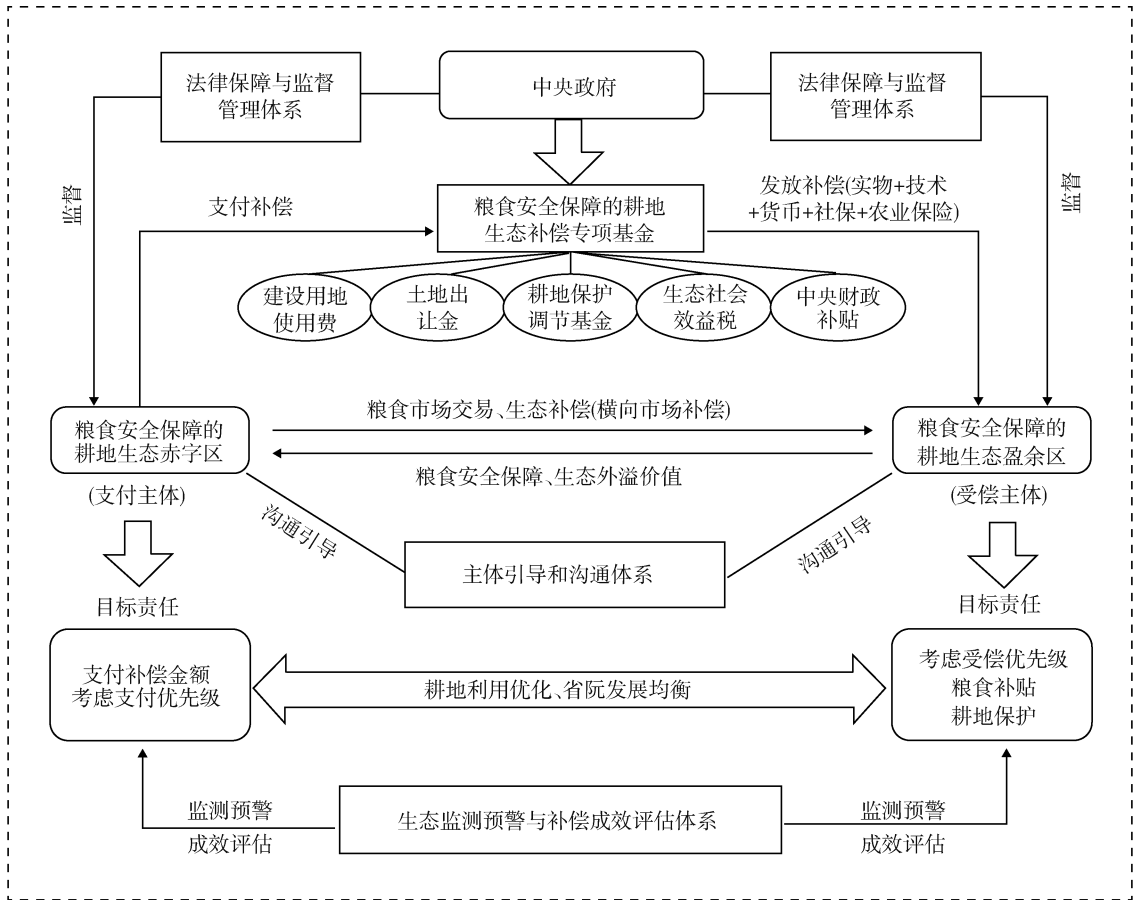


图 1 粮食安全保障的耕地生态补偿机制

Fig. 1 Ecological compensation mechanism of cultivated land for food security

4 结论

本研究立足于粮食安全视角,首先,基于“压力—状态—响应”分析框架厘清了省际耕地生态补偿的理论逻辑,认为由于粮食生产任务转移和粮食生产的负面影响导致耕地生态呈现盈亏和生态价值外溢状态,采取生态补偿能够显化耕地生态社会效益并弱化省际利益差异。其次,从机会损失与生态

外溢价值两方面充分考虑区域的流失与所得,量化省际层面粮食安全保障的耕地生态补偿标准,发现:2019年全国有17个省份为粮食安全保障的耕地生态赤字区,14个省份为盈余区,后者在满足自身粮食需求后,平均约有超过30%的耕地承载的粮食产量和生态服务供给了各生态赤字区;结合单位机会成本损失和生态外溢价值,受偿标准总额约为24 673.4亿元,占全国GDP总额2.4%,其中最高

的3个省份是河南、山东、安徽,最低的3个省份为宁夏、甘肃、新疆。最后,构建了粮食安全视角下由补偿主体—目标责任—补偿方式—资金来源构成的省际横向耕地生态补偿机制和配套体系,进一步保障生态补偿的落实。

参考文献 References

- [1] 张红宇. 牢牢掌握粮食安全主动权[J]. 农业经济问题, 2021(1): 14-18
Zhang H Y. Holding the initiative on food security firmly[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021(1): 14-18 (in Chinese)
- [2] 牛善栋, 方斌. 中国耕地保护制度70年: 历史嬗变、现实探索及路径优化[J]. 中国土地科学, 2019, 33(10): 1-12
Niu S D, Fang B. Cultivated land protection system in China from 1949 to 2019: Historical evolution, realistic origin exploration and path optimization[J]. *China Land Science*, 2019, 33(10): 1-12 (in Chinese)
- [3] 杨文杰, 刘丹, 巩前文. 2001—2016年耕地非农化过程中农业生态服务价值损失估算及其省域差异[J]. 经济地理, 2019, 39(3): 201-209
Yang W J, Liu D, Gong Q W. Estimation loss of agroecosystem service value in farmland conversion and its provincial difference in 2006—2016[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(3): 201-209 (in Chinese)
- [4] 杨俊, 宋振江, 李争. 基于PSR模型的耕地生态安全评价: 以长江中下游粮食主产区为例[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 301-307, 313
Yang J, Song Z J, Li Z. Assessment of cultivated land ecological safety based on PSR method: The case study of main grain production area of the lower Yangtze region[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2017, 24(3): 301-307, 313 (in Chinese)
- [5] 郑华, 李屹峰, 欧阳志云, 罗跃初. 生态系统服务功能管理研究进展[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 702-710
Zheng H, Li Y F, Ouyang Z Y, Luo Y C. Progress and perspectives of ecosystem services management [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(3): 702-710 (in Chinese)
- [6] 牛志伟, 邹昭晞. 农业生态补偿的理论与方法: 基于生态系统与生态价值一致性补偿标准模型[J]. 管理世界, 2019, 35(11): 133-143
Niu Z W, Zou Z X. Theory and method of agro-ecological compensation: Based on the standard model of consistency compensation between ecosystem and ecological value [J]. *Management World*, 2019, 35(11): 133-143 (in Chinese)
- [7] 熊凯, 孔凡斌. 农户生态补偿支付意愿与水平及其影响因素研究: 基于鄱阳湖湿地202户农户调查数据[J]. 江西社会科学, 2014, 34(6): 85-90
Xiong K, Kong F B. Study on payment willingness and level of ecological compensation and its influencing factors: Based on the survey data of 202 farmers in Poyang lake wetland [J]. *Jiangxi Social Sciences*, 2014, 34(6): 85-90 (in Chinese)
- [8] 马爱慧, 蔡银莺, 张安录. 基于选择实验法的耕地生态补偿额度测算[J]. 自然资源学报, 2012, 27(7): 1154-1163
Ma A H, Cai Y Y, Zhang A L. An empirical study of cultivated land ecological compensation based on choice experiments method [J]. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(7): 1154-1163 (in Chinese)
- [9] Jin G, Chen K, Liao T, Zhang L, Najmuddin O. Measuring ecosystem services based on government intentions for future land use in Hubei Province: Implications for sustainable landscape management [J]. *Landscape Ecology*, 2020: 1-18
- [10] 吴泽斌, 刘卫东. 基于粮食安全的耕地保护区域经济补偿标准测算[J]. 自然资源学报, 2009, 24(12): 2076-2086
Wu Z B, Liu W D. Assessment on compensation for external benefit in cultivated land protection from the consideration of regional grain security [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(12): 2076-2086 (in Chinese)
- [11] 雍新琴, 张安录. 基于机会成本的耕地保护农户经济补偿标准探讨: 以江苏铜山县小张家村为例[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(5): 606-610
Yong X Q, Zhang A L. Study on economic compensation standard for peasant households in cultivated land preservation based on opportunity cost [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2011, 32(5): 606-610 (in Chinese)
- [12] Kleijn D, Sutherland W. How effective are European agri-environmental schemes in conserving and promoting biodiversity [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 40(6): 947-969
- [13] 张燕, 王莎. 耕地生态补偿标准制定进路选择: 基于耕地生态安全视角[J]. 学习与实践, 2017(2): 21-28
Zhang Y, Wang S. The choice of approach for establishing cultivated land ecological compensation standard: Based on the angle of cultivated land ecological security [J]. *Study and Practice*, 2017(2): 21-28 (in Chinese)
- [14] 欧名豪, 王坤鹏, 郭杰. 耕地保护生态补偿机制研究进展[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(3): 357-365
Ou M H, Wang K P, Guo J. Research progress on ecological compensation mechanism of farmland protection [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2019, 40(3): 357-365 (in Chinese)
- [15] 宋敏, 金贵. 规划管制背景下差别化耕地保护生态补偿研究: 回顾与展望[J]. 农业经济问题, 2019(12): 77-85
Song M, Jin G. Differentiated eco-compensation for cultivated land protection in the context of planning regulation: Retrospect and prospect [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019(12): 77-85 (in Chinese)
- [16] 曹瑞芬, 张安录, 万珂. 耕地保护优先序省际差异及跨区域财政转移机制: 基于耕地生态足迹与生态服务价值的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 34-42
Cao R F, Zhang A L, Wan K. Provincial differences in

- priority of cultivated land protection and mechanism of transregional fiscal transfer payment: An empirical analysis based on ecological footprint and service value [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(8): 34-42 (in Chinese)
- [17] 罗海平, 朱勤勤, 罗逸伦, 黄晓玲. 耕地生态足迹与生态承载力研究: 基于中国粮食主产区 2007—2016 年面板数据[J]. 华东经济管理, 2019, 33(5): 68-75
Luo H P, Zhu Q Q, Luo Y L, Huang X L. Study on the ecological footprint and ecological capacity of cultivated land: Based on the panel data of main grain producing areas of China, 2007—2016 [J]. *East China Economic Management*, 2019, 33(5): 68-75 (in Chinese)
- [18] 刘利花, 刘向华, 杨洁. 粮食安全视角下的耕地生态补偿标准研究[J]. 学习与实践, 2020(8): 38-47
Liu L H, Liu X H, Yang J. Research on cultivated land ecological compensation standards from the perspective of food security [J]. *Study and Practice*, 2020(8): 38-47 (in Chinese)
- [19] 牛海鹏, 张杰, 张安录. 耕地保护经济补偿的基本问题分析及其政策路径[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 427-437
Niu H P, Zhang J, Zhang A L. Basic problems analysis and policy path of the cultivated land protection economic compensation [J]. *Resources Science*, 2014, 36(3): 427-437 (in Chinese)
- [20] Greiner R, Stanley O. More than money for conservation: Exploring social co-benefits from PES schemes [J]. *Land Use Policy*, 2013, 31(none): 4-10
- [21] 刘某承, 李文华. 基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 401-406
Liu M C, Li W H. Calculation of equivalence factor used in ecological footprint for China and its provinces based on net primary production [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 26(5): 401-406 (in Chinese)
- [22] 杭晓宁, 张健, 胡留杰, 罗佳, 马连杰, 廖敦秀. 2006—2015 年重庆市农田生态系统碳足迹分析[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2018, 44(5): 524-531
Hang X N, Zhang J, Hu L J, Luo J, Ma L J, Liao D X. Analysis of carbon footprints in farmland ecosystem of Chongqing City, 2006—2015 [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2018, 44(5): 524-531 (in Chinese)
- [23] 靳亚亚, 柳乾坤, 李陈. 基于改进三维生态足迹模型的耕地承载力评价: 以江苏省为例[J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 96-104
Jin Y Y, Liu Q K, Li C. Evaluation of cultivated land carrying capacity based on an improved three-dimension ecological footprint model: A case study of Jiangsu Province [J]. *China Land Science*, 2020, 34(9): 96-104 (in Chinese)
- [24] 刘利花, 张丙昕, 刘向华. 粮食安全与生态安全双视角下中国省域耕地保护补偿研究[J]. 农业工程学报, 2020, 36(19): 252-263
Liu L H, Zhang B X, Liu X H. Compensation of provincial cultivated land protection in China from the dual perspectives of food security and ecological security [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(19): 252-263 (in Chinese)
- [25] Costanza R, d'Arge R, de Groot R. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3-15
- [26] 谢高地, 肖玉. 农田生态系统服务及其价值的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(6): 645-651
Xie G D, Xiao Y. Review of agro-ecosystem services and their values [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2013, 21(6): 645-651 (in Chinese)
- [27] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020
Rural Socioeconomic Investigation. *China Rural Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2020 (in Chinese)
- [28] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019
Price Division, National Development and Reform Commission. *Compilation of Cost-benefit Data of Agricultural Products in China* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2019 (in Chinese)
- [29] 国土资源部史志办公室. 中国国土资源年鉴[M]. 北京: 中国国土资源年鉴编辑部, 2011
Office of Historical Records, Ministry of Land and Resources. *China Land & Resources Almanac* [M]. Beijing: China Land and Resources Yearbook Editorial Department, 2011 (in Chinese)
- [30] 朱新华, 曲福田. 基于粮食安全的耕地保护外部性补偿途径与机制设计[J]. 南京农业大学报: 社会科学版, 2007(4): 1-7
Zhu X H, Qu F T. Food safety based cultivated lands preservation exterior compensation: Methods and mechanism design [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2007(4): 1-7 (in Chinese)
- [31] 田义超, 白晓永, 黄远林, 张强, 陶进, 张亚丽. 基于生态系统服务价值的赤水河流域生态补偿标准核算[J]. 农业机械学报, 2019, 50(11): 312-322
Tian Y C, Bai X Y, Huang Y L, Zhang Q, Tao J, Zhang Y L. Ecological compensation standard accounting of Chishui river basin based on ecosystem service value [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2019, 50(11): 312-322 (in Chinese)