

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 10741



硕士学位论文

论文题目 甘肃省耕地生态补偿问题量化研究

研究生姓名: 崔丽鸽

指导教师姓名、职称: 赵煜 副教授

学科、专业名称: 统计学 数理统计学

研究方向: 生态统计分析

提交日期: 2021年6月6日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 崔丽娟 签字日期： 2021.6.6

导师签名： 赵煜 签字日期： 2021.6.6

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 崔丽娟 签字日期： 2021.6.6

导师签名： 赵煜 签字日期： 2021.6.6

Quantitative study on ecological compensation of cultivated land in Gansu Province

Candidate : Cui lige

Supervisor: Zhao yu

摘要

2014年环保部和国土资源部在《全国土壤污染状况调查公报》中明确指出：土壤环境状况不容乐观：全国土壤点位污染超标率为16.1%，其中耕地的污染超标率高达19.4%，耕地的土壤环境状况令人担忧。甘肃省生态环境脆弱，耕地自然条件相对较差，也是我国重要的生态屏障保护区，西部地区粮食主产区，对甘肃省耕地生态补偿的量化研究，不但能缓解因耕地资源分布利用不均而引起的粮食安全、经济发展和生态保护等，还将会对甘肃省的经济发展和生态环境具有重要意义。

论文在生态文明建设背景下，以甘肃省耕地生态补偿为研究对象，采用甘肃省2013-2018年土地面积数据、人口数据、土地生产消费数据以及农产品价格等数据，通过对甘肃省生态系统服务价值和三维生态足迹等内容的研究，最终对甘肃省耕地生态补偿的量化方法及结果进行了研究，具体工作和得到结论如下：

第一，为加强对土地价值量化的准确性，在现有基础耕地价值量化模型的基础上，建立了甘肃省耕地生态补偿量化新模型：（1）在测算耕地生态消费量时，选用三维生态足迹从时间和空间角度对耕地生态消费量进行测算，对耕地消费量的度量更为准确。（2）构建模型时，首次尝试将三维生态足迹模型与生态系统服务价值结合，并依据三维生态足迹确定补偿阈值，建立耕地生态补偿的支付/受偿标准。（3）依据研究区的生态足迹变化量与GDP的变化间的关系，对2018年甘肃省14个市州的耕地生态补偿优先级进行修正。

第二，通过对甘肃省耕地生态补偿量的测算，得到如下量化分析结论：（1）在省域视角下，甘肃省耕地生态补偿总量波动较大，其中2017年获得的补偿量最高为4910.49万元，2015年支付的耕地生态补偿量最高为13052.43万元。甘肃省耕地资源供需严重失衡，在2013-2018年，甘肃省除2013年和2017年为生态盈余外，其余年份均为生态赤字状态，而甘肃省的足迹深度在0.96到1.08间波动变化，说明在2013-2018年甘肃省的耕地资源利用率较高，甚至部分年份的耕地资源并未满足当地的资源消耗。耕地生态服务价值的变化较大，在研究期内，2017年耕地提供的生态系统服务价值最低（14.13亿元），在2015年耕地提供的生态系统服务价值最高（16.52亿元）。（2）在市域视角下，各市州生态补偿量差距较大，各市州在2018年耕地生态补偿量支付最高的省份为定西市（7885.40

万元），获得耕地生态补偿最高的为庆阳市（6939.24 万元），相差 14824.64 万元。各市州耕地资源失衡严重，大部分市州在 2013-2018 年一直处于生态赤字状态，并且在研究期内足迹深度均表现出较为明显的上升，说明各市州的耕地资源一直在过度消耗。各市州的生态系统服务供给能力不断下降。在 2013-2018 年各州间耕地的供给能力相差较大，在 2018 年，耕地生态服务价值最高的张掖市为 1.054 亿元，最低的嘉峪关市为 0.007 亿元，相差 1.047 亿元。

关键词：生态文明建设 耕地生态补偿 耕地生态服务价值 三维生态足迹

Abstract

In 2014,the Ministry of Environmental Protection and the Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China made it clear in the bulletin of the national soil pollution survey that the soil environmental situation is not optimistic:the pollution rate of soil sites nationwide is 16.1%,of which the pollution rate of cultivated land is as high as 19.4%,the soil environmental status of cultivated land is a cause for concern. The natural conditions of cultivated land in Gansu Province are relatively poor,and it is also an important ecological protection area in China,the main grain production area in the western region,and the quantitative research on the ecological compensation of cultivated land in Gansu province,it will not only alleviate the food security,economic development and ecological protection caused by the uneven distribution and utilization of cultivated land resources,but also be of great significance to the economic development and ecological environment of Gansu Province.Therefore,under the background of ecological civilization construction,after consulting a lot of literature related to ecological compensation of cultivated land,this paper takes ecological compensation of cultivated land in Gansu Province as the final research object.From the view of ecosystem service value,this paper introduces a three-dimensional ecological footprint model,and distinguishes the stock and flow of cultivated land capital based on time dimension.Through the

quantitative research on the ecological compensation of cultivated land in Gansu Province, the conclusion is as follows:

Under the background of the construction of ecological civilization, this paper takes the ecological compensation of cultivated land in Gansu Province as the research object, and uses the data of land area, population, land production and consumption, and agricultural product price of Gansu Province from 2013 to 2018, based on the study of ecosystem service value and three-dimensional ecological footprint in Gansu province, the quantitative methods and results of ecological compensation for cultivated land in Gansu Province were studied:

First, in order to enhance the accuracy of land value quantification, a new model of ecological compensation for cultivated land in Gansu Province was established on the basis of the existing basic cultivated land value quantification model: (1) in measuring the ecological consumption of cultivated land, it is more accurate to measure cultivated land consumption by using three-dimensional ecological footprint to measure cultivated land ecological consumption from time and space. (2) when constructing the model, it is the first time to combine the three-dimensional ecological footprint model with the ecosystem service value, and according to the ecological consumption surplus/deficit of the study area, establish the payment/compensation standard of the cultivated land ecological compensation respectively. (3) according to the relationship

between the change of ecological footprint and the change of GDP,the ecological compensation priority of cultivated land in 14 cities and states of Gansu Province in 2018 was revised.

Second,through the calculation of the cultivated land ecological compensation in Gansu Province,the following quantitative analysis conclusions are obtained:(1) from the provincial perspective,the total amount of cultivated land ecological compensation in Gansu Province fluctuates greatly,among which the highest amount of compensation in 2017 was 49.104 million yuan,in 2015,the highest amount of farmland ecological compensation paid was 130,524,300 yuan.In 2013-2018, except 2013 and 2017,the supply and demand of cultivated land resources in Gansu province were in ecological surplus,the other years were in ecological deficit, and the depth of footprint in Gansu Province fluctuated from 0.96 to 1.08,the results showed that the utilization rate of cultivated land resources in Gansu province was high from 2013 to 2018,and even some years' cultivated land resources did not satisfy the local resource consumption.The ecological service value of cultivated land has changed greatly. During the study period,the value of ecosystem service provided by cultivated land was the lowest (1.413 billion yuan) in 2017 and the highest (1.652 billion yuan) in 2015.(2) from the perspective of city region, the difference of ecological compensation amount between cities and states is large.In 2018,the highest amount of compensation paid by

cities and states for farmland by Santa Claus was in Dingxi (78.854 million yuan),and the highest amount of ecological compensation for cultivated land was in Qingyang (69.392 million yuan), Most cities and states have been in the state of ecological deficit from 2013 to 2018,and the depth of footprint has increased obviously during the study period, which indicates that the cultivated land resources in cities and states have been over-consumed.The supply capacity of ecosystem services in cities and states is declining.In 2013-2018,the supply capacity of cultivated land varies greatly between different states.In 2018,the value of cultivated land ecological services in Zhangye was 105.4 million yuan,and the lowest in Jiayuguan City was 100.7 million yuan, with a difference of 104.7 million yuan.

Key words:ecological civilization construction;cultivated land ecological compensation;ecosystem service value;ecological footprint

目录

1 引言	1
1.1 研究背景和意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究目的及意义.....	1
1.2 研究内容与框架.....	2
1.2.1 主要研究内容.....	2
1.2.2 研究框架.....	2
1.2.3 可能的创新点.....	3
2 国内外研究现状	5
2.1 生态服务价值研究现状.....	5
2.2 生态足迹研究现状.....	6
2.3 耕地生态补偿研究现状.....	7
2.4 研究评述.....	8
3 相关概念与理论基础	10
3.1 概念界定.....	10
3.1.1 耕地与耕地资源.....	10
3.1.2 耕地生态服务价值.....	10
3.1.3 耕地生态补偿.....	11
3.2 理论基础.....	11
3.2.1 公共物品理论.....	11
3.2.2 外部性理论.....	11
3.2.3 人地协调理论.....	12
3.2.3 可持续发展理论.....	12
4 耕地生态补偿量化体系的构建	14
4.1 研究设计.....	14
4.2 耕地资源消费量测算.....	14
4.2.1 生态足迹模型.....	14
4.2.2 三维生态足迹模型.....	15

4.3 耕地生态服务价值测算.....	16
4.3.1 当量因子的选取.....	16
4.3.2 补偿系数的确定.....	17
4.3.3 耕地生态服务价值模型.....	18
4.4 耕地生态补偿量的确定.....	18
4.4.1 耕地资源消费度量指标.....	18
4.4.2 耕地生态补偿量化模型.....	18
4.4.3 耕地生态补偿优先指数.....	19
5 甘肃省耕地生态补偿量测算及分析.....	21
5.1 研究区概况.....	21
5.1.1 生态经济系统基本特征.....	21
5.1.2 耕地生态补偿现状.....	25
5.1.3 耕地生态补偿存在的问题.....	25
5.2 耕地生态补偿量测算.....	26
5.2.1 数据来源.....	26
5.2.2 耕地生态消费测算.....	27
5.2.3 生态服务价值测算.....	30
5.2.4 耕地生态补偿量测算.....	32
5.3 耕地消费与补偿量化分析.....	33
5.3.1 省域层面分析.....	33
5.3.2 市域层面分析.....	37
6 结论与建议.....	43
6.1 基本结论.....	43
6.2 思考.....	44
参考文献.....	47
致谢.....	52

1 引言

1.1 研究背景和意义

1.1.1 研究背景

土地资源不但是人类生存和发展的基础,也为人类生存提供必要的粮食作物及活动空间。近年来随着经济的发展和人口总量的骤增,致使耕地资源面临着短缺的现象、环境恶化,耕地资源承受了较大的压力。《全国土壤污染状况调查公报》中显示:我国土壤环境状况不容乐观,耕地的土壤点位超标高至 19.4%,意味着耕地的土壤环境状况令人担忧。

党的十九大提出“坚持人与自然和谐共生”,更是指明了发展方向应为经济发展与环境保护的协调发展。虽然我国也一直强调严守 18 亿亩耕地红线,但由于国家建设的需要,耕地被占用的情况仍十分严重,为保护耕地的数量和质量,我国一直坚持“最严格的耕地保护制度和最严格的节约用地制度”^[1],但对于耕地的保护仍面临着严峻的挑战。

耕地生态补偿能够协调各地区耕地资源的不平衡性,进而促使各地区间经济的协调发展,缓解因耕地资源分布利用不均而引起的粮食安全、经济发展和生态保护相关问题。位于我国西北地区的甘肃省,生态环境脆弱,一旦遭到破坏,不容易得到恢复,耕地自然条件相对较差,但同时还是我国西部地区的主要产粮区。同时甘肃省是黄河等的水源补给区、我国重要的生态屏障,对于甘肃省来说,生态环境保护刻不容缓,一定数量和质量的耕地也应该是当前甘肃省环境保护的重点。甘肃省的生态环境保护问题、生态安全问题及耕地保护问题均是事关我国生态文明建设的大局问题。

1.1.2 研究目的及意义

本文立足生态经济系统,以生态文明建设为研究背景,结合生态系统服务价值理论和三维生态足迹模型,对甘肃省的 2013-2018 年耕地生态补偿量及其优先指数进行测算,尝试以货币形式测算耕地产生的生态效益,希望能准确度量耕地

的生态价值，为生态价值向经济价值的转化提供理论依据，同时为全国范围内开展耕地生态保护研究提供参考价值。对甘肃省的耕地生态补偿的测算，不论在理论上还是实践中，都是值得研究与探索的方向。

1.2 研究内容与框架

1.2.1 主要研究内容

主要研究内容包括以下几个部分：

第一部分，主要构建了论文研究框架体系。依据甘肃省地理位置的特殊性对研究背景进行了分析以及梳理相关文献，将有关于耕地生态补偿的概念进行了简单阐述，同时简单介绍了耕地生态补偿的相关理论基础，及相关理论对开展耕地补偿研究的重要性。

第二部分，构建耕地生态补偿测算的理论体系。针对生态补偿测算所涉及到的三维生态补偿和耕地生态服务价值分步骤各环节，对所采取的方法进行理论的探讨以及对相应模型优化的思考。

第三部分，对所构建的耕地生态补偿模型的实证。首先对甘肃省的耕地生态补偿现状及存在的问题进行分析，利用甘肃省 2013—2018 年数据，对甘肃省的耕地生态补偿量进行了测算，并结合修正的耕地生态补偿优先指数对甘肃省 14 市州 2018 年的耕地生态补偿迫切度进行了排序。

第四部分，结论与思考。对全文的量化方法的选取及优化的思考，以及实证结果分析的思考。

1.2.2 研究框架

以生态文明建设为背景，首先对生态补偿相关文献资料进行收集与整理，并对已掌握的基础数据进行初步的处理与分析，随后基于生态系统服务价值理论与生态足迹理论尝试构建甘肃省耕地生态补偿标准量化模型，具体研究框架如图 1-1 所示。

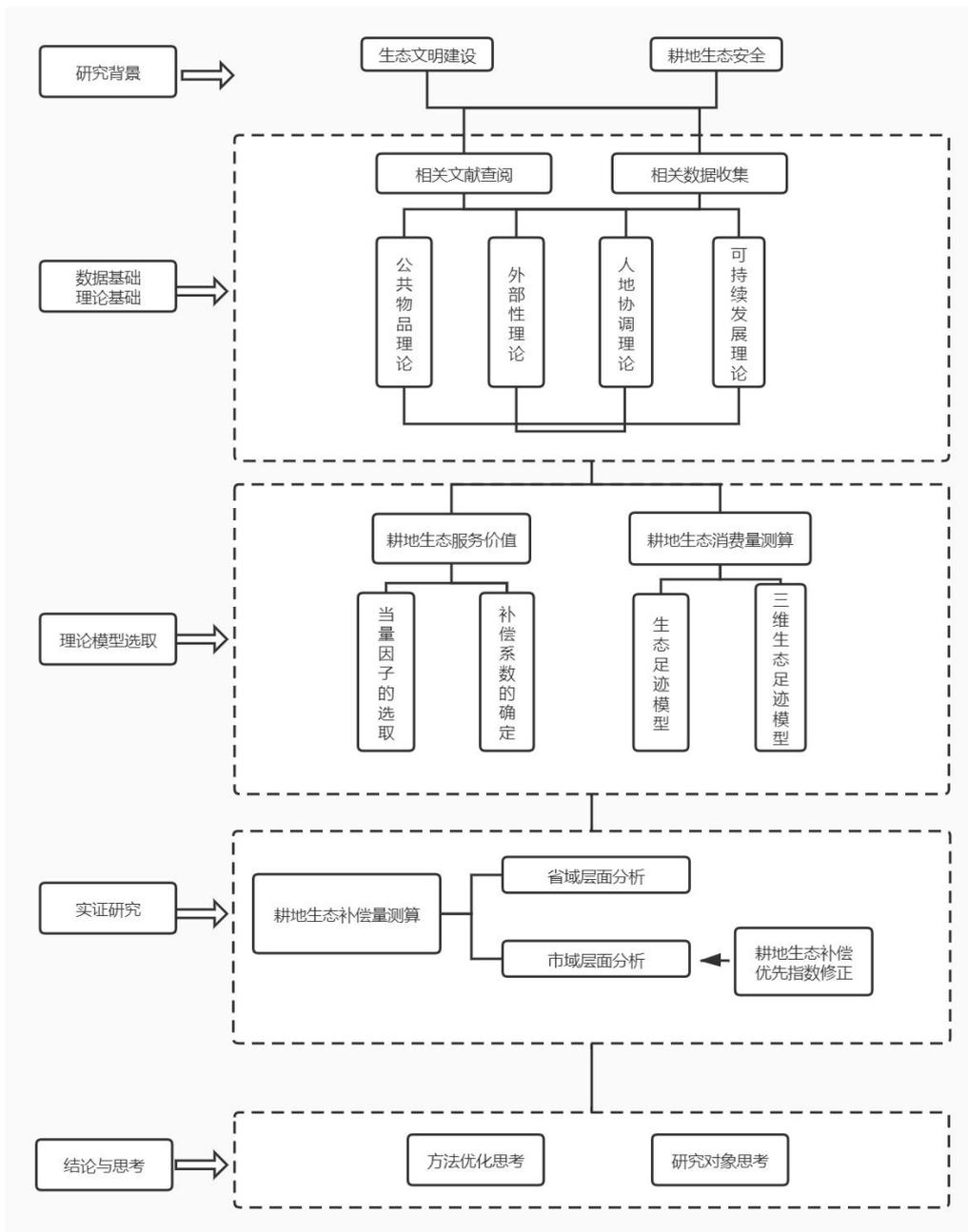


图 1-1 技术路线图

1.2.3 可能的创新点

第一，全面系统的测度了甘肃省 2013-2018 年省域及市域层面的耕地生态补偿量，并对 2018 年耕地生态补偿优先指数进行了分析，以期对政府制定耕地生态补偿决策提供了参考。

第二，构建新的耕地生态补偿量化模型。对原有耕地生态补偿模型进行改进：其一为引入三维生态足迹模型，对耕地存量资本和流量资本进行了区分，消费量

的度量利用三维生态足迹模型，在传统生态足迹模型添加了不同维度的约束，将更加科学精准。其二为，在新构建的耕地生态补偿量的测算中，基于三维生态足迹给出了补偿的阈值，对补偿阈值的确定更清晰，使补偿公式更精细化。

第三，对耕地生态补偿优先指数进行了修正，考虑到甘肃地区土地的特殊性以及甘肃省的土地的生态消耗远大于土地的价值，区别于原有生态补偿指数定义为生态服务价值对研究区 GDP 的影响程度，论文将生态补偿优先指数更正为生态足迹变化对研究区 GDP 的影响大小，更能体现环境压力对经济增长的影响，进而反映出研究区对生态补偿的迫切度。

2 国内外研究现状

2.1 生态服务价值研究现状

2.1.1 国外研究现状

20 世纪 60 年代国外学者开始对生态服务价值展开研究，Costanza R 等^[2]学者发表在《自然》杂志上的《世界生态系统服务和自然资本的价值》，得到众多学者认可、影响也是最大的，Costanza R 划分生态系统服务功能价值种类为 17 个。关于单个生态系统价值的研究，国际上最早关注的是 Adger 等^[3]对墨西哥森林的价值的评估。另外，也有学者 Barbier^[4]将生态系统服务价值依据人类社会享用方式不同，将其分为使用价值与非使用价值。Sagoff^[5]和 Toman^[6]均认为，人与自然之间的关系并不能仅用货币价值衡量，同时也对货币价值衡量的生态服务价值的评价体系的科学性和合理性。Harpinder 等^[7]的研究认为，不同的农田耕作方式可能会对农田的生态服务价值和经济价值产生不同的影响。Turner 等^[8]对生态服务价值的评估技术、原理和技术方法进行了深入研究。

2.1.2 国内研究现状

国内学者关于生态系统服务价值的核算开始于 20 世纪 80 年代，最早的研究集中在对森林生态系统，在此之后受到美国学者 Costanza 公开发表的文章的影响，国内学者开始展开了对生态服务价值全面的研究，其中，欧阳志云等^{[9][10]}对生态系统服务价值的展开研究，其研究成果奠定了国内关于生态系统服务价值研究的基石。谢高地^[11]基于 Costanza 的研究成果同时对 200 位专家采取问卷调查的方式，确定了适合我国实际情况的陆地生态系统的单位面积生态系统服务价值当量，此研究结果也得到了广大研究学者的认可。王庭辉^[11]基于土地利用数据分析了生态系统服务价值与人类活动度二者间的时空关联性。

2.2 生态足迹研究现状

2.2.1 国外研究现状

在 1992 年,Willian E.Rees^[13]首次提出生态足迹理论,随后和其博士生 Mathis Wackernagel^[14]一同完善为用于量化人类对当地自然资源的利用情况和自然界能够提供给人类生命支持务功能的方式,此研究理论的提出为后来其他学者对生态状况的研究奠定了基础。Szigetci^[15]从全球角度对 131 个国家的空间上的可持续发展态势进行了研究。Collins^[16]认为可通过生态足迹法评估可持续发展趋势。Karl^[17]研究了挪威的家庭生态足迹消费与城市发展二者间的影响情况。Charfeddine 等^[18]通过对 15 个发展中国家的数据分析,研究经济发展和政治因素是否能影响生态足迹。Kathryn^[19]应用投入产出法对新西兰各部门间经济投入与产出间的关系计算生态足迹面积。Niccolucci 等人^[21]在时间维度和空间维度上引入足迹广度和足迹深度,用于衡量当地人类活动对区域自然资源的消费占用情况,提出了三维生态足迹模型,将足迹深度赋予土地承载力以时间维度。

2.2.2 国内研究现状

基于国外的生态足迹理论的发展,徐中民^[22]、张志强等^[23]为研究我国的生态环境状况,较早在国内开展生态足迹研究。田玲玲等^[24]利用生态足迹法对湖北省内部的可持续发展趋势进行了预测。林永钦^[25]利用生态足迹模型评估了我国食物消费结构的环境影响情况。张文彬^[26]使用能源生态足迹测算方法得到我国能源足迹在研究期内呈上升趋势。徐秀美^[27]运用生态足迹法确定了生态补偿标准。赵鹏宇^[28]通过修正生态足迹模型评价了忻州的可持续发展态势。刘某承等^[29]学者将生态足迹模型拓展至三维。靳相木和柳乾坤^[31]对 Niccolucci 的三维生态足迹模型进行了拓展,把足迹深度由生态赤字拓展至生态盈余情景之下,将生态盈余统一于三维模型框架中,实现了理论层面的创新。

2.3 耕地生态补偿研究现状

2.3.1 国外研究现状

国外关于耕地生态补偿的研究相对较早,但国外对耕地生态补偿的研究主要分为关于耕地生态价值的量化方法和耕地生态补偿的效率等两个方面。

(1) 耕地生态价值量化研究方法

Meharty^[32]通过分析林业和农业的平衡点,期望得到生态补偿额的最佳配置,Moran^[33]对苏格兰农户关于生态补偿支付的意愿和金额开展了问卷调查,Plantinga^[34]则是通过对美国农户的退耕意愿与补偿意愿所构建的模型,对美国农户的耕地补偿诉求进行预测。Hamdar^[35]采用灵敏度分析法,通过对实施退耕后的生态补偿获得者的机会成本进行了预测。

(2) 耕地生态补偿效率与公平

Sierra^[36]指出生态补偿直接向个人补偿对补偿效率的影响远高于面向地区的补偿效率。Niak^[37]对瑞典的生态补偿的支付和受偿原则应用多层次分析法进行了研究,Claassen^[38]则对美国所实施的农业保护项目的成本收益进行了二次的核算,Drechsler^[39]等以生态学和经济学为基础,认为生态补偿的资金的合理配置可以提高地区间的生态补偿效率。

2.3.2 国内研究现状

国内的耕地生态补偿在1999年退耕还林项目的实施后得到了广大学者的关注。通过对国内现有文献对耕地生态补偿的整理归纳,有关于耕地生态补偿的研究主要集中在补偿主体,补偿标准量化和补偿效率三个方面:

(1) 耕地生态补偿主客体研究

刘春腊^[40]以地理学思维为基础,通过对环境-社会-人的关系的动态分析,得到“人-地”系统是问题研究的核心。靳亚亚^[41]基于粮食供需平衡理论和耕地生态足迹理论,并对耕地生态足迹模型进行改进后,得到了陕西省内11市(区)的耕地生态补偿的分区情况。唐建^[42]等应用条件价值评估,对重庆市的城镇居民和农户的生态补偿支付和受偿意愿强度。

(2) 耕地生态补偿绩效研究

我国所实施的耕地保护制度在全球范围内是最为严格的,但对保护耕地缓解耕地面积的减少的作用并不显著。朱红波^[43]对四川省耕地保护政策运行绩效进行评价研究。张效军^[44]通过对历年我国耕地保护制度变化的研究,最终得到结论为:耕地保护产权的不明确将会直接影响我国的耕地保护工作效率。张全景^[45]应用其所构建的虚拟变量模型,定量分析了土地用途管制对山东省耕地保护的绩效成果影响程度。

(3) 耕地生态补偿标准量化方法研究

耕地生态补偿标准制定的合理性与准确性直接关系到耕地生态补偿工作的实际效率,国内的众多学者也对耕地生态补偿的标准的确定的研究:马爱慧^[46]将生态足迹和生态承载力理论结合,测算了我国长江三角洲、珠江三角洲、环渤海经济区、东北老工业基地的生态补偿价值量。

(4) 耕地生态补偿优先指数

王雯雯^[46]立足于湖北省主体功能规划,利用单位面积生态系统非市场价值和单位面积地区生产总值计算了湖北省耕地生态补偿优先指数。阮熹晟^[46]通过对长江经济带耕地生态补偿的量化,发现区域内耕地的生态价值和生态消费是存在明显的“空间异位”,应对区域内省级耕地经济发达生态输入区优先向生态输出区补偿。

2.4 研究评述

国内外有关耕地生态补偿理论与应用方面的研究取得了一定的成绩,为后续学者提供了进一步研究的理论基础和实践方法。然而,我国关于耕地生态补偿标准的研究仍面临一系列挑战,有关于耕地生态补偿问题的研究仍存在众多难点问题及若干值得研究的热点方向。

一是生态补偿研究中缺少对三维生态足迹的研究。在量化耕地生态补偿时,对生态服务价值的研究相对比较成熟,得到全国范围的使用和认可,并且统一的标准更便于横向比较。对土地消费量的量化一方面现有成果比较丰硕,一方面,主要是围绕二维生态足迹,但很多学者对生态足迹的界定提出了批评,认为比较笼统,不够深入。也有学者在此方面进行了修正,其中三维生态足迹就是一个值得研究的方向。

二是缺少对生态脆弱区的研究。在现有的对耕地生态补偿的研究中,多数是

集中在沿海地区或者山东、辽宁、黑龙江等产粮大省，缺少对生态脆弱且经济欠发达典型地区进行生态补偿问题的研究。

三是耕地生态补偿优先级时未考虑研究区土地利用实际情况。在确定耕地生态补偿优先指数时，一般根据当地的耕地的非市场价值与地区生产总值的关系确定耕地生态补偿优先级，并未考虑地区的土地功能和土地条件等当地的实际土地条件，不够全面。

因此，论文在现有研究的基础上对耕地生态补偿的量化展开研究，主要包含两个方面：其一为选用生态服务价值法测算耕地的土地价值，其二为选用三维生态足迹测算耕地生态消费量。最终通过所构建的耕地生态补偿量化模型对甘肃省耕地生态补偿进行测算，并根据修正的生态补偿优先指数对 2018 年甘肃省耕地生态补偿迫切度进行排序。

3 相关概念与理论基础

3.1 概念界定

3.1.1 耕地与耕地资源

耕地资源主要是指能够供给农作物生长、发育和成熟等条件的土地资源，在《土地利用现状分类》中对耕地的定义为：主要指种植农作物（含蔬菜）的土地。我国的土地资源《土地法》保护：严禁任何组织及个人在未经政府合法批准时非法占用。为进一步保护耕地，对于易造成水土流失的临时性耕地，依据《中华人民共和国水土保持法》也应当逐步退耕。

3.1.2 耕地生态服务价值

耕地生态服务价值是指：在耕地利用过程中除了产出农作物外，还能产生对周围环境的生态价值和生态影响，具体见表 3-1。

表 3-1 耕地利用效益体系及其特征

效益类型	分类	存在状态	生态服务功能角度	反应手段
经济效益	提供食物 提供原材料 水源涵养 水土保持	物质	生态系统产品	市场交易
生态效益	调节气候 改善大气质量 维持物种多样性 保障粮食安全	非物质	生态系统支持功能	化学物理循环
社会效益	保障农民生活 休闲娱乐	非物质	生态系统产品和生态系统支持功能	物理外在认识

可以看出，耕地资源在利用过程中产生的效益除了以物质状态（货币）表现出来的经济价值外，还存在以非物质表现出来的生态效益和社会效益。本研究也是基于此，即计算对耕地的生态补偿标准时，不但需要考虑到耕地的经济效益和社会效益，同时还需考虑耕地的生态效益。

3.1.3 耕地生态补偿

关于耕地生态补偿的概念，虽然国内外并没有达成共识。结合已有相关国内外文献，论文将其定义为：耕地生态补偿的主体（耕地生态价值的消费者和破坏者）向耕地生态补偿的客体（耕地生态效益的生产者和保护者）进行补偿，以达到保护耕地的数量和质量、保护耕地的生态系统的价值和促进更多的耕地保护相关者积极保护耕地的目的，最终显示耕地在利用和保护过程中的生态效益，让耕地价值的受益者对耕地保护者的基本补偿行为。具体表现为：在耕地资源利用过程中如若对当地环境产生负面影响，需要对其进行收费，通过提高其负面影响行为的成本，以期能减少或规避对生态环境造成的破坏；但如果行为主体的行为对耕地起到了保护的作用，则需要对其进行补偿，提高行为主体对环境保护得到的收益，提高大家保护资源及环境的积极性，从而达到保护当地生态资源的目的。

3.2 理论基础

3.2.1 公共物品理论

公共物品理论，指的是物品本身并不会因为任何人的消费影响他人继续消费。从本质上讲，耕地生态系统也具有公共物品属性存在。耕地资源所能提供的生态服务价值也具有公共物品这一属性，这就决定了耕地资源必然存在供给失衡、主动保护耕地资源意识薄弱或者过度使用等现象。但由于耕地资源的稀缺性，不能让耕地过度消耗，便需要防止此类现象的发生。因此，需要对耕地生态补偿的标准要与实际耕地资源消费相符，进而激励对耕地生态服务保护的主体得到合理回报。

3.2.2 外部性理论

外部性理论，是耕地生态补偿的重要理论基础。外部性理论，指的是行为主体的经济行为对社会上的其他人产生的影响，依据其影响效果可分为正外部性和负外部性，正外部性是指行为主体对外部产生的积极的影响，负外部性则相反。

耕地的正外部性是由耕地的生态服务价值在公共领域体现的；耕地的负外部性则是由施用农药、化肥等其他原因造成的水土流失、生态环境破坏引起的。

耕地生态补偿表现出明显的外部性，当相关主体的行为产生积极的正外部性时，但却没有得到因对耕地进行修复等相应的保护活动行为该得到补偿，耕地的生态环境状况可能会处在破坏-修复-破坏的循环中，这会使耕地生态系统承受较大的压力，因此，必须采取措施将负外部性的主体能承担其责任，同时也对正外部性的主体对耕地保护的奖励。从根本上遏制对耕地资源的破坏，将会加强各主体对耕地的保护行为和意愿。

3.2.3 人地协调理论

人地协调理论是将人与土地连结的关系纽带，在耕地生态补偿中有着不可或缺的地位。人地关系是人类的生产生活等活动与自然界土地二者间的复杂交换关系，具体包括人对土地的关系与土地对人的关系两个方面。其中“人”是指在一定的生产方式进行有意识的生产或社会活动的人，“地”则是指与人活动存在紧密联系的自然环境以及人类改造过的经济、文化、社会以及自然环境等。

人类与自然界是相辅相成的统一整体，人类可以从自然界获得资源和能源，并且人类的生产生活等活动也对自然界的发展环境产生影响，对土的合理使用既可以使土地长久的能够为人类提供经济、生态等效益，还可以保护耕地的生态环境，同时对土地的过度使用、滥用等将会引发严重的后果：土地沙漠化、盐碱化。这也提醒着我们对自然界的利用要遵循自然的发展规律，切不可贪图一时的利益对自然界造成不可挽回的局面。人与自然协调发展是人类社会健康发展的前提条件，合理的利用大自然的资源是人地关系可持续发展的重要手段和必要途径。

协调人地关系，限制对耕地资源的开发利用，保持耕地生态服务的持续性供给，是对耕地生态补偿展开研究的重要责任之一。

3.2.3 可持续发展理论

随着经济的快速发展，人们更加注重经济效益，对生态效益的忽视使得人与自然环境间的矛盾愈发严重，可持续发展理念也逐渐深入人心。1987年在《布伦特兰报告》中正式提出：“既满足当代人的需求，又不损害后代人满足其自身

需求的能力”这一定义，这一概念奠定了后续对“可持续发展”的研究。基于上述研究，现如今对可持续发展的探讨主要围绕人类需求和价值观两个方面展开研究，不但强调可持续发展的时间依存性还重点强调未来使这一特性。

对于耕地资源的可持续性利用主要包含：一是维持耕地资源数量的动态平衡，二是耕地资源的质量的稳定，最重要的是对耕地资源生态环境的保护，也就是对耕地的数量、质量和生态的“三位一体”保护。基于此，对耕地生态补偿展开的研究，推动对耕地资源的生态环境的保护，将更有利于实现耕地资源的可持续开发利用。

对耕地生态补偿标准的研究，需密切结合上述理论，才能构建一个合理的补偿标准，基于上述理论展开的耕地生态补偿的研究也更有意义。

4 耕地生态补偿量化体系的构建

4.1 研究设计

伴随着耕地资源质量和数量的紧缺的问题，人-地协调发展矛盾显现出来，所以，对甘肃省耕地生态补偿的量化研究，有利于准确了解甘肃省的耕地在利用过程中的问题，使经济发展能与生态保护相互协调。

一般计算生态补偿量时，并不是单独使用耕地生态系统服务价值量，也就是说并不会用各地区的耕地所能产生的价值进行补偿，虽然部分学者在核算生态系统服务价值时会依据当地的经济发展状况与消费水平引入补偿系数，但考虑到没有依据当地的耕地实际产生的收益和耕地本身能够提供的价值而进行核算，所以，一般情况下在计算耕地生态补偿量时会将生态系统服务价值与生态足迹模型结合。

传统的计算耕地生态补偿量时，均是采用二维生态足迹的相关指标：生态足迹和生态承载力进行计算。但本文考虑到生态足迹和生态承载力间的关系所计算出的结果一般只能够显示出人类对自然资源流量的消耗程度，并未对耕地自然资本存量与流量进行区分。对甘肃省耕地的资本存量和流量的共同研究将更能体现出生态脆弱区甘肃省现阶段的生态发展状况，同时资本存量在可持续发展和生态系统平衡方面也起着关键作用。

综上所述，为更全方面的测算甘肃省耕地生态补偿量，在传统的生态足迹模型的基础上，将耕地生态系统服务价值和三维生态足迹结合。希望能准确测算出甘肃省的耕地生态补偿量。

4.2 耕地资源消费量测算

4.2.1 生态足迹模型

生态足迹模型主要通过当地居民的消费利用情况对当地的生态系统产生的影响。依据甘肃省农业生产状况，论文在计算甘肃省耕地生态足迹时，主要选取了谷物作物（稻谷、小麦、豆类、玉米和薯类）、纤维作物（棉花）、油料作物

中（花生、油菜籽）以及蔬菜九种作物衡量耕地生态状况的指标。

耕地生态承载力，是指内耕地资源为研究区内人类的生活以及生存发展所需要的耕地数量，用来表示研究区耕地对当地人口数量的实际消费的满足程度，其大小取决于耕地质量以及人类的土地利用方式。

耕地生态承载力计算模型为：

$$EC = N \times ec \quad (4-1)$$

$$ec = (1-12\%) \times a \times r \times y \quad (4-2)$$

其中， N 为研究区总人口数（万人）； a 为人均耕地面积（公顷/人）； y 为耕地产量因子； r 为耕地均衡因子；论文选用的耕地均衡因子和产量因子分别为 2.17 和 1.66^[54]。

耕地生态足迹，是指耕地资源能够提供给研究区人口数资源和消纳产生的废弃物的耕地空间，用来表示研究区人口数量的生产以及生活对耕地生态系统的消耗情况。

耕地生态足迹计算模型为：

$$EF = N \times ef \quad (4-3)$$

$$ef = \sum_{i=1}^n r A_i = \sum_{i=1}^n r \frac{C_i}{P_i} \quad (4-4)$$

其中 ef 为研究区人均耕地生态足迹（公顷/人）； A_i 为第 i 种消费项目折算后的人均生态生产性耕地面积（公顷/人）； C_i 为研究区第 i 种消费项目的人均消费量(kg/人)； P_i 为第 i 种消费项目的全球的平均生产力（kg/公顷）； N 同上。

4.2.2 三维生态足迹模型

在考虑到生态足迹模型也应具有时间和空间属性后，Niccolocci^[21]在传统二维生态模型的基础上引入足迹深度和足迹广度。

足迹广度，表示人类消费对自然资源的使用情况，可由于各区域间对消费情况的横向比对，具有空间属性。其计算分为盈余与赤字两种情形：

$$\text{当耕地生态盈余时， } EC - EF > 0, \text{ 则： } EF_{size} = EF \quad (4-5)$$

$$\text{当耕地生态赤字时， } EC - EF < 0, \text{ 则： } EF_{size} = EC \quad (4-6)$$

其中， EF_{size} 为耕地生态足迹广度， EC 和 EF 如上。

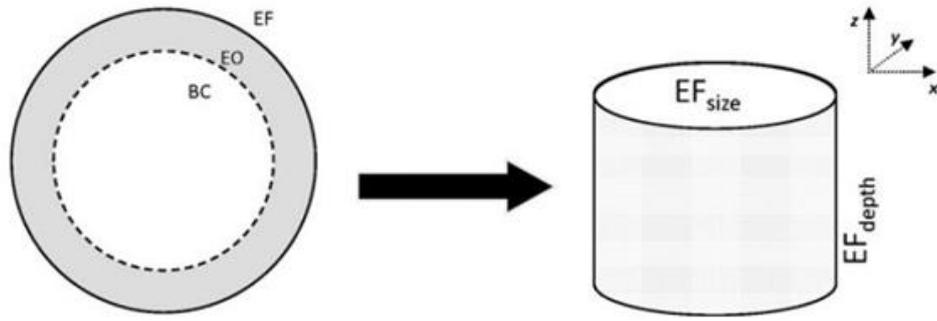


图 4-1 二维模型（左）向三维（右）的转变^[21]

足迹深度，表示人类消费对不可再生资源的积累储备量的占用情况，也就是为了满足当地的经济需求，再生产出已消费的自然资源所需的年数。耕地足迹深度的计算公式为：

$$EF_{depth} = \frac{EF}{EC} \quad (4-7)$$

其中 EF_{depth} 为耕地生态足迹深度， EC 和 EF 如上。

所以，通过表征对自然资源流量使用情况的足迹广度和对自然资源存量的占用度的足迹深度，得到三维生态足迹计算模型为：

$$EF_{3D} = EF_{size} \times EF_{depth} \quad (4-8)$$

其中 EF_{3D} 为三维耕地生态足迹， EF_{size} 和 EF_{depth} 如上。

4.3 耕地生态服务价值测算

4.3.1 当量因子的选取

由于 Costanza 研究成果并不适用于中国情况，国内学者谢高地基于 Costanza 等人的研究，并结合国内 200 位生态研究者问卷调查，制定出符合中国情况的陆地生态系统单位面积生态价值当量表（表 4-1）。

生态系统服务价值当量因子，是指各陆地生态系统所能够产生的各生态功能服务的相对贡献能力的潜在价值，单位当量因子的价值量公式^[48]为：

$$E_a = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n \frac{m_i \times p_i \times q_i}{M} \quad (4-9)$$

表 4-1 中国陆地生态系统单位面积生态价值当量表

生态功能	耕地	林地	草地	水面
气体调节	0.50	3.50	0.80	0.00
气候调节	0.89	2.70	9.00	0.46
水源涵养	0.60	3.20	0.80	20.38
土壤形成及保护	1.46	3.90	1.95	0.01
废物处理	1.64	1.31	1.31	18.18
生物多样性保护	0.71	3.26	1.09	2.49
食物生产	1.00	0.10	0.30	0.10
原材料	0.10	2.60	0.05	0.01
娱乐文化	0.01	1.28	0.04	4.34

其中 p_i 为 i 种粮食作物研究区平均价格 (元/kg); m_i 为 i 种粮食作物播种面积 (hm^2); q_i 为 i 种粮食作物单产 (kg/hm^2); M 为粮食总播种面积; $1/7$ 则表示自然生态系统在没有人力参与时,所提供的经济价值为农田提供的食物生产服务单位面积经济价值的 $1/7$ 。

4.3.2 补偿系数的确定

通过上文的测算模型,即可得到甘肃省耕地的生态价值量,但考虑到此计算结果仅耕地生态服务的理论值或潜力值,要想得到更贴近耕地生态服务价值的实际值,还应考虑到研究区的民众对生态补偿的支付意愿,也就是还应该根据当地的不同阶段的经济发展状况反映当地的民众支付相对意愿,对耕地生态服务价值的理论值进行修正,使得到耕地生态服务价值更贴近实际值,计算模型如下:

$$l(t) = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad (4-10)$$

其中 l 为对生态补偿的支付意愿, $l(t) \in (0,1)$; $t = T - 3$, $T = \frac{1}{E_n}$, E_n 为恩格尔系数, e 为自然底数。

观察上述模型可以发现,对生态补偿的支付意愿 l 的范围为 $(0,1)$ 之间,主要随着当地的经济状况而变化。当 $t \rightarrow -\infty$ 时, $l = 0$, 即当研究的生活水平较低时,人们对耕地生态价值的支付意愿为 0, 而当 $t \rightarrow \infty$ 时, $l = 1$, 即当研究区的生活水平很高时,支付生态补偿对生活水平影响不大时,人们对耕地生态价值补偿的支付意愿为百分之百。

根据社会支付意愿作为补偿系数与耕地的生态价值量结合后,即可得到反映

研究区人们对耕地生态价值的支付意愿的生态价值实际值 $E_a(t)$:

$$E_a(t) = I(t) \times E_a \quad (4-11)$$

4.3.3 耕地生态服务价值模型

由表 4-1, 即可得到单位面积耕地生态服务价值量为 6.91, 但由于食物生产的表现形式为经济价值, 所有得到耕地生态价值总量为 5.91。则耕地生态服务价值计算模型如下:

$$A_e = 5.91 \times E_a(t) \times S \quad (4-12)$$

其中 E_a 为耕地生态价值; S 为研究区耕地面积。

4.4 耕地生态补偿量的确定

4.4.1 耕地资源消费度量指标

存量流量利用比, 当研究区的耕地资源不足以支撑当地人们的消费时, 需要消耗自然资源存量来满足当地的社会经济的发展, 可定量测算存量资本超前于流量资本的程度, 数值越大则代表研究区的生态持续性越弱。存量流量利用比公式表示为:

$$UR_{flo}^{sto} = \frac{EF_{3D} - EF_{size}}{EF_{size}} = EF_{depth} - 1 (EF > EC) \quad (4-13)$$

其中 UR_{flo}^{sto} 为存量资本与流量资本利用比; EF 和 EF_{size} 分别为生态足迹与足迹广度。

流量资本占用率, 当区域处于生态盈余状态时, 自然资源未被完全占用同时还有部分剩余, 还可将剩余部分供给其他地区。流量资本占用率计算公式如下

$$UE_{flo} = \frac{EF_{size}}{EC} \times 100\% (EF \leq EC) \quad (4-14)$$

4.4.2 耕地生态补偿量化模型

耕地生态补偿, 是指通过货币的形式对耕地资源超出部分和剩余部分的补偿。传统方式确定的耕地生态补偿量^[53]一般是以生态足迹与生态承载力的差替代

耕地生态系统服务价值的面积数据，但考虑到生态足迹所计算出来的为估算值，直接使用生态足迹对耕地生态补偿缺少约束，引入三维生态足迹相当于从不同维度对耕地生态补偿加上了约束，对测算的耕地生态补偿量更接近于真实值，同时还需要考虑地方政府支付能力指数进行修正^[56]。基于此本文构建了如下耕地生态补偿测算模型：

当研究区耕地资源为生态赤字时，则表明该地区所能提供的耕地生态服务价值不能够支撑该区域的人口生产及生活活动，所以需要消耗其余地区的耕地生态价值，即需要对该地区消耗的其他地区耕地生态服务价值进行补偿，即需要支付生态补偿给其余地区。计算公式为：

$$A_{ec} = A_e \times (-UR_{fio}^{sto}) \times b_i = A_e \times b_i \times (EF_{depth} - 1) \quad (4-15)$$

当研究区为生态盈余时，则表明该地区的耕地资源所提供当地的人们生产及生活的耕地资源是富余的，不但可以满足本地区研究区的生产和生活消费，还可以把剩余的部分提供给其他不足的地区，所以，该地区剩余部分应该获得补偿。即应对(1-流量资本占用率)部分给予补偿，计算公式为：

$$A_{ec} = A_e \times (1 - \frac{EF_{size}}{EC}) \times b_i \quad (4-16)$$

$$b_i = \frac{GDP_i}{GDP_{i0}} \quad (4-17)$$

其中 A_{ec} 为区域耕地获得的生态支付或者补偿量（元）； b_i 为地方政府支付能力的指数； GDP_i 为研究区当年人均 GDP（元）； GDP_{i0} 为当年全国人均 GDP（元）。

4.4.3 耕地生态补偿优先指数

为方便分析各市州对生态补偿的迫切度，传统的衡量方法主要通过计算单位面积耕地产生生态服务价值与当地单位面积 GDP 的比值，仅仅考虑到耕地资源的非农市场价值对当地 GDP 的影响，但实际上研究区对耕地生态补偿的迫切度，更应当考虑到耕地资源消费的变化，尤其是对于生态脆弱区甘肃省来说，因为甘肃省土地的特殊性，耕地资源的生态消耗远大于耕地资源所能产生的价值，通过分析耕地资源的消耗对研究区环境的影响来度量环境压力将会更为准确。也就是说，优先指数的确定应当考虑到：当地的耕地消费量的变化对当地的 GDP 产生

的变化影响大小，基于此，论文对耕地生态补偿指数进行了修正，以生态足迹变化量表研究区的生态环境状况，以国内生产总值变化表研究区的奖及发展状况。具体公式应为：

$$PIEC = \frac{\Delta EF_i}{\Delta GDP_i} \quad (4-18)$$

其中 $PIEC$ 为生态补偿优先指数； ΔEF 为 2018 年生态足迹与 2017 年生态足迹的差； ΔGDP 为研究区 2018 年国内生产总值与 2017 年国内生产总值的差。

生态补偿指数，主要用于研究当地的经济对耕地资源产生的环境压力的大小，当生态补偿指数较大时，即表示耕地生态补偿的支付会对研究区的经济影响较大，耕地将面临更大的压力，将优先考虑生态补偿的获得，而如果计算得到的生态补偿指数较小时，则表明耕地生态补偿的支付对研究区的经济影响也较小，优先考虑生态补偿的获得。

5 甘肃省耕地生态补偿量测算

5.1 研究区概况

5.1.1 生态经济系统基本特征

(1) 自然地理条件

甘肃省地处我国西北，北纬 $32^{\circ}11' \sim 42^{\circ}57'$ ，东经 $92^{\circ}13' \sim 108^{\circ}46'$ ，北接内蒙古自治区和蒙古国、南接四川省和青海省、东接陕西省、东北与宁夏回族自治区相连，西接新疆维吾尔自治区（图 5-1）。甘肃省不仅是“丝绸之路经济带”的黄金地段，也是沟通西南、西北的交通枢纽和连接欧亚大陆桥的战略通道。

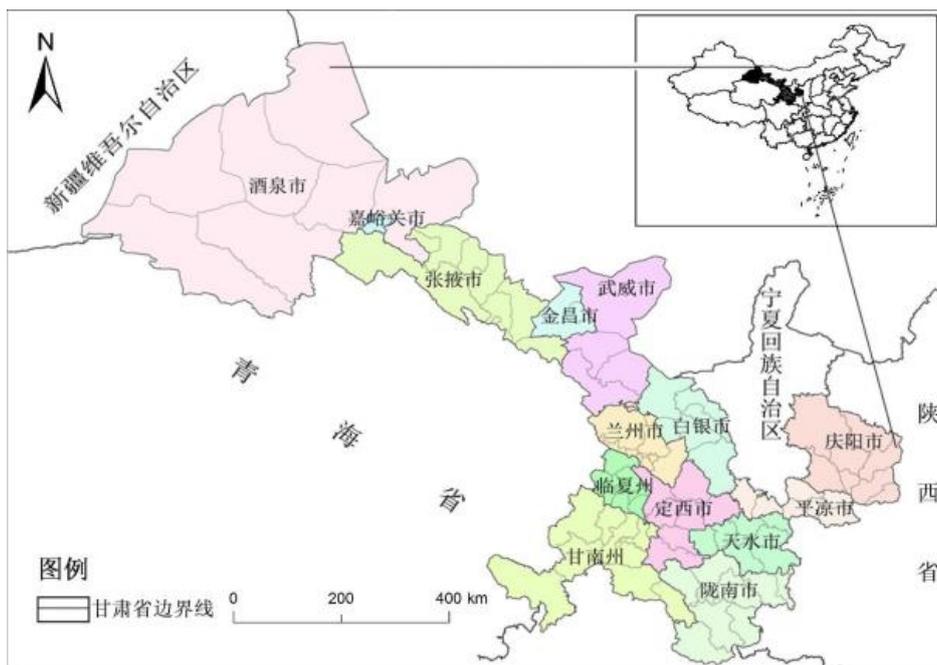


图 5-1 甘肃省区位规划图

(2) 社会经济条件

甘肃省下辖 14 个市州：兰州、武威、白银、酒泉、陇南、天水、平凉、庆阳、张掖、金昌、定西、嘉峪关、临夏回族自治区、甘南藏族自治州等。2018 年甘肃省常住人口为 2637.26 万人，与 2017 相比净增加 11.55 万人，增长了 0.4%，人口总量持平稳增长（图 5-2）。

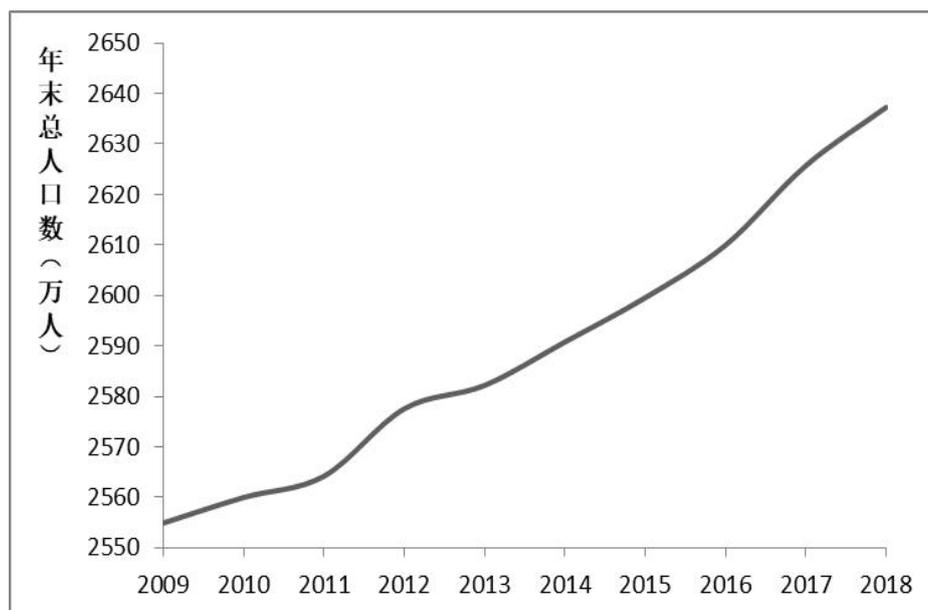


图 5-2 甘肃省 2009-2018 年人口数量

从表 5-1 可以看出，2013-2018 年甘肃省的第一产业占比、地区生产总值、城镇居民人均可支配收入和常住人口城镇化率等均处于上升阶段，表明甘肃省经济也在快速发展中。而从 2018 年甘肃省各市州人均 GDP 分布情况来看(图 5-3)，甘肃省 14 个市州的人均 GDP 差异较大：最高的嘉峪关（11.94 万元）与最低的临夏（1.24 万元）间人均 GDP 相差 10.7 万元。其中，人均 GDP 小于 4 万元的市州有：白银市、庆阳市、武威市、定西市、陇南市、天水市、平凉市、临夏州和甘南州等 9 个市州，说明在甘肃省 14 个市州中人均 GDP 整体偏低，经济发展相对落后。

表 5-1 2013-2018 年甘肃省主要社会经济指标数据

年份	地区生产总值 (亿元)	第一产业占 GDP 比值%	城镇居民人均可支配收入 (元/年)	常住人口城镇化率 (%)
2013	6186.74	10.64	19873	40.13
2014	6680.93	10.41	21804	41.68
2015	6621.98	11.07	23767	43.19
2016	7007.1	11.43	25694	44.69
2017	7459.9	11.53	27763	46.39
2018	8246.07	11.17	29957	47.69

(3) 农业生产情况

在甘肃省特有的地理区位特征和独特的气候条件等的影响下，甘肃省种植的农作物种类丰富。甘肃省除了水稻小范围种植外，其他主要农作物都有较大范围

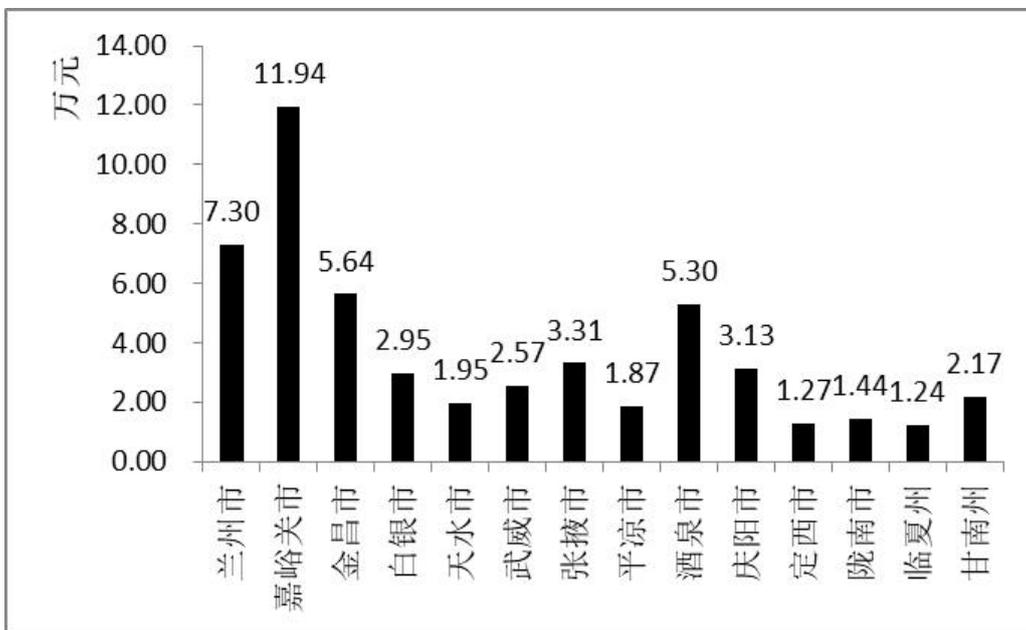


图 5-3 2018 甘肃省各市州人均 GDP

种植，而甘肃省农业种植结构以稻谷、玉米、小麦、薯类和豆类等农作物为主，占比达 66.15%，其次为蔬菜、油料和中药材，占比分别为 12.86%、7.8%和 6.83%，

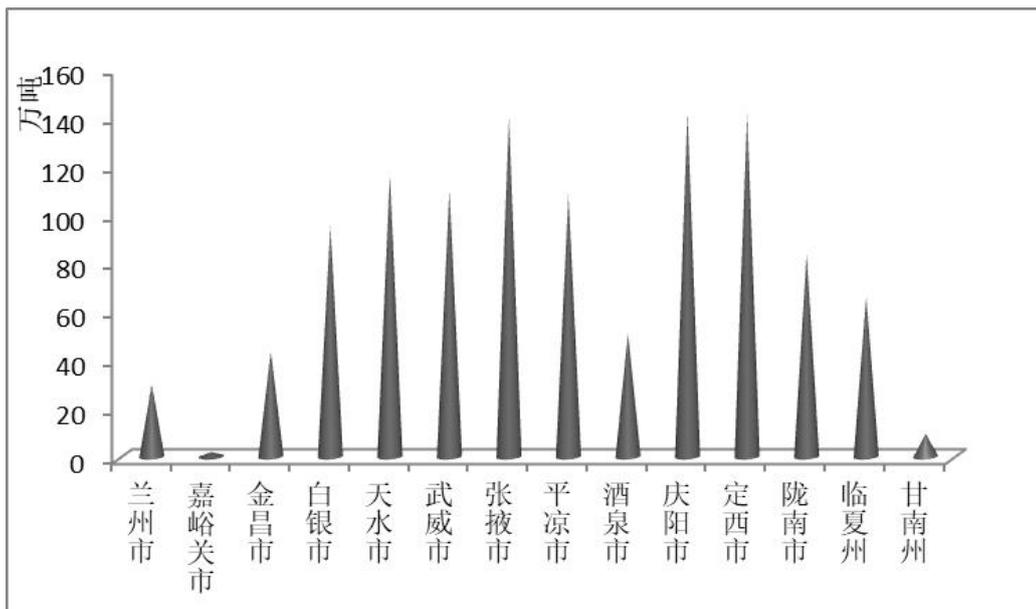


图 5-4 甘肃省 2018 年各市州粮食产量

棉花种植面积最少，占比仅为 0.31%。2018 年甘肃省各市州粮食产量情况如图 5-4。通过对比各市州人均 GDP（图 5-3）和各市州粮食产量（图 5-4）可以发现，人均 GDP 最高的嘉峪关粮食产量却最低，而粮食产量较高的天水、张掖、庆阳和定西的人均 GDP 却相对较低，即经济发展相对落后的地区承担了更多的耕地保护任务，区域内发展并不平衡。

（4）耕地资源现状

甘肃省 2013-2018 年间耕地面积和人均耕地面积变化趋势相同（表 5-2）。其中，人均耕地面积从 0.209 公顷/人（2013），减少到 0.204 公顷/人（2018）。分析原因自 2013 起耕地总面积出现小幅度的降低，但人口自 2013 年以后出现了快速增长，才导致人均耕地面积的下降，耕地所面临的压力也在不断增加，粮食安全受到威胁。所以，维持住一定数量和质量的耕地，同时也为保护粮食安全，便更加应该了解到现阶段耕地资源的消费状况，防止耕地被过度消费，从根本上解决耕地的生态安全问题。

表 5-2 2013-2018 年甘肃省耕地面积

年份	耕地（万公顷）	人口（万人）	人均耕地面积（公顷/人）
2013	538.56	2582.18	0.208568
2014	537.88	2590.78	0.207613
2015	537.79	2599.55	0.206878
2016	537.24	2609.95	0.205843
2017	537.77	2625.71	0.204809
2018	537.42	2637.26	0.203780

在 2009 年《中国耕地质量等级调查与评定》报告中，将全国耕地等级评定为 15 个：等级 1 表示最好，等级 15 则表示耕地质量最差，同时公布我国耕地的平均质量级别为 9.8，总体等级偏低，耕地质量较差。而依据《农用地分等规程》中显示：青藏高原区、黄土高原区和内蒙古高原及长城沿线区^[47]是总体最差的后三位地区，甘肃省地处耕地质量排名的后三大高原交接地带。在《甘肃省自然资源公报（2019）》显示：甘肃省平均耕地质量等别 12.6。

甘肃省的耕地质量整体偏差，人们为了更好的满足其生产生活方式，便渐渐降低了对耕地资源的重视，忽略了对耕地资源的保护，对耕地的破坏与保护再破坏间形成恶性循环，不但不利于当地的经济的发展，也对耕地的生态环境带来了不

可逆转的伤害。

5.1.2 耕地生态补偿现状

甘肃省相关部门对耕地资源的保护也非常重视，不但在 2019 年印发《甘肃省耕地占补平衡管理办法》对耕地保护，耕地占补平衡等相关方面提供了指导方向，而且近些年也在灾毁耕地复垦以及永久基本农田保护等方面均采取了相关措施。主要围绕以下几方面：

关于灾毁耕地复垦方面，为及时恢复 2013 年以来因地震、暴洪灾害损毁的耕地，2014 年甘肃省从中央新增建设用地有偿使用费中确定专项资金 1 亿元，最终实现复垦耕地面积 7.67 万亩。

关于完善耕地保护机制方面，甘肃省人民政府印发《关于加强耕地保护和改进占补平衡的实施意见》以期能加强对甘肃省耕地的保护，同时为了加强各市州政府的保护，印发《市级政府耕地保护责任目标考核办法》：逐级签订关于耕地保护的目标责任书，将耕地保护直接下发到各级政府。

在关于耕地占补平衡方面，靠实全省各级政府耕地保护目标管理责任，严格按照“以补定占，先补后占，占优补优，占水田补水田”的要求，对建设用地占用耕地补贴平衡进行严格审查把关，通过耕地占补平衡动态监管系统进行挂钩与核减，不断完善和建立省内易地占补平衡机制，实现了全省耕地面积不减少，质量有提高。

在保护永久基本农田方面，甘肃省人民政府严格执行对基本农田特殊保护，同时对建设用地占用永久基本农田的预审也更加严格，对不符合政策要求的占用基本农田的项目一律不予审批通过，对于未经批准私自占用基本农田的也要求坚决整改，否则不予通过。

5.1.3 耕地生态补偿存在的问题

耕地生态补偿的重要性已成为共识^[60]。甘肃省为尽快将生态文明建设落到实处，在关于耕地生态保护和生态补偿方面做了许多工作，制定了许多政策同时也投入了大量的财政资金。但我们还可以发现，关于甘肃省的耕地生态补偿还存在以下问题：

（1）关于耕地生态补偿标准的确立。

关于耕地生态补偿标准测算方法尚处于探索阶段，但对耕地生态服务价值的度量发展的较为成熟，具有一定的权威性。在测算耕地生态补偿时，存在的问题是学者们普遍采用生态足迹度量土地的消费情况，而生态足迹并未对耕地自然资本存量与流量进行区分。甘肃生态环境的脆弱，使得资源一旦过度消耗将很难短时间内得到恢复，所以在度量耕地资源的消耗时，对存量资本的准确度量变得至关重要。

（2）关于耕地生态效益的补贴。

生态补偿根据补偿途径可分为政府补偿和市场补偿，通过前文对甘肃省耕地生态补偿的分析，我们可以发现，甘肃省的耕地生态补偿资金主要以政府补偿为主，但是政府在下发耕地生态补偿款时，往往容易忽略对耕地利用过程中不但会产生经济效益，还会产生生态效益，并且耕地的生态效益在耕地的利用效益体系中占比相对较高（表 4-1），所以对耕地生态系统服务价值的核算就显得极为重要。

为了保护甘肃省的耕地生态环境，防止耕地被过度消费，同时也为了促进耕地生态补偿相关政策的有效实施，论文在构建耕地生态补偿测算模型的基础上对甘肃省耕地生态补偿进行了测算，以期能如实对甘肃省的耕地生态系统的生态状况的评价。同时考虑到甘肃省土地的特殊性，依据生态足迹变化量对研究区 GDP 变化量的影响情况，对耕地生态补偿优先指数进行了修正，以期能更真实反映出甘肃省 14 市州对耕地生态补偿的迫切度。

5.2 耕地生态补偿量测算

5.2.1 数据来源

主要来自于《中国统计年鉴（2013-2018）》、《甘肃发展年鉴（2013-2018）》及甘肃农业信息网，其中耕地面积数据来源于甘肃省政府及各市州 2013-2018 年政府工作报告；农产品价格主要来源于《中国价格统计年鉴》、《中国价格及城镇居民家庭收支调查统计年鉴》。

由于 2013 年开始甘肃省对牧草地定义范围发生了改变，致使耕地面积在 2012-2013 年变化巨大，使得 2013 年以前数据和 2013 年以后数据不具有可比性，

所以论文仅对 2013-2018 年甘肃省耕地生态补偿展开研究。

5.2.2 耕地生态消费测算

(1) 二维生态足迹模型

通过甘肃省 2013-2018 年的农业生产（小麦、玉米、薯类、稻谷等）数据，可以计算得到 2013-2018 年甘肃省及其下辖 14 市州的人均生态足迹，具体测算结果如表 5-3 所示。

表 5-3 2013-2017 年甘肃省各市州人均耕地生态足迹

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	0.6317	0.6633	0.6843	0.6853	0.6079	0.6324
兰州市	0.1407	0.1787	0.1916	0.2021	0.1351	0.1498
嘉峪关市	0.0630	0.0636	0.0651	0.0682	0.3496	0.3492
金昌市	0.7898	0.8601	0.8585	0.7726	0.7275	0.8352
白银市	0.3765	0.4180	0.4638	0.4742	0.7225	0.8467
天水市	0.2822	0.3121	0.3339	0.3365	0.3106	0.3149
武威市	0.6684	0.6663	0.6712	0.7624	0.7541	0.7457
张掖市	1.1214	1.2275	1.2357	1.2072	1.2238	1.4163
平凉市	0.4779	0.4706	0.5014	0.5476	0.3242	0.3201
酒泉市	1.1805	1.2748	1.4620	1.6193	1.0978	1.1638
庆阳市	0.7926	0.8291	0.8365	0.8447	0.3365	0.3710
定西市	1.1637	1.3910	1.5123	1.4936	1.2655	1.3837
陇南市	0.6712	0.7288	0.7885	0.8254	0.7039	0.7281
临夏州	0.2867	0.3266	0.3509	0.3613	0.3085	0.2911
甘南州	0.6217	0.6960	0.7444	0.8715	0.6761	0.7164

通过甘肃省 2013-2018 年的耕地面积、人口总数等相关数据，可以计算出 2013-2018 年甘肃省及其下辖 14 市州的人均生态承载力，具体测算结果如表 5-4 所示。

表 5-4 2013-2018 年甘肃省各市州人均生态承载力（单位：公顷/人）

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	0.6356	0.6347	0.6342	0.6328	0.6298	0.6272
兰州市	0.2676	0.2653	0.2604	0.2575	0.2533	0.2493
嘉峪关市	0.0561	0.0548	0.0567	0.0563	0.0554	0.0549

续表 5-4

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
金昌市	0.6699	0.6677	0.6671	0.7011	0.7029	0.7045
白银市	0.8268	0.8361	0.8361	0.8344	0.8332	0.8337
天水市	0.5349	0.5336	0.5316	0.5295	0.5269	0.5247
武威市	0.6523	0.6511	0.6497	0.6489	0.6477	0.6477
张掖市	0.9919	0.9933	1.0190	1.0347	1.0399	1.0418
平凉市	0.8297	0.8238	0.8210	0.8185	0.8143	0.8116
酒泉市	0.6727	0.6695	0.6707	0.6664	0.6668	0.6652
庆阳市	0.9407	0.9448	0.9447	0.9421	0.9355	0.9312
定西市	0.8624	0.8616	0.8592	0.8555	0.8498	0.8457
陇南市	0.5184	0.5145	0.5139	0.5105	0.5044	0.5013
临夏州	0.3371	0.3346	0.3332	0.3304	0.3271	0.3242
甘南州	0.4434	0.4408	0.4388	0.4369	0.4335	0.4311

通过表 5-3 和表 5-4 的生态承载力计算结果和生态足迹计算结果, 即可得到甘肃省 2013-2018 年人均耕地生态状况, 具体结果见表 5-5。

表 5-5 2013-2018 年甘肃省各市州人均耕地生态盈亏量 (单位: 公顷/人)

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	0.0038	-0.0286	-0.0501	-0.0525	0.0219	-0.0052
兰州市	0.1268	0.0866	0.0689	0.0553	0.1181	0.0995
嘉峪关	-0.0070	-0.0088	-0.0084	-0.0119	-0.2943	-0.2943
金昌市	-0.1198	-0.1924	-0.1914	-0.0714	-0.0246	-0.1307
白银市	0.4503	0.4181	0.3724	0.3603	0.1106	-0.0130
天水市	0.2527	0.2215	0.1977	0.1930	0.2163	0.2098
武威市	-0.0161	-0.0152	-0.0215	-0.1135	-0.1063	-0.0980
张掖市	-0.1295	-0.2342	-0.2167	-0.1725	-0.1838	-0.3745
平凉市	0.3518	0.3532	0.3196	0.2710	0.4902	0.4915
酒泉市	-0.5078	-0.6053	-0.7913	-0.9528	-0.4310	-0.4985
庆阳市	0.1481	0.1157	0.1082	0.0974	0.5991	0.5602
定西市	-0.3013	-0.5295	-0.6531	-0.6382	-0.4158	-0.5380
陇南市	-0.1527	-0.2143	-0.2746	-0.3149	-0.1995	-0.2268
临夏州	0.0504	0.0080	-0.0178	-0.0309	0.0185	0.0331
甘南州	-0.1783	-0.2552	-0.3055	-0.4346	-0.2426	-0.2853

(2) 三维生态足迹模型

在三维生态足迹模型下，耕地足迹广度可以通过耕地生态赤字/盈余状况计算得出。甘肃省及其 14 个市州的耕地足迹广度计算结果如表 5-6 所示。

表 5-6 2013-2018 年甘肃省各市州耕地足迹广度计算结果

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	0.6317	0.6347	0.6342	0.6328	0.6079	0.6272
兰州市	0.1407	0.1787	0.1916	0.2021	0.1351	0.1498
嘉峪关市	0.0561	0.0548	0.0567	0.0563	0.0554	0.0549
金昌市	0.6699	0.6677	0.6671	0.7011	0.7029	0.7045
白银市	0.3765	0.4180	0.4638	0.4742	0.7225	0.8337
天水市	0.2822	0.3121	0.3339	0.3365	0.3106	0.3149
武威市	0.6523	0.6511	0.6497	0.6489	0.6477	0.6477
张掖市	0.9919	0.9933	1.0190	1.0347	1.0399	1.0418
平凉市	0.4779	0.4706	0.5014	0.5476	0.3242	0.3201
酒泉市	0.6727	0.6695	0.6707	0.6664	0.6668	0.6652
庆阳市	0.7926	0.8291	0.8365	0.8447	0.3365	0.3710
定西市	0.8624	0.8616	0.8592	0.8555	0.8498	0.8457
陇南市	0.5184	0.5145	0.5139	0.5105	0.5044	0.5013
临夏州	0.2867	0.3266	0.3332	0.3304	0.3085	0.2911
甘南州	0.4434	0.4408	0.4388	0.4369	0.4335	0.4311

耕地生态足迹深度等于耕地生态足迹与生态承载力之比，用来表示为了满足研究区的耕地消费及发展需求，该地区再生产当地人类耕地资源消耗所需要的年数。2013-2018 年甘肃省各市州耕地生态足迹深度的计算结果如表 5-7 所示。

表 5-7 2013-2018 年甘肃省各市州耕地足迹深度计算结果

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	0.9940	1.0450	1.0790	1.0830	0.9653	1.0083
兰州市	0.5260	0.6735	0.7356	0.7850	0.5336	0.6007
嘉峪关市	1.1247	1.1614	1.1473	1.2116	6.3140	6.3620
金昌市	1.1789	1.2882	1.2869	1.1019	1.0350	1.1855
白银市	0.4553	0.4999	0.5546	0.5682	0.8672	1.0156
天水市	0.5275	0.5849	0.6280	0.6355	0.5895	0.6001
武威市	1.0246	1.0234	1.0330	1.1749	1.1641	1.1513
张掖市	1.1305	1.2358	1.2127	1.1668	1.1768	1.3595

续表 5-7

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
平凉市	0.5760	0.5712	0.6108	0.6689	0.3981	0.3944
酒泉市	1.7549	1.9041	2.1798	2.4297	1.6464	1.7494
庆阳市	0.8426	0.8775	0.8855	0.8966	0.3597	0.3984
定西市	1.3493	1.6146	1.7601	1.7460	1.4893	1.6362
陇南市	1.2946	1.4165	1.5343	1.6167	1.3956	1.4524
临夏州	0.8504	0.9760	1.0533	1.0935	0.9433	0.8978
甘南州	1.4021	1.5788	1.6962	1.9948	1.5597	1.6619

5.2.3 生态服务价值测算

(1) 耕地生态服务价值总量

根据甘肃省 2013-2018 年的农业数据计算可得出甘肃省单位面积耕地生态服务价值量，具体结果如表 5-8 所示。

表 5-8 2013-2018 年甘肃省各市州单位面积耕地生态系统服务价值量（元/公顷）

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	2653	2779	3073	2833	2628	2807
兰州市	3091	3406	3363	3265	3033	1614
嘉峪关市	9722	10067	9746	9894	6132	2351
金昌市	5761	6370	6223	6135	5845	4462
白银市	2937	3218	3215	2819	2855	2189
天水市	3475	3753	3823	3213	3389	2400
武威市	7142	7504	7267	6817	5391	3582
张掖市	6211	6607	6455	6106	5021	3772
平凉市	2876	3156	3028	2937	3022	2645
酒泉市	8191	8550	8242	7860	5935	2335
庆阳市	3001	3247	3205	2845	2590	2313
定西市	3176	3536	3586	3080	2808	2415
陇南市	2902	3149	3181	2877	3131	2254
临夏州	5482	5984	5813	5552	4682	3851
甘南州	1324	1370	1378	1281	1418	792

根据甘肃省 2013-2018 年的农业数据计算可得出 2013-2018 年的甘肃省各市

州耕地生态服务价值量，具体结果如表 5-9 所示。

表 5-9 2008-2017 年甘肃省各市州耕地生态服务价值量（亿元）

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018
甘肃省	14.290	14.949	16.524	15.223	14.132	15.083
兰州市	0.648	0.712	0.696	0.670	0.616	0.325
嘉峪关市	0.028	0.029	0.029	0.029	0.018	0.007
金昌市	0.389	0.430	0.420	0.435	0.415	0.317
白银市	0.895	0.989	0.989	0.869	0.885	0.681
天水市	1.317	1.423	1.448	1.216	1.283	0.908
武威市	1.814	1.906	1.845	1.732	1.371	0.912
张掖市	1.605	1.713	1.726	1.664	1.381	1.054
平凉市	1.071	1.170	1.122	1.088	1.119	0.979
酒泉市	1.314	1.369	1.327	1.262	0.957	0.376
庆阳市	1.350	1.468	1.453	1.293	1.177	1.052
定西市	1.633	1.817	1.842	1.582	1.442	1.240
陇南市	0.834	0.902	0.911	0.823	0.891	0.640
临夏州	0.791	0.864	0.838	0.800	0.673	0.553
甘南州	0.088	0.091	0.092	0.086	0.095	0.053

（2）各耕地生态服务功能价值量

根据表 4-1 和表 5-9 即可得到甘肃省耕地不同功能生态服务价值量，具体结果如表 5-10 所示。

表 5-10 2018 年甘肃省各地市耕地各功能生态服务价值量

地区	气体调节	气候调节	水源涵养	土壤形成及保护	废物处理	生物多样性保护	食物生产	原材料	娱乐文化
兰州	0.02	0.04	0.03	0.07	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00
嘉峪关	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
金昌	0.02	0.04	0.03	0.07	0.08	0.03	0.05	0.00	0.00
白银	0.05	0.09	0.06	0.14	0.16	0.07	0.10	0.01	0.00
天水	0.07	0.12	0.08	0.19	0.22	0.09	0.13	0.01	0.00
武威	0.07	0.12	0.08	0.19	0.22	0.09	0.13	0.01	0.00
张掖	0.08	0.14	0.09	0.22	0.25	0.11	0.15	0.02	0.00
平凉	0.07	0.13	0.09	0.21	0.23	0.10	0.14	0.01	0.00
酒泉	0.03	0.05	0.03	0.08	0.09	0.04	0.05	0.01	0.00
庆阳	0.08	0.14	0.09	0.22	0.25	0.11	0.15	0.02	0.00
定西	0.09	0.16	0.11	0.26	0.29	0.13	0.18	0.02	0.00

续表 5-10

地区	气体调节	气候调节	水源涵养	土壤形成及保护	废物处理	生物多样性保护	食物生产	原材料	娱乐文化
陇南	0.05	0.08	0.06	0.14	0.15	0.07	0.09	0.01	0.00
临夏	0.04	0.07	0.05	0.12	0.13	0.06	0.08	0.01	0.00
甘南	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
总计	0.66	1.17	0.79	1.92	2.16	0.93	1.32	0.13	0.01
占比	7.24	12.88	8.68	21.13	23.73	10.27	14.5	1.45	0.14

5.2.4 耕地生态补偿量测算

(1) 耕地资源利用情况

甘肃省耕地资源利用情况具体计算结果见表 5-11。

表 5-11 2013-2018 年甘肃省各市州资源流量收益率与存量流量利用

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
全省	0.9940	0.0450	0.0790	0.0830	0.9653	0.0083
兰州市	0.5260	0.6735	0.7356	0.7850	0.5336	0.6007
嘉峪关市	0.1247	0.1614	0.1473	0.2116	5.3140	5.3620
金昌市	0.1789	0.2882	0.2869	0.1019	0.0350	0.1855
白银市	0.4553	0.4999	0.5546	0.5682	0.8672	0.0156
天水市	0.5275	0.5849	0.6280	0.6355	0.5895	0.6001
武威市	0.0246	0.0234	0.0330	0.1749	0.1641	0.1513
张掖市	0.1305	0.2358	0.2127	0.1668	0.1768	0.3595
平凉市	0.5760	0.5712	0.6108	0.6689	0.3981	0.3944
酒泉市	0.7549	0.9041	1.1798	1.4297	0.6464	0.7494
庆阳市	0.8426	0.8775	0.8855	0.8966	0.3597	0.3984
定西市	0.3493	0.6146	0.7601	0.7460	0.4893	0.6362
陇南市	0.2946	0.4165	0.5343	0.6167	0.3956	0.4524
临夏州	0.8504	0.9760	0.0533	0.0935	0.9433	0.8978
甘南州	0.4021	0.5788	0.6962	0.9948	0.5597	0.6619

注：黑色加粗斜体表示存量流量利用比，黑体字表示流量资本占用率

(2) 耕地生态补偿量

通过甘肃省的资源消费情况以及耕地的生态服务价值，即可得到甘肃省的耕

地生态补偿总量，具体计算结果见表 5-12。

表 5-12 2013-2018 甘肃省各市州耕地生态补偿量（单位：万元）

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
全省	860.65	-6730.59	-13052.43	-12639.05	4910.49	-1254.68
兰州	3071.44	2326.47	1840.02	1440.71	2874.95	1297.96
嘉峪关	-34.42	-46.19	-42.73	-62.31	-969.75	-375.12
金昌	-695.98	-1239.69	-1205.72	-442.86	-145.01	-588.21
白银	4872.12	4944.68	4404.31	3750.86	1175.29	-106.50
天水	6222.81	5908.17	5386.78	4433.97	5266.20	3632.14
武威	-446.73	-445.62	-609.66	-3028.32	-2250.97	-1379.66
张掖	-2094.04	-4038.90	-3671.59	-2774.99	-2441.46	-3787.08
平凉	4541.69	5017.79	4367.57	3601.48	6733.11	5926.39
酒泉	-9918.58	-12381.00	-15650.85	-18036.26	-6183.52	-2819.70
庆阳	2125.33	1797.51	1663.44	1336.70	7534.10	6329.24
定西	-5703.24	-11167.15	-13998.50	-11797.65	-7053.65	-7885.40
陇南	-2456.26	-3756.74	-4868.72	-5075.68	-3525.49	-2895.05
临夏	1183.08	206.93	-446.76	-747.95	381.64	565.29
甘南	-354.45	-527.89	-638.74	-850.79	-530.18	-350.75

5.3 测算结果分析

5.3.1 省域层面分析

(1) 耕地生态消费分析

表 5-3 给出了 2013-2018 年甘肃省人均耕地生态足迹计算结果，为更明显的看出甘肃省在研究期内的变化，可以得到图 5-5。

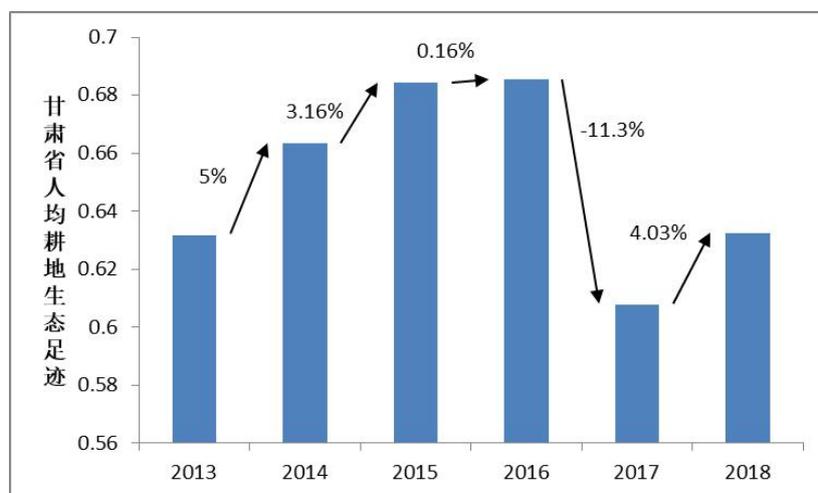


图 5-5 2013-2018 年甘肃省人均耕地生态足迹

结合表 5-3 和图 5-5 可知, 2013 到 2018 年甘肃省人均耕地生态足迹整体处于上升, 但从 2013-2016 迅速上升, 而从 2016 年开始下降, 到 2017 年达到最低, 而 2018 又有小幅度上升。其中, 2016 年甘肃省的人均耕地消费量最高, 说明在 2013-2016 年, 甘肃省对耕地资源的需求量在增加, 甘肃省政府在发现耕地被过度消费后, 及时调整相关政策, 并在 2017 年人均耕地消费量降到最低。

具体甘肃省在 2013 到 2018 年人均耕地生态承载力变动情况见图 5-6。

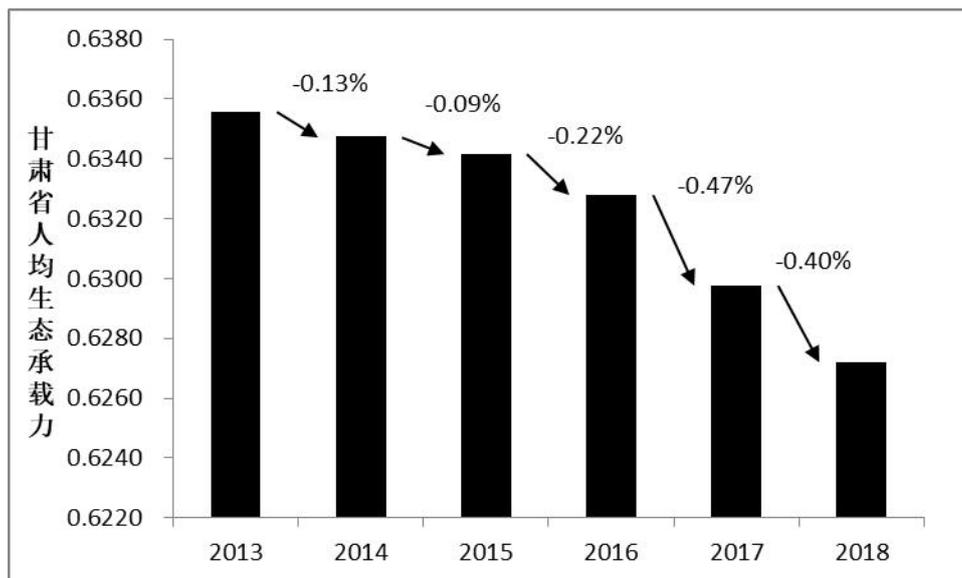


图 5-6 2013-2018 年甘肃省人均耕地生态承载力

通过图 5-6 可以看出, 2013-2018 年甘肃省人均耕地生态承载力一直处于下降状态, 但 2017 年人均生态承载力下降率最大为-0.47%, 分析原因为耕地总面积没有明显变化时, 2017 年总人口上涨幅度较大, 所以甘肃省人均耕地面积下降幅度最大。

为更明显的看出甘肃省在 2013 到 2018 年, 人均耕地生态盈余/赤字变动情况, 根据 5-10 表格中计算结果, 可以得到图 5-8。

从表 5-5 和图 5-8 可知, 甘肃省的耕地生态盈余总体处于下降状态, 从 2013 年人均盈余量为 0.3377 公顷/人, 变化到 2018 年盈余 0.3125 公顷/人, 人均减少盈余 0.0225 公顷/人。其中 2013-2016 年降的较快, 到 2016 年达到最低后 2017 年又迅速增至比 2013 年的 0.3377 公顷/人还高, 但 2018 年又出现小幅度下降。

其中，甘肃省的人均耕地生态状况，只有在 2013 和 2017 年处于盈余，在研究的时间范围内其余年份均为生态赤字。

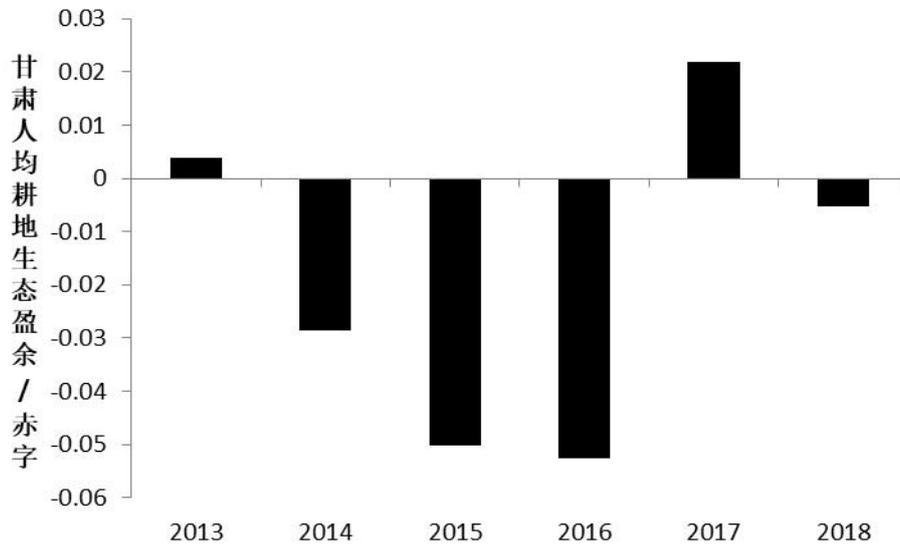


图 5-7 2013-2018 年甘肃省人均耕地生态盈余/赤字

表 5-6 给出了 2013-2018 年甘肃省及 14 市州的耕地足迹广度计算结果，足迹广度的变化表示的是：研究区内人们生产生活对生物生产性土地面积的变化影响程度，也代表着对流量资本的利用情况的变化，以及对资源消耗程度与其更新速度的情况。通过对表 5-6 可以得到，2013-2018 年甘肃省足迹广度经历了上升阶段（2013-2014）-下降阶段（2014-2017）-上升阶段（2017-2018）三个阶段，引起变化的原因主要应为当地人们的生产生活对生物生产性土地的影响的变化。

为了更清楚的了解甘肃省对耕地资源的消费情况，还需要对跟耕地生态足迹深度进行分析。足迹深度表明了为满足对耕地消费及发展的需求，再生产当年耕地资源消耗所需要的年数，也就是说，耕地足迹深度主要代表了当地的耕地生态承载力和耕地生态足迹的消耗情况，主要体现了当地在资源利用情况。从表 5-7 可以看出，在研究期内，除 2013 年和 2017 年甘肃省的耕地足迹深度数值小于 1，其余年份的耕地足迹深度均大于 1，且 2016 年足迹深度达到最大值。说明除 2013 年甘肃省的耕地资源能够满足当地的人们生产生活外，其余年份甘肃省的耕地资源均不足以支撑当地的人们对耕地资源的消耗。

（2）耕地生态服务价值分析

由表 5-3 可以发现，甘肃省 2013-2018 年间的单位面积耕地生态系统服务价值量变化明显，其中：在 2013-2015 年迅速增加，在 2015 年达到最大值后，迅速降到 2017 年的 2628 元/公顷，在 2018 年又有小幅度上升。

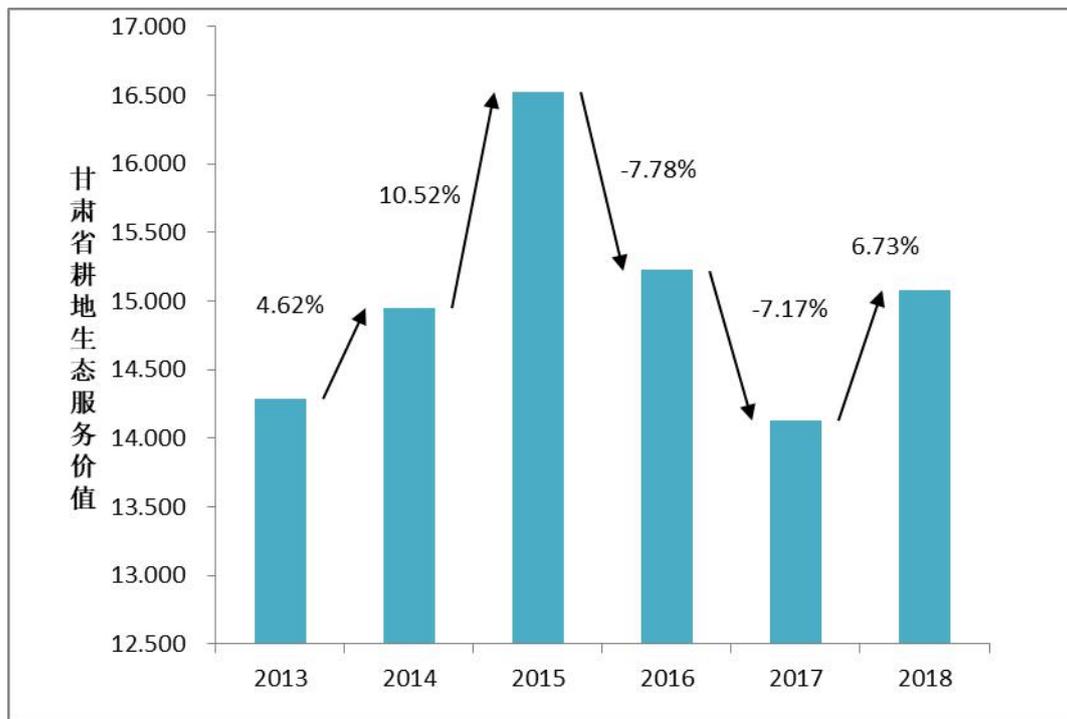


图 5-8 2013-2018 年甘肃省生态服务价值总量

基于表 5-9 甘肃省耕地生态服务价值总量数据即可得到图 5-8，可以看出，甘肃省 2013-2018 年耕地提供的生态服务价值总量的变化趋势为先上升后下降再上升，且 2018 年的耕地生态服务价值量略小于 2013 年，同时通过对增长率的观察，可以看出，2015 年甘肃省的耕地生态服务价值增长率最高（10.52%），在 2016 年增长率下降的最快（-7.17%）。对比表 5-8 和表 5-9，可以发现耕地生态价值总量变化趋势与单位面积耕地生态服务价值量相同的原因因为在 2013-2018 年间甘肃省的耕地面积并未见明显变化。

（3）耕地生态补偿分析

通过表 5-12 可以看出，甘肃省的耕地生态补偿总量在 2013-2018 年处于频繁波动中，从 2013 年获得生态补偿 860.65 万元到 2014 年转变为需支付耕地生

态补偿 6730.59 万元，在接下来的三年内，由于对耕地资源利用的不合理，导致需要支付的生态补偿量迅速递增至 2016 年需要支付生态补偿 12639.05 万元，在 2017 年又迅速调整为获得生态补偿 4910.19 万元，随后由于对耕地资源利用的不合理，对流量资本的利用大于当地能够提供的存量资本，在 2018 年又需要支付耕地生态补偿 1254.68 万元。

5.3.2 市域层面分析

(1) 耕地生态消费分析

为更方便对甘肃省 14 个市州的人均耕地资源消费量进行分析，根据表 5-3 即可得到图 5-9:

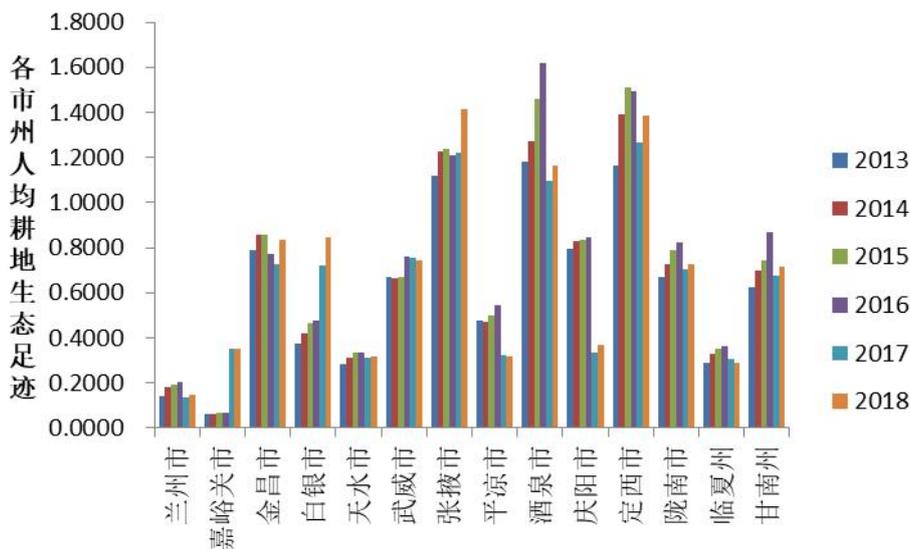


图 5-9 2013-2018 年甘肃省各市州人均耕地生态足迹

甘肃省各市州人均耕地生态足迹的变化情况各有不同。酒泉市、天水市、兰州市、甘南州和陇南市等五个市州和甘肃省人均生态足迹变化趋势相同，在 2013-2016 年处于上升，2016 达到最大值，2017 降到最低值后，2018 年又有小幅度上升。武威市和临夏州在 2013-2016 年缓慢上升，但在 2016-2018 年处于下降状态。2018 年全省人均耕地生态足迹最高的是张掖市为 1.4163 公顷/人，紧随其后的是定西市为 1.3837 公顷/人。

其中,庆阳的人均耕地生态足迹在 2017 年和 2018 年跟 2013-2016 年相比较,有较为明显的降低,分析原因为 2017 年和 2018 年庆阳市的中药材产量迅速减少,在其余农作物产量没有明显变化时,导致庆阳市在 2017 年和 2018 年所消费的生物资源减少,从而导致消费的耕地生态足迹减少。酒泉市的人均生态足迹和庆阳市相似,但酒泉市在 2017 年的人均生态足迹发生明显减少,分析原因为酒泉市的蔬菜产量和中药材产量减少,所以导致人均生态足迹发生了明显变化。

为更方便对甘肃省 14 个市州的人均耕地承载力进行分析,根据表 5-4 即可得到图 5-10。

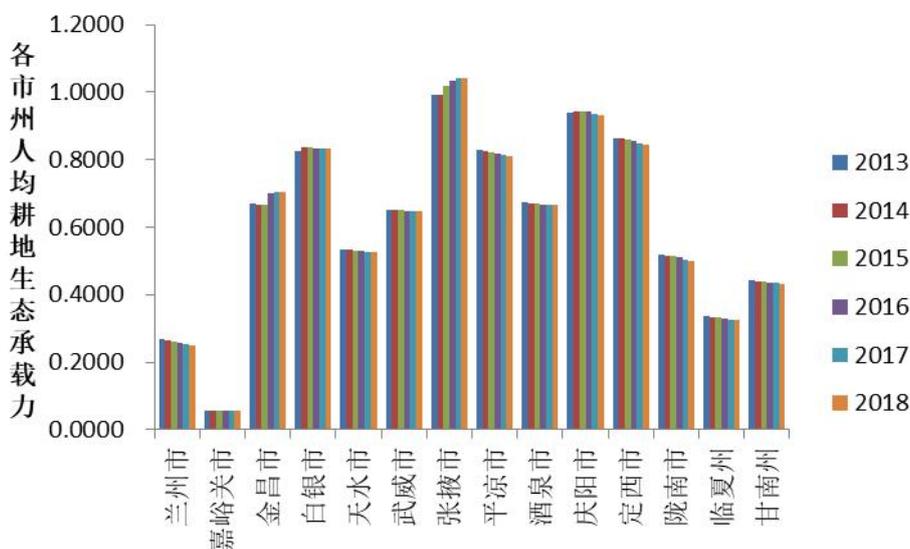


图 5-10 2013-2018 年甘肃省各市州人均耕地生态承载力

甘肃省的 14 个市州的变化情况却各不相同,其中,嘉峪关市的生态承载力从图 5-6 中看,可能更容易得出的结论为,在 2013-2018 年没有变化,但通过对比表 5-9 可以发现,其实嘉峪关市的人均生态承载力一直处于波动变化中,只不过是相对变化较小。而兰州市、天水市、平凉市、定西市、陇南市、临夏州和甘南州等地的生态承载力在 2013-2018 年间一直在减少,相反张掖市的人均生态承载力一直在增加,且在 2015 年变化更明显。分析原因为:张掖市的耕地面积一直在增加,并且在 2015 年增长幅度较大,而人口数并没有较为明显的变化,导致张掖市的人均耕地生态承载力一直在增加。

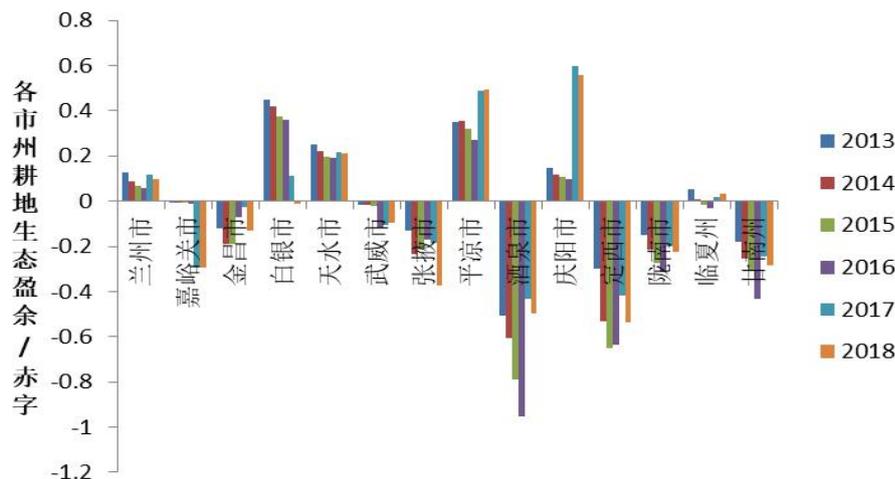


图 5-11 2013-2018 年甘肃省各市州人均耕地生态盈余/赤字

在甘肃省的 14 个市州中，兰州市、天水市、庆阳市和平凉市 6 年间一直处于盈余状态。嘉峪关市、金昌市、武威市、张掖市、酒泉市、定西市、陇南市和甘南州等八个市州在 2013-2018 年间的耕地资源消费情况为生态赤字，并且变化趋势相似，赤字量均由缓慢增加演变为缓慢减少，说明甘肃省及各市州在发现耕地的生态环境面临的严峻形式后，采取相应措施，生态赤字情况得到缓解。

而嘉峪关市由于在 2017 和 2018 年开始种植中药材，所以导致生态足迹明显增高，而土地所能提供的生态承载力还保持原有状态，所以嘉峪关市的耕地生态赤字状态在 2017 和 2018 年较为严重。

从表 5-6 可以看出，在 2013-2018 年间，14 个市州对地区消费的满足程度变化趋势不尽相同，但整体来看，均没有较大变化。但由于嘉峪关市、武威市、定西市、张掖市、酒泉市、金昌市、白银市、陇南市和甘南州等 9 个市州在 2018 年为生态赤字状态。

张掖市、金昌市、酒泉市、武威市、陇南市、嘉峪关市和定西市在 2013-2018 年耕地生态足迹深度一直大于 1，说明当地的耕地资本流量不能支持当地的实际消费需求，当地的耕地资源处于不可持续状态。其中变化较大的嘉峪关的耕地足迹深度在 2017 年高达 6.3140，2018 年还在继续升高至 6.3620，分析原因为 2017 年嘉峪关的耕地资源消费量迅速增加，但耕地所能提供的承载力并未有明显变化，所以导致嘉峪关在 2017 年和 2018 年的足迹深度变化较大，但嘉峪关的足迹

深度一直以来都偏高。相当于，嘉峪关在 2017 年所透支的耕地资本存量相当于甘肃省平均单产下嘉峪关耕地的生态生产性土地 6.173 年的自然资本积累。

从表 5-7 可以看出，除嘉峪关外，大部分市州分别在 2018 年或者 2017 年足迹深度明显变小，这也就说明，近些年甘肃省对存量耕地资本的占用程度逐渐降低。平凉、天水 and 兰州等地的足迹深度水平始终较低，在 2017 年均存在明显下降，说明当地的生态承载状况持续良好，并且在近几年生态承载情况有变得更好的趋势。

（2）耕地生态服务价值分析

在甘肃省各市州中，单位面积耕地生态系统服务价值量变化最为明显的是嘉峪关和酒泉。在 2018 年，甘肃省的 14 个市州中单位面积耕地生态系统服务价值量最高为金昌（4462 元/公顷），最低的为甘南州（792 元/公顷）。

从 2018 年各市州情况来看，提供的耕地生态价值量最多的是定西（1.240 亿元），提供耕地生态价值量最少的为嘉峪关市（0.007 亿元）。武威市、庆阳市、定西市和天水市等市州耕地提供的生态服务价值量相对较大，其变化趋势与甘肃省整体的变化趋势基本一致，大体呈现出先上升后下降的变化趋势，其中，甘南州提供的生态服务价值量一直偏小，且在研究期内变化相对平缓。

从表 5-9 中可知，2018 年甘肃省耕地生态服务价值总量为 15.083 亿元。在甘肃省 14 个市州中，耕地资源提供生态服务价值总量最大的是定西市（1.24 亿元），提供生态价值总量最小的嘉峪关市（0.007 亿元）。耕地资源贡献的生态服务价值量前五名的是：张掖市（1.054 亿元）、武威市（0.912 亿元）、庆阳市（1.052 亿元）、定西市（1.240 亿元）和天水市（0.908 亿元），共提供的总价值量 5.166 亿元，占全省总量的 52.15%，说明小部分城市的耕地资源却承担了甘肃省全省大部分耕地生态服务价值。

通过表 5-10 可以看出，2018 年甘肃省各地市耕地各功能生态服务价值量。在耕地所提供的功能中，废物处理所能提供的耕地生态价值量是最大的（2.16 亿元），占耕地资源提供的价值总量的 23.73%；其次是土壤形成与保护功能，提供的价值总量为 1.92 亿元，占比 21.13%；废物处理功能和土壤形成与保护功能提供的价值总量为 4.08 亿元，占耕地资源提供价值总量的 44.86%，所以，在耕地资源在耕地生态系统中的价值主要是：实现废物处理和促进土壤形成和保护。

（3）耕地生态补偿分析

表 5-11 可以看出，嘉峪关市、金昌市、酒泉市、定西市、陇南市和甘南州的自然资源收益率已经达到 100%，资源需求不再由自然资源流量去满足，而被存量资源所代替，存量资源是该地区经济发展的主要推动力。酒泉在研究期内资源存量流量利用比都在 64% 以上，则说明该地区通过过度消耗存量资源弥补当地流量资源的不足，当地的耕地生态系统面临着巨大的压力。而在 2016 年至今，武威、陇南和甘南的存量-流量利用比在持续降低，则说明当地的生态可持续性在不断减弱。而临夏市在 2013、2014、2017 和 2018 四年间的自然资源流量可以支撑当地的资源消耗，但是自然资源收益率都在 80% 以上，也就反映了虽然临夏处于生态盈余状态，但是当地的生态可持续性已经受到了破坏。白银市在 2017 年存量资本利用率达到 86.72% 后，在 2018 年生态状态由可持续发展转为不可持续状态。

在甘肃省的 14 个市州中，耕地生态补偿总量变化趋势各有不同。酒泉市、定西市和陇南市等市州需要支付的耕地生态补偿量一直较多，其中，酒泉市在 2013-2016 年间支付的耕地生态补偿量迅速增长，到 2016 年甚至已经高达 18036.26 万元，说明当地的耕地资源利用严重超载，消耗的耕地价值较高，但耕地所能提供的价值却在持续减少，所以导致支付生态补偿量增加，但在 2017 年开始有所好转，但酒泉市在 2018 年还需要支付耕地生态补偿 2819.70 万元。

兰州市、庆阳市、平凉市和天水市等 4 个市州在 2013-2018 年间，对耕地资源利用较好，一直能够获得生态补偿，但各市州关于生态补偿量的变化趋势却不同，例如，平凉市的耕地生态补偿总量在 2017 年达到最大值后开始减少，而天水市在 2013-2018 年间耕地生态补偿总量变化较大，其中获得生态补偿最大值的 2015 年（0.9094 亿元）和最小值 2018 年（0.3879 亿元）相差了 0.5215 亿元。白银市在 2013-2017 年间一直能够获得耕地生态补偿，但是获得的耕地生态补偿总量从 2014 年开始在逐渐减少，一直减少到 2018 年反而需要支付生态补偿 106.50 万元。武威、陇南和甘南的变化趋势相似，都是在 2016 年由支付耕地生态补偿量最大，在 2017 年开始缓慢减少，表明当地的耕地生态系统的不可持续性正在缓慢变小。

甘肃省现有的耕地生态补偿主要依靠政府的宏观调控,即当各市州内部在进行耕地生态补偿额的分配时,由于政府对耕地生态补偿的标准缺少相应的法律支撑,所以为了使生态补偿政策更有效率的实施,可以通过计算当地的耕地生态消费对经济的影响程度,确定当地对耕地生态补偿的迫切度。

(4) 生态补偿优先指数分析

以市州为基本行政单位,根据当地的经济发展情况和耕地资源消费情况,对耕地的生态补偿优先指数进行测算,可以使各市州的政策实施效率更高,图 5-12 为 2018 年甘肃省各市州计算得出的耕地生态补偿优先指数。

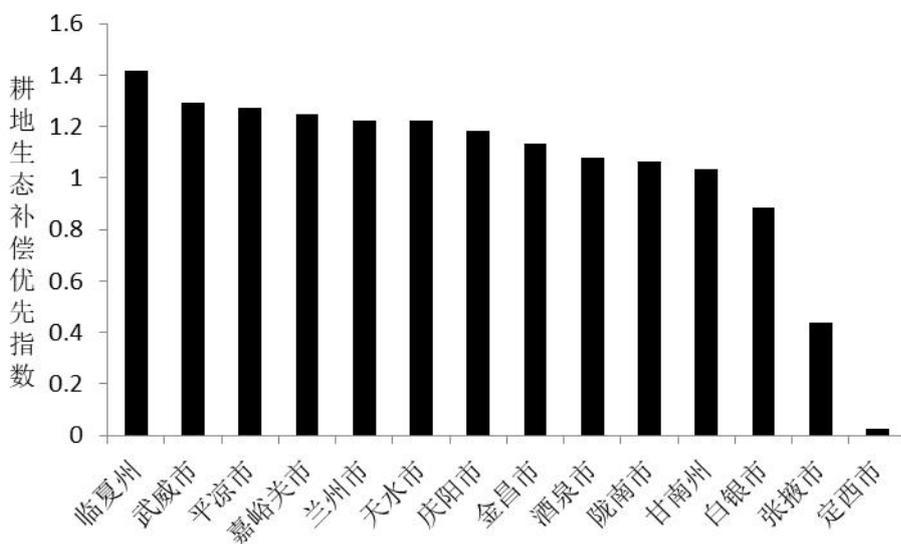


图 5-12 2018 年甘肃省各市州生态优先指数

对于受偿区来说,生态优先指数越大,即排名越靠前,表示越应该优先获得补偿。而对于生态支付区,生态优先指数越小,即排名越靠后,则越应该优先履行生态补偿的义务。从图 5-9 可以看出,耕地生态补偿支付区的嘉峪关、金昌、白银、武威、张掖、酒泉、定西、陇南和甘南等地,生态优先指数由低到高顺序为:武威、嘉峪关、金昌、酒泉、陇南、甘南、白银、张掖和定西,即表示为应该优先支付生态补偿的顺序。而对于生态补偿受偿区的兰州、天水、平凉、庆阳和临夏。在生态优先指数由高到低的排序为临夏、平凉、兰州、天水和庆阳,即表示应该按此顺序获得赔偿,排名越靠前的市州越优先获得补偿。

6 结论与建议

6.1 基本结论

基于生态文明背景，在大量查阅与耕地生态补偿相关文献，梳理思路后，以甘肃省耕地生态补偿为最终研究对象，最终得到如下结论：

第一，为加强对土地价值量化的准确性，在现有基础耕地价值量化模型的基础上，建立了甘肃省耕地生态补偿量化新模型：（1）在量化方法选取上，区别于现有文献仅使用传统生态足迹模型测算耕地生态消费量，选取三维生态足迹从时间和空间角度对耕地生态消费量进行测算，对耕地消费量的度量更为精准。（2）在构建模型时，首次尝试将三维生态足迹模型与生态系统服务价值结合，并依据三维生态足迹确定补偿阈值，建立耕地生态补偿的支付/受偿标准。（3）依据研究区的生态足迹变化量与 GDP 的变化间的关系，对 2018 年甘肃省 14 个市州的耕地生态补偿优先级进行修正。

第二，通过对甘肃省耕地生态补偿量的测算，得到如下量化分析结论：（1）在省域视角下，甘肃省耕地生态补偿总量波动较大，其中 2017 年获得的补偿量最高为 4910.49 万元，2015 年支付的耕地生态补偿量最高为 13052.43 万元。甘肃省耕地资源供需严重失衡，在 2013-2018 年，甘肃省除 2013 年和 2017 年为生态盈额外，其余年份均为生态赤字状态，而甘肃省的足迹深度在 0.96 到 1.08 间波动变化，说明在 2013-2018 年甘肃省的耕地资源利用率较高，甚至部分年份的耕地资源并未满足当地的资源消耗。耕地生态服务价值的变化较大，在研究期内，2017 年耕地提供的生态系统服务价值最低（14.13 亿元），在 2015 年耕地提供的生态系统服务价值最高（16.52 亿元）。（2）在市域视角下，各市州生态补偿量差距较大，各市州在 2018 年耕地生态补偿量支付最高的省份为定西市（7885.40 万元），获得耕地生态补偿最高的为庆阳市（6939.24 万元），相差 14824.64 万元。各市州耕地资源失衡严重，大部分市州在 2013-2018 年一直处于生态赤字状态，并且在研究期内足迹深度均表现出较为明显的上升，说明各市州的耕地资源一直在过度消耗。各市州的生态系统服务供给能力不断下降。在 2013-2018 年各州间耕地的供给能力相差较大，在 2018 年，耕地生态服务价值最高的张掖市为

1.054 亿元，最低的嘉峪关市为 0.007 亿元，相差 1.047 亿元。

6.2 思考

6.2.1 对研究方法的思考

(1) 对研究方法选取的思考

论文在测度甘肃省耕地生态补偿标准时，采取的方法是以耕地生态服务价值模型计算甘肃省耕地的土地价值，并依据三维生态足迹模型对耕地生态消费量进行测度，其中，依据消费量的大小与当地耕地生态系统所能提供的资源情况确定耕地生态补偿的阈值。但在测度耕地消费量时，仅根据三维生态足迹模型的相关指标足迹深度和足迹广度计算，对于各维度在度量生态消费时所占的比重并未进行深入考虑，然而关于对各维度的生态消费与耕地生态补偿见的关系也是值得进行探讨的。

(2) 对于耕地生态补偿优先指数的思考

论文在现有耕地生态补偿优先指数测算模型的基础上，对耕地生态补偿指数进行了修正：以生态足迹变化表征对生态环境的影响，以研究区国内生产总值变化表征对经济发展的影响，试图通过研究区经济发展与环境压力二者间的关系确定耕地生态补偿的实施对研究区的影响程度，以此了解到当地对耕地生态补偿的迫切度。耕地生态系统是一个复杂的生态系统，人在耕地生态系统中也起着重要作用，对耕地生态补偿的迫切度也应考虑到当地的人口数、当地居民对生态补偿的支付意愿等多方面因素以及研究区的生态保护区面积等。耕地生态补偿优先指数的确定对于上述因素的考虑也是值得深入研究的。

6.2.2 对研究对象的思考

当前，我国经济发展进入新常态，对耕地资源的过度消费致使耕地数量和质量不断减少，耕地面临的压力越来越大，如何协调处理好经济发展与耕地生态保护间的协调发展是当前甘肃省耕地生态补偿建设中亟需解决的问题。

(1) 平衡耕地补偿各相关主体利益

第一，协调好中央政府与地方政府间的关系。

要想有效的协调中央政府和地方政府间的关系,可以选择加大对违规征地的处罚力度,或者增大对实施生态保护的主体的奖励力度,通过管制和激励相结合的方式,加大地方政府和中央政府对相应耕地保护政策的实施意愿,为最终实现耕地对耕地资源的合理利用,保护耕地生态环境。

第二,加大对农民耕地保护政策的宣传。

基于博弈论理论,我们可以认为,若当地方政府没有执行相关的耕地保护的政策时,农民的最优选择并不是保护耕地,但耕地资源又是相当宝贵的,一旦被破坏产生的后果将是不可逆的,所以应加大对农民保护耕地的宣传,同时也应加大对农民保护耕地的奖励,使更多的农民能够加入到保护耕地的队伍。

(2) 适当转变农业发展方式

第一,提高甘肃省农业耕种技术现代化。

随着科技的发展,农业技术现代化的进步,国内多数省份已经开始开展农业耕种收割的机械化,但甘肃省由于地形环境复杂等条件的影响,相关技术并未得到普及。当地政府可以多开展对相应技术技能的培训,同时可以向其他走在农业现代化前端的省份学习,创建一套适合甘肃省的耕种技术。

第二,推进普及清洁农业生产进程。

现阶段,由于耕地使用过程中,人们追求更大的利益,对耕地使用了大量的化肥农药,有害物质的残留对土地造成了破坏。政府可以加大对有机农业的补贴力度,改善耕地生态环境。农民在选择化肥时,也应尽量多选择绿色无污染的有机化肥,从根本上保护耕地资源。

(3) 健全耕地保护补偿机制

第一,建立健全耕地生态补偿法律体系。

将保护耕地生态环境作为制定相关政策的主要目标,对不同的耕地主客体,应量化出不同的补偿方法,并同时考虑当地民众的支付意愿等,对应不同的耕地生态补偿标准,最主要的还应该是调动农民对耕地保护的积极性,确保耕地资源的可持续发展。

第二,多元化耕地生态补偿方式。

耕地生态补偿方式除了权力机构主体补偿外,还应当加强关于耕地的技术补偿以及相应的资源和人才补偿,实现补偿方式由依靠外界的“输血型”向自主创新和发展的“造血型”转变。

第三,政策的制定还可结合专家意见。

对耕地生态保护补偿的量化方法,现如今还未形成统一的标准。为增强对耕地生态补偿的研究,同时完善耕地生态补偿量化体系,政府部门在制定相应政策时可以结合生态学、农学、经济学等学科的专家意见,全面科学的量化耕地生态补偿标准。

参考文献

- [1] 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,(08):38-47.
- [2] Costanza R,Adrge R,De Groot R, et al.The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387(6330):253-260.
- [3] Adger W N,Brown K,Cervigni R,et al. Total Economic Value in Mexico of Forests[J]. Ambio,2010,24(5): 286-296.
- [4] Barbier E B.Valuing environmental functions:tropical wetlands[J].Land Economic,1994,70(2):155-173.
- [5] Sagoff M, Sagoff M.Aggregation and deliberation in valuing environmental public goods: A look beyond contingent pricing[J]. Ecological Economics,1998,24(2):213-230.
- [6] Toman M.Why not to calculate the value of the world's ecosystem services and natural capita l[J]. Ecological Economics,1998,25(5748):57-60.
- [7] Loomis J B,Kent P,Strange L,et al.Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J].Ecological Economics,2000,33(1):103-117.
- [8] Turner R K,Folke C,Gren I M,et al.A typology for the classification,description and valuation of ecosystem functions,goods and services[J].Ecological Economics,2002, 41(3):393-408.
- [9] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999, 10(5):635-640.
- [10] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J].生态学报, 1999(05):19-25.
- [11] 谢高地,肖玉,甄霖等.我国粮食生产的生态服务价值研究[J].中国生态农业学报,2005,(03):10-13.
- [12] 王庭辉,王喜,秦耀辰等.长江流域资源与环境,2021,30(02):330-341.
- [13] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment & Urbanization,1992,4(2):121-130.
- [14] Rees W,Wackernagel M.Urban ecological footprints:Why cities cannot be sustainable-And why they are a key to sustainability[J].Environmental Impact Assessment Review,1996, 16(4-6):223-248.

- [15] Szigeti C, Toth G, Szabo D R. Decoupling-shifts in ecological footprint intensity of nations in the last decade[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 72(jan.):111-117.
- [16] Collins A. Learning and Teaching Sustainability: The Contribution of Ecological Footprint Calculators[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 34(02):174-187.
- [17] Karl Hyer, Dowlatabadi H. The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America[J]. *Global Environmental Change*, 2003, 13(2):83-100.
- [18] Charfeddine, Lanouar, Mrabet, Zouhair. The impact of economic development and social political factors on ecological footprint: A panel data analysis for 15 MENA countries[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2008, 7(6):138-154.
- [19] Kathryn B, Bicieli R. J, Ross C, et al. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy[J]. *Ecological Economics*, 1998, 27(2):149-160.
- [20] Verhofstadt E. Linking Individuals Ecological Footprint to Their Subjective Well-being[J]. *Ecological Economics*, 2016, 127(02):80-89.
- [21] Niccolucci V, Bastianoni S, Tiezzi E B P, et al. How deep is the footprint? A 3D representation [J]. *Ecological Modelling*, 2009, 220(20):2819-2823.
- [22] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. *生态经济*, 2000, (10):8-10.
- [23] 徐中民, 张志强, 程国栋等. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2):280-285.
- [24] 田玲玲, 罗静, 董莹等. 湖北省生态足迹和生态承载力时空动态研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(02):316-325.
- [25] 林永钦, 齐维孩, 祝琴. 基于生态足迹的中国可持续食物消费模式[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(02):338-347.
- [26] 张文彬, 郝佳馨. 中国能源足迹的测度及区域差异分析[J]. *统计与决策*, 2020, 36(08):93-97.
- [27] 徐秀美. 基于旅游生态足迹的拉萨乡村旅游地生态补偿标准—以次角林村为例[J]. *经济地理*, 2017, 37(04):41-50.
- [28] 赵鹏宇, 刘秀丽, 郭劲松等. 基于生态足迹模型修正的沂州市生态承载力空间变化[J]. *水土保持研究*, 2019, 37(01):373-378.
- [29] 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.

- [30] 刘某承,李文华,谢高地.基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J].生态学杂志, 2010, 29(3):592-597.
- [31] 靳相木,柳乾坤.基于三维生态足迹模型扩展的土地承载力指数研究-以温州市为例[J].生态学报,2017,37(9):3982-3993.
- [32] McCarthy S,Matthews A,Riordan B.Economic determinants of private afforestation in the Republic of Ireland[J].Land Use Policy,2003,20(1):51-59.
- [33] Moran D,McVittie A,Allcroft D J,et al.Quantifying public preferences foragri-environmental policy in Scotland: A comparison of methods[J].Ecological Economics,2007,63(1):42-53.
- [34] Plantinga A J, Alig R, Cheng H T.The supply of land for conservation uses: evidence from the conservation reserve program [J].Resources Conservation & Recycling,2001,31(3):199-215.
- [35] Hamdar B.An efficiency approach to managing Mississippi's marginal land based on the conservation reserve program [J].Resources Conservation & Recycling,1999,26(1):15-24.
- [36] Sierra-Alvarez R,Beristain-Cardoso R,Salazar M,et al.Chemolithotrophic denitrification with elemental sulfur for groundwater treatment[J].Water Research,2007,41(6):1253-1262.
- [37] Niak S.Thoms H.Safeguards enhancing ecological compensation in Sweden[J].Land Use Police,2017,(60):186-199
- [38] Claassen R,Cattaneo A,Johansson R.Cost-effective design of agri-environmental payment programs:U.S.experience in theory and practice[J].Ecological Economics,2008, 65(4):737-752.
- [39] Drechsler M,Watzlod F.An ecological-economic modeling procedure to design compensation payment for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures[J].Ecological Economics,2002,41(1):37-49.
- [40] 刘春腊,刘卫,陆大道.生态补偿的地理学特征及内涵研究[J].地理研究,2014,33(5):803-816.
- [41] 靳亚亚,赵凯,肖桂春.陕西省耕地保护经济补偿分区研究:基于粮食安全与生态安全双重视角[J].中国土地科学,2015,29(10):12-19.
- [42] 唐建,沈田华,彭珏.基于双边界二分式 CVM 法的耕地生态价值评价—以重庆市为例[J].资源科学,2013,35(01):207-215.
- [43] 朱红波,孙慧宁.四川省耕地保护政策运行绩效的时空演变规律研究[J].广东土地科学,2018,17 (3):4-10.

- [44] 张效军, 欧名豪, 李景刚. 我国耕地保护制度变迁及其绩效分析[J]. 社会科学, 2007, (08): 13-20.
- [45] 张全景, 欧名豪, 王万茂. 中国土地用途管制制度的耕地保护绩效及其区域差异研究[J]. 中国土地科学, 2008, 22(09): 8-13.
- [46] 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.
- [47] 王雯雯, 叶菁, 张利国, 魏超, 张红伟, 刘寒寒. 主体功能区视角下生态补偿研究-以湖北省为例[J]. 生态学报, 2020, 40(21): 7816-7825.
- [48] 阮熹晟, 李坦, 张藕香, 姚佐文. 基于生态服务价值的长江经济带耕地生态补偿量化研究. 中国农业资源与规划[J]. 2021, 42(01): 68-76.
- [49] 方凯, HEIJUNGS R. 自然资本核算的生态足迹三维模型研究进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1700-1707.
- [50] 程锋, 王洪波, 郦文聚. 中国耕地质量等级调查与评定[J]. 中国土地科学, 2014, 28(02): 75-82.
- [51] 肖玉, 谢高地, 安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 676-680.
- [52] 史玉丁, 李建军, 刘红梅. 提升旅游生计资本的生态补偿机制[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2019, 19(05): 98-106.
- [53] 王沁. 耕地生态补偿测度和分区研究[D]. 浙江大学, 2020.
- [54] William E. Rees. Consuming the earth: the biophysics of sustainability [J]. Ecological Economics, 1999, 29(1): 23-27.
- [55] 刘璨, 张敏新. 森林生态补偿问题研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(05): 149-155.
- [56] 李鹏辉, 徐丽萍, 张军民, 金梦婷, 张茹倩. 干旱区内陆河流域三维生态足迹时空变化分析-以玛纳斯河流域为例. 生态学报, 2020, 40(19): 6776-6787.
- [57] 吴健生, 李凯杨, 赵宇豪. 基于改进三维足迹模型的关中地区土地自然资本利用状况分析[J]. 地理科学进展, 2020, 39(8): 1345-1355.
- [58] 方凯, Reinout H. 自然资本核算的生态足迹三维模型研究进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 170-1707.
- [59] 方凯, 吴次芳, 董亮. 城市化进程中的土地自然资本利用动态分析[J]. 自然资源学报, 2018, 33(1): 1-13.

[60] 刘利花,杨彬如.中国省域耕地生态补偿研究[J].中国人口资源环境,2019,29(2):52-62.

致谢

光阴似箭，时光飞逝，转眼间三年研究生学习即将结束，充满了快乐与挑战，我十分感谢在这段岁月中对我给予帮助的老师、朋友以及家人。值此毕业之际，向所有对我给予帮助的人致以最真诚的感谢！

再此要特别感谢我的导师赵煜老师，在她的细心指导下我才能完成这篇论文，她也在我的研究生学习生涯中起到了不可或缺的指导作用。论文从选题开始到相关资料的收集，以及研究内容的深入探讨等均是在老师的帮助下完成的，特别感谢老师对我付出的大量心血。也正是通过与老师的日常相处，让我明白了许多道理以及未来自己将要成为怎样的人。她严谨的治学态度以及乐观平和的性格将是我终生学习的榜样。

感谢课题组的陈穗穗师姐，时刻在提醒着我要认真复习英语，帮我安装 GIS、STATA 等相关软件，还替我查找相关的资料，在我研究生的学习生活中无数次的鼓励我，感谢师妹王珊、师弟候威，是他们在课题组研究中给予我无限的包容与陪伴，他们乐观的性格让我开朗了许多，同时还要感谢师妹于湘和李婷，能在刚入师门就陪着我查数据，同时还跟我说，师姐你要是忙，可以把简单的工作交给我俩，深深的温暖了我。

感谢我三个可爱的室友：白亚楠、周梦雨和赵飞燕，让我在兰州学习的三年能在欢乐的氛围中度过，甚至还在我迷茫不自信时不厌其烦的安慰我。

最后，我要感谢我的父母，感谢的话太多，一时之间竟不知该从何说起，反正就是非常感谢爸爸妈妈对我的支持与鼓励，希望以后我有能力成为一个让你们骄傲的人，不辜负你们对我的期待。

今后在学习和工作中我必将再接再厉，争取取得更大的进步，不辜负所有帮助与关心我的人。再次，向你们真诚致谢！

2020年12月6日