引文格式：朱灵伟,彭云飞,陈晨,等. 耕地碳源和碳汇视角的保护补偿研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(12): 1-6. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.12.001

# 耕地碳源和碳汇视角的保护补偿研究

朱灵伟[1]，彭云飞[1]，陈　晨[1]，钱　竞[1]
（1. 深圳市规划国土发展研究中心，广东 深圳　518040）

**摘　要：**基于耕地碳源和碳汇视角测算全国31个省（自治区、直辖市）耕地利用碳效应，构建耕地保护补偿测算模型，按照“谁受益，谁补偿”原则，划分经济补偿支付区和接受区，为解决省际耕地保护补偿问题提供理论支撑和实际案例。结果表明：①全国耕地利用年均净碳汇量约$4.90\times10^8$ t，每公顷耕地年均净碳汇量3.626 t；②从耕地保护任务变化看，本轮规划期任务增加的省份均位于“秦岭-淮河-昆仑山-祁连山”线以北，表明耕地重心北移趋势已形成；③从经济补偿看，本轮规划期耕地保护应受货币补偿的有8个省：内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、新疆、甘肃、西藏和宁夏，总额度为4 681 741万元；应支付货币补偿的多达21个省，总额度4 681 741万元。

**关键词：**碳源；碳汇；耕地保有量；耕地补偿；规划调整
**中图分类号：**P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）12-0001-06

# Research on Cultivated Land Protection Compensation from the Perspective of Cultivated Land Carbon Source and Carbon Sink

ZHU Lingwei[1], PENG Yunfei[1], CHEN Chen[1], QIAN Jing[1]
(1. Shenzhen Urban Planning and Land Resource Center, Shenzhen 518040, China)

**Abstract:** Based on the perspective of cultivated land carbon source and carbon sink, we calculated the carbon effect of cultivated land use in 31 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government) in China, constructed the calculation model of cultivated land protection compensation, and divided the economic compensation payment area and receiving area according to the principle of “who benefits, who compensates”, so as to provide theoretical support and practical cases for solving the problem of inter-provincial cultivated land protection compensation. The results show that ①the average annual net carbon sink of cultivated land in China is about 4.90×108 t , and the average annual net carbon sink of cultivated land is 3.626 t/ha. ②From the perspective of cultivated land protection task change, the provinces with increased tasks in this planning period are all located north of the line of “Qinling-Huaihe-Kunlun Mountain-Qilian Mountain”, indicating that the gravity center of cultivated land has shifted northward. ③From the perspective of economic compensation, there are 8 provinces that should receive monetary compensation for cultivated land protection in this planning period, such as Inner Mongolia, Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Xinjiang, Gansu, Xizang and Ningxia, with a total quota of 46 817 410 yuan. There are 21 provinces that should pay monetary compensation, with a total quota of 46 817 410 000 yuan.

**Key words:** carbon source, carbon sink, cultivated land holding, cultivated land compensation, plan adjustment

耕地是粮食生产的命根子，是中华民族永续发展的根基。当前，世界动荡变革加剧，国际形势错综复杂，国际环境的不稳定性和不确定性明显增强，粮食安全和耕地保护的极端重要性进一步凸显[1]。耕地保有量指规划期内必须保有的耕地数量，旨在保持耕地总量动态平衡，保障国家粮食安全。2016年《全国土地利用总体规划纲要（2006—2020年）调整方案》印发实施，明确至2020年全国耕地保有量目标为18.65亿亩，并分解下达给31个省（自治区、直辖市，不含香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾省，下同）。2022年，国务院印发《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》，明确全国耕地保护任务目标为18.65亿亩，保持到2035年不变。“三调”成果显示，10 a间全国耕地减少了1.13亿亩。一般而言，耕地保护任务是经中央政府和地方政府多轮协调，最终以行政命令方式下达给各地执行，具有明显的强制性和约束性。重新分配后任务有增加的省，则只能被动地接受耕地保护重任，后续发展受约束。反之，对于任务减少的省相当于避

收稿日期：2023-10-22。
项目来源：国土空间规划体系下深圳市农业单元划定及管控导则编制与实施项目（SZDL2022000957）。
第一作者简介：朱灵伟（1991—），硕士，工程师，研究方向为土地资源评价与可持续利用、国土空间用途管制等，E-mail：zhulingwei@whu.edu.cn。

免了保护责任，且继续享受经济发展红利。因此，有必要开展省际耕地保护补偿研究，使耕地从被动的强制保护转变为主动的自愿保护，同时使耕地减少的地区付出相应经济代价，实现耕地价值分配的帕累托改进[2]。

学界对耕地保护补偿方面有诸多研究，在基础理论方面，主要基于耕地外部性理论[3-4]和土地发展权理论[5-6]。其中，耕地外部性理论通常作为耕地生态保护补偿的理论依据，原理是将耕地保护补偿视为耕地生态价值、社会效益等外部性功能内部化的过程，即从其他社会成员享受的外部性价值中拿出一部分，用以补偿耕地保护主体的收益损失[7]；在补偿标准测算方法方面，省际层面的主要有当量因子法[8]、选择实验模型，省内层面对于农民补偿主要有采用意愿调查法[9]、特征价值分析法[10]、条件价值法[11]等；在耕地价值测算方面，主要基于粮食安全、生态安全、虚拟耕地、耕地保护义务量[12-14]等视角测算耕地生态价值。耕地资源具有碳源-碳汇的双重作用，一方面是耕地利用过程中产生的碳排放，包括耕地生产利用、农作物作物种植、土壤等方面[18]进行测算；另一方面是耕地资源及其种植的农作物可以吸收碳[15]。鲜有研究从耕地利用碳效应视角探讨耕地价值，并引入规划期耕地保护任务变化因素，研究省际间的耕地保护补偿，推动土地开发与保护间的利益平衡。

鉴于此，本文从耕地利用碳源和碳汇视角分析了全国31个省的耕地利用碳效应，通过对比两轮规划期中央政府下达给各省耕地保护任务的变化情况，构建耕地保护经济补偿测算方法，按照“谁受益，谁补偿”原则，划分耕地保护的支付补偿区和接受补偿区，进一步探讨规划调整所引发的省际耕地保护补偿问题，为牢牢守住耕地保护红线提供理论支撑和实际案例。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 耕地碳源和碳汇核算

#### 1.1.1 耕地碳吸收

耕地上种植的农作物通过光合作用将空气中的碳吸收合成为碳水化合物，即表现为耕地碳吸收，测算公式为：

$$C=\sum C_i=\sum s_i\times Y_i\times(1-r)/H_i \quad (1)$$

式中，$C$ 为耕地碳吸收总量；$C_i$ 为作物 $i$ 的碳吸收量；$s_i$ 为作物 $i$ 的碳吸收率；$Y_i$ 为作物 $i$ 的经济产量；$r$ 为作物 $i$ 的经济产品含水量；$H_i$ 为作物 $i$ 的经济系数。本文综合已有文献研究成果[16-17]，收集耕地种植主要作物的经济系数、含水量和碳吸收率等参数参与测算，如表1所示。

表1 主要农作物经济系数、含水量和碳吸收率

| 作物 | 经济系数 | 含水量 | 碳吸收率 | 作物 | 经济系数 | 含水量 | 碳吸收率 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 小麦 | 0.4 | 0.12 | 0.485 | 麻类 | 0.4 | 0.11 | 0.45 |
| 稻谷 | 0.45 | 0.12 | 0.414 | 甘蔗 | 0.5 | 0.5 | 0.45 |
| 玉米 | 0.4 | 0.13 | 0.471 | 甜菜 | 0.7 | 0.75 | 0.407 |
| 高粱 | 0.35 | 0.13 | 0.45 | 蔬菜 | 0.6 | 0.9 | 0.45 |
| 谷子 | 0.4 | 0.12 | 0.45 | 瓜类 | 0.7 | 0.9 | 0.45 |
| 豆类 | 0.34 | 0.13 | 0.45 | 烟草 | 0.55 | 0.85 | 0.45 |
| 花生 | 0.43 | 0.1 | 0.45 | 向日葵 | 0.3 | 0.1 | 0.45 |
| 棉花 | 0.1 | 0.08 | 0.45 | 油菜籽 | 0.25 | 0.1 | 0.45 |

#### 1.1.2 耕地碳排放

耕地碳排放包括农田生产碳排放、农田土壤碳排放、水稻种植碳排放和秸秆露天焚烧碳排放。测算公式为：

$$E=\sum E_j=\sum T_j\times\delta_j\times R_j \quad (2)$$

式中，$E$ 为耕地碳排放总量；$E_i$ 为第 $j$ 类耕地碳源的排放量；$T_j$ 为第 $j$ 类碳源的数量；$\delta_j$ 为第 $j$ 类碳源的排放系数；$R_j$ 为第 $j$ 类碳源的转换系数。

1）农田生产碳排放，指生产资料投入产生的直接或间接的碳排放，如化学肥料、农药试剂、农用塑料薄膜、农用柴油燃料、灌溉耗能等（见表2）。

表2 农田生产主要碳源的碳排放系数

| 碳源（$j$） | 碳排放系数（$\delta_j$） | 参考来源 |
|---|---|---|
| 柴油燃料 | 0.863 6 kg·kg$^{-1}$ | IPCC |
| 化学肥料 | 0.895 6 kg·kg$^{-1}$ | 美国橡树岭实验室 |
| 农药试剂 | 4.934 1 kg·kg$^{-1}$ | 美国橡树岭实验室 |
| 农用薄膜 | 5.18 kg·kg$^{-1}$ | IREEA（南京农业大学） |
| 灌溉 | 266.48 kg·hm$^{-2}$ | West |
| 耕作 | 312.6 kg·km$^{-2}$ | 中国农业大学 |

2）农田土壤碳排放，指农作物种植和生长过程中，耕作对土壤表层破坏释放的碳及作物生长过程所引发的土壤$N_2O$的释放，国内诸多学者测算了我国主要农作物品种土壤$N_2O$排放系数[18-19]，其中，春小麦0.4 kg·hm$^{-2}$、冬小麦2.05 kg·hm$^{-2}$、玉米2.532 kg·hm$^{-2}$、大豆0.77 kg·hm$^{-2}$、蔬菜4.21 kg·hm$^{-2}$、水稻0.24 kg·hm$^{-2}$、其他旱地作物0.95 kg·hm$^{-2}$，以上农作物碳排放转换系数为298.000。

3）水稻种植碳排放。借鉴田云[20-21]等收集的我国各地区水稻生长周期内的$CH_4$排放系数结果进行测算，其碳排放转换系数为25.000。

4）秸秆露天焚烧所产生的碳排放。该部分碳排放约占耕地作物碳吸收量5%[22-23]，碳排放近似等于$C\times(1-H)\times p$，其中$p$为秸秆露天焚烧量所占的比例。

1.1.3　耕地净碳汇

耕地净碳汇即为碳吸收量（$C$）与碳排放量（$E$）的差值，其计算公式如下：

$$NC=C-E \tag{3}$$

式中，$NC$ 为耕地净碳汇量，若某区域 $NC>0$，耕地利用表现为碳汇效应；若 $NC<0$，则耕地利用表现为碳源效应；当 $NC=0$ 时，则表示耕地种植农作物碳吸收量刚好抵消耕地利用过程造成的碳排放，实现了耕地利用碳平衡。

### 1.2　耕地保护补偿测算

1.2.1　耕地保护补偿理论基础

耕地保有量任务发生变化，对于地方政府来讲，表现为耕地保护的成本和收益预期将发生变化。图1反映了地方政府耕地保护边际收益和边际成本关系，MRP代表任务调整前耕地边际收益曲线，MRL代表任务调整后耕地的边际收益曲线，MRC代表耕地保护的边际成本曲线。本文设定以下2种情形：

情形1：假设任务变化对该区域耕地保护边际收益变化曲线无影响或者影响极小，即MRL=MRP。如图1（左）所示，当任务增加（$Q_1\rightarrow Q_2$）时，该区域的预期收益变化表示为 $B_1Q_1Q_2F_2$ 围成的阴影部分，预期成本变化为 $B_1Q_1Q_2B_2$，则增加的成本为 $B_1F_2B_2$。反之任务减少（$Q_1\rightarrow Q_3$），则该区域预期收益变化表示为 $F_3Q_3Q_1B_1$，预期成本变化为 $B_3Q_3Q_1B_1$，则由此带来的外部收益为 $F_3B_3B_1$。

情形2：假设中央政府认为任务增加有利于该地区粮食安全和生态安全，能有效提升社会效益，即MRL>MRP。如图1（右）所示，当任务增加（$Q_1\rightarrow Q_2$）时，则该区域耕地保护收益较情形1具有外部性的预期收益为 $D_1B_1F_2B_2$ 围成的阴影部分，此时的机会成本是 $B_1Q_1Q_2B_2$，净收益为 $D_1B_1B_2$。由于净收益不具有排他性，且该区域需要间接为任务增加支付额外的成本 $B_1F_2B_2$，在缺乏外部耕地保护激励补偿的情况下，会逐步导致地方政府接受耕地保有量增加的意愿不强。反之，若该区域耕地保有量任务减少，相当于耕地保护的成本外部化，地方政府更加愿意强化耕地保护。

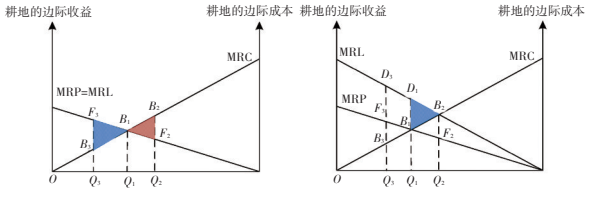



图1　地方政府耕地保护边际收益和边际成本关系图示

1.2.2　耕地保护补偿测算方法

本着“义务必尽、任务微调、代报有偿、长期坚持”原则，对于新一轮规划期耕地保护任务减少的区域，每年度应该向任务增加的区域给予经济货币补偿，直至规划期末。本文通过耕地净碳汇、耕地保有量任务变化测算耕地保护经济补偿费用，计算公式如下：

$$M_i=P\cdot Y_i=P\cdot \Delta \mathrm{Land}_i\cdot \Delta C_i \tag{4}$$

式中，$M_i$ 为 $i$ 省每年度应承担的经济补偿总额；$Y_i$ 为 $i$ 省以耕地任务变化量核算的耕地净碳汇实物补偿总量；$P$ 为规划期碳的市场价格；$\Delta \mathrm{Land}_i$ 为 $i$ 省耕地任务变化量(即图1中 $Q_1\rightarrow Q_2$、$Q_1\rightarrow Q_3$ 的变化量)；$\Delta C_i$ 表示 $i$ 省每年度单位面积耕地净碳汇量；若 $M_i>0$，表明该省份应受到耕地保护经济补偿，若 $M_i<0$，表明该省份需支付耕地保护补偿费用。

### 1.3　数据来源与处理

本文数据主要包括三类：①农业生产数据。如水稻、小麦、玉米、大豆和其他农作物种植面积，化肥、农药、农膜、农用柴油数据，秸秆露天焚烧数据等分别来自于《中国农业年鉴（1981—2021）》《中国农业统计资料（1949—2019）》《中国农村统计年鉴（2006—2022）》《中国环境统计年鉴（1998—2021）》。②耕地数据。耕地保有量任务分别来自《全国土地利用总体规划纲要（2006—2020年）调整方案》《全国国土空间规划纲要（2021—2035年）》，现状耕地数据来源于国土调查成果共享应用服务平台（https://gtdc.mnr.gov.cn）；其中，国土空间规划分解下达给各省的耕地保有量任务数，考虑国务院正在审批省级规划成果，部分省份暂未公布，尚属于保密数据，本文依据“三区三线”划定规则，进行统一处理后分析使用。③行政区边界数据来源于全国地理信息资源服务系统（https://www.webmap.cn）。

## 2　结果与分析

### 2.1　耕地利用净碳汇测算结果

表3为31个省（自治区、直辖市）年均耕地净碳汇总量及单位面积净碳汇量测算结果，从总体来看，我国耕地利用年均净碳汇量约 $4.90\times10^8$ t，每公顷耕地年均净碳汇量为3.626 t；从各省数据来看，由于耕地资源禀赋不同，耕地净碳汇总量差异较大，碳汇能力均值为 $1\,581\times10^4$ t，排序前三位分别是河南（$5\,371.31\times10^4$ t）、黑龙江（$4\,572.51\times10^4$ t）、山东（$4\,432.50\times10^4$ t），排序后三位分别是上海（$53.31\times10^4$ t）、北京（$73.54\times10^4$ t）、

西藏（87.27×10⁴ t）。单位面积净碳汇能力方面，均值为3.237 t，前三位分别是广西（8.778 t）、河南（6.592 t）和山东（5.806 t），后三位分别是福建（0.717 t）、浙江（0.731 t）和甘肃（1.54 t）。结合我国粮食生产功能区耕地单位面积净碳汇量分布结果看（图2），粮食主产区的地理、土壤、气候等自然条件适宜种植粮食作物，耕地集中连片，同时区域生态环境质量好，农业生产技术投入程度高，耕地表现出较强的碳汇能力。粮食产销平衡区（山西、宁夏、青海、甘肃、西藏、云南、贵州、重庆、广西、陕西和新疆）和主销区（北京、天津、上海、浙江、福建、广东和海南），耕地面积相对少、分布零散，碳汇能力相对较弱。

表3　耕地净碳汇总量及单位面积净碳汇量

| 地区 | 净碳汇总量/t | 单位面积净碳汇量/t·hm² | 地区 | 净碳汇总量/t | 单位面积净碳汇量/t·hm² |
|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 735 406 | 3.327 | 湖北 | 16 894 563 | 3.196 |
| 天津 | 1 511 354 | 3.444 | 湖南 | 13 782 725 | 3.323 |
| 河北 | 30 962 661 | 4.724 | 广东 | 8 816 262 | 3.367 |
| 山西 | 10 951 977 | 2.695 | 广西 | 38 768 564 | 8.778 |
| 内蒙古 | 17 872 227 | 1.944 | 海南 | 1 661 664 | 2.287 |
| 辽宁 | 16 482 657 | 3.3 | 重庆 | 6 489 483 | 2.645 |
| 吉林 | 28 745 508 | 4.101 | 四川 | 24 599 124 | 3.653 |
| 黑龙江 | 45 725 106 | 2.884 | 贵州 | 7 384 756 | 1.623 |
| 上海 | 533 086 | 2.834 | 云南 | 20 471 670 | 3.29 |
| 江苏 | 22 321 162 | 4.87 | 西藏 | 872 689 | 1.974 |
| 浙江 | 1 447 331 | 0.731 | 陕西 | 8 737 427 | 2.191 |
| 安徽 | 22 958 921 | 3.903 | 甘肃 | 8 285 263 | 1.54 |
| 福建 | 959 212 | 0.717 | 青海 | 1 070 457 | 1.819 |
| 江西 | 6 058 828 | 1.964 | 宁夏 | 2 744 018 | 2.141 |
| 山东 | 44 325 017 | 5.806 | 新疆 | 24 166 950 | 4.689 |
| 河南 | 53 713 097 | 6.592 | 全国 | 490 049 166 | 3.626 |

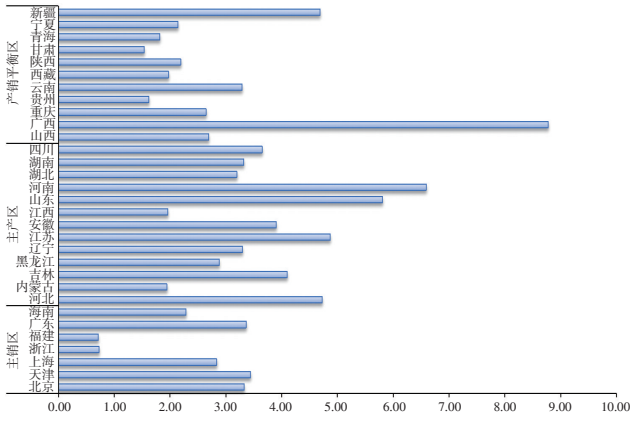



图2　粮食生产功能区耕地单位面积净碳汇量分布/t·hm⁻²

## 2.2　耕地保护经济补偿分析

### 2.2.1　耕地保护任务变化分析

表4为31个省（自治区、直辖市）耕地保有量任务变化情况，目前正在编制的国土空间规划（2021—2035年）中，中央政府下达给各省任务量较上一规划期（2006—2020年）增加的有8个省份，分别是内蒙古（360.20×10⁴ hm²）、黑龙江（296.53×10⁴ hm²）、吉林（125.07×10⁴ hm²）、辽宁（45.47×10⁴ hm²）、新疆（205.00×10⁴ hm²）、甘肃（11.07×10⁴ hm²）、西藏（3.73×10⁴ hm²）和宁夏（0.33×10⁴ hm²）。除北京、青海任务未变化外，其余21个省的耕地保护任务均有减少，需要支付相应的货币用于补偿任务增加的地区，以便更好落实耕地保护，并弥补由此带来的发展机会成本。任务量减幅超过66.67×10⁴ hm²（1 000万亩）的省份分别是山东（−124.40×10⁴ hm²）、四川（−122.07×10⁴ hm²）、广西（−111.60×10⁴ hm²）、贵州（−83.87×10⁴ hm²）、陕西（−72.40×10⁴ hm²）、河南（−68.47×10⁴ hm²）。

此外，不同粮食产区的耕地保有量变化情况差异明显。其中，山东、四川和河南是我国产粮大省，事关国家粮食生产安全稳定，应引起足够重视。耕地保有量任务减少的背后反映的是国土调查现状耕地流失问题严重，客观原因是国土三调（2019年）与二调（2009年）两次调查对耕地的认定标准不一致，但更多的是耕地保护与经济发展的矛盾，其中耕地减少主要去向农业结构调整、不合理生态退耕。耕地空间布局方面，以“秦岭—淮河—昆仑山—祁连山”为线，该线以北的区域耕地数量占全国总面积2/3，水资源仅为1/4；以南区域耕地占全国总面积1/3，水资源占比达3/4。光、热、水、耕地资源不匹配，成为影响耕地分布的重要因素。结合“三调”数据，表明我国耕地重心北移趋势已形成，特别是近10 a间，秦岭—淮河以南耕地减少总量达993.33×10⁴ hm²（1.49亿亩）。

如表4所示，耕地保有量任务减少省份主要集中在南方区域，且减幅明显；任务增加的省份全部在北方，尽管耕地数量增加，但由于自然地理条件、作物熟制等原因，这些耕地的粮食产量有限，对保障国家粮食安全仍有待探讨。

2.2.2　耕地保护补偿测算分析

根据复旦大学可持续发展研究中心公布的2023年9月复旦碳价指数，全国及试点碳市场上碳价格为59.74~62.84元/t，取均值为61.29元/t。考虑碳市场价格波动因素，采取单价每5 a增长5%，即2021—2025年，碳价格为61.29元/t，2025—2030年碳价格为91.94元/t，2030—2035年碳价格为137.90元/t。表5和图3为31个省（自治区、直辖市）耕地保有量任务调整货币补偿额测算结果，其中8个任务增加的省份可获得补偿经济总额为4 681 741万元，相应其他任务减少的21个省份需支付对应货币。其中，支付额在100亿元以上为广西1 431 114万元、山东省1 055 145万元。

表4　耕地保有量任务变化情况/（$10^4$ $hm^{-2}$）

| 地区 | 2020年 | 2035年 | 变化量 | 地区 | 2020年 | 2035年 | 变化量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 11.07 | 11.07 | 0 | 湖北 | 482.87 | 465.87 | −17 |
| 天津 | 33.4 | 31.13 | −2.27 | 湖南 | 397.07 | 358.2 | −38.87 |
| 河北 | 605.33 | 589.13 | −16.2 | 广东 | 247.93 | 183.4 | −64.53 |
| 山西 | 383.8 | 378.47 | −5.33 | 广西 | 436.4 | 324.8 | −111.6 |
| 内蒙古 | 766.6 | 1126.8 | 360.2 | 海南 | 71.47 | 47.73 | −23.73 |
| 辽宁 | 460.13 | 505.6 | 45.47 | 重庆 | 190.6 | 182.87 | −7.73 |
| 吉林 | 606.67 | 731.73 | 125.07 | 四川 | 629.87 | 507.8 | −122.1 |
| 黑龙江 | 1 387.13 | 1 683.7 | 296.53 | 贵州 | 419.07 | 335.2 | −83.87 |
| 上海 | 18.8 | 12 | −6.8 | 云南 | 584.53 | 527.07 | −57.47 |
| 江苏 | 456.87 | 398.47 | −58.4 | 西藏 | 39.47 | 43.2 | 3.73 |
| 浙江 | 187.87 | 125.53 | −62.33 | 陕西 | 360.93 | 288.53 | −72.4 |
| 安徽 | 582.4 | 541 | −41.4 | 甘肃 | 498.47 | 509.53 | 11.07 |
| 福建 | 126.33 | 90.8 | −35.53 | 青海 | 55.4 | 55.4 | 0 |
| 江西 | 292.73 | 265.73 | −27 | 宁夏 | 116.53 | 116.87 | 0.33 |
| 山东 | 752.53 | 628.13 | −124.4 | 新疆 | 428.73 | 633.73 | 205 |
| 河南 | 802.33 | 733.87 | −68.47 | 全国 | 12433 | 12433 | 0 |

表5　耕地保有量调整货币补偿额

| 地区 | 年均碳汇补偿量/$10^4$t | 规划期补偿总额/万元 | 地区 | 年均碳汇补偿量/$10^4$t | 规划期补偿总额/万元 |
|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 0 | 0 | 湖北 | −54.36 | −79 373 |
| 天津 | −7.81 | −11 404 | 湖南 | −129.22 | −188 678 |
| 河北 | −76.57 | −111 799 | 广东 | −217.39 | −317 425 |
| 山西 | −14.38 | −20 998 | 广西 | −980.11 | −1 431 114 |
| 内蒙古 | 700.58 | 1 022 950 | 海南 | −54.31 | −79 294 |
| 辽宁 | 150.12 | 219 190 | 重庆 | −20.46 | −29 882 |
| 吉林 | 513.15 | 749 283 | 四川 | −446.13 | −651 420 |
| 黑龙江 | 855.63 | 1 249 348 | 贵州 | −136.18 | −198 849 |
| 上海 | −19.28 | −28 153 | 云南 | −189.16 | −276 202 |
| 江苏 | −284.55 | −415 486 | 西藏 | 7.37 | 10 766 |
| 浙江 | −45.59 | −66 566 | 陕西 | −158.71 | −231 737 |
| 安徽 | −161.66 | −236 055 | 甘肃 | 17.05 | 24 897 |
| 福建 | −25.49 | −37 219 | 青海 | 0 | 0 |
| 江西 | −53.05 | −77 468 | 宁夏 | 0.71 | 1 043 |
| 山东 | −722.63 | −1 055 145 | 新疆 | 961.73 | 1 404 264 |
| 河南 | −451.56 | −659 342 | – | – | – |

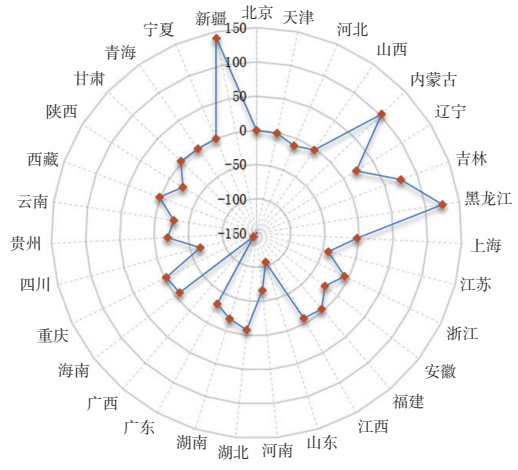



图3　耕地保护补偿/受偿分布图/（$10^4$万元）

## 3　结论与建议

基于全国31个省（自治区、直辖市）年均耕地净碳汇，从不同粮食生产功能区分析了两轮规划期耕地保有量任务变化特征和趋势，以耕地净碳汇作为实物补偿量测算了耕地保护任务变化产生的经济补偿货币量，划分耕地保护的支付补偿区和接受补偿区，得出以下结论：

1）从耕地净碳汇分析结果看，全国耕地利用年均净碳汇量约$4.90\times10^8$t，每公顷耕地年均净碳汇量为3.626 t。耕地净碳汇在省际间具有明显的空间分异，省际碳汇能力均值为$1\,581\times10^4$t，粮食主产区耕地单

位面积净碳汇量效果明显。

2）从耕地保有量任务变化看，本轮规划期任务增加的省份均在“秦岭—淮河—昆仑山—祁连山”线以北，耕地重心北移，特别是往东北地区转移。东南沿海地区和西南地区，耕地保有量任务均有不同程度减少，耕地流失趋势明显。

3）从耕地保护经济补偿看。耕地保护应受到货币补偿的包括8个省：内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、新疆、甘肃、西藏和宁夏，总额度为4 681 741万元；应支付货币补偿的多达21个省，总额度4 681 741万元；北京和青海的耕地保有量任务未变化，无需支付补偿。

基于研究结论本文提出以下建议：

1）在全国层面，强化耕地保护顶层制度设计，“二调”以来耕地减少的主要原因是对农业结构调整导致的耕地流出缺乏政策约束。应加快推进耕地保护法出台，将耕地“占补平衡”和“进出平衡”合二为一，简化程序统一规定为“以补定占”，强化耕地种植用途管控，逐步遏制建设占用、生态退耕、结构调整等占用耕地的趋势。

2）在省际层面，对于“三调”现状耕地低于上一规划期耕地保有量任务的，应制定耕地恢复补充方案，在行政区内逐步补足任务缺口。对于补足缺口落实不到位或者资源有限的，应按照“人地挂钩”原则测算出耕地和永久基本农田保护义务量，进一步拓宽耕地保护货币补偿范围。

3）在耕地层面，保持数量动态平衡的基础上，应推进耕地质量的保护与提升，通过高标准农田建设、全域土地综合整治、盐碱地改造利用等，实现耕地集中连片，改善农田生态环境，提升耕地碳汇能力，保障国家粮食安全，助力中国实现“双碳”目标，推动经济社会高质量发展。

## 参考文献


[1] 刘晓燕,张勇,姜怀龙. 夯实藏粮于地物质基础 全方位筑牢粮食安全根基[J]. 中国农业综合开发,2023,20(8):9-12

[2] 孟祥林. 耕者“有其田”“享其权”“享其富”的内涵解析与实现形式:基于帕累托效率改进理论的思考[J]. 内蒙古社会科学,2020,41(2):127-134

[3] 张蔚文,李学文. 外部性作用下的耕地非农化权配置:“浙江模式”的可转让土地发展权真的有效率吗?[J]. 管理世界,2011,26(6):47-62

[4] 周小平,柴铎,卢艳霞,等. 耕地保护补偿的经济学解释[J]. 中国土地科学,2010,24(10):30-35

[5] 宋戈,柳清,王越. 基于耕地发展权价值的东北粮食主产区耕地保护补偿机制研究[J]. 中国土地科学,2014,28(6):58-64

[6] 靳相木,杜茎深. 耕地保护补偿研究:一个结构性的进展评论[J]. 中国土地科学,2013,27(3):47-54

[7] 党昱譞,孔祥斌,温良友,等. 中国耕地生态保护补偿的省级差序分区及补偿标准[J]. 农业工程学报,2022,38(6):254-263

[8] 王明宽,舒清海,莫宏伟,等. 浏阳河流域生态补偿标准额度动态估算[J]. 地理空间信息,2021,19(1):125-127

[9] 陈秧分,刘彦随,李裕瑞. 基于农户生产决策视角的耕地保护经济补偿标准测算[J]. 中国土地科学,2010,24(4):4-8

[10] 陈琳,欧阳志云,王效科,等. 条件价值评估法在非市场价值评估中的应用[J]. 生态学报,2006,25(2):610-619

[11] Feng D, Liang L, Wu W, et al. Factors Influencing Willingness to Accept in the Paddy Land-to-Dry Land Program Based on Contingent Value Method[J]. Journal of Cleaner Production, 2018(183):392-403

[12] 刘利花,杨永福,李全新. 基于粮食安全的耕地保护补偿研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2017,17(1):30-38

[13] 吉玮,王光宝,李丽,等. 基于土地利用的爱辉区生态价值动态评估[J]. 地理空间信息,2021,19(2):90-95

[14] 周伟,沈镭,石吉金,等. 基于义务保有量的耕地保护补偿研究[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(11):1-9

[15] 田云,张俊飚. 中国农业生产净碳效应分异研究[J]. 自然资源学报,2013,21(8):1 298-1 309

[16] 张晓光,张赢心,李士美,等. 基于土地利用的青岛市碳排放变化特征与预测[J]. 地理空间信息,2022,20(5):1-5

[17] 韩召迎,孟亚利,徐娇,等. 区域农田生态系统碳足迹时空差异分析:以江苏省为案例[J]. 农业环境科学学报,2012,30(5):1 034-1 041

[18] 段华平,张悦,赵建波,等. 中国农田生态系统的碳足迹分析[J]. 水土保持学报,2011,24(5):203-208

[19] 于卓卉,毛世平. 中国农业净碳排放与经济增长的脱钩分析[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(11):30-42

[20] 范紫月,齐晓波,曾麟岚,等. 中国农业系统近40年温室气体排放核算[J]. 生态学报,2022,42(23):9 470-9 482

[21] 郭长青,王鑫,曹丹丹. “双碳”背景下水稻生态系统碳中和演化特征与对策研究[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(4):809-820

[22] 朱灵伟,李冬青,罗罡辉,等. 农地碳排放影响因素空间差异性研究:基于STIRPAT和GWR模型的实证分析[J]. 资源与产业,2019,21(6):82-91

[23] 曹国良,张小曳,郑方成,等. 中国大陆秸秆露天焚烧的量的估算[J]. 资源科学,2006,29(1):9-13