

## 区域生态补偿创新模式研究： 碳预算账户构建与平衡

王文军

深圳市云天统计科学研究所，深圳

**摘要** | 构建区域之间的生态补偿机制是推动区域协调发展的重要方式。本文以平均碳排放和碳吸收量为基础构建区域生态补偿的标准，建立区域碳预算账户和补偿机制，通过碳账户的平衡实现区域间生态补偿。以广东为例进行案例分析，计算结果显示：优化开发区和重点开发区呈碳赤字状态，生态发展区呈碳盈余状态。优化开发区需支付的补偿金额约为 25 亿元 / 年，重点开发区需支付的补偿金额约为 0.8 亿元 / 年，生态发展区可获得的补偿金额约为 1.1 亿元 / 年。优化开发区和重点开发区的碳赤字远远大于生态发展区的碳盈余。建议在主体功能区之间采用基于碳平衡的生态补偿方式：（1）政府主导的直接经济补偿；（2）建立碳数据共享平台；（3）提供技术支持。

**关键词** | 碳平衡；碳账户；生态补偿；广东省

Copyright © 2022 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



基金项目：深圳市哲学社会科学规划课题 2021 年度重点项目（批准号：SZ2021A006）；广东省省哲学社会科学“十三五”规划 2020 年度共建项目（批准号：GD20XYJ03）；深圳市哲学社会科学规划课题 2021 年度一般项目（批准号：SZ2021B019）；2021 年度广东省普通高校特色创新类项目（批准号：2021WTSXC035）。

通讯作者：王文军，深圳市云天统计科学研究所研究员，研究方向：生态发展战略，E-mail: beacock@126.com。

文章引用：王文军. 区域生态补偿创新模式研究：碳预算账户构建与平衡 [J]. 环境与资源, 2022, 4 (2) : 33-47.

<https://doi.org/10.35534/er.0402006>

改革开放以来,我国经济一直呈现出快速增长的趋势,但是这样高速的经济发展在一定程度上是以牺牲环境为代价的,生态环境的保护与经济增长之间的矛盾也日益显著。生态补偿作为协调区域生态环境和经济增长之间矛盾的一种有效手段,逐渐成为国内外政府及学者关注的热点,也成为推动区域公平、协调发展的重要方式。我国在“十一五”规划中首次提出生态补偿的概念<sup>[1]</sup>,提出按照“谁开发谁保护、谁受益谁补偿”的原则,加快建立生态补偿机制。研究学者们对生态补偿的研究主要集中于生态补偿的概念梳理<sup>[2, 3]</sup>,生态补偿的标准核算<sup>[4, 5]</sup>,生态补偿方式探讨<sup>[6, 7]</sup>、生态补偿效果评价方法<sup>[8, 9]</sup>,以及国内外生态补偿实践进展的研究<sup>[10, 11]</sup>,多以流域<sup>[15]</sup>、草原<sup>[16]</sup>、森林<sup>[17]</sup>或者海洋<sup>[18]</sup>为补偿对象。以区域为研究对象,还没有建立起常态有效的生态补偿机制,尤其在主体功能区之间,这种完善一致的补偿机制还处在初步探索阶段。2010年,国务院印发了《全国主体功能区规划》<sup>[19]</sup>,根据资源环境承载能力、现有开发密度和发展潜力,统筹考虑人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局,将国土空间划分为优化开发区、重点开发区、限制开发区和禁止开发区。由于主体功能定位不同,限制开发区和禁止开发区具有重要的生态保护作用,补偿机制的缺乏可能导致该区域生态功能受到严重威胁;再加上这些区域大多属于较偏远地区,经济社会发展相对落后,生态保护与经济发展之间的矛盾更加显著,使得主体功能区之间生态补偿机制的构建显得更为迫切。同时,随着全球环境保护及可持续发展的进程加快,实现低碳发展也成为必然趋势。在全球化低碳减排行动的背景和生态补偿研究领域,基于碳平衡的生态补偿——“碳补偿”是一个重要的发展理念。国际国内对碳补偿的研究多集中于森林视角下的碳补偿<sup>[12, 13]</sup>、碳补偿技术<sup>[14]</sup>等初级探索阶段,区域间的碳补偿研究目前还较少<sup>[12]</sup>。然而综合我国区域间生态补偿和低碳发展理论及实践研究发现,要想真正实现低碳发展,离不开生态补偿的辅助;同时生态补偿机制的构建也没法避免要运用碳作为衡量标准。

本文以广东省主体功能区为例,基于碳平衡理论,根据碳排放和碳吸收的测算量,重点探讨在主体功能区之间生态补偿机制的构建与实施,为促进我国主体功能区规划进一步实施,实现低碳发展提供参考。

# 1 基于碳平衡的生态补偿框架构建

## 1.1 补偿框架分析

基于碳平衡的主体功能区生态补偿是实现各主体功能区协调、低碳发展的一种手段。所谓碳平衡，是指碳排放和碳吸收两大系统之间的平衡，区域间低碳发展实际上也就是这两大系统实现相对理想的平衡状态<sup>[19]</sup>。这种补偿方式其本质是通过经济激励手段，以碳作为纽带实现区域公平和可持续发展。基于碳平衡的生态补偿将碳排放空间作为一种资源，碳吸收能力作为一种收益手段，利用主体功能区之间的碳平衡力差异，通过有效的交换方式，形成合理的生态补偿价格，使生态发展过程从无偿走向有偿，从而促进主体功能区更加有效地实现低碳发展。

基于碳平衡的主体功能区生态补偿机制如图1所示。

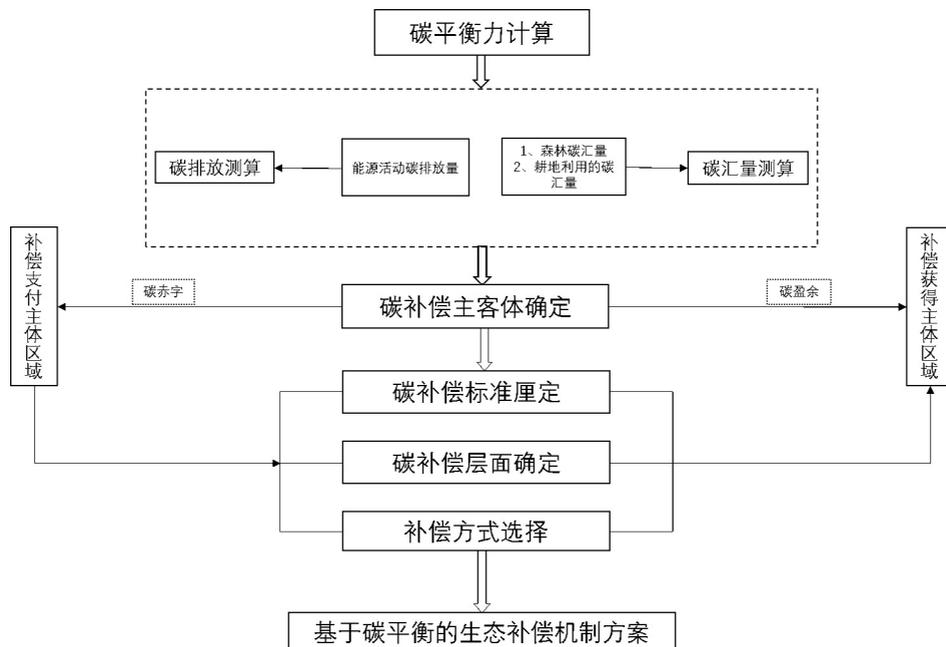


图1 广东省主体功能区生态补偿机制框架

Figure 1 Framework of ecological compensation mechanism in main functional areas of Guangdong Province

基于碳平衡的主体功能区生态补偿的基本框架主要包括四个方面，即：碳平衡力的测算、生态补偿主客体的明晰、生态补偿标准的确定，以及补偿方式的选择。具体的实施步骤为：（1）对主体功能区的碳排放和碳吸收进行测算，了解各区域碳平衡力差异；（2）根据各区域碳平衡力的差异，识别补偿机制中的主体和客体。碳赤字（即碳排放量大于碳吸收量）区域即为补偿过程中的补偿支付主体区域，反之（碳盈余）则为补偿获得主体区域；（3）以碳平衡力和生态补偿系数为依据，建立主体功能区之间的碳补偿标准货币化模型，确定各区域需支付和获得的金额；（4）采用合理的、差异化补偿方式建立起各区域之间基于碳平衡的生态补偿模型和方案。

## 1.2 碳平衡力的测算

主体功能区之间碳平衡力的精确测算是实现基于碳平衡来构建生态补偿机制的基础，以碳作为定量指标，明晰各主体功能区之间的碳收支情况，以此确定生态补偿过程中的补偿主客体。

主体功能区碳循环系统可以分为自然生态系统和社会经济系统，自然生态系统包括林地、农田、绿地和草地等，社会经济系统包括生产、交通、居民等。其中碳排放主要为三次产业和居民生活中能源消费产生的碳排放；碳吸收包括林地、农田等的碳汇吸收。如果该主体功能区的碳吸收能力大于碳排放能力，则该区域为碳盈余，说明该区域不仅可以吸收自身的碳排放，而且可以帮助吸收周边区域的碳排放，在低碳发展过程中显示出自身的生态价值，因此应该在一定程度上获得生态补偿；反之，则为碳赤字，应该支付一定的生态补偿。

### 1.2.1 碳排放的测算

IPCC（政府间气候变化专门委员会）的《2006年IPCC国家温室气体清单指南》<sup>[20]</sup>为温室气体的源和汇提供了计算方法和缺省值，是国内外学者、政府进行碳排放计算的重要依据。但是主体功能区是以县级行政单位为基本单元，而我国目前完备的能源统计数据精确到省，因此无法直接利用IPCC排放因子法对县级区域进行精确的碳排放量测算。在县域碳排放的测算中，有学者<sup>[21]</sup>采用省级能源统计数据 and 县级经济、人口等构建了碳排放量测算框架，对县级区域

碳排放进行间接测算，从而可以得到各主体功能区的碳排放量。本文拟采用此方法对广东省各主体功能区进行碳排放测算，具体公式为：

$$C_k = \int_{i=1}^3 V_i \times E_i + P \times E_p \quad (1)$$

式中， $C_k$  为  $k$  县的碳排放总量（吨碳）； $V_i$  为研究县域  $i$  产业增加值（万元）； $E_i$  为研究县域所在省的  $i$  产业碳排放强度（吨碳/万元）； $P$  为人口； $E_p$  为县人均生活碳排放（吨碳/人）。

由于能源消费产生的二氧化碳排放约占总排放量的 90%<sup>[20]</sup>，因此本文主要针对能源消费二氧化碳排放，从终端消费的角度对主体功能区进行二氧化碳排放量的核算。能源品种根据中国统计年鉴中终端能源消费的数据，进行进一步合并，主要分为 5 种能源品种：煤炭、石油、天然气、电力、热力。电力、热力作为二次能源，在使用过程中不会造成温室气体排放，排放来自火电生产过程。本文采用“使用者”角度进行碳排放测算，将发电、热力生产排放归入电力、热力消费进行计算。

本文省级层面的能源消费数据来源于《中国统计年鉴》中“广东省能源平衡表”，市县级历年的产业增加值、常住人口等数据来源于广东省各地市 2018 年《统计年鉴》。对于能源消费部门的划分，按照中国能源统计年鉴“分行业能源消费”分为第一产业（农林牧渔业）、第二产业（工业、建筑业）、第三产业（居民生活及其他）。由于县级 GDP 和人口数据与省级数据之间存在差异，为保证主体功能区之间数据具有可比性，因此本文在计算过程中省级 GDP 和人口数据由县级 GDP、人口数据加总获得。

### 1.2.2 碳吸收的测算

碳吸收又可以称之为碳汇，主要是指生态系统利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中。碳汇的途径有许多，本文主要考虑森林和耕地这两类主要来源途径。因此碳汇的计算公式为：

$$CI = CI_f + CI_g \quad (2)$$

式中， $CI$  表示研究区域的碳汇总量（吨碳）； $CI_f$  表示森林植被光合作用对二氧化碳吸收的碳汇量（吨碳）； $CI_g$  表示耕地利用的碳汇总量（吨碳），主要来自耕地上农作物光合作用对碳的吸收。因此，区域碳汇总量  $CI$  的计算公式可

表示为：

$$CI_k = C_1 \times A_{1k} + \sum_d Qd \times (1 - Pd) \times \frac{Yd}{Hd} \quad (3)$$

式中， $CI_k$  表示  $K$  县域的碳汇量； $C_1$  表示森林单位面积的碳吸收密度，即固碳能力； $A_{1k}$  表示  $k$  县域森林面积，单位为  $hm^2$ 。其中森林的固碳能力，即  $1hm^2$  的植被一年吸收的碳的数量，为  $3.8095292 [t / (hm^2 \cdot a)]$  [22]； $d$  表示第  $d$  种农作物类型； $Q$  表示农作物合成单位有机质（干重）所吸收的碳，即农作物的碳吸收系数； $Pd$  表示农作物的含水率； $Yd$  表示经济产量， $Hd$  表示经济系数。主要农作物经济系数  $H$ 、碳吸收系数  $Q$ 、含水率  $P$ ，以及单位经济产量的碳吸收量如表 1 所示。

表 1 主要农作物的碳吸收系数

Table 1 Carbon absorption coefficient of main crops

作物	水稻	薯类	大豆	花生	甘蔗	蔬菜
H	0.45	0.7	0.35	0.43	0.40	0.70
Q	0.414	0.423	0.45	0.450	0.450	0.407
P	0.138	0.145	0.138	0.09	0.133	0.133
单位经济产量的碳吸收量	0.79	0.52	1.13	0.95	0.98	0.50

### 1.2.3 碳补偿率的计算

碳补偿率是指碳吸收量和碳排放量的比值 [26]。碳补偿率的大小反映了某一区域生态系统吸收碳排放量的比例，即碳补偿率越高，该区域生态系统的碳汇能力就越强。具体公式为：

$$\alpha = \frac{CI}{C} \quad (4)$$

## 1.3 补偿主客体的明晰及补偿标准的确定

基于碳平衡的构建生态补偿机制，补偿标准的确定是该过程的核心和难点，在量化过程中要充分考虑功能区之间的生态环境、经济发展水平等差异，从而确定出合理的补偿金额，用货币化的手段推动区域间协调低碳发展。

首先，应以碳平衡力的计算为依据对生态补偿的主客体进行确定，这也是制定生态补偿标准及构建整体机制的重要环节。

具体的判断公式为：

$$L_k = CI_k - C_k \quad (5)$$

其中， $L_k$  为  $k$  地区的碳平衡力， $CI_k$  为  $k$  类型区域的碳吸收量， $C_k$  为  $k$  类型区域的碳排放量；若  $L_k > 0$ ，则该类型区域在生态补偿过程中应该得到补偿；反之若  $L_k < 0$ ，则该区域在生态补偿过程中应该支付相应的补偿。

接下来，就是以碳平衡力为标准将生态补偿标准进行货币化，得到具体的补偿金额。具体公式为：

$$M_k = |L_k| \times \gamma \times \beta \quad (6)$$

其中  $M_k$  为  $k$  县域基于碳平衡的生态补偿金额的具体货币量（万元）， $\gamma$  为单位碳的价格，目前我国相关机构的碳税机制研究曾将碳税税率设定为 10 ~ 100 元 / 吨二氧化碳的区间，根据相关学者研究，短期内会选择 10 元 / 吨碳 ~ 20 元 / 吨碳的最低税率，之后逐步提高，因此本文选择 20 元 / 吨碳为单位碳的价格； $\beta$  为生态补偿系数，对于不同主体功能区，经济发展、人民生活水平都不相同，对于生态补偿的意愿和补偿能力都不尽相同，因此生态补偿系数  $\beta$  的确定应考虑该区域经济发展等相关因素，这里采用恩格尔系数和简化的皮尔生长曲线函数来进行模拟确定<sup>[23, 24]</sup>：

$$\beta = \frac{e^n \text{GDP}_k}{(e^n + 1) \text{GDP}} \quad (7)$$

其中， $n$  为恩格尔系数， $e$  为自然对数的底数， $\text{GDP}_k$ 、 $\text{GDP}$  分别为  $k$  县和全省的人均 GDP 数值。

## 2 实证研究及分析

### 2.1 研究区概况

广东省处于中国大陆的最南部，生物多样性与生境敏感区特色突出。2017 年广东省常住人口达到 1.11 亿人，GDP 达到 89705 亿元，人均 GDP 为 80932 元。

2012年,广东省提出了《广东省主体功能区规划》,将广东省国土空间分为优化开发区、重点开发区、生态发展区和禁止开发区四类区域,各类主体功能区有着明确的功能定位和区位条件差异。优化开发、重点开发、生态发展区域以县级行政区为基本单元,面积包含基本农田和禁止开发区域的面积。禁止开发区域以自然或法定边界为基本单元,分布在其他主体功能区之中。由于禁止开发区实行强制性保护,严格控制人为因素对自然生态和文化自然遗产原真性、完整性的干扰,在禁止开发区中能源消费近乎为零,因此本文的研究范围为优化开发区、重点开发区和生态发展区这三类主体功能区。

广东省的优化开发区域主要分布在珠三角核心区,总面积24379平方公里,占全省总面积13.55%,经济和人口高度集中,是三类主体功能区中土地面积最小的区域,优化开发区的主体功能定位为我国经济发展的重要引擎,也是我国人口聚集最多的区域之一。重点开发区大部分分布在珠三角核心区的外围和粤东、粤西沿海,部分呈点状分布在北部山区,总面积37438平方公里,占全省总面积20.81%,该地区的环境承载能力较强,发展潜力较大,其主体功能定位为推动全省经济持续增长的区域,同时积极有序地承接珠三角地区部分产业转移。广东省生态发展区分为重点生态功能区和农产品主产区两类,总面积为118086平方公里,占全省总面积65.64%,是三类功能区域中面积最大的,在保障全省的生态安全方面具有无可替代的作用,以生态保护和农产品供给安全保障作为其主体功能。

## 2.2 碳平衡力分析

从2010年到2016年,广东省三类主体功能区的碳平衡力(即碳吸收量—碳排放量)呈现出显著的差异,如图2所示。优化开发区和重点开发区都表现为碳赤字,也就是碳排放量大于碳吸收量;生态发展区表现为碳盈余,碳吸收量大于碳排放量。优化开发区和重点开发区均呈现出碳赤字效应,但是优化开发区的碳赤字远大于重点开发区,以2016年为例,优化开发区的碳平衡力为-11959万吨碳,其碳排放量远大于碳吸收量,重点开发区的碳平衡力为-629万吨碳,约为优化开发区的5%;生态发展区的碳吸收量大于碳排放量,2016年

的碳平衡力为 2913 吨碳。由此可以看出生态发展区不仅可以吸收自身产生的碳排放，还对周边区域的碳排放具有一定的吸收能力。然而生态发展区的碳吸收能力还无法实现将优化开发区和重点开发区的碳排放平衡。要实现广东省的长效低碳发展，在区域间建立碳平衡账户，通过一定的补偿手段增加生态发展区的碳吸收能力是很有必要的。

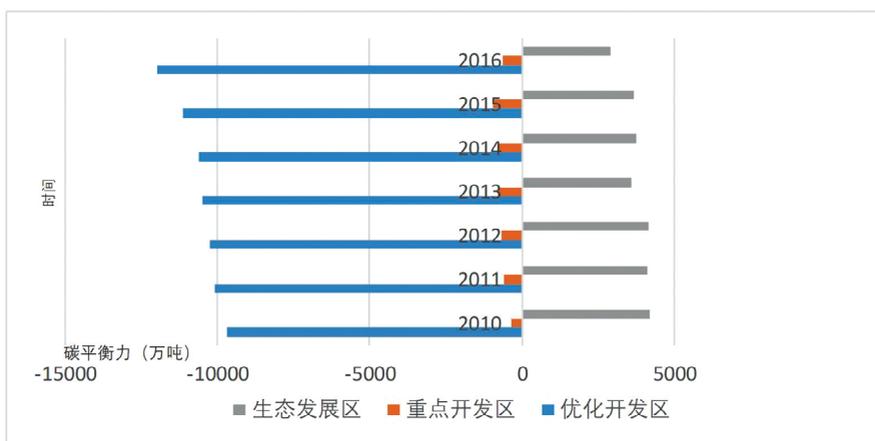


图 2 2010 年广东省各主体功能区碳平衡力（碳吸收量—碳排放量）

Figure 2 Carbon balance of main functional areas in Guangdong Province in 2010 (carbon absorption-carbon emission)

### 2.3 碳补偿率的分析

依据不同主体功能区碳排放量和碳吸收量计算获得碳补偿率，如图 3 所示。由图中可以看出，优化开发区的碳补偿率最低，从 2010 到 2016 年，该区域碳补偿率整体在 7% 左右，表明该区域的碳汇能力很低，减排空间有限。根据《广东省“十三五”控制温室气体排放工作方案》下达的行政辖区的节能减排任务，大部分优化开发区中的城市都面临严峻的减排任务，这与该区域有限的碳汇能力存在一定矛盾。重点开发区的碳补偿率与优化开发区相比相对较高，2016 年该区域碳补偿率为 76%，碳补偿率与优化开发区相比相对较高，但其碳吸收量仍无法与碳排放量相互达到平衡。生态发展区的碳补偿率是三类功能区中最高的，生态发展区的主体功能定位为提供农产品供给和构筑生态保卫屏障，其农

业种植面积较大，植被覆盖率也较高，因此其碳补偿率高。但其碳补偿率呈现明显的下降趋势，从2010年的393%降低到2016年的214%，表明该区域的碳汇能力在逐年降低，近年来随着经济的发展带来的大量碳排放和生态用地减少，使得其碳汇能力在一定程度上有所降低。

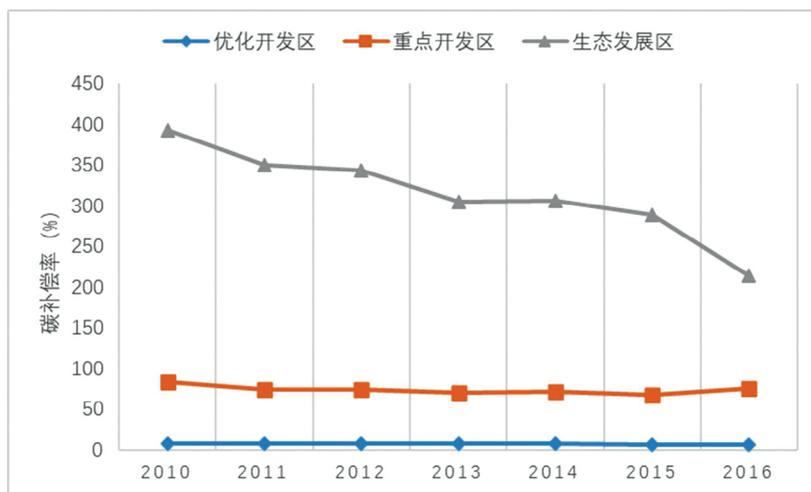


图3 广东省主体功能区碳补偿率

Figure 3 Carbon compensation rate of main functional areas in Guangdong Province

## 2.4 生态补偿标准金额分析

结合前文的碳平衡计算结果，通过生态补偿系数及单位碳价计算得到各主体功能区在以碳平衡力为衡量指标的生态补偿框架中的补偿金额，如表2所示。由表2中可以看出，优化开发区和重点开发区在该过程中作为碳补偿支付主体，2016年优化开发区应支付超过25亿元的补偿金额，重点开发区应支付超过5400亿元的补偿金额。生态发展区按照现在的碳平衡力计算结果在该补偿过程中应得到补偿金额，2016年该区域应得到约1.2亿元得碳补偿金额，远远小于优化开发区和重点开发区支付的金额。

广东省主体功能区生态补偿过程整体呈现出优化开发区（重点开发区）指向生态发展区的支付链。优化开发区和重点开发区的大量人口聚集和经济总量

必然带来较大的碳排放量，而且该区域的农业和植被种植面积较小，碳吸收能力也一定程度上有所降低，使得这两类区域成为补偿过程中的补偿支付主体。相对而言，生态发展区其经济贡献率较低，其碳排放量较优化开发区和重点开发区比较低，加之其森林覆盖率和生态环境情况都较好，对于二氧化碳的吸收量较大，在补偿过程中可以获得相应的补偿金额。

表 2 广东省各主体功能区基于碳平衡的生态补偿金额

Table 2 Ecological compensation amount based on carbon balance in main functional areas of Guangdong Province

单位：万元

	优化开发区	重点开发区	生态发展区
2010	-269815	-9311.99	14800.32
2011	-229901	-5404.43	18663.23
2012	-230786	-7838.45	18505.59
2013	-235626	-7016.71	14483.64
2014	-233028	-7422.5	15386.73
2015	-239023	-7782.55	15571.86
2016	-251100	-5442.63	11967.53

### 3 结论与讨论

主体功能区是推动我国实现生态文明建设的主要规划，在主体功能区之间构建起生态补偿机制也是推动区域低碳发展和协调发展的重要举措。本文通过对广东省主体功能区碳平衡力的计算，进一步确定了各主体功能区进行生态补偿的标准，提出三种可能的补偿方式，从而尝试构建出广东省主体功能区生态补偿的框架。

(1) 广东省主体功能区的碳平衡力呈现出明显的差异。优化开发区的碳排放量远远大于其碳吸收量，呈现碳赤字状态。生态发展区呈现碳盈余状态，在以碳平衡力为依据的补偿机制构建过程中，生态发展区是三类功能区中唯一可以得到补偿的区域，另外两类区域需要支付相应的补偿；

(2) 广东省主体功能区的碳补偿率与各区域主体功能定位吻合。优化开发区

的碳补偿率最低，其巨大的经济规模、人口数量和较少的植被面积使得碳补偿率降低。生态发展区的主体功能为提供农产品供给和构筑生态保护屏障，生态植被覆盖面积大，对于碳吸收量大，加之其工业和城市化程度低，碳排放量远远低于优化开发区和重点开发区，使得该区域碳补偿率成为三类功能区中最高的区域；

(3) 广东省主体功能区的生态补偿过程为优化开发区（重点开发区）指向多生态发展区的支付链。优化开发区和重点开发区是生态补偿机制中的补偿支付主体区域，生态发展区在该机制中应得到补偿金额，但其应获得的补偿金额远低于另两类区域需支付的金额。

广东省主体功能区的发展是不平衡的，各区域的主体功能定位也不同，在主体功能区生态补偿研究过程中，以何种方式进行补偿涉及的情况比较复杂，除了要考虑区域间的差异化发展外，还应考虑跨地区政府和横向补偿过程中的协调，使生态补偿机制在区域发展过程中具有较强的针对性和可行性。针对以上结论，为进一步推动广东省主体功能区协调平衡、绿色低碳发展，提出以下生态补偿方式。

(1) 以政府为主导的主体功能区之间的直接经济补偿。以主体功能区的碳平衡计算结果为依据，由碳赤字主体功能区向碳盈余主体功能区支付相应的经济补偿，从而促进区域间协调平衡发展；

(2) 构建碳汇、碳排放数据共享平台。通过对碳数据的实时分析建立起各区域间的碳平衡账户，政府根据不同发展区域的经济社会等指标提出相应的碳价格，从而在不同区域之间进行碳平衡力的交易；

(3) 提供技术支持。主体功能区中优化开发区和重点发展区的功能定位为经济发展，其技术的低碳化和能源利用效率相对较高，尤其在广东省，作为第一批低碳试点区域，经过近8年的低碳发展，其低碳技术已经达到了相应的水平，因此可以通过优化开发区和重点开发区向生态发展区提供技术援助，在提高其生态保护能力的同时，也可以使该区域的经济得到进一步提高，平衡该区域内人民因为保护生态环境和提供生态产品而导致的经济落后，从侧面进一步实现生态文明建设。

基于不同区域的经济人口，社会发展水平具有很大差异，因而可以在不同

区域采取不同的生态补偿方式，或者将不同补偿方式进行综合运用，实现主体功能区低碳协同发展。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要：2006年第12号国务院公报[EB/OL]. [2016-03-14]. 中国政府网：[http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content\\_268766.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_268766.htm).
- [2] 袁伟彦，周小柯. 生态补偿问题国外研究进展综述[J]. 中国人口·资源与环境，2014，24（11）：76-82.
- [3] 张晏. 国外生态补偿机制设计中的关键要素及启示[J]. 中国人口·资源与环境，2016，26（10）：121-129.
- [4] 孔德帅. 区域生态补偿机制研究[D]. 北京：中国农业大学，2017.
- [5] 刘春腊，刘卫东，徐美. 基于生态价值当量的中国省域生态补偿额度研究[J]. 资源科学，2014，36（1）：148-155.
- [6] 王雅敬，谢炳庚，李晓青，等. 公益林保护区生态补偿标准与补偿方式[J]. 应用生态学报，2016，27（6）：1893-1900.
- [7] 武靖州. 国外生态补偿基金的实践与启示：基于政府与市场主导模式的比较[J]. 生态经济，2018，34（10）：195-201.
- [8] 徐大伟，李斌. 基于倾向值匹配法的区域生态补偿绩效评估研究[J]. 中国人口·资源与环境，2015，25（3）：34-42.
- [9] 杨熠，张沁琳，胡玉明. 生态补偿机制效果研究述评：兼论微观效果研究框架的构建[J]. 厦门大学学报（哲学社会科学版），2017（1）：33-40.
- [10] 王立安，温馨. 国内外生态补偿与贫困关系问题的研究进展[J]. 生态经济，2018，34（8）：139-144.
- [11] 冯丹阳，赵桂慎，崔艳智. 水源地生态敏感区有机农业生态补偿实践及机制研究[J]. 生态经济，2017，33（12）：189-194.
- [12] 赵荣钦，刘英，李宇翔，等. 区域碳补偿研究综述：机制、模式及政策

- 建议 [J]. 地域研究与开发, 2015, 34 (5): 116-120.
- [13] 王立国, 陈美球, 缪光平, 等. 森林旅游者碳补偿决策行为及其影响因素: 基于江西省 11 个典型森林公园 1686 份样本数据 [J]. 林业经济, 2018, 40 (12): 82-88.
- [14] Lovell H, Liverman D. Understanding carbon offset technologies [J]. *New Political Economy*, 2010, 15 (2): 255-273.
- [15] 邱宇, 陈英姿, 饶清华, 等. 基于排污权的闽江流域跨界生态补偿研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27 (12): 2839-2847.
- [16] 裘丽, 唐吉斯. 基于“管制平衡”的草原生态补偿政策参与式干预发展评价研究 [J]. 生态学报, 2019, 39 (1): 73-84.
- [17] 徐旭, 钟昌标, 李冲. 区域差异视角下森林生态补偿效果与影响因素研究 [J]. 软科学, 2018, 32 (7): 107-112.
- [18] 郝林华, 陈尚, 夏涛, 等. 用海建设项目海洋生态损失补偿评估方法及应用 [J]. 生态学报, 2017, 37 (20): 6884-6894.
- [19] 国务院关于印发全国主体功能区规划的通知 [EB/OL]. [2010-12-21]. [http://www.gov.cn/zwjk/2011-06/08/content\\_1879180.htm](http://www.gov.cn/zwjk/2011-06/08/content_1879180.htm).
- [20] IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [R]. Published: IGES Japan, 2006.
- [21] 谭显春, 赖海萍, 顾佰和, 等. 主体功能区视角下的碳排放核算: 以广东省为例 [J]. 生态学报, 2018, 38 (17): 6292-6301.
- [22] 谢鸿宇, 陈贤生, 林凯荣, 等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹 [J]. 生态学报, 2008 (4): 1729-1735.
- [23] 张巍. 陕西省重点生态功能区碳汇 / 碳源核算与生态补偿研究 [J]. 生态经济, 2018, 34 (10): 191-194.
- [24] 余光辉, 耿军军, 周佩纯, 等. 基于碳平衡的区域生态补偿量化研究: 以长株潭绿心昭山示范区为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21 (4): 454-458.

# Research on Innovative Mode of Regional Ecological Compensation: Construction and Balance of Carbon Budget Account

Wang Wenjun

*Shenzhen Yuntian Statistical Science Research Institute, Shenzhen*

**Abstract:** Constructing the ecological compensation mechanism between regions is an important way to promote the coordinated development of regions. Based on the average carbon emission and carbon absorption, this paper design the standard of regional ecological compensation, establishes the regional carbon budget account and compensation mechanism, and realizes the interregional ecological compensation through the balance of carbon account. Taking Guangdong as an example, the calculation results show that: both of the optimized development zone and the key development zone are in carbon deficit, and the ecological development zone is in carbon surplus. The optimizing development zone should pay about 2.5 billion yuan/year, the key development zone should pay 80million yuan / year to the ecological development zones for carbon compensation. The carbon deficit of optimized development zones and key development zones is far greater than the carbon surplus of ecological development zones. It is suggested to adopt the ecological compensation mode based on carbon balance between the main functional areas: (1) direct economic compensation led by the government; (2) establish a carbon data sharing platform; (3) provide technical support.

**Key words:** Carbon balance; Carbon account; Ecological compensation; Guangdong Province