

平原区土地整理项目的碳排放效应研究

——以河北省巨鹿县土地整理项目为例

郭晓辉¹, 顿耀龙^{2,3}, 薄广涛⁴, 刘琳⁵, 张亚男^{2,3}

(1. 国土资源部土地整治中心, 北京 100035; 2. 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035; 3. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 4. 河北省巨鹿县国土资源局, 河北 巨鹿 055250; 5. 石家庄工程技术学校, 石家庄 050061)

摘要:为了研究土地整理的碳排放效应,以河北省巨鹿县土地整理项目为研究区域,基于能源消费和土地利用变化的视角,运用IPCC清单法,分析了土地整理的土地平整、灌溉与排水、道路工程和农田防护与生态环境保持四大工程碳排放及区域土地利用变化导致的碳排放,明确了土地整理的碳源/汇作用及其测算方法,并提出了降低土地整理碳排放的相关建议,以期对土地整理的碳排放研究和低碳化土地整理提供科学参考。研究表明:巨鹿县土地整理项目能源消费导致的碳排放总量为303.87 t,其中土地平整工程是主要的碳排放源,占工程施工碳排放总量的64.53%,其次为道路工程和灌溉与排水工程,分别占30.24%、5.23%;土地平整工程单位投资额碳排放量和单位投资比例的碳排放比率两项指标值最大,分别为677.87 kg/万元和10.02,表明了该项工程投资少、碳排放量大的特点,灌溉与排水工程的两项指标值最小,分别为6.38 kg/万元和0.09,具有投资多、碳排放量小的特点;巨鹿县土地整理导致的土地利用变化使得区域土壤和植被碳储量减少4 160.3 t,表现出碳源效应,其中园地碳储量变化量最大;根据环境经济损益分析方法,巨鹿县土地整理后项目区相当于排放了4 464.17 t,单位面积碳排放量为1 966.52 kg/hm²,单位投资额碳排放量为994.19 kg/万元。

关键词:土地整理; 碳排放; 能源消费; 土地利用变化

中图分类号: F301.24; X24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)03-0241-06

Study on Effect of Land Consolidation Project on Carbon Emission in Plain Area

—Taking the Land Consolidation Project in Julu County of Hebei Province as an Example

GUO Xiaohui¹, DUN Yaolong^{2,3}, BO Guangtao⁴, LIU Lin⁵, ZHANG Yanan^{2,3}

(1. Land Consolidation and Rehabilitation Center, MLR, Beijing 100035, China; 2. Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation, MLR, Beijing 100035, China; 3. School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Bureau of Land and Resources, Julu, Hebei 055250, China; 5. Shijiazhuang Engineering and Technology School, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: In order to study the effects of land consolidation on carbon emissions, this paper took the land consolidation project in Julu County of Hebei Province as the study area, and analyzed the carbon emission caused by the energy consumption in land leveling, irrigation and drainage, road construction, farmland protection and land use type changes based on energy consumption and land use change theory and using carbon emission inventory methods. We made clear the land consolidation carbon source or sink effect and its calculation methods. And suggestions of low carbonization land consolidation were put forward in order to provide scientific reference on researching carbon emissions of land consolidation. The result shows that the total carbon emission resulting in energy consumption is 303.87 t. The land leveling project is the major source of carbon emission, accounting for 64.53% of total carbon emissions of engineering construction, the road engineering and irrigation and drainage engineering accounting for 30.24% and 5.23%. The maximum value of the proportion investment quantity carbon emissions and proportion investment volume of carbon emission rate is land leveling project, respectively of 677.87 kg/10 000 yuan. and 10.02, indicating that the

project has the characteristics of less investment and low carbon emission. The minimum value is irrigation and drainage engineering, it has the characteristics of large investment and low carbon emissions. Land consolidation of Julu County made regional vegetation and soil carbon storage decrease by 4 160.3 t caused by land use type change, presenting the effect of carbon source. According to the environment economic cost-benefit analysis method, land consolidation area carbon emissions of Julu County is equivalent to 4 464.17 t, the per unit area of carbon emission is 1 966.52 kg/hm², the unit investment of carbon emission is 994.19 kg/10 000 yuan.

Keywords: land consolidation; carbon emission; energy consumption; land use change

气候变化是当今国际社会普遍关注的全球性问题,也是人类面临最为严峻的全球环境问题^[1]。国际地圈生物圈计划(IGBP)、世界气候研究计划(WCRP)和全球环境变化国际人文因素计划(IHDP)等一些国际重大科学计划将全球碳循环机制、资源与食物安全等作为应对气候变化的核心研究内容^[2],政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告指出由人类活动推动的化石燃料燃烧和土地利用变化是导致全球气候变化的两大主要碳源^[3]。我国是一个人均耕地资源占有少、农业经济欠发达、适应能力有限的国家。如何在气候变化的背景下,合理调整土地利用布局和结构,有效降低碳排放,确保土地利用结构优化、农业生产持续稳定发展,对我国土地利用领域提高气候变化适应能力提出了长期的挑战。

土地利用/覆被变化(LUCC)在陆地与大气碳交换中起着碳源作用,LUCC对陆地生态系统碳收支评估是陆地生态系统收支与碳循环过程研究关注的主要科学问题之一^[4-6]。有学者研究了农业土地利用管理与土壤碳汇的关系、区域土地利用/覆被变化对陆地碳收支的影响机理以及中国六大区域的各种土地利用类型转变的碳排放强度^[7-9],曲福田等^[10]从农用地向非农用地转换等3个方面综合阐述了土地利用变化对碳排放的影响,提出将碳排放量放入土地规划体系之中,探讨基于低碳经济的土地利用方式转变措施,实现碳减排与土地利用规划的一体化^[11]。也有诸多学者以省级、市级、县级土地利用为研究对象,运用对比分析、相关分析、动态遥感监测、碳排放估算公式或评测模型等方法,研究不同区域土地利用类型的土壤和植被碳储量,测算了不同土地利用方式下的土地碳排放量,分析了主要土地利用方式的碳排放效应,并从碳减排角度提出了土地利用的相关政策建议^[12-17]。土地整理已成为最大规模改变土地利用的人类有组织活动之一,其通过土地整理专项规划、土地整理项目规划设计,可以调整土地利用结构、优化景观格局^[18-20],对区域碳排放和气候变化具有重要意义。但是当前研究主要侧重于典型陆地生态系统、区

域土地利用层面,对于土地整理中碳排放的相关研究尚不多见。仍存在土地整理项目的碳源/汇作用不明确、整理前后碳效应不清晰等问题,土地整理的碳排放测算方法及碳减排途径也处于探索阶段。

本文以河北省巨鹿县土地整理项目为研究区域,以土地整理能源消费和土地利用变化为视角,运用碳排放清单法,研究测算土地整理工程、土地利用变化对土地整理区碳排放的影响,明确土地整理中的碳源/汇作用,并提出土地整理项目碳减排的相关建议,以为土地整理的碳排放研究和低碳型土地整理提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

巨鹿县位于河北省南部,地处太行山东侧古黄河、漳河冲积平原,地理位置为114°50′—115°14′E, 37°25′—37°8′N。东与南宫、广宗接壤,西和隆尧、任县相连,北与宁晋、新河交界,南与平乡毗邻,总面积约629.19 km²,共辖10个乡(镇),291个行政村,总人口约38万。巨鹿县属于华北暖温带大陆性半干旱季风气候,多年平均气温12.9℃,多年平均降水量492 mm;地貌类型为平原,总体地势南高北低、西高东低,海拔高度24.1~30.0 m;土壤或母质为黄土冲积物,主要有潮土、风砂土和盐土3个土类,并以潮土为主。巨鹿县土地整理项目区总面积为2 270.09 hm²,土地整理工程主要包括土地平整、灌溉与排水工程、道路工程、农田防护与生态环境保持工程。其中,土地平整工程主要包括17个土地平整单元,总土方量为23.07万m³;灌溉与排水工程主要包括PCV输水管道14.25 km和排水沟62.78 km;道路工程主要包括田间道33.93 km和生产路41.90 km;农田防护工程主要包括乔木种植21 486株。

1.2 数据来源与处理

本文基础数据主要来源于《巨鹿县王虎寨等镇土地整理项目规划设计报告书》、《巨鹿县王虎寨等镇土地整理项目预算书》、《中国能源统计年鉴》、《2006年

IPCC 国家温室气体清单指南》^[21] 和相关文献资料等。主要数据包括项目区整理前后土地利用变化数据、土地整理施工工程量和能源消费数据等。

1.3 研究方法

1.3.1 土地整理工程碳排放计算 土地整理项目工程施工中,动力机械的运作需消耗化石能源而产生大量温室气体,使土地整理成为农村能源消费碳排放的碳源之一。本文的土地整理工程碳排放主要考虑土地整理工程能源消费的碳排放,即在整理工程施工过程中,由于机械使用和化石燃料消耗而产生的碳排放量。具体公式为:

$$E_{CO_2}=AD\times EF \tag{1}$$

式中: E_{CO_2} ——二氧化碳排放量;AD——能源消耗量(热量单位);EF——基于净发热值 TJ 单位燃料 CO_2, CH_4, N_2O 等的排放量。

根据《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》排放因子及缺省排放系数,汽油的碳排放系数为 2.26 kg/L,柴油的碳排放系数为 2.73 kg/L。根据汽油和煤油的平均密度,将《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》中的汽油和柴油的排放系数换算成 kg/kg,则汽油和柴油的 CO_2 排放系数分别为 3.12, 3.21 kg/kg,进而得到汽油、柴油的碳排放系数分别为 0.85, 0.88 kg/kg。巨鹿县土地整理项目施工过程中碳排放量的估算公式为:

$$E_c=T_1\times 0.85+T_2\times 0.88 \tag{2}$$

式中: E_c ——土地整理工程碳排放量(kg); T_1 ——汽油使用量(kg); T_2 ——柴油使用量(kg)。根据以上计算结果,综合巨鹿县土地整理项目的投资情况,引入单位投资额碳排放量、单位投资比例的碳排放比率 2 个评价指标,进一步分析土地整理项目施工过程中

的碳排放情况。计算公式为:

$$M_c=\frac{C_i}{M_i} \tag{3}$$

式中: M_c ——单位投资额碳排放量(kg/万元); C_i ——不同整理工程的碳排放量(t); M_i ——不同整理工程的投资额(万元)。

$$M_R=\left(\frac{C_i}{\sum C_i}\right)/\left(\frac{M_i}{\sum M_i}\right) \tag{4}$$

式中: M_R ——单位投资比例的碳排放比率; C_i ——不同整理工程的碳排放量(t); M_i ——不同整理工程的投资额(万元)。

1.3.2 土地利用变化的碳储量计算 根据土地利用分析结果,研究区土地利用类型可分为耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地、居民点工矿用地、交通用地、水利设施用地、未利用地和其他土地 10 种土地利用类型。不同土地利用类型的植被碳密度的计算比较复杂,不同土地利用类型的生物量和碳密度不同,因此本研究主要采用华北地区不同植被类型平均碳密度^[22-24]进行计算。李随民等^[25]以河北多目标区域地球化学调查所取得的数据为基础,按土壤类型和土地利用方式分别计算了河北省南部平原区 1.8 m 土壤厚度内有机碳储量和土壤碳密度,由于巨鹿县位于该区域内,所以本研究采用其不同土地利用类型土壤碳密度计算结果(表 1)。并根据式(5)计算不同土地利用类型植被和土壤碳储量:

$$V_i=C_i\times S_i \tag{5}$$

式中: i ——不同土地利用类型对应的植被/土壤类型; V_i ——第 i 种植被/土壤类型的碳储量(t); C_i ——第 i 种植被/土壤类型的碳密度(t/hm²), S_i ——第 i 种植被/土壤类型的面积(hm²)。

表 1 不同土地利用类型植被和土壤碳密度 t/hm²

土地利用类型	植被碳密度	土壤碳密度	土地利用类型	植被碳密度	土壤碳密度
耕地	2.59	66.27	居民点工矿用地	11.86	71.59
园地	98.91	54.77	交通运输用地	10.55	25.36
林地	65.5	44.23	水利设施用地	6.64	40.64
牧草地	1.55	45.41	未利用地	1.5	55.45
其他农用地	1.59	62.95	其他土地	1.41	68.82

2 结果与分析

2.1 土地整理工程碳排放

从表 2 可以看出,巨鹿县土地整理项目工程施工导致的碳排放总量为 303.87 t,其中柴油消耗产生的碳排放量为 297.32 t,占工程施工总碳排放量的 97.84%;汽油消耗产生的碳排放为 6.55 t,占 2.16%。从图 1 可以看出,不同的土地整理工程中,

土地平整的碳排放量为 196.08 t,占工程施工总碳排放量的 64.53%;灌溉与排水工程产生的碳排放量为 15.89 t,占 5.23%,道路工程产生的碳排放量为 91.90 t,占 30.24%。土地整理工程中,主要的碳排放源是土地平整工程,其次是道路工程、灌溉与排水工程。土地平整工程中,主要碳排放量来自推土机剥离表土和农地平整,占土地平整工程碳排放量的 93.43%,相对而言,土地翻耕产生碳排放量较少,占

6.57%。灌溉与排水工程中,输电线路工程、灌排沟渠建设、灌排机井建设是主要的碳排放源,占灌溉与排水工程总碳排放量的比例分别为 41.14%,30.21%,28.43%。道路工程的碳排放主要来源于拆除旧路面,占道路工程总碳排放量的 46.31%,其次是生产路建设和田间道建设,分别占 34.06%,15.66%。

从土地整理工程投资额度与碳排放来看,巨鹿县土地平整工程单位投资额碳排放量和单位投资比例的碳排放比率分别为 677.87 kg/万元,10.02,均

显著高于其他 3 项工程,其次分别为道路工程、灌溉与排水工程、农田防护与生态环境保持工程。从分项工程来看,不同工程的投资额度、投资比例与相应的碳排放量具有较高的相关性,高投资额的土地整理工程具有较低的碳排放量,其对碳排放的影响较小。巨鹿县灌溉与排水工程和田间道路工程单位投资比例的碳排放比率分别为 0.09,0.83,均低于 1,表明灌溉与排水工程、道路工程的碳排放效应优于土地平整工程。

表 2 土地整理工程碳排放统计

指标	土地平整工程	灌溉与排水工程	道路工程	农田防护与生态环境保持工程	合计
投资总额/万元	289.26	2490.46	1631.96	78.59	4490.27
柴油使用量/t	223.93	10.68	104.95	0.00	339.56
汽油使用量/t	0.00	7693.11	0.00	0.00	7.69
柴油碳排放量/t	196.08	9.35	91.90	0.00	297.33
汽油碳排放量/t	0.00	6.54	0.00	0.00	6.54
单位投资额碳排放(kg/万元)	677.87	6.38	56.31	0.00	67.67
单位投资比例的碳排放比率	10.02	0.09	0.83	0.00	0.07

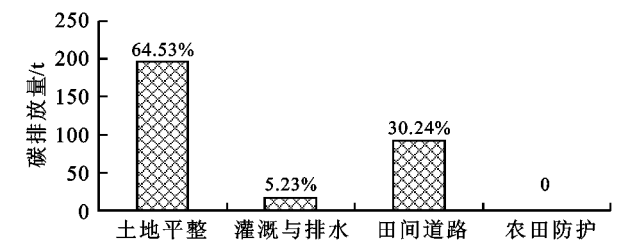


图 1 不同土地整理工程碳排放对比

2.2 土地利用变化对碳储量的影响

不同程度和尺度上的土地利用变化都会通过土地覆被变化影响陆地生态系统的碳循环,不同利用类型的土地相互转换会对整个陆地的碳循环产生不同程度的影响,表现出碳源或碳汇效应^[26]。巨鹿县通过土地整理,项目区耕地面积达到 1 820.06 hm²,新增耕地 89.13 hm²,新增耕地率为 3.93%。新增耕地来源主要为园地 56.77 hm²,水利设施用地 24.97 hm²,草地 7.39 hm²;此外有 4.16 hm²水利设施用地整理成交通运输用地。如表 3 所示,巨鹿县土地整理导致的土地利用变化使得整理区植被和土壤碳储量减少 4 160.3 t,表现为碳源效应。其变化量大小为园地>耕地>水利设施用地>草地>交通运输用地,其他土地利用类型碳储量在整理前后保持不变。由于单位面积园地土壤和植被碳储量较高,其面积变化对巨鹿县土地整理区碳储量变化的贡献率达到 52.13%。耕地和水利设施用地次之,贡献率分别为 36.89%,8.23%。在土地利用类型转化过程中,由于不同土地利用类型单位面积碳储量不同,会导致区域

土壤和植被碳储量的变化。其中,巨鹿县土地整理区园地转化为耕地减少碳储量 4 814.38 t,表现为碳源效应;草地转化为耕地增加碳储量 161.84 t,表现为碳汇效应;水利设施用地转化为耕地增加碳储量 628.63 t,表现为碳汇效应;水利设施用地转化为交通运输用地减少碳储量 47.30 t,表现为碳源效应。

表 3 巨鹿县土地整理土地利用变化及碳储量变化

土地利用类型	整理前面积/hm ²	整理后面积/hm ²	面积变化量/hm ²	碳储量变化/t
耕地	1730.93	1820.06	89.13	6137.49
园地	60.03	3.27	-56.76	-8722.88
林地	8.14	8.14	0	0
草地	70.46	63.07	-7.39	-347.03
居民点工矿用地	228.13	228.13	0	0
交通运输用地	60.8	64.96	4.16	149.39
水利设施用地	104.85	75.72	-29.13	-1377.27
其他土地	6.75	6.75	0	0
合计	2270.09	2270.09	0	-4160.3

2.3 土地整理的碳排放测算

土地整理项目对碳排放的影响包括土地整理工程施工产生的碳排放和土地利用变化导致的植被和土壤碳储量的变化。其中土地利用变化导致的碳排放包括两类,一类是土地利用类型变化导致的碳排放,另一类是土地利用类型保持不变,但因表土剥离、深耕等措施,导致土地整理前后植被和土壤的碳排放变化量。由此构建了土地整理项目碳排放的结构表,

明确土地整理中的碳源/汇作用(表 4)。根据试验结果,巨鹿县土地整理前后玉米地碳储量及其土壤碳排放量没有明显的差异,因此本文将土地利用保持型的植被和土壤的碳排放变化量不计入碳排放测算中,即采用土地整理工程碳排放与土地利用类型变化产生的碳排放计算土地整理项目的碳排放量。

表 4 土地整理项目碳排放结构

项目	类型	碳源/汇	周期
土地整理施工	土地整理工程	碳源	一次性
土地利用保持型	植被	碳汇	年度
	土壤	碳源	年度
土地利用变化型	碳密度低转高密度	碳汇	一次性
	碳密度高转低密度	碳源	一次性

据此可知,巨鹿县土地整理项目工程的碳排放量为 303.87 t,土地利用结构调整后项目区植被和土壤碳储量减少 4 160.30 t。根据环境经济损益分析方法,巨鹿县土地整理后项目区相当于排放了 4 464.17 t,表现为碳源效应。其中单位整理面积碳排放量为 1 966.52 kg/hm²,单位投资额碳排放量为 994.19 kg/万元(表 5)。

表 5 巨鹿县土地整理碳排放量

指标	土地整理工程	土地利用变化	总计
碳排放量/t	303.87	4160.3	4464.17
单位面积碳排放/(kg·hm ⁻²)	133.86	1832.66	1966.52
单位投资碳排放/(kg/万元)	67.67	926.51	994.19

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) 巨鹿县土地整理工程施工导致的碳排放总量为 303.87 t,柴油作为燃料是工程施工的主要碳排放源,占 95%以上。不同土地整理工程中,土地平整工程是主要的碳排放源,占工程施工碳排放量的 64.53%,其次是田间道路工程和灌溉与排水工程,分别占 30.24%,5.23%。

(2) 不同土地整理工程碳排放量与投资额度、投资比例具有相关性。土地平整工程的单位投资额碳排放量和单位投资比例的碳排放比率两项指标值最大,其值分别为 677.87 kg/万元,10.02,表明了该项工程投资少、碳排放量大的特点;灌溉与排水工程两项指标值最小,其值分别为 6.38 kg/万元,0.09,具有投资多、碳排放量小的特点;道路工程介于二者之间。

(3) 土地整理导致的土地利用类型变化会影响区域的碳储量,表现出碳源或碳汇效应。巨鹿县土地整理导致区域土壤和植被碳储量减少 4 160.3 t,表现出碳源效应。其中园地面积变化导致整理区碳储量减少 8 722.88 t,对整理区碳储量变化的贡献率达到 52.13%,耕地和水利设施用地次之,贡献率分别为 36.89%,8.23%。在不同土地利用类型相互转化过程中,园地转化为耕地表现为碳源效应;草地转化为耕地表现为碳汇效应;水利设施用地转化为耕地表现为碳汇效应;水利设施用地转化为交通运输用地表现为碳源效应。

(4) 综合土地整理工程施工的碳排放和土地利用变化导致的碳排放,根据环境经济损益分析方法,巨鹿县土地整理后项目区相当于排放了 4 464.17 t,表现为碳源效应。其中单位整理面积碳排放量为 1 966.52 kg/hm²,单位投资额碳排放量为 994.19 kg/万元。

3.2 讨论及建议

土地整理通过调整土地利用结构,达到优化土地利用布局的目的,土地平整、道路建设、灌溉与排水、农田防护与生态环境保持等系统工程的实施,在改善田间基础配套设施、提升农用地产能的同时,也从两个方面影响土地整理区的碳排放。一方面,土地整理施工过程中汽油、柴油等燃料使用造成的碳直接排入大气中;另一方面,土地利用结构调整,不同土地利用类型的相互转换引起植被和土壤碳储量的变化,也会对区域碳排放造成影响。

土地整理工程产生的碳排放包括直接碳排放和间接碳排放两部分。直接碳排放包括土地平整工程、灌溉与排水工程、道路工程等施工过程中能源消耗导致的碳排放;间接碳排放,如混凝土预制板、PVC 管、树苗等制备和运输过程中造成的碳排放。本文在构建土地整理工程碳排放计算方法时主要考虑直接碳排放,未将间接碳排放计入其中。建立包括直接碳排放和间接碳排放在内的土地整理工程碳排放计算方法体系,应是下一步的重点研究方向。土地整理中土地利用变化导致的碳源/汇效应研究主要采用土壤和植被碳密度来进行估算,由于研究区没有实测的土壤碳密度、植被碳密度数据,故采用华北地区的平均植被碳密度、研究区相邻区域的土壤碳密度进行测算。同时由于研究区其他农用地、居民点工矿用地、交通用地、水利设施用地植被类型和比例不能确定,因此这 4 类土地利用类型的碳密度和碳储量估算结果存在一定的不确定性。

为了引导土地整理向低碳型发展,实现土地整理

经济、社会和生态效益的提高,结合本研究结论,为降低土地整理的碳排放提出以下建议:(1)在不影响后期土地利用与农业耕种的前提下,尽量保持土地整理区原有地形地貌,减少挖方、填方工程量,进而减少施工过程中的碳排放量;(2)为了减少施工过程中的碳排放,应减少化石燃料消耗量,提倡使用清洁型燃料。一是可以适当降低汽油、柴油等化石燃料的比例,或者采用两种燃料混合使用的施工方式;二是选择天然气、电力等作为燃料动力,降低碳排放;(3)根据研究结果,土地整理项目的碳源或碳汇效应主要取决于新增耕地的来源,因此,新增耕地来源应尽可能选择碳密度较低的地类,如其他农用地、未利用土地等。此外,在提升耕地产能的基础上,提倡免耕或少耕,减少土壤呼吸量,可以使用有机肥提高土壤肥力,尽量减少化肥和农药使用量,减少二者在生产和施用过程中产生的碳排放。

参考文献:

- [1] 董红敏,李玉娥,陶秀萍,等.中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J].农业工程学报,2008,24(10):269-273.
- [2] 陈宜瑜.中国全球变化的研究方向[J].地球科学进展,1999,14(4):319-323.
- [3] IPCC. Climate Change 2001-Synthesis Report: Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. New York: Cambridge University Press,2001.
- [4] Houghton R A, Hackler J L. Sources and sinks of carbon from land-use change in China[J]. Global Biogeochemical Cycles,2003,17(2):1034-1053.
- [5] Levy P E, Friend A D, White A, et al. The influence of land use change on global-scale fluxes of carbon from terrestrial ecosystems[J]. Climatic Change,2004,67(2-3):185-209.
- [6] 于贵瑞,李胜功,伏玉玲,等.中国陆地生态系统碳循环[M].北京:科学出版社,2009.
- [7] 王小彬,武雪萍,赵全胜,等.中国农业土地利用管理对土壤固碳减排潜力的影响[J].中国农业科学,2011,44(11):2284-2293.
- [8] 付超,于贵瑞,方华军,等.区域土地利用/覆被变化对陆地碳收支的影响[J].地理科学进展,2012,32(1):88-96.
- [9] 张梅,赖力,黄贤金,等.中国区域土地利用类型转变的碳排放强度研究[J].资源科学,2013,35(4):792-799.
- [10] 曲福田,卢娜,冯淑怡.土地利用变化对碳排放的影响[J].中国人口·资源与环境,2011,21(10):76-83.
- [11] 朱道林,林瑞瑞.论低碳经济与转变土地利用方式[J].中国土地科学,2010,24(10):3-6.
- [12] 李颖,黄贤金,甄峰.江苏省区域不同土地利用方式的碳排放效应分析[J].农业工程学报,2008,24(S2):102-107.
- [13] 揣小伟,黄贤金,郑泽庆,等.江苏省土地利用变化对陆地生态系统碳储量的影响[J].资源科学,2011,33(10):1932-1939.
- [14] 苏雅丽,张艳芳.陕西省土地利用变化的碳排放效益研究[J].水土保持学报,2011,25(1):152-156.
- [15] 赵先超,朱翔,周跃云.湖南省不同土地利用方式的碳排放效应及时空格局分析[J].环境科学学报,2013,33(3):941-949.
- [16] 曾菲,朱晓亮,谭耀华.土地利用动态遥感监测在低碳经济中的应用研究[J].测绘通报,2011(8):39-41.
- [17] 赵荣钦,黄贤金,钟太洋,等.区域土地利用结构的碳效应评估及低碳优化[J].农业工程学报,2013,29(17):220-229.
- [18] 刘晓,王红瑞,王秀茹,等.河北省可持续土地整理模式与效益[J].水土保持研究,2013,20(2):201-206.
- [19] 郭晓楠,王秀茹,陈倩.华北平原区土地整理耕地经济潜力评价研究[J].水土保持研究,2013,20(3):92-97.
- [20] 王军,严慎纯,白中科,等.土地整理的景观格局与生态效应研究综述[J].中国土地科学,2012,26(9):87-94.
- [21] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[M]. Japan: Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, 2006.
- [22] 王绍强,周成虎,罗承文.中国陆地自然植被碳量空间分布特征探讨[J].地理科学进展,1999,18(3):238-244.
- [23] 李克让,王绍强,曹明奎.中国植被和土壤碳贮量[J].中国科学:D辑,2003,33(1):72-80.
- [24] 刘勇洪,权维俊,高燕虎.华北植被的净初级生产力研究及其时空格局分析[J].自然资源学报,2010,25(4):564-573.
- [25] 李随民,栾文楼,宋泽峰,等.河北省南部平原区土壤有机碳储量估算[J].中国地质,2010,37(2):525-529.
- [26] 葛全胜,戴君虎,何凡能,等.过去300年中国土地利用,土地覆被变化与碳循环研究[J].中国科学:D辑,2008,38(2):197-210.