

农村土地整治项目 CO₂ 排放及减排政策下的情景模拟

李茹茹¹, 赵华甫^{1,2}, 吴克宁^{1,2}, 李乐³

[1. 中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083; 2. 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035; 3. 山东省东营市国土资源局土地综合整治服务中心, 山东 东营 257091]

摘要: [目的] 揭示农村土地整治的 CO₂ 排放效应, 为土地整理的碳排放研究提供科学参考。[方法] 在项目预算书编制的基础上, 采用 IPCC 清单法, 估算农村土地整治项目的 CO₂ 排放量, 分析影响 CO₂ 排放的关键因子, 模拟不同政策情景下农村土地整治项目 CO₂ 排放的变化情况。[结果] 项目的 CO₂ 排放总量约 5.50×10^5 t, 灌溉与排水工程所占比例最大; 水泥是最主要的碳源, 占总排放量的 92.07%, 碳源材料的 CO₂ 排放量直接取决于该类材料的 CO₂ 排放系数及消耗量, 间接取决于各单项工程的工程量和工程结构; 随着相关节能减排政策力度的加大, 减排量也会随之增多。[结论] 应在土地整治规划设计中贯彻绿色、低碳、环保的设计理念, 重视土地整治的生态效应; 加大对水泥、电力、钢铁等能源密集型行业的节能减排力度, 严格执行国家减排政策。

关键词: 土地整治; CO₂ 排放; 减排政策; 情景模拟

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)06-0177-07

中图分类号: F301.24, X24

文献参数: 李茹茹, 赵华甫, 吴克宁, 等. 农村土地整治项目 CO₂ 排放及减排政策下的情景模拟[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 177-183. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.06.030

CO₂ Emission in Rural Land Reclamation and Scenario Simulation Under Emission Reduction Policies

LI Ruru¹, ZHAO Huafu^{1,2}, WU Kening^{1,2}, LI Le³

[1. College of Land Science and Technology, China University of Geosciences(Beijing) Beijing

100083, China; 2. Key Laboratory of Land Regulation Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China;

3. Service Center of Land Comprehensive Improvement of Land Resources Bureau, Dongying, Shandong 257091, China]

Abstract: [Objective] The effects of rural land reclamation on CO₂ emission were analyzed to provide reference for relevant research in carbon emission. [Methods] Based on the project budget, the CO₂ emission was estimated and the key impacting factors were analysed using IPCC inventory methods. Scenarios of CO₂ emission changes in rural land reclamation under different policies were simulated and regulations of low carbonization land reclamation were proposed. [Results] The result showed that the total CO₂ emission of this project was estimated to be about 5.50×10^5 t, the engineering works of irrigation and drainage had the largest proportion. The cement was the main carbon source, accounting for 92.07% of total emissions. The CO₂ emission of carbon source materials directly depended on the CO₂ emission coefficient and consumption of this materials, indirectly depended on the quantities and structure of the projects. With the implement of relevant emission reduction policies, CO₂ emissions would be reduced. [Conclusion] It is concluded that the concept of green, low carbon, environmental protection should be implemented in rural land reclamation planning and design, and the ecological effect of it should be more attention to. Energy conservation and emissions reduction for those energy intensive industries such as cement, electricity and steel, should be enhanced, and in these fields, national emission reduction policies should be implemented strictly.

Keywords: land reclamation; CO₂ emission; emission reduction policies; scenario simulation

收稿日期: 2016-03-28

修回日期: 2016-05-24

资助项目: 北京市科学技术委员会生物燃气及循环农业科技促进培育专项“改为高标准农田信息化监控与利用决策技术”(17952015004)

第一作者: 李茹茹(1989—), 女(汉族), 河南省新乡市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地整治与土地利用评价。E-mail: lrr_cugb@126.com。

通讯作者: 赵华甫(1978—), 男(汉族), 河南省唐河县人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源评价与管理研究。E-mail: huafuzhao@163.com。

气候变化,特别是全球气候变暖是当今人类面临的严峻挑战,是国际社会公认的全球性环境问题。政府间气候变化专门委员会(IPCC)指出,当前导致全球气候变暖的主要原因是化石燃料的大量燃烧和非持久性的土地利用等人类活动^[1-4]。近年来,我国学者对城市地区开展了大量碳循环和碳排放研究,但农村地区一直是研究的弱点,尤其是我国农村的低碳环境建设尚未受到高度重视。土地整治是按照土地利用总体规划的要求,对田、水、路、林综合整治,以提高耕地质量,增加有效耕地面积,改善农业生产生活条件和生态环境条件的过程^[5-6]。它既可以通过调整土地利用结构^[7-9]、转变耕作方式^[10]、改变土壤结构^[11-13]等措施增加碳储量,亦会在施工过程中由于原材料和机械的使用而产生大量温室气体^[13-15]。目前,国内外对土地整治的碳排放研究尚不多见。魏凤娟等^[13]以能源消费为视角,从具体的土地整治项目预算编制表出发,汇总得到 CO₂ 排放总量,进而比较不同类型土地整治工程的 CO₂ 排放强度,提出碳减排建议。郭晓辉等^[16]以能源消费和土地利用变化为视角,运用碳排放清单法,明确土地整治中的碳源/汇作用,提出碳减排建议。按照《全国土地整治规划(2011—2015年)》的要求,2015年我国将建成 2.67 × 10⁷ hm² 高标准基本农田,2020年力争建成 5.33 × 10⁷ hm²,在这期间,全国将大力开展土地整治工作,使土地整治成为中国农村碳排放的重要诱因。因此,本研究以河南省南水北调渠首及沿线土地整理重大项目Ⅱ片区封丘县项目(简称项目)为例,在项目预算书编制的基础上,通过汇总土地整治过程中碳源材料的使用情况来测算其 CO₂ 排放量,进而依据国家相关节能减排政策及对项目 CO₂ 排放量的影响程度,筛选出关键减排因子,对不同情景下的土地整治 CO₂ 排放进行模拟,提出土地整治碳减排建议,以期降低农村碳排放量,维护农村生态环境。

1 研究区域与数据来源

项目区位于河南省封丘县东部,地理坐标介于北纬 34°55′37″—35°10′44″与东经 114°28′11″—114°40′50″。该项目自 2012 年开始实施,总建设规模 2.41 × 10⁴ hm²,共涉及 9 个乡镇 177 个行政村。项目区地处黄河故道,地貌复杂,地势由西南向东北倾斜,引黄灌溉非常便利;属暖温带大陆性季风气候,年平均降水量 615.1 mm,无霜期 214 d;土壤为发育于黄河沉积物上的潮土土类,分为黄潮土、盐化潮土 2 个亚类;地下水埋藏浅,水循环快,水质好,适合农田灌溉。

由于投资不足、年久失修等原因,项目区内的农

业生产基础设施在数量和质量上都不能满足农业生产的需求,农业生产条件亟待改善。区内沟渠多为 20 世纪 60—70 年代修建的,年久失修,支斗渠损毁严重,不能满足灌排要求;大多数机井井深较浅,井管淤堵,存在出砂现象,而且未配套水泵及电力;田间路、生产路多为土路,路面较窄且高低不平,晴通雨阻,村与村搭界处道路连通性差,不便于机械耕作收割和田间管理;电力设施经过农电网改造,为居民生活和农业生产提供了可靠的电力保证,随着灌排设施的增加,电力机井的增多等,电力配套设施还需进一步延伸、拓展。本项目工程内容包括土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程、生态环境保护工程和其他工程五部分,建设期为 1 a。共规划土地平整 5.70 × 10⁵ m³,机井 3 766 眼,渠道 656 km,排水沟 217 km,桥涵闸等水工建筑物 2 579 座,配电房 526 座,高压线 291 km,田间道路 701 km,防护林 25 万株,标志牌 7 656 座。

数据来源于项目可行性研究报告、年度规划设计报告、项目第 4 年度预算书、《中国能源统计年鉴 2014 年》、《河南统计年鉴 2014 年》等。

2 估算方法

按照《IPCC 国家温室气体清单指南 2 006》,目前估算 CO₂ 排放量的方法主要包括实测法、质量平衡法和碳排放系数法。实测法计算较准确,但对试验条件、试验数据的收集处理和分析要求较高,难以大范围推广;质量平衡法成本较高,且对化学成分复杂的物质分析时,活动数据难以分类监测。考虑到土地整治在施工过程中需要消耗大量的钢铁、水泥、化石燃料等碳源材料,估算数据计算量大、难度高,因此采用碳排放系数法。计算模型为:

$$C = \sum_{i=1}^m w_i \cdot Q_i$$

式中: C —— CO₂ 排放量; w_i —— 第 i 种材料的 CO₂ 排放系数; Q_i —— 第 i 种材料的消耗量。

结合土地整治项目预算表中机械及材料消耗情况,选取钢铁、水泥、石料、电力、汽油、柴油等 6 种材料作为主要碳源材料。

为了客观估算碳源材料的 CO₂ 排放量,以方便不同时期、地区研究结果的对比,论文依据《IPCC 国家温室气体清单指南 2006 年》推荐方法,选取 2013 年为标准年,通过查询《河南统计年鉴 2014》和《中国能源统计年鉴 2014 年》,计算项目区主要碳源材料的 CO₂ 排放系数(表 1)。

通过与国内外相关参考文献进行对比,发现本文

中电力的 CO₂排放系数计算值略高于参考值,这主要是由于河南省是以煤炭为主的火力发电,火力发电供电量占总供电量的 95% 以上;其他碳源材料的 CO₂排放系数与参考值大多接近,表明计算结果较符合实际情况,具有一定的代表性。

表 1 主要碳源材料 CO₂排放系数

类型	CO ₂ 排放系数	
	参考值	计算值
钢铁/(t·t ⁻¹)	2.389 ^[12] , 2.481~3.257 ^[13] , 2.003 ^[16]	2.542 0
水泥/(t·t ⁻¹)	0.890 2 ^[17] , 0.709~0.913 ^[18]	0.905 0
石料/(t·t ⁻¹)	—	0.072 0
电力	0.849 4 ^[19] , 0.908 ^[20] , 0.972 4	0.985 3
汽油/(g·kg ⁻¹)	2.984 8 ^[11]	2.984 8
柴油/(g·kg ⁻¹)	3.160 5 ^[11]	3.160 5

注:电力的单位为 kg/(kW·h)。

3 CO₂排放估算与分析

3.1 CO₂排放估算

土地整治是一个综合复杂的系统工程,包括土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程、生态环境保护工程和其他工程 5 部分。

在土地整治施工过程中,CO₂的排放主要来源于两方面:为生产项目施工所需要的钢铁、水泥、石料等工业产品所产生的 CO₂以及在施工过程中由于机械运作所消耗的电力、汽油、柴油等所产生的 CO₂^[13]。

为方便估算土地整治过程中 CO₂的排放量,将土地整治项目作为一个独立的系统,根据工程预算人工及主要材料用量汇总表,按照单项工程统一汇总以上 6 种碳源材料的消耗量,进而利用计算模型得到土地整治项目的 CO₂排放量,模型计算结果详见表 2—3。

表 2 单项工程 CO₂排放量统计

工程类型	碳源材料	碳源材料消耗量	碳源材料 CO ₂ 排放量/t	单项工程 CO ₂ 排放量/t	单项工程 CO ₂ 排放比例/%
土地平整工程	柴油/kg	6.67×10 ⁵	2 108	2 108	0.38
灌溉与排水工程	钢铁/t	1 662	4 225	3.94×10 ⁵	70.61
	水泥/t	3.94×10 ⁵	3.57×10 ⁵		
	石料/t	3.13×10 ⁵	2.25×10 ⁴		
	电力/(kW·h)	7.64×10 ⁶	7 522.91		
	汽油/kg	1.67×10 ⁵	499.30		
	柴油/kg	8.40×10 ⁵	2 655.38		
田间道路工程	钢铁/t	0.05	0.13	1.62×10 ⁵	29.00
	水泥/t	1.74×10 ⁵	1.57×10 ⁵		
	石料/t	2 856	206		
	电力/(kW·h)	8.03×10 ⁵	792		
	汽油/kg	1.67×10 ⁴	50		
	柴油/kg	1.16×10 ⁶	3 654		
其他工程	钢铁/t	0.94	2.39	32.43	0.01
	水泥/t	16	14		
	石料/t	214	15		
	电力/(kW·h)	390	0.38		
	汽油/kg	3.37	0.01		
合计				5.58×10 ⁵	100.00

注:生态环境保护工程无碳源材料消耗;CO₂排放量为零。

3.2 估算结果分析

3.2.1 单项工程 CO₂排放量对比 从表 2 可以看出,本项目 CO₂排放量约 5.50×10⁵t,工程内容包括土地平整工程、灌溉与排水工程、田间道路工程、生态环境保护工程和其他工程五部分。由于工程内容不同,各单项工程对碳源材料的消耗情况存在差异,由此产生的 CO₂排放量也不相同。灌溉与排水工程的

CO₂排放量最大(70.61%),其次为田间道路工程(29.00%),土地平整工程(0.38%)和其他工程(0.01%)的 CO₂排放量较小,生态环境保护工程无 CO₂排放。灌溉与排水工程内容复杂多样,主要为修建钢筋混凝土井管、钢筋混凝土结构的桥涵闸等水工建筑物、混凝土硬化渠道、砖结构变压器房、高低压线路等,其 CO₂排放主要来源于水泥和石料,二者产生

的 CO₂ 排放占该单项工程 CO₂ 排放的 96.23%，其中水泥占 90.51%，石料占 5.71%。田间道路工程内容主要为修建混凝土路面的田间主道和泥结碎石路面的田间次道，其 CO₂ 排放主要来源于水泥和柴油，二者产生的 CO₂ 排放分别占该单项工程 CO₂ 排放的 97.10% 和 2.26%。土地平整工程内容主要为推土机推土和汽车装卸土方，在施工过程中仅消耗柴油，所产生的 CO₂ 排放量很小，仅占 CO₂ 排放总量的 0.38%。其他工程内容主要为修建钢筋混凝土结构的标志牌，其 CO₂ 排放主要来源于石料、水泥和钢铁，其中石料占 47.52%，水泥占 43.89%，钢铁占 7.37%。生态环境保护工程内容主要为人工种植农田防护林，无碳源材料消耗，CO₂ 排放量为零。

3.2.2 碳源材料 CO₂ 排放量对比 通过表 3 可以看出，在各碳源材料中水泥的 CO₂ 排放量所占比例最高 (92.07%)，其次是石料 (4.07%)，柴油 (1.51%)、电力 (1.49%)、钢铁 (0.76%) 和汽油 (0.10%) 所占比例很小。碳源材料的 CO₂ 排放量不仅与 CO₂ 排放系数有关，还与消耗量有关。在土地整治项目工程内容中，混凝土结构的农桥、农涵、水闸等水工建筑物和混凝土道路需要消耗大量的水泥、石料 (碎石、条石、块石等) 和钢铁 (钢筋、镀锌钢管、扁钢、角钢、钢模板等)

等碳源材料，这些材料在生产过程中会产生大量的 CO₂ 排放。从表 2 可以看出，水泥的消耗量最大 (约 5.7×10^5 t)，其次是石料 (约 3.2×10^5 t)、钢铁 (约 1 663 t)，三者的 CO₂ 排放系数由大到小依次为：钢铁 (2.542 0 t/t) > 水泥 (0.905 0 t/t) > 石料 (0.072 0 t/t)。水泥因消耗量大、CO₂ 排放系数较高而成为最主要的碳源，其 CO₂ 排放量所占比例最高，达到总量的 92.07%；石料的 CO₂ 排放系数最低，但由于消耗量比较大，使其成为土地整治项目中继水泥后的第 2 大碳源，其 CO₂ 排放量所占比例为总量的 4.07%；钢铁的 CO₂ 排放系数最高，约为水泥的 2.8 倍、石料的 35 倍，但由于消耗量最少，为水泥的 0.29%，石料的 0.53%，使其 CO₂ 排放量仅占总量的 0.76%。在施工过程中由于机械运作所消耗的电力、柴油、汽油等产生的 CO₂ 排放量占总排放量的 3.10%。河南省处于华中电网，以煤炭为主的火力发电量占到总发电量的 95% 以上，在项目施工过程中搅拌机、鼓风机、照明等需要消耗大量电力，其产生的 CO₂ 排放量占到总排放量的 1.49%。

柴油、汽油等燃料的消耗主要来源于推土机、汽车、起重机等施工机械的运行，二者排放的 CO₂ 量占总排放量的 1.61%。

表 3 主要碳源材料 CO₂ 排放量统计

类型	CO ₂ 排放系数	消耗量	CO ₂ 排放量/t	比例/%
钢铁	2.542 0 t/t	1 663 t	4 228	0.76
水泥	0.905 0 t/t	5.68×10^5 t	5.14×10^5	92.07
石料	0.072 0 t/t	3.16×10^5 t	2.27×10^4	4.07
电力	0.985 3 kg/(kW·h)	8.434×10^5 (kW·h)	8 315	1.49
汽油	2.984 8 g/kg	1.84×10^5 kg	549	0.10
柴油	3.096 8 g/kg	2.66×10^5 kg	8 418	1.51
合计			5.58×10^5	100.00

4 未来减排情景模拟

通过以上分析发现，碳源材料的 CO₂ 排放量主要受消耗量和 CO₂ 排放系数的影响，而其 CO₂ 排放系数归根结底受国家有关节能减排政策的约束和引导。考虑到土地整治工程建设应满足其建设标准和功能要求，本文的情景模拟在假设碳源材料消耗量不变的前提下，根据国家“十二五”、“十三五”节能减排目标，分析碳源材料 CO₂ 排放系数的变化对土地整治工程 CO₂ 排放的影响。以 2013 年为标准年，2015 和 2020 年为目标年，研究设定了 3 个发展情景：基准情景、成长情景、促进情景，进而探讨在 2015 和 2020 年不同减排政策背景下土地整治项目的 CO₂ 排放变化情况。

4.1 减排因子分析

由于石料的 CO₂ 排放系数小，且目前国家并未提出该行业的节能减排目标，使得产业升级改造的可能性不大；虽然吨钢的 CO₂ 排放量相对较高，但由于使用量少，对 CO₂ 排放总量影响小，因此本文确定水泥、电力、柴油、汽油作为该项目的关键减排因子。

4.1.1 水泥因子 高彩玲等^[17]对 1990—2010 年河南省水泥生产过程 CO₂ 排放量进行了估算，发现河南省水泥的 CO₂ 排放系数平均每年减少 1.5%。工信部《关于水泥工业节能减排的指导意见》明确提出，到“十二五”末 (2015 年)，水泥综合能耗小于 93 kg/t。根据《中国能源统计年鉴 2014》计算得到，河南省 2013 年水泥综合能耗为 103 kg/t。假设 2013—2015

年河南省水泥行业能源消耗热量的结构比例不变,且2015年水泥综合能耗(标准煤)为93 kg/t,则在国家节能减排目标的基本要求下2015年河南省水泥的CO₂排放系数为0.817 0 t/t。按照《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》的要求,2020年水泥行业CO₂排放总量基本稳定在“十二五”末的水平。根据《河南统计年鉴2014》,河南省2013年水泥产量为 1.68×10^8 t,假设按照目前水泥产量增长趋势不变,2015年河南省水泥产量达到 1.86×10^8 t,2020年达到 2.44×10^8 t。因此,在国家节能减排目标的基本要求下2020年河南省水泥的CO₂排放系数为0.622 0 t/t。

4.1.2 电力因子 河南省2013年火力发电量占到总发电量的95.4%。根据《河南统计年鉴2014》和《中国能源统计年鉴2014》计算得到,河南省2006—2013年,电力的CO₂排放系数平均每年减少0.5%。按照《河南省2014—2015年节能减排低碳发展行动方案》要求,到2015年,清洁能源发电量占总发电量的比例不低于7%。假设按照目前清洁能源代替比例增长速度,到2020年河南省清洁能源发电量占总发电量的比例不低于13%。因此,计算得到2015年河南省电力CO₂排放系数为0.960 5 kg/(kW·h),2020年为0.898 5 kg/(kW·h)。

4.1.3 柴油、汽油因子 生物柴油、燃料乙醇等生物质燃料与普通柴、汽油相比,具有碳排放量低、动力充分、热效率高、运输储存安全的特点,可以在无需改动发动机的前提下与普通柴、汽油进行混合,是一种理想的清洁能源。

按照我国生物质能源替代石油的中长期发展目标,到2015年,中国生物质能源消费量有望占到整个化石燃料消费量的15%,到2020年,达到20%^[18]。国内外学者^[19]就生物质燃料的碳排放量展开了大量研究,发现相对于化石燃料,生物柴油和燃料乙醇能显著减少CO₂排放量。OECD^[20]估算发现利用大豆生产生物柴油可以减少58%的CO₂排放,利用玉米生产燃料乙醇可以减少54%的CO₂排放。目前河南省主要采用大豆油、菜籽油下脚料等生产生物柴油,利用玉米生产燃料乙醇,参考OECD研究成果计算对应生物柴油和燃料乙醇的CO₂排放系数分别为1.327 4和1.373 0 g/kg。

4.2 情景设置及分析

4.2.1 情景设置 根据上述分析,研究设置3种情景。

(1) 基准情景。以过去的发展特点为基础,模拟目标年份,各减排因子按照经济惯性发展所设计的可能情景,即假设未来特定年份各减排因子所在行业在

市场引导下正常发展,无重大技术创新和新工艺引入。设定基准情景下水泥因子的CO₂排放系数每年减少1.5%,即2015和2020年水泥因子的CO₂排放系数分别为0.878 1和0.814 1 t/t;电力因子的CO₂排放系数每年减少0.5%,即2015年和2020年电力因子CO₂排放系数分别为0.975 5和0.951 3 kg/(kW·h);汽油、柴油无生物质燃料代替。

(2) 成长情景。以完成国家节能减排目标为目的,模拟目标年份,各减排因子按照各自行业的节能减排目标所设计的可能情景。设定成长情景下2015和2020年水泥因子的CO₂排放系数分别为0.817 0和0.622 0 t/t,电力因子的CO₂排放系数分别为0.960 5和0.898 5 kg/(kW·h),柴油、汽油因子中生物质燃料的代替比例分别为15%和20%。

(3) 促进情景。加大各种节能减排技术的推广力度,模拟目标年份,各减排因子在达到国家节能减排要求的前提下超额完成20%所设计的可能情景。设定促进情景下2015和2020年水泥因子的CO₂排放系数分别为0.680 8和0.518 3 t/t,电力因子的CO₂排放系数分别为0.800 4和0.748 8 kg/(kW·h),柴油、汽油因子中生物质燃料的代替比例分别为18%和24%。

4.2.2 情景分析 从表4可以看出,在相应目标年,促进情景下的CO₂排放量最少,其次为成长情景和基准情景;在不同节能减排政策的约束下,各情景2020年CO₂排放量均少于2015年。基准情景下,CO₂排放量减少幅度较小,与标准年相比,2015年减少2.76%,2020年减少9.29%;成长情景下,CO₂排放量减少幅度明显增加,与标准年相比,2015年减少9.13%,2020年减少29.11%,说明在国家节能减排目标的约束下土地整治项目的CO₂排放量总体可以得到有效控制;促进情景下,CO₂排放量减少幅度进一步提升,表明随着相关节能减排政策力度的加大,减排量也会随之减少。

比不同情景下各减排因子对CO₂排放量的影响(表5)可以发现,水泥因子仍然对CO₂减排量起着决定性作用,由它引起的减排量占总减排量的98%以上,而电力、汽油、柴油的影响却比较微弱。这主要是由于在土地整治项目施工过程中需要消耗大量的水泥,且与其他因子相比水泥因子的减排潜力大,水泥行业在国家节能减排政策的要求下所承担的责任也大于电力和生物质燃料代替。因此,国家对水泥行业应加大低碳、低能耗生产技术和工艺的推广,加强行业节能减排目标的考核。

表 4 项目区不同情景下 CO₂ 排放量计算结果

模拟情景	碳源材料	2015 年		2020 年		2013—2015 年		2013—2020 年	
		排放量/t	比例/%	排放量/t	比例/%	减排量/t	比例/%	减排量/t	比例/%
基准情景	水泥	4.99×10 ⁵	91.87	4.62×10 ⁵	91.32				
	电力	8 232	1.52	8 028	1.59				
	汽油、柴油	8 967	1.65	8 967	1.77	15 386	2.76	5.19×10 ⁴	9.29
	钢铁	4 228	0.78	4 228	0.83				
	石料	2.27×10 ⁴	4.19	2.27×10 ⁴	4.49				
	小计	5.43×10 ⁵	100.00	5.06×10 ⁵	100.00				
成长情景	水泥	4.64×10 ⁵	91.47	3.53×10 ⁵	89.27				
	电力	8 106	1.60	7 582	1.92				
	汽油、柴油	8 190	1.61	7 931	2.00	5.10×10 ⁴	9.13	1.63×10 ⁵	29.11
	钢铁	4 228	0.83	4 228	1.07				
	石料	2.27×10 ⁴	4.48	2.27×10 ⁴	5.74				
	小计	5.07×10 ⁵	100.00	3.96×10 ⁵	100.00				
促进情景	水泥	3.87×10 ⁵	90.26	2.94×10 ⁵	87.78				
	电力	6 755	1.58	6 319	1.88				
	汽油、柴油	8 035	1.88	7 724	2.30	1.30×10 ⁵	23.25	2.23×10 ⁵	39.92
	钢铁	4 228	0.99	4 228	1.26				
	石料	2.27×10 ⁴	5.30	2.27×10 ⁴	6.78				
	小计	4.28×10 ⁵	100.00	3.35×10 ⁵	100.00				

注:2013—2015 年减排比例为 2015 年 CO₂ 减排量占 2013 年 CO₂ 排放量的比例;2013—2020 年减排比例为 2020 年 CO₂ 减排量占 2013 年 CO₂ 排放量的比例。

表 5 项目区不同情景下减排因子对 CO₂ 排放量的影响

模拟情景	减排因子	2013—2015 年			2013—2020 年		
		减排量/t	占总减排量比例/%	占标准年总排放量比例/%	减排量/t	占总减排量比例/%	占标准年总排放量比例/%
基准情景	水泥	1.53×10 ⁴	99.46	2.74	5.16×10 ⁴	99.45	9.24
	电力	83	0.54	0.01	287	0.55	0.05
	汽油、柴油	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	小计	1.54×10 ⁴	100.00	2.76	5.19×10 ⁴	100.00	9.29
成长情景	水泥	5.00×10 ⁴	98.06	8.95	1.61×10 ⁵	98.91	28.79
	电力	209	0.41	0.04	732	0.45	0.13
	汽油、柴油	777	1.52	0.14	1 036	0.64	0.19
	小计	5.10×10 ⁴	100.00	9.13	1.63×10 ⁴	100.00	29.11
促进情景	水泥	1.27×10 ⁵	98.08	22.81	2.20×10 ⁵	98.55	39.34
	电力	1 560	1.20	0.28	1 996	0.90	0.36
	汽油、柴油	932	0.72	0.17	1 243	0.56	0.22
	小计	1.30×10 ⁴	100.00	23.25	2.23×10 ⁵	100.00	39.92

5 结论与建议

5.1 结论

(1) 项目 CO₂ 排放总量约 5.50×10⁵ t,在各单项工程中,灌溉与排水工程的 CO₂ 排放量最大(70.61%),其次为田间道路工程(29.00%),土地平

整工程(0.38%)和其他工程(0.01%)的 CO₂ 排放量较小,生态环境保持工程无 CO₂ 排放。各单项工程的 CO₂ 排放量不仅与所消耗材料的 CO₂ 排放系数有关,还与消耗量有关。土地整治项目的目标不同,将导致各单项工程的工程量结构发生变化,从而引起 CO₂ 排放量的变化。

(2) 在各碳源材料中水泥的 CO₂ 排放量所占比例最高 (92.07%), 其次是石料 (4.07%), 电力 (1.49%)、柴油 (1.51%)、钢铁 (0.76%) 和汽油 (0.10%) 所占比例很小。碳源材料的 CO₂ 排放量直接取决于该类材料的 CO₂ 排放系数及消耗量, 间接取决于各单项工程的工程量和工程结构。

(3) 通过对不同力度节能减排政策的模拟, 发现随着相关节能减排政策力度的加大, 减排量也会随之减少。在相应目标年, 促进情景下的 CO₂ 排放量最少, 其次为成长情景和基准情景; 在不同节能减排政策的约束下, 各情景 2020 年 CO₂ 排放量均少于 2015 年。水泥因子对 CO₂ 减排量起着决定性作用, 因此, 国家对水泥行业应加大低碳、低能耗生产技术和工艺的推广, 加强行业节能减排目标的考核。

5.2 农村土地整治减排建议

(1) 目前中国土地整治多以增加耕地面积、提高耕地质量为目标, 忽视了土地整治的生态效应。因此, 应坚持以“低排放, 高产出, 经济可行”为原则, 贯彻绿色、低碳、环保的设计理念, 在保障工程使用功能、工程质量不降低的前提下减少 CO₂ 排放量。具体措施包括: ① 积极推行“金井模式”等低碳土地整治措施, 从源头上控制碳源材料的消耗; ② 优化单体结构, 减少高 CO₂ 排放系数材料消耗。③ 增加田块单元面积, 合理布置田间道路网体系, 缩短村庄至地块的耕作半径, 提高农业生产管护效率; ④ 多部门整合资金, 合理布局工程, 避免重复建设和低利用建设造成的资金浪费和 CO₂ 排放; ⑤ 完善土地整治预算编制, 加强预算编制的科学性、合理性和规范性, 确保物尽其用, 从而减少不必要的材料消耗; ⑥ 加强后期维护管理, 提高工程质量, 延长工程服务寿命。

(2) 加大水泥、电力、钢铁等能源密集型行业的节能减排力度, 严格执行国家减排政策。具体措施包括: ① 改进生产工艺, 开发新品种。如优化水泥工业的生料和混合材比例, 引进国外绿色、低碳水泥代替传统水泥; ② 加大清洁能源的使用。如使用生物质燃料代替传统化石能源, 增加区域电网中核电、水电的供电量, 减少火力发电供电比例; ③ 通过技术创新, 积极推进产业转型。中国钢铁业面临较为严峻的碳排放形式, 加强企业内部管理、优化产业结构、淘汰落后产能、推进技术创新和加大节能技术使用力度是行业减排的关键。

[参 考 文 献]

[1] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

- [2] 李明启, 曲建升. IPCC 第四次评估报告《气候变化 2007: 自然科学基础》[J]. 科学新闻, 2007(12): 17.
- [3] 刘建, 李月臣, 曾喧, 等. 县域土地利用变化的碳排放效应: 以山西省洪洞县为例[J]. 水土保持通报, 2015, 35(1): 262-266.
- [4] 李艳华, 许月卿, 孙丕苓. 农村土地综合整治社会风险评价: 以河北省张北县为例[J]. 水土保持通报, 2015, 35(5): 239-244.
- [5] 高向军. 土地整理理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [6] 金志丰, 严长清, 陆效平, 等. 江苏省沿海地区盐田土地整治为耕地的可行性评价[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 167-171.
- [7] 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(S): 102-107.
- [8] 游和远, 吴次芳, 沈萍. 土地利用结构与能源消耗碳排放的关联测度及其特征解释[J]. 中国土地科学, 2010, 24(11): 4-9.
- [9] 赵荣钦, 黄贤金, 钟大洋, 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.
- [10] 韩宾, 孔凡磊, 张海林, 等. 耕作方式转变对小麦/玉米两熟农田土壤固碳能力的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(1): 91-98.
- [11] 潘根兴, 李恋卿, 张旭辉. 土壤有机碳库与全球变化研究的若干前沿问题[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(3): 100-109.
- [12] 谭梦, 黄贤金, 钟大洋, 等. 土地整理对农田土壤碳含量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 324-329.
- [13] 魏凤娟, 李江风, 房超. 能源消费视角下农村土地整理碳排放研究[J]. 国土资源科技管理, 2013, 30(2): 24-29.
- [14] 王秋赞, 王登杰, 颜晓妹, 等. 基于脱钩理论的烟台市碳排放效应分析[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 313-318.
- [15] 栗新巧, 张艳芳, 刘宏宇. 陕西省碳排放影响因素及其区域分异特征[J]. 水土保持通报, 2014, 34(3): 328-333.
- [16] 郭晓辉, 顿耀龙, 薄广涛, 等. 平原区土地整理项目的碳排放效应研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 241-246.
- [17] 高彩玲, 高歌, 张华, 等. 河南省水泥生产过程中 CO₂ 排放量估算[J]. 资源开发与市场, 2012, 28(8): 696-698.
- [18] 中国工程院项目组. 中国能源中长期(2030, 2050)发展战略研究: 可再生能源卷[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [19] 陈瑜琦, 王静, 蔡玉梅. 发展燃料乙醇和生物柴油的碳排放效应综述[J]. 可再生能源, 2015, 33(2): 257-266.
- [20] OECD. Biofuels Support Policies: An Economic Assessment[R]. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development(OECD), 2008.