

基于环境成本的规模化养猪场费用效益分析

王效琴, 杜 芙

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**将环境成本纳入分析范畴,对规模化养猪场进行效益分析,为全面揭示与评价养猪场的费用效益提供参考。**【方法】**根据环境价值理论和规模化养猪场的环境问题,构建规模化养猪场环境成本的计算方法;用构建的环境成本计算方法,计算陕西咸阳市某规模化养猪场 2006 年的环境成本,并对其进行了费用效益分析。**【结果】**该养猪场当年环境成本高达 13 万多元,其利润的 50.2% 以上是以环境损失为代价的,效费比低于 1.07,利润较差的年份其效费比则更低。**【结论】**构建了基于环境成本的规模化养猪场费用效益分析方法,该方法能够全面揭示和评价养猪场的费用效益,有助于引导养猪场改善生产条件、减少资源消耗和环境损失。

[关键词] 环境成本;规模化养猪场;费用效益分析

[中图分类号] F304.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)04-0171-06

A cost-benefit analysis of the large-scale pig farm based on environmental costs

WANG Xiao-qin, DU Fu

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** A new perspective analyzing the costs and benefits of large-scale pig farms by cost-benefit analysis based on environmental costs for a comprehensive understanding was provided. **【Method】** According to the environmental value theory and environmental problem of large-scale pig farms, method of calculating environmental cost was established, and the environmental cost of a large-scale pig farm in Xianyang City of Shaanxi Province in 2006 was calculated, and cost and benefit were analyzed based on it. **【Result】** Results showed that the environmental cost of the pig farm was more than 0.13 million yuan in 2006, more than 50.2% of its profit was at the cost of environmental losses, benefit-cost ratio was less than 1.07, which could be lower in years with lower benefit. The Government should plan and guide the pig farm production based on consideration of environmental costs. **【Conclusion】** A method was provided to analyse the costs and benefits of pig farms based on environmental costs, which is helpful to an overall understanding of the costs and benefits of the pig production industry, and will help government draw up policies to guide the sustainable development of the pig production industry.

Key words: environmental cost; large-scale pig farm; cost-benefit analysis

20 世纪 90 年代以来,规模化养猪开始迅速发展,养猪业现已成为我国农牧业的一项支柱性产业,2006 年,规模化养猪已占到全国生猪饲养量的 41.05%^[1]。规模化养猪业的快速发展在吸收农村

剩余劳动力、带动农村经济方面起到了积极作用,但同时也对环境造成了巨大压力。据估算,一个万头规模化养猪场每天排放粪尿量约 29 t,产生的排污负荷相当于一个 10 万~13 万人口的城镇^[2]。多数

* [收稿日期] 2010-09-21

[基金项目] 西北农林科技大学人才基金项目(Z111020822)

[作者简介] 王效琴(1974—),女,山西汾阳人,讲师,博士,主要从事环境经济研究。E-mail: whxq123@hotmail.com

规模化养猪场的污水处理设备简陋,处理后的污水达不到排放标准,或污水根本不经处理就直接排放,这已成为我国水体富营养化的主要原因之一。目前,国内对于养猪业的发展多数从经济收益角度分析,而评估养猪场环境成本的研究很少,将环境成本纳入成本收益中分析的则更少。本研究根据环境价值理论和养猪场的环境问题,构建了规模化养猪场的环境成本计算方法,并在此基础上对规模化养猪场的费用效益进行了分析,以期为全面揭示和评估养猪场的环境成本和社会效益提供理论基础,为养猪业的健康、持续发展提供参考依据。

1 养猪场的环境成本及计算方法

1.1 养猪场的环境成本

养猪场的环境成本指由养殖活动造成而业主并未承担的环境损失,如养殖场的粪便、污水排放造成的水污染带来的损失等。

养猪场对环境的影响是多方面的,主要表现为养猪场大量的粪便、冲洗污水未达标排放造成的水污染,直接和间接温室气体排放引起的气候变化,氨排放带来的酸沉降和土壤酸化,恶臭气体排放对猪、

养猪场工人和附近居民健康的影响,饲料添加剂中的重金属以及滥用抗生素、激素等造成的猪肉中的残留污染和粪肥中重金属超标引起的土壤污染,养猪场内滋生的大量病原体、寄生虫、病菌等引起人畜共患传染病的蔓延和饮用水源传染病,养猪场大量消耗水资源导致其他生产、生活、生态用水的短缺。根据养猪场对环境影响的类别,其环境成本主要由水污染、空气污染、土壤污染、残留污染、微生物污染和水资源消耗造成的损失组成,是各项环境影响造成的损失之和,计算公式如下:

$$EC=\sum_{j=1}^m EC_i。$$

(1)

式中: EC 为养猪场的环境成本(元/年), EC_i 为第 i 类环境影响造成的损失(元/年)。

1.2 养猪场环境成本的计算方法

环境成本的计算方法比较多,可以根据环境影响的种类、数据的可获得性等选择合适的计算方法。通常用于计算养猪场环境成本的方法主要有治理成本法、人力资本法、生产率法、机会成本法等。养猪场环境成本的构成及计算方法见表 1。

表 1 养猪场环境成本的构成及其计算方法
Table 1 Environmental costs of pig farms and calculation method

环境影响类别 Category	污染物及影响指标 Index	影响与损失 Damage	环境成本计算方法 Calculation method
水污染 Water pollution	N、P、COD	水体富营养化,影响景观、危害人体健康、导致农渔业减产 Eutrophication, affect the landscape, endangering human health, leading fishing cut	治理成本法、生产率法、人力资本法 Treatment cost approach, changes in productivity approach, human capital approach
	CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O	导致气候变化,引起各种灾难和疾病等 Lead to disasters caused by climate change	治理成本法、生产率法、人力资本法 Treatment cost approach, changes in productivity approach, human capital approach
空气污染 Air pollution	NH ₃	酸沉降、土壤酸化等 Acid deposition, soil acidification, etc	生产率法、人力资本法 Changes in productivity approach, human capital approach
	H ₂ S 等恶臭气体 H ₂ S and other malodorous gases	影响畜禽生长与人体健康 Affect animal growth and human health	人力资本法 Human capital approach
土壤污染 Soil pollution	重金属、超负荷氮素 Heavy metal, nitrogen overload	农作物品质下降、减产 Decreased crop quality, yield reduction	生产率法 Changes in productivity approach
残留污染 Residues	抗生素、激素、重金属等 Antibiotics, hormones, heavy metal	影响人体健康 Affect human health	人力资本法 Human capital approach
微生物污染 Microbiological contamination	有害病原微生物 Pathogenic micro-organisms	引发饮用水源传染病、传播人畜共患传染病 Caused diseases, spread of zoonotic diseases	人力资本法 Human capital approach
水资源短缺 Water shortage	耗水量 The volum of water consumed	造成生产、生活、生态缺水 Caused water shortage of production, life and ecology	机会成本法 Opportunity cost approach

1.2.1 水污染的环境成本评估 水污染造成的损失可以采用治理成本法、人力资本法和生产率法计算。如果有水污染造成的人体健康状况下降、农渔业减产等相关损失的统计数据,可以用人力资本法和生产率法计算这些损失;如果缺乏这些数据,可以

采用治理成本法计算,计算公式如下:

$$EC_1=365q_w \cdot C_w。$$

(2)

式中: EC_1 为水污染的环境成本(元/年), q_w 为养猪场日污水产生量(m^3/d), C_w 为污水治理成本(元/ m^3)。

1.2.2 温室气体排放的环境成本评估 温室气体排放造成的损失可以根据气候变化造成的损失计算。也可以根据目前碳捕捉的成本计算,气候变化造成的损失近年呈逐年增加的趋势,计算往往具有不确定性,而且需要大量的统计数据作为基础,而按碳捕捉成本计算相对容易,但计算结果低于按气候变化计算的结果。此处用碳捕捉成本计算的依据是:在减少区域温室气体排放总量的目标下,养猪场排出的温室气体需由火力发电厂等易实现碳捕捉的企业额外多捕捉 CO_2 来平衡。根据以下公式计算:

$$EC_2 = \sum_{i=1}^3 GWP_i \cdot T_i \cdot C_G \quad (3)$$

式中: EC_2 为温室气体排放的环境成本(元/年), GWP_i 为 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 的增温潜势值, T_i 为养猪场温室气体 i 的年排放量(t), C_G 为单位 CO_2 的捕捉成本(元/t)。

养猪场温室气体的排放量包括养猪场能源消耗引起的 CO_2 排放量、猪肠气和粪便的 CH_4 排放量、粪便的 N_2O 排放量。各种温室气体排放量的计算公式如下^[3]:

$$T_1 = \sum_{i=1}^m f_i \cdot M_i + P \cdot f_p \times \frac{1}{1\,000} \quad (4)$$

式中: T_1 为养猪场 CO_2 的年排放量(t), m 为养殖场消耗石化能源的种类数, f_i 为各种石化能源的 CO_2 排放系数, M_i 为各种石化能源的年消耗量(t), P 为年耗电量($\text{kW} \cdot \text{h}$), f_p 为生产单位电能的 CO_2 排放系数($\text{kg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$)。

$$T_2 = \sum_{i=1}^n (f_{mc} + f_{mf}) \cdot d_i \cdot N_i \times \frac{1}{1\,000} \quad (5)$$

式中: T_2 为养猪场 CH_4 的年排放量(t); n 为猪的种类数,指育肥猪、育种母猪、仔猪; f_{mc} 为猪肠气 CH_4 排放系数($\text{kg}/(\text{头} \cdot \text{d})$); f_{mf} 为猪粪便 CH_4 排放系数($\text{kg}/(\text{头} \cdot \text{d})$); d_i 为各类猪的饲养期(d),育种母猪按1年算; N_i 为第 i 类猪的年饲养数量。

$$T_3 = \sum_{i=1}^n (f_{nc} + Frach \cdot f_{nh} + Fracl \cdot f_{nl}) \cdot F \cdot M \cdot d_i \cdot N_i \times \frac{44}{28} \times \frac{1}{1\,000} \quad (6)$$

式中: T_3 为养猪场 N_2O 的年排放量(t); f_{nc} 为源自粪便管理的 N_2O 的直接排放因子; $Frach$ 为猪粪便中氮通过 NH_3 和 NO_x 挥发的比例; f_{nh} 为挥发产生的 N_2O 的间接排放因子; $Fracl$ 为淋溶引起的粪便氮素损失比例; f_{nl} 为淋溶产生的 N_2O 的间接排放因子; F 为猪日粪便排放系数($\text{kg}/(\text{头} \cdot \text{d})$); M 为猪粪便氮素养分含量(%); d_i 为各种猪的饲养期(d),育种母猪按1年算; N_i 为各类猪的年饲养数量;

44/28为 N_2O -N 转化为 N_2O 的系数。

1.2.3 氨排放的环境成本评估 氨排放对酸沉降、温室效应、能见度、富营养化、土壤酸化等诸多问题都有直接或间接影响,规模化养猪场的氨排放量较大,其造成的环境成本由下式计算:

$$EC_3 = \sum_{i=1}^n qa_i \cdot N_i \cdot C_a \times \frac{17}{14} \times \frac{1}{1\,000} \quad (7)$$

式中: EC_3 为氨排放的环境成本(元/年), qa_i 为第 i 类猪的氨(以 NH_3 -N 计)排放系数($\text{kg}/(\text{头} \cdot \text{年})$), N_i 为各类猪的年饲养数量, C_a 为排放单位氨造成的经济损失(元/t),17/14 为 NH_3 -N 转化为 NH_3 的系数。

1.2.4 造成水资源短缺的环境成本评估 水资源短缺对生活、生产和生态造成巨大压力,养猪业是耗水量大的行业,对于引起社会缺水具有一定的影响,缺水引起的损失可以用能够反映水资源产出效益的水资源影子价格计算,公式^[4]如下:

$$EC_4 = P_{us} \cdot Q_w \quad (8)$$

式中: EC_4 为造成水资源短缺的环境成本(元/年), P_{us} 为水资源的影子价格(元/ m^3), Q_w 为养猪场的年耗水量(m^3)。

1.2.5 土壤污染的环境成本评估 土壤重金属污染造成的损失采用生产率法计算,公式如下:

$$EC_5 = Q_a \cdot p_m \cdot P_a \cdot q_m \quad (9)$$

式中: EC_5 为土壤重金属污染造成的损失(元/年), Q_a 为当地农作物的产量(t/年), p_m 为畜禽粪便造成农作物含重金属的超标率(%), P_a 为当地农作物的销售价格(元/t), q_m 为该养猪场年排放粪便中重金属含量占该地区畜禽粪便重金属排放总量的比例。

其他几项环境成本,如 H_2S 等恶臭气体、残留污染和微生物污染对人体健康的影响,由于缺乏相应的剂量-效应研究成果和统计数据,对具体的养猪场进行环境成本计算尚存在困难。

2 基于环境成本的成本收益构成与费用效益评价指标

基于环境成本的养猪场成本由生产成本(私人成本)和环境成本构成;收益由主产品销售收入、有机肥销售收入等构成,即私人收益。

费用效益评价指标为效费比(BCR),计算公式如下:

$$BCR = \frac{B}{PC + EC} \quad (10)$$

式中: B 为收益(元/年), PC 为生产成本(元/年), EC 为环境成本(元/年)。

3 实例分析

以陕西咸阳市某规模化养猪场为例,根据其 2006 年的生产经营情况进行分析。该养猪场占地 1 hm²,有育种母猪 430 头,年出栏育肥猪 1 800 头、仔猪 3 600 头,年出售刚出生的淘汰小猪 120 头,年耗水量 7 300 m³,耗煤量 50 t,耗电量 18 000 kW·h,污水排放量 5 840 m³,雇佣工人 14 人,育种母猪可育种 3 年,育肥猪饲养期 150 d,仔猪饲养期 30 d。

3.1 环境成本计算

根据数据的可获得性,选择 4 项环境成本进行计算。

3.1.1 水污染的环境成本 该养猪场日排污水 16 m³,未经处理直接排放。根据国内畜禽养殖污水处理的实践和研究,达到国家《畜禽养殖业污染物排放标准》的污水处理成本为 2 元/m³ 左右^[5-7],则该养猪场给社会带来的额外治理成本为 11 680 元/年。

3.1.2 温室气体排放的环境成本 根据估算,中国电的 CO₂ 排放系数是 0.997 kg/(kW·h),煤燃烧的 CO₂ 排放系数是 2.493^[8],则该养猪场 1 年的能源消耗排出的 CO₂ 为 142.595 t。

根据《中国温室气体清单研究》,整个饲养期内猪的肠道 CH₄ 排放量为 1 kg/头,粪便甲烷排放量根据陕西的情况取 0.48 kg/头^[3],肠道 CH₄ 排放只计算育种母猪和育肥猪,则该养猪场的 CH₄ 年排放量为 3.300 4 t。

根据文献[3],猪的粪尿排泄系数、粪便氮养分含量分别取 5.3 kg/d 和 0.238%。N₂O 直接排放系数、挥发和淋溶产生的排放系数,根据 IPCC 的推荐值分别取 0.01,0.01,0.007 5;挥发和淋溶引起的粪便氮损失率根据 IPCC 的默认值分别取 20%和 30%^[9]。该养猪场的 N₂O 年排放量为 0.119 9 t。

CO₂、CH₄、N₂O 的全球变暖潜势值 GWP 根据 IPCC 国家温室气体清单指南(2006 年)分别取 1,25 和 298^[10]。目前,国际上碳捕捉成本为 15~75 美元/t,根据专家预估,中国的 CO₂ 捕捉成本可控制在 40 美元/t^[11],折合成人民币为 272 元/t。经计算,该养猪场因为温室气体排放给社会带来的年减排成本为 70 950.09 元。

3.1.3 氨排放的环境成本 根据文献[12],氨的排放系数育种母猪为 9.51 kg/(头·年),育肥猪为

2.33 kg/(头·年)(该排放系数为育肥猪标准饲养期 150 d 内的排放量),仔猪排放系数根据育肥猪的排放系数按饲养期折算,为 0.466 kg/(头·年);单位氨排放的环境损失,根据 Holland 的计算为 171 欧元/t^[13],折合人民币 1 710 元/t。因此,该养猪场由于氨排放造成的环境损失为 20 610.1 元/年。

3.1.4 造成水资源短缺的环境成本 根据何静等^[14]的测算,黄河流域 2005 年的水资源影子价格为 4.72 元/m³,随着水资源的日趋短缺,水资源影子价格将会升高。按 2005 年黄河流域水资源的影子价格计算,该养猪场用水造成的水资源短缺的社会经济损失为 34 456 元/年。

2006 年,该养猪场造成的 4 项环境损失总计为 134 119.23 元,而实际上的环境损失更大,因为 H₂S 等恶臭气体污染、残留污染和微生物污染损失尚难以定量评估,土壤污染因缺乏相应统计数据而未计算;另一方面,在计算的 4 项环境损失中,水污染和温室气体排放是按治理成本计算的,且假设完全治理后不会造成人身、经济与生态的损失,而实际上很难将这些污染物全部治理或控制到无害的程度,因之形成的污染会造成健康、生命、经济和生态的损失,这些损失高于治理成本且计量更具不确定性。因此,本研究的环境成本计算结果只能是实际环境损失的下限。4 项环境成本中,温室气体排放带来的损失最大,达 70 950.09 元/年;其次是与水资源使用有关的水污染和水资源短缺,2 项损失总计 46 136 元/年。

3.2 生产成本与收益计算及效益分析

根据该养猪场 2006 年的生产情况和物质材料价格计算,生产成本包括:购进育种猪费用、饲料费、电费、煤费、医疗防疫费、死亡损失费、劳动力工价、承包费及种猪折旧等其他费用。当年购进的育种母猪费用,按实际费用平摊在 3 年中算,前两年购进的育种母猪费用按折旧时间 3 年计入折旧中。2006 年新购进育种母猪 177 头,每头价格 1 200 元;煤价格 400 元/t;电价 0.5 元/(kW·h);每月用于支付工人工资及工人吃、住的总费用为 13 000 元;该养猪场自备水井,因此不交水费。收益包括出售育肥猪、仔猪、淘汰小猪和有机肥的收入,育肥猪每头售价约 810 元,仔猪售价 160 元,淘汰小猪售价 35 元,有机肥淡季(5~8 月)销售收益 400 元/月,旺季(其他 8 个月)销售收益 900 元/月。生产成本与收益的项目类别及费用明细见表 2。

表 2 2006 年陕西省咸阳市某养猪场成本与收益

Table 2 Cost and benefit of a pig farm in Xianyang City of Shaanxi Province in 2006

项 目		金额/(元·年 ⁻¹)	项 目		金额/(元·年 ⁻¹)
Item		Amount	Item		Amount
生产成本 Cost of production	购进育种母猪费用 Purchase cost of breeding sows	70 800	环境成本 Environm- ental costs	水污染环境成本 Environmental costs of water pollution	11 680
	饲料费 Feed costs	1 200 000		温室气体排放环境成本 Environmental costs of ghg emissions	70 950.09
	电费 Electricity fee	9 000		氨排放环境成本 Environmental costs of ammonia emissions	20 610.1
	煤费 Coal costs	20 000		水资源短缺环境成本 Environmental costs of water shortages	34 456
	医疗防疫费 Medical costs	35 680		小计 Subtotal	137 696.19
	死亡损失费 Death loss costs	31 220	收 益 Benefit	育肥猪销售收入 Pigs sales	1 458 000
	承包费及种猪折旧等 Contract fee and sows depreciation	250 000		仔猪销售收入 Piglet sales	576 000
	劳动力工价 Labor wages	156 000		出售淘汰小猪的收入 Piggy sales	4 200
	小计 Subtotal	1 772 700		粪便销售收入 Manure sales	8 800
				小计 Subtotal	2 047 000

由表 2 可知,2006 年,该养猪场至少将 137 696.19 元的环境成本交由社会买单,具体体现在人们必须忍受水污染、水资源短缺、气候变化、恶臭气体等带来的各种问题,国家必须增加水污染治理、空气污染控制、温室气体减排和应对气候变化的投资;该养猪场私人净利润为 274 300 元,扣除 4 项环境成本后的利润为 136 603.81 元,也即该养猪场当年的利润中至少有约 50.2% 的利润是以环境损失为代价的。

2006 年,该养猪场平均每头猪的净利润为 123 元,高于当年规模生猪养殖的全国平均净利润 90.27 元,属于生产运行与经济收益良好的养猪场,其考虑 4 项环境损失的效费比为 1.07,其他经济收益中等或收益差的养猪场的效费比则要更低。

养猪业的成本收益情况每年波动很大,2002—2006 年,全国规模生猪养殖的平均净利润为 49.42~153.57 元/头^[15-16],可见该养猪场 2006 年的收益属于收益正常偏好的情况,其他收益较差的年份,效费比要低于 2006 年 1.07 的水平。

虽然目前的养猪场并未为其造成的环境损失付费,多数养猪场并无控制污染的设备,但部分环境成本最终会以各种形式纳入到生产成本中。水资源短缺引起的环境成本会以水价上涨的形式进入生产成本,使业主承担部分环境成本;随着水污染、水资源短缺、气候变化等环境问题越来越严重,近年由环境问题造成的损失越来越大,国家必然会对养殖场采取更严格的环境管制,原来扔给社会买单的环境成本必然会以强制投资污染治理设备、征收环境税的形式让养殖场自行承担,而不能再转嫁给社会。如果在采取严格的环境管制和征收环境税的情况下,养猪场还想盈利,就必须采取节能减排的清洁生产

方式。

4 讨 论

基于环境成本对某规模化养猪场进行了费用效益分析,2006 年属于收益正常偏好的年份,该养猪场属于经营与盈利良好的养猪场。因此,本研究对该养猪场 2006 年经营情况的分析,对于规模化养猪业具有一定的代表性和借鉴意义。

通过分析可以看出,该养猪场转嫁给社会的环境成本很大,仅计算了 4 项环境损失,年环境成本就超过 13 万元,约 50.2% 的利润是以环境损失为代价的。如果考虑环境成本,该养猪场的效费比低于 1.07,对于收益差的养猪场、利润水平较低的年份,则其效费比更低。

基于环境成本的费用效益分析有助于全面了解养猪场的经营方式对社会的影响,有助于政府确立环境与经济协调发展的方针政策。从政府的角度,应基于环境成本,科学规划与引导养猪业的规模和生产方式,这样才能减少养猪业给社会带来的环境损失,减少社会成本,减轻政府治理污染的沉重负担,真正实现经济的健康持续发展。从养猪场的角度,应该致力于清洁生产,通过减少能耗、水耗及改善饲养条件等方式,削减温室气体排放量和污水产生量,以减少环境损失,为严格环境管制情景下赢得获利空间。

【参考文献】

[1] 张军民,李秋菊.我国生猪适宜养殖模式的探讨[J].中国农业科技导报,2008,10(6):23-28.
Zhang J M,Li Q J. Discussion on adaptive models for pig raising in China [J]. Journal of Agricultural Science and Technology,2008,10(6):23-28. (in Chinese)

- [2] 陆书玉. 环境影响评价 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 104-116.
Lu S Y. Environmental impact assessment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001: 104-116. (in Chinese)
- [3] 蔡博峰, 刘春兰, 陈操操, 等. 城市温室气体清单研究 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
Cai B F, Liu C L, Chen C C. City's greenhouse gas emission inventory research [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009. (in Chinese)
- [4] 过孝民, 於方, 赵越. 环境污染成本评估: 理论与方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
Guo X M, Yu F, Zhao Y. Pollution damage cost assessment: Theories and methodologies [M]. Beijing: Enviromental Science Press, 2009. (in Chinese)
- [5] 林伟华, 蔡昌达. CSTR-SBR 工艺在畜禽废水处理中的应用 [J]. 环境工程, 2003, 2(3): 13-15.
Lin W H, Cai C D. Applications of technology in livestock wastewater treatment [J]. Environmental Engineering, 2003, 2(3): 13-15. (in Chinese)
- [6] 史光华. 北京郊区集约化畜牧业发展的生态环境影响及其对策研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
Shi G H. The impact of intensive livestock production on Eco-environment and development countermeasure in Beijing suburban area [D]. Beijing: China Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- [7] 王永广, 丁春梅. 河横村生态科技园污水处理站 [J]. 科技创新导报, 2009 (8): 114-116.
Wang Y G, Ding C M. The wastewater treatment station of ecological science park at Henghe village [J]. Science and Technology Consulting Herald, 2009(8): 114-116. (in Chinese)
- [8] 厦门节能中心. 如何计算二氧化碳减排量 [EB/OL]. (2008-02-14) [2010-08-20]. <http://xmecc.xmsme.gov.cn/2008-2/2008214165039.htm>.
The Energy Conservation Center, Xiamen. How to calculate the carbon dioxide emission reductions [EB/OL]. (2008-02-14) [2010-08-20]. <http://xmecc.xmsme.gov.cn/2008-2/2008214165039.htm>. (in Chinese)
- [9] 李迎春. 中国农业氧化亚氮排放及减排潜力研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2009: 37-39.
Li Y C. Agricultural nitrous oxide emissions and mitigation potential in China [D]. Beijing: China Agricultural University, 2009: 37-39. (in Chinese)
- [10] 张志强, 曲建升, 曾静静. 温室气体排放科学评价与减排政策 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 19-21.
Zhang Z Q, Qu J S, Zeng J J. Scientific assessment of greenhouse gas emissions reduction policies [M]. Beijing: Science Press, 2009: 19-21. (in Chinese)
- [11] 陈文颖, 吴宗鑫, 王伟中. CO₂ 收集封存战略及其对我国远期减缓 CO₂ 排放的潜在作用 [J]. 环境科学, 2007, 28(6): 1178-1182.
Chen W Y, Wu Z X, Wang W Z. Carbon capture and storage (CCS) and its potential role to mitigate carbon emission in China [J]. Enviromental Science, 2007, 28(6): 1178-1182. (in Chinese)
- [12] 杨志鹏. 基于物质流方法的中国畜牧业氨排放估算及区域比较研究 [D]. 北京: 北京大学, 2008.
Yang Z P. Estimation of ammonia emission from livestock in China based on mass-flow method and regional comparison [D]. Beijing: Beijing University, 2008. (in Chinese)
- [13] Pretty J N, Brett C, Gee D, et al. An assessment of the total external costs of UK agriculture [J]. Agricultural Systems, 2000, 65: 113-136.
- [14] 何静, 陈锡康. 中国 9 大流域动态水资源影子价格计算研究 [J]. 水利经济, 2005, 23(1): 14-20.
He J, Chen X K. Researches on sub price calculation of dynamic water sources of 9 river basins in China [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2005, 23(1): 14-20. (in Chinese)
- [15] 李静, 张昕欣, 费本飞. 我国不同模式下生猪养殖成本与收益对比: 基于 1988—2006 年统计数据分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2008, 44(24): 26-30.
Li J, Zhang X X, Fei B F. Comparison on costs and benefits of different modes pig breeding based statistics from 1988 to 2006 [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2008, 44(24): 26-30. (in Chinese)
- [16] 李桦. 生猪饲养规模及其成本效益分析 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
Li H. Analysis on the hog raising scale and their cost benefit [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2007. (in Chinese)