

规模化养鸡场 CDM 项目减排及经济效益估算

李玉娥^{1,2}, 董红敏¹, 万运帆¹, 秦晓波¹, 高清竹¹, 华 珞²

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/农业部农业环境与气候变化重点实验室, 北京 100081;
2. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100037)

摘 要: 该文以山东民和集约化养鸡场为案例, 利用《气候变化框架公约》清洁发展机制理事会批准的方法 (ACM0010), 分析了沼气池处理鸡场粪便及污水、利用沼气发电替代以燃煤为主的电网电能和减少温室气体排放的潜力。项目每年可减排温室气体为 84666 t CO₂-e。公司每年售电获利 767 万元, 减排获益 593 万元。由于有 CDM 项目的额外收入, 使项目的投资年限由原来的 19.7 a 缩短为 6.0 a。因此, 在规模化养殖场建设沼气池并利用沼气发电, 不仅减少粪便对周边环境的污染、充分利用可再生能源和减少化石燃料的使用, 还能减少温室气体的排放, 获得额外的减排收益, 在很大程度上提高了企业建设大型沼气工程的积极性。

关键词: 规模化养殖场, CDM 项目管理, 减排, 经济效益

中图分类号: X51

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-1-0194-05

李玉娥, 董红敏, 万运帆, 等. 规模化养鸡场 CDM 项目减排及经济效益估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 194-198.

Li Yu'e, Dong Hongmin, Wan Yunfan, et al. Emission reduction from Clean Development Mechanism projects on intensive livestock farms and its economic benefits[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(1): 194-198.(in Chinese with English abstract)

0 引 言

目前常用的减少动物粪便甲烷(CH₄)排放的技术包括封闭式氧化塘、户用沼气池和大中型沼气池^[1]。封闭式的氧化塘一般用于规模化畜禽饲养场, 可以回收厌氧分解过程中产生的 40% 的 CH₄, 发达国家的规模化养殖场有的采用这项粪便管理方式。户用沼气池在中国、印度以及非洲一些国家推广使用较多。大中型沼气池一般用于规模化饲养场, 通过改变目前的粪便管理方式和利用沼气池产生的沼气发电, 这项技术在减少粪便管理系统 CH₄ 排放的同时, 还替代化石燃料减少二氧化碳(CO₂)排放。上述三种技术一般可以减少 25%~80% 的动物粪便 CH₄ 排放^[2]。

为了保护全球气候和减少温室气体排放, 1997 年通过谈判制定了《京都议定书》^[3], 其主要内容是给附件一国家(发达国家和经济转轨国家)规定了量化的减少温室气体排放的指标和附件一国家可以用于履约的三种灵活机制。清洁发展机制(Clean Development Mechanism, CDM)是《京都议定书》规定的三种灵活机制之一。CDM 允许联合国气候变化框架公约(UNFCCC)附件一所列的发达国家在非附件一缔约方(发展中国家)投资, 实施温室气体(GHG)减排项目并据此获得所产生的经核证的减排量, 以便帮助他们履行他们在《京都议定书》中

所承担的约束性 GHG 减排义务, 同时, CDM 项目为项目东道主国家的可持续发展做出贡献。这样 CDM 被看成是一种基于项目的双赢合作机制^[4]。

截至到 2008 年 8 月底, 全球共有 1156 个 CDM 项目在 CDM 执行理事会获得注册, 其中与动物粪便管理有关的 CDM 项目 58 个, 主要是在墨西哥、巴西和印度开展。中国有 263 个项目获得注册, 目前只有 1 个项目在 CDM 执行理事会获得注册^[5]。本项目已经通过第三方认证, 正在等待 CDM 执行理事会的注册。中国其他科学家也正在研究规模化养殖场开展 CDM 项目的案例分析^[6-8]。

中国政府高度重视农村可再生能源的开发和建设, 截止到 2005 年底, 全国建设畜禽养殖场大中型沼气工程 3556 处^[9]。根据全国畜牧业发展第十一个五年规划测算, 预计到 2010 年, 中国规模化养殖场畜禽粪便资源的实物量将分别达到 25 亿 t, 新建规模化养殖场、养殖小区沼气工程 4000 处, 到 2015 年, 建成规模化养殖场、养殖小区沼气工程 8000 处^[10]。大中型沼气工程一般技术复杂, 工程投资较大, 运行费用较高^[11], 养殖企业面临融资困难。将此类型的项目开发为 CDM 项目获得额外资金, 对减缓企业的投资压力和改善沼气工程的维护和管理、提高养殖业的综合效益, 促进农业良性循环和促进循环经济的发展, 推动畜禽养殖场大中型沼气工程的建设具有重要意义^[12]。本文以山东民和规模化养鸡场为例, 分析了利用沼气池处理鸡粪和利用沼气发电 CDM 项目的温室气体减排量及其经济效益, 为中国开发此类型 CDM 项目提供借鉴。

1 工程设计

山东民和牧业公司共有 29 个鸡场, 常年存栏量为 500 万只。项目正在建设 6 个厌氧沼气反应器, 单个高效厌

收稿日期: 2008-06-02 修订日期: 2008-12-04

基金项目: 国家十一五支撑计划课题: “减缓气候变化关键技术研究”(2007BAC03A03)

作者简介: 李玉娥(1963-), 女, 研究员, 主要从事农业源温室气体排放研究。北京 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 100081。

Email: yueli@ami.ac.cn

氧反应器的有效容积为 5000 m³，日处理能力为 1500 t 新鲜鸡粪及污水，选用中温（35~38℃）厌氧消化工艺来处理鸡粪，预计年产沼气 1095 万 m³。对厌氧发酵液进行固液分离，分离之后的沼渣直接施用到农田，沼液排入贮存池处理，用作周围葡萄、果园、农田等液态有机肥。由于鸡粪废水产生的沼气，其中 H₂S 气体含量很高，项目采用生物脱硫的方法对沼气进行脱硫处理，选择双膜干式贮气柜贮存沼气。采用热电联产的纯沼气内燃发电机组，发出的电上网销售，每 kwh 电的售价为 0.35 元。预计项目年发电量约 2190 万 kwh。沼气发电机排出的热水作为热源为厌氧沼气反应器加温。

2 基本概念

1) 基线排放量：是合理地代表没有拟议项目时会出现的温室气体排放量的情景^[13]。如果没有 CDM 额外资金投入的话，企业存在融资困难，在未来没有政策重大变化的情况下，企业仍采用厌氧氧化塘处理大量的鸡粪及污水。因此，本项目的基线情景为厌氧氧化塘。

2) 项目边界：项目引起的碳吸收和碳排放的界限^[13]。本项目的边界包括沼气池、沼液处理的好氧化塘、沼气发电系统等。利用沼渣沼液的农田和养殖场均在项目边界以外。

3) 泄漏：在项目边界之外发生的由该清洁发展机制项目所导致的增加的温室气体排放^[13]。在计算本项目产生的泄漏时，分别计算了项目和基线情景下鸡粪便农田利用后产生的温室气体的排放量，二者之差为项目造成的温室气体泄漏量。

3 减排量的估算方法及估算结果

计算 CDM 项目减排量的方法必须是《联合国气候变化框架公约》CDM 执行理事会（EB）批准的方法学。为了事先计算项目的减排效果，项目首先要计算基线情景下的温室气体排放量，然后采用相同的方法学估算项目本身的温室气体排放量和项目可能造成的在项目边界以外的温室气体排放量的增加量（泄漏）。

3.1 方法学的选择

本文采用 EB 批准的整合方法学 ACM0010“粪便管理系统减少温室气体排放整合方法学”估算项目的减排量^[14]。该方法学的要求如下：（1）项目所处的农场中牲畜包括牛、水牛、猪、绵羊、山羊、和/或家禽，牲畜的管理方式为集约化管理；（2）不会向自然水体中排泄粪便污水；（3）目前的氧化塘深度大于 1 m；（4）项目所在地的年平均温度必须高于 5℃；（5）在基线情景下，动物粪便在厌氧氧化塘的贮存时间大于 1 个月；（6）项目采用的设施全部有防渗层，不会向地下水渗漏动物粪便及污水。

山东民和牧业股份有限公司饲养的鸡都是采用集约化管理方式；项目将原来的厌氧氧化塘粪便管理方式改变为密闭式厌氧沼气反应器，并利用产生的沼气发电上网，不向自然水体中排泄粪便污水；目前所有氧化塘深度均大于 1 m；项目所在地的年平均温度为 12.7℃，高于

方法学要求的下限温度；在基线情景下，鸡粪便在厌氧氧化塘的滞留时间大于 1 个月；项目采用的设施全部有防渗层，不会向地下水渗漏动物粪便。因此，该项目符合方法学 ACM0010 的要求。

沼气发电产生的减排量利用国家发展与改革委员会公布的排放因子^[15]和项目发电量计算。

3.2 方法学描述

3.2.1 基线情景温室气体排放量估算方法

1) 基线情况下 CH₄ 排放估算方法

根据方法学 ACM0010，利用公式（1）计算基线情景下 CH₄ 排放：

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * \sum_{LT} MCF * B_{O,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{lagoon} \quad (1)$$

式中 $BE_{CH_4,y}$ ——在 y 年基线情况下 CH₄ 的排放量，单位为 tCO₂-e a⁻¹； GWP_{CH_4} ——CH₄ 的增温潜势（取值 21）； D_{CH_4} ——在温度为 20℃ 和一个大气压下，CH₄ 的密度（0.00067 t/m³）； MCF ——基线情景下粪便管理方式（厌氧氧化塘）的 CH₄ 转化因子（70%）； $B_{O,LT}$ ——肉鸡和蛋鸡的粪便中挥发性固体 CH₄ 生产潜力，m³CH₄ (kg VS dm)⁻¹，肉鸡为 0.36，蛋鸡为 0.39； $VS_{LT,y}$ ——肉鸡和蛋鸡每年产生的挥发性固体，kg/(dm·a)，肉鸡：3.65 kg/(h·a)，蛋鸡：7.3 kg/(h·a)； N_{LT} ——肉鸡和蛋鸡的存栏量，只； $MS\%_{lagoon}$ ——采用氧化塘方式管理粪便的比例，%（100%）。

关于参数的选择：（1）VS，由于公司没有肉鸡和蛋鸡的能量采食、体重和鸡排泄的挥发性固体含量数据，动物品种为从发达国家引进的品种，且采用配合饲料喂养，饲养方式和管理系统与发达国家一致。因此，直接采用《IPCC2006 年清单编制指南》（以下简称《IPCC2006 指南》）提供的鸡的 VS 默认值；（2）MCF，由于本养殖场和中国没有公开发表的 CH₄ 转化因子参数，故根据当地温度和《IPCC2006 指南》，选取了 CH₄ 转化因子（MCF）；

（3） $B_{O,LT}$ ，由于本养殖场的鸡的品种、饲料和体重与发达国家一致，因此，在估算排放量时采用了《IPCC2006 指南》推荐的发达国家 $B_{O,LT}$ 参数^[16]。

2) 基线情景下氧化亚氮（N₂O）排放的估算方法

基线情景下鸡粪便 N₂O 排放包括两个方面，一是厌氧氧化塘的 N₂O 排放，一是氧化塘中的氮以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发造成的 N₂O 间接排放。

根据 ACM0010，基线情景下直接 N₂O 排放量利用公式（2）进行计算：

$$E_{N_2O,D,y} = GWP_{N_2O} * \sum_{LT} EF_{N_2O,D} * NEX_{LT,y} * N_{LT} * MS\%_{lagoon} / 1000 \quad (2)$$

式中 $E_{N_2O,D,y}$ ——氧化塘粪便处理直接 N₂O 排放量，t/a； $EF_{N_2O,D}$ ——氧化塘粪便管理阶段的直接 N₂O 排放因子，kg N₂O-N (kg N)⁻¹（选自《IPCC2006 指南》）（ $EF_{N_2O,D}=0$ ）； GWP_{N_2O} ——N₂O 的增温潜势（取值 310）； $NEX_{LT,y}$ ——肉

鸡和蛋鸡的年平均氮排泄量, $\text{kgN} (1000 \text{ kg 体重})^{-1} \text{a}^{-1}$, 肉鸡: $401.5 \text{ kgN} (1000 \text{ kg 体重})^{-1} \text{a}^{-1}$, 蛋鸡: $303.0 \text{ kg} (1000 \text{ kg 体重})^{-1} \text{a}^{-1}$; N_{LT} ——肉鸡和蛋鸡的存栏量; $MS\%_{\text{digester}}$ ——氧化塘粪便管理方式利用百分率, % (100%)。

根据 ACM0010, 利用公式 (3) 计算基线情况下间接 N_2O 排放量:

$$E_{N_2O, ID, y} = GWP_{N_2O} * \sum_{LT} EF_{N_2O, ID} * F_{gasm} * NEX_{LT, y} * N_{LT} * MS\%_{\text{digester}} / 1000 \quad (3)$$

式中 $E_{N_2O, ID, y}$ ——氧化塘粪便处理阶段间接 N_2O 排放量, t/a ; $EF_{N_2O, ID}$ ——氧化塘粪便管理阶段的间接 N_2O 排放因子, $\text{kg N}_2\text{O-N} (\text{kg N})^{-1}$ (选自《IPCC2006 指南》), ($EF_{N_2O, D} = 0.01$); F_{gasm} ——粪便管理系统中以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的氮的比例, 参数选自《IPCC2006 指南》(40%)。

3) 基线情景下用能造成的 CO_2 排放和项目沼气发电避免的 CO_2 排放

本文采用了国家发展与改革委员会公布的华北电网的排放因子估算方法和基线情景下的耗电量以及项目可能的发电量, 计算基线情景下用能造成的 CO_2 排放量和项目能源替代减少的 CO_2 排放量。详细计算过程详见参考文献[12]。

3.2.2 估算项目排放

项目中包括两个粪便处理阶段, 一是粪便厌氧沼气发酵(沼气池), 二是沼液的好氧化塘处理贮存。项目温室气体排放包括以下几部分:

1) 沼气回收系统泄漏的 CH_4 排放 ($PE_{AD, y}$)

根据 ACM0010 方法学, 采用公式 (4) 计算粪便处理系统的泄漏量:

$$PE_{AD, y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * LF_{AD} * C_{CH_4} * F_{AD} * \sum_{LT} B_{O, LT} * N_{LT} * VS_{LT, y} * MS\%_{\text{digester}} \quad (4)$$

式中 LF_{AD} ——厌氧沼气的泄漏因子 (15%); F_{AD} ——在沼气池中处理的挥发性固体量的比例 (取值 70%); $MS\%_{\text{digester}}$ ——进入沼气的粪便比例 (取值 100%)。

公式 (4) 中的其他参数含义与公式 (1) 中的参数相同。

2) 好氧化塘 CH_4 排放 ($PE_{Aer, y}$)

采用公式 (5) 计算沼液好氧化塘处理的 CH_4 排放量:

$$PE_{Aer, y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * 0.001 * F_{Aer} * (1-0.7) * \sum_{LT} B_{O, LT} * N_{LT} * VS_{LT, y} * MS\%_{\text{digester}} \quad (5)$$

式中 F_{Aer} ——进入到好氧化塘中的挥发性固体含量的比例; 0.7——挥发性固体在沼气池中分解的比例。

公式中的其他参数含义与公式 (1) 中的相同。

3) 项目粪便管理 N_2O 排放

与基线情况下相同, 项目的 N_2O 排放也包括两个部分, 一是项目中好氧化塘的 N_2O 直接排放, 一是好氧化塘中的氮以 NH_3 和 NO_x 形式挥发造成的间接 N_2O 排放, 计算公式分别与基线情况下的公式 (2) 和公式 (3) 相同, 不再进行详细描述。

4) 项目耗电排放量 (PE_{elec})

利用公式 (6) 计算项目的耗电量:

$$PE_{elec, y} = EL_{Pr, y} * CEF_d \quad (6)$$

式中 $EL_{Pr, y}$ ——项目粪便管理系统的耗电量, MW/h ; CEF_d ——项目粪便管理系统耗电的 CO_2 排放因子, $\text{tCO}_2 \text{ mwh}^{-1}$; 估算方法与基线情景下用能造成的 CO_2 排放和项目沼气发电避免的 CO_2 排放的计算方法相同。

3.2.3 泄漏的估算

本项目可能造成的泄漏是在项目条件下, 鸡粪农田利用后产生的温室气体排放大于基线情况下鸡粪农田利用后产生的温室气体排放。利用如下步骤计算项目产生的泄漏: 1) 计算基线情景下鸡粪农田利用后产生的 CH_4 和 N_2O 温室气体排放; 2) 计算项目条件下鸡粪农田利用后产生的 CH_4 和 N_2O 温室气体排放; 3) 分别计算项目和基线情景下由于鸡粪农田利用造成的 CH_4 和 N_2O 排放的差值, 从而得出项目造成的温室气体泄露量。农田利用动物粪便的 N_2O 排放包括三个方面, 一是农田利用造成的 N_2O 排放, 二是径流造成的 N_2O 排放, 三是动物粪便挥发造成的 N_2O 排放。分别利用公式 (7) — (8) 和 (9) — (12) 计算项目边界外 CH_4 和 N_2O 的排放。

基线情况下, 利用公式 (7) 计算农田利用鸡粪产生的 CH_4 排放:

$$LE_{B, CH_4} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * MCF_d * (1-0.70) * \sum_{LT} (B_{O, LT} * N_{LT} * VS_{LT, y} * MS\%_{\text{lagoon}}) \quad (7)$$

项目情况下, 利用公式 (8) 计算农田利用鸡粪产生的 CH_4 排放:

$$LE_{P, CH_4} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * MCF_d * ((1-0.70) * (1-0.3) + (1-0.70) * (1-0.7)) * \sum_{LT} B_{O, LT} * N_{LT} * VS_{LT, y} * MS\%_{\text{digester}} \quad (8)$$

在基线, 利用公式 (9) — (10) 分别计算农田利用鸡粪和鸡粪氮的挥发造成的 N_2O 排放。由于项目地区的年降水量小于年蒸发量, 根据方法学 ACM0010 的要求, 可以认为本项目由于径流产生的 N_2O 排放为零。

$$LE_{N_2O, land} = EF_1 * (1-0.4) * (1-0.2) * \sum_{LT} NEX_{LT, y} * N_{LT} \quad (9)$$

$$LE_{N_2O, vol} = EF_4 * (0.4 + (1-0.4) * 0.2) * \sum_{LT} NEX_{LT, y} * N_{LT} \quad (10)$$

式中 0.4——粪便中的氮在氧化塘中挥发 40%; 0.2——施到农田中的氮有 20% 挥发到大气中; EF_1 ——粪便施到农田后, 粪便中的氮的排放因子; EF_4 ——挥发部分的氮的排放因子。

在项目条件下, 利用公式 (11) — (12) 分别计算农田利用鸡粪和鸡粪氮的挥发造成的 N_2O 排放。

$$LE_{N2O,land} = EF_1 * ((0.7) * (1 - 0.2) + (1 - 0.4) * (1 - 0.2) * 0.3) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT} \quad (11)$$

$$LE_{N2O,vol} = EF_4 * (0.7 * 0.2 + (1 - 0.4) * 0.3 * 0.2 + 0.3 * 0.4) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT} \quad (12)$$

式中 0.7——沼气池的排出物中有 70% 的氮直接施到农田；0.3——沼气池的排出物中有 30% 的氮进入到好氧氧化塘；0.4——项目条件下好氧化塘中的氮挥发的比例为 40%；0.2——粪便施到农田后有 20% 挥发到大气中； EF_1 ——粪便施到农田后，粪便中的氮的排放因子； EF_4 ——挥发部分的氮的排放因子。

3.2.4 项目的减排量 (ER_y)

项目的减排量等于基线情况下的排放量减去项目的温室气体排放量再减去项目造成的泄漏。

3.3 减排量的计算

以上公式中的参数和碳氮循环见图 1 和图 2。

CO_2 排放总计为 $19546 t CO_2 a^{-1}$ ，基线情况下的总排放量为 $103330 t CO_2-e a^{-1}$ 。项目造成的 CH_4 排放量为 $8542 t CO_2-e a^{-1}$ ， N_2O 排放为 $4191 t CO_2-e a^{-1}$ ， CO_2 排放量为 $1041 t CO_2 a^{-1}$ ，项目中温室气体排放总量为 $13,774 t CO_2-e a^{-1}$ 。项目造成的泄漏量为 $4890 t CO_2-e a^{-1}$ 。因此，项目产生的减排量为 $84666 t CO_2-e a^{-1}$ 。

4 经济分析

本文分析了项目的内部收益率和投资返还年限。计算财务指标的基本参数为：装机容量：3500kw，持续功率：2500 kw；预计年上网电量：2190 万 kwh；项目寿期：25 年；总投资：4077 万元；运行成本：548.24 万元/年；电价：0.35 元/kwh；CDM 计入期：10 年；CERs 价格：10 美元/ $t CO_2-e$ ，1 美元兑换 7 元人民币。公司每年售电获利 767 万元，减排获益 593 万元人民币。计算结果为如果不参与 CDM 项目，出售项目产生的减排量，投资回收年限为 19.7a，如果出售项目产生的温室气体减排量，投资回收年限为 6.0a。但由于养殖企业利润低，建设大中型沼气工程面临融资困难。另外，如果只依靠沼气发电很难在短期内收回成本。因此，企业没有建设沼气工程的积极性。如果将此类型的项目开发为 CDM 项目获得额外资金，在很大程度上缩短投资回收年限。

5 结论

本案例研究可以得出结论，在规模化养殖场建设沼气池并利用沼气发电，既能减少目前粪便管理方式造成的 CH_4 排放和对周边环境的污染，又能充分利用可再生能源，减少化石燃料的使用和温室气体排放。如果将此类型项目开发为 CDM 项目可获得额外的资金，能在很大程度上缩短投资回收年限。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC, 1996b. Climate change 1995: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses[R]. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson RT, Zinyowera MC and Moss RH (eds). Cambridge University, 1996.
- [2] Hogan K B. Methane reductions are a cost-effective approach for reducing emissions of greenhouse gases[R]. In: Methane and Nitrous Oxide: Methods in national Emissions Inventories and Options for Control [van Amstel, A.R. (ed.)]. RIVM Report No.481507003, Bilthoven, Netherlands, 1993: 187-201.
- [3] UNFCCC, 1997. 《The Kyoto Protocol》to the Convention of Climate change[R]. <http://www.unfccc.de>.
- [4] 吕学都, 刘德顺. 清洁发展机制在中国(中文版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [5] UNFCCC. CDM Statistics[R]. <http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>.
- [6] 段茂盛, 王革华. 畜禽养殖场沼气工程的温室气体减排效益及利用清洁发展机制(CDM)的影响分析[J]. 太阳能学报, 2003, 24(3): 386-389.

Duan Maosheng, Wang Gehua. Greenhouse gas mitigation

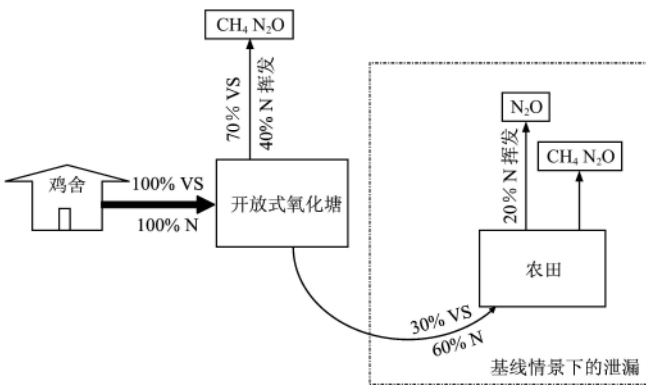


图 1 基线情景下，估算温室气体排放和泄漏排放采用的参数
Fig.1 Parameters applied in estimation of greenhouse gas emissions within and outside the project boundary under baseline scenario

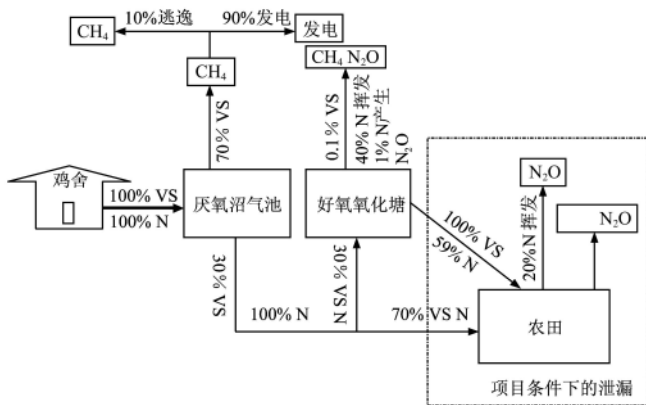


图 2 项目条件下，估算温室气体排放和泄漏排放采用的参数
Fig.2 Parameters applied in estimation of greenhouse gas emissions within and outside the project boundary under project condition

根据上述描述的方法和提供的参数，计算得出基线情况下厌氧氧化塘 CH_4 排放为 $83784 t CO_2-e a^{-1}$ ，由于沼气发电避免的 CO_2 排放总量和基线条件下耗电产生的

- benefits of biogas project in livestock farms[J]. *Acta Energiae Solaris Sinica*, 2003, 24(3): 386–389. (in Chinese with English abstract)
- [7] 张文学, 孙刚. 我国农业及畜牧业发展 CDM 项目的潜力分析[J]. *江西能源*, 2008, (1): 21–23.
Zhang Wenxue, Sun Gang. Potential of CDM project on agriculture and stockbreeding[J]. *Jiangxi Energy*, 2008, (1): 21–23. (in Chinese with English abstract)
- [8] 马展. 养殖场甲烷回收利用清洁发展机制项目案例研究[D]. 北京: 清华大学, 2006.
Ma Zhan. Case Study on Methane Recovery and Utilization CDM Project in Livestock Farms[D]. 2006. (in Chinese with English abstract)
- [9] 中国农业年鉴编辑委员会, 2006, 中国农业年鉴[R]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [10] 农业部. 农业生物质能产业发展规划(2007~2015年)[R]. 2007.
- [11] 华永新, 朱剑平. 大中型畜禽养殖场沼气工程模式及投资效益分析[J]. *新能源及工艺*, 2004, (2): 11–15.
Hua Yongxin, Zhu Jianping. Analysis on biogas engineering mode of large & medium-scale husbandry farms and investment results[J]. *Energy Engineering*, 2004, (2): 11–15. (in Chinese with English abstract)
- [12] 陈婷婷, 周伟国, 阮应君. 大型养殖业粪污处理沼气工程导入 CDM 的可行性分析[J]. *中国沼气*, 2007, 25(3): 7–9.
Chen Tingting, Zhou Weiguo, Ruan Yingjun. A feasibility study on introducing CDM project to livestock farms in China[J]. *China Biogas*, 2007, 25(3): 7–9. (in Chinese with English abstract)
- [13] 国家气候变化对策协调小组办公室、清华大学核能与新能源技术研究院. 中国清洁发展机制项目开发指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [14] Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from manure management systems (ACM0010)[S]. <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved.html>.
- [15] 中国电网基准线排放因子计算[S]. <http://cdm.ccchina.gov.cn/WebSite/CDM/UpFile/2006/2006121591135575.pdf>.
- [16] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[S]. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. IGES, Japan. 2006.

Emission reduction from Clean Development Mechanism projects on intensive livestock farms and its economic benefits

Li Yu'e^{1,2}, Dong Hongmin¹, Wan Yunfan¹, Qin Xiaobo¹, Gao Qingzhu¹, Hua Luo

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture/Key Ministerial Laboratory of Environment and Climate Change, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

2. College of Resources and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: The livestock farm in Minhe, Shandong Province was the site of this study. Using methodology (ACM0010) approved by Executive Board (EB) of Clean Development Mechanism (CDM) under United Nation Framework Convention on Climate Change, greenhouse gas emission reduction was analyzed by improving chicken manure management on chicken farms and utilizing a biogas power generation system to supply electricity and displace electricity from a grid-based conventional energy source. The emission reduction was estimated to be 84666 t CO₂ equivalent a year. The revenue from sale of electricity would be 7.67 million Yuan per year, and 5.93 million Yuan per year from sale of carbon credit. The payback period of investment would be 19.7 years if no revenue from carbon credit was included. The payback period of investment would be 6.0 years if the revenue from carbon credit was included. Therefore, construction of biogas digesters on intensive livestock farms to treat livestock manure and carry out power generation using the produced biogas can not only improve the environment, utilize renewable energy and reduce fossil fuel consumption, but also reduce greenhouse gas emissions and obtain revenue from the emission reduction. The CDM project will provide additional incentives for the livestock farms to construct biogas digesters.

Key words: intensive livestock farms, CDM project management, emission reduction, economic benefits