

秸秆人造板项目碳减排计量方法学研究*

陈浩波^{1,2,3}, 涂小琳^{1,2,3}, 刘尚余^{1,2,3†}

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510640; 2. 中国科学院可再生能源重点实验室, 广州 510640;
3. 广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室, 广州 510640)

摘要: 利用农作物秸秆生产人造板的产业化技术已经成熟, 秸秆人造板项目碳减排计量方法学是进行中国自愿减排碳交易的必要技术依据。基于万华生态板业(信阳)有限公司秸秆人造板的生产工艺, 对秸秆燃烧或腐烂、以木材为原料生产人造板(基准线情景)和秸秆用作人造板的生产原料(项目情景)的温室气体排放量进行了分析和评价, 探索与研究了适合我国秸秆人造板项目碳减排计量方法, 得出了生产 1 m³ 农作物秸秆板的碳减排量约为 1.42 tCO₂e。本文可为我国秸秆人造板项目碳减排的计量提供技术指导。

关键词: 秸秆人造板; 碳减排; 碳交易; 计量; 方法学

中图分类号: TK0

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095-560X.2016.05.006

Measurement Methodology of Carbon Emission Reduction for Strawboard Project

CHEN Hao-bo^{1,2,3}, TU Xiao-lin^{1,2,3}, LIU Shang-yu^{1,2,3}

(1. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;
2. Key Laboratory of Renewable Energy, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

3. Guangdong Provincial Key Laboratory of New and Renewable Energy Research and Development, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The industrial technology of utilization of crop straw to produce strawboard has been mature. The measurement methodology of the carbon emission reduction for strawboard project provides a theoretical basis for carbon trading. Based on the strawboard manufacturing process of Wanhua Ecoboard (Xinyang) Co., Ltd., we compared and evaluated the greenhouse gas emissions under different scenarios of straw burned or rotted, straw used as raw material to produce man-made board (project scenario), and wood used as raw material to produce man-made board (baseline scenario), which developed the calculation methods of carbon reductions for strawboard projects in China. And the carbon emission reduction of producing 1 m³ strawboard was calculated to be about 1.42 tCO₂e. This study can provide technical guidance for the calculation of carbon reduction of strawboard projects.

Key words: strawboard; carbon emission reduction; carbon trading; measurement; methodology

0 引言

全球气候变化是当前国际社会普遍关注的重大热点问题, 是人类共同面临的巨大挑战。积极参与国际合作, 应对气候变化、减少温室气体排放日益成为全球共识。

2015年12月, 巴黎气候变化大会期间, 中国在“国家自主贡献”中提出将于2030年左右使CO₂排放达到峰值并争取尽早实现, 2030年单位国内生产总值CO₂排放比2005年下降60%~65%, 非化石

能源占一次能源消费比重达到20%左右, 森林蓄积量比2005年增加45亿m³左右^[1]。

2015年我国主要农作物秸秆理论资源量为10.4亿t, 可收集资源量为9.0亿t, 利用量为7.2亿t, 仍有大量秸秆未被利用^[2]。农业固碳减排潜力巨大, 发展适应和应对气候变化的减排增汇农业是我国未来农业技术发展的必然趋势^[3]。

利用废弃农作物秸秆作为原料生产人造板, 顺应国家节约利用木材资源的产业政策。国家鼓励建立秸秆代木产业示范基地, 选取部分秸秆人造板企

* 收稿日期: 2016-06-06 修订日期: 2016-08-28

基金项目: 欧盟国际合作资助项目

† 通信作者: 刘尚余, E-mail: liusy@ms.giec.ac.cn

业给予重点支持, 加快发展壮大, 使年消耗秸秆量达 1 500 万 ~ 2 000 万 t^[4]。现阶段利用农作物秸秆生产人造板的产业化技术已经成熟。发展秸秆人造板产业对于减少木材采伐量, 保护森林资源, 提高资源综合利用, 保护生态环境具有十分重大的意义。

本文依据温室气体计量方法学的一般思路, 在参考清洁发展机制和我国温室气体自愿减排交易体系等相关文献的基础上, 结合国内秸秆人造板生产工艺和生产参数, 探索与研究了适合我国秸秆人造板项目碳减排计量方法。

1 基准线确定

在假设秸秆板生产项目不存在的情况下 (即基准线) 和实施秸秆板生产项目活动的情况下, 确定人造板生产过程中的温室气体排放量的估算方法及计量依据。本文应用《额外性论证与评价工具》^[5] 以及我国具体国情提出以下程序来识别秸秆板项目基准线情景。

首先从以下两方面分别识别真实可信的替代方案: ①在没有项目活动的情况下农作物秸秆的利用及处理; ②在没有项目活动的情况下人造板的生产原料。再经过障碍分析和投资分析筛选之后, 得到合理的基准线情景应是:

- 农作物秸秆的基准线情景是农作物秸秆有氧堆放和/或农作物无控燃烧;
- 生产人造板的基准线情景是以木材为原料生产人造板。

2 温室气体排放计算方法及参数选择

2.1 项目减排量

按如下方法计算项目减排量:

$$m_{ER} = m_{BE} - m_{PE} - m_{LE} \quad (1)$$

其中: m_{ER} 为项目减排量, tCO₂e/a; m_{BE} 为基准线排放量, tCO₂e/a; m_{PE} 为项目排放量, tCO₂e/a; m_{LE} 为泄漏排放量, tCO₂e/a。

2.2 基准线排放的计算

基准线排放包括处理农作物秸秆产生的 CH₄ 排放, 在没有项目活动时生产木质人造板耗电的排放, 以及因生产木质人造板采伐林木而导致的碳储量减少。

基准线排放计算公式如下:

$$m_{BE} = m_{BE,CS} + m_{BE,WAB} + m_{BE,CSR} \quad (2)$$

其中: $m_{BE,CS}$ 为农作物秸秆无控燃烧或腐烂的基准线排放, tCO₂e/a; $m_{BE,WAB}$ 为生产木质人造板耗电的基准线排放, tCO₂e/a; $m_{BE,CSR}$ 为因生产木质人造板采伐林木而导致的碳储量减少, tCO₂e/a。

2.2.1 农作物秸秆无控燃烧或有氧腐烂的基准线排放

利用农作物秸秆的基准线情景是农作物秸秆有氧堆放或无控燃烧, 两种情景下的基准线排放计算均按照农作物秸秆是无控燃烧的情况处理^[6-7]。其基准线排放计算公式如下:

$$m_{BE,CS} = P_{CH_4} \times \sum_k m_{CS,PJ,k} \times C_k \times F_{burning,CH_4,k} \quad (3)$$

其中: P_{CH_4} 为甲烷全球温升潜势值, tCO₂e/tCH₄; $m_{CS,PJ,k}$ 为因项目活动实施每年用于生产秸秆人造板的 k 类型农作物秸秆的数量, t, 干基, 即吨干重; C_k 为 k 类型农作物秸秆的净热值, GJ/t; $F_{burning,CH_4,k}$ 为 k 类型农作物秸秆无控燃烧的甲烷排放因子, tCH₄/GJ。

2.2.2 生产木质人造板耗电的基准线排放

根据“消耗电力的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具”^[8], 生产木质人造板的基准线排放计算如下:

$$m_{BE,WAB} = V_{CSB} \times E_{WAB} \times F_{grid,CM} \times (1 + L_{grid,BSL}) \quad (4)$$

其中: V_{CSB} 为项目每年生产的秸秆人造板数量, m³; E_{WAB} 为生产单位数量木质人造板的耗电量, MW·h/m³; $F_{grid,CM}$ 为项目所在的电力系统组合边际排放因子, tCO₂/(MW·h); $L_{grid,BSL}$ 为基准线情景下电网损耗因子, 取默认值 0.03。

2.2.3 因生产木质人造板采伐林木而导致的碳储量减少

本文选取木质人造板的默认使用寿命为 20 年, 并假定木质人造板在生产后 30 年内其碳储量的长期变化等同于在生产木质人造板时其中的碳立即排放^[9-10], 即认为所用木材原料中来源于采伐林木的原木材部分的碳储量就被释放, 导致了林木碳储量减少。因此, 可根据当地的木质人造板生产中所利用的主要林木种类和数量, 项目生产的秸秆人造板数量等推算出因生产木质人造板采伐林木而导致的碳储量的减少量。

(1) $m_{BE,CSR}$ 的推算步骤如下^[10]:

$$m_{BE,CSR} = \sum_j m_{C,BSL,j} \quad (5)$$

其中: $m_{C,BSL,j}$ 为基准线情景下每年采伐的树种(组) j 的生物质碳储量, tCO_2e , 计算如下:

$$m_{C,BSL,j} = \frac{44}{12} \times m_{B,BSL,j} \times F_{C,j} \quad (6)$$

其中: $m_{B,BSL,j}$ 为基准线情景下每年采伐的树种(组) j 的林木生物量, t , 干基; $F_{C,j}$ 为树种(组) j 中的含碳率, tC/t 。 $m_{B,BSL,j}$ 可由下式计算:

$$m_{B,BSL,j} = V_{BSL,j} \times D_{BSL,j} \times F_{BSL,j} \times (1 + R_{BSL,j}) \quad (7)$$

其中: $V_{BSL,j}$ 为基准线情景下采伐的树种(组) j 的材积量, m^3 ; $D_{BSL,j}$ 为树种(组) j 的基本木材密度, t/m^3 ; $F_{BSL,j}$ 为树种(组) j 的生物量扩展因子, 用于将树干材积转化为林木地上生物量, 无量纲; $R_{BSL,j}$ 为树种(组) j 的地下生物量/地上生物量之比, 无量纲。

(2) 基准线情景下采伐的树种(组) j 的材积量计算如下:

$$V_{BSL,j} = V_{CSB} \times R_{WB} \times P_j \quad (8)$$

其中: V_{CSB} 为项目生产的秸秆人造板数量, m^3 ; R_{WB} 为生产单位体积的木质人造板消耗的原木材积, m^3 原木材/ m^3 木质人造板, 刨花板默认值取 0.8, 纤维板默认值取 1.1^[11]; P_j 为基准线情景下生产人造板使用的主要树种(组) j 数量占人造板生产所用木材原料总量的材积百分比, %。

2.3 项目排放

项目排放按如下计算:

$$m_{PE} = m_{PE,FC} + m_{PE,EC} + m_{PE,TR} \quad (9)$$

其中: $m_{PE,FC}$ 为项目活动消耗化石燃料产生的项目排放, tCO_2e/a ; $m_{PE,EC}$ 为项目活动耗电产生的项目排放, tCO_2e/a ; $m_{PE,TR}$ 为将农作物秸秆运送到工厂所产生的项目排放, tCO_2e/a 。

2.3.1 项目活动燃烧化石燃料产生的项目排放

根据“化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具”计算 $m_{PE,FC}$ ^[12]。此排放应包括为

进行项目活动的所有燃烧化石燃料过程, 以及为进行项目活动而在现场的其他任何燃料燃烧过程。计算如下:

$$m_{PE,FC} = \sum_i m_{FC,i} \times C_i \times F_{FC,i} \quad (10)$$

其中: $m_{FC,i}$ 为项目每年燃烧的化石燃料 i 的量, 质量或体积单位; C_i 为化石燃料 i 的净热值, $GJ/$ 质量或体积单位; $F_{FC,i}$ 为化石燃料 i 的排放因子, tCO_2e/GJ 。

2.3.2 项目活动耗电产生的项目排放

根据“消耗电力的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具”计算耗电产生的项目排放 $m_{PE,EC}$ ^[8]。项目活动的耗电包括项目工厂的耗电和项目场地内外处理农作物秸秆的耗电。计算如下:

$$m_{PE,EC} = E_{PJ} \times F_{grid,CM} \times (1 + L_{grid,PJ}) \quad (11)$$

其中: E_{PJ} 为每年生产秸秆人造板的耗电量, $MW \cdot h$; $L_{grid,PJ}$ 为项目情景下电网损耗因子, 取默认值 0.2。

2.3.3 将农作物秸秆运送到工厂所产生的项目排放

根据“公路货运导致的项目和泄漏排放计算工具”, 可以选择基于距离和车辆类型的方法或基于燃料消耗的方法来确定排放^[13]。

本文根据运输农作物秸秆(包括用于原料和产热等的农作物秸秆)实际消耗的化石燃料量计算排放。

$$m_{PE,TR} = \sum_i (m_{TR,i} \times C_i \times F_{FC,i}) \quad (12)$$

其中: $m_{TR,i}$ 为货车运输农作物秸秆的化石燃料 i 消耗量, 质量或体积单位。

2.4 泄漏分析

秸秆板项目活动仅限于使用废弃农作物秸秆, 因此认为农作物秸秆导致的土地利用、土地利用变化和林业部门的碳储量变化是不明显的^[9]。

秸秆板生产项目活动可以用以下方法来论证工厂所用的各类农作物秸秆不会导致其他地方增加化石燃料的消耗量或产生其他泄漏, 即证明在项目活动边界内, 该类农作物秸秆的总可获得量至少比被利用(如生产能源或用作肥料、原料等, 包括拟议项目工厂所需)的数量多 25%^[6-7]。

如果拟议项目活动所使用的 k 类农作物秸秆不能用上述的方法得出泄漏的影响, 则可按如下公式

计算年泄漏排放:

$$m_{LE} = F_{CO_2,CI} \times \sum_k (m_{CS,PI,k} \times C_k) \quad (13)$$

其中: $F_{CO_2,CI}$ 为国内碳排放强度最高的燃料的 CO_2 排放因子, tCO_2e/GJ 。

2.5 不确定性分析

确保数据的质量是减少碳减排量不确定性的重要措施。对项目有关的数据和信息之间的不确定性进行分析和评价,以使采用的数据的有效性符合相关规定。

(1) 秸秆露天焚烧甲烷排放因子的不确定性

CH_4 的排放因子,可采用测量值或默认值。建议使用默认值 $0.0027 tCH_4/t$ 农作物秸秆,作为 C_k 和 $F_{burning,CH_4,k}$ 的乘积^[14]。 CH_4 排放因子的不确定性在很多情况下都比较高。为保守地估计减排量,必须为甲烷排放因子设置一个保守系数。如果使用默认的 CH_4 排放因子 $0.0027 tCH_4/t$ 农作物秸秆,那么不确定性可以被视为大于 100%,对应的保守系数为 0.73^[14]。因此,在这种情况下,应使用的排放因子为 $0.001971 tCH_4/t$ 农作物秸秆。

(2) 生产单位数量木质人造板耗电量的不确定性

通过对当地木质人造板厂生产耗电的调研而确定的单位产品的平均数据,或者采用现有的或公开发表的适合当地的木质人造板厂生产耗电数据,如官方统计数据。在国家标准《刨花板工程设计规范》(GB50827-2012)^[15]中,规定刨花板生产电耗指标为 $160 \sim 230 kW \cdot h/m^3$; 在国家标准《中密度纤维板

工程设计规范》(GB50822-2012)^[16]中,规定中密度纤维板生产电耗指标为 $280 \sim 500 kW \cdot h/t$ (密度范围为 $450 kg/m^3 \sim 880 kg/m^3$)。根据项目活动生产的秸秆人造板所对应的人造板种类(刨花板或中密度纤维板),可按生产刨花板耗电 $160 kW \cdot h/m^3$,生产纤维板耗电 $126 kW \cdot h/m^3$,保守计算生产木质人造板耗电的基准线排放。

(3) 生产人造板使用的主要树种(组)数量占人造板生产所用木材原料总量的材积百分比的不确定性通过对秸秆板项目所在地(市县、省或全国范围内)的木质人造板厂进行调研统计,获得可信的木质人造板生产和木材原料消耗等相关数据;或者,采用现有的或公开发表的数据,如官方统计数据《中国林业统计年鉴》、《中国林业产业与林产品年鉴》等,以降低参数数据的不确定性。

3 案例分析

以万华生态板业(信阳)有限公司年产 8 万 m^3 农作物秸秆板项目为例,该项目位于河南省信阳市信阳工业园内,年消耗农作物秸秆约 9.6 万 t ,主要为水稻秸秆。该项目农作物秸秆板的生产采用了不含甲醛的异氰酸酯(MDI)生态胶粘剂,无甲醛释放,是绿色生态产品,可以改善室内家居环境。

通过农作物秸秆源附近的收购站收集秸秆后用货运车辆运输到项目工厂内的秸秆仓库,秸秆的处理和储存都在项目工厂内进行。该项目主要生产车间为秸秆板车间,其生产过程分为备料工段、干燥工段、施胶工段、成型热压工段、锯边冷却工段以及砂光工段。

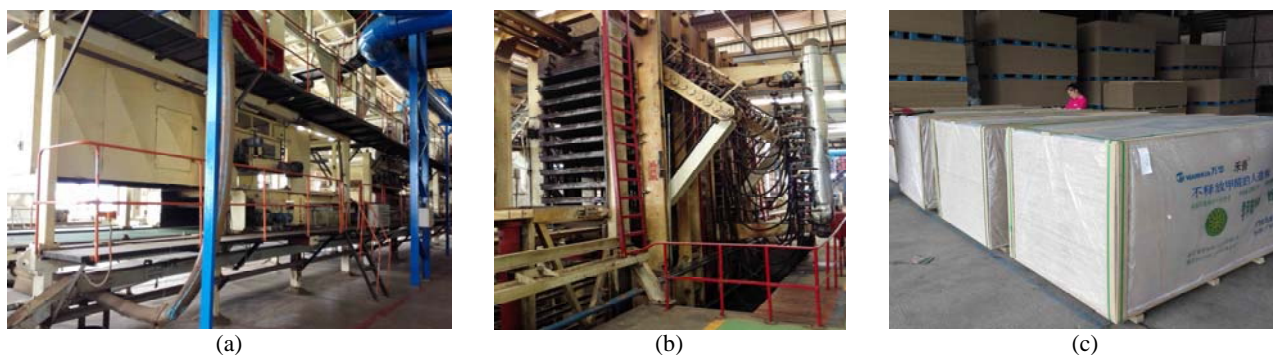


图 1 万华生态板业(信阳)有限公司秸秆人造板生产过程:(a)施胶工段;(b)成型热压工段;(c)产品仓库

Fig. 1 Strawboard manufacturing process of Wanhua Ecoboard (Xinyang) Co., Ltd: (a) sizing section; (b) mat-forming and hot pressing section; (c) product warehouse

根据前文所述计算方法和相关生产数据，可以推算出该项目正常生产期年平均碳减排量，具体推算过程如下。

(1) 基准线排放量

农作物秸秆无控燃烧或有氧腐烂的基准线排放 $m_{BE,CS}$ 根据公式 (3) 计算， P_{CH_4} 为 25 tCO₂e/tCH₄， $m_{CS,PJ,k}$ 为 9.6 万 t， $C_k \times F_{burning,CH_4,k}$ 为 0.001 971 tCH₄/t，即：

$$m_{BE,CS} = 25 \times 96000 \times 0.001971 = 4730 \text{ (tCO}_2\text{e)}$$

生产木质人造板耗电的基准线排放 $m_{BE,WAB}$ 根据公式 (4) 计算， V_{CSB} 为 80 000 m³， E_{WAB} 为 0.126 MW·h/m³， $F_{grid,CM}$ 为 0.650 75 tCO₂e/(MW·h)， $L_{grid,BSL}$ 为 0.03，即：

$$\begin{aligned} m_{BE,WAB} &= 80000 \times 0.126 \times 0.65075 \times (1 + 0.03) \\ &= 6756 \text{ (tCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

因生产木质人造板采伐林木而导致的碳储量减少 $m_{BE,CSR}$ 根据式 (5) ~ 式 (8) 计算，当地木质人造板所用树种为杨树 (P_j 为 81.5%) 和杂木 (P_j 为 18.5%)，利用碳汇造林项目方法学^[10]中对应的参数可得：

$$m_{BE,CSR} = 112597 \text{ tCO}_2\text{e}$$

根据公式 (2) 计算可得，该项目基准线排放量为：

$$m_{BE} = 124083 \text{ tCO}_2\text{e}$$

(2) 项目排放量

项目活动燃烧化石燃料产生的项目排放 $m_{PE,FC}$ 根据公式 (10) 计算，该项目生产年消耗柴油 $m_{FC,i}$ 为 50 t，柴油 C_i 为 43.3 GJ/t，柴油 $F_{FC,i}$ 为 0.074 8 tCO₂e/GJ，即：

$$m_{PE,FC} = 50 \times 43.3 \times 0.0748 = 161 \text{ (tCO}_2\text{e)}$$

项目活动耗电产生的项目排放 $m_{PE,EC}$ 根据公式 (11) 计算，该项目年耗电量为 12 800 MW·h， $F_{grid,CM}$ 为 0.650 75 tCO₂e/(MW·h)， $L_{grid,PJ}$ 为 0.2，即：

$$m_{PE,EC} = 12800 \times 0.65075 \times (1 + 0.2) = 9995 \text{ (tCO}_2\text{e)}$$

将农作物秸秆运送到工厂所产生的项目排放 $m_{PE,TR}$ 根据公式 (12) 计算，该项目运输农作物秸秆

年消耗柴油 $m_{TR,i}$ 为 95 t，柴油 C_i 为 43.3 GJ/t，柴油 $F_{FC,i}$ 为 0.074 8 tCO₂e/GJ，即：

$$m_{PE,TR} = 95 \times 43.3 \times 0.0748 = 307 \text{ (tCO}_2\text{e)}$$

根据公式 (9)，该项目的项目排放量为：

$$m_{PE} = 10463 \text{ tCO}_2\text{e}$$

(3) 泄漏排放量

在该项目活动边界内，水稻秸秆的总可获得量比被利用（如生产能源或用作肥料、原料等，包括拟议项目工厂所需）的数量多 40%，所以该项目泄露排放量为 $m_{LE} = 0$ 。

综上，可计算得出该项目正常生产期年平均碳减排量约为 113 620 tCO₂e，即生产 1 m³ 农作物秸秆板的碳减排量约为 1.42 tCO₂e。本项目碳减排量计算过程中，所选取的参数和取值是比较准确和保守的，因此对同类项目的碳减排量计算和核算具有较高的参考价值。

4 结 论

本文根据万华生态板业（信阳）有限公司年产 8 万 m³ 农作物秸秆板项目的生产工艺和生产参数，分析和评价了农作物秸秆板项目在基准线情景和项目情景下的温室气体排放计量问题，并计算得到生产 1 m³ 农作物秸秆板的碳减排量约为 1.42 tCO₂e。本文可为我国秸秆人造板项目碳减排的计量提供技术指导。

参考文献：

- [1] 国务院新闻办公室. 强化应对气候变化行动-中国国家自主贡献[EB/OL]. (2015-11-19). [Http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/2015/20151119/xgbd33811/Document/1455864/1455864.htm](http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/2015/20151119/xgbd33811/Document/1455864/1455864.htm).
- [2] KOPPMANN R, VON CZAPIEWSKI K, REID J S. A review of biomass burning emissions, Part I: Gaseous emissions of carbon monoxide, methane, volatile organic compounds, and nitrogen containing compounds[J]. Atmospheric chemistry and physics discussions, 2005, 5: 10455-10516. DOI: 10.5194/acpd-5-10455-2005
- [3] LEVINE J S, COFER W R, CAHOON D R, et al. Biomass burning a driver for global change[J]. Environmental science and technology, 1995, 29(3): 120-125.
- [4] 中国环境报. 管住一根秸秆有多难[EB/OL]. (2016-06-14). [Http://news.cenews.com.cn/html/2016-06/14/content_45521.htm](http://news.cenews.com.cn/html/2016-06/14/content_45521.htm)

- [5] 潘根兴, 张旭辉, 李恋卿, 等. 农业与气候变化的若干科学问题[J]. 科学中国人, 2011(5): 23-24.
- [6] 国家发展和改革委员会, 农业部, 财政部. “十二五”农作物秸秆综合利用实施方案[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 农业部, 财政部, 2011.
- [7] CDM Executive Board. Tool for the demonstration and assessment of additionality -Version 07.0.0[EB/OL]. (2012-11-23). <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-01-v7.0.0.pdf>.
- [8] CDM Executive Board. Consolidated methodology for electricity generation from biomass residues in power-only plants-Version 3. 0[EB/OL]. (2013-11-08). <http://www.wendangku.net/doc/3c9736bafd0a79563c1e7253.html>.
- [9] CDM Executive Board. ACM006: Consolidated methodology for electricity and heat generation from biomass-Version 12.1.0[EB/OL]. (2012-11-13). <http://cdm.unfccc.int/filestorage/o/w/AL5ZOX4YCPJBM10IRGSN3DUF7E2WQT.pdf/Consolidated%20methodology%20for%20electricity%20and%20heat%20generation%20from%20biomass%20residues.pdf?t=eXZ8bzdyejdpfDADYuNzFZT42b9FcPA16BHQ>.
- [10] CDM Executive Board. Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption [EB/OL]. (2015-11-27). http://wenku.baidu.com/link?url=jF7OxZ1-C8roS6_6xRLEMt-56ZP5d3JH56Rb0m5Hrk-tthIP7V0RcraRo5gtHXspcchTH1HoTHSXnXTxHhY17RfGKZuu7gv32kKwrspy79W.
- [11] IPCC. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry[EB/OL]. (2003-11-07). http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf_contents.html.
- [12] 国家发展和改革委员会. 碳汇造林项目方法学[EB/OL]. (2013-11-04). <http://cdm.ccchina.gov.cn/archiver/cdmcn/UpFile/Files/Default/20140219105552690000.pdf>.
- [13] 浙江省林业厅. 省林业局公布《浙江省木材制品耗材折率标准》、《浙江省人造板耗材折率标准》和《浙江省竹制品耗材折率标准》[J]. 浙江林业, 2002(6): 10-11.
- [14] CDM Executive Board. Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion (version 02) [EB/OL]. (2008-08-02). <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf>.
- [15] CDM Executive Board. Project and leakage emissions from transportation of freight-version 01.1.0[EB/OL]. (2012-11-23). <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-12-v1.1.0.pdf>.
- [16] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[EB/OL]. (2006-04). <http://wenku.baidu.com/view/da92d91dc5da50e2524d7fcd.html>.
- [17] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 刨花板工程设计规范: GB50827-2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中密度纤维板工程设计规范: GB50822-2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

作者简介:

陈浩波 (1983-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事碳减排技术和环境污染检测及处理技术研究。

刘尚余 (1968-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事清洁发展机制和碳减排技术研究。