

生物质直燃发电CDM项目开发关键问题的分析与研究

刘尚余², 赵黛青², 骆志刚²

(1. 中国科学技术大学, 合肥230026; 2. 中国科学院广州能源研究所, 广州510640)

摘要: 系统讨论了清洁发展机制(CDM)应用于大规模生物质秸秆发电项目中的关键问题, 从方法学适用、项目的额外性、基准线确定到减排量计算和项目经济性等方面进行了详细的分析与讨论。最后以我国最早开展的如东25MW秸秆发电项目为例, 给出了计算结果并进行了分析, 得到了对于该类项目具有现实指导意义的结论, 为在我国开展大规模生物质利用项目提供了理论和决策依据。

0背景

清洁发展机制(Clean Development Mechanism—CDM)是《京都议定书》规定的3种温室气体减排机制之一, 也是唯一的发展中国家参与温室气体减排的机制。CDM是一种双赢机制, 通过CDM机制, 发达国家提供额外的资金和先进技术设备帮助发展中国家实现可持续发展; 同时协助发达国家履行其规定的定量化减排的义务。

生物质能利用项目属于我国政府鼓励优先开展的CDM领域, 但我国至今还没有一个生物质发电CDM项目得到联合国CDM执行理事会的批准。一方面由于开发生物质发电项目本身投资成本高, 国内技术还不成熟, 无法大规模发展, 且在我国开展生物质发电项目起步晚, 因而目前实施的该类项目较少; 另一方面开发该类CDM项目的方法学比较复杂, 特别是最新通过的统一方法学ACM0006比以前的方法学更复杂, 规定更严格, 结合我国的具体国情需要解决的关键问题更多。

江苏如东25MW生物质秸秆焚烧发电项目是我国第一个被国家发改委批准立项的规模化生物质新能源利用示范项目, 得到了世界银行的资助, 将为开发农村新的经济、消除田间焚烧秸秆的烟气污染起到很好的示范作用。本文以该项目为案例, 讨论大规模生物质发电项目开发成CDM项目所遇到的关键技术问题, 并讨论解决这些问题的方法。

1方法学适用问题

开发CDM项目首先需要选择或者开发合适的方法学, 就15MW以上的生物质发电项目而言, 2005年11月之前的AM0004“避免生物质无控焚烧的生物质发电上网”方法学已被最新的方法学ACM0006“生物质残渣发电上网统一方法学”替代, 按照CDM执行理事会的规定, 新的项目必须采用最新方法学的原则, 因此本文选择方法学ACM0006作为江苏省如东生物质发电示范项目(后文简称“项目”)的基准线方法学, 项目的基本条件如下: ①如果没有该项目, 生物质秸秆将被当地农民露天焚烧, 或者被长时间堆放直至腐化, 从而导致温室气体的排放; ②电厂所在地周围有充足的秸秆资源, 能保障电厂每年12个月运行所需的燃料。这些秸秆在当地没有用来产生任何经济利益, 且分布分散, 需要收集后运送到电厂; ③该电厂的装机容量对于整个江苏省电网而言非常小, 不会影响整个电网其他新建项目; ④该电厂所在电网长期存在电力供应紧张的局面, 而且这种局面随着江苏省经济的快速发展而日益严峻。按江苏省的GDP增加率为10%, 电力需求年增加率为5%的比率计算, 江苏省目前每年新增容量还不能满足电力发展的需求; ⑤该项目规模很小(相对于整个华东电网), 因此不会影响整个电网的平均排放因子; ⑥电网的平均排放将按电量边际排放因子以及容量边际排放因子的组合计算, 严格按呵再生能源发电上网的整合方法学ACM0002的规定来计算项目减排量。以上条件满足ACM0006方法学所必需的前提条件。

2项目额外性分析

判断一个项目是否合适CDM项目, 需要对项目进行额外性分析。大规模生物质焚烧发电项目在我国还缺少成熟的核心技术。如东生物质项目是我国第一个规模化生物质利用示范项目, 所采用的关键设备(高温高压纯烧秸秆的发电锅炉及其配套的切草机和输送机)国内尚不能生产, 需要引进设备、消化技术, 同时还要克服与国产设备的配套带来的性能不稳定的风险, 因此项目具有明显的技术额外性。

该项目将为引进锅炉设备额外投入6000万元资金, 仅此一项就增加了项目20%的成本。此外, 秸秆的收购成本和运输打包成本约为300元/t, 而煤炭的收购成本400元/t。考虑到2t秸秆约相当于1t煤的热值, 生物质原料成本高于煤炭因此, 生物质发电项目的电站投资和运行成本都高于煤电。项目具有CDM项目所要求的经济额外性。

迄今为止, 我国还没有法律要求或框架强制采用生物质秸秆来发电; 中国电力法(1994)没有限制使用燃煤发电, 相

反，目前中国电力近70%仍来自于燃煤发电，中国现行环境法规也不限制选择何种类型的燃料发电，同时也没有相关法规限制使用某一特定的技术来发电。尽管中国政府2006年1月已制定并实施《可再生能源法》，并规划到2020年可再生能源发电达到20%的中长期目标，但马拉喀什协议(Marrakesh)协议规定2000年以后的政策将不在CDM机制所考虑的政策影响范围内，所以该项目依然具有CDM项目所要求的政策额外性。

3基准线情景确定

如何确定项目的基准线，将直接关系到项目减排量的计算。发电项目基准线确定需要考虑的因素有两点：项目本身的活动和当地电网(项目边界)。对如东生物质项目而言，发电直接输送至江苏省电网。尽管江苏省电网联接华东电网，但近几年与华东电网的电力调入/调出量很小(如：2002年调出6%，2003年为0%，2004年调入3%)，虽然随着经济的增长加快，江苏省电力将出现短缺，但江苏省加大了新电厂的建设，在可预见的将来，江苏省电网将保持自身负载的基本平衡，所以江苏省电网可以认为是一个相对独立的电网，通过计算江苏省电网的平均排放因子为0.871kg/kWh。同时我们对江苏省电网的接入电网—华东电网的排放因子进行了计算，其结果为0.869kg/kWh，保守起见，选择华东电网作为项目的边界。

项目活动包括利用生物质秸秆作为电厂发电的燃料，开发、设计、施工、融资、建造、运行和管理生物质秸秆发电厂，产生的电力直接输入江苏省电网。如果没有该项目，江苏省电网将需要建造新的燃煤发电厂或从其他电网购买等量的电。在以上任一情况下，该项目利用的大量秸秆将是露天焚烧或堆放腐化。因为露天焚烧比堆放腐化产生的温室气体少，按照方法学要求的保守性原则，我们选择露天焚烧作为基准线情景。因此项目的基准线排放为：秸秆露天焚烧产生的排放+项目上网电量在华东电网产生的排放。

4减排量的计算方法

生物质秸秆焚烧发电项目的减排量主要通过生物质燃烧替代传统化石燃料产生的电力所带来的减排量。项目在年份Y的减排量为由于替代电量所产生的减排量与项目年份Y自身的排放量和项目泄漏之差，同时考虑项目的边界和生物质自然腐化或露天焚烧的基准线排放，其关系如下：

$$ER_y = ER_{\text{electricity},y} + BE_{\text{biomass},y} - PE_y - L_y \quad (1)$$

其中, ER_y ——项目在年份 y 的减排量;
 $ER_{\text{electricity},y}$ ——在年份 y 由于替代电量所产生的减排量;
 $BE_{\text{biomass},y}$ ——生物质资源在年份 y 由于自然腐化或露天焚烧的基准线排放;
 PE_y ——项目年份 y 自身的排放量;
 L_y ——项目在年份 y 的泄漏。

为了确定生物质发电项目所采用方法学的排放系数、排放因子或净热值,可以采用国家温室气体清单优良作法指南所提供的有关数据^[6]。

4.1 项目自身排放量(PE_y)的计算

项目自身的排放量包括运输生物质到项目场地所产生的排放、项目消耗的化石燃料和焚烧生物质所产生的甲烷的排放:

$$PE_y = PET_y + PEFF_{\text{CO}_2,y} + GWP_{\text{CH}_4} \times PE_{\text{biomass,CH}_4,y} \quad (2)$$

其中, PET_y ——在年份 y 运输生物质到项目场地所产生的排放;
 $PEFF_{\text{CO}_2,y}$ ——在年份 y 项目发电设备所消耗的化石燃料产生的排放;
 GWP_{CH_4} ——在相应排放期甲烷对全球温室气体的效应;
 $PE_{\text{biomass,CH}_4,y}$ ——在年份 y 项目焚烧生物质所排放的甲烷量。

运输生物质到发电厂所焚烧的化石燃料的排放(PET_y)可以通过统计车船运输秸秆的距离和次数来计算消耗的化石燃料;项目本身所消耗的化石燃料的二氧化碳排放($PEFF_y$)可以通过累计点火或烘干冬冬秸秆潮湿所消耗的各种化石燃料乘以该类化石燃料的排放因子来计算。

这里着重讨论项目焚烧生物质所产生的甲烷排放($PE_{\text{biomass,CH}_4,y}$),如果将甲烷的排放考虑到项目的边界内,计算公式如下:

$$PE_{\text{biomass,CH}_4,y} = EF_{\text{CH}_4} \times \sum_i BF_{i,y} \times NCV_i \quad (3)$$

其中, $BF_{i,y}$ ——年份 y 电厂所燃烧的类型为 i 的生物质的量;
 NCV_i ——类型为 i 的生物质秸秆单位体积或质量所含净热值(TJ);
 EF_{CH_4} ——焚烧每 TJ 生物质所产生的甲烷的排放因子。为了确定 CH_4 的排放因子,根据 1996 年修改的 IPCC 参考手册指南,对于每一种生物质秸秆的甲烷排放因子还需考虑其不确定性因子。

4.2 替代电量减排量($ER_{\text{electricity},y}$)

替代电量减排量可以通过计算由于生物质发电所产生的净发电量乘以电网的基准排放因子得到,关系如(4)式。

$$ER_{\text{electricity},y} = EG_y \times EF_{\text{electricity},y} \quad (4)$$

其中, $ER_{\text{electricity},y}$ ——在年份 y 由于替代电量所产生的减排量;
 EG_y ——在年份 y 生物质发电项目所产生的净发电量;
 $EF_{\text{electricity},y}$ ——在年份 y 替代电量的 CO_2 排放因子。

替代电量的 CO_2 排放因子 $EF_{\text{electricity},y}$ 应与电网的排放因子相等。根据本项目的规模,应采用组合边际来计算电网的排放因子。按照经批准的可再生能源发电并网项目的统一基准线方法学(ACM0002)的要求,如(5)式。

$$EF_{\text{electricity},y} = w_{\text{OM}} \times EF_{\text{OM},y} + w_{\text{BM}} \times EF_{\text{BM},y} \quad (5)$$

即替代电量的排放因子等于电量边际排放因子($EF_{\text{OM},y}$)和容量边际排放因子($EF_{\text{BM},y}$)的加权平均(权重 w_{OM} 和 w_{BM} 默认为 50%,即 $w_{\text{OM}} = w_{\text{BM}} = 0.5$),其具体计算方法参考方法学 ACM0002。

4.3 基准线排放

基准线排放是指生物质露天焚烧或堆放腐化所产生的排放。如前面所述,我们选择露天焚烧作为基准线情景,由于秸秆在露天焚烧或在锅炉中焚烧产生的甲烷量不一样,因此项目的基准线排放为:

$$BE_{\text{biomass},y} = GWP_{\text{CH}_4} \times \sum_i BF_{i,y} \times NCV_i \times EF_{\text{burning,CH}_4,i} \quad (6)$$

式中, $EF_{\text{burning,CH}_4,i}$ ——露天焚烧每 TJ 生物质所产生的甲烷的排放因子,同样存在不确定性,可参照式(3)类似处理。

4.4 泄漏

在秸秆产量充足的情况下,大量的秸秆由于没有采取其他利用方式(如沼气发电、生物质制气等)而直接露天焚烧,则项目的泄漏为零。如果由于焚烧发电项目影响到其他秸秆利用项目所需要的秸秆,则必须考虑这部分秸秆所带来的泄漏。

5 计算结果分析

根据以上分析和计算公式,结合如东生物质发电项目可行性分析报告提供的数据,我们得到表1所示结果。

**表 1 如东秸秆发电项目温室气体减排量
计算的相关结果(单位:t CO₂e/a)**

**Table1 Calculation results of GHG emission
reduction of rudong biomass power project**

项目自身 排放量	4470	其中秸秆焚烧产生的甲 烷排放	2500
基准线 排放量	13300	其中秸秆露天焚烧产生 的甲烷排放	13300
替代电量 减排量	136500	泄漏估计	0
项目年总减 排量估计	145300		

从以上计算结果可以看到,项目的主要温室气体减排来自项目的发电量即项目替代燃煤发电所减少的排放,其次是由于秸秆在高温下焚烧比在常温下焚烧所释放的甲烷所带来的减排量要少。项目自身产生的排放量很少。秸秆露天焚烧和在高温高压下焚烧产生的CO₂没有变化,因而在计算项目自身排放量和基准线排放量时产生的CO₂没有考虑。

6 经济性分析

本节分析项目的内部收益率。结合项目的财务数据,我们分别按2、4、6、8、10、12、14和16\$/tCERs收益计算出项目的内部收益率,如图1所示。

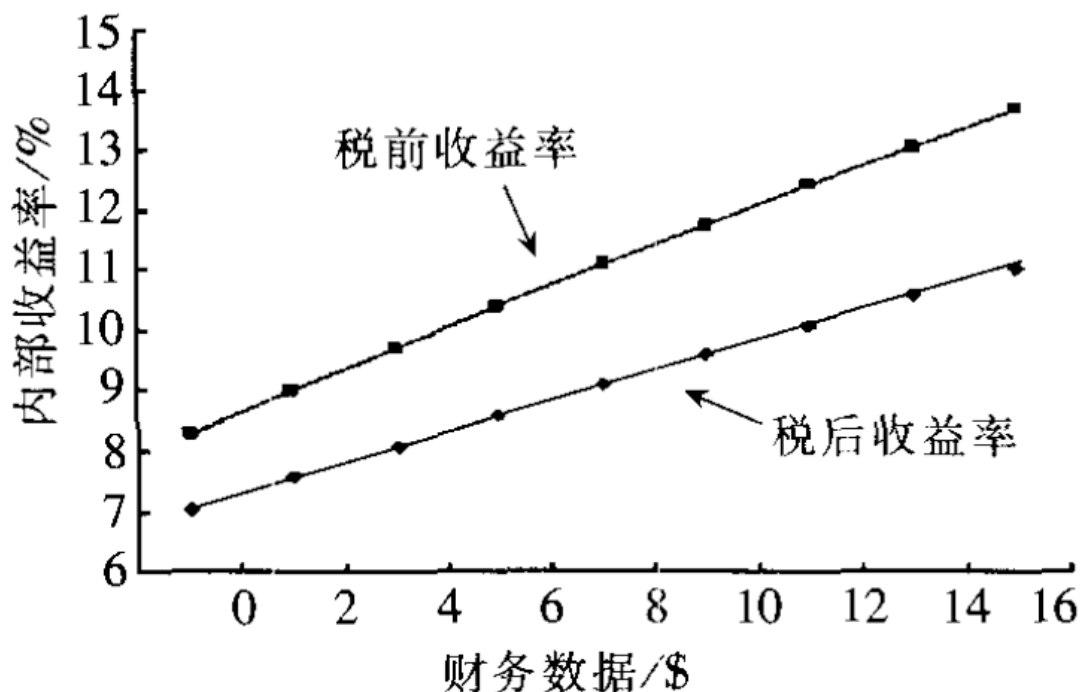


图 1 如东 25MW 秸秆发电项目经济效益分析图

Fig.1 Economic analysis for 25MW biomass project

从图可知：如果没有CDM带来的收益，该项目的投资效益低于常规投资项目的低限8%，仅略高于银行贷款利率；如果要使项目税后内部收益率达到8%，CERs的销售价不能低于4\$/t；当CERs的销售价高于12\$/t时，该类秸秆发电项目的经济效益完全可以和常规发电项目相媲美。由此可见CDM机制对于提高生物质发电的市场竞争力、推动秸秆发电项目的开展具有理论和现实的可行性。此外，我们依据项目投资总成本与减排量的关系计算出该类项目的减排成本为258\$/tCERs，远大于目前欧洲市场的交易价格(15\$/tCERs)，因此该类项目的减排成本不可能完全由CDM机制来承担，CDM机制对大规模生物质项目的开展仅能起到促进和补充的作用。

7结论

通过以上分析与计算，我们可以得到以下结论：

- 1)大规模生物质发电项目满足CDM机制规定的所有条件，同时符合我国可持续发展的需求，是我国政府鼓励优先开展的CDM项目，因而是非常理想的CDM项目；
- 2)根据新的统一方法学ACM0006的要求，我们不能忽视秸秆在不同状态下燃烧所排放的甲烷的差别，正是这一差异增加了项目的减排量；
- 3)大规模生物质发电项目是环境友好型项目，但由于投资成本高，缺乏经济竞争力，难以普及开展，正是由于CDM机制带来的经济竞争力，使该类项目面临前所未有的发展机遇，扫除了在我国广大农村地区普遍推广的障碍，为加速推广创造了条件。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/113344.html>