

## 高浓度有机废水处理领域温室气体减排计算

王若男<sup>1,2</sup>, 龙亚会<sup>1</sup>, 高轲<sup>1</sup>

(1. 河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2. 中国水利水电科学研究院 水环境研究所, 北京 100038)

**摘要:**在高浓度有机废水的厌氧处理过程中会产生大量沼气,作为沼气的主要成分,CH<sub>4</sub>即是重要的温室气体,同时也是一种可再生清洁能源。通过采取 CDM 方法学 AMS. III. H,对河北省邯郸市清源酿酒厂高浓度有机废水处理过程中的项目减排量进行计算。结果表明:在清洁发展机制下,该项目的减排量为 55 485 tCO<sub>2</sub>e,且可获得约 12.05% 的项目收益率。因此,在高浓度有机废水处理领域实施温室气体减排技术,具有比较显著的环境效益与经济效益。

**关键词:**高浓度有机废水;温室气体;CDM 方法学;减排

**中图分类号:**X703

**文献标识码:**A

### Emission reduction calculation of greenhouse gas in the field of high concentration organic wastewater treatment

WANG Ruo-nan<sup>1,2</sup>, LONG Ya-hui<sup>1</sup>, GAO Ke<sup>1</sup>

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan, 056038, China;

2. Department of Water Environment, IWHR, Beijing 100038, China;)

**Abstract:** In the process of high concentration organic wastewater treatment, there are lots of biogas. As the main component of biogas, CH<sub>4</sub> is not only greenhouse gas, but also a kind of recovery clean energy. Adopting methodology AMS. III. H of CDM, the emission reductions of the project in brewery in Hebei Handan are calculated. The result shows that the emission reductions of this project will reach 55,485 tCO<sub>2</sub>/y. Besides, its capital gains will be 12.5%. So implementing emission reduction technology in the field of high concentration organic wastewater treatment has obvious environmental and economic benefits.

**Key words:** high concentration organic wastewater; greenhouse gas; CDM methodology; emission reduction

现阶段我国正处于工业化水平迅速发展的关键时期,与同处于此时期的其他国家相比,我国的 CO<sub>2</sub> 排放量还处于比较高的水平<sup>[1]</sup>。温室效应会造成极端天气频发、海平面上升、生态系统平衡破坏、农作物产量减少、传染病暴发等多方面的不利影响。据 2002 年的数据显示,我国排放的工业有机废水若采用厌氧工艺处理的话,会获得 106.8 亿立方米的沼气,其中 56% 为 CH<sub>4</sub><sup>[2]</sup>。虽然 CH<sub>4</sub> 在大气中的含量远远低于 CO<sub>2</sub>,但若以 100 年计,CH<sub>4</sub> 引起的温室效应是 CO<sub>2</sub> 的 21 倍<sup>[3]</sup>。据调查显示,我国在 2004 年已有 66.57 亿立方米的沼气

开发利用量,如果按热值当量进行计算的话,其相当于 523 万吨标煤,即 732 万吨原煤<sup>[4]</sup>。所以,在高浓度有机废水处理领域中实施 CDM 项目的温室减排效益是显著的。

### 1 项目介绍

本项目位于河北省邯郸市清源酿酒厂,本厂的酿酒量约为 9 000 t/a。酿酒时会产生大量的高浓度有机废水,其中含有较高浓度的 COD 和 BOD。本厂废水处理系统的设计处理量为 500 m<sup>3</sup>/d。为了避免高浓度有机废水厌氧处理过程中

产生的沼气直接排放进入大气,本厂对沼气进行了回收,并将其用于发电。这样在降低  $\text{CH}_4$  排放量的基础上,避免了  $\text{CH}_4$  本身造成的温室效应,同

时因替代了部分发电能源,也减少了一定的温室气体排放量,使其具有双重 CDM 特性。本项目的工艺流程见图 1。

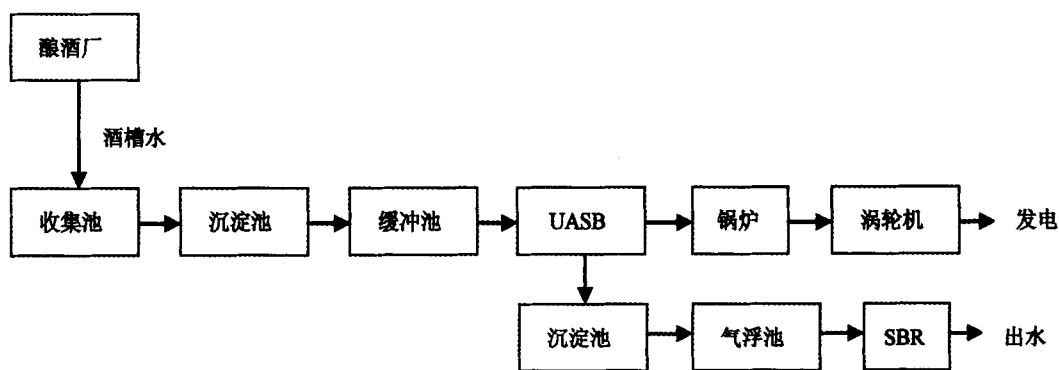


图1 项目工艺流程图

Fig.1 The process flow chart

## 2 减排量计算

CDM 方法学是审查 CDM 项目合格性及估算/计算项目减排量的基础,以期实现议定书设立 CDM 的目标。本项目采用的是 CDM 方法学 AMS. III. H(废水处理中的  $\text{CH}_4$  回收)来计算有机废水处理沼气利用项目的  $\text{CO}_2$  减排量<sup>[5]</sup>。按照方法学<sup>[6]</sup>的描述,本项目  $y$  年份的减排量为:

$$ER_y = BE_y - PE_y - L_y \quad (1)$$

其中: $ER_y$  表示  $y$  年份的项目活动减排量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $BE_y$  表示  $y$  年份的基准线排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $PE_y$  表示  $y$  年份的项目排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $L_y$  表示  $y$  年份的项目泄露排放量 /  $\text{tCO}_2$ 。

### 2.1 $BE_y$ 计算

基准线,是指在没有该 CDM 项目的情况下,为了提供同样的服务,最可能建设的其他项目(即基准线项目)所带来的温室气体排放量,因此它是一种假设的情景。在本项目中,基准线就是不回收废水高浓度有机废水厌氧处理过程中产生的  $\text{CH}_4$ ,而使其全部释放发到大气中。

#### (1) $BE_{y,ww}$ 计算

$$BE_{y,ww} = Q_{w,y} \times COD_y \times MCF \times B_o \times UF_{BL} \times GWP_{\text{CH}_4} \quad (2)$$

其中: $BE_{y,ww}$  表示  $y$  年份废水处理过程中的基准线排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $Q_{w,y}$  表示基准线废水处理过程中所处理的废水量 /  $\text{m}^3$ ;  $COD_y$  表示  $y$  年份基准线废水处理过程中去除的 COD 量 /  $(\text{t}/\text{m}^3)$ ;  $MCF$  表示基准线废水处理过程中的  $\text{CH}_4$  收集因子(取值为 0.8);  $B_o$  表示废水中产生的  $\text{CH}_4$  量(IPCC 对其

默认值为  $0.21 \text{ kg CH}_4/\text{kgCOD}$ );  $UF_{BL}$  表示模型修正因子(取值为 0.94);  $GWP_{\text{CH}_4}$  表示第一承诺期  $\text{CH}_4$  全球变暖潜势批准值(取值为  $21 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{t CH}_4$ )。

#### (2) $BE_{y,grid}$ 计算

$$BE_{y,grid} = E_{y,net} \times EF_y \quad (3)$$

其中: $BE_{y,grid}$  表示  $y$  年份发电过程中的基准线排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $E_{y,net}$  表示本项目  $y$  年份火力发电厂的净发电量 / MWh;  $EF_y$  电网排放因子 /  $(\text{tCO}_2\text{e}/\text{MWh})$ (华北电网 2008 年的  $\text{CO}_2$  排放因子为  $0.9928 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{MWh}$ )。

### 2.2 $PE_y$ 计算

$$PE_y = PE_{\text{power}} + PE_{\text{treated}} + PE_{\text{final}} + PE_{\text{fugitive}} \quad (4)$$

其中: $PE_y$  表示项目排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $PE_{\text{power}}$  表示  $y$  年份产生于电能或者燃料消耗中的排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $PE_{\text{treated}}$  表示  $y$  年份本项目废水处理过程中的  $\text{CH}_4$  排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $PE_{\text{final}}$  表示  $y$  年份污泥厌氧腐烂过程中产生的  $\text{CH}_4$  排放量 /  $\text{tCO}_2$ ;  $PE_{\text{fugitive}}$  表示  $y$  年份在捕集系统中沼气释放的  $\text{CH}_4$  排放量 /  $\text{tCO}_2$ 。

#### (1) $PE_{\text{power}}$ 计算

$$PE_{\text{power}} = E_{y,\text{consumed}} \times EF_y \quad (5)$$

其中: $E_{\text{consumed}}$  表示  $y$  年份本项目所消耗的电量 / MWh。

#### (2) $PE_{\text{treated}}$ 计算

$$PE_{\text{treated}} = Q_{w,y} \times COD_{y,\text{treated}} \times MCF \times B_o \times UF_{BL} \times GWP_{\text{CH}_4} \quad (6)$$

其中: $COD_{y,\text{treated}}$  表示  $y$  年份处理污水的  $\text{O}_2$  需求量 /  $(\text{t}/\text{m}^3)$ 。

(3)  $PE_{final}$  计算

在该 CDM 项目中并未采取厌氧方式降解所产生的污泥,而是通过有氧方式对其处理,所以,  $PE_{final}$  应为零。

(4)  $PE_{fugitive}$  计算

$$PE_{fugitive,y} = PE_{fugitive,ww,y} + PE_{fugitive,s,y} \quad (7)$$

其中:  $PE_{fugitive,ww,y}$  表示 y 年份废水厌氧处理过程中收集和利用 / 燃烧的易散性排放量 / tCO<sub>2</sub>;  $PE_{fugitive,s,y}$  表示 y 年份污泥厌氧处理过程中收集和利用 / 燃烧的易散性排放量 / tCO<sub>2</sub>。在本项目中  $PE_{fugitive,s,y}$  应为零。

$$PE_{fugitive,ww,y} = (1 - CEF_{ww}) \times MEP_{ww,treatment,y} \times GWP_{CH_4} \quad (8)$$

其中:  $CEF_{ww}$  表示在本项目废水处理过程中捕集利用 CH<sub>4</sub> 的效率(默认值为 0.9);  $MEP_{ww,treatment,y}$  表示 y 年份废水处理 CH<sub>4</sub> 回收系统中的 CH<sub>4</sub> 排放潜力 / t。

$$MEP_{ww,treatment,y} = Q_{w,y} \times COD_y \times MCF \times B_o \times UF_{Pj} \quad (9)$$

其中:  $UF_{Pj}$  表示模型修正因子(取值为 1.06)。

2.3  $L_y$  计算

由于在本项目中并不存在泄露排放,因此项目泄露排放量  $L_y$  应为零。

2.4 相关计算数据及计算结果

在计算本项目的活动减排量  $ER_y$  过程中所涉及的数据及参数见表 1, 减排量  $ER_y$  的计算结果见表 2。

表 1 计算过程中涉及的数据及参数

Tab. 1 Data and parameters involved in the calculative process

参数	数值	数据来源
$Q_{w,y}/m^3$	182 500	运行记录
$COD_y/t \cdot m^{-3}$	0.19	保持的记录
$MCF$	0.8	默认值
$E_{y,consumed}/MWh$	572.50	项目可研报告
$COD_{y,treated}/t \cdot m^{-3}$	0.063 0	保持的记录
$CH_4$ 回收量/ $t \cdot y^{-1}$	6 174	计算所得值
$E_{y,net}/MWh \cdot y^{-1}$	7 900	计算所得值

表 2 本项目减排量  $ER_y$  的计算结果

Tab. 2 The result of project emission reductions  $ER_y$

$BE_y / (tCO_2e)$		$PE_y$	$L_y$	$ER_y$
$BE_{y,ww}$	$BE_{y,grid}$	/ $tCO_2e$	/ $tCO_2e$	/ $tCO_2e$
114 993	7 843	51 665	0	55 485

3 结果与分析

预计本项目的总投资额为 3 500 万元,本项目所获得的经济效益主要来自于两个方面:首先,利用高浓度有机废水厌氧处理过程中回收的沼气进行发电,然后出售给电网,带来了一定的资金收入;其次,在 CDM 情况下出售经核准的温室气体减排量,产生了部分额外收入。据调查,本项目的基准收益率约为 7%,若在没有 CDM 的情况下,本项目的内部收益率仅为 2.55%。然而,在 CDM 情况下,如果按照目前国际上每吨 CO<sub>2</sub>e 排放量约为 76 元的定价出售本项目所获得的 55 485 tCO<sub>2</sub>e 排放量,则本项目的收益率约为 12.05%,高于项目的基准收益率。所以,在 CDM 情况下,本项目可以获得较大的经济效益。

4 结束语

高浓度有机废水处理领域开展 CDM 项目,在对废水进行合理处理的基础之上,还实现了可再生资源的有效利用,同时也一定程度上避免了温室效应对环境造成的不利影响,进而促进社会的健康稳定发展;从经济效益上来看,项目所获得的核证减排量收入为我国国内企业创造了一定的资金利益。所以,在中国等发展中国家开发 CDM 项目会产生十分显著的综合效益。

参考文献:

- [1] 刘雯,高慧燕.中国温室气体排放的历史积累和现状分析[J].节能与环保,2009(4):14-15.
- [2] 顾树华.中国沼气资源和开发利用[EB/OL].(2006-8-17)[2013-09-06].http://www.newenergy.org.cn/html/0068/2006817\_11465.html.
- [3] 龙泉.在高浓度有机废水处理中要更加重视沼气回收[J].中国沼气,2006,25(2):43-45.
- [4] 徐森,张金凤,文玲,等.在有机废水处理领域内的 CDM 项目分析[J].环境工程,2008(26):119-121.
- [5] UNFCCC. Indicative simplified based line and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories - III - H: Methane Recovery in Wastewater Treatment [EB/OL].(2010-11-26)[2013-09-06].http://cdm.unfccc.int/DOE/scopes.html#13.
- [6] 中国 21 世纪议程管理中心.清洁发展机制方法学指南[M].北京:社会科学文献出版社,2005.

(责任编辑 王利君)