

CQCMS-006-V01 污水处理中的甲烷回收 (第一版)

一、来源

本方法学参考 UNFCCC EB 的小规模 CDM 项目方法学 AMS-III.H: Methane recovery in wastewater treatment (第 16.0 版), 可在以下的网站查询:
<http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3L0LOJTS6SVZP4NSU>

同时参考了国家发改委备案的温室气体方法学 CMS-076-V01: 废水处理中的甲烷回收, 可以在以下网址查询:

<http://cdm.ccchina.org.cn/archiver/cdmcn/UpFile/Files/Default/20140123134131114089.pdf>

二、技术方法

1. 本方法学可以通过下述一种或几种方式回收污水中的生物有机质产生的沼气:

- (a) 用带有沼气回收和燃烧处理功能的厌氧废水及污泥处理系统替代好氧处理系统;
- (b) 在没有污泥处理装置的污水处理厂安装厌氧污泥处理系统, 对沼气进行回收和燃烧;
- (c) 对污泥处理系统产生的沼气进行回收和燃烧;
- (d) 在厌氧污水处理系统中安装沼气回收和燃烧系统, 厌氧污水处理系统包括厌氧反应器、厌氧塘、化粪池等¹;
- (e) 对未经处理的污水进行厌氧处理 (包括或不包括污泥厌氧处理), 对厌氧处理过程中产生的沼气回收和燃烧;
- (f) 对没有沼气回收系统的厌氧污水处理系统, 进行连贯的沼气回收和燃烧处理 (包括或不包括污泥厌氧处理)。(例如, 对于目前没有甲烷回收设施的污水厌氧塘, 在厌氧反应器中安装沼气回收装置, 作为污水处理的一个连贯步骤。)

三、适用条件

2. 如果基准线系统是厌氧塘, 则应用此方法学需满足以下条件:

- (a) 厌氧塘的深度大于 2m, 没有曝气装置。厌氧塘的深度数据可通过工程设计文件, 直接测量, 或用总体积除以表面积得出。如果厌氧塘的填注深度随季节变化, 可以取最高值和最低值的平均值;
- (b) 一年中至少有一部分时间的月平均环境温度高于 15°C;
- (c) 连续两次的污泥清除时间至少间隔 30 天。

3. 通过以上措施回收的沼气, 除了燃烧/火炬焚烧之外, 还可以有以下用途:

¹其它技术信息可参考 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南-污水处理与排放, 第 6 章, 表 6.3。

- (a) 直接用于电能、热能及机械能²的生产；
 - (b) 将提纯后的沼气装瓶后用于电能、热能及机械能的生产。此种情况下，必须满足附件 1 中的要求；或者，
 - (c) 将沼气进行提纯和分配后，进行电能、热能及机械能的生产。此种情况下，必须满足附件 1 中的要求：
 - ⅰ 提纯沼气，并将其注入没有重大传输限制的天然气配送管网；
 - ⅱ 提纯沼气，并通过专用的管网系统将其输送至终端用户群；或者，
 - ⅲ 提纯沼气，并将其运送（如，利用卡车）至终端用户的分配点。
 - (d) 制氢；
 - (e) 将沼气进行提纯后用作交通运输的燃料。
4. 如果满足第 3 条(a)的项目活动为回收利用沼气，则项目活动的减排量可以按照相应的中国自愿减排方法学进行确定。
 5. 对于满足第 3 条的(b)的项目活动，如果提纯沼气瓶在项目边界外出售，沼气瓶厂商须与终端用户签订合同，来确保沼气的最终用途。在此种情况下，从使用瓶装沼气到使用其他燃料的替代类项目不能申请减排量。然而，如果瓶装沼气在项目边界内被利用，并且在计入期内进行监测，则可以根据相应的方法学（例如 CMS-001-V01 “用户使用的热能，可包括或不包括电能”）申请由于燃料替代而产生的 CO₂ 减排量。
 6. 对于满足第 3 条的(c)(i)的项目活动，如果天然气输配网的地理范围在东道国的边界内，则由于天然气替代而产生减排量的项目活动，适用于此方法学。
 7. 对于满足第 3 条的(c)(ii)的项目活动，可以按照对应的方法学（例如 CMS-001-V01 “用户使用的热能，可包括或不包括电能”）申请由于燃料替代而产生的减排量。
 8. 对于满足第 3 条（b）及(c)(iii)的项目活动，沼气经过提纯后，须考虑其在储存和运输过程中发生的物理泄漏，以及运输沼气所用车辆消耗燃料而导致的排放。也须参照本方法学附件 1 中第 11 条的相关程序。
 9. 对于满足第 3 条的(b)和(c)的项目活动，方法学的使用条件为，沼气中的甲烷成分经过提纯后，如果符合相关的国家规定（如果有），或者如果没有相关国家规定，甲烷成分至少占 96%（按体积计）。

² 例如，（沼气）在引擎等原动机中燃烧，（产生热能，推动）驱动磨床等机器。

10. 如果回收的沼气用于制氢（第 3 条(d)的项目活动），则项目活动的减排量须按照方法学 CMS-078-V01 “利用从沼气中提取的甲烷制氢”进行确定。
11. 对于满足第 3 条(e)的项目活动，其减排量须根据方法学 CMS-030-V01 “在交通运输中引入生物压缩天然气”进行确定。
12. 新建设施（新建项目）和由于更换设备引起的污水/污泥处理系统的装机容量与基准线的装机容量相比有所增加的项目活动，如果符合“小规模方法学通用指南”的要求，则适用于此方法学。另外，上述两类项目还须满足通用指南中关于论证被替代设备剩余寿命的要求。
13. 污水处理厂以及污水源的地理位置须唯一确定，并且须在 PDD 中进行描述。
14. 以上措施的应用只限于以下情况：应用中国自愿减排方法学的项目活动，其产生的所有温室气体年减排量的总和小于或等于 60 kt CO₂e。

四、项目边界

15. 项目边界是指在基准线情景和项目活动情景下，污水处理和污泥处理的物理、地理场所。项目边界包括项目活动所涉及的加工、运输、废品和沼气的处理或利用的所有设施及场所。
16. 项目活动的实施会影响污水/污泥处理系统中的多个环节，其余部分不会被影响。PDD 中须描述处理系统中没有被项目活动影响的部分，即项目活动与基准线情景下运行条件一致的部分（例如污水进水流量、COD 含量、温度、污水停留时间等），这部分产生的排放不被计入基准线情景和项目活动的排放计算中（因为这部分的排在基准线情景和项目活动中是一样的）。对受项目活动影响的系统进行事先评价和识别，并在 PDD 中论证被排除的系统或部分。一些处理系统（厌氧塘、反应器、消化器等）虽然将要安装沼气回收设备，但却保持与基准线情景下相同的运行状况，如相同原料流量、体积（停留时间）以及温度（加热），则可以认为这样的处理系统未受项目活动的影响，即甲烷生产潜力维持不变³。

五、基准线

17. 基准线情景中装有沼气回收设施的污水和污泥处理系统，须从基准线排放计算中排除。
18. 受项目活动影响的系统，其基准线排放包含以下几个组成部分：
 - (i) 由于电力或化石燃料的消耗引起的排放 ($BE_{power,y}$)；
 - (ii) 基准线情景的污水处理系统的甲烷排放 ($BE_{ww,treatment,y}$)；

³ 稳定塘的覆盖和沼气回收设施的安装可以引起厌氧处理系统运行环境的变化（例如温度、COD 去除率等）。这些变化很小，因此在本方法学中不作说明。

- (iii) 基准线情景的污泥处理系统的甲烷排放 ($BE_{s,treatment,y}$) ;
- (iv) 由基准线情景污水处理系统的低效, 以及排入河流/湖泊/海洋中的处理过的污水中含有可降解有机碳而引起的甲烷排放 ($BE_{ww,discharge,y}$) ;
- (v) 基准线处理系统中经处理的污泥的腐烂引起的甲烷排放 ($BE_{s,final,y}$) 。

$$BE_y = \left\{ BE_{power,y} \quad E^{ww,treatment,y} \quad E^{s,treatment,y} \quad E^{ww,discharge,y} \quad E^{s,final,y} \right\} \quad (1)$$

其中,

BE_y 第 y 年的基准线排放 (tCO₂e)

$BE_{power,y}$ 第 y 年由于电力或者化石燃料的消耗引起的基准线排放 (tCO₂e)

$BE_{ww,treatment,y}$ 第 y 年受项目活动影响的污水处理系统的基准线排放(tCO₂e)

$BE_{s,treatment,y}$ 第 y 年受项目活动影响的污泥处理系统的基准线排放(tCO₂e)

$BE_{ww,discharge,y}$ 第 y 年由于排入河流/湖泊/海洋中的处理过的污水中含有可降解有机碳, 从而引起的基准线甲烷排放(tCO₂e)。对于第一条 1 (b)情况, 此数值为 0。

$BE_{s,final,y}$ 第 y 年由于处理后的污泥的厌氧腐烂而产生的基准线甲烷排放(tCO₂e)。如果基准线情景中的污泥为受控燃烧, 或在有沼气回收的垃圾填埋场中进行处理, 或用于土壤施肥, 则须忽略此参数。

19. 由于电力和化石燃料的消耗引起的基准线排放 ($BE_{power,y}$), 应该分别根据“电力消耗导致的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具”和“化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具”中描述的程序进行确定。能源消耗须包括基准线情景中污水处理和污泥处理的所有设备/装置的能源消耗。如果基准线情景中回收的沼气用于辅助的动力设备, 也应考虑此部分排放, 其排放因子取 0。

20. 受项目活动影响的污水处理系统引起的基准线甲烷排放 ($BE_{ww,treatment,y}$), 可按该厂基准线情景的 COD 除污效率计算, 公式如下:

$$BE_{ww,treatment,y} = \sum_i (Q_{ww,i,y} * COD_{inf low,i,y} * \eta_{COD,BL,i} * MCF_{ww,treatment,BL,i}) * B_{o,ww} * UF_{BL} * GWP_{CH4} \quad (2)$$

其中：

- $Q_{ww,i,y}$ 第 y 年基准线情景的污水处理系统 i 处理的污水量 (m^3)。可以用预计的污水处理量或者污水处理设备的设计能力进行事先估计。但事后的减排量计算须由实际监测的污水处理量计算得出。
- $COD_{inf\ low,i,y}$ 第 y 年基准线处理系统 i 污水入水中的化学需氧量 (t/m^3)。如果样本的置信度/精度达到 90/10 的水平，则可以使用样本均值。
- $\eta_{COD,BL,i}$ 基准线处理系统 i 的 COD 去除效率，此参数值根据以下第 26、27 或 28 条描述确定。
- $MCF_{ww,treatment, BL,i}$ 基准线污水处理系统 i 的甲烷修正因子（见表 1）
- i 代表不同的基准线污水处理系统
- $B_{o,ww}$ 污水的甲烷产生能力（取 IPCC 默认值 $0.25\ kg\ CH_4/kg\ COD$ ）⁴
- UF_{BL} 模型不确定性修正因子（ 0.89 ）⁵
- GWP_{CH_4} 甲烷的全球变暖潜势值（取 25）

如果基准线情景与项目活动情景中的（污水）处理系统不相同，那么计入期内进水中 COD 的测量值将用于基准线排放的事后计算。

21. 甲烷修正因子（ MCF ）取值见下表：

表 1. 甲烷修正因子的 IPCC 默认值⁶（ MCF ）

| 污水处理系统、排放途径/系统的类型 | MCF 数值 |
|-------------------|----------|
| 污水排放至海洋、河流或湖泊 | 0.1 |
| 管理有序的好氧处理 | 0.0 |
| 管理不善或超负荷条件下的好氧处理 | 0.3 |
| 污泥进行厌氧消化处理，不回收甲烷 | 0.8 |

⁴ 如果污水的有机物含量是用 $BOD_{5,20}$ 计量的，则项目活动可以采用默认值 $0.6\ kg\ CH_4/kg\ BOD$ 。在这种情况下，计算基准线排放和项目排放时须用 BOD 代替公式中的 COD 。同时，项目活动须直接监测 $BOD_{5,20}$ ，即不允许根据 COD 的监测值估算 BOD 的值。

⁵ 见 FCCC/SBSTA/2003/10/Add.2, 第 25 页。

⁶ 默认值取自 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南-垃圾，第 5 册第 6 章。

| 污水处理系统、排放途径/系统的类型 | MCF 数值 |
|-------------------|--------|
| 进行厌氧反应池处理，不回收甲烷 | 0.8 |
| 浅厌氧塘（深度小于 2 米） | 0.2 |
| 深厌氧塘（深度大于 2 米） | 0.8 |
| 化粪池系统 | 0.5 |

22. 对于受项目活动影响的基准线污泥处理系统，其甲烷排放与污泥处理系统的甲烷生产能力有关，计算公式如下：

$$BE_{treatment,s,y} = \sum_j S_{j,BL,y} * MCF_{s,treatment,BL,j} * DOC_s * UF_{BL} * DOC_F * F * 16 / 12 * GWP_{CH4} \quad (3)$$

其中：

$S_{j,BL,y}$ 在基准线情景中，可能被污泥处理系统 j 处理的污泥中的干物质量（t）。根据污泥产量或污泥处理设备的设计能力进行事前估算。但须根据实际监测的污泥处理量对减排量进行事后计算。

j 代表不同的基准线污泥处理系统

DOC_s 第 y 年可降解有机质在未经处理的污泥中的含量（以比例表示，按干物质计）。若为生活污水，默认值是 0.5，若为工业污泥，默认值是 0.257⁷。

$MCF_{s,treatment,BL,j}$ 基准线污泥处理系统 j 的甲烷修正因子（MCF 取值见表 1）

UF_{BL} 模型不确定性修正因子（取值 0.89）

DOC_F 转化为沼气的可降解有机质的含量（IPCC 默认值是 0.5）

F 沼气中的甲烷含量（IPCC 默认值是 0.5）

如果污泥用于堆肥，基准线排放按照以下公式计算：

$$BE_{s,treatment,y} = \sum_j S_{j,BL,y} * EF_{composting} * GWP_{CH4} \quad (4)$$

其中：

$EF_{composting}$ 堆肥有机质的排放因子（tCH₄/t 垃圾处理量）。

⁷ 生活污水采用 IPCC 默认值为 0.05（按湿泥计算，认为湿泥中干物质含量为 10%）或工业污泥采用 IPCC 默认值为 0.09（按湿泥计算，假设湿泥中干物质含量为 35%），上述默认值已修正为干基值。

排放因子可以使用设备/特定场地的测量值、国家特定值或 IPCC 默认值（2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南-第 5 册-第 4 章-表 4.1。）IPCC 默认值是 0.01 t CH₄/t 处理废物中的干物质量。

23. 如果基准线情景与项目活动情景的污水处理系统不相同，则两种情景中的污泥生产率（污泥量/COD 去除量）可能会存在很大差异。例如，在 COD 去除率相同的条件下，好氧污水处理系统中的污泥产量比厌氧系统中的产量大。因此，在这些情况下，要利用计入期内污泥产量的监测值来估算基准线情景中的污泥产量，计算公式如下：

$$S_{j,BL,y} = S_{l,PJ,y} * \frac{SGR_{BL}}{SGR_{PJ}} \quad (5)$$

其中：

- $S_{l,PJ,y}$ 第 y 年项目活动情景中，经污泥处理系统 l 处理的污泥中干物质的含量（t）。
- SGR_{BL} 基准线情景中污水处理厂的污泥产生率（t 污泥干物质/tCOD 去除量）。参数取值见下面第 26、27 和 28 条。
- SGR_{PJ} 项目活动情景中污水处理厂的污泥生产率（t 污泥干物质/tCOD 去除量）。利用项目活动情景中 COD 去除量（即 $COD_{inflow,i}$ 减去 $COD_{outflow,i}$ ）和污泥产量的监测数值计算得出。

24. 基准线情景中，（例如，排入河流、海洋或湖泊中的）处理过的污水中含有可降解有机碳所造成的甲烷排放，按照以下公式计算：

$$BE_{ww, discharge, y} = Q_{ww, y} * GWP_{CH_4} * B_{o, ww} * UF_{BL} * COD_{ww, discharge, BL, y} * MCF_{ww, BL, discharge} \quad (6)$$

其中：

- $Q_{ww, y}$ 第 y 年经处理的污水的排放量（m³）
- UF_{BL} 模型不确定性修正因子（0.89）
- $COD_{ww, discharge, BL, y}$ 第 y 年基准线情景中排入海洋、河流或湖泊的经处理的污水的化学需氧量（t/m³）。如果基准线情景是将未经处理的污水直接排放，则此处须采用未经处理污水的 COD 值。
- $MCF_{ww, BL, discharge}$ 基准线情景中基于排放途径的污水甲烷修正因子（例如海洋、河流或湖泊）（以百分比表示）（ MCF 取值见表 III.H.1）。

确定 $COD_{ww, discharge, BL, y}$ 时：如果基准线与项目活动的处理系统不相同，则利用计入期内进水的 COD 监测值对基准线排放进行事后计算。将根据以下第 26、27 或 28 条，利用基准线处理系统的去除效率估算出其出水的 COD 值。

25. 处理后的污泥厌氧腐烂引起的甲烷排放可通过下式进行计算：

$$BE_{s,final,y} = S_{final,BL,y} * DOC_s * UF_{BL} * MCF_{s,BL,final} * DOC_F * F * 16 / 12 * GWP_{CH4} \quad (7)$$

其中：

$S_{final,BL,y}$ 基准线情景中，第 y 年污水处理系统处理后的污泥的干物质含量（t）。如果基准线情景与项目活动中的污水处理系统不相同，则按照公式（5），利用基准线情景和项目活动中的污泥产生率对项目活动中经处理的污泥干物质含量的监测数值（ $S_{final,PJ,y}$ ）进行修正，估算出此数值。

$MCF_{s,BL,final}$ 基准线情景中接收处理后的污泥的卸泥场的甲烷修正因子。此因子根据“固体废弃物处理站的排放计算工具”描述的程序进行估算。

UF_{BL} 模型不确定性修正因子（0.89）

26. 利用公式（1）计算基准线排放时，须使用项目活动实施前至少 1 年的历史记录。历史记录须包括但不限于：污水处理系统的 COD 去除率、污泥的干物质含量、每处理 1 m³污水所消耗的电力、去除 1 吨 COD 产生的污泥量，以及计算基准线排放所需的其他参数。

27. 对于已经运行至少 3 年的污水处理厂，如果其中有 1 年的历史数据不可得，则按照以下方式进行计算：

- Ⓐ 利用在确定参数值（COD 去除率、单位能耗、单位污泥产量）时用到的所有可得数据，计算第 y 年的基准线排放；
- Ⓑ 须采用事先监测的方式确定所需的参数值（COD 去除率、单位能耗、单位污泥产量）。基准线情景中的污水处理系统的监测活动须至少进行 10 天。事先监测活动应在一个典型的时段内进行，这个典型时段应该具备典型的系统操作条件和现场环境条件（温度等）。须采用监测值的平均值，而且在考虑不确定性范围取值 30%-50%时，其结果还须乘以 0.89。利用参数的监测值计算第 y 年基准线排放。
- Ⓒ 第 y 年基准线排放取(a)和(b)中的较小值。

28. 对于新建项目和扩建项目，或运行时间不足 3 年的已有项目，采用以下方式计算基准线排放：

- ① 对于运行时间不足 3 年的已有项目，按照第 27 条进行计算；
- ② 对于新建和扩建项目，须采用以下其中一种方式进行计算：
 - Ⓐ 采用（与基准线情景）可比的已有污水处理系统的测量值，即具备相似的环境和工艺条件（例如处理相同类型的废水）。须采用监测值的平均值，而且在考虑到这种方法的不确定性范围取值为 30%-50%

时，其结果还须乘以 0.89。如果测量活动满足以下条件，则可以认为污水处理厂和污水源与基准线处理厂是相似的：

- (i) 两种污水源（所选处理厂和本项目活动所处理的污水）的类型相同，例如都是生活污水或都是工业废水；
- (ii) 所选处理厂和基准线处理厂采用相同的处理技术（例如厌氧塘或活性污泥），在生物处理和物理处理系统中流体存留时间的差异不超过 20%；以及，
- (iii) 对于处理工业废水的项目活动，所选处理厂和基准线处理厂应利用相同的原料，生产相同的最终产品，并且应用相同的工业技术。或者，满足以下要求的不同种类的工业废水，也可以被认为是相似的：
 - COD/BOD（与可生物降解的有机质比例有关）的差异不超过 20%；和
 - COD 总量/可溶性 COD（与悬浮有机质的比例，即污泥生成能力有关）的差异不超过 20%。

④ 采用同种技术的新建污水处理厂的制造商/设计者提供的经论证是保守的参数值。例如，在同一国家/区域内，最近 5 年安装的、处理同种类型污水的处理厂中，排名位居前 20%的每去除 1 吨 COD 的排放率最低的处理厂的平均值。

六、项目排放

29. 受项目活动影响的系统产生的项目活动排放有：

- ① 项目设施消耗电力和燃料引起的 CO₂ 排放（ $PE_{power,y}$ ）；
- ① 在项目活动情景中，受项目活动影响的、没有进行沼气回收的污水处理系统产生的甲烷排放（ $PE_{ww,treatment,y}$ ）；
- ① 在项目活动情景中，受项目活动影响的、没有进行沼气回收的污泥处理系统产生的甲烷排放（ $PE_{s,treatment,y}$ ）；
- ① 由于项目活动污水处理系统低效率及被处理的污水中存在可降解有机碳而产生的甲烷排放（ $PE_{ww,discharge,y}$ ）；
- ① 项目活动的处理系统生成的污泥腐烂而引起的甲烷排放（ $PE_{s,final,y}$ ）；
- ① 由于收集系统低效率而产生的甲烷逸散性排放（ $PE_{fugitive,y}$ ）；

① 由于不完全燃烧产生的甲烷排放 ($PE_{flaring,y}$) ;

② 厌氧环境下储存生物质 (在基准线情景中不会发生) 引起的甲烷排放 ($PE_{biomass,y}$)⁸。

$$PE_y = \left\{ \left[PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{s,treatment,y} + PE_{ww,discharge,y} + PE_{s,final,y} \right] + PE_{fugitive,y} + PE_{biomass,y} + PE_{flaring,y} \right\} \quad (8)$$

其中:

PE_y 第 y 年项目活动排放 (tCO₂e)。

$PE_{power,y}$ 第 y 年由于电力或燃料消耗产生的排放 (tCO₂e)。此种情况下,须按照第 19 条,利用项目活动中污水处理系统、污泥处置系统、甲烷回收系统、甲烷燃烧/有偿使用系统的所有设备/装置的能源消耗数据来计算项目情景中的排放。

$PE_{ww,treatment,y}$ 第 y 年受项目活动影响的、没有进行沼气回收的污水处理系统产生的甲烷排放 (tCO₂e)。按照第 20 条中的公式(2),利用不确定因子 1.12、项目情景中的适用参数 ($MCF_{ww,treatment,PJ,k}$ 和 $\eta_{PJ,k,y}$) 以及改变了定义的以下参数计算甲烷排放:

$MCF_{ww,treatment,PJ,k}$ 项目污水处理系统 k 的甲烷修正因子 (MCF 根据表 III.H.1 取值)

$\eta_{PJ,k}$ 第 y 年项目污水处理系统 k 的 COD 去除效率 (t/m³)。监测系统 k 的进水 COD 值和出水 COD 值。

$PE_{s,treatment,y}$ 第 y 年受项目活动影响的、没有进行沼气回收的污泥处理系统产生的甲烷排放 (tCO₂e)。按照第 22 条中的公式(3)和(4),利用不确定因子 1.12、项目情景中的适用参数 ($S_{l,PJ,y}$, $MCF_{s,treatment,l}$) 以及改变了定义的以下参数计算甲烷排放:

$S_{l,PJ,y}$ 项目情景中,第 y 年经污泥处理系统 l 处理过的污泥中的干物质含量 (t)。

⁸ 例如基准线情景为使用棕榈壳作为锅炉燃料。在项目活动情景中,用污水处理系统收集的沼气代替棕榈壳。棕榈壳将不再用作锅炉燃料,而是出售到市场上。在出售之前,棕榈壳很可能在现场被存储一段时间(几个月或更久),这种情况会因为厌氧腐烂而产生甲烷排放。

| | |
|---------------------------|--|
| $MCF_{s,treatment,l}$ | 项目污泥处理系统 <i>l</i> 的甲烷修正因子 (<i>MCF</i> 根据表 III.H.1 取值) |
| $PE_{ww,discharge,y}$ | 第 <i>y</i> 年处理过的污水中含有的可降解有机碳产生的甲烷排放 (tCO _{2e})。按照第 24 条中的公式(6), 利用不确定因子 1.12、项目情景中的适用参数 ($COD_{ww,discharge,PJ,y}$, $MCF_{ww,PJ,discharge}$) 以及改变了定义的以下参数计算甲烷排放: |
| $COD_{ww,discharge,PJ,y}$ | 项目活动情景中, 第 <i>y</i> 年排入海洋、河流或湖泊的处理过的污水的化学需氧量 (t/m ³) |
| $MCF_{ww,PJ,discharge}$ | 项目活动情景中, 基于污水排放途径 (例如排入海洋、河流或湖泊) 的甲烷修正因子 (<i>MCF</i> 根据表 III.H.1 取值) |
| $PE_{s,final,y}$ | 第 <i>y</i> 年处理后的污泥厌氧腐烂产生的甲烷排放 (tCO _{2e})。按照第 25 条中的公式(7), 利用不确定因子 1.12 和项目情景中的适用参数 ($MCF_{s,PJ,final}$, $S_{final,PJ,y}$) 计算甲烷排放。在项目活动中, 如果污泥被受控燃烧, 或在进行甲烷回收的垃圾填埋场进行填埋, 或用作好氧条件下的土壤肥料, 则须忽略此参数; 而污泥处理和/或利用和/或最终处置的量、以及改变了定义的以下参数须在计入期内进行监测: |
| $MCF_{s,PJ,final}$ | 项目活动情景中接收终端污泥的卸泥场的甲烷修正因子。根据“固体废弃物处理站的排放计算工具” 描述的程序进行估算。 |
| $S_{final,PJ,y}$ | 第 <i>y</i> 年项目污水处理系统中终端污泥的干物质含量 (t) |
| $PE_{fugitive,y}$ | 第 <i>y</i> 年收集系统中沼气逸散而产生的甲烷排放 (tCO _{2e}), 按照第 30 条进行计算。 |
| $PE_{flaring,y}$ | 第 <i>y</i> 年由于火炬不充分燃烧引起的甲烷排放 (tCO _{2e})。可以利用污水和/或污泥处理的基准线排放 (即公式(2)和/或(3)) 进行事先估算, 不考虑 CH ₄ 的全球变暖潜势值。但减排量的事后计算须按照“火炬燃烧导致的项目排放计算工具” 的规定, 采用实际监测的数据计算得出。 |
| $PE_{biomass,y}$ | 厌氧条件下储存生物质引起的甲烷排放。如果厌氧条件下生物质的储存只发生在项目活动中, 而在基准线情景中不会发生, 则须考虑生物质厌氧腐烂产生的甲烷排放。并且, 按照“固体废弃物处理站的排放计算工具” 描述的程序计算 (tCO _{2e})。 |

30. 收集系统的甲烷逸散而产生的项目活动排放按照以下方式确定:

(a) 根据污水和/或污泥的甲烷排放潜势进行计算：

$$PE_{fugitive,y} = PE_{fugitive,ww,y} + E_{fugitive,s,y} \quad (9)$$

其中：

$PE_{fugitive,ww,y}$ 第 y 年由于厌氧污水处理系统的低收集效率而产生的逸散性排放 (tCO₂e)

$PE_{fugitive,s,y}$ 第 y 年由于厌氧污泥处理系统的低收集效率而产生的逸散性排放 (tCO₂e)

$$PE_{fugitive,ww,y} = (1 - CFE_{ww}) * MEP_{ww,treatment,y} * GWP_{CH4} \quad (10)$$

其中：

CFE_{ww} 污水处理系统中沼气回收设施的收集效率 (采用默认值 0.9)

$MEP_{ww,treatment,y}$ 第 y 年安装沼气回收设施的污水处理系统的甲烷排放潜势 (t)

$$MEP_{ww,treatment,y} = Q_{ww,y} * B_{o,ww} * UF_{PJ} * \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} * MCF_{ww,treatment,PJ,k} \quad (11)$$

其中：

$COD_{removed,PJ,k,y}$ 第 y 年进行沼气回收的项目活动处理系统 k 的 COD 去除量⁹

$MCF_{ww,treatment,PJ,k}$ 进行沼气回收的项目污水处理系统 k 的甲烷修正因子 (按照表 III.H.1 对 MCF 进行取值)。

UF_{PJ} 模型不确定性修正因子 (1.12)

$$PE_{fugitive,s,y} = (1 - CFE_s) * MEP_{s,treatment,y} * GWP_{CH4} \quad (12)$$

其中：

CFE_s 污泥处理系统中沼气回收设施的收集效率 (采用默认值 0.9)

$MEP_{s,treatment,y}$ 第 y 年安装沼气回收设备的污泥处理系统的甲烷排放潜势 (t)

$$MEP_{s,treatment,y} = \sum_l (S_{l,PJ,y} * MCF_{s,treatment,PJ,l}) * DOC_s * UF_{PJ} * DOC_F * F * 16/12 \quad (13)$$

⁹ 进水COD 值与出水COD 值的差值

其中：

$S_{l,PJ,y}$ 第 y 年安装沼气回收设备的项目污泥处理系统 l 处置的污泥量（按干物质计）（t）

$MCF_{s,treatment,PJ,l}$ 安装沼气回收设备的项目污泥处理系统的甲烷修正因子（ MCF 按照表 III.H.1 取值）

UF_{PJ} 模型不确定性修正因子（1.12）

(b) 每产生 1m^3 沼气所造成的泄漏的默认值 0.05m^3 ，可用作采用公式 (9)-(13) 进行计算的替代方法。

七、泄漏

31. 如果项目活动使用的设备来自另一个项目活动，则应考虑和估算由另一个项目活动产生的泄漏（ LE_y ）。

八、减排量

32. 对于第 1 条列出的所有情景，即从 1 (a)到 1 (f)，它们的项目活动的减排量均须在 PDD 中采用上述基准线、项目、泄漏排放的公式进行事先估算。

$$ER_{y,ex\ ante} = BE_{y,ex\ ante} - \left(PE_{y,ex\ ante} E_{y,ex\ ante} \right) \quad (14)$$

其中：

$ER_{y,ex\ ante}$ 第 y 年事先估算的减排量（ tCO_2e ）

$LE_{y,ex\ ante}$ 第 y 年事先估算的泄漏排放量（ tCO_2e ）

$PE_{y,ex\ ante}$ 第 y 年事先估算的项目排放量（见第 29 条）（ tCO_2e ）

$BE_{y,ex\ ante}$ 第 y 年事先估算的基准线排放量（见第 18 条）（ tCO_2e ）

33 对于第 1 条(a)和 (e)两种情况，须根据第 36 条对减排量进行事后计算。对于第 1 条的 1 (b)、1 (c)、1 (d) 和 1 (f)的情况，根据第 34 条所述，减排量的事后计算值须是以下几种情况中的最小值：

(i) . 在计入期内，事后监测的用于回收、用作燃料或进行火炬焚烧的沼气的量（ MD_y ）；

(ii) . 基于项目活动实际监测数据而事后计算出的基准线、项目和泄漏排放。

34 对于第 1 条的 1 (b)、1 (c)、1 (d)和 1 (f)的情况，相对于 基准线情景，项目活动的污水和污泥处理系统可能具有更高的甲烷转换因子（ MCF ）或更高的效率。因此，项目活动的减排量限于基准线排放量（事后计算）减去项目活动

排放量（利用实际监测数据计算得出）。任一年的减排量取下面两个值中的较小值：

$$ER_{y,ex\ post} = \min((BE_{y,ex\ post} - PE_{y,ex\ post} - LE_{y,ex\ post}), (MD_y - E_{power,y} - PE_{bio} - E_{mass,y} - E_{y,ex\ post})) \quad (15)$$

其中：

- $ER_{y,ex\ post}$ 第 y 年基于实际监测数据的项目活动减排量（tCO_{2e}）
- $BE_{y,ex\ post}$ 根据第 18 条要求，利用事后监测数据计算得出的基准线排放量。
- $PE_{y,ex\ post}$ 根据第 29 条要求，利用事后监测数据计算得出的项目活动排放量。
- MD_y 第 y 年项目活动收集的、销毁的/有偿使用的甲烷（tCO_{2e}）。

35. 若甲烷被火炬焚烧/燃烧，通过燃烧条件测量 MD_y ：

$$MD_y = BG_{burnt,y} * w_{CH4,y} * D_{CH4} * FE * GWP_{CH4} \quad (16)$$

其中：

- $BG_{burnt,y}$ 第 y 年火炬焚烧/燃烧的沼气量¹⁰（m³）
- $w_{CH4,y}$ 第 y 年沼气中的甲烷含量（以体积比表示）
- D_{CH4} 第 y 年沼气在一定的温度和压力下的甲烷密度（t/m³）
- FE 第 y 年的火炬焚烧效率（百分比）。如果沼气的燃烧是用于获利，例如用作引擎燃料，则效率值可以采用 100%。

36. 对于第 1 条列举的情况，如：

- a) 用安装沼气回收和燃烧设备的厌氧系统替代好氧污水或污泥处理系统；和
- b) 对未经处理的污水进行污水厌氧处理，并燃烧回收的沼气。

项目活动的减排量（事后计算）是基准线排放减去项目排放和泄漏的总和。

$$ER_y = BE_{y,ex\ post} - (PE_{y,ex\ post} + E_{y,ex\ post}) \quad (17)$$

电力和燃料消耗、未处理和处理过的污水的 COD 含量、被替代设施的污泥产量等参数值的历史记录将用于基准线排放计算。

¹⁰沼气和甲烷含量的测量应该基于同一基础（湿基或干基）。

对于本条的(a)情况，如果污水进水和出水的体积流量、污水特性（例如 COD）在项目情景与基准线情景中均相同（即项目活动和基准线情景的污水处理系统具有相同的 COD 去除率），则项目活动的减排量主要来自于基准线情景中高于项目活动的能源消耗和污泥产量。在这种情况下，项目活动减排量是利用被替代设施的能源消耗历史数据减去新建系统的能源消耗记录，再加上污泥处理和/或处置部分的减排量得出。同时，在减排量计算过程中，须考虑项目活动的逸散性排放和不完全燃烧引起的排放（ $PE_{fugitive,y}$, $PE_{flaring,y}$ ）。但是，如果污水出水和污泥引起的排放（ $PE_{ww,discharge,y}$, $PE_{s,final,y}$ ）在基准线情景和项目活动中相等，则这部分项目排放可以忽略不计。

九、监测

37. 须对下表 2 中列出的相关参数进行监测。“小规模方法学通用指南”中的适用要求（例如校准要求、抽样要求）也是以下监测指南的主要组成部分，项目参与方须进行参考。

表 2. 计入期内监测的参数

| 序号 | 参数 | 描述 | 单位 | 测量/记录频率 | 测量方法和程序 |
|----|---|----------------------------|----------------------|--|--------------------------------|
| 1 | $Q_{ww,i,y}$ | 污水流量 | m ³ /月 | 连续监测（至少每小时测量一次。如果不能实现每小时测量一次，其置信度/精度须达到 90/10 的水平） | 利用流量计测量 |
| 2 | $COD_{ww,untreated,y}$, $COD_{ww,treated,y}$, $COD_{ww,discharge,PJ,y}$ | 受项目活动影响的污水处理系统处理前后污水的化学需氧量 | t COD/m ³ | 样本和测量须保证置信度/精度达到 90/10 的水平。 | 根据国家或国际标准测量COD。通过典型抽样对COD进行测量。 |

| 序号 | 参数 | 描述 | 单位 | 测量/记录频率 | 测量方法和程序 |
|----|------------------------------|-----------|----|---|--|
| 3 | $S_{l,PJ,y}, S_{final,PJ,y}$ | 污泥中的干物质含量 | t | 对污泥总量进行连续或分批次测量；对污泥的含水量进行典型抽样测量，保证置信度/精度达到90/10的水平。 | <p>测量污泥总量（以湿泥计）。利用体积（m^3）和密度的乘积或直接称重的方式得出污泥总量（以湿泥计）。通过典型抽样确定污泥中的含水量，进而计算出以干物质计的污泥总量。</p> <p>如果污泥被受控燃烧、或在进行甲烷回收的垃圾填埋场进行填埋、或用于土壤施肥，则可忽略终端污泥厌氧腐烂引起的甲烷排放。在这种情况下，须在计入期内对终端污泥的最终利用进行监测。</p> <p>如果基准线排放包括由于终端污泥在不进行甲烷回收的垃圾填埋场因厌氧腐烂而引起的排放，则须明确定义基准线卸泥场，并须经国家主管部门备案的审定/核证机构核实。</p> |

| 序号 | 参数 | 描述 | 单位 | 测量/记录频率 | 测量方法和程序 |
|----|----------------|-----------------|-------------|---|--|
| 4 | $BG_{burnt,y}$ | 第 y 年沼气量 | m^3 | 连续监测（至少每小时测量一次。如果不能实现每小时测量一次，其置信度/精度须达到 90/10 的水平）。 | 不管在任何情况下，回收的、用作燃料的、火炬焚烧的或用作其他用途（例如注入天然气配送网或通过专用的管道系统进行分配）的沼气量，须使用连续型流量计进行事后监测。如果燃烧的沼气和用作燃料（或其他用途）的沼气是分别进行监测的，则这两部分之和即为回收的沼气总量，不需在分离之前对沼气总量进行监测。甲烷含量的监测点须靠近沼气流量监测点。 |
| 5 | $w_{CH_4,y}$ | 第 y 年沼气中的甲烷含量 | % | | 应该使用连续型分析仪对沼气中的甲烷含量进行监测，或者，也可采用置信度/精度达到 90/10 水平的定期监测。选用的设备须能够直接测量出沼气中的甲烷含量-基于其他成分（例如 CO_2 ）的测量值估算出甲烷含量的方式是不允许的。甲烷含量的监测点须靠近沼气流量监测点。 |
| 6 | T | 沼气温度 | $^{\circ}C$ | 须同时监测沼气中的甲烷含量（ $w_{CH_4,y}$ ）及沼气温度 | 沼气温度用来确定被燃烧甲烷的密度。如果选用的沼气流量计具备同时监测流量、压力、温度以及显示或输出沼气规范化流量的功能，则不需再对沼气的温度和压力进行分别监测。 |
| 7 | P | 沼气压力 | Pa | 须同时监测沼气中的甲烷含量（ $w_{CH_4,y}$ ）及沼气压力 | 沼气压力用来确定被燃烧甲烷的密度。如果选用的沼气流量计同时具备监测流量、压力、温度以及显示或输出沼气规范化流量的功能，则不需再对沼气的温度 |

| 序号 | 参数 | 描述 | 单位 | 测量/记录频率 | 测量方法和程序 |
|----|-----------|--|--------------------|---------|--|
| | | | | | 和压力进行分别监测。 |
| 8 | <i>FE</i> | 火炬焚烧效率 | % | | 根据“火炬燃烧导致的项目排放计算工具”的要求确定。为保证最佳的火炬焚烧效果，须进行定期维护。 |
| 9 | | 第 <i>y</i> 年电力和/或燃料消耗的相关参数 | | | 根据“电力消耗导致的基准线、项目和/或泄漏排放计算工具”和/或“化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具”的程序进行确定。或者，作为替代的方法，须假设所有相关的电力设施全年 8,760 小时都处在满额定功率下运行，再加上 10%的线损。 |
| 10 | | 厌氧环境下储存生物质（在基准线情景中不会发生）引起甲烷排放（ $PE_{biomass,y}$ ）的相关参数 | tCO ₂ e | | 根据“固体废弃物处理站的排放计算工具”的要求确定参数。 |

附件 1

沼气提纯和配送规定

项目边界

- 1 对于满足第 3 条 (b)和(c)¹¹情况的项目活动，如果项目活动包括沼气装瓶，则项目边界包括沼气提纯及加压设备、将沼气从污水处理厂配送至终端用户的专用管道系统/天然气输气网，以及所有与之直接相连的设备和装置。

基准线

- 2 对于满足第3条(c)和(i)情况的项目活动，提纯后的沼气注入（天然气配送网）造成的的基准线排放（ $BE_{injection,y}$ ）按照以下公式计算：

$$BE_{injection,y} = E_{ug,y} * CEF_{NG} \quad (1)$$

其中：

$BE_{injection,y}$ 第 y 年提纯后的沼气注入天然气输配网造成的的基准线排放（tCO₂e）

$E_{ug,y}$ 第 y 年项目活动中提纯后的沼气提供给天然气输配网的能量（TJ）

CEF_{NG} 天然气的二氧化碳排放因子（tCO₂e/TJ）；（如果可得，可以使用准确的、可靠的当地或国家数据。否则，须使用 IPCC 默认值。）

- 3 第y年项目活动中提纯后的沼气提供给天然气输配网的能量按照以下公式计算：

$$E_{ug,y} = Q_{ug,y} * NCV_{ug,y} \quad (2)$$

其中：

$Q_{ug,y}$ 第 y 年用于替代天然气输配网中的天然气的、提纯后的沼气体积（kg 或 m³）

$NCV_{ug,y}$ 第 y 年提纯后的沼气的净热值（TJ/kg 或 TJ/m³）

- 4 第y年用于替代天然气输配网中天然气提纯后的沼气体积按照以下公式进行计算：

¹¹这里引用了方法学“技术方法”部分，包括输送之前将沼气提纯至天然气的质量水平以用作燃料或装瓶或输入到天然气输气系统。此附件中合格的沼气提纯措施包括：（1）变压吸附；（2）包含/不包含水循环的吸附技术；（3）水吸附技术，包括或不包括水的再循环（包括/不包括从排放的污水中回收甲烷）。请参考方法学 CM-017-V01 “在天然气输配网中注入生物甲烷” 01.1 版的附件 1 中的有关描述，了解上述技术的详细信息。项目业主可以提交包含更多技术选择的修改申请。

$$Q_{ug,y} = \min(Q_{ug,in,y}, Q_{cap,CH4,y}) \quad \text{⑥}$$

$Q_{ug,in,y}$ 第 y 年注入天然气配送网的提纯后的沼气量 (kg 或 m^3)

$Q_{cap,CH4,y}$ 第 y 年污水处理源设备收集的甲烷量 (kg 或 m^3)

5 第 y 年污水处理源设备收集的甲烷量按照以下公式计算:

$$Q_{cap,CH4,y} = w_{CH4,ww} * Q_{cap,biogas,y} \quad \text{④}$$

其中:

$w_{CH4,ww}$ 在污水处理源设备出口处监测到的沼气中的甲烷含量 (以分数表示, kg 或 m^3 甲烷/kg 或 m^3 沼气)

$Q_{cap,biogas,y}$ 第 y 年源设备收集的沼气的监测值。

项目活动排放

6 对于满足第 3 条的 3 (b)和 3 (c)情况的项目活动, 须包括以下有关沼气提纯和压缩的项目排放:

- Ⅰ 由于提纯设备消耗电力和燃料而引起的 CO_2 排放 (tCO_{2e});
- Ⅱ 由于提纯设备的污水排放而引起的甲烷排放 (tCO_{2e});
- Ⅲ 由于压缩设备泄漏而导致的甲烷逸散性排放 (tCO_{2e});
- Ⅳ 由于提纯设备的排空气体而引起的排放 (tCO_{2e})。

$$PE_{process,y} = PE_{power,upgrade,y} + PE_{ww,upgrade,y} + PE_{CH4,equip,y} + PE_{ventgas,y} \quad \text{⑥}$$

其中:

$PE_{process,y}$ 第 y 年由于沼气提纯和压缩引起的项目排放 (tCO_{2e})

$PE_{power,upgrade,y}$ 由于提纯设备消耗电力和燃料而引起的 CO_2 排放 (tCO_{2e})。按照方法学 CMS-076-V01 第 19 条进行计算。

$PE_{ww,upgrade,y}$ 第 y 年由于提纯设备排出的污水中含有甲烷而引起的排放 (tCO_{2e})

$PE_{CH4,equip,y}$ 第 y 年由于压缩设备泄漏而产生的排放 (tCO_{2e})

$PE_{ventgas,y}$ 第 y 年由于提纯设备残留的排空气体而引起的排放 (tCO_{2e})

7 由于提纯设备排出的污水中含有甲烷而引起的项目活动排放按照以下公式计算:

$$PE_{ww,upgrade,y} = Q_{ww,upgrade,y} * [CH_4]_{ww,upgrade,y} * GWP_{CH4} \quad \text{⑥}$$

其中：

$Q_{ww,upgrade,y}$ 第 y 年提纯设备排出的污水量

$[CH_4]_{ww,upgrade,y}$ 第 y 年排出污水中包含的溶解甲烷

8 由于压缩设备泄漏而产生的项目活动排放按照以下公式计算：

$$PE_{CH_4,equip,y} = GWP_{CH_4} * \left(\frac{1}{1000}\right) * \sum_{equipment} w_{CH_4,stream,y} * EF_{equipment} * T_{equipment,y} \quad 0$$

其中：

$w_{CH_4,stream,y}$ 第 y 年沼气中甲烷的平均重量比 (kg-CH₄/kg)

$T_{equipment,y}$ 第 y 年设备的运行小时数（如果缺乏详细信息，为保守起见，可以假设设备连续使用）

$EF_{equipment}$ 压缩技术的泄漏率（用于计算逸散性排放），参考设备供应商提供的压缩设备的技术说明书，以 kg/小时/台压缩设备表示。如果技术提供商不能提供默认值，则须通过以下途径确定泄漏率。

某些项目在沼气回收和处理过程中发生的甲烷逸散排放可能很少，但是应按照保守的方式进行估算。排放因子可以选用美国环保署 1995 年公布的设备泄漏排放估算草案中的数值¹²。

排放量应包括与沼气提纯相关的所有活动和设备引起的排放（例如阀门、泵密封垫、连接器、法兰、压缩机末端的（自动）开启部分等）。

需要获得的数据如下：

- (1) 设备每种部件的数量（阀门、连接器等）；
- (2) 污水的甲烷浓度；
- (3) 设备中每个部件的使用寿命。

美国环保署的计算方法是基于污水中全部有机化合物（TOC）的平均排放因子，该草案已被修改为用于估算甲烷排放量。需对每一个设备的甲烷排放进行单独计算，通过甲烷浓度乘以合适的排放因子计算得出，见下表 3：

表 3. 设备的甲烷排放因子¹³

| 设备类型 | 甲烷排放因子 (kg/小时/气体源) |
|------|--------------------|
|------|--------------------|

¹² 请参考文件 US EPA-453/R-95-017: <<http://www.epa.gov/ttn/chief/efdocs/equiplks.pdf>>, 文件自 2007 年 10 月 23 日开始使用。

¹³ 请参考文件 US EPA-453/R-95-017 中第 2-15 页的表 2.4, 文件自 2007 年 10 月 23 日开始使用。

| | |
|--------------------|----------|
| 阀门 | 4.5E-0.3 |
| 泵密封垫 | 2.4E-0.3 |
| 其他类型 ¹⁴ | 8.8E-0.3 |
| 连接器 | 2.0E-0.4 |
| 法兰 | 3.9E-0.4 |
| 压缩机末端的（自动）开启部分 | 2.0E-0.3 |

9 如果提纯设备残留的排空气体 ($PE_{vent\ gas,y}$) 被导入储存袋中, 则不需考虑其引起的项目活动排放。如果对排空气体进行火炬焚烧, 则由于气体不完全或不充分燃烧引起的排放将按照“火炬燃烧导致的项目排放计算工具”进行计算。如下式:

$$PE_{vent\ gas,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} * (1 - \eta_{flare,h}) * \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (8)$$

其中:

$TM_{RG,h}$ 第 h 小时残余气体中甲烷的质量流率 (kg/h)

$\eta_{flare,h}$ 第 h 小时的火炬焚烧效率

如果排空气体不被火炬焚烧, 将使用“火炬燃烧导致的项目排放计算工具”进行计算, 不需考虑火炬焚烧效率的测量和计算, 假设其为 0。在这种情况下, 排空气体的排放按照以下公式计算:

$$PE_{y, vent\ gas} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (9)$$

作为替代方法, 如果排空气体直接排放到大气中, 可基于残留在提纯设备的排空气体的体积、压力和温度, 保守计算排空气体的质量。用排空气体质量乘以排空频率, 假设排空气体为纯甲烷, (得出排空气中甲烷的总质量)。

提纯设备由于维护、修理或紧急事件而停机时会产生排放。可利用以上方案中任一种方案计算由于火炬焚烧或或气体排空而产生的排放。

10. 对于满足第 3 条 (c) 中(ii)情况的项目活动, 即由于在专用管道系统中发生提纯沼气的物理泄漏而产生的排放 ($PE_{leakage,pipeline,y}$), 应该按照以下公式进行计算:

¹⁴ “其他类型”设备的排放因子来自于压缩机、隔膜、排水管、转储臂、舱口、仪器、仪表、卸压阀、光杆、安全阀和通风管。上述“其他类型”设备包括除连接器、法兰、压缩机末端的（自动）开启部分、泵和阀门以外的其他所有设备类型。

$$PE_{leakage, pipeline, y} = Q_{methane, pipeline, y} * LR_{pipeline} * GWP_{CH4} \quad (10)$$

其中：

- $PE_{leakage, pipeline, y}$ 第 y 年由于专用管道系统中物理泄漏而产生的排放（tCO₂e）
- $Q_{methane, pipeline, y}$ 第 y 年专用管道系统输送的甲烷总量（m³）
- $LR_{pipeline}$ 专用管道系统的物理泄漏率（如果不能识别出项目本身特定的泄漏率，则使用实际销售中的保守默认值 0.0125 Gg/10⁶m³ 进行计算¹⁵）。

泄漏排放

11 若项目活动满足第 3 条中的(b)情况，并且瓶装沼气的使用者不在项目边界之内，则须包括并计算以下两种泄漏排放：

- (a) 在储存、运输直到最终使用的过程中，沼气从瓶中泄漏出来导致的排放（tCO₂e）；
- (b) 沼气瓶运输过程（将沼气瓶运输至终端用户、空瓶返回灌装场所）消耗化石燃料引起的排放；（tCO₂e）。

$$LE_{bottling, y} = LE_{leakage, bb, y} + LE_{trans, y} \quad (11)$$

其中：

- $LE_{bottling, y}$ 第 y 年包含瓶装沼气的项目活动的泄漏排放（tCO₂e）
- $LE_{leakage, bb, y}$ 第 y 年由于沼气瓶的物理泄漏而产生的排放（tCO₂e）
- $LE_{trans, y}$ 第 y 年沼气瓶运输过程（将沼气瓶运输至终端用户、空瓶返回灌装场所）由于消耗化石燃料而引起的排放；

12. 按照以下公式计算由于沼气瓶的物理泄漏而产生的排放：

$$LE_{leakage, bb, y} = Q_{methane, bb, y} * LR_{bb} * GWP_{CH4} \quad (12)$$

其中：

- $Q_{methane, bb, y}$ 第 y 年瓶装甲烷的总量（m³）

¹⁵2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南-第 2 册-第 4 章，表 4.2.5 中提供了发展中国家天然气作业产生的逸散性排放的默认值。将天然气分配至终端用户过程发生的逸散性排放，其实际销售中的泄漏率范围是 1.1 *10⁻³ 至 2.5 *10⁻³ Gg/10⁶m³。参数值的不确定性范围是-20%至 500%，故须采用实际销售中的保守值 2.5*10⁻³* 500% = 0.0125 Gg/10⁶m³。

LR_{bb} 沼气瓶的物理泄漏率（如果不能识别出项目本身特定的泄漏率，则须使用默认值 1.25%）¹⁶。

13. 沼气瓶运输过程（将沼气瓶运输至终端用户、空瓶返回灌装场所）由于消耗化石燃料而产生的泄漏排放按照下式进行计算。如果一些终端用户的所在地无法确定，为保守起见，须按运输距离假设为 250 km 所产生的排放计算。

$$PE_{trans,y} = \left\{ \left| \frac{Q_{bb,y}}{CT_{bb,y}} \right| \right\} * DAF_{hh} * EF_{CO_2} \quad (13)$$

其中：

$Q_{bb,y}$ 第 y 年瓶装沼气的货运总量（ m^3 ）

$CT_{bb,y}$ 卡车运送瓶装沼气的平均货运能力（ $m^3/truck$ ）

DAF_{bb} 沼气瓶运输的平均距离总和（将沼气瓶运输至终端用户及空瓶返回灌装场所的距离）（ $km/卡车$ ）

EF_{CO_2} 运输过程消耗的化石燃料对应的的 CO_2 排放因子（ tCO_2/km ）

监测

14. 项目业主须保持沼气（或甲烷）平衡：

- (a) 连续测量污水处理系统收集的沼气体量；
- (b) 连续测量项目活动中不同用途的沼气使用量：例如，供热、发电、火炬焚烧、制氢、注入天然气配送网等。由于物理泄漏导致的损耗需从减排量中扣除。

15. 对于满足第3条中(c)情况的项目活动，须使用合格设备连续监测以下参数：沼气流流量、温度、压力及注入天然气配送网/通过专用管道系统进行输送的沼气中的甲烷浓度。净热值须使用在线热值计量仪进行直接测量；或基于甲烷的净热值和测量得到的甲烷含量计算得出。其测量须基于质量或体积，项目参与方须保证注入沼气流量和净热值的测量单位是一致的。注入配送网或运输的沼气中的甲烷含量应该符合国家规定。如果没有相关的国家规定，须保证其含量大于或等于96%（以体积计）。如果注入配送网或运输的沼气中甲烷含量低于此值，则须在减排量计算中予以排除。

16. 对于满足第 3 条中(b)和(c)情况的项目活动，应该对以下参数进行监测和记录：

¹⁶ 维克托（1989）天然气汽车的甲烷泄漏：温室时代运输政策的含义，气候变化 20: 113-141，1992，美国天然气协会（1986），“损失和不可计量的天然气”，规划和分析要点，要点简介 1986-28，p. 3。

- (a) 连续监测提纯装置向解吸塘的排放量 ($Q_{ww,upgrade,y}$) ;
- (b) 提纯设备排出废水中的甲烷含量 ($[CH_4]_{ww,upgrade,y}$) , 在设备正常运行期内至少每 6 个月进行一次抽样;
- (c) 压缩机和沼气提纯压缩装置中的每台设备的年运行小时 ($T_{equipment,y}$) 。如果此数据不可得, 则假设提纯装置和压缩机连续运行;
- (d) 瓶装沼气、注入天然气配送网的沼气、或通过专用管道系统进行运输的沼气流、压力和成分。利用流量计连续监测并定期校准甲烷监测仪。使用定期校准的压力计对沼气压力进行调节和监测。为使沼气更适于用作燃料, 沼气中的甲烷含量应该符合国家规定; 如果没有相关的国家规定, 须保证其含量大于或等于 96% (以体积计) 。如果注入或运输的沼气中甲烷含量低于此值, 则须在减排量计算中予以排除。
- (e) 如果利用“火炬燃烧导致的项目排放计算工具”计算气体的排放量, 则须根据此工具的监测标准进行监测。如果未使用此工具, 而是采用了本附件第 9 条的替代方法, 则须对提纯设备残留气排空前后的温度和压力进行连续监测。利用上述的测量值和装置的体积容量估算出在排空过程中释放的甲烷量。
- (f) 在由于日常维护、修理或紧急情况导致沼气提纯设备关机期间, 项目参与方应该保证收集到的沼气在收集地点可进行(紧急)火炬焚烧。同时, 应针对这种紧急焚烧制定适当的监测程序。
- (g) 对于满足第 3 条中(b)情况的项目活动, 须监测灌装的和运输的沼气瓶的数量和体积、卡车平均货运能力 ($CT_{bb,y}$)、沼气瓶运输的平均距离之和 (DAF_{bb}) 。