

T/CAI

团 体 标 准

T/CAI XXX—2022

基于项目的温室气体减排量评估技术规范 动物粪便管理活动甲烷回收利用

Technical specification at the project level for assessment of greenhouse gas emission reductions—methane recovery and utilization in animal manure management activities

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

目 次

前言	11
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 核算原则与流程	4
5 项目边界	5
7 核算方法	8
8 监测	10
附录 A	17
附录 B	28
参考文献	34

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由深圳清华大学研究院提出。

本文件由中国农业国际合作促进会口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

基于项目的温室气体减排量评估技术规范

动物粪便管理活动甲烷回收利用

1 范围

本标准规定了项目边界内由一个或多个动物粪便管理系统（AWMSs）替代养殖场厌氧粪便管理系统，回收沼气生产生物天然气供给用户，实现温室气体减排的项目。

本标准适用于农业行业甲烷回收利用项目温室气体减排量评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 33760-2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求

GB/T 41328-2022 生物天然气

3 术语和定义

GB/T 33760-2017和GB/T 41328-2022界定的以及下列属于术语和定义适用于本文件。为了方便使用，以下重复列出了GB/T 33760-2017和GB/T 41328-2022中的某些术语和定义。

3.1

温室气体 greenhouse gas (GHG)

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

3.2

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

3.3

温室气体减排量 greenhouse gas emission reduction

经计算得到的一定时期内项目所产生的温室气体排放量与基线情景的排放量相比较的减少量。

3.4

项目边界 project boundary

指项目参与方实施农业有机废弃物循环利用减排固碳措施的地理范围。

3.5

温室气体排放 greenhouse gas emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量（以质量单位计算）。

3.6

好氧化塘 aerobic oxidation pond

利用水塘中的微生物和藻类对沼气池中的淤泥进行需氧生物处理的方法。

3.7

基线情景 baseline scenario

在没有实施农业有机废弃物循环利用项目时，原本在项目边界内实施的传统管理措施的情况。

3.8

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent (CO₂e)

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

3.9

生物天然气 bio-natural gas

以农作物秸秆、畜禽粪污、餐厨垃圾、农副产品加工废水等各类城乡有机废弃物为原料，经厌氧发酵和净化提纯产生的绿色低碳清洁可再生的天然气。

3.10

厌氧塘 anaerobic lagoon

有机负荷较高，有机物降解的需氧量超过了光合作用和大气复氧所能提供的氧量，使塘呈厌氧状态。

3.11

牲畜蓄粪池 animal manure lagoon

储存处理粪便并加以过滤沉淀的设备。

3.12

动物粪便管理系统 animal waste management systems (AWMSs)

对养殖场产生的家禽家畜粪便进行处置的系统。

3.13

项目情景 project scenario

农业有机废弃物循环利用项目开始实施后，在项目边界内实施的项目管理措施的情况。

3.14

全球变暖潜势 global warming potential (GWP)

指单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

3.15

计入期 crediting period

项目情景相对于基线情景产生的温室气体减排量的时间区间。

4 核算原则与流程

4.1 核算原则

核算应遵循如下原则：

- a) 相关性：应选择适合核算项目碳减排量的数据源和方法；
- b) 完整性：应包括相关的温室气体排放和存储；
- c) 一致性：应能够对有关温室气体信息进行有意义的比较；

- d) 准确性：应减少偏见和不确定性；
- e) 透明性：应发布充分适用的温室气体信息，使目标用户能够在合理的置信度内做出决策；
- f) 保守性：应确保使用的假定、数值和评估方法不高估温室气体减排量。

4.2 核算流程

核算流程如下：

- a) 确定核算项目和目的；
- b) 确定项目边界；
- c) 识别基线；
- d) 核算项目碳减排量，具体包括：
 - 1) 识别排放源；
 - 2) 选择核算方法；
 - 3) 选择与收集温室气体活动数据和排放因子；
 - 4) 计算基线排放量、项目排放量和泄露量；
 - 5) 计算碳减排当量。

5 项目边界

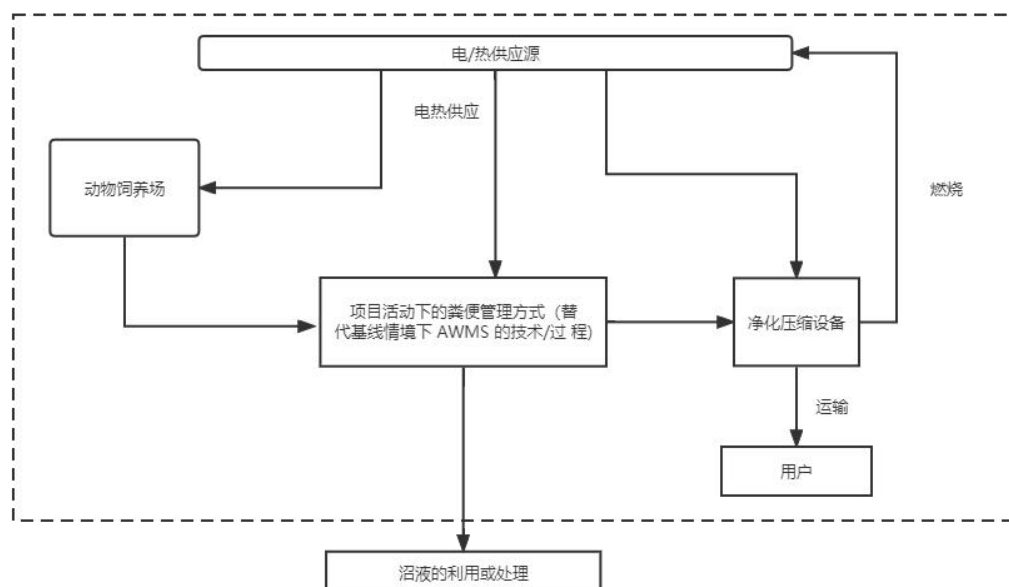
5.1 边界

项目边界包括：

- a. 动物粪便管理系统（AWMSs）；
- b. 产能和/或产热设备、电/热供应源；
- c. 沼气净化提纯、压缩设备；
- d. 尾气排空设备或燃烧设备；
- e. 如果适用，与下述相关的运输活动：
 - 1) 将粪便从养殖场运输到 AWMSs；
 - 2) 将生物天然气运输到用户。
- f. 生物天然气的用户。

图 1 虚线显示项目边界的物理描述。

图 1 项目边界



5.2 温室气体排放源识别

识别温室气体排放源及温室气体种类，温室气体排放源见表 1。

表 1 项目边界内包含或排除的温室气体排放源

排放源	温室气体种类	是否包括	
基 准 线 情 景	废弃物处理过程排放	CO ₂	否
		CH ₄	是
		N ₂ O	是
	电力消耗/生产的排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
	运输过程中产生的排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
	热能生产排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
利用传统压缩天然气产生的排放	CO ₂	是	
	CH ₄	否	
	N ₂ O	否	

项目活动	热能利用过程排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
	现场电力消耗的排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
	运输过程中产生的排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否
	废弃物处理过程排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	是
	在生产、运输生物天然气时产生的甲烷泄漏排放	CO ₂	是
		CH ₄	否
		N ₂ O	否

5.3 项目适用范围

本标准适用于如下项目活动：

- 项目情景和基线情景的养殖场的粪便均未排入天然水体（如河流或者河口三角洲）；
- 在项目活动下，粪便管理系统不会造成污水渗漏到地下水，如在AWMSs 底部安装防渗层；
- AWMSs 产生的沼气采用如下的一种或几种技术来净化提纯，经压缩后制成生物天然气：
 - 膜分离
 - 变压吸附
 - 水循环/无水循环吸附
 - 水吸附，水再循环/无水再循环吸附
- 生物天然气通过运输单元输送至加气站供车辆使用或运输至工业用户作为燃料使用；
- 对于生物天然气供给工业用户的情景，本方法学仅适用于识别出的基线情景为利用化石燃料的项目；
- 仅生物天然气的制造方可以在此方法学下申请项目活动产生的减排量；

6 基线识别

6.1 电力和热能生产的基线情景

除识别粪便管理的备选基线情景外，如果厌氧氧化塘产生的沼气回收利用也是项目活动的一部分，也需对其能源替代备选情景进行识别：

对于电力生产，只有在以下三点的情况下，才考虑发电过程的基线排放。

- a. 现有的和/或新的并网发电；
- b. 自备电厂化石燃烧离网发电；
- c. 现有的和/或新并网发电和自备电厂化石燃料发电。
- d. 对于热能生产，只有在以下一点的情况下，才可以考虑产供热造成的基线排放。
- e. 现有的或新建立的现场或离线化石燃料锅炉或热风机；

6.2 生物天然气利用的基线情景

- a. 项目产生的生物天然气供加气站，基线情景为“在加气站和工业用户利用压缩天然气作为燃料”。
- b. 项目产生的生物天然气供工业用户，基线情景为“现场或场外化石燃料燃烧单元过程”。

6.3 粪便处理的基线情景

本方法学适用于识别出的基准线情景为开放式厌氧塘和牲畜舍蓄粪：

- a. 如识别出的基准线情景下为厌氧塘，厌氧塘的深度应至少 1 米；
- b. 如识别出的基准线情景下为牲畜舍蓄粪池，深度应至少 0.8 米；

基线情景下，厌氧粪便处理设施所在地年平均气温高于 5℃，粪便在厌氧处理系统内的保存时间超过一个月。

7 核算方法

7.1 减排量计算

减排量E为项目排放的变化量

第 y 年项目活动的减排量等于基线排放 (BE_y) 减去项目排放 (PE_y) 减去泄漏排放 (LE_y)，如下：

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

其中：

ER_y 项目生产过程中温室气体减排量，单位为吨二氧化碳当量/（tCO₂e/a）；

BE_y 基线排放量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）；

PE_y 项目排放量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）；

LE_y 项目泄漏量，单位为吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）；

另外，在核证减排量时，如果基线情景下厌氧塘的CH₄排放高于项目活动下厌氧沼气池产生的甲烷（《厌氧沼气池的项目和泄漏排放》计算工具中的Q_{CH₄,y}），则用后者计算核证减排量。因此，厌氧沼

气池回收的甲烷要与《厌氧沼气池的项目和泄漏排放》工具中的 $BE_{CH_4,Y} - PE_{AD,Y}$ 进行比较, 如果发现 $Q_{CH_4,y}$ 低于 $BE_{CH_4,Y} - PE_{AD,Y}$, ($BE_{CH_4,Y} - PE_{AD,Y}$) 要用 $Q_{CH_4,y}$ 替代。

7.2 基线排放计算

基线排放 BE_y , 如下计算:

$$BE_y = BE_{CH_4,y} + BE_{N_2O,y} + BE_{elec/h eat,y} + BE_{transport,y} + BE_{CNG,y}$$

其中:

BE_y 第y年的基线排放 (tCO₂/年)

$BE_{CH_4,y}$ 第y年的基线CH₄排放 (tCO₂/年)

$BE_{N_2O,y}$ 第y年的基线N₂O排放 (tCO₂/年)

$BE_{elec/h eat,y}$ 基线情景下电和/或热利用产生的基线CO₂排放 (tCO₂/年)

$BE_{transport,y}$ 运输活动消耗能源造成的项目排放 (tCO_{2e})

$BE_{CNG,y}$ 第y年的消耗传统压缩天然气基线排放量 (tCO_{2e})

7.3 项目排放计算

$$PE_y = PE_{AD,y} + PE_{Aer,y} + PE_{N_2O,y} + PE_{EC/FC,y} + PE_{transport,y} + PE_{Bio-CNG,y}$$

其中,

PE_y 第y年的项目排放

$PE_{AD,y}$ 第y年厌氧沼气池的项目排放 (tCO_{2e})

$PE_{Aer,y}$ 好氧处理系统造成的项目CH₄排放 (tCO_{2e})

$PE_{N_2O,y}$ 第y年的项目N₂O排放 (tCO₂)

$PE_{EC/FC,y}$ 电力和化石燃料消耗造成的项目排放 (tCO_{2e})

$PE_{transport,y}$ 运输活动消耗能源造成的项目排放 (tCO_{2e})

$PE_{Bio-CNG,y}$ 第y年, 生物天然气加工、净化、提纯、压缩、贮存和运输过程中造成的CH₄项目排放 (tCO_{2e})

7.4 泄漏

$$LE_y = (LE_{PJ,N_2O,y} - LE_{BL,N_2O,y}) + (LE_{PJ,CH_4,y} - LE_{BL,CH_4,y})$$

其中:

$LE_{PJ,N_2O,y}$ 第y年项目活动下沼渣施入土壤造成的N₂O泄漏排放 (tCO_{2e})

$LE_{BL,N_2O,y}$ 第y年基线情景下沼渣施入土壤造成的N₂O泄漏排放 (tCO_{2e})

$LE_{PJ,CH_4,y}$ 第y年项目活动下沼渣施入土壤造成的 CH_4 泄漏排放 (tCO_2e)

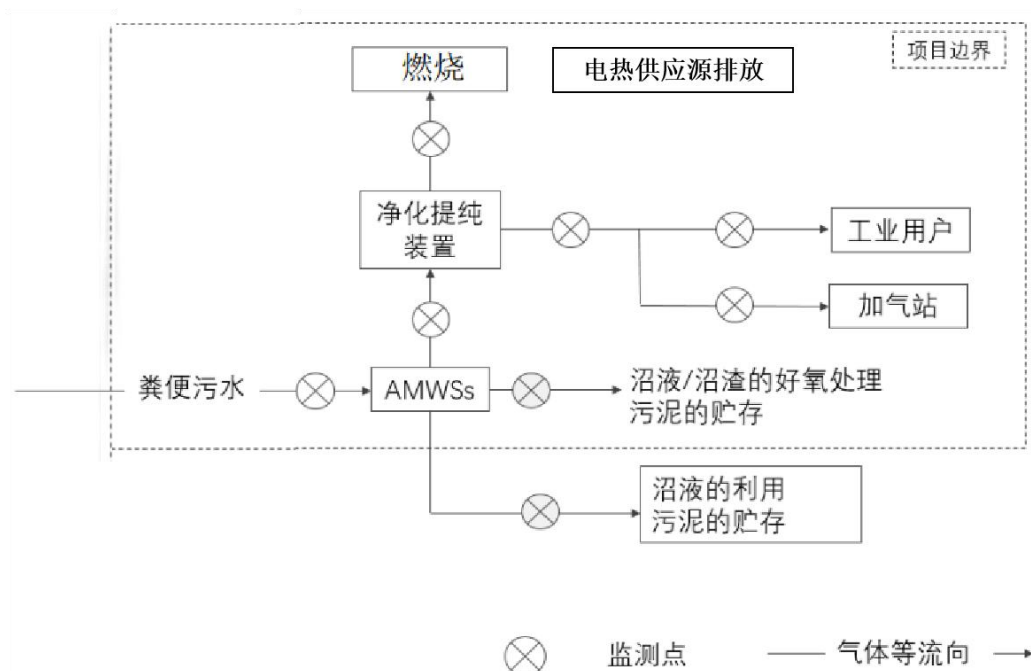
$LE_{BL,CH_4,y}$ 第y年基线情景下沼渣施入土壤造成的 CH_4 泄漏排放 (tCO_2e)

8 监测

8.1 一般监测规则

监测计划需涉及到计入期内项目活动边界内的每一个养殖场。在项目实施以前需要提交项目点动物粪便管理系统的示意图。

图 2 项目监测点示意图



作为监测部分而收集的所有数据应该保存电子档，同时在计入期结束后至少保存 2 年。测量值应来自测量仪器，测量仪器需要经过校验且符合相关的行业标准。

8.2 需要监测的数据和参数

对于有直接可用监测仪器的数据或参数，本方法学要求将监测仪器与监测平台端建立实时数据上传至数字化监测平台，每年根据监测数据提供年度 MRV 监测报告，并且与基线情景进行比较分析，确保项目实施存在气候效益。同时，对所有可检测数据根据项目情景进行合理值估计。对于偏离合理范围的异常数据，项目发起者首先应排查技术问题（是否存在监测系统失常、器械移位），其次进行排放二次监测，并出具排放异常报告，督促项目发起方进行整改。

表 2 需要检测的数据

数据/参数	单位	描述	监测频率	监测方法	来源
MCF_{sl}	%	厌氧塘的甲烷转化因子	每年	—	《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 4 卷第 10 章表 10.17 的默认值
$B_{0,LT}$	$m^3 CH_4/kg$ 干物重	LT 类型动物排泄的挥发性固体的最大甲烷生产潜力	每年	—	表 10A-4 至 10A-9 (《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 4 卷第 10 章)
CP	%	粗蛋白百分比	每年	—	项目参与方
$GELT$	MJ/头/天	动物摄入的总能	每年	—	采用 IPCC 国家温室气体清单指南第 4 卷公式 10.16 计算
T	°C	项目地的年平均温度	每月	地方温度监测仪	项目参与方
$FP_{Bio} - CNG, y$	吨	在 y 年, 项目活动生产的生物天然气的量	连续测量, 至少每月记录	流量计或重量计量仪表测量	项目参与方
$FP_{Bio} - CNG, t, y$	吨	在 y 年, 项目活动供给加气站作为交通燃料的生物天然气的量	连续测量, 至少每月记录	流量计测量	项目参与方
$FP_{Bio} - CNG, PJ, y$	吨	在 y 年, 项目活动实际供给工业用户作为燃料的生物天然气的量	连续测量, 至少每月记录	流量计测量	项目参与方
$NCV_{Bio} - CNG$	GJ/吨	生物天然气的净热值	每月或按国家/国际规定的标准	只有当国家或项目的具体数据无效或者难以获得时, 才应	检测值

				采用 IPCC 的默认值（采用 95%置信区间的下限值）。	
$EF_{CO_2,CNG}$	tCO_2e/GJ	压缩天然气的 CO2 排放因子	-	由可信赖的当地或全国数据确定。只有当国家或项目的具体数据无效或者难以获得时，才应采用 IPCC 的默认值	由可信赖的当地或全国数据确定
$W_{CH_4,y}$	-	第 y 年生物天然气中的甲烷体积分数	连续或周期	应当使用连续分析仪进行测量或者采取满足 90% 抽样置信度 / ±10% 精确等级的周期测量来替代。	项目参与方
$N_{da,LT}$	天	第 y 年 LT 类型动物的存栏天数	每月	需说明确定动物的存栏天数的方法，需评估此数值和其他间接信息的一致性	项目参与方
$N_{p,LT}$	头	第 y 年 LT 类型动物的年均出栏量	每月	传感器系统	项目参与方

W_{site}	kg	项目养殖动物平均体重	每月至少抽样一次	体重秤	项目参与方
$R_{VS,n}$	%	废弃物处理处理步骤 N 、粪便管理方法 n 所分解的挥发性固体量	每年		对于基线情景，参照附录 B (VS 值)；
F_{Aer}	%	分解的挥发性固体进入好氧系统的比例	每年		
Q_{DM}	Kg	项目边界外的粪便处理量	每次处理		项目参与方
$MS\%_j$	%	项目活动下粪便管理系统 j 处理的粪便量	每年		项目参与方
$NEX_{LT,y}$	kg N/头/年	根据附录 B 描述估算的动物的年氮排泄量	每年		参照附录 B
DE_{LT}	%	饲料消化率	-		IPCC 2006：低质饲料通常采用 45-55%
UE	%	尿能			通常大多数反刍动物的尿能可取 0.04GELT（对于喂食 85%或更多谷物的反刍动物或猪，可采用 0.02GELT），在数据可获得的情况下请使用特定区域值。
ASH	%	粪便中灰分的含量			在数据可获得的情况下请使用特定区域值。
ED_{LT}	MJ/kg	LT 类型家畜饲料的能量密度	每季度/每年	项目参与方要记录饲料配方供第三方审核	根据当地或国际标准或在实验室中测量得出或者使用 IPCC 的默认值（18.45MJ/kg-dm）

$N_{AA,LT}$	—	减去死亡和淘汰的家畜数量后 LT 类型动物的日均存栏量	每天	动物存栏量智能传感器监测系统	养殖场每天记录的存栏量，不包括死亡和淘汰的动物数量
nd_y	天	第 y 年粪便管理系统的运行天数	每天		项目参与方
$Q_{EM,m}$	$m^3/月$	每月进入粪便管理系统的粪便、污水、沼液和沼渣体积	连续监测	流量计	项目参与方
$[N]_{EM,m}$	$kg N/m^3$	每月进入粪便管理系统的总氮浓度	每周监测一次，月汇总总量	收集污水混合物监测	项目参与方
$W_{CH_4, stream,y}$	$kg-CH_4/kg$	第 y 年沼气中甲烷的平均重量比	连续或周期	应当使用 连续分析仪 进行测量或者采取满足 90%抽样置信度/ $\pm 10\%$ 精确等级的周期测量来替代。	项目参与方
$EF_{equipment}$	kg/小时/台 压缩设备	压缩技术的泄漏率		提供的 压缩设备 的技术说明书。如果技术提供商不能提供默认值，则通过方法学表 2 确定。	项目参与方
$T_{equipment,y}$	小时	第 y 年设备的运行小时数	连续监测	如果缺乏详细信息，为保守起见，	项目参与方

				可以假设设备连续使用。	
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%	项目参与方
$Q_{ww,y}$	m^3	第 y 年水吸附提纯装置产生废水体积	连续监测	使用 认证过的设备 连续监测	项目参与方
$W_{CH_4,ww}$	tCH_4/m^3	第 y 年水吸附提纯装置产生废水中的甲烷浓度	至少每 6 个月一次	具有资质的公司使用 认证过的分析仪 监测	项目参与方
类型		动物舍和粪便管理系统的类型			项目参与方
项目用电量	千瓦时	项目消耗的电热供应	连续监测	从项目使用的供电方读表获取。	项目参与方

表 3：厌氧系统工艺性能

厌氧处理	<i>HRT</i>	<i>COD</i>	<i>TS</i>	<i>VS</i>	<i>TN</i>	<i>P</i>	<i>K</i>
	天	降低率					
拉塞坑	4-30	-	0-30	0-30	0-20	0-20	0-15
地下储蓄坑	30-180	-	30-40	20-30	5-20	5-15	5-15
开定式储罐	30-180	-	-	-	25-30	10-20	10-20
开放塘	30-180	-	-	-	70-80	50-65	40-50
前储蓄加热消 化罐	12-20	35-70	25-50	40-70	0	0	0
半封闭式双室 贮存池	30-90	70-90	75-95	80-90	25-35	50-80	30-50
单室贮存池	>365	70-90	75-95	75-85	60-80	50-70	30-50
双室贮存池	210+	90-95	80-95	90-98	50-80	85-90	30-50

HRE=水停留时间；COD=化学需氧量；TS=总固体；VS=挥发性固体；TN=总氮；P=磷；K=钾；- =数据不详

附录 A

(规范性附录)

核算方法

A.1 基线排放

A.1.1 CH₄ 基线排放量

基线内的粪便管理系统的甲烷排放取决于家畜种类、管理系统和不同的管理阶段。

$$BE_{CH_4,y} = GWP_{CH_4} \times D_{CH_4} \times \sum_{j,LT} (MCF_j \times B_{0,LT} \times N_{LT} \times VS_{LT,y} \times MS\%_{BLj})$$

其中：

$BE_{CH_4,y}$	第 y 年的基线CH ₄ 排放 (tCO ₂ /年)
GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球增温潜势 (GWP) (tCO _{2e} /tCH ₄)
D_{CH_4}	CH ₄ 的密度 (t/m ³)
MCF_j	基线情景下粪便管理系统 j 的甲烷转换因子
$B_{0,LT}$	LT 类型动物挥发性固体的最大甲烷生产潜力 (m ³ CH ₄ /kg 干物重)
N_{LT}	第 y 年 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
$VS_{LT,y}$	第 y 年 LT 类型动物排泄的挥发性固体数量，以干物重表示 (kg-干物重/头/年)
$MS\%_{BLj}$	基线情景下动物粪便管理系统 j 处理的动物粪便比例
LT	家畜类型
j	粪便管理系统类型

上述方程中不同变量和参数的估算：

$VS_{LT,y}$ 的估算方法为：基于家畜采食量估算

基于家畜采食量估算 $VS_{LT,y}$ ：

$$VS_{LT,y} = \left[GE_{LT} \times \left(1 - \frac{DE_{LT}}{100} \right) + (UE \times GE_{LT}) \right] \times \left[\left(1 - \frac{ASH}{ED_{LT}} \right) \right] \times nd_y$$

其中：

$VS_{LT,y}$	第 y 年 LT 类型动物排泄的挥发性固体数量，以干物重表示 (kg-干物重/头/年)
GE_{LT}	日均饲料总能摄入量 (MJ/头/天)
DE_{LT}	饲料消化率 (百分率)
UE	尿能 (GE_{LT} 的百分数)
ASH	粪便中灰分含量 (干物质饲料摄入的百分数)

ED_{LT} LT 类型家畜饲料的能量密度 (MJ/kg-干物重)
 nd_y 第 y 年粪便管理系统的运行天数

N_{LT} 的估算方法为:

$$N_{LT} = N_{da,LT} \times \left(\frac{N_{p,LT}}{365} \right)$$

其中:

N_{LT} 第 y 年 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
 $N_{da,LT}$ 第 y 年 LT 类型动物的存栏天数 (天)
 $N_{p,LT}$ 第 y 年 LT 类型动物的年均出栏量 (头)

A. 1.2 N_2O 基线排放

$$BE_{N_2O,y} = GWP_{N_2O} \times CF_{N_2O-N,N} \times \frac{1}{1000} \times (E_{N_2O,D,y} + E_{N_2O,ID,y})$$

其中:

$BE_{N_2O,y}$ 第 y 年的基线 N_2O 排放 (tCO_{2e}/年)
 GWP_{N_2O} N_2O 的全球增温潜势 (tCO_{2e}/tN_{2O})
 $CF_{N_2O-N,N}$ 将 $N_2O - N$ 转化为 N_2O 的因子 (44/28)
 $E_{N_2O,D,y}$ 第 y 年的直接 N_2O 排放 (kg $N_2O - N$ /年)
 $E_{N_2O,ID,y}$ 第 y 年的间接 N_2O 排放 (kg $N_2O - N$ /年)

$$E_{N_2O,ID,y} = \sum_{j,LT} (EF_{N_2O,ID} \times F_{gasMS,j,LT} \times NEX_{LT,y} \times N_{LT} \times MS\%_{Bl,j})$$

其中:

$E_{N_2O,ID,y}$ 第 y 年的直接 N_2O 排放 (kg $N_2O - N$ /年)
 $EF_{N_2O,ID}$ 大气沉降到土或水体中的氮的 N_2O 间接排放因子 (kg $N_2O - N$ /kg $NH_3 - N$ 和 $NO_x - N$)
 $NEX_{LT,y}$ 估算的动物年均氮排泄量 (kg N/头/年)
 $MS\%_{Bl,j}$ 系统 j 的处理的粪便量 (%)
 $F_{gasMS,j,LT}$ 粪便处理过程 NH_3 和 NO_x 挥发造成的氮损失量的默认值 (%)
 N_{LT} 估算的 LT 类型动物的年均存栏量 (头)

$$E_{N_2O,D,y} = \sum_{j,LT} (EF_{N_2O,D,j} \times NEX_{LT,y} \times N_{LT} \times MS\%_{Bl,j})$$

其中:

$E_{N_2O,D,y}$ 第 y 年的直接 N_2O 排放 (kg $N_2O - N$ /年)

$EF_{N_2O,D,j}$	粪便管理系统 j 的直接 N_2O 排放因子 (kg N_2O-N/kg N)
$NEX_{LT,y}$	估算的动物年均氮排泄量 (kg N/头/年)
$MS\%_{BL,j}$	系统 j 的处理的粪便量 (%)
N_{LT}	估算 LT 类型动物第 y 年的年均存栏量 (头)

A. 1.3 电和热能使用的基线 CO_2 排放

$$BE_{\frac{elec}{h\ eat},y} = BE_{EC,y} + BE_{HG,y}$$

其中:

$BE_{\frac{elec}{h\ eat},y}$	基线情景下电和/或热利用的基线 CO_2 排放 (t CO_2 /年)
$BE_{EC,y}$	第 y 年发电产生的基线排放 (t CO_2 /年)
$BE_{HG,y}$	第 y 年供热产生的基线排放 (t CO_2 /年)

发电的基线排放 ($BE_{EC,y}$)

使用清洁发展机制 (CDM) 最新版《电力消耗导致的基线、项目和/或泄漏排放计算工具》来计算第 y 年发电产生的基线排放 ($BE_{EC,y}$):

工具中 k 反映的是识别的最可能的基线情景;

工具中的 $EC_{BL,k,y}$ 等同于第 y 年沼气的净发电量 ($EG_{d,y}$)。

供热的基线排放 ($BE_{HG,y}$)

根据项目活动下输送到产热设备 (锅炉或热风机) 的沼气量计算第 y 年供热的基线排放 ($BE_{HG,y}$),

方法如下:

$$BE_{HG,y} = \sum_{k=1}^n \frac{HG_{PJ,k,y} \times EF_{CO_2,BL,HG,K}}{\eta_{HG,BL,k}}$$

其中:

$BE_{HG,y}$	第 y 年供热产生的基线排放 (t CO_2 /年)
$HG_{PJ,k,y}$	第 y 年项目活动中设备 k 利用沼气产生的净热值 (TJ/年)
$EF_{CO_2,BL,HG,K}$	基线情景下供热设备 k 消耗的燃料的 CO_2 排放因子 (t CO_2 /TJ)
$\eta_{HG,BL,k}$	基线情景下设备 k 的产热效率
k	供热设备 (锅炉或热风机或热风炉)

$EF_{CO_2,BL,HG,K}$ 的确定

现有设备:

- 在供热设备可能使用的化石燃料类型中,项目参与方应选择排放因子最低的化石燃料。

新建养殖场:

- 项目参与方应识别基线情景下最常用的燃料作为基线情景下的燃料。在项目设计文件中应对基线情景下燃料使用类型提供详细的论证。

项目参与方需利用《热能或电能生产系统的基线效率确定工具》确定热风机或锅炉的基线能源利用效率 ($\eta_{HG,BL,k}$)

A.1.4 基线情境下传统天然气产生的排放

$$BE_{CNG,y} = FF_{Bio-CNG,y} * NCV_{Bio-CNG} * EF_{CO_2,CNG}$$

其中:

$BE_{CNG,y}$	在 y 年,基线情景消耗压缩天然气导致的排放量(tCO ₂ e)
$FF_{Bio-CNG,y}$	在 y 年,项目活动供给所有用户的生物天然气的量(吨)
$EF_{CO_2,CNG}$	压缩天然气的 CO ₂ 排放因子(tCO ₂ e/GJ),由可信赖的当地或全国数据确定。只有当国家或项目的具体数据无效或者难以获得时,才应采用 IPCC 的默认值(采用 95%置信区间的下限值)
$NCV_{Bio-CNG}$	生物天然气的净热值(GJ/吨)

如果生物天然气的甲烷含量不低于 96%时(体积分数),应当采用压缩天然气的净热值。可信赖的当地或者全国数据应当用于计算净热值。只有当国家或项目的具体数据无效或者难以获得时,才应采用 IPCC 的默认值(采用 95%置信区间的下限值)。如果全国数据或者 IPCC 数据改变时,引用的值也应当改变。应满足以下条件:

$$FF_{Bio-CNG,y} \ll FP_{Bio-CNG,y}$$

其中:

$FF_{Bio-CNG,y}$	在 y 年,项目活动生产的生物天然气的量(吨)
$FP_{Bio-CNG,y}$	在 y 年,项目活动供给所有用户的生物天然气的量(吨)

$$FF_{Bio-CNG,y} = FF_{Bio-CNG,t,y} + FF_{Bio-CNG,f,y}$$

其中:

$FF_{Bio-CNG,y}$	在 y 年,项目活动供给所有用户的生物天然气的量(吨)
$FF_{Bio-CNG,t,y}$	在 y 年,项目活动供给加气站作为交通燃料的生物天然气的量(吨)
$FF_{Bio-CNG,f,y}$	在 y 年,项目活动供给工业用户作为燃料的生物天然气的量(吨)

A.1.5 基线情景下运输活动产生排放

按照清洁发展机制（CDM）最新版本的《运输过程中的项目及泄露排放计算工具》来计算。

A.2 项目排放

A.2.1 第 y 年厌氧沼气池的项目排放

按照清洁发展机制（CDM）最新版本的《厌氧沼气池项目和泄漏排放的计算工具》确定 $PE_{AD,y}$

A.2.2 好氧处理系统过程的项目 CH_4 排放

对于项目业主采用好氧系统进行沼液/沼渣处理的情形，IPCC 指南提供了好氧化塘处理过程的甲烷排放约占废弃物处理过程甲烷总排放潜力的 0.1% 的默认参数。

$$PE_{Aery} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * 0.001 * F_{Aer} * \left[\prod_{n=1}^N (1 - R_{VS,n}) \right] * \sum_{j,LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_j) + PE_{SL,y}$$

其中，

GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球增温潜势 (tCO ₂ e/tCH ₄)
$R_{VS,n}$	废弃物处理前在步骤 N 中分辨管理系统下采用方法 n 分解的挥发性固体比例 (%)
D_{CH_4}	CH ₄ 密度 (t/m ³)
F_{Aer}	进入好氧系统挥发性固体的比例
LT	动物类型
$B_{0,LT}$	LT 类型动物排泄的挥发性固体的最大甲烷生产潜力 (m ³ CH ₄ /kg-干物重)
$VS_{LT,y}$	第 y 年 LT 类型动物排泄的挥发性固体量，以干物重记 (kg 干物重/头/年)
N_{LT}	第 y 年 LT 类型动物的年均存栏量 (头)

好氧处理过程会淤积大量含高挥发性固体量的污泥，因此需要对污泥进行去除。如果污泥池不在项目边界内，则污泥贮存过程的排放应记为泄漏排放。采用下式计算污泥在贮存过程中的排放：

$$PE_{SL,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * MCF_{sl} * F_{Aer} * \left[\prod_{n=1}^N (1 - R_{VS,n}) \right] * \sum_{j,LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_j)$$

其中，

GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球增温潜势 (tCO ₂ e/tCH ₄)
$R_{VS,n}$	废弃物处理前在步骤 N 中分辨管理系统下采用方法 n 分解的挥发性固体比例 (%)
D_{CH_4}	CH ₄ 密度 (t/m ³)
F_{Aer}	进入好氧系统挥发性固体的比例
LT	动物类型
$B_{0,LT}$	LT 类型动物排泄的挥发性固体的最大甲烷生产潜力 (m ³ CH ₄ /kg 干物重)

$VS_{LT,y}$	第 y 年 LT 类型动物排泄的挥发性固体量, 以干物重记 (kg-干物重/头/年)
N_{LT}	第 y 年 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
$MS\%_j$	项目活动中粪便管理系统 j 处理的粪便量 (%)
MCF_{sl}	污泥池中污泥的甲烷转化因子 (%)

A. 2.3 第 y 年 N_2O 排放

$$PE_{N_2O,y} = GWP_{N_2O} * CF_{N_2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (E_{N_2O,D,y} + E_{N_2O,ID,y})$$

其中,

$PE_{N_2O,y}$	第 y 年的项目 N_2O 排放 (tCO ₂ /年)
GWP_{N_2O}	N_2O 的全球增温潜势
$CF_{N_2O-N,N}$	N_2O-N 对 N_2O 的转化因子 (44/28)
$E_{N_2O,D,y}$	第 y 年直接 N_2O 排放 (kg N_2O-N /年)
$E_{N_2O,ID,y}$	第 y 年间接 N_2O 排放 (kg N_2O-N /年)

计算 $E_{N_2O,D,y}$ 和 $E_{N_2O,ID,y}$

$$E_{N_2O,D,y} = \sum_j EF_{N_2O,D,j} * \sum_{m=1}^{12} (Q_{EM,m} * [N]_{EM,m})$$

$$E_{N_2O,ID,y} = EF_{N_2O,ID} * \sum_{j,LT} F_{gasMS,j,LT} * \sum_{m=1}^{12} (Q_{EM,m} * [N]_{EM,m})$$

其中,

$E_{N_2O,D,y}$	第 y 年直接 N_2O 排放 (kg N_2O-N /年)
$E_{N_2O,ID,y}$	第 y 年间接 N_2O 排放 (kg N_2O-N /年)
$EF_{N_2O,D,j}$	粪便管理系统 j 的直接 N_2O 排放因子 (kg N_2O-N /kg N)
$Q_{EM,m}$	每月进入粪便管理系统的粪便、污水、或沼渣和沼液的体积 (m ³ /月)
$[N]_{EM,m}$	每月进入粪便管理系统的粪便、污水、或沼渣和沼液中的总氮浓度 (kg N/m ³)
$EF_{N_2O,ID}$	大气沉降到土表或水体中的氮的 N_2O 间接排放因子 (kg N_2O-N /kg NH_3-N 和 NO_x-N)
$F_{gasMS,j,LT}$	粪便处理过程 NH_3 和 NO_x 挥发造成的氮损失的默认值 (%)

A. 2.4 计算第 y 年消耗电力/化石能源的项目排放

如果与厌氧沼气池相关的电力消耗以及化石能源消耗导致的排放已在计算 $PE_{AD,y}$ 时考虑, 此处应计算与厌氧沼气池无关的电能和/或化石能源消耗造成的排放, 避免重复计算。此外项目现场直接采用沼气供热的情况不计算项目排放。

$$PE_{EC/FC,y} = PE_{EC,y} + \sum_j PE_{FC,j,y}$$

其中,

$PE_{EC,y}$ 第 y 年电能消耗造成的项目排放。

按照清洁发展机制 (CDM) 最新版本的《电力消耗导致的基线、项目和/或泄漏排放计算工具》来计算发电造成的项目排放。如果没有测定耗电量, 需通过下述方法估算: $EC_{PJ,y} = \sum_i CP_{i,y} * 8760$, 其中 $CP_{i,y}$ 是用于项目活动的设备 i 的额定功率 (单位: MW)。

$PE_{FC,j,y}$ 第 y 年 j 过程消耗的化石燃料造成的项目排放。

化石燃料造成的项目排放需要按照最新版本的《化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具》来计算, 因此过程 j 相当于所有粪便管理系统的化石燃料燃烧 (不包括运输饲料、污泥和现场的其他运输过程消耗的化石燃料)。

A. 2. 5 生物天然气加工、净化、提纯、压缩、贮存和运输过程中造成的 CH_4 排放

$$PE_{Bio-CNG,y} = PE_{CH_4,equip,y} + PE_{ventgas,y} + PE_{leakage,y}$$

其中,

$PE_{Bio-CNG,y}$ 第 y 年生物天然气加工、净化、提纯、压缩、贮存和运输过程中造成的 CH_4 排放 (tCO₂e)

$PE_{CH_4,equip,y}$ 第 y 年由于压缩设备泄漏而产生的排放 (tCO₂e)

$PE_{ventgas,y}$ 第 y 年由于提纯设备残留的排空气体而引起的排放 (tCO₂e)

$PE_{leakage,y}$ 第 y 年生物天然气在储存、运输直到最终使用的过程中气体泄漏导致的排放 (tCO₂e)

(1) $PE_{CH_4,equip,y}$ 的计算

$$PE_{CH_4,equip,y} = GWP_{CH_4} * \frac{1}{1000} * \sum_{equipment} W_{CH_4,stream,y} * EF_{equipment} * T_{equipment,y}$$

其中,

$PE_{CH_4,equip,y}$ 第 y 年由于压缩设备泄露而产生的排放 (tCO₂e)

GWP_{CH_4} CH₄ 的全球变暖潜势 (tCO₂e/tCH₄)

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

$EF_{equipment}$ 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, 则采用美国环保署的公布的计算方法。

$T_{\text{equipment},y}$ 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)。

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。

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) 沼气的甲烷浓度;
- (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 4:

表 4: 设备的甲烷排放因子

设备类型	甲烷排放因子 (g/小时/气体源)
阀门	4.5
泵密封垫	2.4
其它类型	8.8
连接器	0.2
法兰	0.39
压缩机末端的(自动)开启部分	2.0

(2) $PE_{\text{ventgas},y}$ 的计算

如果提纯设备残留的排空气体被导入储存袋中,则不需考虑其引起的项目活动排放。否则由于气体排空或不完全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。如果排空气体不被火炬焚烧,则不需考虑火炬焚烧

效率的测量和计算,焚烧效率为 0,计算公式如下。

$$PE_{\text{ventgas},y} = GWP_{\text{CH}_4} * \sum_{h=1}^{8760} F_{\text{CH}_4, \text{RG}, h} * 10^{-3}$$

其中,

$PE_{\text{ventgas},y}$ 第 y 年提纯设备残留的排空气体而引起的排放(tCO_2e)

GWP_{CH_4} CH_4 的全球变暖潜势($\text{tCO}_2\text{e}/\text{tCH}_4$)

$F_{CH_4, RG, h}$ 第 h 小时尾气中的甲烷质量流量 (kg)

对于使用水吸附作为提纯技术, 假设提纯后废水里所有的甲烷都排入空气中。

相关项目排放计算如下:

$$PE_{ventgas,y} = Q_{ww,y} * W_{CH_4, WW} * GWP_{CH_4}$$

其中,

$PE_{ventgas,y}$ 第 y 年水吸附提纯装置废水中甲烷排入空气导致的排放 (tCO₂e)

$Q_{ww,y}$ 第 y 年水吸附提纯装置产生的废水量

$W_{CH_4, WW}$ 水吸附提纯装置产生的废水中的 CH₄ 含量

GWP_{CH_4} CH₄ 的全球变暖潜势 (tCO₂e/tCH₄)

(3) $PE_{leakage,y}$ 的计算

$$PE_{leakage,y} = Q_{Bio-CNG,y} * LR_{bb} * GWP_{CH_4}$$

其中,

$PE_{leakage,y}$ 第 y 年生物天然气在储存、运输直到最终使用的过程中气体物理泄漏导致的排放 (tCO₂e)

$Q_{Bio-CNG,y}$ 第 y 年生物天然气的总量 (t), 等于 $FF_{Bio-CNG,t,y}$ 与 $FF_{Bio-CNG,PJ,y}$ 的和。

LR_{bb} 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%)

GWP_{CH_4} CH₄ 的全球变暖潜势 (tCO₂e/tCH₄)

A. 2. 6 运输活动消耗能源产生的项目排放

按照清洁发展机制 (CDM) 最新版本的《运输过程中的项目及泄露排放计算工具》来计算。

A. 3 泄露

A. 3. 1 第 y 年基线情景下沼渣施入土壤造成的 N₂O 泄漏排放

$$LE_{BL,N_2O,y} = GWP_{N_2O} * CF_{N_2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (LE_{N_2O,land,BL,y} + LE_{N_2O,runoff,BL,y} + LE_{N_2O,vol,BL,y})$$

$$LE_{N_2O,land,BL,y} = EF_1 * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

$$LE_{N_2O,runoff,BL,y} = EF_5 * F_{leach} * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

$$LE_{N_2O,vol,BL,y} = EF_4 * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * F_{gas} * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

其中,

GWP_{N_2O}	N_2O 的全球增温潜势 (tCO_2e/tN_2O)
$CF_{N_2O-N,N}$	N_2O-N 对 N_2O 的转化因子 (44/28)
$LE_{N_2O,land,BL,y}$	第 y 年基线情景下沼渣施入土壤造成的 N_2O 泄漏排放 ($kgN_2O-N/年$)
$LE_{N_2O,runoff,BL,y}$	第 y 年基线情景下淋溶和径流造成的 N_2O 泄漏排放 ($kgN_2O-N/年$)
$LE_{N_2Ovol,BL,y}$	第 y 年基线情景下挥发造成的 N_2O 泄漏排放 ($kg N_2O-N/年$)
F_{gasm}	挥发造成的 N 损失 (%)
N_{LT}	估算 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
$NEX_{LT,y}$	估算的动物的年均氮排泄量 ($kg N/头/年$)
EF_1	N 投入的 N_2O 排放因子 ($kg N_2O-N/kg N$ 投入)
EF_5	N 的淋溶和径流的 N_2O 排放因子 (kgN_2O-N/kgN 淋溶和径流)
EF_4	大气沉降到土表或水体中的 N 的 N_2O 排放因子 [$kg N-N_2O/(kg NH_3-N+NOx-N$ 挥发)]
F_{leach}	添加到土壤中的氮/土壤中矿化的氮由于淋溶和径流造成的损失 (%)
$R_{N,n}$	基线情景下粪便处理方式 n 的氮消减率 (%)

A.3.2 第 y 年项目活动下沼渣施入土壤造成的 N_2O 泄露排放

$$LE_{PJ,N_2O} = GWP_{N_2O} * CF_{N_2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (LE_{N_2O,land,PJ,y} + LE_{N_2O,runoff,PJ,y} + LE_{N_2O,vol,PJ,y})$$

$$LE_{N_2O,land,PJ,y} = EF_1 * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

$$LE_{N_2O,runoff,PJ,y} = EF_5 * F_{leach} * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

$$LE_{N_2O,vol,PJ,y} = EF_4 * \prod_{n=1}^N (1 - R_{N,n}) * F_{gasm} * \sum_{LT} NEX_{LT,y} * N_{LT}$$

其中,

GWP_{N_2O}	N_2O 的全球增温潜势 (tCO_2e/tN_2O)
$CF_{N_2O-N,N}$	N_2O-N 对 N_2O 的转化因子 (44/28)
$LE_{N_2O,land,PJ,y}$	第 y 年项目情景下沼渣施用造成的 N_2O 泄漏排放 ($kgN_2O-N/年$)
$LE_{N_2O,runoff,PJ,y}$	第 y 年项目情景下淋溶和径流造成的 N_2O 泄漏排放 ($kgN_2O-N/年$)
$LE_{N_2O,vol,PJ,y}$	第 y 年项目情景下挥发造成的 N_2O 泄漏排放 ($kgN_2O-N/年$) 挥发造成的 N 损失量 (%)
N_{LT}	估算 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
$NEX_{LT,y}$	估算的动物的年均氮排泄量 ($kg N/头/年$)
EF_1	N 投入的 N_2O 排放因子 ($kg N_2O-N/kg N$ 投入)

EF_5	N 的淋溶和径流的 N_2O 排放因子 ($kg N_2O-N/kgN$ 淋溶和径流)
EF_4	大气沉降到土表或水体中的 N 的 N_2O 排放因子 [$kg N-N_2O / (kgNH_3-N + NOx-N \text{ 挥发})$]
F_{leach}	添加到土壤中的氮/土壤中矿化的氮由于淋溶和径流造成的损失量 (%)
$R_{N,n}$	项目情景下粪便处理方式 n 的氮消减率 (%)

A.3.3 第 y 年基线与项目活动下沼渣施入土壤造成的 CH_4 泄露排放

$$LE_{BL,CH_4,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * MCF_d * \left[\prod_{n=1}^N (1 - R_{VS,n}) \right] * \sum_{j,LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bj})$$

$$LE_{PJ,CH_4,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * MCF_d * \left[\prod_{n=1}^N (1 - R_{VS,n}) \right] * \sum_{j,LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_j)$$

其中:

$LE_{BL,CH_4,y}$	第 y 年基线情景下沼渣施入土壤造成的 CH_4 泄漏排放 ($tCO_2e/年$)
$LE_{PJ,CH_4,y}$	第 y 年项目活动下沼渣施入土壤造成的 CH_4 泄漏排放 ($tCO_2e/年$)
$R_{VS,n}$	废弃物处理步骤 N、粪便管理方法 n 所分解的挥发性固体量 (%)
GWP_{CH_4}	CH_4 的全球增温潜势 (tCO_2e/tCH_4)
D_{CH_4}	CH_4 密度 (t/m^3)
$B_{0,LT}$	LT 类型动物排泄的挥发性固体的最大甲烷生产潜力 (m^3CH_4/kg 干物重)
N_{LT}	第 y 年 LT 类型动物的年均存栏量 (头)
$VS_{LT,y}$	第 y 年 LT 类型动物排泄的挥发性固体量, 以干物重计 (kg 干物重/头/年)
$MS\%_j$	项目活动中粪便管理系统 j 处理的粪便比例 (%)
MCF_d	甲烷转化因子 (MCF), 假定为 1
$MS\%_{Bj}$	基线活动中粪便管理系统 j 处理的粪便比例 (%)

附录 B

(资料性附录)

活动数据及来源

B.1 厌氧系统工艺性能

厌氧处理	HRT	COD	TS	VS	TN	P	K
	天	降低率					
拉塞坑	4-30	—	0-30	0-30	0-20	0-20	0-15
水泡粪	30-180	—	30-40	20-30	5-20	5-15	5-15
开顶式储罐	30-180	—	—	—	25-30	10-20	10-20
开放式储存池	30-180	—	—	—	70-80	50-65	40-50
加热沼液	12-20	35-70	25-50	40-70	0	0	0
二级氧化塘 中, 其中覆盖 一级氧化塘	30-90	70-90	75-95	80-90	25-35	50-80	30-50
一级氧化塘	>365	70-90	75-95	75-85	60-80	50-70	30-50
二级氧化塘	210+	90-95	80-95	90-98	50-80	85-90	30-50
HRT=水力停留时间; COD=化学需氧量; TS=总固体; VS=挥发性固体; TN=总氮; P=磷; K= 钾; — =数据不详							

B.2 $NEX_{LT,y}$ 估算过程

$$NEX_{LT,y} = N_{intake} \times (1 - N_{retention}) \times nd_y$$

其中:

 N_{intake} 动物日均 N 摄入量 (kg N/头/年) $N_{retention}$ 摄入的 N 在动物体内的保留量 (kg N 保留/头/年) nd_y 第 y 年粪便处理设备的运行天数可用下式计算 N_{intake} :

$$N_{intake} = \left(\frac{GE}{18.45} \right) \times \left(\frac{CP/100}{6.25} \right)$$

其中:

<i>CP</i>	粗蛋白百分比 (%)
<i>GE</i>	动物总能摄入量 (MJ/头/天)
18.45	每 kg 干物质的能量转化因子 (MJ/kg)。对于以草料和粮食为基础饲料的动物, 此值相对恒定
6.25	每公斤的日粮蛋白与日粮中 N 的转换系数 (kg N) ⁻¹

B.3 动物废弃物中总氮含量的测定

定义

- 氨氮 (总氨): 包括含 NH₃ 和 NH₄⁺ 的含氮化物;
- 氨态氮: 氨氮的气态形式;
- 铵态氮: 氨氮的带正电荷离子 (阳离子) 形态;
- 总凯氏氮: 有机氮和氨氮的总和;
- 硝态氮: 氮的带负电荷离子 (阴离子) 形态, 具有高度移动性;
- 总氮: 上述各不同氮素形态的总和。

总氮含量测定的原则和指导方法

通过总凯氏氮 (TKN) 可以准确推算总氮的含量, 因为在粪便中无机态氮的含量与总氮相比通常占很少的含量 (Paul and Beauchamp, 1993; Eghball, 2000)。

总凯氏氮通常是测定土壤、植物和有机残体 (如粪便) 中 NH₃ 态有机氮含量的一种湿法氧化过程。凯氏定氮法的三个主要步骤是: (1) 消解, (2) 氨分离, 和 (3) 氨的测定。在某些技术中氨分离通常被省略, 而直接在消解过程测定氨含量。传统蒸馏法中氨分离可能会受蒸馏、曝气或扩散的影响。在自动化测定过程中氨分离都是被省略的 (Fleck, 1969)。

氨测定可以使用: (1) 简单滴定, (2) 碘量法, (3) 库仑法或 (4) 比色法。消化过程不进行氨分离的不能利用简单滴定法 (Fleck, 1969)。

剩下的三种技术是直接在消解过程中使用的。碘量法或类似的方法因存在缺陷 (McKenzie & Wallace, 1954 APUD Fleck, 1969) 而不普及, 库仑法应用不广泛, 比色法一直是自动测定中唯一一种效果较好的方法 (Fleck, 1969)。

NH₃ 测定常用的三种比色法是: 茚三酮、奈斯勒和苯酚-次氯酸盐或贝特洛反应。茚三酮已经成功应用于在密闭管中消解 (Jacobs, 1965 APUD Fleck, 1969)。奈斯勒法测定简单的氨水溶液中的氨含量有很好的成效, 但不适用于测定凯氏消解后混合液中的氨 (Fleck & Munro, 1965 APUD Fleck, 1969)。

凯氏法最重要的步骤是消解，可以在开放管或密闭管中进行。关键因子是：（1）温度，（2）催化剂，（3）时间，（4）回流和（5）氨-催化剂混合物的分解。密闭管最适宜的温度是 450°C，且具有不需要添加催化剂或其他附加物质的优势。

为了使含氮混合物充分分解成氨，开放管消解的适宜温度通常接近 400°C。这已被广泛证实（Bradstreet, 1965; Fleck & Munro, 1965 APUD Fleck, 1969），并为了使温度满足这个条件通常需要添加适量 K₂SO₄。当温度超过 400°C 消解会发生冷凝（Bradstreet, 1957 APUD Fleck, 1969）。这一温度点非常重要，因为温度超过 400°C 会导致氮素的损失（同时还会因酸的损失而导致消解不完全）。

实验证明水银是唯一“安全”的催化剂，不会造成氮素损失（Bradstreet, 1965; Fleck & Munro, 1965 APUD Fleck, 1969）。催化剂的缺陷是会生成铵汞混合物，在测定氨含量之前必须将其分解，可使用硫代硫酸钠或锌粉分解（Fleck, 1969）。

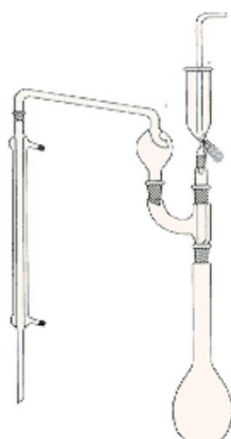
氧化剂的使用会导致氮素的损失（Peters & Van Slyke, 1932）。因此在项目活动中不推荐使用此类试剂。

手动测定项目需要遵循下述流程（改编于 Mendham et al., 2002）：

1. 通过搅拌混匀粪便样品；
2. 在样品沉淀前移出一定体积（a mL）并转移到长颈凯氏消化管中，其中约含有 0.04 g 氮（基于前期试验）；
3. 加入 0.7 g 水银氧化物（II），15 g 硫酸钾和 40 mL 浓硫酸；
4. 保持消化管略微倾斜并缓慢加热，这一过程可能有气泡出现，如果必要的话可以用抗气泡剂控制气泡产生；
5. 停止产生气泡后，持续加热试剂两个小时；
6. 冷却后加入 200 mL 水和 25 mL 硫代硫酸钠溶液（0.5 M），加入过程中需要持续搅拌；
7. 混合液中加入少量玻璃珠；
8. 消化管中小心加入一定量氢氧化钠溶液（11 M），混合前接上蒸馏装置（见下图）。保持冷凝器的出口浸入到已知体积的 0.1 M HCl 溶液中，充分混匀消化管中的物质；
9. 加热蒸馏直到接收管中收集到 150 mL 蒸馏液；
10. 在接收管中添加甲基红指示剂，用 0.1 M NaCl（b mL）溶液滴定，使用相同体积的 0.1 M HCl（c mL）进行空白滴定。

根据上述试剂的体积和浓度数据，采用下式计算样品中的氮含量（kg N/m³）：

$$[N] = \frac{(c - b) \times 0.1 \times 14}{a} \times 10^3$$



凯氏定氮装置

B.4 不同温度下粪便管理系统的 MCF 值

系统		平均温度下的 MCF 值																		
		冷凉气候					温暖气候											热带气候		
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥28
牧场		1.0%					1.5%											2.0%		
每日清除		0.1%					0.5%											1.0%		
固体储存		2.0%					4.0%											5.0%		
饲养场		1.0%					1.5%											2.0%		
液体 / 淤泥	有自然结痂覆盖	10%	11%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	29%	31%	34%	37%	41%	44%	48%	50%
	无自然结痂覆盖	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%
开放式厌氧氧化塘		66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	79%	79%	79%	79%	80%	80%
饲养圈	小于 1 个月	3%					3%											30%		

下 粪 坑 储 存	大于 1个 月	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%
-----------------------	---------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

B.5 样本提取和统计分析步骤指导意见

为了实现 C 2 和 C 4 的描述，项目参与方需要遵循下述取样流程：

1. 对于液体样本，需要在出口处或相关处理阶段的出口采集连续流动的样本；
2. 需用干净的广口玻璃瓶收集样品；
3. 样品需尽快分析，如果需要储存，需保存在 4°C 条件下；
4. 在分析前要确保悬浮物没有沾附在玻璃瓶壁上；
5. 如果需要测定干物量，需要在 103° C 烘干 24 小时，直到样品达到恒重后再进行测定干重；
6. 在 90%的置信水平，不确定性范围不能超过 20%，用下述公式计算：

$$\bar{x} \pm \frac{t * s}{\sqrt{n}}$$

其中：

\bar{x} 样本平均值；

t n - 1 (v) 自由度的 t 值；

s 样本标准偏差；

n 样本量。

单侧置信区间范围的 t-值和自由度 (v)

v	75%	80%	85%	90%	95%	97.5%	99%	99.5%	99.75%	99.9%	99.95%
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041

9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373

参 考 文 献

- [1]AMS III.R: Methane recovery in agricultural activities at household/small farm level (第 4.0 版)
- [2]ACM0010: Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from manure management systems (第 8.0 版)
- [3]CCER: 利用粪便管理系统产生的沼气制取并利用生物天然气温室气体减排方法学
- [4]2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》第 4 卷: 农业、林业和其它土地利用, 第 10 章: 牲畜和粪便管理过程中的排放
- [5]基线情景识别与额外性论证组合工具
- [6] 厌氧沼气池项目和泄漏排放的计算工具
- [7] 堆肥中项目和泄漏排放的计算工具
- [8] 电力消耗导致的基线、项目和/或泄漏排放计算工具
- [9] 化石燃料燃烧导致的项目或泄漏二氧化碳排放计算工具
- [10] 运输过程中的项目及泄漏排放计算工具
- [11] 电力系统排放因子计算工具
- [12] 火炬燃烧导致的项目排放计算工具
- [13] 计入期更新时对最初/当前基线的有效性进行评估以及对基线进行更的工具
- [14] 气流中温室气体质量流量的确定工具
- [15] CMO90 粪便管理系统中的温室气体减排 (第一版)
- [16] CMS-076 废水处理中的甲烷回收 (第一版)
- [17] CMS-30 在交通运输中引入生物压缩天然气 (第一版)
- [18] CM-016 在工业设施中利用气体燃料生产能源 (第一版)
- [19]USDA. Agricultural Waste Management Field Handbook. Chapter 4 - Agricultural Waste Characteristics. Page 2.
- [20]Paul, J. W., and E. G. Beauchamp. 1993. Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry, and solid and composted manures. *Can. J. Soil Sci.* 73: 253-266.
- [21]Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 (6) : 2024-2030.
- [22]Bremner, J.M. 1996. Nitrogen total. In: *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods.* Soil Science Society of America. Madison, Wis. p. 1085.
- [23]Fleck, A. 1969. Automated analysis of nitrogenous compounds. In: *Two Hundred and Thirteenth Scientific Meeting/Eighty-Fifth Scottish Meeting/Royal Infirmary, Glasgow.* p. 81-85.
- [24]Mendham, J.; Denney, R.C.; Barnes, J.D.; M.J.K. Thomas, M.J.K. 2002. *Vogel's Quantitative Chemical Analysis.* Longman Group UK Limited. 6th Edition.