

ICS 13.020.01
CCS Z 04

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4573—2023

畜禽养殖场碳排放核算指南

Guidelines of carbon emissions assessment for livestock and poultry farms

2023-10-09 发布

2023-11-09 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算边界	2
5 核算内容	2
6 核算步骤	2
7 核算方法	2
7.1 排放总量计算方法	2
7.2 肠道发酵甲烷排放量	3
7.2.1 计算方法	3
7.2.2 活动数据获取	3
7.2.3 排放因子确定	3
7.3 粪污管理甲烷排放量	3
7.3.1 计算方法	3
7.3.2 活动数据获取	4
7.3.3 排放因子确定	4
7.4 粪污管理氧化亚氮排放量	4
7.4.1 计算方法	4
7.4.2 活动数据获取	4
7.4.3 排放因子确定	4
7.5 能源消耗二氧化碳排放量	5
7.5.1 计算方法	5
7.5.2 化石燃料燃烧的二氧化碳排放量	6
7.5.3 生产活动购买电力、热力的二氧化碳排放量	6
7.6 沼气利用温室气体减排量	7
8 数据质量管理	7
附录 A (资料性) 排放因子及相关参数推荐值	8
附录 B (资料性) 畜禽养殖场碳排放核算示例	12
参考文献	14

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。

本文件由江苏省畜牧业标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：江苏省农业科学院、江苏省畜牧总站、安佑生物科技集团股份有限公司。

本文件主要起草人：叶小梅、张应鹏、贡玉清、张惠、潘雨来、奚永兰。

畜禽养殖场碳排放核算指南

1 范围

本文件在畜禽养殖场碳排放的核算边界、核算内容、核算步骤、核算方法、数据质量管理等方面给出了建议。

本文件适用于指导猪、牛、羊等畜禽养殖场开展碳排放核算。

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 32760 反刍动物甲烷排放量的测定 六氟化硫示踪-气相色谱法

NY/T 525 有机肥料

NY/T 1700 沼气中甲烷和二氧化碳的测定 气相色谱法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gas

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。

注:包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。

[来源:GB/T 32150—2015,3.1,有修改]

3.2

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO₂-eq

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注:二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源:GB/T 32150—2015,3.16]

3.3

畜禽养殖场碳排放 carbon emissions from livestock and poultry farm

畜禽养殖场生产活动过程中温室气体排放总量相当的二氧化碳当量。

3.4

系统边界 system boundary

畜禽养殖场碳排放核算所涉及的畜禽生产活动范围和场所。

3.5

时间范围 time frame

收集畜禽养殖场温室气体排放量数据的时间长度。

3.6

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费参数的数量表征值。

3.7

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费参数的温室气体排放的系数。

3.8

沼气利用温室气体减排 greenhouse gas mitigation through biogas utilization

畜禽粪污处理产生的沼气经收集利用后抵消的温室气体排放。

4 核算边界

4.1 畜禽养殖场碳排放核算应明确系统边界,本文件系统边界从畜禽养殖开始,到畜禽产品出场为止,不涉及畜禽产品加工环节。

4.2 畜禽养殖场碳排放核算的时间范围宜为养殖场一个年度的生产活动。

5 核算内容

畜禽养殖生产活动中的温室气体排放和减排应包括以下内容:

- a) 肠道发酵甲烷排放:畜禽采食的饲料在胃、肠道微生物发酵作用下,最终经口、鼻、直肠排出体外的甲烷;
- b) 粪污管理温室气体排放:畜禽粪污在养殖场内储存、处理、利用过程中排放的甲烷和氧化亚氮;
- c) 能源消耗二氧化碳排放:畜禽养殖生产活动中购买电力、热力对应的二氧化碳排放,以及化石燃料燃烧排放的二氧化碳,不包括各类生活用能所排放的二氧化碳;
- d) 沼气利用温室气体减排:畜禽养殖场通过利用粪污处理产生的沼气(发电、供热等)所抵消的温室气体排放。

6 核算步骤

畜禽养殖场碳排放核算步骤如下:

- a) 制定监测方案;
- b) 收集畜禽养殖场的生产活动数据;
- c) 监测、计算或直接获取温室气体排放因子;
- d) 根据活动数据、排放因子分别核算不同环节温室气体排放量、减排量;
- e) 汇总累加各环节温室气体排放量,得到畜禽养殖场碳排放总量。

7 核算方法

7.1 排放总量计算方法

畜禽养殖场碳排放总量采用式(1)计算:

$$CE = G_{E,CH_4} + G_{M,CH_4} + G_{M,N_2O} + G_{Energy} - G_{Biogas} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- CE —— 畜禽养殖场碳排放总量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 $G_{\text{E,CH}_4}$ —— 肠道发酵甲烷排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 $G_{\text{M,CH}_4}$ —— 粪污管理甲烷排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 $G_{\text{M,N}_2\text{O}}$ —— 粪污管理氧化亚氮排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 G_{Energy} —— 能源消耗二氧化碳排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 G_{Biogas} —— 沼气利用温室气体减排量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

7.2 肠道发酵甲烷排放量

7.2.1 计算方法

肠道发酵甲烷排放量采用式(2)计算：

$$G_{\text{E,CH}_4} = \text{EF}_{i,\text{E,CH}_4} \times \text{AP}_i \times 10^{-3} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- $G_{\text{E,CH}_4}$ —— 肠道发酵甲烷排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
 $\text{EF}_{i,\text{E,CH}_4}$ —— 畜禽 i 的肠道发酵甲烷排放因子,单位为 $\text{kg}\text{ CH}_4\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;
 AP_i —— 畜禽 i 的年平均存栏量,单位为头;
 GWP_{CH_4} —— 甲烷的全球变暖潜势,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}/t\text{ CH}_4$,推荐值为 27。

7.2.2 活动数据获取

畜禽 i 的年平均存栏量(AP_i)宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定。

7.2.3 排放因子确定

牛、羊等反刍动物的肠道发酵甲烷排放因子($\text{EF}_{i,\text{E,CH}_4}$)宜优先按照 GB/T 32760 规定的方法直接测定;无法测定的,采用式(3)计算;既无法测定又无法计算的,可使用附录 A 表 A.1 给出的推荐值。

$$\text{EF}_{i,\text{E,CH}_4} = (\text{DMI}_i \times 18.45 \times Y_{m,i}) \div 55.65 \times 365 \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- $\text{EF}_{i,\text{E,CH}_4}$ —— 畜禽 i 的肠道发酵甲烷排放因子,单位为 $\text{kg}\text{ CH}_4\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;
 DMI_i —— 畜禽 i 每天的饲料干物质采食量,单位为 $\text{kg}\cdot\text{头}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$;
 18.45 —— 每千克饲料干物质的能量推荐值,单位为 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$;
 $Y_{m,i}$ —— 畜禽 i 的甲烷转化因子,即饲料总能量转化为甲烷能的比例,以%计;
 365 —— 一年的总天数,单位为天(d);
 55.65 —— 甲烷的能量含量,单位为 $\text{MJ}/\text{kg}\text{ CH}_4$ 。

其中:饲料干物质采食量(DMI_i)宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定;甲烷转化因子($Y_{m,i}$)使用表 A.2 的推荐值。

7.3 粪污管理甲烷排放量

7.3.1 计算方法

粪污管理甲烷排放量采用式(4)计算：

$$G_{\text{M,CH}_4} = \text{EF}_{i,\text{M,CH}_4} \times \text{AP}_i \times 10^{-3} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

- $G_{\text{M,CH}_4}$ —— 粪污管理甲烷排放量,单位为 $t\text{ CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;

- EF_{i,M,CH₄} —— 畜禽 *i* 的粪污管理甲烷排放因子,单位为 kg CH₄·头⁻¹·a⁻¹;
- AP_{*i*} —— 畜禽 *i* 的年平均存栏量,单位为头;
- GWP_{CH₄} —— 甲烷的全球变暖潜势,t CO₂-eq/t CH₄,推荐值为 27。

7.3.2 活动数据获取

畜禽 *i* 的年平均存栏量(AP_{*i*})宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定。

7.3.3 排放因子确定

鼓励采用直接测定的方式确定畜禽 *i* 的粪污管理甲烷排放因子(EF_{i,M,CH₄});无法测定的,采用式(5)计算;既无法测定又无法计算的,可使用表 A.3 的推荐值。

$$EF_{i,M,CH_4} = VS_i \times 365 \times B_{0(i)} \times 0.67 \times \sum_k (AWMS_k \times MCF_k) \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- EF_{i,M,CH₄} —— 畜禽 *i* 的粪污管理甲烷排放因子,单位为 kg CH₄·头⁻¹·a⁻¹;
- VS_{*i*} —— 畜禽 *i* 每日排放粪污的挥发性固体含量,单位为 kg VS·头⁻¹·d⁻¹;
- 365 —— 一年的总天数,单位为天(d);
- B_{0(*i*)} —— 畜禽 *i* 的粪污最大产甲烷能力,单位为 m³ CH₄/kg VS;
- 0.67 —— m³ CH₄至 kg CH₄的换算系数;
- AWMS_{*k*} —— 采用方式 *k* 管理畜禽粪污的比例,以%计;
- MCF_{*k*} —— 粪污管理方式 *k* 的甲烷转化系数。

其中:粪污的挥发性固体含量(VS_{*i*})宜优先使用测定值,即先采用烘干法测定粪污挥发性固体所占比例,再乘以粪污排放量而得,无法测定的,可使用表 A.4 的推荐值;粪污最大产甲烷能力[B_{0(*i*)}]使用表 A.5 的推荐值;粪污管理方式所占比例(AWMS_{*k*})宜根据畜禽养殖场实际技术工艺确定;粪污管理甲烷转化系数(MCF_{*k*})使用表 A.6 的推荐值。

7.4 粪污管理氧化亚氮排放量

7.4.1 计算方法

粪污管理氧化亚氮的排放量采用式(6)计算:

$$G_{M,N_2O} = (EF_{i,M,D,N_2O} + EF_{i,M,IN,N_2O}) \times AP_i \times 10^{-3} \times GWP_{N_2O} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- G_{M,N₂O} —— 粪污管理氧化亚氮排放量,单位为 t CO₂-eq·a⁻¹;
- EF_{i,M,D,N₂O} —— 畜禽 *i* 粪污管理的氧化亚氮直接排放因子,单位为 kg N₂O·头⁻¹·a⁻¹;
- EF_{i,M,IN,N₂O} —— 畜禽 *i* 粪污管理的氧化亚氮间接排放因子,单位为 kg N₂O·头⁻¹·a⁻¹;
- AP_{*i*} —— 畜禽 *i* 的年平均存栏量,单位为头;
- GWP_{N₂O} —— 氧化亚氮的全球变暖潜势,单位为 t CO₂-eq/t N₂O,推荐值为 273。

7.4.2 活动数据获取

畜禽 *i* 的年平均存栏量(AP_{*i*})宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定。

7.4.3 排放因子确定

粪污管理氧化亚氮直接排放因子(EF_{i,M,D,N₂O})宜优先采用式(7)计算,无法计算的,可使用附录 A 表 A.7 的推荐值;粪污管理氧化亚氮间接排放因子(EF_{i,M,IN,N₂O})采用式(8)计算。

$$EF_{i,M,D,N_2O} = Nex_i \times \sum_k (AWMS_k \times EF_{k,D,N_2O-N}) \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- EF_{i,M,D,N₂O} —— 畜禽*i*粪污管理的氧化亚氮直接排放因子,单位为 kg N₂O·头⁻¹·a⁻¹;
- Nex_i —— 畜禽*i*每年排放的粪污氮量,单位为 kg N·头⁻¹·a⁻¹;
- AWMS_k —— 采用方式*k*管理畜禽粪污的比例,以%计;
- EF_{k,D,N₂O-N} —— 粪污管理方式*k*的氧化亚氮-氮直接排放因子,单位为 kg N₂O-N/kg N;
- $\frac{44}{28}$ —— 由氧化亚氮-氮(N₂O-N)转化为氧化亚氮(N₂O)的系数。

$$EF_{i,M,IN,N_2O} = Nex_i \times \sum_k [AWMS_k \times (Frac_{gas(i,k)} \times EF_{V,N_2O-N} + Frac_{leach(i,k)} \times EF_{L,N_2O-N})] \times \frac{44}{28} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- EF_{i,M,IN,N₂O} —— 畜禽*i*粪污管理的氧化亚氮间接排放因子,单位为 kg N₂O·头⁻¹·a⁻¹;
- Nex_i —— 畜禽*i*每年排放的粪污氮量,单位为 kg N·头⁻¹·a⁻¹;
- AWMS_k —— 采用方式*k*管理畜禽粪污的比例,以%计;
- Frac_{gas(i,k)} —— 采用方式*k*管理畜禽*i*排放的粪污时,通过氨气(NH₃)和氮氧化物(NO_x)挥发而损失的氮比例,单位为 kg (NH₃-N+ NO_x-N)/ kg N;
- EF_{V,N₂O-N} —— 因挥发引起的氧化亚氮-氮间接排放因子,单位为 kg N₂O-N/kg (NH₃-N+ NO_x-N);
- Frac_{leach(i,k)} —— 采用方式*k*管理畜禽*i*排放的粪污时,通过淋溶和径流损失的氮比例,单位为 kg (淋溶+径流 N)/ kg N;
- EF_{L,N₂O-N} —— 因淋溶和径流引起的氧化亚氮-氮间接排放因子,单位为 kg N₂O-N/ kg (淋溶 N+ 径流 N);
- $\frac{44}{28}$ —— 由 N₂O-N 转化为 N₂O 的系数。

其中：畜禽每年排放的粪污氮量(Nex_i)宜优先使用测定值,即先按照 NY/T 525 规定的方法测定粪污的含氮量,再乘以粪污排放量而得,无法测定的,使用表 A.8 的推荐值;粪污管理方式所占比例(AWMS_k)宜根据畜禽养殖场实际技术工艺确定;粪污管理的氧化亚氮-氮直接排放因子(EF_{k,D,N₂O-N})使用附录 A 表 A.9 的推荐值;通过 NH₃ 和 NO_x 挥发而损失的氮比例(Frac_{gas(i,k)})使用表 A.10 的推荐值;通过淋溶和径流损失的氮比例(Frac_{leach(i,k)})使用表 A.11 的推荐值;挥发引起的氧化亚氮-氮间接排放因子(EF_{V,N₂O-N})使用推荐值 0.01;淋溶和径流引起的氧化亚氮-氮间接排放因子(EF_{L,N₂O-N})使用推荐值 0.011。

7.5 能源消耗二氧化碳排放量

7.5.1 计算方法

能源消耗二氧化碳排放量采用式(9)进行计算：

$$G_{Energy} = G_{fuel} + G_{electricity,heat} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- G_{Energy} —— 能源消耗二氧化碳排放量,单位为 t CO₂-eq·a⁻¹;
- G_{fuel} —— 化石燃料燃烧二氧化碳排放量,单位为 t CO₂-eq·a⁻¹;
- G_{electricity,heat} —— 生产活动购买电力、热力的二氧化碳排放量,单位为 t CO₂-eq·a⁻¹。

7.5.2 化石燃料燃烧的二氧化碳排放量

7.5.2.1 计算方法

化石燃料燃烧的二氧化碳排放量采用式(10)计算：

$$G_{\text{fuel}} = \sum_x (AD_x \times EF_x) \dots\dots\dots(10)$$

式中：

- G_{fuel} ——化石燃料燃烧二氧化碳排放量,单位为 $\text{t CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$;
- AD_x ——消耗化石燃料 x 的总能值,单位为 GJ;
- EF_x ——化石燃料 x 的二氧化碳排放因子,单位为 $\text{t CO}_2\cdot\text{GJ}^{-1}$ 。

7.5.2.2 活动数据获取

消耗化石燃料 x 的总能值(AD_x)采用式(11)计算：

$$AD_x = FC_x \times NCV_x \dots\dots\dots(11)$$

式中：

- AD_x ——消耗化石燃料 x 的总能值,单位为 GJ;
- FC_x ——化石燃料 x 的消耗量,固体燃料或液体燃料单位为 t,气体燃料单位为 10^4Nm^3 ;
- NCV_x ——化石燃料 x 的低位发热值,固体燃料或液体燃料单位为 GJ/t, 气体燃料单位为 $\text{GJ}/10^4\text{Nm}^3$ 。

其中:化石燃料 x 的消耗量(FC_x)宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定;化石燃料 x 的低位发热值(NCV_x)使用表 A.12 的推荐值。

7.5.2.3 排放因子确定

化石燃料 x 的二氧化碳排放因子(EF_x)采用式(12)计算：

$$EF_x = CC_x \times OF_x \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots(12)$$

式中：

- EF_x ——化石燃料 x 的二氧化碳排放因子,单位为 $\text{t CO}_2\cdot\text{GJ}^{-1}$ 。
- CC_x ——化石燃料 x 的单位热值含碳量,单位为 $\text{t C}\cdot\text{GJ}^{-1}$;
- OF_x ——化石燃料 x 的碳氧化率,以%计;
- $\frac{44}{12}$ ——由碳换算成二氧化碳的系数,单位为 $\text{t CO}_2/\text{t C}$ 。

其中:化石燃料 x 的单位热值含碳量(CC_x)、化石燃料 x 的碳氧化率(OF_x)使用表 A.12 的推荐值。

7.5.3 生产活动购买电力、热力的二氧化碳排放量

7.5.3.1 计算方法

生产活动购买电力、热力的二氧化碳排放量采用式(13)计算：

$$G_{\text{electricity,heat}} = AD_y \times EF_y + AD_z \times EF_z \dots\dots\dots(13)$$

式中：

- $G_{\text{electricity,heat}}$ ——生产活动购买电力、热力的二氧化碳排放量,单位为 $\text{t CO}_2\text{-eq}\cdot\text{a}^{-1}$ 。
- AD_y ——购买电力的总量,单位为 $\text{MW}\cdot\text{h}$;
- EF_y ——电网平均二氧化碳排放因子,单位为 $\text{t CO}_2/(\text{MW}\cdot\text{h})$;
- AD_z ——购买热力的总量,单位为 GJ;

EF_z ——热力生产的二氧化碳排放因子,单位为 $t CO_2 \cdot GJ^{-1}$ 。

7.5.3.2 活动数据获取

购买电力的总量(AD_y)、购买热力的总量(AD_z)宜根据畜禽养殖场的生产管理台账确定。

7.5.3.3 排放因子确定

电网平均二氧化碳排放因子(EF_y)宜采用国家主管部门公布的电网排放因子数据,无法获取的,可使用推荐值 $0.5703 t CO_2 / (MW \cdot h)$;热力生产的二氧化碳排放因子(EF_z)使用推荐值 $0.11 t CO_2 \cdot GJ^{-1}$ 。

7.6 沼气利用温室气体减排量

沼气利用温室气体减排量采用式(14)进行计算:

$$G_{\text{Biogas}} = [Q_{\text{biogas}} - Q_{\text{torch}} \times (1 - OF_{\text{torch}})] \times \varphi_{\text{CH}_4} \times 6.7 \times GWP_{\text{CH}_4} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

G_{Biogas} ——沼气利用温室气体减排量,单位为 $t CO_2 - eq \cdot a^{-1}$ 。

Q_{biogas} ——收集利用的沼气总体积,单位为 $10^4 Nm^3 \cdot a^{-1}$;

Q_{torch} ——火炬燃烧的沼气总体积,单位为 $10^4 Nm^3 \cdot a^{-1}$;

OF_{torch} ——沼气火炬燃烧的碳氧化率,以%计;

φ_{CH_4} ——沼气中的甲烷含量,以%计;

6.7 ——甲烷气体在标准状况下的密度,单位为 $t / 10^4 Nm^3$;

GWP_{CH_4} ——甲烷的全球变暖潜势,单位为 $t CO_2 - eq / t CH_4$,推荐值为 27。

其中:收集利用的沼气总体积(Q_{biogas})和火炬燃烧的沼气总体积(Q_{torch})宜根据实际监测数据和畜禽养殖场生产管理记录确定;沼气火炬燃烧的碳氧化率(OF_{torch})使用推荐值 98%;沼气中的甲烷含量(φ_{CH_4})宜按照 NY/T 1700 的方法每月测定一次。

8 数据质量管理

8.1 建立畜禽养殖场碳排放核算的规章制度,明确负责机构和人员、工作流程和内容、工作周期和时间节点等。

8.2 制定相应的监测计划,加强对活动数据的监测,有条件养殖场可以联合专业机构开展排放因子的实地监测,逐步提高自身监测能力。

8.3 建立健全碳排放数据记录管理体系,包括数据来源、数据获取时间及相关负责人等信息。

8.4 定期对畜禽养殖场碳排放数据进行交叉校验,对可能产生的数据误差风险进行识别,并提出相应的解决方案。

附录 A

(资料性)

排放因子及相关参数推荐值

表 A.1~表 A.12 给出了畜禽养殖场碳排放核算过程的排放因子及相关参数推荐值。

表 A.1 不同畜禽肠道发酵甲烷排放因子推荐值(EF_{i,E,CH_4})

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	生猪
排放因子/ ($kg CH_4 \cdot 头^{-1} \cdot a^{-1}$)	88.1	52.9	70.5	8.2	8.9	1

表 A.2 甲烷转化因子推荐值($Y_{m,i}$)

畜禽种类	甲烷转化因子/%
泌乳奶牛	6.5
非泌乳奶牛及肉牛	7.0
犊牛	3.0
绵羊	6.7
山羊	5.5

表 A.3 不同畜禽粪污管理过程甲烷排放因子推荐值(EF_{i,M,CH_4})

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	生猪	家禽
排放因子/ ($kg CH_4 \cdot 头^{-1} \cdot a^{-1}$)	8.33	3.31	5.55	0.26	0.28	5.08	0.02

表 A.4 不同畜禽粪污挥发性固体含量推荐值(VS_i)

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	生猪	家禽
挥发性固体含量/ ($kg VS \cdot 头^{-1} \cdot d^{-1}$)	3.50	3.00	3.90	0.35	0.32	0.30	0.02

表 A.5 不同畜禽粪污最大产甲烷能力推荐值($B_{0(i)}$)

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	生猪	家禽
最大产甲烷能力/ ($m^3 CH_4/kg VS$)	0.24	0.18	0.10	0.13	0.13	0.45	0.24

表 A.6 不同粪污管理方式甲烷转化系数推荐值(MCF_k)

粪污管理方式		甲烷转化系数
氧化塘		73%
液体粪水/粪浆贮存 舍内粪坑贮存	1个月	13%
	3个月	24%
	6个月	37%
	12个月	55%
猪、牛卧床垫料	>1个月	37%
	<1个月	6.5%
固体粪便贮存		4%
自然风干		1.5%
堆肥	密闭式 (强制通风和连续混合)	0.5%
	条垛式(强制通风)	2%
	条垛式(每天翻动)	1%
	静态垛	2%
好氧处理		0%
沼气池		10%
其他		1%

表 A.7 不同畜禽粪污管理过程氧化亚氮直接排放因子推荐值(EF_{i,M,D,N₂O})

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	猪	家禽
排放因子/(kg N ₂ O·头 ⁻¹ ·a ⁻¹)	2.065	0.846	0.875	0.113	0.113	0.175	0.007

表 A.8 不同畜禽氮排泄量推荐值(Nex_i)

畜禽种类	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	生猪	家禽
氮排泄量/ (kg N·头 ⁻¹ ·a ⁻¹)	72.0	40.0	40.0	12.0	12.0	11.0	0.60

表 A.9 不同粪污管理方式氧化亚氮-氮直接排放因子推荐值(EF_{k,D,N₂O-N})

粪污管理方式	排放因子 kg N ₂ O-N/kg N
固体粪便贮存	0.01
自然风干	0.02

表 A.9 不同粪污管理方式氧化亚氮-氮直接排放因子推荐值(EF_{k,D,N_2O-N}) (续)

粪污管理方式	排放因子 kg N_2O-N /kg N
液体粪水/粪浆贮存(自然结壳或覆盖)	0.005
液体粪水/粪浆贮存(无自然结壳)	0
氧化塘	0
舍内粪坑贮存	0.002
沼气池	0.000 6
猪、牛卧床垫料(不翻混)	0.01
猪、牛卧床垫料(主动翻混)	0.07
密闭式堆肥 (强制通风和连续混合)	0.006
静态垛堆肥 (强制通风不混合)	0.01
条垛式堆肥 (定期翻动或较少翻动)	0.005
好氧处理(自然通风)	0.01
好氧处理(强制通风)	0.005

表 A.10 粪污管理过程通过 NH_3 和 NO_x 挥发而损失的氮比例推荐值($Frac_{gas(i,k)}$)

粪污管理方式		畜禽种类				
		生猪	奶牛	肉牛	家禽	其他畜禽
氧化塘		0.40	0.35	0.35	0.40	0.35
液体粪水/ 粪浆贮存	自然结壳	0.30	0.30	0.30	—	0.09
	无自然结壳	0.48	0.48	0.48	0.40	0.15
舍内粪坑贮存		0.25	0.28	0.25	0.28	0.25
固体粪便 贮存	露天	0.45	0.30	0.45	0.40	0.12
	覆盖/压实	0.22	0.14	0.22	0.20	0.05
自然风干		0.45	0.30	0.30	—	0.30
沼气池		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
卧床垫料		0.40	0.25	0.25	0.30	0.40
堆肥	密闭式 (强制通风和连续混合)	0.60	0.45	0.60	0.60	0.18
	条垛式 (强制通风或每天翻动)	0.65	0.50	0.65	0.65	0.20
	静态垛	0.60	0.45	0.60	0.60	0.18
好氧处理		0.85	0.85	0.85	—	0.27

表 A.11 粪污管理过程通过淋溶和径流损失的氮比例推荐值($\text{Frac}_{\text{leach}(i,k)}$)

粪污管理方式		畜禽种类				
		生猪	奶牛	肉牛	家禽	其他畜禽
氧化塘		0	0	0	0	0
液体粪水/ 粪浆贮存	自然结壳	0	0	0	0	0
	无自然结壳	0	0	0	0	0
舍内粪坑贮存		0	0	0	0	0
固体粪便 贮存	露天	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	覆盖/压实	0	0	0	0	0
自然风干		0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
沼气池		0	0	0	0	0
猪、牛卧床垫料		0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
堆肥	密闭式 (强制通风和连续混合)	0	0	0	0	0
	条垛式 (强制通风或每天翻动)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
	静态垛	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
好氧处理		0	0	0	0	0

表 A.12 化石燃料特性参数推荐值

燃料品种		低位发热量(NCV_x) GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 (CC_x) t C/GJ	燃料碳氧化率 (OF_x) %
固体燃料	焦炭, t	28.470	29.5×10^{-3}	93
液体燃料	汽油, t	43.124	18.9×10^{-3}	98
	柴油, t	42.705	20.2×10^{-3}	98
气体燃料	天然气, 10 ⁴ Nm ³	356.08	15.3×10^{-3}	99

附录 B

(资料性)

畜禽养殖场碳排放核算示例

注：以一个存栏 1000 头的规模奶牛场 P 为例，介绍本文件使用方法。

B.1 肠道发酵甲烷排放量(G_{E,CH_4})

B.1.1 活动数据

奶牛年平均存栏量(AP_i)为 1 000 头,其中:泌乳奶牛 500 头、干奶牛 100 头、青年牛 130 头、育成牛 180 头、犊牛 90 头,饲料平均干物质采食量(DMI_{*i*})分别为泌乳牛 22 kg·头⁻¹·d⁻¹、干奶牛 12 kg·头⁻¹·d⁻¹、青年牛 12 kg·头⁻¹·d⁻¹、育成牛 8 kg·头⁻¹·d⁻¹、犊牛 3 kg·头⁻¹·d⁻¹。

B.1.2 相关参数

甲烷转化因子($Y_{m,i}$)使用表 A.2 的推荐值,即泌乳牛 6.5%,干奶牛、青年牛、育成牛 7.0%,犊牛 3%。

B.1.3 碳排放量

将 B.1.1 和 B.1.2 中的数据代入式(2)、式(3),可得奶牛场 P 肠道发酵甲烷排放量(G_{E,CH_4})为 3 323 t CO₂-eq·a⁻¹。

B.2 粪污管理甲烷排放量(G_{M,CH_4})

B.2.1 活动数据

奶牛年平均存栏量(AP_i)数据同 B.1.1。粪污管理方式及比例(AWMS_{*k*})分别为:强制通风条垛式堆肥(30%)、沼气池(50%)、氧化塘(20%)。

B.2.2 相关参数

奶牛每日排放粪污的挥发性固体含量(VS_{*i*})使用表 A.4 的推荐值 3.50 kg VS 头⁻¹·d⁻¹;粪污最大产甲烷能力($B_{0(i)}$)使用表 A.5 的推荐值 0.24 m³ CH₄/kg VS;甲烷转化系数(MCF_{*k*})使用表 A.6 的推荐值,即强制通风条垛式堆肥 2%、沼气池 10%、氧化塘 73%。

B.2.3 碳排放量

将 B.2.1 和 B.2.2 中的数据代入式(4)、式(5),可得奶牛场 P 粪污管理甲烷排放量(G_{M,CH_4})为 1 120 t CO₂-eq·a⁻¹。

B.3 粪污管理氧化亚氮排放量(G_{M,N_2O})

B.3.1 活动数据

奶牛年平均存栏量(AP_i)数据同 B.1.1,粪污管理方式及比例(AWMS_{*k*})数据同 B.2.1。

B.3.2 相关参数

奶牛每年排放的粪污氮量(Nex_{*i*})使用表 A.8 的推荐值 72 kg N·头⁻¹·a⁻¹;粪污管理的氧化亚氮-氮直

接排放因子(EF_{k,D,N_2O-N})使用表 A.9 的推荐值,即强制通风条垛式堆肥 0.01、沼气池 0.000 6、氧化塘 0;通过 NH_3 和 NO_x 挥发而损失的氮比例($Frac_{gas(i,k)}$)使用表 A.10 的推荐值,即强制通风条垛式堆肥 0.50、沼气池 0.20、氧化塘 0.35;通过淋溶和径流损失的氮比例($Frac_{leach(i,k)}$)使用表 A.11 的推荐值,即强制通风条垛式堆肥 0.06、沼气池 0、氧化塘 0;挥发引起的氧化亚氮-氮间接排放因子(EF_{V,N_2O-N})使用推荐值 0.01;淋溶和径流引起的氧化亚氮-氮间接排放因子(EF_{L,N_2O-N})使用推荐值 0.011。

B.3.3 碳排放量

将 B.3.1 和 B.3.2 中的数据代入式(6)~式(8),可得奶牛场 P 粪污管理氧化亚氮排放量(G_{M,N_2O})为 207 t CO_2 -eq·a⁻¹。

B.4 能源消耗二氧化碳排放量(G_{Energy})

B.4.1 活动数据

奶牛场化石燃料年消耗量(FC_x)为柴油 5 t;电力年消耗量(AD_y)为 1000 MW·h。

B.4.2 相关参数

柴油的低位发热值(NCV_x)、单位热值含碳量(CC_x)、碳氧化率(OF_x)使用表 A.12 的推荐值,即分别为 42.705 GJ/t、 20.2×10^{-3} t C/GJ、98%。电网平均二氧化碳排放因子(EF_y)使用推荐值 0.570 3 t CO_2 /(MW·h)。

B.4.3 碳排放量

将 B.4.1 和 B.4.2 中的数据代入式(9)~式(13),可得奶牛场 P 能源消耗二氧化碳排放量(G_{Energy})为 586 t CO_2 -eq·a⁻¹。

B.5 沼气利用温室气体减排量(G_{Biogas})

B.5.1 活动数据

收集利用的沼气总体积(Q_{biogas})为 5×10^4 Nm³·a⁻¹;火炬燃烧的沼气总体积(Q_{torch})为 35×10^4 Nm³·a⁻¹;沼气平均甲烷含量(φ_{CH_4})为 65%。

B.5.2 相关参数

甲烷气体在标准状况下的密度为 6.7 t/10⁴ Nm³;沼气火炬燃烧的碳氧化率(OF_{torch})使用推荐值 98%。

B.5.3 抵消碳排放量

将 B.5.1 和 B.5.2 中的数据代入式(14),可得奶牛场 P 沼气利用温室气体减排量(G_{Biogas})为 506 t CO_2 -eq·a⁻¹。

B.6 奶牛场 P 碳排放总量(CE)

将肠道发酵甲烷排放量(G_{E,CH_4})、粪污管理甲烷排放量(G_{M,CH_4})、粪污管理氧化亚氮排放量(G_{M,N_2O})、能源消耗二氧化碳排放量(G_{Energy})和沼气利用温室气体减排量(G_{Biogas})累加,可得奶牛场 P 碳排放总量(CE)为 4 730 t CO_2 -eq·a⁻¹。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2589 综合能耗计算通则
 - [2] GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
 - [3] 2019年IPCC国家温室气体清单指南,政府间气候变化专门委员会(IPCC)
 - [4] 省级温室气体清单编制指南(试行)(国家发展和改革委员会办公厅)
 - [5] 国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴2020[M],北京:中国统计出版社
 - [6] 关于做好2023—2025年发电行业企业温室气体排放报告管理有关工作的通知(环办气候函〔2023〕43号)
-