

SH/GHG

# 上海市区级温室气体清单编制技术文件

SH/GHG-006-2022

---

## 上海市区级废弃物处理温室气体清单

### 编制技术规范

(试 行)

上海市生态环境局 发布

2022 年 9 月

# 目 录

前 言 .....	1
1 总体要求 .....	2
2 固体废弃物填埋处理 .....	2
2.1 核算方法 .....	2
2.2 活动水平数据及其来源 .....	3
2.3 排放因子及其确定方法 .....	3
2.3.1 甲烷修正因子 (MCF) .....	4
2.3.2 可降解有机碳 (DOC) .....	4
2.3.3 可分解的 DOC 的比例 (DOCF) .....	5
2.3.4 甲烷在垃圾填埋气体中的比例 (F) .....	5
2.3.5 甲烷回收量 (R) .....	5
2.3.6 氧化因子 (OX) .....	5
2.4 估算步骤 .....	6
3 固体废弃物焚烧处理 .....	6
3.1 排放源界定 .....	6
3.2 核算方法 .....	6
3.3 活动水平数据及其来源 .....	7
3.4 排放因子及其确定方法 .....	7
3.5 估算步骤 .....	7
4 生活污水处理 .....	8
4.1 核算方法 .....	8
4.2 活动水平数据及其来源 .....	8
4.3 排放因子及其确定方法 .....	8
4.3.1 甲烷修正因子 (MCF) .....	9
4.3.2 甲烷最大产生能力 (Bo) .....	9
4.4 估算步骤 .....	9
5 工业废水处理 .....	10

5.1 核算方法 .....	10
5.2 活动水平数据及其来源 .....	10
5.3 排放因子及其确定方法 .....	10
5.4 估算步骤 .....	12
6 废水处理氧化亚氮排放 .....	12
6.1 核算方法 .....	12
6.2 活动水平数据及其来源 .....	13
6.3 排放因子及其确定方法 .....	13
6.4 估算步骤 .....	13
7 不确定性分析 .....	13
7.1 概述 .....	13
7.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法 .....	14
7.2.1 不确定性产生的原因 .....	14
7.2.2 降低不确定性的方法 .....	14
7.3 量化和合并不确定性的方法 .....	14
7.3.1 量化不确定性方法 .....	14
7.3.2 合并不确定性方法 .....	14
8 报告和质量控制 .....	15
附录一：温室气体全球变暖潜势值 .....	16
附录二：废弃物处理报告格式及大纲 .....	17

# 前 言

气候变化是全球共同面临的重大挑战，关系到人类的生存和发展。从我国现阶段发展来看，能源结构仍旧以煤为主，经济结构性矛盾仍然突出，随着能源消耗的不断增长，控制温室气体排放面临巨大压力。因此，控制温室气体排放，积极应对气候变化，切实推动绿色低碳发展，已成为我国贯彻新发展理念、实现经济社会高质量发展的重要抓手。

2010 年 9 月，国家正式下发了《关于启动省级温室气体清单编制工作有关事项的通知》并印发了《省级温室气体清单编制指南（试行）》，要求各地制定工作计划和编制方案，组织好温室气体清单编制工作。为贯彻《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》文件精神，推动落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》中关于“完善温室气体清单编制机制”的有关要求，指导和规范我市区级温室气体清单编制方法，加强温室气体排放统计工作，促进上海市区级温室气体清单编制工作走向常态化和标准化，特制定本规范。在规范制定过程中，充分参考了国内外相关技术标准、指南和文献资料，广泛听取了生态环境部，国家气候战略中心，江浙皖三省生态环境厅，市统计局、市绿化市容局、市交警总队、市大数据中心，市环境科学研究院、市园林科学规划研究院，电力公司、燃气公司、供水公司等部门和单位的建议，总结了长宁区生态环境局、金山区生态环境局清单编制的试点经验。同时，特别感谢上海交通大学在本规范制定过程中提出的宝贵意见。

本文件为首次发布。

本文件由上海市生态环境局提出并负责解释和修订。

本文件起草单位：上海市经济信息中心。

本文件主要起草人：刘佳、鞠学泉、张东海、王雪媛、沈行。

## 1 总体要求

城市固体废弃物、生活污水和工业废水处理，可以排放甲烷、二氧化碳和氧化亚氮气体，是温室气体的重要来源。废弃物处理温室气体排放清单包括城市固体废弃物（主要是指城市生活垃圾）填埋处理产生的甲烷排放量，生活污水和工业废水处理产生的甲烷和氧化亚氮排放量，以及固体废弃物焚烧处理产生的二氧化碳排放量。

废弃物处理的甲烷排放源包括固体废弃物填埋处理和生活污水处理及工业废水处理。

包含化石碳（如塑料、橡胶等）的废弃物焚化，是废弃物部份中重要的二氧化碳排放来源之一。固体废弃物处置场所的非化石废弃物和废水处理污泥的焚烧也可以排放二氧化碳，这部分排放是生物成因，应作为信息项报告。

废弃物处理也会产生氧化亚氮排放，但氧化亚氮排放机理和过程比较复杂，主要取决于处理的类型和处理期间的条件。本规范只报告废水处理的氧化亚氮排放。

废弃物处理温室气体排放总量计算方法见公式（1）。

$$E_F = E_{FT,CH_4} + E_{FF,CO_2} + E_{SWS,CH_4} + E_{GWS,CH_4} + E_{FS,N_2O} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E_{FT,CH_4}$  ——固体废弃物填埋处理甲烷排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>e；

$E_{FF,CO_2}$  ——固体废弃物焚烧处理甲烷排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>e；

$E_{SWS,CH_4}$  ——生活污水处理甲烷排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>e；

$E_{GWS,CH_4}$  ——工业污水处理甲烷排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>e；

$E_{FS,N_2O}$  ——废水处理氧化亚氮排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>e。

## 2 固体废弃物填埋处理

### 2.1 核算方法

本规范提供的方法为质量平衡法，估算公式为（2）所示，该方法假设所有潜在的甲烷均在处理当年就全部排放完。这种假设虽然在估算时相对简单方便，但会高估甲烷的排放。

$$E_{FT,CH_4} = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R_{FT}) \times (1 - OX_{FT}) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$MSW_T$  ——总的城市固体废弃物产生量，单位为 tCH<sub>4</sub>；

$MSW_F$  ——城市固体废弃物填埋处理率；

$L_0$  ——各管理类型垃圾填埋场的甲烷产生潜力，单位为万吨甲烷/万吨废弃物；

$R_{FT}$  ——固体废弃物填埋甲烷回收量，单位为 tCH<sub>4</sub>；

$OX_{FT}$  ——废弃物填埋甲烷的氧化因子。

其中，

$$L_0 = MCF_{FT} \times DOC \times DOC_F \times F \times 16/12 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$MCF_{FT}$ ——各管理类型垃圾填埋场的甲烷修正因子,单位为%；

$DOC$ ——可降解有机碳，单位为 kg 碳/kg 废弃物；

$DOC_F$ ——可分解的  $DOC$  比例，单位为%；

$F$ ——垃圾填埋气体中的甲烷比例，单位为%；

$16 / 12$ ——甲烷/碳分子量比率。

## 2.2 活动水平数据及其来源

固体废弃物处置甲烷排放估算所需的水平数据包括：城市固体废弃物产生量、城市固体废弃物填埋量、城市固体废弃物物理成分。各区的城市固体废弃物数据可从各区的绿化市容或生态环境等相关部门的统计数据中获得，原则上以统计数据为准，如实际调研情况与统计数据的统计范围和数值差距较大，需在信息项报备章节中说明并计算排放量。城市固体废弃物成分可从垃圾处理场所相关监测分析数据、相关环评报告或实测报告中获得。对有条件的区则可定期进行监测和采样分析得出。表 2.1 给出了城市固体废弃物填埋处理甲烷排放估算所需的水平数据及可能的数据来源。其中生活垃圾物理成分必须由有资质的检测单位出具测试报告。

表 2.1 城市固体废弃物填埋处理活动水平数据及来源

活动水平数据	简写	单位	数值	数据来源
产生量	MSWT	万吨/年		绿化市容、生态环境等相关部门
填埋处理率	MSWF	%		
填埋量		万吨/年		
城市生活垃圾成分 <sup>1</sup>				
纸张/纸板		%		
纺织品		%		
食品垃圾		%		
木材		%		
庭园和公园废弃物		%		
尿布		%		
橡胶和皮革		%		
塑料		%		
金属		%		
玻璃		%		
其他惰性废弃物		%		

## 2.3 排放因子及其确定方法

<sup>1</sup> 具体分类可根据垃圾填埋场分类情况调整

估算固体废弃物填埋处理温室气体排放时需要的排放因子包括：

### 2.3.1 甲烷修正因子（MCF）

甲烷修正因子主要反映不同区域垃圾处理方式和管理程度。垃圾处理可分为管理的和非管理的两类，其中非管理的又依据垃圾填埋深度分为深处理（>5 米）和浅处理（<5 米），不同的管理状况，MCF 的值不同。

管理的固体废弃物处置场一般要有废弃物的控制装置，是指废弃物填埋到特定的处置区域，有一定程度的火灾控制或渗漏液控制等装置，且至少应包括下列部分内容：覆盖材料，机械压缩和废弃物分层处理。根据垃圾填埋场的管理程度比例（A、B、C），基于表 2.2 的废弃物处理类型 MCF 的推荐值，利用公式（4）。

$$MCF = A \times MCF_A + B \times MCF_B + C \times MCF_C \dots\dots\dots (4)$$

式中：

A——A 管理类型（管理的）垃圾填埋场的固体废弃物填埋量，单位为 t；

$MCF_A$ ——A 管理类型（管理的）垃圾填埋场的甲烷修正因子，单位为%；

B——B 管理类型（非管理的——深>5m）垃圾填埋场的固体废弃物填埋量，单位为 t；

$MCF_B$ ——B 管理类型（非管理的——深>5m）垃圾填埋场的甲烷修正因子；

C——C 管理类型（未分类的）垃圾填埋场的固体废弃物填埋量，单位为 t；

$MCF_C$ ——C 管理类型（未分类的）垃圾填埋场的甲烷修正因子。

估算得出综合的 MCF 值。如果没有分类的数据，选择分类 D 的 MCF 值。

**表 2.2 固体废弃物填埋场分类和甲烷修正因子**

填埋场的类型 <sup>2</sup>	甲烷修正因子（MCF）的缺省值
管理的：A	1.0
非管理的 - 深的（>5 m 废弃物）：B	0.8
非管理的 - 浅的（<5 m 废弃物）：C	0.4
未分类的：D	0.4

### 2.3.2 可降解有机碳（DOC）

可降解有机碳是指废弃物中容易受到生物化学分解的有机碳，单位为每千克废弃物（湿重）中含多少千克碳。DOC 的估算是以废弃物中的成分为基础，通过各类成分的可降解有机碳的比例平均权重计算得出。计算可降解有机碳的参照公式（5）：

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$DOC_i$ ——指废弃物类型 i 中可降解有机碳的比例，单位为%；

$W_i$ ——第 i 类废弃物的比例，单位为%。

<sup>2</sup> 本市垃圾填埋场均为管理型垃圾填埋场

表 2.3 固体废弃物成分 DOC 含量比例的推荐值

固体废弃物成分	DOC 含量占湿废弃物的比例 (%)	
	推荐值	范围
纸张/纸板	40	36-45
纺织品	24	20-40
食品垃圾	15	8-20
木材	43	39-46
庭园和公园废弃物	20	18-22
尿布	24	18-32
橡胶和皮革	(39)	(39)
塑料	—	—
金属	—	—
玻璃	—	—
其他惰性废弃物	—	—

### 2.3.3 可分解的 DOC 的比例 (DOCF)

可分解的 DOC 的比例 (DOCF) 表示从固体废弃物处置场分解和释放出来的碳的比例, 表明某些有机废弃物在废弃物处置场中并不一定全部分解或是分解得很慢。本规范推荐采用 0.5 (0.5~0.6 包括木质素碳) 作为可分解的 DOC 比例, 如果数据可获得也可以采用类似地区的可分解的 DOC 比例。

### 2.3.4 甲烷在垃圾填埋气体中的比例 (F)

垃圾填埋场产生的填埋气体主要是甲烷和二氧化碳等气体。甲烷在垃圾填埋气体中的比例 (体积比) 一般取值范围在 0.4~0.6 之间, 平均取值推荐为 0.5, 取决于多个因子, 包括废弃物成分 (如碳水化合物和纤维素)。如果有区特有的垃圾填埋场的相应监测数据, 建议使用区特有值。

### 2.3.5 甲烷回收量 (R)

甲烷回收量是指在固体废弃物处置场中产生的, 并收集和燃烧或用于发电装置部分的甲烷量。建议各区要根据各自的实际回收利用情况, 记录甲烷的回收量, 特别是如果有甲烷用于发电或其他利用, 要详细记录, 并在总的排放中扣除这部分。

### 2.3.6 氧化因子 (OX)

氧化因子 (OX) 是指固体废弃物处置场排放的甲烷在土壤或其他覆盖废弃物的材料中发生氧化的那部分甲烷量的比例。对于比较合格的管理型垃圾填埋场的氧化因子取值为 0.1, 如果使用其他氧化因子则需要给出明确的文件记录和相应的参考文献。

表 2.4 列出了城市固体废弃物处理甲烷排放清单估算所需排放因子及相关参数的推荐值。



表 2.4 城市固体废物填埋处理排放因子/相关参数及来源

排放因子/相关参数	简写	单位	推荐值	数据来源
甲烷修正因子	MCF		公式（4）	绿化市容、生态环境等相关部门
可降解有机碳	DOC	千克碳/千克废弃物	公式（5）	清单编制部门
可分解的 DOC 比例	DOCF		0.5	IPCC 指南
甲烷在垃圾填埋气中的比例	F		0.5	IPCC 指南
甲烷回收量	R	万吨		垃圾填埋场
氧化因子	OX		0.1	IPCC 指南

## 2.4 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。从统计年鉴中收集或通过绿化市容、生态环境部门等调研获得城市固体废弃物的产生量和填埋处理比例或者直接获得填埋量，通过绿化市容等部门获得城市生活垃圾的成分比例和当地垃圾填埋场管理水平。

步骤二：确定排放因子及相关参数。首先根据统计调查垃圾填埋场管理水平，计算各管理类型的甲烷修正因子；其次利用垃圾成分和公式（5）计算可降解有机碳；最后根据各地实际情况测量或者采用推荐值确定甲烷在填埋气中的比例、甲烷回收量和氧化因子。

步骤三：根据活动水平数据和排放因子，利用公式（2）估算得出各管理类型的城市生活垃圾填埋处理甲烷排放量，求和得出城市生活垃圾填埋处理甲烷排放总量。

## 3 固体废物焚烧处理

### 3.1 排放源界定

废弃物处理领域的重要源包括固体和液体废弃物在可控的焚化设施中焚烧产生的二氧化碳排放。焚烧的废弃物类型包括城市固体废物、危险废弃物（包括医疗废弃物）和污水污泥，我国统计数据中危险废弃物包括了医疗废弃物。并且要区分化石和生物成因的二氧化碳排放。

只有废弃物中的矿物碳（如塑料、某些纺织物、橡胶、液体溶剂和废油）在焚化期间氧化过程产生的二氧化碳排放，被视为净排放，应当纳入清单总量中。废弃物中所含的生物质材料（如纸张、食品和木材废弃物）以及污泥燃烧产生的二氧化碳排放，是生物成因的排放，不应当纳入清单总量中，应当作为信息项记录。

### 3.2 核算方法

本规范推荐的估算废弃物焚化和露天燃烧产生的二氧化碳排放量的估算公式为（6）：

$$E_{FF,CO_2} = \sum_i (IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_{FF,i} \times 44/12) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$E_{FF,CO_2}$  ——废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量，单位为 tCO<sub>2</sub>/年；

$i$ ——分别表示城市固体废物、危险废弃物、污泥；

$IW_i$ ——第  $i$  种类型废弃物的焚烧量，单位为 t/年；

$CCW_i$ ——第  $i$  种类型废弃物中的碳含量比例，单位为%；

$FCF_i$ ——第  $i$  种类型废弃物中矿物碳在碳总量中比例，单位%；

$EF_{FF,i}$ ——第  $i$  种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率。

### 3.3 活动水平数据及其来源

废弃物焚烧处理二氧化碳排放估算需要的活动水平数据包括各类型（城市固体废物、危险废弃物、污水污泥）废弃物焚烧量。如存在本区所产生垃圾在外区处理、或本区所处理垃圾含有外区所产生垃圾的情况，则可将本区干垃圾产生量、危险废弃物产生量、污水污泥产生量视为废弃物焚烧处理量。

### 3.4 排放因子及其确定方法

废弃物焚烧处理的关键排放因子包括废弃物中的碳含量比例、矿物碳在碳总量中比例和焚烧炉的碳氧化率。焚烧的废弃物中的生物碳和矿物碳可以从废弃物成分分析资料中得到。

矿物碳在碳总量中的比例会因废弃物种类不同而有很大的差别。城市固体废物和医疗废弃物中的碳主要来源于生物碳和矿物碳；污水污泥中的矿物碳，通常可以省略（只有微量的清洁剂和其它化学物质）。危险废弃物中的碳通常来自矿物材料。

废弃物焚烧产生的二氧化碳排放清单估算所需排放因子，如果当地无相关实测数据，建议采用表 3.1 的推荐值。

表 3.1 废弃物焚烧处理排放因子及来源

排放因子	简写	范 围		推荐值	数据来源
废弃物碳含量	$CCW_i$	城市生活垃圾	（湿）	15%	上海特征值
		危险废弃物	（湿）	1	专家判断
		污泥	（干物质） 10-40%	30%	IPCC 指南
矿物碳在碳总量中的百分比	$FCF_i$	城市生活垃圾	30-50%	39% （参考）	参考值为全国平均值，但实际计算中应按照生活垃圾成分的具体数据计算
		危险废弃物	90-100%	90%	专家判断
		污泥	0%	0%	注：生物成因
燃烧效率	$EF_i$	城市生活垃圾	95-99%	95%	专家判断
		危险废弃物	95-99.5%	97%	
		污泥	95%	95%	

### 3.5 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。城市生活垃圾焚烧量从绿化市容部门获取，危险废弃物焚

烧量从生态环境部门获取，污水污泥的焚烧量从生态环境部门获取。

步骤二：确定排放因子。首先从焚烧厂或者资料调查及专家判断确定废弃物碳含量；其次从城市生活垃圾成分比例计算矿物碳在碳总量中的比例；最后根据焚烧厂实际情况确定碳氧化率，若无法获取实测值，可使用指南缺省值计算。

步骤三：利用活动水平数据和排放因子，根据公式（6）估算得出城市生活垃圾化石成因和危险废弃物焚烧的二氧化碳排放量，最后求和得出废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量。

## 4 生活污水处理

### 4.1 核算方法

本规范推荐的估算生活污水处理甲烷排放的估算公式为（7）。

$$E_{SWS,CH_4} = (TOW_{SWS} \times EF_{SWS}) - R_{SWS} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$TOW_{SWS}$  ——清单年份的生活污水中有机物总量（千克 BOD/年）；

$EF_{SWS}$  ——排放因子（千克甲烷/千克 BOD）；

$R_{SWS}$  ——清单年份的甲烷回收量（千克甲烷/年）。

其中排放因子（EF）的估算公式为（8）。

$$EF_{SWS} = B_o \times MCF_{SWS} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$B_o$  ——甲烷最大产生能力；

$MCF_{SWS}$  ——甲烷修正因子。

### 4.2 活动水平数据及其来源

生活污水处理甲烷排放时主要的活动水平数据是污水中有机物的总量，以生化需氧量（BOD）作为重要的指标，包括排入到海洋、河流或湖泊等环境中的 BOD 和在污水处理厂处理系统中去除的 BOD 两部分，活动水平数据从环境报表直接获取，如能确定本区污水处理厂处理来源全部为本区污水，则可使用污水处理厂统计数据。在我国只有化学需氧量（COD）的统计数据资料，可使用本规范提供的 BOD 与 COD 的相关关系（表 4.1）进行转换。鼓励区对污水厂收集实测数据以及 B/C 的分析研究，并对两套数据进行比对。

表 4.1 华东地区平均 BOD/COD 推荐值

	BOD/COD
华东地区	0.43

如存在本区所产生生活污水在外区处理、本区所处理生活污水含有外区所产生以及数据难以获取的情况，则可按本区生活用水（含居民、三产及其他用水）量折 BOD 量。其中排入环境 BOD 按 16.24mg/L 推算，污水处理系统去除 BOD 按 116.29 mg/L 推算。

### 4.3 排放因子及其确定方法

#### 4.3.1 甲烷修正因子（MCF）

MCF 表示不同处理和排放的途径或系统达到的甲烷最大产生能力（Bo）的程度，也反映了系统的厌氧程度。本规范推荐的 MCF 可以利用下面公式（9）估算：

$$MCF_{SWS} = \sum_i WS_i \times MCF_i \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$WS_i$ ——第 i 类废水处理系统处理生活污水的比例；

$MCF_i$ ——第 i 类处理系统的甲烷修正因子。

其中，排入环境部分（对应活动水平数据“COD 排放量”折算出“BOD 排放量”）的 MCF 采用推荐值 0.1；处理系统部分（对应活动水平数据“COD 去除量”折算出“BOD 去除量”）的 MCF 根据我国实际情况，利用相关参数，采用全国平均值 0.165 作为推荐值。建议有条件的区尽可能针对各自的实际情况，获得特有的 MCF。

表 4.2 生活污水各处理系统的 MCF 推荐值

处理和排放途径或系统的类型	备 注	MCF	范围
未处理的系统			
海洋、河流或湖泊排放	有机物含量高的河流会变成厌氧的	0.1	0-0.2
不流动的下水道	露天而温和	0.5	0.4-0.8
流动的下水道（露天或）	快速移动。清洁源自抽水站的少量甲烷	0	0
已处理的系统			
集中耗氧处理厂	必须管理完善，一些甲烷会从沉积池和其它料袋排放出来	0	0-0.1
集中耗氧处理厂	管理不完善，过载	0.3	0.2-0.4
污泥的厌氧浸化槽	此处未考虑甲烷回收	0.8	0.8-1.0
厌氧反应堆	此处未考虑甲烷回收	0.8	0.8-1.0
浅厌氧化粪池	若深度不足 2 米，使用专家判断	0.2	0-0.3
深厌氧化粪池	深度超过 2 米	0.8	0.8-1.0

#### 4.3.2 甲烷最大产生能力（Bo）

甲烷最大产生能力，表示污水中有机物可产生最大的甲烷排放量，本规范推荐生活污水为每千克 BOD 可产生 0.6 千克的甲烷，工业废水为每千克 COD 产生 0.25 千克的甲烷。建议有条件的区可以通过实验获得特有的 Bo 值。

### 4.4 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。根据《环境统计年报》获得生活化学需氧量（COD）排放量和生活化学需氧量（COD）去除量，BOD/COD 的比值建议采用区域推荐值（表 4.1）。

步骤二：确定排放因子。首先根据公式（9）计算甲烷修正因子，如果没有区特有的甲烷修正因子，建议采用指南推荐值，其次根据实际情况获得甲烷最大产生能力，如果不可获得建议采用推荐值。

步骤三：根据活动水平数据和排放因子，利用公式（7）估算得出排入环境的生活污水和污水处理厂处理系统产生的甲烷排放量，最后求和得出生活污水处理的甲烷排放量。

## 5 工业废水处理

### 5.1 核算方法

本规范推荐估算工业废水处理甲烷排放的估算公式为公式（10）：

$$E_{GWS,CH_4} = \sum_i [(TOW_{GWS,i} - S_{GWS,i}) \times EF_{GWS,i} - R_{GWS,i}] \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$i$ ——表示不同的工业行业；

$TOW_{GWS,i}$ ——工业废水中可降解有机物的总量，单位为 kgCOD/年；

$S_{GWS,i}$ ——以污泥方式清除掉的有机物总量，单位为 kg COD/年；

$EF_{GWS,i}$ ——工业废水处理甲烷排放因子，单位为 kg CH<sub>4</sub>/kgCOD；

$R_{GWS,i}$ ——工业废水处理甲烷回收量，单位为 CH<sub>4</sub>/年。

### 5.2 活动水平数据及其来源

工业废水经处理后，一部分进入生活污水管道系统，其余部分不经城市下水管道直接进入江河湖海等环境系统。因此，为了不导致重复计算，将每个工业行业的可降解有机物即活动水平数据分为两部分，即处理系统去除的 COD 去除量（全过程去除量，可用 COD 产生量减去 COD 排放量）和排入环境的 COD 排放量（以废水排放总量为基数的 COD 排放总量，包括工业废水直接排入环境的和经污水厂集中处理后排入环境的总和），可从环境报表获得。如能确定本区污水处理厂处理来源全部为本区污水，则可使用污水处理厂统计数据。

如存在本区所产生工业废水在外区处理、本区所处理工业废水含有外区所产生以及数据难以获取的情况，则可按本区工业用水量折 COD 量。其中排入环境 COD 按 22.93mg/L 折，污水处理系统去除 COD 按 299.71 mg/L 折。

### 5.3 排放因子及其确定方法

废水处理时甲烷的排放能力因工业废水类型而异，不同类型的废水具有不同的甲烷排放因子，涉及甲烷最大产生能力和甲烷修正因子。各区域各行业工业废水具体的甲烷修正因子可通过现场实验和专家判断等方式获取，表 5.1 给出了各行业工业废水的 MCF 推荐值。其中，排入海部分的（以废水排放总量为基数的 COD 排放量）的 MCF 采用推荐值 0.1；处理系统部分的（全过程 COD 去除量）的 MCF 采用表 5.1 中各工业行业工业废水的各推荐值。

表 5.1 各工业行业工业废水的 MCF 推荐值

行 业	MCF 取值	MCF 范围
各行业直接排入海的工业废水	0.1	0.1
煤炭开采和洗选业	0.1	0-0.2
黑色金属矿采选业		
有色金属矿采选业		
非金属矿采选业		
其他采矿业		
非金属矿物制品业		
黑色金属冶炼及压延加工业		
有色金属冶炼及压延加工业		
金属制品业		
通用设备制造业		
专用设备制造业		
交通运输设备制造业		
电气机械及器材制造业		
仪器仪表及文化办公用机械制造业		
电力、热力的生产和供应业		
燃气生产和供应业		
木材加工及木竹藤棕草制品业		
家具制造业		
废弃资源综合利用业		
石油和天然气开采业	0.3	0.2-0.4
烟草制品业		
纺织服装、鞋、帽制造业		
印刷和记录媒介复制业		
文教体育用品制造业		
石油加工、炼焦及核燃料加工业		
橡胶制品业		
塑料制品业		
其他制造业		
水的生产和供应业		
纺织业		

行 业	MCF 取值	MCF 范围
皮革毛皮羽毛（绒）及其制造业		
其他行业		
饮料制造业	0.5	0.4-0.6
化学原料及化学制品制造业		
化学纤维制造业		
造纸及纸制品业		
医药制造业		
农副食品加工业	0.7	0.6-0.8
食品制造业（包括酒业生产）		

## 5.4 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。从环境报表获取 COD 产生量和排放量，两者差值为去除量。

步骤二：确定排放因子。与生活污水计算方法相同，根据工厂的实际情况确定甲烷修正因子和甲烷的最大产生能力，如果不可获得建议采用本规范的推荐值。

步骤三：根据活动水平数据和排放因子，利用公式（10）估算得出工业废水排入环境和工厂处理系统产生的甲烷排放量，最后求和得出工业废水处理甲烷排放量。

## 6 废水处理氧化亚氮排放

### 6.1 核算方法

本规范推荐的废水处理产生的氧化亚氮排放估算公式为（11）：

$$E_{\text{FS,N}_2\text{O}} = N_E \times EF_{\text{FS,E}} \times 44/28 \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$E_{\text{IW,N}_2\text{O}}$ ——清单年份氧化亚氮的年排放量（千克氧化亚氮/年）；

$N_E$ ——污水中氮含量（千克氮/年）；

$EF_{\text{FS,E}}$ ——废水的氧化亚氮排放因子（千克氮/千克氮）；

44/28——从氮到氧化亚氮的转化系数。

其中排放到废水中的氮含量可通过下式（12）计算：

$$N_E = (P \times P_r \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-COM}} \times F_{\text{IND-COM}}) - N_S \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$P$ ——城镇常住人口；

$P_r$ ——每年人均蛋白质消耗量（千克/人/年）；

$F_{\text{NPR}}$ ——蛋白质中的氮含量；

$F_{\text{NON-CON}}$ ——废水中的非消耗蛋白质比例系数；

$F_{\text{IND-COM}}$ ——废水中工业和商业来源的蛋白质比例系数，默认值=1.25；

$N_s$ ——随污泥清除的氮（千克氮/年）。

## 6.2 活动水平数据及其来源

废水处理活动数据包括人口数，每人年均蛋白质的消费量（千克/人/年），蛋白质中的氮含量（千克氮/千克蛋白质），废水中非消费性蛋白质的比例系数，工业和商业来源的蛋白质比例系数。而随污泥清除的氮无法统计，推荐缺省为 0。表 6.1 给出了废水处理氧化亚氮排放的活动水平数据及其来源。

表 6.1 废水处理氧化亚氮排放的活动水平数据及来源

活动水平	简写	单位	推荐值	范围	来源
城镇常住人口数	P	人	统计数据	±10%	统计年鉴
每人年均蛋白质的消费量	Pr	克/人/年	24.1	±10%	中国统计局社会统计数据
蛋白质中的氮含量	FNPR	千克氮/千克蛋白质	0.16	0.15–0.17	IPCC 指南
废水中非消费性蛋白质的比例系数	FNON-CON		1.5	1.0–1.5	专家判断
工业和商业来源的蛋白质比例系数	FIND-COM		1.25	1.0–1.5	IPCC 指南

## 6.3 排放因子及其确定方法

估算废水处理氧化亚氮排放量所需的关键排放因子，建议根据各区的实际情况确定，如果不可获得，本规范推荐值为 0.005 千克氮/千克氮。

## 6.4 估算步骤

首先根据《统计年鉴》或调研统计部门获取城镇常住人口数，人均蛋白质消费量可查询文献获取当地数据。其余各参数建议采用推荐值，根据公式（11）估算得出废水处理氧化亚氮排放量。

## 7 不确定性分析

### 7.1 概述

区级温室气体清单的不确定性分析，根据情况可以定性分析为主，兼顾定量分析。采用《省级温室气体清单编制指南（试行）》提供的不确定性分析方法，估算温室气体清单不确定性的流程包括：

- 确定清单中单个变量的不确定性（如活动水平数据、排放因子等的不确定性等）；
- 将单个变量的不确定性合并为清单的总不确定性；
- 识别清单不确定性的主要来源，以帮助确定清单数据收集和清单质量改进的优先顺



序。同时还要认识到统计方面也可能会存在不确定性，例如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。

## **7.2 不确定性产生的原因及降低不确定性的方法**

### **7.2.1 不确定性产生的原因**

不确定性产生的原因包括但不限于：

- a) 缺乏完整性，由于排放机理未被识别或者该排放测量方法还不存在，无法获得测量结果及其他相关数据；
- b) 模型方法，模型是真实系统的简化，因而精确度受到影响；
- c) 缺乏数据，在现有条件下无法获得或者非常难以获得某排放源或吸收汇所必需的数据；
- d) 样品随机误差，与样本数多少有关，通常可以通过增加样本数来降低这类不确定性；
- e) 错误报告或错误分类，与排放源或吸收汇理解不完整、不清晰等造成；
- f) 数据缺乏代表性、数据丢失、测量/化验误差等。

### **7.2.2 降低不确定性的方法**

降低不确定性的方法包括但不限于：

- a) 改进模型：改进模型结构和参数，以更好地了解 and 描述系统性误差和随机误差，从而降低这些不确定性；
- b) 提高数据的代表性：如使用连续排放监测系统来监测排放数据，可得到不同燃烧阶段的数据，从而可以更加准确地描述源的排放属性；
- c) 使用更精确的测量方法：包括提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术；
- d) 大量收集测量数据：增加样本可以降低与随机取样误差相关的不确定性，填补数据漏缺可以减少偏差和随机误差，这对测量和调查均适用；
- e) 消除已知的偏差：方法有确保仪器仪表准确地定位和校准，模型或其他估算过程准确且具有代表性，以及系统性地使用专家判断；
- f) 提高清单编制人员能力：包括增加对源和汇类别和过程的了解，从而可以发现以及纠正不完整问题。

## **7.3 量化和合并不确定性的方法**

### **7.3.1 量化不确定性方法**

按照《省级温室气体清单编制指南（试行）》6.3 节方法量化不确定性。

### **7.3.2 合并不确定性方法**

合并不确定性有两种方法，一是使用简单的误差传递公式，二是使用蒙特卡罗或类似的技术，蒙特卡罗主要适用于模型方法，在此重点介绍误差传递公式方法。在区清单编制中主要应用两个误差传递公式，一是加减运算的误差传递公式，二是乘除运算的误差传递公式。当某一估计值为  $n$  个估计值之和或差时，该估计值的不确定性采用下式（13）和（14）计算：

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \cdots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \cdots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left| \sum_{n=1}^N \mu_{sn} \right|} \dots\dots (13)$$

式中:

$U_c$ ——n 个估计值之和或差的不确定性 (%)

$U_{s1} \dots\dots U_{sn}$ ——n 个相加减的估计值的不确定性 (%)

$\mu_{s1} \dots\dots \mu_{sn}$ ——n 个相加减的估计值

当某一估计值为 n 个估计值之积时, 该估计值的不确定性采用下式计算:

$$U_c = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \cdots + U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2} \dots\dots\dots (14)$$

## 8 报告和质量控制

报告主体应按照统一格式、统一大纲编制区级温室气体清单总报告和分领域报告 (统一格式要求及大纲模板见附录二)。

按照《省级温室气体清单编制指南(试行)》第七章中的方法控制温室气体清单编制质量。

### 附录一：温室气体全球变暖潜势值

温室气体		IPCC 第二次 评估报告值	IPCC 第四次 评估报告值
二氧化碳 (CO <sub>2</sub> )		1	1
甲烷 (CH <sub>4</sub> )		21	25
氧化亚氮 (N <sub>2</sub> O)		310	298
氢氟碳化物 (HFCs)	HFC-23	11700	14800
	HFC-32	650	675
	HFC-125	2800	3500
	HFC-134a	1300	1430
	HFC-143a	3800	4470
	HFC-152a	140	124
	HFC-227ea	2900	3220
	HFC-236fa	6300	9810
	HFC-245fa	560	1030
全氟化碳 (PFCs)	CF <sub>4</sub>	6500	7390
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9200	9200
六氟化硫 (SF <sub>6</sub> )		23900	22800

注：建议采用第二次评估报告数值，以便与国家和省级温室气体清单保持一致。

## 附录二：废弃物处理报告格式及大纲

为实现不同区间的排放对比以及同一区不同年份的对比，统一按照如下大纲报告本区废弃物处理温室气体排放清单。

### 目 录

#### 第一章 概 述

（简要介绍本区废弃物处理情况。若有跨区域处理的情况，详细说明本区域废弃物产生量，处理去向，处理方式和处理量等。界定排放源及各排放源排放量，给出各主要排放源所占比例及总的排放结果。按照属地原则，废弃物处理排放量计入废弃物处理设施所在区域）

#### 第二章 固体废弃物处理甲烷排放

##### 一、排放源界定

##### 二、排放量估算方法

##### 三、活动水平数据

（说明活动水平数据来源。如有计算过程，请具体说明估算方法、计算所依据的数据来源，以及详细的计算过程）

##### 四、排放因子

（说明是采用推荐的排放因子或本地化的排放因子，若采用本地化的排放因子，需简要说明具体计算过程或测试工作，并在附录给出所有的原始数据）

##### 五、排放量计算

（详细陈述计算过程，具体说明排放的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）

##### 六、不确定性分析

（清单的不确定性主要来源，降低不确定性的方法）

#### 第三章 生活污水处理甲烷排放

#### 第四章 工业废水处理甲烷排放

#### 第五章 废水处理氧化亚氮排放

## 第六章 废弃物焚烧处理二氧化碳排放

## 第七章 XX 年 XX 区废弃物处理排放清单汇总

（按表 7.1 的格式给出排放核算结果，提供各排放源折成二氧化碳当量的排放量表，分析各排放源占废弃物处理排放的比重）

表 7.1 废弃物处理温室气体清单报告格式

部门		类型	二氧化碳 （万吨）	甲烷 （万吨）	氧化 亚氮 （万吨）	合计二氧 化碳当量 （万吨）	所占百 分比	
固体 废 弃 物	固体废弃物 填埋处理			×		×	×	
		管理		×				
		未管 理		×				
			深的>5 米		×			
			浅的<5 米		×			
		未分类		×				
	废弃物焚烧 处理		×			×	×	
		城市固体废弃物 化石成因	×					
		危险废弃物	×					
废水	生活污水处 理			×	×	×	×	
		入环境		×				
		处理系统		×				
	工业废水处 理			×				
		入环境		×				
		处理系统		×				
合计			×	×	×	×	×	
合计二氧化碳当量（万吨）			×	×	×	×		
所占百分比			×	×	×	×		

注：标“×”表示需要报告的数据。

表 7.2 XX 年 XX 区废弃物处理领域关键性温室气体指标

	XX 年
人均废弃物处理温室气体排放强度（吨 CO <sub>2</sub> 当量/人）	
单位垃圾处理量的温室气体排放强度（吨 CO <sub>2</sub> 当量/（吨·年））	
单位废水处理量的温室气体排放强度（吨 CO <sub>2</sub> 当量/（吨·年））	
单位生活垃圾焚烧二氧化碳排放强度（吨 CO <sub>2</sub> /（吨·年））	
单位危险固废焚烧二氧化碳排放强度（吨 CO <sub>2</sub> 当量/（吨·年））	
单位生活污水处理量氧化亚氮排放强度（吨 N <sub>2</sub> O/（吨·年））	
单位生活污水处理量甲烷排放强度（吨 CH <sub>4</sub> /（吨·年））	
单位垃圾填埋处理量甲烷排放强度（吨 CH <sub>4</sub> /（吨·年））	
单位工业废水处理量甲烷排放强度（吨 CH <sub>4</sub> /（吨·年））	

## 第八章 废弃物处理温室气体清单信息项报备

### 一、信息项报备

#### （一）排放源界定

（说明需要做信息项报备的排放源）

#### （二）清单编制方法

（介绍本信息项清单编制时所采用的方法、计算公式以及式中各项指标的意义）

#### （三）活动水平数据及其来源

（说明本信息项清单编制时所采用的活动水平数据。如有对数据的二次处理过程，具体说明计算步骤、方法及所隐含的假设等）

#### （四）排放因子数据及其确定方法

（说明本信息项清单编制时所采用的排放因子。若采用排放因子缺省值，需给出所引用的文献和出处；若采用本地化的实测排放因子，需说明具体计算过程或测试工作，并在附录给出所有的原始数据）

#### （五）排放量计算结果

（说明本信息项清单编制的计算结果，含实物量和折成二氧化碳当量的数量）