

第 6 章

废水处理和排放

作者

Michiel R. J. Doorn（荷兰）、Sirintornthep Towprayoon（泰国）、Sonia Maria Manso Vieira（巴西）、William Irving（美国）、Craig Palmer（加拿大）、Riitta Pipatti（芬兰）和 Can Wang（中国）

目录

6	废水处理和排放	
6.1	导言	6.6
6.1.1	与《1996年指南》和《优良作法指南》比较的变化	6.9
6.2	源自废水的甲烷排放	6.9
6.2.1	方法学问题	6.9
6.2.2	生活废水	6.9
6.2.2.1	方法的选择	6.9
6.2.2.2	排放因子的选择	6.11
6.2.2.3	活动数据的选择	6.13
6.2.2.4	时间序列一致性	6.16
6.2.2.5	不确定性	6.16
6.2.2.6	QA/QC、完整性、报告和归档	6.17
6.2.3	工业废水	6.18
6.2.3.1	方法的选择	6.18
6.2.3.2	排放因子的选择	6.20
6.2.3.3	活动数据的选择	6.21
6.2.3.4	时间序列一致性	6.23
6.2.3.5	不确定性	6.23
6.2.3.6	QA/QC、完整性、报告和归档	6.24
6.3	源自废水的氧化亚氮排放	6.25
6.3.1	方法学问题	6.25
6.3.1.1	方法的选择	6.25
6.3.1.2	排放因子的选择	6.25
6.3.1.3	活动数据的选择	6.25
6.3.2	时间序列一致性	6.27
6.3.3	不确定性	6.27
6.3.4	QA/QC、完整性、报告和归档	6.27
	参考文献	6.29

公式

公式 6.1	源自生活废水的 CH_4 排放总量	6.11
公式 6.2	各个生活废水处理/排放途径或系统的 CH_4 排放因子	6.12
公式 6.3	生活废水中有机可降解材料的总量	6.13
公式 6.4	源自工业废水的 CH_4 排放	6.20
公式 6.5	工业废水的 CH_4 排放因子	6.20
公式 6.6	工业废水中的有机可降解材料	6.22
公式 6.7	源自废水污水的 N_2O 排放	6.25
公式 6.8	污水中碳的总量	6.26
公式 6.9	源自集中废水处理过程的 N_2O 排放	6.25

图

图 6.1	废水处理系统和排放途径	6.7
图 6.2	源自生活废水的 CH_4 排放决策树	6.9
图 6.3	源自工业废水处理的 CH_4 排放决策树	6.19

表

表 6.1	废水及污泥处理和排放系统的CH ₄ 及N ₂ O排放潜势	6.8
表 6.2	生活废水的缺省最大CH ₄ 产生能力 (B ₀)	6.12
表 6.3	生活废水的缺省MCF值	6.13
表 6.4	估算所选国家和地区生活废水中BOD ₅ 的值	6.14
表 6.5	城市化 (U) 的建议值以及处理、排放途径或系统的利用程度	6.15
表 6.6	各收入群体处理利用 (T) 程度的缺省值应用举例	6.16
表 6.7	生活废水的缺省不确定性	6.17
表 6.8	工业废水的MCF缺省值	6.21
表 6.9	工业废水数据示例	6.23
表 6.10	工业废水的缺省不确定性范围	6.24
表 6.11	N ₂ O方法学缺省数据	6.27

框

框 6.1	源自高级集中废水处理厂的子类 – 排放	6.26
-------	---------------------------	------

6 废水处理和排放

6.1 导言

废水若经无氧处理或处置，便会造成甲烷（ CH_4 ）排放。还会造成氧化亚氮（ N_2O ）排放。废水的二氧化碳（ CO_2 ）排在《IPCC指南》中未予考虑，因为这些排放是生物成因，不应纳入国家排放总量。废水产生于各种生活、商业和工业源，可以就地处理（未收集），也可用下水道排放到集中设施（收集）或在其附近或经由排水口未加处理而处置。生活废水系指源自家庭用水的废水，而工业废水仅源于工业活动。¹ 各国间的处理和排放系统明显不同。另外，处理和排放系统可能因城乡用户而异，因为城市用户收入高而乡村用户收入低。

下水道可能是露天或封闭的。发展中国家和某些发达国家的城市地区，下水道系统由露天渠道、排水沟和小沟渠的网络构成，这些统指露天下水道。在大多数发达国家和其他国家的高收入城市地区，下水道通常是封闭或地下的。据信封闭的地下下水道中的废水不是 CH_4 的重要来源。露天下水道中的废水情形是不同的，因为它受到太阳照射而变热，而下水道污水可能不流动造成无氧条件下排放 CH_4 （Doom 等，1997）。

发达国家大多数常用废水处理方法是，在污水处理厂和化粪池集中有氧处理生活废水和工业废水。为了避免高排放费用或为了符合规定标准，在废水排放到污水系统之前，许多大型工业设施对其进行预处理。生活废水也可在现场化粪池系统中处理。这些是高级系统，可以处理一家或若干住户的废水。由一个地下厌氧池和一个排水区（处理从池中排放的污水）组成。某些发达国家仍然通过河口或将管道通向水体（如海洋），来处置未处理的生活废水。

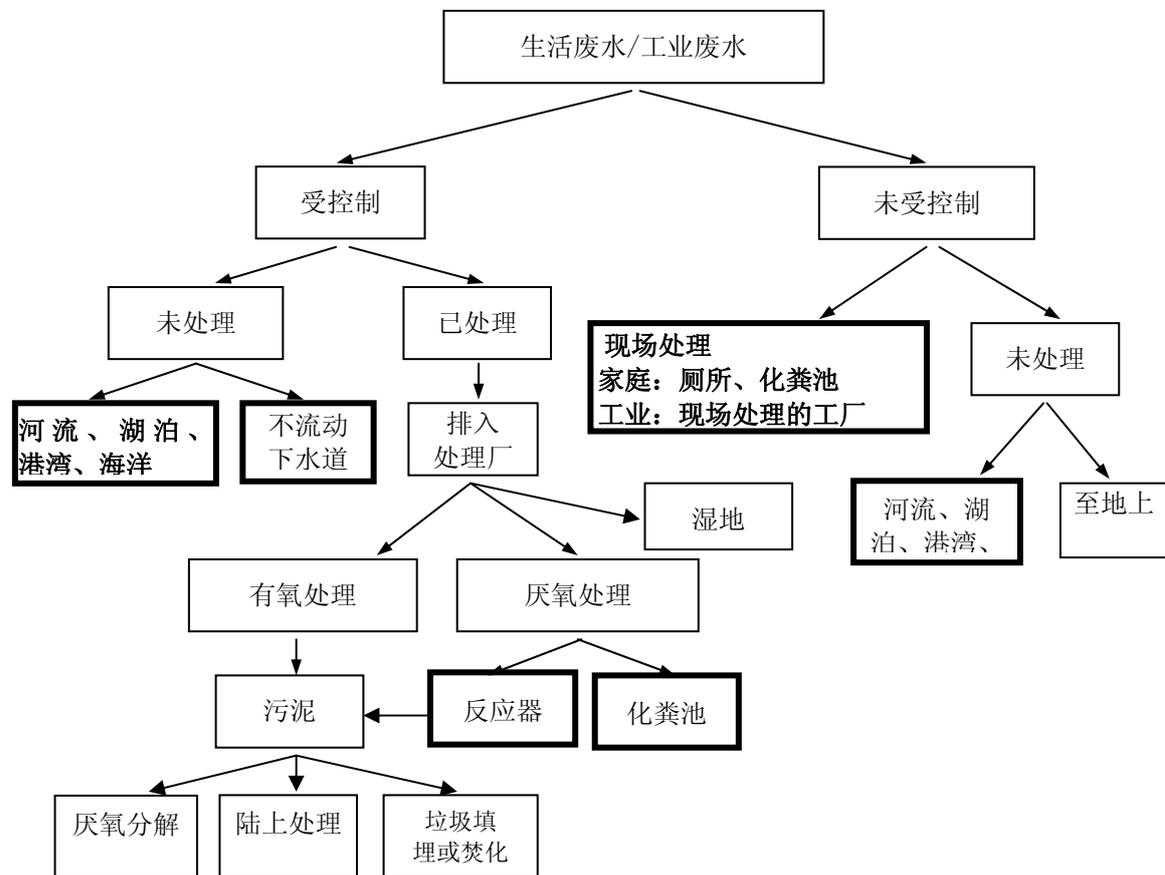
大多数发展中国家的废水处理程度是多样的。某些情况下，工业废水直接排放到水体，而主要工业设施可能具有综合的厂内处理。生活废水可在集中厂、坑厕、化粪池系统中处理，亦或通过露天或封闭的下水道，在非管理化粪池或水沟里处置。一些沿海城市将生活废水直接排放到海洋。坑厕是深达数米的衬垫或未衬垫的坑洞，可便于安装厕所。图 6.1 显示了废水处理和排放的不同途径。

集中废水处理方法可分为初级处理、次级处理和第三级处理。初级处理是用实物栅栏将废水中较大的固体废物清除 剩余的颗粒便沉淀下来。次级处理是由若干生物过程构成的组合，这些过程促进了微生物的生物降解作用。这可能包括耗氧固定池塘、滴滤器和活性污泥处理，以及厌氧反应堆和化粪池。第三级处理过程用于进一步净化掉废水中的病原体、污染物和剩余养分（如，氮磷化合物）。这可由单个过程或若干过程的组合来完成，包括成熟/深度处理池塘、生物过程、高级过滤、碳吸附、离子交换和消毒。

所有初级、次级和第三级处理阶段均会产生污泥。产生于初级处理阶段的污泥由废水中清除的固体组成，不计算在本类别中。次级和第三级处理产生的污泥起因于生物量的生物学增长，以及小颗粒物的收集。此类污泥必须先进一步处理，才能安全处置。污泥处理的方法有耗氧和厌氧稳定（分解）、调质、离心过滤、堆肥处理和干燥。陆上处理、堆肥处理和污泥焚化的论述，请分别参见以下章节：第 5 卷第 2 章第 2.3.2 节“废弃物产生、构成和管理数据”；第 3 章第 3.2 节“固体废弃物处理”；第 4 章第 4.1 节，“生物处理和处置”，以及第 5 章“废弃物的焚化和露天燃烧”。一些污泥先焚烧，再进行陆上处理。第 11.2 节论述了扩散到农田的污泥和废水的 N_2O 排放，第 11 章论述了源自管理土壤的 N_2O 排放，第四卷“农业、林业和其他土地利用（AFOLU）部门”介绍了源自管理土壤的 N_2O 排放以及源自石灰与尿素使用过程的 CO_2 排放。

¹ 由于方法基于每个人，所以源自商业废水的排放作为生活废水的一部分来估算。为避免混淆，该文本没有使用术语城市废水。城市废水是家庭废水、商业废水和非有害工业废水的混合物，在污水处理厂被处理。

图 6.1 废水处理系统和排放途径



注：黑色方框中的排放在本章予以介绍。

甲烷 (CH₄)

废水及其淤渣成分，如果无氧降解就会产生 CH₄。CH₄ 生成量主要取决于废水中的可降解有机材料量、温度以及处理系统的类型。当温度增加时，CH₄ 产生的速率增大。这在无控制系统和温暖气候中尤其重要。低于 15°C，CH₄ 的量可能不大，因为甲烷微生物不是活性的，且化粪池主要用作沉积池。但是，如果温度上升到 15°C 以上，则可能继续产生 CH₄。

确定废水中 CH₄ 产生潜势的主要因子是废水中可降解有机材料的数量。用于测量废水有机成分的常见参数有生化需氧量 (BOD) 和化学需氧量 (COD)。同样的条件下，COD 浓度或 BOD 浓度较高的废水产生的 CH₄ 通常会多于 COD 浓度 (或 BOD 浓度) 较低的废水产生的 CH₄。

BOD 浓度仅表示有氧环境下可生物降解的碳量。BOD 的标准测量是 5-日测试，表示为 BOD₅。本章的术语“BOD”即指 BOD₅。COD 测量可用于化学氧化过程 (生物降解和非生物降解二者) 的材料总量。²

² 在这些指南中，COD 指利用重铬酸盐方法测量的化学需氧量。(美国公共卫生协会，美国供水工程协会，水环境联合会，1998)

因为BOD是一个耗氧参数，所以它可能不太适用于确定厌氧环境中的有机成分。另外，废水类型和废水中的细菌类型皆影响废水的BOD浓度。通常，BOD经常用于报告生活废水，而COD主要用于工业废水。

氧化亚氮 (N_2O)

氧化亚氮 (N_2O) 与废水中的氮成分降解有关，如尿素、硝酸盐和蛋白质。生活废水包括人为污水以及其他家庭废水，如从淋浴排水沟、洗涤池和洗衣机等流出的污水，集中废水处理系统清除氮化合物可能包括各种过程，从化粪池处理技术到高级的第三级处理技术。污水经过处理之后，通常排放到接收水环境（如，河流、湖泊、港湾等）。现有氮的硝化作用和反硝化作用均可能产生 N_2O 直接排放。在工厂和接收废水的水体，这两个过程均会发生。硝化作用是一个将氨和其他氮化合物转化成硝酸盐 (NO_3^-) 的耗氧过程，而反硝化作用发生在缺氧条件（无氧气释放）下，即硝酸盐转化成氮气 (N_2) 的生物学转化。氧化亚氮会可能成为这两个过程的中间产品，不过与反硝化作用的关联往往更大。

处理和排放系统以及 CH_4 和 N_2O 产生潜势

提供厌氧环境的处理系统或排放途径通常会产生 CH_4 ，而提供耗氧环境的系统通常会产生很少的 CH_4 甚至没有。例如，没有混合或换气的化粪池，其深度是 CH_4 产量的关键因子。深度低于 1 米的浅化粪池，通常具备耗氧条件，但可能产生很少的 CH_4 甚至没有。约 2-3 米以上深度的化粪池通常具备厌氧条件，预期会产生大量的 CH_4 。

表 6.1 介绍了发达国家和发展中国家的主要废水处理和排放系统，及其 CH_4 和 N_2O 排放的潜势。

处理及排放类型		CH_4 及 N_2O 排放潜势		
收集	未处理	河流排放	不流动且氧气不足的河流和湖泊可使厌氧分解，产生 CH_4 。 河流、湖泊和港湾可能是 N_2O 的来源。	
		下水道（封闭的和地下的）	不是 CH_4/N_2O 的来源。	
		下水道（露天）	不流动且过载的露天收集下水道或沟渠/水道，可能是 CH_4 的重要来源。	
	已处理	耗氧处理	集中耗氧废水处理厂	厌氧料袋中可能产生有限的 CH_4 。 设计欠缺或管理不当的耗氧处理系统会产生 CH_4 。 清除养分（硝化作用和反硝化作用）的先进工厂是小型的特殊 N_2O 来源。
			集中耗氧废水处理厂的污泥厌氧处理	如果释放的 CH_4 未被回收和喷焰燃烧，则污泥可能是 CH_4 的重要来源。
			耗氧浅池塘	不太可能是 CH_4/N_2O 来源。 设计欠缺或管理不善的耗氧系统会产生 CH_4 。
		厌氧处理	厌氧化粪池	CH_4 的可能来源。 不是 N_2O 来源。
			厌氧反应堆	如果释放的 CH_4 未被回收和喷焰燃烧，则其可能是 CH_4 的重要来源。
	未收集	化粪池	频繁的固体清除会降低 CH_4 产量。	
露天坑/厕所		如果温度和截留时间适当，则凹坑/厕所可能产生 CH_4 。		

表 6.1
废水及污泥处理和排放系统的 CH₄ 及 N₂O 排放潜势

河流排放	参见上文。
------	-------

6.1.1 与《1996 指南》和《优良做法指南》比较的变化

《1996 年 IPCC 指南修订本》（《1996 年指南》，IPCC，1997）介绍了各个独立公式，可用于估算源自废水的排放，以及源自废水中清除的污泥的排放。由于污泥生成 CH₄ 能力与具有溶解有机物的废水生成能力基本相同，所以二者的区别已不存在，因而不需要各自独立的公式。《2006 年指南》编入新的一节，介绍估算源自未收集废水的 CH₄ 排放。另外，指南还介绍了估算源自先进废水处理厂的 N₂O 排放。而且，工业废水这一节已被简化，仅需要包括最重要的工业来源。（参见 6.2.3 节）

6.2 源自废水的甲烷排放

6.2.1 方法学问题

排放是有机废弃物生成量的一个函数，而排放因子则描绘此废弃物生成 CH₄ 量。

估算源自此类别的 CH₄ 的 3 种方法，归纳如下：

方法 1 采用排放因子和活动参数的缺省值。对于数据有限的国家来说，此方法被看作是 *优良做法*。

方法 2 如方 1 一样遵循相同的算法，但允许合并国家特定排放因子和国家特定活动数据。例如，基于现场测量的主要处理系统的特定排放因子，便可采用此方法合并。焚烧、填埋和农业用地清除的污泥量应予以考虑。

对于有可靠数据并采用高级技术的国家来说，国家特定方法可作为方法 3 来应用。更高级的特定国家方法可以基于大型废水处理设施的特定工厂数据。

废水处理设施可包括若干厌氧处理步骤。产生于此类设施的 CH₄，可在喷焰燃烧装置或能源回收装置中回收并燃烧。能源用途喷焰燃烧或回收的 CH₄ 数量应当通过使用独立的 CH₄ 回收参数，从排放总量中扣除。公式 6.1 中，回收的 CH₄ 量用 R 表示。

注意，仅少数国家可能有污泥清除数据和 CH₄ 回收数据。污泥清除缺省值是零。CH₄ 回收缺省值是零。如果一个国家选择报告 CH₄ 回收，则 *优良做法* 是区别能源生成的喷焰燃烧与 CH₄ 回收，考虑到要避免重复计算源自喷焰燃烧和能源利用的排放，应将其报告在能源部门中。

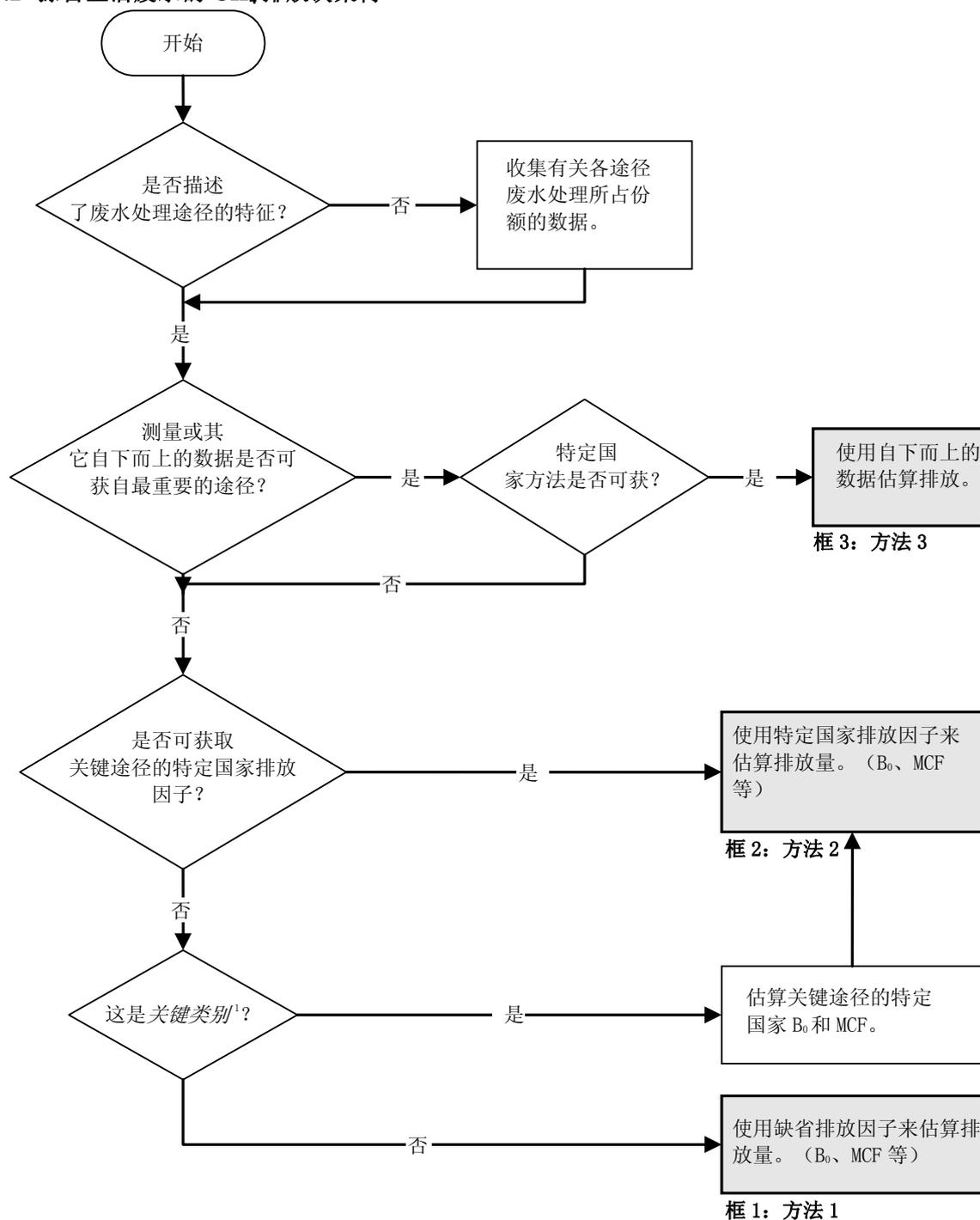
喷焰燃烧中的排放量不大，由于 CO₂ 排放是生物成因，CH₄ 和 N₂O 排放非常少，因此，*优良做法* 是废弃物部门不需要这些估算值。然而，若想要这么做，则这些排放应当报告在废弃物部门中。源自喷焰燃烧的排放的讨论以及更多详细信息，参见第 2 卷“能源”第 4.2 章。源自喷焰燃烧的排放不采用方法 1 处理。

6.2.2 生活废水

6.2.2.1 方法的选择

生活废水的决策树，如图 6.2 所示。

图 6.2 源自生活废水的 CH₄ 排放决策树



1. 关于关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别识别”（参见关于有限资源的第 4.1.2 节）。

源自生活废水的 CH₄ 排放，其清单编制的优良做法步骤如下：

步骤 1： 采用公式 6.3 估算废水中可降解有机碳的总量（TOW）。

步骤 2： 根据国家活动数据，选择途径和系统（参见图 6.1）。采用公式 6.2，计算出各个生活废水处理/排放途径或系统的排放因子。

步骤 3: 采用公式 6.1 估算排放量，调整可能的污泥清除量和/或 CH₄回收量，加总各个途径/系统的结果。

如前所述，废水特征描述将决定特定系统处理或处置的各种废水类型的比例。为了确定每种处理或排放系统类型的用法，*优良作法*是参考国家统计资料（如，咨询监管机构）。如果这些数据不能获取，则废水协会或国际组织（如世界卫生组织（WHO））也许有关于系统利用的数据。

否则，与卫生专家磋商会有所帮助，也可以采用专家判断（参见第 1 卷第 2 章“数据收集方法”）。统计城市化资料也许可提供有益工具，如城市大小和收入分配。

如果污泥是分开收集的，而且有相应的统计资料，则这些类别应分别作为一个子类。如果使用缺省因子，那么源自废水和污泥的排放应一起估算。不管污泥是怎么处理的，重要的是，被送到填埋场、焚化场的污泥的 CH₄排放，或者用于农业的污泥 CH₄排放，均不纳入废水处理和排放类别中。如果可以获取污泥清除数据，则此数据在各部门和各类别中应当保持一致，在 SWDS 处置的数量（应用于农田、焚化或用于其他地方），应当等于公式 6.1 中污泥清除的有机成分量。应用于农田的废水和污泥，应当在以下几个章节中考虑：第 4 卷 AFOLU 部门第 11.2 节“源自管理土壤的 N₂O 排放”，第 11 章“源自管理土壤的 N₂O 排放”以及“源自石灰和尿素使用过程的 CO₂ 排放”。

废水处理系统/途径用法往往因城乡居民而异。此外，在发展中国家，因城市居民收入高低也可能不同。因此，用因子 U 来表示各个收入群体的比例。*优良做法*论述了这三种类别：分别是乡村人口、城市高收入人口和城市低收入人口。建议使用电子数据表格，如下表 6.5 所示。

估算源自生活废水的 CH₄ 排放，通用公式如下：

公式 6.1
源自生活废水的 CH₄ 排放总量

$$CH_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_{i,j} (U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

其中：

- CH₄ 排放 = 清单年份的 CH₄ 排放量，单位为 kg CH₄/年
- TOW = 清单年份废水中有机物总量，单位为 kg BOD/年
- S = 清单年份以污泥清除的有机成分，单位为 kg BOD/年
- U_i = 清单年份收入群体 *i* 的人口比例，参见表 6.5。
- T_{i,j} = 清单年份每个收入群体比例 *i* 利用处理/排放途径或系统 *j* 中的程度，参见表 6.5。
- i* = 收入群体：乡村、城市高收入和城市低收入
- j* = 各个处理/排放途径或系统
- EF_{*j*} = 排放因子，单位为 kg CH₄ / kg BOD
- R = 清单年份回收的 CH₄ 量，单位为 kg CH₄/年

6.2.2.2 排放因子的选择

废水处理和排放的途径和系统（图 6.1 标黑色方框的终端块）的排放因子，可衡量废水处理和排放系统的甲烷修正因子（MCF）和最大产生潜势（B₀），如公式 6.2 所示。B₀ 是 CH₄ 的最大量，可产生于废水中一定数量的有机物（如 BOD 或 COD 所示）。MCF 表示每种处理和排放的途径和系统实现的 CH₄ 产生能力（B₀）范围。因此，它又表明系统的厌氧程度。

公式 6.2
各个生活废水处理/排放途径或系统的 CH₄ 排放因子

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j$$

其中：

- EF_j = 排放因子，单位为 kg CH₄/kg BOD
 j = 各个处理/排放途径或系统
 B_o = 最大的 CH₄ 产生能力，单位为 kg CH₄/kg BOD
 MCF_j = 甲烷修正因子（比例），参见表 6.3

优良作法是应用 B_o 的特定国家数据（如果可以获取），表示为清除的 kgCH₄/kgBOD，应与活动水平数据一致。如果国家特定数据不能获取，则可以利用缺省值 0.6 kg CH₄/kg BOD。对于生活废水，基于 COD 的 B_o 值乘以因子 2.4，便能转化成基于 BOD 的值。表 6.2 介绍了生活废水的缺省最大 CH₄ 产生能力（B_o）。

表 6.2
生活废水的缺省最大 CH₄ 产生能力（B_o）

0.6 kg CH₄/kg BOD
0.25 kg CH₄/kg COD

基于主要作者以及 Doorn 等的专家判断（1997）。

表 6.3 给出了缺省 MCF 值。

表 6.3 生活废水的缺省 MCF 值			
处理和排放途径或系统的类型	备注	MCF ¹	范围
未处理的系统			
海洋、河流和湖泊排放	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（露天或封闭）	快速移动，清洁 源自抽水站的少量 CH ₄	0	0
已处理的系统			
集中耗氧处理厂	必须管理完善。一些 CH ₄ 会从沉积池和其他料袋排放出来。	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 CH ₄ 回收。	0.8	0.8 – 1.0
厌氧反应堆	此处未考虑 CH ₄ 回收。	0.8	0.8 – 1.0
浅厌氧化粪池	深度不足 2 米，采用专家判断。	0.2	0 – 0.3
深厌氧化粪池	深度超过 2 米	0.8	0.8 – 1.0
化粪池系统	半分 BOD 沉降到厌氧池。	0.5	0.5
厕所	干燥气候、地下水位低于小家庭（3-5 人）的厕所	0.1	0.05 – 0.15
厕所	干燥气候、地下水位低于公共厕所（多用户）	0.5	0.4 – 0.6
厕所	潮湿气候/流溢的水用途，接地水面高于厕所	0.7	0.7 – 1.0
厕所	化肥的常规污泥清除	0.1	0.1

¹ 基于本节主要作者的专家判断。

6.2.2.3 活动数据的选择

此源类别的活动数据是废水中有机可降解材料的总量（TOW）。此参数是人口和人均 BOD 产生量的函数。以生化需氧量（kg BOD/年）表示。TOW 的公式是：

$$\text{公式 6.3} \\ \text{生活废水中有机可降解材料的总量} \\ TOW = P \cdot BOD \cdot 0.001 \cdot I \cdot 365$$

其中：

- TOW = 清单年份废水中的有机物总量，单位为 kg BOD/年
- P = 清单年份的国家人口，（单位为人）
- BOD = 清单年份特定国家人均 BOD，单位为 g/人/天，参见表 6.4

0.001 = 从 g BOD 到 kg BOD 的换算

I = 排入下水道的附加工业 BOD 修正因子
(收集的缺省值是 1.25, 未收集的缺省值是 1.00。)

公式 6.3 中因子 I 的值基于作者们的专家判断。它表示工业和企业与生活废水共同排放的 BOD。在一些国家, 工业排放许可证信息也许可以获取, 以改善 I 值。否则, 建议参考专家判断。从国家统计局或国际机构 (如联合国统计资料, 参见 <http://esa.un.org/unpp/>) 应当很容易获得人口统计数据。表 6.4 介绍了所选国家的 BOD 缺省值。如果特定国家数据不可获取, 则优良做法是, 从周边可比的 国家选择 BOD 缺省值。一个国家的城市化程度可从各种来源 (例如, 全球环境展望, 联合国环境规划署和世界发展指标, 世界卫生组织) 检索到。如果统计数据或其他可比较信息不可获得, 则城市高收入和城市低收入的比例可由专家判断确定。表 6.5 介绍了所选国家的 U_i 和 T_{ij} 缺省值。

表 6.4
估算所选国家和地区生活废水中 BOD₅ 的值

国家/地区	BOD ₅ (g/人/天)	范围	参考
非洲	37	35 – 45	1
埃及	34	27 – 41	1
亚洲、中东、拉丁美洲	40	35 – 45	1
印度	34	27 – 41	1
西海岸和加沙地带 (巴勒斯坦)	50	32 – 68	1
日本	42	40 – 45	1
巴西	50	45 – 55	2
加拿大、欧洲、俄罗斯、大洋洲	60	50 – 70	1
丹麦	62	55 – 68	1
德国	62	55 – 68	1
希腊	57	55 – 60	1
意大利	60	49 – 60	3
瑞典	75	68 – 82	1
土耳其	38	27 – 50	1
美国	85	50 – 120	4

注: 这些值均基于文献的评估。请使用国家值 (如果可获取)。

参考:

1. Doorn 和 Liles (1999)。
2. Feachem 等 (1983)。
3. Masotti (1996)。
4. Metcalf 和 Eddy (2003)。

表 6.5
城市化 (U) 的建议值以及处理、排放途径或系统的利用程度

国家	城市化 (U) ¹			各个收入群体 (T _{ij}) ³ 的处理、排放途径或方法的利用程度														
	人口比例			U=乡村					U=城市高收入					U=城市低收入				
	乡村	城市-高 ²	城市-低 ²	化粪池	厕所	其它	下水道 ⁴	无	化粪池	厕所	其它	下水道 ⁴	无	化粪池	厕所	其它	下水道 ⁴	无
非洲																		
尼日利亚	0.52	0.10	0.38	0.02	0.28	0.04	0.10	0.56	0.32	0.31	0.00	0.37	0.00	0.17	0.24	0.05	0.34	0.20
埃及	0.57	0.09	0.34	0.02	0.28	0.04	0.10	0.56	0.15	0.05	0.10	0.70	0.00	0.17	0.24	0.05	0.34	0.20
肯尼亚	0.62	0.08	0.30	0.02	0.28	0.04	0.10	0.56	0.32	0.31	0.00	0.37	0.00	0.17	0.24	0.05	0.34	0.20
南非	0.39	0.12	0.49	0.10	0.28	0.04	0.10	0.48	0.15	0.15	0.00	0.70	0.00	0.17	0.24	0.05	0.34	0.20
亚洲																		
中国	0.59	0.12	0.29	0.00	0.47	0.50	0.00	0.3	0.18	0.08	0.07	0.67	0.00	0.14	0.10	0.03	0.68	0.05
印度	0.71	0.06	0.23	0.00	0.47	0.10	0.10	0.33	0.18	0.08	0.07	0.67	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
印度尼西亚	0.54	0.12	0.34	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
巴基斯坦	0.65	0.07	0.28	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
孟加拉国	0.72	0.06	0.22	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
日本	0.20	0.80	0.00	0.20	0.00	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10	0.90	0.00	0.10	0	0	0.90	0
欧洲																		
俄罗斯	0.37	0.73	0.00	0.30	0.10	0.00	0.60	0.00	0.10	0.00	0.00	0.90	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
德国 ⁵	0.06	0.94	0.00	0.20	0.00	0.00	0.80	0.00	0.05	0.00	0.00	0.95	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
联合王国	0.10	0.90	0.00	0.11	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
法国	0.24	0.76	0.00	0.37	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
意大利	0.32	0.68	0.00	0.42	0.00	0.00	0.58	0.00	0.04	0.00	0.00	0.96	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
北美																		
美国	0.22	0.78	0.00	0.90	0.02	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.95	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
加拿大	0.20	0.80	-{-}0.00	0.90	0.02	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.95	0.00	NA	NA	NA	NA	NA
拉丁美洲及加勒比海地区																		
巴西	0.16	0.25	0.59	0.00	0.45	0.00	0.10	0.45	0.00	0.20	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.40	0.20
墨西哥	0.25	0.19	0.56	0.00	0.45	0.00	0.10	0.45	0.00	0.20	0.00	0.80	0.00	0.00	0.40	0.00	0.40	0.20
大洋洲																		
澳大利亚和新西兰	0.08	0.92	0.00	0.90	0.02	0.00	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.95	0.00	NA	NA	NA	NA	NA

注：
1. 2005 年城市化预测（联合国，2002）。
2. 假定城市-高收入和城市低收入区分。鼓励各国采用本国自己的数据或最佳判断。
3. T_{ij} 值基于专家判断（Doom 和 Liles, 1999）。
4. 下水道可能露天或封闭，这将决定 MCF 的选择，参见表 3.3。
5. Destatis, 2001。
注：这些值来源于文献或基于专家判断。请使用国家值（如果可获取）。

例：

表 6.6 介绍了一个例子。可忽略贡献的类别不做说明。注意，扩充表格很容易，给各个类别添加一列 MCF 即可。该国利用程度是 65%。

处理或排放的系统或途径		T (%)	注
城市高收入	排放至海洋	10	无 CH ₄
	排放至耗氧厂	20	增加工业成分
	排放至化粪池系统	10	未收集
城市低收入	排放至海洋	10	已收集
	排放至坑厕	15	未收集
乡村	排放至河流、湖泊、海洋	15	未收集
	排放至坑厕	15	
	排放至化粪池槽	5	
合计		100%	必须增加至 100 %
参考：Doorn 和 Liles (1999)。			

6.2.2.4 时间序列一致性

估算每年废水的排放应当采用相同的方法和数据集。不同处理系统的 MCF 不应逐年改变，除非这种变化是有理有据的。如果某一时间段内，不同处理系统中已处理废水所占份额改变，则应当记录这些改变的原因。

时间序列中各年份的污泥清除和 CH₄ 回收估算应当一致。仅当特定设施数据足够时，才应包含甲烷回收。回收的甲烷量应当从所产生的甲烷量中减去，如公式 6.1 所示。

因为活动数据得自于人口数据，所有国家所有年份的人口数据均可获得，各国应能够构建未收集和已收集废水的一整套时间序列。如果一年甚至更多年里，未控制废水现场处理和未处理各自份额的数据均缺，则代替数据和内推/外推接合技术可以用于估算排放，参见第 1 卷“一般指导及报告”中第 5 章“时间序列一致性”。各年间废水的排放通常不会有很大波动。

6.2.2.5 不确定性

第 1 卷第 3 章“不确定性”为不确定性量化提出了建议。包括引出和应用专家判断，结合经验数据，可对整个不确定性进行估计。表 6.7 列出了家庭废水排放因子和活动数据的缺省不确定性范围。下面的参数数据信非常不确定：

- 发展中国家，对于城市高收入群体、低收入群体和乡村人口 (T_{ij})，废水在厕所、化粪池处理的程度，或从下水道清除的程度。
- “露天”下水道的比例，以及发展中国家露天下水道厌氧程度及释放 CH₄ 的程度。这将取决于截留时间、温度以及其他因素，包括临时层的存在和可能对厌氧细菌（如，某些工业废水排放）有毒的成分。
- 各国排放到露天或封闭生活污水下水道的 TOW 工业量，很难量化。

表 6.7
生活废水的缺省不确定性

参数	不确定性范围
排放因子	
最大甲烷产生能力 (B_0)	$\pm 30\%$
厌氧处理比例 (MCF)	MCF 具有技术依赖性。参见表 6.3。因此，不确定性范围也具有技术依赖性。不确定性范围应当由专家判断来确定，虑及 MCF 是一个比例，其范围必须在 0-1 之间，建议范围如下所示。 未处理系统和厕所， $\pm 50\%$ 化粪池、管理不完善的处理厂， $\pm 30\%$ 集中管理完善的处理厂、浸化槽、反应堆， $\pm 10\%$
活动数据	
人口 (P)	$\pm 5\%$
BOD/人	$\pm 30\%$
人口收入群体比例 (U)	但是，若可靠的城市化数据可以获得，则城市高收入和城市低收入之间的区别可能必须基于专家判断。 $\pm 15\%$
各个收入群体 (T_{ij}) 的处理/排放途径或系统的利用程度	记录优良且仅有一个或两个系统的国家会低达 $\pm 3\%$ 。个别方法/途径会达到 $\pm 50\%$ 。验证总 $T_{ij} = 100\%$ 。
排放到下水道 (I) 的附加工业 BOD 修正因子	未收集，不确定性为 0%。收集，不确定性为 $\pm 20\%$ 。
资料来源：专家组判断（本节作者）。	

6.2.2.6 QA/QC、完整性、报告和归档

优良做法是按照第 1 卷第 6 章所述的内容，实施质量控制检查和质量保证程序。下面，介绍一些基本的 QA/QC 程序。

活动数据

- 根据流入不同处理系统（耗氧和厌氧）和未处理系统的百分比，描绘所有废水的特征。确保描述了所有废水的特性，以使废水流量共计达到国家生成废水的 100%。
- 清单编制者应当将生活废水的 BOD 特定国家数据与 IPCC 缺省值进行比较。如果清单编制者使用了特定国家值，则他们应当说明有记录的理由，为什么其特定国家值更适合于其国情。

排放因子

- 对生活废水，清单编制者应将本国特定的 B_0 值与 IPCC 缺省 B_0 值 (0.25 kg CH_4 /kg COD or 0.6 kg CH_4 /kg BOD) 进行比较。尽管没有厌氧处理废水的 IPCC 缺省值，但是鼓励清单编制者按照类似废水处理方式，将本国 MCF 值与其他国家的 MCF 值进行比较。
- 清单编制者应当确认废弃物中 (TOW) 可降解有机碳所用单位与 B_0 的单位之间的一致性。为了计算排放量，两个参数都应基于相同的计量单位 (BOD 或 COD)。如果比较排放量，亦要考虑此同一考量。

CH_4 回收和污泥清除

- 可以采用碳平衡检查，以确保流入物和流出物（污水 BOD，甲烷排放和甲烷回收）所含有的碳具有可比性。

- 如果污泥报告在废水清单中，则要检查如下估算的一致性：用于农田的污泥，焚烧的污泥，按固体废物处理的沉积污泥。

对采用不同方法估算的排放量进行比较

- 对采用特定国家参数（或方法 2 或更高级方法）的国家，清单编制者可以将国家估算排放与使用 IPCC 缺省方法和参数的排放进行交叉检查。

完整性

完整性的验证可以依据处理或排放系统或途径（T）的利用程度。T 之和应当等于 100%。*优良做法*是国家绘制一幅类似于图 6.1 的图，以考虑到所有的潜在厌氧处理和排放系统和途径，包括收集和未收集的，以及处理和未处理的在内。在生活废水处理设施中处理的任何工业废水，均应纳入已收集类别。如果清除的污泥是基于以下目的：焚烧、垃圾填埋场处置或作为农田的肥料，则作为污泥清除的有机材料量，应当符合相关部门采用的数据（参见 6.2.2 节正文）。

报告和归档

*优良做法*是记录并报告所用方法、活动数据和排放因子的概要。本卷末给出了工作表。如果使用了特定国家的方法和/或排放因子，则选择的理由以及如何得出特定国家数据（测量数据、文献和专家判断等）的参考资料，应当成文归档并纳入报告。

如果污泥焚化、填埋或排放到农田，则污泥的量和相关排放应当分别报告在废弃物焚烧、SWDS 或农业类别。

如果 CH₄ 作为能源用途回收，则导致的温室气体排放应当报告在能源部门中。如第 6.2.1 节所述，废弃物部门的*优良做法*是不需要源自 CH₄ 回收和喷焰燃烧的 CH₄ 和 N₂O 估算。但是，若想要这么做，则源自喷焰燃烧的排放应当报告在废弃物部门中。

有关报告和归档的更多信息，请参见第 1 卷第 6 章第 6.11 节“记录、归档和报告”。

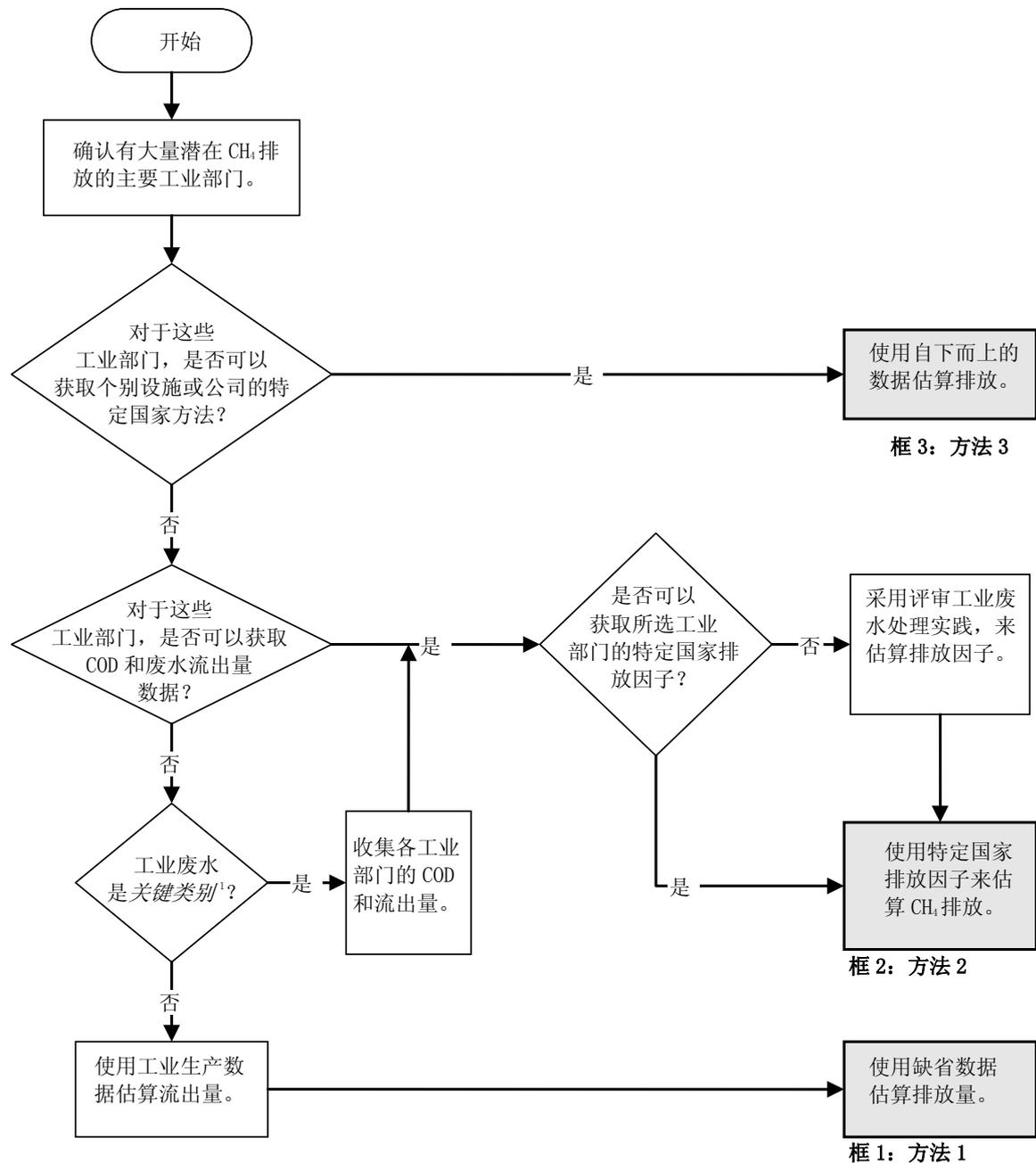
6.2.3 工业废水

工业废水可在现场处理，或者排放到生活污水的下水道系统。如果被排放到生活污水下水道系统，则其排放要纳入生活废水排放。本节将讨论源自现场工业废水处理的 CH₄ 排放估算。只有在有意或无意厌氧条件下处理的含有大量碳的工业废水，才会产生 CH₄。工业废水中的有机物通常以 COD 表示，此处也使用这种表示。

6.2.3.1 方法的选择

工业废水的决策树，如图 6.3 所示。

图 6.3 源自工业废水处理的 CH₄ 排放决策树



1 有关关键类别和决策树用途的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别识别”（参见关于有限资源的 4.1.2 节）。

源自工业废水流的 CH_4 产生潜势评估，基于以下几点：废水中可降解有机质的浓度、废水量、在厌氧系统中处理废水的工业部门倾向性。采用下述标准，具有高度产生潜势的主要工业废水来源可确定如下：

- 纸浆和造纸，
- 肉类和家禽加工（屠宰厂），
- 酒精、啤酒、淀粉生产，
- 有机化学物质生产，
- 其他食品和饮料加工（乳制品、植物油、水果和蔬菜、罐头、果汁生产等）。

纸浆和造纸业以及肉类和家禽加工业，都会产生大量含有高阶层可降解有机质的废水。肉类和家禽加工设施通常采用厌氧化粪池处理废水，而造纸和纸浆工业也采用化粪池和厌氧反应堆。非肉类食品和饮料工业产生相当多含有大量有机碳的废水，已知同样也采用厌氧处理，如化粪池和厌氧反应堆。采用生物沼气设施处理工业排放污水的厌氧反应堆，通常与作为能源生成的 CH_4 回收有关。源自能源燃烧过程的排放应当报告在能源部门中。

源自工业废水的排放估算方法，类似于对生活废水所用的方法。参见图 6.3 决策树。因为要跟踪的废水类型很多和许多不同的工业，所以排放因子和活动水平数据的确定更为复杂。该源类别排放的最精确估算应基于点源的测量数据。由于测量的成本高和潜在的大量点源，收集综合性测量数据非常困难。建议清单编制者采用自上而下的方法，基本步骤如下：

步骤 1： 采用公式 6.6 估算工业部门 i 废水中可降解有机碳的总量（TOW）。

步骤 2： 根据国家活动数据，选择途径和系统（图 6.1）。采用公式 6.5 以获取排放因子。采用最大甲烷生产能力和特定工业甲烷平均修正因子，估算各工业部门的排放因子。

步骤 3： 采用公式 6.4 估算排放量，调整得出可能的污泥清除量和/或 CH_4 回收量，并加总结果。

估算源自工业废水的 CH_4 排放的通用公式如下：

公式 6.4
源自工业废水的 CH_4 排放总量

$$\text{CH}_4 \text{ 排放} = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

其中：

CH_4 排放量 = 清单年份的 CH_4 排放量，单位为 $\text{kg CH}_4/\text{年}$

TOW_i = 清单年份源自工业 i 的废水中可降解有机材料总量，单位为 $\text{kg COD}/\text{年}$

i = 工业部门

S_i = 清单年份以污泥清除的有机成分，单位为 $\text{kg BOD}/\text{年}$

EF_i = 工业 i 的排放因子，单位为 $\text{kg CH}_4/\text{kg COD}$
清单年份所用的处理/排放途径或系统

如果一家工业采用了不止一个处理作法，则此因子需要一个加权平均值。

R_i = 清单年份回收的 CH_4 量，单位为 $\text{kg CH}_4/\text{年}$

公式 6.4 中，回收的 CH_4 量用 R 表示。应当处理回收的气体，如第 6.2.1 节所述。

6.2.3.2 排放因子的选择

不同类型工业废水的 CH_4 排放潜势差异很大。因此，应尽可能收集数据以确定各工业的最大 CH_4 生产能力（ B_o ）。如前所述，MCF 表示每种处理方法中的 CH_4 产生潜势（ B_o ）范围。因此，它又表明系统的厌氧程度。参见公式 6.5。

公式 6.1
工业废水的 CH₄ 排放因子

$$EF_j = B_o \cdot MCF_j$$

其中：

- EF_j = 各处理/排放途径或系统的排放因子，单位为 kg CH₄/kg COD（参见表 6.8）。
 j = 各个处理/排放途径或系统
 B_o = 最大 CH₄ 产生能力，单位为 kg CH₄/kg BOD
 MCF_j = 甲烷修正因子（比例），参见表 6.8

优良作法是采用从政府部门、工业组织或工业专家那里获得的国家和工部门业特定数据。但是，大多数清单编制者会发现，详尽的工业部门特定数据要无法获得或不完整。如果没有国家数据，则优良作法是采用 B_o 的 IPCC COD 缺省因子（0.25 kg CH₄/kg COD）。

要确定甲烷修正因子（MCF）（表示无氧处理的废弃物比例），推荐采用专家判断。对于估算这些数据，同行评议的工业废水处理作法调查是一种有效的技术。调查应当进行的足够频繁，才能说明工业废水处理作法的主要趋势（即，每 3-5 年）。第 1 卷第 2 章“数据收集的方法”，描述了如何引出不确定性范围的专家判断。如果没有公开的数据和统计资料，则可利用类似的专家引出规则，以获得其他类型数据的必要信息。表 6.8 介绍了 MCF 缺省值，这些值均基于专家判断。

表 6.8
工业废水的 MCF 缺省值

处理和排放途径或系统的类型	备注	MCF ¹	范围
未处理			
海洋、河流和湖泊排放	有机物含量高的河流可能变成厌氧的，但不在此处考虑。	0.1	0 – 0.2
已处理			
耗氧处理厂	必须管理完善。一些 CH ₄ 会从沉积池和其他料袋排放出来。	0	0 – 0.1
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	此处不考虑 CH ₄ 回收。	0.8	0.8 – 1.0
厌氧反应堆（如 UASB，固定膜反应堆）	此处不考虑 CH ₄ 回收。	0.8	0.8 – 1.0
浅的厌氧化粪池	深度不足 2 米，采用专家判断。	0.2	0 – 0.3
深厌氧化粪池	深度超过 2 米	0.8	0.8 – 1.0

¹基于本节主要作者的专家判断。

6.2.3.3 活动数据的选择

此源类别的活动数据是废水中有机可降解材料的总量（TOW）。此参数可衡量工业产出（产品）P（单位为吨/年）、废水产生量 W（单位为产品 m³/吨）和废水 COD 可降解有机质浓度（单位为 kg COD/m³）。参见公式 6.6。确定 TOW 需要如下步骤：

- (i) 确认产生含大量有机碳废水的工业部门，方法是评估工业产品总量、废水中可降解有机质和废水产量。
- (ii) 确认采用厌氧处理的工业部门。包括由处理系统过载导致的无意厌氧处理的部门。经验表明，通常 3 或 4 个工业部门是关键。

对每个选定部门均要估算有机可降解碳的总量（TOW）。

公式 6.6
工业废水中的有机可降解材料

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i$$

其中：

TOW_i = 工业 i 的废水中可降解有机材料总量，单位为 kg COD/年

i = 工业部门

P_i = 工业部门 i 的工业产品总量，单位为 t/年

W_i = 生成的废水量，单位为 m^3 /吨产品

COD_i = 化学需氧量（废水中的工业可降解有机成分），单位为 kg COD/ m^3

工业生产数据和废水流出量可从国家统计局、管理机构、废水处理协会或工业协会获得。某些情况下，量化载入废水的 COD 可能需要专家判断。在某些国家，COD 和每个工业部门使用水的总量数据可以直接从管理机构获得。另一种可替代的做法是，从参考文献资料中得到有关工业产量和单位产量（吨）产生的 COD 量等数据。表 6.9 提供了可用作缺省值的例子。使用这些数据时要谨慎，因为它们是特定工业、特定过程和特定国家的数据。

表 6.9
工业废水数据示例

工业类型	废水生成量 W (m ³ /吨)	W 的范围 (m ³ /吨)	COD (kg/m ³)	COD 范围 (kg/m ³)
乙醇提纯	24	16 - 32	11	5 - 22
啤酒和麦芽	6.3	5.0 - 9.0	2.9	2 - 7
咖啡	NA	NA -	9	3 - 15
乳制品	7	3 - 10	2.7	1.5 - 5.2
鱼品加工	NA	8 - 18	2.5	
肉类和家禽	13	8 - 18	4.1	2 - 7
有机化学物质	67	0 - 400	3	0.8 - 5
石油提炼	0.6	0.3 - 1.2	1.0	0.4 - 1.6
塑料和树脂	0.6	0.3 - 1.2	3.7	0.8 - 5
纸浆和造纸（结合）	162	85 - 240	9	1 - 15
肥皂和清洁剂	NA	1.0 - 5.0	NA	0.5 - 1.2
淀粉生产	9	4 - 18	10	1.5 - 42
制糖	NA	4 - 18	3.2	1 - 6
植物油	3.1	1.0 - 5.0	NA	0.5 - 1.2
蔬菜、水果和果汁	20	7 - 35	5.0	2 - 10
酒和醋	23	11 - 46	1.5	0.7 - 3.0

注：NA = 暂缺。
来源：Doorn 等。（1997）。

6.2.3.4 时间序列一致性

一个工业部门一经纳入清单计算，其后年份也应纳入。如果清单编制者将一个新的工业部门添加到计算中，则他或她应当重新计算整个时间序列，以使方法年年一致。第 1 卷第 5 章“时间序列一致性”提供了重新计算整个时间序列估算值的一般性指导意见。

关于生活废水，时间序列中不同年份的污泥清除和 CH₄ 回收应当处理一致。仅当有特定设施数据时，才包含 CH₄ 回收。已回收 CH₄ 量应当从所产生的 CH₄ 量中减去，如公式 6.4 所示。

6.2.3.5 不确定性

表 6.10 提供了 B₀、MCF、P、W 和 COD 的不确定性估算。这些估算均基于专家判断。

表 6.10
工业废水的缺省不确定性范围

参数	不确定性范围
排放因子	
最大 CH ₄ 产生能力 (Bo)	± 30%
甲烷修正因子 (MCF)	不确定性范围应当由专家判断来确定，记住这是一个分数且不确定性范围不能超出 0-1。
活动数据	
工业产量	± 25% 采用关于数据源质量的专家判断来分配更精确的不确定性范围。
废水/单位产量 (W)	这些数据会非常不确定，因为不同国家、不同工厂的同一个部门可能采用不同的废水处理步骤。预期参数的乘积 (W•COD) 不确定性较小。不确定性值可以直接归于 kg COD/吨产品。假定 -50 %、+100% (即，因子 2)。
COD/单位废水 (COD)	
资料来源：专家组判断 (联合主席、编辑和本节作者)。	

6.2.3.6 QA/QC、完整性、报告和归档

优良做法是按照第 1 卷第 6 章“QA/QC 与验证”的概述，实施质量控制检查和质量保证程序。下面介绍一些基本的 QA/QC 程序：

- 对于工业废水，清单编制者应当审核用于估算工业 COD 废物输出量及其定级的次级数据集（如，从国家统计、管理机构、废水处理协会和工业协会获得的数据集）。一些国家可能已经对工业排放进行了调控，这样，为确定某个工业的废水处理特点，已经制定了一些重要的 QA/QC 规则。
- 对于工业废水，清单编制者应交叉检查本国与废水特征相似的其他国家清单的 MCF 值。
- 清单编制者应当审查有关回收的特定设施数据，以确保其报告是根据第 1 卷第 2 章“数据收集方法”概述的测量标准。
- 采用碳平衡检查，以确保 CH₄ 回收所含有的碳少于进入报告 CH₄ 回收设施的 BOD 所含有的碳。
- 如果污泥清除报告在废水清单中，则要检查如下估算的一致性：用于农田的污泥，焚烧的污泥，固体废物处理的沉积污泥。
- 对采用特定国家参数或更高层级方法的国家，清单编制者应当对国家估算排放与使用 IPCC 缺省方法和参数的排放进行交叉检查。

完整性

估算源自工业废水排放的完整性，取决于产生有机废水的工业部门的精确特征描述。在大多数国家，约 3-4 类工业部门排放了大多数有机废水量，因此清单编制者应当确保包括了这些部门。清单编制者应当定期地重新调查工业源，尤其是一些发展迅速的工业。

此类别应当仅包括现场处理的工业废水。排放到生活废水系统的工业废水产生的排放，应当与生活废水一道处理并纳入。

源于工业废水处理的一些污泥，可能焚烧，或可能堆积到垃圾填埋场，也可能排放到农田。这构成了有机废弃物的量，应当从可获 TOW 中减去。优良做法是在各部门间保持一致：从 TOW 中减去的污泥量，应当等于垃圾填埋场处理、用于农田、其他地方焚烧或处理的污泥量。

报告和归档

优良做法是记录并报告所用方法、活动数据和排放因子的概要。本卷末给出了工作表。如果使用了特定国家的方法和/或排放因子，则选择的理由以及得出特定国家数据（测量数据、文献和专家判断等）的参考资料，应当成文归档并纳入报告。

如果污泥焚化、填埋或排放到农田，则污泥的量和相关排放应当分别报告在废水焚烧、或农业类别中。

如果工业废水处理的 CH₄ 回收数据可以获取，则应当分别记录喷焰燃烧和能源回收的这些数据。已回收 CH₄ 的处理以及如何报告喷焰燃烧产生的排放，应当与第 6.2.2.6 节生活废水的指南相同。

有关报告和归档的更多信息，请参见第 1 卷第 6 章第 6.11 节“记录、归档和报告”。

6.3 源自废水的氧化亚氮排放

6.3.1 方法学问题

6.3.1.1 方法的选择

氧化亚氮 (N₂O) 排放可出现于：处理厂直接排放，或将废水排入水道、湖泊或海洋后产生间接排放。源自废水处理厂硝化作用和反硝化作用的直接排放可视为次要来源，框 6.1 提供了估算这些排放的指南。通常，这些排放远小于源自排出水的此类排放，且可能仅涉及主要有高级集中处理厂并采用硝化作用和反硝化作用步骤的国家。

没有更高层级的方法，因此优良做法是，采用此处提供的方法估算源自生活废水流的 N₂O 排放。未提供决策树。仅对具有采用硝化作用和反硝化作用步骤的高级集中废水处理厂的国家，才有必要估算直接排放。

因此，本节介绍了废水处理流排放到水生环境的间接 N₂O 排放。污水产生排放的方法论类似于第 4 卷第 11 章第 11.2.2 节“源自土壤管理的 N₂O 排放”和“源自石灰和尿素应用的 CO₂ 排放”论述的 N₂O 间接排放。简化的通用公式如下：

公式 6.7
源自废水污水的 N₂O 排放

$$N_2O \text{ 排放} = N_{\text{污水}} \cdot EF_{\text{污水}} \cdot 44/28$$

其中：

N₂O 排放 = 清单年份的 N₂O 排放量，单位为 kg CH₄/年

N_{污水} = 排放到水生环境的污水中的氮含量，单位为 kg N/年

EF_{污水} = 源自排放废水的 N₂O 排放的排放因子，单位为 kg N₂O-N/kg N

系数 44/28 是 kg N₂O-N 到 kg N₂O-N 的转化。

6.3.1.2 排放因子的选择

源自生活废水氮污水的排放的缺省 IPCC 排放因子是 0.005 (0.0005 - 0.25) kg N₂O-N/kg N。此排放因子基于有限的现场数据，以及关于河流和港湾发生硝化作用和反硝化作用的特定假设。第一个假设是所有氮均随着污水一起排放。第二个假设是河流和港湾中产生的 N₂O 与硝化作用和反硝化作用直接关联，因此，即与排放到河流的氮直接关联。（请参见第 4 卷第 11 章第 11.2.2 节“源自管理土壤的 N₂O 排放”和“源自石灰和尿素应用的 CO₂ 排放”中表 11.3。）

6.3.1.3 活动数据的选择

估算排放所需的活数据有：废水排污中的碳含量、国家人口和每年人均蛋白质产生的平均值 (kg/人/年)。人均蛋白质产生由从粮农组织 (FAO, 2004) 获得的摄入量 (消耗量) 构成，乘以计算附加“非消耗”蛋白质和排放到下水道系统的工业蛋白质的各个因子。未消耗的食物 (废弃物) 可能冲洗到排水

沟（如，因某些发达国家垃圾处理用途），另外，预期洗澡水和洗涤水也会促成氮载量。对于采用垃圾处置的发达国家，排放到废水途径的非消耗蛋白质缺省值是 1.4，而发展中国家该因子是 1.1。排放到下水道的工业或商业来源的废水可能含有蛋白质（如，来源于杂货店和肉商）。此部分的缺省值是 1.25。排污中氮的总量估算如下：

公式 6.8
污水中氮的总量

$$N_{\text{污水}} = (P \cdot \text{蛋白质} \cdot F_{\text{NPR}} \cdot F_{\text{NON-CON}} \cdot F_{\text{IND-COM}}) - N_{\text{污泥}}$$

其中：

- $N_{\text{污水}}$ = 废水排污中氮的年度总量，单位为 kg N/年
- P = 人口
- 蛋白质 = 每年人均蛋白质消耗量，单位为 kg/人/年
- F_{NPR} = 蛋白质中氮的比例，缺省值=0.16，单位为 kg N/kg 蛋白质
- $F_{\text{NON-CON}}$ = 添加到废水中的非消耗蛋白质因子
- $F_{\text{IND-COM}}$ = 共同排放到下水道系统的工业和商业废水中的蛋白质因子
- $N_{\text{污泥}}$ = 随污泥清除的氮（缺省值=0），单位为 kg N/年

框 6.1
源自高级集中废水处理厂的子类—排放

源自高级集中废水处理厂的排放量通常远小于排污产生的排放量，且可能仅涉及主要有高级集中处理厂并采用可控的硝化作用和反硝化作用步骤的国家。估算源自这种工厂排放的综合排放因子是 3.2 g N₂O/人/年。此排放因子是美国北部的生活废水处理厂现场测试期间确定的（Czepiel 等，1995）。在仅接受生活废水的工厂获得排放数据。这种废水已包括非消耗蛋白质，但不包括任何共同排放的工业和商业废水。不可获得任何其他特定排放因子。源自集中废水处理过程的 N₂O 排放，计算如下：

公式 6.9
源自集中废水处理过程的 N₂O 排放

$$N_{2O_{\text{工厂}}} = P \cdot T_{\text{工厂}} \cdot F_{\text{IND-COM}} \cdot EF_{\text{工厂}}$$

其中：

- $N_{2O_{\text{工厂}}}$ = 清单年份工厂的 N₂O 排放总量，单位为 kg N₂O/年
- P = 人口
- $T_{\text{工厂}}$ = 现代集中的 WWT 工厂的利用程度，单位为%
- $F_{\text{IND-COM}}$ = 共同排放的工业和商业蛋白质的比例（缺省值=1.25，基于 Metcalf 和 Eddy（2003）以及专家判断的数据）
- $EF_{\text{工厂}}$ = 排放因子，单位为 3.2 g N₂O/人/年

注：如果某个国家选择纳入工厂的 N₂O 排放，则与这些排放相关的氮含量（N_{WWT}）必须追溯计算，并从 N_{污水} 中减去。N_{WWT} 计算可通过将 N_{2O_{\text{工厂}}} 乘以 28/44，采用分子加权值。

6.3.2 时间序列一致性

如果某个国家决定将工厂排放纳入估算值，则整个时间序列必须进行此种变化。时间序列中不同年份的潜在污泥清除应当处理一致。

6.3.3 不确定性

大的不确定性与排污产生的 N_2O 的 IPCC 缺省排放因子相关。目前缺乏改进此因子的现场数据。另外，各工厂的 N_2O 排放因子是不确定的，因为它基于一个现场测试。下表 6.11 论述了基于专家判断的不确定性范围。

	定义	缺省值	范围
排放因子			
EF _{排污}	排放因子，(kg N_2O -N/kg -N)	0.005	0.0005 – 0.25
EF _{工厂}	排放因子，(3.2 g N_2O /人/年)	3.2	2 – 8
活动数据			
P	国家人数	特定国家	± 10 %
蛋白质	每年人均蛋白质消耗量	特定国家	± 10 %
F _{NPR}	蛋白质中的氮比例 (kg N/kg 蛋白质)	0.16	0.15 – 0.17
T _{工厂}	大型 WWT 工厂的利用程度	特定国家	± 20 %
F _{NON-CON}	调节非消耗蛋白质的因子	无垃圾清理的国家是 1.1 有垃圾清理的国家是 1.4	1.0 – 1.5
F _{IND-COM}	允许工业氮共同排放到下水道的因子 对于有大量鱼类加工工厂的国家来说，该因子可能会更高 推荐遵照专家判断。	1.25	1.0 – 1.5

6.3.4 QA/QC、完整性、报告和归档

此方法利用了若干缺省参数。推荐征求专家的建议，来评估拟定排放因子的适当性。

完整性

除非可以获得污泥清除数据，否则估算源自排污排放的方法学基于人口和假设，假设是：与消耗量和生活用途相关的所有氮以及共同排放的工业废水中的氮，将最终进入水道。这样，该估算值可看作是保守的估值，包括了与生活废水用途相关的整个来源。

方法学不包括工业来源的 N_2O 排放，除了与生活废水共同排放到下水道系统的工业废水之外。与源自生活废水的排放相比，据信工业来源的 N_2O 排放是无关紧要的。

很少国家收集有关废水污泥处理的数据。如果有这些数据，则建议将其提供给适当的清单组。

用于排污产生的 N_2O 排放的排放因子，与 AFOLU 部门的间接 N_2O 排放的排放因子相同。

报告和归档

优良做法是记录并报告所用方法、活动数据和排放因子的概要。本卷末给出了工作表。如果使用了特定国家的方法和/或排放因子，则选择的理由以及如何得出特定国家数据（测量数据、文献和专家判断等）的参考资料，应当成文归档并纳入报告。

如果污泥焚烧、填埋或排放到农田，则相关的污泥量应当分别报告在废水焚烧、SWDS 或农业类别中。有关报告和归档的更多信息，可参见第 1 卷第 6 章第 6.11 节“记录、归档和报告”。

参考文献

- American Public Health Association and American Water Works Association (1998) . *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, Water Environment Federation, ISBN 0-87553-235-7.
- Czepiel, P., Crill, P. and Harriss, R. (1995) . 'Nitrous oxide emissions from domestic wastewater treatment' *Environmental Science and Technology*, vol. 29, no. 9, pp. 2352-2356.
- Destatis (2001) . "Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2001, Tabelle 1 "Übersichtstabelle Anschlussgrade" (Statistical Office Germany (<http://www.destatis.de/>))
- Doorn, M.R.J., Strait, R., Barnard, W. and Eklund, B. (1997) . *Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment*, Final Report, EPA-600/R-97-091, Prepared for United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA.
- Doorn, M.R.J. and Liles, D. (1999) . Global Methane, Quantification of Methane Emissions and Discussion of Nitrous Oxide, and Ammonia Emissions from Septic Tanks, Latrines, and Stagnant Open Sewers in the World. EPA-600/R-99-089, Prepared for U.S. EPA, Research Triangle Park, NC, USA.
- FAO (2004) . *FAOSTAT Statistical Database*, United Nations Food and Agriculture Organization. Available on the Internet at <<http://faostat.fao.org/>>
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Gareleck H. and Mara D.D. (1983) . *Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*, World Bank, John Wiley & Sons, USA.
- IPCC (1997) . Hough 吨, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréan 吨, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds) . *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) , IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Masotti, L. (1996) . "Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto". Eds Calderini. pp. 29-30
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003) *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill: New York, ISBN 0-07-041878-0.
- United Nations (2002) . World Urbanization Prospects, The 2001 Revision Data Tables and Highlights. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat. ESA/P/WP.173. March 2002.