

省级温室气体清单编制指南

(试行)

二〇一一年五月

目 录

前 言	1
第一章 能源活动.....	3
一、概述	3
二、化石燃料燃烧活动.....	5
三、生物质燃烧活动	19
四、煤炭开采和矿后活动逃逸排放	20
五、石油和天然气系统逃逸排放	21
六、能源部门清单报告格式	23
七、电力调入调出二氧化碳间接排放量核算.....	24
第二章 工业生产过程.....	26
一、概述	26
二、水泥生产过程	26
三、石灰生产过程	28
四、钢铁生产过程	29
五、电石生产过程	31
六、己二酸生产过程	32
七、硝酸生产过程	33

八、一氟二氯甲烷生产过程	35
九、其他工业生产过程	36
十、工业生产过程清单报告格式	44
第三章 农业	46
一、概述	46
二、稻田甲烷排放	47
三、省级农用地氧化亚氮排放量	53
四、动物肠道发酵甲烷排放	57
五、动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放	61
六、农业部门温室气体清单报告格式	68
第四章 土地利用变化和林业	69
一、概述	69
二、森林和其它木质生物质生物量碳贮量变化	71
三、森林转化温室气体排放	79
四、土地利用变化与林业清单报告格式	83
第五章 废弃物处理	84
一、概述	84
二、固体废弃物处理	85
三、废水处理	93

四、清单报告格式	102
第六章 不确定性.....	103
一、概述	103
二、不确定性产生的原因及降低不确定性的方法	103
三、量化和合并不确定性的方法	105
第七章 质量保证和质量控制	108
一、概述	108
二、质量控制程序	108
三、质量保证程序	111
四、验证、归档、存档和报告	112
附录一：温室气体清单基本概念	115
附录二：省级温室气体清单汇总表	118
附录三：温室气体全球变暖潜势值	120

前 言

由温室气体浓度增加引起的全球变暖，已经对自然生态系统和人类生存环境产生了严重影响，成为当今人类社会亟待解决的重大问题。我国政府高度重视气候变化问题，2007年国务院颁布了《中国应对气候变化国家方案》，2009年11月国务院常务会议研究决定“到2020年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降40%—45%，作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法”。

编制温室气体清单是应对气候变化的一项基础性工作。通过清单可以识别出温室气体的主要排放源，了解各部门排放现状，预测未来减缓潜力，从而有助于制定应对措施。根据《联合国气候变化框架公约》要求，所有缔约方应按照IPCC国家温室气体清单指南编制各国的温室气体清单。我国于2004年向《联合国气候变化框架公约》缔约方大会提交了《中国气候变化初始国家信息通报》，报告了1994年我国温室气体清单，2008年我国启动了2005年国家温室气体清单的编制工作。2010年9月，国家发展改革委办公厅正式下发了《关于启动省级温室气体清单编制工作有关事项的通知》（发改办气候[2010]2350号），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。

为了进一步加强省级温室气体清单编制能力建设，在国家重点基础研究发展计划相关课题的支持下，国家发展改革委应对气候变

化司组织国家发展改革委能源研究所、清华大学、中科院大气所、中国农科院环发所、中国林科院森环森保所、中国环科院气候中心等单位的专家编写了《省级温室气体清单编制指南（试行）》，旨在加强省级清单编制的科学性、规范性和可操作性，为编制方法科学、数据透明、格式一致、结果可比的省级温室气体清单提供有益指导。考虑到温室气体清单编制方法的复杂性，本指南肯定还存在许多不足之处，希望在使用过程中能够及时得到各单位的反馈意见，以便做进一步的修改完善。

第一章 能源活动

一、概述

能源生产和消费活动是我国温室气体重要排放源。省级能源活动温室气体清单编制总体上遵循《IPCC 国家温室气体清单指南》的基本方法，并借鉴了 1994 年和 2005 年我国能源活动温室气体清单编制好的做法。省级能源活动温室气体清单编制和报告的范围主要包括：化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放；生物质燃料燃烧活动产生的甲烷和氧化亚氮排放；煤矿和矿后活动产生的甲烷逃逸排放以及石油和天然气系统产生的甲烷逃逸排放。

（一）化石燃料燃烧活动排放源界定

化石燃料燃烧温室气体排放源界定为某一省区市境内不同燃烧设备燃烧不同化石燃料的活动，涉及的温室气体排放主要包括二氧化碳、甲烷和氧化亚氮。按照这一定义，国际航空航海等国际燃料舱的化石燃料燃烧活动所排放的温室气体不应计算在某一省区内，而火力发电厂的化石燃料燃烧排放应该计算在电厂所在地，尽管其生产的电力并不一定在本地消费。

1. 化石燃料燃烧活动分部门的排放源可分为：农业部门；工业和建筑部门；交通运输部门；服务部门（第三产业中扣除交通运输部分）；居民生活部门。其中工业部门可进一步细分为钢铁、有色金属、化工、建材和其他行业等，交通运输部门可进一步细分为民航、

公路、铁路、航运等。

2. 化石燃料燃烧活动分设备（技术）排放源可以分为：静止源燃烧设备和移动源燃烧设备。静止源燃烧设备主要包括：发电锅炉、工业锅炉、工业窑炉、户用炉灶、农用机械、发电内燃机、其他设备等；移动排放源设备主要包括：各类型航空器、公路运输车辆、铁路运输车辆和船舶运输机具等。

3. 化石燃料燃烧活动分燃料品种排放源可以分为：煤炭、焦炭、型煤等，其中煤炭又分为无烟煤、烟煤、炼焦煤、褐煤等；原油、燃料油、汽油、柴油、煤油、喷气煤油、其它煤油、液化石油气、石脑油、其它油品等；天然气、炼厂干气、焦炉煤气、其他燃气等。

（二）生物质燃料燃烧排放源界定

我国生物质燃料主要包括以下三类，一是农作物秸秆及木屑等农业废弃物及农林产品加工业废弃物；二是薪柴和由木材加工而成的木炭；三是人畜和动物粪便。生物质燃料燃烧的排放源主要包括：居民生活用的省柴灶、传统灶等炉灶，燃用木炭的火盆和火锅以及牧区燃用动物粪便的灶具，工商业部门燃用农业废弃物、薪柴的炒茶灶、烤烟房、砖瓦窑等。考虑到生物质燃料生产与消费的总体平衡，其燃烧所产生的二氧化碳与生长过程中光合作用所吸收的碳两者基本抵消，只需要编制和报告甲烷和氧化亚氮的排放。

（三）煤炭开采和矿后活动逃逸排放源界定

我国煤炭开采和矿后活动的甲烷排放源主要分为井工开采、露天开采和矿后活动。井工开采过程排放是指在煤炭井下采掘过程中，

煤层甲烷伴随着煤层开采不断涌入煤矿巷道和采掘空间，并通过通风、抽气系统排放到大气中形成的甲烷排放。露天开采过程排放是指露天煤矿在煤炭开采过程中释放的和邻近暴露煤（地）层释放的甲烷。矿后活动排放是指煤炭加工、运输和使用过程，即煤炭的洗选、储存、运输及燃烧前的粉碎等过程中产生的甲烷排放。

（四）石油和天然气系统逃逸排放源界定

石油和天然气系统甲烷逃逸排放是指油气从勘探开发到消费的全过程甲烷排放，主要包括钻井、天然气开采、天然气的加工处理、天然气的输送、原油开采、原油输送、石油炼制、油气消费等活动，其中常规原油中伴生的天然气，随着开采活动也会产生甲烷的逃逸排放。我国油气系统逃逸排放源涉及的设施主要包括：勘探和开发设备、天然气生产各类井口装置，集气系统的管线加热器和脱水器、加压站、注入站、计量站和调节站、阀门等附属设施，天然气集输、加工处理和分销使用的储气罐、处理罐、储液罐和火炬设施等，石油炼制装置，油气的终端消费设施等。

二、化石燃料燃烧活动

（一）清单编制方法

省级能源活动化石燃料燃烧温室气体清单编制拟采用以详细技术为基础的部门方法(也即 IPCC 方法 2)。该方法基于分部门、分燃料品种、分设备的燃料消费量等活动水平数据、以及相应的排放因子等参数，通过逐层累加综合计算得到总排放量。计算公式如下：

$$\text{温室气体排放量} = \sum \sum \sum (\text{EF}_{i,j,k} \times \text{Activity}_{i,j,k}) \quad (1.1)$$

式中：

EF:排放因子(kg/TJ)；

Activity: 燃料消费量(TJ)；

i : 为燃料类型；

j : 为部门活动；

k : 为技术类型。

其中：燃料消费量以热值表示，需要通过将实物量数据乘以折算系数获得。

计算步骤如下：

1. 确定清单采用的技术分类，基于地区能源平衡表及分行业、分品种能源消费量，确定分部门、分品种主要设备的燃料燃烧量；
2. 基于设备的燃烧特点，确定分部门、分品种主要设备相应的排放因子数据。对于二氧化碳排放因子，也可以基于各种燃料品种的低位发热量、含碳量以及主要燃烧设备的碳氧化率确定；
3. 根据分部门、分燃料品种、分设备的活动水平与排放因子数据，估算每种主要能源活动设备的温室气体排放量；
4. 加总计算出化石燃料燃烧的温室气体排放量。

省级能源活动二氧化碳排放量也可以采用参考方法进行检验（也称 IPCC 方法 1），参考方法是基于各种化石燃料的表观消费量，与各种燃料品种的单位发热量、含碳量，以及燃烧各种燃料的主要设备的平均氧化率，并扣除化石燃料非能源用途的固碳量等参数综

合计算得到的。计算公式为：

$$\text{二氧化碳排放量} = (\text{燃料消费量 (热量单位)} \times \text{单位热值燃料含碳量} - \text{固碳量}) \times \text{燃料燃烧过程中的碳氧化率} \quad (1.2)$$

计算步骤如下：

1. 估算燃料消费量

$$\text{燃料消费量} = \text{生产量} + \text{进口量} - \text{出口量} - \text{国际航海/航空加油} - \text{库存变化}$$

2. 折算成统一的热量单位

$$\text{燃料消费量 (热量单位)} = \text{燃料消费量} \times \text{换算系数 (燃料单位热值)}$$

3. 估算燃料中总的碳含量

$$\text{燃料含碳量} = \text{燃料消费量 (热量单位)} \times \text{单位燃料含碳量 (燃料的单位热值含碳量)}$$

4. 估算能长期固定在产品中的碳量

$$\text{固碳量} = \text{固碳产品产量} \times \text{单位产品含碳量} \times \text{固碳率}$$

5. 计算净碳排放量

$$\text{净碳排放量} = \text{燃料总的含碳量} - \text{固碳量}$$

6. 计算实际碳排放量

$$\text{实际碳排放量} = \text{净碳排放量} \times \text{燃料燃烧过程中的碳氧化率}$$

其中：固碳率是指各种化石燃料在作为非能源使用过程中，被固定下来的碳的比率，由于这部分碳没有被释放，所以需要在排放量的计算中予以扣除；碳氧化率是指各种化石燃料在燃烧过程中被氧化的碳的比率，表征燃料的燃烧充分性。

（二）活动水平数据及其来源

应用详细技术为基础的部门方法估算化石燃料燃烧温室气体排放量时，需要收集分部门、分能源品种、分主要燃烧设备的能源活动水平数据。部门可参照前述的部门排放源分类，结合各省市的具体情况划分；化石燃料品种可参照前述的燃料分类，结合中国能源统计年鉴中的能源分类划分；设备则可根据各部门的重点排放源分类方式划分。基于详细技术分类的活动水平数据来源包括：《中国能源统计年鉴》中有关省市能源平衡表和工业分行业终端能源消费；电力部门、交通部门、航空公司等相关统计资料；具体拆分到部门如钢铁、有色、化工等行业时，还需根据相应行业统计数据及专家估算。详细的活动水平数据见表 1.1—表 1.3。活动水平数据分类与国家工业分行业分类对应关系见表 1.4。

由于我国现行的能源统计体系中，煤炭按照原煤、洗精煤和其它洗煤分类，并没有按照无烟煤、烟煤、炼焦煤、褐煤统计，考虑到不同煤种的热值和含碳量差别较大，建议原煤消费量按无烟煤、烟煤和褐煤来拆分，这样也可以与今后的能源统计改革保持一致。

表 1.1 分部门分能源品种化石燃料燃烧活动水平数据

部门	无烟煤	烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	焦炭	焦炉煤气	其他煤气
	(万吨)	(亿 M ³)	(亿 M ³)						
化石燃料合计									
能源生产与加工转换									
公用电力与热力部门									

石油天然气开采与加工业									
固体燃料和其他能源工业									
工业和建筑业									
钢铁									
有色金属									
化工									
建材									
其他工业									
建筑业									
交通运输									
航空									
公路									
铁路									
水运									
服务业及其他									
居民生活									
农、林、牧、渔									

续表 1.1 分部门分能源品种化石燃料燃烧活动水平数据

部门	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气
	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(亿 M ³)
化石燃料合计									
能源生产与加工转换									
公用电力与热力部门									
石油天然气开采与加工业									
固体燃料和其他能源工业									
工业和建筑业									
钢铁									
有色金属									
化工									
建材									

其他工业									
建筑业									
交通运输									
航空									
公路									
铁路									
水运									
服务业及其他									
居民生活									
农、林、牧、渔									

我国的耗煤设备主要有三类：电站锅炉、工业锅炉和工业窑炉。考虑到我国钢铁、有色金属、化工、建材等行业存在名目繁多的工业窑炉，如钢铁行业的高炉、煤气发生炉，有色金属行业的氧化铝煅烧回转窑，化工行业的合成氨造气炉，建材行业的水泥回转窑、石灰机立窑、砖瓦轮窑等。建议在高耗能行业选取典型的主要燃烧设备，并确定相应的各种化石燃料消费量。

表 1.2 固定源主要行业分设备分品种活动水平数据

行业	设备	无烟煤	烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	焦炭	焦炉煤气	其他煤气
		(万吨)	(亿 M ³)	(亿 M ³)						
公用电力与热力	发电锅炉									
	工业锅炉									
	其他设备									
钢铁	发电锅炉									
	工业锅炉									
	高炉									
	其他设备									
有色金属	发电锅炉									
	工业锅炉									
	氧化铝回转窑									
	其他设备									
化工	发电锅炉									
	工业锅炉									

	合成氨造气炉									
	其他设备									
建材	发电锅炉									
	工业锅炉									
	水泥回转窑									
	水泥立窑									
	其他设备									

注：其他设备各地可视实际情况灵活确定，下同。

续表 1.2 固定源主要行业分设备分品种活动水平数据

		原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气
		(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(亿 m ³)
公用电力与热力	发电锅炉									
	工业锅炉									
	其他设备									
钢铁	发电锅炉									
	工业锅炉									
	高炉									
	其他设备									
有色金属	发电锅炉									
	工业锅炉									
	氧化铝回转窑									
	其他设备									
化工	发电锅炉									
	工业锅炉									
	合成氨造气炉									
	其他设备									
建材	发电锅炉									
	工业锅炉									
	水泥回转窑									
	水泥立窑									
	其他设备									

考虑到国家温室气体清单所指的交通运输泛指所有借助交通工具的客货运输活动，而我国能源统计体系中交通运输部门一般只包含交通营运部门的能源消费量，大量的社会交通用能统计在居民部门、商业部门和工业部门，为了比较全面反映我国全社会交通运输的能源消耗和排放情况，需要对交通用能进行整合，包括对汽柴油消费量在部门间进行重新调整，以及国际航空和航海煤油和柴油消费量的单列。如果无法获得公路（道路）交通分品种、分车辆类型能源消费量，建议采用以下方法估算：

$$\text{公路（道路）交通用油}_{ij} = \text{机动车保有量}_{ij} \times \text{机动车年运行公里数}_{ij} \times \text{机动车百公里油耗}_{ij} \quad (1.3)$$

式中：i 为油品种类，j 为车辆类型。

表 1.3 移动源主要燃烧设备分品种活动水平数据

		烟煤 (万吨)	汽油 (万吨)	柴油 (万吨)	燃料油 (万吨)	喷气煤油 (万吨)
航空	国内航班					
	港澳地区航班					
	国际航班					
公路	摩托车					
	轿车					
	轻型客车					
	大型客车					
	轻型货车					
	中型货车					
	重型货车					
	农用运输车					
铁路	蒸汽机车					
	内燃机车					
水运	内河近海内燃机					
	国际远洋内燃机					

表 1.4 活动水平数据分类与国家工业分行业分类对应关系

活动水平数据分类	国家工业分行业分类
公用电力与热力部门	电力、热力的生产和供应业
石油天然气开采与加工业	石油和天然气开采业 原油加工及石油制品制造 人造原油生产
固体燃料和其他能源工业	煤炭开采和洗选业 炼焦 燃气生产和供应业 核燃料加工
钢铁工业	黑色金属矿采选业 黑色金属冶炼及压延加工
有色金属	有色金属矿采选业 有色金属冶炼及压延加工
化学工业	化学原料及化学制品制造业 橡胶制品业
建筑材料	非金属矿采选业 非金属矿物制品业
建筑业	建筑业
其他工业部门	国家工业分行业分类中上述分类之外的分类

应用参考方法核算化石燃料燃烧的二氧化碳排放量时，需要收集分燃料品种的活动水平数据，以及各种非能源利用的活动水平数据。具体的活动水平数据包括：各种燃料的生产量、进出口量、调入调出量、库存变化量，以及水运和民航部门中的国际燃料舱部分。活动水平的数据来源：《中国能源统计年鉴》，《中国海关统计年鉴》、《中国化工统计年鉴》等行业统计资料，以及省/市统计年鉴及相关统计资料。

（三）排放因子数据及其确定方法

各种燃料品种的单位发热量和含碳量，各种燃料主要燃烧设备的碳氧化率，以及移动源主要燃烧设备的甲烷和氧化亚氮的排放因

子原则上需要通过实际测试获得，以便正确反映当地燃烧设备的技术水平和排放特点。如当地数据无法获得，建议采用本章推荐的化石燃料燃烧温室气体排放因子或利用 IPCC 国家温室气体清单指南推荐的缺省排放因子。

1. 部门方法所需的二氧化碳排放因子

应用详细技术为基础的部门方法估算化石燃料二氧化碳排放量所需的排放因子可通过以下方法及步骤确定。

一是确定不同化石燃料单位热值含碳量。化石燃料温室气体清单中对燃料含碳量的定义为“单位热值(TJ)燃料所含碳元素的质量(t-C)”，与我国常用的以单位质量所表示的含碳量百分比(%)有所不同。如当地数据无法获得，建议选用表1.5所示的分部门、燃料品种以及设备类型的单位热值含碳量数据。

表 1.5 分部门、分燃料品种化石燃料单位热值含碳量(吨碳/TJ)

部门	无烟煤	烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	焦炭	原油	燃料油	汽油	柴油	喷气煤油	一般煤油	NGL	LPG	炼厂干气	其他石油制品	天然气	焦炉煤气	其它	
能源加工转换	煤炭开采加工		25.77	28.07	25.41	25.41		29.42			18.90	20.20				18.20	20.00	15.32	13.58	12.20	
	油气开采加工	27.34	27.02	28.53	25.41	25.41		29.42	20.08	21.10	18.90	20.20			17.20	17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	公共电力与热力	27.49	26.18	27.97	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	炼焦、煤制气等		25.77		25.41	25.41		29.42	20.08	20.10	18.90	20.20				17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
工业	钢铁	27.40	25.80	27.07	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	有色	26.80	26.59	28.22	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	化工	27.65	25.77	28.15	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	建材	27.29	26.24	28.05	25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	建筑		25.77		25.41	25.41		29.42	20.08	21.10	18.90	20.20					18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
	其他		25.77		25.41	25.41	33.56	29.42	20.08	21.10	18.90	20.20		19.60		17.20	18.20	20.00	15.32	13.58	12.20
交通运输	公路									18.90	20.20					18.20		15.32			
	铁路										20.20										
	水运								20.10		20.20										
	航空											19.50									
农业		25.77			25.41		29.42		21.10	18.90	20.20		19.60					15.32			
居民生活	26.97	25.77			25.41	33.56	29.42			18.90	20.20		19.60		17.20	18.20		15.32	13.58	12.20	
服务业	26.97	25.77			25.41	33.56	29.42		21.10	18.90	20.20		19.60		17.20	18.20		15.32	13.58	12.20	

注：原煤单位热值含碳量约为 26.37 吨-碳/TJ。

二是确定不同化石燃料在不同燃烧设备的碳氧化率。考虑到不同油气燃烧设备的碳氧化率差异不大，如无法获得当地实测的数据，建议各部门不同设备油品（原油、燃料油、柴油、煤油等）碳氧化率取值为 98%，气体燃料（包括焦炉煤气、LPG、炼厂干气、天然气及其他气体等）的碳氧化率取值为 99%。考虑到不同部门不同设备燃煤的碳氧化率差异较大，建议通过实测的方法，尽量获得以下主要设备分煤种的碳氧化率（见表 1.6）。

表 1.6 固定源主要行业主要设备分煤种燃烧碳氧化率

行业	公用电力与热力部门(%)	钢铁 (%)	有色金属 (%)	化工 (%)	建材 (%)
发电锅炉					
工业锅炉					
高炉					
氧化铝回转窑					
合成氨造气炉					
水泥回转窑					
水泥立窑					

注：尽量获得表中阴影部分。

对于能源生产、加工转换部门燃煤设备的碳氧化率，现有研究结果表明，该部门目前碳氧化率的范围在 90%—98%之间，其中发电锅炉碳氧化率较高，平均达到 98%左右，只有极少数发电锅炉的碳氧化率低于 90%。考虑到各省区市发电锅炉设备数量有限，而且也具备比较系统和完备的热工测试条件和要求，建议利用燃烧设备热平衡或物料平衡数据分析或实测得到。

对于工业部门的发电锅炉、工业锅炉和工业窑炉的碳氧化率，我

国现有设备的碳氧化率差异较大。工业各行业自备电厂发电锅炉的碳氧化率略低于公用电力部门燃煤发电设备的碳氧化率，如无法获得实测数据，建议可选取 95%左右作为碳氧化率的平均值。据有关工业锅炉样本调查分析结果，我国燃煤工业锅炉的平均碳氧化率介于 80%—90%之间，不同煤种和容量等级的工业锅炉碳氧化率差别较大，如无法获得实测数据，建议可选取 85%左右作为平均值。同样，如果无法获得有关行业的实测数据，对于钢铁工业高炉的碳氧化率，建议可选取 90%左右作为平均值，对于化工行业的合成氨造气炉，建议不同煤种的平均碳氧化率的选择范围在 90%—96%之间，对于建材工业的水泥窑的碳氧化率，建议可选取 99%左右作为平均值。

对于交通运输部门铁路机车中的蒸汽机车燃用烟煤，如无法获得实测数据，建议平均碳氧化率参数可选择 85%左右。

对于居民生活、农业、服务业及其他部门燃烧设备分煤种的碳氧化率，其平均范围值在 72%—90%之间，如无法获得实测数据，建议无烟煤燃烧设备可选 90%左右，烟煤燃烧设备可选 83%左右。

2. 部门方法所需的其他排放因子

应用详细技术为基础的部门方法，估算电站锅炉的氧化亚氮排放所需的排放因子，如无法获得实测数据，可参考 IPCC2006 国家温室气体清单指南提供的缺省数值，对于燃煤流化床锅炉采用 61kg/TJ，其他燃煤锅炉为 1.4kg/ TJ，燃油锅炉和燃气锅炉分别为 0.4kg/ TJ 和 1kg/ TJ。

应用详细技术为基础的部门方法，估算移动源甲烷和的氧化亚氮

排放所需的排放因子，如无法获得实测数据，也可参考 IPCC2006 国家温室气体清单指南提供的缺省数值，由于涉及信息比较多，这里不再给出具体数据。

3. 参考方法所需的二氧化碳排放因子

为了便于统一核实和比较省级化石燃料的二氧化碳排放量，建议利用参考方法核算化石燃料二氧化碳排放量所需单位燃料含碳量与氧化率数据采用表 1.7 所示数据。由于作为原料、材料的非能源利用产品的固碳率各地差别较大，推荐采用当地实测数据计算。

表 1.7 参考方法所需单位燃料含碳量与碳氧化率参数

		单位热值含碳量 (吨碳/TJ)	碳氧化率
固体燃料	无烟煤	27.4	0.94
	烟煤	26.1	0.93
	褐煤	28.0	0.96
	炼焦煤	25.4	0.98
	型煤	33.6	0.90
	焦炭	29.5	0.93
	其它焦化产品	29.5	0.93
液体燃料	原油	20.1	0.98
	燃料油	21.1	0.98
	汽油	18.9	0.98
	柴油	20.2	0.98
	喷气煤油	19.5	0.98
	一般煤油	19.6	0.98
	NGL	17.2	0.98
	LPG	17.2	0.98
	炼厂干气	18.2	0.98
	石脑油	20.0	0.98
	沥青	22.0	0.98
	润滑油	20.0	0.98
	石油焦	27.5	0.98
	石化原料油	20.0	0.98
其他油品	20.0	0.98	
气体燃料	天然气	15.3	0.99

三、生物质燃烧活动

(一) 清单编制方法

考虑到生物质燃料燃烧的甲烷和氧化亚氮排放与燃料种类、燃烧技术与设备类型等因素紧密相关，建议省级生物质燃料燃烧温室气体清单编制可采用设备法（IPCC 方法 2），具体计算公式为：

$$\text{温室气体排放量} = \sum \sum \sum (\text{EF}_{a,b,c} \times \text{Activity}_{a,b,c}) \quad (1.4)$$

其中：EF：为排放因子，用 kg/TJ 表示；

Activity：为活动水平，用 TJ 表示；

a：为燃料品种；

b：为部门类型；

c：为设备类型。

(二) 活动水平数据及其来源

编制省级生物质燃料温室气体清单所需要的活动水平数据主要包括：秸秆、薪柴等生物质燃料的燃烧量，秸秆、薪柴、动物粪便、木炭、城市垃圾的热值，牧区动物粪便燃烧量，燃用秸秆的构成（玉米秸、麦秸和其他）等。活动水平数据来源有《中国能源统计年鉴》，《中国农业统计年鉴》、《中国农村能源统计年鉴》、《中国林业年鉴》等行业统计资料，省/市农村统计年鉴等地方统计资料；问卷调查、专家咨询以及相关研究结果；也可采用推算等途径整理获得。

(三) 排放因子数据及其确定方法

考虑到不同地区不同时间生物质燃料排放因子的具体情况差异较大，因此最好采用当地的实测因子。如实测实在困难，可参考国内

相关研究的部分测试数据，如表 1.8 所示，也可以采用 IPCC2006 国家清单指南推荐的缺省值。

表 1.8 生物质燃料燃烧的甲烷和氧化亚氮排放因子 (g/kg 燃料)

生物质种类	甲烷				氧化亚氮
	省柴灶	传统灶	火盆火锅等	牧区灶具	
秸秆	5.2	2.8			0.13
薪柴	2.7	2.4			0.08
木炭			6.0		0.03
动物粪便				3.6	0.05

四、煤炭开采和矿后活动逃逸排放

(一) 清单编制方法

对于省级煤炭开采和矿后活动甲烷逃逸排放清单编制，如各省市能够获得辖区内各矿井的实测甲烷涌出量，则首选采用基于煤矿的估算方法（IPCC 方法 3），即利用各个矿井的实测甲烷涌出量，求和计算地区的甲烷排放量。实际测量的数据是最直接、精确和可靠的数据，矿井实测的甲烷涌出量即为甲烷排放量，无需确定排放因子。如果辖区内国有地方和乡镇煤矿获得甲烷排放量实测数据较为困难，可将煤矿分为国有重点、国有地方和乡镇（包括个体）煤矿三大类，分别确定排放因子和产量，加总汇合得到总排放量。

(二) 活动水平数据及其来源

实测法活动水平数据为区域内各矿井甲烷排放量实测值和甲烷实际利用量。需要的活动水平数据有：不同类型煤矿(国有重点、地方国有、乡镇)的甲烷等级鉴定结果和分等级矿井的原煤产量、实测煤矿甲烷排放量和抽放量、甲烷实际利用量等方面的数据。数据来源

主要有：《中国煤炭工业年鉴》、《矿井瓦斯等级鉴定结果统计》、省市国有重点煤矿所属矿务局统计资料等。如无法获得实测数据，可以通过专家分析等手段，整理出清单编制工作所需要的高、低甲烷矿井及露天矿原煤产量；国有重点煤矿实测甲烷排放量；抽放矿井采煤量、甲烷涌出量和抽放量；以及煤矿抽放甲烷利用量等活动水平数据。

（三）排放因子数据及其确定方法

采用实测法时甲烷逃逸排放量等于实际测量值，不需要确定排放因子。如无法获得实测数据，则可以参考全国煤矿及矿后活动平均的甲烷排放因子，其中：重点煤矿、地方煤矿和乡镇煤矿井工开采分别为 8.37 立方米/吨、8.35 立方米/吨和 6.93 立方米/吨；露天开采为 2 立方米/吨；高瓦斯矿、低瓦斯矿和露天矿矿后活动分别为 3 立方米/吨、0.9 立方米/吨和 0.5 立方米/吨。

五、石油和天然气系统逃逸排放

（一）清单编制方法

省级石油和天然气系统甲烷逃逸排放估算方法，主要基于所收集到的以下表征活动水平的数据：一是油气系统基础设施(如油气井、小型现场安装设备、主要生产和加工设备等)的数量和种类的详细清单；二是生产活动水平(如油气产量；放空及火炬气体量；燃料气消耗量等)；三是事故排放量(如井喷和管线破损等)；四是典型设计和操作活动及其对整体排放控制的影响，再根据合适的排放因子确定各个设施及活动的实际排放量，最后把上述排放量汇总得到总排放量。

(二) 活动水平数据及其来源

对于油气系统的甲烷逃逸排放，省级清单编制所需要的活动水平数据为油气开采、输送、加工等各个环节的设备数量或活动水平（例如天然气加工处理量、原油运输量等）数据。活动数据绝大多数来源于各大油气公司的统计报表、统计年鉴以及统计手册，例如《中石油股份天然气开发数据手册》、《中国石油天然气集团公司统计年报》、《全国天然气开发数据手册》、《全国油田开发数据手册》、《中石化集团公司统计年鉴》等。

(三) 排放因子数据及其确定方法

对于省级清单编制所需要的油气系统甲烷排放因子，原则上需要按照不同设施类型，通过具体的测试获得。如无法获得实测数据，可参考表 1.9 所示的排放因子。

表 1.9 油气系统甲烷排放因子

活动环节	逃逸排放源的设施类型	甲烷排放因子 (吨/个.年)	甲烷排放因子
天然气开采	井口装置	2.5	-
	常规集气系统	51.5	
	计量/配气站	8.5	
	储气总站	68.4	
天然气加工处理	-	-	542 吨/十亿立方米
天然气输送	增压站	95.1	-
	计量站	45.0	
	管线(逆止阀)	6.3	
天然气消费	-	-	133 吨/亿立方米
常规油开采	井口装置	0.2	-
	单井储油装置	0.6	
	接转站	0.3	
	联合站	1.8	
稠油开采	-	-	14 吨/万吨
原油储运	-	-	753 吨/亿吨
原油炼制	-	-	5000 吨/亿吨

六、能源部门清单报告格式

为实现不同省市间的排放对比以及同一省市不同年份的对比，各省、直辖市和自治区应按照表 1.10 所示的报告格式报告本地区能源活动温室气体排放清单，国际燃料舱部分的温室气体排放单独报告，并不包括在省级能源活动温室气体总量之中。

表 1.10 能源部门清单报告格式

	二氧化碳 (CO ₂)	甲烷 (CH ₄)	氧化亚氮 (N ₂ O)
能源活动总计	×	×	×
1. 化石燃料燃烧	×	×	×
能源工业	×		×
电力生产	×		×
油气开采	×		
固体燃料	×		
农业	×		
工业和建筑业	×		
钢铁	×		
有色金属	×		
化工	×		
建材	×		
其他	×		
建筑业	×		
交通运输	×	×	×
服务业	×		
居民生活	×		
2. 生物质燃烧（以能源利用为目的）		×	×
3. 煤炭开采逃逸		×	
4. 油气系统逃逸		×	
国际燃料舱	×		
国际航空	×		
国际航海	×		

注：“×”表示需要报告的数据。

七、电力调入调出二氧化碳间接排放量核算

尽管火力发电企业燃烧化石燃料直接产生的二氧化碳排放与电力产品调入调出隐含的二氧化碳（也可称为间接排放）有着本质的区别，但考虑到电力产品的特殊性以及科学评估非化石燃料电力对减缓二氧化碳排放的贡献，需要核算由电力调入调出所带来的二氧化碳间接排放量。具体核算方法可以利用省区市境内电力调入或调出电量、乘以该调入或调出电量所属区域电网平均供电排放因子，由此得到该省区市由于电力调入或调出所带来的所有间接二氧化碳排放。

电力调入（出）二氧化碳间接排放 = 调入（出）电量 × 区域电网供电平均排放因子

$$(1.5)$$

其中：调入或调出电量这一数据可以从各省能源平衡表或电力平衡表获得，并以千瓦时为单位；区域电网供电平均排放因子，考虑到我国电网实行统一调度、分级管理，为了既能反映不同地区电源结构特点，又便于确定区域电网的供电平均排放因子，建议将区域电网边界按目前的东北、华北、华东、华中、西北和南方电网划分，其平均排放因子可由上述电网内各省区市发电厂的化石燃料二氧化碳排放量除以电网总供电量获得，并以千克二氧化碳/千瓦时为单位。

表 1.11 2005 年我国区域电网单位供电平均二氧化碳排放

电网名称	覆盖省区市	二氧化碳排放 (Kg/KW. h)
华北区域	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古西部地区	1.246
东北区域	辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古东部地区	1.096
华东区域	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.928
华中区域	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市	0.801
西北区域	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏、新疆	0.977
南方区域	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省	0.714
海南	海南省	0.917

为了便于核算和报告考虑电力产品调入调出所隐含的二氧化碳排放量，建议采用如表 1.12 所示的核算和报告格式，其中电力调入隐含排放表示为正号，调出则为负号。

表 1.12 电力调入调出二氧化碳间接排放量核算报告格式

	二氧化碳 (CO ₂)
调入电力 (+)	×
调出电力 (-)	×
调入 (出) 电力间接排放量合计	×

第二章 工业生产过程

一、概述

工业生产过程温室气体排放清单报告的是工业生产中能源活动温室气体排放之外的其他化学反应过程或物理变化过程的温室气体排放。例如，石灰行业石灰石分解产生的排放属于工业生产过程排放，而石灰窑燃料燃烧产生的排放不属于工业生产过程排放。

省级工业生产过程温室气体清单范围包括：水泥生产过程二氧化碳排放，石灰生产过程二氧化碳排放，钢铁生产过程二氧化碳排放，电石生产过程二氧化碳排放，己二酸生产过程氧化亚氮排放，硝酸生产过程氧化亚氮排放，一氯二氟甲烷（HCFC-22）生产过程三氟甲烷（HFC-23）排放，铝生产过程全氟化碳排放，镁生产过程六氟化硫排放，电力设备生产过程六氟化硫排放，半导体生产过程氢氟烃、全氟化碳和六氟化硫排放，以及氢氟烃生产过程的氢氟烃排放。其他生产过程或其他温室气体暂不报告。

二、水泥生产过程

（一）清单编制方法

水泥生产过程中的二氧化碳排放来自水泥熟料的生产过程。熟料是水泥生产的中间产品，它是由水泥生料经高温煅烧发生物理化学变化后形成的。水泥生料主要由石灰石及其它配料配制而成。在煅烧过程中，生料中碳酸钙和碳酸镁会分解排放出二氧化碳。

估算水泥生产过程二氧化碳排放量计算公式见式 (2.1)，此方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{C_2O} = AD \times EF \quad (2.1)$$

式中， E_{C_2O} 是水泥生产过程二氧化碳排放量，AD 是省级辖区内扣除电石渣生产的熟料产量后的水泥熟料产量，EF 是水泥生产过程平均排放因子。

(二) 活动水平数据及其来源

估算水泥工业生产过程二氧化碳排放所需要的活动水平数据为所在省市区扣除了用电石渣生产的熟料数量之后的水泥熟料产量。中国水泥协会编写的《中国水泥年鉴 2001-2005》有 2005 年我国分省份的水泥熟料产量。利用电石渣生产熟料的产量需要实地调查。水泥工业生产过程活动水平数据表见表 2.1。

表 2.1 水泥活动水平数据

类别	单位	数值
水泥熟料产量	万吨	
电石渣生产的熟料产量	万吨	

(三) 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.2 推荐的排放因子估算水泥生产过程排放量。

表 2.2 推荐的水泥生产过程排放因子

类别	单位	数值
水泥生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨熟料	0.538

三、石灰生产过程

(一) 清单编制方法

石灰生产过程的二氧化碳排放来源于石灰石中的碳酸钙和碳酸镁的热分解。

估算石灰生产过程二氧化碳排放的计算公式见式 (2.2)，这一方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法，。

$$E_{CO_2} = AD \times EF \quad (2.2)$$

式中， E_{CO_2} 是石灰生产过程二氧化碳排放量；AD 是所在省级辖区内石灰产量；EF 是石灰平均排放因子。

(二) 活动水平数据及其来源

估算石灰生产过程二氧化碳排放所需要的活动水平数据为所在省市区的石灰产量。

考虑到我国没有官方的石灰产量统计资料，中国石灰协会也只进行过几次调查，为了比较准确地估计石灰产量，需要进行抽样调查。

建议的调查步骤如下：首先，通过调查，确定所在省级辖区内每个市区县的石灰企业数量。其次，对于每个市区县，调查 20% 左右有代表性的企业，并据此确定每个市区县平均每个企业的石灰产量。然

后，利用每个市区县的石灰企业数量乘该市平均每个企业的石灰产量，得到该市的石灰产量。最后，对于所有市（区、县）的产量加总，得到省级辖区内的石灰产量。

在原始数据收集的基础上，可汇总出石灰工业生产过程活动水平数据表（表 2.3）。

表 2.3 石灰生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
石灰产量	万吨	

（三）排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.4 推荐的排放因子估算石灰生产过程排放量。

表 2.4 推荐的石灰生产过程排放因子

类别	单位	数值
石灰生产过程排放因子	吨二氧化碳/吨石灰	0.683

四、钢铁生产过程

（一）清单编制方法

钢铁生产过程二氧化碳排放主要有两个来源：炼铁熔剂高温分解和炼钢降碳过程。石灰石和白云石等熔剂中的碳酸钙和碳酸镁在高温下会发生分解反应，并排放出二氧化碳。炼钢降碳是指在高温下用氧化剂把生铁里过多的碳和其他杂质氧化成二氧化碳排放或炉渣除去。

估算钢铁生产过程二氧化碳排放量的计算公式见式 (2.3)，此方法是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{CO_2} = AD_l \times EF_l + AD_d \times EF_d + (AD_r \times F_r - AD_s \times F_s) \times \frac{44}{12} \quad (2.3)$$

式中， E_{CO_2} 是钢铁生产过程二氧化碳排放量； AD_l 是所在省级辖区内钢铁企业消费的作为溶剂的石灰石的数量； EF_l 是作为溶剂的石灰石消耗的排放因子； AD_d 是所在省级辖区内钢铁企业消费的作为溶剂的白云石的数量； EF_d 是作为溶剂的白云石消耗的排放因子； AD_r 是所在省级辖区内炼钢用生铁的数量； F_r 是炼钢用生铁的平均含碳率； AD_s 是所在省级辖区内炼钢的钢材产量； F_s 是炼钢的钢材产品的平均含碳率。

钢铁生产中焦炭消耗的二氧化碳排在能源活动温室气体清单部分报告。

(二) 活动水平数据及其来源

需要收集的活动水平数据为辖区内钢铁企业石灰石和白云石的年消耗量，以及炼钢的生铁投入量和钢材产量。钢铁工业生产过程活动水平数据表见表 2.5。

表 2.5 钢铁生产过程活动水平数据

类别	单位	数值	类别	单位	数值
石灰石消耗量	万吨		炼钢用生铁量	万吨	
白云石消耗量	万吨		钢材产量	万吨	

《中国钢铁工业年鉴 2006》有 2005 年钢铁产量数据。其他数据

需要向统计局和钢铁企业调查。

（三）排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.6 推荐的排放因子或基本参数估算钢铁生产过程排放量。

表 2.6 推荐的钢铁生产过程排放因子或基本参数

类别	单位	数值	类别	单位	数值
石灰石消耗	吨二氧化碳/吨石灰石	0.430	生铁平均含碳量	%	4.1
白云石消耗	吨二氧化碳/吨白云石	0.474	钢材平均含碳量	%	0.248

五、电石生产过程

（一）清单编制方法

由于电石的生产要求石灰的活性比较高，多数电石生产厂都自己生产石灰。因此，电石的生产工艺一般包括两个环节，即用石灰石为原料经过煅烧生产石灰；以石灰和碳素原料如焦炭、无烟煤、石油焦等为原料生产电石。电石生产过程的二氧化碳排放只报告第二环节的排放量。第一环节的排在石灰生产过程部分报告。

估算电石生产过程二氧化碳排放量的计算公式见式（2.4），此方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{CO_2} = AD \times EF \quad (2.4)$$

式中， E_{CO_2} 是电石生产过程二氧化碳排放量；AD 是所在省级辖区内电石产量；EF 是电石的排放因子。

（二）活动水平数据及其来源

估算电石生产过程二氧化碳排放需要的活动水平数据是年电石生产量，可向统计部门等单位调研。电石工业生产过程活动水平数据表见表 2.7。

表 2.7 电石生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
电石产量	吨	

（三）排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.8 推荐的排放因子估算电石生产过程排放量。

表 2.8 推荐的电石生产过程排放因子

类别	单位	推荐数值
电石生产过程排放因子	千克二氧化碳/吨电石	1154

六、己二酸生产过程

（一）清单编制方法

己二酸有多种制备工艺，其中会产生氧化亚氮的主要是传统工艺。

估算己二酸生产过程二氧化碳排放量的计算公式见式 (2.5)，这一方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{N_2O} = AD \times EF \quad (2.5)$$

式中， E_{N_2O} 是己二酸生产过程二氧化碳排放量；AD 是所在省级辖区内己二酸产量；EF 是己二酸的平均排放因子。

（二）活动水平数据及其来源

由于己二酸生产厂家不多，可通过统计局或企业主管部门了解到所在省市区己二酸生产企业的个数和名录。调查每家企业的产量后，把每个企业的产量加总可以得到所在省市区己二酸的产量。己二酸生产过程活动水平数据表见表 2.9。

表 2.9 己二酸生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
己二酸产量	吨	

（三）排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.10 推荐的排放因子估算己二酸生产过程排放量。

表 2.10 推荐的己二酸生产过程排放因子

类别	单位	推荐数值
己二酸生产过程排放因子	吨氧化亚氮/吨己二酸	0.293

七、硝酸生产过程

（一）清单编制方法

氧化亚氮是氨催化氧化过程产生的副产品。氧化亚氮的生成量取决于反应压力、温度、设备年代和设备类型等，反应压力对氧化亚氮

生产影响最大。

估算硝酸生产过程氧化亚氮排放量的计算公式见式 (2.6)，此方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{N_2O} = \sum_i AD_i \times EF_i \quad (2.6)$$

式中， E_{N_2O} 是硝酸生产过程氧化亚氮排放量； i 指的是高压法（没有安装非选择性尾气处理装置），高压法（安装非选择性尾气处理装置，NSCR），中压法，常压法，双加压法，综合法，低压法等七种技术类型； AD_i 是所在省级辖区内上述七种技术的硝酸产量； EF_i 是七种技术的氧化亚氮排放因子。

(二) 活动水平数据及其来源

所需的水平数据为辖区内七种技术类型的硝酸产量数据。活动水平数据需要通过企业调查得到。把企业调查数据加总，可得到所在省市七种技术的硝酸产量，并按表 2.11 的格式填写活动水平数据表。

表 2.11 硝酸生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
高压法（没有安装非选择性尾气处理装置）产量	吨	
高压法（安装非选择性尾气处理装置）产量	吨	
中压法产量	吨	
常压法产量	吨	
双加压产量	吨	
综合法产量	吨	
低压法产量	吨	

(三) 排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.12 推荐的排放因子估算硝酸生产过程排放量。

表 2.12 推荐的硝酸生产过程排放因子

类别	单位	数值
高压法产量(没有安装非选择性尾气处理装置)	千克氧化亚氮/吨硝酸	13.9
高压法产量(安装非选择性尾气处理装置)	千克氧化亚氮/吨硝酸	2.0
中压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	11.77
常压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	9.72
双加压产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	8.0
综合法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	7.5
低压法产量	千克氧化亚氮/吨硝酸	5.0

八、一氟二氯甲烷生产过程

(一) 清单编制方法

一氟二氯甲烷 (HCFC-22) 生产会排放三氟甲烷 (HFC-23)。

HFC-23 是制造过程中副产品的无意释放。

估算 HCFC-22 生产过程 HFC-23 排放量的计算公式见式 (2.7)，此方法是《1996 年 IPCC 清单指南》推荐的方法，也与我国国家温室气体清单编制所采用的方法一致。

$$E_{HFC-23} = AD \times EF \quad (2.7)$$

式中， E_{HFC-23} 是 HCFC-22 生产过程 HFC-23 排放量；AD 是所在省(市)辖区内 HCFC-22 产量；EF 是 HCFC-22 生产的平均排放因子。

（二）活动水平数据及其来源

由于 HCFC-22 生产厂家不多，可通过统计局或企业主管部门了解到所在省市区 HCFC-22 生产企业的个数和名录。然后，调查每家企业的产量。把每个企业的产量加总可以得到所在省市区 HCFC-22 的产量，并按照表 2.13 的格式填写活动水平数据表。

表 2.13 一氟二氯甲烷生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
HCFC-22 产量	吨	

（三）排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.14 推荐的排放因子估算 HCFC-22 生产过程排放量。

表 2.14 推荐的 HCFC-22 生产过程排放因子

类别	单位	数值
HCFC-22 生产排放因子	吨 HFC-23/吨 HCFC-22	0.0292

九、其他工业生产过程

（一）铝生产过程

1. 清单编制方法

原铝熔炼过程中会排放四氟化碳（ CF_4 ，PFC-14）和六氟乙烷（ C_2F_6 ，PFC-116）两种全氟化碳（PFCs）。这两种全氟化碳是在一种称为阳极效应的过程中产生的。2005 年我国原铝生产采用的技术类

型是点式下料预焙槽技术（PFPB）和侧插阳极棒自焙槽技术（HSS），并以点式下料预焙槽技术为主。点式下料预焙槽技术是中间加工操作预焙槽技术（CWPB）的一种，是目前最先进的技术类型。

估算铝生产过程全氟化碳排放量的计算公式见式（2.8）和式（2.9），此方法是《1996年IPCC清单指南》推荐的方法，也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{CF_4} = \sum_{i=1}^2 AD_i \times FF_{i,1} \quad (2.8)$$

式中， E_{CF_4} 是铝生产过程中 CF_4 排放量， AD_i 分别是采用点式下料预焙槽技术生产和采用侧插阳极棒自焙槽技术生产的产量， $EF_{i,1}$ 分别是点式下料预焙槽技术和侧插阳极棒自焙槽技术的 CF_4 排放因子。

$$E_{C_2F_6} = \sum_{i=1}^2 AD_i \times FF_{i,2} \quad (2.9)$$

式中， $E_{C_2F_6}$ 是铝生产过程中 C_2F_6 排放量， AD_i 分别是采用点式下料预焙槽技术生产和采用侧插阳极棒自焙槽技术生产的产量， $EF_{i,2}$ 分别是点式下料预焙槽技术和侧插阳极棒自焙槽技术的 C_2F_6 排放因子。

2.活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为省级辖区内按照点式下料预焙槽技术和侧插阳极棒自焙槽技术分的原铝产量。活动水平数据可通过企业实地调查得到。铝生产过程活动水平数据表见表 2.15。

表 2.15 铝生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
点式下料预焙槽技术产量	万吨	
侧插阳极棒自焙槽技术产量	万吨	

3.排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.16 推荐的排放因子估算铝生产过程排放量。

表 2.16 推荐的铝生产过程排放因子

技术类型	排放气体	单位	推荐数值
点式下料预焙槽技术	CF ₄	千克 CF ₄ /吨铝	0.0888
	C ₂ F ₆	千克 C ₂ F ₆ /吨铝	0.0114
侧插阳极棒自焙槽技术	CF ₄	千克 CF ₄ /吨铝	0.6
	C ₂ F ₆	千克 C ₂ F ₆ /吨铝	0.06

(二) 镁生产过程

1.清单编制方法

镁生产过程六氟化硫排放来源于原镁生产中的粗镁精炼环节,以及镁或镁合金加工过程中的熔炼和铸造环节。

估算镁生产过程六氟化硫排放量的计算公式见式 (2.10), 此方法是《2006 年 IPCC 清单指南》推荐的方法, 也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{SF_6} = \sum_{i=1}^2 AD_i \times FF_i \quad (2.10)$$

式中, E_{SF_6} 是镁生产过程 SF₆ 排放量, AD_i 分别是省级辖区内采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量和镁加工的产量, EF_i 分别是采用六氟化硫作为保护剂的原镁生产的 SF₆ 排放因子和镁加工的 SF₆ 排放因子。

2.活动水平数据及其来源

对于原镁生产环节，所需的活动水平数据为省级辖区内采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量。对于镁加工环节，所需的活动水平数据为辖区内镁加工产量。这些数据可以通过省市统计部门或行业协会获得，也可采用抽样调查方法。在原始数据收集的基础上，可汇总出镁生产过程活动水平数据表，见表 2.17。

表 2.17 镁生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
采用六氟化硫作为保护剂的原镁产量	万吨	
镁加工产量	万吨	

3.排放因子数据

若无本地实测排放因子，建议采用表 2.18 推荐的排放因子估算镁生产过程排放量。

表 2.18 推荐的镁生产过程排放因子

类别	单位	推荐数值
原镁生产	千克 SF ₆ /吨镁	0.490
镁加工	千克 SF ₆ /吨镁	0.114

（三）电力设备生产过程

1.清单编制方法

六氟化硫具有优异的绝缘性能和良好的灭弧性能，在高压开关断路器及封闭式气体绝缘组合电器设备（GIS）得到广泛使用。省级清

单只报告电力设备生产环节和安装环节的六氟化硫排放,暂不报告电力设备使用环节和报废环节的六氟化硫排放。

估算电力设备生产过程六氟化硫排放量的计算公式见式(2.11),此方法是《IPCC 优良作法指南》推荐的方法,也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_{SF_6} = AD \times EF \quad (2.11)$$

式中, E_{SF_6} 是电力设备生产过程的 SF_6 排放量; AD 是所在省级辖区内电力设备生产过程 SF_6 的使用量; EF 是电力设备生产过程 SF_6 的平均排放系数。

2.活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为辖区内电力设备生产过程六氟化硫使用量,可通过典型调查方法获得。电力设备生产过程活动水平数据表见表 2.19。

表 2.19 电力设备生产过程活动水平数据

类别	单位	数值
电力设备生产过程六氟化硫使用量	吨	

3.排放系数数据

若无本地实测排放系数,建议采用表 2.20 的排放系数估算电力设备生产过程排放量。

表 2.20 推荐的电力设备生产过程排放系数

类别	单位	推荐数值
电力设备生产过程六氟化硫排放系数	%	8.6

（四）半导体生产过程

1.清单编制方法

半导体生产过程采用多种含氟气体。含氟气体主要用于半导体制造业的晶圆制作过程中,具体用在等离子刻蚀和化学蒸汽沉积(CVD)反应腔体的电浆清洁和电浆蚀刻。半导体制造的温室气体清单排放报告蚀刻与清洗环节的四氟化碳、三氟甲烷(CHF₃或HFC-23)、六氟乙烷和六氟化硫的排放量。

估算半导体生产过程排放量的方法的计算公式见式(2.12),式(2.13),式(2.14)和式(2.15),此方法是《IPCC 优良作法指南》推荐的方法,也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。。

$$E_{CF_4} = AD_{CF_4} \times EF_{CF_4} \quad (2.12)$$

式中, E_{CF_4} 是半导体生产过程的 CF₄ 排放量; AD_{CF_4} 是所在省(直辖市、自治区)辖区内半导体生产过程 CF₄ 的使用量; EF_{CF_4} 是半导体生产过程 CF₄ 的平均排放系数。

$$E_{HFC_3} = AD_{HFC_3} \times EF_{HFC_3} \quad (2.13)$$

式中, E_{HFC_3} 是半导体生产过程的 HFC₃ 排放量; AD_{HFC_3} 是所在省(直辖市、自治区)辖区内半导体生产过程 HFC₃ 的使用量; EF_{HFC_3} 是半导体生产过程 HFC₃ 的平均排放系数。

$$E_{C_2F_6} = AD_{C_2F_6} \times EF_{C_2F_6} \quad (2.14)$$

式中, $E_{C_2F_6}$ 是半导体生产过程的 C₂F₆ 排放量; $AD_{C_2F_6}$ 是所在省(直辖市、自治区)辖区内半导体生产过程 C₂F₆ 的使用量; $EF_{C_2F_6}$ 是半导体

生产过程 C_2F_6 的平均排放系数。

$$E_{SF_6} = AD_{SF_6} \times EF_{SF_6} \quad (2.15)$$

式中, E_{SF_6} 是半导体生产过程的 SF_6 排放量; AD_{SF_6} 是所在省(直辖市、自治区)辖区内半导体生产过程 SF_6 的使用量; EF_{SF_6} 是半导体生产过程 SF_6 的平均排放系数。

2. 活动水平数据及其来源

所需的活动水平数据为辖区内的含氟气体的使用量, 可通过典型调查方法获得。半导体生产过程活动水平数据表见表 2.21。

表 2.21 半导体生产过程活动水平数据

CF ₄ 用量(千克)	CHF ₃ 用量(千克)	C ₂ F ₆ 用量(千克)	SF ₆ 用量(千克)

3. 排放系数数据

若无本地实测排放系数, 建议采用表 2.22 推荐的系数估算半导体生产过程排放量。

表 2.22 推荐的半导体生产过程排放系数

CF ₄ 排放系数	CHF ₃ 排放系数	C ₂ F ₆ 排放系数	SF ₆ 排放系数
43.56%	20.95%	3.76%	19.51%

(五) 氢氟烃生产过程

1. 清单编制方法

《蒙特利尔议定书》及其修正案使工业界开发并生产了多种臭氧消耗物质(ODS)替代品。一些臭氧消耗物质替代品在生产和使用中会有部分气体排放到大气中, 造成温室效应, 成为温室气体。氢氟烃

是其中排放量比较大的一类。省级清单报告氢氟烃生产过程的排放，暂不报告氢氟烃使用过程的排放。

估算氢氟烃生产过程排放量的计算公式见式 (2.16),此方法是《1996年 IPCC 清单指南》所推荐的方法,也是我国国家温室气体清单编制所采用的方法。

$$E_i = AD_i \times EF_i \quad (2.16)$$

式中, E_i 是第 i 类氢氟烃生产过程的同类氢氟烃排放量; AD_i 是所在省(市)辖区内第 i 类氢氟烃产量; EF_i 是第 i 类氢氟烃生产的平均排放因子。

2.活动水平数据及其来源

表 2.23 氢氟烃生产过程活动水平数据

HFC 种类	产量 (千克)	HFC 种类	产量 (千克)
HFC-32		HFC-152a	
HFC-125		HFC-227ea	
HFC-134a		HFC-236fa	
HFC-143a		HFC-245fa	

氢氟烃生产过程所需的的活动水平数据为省级辖区内的氢氟烃生产企业的产量,可通过企业实地调查获得。氢氟烃生产过程活动水平数据表见表 2.23。

3.排放系数数据

若无本地实测排放因子,建议采用表 2.24 推荐的排放系数估算氢氟烃生产过程排放量。

表 2.24 推荐的氢氟烃生产过程排放系数

HFC 种类	排放系数
HFC-32 , HFC-125 , HFC-134a , HFC-143a , HFC-152a , HFC-227ea, HFC-236fa, HFC-245fa	0.5%

十、工业生产过程清单报告格式

应按表 2.25 格式报告工业生产过程清单。

表 2.25 工业生产过程清单报告格式

部门	CO ₂ (万 t)	N ₂ O (t)	HFC									PFC		SF ₆ (t)
			HFC-23 (t)	HFC-32 (t)	HFC-125 (t)	HFC-134a (t)	HFC-143a (t)	HFC-152a (t)	HFC-227ea (t)	HFC-236fa (t)	HFC-245fa (t)	CF ₄ (t)	C ₂ F ₆ (t)	
水泥生产过程	×													
石灰生产过程	×													
钢铁生产过程	×													
电石生产过程	×													
己二酸生产过程		×												
硝酸生产过程		×												
铝生产过程												×	×	
镁生产过程														×
电力设备生产过程														×
半导体生产过程			×									×	×	×
HCFC-22 生产过程			×											
HFC 生产过程				×	×	×	×	×	×	×	×			
合计	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

注：“×”表示需要报告的数据。

第三章 农业

一、概述

省级农业温室气体清单包括四个部分：一是稻田甲烷排放，二是农用地氧化亚氮排放，三是动物肠道发酵甲烷排放，四是动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放。

数据获得的途径优先次序：统计部门数据、行业部门数据、文献发表数据、专家咨询数据。

稻田甲烷排放量由不同类型稻田面积乘以相应稻田甲烷排放因子得到。稻田类型分为单季稻、双季早稻、双季晚稻三类。稻田甲烷排放因子可用推荐值，也可用过程模型 CH4MOD 计算得到。

农用地氧化亚氮排放量由氮输入量乘以氧化亚氮排放因子得到，包括两部分：直接排放和间接排放。直接排放由农用地当季氮输入引起的氧化亚氮排放。输入的氮来源包括氮肥、粪肥和秸秆还田。间接排放包括大气氮沉降引起的氧化亚氮排放和氮淋溶径流损失引起的氧化亚氮排放。

动物肠道发酵甲烷排放由不同动物类型年末存栏量乘以对应甲烷排放因子得到，动物饲养方式分为规模化饲养、农户饲养和放牧饲养，动物肠道发酵甲烷排放因子建议采用当地特性参数计算获得，如果当地无相关实测数据，可以采用本指南推荐排放因子。

动物粪便管理系统甲烷和氧化亚氮排放清单由不同动物类型年末存栏量乘以对应氧化亚氮排放因子得到。其中，动物粪便管理甲烷

排放与粪便挥发性固体含量和粪便管理方式所占比例等因素有关，动物粪便管理氧化亚氮排放量与动物粪便氮排泄量和不同粪便管理方式所占比例等因素有关，各种动物排放因子建议采用当地特性参数计算获得，如果当地无相关实测数据，可以采用本指南推荐排放因子。

以下章节对省级稻田甲烷排放、农用地氧化亚氮排放、动物肠道发酵甲烷排放和动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放的估算方法分别作简要介绍。

二、 稻田甲烷排放

（一）稻田甲烷清单编制方法

省级稻田甲烷（CH₄）排放清单编制方法总体上遵循 IPCC 指南的基本方法框架和要求，即首先分别确定分稻田类型的排放因子和活动水平，然后根据式 3.1 计算排放量。

$$E_{CH_4} = \sum EF_i \times AD_i \quad (3.1)$$

其中， E_{CH_4} 为稻田甲烷排放总量（吨）； EF_i 为分类型稻田甲烷排放因子（千克/公顷）； AD_i 为对应于该排放因子的水稻播种面积（千公顷）；下标 i 表示稻田类型，分别指单季水稻、双季早稻和晚稻。

（二）稻田甲烷清单排放因子确定方法

表 3.1 列出了全国各大区 2005 年稻田不同水稻生长季的平均甲烷排放因子，可直接应用于公式 3.1。

表 3.1 各区 2005 年稻田甲烷排放因子（单位：千克/公顷）

区域	单季稻		双季早稻		双季晚稻	
	推荐值	范围	推荐值	范围	推荐值	范围
华北	234.0	134.4 - 341.9				
华东	215.5	158.2 - 255.9	211.4	153.1 - 259.0	224.0	143.4 - 261.3
中南华南	236.7	170.2 - 320.1	241.0	169.5 - 387.2	273.2	185.3 - 357.9
西南	156.2	75.0 - 246.5	156.2	73.7 - 276.6	171.7	75.1 - 265.1
东北	168.0	112.6 - 230.3				
西北	231.2	175.9 - 319.5				

注：华北：北京、天津、河北、山西、内蒙古；华东：上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东；中南：河南、湖北、湖南、广东、广西、海南；西南：重庆、四川、贵州、云南、西藏；东北：辽宁、吉林、黑龙江；西北：陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

该排放因子基于 2005 年各大区稻田平均的有机肥（包括作物秸秆和农家肥）施用水平、稻田水管理方式、气候条件，水稻生产力水平（水稻单产）等得到。应用于其它年份时，由于上述条件可能发生变化，排放因子会有所不同。若需要准确计算当地排放因子，可应用模型方法。

在应用模型方法计算稻田中各水稻生长季甲烷排放因子时，水稻生长季 CH_4 排放因子均采用 CH4MOD 模型计算，属于《IPCC 2006 指南》推荐的稻田甲烷排放方法三。模型的原理及相关公式可参照文献（Huang et al., 1998, 2004）。通过资料收集和处理获得不同空间单元的活动水平（即分类型稻田种植面积）数据，计算出全省每个单元的稻田甲烷排放，进而汇总计算全省分区域分类型的排放清单。在清单编制过程中，基本计算单元是县或地市级行政区划。每个单元需要输入相应的模型参数和变量，通过 CH4MOD 运行，获得该单元的 CH_4 排放量。

水稻生长季中影响稻田甲烷排放的各种主要因素在 CH4MOD 模型中均被量化作为输入参数，这些因素包括：

(1) 逐日平均气温数据：气温数据是计算水稻生长季甲烷排放的主要参数。逐日气温数据主要来源于各地气象部门的常规气象观测数据，没有观测数据的计算单元可通过空间分析等方法进行插补。

(2) 各个水稻生长季的水稻单产和播种面积：包括单季水稻、双季早稻和双季晚稻。水稻单产和播种面积数据一般来自区域内行政单元的统计数据。依据数据可获得性，可利用分省、分地市级、分县级行政单元或者更小级别行政单元的统计数据，也可以是多个级别行政单元统计数据的融合；

(3) 水稻移栽和收获日期数据：指每个计算单元中不同水稻的平均移栽和收获日期，如果计算单元空间范围太大以致水稻物候差异显著，可将该单元进一步细分，使得单元内不同地点水稻物候差异不超过 7 天；

(4) 稻田有机质添加量数据：包括有机质种类和添加量信息，主要指前茬秸秆还田量、稻田根量和留茬量、绿肥厩肥等其他有机肥料施用量；原则上此类信息应针对每个计算单元按有机物类型分别进行数据获取。但是由于数据的可获得性限制，可采用更高级别行政区域的统计分析结果，并作不确定性分析。

(5) 稻田水分管理。我国稻田的水分管理比较复杂，在一个生长季中可能包括淹水、烤田、间歇灌溉三种基本方式的不同组合；为提高稻田甲烷排放清单的可靠性，稻田水管理数据需要分别说明不同

水稻生长期（移栽——分蘖盛期、分蘖——花期、花期——收获）的水管理方式。

（6）水稻品种参数：不同水稻品种在其他条件相同的情况下甲烷排放会有差异，这种差异体现在 CH4MOD 模型的品种参数取值不同。由于缺乏足够的实验数据来支持对不同水稻品种的实际取值，实际应用中取品种系数为“1”计算甲烷排放。如果有关于杂交稻甲烷排放的试验结果，品种系数需要加以修正；

（7）稻田土壤中砂粒的百分含量：土壤质地对稻田甲烷排放的影响在 IPCC 指南中有所提及，但未给出量化的影响因子。在 CH4MOD 模型中，砂粒含量被用作土壤质地的指标。若无当地的实测土壤数据，推荐采用中国科学院南京土壤研究所的土壤数据。

（三）稻田甲烷清单活动水平数据及相关参数

稻田甲烷清单的活动水平数据为各种类型水稻播种面积，包括双季早稻、双季晚稻和单季稻的播种面积，主要来源于中国农业年鉴、农村年鉴、省级统计年鉴等。由于稻田甲烷排放与有机物添加密切相关，因此稻田中的轮作方式要加以区分，即分别按照稻田中水稻与其他作物（冬小麦、冬油菜、绿肥等）轮作类型进一步划分稻田类型，分别整理水稻播种面积。在基本单元内，如果没有直接的稻田轮作统计，文献或年度省市级的相关农业统计数据可作为参考。

采用表 3.1 的排放因子编制 2005 年省级稻田甲烷排放清单时，所需的活动水平数据仅仅指不同水稻（表 3.2 中稻田类型的一级分类）的播种面积数据。采用模型法计算排放因子时，则需要更多的数据支

持，具体的数据需求见表 3.2。

关于稻田水管理模式，在 IPCC 指南中需要划分为雨养、灌溉以及深水等不同类型，并与稻田类型、作物轮作类型一起作为划分稻田及计算对应排放因子的分类依据。本次稻田甲烷排放将水管理参数化（表 3.3）并作为 CH4MOD 模型的输入参数，不作为进一步划分稻田的依据。一般来说，地势较高而又缺乏排灌设施的田块，都采用围田集雨的方式保证水分，因而稻田处于全淹水状态；低洼盐碱地则由于容易浸水而需要经常排干，多处于间歇灌溉状态；排灌条件良好的稻田则大多采用表 3.3 中的模式 1 或 2。

表 3.3 我国水稻种植中的主要几种水管理模式

模式代码	模式组成	描述
1	F—D—F—M	多见于华北和华东的单季稻
2	F—D—M	多见于华南和西南的单、双季稻
3	F—M	类似于模式 2，但没有明显的烤田
4	F	排灌条件欠佳的高地稻田和盐碱稻田
5	M	低洼稻田，地下水位通常较高

注：F：淹水；D：烤田；M：间歇灌溉。

（四）稻田甲烷排放量计算结果

利用表 3.1 的排放因子数据或者模型计算的排放因子，根据公式 3.1 计算得到稻田甲烷排放量（表 3.4）。

表 3.4 稻田甲烷排放量计算结果

县名	稻田类型	播种面积（公顷）	排放量（吨）	排放量（吨 CO ₂ 当量）
	单季稻			
	双季早稻			
	双季晚稻			
...

表 3.2 活动水平数据及其来源

县名	稻田类型	稻田二级分类	播种面积 (公顷)	产量 (吨)	秸秆还田量 (吨/公顷) 或者秸秆还 田率 (%)	农家肥 施用量 (吨/公 顷)	移栽日期	收获日期	土壤类型	土壤含砂 量 (%)	灌溉模式	
	单季稻	单季稻+旱休闲										
		单季稻+冬小麦										
		单季稻+冬油菜										
		单季稻+绿肥										
		单季稻+ 其他										
	双季稻	双季稻+旱休闲/绿肥										
		双季稻+旱作										
		双季稻+ 其他										

三、 省级农用地氧化亚氮排放量

(一) 省级农用地氧化亚氮排放的编制方法

农用地氧化亚氮排放包括两部分：直接排放和间接排放。直接排放是由农用地当季氮输入引起的排放。输入的氮包括氮肥、粪肥和秸秆还田。间接排放包括大气氮沉降引起的氧化亚氮排放和氮淋溶径流损失引起的氧化亚氮排放。

农用地氧化亚氮排放等于各排放过程的氮输入量乘以其相应的氧化亚氮排放因子（式 3.2）。

$$E_{N_2O} = \sum (N_{\text{输入}} \times EF) \quad (3.2)$$

其中， E_{N_2O} 为农用地氧化亚氮排放总量（包括直接排放、间接排放）； $N_{\text{输入}}$ 为各排放过程氮输入量； EF 为对应的氧化亚氮排放因子（单位：千克 N_2O-N / 千克氮输入量）。

1. 农用地氧化亚氮直接排放

农用地氮输入量主要包括化肥氮（氮肥和复合肥中的氮） $N_{\text{化肥}}$ 、粪肥氮 $N_{\text{粪肥}}$ 、秸秆还田氮（包括地上秸秆还田氮和地下根氮） $N_{\text{秸秆}}$ ，根据式 3.3 计算农用地氧化亚氮直接排放量。

$$N_2O_{\text{直接}} = (N_{\text{化肥}} + N_{\text{粪肥}} + N_{\text{秸秆}}) \times EF_{\text{直接}} \quad (3.3)$$

关于粪肥氮量估算，依据粪肥施用量和粪肥含氮量的数据可获得性，采用式 3.4 计算。如果上述数据很难获得，可采用式 3.5 估算粪肥氮量。秸秆还田氮量采用式 3.6 估算

$$N_{\text{粪肥}} = \text{粪肥施用量} \times \text{粪肥平均含氮量} \quad (3.4)$$

$$N_{\text{粪肥}} = [(\text{畜禽总排泄氮量} - \text{放牧} - \text{做燃料})] \quad (3.5)$$

+ 乡村人口总排泄氮量] × (1 - 淋溶径流
 损失率 15% - 挥发损失率 20%)
 - 畜禽封闭管理系统 N₂O 排放量

$$\begin{aligned}
 N_{\text{秸秆}} &= \text{地上秸秆还田氮量} + \text{地下根氮量} \\
 &= (\text{作物籽粒产量}/\text{经济系数} - \text{作物籽粒产量}) \\
 &\quad \times \text{秸秆还田率} \times \text{秸秆含氮率} \\
 &\quad + \text{作物籽粒产量}/\text{经济系数} \times \text{根冠比} \\
 &\quad \times \text{根或秸秆含氮率}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

2. 农用地氧化亚氮间接排放

农用地氧化亚氮间接排放 (N₂O_{间接}) 源于施肥土壤和畜禽粪便氮氧化物 (NO_x) 和氨 (NH₃) 挥发经过大气氮沉降, 引起的氧化亚氮排放 (N₂O_{沉降}), 以及土壤氮淋溶或径流损失进入水体而引起的氧化亚氮排放 (N₂O_{淋溶})。

(1) 大气氮沉降引起的氧化亚氮间接排放

大气氮沉降引起的氧化亚氮排放用式 3.7 计算, 大气氮主要来源于畜禽粪便 (N_{畜禽}) 和农用地氮输入 (N_{输入}) 的 NH₃ 和 NO_x 挥发。如果当地没有 N_{畜禽} 和 N_{输入} 的挥发率观测数据, 则采用推荐值, 分别为 20% 和 10%。排放因子采用 IPCC 的排放因子 0.01。

$$N_{2O_{\text{沉降}}} = (N_{\text{畜禽}} \times 20\% + N_{\text{输入}} \times 10\%) \times 0.01 \tag{3.7}$$

(2) 淋溶径流引起的间接排放

农田氮淋溶和径流引起的氧化亚氮间接排放量采用式 3.8 计算。其中, 氮淋溶和径流损失的氮量占农用地总氮输入量的 20% 来估算。

$$N_{2O_{\text{leaching}}} = N_{\text{输入}} \times 20\% \times 0.0075 \tag{3.8}$$

(二) 农用地氧化亚氮排放清单的活动水平数据来源

计算农用地氧化亚氮排放清单的活动水平数据需要如下数据（主要列于表 3.5）：县或地市级主要农作物面积和产量、畜禽饲养量、乡村人口，这些数据主要来源于国家或地方统计年鉴；施肥土壤有机肥数据；秸秆还田率；相关的农作物参数（推荐值见表 3.6）和畜禽单位年排泄氮量（表 3.19）。

表 3.5 主要农作物相关数据需求及其来源

县名	乡村人口数（万人）	农作物名称	播种面积（公顷）	产量（吨）	粪肥施用量（吨/公顷）	化肥氮施用量（吨氮/公顷）	秸秆还田率（%）
	统计数据		统计数据	统计数据	调查数据	调查数据	调查数据

表 3.6 主要农作物参数

农作物参数表	干重比	籽粒含氮量	秸秆含氮量	经济系数	根冠比
水稻	0.855	0.01	0.00753	0.489	0.125
小麦	0.87	0.014	0.00516	0.434	0.166
玉米	0.86	0.017	0.0058	0.438	0.17
高粱	0.87	0.017	0.0073	0.393	0.185
谷子	0.83	0.007	0.0085	0.385	0.166
其它谷类	0.83	0.014	0.0056	0.455	0.166
大豆	0.86	0.06	0.0181	0.425	0.13
其它豆类	0.82	0.05	0.022	0.385	0.13
油菜籽	0.82	0.00548	0.00548	0.271	0.15
花生	0.9	0.05	0.0182	0.556	0.2
芝麻	0.9	0.05	0.0131	0.417	0.2
籽棉	0.83	0.00548	0.00548	0.383	0.2
甜菜	0.4	0.004	0.00507	0.667	0.05
甘蔗	0.32	0.004	0.83	0.75	0.26
麻类	0.83	0.0131	0.0131	0.83	0.2
薯类	0.45	0.004	0.011	0.667	0.05
蔬菜类	0.15	0.008	0.008	0.83	0.25
烟叶	0.83	0.041	0.0144	0.83	0.2

注：主要农作物包括水稻、小麦、玉米、高粱、谷子、其他杂粮、大豆、其他豆类、油菜籽、花生、芝麻、棉花、薯类、甘蔗、甜菜、麻类、烟叶、蔬菜、果园、茶园

（三）农用地氧化亚氮排放因子数据的确定方法

如果各省没有当地测定的氧化亚氮排放因子和相关参数，建议采用本指南推荐的排放因子和相关参数。如果能够获得当地较详细的数据可采用区域氮循环模型 IAP-N 估算农用地 N₂O 排放。

1. 农用地氧化亚氮直接排放因子确定

全国各大区域农用地平均氧化亚氮排放因子推荐值见表 3.7。

表 3.7 不同区域农用地氧化亚氮直接排放因子默认值

区域*	氧化亚氮直接排放因子 (千克 N ₂ O-N / 千克 N 输入量)	范围
I 区 (内蒙、新疆, 甘肃、青海, 西藏、陕西, 山西, 宁夏)	0.0056	0.0015~0.0085
II 区 (黑龙江, 吉林, 辽宁)	0.0114	0.0021~ 0.0258
III 区 (北京, 天津, 河北, 河南, 山东)	0.0057	0.0014 ~ 0.0081
IV 区 (浙江, 上海, 江苏, 安徽, 江西, 湖南, 湖北, 四川, 重庆)	0.0109	0.0026 ~ 0.022
V 区 (广东, 广西, 海南, 福建)	0.0178	0.0046 ~ 0.0228
VI 区 (云南、贵州)	0.0106	0.0025 ~ 0.0218

2. 农用地氧化亚氮间接排放因子确定

大气氮沉降引起的氧化亚氮排放因子建议采用《IPCC 1996 指南》的默认值0.01。氮淋溶和径流损失引起氧化亚氮排放因子建议采用《IPCC 2006 指南》提供的默认值0.0075。

（四）农用地氧化亚氮排放量估算结果

农用地氧化亚氮直接排放量果, 间接排放量分别用表 3.8 和表 3.9

计算得出。农用地氧化亚氮排放体清单汇总结果（表 3.10）。

表 3.8 农用地氧化亚氮直接排放量计算结果

县名	各种氮源（吨氮）				直接 排放 因子	氧化亚氮直 接排放量 （吨氮）
	化肥	粪肥	秸秆还田	总氮输入量		
	A	B	C	D=A+B+C	E	F=D×E

表 3.9 氧化亚氮间接排放计算结果

县名	大气氮沉降引起		氮淋溶径流引起		间接 排放 （吨氮）
	大气氮 沉降	氧化亚氮排放量 （吨氮）	氮淋溶径流 损失量	氧化亚氮排放量 （吨氮）	
	A	B = A×0.01	C	D = C×0.0075	E=B+D

表 3.10 农用地氧化亚氮排放结果

部门	二氧化碳当量 （吨 CO ₂ ）	氧化亚氮 （吨 N ₂ O）	氧化亚氮 （吨氮）
农用地直接排放：			A
农用地间接排放：			B = C+D
大气氮引起			C
淋溶径流引起			D
农用地总计	G = F×310	F= E ×44/28	E=A+B

四、动物肠道发酵甲烷排放

（一）排放源界定

动物肠道发酵甲烷（CH₄）排放是指动物在正常的代谢过程中，寄生在动物消化道内的微生物发酵消化道内饲料时产生的甲烷排放，肠道发酵甲烷排放只包括从动物口、鼻和直肠排出体外的甲烷，不包

括粪便的甲烷排放。

动物肠道发酵甲烷排放量受动物类别、年龄、体重、采食饲料数量及质量、生长及生产水平的影响，其中采食量和饲料质量是最重要的影响因子。反刍动物瘤胃容积大，寄生的微生物种类多，能分解纤维素，单个动物产生的甲烷排放量大，反刍动物是动物肠道发酵甲烷排放的主要排放源；非反刍动物甲烷排放量小，特别是鸡和鸭因其体重小所以肠道发酵甲烷排放可以忽略不计。考虑到中国养猪数量较大，占世界存栏量的 50% 以上，建议包含猪的肠道发酵甲烷排放估算。

根据各省畜牧业饲养情况和数据的可获得性，动物肠道发酵甲烷排放源包括非奶牛、水牛、奶牛、山羊、绵羊、猪、马、驴、骡和骆驼。

（二）清单编制方法

各种动物肠道发酵甲烷排放等于动物的存栏数量乘以适当的排放因子，然后将各种动物的排放量求和得到总排放量。

估算动物肠道发酵甲烷排放，分为以下三步：

步骤 1：根据动物特性对动物分群；

步骤 2：分别选择或估算家畜肠道发酵的甲烷排放因子，单位为
千克 /头/年；

步骤 3：子群的甲烷排放因子乘以子群动物数量，估算子群的甲烷排放量，各子群甲烷排放量相加可得出甲烷排放总量。

某种动物的肠道发酵甲烷排放量，估算如公式 3.9 所示；畜禽总排放量用式 3.10 计算。

$$E_{CH_4,enteric,i} = EF_{CH_4,enteric,i} \times AP_i \times 10^{-7} \quad (3.9)$$

式中， $E_{CH_4,enteric,i}$ 为第 i 种动物甲烷排放量，万吨 CH_4 /年； $EF_{CH_4,enteric,i}$ 为第 i 种动物的甲烷排放因子，千克/头/年； AP_i 为第 i 种动物的数量，头（只）。

$$E_{CH_4} = \sum E_{CH_4,enteric,i} \quad (3.10)$$

式中， E_{CH_4} 为动物肠道发酵甲烷总排放量，万吨 CH_4 /年； $E_{CH_4,enteric,i}$ 为第 i 种动物甲烷排放量，万吨 CH_4 /年。

（三）活动水平数据及来源

计算动物肠道发酵甲烷排放需要的活动水平数据见表 3.11。动物存栏量数据可从《中国统计年鉴》、《中国农业年鉴》，或者地方统计年鉴获得。规模化饲养、农户饲养和放牧饲养存栏量数据可从《中国畜牧业年鉴》或者各省畜牧部门统计资料获得。

表 3.11 所需活动水平数据

动物种类	存栏量（万头、万只）		
	规模化饲养	农户饲养	放牧饲养
奶牛			
非奶牛			
水牛			—
绵羊			
山羊			
猪			
家禽			
马			
驴/骡			
骆驼			

（四）排放因子确定方法及需要的数据

各种动物的甲烷排放因子可以根据公式 3.11 进行计算：

$$EF_{CH4,enteric,i} = (GE_i \times Y_{m,i} \times 365) / 55.65 \quad (3.11)$$

式中， $EF_{CH4,enteric,i}$ 为第 i 种动物的甲烷排放因子，千克/头/年； GE_i 为摄取的总能，MJ/头/年； $Y_{m,i}$ 为甲烷转化率，是饲料中总能转化成甲烷的比例；55.65 为甲烷能量转化因子，MJ/千克 CH_4 。

1. 总能 (GE) 的确定

如果没有当地特定动物采食总能数据，可以根据采食能量需要公式或 IPCC 推荐的公式进行计算，计算总能需要收集参数包括：动物体重、平均日增重、成年体重、采食量、饲料消化率、平均日产奶量、奶脂肪含量、一年中怀孕的母畜百分数、每只羊年产毛量、每日劳动时间等动物特性参数。

2. 甲烷转化率 (Ym) 的确定

甲烷转化率取决于动物品种，饲料构成、饲料特性。如果没有当地特定的甲烷转化率，可以选择表 3.12 和表 3.13 中推荐的甲烷转化率数值进行计算。

表 3.12 奶牛、非奶牛、水牛甲烷转化率 (Ym)

种类	Ym ^b
育肥牛 ^a	0.04±0.005
其他牛	0.06±0.005
奶母牛（非水牛和水牛）和它们的幼崽	0.06±0.005
主要饲喂低质量作物残余和副产品的其他非牛和水牛	0.07±0.005
放牧牛和水牛	0.06±0.005

注：^a 饲喂的日粮中 90% 以上为浓缩料；^b ±值表示范围；资料来源：《IPCC 指南》

表 3.13 羊甲烷转化率 (Ym)

类别	日粮消化率小于 65%	日粮消化率大于 65%
羔羊（小于 1 岁）	0.06±0.005	0.05±0.005
成年羊	0.07	0.07

注：±值表示范围；资料来源：《IPCC 指南》

根据现有数据，计算给出了我国不同动物在不同饲养方式下肠道发酵甲烷排放因子（表 3.14），如果当地无相关实测数据，建议采用表 3.14 给出的推荐值。

表 3.14 动物肠道发酵 CH₄ 排放因子（千克/头/年）

饲养方式	奶牛	非奶牛	水牛	绵羊	山羊	猪	马	驴/骡	骆驼
规模化饲养	88.1	52.9	70.5	8.2	8.9	1	18	10	46
农户散养	89.3	67.9	87.7	8.7	9.4				
放牧饲养	99.3	85.3	—	7.5	6.7				

（五）动物肠道发酵甲烷排放量计算结果

各种动物肠道发酵甲烷排放量估算的结果由表 3.15 列出。

表 3.15 动物肠道发酵排放量计算结果

动物种类	甲烷排放量（万吨）		
	规模化饲养	农户饲养	放牧饲养
奶牛			
非奶牛			
水牛			
绵羊			
山羊			
猪			
马			
驴、骡			
骆驼			
动物肠道发酵总计			

五、动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放

（一）动物粪便管理甲烷排放

1. 排放源界定

动物粪便管理甲烷排放是指在畜禽粪便施入到土壤之前动物粪

便贮存和处理所产生的甲烷。动物粪便在贮存和处理过程中甲烷的排放因子取决于粪便特性、粪便管理方式、不同粪便管理方式使用比例、以及当地气候条件等。

根据各省畜禽饲养情况和统计数据的可获得性，动物粪便管理甲烷排放源包括猪、非奶牛、水牛、奶牛、山羊、绵羊、家禽、马、驴、骡和骆驼。

2. 清单编制方法

各种动物粪便管理甲烷排放清单等于不同动物粪便管理方式下甲烷排放因子乘以动物数量，然后相加可得总排放量。估算畜禽粪便管理甲烷排放主要分四步进行：

步骤 1：从畜禽种群特征参数中收集动物数量；

步骤 2：根据相关畜禽品种、粪便特性以及粪便管理方式使用率计算或选择合适的排放因子；

步骤 3：排放因子乘以畜禽数量即得出该种群粪便甲烷排放的估算值；

步骤 4：对所有畜禽种群排放量的估算值求和即为该省排放量。

计算特定动物的粪便管理甲烷排放量的公式如式 3.12：

$$E_{\text{CH}_4, \text{manure}, i} = \text{EF}_{\text{CH}_4, \text{manure}, i} \times AP_i \times 10^{-7} \quad (3.12)$$

式中， $E_{\text{CH}_4, \text{manure}, i}$ 为第 i 种动物粪便管理甲烷排放量，万吨 CH_4 /年； $\text{EF}_{\text{CH}_4, \text{manure}, i}$ 为第 i 种动物粪便管理甲烷排放因子，千克/头/年； AP_i 为第 i 种动物的数量，头（只）。

3. 活动水平数据及来源

计算动物粪便管理甲烷排放需要的活动水平数据见表 3.16。

表 3.16 动物粪便管理甲烷排放活动水平数据表

动物种类	存栏数 (万头、万只)
奶牛	
非奶牛	
水牛	
绵羊	
山羊	
猪	
家禽	
马	
驴/骡	
骆驼	

动物存栏量数据可从《中国统计年鉴》、《中国农业年鉴》，或者当地统计年鉴获得。

4. 排放因子确定方法及需要的数据

各种动物粪便管理甲烷排放因子可以根据公式 3.13 进行计算：

$$EF_{CH_4, manure_{ijk}} = VS_i \times 365 \times 0.67 \times B_{oi} \times MCF_{jk} \times MS_{ijk} \quad (3.13)$$

式中， $EF_{CH_4, manure_{ijk}}$ 为动物种类 i、粪便管理方式 j、气候区 k 的甲烷排放因子，千克 CH_4 /年； VS_i 为动物种类 i 每日易挥发固体排泄量，千克 dm VS /天；0.67 为甲烷的质量体积密度，千克/ m^3 ； B_{oi} 为动物种类 i 的粪便的最大甲烷生产能力， m^3 /千克 dmVS； MCF_{jk} 为粪便管理方式 j、气候区 k 的甲烷转化系数，%； MS_{ijk} 为动物种类 i、气候区 k、粪便管理方式 j 的所占比例，%。

VS_i 是通过调研获得平均日采食能量和饲料消化率数据并利用 IPCC 提供的公式计算得出； B_{oi} 利用 IPCC 推荐的默认值； MCF_{jk} 通过

调研粪便管理方式和各省的年平均温度确定。

(1) 最大甲烷生产能力 (Bo)

粪便最大甲烷生产能力随动物种类和日粮变化有所不同，建议采用 IPCC 清单指南中推荐的默认值（表 3.17）。

表 3.17 不同动物粪便最大甲烷生产能力

动物类型	最大甲烷生产能力		
	规模化养殖	农户散养	放牧
奶牛	0.24	0.13	0.13
非奶牛	0.19	0.10	0.10
水牛	0.10	0.10	-
猪	0.45	0.29	-
山羊	0.18	0.13	0.13
绵羊	0.19	0.13	0.13

(2) 粪便管理方式构成

动物粪便管理方式一般分为 13 种，包括：放牧、每日施肥、固体储存、自然风干、液体贮存、氧化塘、舍内粪坑贮存、沼气池、燃烧、垫草垫料、堆肥和沤肥、好氧处理，调查获得各省不同动物粪便管理方式的所占比例。

(3) 甲烷转化因子 (MCF)

甲烷转化因子定义为某种粪便管理方式的甲烷实际产量占最大甲烷生产能力的比例。

根据现有数据，计算给出了我国不同动物在不同区域下粪便管理甲烷排放因子（表 3.18）。如果当地无相关实测数据，建议采用表 3.18 给出的推荐值。

表 3.18 粪便管理甲烷排放因子（千克/头/年）

区域	奶牛	非奶牛	水牛	绵羊	山羊	猪	家禽	马	驴/骡	骆驼
华北	7.46	2.82	-	0.15	0.17	3.12	0.01	1.09	0.60	1.28
东北	2.23	1.02	-	0.15	0.16	1.12	0.01	1.09	0.60	1.28
华东	8.33	3.31	5.55	0.26	0.28	5.08	0.02	1.64	0.90	1.92
中南	8.45	4.72	8.24	0.34	0.31	5.85	0.02	1.64	0.90	1.92
西南	6.51	3.21	1.53	0.48	0.53	4.18	0.02	1.64	0.90	1.92
西北	5.93	1.86	-	0.28	0.32	1.38	0.01	1.09	0.60	1.28

（二）动物粪便管理氧化亚氮排放

1. 排放源的界定

动物粪便管理氧化亚氮排放是指在畜禽粪便施入到土壤之前动物粪便贮存和处理过程中所产生的氧化亚氮。动物粪便在贮存和处理过程中氧化亚氮的排放因子取决于不同动物每日排泄的粪便中氮的含量和不同粪便管理方式。

根据各省畜禽饲养情况，同时考虑统计数据的可获得性，本指南确定猪、非奶牛、水牛、奶牛、山羊、绵羊、家禽、马、驴、骡和骆驼为动物废弃物管理氧化亚氮排放源。

2. 清单编制方法

各种动物粪便管理氧化亚氮排放清单等于不同动物粪便管理方式下氧化亚氮排放因子乘以动物数量，然后相加可得总排放量。估算动物粪便管理氧化亚氮排放，分以下四步进行：

步骤 1：从畜禽种群特征参数中收集动物数量；

步骤 2：用默认的排放因子，或根据相关畜禽粪便氮排泄量以及不同粪便管理系统所处理的粪便量计算排放因子；

步骤 3：排放因子乘以畜禽数量即得出该种群粪便氧化亚氮排放估算值；

步骤 4：对所有畜禽种群排放量估算值求和即为本省粪便管理氧化亚氮排放量。

计算特定动物的粪便管理氧化亚氮排放量的公式如式 3.14：

$$E_{N_2O,manure,i} = EF_{N_2O,manure,i} \times AP_i \times 10^{-7} \quad (3.14)$$

式中， $E_{N_2O,manure,i}$ 为第 i 种动物粪便管理氧化亚氮排放量，万吨 N_2O /年； $EF_{N_2O,manure,i}$ 为特定种群粪便管理氧化亚氮排放因子，千克/头/年； AP_i 为第 i 种动物的数量，头数。

3. 活动水平数据及来源

计算动物粪便管理氧化亚氮排放量所需的活动水平数据与粪便管理甲烷排放活动数据一致，见表 3.16。

4. 排放因子确定方法及需要的数据

各种动物粪便管理氧化亚氮排放因子可以依公式 3.15 进行计算：

$$EF_{N_2O,manure} = \sum_j \{ [\sum_i (AP_i \times Nex_i \times MS_{(i,j)} / 100)] \times EF_{3,j} \} \times 44 / 28 \quad (3.15)$$

式中， $EF_{N_2O,manure}$ 为动物粪便管理系统 N_2O 排放量，千克 N_2O /年； AP_i 为动物类型 i 饲养量，头（只）； Nex_i 为动物类型 i 每年 N 排泄量（千克 N /头/年）； $MS_{(i,j)}$ 为粪便管理系统 j 所处理每一种动物粪便的百分数，%； $EF_{3,j}$ 为动物粪便管理系统 j 的 N_2O 排放因子，（千克 N_2O-N /千克 粪便管理系统 j 中的 N ）； j 为粪便管理系统； i 为动物类型。

(1) 年平均 N 的排泄量 (Nex_i)

各地区氮排泄量可以采用当地数据，如果不能直接获得氮排泄量

数据，可以从农业生产和科学文献或 IPCC 推荐的默认值选择，如表 3.19。

表 3.19 不同动物氮排泄量（千克/头/年）

动物	非奶牛	奶牛	家禽	羊	猪	其它
氮排泄量	40	60	0.6	12	16	40

(2) 粪便管理方式构成

畜禽粪便管理氧化亚氮排放所用到的不同粪便管理方式的结构与粪便管理甲烷排放一致。

表 3.20 粪便管理氧化亚氮排放因子（千克/头/年）

地区	奶牛	非奶牛	水牛	绵羊	山羊	猪	家禽	马	驴/骡	骆驼
华北	1.846	0.794	—	0.093	0.093	0.227	0.007	0.330	0.188	0.330
东北	1.096	0.913	—	0.057	0.057	0.266				
华东	2.065	0.846	0.875	0.113	0.113	0.175				
中南	1.710	0.805	0.860	0.106	0.106	0.157				
西南	1.884	0.691	1.197	0.064	0.064	0.159				
西北	1.447	0.545	—	0.074	0.074	0.195				

根据现有数据，计算给出了我国不同动物在不同区域下粪便管理氧化亚氮排放因子（表 3.20），如果当地无相关实测数据，建议采用表 3.20 给出的推荐值。

(三) 动物粪便管理温室气体排放量估算结果

各动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放量估算结果由表 3.21 列出。

表 3.21 动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放量计算结果

动物种类	甲烷排放量 (万吨)	氧化亚氮排放量 (万吨)
奶牛		
非奶牛		
水牛		
绵羊		
山羊		
猪		
家禽		
马		
驴/骡		
骆驼		
动物粪便管理总计		

六、农业部门温室气体清单报告格式

为实现不同省市间的排放量比较以及同一省市不同年份的比较，各省、直辖市和自治区应按照表（3.22）所给的报告格式汇报本地区农业部门温室气体排放清单。

表 3.22 农业部门温室气体清单

部门	甲烷 (万吨)	氧化亚氮 (万吨)	二氧化碳当量 (万吨)
稻田	×	--	×
农用地	--	×	×
动物肠道发酵	×	--	×
动物粪便管理系统	×	×	×
总计	×	×	×

注：标“×”表示需要报告的数据；

第四章 土地利用变化和林业

一、概述

“土地利用变化和林业”（Land Use Change and Forest，以下简称 LUCF）温室气体清单，既包括温室气体的排放（如森林采伐或毁林排放的二氧化碳），也包括温室气体的吸收（如森林生长时吸收的二氧化碳）。在清单编制年份里，如果森林采伐或毁林的生物量损失超过森林生长的生物量增加，则表现为碳排放源，反之则表现为碳吸收汇。

（一）中国土地利用分类与定义

我国土地类型常分为林地、耕地、牧草地、水域、未利用地和建设用地等（表 4.1），其中林地包括有林地、疏林地、灌木林地、未成林地、苗圃地、无立木林地、宜林地和林业辅助用地。本指南中所指“土地利用变化（LUCF）”，主要考虑有林地转化为非林地的过程。

表 4.1 我国土地分类及相关定义

分 类		定 义	
林 地	有 林 地	乔木林	郁闭度 ≥ 0.20 ，由乔木（含因人工栽培而矮化的）树种组成的片林或林带。其中林带行数在 2 行以上且行距 $\leq 4\text{m}$ 或林冠冠幅水平投影宽度在 10m 以上。
		红树林	生长在热带和亚热带海岸潮间带或海潮能够达到的河流入海口，附着有红树科植物或其它在形态上和生态上具有相似群落特性科属植物的林地。
		竹林	附着有胸径 2cm 以上的竹类植物的林地。
	疏林地	附着有乔木树种、郁闭度在 0.10~0.19 之间的林地	
	灌木林地	附着有灌木树种，或因生境恶劣矮化而成灌木型的乔木树种以及胸径小于 2cm 的小杂竹丛，覆盖度在 30% 以上的林地。其中灌木林带行数应在 2 行以上且行距 $\leq 2\text{m}$ 。	

	未成林地	未成林造林地	人工造林（包括植苗、播种、分殖造林）和飞播造林后不到成熟年限，苗木分布均匀，尚未郁闭但有成林希望的林地。
		未成林封育地	通过自然变化、封山育林或人工促进天然更新后，不超过成林年限，天然更新等级中等以上，尚未郁闭但有成林希望的林地。
	苗圃地		固定的林木和木本花卉育苗用地。
	无立木林地	采伐迹地	采伐后3年内活立木达不到疏林地标准、尚未人工更新或天然更新达不到中等等级的林地。
		火烧迹地	火灾3年内活立木达不到疏林地标准、尚未人工更新或天然更新达不到中等等级的林地。
		采伐迹地	采伐后保留木达不到疏林地标准且未超过5年的迹地。
		其它无立木林地	造林更新后，成林年限前达不到未成林地标准的造林地；造林更新达到成林年先后，未达到有林地、灌木林地或疏林地标准的林地；已经整地但还未造林的林地；不符合上述地区划条件，但有林地权属证明，因自然保护、科学研究、森林防火等需要保留的无立木林地。
	宜林地	宜林荒山荒地	经县级以上人民政府规划为林地，未达到上述有林地、疏林地、灌木林地、未成林地标准，规划为林地的荒山、荒（海）滩、荒沟、荒地等。
		宜林沙荒地	未达到上述有林地、疏林地、灌木林地、未成林地标准，造林可成活，规划为林地的固定或流动沙地（丘）、有明显沙化趋势的土地等。
		其它宜林地	经县级以上人民政府规划用于发展林业的其它土地。
林业辅助生产用地		直接为林业生产服务的工程设施（含配套设施）用地和其它具有林地权属证明的土地。	
非林地	耕地		种植农作物的土地。
	牧草地		以草本为主，用于畜牧业的土地。
	水域		陆地水域和水利设施用地，包括河流、湖泊、水库、坑塘、苇地、滩涂、沟渠、水利设施、冰川和永久积雪等。
	未利用地		未利用的和难利用的土地，包括荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、高寒荒漠、苔原等。
	其它用地		除以上地类以外的建设用地，包括旅游设施、军事设施、名胜古迹、墓地、陵园等。

注：国家林业局，2004。

（二）省级 LUCF 温室气体清单内容与范围

省级 LUCF 温室气体清单的编制，以《IPCC 国家温室气体清单编制指南（1996 年修订版）》（以下简称《IPCC1996 年指南》）为主

要方法参考依据,结合中国土地利用变化与林业的实际特点,确定“省级 LUCF 清单”的范围与内容。目前“省级 LUCF 清单”拟考虑以下两种人类活动引起的二氧化碳(CO₂)吸收或排放:森林和其它木质生物质生物量碳贮量变化,森林转化碳排放。

二、森林和其它木质生物质生物量碳贮量变化

本部分计算由于森林管理、采伐、薪炭材采集等活动影响而导致的生物量碳贮量增加或减少。其中,“森林”包括乔木林(林分)、竹林、经济林和国家有特别规定的灌木林;“其它木质生物质”包括不符合森林定义的疏林、散生木和四旁树。

(一) 清单编制方法

森林和其它木质生物质生物量碳贮量的变化,包括乔木林(林分)生长生物量碳吸收、散生木、四旁树、疏林生长生物量碳吸收;竹林、经济林、灌木林生物量碳贮量变化;以及活立木消耗碳排放。具体计算方法见公式(4.1):

$$\Delta C_{\text{生物量}} = \Delta C_{\text{乔}} + \Delta C_{\text{散四疏}} + \Delta C_{\text{竹/经/灌}} - \Delta C_{\text{消耗}} \quad (4.1)$$

式中:

$\Delta C_{\text{生物量}}$: 森林和其它木质生物质生物量碳贮量变化(吨碳)

$\Delta C_{\text{乔}}$: 乔木林(林分)生物量生长碳吸收(吨碳)

$\Delta C_{\text{散四疏}}$: 散生木、四旁树、疏林生物量生长碳吸收(吨碳)

$\Delta C_{\text{竹/经/灌}}$: 竹林(或经济林、灌木林)生物量碳贮量变化(吨碳)

$\Delta C_{\text{消耗}}$: 活立木消耗生物量碳排放(吨碳)

1. 乔木林生长碳吸收

根据本省区市森林资源调查数据，获得清单编制年份的乔木林总蓄积量 ($V_{\text{乔木林}}$)、各优势树种 (组) 蓄积量、活立木蓄积量年生长率 (GR)；通过实际采样测定或文献资料统计分析，获得各优势树种 (组) 的基本木材密度 (SVD) 和生物量转换系数 (BEF)，并计算全省平均的基本木材密度 (\overline{SVD}) 和生物量转换系数 (\overline{BEF})，从而估算本省区市乔木林生物量生长碳吸收 (公式 4.2)：

$$\Delta C_{\text{乔}} = V_{\text{乔}} \times GR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \quad (4.2)$$

$$\overline{BEF} = \sum_{i=1}^n \left(BEF_i \cdot \frac{V_i}{V_{\text{乔}}} \right) \quad (4.3)$$

$$\overline{SVD} = \sum_{i=1}^n \left(SVD_i \cdot \frac{V_i}{V_{\text{乔}}} \right) \quad (4.4)$$

式中：

$V_{\text{乔}}$ ：某清单编制年份本省区市的乔木林总蓄积量 (立方米)

V_i ：本省区市乔木林第 i 树种 (组) 蓄积量 (立方米)

GR ：本省区市活立木蓄积量年生长率 (%)

BEF_i ：本省区市乔木林第 i 树种 (组) 的生物量转换系数，即全林生物量与树干生物量的比值 (无量纲)

\overline{BEF} ：本省区市乔木林 BEF 加权平均值

SVD_i ：本省区市乔木林第 i 树种 (组) 的基本木材密度 (吨/立方米)

\overline{SVD} ：本省区市乔木林 SVD 加权平均值

i ：本省区市乔木林优势树种 (组) $i=1, 2, 3, \dots, n$

0.5：生物量含碳率，取 0.5，下同。

2.散生木、四旁树、疏林生长碳吸收

散生木、四旁树、疏林生物量生长碳吸收估算方法与乔木林类似（公式 4.5）。首先根据本省区市森林资源调查数据，获得清单编制年份的散生木、四旁树、疏林总蓄积量（ $V_{散四疏}$ ）、活立木蓄积量年增长率（ GR ）。由于森林资源清查资料往往很难确定散生木、四旁树、疏林的树木种类，因此在实际计算中，其基本木材密度（ SVD ）和生物量转换因子（ BEF ）用全省的加权平均值代替。

$$\Delta C_{散四疏} = V_{散四疏} \times GR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \quad (4.5)$$

3.竹林、经济林、灌木林生物量碳贮量变化

竹林、经济林、灌木林通常在最初几年生长迅速，并很快进入稳定阶段，生物量变化较小。因此本指南主要根据竹林、经济林、灌木林面积变化和单位面积生物量来估算生物量碳贮量变化（公式 4.6）：

$$\Delta C_{竹/经/灌} = \Delta A_{竹/经/灌} \times B_{散/四/疏} \times 0.5 \quad (4.6)$$

式中：

$\Delta C_{竹/经/灌}$ ：竹林（或经济林、灌木林）生物量碳贮量变化（吨碳）

$\Delta A_{竹/经/灌}$ ：竹林（或经济林、灌木林）面积年变化（公顷）

$B_{散/四/疏}$ ：竹林（或经济林、灌木林）平均单位面积生物量（吨干物质）

4.活立木消耗碳排放

根据本省区市森林资源调查数据，获得清单编制年份的活立木总蓄积量（ $V_{活立木}$ ），即乔木林、散生木、四旁树、疏林的蓄积量总和。根据活立木蓄积消耗率（ CR ）、全省平均基本木材密度（ \overline{SVD} ）和生

物量转换系数 (\overline{BEF}) 估算活立木消耗造成的碳排放 (公式 4.7):

$$\Delta C_{\text{消耗}} = V_{\text{活立木}} \times CR \times \overline{SVD} \times \overline{BEF} \times 0.5 \quad (4.7)$$

(二) 活动水平数据与确定方法

1. 活动水平数据需求

需要的活动水平数据主要有: 省区市内乔木林按优势树种 (或树种组) 划分的面积和活立木蓄积量; 疏林、散生木、四旁树蓄积量; 灌木林、经济林和竹林面积 (详见表 4.2)。本部分活动水平数据, 均来源于各省区市森林资源清查资料。

表 4.2 森林和其它木质生物质碳贮量

乔木林			竹林	经济林	灌木林	散生木+四旁 树+疏林	活立木 (总)
树种(组)	面积	蓄积	面积	面积	面积	蓄积	蓄积
树种 1							
树种 2							
.....							
合计							

单位: 面积 (公顷)、蓄积 (立方米)

2. 活动水平数据确定方法

由于各省区市实际开展森林资源清查的具体年份各不相同, 因此要获得清单编制年份 (以 2005 年为例) 的活动水平数据, 必须具有至少最近 3 次森林资源清查的资料数据。

首先假定某省区市在两次清查间隔期内的各地类面积 (或蓄积量) 年变化速率相同。如某省区市最近一次森林资源清查年份 t_3 等于

或晚于 2005 年，则 2005 年各地类的面积（或蓄积量）数据可通过最近 2 次清查的面积（或蓄积量）通过内插法获得。如某省区市最近一次森林资源清查年份 t_3 早于 2005 年，则 2005 年各地类的面积（或蓄积量）数据需要通过最近 3 次调查结果通过外推法获得（如图 4.1）。

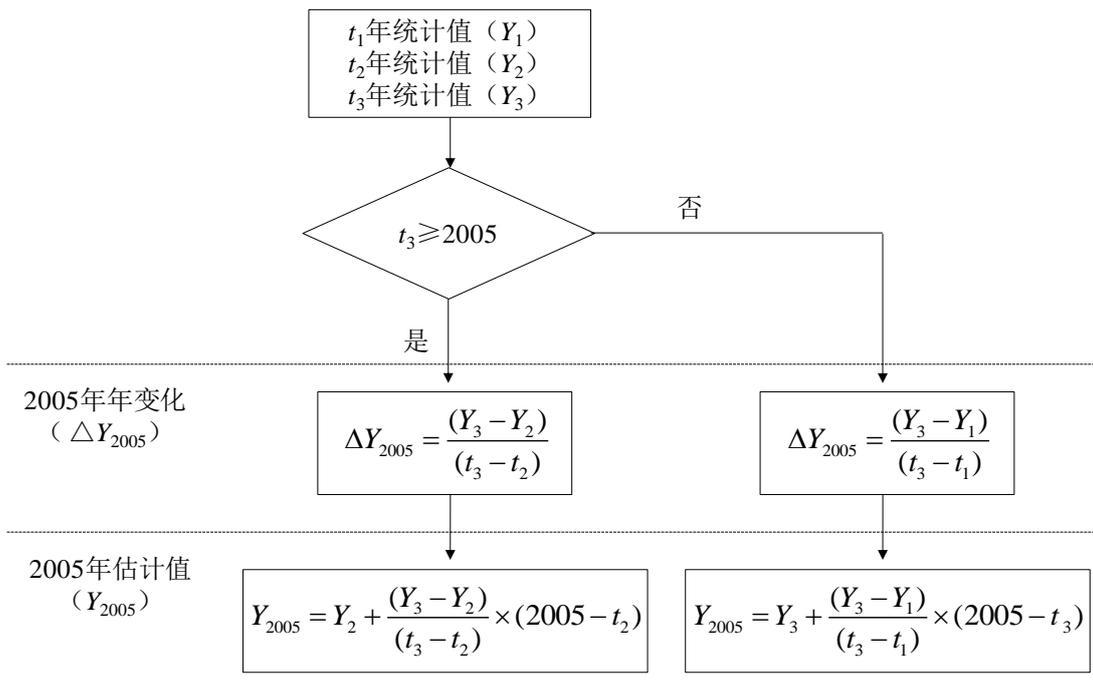


图 4.1 2005 年活动水平数据确定方法

（三）排放因子数据与确定方法

1. 活立木蓄积量增长率（GR）、消耗率（CR）

我国历次森林资源清查数据，均提供了两次森林资源清查间隔期内全国及各省区市活立木蓄积量年均总增长率、年均净增长率、年均总消耗率和年均净消耗率数据。这里 GR 采用活立木蓄积量年均总增长率，而 CR 采用活立木年均净消耗率（相当于年均采伐消耗率）。

表 4.3 列举了全国第 7 次森林资源清查（2004~2008 年）获得的全国

及各省区市年均总生长率和采伐消耗率数据，表中数据仅供编制省级清单时参考，各省区市应努力获取本省区市的实际数据，以下同。

表 4.3 各省区市活立木年均蓄积量生长率与消耗率 (%)

省区市	生长率	消耗率	省区市	生长率	消耗率
全国	4.82	2.72	河南	11.68	6.86
北京	6.39	4.31	湖北	8.29	4.94
天津	11.66	9.44	湖南	9.90	6.38
河北	7.83	4.89	广东	8.24	7.18
山西	5.32	2.21	广西	8.94	5.90
内蒙古	2.68	0.88	海南	5.01	4.07
辽宁	5.58	3.23	重庆	7.38	2.93
吉林	3.67	1.91	四川	3.04	1.06
黑龙江	3.87	1.67	贵州	8.45	3.70
上海	9.62	6.71	云南	4.12	2.25
江苏	13.19	10.16	西藏	0.90	0.47
浙江	9.35	4.46	陕西	4.10	2.28
安徽	9.78	6.14	甘肃	3.54	1.89
福建	6.68	5.63	青海	2.40	1.27
江西	8.28	5.35	宁夏	7.39	3.30
山东	15.28	9.51	新疆	2.95	1.55

2.基本木材密度 (SVD)

或称树干材积密度，即每立方米木材所含干物质质量，主要用于将蓄积量数据转化为生物量数据。表 4.4 列举了根据全国第 7 次森林资源清查（2004~2008 年）分类归纳得到的全国及各省区市树干材积密度加权平均值 (\overline{SVD})，表中数据供编制省级清单时参考，各省区市应努力获取本省区市的实际数据。

表 4.4 全国及各省区市基本木材密度加权平均值 (吨/立方米)

省区市	\overline{SVD}	省区市	\overline{SVD}	省区市	\overline{SVD}	省区市	\overline{SVD}
全国	0.462	黑龙江	0.499	河南	0.488	贵州	0.425
北京	0.484	上海	0.392	湖北	0.459	云南	0.501
天津	0.423	江苏	0.395	湖南	0.394	西藏	0.427
河北	0.478	浙江	0.406	广东	0.474	陕西	0.558
山西	0.484	安徽	0.416	广西	0.430	甘肃	0.462
内蒙古	0.505	福建	0.436	海南	0.488	青海	0.408
辽宁	0.504	江西	0.422	重庆	0.431	宁夏	0.444
吉林	0.505	山东	0.412	四川	0.425	新疆	0.393

3. 生物量转换系数 (BEF)

可以分为全林生物量转换系数 ($BEF_{\text{全林}}$) 和地上生物量转换系数 ($BEF_{\text{地上}}$), 分别表述为全林生物量 (包括地上部和地下部) 与树干生物量的比值、地上生物量 (包括干、皮、枝、叶、果等) 与树干生物量的比值。 BEF 值因树种的不同而各有差异, 通常需要通过实际采样测定获得; 也可以通过文献资料搜集整理获得有关数据, 通过统计分析计算获得。表 4.5 列举了全国及各省区市加权平均的 $BEF_{\text{全林}}$ 和 $BEF_{\text{地上}}$ 的参考值。在实际清单计算中, 应根据各省区市的各优势树种 (组)、各优势树种 (组) 蓄积量等, 参照公式 4.3 通过加权平均获得, 表中数据供编制省级清单时参考, 各省区市应努力获取本省区市的实际数据。

表 4.5 全国及各省区市生物量扩展系数加权平均值

省区市	全林	地上	省区市	全林	地上
全国	1.787	1.431	河南	1.740	1.392
北京	1.771	1.427	湖北	1.848	1.477
天津	1.821	1.470	湖南	1.712	1.387
河北	1.782	1.430	广东	1.915	1.513
山西	1.839	1.467	广西	1.819	1.448
内蒙古	1.690	1.364	海南	1.813	1.419
辽宁	1.803	1.434	重庆	1.736	1.419
吉林	1.784	1.411	四川	1.744	1.419
黑龙江	1.751	1.393	贵州	1.842	1.480
上海	1.874	1.461	云南	1.870	1.488
江苏	1.603	1.309	西藏	1.805	1.449
浙江	1.755	1.421	陕西	1.947	1.517
安徽	1.742	1.408	甘肃	1.789	1.433
福建	1.806	1.441	青海	1.827	1.483
江西	1.795	1.435	宁夏	1.798	1.445
山东	1.774	1.428	新疆	1.683	1.356

4.竹林、经济林、灌木林平均单位面积生物量

各省区市竹林、经济林、灌木林由于种类、面积各不相同，单位面积生物量也存在较大的差异。在清单编制过程中，应根据实际情况对各森林类型进行采样测定，并按面积进行加权平均，从而获得本省区市竹林、经济林、灌木林的平均单位面积生物量。表 4.6 列出了全国上述三类森林类型的平均单位面积生物量，以供参考。

表 4.6 全国竹林、经济林、灌木林平均单位面积生物量（吨/公顷）

		平均单位面积生物量	样本数	标准差
竹林	地上部	45.29	295	50.82
	地下部	24.64	248	36.38
	全林	68.48	240	80.04
经济林	地上部	29.35	194	27.98
	地下部	7.55	139	8.99
	全林	35.21	135	38.33
灌木林	地上部	12.51	356	16.63
	地下部	6.72	204	6.22
	全林	17.99	199	17.03

5.含碳率

是指森林植物单位质量干物质中的碳含量，因种类、起源、年龄、立地条件和器官而异。1996 年 IPCC 国家清单指南的默认缺省值为 0.5。对我国木本植物碳密度的测定结果因树木种类和器官而异，但整株平均含量在 0.47~0.53。考虑到本清单在将蓄积量转化为生物量的计算过程中，使用的是各省区市的活立木总蓄积量、各类林木的加权平均参数，因此本清单在选择使用含碳率进行计算时，不再考虑树种、器官、林龄等的差异，均采用与 IPCC 推荐一致的含碳率（即 0.5）。

三、森林转化温室气体排放

“森林转化”指将现有森林转化为其它土地利用方式，相当于毁林。在毁林过程中，被破坏的森林生物量一部分通过现地或异地燃烧排放到大气中，一部分（如木产品和燃烧剩余物）通过缓慢的分解过程（约数年至数十年）释放到大气中。有一小部分（约 5~10%）燃烧后转

化为木炭，分解缓慢，约需 100 年甚至更长时间。

本部分主要估算各省区市“有林地”（包括乔木林、竹林、经济林）转化为“非林地”（如农地、牧地、城市用地、道路等）过程中，由于地上生物质的燃烧和分解引起的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放。

（一）清单编制方法

1. 森林转化燃烧引起的碳排放

森林转化燃烧，包括现地燃烧（即发生在林地上的燃烧，如炼山等）和异地燃烧（被移走在林地外进行的燃烧，如薪柴等）。其中，现地燃烧除会产生直接的二氧化碳排放外，还会排放甲烷和氧化亚氮等温室气体。异地燃烧同样也会产生非二氧化碳的温室气体，但由于能源领域清单中，已对薪炭柴的非二氧化碳温室气体排放作了估算，因此这里只估算异地燃烧产生的二氧化碳排放。具体计算方法如下：

现地燃烧 CO_2 排放 = 年转化面积 × (转化前单位面积地上生物量 - 转化后单位面积地上生物量) × 现地燃烧生物量比例 × 现地燃烧生物量氧化系数 × 地上生物量碳含量

现地燃烧非二氧化碳排放：主要考虑甲烷和氧化亚氮两类温室气体，计算方法如下：

CH_4 排放 = 现地燃烧碳排放(吨碳) × CH_4 -C 排放比例

N_2O 排放 = 现地燃烧碳排放(吨碳) × 碳氮比 × N_2O -N 排放比例

异地燃烧 CO_2 排放 = 年转化面积 × (转化前单位面积地上生物量 - 转化后单位面积地上生物量) × 异地燃烧生物量比例 × 异地燃烧生物量氧化系数 × 地上生物量碳含量

2.森林转化分解引起的碳排放

森林转化分解碳排放，主要考虑燃烧剩余物的缓慢分解造成的二氧化碳排放。由于分解排放是一个缓慢的过程，因此在具体估算时，采用 10 年平均的年转化面积进行计算，而不是使用清单编制年份的年转化面积。

分解碳排放 = 年转化面积（10 年平均）×（转化前单位面积地上生物量 - 转化后单位面积地上生物量）× 被分解部分的比例 × 地上生物量碳含量。

（二）活动水平数据与确定方法

本部分的主要活动水平数据包括：乔木林、竹林、经济林转化为非林地的面积。由于我国森林资源清查数据往往只提供了两次清查间隔期（通常为 5 年）内的总转化面积，因此实际清单编制年的转化面积，可以用 5 年平均值来代替。而在估算分解排放时，需要用到 10 年平均的年转化面积。所有森林转化面积数据，可以通过各省区市森林资源清查资料获得。

（三）排放因子数据与确定方法

我国目前仍缺乏与森林转化的有关排放因子，而国际上的有关测定也有较大的不确定性。因此各省区市在编制清单时，应努力提供并完善适合本省区市的相关排放因子，以降低清单结果的不确定性。

1.转化前单位面积地上生物量

由于我国森林资源清查数据，往往只提供了乔木林转化面积，而很难区分具体的林木种类，因此在实际估算过程中，首先通过全省乔

木林总蓄积量 ($V_{\text{乔}}$) 和总面积 ($A_{\text{乔}}$), 获得乔木林单位面积蓄积量, 然后运用全省平均的基本木材密度 (\overline{SVD} , 表 4.4) 和地上部生物量转换系数 ($BEF_{\text{地上}}$, 表 4.5), 计算乔木林转化前单位面积生物量 ($B_{\text{地上}}$) (公式 4.8):

$$B_{\text{地上}} = \frac{V_{\text{乔}}}{A_{\text{乔}}} \times \overline{SVD} \times \overline{BEF}_{\text{地上}} \quad (4.8)$$

竹林和经济林的平均地上部生物量, 确定方法参照表 4.6。

2. 转化后单位面积地上生物量

我国有林地转化为非林地, 主要用于建设用地, 转化后地上部生物量基本上为 0。本清单在计算时, 转化后地上生物量也全部采用 0。

3. 现地/异地燃烧生物量比例

我国南方森林征占后, 除可用部分 (木材) 外, 剩余部分通常采取现地火烧清理, 现地燃烧的生物量比例约为地上生物量的 40%, 而用于异地燃烧的比例估计约 10%。而在北方通常不采用火烧清理方式, 估计约 30% 用于薪材异地燃烧。就全国而言, 现地燃烧的生物量比例约为 15%, 异地燃烧的生物量比例约为 20%。

4. 现地/异地燃烧生物量氧化系数

我国没有相关的测定数据, 在国际上的测定和估计也存在很大的不确定性。1996IPCC 国家温室气体清单指南的缺省值为 0.9。

5. 被分解的地上生物量比例

根据以上假设, 假定森林转化过程中收获的木材生物量比例为 50%, 现地燃烧的生物量比例为 15%, 异地燃烧的生物量比例为 20%, 则被分解的生物量比例为 15%。

6.非 CO₂ 温室气体排放比例

甲烷-碳和氧化亚氮-氮的排放比例,1996IPCC 国家温室气体清单指南缺省值分别为 0.012、0.007。

7.氮碳比

1996IPCC 国家温室气体清单指南的缺省值为 0.01。

8.地上生物量碳含量

1996IPCC 国家温室气体清单指南的缺省值为 0.5。

四、土地利用变化与林业清单报告格式

土地利用变化与林业清单报告格式见表 4.7,主要报告三种温室气体二氧化碳、甲烷和氧化亚氮的排放量。其中,如果是净吸收,则在表中用负值表示;如果是净排放,则用正值表示。

表 4.7 林业和土地利用变化部门温室气体清单

部门	碳 (万吨)	二氧化碳 (万吨)	甲烷 (万吨)	氧化亚氮 (万吨)	温室气体 (万吨当量)
森林和其他木质生物 物质碳储量变化	×	×			
乔木林	×	×			
经济林	×	×			
竹林	×	×			
灌木林	×	×			
疏林、散生木 和四旁树	×	×			
活立木消耗	×	×			
森林转化碳排放	×	×	×	×	
燃烧排放	×	×	×	×	
分解排放	×	×			
总计	×	×	×	×	

注：“×”表示需要报告的数据。用负值代表净吸收，正值代表净排放。

第五章 废弃物处理

一、概述

（一）废弃物处理温室气体排放

城市固体废弃物和生活污水及工业废水处理，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。

（二）排放源的界定

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）的废弃物焚化和露天燃烧，是废弃物部门中最重要的二氧化碳排放来源。废弃物的能源利用（即废弃物直接作为燃料发电，或转化为燃料使用）产生的温室气体排放，应当在能源部门中估算并报告。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。本指南只报告废水处理的氧化亚氮排放。

二、固体废弃物处理

(一) 填埋处理甲烷排放

1. 方法

本指南提供的方法为质量平衡法，估算公式为 5.1 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。

$$E_{CH_4} = (MSW_T \times MSW_F \times L_0 - R) \times (1 - OX) \quad (5.1)$$

式中： E_{CH_4} 指甲烷排放量（万吨/年）；

MSW_T 指总的城市固体废弃物产生量（万吨/年）；

MSW_F 指城市固体废弃物填埋处理率；

L_0 指各管理类型垃圾填埋场的甲烷产生潜力（万吨甲烷/万吨废弃物）；

R 指甲烷回收量（万吨/年）；

OX 指氧化因子。

$$\text{其中：} L_0 = MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times 16 / 12 \quad (5.2)$$

式中 MCF 指各管理类型垃圾填埋场的甲烷修正因子（比例）；

DOC 指可降解有机碳（千克碳/千克废弃物）；

DOC_F 指可分解的 DOC 比例；

F 指垃圾填埋气体中的甲烷比例；

16/12 指甲烷/碳分子量比率。

2. 活动水平数据及其数据来源

固体废物处置甲烷排放估算所需的水平数据包括：城市固体废物产生量、城市固体废物填埋量、城市固体废物物理成分。各省区市的固体废物数据可从各省区市的住房和城乡建设厅等相关部门的统计数据中获得。城市固体废物成分可通过收集垃圾处理场所相关监测分析数据或有关研究报告获得。对有条件的省区市则可定期进行监测和采样分析得出。表 5.1 给出了城市固体废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。

表 5.1 城市固体废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	MSW _T	万吨/年		城市建设年鉴
填埋处理率	MSW _F	%		城建部门
填埋量		万吨/年		城市建设年鉴
城市生活垃圾成分		%		城建部门
食物垃圾		%		城建部门
庭园（院子）和公园废弃物		%		城建部门
纸张和纸板		%		城建部门
木材		%		城建部门
纺织品		%		城建部门
橡胶和皮革		%		城建部门
塑料		%		城建部门
金属		%		城建部门
玻璃（陶器、瓷器）		%		城建部门
灰渣		%		城建部门
砖瓦		%		城建部门
其他（如电子废弃物、骨头、贝壳、电池）		%		城建部门

3. 排放因子及其确定方法

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：

(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，且至少要包括下列部分内容：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 5.2 的废弃物处理类型 MCF 的推荐值，利用公式：

$$MCF=A \times MCF_A+B \times MCF_B+C \times MCF_C \quad (5.3)$$

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 5.2 固体废弃物填埋场分类和甲烷修正因子

填埋场的类型	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) 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公式为：

$$\text{DOC} = \sum_i (\text{DOC}_i \times W_i) \quad (5.4)$$

式中：DOC 指废弃物中可降解有机碳；

DOC_i 指废弃物类型 i 中可降解有机碳的比例；

W_i 指第 i 类废弃物的比例，可以通过对省区市垃圾填埋场的垃圾成分调研或相应研究报告的收集获得。

表 5.3 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	-	-

(3) 可分解的 DOC 的比例 (DOC_F)

可分解的 DOC 的比例 (DOC_F) 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。本指南推荐采用 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。

(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)。如果有省区市特有的垃圾填埋场的相应监测数据, 建议使用省区市特有值。

(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。建议各省区市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, 并在总的排放中去掉这部分。

(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 5.4 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，鼓励使用省区市特有值。

表 5.4 城市固体废弃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 5.3	城建部门
可降解有机碳	DOC	千克碳/千克废弃物	公式 5.4	清单编制部门
可分解的 DOC 比例	DOC _F	%	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	0	IPCC 指南
氧化因子	OX	%	0.1	IPCC 指南

4. 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。从《中国城市建设统计年鉴》中收集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，通过城建部门获得城市生活垃圾的成分比例。

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 5.2 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 5.1 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。

（二） 焚烧处理二氧化碳排放

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弃物、危险废弃物、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。无能源回收的废弃物焚烧产生的排放报告在废弃物部门，而有能源回收的废弃物燃烧产生的排放报告在能源部门，二者都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）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。

1. 方法

本指南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：

$$E_{CO_2} = \sum_i (IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_i \times 44/12) \quad (5.5)$$

式中： E_{CO_2} 指废弃物焚烧处理的二氧化碳排放量（万吨/年）；

i 分别表示城市固体废弃物、危险废弃物、污泥；

IW_i 指第 i 种类型废弃物的焚烧量（万吨/年）；

CCW_i 指第 i 种类型废弃物中的碳含量比例；

FCF_i 指第 i 种类型废弃物中矿物碳在碳总量中比例；

EF_i 指第 i 种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率；

44/12 指碳转换成二氧化碳的转换系数。

2. 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（城市固体废弃物、危险废弃物、污水污泥）废弃物焚烧量。

3. 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燃烧效率。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。城市固体废弃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 5.5 的推荐值。

表 5.5 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) 33-35%	20%	调查和专家判断
		危险废弃物	(湿) 1-95%	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%	全国平均值
		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%	

4. 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。从《中国城市建设统计年鉴》或者焚烧厂中获取城市生活垃圾，危险废弃物和污水污泥的焚烧量。

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焚烧效率。

步骤三：利用活动水平数据和排放因子，根据公式 5.5 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。

三、废水处理

(一) 生活污水处理甲烷排放

1. 方法

本指南推荐的估算生活污水处理甲烷排放的估算公式为：

$$E_{CH_4} = (TOW \times EF) - R \quad (5.6)$$

式中： E_{CH_4} 指清单年份的生活污水处理甲烷排放总量（万吨甲烷/年）；

TOW 指清单年份的生活污水中有机物总量（千克 BOD/年）；

EF 指排放因子（千克甲烷/千克 BOD）；

R 指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：

$$EF = B_o \times MCF \quad (5.7)$$

式中： B_o 指甲烷最大产生能力； MCF 指甲烷修正因子。

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。在我国只有化学需氧量（COD）的统计数据资料，各省区市如果可以获得 BOD 的详细资料或者平均状况的 BOD 排放量，建议使用各省区市特有值，如果无相关实测数据，建议使用本指南提供的各区域 BOD 与 COD 的相关关系（表 5.6）进行转换。

表 5.6 各区域平均 BOD/COD 推荐值

	BOD/COD
全国	0.46
华北	0.45
东北	0.46
华东	0.43
华中	0.49
华南	0.47
西南	0.51
西北	0.41

3. 排放因子及其确定方法

(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 (B_0) 的程度, 也反映了系统的厌氧程度。本指南推荐的 MCF 可以利用下面公式估算:

$$MCF = \sum_i WS_i \times MCF_i \quad (5.8)$$

式中: WS_i 指第 i 类废水处理系统处理生活污水的比例; MCF_i 指第 i 类处理系统的甲烷修正因子。

根据我国实际情况, 利用相关参数, 得出全国平均的 MCF 为 0.165, 作为推荐值。建议有条件的省区市尽可能针对各自的实际情况, 获得特有的 MCF。

表 5.7 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

(2) 甲烷最大产生能力 (B_0)

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，本指南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。建议有条件的省区市，可以通过实验获得省区市特有的 B_0 值。

4. 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。根据《中国环境统计年鉴》获得排入环境中的 COD 排放量和污水处理厂处理系统去除的 COD 量，根据各省区市的污水处理厂实际情况测定 BOD/COD 的值，如果不可获得建议采用各区域推荐值。

步骤二：确定排放因子。首先根据公式 5.8 计算甲烷修正因子，如果没有省区市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 5.6 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。

(二) 工业废水处理甲烷排放

1. 方法

本指南推荐估算工业废水处理甲烷排放的估算公式为：

$$E_{CH_4} = \sum_i [(TOW_i - S_i) \times EF_i - R_i] \quad (5.9)$$

式中： E_{CH_4} 指甲烷排放量（千克甲烷/年）；

i 表示不同的工业行业；

TOW_i 指工业废水中可降解有机物的总量（千克 COD/年）；

S_i 指以污泥方式清除掉的有机物总量（千克 COD/年）；

EF_i 指排放因子（千克 CH_4 /千克 COD）；

R_i 指甲烷回收量（千克甲烷/年）。

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 和直接排入环境的 COD，可从《中国环境统计年鉴》获得。

其中，直接排入环境的工业废水中的 COD 需要通过各行业直接排入海的废水量和各行业排入环境废水的 COD 排放标准间接计算，可以根据《中华人民共和国国家标准污水综合排放标准》进行计算。

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 5.8 给出了各行业工业废水的 MCF 推荐值。

表 5.8 各行业工业废水的 MCF 推荐值

行业	MCF 推荐值	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		
金属制品厂		
通用设备制造业		
专用设备制造业		
交通运输设备制造业		
电器机械及器材制造业		
通信计算机及其他电子设备制造业		

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		
废弃资源和废旧材料回收加工业		
石油和天然气开采业		
烟草制造业		
纺织服装、鞋、帽制造业		
印刷业和记录媒介的复制		
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		
工艺品及其他制造业		
水的生产和供应业		
纺织业		
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)		

4. 估算步骤

步骤一：获取活动水平数据。从《中国环境统计年鉴》获得工业废水的排入环境的排放量和相应排放标准，计算得出排入环境的工业废水的 COD 量，同时收集工厂处理系统去除的 COD 值。

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指南的推荐值。

步骤三：根据活动水平数据和排放因子，利用公式 5.9 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。

(三) 废水处理氧化亚氮排放

1. 方法

本指南推荐的废水处理产生的氧化亚氮排放估算公式为：

$$E_{N_2O} = N_E \times EF_E \times 44/28 \quad (5.10)$$

式中： E_{N_2O} 指清单年份氧化亚氮的年排放量(千克氧化亚氮/年)；

N_E 指污水中氮含量(千克氮/年)；

EF_E 指废水的氧化亚氮排放因子(千克氧化亚氮/千克氮)；

44/28 为转化系数。

其中排放到废水中的氮含量可通过下式计算：

$$N_E = (P \times Pr \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_S \quad (5.11)$$

式中： P 指人口数；

Pr 指每年人均蛋白质消耗量（千克/人/年）；

F_{NPR} 指蛋白质中的氮含量；

$F_{NON-CON}$ 指废水中的非消耗蛋白质因子；

$F_{IND-COM}$ 指工业和商业的蛋白质排放因子，默认值=1.25；

N_5 指随污泥清除的氮（千克氮/年）。

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排放因子，工业和商业的蛋白质排放因子。而随污泥清除的氮无法统计，推荐缺省为 0。表 5.9 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 5.9 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
各省区市人口数	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	统计数据	±10 %	统计
蛋白质中的氮含量	F_{NPR}	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排放因子	$F_{NON-CON}$	%	1.5	1.0-1.5	专家判断
工业和商业的蛋白质排放因子	$F_{IND-COM}$	%	1.25	1.0-1.5	IPCC 指南

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，建议根据各省区市的实际情况确定，如果不可获得，本指南推荐值为 0.005 千克氧化亚氮/千克氮。

4. 估算步骤

首先根据《统计年鉴》获取活动水平数据，包括人口数和人均蛋

白质消费量。其余各参数建议采用推荐值，根据公式 5.11 估算得出废水处理氧化亚氮排放量。

四、清单报告格式

废弃物处理温室气体排放清单报告的结果包括以下类别和气体：

表 5.10 城市废弃物处理温室气体清单

部门		类型		二氧化碳 碳(万吨)	甲烷 (万吨)	氧化亚氮 (万吨)
固体 废弃物	固体废物填埋 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			×	
		总计		×	×	

注：标“×”表示需要报告的数据。

第六章 不确定性

一、概述

不确定性分析是一个完整温室气体清单的基本组成之一。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（如活动水平和排放因子数据等的不确定性等）；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，如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。

应将不确定性分析视为一种帮助确定降低未来清单不确定性工作优先顺序的方法，因此用来分析不确定性值的方法必须实用、科学和完善，并且可应用于不同类别的源排放与汇吸收。

二、不确定性产生的原因及降低不确定性的方法

（一）不确定性产生的原因

很多原因会导致清单估算结果与真实数值不同。一些不确定性原因（如取样误差或仪器准确性的局限性）可能产生界定明确的、容易描述特性的潜在不确定性范围。其他不确定性原因可能更难识别和量化。优良做法是在不确定性分析中尽可能解释所有不确定性原因，并且明确纪录包括哪些不确定性原因。

清单编制者应当特别注意的几大类不确定性原因分别为：一是缺乏完整性：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；二是模型：模型是真实系统的简化，因而不很精确；三是缺乏数据：在现有条件下无法获得或者非常难于获得某排放或吸收所必需的数据。在这些情况下，常用方法是使用相似类别的替代数据，以及使用内推法或外推法作为估算基础；四是数据缺乏代表性：例如已有的排放数据是在发电机组满负荷运行时获得的，而缺少机组启动和负荷变化时的数据；五是样品随机误差：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；六是测量误差：如测量标准和推导资料的不精确等；七是错误报告或错误分类：由于排放源或吸收汇的定义不完整、不清晰或有错误；八是丢失数据：如低于检测限度的测量数值。

（二）降低不确定性的方法

在编制温室气体清单过程中，必须尽可能地降低不确定性，尤其要确保使用的模型和收集到的数据能够代表实际情况。在降低不确定性时，应该优先考虑对整个清单不确定性有重大影响的部分。确定降低不确定性优先顺序的工具包括关键类别分析和评估特定类别的不确定性对清单总不确定性的贡献。根据出现的不确定性原因，可从以下几个方面降低不确定性：一是改进模型：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；二是提高数据的代表性：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；三是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；四是大量收集测量数据：增加样本大小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；五是消除已知的偏差：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；六是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。

三、量化和合并不确定性的方法

(一) 量化不确定性方法

通常量化不确定性是通过估算统计学上的置信区间方式，将数据平均值以±百分比的区间来表示，例如 100 吨±5%。计算步骤如下：第一，选择置信度：通常选择的置信度介于 95%-99.73%（本指南建议使用 95%的置信度，与 IPCC 指南保持一致）；第二确定 t 值：t 值与测量样本数的对应关系见表 6.1。

表 6.1 t 值与测量样本数的对应关系

测量样本数	3	5	8	10	50	100	∞
95%置信度下 t 值	4.30	2.78	2.37	2.26	2.01	1.98	1.96

计算样本平均值以及标准偏差 S:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (6.1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2} \quad (6.2)$$

计算相关区间：

$$\left[\bar{X} - \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}}; \bar{X} + \frac{S \cdot t}{\sqrt{n}} \right] \quad (6.3)$$

以上区间可转换成不确定性范围，并以±百分比来表示。

(二) 合并不确定性的方法

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。在省级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计算：

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \dots + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \dots + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left| \sum_{n=1}^N \mu_{sn} \right|} \quad (6.4)$$

式中：

U_c n 个估计值之和或差的不确定性(%)

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

$\mu_{s1} \dots \mu_{sn}$ n 个相加减的估计值

如某工厂有两种二氧化碳排放源，排放量分别为 $110 \pm 4\%$ 和 $90 \pm 24\%$ 吨，根据 6.1 误差传递公式可计算该工厂二氧化碳总排放的不确定性为：

$$U_c = \frac{\sqrt{(110 \times 0.04)^2 + (90 \times 0.24)^2}}{|110 + 90|} = \frac{22.04}{200} \approx 11\% \quad (6.5)$$

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：

$$U_c = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \dots + U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2} \quad (6.6)$$

式中：

U_c : n 个估计值之积的不确定性(%)

$U_{s1} \dots U_{sn}$: n 个相乘的估计值的不确定性(%)

如某燃煤锅炉一年内褐煤消费量 $10000 \pm 5\%$ 吨，褐煤燃烧二氧化碳排放因子为 $2.1 \pm 10\%$ 吨二氧化碳/吨褐煤，则该锅炉年二氧化碳排放量的不确定性为：

$$U_c = \sqrt{(5\%)^2 + (10\%)^2} = 11.2\% \quad (6.7)$$

第七章 质量保证和质量控制

一、概述

质量控制是一个常规技术活动，用于评估和保证温室气体清单质量，由清单编制人员执行。质量控制系统的旨在：一是提供定期和一致检验来确保数据的内在一致性、正确性和完整性；二是确认和解决误差及疏漏问题；三是将清单材料归档并存档，记录所有质量控制活动。

质量保证是一套规划好的评审规则系统，由未直接涉及清单编制过程的人员进行。在执行质量控制程序后，最好由独立的第三方对完成的清单进行评审。评审确认可测量目标已实现；确保清单代表在目前科学知识水平和数据获取情况下排放和清除的最佳估算；而且支持质量控制计划的有效性。

质量保证/质量控制过程和不确定性分析彼此间提供了有价值的反馈信息。参加质量保证/质量控制和不确定性分析的人员可以确定，对不确定性水平和清单质量作出贡献的清单估算和数据来源的关键部分，这些应成为清单改进的工作重点。在提高估算使用的方法和数据来源中，以上信息是非常有用的。

二、质量控制程序

（一）一般质量控制程序

一般质量控制程序包括适用于所有清单源和汇类别，与计算、数据处理、完整性和归档相关的通用质量检查。表 7.1“温室气体清单

编制一般质量控制程序”列举了清单编制者在编制清单时应定期使用的一般质量控制检查。不管使用了哪种类型的数据编制清单，都应该使用表 7.1 中的检查。这些检查同样适用于基于缺省值或国家数据进行估算的类别。

表 7.1 温室气体清单编制一般质量控制程序

质量控制活动	程序
检查主要并归档	对活动水平数据、排放因子和其他估算参数进行交叉检查，并确保其正确记录和归档。
检查数据输入和参考文献中的抄录误差	确认内部文件是否正确引用了参考文献。对各个类别的输入数据样本（计算中使用的测量值或参数）进行了抄录误差的交叉检查。
检查排放源与吸收汇计算的正确性	复制一组排放和清除计算。使用简单近似的方法得到与原始和更复杂计算相似的结果，以确保不存在数据输入误差或计算误差。
检查是否正确记录了参数、单位及适当的转换系数	检查在计算表中是否正确标记了单位；检查在计算前后使用的单位是否正确；检查转换系数是否正确；检查是否正确使用了时间和空间转换系数。
检查数据库文件的内在一致性	检验包括的内部文件以：确认数据库中正确描述了合适的数据处理步骤；确认数据库中正确描述了数据关系；确保数据域标记正确以及有正确的设计规范。
检查类别间数据的一致性	确定多种类别中的共同参数（如活动数据、常数）以及确认这些参数在排放/清除计算中使用了一致数值。
检查处理步骤中清单数据移动的正确性	排放和清除数据从较低报告水平汇总时是否正确移动；检查不同的中间产物间排放和清除数据是否正确转换。
检查排放和清除的不确定性估算和计算的正确性	检查为不确定性估算提供专家判断的个人是否具有适当资格；检查记录资格、假设和专家判断；检查计算得到的不确定性是否完整且正确计算。
检查时间序列一致性	检查各个类别输入数据时间序列的一致性；检查整个时间序列中计算方法的一致性；检查引起重新计算的方法学和数据变化；检查时间序列计算适当地反映了减排活动的结果。
检查完整性	确认从基年到目前清单编制的所有年份中对所有类别的估算进行了报告；关于子类别，确认包括了整个类别；提供‘其他’类型的类别的明晰定义；检查是否归档了引起不完整估算的已知数据

	漏缺，包括估算对于整个排放的重要性的定性评估。
趋势检查	对各个类别，目前的清单估算应该与先前的估算（如果可得）进行比较。如果趋势存在重大变化或偏离，重新检查估算并对任何差异做出解释。与以前年份的排放或清除有重大变化，可能说明出现了可能的输入或计算误差；检查时间序列的活动水平数据或其他参数中，是否存在任何异常和未解释的趋势。
评审内部文件和存档	检查是否有详细的内部文档记录，可支持估算并能够复制排放、清除和不确定性估算；检查清单数据、支持数据以及清单记录已经归档和储存，以便于详细评审；检查在清单完成后，存档密闭并保管在安全场所；检查参与清单编制的外部组织任何数据存档安排的内在一致性。

（二）特定类别质量控制程序

特定类别质量控制是一般清单质量控制程序的补充，是针对个别源或汇类别方法中使用的特定类型的数据。这些程序要求了解特定类别、可用数据类型和排放或清除的相关参数，并且是表 7.1 所列一般质量控制检查的额外执行。

特定类别程序的应用要视具体情况而定，重点放在关键类别和方法学及数据有重大修正的类别。尤其，在编制省级清单时使用了较高级别方法的清单编制者，应该使用特定类别质量控制程序以帮助评估省级方法的质量。相关的质量控制程序取决于给定类别排放或吸收估算使用的方法。如果由外部机构制定估算，清单编制者可以在评审后参考外部机构的质量控制活动作为质量保证/质量控制计划的一部分。如果清单编制者认为，外部机构实施的质量控制活动符合质量保证/质量控制计划的要求，就不需要重复质量控制活动。

三、质量保证程序

质量保证包括清单编制以外的活动。质量保证程序的优良作法包括评审和审计，以评估清单质量、确定采取步骤的一致性以及确定可以进行改进的领域。清单可以整个或部分进行评审。实施质量保证的目的是能够对清单进行无偏差评审和具有不同技术角度的评审人参与其中。邀请未参加清单编制的质量保证评审人至关重要。这些评审人最好是来自其他机构的独立专家、国内或国际专家、或与省级清单编制关系不紧密的群体，如其他省份或国家清单的专家。如果无法找到独立于清单编制者以外的第三方评审人，未参加被评审部分的人员也可以实行质量保证。

优良作法是清单编制者在完成清单前对清单所有部分进行专家同行评审，以确定可能的问题，并尽可能进行纠正。但是由于时间和资源制约，这并非总是可行。关键类别、方法或数据发生重大变化的类别应该予以优先考虑。清单编制者也可以选择可在可用资源范围内，采用更加广泛的同行评审或审计作为质量保证程序。

专家同行评审包括相关技术领域的专家对计算和假设进行评审。该程序一般对与方法和结果相关的文档记录进行评审，但是通常不包括对数据或参考可能进行的严格认证。专家同行评审的目的是确保通过熟悉具体领域专业的专家所判断的清单结果、假设和方法都是合理的。对于温室气体清单的专家同行评审，不存在标准方法，应该视情况而定。如果某类别的相关估算有高度的不确定性，专家同行评审有可能能够提供信息以改进估算，或者至少更好地量化不确定性。有

效的同行评审包括确定和联系关键的独立组织或研究机构以确定最合适的评审人，且最好在清单编制的早期就寻找该专家参加，以便专家对方法和数据获取提供影响最终计算的评审。专家同行评审的结果和清单编制者对这些结果的反应，对最终清单的可被认可程度起非常重要的作用。所有的专家同行评审应该具有良好的文档记录，最好是在显示结果和改进建议的报告或检查表格中进行记录。

使用审计来评估清单编制者运用质量控制程序中所列的最低质量控制规范进行编制的有效性。审计师要尽可能地独立于清单编制者，以便能够对估算过程和数据提供客观评估，这是非常重要的。在清单编制中、清单编制后或在上一份清单完成后可以进行审计。如果采取了新的估算方法或者目前方法发生重大变化时，审计特别有用。与专家同行评审相比，审计并不侧重于计算结果。相反，审计对为编制清单采取的各个程序和可用文档记录提供深入分析。优良作法是清单编制者制定在清单编制过程中进行审计的时间表。例如，可以对原始数据收集、测量工作、抄录、计算和归档进行审计。审计可以用于核实：质量控制步骤是否得到实施、质量控制程序是否已达到数据质量控制目标等。

四、验证、归档、存档和报告

（一）验证

验证活动包括：与其他机构编制的排放或吸收估算的比较，以及与完全独立评估（如大气浓度测量）推导的估算的比较。验证活动为

省级改进其清单提供信息，是质量保证/质量控制与验证总体系统的一部分。如果有明显差别可表明其中一个或两个数据库存在问题。如果不知道哪个数据库更好，需要重新评估清单。

选择验证方法时需要考虑：数据的重要程度、验证成本、准确性和精度的期望水平、验证方法设计和实施的复杂性、数据可获得性以及实施要求的专业水平。如果使用了验证技术，就应反映在质量保证/质量控制程序中。与验证技术本身有关的局限性和不确定性在实施验证技术前必须经过充分调查，以正确对结果进行解释。

（二）归档和存档

优良作法是对与清单活动的计划、编制过程和管理有关的所有信息成文和存档，主要包括：一是清单编制过程的责任、机构安排以及计划、编制和管理程序；二是选择活动水平数据和排放因子的假设和标准；三是使用的排放因子和其他估算参数，包括引用缺省因子的IPCC文件或公布的参考文献，或较高级别方法中使用的排放因子的其他文档记录；四是可以从活动水平数据追踪到参考源的活动水平数据或其他相关信息；五是与活动水平数据和排放因子相关的不确定性信息；六是选择编制方法的理由；七是使用的方法，包括那些用于估算不确定性和重新计算的方法；八是以前清单（重新计算）中数据输入或方法的变化；九是为不确定性估算提供专家判断的个人及其资格；十是用于清单编制的电子数据库或软件的详细信息，包括版本、操作手册、硬件要求和供其日后使用的任何其他信息。其他还包括：类别估算、累积估算和任何以前估算的重新计算的工作表和临时计

算；最终清单报告和以前年份的任何趋势分析；质量保证/质量控制计划和质量保证/质量控制程序的结果；对完整数据集的安全存档，包括清单编制中使用的共享数据库。

优良作法是清单编制者保存每个清单编制的文档记录，并为评审提供文件。质量保证/质量控制程序的记录是清单估算可持续改进的重要信息。优良作法是在质量保证/质量控制活动记录中包括实施的检查/审计/评审、实施时间、实施人员以及质量保证/质量控制活动对清单的纠正和修改。

（三）报告

优良作法是报告执行的质量保证/质量控制活动和关键结果的概述，以作为各省清单的补充。但是，不可能或不需要报告清单编制者保留的所有内部文件。清单编制者应该将重点放在以下活动：一是应该讨论参考质量保证/质量控制计划，其计划执行时间表以及执行的责任；二是描述内部实施的各种活动，以及对各个源/汇类别和整个清单所进行的各种外部评审；三是给出关键结果，描述各个类别输入数据、方法、处理或估算质量相关的主要问题，并说明得到如何处理或者在未来计划如何处理；四是解释时间序列中的重要趋势。在该讨论中应该包括任何重新计算或减排战略可能带来的后果。

附录一：温室气体清单基本概念

1. 温室气体：温室气体是指大气中那些吸收和重新放出红外辐射的自然的和人为的气态成分，包括水汽、二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等。《京都议定书》中规定了六种主要温室气体，分别为二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFC_s）、全氟化碳（PFC_s）和六氟化硫（SF₆）。

2. 排放源和吸收汇：排放源是指向大气中排放温室气体、气溶胶或温室气体前体的任何过程或活动，如化石燃料燃烧活动。吸收汇是指从大气中清除温室气体、气溶胶或温室气体前体的任何过程、活动或机制，如森林的碳吸收活动。

3. 关键排放源：关键排放源是指无论排放绝对数值还是排放趋势或者两者都对温室气体清单有重要影响的排放源。

4. 源和汇的活动水平数据：活动水平数据是指在特定时期内（一年）以及在界定地区里，产生温室气体排放或清除的人为活动量，如燃料燃烧量、水稻田面积、家畜动物数量等。

5. 源和汇的排放因子：排放因子是指与活动水平数据相对应的系数，用于量化单位活动水平的温室气体排放量或清除量，如单位燃料燃烧的二氧化碳排放量、单位面积稻田甲烷排放量、万头猪消化道甲烷排放量等。

6. 全球变暖潜势：全球变暖潜势是指某一给定物质在一定时间积分范围内与二氧化碳相比而得到的相对辐射影响值，用于评价各种

温室气体对气候变化影响的相对能力。限于人类对各种温室气体辐射强迫的了解和模拟工具，至今在不同时间尺度下模拟得到的各种温室气体的全球变暖潜势值仍有一定的不确定性。IPCC 第二次评估报告中给出的 100 年时间尺度甲烷和氧化亚氮的全球变暖潜势分别为 21 和 310，即一吨甲烷和氧化亚氮分别相当于 21 吨和 310 吨二氧化碳的增温能力。而 IPCC 第四次评估报告中给出的 100 年时间尺度甲烷和氧化亚氮的全球变暖潜势分别为 25 和 298。

7. 清单的不确定性：清单的不确定性是指由于缺乏对真实排放量或吸收量数值的了解，排放量或吸收量被描述为以可能数值的范围和可能性为特征的概率密度函数。有很多原因可能导致不确定性，如缺乏完整的活动水平数据，排放因子抽样调查数据存在一定的误差范围，模型系统的简化等。

8. 清单的不确定性分析：清单的不确定性分析旨在对排放或吸收值提供量化的不确定性指标，研究和评估各因子的不确定性范围等。分析不确定性并非用于评价清单估算结果的正确与否，而是用于帮助确定未来向哪些方面努力，以便提高清单的准确度。

9. 置信度：置信度是指要估算的数量真实数值是固定的常数，但却是未知的，如某个国家某年的总温室气体排放量。温室气体清单中使用的置信度通常为 95%，从传统的统计角度来看，95%的置信度是指有 95%的概率包含该数量真实的未知数值。

10. 质量控制(QC)：质量控制是指一个常规技术活动过程，由清单编制人员在编制过程中进行质量评估。质量控制活动包括对数据收

集和计算进行准确性检验，在排放和吸收量计算、估算不确定性、信息存档和报告等环节使用业已批准的标准化方法。质量控制活动还包括对活动水平数据、排放因子、其他估算参数及方法的技术评审。

11. 质量保证(QA): 质量保证是指一套设计好的评审系统，由未直接涉足清单编制过程的人员进行评审。在执行质量控制程序后，最好由独立的第三方对完成的清单进行评审。评审旨在确认可测量目标已实现，并确保清单是在当前科技水平及数据可获得情况下，对排放和吸收的最佳估算等。

12. 验证: 验证是指在清单编制过程中或在完成之后实施的活动和程序的总和，可有助于建立可靠性。就本指南而言，验证指与其他机构或通过替代方法编制的清单估算结果进行比较。验证活动可以成为质量保证和质量控制的组成部分。

附录二：省级温室气体清单汇总表

附表 2005 年省级温室气体清单汇总表

排放源与吸收汇种类	CO ₂ (万吨)	CH ₄ (万吨)	N ₂ O (万吨)	HFCs (万吨 当量)	PFCs (万吨 当量)	SF ₆ (万吨 当量)	GHG (万吨 当量)
总排放量（净排放）	×	×	×	×	×	×	×
能源活动总计	×	×	×				×
1. 化石燃料燃烧小计	×	×	×				×
能源工业	×		×				×
农业	×						×
工业和建筑业	×						×
交通运输	×	×	×				×
服务业	×						×
居民生活	×						×
2. 生物质燃烧		×	×				×
3. 煤炭开采逃逸		×					×
4. 油气系统逃逸		×					×
工业生产过程总计	×		×	×	×	×	×
1. 水泥生产过程	×						×
2. 石灰生产过程	×						×
3. 钢铁生产过程	×						×
4. 电石生产过程	×						×
5. 己二酸生产过程		×					×
6. 硝酸生产过程		×					×
7. 铝生产过程					×		×
8. 镁生产过程						×	×
9. 电力设备生产过程						×	×
10. 其他生产过程	×	×	×	×	×	×	×
农业总计		×	×				×
1. 稻田		×					×
2. 农用地			×				×
3. 动物肠道发酵		×					×
4. 动物粪便管理系统		×	×				×
土地利用变化与林业总计	×	×	×				×
1. 森林和其他木质生物 质碳储量变化小计	×						×
乔木林	×						×
经济林	×						×

竹林	×						×
灌木林	×						×
疏林、散生木和四旁树	×						×
活立木消耗	×						×
2. 森林转化碳排放小计	×	×	×				×
燃烧排放	×	×	×				×
分解排放	×						×
废弃物处理总计	×	×	×				×
1. 固体废弃物	×	×					×
2. 废水		×	×				×
国际燃料舱	×						×
国际航空	×						×
国际航海	×						×

注：“X”表示需要报告的数据。

附录三：温室气体全球变暖潜势值

附表 政府间气候变化专门委员会评估报告给出的全球变暖潜势值

		IPCC 第二次评估报告值	IPCC 第四次评估报告值
二氧化碳 (CO ₂)		1	1
甲烷 (CH ₄)		21	25
氧化亚氮 (N ₂ O)		310	298
氢氟碳化物 (HFC _s)	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		1030
全氟化碳 (PFC _s)	CF ₄	6500	7390
	C ₂ F ₆	9200	9200
六氟化硫 (SF ₆)		23900	22800

注：建议采用第二次评估报告数值，考虑到第四次评估报告值尚没有被《联合国气候变化框架公约》附属机构所接受。