附件 2

省级温室气体清单编制指南

（修订版）

目　录

前言 I

第一章　基本概念和总体要求 1

第一节　术语、原则及程序 1

第二节　关键类别分析方法 5

第三节　数据收集方式 11

第四节　保障时间序列一致性的措施 13

第五节　不确定度分析方法 16

第六节　质量控制和质量保证 20

第二章　能源活动 23

第一节　概述 23

第二节　化石燃料燃烧 25

第三节　生物质燃料燃烧 41

第四节　逸散排放 44

第五节　CO_2 运输、注入与地质储存 62

第六节　电力调入调出 64

第三章　工业生产过程和产品使用 68

第一节　概述 68

第二节　非金属矿物制品生产 70

第三节　化学工业生产 73

第四节　金属制品生产 87

第五节　非能源产品使用 93

第六节　含氟气体使用 94
第四章　农业活动 101
第一节　概述 101
第二节　动物肠道发酵 CH_4 排放 103
第三节　动物粪便管理 CH_4 和 N_2O 排放 106
第四节　稻田 CH_4 排放 115
第五节　农用地 N_2O 排放 121
第六节　秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放 129
第五章　土地利用、土地利用变化和林业 131
第一节　概述 131
第二节　林地 139
第三节　农地 149
第四节　草地 152
第五节　湿地 156
第六节　建设用地 159
第七节　其他土地 161
第八节　木产品 163
第九节　其他生物质 165
第六章　废弃物处理 167
第一节　概述 167
第二节　填埋处理 168
第三节　生物处理温室气体排放 172
第四节　焚烧处理温室气体排放 174
第五节　生活污水处理 CH_4 排放 177

第六节　工业废水处理 CH_4 排放 179
第七节　废水处理 N_2O 排放 180
附录 A　能源活动附表 182
附录 B　工业生产过程和产品使用附表 187
附录 C　农业活动附表 192
附录 D　土地利用、土地利用变化和林业附表 197
附录 E　废弃物处理附表 237
附录 F　参考法 245
附录 G　关键类别分析方法 247
附录 H　省级温室气体清单报告大纲及报表格式 248

前　言

为深入贯彻党中央、国务院关于实施积极应对气候变化国家战略和积极稳妥推进碳达峰碳中和的决策部署，落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》《完善碳排放的统计核算体系工作方案》，进一步加强省级温室气体清单编制的科学性、规范性和可操作性，推动省级温室气体清单编制方法与国家接轨，修订本指南。

编制省级温室气体清单是应对气候变化的一项基础性工作，对全面掌握各地区温室气体排放特征及趋势，因地制宜地制定地区应对气候变化和碳达峰碳中和相关政策及评估其成效具有重要支撑作用。2010 年，我国启动省级温室气体清单编制工作；2011 年，根据国务院印发的《“十二五”控制温室气体排放工作方案》有关要求，制定发布了《省级温室气体清单编制指南(试行)》(简称《2011 年省级清单指南》)，各地区基本建立常态化的省级温室气体清单编制工作机制。随着近年来科学认知的发展，国家温室气体清单编制的国际规则不断更新，我国国家温室气体清单编制也不断完善，为更好地同最新国家温室气体清单以及国际规则衔接，充分吸纳各地区温室气体清单编制的良好做法实践，我们对《2011 年省级清单指南》进行了修订。

本指南由生态环境部应对气候变化司组织修订。

本指南主要起草单位：国家应对气候变化战略研究和国

际合作中心、清华大学、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、中国科学院大气物理研究所、中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、中国环境科学研究院、生态环境部对外合作与交流中心。

本指南生态环境部 2025 年 XX 月 XX 日批准。

本指南自 2025 年 XX 月 XX 日起实施。

本指南由生态环境部解释。

第一章　基本概念和总体要求

第一节　术语、原则及程序

一、术语

下列术语适用于本指南。

1. 温室气体：指大气中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的气态成分，包括水汽、二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等。《京都议定书》中规定控制的六种/类人为温室气体，分别为二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）和六氟化硫（SF_6）。《〈京都议定书〉多哈修正案》将三氟化氮（NF_3）纳入管控范围，使受管控的温室气体达到七种/类。

2. 排放源：向大气中排放温室气体、气溶胶或温室气体前体物的任何过程或活动，如化石燃料燃烧活动。

3. 吸收汇：从大气中清除温室气体、气溶胶或温室气体前体物的任何过程、活动或机制，如森林的碳吸收活动。

4. 活动水平数据：在特定时期（一般指一年）以及在界定边界里，产生温室气体排放或清除的人为活动量，如燃料消费量、水稻田面积、家畜动物数量等。

5. 排放因子：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 CO_2 排放量、单位面积稻田 CH_4 排放量、万头猪消化道 CH_4 排放量等。

6. 温室气体清单：指的是特定时期内（一般指一年）在一定区域内所有人为温室气体排放源和吸收汇产生的温室气体排放和吸收情况。如核算的区域为国家，则为国家温室气体清单，如核算的区域为省级，则为省级温室气体清单。

7. IPCC 国家温室气体清单指南：IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）是 1988 年由世界气象组织和联合国环境规划署联合建立的政府间机构。IPCC 下设 3 个工作组和 1 个清单专题组，其中清单专题组负责编写国家温室气体清单指南。随着科学认知的发展，IPCC 发布了不同版本的国家温室气体清单指南，包括《1995 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》《IPCC 国家温室气体清单编制指南（1996 年修订版）》（简称《1996 年 IPCC 清单指南》）《IPCC 国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理》《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》《2006 年 IPCC 国家温室气体清单编制指南》（简称《2006 年 IPCC 清单

指南》）等。

8. 关键类别：指对温室气体清单排放和吸收的绝对水平、趋势或者不确定度产生重大影响的排放源或吸收汇，这些类别在温室气体清单编制中应处于优先次序，需集中资源用于其排放和吸收计算。

9. 类别代码：数字和字母的组合，为排放源和吸收汇的简写代码，用于快速对应排放源和吸收汇，如 1A1a 为“公用电力和热力”的类别代码。本指南中的类别代码在参考《2006 年 IPCC 清单指南》的基础上，根据我国实际情况略作调整。

10. 缩写符：对于数据结果未进行计算和报告的不同情况的简写代码，区别于排放量为 0，主要用于在报告表格中简明表述相应未进行数据报告的原因。在本指南中，缩写符参考《2006 年 IPCC 清单指南》。其中，NE 表示未计算，指对现有源排放量或汇清除量没有计算；IE 表示列于他处，指此排放源在其他子领域计算和报告；C 表示机密信息，指此排放源是机密信息，与其他排放源合并报告于他处；NA 表示不适用，指该源排放或汇清除存在但不会发生；NO 表示未发生，指在地区内没有发生的温室气体排放或汇清除。

11. 全球增温潜势（GWP）：指单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫的影响与等量 CO_2 辐射强迫影响相比而得到的系数，用于评价各种温室气体对气候变化影响的相对能力。表 1.1 为 IPCC 第五次评估报告中给出的主要温室气体百年时间尺度下的 GWP 值。

表 1.1 IPCC 第五次评估报告中主要温室气体百年时间尺度下 GWP 值

气体种类		全球增温潜势
CO_2		1
CH_4		28
N_2O		265
HFCs	HFC-23	12400
	HFC-32	677
	HFC-41	116
	HFC-125	3170
	HFC-134a	1300
	HFC-143a	4800
	HFC-152a	138
	HFC-227ea	3350
	HFC-236ea	1330
	HFC-236fa	8060
	HFC-245fa	858
	HFC-365mfc	804

气体种类		全球增温潜势
PFC_S	CF_4	6630
	C_2F_6	11100
SF_6		23500
NF_3		16100

12. 清单的不确定度：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以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度，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。

13. 清单的不确定度分析：旨在对排放或吸收值提供量化的不确定度指标，分析不确定度并非用于评价清单计算结果的正确与否，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。

14. 质量控制（QC）：由清单编制人员在编制过程中对清单进行的质量评估。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、估算不确定度、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、其他计算参数及方法的技术评审。

15. 质量保证（QA）：由未直接涉足清单编制的人员对清单进行的评审。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计算等。

二、清单编制的原则

为确保清单编制质量，省级温室气体清单编制和报告需要遵循透明、完整、一致、可比和准确的原则。

透明：清单编制团队需要提供充足且清晰的论证过程和相关文字说明的辅助材料，使清单编制团队之外的第三方能够了解清单的完整编制过程、各排放源和吸收汇采用的方法、数据及其来源以及开展质量保证/质量控制的过程。

完整：清单需要覆盖涉及的所有类别的温室气体排放源和吸收汇的计算，如果某些类别数据缺失，要求作出解释和说明。

一致：所有年份清单需要尽可能根据相同来源的基础数据，采用相同的清单方法计算，以保证时间序列上的清单可以反映排放和吸收的真实年度波动，剔除方法或数据来源不同带来的影响。

可比：各地区清单需要根据同一指南编制，且在报告时按照相同的报告大纲

和清单数据报表格式填报和提供数据，以保证不同地区清单横向可比。

准确：在当前能力范围内，尽一切努力减少活动水平数据和排放因子的误差，既不高估也不低估实际排放和吸收情况，也即现实可达情况下的最准确计算。

三、工作程序

省级温室气体清单编制步骤包括：一是根据上次清单确定关键类别，详见本章第二节和附录 G；二是收集数据，包括活动水平数据和排放/吸收参数；三是排放或吸收计算，计算每个排放源或吸收汇的排放或吸收量，并逐级加总得到总排放和吸收量；四是进行不确定度分析，通过每个排放源或吸收汇的不确定度评估得出总清单的不确定度；五是根据上述第三步计算得出的各个排放源和吸收汇的排放和吸收量，再次做关键类别分析，如有必要则调整第三步各个源或汇的计算方法，这里一般指的是新出现的关键类别；六是按照各部门排放源和吸收汇的分类报告清单，包括填报省级清单数据报表以及分析排放和吸收趋势并形成报告文稿，大纲详见附录 H。质量保证和质量控制贯穿于上述各个步骤。

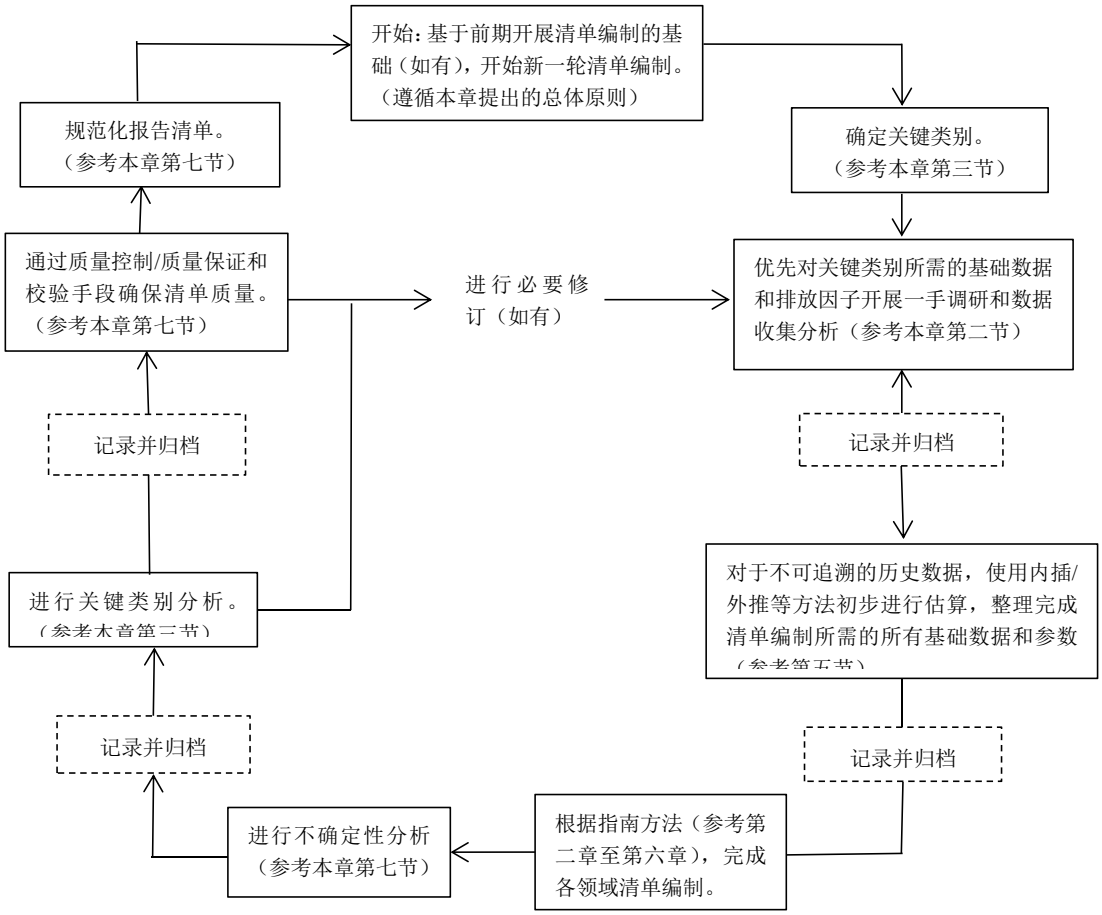


图 1.1 省级温室气体清单编制一般步骤

第二节　关键类别分析方法

一、概述

开展关键类别分析主要有三个目的：一是合理安排有限的清单编制资源，优良做法是将资源集中用于改进关键类别的排放和吸收计算；二是关键类别一般需采用本地实测因子或设施级方法，但若上述所需数据暂时无法获取，优良做法是暂采用缺省排放因子，但应详细记录未采用实测因子或设施级方法的原因，未来应优先改进该类别的排放或吸收计算；三是对关键类别的质量保证和质量控制应给予特别关注。

二、关键类别分析方法

关键类别的确定方法包括定量和定性方法，定量方法根据各类别对排放和吸收的绝对水平以及趋势贡献来确定。如果仅有一年清单则使用水平评估确定关键类别，已有一年以上清单则同时使用水平和趋势评估。

关键类别分析首先要明确排放源和吸收汇的类别划分。温室气体清单采用多层级结构进行类别划分，如第一层级是能源活动，工业生产过程和产品使用，农业活动，土地利用、土地利用变化和林业，以及废弃物处理，能源活动层级下有固定源燃烧，固定源燃烧下有公用电力与热力等。如果开展关键类别分析时类别划分过粗，则会造成分析结果失去实际指导作用；如果类别划分过细，又容易造成将一个重要的关键类别拆分成许多小的非关键类别，因此合适的类别划分水平对开展关键类别分析至关重要。在开展省级温室气体清单编制过程中可根据本地区实际情况，参照以下原则确定划分类别：

（1）与表 1.2 中的源汇类别相一致；

（2）同一类别排放的各种温室气体应分别予以考虑，除非有特殊的方法学原因需要综合处理这些气体；

（3）关键类别分析前，应对基于相同假设、采用相同排放因子的类别进行合并。

表 1.2 关键类别分析中源汇类别划分

源汇类别代码	源汇类别	气体种类	特殊考虑的因素
1、能源活动			
1A	**燃料燃烧**		
1A1	能源工业	CO_2、CH_4、N_2O	划分为主要燃料类型
1A1a	公用电力和热力		
1A1b	石油精炼		
1A1c	固体燃料加工和其他能源工业		
1A2	制造业和建筑业	CO_2、CH_4、N_2O	
1A2a	钢铁工业及铁合金铸造		
1A2b	有色金属		
1A2c	化学工业		
1A2d	纸浆、造纸和印刷		
1A2e	食品加工、饮料和烟草		
1A2f	建筑材料		
1A2g	运输设备制造		
1A2h	机械/电子设备制造		
1A2i	矿业（不包括燃料）和采掘业		
1A2j	木材和木材制品		
1A2k	建筑业		
1A2l	纺织品及皮革		
1A2m	其他工业		
1A3	交通运输	CO_2、CH_4、N_2O	
1A3a	航空运输		仅限国内航空
1A3b	道路交通		
1A3c	铁路运输		
1A3d	水上运输		仅限国内水运
1A3e	其他交通		
1A4	其他部门	CO_2、CH_4、N_2O	
1A4a	服务业及其他		划分为主要燃料类型
1A4b	居民生活		

源汇类别代码	源汇类别	气体种类	特殊考虑的因素
1A4c	农林牧渔		
1A5	其他	CO_2、CH_4、N_2O	划分为主要燃料类型
1A5a	生物质燃料燃烧		
1A5b	非能源利用		
1B	**燃料逸散排放**		
1B1	煤炭开采和矿后活动	CH_4	
1B1a	井工煤矿		
1B1b	露天煤矿		
1B2	石油和天然气系统	CH_4	
1B2a	石油系统		
1B2b	天然气系统		
1C	**CO_2运输、注入与地质储存**	CO_2	
2、工业生产过程和产品使用			
2A	**非金属矿物制品生产**	CO_2	
2A1	水泥生产过程		
2A2	石灰生产过程		
2A3	玻璃生产过程		
2B	**化学工业生产**	CO_2、N_2O、HFCs、PFCs	
2B1	合成氨生产过程	CO_2	
2B2	硝酸生产过程	N_2O	
2B3	己二酸生产过程	N_2O	
2B4	己内酰胺生产过程	N_2O	
2B5	电石生产过程	CO_2	
2B6	二氧化钛生产过程	CO_2	
2B7	纯碱生产过程	CO_2	
2B8	石油化工和炭黑生产过程	CO_2	
2B9	氟化工生产过程	HFCs、PFCs	
2C	**金属制品生产**	CO_2、CH_4、PFCs	
2C1	钢铁生产过程	CO_2	
2C2	铁合金生产过程	CO_2、CH_4	

源汇类别代码	源汇类别	气体种类	特殊考虑的因素
2C3	铝冶炼生产过程	PFCs、CO_2	
2C4	镁冶炼生产过程	CO_2	
2C5	铅冶炼生产过程	CO_2	
2C6	锌冶炼生产过程	CO_2	
2D	**非能源产品使用**	CO_2	
2E	**电子工业**	PFCs	
2F	**消耗臭氧层物质替代物使用**	HFCs	
2G	**其他产品制造和使用**	SF_6	
3、农业活动			
3A	**动物肠道发酵**	CH_4	如果该类别是关键，应确定哪些动物子类别是重要的。关键类别应遵守牲畜种群特征参数的决策树和CH_4排放估算
3B	**动物粪便管理**	CH_4、N_2O	如果该类别是关键，应确定哪些动物子类别和排泄物管理系统是重要的。关键类别应遵守牲畜种群特征参数的决策树和 CH_4、N_2O 排放估算
3C	**水稻种植**	CH_4	
3D	**农用地**	N_2O	如果该类别是关键，应确定哪些子类别是重要的
3E	**秸秆田间焚烧**	CH_4、N_2O	
4、土地利用、土地利用变化和林业			
4A	**林地**	CO_2	如果该类别是关键，应确定哪些子类别是重要的
4A1	保持为林地的土地		
4A2	转化为林地的土地		
4A3	森林火灾排放	CH_4、N_2O	
4B	**农地**	CO_2	
4B1	保持为农地的土地		
4B2	转化为农地的土地		
4C	**草地**	CO_2、CH_4、N_2O	
4C1	保持为草地的土地	CO_2	
4C2	转化为草地的土地		

源汇类别代码	源汇类别	气体种类	特殊考虑的因素
4C3	草原火灾排放	CH_4、N_2O	
4D	**湿地**	CO_2、CH_4	
4D1	保持为湿地的土地	CO_2	
4D2	转化为湿地的土地	CO_2	
4D3	湿地 CH_4	CH_4	
4E	**建设用地**	CO_2	
4E1	保持为建设用地的土地		
4E2	转化为建设用地的土地		
4F	**其他土地**	CO_2	
4F1	保持为其他土地的土地		
4F2	转化为其他土地的土地		
4G	**木产品**	CO_2	
4H	**其他生物质**	CO_2	
5、废弃物处理			
5A	**填埋处理**	CH_4	
5B	**生物处理**	CH_4、N_2O	
5C	**焚烧处理**	CO_2、CH_4、N_2O	
5D	**废水处理**	CH_4、N_2O	

（一）定量法

定量法包括关键类别的水平评估和趋势评估。水平评估适用于仅可获得一年清单的情况。关键类别确定方法为首先计算出各个源或汇类别的水平评估，然后将结果按降序排列，关键类别是按降序排列后对水平评估累计贡献达到 95%的类别。如可获得多个年份清单则需开展关键类别的趋势评估，识别出在水平评估中因为量级不够大而未被识别、但其趋势与温室气体清单总趋势有明显差异的类别。关键类别的水平评估和趋势评估均需基于包括和不包括土地利用、土地利用变化和林业两种情况进行分析讨论。定量法详见附录 G。

（二）定性法

如果由于温室气体清单不完整无法进行关键类别定量分析，或者怀疑定量方法未能识别出所有关键类别，这时的优良做法是开展定性分析。定性分析包括以下 4 个方面：

1. 减排技术和工艺：如果采用减排技术后某个类别的排放减少或吸收增加，优良做法是将该类别确定为关键类别，从而可确保该类别在温室气体清单中处于优先次序，排放或吸收的计算方法层级更高，相应地计算结果也更加准确，也更能反映减排的真实效果。

2. 预期增长：通过专家判断，确定出未来可能出现排放增长或吸收减少的类别，鼓励将这些类别确定为关键类别。

3. 高不确定性：鼓励将不确定性较高的类别确定为关键类别，改进该类别的排放或吸收计算可降低清单总不确定性。

4. 完整性：如果清单不完整，优良做法是通过考虑上述定性标准，识别出可能的关键类别。另外，可根据相似情况的地区温室气体清单判断出潜在关键类别。

第三节　数据收集方式

一、概述

本节对清单数据收集工作做出一般性指导，适用于活动水平、排放因子等数据的收集。数据收集时应着重关注改进关键类别所需要的数据，定期对数据收集方案进行评审，不断根据更新的数据需求改进数据收集方式，并对各阶段数据收集情况进行归档记录。为更好地确保数据收集的连续性，还应与数据提供者建立常态化工作机制。

二、数据收集总体原则

1. 收集现有数据

活动水平相关的数据可以来自以下来源，优先级依次降低：国家及地方官方统计数据（如调查、普查数据），包括国家、地方统计局、行业主管部门等政府部门的气候变化统计报表、统计年鉴、统计年报、白皮书等；重点企业报告数据、行业协会相关数据；著作、期刊和报告中的科技论文等文献；网上公开来源等。

排放因子相关的数据推荐优先采用本地区特征参数，其次是本指南给出的缺省值。其中，本地区特征参数可通过全国碳排放权交易市场数据、重点行业企业温室气体排放报告数据、专项调研/实测等方式获取。

收集来的数据需要注意归档整理，详细的数据说明应包括：数据的定义（如时间序列、类别或子类别详细信息、数据单位）；数据的格式（如 Excel 表格）和结构（如所需的不同表格和他们的结构）；描述对省级覆盖范围、所包括的部门、代表性年份、技术/管理水平及不确定度参数等所作的假设；数据收集活动的流程和时间表（如数据集更新频率，需要更新的要素）；参阅归档和质量保证/质量控制程序；联系人姓名和单位；获取日期等其他必要信息。

2. 生产新的数据

当无法直接从统计资料中获得数据时，可考虑通过实测/调查来获取数据，尤其是对于关键类别数据，最应考虑通过实测/调查获取，而不是寻求替代数据，以提升清单质量。实测/调查最好由具有相关领域专业技能的人员开展，并尽可能结合本省已有的统计计划，以实现省内资源高效利用。实测/调查前，应制定明确计划（表 1.3）。

表 1.3 实测/调查计划

实测/调查目标	明确说明待确定的参数。
预算问题	预估总预算，并将预算分配到实测/调查过程的每个阶段。
人员安排	对人力资源进行规划，以确保在实测/调查时有所需技能的专业人员可供使用。
项目管理和时间表	应制定科学的时间表，在复杂耗时的环节预留足够的时间，并在执行过程中，尽可能严格遵守时间表。
具有对实测/调查人员明确指导的计划	对于特定行业的实测/调查计划应充分考虑行业特征，重点参考行业相关指南编制实测/调查计划。任何计划都应至少在以下方面有明确规定：每个待实测/调查参数的取样点数量及选取方式；每个取样点将要进行的单独实测/调查的次数及相关条件；实测/调查日期及其持续时期；报告安排；对结果进行数据加工或解释所需收集的其他源/汇或过程的相关信息；实测/调查过程中排放源（或工厂、生产能力、负荷、燃料、原料等）应达到的条件；实测/调查工作负责人员、其他人员以及将要使用的资源信息。
数据归档	应对实测/调查的数据信息以及收集数据的时间、地点、人员、方法等相关信息进行全面归档。

第四节　保障时间序列一致性的措施

时间序列温室气体清单是指具有多个连续年份，而非单个年份的温室气体清单。时间序列温室气体清单应具有一致性的特点，即对清单中同一排放源或吸收汇所有年份数据，应尽可能采用同样的方法和数据来源计算，从而确保不同年份清单反映的是排放或吸收的真实变化，剔除掉方法或数据来源不同引起的偏差。为了实现清单的时间序列一致性，需要每年开展清单编制时均对历年清单进行重新计算。本节介绍了常见的影响时间序列一致性的因素，拼接缺失数据的技术方法，以及时间序列一致性的报告、归档和质量保证/质量控制等内容。

一、影响因素

出现时间序列不一致主要源于以下 4 个方面：

1.方法变化和方法改进。方法变化指方法的升级更新，如由低层级方法升级为高层级方法，方法改进指虽然采用的是同一种方法，但使用了不同的数据来源或不同的汇总程度，如由于数据收集方法的改进，出现了质量更高的数据，新数据可以支持更进一步的分类，从而可使用更加准确的排放因子等。

2.活动水平数据修订。大部分的清单活动水平数据来自统计数据，统计数据发布后会根据更加完整、可靠的基础数据不断修订。如我国每隔五年进行一次经济普查，与常规年报相比，经济普查调查的范围更全、单位数量更多、数据更为详实，我国会根据经济普查结果对之前年份的统计数据进行修订。

3.增加新的排放类别。由于发生了新的排放或清除活动，如逐步使用消耗臭氧层替代物产生的排放；之前某些类别由于排放量较小或者清单编制能力不足没有纳入国家清单；以及清单指南新增了一些类别，如《2006 年 IPCC 清单指南》增加了废弃矿井 CH_4 排放等。

4.错误更正。通过质量保证和质量控制程序可能会发现之前清单的人为误差甚至错误，如不对其进行更正，会导致新年份清单同之前年份清单结果不具可比性。

二、缺失数据拼接技术

为编制完整和一致的时间序列清单，要求每个清单年份的数据都要可获得。实际清单编制过程中经常会遇到缺失一年或一年以上的数据，这给重新计算或者计算新排放类别带来较大困难。常见的有部分定期数据不是年度数据，如林业领域的森林资源清查约为五年一次，缺少两次普查年份中间年份的统计数据；或者是改进了数据收集能力，只有近年数据可支持较高层级的清单计算方法，之前年

份数据无法获取；部分年份数据人为遗失等。

如时间序列清单无法采用相同方法或数据来源计算，可对缺失数据使用拼接技术编制完整的时间序列，最大限度减少时间序列不一致问题。拼接技术主要包括重叠法、替代数据、内插法、趋势外推法，以及其他技术。每种技术的适用条件详见表 1.4，确认选择何种技术前需要开展专门评估，根据具体情况选择最佳适用技术，并将选择该种技术的原因归档。

表 1.4 各种拼接技术的适用条件

方法	适用条件	备注
重叠法	必须获得至少一年使用以前方法和新方法的必需数据	1. 若可利用的数据包含两套或更多年份的数据，估算结果会更加可靠 2. 不适用于使用以前方法和新方法观测到的趋势不一致的情况
替代数据	新方法使用的排放因子、活动水平数据或其他估算参数与其他已知的、更易获得的指示性数据关联紧密	1. 应对多种指示性数据集进行测试，选择关联最紧密的数据集 2. 不得长期使用
内插法	使用新方法重新计算所需要的数据在时间序列中只能间或获得	1. 对于新方法不适用的时期，可以用线性内插进行估算 2. 不适用于波动较大的年份
趋势外推法	新方法数据并不是每年收集，在时间序列的开始或结束阶段无法获取	1. 如果数据长期趋势一致，这种技术最为适用 2. 如果趋势发生变化，就不适用趋势外推法（这种情况下，替代方法可能更适用） 3. 不得长期使用
其他技术	若时间序列中技术条件一直发生变化（如采用了减排科技），标准替代法就不适用	1. 对专门方法完全归档 2. 需要与标准技术得到的结果进行比较

1. 重叠法

重叠法常用于新方法无法应用于时间序列中以前年份的情况，这时假设旧方法和新方法得到的结果保持一致，对于无法直接采用新方法的年份，编制时间序列清单时根据重叠期间新旧方法清单结果的关系，适当调整旧方法的估算结果，得出重叠法下重新计算的以前年份的排放/吸收的计算结果，计算公式如下：

$$y_0 = x_0 \times \left(\frac{1}{(n-m+1)} \times \sum_{i=m}^{n} \frac{y_i}{x_i}\right) \quad (1.1)$$

式中，y_0 为用重叠法重新计算的排放或吸收估算；

x_0 为用以前方法得到的估算；

y_i 和 x_i 为在重叠期间（从 m 年至 n 年）使用新方法和以前方法得出的估算。

2. 替代数据

替代数据方法将排放或吸收量与潜在活动水平或者其他指示性数据相关联，这些数据的变化用于模拟排放或吸收趋势。例如，移动源排放可能与车辆行驶里程相关，生活污水排放量可能与人口数相关，工业排放可能与工业产品产量相关，计算公式如下：

$$y_0 = y_t \times \frac{s_0}{s_t} \qquad (1.2)$$

式中，y_0 和 y_t 为第 0 年和第 t 年的排放/吸收量；

s_0 和 s_t 为第 0 年和第 t 年的替代统计参数。

3. 内插法

某些情况下，整个时间序列清单中只能部分年份应用同一种计算方法，例如有些活动水平数据由于成本等原因不可能每年开展一次调查，只能每隔几年收集一次，因此只能对开展调查的清单年份采用同一种计算方法。这种情况下，对两个开展调查的详细清单年份进行内插可以得到时间序列中间年份的清单结果。

4. 趋势外推法

如果基年或最近一年清单无详细计算数据，则可能从缺失数据最近年份的清单外推得出。外推既可以用于向后推算，即估算最近年份的排放或吸收，也可以用于向前推算，即估算基年的排放或吸收。趋势外推法基于详细计算期间的排放或吸收趋势在外推期间保持不变的假设，如趋势发生变化则不适用趋势外推法。另外，如果活动水平数据是定期数据，向后推算将是初步结果，以后应根据发布的活动水平数据重新计算。

5. 其他技术

某些情况下上述数据拼接技术都不适用，如时间序列中减排技术不断发生变化，则需要开发一种专门的方法来计算排放。这种情况下，有必要仔细考虑这一时期内所有影响排放量或吸收量的因素趋势，对这些方法完整归档，另外还需同其他标准拼接方法估算结果进行比较。

如可行，应使用不同拼接技术进行估算，并对各种拼接技术结果进行比较。如果各类拼接方法的估算结果不同，应该进一步讨论哪种结果更接近现实。有时需要使用额外的替代数据来检验拼接的时间序列。比较拼接估算结果与以前估算的结果也能够有效地检验拼接技术的数据质量。但是，趋势差异并不一定表明重新计算的结果有问题，因为高级别方法更加准确地反映了真实情况，可能会产生与低级别方法不同的趋势。

第五节　不确定度分析方法

不确定度分析是温室气体清单编制的一个重要环节。估算温室气体清单不确定度的流程包括：确定清单中单个变量的不确定度（如活动水平和排放因子数据等的不确定度）；将单个变量的不确定度合并计算清单的总不确定度；识别清单不确定度的主要来源，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度，如漏算、重复计算、概念偏差及模型估算偏差等。总体来说，应将不确定度分析作为一种帮助确定降低未来清单不确定度工作优先顺序的方法。

一、产生原因及降低方法

很多原因会导致清单结果与真实数值不同，如取样误差或仪器准确性的局限性等。优良做法是在不确定度分析中尽可能解释并记录所有原因。

清单编制过程中应当特别注意的几大类原因有：①信息不全：由于排放机理未被识别或排放和吸收的量化方法还不存在；②模型误差：由于模型是真实系统的简化，因此不够精确，使用模型可能会带来偏差和随机误差；③缺乏数据：在现有条件下无法获取某排放或吸收量计算所必需的数据，在这些情况下，常用方法是使用替代数据，以及使用内插法或外推法估算；④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；⑤随机取样误差：与样品数多少有关，一般来说样本越多，误差越小；⑥测量误差：如测量、记录和传输信息误差，测量标准和推导资料不精确等；⑦错误报告或错误分类：排放源或吸收汇的定义不完整、不清晰或有错误；⑧丢失数据：如低于检测限的测量数值，这种不确定度会引起偏差和随机误差。

在编制温室气体清单过程中，应尽可能地降低不确定度，尤其要确保使用的模型和收集的数据能够代表实际情况。在降低不确定度时，应该优先考虑对整个清单不确定度有重大影响的部分。确定降低不确定度优先顺序的工具包括关键源类别分析、评估特定类别的不确定度对清单总不确定度的贡献等。

根据不确定度产生的原因，可从以下几个方面降低不确定度：①改进模型：改进模型结构和参数，更好地了解和描述系统性误差和随机误差，从而降低这些不确定度；②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，从而更加准确地描述排放源的属性；③使用更精确的测量方法：提高测量方法的准确度以及使用一些校准技术；④收集大量测量数据：增加样本数量可以降低与随机取样误差相关的不确定度，填补数据缺失可以减少偏差和随机误差，对测量和调查均适用；⑤消除已知的偏差：确保测量仪器仪表

准确定位和校准，模型或其他计算过程选取适当且具有代表性，以及系统性地使用专家判断；⑥提高清单编制人员能力：包括增加对排放源和吸收汇类别和过程的了解，从而帮助发现以及纠正不完整问题。

二、不确定度量化方法

在识别出省级温室气体清单计算有关不确定度原因后，清单编制者应当收集数据和信息，开展不确定度的量化。不确定度量化的数据和信息来源包括模型相关信息，排放测量数据、调查普查数据、文献资料数据，以及专家判断等。

当确定了各类别活动水平、排放因子或排放的不确定度，就可以将其合并，以计算总清单的不确定度以及总清单随时间变化趋势的不确定度。合并不确定度有两种方法，方法 1 是使用简单的误差传递公式，方法 2 是使用蒙特卡罗或类似的技术，两种方法均可用于排放源或吸收汇，但要取决于每种方法可获得的假设和限制。

1．误差传递方法

根据活动水平、排放因子和计算参数的不确定度，通过误差传递公式计算排放或吸收的不确定度，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，该估计值的不确定度计算公式如下：

$$U_{总}=\frac{\sqrt{(U_1\times X_1)^2+(U_2\times X_2)^2+\ldots+(U_n\times X_n)^2}}{|X_1+X_2+\ldots+X_n|} \qquad (1.3)$$

式中，$U_{总}$：n 个估计值之和或差的不确定度，%；

U_i：第 i 估计值的不确定度，%；

X_i：第 i 个估计值。

当某一估计值为 n 个估计值之积时，该估计值的不确定度计算公式如下：

$$U_{总}=\sqrt{U_1{}^2+U_2{}^2+\cdots+U_n{}^2}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}U_i{}^2} \qquad (1.4)$$

式中，$U_{总}$：n 个估计值乘积的不确定度，%；

U_i：第 i 个估计值的不确定度，%。

示例：

如某工厂有两种 CO_2 排放源，排放量分别为 110±4%和 90±24%吨，根据误差传递公式可计算该工厂 CO_2 总排放的不确定度为：

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

如某燃煤锅炉一年内褐煤消费量 10000±5%吨，褐煤燃烧 CO_2 排放因子为 2.1±10%吨 CO_2/吨褐煤，则该锅炉年 CO_2 排放量的不确定度为：

$$U_C = \sqrt{(5\%)^2 + (10\%)^2} = 11.2\%$$

2. 蒙特卡罗方法

主要适用于详细分类别的不确定度估算，尤其适用于不确定度大、概率密度函数分布非正态、复杂函数算法，以及活动水平、排放因子或两者间相关的情况。蒙特卡罗方法是利用计算机软件或程序，根据活动水平、排放因子和其他计算参数的概率密度函数来选择各自的随机值，计算相应的排放值，然后按照需要的重复次数多次重复这一过程，每次计算的结果用来构建排放的概率密度函数，再根据输出的概率密度函数的信息，推导排放的均值、标准偏差、95％置信区间等，从而计算排放的不确定度。由于蒙特卡罗模拟是数值方法，最终结果的精度通常会随着重复次数增加而提高。

另外，还可以计算排放趋势的不确定度，主要使用下述两种敏感性来估算排放趋势的不确定度。①A 型敏感性：基年和当年之间总排放差异的变化（以百分比表示），是由于基年和当年的某一特定类别气体的排放或吸收增加 1%而引起的；②B 型敏感性：基年和当年之间总排放差异的变化（以百分比表示），是由于当年的某一特定类别气体的排放或吸收增加 1%而引起的。其中，A 型敏感性和 B 型敏感性仅是简化计算步骤的中间变量，A 型敏感性是由同等影响基年和当年排放或吸收的不确定度而引起的，B 型敏感性则是由只影响当年排放或吸收的不确定度而引起的。因此，不同年份之间完全相关的不确定度将与 A 型敏感性相联系，不同年份之间不相关的不确定度将与 B 型敏感性相联系。

排放趋势的不确定度估算过程中，排放因子或其他估算参数的不确定度倾向于具有 A 型敏感性，活动水平数据的不确定度倾向于具有 B 型敏感性，但特殊情况下也可以把 A 型敏感性应用于活动数据，把 B 型敏感性应用于排放因子。根据 A 型敏感性和 B 型敏感性可以计算活动水平不确定度引起的排放趋势的不确定度、排放因子/估算参数不确定度引起的排放趋势的不确定度，利用误差传递公式就可以计算排放趋势的总体不确定度。

采用误差传递法计算清单不确定度及排放趋势不确定度的具体公式见表 1.5。

表 1.5 方法 1 不确定度计算

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
类别	气体	基年排放或吸收	t 年排放或吸收	活动水平数据不确定度	排放因子/估算参数不确定度	合并不确定度	t 年类别对方差的贡献	A 型敏感性	B 型敏感性	排放因子/估算参数不确定度引起的排放趋势的不确定度	活动数据不确定度引起的排放趋势的不确定度	排放趋势的不确定度
		输入数据	输入数据	输入数据注解 A	输入数据注解 A	$\sqrt{(E^2+F^2)}$	$\frac{(G\times D)^2}{(\sum D)}$	注解 B	$\left\lvert\frac{D}{\sum C}\right\rvert$	$I\times F$ 注解 C	$J\times E\times\sqrt{2}$ 注解 D	K^2+L^2
		$GgCO_2$ 当量	$GgCO_2$ 当量	%	%	%		%	%	%	%	%
如，1.A.1.能源工业燃料 1	CO_2											
1.A.1.能源工业燃料 2	CO_2											
…	…											
合计		$\sum C$	$\sum D$				$\sum H$					$\sum M$
						总清单的不确定度	$\sqrt{\sum H}$				趋势中的不确定度	$\sqrt{\sum M}$

注：1.注解 A： 如果只知道某一类别的总体不确定度，排放因子和活动水平的不确定度未知，当不同年份的不确定度相关时，在 F 栏输入不确定度，在 E 栏输入 0；当不同年份的不确定度不相关时，在 E 栏输入不确定度，在 F 栏输入 0；

2.注解 B：计算公式为 $\left\lvert\frac{0.01\times D_x+\sum D_i-(0.01\times C_x+\sum C_i)}{(0.01\times C_x+\sum C_i)}\cdot 100-\frac{\sum D_i-\sum C_i}{\sum C_i}\cdot 100\right\rvert$，其中，$C_x$，$D_x$表示第 C、D 列第 x 行的输入值，$\sum C_i$，$\sum D_i$表示第 C、D 列所有行的总和；

3.注解 C：如果假设排放因子间不相关，则使用 B 型敏感性，将结果乘以$\sqrt{2}$，计算公式改为 $K_x=J_x\times F_x\times\sqrt{2}$；

4.注解 D：如果假设活动水平数据间不相关，则使用 A 型敏感性，但结果不乘以$\sqrt{2}$，计算公式改为 $L_x=I_x\times E_x$

第六节　质量控制和质量保证

一、概述

质量控制和质量保证是确保温室气体清单质量的重要环节。通过开展质量控制和质量保证措施，可提高清单编制的活动水平数据收集、排放因子获取、排放量计算和报告、不确定度分析等全过程管理，加强清单结果与国家、地方及行业部门统计数据的有效衔接。

质量控制是一个常规的技术活动系统，它是清单编制机构内部的质量活动，根据系统制定的计划进程来核对和控制清单的质量，质量控制主要包括以下内容：一是提供常规且一致的质量控制方法，以确保清单各类数据的连贯、准确和完整；二是提供鉴别和解决误差及不确定度的方法；三是记载和归档清单材料并记录所有的质量控制活动，形成档案材料。清单编制单位对温室气体排放清单报告质量的自查主要包括：计算公式是否依据本指南？活动水平数据来源是否清楚、各排放源之间是否具有一致性？排放因子及相关关键参数的获取方法是否依据本指南、各排放源相关参数的取值是否一致？计算结果是否正确？各气体全球增温潜势取值是否一致？报告格式是否正确、报告内容和排放源是否完整和报告是否透明？归档是否完整？

质量保证是一个独立于质量控制的外部活动，清单编制单位应聘请国内同行专家对排放计算和报告进行评审。清单编制单位应提供温室气体排放清单报告、温室气体排放计算通用报表、温室气体排放计算结果表格等。清单报告的外部评审专家应审查报告的格式是否遵循本指南；各领域清单的排放计算报告是否透明、完整，是否存在交叉或重复计算；活动水平数据是否正确和一致，重点检查活动水平数据是否与国家、地区、行业统计数据一致，以及检查不同排放源之间的活动水平数据的一致性；排放因子获取是否透明、计算结果是否正确等。

制定质量保证和质量控制计划是质量保证和质量控制系统的基本要素。一般而言，该计划应列出将要开展的活动，并包括每年从其开始制定计划到最后报告的清单编制的时间计划表。它应包括一份对所有排放源类别进行评审的过程和时间进度安排表。

二、质量控制程序

质量控制程序是确保数据的内在一致性、准确性和完整性的检验方法，应从方法学选择、活动水平数据、排放因子数据、排放量计算与不确定度分析、清单

报告等清单编制全过程进行质量控制，主要包括趋势判断、完整性检查、是否存在录入手误、数据的换算单位、归档等。主要质量控制活动可参照表 1.6 内容开展。

表 1.6 清单常见的质量控制活动

序号	质量控制内容	细化控制内容
一、方法学选择		
（1）	方法学选择	1. 是否采用本指南的方法学 2. 是否说明采纳不同层级方法学的依据
二、活动水平数据整理		
（1）	数据来源	1. 是否来源于官方统计数据 2. 对于无法获取官方统计数据，其数据来源是否说明
（2）	二级分类数据	1. 二级分类数据计算方法是否提供 2. 二级分类数据之和与统计年鉴数据是否一致 3. 对于采用抽样获取数据，是否给出了抽样标准的计算方法 4. 统计数据无法直接给出的活动水平数据，应着重比较分析不同站点的活动水平数据的差异以确认这些数据是否反映了存在的错误、不同的测量技术或排放、运行条件或技术实际存在的差异
（3）	数据不确定度	1. 统计部门是否已对数据中潜在的偏差进行了鉴别 2. 统计部门是否已经提供了数据的不确定度
三、排放因子计算		
（1）	缺省排放因子	1. 是否明确哪些排放源采用本指南中给出的缺省排放因子 2. 所选择的缺省排放因子与对应的排放源分类是否一一对应
（2）	本地化排放因子	1. 是否采用本指南中提供的排放因子计算方法 2. 排放因子计算所需的本地化特征参数可否获取 3. 计算获得本地化的排放因子与指南提供的缺省排放因子是否具有可比性
四、排放量计算		
（1）	排放量计算	1. 排放量计算结果是否可重复，相关单位是否正确，全球增温潜势取值是否一致 2. 检查整个计算过程中单位使用的准确性 3. 不同排放源的排放量计算结果与往年结果是否进行了比较，如果与往年清单有重大的变化或差距，是否给出了原因分析 4. 检查每个排放源类别输入数据的时间序列一致性 5. 检查用于整个时间序列计算方法的一致性
（2）	不确定度分析	1. 各类排放源是否开展了不确定度的量化评估 2. 不确定度评估是否考虑了活动水平数据和排放因子相关数据的不确定度范围

五、温室气体排放报告		
（1）	温室气体 排放报告	1. 是否按照省级清单指南的报告要求编制 2. 指南中涉及的排放源是否报告完整 3. 检查归档并存储的清单数据 4. 支持数据和清单记录以有利于展开详尽的审评
（2）	通用报告表 （Excel）	1. 是否采用省级清单指南统一的表格 2. 各类数据与清单报告数据是否一致

三、质量保证程序

质量保证程序适用于未直接涉足清单编制过程的人员进行清单评审，包括清单重复验算和评审。质量保证程序是通过外部评审来评估清单的质量，清单机构在提交清单前应进行初步的同行专家评审，以发现潜在的问题，并找出需要改进的地方。提交后应接受主管部门组织的联审。

1. 同行专家评审

同行专家评审是聘请相关技术领域专家对清单报告进行评审，并给出评估意见。通常通过通讯评审与现场会议评审等方式，同行专家评审旨在根据专业领域知识评判来确保清单的结果、假设和方法的合理性。各个领域清单同行专家评审没有统一的标准规定，各个领域应根据清单计算结果选择评审方法。如果相关类别清单结果的不确定度高，专家同行评审时还可提供改善清单计算结果的信息，或者有效降低不确定度的信息。所有的同行评审和反馈信息应详细记录归档。

2. 联审

依据本指南建立省级清单联审指标体系，重点评估清单报告的完整性，核实校对清单数据准确性及一致性、量化分析联审指标变化趋势以及开展不同地区的横向对比等，确保省级清单数据的科学性、连贯性和可比性。

第二章　能源活动

第一节　概述

能源活动清单范围包括化石燃料燃烧活动产生的 CO_2、CH_4 和 N_2O 排放；生物质燃料燃烧产生的 CO_2、CH_4 和 N_2O 排放；固体燃料产生的 CH_4 逸散排放；油气系统产生的 CH_4 逸散排放；以及 CO_2 运输、注入与地质储存产生的 CO_2 排放。值得注意的是，生物质燃料燃烧产生的 CO_2 排放和电力调入调出的间接排放报告在信息项，不计入本地区能源活动清单总量。

《2011 年省级清单指南》试行的过程中，发现与当前国家清单的排放源不完全一致，如国家清单中已将非能源利用排放归为工业生产过程和产品使用领域。部分排放类别的计算方法和缺省排放因子也无法准确的反映我国目前工艺技术水平。

在上述基础上，本指南修订了能源活动的报告边界、部分排放源计算方法及缺省排放因子。进一步厘清了能源活动的边界，细化拆分了制造业和建筑业；根据生物质燃烧用途，分别报告在公用电力和热力、居民生活等领域；在石油和天然气系统逸散部分进行了更细致的分类，其中石油系统包括勘探开发、生产和处理、运输、炼制和储存、油品分销等环节，天然气系统包括勘探开发、生产和集输、处理、输送和储存、天然气分销等环节；进一步厘清交叉领域的报告边界，废弃物处理中城市生活垃圾焚烧处理发电的 CH_4 和 N_2O 排放、化石成因 CO_2 排放报告在能源活动领域，生物成因的 CO_2 排放报告在信息项；非能源利用的排放均报告在工业生产过程和产品使用领域。指南调整或新增了部分排放源的计算方法，新增 CO_2 捕获量、CO_2 运输、注入与地质储存、废弃矿井的逸散排放计算方法，根据瓦斯鉴定结果数据将煤矿分为低瓦斯煤矿和高瓦斯/突出煤矿两类进行计算。指南更新提供了部分排放源缺省排放因子，并提供了调整或新增排放源的排放因子及相关参数，详见本章和附录 A。能源活动中，部门法化石燃料燃烧 CO_2 排放结果还需通过参考方法进一步校验。参考法计算方法详见附录 F。能源活动所涉及的排放源类别如图 2.1 所示。

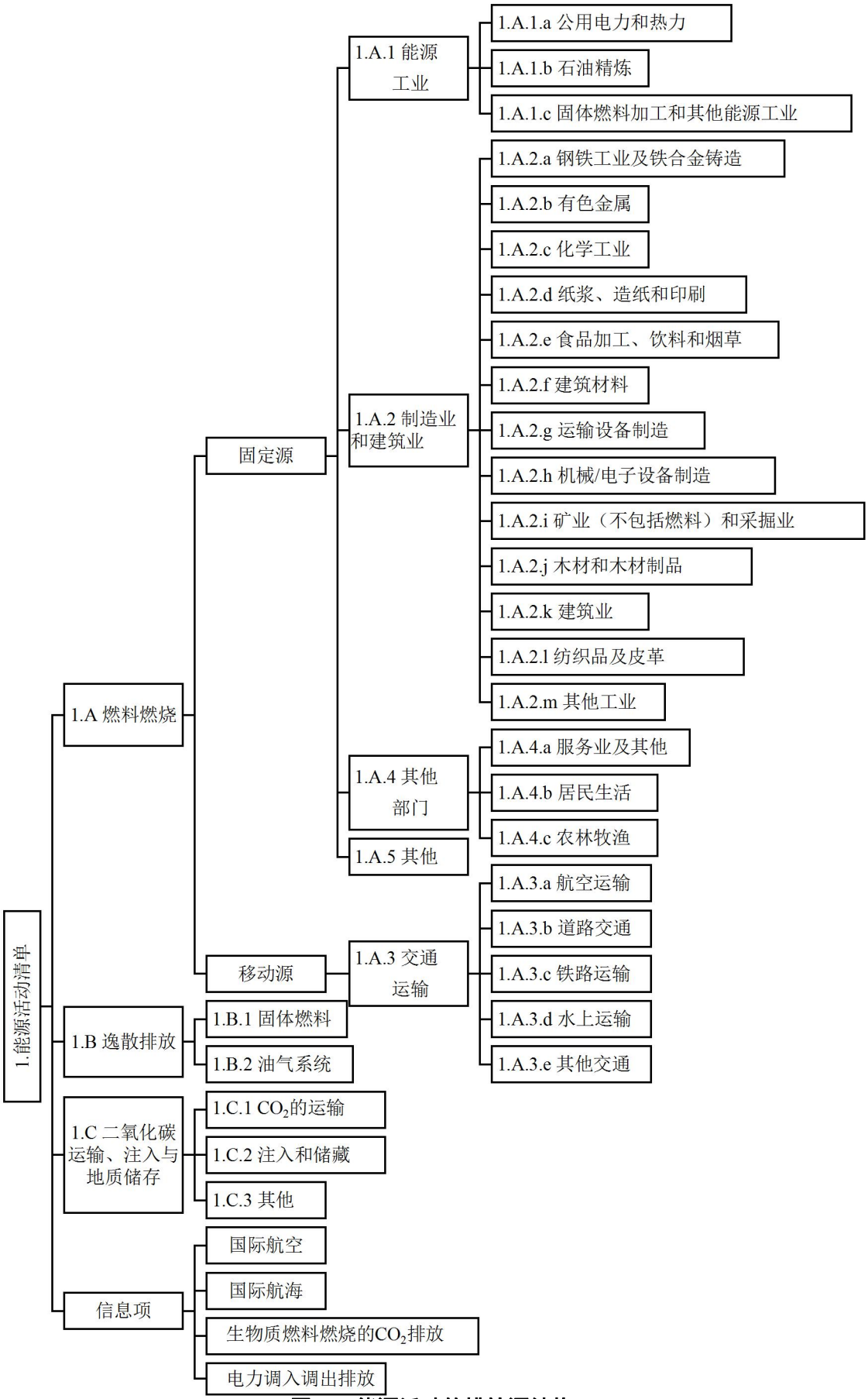


图 2.1 能源活动的排放源结构

第二节　化石燃料燃烧

一、固定源化石燃料燃烧

（一）排放源描述

固定源化石燃料燃烧温室气体排放指不同的固定燃烧设备，燃烧不同化石燃料的活动产生的 CO_2、CH_4 和 N_2O 三种温室气体排放情况。其排放源可分为：能源工业、制造业和建筑业、其他部门以及其他。其中能源工业可进一步分为公用电力和热力、石油精炼、固体燃料加工和其他能源工业；制造业和建筑业可进一步细分为钢铁工业及铁合金铸造、有色金属、化学工业、纸浆、造纸及印刷、食品加工、饮料和烟草、建筑材料、运输设备制造、机械/电子设备制造、矿业（不包括燃料）和采掘业、木材和木材制品、建筑业、纺织品及皮革、其他工业等；其他部门可进一步细分为服务业及其他、居民生活和农林渔牧等；其他包括除上述行业外其他类别。需要注意的是，根据排放发生的部门类别，生物质燃烧分别报告在公用电力和热力、道路交通、居民生活等。废弃物处理中城市生活垃圾焚烧处理的 CH_4 和 N_2O 排放、化石成因 CO_2 排放报告在公用电力和热力。

固定源燃烧设备主要包括：电站锅炉、供热锅炉、工业窑炉、户用炉灶、农用机械、发电内燃机、其他设备等。

固定源化石燃料燃烧活动按燃料品种可以分为：固体燃料、液体燃料和气体燃料三类。固体燃料具体包括原煤、洗精煤、其他洗煤、型煤、煤矸石、焦炭、焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气、其他煤气、其他焦化产品等；液体燃料包括原油、汽油、喷气煤油、其他煤油、柴油、燃料油、石脑油、润滑油、石蜡、溶剂油、石油沥青、石油焦、液化石油气、炼厂干气、其他石油制品等；气体燃料包括天然气和液化天然气等。

表 2.1 固定源活动水平数据分类与国民经济行业分类对应关系

排放源类别			《国民经济行业分类 GB/T4754-2017》	备注
固定源	能源工业	公用电力和热力	=44 电力、热力的生产和供应业	以社会公众为服务对象的公用火力发电厂和公用供热厂，不包括其他各行业的自备发电及自备供热，也不包括其中运输工具的能源消费量。
		石油炼制	=25 石油、煤炭及其他燃料加工业	从天然原油、人造原油中提炼液态或气态燃料以及石油制品的生产活动，包括炼焦过程中的排放、部门排放源为石油精炼过程中所有的燃烧排放，如自备发电和供热。因基础统计数据暂无法拆分石油与煤炭及其他燃料，此部分还包括煤炭及其他燃料加工生产过程中的排放。 但注意不包括运输工具的能源消费量和石油炼制厂的蒸发排放，后者排放计入“1B2 石油和天然气逸散排放”中。此外，煤制油也报告在此类。
		固体燃料加工和其他能源工业	=06 煤炭开采和洗选业+07 石油和天然气开采业+45 燃气生产和供应业	包括煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业和燃气生产和供应业，包括部门排放源为上述过程中所有的燃烧排放，如自备发电和供热，但不包括运输工具的能源消费量。此外，煤制气也报告在此类。
	制造业和建筑业	钢铁工业及铁合金铸造	=31 黑色金属冶炼和压延加工业	排放源包括所有钢铁工业及铁合金铸造过程燃料燃烧的温室气体排放，如自备发电锅炉、工业锅炉、高炉、烧结机等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		有色金属	=32 有色金属冶炼和压延加工业	排放源包括有色金属冶炼中自备发电锅炉、工业锅炉、鼓风炉、反射炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		化学工业	=26 化学原料和化学制品制造业+28 化学纤维制造业+29 橡胶和塑料制品业	排放源包括化工行业生产自备发电锅炉、工业锅炉、甲醇炉、钙镁磷肥高炉和加热炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		纸浆、造纸及印刷	=22 造纸和纸制品业+23 印刷和记录媒介复制业	排放源包括造纸和纸制品业、印刷和记录媒介复制业中自备发电锅炉、工业锅炉、碱回收炉、柴油发电机等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		食品、饮料、烟草制品	=13 农副食品加工业+14 食品制造业+15 酒、饮料和精制茶制造业+16 烟草制品业	排放源包括食品、饮料、烟草制品生产加工中包括自备发电锅炉、工业锅炉、柴油发电机等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		建材制造	=30 非金属矿物制品业	排放源包括水泥、石灰和石膏、水泥及石膏制品、砖瓦、石材及其他建筑材料、玻璃及玻璃制品、陶瓷制品、耐火材料等非金属矿物制品制造过程设备燃料燃烧的温室气体排放，包括自备发电锅炉、工业锅炉、各种窑炉等设备燃料燃烧的排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		运输设备制造	=36 汽车制造业+37 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	排放源包括汽车、铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造过程中包括自备发电锅炉、工业锅炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。

排放源类别			《国民经济行业分类 GB/T4754-2017》	备注
		机械/电子设备制造	=33 金属制品业+34 通用设备制造业+35 专用设备制造业+36 汽车制造业+38 电气机械及器材制造业+39 计算机、通信和其他电子设备制造业+40 仪器仪表制造业+43 金属制品、机械和设备修理业	排放源包括自备发电锅炉、工业锅炉、加热炉、热处理炉、干燥炉等设备燃料燃烧产生的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		矿业（不包括燃料）和采掘业	=08 黑色金属矿采选业+09 有色金属矿采选业+10 非金属矿采选业+11 开采辅助活动+12 其他采矿业	排放源包括黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、非金属矿采选业、开采辅助活动、其他采矿业中包括自备发电锅炉、工业锅炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		木材和木材制品制造	=20 木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业+21 家具制造业	排放源包括木材加工、木、竹、藤、棕、草制造和家居制造过程中包括自备发电锅炉、工业锅炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		建筑业	=E 建筑业	排放源包括房屋和土木工程建筑业、建筑安装业、建筑装饰业、其他建筑业中包括工业锅炉、发电内燃机的排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		纺织品及皮革制造	=17 纺织业+18 纺织服装、服饰造业+19 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	排放源包括纺织业、纺织服装、鞋、帽制造业、皮革、毛皮、羽毛（绒）及其制品制造过程中自备发电锅炉、工业锅炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
		其他工业	=24 文教、工美、体育和娱乐用品制造业+27 医药制造业+41 其他制造业+42 废旧资源综合利用业+46 水的生产和供应业	排放源包括工业大类中扣除以上单列出去的工业部门所剩下的类别，包括自备发电锅炉、工业锅炉等设备燃料燃烧的温室气体排放，但不包括运输工具的能源消费量。
	其他部门	服务业及其他	=F 批发、零售业+G 交通运输储运业和邮政业+H 住宿、餐饮业+I-T 其他行业	排放源包括批发、零售、交通运输储运、邮政、住宿、餐饮和其他行业的供暖和供热水的工业锅炉、炊事灶具（燃煤、天然气、液化石油气）等引起的排放，不包括道路交通工具等排放。
		居民生活	=城乡居民生活	城镇居民和农村居民家居生活过程中燃用化石燃料产生的温室气体排放，如炊事燃煤、天然气、液化石油气以及照明的煤油灯等引起的排放，不包括私家车燃油或天然气等排放。
		农、林、牧、渔	=A 农、林、牧、渔业	排放源包括该行业除道路交通工具外的所有设备的温室气体排放，如农业机械、烤烟房、炒茶灶等消费化石燃料的排放。

（二）编制方法

固定源化石燃料燃烧温室气体排放采用分部门、分燃料品种、分设备的燃料消费量等活动水平数据，结合相应的排放因子等参数，通过逐层累加综合计算得到温室气体的排放量。计算公式如下：

$$E_{gas,fuel} = \sum_{i,j,k} AD_{i,j,k} \times EF_{gas,i,j,k} \quad (2.1)$$

式中，$E_{gas,fuel}$：化石燃料燃烧的 CO_2、CH_4 和 N_2O 的排放量，t；

AD：燃料消费量，以热量单位计，TJ；

EF：排放因子，t/TJ；

gas，i，j，k分别表示不同的气体类别、燃料类型、部门类别和技术类型。

燃料消费量以热量单位表示，需要通过将化石燃料实物量数据乘以相应的低位发热量折算获得[1]。低位发热量推荐优先采用本地区特征参数，如本地区数据无法获取，可通过相应年份国家能源平衡表的实物量和标准量折算获取国家层面平均低位发热量替代[2]。

具体计算步骤如下：

1. 确定清单采用的技术分类，基于本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消费量；

2. 基于设备的燃烧特点，确定分气体类别、分部门、分品种主要设备相应的排放因子数据；

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。

此外，煤制气的排放采用碳质量平衡的方法计算，通过能源平衡表中制气环节的能源的投入产出计算排放情况。煤制油的排放通过式（2.1）计算。

（三）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固定源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

[1] 燃料消费量（TJ）=燃料消费实物量（10^4t 或10^8m^3）×燃料低位发热量（TJ/10^4t 或 TJ/10^8m^3）

[2] 低位发热量（TJ/10^4t 或 TJ/10^8m^3）=标准量（10^4t 标准煤）×292.712（TJ/10^4t 标准煤）/实物量（10^4t 或10^8m^3）

可参照前述的部门排放源分类，结合各地区的具体情况划分；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固定源活动水平数据来源包括：各地区能源平衡表和工业分行业终端能源消费量，并扣除其中用于原料材料等非能源利用的消耗量；详细的活动水平数据分类参考附表 A.1。活动水平数据分类与国家工业分行业分类对应关系见表 2.1。

需要注意的是，在能源活动内部，高炉煤气和转炉煤气分别是钢铁生产过程中的副产煤气，其碳量已经在原煤、焦炭等投入环节计算。为避免重复计算，将高炉煤气和转炉煤气的活动水平数据调整为 0。在能源活动和工业生产过程和产品使用两个领域之间，除能源用途外，还存在化石燃料用作原材料等其他用途。为避免重复计算，润滑油、石蜡等非能源产品使用的排放报告在工业生产过程和产品使用。与此同时，炼钢降碳产生的 CO_2 报告在能源活动。在能源活动和废弃物处理两个领域之间，一些废弃物焚烧也会提供电或热，为避免重复计算，将城市生活垃圾焚烧处理的 CH_4 和 N_2O 排放、化石成因 CO_2 排放报告在能源活动领域。

此外，石油精炼过程中催化剂的烧焦量通常难以获取，如数据不可获得，催化剂烧焦量可根据占原油消耗量 2%计算。煤制油的原煤消耗量采用能源平衡表的炼油及煤制油中的煤炭投入量数据，煤制气的活动水平数据根据能源平衡表制气中的天然气产量获得。

我国的燃煤设备主要有三类：电站锅炉、供热锅炉和工业窑炉。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，如钢铁的高炉，氧化铝煅烧的回转窑，合成氨造气炉，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燃烧设备，并通过专项调研等确定相应的化石燃料消费量，进一步细分固定源燃烧设备的活动水平数据详见附表 A.2，设备类型可根据各地区实际情况灵活调整。

（四）排放因子数据及其确定方法

各燃料品种的单位热值含碳量，主要燃烧设备的碳氧化率，以及主要燃烧设备的 CH_4 和 N_2O 排放因子原则上采用本地区特征参数，以便准确反映当地燃烧设备的技术水平和燃料品种特点。如本地区数据无法获取，建议采用指南推荐的排放因子。

1. CO_2 排放因子

应用详细技术为基础的部门法计算化石燃料 CO_2 排放量所需的 CO_2 排放因

子可以通过各燃料品种的单位热值含碳量以及主要燃烧设备的碳氧化率确定；

$$\mathrm{EF}_{\mathrm{CO}_2,i,j,k} = \mathrm{CC}_{i,j,k} \times \mathrm{OF}_{i,j,k} \times \frac{44}{12} \quad (2.2)$$

式中，$\mathrm{EF}_{\mathrm{CO}_2,i,j,k}$：分燃料类型$i$、部门类别$j$和技术类型$k$的 CO_2 排放因子，t/TJ；

$\mathrm{CC}_{i,j,k}$：单位热值含碳量，tC/TJ；

$\mathrm{OF}_{i,j,k}$：碳氧化率，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

一是确定不同化石燃料单位热值含碳量。如本地区特征数据无法获取，分行业、分燃料品种的单位热值含碳量建议参考表 2.2。

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，如无法获取本地区特征数据，建议各部门不同设备油品（原油、燃料油、柴油、煤油等）、焦炉煤气、液化天然气、炼厂干气、天然气及其他气体等的碳氧化率取值为 100%。考虑到不同部门不同设备燃煤的碳氧化率差异较大，建议尽量采用本地区公用电力和热力、钢铁工业及铁合金铸造、有色金属、化学工业、建材行业主要设备分煤种的碳氧化率。

根据现有研究结果，目前各设备燃煤碳氧化率范围在 90%~99%之间，其中电站和供热锅炉碳氧化率较高，平均达到 99%左右，只有极少数电站锅炉的碳氧化率低于 90%。对于其他设备的燃煤碳氧化率，根据有关样本调查分析结果，不同设备的碳氧化率差别较大。如无法获取本地区特征数据，建议钢铁工业碳氧化率缺省值为 99%，化工行业的合成氨造气炉碳氧化率缺省值为 90%~96%之间，建材水泥窑碳氧化率缺省值为 99%，居民生活、农林牧渔、服务业及其他部门燃烧设备的碳氧化率缺省值为 100%。

此外，建议各地区开展炼油催化剂烧焦、煤制油和煤制气排放因子研究，通过碳质量平衡方式获取本地区特征排放因子。如本地区特征因子无法获取，建议炼油催化剂烧焦碳氧化率缺省值为 98%，煤制油固碳率缺省值为 65.2%，煤制气排放因子缺省值为 2.69tCO_2/km^3。

2. 其他排放因子

建议开展分详细技术类型的 CH_4 和 N_2O 排放因子研究，如无法获取本地区特征排放因子，可参考表 2.3~2.4 提供的缺省排放因子。

表 2.2 固定源分行业、分燃料品种单位热值含碳量缺省值（tC/TJ）

	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	喷气煤油	其他煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
单位热值含碳量	电力和热力、建筑业、服务业、居民生活：26.7									12.1	12.1	22	20.0	18.9	19.5	19.6	20.2	21.2	26.6	17.2	15.7	20	15.3	15.3
	26.8-27.5	25.8	26.1-26.7	27.2	25.2	25.4	26.6	31.6	29.2															

注：电力和热力行业用煤指全社会所有公用和自备燃煤电厂、热电联产发电及其供热所消费的煤炭

表 2.3 固定源分行业、分燃料品种 CH_4 缺省排放因子（kg/TJ）

	无烟煤 炼焦烟煤 一般烟煤 褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	喷气煤油	其他煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
公用电力和热力-电站锅炉（包括公用和自备）	循环流化床：1 其他燃煤锅炉：0.9						1	1	电站锅炉：1 供热设备：10	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3
公用电力和热力-其他设备	1						1	1	10	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3
石油精炼 固体燃料和其他能源生产	1						1	1	10	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3
居民生活 农林渔牧	300						5		10												
服务业	10						5		10												
固定源其他行业							1	1	10	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3

表 2.4 固定源分行业、分燃料品种 N_2O 缺省排放因子（kg/TJ）

	原煤、煤矸石等	焦炭	焦炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	喷气煤油	其他煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
排放因子	1.5 电站锅炉（包括公用和自备）中循环流化床：6.1，其他燃煤锅炉：1.4	1.5	0.1	0.1	1.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1

（五）CO_2 捕获和封存

CO_2 捕获和封存（CCS）是指从发电、钢铁、天然气加工和乙醇生产厂等大型点源捕集 CO_2，将捕获的 CO_2 运输到地质储存地点如油气田、煤层和咸水层等，并将其注入进储存地，利用天然地质屏障将 CO_2 与大气长期隔绝的过程。对于 CO_2 捕获和封存量，推荐优先采用流量计计量的 CO_2 捕获量，如 CO_2 捕获量无法获取，可结合捕获效率进行估算，计算公式如下：

$$E_{CO_2\text{捕获量}} = \sum_i (C_{i,\text{投入原料和燃料的含碳量}} - C_{i,\text{产品或副产品含碳量}}) \times EF_i \times \frac{44}{12} \quad （2.3）$$

式中，$E_{CO_2\text{捕获量}}$：分行业的 CO_2 捕获量，t；

$C_{i,\text{投入原料和燃料的含碳量}}$和$C_{i,\text{产品或副产品含碳量}}$：该行业下 CO_2 捕获项目i原料和燃料的含碳量，以及产品或副产品的含碳量，t；

EF_i：CO_2 捕获项目i的捕获效率，%。捕获效率推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可参考表 2.5 给出的典型技术捕获效率的缺省值；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

表 2.5 典型技术 CO_2 捕获效率缺省值（%）

不同行业的捕获技术	捕获效率
烟煤，胺基燃烧后捕获	90
天然气联合循环系统，胺基燃烧后捕获	88
气化联合循环系统，燃烧前捕获	88

需要注意的是，在报告固定源化石燃料燃烧排放情况时应从每个固定源类别扣除对应行业的 CO_2 捕获量。如果某工厂采用的是生物质燃料，相应 CO_2 排放量为 0，不计入地区总量，此时会出现负排放的情况。

二、移动源化石燃料燃烧

（一）排放源描述

移动源化石燃料燃烧温室气体排放指不同的移动源燃烧设备、燃烧不同化石燃料的活动产生的 CO_2、CH_4 和 N_2O 三种温室气体排放情况。其中，国际航空、国际航海等国际燃料舱的化石燃料燃烧活动所产生的温室气体不计入本地区清单总量。

移动源化石燃料燃烧活动进一步可细分为航空运输、道路交通、铁路运输、水上运输以及其他交通等。移动设备主要包括：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。在我国统计体系中，其他交通为管道运输，管道运输是指用管道作为运输工具长距离输送液体或气体物资如石油、天然气、化学产品等的一种运输方式。

移动源化石燃料燃烧活动按燃料品种排放源可以分为固体燃料、液体燃料和气体燃料三类。其中固体燃料包括原煤、其他洗煤等，液体燃料包括汽油、喷气煤油、其他煤油、柴油、燃料油、液化石油气等，气体燃料包括天然气和液化天然气等。

表 2.6 移动源活动水平数据分类与国民经济行业分类对应关系

排放源类别			《国民经济行业分类 GB/T4754-2017》	备注
移动源	交通运输	航空运输	= 56 航空运输业	指除军事性质（包括国防、警察和海关）以外的所有的民用航空活动。航空运输温室气体排放包括商业航空（指具有公共经营性质的客货运输，即常见的航空公司运营模式）和通用航空(指使用航空器从事公共航空运输以外的航空活动，包括从事工业、农业、林业、渔业和建筑业的作业飞行以及医疗卫生、抢险救灾、气象探测、海洋监测、科学实验、教育训练、文化体育等方面的飞行活动)飞行器燃料消耗所产生的温室气体排放。
		道路交通	= 54 道路交通业	指全社会所有道路交通工具的温室气体排放。道路交通工具包括各类乘用车(主要为客车)、商用车(客车、载货车(包括特种车和专用车)、摩托车以及低速货车、三轮汽车等，不包括其他农用机械、矿山机械用车、厂用叉车、建筑工地用车、森林机械等非道路交通用车
		铁路运输	= 53 铁路交通业	指铁路机车消耗化石燃料产生的温室气体排放。铁路机车包括以下三种：内燃机车、电力机车或蒸汽机车。蒸汽机车除少数几个工况和旅游观光小火车外基本已不使用，机车用煤的排放贡献可以忽略不计；电力机车使用过程中无直接温室气体排放。

排放源类别			《国民经济行业分类 GB/T4754-2017》	备注
移动源	交通运输	水上运输	= 55 水上交通业	指所有水上运输船舶化石燃料燃烧产生的温室气体排放。水上运输船舶主要由大型、慢速或中等速度的柴油发动机驱动。
		其他交通	= 57 管道交通业	除上述航空运输、道路交通、铁路运输、水上运输外，其他交通为管道运输，是指用管道作为运输工具长距离输送液体或气体物资如石油、天然气、化学产品等的一种运输方式。管道运输过程中需给被运输物资加热加压提供动能。 主要指管道运输过程中加热炉等设备燃烧化石燃料产生的温室气体排放。

（二）编制方法

1. 航空运输

航空运输排放源包括商业航空和通用航空飞行器燃料消耗所产生的排放，不包括军事用途的航空活动。商业航空一般使用航空煤油，通用航空则使用航空汽油。考虑到排放的归属地，航空运输区分国内运输和国际燃料舱，需要分别进行计算。其中，国内运输计入本地区清单总量，计算范围为注册在本行政辖区内的运营单位的国内航段，即起点和终点均在国境内（包括港澳台地区）的航段，所产生的温室气体排放。国际燃料舱不计入本地区清单总量，作为信息项单独报告，口径为注册在本行政辖区内的运营单位起点在国境内（包括港澳台地区）而终点在国境外的航段所产生的温室气体排放。国内运输和国际燃料舱计算方法见式（2.1）。

2. 道路交通

道路交通排放源包括各类客车、货车和摩托车以及可能进行公路客货运输的低速货车、三轮车。涉及的化石燃料以油品为主，也包括天然气（压缩天然气和液化天然气）、液化石油气和其他替代燃料。不包括非道路机械移动源，例如农用机械、工程机械等。道路交通的 CO_2 排放可通过式（2.1）计算。由于大部分车辆安装尾气处理设备，对 CH_4 和 N_2O 排放有一定影响，CH_4 和 N_2O 排放的计算公式如下：

$$E_{gas} = \sum_{i,j,k} \left(AD_{i,j,k} \times EF_{gas,i,j,k} \right) \times 10^{-3} \qquad (2.4)$$

式中，E_{gas}：道路交通的 CH_4 和 N_2O 的排放量，t；

$AD_{i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类别j和主要污染控制技术类型k的活动水平数据，TJ；

$EF_{gas,i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类别j和主要污染控制技术类型k的排放因子，kg/TJ。

3. 铁路运输

铁路运输排放主要包括内燃机车、柴油发电车和机械保温车等消耗柴油产生的排放，蒸汽机车因排放贡献较小可以忽略不计，电力机车使用过程中无直接温室气体排放。铁路运输温室气体排放通过式（2.1）计算得到。

4. 水上运输

水上运输排放包括游艇、气垫船、大型远洋货船等由柴油发动机，或者蒸汽、气体涡轮机驱动的船艇所产生的温室气体排放，不包括渔业捕捞及军事用途的水上运输活动。船舶燃料类型目前以柴油、燃料油等为主，也包括少部分液化天然气、甲醇和氢等。

与航空运输相同，考虑到排放的归属地，水上运输区分国内运输和国际燃料舱，需要分别进行计算。其中，国内运输计入本地区清单总量，口径为注册在本行政辖区内的运营单位起点和终点均在国境内（包括港澳台地区）的航段所产生的温室气体排放。国际燃料舱不计入本地区清单总量，作为信息项单独报告，计算范围为注册在本行政辖区内的运营单位的起点在国境内（包括港澳台地区）而终点在国境外的航段所产生的温室气体排放。计算方法如式（2.1）所示。

5. 其他交通

其他交通指除上述航空运输、道路交通、铁路运输、水上运输外的管道运输，主要指为管道长距离输送液体或气体物资的交通方式，采用分燃料品种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逐级累加计算得到排放量，计算方法如式（2.1）所示。

（三）活动水平数据及其来源

1. 航空运输

商业航空国内运输和国际燃料舱活动水平数据参考注册在本行政辖区内的运营单位提供的分燃料品种的燃料消费量。在通用航空方面，由于通用航空的油耗统计系统仍在完善之中，若本地区无权威的航空汽油消费量统计数据，可根据《2006 年 IPCC 清单指南》中所述的“通用航空的航空汽油消费量占航空运输总油耗量的比例低于 1%”进行估算。

2. 道路交通

（1）CO_2 活动水平数据

由于 CO_2 排放与燃料消费量密切相关，与机动车技术（包括尾气处理设备）关系不大，因此道路交通 CO_2 排放的活动水平数据为分燃料品种的消费量。燃料品种包括汽油、柴油、天然气、液化石油气等，相关数据可以从本地区官方统计年鉴、税收记录等获取。由于在我国能源统计体系中，仅统计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生活和工商建筑等部门，数据较为分散，全口径道路交通能源消费量难以获取。以下提供两种处理方法：

方法一：如果本地区有相关研究，能提供地区道路交通分燃料品种的消费量，可直接使用这些数据。要注意的是与能源平衡表的“协调”，即本部分涉及的燃料消费量与其他部门该品种的燃料消费量之和，应与能源平衡表中该燃料可供本地区消费量保持一致。

方法二：如果没有以上研究，可对本地区能源平衡表进行手动调整获得，具体来说：

道路交通汽油消费量=本地区汽油消费总量–加工转换汽油消费量–原料用汽油消费量–农用机械汽油消费量–航空汽油消费量–管道交通汽油消费量–其他可能消费汽油的非道路交通部门汽油消费量

道路交通柴油消费量=本地区柴油消费总量–加工转换柴油消费量–原料用柴油消费量–农用机械柴油消费量–铁路运输柴油消费量–管道交通柴油消费量–其他可能消费柴油的非道路交通部门柴油消费量

一般而言，90%以上的汽油都用于道路交通，航空汽油消耗量可由本指南航空运输部分获得，其余行业汽油消耗量可参考本地区能源平衡表。柴油消费相对复杂，发电、其他交通模式（铁路、管道等）、非道路交通机械（农用机械、工程机械）都消费一定数量柴油。铁路柴油消耗量可由本地区机务段提供，其余行业柴油消耗量可参考本地区能源平衡表。

如果能获得本地区加油站分能源品种销售量，也可与以上方法获得的数据进行对比，验证以上计算数据的可靠性。

特别要注意避免重复计算。“挪移”到道路交通部门的燃料消费量一定要从原所属部门中扣除，同时保证该燃料的分部门加总量与本地区总消费量一致。

（2）CH_4 和 N_2O 活动水平数据

污染控制技术对 CH_4 和 N_2O 排放有重要影响，为提高准确性有必要对活动水平进行细分。当统计数据基础较好时，建议 CH_4 和 N_2O 的活动水平数据根据某类车辆（区分燃料类型、车辆类型、主要控制技术）的年行驶里程收集，计算公式如下：

$$AD_{i,j,k} = Vehicles_{i,j,k} \times Dis_{i,j,k} \times Consumption_{i,j,k} \quad (2.5)$$

式中，$AD_{i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类别j和主要污染控制技术类型k的活动水平数据，TJ；

$Vehicles_{i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类型j和主要污染控制技术类型k的保有量，辆；

$Dis_{i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类型j和主要污染控制技术类型k的年行驶里程，km；

$Consumption_{i,j,k}$：分燃料类型i、车辆类型j和主要污染控制技术类型k的平均燃料消耗，TJ/km·辆。

当上述数据难以获取时，则可采用简单方法进行估算。即柴油、液化石油气、天然气等燃料的活动水平数据与 CO_2 一致，汽油车需进一步细分为无尾气控制技术、氧化催化技术和车龄较短、尾气控制技术较为先进的汽油车，分类见表 2.6。

3. 铁路运输

铁路运输活动水平数据主要来源于本地区机务段内燃机车的柴油消耗量。

4. 水上运输

水上运输分燃料品种的燃料消费量数据主要来源于本地区官方统计机构。

5. 其他交通

管道交通分燃料品种的燃料消费量数据主要来源于本地区官方统计机构。

（四）排放因子数据及其确定方法

推荐各地区采用本地特征排放因子，如本地区特征数据无法获取，则采用本指南缺省值。

1. 航空运输

各燃料品种的单位热值含碳量详见表 2.2，航空煤油和航空汽油的 CH_4 和 N_2O 缺省排放因子分别为 0.5 kg/TJ 和 2 kg/TJ，碳氧化率为 100%。

2. 道路交通

（1）CO_2 的排放因子

单位热值含碳量的缺省值参考表 2.2，碳氧化率的缺省值为 100%。

（2）CH_4 和 N_2O 的排放因子

CH_4 和 N_2O 的排放很大程度上取决于燃料类型、排放控制技术、车辆类型、车辆行驶条件、发动机技术等。当 CH_4 和 N_2O 排放是关键排放源或者本地区有能力的，应尽可能实测，收集本地区特征排放因子以提高清单的准确性。当 CH_4 和 N_2O 排放不是关键源且本地区特征数据难以获得时，可采用表 2.7 的缺省值用于计算。

表 2.7 道路交通不同类型车辆 CH_4 和 N_2O 的缺省排放因子（kg/TJ）

典型车辆	CH_4	N_2O
汽油车（无尾气控制技术）	33	3.2
汽油车（氧化催化技术）	25	8.0
柴油车	3.9	3.9
天然气车	92	3
液化石油气车	62	0.2

注：汽油车（氧化催化技术）包括所有符合国 I 至国 VI 排放标准的汽油车，汽油车（无尾气控制技术）包括除符合国 I 至国 VI 排放标准的其他汽油车

3. 铁路运输

柴油的单位热值含碳量缺省值参考表 2.2，碳氧化率的缺省值是 100%。CH_4 和 N_2O 缺省排放因子分别为 4.15 kg/TJ 和 28.6 kg/TJ。

4. 水上运输

柴油和燃料油的单位热值含碳量缺省值参考表 2.2，碳氧化率的缺省值是 100%。柴油和燃料油的 CH_4 和 N_2O 排放因子缺省值分别为 7 kg/TJ 和 2 kg/TJ。

5. 其他交通

固体燃料的单位热值含碳量和碳氧化率缺省值分别为 26.7 tC/TJ 和 100%，液体和气体燃料的单位热值含碳量缺省值参考表 2.2，碳氧化率的缺省值是 100%。固体燃料、气体燃料、液化石油气、炼厂干气的 CH_4 缺省排放因子是 1 kg/TJ，其他液体燃料的 CH_4 缺省排放因子是 3 kg/TJ。焦炉煤气、液化石油气、炼厂干气、其他煤气、天然气和液化天然气的 N_2O 缺省排放因子是 0.1 kg/TJ，其他液体燃料的 N_2O 缺省排放因子是 0.6 kg/TJ，其他固体燃料的 N_2O 缺省排放因子是 1.5 kg/TJ。

第三节　生物质燃料燃烧

一、排放源描述

生物质本身为一类燃料品种，类似于化石燃料的煤油气。但由于大部分生物质为非商品能源，未纳入我国的常规能源统计体系，活动水平数据来源和处理方式不同于化石燃料，因此本指南将其单独说明。生物质主要包含以下种类：（1）农业废弃物及农林产品加工业废弃物，如农作物秸秆及木屑、木片等；（2）薪柴；（3）动物粪便（牧区主要为牛粪便）；（4）沼气；（5）以生物乙醇和生物柴油为主体的道路交通替代燃料；（6）固体废弃物（生物成因）。

我国是农业大国，农业生产废弃物产生渠道多、产生量大，可获得大量的秸秆资源加以利用。此外，农产品在初加工过程中可产生大量的副产品，主要包括稻壳、玉米芯、甘蔗渣等，主要来源包括粮食加工厂、食品加工厂、制糖厂和酿酒厂等，数量十分可观。农业废弃物能源化利用方式可分为 3 类：（1）为获取热量的直接燃烧，包括传统与现代两种方式；（2）转化为气体燃料再燃烧，如沼气等；（3）转化为液体燃料再燃烧，如燃料乙醇等。大部分农业废弃物用作农村生活燃料，还有小部分用于工商业部门的小型燃烧炉、稻壳锅炉等。

我国农村户用沼气和各种类型沼气工程也在持续为农村居民提供优质能源，随着规模的扩大，其温室气体排放也应纳入清单范围。动物粪便也是一些地区重要的生物质，其作为能源的利用方式主要是通过厌氧发酵制取沼气然后利用，但在牧区和一些燃料缺乏的地区也常用牛粪作燃料。秸秆、动物粪便、沼气以及垃圾（生物成因）的直接燃烧可能会产生的温室气体包括 CH_4 和 N_2O，本指南中将排放源定义为将生物质作为能源燃烧的各类设备，具体包括：

居民生活：省柴灶、老式炕灶以及其他农村生活设备（农村居民）；

制造业和建筑业：炒茶灶、烤烟房、砖瓦窑、工业锅炉、燃烧炉、炼铁炉等；

公用电力和热力：生物质发电/供热锅炉；

道路交通：道路交通机动车；

其中生物质燃烧的 CO_2 排放报告在信息项。

燃料品种划分为：农业废弃物（主要为秸秆）、薪柴、动物粪便、沼气、固体废弃物（生物成因）、生物液体燃料。生物质燃料燃烧相关的部门、设备与能源品种详见表 2.8。

表 2.8 生物质燃料燃烧相关的部门、主要设备与能源品种

部门	主要设备	能源品种					
		农业废弃物	薪柴	动物粪便	沼气	固体废弃物(生物成因)	生物液体燃料
居民生活	民用灶具	√	√	√	√	无	无
制造业和建筑业、其他部门	茶灶、烤烟房、砖瓦窑、工业锅炉、燃烧炉、炼铁炉等	√	√	无	无	无	无
公用电力和热力	电站锅炉、供热锅炉	√	√	无	√	√	无
道路交通	机动车	不涉及	不涉及	不涉及	不涉及	不涉及	√

相关研究结果表明，农村生活炉灶的活动水平占整个生物质燃烧量的 90%。因此，生物质燃料燃烧的关键排放源是量大面广的农村生活炉灶，由于省柴灶和传统灶的结构不同，排放性质也大不相同，确定不同炉灶（省柴灶和传统灶）的活动水平是计算生物质燃料燃烧排放的关键。

二、编制方法

生物质燃料燃烧的排放与燃料种类、燃烧技术与设备类型等因素紧密相关，计算公式如下：

$$E_{生物质燃料燃烧} = \sum_{i,j,k}\left(AD_{i,j,k} \times EF_{i,j,k}\right) \quad (2.6)$$

式中，$E_{生物质燃料燃烧}$：生物质燃料燃烧的 CO_2、CH_4 和 N_2O 的排放量，kg；

AD：生物质燃料消费量，TJ；

EF：排放因子，kg/TJ；

i，j，k分别表示不同的燃料品种、燃烧技术和设备类型。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据主要包括农村居民生活用能中生物质能源（主要为秸秆、薪柴和沼气）消费量；农村家庭户数、省柴灶和老式柴灶等主要设备的数量；省柴灶、老式柴灶的耗能比；省柴灶、老式柴灶的秸秆燃烧量，燃用秸秆的构成（玉米秸、麦秸、稻秆及其他）等；牧区生活用能中动物粪便燃烧量；分燃料（主要为农林废弃物、沼气

和固体废弃物）生物质能发电装机容量和发电量、单位发电量的分品种生物质能消费量等。活动水平数据主要来源于官方统计、问卷调查、专家咨询以及相关研究结果等。

此外，随着城镇化发展和牧民定居点的拓展，粪便作为燃料的消费量将不会有较大增长，更多粪便作为肥料使用。粪便燃烧量估算方法如下：统计本地区全部牧民户数，以单户牧民可能消费量为基础进行估算。但我国公开年鉴中较难获得牧民户数，可假设干粪年产量的三分之一被焚烧。

四、排放因子数据及其确定方法

考虑到不同地区生物质燃料燃烧排放因子差异较大，推荐优先采用本地区特征数据。如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省排放因子，详见表 2.9。

表 2.9 生物质燃料燃烧的排放因子（kg/TJ）

部门	燃料类型	设备类型	CH_4	N_2O	CO_2
居民生活	农业废弃物	省柴灶	373.85	9.51	100000
		传统灶	206.89		
	薪柴	省柴灶	181.96	5.02	112000
		传统灶	163.23		
	动物粪便	燃用动物粪便的火炉	30	4	100000
	沼气	燃气灶具	5	0.1	54600
公用电力和热力	农林废弃物		30	4	100000
	沼气		1	0.1	54600
	固体废弃物		30	4	100000
道路交通	生物乙醇		260	41	70767
	生物柴油		3.9	3.9	70767

第四节　逸散排放

一、排放源描述

逸散排放来源于固体燃料以及石油和天然气系统两个部分。

（一）固体燃料

固体燃料主要是指由于煤炭开采、洗选和运输、不完全密封以及煤矿废弃等情况导致赋存在煤层中的瓦斯（主要成分包括 CH_4 等）释放到大气，引起温室气体排放，具体包括井工煤矿和露天煤矿两类。

1. 井工煤矿 CH_4 排放

井工煤矿的 CH_4 逸散排放主要包括三种主要排放源，分别是井工开采 CH_4 排放、矿后活动 CH_4 排放和废弃矿井 CH_4 排放。

（1） 井工开采 CH_4 排放

煤炭井下采掘过程中，煤层 CH_4 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温室气体排放。井工开采 CH_4 排放通常发生在乏风系统和抽采系统，一些煤矿还会将上述 CH_4 进行回收利用。为维持安全环境，井工煤矿通常由地面灌气进入地下坑道来通风换气。通风气夹带着煤层释放的 CH_4，回到地表并被排放入大气。乏风系统中的 CH_4 浓度通常很低，但是其流量通常很大，因此该来源的 CH_4 排放量也较大。抽采系统包含采掘以前、采掘期间和采掘之后的钻井，通过抽采泵系统将煤层中或采空区的气体抽入抽采管道，此部分 CH_4 浓度通常相对较高。

（2） 矿后活动 CH_4 排放

煤炭加工、运输和使用过程，即煤的洗选、储存、运输及燃烧前的粉碎等过程产生的排放。此处特指井工开采的煤炭被采掘出来后，继续排放的气体。

（3） 废弃矿井 CH_4 排放

矿井在废弃后的一段时期内仍会有一部分煤矿瓦斯缓慢地涌出。井工矿井在关闭以后，仍将继续排放 CH_4，排放会迅速下降直到接近稳定的比率，地下水或地表水浸入空煤矿后，煤矿被淹没才会停止排放 CH_4。完全淹没的废弃煤矿产生的排放可忽略不计。

2. 露天煤矿 CH_4 排放

（1）露天开采 CH_4 排放

露天煤炭的 CH_4 逸散来源于被开采释放的和邻近暴露煤(地)层释放的 CH_4。

由于已开采层和周围层可能也包含 CH_4，所以露天煤矿采掘会产生排放。尽管气体含量通常小于较深的地下煤层，但也需计算，尤其是露天煤矿较多的地区。

（2）矿后活动 CH_4 排放

煤炭加工、运输和使用过程，即煤的洗选、储存、运输及燃烧前的粉碎等过程产生的排放。此处特指露天开采的煤炭被采掘出来后，继续排放的气体。

（二）油气系统

石油和天然气（包括煤层气）在勘探开发、生产、收集、处理、运输等各环节中因设备泄漏等原因产生的 CH_4 气体逸散。逸散根据来源可进一步细分成泄漏、放空和火炬排放，具体而言，泄漏主要是由于各环节管线、阀门、压缩机等设备存在密封不严或老化、腐蚀等问题，导致含有 CH_4 的气体从设备中泄漏出来；放空主要是由于各环节出于安全或操作需要，进行排空操作，将含有 CH_4 的气体直接排放到大气中；火炬主要是由于各环节处理无法回收的天然气或废气时，出于安全考虑，点燃火炬销毁天然气或废气时，气体不完全燃烧导致 CH_4 排放。核算边界包括石油和天然气系统勘探开发、生产、收集、处理或提炼和将石油及天然气产品送往市场所需的一切基础设施，即起始于井口，到最终销售至消费者处而终止。因石油和天然气系统的业务链长、业务环节多、排放源相对其他行业较为分散，排放量和构成常常具有很大的不确定性。油气系统的排放一般可根据业务内容划分为 12 个排放类别（表 2.10）。

表 2.10 油气系统排放来源描述

业务系统	业务环节	排放来源
石油系统	勘探开发	主要在钻井、试井和完井过程中。钻井过程主要包括钻探设备钻孔、钻井液返排等活动，其中钻井液返排过程中可能会溶解或携带部分天然气，产生 CH_4 排放。试井过程是当钻井达到目标层后需要进行的测试活动，测试时油气藏储层的碳氢化合物可能会直接放空或通过火炬进行燃烧处理从而产生 CH_4 排放。完井过程是指从油井钻开储层开始直至投产的系统工程，如果存在压裂过程，压裂返排液也是释放 CH_4 的重要源头之一。
	生产和处理	从单井井口到输油系统开始前产生 CH_4 的泄漏和冷放空，包括油井打开井口进行井维修作业的放空，以及油砂或页岩油开采、未处理产品（包括油井出水、乳液、油页岩和油砂等）运往处理设施、处理设施活动、相关气体再注入系统和采出水处理系统由于密封不严、设备老化、安全生产等原因产生的逸散排放。

业务系统	业务环节	排放来源
石油系统	运输	运输可售的原油（包括常规原油、重质原油、合成原油、沥青等）到炼油炼化厂过程中，由于密封不严或储存、装卸活动等因老化、腐蚀等问题产生的泄漏排放。运输方式可能包括管道、油罐车公路或铁路运输、水上运输等。
	炼制和储存	炼油炼化厂加工原油、液化天然气和合成原油等生产最终燃料、润滑剂等精炼产品的过程中，由于密封不严、老化、腐蚀等问题产生的泄漏排放。
	废弃油井	因产能下降、产业调整等原因临时或永久关闭曾经开展正常开展生产活动的井口装置产生的泄漏排放。
天然气系统	勘探开发	主要在钻井、试井和完井过程中。钻井过程主要包括钻探设备钻孔、钻井液返排等活动，其中钻井液返排过程中可能会溶解或携带部分天然气，产生 CH_4 排放。试井过程是当钻井达到目标层后需要进行的测试活动，测试时油气藏储层的碳氢化合物可能会直接放空或通过火炬进行燃烧处理从而产生 CH_4 排放。完井过程是指从气井钻开储层开始直至投产的系统工程，如果存在压裂过程，压裂返排液也是释放 CH_4 的重要源头之一。
	生产和集输	从气井井口开始到天然气处理厂入口前，或在不需要处理的情况下，到天然气传输系统的连接点，这一过程中的泄漏和放空排放。还应包括气井打开井口进行井维修作业的放空排放。
	处理	气田采集来的粗气含有水分、硫化氢等各种杂质成分，难以直接利用，需要经过脱水、脱酸等一系列净化处理。压缩机开停机、压力调节等过程泄放操作可能引起含有 CH_4 的气体冷放空，阀门、连接器、法兰等设备密封或损坏也可能引起泄漏排放。
	输送和储存	将处理过的天然气输送到市场（工业用户和城市燃气系统）过程中产生的排放，储存天然气和液化天然气进出口过程中的排放也应归入此类。
	天然气分销	包括城市输配过程中管道和场站的 CH_4 泄漏，燃气管道作业放空、事件放空、管道第三方破坏或者场站维修和启停等活动，以及压缩天然气和液化天然气储配和供应活动产生的排放等。
	废弃气井	因产能下降、产业调整等原因临时或永久关闭曾经开展正常开展生产活动的井口装置产生的泄露排放。
火炬系统		来自油气生产、运输等各环节中，在正常工况下和事故工况下，火炬系统中由于未完全燃烧产生的 CH_4 排放。

二、编制方法

（一）固体燃料

1. 井工煤矿 CH_4 排放

（1）井工开采 CH_4 排放

对于井工开采 CH_4 排放，如各地区能够获得辖区内各矿井的实测 CH_4 排放量，则首选采用基于煤矿的计算方法，即利用各个矿井的实测 CH_4 排放量，求和计算地区的 CH_4 排放量。实际测量的数据是最直接、精确和可靠的数据，各矿井实测的 CH_4 排放量之和即为清单的 CH_4 排放量。

井工开采的 CH_4 排放量主要包括三个部分：乏风系统 CH_4 排放量、抽采系统的 CH_4 排放量和矿井 CH_4 回收利用量（包括回收后用于火炬燃烧的 CH_4 量），计算公式如下：

$$E_{CH_4,井工} = E_{CH_4,乏风} + E_{CH_4,抽采} - E_{CH_4,回收} \quad (2.7)$$

式中，$E_{CH_4,井工}$：井工开采的 CH_4 排放量，t；

$E_{CH_4,乏风}$：乏风系统的 CH_4 排放量，t；

$E_{CH_4,抽采}$：抽采系统的 CH_4 排放量，t；

$E_{CH_4,回收}$：矿井 CH_4 的回收利用量，t。

如果获取辖区内井工煤矿 CH_4 排放量实测数据较为困难，可将煤矿按照煤矿瓦斯等级鉴定结果分为低瓦斯矿和高瓦斯/突出矿两大类，分别确定排放因子和产量，按照公式（2.8）计算各矿井工开采 CH_4 排放，并加总汇合得到本地区总排放量。

$$E_{CH_4,井工} = (M_{井工,低} \times EF_{井工,低} \times CF + M_{井工,高} \times EF_{井工,高} \times CF) \times 10^{-3} \quad (2.8)$$

式中，$M_{井工,低}$和$M_{井工,高}$：分别是低瓦斯矿和高瓦斯/突出矿井工开采的原煤产量，t；

$EF_{井工,低}$和 $EF_{井工,高}$：分别是低瓦斯矿和高瓦斯/突出矿井工开采的 CH_4 排放因子，m^3CH_4/t 原煤；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

如果辖区内部分矿井有实测数据，但部分矿井没有实测数据，可以按照如下方法处理：有实测数据的矿井使用实测的井工 CH_4 排放量数据，并加总得到有实测数据矿井的井工开采 CH_4 排放总量；无实测数据的矿井按照煤矿瓦斯等级鉴定结果分为低瓦斯矿和高瓦斯/突出矿两大类，并分别确定排放因子和产量，按照公式（2.8）计算各矿井工开采 CH_4 排放，加总汇合得到本地区无实测数据矿井的井工开采 CH_4 排放总量;将两部分排放总量加和得到本地区井工开采 CH_4 排放总量。

（2）矿后活动 CH_4 排放

矿后活动 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{CH_4,矿后} = M_{矿后} \times EF_{矿后} \times CF \times 10^{-3} \quad （2.9）$$

式中，$E_{CH_4,矿后}$：矿后活动的 CH_4 排放量，t；

$M_{矿后}$：涉及矿后活动 CH_4 排放核算的原煤产量，t；

$EF_{矿后}$：矿后活动的 CH_4 排放因子，m^3CH_4/t 原煤；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

其中，如果可以获得辖区内井工煤矿开采煤炭出井处或出矿的煤样平均瓦斯残余量数据，可用该数据作为该矿井所产煤炭的排放因子；如无法获取煤样瓦斯残余量数据，那么使用缺省排放因子；如果辖区内只有部分矿井可以获得煤样瓦斯残余量数据，那么有数据的矿井使用实测的煤样瓦斯残余量数据作为排放因子，无数据的矿井采用缺省排放因子。

（3）废弃矿井 CH_4 排放

废弃矿井 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{CH_4,废弃} = E_{CH_4,废弃原} - E_{CH_4,废弃回收} \quad （2.10）$$

式中，$E_{CH_4,废弃}$：废弃矿井的 CH_4 排放量，t；

$E_{CH_4,废弃原}$：废弃矿井原本的 CH_4 排放量，t；

$E_{CH_4,废弃回收}$：废弃矿井回收利用的 CH_4 量，t。

废弃矿井原本的 CH_4 排放量可按照公式（2.10）进行计算：

$$E_{CH_4,废弃原} = N_{未淹废弃} \times P_{瓦斯矿} \times EF_{废弃} \times CF \times 10^{-3} \quad （2.11）$$

式中，$N_{未淹废弃}$：未淹没的废弃矿井数量，个；

$P_{瓦斯矿}$：未淹没的废弃矿井中的瓦斯矿井比例，指除零瓦斯矿以外的有 CH_4 排放的未淹没的废弃矿井，%；

$EF_{废弃}$：废弃矿井的 CH_4 排放因子，m^3CH_4/个；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

公式（2.10~2.11）可以计算出某个时间间隔废弃矿井 CH_4 排放量，将各个时间间隔的 CH_4 排放量加总可以获得废弃矿井 CH_4 排放总量。

2. 露天煤矿 CH_4 排放

（1）露天开采 CH_4 排放

露天煤矿开采 CH_4 排放量较低，仅计算开采过程排放。计算公式如下：

$$E_{CH_4,露天} = M_{露天} \times EF_{露天} \times CF \times 10^{-3} \quad (2.12)$$

式中，$E_{CH_4,露天}$：露天煤矿开采的 CH_4 排放量，t；

$M_{露天}$：露天煤矿开采的原煤产量，t；

$EF_{露天}$：露天煤矿开采的 CH_4 排放因子，m^3CH_4/t 原煤；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

如果可以获得辖区内露天煤矿开采的平均排放因子，可用其作为该煤矿所产煤炭的排放因子；如无法获取露天煤矿开采平均排放因子，那么使用缺省排放因子；如果辖区内只有部分露天煤矿可以获得煤矿实测排放因子数据，那么有数据的煤矿使用实测的排放因子，无数据的煤矿采用缺省排放因子。

（2）矿后活动 CH_4 排放

矿后活动 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{CH_4,矿后} = M_{矿后} \times EF_{矿后} \times CF \times 10^{-3} \quad (2.13)$$

式中，$E_{CH_4,矿后}$：矿后活动的 CH_4 排放量，t；

$M_{矿后}$：涉及矿后活动 CH_4 排放核算的原煤产量，t；

$EF_{矿后}$：矿后活动的 CH_4 排放因子，m^3CH_4/t 原煤；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

其中，如果可以获得辖区内露天煤矿开采煤炭出矿的煤样平均瓦斯残余量数据，可用该数据作为该煤矿所产煤炭的排放因子；如无法获取煤样瓦斯残余量数

据，那么使用缺省排放因子；如果辖区内只有部分露天煤矿可以获得煤样瓦斯残余量数据，那么有数据的使用实测的煤样瓦斯残余量数据作为排放因子，无数据的采用缺省排放因子。

（二）油气系统

1.油气系统勘探开发

油气系统的勘探开发放空 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{油气系统,勘探开发} = \sum_i \left(Num_i \times EF_{放空,i}\right) \quad (2.14)$$

式中，$E_{油气系统,勘探开发}$：油气系统勘探开发产生的工艺放空 CH_4 排放量，tCH_4；

i：油气系统勘探开发中的设施类型，包括原油开采的钻井、试井、完井，以及天然气开采中的钻井、试井、完井等；

Num_i：设施类型i的数量，个；

$EF_{放空,i}$：设施类型i的工艺放空 CH_4 年排放因子，tCH_4/个。

其中，对于油气井试井作业[3]如果数据基础较好，可以采用工程计算的方法计算排放量，计算公式如下：

$$E_{油气系统,试井} = \sum_w \left(Q_w \times H_w \times V_{CH_4,w} \times CF \times 10^{-3}\right) \quad (2.15)$$

式中，$E_{油气系统,试井}$：油气井试井作业时直接排放的 CH_4 量，tCH_4；

w：试井作业时直接放空的油气井序号；

Q_w：第 w 个实施试井作业的油气井的无阻放空流量，m^3/h；

H_w：核算和报告年度内第 w 个油气井进行试井作业的作业时数，h；

$V_{CH_4,w}$：第 w 个油气井排放气中的 CH_4 体积分数，%；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

2.石油系统生产和处理

石油系统生产和处理 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{石油系统,生产和处理} = \sum_i Num_i \times \left(EF_{放空,i} + EF_{泄漏,i}\right) \quad (2.16)$$

[3] 试井作业的放空气体如果经过回收进入火炬系统进行焚烧处理，则不计入工艺放空排放，而是参考式（2.24）~（2.26）计算为火炬系统的 CH_4 排放

式中，$E_{石油系统,生产和处理}$：石油系统生产和处理 CH_4 排放量，tCH_4；

i：石油系统中生产和处理环节的设施类型，包括原油开采的井口装置、单井储油罐（或海上油气的浮式生产储油卸油装置）、接转站（或海上油气井口平台、中心平台）、联合站（或海上油气的陆地终端）、油井维修；

Num_i：设施类型 i 的数量，个；

$EF_{放空,i}$：设施类型 i 的工艺放空 CH_4 年排放因子，tCH_4/个；

$EF_{泄漏,i}$：设施类型 i 的泄漏 CH_4 年排放因子，tCH_4/个。

3.石油系统运输

石油系统运输过程中的 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{石油系统,运输} = \sum_i Num_i \times EF_{泄漏,i} \quad (2.17)$$

式中，$E_{石油系统,运输}$：石油系统运输过程中的 CH_4 排放量，tCH_4；

i：石油系统中运输方式，包括管道、油罐、水上运输；

Num_i：运输方式 i 的数量，个；

$EF_{泄漏,i}$：运输方式 i 的泄漏 CH_4 年排放因子，tCH_4/个。

4.石油系统炼制和储存

石油系统炼制和储存过程中的 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{石油系统,炼制和储存} = Q_{oil} \times EF_{炼制和储存,泄漏} \quad (2.18)$$

式中，$E_{石油系统,炼制和储存}$：石油系统炼制和储存过程中的 CH_4 排放量，tCH_4；

Q_{oil}：炼油量，10^4t；

$EF_{炼制和储存,泄漏}$：单位炼油量的泄漏 CH_4 年排放因子，$tCH_4/10^4t$。

5.油气系统废弃井

油气系统废弃井的 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{油气系统,废弃井} = Num_i \times EF_{油气系统,废弃井} \quad (2.19)$$

式中，$E_{油气系统,废弃井}$：油气系统废弃井中的 CH_4 排放量，tCH_4；

i：废弃井类型，包括石油系统被水泥塞封堵的废弃油井和其他未被水泥塞封堵的废弃油井，以及天然气系统被水泥塞封堵的废弃气井和其他未被水泥塞封堵的废弃气井；

Num_i：第 i 种废弃井的数量，个；

$\mathrm{EF}_{\text{油气系统,废弃井}}$：第 i 种废弃井的泄漏 CH_4 年排放因子，tCH_4 /个。

6.天然气系统生产和集输

天然气系统生产和集输 CH_4 排放量计算公式如下：

$$\mathrm{E}_{\text{天然气系统, 生产和集输}} = \sum_i \mathrm{Num}_i \times \left(\mathrm{EF}_{\text{放空},i} + \mathrm{EF}_{\text{泄漏},i}\right) \qquad (2.20)$$

式中，$\mathrm{E}_{\text{天然气系统, 生产和集输}}$：天然气系统生产和集输 CH_4 排放量，tCH_4；

i：天然气系统生产和集输的设施类型，包括天然气开采中的井口装置、集气站（或海上油气的井口平台、中心平台）、计量/配气站、集气总站（或海上油气的陆地终端）、气井维修等；

Num_i：设施类型 i 的数量，个；

$\mathrm{EF}_{\text{放空},i}$：设施类型 i 的工艺放空 CH_4 年排放因子，tCH_4/个；

$\mathrm{EF}_{\text{泄漏},i}$：设施类型 i 的泄漏 CH_4 年排放因子，tCH_4/个。

7.天然气系统处理

天然气系统处理的 CH_4 排放量计算公式如下：

$$\mathrm{E}_{\text{天然气系统,处理}} = \mathrm{Q}_{\text{gas}} \times (\mathrm{EF}_{\text{天然气系统,处理放空}} \times \mathrm{EF}_{\text{天然气系统,处理泄漏}}) \qquad (2.21)$$

式中，$\mathrm{E}_{\text{天然气系统,处理}}$：天然气系统处理过程 CH_4 排放量，tCH_4；

Q_{gas}：天然气的处理量，10^8m^3；

$\mathrm{EF}_{\text{天然气系统,处理放空}}$：单位天然气处理量的放空 CH_4 排放因子，$tCH_4/10^8m^3$；

$\mathrm{EF}_{\text{天然气系统,处理泄漏}}$：单位天然气处理量的泄漏 CH_4 排放因子，$tCH_4/10^8m^3$。

8.天然气系统输送和储存

天然气系统输送和储存的 CH_4 排放量计算公式如下：

$$\mathrm{E}_{\text{天然气系统,输送和储存}} = \sum_i \left(\mathrm{Num}_i \times (\mathrm{EF}_{i,\text{泄漏}} + \mathrm{EF}_{i,\text{放空}})\right) \qquad (2.22)$$

式中，$\mathrm{E}_{\text{天然气系统,输送和储存}}$：天然气输送和储存环节 CH_4 排放量，tCH_4；

i：天然气输送和储存环节存在 CH_4 排放的设施类型，包括压气站/增压站、

计量站/分输站、管线（逆止阀）、清管站、储气库、LNG 站等。

Num_i：天然气输送和储存环节存在 CH_4 排放的设施类型 i 的数量，个；

$EF_{i,泄漏}$：设施类型 i 的泄漏 CH_4 年排放因子，tCH_4/个；

$EF_{i,放空}$：设施类型 i 的放空 CH_4 年排放因子，tCH_4/个。

9.天然气分销

天然气系统分销的 CH_4 泄漏排放量计算公式如下：

$$E_{天然气系统,分销} = Q_{gas,分销} \times EF_{天然气系统,分销泄漏} \quad (2.23)$$

式中，$E_{天然气系统,分销}$：天然气系统分销过程 CH_4 泄漏排放量，tCH_4；

$Q_{gas,分销}$：天然气的分销量，$10^8\ m^3$；

$EF_{天然气系统,分销泄漏}$：单位天然气分销量的 CH_4 泄漏排放因子，$tCH_4/10^8m^3$。

10.火炬系统

火炬系统排放可分为正常工况下的火炬气燃烧排放及由于事故、开停机、设备检修等导致的非正常工况火炬气燃烧排放，计算公式如下：

$$E_{火炬} = E_{正常火炬} + E_{非正常火炬} \quad (2.24)$$

式中，$E_{火炬}$：火炬系统产生的 CH_4 排放量，tCH_4；

$E_{正常火炬}$：正常工况下火炬气燃烧产生的 CH_4 排放量，tCH_4；

$E_{非正常火炬}$：非正常工况火炬气燃烧产生的 CH_4 排放量，tCH_4；

其中，正常工况下火炬系统排放量计算公式如下：

$$E_{正常火炬} = \sum_k \left[Q_{正常火炬} \times V_{CH_4} \times (1 - OF) \times CF \times 10^{-3} \right]_k \quad (2.25)$$

式中，k：火炬系统序号；

$Q_{正常火炬}$：正常工况下第k支火炬系统通过的火炬气流量，m^3；

OF：第k支火炬系统的燃烧效率，%；

V_{CH_4}：第k支火炬系统火炬气中 CH_4 的平均体积分数，%；

CF：CH_4 密度，在 20℃、1 个标准大气压的条件下，取值为 $0.67\ kg/m^3$。

非正常工况下火炬系统排放量计算公式如下：

$$E_{非正常火炬} = \sum_l \left[GF_{非正常} \times T_{非正常} \times V_{CH_4} \times (1 - OF) \times CF \times 10^{-3} \right]_l \quad (2.26)$$

式中，l：非正常工况下火炬燃烧发生次数；

$GF_{非正常}$：第l次非正常工况火炬燃烧时的平均火炬气流速度，m^3/h；

$T_{非正常}$：第l次非正常工况火炬燃烧的持续时间，h；

OF：火炬系统的燃烧效率，%；

V_{CH_4}：第l次非正常工况火炬燃烧时火炬气流中 CH_4 气体的平均体积分数，%；

CF：CH_4 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 0.67 kg/m^3。

三、活动水平数据及其来源

（一）固体燃料

1. 井工煤矿 CH_4 排放

（1）井工开采 CH_4 排放

实测法活动水平数据为实测矿井中乏风系统和抽采系统的 CH_4 排放量实测值，以及 CH_4 回收利用量。需要的活动水平数据包括各煤矿的 CH_4 等级鉴定结果和对应矿井的原煤产量、实测煤矿 CH_4 排放量和抽放量（可通过实测的 CH_4 浓度、风量、温度和压力等参数进行计算）、CH_4 回收利用量等。推荐采用本地区矿井实测数据，如无法获取实测数据，可以通过专家分析或查阅统计资料等手段，整理出清单编制工作所需要的各矿井的瓦斯等级鉴定结果（低瓦斯、高瓦斯/突出）和对应的原煤产量数据。数据主要来源于本地区煤炭主管部门或相关统计部门、《中国煤炭工业年鉴》等。

（2）矿后活动 CH_4 排放

实测法活动水平数据包括进行实测的矿井的煤炭产量。需要的活动水平数据包括各煤矿的 CH_4 等级鉴定结果和对应矿井的原煤产量。推荐采用本地区实测数据，如无实测数据，可以通过专家分析或查阅统计资料等手段，整理出清单编制工作所需要的各矿井的瓦斯等级鉴定结果（低瓦斯、高瓦斯/突出）和对应的原煤产量数据。数据主要来源于本地区煤炭主管部门或相关统计部门、《中国煤炭工业年鉴》等。

（3）废弃矿井 CH_4 排放

废弃矿井的活动水平数据包括在时间间隔内废弃矿井的数量、废弃的矿井被水淹的数量，以及废弃矿井中瓦斯矿的比例。时间间隔可根据表 2.10 设定。时间间隔内废弃矿井的数量可以从统计数据获得，数据主要来源于本地区煤炭主管

部门或相关统计部门、《中国煤炭工业年鉴》等。

废弃矿井的水淹情况可通过辖区废弃矿井统计信息获取，应将辖区内确定的全浸没煤矿纳入用于清单编制的数据库和其他记录中，排放记为 0。如果不了解实际淹没程度，则假设全部煤矿未被淹没。

需确定瓦斯煤矿占废弃矿井的百分比，可通过辖区废弃矿井统计信息获取。如没有具体统计数据，则按照废弃的时间间隔采用表 2.11 中的瓦斯矿缺省比例。

表 2.11 废弃矿井的时间间隔和瓦斯矿缺省比例

时间间隔	瓦斯矿缺省比例
1900-1925	10%
1926-1950	50%
1950-1976	75%
1976-2000	100%
2001-现在	100%

2. 露天煤矿 CH_4 排放

（1）露天开采 CH_4 排放

实测法活动水平数据包括进行实测的煤矿的煤炭产量和实测煤矿 CH_4 排放量等数据。推荐采用本地区实测数据，如无实测数据，可以通过专家分析或查阅统计资料等手段，整理出清单编制工作所需要的各煤矿的覆盖层深度和对应的原煤产量数据。数据主要来源于本地区煤炭主管部门或相关统计部门、《中国煤炭工业年鉴》等。

（2）矿后活动 CH_4 排放

实测法活动水平数据包括进行实测的煤矿的煤炭产量。需要的活动水平数据包括各煤矿的 CH_4 等级鉴定结果和对应煤矿的原煤产量。推荐采用本地区实测数据，如无实测数据，可以通过专家分析或查阅统计资料等手段，整理出清单编制工作所需要的各煤矿的瓦斯等级鉴定结果（低瓦斯、高瓦斯/突出）和对应的原煤产量数据。数据主要来源于本地区煤炭主管部门或相关统计部门、《中国煤炭工业年鉴》等。

（二）油气系统

油气系统 CH_4 逸散排放的活动水平数据包括油气开采、输送、加工、消费等各个环节的设施/设备数量或运行量（例如天然气加工处理量、炼油量等），本地区油气生产设施/设备的数量可通过对辖区内油气生产、输送或消费企业的调

研收集，难以调研的可从本地区政府或企业的官方统计部门等获取。对于跨地区油气设施（如跨省输油/气管道等），可以以省份边界的门站为界点，界点门站计入下游省份统计数据。

四、排放因子数据及其确定方法

（一）固体燃料

1. 井工煤矿 CH_4 排放

（1）井工开采 CH_4 排放

采用实测法时，CH_4 逸散排放量等于实际测量值，不需要确定排放因子。如无法获取实测数据，低瓦斯矿的缺省排放因子为 10 m^3CH_4/t 原煤，高瓦斯/突出矿的缺省排放因子为 25 m^3CH_4/t 原煤。

（2）矿后活动 CH_4 排放

采用实测法时，建议以原煤从主井出来后进入煤仓前的皮带上作为矿后活动 CH_4 排放的起点。如无法获取实测数据，低瓦斯矿的缺省排放因子为 0.9 m^3CH_4/t 原煤，高瓦斯/突出矿的缺省排放因子为 3 m^3CH_4/t 原煤。

（3）废弃矿井 CH_4 排放

对于所需要编制清单年份（1990 年至 2050 年），可从表 2.12 中按照矿井废弃的时间间隔选择适当的排放因子。

表 2.12 废弃矿井的缺省排放因子（$10^6m^3CH_4$/个）

清单年份	1901-1925	1926-1950	1951-1975	1976-2000	2001-2025	2026-2050
1990	0.281	0.343	0.478	1.561	NA	NA
1991	0.279	0.340	0.469	1.334	NA	NA
1992	0.277	0.336	0.461	1.183	NA	NA
1993	0.275	0.333	0.453	1.072	NA	NA
1994	0.273	0.330	0.446	0.988	NA	NA
1995	0.272	0.327	0.439	0.921	NA	NA
1996	0.270	0.324	0.432	0.865	NA	NA
1997	0.268	0.322	0.425	0.818	NA	NA
1998	0.267	0.319	0.419	0.778	NA	NA
1999	0.265	0.316	0.413	0.743	NA	NA
2000	0.264	0.314	0.408	0.713	NA	NA
2001	0.262	0.311	0.402	0.686	5.735	NA
2002	0.261	0.308	0.397	0.661	2.397	NA

清单年份	1901-1925	1926-1950	1951-1975	1976-2000	2001-2025	2026-2050
2003	0.259	0.306	0.392	0.639	1.762	NA
2004	0.258	0.304	0.387	0.620	1.454	NA
2005	0.256	0.301	0.382	0.601	1.265	NA
2006	0.255	0.299	0.378	0.585	1.133	NA
2007	0.253	0.297	0.373	0.569	1.035	NA
2008	0.252	0.295	0.369	0.555	0.959	NA
2009	0.251	0.293	0.365	0.542	0.896	NA
2010	0.249	0.290	0.361	0.529	0.845	NA
2011	0.248	0.288	0.357	0.518	0.801	NA
2012	0.247	0.286	0.353	0.507	0.763	NA
2013	0.246	0.284	0.350	0.496	0.730	NA
2014	0.244	0.283	0.346	0.487	0.701	NA
2015	0.243	0.281	0.343	0.478	0.675	NA
2016	0.242	0.279	0.340	0.469	0.652	NA
2017	0.241	0.277	0.336	0.439	0.625	NA
2018	0.239	0.275	0.333	0.432	0.604	NA
2019	0.238	0.273	0.330	0.425	0.586	NA
2020	0.237	0.272	0.327	0.419	0.569	NA
2021	0.236	0.270	0.324	0.413	0.555	NA
2022	0.235	0.268	0.322	0.408	0.542	NA
2023	0.234	0.267	0.319	0.402	0.529	NA
2024	0.233	0.265	0.316	0.397	0.518	NA
2025	0.232	0.264	0.314	0.392	0.507	NA
2026	0.230	0.262	0.311	0.387	0.496	5.735
2027	0.229	0.261	0.308	0.382	0.487	2.397
2028	0.228	0.259	0.306	0.378	0.478	1.762
2029	0.227	0.258	0.304	0.373	0.469	1.454
2030	0.226	0.256	0.301	0.369	0.439	1.265
2031	0.225	0.255	0.299	0.365	0.432	1.133
2032	0.224	0.253	0.297	0.361	0.425	1.035

清单年份	1901-1925	1926-1950	1951-1975	1976-2000	2001-2025	2026-2050
2033	0.223	0.252	0.295	0.357	0.419	0.959
2034	0.223	0.251	0.293	0.353	0.413	0.896
2035	0.222	0.249	0.290	0.350	0.408	0.845
2036	0.221	0.248	0.288	0.346	0.402	0.801
2037	0.220	0.247	0.286	0.343	0.397	0.763
2038	0.219	0.246	0.284	0.340	0.392	0.730
2039	0.218	0.244	0.283	0.336	0.387	0.701
2040	0.217	0.243	0.281	0.333	0.382	0.675
2041	0.216	0.242	0.279	0.330	0.378	0.652
2042	0.215	0.241	0.277	0.327	0.373	0.625
2043	0.214	0.239	0.275	0.324	0.369	0.604
2044	0.214	0.238	0.273	0.322	0.365	0.586
2045	0.213	0.237	0.272	0.319	0.361	0.569
2046	0.212	0.236	0.270	0.316	0.357	0.555
2047	0.211	0.235	0.268	0.314	0.353	0.542
2048	0.210	0.234	0.267	0.311	0.350	0.529
2049	0.210	0.233	0.265	0.308	0.346	0.518
2050	0.209	0.232	0.264	0.306	0.343	0.507

2. 露天煤矿 CH_4 排放

（1）露天开采 CH_4 排放

采用实测法时，应注意不仅需要测量露天煤矿开采后产生的 CH_4 排放浓度，还需要获取煤矿覆盖层尚未清除之前的本区域环境 CH_4 浓度相关数据，二者的差值才是由于露天开采导致的 CH_4 排放量。如无法获取实测数据，平均覆盖层深度小于 25 米的煤矿，缺省排放因子为 0.3 m^3CH_4/t 原煤，覆盖层深度超过 50 米的煤矿，缺省排放因子为 2.0 m^3CH_4/t 原煤，对于中间深度或者缺少有关覆盖层厚度的数据，缺省排放因子为 1.2 m^3CH_4/t 原煤。

（2）矿后活动 CH_4 排放

采用实测法时，建议以原煤从露天采装区出来后进入煤仓前的皮带上作为矿后活动 CH_4 排放的起点。如无法获取实测数据，露天煤矿的缺省排放因子为 0.1 m^3CH_4/t 原煤。

（二）油气系统

油气系统 CH_4 逸散排放因子原则上建议采用企业实测数据。如无法获取实测数据，可参考表 2.13 所示的缺省排放因子。对于火炬系统而言，推荐实测燃烧/放空气体中的 CH_4 体积分数及燃烧效率，如无实测数据，建议燃烧/放空的火炬气体的平均 CH_4 体积分数采用缺省值 10%，燃烧效率缺省值为 99%。

表 2.13 油气系统缺省 CH_4 排放因子

业务系统	业务环节	活动水平	设施泄漏	工艺放空
石油系统	勘探开发	当年开展钻井作业油井数量	/	0.618 tCH_4/井次
		当年开展试井作业的油井数量	/	0.057 tCH_4/井次
		有地面工程的水力压裂完井油井作业数量	/	0.6 tCH_4/井次
		无地面工程的水力压裂完作业油井数量	/	14.4 tCH_4/井次
	生产和处理	当年进行油井维修（仅统计打开井口）作业的数量	/	0.064 tCH_4/井次
		井口装置	0.23 tCH_4/个	/
		单井储油装置（浮式生产储油卸油装置）	0.38 tCH_4/个	0.22 tCH_4/个
		接转站（井口平台、中心平台）	0.18 tCH_4/个	0.11 tCH_4/个
		联合站（陆地终端）	1.40 tCH_4/个	0.45 tCH_4/个
		原油储油库	26.2 tCH_4/个	/
	运输	原油管线一次管输量	0.067 $tCH_4/10^4t$	/
		原油罐输总量（公路和铁路运输）	0.309 $tCH_4/10^4t$	/
		原油海上/内河运输量	0.025 $tCH_4/10^4t$	/
	炼制和储存	炼油量	0.5 $tCH_4/10^4t$	/
	废弃油井	被水泥塞封堵的废弃油井	0.00002 tCH_4/个	/
		其他报废油井（除去被水泥塞封堵的）	0.088 tCH_4/个	/
天然气系统	勘探开发	当年开展钻井作业油井数量	/	0.0524 tCH_4/井次
		当年开展试井作业的油井数量	/	0.728 tCH_4/井次
		有地面工程的水力压裂完井油井作业数量	/	13.5 tCH_4/井次
		无地面工程的水力压裂完作业油井数量	/	28.8tCH_4/井次

业务系统	业务环节	活动水平	设施泄漏	工艺放空
天然气系统	生产和集输	当年进行气井维修（仅统计打开井口）作业的数量	/	0.064 tCH_4/井次
		井口装置	2.50 tCH_4/个	/
		集气站（井口平台、中心平台）	27.9 tCH_4/个	23.6 tCH_4/个
		计量/配气站	8.47 tCH_4/个	/
		集气总站（陆地终端）	58.37 tCH_4/个	10.0 tCH_4/个
	处理	天然气净化处理量	40.34 $tCH_4/10^8m^3$	13.83 $tCH_4/10^8m^3$
	输送和储存	压气站/增压站	85.05 tCH_4/个	10.05 tCH_4/个
		计量/分输站	31.50 tCH_4/个	13.52 tCH_4/个
		管线（逆止阀）	0.85 tCH_4/个	5.49 tCH_4/个
		清管站	/	0.001 tCH_4/个
		储气库	676.7 tCH_4/个	/
		LNG 站	22 tCH_4/个	/
	分销	天然气消费量	133 $tCH_4/10^8m^3$	/
	废弃气井	被水泥塞封堵的废弃气井	0.00002 tCH_4/个	/
		其他报废气井（除去被水泥塞封堵的）	0.088 tCH_4/个	/

第五节　CO_2 运输、注入与地质储存

一、排放源描述

本部分计算的是 CCS 运输、注入和储存环节的 CO_2 逸散排放，不包括捕集环节的排放或排放扣除，也不包括捕集、压缩、运输和注入环节相关的化石燃料消费引起的排放，上述排放分别报告在捕集发生部门，以及其他适当的燃料燃烧固定源或移动源类别。

二、编制方法

1. 运输

CO_2 的运输方式有管道运输和车船运输，具体排放源包括管道断裂、密封圈、阀门、管道的中间压缩机站、中间储存设施、运输低温液化，以及车船装载及卸载设施的 CO_2 逸散排放。计算方法如下：

$$E_{管道} = L_{管道} \times EF_{管道} \tag{2.27}$$

式中，$E_{管道}$：管道运输的 CO_2 逸散排放量，t；

$L_{管道}$：运输管道长度，m；

$EF_{管道}$：单位管道长度产生的 CO_2 逸散量，t/m。

对于车船运输逸散排放，通过流量计分别计量车船装卸的 CO_2 气体量计算得出：

$$E_{车船} = E_{装} - E_{卸} \tag{2.28}$$

式中，$E_{车船}$：车船运输的 CO_2 逸散排放量，t；

$E_{装}$：通过 CO_2 流量计计量的装载进车船的 CO_2 量，t；

$E_{卸}$：通过 CO_2 流量计计量的从车船中卸载的 CO_2 量，t。

2. 注入

注入环节排放主要来自注入系统在设备停运时向大气排放的 CO_2，CO_2 逸散量采用直接监测法测量，通过连续监测注入气体的流量、温度和压力，并通过气相色谱周期性分析注入气体的组分，从而计算得出 CO_2 逸散量。

$$E_{注入} = Q_{注入} \times T \times C_{注入} \times \rho \times 10^{-3} \tag{2.29}$$

式中，$E_{注入}$：注入系统的 CO_2 逸散排放量，t；

$Q_{注入}$：注入气体的流量，m^3/h；

$C_{注入}$：注入气体中 CO_2 的体积浓度，%；

T：设备停运时间，h；

ρ：CO_2 密度，在 20°C、1 个标准大气压的条件下，取值为 1.83 kg/m^3。

3. 地质储存

一般来说，存储在地质储层中的 99%以上 CO_2 可能会在那里停留 1000 年以上，但小部分仍可能通过一些潜在排放途径，如井口、岩石孔隙系统等缓慢或长期排放，本部分需要考虑的是从地质储存库泄漏到地表或海床的 CO_2。由于全球有关地质储存的实测经验较少，国内外尚未见成熟的地质储存环节 CO_2 逸散排放量核算方法学，如采用实测法监测本环节的逸散量，建议可按以下流程开展：1）场地特征分析，确认已经对储存地点的地质进行了评估，并确定了当地和区域的水文地质和泄漏途径；2）泄露风险评估，确认通过结合场地特征和预测 CO_2 随时间变化的现实模型以及可能发生排放的地点，对泄漏的可能性进行评估；3）监测，确保有一个适当的监测计划，监测计划应确定潜在的泄漏途径，测量泄漏和/或酌情验证更新模型。

三、活动水平数据及其来源

管道运输 CO_2 逸散排放量活动水平数据为管道长度，数据来源为本地区 CCS 主管部门。其他环节排放均为实测法，不涉及活动水平数据。

四、排放因子数据及其确定方法

管道运输的 CO_2 逸散排放量缺省年排放因子为 1.4 tCO_2/km。其他环节排放均为实测法，不涉及排放因子数据。

第六节　电力调入调出

一、排放源描述

对于某一地区电力消费排放，除了考虑本地区火力发电厂的化石燃料燃烧的CO_2直接排放量，还要考虑本地区电力调入调出所隐含的CO_2间接排放量，即考虑调入电力所隐含的CO_2排放，并扣减调出电力所隐含的CO_2排放。考虑到与地方碳核算工作的衔接，本指南提供了两种不同口径的计算方法。需要注意的是，电力调入调出的间接排放量不纳入本地区温室气体排放总量，仅作为信息项列出。

二、编制方法

方法一：本方法核算范围包括本省所有调入电力所隐含的CO_2排放量、本省所有调出电力所隐含的CO_2排放量，从而计算得到本省电力调入调出的CO_2间接排放量。

1. 电力调入隐含的CO_2排放

本地区电力调入来源包括从其他省份电网或区域电网调入电力隐含的CO_2排放量的核算方法为本地区从其他省份电网、区域电网调入电量与对应省份、区域电力平均CO_2排放因子的乘积之和，计算公式如下：

$$E_{电力调入} = \left[\sum_n (E_n \times EF_n) + \sum_i (E_i \times EF_i)\right] \times 10 \quad (2.30)$$

式中，$E_{电力调入}$：电力调入隐含的CO_2排放量，tCO_2；

E_n：本地区从第n个省份电网的调入电量，$10^4kW{\cdot}h$；

EF_n：第n个省份电力平均CO_2排放因子，$kgCO_2/kW{\cdot}h$；

E_i：本地区从第i个区域电网的调入电量，$10^4kW{\cdot}h$；

EF_i：第i个区域电力平均CO_2排放因子，$kgCO_2/kW{\cdot}h$。

2. 电力调出隐含的CO_2排放

电力调出隐含的CO_2排放量的核算方法为本地区所有调出电量与本地区电力平均CO_2排放因子的乘积，计算公式如下：

$$E_{电力调出} = \sum_k (E_k \times EF) \times 10 \quad (2.31)$$

式中，$E_{电力调出}$：电力调出隐含的CO_2排放量，tCO_2；

E_k：本地区向第k个省份电网或区域电网的调出电量，$10^4kW{\cdot}h$；

EF：为本地区电力平均 CO_2 排放因子，$kgCO_2/kW·h$。

3. 电力调入调出 CO_2 间接排放

电力调入调出 CO_2 间接排放量的核算方法为本地区电力调入隐含的 CO_2 排放量减去电力调出隐含的 CO_2 排放量，计算公式如下：

$$E_{间接排放}=E_{电力调入}-E_{电力调出} \quad (2.32)$$

式中，$E_{间接排放}$是电力调入调出 CO_2 间接排放量，tCO_2。

方法二：考虑到与地方碳排放核算工作的衔接，本方法核算范围包括本地区调入调出的化石能源电力所隐含的 CO_2 排放，即为化石能源电力净调入的 CO_2 排放。核算方法为：利用本地区化石能源电力净调入量乘以全国化石能源电力 CO_2 排放因子，其中化石能源电力净调入量为化石能源电力调入量减去化石能源电力调出量。计算公式如下：

$$E_{间接排放}=\left(E_{化石电调入}-E_{化石电调出}\right)\times EF\times 10 \quad (2.33)$$

式中，$E_{间接排放}$：化石能源电力净调入的 CO_2 排放量，tCO_2；

$E_{化石电调入}$：化石能源电力调入量，$10^4kW·h$；

$E_{化石电调出}$：化石能源电力调出量，$10^4kW·h$；

EF：全国化石能源电力 CO_2 排放因子，$kgCO_2/kW·h$。

三、活动水平数据及其来源

本地区调入电量和调出电量数据采用官方统计数据，如《中国电力统计年鉴》、《电力工业统计资料汇编》等，化石能源电力调入量和调出量数据可以从本地区能源主管部门获得。

四、排放因子数据及其确定方法

我国省级地区电网划分同省级行政区域完全一致，区域电网划分包括华北电网、东北电网、华东电网、华中电网、西北电网、南方电网和西南电网，各区域电网的覆盖范围见表 2.15。省级地区电力平均 CO_2 排放因子和区域电力平均 CO_2 排放因子的推荐值如表 2.14 和表 2.15 所示。全国化石能源电力 CO_2 排放因子为 0.8426 $kgCO_2/kW·h$。

表 2.14 省级地区电力平均 CO_2 排放因子

省级电网	排放因子（$kgCO_2/kW·h$）	省级电网	排放因子（$kgCO_2/kW·h$）
北京	0.5580	河南	0.6058
天津	0.7041	湖北	0.4364
河北	0.7252	湖南	0.4900
山西	0.7096	广东	0.4403
内蒙古	0.6849	广西	0.4044
辽宁	0.5626	海南	0.4184
吉林	0.4932	重庆	0.5227
黑龙江	0.5368	四川	0.1404
上海	0.5849	贵州	0.4989
江苏	0.5978	云南	0.1073
浙江	0.5153	陕西	0.6558
安徽	0.6782	甘肃	0.4772
福建	0.4092	青海	0.1567
江西	0.5752	宁夏	0.6423
山东	0.6410	新疆	0.6231

注：表格数据为 2022 年省级地区电力平均 CO_2 排放因子，后续如有数据更新，可选用主管部门最新发布的省级电力平均 CO_2 排放因子

表 2.15 区域电力平均 CO_2 排放因子

区域电网	覆盖地区	排放因子（$kgCO_2/kW·h$）
华北电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区西部地区（除赤峰市、通辽市、呼伦贝尔市和兴安盟之外的地区）	0.6776
东北电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区东部地区（赤峰市、通辽市、呼伦贝尔市和兴安盟）	0.5564
华东电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.5617
华中电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省	0.5395
西北电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区	0.5857
南方电网	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省	0.3869
西南电网	四川省、重庆市	0.2268

注：表格数据为 2022 年区域电力平均 CO_2 排放因子，后续如有数据更新，可选用主管部门最新发布的区域电力平均 CO_2 排放因子

第三章　工业生产过程和产品使用

第一节　概述

工业生产过程和产品使用清单范围包括非金属矿物制品生产的 CO_2 排放，化学工业生产的 CO_2、N_2O、HFCs、PFCs 和 SF_6 的排放，金属制品生产的 CO_2、CH_4 和 PFCs 的排放，非能源产品使用的 CO_2 排放，电子工业的 PFCs 排放，消耗臭氧层物质替代物使用的 HFCs 排放，以及其他产品制造和使用的 SF_6 排放，共 7 大类 24 个行业排放源。

《2011 年省级清单指南》只包括 12 个行业排放源，部分排放源使用《1996 年 IPCC 清单指南》，且未细分工艺技术和产品类型，完整性和准确性程度不高；《2011 年省级清单指南》与国家清单方法和口径不一致，且随着工艺技术水平不断创新发展，所提供的排放源类别、方法学及排放因子数据无法反映当前我国实际情况。

在上述基础上，本指南修订了工业生产过程和产品使用报告边界、部分排放源计算方法及缺省排放因子，详见本章和附录 B。进一步厘清了工业生产过程和产品使用和能源活动的边界，非能源利用的排放从能源活动移至工业生产过程和产品使用报告。指南细化了部分产品生产过程的排放，例如，考虑到我国不同行业所用石灰的品质有所不同，指南把石灰分为建筑石灰、冶金石灰、化工石灰和其他石灰四大类。指南方法学全面采用《2006 年 IPCC 清单指南》，根据我国实际情况和数据基础，建立了排放因子法和碳质量平衡法联合应用的方法学体系，其中乙烯、甲醇和钢铁生产过程采用碳质量平衡法，其余排放源采用排放因子法。工业生产过程和产品使用所涉及的排放源类别如图 3.1 所示。

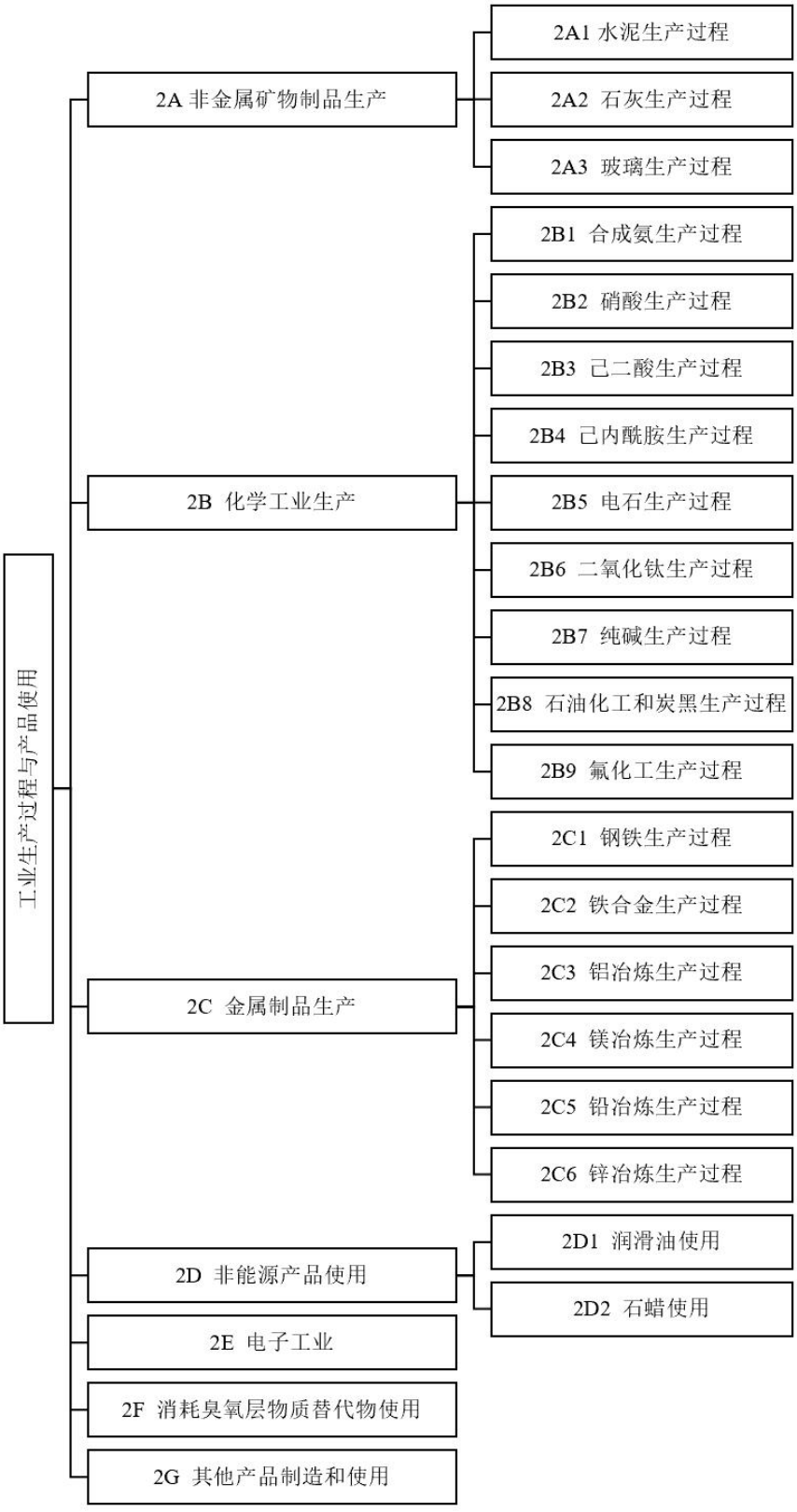


图 3.1 工业生产过程和产品使用所涉及的排放源

第二节　非金属矿物制品生产

一、水泥生产过程

（一）排放源描述

水泥生产过程中的 CO_2 排放全部来自水泥熟料生产。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他配料配制而成，石灰石的主要成分是碳酸盐，包括碳酸钙（$CaCO_3$）和碳酸镁（$MgCO_3$），在煅烧过程中，会分解排放出 CO_2。

（二）编制方法

水泥生产过程的 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2,水泥} = M_{cl} \times EF_{cl} \times CF_{ckd} \quad (3.1)$$

式中，$E_{CO_2,水泥}$：水泥生产过程的 CO_2 排放量，t；

M_{cl}：水泥生产的熟料产量，t；

CF_{ckd}：水泥窑灰（cement kiln dust，CKD）的排放修正因子，无量纲。水泥窑灰是生产硅酸盐类水泥熟料时从窑尾废气中经收尘设备收集到的干燥粉尘，可被工厂除尘器有效（但无法全部）捕获。未被回收到炉窑的水泥窑灰被认为是在工艺过程中“损失”的，未被计入熟料产量。目前我国除尘效率较高，CF_{ckd} 设定为 1。

EF_{cl}：单位水泥熟料的排放因子，tCO_2/t 熟料，计算公式如下：

$$EF_{cl} = (FR_1 - FR_{10}) \times \frac{44}{56} + (FR_2 - FR_{20}) \times \frac{44}{40} \quad (3.2)$$

式中，FR_1：熟料中氧化钙（CaO）的含量，%；

FR_{10}：熟料中不是来源于碳酸盐分解的 CaO 的含量，%；

FR_2：熟料中氧化镁（MgO）的含量，%；

FR_{20}：熟料中不是来源于碳酸盐分解的 MgO 的含量，%；

$\frac{44}{56}$：CO_2 到 CaO 的换算系数；

$\frac{44}{40}$：CO_2 到 MgO 的换算系数。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据是水泥熟料产量。水泥熟料产量指位于本地区的熟料生产线烧成的熟料，不含从其他地区购进的商品熟料。凡是由本地区生产的，无论是作为商品熟料出售，还是作为水泥生产过程中的半成品，都应统计在内。活动水平数据来源于本地区官方统计数据。

（四）排放因子数据及其确定方法

采用本地区实测参数，按照式（3.2）进行计算，具体需要调查水泥熟料的CaO含量和MgO含量以及熟料中非碳酸盐替代原料分解的CaO含量和MgO含量。其中，非碳酸盐替代原料指可在水泥熟料生产中替代天然碳酸盐矿石原料的非碳酸盐工业废弃物，主要为电石渣。

二、石灰生产过程

（一）排放源描述

石灰生产过程的CO_2排放源来自石灰窑中石灰石原料，主要成分是碳酸钙和碳酸镁，受热分解产生的CO_2。

（二）编制方法

考虑到不同行业所用石灰的品质有所不同，将石灰产品分为建筑石灰、冶金石灰、化工石灰和其他石灰四大类。计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (EF_i \times M_i) \quad (3.3)$$

式中，E_{CO_2}：石灰生产过程的CO_2排放量，t；

i：不同的石灰类型，包括建筑石灰、冶金石灰、化工石灰和其他石灰；

EF_i：第i类石灰的生产过程CO_2排放因子，tCO_2/t石灰；

M_i：第i类石灰的产量，t。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据是石灰产量，按照四大类产品用途分为冶金石灰、化工石灰、建筑石灰、其他石灰，活动水平采用本地区官方统计数据，如本地区数据无法获取，应通过专项调研等方式收集相关数据。需要注意的是，石灰产量包含本地区要销售的商品量（产成品）和自用量（中间产品），应排除主要成分为氢氧化钙（$Ca(OH)_2$）的熟石灰（也称消石灰、烧碱石灰等），主要成分为碳酸钙（$CaCO_3$）的石灰石粉和腻子粉等产品的产量，以及排除仅含有粉磨工序而不涉及烧窑的部分，如对购进的生石灰块进行精加工，将块状石灰磨成石灰粉等。另外，如本地

区部分烧窑工序生产的自产自用生石灰没有计量产量时，可通过熟石灰生产量估算生石灰生产量，即：

$$\text{生石灰生产量}=\text{熟石灰生产量}\times \frac{56}{74} \quad (3.4)$$

（四）排放因子数据及其确定方法

四类石灰的排放因子推荐优先采用本地区实测值，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，冶金石灰、化工石灰、建筑石灰、其他石灰缺省值分别为 0.686 tCO_2/t 石灰、0.695 tCO_2/t 石灰、0.682 tCO_2/t 石灰、0.699 tCO_2/t 石灰。

三、玻璃生产过程

（一）排放源描述

考虑到排放量以及统计数据的可获得性，玻璃生产过程的排放暂限于平板玻璃生产的排放。在平板玻璃的熔炼过程中，CO_2 的排放主要来自石灰石（$CaCO_3$）、白云石（$CaMg(CO_3)_2$）和纯碱（Na_2CO_3）等碳酸盐原材料的受热分解。

（二）编制方法

平板玻璃生产过程 CO_2 的排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = M_g \times EF \times (1 - CR) \quad (3.5)$$

式中，E_{CO_2}：平板玻璃生产过程的 CO_2 排放量，t；

M_g：平板玻璃产量，t；

EF：平板玻璃生产过程的排放因子，tCO_2/t 玻璃；

CR：平板玻璃生产过程的碎玻璃回用比率，%。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据是平板玻璃产量，数据来源于本地区官方统计数据。

（四）排放因子数据及其确定方法

玻璃生产过程的排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值 92.99 $tCO_2/10^4$ 重量箱，即 0.1859 tCO_2/t。碎玻璃回用比率推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可取缺省值 20%。

第三节　化学工业生产

一、合成氨生产过程

（一）排放源描述

我国目前主要以煤、焦炉煤气、天然气等能源为原料生产合成氨。合成氨生产排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在合成氨生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。我国合成氨生产过程的排放主要来源于原料气制取与净化、重整等生产环节。

（二）编制方法

合成氨生产过程碳排放清单编制需收集本地区所有合成氨生产企业排放数据，由此获得分原料路线的合成氨生产过程总排放量。各生产企业按照原料类型对合成氨碳排放进行核算，需将合成氨生产的原料分为煤、天然气、焦炉煤气和石油制品，对合成氨生产的碳排放量分别进行计算。计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i TFR_i \times CCF_i \times COF_i \times \frac{44}{12} \qquad (3.6)$$

式中，E_{CO_2}：合成氨生产过程 CO_2 排放量，t；

TFR_i：原料类型 i 的消耗量，GJ；

CCF_i：原料类型 i 的碳含量，tC/GJ；

COF_i：原料类型 i 的碳氧化因子，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为细分煤、焦炉煤气、天然气和石油制品原料路线的企业级原料消耗量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

合成氨的原料碳含量和碳氧化因子等相关参数采用本地区企业级数据，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

二、硝酸生产过程

（一） 排放源描述

硝酸生产过程的 N_2O 排放源于稀硝酸生产装置中氨气氧化过程的中间反应，

N_2O 是上述中间反应的副产物。

（二） 编制方法

硝酸生产过程 N_2O 排放计算公式如下：

$$E_{N_2O} = \sum_{i,j}\left[EF_i \times NAP_i \times \left(1 - DF_j \times ASUF_j\right)\right] \quad (3.7)$$

式中，E_{N_2O}：硝酸生产过程的 N_2O 排放量，t；

EF_i：技术类型i的 N_2O 排放因子，tN_2O/t 硝酸；

NAP_i：技术类型i的稀硝酸产量，t；

DF_j：减排技术类型j的 N_2O 去除因子，%；

$ASUF_j$：减排技术类型j的减排系统使用效率，%；

i：硝酸技术类型分为高压法、中压法和双加压法等；

j：分为初级、次级、三级和四级减排。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为分技术类型的稀硝酸产量数据（100%折算），应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，其中高压法 11.11 $kgN_2O/tHNO_3$，中压法 10.51 $kgN_2O/tHNO_3$，双加压法 5.91 $kgN_2O/tHNO_3$。N_2O 的去除因子和减排系统使用效率应根据本地企业 N_2O 处理装置实际运行情况确定。

三、己二酸生产过程

（一）排放源描述

己二酸生产工艺包括环己烷法、环己烯法等，其中硝酸作为氧化剂参与反应会产生副产品 N_2O。

（二）编制方法

己二酸生产过程 N_2O 排放计算公式如下：

$$E_{N_2O} = \sum_{i,j}\left[EF_i \times AAP_i \times \left(1 - DF_j \times ASUF_j\right)\right] \quad (3.8)$$

式中，E_{N_2O}：己二酸生产过程的 N_2O 排放量，t；

EF_i：技术类型i的 N_2O 排放因子，tN_2O/t 己二酸；

AAP_i：技术类型i的己二酸产量，t；

DF_j：减排技术类型j的 N_2O 去除因子，%；

$ASUF_j$：减排技术类型j的减排系统使用效率，%；

i：包括环己烷法、环己烯法等；

j：技术类型包括催化分解、热分解等。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为分技术类型的己二酸产量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，分别为 0.306 tN_2O/t 己二酸（环己烷法）和 0.286 tN_2O/t 己二酸（环己烯法）。N_2O 的去除因子和减排系统使用效率应根据本地区企业 N_2O 处理装置实际运行情况确定。

四、己内酰胺生产过程

（一）排放源描述

生产己内酰胺时，会在氨气氧化过程中排放 N_2O。

（二）编制方法

己内酰胺生产过程 N_2O 排放计算公式如下：

$$E_{N_2O} = \sum_{i,j}\left[EF_i \times CP_i \times \left(1 - DF_j \times ASUF_j\right)\right] \quad (3.9)$$

式中，E_{N_2O}：己内酰胺生产过程的 N_2O 排放量，t；

EF_i：技术类型i的 N_2O 排放因子，tN_2O/t 己内酰胺；

CP_i：技术类型i的己内酰胺产量，t；

DF_j：减排技术类型j的 N_2O 去除因子，%；

$ASUF_j$：减排技术类型j的减排系统使用效率，%；

i：包括肟化法等生产工艺；

j：包括热分解和催化分解等。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为本地区己内酰胺产量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值 0.009 tN_2O/t 己内酰胺。N_2O 的去除因子和减排系统使用效率应根据本地区企业 N_2O 处理装置实际运行情况确定。

五、电石生产过程

（一）排放源描述

电石生产过程的排放包括：1）电石（CaC_2）产品生产环节使用焦炭、兰炭等能源作为还原剂导致的 CO_2 排放；2）下游行业将电石与水发生化学反应，制备焊接用乙炔产生的 CO_2 排放。电石生产排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在电石生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。

（二）编制方法

电石生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = P \times EF_P + Q \times EF_q \qquad (3.10)$$

式中，E_{CO_2}：CO_2 排放量，t；

P：电石生产过程的电石产量，t；

EF_p：电石生产过程排放因子，tCO_2/t 电石；

Q：用于制备焊接用乙炔的电石消费量，t；

EF_q：制备焊接用乙炔的电石消费排放因子，tCO_2/t 电石。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为本地区电石产量和用于制备焊接用乙炔的电石消费量，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取[4]。

（四）排放因子数据及其确定方法

电石生产过程的碳排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，电石生产的排放因子缺省值为 0.83 tCO_2/t 电石，

[4] 如无焊接用乙炔电石消费量地区数据，可取电石产量的 10%用于计算。

制备焊接用乙炔的电石消费排放因子缺省值为 1.11 tCO_2/t 电石。

六、二氧化钛生产过程

（一）排放源描述

二氧化钛生产主要有硫酸法和氯化法两种工艺路线。其中，氯化法生产金红石型二氧化钛时，含碳原料用作还原剂会产生 CO_2 排放，二氧化钛生产过程排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在二氧化钛生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。

（二） 编制方法

氯化法生产金红石型二氧化钛的 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = AD \times EF \qquad (3.11)$$

式中，E_{CO_2}：二氧化钛生产过程 CO_2 的排放量，t；

AD：金红石型二氧化钛（氯化法）的产量，t；

EF：金红石型二氧化钛（氯化法）生产过程的排放因子，tCO_2/t 二氧化钛。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据指采用氯化法生产金红石型二氧化钛的产量数据，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值 1.34 tCO_2/t 二氧化钛。

七、纯碱生产过程

（一）排放源描述

纯碱生产工艺有氨碱法、联碱法和天然碱法。由于氨碱法、联碱法的工艺过程不涉及温室气体排放，天然碱法是在转炉中煅烧天然碱矿，会产生 CO_2 排放，所以本指南仅计算和报告采用天然碱法生产纯碱的 CO_2 排放。

（二）编制方法

纯碱生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = AD \times EF \qquad (3.12)$$

式中，E_{CO_2}：纯碱生产过程的 CO_2 排放量，t；

AD：纯碱（天然碱法）的产量，t；

EF：纯碱（天然碱法）生产过程的排放因子，tCO_2/t 纯碱。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为本地区天然碱法的纯碱生产量，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值 0.137 tCO_2/t 纯碱。

八、石油化工和炭黑生产过程

（一）甲醇生产过程

1. 排放源描述

我国目前主要以煤、焦炉煤气和天然气为原料生产甲醇。甲醇生产排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放在甲醇工业生产过程和产品使用中报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。甲醇生产过程的 CO_2 排放主要来源于原料的重整、变换和氧化反应。

2. 编制方法

甲醇生产过程碳排放清单编制需收集本地区所有甲醇生产企业排放数据，由此获得分原料路线的甲醇生产过程总排放量。各生产企业按照原料类型对甲醇碳排放进行计算，需将甲醇生产的原料分为煤、焦炉煤气和天然气，对甲醇生产的碳排放量分别进行计算。计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \left\{\sum_k (FA_k \times FC_k) - \left[PP \times PC + \sum_j (SP_j \times SC_j)\right]\right\} \times \frac{44}{12} \qquad (3.13)$$

式中，E_{CO_2}：甲醇生产过程的 CO_2 排放量，t；

FA_k：原料 k 的消耗量，t；

FC_k：原料 k 的碳含量，tC/t 原料 k；

PP：甲醇的产量，t；

PC：甲醇的碳含量，tC/t 甲醇；

SP_j：副产品 j 的产量，t；

SC_j：副产品 j 的碳含量，tC/t 副产品 j；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

3. 活动水平数据及其来源

活动水平数据为按原料类型分类的企业级甲醇生产数据，包括煤炭、焦炉煤气、天然气等原料的消耗量，甲醇产量以及炉渣等副产品产量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

4. 碳含量相关参数及其确定方法

含碳原料、产品和副产品的碳含量等相关参数采用本地区企业级数据，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（二）乙烯生产过程

1. 排放源描述

乙烯生产过程仅报告石油基原料蒸汽裂解工艺的乙烯生产过程 CO_2 排放，该工艺按照原料类型可分为石脑油和乙烷两类。乙烯生产过程排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放在乙烯工业生产过程和产品使用中报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。排放主要来源于原料的气化、变换和氧化反应。

2. 编制方法

基于物料平衡统计数据，按照原料类型对乙烯 CO_2 排放量进行计算。计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \left\{\sum_k (FA_k \times FC_k) - \left[PP \times PC + \sum_j (SP_j \times SC_j)\right]\right\} \times \frac{44}{12} \qquad (3.14)$$

式中，E_{CO_2}：乙烯生产过程的 CO_2 排放量，t；

FA_k：原料 k 的消耗量，t；

FC_k：原料 k 的碳含量，tC/t 原料 k；

PP：乙烯的产量，t；

PC：乙烯的碳含量，tC/t 乙烯；

SP_j：副产品 j 的产量，t；

SC_j：副产品 j 的碳含量，tC/t 副产品；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

3. 活动水平数据及其来源

活动水平数据为按原料类型分类的企业级乙烯生产数据，包括石脑油、乙烷

等原料的消耗量，乙烯产量和丙烯、丁二烯、其他 C4 及 C5 等副产品产量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

4. 碳含量相关参数及其确定方法

含碳原料、产品和副产品的碳含量推荐优先采用本地区企业级数据，应通过官方统计或专项调研等方式获取。如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，如表 3.1 所示。

表 3.1 乙烯生产原料和产品的碳含量缺省值

生产原料及产品	碳含量（tC/t）
石脑油	0.8900
乙烷	0.8000
乙烯	0.8571
丙烯	0.8571
丁二烯	0.8889
其他 C4	0.8889
C5/C6	0.8889
芳烃	0.9100
C7+非芳烃	0.9100

九、氟化工生产过程

（一）一氯二氟甲烷生产过程

1. 排放源描述

三氟甲烷（HFC-23）为一氯二氟甲烷（HCFC-22）生产过程中的副产品。在 HCFC-22 的生产过程中，主要原料在催化剂的作用下进行氟化反应，由于反应条件、催化剂浓度和组份变化等因素，部分原料未能完全转化为目标产物 HCFC-22，从而生成了副产品 HFC-23。

2. 编制方法

（1）HFC-23 排放量的计算

采用本地区每个 HCFC-22 生产企业的 HFC-23 产生量减去 HFC-23 销毁量、净存储量、销售量和转化量，得出每个企业 HFC-23 的排放量，汇总加和获得本地区排放总量。计算公式如下：

$$E_{23} = \sum_i （G_{23,i} - D_{23} - St_{23} - Sa_{23} - T_{23}）$$ （3.15）

式中，E_{23}：HCFC-22 生产过程的 HFC-23 排放总量，t；

$G_{23,i}$：企业 *i* 的 HFC-23 产生量，t；

D_{23}：HFC-23 销毁量，t；

St_{23}：HFC-23 净存储量，t，若为负值，仍按实际负值计算；

Sa_{23}：HFC-23 销售量，t；

T_{23}：HFC-23 转化量，t。

（2）HFC-23 产生量的计算

HFC-23 的产生量根据本地区 HCFC-22 生产企业实际情况，选取以下两种方法之一进行计算。如本地区 HCFC-22 生产企业对 HFC-23 和 HCFC-22 含量开展日常检测，则采用方法 1 计算 HFC-23 产生量；如未开展日常检测，则采用方法 2 计算 HFC-23 产生量。

方法 1：实测法

HFC-23 产生量G_{23-M}计算公式如下：

$$G_{23-M} = Q_{22,n} \times (1 + LF) \times \overline{W_n} \qquad (3.16)$$

$$\overline{W_n} = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{C_{23i}}{C_{22i}}\right) \Big/ n \qquad (3.17)$$

式中，G_{23-M}：实测法计算出的 HFC-23 产生量，t；

$Q_{22,n}$：HCFC-22 总产量，t；

LF：HCFC-22 产量的系统损耗纠正系数；

$\overline{W_n}$：HFC-23 产生量与 HCFC-22 生产量比值的当年算术平均值，%；

$C_{23,i}$：HFC-23 含量的检测分析值，%；

$C_{22,i}$：HCFC-22 含量的检测分析值，%；

n：HCFC-22 生产总天数。

方法 2：物料衡算法

HFC-23 产生量G_{23-C}计算公式如下：

$$G_{23-C} = Q_{CHCl_3-23} \times \frac{70.0}{119.5} \qquad (3.18)$$

式中，G_{23-C}：采用物料衡算法计算出的 HFC-23 产生量，t；

Q_{CHCl_3-23}：产生 HFC-23 的三氯甲烷（$CHCl_3$）消耗量，t；

70.0：HFC-23 分子量；

119.5：$CHCl_3$ 分子量。

$$Q_{CHCl_3-23} = Q_{CHCl_3-总} - Q_{CHCl_3-22} - Q_{CHCl_3-21} - Q_{CHCl_3-损耗} \quad (3.19)$$

式中，$Q_{CHCl_3-总}$：投入 HCFC-22 生产设施的原料 $CHCl_3$ 消耗总量，t；

Q_{CHCl_3-22}：产品 HCFC-22 对应的 $CHCl_3$ 消耗量，t；

Q_{CHCl_3-21}：副产品 HCFC-21 对应的 $CHCl_3$ 消耗量，t；

$Q_{CHCl_3-损耗}$：系统的 $CHCl_3$ 损耗量，t。

$$Q_{CHCl_3-22} = Q_{22} \times \frac{119.5}{86.5} \quad (3.20)$$

式中，Q_{22}：HCFC-22 产量，t；

86.5：HCFC-22 分子量。

$$Q_{CHCl_3-21} = Q_{21} \times \frac{119.5}{103.0} \quad (3.21)$$

式中，Q_{21}：副产品 HCFC-21 产量，t；

103.0：副产品 HCFC-21 分子量。

（3）HFC-23 销毁量的计算

监测期内 HFC-23 销毁量计算公式如下：

$$D_{23} = \sum_{i=1}^{j} (Q_{23,i,in} \times DE_i) \times C_{23-4} \quad (3.22)$$

式中，$Q_{23,i,in}$：进入 HFC-23 销毁装置 i 的 HFC-23 气流质量，t；

DE_i：HFC-23 销毁去除率，可按销毁装置设计去除率计，%；

j：HFC-23 销毁装置数量；

C_{23-4}：进入销毁装置气流中 HFC-23 的质量浓度，%。

（4）HFC-23 净存储量的计算

监测期内 HFC-23 净存储量计算公式如下：

$$St_{23} = \sum_{i=1}^{k} (st_{23,i,in} - st_{23,i,out}) \times C_{23-1} \quad (3.23)$$

式中，$st_{23,i,in}$：进入 HFC-23 储存装置 *i* 的 HFC-23 气流质量，t；

$st_{23,i,out}$：流出 HFC-23 储存装置 *i* 的 HFC-23 气流质量，t；

k：HFC-23 储存装置数量；

C_{23-1}：储存装置中 HFC-23 的质量浓度，%。

（5）HFC-23 销售量的计算

监测期内 HFC-23 销售量计算公式如下：

$$Sa_{23} = \sum_{i=1}^{p} （sa_{23,i} \times C_{23-3,i}）\quad （3.24）$$

式中，$sa_{23,i}$：第 *i* 批次 HFC-23 的销售量，t；

$C_{23-3,i}$：每批次销售的 HFC-23 质量浓度，%；

p：HFC-23 销售批次数量。

（6）HFC-23 转化量的计算

监测期内 HFC-23 转化量计算公式如下：

$$T_{23} = \sum_{i=1}^{q} \left(t_{23,i,in} \times EF_C\right) \times C_{23-2}\quad （3.25）$$

式中，$t_{23,i,in}$：进入 HFC-23 转化装置 *i* 的 HFC-23 气流质量，t；

EF_C：HFC-23 转化率，%；

q：HFC-23 转化装置数量；

C_{23-2}：进入转化装置气流中 HFC-23 的质量浓度，%。

3. 活动水平数据及其来源

（1）HFC-23 产生量的计算

方法 1：实测法

活动水平数据为 HCFC-22 产量数据、HFC-23 含量和 HCFC-22 含量，其中 HCFC-22 产量数据应以企业销售数据为准，并考虑系统损耗，一般采用 1.5%作为纠正系数，或采用可验证的企业监测数据。HFC-23 含量与 HCFC-22 含量监测点为反应釜回流塔后，冷凝器出料管路上（如图 3.2）。

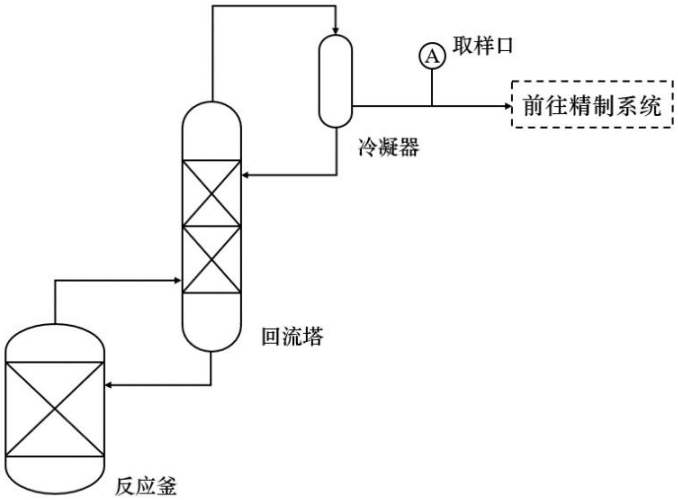


图 3.2 HFC-23 与 HCFC-22 含量比值检测位置示意图

方法 2：物料衡算法

活动水平数据为投入 HCFC-22 反应装置的 $CHCl_3$ 的消耗总量、HCFC-21 产量、HCFC-22 产量和系统的 $CHCl_3$ 损耗量，其中 HCFC-21 产量应优先采用废酸及废水中溶解量的实际测定值。HCFC-22 产量应考虑各环节损耗值。系统的 $CHCl_3$ 损耗量应优先采用废催化剂、副产酸及废水中溶解量的实际测定值。以上数据如无法实测获取，可采用企业近三年物料表中，各项物质占比的算数平均值进行折算。

（2）HFC-23 销毁量、净存储量、销售量、转化量的计算

HFC-23 销毁量、净存储量、销售量、转化量计算所需相关参数应依据图 3.3 所示监测点位获取，监测要求详见表 3.2。

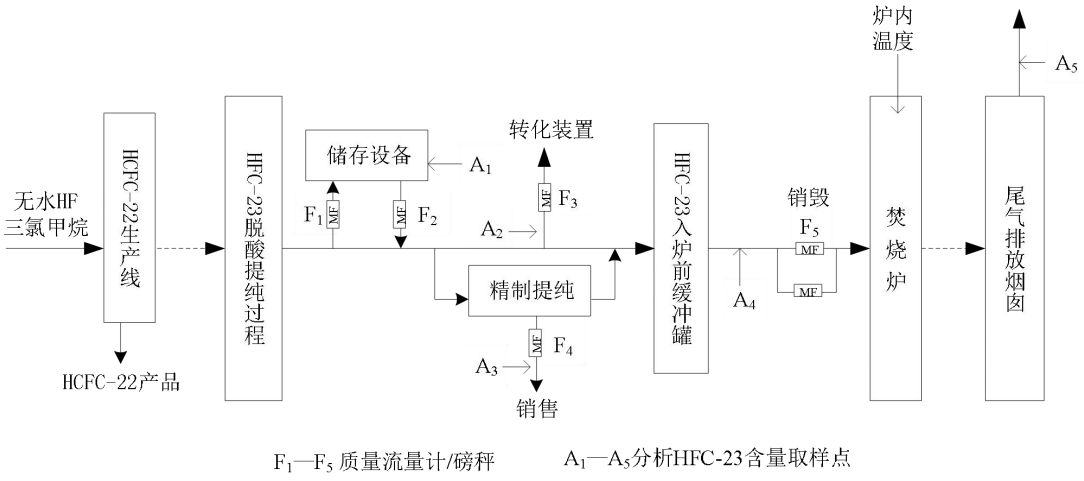


图 3.3 HFC-23 销毁量、净存储量、销售量、转化量计算相关参数监测点位示意图

表 3.2 HFC-23 销毁量、净存储量、销售量、转化量计算相关参数监测要求

数据项	监测点位	监测内容
HFC-23 新增库存量	F_1	进入储存设备 HFC-23 的气流量
	F_2	流出储存设备 HFC-23 的气流量
	A_1	分析储存设备中 HFC-23 的含量分析值
HFC-23 转化量	F_3	进入转化设备 HFC-23 的气流量
	A_2	进入转化装置气流中 HFC-23 的含量分析值
HFC-23 销售量	F_4	销售的 HFC-23 的气流量
	A_3	销售的 HFC-23 的质量浓度分析值
HFC-23 销毁量	F_5	进入销毁装置 HFC-23 的气流量
	A_4	进入销毁装置气流中 HFC-23 的含量分析值
	A_5	销毁装置出口气流中 HFC-23 的含量分析值

（二）其他卤烃气体生产过程

1. 排放源描述

其他卤烃气体生产过程中含氟温室气体主要来自工艺通风口和设备泄漏等生产过程的逸散排放，包括 HFCs，PFCs 和 SF_6 等。其中，HFCs 主要用作臭氧消耗物质（ODS）的替代品，主要包括 HFC-134（1,1,2,2-四氟乙烷）、HFC-32（二氟甲烷）、HFC-125（五氟乙烷）、HFC-134a（1,1,1,2-四氟乙烷）、HFC-152a（1,1-二氟乙烷）、HFC-143a（1,1,1-三氟乙烷）、HFC-227ea（1,1,1,2,3,3,3-七氟丙烷）、HFC-236fa（1,1,1,3,3,3-六氟丙烷）、HFC-245fa（1,1,1,3,3-五氟丙烷）、HFC-365mfc（1,1,1,3,3-五氟丁烷）、HFC-143（1,1,2--三氟乙烷）、HFC-236cb（1,1,1,2,2,3-六氟丙烷）、HFC-236ea（1,1,1,2,3,3-六氟丙烷）、HFC-245ca（1,1,2,2,3-五氟丙烷）、HFC-43-10mee（1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-十氟戊烷）、HFC-41（一氟甲烷）、HFC-152（1,2-二氟乙烷）等 17 种 HFCs。PFCs 主要包括 CF_4 和 C_2F_6。

2. 编制方法

其他卤烃气体生产过程中的排放量计算公式如下：

$$E_k = EF_k \times P_k \tag{3.26}$$

式中，E_k：卤烃 k 生产过程中的排放量，t；

EF_k：卤烃 k 生产过程中排放因子，%；

P_k：卤烃 k 的总产量，t。

3. 活动水平数据及其来源

活动水平数据是 HFCs、PFCs 和 SF_6 的生产总量，数据来源于官方统计数据及行业企业调研。

4. 排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区企业实测数据，如无实测数据，HFCs 和 PFCs 可采用缺省排放因子 0.5%；对于 SF_6，作为提纯 SF_6 生产量采用缺省排放因子 8%，非提纯 SF_6 生产量采用省排放因子 0.2%，无法明确是否为提纯生产量，建议采用 0.5%作为缺省排放因子。

第四节　金属制品生产

一、钢铁生产过程

（一）排放源描述

钢铁生产过程排放源包括炼铁碳酸盐熔剂排放、炼铁还原剂排放和炼钢降碳排放。其中炼铁还原剂（煤粉、焦炭）排放和炼钢降碳排放在能源活动中报告。炼铁碳酸盐熔剂排放在工业生产过程中报告，主要来自于钢铁行业的烧结工序中石灰石、白云石和菱镁石等熔剂分解产生的 CO_2 排放。

（二）编制方法

钢铁生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (M_i \times EF_i) \qquad (3.27)$$

式中，E_{CO_2}：钢铁生产过程的 CO_2 排放量，t；

M_i：熔剂 i 的消耗量，t；

EF_i：熔剂 i 的 CO_2 排放因子，tCO_2/t 熔剂。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为石灰石、白云石、菱镁石等熔剂的消耗量，应通过官方统计或专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，如表 3.3 所示。

表 3.3 钢铁生产过程排放因子缺省值

	CO_2 排放因子（tCO_2/t 熔剂）
石灰石	0.4416
白云石	0.4750
菱镁石	0.4950

二、铁合金生产过程

（一）排放源描述

铁合金生产过程中的 CO_2 排放主要来自于兰炭等还原剂使用，以及采用电弧炉生产铁合金时由于石墨电极消耗产生的排放。此外，铁合金生产过程中，原

料中所含碳也会以 CH_4 的形式挥发释放，从而产生 CH_4 排放。铁合金生产过程排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在铁合金生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。

（二）编制方法

铁合金生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \times EF_i) \quad (3.28)$$

式中，E_{CO_2}：铁合金生产过程 CO_2 排放，t；

MP_i：铁合金类型 i 的产量，t；

EF_i：铁合金类型 i 的 CO_2 排放因子，tCO_2/t 铁合金。

铁合金生产过程 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{CH_4} = \sum_i (MP_i \times EF_i) \quad (3.29)$$

式中，E_{CH_4}：铁合金生产过程 CH_4 排放，t；

MP_i：铁合金类型 i 的产量，t；

EF_i：铁合金类型 i 的排放因子，tCH_4/t 铁合金。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据包括硅铁合金、锰铁合金、铬铁合金、硅锰合金产量以及金属硅产量，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

铁合金生产过程排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。缺省排放因子如表 3.4 所示。

表 3.4 铁合金生产过程排放因子缺省值

	CO_2 排放因子（tCO_2/t 铁合金）	CH_4 排放因子（tCH_4/t 铁合金）
硅铁合金	4.0	0.001
锰铁合金	1.5	-
铬铁合金	1.3	-
硅锰合金	1.4	-
金属硅	5.0	0.0012

三、铝冶炼生产过程

（一）排放源描述

铝冶炼生产过程排放包括：1）氧化铝（Al_2O_3）还原为原铝（Al）过程中阳极消耗带来的 CO_2 排放；2）铝熔炼过程中发生阳极效应（AE）排放的全氟碳化物（PFCs），包括四氟化碳（CF_4）和六氟乙烷（C_2F_6）。

（二）编制方法

阳极消耗 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = NAC \times MP \times (1 - S_a - Ash_a) \times \frac{44}{12} \quad (3.30)$$

式中，E_{CO_2}：铝冶炼生产过程阳极消耗的 CO_2 排放量，t；

MP：原铝产量，t；

NAC：每吨铝的阳极消耗量，tC/tAl；

S_a：阳极中的硫含量，%；

Ash_a：阳极中的灰尘含量，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

铝冶炼生产过程阳极效应 PFCs 排放计算公式如下：

$$E_{CF_4} = EF_{CF_4} \times MP \quad (3.31)$$

$$E_{C_2F_6} = EF_{C_2F_6} \times MP \quad (3.32)$$

式中，E_{CF_4}：铝冶炼生产过程阳极效应的 CF_4 排放量，$kgCF_4$；

$E_{C_2F_6}$：铝冶炼生产过程阳极效应的 C_2F_6 排放量，kgC_2F_6；

EF_{CF_4}：铝冶炼生产过程阳极效应的 CF_4 排放因子，$kgCF_4/tAl$；

$EF_{C_2F_6}$：铝冶炼生产过程阳极效应的 C_2F_6 排放因子，kgC_2F_6/tAl；

MP：原铝产量，t。

阳极效应 PFCs 排放因子的计算公式如下：

$$EF_{CF_4} = S_{CF_4} \times AEM \quad (3.33)$$

$$EF_{C_2F_6} = EF_{CF_4} \times F_{C_2F_6/CF_4} \quad (3.34)$$

式中，S_{CF_4}：CF_4 的斜率系数，（$kgCF_4/tAl$）/（AE 分钟数/槽-天）；

AEM：每个槽-天的阳极效应分钟数，AE 分钟数/槽-天；

$F_{C_2F_6/CF_4}$：C_2F_6/CF_4 的重量比例，$kgC_2F_6/kgCF_4$。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为原铝产量，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

阳极消耗 CO_2 排放因子相关参数包括铝冶炼过程中每吨铝阳极消耗量以及阳极中的硫含量和灰尘含量。其中，每吨铝阳极消耗量采用本地企业实测数据；硫含量和灰尘含量推荐优先采用本地区特征数据，应通过官方统计或专项调研获取，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，阳极中硫含量和灰尘含量缺省值为 2%和 0.4%。

阳极效应 PFCs 排放因子相关参数包括 CF_4 的斜率系数、每个槽-天的阳极效应分钟数、C_2F_6/CF_4 的重量比例，推荐优先采用本地区特征数据，应通过官方统计或专项调研获得，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，CF_4 排放因子缺省值为 0.0705 $kgCF_4/tAl$，C_2F_6 排放因子缺省值为 0.0085 kgC_2F_6/tAl。

四、镁冶炼生产过程

（一）排放源描述

原镁生产主要采用硅热还原法高温煅烧白云石碳酸盐原料，该过程会产生 CO_2 排放。

（二）编制方法

镁冶炼生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = P_d \times EF_d \quad (3.35)$$

式中，E_{CO_2}：镁冶炼生产过程 CO_2 排放量，t；

P_d：白云石为原料的原镁产量，t；

EF_d：白云石为原料的 CO_2 排放因子，tCO_2/t 原镁。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为原镁产量，来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应

通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，其中白云石为原料的缺省值为 5.086 tCO_2/t 原镁。

五、铅冶炼生产过程

（一）排放源描述

我国铅冶炼 CO_2 排放主要来自于传统冶炼铅、现代冶炼铅和再生铅三种工艺。铅冶炼生产过程排放来源于以焦炭、煤等作为还原剂产生的排放。铅冶炼生产过程排放包括原料排放和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在铅冶炼生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。

（二）编制方法

铅冶炼生产过程 CO_2 排放的计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \qquad (3.36)$$

式中，Eco_2：铅冶炼生产过程的 CO_2 排放量，t；

AD_i：工艺 i 冶炼铅的产量，t；

EF_i：工艺 i 冶炼铅的 CO_2 排放因子，tCO_2/t 铅；

i：铅冶炼工艺，包括传统冶炼铅、现代冶炼铅和再生铅。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为传统冶炼铅、现代冶炼铅和再生铅的产量。数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

铅冶炼排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。传统冶炼铅排放因子缺省值为 0.59 tCO_2/t 铅、现代冶炼铅排放因子缺省值为 0.25 tCO_2/t 铅、再生铅排放因子缺省值为 0.2 tCO_2/t 铅。

六、锌冶炼生产过程

（一）排放源描述

我国锌冶炼 CO_2 排放主要来自于火法锌和再生锌冶炼。锌冶炼生产过程排放来源于以焦炭、煤等作为还原剂产生的排放。锌冶炼生产过程排放包括原料排放

和燃料燃烧排放，其中原料排放的 CO_2 在锌冶炼生产过程报告，燃料燃烧排放的 CO_2 在能源活动中报告。

（二）编制方法

锌冶炼生产过程 CO_2 排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \quad (3.37)$$

式中，Eco_2：锌冶炼生产过程的 CO_2 排放量，t；

AD_i：工艺 *i* 冶炼锌的产量，t；

EF_i：工艺 *i* 冶炼锌的 CO_2 排放因子，tCO_2/t 锌；

i：锌冶炼工艺，包括火法锌和再生锌。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为火法锌和再生锌产量。数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

（四）排放因子数据及其确定方法

锌冶炼排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值，火法锌排放因子缺省值为 0.43 tCO_2/t 锌，再生锌排放因子缺省值为 3.66 tCO_2/t 锌。

第五节　非能源产品使用

一、排放源描述

非能源产品排放包括润滑油、石蜡、溶剂油和石油沥青[5]使用过程产生的排放。本部分主要计算和报告润滑油、石蜡使用产生的 CO_2 排放，其排放源分别是润滑油用作润滑剂和石蜡用作蜡烛、瓦楞纸箱、纸张涂料等过程中缓慢氧化释放到大气中的 CO_2 排放。

二、编制方法

非能源产品使用排放计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i (LC_i \times CC_i \times ODU_i) \times \frac{44}{12} \qquad (3.38)$$

式中，E_{CO_2}：非能源产品使用 CO_2 排放量，tCO_2；

LC_i：原料 i 的消耗量，TJ；

CC_i：原料 i 的碳含量，tC/TJ；

ODU_i：原料 i 的碳氧化因子，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据为本地区润滑油、石蜡消耗量，数据来源于本地区官方统计数据，如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

四、排放因子数据及其确定方法

非能源产品使用排放因子推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。润滑油、石蜡的碳含量缺省值是 20 tC/TJ，润滑油和石蜡碳氧化因子缺省值是 20%。

[5] 溶剂油和石油沥青使用过程中不产生 CO_2 排放。

第六节　含氟气体使用

一、电子工业

（一）排放源描述

电子工业中含氟气体主要用于等离子刻蚀硅的材料和清洁化学蒸汽沉积（CVD）室内壁上已堆积的硅，过程中产生的含氟气体排放由原料气（如 CF_4、C_2F_6、C_3F_8、c-C_4F_8O、CHF_3、CH_2F_2、NF_3、SF_6）使用产生的排放与原料气使用过程中生成副产品（CF_4、C_2F_6、CHF_3）的排放构成。

（二）编制方法

原料气使用产生的排放量计算公式如下：

$$E_i = (1 - h) \times FC_i \times (1 - U_i) \times (1 - a_i \times d_i) \quad (3.39)$$

式中，E_i：气体 *i* 的排放量，kg；

h：使用后运输存储使用气体 *i* 的装置剩余气体比例，%；

FC_i：使用气体 *i* 的质量，kg；

U_i：气体 *i* 的使用率，%；

a_i：通入销毁装置气体 *i* 的比例，%；

d_i：所用销毁技术去除气体 *i* 的去除率，%。

原料气使用过程中生成副产品的排放量计算公式如下：

$$BPE_{j,i} = (1 - h) \times B_{j,i} \times FC_i \times \left(1 - a_i \times d_j\right) \quad (3.40)$$

式中，$BPE_{j,i}$：由使用气体 *i* 所产生的副产品 *j* 的排放量，kg；

h：使用后运输存储使用气体 *i* 的装置剩余气体比例，%；

$B_{j,i}$：气体 *i* 转化而来的副产品 *j* 的副产率，kg/kg；

FC_i：使用气体 *i* 的质量，kg；

a_i：通入销毁装置气体 *i* 量比例，%；

d_j：所用销毁技术去除副产品 *j* 的去除率，%。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为电子工业生产企业生产过程所使用原料气的质量，数据来源于官方统计数据及行业企业调研。

（四）排放因子数据及其确定方法

气体通入销毁装置的比例由企业生产数据统计得到。生产过程使用的运输存储装置剩余气体比例、气体使用率、副产率及销毁装置去除率等，推荐优先采用企业实测数据，如无实测数据，可使用缺省值，详见表 3.5 和表 3.6。

表 3.5 电子工业含氟气体缺省排放因子

类型	过程气体	CF_4	C_2F_6	CHF_3	CH_2F_2	C_3F_8	c-C_4F_8O	NF_3 远程	NF_3	SF_6
半导体生产	h	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	$1-U_i$	90%	60%	40%	10%	40%	10%	2%	20%	20%
	B_{CF_4}	NA	20%	7%	8%	10%	10%	2%	9%	NA
	$B_{C_2F_6}$	NA	NA	NA	NA	NA	10%	NA	NA	NA
液晶面板	h	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	$1-U_i$	60%	NA	20%	NA	NA	10%	3%	30%	60%
	B_{CF_4}	NA	NA	7%	NA	NA	0.9%	NA	NA	NA
	B_{CHF_3}	NA	NA	NA	NA	NA	2%	NA	NA	NA
	$B_{C_2F_6}$	NA	NA	5%	NA	NA	NA	NA	NA	NA

表 3.6 分类型尾气处置设备去除率

技术类型	去除率（CF_4 、C_2F_6 、SF_6）
燃料燃烧、等离子和催化减排技术	90%
其他技术	0

二、消耗臭氧层物质替代物使用

（一）排放源描述

消耗臭氧层物质替代物使用温室气体排放主要源于制冷、泡沫、气雾剂、消防以及清洗等行业使用的 HFCs。其中，制冷行业使用 HFCs 做制冷剂，用于汽车空调、家用制冷、工商制冷和制冷维修，涉及的制冷剂包括 R-410A、R-407C、R-404A、R-507A、R-452A、HFC-32、HFC-134a 和 HFC-245fa 等；泡沫行业使用 HFCs 做发泡剂，分为聚氨酯泡沫（PU）和挤塑聚苯乙烯泡沫（XPS）两个子行业，涉及的 HFCs 类物质包括 HFC-134a、HFC-152a、HFC-227ea、HFC-245fa

和 HFC-365mfc 等；气雾剂行业分为医用气雾剂和非医用气雾剂两个子行业，涉及的 HFCs 类物质包括 HFC-134a、HFC-152a 和 HFC-227ea 等；消防行业分为固定式灭火系统和便携式灭火器两个子行业，涉及的 HFCs 类物质包括 HFC-227ea 和 HFC-236fa 等。对于 HFCs 使用量较小的行业，如清洗行业等，暂不纳入本指南核算范围内。

（二）编制方法

1. 制冷行业

制冷行业属于延迟排放，HFCs 作为制冷剂使用过程中的排放，存在于制冷产品/设备的加工、服役（包括运行和维修）、废物处置等整个产品生命周期。涉及不同制冷剂、不同制冷设备需分别进行计算排放量，并加和获得制冷行业的总排放量。计算公式如下：

$$E_t = E_t^{ini} + E_t^{ope} + E_t^{ser} + E_t^{dis} \quad (3.41)$$

其中：

$$E_t^{ini} = FC_t \times EF^{ini} \quad (3.42)$$

$$E_t^{ope} = \sum_{x=1}^{life} (FC_{t-x+1} \times s_x \times r_{x-1} \times EF^{ope}) \quad (3.43)$$

$$E_t^{ser} = \sum_{x=1}^{life} (FC_{t-x+1} \times s_x \times r_x \times f_x \times EF^{ser}) \quad (3.44)$$

$$E_t^{dis} = \sum_{x=1}^{life} (FC_{t-x+1} \times s_x \times r_x \times g_x \times EF^{dis}) \quad (3.45)$$

式中，E_t：制冷行业的 HFCs 在 *t* 年的总排放量，t；

E_t^{ini}：充灌房间空调器、汽车空调和工商制冷设备时制冷剂的初始排放量，t；

E_t^{ope}：产品/设备运行过程中制冷剂的排放量，t；

E_t^{ser}：产品/设备维修过程中制冷剂的排放量，t；

E_t^{dis}：产品/设备在不同废物处置方式中产生的排放量，t；

FC_t：*t* 年生产的房间空调器、汽车空调和工商制冷设备等制冷剂充灌总量，t；如数据无法直接获取，可由下式计算得到：

$$FC_t = Pro_t \times m_t^{ini} \quad (3.46)$$

其中，Pro_t：*t* 年生产的使用制冷剂的设备产量，台；

m_t^{ini}：单位设备制冷剂容量，t/台；

EF^{ini}：加工过程的制冷剂排放因子，%；

s_x：设备存活率，%；

x：设备役龄，年；

r_x：单位设备制冷剂留存率，%；即经过 x 年的运行排放和维修填充后留存在设备内的制冷剂比率，通过下式进行计算：

$$r_x = 1 - (x - y) \times EF^{ope}$$

其中，y：维修参数，取值为设备维修年份数，以轿车制冷设备为例，当 x<8 时，y 取 0；当 8≤x＜15 时，y 取 8；当 15≤x＜21 时，y 取 15；当 21≤x≤25 时，y 取 21；

EF^{ope}：运行过程的制冷剂排放因子，%；

f_x：设备维修率，%；

EF^{ser}：维修过程的制冷剂排放因子，%；

g_x：设备报废率，%；

EF^{dis}：报废过程的制冷剂排放因子，%。

2. 泡沫行业

泡沫行业属于延迟排放，其 HFCs 排放存在于泡沫产品的加工、服役和废物处置等整个产品生命周期，计算公式如下：

$$E_t = E_t^{ini} + E_t^{ope} + E_t^{dis} \quad (3.47)$$

其中：

$$E_t^{ini} = FC_t \times EF^{ini} \quad (3.48)$$

$$E_t^{ope} = \sum_{x=1}^{life} (FC_{t-x+1} \times EF^{ope}) \quad (3.49)$$

$$E_t^{dis} = FC_{t-16} \times EF^{dis} \quad (3.50)$$

式中，E_t：泡沫行业的 HFCs 在 t 年的总排放量，t；

E_t^{ini}：发泡过程中产生的排放（加工排放），t；

E_t^{ope}：使用过程中持续产生的逸散排放（服役排放），t；

E_t^{dis}：废物处置过程中产生的排放（废物处置排放），t；

FC_t：t 年生产的泡沫产品发泡剂使用量，t；

EF^{ini}：发泡过程的排放因子，%；

x：发泡产品役龄，年；

EF^{ope}：服役过程的排放因子，%；

EF^{dis}：废物处置过程的排放因子，%。

3. 消防行业

采用因子方法进行计算，计算公式如下:

$$E_t = (B_{t-1} + C_t - E_{t-1}) \times EF \quad (3.51)$$

式中，E_t：消防行业的 HFCs 在 *t* 年的总排放量，t；

B_{t-1}：消防行业灭火剂 *t*-1 年的年初库存量，t；

C_t：消防行业灭火剂 *t* 年的新增量，t；

E_{t-1}：消防行业的 HFCs 在 *t*-1 年的总排放量，t；

EF：消防行业灭火剂中 HFCs 的排放比例，%。

4. 气雾剂使用

对于 HFCs 用于气雾剂的排放，计算公式如下:

$$E_t = S_t \times EF + S_{t-1} \times (1 - EF) \quad (3.52)$$

式中，E_t：气雾剂使用的 HFCs 在 *t* 年的排放量，t；

S_t：*t* 年 HFCs 用于气雾剂的量，t；

S_{t-1}：*t*-1 年 HFCs 用于气雾剂的量，t；

EF：气雾剂使用的 HFCs 的排放比例，%。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据需要分行业获取。其中，汽车空调采用各地区公安部门登记的年度客车、货车及轿车新增量数据；房间空调从各地区年鉴中总户数计算得到家用制冷设备量相关数据；泡沫行业由中国塑料加工工业协会协助提供相关数据；消防行业从各地区消防救援总队获取相关数据；气雾剂使用从各地区药品监督管理局获取相关数据。

（四）排放因子数据及其确定方法

排放因子建议采用本指南缺省值，详见附录 B。

三、其他产品制造和使用

（一）排放源描述

其他产品制造和使用主要包括电力设备 SF_6 使用的排放。SF_6 具有非常稳定的理化特性，绝缘和灭弧性能优良，用作电气绝缘气，应用于封闭式气体绝缘组合电气设备（GIS）、高压绝缘线路（GIL）、开关柜、环网柜、柱上开关等电力设备。主要排放包括设备安装运行逸散排放、设备维修和设备报废回收排放。

（二）编制方法

电力设备 SF_6 的排放量计算公式如下：

$$E_{SF_6} = E_{SF_6}^{ini} + E_{SF_6}^{ope} + E_{SF_6}^{dis} \quad (3.53)$$

$$E_{SF_6}^{ini} = P_{SF_6} \times EF_P \quad (3.54)$$

$$E_{SF_6}^{ope} = S_{SF_6} \times EF_S \quad (3.55)$$

$$E_{SF_6}^{dis} = H_{SF_6} \times R_1/R_2 \quad (3.56)$$

式中，E_{SF_6}：电力设备 SF_6 的总排放量，t；

E_{SF6}^{ini}：电力设备生产和安装的 SF_6 排放量，t；

E_{SF6}^{ope}：电力设备运行的 SF_6 排放量，t；

E_{SF6}^{dis}：电力设备处置的 SF_6 排放量，t；

P_{SF_6}：制造和安装电力设备 SF_6 消耗量，t；

EF_P：电力设备制造/安装排放因子，%；

S_{SF_6}：运行电力设备 SF_6 充气量（保有量），t；

EF_S：电力设备使用过程排放因子，%；

H_{SF_6}：电网公司退役电力设备 SF_6 回收量，t；

R_1：电网公司退役电力设备未回收 SF_6 量和回收 SF_6 之比；

R_2：电网公司在全部电力系统的占比，%。

（三）活动水平数据及其来源

活动水平数据为各地区电气设备制造企业、电网公司、发电企业、大型电力使用企业报送的新增设备SF_6充气量、运行设备数量、淘汰设备、回收比例等相关数据。

（四）排放因子数据及其确定方法

推荐优先采用本地区实测排放因子，若无实测数据，可采用本指南缺省排放因子。

表 3.7 电力设备 SF_6 的缺省排放因子

名称	排放因子（%）
制造/安装排放因子	8.5
使用排放因子	2.6

第四章　农业活动

第一节　概述

农业活动温室气体清单包括五个部分：动物肠道发酵 CH_4 排放、动物粪便管理 CH_4 和 N_2O 排放、稻田 CH_4 排放、农用地 N_2O 排放、秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放。

《2011 年省级清单指南》试行的过程中，存在如下问题：一是动物分类较为单一，没有细分动物饲养阶段；二是稻田 CH_4 排放仅分区域、分稻田类型给出水稻生长季 CH_4 排放因子，不能反映秸秆还田及灌溉模式对稻田 CH_4 排放的影响；三是农用地 N_2O 直接排放中没有纳入动物放牧过程的 N_2O 排放，并且 N_2O 直接排放因子只分区域，没有划分农田类型；四是秸秆田间焚烧温室气体排放没有提供计算方法。

针对上述问题，本指南做了如下修订：对于反刍动物肠道发酵 CH_4 排放，细分了饲养方式和饲养阶段；对于动物粪便管理 N_2O 排放，增加了动物粪便管理 N_2O 间接排放，原来在农用地 N_2O 排放中报告的动物排泄物的氮挥发又沉降引起的 N_2O 间接排放已转移到动物粪便管理 N_2O 间接排放中；对于稻田 CH_4 排放，实现分区域、分秸秆还田情况、分灌溉模式、分稻田类型进行计算；对于农用地 N_2O 排放，农用地 N_2O 直接排放实现分稻田、旱地和放牧牧场进行计算，并增加了放牧动物 N_2O 间接排放；增加了秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放计算方法。农业活动所涉及的排放源结构如图 4.1 所示。

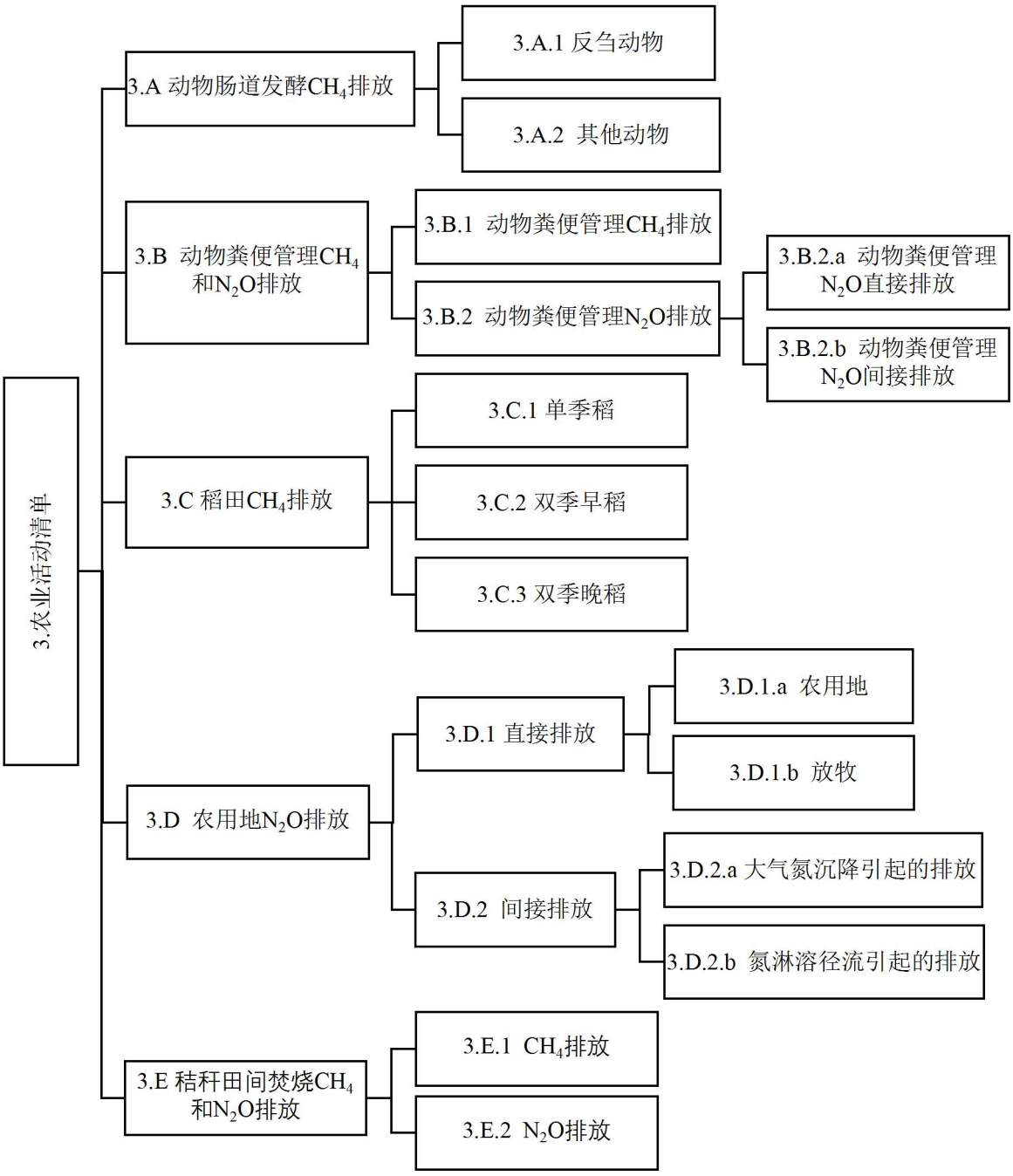


图 4.1 农业活动的排放源结构

第二节　动物肠道发酵 CH_4 排放

一、排放源描述

动物肠道发酵 CH_4 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 CH_4 排放，肠道发酵 CH_4 排放只包括从动物口、鼻和直肠排出体外的 CH_4，不包括粪便管理的 CH_4 排放。

动物肠道发酵 CH_4 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素。与单胃动物相比，反刍动物采食量大，且以粗饲料为主，其瘤胃容积大，寄生的微生物种类多，能分解纤维素，单个动物产生的 CH_4 排放量大，牛和羊等反刍动物是动物肠道发酵 CH_4 排放的主要排放源；非反刍动物包括鸡、鸭、猪、马、驴、骡、骆驼等，其中鸡和鸭因其体重小，肠道发酵 CH_4 排放可以忽略不计。根据各地区动物饲养情况和统计数据的可获得性，动物肠道发酵 CH_4 排放源包括肉牛、奶牛、水牛、牦牛、山羊、绵羊、猪、马、驴、骡和骆驼。

二、编制方法

计算动物肠道发酵 CH_4 排放，分为以下三步：

步骤 1：根据动物特性进行分群，对于非反刍动物（包括猪、马、驴、骡、骆驼）和牦牛，只需要获得该种动物年末存栏量；对于主要反刍动物（包括奶牛、肉牛、水牛、山羊、绵羊），在获得各种动物年末存栏量的基础上，还需要对饲养方式（规模化、农户、放牧）、饲养阶段（繁殖母畜、当年生、其他）进一步分类获得各子群的年末存栏量为活动水平数据；

步骤 2：确定不同动物类型的肠道发酵的 CH_4 排放因子；

步骤 3：采用各子群的 CH_4 排放因子乘以活动水平数据计算得出各子群的 CH_4 排放量，各子群的 CH_4 排放量相加得出 CH_4 排放总量。

动物肠道发酵 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{动物肠道CH_4} = \sum_{i,j} E_{动物肠道CH_4,i,j} \quad (4.1)$$

式中，$E_{动物肠道CH_4}$：动物肠道 CH_4 排放总量，t；

$E_{动物肠道CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物肠道 CH_4 排放量，t。

$$E_{动物肠道CH_4,i,j} = EF_{动物肠道CH_4,i,j} \times AD_{i,j} \times 10^{-3} \quad (4.2)$$

式中，$E_{动物肠道CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物肠道 CH_4 排放量，t；

$EF_{动物肠道CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 动物的肠道 CH_4 排放因子，kg/头（只）；

$AD_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物年末存栏量，头（只）。

三、活动水平数据及其来源

动物肠道发酵 CH_4 排放所需的活动水平数据见附表 C.1。动物年末存栏量采用官方统计数据，如《中国统计年鉴》《中国农业年鉴》《中国畜牧业年鉴》或者地方统计年鉴、畜牧部门统计资料等。

四、排放因子数据及其确定方法

1. 主要反刍动物排放因子计算方法

牛、羊等主要反刍动物肠道发酵 CH_4 排放因子计算公式如下：

$$EF_{动物肠道CH_4,i,j} = \left(GE_{i,j} \times Y_{m,i,j} \times 365\right)/55.65 \quad (4.3)$$

式中，$EF_{动物肠道CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物肠道 CH_4 排放因子，kg/头（只）；

$GE_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物每日采食总能，即通过饲料每日摄取的总能，MJ/头（只）/天；

$Y_{m,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的 CH_4 转化率，即饲料中总能转化成 CH_4 的比例，%；

55.65：单位质量 CH_4 的能量值，MJ/kg。

（1）采食总能的确定

推荐优先采用本地区特定动物采食总能数据，如本地区数据无法获取，本指南推荐采用各种动物每日通过饲料干物质摄入量计算，计算公式如下：

$$GE_{i,j} = DMI_{i,j} \times 18.45 \quad (4.4)$$

式中，$GE_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物每日采食总能，MJ/头（只）/天；

$DMI_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物每日通过饲料摄入的干物质量，kg/头（只）/天；

18.45：饲料干物质与总能的转化系数缺省值，MJ/kg。

（2）CH_4 转化率的确定

CH_4 转化率取决于动物品种、饲料构成和饲料特性。推荐优先采用本地区

CH_4转化率，如本地区数据无法获取，可以选择表 4.1 中 CH_4 转化率缺省值进行计算。

表 4.1 主要反刍动物肠道发酵 CH_4 转化率缺省值（Y_m,%）

动物种类	奶牛			肉牛			水牛			绵羊		山羊	
二级分类	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生
规模化饲养	6.5	6.5	7.0	7.0	6.5	7.0	7.5	6.5	7.5	7.0	6.5	7.0	6.5
农户散养	6.5	6.5	7.5	7.5	6.5	7.5	7.5	6.5	7.5	7.0	6.5	7.0	6.5
放牧饲养	7.0	6.5	7.0	7.0	6.5	7.0	/	/	/	7.0	6.5	7.0	6.5

表 4.2 为《中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报》中我国主要反刍动物在不同饲养方式、饲养阶段下主要肠道发酵 CH_4 排放因子均值，供无排放因子参数的地区使用。

表 4.2 动物肠道发酵 CH_4 排放因子缺省值（kg/头（只））

动物种类	奶牛			肉牛			水牛			绵羊		山羊	
二级分类	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	其他	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生
规模化	132.6	23.2	64.4	83.9	29.2	112.4	97.5	28.7	110.6	16.4	8.4	15.5	7.0
农户	131.0	260	82.0	89.8	26.5	122.9	98.0	27.5	121.6	15.2	8.2	12.2	6.4
放牧	130.2	18.6	87.4	96.0	29.3	96.4	/	/	/	12.3	7.6	12.3	6.5

2. 其他动物排放因子确定

对于牦牛、猪、马、驴、骡和骆驼等动物，由于排放量较小，可直接采用本指南提供的缺省值（见表 4.3）。

表 4.3 其他动物肠道发酵 CH_4 排放因子缺省值（kg/头（只））

动物种类	猪	牦牛	马	驴/骡	骆驼
排放因子	1.5	30.0	18.0	10.0	46.0

第三节　动物粪便管理 CH_4 和 N_2O 排放

一、动物粪便管理 CH_4 排放

1. 排放源描述

动物粪便管理 CH_4 排放是指动物粪便施入到土壤之前贮存和处理过程中所产生的 CH_4，排放量受粪便特性、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因素影响。根据各地区动物饲养情况和统计数据的可获得性，动物粪便管理 CH_4 排放源包括猪、肉牛、水牛、奶牛、牦牛、山羊、绵羊、家禽、马、驴、骡、骆驼和兔。

2. 编制方法

计算动物粪便管理 CH_4 排放量主要分四步进行：

步骤 1：根据动物特性进行分群，对于马、驴、骡、骆驼、牦牛、家禽和兔，只需要获得该种动物年末存栏量；对于猪、奶牛、肉牛、水牛、山羊、绵羊，在获得各种动物年末存栏量的基础上，还需要对饲养方式和饲养阶段进一步分类获得各子群的年末存栏量为活动水平数据；

步骤 2：确定不同动物类型粪便管理的 CH_4 排放因子；

步骤 3：采用各子群的 CH_4 排放因子乘以活动水平数据计算得出各子群粪便管理 CH_4 排放量；

步骤 4：各子群的 CH_4 排放量相加得出本地区动物粪便管理 CH_4 排放总量。

动物粪便管理 CH_4 排放量按式（4.5）计算：

$$E_{\text{粪便管理}CH_4} = \sum_{i,j}\left(EF_{\text{粪便管理}CH_4,i,j} \times AD_{i,j}\right) \times 10^{-3} \qquad (4.5)$$

式中，$E_{\text{粪便管理}CH_4}$：动物粪便管理 CH_4 排放总量，t；

$EF_{\text{粪便管理}CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物粪便管理 CH_4 排放因子，kg/头（只）；

$AD_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物年末存栏量，头（只）。

3. 活动水平数据及其来源

计算动物粪便管理 CH_4 排放需要的活动水平数据见附表 C.2。动物年末存栏量采用官方统计数据，如《中国统计年鉴》《中国农业年鉴》《中国畜牧兽医年鉴》或各省统计年鉴等。本部分可在动物肠道 CH_4 排放活动水平数据基础上，对猪

进一步细分饲养方式和饲养阶段，同时补充家禽和兔的年末存栏量作为活动水平数据。

4. 排放因子数据及其确定方法

（1）牦牛等动物粪便管理 CH_4 排放因子

对于牦牛、家禽、马、驴/骡、骆驼和兔等 6 种动物，由于排放量较小，可直接采用本指南提供的缺省值（见表 4.4）。

表 4.4 牦牛等动物粪便管理 CH_4 排放因子缺省值（kg/头）

气候区	牦牛	家禽	马	驴/骡	骆驼	兔
寒冷气候区（华北、东北、西北）	1.0	0.012	1.1	0.6	1.3	0.08
温暖气候区（华东、中南、西南）	1.0	0.018	1.6	0.9	1.9	0.08

注：华北：北京、天津、河北、山西、内蒙古；东北：辽宁、吉林、黑龙江；西北：陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆；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；下同

（2）猪等动物粪便管理 CH_4 排放因子

猪、奶牛、肉牛、水牛、山羊和绵羊等 6 种主要动物粪便管理 CH_4 排放因子计算公式如下：

$$EF_{\text{粪便管理}CH_4,i,j} = VS_{i,j} \times 365 \times 0.67 \times B_{0,i} \times \sum_{k,l}\left(MCF_{i,k,l} \times MS_{i,k,l}\right) \quad (4.6)$$

式中，$EF_{\text{粪便管理}CH_4,i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物粪便管理 CH_4 排放因子，kg/头（只）；

$VS_{i,j}$：动物类型 i 饲养阶段 j 的动物每日易挥发性固体排泄量（干物质），kg/头（只）/天；

0.67：在 20°C、1 个标准大气压条件下的 CH_4 密度，kg/m^3；

$B_{0,i}$：动物类型 i 的粪便最大 CH_4 生产能力，m^3/kg；

$MCF_{i,k,l}$：气候区域 l 动物类型 i 粪便管理方式 k 的粪便 CH_4 转化系数，%；

$MS_{i,k,l}$：气候区域 l 动物类型 i 粪便管理方式 k 的占比，%。

① 每日易挥发性固体排泄量（干物质）

VS 计算公式如下：

$$VS=GE\times(1/18.45)\times(1-DE)\times(1-ASH) \quad (4.7)$$

式中，VS：每日易挥发性固体排泄量（干物质），kg/头（只）/天；

GE：通过饲料每日采食总能，MJ/头（只）/天；

18.45：饲料干物质与每日采食总能的转化系数缺省值，MJ/kg；

DE：消化能占总能的比例，%

ASH：粪便灰分含量，%。

GE 计算方法见式（4.4），DE 缺省值见表 4.5，ASH 缺省值为 8%。

表 4.5 猪等动物 DE 缺省值（%）

动物类型	规模化养殖	农户散养	放牧
奶牛	75	65	65
肉牛	70	65	65
水牛	65	65	/
绵羊	68	65	65
山羊	66	63	63
猪	78	75	/

② 最大 CH_4 生产能力

粪便最大 CH_4 生产能力随动物种类和日粮变化有所不同，本指南推荐使用的缺省值见表 4.6。

表 4.6 猪等动物粪便最大 CH_4 生产能力缺省值（m^3/kg）

动物类型	规模化养殖	农户散养	放牧
奶牛	0.24	0.13	0.13
肉牛	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

③ 粪便管理方式构成与占比

动物粪便管理方式一般分为 13 种，包括：放牧/放养、每日施肥、固体贮存、自然风干、液体贮存、厌氧氧化塘、舍内粪坑贮存、沼气池、燃料燃烧、垫草垫料、堆肥和沤肥、好氧处理和其他，各地区各动物类型不同粪便管理方式的占比需调查获得。

④ CH_4 转化系数

CH_4转化系数为某种粪便管理方式的CH_4实际产量占最大CH_4生产能力的比例，本指南给出了不同区域、不同粪便管理方式的CH_4转化系数缺省值，详见表4.7。

表4.7 不同区域、不同粪便管理方式的CH_4转化系数缺省值（%）

区域	放牧/放养	每日施肥	燃料燃烧	固体贮存	自然风干	堆肥和沤肥	垫草垫料	舍内粪坑贮存	液体贮存	厌氧氧化塘	沼气池	好氧处理	其他
华北	1	0.1	10	2	1	0.5	3	3	20	70	10	0	2
东北	1	0.1	10	2	1	0.5	3	3	20	70	10	0	2
华东	1.5	0.5	10	4	1.5	1	3	3	42	78	10	0	1.5
中南	1.5	0.5	10	4	1.5	1	3	3	42	78	10	0	1.5
西南	1.5	0.5	10	4	1.5	1	3	3	42	78	10	0	1.5
西北	1	0.1	10	2	1	0.5	3	3	20	70	10	0	2

⑤ 粪便管理CH_4排放因子

表4.8为《中华人民共和国气候变化第四次国家信息通报》中我国6种主要动物在不同区域下粪便管理CH_4排放因子，供无排放因子参数的地区使用。

表4.8 猪等动物粪便管理CH_4排放因子缺省值（kg/头（只））

区域	动物	奶牛			肉牛			水牛			绵羊		山羊		生猪	
	二级分类	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生
华北	规模	46.95	7.31	25.90	16.85	4.83	15.69	/	/	/	1.87	0.89	4.19	1.97	10.42	6.79
	农户	8.68	0.97	4.01	6.33	1.75	6.69	/	/	/	1.00	0.48	1.07	0.50	2.81	2.32
	放牧	1.62	0.23	0.74	1.17	0.23	1.05	/	/	/	0.16	0.11	0.20	0.12	/	/
东北	规模	34.95	5.98	15.96	6.78	1.97	9.12	/	/	/	1.00	0.55	0.40	0.20	6.84	4.46

区域	动物	奶牛			肉牛			水牛			绵羊		山羊		生猪	
	二级分类	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	其它	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生	繁殖母畜	当年生
	农户	6.32	1.21	4.42	3.10	0.98	5.17	/	/	/	0.24	0.46	0.45	0.21	3.40	2.80
	放牧	1.53	0.19	1.27	0.97	0.56	1.16	/	/	/	0.19	0.12	0.17	0.10	/	/
华东	规模	27.08	5.00	12.16	12.73	6.35	17.81	3.32	0.51	2.56	1.18	0.67	1.62	0.94	11.71	7.64
	农户	5.26	1.11	2.75	10.03	3.38	12.12	11.64	4.06	10.23	1.26	0.73	0.59	0.53	5.98	4.94
	放牧	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
中南	规模	22.44	3.32	10.84	11.67	4.63	15.08	10.66	3.56	11.02	0.59	0.31	0.73	0.41	8.23	5.36
	农户	24.97	5.00	13.99	6.14	2.29	8.52	8.82	2.73	10.25	0.30	0.15	0.71	0.37	7.13	5.88
	放牧	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
西南	规模	19.47	3.79	8.75	18.90	9.03	30.00	/	/	/	0.86	0.49	1.90	1.11	11.32	7.38
	农户	11.03	2.60	6.20	6.67	2.63	12.22	7.87	2.63	11.14	0.38	0.26	0.85	0.58	6.98	5.76
	放牧	2.29	0.28	1.91	0.91	0.25	0.93	/	/	/	0.21	0.11	0.24	0.12	/	/
西北	规模	18.25	3.20	8.57	6.73	2.06	8.19	/	/	/	0.88	0.60	0.47	0.23	14.29	9.32
	农户	8.29	1.32	4.05	2.79	0.57	3.07	4.08	1.12	5.14	0.43	0.29	0.64	0.31	5.11	4.22
	放牧	1.53	0.19	1.27	0.60	0.17	0.62	/	/	/	0.11	0.08	0.06	0.06	/	/

二、动物粪便管理 N_2O 排放

1. 排放源描述

动物粪便管理 N_2O 排放是指动物粪便施入到土壤之前贮存和处理过程中所产生的 N_2O，排放量受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等因素影响。

根据各地区动物饲养情况，同时考虑统计数据的可获得性，确定猪、肉牛、水牛、奶牛、山羊、绵羊、家禽、马、驴、骡、骆驼和兔为动物粪便管理 N_2O

排放源。需要特别说明的是，本部分只计算规模化饲养和农户饲养动物粪便管理 N_2O 排放，不包括放牧饲养动物粪便管理 N_2O 排放，该部分由农用地 N_2O 排放计算和报告。

2. 编制方法

动物粪便管理 N_2O 排放分为直接排放和间接排放，分以下五步进行计算：

步骤 1：获取各种动物年末存栏量数据；

步骤 2：确定不同动物粪便管理 N_2O 直接排放因子；

步骤 3：确定不同动物粪便管理 N_2O 间接排放因子；

步骤 4：采用各种动物粪便管理 N_2O 直接排放因子和间接排放因子之和乘以其活动水平数据计算得出各动物粪便管理 N_2O 排放量；

步骤 5：各动物 N_2O 排放量相加得出本地区动物粪便管理 N_2O 排放总量。

动物粪便管理 N_2O 排放量按式（4.8）计算：

$$E_{\text{粪便管理}N_2O} = \sum_i \left(EF_{N_2O\ \text{直接},i} + EF_{N_2O\ \text{间接},i}\right) \times AD_i \times 10^{-3} \quad (4.8)$$

式中，$E_{\text{粪便管理}N_2O}$：动物粪便管理 N_2O 排放总量，t；

$EF_{N_2O\ \text{直接},i}$：动物类型 i 的动物粪便管理 N_2O 直接排放因子，kg/头（只）；

$EF_{N_2O\ \text{间接},i}$：动物类型 i 的动物粪便管理 N_2O 间接排放因子，kg/头（只）；

AD_i：动物类型 i 的年末存栏量，头（只）。

3. 活动水平数据及其来源

各种动物在农户饲养和规模化饲养下的年末存栏量采用官方统计数据，如统计年鉴等，活动水平数据格式见附表 C.3。

4. 直接排放因子数据及其确定方法

动物粪便管理 N_2O 直接排放是指动物粪便在贮存和处理过程中，粪便中的氮在硝化和反硝化过程中导致的 N_2O 排放。

各种动物粪便管理 N_2O 直接排放因子计算公式如下：

$$EF_{N_2O\ \text{直接},i} = \sum_k \left(MS_{i,k} \times EF_k\right) \times Nex_i \times \frac{44}{28} \quad (4.9)$$

式中，$EF_{N_2O\ \text{直接},i}$：动物类型 i 的动物粪便管理 N_2O 直接排放因子，kg/头（只）；

$MS_{i,k}$：动物类型 i 粪便管理方式 k 的占比，%；

EF_k：粪便管理方式 k 的元素氮直接排放因子，$kgN_2O\text{-}N/kgN_{排泄量}$；

Nex_i：动物类型 i 的动物年粪便氮排泄量，kg/头（只）；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

（1）年粪便氮排泄量

各地区不同动物的氮排泄量推荐优先采用本地区实测数据，如实测数据无法获取，可采用表 4.9 中缺省值。

表 4.9 不同动物年粪便氮排泄量缺省值（kg/头（只））

动物	奶牛	肉牛、水牛	生猪	家禽	山羊、绵羊	兔	马、骆驼	驴、骡
氮排泄量	66.8	39.6	11.0	0.44	3.3	1.1	40	40

（2）粪便管理方式构成与占比

同动物粪便管理 CH_4 排放中的 MS。

（3）不同粪便管理方式的元素氮直接排放因子

推荐优先采用本地区实测数据，如实测数据无法获取，可采用表 4.10 中缺省值。

表 4.10 不同粪便管理方式的元素氮直接排放因子缺省值（$kgN_2O\text{-}N/kgN_{排泄量}$）

粪便管理方式	放牧/放养	每日施肥	燃料燃烧	固体贮存	自然风干	堆肥和沤肥	垫草垫料	舍内粪坑贮存	液体贮存	厌氧氧化塘	沼气池	好氧处理	其他
排放因子	0.02	0	0.007	0.005	0.02	0.01	0.07	0.001	0	0	0	0.005	0.005

（4）粪便管理 N_2O 直接排放因子

推荐优先采用本地区计算的动物粪便管理 N_2O 直接排放因子，如无法获取，可采用表 4.11 中缺省值。

表 4.11 动物粪便管理 N_2O 直接排放因子缺省值（kg /头（只））

动物类型	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	猪	家禽	马	驴/骡	骆驼	兔
直接排放因子	1.44	0.94	1.24	0.10	0.09	0.11	0.02	1.45	1.45	1.45	0.04

5. 间接排放因子数据及其确定方法

动物粪便管理 N_2O 间接排放是指动物粪便施入土壤之前贮存和处理中产生的氨气和氮氧化物挥发、再经过大气氮沉降引起的 N_2O 排放，以及动物粪便淋溶和径流损失进入水体引起的 N_2O 排放。间接排放因子计算公式如下：

$$EF_{N_2O\ 间接,i} = EF_{N_2O\ 挥发,i} + EF_{N_2O\ 淋溶径流,i} \quad (4.10)$$

式中，$EF_{N_2O\ 间接,i}$：动物类型 *i* 的粪便管理 N_2O 间接排放因子，kg/头（只）；

$EF_{N_2O\ 挥发,i}$：动物类型 *i* 的粪便管理由于氨气和氮氧化物挥发导致 N_2O 间接排放因子，kg/头（只）；

$EF_{N_2O\ 淋溶径流,i}$：动物类型 *i* 的粪便管理由于淋溶和径流导致 N_2O 间接排放因子，kg/头（只）。

（1）氨气和氮氧化物挥发导致的 N_2O 间接排放因子

动物粪便在贮存和处理过程中氨气和氮氧化物挥发导致的 N_2O 间接排放因子计算公式如下：

$$EF_{N_2O\ 挥发,i} = N_{挥发,i} \times C_{氮沉降} \times \frac{44}{28} \quad (4.11)$$

式中，$EF_{N_2O\ 挥发,i}$：动物类型 *i* 的粪便管理由于氨气和氮氧化物挥发导致 N_2O 间接排放因子，kg/头（只）；

$N_{挥发,i}$：动物类型 *i* 的粪便中通过氨气和氮氧化物挥发导致的氮损失量，kg/头（只），缺省值可通过动物类型 *i* 年粪便氮排泄量乘以 20%计算得到；

$C_{氮沉降}$：大气氮沉降氮损失量的排放系数，%，缺省值为 1%；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

（2）淋溶和径流导致的 N_2O 间接排放因子

动物粪便在贮存和处理过程中淋溶和径流产生的 N_2O 间接排放因子计算公式如下：

$$EF_{N_2O\ 淋溶径流,i} = N_{淋溶径流，i} \times C_{淋溶径流} \times \frac{44}{28} \quad (4.12)$$

式中，$EF_{N_2O\ 淋溶径流,i}$：动物类型 *i* 的粪便管理中由于淋溶和径流导致的 N_2O 的间接排放因子，kg/头（只）；

$N_{淋溶径流,i}$：动物类型 *i* 的粪便中由于淋溶和径流导致的氮损失量，kg/头（只），缺省值可通过动物类型 *i* 年粪便氮排泄量乘以 10%计算得到；

$C_{淋溶径流}$：淋溶和径流氮损失量的排放系数，%，缺省值为 0.75%；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

（3）粪便管理 N_2O 间接排放因子

推荐优先采用本地区计算的动物粪便管理 N_2O 间接排放因子，如本地区数据无法获取，可采用表 4.12 中缺省值。

表 4.12 动物粪便管理 N_2O 间接排放因子缺省值（kg/头（只））

动物类型	奶牛	肉牛	水牛	绵羊	山羊	猪	家禽	马	驴/骡	骆驼	兔
间接排放因子	0.31	0.18	0.18	0.015	0.015	0.047	0.018	0.19	0.19	0.19	0.005

第四节　稻田 CH_4 排放

一、排放源描述

在淹水的条件下，稻田土壤中的腐烂植物体等有机物被产 CH_4 细菌分解，进而产生 CH_4。我国的稻田种植分为双季早稻、双季晚稻和单季稻三大类型。在四川、江西、湖南、湖北以及云南等中国南方地区部分水稻田地下水较浅的地区，存在一类特殊的水稻田——冬水田（或冬泡田、冷浸田），在冬季时，由于地下水很浅，稻田休耕季节仍处于淹水状态，产生较强的厌氧环境，在冬季的非水稻生长期仍有大量的 CH_4 排放。因此，对于冬水田，由于稻田全年淹水，不仅要考虑水稻生长季 CH_4 排放，还要考虑非水稻生长季的 CH_4 排放，对于其余稻田仅考虑水稻生长季的 CH_4 排放，非生长季的 CH_4 排放相对于生长季数量太小而忽略不计。

二、编制方法

稻田 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{稻田CH_4} = \sum_i EF_i \times AD_i \qquad (4.13)$$

式中，$E_{稻田CH_4}$：稻田 CH_4 排放总量，t；

EF_i：稻田类型 i 的 CH_4 排放因子，kg/hm^2；

AD_i：稻田类型 i 的播种面积，10^3hm^2；

i：稻田类型，包括单季稻、双季早稻、双季晚稻以及冬水田的非水稻生长季。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据为各种类型水稻播种面积，一级分类包括双季早稻、双季晚稻和单季稻（单作水稻和水旱轮作稻田的水稻）的播种面积，数据来源于官方统计数据，如《中国农业年鉴》、农村年鉴、省市统计年鉴等。冬水田面积一般没有相关的统计数据，可通过调查来获取。需要特别说明的是，统计数据中双季早/晚稻的播种面积会出现不一致的现象，因为部分双季早/晚稻或作为秧田，或上/下一季种植了非水稻作物，这部分双季早/晚稻在清单编制时作为单季稻。因此，对于有双季早/晚稻播种面积的省份，可先比较双季早/晚稻的播种面积，取其最小值作为双季稻面积，剩余的稻田播种面积即为单季稻的播种面积。活动水平数据表格见附表 C.4。

四、排放因子数据及其确定方法

1. 水稻生长季 CH_4 排放因子的确定方法

排放因子推荐优先采用本地区稻田 CH_4 排放因子数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。

表 4.13 各地区单季水稻 CH_4 排放因子缺省值（kg/hm^2）

秸秆还田率	0%～20%		20%～40%		40%～60%		60%～80%		80%～100%	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
连续淹水										
华北	670.7	131.4	734.3	140.7	796.7	150.6	858.5	161.0	920.4	171.3
华东	686.1	86.0	756.4	99.4	826.1	115.4	895.5	133.1	964.8	152.0
中南	806.7	58.2	867.0	76.4	926.1	96.6	984.9	118.3	1043.8	140.5
西南	562.7	130.4	604.9	140.7	646.3	150.5	687.4	160.1	728.2	170.3
东北	464.5	157.7	511.5	168.6	557.4	179.8	603.1	190.9	648.4	202.1
西北	634.1	99.4	697.8	109.8	760.1	120.6	822.1	132.1	884.1	144.1
期中烤田										
华北	330.2	65.7	391.4	68.6	441.1	74.9	490.2	83.0	538.9	92.1
华东	314.7	65.9	371.7	72.4	426.2	81.5	478.8	92.9	530.2	107.6
中南	326.4	54.2	380.1	63.1	424.3	72.2	466.7	84.1	509.7	95.9
西南	234.7	87.5	278.3	93.7	313.3	96.7	347.1	99.3	379.4	104.6
东北	203.2	82.0	251.1	83.6	291.0	88.6	326.5	95.0	358.8	104.6
西北	314.0	74.6	377.5	81.1	428.5	88.7	478.2	100.6	527.8	112.8
间歇灌溉										
华北	258.6	52.1	305.7	59.8	351.7	66.4	397.1	74.1	442.9	81.0
华东	262.7	42.0	312.8	55.2	362.8	68.2	411.6	82.2	460.5	98.1
中南	271.8	37.0	312.5	49.9	352.6	64.4	392.1	78.4	430.1	93.1
西南	203.0	78.0	232.3	84.3	261.6	90.4	289.8	97.0	320.0	103.7
东北	172.6	57.6	203.2	65.1	234.7	71.1	264.9	78.1	295.2	87.4
西北	252.1	46.9	299.5	57.2	346.5	68.0	393.1	79.0	439.5	90.5

注：连续淹水指稻田从插秧（或直播）前泡田开始直到收获前 1~2 周时间内均保持淹水状态；期中烤田指稻田在水稻分蘖盛期之前保持淹水，分蘖盛期开始排干并保持 1~2 周，复水后继续淹水状态 3~4 周，后转入淹水与非淹水交替状态；烤田+间歇灌溉与期中烤田类似，但烤田后即转入淹水与无水层交替出现的状态，下同

表 4. 14　各地区双季早稻 CH_4 排放因子缺省值（kg/hm^2）

秸秆还田率	0%～20%		20%～40%		40%～60%		60%～80%		80%～100%	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
连续淹水										
华东	433.2	38.7	486.5	41.6	538.7	45.5	590.8	49.9	642.9	54.4
中南	470.1	68.9	523.2	69.1	575.3	69.9	627.2	70.8	679.0	71.8
西南	281.4	25.1	313.3	25.4	345.5	25.5	376.7	23.8	406.6	23.6
期中烤田										
华东	190.3	30.5	235.0	29.2	271.3	31.2	307.3	35.7	342.7	38.4
中南	209.0	37.3	254.3	38.7	291.5	40.8	327.2	42.7	363.3	45.0
西南	105.0	17.3	131.3	23.4	159.9	22.1	185.2	16.6	207.0	16.8
间歇灌溉										
华东	182.2	24.6	221.1	26.3	257.5	30.1	296.5	32.9	330.3	36.1
中南	192.4	23.6	230.5	24.4	268.1	25.5	304.2	26.8	340.3	28.3
西南	102.8	20.0	125.6	18.0	148.2	18.0	169.1	14.6	188.0	14.8

表 4.15 各地区双季晚稻 CH_4 排放因子缺省值（kg/hm^2）

秸秆还田率	0%～20%		20%～40%		40%～60%		60%～80%		80%～100%	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
连续淹水										
华东	373.0	85.0	425.7	91.8	478.5	98.8	531.2	105.8	583.9	112.9
中南	452.0	169.8	513.1	186.9	574.1	204.0	635.1	221.1	696.2	238.3
西南	299.2	35.2	341.7	32.8	383.2	32.8	424.6	32.8	466.0	32.8
期中烤田										
华东	199.7	51.3	248.3	56.4	292.3	60.8	334.3	65.6	375.7	71.3
中南	234.9	89.6	294.1	104.4	345.2	117.9	393.6	133.3	442.5	148.3
西南	144.6	34.4	185.9	32.2	223.1	25.7	254.1	24.7	285.7	25.4
间歇灌溉										
华东	193.1	38.4	236.2	43.2	278.8	47.9	320.9	52.9	362.9	58.4
中南	225.8	64.7	274.2	77.6	323.7	91.2	372.1	103.7	421.9	116.2
西南	144.2	27.2	176.7	25.3	209.2	27.2	240.2	22.1	271.5	26.2

2. 冬水田非生长季 CH_4 排放因子的确定

对于有冬水田的省份，需计算冬水田非水稻生长季的 CH_4 排放量。冬水田排放因子推荐优先采用本地区冬水田非水稻生长季的 CH_4 排放因子数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。

表 4.16 冬水田非水稻生长季 CH_4 排放因子缺省值（kg/hm^2）

省份	冬水田非水稻生长季 CH_4 排放因子
浙江	483
福建	666
江西	589
湖北	476
湖南	519
广东	995
广西	869
海南	1251
重庆	505
四川	454
贵州	420
云南	489
陕西	337
全国	560

第五节　农用地 N_2O 排放

一、排放源描述

硝化作用是微生物在有氧条件下将铵态氮氧化成硝态氮的过程，反硝化作用则是微生物在厌氧条件下将硝酸盐还原成氮气的过程，而硝化作用和反硝化作用过程中均会产生 N_2O。氮的输入量是影响 N_2O 排放量的主要因素。农用地 N_2O 排放包括农田和动物放牧的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。对于农田，输入的氮来源包括化肥、粪肥和秸秆还田；对于放牧牧场，输入的氮来源为放牧动物排泄物（粪尿）。间接排放包括农田施肥和放牧动物排泄物的氨和氮氧化物挥发、再经过大气氮沉降引起的 N_2O 排放，以及农田施肥和放牧动物排泄物氮淋溶径流损失进入水体引起的 N_2O 排放。

二、编制方法

农用地 N_2O 排放包括直接排放和间接排放，计算公式如下：

$$E_{农用地N_2O}=N_2O_{直接}+N_2O_{间接} \quad (4.14)$$

式中，$E_{农用地N_2O}$：农用地 N_2O 排放总量，t；

$N_2O_{直接}$：农用地 N_2O 直接排放量，t；

$N_2O_{间接}$：农用地 N_2O 间接排放量，t。

1. 农用地 N_2O 直接排放

农用地分 3 类：稻田（包括单季稻田及轮作中的水稻生长季）、旱地（包括单纯旱地、轮作中的旱作部分及果园茶园）和放牧牧场。农田氮输入量 $N_{农田输入}$ 主要包括化肥氮（氮肥和复合肥中的氮）$N_{化肥}$、粪肥氮 $N_{粪肥}$、秸秆还田氮 $N_{秸秆还田}$（包括地上秸秆还田氮和地下根氮），放牧牧场的氮输入为放牧动物排泄氮 $N_{放牧过程排泄}$，根据式（4.15）～（4.21）计算农用地 N_2O 直接排放量：

$$N_2O_{直接}=[\Sigma(N_{农田输入,i}\times EF_{农田,i})+\Sigma(N_{放牧过程排泄,j}\times EF_{放牧,j})]\times\frac{44}{28} \quad (4.15)$$

式中，$N_2O_{直接}$：农用地 N_2O 直接排放量，t；

$N_{农田输入,i}$：农田类型 i 的氮输入量，tN；

$EF_{农田,i}$：农田类型 i 的直接排放因子，$kgN_2O\text{-}N/kgN_{输入量}$；

i：农田类型，分稻田和旱地；

$N_{放牧过程排泄,j}$：放牧动物类型 j 在放牧过程的氮排泄量，等于放牧动物数量乘以动物个体年氮排泄量，再扣减放牧动物粪便作燃料的氮量，t；

$EF_{放牧,j}$：放牧动物类型 j 的直接排放因子，见表 4-20，$kgN_2O\text{-}N/kgN_{排泄量}$；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

$$N_{稻田输入} = N_{稻田化肥} + N_{稻田粪肥} + N_{稻田秸秆} \tag{4.16}$$

$$\begin{aligned} N_{旱地输入等} &= N_{农田总氮输入} - N_{稻田输入} \\ &= (N_{化肥} + N_{粪肥} + N_{秸秆还田}) - N_{稻田输入} \end{aligned} \tag{4.17}$$

式中，$N_{稻田输入}$：稻田氮输入量，tN；

$N_{稻田化肥}$：稻田化肥氮输入量，等于稻田化肥施氮量乘以稻田播种面积，tN；

$N_{稻田粪肥}$：稻田粪肥氮输入量，等于稻田粪肥施氮量乘以稻田播种面积，tN；

$N_{稻田秸秆}$：稻田前茬作物秸秆还田氮量，采用水稻前茬作物秸秆还田率，根据公式 4.21 计算得出，tN；

$N_{农田总氮输入}$：农田氮总输入量，tN；

$N_{旱地输入等}$：旱地农田氮输入量，tN；

$N_{化肥}$：农田化肥输入总氮量，采用式（4.18）计算，tN；

$N_{粪肥}$：农田粪肥输入总氮量，采用式（4.19）~（4.20）计算，tN；

$N_{秸秆还田}$：农田秸秆还田总氮量，采用式（4.21）计算，tN。

$$N_{化肥} = N_{氮肥} + N_{复合肥} = N_{氮肥} + P_{复合肥} \times f_N_{复合肥} \tag{4.18}$$

式中，$N_{氮肥}$：氮肥输入总氮量，tN；

$N_{复合肥}$：复合肥输入总氮量，tN；

$P_{复合肥}$：复合肥消费量（实物量或者折纯量），t；

$f_N_{复合肥}$：复合肥含氮率，与 $P_{复合肥}$相对应，%。

需要注意的是复合肥消费量数据和复合肥含氮率的数据应该相互匹配，或都用实物量数据，或都用折纯量数据。

$$N_{\text{粪肥}}=[(N_{\text{畜禽}}-N_{\text{放牧总排泄}})+N_{\text{乡村人口}}\times(1-f_{}_{\text{卫生厕所}})]\times(1-f_{}_{\text{mms 淋溶径流}}-f_{}_{\text{mms 挥发}})-N_2O_{}_{\text{Nmms}} \quad (4.19)$$

$$N_{\text{放牧过程排泄}}=N_{\text{放牧总排泄}}-N_{\text{放牧作燃料}} \quad (4.20)$$

式中，$N_{\text{粪肥}}$：农田粪肥输入总氮量，tN；

$N_{\text{畜禽}}$：动物年粪便氮排泄量，tN；

$N_{\text{放牧过程排泄}}$：放牧动物在放牧过程的氮排泄量，tN；

$N_{\text{放牧作燃料}}$：放牧动物粪便作燃料的氮量，tN；

$N_{\text{放牧总排泄}}$：放牧动物总氮排泄量，包括 $N_{\text{放牧过程排泄}}$和 $N_{\text{放牧作燃料}}$，tN。

$N_{\text{乡村人口}}$：乡村人口的氮排泄量，等于乡村人口数乘以个体年氮排泄量（5.4 kgN/人），tN；

$f_{}_{\text{卫生厕所}}$：农村卫生厕所普及率，%；

$f_{}_{\text{mms 挥发}}$：动物粪便氨和氮氧化物挥发损失率，%；

$f_{}_{\text{mms 淋溶径流}}$：动物粪便氮淋溶径流损失率，%；

$N_2O_{}_{\text{Nmms}}$：动物粪便管理 N_2O 直接排放的氮量，来源于动物粪便管理 N_2O 直接排放部分清单，需要转化为氮量，tN；

式（4.19）~（4.20）中，$N_{\text{畜禽}}$、$N_{\text{放牧过程排泄}}$和 $N_{\text{放牧作燃料}}$相关的活动水平数据涉及动物年末存栏量、动物年粪便氮排泄量、放牧动物数量等，需与动物肠道发酵和动物粪便管理清单中数据保持一致。其中，在牧区，有一部分放牧动物粪便作燃料，因此，$N_{\text{放牧过程排泄}}$数据等于放牧动物总氮排泄量 $N_{\textit{放牧总排泄}}$扣除放牧动物粪便作燃料的量 $N_{\text{放牧作燃料}}$。

$$N_{\text{秸秆还田}}=\Sigma(N_{\text{地上秸秆还田}\,m}+N_{\text{地下根}\,m})=\Sigma[P_{\text{作物,}m}\times f_{}_{\text{草谷}\,m}\times f_Dr_m\times f_Nrot_m\times f_{}_{\text{还田率}\,m}+P_{\text{作物}\,m}\times(f_{}_{\text{草谷}\,m}+1)\times R_Rs_m\times f_Dr_m\times f_Nrot_m] \quad (4.21)$$

式中，$N_{\text{秸秆还田}}$：农作物秸秆还田的总氮量，tN；

$N_{\text{地上秸秆还田}}$：农作物地上秸秆还田氮量，tN；

$N_{\text{地下根}}$：农作物根部还田氮量，tN；

$P_{\text{作物}\,m}$：农作物 m 的产量，t；

f_Dr_m：农作物 m 的干重比，%；

$f_{草谷}{}_m$：农作物 m 的草谷比，%；

$f_{还田率}{}_m$：农作物 m 的秸秆还田率，通过调研获得；

f_Nrot_m：农作物 m 的秸秆含氮率（干基），%；

R_Rs_m：农作物 m 的根冠比，%；

m：农作物种类。

2. 农用地 N_2O 间接排放

农用地 N_2O 间接排放来源于施肥土壤和放牧动物总排泄氮的氨和氮氧化物挥发、再经过大气氮沉降导致的 N_2O 排放，以及施肥土壤和放牧动物总排泄氮淋溶或径流损失进入水体而导致的 N_2O 排放。

（1）大气氮沉降导致的 N_2O 间接排放

大气氮沉降导致的 N_2O 间接排放计算公式如下：

$$N_2O_{沉降}=(N_{农田总氮输入}\times f_{农田挥发}+N_{放牧总排泄}\times f_{放牧挥发})\times EF\times \frac{44}{28} \quad (4.22)$$

式中，$N_2O_{沉降}$：大气氮沉降引起的 N_2O 排放量，t；

$N_{农田总氮输入}$：农田氮总输入量，tN；

$f_{农田挥发}$：施肥农田氨和氮氧化物挥发损失率，%，见表 4.19；

$N_{放牧总排泄}$：放牧动物总氮排泄量，为 $N_{放牧排泄}$和 $N_{放牧作燃料}$之和，tN；

$f_{放牧挥发}$：放牧动物粪便氨和氮氧化物挥发损失率，%，缺省值为 20%；

EF：大气氮沉降引起的间接排放因子，$kgN_2O\text{-}N/kgN_{沉降}$；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

（2） 淋溶径流引起的间接排放

施肥农田由于降水和灌溉造成的氮淋溶和径流进入水体而引起的 N_2O 间接排放量采用公式（4.23）计算。其中，氮淋溶和径流损失率 $f_{淋径流}$如表 4.19；$f_{放牧淋径流}$ 为放牧动物排泄物淋溶径流损失率；EF 为农用地输入的氮经淋溶径流引起的 N_2O 间接排放因子。

$$N_2O_{淋溶径流}=(N_{农田总氮输入}\times f_{淋溶径流}+N_{放牧总排泄}\times f_{放牧淋溶径流})\times EF\times\frac{44}{28} \quad (4.23)$$

式中，$N_2O_{淋溶径流}$：施肥农田由于降水和灌溉造成的氮淋溶和径流进入水体而引起的 N_2O 间接排放量，t；

$N_{农田总氮输入}$：农田氮总输入量，tN；

$f_{_淋溶径流}$：施肥农田的氮淋溶径流损失率，%；

$N_{放牧总排泄}$：放牧动物总氮排泄量，为 $N_{放牧排泄}$和 $N_{放牧作燃料}$之和，tN；

$f_{_放牧淋溶径流}$：放牧动物排泄物的氮淋溶径流损失率，%，缺省值为 10%；

EF：施肥农田氮淋溶径流引起的间接排放因子，$kgN_2O\text{-}N/kgN_{淋溶径流}$；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据包括化肥氮、粪肥氮和秸秆氮，详见附表 C.5，主要农作物面积和产量、动物年末存栏量、乡村人口、氮肥折纯量、复合肥消费量（实物量或者折纯量）等来源于官方统计数据，如国家或地方统计年鉴；农村卫生厕所普及率采用《中国环境统计年鉴》数据或调研获取；农田施肥中的复合肥含氮率、稻田化肥施氮量、稻田粪肥施氮量、水稻前茬作物秸秆还田率、主要农作物参数和草谷比可通过调研获得，如本地区农作物参数和草谷比无法获取，可采用表 4.17 和表 4.18 中缺省值；放牧动物数量、放牧动物粪便作燃料比例、动物年粪便氮排泄量要与动物粪便管理清单中数据保持一致。分区域的农用地输入氮的挥发损失率和氮淋溶径流损失率缺省值如表 4.19 所示。

表 4.17 主要农作物参数缺省值

农作物 参数表	干重比 f_*Dr*	秸秆或根的含氮率 f_*Nrot*	根冠比 R_Rs
水稻	0.855	0.0081	0.125
小麦	0.87	0.00582	0.166
玉米	0.86	0.00815	0.17
大豆	0.86	0.0167	0.13
其他豆类	0.82	0.02063	0.13
薯类	0.45	0.02263	0.05
其他谷类	0.83	0.00858	0.166
籽棉	0.83	0.0124	0.2
油菜籽	0.82	0.01645	0.15
花生	0.9	0.0087	0.2
其他油料作物	0.86	0.01387	0.2

农作物 参数表	干重比 f_*Dr*	秸秆或根的含氮率 f_*Nrot*	根冠比 R_Rs
麻类	0.83	0.0131	0.2
烟叶	0.83	0.0144	0.2
甘蔗（叶，属于秸秆）	0.83	0.011	0.26
甜菜	0.4	0.00507	0.05
蔬菜类	0.15	0.0289	0.25

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

表 4.18 主要农作物草谷比缺省值

省份	玉米	水稻	小麦	其他谷物	棉花（籽棉）	油菜	花生	大豆	薯类	甘蔗
北京、天津、河北、山东、河南	1.04	1.07	1.28	1.05	4.73	1.86	1.27	1.46	0.18	/
辽宁、吉林、黑龙江	0.91	1.10	0.93	0.97	/	/	0.73	0.93	0.04	/
上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南	1.41	1.01	1.19	1.06	4.6	1.88	1.43	1.6	0.15	0.11
山西、陕西、甘肃	0.94	0.89	1.24	1.09	3.67	1.23	/	1.98	0.16	/
重庆、四川、贵州、云南	1.0	1.12	1.14	1.09	/	1.85	1.19	1.02	0.12	0.10
福建、广东、广西、海南	0.77	1.02	1.38	1.27	/	1.86	1.61	1.45	0.81	0.06
内蒙古、宁夏、新疆	1.09	/	0.97	/	2.75	2.83	/	/	0.42	/
青海、西藏	/	/	1.67	/	/	2.32	/	/	0.5	/
全国平均	1.01	0.997	1.22	1.09	2.95	1.86	1.26	1.19	0.21	0.06
	其他豆类	其他油料	麻类	烟叶	甜菜	蔬菜				
不分区域	1.597	1.398	0.205	0.205	0.499	0.205				

表 4.19 农用地输入氮的挥发和氮淋溶径流损失率缺省值

区域	包括省份及地区	挥发损失率（%，以氮计）	氮淋溶径流损失率（%，以氮计）
I 区	山西、陕西、宁夏、甘肃、新疆、青海、西藏（除林芝地区）、内蒙古中西部（包括阿拉善盟、巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、包头市、呼和浩特市和乌兰察布市）、四川西北部（包括阿坝藏族羌族自治州、甘孜藏族自治州和凉山彝族自治州）	8.96	11.81
II 区	辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古东部（包括锡林郭勒盟、赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市）	11.37	14.79
III 区	北京、天津、河北、山东、河南和安徽北部（宿州市、淮北市、蚌埠市、亳州市、阜阳市、淮南市和六安市）	10.23	13.60
IV 区	上海、江苏、浙江、安徽南部（除了安徽北部地区以外）、江西、湖北、湖南、四川东部和南部（即除了 I 区的川西北以外的地区）、重庆，西藏林芝地区	12.03	12.84
V 区	福建、广东、广西和海南，云南南部（包括临沧市、普洱市、西双版纳傣族自治州、红河哈尼族彝族自治州）	9.26	11.82
VI 区	贵州和云南东部、西部和北部（除了 V 区云南南部地区以外）	9.77	12.39

四、排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区实测数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。全国各大区域农用地 N_2O 直接排放因子和间接排放因子缺省值分别见表 4.20 和表 4.21。

表 4.20 不同区域农用地 N_2O 直接排放因子缺省值

区域	直接排放因子（$kgN_2O\text{-}N/kgN_{输入量}$）
稻田（包括单季稻田及轮作中的水稻生长季）	
I 区	0.0063
II 区	0.0042
III 区	0.0069
IV 区	0.0043
V 区	0.0055
VI 区	0.0045
旱地等（包括单纯旱地、轮作中的旱作部分及果园茶园）	
I 区	0.0082
II 区	0.0103
III 区	0.0068
IV 区	0.0119
V 区	0.0139
VI 区	0.0105
放牧	
牛	0.02
羊	0.01

表 4.21 农用地和放牧 N_2O 间接排放因子缺省值

排放源	间接排放因子（$kgN_2O\text{-}N/kgN_{输入量}$）
源于大气氮沉降	0.01
源于氮淋溶径流	0.0075

第六节　秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放

一、排放源描述

农作物收获以后，由于要在短时间进行下一季作物的耕作，田间的农业残余物（秸秆）未及时收集和运走，为防止大量秸秆滞留在地里影响来年农作物耕作，有可能出现就地焚烧，过程中产生 CH_4 和 N_2O 等温室气体排放。

二、编制方法

秸秆田间焚烧 N_2O 和 CH_4 排放计算公式如下：

$$E_{田间焚烧N_2O}=DTP_{田间焚烧}\times f_{氧化率}\times EF_{田间焚烧N_2O}\times 10^{-3} \quad (4.24)$$

$$E_{田间焚烧CH_4}=DTP_{田间焚烧}\times f_{氧化率}\times EF_{田间焚烧CH_4}\times 10^{-3} \quad (4.25)$$

式中，$E_{田间焚烧N_2O}$：秸秆田间焚烧 N_2O 排放量，t；

$E_{田间焚烧CH_4}$：秸秆田间焚烧 CH_4 排放量，t；

$DTP_{田间焚烧}$：秸秆田间焚烧干重，t；

$f_{_氧化率}$：秸秆氧化率，%，缺省值为 90%；

$EF_{田间焚烧N_2O}$：秸秆田间焚烧 N_2O 排放因子，gN_2O/kg 干重；

$EF_{田间焚烧CH_4}$：秸秆田间焚烧 CH_4 排放因子，gCH_4/kg 干重。

其中，

$$DTP_{田间焚烧}=\Sigma\left(P_{作物m}\times f_{草谷m}\times f_{Drm}\right)\times f_{田间焚烧} \quad (4.26)$$

式中，$P_{作物m}$：农作物 m 的产量，t；

$f_{草谷m}$ 和 f_{Drm}：农作物 m 的草谷比和干重比，%；

$f_{田间焚烧}$：秸秆田间焚烧比例，需要通过调研或者卫星数据估算，%。

三、活动水平数据及其来源

农作物产量采用官方统计数据，如统计年鉴等，秸秆田间焚烧比例由调研获得，农作物草谷比和干重比见表 4.17 和表 4.18。

四、排放因子数据及其确定方法

排放因子推荐优先采用本地区秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放因子，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值。

表 4.22 秸秆田间焚烧 CH_4 和 N_2O 排放因子缺省值（g/kg 干重）

	排放因子
CH_4	2.7
N_2O	0.07

第五章　土地利用、土地利用变化和林业

第一节　概述

土地利用、土地利用变化与林业（Land Use, Land Use Change and Forestry, 缩写 LULUCF）温室气体清单主要报告由于人为活动引起的土地利用、土地利用变化和林业活动及其所产生的温室气体排放或清除。具体涉及 6 种土地利用类型（林地、农地、草地、湿地、建设用地和其他土地）、2 种土地利用变化类型（保持不变的土地、转化而来的土地）、6 类碳库（地上生物量、地下生物量、枯落物、死木、土壤有机质和木产品碳库）的碳储量变化、湿地和生物质燃烧的温室气体排放、3 种温室气体类型（CO_2、CH_4 和 N_2O）（图 5.1）。

《2011 年省级清单指南》主要参考了《1996 年 IPCC 清单指南》，清单范围包括森林和其他木质生物质碳储量变化以及森林转化的温室气体排放，但没有包括农地、草地、湿地等其他土地利用类型，也没有包括死有机质、土壤有机碳以及木产品等的温室气体排放和吸收，因此清单报告范围不全面，不足以反映 LULUCF 领域的实际情况。

本次省级指南修订主要参照《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》《2006 年 IPCC 清单指南》及其 2019 年修订版的有关要求，结合我国 LULUCF 领域的实际情况，进一步完善了清单范围，提出了土地利用分类和土地利用变化的确定方法、各主要碳库碳储量变化及温室气体排放源的评估方法，补充和完善了省级层面的缺省排放因子与不确定范围，详见本章和附录 D。

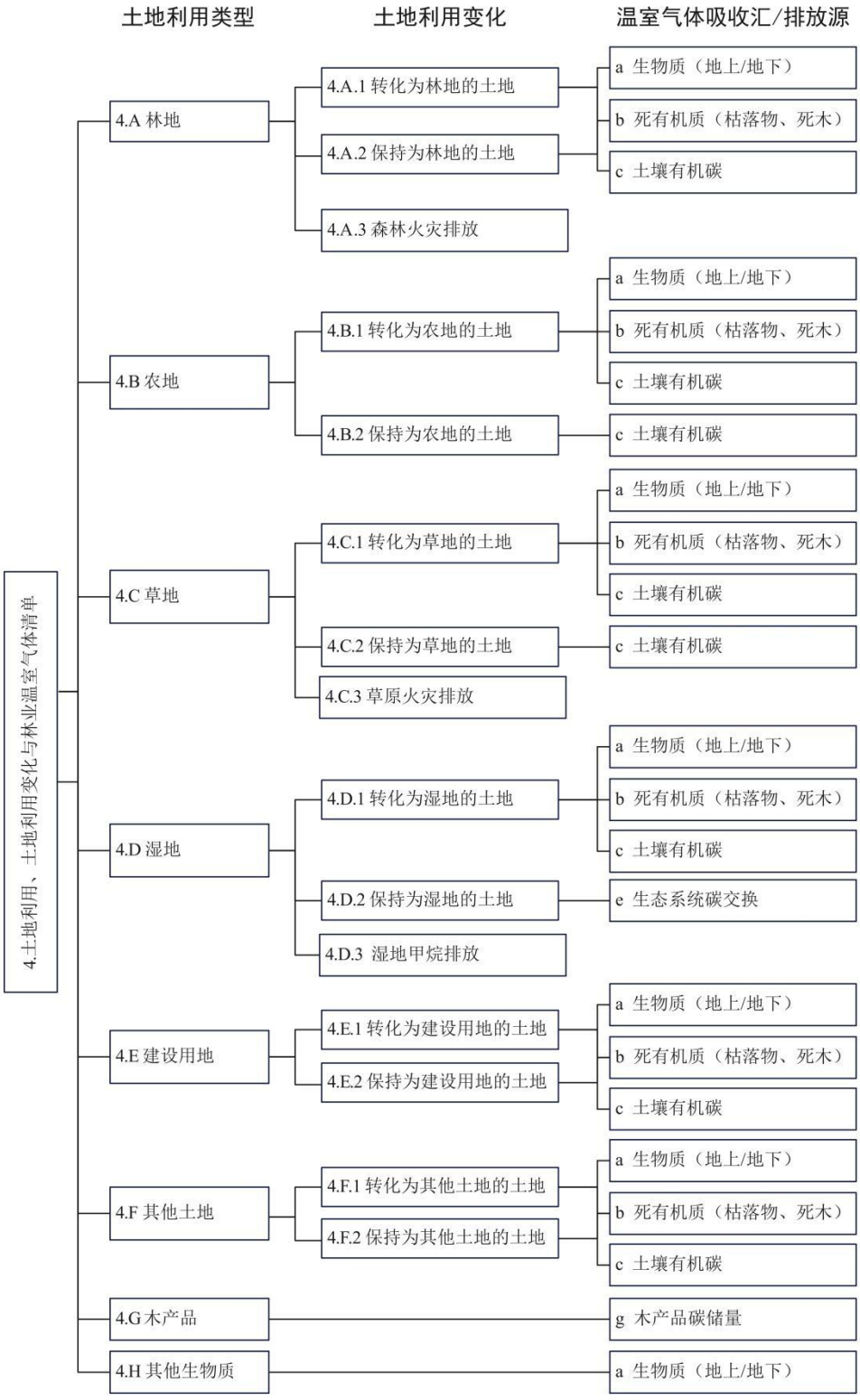


图 5.1 省级 LULUCF 清单评估的温室气体排放与清除

一、土地利用分类

土地利用是人类对土地的利用形式。土地利用可以划分为 6 种类型，分别是：林地、农地、草地、湿地、建设用地和其他土地。这 6 种土地利用属于一级分类，是计算与报告 LULUCF 领域温室气体排放/清除的基础。

表 5.1 土地利用类型的定义与描述

土地利用	《2006 年 IPCC 清单指南》	本指南
林地	该类土地包括所有有木本植被覆盖、且达到清单编制国家定义的“森林”阈值的土地；也包括虽然当前低于“森林”阈值，但未来有可能达到本国“森林”阈值的土地。	包括乔木林地（不含森林沼泽）、竹林地、灌木林地（不含灌丛沼泽）、其他林地（疏林地、未成林地、迹地、苗圃地等），以及种植多年生木本的种植园地，如：果园、茶园、其他园地（含橡胶园）。
农地	该类土地包括耕地（含稻田）和植被状况低于“森林”阈值的农林复合系统。	包括水田、水浇地和旱地。
草地	该类土地包括不属于“农地”的牧地和草地，也包括有木本和非牧草植被覆盖（如草本和灌木）但低于“森林”阈值的土地，还包括由荒地改建的农-草和林-草系统，且与国家定义相一致。	包括天然牧草地（不含沼泽草地）、人工牧草地和其他草地。
湿地	全年或一年中的部分时间处于水淹或水分饱和状态，使生物区系特别是土壤微生物与植物根系适应厌氧条件，从而产生温室气体清除与排放的一类土地利用类型。	包括红树林地、森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地、盐田、沿海滩涂、内陆滩涂和沼泽地等，以及开阔水面（河流、湖泊、水库、坑塘、沟渠）。
建设用地	该类土地包括所有已开发的土地，包括各种规模的交通设施和人类聚居地（除非已包括在其他土地分类中）。需与本国的定义相一致。	包括商业服务业用地、工矿用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水工建筑用地、城镇村及工矿用地等。
其他土地	该类土地包括裸土、岩石、冰川，以及不属于其他 5 个土地类型的所有土地。	包括空闲地、设施农用地、田坎、盐碱地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、冰川和永久积雪等。

我国的土地利用类型划分方式与《2006 年 IPCC 清单指南》有所不同。根据第三次全国国土调查技术规程（TD/T 1055—2019），大体可以将我国的土地利用类别与《2006 年 IPCC 清单指南》的分类方式相对应（见表 5.1）。其中，林地包

括：乔木林地、竹林地、灌木林地、其他林地（包括疏林地、迹地、未成林地以及苗圃地等）和园地。尽管园地（包括果园、茶园、其他园地）是独立的一种土地利用类型，但为了清单编制方便，根据碳库特征和计算方法相似性的原则，将园地作为林地的一个亚类型进行计算。所以，本指南中林地范围更广，与传统意义上的林地、森林等范围均有差别。

为了保证数据在时间序列上的一致性和可比性，应优先采用经过国家或省级主管部门认可的、符合最新的全国国土调查分类体系、且经过遥感与地面数据互相验证后的土地利用分类数据。在数据可获得的条件下，进一步细分土地利用的亚类型被视作为优良做法。例如，我国的林地可以细分为乔木林地、竹林地、灌木林地、其他林地等，农地可以细分为水田、旱地、水浇地等。土地类型的划分，需采用国家规定的定义和描述，且应当长期保持一致，以避免造成土地面积的遗漏或重复计算。

二、土地利用变化

土地利用变化是指不同土地利用类型之间的相互转化。例如：农地转化为林地、林地转化为建设用地等等。土地利用变化的判断方式通常以 20 年为时间间隔，将每一种土地利用类型划分为“保持为地类 X 的土地”和“转化为地类 X 的土地”（图 5.1）。例如：计算 2020 年的林地，需区分 2000—2020 年间“保持为林地的土地”，即这 20 年间始终为林地，未发生变化；并区分 2000—2020 年间“转化为林地的土地”，即在 2000 年时不是林地，通过土地利用变化，到 2020 年时已经成为林地。“转化为林地的土地”可以来自农地、草地、湿地、建设用地或其他土地。

类似的，在这 20 年间隔期内，也可能发生林地转化为农地、草地、湿地等类型，这就需要在转化后的地类中进行计算。例如，林地转化为农地，则属于“转化为农地的土地”其中的一种类型，具体在农地部分进行计算，而不在林地部分计算（图 5.1）。

三、土地利用变化矩阵

1. 确定土地利用类型及面积

土地利用面积等于本地区所有土地利用类型的面积之和：

$$A_{LU}=\sum_{i,p} A_{LU,i,p} \qquad (5.1)$$

式中，A_{LU}：土地利用面积，hm^2；

i：土地利用类型：林地、农地、草地、湿地、建设用地、其他土地；

p：细分的空间单元。根据数据的可获得性，可以按照生物气候区、行政区或空间栅格等划分方式，进一步细分空间单元。细化每一个空间单元内的土地利用类型、面积、土地利用变化类型与面积等属于优良做法。

2. 建立土地利用变化矩阵

如果土地利用及其面积数据只是按区域（例如：行政区）划分的统计值，可以通过比较清单编制年（T）和之前 20 年（T-20）各类型土地面积，来判断土地利用变化情况，具体步骤如下：

第一步：如果地类 i 的前期面积（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i,T-20}$）大于后期（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i,T}$），则将其后期面积（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i,T}$）视作 20 年间“保持为地类 i 的土地面积”，而将前后期面积的差值（$\Delta\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i} = \mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i,T-20} - \mathrm{A}_{\mathrm{LU}_i,T}$）视作为 20 年间“地类 i 转出到其他地类的总面积”（见表 5.2）。

第二步：如果地类 j 的前期面积（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j,T-20}$）小于后期（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j,T}$），则将前期面积（$\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j,T-20}$）视作 20 年间“保持为地类 j 的土地面积”，而将前后期面积的差值（$\Delta\mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j} = \mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j,T} - \mathrm{A}_{\mathrm{LU}_j,T-20}$）视作 20 年间为“从其他地类转入为地类 j 的总面积”（见表 5.2）。

表 5.2 土地利用面积及变化范例（hm^2）

	T-20 年面积	T 年面积	变化量	保持不变的面积	转入面积	转出面积
土地合计	171.0	171.0	0.0	162.0	9.0	9.0
林地	88.0	96.0	8.0	88.0	8.0	/
农地	32.0	30.0	-2.0	30.0	/	2.0
草地	15.0	14.0	-1.0	14.0	/	1.0
湿地	5.0	5.0	0.0	5.0	/	/
建设用地	3.0	4.0	1.0	3.0	1.0	/
其他土地	28.0	22.0	-6.0	22.0	/	6.0

第三步：计算第 T-20 年至第 T 年间从地类 i 转出至地类 j 的面积（或地类 j 转入自地类 i 的面积）：

$$A_{LU_{ij}} = \Delta A_{LU_i} \times \frac{\Delta A_{LU_j}}{\sum \Delta A_{LU}} \quad (5.2)$$

第四步：建立评估区域内所有土地利用类型的变化矩阵（见表 5.3）：

$$A_{LU} = \sum A_{LU_{ij}} = \begin{Bmatrix} A_{LU_{11}} & A_{LU_{12}} & A_{LU_{13}} & \cdots & \cdots & A_{LU_{1j}} \\ A_{LU_{21}} & A_{LU_{22}} & A_{LU_{23}} & \cdots & \cdots & A_{LU_{2j}} \\ A_{LU_{31}} & A_{LU_{32}} & A_{LU_{33}} & \cdots & \cdots & A_{LU_{3j}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{LU_{i1}} & A_{LU_{i2}} & A_{LU_{i3}} & \cdots & \cdots & A_{LU_{ij}} \end{Bmatrix} \quad (5.3)$$

式中，A_{LU}：土地利用面积，hm^2；

$A_{LU_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间从地类 *i* 转出至地类 *j* 的面积，hm^2；

ΔA_{LU_i}：第 *T*-20 年至第 *T* 年间地类 *i* 的总转出面积，hm^2；

ΔA_{LU_j}：第 *T*-20 年至第 *T* 年间地类 *j* 的总转入面积，hm^2；

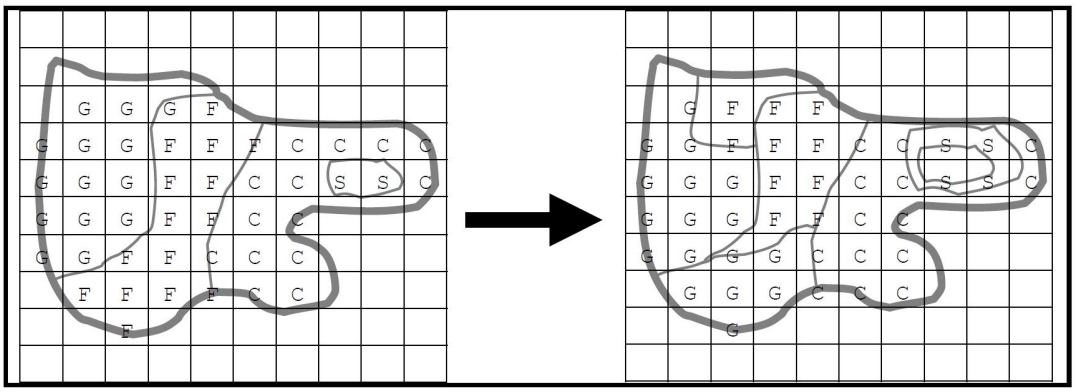
$\sum \Delta A_{LU}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间各地类转入（或转出）面积总和；

i, *j*：土地利用类型。

表 5.3 土地利用变化矩阵范例（hm^2）

	林地	农地	草地	湿地	建设用地	其他土地	t_1 年合计
林地	88.0	/	/	/	/	/	88.0
农地	1.8	30.0	/	/	0.2	/	32.0
草地	0.9	/	14.0	/	0.1	/	15.0
湿地	/	/	/	5.0	/	/	5.0
建设用地	/	/	/	/	3.0	/	3.0
其他土地	5.3	/	/	/	0.7	22.0	28.0
t_2 年合计	96.0	30.0	14.0	5.0	4.0	22.0	171.0

如果土地利用类型及其面积数据是空间明晰的，可以利用清单年份（时间 *T*）及其之前（时间 *T*-20）的土地利用空间数据，通过比较前后期每个空间栅格或矢量边界内土地利用类型的变化，来构建空间明晰的土地利用变化的空间数据，并确定每个评估单元的土地利用变化类型与面积（见图 5.2）。



注：F=林地；C=农地；G=草地；W=湿地；S=建设用地；O=其他土地。

左图：第 T-20 年的土地利用空间分布图；右图：第 T 年的土地利用空间分布图

图 5.2 空间明晰的土地利用变化示意图

细分土地利用亚类型及其变化属于优良做法。例如，可以按照林地的亚类型，继续将“保持为林地的土地”和“转化为林地的土地”按林地亚类型划分，并构建林地亚类型的面积转移矩阵。林地亚类型可以包括：乔木林、竹林、灌木林、其他林地、果园、茶园、其他园地等。例如，在“保持为林地的土地”中（见表 5.4），乔木林可以细分为“保持为乔木林的林地”和“竹林转化而来的乔木林”，竹林可以细分为“保持为竹林的林地”和“灌木林转化而来的竹林”等等。在“转化为林地的土地”中（见表 5.5），可以细分为“农地转化为乔木林”“草地转化为灌木林”等。

表 5.4 “保持为林地的土地”亚类型变化（示例）

	乔木林	竹林	灌木林	疏林	未成林	苗圃	迹地	*T*-20 年面积
乔木林	60.0	/	/	/	/	/	/	60.0
竹林	/	6.0	/	/	/	/	/	6.0
灌木林	1.3	/	10.0		0.7	/	/	12.0
疏林	0.7	/	/	2.0	0.3	/	/	3.0
未成林	/	/	/	/	2.0	/	/	2.0
苗圃	/	/	/	/	/	1.0	/	1.0
迹地	/	/	/	/	/	/	4.0	4.0
T 年面积	62.0	6.0	10.0	2.0	3.0	1.0	4.0	88.0

表 5.5 “转化为林地的土地”及转入林地亚类型的面积（示例）

	乔木林	竹林	灌木林	疏林	未成林	苗圃	迹地	转出为林地的面积
农地	1.1	0.2	0.4	/	/	/	/	1.8
草地	0.6	0.1	0.2	/	/	/	/	0.9

	乔木林	竹林	灌木林	疏林	未成林	苗圃	迹地	转出为林地的面积
湿地	/	/	/	/	/	/	/	/
建设用地	/	/	/	/	/	/	/	/
其他土地	3.3	0.7	1.3	/	/	/	/	5.3
保持为林地的面积	62.0	6.0	10.0	2.0	3.0	1.0	4.0	88.0
T 年总面积	67.0	7.0	12.0	2.0	3.0	1.0	4.0	96.0

四、温室气体排放与清除

LULUCF 领域的温室气体排放与清除主要计算发生在各土地利用类型（林地、农地、草地、湿地、建设用地和其他土地）及土地利用变化过程中的 CO_2 清除量与非 CO_2 温室气体排放量，以及无法确定土地归属的木产品和其他生物质（包括散生木、散生竹和四旁树）的碳储量变化量。

$$\Delta GHG_{LULUCF} = \sum_i \Delta GHG_{LU_i} - \Delta C_{HWP} \times \frac{44}{12} - \Delta C_{TOF} \times \frac{44}{12} \quad (5.4)$$

式中，ΔGHG_{LULUCF}：LULUCF 领域的温室气体年排放量或清除量，用负值代表清除，tCO_2e；

ΔGHG_{LU_i}：第 i 种土地利用变化类型的温室气体年排放量或清除量，用负值代表清除，tCO_2e；

ΔC_{HWP}：收获的木产品的年碳储量变化量，用正值代表清除，tC；

ΔC_{TOF}：散生木（竹）和四旁树的年碳储量变化量，正值代表清除，tC；

LU_i：第 i 种土地利用类型，包括林地、农地、草地、湿地、建设用地和其他土地；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

第二节　林地

一、林地温室气体排放与清除

林地温室气体排放与清除主要包括“保持为林地的土地”和“转化为林地的土地”上各碳库的碳储量变化，以及森林火烧引起的温室气体排放：

$$\Delta GHG_{FL} = \Delta GHG_{Fire} - \Delta C_{FF} \times \frac{44}{12} - \Delta C_{LF} \times \frac{44}{12} \quad (5.5)$$

式中，ΔGHG_{FL}：林地温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

ΔGHG_{Fire}：森林火烧引起的温室气体排放，tCO_2e；

ΔC_{FF}：“保持为林地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

ΔC_{LF}：“转化为林地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

表 5.6 土地利用评估的碳库

碳库		定义与说明
生物质	地上生物量	土壤以上的所有木本（乔木和灌木）与草本（竹子）的活体植物生物量，包括茎、树桩、枝、树皮、籽实和叶等
	地下生物量	活根的全部生物量。不包括直径≤2 mm 的细根，因为往往不能凭经验将它们与土壤有机质或枯枝落叶区分开来
死有机质	死木	包括不含在枯枝落叶中的所有非活性的木材生物量，如：立木、倒木或者直径≥10 cm 的树桩
	枯落物	包括直径在 2mm~10cm 之间、土层上或内已经死亡的所有非活生物量。不包括直径≤2 mm 的死根或植物残体
土壤有机碳		一般指 30cm 土壤深度的矿质土中的有机碳，也包括土壤中直径≤2 mm 的活细根、死细根和死有机物质

二、转化为林地的土地

转化为林地的土地，根据转化前的土地类型及转化后的林地亚类型，评估生物质、死有机质和土壤有机碳库（表 5.6）的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放。

$$\Delta C_{LF} = \sum_{i,j} \left(\Delta BC_{LF_{ij}} + \Delta DOC_{LF_{ij}} + \Delta SOC_{LF_{ij}} \right) \quad (5.6)$$

式中，ΔC_{LF}：“转化为林地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{\mathrm{LF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间土地类型 *i* 转化为林地亚类型 *j* 的生物质碳库年碳储量变化，tC；

$\Delta \mathrm{DOC}_{\mathrm{LF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间土地类型 *i* 转化为林地亚类型 *j* 的死有机质碳库年碳储量变化，tC；

$\Delta \mathrm{SOC}_{\mathrm{LF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间土地类型 *i* 转化为林地亚类型 *j* 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

三、保持为林地的土地

保持为林地的土地，根据林地亚类型的细分和面积变化矩阵，评估生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放：

$$\Delta \mathrm{C}_{\mathrm{FF}} = \sum_{i,j}\left(\Delta \mathrm{BC}_{\mathrm{FF}_{ij}} + \Delta \mathrm{DOC}_{\mathrm{FF}_{ij}} + \Delta \mathrm{SOC}_{\mathrm{FF}_{ij}}\right) \quad (5.7)$$

式中，$\Delta \mathrm{C}_{\mathrm{FF}}$：“保持为林地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta \mathrm{BC}_{\mathrm{FF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间林地 *i* 转化为林地 *j*（例如竹林转化为乔木林）的生物质碳库年碳储量变化，tC；

$\Delta \mathrm{DOC}_{\mathrm{FF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间林地 *i* 转化为林地 *j* 的死有机质碳库年碳储量变化，tC；

$\Delta \mathrm{SOC}_{\mathrm{FF}_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间林地 *i* 转化为林地 *j* 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

四、生物质碳库

生物质包括地上生物量和地下生物量。林地生物质碳库的碳储量变化采用以下方法计算：

$$\Delta \mathrm{BC}_{ij} = \frac{\left(\mathrm{TBC}_{j,T} - \mathrm{TBC}_{i,T-20}\right)}{20} \times \mathrm{A}_{\mathrm{LF}_{ij}} \quad (5.8)$$

式中，$\Delta \mathrm{BC}_{ij}$：从地类（或林地亚类型）*i* 转化为林地 *j* 的年均生物质碳储量变化，tC；

$\mathrm{TBC}_{j,T}$：转化而来的林地 *j*（第 *T* 年）的总生物量碳密度，tC/hm^2；

$TBC_{i,T-20}$：转化前（第 *T*-20 年）土地 *i*（或林地亚类型 *i*）t_1 年的总生物量碳密度，tC/hm^2；

$A_{LF_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间土地 *i*（或林地亚类型 *i*）转化为林地 *j* 的面积，hm^2；

20：土地 *i*（或林地亚类型 *i*）转化为林地 *j* 的时间间隔，通常为 20 年。

1. 乔木林

乔木林总生物量可以采用异速生长模型的方法计算（或生物量转换因子法），也可以分别计算地上和地下生物量再求和：

$$TB_s = f_{TB}(V_s) = V_s \times BCEF_{TB,s} \quad (5.9)$$

$$TB_s = AGB_s + BGB_s = AGB_s \times (1 + RSR_s) \quad (5.10)$$

$$AGB_s = f_{AGB}(V_s) = V_s \times BEF_s \times SVD_s \quad (5.11)$$

$$TBC = \frac{\sum_s (TB_s \times CF_s \times A_s)}{\sum_s A_s} \quad (5.12)$$

式中，TB_s、AGB_s、BGB_s：分别是乔木林类型 *s* 的单位面积总生物量、单位面积地上生物量、单位面积地下生物量，td.m.[6]/hm^2；

V_s：乔木林类型 *s* 的单位面积蓄积量，m^3/hm^2；

$f_{TB}(V_s)$：乔木林类型 *s* 单位面积总生物量与单位面积蓄积量的相关模型，td.m./hm^2；

$f_{AGB}(V_s)$：乔木林类型 *s* 单位面积地上生物量与单位面积蓄积量的相关模型，td.m./hm^2；

$BCEF_{TB,s}$：乔木林类型 *s* 的生物量转换与扩展因子，是单位面积总生物量与单位面积蓄积量的比值，td.m./m^3；

BEF_s：乔木林类型 *s* 的生物量扩展因子，是单位面积地上生物量与树干生物量的比值（无量纲）；

SVD_s：乔木林类型 *s* 的基本木材密度，t/m^3；

[6] 注：td.m.为吨干物质，如 td.m./hm^2 为吨干物质/公顷，tC/td.m.为吨碳/吨干物质。

RSR_s：乔木林类型 s 的单位面积地下生物量/地上生物量比例（无量纲）；

TBC：本地区乔木林平均总生物量碳密度，tC/hm^2；

CF_s：乔木林类型 s 的生物量含碳率，tC/td.m.；

A_s：乔木林类型 s 的面积，hm^2；

s：乔木林类型，可以按树种（组）、起源、区域等划分。

（1）转化而来的乔木林

转化为乔木林后（第 T 年），如果无法准确判断这类乔木林地的树种和林龄，考虑到土地利用变化的时间间隔期（通常为 20 年），其单位面积总生物量（地上生物量+地下生物量）可以采用本地区所有乔木树种幼龄林的单位面积总生物量：

$$TB_{LF,T}=\frac{\sum_s\left(TB_{s,Y,T}\times A_{s,Y,T}\right)}{\sum_s A_{s,Y,T}} \tag{5.13}$$

式中，$TB_{LF,T}$：转化而来的乔木林（第 T 年）的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

$TB_{s,Y,T}$：第 T 年时，本地区乔木林 s 的幼龄林单位面积总生物量，td.m./hm^2；

$A_{s,Y,T}$：第 T 年时，本地区乔木林 s 的幼龄林面积，hm^2。

（2）保持不变的乔木林

对于“保持为乔木林的土地”，如果无法判断其树种组成和实际年龄，其后期（第 T 年）的单位面积总生物量，需要先计算后期乔木林总生物量，并扣除“转化而来的乔木林”的总生物量后，再除以“保持为乔木林的土地”面积：

$$TB_{FF,T-20}=\frac{\sum_s\left(TB_{s,T-20}\times A_{s,T-20}\right)}{\sum_s A_{s,T-20}} \tag{5.14}$$

$$TB_{FF,T}=\frac{\sum_s\left(TB_{s,T}\times A_{s,T}\right)-TB_{LF,T}\times A_{LF}}{A_{FF}} \tag{5.15}$$

式中，$TB_{FF,T-20}$：“保持为乔木林的土地”前期（第 T-20 年）的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

$TB_{s,T-20}$：“保持为乔木林的土地”前期（第 T-20 年）树种 s 的单位面积总

生物量，td.m./hm^2；

$A_{s,T-20}$：第 *T*-20 年本地区乔木林类型 *s* 的土地面积，hm^2；

$A_{s,T}$：第 *T* 年本地区乔木林类型 *s* 的土地面积，hm^2；

$TB_{FF,T}$：“保持为乔木林的土地”后期（第 *T* 年）的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

$TB_{s,T}$：“保持为乔木林的土地”后期（第 *T* 年）树种 *s* 的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

$TB_{LF,T}$：“转化而来的乔木林”后期（第 *T* 年）的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

A_{LF}：第 *T*-20 年至第 *T* 年本地区“转化而来的乔木林”的土地面积，hm^2。

A_{FF}：第 *T*-20 年至第 *T* 年本地区“保持为乔木林”的土地面积，hm^2。

2. 竹林或灌木林

竹林（或灌木林）的单位面积生物量采用缺省值法进行计算。对于“保持为竹林（或灌木林）”，其前、后期的单位面积地上或地下生物量都可以采用当地竹林（或灌木林）的平均单位面积地上或地下生物量。对于“转化而来的竹林（或灌木林）”，其前期的单位面积地上或地下生物量根据转化前的土地利用类型（或林地亚类型）确定，其转化后的单位面积地上或地下生物量同样采用缺省值（参见附表 D5.10~D5.12）。

3. 其他林地

其他林地包括：疏林地、未成林地、苗圃地和迹地。其中，未成林地、苗圃地和迹地的单位面积地上和地下生物量可以视为 0。疏林地通常有蓄积量统计值，但难以明确其树种及林龄，因此可以通过本地区乔木林平均的生物量转换与扩展因子（BCEF）来计算疏林的单位面积总生物量：

$$TBC_{OF} = V_{OF} \times BCEF_{OF} \times CF_{OF} = V_{OF} \times \left[\frac{\sum_s (TB_s \times A_s)}{\sum_s (V_s \times A_s)} \times 1.3 \right] \times CF_{OF} \qquad (5.16)$$

式中，TBC_{OF}：疏林的总生物量碳密度，tC/hm^2；

V_{OF}：疏林的单位面积蓄积量，m^3/hm^2；

$BCEF_{OF}$：疏林的生物量转换与扩展因子，可以视作为当地乔木林平均

BCEF 再乘以 1.3 倍，这代表相比于乔木林，疏林往往具有更大的树冠生物量分配比例，td.m./m^3；

TB_s：乔木林 *s* 的单位面积总生物量，td.m./hm^2；

A_s：乔木林 *s* 的面积，hm^2；

V_s：乔木林 *s* 的单位面积蓄积量，m^3/hm^2；

CF_{OF}：疏林的生物量含碳率，缺省值为 0.50 tC/td.m.。

4. 园地

果园和其他园地的单位面积生物量可以采用来自文献的经济林有关数据，茶园可以参照灌木林数据。

5. 其他土地利用类型

农地和草地的地上、地下生物量年际变化小且周转时间短，农地和草地上生长的多年生乔木等，归入其他生物质（如散生木、四旁树等）统计和分析。因此，在考虑土地利用变化时，将农地和草地的地上、地下生物量假定为 0。

湿地按其亚类型划分，红树林和森林沼泽采用与乔木林相同的方法计算其地上、地下生物量，灌丛沼泽等参照灌木林的方法计算其地上、地下生物量。因此，在考虑土地利用变化时，将其他类型湿地的地上、地下生物量假定为 0。

建设用地的地上生物量总量较小且分布不均，建设用地上的多年生乔木纳入其他生物质（如散生木、四旁树等）统计和分析，因此，在考虑土地利用变化时，将建设用地的地上、地下生物量假定为 0。

其他土地主要是荒地、沙漠、冰川等，因此其地上/地下生物量假定为 0。

五、死有机质碳库

死有机质碳储量变化主要计算枯落物和死木的碳储量变化：

$$\Delta DOC_{ij} = \frac{\left(DOC_{j,T} - DOC_{i,T-20}\right)}{20} \times A_{LF_{ij}} \quad (5.17)$$

$$DOC = LI \times CF_{LI} + DW \times CF_{DW} \quad (5.18)$$

式中，ΔDOC_{ij}：从地类（或林地亚类型）*i* 转化为林地 *j* 的死有机质年均碳储量变化，tC；

$DOC_{j,T}$：转化而来的林地 j（第 T 年）的死有机质碳密度，tC/hm^2；

$DOC_{i,T-20}$：转化前土地 i（或林地亚类型 i）第 T-20 年的死有机质碳密度，tC/hm^2；

$A_{LF_{ij}}$：土地 i（或林地亚类型 i）转化为林地 j 的面积，hm^2；

20：土地 i（或林地亚类型 i）转化为林地 j 的时间间隔，通常为 20 年；

LI 和 DW：单位面积枯落物量和死木量，td.m./hm^2；

CF_{LI} 和 CF_{DW}：枯落物和死木的含碳率，缺省值为 0.37 tC/td.m.。

1. 枯落物

根据土地利用及其覆盖特征，只考虑乔木林、竹林和灌木林枯落物，森林沼泽和灌丛沼泽的枯落物分别参照乔木林和灌木林取值，其他类型土地上的枯落物统一视作为 0。

乔木林（竹林或灌木林）的单位面积枯落物量（LI），由枯落物量/地上生物量的比例系数（LAR）进行计算：

$$LI = \frac{\sum_s \left(AGB_s \times LAR_s \times A_s \right)}{\sum_s A_s} \tag{5.19}$$

式中，LI：乔木林（竹林或灌木林）的单位面积枯落物量，td.m./hm^2；

A_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 s 的面积，hm^2；

AGB_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 s 的单位面积地上生物量，td.m./hm^2；

LAR_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 s 的枯落物量/地上生物量比例（无量纲）。

2. 死木

根据土地利用及其覆盖特征，死木碳库只考虑乔木林，其他类型土地的死木碳密度统一视作为 0。乔木林单位面积死木量，由死木生物量/地上生物量的比例系数（DAR）进行计算：

$$DW = \frac{\sum_s \left(AGB_s \times DAR_s \times A_s \right)}{\sum_s A_s} \tag{5.20}$$

式中，DW：乔木林（竹林或灌木林）的单位面积死木量，td.m./hm^2；

A_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 *s* 的面积，hm^2；

AGB_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 *s* 的单位面积地上生物量，td.m./hm^2；

DAR_s：乔木林（竹林或灌木林）类型 *s* 的死木量/地上生物量比例（无量纲）。

六、土壤有机碳库

对于“保持为林地的土地”，如果林地亚类型没有发生变化（如一直为乔木林），其土壤有机碳密度变化假定为 0。如果林地亚类型发生变化，根据变化前后林地亚类型的土壤有机碳密度缺省值，计算林地亚类型变化引起的土壤有机碳密度变化。

对于“转化为林地的土地”，根据转化前的土地类型的土壤有机碳密度缺省值，和转化后林地亚类型的土壤有机碳密度缺省值，计算转化为林地的土地土壤有机碳密度变化。

$$\Delta SOC_{LU_{ij}} = \frac{dSOC_{LU_j,T} - dSOC_{LU_i,T-20}}{20} \times A_{LF_{ij}} \quad (5.21)$$

式中，$\Delta SOC_{LU_{ij}}$：地类 *i* 转化为林地 *j* 过程中的土壤有机碳储量的年均变化量，tC；

$dSOC_{LU_i,T-20}$：转化前（第 *T*-20 年）地类 *i* 的平均土壤有机碳密度，tC/hm^2；

$dSOC_{LU_j,T}$：转化后（第 *T* 年）林地 *j* 的平均土壤有机碳密度，tC/hm^2；

$A_{LF_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年间土地 *i* 转化为林地 *j* 的面积，hm^2；

20：土地 *i* 转化为林地 *j* 的时间间隔，通常为 20 年。

由于土壤有机碳密度的年增长量通常不超过 0.5 tC/hm^2，如果 $\frac{dSOC_{LU_j,T} - dSOC_{LU_i,T-20}}{20} \geq 0.5$ tC/hm^2，则令其等于 0.5 tC/hm^2。

七、森林火灾排放

根据清单编制年的森林火烧面积和燃料质量，来计算森林火灾引起的非 CO_2 排放。其中燃料质量包括地上生物量、枯落物和死木。在无法确定火烧区域的燃料质量时，可以用清单年（第 *T* 年）本地区平均单位面积地上生物量、枯落物和死木来代替。

$$\Delta GHG_{Fire} = \Delta L_{Fire} \times GWP \quad (5.22)$$

$$\Delta L_{Fire} = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3} \quad (5.23)$$

$$M_B = AGB_{Fire} + LI_{Fire} + DW_{Fire} \quad (5.24)$$

式中，ΔGHG_{Fire}：森林火烧引起的温室气体排放量，tCO_2e；

ΔL_{Fire}：森林火烧引起的温室气体排放量（如 CH_4、N_2O 等），t；

GWP：非 CO_2 温室气体的全球增温潜势；

A：清单年 *T* 的森林火烧面积，hm^2；

C_f：燃烧因子，无量纲；

G_{ef}：排放因子，g/kgd.m.；

M_B：清单年 *T* 可燃烧的燃料质量，t/hm^2；

AGB_{Fire}：清单年 *T* 燃烧的地上生物量，t/hm^2；

LI_{Fire}：清单年 *T* 燃烧的枯落物，t/hm^2；

DW_{Fire}：清单年 *T* 燃烧的死木，t/hm^2。

八、活动水平数据

林地活动水平数据主要包括林地分类及其面积、林木蓄积量以及森林火烧面积和损失量。为保证土地分类方式和面积在时间序列上的一致性和可比性，清单活动水平数据须采用经过省级主管部门认可的、基于全国国土三调分类体系的、采用遥感结合地面验证后的土地利用空间数据。如果清单年 *T* 没有统计数据，可以通过相邻的两次以上统计年份的数据，利用内插或外推法获得。尽可能按照空间单元（行政区、生物气候区、空间栅格等）细分林地亚类型，确定土地利用变化矩阵、林地变化矩阵等。

1. 林地面积

根据林地分类及亚类型，获取清单年 *T* 及其之前 20 年各类型林地的面积，并尽可能细分。例如：乔木林面积可以按优势树种（组）及龄组进行细分；竹林可以细分为毛竹和杂竹等；灌木林可以细分为人工灌木林和天然灌木林等。

2. 林木蓄积

基于森林资源连续清查、林草生态综合监测等行业部门数据，获取本地区清单年 *T* 及其之前 20 年各类型林木蓄积量。乔木林须按优势树种（组）及龄组进行细分，同时获取疏林、散生木、四旁树、散生竹等的林木蓄积量数据。

3. 森林火烧面积与蓄积损失

森林火灾相关活动水平数据，通过清单年 *T* 林业部门的统计年鉴获取。

九、排放因子数据

林地温室气体排放/清除计算所需的主要排放因子见表 5.7，主要排放因子的缺省值参见附表 D.6~D.10。

表 5.7 林地温室气体清单编制所需的主要排放因子

排放因子	说明	数据来源
$f_{AGB}(V)$	地上生物量与蓄积相关的异速生长模型	文献和实测数据统计分析
BCEF	生物量转换与扩展因子	行业标准、文献和实测数据
BEF	生物量扩展因子	行业标准、文献和实测数据
SVD	基本木材密度	行业标准、文献和实测数据
RSR	地下生物量/地上生物量比例	行业标准、文献和实测数据
CF	含碳率	行业标准、文献和实测数据
LAR	枯落物/地上生物量比例	文献和实测数据统计分析
DAR	死木/地上生物量比例	文献和实测数据统计分析
SOC	土壤有机碳密度	文献和实测数据统计分析
C_f	燃烧因子	IPCC 缺省值：C_f=0.46±0.16
G_{ef}	非 CO_2 排放因子	IPCC 缺省值：CH_4=4.7±1.9 g/kgd.m.，N_2O=0.26±0.07 g/kgd.m.
GWP	百年尺度全球增温潜势	IPCC 缺省值：CH_4=28，N_2O=265

第三节　农地

一、农地温室气体排放与清除

农地温室气体排放和清除主要计算“保持为农地的土地”和“转化为农地的土地”上各碳库的碳储量变化：

$$\Delta GHG_{CL} = -\left(\Delta C_{CC} + \Delta C_{LC}\right) \times \frac{44}{12} \quad (5.25)$$

式中，ΔGHG_{CL}：农地温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

ΔC_{CC}：“保持为农地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

ΔC_{LC}：“转化为农地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、转化为农地的土地

转化为农地的土地，根据转化前的土地类型以及转化后的土地类型，评估生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放。

$$\Delta C_{LC} = \sum_{i,j}\left(\Delta BC_{LC_{ij}} + \Delta DOC_{LC_{ij}} + \Delta SOC_{LC_{ij}}\right) \quad (5.26)$$

式中，ΔC_{LC}：“转化为农地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{LC_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为农地类型 *j*（例如：灌木林转化为旱地）的生物质年碳储量变化，tC；

$\Delta DOC_{LC_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的死有机质年碳储量变化，tC；

$\Delta SOC_{LC_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

1. 生物质碳库

由于农地生物生长期短、周转时间短、生物量年际变化不大，因此在计算转化为农地的生物量碳储量变化时，清单年（第 *T* 年）农地的地上和地下生物量均忽略不计，设为 0。转化前（第 *T*-20 年）地类为草地、其他湿地、建设用地和其他土地，地上和地下生物量及其变化均忽略不计，设为 0。转化前地类为林地、森林沼泽或灌丛沼泽，生物质碳储量变化按如下方法计算：

$$\Delta BC_{LC_{ij}} = \frac{\left(0 - BC_{i,T-20}\right) \times A_{LC_{ij}}}{20} \quad (5.27)$$

式中，$\Delta BC_{LC_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的生物质年均碳储量变化，tC；

$BC_{i,T-20}$：第 *T*-20 年土地类型 *i* 的总生物量碳密度（参考本章第二节），tC/hm^2；

$A_{LC_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的总面积，hm^2。

2. 死有机质碳库

转化为农地后（第 *T* 年），农地死有机质碳库忽略不计，设为 0。转化为农地前（第 *T*-20 年），除林地、森林沼泽和灌丛沼泽外，其他类型土地的枯落物和死木碳储量变化可以忽略不计，设为 0。如果是林地、森林沼泽和灌丛沼泽转化为农地，采用库差别法计算枯落物和死木碳储量变化：

$$\Delta DOC_{LC_{ij}} = \frac{\left(0 - DOC_{i,T-20}\right) \times A_{LC_{ij}}}{20} \quad (5.28)$$

式中，$\Delta DOC_{LC_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的死有机质年均碳储量变化，tC；

$DOC_{i,T-20}$：第 *T*-20 年土地类型 *i* 的死有机质碳密度，参考本章第二节，tC/hm^2；

$A_{LC_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年土地类型 *i* 转化为农地类型 *j* 的总面积，hm^2。

3. 土壤有机碳库

参照“转化为林地的土地”的土壤有机碳库计算方法，根据转化前的土地类型及其土壤有机碳密度、转化后的农地土壤有机碳密度，以及转化为农地的面积，计算“转化为农地的土地”土壤有机碳储量变化。

三、保持为农地的土地

保持为农地的土地，仅计算土壤有机碳储量的变化，不考虑其他碳库。采用排放因子法，根据农地亚类型的面积及土壤有机碳年变化量，可以得到当年农地土壤有机碳储量的变化：

$$\Delta C_{CC} = \sum_i \left(A_{CC,i} \times \Delta dSOC_i\right) \times 10^{-2} \quad (5.29)$$

式中，ΔC_{CC}：“保持为农地的土地”的年碳储量变化，tC；

$A_{CC,i}$：清单年 T 时农地亚类型 i（单季水田、双季水田、单季旱地、双季旱地、水旱轮作）的种植面积，hm^2；

$\Delta dSOC_i$：清单年 T 时农地亚类型 i 的土壤有机碳的年变化量，与农地类型、区域、种植制度、作物种类和产量等相关，gC/m^2。

四、农地活动水平数据

根据土地利用类型划分和土地利用变化矩阵，确定清单年“保持为农地的土地”和“转化为农地的土地”的面积。农地类型的细分，可以结合各地区农业种植制度，区分清单年的单季与双季水田、单季与双季旱田以及水旱轮作的面积。

五、农地排放因子数据

农地排放因子主要是不同种植模式下的土壤有机碳密度年变化量。本指南基于 Agro-C 模型，利用各省农地种植模式、产量数据、秸秆还田量、有机肥施用量，结合气候与环境要素，提供了 5 种农地亚类型的土壤有机碳密度年变化量（详见附件），供各地区在编制本地区温室气体清单的过程中参考。其他年份的数据可以采用插值的方法获得参考值。

第四节　草地

一、草地温室气体排放与清除

草地管理方式（如人工草地、禁牧、休牧、轮牧、围栏、改良草地、未利用草地等）和土地利用类型的改变，会引起草地土壤有机碳储量变化。草原火灾的发生也会引起非 CO_2 温室气体的排放。

草地温室气体排放和清除主要计算“保持为草地的土地”和“转化为草地的土地”上各碳库的碳储量变化，以及草原火灾引起的非 CO_2 温室气体排放。

$$\Delta GHG_{GL} = \Delta GHG_{Fire} - \left(\Delta C_{GG} + \Delta C_{LG}\right) \times \frac{44}{12} \tag{5.30}$$

式中，ΔGHG_{GL}：草地温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

ΔGHG_{Fire}：草原火灾引起的温室气体排放，tCO_2e；

ΔC_{GG}：“保持为草地的土地”上各碳库的年碳储量变化，tC；

ΔC_{LG}：“转化为草地的土地”上各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、保持为草地的土地

“保持为草地的土地”仅考虑土壤有机碳储量的变化，估算草地管理措施引起的地表 30cm 土层有机碳储量的变化：

$$\Delta C_{GG} = \frac{SOC_{GG,T} - SOC_{GG,T-20}}{20} \tag{5.31}$$

式中，ΔC_{GG}：“保持为草地的土地”的年均碳储量变化，tC；

$SOC_{GG,T}$：清单年（第 T 年）草地土壤有机碳储量，tC；

$SOC_{GG,T\text{-}20}$：第 T-20 年的草地土壤有机碳储量，tC。

没有人为管理的草地，其土壤有机碳储量变化视为 0。有管理活动的草地，土壤有机碳储量根据管理活动的面积和不同管理活动下的土壤有机碳密度进行计算：

$$SOC_{GG} = \sum_{p}\left(dSOC_{GG,p} \times A_{GG,p}\right) \tag{5.32}$$

式中，SOC_{GG}：“保持为草地的土地”土壤有机碳储量，tC；

$dSOC_{GG,p}$：草地管理活动 p 的土壤有机碳密度，tC/hm^2；

$A_{GG,p}$：草地管理活动 p 的面积，hm^2；

p：草地管理活动类型。

三、转化为草地的土地

转化为草地的土地，根据转化前的土地类型以及转化后的土地类型，计算生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放。

$$\Delta C_{LG} = \sum_{i,j}\left(\Delta BC_{LG_{ij}} + \Delta DOC_{LG_{ij}} + \Delta SOC_{LG_{ij}}\right) \quad (5.33)$$

式中，ΔC_{LG}：“转化为草地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{LG_{ij}}$：土地类型 i 转化为草地类型 j（例如：灌木林转化为草地）的生物质年碳储量变化，tC；

$\Delta DOC_{LG_{ij}}$：土地类型 i 转化为草地类型 j 的死有机质年碳储量变化，tC；

$\Delta SOC_{LG_{ij}}$：土地类型 i 转化为草地类型 j 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

1. 生物质碳库

由于草地生物生长期短、周转时间短、生物量年际变化不大，因此在计算转化为草地后的生物质碳储量变化时，草地的地上和地下生物量均忽略不计，设为0。转化前地类为农地、其他湿地、建设用地、其他土地，地上和地下生物量及其变化均忽略不计，设为 0。转化前地类为林地、森林沼泽或灌丛沼泽，生物质碳储量变化计算方法与农地相同，参考本章第三节。

2. 死有机质碳库

转化为草地前，除林地、森林沼泽和灌丛沼泽外，枯落物和死木碳储量变化可以忽略不计，设为 0。林地、森林沼泽和灌丛沼泽转化为草地，采用“库差别法”计算枯落物或死木碳储量变化，方法与农地相同，参考本章第三节。

3. 土壤有机碳库

参照“转化为林地的土地”的土壤有机碳库评估方法，根据转化前的土地类型及其土壤有机碳密度、转化后的草地土壤有机碳密度，以及转化为草地的面积，计算“转化为草地的土地”土壤有机碳储量变化。

四、草地火灾排放

参照林地火灾排放，主要根据清单编制年（*T*）的草地火烧面积和草地燃烧的燃料质量（参见附表 D.28）来计算草地火灾引起的非 CO_2 排放。

五、活动水平数据

1. 草地面积

草地清单活动水平数据主要为草地总面积，包括人工草地、禁牧、休牧、轮牧、当年新增围栏和改良草地面积数据，并计算未利用草地面积，以及草地的土地利用变化数据，包括保持为草地的土地面积、转化为草地的土地类型和面积。为保证土地分类方式和面积在时间序列上的一致性和可比性，清单活动水平数据须采用经过国家或省级行业主管部门认可的数据，并统一至自然资源部门公布的草地面积数据。通过等比例换算方法，依据自然资源部门的草地面积数据，将草地管理面积进行换算，具体换算方法如下：

$$\begin{cases} A_{ci} = \dfrac{A_{oi}}{A_{po}} \times A_{pc}, & A_{po} \geq A_{ot} \\ A_{ci} = \dfrac{A_{oi}}{A_{ot}} \times A_{pc}, & A_{po} < A_{ot} \end{cases} \tag{5.34}$$

式中，A_{ci}：换算后第 *i* 类管理措施面积，hm^2；

A_{oi}：原始第 *i* 类管理措施面积，hm^2；

A_{po}：行业主管部门草地总面积，hm^2；

A_{pc}：自然资源部门草地总面积，hm^2；

A_{ot}：各管理措施面积总和，hm^2。

如果清单年 *T* 或第 *T*-20 年没有统计数据，可以通过相邻的两次以上统计年份的数据，利用内插或外推法获得。草地变化矩阵参考本章第一节。

2. 草地火灾面积

草地火灾排放的活动水平数据主要为草地火烧面积，可以通过草业统计年鉴等方式获取。为保证土地分类方式和面积在时间序列上的一致性和可比性，活动水平数据须采用经过省级行业主管部门认可的数据。

六、排放因子数据

1. 草地土壤有机碳密度

本指南提供了各省（自治区、直辖市）不同草地管理措施下的草地土壤有机碳密度，参见附表 D.22。不同年度草地土壤有机碳密度的缺省值参见附表 D.23，其他年度的数据可以采用插值的方法获得参考值。

2. 草地火灾燃烧生物量

各省（自治区、直辖市）草地火灾燃烧消耗的生物量，采用草地地上生物量缺省值（参见附表 D.24）。

3. 草地火灾燃烧因子

草地火灾燃烧因子，采用《2006 年 IPCC 清单指南》缺省值 0.92，不确定度为 11.96%。

4. 草地火灾燃烧的非 CO_2 排放因子

草地生物量燃烧的非 CO_2 温室气体排放因子，采用《2006 年 IPCC 清单指南》缺省值。其中 CH_4 排放因子为 2.3 g/kgd.m.，不确定度为 39.13%；N_2O 排放因子为 0.21 g/kgd.m.，不确定度为 47.62%。

第五节　湿地

一、湿地温室气体排放与清除

湿地清单计算范围包括：森林沼泽、灌丛沼泽、沼泽草地、内陆滩涂、沼泽地、红树林、沿海滩涂、开阔水面（包括河流水面、湖泊水面、水库水面、库塘水面、沟渠），温室气体类型包括：CO_2 和 CH_4。

湿地温室气体排放/清除，包括湿地 CH_4 排放、“保持为湿地的土地”的 CO_2 排放/清除量，以及“转化为湿地的土地”的碳储量变化：

$$\Delta GHG_{WL} = \Delta GHG_{WL,CH_4} + \Delta GHG_{WW,CO_2} - \Delta C_{LW} \times \frac{44}{12} \quad (5.35)$$

式中，ΔGHG_{WL}：湿地温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

$\Delta GHG_{WL,CH_4}$：湿地 CH_4 年排放量，tCO_2e；

$\Delta GHG_{WW,CO_2}$：“保持为湿地的土地”的 CO_2 年排放/清除量，tCO_2e；

ΔC_{LW}：“转化为湿地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、转化为湿地的土地

转化为湿地的土地，根据转化前的土地类型以及转化后的湿地类型，评估生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放：

$$\Delta C_{LW} = \sum_{i,j}\left(\Delta BC_{LW_{ij}} + \Delta DOC_{LW_{ij}} + \Delta SOC_{LW_{ij}}\right) \quad (5.36)$$

式中，ΔC_{LW}：“转化为湿地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{LW_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为湿地类型 *j*（例如：灌木林转化为湿地）的生物质年碳储量变化，tC；

$\Delta DOC_{LW_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为湿地类型 *j* 的死有机质年碳储量变化，tC；

$\Delta SOC_{LW_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为湿地类型 *j* 的土壤有机碳库的年碳储量变化，tC。

1. 生物质碳库

转化为湿地后，除转化为红树林、森林沼泽、灌丛沼泽外，转化为其他湿地

类型的地上和地下生物量均忽略不计，设为 0。转化前地类为农地、草地、其他湿地（除红树林、森林沼泽、灌丛沼泽外）、建设用地、其他土地，其地上和地下生物量及其变化均忽略不计，设为 0。转化前地类为林地，或转化后地类为红树林、森林沼泽或灌丛沼泽，生物量碳储量变化按如下方法计算：

$$\Delta BC_{LW_{ij}} = \frac{\left(BC_{i,T} - BC_{i,T-20}\right) \times A_{LW_{ij}}}{20} \quad (5.37)$$

式中，$\Delta BC_{LW_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为湿地类型 *j* 的生物质年均碳储量变化，tC；

$BC_{i,T-20}$：第 *T*-20 年土地类型 *i* 的总生物量碳密度（参考本章第二节），tC/hm^2；

$BC_{j,T}$：第 *T* 年湿地类型 *j* 的总生物量碳密度（红树林、森林沼泽或灌丛沼泽的生物量碳密度计算方法参考本章第二节），tC/hm^2；

$A_{LW_{ij}}$：第 *T*-20 年至第 *T* 年土地类型 *i* 转化为湿地类型 *j* 的总面积，hm^2。

2. 死有机质碳库

转化为湿地前，除林地外，其他类型土地的枯落物和死木碳储量变化可以忽略不计，设为 0。林地转化为湿地前（*T*-20 年），其单位面积枯落物和死木碳密度根据其地上生物量（参考本章第二节）计算，或直接采用缺省值。根据转化面积、转化前后的枯落物或死木碳密度变化，采用“库差别法”（参考本章第二节）计算枯落物或死木碳储量变化。

3. 土壤有机碳库

参照“转化为林地的土地”的土壤有机碳评估方法（参考本章第二节），根据转化前的土地类型及其土壤有机碳密度、转化后的湿地土壤有机碳密度，以及转化为湿地的面积，计算“转化为湿地的土地”土壤有机碳储量变化。

三、保持为湿地的土地

保持为湿地的土地，采用排放因子法计算湿地生态系统 CO_2 排放/清除。湿地 CO_2 排放/清除因子为净生态系统碳交换量：

$$\Delta GHG_{WW,CO_2} = \sum_i \left(A_{WW,i} \times EF_{CO_2,i}\right) \quad (5.38)$$

式中，$\Delta GHG_{WW,CO_2}$：“保持为湿地的土地”的 CO_2 年排放/清除量，tCO_2e；

$EF_{CO_2,i}$：第 *i* 类湿地的 CO_2 年排放/清除因子，tCO_2/hm^2；

$A_{WW,i}$：“保持为湿地的土地”中第 *i* 类湿地的面积，hm^2。

四、湿地 CH_4 排放

湿地 CH_4 排放采用排放因子法计算，按照湿地类型划分，不区分“保持为湿地的土地”和“转化为湿地的土地”：

$$\Delta GHG_{WL,CH_4} = \sum_i \left(A_{WL,i} \times EF_{CH_4,i} \right) \times GWP_{CH_4} \quad (5.39)$$

式中，$\Delta GHG_{WL,CH_4}$：本地区湿地 CH_4 年排放量，tCO_2e；

$A_{WL,i}$：本地区第 *i* 类湿地的面积，hm^2；

$EF_{CH_4,i}$：本地区第 *i* 类湿地的 CH_4 年排放因子，tCH_4/hm^2；

GWP_{CH_4}：CH_4 的全球增温潜势。

五、活动水平数据

湿地活动水平数据主要包括湿地分类及其面积。为保证土地分类方式和面积在时间序列上的一致性和可比性，清单活动水平数据须采用经过省级主管部门认可的、基于全国国土三调分类体系的、采用遥感结合地面验证后的土地利用空间数据。

如果清单年没有统计数据，可以采用相邻的两次以上统计年份的数据，通过内插或外推法获得。采用本章第一节所述的方法，尽可能按照空间单元（行政区、生物气候区、公里网格等）细分湿地亚类型，确定湿地的面积变化矩阵。

六、排放因子数据

湿地清单编制所需的主要排放因子缺省值及其来源参见附表 D.25~D.35，包括湿地植物的生物量碳密度、湿地土壤碳密度、湿地 CO_2 排放/清除系数、湿地 CH_4 排放系数等。

第六节　建设用地

一、建设用地温室气体排放与清除

对于“保持为建设用地的土地”假定其各碳库的变化可以忽略不计，视作为0。尽管建设用地也有公园、绿地、四旁植树等，但其符合乔木林、竹林标准的部分已统计在林地中，而四旁树、散生木等作为一个单独的部分进行评估。因此，建设用地的温室气体排放与清除主要考虑“转化为建设用地的土地”各碳库碳储量的变化：

$$\Delta GHG_{SM} = -\Delta C_{LS} \times \frac{44}{12} \qquad (5.40)$$

式中，ΔGHG_{SM}：建设用地的温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

ΔC_{LS}：“转化为建设用地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、转化为建设用地的土地

转化为建设用地的土地，根据转化前的土地类型以及转化后的土地类型，评估生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放：

$$\Delta C_{LS} = \sum_{i,j} \left(\Delta BC_{LS_{ij}} + \Delta DOC_{LS_{ij}} + \Delta SOC_{LS_{ij}} \right) \qquad (5.41)$$

式中，ΔC_{LS}：“转化为建设用地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{LS_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为建设用地类型 *j*（例如：农地转化为建设用地）的生物质年碳储量变化，tC；

$\Delta DOC_{LS_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为建设用地类型 *j* 的死有机质年碳储量变化，tC；

$\Delta SOC_{LS_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为建设用地类型 *j* 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

1. 生物质碳库

转化为建设用地后，其地上和地下生物量均忽略不计，设为0。转化前地类为农地、草地、除森林沼泽或灌丛沼泽外的其他湿地、其他土地，其地上和地下生物量及其变化均忽略不计，设为0。转化前地类为林地、森林沼泽或灌丛沼泽，

生物质碳储量变化计算方法与农地和草地相同，参考本章第三节。

2. 死有机质碳库

转化为建设用地前，除林地、森林沼泽和灌丛沼泽外，枯落物和死木碳储量变化可以忽略不计，设为 0。林地、森林沼泽和灌丛沼泽转化为建设用地前（*T*-20 年），其单位面积枯落物和死木碳密度根据其地上生物量计算（参考本章第二节），或直接采用缺省值。根据转化面积、转化前后的枯落物或死木碳密度变化，采用“库差别法”（参考本章第二节）计算枯落物或死木碳储量变化。

3. 土壤有机碳

参照“转化为林地的土地”的土壤有机碳计算方法（参考本章第二节），根据转化前的土地类型及其土壤有机碳密度、转化后的建设用地土壤有机碳密度，以及转化为建设用地的面积，计算“转化为建设用地的土地”土壤有机碳储量变化。

三、活动水平数据

参照本章第一节，基于土地利用变化获取“转化为建设用地的土地”的类型及面积。

四、排放因子数据

排放因子主要为建设用地土壤有机碳密度。本指南提供了全国各省（自治区、直辖市）不同年度的建设用地土壤有机碳密度缺省值（参见附表 D.36），供各地区在编制本地区温室气体清单的过程中参考。

第七节　其他土地

一、其他土地温室气体排放与清除

对于“保持为其他土地的土地”假定其各碳库的变化可以忽略不计，视作为0。其他土地的温室气体排放与清除主要考虑“转化为其他土地的土地”各碳库碳储量的变化：

$$\Delta GHG_{OL} = -\Delta C_{LO} \times \frac{44}{12} \quad (5.42)$$

式中，ΔGHG_{OL}：其他土地的温室气体年排放/清除量，tCO_2e；

ΔC_{LO}：“转化为其他土地的土地”各碳库的年碳储量变化，tC；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、转化为其他土地的土地

转化为其他土地的土地，根据转化前的土地类型以及转化后土地类型，计算生物质、死有机质和土壤有机碳库的碳储量变化来反映 CO_2 清除或排放：

$$\Delta C_{LO} = \sum_{i,j} \left(\Delta BC_{LO_{ij}} + \Delta DOC_{LO_{ij}} + \Delta SOC_{LO_{ij}} \right) \quad (5.43)$$

式中，ΔC_{LO}：“转化为其他土地的土地”的年碳储量变化，tC；

$\Delta BC_{LO_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为其他土地类型 *j*（例如：灌木林转化为其他土地）的生物质年碳储量变化，tC；

$\Delta DOC_{LO_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为其他土地类型 *j* 的死有机质年碳储量变化，tC；

$\Delta SOC_{LO_{ij}}$：土地类型 *i* 转化为其他土地类型 *j* 的土壤有机碳库年碳储量变化，tC。

1. 生物质碳库

转化为其他土地后，其地上和地下生物量均忽略不计，设为0。转化前地类为农地、草地、除森林沼泽或灌丛沼泽外的其他湿地、建设用地，其地上和地下生物量及其变化均忽略不计，设为0。转化前地类为林地、森林沼泽或灌丛沼泽，生物质碳储量变化的计算方法与农地、草地、建设用地相同（参考本章第三节）。

2. 死有机质碳库

转化为其他土地前，除林地、森林沼泽和灌丛沼泽外，枯落物和死木碳储量变化可以忽略不计，设为 0。林地、森林沼泽和灌丛沼泽转化为建设用地前（*T*-20 年），其单位面积枯落物和死木碳密度根据其地上生物量计算（参考本章第二节），或直接采用缺省值。根据转化面积、转化前后的枯落物或死木碳密度变化，采用“库差别法”（参考本章第二节）计算枯落物或死木碳储量变化。

3. 土壤有机碳库

参照“转化为林地的土地”的土壤有机碳计算方法（参考本章第二节），根据转化前的土地类型及其土壤有机碳密度、转化后的其他土地土壤有机碳密度，以及转化为其他土地的面积，计算“转化为其他土地的土地”土壤有机碳储量变化。

三、活动水平数据

参照本章第一节，基于土地利用变化获取“转化为其他土地的土地”的类型及面积。

四、排放因子数据

排放因子主要为其他土地土壤有机碳密度。本指南提供了全国各省（自治区、直辖市）不同年度的其他土地土壤有机碳密度缺省值（参见附表 D.37），供各地区在编制本地区温室气体清单的过程中参考。

第八节　木产品

采伐后的木产品亦称伐木制品，是指从森林中采伐的，用于生产诸如家具、胶合板、纸张和纸类等日用品或用作能源的木质材料；原则上其他来自非木质的纤维制品，如藤本类和竹子类产品也计入木质林产品，在这里统称为木产品。省级 LULUCF 清单可以根据数据的可获得性，选择是否评估木产品碳储量变化。

采伐会导致森林生物量碳库的转移。除部分被留在采伐迹地上通过燃烧或腐烂分解将碳排放回大气或留在林地，大部分生物量碳被转移到了木产品中。因此采伐导致森林生物量碳的减少，但不能简单视作为全部立即排放回大气。储存在木产品中的碳，会随着产品种类的不同在其寿命周期内逐步分解排放。木产品数量的增长和使用寿命的延长，有助于木产品碳库储量的增加。木产品作为森林生态系统碳循环的一个组成部分，对森林生态系统和大气之间的碳平衡起着至关重要的作用。

一、木产品分类

联合国粮农组织将木产品划分为工业用原木和木质燃料等初级产品，然后再进一步分成锯材、人造板、纸和纸板以及其他工业原木产品等中间产品。这种分类方法既符合中国的国情，又适应 IPCC 的核算规则。

本部分主要估算在用的锯材、人造板、纸和纸板等木产品的碳储量及其变化，忽略垃圾填埋的产品和木质燃料（木炭和薪材）。由于其他工业原木产品的统计数据不是很完善，且这部分林产品的碳不会立即释放到大气，因此依据保守性原则，清单不考虑其他工业原木产品的碳储量变化。

二、木产品碳储量变化

采用“生产法”计算自 1990 年以来至清单年 T 本地区生产的木产品碳储量及年变化量，需要扣除进口和出口工业原木生产的木产品碳储量：

$$P_T = \sum_i \left(V_{S,i,T} \times D_{S,i} \times CF_{S,i} \right) + \sum_j \left(W_{\text{paper},j,T} \times 0.9 \times CF_{\text{paper},j} \right) \quad (5.44)$$

$$P_{DH_T} = P_T \times \left(\frac{P_{IRW_T}}{P_{IRW_T} + IM_{IRW_T} - EX_{IRW_T}} \right) \quad (5.45)$$

$$C_{HWP,T} = \left(\frac{1}{1+k} \right) \times \left(P_{DH_T} + C_{HWP,T-1} \right) \quad (5.46)$$

$$\Delta C_{HWP} = C_{HWP,T} - C_{HWP,T-1} \quad (5.47)$$

式中，P_T：清单年（第 T 年）本地区生产的木产品碳储量，tC；

$V_{S,i,T}$：第 T 年本地区生产的第 i 种锯材或人造板产品的（材）体积，m^3；

$D_{S,i}$：第 i 种锯材或人造板产品的基本密度，$td.m./m^3$；

$CF_{S,i}$：第 i 种锯材或人造板产品的含碳率，tC/td.m.；

$W_{paper,j,T}$：第 T 年本地区生产的第 j 种纸制品的重量，t；

0.9：纸制品干重系数，无量纲；

$CF_{paper,j}$：第 j 种纸制品的含碳率，tC/td.m.；

P_{DH_T}：第 T 年本地区采伐的木材加工成的木产品的碳储量，tC；

P_{IRW_T}、IM_{IRW_T}和EX_{IRW_T}：第 T 年本地区工业原木的生产量、进口量和出口量，m^3；

$C_{HWP,T}$：第 T 年本地区木产品累积的碳储量，tC；

k：一阶分解率，无量纲；

ΔC_{HWP}：第 T 年本地区木产品碳库的年碳储量变化，tC。

三、活动水平数据

木产品活动水平数据主要包括各类产品的生产量以及工业原木产品的生产量、进口量和出口量等统计数据。省级清单中各类木产品的生产量来自本地区林业统计年报数据和林业统计年鉴数据，工业原木的进口量和出口量来自本地区海关的统计数据。如果产品的数据是 1990 年以后开始进行统计的，可以利用最早 5 年的统计年报和统计年鉴数据的平均值通过外推法获取。综合考虑到生产法的内涵和我国木产品出口量较低，工业原木产品的出口量数据可以忽略不计。

四、排放因子数据

本部分提供了木产品碳储量计算所需的主要排放因子缺省值及其来源（参见附表 D.38~D.40）。

第九节　其他生物质

一、其他生物质碳储量变化

其他生物质主要包括散生木（竹）和四旁树。这类生物质可能存在于任一土地利用类型上，但分布不均，难以确定其具体的土地类型。我国的森林资源统计通常统计这一类林木的蓄积量或株数，其碳储量变化对 CO_2 清除和排放起到重要作用，因此本指南将其单独进行计算。

$$\Delta C_{TOF} = \frac{BC_{TOF,T} - BC_{TOF,T-20}}{20} \quad (5.48)$$

式中，ΔC_{TOF} ：本地区散生木（竹）、四旁树的生物质碳储量年均变化量，tC；

$BC_{TOF,T}$：本地区第 T 年散生木（竹）、四旁树的生物质碳储量，tC；

$BC_{TOF,T\text{-}20}$：本地区第 T-20 年散生木（竹）、四旁树的生物质碳储量，tC；

20：土地利用变化的时间间隔，年。

1. 散生木和四旁树

对于散生木和四旁树，根据不同时期的活立木蓄积量，利用与疏林相同的生物量转换与拓展因子，计算不同时期的散生木和四旁树的生物质碳储量变化：

$$BC_{TOF,tree} = V_{TOF,tree} \times BCEF_{TOF,tree} \times CF_{TOF,tree} \quad (5.49)$$

式中，$BC_{TOF,tree}$ ：散生木、四旁树的生物质碳储量，tC；

$V_{TOF,tree}$ ：散生木、四旁树的蓄积量，m^3；

$BCEF_{TOF,tree}$ ：散生木、四旁树的生物量转换与扩展因子，采用与疏林相同的值（参考本章第二节），$td.m./m^3$；

$CF_{TOF,tree}$：散生木、四旁树的生物量含碳率，缺省值为 0.50 tC/td.m.。

2. 散生竹

对于散生竹，根据不同时期竹子种类及株数，以及竹子单株生物量缺省值（或单株地上、地下生物量缺省值），计算散生竹生物质碳储量：

$$BC_{TOF,bamboo} = N_{TOF,bamboo} \times M_{TOF,bamboo} \times CF_{TOF,bamboo} \times 10^{-3} \quad (5.50)$$

式中，$BC_{TOF,bamboo}$ ：散生竹的生物质碳储量，tC；

$N_{TOF,bamboo}$ ：散生竹的株数，株；

$M_{TOF,bamboo}$ ：散生竹单株生物量，也可采用地上+地下生物量，kgd.m./株；

$CF_{TOF,bamboo}$：散生竹的生物量含碳率，缺省值为 0.47 tC/td.m.。

二、活动水平数据

活动水平数据主要包括清单年 *T* 和第 *T*-20 年本地区的散生木、四旁树的蓄积量，散生竹的类型和株数。

三、排放因子数据

散生木、四旁树的地上生物量转换与扩展因子、地下生物量/地上生物量比例，以及生物量含碳率等，采用与疏林相同的值。散生竹（毛竹、杂竹）的单株生物量缺省值参考附表 D.17。

第六章　废弃物处理

第一节　概述

废弃物处理主要包括固体废物的填埋、生物、焚烧处理，以及废水处理。固体废物包括生活垃圾、工业固体废物、危险废物和医疗废物等，废水则包括生活和商业污水（统称生活污水）以及工业废水。考虑到数据的可获得性，本指南考虑的废弃物包括生活垃圾填埋处理的 CH_4 排放，生物处理的 CH_4 和 N_2O 排放，固体废物焚烧处理的 CO_2、CH_4 和 N_2O 排放，以及废水处理的 CH_4 和 N_2O 排放。

《2011 年省级清单指南》试行的过程中，发现存在填埋处理采用的质量平衡方法会高估本地温室气体排放，且未涉及生物处理的 CH_4 和 N_2O 排放、焚烧处理的 CH_4 和 N_2O 的排放计算等问题。

本指南修订了原指南中固体废物填埋处理排放计算方法，即由质量平衡方法修改为一阶衰减方法，并提供了排放因子相关参数；扩大了清单边界，新增了部分排放源，并提供了相应的排放计算方法，如废弃物生物处理的 CH_4 和 N_2O 排放、焚烧处理的 CH_4 和 N_2O，详见本章和附录 E。废弃物处理领域所涉及的排放源类别如图 6.1 所示。

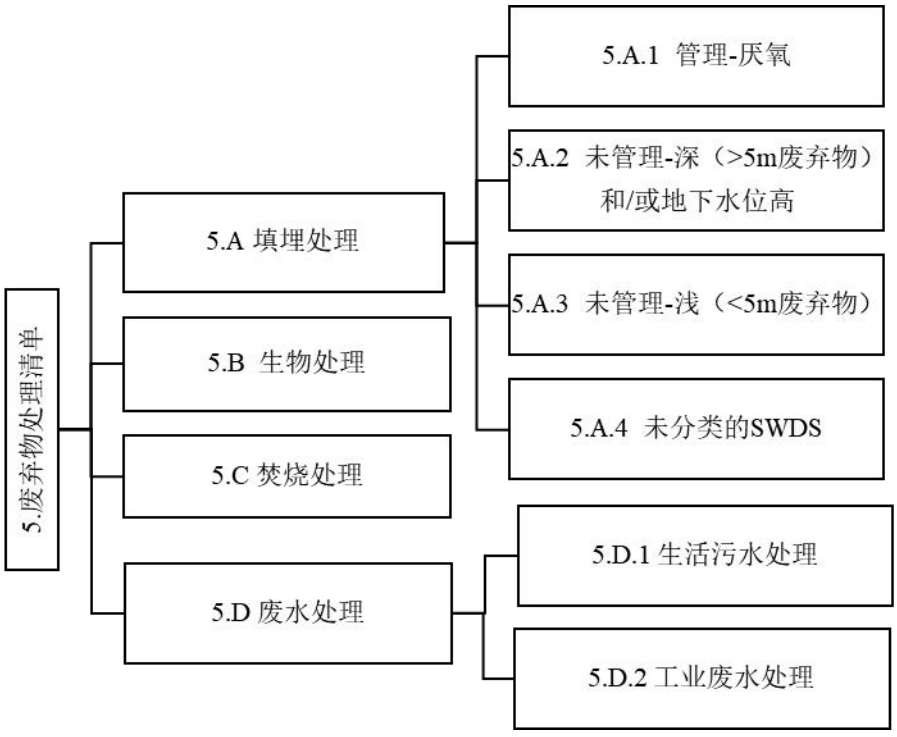


图 6.1 废弃物处理的排放源结构

第二节　填埋处理

一、排放源描述

填埋处理的固体废物为生活垃圾，所产生的温室气体主要是 CH_4 和 CO_2，另外有少量的 N_2O，由于 CO_2 的产生属于生物成因，因此不计入到排放量中，而 N_2O 的产生量很小，只是发生在填埋初始的一段时间内，所以一般可以忽略。因此，填埋处理只计算 CH_4 的排放量。

二、编制方法

本指南提供的方法为一阶衰减方法，计算方法如公式（6.1）~（6.4）所示，一阶衰减法假设在垃圾填埋后的数十年里，生活垃圾中的可降解有机成分（可降解有机碳，DOC）随时间逐渐衰减。如果条件恒定，CH_4 产生率完全取决于生活垃圾的可降解有机碳含量。因此在填埋之后的最初阶段，在填埋场沉积的生活垃圾产生的 CH_4 排放量最高，随着生活垃圾中可降解有机碳被细菌消耗，排放量也逐渐下降。

生活垃圾填埋产生的 CH_4 排放计算公式如下：

$$\mathrm{E}_{CH_{4,T}} = （\mathrm{G}_T - \mathrm{R}_T） \times (1 - \mathrm{OX}_T) \qquad （6.1）$$

式中，$\mathrm{E}_{\mathrm{CH}_{4,T}}$：清单核算年$\mathrm{CH}_4$排放量，t；

T：清单核算年份；

G_T：清单核算年 CH_4 产生量，t；

R_T：清单核算年回收利用的 CH_4，t；

OX_T：清单核算年的氧化因子（比例），%。

其中，CH_4 的产生量计算公式如下：

$$G_T = \left[\sum_x^{T-1}\left(W_x \times DOC_x \times DOC_f \times MCF_x \times e^{-\frac{(13-M)k}{12}} \times e^{-k(T-1-x)} \times \left(1 - e^{-k}\right)\right) + W_T \times DOC_T \times DOC_f \times MCF_T \times \left(1 - e^{-\frac{(13-M)k}{12}}\right)\right] \times F \times \frac{16}{12} \qquad (6.2)$$

式中，G_T：清单核算年填埋处理的 CH_4 产生量，t；

x：清单计算起始年份至清单核算年份；

W_x：清单核算年前历史时期的填埋量， t；

W_T：清单核算年填埋的填埋量，t；

DOC_T：清单核算年可降解有机碳的比例， tC/t 废弃物；

DOC_x：清单核算年前历史时期可分解的可降解有机碳比例（缺省值 0.5）；

DOC_f：可分解的可降解有机碳比例（缺省值 0.5）；

MCF_T：清单核算年甲烷修正因子；

MCF_x：清单核算年前历史时期甲烷修正因子；

k：甲烷产生率；

M：分解反应开始的月份，取值为 7 (月)+厌氧分解延迟时间。厌氧分解延迟时间指填埋处理过程出现厌氧环境，并开始厌氧分解产生甲烷的时间，本标准推荐值为 6 个月；

F：产生的垃圾填埋气中 CH_4 的体积浓度占比，%；

$\frac{16}{12}$：C 到 CH_4 的换算系数。

三、活动水平数据及其来源

填埋处理的活动水平数据为城市生活垃圾的填埋处理量，根据一阶衰减方法，需要向前追溯 50 年的数据。参照全国清单计算方法，城市生活垃圾填埋处理量获取方法为：2001 年以后直接采用官方统计数据（《中国城市建设统计年鉴》）；1979~2000 年，采用城市垃圾清运量和填埋处理比例计算得到，城市垃圾清运量采用《中国城市建设统计年鉴》的数据，填埋量占清运量的比例采用 20% ；1978 年之前，根据文献资料研究和专家判断，估计人均垃圾清运量为 0.25 吨/（人·年），利用《中国人口统计年鉴》中城市人口数据反演得到城市生活垃圾清运量，根据填埋量占清运量的 10%，计算得出城市生活垃圾填埋量。

四、排放因子和相关参数数据及其确定方法

排放因子和相关参数推荐优先使用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可选用本指南附表 E.4 列出的缺省值。估算固体废物填埋处理 CH_4 排放时需要的排放因子和相关参数包括：

1. CH_4 修正因子（MCF）

CH_4 修正因子主要反映固体废物处理方式和管理程度。在清单计算中，将固体废物填埋场可分为三类：厌氧管理的卫生填埋，未管理的深垃圾处置场所（>5m）和非管理的浅垃圾处置场所（<5m），本指南推荐的各管理程度对应 CH_4 修正因子的缺省值见附表 E.1。

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，单位为每吨废弃物（湿重）中含多少吨碳。DOC 的估算是以废弃物成分为基础，通过各类成分的可降解有机碳的比例及平均权重计算得出。DOC 的计算公式如下：

$$\mathrm{DOC} = \sum_i (\mathrm{DOC}_i \times \mathrm{W}_i) \qquad (6.3)$$

式中，DOC：废弃物中可降解有机碳的总体比例，kgC/kg 生活垃圾；

DOC_i：废弃物中第 *i* 类废弃物中可降解有机碳的比例（附表 E.2），%；

W_i：废弃物类别分类的第 *i* 类废弃物占总量的比例。

城市生活垃圾成分可通过收集垃圾处理场所相关监测分析数据、有关文献资料、模型模拟数据获得，需要对应 50 年左右的数据。

3. 可分解的 DOC 比例（DOC_F）

可分解的 DOC 比例（DOC_F）表示从填埋场分解和释放出来的碳的比例。本指南推荐缺省值为 0.5。

4. CH_4 在垃圾填埋气体中的比例（F）

CH_4 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，本指南推荐缺省值为 0.5。

5. CH_4 回收量（R）

CH_4 回收量是指在填埋场中产生，经收集和燃烧或用于发电等装置部分的 CH_4 量。如果各省有记录的实际 CH_4 回收利用情况，以记录的 CH_4 回收量为准；如无法获取，亦可采用垃圾填埋气发电装机容量反算获得。

6. 氧化因子（OX）

氧化因子（OX）是指填埋场排放的 CH_4 在土壤或其他覆盖材料中发生氧化的 CH_4 所占的比例。本指南推荐缺省值为 0.1。

7. 半衰期（$t_{1/2}$）和 CH_4 产生率（k）

半衰期（$t_{1/2}$）是废弃物中可降解有机碳质量衰减至其初始质量一半所消耗的时间。

CH_4 产生率（k）是半衰期的反应常量（附表 E.3），与半衰期的关系是：

$$k = \ln(2)/t_{1/2} \qquad (6.4)$$

例如，根据中国所处气候区，CH_4 产生率（k）推荐的缺省值为 0.09，由公式可计算出半衰期（$t_{1/2}$）为 7.7 年。

根据中国已有的研究，垃圾填埋 CH_4 产生率为每年 0.2~0.32，对应的半衰期为 2.17～3.5 年。

8. 开始厌氧分解的时间（M）

固体废物填埋之后不会马上进行厌氧反应，而是会经历一段时间，这段时间为厌氧分解延迟时间。M 等于厌氧分解延迟时间+ 7 (月)，厌氧分解延迟时间一般指填埋处理的最初阶段是好氧反应，直到有了厌氧环境开始厌氧分解产生 CH4，一般推荐值为 0-6 个月，根据各地实际情况选择延迟时间。

第三节　生物处理温室气体排放

一、排放源描述

生物处理是指利用微生物或生物的作用，将固体废物中的有机物分解的过程。生物处理包括堆肥处理和厌氧分解。堆肥处理是一个好氧过程，通常不产生 CH_4 和 N_2O，但如果管理不善，则可能产生 CH_4 和 N_2O。厌氧分解则产生大量的 CH_4，并可用于沼气回收利用。

二、编制方法

1. CH_4 排放计算方法

生物处理 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{CH_4} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R \qquad (6.5)$$

式中，E_{CH_4}：生物处理 CH_4 排放量，t；

M_i：生物处理方式 i 的有机废弃物处理量，t；

EF_i：处理方式 i 的排放因子，gCH_4/kg 废弃物；

i：生物处理方式（堆肥或厌氧分解）；

R：CH_4 回收利用量，t。

2. N_2O 排放计算方法

生物处理 N_2O 排放量计算公式如下：

$$E_{N_2O} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} \qquad (6.6)$$

式中，E_{N_2O}：生物处理 N_2O 排放总量，t；

M_i：生物处理方式 i 的有机废物处理量，t；

EF_i：处理方式 i 的排放因子，gN_2O/kg 废弃物；

i：生物处理方式（堆肥或厌氧分解）。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据为有机废弃物堆肥和厌氧分解处理量，数据来源于本地区官方

统计数据，如《中国城市建设统计年鉴》等。如无统计数据，应通过专项调研等方式获取。

四、排放因子数据及其确定方法

排放因子包括堆肥和厌氧分解处理方式下的 CH_4 和 N_2O 排放因子，推荐优先采用本地区特征数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南缺省值（附表E.6）。

第四节　焚烧处理温室气体排放

一、排放源描述

焚烧处理温室气体排放指的是固体废物在可控的焚化设施中焚烧产生的 CO_2、CH_4 和 N_2O 排放。焚烧的固体废物类型包括生活垃圾、危险废物、医疗废物和工业固体废物（主要为污泥）。如果固体废物焚烧作为能源利用，报告在能源活动领域，其中，固体废物焚烧处理的 CH_4 和 N_2O 排放、化石成因 CO_2 排放报告在能源活动领域，生物成因的 CO_2 排放报告在信息项。危险废物、医疗废物焚烧的 CO_2、CH_4 和 N_2O 排放，以及污泥焚烧的 CH_4 和 N_2O 排放报告在废弃物领域。

二、编制方法

1. 废弃物焚烧处理的化石成因 CO_2 排放

焚烧处理化石成因 CO_2 排放量计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i \left(IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_i \times \frac{44}{12} \right) \qquad (6.7)$$

式中，E_{CO_2}：焚烧处理的 CO_2 排放量，t；

i：焚烧的废弃物类型，包括生活垃圾中的化石成因部分、危险废物、医疗废物；

IW_i：第 i 种类型废弃物的焚烧量，t；

CCW_i：第 i 种类型废弃物中的碳含量比例，%；

FCF_i：第 i 种类型废弃物中的化石碳在总碳中的比例，%；

EF_i：第 i 种类型废弃物焚烧炉的完全燃烧效率，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

2. 废弃物焚烧处理的生物成因 CO_2 排放

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 CO_2 排放，是生物成因的排放，不纳入排放总量，但作为信息项在能源部门进行汇报；污泥中主要为生物碳，化石碳部分可忽略，其焚烧产生的 CO_2 排放属于生物成因排放。

生活垃圾和污泥焚烧产生的生物成因 CO_2 排放量计算公式如下：

$$E_{CO_2} = \sum_i \left(IW_i \times CCW_i \times EF_i \times \frac{44}{12} \right) \quad (6.8)$$

式中，E_{CO_2}：废弃物焚烧处理的 CO_2 排放量，t；

i：生活垃圾中的生物质成因部分、污泥；

IW_i：第 i 种类型废弃物的焚烧量，t；

CCW_i：第 i 种类型废弃物中的碳含量比例，%；

EF_i：第 i 种类型废弃物焚烧炉的燃烧效率，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

3. 废弃物焚烧处理的 CH_4 排放

废弃物不完全燃烧过程中会产生 CH_4 排放。焚烧 CH_4 排放量计算公式如下：

$$E_{CH_4} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6} \quad (6.9)$$

式中，E_{CH_4}：废弃物焚烧处理的 CH_4 排放量，t；

i：焚烧的废弃物类型，包括生活垃圾、危险废物、医疗废物和污泥；

IW_i：第 i 种类型废弃物的焚烧量（湿重），t；

EF_i：第 i 种类型废弃物的排放因子，gCH_4/t 废弃物。

4. 废弃物焚烧处理的 N_2O 排放

废弃物燃烧温度相对较低的阶段，即 500~950℃的燃烧过程，会产生 N_2O 排放。焚烧处理 N_2O 排放计算公式如下：

$$E_{N_2O} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6} \quad (6.10)$$

式中，E_{N_2O}：废弃物焚烧处理的 N_2O 排放量，t；

i：焚烧的废弃物类型，包括生活垃圾、危险废物、医疗废物和污泥；

IW_i：第 i 种类型废弃物的焚烧量（湿重），t；

EF_i：第 i 种类型废弃物的 N_2O 排放因子，gN_2O/t 废弃物。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据为生活垃圾、危险废物、医疗废物、污泥的焚烧量，数据来源于本地区官方统计数据，如《中国城市建设统计年鉴》、各地区的环境统计年报

等。化石碳和生物碳的比例需要根据生活垃圾成分确定，该成分同填埋处理部分的垃圾成分。

四、排放因子数据及其确定方法

1. 废弃物焚烧处理的化石成因的 CO_2 排放

废弃物焚烧处理的 CO_2 排放因子相关参数包括废弃物碳含量，化石碳在碳总量中的百分比和焚烧炉的燃烧效率，上述参数推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南附表 E.7-E.8 中的缺省值。

2. 废弃物焚烧处理的生物成因的 CO_2 排放

生活垃圾焚烧的生物成因 CO_2 排放因子相关参数包括垃圾成分的可降解有机碳含量与该成分完全燃烧效率，推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南附表 E.9 中的缺省值。

污泥焚烧的生物成因 CO_2 排放因子相关参数包括污泥（干重）碳含量比例与污泥在焚烧炉的完全燃烧效率，推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南附表 E.10 中的缺省值。

3. 废弃物焚烧处理的 CH_4 排放

废弃物焚烧 CH_4 排放因子推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南附表 E.11 中的缺省值。

4. 废弃物焚烧处理的 N_2O 排放

废弃物焚烧产生的 N_2O 排放主要取决于焚烧技术、燃烧条件、用于减少 NO_X 的技术以及废弃物成分，推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用本指南附表 E.12 中的缺省值。

第五节　生活污水处理 CH_4 排放

一、排放源描述

生活污水指家庭废水、商业废水和非有害工业废水的混合体。废水及其淤渣成分在无氧降解的情况下会产生 CH_4。CH_4 产生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。

二、编制方法

生活污水处理 CH_4 排放的计算公式如下：

$$E_{CH_4} = [(TOW - S) \times EF] - R \qquad (6.11)$$

式中，E_{CH_4}：生活污水处理 CH_4 排放总量，t；

TOW：生活污水中有机物总量，tBOD；

S：通过污泥清除的有机成分，tBOD；

EF：排放因子，$kgCH_4/kgBOD$；

R：CH_4 回收量，t。

其中：

$$EF = B_o \times MCF \qquad (6.12)$$

式中，B_o：CH_4 最大产生能力，$kgCH_4/kgBOD$；

MCF：CH_4 修正因子。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据为污水中有机物的总量，以生化需氧量（BOD）作为指标，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。

推荐优先采用各地区 BOD 官方统计数据。如无统计数据，可采用 BOD 与化学需氧量（COD）的相关关系进行评估，转换系数见附表 E.13，COD 采用各地区的官方统计数据。

四、排放因子数据及其确定方法

1. CH_4 修正因子（MCF）

MCF 表示不同处理和排放的途径或系统达到的 CH_4 最大产生能力（B_o）的程度，也反映了系统的厌氧程度。MCF 的计算公式如下：

$$\mathrm{MCF} = \sum_i \mathrm{WS}_i \times \mathrm{MCF}_i \qquad (6.13)$$

式中，WS_i：第 i 类废水处理系统处理生活污水的比例，%；

MCF_i：第 i 类处理系统的 CH_4 修正因子（附表 E.14）。

根据我国实际情况，通过现场实验和专家判断等方式获取相关参数，推荐优先采用各地区污水处理系统比例及 CH_4 修正因子（见附表 E.14），并根据上述公式计算污水处理系统的 MCF，如本地区数据无法获取，可采用缺省值 0.165，排入海洋、河流和湖泊的 MCF 缺省值为 0.1。

2. CH_4 最大产生能力（Bo）

CH_4 最大产生能力，表示污水中有机物可产生最大的 CH_4 排放量，采用缺省值为 0.6 $kgCH_4/kgBOD$。

第六节　工业废水处理 CH_4 排放

一、排放源描述

工业废水指源于工业活动的废水，工业废水处理 CH_4 排放的产生与生活污水原理一致。

二、编制方法

工业废水处理 CH_4 排放的计算公式如下：

$$E_{CH_4} = \sum_i [(TOW_i - S_i) \times EF_i - R_i] \qquad (6.14)$$

式中，E_{CH_4}：工业废水处理 CH_4 排放量，t；

i：不同的工业行业；

TOW_i：行业 i 废水中可降解有机物的总量，tCOD；

S_i：行业 i 通过污泥方式清除掉的有机物总量，tCOD；

EF_i：行业 i 排放因子，$kgCH_4/kgCOD$；

R_i：行业 i 的 CH_4 回收量，t。

三、活动水平数据及其来源

活动水平数据包括工业废水中可降解有机物的总量，以化学需氧量（COD）作为指标，包括排入到海洋、河流或湖泊等环境中的 COD 和在污水处理厂处理系统中去除的 COD 两部分。数据来源于各地区官方统计数据，如各地区生态环境统计年报等。

四、排放因子数据及其确定方法

工业废水与生活污水的排放因子计算方法一致，参照公式（6.12）。排放因子相关参数包括 CH_4 最大产生能力 Bo 和 CH_4 修正因子 MCF。工业废水的 MCF 依据不同处理技术和工艺，通过现场实验和专家判断等方式获取，推荐优先采用各行业 CH_4 修正因子（附表 E.15）计算，如本地区数据无法获取，可采用缺省值 0.464，排入海洋、河流和湖泊的 MCF 缺省值为 0.1。工业废水 Bo 的缺省值为 0.25 $kgCH_4/kgCOD$。

第七节　废水处理 N_2O 排放

一、排放源描述

N_2O 可产生于废水处理厂硝化作用和反硝化作用的直接排放，或将废水排入水道、湖泊或海洋后产生的间接排放。由于我国废水处理厂的直接排放量较小，且缺乏相关的活动水平和排放因子数据，因此本指南仅计算废水排入水道、湖泊或海洋后产生的间接排放。

二、编制方法

废水处理产生的 N_2O 排放计算公式如下：

$$E_{N_2O} = N_E \times EF_E \times \frac{44}{28} \qquad (6.15)$$

式中，E_{N_2O}：废水处理的 N_2O 排放量，kg；

N_E：废水中氮元素的含量，kgN；

EF_E：废水的 N_2O 排放因子，kgN_2O-N/kgN；

$\frac{44}{28}$：N 到 N_2O 的换算系数。

其中：

$$N_E = (P \times Pr \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_S \qquad (6.16)$$

式中，P：人口数，人；

Pr：每年人均蛋白质消耗量，kg 蛋白质/人；

F_{NPR}：蛋白质中的氮元素含量，kgN/kg 蛋白质；

$F_{NON-CON}$：废水中的非消耗蛋白质因子，%；

$F_{IND-COM}$：工业和商业的蛋白质排放因子，缺省值为 1.25%；

N_S：随污泥清除的 N，kgN。

三、活动水平数据及其来源

废水处理活动数据包括人口数、每年人均蛋白质的消费量、蛋白质中的氮含量、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，其中人口数、每年人均蛋白质的消费量采用官方统计数据，其余数据缺省值见附表 E.16，

随污泥清除的氮无法统计，推荐缺省值为 0。

四、排放因子数据及其确定方法

废水处理 N_2O 排放因子推荐优先采用本地区数据，如本地区数据无法获取，可采用缺省值 0.005 kgN_2O-N /kgN。

附录 A　能源活动附表

附表 A.1 分部门、分燃料品种化石燃料燃烧活动水平数据表

部门类别	原煤	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	高炉煤气	转炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
	万吨										亿立方米				万吨										亿立方米	万吨
化石燃料燃烧																										
能源工业																										
-公用电力和热力																										
-石油精炼																										
-固体燃料加工和其他能源工业																										
制造业和建筑业																										
-钢铁工业及铁合金铸造																										

部门类别	原煤	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	高炉煤气	转炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
	万吨										亿立方米				万吨										亿立方米	万吨
-有色金属																										
-化学工业																										
-纸浆、造纸和印刷																										
-食品加工、饮料和烟草																										
-建筑材料																										
-运输设备制造																										
-机械/电子设备制造																										
-矿业（不包括燃料）和采掘业																										
-木材和木材制品																										
-纺织品及皮革																										

部门类别	原煤	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	高炉煤气	转炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
	万吨										亿立方米				万吨										亿立方米	万吨
-其他工业																										
-建筑业																										
其他部门																										
-服务业及其他																										
-居民生活																										
-农林牧渔																										
其他																										
-需具体注明																										

附表 A.2 固定源主要行业分设备分品种活动水平数据表

部门类别	设备	原煤	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	高炉煤气	转炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
		万吨										亿立方米				万吨										亿立方米	万吨
公用电力和热力	电站锅炉																										
	供热锅炉																										
	其他设备																										
钢铁工业及铁合金铸造	电站锅炉																										
	供热锅炉																										
	钢铁其他设备																										
	其他设备																										
有色金属	电站锅炉																										
	供热锅炉																										
	氧化铝回转窑																										
	其他设备																										

部门类别	设备	原煤	无烟煤	炼焦烟煤	一般烟煤	褐煤	洗精煤	其他洗煤	型煤	煤矸石	焦炭	焦炉煤气	高炉煤气	转炉煤气	其他煤气	其他焦化产品	原油	汽油	煤油	柴油	燃料油	石油焦	液化石油气	炼厂干气	其他石油制品	天然气	液化天然气
		万吨										亿立方米				万吨										亿立方米	万吨
化学工业	电站锅炉																										
	供热锅炉																										
	合成氨造气炉																										
	其他设备																										
建材	电站锅炉																										
	供热锅炉																										
	水泥回转窑																										
	其他设备																										

注：其他设备可根据各地区实际情况灵活调整

附录 B　工业生产过程和产品使用附表

附表 B.1 轿车制冷设备 HFCs 排放因子

加工过程排放因子	0.5%
运行过程排放因子	6.00%
维修过程排放因子	100%
报废过程排放因子	100%
设备寿命	25年

附表 B.2 轿车制冷设备排放量核算参数

轿车历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第1年	1	94%	0	0.53%
第2年	99.47%	88%	0	0.57%
第3年	98.90%	82%	0	0.92%
第4年	97.98%	76%	0	1.39%
第5年	96.59%	70%	0	1.99%
第6年	94.60%	64%	0	2.70%
第7年	91.90%	58%	0	3.50%
第8年	88.40%	100%	100%	4.40%
第9年	84.00%	94%	0	5.31%
第10年	78.69%	88%	0	6.19%
第11年	72.50%	82%	0	7.00%
第12年	65.50%	76%	0	7.61%
第13年	57.89%	70%	0	8.01%
第14年	49.88%	64%	0	8.10%
第15年	41.78%	100%	100%	7.88%
第16年	33.90%	94%	0	7.35%
第17年	26.55%	88%	0	6.55%
第18年	20.00%	82%	0	5.57%
第19年	14.43%	76%	0	4.50%
第20年	9.93%	70%	0	3.44%
第21年	6.49%	100%	100%	2.48%

轿车历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第22年	4.01%	94%	0	1.67%
第23年	2.34%	88%	0	1.07%
第24年	1.27%	82%	0	0.62%
第25年	0.65%	76%	0	0.65%

附表 B.3 客车货车制冷设备 HFCs 排放因子

加工过程排放因子	0.5%
运行过程排放因子	15.70%
维修过程排放因子	100%
报废过程排放因子	100%
设备寿命	10年

附表 B.4 客车制冷设备排放量核算参数

客车历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第1年	1	84.3%	0	10%
第2年	90%	68.6%	0	10%
第3年	80%	100.0%	100%	10%
第4年	70%	84.3%	0	10%
第5年	60%	68.6%	0	10%
第6年	50%	100.0%	100%	10%
第7年	40%	84.3%	0	10%
第8年	30%	68.6%	0	10%
第9年	20%	100.0%	100%	10%
第10年	10%	84.3%	0	10%

附表 B.5 货车制冷设备 HFCs 排放因子

加工过程排放因子	0.5%
运行过程排放因子	12%
维修过程排放因子	100%
报废过程排放因子	100%
设备寿命	10年

附表 B.6 货车制冷设备排放量核算参数

货车历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第1年	1	88.0%	0	5%
第2年	95%	76.0%	0	5%
第3年	90%	100.0%	100%	10%
第4年	80%	88.0%	0	13%
第5年	67%	76.0%	0	17%
第6年	50%	100.0%	100%	18%
第7年	32%	88.0%	0	15%
第8年	17%	76.0%	0	10%
第9年	7%	100.0%	100%	5%
第10年	2%	88.0%	0	2%

附表 B.7 家用空调制冷设备 HFCs 排放因子

加工过程排放因子	0.6%
运行过程排放因子	3%
维修过程排放因子	100%
报废过程排放因子	100%
设备寿命	19年

附表 B.8 家用空调制冷设备排放量核算参数

家用空调历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第1年	1	97%	0	0.28%
第2年	99.72%	94%	0	0.74%
第3年	98.98%	91%	0	1.48%
第4年	97.50%	88%	0	2.51%
第5年	94.99%	85%	0	3.72%
第6年	91.27%	82%	0	5.01%
第7年	86.26%	79%	0	6.30%
第8年	79.96%	76%	0	7.47%
第9年	72.49%	73%	0	8.39%
第10年	64.10%	100%	100%	8.98%

家用空调历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第11年	55.12%	97%	0	9.20%
第12年	45.92%	94%	0	8.99%
第13年	36.93%	91%	0	8.42%
第14年	28.51%	88%	0	7.54%
第15年	20.97%	85%	0	6.47%
第16年	14.50%	82%	0	5.31%
第17年	9.19%	79%	0	4.17%
第18年	5.02%	76%	0	3.14%
第19年	1.88%	73%	0	1.88%

附表 B.9 工商制冷设备 HFCs 排放因子

加工过程排放因子	1%
运行过程排放因子	10%
维修过程排放因子	100%
报废过程排放因子	100%
设备寿命	11年

附表 B.10 工商制冷设备排放量核算参数

工商制冷历年	设备存活率（s）	制冷剂留存率（r）	设备维修率（f）	设备报废率（g）
第1年	1	90%	0	0
第2年	100.00%	80%	0	0
第3年	100.00%	70%	0	0
第4年	100.00%	60%	0	1.00%
第5年	99.00%	100%	100%	1.00%
第6年	98.00%	90%	0	3.00%
第7年	95.00%	80%	0	5.00%
第8年	90.00%	70%	0	10.00%
第9年	80.00%	60%	0	15.00%
第10年	65.00%	100%	100%	30.00%
第11年	35.00%	90%	0	35.00%

附表 B.11 泡沫行业 HFCs 排放因子

寿命/年	阶段	排放因子
17	发泡过程	4%
	服役过程	0.4625%
	废物处置过程	88.6%

附表 B.12 其他行业 HFCs 排放比例

行业	物质类型	排放比例
消防行业	HFC-227ea	2.00%
	HFC-236fa	4.00%
气雾剂	HFCs	50%

附录 C　农业活动附表

附表 C.1 所需活动水平数据

动物种类	饲养阶段	存栏量（头、只）		
		规模化饲养	农户饲养	放牧饲养
奶牛	繁殖母畜			
	当年生			
	其他成年畜			
肉牛	繁殖母畜			
	当年生			
	其他成年畜			
水牛	繁殖母畜			—
	当年生			—
	其他成年畜			—
绵羊	繁殖母畜			
	当年生			
山羊	繁殖母畜			
	当年生			
牦牛	—	—	—	
猪	—			
马	—			
驴/骡	—			
骆驼	—			

附表 C.2 所需活动水平数据

动物种类	饲养阶段	存栏量（万头、万只）		
		规模化饲养	农户饲养	放牧饲养
奶牛	繁殖母畜			
	当年生			
	其他成年畜			
肉牛	繁殖母畜			
	当年生			
	其他成年畜			
水牛	繁殖母畜			—
	当年生			—
	其他成年畜			—
绵羊	繁殖母畜			
	当年生			
山羊	繁殖母畜			
	当年生			
牦牛	—	—	—	
猪	繁殖母畜			—
	当年生			—
家禽	—			
兔	—			
马	—			
驴/骡	—			
骆驼	—			

附表 C.3 动物粪便管理 N_2O 排放活动水平数据表（头/只）

动物种类	规模化饲养	农户饲养
奶牛		
肉牛		
水牛		
绵羊		
山羊		
猪		
家禽		
兔		
马		
驴/骡		
骆驼		

附表 C.4 活动水平数据及其相关数据

地名	稻田类型	稻田二级分类	播种面积（hm^2）	产量（t）	秸秆还田率（%）	农家肥施用量（t/hm^2）	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									

附表 C.5 主要农作物相关数据需求及其来源

地点	乡村人口数（万人）	农作物名称	播种面积（hm^2）	产量（t）	氮肥氮施用量（t 氮/hm^2)	复合肥氮施用量（t 氮/hm^2） 复合肥含氮率（%）	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

附录 D　土地利用、土地利用变化和林业附表

附表 D.1 土地利用变化类型的划分

土地利用	土地利用变化类型	土地利用变化亚类型
林地	• 保持为林地的土地（FF）	
	• 转化为林地的土地（LF）	- 农地转化为林地（CF） - 草地转化为林地（GF） - 湿地转化为林地（WF） - 建设用地转化为林地（SF） - 其他土地转化为林地（OF）
农地	• 保持为农地的土地（CC）	
	• 转化为农地的土地（LC）	- 林地转化为农地（FC） - 草地转化为农地（GC） - 湿地转化为农地（WC） - 建设用地转化为农地（SC） - 其他土地转化为农地（OC）
草地	• 保持为草地的土地（GG）	
	• 转化为草地的土地（LG）	- 林地转化为草地（FG） - 农地转化为草地（CG） - 湿地转化为草地（WG） - 建设用地转化为草地（SG） - 其他土地转化为草地（OG）
湿地	• 保持为湿地的土地（WW）	
	• 转化为湿地的土地（LW）	- 林地转化为湿地（FW） - 农地转化为湿地（CW） - 湿地转化为湿地（FW） - 建设用地转化为湿地（SW） - 其他土地转化为湿地（OW）
建设用地	• 保持为建设用地的土地（SS）	
	• 转化为建设用地的土地（LS）	- 林地转化为建设用地（FS） - 农地转化为建设用地（CS） - 草地转化为建设用地（FS） - 湿地转化为建设用地（WS） - 其他土地转化为建设用地（OS）
其他土地	• 保持为其他土地的土地（OO）	
	• 转化为其他土地的土地（LO）	- 林地转化为其他土地（FO） - 农地转化为其他土地（CO） - 草地转化为其他土地（FO） - 湿地转化为其他土地（WO） - 建设用地转化为其他土地（SO）

附表 D.2 中国主要乔木林单位面积地上生物量与蓄积量的相关方程参数

森林类型	*a*	*b*	*n*	R^2	λ
云冷杉林	4.7357	0.6250	37	0.9407	1.0156
落叶松林	1.6552	0.7994	85	0.8591	1.0303
温性针叶林	3.9144	0.6129	44	0.8953	1.0147
油松林	2.7444	0.6828	103	0.9138	1.0161
马尾松林	1.7668	0.7991	85	0.9244	1.0359
暖性针叶林	2.0515	0.7623	44	0.9055	1.0198
杉类	2.9941	0.6453	243	0.9167	1.0235
柏木林	2.6704	0.7128	33	0.8461	1.0640
栎类	1.7246	0.8657	28	0.9294	1.0225
桦木林	5.1031	0.5356	15	0.6587	1.0494
其他硬阔类	2.1821	0.7826	83	0.8915	1.0335
杨树林	2.3421	0.7724	37	0.7427	1.1261
桉树林	1.8098	0.7825	59	0.7659	1.0284
其他软阔类	3.5620	0.6926	43	0.8698	1.0612
针叶混	3.0803	0.6581	19	0.8803	1.0137
阔叶混	3.1828	0.7200	35	0.7202	1.0698
针阔混	1.9616	0.7723	79	0.8293	1.0370

注：方程形式为 $Y=a\cdot Vb\cdot\lambda$。Y 为单位面积地上生物量（$td.m./hm^2$）；V 为单位面积蓄积量（m^3/hm^2）；a，b 为模型参数；n 为样本数；R^2 为决定系数；λ为校正系数

附表 D.3 中国主要乔木林树种的生物量转换与扩展因子（*BCEF*=生物量/蓄积量）

森林类型	*a*	*b*	*c*	R^2
冷杉林	4.1095	0.5976	0.8181	0.871
云杉林	1.3879	0.7168	0.7991	0.913
落叶松林	0.6986	0.8262	0.7794	0.936
杉木林	0.5743	0.7120	0.8109	0.936
柏木林	0.4545	1.5341	0.8007	0.947
马尾松林	1.4282	0.9768	0.8297	0.953
油松林	0.2112	1.1235	0.8098	0.966
云南松林	0.9158	0.6501	0.8453	0.973
其他针叶林	1.0721	0.8303	0.8041	0.946
栎类林	0.7196	1.2948	0.7930	0.917
桦树林	0.7507	1.0118	0.7821	0.898
杨树林	0.2945	0.8978	0.8246	0.934
刺槐林	0.3864	1.5499	0.7833	0.933
桉树林	0.3330	1.1740	0.7793	0.962
橡胶林	0.2401	0.8679	0.7981	0.989
其他软阔类	0.3454	1.2130	0.7880	0.933
其他硬阔类	0.6534	0.9920	0.7954	0.897

针叶混交林	3.3612	0.8348	0.8088	0.919
针阔混交林	2.2575	0.9560	0.7961	0.892
阔叶混交林	1.3944	1.1086	0.7938	0.916

注：全林生物量转换与扩展因子的方程表达式为$BCEF_{Total} = a/V + b$，地上生物量转换与扩展因子的方程表达式为$BCEF_{AGB} = c \cdot (a/V + b)$，单位均为吨干物质每立方米（td.m./$m^3$）；V 为单位面积蓄积量（$m^3/hm^2$）；a、b、c 为模型参数；$R^2$ 为决定系数

附表 D.4 中国主要乔木林树种的生物量转换因子（*BEF*=地上生物量/树干生物量）

	应用条件：公顷蓄积量≤100 m^3/hm^2			应用条件：公顷蓄积量＞100 m^3/hm^2		
森林类型	*n*	*BEF*	S.E.	*n*	*BEF*	S.E.
云冷杉林	7	1.8275	0.1947	30	1.4048	0.0314
落叶松林	32	1.4511	0.0364	53	1.2224	0.0155
温性针叶林	27	1.8100	0.0384	17	1.3405	0.0243
油松林	58	1.8359	0.0611	45	1.4081	0.0179
马尾松林	38	1.5565	0.0523	47	1.2063	0.0124
暖性针叶林	26	1.7119	0.0466	17	1.3971	0.0589
杉类	82	1.9085	0.0487	159	1.2875	0.0108
柏木林	19	1.7029	0.0642	14	1.3593	0.0480
栎类	15	1.3694	0.0269	13	1.2693	0.0343
桦木林	10	1.3889	0.0569	5	1.2416	0.0364
其他硬阔类	44	1.5670	0.0437	39	1.3104	0.0214
杨树林	16	1.5558	0.0513	21	1.4184	0.0337

	应用条件：公顷蓄积量≤100 m^3/hm^2			应用条件：公顷蓄积量＞100 m^3/hm^2		
森林类型	*n*	*BEF*	S.E.	*n*	*BEF*	S.E.
桉树林	39	1.2413	0.0215	20	1.1266	0.0126
其他软阔类	27	1.4719	0.0472	16	1.3335	0.0317
针叶混	5	1.6166	0.1489	11	1.3033	0.0411
阔叶混	13	1.4042	0.0497	19	1.3587	0.0368
针阔混	36	1.6713	0.0538	38	1.3725	0.0291

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.5 中国主要乔木林树种的地下生物量/地上生物量比例（*RSR*）

	应用条件：公顷蓄积量≤100 m^3/hm^2			应用条件：公顷蓄积量＞100 m^3/hm^2		
森林类型	*n*	*RSR*	S.E.	*n*	*RSR*	S.E.
云冷杉林	7	0.2066	0.0334	18	0.1991	0.0137
落叶松林	15	0.2645	0.0192	23	0.2545	0.0138
温性针叶林	23	0.2531	0.0078	16	0.2302	0.0121
油松林	36	0.2160	0.0134	36	0.2376	0.0089
马尾松林	29	0.2017	0.0080	35	0.1616	0.0068
暖性针叶林	14	0.2741	0.0137	18	0.2263	0.0261
杉类	59	0.3061	0.0146	140	0.2167	0.0040
柏木林	12	0.2555	0.0162	14	0.2242	0.0157
栎类	8	0.2897	0.0223	10	0.2471	0.0171
桦木林	8	0.2743	0.0380	4	0.1830	0.0174
其他硬阔类	30	0.3214	0.0223	29	0.2252	0.0119
杨树林	9	0.3708	0.0553	10	0.1437	0.0174

桉树林	22	0.2528	0.0163	12	0.2085	0.0133
其他软阔类	19	0.2679	0.0194	13	0.1757	0.0212
针叶混	5	0.2405	0.0342	6	0.2297	0.0071
阔叶混	9	0.2533	0.0325	11	0.2669	0.0332
针阔混	21	0.2590	0.0127	33	0.2132	0.0082

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.6 中国主要森林类型的基本木材密度和生物量含碳率

森林类型	SVD	CF_{Total}	CF_{AGB}	CF_{BGB}
云冷杉林	0.3597	0.4931	0.4931	0.4933
落叶松林	0.4059	0.4893	0.4895	0.4884
温性针叶林	0.3897	0.4961	0.4967	0.4955
油松林	0.4243	0.5165	0.5184	0.5093
马尾松林	0.4476	0.5252	0.5254	0.5082
暖性针叶林	0.3942	0.5034	0.5045	0.4912
杉类	0.3098	0.4990	0.5003	0.4880
柏木林	0.5010	0.4847	0.4846	0.4851
栎类	0.5762	0.4802	0.4827	0.4678
桦木林	0.4848	0.4872	0.4897	0.4779
其他硬阔类	0.5257	0.4711	0.4734	0.4637
杨树林	0.4177	0.4705	0.4728	0.4644
桉树林	0.3848	0.4730	0.4750	0.4685
其他软阔类	0.3848	0.4730	0.4750	0.4685
针叶混	0.3828	0.5005	0.5014	0.4943

森林类型	SVD	CF_{Total}	CF_{AGB}	CF_{BGB}
阔叶混	0.4967	0.4718	0.4741	0.4652
针阔混	0.4397	0.4861	0.4877	0.4797
竹林		0.47	0.47	0.47
灌木林		0.47	0.47	0.47

注：SVD 为基本木材密度，单位为吨干物质每立方米（td.m./m^3）；CF_{Total} 为全树生物量含碳率（t C/td.m.）；CF_{AGB} 表示地上生物量含碳率（t C/td.m.）；CF_{BGB} 表示地下生物量含碳率（t C/td.m.）

附表 D.7 中国主要竹林的生物量参数

	毛竹			杂竹		
	n	均值	S.E.	*n*	均值	S.E.
林分地上生物量（td.m./hm^2）	61	63.4237	4.9229	146	34.1104	2.2872
林分地下生物量（td.m./hm^2）	39	30.5144	2.2033	96	16.5211	0.9618
全林生物量（td.m./hm^2）	39	99.0707	8.6072	96	40.2236	2.3793
全林地下/地上生物量比值	39	0.5110	0.0342	96	0.7224	0.0182
单株地上生物量（kg/stem）	50	22.3061	1.4777	118	4.9882	1.6807
单株地下生物量（kg/stem）	28	10.4158	0.7473	80	1.3121	0.0977
单株全株生物量（kg/stem）	28	32.4257	2.7233	80	3.1617	0.2426
单株地下/地上生物量比值	28	0.5204	0.0390	80	0.7386	0.0187

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.8 中国主要灌木林的生物量参数

	人工灌木林			天然灌木林		
	n	均值	S.E.	*n*	均值	S.E.
林分地上生物量（td.m./hm^2）	97	13.4704	1.4406	70	8.7383	0.6499
林分地下生物量（td.m./hm^2）	36	6.6772	1.3574	47	9.3568	1.1864
全林生物量（td.m./hm^2）	36	24.6358	4.3204	53	17.2700	1.7352
全林地下/地上生物量比值	36	0.6590	0.1283	47	1.3838	0.1651

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.9 中国主要经济林的生物量参数

	经济林		
	n	均值	S.E.
林分地上生物量（td.m./hm^2）	101	29.7199	2.1567
林分地下生物量（td.m./hm^2）	77	7.2585	0.5808
全林生物量（td.m./hm^2）	77	34.3027	3.0385
林分地下/地上生物量比值	71	0.2973	0.0182
林分枯落物/地上生物量比值	10	0.1394	0.0404

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.10 中国主要森林类型的枯落物量与地上生物量比例（*LAR*，%）

森林类型	*n*	*LAR*	*S.E.*
云冷杉林	21	9.5746	2.0329
落叶松林	22	26.9961	5.2466
温性针叶林	3	8.0324	5.3615
油松林	30	19.3480	3.1390
马尾松林	36	6.0230	0.8420
暖性针叶林	12	10.1745	1.5568
杉类	166	5.0519	0.2895
柏木林	16	3.8738	1.4369
栎类	20	8.8725	2.6054
桦木林	12	14.6175	4.3260
其他硬阔类	59	6.4043	0.7097
杨树林	5	4.5192	1.7074
桉树林	24	13.1011	1.9102
其他软阔类	26	12.9121	2.9551
针叶混	5	15.4696	4.0909
阔叶混	29	11.2130	2.6266
针阔混	39	8.0433	0.8504

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.11 中国主要森林类型的枯死木量与地上生物量的比值（*DAR*，%）

森林类型	*n*	*DAR*	*S.E.*
针叶林	78	3.7089	0.6089
阔叶林	38	3.7415	0.5352

注：根据实测和文献数据分析整理

附表 D.12 乔木林 0-30cm 土壤有机碳密度（MgC/hm²）

地区	样本数	平均值	最小值	最大值	标准差	标准误	95% 置信区间	
东北	80	93.44	16.11	171.95	39.64	4.43	84.62	102.26
华北	34	69.59	29.66	113.00	25.20	4.32	60.80	78.38
西北	22	68.80	26.06	128.70	30.76	6.56	55.16	82.44
西南	37	62.87	15.57	123.84	32.12	5.28	52.16	73.58
华南	70	50.34	11.84	94.86	23.35	2.79	44.77	55.90
华东	59	54.36	11.52	103.23	24.46	3.18	47.99	60.73
全国	302	67.59	11.52	171.95	34.58	1.99	63.67	71.50

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.13 竹林 0-30cm 土壤有机碳密度（MgC/hm²）

地区	样本数	平均值	最小值	最大值	标准差	标准误	95% 置信区间	
西南	10	69.09	34.47	93.95	20.96	6.63	54.09	84.09
华南	10	62.55	15.07	94.34	23.94	7.57	45.42	79.67
华东	60	58.34	37.99	85.74	11.77	1.52	55.30	61.38
全国	80	60.21	15.07	94.34	15.24	1.70	56.82	63.60

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.14 灌木林 0-30cm 土壤有机碳密度（MgC/hm^2）

地区	样本数	平均值	最小值	最大值	标准差	标准误	95% 置信区间	
东北	10	53.83	23.31	99.81	25.82	8.17	35.36	72.30
华北	17	26.18	3.42	58.55	16.79	4.07	17.55	34.82
西北	62	18.04	3.51	47.79	11.57	1.47	15.11	20.98
西南	17	53.08	13.50	91.35	23.17	5.62	41.16	64.99
华南	38	37.95	8.64	71.10	17.76	2.88	32.11	43.79
华东	29	29.07	6.84	66.20	16.23	3.01	22.90	35.25
全国	173	30.58	3.42	99.81	20.53	1.56	27.49	33.66

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.15 不同森林植被类型的燃烧因子参考值

森林类型	林龄	缺省值
亚热带/热带森林	3 年-5 年	0.46
	6 年-10 年	0.67
	11 年-17 年	0.50
	≥18 年	0.32
寒温带森林	全林龄	0.40
温带森林	全林龄	0.45

注：参考《2006 年 IPCC 清单指南》

附表 D.16 全国各省区双季水田的土壤有机碳密度变化和不确定度范围

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
浙江省	47.6	41.9	42.1	20.9	15	14	14	14
安徽省	32.6	26.1	23.4	15.2	13	13	13	18
福建省	51.8	54.8	22.8	47.5	13	15	17	15
江西省	39.2	34.6	39.6	43.0	12	13	12	14
湖北省	33.2	18.8	13.0	27.5	15	17	19	17
湖南省	35.9	30.6	34.2	29.5	18	19	21	18
广东省	48.6	46.9	18.1	24.7	15	17	26	19
广西壮族自治区	35.0	27.3	14.7	20.1	26	31	29	29
海南省	27.7	33.5	16.3	13.8	30	25	28	28

注：基于 Agro-C 模型分析整理

附表 D.17 全国各省区单季水田的土壤有机碳密度变化和不确定度范围

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	48.0	58.2	45.4	4.1	12	14	13	13
天津市	31.6	28.8	44.6	42.4	16	18	13	18
河北省	16.4	19.8	33.4	12.2	14	12	13	19
内蒙古自治区	8.1	18.6	28.5	13.2	14	14	15	14
辽宁省	20.8	25.8	29.8	15.5	16	18	19	17
吉林省	19.7	48.3	15.0	10.2	12	11	12	12

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
黑龙江省	-14.8	23.8	22.6	10.6	14	14	15	14
上海市	18.3	28.8	45.5	0.4	15	15	15	15
江苏省	19.8	22.0	25.9	22.6	11	11	12	19
浙江省	13.7	20.2	21.8	15.1	15	14	14	14
安徽省	15.6	12.8	11.1	6.7	13	13	13	18
福建省	21.1	24.4	9.5	22.5	13	15	17	15
江西省	14.1	18.9	20.8	20.5	12	13	12	14
山东省	27.5	29.0	68.0	23.5	12	13	12	12
河南省	17.5	25.2	50.4	21.7	12	12	11	19
湖北省	17.8	13.6	8.7	20.6	15	17	19	17
湖南省	11.5	13.5	14.9	20.6	18	19	21	18
海南省	3.5	11.4	4.5	4.0	30	25	28	28
重庆市	23.5	11.6	8.9	12.8	18	33	25	25
四川省	23.3	20.5	19.2	15.6	14	17	20	19
贵州省	15.7	11.5	13.4	0.9	23	25	26	25
云南省	24.2	16.0	12.2	12.8	19	25	23	26
陕西省	15.0	11.6	12.5	13.8	15	16	15	19
宁夏回族自治区	37.9	32.7	22.8	11.5	9	11	11	17
新疆维吾尔自治区	20.5	34.3	30.1	30.6	19	11	12	16

注：基于 Agro-C 模型分析整理

附表 D.18 全国各省区水旱轮作的土壤有机碳密度变化和不确定度范围

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
上海市	48.1	63.5	95.9	22.4	15	15	15	15
江苏省	37.1	46.5	52.9	49.6	11	11	12	19
浙江省	41.4	48.4	57.5	37.4	15	14	14	14
安徽省	33.1	34.6	33.5	31.6	13	13	13	18
福建省	45.6	53.7	28.8	43.5	13	15	17	15
江西省	28.6	33.1	39.3	44.5	12	13	12	14
山东省	36.9	48.1	114.7	61.6	12	13	12	12
河南省	32.9	50.5	80.5	54.6	12	12	11	19
湖北省	33.7	33.8	24.5	44.6	15	17	19	17
湖南省	27.2	29.0	34.9	42.1	18	19	21	18
广东省	41.8	43.8	28.0	27.4	15	17	26	19
广西壮族自治区	24.2	23.3	15.5	11.0	26	31	29	29
海南省	26.7	37.0	28.4	18.0	30	25	28	28
重庆市	48.6	22.7	22.1	25.1	18	33	25	25
四川省	53.4	43.8	42.1	29.8	14	17	20	19
贵州省	40.3	30.2	32.9	11.7	23	25	26	25
云南省	53.1	35.8	25.8	20.5	19	25	23	26
陕西省	24.4	23.2	27.8	26.8	15	16	15	19

注：基于 Agro-C 模型分析整理

附表 D.19 全国各省区单季旱地的土壤有机碳密度变化和不确定度范围

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	39.0	47.0	38.3	4.9	12	14	13	13
天津市	17.6	17.3	30.8	20.3	16	18	13	18
河北省	9.3	17.6	22.2	15.6	14	12	13	19
山西省	28.7	26.9	17.9	20.5	9	11	15	15
内蒙古自治区	0.2	1.4	11.2	1.5	14	14	15	14
辽宁省	16.6	15.3	22.4	10.3	16	18	19	17
吉林省	19.3	37.3	6.3	3.1	12	11	12	12
黑龙江省	-25.9	3.5	2.5	-1.4	14	14	15	14
上海市	-14.8	-1.5	14.0	-20.5	15	15	15	15
江苏省	-8.4	-0.1	2.9	-8.8	11	11	12	19
浙江省	-3.7	2.9	8.7	-4.5	15	14	14	14
安徽省	-10.2	-4.0	-3.7	-10.5	13	13	13	18
福建省	1.8	11.9	0.8	9.6	13	15	17	15
江西省	-6.0	0.0	4.6	7.5	12	13	12	14
山东省	18.7	24.5	53.2	16.3	12	13	12	12
河南省	10.5	18.9	36.1	17.4	12	12	11	19
湖北省	-12.3	-7.5	-5.6	-9.8	15	17	19	17
湖南省	-10.9	-1.7	6.0	5.3	18	19	21	18
广东省	-2.3	7.5	-1.9	2.3	15	17	26	19
广西壮族自治区	-15.5	-9.9	-8.9	-3.3	26	31	29	29
海南省	-12.9	-0.2	-1.9	-4.9	30	25	28	28

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
重庆市	6.5	-1.6	1.6	3.5	18	33	25	25
四川省	6.4	7.7	10.5	3.7	14	17	20	19
贵州省	2.0	0.5	5.7	-10.9	23	25	26	25
云南省	8.5	2.6	2.5	4.1	19	25	23	26
西藏自治区	51.7	47.0	36.2	91.3	12	12	15	13
陕西省	15.9	14.8	16.1	12.9	15	16	15	19
甘肃省	13.8	10.3	14.8	11.4	16	20	21	17
青海省	18.8	14.0	33.8	41.9	21	22	19	12
宁夏回族自治区	15.4	14.1	11.2	5.0	9	11	11	17
新疆维吾尔自治区	7.7	20.4	21.0	16.8	19	11	12	16

注：基于 Agro-C 模型分析整理

附表 D.20 全国各省区双季旱地的土壤有机碳密度变化和不确定度范围

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
河北省	38.7	62.3	69.1	42.9	14	12	13	19
山西省	35.4	42.3	26.8	30.0	9	11	15	15
内蒙古自治区	-15.4	-8.6	2.7	-2.9	14	14	15	14
上海市	57.7	73.3	76.0	17.0	15	15	15	15
江苏省	36.2	40.4	43.3	31.9	11	11	12	19
浙江省	20.4	30.2	46.2	26.3	15	14	14	14

	估计值（gC/m²/yr）				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
安徽省	21.2	30.4	24.7	22.6	13	13	13	18
福建省	30.6	46.6	23.7	33.2	13	15	17	15
江西省	3.7	11.1	20.8	27.4	12	13	12	14
山东省	43.7	58.6	111.9	40.4	12	13	12	12
河南省	36.0	46.2	67.8	39.2	12	12	11	19
湖北省	8.3	16.8	14.9	18.7	15	17	19	17
湖南省	1.4	14.9	26.5	24.8	18	19	21	18
广东省	27.8	34.5	25.6	22.5	15	17	26	19
广西壮族自治区	7.9	6.6	5.0	2.3	26	31	29	29
重庆市	34.5	11.5	15.5	20.0	18	33	25	25
四川省	44.0	35.8	38.6	27.1	14	17	20	19
贵州省	33.5	24.6	29.0	-1.0	23	25	26	25
云南省	47.3	33.5	24.2	22.6	19	25	23	26
西藏自治区	52.0	46.8	41.0	96.4	12	12	15	13
陕西省	26.3	23.3	20.6	18.3	15	16	15	19
甘肃省	11.7	8.5	17.1	15.7	16	20	21	17
青海省	9.8	10.9	33.9	47.8	21	22	19	12
新疆维吾尔自治区	13.8	32.7	32.0	28.4	19	11	12	16

注：基于 Agro-C 模型分析整理

附表 D.21 农地 0-30cm 土壤有机碳密度（MgC/hm^2）

	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	28.38	32.81	38.07	42.72	28.38	32.81	38.07	42.72
天津市	19.39	21.29	24.29	27.79	19.39	21.29	24.29	27.79
河北省	26.13	28.43	32.03	35.39	26.13	28.43	32.03	35.39
山西省	18.88	21.84	24.56	27.36	18.88	21.84	24.56	27.36
内蒙古自治区	40.45	40.55	41.32	42.61	40.45	40.55	41.32	42.61
辽宁省	28.65	30.55	32.72	34.84	28.65	30.55	32.72	34.84
吉林省	40.18	42.98	45.42	46.49	40.18	42.98	45.42	46.49
黑龙江省	65.34	64.65	65.37	65.80	65.34	64.65	65.37	65.80
上海市	37.90	41.73	47.79	53.45	37.90	41.73	47.79	53.45
江苏省	27.30	30.58	34.70	39.84	27.30	30.58	34.70	39.84
浙江省	34.34	37.32	40.95	44.04	34.34	37.32	40.95	44.04
安徽省	25.46	27.92	30.60	34.01	25.46	27.92	30.60	34.01
福建省	33.58	37.84	40.81	43.46	33.58	37.84	40.81	43.46
江西省	29.59	32.88	36.53	41.77	29.59	32.88	36.53	41.77
山东省	22.93	26.47	32.39	39.05	22.93	26.47	32.39	39.05
河南省	23.63	27.06	32.31	38.67	23.63	27.06	32.31	38.67
湖北省	30.40	32.73	34.55	37.44	30.40	32.73	34.55	37.44
湖南省	36.26	38.80	41.54	45.86	36.26	38.80	41.54	45.86
广东省	32.77	37.47	41.10	43.67	32.77	37.47	41.10	43.67
广西壮族自治区	41.16	43.78	45.30	47.18	41.16	43.78	45.30	47.18
海南省	33.73	36.20	38.31	40.63	33.73	36.20	38.31	40.63

	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
重庆市	29.17	31.05	32.01	33.84	29.17	31.05	32.01	33.84
四川省	29.98	33.21	36.26	39.83	29.98	33.21	36.26	39.83
贵州省	45.00	47.08	48.65	50.56	45.00	47.08	48.65	50.56
云南省	41.12	43.65	45.04	46.98	41.12	43.65	45.04	46.98
西藏自治区	38.46	43.48	47.36	50.94	38.46	43.48	47.36	50.94
陕西省	23.98	25.82	27.63	28.90	23.98	25.82	27.63	28.90
甘肃省	24.41	25.58	26.81	28.55	24.41	25.58	26.81	28.55
青海省	44.62	46.03	48.17	51.90	44.62	46.03	48.17	51.90
宁夏回族自治区	17.63	19.34	20.69	21.52	17.63	19.34	20.69	21.52
新疆维吾尔自治区	24.47	25.82	28.10	30.15	24.47	25.82	28.10	30.15

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.22 不同管理措施的草地土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	土壤有机碳密度							不确定度（%）						
	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用
北京市	34.11	33.84	26.57	22.65	33.84	34.11	26.16	33.31	33.06	33.5	33.06	33.06	33.31	33.05
天津市	34.11	33.84	26.57	22.65	33.84	34.11	26.16	33.31	33.06	33.5	33.06	33.06	33.31	33.05
河北省	33.54	33.23	26.14	22.17	33.23	33.54	25.72	29.69	29.5	29.86	29.58	29.5	29.69	29.46
山西省	33.60	33.29	26.18	22.22	33.29	33.60	25.76	30.03	29.84	30.2	29.91	29.84	30.03	29.79
内蒙古自治区	26.99	26.61	21.06	18.29	26.61	26.99	20.70	19.36	19.22	19.49	19.15	19.22	19.36	19.21
辽宁省	33.62	33.32	26.20	22.24	33.32	33.62	25.78	30.18	29.99	30.36	30.06	29.99	30.18	29.95

行政区	土壤有机碳密度							不确定度（%）						
	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用
吉林省	33.49	33.18	26.09	22.12	33.18	33.49	25.68	29.37	29.19	29.54	29.27	29.19	29.37	29.14
黑龙江省	34.08	33.81	26.55	22.63	33.81	34.08	26.14	33.12	32.88	33.31	32.88	32.88	33.12	32.86
上海市	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
江苏省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
浙江省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
安徽省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
福建省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
江西省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
山东省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
河南省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
湖北省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
湖南省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
广东省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
广西壮族自治区	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
海南省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
重庆市	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
四川省	32.49	32.86	25.37	17.89	32.86	32.49	25.53	23.85	23.41	23.66	26.92	23.41	23.85	23.37
贵州省	35.03	33.87	26.70	18.37	33.87	35.03	26.18	33.57	32.97	33.44	39.38	32.97	33.57	32.92
云南省	34.88	33.81	26.62	18.34	33.81	34.88	26.14	32.79	32.12	32.62	38.35	32.12	32.79	32.07

行政区	土壤有机碳密度							不确定度（%）						
	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用	人工草地	禁牧	休牧	轮牧	围栏	改良草地	未利用
西藏自治区	26.62	28.37	21.47	16.57	28.37	26.62	22.17	20.00	19.92	19.89	20.67	19.92	20.00	19.9
陕西省	32.26	31.51	24.93	19.14	31.51	32.26	24.48	21.30	21.03	21.34	22.48	21.03	21.30	21.02
甘肃省	27.40	27.38	21.46	18.08	27.38	27.40	21.28	16.14	15.97	16.21	16.62	15.97	16.14	15.94
青海省	28.18	29.83	22.61	17.09	29.83	28.18	23.31	24.98	25.03	24.88	26.11	25.03	24.98	25.01
宁夏回族自治区	23.56	23.20	18.40	16.52	23.20	23.56	18.07	22.02	21.86	22.2	22.47	21.86	22.02	21.85
新疆维吾尔自治区	24.68	24.74	19.39	17.06	24.74	24.68	19.23	18.48	18.13	18.52	19.1	18.13	18.48	18.11

注：来源于文献和实测数据统计分析

附表 D.23 草地 0-30cm 土壤有机碳密度（MgC/hm^2）

省市	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	26.33	26.16	27.14	26.16	33.22	36.20	28.07	33.05
天津市	26.28	27.77	26.56	27.29	33.45	28.69	31.00	27.82
河北省	26.89	28.19	30.04	32.18	34.06	29.90	15.15	22.94
山西省	26.62	26.78	27.07	27.82	29.29	29.07	23.56	21.55
内蒙古自治区	21.00	21.50	22.81	23.17	19.27	20.64	9.28	11.89
辽宁省	26.95	26.82	30.08	32.74	33.59	29.97	15.90	25.32
吉林省	26.11	26.26	27.94	26.57	28.98	29.06	16.95	24.52
黑龙江省	26.42	27.06	29.62	29.15	32.46	31.55	19.78	21.76
上海市	26.18	26.18	26.18	26.18	34.02	36.09	32.92	32.92
江苏省	26.64	35.03	27.04	30.58	31.75	37.27	29.10	23.80

省市	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
浙江省	26.22	26.18	26.32	26.18	33.80	36.09	32.23	32.92
安徽省	26.41	26.79	26.95	27.10	32.89	32.90	28.53	27.03
福建省	26.29	26.26	26.44	26.37	33.44	35.66	31.64	31.95
江西省	26.44	26.20	26.91	26.24	32.87	35.95	29.41	32.59
山东省	27.06	27.05	27.89	26.96	34.00	31.82	23.82	29.26
河南省	26.53	26.41	27.98	26.61	39.72	34.86	15.72	30.48
湖北省	26.24	26.22	26.50	26.32	33.62	35.86	28.81	31.54
湖南省	26.40	26.30	26.48	26.40	32.91	35.33	29.43	29.62
广东省	26.24	26.62	26.28	26.45	33.70	33.77	32.23	31.18
广西壮族自治区	26.20	26.19	26.30	26.23	33.79	36.02	31.35	32.27
海南省	26.19	26.19	26.15	26.24	33.82	36.01	28.57	32.60
重庆市	26.37	26.18	26.64	26.30	33.03	36.08	29.50	31.46
四川省	26.16	26.43	27.60	26.91	24.49	21.88	12.57	12.52
贵州省	26.84	26.22	27.74	26.74	31.56	35.80	23.71	25.83
云南省	26.38	26.33	27.37	25.56	32.04	33.03	25.85	20.14
西藏自治区	22.28	22.35	22.47	22.68	20.30	21.13	18.04	16.94
陕西省	25.35	26.17	31.67	31.04	21.34	21.79	16.88	17.98
甘肃省	22.65	23.93	25.70	23.92	28.68	16.00	8.06	8.76
青海省	23.46	23.61	23.73	24.81	25.23	27.42	22.68	15.75
宁夏回族自治区	18.95	21.61	23.29	23.00	18.57	24.06	17.03	17.37
新疆维吾尔自治区	19.39	19.76	20.03	20.15	18.15	18.68	12.93	11.37

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.24 草地火灾燃烧生物量的消耗值（单位：吨干物质/公顷，td.m./hm^2）

地 区	生物量消耗值	不确定度（%）
东北、华北、西藏、青海、宁夏、新疆	4.10	75.61
华东、华中、华南、重庆、贵州	5.20	32.69
四川	4.67	36.98
云南	5.17	32.01
陕西	4.52	44.48
甘肃	4.16	70.84

注：基于《2006 年 IPCC 清单指南》，按我国草地类型分区分析整理

附表 D.25 湿地植物生物量碳密度（Mg C/hm^2）

气候区	行政区	湿地类型	参考值	不确定度（%）
温带湿润半湿润区	黑龙江、吉林、辽宁、河北、北京、天津、山西、山东、河南	红树林地	-	-
		森林沼泽	46.9	3
		灌丛沼泽	7.9	18
温带干旱半干旱区	内蒙古、宁夏、甘肃、新疆、陕西	红树林地	-	-
		森林沼泽	34.8	4
		灌丛沼泽	2.6	8
青藏高原区	青海、西藏	红树林地	-	-
		森林沼泽	80.4	12
		灌丛沼泽	14.8	12
亚热带-热带湿润区	四川、云南、重庆、湖北、江西、江苏、浙江、福建、广东、广西、云南、贵州、湖南、海南	红树林地	192.1	8
		森林沼泽	47.8	3
		灌丛沼泽	4.5	7

注：文献和实测数据统计分析

附表 D.26 森林沼泽 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	24.16	25.65	27.13	28.61	3.46	3.20	3.00	2.86
山西省	26.81	28.30	29.78	31.26	11.13	10.53	10.00	9.53
内蒙古自治区	75.97	77.45	78.94	80.42	21.82	21.40	21.00	20.61
吉林省	86.18	87.67	89.15	90.64	11.38	11.19	11.00	10.82
黑龙江省	75.83	77.31	78.80	80.28	23.90	23.44	23.00	22.58
上海市	19.70	26.14	32.57	39.00	21.50	9.18	4.00	6.15
浙江省	69.65	76.09	82.52	88.95	5.79	2.65	0.00	2.27
河南省	32.20	33.68	35.16	36.65	0.60	0.28	0.00	0.26
湖北省	33.00	39.44	45.87	52.30	12.91	6.19	3.00	4.67
湖南省	32.64	39.07	45.51	51.94	16.64	10.65	8.00	8.01
广东省	36.95	43.38	49.82	56.25	10.91	4.65	0.00	3.58
云南省	35.53	41.96	48.39	54.82	13.99	8.42	6.00	6.45
西藏自治区	50.13	52.47	54.81	57.15	33.31	30.68	29.00	28.17
甘肃省	81.97	83.45	84.93	86.42	12.44	12.21	12.00	11.79
新疆维吾尔自治区	18.78	20.26	21.75	23.23	32.44	30.05	28.00	26.22

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.27 灌丛沼泽 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
河北省	93.35	97.75	102.15	106.55	34.06	32.43	31.00	29.75
山西省	21.02	25.42	29.82	34.22	18.50	11.92	9.00	8.86
内蒙古自治区	73.66	75.85	78.04	80.22	22.89	21.76	21.00	20.58
吉林省	80.99	85.39	89.80	94.20	11.62	10.64	10.00	9.65
黑龙江省	70.73	75.13	79.53	83.93	26.17	24.42	23.00	21.86
安徽省	28.73	32.21	35.69	39.16	2.85	1.27	0.00	1.05
湖南省	47.29	50.77	54.25	57.73	1.73	0.81	0.00	0.71
海南省	26.11	29.59	33.07	36.55	60.87	53.66	48.00	43.45
四川省	85.76	89.24	92.72	96.20	21.64	20.78	20.00	19.28
云南省	39.33	42.81	46.29	49.77	2.08	0.96	0.00	0.82
西藏自治区	26.47	28.81	31.15	33.48	50.88	44.15	40.00	37.98
陕西省	23.49	25.68	27.86	30.05	18.36	10.12	6.00	8.64
甘肃省	51.08	53.27	55.46	57.65	81.79	78.17	75.00	72.24
宁夏回族自治区	17.64	19.83	22.01	24.20	27.77	17.57	13.00	14.40
新疆维吾尔自治区	21.49	23.67	25.86	28.05	99.23	88.88	81.00	75.02

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.28 草地沼泽 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm²）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	17.59	22.98	28.37	33.76	22.76	13.79	10.00	9.39
河北省	79.30	84.69	90.08	95.47	32.01	29.83	28.00	26.46
山西省	13.97	19.36	24.75	30.15	32.00	19.33	14.00	12.41
内蒙古自治区	79.31	81.50	83.68	85.87	29.97	28.85	28.00	27.38
辽宁省	22.06	27.45	32.84	38.23	35.17	26.82	22.00	19.26
吉林省	45.23	50.62	56.01	61.41	63.47	56.50	51.00	46.58
黑龙江省	86.67	92.06	97.45	102.84	23.84	22.28	21.00	19.95
江苏省	23.65	27.13	30.61	34.09	3.47	1.51	0.00	1.20
河南省	22.86	28.25	33.64	39.03	14.38	7.77	5.00	5.63
湖南省	44.94	48.42	51.90	55.38	39.30	36.45	34.00	31.87
广东省	34.60	38.08	41.56	45.03	7.59	6.64	6.00	5.61
重庆市	58.12	61.60	65.08	68.56	1.41	0.67	0.00	0.60
四川省	90.66	94.14	97.62	101.10	23.71	22.82	22.00	21.25
贵州省	51.63	55.11	58.59	62.07	1.59	0.74	0.00	0.66
云南省	53.90	57.38	60.85	64.33	23.76	22.28	21.00	19.87
西藏自治区	52.97	55.31	57.64	59.98	55.26	52.32	50.00	48.24
陕西省	22.28	24.47	26.65	28.84	20.84	12.73	9.00	10.80

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
甘肃省	61.23	63.42	65.61	67.80	61.42	59.05	57.00	55.24
青海省	77.83	80.17	82.50	84.84	42.91	41.29	40.00	39.01
宁夏回族自治区	28.23	30.41	32.60	34.79	18.21	12.55	10.00	10.98
新疆维吾尔自治区	40.00	42.18	44.37	46.56	71.69	67.48	64.00	61.14

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.29 内陆滩涂 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm²）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	17.98	23.37	28.76	34.15	23.59	14.82	11.00	10.14
天津市	19.07	24.46	29.85	35.25	22.71	14.61	11.00	10.14
河北省	17.97	23.36	28.75	34.14	47.48	34.99	28.00	23.94
山西省	17.95	23.35	28.74	34.13	58.19	43.51	35.00	29.76
内蒙古自治区	33.71	35.90	38.09	40.27	55.50	51.22	48.00	45.66
辽宁省	21.71	27.10	32.49	37.88	34.02	25.71	21.00	18.39
吉林省	40.47	45.87	51.26	56.65	36.14	31.44	28.00	25.46
黑龙江省	61.15	66.54	71.93	77.32	33.26	30.34	28.00	26.11
上海市	27.52	31.00	34.48	37.95	21.50	18.95	17.00	15.48
江苏省	27.59	31.07	34.54	38.02	15.32	13.41	12.00	10.96
浙江省	29.68	33.16	36.64	40.12	15.07	13.32	12.00	11.01

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
安徽省	31.26	34.74	38.22	41.70	16.11	14.35	13.00	11.96
福建省	30.41	33.88	37.36	40.84	18.63	16.58	15.00	13.76
江西省	33.71	37.18	40.66	44.14	17.06	15.35	14.00	12.93
山东省	14.13	19.52	24.91	30.30	27.85	15.79	11.00	10.17
河南省	19.90	25.29	30.68	36.07	28.46	20.20	16.00	14.16
湖北省	33.51	36.98	40.46	43.94	17.08	15.36	14.00	12.93
湖南省	38.07	41.55	45.02	48.50	12.02	10.88	10.00	9.32
广东省	36.67	40.14	43.62	47.10	16.81	15.25	14.00	13.00
广西壮族自治区	35.99	39.47	42.95	46.43	15.68	14.18	13.00	12.06
海南省	30.47	33.94	37.42	40.90	36.95	33.10	30.00	27.47
重庆市	23.12	26.59	30.07	33.55	23.68	20.41	18.00	16.18
四川省	41.68	45.16	48.64	52.12	59.54	54.94	51.00	47.60
贵州省	31.09	34.57	38.05	41.53	16.13	14.36	13.00	11.95
云南省	31.20	34.67	38.15	41.63	33.12	29.73	27.00	24.76
西藏自治区	25.47	27.81	30.15	32.48	63.62	56.05	51.00	47.98
陕西省	25.81	28.00	30.18	32.37	31.00	25.79	23.00	22.31
甘肃省	20.79	22.98	25.17	27.35	85.68	76.06	69.00	63.90
青海省	35.25	37.59	39.92	42.26	71.71	66.21	62.00	58.88
宁夏回族自治区	22.34	24.53	26.72	28.90	31.76	25.29	22.00	21.47
新疆维吾尔自治区	18.24	20.43	22.61	24.80	79.90	69.33	62.00	57.10

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.30 红树林 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm²）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
浙江省	77.45	83.89	90.32	96.75	35.37	32.39	30.00	28.08
福建省	70.65	77.09	83.52	89.95	35.92	32.61	30.00	27.94
广东省	66.83	73.26	79.69	86.13	36.28	32.75	30.00	27.86
广西壮族自治区	62.30	68.74	75.17	81.60	36.77	32.94	30.00	27.75
海南省	87.47	93.90	100.33	106.77	34.72	32.13	30.00	28.26

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.31 沿海滩涂 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm²）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
天津市	13.43	20.76	28.09	35.41	71.37	42.06	30.00	24.65
河北省	32.60	39.93	47.26	54.58	24.67	17.53	14.00	12.82
辽宁省	26.10	33.43	40.76	48.08	39.96	28.86	23.00	20.07
上海市	42.65	49.97	57.30	64.63	11.46	5.72	3.00	4.43
江苏省	11.37	18.69	26.02	33.35	55.98	26.64	17.00	14.93
浙江省	14.21	21.54	28.87	36.19	41.62	20.40	13.00	12.14
福建省	28.48	35.81	43.13	50.46	29.07	20.30	16.00	14.41
山东省	11.64	18.97	26.29	33.62	61.59	31.51	21.00	17.78

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
广东省	17.55	24.88	32.21	39.53	30.85	14.84	9.00	9.34
广西壮族自治区	16.03	23.36	30.68	38.01	30.10	11.79	5.00	7.25
海南省	79.91	87.24	94.56	101.89	93.66	85.67	79.00	73.35

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.32 沼泽地 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	23.65	29.04	34.43	39.82	11.94	4.86	0.00	3.55
天津市	21.63	27.02	32.41	37.80	19.88	13.08	10.00	9.35
河北省	57.56	62.95	68.35	73.74	77.33	70.60	65.00	60.28
山西省	18.33	23.72	29.11	34.51	22.13	13.64	10.00	9.38
内蒙古自治区	32.81	35.00	37.19	39.37	86.98	80.95	76.00	71.95
辽宁省	21.45	26.84	32.23	37.62	27.41	19.92	16.00	14.21
吉林省	36.56	41.95	47.34	52.73	48.53	41.89	37.00	33.32
黑龙江省	71.53	76.92	82.32	87.71	34.75	32.16	30.00	28.20
江苏省	29.06	32.54	36.02	39.50	13.92	12.24	11.00	10.08
安徽省	25.59	29.07	32.55	36.02	6.01	4.70	4.00	3.79
河南省	19.84	25.23	30.62	36.01	14.24	5.60	0.00	3.92
湖北省	44.08	47.56	51.04	54.52	6.08	5.43	5.00	4.74
湖南省	43.02	46.50	49.98	53.46	1.91	0.88	0.00	0.77

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
四川省	85.78	89.26	92.74	96.22	28.12	27.02	26.00	25.06
贵州省	53.26	56.74	60.22	63.69	9.17	8.52	8.00	7.59
云南省	46.30	49.78	53.26	56.74	19.63	18.21	17.00	15.97
西藏自治区	34.31	36.65	38.99	41.32	56.54	51.54	48.00	45.71
陕西省	24.90	27.08	29.27	31.46	22.10	15.85	13.00	13.65
甘肃省	22.28	24.47	26.66	28.85	48.83	42.19	38.00	35.79
青海省	30.55	32.89	35.22	37.56	65.59	59.42	55.00	52.02
宁夏回族自治区	20.44	22.62	24.81	27.00	39.17	31.94	28.00	26.76
新疆维吾尔自治区	29.18	31.37	33.56	35.74	71.46	65.56	61.00	57.54

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，红树林地、沿海滩涂和开阔水域根据文献做了修订

附表 D.33 开阔水面 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	124.70	126.25	127.80	129.35	26.65	26.32	26.00	25.69
天津市	124.70	126.25	127.80	129.35	26.65	26.32	26.00	25.69
河北省	124.70	126.25	127.80	129.35	26.65	26.32	26.00	25.69
山西省	168.57	170.12	171.67	173.22	30.55	30.27	30.00	29.73
内蒙古自治区	168.29	169.98	171.67	173.36	30.60	30.30	30.00	29.71
辽宁省	150.86	152.40	153.95	155.50	65.32	64.65	64.00	63.36
吉林省	150.86	152.40	153.95	155.50	65.32	64.65	64.00	63.36

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
黑龙江省	150.86	152.40	153.95	155.50	65.32	64.65	64.00	63.36
上海市	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
江苏省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
浙江省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
安徽省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
福建省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
江西省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
山东省	124.70	126.25	127.80	129.35	26.65	26.32	26.00	25.69
河南省	124.70	126.25	127.80	129.35	26.65	26.32	26.00	25.69
湖北省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
湖南省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
广东省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
广西壮族自治区	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
海南省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
重庆市	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
四川省	123.94	125.87	127.80	129.73	26.81	26.40	26.00	25.61
贵州省	274.49	276.42	278.35	280.28	30.42	30.21	30.00	29.79
云南省	274.49	276.42	278.35	280.28	30.42	30.21	30.00	29.79
西藏自治区	161.50	162.18	162.86	163.54	48.41	48.20	48.00	47.80

行政区	参考值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
陕西省	168.29	169.98	171.67	173.36	30.60	30.30	30.00	29.71
甘肃省	168.29	169.98	171.67	173.36	30.60	30.30	30.00	29.71
青海省	161.50	162.18	162.86	163.54	48.41	48.20	48.00	47.80
宁夏回族自治区	168.29	169.98	171.67	173.36	30.60	30.30	30.00	29.71
新疆维吾尔自治区	168.29	169.98	171.67	173.36	30.60	30.30	30.00	29.71

注：根据全国第二次土壤普查数据库分析整理，根据文献做了修订

附表 D.34 湿地 CO_2 排放/清除系数（Mg CO_2/hm^2/yr）

气候区	行政区	湿地类型	参考值	不确定度（%）
温带湿润半湿润区	黑龙江、吉林、辽宁、河北、北京、天津、山西、山东、河南	红树林地	-	-
		森林沼泽	-6.65	31
		灌丛沼泽	-6.00	31
		沼泽草地	-6.00	31
		沿海滩涂	-6.84	28
		内陆滩涂	-6.00	31
		沼泽地	-6.00	31
		开阔水面	-	-
温带干旱半干旱区	内蒙古、宁夏、甘肃、新疆、陕西	红树林地	-	-
		森林沼泽	-4.89	31
		灌丛沼泽	-4.89	31

气候区	行政区	湿地类型	参考值	不确定度（%）
		沼泽草地	-4.89	31
		沿海滩涂	-	-
		内陆滩涂	-4.89	32
		沼泽地	-4.89	32
		开阔水面	-	-
青藏高原区	青海、西藏	红树林地	-	-
		森林沼泽	-2.41	40
		灌丛沼泽	-2.41	40
		沼泽草地	-2.41	40
		沿海滩涂	-	-
		内陆滩涂	-2.41	40
		沼泽地	-2.41	40
		开阔水面	-	-
亚热带-热带湿润区	四川、云南、重庆、湖北、江西、江苏、浙江、福建、广东、广西、云南、贵州、湖南、海南	红树林地	-17.60	52
		森林沼泽	-10.9	19
		灌丛沼泽	-10.9	19
		沼泽草地	-10.9	19
		沿海滩涂	-6.84	28
		内陆滩涂	-10.9	19
		沼泽地	-10.9	19
		开阔水面	-	-

注：根据文献和实测数据统计分析

附表 D.35 湿地 CH_4 排放系数（Mg CH_4/hm^2/yr）

气候区	行政区	湿地类型	参考值	不确定度（%）
温带湿润半湿润区	黑龙江、吉林、辽宁、河北、北京、天津、山西、山东、河南	红树林地	-	-
		森林沼泽	0.01	6
		灌丛沼泽	0.01	32
		沼泽草地	0.21	26
		沿海滩涂	0.04	31
		内陆滩涂	0.21	26
		沼泽地	0.21	26
		开阔水面	0.12	8
温带干旱半干旱区	内蒙古、宁夏、甘肃、新疆、陕西	红树林地	-	-
		森林沼泽	0.15	6
		灌丛沼泽	0.15	91
		沼泽草地	0.15	91
		沿海滩涂	-	-
		内陆滩涂	0.15	91
		沼泽地	0.15	91
		开阔水面	0.18	16
青藏高原区	青海、西藏	红树林地	-	-
		森林沼泽	0.13	109
		灌丛沼泽	0.13	109
		沼泽草地	0.13	109
		沿海滩涂	-	-

气候区	行政区	湿地类型	参考值	不确定度（%）
		内陆滩涂	0.13	109
		沼泽地	0.13	109
		开阔水面	0.27	37
亚热带湿润区	四川、云南、重庆、湖北、江西、江苏、浙江、福建、广东、广西、云南、贵州、湖南、海南	红树林地	0.08	31
		森林沼泽	0.13	31
		灌丛沼泽	0.13	44
		沼泽草地	0.13	44
		沿海滩涂	0.05	31
		内陆滩涂	0.13	44
		沼泽地	0.13	44
		开阔水面	0.24	12

注：根据文献和实测数据统计分析

附表 D.36 建设用地 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	28.37	28.37	28.37	28.37	12.37	12.37	12.37	12.37
天津市	27.96	27.96	27.96	27.96	11.40	11.40	11.40	11.40
河北省	26.45	26.45	26.45	26.45	21.53	21.53	21.53	21.53
山西省	27.19	27.19	27.19	27.19	23.85	23.85	23.85	23.85
内蒙古自治区	32.46	32.46	32.46	32.46	54.61	54.61	54.61	54.61
辽宁省	28.42	28.42	28.42	28.42	25.19	25.19	25.19	25.19

行政区	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
吉林省	50.31	50.31	50.31	50.31	28.70	28.70	28.70	28.70
黑龙江省	67.81	67.81	67.81	67.81	29.97	29.97	29.97	29.97
上海市	40.06	40.06	40.06	40.06	12.28	12.28	12.28	12.28
江苏省	33.82	33.82	33.82	33.82	15.41	15.41	15.41	15.41
浙江省	36.71	36.71	36.71	36.71	15.23	15.23	15.23	15.23
安徽省	34.19	34.19	34.19	34.19	14.32	14.32	14.32	14.32
福建省	33.18	33.18	33.18	33.18	29.32	29.32	29.32	29.32
江西省	39.88	39.88	39.88	39.88	17.21	17.21	17.21	17.21
山东省	23.97	23.97	23.97	23.97	12.65	12.65	12.65	12.65
河南省	29.13	29.13	29.13	29.13	15.82	15.82	15.82	15.82
湖北省	39.17	39.17	39.17	39.17	14.91	14.91	14.91	14.91
湖南省	44.18	44.18	44.18	44.18	13.77	13.77	13.77	13.77
广东省	38.05	38.05	38.05	38.05	23.01	23.01	23.01	23.01
广西壮族自治区	42.72	42.72	42.72	42.72	18.87	18.87	18.87	18.87
海南省	36.83	36.83	36.83	36.83	31.46	31.46	31.46	31.46
重庆市	32.28	32.28	32.28	32.28	24.70	24.70	24.70	24.70
四川省	34.00	34.00	34.00	34.00	35.36	35.36	35.36	35.36
贵州省	44.12	44.12	44.12	44.12	20.31	20.31	20.31	20.31
云南省	45.16	45.16	45.16	45.16	21.48	21.48	21.48	21.48
西藏自治区	41.29	41.29	41.29	41.29	50.50	50.50	50.50	50.50
陕西省	29.89	29.89	29.89	29.89	26.33	26.33	26.33	26.33

行政区	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
甘肃省	27.01	27.01	27.01	27.01	46.73	46.73	46.73	46.73
青海省	44.96	44.96	44.96	44.96	58.88	58.88	58.88	58.88
宁夏回族自治区	22.61	22.61	22.61	22.61	34.24	34.24	34.24	34.24
新疆维吾尔自治区	26.33	26.33	26.33	26.33	50.48	50.48	50.48	50.48

注：数据基于文献数据提取各省区平均值。Liu, F., et al., 2022. Science Bulletin. 67, 328-340

附表 D.37 其他土地 0-30cm 土壤有机碳密度（Mg C/hm^2）

行政区	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
北京市	30.65	30.65	30.65	30.65	17.43	17.43	17.43	17.43
天津市	27.72	27.72	27.72	27.72	14.93	14.93	14.93	14.93
河北省	28.17	28.17	28.17	28.17	33.86	33.86	33.86	33.86
山西省	27.38	27.38	27.38	27.38	30.69	30.69	30.69	30.69
内蒙古自治区	16.61	16.61	16.61	16.61	77.45	77.45	77.45	77.45
辽宁省	28.63	28.63	28.63	28.63	29.84	29.84	29.84	29.84
吉林省	40.81	40.81	40.81	40.81	40.71	40.71	40.71	40.71
黑龙江省	66.21	66.21	66.21	66.21	33.78	33.78	33.78	33.78
上海市	42.35	42.35	42.35	42.35	15.28	15.28	15.28	15.28
江苏省	31.90	31.90	31.90	31.90	14.79	14.79	14.79	14.79
浙江省	37.73	37.73	37.73	37.73	16.24	16.24	16.24	16.24
安徽省	33.93	33.93	33.93	33.93	16.33	16.33	16.33	16.33

行政区	估计值				不确定度（%）			
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年
福建省	37.42	37.42	37.42	37.42	25.49	25.49	25.49	25.49
江西省	38.44	38.44	38.44	38.44	18.32	18.32	18.32	18.32
山东省	23.62	23.62	23.62	23.62	16.03	16.03	16.03	16.03
河南省	29.36	29.36	29.36	29.36	18.88	18.88	18.88	18.88
湖北省	39.12	39.12	39.12	39.12	15.48	15.48	15.48	15.48
湖南省	44.68	44.68	44.68	44.68	15.06	15.06	15.06	15.06
广东省	42.91	42.91	42.91	42.91	19.29	19.29	19.29	19.29
广西壮族自治区	44.71	44.71	44.71	44.71	14.43	14.43	14.43	14.43
海南省	37.59	37.59	37.59	37.59	25.80	25.80	25.80	25.80
重庆市	35.36	35.36	35.36	35.36	24.27	24.27	24.27	24.27
四川省	65.37	65.37	65.37	65.37	32.36	32.36	32.36	32.36
贵州省	48.05	48.05	48.05	48.05	22.79	22.79	22.79	22.79
云南省	51.05	51.05	51.05	51.05	27.66	27.66	27.66	27.66
西藏自治区	33.40	33.40	33.40	33.40	49.82	49.82	49.82	49.82
陕西省	29.38	29.38	29.38	29.38	50.34	50.34	50.34	50.34
甘肃省	19.86	19.86	19.86	19.86	85.66	85.66	85.66	85.66
青海省	41.14	41.14	41.14	41.14	65.83	65.83	65.83	65.83
宁夏回族自治区	16.19	16.19	16.19	16.19	39.80	39.80	39.80	39.80
新疆维吾尔自治区	18.57	18.57	18.57	18.57	65.71	65.71	65.71	65.71

注：数据基于文献数据提取各省区平均值。Liu, F., et al., 2022. Science Bulletin. 67, 328-340

附表 D.38 工业原木和锯材的主要排放因子

碳排放因子	说明	数据	数据来源
D	基本密度	$D_{针叶}$=0.402；$D_{非针叶}$=0.564	文献或实测数据
CF	含碳率	*CF*=0.5	文献或实测数据
k	分解率	$K_{锯材\text{-}2015年前}$=0.019804 $K_{锯材\text{-}2015年后}$=0.023105	文献或实测数据

附表 D.39 人造板的主要排放因子

碳排放因子	说明	数据	数据来源
D	基本密度	*D*=0.570	文献或实测数据
CF	含碳率	*CF*=0.5	文献或实测数据
k	分解率	$K_{人造板\text{-}2015年前}$=0.027726 $K_{人造板\text{-}2015年前}$=0.034657 $K_{竹板材}$=0.04621	文献或实测数据

附表 D.40 纸和纸板的主要排放因子

碳排放因子	说明	数据	数据来源
CF	含碳率	*CF*=0.5	文献或实测数据
k	分解率	$K_{纸和纸板\text{-}2015年前}$=0.346574 $K_{纸和纸板\text{-}2015年前}$=0.462098	文献或实测数据

附录 E　废弃物处理附表

附表 E.1 CH_4 修正因子缺省值

场所类型	CH_4 修正因子（MCF）的缺省值
管理-厌氧	1.0
未管理-深 (>5m 废弃物）和/或地下水位高	0.8
未管理-浅 (<5m 废弃物)	0.4
未归类 SWDS	0.6

附表 E.2 固体废物成分 DOC 含量的推荐值

MSW 成分	成分比例	DOC 含量（湿废弃物）%	
		缺省	范围
纸类		40	36-45
织物		24	20-40
厨余		15	8-20
木竹		43	39-46

附表 E.3 推荐不同气候带的 CH_4 产生率缺省值

		气候带							
废弃物类型		北温带（MAT≤20℃）				热带（MAT≥20℃）			
		干（MAP/PET<1）		湿（MAP/PET＞1）		干（MAP<1000mm）		湿（MAP＞1000mm）	
		缺省	范围	缺省	范围	缺省	范围	缺省	范围
缓慢分解的废弃物	纸张/纺织品废弃物	0.04	0.03-0.05	0.06	0.05-0.07	0.045	0.04-0.06	0.07	0.06-0.085
		0.02	0.01-0.03	0.03	0.02-0.04	0.025	0.02-0.04	0.035	0.03-0.05
轻度降解的废弃物	木材/秸秆废弃物	0.05	0.04-0.06	0.1	0.06-0.1	0.065	0.05-0.08	0.17	0.15-0.2
快速降解的废弃物	其他（非食品）有机易腐/庭园和公园废弃物	0.06	0.05-0.08	0.185	0.1-0.2	0.085	0.07-0.1	0.4	0.17-0.7
批量废弃物		0.05	0.04-0.06	0.09	0.08-0.1	0.065	0.05-0.08	0.17	0.15-0.2

MAT：年均温度；MAP：年均降水量；PET：可能蒸发量。

附表 E.4 生活垃圾填埋处理排放因子/相关参数缺省值

排放因子/相关参数	简写	单位	推荐值
CH_4 修正因子	MCF	比例	表 E.1
可降解有机碳	DOC	千克碳/千克废弃物	公式（6.3）
可分解的 DOC 比例	DOCF	比例	0.5
CH_4 在垃圾填埋气中的比例	F	比例	0.5
CH_4 回收量	R	万吨	0
氧化因子	OX	比例	0.1

附表 E.5 废弃物处理温室气体清单不确定度推荐值（%）

城市生活垃圾填埋处理 CH_4 排放不确定度推荐值	
活动数据和各排放因子	推荐值
城市生活垃圾填埋量（W_T）	±21
废弃物构成的总不确定度	±20
可降解有机碳（DOC）	±15
经过分解的可降解有机碳的比例（DOC_f）	±15
CH_4 修正因子（MCF） =1.0 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6	±20
产生的垃圾填埋气体中的 CH_4 比例；（F）=0.5	±5
生物处理 CH_4 排放计算的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平	±15
废弃物生物处理量	±15
入 SWDS 的 MSWT 比例	±15
排放因子	±30
生物处理 N_2O 排放计算的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平	±15
废弃物生物处理量	±15
送到 SWDS 的 MSWT 比例	±15
废弃物焚烧处理温室气体排放的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平数据（E）	±10
危险废弃物焚烧量	±10
城市生活垃圾焚烧量	±10
污泥的焚烧量	±10

排放因子（EF）	±40
生活污水处理 CH_4 排放的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平数据	/
人口（P）	±3
BOD/年	±10
排放因子	/
最大 CH_4 产生能力（B_o）	±15
CH_4 修正因子（MCF）	±21
工业废水处理 CH_4 排放的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平数据	±35
经处理排放的 COD	±20
入海水量	±20
排放标准	±20
排放因子	±34
CH_4 修正因子 MCF	±15
最大 CH_4 产生能力 B_0	±30
废水处理 N_2O 排放的不确定度推荐值	
参数	不确定度推荐值
活动水平	±49
人口数	±10
人均蛋白质摄入量	±10
N 含量	±6
$F_{NON-CON}$	±33
$F_{IND-COM}$	±33
排放因子	±30
$EF_{EFFLUENT}$	±30

附表 E.6 废弃物生物处理的 CH_4 和 N_2O 缺省排放因子

生物处理的类型	CH_4 排放因子（gCH_4/ kg 处理的废弃物）		N_2O 排放因子（gN_2O/ kg 处理的废弃物）		备注
	干重	湿重	干重	湿重	
堆肥处理	10（0.08-20）	4（0.03-8）	0.6（0.2-1.6）	0.3（0.06-0.6）	关于处理的废弃物的假设：25%~50%干物质中的 DOC，2%干物质中的 N，含水量 60%。假设湿废弃物的含水量为 60%，可根据湿废弃物的排放因子来估算干废弃物的排放因子。
沼气设施的厌氧分解	2（0-20）	1（0-8）	假设可忽略不计	假设可忽略不计	

附表 E.7 城市生活垃圾焚烧 CO_2 排放的关键排放因子

排放系数和相关参数	指南推荐
废弃物碳含量（CCW_i）	废弃物（湿） 33%~35% 缺省：40%
化石碳在碳总量中的百分比（FCF_i）	30%~50% 缺省：40%
燃烧效率（EF_i）	95%~99% 缺省：95%

附表 E.8 危险废弃物焚烧 CO_2 排放的关键排放因子

排放系数和相关参数	指南推荐
废弃物碳含量（CCW_i）	废弃物（湿） 1%~95% 缺省：50%
化石碳在碳总量中的百分比（FCF_i）	90%~100% 缺省：90%
燃烧效率（EF_i）	95%~99.5% 缺省：99.5%

附表 E.9 生活垃圾焚烧生物成因 CO_2 排放的缺省排放因子

生物质成分	指南推荐	
	可降解有机碳比例（DOC_i）	燃烧效率（EF_i）
厨余	0.2	0.95
纸张	0.4	0.95
竹木	0.43	0.95

附表 E.10 污水污泥焚烧生物成因 CO_2 排放的缺省排放因子

排放系数和相关参数	指南推荐
废弃物碳含量（CCWi）	污泥（干） 10%~40% 缺省：30%
燃烧效率（EFi）	95% 缺省：95%

附表 E.11 废弃物焚烧的 CH_4 排放因子

垃圾类型	焚化/技术类型		指南推荐的 排放因子（g CH_4/t 垃圾）
城市生活垃圾	连续焚烧	自动加煤机	0.2
		流化床	0
	半连续焚烧	自动加煤机	6
		流化床	188
	分批类焚烧	自动加煤机	60
		流化床	237
工业污泥（半连续或间歇式焚烧）			9.7
废油（半连续或间歇式焚烧）			0.56

附表 E.12 不同类型废弃物和管理方法下的 N_2O 缺省排放因子

废弃物类型	技术/管理做法	指南推荐的排放因子（gN_2O/t 废弃物）（湿基）	加权值
MSW	连续和半连续焚烧炉	50	湿重
	分批类焚烧炉	60	湿重
	露天燃烧	150	干重
工业废弃物	—	100	湿重
废水淤渣	—	450	湿重
污水污泥	焚烧	990	干重
		900	湿重

附表 E.13 各区域平均 BOD/COD 推荐值

省份	BOD/COD
安徽省	0.32
福建省	0.33
甘肃省	0.32
广东省	0.39
贵州省	0.28
海南省	0.41
河北省	0.32
河南省	0.41
黑龙江省	0.40
湖北省	0.35
湖南省	0.38
吉林省	0.26
江苏省	0.31

省份	BOD/COD
江西省	0.37
辽宁省	0.35
青海省	0.53
山东省	0.30
山西省	0.42
陕西省	0.35
四川省	0.37
云南省	0.46
浙江省	0.23
上海市	0.33
北京市	0.44
深圳市	0.38
重庆市	0.45
天津市	0.35
广西壮族自治区	0.36
内蒙古自治区	0.35
宁夏回族自治区	0.33
西藏自治区	0.29
新疆维吾尔自治区	0.43

附表 E.14 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	快速移动，源于抽水站的少量 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	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

附表 E.15 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	0.3	0.2-0.4
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		

行业	MCF 推荐值	MCF 范围
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）		

附表 E.16 废水处理 N_2O 排放的活动水平数据

活动水平	简写	单位	推荐值	范围
各省区市人口数	P	人	统计数据	± 10 %
每人年均蛋白质的消费量	Pr	千克/人/年	统计数据	± 10 %
蛋白质中的氮含量	F_{NPR}	千克氮/千克蛋白质	0.16	0.15-0.17
废水中非消费性蛋白质的排放因子	$F_{NON-CON}$	%	1.5	1.0-1.5
工业和商业的蛋白质排放因子	$F_{IND-COM}$	%	1.25	1.0-1.5

附录 F　参考法

参考法是一种自上而下的方法，用于检验省级部门法化石燃料燃烧 CO_2 排放结果。参考法是基于各种化石燃料的表观消费量，与各种燃料品种的低位发热量、单位热值含碳量，以及各种燃料的碳氧化率，并扣除用于原料、还原剂或非能源产品的碳量综合计算得到的。

一、计算方法

计算公式如下：

$$E_{CO_2}=\sum_i\left(AC_i\times NCV_i\times CC_i\times 10^{-3}-EC_i\right)\times COF_i\times\frac{44}{12} \qquad (F.1)$$

式中，E_{CO_2}：CO_2 排放量，10^4t；

AC_i：分燃料品种 i 的表观消费量，10^4t 或 10^4Nm^3；各能源类型的表观消费量通过生产量、进口量、出口量、国际航线的机/船在中国口岸加油以及库存变化进行计算得到。

一次能源的表观消费量=生产量+进口量 - 出口量 - 国际航线的机/船在中国口岸加油-库存变化

二次能源的表观消费量=进口量 - 出口量 - 国际航线的机/船在中国口岸加油-库存变化

NCV_i：分燃料品种 i 的低位发热量，TJ/10^4t 或 TJ/10^4Nm^3；

CC_i：分燃料品种 i 的单位热值含碳量，tC/TJ；

EC_i：分燃料品种 i 的用于原料、还原剂或非能源产品的碳量，tC，通过用于原料、还原剂或非能源产品的消耗量和对应的单位热值含碳量计算得到。

COF_i：分燃料品种 i 的碳氧化率，%；

$\frac{44}{12}$：C 到 CO_2 的换算系数。

二、活动水平数据及其来源

应用参考法核算化石燃料燃烧的 CO_2 排放量时，需要收集分燃料品种的活动水平数据，以及各种用于原料、还原剂或非能源产品的活动水平数据。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》等统计资料，以及省/市统计年鉴及相关统计资料。其中用于原料、还原剂或非能源产品的活动水平主要为

石脑油、石蜡等用于溶剂消耗量，有色金属行业的焦炭等还原剂供量等。

三、排放因子数据及其来源

在采用参考法核算化石燃料燃烧的 CO_2 排放量时，建议根据部门法的活动水平数据和排放因子，采用加权平均的方法获取参考法核算化石燃料 CO_2 排放量所需的低位发热量、单位热值含碳量和碳氧化率数据。

四、与部门方法的对比

从理论上讲，参考法的估算结果代表了部门方法“燃料燃烧”的上限，因为在生产/转化阶段，燃料存在泄漏和蒸发等损失，在终端消费阶段，还存在库存变化。一些地区采用部门法和参考法计算 CO_2 排放会导致不同的结果。通常这两种方法之间的差额相对较小，一般应不超过 5%。

附录 G　关键类别分析方法

关键类别的水平评估适用于仅可获得一年清单的情况。关键类别确定方法为首先计算出各个源或汇类别的水平评估，然后将结果按降序排列，关键类别是按降序排列后对水平评估累计贡献达到 95%的类别。计算公式如下：

$$L_{x,t}=\frac{\left|E_{x,t}\right|}{\sum_x\left|E_{x,t}\right|} \tag{G.1}$$

式中，$L_{x,t}$ 是 t 年温室气体清单源或汇 x 的水平评估；

$\left|E_{x,t}\right|$ 是 t 年温室气体清单源或汇 x 排放或吸收的绝对值；

$\sum_x\left|E_{x,t}\right|$ 是 t 年温室气体清单源和汇类别排放和吸收的绝对值总和。

与关键类别的水平评估类似，计算出源或汇类别的趋势评估后，将趋势评估结果按降序排列，关键类别是对趋势评估的累计贡献达到 95%的类别。趋势评估的计算公式如下：

$$T_{x,t}=\frac{\left|E_{x,0}\right|}{\sum_x\left|E_{x,0}\right|}\times\left|\frac{\left(E_{x,t}-E_{x,0}\right)}{\left|E_{x,0}\right|}-\frac{\left(\sum_x E_{x,t}-\sum_x E_{x,0}\right)}{\left|\sum_x E_{x,0}\right|}\right| \tag{G.2}$$

式中，$T_{x,t}$ 是 t 年温室气体清单源或汇 x 的趋势评估；

$E_{x,t}$ 和 $E_{x,0}$ 分别是 t 年和基年温室气体清单源或汇 x 排放或吸收的实际值。

如果源或汇 x 在基年排放或吸收（$E_{x,0}$）为 0，关键类别趋势评估计算公式如下：

$$T_{x,t}=\left|\frac{E_{x,t}}{\sum_x\left|E_{x,0}\right|}\right| \tag{G.3}$$

附录 H　省级温室气体清单报告大纲及报表格式

第一节 组织机构安排

内容包括省级温室气体清单编制组织机构安排、清单编制单位及相应职责、质量保证和质量控制机制以及工作周期安排等。

第二节 温室气体清单趋势

内容包括连续时间序列的省级温室气体清单结果的总体及分气体种类和分领域的趋势变化，及关键类别分析、不确定度评估、完整性评估、质量保证/质量控制计划等。

第三节 能源活动

（至少细化至能源工业、制造业和建筑业、其他部门、其他煤炭开采和矿后活动以及油气系统等类别描述以下信息）

一、领域概述和背景信息

具体包括排放源信息，包括覆盖的排放源类别、温室气体种类等。

二、类别

1. 分子领域排放源或吸收汇描述

2. 方法学（方法学的选定，采用的活动水平和排放因子及数据来源，相关假设，参数的选定等）

3. 不确定度评估和时间一致性分析

4. 特定类别源汇的重算（解释性信息，重算说明等）

5. 其他需要说明的情况（如未计算指南中覆盖的温室气体排放源/吸收汇的原因）

三、能源活动温室气体清单趋势

详细介绍连续年度省级能源活动温室气体清单的分气体种类和分子领域的趋势变化及原因分析。

第四节 工业生产过程和产品使用

（至少细化至非金属矿物制品生产、化学工业生产、金属制品生产、非能源产品使用、卤烃和 SF_6 消费等类别描述以下信息）

一、领域概述和背景信息

具体包括排放源信息，包括覆盖的排放源类别、温室气体种类等。

二、 类别

1. 分子领域排放源或吸收汇描述

2. 方法学（方法学的选定，采用的活动水平和排放因子及数据来源，相关假设，参数的选定等）

3. 不确定度评估和时间一致性分析

4. 特定类别源汇的重算（解释性信息，重算说明等）

5. 其他需要说明的情况（如未计算指南中覆盖的温室气体排放源/吸收汇的原因）

三、工业生产过程和产品使用温室气体清单趋势

详细介绍连续年度省级工业生产过程和产品使用温室气体清单的分气体种类和分子领域的趋势变化及原因分析。

第五节 农业活动

（至少细化至动物肠道发酵、动物粪便管理、水稻种植、农用地以及秸秆田间焚烧等类别描述以下信息）

一、领域概述和背景信息

具体包括排放源信息，包括覆盖的排放源类别、温室气体种类等。

二、类别

1. 分子领域排放源或吸收汇描述

2. 方法学（方法学的选定，采用的活动水平和排放因子及数据来源，相关假设，参数的选定等）

3. 不确定度评估和时间一致性分析

4. 特定类别源汇的重算（解释性信息，重算说明等）

5. 其他需要说明的情况（如未计算指南中覆盖的温室气体排放源/吸收汇的原因）

三、农业活动温室气体清单趋势

详细介绍连续年度省级农业活动温室气体清单的分气体种类和分子领域的趋势变化及原因分析。

第六节 土地利用、土地利用变化和林业

（至少细化至林地、农地、草地、湿地、建设用地及其他用地等类别描述以下信息）

一、领域概述和背景信息

具体包括排放源信息，包括覆盖的排放源类别、温室气体种类等。

二、类别

1. 分子领域排放源或吸收汇描述

2. 方法学（方法学的选定，采用的活动水平和排放因子及数据来源，相关假设，参数的选定等）

3. 不确定度评估和时间一致性分析

4. 特定类别源汇的重算（解释性信息，重算说明等）

5. 其他需要说明的情况（如未计算指南中覆盖的温室气体排放源/吸收汇的原因）

三、土地利用、土地利用变化和林业温室气体清单趋势

详细介绍连续年度省级土地利用、土地利用变化和林业温室气体清单的分气体种类和分子领域的趋势变化及原因分析。

第七节 废弃物处理

（至少细化至填埋处理、生物处理、废水处理以及焚烧处理等类别描述以下信息）

一、领域概述和背景信息

具体包括排放源信息，包括覆盖的排放源类别、温室气体种类等。

二、类别

1. 分子领域排放源或吸收汇描述

2. 方法学（方法学的选定，采用的活动水平和排放因子及数据来源，相关假设，参数的选定等）

3. 不确定度评估和时间一致性分析

4. 特定类别源汇的重算（解释性信息，重算说明等）

5. 其他需要说明的情况（如未计算指南中覆盖的温室气体排放源/吸收汇的原因）

三、废弃物处理温室气体清单趋势

详细介绍连续年度省级废弃物处理温室气体清单的分气体种类和分子领域的趋势变化及原因分析。

第八节 交叉领域问题处理

能源活动，工业生产过程和产品使用，农业活动，土地利用、土地利用变化和林业，废弃物处理等五个领域交叉问题的处理。

第九节 清单改进计划

为进一步提高未来清单编制质量，降低不确定度而提出的清单改进计划，根据改进的完成时间，可进一步分为中短期和长期。