

Initiative for Climate Action Transparency - ICAT -

A Comparison of the 1996 and 2006 *IPCC Guidelines* and China's Gaps in Fully Applying the 2006 *IPCC Guidelines* 《1996年 IPCC 清单指南》和《2006年 IPCC 清单指南》 比较及差距分析

Initiative for Climate Action Transparency - ICAT -

Comparison and Gap Analysis Report of the 1996 and 2006 IPCC Guidelines

Deliverable #5

AUTHORS

WANG Tian

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

MA Cuimei

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

TONG Qing

Tsinghua University

DONG Hongmin

Chinese Academy of Agriculture Sciences

ZHU Jianhua

Chinese Academy of Forestry

GAO Qingxian

Chinese Research Academy of Environmental Sciences

SHOU Huantao

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

Date of the deliverable (September 2020)

DISCLAIMER

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, for commercial purposes without prior permission of UNOPS. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/ or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of UNOPS as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of UNOPS.

This publication has been produced as part of a component of the Initiative for Climate Action Transparency project (ICAT) implemented by UNEP DTU Partnership (UDP). The views expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily reflect the views of UDP.

PUBLISHED BY

National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (NCSC)

PREPARED UNDER

Initiative for Climate Action Transparency (ICAT) project supported by the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, the Children's Investment Fund Foundation (CIFF), the Italian Ministry of Ecological Transition (IMET) and ClimateWorks.



The ICAT project is managed by the United Nations Office for Project Services (UNOPS)



ACKNOWLEDGEMENT

We would like to acknowledge and express gratitude to Dr. ZHU Xianli for insightful discussions and their continued support of this report.

Executive Summary

This report briefly compares the *1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (hereunder referred to as "*1996 IPCC Guidelines*") and *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (hereunder referred to as "*2006 IPCC Guidelines*") and assesses China's gaps in fully applying the 2006 IPCC Guidelines. Following the *1996 IPCC Guidelines* structure, namely Energy, Industrial Processes and Product Use (hereunder referred to as "IPPU"), Agriculture, Land Use and Change and Forestry (hereunder referred to as "LUCF"), Waste, this report describes the difference between the two guidelines in scoping, calculating and reporting the GHG emissions from different sectors of economy. Before identifying the obstacles of the IPCC Guideline transition for China's GHG inventory work, this report also identifies the potential data resources and new on-site investigating activities when adopting the *2006 IPCC Guidelines*.

Any international agreement to limit climate change must set emission limits/targets/goals and monitor the progress in an open and transparent way. To do this we need reliable, widely accepted methods and guidelines to calculate the GHG emissions. With the improvement of technological process, the IPCC guidelines have evolved from 1996 to 2006. The *2006 IPCC Guidelines* is the best globally applicable methods of GHG estimation so far, which covering more greenhouse gases and have improved methods and default data. The Katowice Climate Package, which was adopted by the UNFCCC COP24/CMA1 in December 2018 to operationalise the Paris Agreement, requires that "each party shall use the *2006 IPCC Guidelines*, and shall use any subsequent version or refinement of the IPCC guidelines agreed upon by the COP to the Paris Agreement" no later than 2024.

However, the world's largest emitter, China is still adopting the *1996 IPCC Guidelines* when compiling its GHG inventories. To meet the requirement of Katowice Climate Package, it is essential for China to consider how to completely transit from 1996 Guidelines to 2006 Guidelines and how to improve its domestic capacity in using the *2006 IPCC Guidelines*.

Although the number of sectors in the *2006 IPCC Guidelines* has reduced from five to four, this is not accompanied by any great changes in methodological approaches at the individual category level except for land categories in Agriculture, Forestry and Other Land Use (hereunder referred to as "AFOLU").

For the Energy sector, the changes from the *1996 IPCC Guidelines* are marginal. More details have been provided in the *2006 IPCC Guidelines*, particularly for "Fuel Combustion Activities – Manufacturing Industries and Construction" and "Fugitive Emissions from Fuels – Oil and Natural Gas". Methane from abandoned coal mines is included in the *2006 IPCC Guidelines* for the first time. Only two new sources have been added, namely urea-based catalysts and carbon dioxide transport and storage.

The IPPU (Industrial Processes and Product Use) sector has been restructured. There are various categories that were not present in the *IPPU section of the 1996 IPCC Guidelines* are now included in the *IPPU section of the 2006 IPCC Guidelines*. For example, the emissions from the non-energy use of fuels are included in this sector, instead of in the Energy Sector. The *2006 IPCC Guidelines* include more manufacturing sectors and product uses identified as sources of greenhouse gas emissions, such as the production of zinc, lead, titanium dioxide, and petrochemicals, and liquid crystal display (LCD) manufacturing. In addition, nitrogen

trifluoride (NF₃), trifluoromethyl sulphur pentafluoride (SF₅CF₃), and halogenated ethers are added in the new guidelines.

For the AFOLU sector, “Agriculture” and “(Land Use,) Land-Use Change and Forestry” Sectors in the *2006 IPCC Guidelines* are combined into “AFOLU”. Guidance that is more detailed is available for various categories, including livestock categories, harvested wood products, etc. In the *1996 IPCC Guidelines*, "Agriculture" and "LUCF" are two separate sectors, only the most important activities resulting in GHG emissions/removals, as well as above-ground biomass and soil C pools need to be included in the inventory. In 2003, the *GPG-LULUCF* introduced a new approach for the “Land Use, Land-Use Change and Forestry” (hereunder referred to as "LULUCF") sector with a new classification of these categories. It is based on land use types rather than activities. "Agriculture" and "LULUCF" are two separate sectors. It has included all land use emissions/ removals split into six land-use categories from all pools. In the *2006 IPCC Guidelines*, "Agriculture" and "LUCF" are combined into a single sector--AFOLU. It maintains the same structure as the *GPG-LULUCF* for land categories. Since China's inventory compilers are already using the GPG-LULUCF, the adjustments would not be huge challenges.

For the Waste sector, the scope of both guidelines is similar. Sources that were not explicitly included in the *1996 IPCC Guidelines* have been added to complement the guidance to cover all major waste management practices: **Biological treatment of solid waste, Open burning of waste and Septic tanks and latrines.**

Overall, China faces many challenges in adopting the new guidelines. For the above-mentioned categories that were present in the *1996 IPCC Guidelines*, even though it can continue use the current data sources in many cases, some key categories may need to use higher Tier methods. If a Tier 1 method has been modified, the activity data and other data will need to be changed. If the estimation has adopted default emission factors, they should be replaced with the updated ones in the *2006 IPCC Guidelines*. For the categories that were not present in the *1996 IPCC Guidelines*, inventory compilers first need to investigate whether the GHG sources relevant to those categories exist in the country. If they exist, sources of activity data and other data need to be identified. Default emission factors in the *2006 IPCC Guidelines* can be used for the first estimates. They should be changed if those categories are identified as “key categories” later.

目录

Executive Summary	iii
1. Energy	- 2 -
1.1 Comparison of the 1996 and 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 2 -
1.2 Source categories to be added/changed by adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 10 -
1.3 Newly added data and possible sources for collection.....	- 15 -
1.4 Difficulties and Challenges in adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 16 -
2. Industrial Processes and Product Use	- 17 -
2.1. Comparison of the 1996 and 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 17 -
2.2 Source categories to be added/changed by adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 29 -
2.3 Newly added data and possible sources for collection.....	- 70 -
2.4 Difficulties and Challenges in adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 76 -
3. Agriculture	- 77 -
3.1 Comparison of the 1996 and 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 77 -
3.2 Source categories to be added/changed by adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 79 -
3.3 Newly added data and possible sources for collection.....	- 85 -
3.4 Difficulties and Challenges in adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 86 -
4. Land Use, Land Use Change and Forestry	- 87 -
4.1 Comparison of the 1996 and 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 87 -
4.2 Source categories to be added/changed by adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 98 -
4.3 Newly added data and possible sources for collection.....	- 102 -
4.4 Difficulties and Challenges in adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 104 -
5. Waste	- 105 -
5.1 Comparison of the 1996 and 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 105 -
5.2 Source categories to be added/changed by adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 112 -
5.3 Newly added data and possible sources for collection.....	- 112 -
5.4 Difficulties and Challenges in adopting the 2006 <i>IPCC Guidelines</i>	- 114 -

根据《联合国气候变化框架公约》（以下简称《公约》）第四条第 1 款和第十二条的要求，所有缔约方都要报告其履行《公约》活动的情况和定期编写和提交国家清单报告。2018 年 12 月，联合国卡托维兹气候大会达成《巴黎协定》实施细则，对发展中国家温室气体清单的报告要求显著提高，提出了更加严格的履约要求，各缔约方提交的年度国家温室气体清单应全面遵循政府间气候变化专门委员会（IPCC）2006 年确立的方法学，以确保各缔约方应对气候变化政策行动与效果更加可比和透明。目前我国采用的方法学以《IPCC 国家温室气体清单编制指南（1996 年修订版）》（以下简称《1996 年 IPCC 清单指南》）为主，部分排放源采用了《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》（以下简称《2006 年 IPCC 清单指南》）及缺省值。同时，由于发达国家在使用过程中发现《2006 年 IPCC 清单指南》存在一些问题，IPCC 在 2019 年还新增了对于《2006 年 IPCC 清单指南》的补充文件，即《2019 增补件》。因此，开展《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》比较及差距分析，梳理指南中新增的排放类别以及算法，总结需要收集的新数据和可能的数据来源，对于我国温室气体清单编制方法学由《1996 年 IPCC 清单指南》过渡至《2006 年 IPCC 清单指南》，提高我国排放量计算的准确性，提高数据的透明度，高质量完成国际履约报告，显得十分重要。

1. 能源活动

1.1 《1996 年 IPCC 清单指南》和 IPCC 2006 指南的比较

1.1.1 指南框架的变化

能源是经济社会发展的基础产业，在能源勘探、开采、储运和分配过程中会产生 CO₂、CH₄ 和 N₂O 等温室气体。在全球温室排放中，能源活动一直是第一大排放领域。为估算能源活动领域产生的温室气体排放，《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》均界定了能源领域的估算范围，给出了能源领域各排放源的估算方法，形成了可广泛使用的能源部门温室气体清单编制指南。

1.1.1.1 《1996 年 IPCC 清单指南》的主要框架

《1996 年 IPCC 清单指南》中，能源活动领域主要考虑来自于燃料燃烧（1A）和逃逸排放（1B）两个大类：

燃料燃烧（1A）：考虑燃料燃烧活动产生的所有温室气体排放，但不包括生物质能燃烧产生的 CO₂ 排放。燃料燃烧又分为以下 5 个子类别：

能源工业（1A1）：包含由于能源开采、加工转换等过程燃料燃烧产生的温室气体排放。

制造业和建筑业（1A2）：包括水泥、钢铁、有色等工业和建筑燃料燃烧产生的排放，包括为发电和供热而燃烧的燃料。

运输（1A3）：包括所有运输活动的燃料燃烧导致的排放。

其他部门（1A4）：包括商业机构、住宅、农业、林业、牧业、渔业等部门的燃料燃烧产生的排放。

其他（1A5）：其余未包括在以上类别内的燃料燃烧，包括军事活动燃料燃烧产生的排放。

逃逸排放（1B）：考虑能源活动中由于有意或无意的人类活动而导致的温室气体排放。逃逸排放可能在能源生产、加工、运输、储藏和使用过程中产生。《1996 年 IPCC 清单指南》中的逸散排放包含以下两个子类别：

固体燃料（1B1）：煤炭开采和矿后活动释放的甲烷总量，不包括回收利用的煤炭甲烷燃烧产生的排放。

石油和天然气（1B2）：石油天然气活动中产生的全部逸散排放。

除此之外，《1996 年 IPCC 清单指南》能源活动章节由 4 个部分组成。第一部分讨论了燃料燃烧的简单估算方法，即第一层级方法，第二部分则提供了燃料燃烧部门的详细估算方法，即第二层级和第三层级方法。第三、四部分讨论了逸散排放于煤炭和油气类别下的估算方法。

《1996 年 IPCC 清单指南》能源活动章节存在一定的局限，例如，虽然提供了参考方法和部门方法在不同能源类别下的计算方法，但并未对两者作用进行明确区分；

存在许多交叉性问题，可能导致重复计算。随着能源及环保技术的发展，新的排放类型产生，因此也需要指南提供相应的估算方法。为了提供更加规范、详细的信息以解决上述问题，《1996年IPCC清单指南》需要在原有基础上进行进一步的补充和调整，这奠定了《2006年IPCC清单指南》的编制出台基础。

1.1.1.2 《2006年IPCC清单指南》框架的变化

就能源活动部分而言，相较于《1996年IPCC清单指南》，《2006年IPCC清单指南》对此前已有的指南进行整合，提升了能源清单指南的系统性和规范性。《2006年IPCC清单指南》框架的变化包括：

1. 新增加一个排放源类型并提供排放估算方法。《2006年IPCC清单指南》在原有的两大排放来源“1A 燃料燃烧”、“1B 逃逸排放”的基础上，新增增加了一个排放来源“1C 二氧化碳运输和储存”，并提供了估算碳捕集和储存（CCS）过程中由于泄露导致的二氧化碳排放的方法。
2. 对能源部门中具体排放源结构的扩充和调整。
3. 明确区分参考方法和部门方法。
4. 明确了燃料非能源利用的处理方式。
5. 补充了已关闭或废弃矿井甲烷排放的估算方法。《1996年IPCC清单指南》中未提供已关闭或废弃矿井甲烷排放的估算方法，《2006年IPCC清单指南》对此进行了补充。
6. 提出了煤炭自燃问题。
7. 提供了交通运输部门使用生物质燃料的排放估算方法。
8. 修改了国际燃料舱的定义。
9. 对缺省碳氧化率进行更改。

1.1.2 三级分层的部门方法

不同于《1996年IPCC清单指南》，《2006年IPCC清单指南》中明确估算化石燃料燃烧排放的部门方法共包括三个层级：

第一层级：第一层级的方法基于燃料种类，因为所有燃烧源的排放估算可以根据燃烧的燃料数量（通常来自国家能源统计）以及平均排放因子。

第二层级：在用于能源的第二层级方法中，源自燃烧的排放估算采用与第一层级所使用的类似燃料统计，但是用特定国家排放因子来替代第一层级中的缺省因子。

第三层级：第三层级方一般使用详细排放模式或测量数据，以及单个工厂级数据。在适当地应用中，这些模式和测量能够提供主要对于非 CO₂ 温室气体更好的估算，不过该方法需要更详细信息，也需要做更多的工作。

以上三种层级的温室气体估算方法均为自下而上的方法。具有高质量详细数据的国家可以选择较高层次的方法，从而降低清单结果的不确定性。而对于数据质量不高甚至缺少数据的国家，也可以根据国际上的统计数据甚至估计的活动水平数据，采用指南推荐的缺省排放/清除因子或参数，来编制本国的温室气体清单。

1.1.3 参考方法的区分

《1996 年 IPCC 清单指南》能源活动章节将参考方法列入简单估算方法-第一层级方法-中，虽然讨论了参考方法的使用，但并未对参考方法可能的应用进行说明。

《2006 年 IPCC 清单指南》利用一整个章节讨论了参考方法，并与部门方法进行区分，讨论了参考方法作为质量保证/质量控制的应用方法。

参考方法是一种自上而下的方法，使用国家的能源供应数据计算主要化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量，没有有关各类燃料如何用于各部门的详细信息。参考方法利用易获取的能源供应统计数据就可计算二氧化碳排放量，是一种较为直接有效的方法。

参考方法可用来交叉检验，因此成为了能源部门质量保证/质量控制（QA/QC）的重要组成部分。在《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动章节中，明确提出需要通过额外的努力，增强参考方法与部门方法之间的可比性，从而得到两个独立的二氧化碳排放估算。同时，提出一种优良做法，即：使用部门方法和参考方法分别估算一个国家燃料燃烧产生的二氧化碳，并比较两种不同计算方法的估算结果。如两种计算方法结果出现明显差异可能表明活动水平数据、低位发热值、含碳量、固碳的计算过程存在问题。

由于参考方法不考虑碳捕获，因此其结果应该与减去这部分量之前的部门第二层级方法二氧化碳排放相比较。从理论上讲，参考方法的估算结果代表了部门方法“1A 燃料燃烧”的上限，因为燃料中存在未燃烧的碳，作为逸散排放释放出来（作为在生产/转化阶段的泄漏和蒸发）。如图 1-1 所示，部门方法的“1A 燃料燃烧”排放量估算结果不包含逸散排放，因此部门方法的排放量应不高于参考方法估算结果。

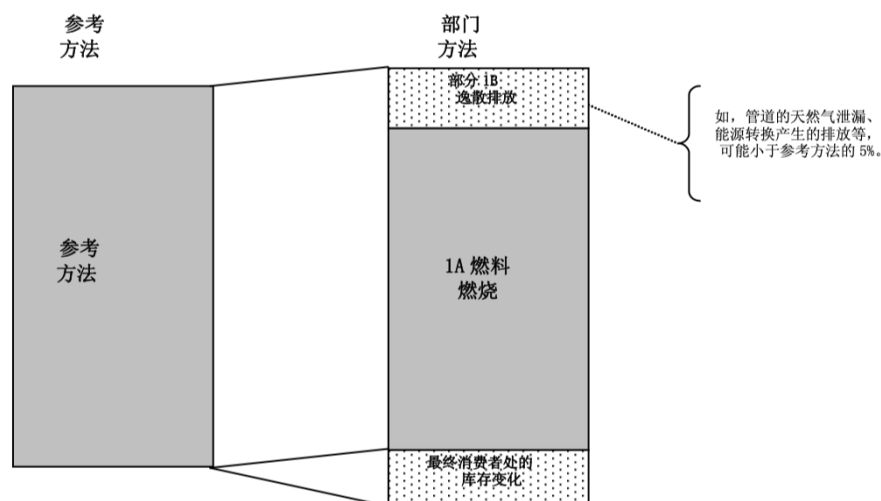


图 1-1 参考方法与部门方法（IPCC，2006）

1.1.4 排放源类别的增加

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动章节在原有的“1A 燃料燃烧”和“1B 逸散排放”两大排放类别的基础上新增加了一个排放源类型：“1C 二氧化碳运输和储存”，并在指南中单独用一章的篇幅对二氧化碳运输和储存系统进行概述，提供了二氧化碳捕获、运输、注入和地下储存的排放估算方法。表 1-1 列出了两份清单的排放源类别。

表 1-1 《1996 年 IPCC 清单指南》与《2006 年 IPCC 清单指南》能源类别结构

《2006 年 IPCC 清单指南》排放源类别	《1996 年 IPCC 清单指南》排放源类别
1A 燃料燃烧	1A 燃料燃烧
1B 逸散排放	1B 逸散排放

1C 二氧化碳运输和储存	无
--------------	---

1.1.4.1 二氧化碳的运输、注入和地质储藏

CCS 可以用来减少继续使用化石燃料产生的温室气体排放。《1996 年 IPCC 清单指南》能源活动部分并没有对于二氧化碳捕获和储存的相关方法学。根据《IPCC 第三次评估报告》，21 世纪需要避免大量二氧化碳排放，以实现大气温室气体浓度稳定。因此当化石燃料持续使用时，CCS 会成为稳定温室气体浓度的政策组合之一。

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分利用一个单独的章节为 CCS 系统中 CO₂ 运输、注入和储存提供了指南和估算方法，但并未纳入 CO₂ 捕获和压缩的指南。同时还提出一种优良做法，鼓励清单编制者在能源部门以完整且一致的方式对 CCS 系统进行处理。

由于《2006 年 IPCC 清单指南》在编写时，监测的储存场地数量很少，缺乏经验证明来制定排放因子，地址储存库的泄露无法计算。因此并未纳入 CO₂ 地质储存过程的第一层级和第二层级的估算方法。但在过去几十年中，石油和天然气、地下水和环境监测产业中已经开发完善了监测技术，可以利用第三层级方法来估算 CO₂ 排放。

《2006 年 IPCC 清单指南》中针对估算 CO₂ 存储产地产生排放的第三层级方法程序进行了讨论。

1.1.4.2 尿素的催化转化器

由于在《1996 年 IPCC 清单指南》中，没有针对道路运输及非道路运输车辆采用尿素催化转化器产生排放的指南。《2006 年 IPCC 清单指南》对此作了补充，增加了排放源：尿素催化剂（1A3bvi）并将其列为道路运输（1A3b）的子类别中。在提出了一种单独的方法用以计算采用尿素催化转化器产生的 CO₂ 排放同时，在非道路运输类别中（1A3eii），指南也针对尿素催化转化器提供了单独的估算方法。

1.1.4.3 煤炭非受控燃烧

《1996 年 IPCC 清单指南》在煤矿逃逸排放部分简略地提及了煤炭自燃问题。在《2006 年 IPCC 清单指南》中将煤炭“自燃”代替为“非受控燃烧”，并指出仅考虑由于人

类开采煤炭引起的非受控燃烧，不考虑自然界的煤炭非受控燃烧并在 1B1 固体燃料类别中添加新排放源子类别：1B1b 自燃和燃烧煤堆。

煤炭的非受控燃烧在地下煤矿和露天煤矿中均有发生。地下煤矿中主要考虑废弃地下煤矿，露天煤矿则考虑废料堆的非受控燃烧。然而，目前没有估算废弃地下煤矿非受控燃烧产生的潜在排放，露天采矿中的非受控燃烧测量方法也仍处于编制中，因此《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分并未对煤炭的非控制燃烧排放估算方法进行论述。

1.1.4.4 已关闭或废弃矿井甲烷排放

煤矿关闭或退役后的一段时间里，关闭或者废弃的煤矿可能还会继续排放甲烷。《1996 年 IPCC 清单指南》和《IPCC-GPG-2000》涵盖了运营煤矿的甲烷排放估算方法，但是没有提供已经关闭或废弃的矿井甲烷排放的估算方法。《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分对已关闭或废弃的地下矿井进行了补充并提出了一套方法学。但目前没有可用估算废弃或退役的露天煤矿甲烷排放的方法学，《2006 年 IPCC 清单指南》中也未予以论述。

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分首次提及了废弃煤矿，因此对第一层级和第二层级的方法进行了详细的描述。第一层级和第二层级方法是基于美国环保署制定的方法，经过调整后适应于全球化应用。第三层级方法则是基于煤矿实测数据的估算方法，提供了很高的灵活性。

1.1.5 燃料的非能源利用处理

能源活动和工业生产过程部门之间化石燃料使用产生排放的分配较为复杂，在工业生产过程中用作原料和还原剂的能源常常会产生可燃烧、可作为能源使用的气体，部分原料也能够直接燃烧供热。这类交叉性问题可能会导致报告出现不确定性和模糊性

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分制定了一项规则，将燃料燃烧释放的二氧化碳排放重新分配，一部分作为燃料的能源利用，归入到能源类别中的子类燃料燃烧；另一部分作为燃料的非能源利用，归类到工业过程源类别。该规则的内容为：

直接或间接从工业生产过程的原料中获得燃料的燃烧排放，通常分配到相应地 IPPU 过程的源类别，这些源类别通常是“2B 化学工业”和“2C 金属工业”。但是，如果得出的燃料转换到另一个源类别中燃烧，则排放应在能源部门源类别的合适部分中报告（通常是“1A1 能源工业”或“1A2 制造业和建筑业”）。

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分将燃料的非能源利用归类于工业生产部门，因此能源部门无需报告燃料非能源利用排放。相应地，《2006 年 IPCC 清单指南》中所述的参考方法也界定在“1A 燃料燃烧”范围内。为提供对类别“1A 燃料燃烧”排放的估算，在参考方法的估算过程中需要将非燃料燃烧排放的碳从总碳量中减去。这部分从燃料燃烧中扣除的碳或储藏在固碳产品中，或在清单中的其他部门排放（如工业过程排放等）。关于对使用燃料作为原料、还原剂或其他非能源用途的排放估算，在《2006 年 IPCC 清单指南》第 3 卷第 5 章中有详细的自下而上方法，在本处不做赘述。

1.1.6 生物质燃料在交通运输中的应用

《2006 年 IPCC 清单指南》注意到了液体和气态生物质燃料在交通运输部门的使用，并提出当有关生物质燃料使用的活动水平数据可获得时，要采用特定生物燃料的排放因子。对于 CO₂ 的排放估算，指南中提出区分道路运输部门使用燃料中碳的来源，燃料的生物炭燃烧产生的 CO₂ 排放归类于 AFOLU 部门处理，化石燃料碳对应的排放归类于能源部门处理。虽然生物炭的 CO₂ 排放不包括在国家总量中，但移动源中的生物燃料燃烧生成的 CH₄ 和 N₂O 应计算和报告在排放估算中。《2006 年 IPCC 清单指南》提供了卡车和轿车使用乙醇作为燃料时的 CH₄ 和 N₂O 排放因子。

1.1.7 国际燃料舱

《1996 年 IPCC 清单指南》中建议由各国按照国际航班或国际轮船在本国领土内的加油量来估算本国国际燃料舱的排放量，此方法存在不易区分的问题。因此，《2006 年 IPCC 清单指南》分别对国际空运排放和国际水运排放做出了更明确的定义。

国际航空：从一国起飞在另一国降落的飞行产生的排放。包括这些飞行阶段的起飞和着陆。若使用了相同的定义区分，并且数据可用来支持该定义，那么国际军事航空产生的排放可纳入一个国际航空的单独亚类。

国际水运：所有参与国际水运的船只的燃料燃烧排放。国际水运可能发生在海上、内陆湖、水道和沿海水域。国际水运排放包括从一国启航在另一国抵达的航程产生的排放，但不包括渔船的排放。如果国际军事水运能够提供相同的定义区分，并且有能够支持定义的数据，国际军事水运产生的排放可作为国际水运的单独一个亚类进行估算和报告。

1.2 采用《2006年 IPCC 清单指南》需新增/更改的排放部门

《2006年 IPCC 清单指南》能源活动部分新增了排放源，同时将《1996年 IPCC 清单指南》框架中的部分子类别重新分类。因此，《2006年 IPCC 清单指南》中能源部门的活动和源结构有了一定的调整。

1.2.1 制造业和建筑业

在《1996年 IPCC 清单指南》中，“1A2 制造业和建筑业”部门下有 5 个子类别。《2006年 IPCC 清单指南》中将《1996年 IPCC 清单指南》中的“1A2f 其他”进行了进一步细分，新增了 1A2f 至 1A2m 共计 8 种新的排放源类别，但本质上报告的内容没有改变，只是将每一种排放都进行分类。表 1-2 列出了《1996年 IPCC 清单指南》及《2006年 IPCC 清单指南》中制造业和建筑业部门的排放源分类。

表 1-2 《1996年 IPCC 清单指南》及《2006年 IPCC 清单指南》制造业和建筑业部门的排放源子类别

	《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
1A2 制造业和建筑业	1A2a 钢铁工业及铁合金铸造	1A2a 钢铁工业及铁合金铸造
	1A2b 有色金属	1A2b 有色金属
	1A2c 化学工业	1A2c 化学工业
	1A2d 纸浆、造纸和印刷	1A2d 纸浆、造纸和印刷
	1A2e 食品、饮料和烟草制品	1A2e 食品、饮料和烟草制品
	1A2f 其他	1A2f 非金属矿物

		1A2g 运输设备 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 纺织品和皮革 1A2m 其他工业
两份指南均包含的内容 《2006年 IPCC 清单指南》新增的内容		

1.2.2 道路运输

《2006年 IPCC 清单指南》在道路运输部分的排放源更改主要源于尿素催化转化器在车辆中的使用。《2006年 IPCC 清单指南》中 1A3b 道路运输部分新增了一个排放源：1A3bvi 尿素催化剂，表 1-3 列出了两份指南中道路运输部分结构的改变。

表 1-3 《1996年 IPCC 清单指南》及《2006年 IPCC 清单指南》道路运输排放源类别

	《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
1A3b 道路运输	1A3bi 轿车 1A3bii 轻型卡车 1A3biii 重型卡车和公共汽车 1A3biv 摩托车 1A3bv 车辆的蒸发排放	1A3bi 轿车 1A3bii 轻型卡车 1A3biii 重型卡车和公共汽车 1A3biv 摩托车 1A3bv 车辆的蒸发排放 1A3bvi 尿素催化剂
两份指南均包含的内容 《2006年 IPCC 清单指南》新增的内容		

1.2.3 固体燃料逃逸

《1996 年 IPCC 清单指南》在煤矿逃逸排放部分简略地提及了煤炭自燃问题，但并未对煤炭自燃归入到源类别结构中。《2006 年 IPCC 清单指南》在 1B1 固体燃料类别中添加新排放源子类别：非控制燃烧和煤堆场燃烧。

除此之外，《1996 年 IPCC 清单指南》讨论了正在运营煤矿的甲烷排放估算方法，但是没有提供已经关闭或废弃的矿井甲烷排放的估算方法。《2006 年 IPCC 清单指南》在此基础上进行了更新，在 1B1ai 井工煤矿类别中将废弃的井工矿井加入到子类别中。表 1-4 详细列出了《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》中固体燃料类别下的排放源结构。

表 1-4 《1996 年 IPCC 清单指南》及《2006 年 IPCC 清单指南》固体燃料逃逸排放源类别

	《1996 年 IPCC 清单指南》	《2006 年 IPCC 清单指南》
1B1 固体燃料	1B1a 煤炭开采和矿后活动 1B1ai 井工煤矿 1B1ai1 开采 1B1ai2 矿后活动 1B1aii 露天煤矿 1B1aii1 开采 1B1aii2 矿后活动	1B1a 煤炭开采和矿后活动 1B1ai 井工煤矿 1B1ai1 开采 1B1ai2 矿后活动 1B1ai3 废弃井工煤矿 1B1ai4 抽放甲烷的火炬燃烧或由甲烷转换成 CO ₂ 1B1aii 露天煤矿 1B1aii1 开采 1B1aii2 矿后活动 1B1b 非控制燃烧和堆煤燃烧
两份指南均包含的内容		
《2006 年 IPCC 清单指南》新增的内容		

1.2.4 油气系统逃逸

在石油和天然气系统逃逸部分，《1996年 IPCC 清单指南》和《2006年 IPCC 清单指南》采用了两种不同的排放源分类方法。《1996年 IPCC 清单指南》将油气系统逃逸分为石油、天然气生产，原油输送及炼制，天然气处理、输送和分销三个类别，石油、天然气生产包括将天然原油和气体从油气藏地质储层中通过井孔采收，并通过场站集气、集油管线集中并进行商品化处理等子活动；原油输送及炼制过程中由于原油中溶有甲烷，会通过输油管线、油罐、炼油设备等产生甲烷逃逸排放；天然气加工、输送及分销各个子活动环节由于放空、设备泄漏等原因也会产生明显的甲烷逃逸排放。

《2006年 IPCC 清单指南》则将将油气系统甲烷逃逸排放源分为三种：1)正常生产运营过程中的放空和火炬燃烧甲烷排放、工艺过程冷放空及设备泄漏；2)设备定期或不定期的维护检修时的气体泄放；3)系统干扰或突发事故进行压力释放等原因导致的排放。油气生产活动产生甲烷逃逸排放的主要排放源为开采冷放空、设备泄漏等；原油输送和炼制活动的主要排放源来自于原油炼制过程中进行的有意放空，原油储罐装卸油时原油中溶解甲烷气的释放等；天然气加工、输送及分销活动产生甲烷逃逸排放的主要排放源则为气动装置或工艺过程冷放空等；上述三个子部门除主要甲烷逃逸排放源外还有可能由于火炬燃烧、设备维护或检修过程气体泄放、系统干扰或突发事故产生甲烷逃逸排放。表 1-5 列出了两版清单指南的不同分类结构。

表 1-5 《1996年 IPCC 清单指南》及《2006年 IPCC 清单指南》石油和天然气排放源结构

	《1996年 IPCC 清单指南》		《2006年 IPCC 清单指南》	
1B2 石油和天然气	1B2a	1B2a i 探矿 1B2a ii 生产 1B2ai ii 运输 1B2a iv 提纯/储存 1B2a v 石油产品的分销 1B2a vi 其他	1B2a	1B2a i 泄放 1B2a ii 喷焰燃烧 1B2a iii 所有其他 1B2aiii 1 勘探 1B2aiii 2 生产和浓缩 1B2aiii 3 运输 1B2aiii 4 精炼 1B2aiii 5 石油产品的分配 1B2aiii 6 其他

	1B2b 天 然 气	1B2b i 生产/加工 1B2b ii 运输/分配 1B2b iii 其他泄露	1B2b 天 然 气	1B2b i 泄放 1B2b ii 喷焰燃烧 1B2b iii 所有其他 1B2biii 1 勘探 1B2biii 2 生产 1B2biii 3 加工 1B2biii 4 传输和存储 1B2biii 5 分配 1B2biii 6 其他
	1B2c 泄 放 与 喷 焰 燃 烧	1B2c i 石油 1B2c ii 天然气 1B2c iii 石油与天然气混合 (无法分离的情况)	NA	NA

1.2.5 二氧化碳的运输和储存

二氧化碳的运输和储存是一个全新的能源活动类别,《1996年 IPCC 清单指南》中并未涵盖相关内容,《2006年 IPCC 清单指南》利用一个单独的章节为 CCS 系统中 CO₂ 运输、注入和储存提供了指南和估算方法,但并未纳入 CO₂ 捕获和压缩的指南。表 1-6 列出了二氧化碳运输和储藏的源结构。

表 1-6 《2006年 IPCC 清单指南》二氧化碳运输和储藏的排放源类别

1C 二氧化碳的运输和储存	1C1 CO ₂ 的运输	1C1a 管道
		1C1b 船只
		1C1c 其他 (详细说明)
	1C2a 注入	

	1C2 注入和储存	1C2b 储存
	1C3 其它	

1.3 需要新收集的数据及可能的数据来源

1.3.1 二氧化碳运输、注入和储存

《2006 年 IPCC 清单指南》能源活动部分指出，如果国家存在一个或更多管理二氧化碳捕获和储存的管理机构，那么清单编制者可以从这些机构中获得排放信息。但目前，我国并没有相关管理机构对上述信息进行及时有效的管理及发布。因此，需要使用指南中提供的优良做法。如果采用优良做法，那么可能需要的数据及其来源如下：

CO₂ 运输、注入和再循环设施及其排放：清单指出，碳储存项目经理人或管理机构可能会制定排放估算，因此可以向相关 CCS 机构寻找排放数据。

1.3.2 尿素的催化转化器

针对道路运输利用尿素催化转化器的排放，《2006 年 IPCC 清单指南》提出了一种方法。如果采用这种方法，则需要如下数据及可能的来源如下：

催化转化器使用消耗的尿素添加剂数量：来源暂未查找。

尿素添加剂的纯度：来源暂未查找。

1.3.3 煤炭非受控燃烧

《2006 年 IPCC 清单指南》指出，煤炭的非受控燃烧还没有制定量化排放的综合方法，因此指南中也没有给出具体的估算方法。但若国家有有关煤燃烧数量的数据，可以根据煤的碳含量来估算 CO₂。如果需要用此方法，则可能需要的数据及来源如下：

国家煤炭非受控燃烧的数据：包括煤燃烧的数量、碳含量等。暂无机构统计上述数据，即无数据来源。

1.3.4 废弃井工煤矿逃逸

《2006 年 IPCC 清单指南》针对废弃井工煤矿提供了 3 种部门方法，其中第一层

级的方法利用缺省值，更高层级的方法则需要特定的煤矿信息。如果采用高层级的方法来计算废弃井工煤矿的甲烷排放量，可能需要的数据及来源如下：

煤矿特征：包括煤矿大小及深度、产生的通风排放和废弃煤矿状况。根据不同煤矿的特点，收集相关数据并确定煤矿或特定煤区域的排放下降曲线。国家能源局有废弃矿井数量，但无详细的上述各矿井特征信息。

1.3.5 道路交通生物质燃料

《2006 年 IPCC 清单指南》提供了估算使用生物质燃料车辆排放的方法。三种方法可以用来估算生物质燃料的 CH₄ 和 N₂O 排放。第一层级方法使用燃料的排放因子，如果无法按车辆类型来估算燃料消耗，可以采用计算简便的层级一方法。如果使用层级一方法，那么可能的数据需求和来源为：

生物质燃料消耗量：即各类生物质燃料的消耗量，如果采用国家数据，则数据源为：*暂未查找*。

第二层级方法采用车辆子类别特定排放因子，第三层级方法则需要详细的特定国家数据。如果需要使用高层级的方法来计算生物质燃料的 CH₄ 和 N₂O 排放，除燃料数据外，其他可能需要的数据及其来源为：

车辆信息：包括车辆类型、生物质燃料类型、车辆行驶公里数等数据。*数据来源暂未查找*。

1.4 采用《2006 年 IPCC 清单指南》面临的困难和挑战

1.4.1 新增或更改排放源研究不够深入

《2006 年 IPCC 清单指南》中增加了对于关闭废弃矿井、煤炭非控制燃烧、道路运输及非道路运输车辆采用尿素催化转化器产生排放、交通工具使用生物质燃料产生的排放、以及二氧化碳运输、注入和地质储存等排放源，另外《2006 年 IPCC 清单指南》对一些类别进行了重新划分，如油气系统逃逸排放的排放环节、燃料的非能源利用、国际燃料仓和参考方法的定义，需对上述排放源开展深入研究，以提高上述排放源的排放结果的数据质量。

1.4.2 基础统计数据尚存不足

部分新增排放源以及重新划分之后的排放源如煤炭非控制燃烧、二氧化碳碳化碳运输、注入和地质储存等存在无活动水平统计数据的问题。此外，部分新增排放源，如我国过去几年通过上大压小等政策关闭了大量的井工煤矿，部分新增排放源有可能为我国清单的关键排放因子，因此又面临缺少本地化排放因子的问题。

1.4.3 数据共享缺乏有效机制

能源清单编制过程中所需的基础数据分布在国家统计局、国家能源局、生态环境部、农业农村部、油气企业等部门和企业，目前中国很多调查研究数据，尤其是部门统计数据，如废弃煤矿的统计调查数据，依然处在保密或半保密状态，或有偿使用收费较高，现有的应对气候变化主管部门发函方式难以及时获取和充分利用，需进一步创新数据共享机制，以有效支撑采用《2006年 IPCC 清单指南》编制国家温室气体清单。

2. 工业生产过程

2.1 《1996年 IPCC 清单指南》和 IPCC 2006 指南的比较

2.1.1 概述

《2006年 IPCC 清单指南》工业生产过程部分是在《1996年 IPCC 清单指南》的基础上，结合 2000 年优良做法指南，进行了一些修订。对于有些排放源来说，如果《1996年 IPCC 清单指南》提供的方法已经比较明确和详细，两者的方法是相同的，例如水泥生产过程排放。但是如果从宏观角度看，还是在以下方面产生了较大的变化：

两版指南最主要的区别在于完整性方面，《1996年 IPCC 清单指南》仅考虑工业生产过程（Industrial Process，英文缩写为 IP）的温室气体排放，而《2006年 IPCC 清单指南》则从工业生产过程进一步扩充至其下游的产品使用环节，全程改为工业生产过程及产品使用（Industrial Process and Product Use，英文缩写为 IPPU），因此《2006年 IPCC 清单指南》比《1996年 IPCC 清单指南》增加了 24 项新的排放源类别。不仅是增加了产品使用环节的排放源，在工业生产过程环节，也增加了一些排放源。对于这些

新增排放源，在我国已提交的 2010、2012 和 2014 年工业生产过程温室气体排放清单中，已包括了其中 5 项排放源的计算，在本章第二节具体介绍这 5 项排放源的方法学；在第三至五章，则详细讨论另外 19 项新增排放源的方法学和数据获取问题，此处不再赘述。

在排放源的计算方法方面，《1996 年 IPCC 清单指南》主要采用排放因子法，而《2006 年 IPCC 清单指南》在钢铁生产过程、一些含氟气体的使用等排放源中，进一步增加了质量平衡方法。

在数据汇总方面，《1996 年 IPCC 清单指南》仅需报告单个排放源的排放数据，而后把各排放源排放量直接加总，得到国家工业生产过程清单结果。《2006 年 IPCC 清单指南》增加了一个中间环节，即要求把排放源首先在所属行业类别或产品的使用方向方面进行一个汇总报告，再把这些中类的排放量计算结果加总，才得到国家排放量。

《2006 年 IPCC 清单指南》工业生产过程部分一共划分了 8 个这样的中类，分别为：非金属矿物制品生产、化学工业、金属生产、源自燃料和溶剂使用的非能源产品、电子工业、臭氧层消耗物质（ODS）替代品的使用、其他产品制造和使用、其他。

应用《2006 年 IPCC 清单指南》需要更多的与能源领域清单工作者的对接，因为《1996 年 IPCC 清单指南》对于工业生产过程排放的定义是工业生产中除了能源以外的其他原材料发生化学反应或物理变化而导致的温室气体排放。而《2006 年 IPCC 清单指南》在按 8 个中类这种类似于国民经济统计分类的切分之后，有些原本在能源领域清单中报告的排放源，被要求移至工业生产过程与产品使用领域进行报告，例如合成氨生产、铁合金生产、铅锌冶炼、源自燃料和溶剂使用的非能源产品等。

对于《2006 年 IPCC 清单指南》的方法学相对与《1996 年 IPCC 清单指南》发生了变化的排放源，以及新增排放源，需要按照《2006 年 IPCC 清单指南》所提出的“重新计算”相关方法，进行以往清单编制年份的数据回算。

2.1.2 我国已报告的 5 项新增排放源方法与数据获取

2.1.2.1. 玻璃生产过程（2A3）

1) 排放源界定和报告范围

我国的玻璃行业按照生产方式分类可划分为平板玻璃和其他类型玻璃。平板玻璃主要分为三种：引上法平板玻璃（分有槽/无槽两种）、平拉法平板玻璃和浮法玻璃；浮法玻璃是玻璃制造的主流方式。其他类型玻璃，是为了满足人们生活中的各种需要，经过深加工处理的普通平板玻璃。平板玻璃的主要成分是苏打石灰，由硅土（ SiO_2 ）、氧化钠（ Na_2O ）和氧化钙（ CaO ）组成，具有少量氧化铝（ Al_2O_3 ）和其他碱和碱土金属以及某些微量成分。

在玻璃的熔炼过程中， CO_2 的排放主要来自于石灰石（ CaCO_3 ）、白云石（ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ）和纯碱（ Na_2CO_3 ）等原材料。这些碳酸盐矿物用于玻璃工业时，是 CO_2 的主要产生源，应包括于排放量的估算。

《2006年 IPCC 清单指南》中，将玻璃行业划分为4个种类，分别是容器、平板玻璃、纤维玻璃和专业玻璃。按照我国国民经济行业分类代码表，玻璃制造行业（304）包括平板玻璃制造（3041）和其他玻璃制造（3049）。玻璃制品制造（305）行业包括技术玻璃制品制造（3051）、光学玻璃制造（3052）、玻璃仪器制造（3053）、日用玻璃制品制造（3054）、玻璃包装容器制造（3055）、玻璃保温容器制造（3056）、制镜及类似品加工（3057）、其他玻璃制品制造（3059）。玻璃纤维和玻璃纤维增强塑料制品制造（306）包括玻璃纤维及制品制造（3061）和玻璃纤维增强塑料制品制造（3062）。

考虑到我国采用的国民经济行业分类方式的特点，结合我国玻璃市场的调查结果，并结合统计数据的可得性，玻璃生产过程的排放清单，暂限于平板玻璃生产过程的排放。今后统计数据可得性提高后，再逐步加入其他玻璃生产过程、玻璃制品和玻璃纤维的生产过程的排放清单。

2) 清单编制方法

在《2006年 IPCC 清单指南》中，提供了三种计算玻璃行业温室气体排放量的方法，分别是：

第一层级方法：应用国家级玻璃生产统计资料，并将缺省排放因子和碎玻璃的比率与其结合。在玻璃制造过程中使用碳酸盐的数量无法统计时，应采用第一层级方法。第一层级方法得到的结果有关的不确定性可能大大高于第二层级方法和第三层级方法的不确定性。

第二层级方法：第一层级方法的改进形式，不再收集有关玻璃总产量的国家统计资料，而是根据国家实施的不同玻璃制造过程估算排放。不同玻璃制造过程（例如浮法玻璃、容器玻璃、纤维玻璃等）通常使用不同类型和比例的原材料。第二层级方法将缺省排放因子应用到每种玻璃制造过程。由于部分回收玻璃（碎玻璃）可能返回到玻璃熔炉中，所以必须为此修正排放估算。

第三层级方法：考虑了玻璃熔炉中碳酸盐数量。根据不同种类的碳酸盐的排放因子、碳酸盐的消耗量、碳酸盐煅烧的比例计算得到。

《IPCC 清单指南》提供的三种方法，从公式角度来看，过程并不复杂，不需要某些特定的条件就可以使用；从数据角度来看，三个方法明确给出了需要的数据类型，并且这些数据的来源是可以根据国家自身的情况来确定，没有限定数据的取值。通过这两方面内容的考虑，我们可以知道 IPCC 提供的方法学具有普适性，可以根据国家的需求进行调整，所以适用于中国玻璃行业温室气体排放量的计算。

3) 活动水平数据和来源

第一层级方法涉及到的活动水平数据，需要来自国家级的玻璃总产量的统计数据。由《中国统计年鉴》得到玻璃行业总产量年度数据。

4) 排放因子数据和来源

第一层级方法涉及到的排放因子数据，需要我国的玻璃缺省排放因子和生产过程中使用碎玻璃比率的国家平均值。

2.1.2.2 合成氨生产过程

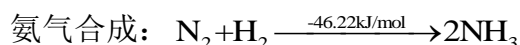
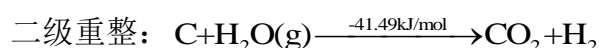
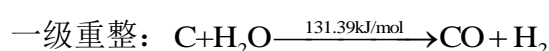
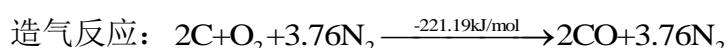
1) 排放源界定和报告范围

《2006 年 IPCC 清单指南》指出，对于合成氨的生产，燃料排放和原料排放是没有区别的，所有排放均计入工业生产过程部门。因此在我国合成氨生产过程二氧化碳排放清单的编制中，排放数据既包括工业生产过程的二氧化碳排放，也包括燃料燃烧过程的二氧化碳排放。

一般合成氨生产包括三个基本过程：（1）原料气的制取与净化，其中以煤、焦炭为原料制备原料气分为三个阶段，第一阶段是生产半水煤气，第二阶段是 CO 的变换，

第三阶段是原料气净化，净化目的是清除变换后产生的 CO₂（约 26-28%）、残余的 CO（2-6%）以及微量的 O₂ 和 H₂S 等，此外还包括一些气体如 CH₄ 和 Ar 等；（2）氨的合成，合成反应是一个放热气体体积缩小的放热反应。（3）氨分离，先用合成气预热原料气而后用冷水冷却，使得大部分氨液化，再在较低温度下用氨冷器进一步冷凝分离，分离氨后的混合气体作为循环气进入合成塔。

整体过程的反应方程式如下：



2) 清单编制方法

《2006 年 IPCC 清单指南》主要提出了 3 类计算方法，分别适用于不同生产情景和不同完整程度的生产数据。第一层级方法适用于单一燃料进行合成氨生产的国家，或者用于合成氨生产企业实际能源消费数据无法统计的国家。第二层级方法直接计算合成氨各种能源消费，主要适用于能够通过物料平衡统计各种能源消费的国家，第二层级方法的活动水平是基于工厂级的输出数据（可按燃料类型和过程类型区分）。第三层级方法直接要求从生产工厂中获取燃料和原料需求，而总需求是每个工厂报告的需求之和，第三层级方法是基于工厂级的输入数据。

以第二层级方法为例，合成氨的碳排放计算方法如下：

$$\text{TFR}_i = \sum_j \text{AP}_{ij} * \text{FR}_{ij} \quad (1-1)$$

$$\text{E}_{\text{CO}_2} = \sum_i (\text{TFR}_i * \text{CCF}_i * \text{COF}_i * 44/12) - \text{R}_{\text{CO}_2} \quad (1-2)$$

表 2-1 IPCC 方法变量含义

变量名称	含义

	CO ₂ 排放量（千克）
	第 i 种燃料的总能源需求（GJ）
AP_{ij}	过程类型 j 中使用的燃料类型 i 的氨气产量（t）
FR_{ij}	针对过程类型 j 中的燃料类型 i，每单位产出的燃料需求（GJ/吨氨）
CCF_i	燃料类型 i 的碳含量因子（kg C/GJ）
COF_i	燃料类型 i 的碳氧化因子（%）
R_{CO_2}	为下游使用回收 CO ₂ （尿素产量、CO ₂ 捕获和存储（CCS）） （kg）

我国清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第二层级方法，基于工厂级的产量输出数据，按照原料类型对合成氨碳排放进行核算，将合成氨生产的原料和燃料分为煤、天然气和石油，对合成氨生产的碳排放量进行核算。

3) 活动水平数据和来源

我们根据排放因子不同，将合成氨按原料类型分为三类：以煤为原料的合成氨、以天然气为原料的合成氨和以油为原料的合成氨，分别收集活动水平（即产量）数据。

合成氨的活动水平主要来自《中国化学工业统计年鉴》，其中以煤、天然气、油为原料的合成氨比例参考中国化工信息中心的《中国合成氨年度报告》和《中国能源统计年鉴》。

4) 排放因子数据和来源

合成氨行业采用分原料路线调研的排放因子。大型煤制合成氨工厂的吨氨排放系数 2.27 t CO₂/吨氨，中型煤制合成氨工厂和小型煤制合成氨工厂的吨氨排放系数分别为 2.39 t CO₂/吨氨和 4.70 t CO₂/吨氨。天然气制合成氨工厂的吨氨排放系数为 1.835 t CO₂/吨氨。以油为原料的合成氨吨氨排放系数为 1.900 t CO₂/吨氨。

根据各类合成氨的产量比例和吨氨排放系数，得到我国合成氨行业的平均排放因

子为 2.5136 t CO₂/吨氨。

2.1.2.3. 纯碱生产过程

1) 排放源界定和报告范围

我国纯碱生产工艺有氨碱法、联合制碱法和天然碱法。氨碱法生产过程中氨气和二氧化碳都来源于自身反应的副产物，可以回收循环利用，理论上不产生温室气体排放，在氨碱法实际过程中消耗的石灰石含有二氧化碳，在生产过程中会排放，但这部分排放将归结为能源活动的排放，故不在工业过程中讨论。

联碱法生产过程中，二氧化碳作为生产原料来源于合成氨工厂，理论上作为合成氨的下游环节，对合成氨生产过程有减排的效果。由于工业生产过程温室气体清单编制项目中，将合成氨和纯碱分开讨论，故在本章节不讨论联碱法生产过程的负排放效应。

天然碱法生产过程中将天然碱矿中的二氧化碳和水分子去除，是最直观的碳排放过程。因此，纯碱生产过程将报告使用天然碱法生产企业的二氧化碳排放。

2) 清单编制方法

《1996 年 IPCC 清单指南》第 2.6 部分，简单介绍了天然碱法生产纯碱的工业生产过程温室气体排放量计算方法：以天然碱矿的消耗量作为活动水平，乘以排放因子 0.097 吨 CO₂/吨天然碱矿，两者的乘积即是天然碱法生产纯碱的工业生产过程温室气体排放量。

《2006 年 IPCC 清单指南》与《1996 年 IPCC 清单指南》相比，在天然碱法生产纯碱的研究方法可操作性方面有所改进，提供了以下三种方法：

第一层级方法：使用国家级活动水平数据计算

$$E_{CO_2} = AD \times EF$$

其中：

E_{CO_2} = CO₂ 的排放量，单位为吨

AD = 使用的天然碱矿或生产的纯碱量，单位为吨

EF = 每单位天然碱矿输入或天然纯碱产出的排放因子，吨 CO₂/吨天然碱矿或吨 CO₂/吨生产的天然纯碱：EF_{天然碱矿} = 0.097 吨 CO₂/吨天然碱矿，EF_{天然纯碱} = 0.138 吨 CO₂/吨生产的天然纯碱。

第二层级方法：使用工厂级活动水平数据计算，计算公式同第一层级方法。

第三层级方法：直接测量法。

IPCC 各个版本的指南都没有给出另外两种化学方法生产纯碱的工业生产过程的排放量化方法。因为，氨碱法（索尔维法）先制造二氧化碳，而后又作为纯碱的生产原料固化到了产品之中，从理论上来说是一个碳中性的生产过程；而我国所独有的联合制碱法（侯德榜法）则是合成氨工业的一个下游环节，具有二氧化碳的减排效果，可以归并到合成氨生产过程进行报告。

我国纯碱生产企业的数量不是太多，因此有条件采用《2006 年 IPCC 清单指南》的第二层级方法，通过每个企业的活动水平数据，自下而上地计算出全国的排放量。

3) 活动水平数据和来源

纯碱活动水平的相关数据收集方法主要是通过中国化学工业年鉴以及对企业的实际调研。由于氨碱法和联碱法在生产过程中不直接产生二氧化碳(或在其它环节讨论)，故在本章的所有讨论中都只针对天然纯碱的情形。

内蒙古远兴能源股份有限公司控股的河南中源化学股份有限公司为我国唯一的天然碱法生产纯碱、小苏打的企业。因中国化学工业年鉴(2015)未披露有关产量方面的数据，而远兴能源为 A 股上市公司，这样通过巨潮资讯网查询该公司 2014 年度报告摘要可知 2014 年天然碱法纯碱产量为 171 万吨。

4) 排放因子数据和来源

排放因子定义为每生产一吨天然纯碱过程中排放的二氧化碳量(吨)，由于天然碱法是将天然碱矿中的二氧化碳和水分子去除，因此采用化学计量比率是准确的数值，采用《2006 年 IPCC 清单指南》排放因子缺省值，EF_{天然纯碱} = 0.138 吨 CO₂/吨天然纯碱。

天然纯碱的纯度方面，远兴能源说明其产品均符合一等品标准，故采用国标 GB/T 210.2-2004 文件中一等品的标准 99.4%。

2.1.2.4. 铁合金生产过程

1) 排放源界定和报告范围

铁合金是铁和一种或多种金属聚合而成的合金，铁合金的生产过程设计冶金还原过程，因此在铁合金的生产过程中会造成大量的温室气体排放。

在铁合金的生产过程中，原矿石、含碳还原剂及矿渣经过混合后加热到高温进行还原和熔炼。在铁合金生产过程中的二氧化碳排放主要来自于还原剂及原料中的碳燃烧及转化，也包括在使用具有石墨电极的电弧炉时由于石墨电极消耗产生的碳排放。

此外由于铁合金生产过程中，原料中所含碳也会以甲烷的形式挥发释放，而产生甲烷排放。铁合金生产过程中的 N₂O 排放因估算或测量误差较大，未进行估计。

铁合金包括硅铁合金、锰铁合金、铁铬合金和其他铁合金四大种类，考虑到 IPCC 默认排放因子和行业数据可得性，本次测算未包含其他铁合金。

2) 清单编制方法

《2006 年 IPCC 清单指南》给出了铁合金生产过程中二氧化碳和甲烷排放的计算公式。其中二氧化碳的排放基于质量平衡法，排放的所有一氧化碳报告为二氧化碳。其中第一层级方法基于铁合金产品的分类型产量，第二层级方法基于产量特定原材料的排放因子，第三层级方法基于还原剂量和分析。甲烷排放主要是在硅铁合金生产过程中释放的，《2006 年 IPCC 清单指南》也给出了三种计算方法，第一层级方法基于硅铁合金产量，第二层级方法基于硅铁生产过程中的还原剂用量及排放因子，第三层级方法基于还原剂量及分析。

由于第二次国家信息通报中未纳入铁合金行业的温室气体排放，此次温室气体清单系首次纳入铁合金行业的温室气体排放，考虑到行业数据可得性，本次研究采用第一层级方法来计算铁合金生产过程中的二氧化碳和甲烷排放。

根据《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，铁合金生产过程中的二氧化碳排放按如下公式计算：

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

其中： E_{CO_2} 为 CO₂排放， MP_i 为铁合金类型 i 的产量， EF_i 为铁合金类型 i 的排放因

子。

铁合金生产过程中的甲烷排放按如下公式计算：

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

其中： E_{CH_4} 为 CH_4 排放， MP_i 为铁合金类型*i*的产量， EF_i 为铁合金类型*i*的排放因子。

3) 活动水平数据和来源

根据排放因子的不同将铁合金分为四大类：硅铁合金、锰铁合金、铁铬合金和其他铁合金，分别搜集活动水平数据。根据冶金工业规划研究院提供的数据，我国 2014 年铁合金总产量为 3786.2 万吨，其中硅铁合金产量为 614.7 万吨（我国统计数据统一折合为 75 硅铁），锰铁合金产量为 371.7 万吨（其中中低微碳锰铁产量 105 万吨，高碳锰铁产量 266.7 万吨），铁铬合金产量为 377 万吨，硅锰合金产量 800.9 万吨，金属硅产量 170 万吨，以上产品合计 2334.3 万吨。但 IPCC 清单指南中的品种分类不能完全覆盖我国铁合金生产，除上述铁合金种类外，我国 2014 年还生产了镍铁合金、硅钙合金、硅铬合金、钒铁、金属铬、金属锰、电解锰及其他特种铁合金合计 1451.9 万吨。由于 IPCC 并没有给出除表中种类以外其他铁合金的排放因子，所以本次清单测算未包括其他铁合金。

4) 排放因子数据和来源

当可用数据仅有国家铁合金生产统计资料时，优良做法是使用缺省排放因子，铁合金生产过程中二氧化碳和甲烷的缺省排放因子如表 2-2 所示：

表 2-2 铁合金生产过程中二氧化碳和甲烷的缺省排放因子

	《1996 年 IPCC 清单指南》二氧化碳排放因子 (tCO ₂ /吨产品)	《2006 年 IPCC 清单指南》二氧化碳排放因子 (tCO ₂ /吨产品)	《2006 年 IPCC 清单指南》甲烷排放因子 (kgCH ₄ /吨产品)
硅铁 45	2-2.7	2.5	1.2

硅铁 65	2-2.7	3.6	1.0
硅铁 75	3.9	4.0	1.0
硅铁 90	4.8-6.5	4.8	1.1
锰铁（1%C）	1.6	1.5	
锰铁（7%C）	1.6	1.3	
铁铬合金	1.3	1.3	
硅锰合金	1.7	1.4	
碳金属	4.3	5.0	

注：《1996 年 IPCC 清单指南》铁合金的分类与《2006 年 IPCC 清单指南》的分类不同，其中硅铁 45 和硅铁 65 统一折算为硅铁 50，锰铁没有区分碳含量。

2.1.2.5. 铅锌冶炼生产过程

1) 排放源界定和报告范围

铅锌冶炼生产过程中以焦炭、煤等作为还原剂，存在能源作为原材料而非燃料用途而导致温室气体排放。由于该部分排放可能与能源活动排放存在重复计算可能，所以该部分过程排放需要从能源活动排放中扣除。

另外，对再生锌生产来说，根据《2006 年 IPCC 清单指南》，其生产工艺超过 40 多种，再生锌的原料来源复杂多样。考虑数据的可获得性问题，该次排放清单，只考虑铅锌生产行业的再生锌所生产对应的排放，不包括其他行业的再生锌生产所对应的排放。

2) 清单编制方法

《1996 年 IPCC 清单指南》中，没有提供铅锌冶炼生产工艺过程二氧化碳计算方法。《2006 年 IPCC 清单指南》中，铅锌冶炼生产工艺过程二氧化碳计算方法分为三种，具体计算方法如下：

① 第一层级方法：基于产量的估算方法

$$\text{CO}_2\text{排放量} = \sum_i (\text{铅锌冶炼类型 } i \text{ 的产量}) \times \text{缺省排放因子}$$

② 第二层级方法：分技术类型和分原料来源（铅锌矿和二次利用）方法计算

$$\text{CO}_2\text{排放量} = \sum_i (\text{铅锌冶炼类型 } i \text{ 的产量}) \times \text{分类型 (i) 缺省排放因子}$$

③ 第三层级方法：直接测量

我国第一次编制铅锌冶炼生产过程的温室气体排放清单，由于铅锌冶炼技术较多，各不同技术型铅锌冶炼的排放情况差异很大，分技术类型和分原料类型的数据的可获得性较好，采用第二层级方法。

根据有色金属协会统计数据，铅锌冶炼生产过程活动水平可收集到省级或者企业级的产量数据。并且能够统计出各种冶炼类型的产量占总产量的比例。而排放因子，缺乏相关数据，采用《2006年 IPCC 清单指南》排放因子缺省值。

3) 活动水平数据和来源

活动水平数据：铅锌冶炼行业协会统计数据，可收集到省级或者企业级的产量数据。

4) 排放因子数据和来源

对于铅锌生产，根据《2006年 IPCC 清单指南》，采用第二层级方法分冶炼类型推荐值，如表 2-3 和 2-4 所示。

表 2-3 铅生产过程排放因子

冶炼类型	单位	值	数据来源说明
传统炼铅，ISF 排放因子	tCO ₂ /t	0.59	默认值
现代炼铅，DS 排放因子	tCO ₂ /t	0.25	默认值
再生铅，排放因子	tCO ₂ /t	0.2	默认值

表 2-4 锌生产过程 CO₂ 碳排放因子

	单位	数值	说明
锌冶炼，湿法排放因子	tCO ₂ /t	0.0	默认值，湿法不产生非能源的 CO ₂ 过程排放
锌冶炼，火法 ISF 排放因子	tCO ₂ /t	0.43	默认值，产生非能源的 CO ₂ 过程排放（焦炭或者煤）
再生锌，排放因子	tCO ₂ /t	3.66	默认值
其他锌，排放因子	tCO ₂ /t	0.0	默认值

2.2 采用《2006 年 IPCC 清单指南》需新增/更改的排放部门

2.2.1 概述

为了提升我国国家温室气体清单的完整性，顺应新的排放趋势，需要增加国家清单中未覆盖的《2006 年 IPCC 清单指南》中的排放源，详见表 2-5。

表 2-5 《2006 年 IPCC 清单指南》与我国国家温室气体清单 IPPU 部门排放源对比

				备注
2 INDUSTRIAL PROCESSES and PRODUCT USE	2A Mineral Industry	2A1 Cement Production		有
		2A2 Lime Production		有
		2A3 Glass Production		有
		2A4 Other process	2A4a Ceramics	

		Uses of Carbonates	2A4b Other Uses of Soda Ash	无	
			2A4c Non Metallurgical Magnesia Production		
			2A4d Other (please specify)		
		2A5 Other (please specify)			
	2B Chemical Industry		2B1 Ammonia Production		有
			2B2 Nitric Acid Production		有
			2B3 Adipic Acid Production		有
			2B4 Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production		无
			2B5 Carbide Production		有
			2B6 Titanium Dioxide Production		无
2B7 Soda Ash Production				有	
2B8 Petrochemical and Carbon Black			2B8a Methanol		无
	2B8b Ethylene				

		Production	2B8c Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	
			2B8d Ethylene Oxide	
			2B8e Acrylonitrile	
			2B8f Carbon Black	
	2B9 Fluorochemical Production	2B9a By-production Emissions	2B9b Fugitive Emissions	有（卤烃生产过程温室气体排放，包括HCFC-22、其他卤烃）
	2C Metal Industry	2C1 Iron and Steel Production		有
		2C2 Ferroalloys Production		有
		2C3 Aluminium Production		有
		2C4 Magnesium Production		有
2C5 Lead Production		有（与锌冶炼合并在一起）		
2C6 Zinc Production		有（与铅冶炼合并在一起）		

		2C7 Other (please specify)			
	2D Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use	2D1 Lubricant Use		无	
		2D2 Paraffin Wax Use			
		2D3 Solvent Use			
		2D4 Other (please specify)			
	2E Electronics Industry	2E1 Integrated Circuit or Semiconductor		有 (PFC 的使用)	
					2E2 TFT Flat Panel Display
					2E3 Photovoltaics
		2E4 Heat Transfer Fluid		无	
		2E5 Other (please specify)			
	2F Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances	2F1 Refrigeration and Air Conditioning	2F1a Refrigeration and Stationary Air Conditioning	有 (HFC 的使用)	
			2F1b Mobile Air Conditioning	有 (HFC 的使用)	
		2F2 Foam Blowing Agents		有 (HFC 的使用)	
		2F3 Fire Protection		提到计算方	

		2F4 Aerosols		法，未计算（HFC 的使用）	
		2F5 Solvents			
		2F6 Other Applications (please specify)			
	2G Other Product Manufacture and Use	2G1 Electrical Equipment	2G1a Manufacture of Electrical Equipment		有（六氟化硫的使用）
			2G1b Use of Electrical Equipment		
			2G1c Disposal of Electrical Equipment		
	2G2 SF6 and PFCs from Other Product Uses		2G2a Military Applications		无
			2G2b Accelerators		
			2G2c Other (please specify)		
	2G3 N2O from Product Uses		2G3a Medical Applications		无
2G3b Propellant for Pressure and Aerosol Products					
2G3c Other (please specify)					
	2G4 Other (please specify)				

	2H Other	2H1 Pulp and Paper Industry		无
		2H2 Food and Beverages Industry		无
		2H3 Other (please specify)		

2.2.2 清单编制范围和方法

2.2.2.1 其他碳酸盐过程使用 (2A4)

2.2.2.1.1 排放源界定和报告范围

1) 陶瓷

陶瓷产品包括砖块和屋顶瓦片、陶瓷瓦管、耐火产品、粘土制品、墙壁和地板瓷砖、桌子和装修物件（家居陶瓷）、卫生器具、技术陶瓷和无机固结磨具等。大多数陶瓷产品是由一种或多种类型的粘土制成的（例如页岩、耐火土和球粘土）。陶瓷生产过程中的 CO₂ 排放产生于原材料煅烧（尤其是粘土、页岩、石灰石、白云石和碳酸钡矿）以及加入的添加剂。类似于水泥和石灰的生产过程，在炉窑中将碳酸盐加热到高温，产生氧气和 CO₂。因此陶瓷生产过程中的炉窑是 CO₂ 的排放源，报告范围为陶瓷生产过程的排放。

2) 其他纯碱使用

纯碱可应用于各个场合，包括玻璃生产、肥皂和清洁剂、烟气脱硫、化学物质、纸和纸浆以及其他常见的消耗产品。纯碱生产和消耗会造成 CO₂ 的排放，纯碱生产中的排放将在化学工业中报告，纯碱使用中的排放在使用纯碱的各个最终用户部门进行报告。

3) 非冶金镁生产

非冶金镁生产排放包括未纳入其他排放源的氧化镁生产的排放。氧化镁产品有三种主要类别：煅烧的氧化镁、僵烧氧化镁（方镁石）和熔合的氧化镁。

煅烧的氧化镁用于许多农业和工业应用场合（例如，家牛补充饲料、肥料、电气绝缘和烟气脱硫）。僵烧氧化镁主要用于耐火应用场合，而熔合的氧化镁用于耐火和电气绝缘商品。

MgCO₃是氧化镁和最终熔合的氧化镁生产的关键给料，通过煅烧 MgCO₃产生氧化镁，过程中会释放 CO₂。通常，96-98% 的 CO₂ 含量在煅烧氧化镁生产时释放，在进一步加热产生僵烧氧化镁期间释放接近 100% 的 CO₂，熔合氧化镁生产会造成接近 100% 的 CO₂ 释放。所以非冶金镁生产排放源为生产过程中的煅烧设备，报告范围为煅烧氧化镁、僵烧氧化镁和熔合氧化镁的生产过程。

2.2.2.1.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

《2006 年 IPCC 清单指南》在估算这类碳酸盐使用中的排放分别介绍了三种方法。第一层级方法假定只有石灰石和白云石用作工业中的碳酸盐给料，使用消耗的石灰石与白云石的缺省比例。第二层级方法与第一层级方法相同，不同之处是，第二层级方法必须确定石灰石与消耗的白云石的比例有关的特定国家信息。第三层级方法基于对所有使用的碳酸盐分析。因此第三层级方法可用于某些子类别，而第一层级方法或第二层级方法用于具有有限数据可供性的其它类别。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议我国清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，使用国家统计局等部门等可获取的有限参数的综合缺省数据估算排放。

第一层级方法：基于消耗的碳酸盐质量的排放公式（2.1-1）：

$$CO_2\text{排放} = M_C \times (0.85EF_{ls} + 0.15EF_d) \quad (2.1-1)$$

其中

CO₂ 排放 = 来自碳酸盐其它过程使用中 CO₂ 排放，单位为吨

M_c = 消耗的碳酸盐质量，单位为吨

EF_{ls} 或 EF_d = 石灰石或白云石煅烧的排放因子，吨 CO₂/吨碳酸盐

确保有关碳酸盐的数据反应了纯碳酸盐，而不是碳酸盐石头。如果数据仅可用于碳酸盐石头，则可以假定缺省纯度为 95%。如果没有其它可用信息，对于粘土，可以假定 10%的缺省碳酸盐含量。

纯碱主要是碳酸钠，不是石灰石或白云石。因此，纯碱的第一层级方法不需要缺省比例 85%/15%。用碳酸钠的缺省排放因子乘以国家级消耗的纯碱数量，来估算排放。

2.2.2.2 己内酰胺、乙二醛和乙醛酸生产（2B4）

2.2.2.2.1 排放源界定和报告范围

1) 己内酰胺

己内酰胺是一种基础有机化工原料，其聚合物具有断裂强度高、密度小、弹性好、耐摩擦、耐腐蚀、耐霉烂等优点，被广泛用于生产聚酰胺纤维、聚酰胺工程塑料和薄膜。

己内酰胺主要用途是通过聚合生成聚酰胺，并进一步加工成尼龙-6纤维、尼龙-6工程塑料、尼龙-6薄膜。尼龙-6纤维可加工成民用丝和工业丝，工业丝主要用来制作轮胎帘子布、电缆、安全带、降落伞、帆布、绝缘材料、运输带等，民用丝可用于制作纺织品如地毯、服装、毛毯、无纺布以及箱包、绳等；尼龙-6工程塑料广泛用于汽车，船舶，工业机械，电子电器元件等领域；尼龙-6薄膜则主要用于加工食品的保鲜膜等，用途十分广泛。

己内酰胺主要生产过程由苯产生，苯氢化生成环己胺，然后经氧化生成环己醇（C₆H₁₀O）。从环己醇中产生己内酰胺的典型工艺（Raschig 过程）和基本反应公式为（Reimschuessel, 1977；第 83 页；Lowenheim 和 Moran, 1975；第 201 页）：

NH₃ 到 NO/NO₂ 的氧化过程

↓

NH₃ 与 CO₂/H₂O 反应产生氨基甲酸铵 (NH₄)₂CO₃

↓

(NH₄)₂CO₃ 与 NO/NO₂ (来自 NH₃ 氧化过程) 反应产生硝酸铵 (NH₄NO₂)

↓

NH₃ 与 SO₂/H₂O 反应产生亚硫酸氢铵 (NH₄HSO₃)

↓

NH₄NO₂ 与 NH₄HSO₃ 反应产生二硫代羟胺 (NOH (SO₃NH₄)₂)

↓

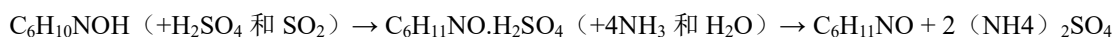
NOH (SO₃NH₄)₂ 水解产生硫酸羟胺 ((NH₂OH)₂·H₂SO₄) 和硫酸铵 ((NH₄)₂SO₄)

↓

环己酮反应：



贝克曼重新整理的公式：



己内酰胺生成过程中 N₂O 排放的估算可视为类似于硝酸生产中 N₂O 排放的估算。两个生产过程都涉及到 NH₃ 氧化过程的最初步骤，而 NH₃ 氧化过程是 N₂O 形成和排放的来源。

2) 乙二醛和乙醛酸生产

己内酰胺生产中氧化亚氮 (N₂O) 排放计算方法同样适用于乙二醛和乙醛酸的排放。

乙二醛 (C₂H₂O₂) 是乙醛 (C₂H₄O) 与一定浓度的硝酸 (HNO₃) 通过氧化产生的。乙二醛还可以从乙二醇 (CH₂OHCH₂OH) 的催化氧化过程中产生。乙二醛用作乙酸乙烯酯/丙烯酸树脂的交联剂、消毒剂、胶质硬化剂、毛纺整理剂 (免烫棉、人造纤维织物)、防湿添加剂 (纸类涂料) (Ashford, 1994; 第 454 页)。其反应公式如下：



乙二醛酸是通过乙二醛的硝酸氧化产生的。其中，硝酸被还原为 NO，含 NO 的 N₂O 在生产过程中还原为 HNO₃。N₂O 通过次级反应出现在生产过程中，其中，乙二醛被转化为草酸 (COOH)₂。乙二醛酸用于生产合成香料、农药和制药中间产品 (Babusiaux, 2005; 第 1 页)。

2.2.2.2.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

《2006 年 IPCC 清单指南》中提供了 3 种方法估算 N₂O 排放，根据可用的工厂级数据选择估算方法，第一层级方法需要国家级己内酰胺产量的统计数据；第二层级方法和第三层级方法都需要工厂级活动数据。其中第二层级方法是按生产技术类型以及按技术类型分类的排放因子估算 N₂O 排放，第三层级方法使用工厂直接测量的生产数据和相应排放因子。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议采用第一层级方法估算己内酰胺生产中的 N₂O 排放，见公式 (2.2-1)：

$$E_{N_2O} = EF * CP \quad (2.2-1)$$

其中：

E_{N₂O} = N₂O 排放量，单位为 kg

EF = N₂O 排放因子（缺省值），kg N₂O/吨生产的己内酰胺

CP = 己内酰胺生产，单位为吨

当采用第一层级方法时，*优良作法*是假定 N₂O 排放没有减排

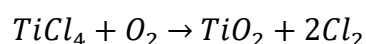
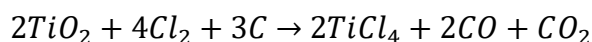
2.2.2.3 二氧化钛生产 (2B6)

2.2.2.3.1 排放源界定和报告范围

二氧化钛 (TiO₂) 是一种最常用的白色色素。主要用途是油漆制造，其次是造纸、塑料、橡胶、陶瓷、织物、地毯、打印墨水以及其他杂项使用。二氧化钛一般分锐钛矿型和金红石型。其中会造成 TiO₂ 生产过程温室气体排放的主要有三个过程：电炉里钛渣生产中碳阳极氧化过程、使用比彻过程（提高钛铁矿纯度的一种方法叫做比彻过程）合成金红石生产的煤氧化过程以及通过氯化工艺进行的金红石 TiO₂ 生产的石油焦氧化过程。

生产锐钛矿型 TiO₂ 所用的钛渣产生于熔炼钛铁矿的电炉。在使用钛渣时，不需要酸还原步骤，因为电炉熔炼会以钛铁矿中杂质还原所含的亚铁，通过进一步处理锐钛矿 TiO₂ 可以产生金红石 TiO₂，排放产生于过程中使用的还原剂。

在使用比彻过程时，合成金红石生产会引起 CO₂ 排放。其中黑煤用作还原剂，而引起的 CO₂ 排放应视为工业过程排放。反应公式如下：



2.2.3.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

《2006 年 IPCC 清单指南》提出了针对不同行业的国家排放清单指导方法，在化工行业中指出了二氧化钛的核算方法。具体来说，主要提出了 2 类计算方法，分别适用于不同生产情景和不同完整程度的生产数据。第一层级方法适用于可以从国家统计局资料获得活动数据的情况；第二层级方法适用于可获得工厂级还原剂量和碳热给料量的情况。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006 年 IPCC 清单指南》的第一层级方法计算排放，钛渣、合成金红石和金红石 TiO₂ 生产中的 CO₂ 排放计算方法如下公式 (2.3-1)：

$$E_{CO_2} = \sum_i (AD_i \times EF_i) \quad (2.3-1)$$

其中：

E_{CO_2} = CO₂ 的排放量，单位为吨

AD_i = 钛渣、合成金红石或金红石 TiO₂ (产品 i) 的产量，单位为吨

EF_i = 钛矿渣、合成金红石或金红石 TiO₂ (产品 i) 每单位产量的 CO₂ 排放，单位为吨 CO₂/吨产品

2.2.2.4 石油化工和碳黑生产 (2B8)

2.2.2.4.1 排放源界定和报告范围

石化工业将化石燃料 (例如天然气) 或石油提炼产品 (例如石油精) 用作原料生产甲醇、乙烯和丙烯、二氯乙烯和丙烯腈等化学产品。

国家能源统计资料可能包括化石燃料 (包括天然气、油和煤) 的燃烧总量以及能源生产的次级燃料 (例如工业过程烟气)。如果国家能源统计资料包括石化工业中使用的燃料，则应从已计算能源部门排放中减去石化过程中的排放，避免重复计算。例如乙烯和甲醇的生产，初级燃料 (例如天然气、乙烷和丙烷) 原料消耗量可能报告在国家能源统计资料中。

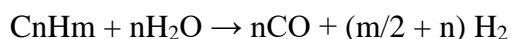
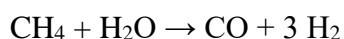
如果工厂中安装和采用了 CO₂ 捕获技术，*优良作法*是在高层方法排放计算中扣除捕获的 CO₂。缺省假设是没有 CO₂ 捕获和储存（CCS）技术。

1) 甲醇

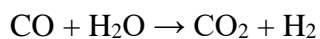
甲醇生产通过天然气的蒸汽重整方式制成。蒸汽重整和变换反应产生包括二氧化碳（CO₂）、一氧化碳（CO）和氢气（H₂）组成的“合成气体”。天然气到甲醇的生产过程会从合成气体中产生甲醇和副产品 CO₂、CO 和 H₂。由天然气或其它原料生产甲醇有若干备选过程，包括常规重整过程、组合重整以及部分氧化过程，甲醇生产的过程说明如下：

常规重整过程

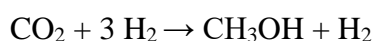
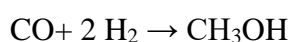
蒸汽重整



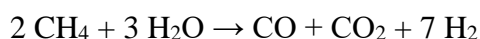
变换反应



甲醇生产



重整/变换反应



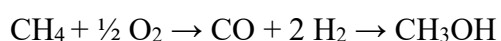
甲醇生产



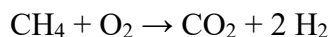
混合重整过程

混合重整过程结合了常规蒸汽重整过程与催化部分氧化过程，反应公式如下：

甲醇蒸汽重整反应



原料氧化反应



混合重整过程产生一种包括氢气（H₂）与一氧化碳（CO）和 CO₂ 的合成气体。

其他生产过程

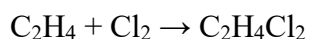
甲醇还可以从油、煤或石化原料的部分氧化过程产生，或者从煤到合成气体的气化过程中产生。

甲醇生产的排放源包括重整过程中的置换反应、混合重整过程中的原料氧化过程，排放范围为由天然气或其它原料生产甲醇的生产过程。

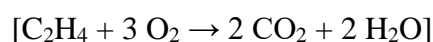
2) 二氯乙烷和氯乙烯单体

二氯乙烷（1, 2 二氯乙烷）生产通过乙烯的直接氯化作用或氧氯化过程制成，还可以通过两个过程的组成制成（指“平衡过程”）。二氯乙烷在氧氯化过程产生过程废气（包括副产品 CO₂），由乙烯给料的直接氧化所得。直接氯化 and 氧氯化过程的基本化学公式如下：

直接氯化



氧氯化反应



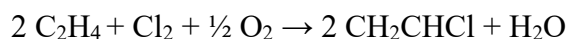
二氯乙烷裂解产生氯乙烯单体和盐酸



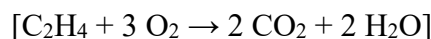
产生二氯乙烷的直接氯化过程和产生氯乙烯单体的二氯乙烷裂解过程的组合之后，会产生多余的氯化氢。生产设施里会同时存在直接氯化过程和氧氯化过程二者的结合，称为平衡过程。“平衡过程”还产生过程泄放气体（包含副产品 CO₂），它由乙烯给料的直接氧化所得。

由乙烯产生氯乙烯单体的“平衡的过程”，基本化学公式如下：

二氯乙烷-氯乙烯单体反应



原料氧化反应

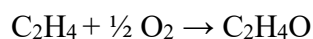


二氯乙烷和氯乙烯单体排放源为乙烯给料的氧氯化过程，排放范围为原料生产二氯乙烷和氯乙烯单体的生产过程。

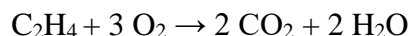
3) 环氧乙烷

环氧乙烷（C₂H₄O）是乙烯经催化与氧气反应生成的。乙烯原料直接氧化所得的副产品 CO₂，使用碳酸盐溶液从过程泄放蒸汽中移除。回收的 CO₂ 可排放到大气中或回收以作进一步使用（例如，食品生产）。环氧乙烷生产的过程说明如下：

环氧乙烷反应



原料氧化反应



环氧乙烷用作制造乙二醇、乙二醇醚、酒精和胺的原料。全球生产近 70% 的环氧乙烷用于制造乙二醇，包括单乙基乙二醇。环氧乙烷生产的排放源为原料氧化反应过程中的生产设备。

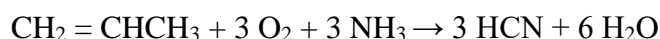
4) 丙烯腈

多数丙烯腈（氰化乙烯）的生产方式是经催化氨气（NH₃）、氧气与丙烯的直接氨氧化方式。此过程称为 SOHIO 过程，以俄亥俄标准石油公司（SOHIO）命名。丙烯腈还可以通过丙烷的氨氧化过程或丙烷与过氧化氢的直接反应方式生产。丙烯腈生产的过程说明如下：

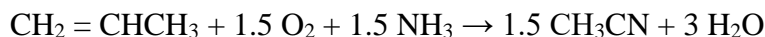
丙烯腈反应



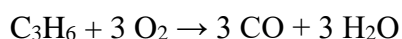
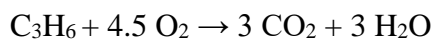
氰化氢反应



乙腈反应



原料氧化作用



SOHIO 过程涉及丙烯、氨气和氧气经液化床的催化反应。催化剂是重金属的混合物（包括铈和钼）。此过程产生的初级产品为丙烯腈，次级产品为乙腈（甲基腈）和氰化氢（HCN）。初级产品丙烯腈的过程产量，部分取决于使用的催化剂类型以及过程配置。由反应过程得知，氨氧化过程还从丙烯原料的直接氧化过程中产生副产品 CO_2 、 CO 和水，从氨氧化过程副反应中产生其它碳氢化合物。丙烯腈生产的排放源是生产过程中的液化床。

5) 碳黑

碳黑的生产均是使用基于石油或基于煤原料的“炉黑”过程。碳黑主要用作橡胶的补强剂和填料，其消耗量约为橡胶消耗量的一半，橡胶用碳黑占碳黑总量的 94%。此外，也用作油墨、和着色剂以及塑料制品的紫外光屏蔽剂。在许多其他制品，如电极、干电池、电阻器、炸药、化妆品及抛光膏中，它也是重要的助剂。

碳黑生成可采用炉黑过程、热黑过程、乙炔碳黑过程、槽黑过程和灯黑过程。现代碳黑工业中，炉法炭黑的产量已占炭黑总产量的 95%以上。炉黑过程中的泄放气体包含 CO_2 、 CO 、硫化物、 CH_4 和 NMVOC。所以碳黑生产过程的排放源为生产过程中的反应炉内。

6) 乙烯生产过程

乙烯生产工艺包括两种温室气体的排放，即 CO_2 和 CH_4 。乙烯是通过石化原料的蒸汽裂解方式制成的。在石化厂，乙烯可通过石化给料蒸汽裂解产生，亦可由石油提炼操作中的裂解和其他过程产生。乙烯生产还会产生包括丙烯和丁二烯和芳烃化合物在内的次级产品。乙烯生产的蒸汽裂解所用原料的类型和组合随地区有很大差异，包括乙烷、丙烷、丁烷、石油精、汽油和其他石化原料。在中国，大部分乙烯是从石油精的蒸汽裂解中产生的；由于我国煤炭资源丰富，一部分以煤为原料合成甲醇后再通

过甲醇制取乙烯。乙烯生产的排放源为蒸汽裂解的生产装置，排放范围为通过石化给料蒸汽裂解产生乙烯的生产过程。

2.2.2.4.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

《2006 年 IPCC 清单指南》根据数据可获得性提供了三种方法计算石化和碳黑生产中的排放。

二氧化碳

当缺少工厂的特定数据或碳流量活动数据时，基于产品排放因子的第一层级方法可用于估算石化过程中的 CO₂ 排放。第一层级方法排放因子法不需要石化生产过程中每个含碳原料消耗量的活动水平数据。仅需要产品产量的活动水平数据。其中第一层级方法不考虑可能由石化过程生成的一氧化碳或 NMVOC 排放的碳含量。此方法还适用于碳黑生产。

第二层级方法是特定原料和特定过程的碳质量平衡方法。如果活动水平数据可用于原料消耗量以及初级和次级产品产量和处理量，则可以使用此方法。若要实施第二层级方法，需要所有碳流程的活动数据。

最高层级的是第三层级方法，使用工厂具体数据，计算石化生产过程的 CO₂ 排放，需要工厂特定数据和/或工厂特定测量数据。

甲烷

CH₄ 排放 IPCC 提供了两种估算方法，包括第一层级方法和第三层级方法，第二层级方法不适用于 CH₄ 的估算。对于石化过程，CH₄ 排放源包括逃逸排放和/或过程泄放排放。其中逃逸排放散发自法兰、阀门和其它过程设备；过程泄放源的排放包括喷焰燃烧中和能源回收系统中的废气不完全燃烧。如果有初级产品年产量数据，可以运用第一层级方法。

由于第二层级方法总原料碳平衡方法在估算时，假定过程中转换为 CO、CH₄ 或 NMVOC 的碳输入量为 CO₂ 排放，以便于计算初级原料和次级原料的碳总量与作为石化产品离开生产过程的碳含量之间的差值，所以总原料碳质量平衡方法不适用于估算

CH₄排放量。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

二氧化碳

根据每个石化生产的活动水平数据以及每个石化过程的排放因子，使用第一层级方法来计算石化过程中的排放，各种初级石化产品（例如甲醇、二氯乙烷、环氧乙烷、丙稀腈）和碳黑的产量如公式（2.4-1）所示：

$$ECO_{2i} = PP_i * EF_i * GAF / 100 \quad (2.4-1)$$

其中：

ECO_{2i} = 石化产品 i 生产中 CO₂ 排放量，单位为吨

PP_i = 石化产品 i 的年产量，单位为吨

EF_i = 石化产品 i 的 CO₂ 排放因子，吨 CO₂/吨生产的产品

GAF = 地理调整因子，百分比

如果在国家统计局部门没有初级产品年产量的活动水平数据，可以通过原料消耗量估算初级产品产量，如公式（2.4-2）所示：

$$PP_i = \sum_K (FA_{i,k} * SPP_{i,k}) \quad (2.4-2)$$

其中：

PP_i = 石化产品 i 的年产量，单位为吨

FA_{i, k} = 石化产品（i）生产中消耗原料 k 的年消耗量，单位为吨

SPP_{i, k} = 石化产品 i 和原料 k 的特定初级产品产量因子，吨初级产品/吨消耗的原料

建议乙烯生产使用更高层级的第三层级方法估算 CO₂ 排放，生产过程中的排放包括燃料或过程副产品经燃烧为生产过程提供热量或热能时排放的 CO₂，从过程泄放中排放的 CO₂ 以及从喷焰燃烧废气中排放的 CO₂。这些排放使用公式 2.4-3-公式 2.4-5 计算。第三层级方法 CO₂ 排放总计算见下公式（2.4-3）：

$$ECO_{2i} = E_{\text{燃烧}, i} + E_{\text{过程泄放}, i} + E_{\text{火炬}, i} \quad (2.4-3)$$

其中：

ECO_{2i} = 石化产品 i 生产中 CO_2 排放量，单位为吨

$E_{\text{燃烧}, i}$ = 燃料或过程副产品经燃烧，为石化产品 i 的生产过程提供热量或热能时排放的 CO_2 量，单位为吨

$E_{\text{过程泄放}, i}$ = 石化产品 i 的生产期间从过程泄放中排放的 CO_2 量，单位为吨

$E_{\text{喷焰燃烧}, i}$ = 石化产品 i 的生产期间从喷焰燃烧的废气中排放的 CO_2 量，单位为吨

第三层级方法 CO_2 排放燃料燃烧的计算公式 (2.4-4)：

$$E_{\text{燃烧}, i} = \sum_k (FA_{i,k} * NCV_k * EF_k) \quad (2.4-4)$$

其中：

$FA_{i,k}$ = 石化产品 i 生产中燃料 k 的消耗量，单位为吨

NCV_k = 燃料 k 的净发热值，TJ/吨（注：《06IPCC 指南》中第 2 卷第 1 章表 1.2 中，净发热值用 TJ/kg 表示）

EF_k = 燃料 k 的 CO_2 排放因子，吨 CO_2 /TJ（注：《06IPCC 指南》在第 2 卷第 1 章的表 1.4 中， CO_2 排放因子用 kg/TJ 表示）

第三层级方法 CO_2 排放火炬气的计算见下公式 (2.4-5)：

$$E_{\text{火炬}, i} = \sum_k (FG_{i,k} * NCV_k * EF_k) \quad (2.4-5)$$

其中：

$FG_{i,k}$ = 石化产品 i 生产期间火炬气 k 的量，单位为吨

NCV_k = 火炬气 k 的净发热值，TJ/吨（注：《06IPCC 指南》中第 2 卷第 1 章表 1.2 中，净发热值用 TJ/kg 表示）

EF_k = 火炬气 k 的 CO_2 排放因子，吨 CO_2 /TJ（注：《06IPCC 指南》在第 2 卷第 1 章的表 1.4 中， CO_2 排放因子用 kg/TJ 表示）

甲烷

建议甲醇、二氯乙烷和氯乙烯单体、环氧乙烷、丙稀腈和碳黑运用第一层级方法

计算 CH₄ 排放，使用公式（2.4-6）计算 CH₄ 逃逸排放：

$$ECH4_{\text{逃逸}, i} = PP_i * EEf_i \quad (2.4-6)$$

使用公式（2.4-7）计算过程泄放排放：

$$ECH4_{\text{过程泄放}, i} = PP_i * EEp_i \quad (2.4-7)$$

使用公式（2.4-8）计算 CH₄ 总排放：

$$ECH4_{\text{总量}, i} = ECH4_{\text{逃逸}, i} + ECH4_{\text{过程泄放}, i} \quad (2.4-8)$$

其中：

$ECH4_{\text{总排放}, i}$ = 石化产品 i 生产中 CH₄ 总排放量，单位为 kg

$ECH4_{\text{逃逸排放}, i}$ = 石化产品 i 生产中 CH₄ 的逃逸排放量，单位为 kg

$ECH4_{\text{过程泄放}, i}$ = 石化产品 i 生产中 CH₄ 的过程泄放排放量，单位为 kg

PP_i = 石化产品 i 的年产量，单位为吨

EEf_i = 石化产品 i 的 CH₄ 逃逸排放因子，kg CH₄/吨产品

EEp_i = 石化产品 i 的 CH₄ 过程泄放排放因子，kg CH₄/吨产品

如果国家统计部门没有初级产品年产量数据，可以通过原料消耗数据使用公式（2.4-2）推算初级产品的年产量。

建议乙烯生产使用更高层级的第三层级方法估算 CH₄ 排放。CH₄ 的总合排放基于工厂特定泄漏探测数据和工厂特定烟囱和通风管道排放数据，可使用公式（2.4-9）计算：

$$ECH4_i = E_{\text{燃烧}, i} + E_{\text{过程泄放}, i} + E_{\text{火炬}, i} \quad (2.4-9)$$

其中：

$ECH4_i$ = 石化产品 i 生产中 CH₄ 总排放量，单位为 kg

$E_{\text{燃烧}, i}$ = 燃料或过程副产品经燃烧为石化产品 i 的生产过程提供热量或热能时的 CH₄ 排放，单位为 kg

$E_{\text{过程泄放}, i}$ = 石化产品 i 生产期间从过程泄放中的 CH₄ 排放量，单位为 kg

$E_{\text{喷焰燃烧}, i}$ = 石化产品 i 的生产期间从喷焰燃烧的废气中的 CH_4 排放量，单位为 kg

第三层级方法 CH_4 排放燃料燃烧的计算公式 (2.4-10):

$$E_{\text{燃烧}, i} = \sum_k (FA_{i,k} * NCV_k * EF_k) \quad (2.4-10)$$

其中:

$FA_{i,k}$ = 石化产品 i 生产中燃料 k 的消耗量，单位为吨

NCV_k = 燃料 k 的净发热值，TJ/吨（注：第 2 卷第 1 章表 1.2 中，净发热值用 TJ/kg 表示）

EF_k = 燃料 k 的 CH_4 排放因子，kg/TJ

第三层级方法 CH_4 排放火炬气的计算公式 (2.4-11):

$$E_{\text{火炬}, i} = \sum_k (FG_{i,k} * NCV_k * EF_k) \quad (2.4-11)$$

其中:

$FG_{i,k}$ = 石化产品 i 生产期间火炬气 k 的量，单位为吨

NCV_k = 火炬气 k 的净发热值，TJ/吨（注：第 2 卷第 1 章表 1.2 中，净发热值用 TJ/kg 表示）

EF_k = 火炬气 k 的 CH_4 排放因子，kg/TJ

2.2.2.5. 润滑剂使用 (2D1)

2.2.2.5.1 排放源界定和报告范围

润滑剂主要用于工业和运输应用场合。润滑剂生产可在提炼厂内从原油中分离，或在石化设施中进行。可进一步细分为：(a) 机油和工业油，以及 (b) 油脂，其物理特征（例如粘度）、商业应用和环境归宿均有所不同。

发动机中润滑剂的主要作用是其润滑性质，因此相关的排放视为非燃烧排放，应在工业生产部门中报告。难以确定机械和载体中消耗的润滑剂有比例实际燃烧、因此直接导致 CO_2 排放。因此，核算 CO_2 排放时需要假定使用期间损失的润滑剂总量均完全燃烧，且这些排放直接报告为 CO_2 排放。

2.2.2.5.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，提供了有两种方法可确定源自润滑剂使用的排放，分别是：

方法 1 和方法 2 本质上均依赖于相同的分析方法，即将排放因子应用于国家润滑剂消费量的有关活动水平数据（能源单位，例如 TJ）。方法 2 需要有关不同类型润滑剂数量的数据（不包括 2 冲程发动机的用量），与活动水平数据的特定类型使用中氧化（ODU）因子结合（最佳做法是给出中国的因子）；而方法 1 依赖于将一个缺省 ODU 因子应用于润滑剂总量的活动数据，因为油脂的缺省 ODU 因子是润滑油的 1/4，所以使用高层级方法将主要捕获排放核算中使用油和油脂实际比例的影响。

方法 1：根据公式（2.5-1）计算 CO₂ 排放，使用可获取的有限参数的综合缺省数据，以及基于润滑剂总体数据（单位为 TJ）的油和油脂缺省成分的 ODU 因子：

$$CO_2\text{排放} = LC \cdot CC_{\text{润滑剂}} \cdot ODU_{\text{润滑剂}} \cdot \frac{44}{12} \quad (2.5-1)$$

其中：

CO₂ 排放 = 源自润滑剂的 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂

LC = 润滑剂消耗总量，单位为 TJ

CC_{润滑剂} = 润滑剂（缺省）的碳含量，单位为吨 C/TJ (= kg C/GJ)

ODU_{润滑剂} = ODU 因子（基于油和油脂的缺省成分），比例

44/12 = CO₂ / C 的质量比率

方法 2：润滑剂的方法 2 依赖于类似的公式（2.5-2），然而应使用每种类型的润滑剂使用（能源单位，例如 TJ）消耗量的详细数据以及特定国家排放因子。排放因子包含燃料类型特定碳含量和 ODU 因子：

$$CO_2\text{排放} = \sum_i \left(LC \cdot CC_{\text{润滑剂}} \cdot ODU_{\text{润滑剂}} \right) \cdot \frac{44}{12} \quad (2.5-2)$$

其中：

CO₂ 排放 = 源自润滑剂的 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂

LC = 润滑剂消耗总量，单位为 TJ

$CC_{\text{润滑剂}}$ = 润滑剂（缺省）的碳含量，单位为吨 C/TJ (= kg C/GJ)

$ODU_{\text{润滑剂}}$ = ODU 因子（基于油和油脂的缺省成分），比例

$44/12 = CO_2 / C$ 的质量比率

润滑剂 i 专指机油/工业油和油脂，不包括 2 冲程发动机中使用的量。

在这两种方法中，碳含量可以是所述润滑剂的缺省值或国家平均值。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，使用可获取的有限参数的综合缺省数据，以及基于润滑剂总体数据（单位为 TJ）的油和油脂缺省成分的 ODU 因子，对润滑剂的 CO₂ 排放量进行核算。

2.2.2.6. 固体石蜡使用（2D2）

2.2.2.6.1 排放源界定和报告范围

固体石蜡这个类别包括诸如矿油、固体石蜡和其它石蜡等含地蜡（饱和碳氢化合物和环境温度下固体物质的混合物）的产品。在轻（蒸馏）润滑油生产过程期间，固体石蜡从原油中分离出来。固体石蜡按油含量和提炼量来分类。

石蜡用于大量不同的应用场合。固体石蜡的应用场合例如：蜡烛、瓦楞纸箱、纸张涂料、纸板施胶、食品生产、蜡光剂、表面活性剂（同用于清洁剂的情况），以及许多其它应用。石蜡使用的排放主要源自：石蜡或固体石蜡的衍生物在使用期间的燃烧（例如蜡烛）。因此，排放直接报告为 CO₂ 排放。

2.2.2.6.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，提供了有两种方法可确定源自润滑剂使用的排放，分别是：

方法 1 和方法 2 本质上均依赖于相同的分析方法，即将排放因子应用于国家固体

石蜡消耗量的有关活动数据（能源单位，例如 TJ）。方法 2 依赖于确定固体石蜡的实际使用，以及将特定国家 ODU 因子应用于活动数据；而方法 1 依赖于将一个缺省排放因子应用于活动数据。

方法 1：根据公式（2.6-1）可用有限参数的汇总缺省数据，计算 CO₂ 排放量：

$$CO_2\text{排放} = PW \cdot CC_{\text{石蜡}} \cdot ODU_{\text{石蜡}} \cdot 44/12 \quad (2.6-1)$$

其中：

CO₂ 排放 = 源自石蜡的 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂

PW = 石蜡消耗总量，单位为 TJ

CC_{石蜡} = 固体石蜡（缺省）的碳含量，单位为吨 C/TJ (= kg C/GJ)

ODU_{石蜡} = 固体石蜡的 ODU 因子，比例

44/12 = CO₂ / C 的质量比率

方法 2：固体石蜡的方法 2 依赖于类似的公式（2.2-2），然而应使用如下详细数据：生产（能源单位）的固体石蜡数量（还可能是有关类型）及其各个使用，以及特定国家排放因子：

$$CO_2\text{排放} = \sum_i (PW_i \cdot CC_i \cdot ODU_i) \cdot 44/12 \quad (2.6-2)$$

其中：

CO₂ 排放 = 源自石蜡的 CO₂ 排放量，单位为吨 CO₂

PW_i = 石蜡类型 i 的消耗量，单位为 TJ

CC_i = 石蜡类型 i 的碳含量，单位为吨 C/TJ (= kg C/GJ)

ODU_i = 石蜡类型 i 的 ODU 因子，比例形式

44/12 = CO₂ / C 的质量比率

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，可用有限参数的汇总缺省数据，对固体石蜡的碳排放量进行核算。

2.2.2.7. 溶剂使用（2D3）

2.2.2.7.1 排放源界定和报告范围

化石燃料用作原料生产的溶剂使用，可能造成各种非甲烷挥发性有机化合物（NMVOC）的蒸汽排放，随后在大气中进一步氧化。用作溶剂的化石燃料著名的有石油溶剂和煤油（石蜡油）。石油溶剂用作提取溶剂、清洁溶剂、脱脂溶剂，还用作气溶胶、油漆、木材防腐剂、漆器、清漆和沥青产品中的溶剂。在西欧，大约 60% 的石油溶剂消耗总量用于油漆、漆器和清漆。石油溶剂是油漆行业中使用最广泛的溶剂。溶剂应用中的排放一般视为即时排放，因此，溶剂的排放直接报告为氢氟碳化合物排放。

2.2.2.7.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，引用了 EMEP/CORINAIR 排放清单指南（EEA, 2005），论述了估算这些 NMVOC 排放的方法。

此源类别“溶剂使用”被视为一个单独的类别，因为此类来源的本质是需要估算排放的某些不同方法，而非将其用于计算其它排放类别。因此，《2006 年 IPCC 清单指南》也将此视为单独的子类。在 EMEP/CORINAIR 指南中，子类“溶剂和其它产品使用”将所选大气污染源术语（SNAP）分组为 6，还细分为 5 个子类。

不包括第 5 个：“其它产品使用”指 F 气体、N₂O 和氨气，在 IPPU 卷的其他处有论述，这些是：

- SNAP 0601：油漆应用；
- SNAP 0602：脱脂、干洗和电子工业；
- SNAP 0603：化学产品生产或加工。包括如下过程：聚合体、PVC、泡沫和橡胶、油漆、墨水、胶水和粘合剂的生产以及织物修整。
- SNAP 0604：溶剂的其它使用和相关活动。包括的活动例如：玻璃绒和矿物绒的涂层（即涂抹），印刷行业，油脂提炼，胶水和粘合剂使用，木材储存，国内溶剂使用（不是油漆应用），漆料密封处理及测量脱蜡等。

除了道路运输的排放以及源自石油和生物燃料生产及处理（如果进行）的排放之外，通常此源类别是国家 NMVOC 排放最大的来源，其比额可能介于 5%-30%，全球平均值约为 15%（Olivier 和 Berdowski，2001）。

源自此源类别的排放既可以使用基于产量的方法进行估算，也可以使用基于消耗量的方法进行估算。如果油漆等国内总销售数据不能获得，则可以根据产量、进口和出口来推断明显的国家消耗量。然而，如果贸易统计资料不完整，则在活动数据中会引入大量的不确定性。因此，建议清单编制者尝试，确保通过 NMVOC 排放估算来显示溶剂的所有重要蒸发使用和其它产品使用。

此源类别的年度变化预期只有很少。然而，当实施环境策略以替换溶剂（例如含水）中更多有毒挥发性化合物时，NMVOC 排放和 NMVOC 排放的化石碳含量随着时间推移可能会出现变化。

溶剂应用会消耗大量的 HFC，HFC 通常以恒沸物或其他混合物的形式用于溶剂清洁。最常用的 HFC 溶剂是 HFC-43-10mee，有些使用的是 HFC-365mfc、HFC-245fa 和含氢氟代烃溶剂。

溶剂应用中的排放一般视为即时排放，因为 100%的化学物质通常会在最初使用的两年内排放出来。为了核算这种情况下的排放，需要获取每年溶剂产品中销售的每种 HFC 或 PFC 化学物质的总量。t 年溶剂使用造成的 HFC 和 PFC 排放计算公式（2.7-1）如下所示：

$$E_{\text{排放 } t} = S_t \times EF + S_{t-1} \times (1 - EF) \quad (2.7-1)$$

其中：

$E_{\text{排放 } t}$ 表示 t 年的排放量，单位为吨

S_t 表示 t 年销售的溶剂量，单位为吨

S_{t-1} 表示 t-1 年销售的溶剂量，单位为吨

EF 表示排放因子，即最初使用年内溶剂排放出的化学物质比例

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用上述方法，基于溶剂的年销售量（单位为吨）和最初使用年内

溶剂排放出的化学物质比例，对溶剂的排放量进行核算。

2.2.2.8. 沥青使用(2D4)

2.2.2.8.1 排放源界定和报告范围

沥青工厂源自沥青生产的非燃烧排放，而非提炼厂及其应用的排放（例如铺路和盖屋顶作业以及随后的表面释放）。地沥青和聚合物在固定工厂或移动工厂中混合，通常在距路面铺设工地的 30-50km 内进行（EAPA, 2003）。在工业化国家，通常有 80%-90%地沥青用于生产路面铺料（U.S.EPA, 2004）。然而，在基础设施快速增长的发展中国家，用于盖屋顶的地沥青量与用于铺路的地沥青可能具有相同的数量级（UNFCCC, 2004）。沥青产品的其它使用有：在盖屋顶材料的生产中用作粘合剂或密封剂，用作基础密封剂，诸如用作管道涂料等其它工业使用。

与沥青生产和使用有关的直接温室气体排放（如 CO₂ 或 CH₄）。由于 CH₄ 排放量很小，因为蒸馏过程已经脱除了大部分的轻质烃，所以可以忽略不计。因此沥青使用的排放直接报告为 CO₂ 排放。

2.2.2.8.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，与沥青生产和使用有关的直接温室气体排放（如 CO₂ 或 CH₄）可以忽略，因为在生产商业燃料的提炼过程期间，大部分轻质碳氢化合物被提取。根据 EMEP/CORINAIR 指南，可以得出结论：源自热混合沥青和稀释沥青的 CH₄ 排放以及源自沥青屋顶铺设行业的 CH₄ 排放，皆可以忽略（EEA, 2005）。回收再使用的沥青铺筑材料用作新路铺设的聚合物时，产生的温室气体排放也可忽略。

氧化沥青可使沥青聚合和稳定化，增加沥青用于铺裹屋顶和墙面装修的耐气候性。氧化沥青工艺 CH₄ 排放量很小，因为蒸馏过程已经脱除了大部分的轻质烃，所以可以忽略不计。而该工艺过程中的 CO₂ 二氧化碳排放量可以采用连续监测或根据公式（2.8-1）计算 CO₂ 排放：

$$E_{CO_2-沥青} = \sum_{j=1}^N (M_{oa,j} \times EF_{oa,j}) \quad (2.8-1)$$

式中，

$E_{CO_2-沥青}$ 表示沥青氧化 CO_2 年排放量，单位为吨；

j 表示氧化沥青装置序号；

M_{oa_j} 表示第 j 套氧化沥青装置的氧化沥青产量，单位为吨；

EF_{oa_j} 表示第 j 套氧化沥青装置沥青氧化过程的 CO_2 排放因子。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用上述方法，基于氧化沥青产量和沥青氧化过程的 CO_2 排放因子，对沥青的 CO_2 排放量进行核算。

2.2.2.9. 半导体使用（2E1）

2.2.2.9.1 排放源界定和报告范围

先进电子生产过程采用氟化合物（FC）用于等离子腐蚀复杂模式、清洁反应室和温度控制。目前，电子工业排放出室温下为气态的 FC 和室温下为液态的 FC。这些气体包括 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 $c-C_4F_8$ 、 $c-C_4F_8O$ 、 C_4F_6 、 C_5F_8 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、三氟化氮（ NF_3 ）和六氟化硫（ SF_6 ），用于电子生产中的两个重要步骤中：(i) 含等离子腐蚀硅的材料和 (ii) 清洁已沉积硅的化学蒸汽沉积（CVD）工具膛壁。大多数 FC 排放来源于腐蚀或清洁过程中 FC 前体的有限使用效率（即消耗量）。此外，生产过程中使用的氟化合物比例可以转化为副产品 CF_4 ，在某些情况下会转化成 C_2F_6 、 CHF_3 和 C_3F_8 。另外，还必须考虑腐蚀或清洁含碳低绝缘体常量（低 k ）材料（或电石）时，作为副产品形成的 CF_4 。此外， F_2 、 COF_2 和 ClF_3 的使用可能增加。尽管这些气体本身不会促成全球变暖，但是在某些情况下会导致 CF_4 形成。

根据生产不同类型电子设备中使用的气体、使用的过程（或更概括的说，过程类型（例如 CVD 或腐蚀）、使用的加工工具品牌以及排放减少技术的实施，排放会有所差异。

半导体生产过程使用多种含氟气体，主要用于晶圆制作过程中，具体用于等离子刻蚀和化学蒸汽沉积（CVD）反应腔体的电浆蚀刻和电浆清洁。连续（原地）排放监控以估算源自本工业排放的方式，目前认为技术和经济是不可行的。但是，在新过程及工具的开发期间，或商业可用过程条件（也称为中线过程条件）具备之后，要定期

测量 FC 排放。因此，排放直接报告为 FC 排放。

2.2.2.9.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，第一层级方法给出汇总的 FC 排放估算，根据半导体类产品的集合，集合的每个元素是特定气体的排放因子，表示生产期间消耗的每单位基质面积的平均排放。这些因子（集合元素）乘以基质过程的年使用能力（ C_u ，一个比例数值）以及年生产设计能力（ C_d ，单位为千兆平方米（ Gm^2 ））。乘积（ $C_u \cdot C_d$ ）是电子生产期间消耗基质数量的估算值。结果是气体的年排放量集合，用 kg 来表示，其中的气体包含了半导体这类电子产品的集合。

方法 1 根据公式（2.9-1）计算 FC 气体排放量：

$$\{FC_i\}_n = \{EF_i \cdot C_u \cdot C_d\}_n \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.9-1)$$

其中：

$\{FC_i\}_n$ = FC 气体 i 的排放量，气体 i 的质量

注：{ } n 表示半导体产品的集合，n 表示每个集合中纳入的气体数量。只有使用此方法 1 生成和报告集合的所有元素时，这些估算才有效。

EF_i = 气体 i 的 FC 排放因子，表示产品类别每平方米基质表面积的一年排放质量，单位为（气体 i 的质量）/ m^2

C_u = 企业年生产能力使用比例，比例形式

C_d = 年生产设计能力，处理的基质 Gm^2

此方法不考虑过程类型（腐蚀与清洁）、个别过程或工具之间的差异。也不考虑大气排放控制设备的可能使用。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，第一层级方法使用所有参数的缺省值，不考虑排放控制技术的使用估算源自半导体制造的液态 FC 的排放。

2.2.2.10. 薄膜晶体管平板显示器（TFT-FPD）使用（2E2）

2.2.2.10.1 排放源界定和报告范围

先进电子生产过程采用氟化合物（FC）用于等离子腐蚀复杂模式、清洁反应室和温度控制。目前，电子工业排放出室温下为气态的 FC 和室温下为液态的 FC。这些气体包括 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 $\text{c-C}_4\text{F}_8$ 、 $\text{c-C}_4\text{F}_8\text{O}$ 、 C_4F_6 、 C_5F_8 、 CHF_3 、 CH_2F_2 、三氟化氮（ NF_3 ）和六氟化硫（ SF_6 ），用于电子生产中的两个重要步骤中：（i）含等离子腐蚀硅的材料和（ii）清洁已沉积硅的化学蒸汽沉积（CVD）工具膛壁。大多数 FC 排放来源于腐蚀或清洁过程中 FC 前体的有限使用效率（即消耗量）。此外，生产过程中使用的氟化合物比例可以转化为副产品 CF_4 ，在某些情况下会转化成 C_2F_6 、 CHF_3 和 C_3F_8 。另外，还必须考虑腐蚀或清洁含碳低绝缘体常量（低 k）材料（或电石）时，作为副产品形成的 CF_4 。此外， F_2 、 COF_2 和 ClF_3 的使用可能增加。尽管这些气体本身不会促成全球变暖，但是在某些情况下会导致 CF_4 形成。

根据生产不同类型电子设备中使用的气体、使用的过程（或更概括的说，过程类型（例如 CVD 或腐蚀）、使用的加工工具品牌以及排放减少技术的实施，排放会有所差异。

薄膜晶体管平板显示器（TFT-FPD）生产过程使用多种含氟气体，连续（原地）排放监控以估算源自本工业排放的方式，目前认为技术和经济是不可行的。但是，在新过程及工具的开发期间，或商业可用过程条件（也称为中线过程条件）具备之后，要定期测量 FC 排放。因此，排放直接报告为 FC 排放。

2.2.2.10.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，第一层级方法给出汇总的 FC 排放估算，根据 TFT-FPD 类产品的集合，集合的每个元素是特定气体的排放因子，表示生产期间消耗的每单位基质面积的平均排放。这些因子（集合元素）乘以基质过程的年使用能力（ C_u ，一个比例数值）以及年生产设计能力（ C_d ，单位为千兆平方米（ Gm^2 ））。乘积（ $C_u \cdot C_d$ ）是电子生产期间消耗基质数量的估算值。结果是气体的年排放量集合，用 kg 来表示，其中的气体包含了 TFT-FPD 这类电子产品的集合。

第一层级方法根据公式（2.10-1）计算 FC 气体排放量：

$$\{FC_i\}_n = \{EF_i \cdot C_u \cdot C_d\}_n \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.10-1)$$

其中：

$\{FC_i\}_n$ = FC 气体 i 的排放量，气体 i 的质量

注：{ } n 表示 TFT-FPD 产品的集合，n 表示每个集合中纳入的气体数量。只有使用此方法 1 生成和报告集合的所有元素时，这些估算才有效。

EF_i = 气体 i 的 FC 排放因子，表示产品类别每平方米基质表面积的年排放质量，单位为（气体 i 的质量）/m²

C_u = 企业年生产能力使用比例，比例形式

C_d = 年生产设计能力，处理的基质 Gm²

此方法不考虑过程类型（腐蚀与清洁）、个别过程或工具之间的差异。也不考虑大气排放控制设备的可能使用。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，第一层级方法使用所有参数的缺省值，不考虑排放控制技术的使用估算源自制造 TFT-FPD 的液态 FC 的排放。

2.2.2.11. 光电流（PV 电池）使用（2E3）

2.2.2.11.1 排放源界定和报告范围

先进电子生产过程采用氟化合物（FC）用于等离子腐蚀复杂模式、清洁反应室和温度控制。目前，电子工业排放出室温下为气态的 FC 和室温下为液态的 FC。这些气体包括 CF₄、C₂F₆、C₃F₈、c-C₄F₈、c-C₄F₈O、C₄F₆、C₅F₈、CHF₃、CH₂F₂、三氟化氮（NF₃）和六氟化硫（SF₆），用于电子生产中的两个重要步骤中：（i）含等离子腐蚀硅的材料和（ii）清洁已沉积硅的化学蒸汽沉积（CVD）工具膛壁。大多数 FC 排放来源于腐蚀或清洁过程中 FC 前体的有限使用效率（即消耗量）。此外，生产过程中使用的氟化合物比例可以转化为副产品 CF₄，在某些情况下会转化成 C₂F₆、CHF₃ 和 C₃F₈。另

外，还必须考虑腐蚀或清洁含碳低绝缘体常量（低 k）材料（或电石）时，作为副产品形成的 CF₄。此外，F₂、COF₂ 和 ClF₃ 的使用可能增加。尽管这些气体本身不会促成全球变暖，但是在某些情况下会导致 CF₄ 形成。

根据生产不同类型电子设备中使用的气体、使用的过程（或更概括的说，过程类型（例如 CVD 或腐蚀）、使用的加工工具品牌以及排放减少技术的实施，排放会有所差异。

PV 电池生产过程使用多种含氟气体，连续（原地）排放监控以估算源自本工业排放的方式，目前认为技术和经济是不可行的。但是，在新过程及工具的开发期间，或商业可用过程条件（也称为中线过程条件）具备之后，要定期测量 FC 排放。因此，排放直接报告为 FC 排放。

2.2.2.11.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，第一层级方法给出汇总的 FC 排放估算，根据 PV 电池类产品的集合，集合的每个元素是特定气体的排放因子，表示生产期间消耗的每单位基质面积的平均排放。这些因子（集合元素）乘以基质过程的年使用能力（C_u，一个比例数值）以及年生产设计能力（C_d，单位为千兆平方米（Gm²））。乘积（C_u•C_d）是电子生产期间消耗基质数量的估算值。结果是气体的年排放量集合，用 kg 来表示，其中的气体包含了 PV 电池这类电子产品的集合。因为在 PV 电池生产中 FC 使用有很大不同，所以需要计算采用 FC 的 PV 生产比例所用的第三个因子 C_{PV}，来估算 PV 电池生产中的 FC 排放。

方法 1 根据公式（2.11-1）计算 FC 气体排放量：

$$\{FC_i\}_n = \{EF_i \cdot C_u \cdot C_d \cdot [C_{PV} \cdot \delta + (1 - \delta)]\}_n \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.11-1)$$

其中：

$\{FC_i\}_n$ = FC 气体 i 的排放量，气体 i 的质量

注：{ } n 表示 PV 电池产品的集合，n 表示每个集合中纳入的气体数量。只有使用此方法 1 生成和报告集合的所有元素时，这些估算才有效。

EF_i = 气体 i 的 FC 排放因子，表示产品类别每平方米基质表面积的年排放质量，单位为（气体 i 的质量）/m²

C_u = 企业年生产能力使用比例，比例形式

C_d = 年生产设计能力，处理的基质 Gm²，不包括 Mm² 的 PV 生产

C_{PV} = 使用 FC 的 PV 生产的比例，比例形式

δ = 当公式应用到 PV 工业时为 1，无量纲

此方法不考虑过程类型（腐蚀与清洁）、个别过程或工具之间的差异。也不考虑大气排放控制设备的可能使用。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议清单编制采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，第一层级方法使用所有参数的缺省值，不考虑排放控制技术的使用估算源自 PV 电池制造的液态 FC 的排放。

2.2.2.12. 热传导液体使用（2E4）

2.2.2.12.1 排放源界定和报告范围

先进电子生产过程采用氟化合物（FC）用于等离子腐蚀复杂模式、清洁反应室和温度控制。目前，电子工业排放出室温下为气态的 FC 和室温下为液态的 FC。

在某些过程期间，电子制造商使用 FC 用作温度控制。亦称作热传导液体，这些 FC 在室温下是液体，具有很大的蒸汽压力。蒸发损耗促成总体 FC 排放。这些蒸发损耗出现在以下过程期间：某些过程设备冷却期间，包装半导体设备的测试期间，电子元件焊接到电路板的汽相气化回流期间。液态 FC 用于冷却运行期间的电子元件或系统时，似乎不会出现蒸发损耗。在这种应用情况下，此液态 FC 在整个产品或系统寿命中包含在密闭系统内。市场上有 20 多种不同的液态 FC（通常作为完全氟化合物混合物）向电子部门出售。因为每个液体的等价 CO₂ 不同，所以对每个液体应分别跟踪和报告。此转化的精确值将按特定适用的报告要求来确定。此外，液态 FC 偶尔在生产期间用于清洁 TFT-FPD 面板。因此，排放直接报告为 FC 排放。

2.2.2.12.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006年IPCC清单指南》中，第一层级方法估算总合排放量—表示为C₆F₁₄质量的所有液态FC的加权平均排放量10。计算取决于一般排放因子，此因子表示半导体生产期间消耗每单位硅的平均总合排放量。

方法1根据公式(2.12-1)计算FC气体排放量：

$$FC_{\text{液体, 总量}} = EF_l \cdot C_u \cdot C_d \quad (2.12-1)$$

其中：

$FC_{\text{液体, 总量}}$ = FC排放总量（表示为C₆F₁₄质量），单位为Mt C₆F₁₄

EF_l = 排放因子（期间消耗每Gm²硅的总合FC排放量，表示为C₆F₁₄质量），单位为Mt C₆F₁₄/Gm²

C_u = 期间国内所有半导体生产设施的平均产能使用率，比例形式

C_d = 国内半导体生产设施的设计能力，单位为Gm²

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

本次清单编制采用《2006年IPCC清单指南》中的第一层级方法，第一层级方法估算总合排放量—表示为C₆F₁₄质量的所有液态FC的加权平均排放量10。计算取决于一般排放因子，此因子表示半导体生产期间消耗每单位硅的平均总合排放量。

2.2.2.13.军事雷达的使用（2G2a）

2.2.2.13.1 排放源界定和报告范围

SF₆在波音E-3A型军事侦察机的雷达系统中用作绝缘介质，此雷达系统通常称为AWACS。SF₆的使用是为了避免在天线的空心导体中出现电火花，其间高压会超过135 kV。当飞机爬升时，SF₆自动从系统中释放出，进入大气中，以维持系统和机外空气之间相应的压差。当飞机下降时，SF₆自动从机载SF₆容器中充填到系统中。大多数排放出现在爬升的压力平衡过程中，但是系统泄漏的排放还可能出现在飞行的其它阶段或飞机着陆期间。每架飞机的年排放量经估算为740 kg，而每个系统的充填料大约

为 13 kg。

2.2.2.13.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《06IPCC 指南》中，提供了有两种方法可确定源 AWACS 操作中的 SF₆ 排放，分别是：

第一层级方法：根据每架飞机的 SF₆ 排放计算

如果没有 AWACS 消耗的 SF₆ 数据，则可以使用每架飞机的排放因子来估算排放。每年每架飞机的排放因子为 740kg，此值基于北约波音 E-3As 中的 SF₆ 排放估算。注意每架飞机的实际排放会受到每年每架飞机平均起飞次数的很大影响。起飞频繁的飞机会使排放速率高于 740 kg；起飞不频繁的飞机其排放速率也会有所降低。飞行或着陆期间的泄漏速率也会影响排放速率。

$$\text{SF}_6 \text{ 排放} = 740 \text{ kg} \cdot \text{AWACS 机队中的飞机数} \quad (2.13-1)$$

第二层级方法：基于用户质量平衡方法计算

估算 AWACS 中 SF₆ 排放的准确方法是跟踪系统的 SF₆ 消耗。为此，可以使用以下公式 (2.13-2) 计算。注意，对于 AWACS，SF₆ 容器的获得量和支出量与操作系统的获得量和退役量相比对于结果可能重要得多。

$$\text{SF}_6 \text{ 排放} = \text{SF}_6 \text{ 清单中的减少量} + \text{SF}_6 \text{ 的获得量} - \text{SF}_6 \text{ 的支出量} - \text{AWACS 机队充填料中的净增长} \quad (2.13-2)$$

其中：

$$\text{SF}_6 \text{ 清单中的减少量} = \text{年初在容器中储存的 SF}_6 - \text{年末在容器中储存的 SF}_6$$

$$\text{SF}_6 \text{ 的获得量} = \text{从化学生产商或分销商处批量购买的 SF}_6 + \text{用 AWACS 制造商或分销商处购买的新机或新飞机内部的 SF}_6 + \text{离场重复利用后返回到现场的 SF}_6$$

$$\text{AWACS 机队充填料中的净增长} = 13 \text{ kg} \cdot (\text{新的 AWACS} - \text{退役的 AWACS})$$

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，使用侦察机的数量乘以每年

每架飞机的排放因子对军事雷达操作中的 SF₆ 排放量进行核算。

2.2.2.14. 大学和科研单位粒子加速器的使用 (2G2b1)

2.2.2.14.1 排放源界定和报告范围

SF₆ 在大学和科研单位运行的粒子加速器中用作绝缘气体。通常，高压设备包含且运行在以高于大气压的压力下用 SF₆ 充填的容器内。充填范围从 5 公里到 10 000 公里以上，典型的充填范围介于 500kg 和 3000 kg 之间。当设备需要维护时，SF₆ 被转移到储存库。当压力释放阀被启动时，SF₆ 损耗主要通过缓慢泄漏出现在气体回收和传输期间。根据近的两项研究，每年的 SF₆ 损耗范围介于容器容量的 5%-7% 之间，通常取决于容器打开的频率和回收及传输设备的效率。全世界库存容量经估算大约为 500 吨，每年产生的 SF₆ 排放为 3 吨。

2.2.2.14.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，提供了有三种方法确定粒子加速器中的 SF₆ 排放，分别是：

第一层级方法：国家级方法

如果不能获得单个用户加速器充填数据，一个极其近似的方法是确定一个国家内大学和科研单位粒子加速器的总数，并使用几个因子来确定公式 (2.14-1) 中所述的国家级年排放速率。对于此第一层级方法，需要收集的唯一数据是给定国家内大学和科研单位粒子加速器的总数。

$$\text{SF}_6 \text{ 排放} = (\text{国家内大学和科研单位粒子加速器的数量}) \cdot (\text{SF}_6 \text{ 使用因子}) \cdot (\text{SF}_6 \text{ 充填因子, kg}) \cdot (\text{SF}_6 \text{ 大学和科研单位粒子加速器排放因子}) \quad (2.14-1)$$

其中：

SF₆ 使用因子= 0.33，近似有 1/3 的大学和科研单位粒子加速器将 SF₆ 用作绝缘体。

SF₆ 充填因子= 2400 kg，SF₆，大学和科研单位粒子加速器中的平均 SF₆ 充填量。

SF₆ 大学和研究粒子加速器排放因子= 0.07，平均每年大学和科研单位粒子加速器

排放速率，占总充填量的比例。

第二层级方法：加速器级排放因子方法

如果可以获得每个大学和研究加速器内包含的有关 SF₆ 数量有关的数据，则 7% 的缺省排放因子可以乘以国家内大学和研究加速器包含的 SF₆ 总充填量。因此从公式 (2.14-2) 中计算大学和研究加速器中 SF₆ 国家总排放速率。

$$\text{SF}_6 \text{ 排放} = \text{SF}_6 \text{ 大学和科研单位粒子加速器排放因子} \cdot \sum \text{各加速器充填量} \quad (2.14-2)$$

其中：

SF₆ 大学和科研单位粒子加速器排放因子= 0.07，平均每年大学和科研单位粒子加速器排放速率，占总充填量的比例。

个别用户加速器充填量=每个大学和科研单位加速器内包含的 SF₆。

第三层级方法：加速器级质量平衡方法

$$\text{SF}_6 \text{ 排放量} = \sum \text{个别加速器排放} \quad (2.14-3)$$

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，依据大学和科研单位的粒子加速器的数量对 SF₆ 排放量进行核算。

2.2.2.15.工业和医学粒子粒子加速器的使用 (2G2b2)

2.2.2.15.1 排放源界定和报告范围

SF₆ 用作两类工业粒子加速器（低压和高压）以及医学（癌症治疗）粒子加速器中的绝缘气体，这类似于大学和研究粒子加速器的情形。然而工业和医学粒子加速器的排放因子和充填因子不同于大学和研究加速器的排放因子和充填因子。工业粒子加速器的全球库存容量经估算大约为 500 吨，每年产生的 SF₆ 排放为 35 吨。医学（放射治疗）粒子加速器的全球库存容量经估算大约低于 5 吨，每年产生的 SF₆ 排放低于 5 吨。

2.2.2.15.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，提供了有二种方法确定粒子加速器中的 SF₆ 排放，分别是：

第一层级方法：国家级方法

如果不能获得单个用户加速器充填数据，一个极其近似的方法是确定一个粒子加速器的总数，并使用这些因子来确定公式（2.15-1）中所述的国家级年排放速率。

$$\text{SF}_6 \text{ 排放} = (\text{国家内工业和医学中使用的粒子加速器的数量}) \times (\text{SF}_6 \text{ 充填因子, kg}) \times (\text{SF}_6 \text{ 适用的粒子加速器排放因子}) \quad (2.15-1)$$

其中：

国家内各类粒子加速器数量 = 使用 SF₆ 的各类（工业高压、工业压和放射治疗）粒子加速器总数（仅计算使用 SF₆ 的粒子加速器）

SF₆ 充填因子 = 按过程类型在粒子加速器内的 SF₆ 平均充填量。

SF₆ 粒子加速器排放因子 = 平均每年粒子加速器排放速率，与过程说明的充填量成比例。表 2-6 为按过程说明在粒子加速器内 SF₆ 平均充填量。

表 2-6 按过程说明在粒子加速器内 SF₆ 平均充填量

过程说明	SF ₆ 充填因子, kg
工业粒子加速器——高压 (0.3-23 MV)	1300
工业粒子加速器——低压 (<0.3 MV)	115
医疗 (放射治疗)	0.5

第二层级方法：用户级排放因子方法

如果可以获得每个工业和医疗加速器内包含的与 SF₆ 数量有关的数据，则为大学和科研单位粒子加速器中的第二层级方法；然后将以下提供的每个过程说明的排放因子乘以此过程说明的特定国家的 SF₆ 充填量。表 2-7 为按过程说明在粒子加速器内 SF₆

平均充填量。

表 2-7 按过程说明在粒子加速器内 SF₆ 平均充填量

过程说明	SF ₆ 充填因子, kg
工业粒子加速器——高压 (0.3-23 MV)	0.07
工业粒子加速器——低压 (<0.3 MV)	0.013
医疗 (放射治疗)	2.0

第三层级方法：用户级质量平衡方法

若要计算工业和医疗粒子加速器中的 SF₆ 排放，请使用与大学和研究设施相同的第三层级方法。设备制造商和分销商的客户服务组织可能具有与设备库存、进出口和用于填充和重新填充设备的 SF₆ 数量有关的信息。

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的第一层级方法，依据工业和医疗粒子加速器的数量对 SF₆ 排放量进行核算。

2.2.2.16. 隔热使用 (2G2c1)

2.2.2.16.1 排放源界定和报告范围

SF₆ 和某些 PFC 的隔热使用利用这些气体对橡胶的低渗透性。在历史上，SF₆ 已经成为这些应用场合的主要气体；然而还使用具有类似分子量（例如 C3F8）的 PFC。延迟 3 年的应用包括汽车轮胎、运动鞋鞋底和网球。

2.2.2.16.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，只提供了一种方法确定隔热使用中的 SF₆ 排放：

隔热特性应用 t 年排放 = (t-3) 年的销售量 (2.16-1)

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006年 IPCC 清单指南》中的方法，依据隔热气体中使用 SF₆ 和 PFC 的数量对排放量进行核算。

2.2.2.17. 隔音玻璃的组装、使用、处置 (2G2c2)

2.2.2.17.1 排放源界定和报告范围

大约有 1/3 的 SF₆ 总购买量在隔音玻璃组装期间释放 (即，双面玻璃窗户的充填)。对于窗户内剩余的气体库存 (容量)，假定为 1% 的年泄漏速率 (包括玻璃破损)。因此，在 25 年寿命期结束时剩余大约有 75% 的初库存。SF₆ 应用于窗户中始于 1975 年，因此从那时起才开始出现处置。

2.2.2.17.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006年 IPCC 清单指南》中，只提供了一种方法确定隔音玻璃组装、使用、处置中的 SF₆ 排放：

双面玻璃窗户组装

$$t \text{ 年中的组装排放} = 0.33 \cdot t \text{ 年中组装的充填窗户时购买的 SF}_6 \quad (2.17-1)$$

双面玻璃窗户使用

$$t \text{ 年中的组装排放} = 0.01 \cdot t \text{ 年中现有窗户的容量} \quad (2.17-2)$$

双面玻璃窗户处置 t 年中的组装排放 = t 年中寿命结束时窗户中的剩余量 x (1-回收因子) (2.17-3)

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

建议采用《2006年 IPCC 清单指南》中的方法，依据隔音玻璃中使用 SF₆ 的数量对排放量进行核算。

2.2.2.18. N₂O 产品使用 (2G3)

2.2.2.18.1 排放源界定和报告范围

医疗应用和在气溶胶产品中用作助剂可能是产品使用氧化亚氮的最大来源。因此需要估算和报告这些来源中的 N₂O 排放。

医疗应用

N₂O 的麻醉使用

麻醉用 N₂O 供应采用至少含 98% N₂O 的钢瓶。N₂O 用于麻醉有两个作用：a) 麻醉和止痛以及 b) 用作挥发性氟化碳氢化合物麻醉剂的运载气体，例如异氟烷、七氟烷和地氟烷。N₂O 的麻醉效果可增强氟化碳氢化合物试剂的效果。

不是所有麻醉剂都需要使用 N₂O，在少量医疗情形中禁用 N₂O。麻醉期间的运载气体可以是 N₂O 和氧气，在避免采用 N₂O 情况下，则为空气和氧气的混合物。

对吸入麻醉剂的管理日益完善，通过装有二氧化碳吸收剂的罐子过滤患者呼出的气体中的二氧化碳，将气体循环使用，通过呼吸系统重新送给患者。使用此方法，当患者的摄入麻醉含量很高的气体几分钟之后，运载气体流量可以显著降低。此技术称为低流量麻醉。低流量麻醉具有减少排放和成本的优势。采用将麻醉药通过外科程序连续注入静脉中的技术，某些麻醉可以完全避免 N₂O 和氟化碳氢化合物试剂。此技术称为全静脉麻醉。

N₂O 的止痛使用

在某些情形中，吸入的 N₂O 用于减缓疼痛。例如，提供 N₂O 的钢瓶中含预先混合的 50% N₂O 和 50% 氧气，类似于英国预先混合的氧化亚氮和氧气混合物。预先混合的氧化亚氮和氧气混合物在分娩减痛和短时间疼痛程序（例如对烧伤患者更换衣服）中用于止痛。预混合的氧化亚氮和氧气混合物不适合在气候非常寒冷的国家使用，因为如果钢瓶储存温度低于零下 6 摄氏度，混合气体可能分离，会产生向患者施用纯氧化亚氮而无氧的风险。

N₂O 的兽医使用

N₂O 还用于动物麻醉。给药方法类似于人体麻醉中的作法。

在气溶胶产品中用作助剂，主要用于食品工业

N₂O 还主要在食品工业中的气溶胶产品中用作助剂。典型用法是制作鲜奶油，其中用 N₂O 充填的盒子用于将奶油吹成泡沫。

2.2.2.18.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，只提供了一种方法计算其它产品使用中的 N₂O 排放：

$$E_{N_2O}(t) = \sum_i \{ [0.5 \cdot A_i(t) + 0.5 \cdot A_i(t-1)] \cdot EF_i \} \quad (2.18-1)$$

其中：

$E_{N_2O}(t)$ = t 年中的 N₂O 排放，单位为吨

$A_i(t)$ = 应用类型 i 中 t 年内提供的 N₂O 总数量，单位为吨

$A_i(t-1)$ = 应用类型 i 中 t-1 年内提供的 N₂O 总数量，单位为吨

EF_i = 应用类型 i 的排放因子，比例形式

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的方法，依据的 N₂O 的使用数量对排放量进行核算。

2.2.2.19. 碳酸钠的其它使用（2H）

2.2.2.19.1 排放源界定和报告范围

纯碱用于各个应用场合，包括玻璃生产、肥皂和清洁剂、烟气脱硫、化学物质、纸和纸浆、食品和饮料以及其它常见的消耗类产品。纯碱生产和消耗（包括碳酸钙 Ca₂CO₃）会造成 CO₂ 的排放。

2.2.2.19.2 清单编制方法

1) IPCC 方法

在《2006 年 IPCC 清单指南》中，提供了一种方法确定碳酸钠在其它方面使用中的 CO₂ 排放：

$$\text{CO}_2\text{排放} = M_c \cdot \text{EF}_d \quad (2.19-1)$$

其中：

CO₂ 排放=来自碳酸钠其它过程使用中 CO₂ 排放，单位为吨

M_c=消耗的碳酸钠质量，单位为吨

EF_d = 碳酸钠的排放因子，吨 CO₂/吨碳酸钠

2) 建议未来我国清单编制采用的方法

采用《2006 年 IPCC 清单指南》中的方法，依据碳酸钠的使用量数量对排放量进行核算。

2.3 需要新收集的数据及可能的数据来源

2.3.1 其他碳酸盐过程使用（2A4）

活动水平数据包括总的碳酸盐消耗量。在缺少更准确的数据时，为了与优良作法指南保持一致，假定消耗的 85%碳酸盐是石灰石，消耗 15%碳酸盐是白云石；对于纯碱使用，活动水平数据包括国家统计的纯碱总量；对于陶瓷工业中使用的粘土，活动水平数据包括砖头和屋顶瓦片、陶瓷瓦管、耐火产品的国家生产数据，并将产量与缺省损耗因子 1.1 相乘得到消耗的粘土量。

2.3.2 己内酰胺（2B4）

如果可以详细编制按减排技术类型分类的工厂级生产数据，可以使用更高层级的第二层级方法或第三层级方法。建议我国使用的第一层级方法需要国家有关的己内酰胺生产数据。如果没有国家统计部门的活动数据，则可以使用有关产能信息，优良作法是采用全国的总产能乘以产能使用率因子 80%±20%（即范围为 60%-100%）。

2.3.3 二氧化钛（2B6）

第一层级方法需要与钛渣、合成金红石和金红石 TiO₂ 的有关的国家生产数据。如果没有国家级活动数据，可以使用相关产能的信息，同时使用缺省排放因子估算排放。优良作法是全国产能总量乘以产能使用因子的 80%±10%（即，70-90%的范围）。

2.3.4 石油化工和碳黑生产（2B8）

2.3.4.1 甲醇

计算甲醇生产的 CO₂ 排放，可以从特定原料（例如天然气）消耗量和产品（甲醇）产量活动水平数据中计算获得。当原料消耗数据难以获得时，销售数据和国家统计资料可以提供近似的产量。

2.3.4.2 乙烯

可从特定原料消耗量和产品产量的活动水平数据，计算乙烯生产的 CO₂ 排放。需确定所有原料以及过程的所有初级产品和次级产品的产量及处置量等活动水平数据。乙烯蒸汽裂解原料-产品矩阵详见表 2-8。

如果可获得乙烯生产活动水平数据，但蒸汽裂解过程中的次级产品生产的活动水平数据不可获得，可使用表（2-8）和公式(2.3.4-1)中的缺省值，估算次级产品的产量。

$$SP_{\text{乙烯}, j} = \sum_k (FA_{\text{乙烯}, k} * SSP_{j,k}) \quad (2.3.4-1)$$

其中：

SP 乙烯, j = 乙烯生产次级产品 j 的年产量，单位为吨

FA 乙烯 k = 乙烯生产中消耗的原料 k 的年消耗量，单位为吨

SSP_{j, k} = 次级产品 j 和原料 k 的特定次级产品产量因子，吨次级产品/吨消耗的原料

使用这些缺省因子的准确性低于使用所有初级产品和次级产品的确切活动水平数据，会增加估算的不确定性，因为蒸汽裂解装置的性能可能会因具体现场条件有所差异。

表 2-8 乙烯蒸汽裂解原料-产品矩阵

乙烯蒸汽裂解原料-产品矩阵							
kg 产品/吨原料							
产品	原料	石油精	汽油	乙烷	丙烷	丁烷	其它
高值化学物质		645	569	842	638	635	645
乙烯		324	250	803	465	441	324
丙烯		168	144	16	125	151	168
丁二烯		50	50	23	48	44	50
芳烃		104	124	0	0	0	104
燃料级产品和返流		355	431	157	362	365	355
氢气		11	8	60	15	14	11
甲烷		139	114	61	267	204	139
回收裂解之后的乙烷和丙烷		0	0	0	0	0	0
其它 C4		62	40	6	12	33	62
C5/C6		40	21	26	63	108	40
C7+ 非芳烃		12	21	0	0	0	12
<430C		52	26	0	0	0	52
>430C		34	196	0	0	0	34
损耗		5	5	5	5	5	5
小计		1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
来源: Neelis, M; Patel, M; de Feber, M; Copernicus Institute, 2003 年 4 月, 表 2.2, 第 24 页							

2.3.4.3 二氯乙烷和氯乙烯单体

可从原料（乙烯）消耗量和产品（二氯乙烷）产量活动水平数据中计算二氯乙烷和氯乙烯单体生产中的 CO₂ 排放。

2.3.4.4 环氧乙烷

可从原料（乙烯）消耗量和产品（环氧乙烷）产量活动水平数据中计算环氧乙烷生产的 CO₂ 排放。

2.3.4.5 丙烯腈

如果次级产品（乙腈和氰化氢）生产的活动水平数据不可获得，可使用初级产品产量的活动水平数据与表 3.4-2 和公式(3.4-2)中的缺省值，估算次级产品产量。丙烯腈生产过程的次级产品生产因子详见表 2-9。

$$SP_{\text{乙烯}, j} = \sum_k (FA_{\text{乙烯}, k} * SSP_{j,k}) \quad (3.4-2)$$

其中：

SP 乙烯, j = 乙烯生产次级产品 j 的年产量，单位为吨

FA 乙烯 k = 乙烯生产中消耗的原料 k 的年消耗量，单位为吨

SSP_{j, k} = 次级产品 j 和原料 k 的特定次级产品产量因子，吨次级产品/吨消耗的原料

如果没有与乙腈产品回收有关的可用活动水平数据，则假定不作为产品回收且经燃烧为 CO₂ 用于能源回收。如果没有与乙腈主要吸收器泄放气体热处理的有关活动水平数据，则可以假定泄放气体经热处理且燃烧为 CO₂，且不会在不受控制的情形下泄放到大气中。

表 2-9 丙烯腈生产过程的次级产品生产因子

丙烯腈生产过程的次级产品生产因子

次要产品	kg 次级产品/生产的丙烯腈吨数
乙腈	18.5
氰化氢	105
<p>注：本表中的次级产品产量基于丙烯原料中的丙烯腈产量。如果使用除丙烯之外的原料，则不采用本表中的因子。为了将第二层级方法质量平衡方法应用到丙烯之外其它原料的丙烯腈生产中，需要开发特定过程因子。</p> <p>来源：欧洲 IPPC 局，2005（IPPC LVOC BAT 文档，第 11.3.4 节，第 27 页）。</p>	

2.3.4.6 碳黑

可从初级原料（例如碳黑原料）和次级原料（例如天然气）消耗量和产品（碳黑）产量活动水平数据中，计算碳黑生产中的 CO₂ 排放。

2.3.5 润滑剂使用（2D1）

估算排放需要有关润滑剂非能源使用的数据，以及用能源单位（TJ）表示的活动数据。中国所用非能源产品的基本数据可以从生产、进口和出口数据中获得，中国能源统计资料可分为能源/非能源使用数据。

2.3.6 固体石蜡使用（2D2）

估算排放需要有关固体石蜡使用的数据，以及用能源单位（TJ）表示的活动数据。中国所用非能源产品的基本数据可以从生产、进口和出口数据中获得，中国能源统计资料可分为能源/非能源使用。

2.3.7 溶剂使用（2D3）

应单独应用于每种化学物质，根据对可获得数据的分类，可适宜按子应用评估每个化学物质的净消耗。活动水平数据应优先从溶剂供应商或相关用户处直接收集。

2.3.8 沥青使用 (2D4)

估算排放需要有关氧化沥青产量的数据，可以通过生产记录或台账记录获取。

2.3.9 半导体使用 (2E1)

半导体的活动数据包含：气体销售和使用的数据，或处理的电子基质年数量的数据。清单编制者将需要确定给定年份内处理的电子基质的总表面积。使用适当版本的世界生产工业观察家 (WFW) 数据库 (由国际半导体与材料协会 (SEMI) 每季度出版)，可以估算半导体消耗量。此数据库包含了全世界的企业清单 (生产和研发企业、试验工场等)，列出了有关地理位置、设计能力、规模大小和更多详细信息。

2.3.10 薄膜晶体管平板显示器 (TFT-FPD) 使用 (2E2)

TFT-FPD 的活动数据包含：气体销售和使用的数据，或处理的电子基质年数量的数据。清单编制者将需要确定给定年份内处理的电子基质的总表面积。使用适当版本的世界生产工业观察家 (WFW) 数据库 (由国际半导体与材料协会 (SEMI) 每季度出版)，可以估算 TFT-FPD 制造的玻璃消耗量估算值。

2.3.11 光电流 (PV 电池) 使用 (2E3)

PV 电池的活动数据包含：气体销售和使用的数据，或处理的电子基质年数量的数据。清单编制者将需要确定给定年份内处理的电子基质的总表面积。如果在 PV 电池制造期间估算排放，则应考虑实际采用 FC 的工业比例。调查表明，实际上有 40-50% 的 PV 生产使用 FC，使用趋势可能会增加， C_{PV} 的推荐缺省值为 0.5。

2.3.12.热传导液体使用 (2E4)

热传导液体的活动数据，基于期间国内所有半导体生产设施的平均产能使用率和国内半导体生产设施的设计能力。

2.3.13 军事雷达使用 (2G2a)

估算排放需要统计军方每年侦察机使用数量，从军机统计部门获得。

2.3.14.大学和科研单位粒子加速器的使用（2G2b1）

估算排放需要计算大学和科研单位的粒子加速器的数量，来自国家级的统计数据。

2.3.15 工业和医学粒子粒子加速器的使用（2G2b2）

估算排放需要计算工业和医疗粒子加速器的数量，来自国家级的统计数据。

2.3.16 隔热使用（2G2c1）

估算排放需要计算特定隔热气体（SF₆和某些 PFC）的销售量，来自国家级的统计数据。

2.3.17 隔音玻璃的组装、使用、处置（2G2c2）

估算排放需要计算组装的充填窗户时 SF₆ 购买量、现有窗户的容量、寿命结束时窗户中的剩余量，来自国家级的统计数据。

2.3.18 N₂O 产品使用（2G3）

N₂O 产品使用主要应用于医疗，以及食品工业。对于医疗应用，N₂O 使用数量可以从各个医院的药剂部门获得，通常这些部门会记录每年购买的氧化亚氮钢瓶数和容量。对于食品工业应用，N₂O 使用数量可以从 N₂O 产品的制造商和分销商获得。

2.3.19 碳酸钠的其它使用（2H）

收集碳酸钠总消耗量，数据来自纯碱总量有关的国家级或工厂级数据。

2.4 采用《2006 年 IPCC 清单指南》面临的困难和挑战

工业生产过程和产品使用部门的温室气体清单编制涉及工业行业众多，特别是在基于《2006 年 IPCC 清单指南》的基础上，新增排放源的情况下，使数据获取面临一定的困难和挑战。

2.4.1 统计口径并不兼容

《2006 年 IPCC 清单指南》工业生产过程部门的工业行业分类与我国《国民经济行业分类》存在一定的差异，例如指南所指的化学工业还包括了我国国民经济分类中另外一个行业类别——石化行业，统计口径并不兼容，增加了数据获取的复杂性。

2.4.2 基础统计数据尚存不足

新增的一些排放源并非是我国工业生产过程温室气体排放的关键类别，可能存在国家统计数据 and 行业协会数据的缺失，通过抽样调查的方式获取数据，提升了清单的不确定性。

2.4.3 部分数据较为敏感

新增排放源涉及到含氟气体的核算和报告，HFC 和 PFC 数据敏感性，导致了数据公开问题。

2.4.4 回算工作量大

为了确保排放清单数据序列的一致性和可靠性，可能要对以往清单中未涉及的新增排放源进行排放数据回算，根据目前的工作经验，回算需要的历史数据大都缺失，极大地增加了清单编写工作量。

3. 种植业和畜禽养殖业

3.1 《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》排放源比较

3.1.1 种植业温室气体排放源变化

《1996 年 IPCC 清单指南》中，种植业排放源包括：1) 水稻种植 CH₄ 排放；2) 由于化肥施用、秸秆还田、动物粪便排泄、有机土壤耕种造成的农业土壤直接间接 N₂O 排放；3) 化肥施用和动物粪便的氨挥发、径流和淋溶造成的 N₂O 间接排放；4) 作物秸秆田间燃烧造成的 CH₄ 和 N₂O 排放；5) 酸性土壤施用石灰 CO₂ 排放。

《2006年 IPCC 清单指南》种植业排放源包括：1) 水稻种植 CH₄ 排放；2) 由于化肥施用、秸秆还田、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄、有机土壤耕种、由于土地利用变化或者矿物土壤管理土壤有机质分解造成的农业土壤直接间接 N₂O 排放；3) 化肥、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄的氨挥发和 NO_x 排放导致的 N₂O 间接排放；化肥、秸秆还田、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄、矿质土壤土壤有机质分解中 N 的径流和淋溶造成的 N₂O 间接排放；4) 作物秸秆田间燃烧造成的 CH₄ 和 N₂O 排放；5) 酸性土壤施用石灰 CO₂ 排放。《2006年 IPCC 清单指南》中将粪便管理过程中的 N₂O 直接和间接排放部分在粪便管理部分核算和报告；《2006年 IPCC 清单指南》还增加一个新的排放源，施用尿素造成的农业土壤 CO₂ 排放。

《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
1) 水稻种植 CH ₄ 排放； 2) 由于化肥施用、秸秆还田、动物粪便排泄、有机土壤耕种造成的农业土壤直接间接 N ₂ O 排放； 3) 化肥施用和动物粪便的氨挥发、径流和淋溶造成的 N ₂ O 间接排放； 4) 作物秸秆田间燃烧造成的 CH ₄ 和 N ₂ O 排放； 5) 酸性土壤施用石灰 CO ₂ 排放。	1) 水稻种植 CH ₄ 排放； 2) 由于化肥施用、秸秆还田、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄、有机土壤耕种、由于土地利用变化或者矿物土壤管理土壤有机质分解造成的农业土壤直接间接 N ₂ O 排放； 3) 化肥、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄的氨挥发和 NO _x 排放导致的 N ₂ O 间接排放；化肥、秸秆还田、粪肥施用、放牧过程中粪便排泄、矿质土壤土壤有机质分解中 N 的径流和淋溶造成的 N ₂ O 间接排放； 4) 作物秸秆田间燃烧造成的 CH ₄ 和 N ₂ O 排放； 5) 酸性土壤施用石灰 CO ₂ 排放。
	新增：施用尿素造成的农业土壤 CO ₂ 排

	放。
--	----

3.1.2 养殖业温室气体排放源变化

《1996年 IPCC 清单指南》中，畜禽养殖业排放源包括：1) 动物肠道发酵甲烷排放；2) 粪便管理过程中的甲烷排放；3) 粪便管理过程中氧化亚氮直接排放。除了《1996年 IPCC 清单指南》列出的3个排放源外，《2006年 IPCC 清单指南》新增了粪便管理氧化亚氮间接排放，包括粪便管理过程氨气和氮氧化物挥发导致的氧化亚氮间接排放，淋溶和径流氮流失导致的氧化亚氮间接排放。新增的2种排放源的计算公式如下：

$$(1) N_{volatilization,MM} = \sum_S \left[\sum_{T,P} \left[\left(\left((N_{(T,P)} \cdot Nex_{(T,P)}) \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \cdot \left(\frac{FracGasMS_{(T,S)}}{100} \right) \right) \right] \right]$$

$$(2) N_{leach,MM} = \sum_S \left[\sum_{T,P} \left[\left(\left((N_{(T,P)} \cdot Nex_{(T,P)}) \cdot \frac{MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \cdot \left(\frac{FracLeach,MS_{(T,P,S)}}{100} \right) \right) \right] \right]$$

上述两种排放源计算，在原有参数的基础上，需要新增的参数是不同粪便管理方式下的含氮气体挥发系数和淋溶径流损失系数；针对畜禽粪便管理，国内目前还缺乏对应的排放系数研究。

3.2 采用《2006年 IPCC 清单指南》需新增/更改的排放部门

3.2.1 种植业

《2006年 IPCC 清单指南》与《1996年 IPCC 清单指南》相比，清单编制方法有了很大的改进，在计算方法、关键参数计算公式和参数取值、缺省排放因子等方面进行了修订和补充。

3.2.1.1 水稻种植：

《2006年 IPCC 清单指南》中，水稻种植分类不仅考虑了水稻生长期内的水分管理情况，还考虑了水稻种植前水分管理情况，也考虑了有机肥类型与施用量对稻田甲

烷排放的影响。

3.2.1.2 农田氧化亚氮排放

《2006年IPCC清单指南》与《1996年IPCC清单指南》差别较大，主要体现在一下几个方面：

A) 《1996年IPCC清单指南》中，化肥使用的 N_2O 直接排放计算对化肥的施用量进行校正，扣除了氨气和 NO_x 排放部分；《2006年IPCC清单指南》中没有扣除氨气和 NO_x 排放；

B) 《1996年IPCC清单指南》中，没有将农田粪肥的 N_2O 直接排放和粪便管理过程中的 N_2O 直接排放分开计算，并且排放因子均采用1%；而《2006年IPCC清单指南》将粪肥、粪便管理过程和放牧过程中的 N_2O 直接排放分别计算，粪肥和放牧过程中的 N_2O 直接排放在农业土壤 N_2O 排放部分报告，粪便管理过程中的 N_2O 直接排放在粪便管理过程中报告，不同的粪便管理方式 N_2O 直接排放因子不同；

C) 与《1996年IPCC清单指南》相比，《2006年IPCC清单指南》细化了 N_2O 直接排放因子；

D) 《1996年IPCC清单指南》中 NH_3 和 NO_x 挥发量计算包括了动物所有粪便的 NH_3 和 NO_x 挥发量；而《2006年IPCC清单指南》中，农业土壤 N_2O 间接排放部分，涉及动物粪便只考虑粪肥和放牧过程中排泄粪便的 NH_3 和 NO_x 挥发量，粪便管理过程中的 NH_3 和 NO_x 挥发量在粪便管理部分核算和报告；

E) 在计算径流和淋溶间接排放时，《1996年IPCC清单指南》考虑了化肥和动物所有粪便的径流和淋溶量；《2006年IPCC清单指南》包括了化肥、粪肥、放牧过程中排泄的粪便、秸秆还田、矿质土壤有机质矿化的N的径流和淋溶量，粪便管理过程中的N的径流和淋溶在粪便管理部分核算和报告；

3.2.1.3 农作物秸秆田间燃烧甲烷和 N_2O 排放

《1996年IPCC清单指南》和《2006年IPCC清单指南》的农作物秸秆田间燃烧甲烷和 N_2O 排放计算方法有些差异。《1996年IPCC清单指南》是根据依据作物总产、谷

草比、干物质含量、燃烧比例、氧化率和排放因子计算排放量；《2006年 IPCC 清单指南》的计算公式为是根据燃烧面积、单位面积可燃烧的生物量、燃烧比例和排放因子计算排放量；

3.2.1.4 土壤施用石灰 CO₂ 排放。

《1996年 IPCC 清单指南》将土壤施用石灰 CO₂ 排放放在土地利用变化与林业（LUCF）部分，《2006年 IPCC 清单指南》将这部分排放放到农业清单中。

3.2.1.5 尿素施用造成的 CO₂ 排放

尿素施用造成的 CO₂ 排放为《2006年 IPCC 清单指南》新增的排放源，核算第一层级方法般采用第一层级方法。

《2006年 IPCC 清单指南》与《1996年 IPCC 清单指南》相比见表 3-1。

表 3-1 《1996年 IPCC 清单指南》和《2006年 IPCC 清单指南》核算方法比较

排放源	比较内容	《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
水稻种植 甲烷排放	排放因子计算方法	第一层级方法将稻田分为旱地稻田、灌溉稻田、雨养稻田类别， 不考虑水稻种植前水分管理和有机肥施用	第一层级方法将稻田分为旱地稻田、灌溉稻田、雨养稻田类别 考虑水稻种植前水分管理、有机肥类型和施用量 第二层级方法 采用与第一层级方法相同的计算公式，但采用国家具体参数值
	活动水平	不同稻田类别的种植面积	不同稻田类别、种植前水分管理和施用有机肥的水稻种植面积
农田 N ₂ O 直接排放	活动水平	1) 化肥和粪肥中的氮减去氨挥发和 NO _x 排放量； 2) 秸秆还田量及氮含量；	1) 化肥和粪肥中的氮； 2) 秸秆还田量及氮的含量； 3) 矿质土壤有机质损失量；

		3) 有机土壤耕种面积; 4) 放牧过程中粪便排泄量	4) 有机土壤耕种面积; 5) 放牧过程中粪便排泄量。
	排放因子	0.01	1) 区分稻田和旱地农田 N ₂ O 排放因子; 2) 细化了不同动物放牧过程中的排放因子; 3) 细化了不同气候区的有机土壤耕种 N ₂ O 排放因子
农田 N ₂ O 间接排放	活动水平	氮沉降部分: 1) 化肥的 NH ₃ 和 NO _x 挥发量 2) 动物粪便 NH ₃ 和 NO _x 挥发量 径流和淋溶间接排放: 1) 化肥中 N 的径流和淋溶量 2) 粪便中 N 的径流和淋溶量	氮沉降部分: 1) 化肥的 NH ₃ 和 NO _x 挥发量 2) 粪肥的 NH ₃ 和 NO _x 挥发量 3) 放牧过程中排泄的粪便 NH ₃ 和 NO _x 挥发量 氮的径流和淋溶: 1) 化肥中 N 的径流和淋溶量 2) 粪肥中 N 的径流和淋溶量 3) 放牧过程中排泄的粪便中 N 的径流和淋溶量 4) 秸秆还田中 N 的径流和淋溶量 5) 矿质土壤有机质矿化中 N 的径流和淋溶量
	排放因子	径流和淋溶的默认排放因子 =0.025-	径流和淋溶的默认排放因子 =0.0075-
农作物秸秆田间燃烧甲烷和 N ₂ O 排放计	活动水平	根据作物总产、谷草比、干物质含量、燃烧比例、氧化率计算燃烧碳的量	第一层级方法根据燃烧面积、单位面积可燃的生物量、燃烧比例计算排放量; 第二层级方法收集秸秆用做燃

算			料、饲料、田间燃烧的比例
	排放因子	IPCC 推荐的默认值	IPCC 推荐的默认值
施用石灰 CO ₂ 排放	核算方法	第一层级方法	第一层级方法
尿素施用 CO ₂ 排放	核算方法	第一层级方法	第一层级方法

3.2.2 畜禽养殖业

在排放源方面,《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》一致,包括动物肠道发酵甲烷排放、动物粪便管理甲烷和氧化亚氮排放。但《2006 年 IPCC 清单指南》在《1996 年 IPCC 清单指南》方面进一步细化了计算过程,补充了部分关键排放源的计算方法等,重点在计算方法、关键参数计算公式和参数取值、缺省排放因子、粪便管理方式类型、不同温度区间下粪便管理甲烷转化因子、粪便管理氧化亚氮间接排放等方面进行了完善,两次指南的主要内容比较情况详见表 3-2。

表 3-2 《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》主要内容比较表

排放源	比较内容	《1996 年 IPCC 清单指南》	《2006 年 IPCC 清单指南》
肠道发酵甲烷排放	计算方法	第一层级方法, 第二层级方法	第一层级方法, 第二层级方法, 第三层级方法
	总能计算方法	牛的总能计算方法	牛和绵羊的总能计算方法 增加羊的产毛量, 成熟动物 体重等调查数据
	总能简化计算方法	无	基于干物质摄入量的计算方法
粪便管理甲烷排放	计算方法	第一层级方法, 第二层级方法	第一层级方法, 第二层级方法, 第三层级方法

	挥发性固体计算	不包括尿能	包括尿能部分
	甲烷修正因子 (比例)	分成寒冷、温和、炎热三个温度区域	分成寒冷、温和、炎热三个温度区域的基础上，提供了同一个温度区域不同温度下的甲烷修正因子(比例)值
	缺省排放因子	分成寒冷、温和、炎热三个温度区域	分成寒冷、温和、炎热三个温度区域的基础上，牛和猪等主要粪便管理甲烷排放的排放源还给出了提供了同一个温度区域不同温度下的排放因子
	粪便管理方式	9种	13种，增加了奶牛和生猪垫料养殖、好氧堆肥(4种方式)、鸡粪垫料、好氧处理等
粪便管理氧化亚氮排放	计算方法	第一层级方法	第一层级方法，第二层级方法，第三层级方法
	直接排放	包括	包括
	间接排放	与农业土壤 N ₂ O 排放合并	包括氨挥发和淋溶径流造成的间接排放
	粪便管理方式	7种(厌氧氧化塘、液体系统、每日施肥、固体贮存或干化场、放牧、燃料、其它)	13种，与粪便管理甲烷排放的粪便管理方式一致

3.3 需要新收集的数据及可能的数据来源

3.3.1 种植业

1) 与使用《1996年 IPCC 清单指南》相比，估算种植业温室气体排放需要新增如下参数的收集：

a) Meta 分析：稻田甲烷和 N₂O 排放因子、旱地农田 N₂O 排放因子；

b) 农户、文献或其他调研：不同水管理条件下稻田在移栽前水管理、有机物还田量和有机物类型、农田粪肥施用量、秸秆还田的作物类型、还田比例、单位面积可燃烧的生物量、燃烧比例、土壤施用石灰的种类和施用量、农田尿素施用量、化肥、粪肥和放牧过程中排泄的 N 的 NH₃ 和 NO_x 挥发量比例、化肥、粪肥、放牧过程中排泄的粪便、秸秆还田、矿质土壤有机质矿化的 N 的径流和淋溶比例等。

c) 通过计算：放牧过程中的氮的排泄量由放牧的动物数量、放牧时段和每天放牧时间和动物排泄的氮量计算获得，并于粪便管理部分的数据保持一致；矿质土壤有机质损失的氮量由土壤有机质变化数据计算获得，土壤有机质变化数据与 LULUCF 农业土壤有机碳储量变化的数据保持一致；

d) 统计年鉴：不同气候区有机土壤耕种面积；

e) 卫星数据：不同作物类型秸秆田间燃烧的面积。

3.3.2 畜禽养殖业

1) 需要新收集的数据

a) 羊的生产性能参数，包括羊的体重、日增重、产羔数、一岁体重、产毛量、产奶量等；

b) 分畜种、分养殖方式、分饲养阶段的采食量和干物质摄入量参数；

c) 细化的分畜种、分养殖方式、分区域的粪便管理方式类型和占比情况；

d) 细化的分省年平均气温数据等；

e) 分区域（或分省）、分畜种、分饲养阶段的动物粪便氮排泄参数。

f) 分区域（或分省）、分畜种的粪便管理含氮气体挥发和淋溶径流流失系数。

2) 可能的数据来源

a) ~c) 中提及的数据需要通过典型调查获得，d) 中的数据可通过国家统计年鉴获取各省省会城市的年平均气温，(e) 和 (f) 中提及的各种典型动物的粪便氮排泄量数据、两类流失系数需要通过典型监测获取。

3.4 采用《2006年 IPCC 清单指南》面临的困难和挑战

采用《2006年 IPCC 清单指南》，农业的温室气体排放量计算结果将更为准确，排放清单的不确定性应该得到进一步的降低，但采用《2006年 IPCC 清单指南》面临如下困难和挑战。

3.4.1 排放源分类更加细化

与《1996年 IPCC 清单指南》相比，由于排放源分类更加细化，直接从统计年鉴获得活动水平数据的可能性降低，必须通过各种调研获取活动水平数据，是实施《巴黎协定》、增加温室气体排放清单报告频率面临的最主要的困难和挑战。

3.4.2 新增或更改排放源研究不够深入

由于排放源分类更加细化，需要提供每一子排放源的排放因子，在目前中国水平下，确定子排放源的排放因子，如有机土壤耕种 N_2O 排放因子、放牧过程中 N_2O 排放因子、 N_2O 间接排放因子、秸秆田间燃烧的甲烷和氧化亚氮排放因子、农田施用石灰和尿素的 CO_2 排放因子存在研究不足，建议采用 IPCC 的默认排放因子。此外，国内尚缺乏主要动物生产性能参数、粪便挥发性固体排泄量、粪便氮排泄量、不同粪便管理方式的 N_2O 和甲烷排放因子等研究结果，需要增加提供支持开展典型特性参数的实验验证和测定。《2006年 IPCC 清单指南》对于大多数从事清单编制的学者来说还比较生疏，是中国采用新指南的另一挑战，需要加强方法学、数据调研和与数据分析等方面的培训和能力建设，确保更新方法后的农业温室清单编制过程顺利开展。

4. 土地利用、土地利用变化和林业

4.1 《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》的比较

4.1.1 指南逻辑框架的变化

土地利用变化与林业领域的清单编制方法具有独特的特点，有很多过程会导致温室气体的排放和清除，空间上分布广泛，时间上变化也很大。而影响 LUCF 领域温室气体排放和清除的因素，既可以是自然因素，也包括直接和间接人为因素，并且事实上很难予以区分。意识到上述复杂性，IPCC 试图提出既具备实际性、又考虑可操作性的清单方法，方便评估和报告人为温室气体排放与清除的国家清单。

为了提高清单估算和清单报告的一致性与完整性，《2006 年 IPCC 清单指南》的第 4 卷“农业、林业和其它土地利用（AFOLU）”整合了《1996 年 IPCC 清单指南》中第 4 章“农业”和第 5 章“土地利用变化与林业（LUCF）”的内容。这种整合是考虑到造成温室气体排放和清除的各种过程以及各个陆地碳库，可以发生在所有类型的土地上，而土地利用的变化也有可能涉及到所有的土地利用类型。

4.1.1.1 《1996 年 IPCC 清单指南》的主要框架

《1996 年 IPCC 清单指南》关于土地利用变化与林业（LUCF）的清单方法，主要考虑导致 CO₂ 排放和清除的最重要的土地利用与管理变化（图 4-1），包括 4 个大类：

森林和其它木质生物质碳储量变化（5A）。考虑人为活动对于森林和木产品的影响，包括：商业性管理，工业圆木（原木）和薪柴采伐，木产品的生产与使用，人工林营建，以及在城市、乡村和其它非森林区域的植树。

森林和草地转化（5B）。森林和草地转化为牧场、耕地和其它被经营的土地利用类型，例如毁林，会显著降低生物质和土壤中的碳储存。

被经营土地（耕地、牧场、人工林和其它被经营的土地）的撂荒（5C）。尤其是当条件近似于天然草地和森林时，撂荒的土地上生物质和土壤碳通常会随时间推移增加。

土壤的 CO₂ 排放与清除（5D）。管理方式的改变会影响土壤 CO₂ 排放和清除，尤

其是通过采取保护性措施或增加作物和饲料产量时。

此外，《1996年IPCC清单指南》还简要概述了其它可能的类别及其方法学，如：地下生物量、自然干扰（包括火灾）、轮作、湿地淹水和排干。方法学还涉及林地清理过程中生物质露天燃烧引起的非CO₂痕量温室气体（CH₄、CO、N₂O、NO_x）的排放（5E）。

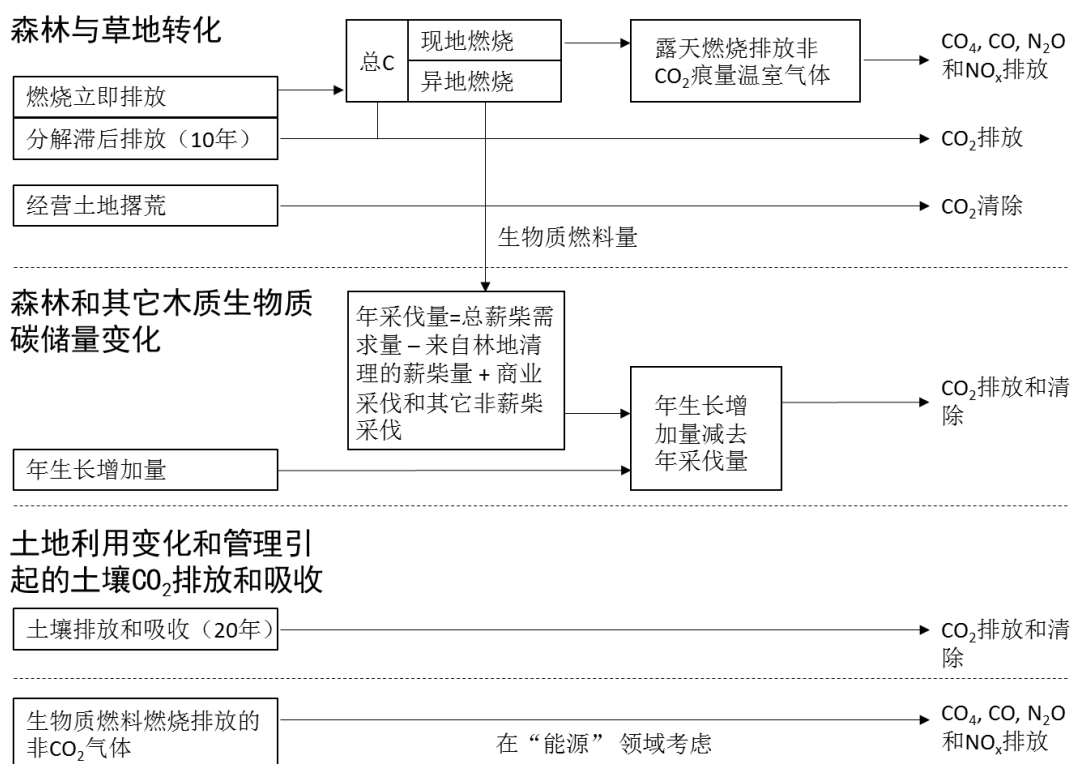


图 4-1 《1996年IPCC清单指南》LUCF清单逻辑框架 (IPCC, 1997)

《1996年IPCC清单指南》的分类方式比较混乱。一部分是基于碳库变化（5A和5D），一部分是基于土地利用变化（5B和5C）。指南仅提供了排放和清除的缺省估算方法，但没有根据国家能力和数据情况给出不同备选方案，缺乏灵活性。土地利用变化的内容也不完整，例如缺少通过造林活动将土地转化为林地的计量，也缺少林地、农地、草地、湿地等不同土地类型之间相互转化引起的温室气体排放/清除。

4.1.1.2 《2006年IPCC清单指南》框架的变化

相较于《1996年IPCC清单指南》（仅就LUCF部分而言），《2006年IPCC清单指南》中的主要变化涵盖了《国家温室气体清单优良做法指南和不确定性管理

《GPG2000》和《土地利用、土地利用变化与林业优良做法指南（GPG-LULUCF）》对于《1996年IPCC清单指南》的详细阐述。包括：

引入了GPG-LULUCF中使用的6种土地利用类别的划分方式，即：林地、农地、草地、湿地、居住用地和其它土地，涵盖了一个国家所有被管理的土地。这些土地类别被进一步细分为：“保持土地利用类型不变的土地”和“转化为另一种土地利用类别的土地”。所有土地的定义和分类必须具体到国家一级，以透明的方式描述，且长时间保持一致。

仅报告“被管理的土地”上所有人为温室气体的源排放和汇清除，而“未被管理的土地”上的排放和清除不需要报告。被管理的土地，是指通过人类干预和做法实现生产、生态或社会功能的土地。

报告被管理的土地上所有的排放和清除，附加了报告要素。

提出了适用于所有土地利用类型的通用方法。包括计量生物量、死有机质和土壤碳库变化的通用方法，以及估算生物质燃烧产生的温室气体排放的通用方法。

加入了被管理土壤及生物质燃烧引起非CO₂排放的方法。

引入了三级分层法，从缺省参数和简单公式，到根据国情采用国家特有参数与模型。

为评估和报告“采伐的木产品”中的碳储量变化提供了可选择的方法。

针对土地利用类别、C库、CO₂和非CO₂排放等提出了关键类别分析法。

在计算碳储量变化时遵循质量平衡原则。

强调土地面积划分的一致性，以选择恰当的排放和储量变化因子以及活动水平数据。

改进了排放和储量变化因子缺省值，建立了排放因子数据库（EFDB）并作为2006指南的补充工具，提供了可供选择的排放因子。

合并了水淹地CO₂排放的评估方法和附录3中的CH₄排放评估方法。

在《2006年IPCC清单指南》中，农业、林业和其它土地利用（AFOLU）部门的清单编制，分别在6种土地利用类型内每一种土地利用类型的CO₂和非CO₂温室气体

排放/清除进行估算（图 4-2，3B）。其它 CO₂ 和非 CO₂ 温室气体排放/清除，如与牲畜相关的排放（3A）、N 管理和施用石灰等引起的排放、以及采伐的木产品碳储量变化（3C）等，由于通常只能获得国家层面的总数，可以在国家层次进行估算。图 4-2 描述了《2006 年 IPCC 清单指南》中土地部门清单编制的框架，以及与《1996 年 IPCC 清单指南》间的联系。

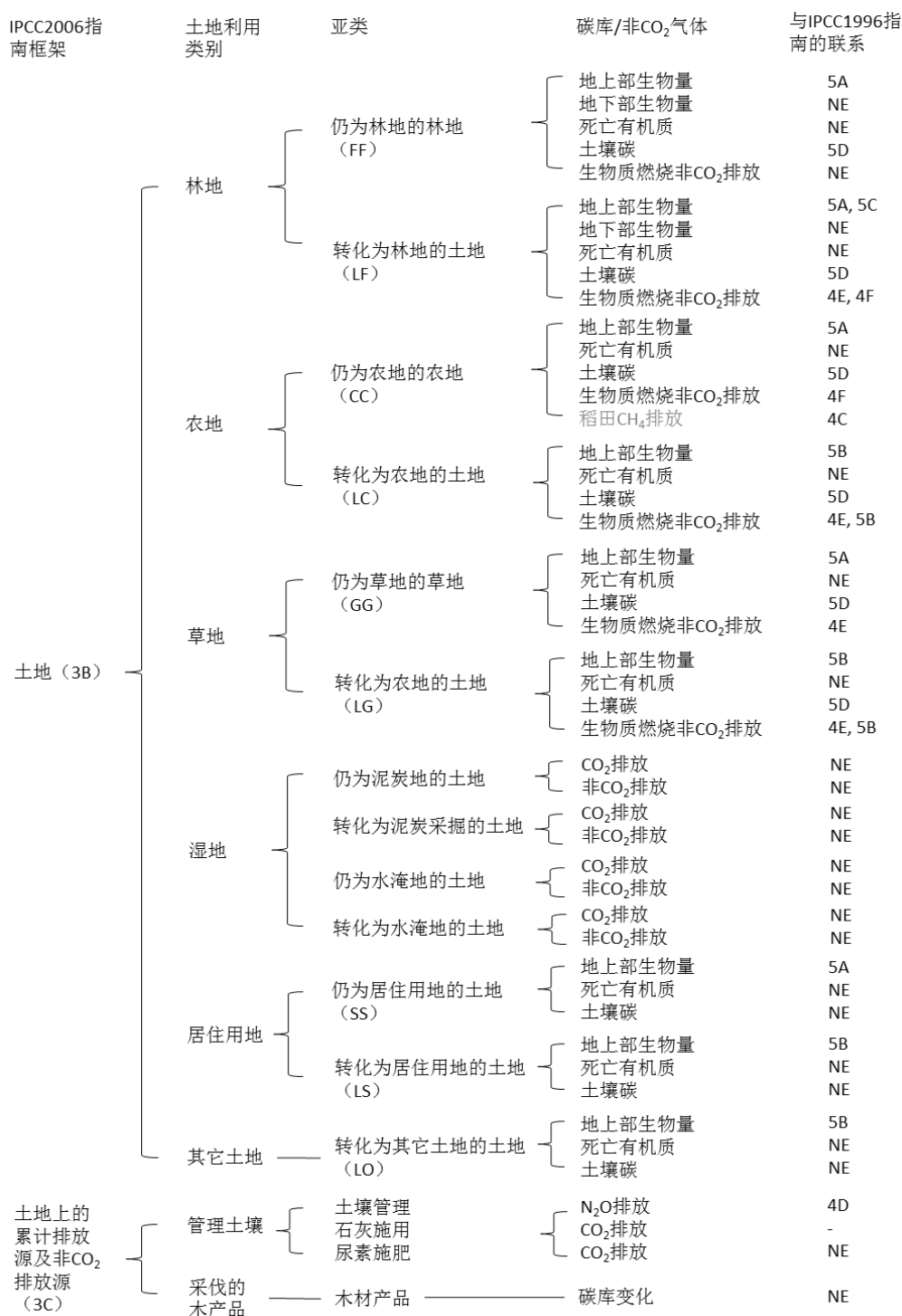


图 4-2 《2006 年 IPCC 清单指南》框架及与《1996 年 IPCC 清单指南》的联系

注：1. 4A~4F 对应《1996 年 IPCC 清单指南》第 4 章农业；

2. 5A~5E 对应《1996 年 IPCC 清单指南》中的土地利用变化与林业；

3. NE 表示在《1996 年 IPCC 清单指南》中没有包括

4.1.2 土地利用类型的划分

《2006 年 IPCC 清单指南》作出的最重大的改进之一，就是将土地划分为 6 种土地利用类型（表 4-1），构成了估算和报告土地利用与土地利用变化中温室气体排放/清除的基础。这种划分方式涵盖的范围广泛，足以对大多数国家的所有土地面积进行分类，并包容不同国家土地利用分类方式的差异。在数据可获得的条件下，可以按气候、土壤和其它环境因素进一步细分土地利用亚类型，这对于估算温室气体排放/清除十分重要。不同国家对于这些土地类型可以采用本国的定义和描述，但需要长期保持一致。

表 4-1 《2006 年 IPCC 清单指南》对土地利用类型的定义与描述

土地类型	定义与描述
林地 Forest Land	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。
农地 Cropland	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。
草地 Grassland	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。
湿地 Wetland	该类土地包括用于泥炭开采的土地、全年或一年中部分时间处于淹水或水分饱和状态（如泥炭）的土地，且不属于“林地”、“农地”、“草地”以及“居住用地”的类别。其包括属于“被管理亚类”的水库，以及属于“非管理亚类”的自然河流与湖泊。
居住用地 Settlement	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。
其它土地 Other Lands	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。

表 4-2 《2006 年 IPCC 清单指南》对土地利用和土地利用变化的描述

缩写	土地利用变化类型	缩写	土地利用变化类型
FF	= 仍为林地的林地	LF	= 转化为林地的土地
GG	= 仍为草地的草地	LG	= 转化为草地的土地
CC	= 仍为农地的农地	LC	= 转化为农地的土地
WW	= 仍为湿地的湿地	LW	= 转化为湿地的土地
SS	= 仍为居住用地的居住用地	LS	= 转化为居住用地的土地
OO	= 仍为其它土地的土地	LO	= 转化为其它土地的土地

每一种土地利用类型，又进一步细分为：“保持土地利用类型不变的土地”和“转化为另一种土地利用类别的土地”（表 4-2），评估每一种特定土地上的温室气体排放量和清除量，包括：生物量、死有机质、土壤 CO₂ 排放（碳储量变化）以及燃烧产生的非 CO₂ 排放。

4.1.3 方法学层级

《1996 年 IPCC 清单指南》针对每一种土地利用和管理活动仅提供了一种缺省的计算方法，其适用性和准确性在实际应用中存在很大的不足。《2006 年 IPCC 清单指南》针对不同国别的能力与数据情况，提出了由简单到复杂的三级分层法，从而可以根据本国的活动水平和排放/清除因子或参数的可获得性，选择合适的方法，因此更加灵活。

第一层级：最为简单的方法。采用指南提供的方程和缺省参数，以及国家特有的活动水平数据。也可以使用全球适用的活动数据统计值或估计值，数据通常都在空间

上比较粗略。

第二层级：采用与第一层级方法相同的方法，但活动水平数据具有较高的时间/空间分辨率，土地利用分类也更细。同时，最重要的土地利用及排放和碳库变化因子是来自于本国或地区特有的数据，最适合于本国的气候区域、土地利用系统。

第三层级：采用更高层级的方法，可以随时间重复，包括模型和专门的反映国情的清查监测系统，活动水平数据具有更高的分辨率，并且在国家尺度以下进一步细分。相比于低层级的方法，高层级方法可以提高估算精度。这类系统可以包括具有一定间隔期的系统的连续野外监测，基于 GIS 的年龄、分类和产量数据、土壤数据、土地利用和管理活动数据，以及多种类型监测的整合，至少从统计上可以追踪到发生土地利用变化的地块随时间的变化。

具有高质量详细数据的国家可以选择较高层次的方法，从而降低清单结果的不确定性。而对于数据质量不高甚至缺少数据的国家，也可以根据国际上的统计数据甚至估计的活动水平数据，采用指南推荐的缺省排放/清除因子或参数，来编制本国的温室气体清单。

4.1.4 适用于所有土地利用类型的通用方法

《2006 年 IPCC 清单指南》中，土地部门的温室气体排放和清除的估算方法大致可以分为两大类：（1）对于任何一种土地利用类型，可以采用相同的方法；（2）仅适用于一种土地类型或没有指明具体土地利用类型的国家层面总计数据。其中第（1）类方法提供了针对生态系统碳库变化以及火烧引起的非 CO₂ 排放的通用估算方法，可以应用于 6 中土地利用类型中的任意一种。通用方法内容包括：

在特定土地利用类型上应用通用方法的总体框架；

方法选择，包括采用第一层级方法估算碳储量变化和非 CO₂ 排放所用到的公式和缺省值；

采用更高层级方法的通用指南；

IPCC 排放因子数据库（EFDB）的应用；

不确定性评估。

在通用方法描述的基础上，《2006年 IPCC 清单指南》又分章节详细叙述了各种特定土地利用与土地利用变化类型所采用的方法，包括排放因子数据的选择、活动水平数据的整理以及不确定性评估。

4.1.4.1 生态系统碳库与碳储量变化

《1996年 IPCC 清单指南》只考虑了生物质（地上/地下生物量）和土壤碳库的变化。《2006年 IPCC 清单指南》则基于“土地利用类型保持不变”和“转化为另一种土地利用类型”时生态系统的碳库和碳转移（图 4-3），分别估算来自生物量、死亡有机质（凋落物和枯死木）和土壤碳库的变化，以及相关的 CO₂ 排放量和清除量。

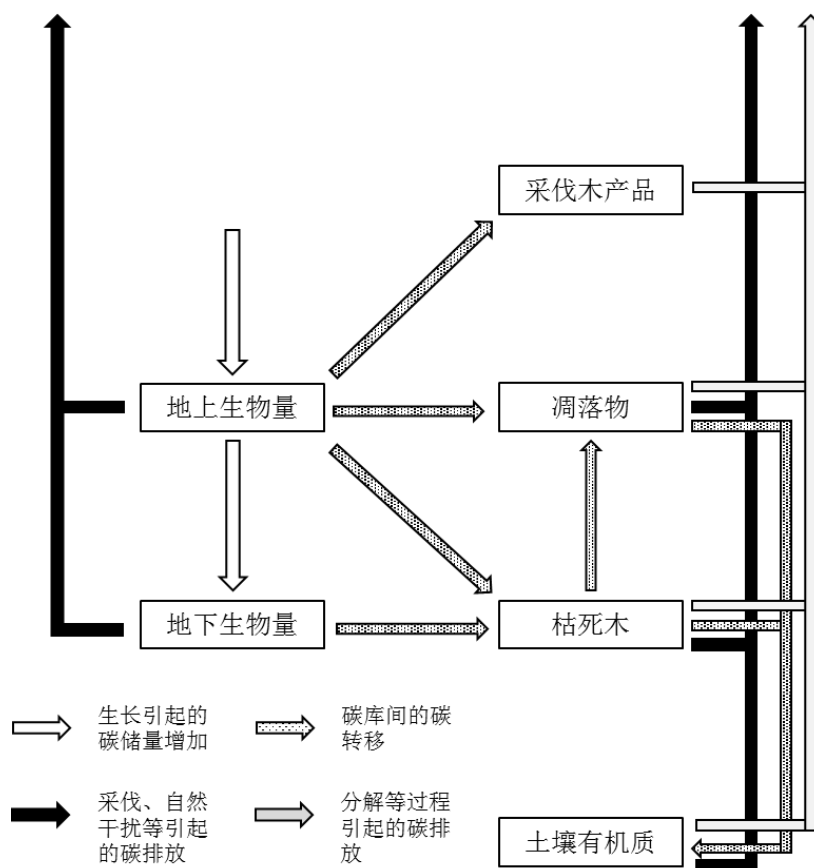


图 4-3 陆地 AFOLU 生态系统碳循环示意图 (IPCC, 2007)

通用方法涵盖了所有的土地利用类型及其亚类或层（如气候带、生态区、土壤类型、管理制度等）和所有的碳库，包括系统的输入和输出，以及碳库间所有可能的碳转移。并且，将土壤碳库的变化分为矿质土壤碳储量变化和有机土壤碳排放，采伐的木产品则列为一种额外的碳库。

《2006 年 IPCC 清单指南》推荐了 2 种通用方法，来估算任意一个碳库每年的变化。

“增加-损失”法。增加的碳可能源自于生长或来自另一碳库的碳转移，通常用 (+) 标注；损失的碳则可能是由于碳转移至其它碳库，或因腐烂、采伐或燃烧造成排放，通常用 (-) 标记。

“库差别”法。作为一种替代的方法，针对一个碳库分别测定 2 个时间点的储量，从而估算这段时间内的碳库变化。

4.1.4.2 火烧引起的非 CO₂ 排放

火烧引起的排放不仅包括 CO₂，还包括其它一些温室气体或其前体，如 CO、CH₄、非甲烷挥发性有机物 (NMVOC)、N₂O 和 NO_x 等。在《1996 年 IPCC 清单指南》中，稀树草原火烧和作物残体火烧引起的非 CO₂ 排放，和林地与草地转化引起的温室气体排放一起进行了论述，但没有包括林地中的火烧。且由于植被类型的差别，估算方法也应有所不同。

《2006 年 IPCC 清单指南》提供了一种更加通用的方法，来估算火烧引起的排放，不仅考虑了生物量（尤其是地上生物量），也考虑了死亡有机质（凋落物和死木）。火烧排放不仅涉及林地，还涉及农田和草地；不仅包括 CO₂ 排放（碳库变化），也包括非 CO₂ 排放。以下几种燃烧涉及到非 CO₂ 排放：

草地燃烧，包括多年生木本灌木林地和稀树草原的燃烧；

农作物残余物的燃烧；

林地中凋落物、下层林木和采伐剩余物的燃烧；

林地皆伐和转化为农地后的燃烧；

其它类型的燃烧，如野火引起的燃烧。

4.1.4.3 第三层级方法的通用指南

《2006 年 IPCC 清单指南》内容主要基于第一和第二层级的方法，对第三层级的方法较少涉及，但提供了一个一般性的指南。第三层级方法是采用监测和/或建模的高

级系统，目的在于改进温室气体排放和清除的估计。

基于监测的第三层级方法。碳库的变化可以直接测量，从而估算碳排放或碳清除。非 CO₂ 排放也可以进行测量，但其时空变异较大，可以将监测与过程模型想结合来进行估算。基于监测（如国家森林资源清查）的清单，可以定期重复测量，不用依靠过程模型即可获得碳库变化的估计值。但对于监测地块的时间和空间范围，需要建立合适的统计模式。

基于模型的第三层级方法。通过构建经验模型、过程模型或其它高级模型，并且基于独立的监测对模型结果进行验证，对所关注的温室气体排放源或清除进行评估。

4.1.5 采伐的木产品

《1996 年 IPCC 清单指南》并未提供采伐的木产品中碳的估算方法，并假设“采伐的所有生物量碳在清除（采伐）当年被氧化”。假设的前提是：采伐的木产品库的输入量等于输出量，这意味着当年的氧化量等于采伐量。这里的氧化包括当年采伐木材的部分氧化，以及之前年份使用的采伐的木产品的部分氧化。然而采伐的木产品的输入量并不总是等于输出量，而且碳可在采伐的木产品中保留相当长的一段时间。

《2006 年 IPCC 清单指南》澄清了上述“零”报告方案，提供了缺省的第一层级方法和高层级方法，以及如何选择使用这些方法的指南。

4.1.6 排放因子数据库（EFDB）

《2006 年 IPCC 清单指南》更新和补充了大量的缺省参数或排放/清除因子，例如：生物量含碳率、地下/地上生物量比例、生物量转换与扩展系数、地上部生物量（人工林和天然林、不同生态区、不同树种和森林类型）、蓄积年增长量、基本木材密度、土壤有机碳含量、生物量燃烧消耗值和消耗比例、非 CO₂ 排放因子等等。这对于缺少参数的国家十分有用。

《2006 年 IPCC 清单指南》推荐了一种新的生物量碳估算因子，即生物量转换与扩展系数（BCEF），可以直接将蓄积量转换为地上部生物量。相比于《1996 年 IPCC 清单指南》中采用的生物量扩展因子（BEF，将树干生物量转换为地上部生物量），BCEF 值更加方便，因为其能直接应用于基于蓄积量的森林清查数据和实际记录，从而

省去了一个额外的中间因子“基本木材密度”。

4.1.7 完整性、时间序列、质量保证与质量控制（QA/QC）

完整性是温室气体清单的一项要求。《2006年 IPCC 清单指南》针对土地部门的优良做法是，必须完整包括林地在内的所有土地利用类型，核算“保持不变的陆地类型”和“转化为其它土地利用类型的土地”相关的 CO₂ 排放量和清除量，以及管理活动造成生物量燃烧所产生的排放量和清除量。同时，要报告包括采伐的木产品在内的所有碳库和非 CO₂ 排放源。计算不同碳库时所使用的土地面积应该相同。土地利用变化引起的土壤碳排放或清除包括有机土壤排放和矿质土壤碳储量变化。对于高层级的方法，还可以包括管理活动和自然干扰对于矿质土壤碳储量和有机土壤排放产生的影响。

按照《2006年 IPCC 清单指南》第一卷第 5 章的指南，土地部门的清单要制定一致的时间序列。由于活动水平数据可能每隔数年才能获得，要实现时间序列的一致性则可能需从较长的时间序列或趋势中进行内插或外推。对于核算生物量和土壤碳的土地面积要进行长期一致的核算，这需要对所有土地利用类型的活动数据按照相同的定义进行分层（按气候或土壤类型等），从而避免由于定义不一致造成的核算误差，也不会使土地面积被遗漏或者重复计算。无论采用哪一个层级的方法，理想的情况是时间序列上的每一年都采用相同的土地利用和管理活动分层方法和规则。在使用国家特有数据的情况下，在时间序列上所有的时间点都采用相同的参数和方法进行核算。不过，随着清查能力、信息与数据来源的可获得性不断提高，可能会增加新的源/汇，或采用更高层级的方法，核算方法和数据都在不断更新和完善。此时需要采用一致的方法对历史排放/清除量进行重新核算。

土地部门温室气体清单的精度、准度和偏差，取决于国家可获得的数据信息的质量与一致性、知识认识的差距、采用的方法层级和不同来源的误差（如抽样误差、遥感解译误差、模型误差等）。《2006年 IPCC 清单指南》的 QA/QC 程序指出了要对不同来源的活动水平数据和排放因子等进行核查和交叉检验，以确保数据在长期内是真实、完整和一致的。国家特有的排放因子应该是高质量的、最好是经过同行审查的实验数据。鼓励采用指南推荐的优良做法并经过同行审查，由不直接参与清单编制的专家按照指南规定的审查程序，对所用的方法和数据进行同行专家审查。

4.2 采用《2006年 IPCC 清单指南》需新增的排放源/吸收汇

《2006年 IPCC 清单指南》采用了6种土地利用类型的划分，并且对每一类土地利用类型进一步区分为“保持土地利用类型不变的土地”和“转化为另外土地利用类型的土地”，评估发生在每一类土地上所有相关的温室气体排放源和吸收汇。表4-3 简要汇总了《2006年 IPCC 清单指南》新增的温室气体排放源/吸收汇及其相关的土地利用、土地利用变化和管理活动。

表 4-3 《2006年 IPCC 清单指南》新增排放源/吸收汇及其相关的土地利用、

土地利用变化与管理活动

	《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
土地利用类型	林地 草地 农地	林地 草地 农地 湿地 居住用地 其它土地
土地利用变化	被经营土地的撂荒 森林和草地转化为农地	一直为林地的土地；转化为林地的土地 一直为草地的土地；转化为草地的土地 一直为农地的土地；转化为农地的土地 一直为湿地的土地；转化为湿地的土地 一直为居住用地的土地；转化为居住用地的土地 一直为其它土地的土地；转化为其它土地的土地
碳库	地上生物量	地上生物量

	土壤碳	地下生物量 凋落物 枯死木 土壤碳 采伐的木产品
非 CO ₂ 排放	森林和草地转化过程中地上生 物质燃烧排放	林地生物质燃烧排放 草地生物质燃烧排放 农地生物质燃烧排放 湿地管理非 CO ₂ 排放
<p>《2006 年 IPCC 清单指南》和《1996 年 IPCC 清单指南》均包括，但《2006 年 IPCC 清单指南》内容进行了补充扩展</p> <p>《2006 年 IPCC 清单指南》新增的内容</p>		

4.2.1 新增土地利用类别

《1996 年 IPCC 清单指南》并未涉及湿地及其相关的温室气体排放/清除。《2006 年 IPCC 清单指南》第 4 卷第 7 章则提供了被管理的湿地中温室气体排放的估算和报告指南（表 4-4）。这里的“湿地”包括全年或一年中不分时间被水覆盖或浸透，且不属于林地、农地、草地类别的土地。被管理的湿地仅限于地下水位经过人为改变（如排水）的湿地，或人类活动营建的湿地（如拦河筑坝）。未被管理的湿地中产生的排放不需要估算。

泥炭地。其估算方法与 GPG-LULUCF 中的相同，包括了因能源、园艺或其他用途进行泥炭开采和泥炭地排水产生的排放。

水淹地。为能源生产、灌溉、航行、休闲等进行储水或蓄水，包括所有转变为永久水淹地的土地中产生的 CO₂ 排放。不包括调节的湖泊和河流，除非其水面积显著增加。

表 4-4 《2006 年 IPCC 清单指南》中被管理的湿地所产生的主要温室气体排放的估算

土地利用类别/温室气体	泥炭地	水淹地
仍为湿地的湿地		
CO ₂	提供指南	在其它部门估算
CH ₄	可以忽略	提供指南
N ₂ O	提供指南	在其它部门估算
转化为湿地的土地		
CO ₂	提供指南	提供指南
CH ₄	可以忽略	提供指南
N ₂ O	提供指南	在其它部门估算

因为缺少合适的方法，《2006 年 IPCC 清单指南》中的“湿地”没有涵盖一些湿地类型。例如：粪肥管理塘、工业废水塘、水产养殖塘、以及已排水湿地的还湿或湿地恢复。

此外，《2006 年 IPCC 清单指南》还增加了居住用地和其它土地两种土地利用类型。发生在这两类土地利用类型上的温室气体排放/清除，采用适用于所有土地利用类型的通用方法进行估算。

4.2.2 新增碳库

《1996 年 IPCC 清单指南》仅对森林和其它木质生物质（5A）、森林和草地转化（5B）、被经营土地的撂荒（5C）这几种类型的地上生物量碳库，以及林地、农地和草地土壤碳库（5D）提供了核算方法，而没有涉及到地下生物量、死亡有机质（凋落物和枯死木）、其它土地类型的土壤碳库、以及采伐的木产品碳库。

4.2.2.1 地下生物量

植物生物量包括地上生物量和地下生物量，是构成许多生态系统的重要碳库。管理、采伐、自然干扰、自然死亡和更新会造成生物量碳库的巨大变化，《2006 年 IPCC 清单指南》将生物量碳库及其变化作为一个重要的亚类，并为木本植物和树相关的生物量碳库变化提供了核算方法。

地下生物量与地上生物量相关联，通常采用地下/地上生物量比例（R），基于地上生物量的估算结果，来估算地下生物量碳库的变化。

4.2.2.2 死亡有机质

死亡有机质包括死木和凋落物。人为管理（如采伐）和自然干扰（如火烧）会使部分生物量碳转移到死木、凋落物和土壤碳库中，而死亡有机质分解会使碳在数年到数十年内释放。对森林生态系统而言，死亡有机质往往是非常重要的一个碳库。死亡有机质库的变化通常是动态的，随着干扰活动、输入、分解而变化，表述这些动态需要较高层级的模型方法。

《1996 年 IPCC 清单指南》没有涉及死亡有机质碳库及其储量变化，2006 指南则针对“保持土地用类型不变的土地”和“转化为另外土地类型的土地”，提出了两种可选的死亡有机质碳储量变化的评估方法，即“增加-损失法”和“库差别法”，并且提供了缺省的排放因子。

4.2.2.3 土壤碳库

《1996 年 IPCC 清单指南》考虑 3 中引起土壤 CO₂ 排放（汇和源）过程：（1）土地利用活动引起的矿质土壤碳储量变化；（2）有机土壤转化为农田和人工林造成的 CO₂ 排放；以及（3）农田土壤施用石灰引起的 CO₂ 排放。

与《1996 年 IPCC 清单指南》相比，《2006 年 IPCC 清单指南》则涵盖了所有的土地利用类型，以及各种土地利用类型之间的相互转化所引起的土壤碳储量变化，并考虑了有机土壤、无机土壤、土壤中的有机碳和无机碳。针对不同的土地利用变化类型，划分矿质土壤和有机土壤，分别提供了核算方法。此外，还补充介绍了基于第三层级方法的模型系统。

4.2.2.4 采伐的木产品

《1996 年 IPCC 清单指南》没有为采伐的木产品提供指南，并且假设采伐的木产品库的变化为零。《2006 年 IPCC 清单指南》则将死亡有机质作为一个单独的库进行考虑，提供了“在用的木产品”和“进入垃圾填埋木产品”的估算方法，并且考虑木材和木产品的生产、进口、出口等流通环节，提供了基于生产国、消费国的缺省估算方法。死亡有机质核算方法可以归纳为：（1）储量变化法；（2）大气流量法；（3）生产国法；（4）简单衰减法。此外指南还推荐各国应建立更复杂、详细的国家特有的方法。指南还提供了一些排放因子、活动水平数据选择，以及不确定性评估的方法。

4.2.3 新增非 CO₂ 排放源

《1996 年 IPCC 清单指南》仅考虑了森林和草地转化过程中生物质燃烧引起的非 CO₂ 温室气体排放，而其它一些土地利用类型和土地利用变化过程中的非 CO₂ 排放则没有考虑。例如，一直为林地土地上发生的燃烧排放（林火和计划烧除），被管理的湿地产生的非 CO₂ 排放。《2006 年 IPCC 清单指南》则全面考虑了 6 种土地利用类型上的所有非 CO₂ 排放。

除牲畜和粪便产生的 CH₄ 和 N₂O 排放、水稻种植产生的 CH₄ 排放以及农田土壤管理产生的 N₂O 排放外，《2006 年 IPCC 清单指南》重点介绍了林地、草地和农地由于火烧引起的非 CO₂ 温室气体排放方法。

4.3 需要新收集的数据及可能的数据来源

4.3.1 土地利用分类和面积

依照《2006 年 IPCC 清单指南》，需要在国家层面将土地利用类型至少划分为 6 种大类，即：林地、草地、农地、湿地、居住用地和其它土地。还可以在国家尺度以下进一步细分各种土地利用类型，例如按行政区、气候带、土壤类型等进行细分。

数据需求与可能的来源如下：

自然资源部（原国土资源部）发布的历年《中国国土资源公报》，全国及各省土地利用现状汇总表（2009-2016 年）；

国家林业和草原局（原国家林业局）发布的全国森林资源连续清查资料，全国及各省各类土地面积统计表。全国森林资源清查每 5 年进行一次，最近的第 9 次全国森林资源清查于 2014-2018 年间完成。

中国科学院资源环境科学数据中心，中国土地利用遥感监测数据。以美国陆地卫星 Landsat 遥感影像数据作为主信息源，通过人工目视解译获取的 1980、1990、1995、2000、2005、2010、2015 年遥感监测数据，迄今仍在更新中。

5.4.2 新增或更改排放源研究不够深入

《2006 年 IPCC 清单指南》的《2019 增补件》增加的动曝气半有氧管理的垃圾填埋场、污泥和化粪池系统的相关内容，在我国的统计数据上没有相关支持。

4.3.2 植被生物量/生产力、采伐/火烧干扰

《2006 年 IPCC 清单指南》针对不同土地利用类型上的生物量生长、损失以及燃烧等过程引起的温室气体排放/清除进行评估。在更高层级方法的新要求下，需要进一步按照植被类型、气候区、土壤类型等细分。

数据需求与可能的来源如下：

植被生物量和生产力：基于森林资源清查的样地数据、或采用已有文献和数据库，构建不同类型植被的生物量与生产力模型或参数；

采伐：基于森林资源清查的样地数据，获取商品材采伐、薪炭柴采集、枯死木等蓄积变化数据；

火烧干扰：基于森林资源清查的样地数据，或通过遥感解译，获取火烧面积、火烧前后植被生物量、枯死木和凋落物等数据。

4.3.3 死亡有机质种类、生产、消费及进出口等数据

采伐的木产品（死亡有机质）在《2006 年 IPCC 清单指南》中作为一个新增的碳库予以考虑。基于指南推荐的几种采伐的木产品估算方法，其对于活动水平数据和排放因子的需求也各不相同。可能需要的数据及来源如下：

木材生产量、进出口量。包括圆木、人造板、纸制品、薪柴、纸浆等。可以采用

世界粮农组织（FAO）的统计数据或中国林业统计年鉴的相关数据；

4.3.4 新增排放因子/参数或模型

由于《2006年 IPCC 清单指南》包括的土地利用类型、碳库和非 CO₂ 排放源都比《1996年 IPCC 清单指南》有所增加，因此也新增了一些相关的排放因子，例如生物量转换与扩展系数、地下/地上生物量比例、在用木产品的半衰期等等。在第一层级方法下，这些新增的排放因子/参数都可以采用指南中推荐的缺省值。如果采用第二层级方法或更高层级的方法，则需要获取国家特有的排放因子/参数或构建适用的模型。这就需要基于大量的相关研究文献和数据整理才可能获取。目前中国经过几次温室气体清单编制工作经验的积累，大多数排放因子/参数都采用了中国特有的数值，也构建了一些适用的模型。但仍然有一些排放因子和参数采用的是 IPCC 指南缺省值。

4.4 采用《2006年 IPCC 清单指南》面临的困难和挑战

4.4.1 高空间分辨率的土地利用分类及时间序列一致性

中国的土地利用分类方式与《2006年 IPCC 清单指南》的 6 大地类划分存在一定的区别，而且各地类的统计分别在不同部门进行。由于调查统计时间、频率、方法和标准的不一致，使得各类土地面积及其变化数据不协调。例如中国森林面积每 5 年进行一次更新，但各省的调查时间并不相同，因而具体某一年份的森林面积需要采用内插或外推来获得。农地、草地、湿地面积的调查更新时间不一致，更缺少居住用地和其它土地类型的调查。

基于地面调查的统计数据，无法满足 IPCC 指南高层级方法对于空间精度的要求。基于遥感监测的土地利用分类和面积数据，可以解决空间分辨率和时间序列一致性问题。但由于在调查方法上存在实质性的差别，其结果往往与基于地面调查的国家行业部门统计数据存在较大的出入。而且遥感数据的解译判读也会存在较大的误差，土地利用分类多基于自然属性，而统计数据往往基于其社会属性。

《2006年 IPCC 清单指南》对于土地利用变化的描述，通常以 20 年为时间间隔期。中国的土地利用数据往往很难追溯 20 年的数据，无法形成一个完整的时间序列。土地利用的分类标准也随着时间和技术进步在不断调整，很难满足清单指南对于土地利用

表述的一致性要求。自然资源部正在进行全国第三次国土资源调查。即使本次调查在土地分类、面积核算方面能够达到清单编制的要求，但如果要追溯 20 年间土地利用的变化，则存在非常大的阻碍。除非从技术上解决，重建过去 20 年间的中国土地利用类型及变化，难度相当之大。

4.4.2 区分被管理的土地和未被管理的土地

《2006 年 IPCC 清单指南》明确指出，只报告“被管理的土地”上的温室气体排放/清除，“未被管理的土地”则不需要报告。目前中国所有与土地相关的调查统计，只能给出地类和总面积，无法判断是否被管理或受人为干扰的强度与面积，尤其是一些草地、林地和划入湿地类的水体。无法区分“被管理的土地”和“未被管理的土地”，则很可能导致最终土地部门的温室气体排放/清除量被高估或低估。

4.4.3 国家特有的排放因子

以往很多研究构建了植被生物量、生产力和土壤碳储量等相关的参数/因子和模型，但对于死有机质碳库及其变化的参数和模型则非常匮乏。生物量和死有机质燃烧排放、以及林产品碳储量变化相关的排放因子则几乎为空白。IPCC 指南提供的缺省参数，多来自欧洲和北美的研究结果。中国具有特殊的国情、复杂的气候和生物地理区域，因而 IPCC 缺省值并不适用于中国的情况。国际上的土壤分类方式也与中国存在较大差别，指南中推荐的土壤碳相关的管理因子、排放因子等，也很难适用于中国。

4.4.4 数据公开与共享机制

尽管存在上述多项挑战和不足，但如果有良好的数据公开和共享机制，一些问题可以得到比较好的解决。但目前中国很多调查研究数据，尤其是部门统计数据，依然处在保密或部分保密状态，或有偿使用收费较高，难以获取和充分利用。

5. 废弃物部门

5.1 《1996 年 IPCC 清单指南》和《2006 年 IPCC 清单指南》的比较

《2006 年 IPCC 清单指南》废弃物部分中增加和更新的内容对中国温室气体清单

的编制起到了有效的补充作用。

其中，固体废弃物填埋处理的管理程度的内容更加详细，更新了不同废弃物成分的分解的可降解有机碳比例值，使得计算更加精确。对于热解-气化焚烧技术我国也有应用，另外，对其他类型的焚烧处理的排放因子也进行了详细的分析和更新解释，对焚烧处理的清单计算工作提供了更好的支持。在废水处理过程中，增加的不同处理过程和不同处理类型的甲烷修正因子（比例）值，对细化清单计算给予了帮助。

在污泥的生化需氧量、化学需氧量和氮含量的信息增加的基础上，对甲烷和氧化亚氮排放的计算提供了依据，并且增加了工业废水处理氧化亚氮排放的计算方法，在《2006年IPCC清单指南》只给出废水处理间接排放的方法更进一步，同时增加化粪池系统的排放因子，使得废水处理温室气体排放计算的结果更加准确，减少了不确定性和漏算。但是在澄清的废水处理过程中排放到自然水生环境（河流，湖泊，海洋等）的部分与在处理系统中产生的温室气体之和的方法学细化内容，在中国的第二次信息通报的2005和2010年清单计算中都已经考虑，并进行了区分计算，但是排放因子提供的值存在不同，需要进一步进行分析具体情况，在后续的清单编制工作中应用。

表 5-1 废弃物处理温室气体排放清单

温室气体	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	(Gg)		
废弃物	*	*	*
A. 固体废弃物填埋处置	NE	*	
1. 管理的废弃物填埋处置	NE	*	
2. 非管理的废弃物填埋处置	NE	*	
3. 其他方式的废弃物填埋处置	NE	*	
4. 工业固体废弃物填埋处置	NE	*	
B. 废水处理		*	*

1.工业废水		*	*
2.生活污水		*	*
3.其他方式		NA	NA
C.废弃物生物处理	NE	*	*
D.废弃物焚烧处理	*	*	*
E.其他处理方式	NO	NO	NO

注：1. 阴影部分为《2006年 IPCC 清单指南》新增排放源；

2. * 为计算结果值，灰色背景为不需要计算，NO 为不存在，NA 为没有排放，NE 为没有计算。

5.1.1 指南内容变化

《1996年 IPCC 清单指南》包括三份文件：报告指南、工作手册和参考手册。其中报告指南是清单编制的信息和报告的说明，工作手册是对清单计算的规划和建议，介绍各排放源类别的清单编制方法，参考手册是方法学提供支持的信息汇编，包括可能的计算方法和参考技术文献摘要。其中废弃物主要包括固体废弃物填埋处理的 CH₄ 排放方法和废水处理的 CH₄ 和 N₂O 排放方法。废弃物焚烧的温室气体排放在能源部分的方法学中进行了介绍。

2000年 IPCC 组织专家编写的《2000年优良做法》(GPG-2000)比《1996年 IPCC 清单指南》的进步之处包括以下四个方面。一是增加了不确定性的报告，介绍确定了每一源类别中不确定性的方法，这使得各国按照一致的方式报告其不确定，并对国家清单研究和开发活动提供有价值的输入，二是在每一源类别的章节中加入了决策树方式，可以使估算方选择最符合国家实际情况，三是增加了方法学选择和重新计算的内容，增加了主要如何确认关键源类别，强调了方法学改变和重新计算的管理手段问题，四是增加了质量保证和质量控制(QA/QC)程序，并介绍了独立的评审和审计体系，主要是进行内部评审增加了清单的透明性。

在固体废弃物填埋处理 CH₄ 排放的计算方法中，为了增加各个国家清单计算结果的可比性。对不同国家的不同情况通过决策树选择不同的方法，在废水处理中的 CH₄

排放把生活和工业废水处理系统分开来进行方法学考虑，因为不同来源废水的活动水平数据和排放因子不同。并且提供了一种快速检验国家排放估算的方法，通过利用国家特有的排放量和人口数据，使用缺省参数能够进行一个样本计算。

《2006年 IPCC 清单指南》是对《1996年 IPCC 清单指南》和《2000年优良做法》的一个延续，新指南纳入了新源和新气体，此外还根据科学技术知识的进步，对以前出版的方法进行了更新。废弃物部门的改进主要是修订了估算垃圾填埋处理排放甲烷的方法学：基于放置当年 CH_4 最大潜在释放量的第一层级方法，用简单的一阶衰减模型予以代替，这种模型可以使用联合国及其他来源提供的数据。提供了包括废弃物产生、构成和管理的地区和各国缺省数据，并为利用各层方法估算温室气体排放量提供了一致的基础。这样就使得排放量估计值的时间序列更加准确，也可以避免出现特定年份垃圾填埋气体的使用量明显超过产生量的情况。并且增加了垃圾填埋中的碳积累以及增加了废弃物的生物处理和露天燃烧的方法学，纳入了对估算堆肥和沼气设施排放的指导，以确保更详尽地涵盖所有排放源。

在方法学逐渐改进的过程中，《2006年 IPCC 清单指南》从活动水平数据和排放因子数据的可获得性，以及国家的废弃物处理的实际情况，通过决策树判断来进行清单指南中方法学的选择。决策树是一个描述具体规定步骤的流程图。在依据优良作法原则编制清单或清单分量时，需要按此顺序进行。简单的说，第一层级方法为缺省值方法，指大多数的活动水平数据和排放因子参数都无法获得国家的特定数据，所以采用 IPCC 推荐的缺省值来计算，第二层级方法为有优质的国家特定的活动水平数据，利用 IPCC 的关键参数来计算，第三层级方法为基于详细优质特定国家活动水平数据，通过测量得出特定国家参数来计算。图 5-1 为固体废弃物填埋处置的决策树，固体废弃物的其他处理方式以及废水处理的温室气体计算方法的决策树流程和此流程基本相同，所以就不进行一一介绍。发达国家由于相关的统计数据记录比较详细，所以基本上都采取第二层级方法或者第三层级方法进行计算，发展中国家在第一次国家温室气体清单编制中大多数采用第一层级方法，在第二次和第三次国家温室气体清单编制中部分处理方式选择第二层级方法进行计算。指南给出了详细的活动水平和参数的定义，计算方法 and 不确定性分析，特别是 CH_4 产生率常数 K 和半衰期，给出了不同地区不同气候环境下的缺省值。同时，制定了简单 FOD 电子数据表格模式（IPCC 废弃物模式），方便了计算。

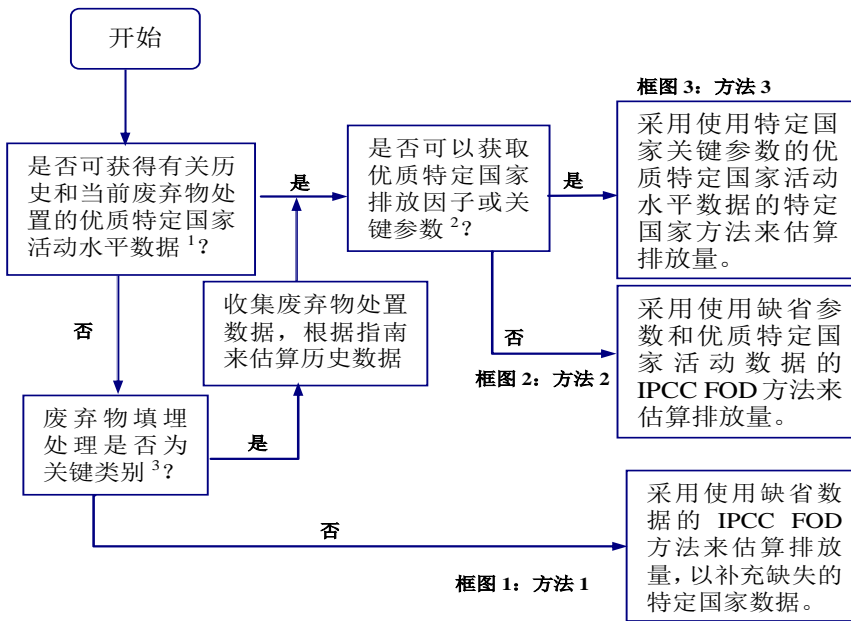


图 5-1 固体废弃物填埋处置 CH₄ 排放的决策树

注：1. 优质特定国家活动数据：指 10 年或者更多年废弃物处理场所处置废弃物的特定国家数据。

2. 关键参数：指可降解有机碳、L₀、分解的可降解有机碳比例和半衰期。

3. 关键类别：指国家温室气体清单中对清单总量有重大的影响而被列为优先的类别。

对于城市固体废弃物填埋处理介绍了两种估算甲烷排放的计算方法，即缺省法(第一层级方法)和一阶衰减方法(第二层级方法)。两种方法的主要区别是，一阶衰减方法提出随时间变化的 CH₄ 排放估算，该估算很好地反映了废弃物随时间的降解过程。而缺省的估算方法是基于一个假设，即所有潜在的 CH₄ 均在处理当年就全部排放完。缺省方法计算的就是填埋当年的废弃物全部排放的 CH₄，而一阶衰减方法计算的为计算年之前所有填埋的废弃物的在这年的累积的 CH₄ 排放量。示意图如图 5-2 所示。

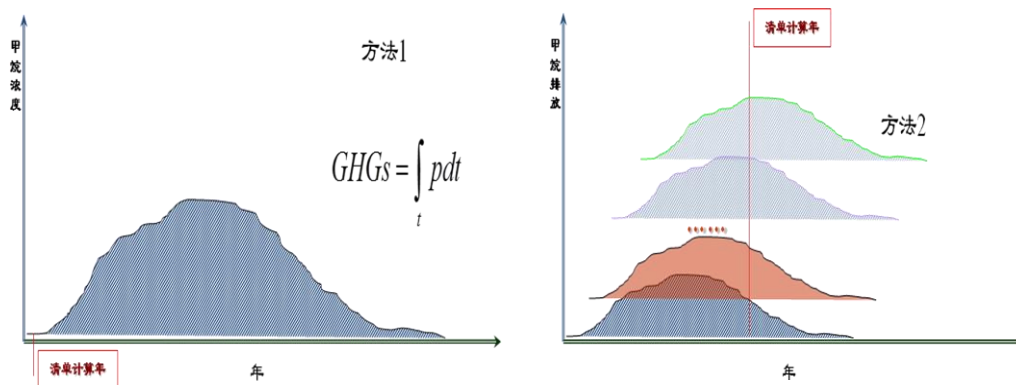


图 5-2 固体废弃物填埋处理甲烷排放过程示意图

《1996年IPCC清单指南》缺省法利用质量平衡方程，包括估计有机碳降解过程，并且用这种估计去计算废弃物产生的CH₄量。把世界分为4个不同的经济发展区，用不同的可降解有机碳参数评价每一个经济区产生的固体废弃物量，然后计算某一国家固体废弃物处理场中产生的CH₄情况。这种方法只需很少的数据便可以完成计算，并且当每个国家可用的数据增加或修订后，这种方法也可进一步修改和完善。一阶动力衰减法提出随时间变化的CH₄排放估算，该估算很好地反映了固体废弃物随时间的降解过程，但《1996年IPCC清单指南》没有提供采用一阶衰减估算方法所需的一些主要参数的缺省值或推荐值。

5.1.2 《2019增补件》新内容，新方法和新模式

第五卷共有35个关注点，其中新增指南方法4个，更新14项，澄清11项，还有6项属于更新和澄清之间。第五卷中没有新模式。

新方法包括：1、污泥的生化需氧量、化学需氧量和氮含量的信息；2、增加主动曝气半有氧管理的垃圾填埋场CH₄排放FOD方法学；3、工业废水处理N₂O排放计算方法；4、增加化粪池系统的排放因子。

新内容包括：更新固体废弃物的产生量、成分和管理程度 **3项**，更新分解的可降解有机碳比例默认值的不确定性；澄清不同废弃物成分的分解的可降解有机碳比例值；更新废弃物露天焚烧的氧化因子，澄清热解-气化焚烧技术的甲烷和氧化亚氮的排放因子；废水处理过程更新不同处理类型和不同的处理过程的新甲烷修正因子（比例）值 **13项**；澄清管理不善/过载的集中好氧处理厂方法学，澄清大型污水处理厂相连的化粪池系统的排放量的估算第一层级方法 **0项**。

5.1.3 指南主要变化归纳

总之，《2006年IPCC清单指南》在排放源、活动水平和排放因子以及计算方法和原理说明上都有了很多增加和改进。活动水平数据的主要变化是增加了来源和计算方法，排放因子也有增加和变化，给出了新增排放源的排放因子，计算方法主要是增加了第二层级方法和第三层级方法新方法，并且增加了决策树，给出了选择途径，具体变化如下表所示：

表 5-2 废弃物部门指南比较

废弃物排放源和气体	《1996 年 IPCC 清单指南》	《2006 年 IPCC 清单指南》
A 固体废弃物	只有填埋处理甲烷排放	1、增加工业固体废弃物和其他废弃物内容 2、增加焚烧和生物处理 3、增加二氧化碳和氧化亚氮的排放计算方法
1. 管理废弃物填埋处置	第一层级方法（质量平衡法推荐）和第二层级方法	第一层级方法和第二层级方法（一阶衰减法推荐）
2. 非管理的废弃物填埋处置	未涉及	给出排放因子默认值
3. 其他方式的废弃物填埋处置	未涉及	给出排放因子默认值
4. 工业固体废弃物	未涉及	按照处理方式给出排放因子默认值
5. 其他废弃物（医疗废弃物和危险废弃物）	未涉及	按照处理方式给出排放因子默认值
B. 废水	只有甲烷排放	增加了氧化亚氮排放
1. 工业废水	第一层级方法 缺省因子	第一层级方法、第二层级方法、第三层级方法
2. 生活污水	第一层级方法 缺省因子	第一层级方法、第二层级方法、第三层级方法
3. 河流自然水体（2019 增加）	未涉及	给出排放因子默认值
4. 污泥（2019 增加）	未涉及	给出排放因子默认值
C. 废弃物生物处理	未涉及	增加甲烷和氧化亚氮的排放计算方法
D. 废弃物焚烧处理	未涉及	增加二氧化碳、甲烷和氧化亚氮的排放计算方法

5.2. 采用《2006年 IPCC 清单指南》需新增/更改的排放部门

第五卷废弃物的增加和更新的内容，对中国废弃物处理温室气体清单的编制起到了有效的补充作用。其中固体废弃物填埋处理的管理程度的内容更加详细，更新了不同废弃物成分的分解的可降解有机碳比例值，使得计算更加精确。

对于热解-气化焚烧技术我国也有应用，另外，对其他类型的焚烧处理的排放因子也进行了详细的分析和更新解释，对焚烧处理的清单计算工作提供了更好的支持。在废水处理过程中，增加的不同处理过程和不同处理类型的甲烷修正因子（比例）值，对细化清单计算给予了帮助。

在污泥的生化需氧量、化学需氧量和氮含量的信息增加的基础上，对甲烷和氧化亚氮排放的计算提供了依据，并且增加了工业废水处理氧化亚氮排放的计算方法。

《2006年 IPCC 清单指南》废水处理间接排放的方法更进一步，同时增加化粪池系统的排放因子，使得废水处理温室气体排放计算的结果更加准确，减少了不确定性和漏算。但是在澄清的废水处理过程中排放到自然水生环境（河流，湖泊，海洋等）的部分与在处理系统中产生的温室气体之和的方法学细化内容，在中国的第二次信息通报的 2005 和 2010 年清单计算中都已经考虑，并进行了区分计算，但是排放因子提供的值存在不同，需要进一步进行分析具体情况，在后续的清单编制工作中应用。

5.3. 需要新收集的数据及可能的数据来源

《2006年 IPCC 清单指南》在排放源、活动水平和排放因子以及计算方法和原理说明上都有了很多增加和改进。活动水平数据的主要变化是增加了来源和计算方法，排放因子也有增加和变化，给出了新增排放源的排放因子，计算方法主要是增加了第二层级方法和第三层级方法新方法，并且增加了决策树，给出了选择途径，具体变化如下表所示：

表 5-3 废弃物部门指南比较

废弃物排放源和气体	《1996年 IPCC 清单指南》	《2006年 IPCC 清单指南》
-----------	-------------------	-------------------

A. 固体废弃物	只有填埋处理甲烷排放	1、增加工业固体废弃物和其他废弃物内容 2、增加焚烧和生物处理 3、增加二氧化碳和氧化亚氮的排放计算方法
1. 管理废弃物填埋处置	第一层级方法（质量平衡法推荐）和第二层级方法	第一层级方法和第二层级方法（一阶衰减法推荐）
2. 非管理的废弃物填埋处置	未涉及	给出排放因子默认值
3. 其他方式的废弃物填埋处置	未涉及	给出排放因子默认值
4. 工业固体废弃物	未涉及	按照处理方式给出排放因子默认值
5. 其他废弃物（医疗废弃物和危险废弃物）	未涉及	按照处理方式给出排放因子默认值
B. 废水	只有甲烷排放	增加了氧化亚氮排放
1. 工业废水	第一层级方法 缺省因子	第一层级方法、第二层级方法、第三层级方法
2. 生活污水	第一层级方法 缺省因子	第一层级方法、第二层级方法、第三层级方法
3. 河流自然水体（2019 增加）	未涉及	给出排放因子默认值
4. 污泥（2019 增加）	未涉及	给出排放因子默认值
C. 废弃物生物处理	未涉及	增加甲烷和氧化亚氮的排放计算方法
D. 废弃物焚烧处理	未涉及	增加二氧化碳、甲烷和氧化亚氮的排放计算方法

5.4 采用《2006年 IPCC 清单指南》面临的困难和挑战

5.4.1 基础统计数据尚存不足

废弃物部门涉及的主要是固体废弃物和废水两个领域，但是涉及的行业和管理部门较多，固体废弃物的数据收集主要来源是建设部门、农业部门、环保部门、行业协会等相关部门，而废水主要来源是环保、建设部门、行业协会等。现阶段各级部门包括企业自身对温室气体排放的相关监测都没有涉及，对于活动水平数据相关的几个数据有监测和统计上报。

5.4.3 废弃物领域非二氧化碳温室气体 MRV 体系薄弱

废弃物领域基本上没有开展非二氧化碳温室气体 MRV 工作，在监测方面处于研究阶段，对各监测方法进行比较研究以及实验研究。对于报告方面，开展了国家温室气体清单编制和报告，以及省级温室气体清单编制和报告，在条件较好的各别市县级也进行了温室气体清单的编制和报告，以第一层级，也就是《1996年 IPCC 清单指南》的方法进行计算，没有利用更高级别的方法进行计算。按照《2006年 IPCC 清单指南》的决策树，从下而上的计算需要采用第三层级方法进行计算，然后全国能够进行加和汇总为总排放量，但是由于数据获取困难，我国还没有开展此项工作的能力。核查工作在已经开展省级清单编制的省份，在清单验收的时候进行相关的专家评审，属于初步核查的范畴，但是与 IPCC 的可监测、可报告和可核查的要求还存在很大差距。