

第 3 章

移动源燃烧

作者

概述

Christina Davies Waldron（美国）

Jochen Harnisch（德国）、Oswaldo Lucon（巴西）、R. Scott Mckibbon（加拿大）、Sharon B. Saile（美国）、Fabian Wagner（德国）、和 Michael P. Walsh（美国）

非道路运输

Christina Davies Waldron（美国）

Jochen Harnisch（德国）、Oswaldo Lucon（巴西）、R. Scott Mckibbon（加拿大）、Sharon B. Saile（美国）、Fabian Wagner（德国）、和 Michael P. Walsh（美国）

铁路

Christina Davies Waldron（美国）

Jochen Harnisch（德国）、Oswaldo Lucon（巴西）、R. Scott Mckibbon（加拿大）、Sharon B. Saile（美国）、Fabian Wagner（德国）、和 Michael P. Walsh（美国）

水运

Lourdes Q. Maurice（美国）

Leif Hockstad（美国）、Niklas Höhne（德国）、Jane Hupe（国际民航组织）、David S. Lee（英国）、和 Kristin Rypdal（挪威）

民航

Lourdes Q. Maurice（美国）

Leif Hockstad（美国）、Niklas Höhne（德国）、Jane Hupe（国际民航组织）、David S. Lee（英国）、和 Kristin Rypdal（挪威）

参加作者

公路交通，非道路交通和铁路

Manmohan Kapshe（印度）

水运航行和民航

Daniel M. Allyn（美国）、Maryalice Locke（美国）、Stephen Lukachko（美国）、和 Stylianos Pesmajoglou（联合国气候变化框架公约）

目录

3	移动源燃烧	
3.1	概述	3.3
3.2	道路运输	3.10
3.2.1	方法学问题	3.10
3.2.1.1	方法的选择	3.10
3.2.1.2	排放因子的选择	3.16
3.2.1.3	活动数据的选择	3.24
3.2.1.4	完整性	3.27
3.2.1.5	建立一致的时间序列	3.28
3.2.2	不确定性评估	3.28
3.2.3	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	3.29
3.2.4	报告和归档	3.31
3.2.5	报告表和工作表	3.31
3.3	非道路运输	3.31
3.3.1	方法学问题	3.31
3.3.1.1	方法的选择	3.31
3.3.1.2	选择排放因子	3.34
3.3.1.3	选择活动数据	3.35
3.3.1.4	完整性	3.36
3.3.1.5	建立一致的时间序列	3.36
3.3.2	不确定性评估	3.37
3.3.2.1	活动数据不确定性	3.37
3.3.3	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	3.37
3.3.4	报告和归档	3.38
3.3.5	报告表和工作表	3.38
3.4	铁路	3.38
3.4.1	方法学问题	3.38
3.4.1.1	方法的选择	3.38
3.4.1.2	排放因子的选择	3.41
3.4.1.3	活动数据的选择	3.44
3.4.1.4	完整性	3.44
3.4.1.5	建立一致的时间序列	3.44
3.4.1.6	不确定性评估	3.44
3.4.2	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	3.45

3.4.3	报告和归档	3.45
3.4.4	报告表和工作表	3.45
3.5	水运	3.46
3.5.1	方法学问题	3.46
3.5.1.1	方法的选择	3.46
3.5.1.2	排放因子的选择	3.49
3.5.1.3	活动数据的选择	3.49
3.5.1.4	军事	3.51
3.5.1.5	完整性	3.52
3.5.1.6	建立一致的时间序列	3.52
3.5.1.7	不确定性评估	3.52
3.5.2	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	3.53
3.5.3	报告和归档	3.53
3.5.4	报告表和工作表	3.54
3.5.5	专业术语的定义	3.55
3.6	民航	3.55
3.6.1	方法学问题	3.55
3.6.1.1	方法的选择	3.55
3.6.1.2	排放因子的选择	3.63
3.6.1.3	活动数据的选择	3.64
3.6.1.4	军事航空	3.66
3.6.1.5	完整性	3.68
3.6.1.6	建立一致的时间序列	3.68
3.6.1.7	不确定性评估	3.68
3.6.2	清单质量保证/质量控制 (QA/QC)	3.69
3.6.3	报告和归档	3.74
3.6.4	报告表和工作表	3.74
3.6.5	专业术语的定义	3.74
参考文献	3.75

公式

公式 3.2.1	道路运输产生的 CO ₂	3.12
公式 3.2.2	采用尿素的催化转化器产生的 CO ₂	3.12
公式 3.2.3	方法 1 CH ₄ 和 N ₂ O 的排放	3.13
公式 3.2.4	方法 2 CH ₄ 和 N ₂ O 的排放	3.13
公式 3.2.5	方法 3 CH ₄ 和 N ₂ O 的排放	3.15
公式 3.2.6	确认燃料消耗	3.25
公式 3.3.1	方法 1 排放估算	3.32
公式 3.3.2	方法 2 排放估算	3.32
公式 3.3.3	方法 3 排放估算	3.33
公式 3.3.4	采用尿素的催化转化器产生的排放	3.34
公式 3.4.1	关于机车排放的一般方法	3.40
公式 3.4.2	用于来自机车的 CH ₄ 和 N ₂ O 的方法 2	3.41
公式 3.4.3	用于来自机车的 CH ₄ 和 N ₂ O 的方法 3 例子	3.41
公式 3.4.4	特定技术的 CH ₄ 和 N ₂ O 排放因子的加权	3.42
公式 3.4.5	估算场地机车的燃料消耗	3.44
公式 3.5.1	水运公式	3.46
公式 3.6.1	(航空公式 1)	3.57
公式 3.6.2	(航空公式 2)	3.58
公式 3.6.3	(航空公式 3)	3.58
公式 3.6.4	(航空公式 4)	3.58
公式 3.6.5	(航空公式 5)	3.58

图

图 3.2.1	估算道路运输排放的步骤	3.11
图 3.2.2	道路车辆的燃料燃烧产生的 CO ₂ 排放的决策树	3.11
图 3.2.3	来自道路车辆的 CH ₄ 和 N ₂ O 排放的决策树	3.14
图 3.3.1	用于估算非道路车辆排放的决策树	3.33
图 3.4.1	估算来自铁路的 CO ₂ 排放的决策树	3.39
图 3.4.2	估算来自铁路的 CH ₄ 和 CO ₂ 排放的决策树	3.40
图 3.5.1	来自水运的排放的决策树	3.48
图 3.6.1	估算飞机排放的决策树 (应用于每种温室气体)	3.59
图 3.6.2	用方法 2 估算飞机排放	3.61

表

表 3.1.1	运输部门的详细划分	3.8
表 3.2.1	道路运输缺省 CO ₂ 排放因子和不确定性范围	3.16
表 3.2.2	道路运输 N ₂ O 和 CH ₄ 缺省排放因子和不确定性范围	3.20
表 3.2.3	美国汽油和柴油车辆的 N ₂ O 和 CH ₄ 排放因子	3.21
表 3.2.4	替代燃料车辆的排放因子 (MG/KM)	3.22
表 3.2.5	欧洲汽油和柴油车辆的排放因子 (MG/KM) ,copert iv 模式	3.23
表 3.3.1	非道路移动源和机械的缺省排放因子	3.35
表 3.4.1	铁路运输使用的最常规燃料的缺省排放因子	3.42
表 3.4.2	污染物加权因子作为未控制发动机的发动机设计参数函数 (无量纲)	3.42
表 3.5.1	源类别结构	3.47
表 3.5.2	CO ₂ 排放因子	3.49
表 3.5.3	缺省水运 CH ₄ 和 N ₂ O 排放因子	3.49
表 3.5.4	定义国际或国内水运的标准 (适用于造访两个以上港口的各航程段)	3.50
表 3.5.5	按发动机类型的平均燃料消耗 (船只>500 grt)	3.51
表 3.5.6	燃料消耗因子, 全功率	3.51
表 3.6.1	源类别	3.57
表 3.6.2	不同方法的数据要求	3.57
表 3.6.3	具有代表性的飞机与其它飞机类型间的相应关系	3.62
表 3.6.4	CO ₂ 排放因子	3.64
表 3.6.5	非 CO ₂ 排放因子	3.64
表 3.6.6	定义国际或国内航空的标准 (运用于多于一次起飞和降落航行的各段路程)	3.65
表 3.6.7	军事飞机的燃料消耗因子	3.67
表 3.6.8	军事飞机的每飞行小时的燃料消耗	3.67
表 3.6.9	典型飞机的 Lto 排放因子	3.70
表 3.6.10	巡航阶段的多种飞机的 NO _x 排放因子	3.72

框

框 3.2.1	道路运输中生物燃料使用例子	3.17
框 3.2.2	发展中国家改进移动源的排放因子	3.19
框 3.2.3	车辆老化（报废）曲线	3.26
框 3.2.4	移动源燃烧中的润滑剂	3.27
框 3.3.1	非道路（Nonroad）排放模式（usepa）	3.36
框 3.3.2	加拿大关于非道路模式的经验	3.37
框 3.4.1	方法 3 的例子	3.43

3 移动源燃烧

3.1 概述

移动源直接产生温室气体排放，包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和各类燃料燃烧排放的氧化亚氮（N₂O），以及造成或促成当地或地区空气污染的其他污染物，如：一氧化碳（CO）、非甲烷挥发性有机化合物（NMVOCs）、二氧化硫（SO₂）、微粒物质（PM）和氮氧化物（NO_x）。本章论述得出直接温室气体 CO₂、CH₄ 和 N₂O 估算的优良做法关于间接温室气体和前体物质 CO、NMVOCs、SO₂、PM 和 NO_x，请见第 1 卷第 7 章。本章并未述及 IPPU 卷中涉及的移动空调产生的非能源排放（第 3 卷第 7 章）。

移动源燃烧产生的温室气体排放最易按主要运输活动进行估算，例如，公路、非公路、空运、铁路和水运航行。源说明（表3.1.1）说明了移动源的多样性和影响排放因子的特性范围。最近的工作更新并强化了有关数据。虽然取得了这些进步，仍需要完成更多的工作，以填补关于某些车辆类型排放与老化对公路车辆排放的催化控制的影响的很多知识漏缺。同样，发展中国家的车队车龄、维修、燃料硫含量和使用方式均不同于工业化国家，可能需要进一步增强关于道路运输适当排放因子的信息。

表 3.1.1
运输部门的详细划分

代码和名称		说明	
1 A 3	运输	所有运输活动的燃料燃烧和蒸发带来的排放（不包括军事运输），不论哪个部门，均在下面的亚类中明确说明。 出售给任何参与国际运输的空中或海洋运载工具的燃料产生的排放（1 A 3 a i 和 1 A 3 d i），应该尽可能地排除于该类别的总量和分量，应单独报告。	
1 A 3	(a) 民航	国际和国内民航产生的排放，包括起飞和着陆时的排放。包括飞机的民用商业使用，包括：客运和货运班机和包机、空中交通服务和一般航空。国际/国内划分应取决于每个飞行阶段的起飞和着陆地点，而不是取决于航线的国籍。不包括机场中用于地面运输的燃料使用，这部分燃料使用报告在 1 A 3 e 其他运输中。也不包括用于机场固定源燃烧的燃料，这一信息报告在适当的固定源燃烧类别。	
1 A 3	(a i) 国际航空（国际燃料库）	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。	
1 A 3	(a ii) 国内航空	起飞降落于同一国家的国内民用客运和货运产生的排放（商用、私人、农业等），包括这些飞行阶段的起飞和着陆。注意，这可能包括同一国家中距离相当远的两个机场间的飞行（例如，从旧金山到檀香山）。军事不包括在内，应在 1 A 5 b. 中报告。	
1 A 3	(b) 公路运输	道路车辆燃料燃烧和蒸发的所有排放，包括铺设道路上的农用车辆的使用。	
1 A 3	(b i) 轿车	轿车产生的排放。轿车在车辆登记国家主要指定为用于载人的交通工具，通常可容 12 人以下。	
1 A 3	(b i 1) 带三元催化剂的客运轿车	带三元催化剂的客运轿车产生的排放。	
1 A 3	(b i 2) 带三元催化剂的客运轿车	带三元催化剂的客运轿车产生的排放。	

3.1.1 (续)				
运输部门的详细划分				
代码和名称			说明	
1 A 3	(b)	ii	轻型卡车	来自这类车辆的排放：在车辆登记国家主要被指定为用于运输轻便货物的交通工具或具有特色的车辆，如非道路作业中的四轮行驶。车辆总重量通常最重达到 3500-3900 千克或以下。
1 A 3	(b)	ii	1 带三元催化剂的轻型卡车	带三元催化剂的轻型卡车产生的排放。
1 A 3	(b)	ii	2 带三元催化剂的轻型卡车	带三元用催化剂的轻型卡车产生的排放。
1 A 3	(b)	iii	重型卡车和公共汽车	任何在车辆登记国家如此定义的车辆的排放。重型卡车的车辆总重量通常达到 3500-3900 千克或以上，公共汽车可乘坐 12 人以上。
1 A 3	(b)	iv	摩托车	设计成在地面行驶，不多于三轮，重量少于 680 千克的摩托车产生的排放。
1 A 3	(b)	v	车辆产生的蒸发性排放	此处包括车辆的蒸发性排放（如吸热、运行损失）。不包括给车辆添加燃料产生的排放。
1 A 3	(b)	vi	尿素催化剂	催化转化器中的尿素添加剂使用产生的 CO ₂ 排放（非燃烧排放）。
1 A 3	c		铁路	货运和客运路线的铁路运输产生的排放。
1 A 3	d		水运	用于驱动水运船只的燃料排放，包括气垫船和水翼船，但不包括渔船。国际/国内划分应按照始发港口和终点港口，而不是按照船只的旗帜或国籍。
1 A 3	d	i	国际水运（国际燃料库）	参与国际水运的所有国家船只的燃料排放。国际航行可能发生在海上、内陆湖、水道和沿海水域。包括从一国启航在另一国抵达的航程产生的排放。不包括渔船的消耗（见另一部门-捕鱼）。若提供了相同的定义区分，并且数据可用来支持定义，那么国际军事水运产生的排放可纳入国际水运的单独亚类。
1 A 3	d	ii	国内水运	终始港口在同一国家的所有国家的船只产生的排放（不包括捕捞，应在 1A4ciii 中报告。而军事，应在 1A5b 中报告）。注意，这可能包括同一国家中距离相当远的两个港口间的航行。（例如，从旧金山到檀香山）。
1 A 3	e		其他运输	所有其余运输的活动产生的燃烧排放，包括管道运输，机场和港口的地面活动和非道路活动，但不包括在 1A4c 农业或 1A2 制造业和建设中的报告的活动。军事运输应报告在 1 A 5（见 1 A 5 未说明）
1 A 3	e	i	管道运输	泵站运行和管道维护产生的燃烧排放。管道运输包括气体、液体、泥浆和其它商品的管道运输。天然或人造气体，水或蒸汽从运销商到使用者分配不包括在内，应在 1 A 1 c ii 或 1 A 4 a 中报告。
1 A 3	e	ii	非道路	其它运输业（不包括管道运输）产生的燃烧排放。
1 A 4	c	iii	捕捞（移动源燃烧）	用于内陆、沿海和深海捕捞的燃料燃烧产生的排放。捕捞应包括已在国内补给燃料的各国船只（包括国际捕捞）。

运输部门的详细划分			
代码和名称		说明	
1 A 5	(a)	非特殊固定源	在别处没有详细说明的固定源燃料燃烧产生的排放。
1 A 5	(b)	未说明移动源	来自海洋和航空的运载工具和其它机械装置的移动源排放（未包括在 1A4cii 中或其他地方）。包括两种燃料产生的排放（用于国家军事航空和水运的燃料；在一国提供而用于其它未参与多边活动国家军方的燃料）
		多边活动 备忘项目-	多边活动按照《联合国宪章》，用于多边活动中航空和水运的燃料产生的排放。包括提供于本国和其他国家军方的燃料产生的排放。

3.2 道路运输

移动源类别公路运输包括各种类型的轻型车辆，例如汽车和轻型卡车，以及重型车辆，例如拖拉机拖车、公共汽车和公路摩托车（包括助动车、踏板车和三轮车）。这些车辆的运行基于多种类型的气态和液体燃料。除了燃料燃烧产生的排放，与催化转化器在公路车辆中的使用有关的排放（例如，采用尿素的催化转化器产生的CO₂排放）也在这节中提及。

3.2.1 方法学问题

在 3.2.1.1 节中出现的用于估算道路车辆温室气体排放的基本方法学，自从《1996IPCC 指南》和 GPG2000 出版后就未改变过。但有下列例外，如同在 3.2.1.2 节中所讨论的，排放因子现在假设燃料已充分氧化。这与本卷中的固定燃烧章相一致。用于估算采用尿素的催化转化器产生的 CO₂ 排放（一种排放源）的方法，在之前并未提及。

估算公路运输产生的排放可基于两组独立的数据。燃料销售（见 3.2.1.3 节）和车辆公里数。若两者都可获得，重要的是要检查它们相互可比，否则，不同气体的估算可能会不一致。在 3.2.1.3 节和 3.2.3 节中描述了这一确认步骤（图 3.2.1）。若车辆公里数数据可获得，执行此确认步骤就是优良做法。

3.2.1.1 方法的选择

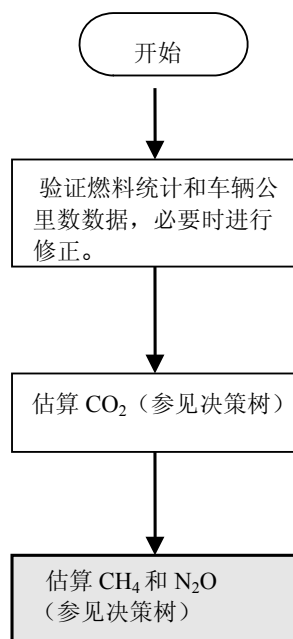
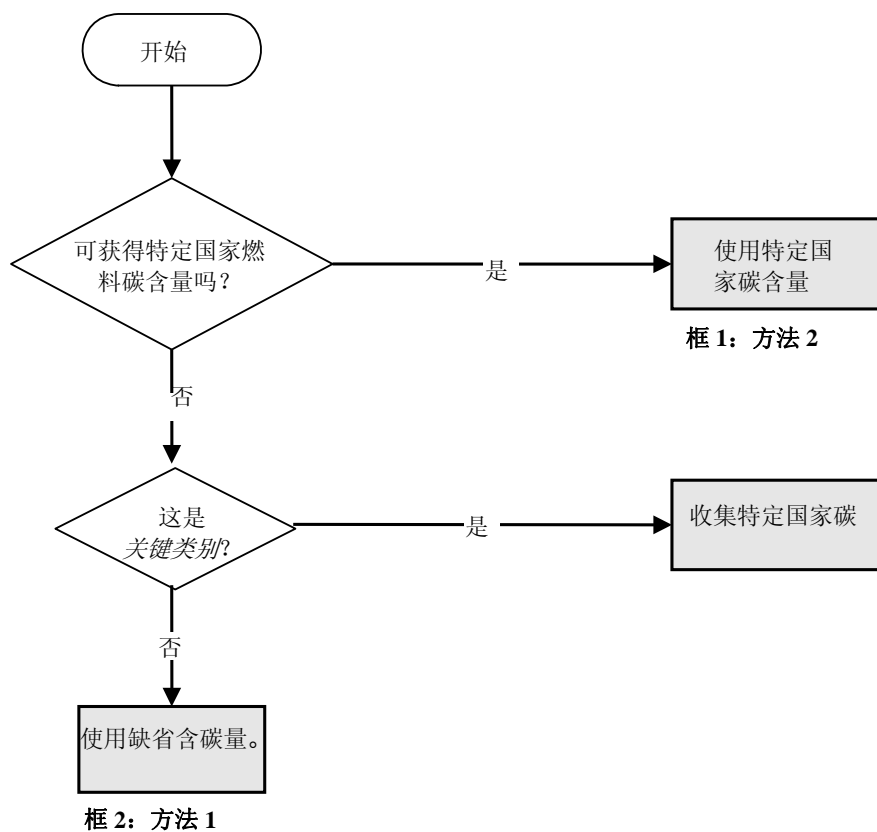
排放估算可以根据燃料燃烧（由销售燃料表示）或车辆行驶距离。一般而言，第一种方法（销售燃料）适用于 CO₂，第二种方法（车辆类型和道路类型的行使距离）适用于 CH₄ 和 N₂O。

CO₂ 排放

CO₂ 排放的估算最好基于燃烧燃料的数量和种类（等同于燃料销售，见 3.2.1.3 节）及其含碳量。图 3.2.2 显示了决策树，指导对方法 1 或方法 2 的选择。每种方法的定义如下。

¹ 车辆催化转换器中的尿素消耗与车辆燃料消耗和技术有直接关系。

图 3.2.1 估算道路运输排放的步骤

图 3.2.2 道路车辆的燃料燃烧产生的 CO₂ 排放的决策树

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

方法 1 通过估算的销售燃料与缺省 CO₂ 排放因子相乘来计算 CO₂ 排放。公式 3.2.1 显示了此方法。

$$\begin{aligned} & \text{公式 3.2.1} \\ & \text{道路运输产生的 CO}_2 \\ & \text{排放} = \sum_a [\text{燃料}_a \cdot \text{EF}_a] \end{aligned}$$

其中：

排放量 = CO₂ 的排放 (kg)

燃料_a = 销售燃料 (TJ)

EF_a = 排放因子 (kg/TJ)。这等同于燃料含碳量乘以 44/12。

a = 燃料类型 (如汽油、柴油、天然气、LPG 等)

CO₂ 排放因子考虑了燃料中的所有碳，包括以 CO₂、CH₄、CO、NMVOC 和微粒形式排放出的碳。衍自生物量的燃料中的碳应作为信息项报告，不包括在部门或国家总量中，以避免重复计算，因为生物量的净排放量已算入部门 (见 3.2.1.4 节“完整性”)。

方法 2 同方法 1 一样，除了使用了道路运输中销售燃料的特定国家含碳量。公式 3.2.1 仍使用但排放因子基于在清算年中一国消耗燃料 (以销售燃料表示) 的实际含碳量方法 2 中，CO₂ 排放因子可能被调节用来考虑未氧化碳或以非 CO₂ 气体形式排放的碳。

没有方法 3，因为不可能有明显好于利用现有方法 2 得出 CO₂ 结果。为了减少不确定性，应该致力于含碳量和销售燃料数据的改进。另一主要不确定成分为运输燃料用于非道路目的。

采用尿素的催化剂产生的 CO₂ 排放

估算催化转化器中使用尿素添加剂产生的 CO₂ 排放 (非燃烧排放) 时，运用公式 3.2.2 是优良做法。

$$\begin{aligned} & \text{公式 3.2.2} \\ & \text{采用尿素的催化转化器产生的 CO}_2 \\ & \text{排放} = \text{活动} \cdot \frac{12}{60} \cdot \text{纯度} \cdot \frac{44}{12} \end{aligned}$$

其中：

排放量 = 催化转化器中使用尿素添加剂产生的 CO₂ 排放 (Gg CO₂)

活动 = 催化转化器使用消耗的尿素添加剂的数量

纯度 = 尿素添加剂中尿素的质量比例 (= 除以 100 的百分比)

因子 (12/60) 捕获了尿素 (CO (NH₂)₂) 向碳的化学转化，而因子 (44/12) 将碳转化为 CO₂。平均活动水平为车辆的柴油消耗的 1-3%。若国家特定值无法获得，32.5% 可作为缺省纯度 (Peckham, 2003)。因为这基于所使用的材料的特性，因此对于这种源没有方法。

CH₄ 和 N₂O 排放

CH₄ 和 N₂O 排放比起 CO₂ 排放，准确估算更加困难。因为排放因子取决于车辆技术，燃料和行驶特征。比起总销售燃料，基于距离的活动数据 (如行驶的车辆公里数) 和分类燃料消耗的确定性可能会明显较少。

车队的排放控制的分配大大影响着 CH₄ 和 N₂O 的排放。因而，较高层级的方法考虑了不同类型车辆的总体及其不同的污染控制技术。

虽然生物碳的 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人为 CH₄ 和 N₂O，应计算和报告在排放估算中。

²关于 U.S. 轻型汽油汽车和卡车的碳质量平衡的研究表明“固体 (未氧化) 碳比例可以忽略” USEPA (2004a)。这并不包括二冲程发动机或燃料类型，除了汽油。能源卷导言章的 1.4.2.1 节包括了 100% 氧化假定的另外讨论。

图 3.2.3 中的决策树概述了计算 CH₄ 和 N₂O 排放的方法选择。清单编制者应根据数据的存在和质量来选择方法。这些方法定义在下面相应公式 3.2.3- 3.2.5 中。

三种替代方法可用来估算道路车辆的 CH₄ 和 N₂O 排放。一种方法基于车辆所行驶的公里数 (VKT)，其它两种基于销售燃料。方法 3 需要详细的特定国家数据，来生成车辆子类别的基于活动的排放因子并可能涉及国家模式。用每种车辆子类别和可能的道路类型的车辆活动水平 (例如, VKT) 乘以排放因子, 方法 3 以此来计算排放。车辆子类别基于车辆类型、车龄和排放控制技术。方法 2 采用基于燃料的车辆子类别特定排放因子。方法 1 使用基于燃料的排放因子, 当无法按车辆类型来估算燃料消耗时, 可采纳方法 1。

方法 1 中用于估算来自道路车辆的 CH₄ 和 N₂O 的公式可表达如下:

公式 3.2.3
方法 1 CH₄ 和 N₂O 的排放

$$\text{排放} = \sum_a [\text{燃料}_a \cdot EF_a]$$

其中:

- 排放 = 排放量 (kg)
- EF_a = 排放因子 (kg/TJ)
- 燃料_a = 燃料消耗, (TJ) (以销售燃料表示)
- a = 燃料类型 a (例如, 柴油、汽油、天然气、LPG)

方法 1 中的公式 3.2.3 隐含着以下步骤:

- 步骤 1: 确定燃料消耗量, 按道路运输燃料类型, 采用国家数据, 也可用国际能源机构或联合国国际数据源替代 (所有值的报告都应以万亿焦耳为单位)。
- 步骤 2: 对于每种燃料类型, 用适当的 CH₄ 和 N₂O 缺省排放因子乘以消耗燃料数量。缺省排放因子见下节 3.2.1.2 (排放因子)。
- 步骤 3: 加总所有燃料类型每种污染物的排放。

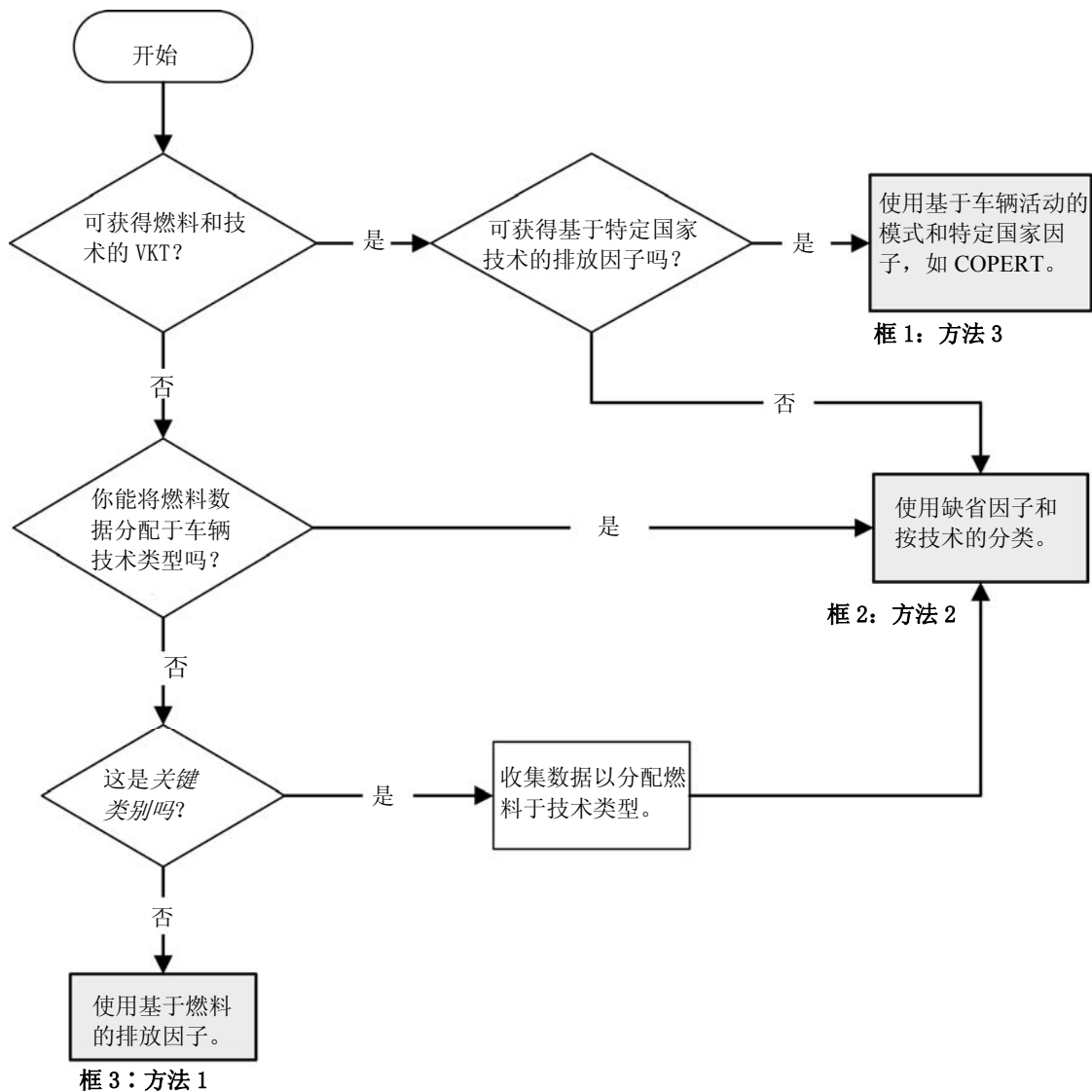
方法 2 的排放公式是:

公式 3.2.4
方法 2 CH₄ 和 N₂O 的排放

$$\text{排放} = \sum_{a,b,c} [\text{燃料}_{a,b,c} \cdot EF_{a,b,c}]$$

其中:

- 排放量 = 排放量 (kg)
- EF_{a,b,c} = 排放因子 (kg/TJ)
- 燃料_{a,b,c} = 某一移动源活动的燃料消耗, (TJ) (以销售燃料表示)
- a = 燃料类型 a (例如, 柴油, 汽油, 天然气, LPG)
- b = 车辆类型
- c = 排放控制技术 (例如未控制, 催化转化器等)

图 3.2.3 来自道路车辆的 CH₄ 和 N₂O 排放的决策树

注:

1. 有关关键类别和决策树用途的讨论, 请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别”(参见有关有限资源的 4.1.2 节)。决策树和关键类别确定应分别适用于甲烷和氧化亚氮排放。

车辆类型应依照报告分类 1.A.3.b (i-iv) (即, 客车、轻型或重型道路车辆、摩托车), 最好按照车龄进一步划分 (例如, 3 年以内、3-8 年、8 年以上), 可按照控制技术进行车辆分类 (例如, 通过推导技术采用来衡量政策执行年)。如果可能, 燃料类型应按照含硫量划分, 以能够根据排放控制系统来划分车辆种类。因为排放控制系统运作都取决于整个系统生命周期中低硫燃料的使用。对这方面不予考虑的话, CH₄ 可能会被低估。这适用于方法 2 和方法 3。

方法 3 的排放公式是:

公式 3.2.5
方法 3 CH₄ 和 N₂O 的排放

$$\text{排放} = \sum_{a,b,c,d} [\text{距离}_{a,b,c,d} \cdot EF_{a,b,c,d}] + \sum_{a,b,c,d} C$$

其中:

- 排放量 = CH₄ 或 N₂O 排放量 (kg)
- EF_{a,b,c,d} = 排放因子 (kg/TJ)。
- 距离_{a,b,c,d} = 某一移动源活动 (km) 在热稳定引擎运行阶段所行驶的距离 (VKT)
- C_{a,b,c,d} = 热启动阶段的排放 (冷启动) (kg)
- a = 燃料类型 a (例如, 柴油, 汽油, 天然气, LPG)
- b = 车辆类型
- c = 排放控制技术 (例如未控制, 催化转化器等)
- d = 行驶条件 (例如, 城市或乡村道路类型、气候、或其它环境因素)

不太可能按道路类型划分, 因而这点可以忽略。经常采用的排放模式如美国环保局 MOVES 或 MOBILE 模式, 或欧洲环保局 COPERT 模式 (分别为 USEPA2005a、USEPA2005b、EEA2005) 这些包含可使多种车辆类型和控制技术得以考虑的详尽车队模式, 以及用于估算这些车辆类型 VKT 的车队模式。排放模式可有助于保证一致性和透明性, 因为计算程序可以固定在可能使用的软件包中。清晰记录标准化模式的任何修改是优良做法。

当发动机冷时, 会产生附加排放, 这对道路车辆的总排放可说是一重大贡献。这些应被纳入方法 3 模式。通过对不同阶段排放求和来计算总排放, 即热稳定引擎运作 (热) 和加热阶段 (冷启动) - 以上公式 3.2.5。冷启动是发动机启动时其温度低于催化剂开始作用的温度 (起动限值, 大约 300°C), 对于未配备催化剂车辆来说, 是发动机尚未达到它正常运行温度。这些有较高 CH₄ (和 CO 和 HC) 排放。研究表明近似平均冷启动模式周期为 180-240 秒。因此冷启动排放因子应仅适用于车辆行程的初始部分 (最远约 3km), 接下来应采用运行排放因子。有关更多详情, 请参见 USEPA (2004b) 和 EEA (2005a)。冷启动排放可用不同方式来量化。表 3.2.3 (USEPA2004b) 给出了每次启动的附加排放。这被加入运行排放, 因而需要了解每辆车每年启动数。这可获自平均旅程距离的知识。欧洲模式 COPERT 对于冷启动 (EEA 2000) 产生的甲烷有更复杂的依赖温度修正。

方法 2 和方法 3 中的公式 3.2.4 和 3.2.5 包含以下步骤:

- 步骤 1: 用国家数据获得或估算用于道路运输的燃料类型消耗的燃料数量 (所有值的报告应以万亿焦耳为单位; 亦请参见 3.2.1.3 节)。
- 步骤 2: 确保燃料数据或 VKT 划分到需要的车辆和燃料类别中。Product use 应予以考虑的是, 一般来说, 每年排放和行驶距离依车辆的年龄而不同; 车龄较长的车辆行驶距离较短, 但可能在单位

³ 这尤其适用于出售不同含硫量燃料的国家 (如“都市”柴油)。一些控制系统 (例如, 柴油废气催化转换器) 需要硫含量很低的燃料 (如 50 百万分率或更少的柴油) 用于操作。较高硫水平会恶化这种系统, 增高 CH₄ 排放和氮氧化物、微粒以及碳氢化合物。恶化的催化剂无法有效地将氮氧化物转化为 N₂, 将会导致 N₂O 排放率的变化。高硫含量燃料的错误添加也会导致这种结果。

⁴ 用于冷启动运行排放的简单方法 (=启动数量•冷启动因子) 假设个人旅程远于 4 千米。

活动中排放出较多的 CH₄。一些车辆与原先设计相比，可能已被转化为可使用不同燃料类型来行驶。

- 步骤 3：用适用于每种类型的排放因子乘以每种车辆类型或车辆/控制技术消耗燃料的数量（方法 2）或行驶的距离（方法 3）。EFDB 或表 3.2.3 - 3.2.5 所列排放因子可用作起点。不过，鼓励清单编制者先查询本章中提及的其它数据源或地方已有数据，再决定特殊子类别的合适国家排放因子。建立的检查和维护计划可能是可靠的地方数据源。
- 步骤 4：对于方法 3，估算冷启动排放。
- 步骤 5：总和所有燃料和车辆类型的排放，包括所有水平的排放控制，来确定道路运输的总排放。

3.2.1.2 排放因子的选择

决策树考虑本国已有活动数据分类的类型和水平，清单编制者应基于决策树的应用来选择缺省（方法 1）或特定国家（方法 2 和方法 3）排放因子。

CO₂ 排放

CO₂ 排放因子基于燃料的含碳量，应表示燃料碳的 100%氧化。若可能的话，优良做法是遵循此方法，使用特定国家净发热值（NCV）和 CO₂ 排放因子数据。燃料的缺省 NCV 和 CO₂ 排放因子（在以下表 3.2.1 中）分别列于本卷导言章表 1.2 和 1.4 中，当特定国家数据无法获得时可能被采用。对于适用的排放因子，鼓励清单编制者参考 IPCC 排放因子数据库（EFDB，见第 1 卷）。优良做法是确保挑选的缺省排放因子适于地方燃料质量和构成。

燃料类型	缺省 (kg/GJ)	低限	高限
动力汽油	69 300	67 500	73 000
汽油/柴油	74 100	72 600	74 800
液化石油气	63 100	61 600	65 600
煤油	71 900	70 800	73 700
润滑剂 ^b	73 300	71 900	75 200
压缩天然气	56 100	54 300	58 300
液化天然气	56 100	54 300	58 300

资料来源：能源卷的导言章中的表 1.4。

注：
^(a) 各值表示燃料含碳量 100%氧化。
^(b) 关于润滑剂的使用指南，见框 3.2.4 “移动燃烧中的润滑剂”。

方法 1 中，排放因子应假设：燃料中的碳在燃烧中或刚燃烧完后 100%被氧化（所有车辆的燃料类型），不论 CO₂ 以 CO₂、CH₄、CO 或 NMVOC 或微粒形式排放。在较高级方法中，CO₂ 排放因子可能调整到考虑非氧化碳或以非 CO₂ 气体形式排放的碳。

来自生物燃料的 CO₂ 排放

已在移动燃烧应用中观察了液体和气态生物燃料的使用（见框 3.2.1）。当有关生物燃料使用的活动数据可获得时，要正确处理道路运输中生物燃料燃烧的相关排放，应采用特定生物燃料排放因子。这些燃料的生物碳燃烧产生的 CO₂ 排放归在 AFOLU 部门处理，并且应作为信息项目单独报告。为避免重复计算，清单编制者应确定在任何混合燃料中相对于生物碳的化石比例。混合燃料被视为商业相关，因而应列入清单。

对于移动燃烧中的液体和气体生物燃料的使用，有很多不同选择。（关于生物燃料定义参见本卷导言章表 1.1。）在特定政策驱动的一些国家里，一些生物燃料已广泛用于商业。生物燃料可以作为纯燃料或作为定期商业化石燃料的添加剂。后一种方法通常不再需要发动机修改或对新燃料的已有发动机的再认证。

为避免重复计算，CO₂ 排放的低报或高报，重要的是评价生物燃料来源以确定和将化石与生物原料分开。这是由于来自生物燃料的 CO₂ 排放会作为信息项目单独报告以避免重复计算，因为它已在 AFOLU 卷处理。燃料中的生物碳份额在提炼活动数据（例如，减去对于燃烧的生物燃料或混合生物燃料的非化石投入量）或是排放因子（例如，用燃烧的生物燃料或混合生物燃料中化石排放因子的比例乘以化石排放因子）中都有表明，但未同时表明。若这些燃料的国家消耗具有商业重要性，那么生物和化石碳流量需要准确计算，以避免与炼油和石油化工过程或废弃物部门的重复计算（识别重复计算或漏算的可能性，例如，掩埋气体或食用废油作为生物燃料）。应避免掩埋气体或食用废油作为生物燃料的重复计算和漏算。

CH₄ 和 N₂O

CH₄ 和 N₂O 排放率很大程度上取决于车辆中的燃烧和排放控制技术；因此未说明车辆技术的基于燃料的缺省排放因子高度不确定。即使关于车辆类型的行驶距离的国家数据不可获得，鼓励清单编制者使用较高级方法的排放因子，并以国家道路运输燃料使用数据和假设的燃料经济值（参见 3.2.1.3 “活动数据的选择”）作为相关指导来计算车辆行驶数据。

若来自移动源的 CH₄ 和 N₂O 排放不是关键类别，当国家数据无法获得时，可采用表 3.2.2 中所列的缺省 CH₄ 和 N₂O 排放因子。使用这些缺省值时，清单制定者应注意用于单位转化的假设燃料经济值和用作缺省因子基础的代表性车辆种类（关于特定假设参见表注）。

优良做法是确保被选择的缺省排放因子最好地代表地方燃料质量/组成和燃烧或排放控制技术。若生物燃料包括在国家道路运输燃料使用估算中，应采用特定生物燃料排放因子，相关的 CH₄ 和 N₂O 排放应列入国家总量。

由于 CH₄ 和 N₂O 排放率很大程度上取决于燃烧和现有排放控制技术，若来自移动源的 CH₄ 和 N₂O 排放是关键类别的话，应采用特定技术排放因子。表 3.2.3 和 3.2.5 分别根据美国和欧洲数据给出了可能适用的方法 2 和方法 3 排放因子。此外，对于一些替代燃料车辆，美国已制定了排放因子（表 3.2.4）。IPCC EFDB 和科学文献也可能提供排放因子（或标准排放估算模式），若适合国家情况，清单编制者可使用这些排放因子。

⁵例如，含动物原料的煤甲醇制成的生物柴油有着非零化石燃料比例，因此并不完全无碳。农产品发酵产生的乙醇一般仅仅是生物成因（无碳），除了在某些情况下，例如来源于化石燃料的甲醇。经过进一步化学转化的产品含大量化石碳，从用于生物柴油生产的化石甲醇中的 5-10%到化石乙丁烯（ADEME/DIREM, 2002）中乙基叔丁基醚（ETBE）的 46%。一些过程可能产生生物成因的副产品，如乙二醇或丙三醇，可被用于其它的地方。

框 3.2.1 道路运输中生物燃料使用例子

道路运输中生物燃料使用例子包括：

- 乙醇一般产生于甘蔗、甜菜、谷物、玉米或土豆的发酵。可能单纯使用（100%，巴西）或以各种容量与汽油混合使用（欧洲和北美为 5-12%，印度为 10%，而在巴西通常为 25%）。纯酒精的生物比例为 100%。
 - 生物柴油是从蔬菜油（例如，油菜、大豆、芥菜、向日葵），动物脂肪或循环食用油的转酯化中制得的燃料。没有毒性，生物可降解和基本上无硫，并且可用于任何柴油发动机，或是单纯使用，（B100 或纯生物柴油）；或是与石油柴油混用，B2 和 B20, 体积上含 2%和 20%的生物柴油）。B100 可能含有用于酯化过程的酒精（制自天然气）产生的化石碳的 10%。
 - 乙基叔丁基醚（ETBE）用作在汽油中高含量辛烷混合成分（例如，在法国和西班牙，混合成分最高达 15%）。最普通的源为甜菜、谷物和土豆与化石异丁烯的发酵产生的乙醇的醚化。
 - 有机物质厌氧分解产生的气态生物量（掩埋气体、污泥气体和其它生物气体）有时用于一些欧洲国家（如瑞典和瑞士）。现今，掩埋气体和污水气体是气态生物量的普通源。
- 可用于移动燃烧的其它未来潜在商业生物燃料包括源自木质纤维素的生物燃料。木质纤维素原料包括谷物秸秆、木本生物质、玉米干草（干的叶和茎）、或类似的能源作物。多种不同的提取和转换过程可生产额外生物燃料（例如，甲醇、二甲基醚（DME）和四氢呋喃-甲烷（MTHF））。

优良做法是基于以下所有标准选择或制定一种排放因子。

- 考虑燃料类型（汽油、柴油、天然气），若可能的话，考虑燃料构成（研究表明减少燃料含硫量可能促成 N_2O 排放的明显减少）
- 车辆类型（即客车、轻型卡车、重型卡车、摩托车）
- 排放控制技术考虑催化转化器的存在和效能（作为年龄函数）（例如，典型的催化剂将氮氧化物化合物转化为 N_2 ，将 CH_4 转化为 CO_2 ）。Díaz 等（2001）报告了催化剂对于碳氢化合物总量（THCs）的转化效率，其中 CH_4 是成分之一，在 1993-1995 的车队中占 92（+/- 6）%。总英里数累积相对高的催化剂的质量大大下降；特别是，在达到大约 60 000 公里之前，THC 水平保持稳定，然后达到 60 000-100 000 公里之时即增加 33%。
- 运作条件的影响（例如，速度，道路条件和行驶方式，这些都影响着燃料经济和车辆系统的性能）
- 认为任何替代燃料排放因子的估算往往产生高度不确定性，因为存在种类广泛的发动机技术而现有研究有关样品数量少。

以下部分提供了制定来自 THC 值的 CH_4 排放因子的方法。编制和记录良好的检查和维护（I/M）计划提供国家数据源，可按燃料、模式、年份以及每年的总英里数累积率制定排放因子。尽管一些 I/M 计划可能仅对新型车辆和地方空气污染物（有时叫做管制污染物，如 NO_x 、PM、NMVOCs、THCs）才有可用排放因子，但有可能从这些数据中推导出 CH_4 和 N_2O 排放因子。一个 CH_4 排放因子可能算作 THCs 与 NMVOCs 排放因子的差额。在很多国家，来自车辆的 CH_4 排放并未被直接测量。它们占 THCs 的一定比例，通常更多通过实验室测量获得。美国环保局（1997）、Borsari（2005）和 CETESB（2004 和 2005）对于报告碳氢化合物不同形式的排放提供了转换因子。根据这些源，以下 CH_4 与 THC 的比率可用来制定来自特定国家 THC 数据的排放因子：

⁶ UNFCCC（2004）。

⁷ Lipman and Delucchi（2002）提供了有关 CH_4 和 N_2O 排放操作条件影响的数据和解释。

⁸ 关于生物燃料的一些有用参考见 Beer 等（2000），CONCAWE（2002）。

⁹ Gamas 等（1999）和 Díaz, 等（2001）报告关于车辆制造和燃料类型的测量的 THC 数据。

- 2冲程汽油：0.9%，
- 4冲程汽油：10-25%，
- 柴油：1.6%，
- LPG：29.6%，
- 天然气车辆：88.0-95.2%，
- 汽油加乙醇 E22：24.3-25.5%，和
- 水合乙醇 E100：26.0-27.2%

一些I/M计划可收集蒸发数据，可假设为等同于NMVOCs。近期和正在进行的研究已对N₂O和NO_x间的关系进行了调查。可能会从这项工作中获得有用数据。

若额外地方数据（如，关于平均行驶速度、气候、海拔、污染控制设备或道路条件）可获得的话，可进一步改进因子。例如，通过扩展排放因子以反映国家情况，通过用一个调节因子相乘（如，交通堵塞或严重负荷）。CH₄和N₂O排放因子并不仅仅建立在代表性遵循驾驶检测过程中，还在运行条件和冷启动条件中进行了检测。因此，根据一国内驾驶方式（基于启动到行驶距离的关系）收集的数据可用来调节CH₄和N₂O排放因子。虽然周遭温度已显示出对地方空气污染物的影响，但关于温度对CH₄和N₂O的影响的研究仍有限（USEPA2004b）。关于在发展中国家改进移动源的排放因子的信息，请参见框3.2.2。

框 3.2.2 发展中国家改进移动源的排放因子

在一些发展中国家，每行驶一公里的估算排放率可能需要改变以考虑国家情况，可能包括：

- 技术差异-在很多情况下由于排放控制系统的退化，燃料掺假，或仅仅是车辆年龄，一些车辆可能在没有有效的催化转换器的情况下行驶。结果，当没有催化转换器或催化转换器不能正常工作时，N₂O排放可能变低而CH₄可能变高。关于墨西哥市THC值和作为年龄和总英里数函数的催化转换器效率，Díaz等（2001）提供了信息。本章也提供了根据THC数据制定CH₄因子的指南。
- 发动机负荷 - 由于交通密度或复杂地形，一辆地方车遇到的加速和减速次数可能明显大于订有排放因子的国家的相应行程。当这些国家建立起了完善的道路和交通控制网络时，就会发生这种情况。增加的发动机负荷可能伴随CH₄和N₂O高排放。
- 燃料构成-差的燃料质量和高或多样的硫含量对发动机性能和燃烧后排放控制设备例（如催化转换器）的转化效率可能产生不利影响。例如，N₂O排放率已经显示出随着燃料中硫含量而增高（UNFCCC, 2004）。硫含量对于CH₄排放的影响尚未知晓。炼厂数据可能表明国家级的生产数量。

3.2.2节“不确定性评估”提供了关于如何求出道路运输排放因子的不确定性估算的信息。

关于发展中国家排放因子的更多信息，可参见Mitra等（2004）。

¹⁰ IPCC（1997）。

¹¹ 对于动力机车和客车，文献中获得的N₂O/NO_x比率范围在0.10-0.25周围（Lipmann and Delucchi, 2002 和 Behrentz, 2003）。

表 3.2.2
道路运输 N₂O 和 CH₄ 缺省排放因子和不确定性范围^(a)

燃料类型/代表性车辆类别	CH ₄ (kg/GJ)			N ₂ O (kg/GJ)		
	缺省	下限	上限	缺省	下限	上限
动力汽油-未控制 ^(b)	33	9.6	110	3.2	0.96	11
动力汽油氧化过程催化剂 ^(c)	25	7.5	86	8.0	2.6	24
动力汽油-1995 或其后的低总英里数轻型车辆。	3.8	1.1	13	5.7	1.9	17
汽油/柴油	3.9	1.6	9.5	3.9	1.3	12
天然气	92	50	1 540	3	1	77
液化石油气 ^(g)	62	na	na	0.2	na	na
乙醇，卡车，美国 ^(h)	260	77	880	41	13	123
乙醇，汽车，巴西 ⁽ⁱ⁾	18	13	84	na	na	na

来源：USEPA (2004b)、EEA (2005a)、TNO (2003) 和 Borsari (2005) CETESB (2004 和 2005) 与以下假设。不确定性范围来自 Lipman 和 Delucchi (2002) 的数据，除了轿车中的乙醇。

(a) 除了 LPG 和乙醇轿车，缺省值来自能源卷导言章中报告的用 NCV 值说明的源；U.S 能源信息局报告的密度值；和以下假设的代表性燃料消耗值。动力汽油车辆 10km/升，柴油车辆 5km/升，天然气车辆 9km/升（汽油车辆的假设当量），乙醇汽车 9 km/升。若实际的代表性燃料经济值可获得，建议将其与总燃料使用数据一同使用以估算总行驶距离数据，然后应再乘以方法 2 中的 N₂O 和 CH₄ 排放因子。

(b) 动力汽油未控制缺省值基于美国环保局 (2004b) 提供的一辆美国轻型汽油车辆（轿车）的值—未控制，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。若摩托车占到全国车辆总体的很大一部分，清单编制者应调低所给的缺省排放因子。

(c) 动力汽油-轻型车辆氧化催化剂缺省值基于 USEPA (2004b) 提供的一辆美国轻型汽油车辆的值—氧化催化剂，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。若摩托车占到全国车辆总体的很大一部分，清单编制者应调低所给的缺省排放因子。

(d) 动力汽油-1995 年或之后产的轻型车辆，其缺省值基于 USEPA (2004b) 提供的一辆美国轻型汽油车辆（轿车）的值—方法 1，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。若摩托车占到全国车辆的很大一部分，清单编制者应调低所给的缺省排放因子。

(e) 柴油缺省值基于 EEA (2005a) 提供的一辆欧洲重型柴油卡车的值，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。

(f) 天然气缺省和下限值基于 TNO (2003) 的研究，使用欧洲车辆和荷兰测试周期。N₂O 有着大量的不确定性。对于一辆美国 CNG 轿车，USEPA (2004b) 的缺省值为 350 kg CH₄/TJ 和 28 kg N₂O/TJ，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。上限和下限亦获自 USEPA (2004b)。

(g) 来自 LPG 的甲烷排放缺省值，考虑 50 MJ/kg 低热值，3.1 g CH₄/kg LPG，获自 TNO (2003)。未提供不确定性范围。

(h) 乙醇缺省值基于一辆美国重型柴油卡车的值，用表注释 (a) 中的值和假设进行转换。

(i) Borsari (2005) 和 CETESB (2004 & 2005) 提供的巴西车辆的数据。对于 2003 年新型号，最佳情况：51.3 kg THC/TJ 燃料和 THC 中 26.0%CH₄。对于 5 年龄的车辆：67 kg THC/TJ 燃料和 THC 中 %CH₄。对于 10 年龄的车辆：308 kg THC/TJ 燃料和 THC 中 %CH₄。

表 3.2.3
美国汽油和柴油车辆的 N₂O 和 CH₄ 排放因子

车辆类型	排放控制技术	N ₂ O		CH ₄	
		运行 (热)	冷启动	运行 (热)	冷启动
		mg/km	mg/start	mg/km	mg/start
轻型汽油车辆 (轿车)	低排放车辆 (LEV)	0	90	6	32
	高级三元催化剂	9	113	7	55
	高级三元催化剂	26	92	39	34
	氧化催化剂	20	72	82	9
	非氧化催化剂	8	28	96	59
	未控制	8	28	101	62
轻型汽油车辆 (轿车)	高级	1	0	1	-3
	普通	1	0	1	-3
	未控制	1	-1	1	-3
轻型汽油卡车	低排放车辆 (LEV)	1	59	7	46
	高级三元催化剂	25	200	14	82
	高级三元催化剂	43	153	39	72
	氧化催化剂	26	93	81	99
	非氧化催化剂	9	32	109	67
	未控制	9	32	116	71
轻型汽油卡车	高级和普通	1	-1	1	-4
	未控制	1	-1	1	-4
重型汽油车辆	低排放车辆 (LEV)	1	120	14	94
	高级三元催化剂	52	409	15	163
	高级三元催化剂	88	313	121	183
	氧化催化剂	55	194	111	215
	非氧化催化剂	20	70	239	147
	重型汽油车辆	21	74	263	162
重型汽油车辆	所有高级, 普通或未控制	3	-2	4	-11
摩托车	非氧化催化剂	3	12	40	24
	未控制	4	15	53	33

表 3.2.4
替代燃料车辆的排放因子 (mg/km)

车辆类型 车辆控制技术	N ₂ O 排放因子	甲烷排放因子
轻型车辆		
甲醇	39	9
CNG	27 - 70	215 - 725
LPG	5	24
乙醇	12 - 47	27 - 45
重型车辆		
甲醇	135	401
CNG	185	5 983
LNG	274	4 261
LPG	93	67
乙醇	191	1227
公共汽车		
甲醇	135	401
CNG	101	7 715
乙醇	226	1 292
来源： USEPA 2004c 和 Borsari (2005) CETESB (2004 和 2005)		

车辆类型	燃料	车辆技术/种类	N ₂ O 排放因子 mg/km				CH ₄ 排放因子 (mg/km)			
			城市		乡村	高速公路	城市		乡村	高速公路
			冷	热			冷	热		
客运汽车	汽油	欧洲前	10	10	6.5	6.5	201	131	86	41
		欧洲 1	38	22	17	8.0	45	26	16	14
		欧洲 2	24	11	4.5	2.5	94	17	13	11
		欧洲 3	12	3	2.0	1.5	83	3	2	4
		欧洲 4	6	2	0.8	0.7	57	2	2	0
	柴油	欧洲前	0	0	0	0	22	28	12	8
		欧洲 1	0	2	4	4	18	11	9	3
		欧洲 2	3	4	6	6	6	7	3	2
		欧洲 3	15	9	4	4	7	3	0	0
		欧洲 4	15	9	4	4	0	0	0	0
	液化石油气 (LPG)	欧洲经济委员会 前机动车法规	0	0	0	0	80	35	25	
		欧洲 1	38	21	13	8				
		欧洲 2	23	13	3	2				
		欧洲 3 以及其后	9	5	2	1				
轻型车辆	汽油	欧洲前	10	10	6.5	6.5	201	131	86	41
		欧洲 1	122	52	52	52	45	26	16	14
		欧洲 2	62	22	22	22	94	17	13	11
		欧洲 3	36	5	5	5	83	3	2	4
		欧洲 4	16	2	2	2	57	2	2	0
	柴油	欧洲前	0	0	0	0	22	28	12	8
		欧洲 1	0	2	4	4	18	11	9	3
		欧洲 2	3	4	6	6	6	7	3	2
		欧洲 3	15	9	4	4	7	3	0	0
		欧洲 4	15	9	4	4	0	0	0	0
重型卡车和公共汽车	汽油	所有技术	6		6	6	140		110	70
	柴油	GVW<16t	30		30	30	85		23	20
		GVW>16t	30		30	30	175		80	70
		市区公共汽车和 长途公共汽车	30		30	30	175		80	70
	压缩天然气 (CNG)	欧洲前 4 前	n.a				5400			
		欧洲 4 以及其后 (包括 EEV)					900			

两轮电动车	汽油	<50 cm ³	1	1	1	219	219	219
		>50 cm ³ 两冲程	2	2	2	150	150	150
		>50 cm ³ 4	2	2	2	200	200	200
注：								
¹ 个人通信：Ntziachristos, L. 和 Samaras, Z., (2005), LAT (2005) 和 TNO (2002)								
² 对于客运轿车和轻型卡车，将城市排放因子分为冷排放和热排放。冷排放因子与发动机在周围温度下启动的行程有关。一辆客车在不同的行驶条件下年总英里数的典型分配可为：城市冷排放，城市热排放，乡村和高速公路分别为 0.3/0.1/0.3/0.3。								
³ 当没有更多详细信息时，对于轻型车辆，建议采用客运轿车排放因子。								
⁴ 汽油的硫含量对于 N ₂ O 排放有着累积和即时影响。汽油客运轿车的排放因子相应于在不同技术登记时期和平均总英里数为 50 000 km 车队的燃料。								
⁵ 预计来自重型车辆和两轮电力车的 N ₂ O 和 CH ₄ 排放因子亦取决于车辆技术。但是没有足够的实验信息来量化这一影响。								
⁶ TNO (2002) 提出了来自柴油和 LPG 客运轿车的 N ₂ O 排放。随着技术进步而增长的柴油 N ₂ O 排放可能非常不确定，但仍然与用于柴油发动机的后处理系统的发展相一致（新催化剂, SCR-DeNO _x ）。								

3.2.1.3 活动数据的选择

活动数据可能不是来自燃料消耗就是来自车辆所行驶的公里数 VKT。使用充足的 VKT 数据可用来检查自上而下的清单。

燃料消耗

道路车辆产生的排放应归因于销售燃料国家，因此燃料消耗数据应反映在该国领土内销售的燃料。这种能源数据通常可从国家统计局获得。除了在全国收集销售燃料数据之外，清单编制者应收集其它在该国使用的其它燃料的活动数据，其运销量小，并未成为国家统计的部分（即，并未广泛消耗的燃料，包括专供市场中的燃料，如压缩天然气或生物燃料）。这些数据通常可从国家统计局处获得，即它们可能算入单独税收集过程。对于方法 3，MOBILE 或 COPERT 模式可能有助于编制活动数据。

优良做法是在使用销售燃料数据前检查以下因子（作为最低限度）。

- 燃料数据仅与道路车辆有关还是也包括非道路车辆？国家统计可能报告总运输燃料，但未标明道路活动燃料消耗和非道路活动燃料消耗。重要的是确保道路车辆燃料使用数据不包括非道路车辆或机械装置的燃料使用数据（参见 3.3 节“非道路运输”）。燃料可基于它们的目标用途来分别征税。一项道路征税燃料调查可表明道路使用销售燃料数量。一般情况下，比起非道路车辆总数和活动，道路车辆车队和相关销售燃料记录得更完善。推导排放估算时应考虑这种情况。
- 包括农业燃料使用吗？这其中的一些可用于固定源使用，而另一些将会用于移动源。然而，这其中的很多并不用于道路使用，因而不应包括在这儿。
- 用于运输的销售燃料可用于其它用途吗（如，用于固定源锅炉的燃料）或相反？例如，在煤油得到补贴以降低价格供居民取暖和烹调。国家统计可将相关煤油消费分配到居民部门，即使大量煤油可能被混合于运输燃料并同其一起被消耗。
- 怎样计算生物燃料？
- 怎样报告和计算混合燃料？活动数据中的官方混合（如，汽油中添加 25% 的酒精）的计算是简便的，但若是一个国家盛行燃料掺假或伪劣（如，往汽油中掺溶剂，往柴油燃料中掺煤油），那么应对燃料数据进行适当调整，注意避免重复计算。
- 统计受到燃料倒卖的影响吗？
- 有特大燃料走私吗？
- 怎样报告润滑剂在 2 冲程燃料中作为添加剂使用？这可能纳入道路运输燃料使用或作为润滑剂被单独报告（参见框 3.2.4）。

建议用两种替代方法来区别非道路和道路燃料使用：

(1) 对于每种主要燃料类型，根据车辆行驶的公里数数据，估算每种道路车辆类型使用的燃料。道路车辆总数与表观消耗量之间的差额归于非道路部门，或

(2) 与(1)相同的特定燃料估算为相似结构的自下而上非道路燃料使用估算所补充，后一种估算基于非道路设备类型及其使用的理解。随后根据每种车辆类型和非道路部门占自下而上估算的比例，对运输部门的表观消耗进行分类。

依据国家情况，清单编制者可能需要调整关于道路运输燃料使用的国家统计，以防止低报或高报道路车辆排放。优良做法是调整国家销售燃料统计，以确保使用的数据仅反映道路使用。当必须进行这种调整时，优良做法是与其它适当部门共同交叉检查，以确保任何从道路统计中去除的燃料加入适当部门，反之亦然。

作为确认，若行驶的距离数据可获得的话（参见以下车辆行驶公里数），优良做法是根据行驶距离数据估算燃料使用。第一步（公式 3.2.6）是估算车辆类型 i 和燃料类型 j 消耗的燃料。

公式 3.2.6
确认燃料消耗

$$\text{估算的燃料} = \sum_{i,j,t} [\text{车辆}_{i,j,t} \cdot \text{距离}_{i,j,t} \cdot \text{消耗}_{i,j,t}]$$

其中：

估算的燃料	= 根据行驶距离（VKT）数据（1）估算的燃料使用总量
车辆 $_{i,j,t}$	= 车辆类型 i 的数量，对于道路类型 t 使用燃料 j
距离 $_{i,j,t}$	= 每种车辆类型 i 每年行驶的公里数（km），对于道路类型 t 使用燃料 j
消耗 $_{i,j,t}$	= 车辆类型 i 的平均燃料消耗（l/km），对于道路类型 t 使用燃料 j
i	= 车辆类型（如，轿车、公共汽车）
j	= 燃料类型（例如，汽油、柴油、天然气、LPG）
t	= 道路类型（如，城市、乡村）

若关于不同道路类型行驶距离的数据无法获得，这个公式应进行简化，去除“ t ”道路类型。更多详细估算也有可能，包括冷启动阶段使用的附加燃料。

优良做法是将方法 1 中使用的销售燃料统计与公式 3.2.6 中的结果进行比较。优良做法是考虑任何差异并决定哪种数据质量更高。除了一些极少情况（例如，对于非道路使用的大量销售燃料，广泛的燃料走私），销售燃料统计可能更为可靠。这提供了重要的质量检查。两种方法结果间的很大差异，可表明一组或两组统计可能有错，必须进行进一步分析。当 3.2.3 节“清单质量保证/质量控制（QA/QC）”列出了协调销售燃料统计与车辆行驶公里数据时，应调查的领域。

对于道路运输产生的 CH_4 和 N_2O 排放的高层方法计算，按类型和燃料的车辆行驶数据是重要的基础。因此在着手估算 CH_4 和 N_2O 排放之前，可能必须调整行驶距离数据使其符合销售燃料数据。当与销售燃料统计相比，估算的燃料使用（公式 3.2.6）与统计的销售燃料之间的差额较大时，这尤为重要。清单编制者将必须对调整行驶距离数据的最佳方法作出判断。其完成可以按比例将相同的调整因子用于所有车辆类型和道路类型，或者，当判定一些数据更加准确时，不同的调整可用于不同的车辆类型和道路类型。后者的例子可以是：据信关于主要高速公路车辆行驶的数据已广为人所知，但另一方面，乡村交通的测量很差。在任何情况下，对调整因子和背景数据以及其它任何检查的选择原因所进行的调整应充分记录和审查。

车辆行驶公里数（VKT）

对于 CH_4 和 N_2O ，当燃料数据可用于方法 1 时，高层方法还需要车辆类型，燃料类型，也可能包括道路类型的车辆行驶公里数（VKT）。

很多国家收集、测量，或者用其他方法估算 VKT。其完成经常通过样本调查来计算通过固定点的车辆数量。这些调查可以自动或人工进行，并按车辆类型计算车辆数目。计算中使用的车辆分类与也会给出车辆数目数据的其它数据（如，税类别）之间可能存在着差异。此外，它们不太可能区分使用不同燃料的类似车辆（如，动力汽油和柴油轿车）。有时候也收集更多详细的信息（例如，车辆速度和数量），特别是已执行更详尽的交通计划时。这可能仅适用于市区而不是整个国家。根据这些交通计算，运输机构

可以对一国的行驶 VKT 总量作出估测。确定总英里数的替换途径是直接调查车辆所有者（私人 and 商用）和使用商用车辆的行政管理记录，同时考虑废车的过期登记记录（框 3.2.3 提供了一种估算其余车队的方法）。

当一国估算 VKT 时，优良做法是使用这个数据，特别是验证销售燃料数据（参见 3.2.1.4 节）。

其它参数。

若来自道路运输的 CH₄ 和 N₂O 排放是个关键类别，优良做法是获得影响排放因子的更多参数信息，以确保活动数据与适用的方法 2 或方法 3 排放因子相兼容。这将需要分类更细的活动数据以执行公式 3.2.3 或 3.2.5:

- 各燃料类型（所有方法）的燃料消耗量（以万亿焦耳为单位）。
- 对于每种燃料类型，每种具有代表性的车辆类型（例如，客车，轻型或重型道路车辆）消耗的燃料量（或行驶 VKT），最好附有年龄类别（方法 2 和 3）；和
- 排放控制技术（如，三元催化剂）（方法 2 和 3）。
- 还可能按道路类型（如城市、乡村、高速公路）来收集 VKT 数据。

若不知道车辆和燃料类型的燃料使用分布，可根据车辆类型的数目进行估算。若不知道按车辆和燃料类型分的车辆数目，可从国家统计中估算（参见以下）。

车辆工艺，通常与车辆型号和年份有直接关联，影响着 CH₄ 和 N₂O 排放。因此，对于方法 2 和方法 3，应将活动数据进行分组，根据适合车队车辆类型的原始设备制造商（OEM）的排放控制技术。车队年龄分布有助于将车队分为车龄类别和然后再分为技术类别。若无法获得分布，可使用车辆老化曲线来估测车辆生命周期，从而基于每年启用的数目来估算仍供使用的车辆数目（参见框 3.2.3）。

此外，若可能，根据每种车辆技术类型（方法 3）来决定（通过估算或国家统计）总行驶距离（即 VKT）。若 VKT 数据无法获得，可根据燃料消耗和假定的国家燃料经济值来进行估算。用道路运输燃料使用数据来估算 VKT，将燃料数据转化为容量单位（公升），然后用对该燃料类型（km/升）的国家车辆总数目具有代表性的假定燃料经济值来乘以燃料类型总量。

若可使用方法 3 并可获得国家 VKT 统计，与那些行驶距离数据有关的燃料消耗应按燃料来进行计算和累计，以与国家能源平衡数据进行比较。如同方法 2，对于方法 3 建议将每种车辆类型进一步细分为排放控制技术的未控制和关键类别。应予以考虑的是，一般来说，每年排放和行驶距离依车辆的车龄而不同；旧车辆行驶距离较短但可能在单位活动中排放出较多的 CH₄ 和 N₂O。一些车辆，特别是在发展中国家，与原先设计相比，可能已被改装为使用不同燃料类型来行驶。

执行方法 2 或方法 3，活动数据可来自若干可能源。当执行车辆检查和维修（I/M）计划时，可了解关于每年总英里数累积率。国家车辆执照记录可提供车队信息（按型号-年份，按区域的车辆计算），甚至可记录执照更新期间的总英里数。编制活动数据的其它源包括车辆销售、进口和出口记录。

另外，可根据按类型、燃料和型号年份的新车进口和销售数目，来估算车辆存量。仍供使用的车辆总数可应用报废或损耗曲线来进行估测。

涉及冷启动排放估算的高层方法需要了解启动次数。这可以推导自总行驶距离和平均行程距离。一般而言，这可通过交通调查获得。该数据收集经常用于地方或运输规划的交通研究。

框 3.2.3 车辆老化（报废）曲线

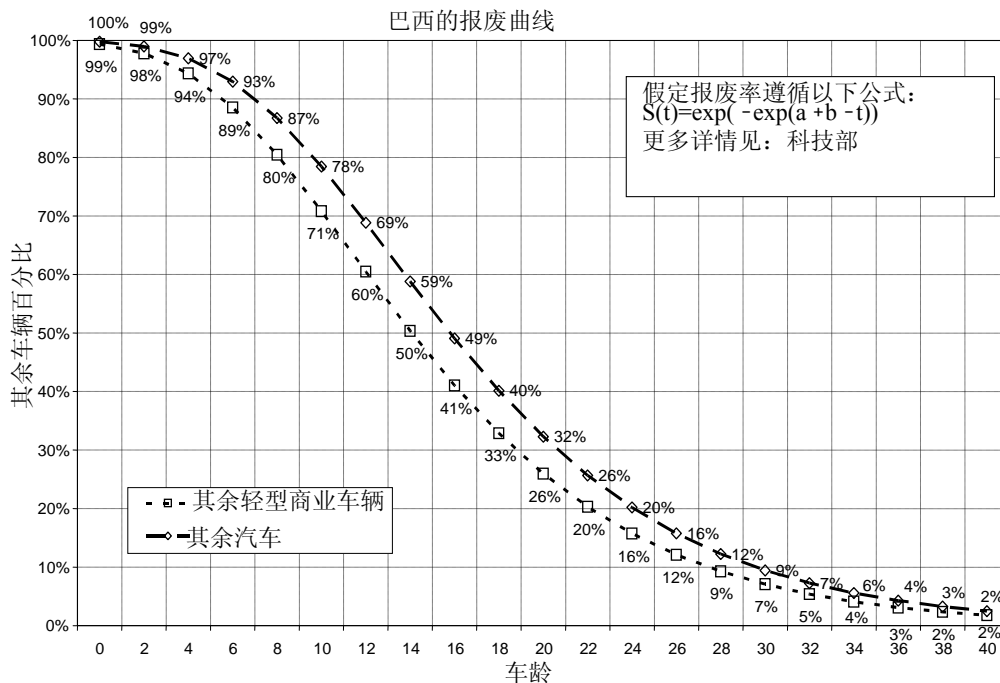
老化（报废）曲线可用来调整获自基于车辆执照牌的车队统计，当不再使用的旧车仍登记在官方记录上时，会导致排放的过量估算。通过限制最大车辆年龄 Gompertz 函数来对其进行大致估计。

在巴西，《国家温室气体通讯》使用最大车辆年龄 40 年（MCT,2002 和

http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/veicul03.htm)

利用框“车辆报废函数”所示的 S 形 Gompertz 报废曲线。该曲线由 Petrobras 提供，目前被环境机构用于排放清单。车龄 t 的废弃车辆份额确定采用公式 $S(t) = \exp[-\exp(a + b(t))]$ ；其中 t 为车辆使用年龄（年数）， $S(t)$ 为车龄 t 的废弃车辆的比例。1994 年，提供国家汽车值（ $a = 1.798$ ， $b = -0.137$ ）和轻型商用车值（ $a = 1.618$ ， $b = -0.141$ ）。

（Ministério da Ciencia e Tecnologia（2002），Primeiro Inventário Brasileiro De Emissões Antrópicas De Gases De Efeito Estufa Relatórios De Refencia Emissões De Gasses De Efeito Por Fontes Móveis, No Setor Eergético。Brasília, Bazil 2002）



3.2.1.4 完整性

建立完整性，兹建议：

- 当在车辆油箱发生跨界转移时，道路车辆排放应归于将燃料装入车辆的国家。
- 按第 1 卷的要求，氧化物物质和其它衍生物量的混合物排放的碳应作为信息项目进行估算和报告，以避免重复计算。关于生物燃料的更多信息，参见 3.2.1.2 节。
- 按照 3.2.1.3 节中列出的建议，确保销售燃料数据的可靠性。
- 意与燃料混合并燃烧于道路车辆的润滑剂产生的排放，应作为移动源排放捕获。关于润滑剂燃烧的更多信息，请参见框 3.2.4。

框 3.2.4 移动源燃烧中的润滑剂

二冲程汽油发动机的润滑剂从概念上来说与四冲程汽油发动机的润滑剂有很大不同，因为不可能拥有一个独立的润滑油箱。二冲程汽油发动机应按照制造商的建议以合适的润滑油和汽油混合比例来进行润滑。根据发动机类型，普通混合比例为 1:25、1:33 和 1:50。

最新一代的二冲程发动机，润滑油由精确测量装置从一个独立油箱直接注入汽油，注入量根据发动机的速度和负荷而定。老式或低廉的二冲程发动机将润滑油作为混合燃料的一部分。通常这些混合物由燃料提供者制备，运送到加油站，但有时候车辆拥有者在服务站加润滑油。在有些国家，二冲程发动机在历史上一直影响重大，近至九十年代（如东欧）或目前仍在起重要作用（如印度和东南亚部分地区）。

能源统计中作为润滑剂或燃料的润滑剂分类可能呈现多样化。清单编制者需要确保这些润滑剂能够适当分配给最终利用，适当计算，避免重复计算或漏算（比较第 3 卷第 5 章中润滑剂的处理：燃料的非能源产品和原料利用）。有意与燃料混合以及用于道路车辆燃烧的润滑剂应作为能源进行报告，而其有关排放应用移动源指南进行计算。当所选择的用于二冲程的活动数据基于行驶的公里数时，增添的润滑剂应作为混合燃料的一部分，在燃料经济中予以考虑。

3.2.1.5 建立一致的时间序列

当数据收集和计算程序，排放估算方法学或模式得到修订时，优良做法是重新计算完整时间序列。与车队工艺数据原始收集有关的一致的时间序列可能需要进行外推，可能采用代理数据予以支持。对于最初年份，这很可能需要。清单编制者应参照第 1 卷第 5 章的讨论：一般指南的时间序列一致性。

由于本章包含很多最新的排放因子，对于 CO₂（按 100%燃料氧化计算）、CH₄ 和 N₂O，清单编制者应确保时间序列一致性。一致的时间序列应考虑车辆及其催化剂控制技术的技术变化。时间序列应考虑由法令和市场力量引起的逐渐进入车队的情况。根据发动机和控制系统技术、维护、控制技术的废弃以及燃料类型，可用有关车队分布的正确数据来保持一致性。若不能获得整个时间序列的 VKT，仅能获得最近一年的 VKT，参见第 1 卷第 5 章的指南：时间序列一致性应用来选择一种接合法。

3.2.2 不确定性评估

CO₂、N₂O 和 CH₄ 一般分别贡献道路运输部门的 CO₂ 等量排放的大约 97%、2-3%和 1%。因此，尽管 N₂O 和 CH₄ 估算的不确定性很高，但 CO₂ 主导着来自道路运输的排放。使用地方估算数据会减少不确定性，特别是用自下而上的估算。

排放因子不确定性

使用国家值时，对于 CO₂ 排放因子的不确定性一般少于 2%（参见本卷导言章的表 1.4）。表 3.2.1 中给出了缺省 CO₂ 排放因子。道路缺省二氧化碳排放因子的不确定性为 2-5%，由燃料构成的不确定性引起。混合燃料的使用，例如引入生物燃料或换假燃料，可能增加排放因子的不确定性，若混合物的构成不确定的话。

N₂O 和 CH₄ 排放因子的不确定性一般相当高（尤其对于 N₂O），很可能成为因子 2-3。它们取决于：

- 燃料构成的不确定性（包括燃料换假的可能性）和硫含量；
- 车队使用年龄分布和车辆存量的其它特性的不确定性，包括跨界影响-使用燃料的其他国家车辆的技术特征可能被技术模式所涵盖；
- 车辆存量的保持方式的不确定性；
- 燃烧条件（气候，海拔）和行驶方法的不确定性，例如速度、行驶距离与冷启动的比例，或负荷因子（CH₄ 和 N₂O）；
- 燃烧后排放控制技术应用率的不确定性（如三元催化剂）；
- 使用添加剂将催化剂的老化影响最小化的不确定性；

- 作业温度（N₂O）的不确定性；和
- 测试设备和排放测量设备的不确定性。

优良做法是根据公布的研究（排放因子从中获得）来估算不确定性。至少以下类型的不确定性可在公布的源中得到描述，在根据经验数据制定国家排放因子时必须加以考虑：

- 单个车辆排放因子的范围，表示为测量方差，产生于不同运行条件下（如速度、温度）的不同排放；和
- 相同的车辆类别中的车辆排放因子均值的不确定性。

此外，被测量的车辆抽样可能很有限，即使更完善的测量抽样可能并不代表国家车队。测试驾驶周期并不能充分反映真正的行驶习性，因此现在至少有一些排放因子研究测试有别于运行排放的冷启动排放，因而各国可能创建特定国家调整，不过这些调整本身会需要自身具有不确定性的更多数据收集。

不确定性的另一来源可能是排放因子转换为提供活动数据的单位（例如，从 kg/GJ 到 g/km），因为这需要关于其它参数的附加假设，例如也具有相关不确定性的燃料经济。

可通按技术，车龄和驾驶条件对车队进一步分层，来减少排放因子的不确定性。

活动数据不确定性

活动数据是排放估算中不确定性的主要源。活动数据或是以能源单位列出（如 TJ）或是为不同目的以其它单位表示，如 人-吨-公里、车辆存量、行程长度分布、燃料效率等。可能的不确定性源，一般大约 5%左右，包括：

- 国家能源调查和数据报告中的不确定性；
- 未记录跨界转移；
- 燃料的错误分类；
- 车辆存量的错误分类；
- 缺乏完整性（在其它源类别中未记录的燃料可用于运输目的）；和
- 从一组活动数据变为另一组活动数据的转换因子的不确定性（例如，从燃料消耗数据转变为个人-吨-公里数，或者相反，见上）。

活动数据的分层可减少不确定性，若它们能与自上而下的燃料使用方法得出的结果相关。

对于估算 CH₄ 和 N₂O 排放，可用一种不同的方法，从而使用不同组的活动数据。优良做法是确保自上而下和自下而上方法的匹配，若不相匹配则记录和解释偏差（亦参见节 3.2.1.4 “一致性”）。对于这些气体，排放因子不确定性将起支配作用。活动数据不确定性可视为与 CO₂ 的相同。

关于活动数据不确定性估算的更多指南可见第 1 卷第 3 章：不确定性。

3.2.3 清单质量保证/质量控制（QA/QC）

优良做法是按第 1 卷第 6 章的概述开展质量控制检查：质量保证/质量控制及验证和对排放估算的专家评审。亦可以采用同章中方法 2 程序概述的附加质量控制核查和质量保证程序，若运用高层级方法来确定源自这种源类别的排放，则尤为如此。鼓励清单编制者采用高层级方法的质量保证和质量控制，用于第 1 卷第 4 章确定的源类别。方法学选择与关键类别。

除引述各章的指南外，下面概述了与该排放源类别相关的一些具体程序。

使用替代方法的排放比较

对于 CO₂ 排放，清单编制者应运用燃料统计和车辆行驶公里数数据来比较估算。排放估算间的任何异常应予以调查和解释。这种比较结果应作为内部归档予以记录。修订以下假设可缩小方法间的测出差距：

- 非道路/非运输燃料使用；
- 年平均车辆总英里数；
- 车辆燃料效率；

按类型、技术、车龄等划分的车辆分类；
氧化物质/生物燃料/其它添加剂的使用；
燃料使用统计；和
销售燃料/使用。

排放因子审核

若使用缺省排放因子，清单编制者应确保它们是适用的并且与类别有关。若可能，缺省因子应与地方数据相比较以进一步表明因子是适用的。

对于 CH₄ 和 N₂O 排放，清单编制者应确保地方因子的原始数据源适用于该类别，并且实施关于数据采集和计算的准确性检查。可能的话，应将缺省因子与地方因子进行比较。若用缺省排放因子来估算 N₂O 排放，清单编制者应确保将表 3.2.3 中的修订排放因子用于计算。

活动数据核查

清单编制者应审查活动数据源以确保与类别的相关性及适用性。3.2.1.3 节为核查活动数据提供了优良做法。可能的话，清单编制者应将数据与历史活动数据或模式输出进行比较，以探测可能的异常。清单编制者应确保以下活动数据的可靠性：运销量小的燃料，用于其它目的的燃料，道路和非道路运输以及燃料非法运入或运出国家。清单编制者也应避免农业和非道路车辆的重复计算。

外部评审

清单编制者应对计算，假设和排放清单的存档进行独立的客观评审，以评估质量控制计划的有效性。同行评审应由熟悉源类别和了解清单需求的专家来实施。由于缺省因子的不确定性很大，CH₄ 和 N₂O 排放因子的制定特别重要。

3.2.4 报告和归档

优良作法是记录和归档生成国家排放清单估算的所有信息。不可能在国家清单报告中纳入所有文档记录。然而，清单应包括使用的方法汇总以及源数据引证，以使报告的排放估算保持透明，且计算步骤可具有可追溯性。这尤其适用于用来估算道路运输排放的国家模式，以及为增进关于氧化亚氮和甲烷特定技术排放因子的知识所作的工作（当不确定性特别大时）。若归档清晰的话，此类信息应提交供纳入 EFDB。

保密性不可能成为关于道路排放的重大问题，不过注意到在一些国家可能对燃料的军事使用可能要保密。一些添加剂的构成是保密的，但只有影响到温室气体排放时这才重要。

当使用一种模式时，例如 USEPA MOVES 或 MOBILE 模式 或 EEA COPERT 模式（分别参见 EPA 2005a、EPA 2005b、EEA 2005），应保持所有输入数据的完整记录。所做的任何特定假设以及模式的修改均应予以归档。

3.2.5 报告表和工作表

参见工作表（附件 1）关于每种源类别都要填入的“方法 I 部门方法”的四页。报告表见第 1 卷第 8 章。

3.3 非道路运输

表 3.1.1 中的非道路类别（1A3eii）包括用于农业、林业、工业（包括建设和维护）、民用和其它部门（例如机场地面支持设备、农用拖拉机、链锯、叉车和雪车）的车辆和移动机械装置。关于常用型非道路车辆和设备，以及典型发动机类型及每种的能量输出的简要描述，请参见 EEA 2005。关于部门隔离消除亦可参见 USEPA, 2005b。

一般用于非道路设备的发动机类型包括：压缩点火（柴油）发动机、火花点火发动机（动力汽油）、二冲程发动机、以及动力汽油四冲程发动机。

3.3.1 方法学问题

估算来自非道路车辆的排放采用与移动源相同的方法学，见 3.2 节所述。《1996 年 IPCC 指南》和 *GPG2000* 自出版以来，就从未修改过。例外是，如 3.2.1.2 节所述，现在的排放因子假设燃料的完全氧化。这与固定燃烧章相一致。这些指南还包含用于估算采用尿素的催化转化器产生的 CO₂ 排放，这种排放源在之前并未提及。

3.3.1.1 方法的选择

关于估算来自非道路移动源燃烧的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放，有三种方法可供选择：方法 1、方法 2 和方法 3。图 3.3.1:用于估算非道路车辆排放的决策树提供了选择适当方法的标准。确定 CO₂ 排放的首选方法是，按国家来使用每种燃料类型的燃料消耗。然而，活动数据可能难于处理，由于设备类型的数目和多样性、地点，以及有关非道路车辆和机械设置的使用方式。此外，有关非道路车辆燃料消耗的统计数据并不经常收集和出版。在这种情况下，对于 CO₂ 需要高层级方法，非 CO₂ 气体亦有需要，因为这些气体非常依赖于技术和作业条件。

¹² 该参考的附录 B 提供了源分类代码（SCC）和以下定义：（a）娱乐车辆；（b）建筑设备；（c）工业设备；（d）草地和花园设备；（e）农业设备；（f）商业设备；（g）采伐；（h）GSE/地下煤/油田设备；（i）娱乐船只和；（j）铁路维护都可参见附录 B。

一种单独方法用于估算来自采用尿素的催化转换器产生的 CO₂ 排放。很多类型的非道路车辆不会安装催化转换器，但排放控制很可能日益用于一些非道路车辆类别，尤其是在发达国家市区运行的类别（如机场或港口地面支持设备）。若将采用尿素的催化转换器用于非道路车辆，应估算有关的 CO₂ 排放。

估算来自能量源的温室气体排放的一般方法可描述如下：

$$\begin{array}{c} \text{公式 3.3.1} \\ \text{方法 1 排放估算} \\ \text{排放} = \sum (\text{燃料}_j \cdot EF_j) \end{array}$$

其中：

- 排放 = 排放 (kg)
 燃料_j = 燃料消耗，（以销售燃料表示）(TJ)
 EF_j = 排放因子 (kg/TJ)
 j = 燃料类型

对于方法 1，用表 3.3.1 所列的燃料特定缺省排放因子来估算排放，假设对于每种燃料类型，所有的燃料消耗均来自一个单独的非道路源类别。

对于方法 2，使用特定国家和特定燃料排放因子（若可获得的话，对于车辆或机械设置的广泛类型来说是特定的）来估算排放。对于 CO₂ 排放估算，若可获得可靠的燃料消耗数据，不采用方法 2 则只有极少或没有优势。

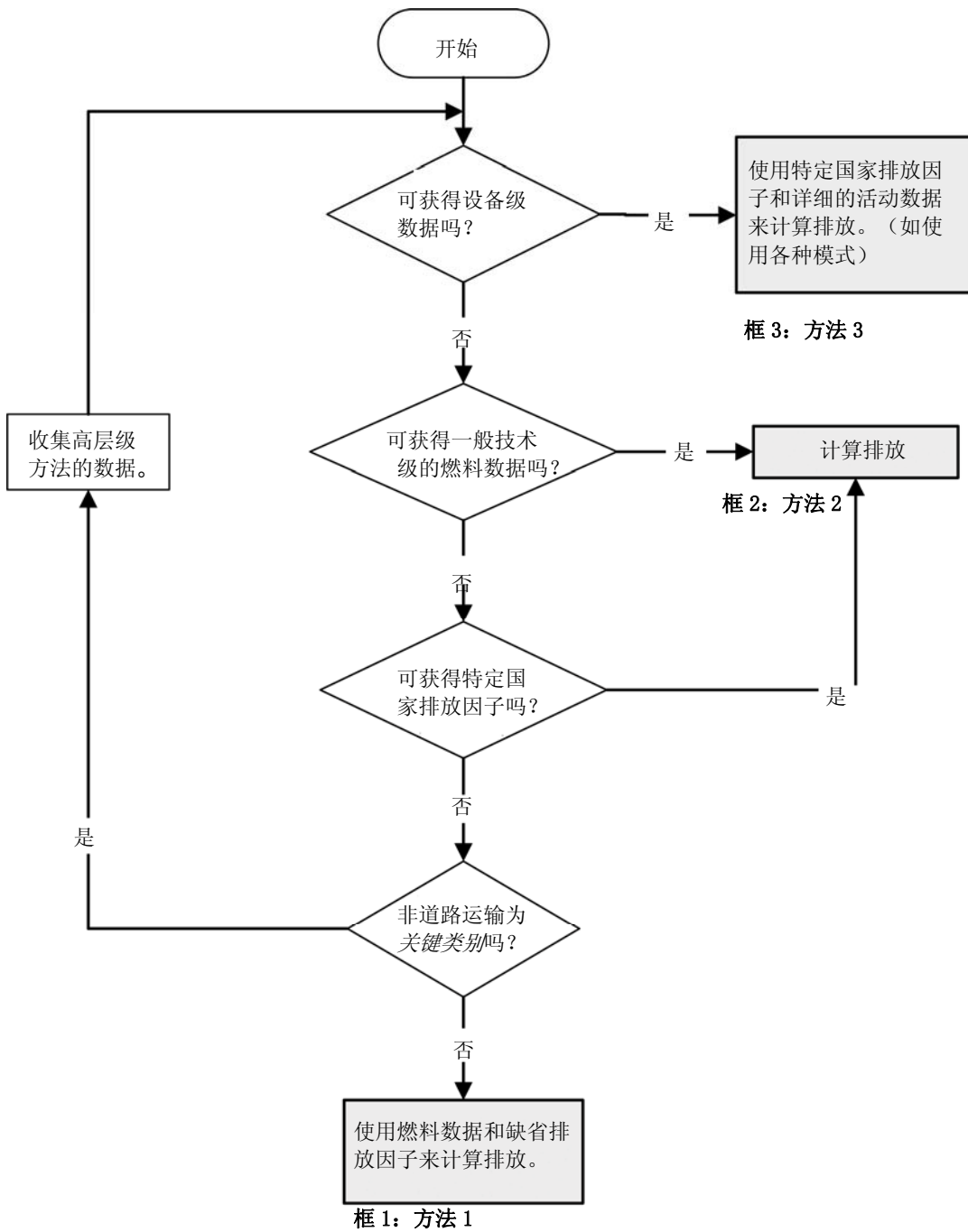
$$\begin{array}{c} \text{公式 3.3.2} \\ \text{方法 2 排放估算} \\ \text{排放} = \sum (\text{燃料}_{ij} \cdot EF_{ij}) \end{array}$$

其中：

- 排放 = 排放 (kg)
 燃料_{ij} = 燃料消耗，（以销售燃料表示）(TJ)
 EF_{ij} = 排放因子 (kg/TJ)
 i = 车辆/设备类型
 j = 燃料类型

对于方法 3，若数据可获，估算排放可根据年使用小时和特定设备参数，例如额定功率、负荷因子以及基于电力使用的排放因子）。对于非道路车辆，这些数据可能并未系统地予以收集、公布或提供足够细节，可能必须结合数据与假设来进行估算。

图 3.2.1 用于估算非道路车辆排放的决策树



注：有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法选择和关键类别”（参见有关有限资源的 4.1.2 节）。

公式 3.3.3 陈述了方法 3 方法学，其中下面的基本公式用来计算排放（以 Gg 为单位）：

公式 3.3.3
方法 3 排放估算

$$\text{排放量} = \sum_{ij} (N_{ij} \cdot H_{ij} \cdot P_{ij} \cdot LF_{ij} \cdot EF_{ij})$$

其中：

排放量 = 排放量 (kg)

N_{ij}	= 源总数
H_{ij}	= 年车辆 i 使用小时 (h)
P_{ij}	= 车辆 i 平均额定功率 (kW)
LF_{ij}	= 车辆 i 的一般负荷因子 (0 到 1 间比例)
EF_{ij}	= 车辆燃料 j 使用的平均排放因子 (kg/kWh)
i	= 非道路车辆类型
j	= 燃料类型

车龄、工艺开始年代或使用方式等因子可将公式 3.3.3 分层。若本身一致的 H、P、LF 和 EF 参数组可用来支持分层，这将会增加估算的准确性 (EEA 2005)。其它详细的建模工具适用于使用方法 3 方法学 [如 NONROAD (USEPA 2005a) 和 COPERT (Ntziachristos 2000)] 来估算非道路排放。

对于尿素转化器中的尿素添加剂的使用产生的 CO₂ 排放的估算 (非燃烧排放)，可采用公式 3.3.4:

公式 3.3.4
采用尿素的催化转化器产生的排放

$$\text{排放量} = \text{活动} \cdot \left(\frac{12}{60}\right) \cdot \text{纯度因子} \cdot \left(\frac{44}{12}\right)$$

其中:

排放量	= CO ₂ 的排放 (kg)
活动	= 用于催化转化器所消耗的尿素添加剂的质量 (kg)
纯度因子	= 尿素添加剂中尿素比例 (若求百分比, 除于 100)

因子 (12/60) 捕获尿素 (CO (NH₂)₂) 向碳的化学转化, 而因子 (44/12) 将碳转化为 CO₂。

3.3.1.2 选择排放因子

缺省 CO₂ 排放因子假设燃料碳的 100% 氧化为 CO₂。不论碳最初形式是否以 CO₂、CO、NMVOC 还是微粒。

特定国家 NCV 和 CEF 数据应用于方法 2 和 3。对于排放因子, 清单编制者宜参考 CORINAIR 2004 或 EFDB, 注意清单编制者仍负有责任, 确保获自 EFDB 的排放因子适用于国家情况。

关于方法 3 例子, 请参见框 3.3.1, 关于使用特定国家数据修改 NONROAD 排放模式以及增进国家排放因子的模式, 给出了更多信息。

表 3.3.1 提供了 CO₂ 缺省排放因子及其不确定性范围, 以及方法 1 中 CH₄ 和 N₂O 的缺省排放因子。对于估算 CO₂ 排放, 清单编制者也可选择根据非道路车辆的特定国家燃料消耗来使用排放因子。

表 3.3.1 提供了 CO₂ 缺省排放因子及其不确定性范围，以及方法 1 中 CH₄ 和 N₂O 的缺省排放因子。对于估算 CO₂ 排放，清单编制者也可选择根据非道路车辆的特定国家燃料消耗来使用排放因子。

表 3.3.1
非道路移动源和机械的缺省排放因子^(a)

非道路源	CO ₂			CH ₄ ^(b)			N ₂ O ^(c)		
	缺省 (kg/GJ)	下限	上限	缺省 (kg/GJ)	下限	上限	缺省 (kg/GJ)	下限	上限
柴油									
农业	74 100	72 600	74 800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
林业	74 100	72 600	74 800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
工业	74 100	72 600	74 800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
家庭	74 100	72 600	74 800	4.15	1.67	10.4	28.6	14.3	85.8
动力汽油 4 冲程									
农业	69 300	67 500	73 000	80	32	200	2	1	6
林业	69 300	67 500	73 000						
工业	69 300	67 500	73 000	50	20	125	2	1	6
家庭	69 300	67 500	73 000	120	48	300	2	1	6
动力汽油 2 冲程									
农业	69 300	67 500	73 000	140	56	350	0.4	0.2	1.2
林业	69 300	67 500	73 000	170	68	425	0.4	0.2	1.2
工业	69 300	67 500	73 000	130	52	325	0.4	0.2	1.2
家庭	69 300	67 500	73 000	180	72	450	0.4	0.2	1.2

资料来源： EEA 2005

注： CO₂ 排放因子值表示全部碳含量。

^a 表 3.3.1 提供的数据基于欧洲非道路移动源和机械。对于汽油，若部门燃料消耗未加区分，缺省值可根据国家情况获得，例如给定部门的流行或通过活动加权。

^b 包括昼夜、吸收和运行损失。

^c 一般而言，非道路车辆并未安装排放控制催化剂（在市区的非道路车辆中可能有例外，例如市区机场和港口采用的地面支持设备）。恰当运作的催化剂将氮氧化物转化为 N₂O，将 CH₄ 转化为 CO₂。然而，催化剂接触高硫含量或铅化燃料，即使一次，也会导致永久失效（Walsh, 2003）。当调整排放因子时，对于这种影响，若可行的话应予以考虑。

3.3.1.3 选择活动数据

关于非道路车辆的完整的自上而下活动数据通常很难获得，如果如此，需要统计调查来估算非道路车辆使用的运输燃料份额。调查设计的讨论见第 1 卷第 2 章（数据收集方法）。调查应为 3.3.1 所描述的分类水平，以利用缺省排放因子数据，并且对于高层级方法应更加详细。对于方法 3，建模工具可用于估算每种设备子类别的燃料消耗量。关于使用非道路（NONROAD）排放模式，框 3.3.1 提供了更多信息。这种模式亦可开发以包括特定国家修改（关于加拿大经验，参见框 3.3.2）。

框 3.3.1**非道路 (NONROAD) 排放模式 (USEPA)**

NONROAD2005 是由 USEPA 开发的一种数学模式，可用于估算和预测非道路运输部门产生的排放。可从 EPA 网站 (<http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>) 获得模式本身以及适用的支持文件。该模式估算六种废气排放：碳氢化合物 (HC)、NO_x、一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO₂)、氧化硫 (SO_x) 以及微粒物质 (PM)。使用者在报告 HC 的五种不同类型中进行选择—碳氢化合物总量 (THC)、有机气体总量 (TOG)、非甲烷有机气体 (NMOC)，非甲烷碳氢化合物 (NMHC) 以及挥发性有机化合物 (VOC)。

一般而言，该模式可以对定义源产生的排放进行自下而上的估算，使用特定设备参数，例如：(i) 发动机总数；(ii) 年使用小时；(iii) 功率级别 (马力)；(iv) 负荷因子 (百分比负荷或负荷周期) 以及 (v) 特定制动器燃料消耗 (每马力-小时的燃料消耗)。此项功能可计算每种设备子类别的燃料消耗量。随后，分部门 (技术/燃料) 特定排放因子可用于推导排放估算。该模式对于所选择的参数是敏感的，但可采用一种自上而下的方法来用于分配推导的排放估算。

对于使用这种模式的自下而上方法，偏离相似的自上而下结果 2 倍 (100%) 的情况并不少见。因此，使用者必须了解总数以及评价的地区的燃料/技术构成。然而，可建立合理的调整可基于：国家制造水平；进口/出口记录；估算的生命周期和报废函数。报废函数意要确定设备磨损率，可帮助说明基于历史设备清单的现有总数。(参见本卷 3.2 节框 3.2.3)。

3.3.1.4 完整性

应避免非道路和道路运输活动数据的重复。应按照 3.2.1.3 节所列原则确认燃料消耗。应根据在非道路车辆中的使用，计算润滑油。应与动力汽油混合并燃烧的润滑油列入燃料消耗数据。第 3 卷论述了润滑油的其它用法：IPPU (第 5 章)。

来自生物量 (例如生物柴油、氧化物和其它一些混合剂) 的碳量应单独估算，并作为信息项目报告以避免重复计算，因为这些排放均已经在 AFOLU 部门予以处理)。

3.3.1.5 建立一致的时间序列

优良做法是对所有年份使用相同的方法来确定活动数据 (如燃料使用)。若不可行，数据收集应有足够匹配以检查所采用方法的一致性。若无法收集基准年活动数据 (如 1990)，宜使用其它活动数据记录趋势回推数据。

CH₄ 和 N₂O 排放将取决于发动机类型和技术。除非已制定了特定技术排放因子，否则优良做法是对于所有年份采用相同特定燃料组的排放因子。

若收集到实际的燃料活动数据，那么在排放估算中将很容易反映减排活动产生的所有燃料消耗改变。然而，只有使用特定发动机排放因子或拟定控制技术假设才可能捕获影响排放因子的减排选择。排放因子随着时间的改变应详尽记录。

关于确定基准年排放和确保时间序列的一致性的更多信息，参见第 1 卷第 5 章“时间序列一致性”。

框 3.3.2

加拿大关于非道路模式的经验

使用该模式来改进国家排放因子：

NONROAD 最初充实以美国的数据，但只要简单调整假设输入参数以考虑地方情况，就可专用于某地区或缔约方。各缔约方宜将其地区标明为相似于美国现今地区之一以更好地仿真其季节气候。然而，指定的温度状况也可成为其它地方的输入。因此，NONROAD 模式预载了美国地方缺省值，从而可允许其使用者即时询问。

加拿大已开始来调整该模式，着手开始国家研究以更好地评价特定国家发动机总数，适用技术，负荷因子和加拿大地区独特的特定制动器燃料消耗值（BSFC）。这条新信息将会便利创建加拿大特定输入文档，因而不改变核心 EPA 计划算法，但可提供更多代表性总数和操作定义来充分利用该计划的优势。通过采用较低确定性输入数据，该模式可与国家燃料消耗统计结合使用，以得出合理分类估算排放。用相似构建的道路模式运行时，其运行参数更好理解，一种完全的，自下而上的，“表观”燃料消耗可扩展成国家燃料销售总量。该国已使用这种建模概念帮助提高燃料非道路消耗的特定国家排放因子。消耗的燃料总量通过每种高度汇总设备部门的燃料类型来估算。（i）两循环与四循环发动机；（ii）农业，林业，工业，家庭和娱乐分部门；（iii）汽油与柴油（火花与压缩点火）。一旦该模式根据此矩阵报告消耗燃料总量，基于贡献分部门及其独特排放因子的加权平均值，建成一综合排放因子。两循环与四循环比例将形成非道路汽油平均 EF，而柴油 EF 直接加于确定。在北美，目前代表多数 GWP 气体的排放因子还未得到认真研究和归档。因此，加拿大历史上对于这些汇总设备部门利用合适的 CORINAIR 排放因子。欧洲和北美早期技术间的相似性允许此利用，而不会引入不合理的不确定性。

3.3.2 不确定性评估

来自非道路源的温室气体排放一般大大少于道路运输产生的温室气体排放，但是此类别的活动多种多样，因此一般有着较高不确定性，因其活动数据具有附加不确定性。

设备类型及其操作条件比起道路运输一般更多样，这可能增加排放因子的变化，因此也会增加不确定性。然而，不确定性估算可能取决于活动数据，因此假设为 3.2.1.2 节各值适合的缺省是合理的。若安装了排放控制，也可能由于催化剂失效而无法运作（如，因为接触了高硫含量燃料）。因此， N_2O 和 CH_4 排放与燃烧相关的因子间联系比起排放控制系统更加紧密，如燃料和发动机技术。

3.3.2.1 活动数据不确定性

活动数据中的不确定性取决于调查的准确性或非道路源和燃料类型的燃料使用估算（参见表 3.3.1 的缺省分类）基于的自下而上模式。这会是非常特定的情况，但 2 不确定性因子当然是可能的，除非有来自调查设计的反面证据。

3.3.3 清单质量保证/质量控制（QA/QC）

优良做法是进行第 1 卷第 6 章所列的质量控制检查，以及对排放估算的专家评审，若采用高层方法，则加上附加检查。

除了以上指南，下面概述了与此源类别有关的特定程序。

排放因子审核

清单编制者应确保国家因子的原始数据源适用于每种类别，并且已执行关于数据获取和计算的准确性检查。对于 IPCC 缺省因子，清单编制者应当确保这些因子是适用的，并与类别相关。如果可能，缺省因子应当与国家因子进行比较，以进一步表明这些因子的适用性与合理性。

活动数据的核查

应评审活动数据源以确保对类别的适用性以及相关性。可能的话，应将数据与历史活动数据或模式输出进行对比以发现异常。使用调查数据后，道路和非道路燃料使用总量应与国家内燃料使用总量相一致。另外，应如 3.3.1.4 节所述进行完整性评估。

外部评审

清单编制者应对计算、假设或记录或两种排放清单开展独立的客观评审，以评估 QC 程序的效能。同行评审应当由熟悉源类别和了解国家温室气体清单要求的专家来实施。

3.3.4 报告和归档

优良作法是按照第 1 卷第 8 章的概述，记录和归档得出国家排放清单估算所需的所有信息。

不可能在国家清单报告中纳入所有文档记录。然而，清单应包括使用的方法汇总以及源数据参考，以使报告的排放估算保持透明，并使计算步骤具有可追溯性。

以下列出与此源类别相关的具体文档和报告问题的一些例子：

除了报告排放，优良作法是提供：

- 燃料和其它数据源；
- 使用的排放因子及其相关参考；
- 不确定性分析或结果对输入数据和假设的改变的敏感性；
- 调查设计的基础，用于确定活动数据；
- 用于得出估算的模式参考。

3.3.5 报告表和工作表

参见工作表（附件 1）关于每种源类别都要填入的方法 I “部门方法”的四页。关于报告表，参见第 1 卷第 8 章。

3.4 铁路

铁路机车一般是三种类型中的一种：柴油、电力或蒸汽。柴油机车一般使用柴油发动机结合交流发电机或发电机以生产需要的电力来为其牵引力发动机提供动力。

柴油机车分为三大类——调动或调车场机车、轨道车、和主线机车。调动机车配备功率输出大约为 200-2000kW 的柴油发动机。轨道车主要用于短距离的轨道牵引，如城市/郊区交通。它们配备功率输出大约为 150-1000kW 的柴油发动机。主线机车用于远距离轨道牵引——载货和载客。它们配备功率输出大约为 400-4000kW 的柴油发动机。（EEA,2005）电力机车由固定发电厂和其它源产生的电提供动力。相应排放的论述见本卷固定燃烧一章。

蒸汽机车现今一般用于很局部的运作，特别是观光胜地。它们对温室气体排放的贡献相应较小。然而对于有些国家，直到 90 年代，相当大部分的机车用煤。为保持完整性，应使用与常规蒸汽锅炉相似的方法来估算其排放，详情见固定燃烧章。

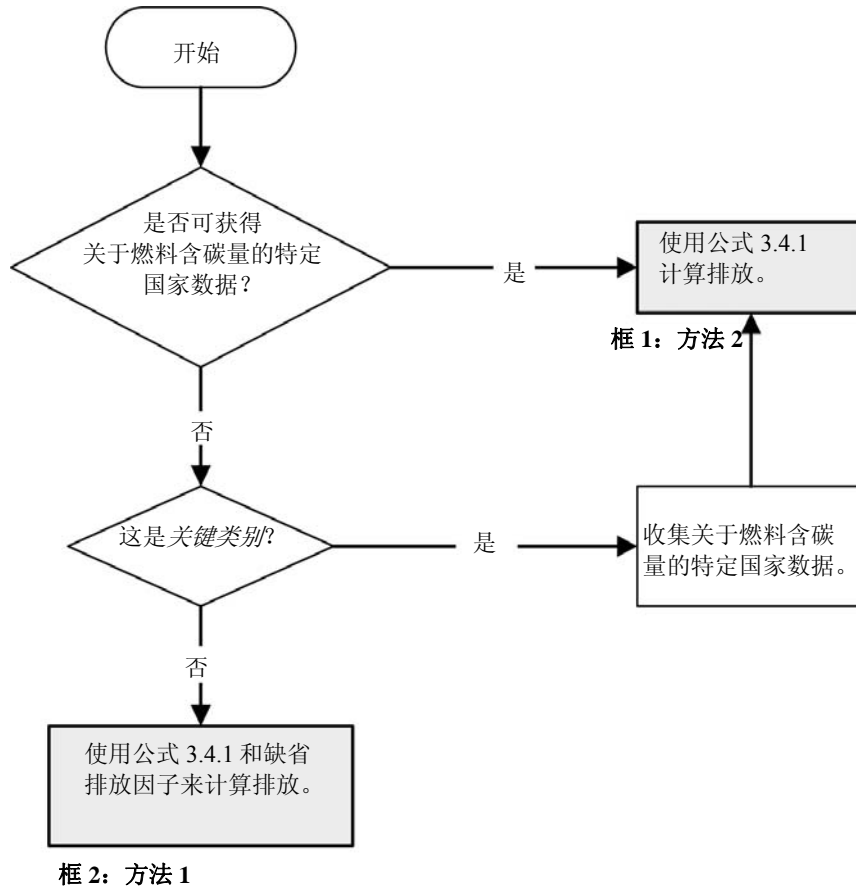
3.4.1 方法学问题

估算来自铁路车辆的温室气体排放的方法学（3.4.1.1 节），自从《1996 IPCC 指南》和 *GP2000* 出版以来基本上未变。然而，与固定燃烧章一致，CO₂ 排放的估算目前基于燃料的全部碳含量。本章描述了直接温室气体 CO₂、CH₄ 和 N₂O 的估算得出的优良做法。关于前体气体，或直接温室气体 CO、NMVOCs、SO₂、PM、和 NO_x，请参见 EMEP/Corinair 关于其它移动源的指南（[EEA, 2005](#)）。

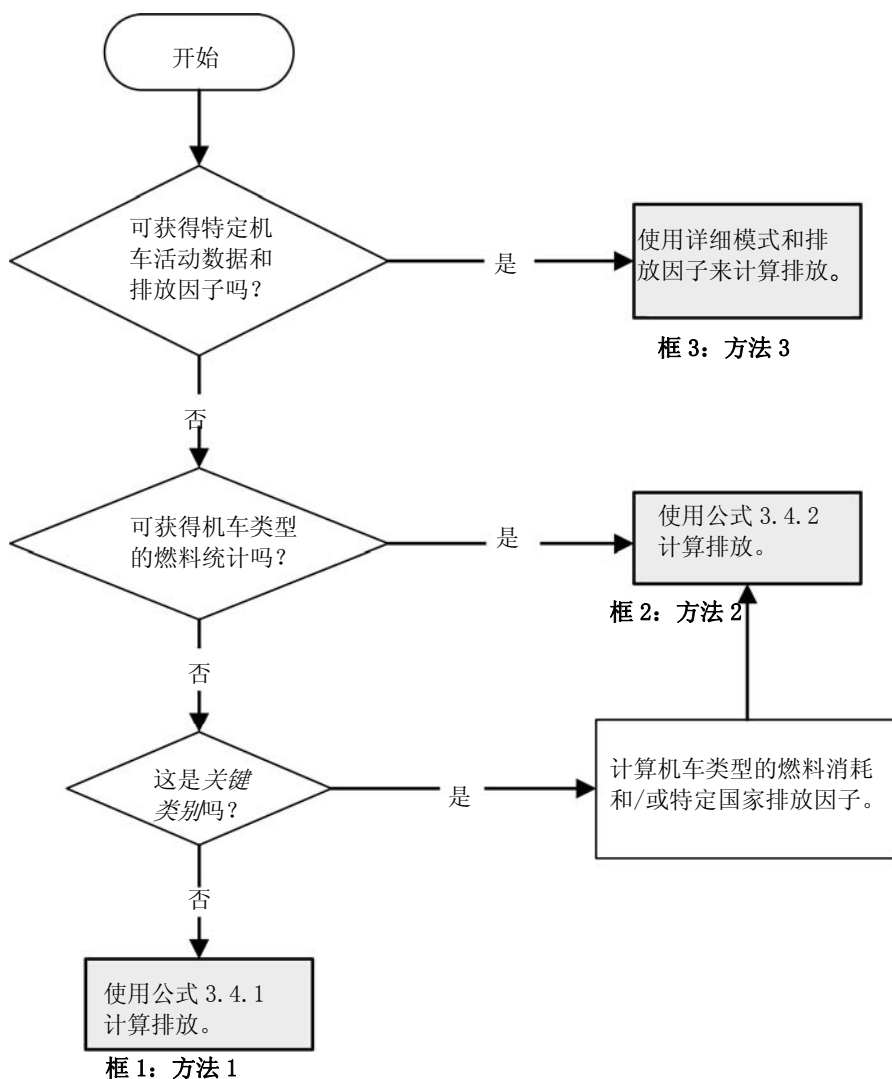
3.4.1.1 方法的选择

有三种方法学选择用来估算来自铁路的 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放。图 3.4.1 和 3.4.2 中的决策树给出了选择方法学的标准。

图 3.4.1 估算来自铁路的 CO₂ 排放的决策树



注：有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法学选择和关键类别”（参见有关有限资源的 4.1.2 节）。

图 3.4.2 估算来自铁路的 CH₄ 和 CO₂ 排放的决策树

注：有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第1卷第4章“方法学选择和关键类别”（参见有关有限资源的4.1.2节）。

估算方法学的三种方法是同一基本公式的变异：

公式 3.4.1
关于机车排放的一般方法

$$\text{排放} = \sum_j (\text{燃料}_j \cdot EF_j)$$

其中：

排放 = 排放 (kg)

燃料_j = 消耗的燃料类型 j (以燃料销售表示) (TJ)

EF_j = 燃料类型 j 的排放因子, (kg/TJ)

j = 燃料类型

对于方法 1，用表 3.4.1 中列出的燃料特定缺省排放因子来估算排放，假设对于每种燃料类型，所有的燃料消耗均为单一的机车类型。关于 CO₂，方法 2 再次使用关于燃料碳含量的特定国家数据的公式 3.4.1。不采用方法 2 来估算 CO₂ 排放则只有极少或没有任何优势。

关于用于 CH₄ 和 N₂O 的方法 2，使用公式 3.4.2 中的特定国家和特定燃料排放因子估算排放，若排放因子可获得，应特定于广泛的机车技术类型。

公式 3.4.2
用于来自机车的 CH₄ 和 N₂O 的方法 2

$$\text{排放} = \sum_i (\text{燃料}_i \cdot EF_i)$$

其中：

- 排放 = 排放 (kg)
 燃料_i = 机车类型 i 消耗的燃料 (以燃料销售表示)，(TJ)
 EF_i = 燃料类型 i 的排放因子，(kg/TJ)
 i = 机车类型

方法 3，若数据可获，使用对于每种类型发动机和火车使用的更加详细的建模，这将会通过排放因子对负荷的依赖来影响排放。需要的数据包括根据典型行程可进一步分层的燃料消耗（如货运、城际的、地方的）以及各类火车行驶的公里数。这类数据的收集可用于其它目的（如，取决于速度和地理位置的空气污染排放或来自铁路管理的排放）。

公式 3.4.3 为更加详细的方法学例子（方法 3），主要基于用来估算非道路排放的 USEPA 方法（USEPA 2005 a & b）。使用以下基本公式来计算排放（单位 Gg）：

公式 3.4.3
用于来自机车的 CH₄ 和 N₂O 的方法 3 例子

$$\text{排放} = \sum_i (N_i \cdot H_i \cdot P_i \cdot LF_i \cdot EF_i)$$

其中：

- 排放量 = CH₄ 或 N₂O 排放 (kg)
 N_i = 机车类型 i 的数目
 H_i = 机车 i 年使用时间 (h)
 P_i = 机车 i 平均额定功率 (kW)
 LF_i = 机车 i 的一般负荷因子 (0 到 1 间比例)
 EF_i = 用于机车 i 的平均排放因子 [kg/kWh]
 i = 机车类型和行程类型

在该方法学中，参数 H、P、LF 和 EF 可以细分，例如将 H 细分为取决于车龄的使用形式（EEA, 2005）。若干详细的建模工具适用于用方法 3 方法学估算机车排放（如，RAILI（VTT2003）；NONROAD（USEPA 2005a 和 b）；COST 319（Jorgensen 和 Sorenson, 1997））。关于方法 3 的实例，请参见框 3.4.1。

3.4.1.2 排放因子的选择

CO₂、CH₄ 和 N₂O 缺省排放因子及其方法 1 中的不确定性范围，可参见表 3.4.1。估算 CH₄ 和 N₂O 排放时，鼓励清单制定者使用机车的特定国家排放因子，若可获得的话。

气体	柴油 (kg/GJ)			次沥青煤 (kg/TJ)		
	缺省	低限	高限	缺省	低限	高限
CO ₂	74 100	72 600	74 800	96 100	72 800	100 000
CH ₄ ¹	4.15	1.67	10.4	2	0.6	6
N ₂ O ²	28.6	14.3	85.8	1.5	0.5	5

注：
¹ 对于 4000HP 机车，平均燃料消耗为 0.35 升每制动马力小时 (bhp-hr)，（对于 2983 kW 机车，为 0.47 升每千瓦时）。（Dunn, 2001）。
² 柴油的排放因子来源于 (EEA, 2005) (表 8-1)，而煤的排放因子来源于“固定燃烧”章的表 2.2。

对于非 CO₂ 气体，这些缺省排放因子可以按照公式 3.4.4，使用表 3.4.2 中的污染物加权因子，根据发动机设计参数来加以修改。

<p>公式 3.4.4 特定技术的 CH₄ 和 N₂O 排放因子的加权</p> $EF_{i, \text{柴油机}} = PWF_i \cdot EF_{\text{缺省, 柴油机}}$

其中：

- EF_{i, 柴油机} = 机车类型 i 的发动机特定排放因子 (kg/TJ)
PWF_i = 机车类型 i 的污染物加权因子[无量纲]
EF_{缺省柴油} = 柴油缺省排放因子 (适用于 CH₄, N₂O) (kg/TJ)

发动机类型	CH ₄	N ₂ O
自然进气的直接注入	0.8	1.0
涡轮增压直接注入/中冷涡轮增压直接注入	0.8	1.0
自然进气加料室前注入	1.0	1.0
涡轮增压加料室前注入	0.95	1.0
中冷涡轮增压加料室前注入	0.9	1.0

资料来源：EEA 2005 (表 8-9)；

考虑到随着车龄而增加的 CH₄ 和 N₂O 排放，CH₄ 缺省排放因子可能每年增长 1.5%，而 N₂O 的减少可忽略不计 (EEA, 2005)。

框 3.4.1
方法 3 的例子

1998 EPA 非道路柴油发动机规则的结构如方法 3 进行 (USEPA,1998)。每种 USEPA 方法在几年中起作用 (按功率)。USEPA-方法 0 标准直到 2001 仍在使用。更为严整的 USEPA-方法 1 标准在 2002-2004 间起效, 现今更严整的 USEPA-方法 2 标准适用 2005 年及以后。主要改进在 USEPA-方法中的 NO_x 和 PM 排放。使用已改进的较低硫含量的柴油有助于减少 SO₂ 排放。以下表格提供了关于这些和其它 3000 HP 以上机车的广泛技术水平排放因子。若可获得特定国家信息, 在高层级方法中, 客运火车的 g/万人公里和货运火车的 g/吨-公里也可提供排放因子 (如, Hahn, 1989; UNECE 2002)。

广泛技术水平排放因子								
模式	发动机	电力		煞车特定柴油燃料消耗 (kg/kWh)	报告的排放水平 (g/kWh)			
		HP	kW		NO _x	CO	HC	CO ₂
EMD SD-40	645E3B	3000	2237	0.246	15.82	2.01	0.36	440
EMD SD-60	710G3	3800	2834	0.219	13.81	2.68	0.35	391
EMD SD-70	710G3C	4000	2983	0.213	17.43	0.80	0.38	380
EMD SD-75	710G3EC	4300	3207	0.206	17.84	1.34	0.40	367
GE 冲 8	7FDL	3800	2834	0.219	16.63	6.44	0.64	391
GE 冲 9	7FDL	4400	3281	0.215	15.15	1.88	0.28	383
GE 冲 9	7FDL (方法)	4400	3281	0.215	12.74	1.88	0.28	383
演变	GEVO 12	4400	3281	NA	10.86	1.21	0.40	NA
2TE116	1A-5Д49	6035	2●2250	0.214	16.05	10.70	4.07	382
2TE10M	10Д100	5900	2●2200	0.226	15.82	10.62	4.07	403
TEП60	11Д45	2950	2200	0.236	16.05	10.62	3.84	421
TEП70	2A-5Д49	3420	2550	0.211	15.83	10.55	4.01	377
2M62	14Д40	3943	2●1470	0.231	13.40	9.01	3.23	412

来源:

¹ 基于 Dunn, 2001 的 EMD 和 GE 机车信息。用于主线机车的低层级方法 CO 和 HC 估算分别为 6.7g/kWh 和 1.3 g/kWh。

² 关于 TE 模式和 2M62, 估算基于 GSTU 1994。

3.4.1.3 活动数据的选择

需要国家一级燃料消耗数据用来估算方法 1 和方法 2 的 CO₂ 排放。用方法 2 估算 CH₄ 和 N₂O 排放，需要机车类别级数据。方法 3 需要在特定主线机车运作的活动数据（例如总吨公里数（GTK）和运行周期）。这些方法还需要其它特定机车信息，例如源总数（包括车龄和功率范围），每吨位火车公里数，年使用小时和根据车龄的使用方式，平均额定马力（包括给定功率范围的各功率分布），负荷因子，区段信息（例如地区地形和火车速度）。对于方法 3 估算存在替代建模方法（VTT 2003；EEA 2005）。

铁路或机车公司，或相关运输机构可以提供关于主线和场地机车的燃料消耗数据。几乎所有国家来自场地机车的贡献可能很小。若没有单独提供场地机车的年燃料消耗，而可按以下公式获得燃料使用和日常燃料使用的典型数据，则可能对燃料使用进行估算。

公式 3.4.5 估算场地机车的燃料消耗

$$\text{清单燃料消耗} = \text{场地机车数目} \cdot \text{每列机车每日平均燃料消耗} \cdot \text{每列机车每年平均运行天数}$$

场地机车数目可从铁路公司或运输机构获得。若平均每天燃料消耗未知，可用每天 863 公升的值（USEPA, 2005a）。运行天数通常为 365。若无法获得场地机车数目的数据，可假设所有燃料均由主线机车消耗来求取排放清单的近似值。

若可获得整个管辖区（国家或领土）的燃料消耗数据，当一个公司的机车填入另一个公司的管辖区时可能会发生重复计算。这可以通过高层级方法使用运行数据加于解决。

使用高层级方法时，应注意用于 CO₂ 的燃料消耗数据应与用于 CH₄ 和 N₂O 的活动数据相一致。

3.4.1.4 完整性

柴油燃料是用于铁路的最常规燃料，但清单制定者应注意不能遗漏或重复计算可能用于柴油牵引机车的其它燃料。这些可能与柴油混合，可能包括石油燃料（例如残留燃料、燃料油或其它蒸馏物），生物柴油（例如，来自油菜籽、大豆、向日葵，*Jatropha* 的油脂，*Karanja* 油，或回收的动植物脂肪）和合成燃料。生物柴油可用于所有经过稍许改装或未经改装的柴油发动机。与常规柴油混合是可能的。合成燃料包括产自各种含碳原料的合成中间蒸馏物（SMD）和二甲醚（DME），包括天然气、残留燃料油、重质原油以及合成气体产生的煤。这种混合物会有差异，目前在 2-5% 生物柴油和剩余石油柴油之间。这些燃料的排放特性被认为类似于与用于道路运输部门的燃料。衍生物量的燃料的 CO₂ 排放应作为信息项目报告，不应纳入国家总量中以避免重复计算。

柴油机车可燃烧天然气或的煤为车厢供热。虽然这些能量源可能是“移动”的，关于估算用于加热的燃料燃烧产生的排放的方法，其论述见本能源卷的固定燃烧部分。清单编制者应注意不要遗漏或重复计算用于铁路车厢供热的能源排放。

柴油机车也会消耗相当量的润滑油。相关排放的论述见 IPPU 卷的第 5 章。

可能出现与其它源部门的重叠。很多统计数据不会包括用于其它活动（如固定铁路源；非道路机械装置，使用铁路燃料的车辆和轨道机械）的燃料。其排放不应列在这儿，而应作为固定源，非道路等列入相关的非铁路类别。若不如此，并不可能将这些其它使用与机车分开来，那么优良做法是在任何清单报告或排放报告中加于注明。

3.4.1.5 建立一致的时间序列

CH₄ 和 N₂O 排放将取决于发动机类型和技术。除非已制定了特定技术排放因子，否则优良做法是对于所有年份采用相同特定燃料组的排放因子。

只有使用特定发动机排放因子或拟定控制技术假设，才可能捕获影响排放因子的减排选择。这些变化应作适当记载。

关于确定基准年排放和确保时间序列的一致性的更多信息，参见第 1 卷的第 5 章“时间序列一致性”。

3.4.1.6 不确定性评估

来自铁路的温室气体排放一般大大少于来自道路运输的温室气体排放，因为消耗的燃料量较少，也因为运行通常发生在电气线路上，在这种情况下，与铁路能源使用有关的排放将被报告在电力生产中，并将取决于该部门的特征。

为了减少不确定性，对于排放因子和活动数据，特别是使用自下而上的活动数据时，需要一种综合方法。使用具有代表性的地方估算数据，可能会提高准确性，不过可能仍旧存在很大不确定性。优良做法是记录下排放因子和活动数据中的不确定性。关于排放因子不确定性的估算的更多指南，可查询第 1 卷的第 3 章“不确定性”。

排放因子不确定性

表 3.4.1 提供的范围，表明了与柴油燃料相关的不确定性。若没有特定信息，高限和低限定值与中心估算间的百分比关系可用于得出与添加剂排放因子有关的缺省不确定范围。

活动数据不确定性

自上而下活动数据（燃料使用）中的不确定性量级可能为 5%。分类数据中自下而上估算的不确定性（各类火车的使用或燃料使用）不可能小于 10%而可能高出几倍，取决于基本统计调查的质量。然而以高层级方法估算非 CO₂ 气体需要自下而上估算。这些高层级方法计算可能也会得出 CO₂ 估算，但这些可能比起方法 1 或 2 更加不确定。因此在铁路为关键类别的前向方法是，对于特定国家燃料碳含量的 CO₂ 使用自上而下估算，对于其它气体使用高层级方法。自下而上 CO₂ 估算然后可用于 QA/QC 交叉检查。

关于活动数据不确定性的估算的更多指南，可见第 1 卷的第 3 章“不确定性”。

3.4.2 清单质量保证/质量控制（QA/QC）

优良做法是按第 1 卷第 6 章“质量保证/质量控制与验证”的概述，进行质量控制检查。

亦可以采用第 1 卷第 6 章方法 2 程序所述的附加质量控制核查，如果运用高层级方法来确定源自这种源类别的排放，尤应如此。对于第 1 卷第 4 章“方法学选择与确定关键类别”确定的关键类别，鼓励清单编制者采用高层次的 QA/QC。除以上指南外，下面概述了与该排放源类别相关的一些具体程序。

排放因子审核

清单编制者应确保国家因子原始数据源适用于每种类别，并确保已对数据采集和计算进行了准确性检查。对于 IPCC 缺省因子，清单制定者应确保各因子与该类别的适用性和相关性。若可能，IPCC 缺省因子应与国家因子进行比较，以进一步表明因子是适用与合理的。

活动数据审核

活动数据源应予以评审以确保对类别的适用性和相关性。若可能的话，应将数据与历史活动数据或模式输出相比以寻找异常。数据可用生产力指标进行检查，例如与其它国家和不同年份间相比单位距离铁路效能（货物和客运公里数）的燃料。

3.4.3 报告和归档

优良作法是按照第 1 卷第 8 章所述，记录和归档得出国家排放清单估算所需的所有信息：报告指南和表格。

除了报告排放，优良做法是提供：

- 获得用于自下而上估算所需的详细信息的方法，以及何种不确定性需要估算；
- 燃料使用的自下而上方法是如何与自上而下燃料使用统计相协调的；
- 使用的排放因子及其相关参考，特别是对于添加剂；
- 确定任何生物燃料成分的方法。

用于非机车使用的燃料的可能纳入（参见以上 3.4.1.2 节）。

3.4.4 报告表和工作表

参见工作表关于每种源类别都要填入的方法 I 部门方法的四页。报告表见第 1 卷第 8 节。

3.5 水运

源类别包括所有水运，从游艇到大型远洋货船，主要由大型、慢速和中等速度的柴油发动机驱动，有时也由蒸气或气体涡轮机驱动。这包括气垫船和水翼船。水运引起下列排放：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O），以及一氧化碳（CO）、非甲烷挥发性有机化合物（NMVOCs）、二氧化硫（SO₂）、微粒物质（PM）和氮氧化物（NO_x）。

3.5.5 节包含了对于清单编制者可能有用的专业术语的定义。

3.5.1 方法学问题

本节讨论直接温室气体 CO₂、CH₄、和 N₂O。表 3.5.1 中详述了源类别。讨论的方法也可用于估算来自军事水运的排放（参见 3.5.1.4 节）。对于排放清单，要区分国内和国际水运。来自化石燃料运输的任何溢散排放（如，通过油船）应按本卷第 4 章所述，估算和报告在“溢散排放”类别中。

3.5.1.1 方法的选择

提供了两种的方法学方法，用于估算来自水运的 CO₂、CH₄、和 N₂O 排放。两种方法均将排放因子用于燃料消耗活动数据。图 3.5.1 所示的决策树有助于在两种方法间作出选择。国内和国际水运排放分别进行估算。

方法 1

方法 1 最为简易，可与缺省值或特定国家信息同时使用。方法 1 中的燃料消耗数据和排放因子为特定燃料类型，应用于相应的活动数据（如用于航行的汽油/柴油）。计算基于燃烧燃料量以及 CO₂、CH₄、和 N₂O 排放因子。计算如公式 3.5.1 所示，排放因子见表 3.5.2 和表 3.5.3。

<p>公式 3.5.1 水运公式</p> $\text{排放} = \sum (\text{燃料消耗}_{ab} \cdot \text{排放因子}_{ab})$

其中：

a = 燃料类型（柴油、汽油、LPG、煤仓等。）

b = 水运类型（即船或艇，可能还有发动机类型。）（仅在方法 2 中使用的燃料根据船只类型加以区分使用，因此在方法 1 中 b 可被忽略。）

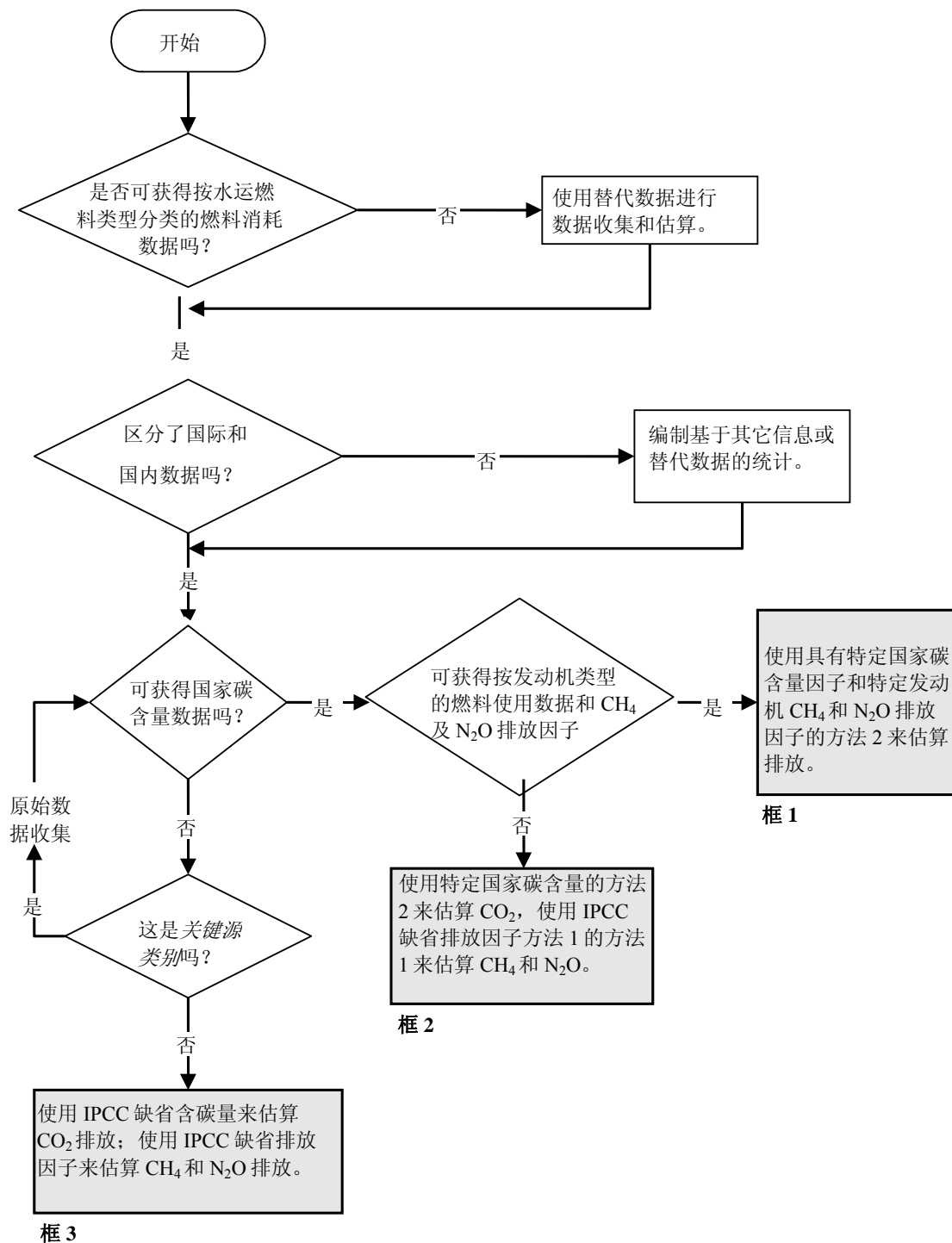
方法 2

方法 2 也使用各类燃料的燃料消耗，但需要在模式下列分类中具有较大特殊性的特定国家排放因子：模式（如远洋船和艇）、燃料类型（如燃料油）乃至发动机类型（如柴油）（公式 3.5.1）。使用方法 2 时，清单制定者应注意，EMEP/Corinair 排放清单指南（EEA, 2005）基于发动机和船只类型以及船只移动数据来估算船只排放提供了详细的方法学。当可获得详细的船只移动数据和有关船只的技术信息时，可采用船只移动方法学。亦可用于区分国内和国际水运排放。

表 3.5.1
源类别结构

源类别	范围
1 A 3 d 水运	来自用于推进船只的燃料的排放，包括气垫船和水翼船，但不包括捕捞船。国际/国内划分应按照始发港口和终点港口，而不是船只的旗帜或国籍。
1 A 3 d i 国际水运 (国际燃料)	从事国际水运的所有国家船只的燃料排放。国际航行可能发生在海上、内陆湖泊、水道和沿海水域。包括从一国出发，抵达另一国的航行产生的排放。不包括渔船消耗（参见其它部门-捕捞）。若提供了相同的定义区分，并且有数据可用来支持定义，那么国际军事水运产生的排放可列为国际水运的单独子类别。
1 A 3 d ii 国内水运	抵离同一国家的所有国家的船只使用的燃料产生的排放（不包括捕捞，捕捞应报告在 1A4ciii，也不包括军事，应报告在 1A5b）。注意，这可能包括同一国家中距离相当远的两个港口间的航行。（例如，从旧金山到檀香山）。
1 A 4 c iii 捕捞（移动源燃烧）	用于内陆、沿海和深海捕捞的燃料产生的排放。捕捞应包括已在国内补给燃料的各国船只（包括国际捕捞）。
1 A 5 b 移动（水运组分）	来自在别处未说明的燃料燃烧产生的所有其余水中移动排放。包括提供给国家军方的并未单独列入 1A3di 中的燃料以及由国内提供但用于未参与多边活动的外国军方的燃料所产生的军事水运排放。
多边活动（水运组成）	按照《联合国宪章》，用于多边活动中水运的燃料产生的排放。包括提供于本国和其他国家军方的燃料产生的排放。

图 3.5.1 来自水运的排放的决策树



注：有关关键类别和决策树使用的讨论，请参见第 1 卷第 4 章“方法学选择和关键类别”（参见有关有限资源的 4.1.2 节）。

3.5.1.2 排放因子的选择

方法 1

缺省二氧化碳排放因子（表 3.5.2）基于燃料类型和碳含量。按本卷第 1 章“导言”和表 1.4 所述，考虑氧化碳的比例（100%）。

表 3.5.2 CO ₂ 排放因子				
(kg/GJ)				
燃料	缺省	低限	高限	
汽油	69 300	67 500	73 000	
其他煤油	71 900	70 800	73 600	
汽油/柴油	74 100	72 600	74 800	
残留燃料油	77 400	75 500	78 800	
液化石油气	63 100	61 600	65 600	
其他油	炼厂气	57 600	48 200	69 000
	固体石蜡	73 300	72 200	74 400
	石油溶剂和 SBP	73 300	72 200	74 400
	其他石油产品	73 300	72 200	74 400
天然气	56 100	54 300	58 300	

关于非 CO₂ 气体，表 3.5.3 提供了通用级的方法 1 缺省排放因子。

表 3.5.3 缺省水运 CH ₄ 和 N ₂ O 排放因子		
	CH ₄ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)
远洋船只*	7 ± 50%	2 +140% -40%
使用重质燃料油的柴油发动机产生的缺省值。 源：Lloyd's Register（1995）和 EC（2002）		

方法 2

方法 2 排放因子应为国家特定的，若可能的话，应来自对燃料和用于水运的燃烧发动机的国内测试。排放因子源应依照这些指南所述进行记录。对于方法 1 和方法 2 的计算，EMEP/Corinair 排放清单指南（EEA 2005）可成为 NO_x、CO 和 NMVOC 排放因子的源。

3.5.1.3 活动数据的选择

按燃料类型和发动机类型的燃料消耗数据（关于 N_2O 和 CH_4 ）需要用来估算来自水运的排放。除此之外，在目前报告程序中，来自国内水运的排放与需要将活动数据分类到这种水平的国际水运分开报告。为保持一致性，优良做法是使用国内和国际航空和水运活动的类似定义。这些定义见表 3.5.4，定义独立于运输船的国籍和旗帜。有些情况下，国家能源统计可能未提供与此定义相一致的数据。优良做法是国家区分出与定义相一致的活动数据。在多数国家，对国内消耗的燃油征收税收和关税，但国际消耗的燃油免收这类税。若没有更直接的数据源，关于国内税收的信息可用于区分国内和国际燃料消耗。在任何情况下，一个国家必须明确定义使用的方法学和假设。

两个港口间的航程类型	国内	国际
抵离同一国家	是	否
从一国出发抵达另一国	否	是
*多数船运移动数据的收集基于各个航程段（从一次出发到下一次到达）并且未区分不同类型间的中间停靠（如 GPG 2000 所要求）。 基于各个航程段数据的区别会更加简易并可能减少不确定性。这种变化不太可能明显改变排放估算。这并没改变来自国际航程的排放作为信息项目报告而未纳入国家总量的方法。		

使用一些方法可获得燃料使用数据。最可行的方法将取决于国家情况，但一些选择比起其它选择提供了更准确结果。以下列出了实际燃料或替代数据的若干可能源，按一般的可靠性降序：

- 能源或统计机构的国家能源统计；
- 国际能源机构（IEA）统计信息；
- 对船运公司的调查（包括轮渡和货运）；
- 对燃料供应者的调查（如供给港口设施的燃料数量）；
- 对各港口和海运机构的调查；
- 对捕捞公司的调查；
- 设备计算，特别是对于小型汽油动力捕捞船和游乐艇；
- 进口/出口记录；
- 船舶移动数据和标准客运及货运时间表；
- 乘客计算和货物吨位数据；
- 国际海事组织（IMO），发动机制造商，或简氏军舰数据库；
- 源自英国劳氏船级社数据的船舶移动数据；

可能必须总合和比较这些数据源以得到完整的船运活动范围。

船舶柴油发动机是用于海洋产业动力和辅助发电的主要动力装置。有些船只用蒸汽装置驱动（EEA2005）。水运也应计算可能用于辅助发动机的燃料，例如冷却装置和货物泵以及用于船上锅炉提供动力。很多蒸汽驱动的油船仍在使用，当在港口卸货时使用泵会比在深海中使用蒸汽时每天消耗更多燃料。表 3.5.5 提供了主要发动机和辅助发动机消耗燃料占各类水运船舶消耗总燃料的平均百分比。若可获得，这可使清单编制者能够使用合适的排放因子，因为这些因子在主要发动机和辅助发动机间可能不同。表 3.5.6 提供了各种水运船只类型的燃料消耗因子，若船队按吨位和类别收集数据的话。

¹³ 优良做法是，若有国家选择使用 GPG2000 定义的话，清楚说明理由和证明。

表 3.5.5
按发动机类型的平均燃料消耗（船只>500 GRT）

船只类型	主要发动机消耗	船只辅助发动机平均数目	Aux. 辅助发动机消耗 (%)
散货船	98%	1.5	2%
混合船	99%	1.5	1%
集装箱船	99%	2	1%
干货船	95%	1.5	5%
近海船	98%	1	2%
货/客船	98%	2	2%
冷藏船	97%	2	3%
滚装船	99%	1.5	1%
油船	99%	1.5	1%
各种其他船只	98%	1	2%
总量	98%		2%

资料来源：Fairplay 船只数据库，2004。GRT = 总登记吨位

表 3.5.6
燃料消耗因子，全功率

船只类型	平均消耗 (吨/天)	全功率消耗 (吨/天) 作为总吨位函数 (GRT)
散货船		
固体散货船	33.8	$20.186 + 0.00049 * GRT$
液体散货船	41.8	$14.685 + .00079 * GRT$
一般货运船	21.3	$9.8197 + .00143 * GRT$
集装箱船	65.9	$8.0552 + .00235 * GRT$
客运/滚装/货运船	32.3	$12.834 + .00156 * GRT$
客运船	70.2	$16.904 + .00198 * GRT$
高速渡船	80.4	$39.483 + .00972 * GRT$
内陆货运船	21.3	$9.8197 + .00143 * GRT$
航行船只	3.4	$0.4268 + 0.00100 * GRT$
拖船	14.4	$5.6511 + .01048 * GRT$
捕捞船	5.5	$1.9387 + .00448 * GRT$
其它船只	26.4	$9.7126 + .00091 * GRT$
所有船只	32.8	$16.263 + 0.16.263 + 0.001 * GRT$

资料来源：Techne (1997)

另外，虽然来自货物蒸发的气体（主要为 LNG 或 VOC 回收）可能用作船只燃料，但与总燃料消耗相比，其数量通常都不大。由于贡献较小，在清单中无须对此进行计算。

3.5.1.4 军事

《2006年IPCC指南》并未提供用于计算军事水运排放的特殊方法。军事水运燃料使用产生的排放可用公式3.5.1来估算，建议对非军事船运采用相同的计算方法。由于与军事水运有关的运行，情况和技术（例如航母、超大型辅助动力装置和稀有发动机类型）的特性，当数据可获得时，鼓励使用一种更详细的方法。因此清单编制者应咨询军事专家，来确定国家军事水运的最适合排放因子。

由于机密问题（见完整性和报告），很多清单制定者可能很难获得关于军事燃料使用数量的数据。本文将军事活动定义为使用被国家军事机构购买或提供给国家军事机构的燃料的活动。优良做法是：将定义水运中的国内和国际民用运行的规则应用于军事活动，当应用那些规则的必需数据可获可比的话。关于军事燃料使用的数据应从政府军事机构或燃料供应者处获得。若无法获得关于燃料分类的数据，所有用于军事活动的燃料销售应视为民用。

依据联合国宪章的多边活动产生的排放不应包括在国家总量中，而应单独报告；与活动有关的其它排放应包括在介入的一个或多个缔约方的国家排放总量。国家计算应考虑交付于国家军方的燃料以及在一国内交付但被其它国家军方使用的燃料。与活动有关的其它排放（如非道路地面支持设备）应包括在合适的源类别的国家排放总量中。

3.5.1.5 完整性

对于水运排放，这些方法基于总燃料使用。由于各国一般具有测量总燃料消耗的有效计算系统。该源类别可能的不完整范围的最大领域可能与其它源类别中航行排放的错置有关。例如，对于由汽油发动机驱动的小型船艇，可能难以获得完整的燃料使用记录。其中一些排放可能作为工业的（当工业公司使用小型船艇时），其它非道路移动或固定源电力生产进行报告。水运排放估算不应只包括用于海运的燃料，还应包括客船、货船、渡船、娱乐水艇、其它内陆船艇以及其它汽油燃料船艇。错置不会影响国家CO₂总排放清单的完整性。但会影响非CO₂总排放清单的完整性，因为各源类别的非CO₂排放因子不尽相同。

化学燃料运输产生的溢散排放应估算并报告在“溢散排放”类别中。多数溢散排放发生在装卸过程中，因此算入该类别。航程中的排放被视为微不足道。

当军事数据为机密时，完整性可能也会成为问题，除非将军事燃料使用与其它源类别加于累计。区别国内与国际排放具有额外挑战性。由于每个国家的数据源对于该类别是独特的，因此不可能在没有清晰数据的情况下制订如何分配的通用准则。优良做法是清晰说明所作的假设，以便可以评估完整性的问题。

3.5.1.6 建立一致的时间序列

优良做法是对所有年份使用相同的方法来确定燃料使用。若不可行，数据收集应有足够重叠以检查所采用方法的一致性。

CH₄和N₂O排放将取决于发动机类型和技术。除非已制定了特定技术排放因子，否则优良做法是对于所有年份采用相同特定燃料组排放因子。

若收集到实际的燃料活动数据，那么在排放估算中将很容易反造成所有燃料消耗改变的减排活动。然而，只有使用特定发动机排放因子或拟定控制技术假设才可以捕获影响排放因子的减排选择。排放因子随着时间的改变应进行详尽记载。

船用柴油和重质燃料油是主要用于水运的大源的燃料。由于这些燃料的碳含量可能在时间序列上有所变化，CO₂排放因子源应明确描述，日期和燃料应予测试。

3.5.1.7 不确定性评估

排放因子

根据专家判断，各种燃料的CO₂排放因子一般确定精确，因为它们主要取决于燃料的碳含量（EPA, 2004）。例如，柴油燃料的缺省不确定值大约为±1.5%，残留燃料油的为±3%。然而，非CO₂排放的不确定性大得多。CH₄排放因子的不确定性可能高达50%。N₂O排放因子的不确定性可能低于缺省值大约40%，亦可高达大约140%（Watterson, 2004）。

活动数据

水运排放估算的大部分不确定性与区别国内和国际燃料消耗的难度有关。完整调查数据的不确定性可能较低（如 $\pm 5\%$ ），而估算或不完整调查的不确定性可能相当大（如 $\pm 50\%$ ）。各国间的不确定性变化范围很大，因而难以概括。在这个领域，全球数据集可能有所帮助，预计将来该类别报告会有所改进。

3.5.2 清单质量保证/质量控制（QA/QC）

优良做法是进行质量控制检查。以下概述了与该源类别有关的特定程序。

使用替代方法的排放比较

若可能的话，清单制定者应使用方法 1 和方法 2 比较水运中确定的估算。清单制定者应调查和解释排放估算间的任何异常。应将这种比较的结果记录下来。

排放因子审核

清单编制者应确保国家因子原始数据源适用于每种类别，并确保已对数据采集和计算进行了准确性检查。若可获得国家排放因子，并且记录翔实，应可加以使用。对于缺省因子，清单制定者应确保因子是适用的并且与类别相关。

若使用除缺省因子之外的数据来编制军事使用产生的排放，清单制定者应检查计算的准确性以及数据的适用性和相关性。

活动数据审核

应对活动数据源进行评审以确保类别的适用性和相关性。若可能的话，应将数据与历史活动数据或模式输出进行相较以寻找异常。可用生产率指标（例如与其他国家相比的单位水运交通效能的燃料）来检查数据。欧洲环保局提供了一个实用数据集，http://air-climate.eionet.eu.int/databases/TRENDS/TRENDS_EU15_data_Sep03.xls，描述了欧洲每种运输模式的排放和乘客/货物容量。关于船运的信息非常详细。这类指标的例子包括：对于少于 3 000 GT 的船舶，因子从 0.09- 0.16 kg CO₂/吨位-公里；对于较大船舶为 0.04 - 0.14；对于客运渡轮，因子范围为 0.1-0.5 kg/乘客-公里。

外部评审

清单编制者应对排放清单的计算、假设或归档进行独立、客观的评审，来评估 QC 计划的有效性。同行评审应由熟悉源类别和了解清单要求的专家（如运输机构、船运公司和军事人员）进行。

3.5.3 报告和归档

与水运有关的排放据其性质报告在不同的类别。关于优良做法，应使用的类别为：

- 国内水运
- 国际水运（国际燃料）
- 捕捞（移动源燃烧）
- 移动源（军事[水运]）
- 未说明的移动源（车辆和其它机械装置）

来自国际水运的排放与国内的分开报告，并且不纳入国家总量中。

与商业捕捞有关的排放不在水运中报告。这些排放将报告在能源部门的农业/林业/渔业类别中。按照定义，供给报告国家商业捕捞活动的所有燃料均视为是国内的，并且对于商业捕捞没有国际燃料类别，不论在哪儿捕捞。应清楚表明军事水运排放，以提高国家温室气体清单的透明度（参见 3.5.1.4 节）。

除了报告排放，优良做法是提供：

- 燃料源和其它数据；
- 用于区分国内和国际航行的方法；

- 使用的排放因子及其相关参考；
- 关于不确定性或结果对输入数据和假设的变化的敏感度的分析。

3.5.4 报告表和工作表

应对表 3.5.1 中每种源类别都要填入关于方法 I 部门方法的工作表（附件 1）四页中。关于报告表参见第 1 卷第 8 章。

3.5.5 专业术语的定义

定义

散货船——用来运输大量非集装箱货物的船只，如油类、木材、谷物、矿石、化学品等。掀起覆盖大货舱的甲板上舱盖即可识别。

混合运船——用来运输货物、油类或者固体货物的船只。

集装箱船——用来运输大型矩形金属箱盒，通常装有制造品的船只。

干货船——用来运输非液体并且通常不需要温度控制的货物的船只。

货/客船——用来进行短程运输乘客、轿车和商业车辆的船只。这些船的大都是滚装（滚上-滚下）渡船，车辆可以直接驶上驶下。客船也可包括渡假游船。

近海船——参与大型船只的各种支持作业的船只。可包括滩海供给船、锚控轮船、拖船、自升自航艇（即甲板船）、船员联络艇、潜水给养船和地震勘探船。

冷藏船——具备冷冻货舱，易腐货物和其它温度控制货物可大量装载的船只。

滚装船——具备滚装货物空间或特定类别空间，可以不用起重机来装卸轮式车辆的船只。

油船——用于运输原油，化学品和石油产品的船只。油船表看起来与散货船很相似，但甲板布满和覆盖了油管和排气孔。

3.6 民航

航空排放来自喷气燃料（喷气煤油和喷气汽油）和航空汽油的燃烧。飞机发动机排放大致有 70%的CO₂。略少于 30%的H₂O和不足 1%的NO_x、CO、SO_x、NMVOC、微粒和其它微量成分，包括有害空气污染物。很少或没有N₂O排放来自现代气体涡轮机（IPCC,1999）。气体涡轮机空转时和旧工艺发动机可能排放出甲烷（CH₄），但近期数据表明现代发动机很少排放或不排放CH₄。排放取决于飞机飞行次数和类型，飞机发动机的类型和效率、使用的燃料、飞行距离、动力设置、每个飞行阶段所花费的时间；其次取决于排放废气的海拔。

对于这些准则，飞机飞行被分为（1）着陆/起飞（LTO）周期和（2）巡航。一般而言，所有类型的飞机排放的大约 10%，除了碳氢化合物和CO，都产生于机场地面水平滑行和LTO周期中。大量飞机排放（90%）发生于高海拔。对于碳氢化合物和CO，这种分类更加近似于 30%地方排放和 70%在高海拔。

3.6.5 节包含了可能对清单编制者有用的专业术语的定义。

3.6.1 方法学问题

该源类别包括所有用于民用商业飞机产生的排放，包括民用和一般航空（如农用飞机，私人喷气机或直升机）。本节讨论的方法也可用于估计军事航空的排放，但排放应报告在类别 1A 5 “其它”或备忘条目“多边活动”中。

关于排放清单，区别国内和国际航空，优良做法是报告在表 3.6.1 列出的源类别中。

国际航空以及遵循《联合国宪章》的多边活动使用的燃料产生的所有排放均不要纳入国家总量，而作为备忘条目单独进行报告。

¹⁴ 一种仅使用在小型活塞发动机飞机上的燃料，一般仅为航空使用燃料的不足 1%。

¹⁵ ICAO, 1993 对 LTO 周期进行了定义。若国家有关于模式次数的更多特定数据，这些可用于改进高层级方法的计算。

3.6.1.1 方法的选择

介绍了估算来自航空的CO₂、CH₄和N₂O排放的三种方法学方法。方法1和方法2使用了燃料消耗数据。方法1完全基于燃料，而方法2基于着陆/起飞周期（LTOs）的次数和燃料使用。方法3使用各次飞行的移动数据。

所有方法均区分国内和国际飞行。然而，如表3.6.1所定义的那样，方法1使用的能源统计经常未准确区分国内和国际燃料使用或各个源类别。而方法2和方法3提供了更加准确的方法学可进行这些区分。

方法学选择取决于燃料类型、可获得数据和飞机排放的相对重要性。对于航空汽油，虽然特定国家排放因子可获得，但LTOs的次数一般无法获得。因此，方法1及其缺省排放因子很可能用于航空汽油。所有方法可用于使用喷气燃料的飞行，因为相关的排放因子可适用于喷气燃料。表3.6.2概述了不同方法的数据要求：

图3.6.1显示的决策树应有助于选择合适的方法。各种方法的资源需求部分地取决于空运移动的次数。方法1不应是资源集约型。方法2基于各个飞机，而方法3A基于各对起飞地和目的地（OD），会增加使用更多资源。需要复杂建模的方法3B需要最多的资源。

鉴于当前关于CH₄和N₂O排放因子的有限知识，更加详细方法并不会大量减少CH₄和N₂O排放的不确定性。然而，若航空为关键类别，则推荐使用方法2或方法3，因为高层级方法可更好地区分国内和国际航空，因而会便利估算将来技术（和因此排放因子）变化的影响。

使用方法3A方法学或方法3B模式，巡航阶段的估算会更加准确。此外，因为方法3使用飞行移动数据代替燃料使用，所以可更准确地区分国内和国际飞行。数据可从方法3模式（例如SAGE，（Kim, 2005a和b; Malwitz, 2005））和AERO2K（Eyers, 2004）的实施者获得。用于区分国家和国际燃料使用的其它方法均为捷径，例如基于飞行时间表（例如，OAG数据，各国进行的吨位-公里数的ICAO统计）考虑LTOs，乘客-公里数数据，百分比分类。若无法获得其它方法或数据，可使用这些方法。

¹⁶ 移动数据所指信息最低程度包括起点和终点、飞机类型和各次飞行数据。

源类别	范围
1 A 3 a 民用航空	来自国际和国内民用航空的排放，包括起飞和着陆。包括飞机的民用商业使用，包括：客运和货运班机和包机运输，空中交通服务和一般航空。国际/国内区分的来确定应基于每个飞行阶段的起飞和着陆地点，而不是基于航空公司的国籍。不包括机场地面运输的燃料使用，应报告在 1 A 3 e “其它运输”。也不包括用于机场固定源燃烧的燃料，将这一信息报告在合适的固定源燃烧类别中。
1 A 3 a I 国际航空 (国际燃油)	于一国出发到达另一国的飞行产生的排放。包括这些飞行阶段的起飞和着陆。国际军事航空产生的排放可列为国际航空的一个单独子类别，假如使用了相同的定义区别并且有数据可支持该定义。
1 A 3 a ii 国内航空	在同一国起飞和降落的民用国内客货运输产生的排放（商业、私人、农业等），包括这些飞行阶段的起飞和着陆。注意这可能包括一个国家中两个机场间相当长距离的航程（如从旧金山到檀香山）。不包括军事，应报告在 1 A 5 b。
1 A 5 b 移动 (航空组分)	在其它地方并未具体指明的燃料燃烧产生的所有其余航空移动源排放。包括供给国家军方的燃料产生的排放，未单独包含在 1 A 3 a i 中，也包括由一国提供而使用于未参与多边活动的其它国家军方的燃料。
1.A.5 c 多边活动 (航空组分)	依照《联合国宪章》用于多边活动航空的燃料产生的排放。包括供给一国军方和其它国家军方的燃料产生的排放。

数据，国内和国际	方法 1	方法 2	方法 3A	方法 3B
航空汽油消耗	X			
喷气燃料消耗	X	X		
总 LTO				
按飞机类型的 LTO		X		
按飞机类型的起飞地和目的地 (OD)			X	
飞机和发动机数据的全部飞行移动				X

选择使用高层级方法的其它原因包括，与其它污染物（如 NO_x ）同时进行排放估算和与其它清单协调方法。在方法 2（和高层级方法）中，LTO 和巡航阶段的排放分别进行估算，以与用于仅包含 914 米（3000 尺）以下排放的空气污染计划的拟定方法相协调。关于飞机的自下而上方法与自上而下基于燃料的方法产生的结果间可能存在重大差异。Daggett 等给出了一个例子。（1999）。

方法 1

方法 1 基于航空燃料消耗数据的总计数量（LTO 和巡航）乘以平均排放因子。基于 10% 的燃料用于飞行 LTO 阶段的假设，甲烷排放因子在所有飞行阶段间均平均计算。根据公式 3.6.1 计算出排放量：

公式 3.6.1
(航空公式 1)

$$\text{排放量} = \text{燃料消耗} \cdot \text{排放因子}$$

方法 1 应用来估算使用航空汽油的飞机产生的排放。航空汽油仅用于小型飞机并且一般不足航空燃料消耗的 1%。当无法获得飞机飞行使用数据时，方法 1 也用于喷气燃料航空活动。

国内和国际排放应采用以上公式分别进行估算，采用 3.6.1.3 节中描述的方法之一来分配两者间的燃料。

方法 2

方法 2 仅适用于喷气飞机发动机的喷气燃料使用。飞机飞行被分为 LTO 和航行阶段。使用方法 2 时，必须知晓国内和国际航空 LTO 运行的次数，最好是按飞机类型。在方法 2 中，区分了低于和高于 914 米（3000 英尺）的排放；即在飞行的 LTO 和巡航阶段产生的排放。

方法 2 将关于航空排放的估算分为以下步骤：

1. 估算国内和国内航空的燃料消耗总量。
2. 估算国内和国际飞行的 LTO 燃料消耗。
3. 估算国内和国际航空的巡航燃料消耗。
4. 估算国内和国际航空的 LTO 和巡航阶段的排放。

方法 2 使用公式 3.6.2-3.6.5 来估算排放：

公式 3.6.2
(航空公式 2)

$$\text{总排放量} = \text{LTO 排放} + \text{巡航排放}$$

其中：

公式 3.6.3
(航空公式 3)

$$\text{LTO 排放} = \text{LTOs 次数} \cdot \text{排放因子 LTO}$$

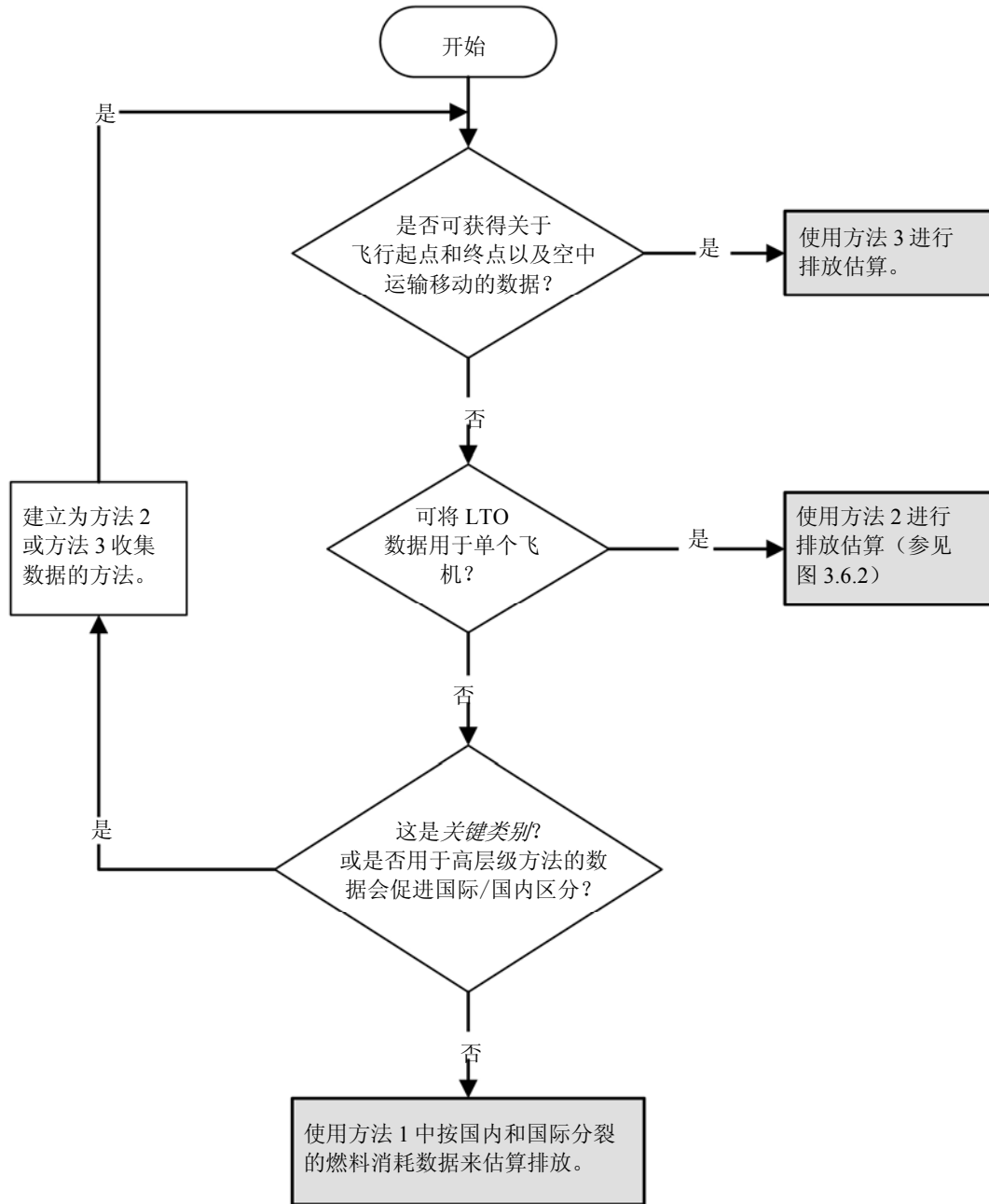
公式 3.6.4
(航空公式 4)

$$\text{LTO 燃料消耗} = \text{LTOs 次数} \cdot \text{每 LTO 燃料消耗}$$

公式 3.6.5
(航空公式 5)

$$\text{巡航排放} = (\text{燃料消耗总量} - \text{LTO 燃料消耗}) \cdot \text{排放因子巡航}$$

图 3.6.1 估算飞机排放的决策树（应用于每种温室气体）



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

图 3.6.2 图示了所推荐的方法 2 方法学的基础。

在方法 2 中，用于巡航阶段的燃料作为残留物进行估算。总燃料使用减去使用于飞行的 LTO 阶段的燃料（公式 3.6.5）。国内和国际航空的燃料使用分别进行估算。用累计排放因子（平均或每种飞机类型）乘以估算的巡航燃料使用，以估算 CO₂ 和 NO_x 巡航排放。用于 LTO 阶段的排放和燃料根据下列统计资料来进行估算：LTOs 次数（平均或每种飞机类型）和缺省排放因子或每个 LTO 周期的燃料使用因子（平均或每种飞机类型）。

¹⁷ 现今的科学理解并不认可其它气体（如 N₂O 和 CH₄）可包含在巡航排放的计算中。（IPCC，1999）。

方法 2 考虑各个飞机类型水平的活动数据，因此需要按照飞机类型的国内和国际 LTO 次数的数据。估算应包括所有频繁用于国内和国际航空的所有飞机类型。表 3.6.3 提供了一种方法，可将实际飞机绘与数据库中具有代表性的飞机类型匹配。除了 NO_x ，方法 2 并未提供排放的巡航排放因子；必须用国家排放因子或方法缺省排放因子来估算这些巡航排放。

方法 3

方法 3 基于实际飞行移动数据，不是关于方法 3A 起飞地和目的地 (OD) 数据就是关于方法 3B 完整飞行轨道信息。若已根据第 1 卷第 6 章 (QA/QC) 提供的指南对其作了详细记载和评审，可采用国家方法 3。为了便于数据评审，使用方法 3 方法学的国家可分别报告商业定期航空和其它喷气燃料活动的排放。

方法 3A 考虑不同飞行距离的巡航排放。对于国内和国际飞行，关于起飞地 (离开) 和目的地 (抵达) 机场以及飞机类型的细节需要采用方法 3A。在方法 3A 中，对于大量具有代表性的飞机类别的 LTO 阶段和多种巡航阶段距离，使用平均燃料消耗和排放数据来对清单进行建模。

方法 3A 方法学中使用的数据考虑到各飞行阶段间产生的不同排放量。该方法学也考虑到燃料燃烧与飞行距离有关，同时认识到相对短距离的燃料燃烧比起较长路线来可相对较高。这是因为与巡航阶段相比，飞机 LTO 周期按距离使用的燃料量较高。

EMEP/CORINAIR 排放清单指南 (EEA 2002) 提供了方法 3A 计算飞机排放的一个例子。EMEP/CORINAIR 排放清单指南正在不断地完善，并通过欧洲环境机构网站进行电子发布。EMEP/CORINAIR 提供了按照飞行距离的排放表。

(注意：有三种 EMEP/CORINAIR 方法可计算飞机排放；但是，仅详细的。CORINAIR 方法等同于方法 3A)

方法 3B 方法有别于方法 3A，使用飞机和特定发动机空气动力学性能信息，计算贯穿每个飞行阶段整个轨道的燃烧燃料和排放。为了使用方法 3B，需要复杂的电脑模式来处理所有设备，性能，轨道变量和给定年份内所有飞行的计算。用于方法 3B 水平的模式一般可按飞机，发动机，机场，区域和全球总量具体标明输出，亦可按纬度，经度，海拔和时间，标明燃烧的燃料和 CO 、碳氢化合物 (HC)、 CO_2 、 H_2O 、 NO_x 和 SO_x 的排放。用方法 3B 模式编制年清单文件时，必须根据考虑到空运变化、飞机设备变化或任何输入变量情景的输入数据来计算飞机排放。最好纳入方法 3B 模式的组分，从而可便于更新，模式保持动态并可保持当前变化的数据和方法学。模式例子包括美国联邦航空管理局 (Kim, 2005 a 和 b; Malwitz, 2005) 以及 AERO2k, (Eyers, 2004)，欧洲委员会的联合保持的全球航空排放的估算系统 (SAGE)。

图 3.6.2 用方法 2 估算飞机排放

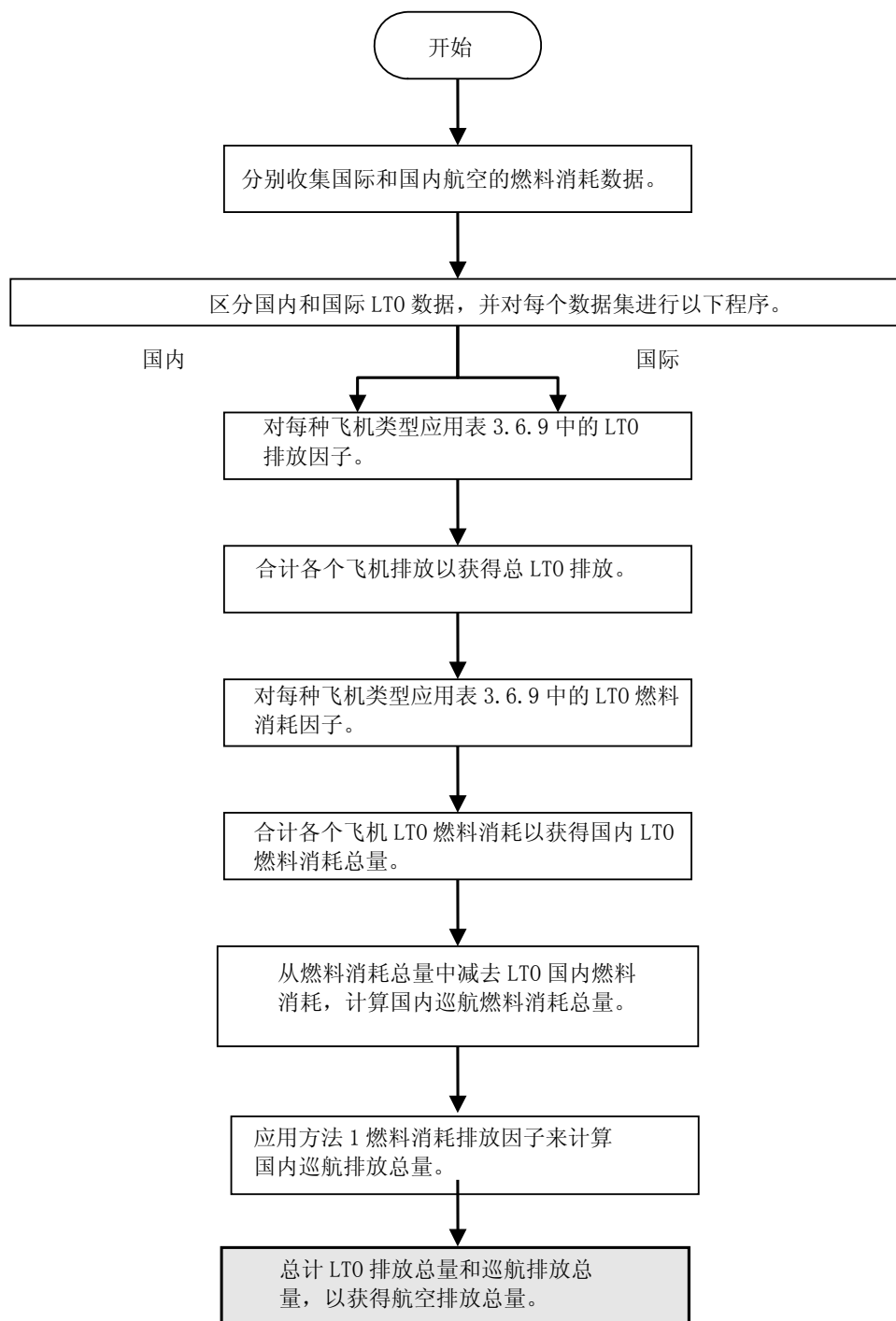


表 3.6.3
具有代表性的飞机与其它飞机类型间的相应关系

一般飞机类型	ICAO	IATA飞机组	一般飞机类型	ICAO	IATA飞机组	一般飞机类型	ICAO	IATA飞机组		
空中客车 (Airbus) A300	A30B	AB3	波音 (Boeing) 737-700	B737	73G	道格拉斯 (Douglas) DC-9	DC9	DC9		
	A306	AB4			73W		DC91	D91		
		AB6	738	DC92	D92					
		ABF	73H	DC93	D93					
		ABX	739	DC94	D94					
		ABY		DC95	D95					
空中客车 (Airbus) A310	A310	310	波音 (Boeing) 747-100		B741	74T	D9C			
		312			N74S	74L	D9F			
		313			B74R	74R	D9X			
		31F		B74R	74V	洛克希德 (Lockheed) L-1011	L10			
		31X	波音 (Boeing) 747-200	742	L11					
		31Y		74C	L15					
	74X	L1F								
空中客车 (Airbus) A319	A319	319	波音 (Boeing) 747-300	B743	743	麦道 (McDonnell Douglas) MD11	M11			
A318	318	74D			M1F					
空中客车 A320	A320	320	波音 (Boeing) 747-400	B744	747		M1M			
		32S			744	MD80	M80			
空中客车 (Airbus) A321	A321	321			74E	MD81	M81			
		330			74F	MD82	M82			
空中客车 (Airbus) A330-200	A332	332			74J	MD83	M83			
	A330	330			74M	MD87	M87			
空中客车 (Airbus) A330-300	A333	333			74Y	MD88	MD88			
	A342	342			波音 (Boeing) 757-200	B752	757	麦道 (McDonnell Douglas) MD90	MD90	M90
空中客车 (Airbus) A340-200	A340	340					75F	图波列夫 (Tupolev) Tu134	T134	TU3
	A343	343					75M	图波列夫 (Tupolev) Tu154	T154	TU5
空中客车 (Airbus) A340-500	A345	345	波音 (Boeing) 757-300	B753	753	阿弗洛支线 喷气 (Avro RJ) 85	RJ85	AR8		
空中客车 (Airbus) A340-600	A346	346	波音 (Boeing) 767-200	B762	762		BAe 146	B461	141	
			76X		76X	B462		142		
波音	B703	703	波音	B763	767	B463		143		

(Boeing) 707		707	(Boeing) 767-300		76F			146			
		70F			763			14F			
		70M			76Y			14X			
波音 (Boeing) 717	B712	717	波音 (Boeing) 767-400	B764	764			14Y			
波音 (Boeing) 727-100	B721	721	波音 (Boeing) 777-200	B772	777		Embraer ERJ145	E145			
		72M			772			ERJ			
波音 (Boeing) 727-200	B722	722	波音 (Boeing) 777-300	B773	773	福克 (Fokker) 100/70/28	F28	F100			
		727						F70			
		72C						F21			
		72B						F22			
		72F						F23			
72S	F24										
波音 (Boeing) 737-100	B731	731	道格拉斯 (Douglas) DC-10	DC10	D10	BAC 111	BA11	B11			
波音 (Boeing) 737-200	B732	732			D11			B12			
		73M			D1C			B13			
		73X			D1F			B14			
波音 (Boeing) 737-300	B733	737			D1M			Donier Do 328	D328	D38	B15
		73F	D1X								
		733	D1Y								
波音 (Boeing) 737-400	B734	737	道格拉斯 (Douglas) DC-8	DC87	DC85	湾流 (Gulfstream) IV/V	GRJ				
		734			DC86						
波音 (Boeing) 737-500	B735	737			DC87			D8M	雅克 (Yakovlev Yak) 42	YK42	YK2
		735						D8Q			
波音 (Boeing) 737-600	B736	737						D8T			
		736	D8X								
				D8Y							

3.6.1.2 排放因子的选择

方法 1

二氧化碳排放因子基于燃料类型和碳含量。国家 CO₂ 排放因子不应偏离缺省值太多，因为喷气燃料的质量定义明确。优良做法是对于方法 1 使用表 3.6.4 中的缺省 CO₂ 排放因子（参见本卷第 1 章“导言”和表 1.4）。可采用国家碳含量，若可获得。应基于燃料的全部碳含量来估算 CO₂。

燃料	缺省 (kg/TJ)	低限	高限
航空汽油	69 300	67 500	73 000
航空煤油	71 500	69 800	74 400

表 3.6.5 给出了飞机产生的 CH₄ 和 N₂O 缺省值。不同类型的飞机/发动机组合有着特定排放因子，而且这些因子也会根据飞行的距离而不同。方法 1 假定所有飞机基于燃料消耗比率对于 CH₄ 和 N₂O 具有相同的排放因子。这个假定已经作出，因为分类更细的排放因子在累积层次上无法获得。

燃料	缺省 (未控制) 因子 (以 kg/TJ 为单位)	N ₂ O 缺省 (未控制) 因子 (以 kg/TJ 为单位)	NO _x 缺省 (未控制) 因子 (以 kg/TJ 为单位)
所有燃料	.5a (- 57%/+100%) ^b	2 (- 70%/+150%) ^b	250 250±25% ^c

^a 假定巡航模式中的 CH₄ 排放可忽略不计 (Wiesen 等, 1994)。仅适用 LTO 周期 (即在海拔 914 米以下) 3000 英尺) 排放因子为 5 kg/TJ (总 VOC 因子的 10%) (Olivier, 1991) 因为假定全球 10% 的燃料总量用于 LTO 周期 (Olivier, 1995), 结果机队平均因子为 0.5 kg/TJ。

^b IPCC, 1999。

^c 专家判断
纳入《1996 年 IPCC 指南》的其它气体排放因子 (CO 和 NMVOC) 以及硫含量可见于 EFDB。可在 EFDB 中找到。

方法 2

对于方法 2, 优良做法是对于排放使用表 3.6.9 (或 EFDB 反映的更新) 中的排放因子。对于巡航计算, 只有 NO_x 排放可基于特定排放因子 (表 3.6.10) 直接进行计算, N₂O 排放可以根据 NO_x 排放间接进行计算。使用方法 1 中 CO₂ 排放因子 (表 3.6.4) 计算 CO₂ 巡航排放。CH₄ 排放可忽略不计并且假定为零, 除非可获得新信息。注意: 关于飞机产生的 CH₄ 和 N₂O 排放因子的信息有限, 表 3.6.5 中提供的缺省值与文献中的值相似。

方法 3

方法 3A 排放因子可见于 EMEP/CORINAIR 排放清单指南, 而方法 3B 使用的排放因子包含在采用该方法学所需的模式中。清单编制者应检查这些排放因子适用于实际情况。

3.6.1.3 活动数据的选择

国内航空产生的排放与国际航空分别报告, 因此必须将国内和国际组分间的活动数据进行分类。为此, 应运用以下定义, 而不论飞机的国籍 (表 3.6.6)。为保持一致性, 优良做法是对于航空和水运采用国内和国际活动的相似定义。在某些情况下, 国家能源统计可能未提供与定义一致的数据。优良做法是各国区分与该定义一致的活动数据。在任何情况下, 一个国家必须清晰地定义使用的方法学和假设。

¹⁸ 国家将 NO_x 排放转化为 N₂O 的方法不尽相同。

表 3.6.6
定义国际或国内航空的标准（运用于多于一次起飞和降落航行的各段路程）

两个机场间的航行类型	国内	国际
起飞到达于同一国家	是	否
从一国起飞到达另一国	否	是

基于过去编制航空排放清单的经验，已确定了关于国际/国内区分的困难，特别是关于获得《1996 年 IPCC 指南》/GPG2000 要求的关于在同一国家降落卸下和搭乘乘客和货物的信息（2004 年 4 月 ICAO/UNFCCC 专家会议的概要报告）。多数飞行数据按各个飞行段收集（从一次起飞到下一次降落），并未区分不同类型中间站点（如 GPG2000 所要求的）。基于飞行段数据的区别（起飞地/目的地）更简便，可以减少不确定性。这种变化不可能明显改变排放估算。这并不改变将国际飞行排放作为备忘条目进行报告，而不纳入国家总量的方法。

技术进步和航空公司经营方法的优化极大减少了中间技术性降落的需求。一次中间技术性降落也不会改变一次国内或国际飞行的定义。例如若可获得明确的数据，国家可将国际飞行段定义为从一国起飞降落在另一国并且进行中间技术性降落的飞行。技术性降落仅为补给燃料或解决技术困难，而不是为交换乘客或货物。

若国家能源统计并未提供与符合此定义的数据，那么国家应依据定义，使用下面的方法来估算国内和国际燃料消耗间的区分。

若国内使用的销售燃料要征税，但用于国际使用的并不征税，则自上而下数据可从征税机构获得。机场或燃料供给商可能有关于供给国内和国际飞行的航空煤油和航空汽油的数据。多数国家的税款和海关税的征收基于国内消耗，而用于国际消耗的燃料免征这类税。若没有更多直接数据源，关于国内税款的信息可用于区别国内和国际燃料消耗。

自下而上数据的获得可通过调查航空公司用于国内和国际飞行的燃料，或通过飞机移动数据估算和燃料消耗标准表或从两处获得。飞机的燃料消耗因子（每个 LTO 和海上巡航每海里所使用的燃料）可用来估算，并且可从航空公司获得。

自下而上数据源的例子，包括飞机移动：

- 统计局或运输部为国家统计的一部分；
- 机场记录；
- ATC（空运交通管制）记录，例如 EUROCONTROL 统计；
- 飞机时间表由 OAG 每月公布，包括世界范围的时间表客机货机移动，也包括定期的包机预定起飞。不包括特别包机飞机移动；

这些源的其中一些并不包括所有飞行（例如可能不包括包机飞行）。另一方面，由于航空公司间的代码共享或重复飞行次数，航空公司时间表数据可能包括重复飞行。已制定了方法来检测和消除这些重复。

（Baughcum 等, 1996； Sutkus 等, 2001）。

表 3.6.9，“LTO 排放因子”所列飞机类型的定义基于以下假设。飞机被分为四大组以反映和记录每组的的不同数据源。

大型商业飞机：这包括反映 2004 运行机队的飞机和一些较小模式确定的追溯兼容性的飞机类型。据认为这种方法最为准确地反映了运行机队的排放。为了尽量缩减表格尺寸，当 LTO 排放因子相似时，将一些飞机小型模式分为一组。大型商业飞机组 LTO 排放因子数据源为 ICAO 发动机废气排放数据库（ICAO, 2004a）。

区域喷气机：这组包括代表 2004 运行区域喷气（RJ）机队的飞机。根据可获得 LTO 排放因子的 RJ 飞机的适当范围，选择了典型的 RJ 飞机。RJ 组 LTO 排放因子数据源为 ICAO 发动机废气排放数据库（ICAO, 2004a/ICAO）。

¹⁹ 若有国家选择使用 GPG2000 定义时，则优良做法是清晰说明理由和证明。

低推力喷气机：在有些国家，低推力类别（低于 26.7kN 推力的发动机）中的飞机构成了不小数量的移动，因此也应纳入清单。然而，并不要求该组中的飞机发动机达到 ICAO 发动机排放标准，因此 LTO 排放因子数据不包括在 ICAO 发动机废气排放数据库中，因而很难提供。因此，存在一种具有代表性的飞机具有该组中飞机的典型排放。低推力喷气机组 LTO 排放因子数据源为美国联邦航空局排放和扩散模式系统 (EDMS) (FAA2004b)。

涡轮螺旋桨飞机：该组包括代表 2004 涡轮螺旋桨机队的飞机，可由基于发动机轴功率的三种典型飞机尺寸来代表。涡轮螺旋桨飞机 LTO 排放因子数据源为瑞典航空机构 (FOI) LTO 排放数据库。

可从其它源获得相似数据（如 EEA,2002）。用于涡轮螺旋桨飞机和活塞发动机飞机的同等数据需要从其它源获得。表 3.6.3 提供了实际飞机与具有代表性的飞机之间的关系。

可从多种源中获得飞机机队数据。ICAO 通过它的两种分计划来收集飞机机队数据：由各国为其商业飞机报告的商业飞机机队，以及由各国为其在 12 月 31 日登记的民用飞机报告的登记民用飞机机队 (ICAO 2004b)。

一些 ICAO 国家未参与此数据收集，部分原因是因为难于将机队分成商业飞机和非商业飞机。因此，ICAO 也使用其它外部源。这些源中的一种为《民用飞机国际登记簿》，2004 年，由法国国际检验局 (BureauVeritas 法国)，CAA (英国) 和 ENAC (意大利) 与 ICAO 合作出版。该数据库包括大约 45 个国家（包括美国）的民用飞机登记簿的信息，覆盖了多于 450 000 架飞机。

除了以上，还有 ICAO 也使用的商业数据库。但它们都没有覆盖所有的飞机机队，因为它们在范围和飞机规模上有着局限性。其中可以找到 BACK 航空解决方案机队数据（超过 30 个座位的固定翼飞机），AirClaimsCASE 数据库（固定翼喷气机和涡轮螺旋桨发动机商业飞机），BUCHAir, JP 航空公司机队（包括固定和旋转翼飞机）的出版商。其他公司如 AvSoft 可能也有相关信息。从这些公司的网站可获得更多信息。

3.6.1.4 军事航空

军事活动此处定义为使用国家军事机构购买的或提供给国家军事机构的燃料的活动。航空燃料使用产生的排放可使用公式 3.6.1，建议采用与民用航空的同样计算方法。一些军事运输飞机和直升机类型与民用类型有着相似的排放特性。因此民用飞机的缺省排放因子应用于军事航空，除非可获得更佳数据。或者，燃料使用可根据运行小时进行估算。表 3.6.7 和 3.6.8 给出了军事飞机的缺省燃料消耗因子。关于燃料使用因子，参见 3.6.1.3 节“活动数据的选择”。

表 3.6.7
军事飞机的燃料消耗因子

组	分组	具有代表性的类型	燃料流量 (kg/hour)
战斗机	快速喷气机-高推力	F16	3 283
	快速喷气机-低推力	虎 F-5E	2 100
训练机	喷气训练机	鹰	720
	涡轮螺桨训练机	PC-7	120
加油机/运输机	大型加油机/运输机	C-130	2 225
	小型运输机	ATP	499
其它	MPAs 海上巡逻机	C-130	2 225

资料来源：Gardner 等 1998 USEPA, 2005 中的表 3.1 和 3.2

表 3.6.8
军事飞机的每飞行小时的燃料消耗

飞机类型	飞机描述	燃料使用 (公升/小时)
A-10A	双引擎轻型轰炸机。	2 331
B-1B	四引擎远程战略轰炸机 仅为美国使用。	13 959
B-52H	八引擎远程战略轰炸机。 仅为美国使用。	12 833
C-12J	双涡轮螺桨轻型运输机。 空中之王型。	398
C-130E	四涡轮螺桨运输机。 很多国家使用。	2 956
C-141B	四引擎远程运输机 仅为美国使用。	7 849
C-5B	四引擎远程重型运输机。 仅为美国使用。	13 473
C-9C	双引擎运输机。 DC-9 军用型。	3 745
E-4B	四引擎运输机。 波音 747 军用型。	17 339
F-15D	双引擎战斗机。	5 825
F-15E	双引擎战斗轰炸机。	6 951
F-16C	单引擎战斗机。 很多国家使用。	3 252
KC-10A	三引擎运油机。 DC-10 军用型化。	10 002
KC-135E	四引擎运油机。 波音 707 军用型。	7 134
KC-135R	较新引擎四引擎运油机。 波音 707 型。	6 064
T-37B	双引擎喷气训练机。	694
T-38A	双引擎喷气训练机。 类似 F-5。	262

军事飞机（运输机，直升机和战斗机）可能没有类似的民机型，因此鼓励采用更加详细的数据分析方法，当数据可获得时。清单编制者应咨询军事专家来确定国家军事航空的最合适排放因子。

由于保密问题（参见完整性和报告），很多清单编制者可能难于获得军事燃料使用数量的数据。军事活动在此定义为使用国内军事机构购买的或提供给国内军事机构的燃料的活动当运用这些规则所需的数据可比可获时，对于军事活动，各国可以运用定义民用、国家和国际航空运行的规则。在这种情况下，国

际军事排放可报告在国际航空（国际燃油）中，但必须分开显示。应从政府军事机构或燃料供应者处获得军事燃料使用数据。若无法获得关于燃料分类的数据，所有用于军事活动的燃料销售应被视为国内使用。

按照联合国宪章实施的多边活动产生的排放不应包含在国家总量中；其它与活动有关的排放应包括在有关一个或多个缔约方的国家排放总量中。国家计算应考虑提供给国家军方的燃料，也应考虑由一国提供用于其它国家军方的燃料。与活动有关的其它排放（如非道路地面支持设备）应包括在适当源类别的国家排放总量中。

这些数据应谨慎使用，因为国家状况可能与表中假设的不同。特别是国家路线结构，机场拥塞和空中交通管制方法可能影响飞行距离和燃料消耗。

3.6.1.5 完整性

无论什么方法，重要的是考虑所有用于国家航空的所有燃料。这些方法基于燃料使用总量，应完全包括 CO₂ 排放。然而，若 LTO 统计不完整的话，LTO 与巡航间的分配对于方法 2 并不完整。而且方法 2 侧重于客运和货运班机和包机，而不是所有航空。另外，方法 2 并不自动包括非班机和一般航空，例如农用飞机、私人喷气机或直升机，这些应予加算，若燃料数量很大的话。当军事数据保密时，完整性也可能成为问题；此种情况下的优良做法是将军事燃料使用与其它源类别进行汇总。

产生排放的有关航空其它活动包括：一般加油和油料处理，飞机引擎的维护和丢弃油料以避免事故。此外，在冬季，机翼的防冰和除冰处理以及飞机为机场综合体的一种排放源。当飞机空载、滑行和起飞时，这些处理中使用的很多材料从机翼溢放出来，然后蒸发。然而这些排放量非常少，其估算的特定方法并未列入。

区分国内和国际排放面临着额外挑战。由于每个国家的数据源对于此类别都是独特的，因而不可能就在没有清晰数据情况下怎样分配而制定通用规则。优良做法是清楚说明所作的假设，以便可以评估完整性的问题。

3.6.1.6 建立一致的时间序列

第 1 卷第 5 章：《2006 年 IPCC 指南》的“时间序列一致性和重新计算”就相同数据集或方法无法用于时间序列每年中时如何编制排放估算，提供了更多信息。若无法获得基准年（如 1990）活动数据，一种选择可能是，使用货客公里数，使用或提供的总燃料或 LTOs（飞机移动）的次数的变化，来用外推本年的数据。

CH₄ 和 NO_x 排放趋势（和推断 N₂O）取决于飞机引擎技术和一国机队组成的变化。这种机队组成的变化可能必须在将来予以考虑，其完成最好使用基于 1990 和之后年份的各个飞机类型的方法 2 和方法 3B。若机队组成未改变，相同组的排放因子应用于所有年份。

每种方法均应可以准确反映造成燃料使用变化的减排方案的结果。然而，只有基于各个飞机的方法 2 和方法 3B 能够捕捉导致较低排放因子的减排方案的影响。

方法 2 已经修改以考虑爬升阶段的 NO_x 排放，实质上不同于巡航阶段，在爬升阶段计算出的 NO_x 量的差额可能在大约 15%-20% 范围内，由于此阶段需要的推力/功率及其与高产量 NO_x 的关系。若使用方法 2，则需特别谨慎来建立一致的时间序列。

3.6.1.7 不确定性评估

排放因子

CO₂ 排放因子应在±5%的范围内，因为它们仅取决于燃料的碳含量和氧化比例。然而，相当的不确定性是基于以下述活动数据不确定性的 CO₂ 计算所固有的。对于方法 1，CH₄ 排放因子的不确定性可能在-57%至+100%范围之间。N₂O 排放因子的不确定性可能在-70%和+150%范围间。此外，CH₄ 和 N₂O 排放因子因技术而不同，使用一般航空单个排放因子是一项重大简化。

帮助计算与表 3.6.9 中的 LTO 排放因子有关的不确定性的信息可见 Lister 和 Norman, 2003;以及 ICAO, 1993。帮助计算与表 3.6.10 数据中的巡航排放因子有关不确定性的信息可见：Baughcum 等, 1996;

Sutkus, 等, 2001; Eysers 等, 2004; Kim, 2005 a 和 b; Malwitz, 2005。若无法获得资源用于计算不确定性, 不确定段可用作 3.6.1.2 节定义的缺省因子。

应特别注意表 3.6.10 中方法 2 的巡航 NO_x 排放因子。这些排放因子已经从《1996 年指南》更新, 以反映爬升阶段排放实质上不同于巡航阶段排放的实际情况。 NO_x 排放因子的计算基于两组数据, 第一种 1 公里-9 公里, 第二种 9 公里-13 公里。在该阶段计算的 NO_x 量差额大约在 15%-20% 范围内, 由于该阶段需要的推力/功率以及与高产量 NO_x 的关系。若使用方法 2, 应谨慎报告一致的时间序列(参见 3.6.1.6 节和第 1 卷第 5 章)。

活动数据

报告中的不确定性受到与国际航空分开收集的国内航空数据准确性的很大影响。若有完整的调查数据, 不确定性可能非常低(少于 5%), 而对于估算或不完全调查, 不确定性可能变大, 可能为国内部分的两倍。所引用的不确定性范围代表专家的一项非正式投票, 旨在粗略估计围绕中心估算的 95% 的置信区间。不确定性随着国家不同而发生很大变化, 并且很难进行归纳。由雷达提供的全球数据集的使用, 可能在此领域有所帮助, 因而预计对该类别的报告在将来会得到改进。

3.6.2 清单质量保证/质量控制 (QA/QC)

优良做法是按第 1 卷第 6 章(质量保证/质量控制和验证), 方法 1 一般清单水平 QC 程序所述, 进行质量控制检查。优良做法是当使用方法 2 或方法 3 时进行对排放估算的专家评审。同一章中方法 2 程序概述的附加质量控制核查和质量保证程序亦可以使用, 若运用高层级方法来确定源自这种源类别的排放, 尤为如此。对于第 1 卷第 4 章确定的关键类别, 鼓励清单编制者采用高层级的质量保证和质量控制方法。

以下概述了与该源类别有关的特定程序。

使用替代方法的排放比较

若使用高层级方法, 清单制定者应将清单与采用低层级方法的估算进行比较。排放估算间的任何异常应予以调查和解释。这种比较的结果应予当纪录作为内部归档。

排放因子审核

若使用国家因子而不是缺省值, 直接引用与排放因子公布有关的 QC 审核, 并将这种审核纳入 QA/QC 文件以确保有关程序符合优良做法。若可能的话, 清单编制者应将 IPCC 缺省值与国家因子进行比较, 进一步表明因子是适用的。若使用数据而不是缺省因子来编制军事使用排放, 应检查计算的准确性和数据的适用性及相关性。

表 3.6.9
典型飞机的 LTO 排放因子

	飞机	LTO 排放因子 (kg/LTO/) (¹²)							LTO 燃料消耗 (KG/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	NMVOc ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
大型商业飞机 ^{(1) (2)}	A300	5450	0.12	0.2	25.86	14.80	1.12	1.72	1720
	A310	4760	0.63	0.2	19.46	28.30	5.67	1.51	1510
	A319	2310	0.06	0.1	8.73	6.35	0.54	0.73	730
	A320	2440	0.06	0.1	9.01	6.19	0.51	0.77	770
	A321	3020	0.14	0.1	16.72	7.55	1.27	0.96	960
	A330-200/300	7050	0.13	0.2	35.57	16.20	1.15	2.23	2230
	A340-200	5890	0.42	0.2	28.31	26.19	3.78	1.86	1860
	A340-300	6380	0.39	0.2	34.81	25.23	3.51	2.02	2020
	A340-500/600	10660	0.01	0.3	64.45	15.31	0.13	3.37	3370
	707	5890	9.75	0.2	10.96	92.37	87.71	1.86	1860
	717	2140	0.01	0.1	6.68	6.78	0.05	0.68	680
	727-100	3970	0.69	0.1	9.23	24.44	6.25	1.26	1260
	727-200	4610	0.81	0.1	11.97	27.16	7.32	1.46	1460
	737-100/200	2740	0.45	0.1	6.74	16.04	4.06	0.87	870
	737-300/400/500	2480	0.08	0.1	7.19	13.03	0.75	0.78	780
	737-600	2280	0.10	0.1	7.66	8.65	0.91	0.72	720
	737-700	2460	0.09	0.1	9.12	8.00	0.78	0.78	780
	737-800/900	2780	0.07	0.1	12.30	7.07	0.65	0.88	880
	747-100	10140	4.84	0.3	49.17	114.59	43.59	3.21	3210
	747-200	11370	1.82	0.4	49.52	79.78	16.41	3.60	3600
	747-300	11080	0.27	0.4	65.00	17.84	2.46	3.51	3510
	747-400	10240	0.22	0.3	42.88	26.72	2.02	3.24	3240
	757-200	4320	0.02	0.1	23.43	8.08	0.20	1.37	1370
	757-300	4630	0.01	0.1	17.85	11.62	0.10	1.46	1460
	767-200	4620	0.33	0.1	23.76	14.80	2.99	1.46	1460
	767-300	5610	0.12	0.2	28.19	14.47	1.07	1.77	1780
	767-400	5520	0.10	0.2	24.80	12.37	0.88	1.75	1750
	777-200/300	8100	0.07	0.3	52.81	12.76	0.59	2.56	2560
	DC-10	7290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2310
	DC-8-50/60/70	5360	0.15	0.2	15.62	26.31	1.36	1.70	1700
DC-9	2650	0.46	0.1	6.16	16.29	4.17	0.84	840	
L-1011	7300	7.40	0.2	31.64	103.33	66.56	2.31	2310	

表 3.6.9 (续)
典型飞机的 LTO 排放因子

	飞机	LTO 排放因子 (kg/LTO/) ⁽¹²⁾							LTO 燃料消耗 (kg/LTO)
		CO ₂ ⁽¹¹⁾	CH ₄ ⁽⁷⁾	N ₂ O ⁽⁹⁾	NO _x	CO	NMVOc ⁽⁸⁾	SO ₂ ⁽¹⁰⁾	
	MD-11	7290	0.24	0.2	35.65	20.59	2.13	2.31	2310
	MD-80	3180	0.19	0.1	11.97	6.46	1.69	1.01	1010
	MD-90	2760	0.01	0.1	10.76	5.53	0.06	0.87	870
	TU-134	2930	1.80	0.1	8.68	27.98	16.19	0.93	930
	TU-154-M	5960	1.32	0.2	12.00	82.88	11.85	1.89	1890
	TU-154-B	7030	11.90	0.2	14.33	143.05	107.13	2.22	2230
区域喷气机	RJ-RJ85	1910	0.13	0.1	4.34	11.21	1.21	0.60	600
	BAE 146	1800	0.14	0.1	4.07	11.18	1.27	0.57	570
	CRJ-100ER	1060	0.06	0.03	2.27	6.70	0.56	0.33	330
	ERJ-145	990	0.06	0.03	2.69	6.18	0.50	0.31	310
	福克 100/70/28	2390	0.14	0.1	5.75	13.84	1.29	0.76	760
	BAC111	2520	0.15	0.1	7.40	13.07	1.36	0.80	800
	多尼尔 328 喷气	870	0.06	0.03	2.99	5.35	0.52	0.27	280
	湾流 IV	2160	0.14	0.1	5.63	8.88	1.23	0.68	680
	湾流 V	1890	0.03	0.1	5.58	8.42	0.28	0.60	600
	Yak-42M	2880	0.25	0.1	10.66	10.22	2.27	0.91	910
(F	赛斯纳	1070	0.33	0.03	0.74	34.07	3.01	0.34	340
涡轮螺旋桨 ⁴⁾	空中之王 ⁽⁵⁾	230	0.06	0.01	0.30	2.97	0.58	0.07	70
	DHC8-100	640	0.00	0.02	1.51	2.24	0.00	0.20	200
	ATR72-500 ⁽⁷⁾	620	0.03	0.02	1.82	2.33	0.26	0.20	200

注:

(1) 基于平均测量数据的 ICAO 引擎废气排放数据库 (ICAO, 2004) 排放因子仅适用于 LTO (降落和起飞)。

(2) 基于多数 LTOs 引擎的一致基础上挑选每种飞机的引擎类型。此方法对于一些引擎类型可能低估 (或高估) 与燃料消耗 (如 NO_x, CO, HC) 并无直接关系的机队排放。

(3) 排放和扩散建模系统 (EDMS) (FAA 2004b)

(4) FOI (瑞典防御研究机构) 涡轮螺旋桨飞机 LTO 排放数据库。

(5) 高达 1000 轴马力/引擎的涡轮螺旋桨飞机代表

(6) 1000-2000 轴马力/引擎的涡轮螺旋桨飞机代表

(7) 高于 2000 轴马力/引擎的涡轮螺旋桨飞机代表

(8) 假设 LTO 周期中的总 VOC 排放的 10% 为甲烷排放 (Olivier, 1991) (如《1996 年 IPCC 指南》中)。

(9) 基于方法 I 缺省值的估算 (EF ID 11053) (如《1996 年 IPCC 指南》)。

(10) 燃料硫含量假设为 0.05% (如 1996 IPCC 指南中)。

(11) 每种飞机的 CO₂ 基于每千克燃料使用产生的 3.16 千克 CO₂, 取整为近 10 千克

(12) 关于与此数据有关的不确定性信息可参见 Lister 和 Norman, 2003; ICAO, 1993。

2005 年更新编制的表见排放因子数据库。

表 3.6.10
巡航阶段的多种飞机的 NO_x 排放因子

	飞机	NO _x 排放因子 (g/kg) ^{(1) (5)}
大型商业飞机	A300	14.8
	A310	12.2
	A319	11.6
	A320	12.9
	A321	16.1
	A330-200/300	13.8
	A340-200	14.5
	A340-300	14.6
	A340-500/600	13.0 ⁽²⁾
	707	5.9
	717	11.5 ⁽³⁾
	727-100	8.7
	727-200	9.5
	737-100/200	8.7
	737-300/400/500	11.0
	737-600	12.8
	737-700	12.4
	737-800/900	14.0
	747-100	15.5
	747-200	12.8
	747-300	15.2
	747-400	12.4
	757-200	11.8
	757-300	9.8 ⁽³⁾
	767-200	13.3
	767-300	14.3
	767-400	13.7 ⁽³⁾
	777-200/300	14.1
	DC-10	13.9
	DC-8-50/60/70	10.8
	DC-9	9.1
	L-1011	15.7
	MD-11	13.2
MD-80	12.4	
MD-90	14.2	
TU-134	8.5	
TU-154-M	9.1	
TU-154-B	9.1	
RJ-RJ85	15.6	
区域喷气机	BAE 146	8.4
	CRJ-100ER	8.0
	ERJ-145	7.9
	福克 100/70/28	8.4
	BAC111	12.0
	多尼尔 328 喷气	14.8 ⁽²⁾
	湾流 IV	8.0 ⁽²⁾
	湾流 V	9.5 ⁽²⁾
	Yak-42M	15.6 ⁽⁴⁾
低推力喷气机 ⁽³⁾ (Fn < 26.7 kN)	赛斯纳	7.2 ⁽⁴⁾
涡轮螺旋桨	空中之王	8.5
	DHC8-100	12.8
	ATR72-500	14.2

注：

- (1) Sotkus 等 2001, 除非另有注明
- (2) SAGE 模式的数据, Kim, 2005a 和 b, Malwitz, 2005。
- (3) Sotkus, Baughcum, DuBois, 2003
- (4) 来自 SAGE (Kim, 2005 a 和 b; Malwitz, 2005) 和 AERO2k (Eyers 等, 2004) 的平均数据
- (5) 关于帮助计算不确定性的信息, 可参见 Baughcum 等, 1996; Sotkus 等, 2001, Eyers 等, 2004; Kim, 2005 a 和 b; Malwitz, 2005。

活动数据核查

活动数据源应予以评审以确保与源类别的适用性和相关性。可能的话，清单编制者应将现有数据与历史活动数据或模式输出进行对比以寻找异常。准备清单估算时，清单制定者应确保用于区分国内和国际航空排放的活动数据的可靠性。

数据可用生产率指标来进行检查，如单位运输效能的燃料（每乘客千米或吨位千米）。将不同国家的数据进行对比时，数据段应较小。欧洲环境局提供了一个实用数据集，表示了欧洲每种运输模式的排放和客/货载量。例如，挪威估算，国内航空排放为 0.22kgCO₂/乘客-公里。然而，须注意全球机队包括很多相对低能量效率的小型飞机。美国运输部估算，美国机队平均能源强度为 3666Btu/乘客英里（2403kJ/乘客公里）。国际空运协会估算，平均每 100 乘客-公里（67 乘客-英里/美国加仑）飞机平均消耗 3.5 公升喷气燃油。

依赖于活动数据的预定航行比仅依赖于 CO₂ 的燃料使用可引入较高的不确定性。然而，用于其它活动的喷气燃料的使用和燃料损失会导致高估航空贡献。

外部审核

清单制定者应对排放清单的计算，假设或归档进行一项独立的客观审核，以评估 QC 计划的有效性。审核应由熟悉源类别和了解清单需求的专家（例如航空机构、航空公司以及军事人员）来进行。

3.6.3 报告和归档

优良作法是按照《2006 年 IPCC 指南》第 1 卷第 8 章的概述，记录和归档得出国家排放清单估算所需的所有信息。以下列出与此源类别相关的具体文档和报告的一些例子：

要求清单制定者与国内航空分开报告国际航空排放，不将国际航空列入国家总量。预计所有国家都有航空活动，因此应报告此类别的排放。虽然面积较小的国家可能没有国内航空，但国际航空产生的排放应予以报告。清单编制者应解释如何应用指南中的国际或国内定义。

若清单编制者提供与巡航运行分开的 LTO 排放数据，应会提高透明度。军事航空排放应清晰标明，以提高国家温室气体清单的透明度。除了标准表中报告的数字信息，提供以下数据可增加透明度。

- 燃料数据源和其它重要数据（如燃料消耗因子）取决于使用的方法；
- 国内和国际间的飞行移动分类次数；
- 使用的排放因子，若与缺省值不同的话。应参考数据源；
- 若使用方法 3，可分别提供商业预定航空和其它喷气燃料活动的排放数据。

若给定国家只有一个或两个航空公司进行国内运输，保密性可能是个问题。对于以透明方式报告军事航空，保密性也可能是个问题。

3.6.4 报告表和工作表

表 3.6.1 的每种源类别都填写关于方法 1 部门方法中的工作表（附件 1）的四页。关于报告表，参见第 1 卷第 8 章。

²⁰ 参见：http://air-climate.eionet.eu.int/databases/TRENDS/TRENDS_EU15_data_Sep03.xls

3.6.5 专业术语的定义

航空汽油-仅用在小型活塞引擎飞机的燃料，一般只占航空使用燃料的 1%。

爬升-飞机飞行的一部分，大约在起飞后高于地面水平 914 米（3000 英尺）处，使飞机达到期望的巡航海拔。

预定商业班机-公开提供时间表的所有商业飞机运行（如，正式的航空公司指南，OAG 2006），主要包括客运服务。无公开提供的时间表的运行活动列入此定义，例如非定期货运，包机，空中交通服务和紧急反应航行。注释：商业定期航空用作喷气燃料驱动的航空运行的一个子集。

巡航-发生在海拔 914 米（3000 英尺）以上的所有飞机活动，包括在此海拔以上的任何其他爬升或下降运行。没有上限。

气体涡轮机引擎-从燃烧气体流中提取能源的旋转引擎。能源加入燃烧室的气流，在此空气与燃料混合并点燃。燃烧升高了温度并增大了气流体积。使其通过涡轮机叶片上方的一个喷口，旋转涡轮机并驱动压缩机。对于一架飞机，或以推力形式或是通过涡轮机转动风扇或螺旋桨而提取能量。

参考文献

公路运输

- ADEME/DIREM (2002). Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie, La direction des ressources énergétiques et minérales, Ecobilan, PricewaterhouseCoopers, 'Energy and greenhouse gas balances of biofuels' production chains in France.' December, www.ademe.fr/partenaires/agriculture/publications/documents_anglais/synthesis_energy_and_greenhouse_english.pdf
- ARB (2004). 'Technical Support Document for Staff Proposal Regarding Reduction of greenhouse gas emissions from motor vehicles, climate change emissions inventory'. California Air Resources Board (August 6 2004)
- Ballantyne, V. F., Howes, P., and Stephanson, L. (1994). 'Nitrous oxide emissions from light duty vehicles.' SAE Tech. Paper Series (#940304), 67-75.
- Beer, T., Grant, T., Brown, R., Edwards, J., Nelson, P., Watson, H., Williams, D., (2000). 'Life-cycle emissions analysis of alternative fuels for heavy vehicles'. CSIRO Atmospheric Research Report C/0411/1.1/F2 to the Australian Greenhouse Office, Australia. (March 2000)
- Behrentz, E. (2003). 'Measurements of nitrous oxide emissions from light-duty motor vehicles: analysis of important variables and implications for California's greenhouse gas emission Inventory.' Dissertation Prospectus University of California, USA, (2003). See <http://ebehrent.bol.ucla.edu/N2O.pdf>
- Borsari, V. (2005). 'As emissões veiculares e os gases de efeito estufa.' SAE - Brazilian Society of Automotive Engineers
- CETESB (2004). Air Quality Report (Relatório de Qualidade do Ar 2003, in Portuguese, (Air Quality Report 2003), available at <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/Relatorios/RelatorioAr2003.zip> and
- CETESB (2005). Personal communication with Oswaldo Lucon, São Paulo State Environment Agency, Mobile Sources Division. Information based on measurements conducted by Renato Linke, Vanderlei Borsari and Marcelo Bales, (Vehicle Inspection Division, ph. +5511 3030 6000). Partially published.
- CONCAWE Report 2/02 Brussels, Belgium, (April 2002). 'Energy and greenhouse gas balance of biofuels for Europe - an update.'
- Díaz, L. et.al (2001). 'Long-term efficiency of catalytic converters operating in Mexico City.' Air & Waste Management Association, ISSN 1047-3289, Vol 51, pp.725-732,

- EEA (2000) . European Environment Agency (EEA) . ‘COPERT III computer programme to calculate emissions from road transport, methodology and emission factors report.’ (Version 2.1) , Copenhagen, Denmark November 2000. (For more details see <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>)
- EEA (2005a) . EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005) . Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>
- EEA (2005b) . European Environment Agency (EEA) , Computer programme to calculate emissions from road transport (COPERT) , <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>
- Gamas, D.J., Diaz, L., Rodriguez, R., López-Salinas, E., Schifter, I.,. (1999) . ‘Exhaust emissions from gasoline and LPG-powered vehicles operating at the altitude of Mexico City.’ in Journal of the Air & Waste Management Association, October 1999.
- Heeb, Norbert., et al (2003) . ‘Methane, benzene and alkyl benzene cold start emission data of gasoline-driven passenger cars representing the vehicle technology of the last two decades.’ Atmospheric Environment 37 (2003) 5185-5195.
- IEA (2004) . ‘Bioenergy; biofuels for transport: an overview.’ IEA Bioenergy.’ T39:2004:01 (Task 39) ; March 2004,
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997) . Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, J.T. Houghton *et al.*, IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- LAT (2005) . ‘Emission factors of N₂O and NH₃ from road vehicles.’ LAT Report 0507 (in Greek) , Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- Lipman, T. and Delucchi, M (2002) . Lipman, Timothy, University of California-Berkeley; and Mark Delucchi, University of California-Davis (2002) . ‘Emissions of nitrous oxide and methane from conventional and alternative fuel motor vehicles.’ Climate Change, 53 (4) , 477-516, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- MCT (2002) . ‘Greenhouse gas emissions inventory from mobile sources in the energy sector.’ (in Portuguese: Emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético) . Brazilian Ministry of Science and Technology, Brasília, 2002, pp. 25-26.
- Mitra, A. P., Sharma, Subodh K., Bhattacharya, S., Garg, A., Devotta, S. and Sen, Kalyan (Eds.) , (2004) . ‘Climate Change and India: Uncertainty reduction in GHG inventories.’ Universities Press (India) Pvt Ltd, Hyderabad.
- Ntziachristos, L and Samaras, Z (2005) . Personal Communication Leonidas Ntziachristos and Zissis Samaras based on draft COPERT IV. Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University Thessaloniki, PO 框 458, GR 54124, Thessaloniki, GREECE,
- Peckham, J. (2003) . ‘Europe's 'AdBlue' urea-SCR project starts to recruit major refiners - selective catalytic reduction’ . Diesel Fuel News, July 7, 2003.
- TNO (2002) . ‘N₂O formation in vehicles catalysts.’ Report # 02.OR.VM.017.1/NG. Nederlandse Organisatie voor toegepastnatuurwetenschappelijk onderzoek (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) , Delft, Netherlands.
- TNO (2003) . ‘Evaluation of the environmental impact of modern passenger cars on petrol, diesel and automotive LPG, and CNG.’
- Report. 03.OR.VM.055.1/PHE. Nederlandse Organisatie voor toegepastnatuurwetenschappelijk onderzoek (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) December 24 2003.
- UNFCCC (2004) . ‘Estimation of emissions from road transport.’ United Nations Framework Convention on Climate Change, FCCC/SBSTA/2004/INF.3, June 2004
- USEPA (1997) . ‘Conversion factors for hydrocarbon emission components.’ prepared by Christian E Lindhjem, USEPA Office of Mobile Sources, Report Number NR-002, November 24.
- USEPA (2004a) . ‘Update of carbon oxidation fraction for GHG calculations.’ prepared by ICF Consulting for US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.

- USEPA (2004b) . ‘Update of methane and nitrous oxide emission factors for on-highway vehicles.’ Report Number EPA420-P-04-016, US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA .November 2004
- USEPA (2004c) . ‘Inventory of greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2002’. (April 2004) USEPA #430-R-04-003. 表 3-19 , US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.
- USEPA (2005a) . U.S. Environmental Protection Agency, ‘Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES) .’ See website: <http://www.epa.gov/otaq/ngm.htm>.
- USEPA (2005b) . U.S. Environmental Protection Agency: ‘MOBILE Model (on-road vehicles) .’ See website: <http://www.epa.gov/otaq/mobile.htm>.
- Wenzel, T., Singer, B., Slott, R., (2000) . ‘Some issues in the statistical analysis of vehicle emissions’. Journal of Transportation and Statistics. pages 1-14, Volume 3, Number 2, September 2000, ISSN 1094-8848

非公路运输

- EEA (2005) . EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005, European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005) . Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en>
- Ntziachristos, L., Samaras, Z., Eggleston, S., Gorißen, N., Hassel, D., Hickman, A.J., Joumard, R., Rijkeboer, R., White, L., and Zierock, K. H. (2000) . ‘COPERT III computer programme to calculate emissions from road transport methodology and emission factors.’ (Version 2.1) European Environment Agency, Technical report No 49. Copenhagen, Denmark, (November 2000) . Software available from web site: <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/copert/copert.htm>
- USEPA (2005a) . NONROAD 2005 Model, For software, data and information, see website: <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>.
- USEPA (2005b) . User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model. Environment Protection Agency, Report EPA420-R-05-0, 13 December 2005, [Washington](http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm), DC, USA. (December 2005)
- Walsh, M. (2003) . ‘Vehicle emissions trends and forecasts: The lessons of the past 50 years, blue sky in the 21st century conference, Seoul, Korea.’ May 2003, see the website: http://www.walshcarlines.com/pdf/vehicle_trends_lesson.cf9.pdf

铁路

- Dunn, R. (2001) . ‘Diesel fuel quality and locomotive emissions in Canada’. Transport Canada Publication Number Tp 13783e (表 8) .
- EEA (2005) . EMEP/CORINAIR. ‘Emission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency.’ Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005) . Available from web site: <http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en>
- GSTU (1994) . 32.001-94. ‘Emissions of pollution gases with exhaust gases from diesel locomotive.’ Rates and definition methods (GSTU, 32.001-94) – in Russian (ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения) .
- Hahn, J. (1989) . Eisenbahntechnische Rundschau, № 6, S. 377 - 384.
- ISO 8178-4 (1996) . ‘Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 4: Test cycles for different engine applications.’
- Jorgensen, M.W. and. Sorenson, S.C (1997) . ‘Estimating emission from railway traffic.’ DTU report, N°ET-EO-97-03, Dept of Energy Eng.’ Lyngby, Denmark, 135 p.
- VTT (2003) . RAILI (2003) . ‘Calculation system for Finnish railway traffic emissions VTT building and transport, Finland.’ For information see web site <http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/railie/>

TRANS/SC.2/2002/14/Add.1 13 AUGUST (2002) . Economic Commission for Europe. inland Transport Committee. Working Party on rail transport. – Productivity in rail transport. Transmitted by the International Union of Railways (UIC) .

UNECE (2002) . ‘Productivity in rail transport UN Economic Commission For Europe, Inland Transport Committee Working Party on Rail Transport.’ (Fifty-sixth session, 16-18 October 2002, agenda item 15) Transmitted by the International Union of Railways (UIC) TRANS/SC.2/2002/14/Add.1

USEPA (1998) <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1998/October/Day-23/a24836.htm>

USEPA (2005a) . NONROAD 2005 Model, For software, data and information. see website: <http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm>.

USEPA (2005b) . User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model. Environment Protection Agency, Report EPA420-R-05-0, 13 December 2005, Washington DC, USA.

水运

Baggott, S.L., Brown, L., Cardenas, L., Downes, M.K., Garnett, E., Hobson, M., Jackson, J., Milne, R., Mobbs, D.C., Passant, N., Thistlethwaite, G., Thomson, A. and Watterson, J.D. (2004) . ‘UK Greenhouse gas inventory 1990 to 2002: Annual report for submission under the Framework Convention on Climate Change.’ United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs.

EC (2002) . ‘Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community.’ Final Report Entec UK Limited (July 2002) , page 12. Available from EU web site

http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/chapter2_ship_emissions.pdf

EEA (2005) . EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005 European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005) . Available from web site See: <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR4/en>

Gunner, T., (2004) . E-mail Correspondence containing estimates of total fuel consumption of the world fleet of ships of 500 gross tons and over, as found in the Fairplay Database of Ships, November 2004. See

<http://www.fairplay.co.uk>

Lloyd’s Register (1995) . ‘Marine exhaust emissions research programme.’ Lloyd’s Register House, Croydon, England.

Trozzi, C., Vaccaro, R., (1997) : ‘Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships’. MEET Deliverable No. 19. European Commission DG VII, June 1997. Techne (1997) .

U.S. EPA, (2004) . ‘Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2002.’ United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.

民航

Baughcum, S.L., Tritz, T.G., Henderson, S.C. and Pickett, D.C. (1996) . ‘Scheduled civil aircraft emission inventories for 1992: database development and analysis.’ NASA/CR-4700, National Aeronautics and Space Administration, NASA Center for AeroSpace Information, 7121 Standard Drive, Hanover, USA.

Daggett, D.L., Sutkus, D.J., Dubois, D.P. and. Baughcum, S.L. (1999) . ‘An evaluation of aircraft emissions inventory methodology by comparisons with reported airline data.’ NASA/CR-1999-209480, National Aeronautics and Space Administration, NASA Center for AeroSpace Information, 7121 Standard Drive, Hanover, USA, September 1999.

EEA (2002) .EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 3rd edition (October 2002 Update) EEA Technical Report No 30, Copenhagen, Denmark, 2002.

Eyers, C.J., Norman, P., Plohr, M., Michot, S., Atkinson, K., and Christou, R.A., (2004) . ‘AERO2k Global aviation emissions inventories for 2002 and 2025.’ QINEYIQ/04/01113 UK, December 2004.

FAA (2004a) . ‘Aviation emissions: a primer.’ Federal Aviation Administration, USA, 2004.

- FAA (2004b) ‘Emissions and dispersion modelling system’. (EDMS) User’s Manual FAA-AEE-04-02 (Rev. 1 – 10/28/04) Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy, Washington, DC September 2004. Additional information is available from the FAA web site: www.faa.gov.
- Kim, B., Fleming, G., Balasubramanian, S., Malwitz, A., Lee, J., Ruggiero, J., Waitz, I., Klima, K., Stouffer, V., Long, D., Kostiuik, P., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillette, W., (2005a) . ‘SAGE: The system for assessing aviation’s global emissions’. FAA-EE-2005-01, (September 2005) .
- Kim, B., Fleming, G., Balasubramanian, S., Malwitz, A., Lee, J., Waitz, I., Klima, K., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillette, W., (2005b) , ‘SAGE: Global aviation emissions inventories for 2000 through 2004’. FAA-EE-2005-02 (September 2005) .
- Malwitz, A., Kim, B., Fleming, G., Lee, J., Balasubramanian, S., Waitz, I., Klima, K., Locke, M., Holsclaw, C., Morales, A., McQueen, E., Gillette, W., (2005) , ‘SAGE: Validation assessment, model assumptions and uncertainties FAA-EE-2005-03, (September 2005) ’.
- Gardner, R. M., Adams, J. K., Cook, T., Larson, L. G., Falk, R., Fleuit, S. E., Förtsch, W., Lecht, M., Lee, D. S., Leech, M. V., Lister, D. H. Massé, B., Morris, K., Newton, P. J., Owen, A., Parker, E., Schmitt, A., ten Have, H., Vandenberghe, C. (1998) . ‘ANCAT/EC2 aircraft emissions inventories for 1991/1992 and 2015’. Final Report., Report by the ECAC/ANCAT and EC working group. EUR No: 18179, ISBN No: 92-828-2914-6.
- ICAO (1993) . ‘International Standards and Recommended Practices Environmental Protection - Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation.’ - Volume II Aircraft Engine Emissions, 2nd edition (1993) International Civil Aviation Organisation, Montreal.
- [ICAO \(2004a\)](#) . ‘Engine exhaust emissions data bank.’ Issue 13 (Doc 9646) , ICAO, Montreal, Canada. 1995. Subsequent updates are available from the ICAO web site www.icao.int
- ICAO (2004b) . ‘Statistics data series collection - Montreal, Canada’. For details and access see ICAO web site at <http://www.icao.int/icao/en/atb/sea/DataDescription.pdf>.
- International Register of Civil Aircraft, (2004) . For information and access see <http://www.aviation-register.com/english/>.
- IPCC (1999) . ‘Aviation and the global atmosphere.’ Eds: Penner, J.E., Lister, D.H., Griggs, D.J., Dokken, D.J., MsFarland, M., Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press 1999.
- Lister, D.H., Norman, P.D. (2003) . EC-NEPAir: Work Package 1 ‘Aircraft engine emissions certification – a review of the development of ICAO Annex 16.’ Volume II, QinetiQ/FST/CR030440, UK (September 2003)
- OAG (2006) . OAG Flight Guide – ‘Worldwide airline flights schedules’. See web site www.oag.com
- Olivier, J.G.J. (1991) . ‘Inventory of aircraft emissions: a review of recent literature’. RIVM Rapport 736301008, Bilthoven, The Netherlands, 1991.
- Olivier, J.G.J. (1995) . ‘Scenarios for global emissions from air traffic’. Report No. 773 002 003, RIVM, Bilthoven, The Netherlands, 1995
- Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. & Tanabe, K. (2000) . ‘Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: Intergovernmental Panel on Climate Change.’ (IPCC) . ISBN 4-88788-000-6.
- Sutkus, D.J., Baughcum, S.L., DuBois, D.P., (2001) ‘Scheduled civil aircraft emission inventories for 1999: database development and Analysis.’ NASA/CR—2001-211216, National Aeronautics and Space Administration, Glenn Research Center, USA, October 2001.
- Sutkus, D.J., Baughcum, S.L., DuBois, D.P., (2003) . ‘Commercial aircraft emission scenario for 2020: Database Development and Analysis.’ NASA/CR—2003-212331, National Aeronautics and Space Administration, Glenn Research Center, USA May 2003
- US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, National Transportation Statistics (2002) . (BTS 02-08) , 表 4-20: Energy Intensity of Passenger Modes (Btu per passenger-mile) , page 281, http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/2002/pdf/entire.pdf.

USEPA (2005) . 'Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2003 U.S'. Environmental Protection Agency, Washington, U.S.A.

Wiesen, P., Kleffmann, J., Kortenbach, R. and Becker, K.H (1994) . 'Nitrous oxide and methane emissions from aero engines.' *Geophys. Res. Lett.* 21:18 2027-2030.