



# 城市交通部门如何 核算温室气体排放

最终报告



# 城市交通部门如何 核算温室气体排放

## 免责声明

此文件中所涉及的调查结果，解释说明和最终结论主要由德国国际合作机构及其咨询机构，合作伙伴和其他可靠来源提供信息来源。对于文件中信息的准确性和完整性，德国国际合作机构不予保证，并且对使用过程中任何可能出现的错误，删节和信息丢失不负责任。



作者:

**Frank Dünnebeil** (项目负责人)  
**Wolfram Knörr,**  
**Christoph Heidt,**  
**Carsten Heuer,**  
**Udo Lambrecht**

联系方式:

德国国际合作机构  
北京市朝阳区麦子店街 37 号  
盛福大厦 860 室  
100125 北京

北京交通发展研究中心  
北京市丰台区六里桥南路甲 9 号  
100073 北京

[www.tdm-beijing.org](http://www.tdm-beijing.org)

项目经理:

**Daniel Bongardt**

封面图片:

**Dominik Schmid**

版面设计:

**Andrej Sosedow**

**Beijing, October 2012**

## 项目背景

在过去三十年中中国的经济发展毋庸置疑对整个国家的发展起到了积极的作用，但同时也导致了机动车增长及相关交通问题的增加，在大城市中这些问题尤为突出。北京的机动车保有量超过五百万，导致北京出现严重的空气污染和交通拥堵，同时还增加了停车问题和交通意外成本。

交通所产生的温室气体排放已成为中国及全球可持续发展面临的重大挑战。仅仅靠拓宽道路或发展新型汽车技术都不能解决这些问题；实际上，这样的战略决策在缓解一个问题的同时会加重其它的问题。交通需求管理（TDM）通过提供真正可持续发展的解决方案，促进多重既定目标的实现。

本项目旨在帮助北京市政府量化和模拟各种 TDM 策略的影响和效益。这将有助于北京及中国其他主要中心城市确定和执行最有效和最有利的 TDM 措施。

德国国际合作机构（GIZ）与北京交通发展研究中心（BTRC）是项目的合作方。GIZ 在国际合作及可持续发展的专业培训方面提供全球范围的服务。BTRC 的任务是要系统研究北京交通发展政策和规划的战略，并向北京市人民政府提出措施和行动计划建议。

本项目由德国联邦政府环境、自然保护和核安全部（BMU）及北京市交通委员会（BMCT）共同支持。

为了达成目标，本项目按照三个工作阶段进行。

- 工作包 1：政策和措施——确定至少三项 TDM 措施来减少北京温室气体排放，并从中国和国际最佳实践城市借鉴经验
- 工作包 2：排放情况模拟和监控——开发适用的模拟和监控系统来预估和评定温室气体减排效果
- 工作包 3：推广——将这些技术和方法在至少五个中国其他城市中进行推广

# 目录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 项目背景.....                       | iv |
| 背景介绍.....                       | 1  |
| 1 交通活动温室气体排放的计算.....            | 2  |
| 1.1 交通需求.....                   | 2  |
| 1.2 车辆的具体能源消耗.....              | 3  |
| 1.3 特定的温室气体排放.....              | 5  |
| 2 排放因子数据库和与交通相关的温室气体排放清单模型..... | 8  |
| 2.1 德国、欧洲和美国主要模型概述.....         | 8  |
| 2.2 排放因子的推导原则.....              | 10 |
| 2.3 所选模型更详细的背景和细节介绍.....        | 11 |
| 2.3.1 HBEFA.....                | 11 |
| 2.3.2 TREMOD.....               | 12 |
| 2.3.3 COPERT.....               | 15 |
| 2.3.4 TREMOVE.....              | 17 |
| 2.3.5 MOVES.....                | 19 |
| 3 城市交通部门关于核算温室气体排放的方法.....      | 21 |
| 3.1 城市交通温室气体排放核算的应用领域.....      | 22 |
| 3.2 交通活动的特性描述.....              | 23 |
| 3.2.1 系统边界：哪些交通活动被分配到城市？.....   | 23 |
| 3.2.2 交通方式.....                 | 24 |
| 3.2.3 通过出行起点和原因交通活动.....        | 25 |
| 3.2.4 交通活动数据源.....              | 26 |
| 3.2.5 不同方式方法的优缺点.....           | 27 |
| 3.3 用于城市相关交通活动温室气体核算的排放因子.....  | 29 |
| 3.3.1 德国交通相关温室气体统一的平均排放因子.....  | 29 |
| 3.3.2 可选的本地化道路交通排放量计算的优化.....   | 29 |
| 3.4 德国特定城市排放清单计算工具.....         | 31 |
| 4 德国各主要城市和伦敦交通温室气体核算的实践.....    | 37 |
| 4.1 选定的德国城市的说明.....             | 37 |
| 4.2 温室气体核算的比较.....              | 40 |
| 4.2.1 温室气体核算的目标.....            | 40 |
| 4.2.2 交通活动的特性描述.....            | 41 |
| 4.2.3 应用的温室气体排放量和排放因子的数据库.....  | 44 |
| 4.2.4 针对本地道路交通排放量计算的改进.....     | 46 |

|         |                                      |    |
|---------|--------------------------------------|----|
| 4.2.5   | 分析的德国城市的交通数据源.....                   | 47 |
| 4.2.5.1 | 分析的德国城市温室气体核算所使用的交通数据 .....          | 47 |
| 4.2.5.2 | 德国城市交通数据可得性调查 .....                  | 49 |
| 4.3     | 分析概要 .....                           | 52 |
| 4.4     | 城市交通温室气体核算的过程 - 案例研究（法兰克福/美茵河） ..... | 54 |
| 5       | 算北京交通温室气体排放的建议 .....                 | 59 |
| 5.1     | 北京温室气体核算中交通活动的特性描述 .....             | 59 |
| 5.2     | 排放因子数据库建议 .....                      | 62 |
| 5.3     | 小结 .....                             | 64 |
| 6       | 参考文献 .....                           | 65 |

## 背景介绍

在过去几十年里，全球的交通运输量和随之而来的温室气体排放量已大大增加。预计在未来几年内还会进一步增加并主要集中在新兴国家和发展中国家 [IEA 2010]。由于持续的城市化，温室气体的增加将在很大程度上发生在日益壮大的城市群和大城市中。因此，这些城市必须作为制定各项措施的焦点，以限制与交通有关的温室气体排放的进一步增长。

北京也不例外。随着汽车交通量的迅猛增加，温室气体排放增加、空气污染和噪音污染等多项环境挑战也随之而来。如今，仅依靠改进车辆技术将不足以解决这些问题，而是需要采取进一步的措施。适当的交通需求管理（TDM）策略通过影响人们的出行行为（避免交通拥堵、转变为环保的运输模式和优化交通流量等）可以大大降低能源消耗和废气排放。中德项目“北京交通需求管理（TDM）- 城市中的减排”<sup>1</sup>旨在为北京确定合适的非技术措施和评估温室气体的减排。

TDM 项目的重要依据是对北京交通量和相关温室气体排放所进行的充足而详尽的评估。提出目标为导向的措施并且进行监控的前提是充分理解现状的排放情况。

本报告将通过概述德国城市核算交通温室气体排放常用方法及实践经验，以及提供有关信息为 TDM 项目提供支持。总结有关德国良好做法的目的是使利益相关者能够估计和监控北京交通的温室气体排放。该报告包括以下几个部分：

- 第 1 章论述计算交通温室气体排放、排放计算的主要影响因素以及一系列方法学方面等基本信息。
- 第 2 章介绍了德国采用的排放因子数据库和清单模型。另外还概述了德国以外的排放因子数据库和模型比较。
- 第 3 和第 4 章重点讨论城市交通部门温室气体排放核算。第 3 章介绍各城市常用的不同核算方法，如系统边界和交通活动数据的划分。此外还讨论了德国可用的数据源。
- 第 4 章是对所选德国主要城市当前核算实践的后续分析和比较。说明所使用的核算方法和重要数据源，并讨论对不同核算目标的适用性。此外，还把大伦敦地区作为非德国大都市分析了其交通相关的能源和温室气体清单。
- 最后的第 5 章由德国经验得出结论：对于核算北京或类似大城市的交通的温室气体排放，应考虑些什么？最适用的核算方法有哪些？在北京及中国其他城市，讨论数据要求时应考虑到数据可用性的范围。

---

<sup>1</sup> 代表联邦环境部、自然保护和核安全部（BMU）和北京市交通委员会（BMCT）。由德国国际合作机构（GIZ）有限公司和北京交通研究中心（BTRC）共同实施。

# 1 交通活动温室气体排放的计算

机动化交通所造成的温室气体排放一方面取决于交通活动的范围；另一方面取决于所采用交通方式的具体能源消耗和终端能源的具体温室气体排放。图 1 说明了这种关系。



图 1：机动交通活动的温室气体排放量计算图

## 1.1 交通需求

交通需求主要通过行车公里数 (VKT) 来说明，即车辆在某一段时间内所行驶的距离。

为了说明能源消耗及废气排放与行程效益（即运送的旅客或货物）的关系，采用了运输性能（乘客公里数或吨公里数）这一概念，它将 VKT 与车辆容量及负载因子结合在一起（参见图 2）。没有关于车辆参数的进一步信息时，用于计算运输性能的另一选择是通过行驶距离乘以运输量（人数·吨）。与运输性能相关连是对于具有不同特点的交通方式（座椅很少的轿车与具有数个座椅的公共汽车/电车）对环境影响的比较的一个基本的前提条件。

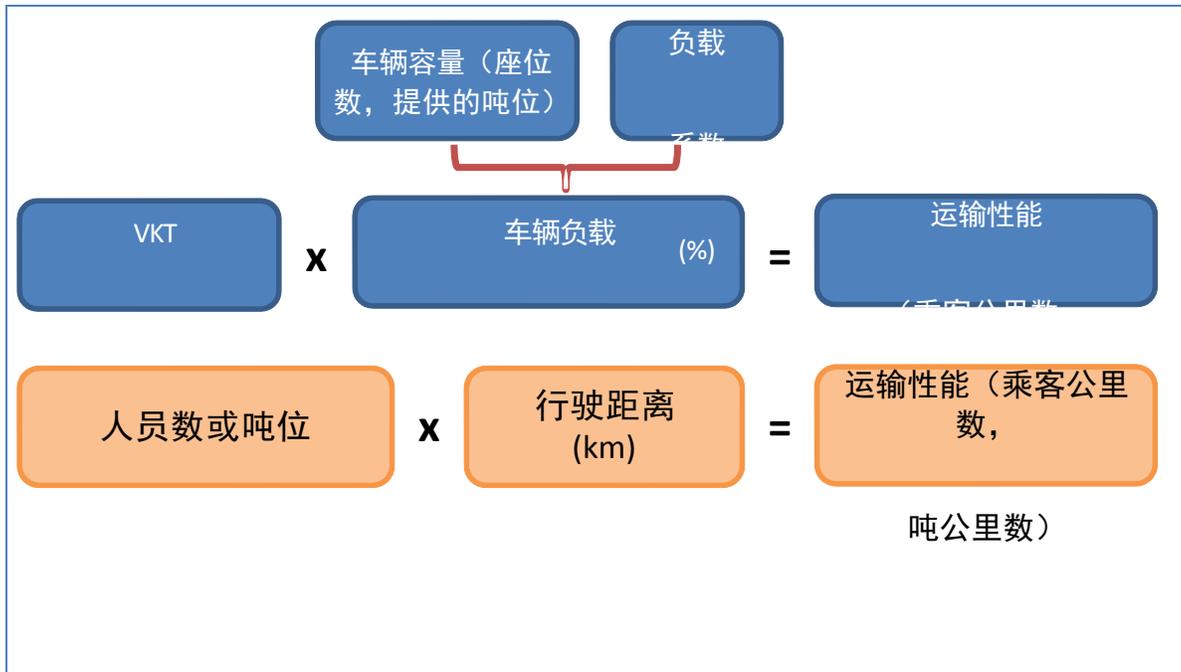


图 2: 不同交通需求参数之间的关系

## 1.2 车辆的具体能源消耗

一次出行的能源消耗取决于不同参数。首先，它取决于**交通方式**及其**技术特性**（如驱动概念、发动机性能和车龄等）。此外，**运行条件**（速度、交通流量和驾驶行为）也会影响能源需求。

特定运输性能（乘客公里数、吨公里数）的具体能源消耗首先取决于所选择的**交通方式**（例如轿车、公共汽车、地铁）。这些不同不仅在于每车行驶公里的特定能源消耗，还在于潜在的运输能力和已知的负载因子。对于综合核算方法，这两个参数都必须考虑，对于城市客运，在图 3 中对此进行了说明：

- 与轿车相比，有轨电车可能有更高的每公里能源消耗，但是它们提供了更高的载客人数，因此，公共汽车和有轨电车每座位公里的能源消耗远低于乘用车。
- 然而，车辆所提供的载客能力仅部分地使用。在德国城市乘用车的平均载客约为 1.3 (26%) [SRV 2008]。德国公共交通平均载客率甚至更低，公共汽车为 21%，与电车和地铁系统相接近。然而，公共交通方式的每乘客公里能源消耗往往相当低（参见图 3）。

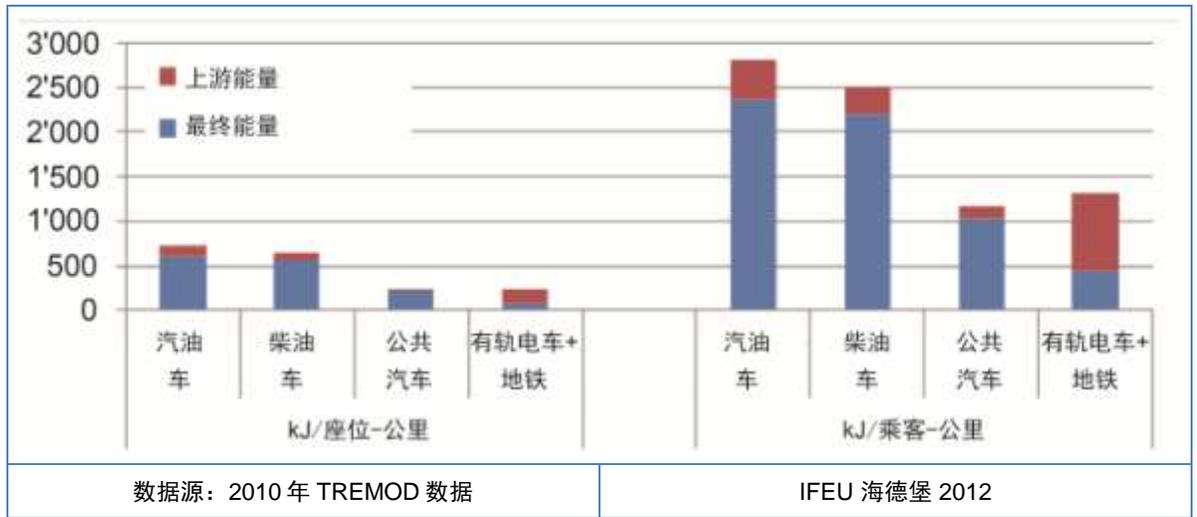


图 3：不同城市客运方式的能源消耗因素

在车辆层面，车辆每公里的具体能源消耗一方面取决于物理阻力等技术参数，另一方面取决于能源转换效率。此外，还与如空调、灯光等辅助耗能设备相关。

- 物理阻力的主要因素是车辆重量、空气动力特性（前部区域、空气阻力）和滚动阻力。这些因素的重要程度也取决于车辆操作：在车辆需频繁启动 - 停止的城市区域车辆重量更为重要；空气动力学则在较高转速时更重要，在走走停停的交通路况几乎可以忽略。
- 对于能源转换，车辆（即发动机）效率和上游效率必须加以区分。虽然电动车具有非常高的车辆层面的能源效率，如果使用传统的火力发电厂，能源就主要在上游过程中损失。反过来，对于内燃机车辆（汽油、柴油、气体），最高能源损失就在于内燃机层面。

这些因素随不同交通方式（公路和铁路）、车辆类型（如刚性卡车和铰接式卡车）、推进力类型（汽油和柴油等）以及大小（如发动机排量）（见图 4）而变化。此外，还必须考虑时间和区域的差异：

- 时间的差异主要受技术进步驱动。这包括汽车技术（如轻量化和发动机改进）以及上游工序（例如更高效的发电厂或炼油厂的建设）。
- 区域差异主要来源于车队组成及车龄以及发电厂和炼油厂组成和年龄。驱动因素可以是本地资源基础（例如石油或煤的存储）和政府决策。例如，在欧洲，由于 2012 年之后相继出台的欧盟 CO<sub>2</sub> 排放限制，可以期待车辆能源效率进一步提高。

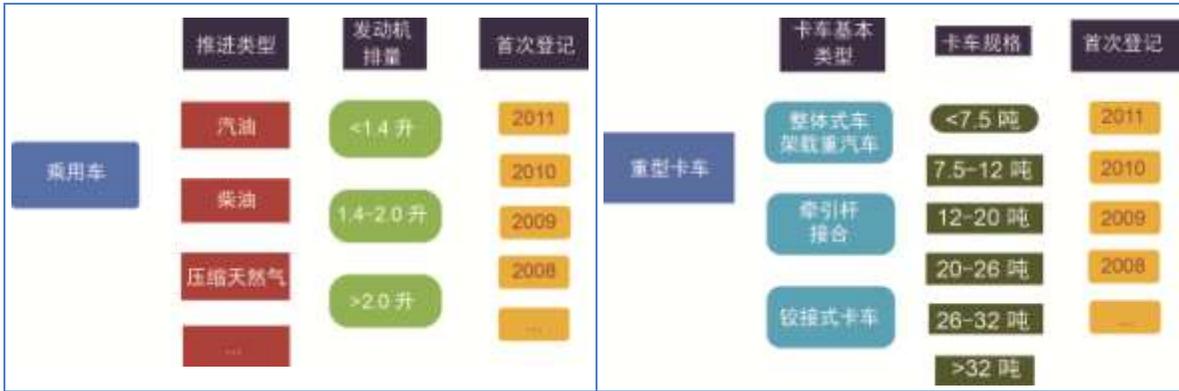


图 4：车队组成：细分的道路车辆类型（示范）

最后，必须要考虑**交通状况**和**驾驶行为**。例如，走走停停的交通路况会导致更高的能量消耗，因为它需要更多次的制动和加速，从而迫使内燃机更频繁地以效率较低的方式负荷运行。因此，交通状况是车辆能源消耗的一个重要因素（参见图 5，左）。使用模式也非常重要的，因为只有暖机状态下才能在最佳条件下工作，而冷启动后明显出现较高的污染物排放和燃料消耗（参见图 5，右）。最后，个别车辆操作者对特定的能源消耗也有影响。已证实，燃料效率良好的驾驶方式具有高达 30% 的降低排放和减少能耗的潜力<sup>2</sup>。

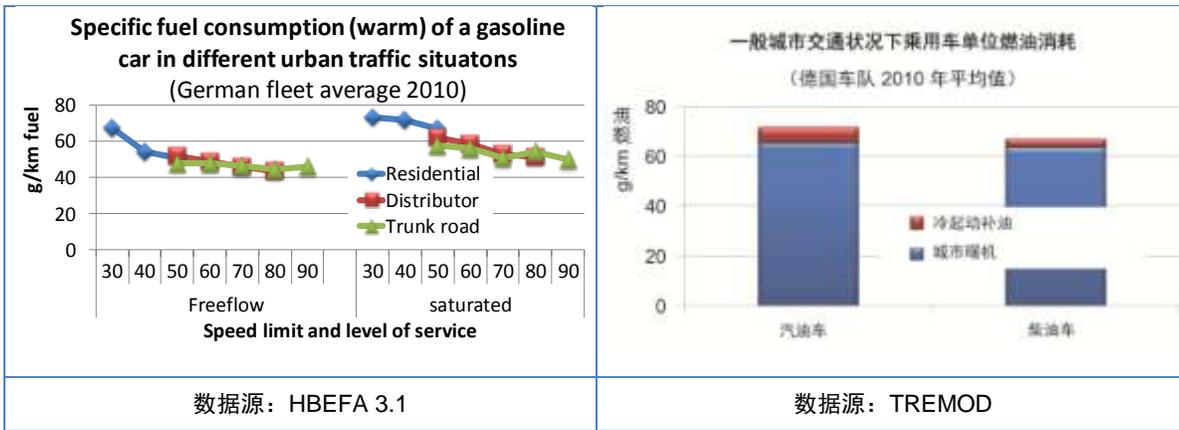


图 5：在城市交通状况下乘用车特定的最终能源消耗

### 1.3 特定的温室气体排放

特定的温室气体排放取决于车辆所采用的最终能量载体，因此源自于交通方式（例如，汽车、轻轨、地铁）和驱动概念（汽油或柴油、压缩天然气和电力推进等）。到目前为止，德国的机动车辆几乎完全基于由矿物油制成的化石燃料。仅在过去 10 年中，替代燃料特别是生

<sup>2</sup> UBA 2009 UBA Umweltbundesamt (Hrsg.): "Sprit sparen und mobil sein." Dessau-Roßlau: Eigenverlag. 2. überarbeitete Auflage 2009: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3705.pdf>

物燃料的分担率才大大增加。铁路运输主要靠电力运行。在未来，道路交通的电动车预计也会大幅增加。

为了计算源自车辆使用的温室气体排放，必须考虑两种不同的排放源（参见图 6）：

- 车辆使用过程中的直接排放（**油箱到车轮**），
- 来自能源供应的上游排放（**油井到油箱**）。

当使用化石燃料时，大部分温室气体由车辆在燃料燃烧期间直接排放。

当使用化石燃料时，大部分温室气体由车辆在燃料燃烧期间直接排放。其他排放是由上游能源供应（油和天然气的开采、运输和炼油工艺）造成的。使用电力时在车辆层面没有直接排放。所有温室气体排放均是上游能源供应造成的，尤其当通过含碳能源（煤、天然气）发电时。因此，应考虑源自车辆使用和上游能源供应的完整的**油井到车轮**的排放，以涵盖源自交通活动的所有相关温室气体排放，以及将使用不同能源的车辆的温室气体排放进行客观比较。

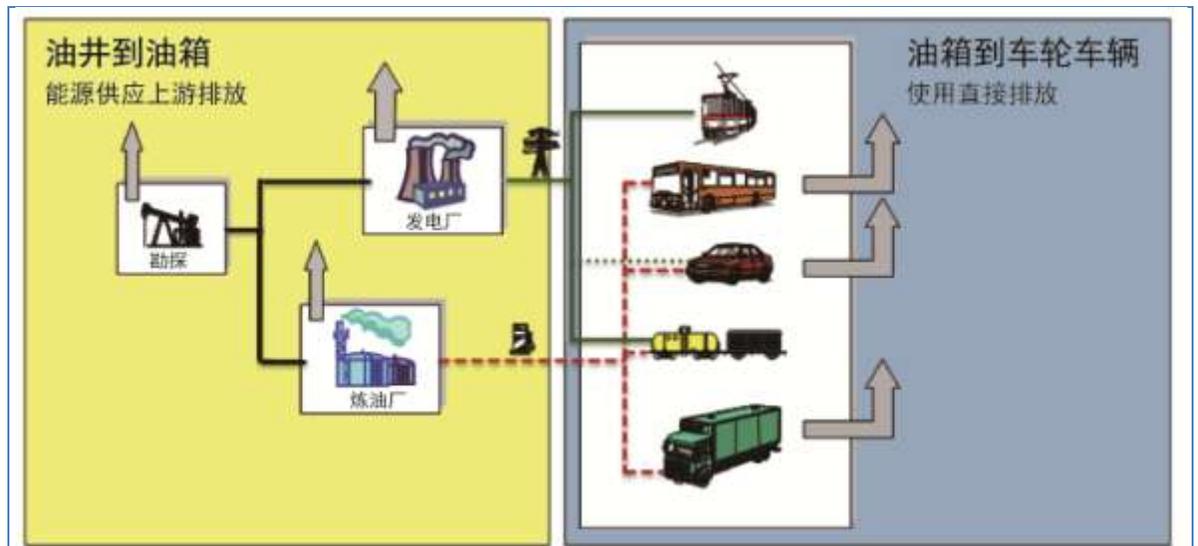


图 6：交通活动中温室气体排放的来源（示意图）

交通运输所排放的温室气体主要是二氧化碳（约 99%）。单位能源消耗的 CO<sub>2</sub> 排放量取决于燃料的碳含量（参见下页的信息框）。此外，还会排放少量甲烷（CH<sub>4</sub>）和一氧化二氮（N<sub>2</sub>O）。为了比较不同温室气体的效果，使用全球变暖潜能值（GWP），将温室气体收集的热量与相似质量 CO<sub>2</sub> 收集的热量进行比较（参见表 1）。这样，所有温室气体排放的总量可以表示为 CO<sub>2</sub> 当量。

表 1 二氧化碳、甲烷和一氧化二氮的全球变暖潜能值

| CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |
|-----------------|-----------------|------------------|
| 1               | 25              | 298              |

### 化石燃料碳 (C) 含量的相关性

CO<sub>2</sub> 排放可通过特定燃料消耗率来计算；而它取决于燃料类型的碳含量。在许多国家，提供不同质量的燃料（例如不同辛烷值的汽油、夏季和冬季用柴油），其碳含量不同。当在温室气体排放模型中使用汽油或柴油等“平均”燃料类型时，应通过加权平均的燃料成分来对此类情况加以考虑。例如，在德国国家排放清单中，考虑 72 g/MJ 汽油（85.6% 的 C）和 74 g/MJ 柴油（86.8% 的 C）的 CO<sub>2</sub> 排放量 [FEA 2009]。

### Biofuels

在使用生物燃料的情况下，在排放量计算中通常没有直接的温室气体排放，因为生物燃料被认为是碳平衡的（即生物燃料燃烧所排放的 CO<sub>2</sub> 先前已被植物所吸收）。但是，由于能源作物的种植和生物燃料的运输，上游仍会产生温室气体。因此，欧洲 RES 指令 [EC 2009] 定义出生物燃料的可持续性标准：与替代的化石燃料相比总温室气体排放减少（CO<sub>2</sub> 当量）至少 35%（从 2017 年 1 月 1 日起至少 50%，或从 2018 年 1 月 1 日起至少 60%（对于 2017 年 1 月 1 日或之后才开始生产的设备所生产的生物燃料和沼液）。

## 2 排放因子数据库和与交通相关的温室气体排放清单模型

### 2.1 德国、欧洲和美国主要模型概述

本章介绍欧美一些主要国家和国际上的排放清单模型，在一定程度上其发展可追溯到上世纪 80 年代。它们包括：

- 德国的 TREMOD
- 一些欧盟国家的 HBEFA
- 欧盟和欧盟国家的 COPERT
- 欧盟的 TREMOVE
- 美国的 MOVES

然而，这些模型通常不仅指温室气体排放方面，它们还代表使用前面所述方法进行交通排放建模的研究现状（参见章节 **Error! Reference source not found.**）。在章节 **Error! Reference source not found.** 中给出了城市特定温室气体排放清单模型和计算工具概述。

表 2 提供了关于不同排放清单工具的一些基本信息。HBEFA 和 COPERT 较注重排放因子，而 TREMOD 和 TREMOVE 专注于特定区域的排放清单和政策方案。所有模型都涵盖一张过去和未来排放的时刻表，并考虑不同车辆、道路、燃料、排放类别和成分采用高分辨率的排放量计算方法。所有模型都涵盖了道路排放和油箱到车轮的排放，只有 TREMOD 和 TREMOVE 考虑了其他运输方式（火车、轮船和飞机）以及油井到油箱的排放。COPERT、TREMOVE 和 MOVES 可免费下载，而 HBEFA 要付费。TREMOD 的访问仅限于一些德国政府和企业利益相关者。

表 2 选定的排放清单模型概述

|         | HBEFA  | TREMOT                    | COPERT  | TREMOVE   | MOVES   |
|---------|--|---------------------------|---|---|---|
| 最新版本    | HBEFA 3.1 (2010)   | TREMOT 5.2 (2012)         | COPERT 4, v. 9.1 (2012)   | TREMOVE 3.3.2 (2010)  | MOVES 2010b   |
| 开发者     | INFRAS AG  | IFEU Heidelberg           | EMISIA<br>欧洲环境局 (EEA)   | TML, KU Leuven<br>欧洲委员会, DG 环境                                      | US EPA<br>EPA (美国环境保护署)   |
| 专员      | 欧洲几个联邦环保部门   | 德国联邦环保署 (UBA)             |   |   |   |
| 用途      | 排放因子数据库<br>排放清单和情境计算 (试验版本)  | 排放清单和情境计算<br>排放因子和交通活动数据库 | 排放清单<br>排放因子和交通活动数据库  | 排放清单和情境计算   | 排放清单和情境计算<br>排放因子和交通活动数据库   |
| 运输方式    | 道路   | 道路、铁路、水路和飞机               | 道路  | 道路、铁路、水路、海上   | 道路  |
| 时间轴     | 1990-2030  | 1960-2030                 | 1970-2030   | 1995-2030   | 1990, 1999-2050   |
| 分解 (公路) | 车辆、道路和燃油类型<br>油箱到车轮  | 车辆、道路和燃油类型<br>油箱到车轮       | 车辆、道路和燃油类型<br>油箱到车轮   | 车辆、道路和燃油类型<br>油箱到车轮   | 车辆、道路和燃油/<br>动力系统类型   |
| 软件要求    | MS ACCESS  | MS ACCESS                 | MS ACCESS   | MS ACCESS 和 EXCEL, WINZIP, GAMS                                     | MySQL and JAVA  |
| 软件可得性   | 通过注册订购费用: 250 欧元<br><a href="http://www.hbefa.net">www.hbefa.net</a><br>专业版用于 ERMES 成员 | 一些政府当局和合作伙伴可以获得           | 通过注册订购, 国家数据费用 (每国 300 欧元)<br><a href="http://www.emisia.com/copert/General.html#">http://www.emisia.com/copert/General.html#</a> | 免费下载<br><a href="http://www.tremove.org">http://www.tremove.org</a> | 免费下载 (GNU 许可证)<br><a href="http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm">http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm</a> |
| 数据可用性   | 欧洲个人用途   | 德国国家级                     | 欧洲国家级   | 欧洲国家级   | 美国国家级和县级  |
| 典型应用    | 微观至宏观清单 (街道、城市、国家级), 用于欧盟排放标准  | 德国国家清单和情景                 | 宏观 (国家级) 清单, 用于欧盟排放标准   | 宏观清单 (国家/欧盟级) 清单和情景, 用于欧盟排放标准                                       | 微观至宏观 (联邦、州、郡、市) 清单及美国排放标准  |

## 2.2 排放因子的推导原则

上一节表明，所有模型都可以建立特定区域的排放清单，并同时提供排放因子数据库。建立排放因子的方法应给予进一步的关注。这在排放清单模型中发挥了关键作用，并应该与现有交通数据一致。

欧洲的排放因子是基于从测试实验室和一些由欧洲移动排放源研究组(ERMES)协调的研究计划获得的数据，HBEFA 和 COPERT 与这些研究计划有直接联系，TREMOVE 和 TREMOD - 和其他应用程序 - 使用其排放因子数据库。

因此，要针对不同方法考虑排放因子和驾驶模式，首先是 HBEFA 采用的“交通状况法”，其次是 COPERT 采用的“平均速度法”（图 7）。

T 交通状况法基于逐秒分辨率的车辆速度场。这样可以将不同道路类型和速度限制描述为四个服务级别（畅通、繁忙、饱和、停停走走）。另外，这些单独的交通状况也可以进行加权，从而提供典型公路类别（如“乡村高速公路”）和特定国家总体的交通状况。另一方面，平均速度法采用已集成了不同类型交通状况的平均速度排放因子。

交通状况法通常适用于微观尺度的排放建模（例如城市或街道级别），同时也适用于国家级建模，前提是要有非常详细的描述交通状况的数据。对于宏观排放建模，例如国家或国际排放清单，平均速度法可以认为是适合的。

MOVES 的排放因子基于来自美国不同来源的试验数据，例如 I/M（检查和维修）测试、发动机认证测试和各项研究和测试项目。EPA 收集和处理原始数据，并通过将这些数据分配到以不同速度和发动机功率等级为特征的各种“**运行模式**”，用于生成各种模式的排放率<sup>3</sup>。与其他模型不同，MOVES 中的热排放因子不是以每单位距离的质量来表示，而是以单位时间的质量来表示。

图 7 中给出了试验数据处理和排放因子推导概要。

---

<sup>3</sup> 轻型车采用每车重功率或车辆比功率 (VSP)，重型车采用 STP（规模牵引动力）来描述运行模式的特征（[EPA 2011]和[EPA 2012A]）

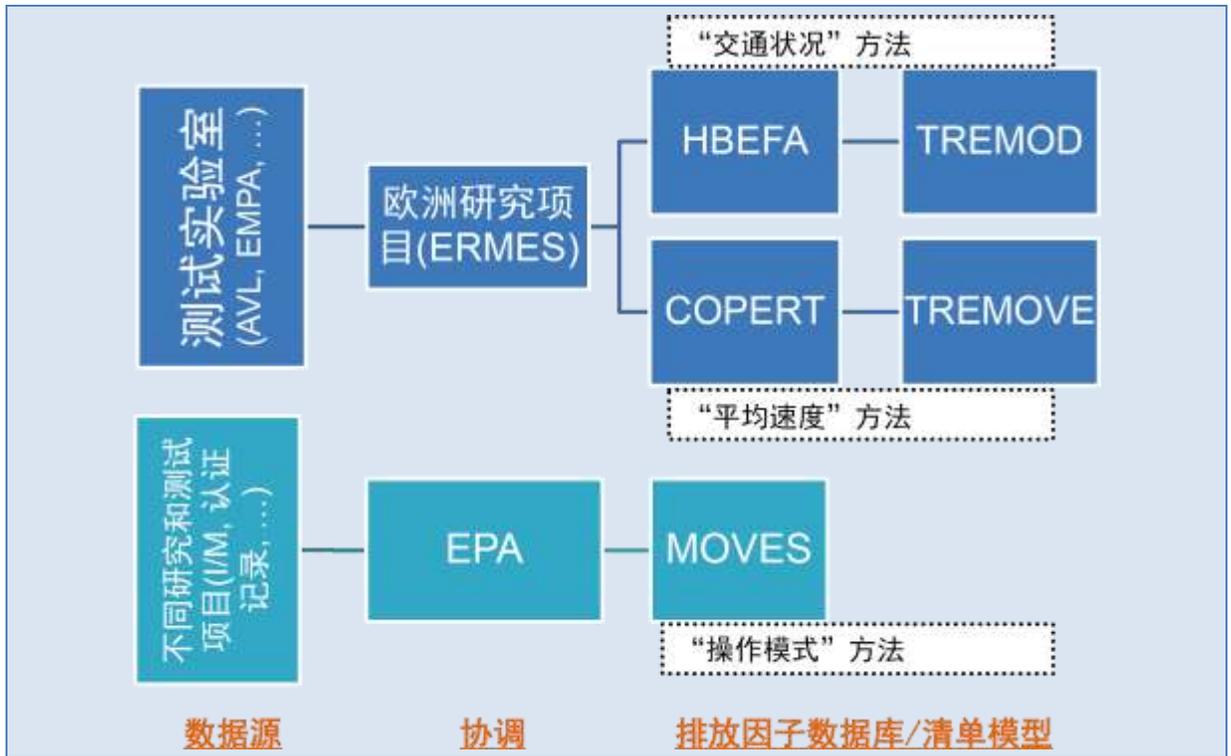


图 7：所考虑模型排放因子推导通用图表

## 2.3 所选模型更详细的背景和细节介绍

### 2.3.1 HBEFA

HBEFA（道路交通排放因子手册）最初是由德国、瑞士和奥地利环境保护机构开发的。与此同时，其他国家（瑞典、挪威、法国）以及欧洲委员会欧洲研究中心 (JRC) 也为 HBEFA 提供了支持。

HBEFA 为所有当前车辆类别（小汽车、轻型货车、重型货车、公共汽车和摩托车）提供排放因子（即以 g/km 计算的特定排放量），每种排放因子针对各种各样的交通状况被分为不同的类别，因此，格拉茨技术大学通过采集各种测试实验室原始数据和采用 PHEM<sup>4</sup> 模型处理这些数据，来得到排放因子 [INFRAS 2010]。

第一个版本 (HBEFA 1.1) 发表于 1995 年 12 月，并于 1999 年 1 月进行过更新 (HBEFA 1.2)。版本 HBEFA 2.1 于 2004 年 2 月提供。最新版本 HBEFA 3.1 始于 2010 年 1 月。

2010 的 HBEFA 当前版本基于 ERMES 组内收集的欧洲排放测量数据（见章节 2.2），这也是欧洲模型（如 COPERT 和 TREMOVE）的排放数据基础。

<sup>4</sup> PHEM（乘用车和重型车排放模型）可基于排放特性图模拟不同驾驶模式的排放因子

表 3 概述: HBEFA

|           |  |
|-----------|--|
| 名称        | HBEFA (Handbook Emission Factors for Road Transport, 道路交通排放因子手册)   |
| 用途        | <ul style="list-style-type: none"> <li>为道路交通中所有车辆类别“实际”排放因子生成一个可靠和统一的数据库</li> <li>分享排放测试和建模的国际经验和资源</li> </ul>   |
| 委任成员      | 联邦环保局 (德国)<br>联邦环保局 (奥地利)<br>联邦环保办公室 (瑞士)<br>瑞典公路管理局 (瑞典)<br>挪威污染控制局 (挪威)<br>ADEME (法国)  |
| 开发人员      | INFRAS AG<br>与以下机构合作: AVL (SE)、EMPA (CH)、海德堡能源与环境 (DE)、INRETS (F)、JRC (EU)、土地增值税 (GR)、统计 (N)、TNO (荷兰)、TU 格拉茨 (A)、TU 隆德 (SE)、TUEV 诺德 (DE)、VTI (SE)  |
| 利益相关者     | 一些国家和欧盟的政府部门及其他地方当局  |
| 历史        | HBEFA 1.1 – 1995 (D, CH)<br>HBEFA 1.1A – 1998 (A)<br>HBEFA 1.2 – 1999 (D,A,CH)<br>HBEFA 2.1 – 2004 (D,A,CH)<br>HBEFA 3.1 – Feb. 2010 (D, A, CH, SE, N, [F])  |
| 系统边界      | 不同国家的 (D, A, CH, SE, N, F) 道路运输<br>时间轴 1990-2030 年<br>车辆类别: 乘用车、轻型车、重型车、城市公共汽车、客车、摩托车<br>不同道路类别和交通状况<br>油箱到车轮的能源消耗和废气排放<br>组成部分: CO、HC、NO <sub>x</sub> 、PM、HC 的几个组成部分 (CH <sub>4</sub> 、NMHC、苯、甲苯、二甲苯)、燃油消耗量 (汽油、柴油)、CO <sub>2</sub> 、NH <sub>3</sub> 和 N <sub>2</sub> O。HBEFA 3.1 中新的组成部分: NO <sub>2</sub> 、PN 和 PM 非排气 |
| 模型结构      | MS ACCESS 中的离线工具, 运行 (单机) 版本。<br>模型根据用户选择提供高分辨率 (按照车辆细分及交通状况细分) 的单位交通活动的排放因子 (例如克/车辆公里数, 克/启动), 或不同的聚合水平 (如每个国家和年度的加权排放因子)。  |
| 可用性       | 由 INFRAS 发布, 通过注册订购, 费用: 250 欧元<br>信息: <a href="http://www.hbefa.net">www.hbefa.net</a>  |
| 模型应用 (示例) | 数据用于 <ul style="list-style-type: none"> <li>TREMOD (德国交通排放清单模型)</li> <li>瑞士道路交通排放清单</li> <li>瑞典道路交通排放清单</li> <li>几个地方排放模型和研究</li> <li>个体交通的交通规划和环境影响评价的专用工具 (例如 EcoTransIT 数据库、地图和指南)</li> </ul>   |

### 2.3.2 TREMOD

TREMOD (交通排放模型) 是 90 年代后期由联邦环保局设计的, 用于建立涵盖当时德国排放量计算的研究现状的合适工具。它不断更新并用于德国国家年度排放报告, 即对所有交通方式过去趋势和未来情景的预测 [IFEU 2010]。

TREMOD 由联邦公路研究所 (Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt) 提供支持和资助, 与之相关的一些其他活动有:

- **德国铁路公司 (DB AG):** 自 1995 年以来与铁路部门共同开发排放量计算方法。DB AG 提供 TREMOD 中所有信息的年度数据更新。
- **铁路公司和行业 “Allianz pro Schiene” (APS) 联盟:** APS 管理具有德国所有交通方式特定环境数据的数据库。该数据库由 IFEU 开发并与 TREMOD 直接相关。
- **德国汽车行业 (VDA):** 自 1995 年以来 VDA 为 TREMOD 提供支持并将 TREMOD 结果用于多项活动，例如年度报告，特殊出版物。
- 其他支持 TREMOD 的组织有 ADAC、矿物油工业 (MWV)、Deutsche Lufthansa (德国汉莎航空公司)。
- **COPERT 和 TREMOVE:** 欧洲模型也采用 TREMOD 的德国交通数据。

在道路交通部门中 TREMOD 与 HBEFA 有密切合作：对于道路交通排放因子，TREMOD 使用 HBEFA 的方法和数据库。HBEFA 反过来使用 TREMOD 的德国交通活动数据。因此，排放清单包括与具有高精度计算程序的 HBEFA 相同的细分。下图显示 TREMOD 中道路交通计算的基本要素。

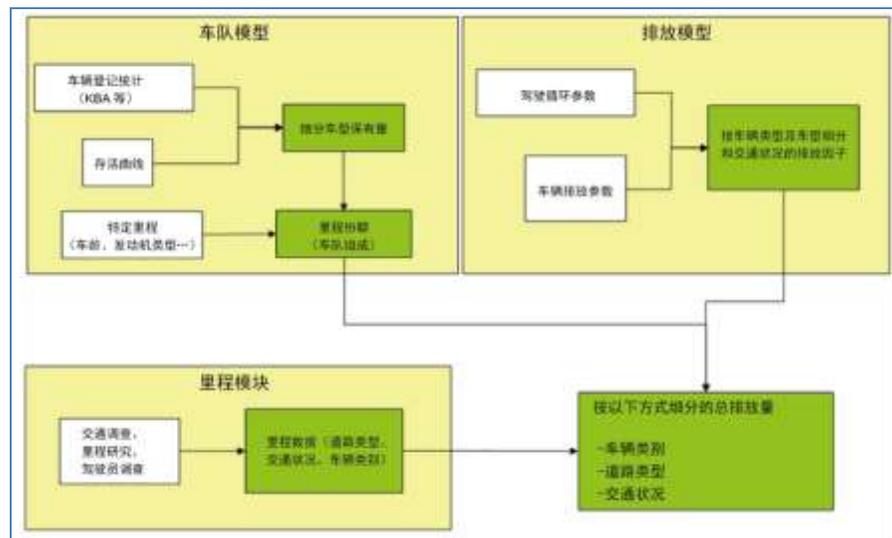


图 8: TREMOD 中道路交通排放量计算

表 4 概述: TREMOD

|           |  |
|-----------|--|
| 名称        | TREMOD (Transport Emission Model, 交通排放模型)  |
| 用途        | 为德国所有交通模式的能耗和排放清单生成一个可靠和统一的数据库, 用于不同任务, 例如统计报告、政府决策、公共信息、环境报告和数据库生命周期评估  |
| 委任成员      | 联邦环境局 (德国)   |
| 利益相关者     | 环境部、联邦公路科学研究所、交通运输部、其他地方当局、汽车行业 (VDA)、德国铁路 (DB AG)、石油行业 (M WV)、德国汉莎航空公司 (Deutsche Lufthansa)   |
| 历史        | TREMOD 1.0 - 1997年<br>TREMOD 2.0 - 2000年<br>TREMOD 3.0 - 2003年<br>TREMOD 4.17 - 2006年<br>TREMOD 5.1 - 2010年<br>TREMOD 5.2 - 2012年  |
| 系统边界      | 德国公路、铁路、内河航运和航空运输<br>时间轴 1960-2030 年<br>油井到油箱和油箱到车轮的能源消耗和废气排放<br>组成部分: CO、HC、NO <sub>x</sub> 、PM、几个HC成分 (CH <sub>4</sub> 、NMHC、苯、甲苯、二甲苯)、燃油消耗率 (汽油, 柴油)、CO <sub>2</sub> 、NH <sub>3</sub> 和N <sub>2</sub> O。HBEFA 3.1中新的组成部分: NO <sub>2</sub> 、PN和PM  |
| 模型结构      | 离线工具中 MS ACCESS (MS ACCESS 要求), 不同的数据库。<br>每个交通运输部门的不同模块<br>有区别的车队和交通数据和情景设计的输入表格<br>对每个交通方式和所有的交通方式具有灵活的数据选择可能性和不同聚合水平的结果形式。  |
| 可用性       | 由于复杂而不公布于众<br>可用于政府当局 (联邦环境局、环境部、联邦公路科学研究所、交通运输部) 和合作伙伴 (VDA、DB AG、德国汉莎航空公司)   |
| 模型应用 (示例) | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 德国国家清单报告- 生命周期评估工具和数据库 (Probas、Umberto、铁路协会 “Allianz pro Schiene”)</li> <li>■ 个体交通 (EcoTransIT、EcoPassenger、UmweltMobilCheck) 的环境影响评价工具</li> <li>■ 其他国家的国家清单, 如比利时、中国、不同的德国联邦土地</li> <li>■ 用于欧洲 TREMOVE 和 COPERT 模型的德国车队数据的交付</li> <li>■ 用于未来交通运输部门能源消耗和排放发展的不同研究及场景</li> </ul> |

### 2.3.3 COPERT

COPERT（计算道路交通排放的计算机程序）是由 EMISIA 和应用热力学实验室开发的排放模型，主要是为欧洲（受欧洲环境局委托）设计，也可供世界范围内应用。

它基于欧洲监测和评估计划（EMEP）方法，是 ETC/ACM（减轻空气污染和气候变化的欧洲主题中心）活动和联合研究中心（JRC）研究活动的一部分。

该计算机程序始于 20 世纪 80 年代后期，第一个版本是 COPERT 85，随后是 COPERT 90、COPERT I-III 和最新版 COPERT 4 v. 9.0 [EMISIA 2012]。

COPERT 的应用范围从国家到地方排放清单、空气质量影响评估，并提供交通活动相关的数据和排放因子。方法论基于自下而上的方法及高精度输入数据。这些涵盖一个从 1970 年至 2030 年的时间轴、所有重要的公路车辆类别和子类别（燃料类型、规格）、车辆技术和大量污染物成分。

基于欧盟统计局或 FLEET5 项目的统计资料以及一些国家原始资料，可供欧洲经济区成员国手动输入或购买活动数据。排放因子通常与 ARTEMIS（交通排放模型和清单系统的评估和可靠性）项目和 HBEFA 组的数据一致。

---

<sup>5</sup> FLEETS 是欧洲车辆数量和行驶里程统计数据库，另请参见 <http://www.emisia.com/tools/FLEETS.html>

表 5 概述: COPERT

|           |  |
|-----------|--|
| 名称        | COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport (COPERT, 计算道路交通排放的计算机程序)   |
| 用途        | IPCC 指南和 EMEP/EEA 空气污染物排放清单指南公布之后的国家排放清单编制工作和用户定义的道路交通排放量计算统一方法  |
| 委员        | 欧洲环境署 (EEA)  |
| 开发人员      | EMISIA<br>应用热力学实验室, Thessaloniki (塞萨洛尼基)   |
| 利益相关者     | 减轻空气污染和气候变化的欧洲主题中心 (ETC/ACM)<br>联合研究中心 (JRC)   |
| 历史        | COPERT 85 - 1989 年<br>COPERT 90 - 1993 年<br>COPERT II - 1997 年<br>COPERT III - 1999 年<br>COPERT 4 - 自 2006 年以来 (最新版本为 2012 年的 9.1 版)   |
| 系统边界      | 欧盟所有 27 个国家道路交通及用户自定义状况<br>时间轴 1970-2030<br>车辆类别: 乘用车、轻型车、重型车、助动车、摩托车<br>公路类别: 城市、农村、公路<br>组成部分: CO、PM、VOCs (和部分)、NO <sub>x</sub> (NO、NO <sub>2</sub> )、PM (排气和磨损)、PN、N <sub>2</sub> O; NH <sub>3</sub> ; 燃料消耗和相关污染 (CO <sub>2</sub> 、SO <sub>2</sub> 、Pb、Cd、Cr、Cu、Ni、Se、Zn; PAH、POPs、PCDDs、PCDFs) |
| 模型结构      | 类似 MS-Office 的离线工具, 在 ACCES 文件中存储有数据<br>高分辨率的计算排放的模型 (按照车辆细分和交通状况)<br>允许用户改变输入数据和高级设置 (车辆负载、后处理技术等)<br>可选择实施燃油消耗统计和修正系数  |
| 可用性       | 由 EMISIA 负责推广, 通过注册订购, 用户接口不收取任何费用, 每个国家的数据 300 欧元, 欧盟 27 国数据 3000 欧元<br>相关信息: <a href="http://www.emisia.com/copert/General.html#">http://www.emisia.com/copert/General.html#</a>   |
| 模型应用 (示例) | 大多数欧洲国家的排放清单<br>TREMOVE 模型中的交通部门<br>RAINS (Regional Air Pollution INformation and Simulation), 地区空气污染信息和模拟) 模型的排放数据  |

### 2.3.4 REMOVE

TREMOVE 是由荷兰研究公司“Transport & Mobility Leuven (TML)”为欧盟委员会开发的政策评估模型。该模型设计用于估算政府决策对交通活动、排放和效益成本的影响，并涵盖当前 31 个国家和 8 个海区的陆地和海上运输。

1997 年开发第一版 TREMOVE 1，随后是 2004 年的 TREMOVE 2 和自 2010 年起提供的版本 3.3。

该计划包括几个模块，排放清单计算通过车辆保有量周转及燃料消耗和废气排放模块来执行。此外，它通过交通需求模块模拟交通活动水平，并估算费用（例如通过税收收入）。由于有生命周期排放模块，该模型还包括油井到油箱的排放。

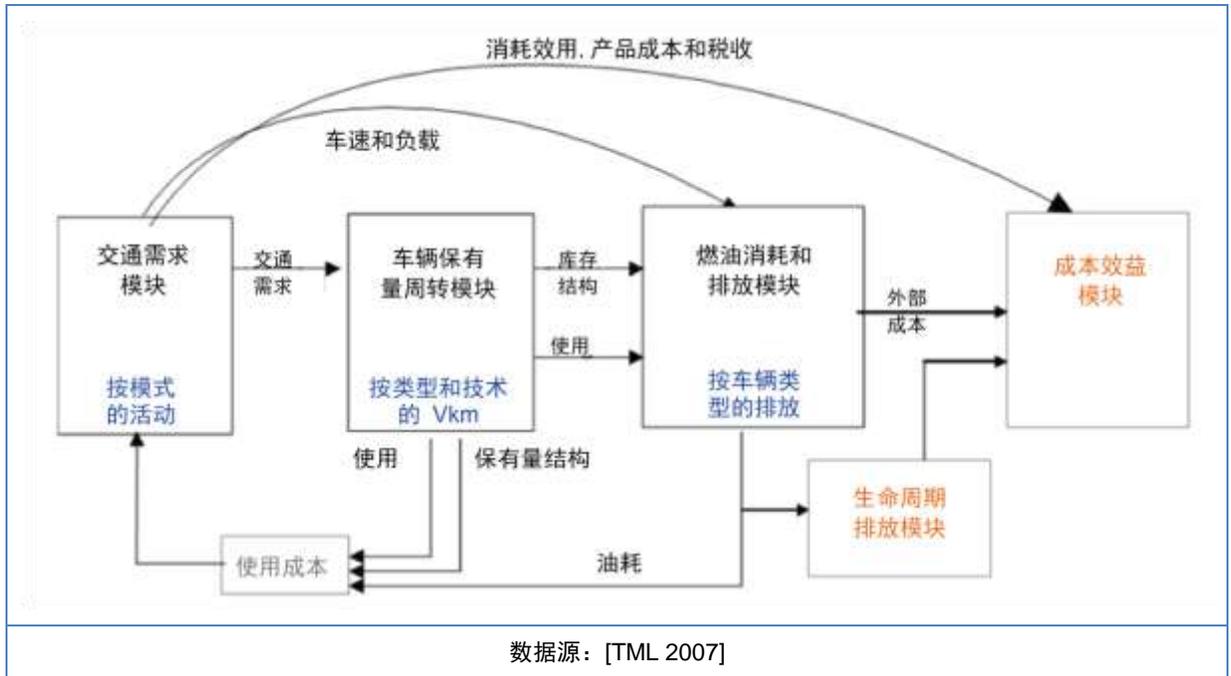


图 9：TREMOVE 模型结构

车辆类别涵盖最重要的公路、铁路、水路和航空车辆（乘用车、轻型和重型车、助动车、摩托车、客车、公共汽车、地铁/电车、火车、平原及其他几种类型的内河船只）。排放标准和成分分别由 COPERT 方法计算道路部门的数据、TRENDS 数据库提供铁路和飞机的数据，由 ARTEMIS 项目的数据描述内河船舶的数据。

表 6 概述：TREMOVE

|          |   |
|----------|---|
| 名称       | TREMOVE   |
| 用途       | 评估政策对交通（交通需求、方式划分、车辆保有量周转率）的影响；在欧洲的排放和成本（效益和使用情况）   |
| 委员       | 欧洲委员会，DG 环境   |
| 开发人员     | 鲁汶运输与机动车机构、天主教鲁汶大学  |
| 利益相关者    | 欧盟委员会   |
| 历史       | TREMOVE 1 - 1997-1999 年<br>- TREMOVE 2 - 2004 年（2009 年的最新存档版本 2.7B）<br>TREMOVE 3 -（2010 年的最新版本 3.3.2）   |
| 系统边界     | 欧洲陆地和海上运输（31 个国家和 8 个海区）<br>时间轴 1995-2030 年<br>车辆类别：公路车辆（助动车、摩托车、乘用车、客车、公共汽车、轻型和重型车）、火车、平原、内河和海上船只<br>道路类别：市区、高速公路、非城市<br>模型区域：大都市圈、其他城市区域、非市区<br>成分：基于 COPERT 的方法                          |
| 模型结构     | 基于 DOS 命令且与 MS OFFICE 元素、WINZIP 和 GAMS 软件有关的离线工具<br>与保有量和交通需求模块以及使用和本效益模块相关的高分辨率排放量计算   |
| 可用性      | 可免费下载，信息位于 <a href="http://www.tremove.org">http://www.tremove.org</a>  |
| 模型应用（示例） | 欧洲政策实施，例如： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 小汽车的欧 5 和欧 6 排放标准</li> <li>■ 重型车的欧 6 排放标准</li> <li>■ 超出汽车行业 2008/2009 年自愿性目标的燃油效率改进</li> <li>■ 基础设施收费</li> <li>■ 公路运输车辆的财政措施</li> </ul> |

### 2.3.5 MOVES

MOVES (机动车排放模拟模型) 是美国环境保护局 (EPA) 运输和空气质量办公室开发的一个道路交通排放量计算工具。这是 EPA 批准的地方当局用于准备州实施计划 (SIP) 的工具, 也可以用于从国家到地方规模的温室气体排放清单 [EPA 2012B]。

目前的版本是 MOVES 2010, 替代版本 MOVES 2009 及以前的 MOBILE 模型。

类似于欧洲模型, 计算方法是基于具有高分辨率的车辆和燃料类型、技术、道路类型数据以及气象数据等输入数据的自下而上的方法。这些数据用于为每层次和各种组分及排放类别 (例如排气、磨损、蒸发) 计算排放量。

除了创建排放清单, MOVES 还允许输入有关车队活动水平及车队构成和替代燃料的道路减排策略。因此, 可以为 SIP 预测战略情景分析和减排效果分析。

默认数据库提供涵盖交通活动水平、车队构成和排放因子等方面的输入数据。该模型允许将这些国家数据投影到州或县级数据; 但是, 如果有关当地交通活动水平和车队保有量等更详细的信息是可获得的, 用户也可以输入独立的数据。

该软件免费发布, 可在 EPA 网站下载。

表 7 概述: MOVES

|           |   |
|-----------|---|
| 名称        | MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator, 机动车排放模拟模型)   |
| 用途        | 美国环保署 (EPA) 批准的用于道路交通排放和政策情景分析 (如州实施计划 (SIP) 开发和交通符合性分析) 的排放模型  |
| 委员        | 美国环境保护局 (EPA)   |
| 开发人员      | EPA 的运输和空气质量办公室 (OTAQ)  |
| 利益相关者     | 美国国家研究委员会 (NRC)   |
| 历史        | MOBILE (1978 年的 MOBILE1 到 2004 年的 MOBIL 6)<br>MOVES 2009<br>MOVES 2010 (最新版本 MOVES 2010b)   |
| 系统边界      | 美国道路车辆排放<br>时间轴 1990 年、1999-2050 年, 可以从年到天 (24 小时) 的时间精度<br>排放类别: 排气、磨损、蒸发、曲轴箱排放和进一步的分化<br>车辆类别: 摩托车、乘用车, 其他 2 轴 4 轮车辆、公共汽车、单体卡车、组合卡车<br>燃料类型: 汽油、柴油、压缩天然气 (CNG)、电力; 以及燃料子类型<br>道路类型: 城市无限制通道、城市限制通道、农村无限制通道、农村限制通道、非道路网络道路<br>空间应用: 国家、州、县、自定义项目<br>能源及燃料消耗、基本空气污染物 (VOC、NO <sub>x</sub> 、CO、PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> ) 和许多其他成分 |
| 模型结构      | 基于 MySQL 和 JAVA 的离线软件工具<br>高分辨率 (按照排放类别、车辆和燃料类型、道路类型) 的排放量计算和策略考虑 (如替代燃料、车辆改装)  |
| 可用性       | GNU (公众) 许可<br>信息和下载网址: <a href="http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm">http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm</a>   |
| 模型应用 (示例) | 区域范围的交通需求管理, 例如搭车计划, 以雇主为基础的方案<br>土地利用和明智增长策略, 例如以公共交通为导向的发展政策、增加土地使用多样性和密集度的策略<br>公共交通促进方案, 如增加发车频率或降低票价<br>定价策略, 如停车定价或里程费  |

### 3 城市交通部门关于核算温室气体排放的方法

城市交通温室气体排放核算可用城市的所有交通活动贡献的温室气体排放的总和计算。因此，温室气体排放核算的基础是充分计算温室气体核算中应考虑每种交通方式的排放（见图 10）。

图 10 中的计算方式与前面章节所述排放清单模型基本相似，被称为“自下而上”的方法。另外，如果城市交通活动的燃料或能源消耗的数据可用，则可结合基于燃料的温室气体排放因子，“自上而下”地计算温室气体排放。这种方法的优点是温室气体排放核算直接引用统计出来的整体燃料消耗量。然而，它只能给出微乎其微的有关燃料在何处被消耗的细节，例如运输载体。这使得它特别难以评估各种措施的减排潜力和估算由于政策措施造成的未来的温室气体排放。此外，系统边界可能不准确，因为一个城市内销售的燃油会在该城市之外被消耗掉或会出现相反情况。因此，在该项研究中，建议将“自下而上”的方法用作温室气体排放核算的首选工具，并进一步进行详细的阐述。



图 10：城市交通温室气体核算计算图表

对于哪些交通活动属于该城市有几种研究方法。用于核算的基本决策是：

- 哪些交通活动归属于城市（系统边界）
- 在核算中要考虑什么交通方式

此外，可在系统边界内选择不同的详细程度，以明确指出交通活动的起源和原因并考虑当地特定的交通特性（区域车队构成、交通状况）。

原则上，研究方法应配合核算结果的后续使用。然而，在实践中，在许多情况下，获得当地适用的数据也是核算方法的一个决定性因素。

作为详细说明德国城市温室气体核算做法的第一步，在章节 **Error! Reference source not found.** 中给出了交通部门温室气体核算典型应用领域概览。然后，介绍和比较德国常见的核算方法，重点是系统边界和交通活动的特征。在这种情况下，解释核算的不同应用领域的适

用性及交通活动所需的输入数据和可用数据源（章节 **Error! Reference source not found.**）。

除交通需求外，车辆的特定能源消耗和所用最终能源载体也与温室气体排放的计算相关（参见章节 **Error! Reference source not found.**和 **Error! Reference source not found.**）。在这一点上，德国各城市可以广泛运用统一的平均排放因子。然而，如果有充足的本地化基本数据，各城市也可以将核算建立在区域车队构成和详细交通状况的基础上（章节 0）。

近年来，德国已开始提供少数计算工具，它们可以在当地特定的温室气体排放的建模中为各城市提供支持。这些工具的功能和应用领域的范围有很大的不同。章节 **Error! Reference source not found.**中概述了选定的可用于特定城市交通温室气体排放清单的计算工具。

### 3.1 城市交通温室气体排放核算的应用领域

城市运输温室气体排放核算的几个应用领域，例如：

- 监测交通部门温室气体排放
  - 城市责任中交通对温室气体排放总量的贡献
    - 在交通部门所需的气候保护措施。
  - 评估过去的发展趋势
  - 监测和报告与交通有关的温室气体排放的未来发展
  - 比较各城市之间的排放情况
- 设置措施重点、评估潜力和评估措施的成败
  - 与交通有关的温室气体排放的主要贡献者和设置措施重点
  - 分析地方措施的减排潜力
  - 支持设定减排目标的未来排放情景（趋势、措施）
  - 监测所实施措施的成败
- 政策规划和决策过程的附加指导
  - 气候友好型交通规划的指标
  - 评估政府决策对交通和排放的相关影响

各应用领域对温室气体排放核算的结果有不同的要求。例如，在城市责任中交通对温室气体排放总量的贡献和交通部分通常所需的气候保护措施可以仅通过获得一个交通造成的温室气体排放总和的数据来评估。

但是，在交通部门设置重点措施，交通活动的进一步分化和相关的排放是必要的，以确定高排放的主要原因和措施最可能的目标群体的。在对于现有的温室气体减排潜力的评估以及对本地措施的可能的成效评估时，温室气体的核算在很大程度上必须建立在特定城市的基本信息上，从而折射出实际的情况和城市的活动领域。

#### 德国地方当局在道路交通部门气候保护方面所起的作用

关于减少温室气体排放的基本选项为避免机动化交通、转变为更环保的交通模式、通过技术改进提高能源效率、优化交通流量以及引进温室气体排放较低的替代能源。

在德国，技术改进和替代驱动系统及能源载体引进的总体框架由欧盟和德国联邦政府设立。作为对此的补充，地方当局可以优化当地交通流量，并支持省油驾驶行为。

然而，地方级温室气体减排措施的重点在于实现更环保交通方式的模型转变和发展避免交通阻塞的解决方案和经济结构。因此，在德国，对于当地温室气体减排措施的评估，*首先需要城市特定的交通活动数据*。在某些情况下，其他*能源消耗和温室气体排放因子的城市特定调整*可能有用。

## 3.2 交通活动的特性描述

### 3.2.1 系统边界：哪些交通活动被分配到城市？

在德国，为了将交通活动划归于一个城市，应用了不同的方法。这些都是基于对城市的判断，判断哪些交通活动落入其责任区域，从而落入减排措施的作用领域，同时也基于当地基本数据的可得性。在德国没有系统边界应该适用的官方指南。在图 8 中给出了通常边界定义的概述。

- **属地原则**涵盖了所有公共区的交通活动。借助这种地理定义，它广泛地与城市政策影响范围对应。为了使属地核算能够提供关于交通相关排放源的适当信息，并帮助识别最有力的减排机会，进一步细分属地内的交通活动是必要的。
- **居民原则**只涵盖城市居民的交通活动，然而通常不仅在城市属地，而且还包括至区域目的地出行，有时是长途出行。仅当可提供居民出行信息（例如源自住户统计调查）时，这种方法通常才适用。在许多情况下，这种核算甚至不是基于特定城市的居民出行信息，而是基于全国平均值。
- **“城市性”原则**集中于城市角色生活、工作、商品供应和服务等所造成的与交通有关的温室气体排放，因此，它涵盖了居民和非居民的旅行（例如市内通勤者、游客）。考虑交通活动属地和去往城市的共同责任，起点+目的地交通只是部分地分配至该城市。温室气体核算中不考虑过境交通。
- **特殊原则**是基于属地上交通部门**能源销售**的温室气体排放量计算。在德国，这种方法仅适用于拥有自身城市级别能源统计资料的联邦城市。

在排放量计算中不同方法的元素也可以相互混合。

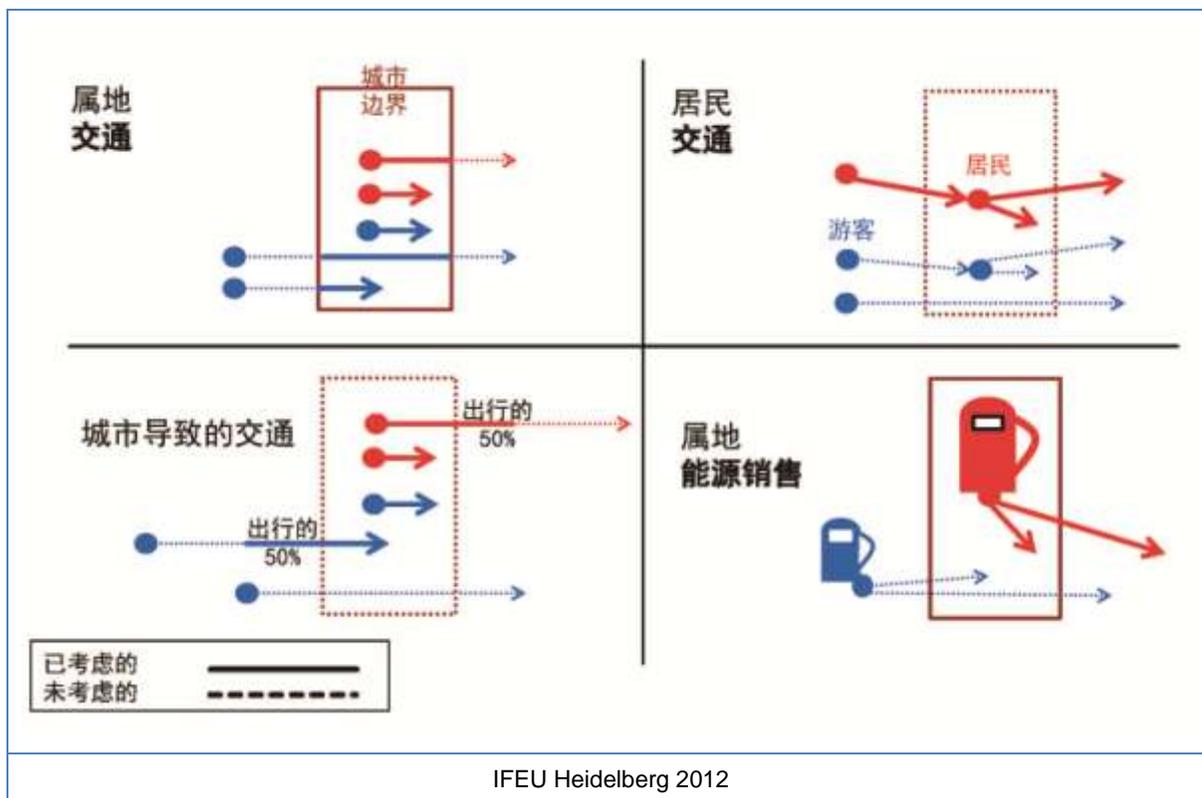


图 11: 德国城市交通温室气体核算的典型系统边界

### 3.2.2 交通方式

一个城市的温室气体核算所考虑的交通活动还包括交通方式的选择和划分。客运和货运交通的交通活动首先可以通过运输载体来划分，然后通过具有不同特性（车辆负载能力、技术特点）的多种交通方式来细分，如

表 8. 中所示。由于每种交通方式具有不同的特定能源消耗和相关的温室气体排放（参见章节 **Error! Reference source not found.**和 **Error! Reference source not found.**），此信息是温室气体排放量计算的基础。

在城市交通的温室气体核算中，由于各种交通方式与地方政策不同的相关性，通常不是所有的交通方式都会加以考虑。特别是空空运、内河航运和铁路货运经常被忽略，因为当地措施对它们的影响微乎其微。相关长途客运（火车、长途汽车、轿车）在很大程度上取决于系统边界。对于属地核算，长途交通不是很重要，因为长途出行对城市属地贡献通常非常低。相比之下，长途出行对于居民核算具有较高的重要性，特别是当它们被视作城市气候保护计划的重点时。

表 8 交通载体和交通方式

|    | 公路   | 铁路     | 水路     | 空运 |
|----|------|--------|--------|----|
| 客运 | 两轮   | 电车/轻轨  | (客轮)   | 飞机 |
|    | 乘用车  | 区域列车   |        |    |
|    | 公共汽车 | 长途客运列车 |        |    |
|    | 客车   |        |        |    |
| 货运 | 轻型卡车 | 铁路货运   | 内河航运   | 飞机 |
|    | 重型卡车 |        | (海上航行) |    |

### 3.2.3 通过出行起点和原因交通活动

城市交通活动可以以几种方式进一步划分，以确定交通活动的起点和出行原因。这些细分对于识别措施重点和有前景的目标群体非常有帮助。如图 12 中所示，通过出行分布和出行目的对交通活动进行了重要划分。

出行分布描述有关城市出行的起点 - 目的地关系。

- 如果出行完全发生在市区范围内，则将其分配给**内部交通**。
- **始发交通**开始于该城市但结束于另一个城市。
- **目的地交通**开始于该城市以外，但结束于该城市范围以内。
- 只穿越该城市属地但既不是开始也不是结束于该城市的出行被称为**过境交通**。

这种划分对于确定完全或部分在城市行动属地进行的交通活动的温室气体排放的分担特别有帮助。

通过**出行目的**说明出行的典型原因，例如：出行以进行工作、购物或休闲活动。此信息可用于气候保护计划中以提出目标群体特定措施。

考虑城市温室气体排放核算中的所有交通方式和进一步划分需要非常高的数据可得性，从而导致较高的计算结果。特别是有关出行目的的信息很难获得，因此，在核算中不予考虑。

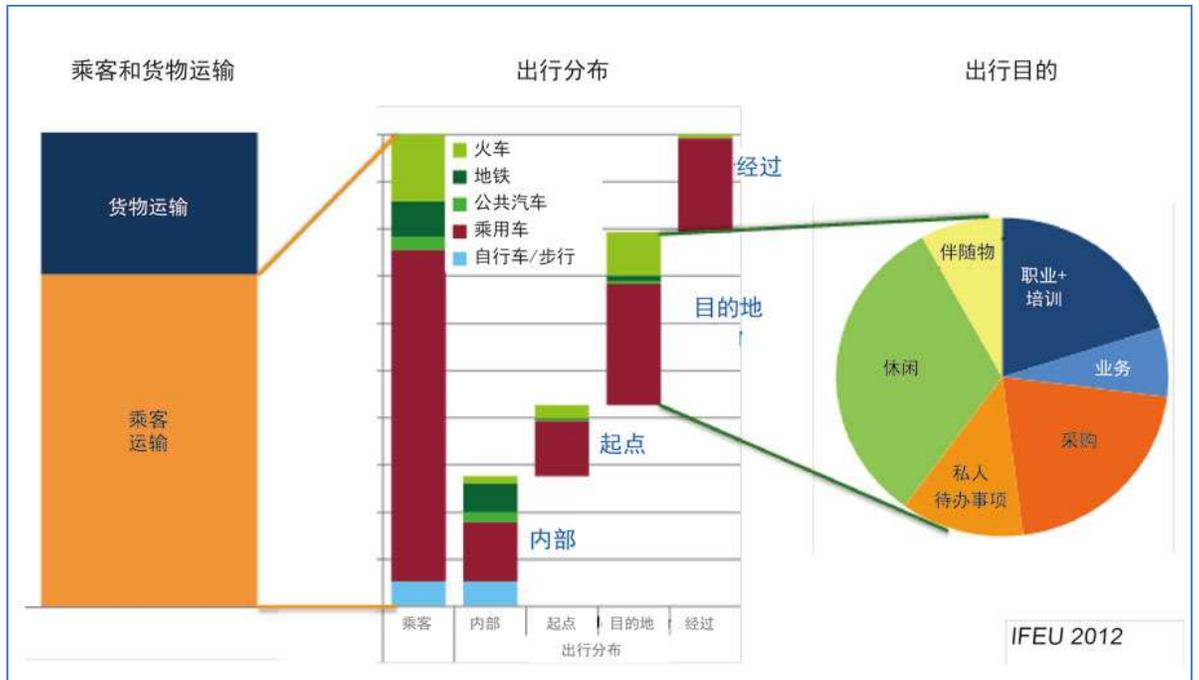


图 12: 归结到一个城市的交通活动的可选的划分方式 (示意图)

### 3.2.4 交通活动数据源

城市交通活动（里程和运输性能）高度具有城市特色，取决于几个影响参数，如：

- 居民数目
- 汽车保有量
- 工业定居点和城市员工人数
- 对于周边城市的城市功能
- 交通基础设施（例如循环的公路网络、公共交通供给、停车位）
- 城市在国家交通路线的位置

例如，位于农村地区的孤立的重要城市对周边城市非常重要（工作场所、购物、文化和休闲活动等），与类似规模的坐落于城市化集聚区的城市相比，在当地交通活动数量和构成方面存在相当大的差异。**为此，不应仅基于平均值（例如，国家水平）完成交通活动的测定和特性描述，而应尽可能包括本地化的信息。**

在德国城市中，提供多个数据源，可以用来测定城市的交通活动。原始数据主要通过交通普查和典型出行调查来收集。这些都是后来加入的交通模型并投影至预测所考虑的区域，例如城市属地。更多信息可以通过不同的统计信息（例如关于生活和工作场所、按地区装卸的货运量）来收集。

德国城市中典型城市的特定交通和出行数据有，例如：

- 来自城市交通模型的里程和交通运行数据，
- 交通普查和道路驾驶员调查，
- 从国家和联邦公路交通普查数据（例如，由联邦统计办公室提供的巴登 - 符腾堡联邦州各市所有车辆类别年度 VKT）中分解出来的里程数据
- 居民出行调查（出行次数和距离，方式划分……）：特定城市或全国性调查（如 [SRV 2008]、[MiD 2008]，微普查），
- 公共交通公司的运营数据，
- 官方统计的上下班交通

德国的主要城市通常有自己的交通模型，获得市区内大部分道路交通情况。这些模型中有些包含有关公共交通、出行始发地和目的地等附加信息，这些信息都以不同的方式在城市中进一步使用。此外，一些城市使用更多信息，例如用于温室气体核算的关于城市与周边地区之间的出行关系的信息。

用于温室气体排放量计算的交通活动应尽可能地反映城市的实际情况。只有这样，温室气体核算才适合识别措施重点和估计城市特定减排潜力等高级目标（参见章节 **Error! Reference source not found.**）。然而，在许多情况下，尤其是在较小的城市，有关当地交通的信息非常有限。在这种情况下，数据缺口需要通过全国平均值（例如每种车型的平均 VKT）之类的非本地参数来填补。有时，尽管可以利用当地的特定信息，但出于费用的考虑，在城市温室气体核算中依然使用平均值。随着排放量计算中所使用的非本地化信息的份额增加，城市实际情况的温室气体核算的有效性降低 - 从而高级目标的核算适用性降低。

### 3.2.5 不同方式方法的优缺点

所提出的各种核算方法考虑了不同的系统边界、交通方式和交通活动的划分。原则上，所有的应用领域须具备以下条件：

- **“城市产生的交通”**原则最全面地涵盖城市引起的温室气体排放，从而在其影响区域之内。然而，它的核算所需的工作量是最多的，尤其是因为对始发和目的地交通往往没有关于在市区范围之外出行的相应份额的信息。
- **“属地原则”**的主要优势是遵照了城市的政治范围。因此，它也与其他领域的核算方法（通常考虑属地固定来源的能源消耗）一致。此外，许多大城市具有从交通规划模型获得的同一范围内的交通数据。然而，为了使用属地原则分析措施和性能监控，有必要进行进一步的细分，尤其是为了确定交通起点和原因。可获得的相应数据往往非常有限，需要通过相当大的额外工作量才能确定。
- **“居民原则”**聚焦于城市居民的交通，从而集中于可通过城市直接寻址的目标群体。此外，确定居民的交通和出行数据比非居民的要简单。然而，在实践中，往往会使用联邦平均数据。这削减了核算过程的复杂性和工作量，但这忽略了当地情况，从而限制了更多核算应用的资格，如措施分析和气候保护行动的成效监测。

至于系统边界，没有为考虑的交通方式给出明确的建议。必须考虑现有数据和城市可能的行动范围：

- **个人机动车交通和城市公共交通**必须包括在核算中。城市在其区域内有了更大的整合，区域交通方式也应包括在内（特别是**区域轨道交通**）。
- 如果**长途客运**是措施重点，则应包括在内。这通常是居民原则的情况。
- 对于**货运**有必要考虑分化。德国城市的行动范围通常仅限于城市和区域 O & D 货运（特别是物资运送交通），其潜在影响小于客运。城市影响一般只限于具有更遥远的始发和目的地的货运交通。由于现有数据大多不允许通过货运始发地进行进一步分化，考虑全部公路货运并仅在特定情况下包括其他交通方式（例如，综合交通中的运输枢纽），这在原则上更合适。在核算中完全忽略货运并重点考虑影响力较大的客运，也是合适的。

讨论表明，方法一致性和所使用数据与城市实际情况的一致性对于核算方法适用性最为重要。仅当所有核算都是按统一的方法进行的，不同年份、不同城市之间温室气体核算才具有可比性。

图 13 使用法兰克福/美茵河的例子说明不同的核算方法如何能影响计算的温室气体排放总量以及不同交通方式对排放的贡献。该示例涵盖了上游排放的考虑、系统边界相关性和考虑的交通方式以及与联邦州平均水平相比较的城市特定交通数据的重要性。



图 13：以法兰克福美茵河为例分析不同温室气体核算方法计算的城市温室气体排放的影响

### 3.3 用于城市相关交通活动温室气体核算的排放因子

除了交通量，特定的温室气体排放因子对于交通排放的计算也极为重要。有关车辆特征更准确的信息、交通和出行条件可能导致更实际的能源消耗和温室气体排放的计算（参见章节 **Error! Reference source not found.**和 **Error! Reference source not found.**）。

然而，要计算城市排放的总量，确定单次出行的个别的能源消耗和排放因子是不可行的。因此，须基于平均排放因子计算市区的街道情况。这些排放因子一方面代表具有类似特性的不同车型分类的平均行驶里程份额；另一方面，也强调了不同道路类型、速度限制和交通状况对特定能源消耗的权重。

在德国，通常的做法是城市温室气体核算中使用德国的平均车队组成，并对每个车型使用城市、乡村和高速公路的平均排放因子。然而，如果有充足的本地化基础数据，城市也可以将其核算基于区域车队构成和详细的交通状况。

#### 3.3.1 德国交通相关温室气体统一的平均排放因子

交通部门特定能源消耗和温室气体排放因子在德国广泛统一。对于道路交通，特定能源消耗因子都可以从“道路交通排放因子手册，HBEFA” [INFRAS 2010] 或 TREMOD 中查到，包括若干参考年的德国车队构成和交通状况分布（参见章节 **Error! Reference source not found.**）。

对于铁路、水路及航空运输，使用特定温室气体排放统一的平均值，并记录在“交通排放模型 TREMOD”[IFEU 2010] 中<sup>6</sup>。此外，TREMOD 为交通中所有相关能源载体提供特定温室气体排放因子，包括上游温室气体排放和除 CO<sub>2</sub> 以外的其他温室气体。

#### 3.3.2 可选的本地化道路交通排放量计算的优化

在道路交通排放量计算中，也可从 HBEFA 中使用区域化车队组成、高度差异化能源消耗和所有车辆层及个别交通状况的排放因子。因此，城市地区可以进行车队组成或当地交通流量方面的差异化和本地化的排放量计算。然而，例如在下列条件下，与使用平均因子相比，所需的工作量要多得多，且多数更合理些。

- a. 存在非常具体的当地条件（具有强大汽车产业的地区往往有较年轻的车队、农村地区较老的车队），
- b. 核算被用于评估对特定能源消耗有相关影响的本地措施（例如，交通流改进、缩短车龄、替代动力车）。

<sup>6</sup> TREMOD 仅直接提供给选定的组织（参见章节 **Error! Reference source not found.**）。德国背景报告在 <http://www.ifeu.de/tremod> 网站公布。重要的 TREMOD 能源消耗和温室气体排放系数也可以通过不同出版物公布，例如 DIFU 指南“城市气候保护” [DIFU 2010]。

对于**城市特定车队组成**，统计的居民车辆保有量可从德国“联邦汽车管理局”(KBA)在各城市所需的划分中获得。然而，此静态车队组成不足于进行排放量计算，而是需要考虑不同车型水平每辆车不同的年均行驶里程的动态车队组成。例如，在德国较新汽车的每年平均里程比老款汽车高，柴油车比汽油车驾驶得次数多。高速公路上柴油车的份额高于城市交通(图 14)。



图 14：德国动态客运车队组成的车龄和发动机类型的相关性

获得动态车队组成的一种常用方法是：通过应用源自 TREMOD/HBEFA 的各车队年均行驶里程，将居民统计车队转换成动态车队。在最好的情况下，可从附加调查中扣除动态车队组成。这在德国可以是车辆牌照调查，在调查中通过确定测量点收集的所有车辆的牌照并进行数字化处理（通过视频分析或手动），然后与 KBA 的中央机动车登记中的附加信息同步。这些车辆牌照调查的优点是，可以获得一个城市道路交通的实时动态车队组成，不仅包括居民车辆，还包括非居民车辆。然而，此类调查花费极高，因此，仅能在有限范围内进行。

如果计划采用本地措施改善交通流量，则在温室气体核算中使用特定城市交通状况将会很有帮助。然而，这种本地化的交通状况数据只有在可获得相应的交通数据（例如从交通模型获得）的情况下通过合理的努力获得。这些模型通常区分道路类型和速度限制，有时还使用交通流量建模（例如畅通、繁忙、时走时停的路况）。将此类细分的交通数据应用于个别交通状况的 HBEFA 排放因子（参见图 15），同时必须计算额外的冷启动的附加排放量，因为它们未包含在详细的排放因子中。

| 区域 | 公路类型       | 服务级别    | 限定车速 (km/h) |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|----|------------|---------|-------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|--|--|
|    |            |         | 30          | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |  |  |
| 农村 | 国家级高速公路    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 准高速公路      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 干路/国家一级    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 支路/次级      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 支路/二级 (蜿蜒) | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 当地/辅路      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 当地/辅路 (蜿蜒) | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 居民区通道      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
| 城市 | 国家级高速公路    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 城市级高速公路    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 干路/国家一级    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 干路/城市一级    | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 支路/二级      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 当地/辅路      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |
|    | 居民区通路      | 4个级别的服务 |             |    |    |    |    |    |    |     |     |     |  |  |

图 15: HBEFA 3.1 中的交通状况图

### 3.4 德国特定城市排放清单计算工具

近年来，在德国开始提供一些计算工具，可在交通和其他领域的当地特定温室气体排放的建模中为城市提供支持。此外，来自空气污染控制和噪声控制的一些排放量计算模型也可用于交通温室气体排放量计算。这些工具有非常不同的功能范围，并针对不同的用户群体。本章节将对选定的适用于德国特定城市交通温室气体排放清单的计算工具给出简要概述。

#### ECORegion

**ECORegion** 是为地方当局特别设计计算能源和 CO<sub>2</sub> 清单（由 Ecospeed、Climate Alliance 和 B&S.U.共同开发）的互联网工具。发布为具有不同功能范围的三个版本（参见图 16 图 16）。ECORegion 可以计算固定源和交通能源消耗所造成的温室气体排放（专业和高级版本还可计算非能源排放，例如工业生产过程）。在所有程序版本中都可以计算包括上游排放的 CO<sub>2</sub> 排放，其他温室气体则只包含于专业版和高级版中。

| 模块               | 迷你版 | 专业版 | 高级版 |
|------------------|-----|-----|-----|
| 能源               | •   | •   | •   |
| 最终能源             | •   | •   | •   |
| 生命周期分析           | •   | •   | •   |
| 能量自主             | •   | •   | •   |
| 气候校正（加热分组日数）     | •   | •   | •   |
| 排放               | •   | •   | •   |
| CO <sub>2</sub>  | •   | •   | •   |
| IPCC 规定的所有温室气体   | •   | •   | •   |
| 业务               | •   | •   | •   |
| 按能量载体分           | •   | •   | •   |
| 按部门分             | •   | •   | •   |
| 按房间供暖、热水、过程能量分   | •   | •   | •   |
| 多数消耗者/排放者        | •   | •   | •   |
| 家庭               | •   | •   | •   |
| 通过能源类型           | •   | •   | •   |
| 通过房间供暖、热水、过程能量   | •   | •   | •   |
| 交通               | •   | •   | •   |
| 过交通类型            | •   | •   | •   |
| 过车辆类别            | •   | •   | •   |
| IPCC 和 LCA 的核算方法 | •   | •   | •   |
| 符合京都议定书的非能源排放    | •   | •   | •   |
| 情景和措施模拟          | •   | •   | •   |

图 16: ECORegion 不同版本的功能范围（数据源：ECOSPEED）

ECORegion 中的温室气体核算是一个多步骤的过程。最初的核算是用联邦平均值计算，只需用户为此输入居民和员工数。在接下来的步骤中，可通过进一步填写个体数据来进行计算，从而适应城市的当地情况。

对于交通部门，一个进一步的选项是输入当地机动车保有量：计算方法从全国居民平均保有量改为每个车型的平均保有量。然而，本地交通需求数据也可用于计算。客运、铁路货运和内河航运需要交通运行数据（乘客·公里、吨·公里）。道路货运需要 VKT（车辆·公里数）。对于交通需求数据是否应该涉及城市属地、居民或其他系统边界，没有给定规则。

对于车队组成（仅限于能源类型）、特定能源消耗和 CO<sub>2</sub> 排放因子等所有其他计算参数，已为所有计算年份预先设定了默认值。然而，所有这些参数也可以由用户单独改变。

由于计算对特定城市的适应程度不同，并且由于没有为本地信息的输入设定详细的规则，对同一城市算出的温室气体排放可能有很大不同。因此，仅当确保应用了相同的方法，通过 ECORegion 完成的不同温室气体核算才是可比的。

## BICO2 核算工具

BICO2 是由 IFEU Heidelberg 开发的基于 Excel 的温室气体核算工具，用于城市和地区的温室气体核算。它涵盖固定源和交通能源消耗造成的温室气体排放，并考虑上游排放以及包括 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 在内的 CO<sub>2</sub> 当量，所有部门使用属地原则进行核算。

BICO2 发展的目标是为城市提供一个易于操作的计算工具，用于每年的温室气体核算。该工具应该可由城市当局自主使用，并可定期更新当地现有数据。为此，BICO2 适用于每个城市的各种数据情况。

在交通部门，在核算中通常考虑城市属地内完整的道路交通以及公共交通（公共汽车、电车、地铁和短途列车）。然而，可以根据要求考虑进一步的交通方式。应用的排放因子来自 TREMOD。

在交通部门，在核算中通常考虑城市属地内完整的道路交通以及公共交通（公共汽车、电车、地铁和短途列车）。然而，可以根据要求考虑进一步的交通方式。应用的排放因子来自 TREMOD。

除用于整个德国数个城市的单独的 BICO2 解决方案外，还开发了一个特殊版本的 BICO2，用于德国巴登 - 符腾堡联邦州各个城市。该“BICO2-BW”基于每年可获得的用于道路交通的年度 VKT 数据，以及通过巴登 - 符腾堡州各城市统计局获得的用于各城市的年度 VKT 数据。只有公共交通方式的交通信息必须由各市独立收集，例如从当地公共交通运营商、时刻表和铁路指南收集。

## HBEFA 集成交通规划软件 VISUM

PTV 的交通模型软件 - VISUM 广泛用于德国城市交通规划，可以通过 HBEFA 模块修正涵盖在交通模块中，以便计算公路交通的尾气排放。重点是让 VISUM 用户能够把计算温室气体和空气污染物的排放作为交通需求建模的一个简单的后处理步骤。这样，该工具将帮助交通规划者从环境角度和使道路交通更加环境友好的角度评价交通状况。

由于使用 HBEFA，排放量计算限于道路交通，并只计算车辆使用过程中的尾气排放。但是，排放量计算以高空间分辨率（与交通模型对应）完成，并根据街道类型、车速限制和每个街道的交通量反映单个交通状况（参见图 17）。计算的系统边界与交通模型相同。

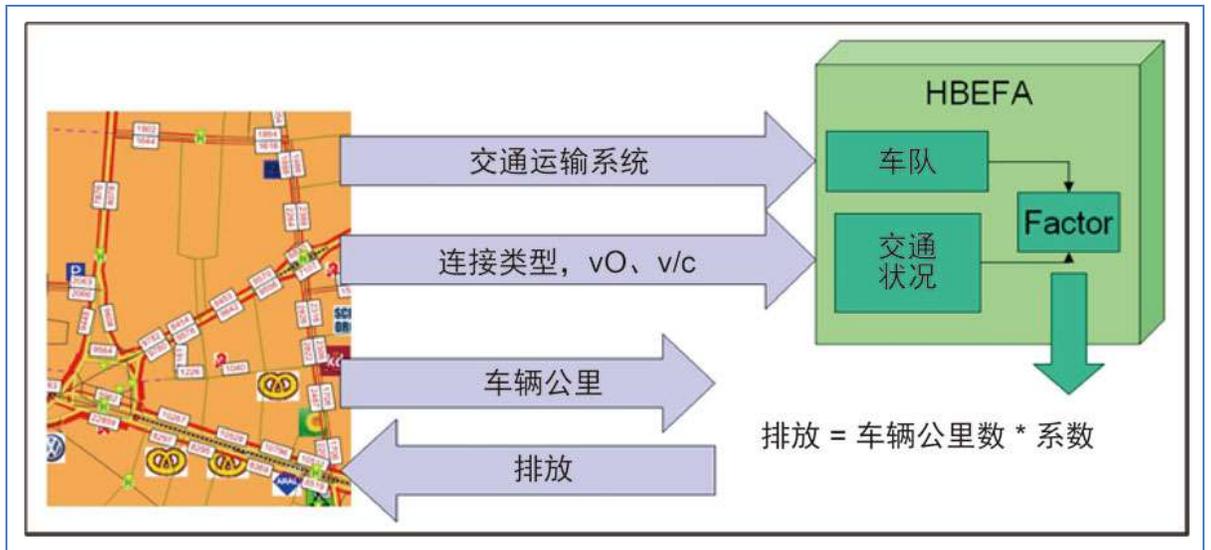


图 17: VISUM 和 HBEFA 之间的数据流 (数据源: [PTV 2010])

### 编程系统 IMMIS 的 IMMIS<sup>em</sup> 模块

IMMIS<sup>em/luft/lärm</sup> 是由 IVU Umwelt 开发的一个集成地理信息系统 (GIS) 的模块化程序系统, 用于评估交通引起的空气和噪音污染。它适用于地方、地区和联邦当局以及咨询公司, 尤其适用于空气污染和噪音控制规划。

模块 IMMIS<sup>em</sup> 计算街道级道路交通汽车尾气的空气污染物和温室气体排放量以用于后续扩散建模。它可用于单个街道以及整个城市。因此, 计算的系统边界与来自城市交通规划的交通数据相同。

IMMIS<sup>em</sup> 中的排放量计算基于来自 HBEFA 的详细排放因子, 并根据街道类型、车速限制和服务水平考虑每条街道详细的交通状况。该系统计算了冷启动引起的排放量的增加。

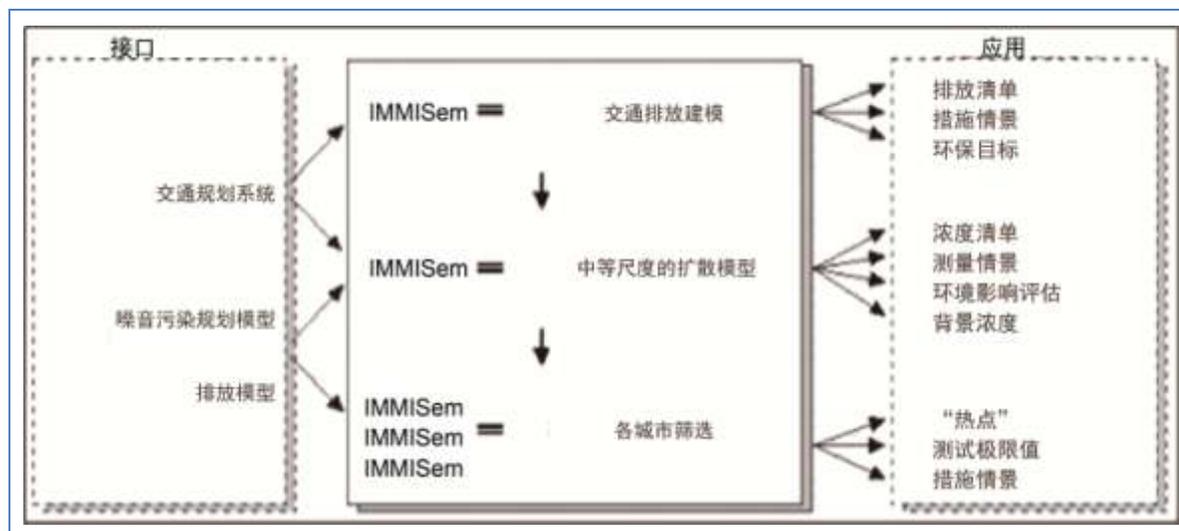


图 18: 模块化的 GIS 集成程序系统 IMMIS (数据源: IVU Umwelt)

比较各计算工具

简要介绍的各计算工具在

表 9 中有更详细地归纳特征和比较。各工具之间的主要差异是由于各自不同的目标造成的。

ECORegion 和 BICO2，两者都是温室气体核算工具，交通是几个考虑的部门之一。主要需要交通活动数据作为整体总数（VKT、乘客·公里、吨·公里），这与工具中使用的平均排放因子有关。计算包括直接排放和上游排放，而不考虑其起源（因为这与全球气候影响无关）。因为不需要详细的交通知识只要通过少量培训，只要以所要求的格式从其他来源获得相应的输入数据，用户很快就能使用这些工具。

ECORegion 的弱点是多层次的计算过程以及缺乏实施交通数据从而改变核算系统边界的准则。在实践中，这将导致温室气体核算往往不可进行直接比较（参见章节 **Error! Reference source not found.**）。

HBEFA-in-VISUM 和 IMMIS<sup>em</sup> 的重点在于逐条街道确定道路交通空气污染物排放。它们与交通调查或模型的交通数据的可获得性和用于交通模拟或后续的空气质量分析的软件包联系密切。这些工具还允许用于考虑当地交通状况同时逐条街道的计算温室气体排放，但仅限于车辆使用过程中的直接排放。其复杂性和详细程度需要更多交通和排放建模的技术知识。

因此，这两个工具在城市温室气体核算的功能方面没有直接的可比性，并对于此类核算各有优缺点。通过两种工具类型的组合可以实现最佳的功能范围，将道路排放工具中细分的道路交通计算的优点与温室气体核算工具涉及到的上游排放和其他交通方式的优点相结合。

表 9 选定的城市交通相关温室气体排放量计算工具概述

|                   | ECORegion                                     | BICO2   | HBEFA-in-VISUM                                       | IMMIS <sup>em</sup>                                  |
|-------------------|---|---|--|--|
| 用途和模型应用           | 城市温室气体平衡, 包括最终能源消耗的所有部门。<br>+ 非能量排放 (仅专业和高级版) | 城市温室气体平衡, 包括最终能源消耗的所有部门   | 在运输规划软件 VISUM 范围内公路运输直接空气排放的计算                       | 空气质量计划: 街道级公路运输直接空气排放的计算, 用于公路                       |
| 工具结构              | 独立工具, 具有不同功能范围的三个版本                           | 独立工具  | 运输规划软件 VISUM 的附加模块                                   | 程序系统 IMMIS 的模块                                       |
| 开发者               | ECOSPEED AG                                   | IFEU  | PTV  | IVU Umwelt GmbH                                      |
| 可得性               | 由 ECOSPEED AG 分发, 通过注册订购                      | 不公布于众。提供给 KEA (巴登-符腾堡州能源机构) 供德国联邦州巴登-符腾堡市政当局使用, 通过 IFEU 供德国市政当局内部使用 | 由 PTV 发布   | 由 IVU Umwelt GmbH 发布                                 |
| 排放计算时期            | 1990 - 2030                                   | 2000 - 2030   | 1995 - 2030  | 1995 - 2030  |
| 运输模式              | 所有运输模式  | 公路运输 + 公共交通, 其他可选运输模式   | 公路运输   | 公路运输   |
| 系统边界              | 未定义, 取决于计算步骤和输入数据                             | 属地  | 交通模型中涵盖的街道   | 交通输入数据中涵盖的街道   |
| 排放系数数据库           | TREMOD, DIW, 其他                               | HBEFA 3.1, TREMOD   | HBEFA 3.1  | HBEFA 3.1  |
| 公路运输: 交通状况 - 细节级别 | 平均交通状况混合:<br>a) 短途交通<br>b) 长途交通               | 按公路类别区分的平均交通状况混合 (高速公路、农村、城市)                                       | 详细交通状况包括公路类型、限定车速和服务级别                               | 详细交通状况包括公路类型、限定车速和服务级别                               |
| 公路运输: 考虑冷启动       | 是, 包含在平均排放系数中。                                | 是, 包含在平均城市排放系数中。  | 是, 单独的冷启动模型。   | 是, 单独的冷启动模型。   |
| 公路运输: 区域车队组成      | 否   | 否   | 否  | 否。(可考虑低排放区对车队组成的典型影响)                                |
| 出行分布划分            | 否   | 取决于交通输入数据的划分  | 取决于交通输入数据的划分   | 取决于交通输入数据的划分   |
| 出行目的              | 否   | 否   | 取决于交通模型的划分   | 取决于交通模型的划分   |
| 交通数据输入            | 手动输入, 从 MS Excel 导入                           | 手动输入  | 从 VISUM 传送数据   | 手动输入, 从 VISUM 导入 (IMMIS 扩展模块)                        |
| 交通数据处理            | 否   | 否   | 交通组成划分 (即乘用车、轻型卡车等的份额), 仅当交通模型中区分少数车型 (如乘用车/卡车等) 时。  | 交通组成划分 (即乘用车、轻型卡车等的份额), 仅当交通模型中区分少数车型 (如乘用车/卡车等) 时。  |
| 温室气体              | CO <sub>2</sub> (所有版本), 其他温室气体 (仅专业版和高级版)     | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O                | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O |
| 上游排放              | 是 ("LCA 方法")                                  | 是   | 否  | 否  |

## 4 德国各主要城市和伦敦交通温室气体核算的实践

基于章节 **Error! Reference source not found.** 中对温室气体核算方法的详细阐述，对选定的德国主要城市的最新的排放清单进行了分析。在本章中，对各城市的方式方法进行了总结和比较。主要讨论了它们对满足温室气体排放核算目标适用性的优缺点。

作为欧洲大都市地区交通部门温室气体核算的补充示例，分析了大伦敦（32 个自治市和伦敦市）的 2008 年伦敦能源和温室气体清单 (LEGGI)。

### 4.1 选定的德国城市的说明

在所选城市中，说明德国温室气体核算的良好实践并找出各种方法具体的优点，考虑了以下几个标准：

- 温室气体核算符合第 **Error! Reference source not found.** 章中确定的良好实践的不同标准。
- 在研究中详细说明方法和资料来源，以及必要时要有来自实现过温室气体核算的机构的附加信息
- 清单由不同机构提出，以避免来自单一机构使用相同方法的数个清单得出有关德国温室气体核算实践的误导性结论。

图 19 显示了分析中考虑的 8 个主要的德国城市及其在德国的位置。为了满足为北京这样的大城市温室气体建模提供有用的德国排放清单信息，在分析中考虑了主要城市超过 50 万名居民。在这 8 个城市中，科隆和慕尼黑的居民都超过一百万。法兰克福/美茵河、不来梅和莱比锡的各城市也有超过 50 万的居民。对于汉诺威，温室气体核算不仅代表汉诺威市（约 52.6 万居民），还代表人口超过 110 万的整个城市群“汉诺威地区”。所有选定城市都具有人口密度高的特点。根据德国的一项分类，所考虑的各城市被归类为城市群区域内的核心城镇 [BBSR 2010]。

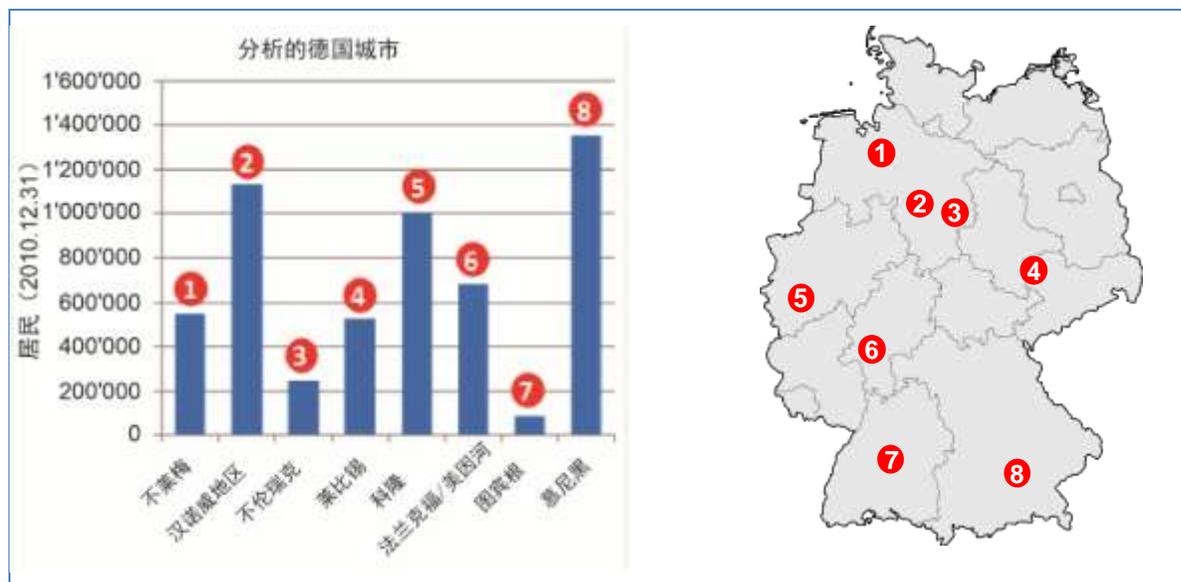


图 19: 选定的德国主要城市

表 10 中收集一些描述每个城市和温室气体核算的常规参数。除了每个城市的居民数量，主要参数是标题及报告之类（例如，独立的温室气体核算报告或气候行动计划）以及温室气体核算责任 - 委员（通常是城市环境办公室）以及编制机构（一般是具有环保或交通规划背景的咨询工程师或科研部门）。

表 10 分析的德国城市和大伦敦的一般参数概述

| 不莱梅                | 地区<br>汉诺威  | 不伦瑞克  | 莱比锡   | 科隆   | 法兰克福/美茵河  | 蒂宾根   | 慕尼黑   | 大伦敦   |
|--------------------|--|---|---|--|---|---|---|---|
| 居民<br>(2010.12.31) | 547'340  | 1'132'130   | 248'887   | 522'883  | 1'007'119   | 679'664   | 88'358  | 7'625'200<br>(2010年7月)                            |
| 报告标题               | Klimaschutz-<br>konzept Bremen<br>- Berechnung der<br>CO <sub>2</sub> - Bilanz der<br>verkehrsbedingten<br>CO <sub>2</sub> -Emissionen | GIS-basiertes<br>Ers teilung einer<br>CO <sub>2</sub> - Bilanz der<br>Quellgruppe<br>Verkehr für die<br>Region Hannover | Energie- und<br>Treibhausgas -<br>Bilanzen<br>Braunschweig<br>1990 bis 2008 | Integriertes<br>Energie- und<br>Klimaschutz-<br>konzept für die<br>Stadt Leipzig | Klimaschutz-<br>konzept für die<br>Stadt Köln -<br>Teilbereich<br>Verkehr         | Energiever-<br>brauch und<br>Treibhaus-<br>gas emissionen<br>des Verkehrs im<br>Stadtgebiet<br>Frankfurt/Main | Mobilität 2030<br>Tübingen,<br>Abschlussbericht<br>der Pilotphase<br>im Projekt<br>'Nachhaltiger<br>Stadtverkehr<br>Tübingen' | 伦敦能量<br>和温室气体清<br>单 (LEGGI)<br>2008<br>方式方法<br>手册 |
| 出版物种类              | 温室气体平衡<br>和情景报告  | 温室气体平衡<br>报告  | 温室气体平衡<br>报告  | 温室气体平衡<br>报告   | 温室气体平衡<br>报告  | 温室气体平衡<br>报告  | 温室气体平衡<br>报告  | 温室气体平衡<br>报告                                      |
| 考虑的部门              | 交通运输部门   | 交通运输部门  | 交通运输和<br>静态部门   | 交通运输和<br>静态部门  | 交通运输<br>部门  | 交通运输和<br>静态部门   | 交通运输和<br>静态部门   | 交通运输和<br>静态部门                                     |
| 温室气体平衡<br>年份       | 2005   | 2005  | 2008  | 2008   | 2006  | 2008  | 2008  | 2008  |
| 出版年份               | 2008   | 2008  | 2010  | 2011   | 2011  | 2010<br>(内部报告)  | 2010  | 2010  |
| <b>温室气体平衡的责任</b>   |  |   |   |  |   |   |   |   |
| 专员                 | Senator für<br>Umwelt, Bau,<br>Verkehr und<br>Europa der<br>Freien Hanse-<br>stadt Bremen,<br>Referat 51                               | 汉诺威<br>地区   | Stadt<br>Braunschweig   | Stadt Leipzig,<br>Amt für<br>Umweltschutz  | Umwelt- und<br>Verbraucher-<br>schutzamt der<br>Stadt Köln                        | Stadt Frankfurt<br>am Main  | Universitätsstadt<br>Tübingen   | 大伦敦<br>当局 (GLA)                                   |
| 编写机构               | IWV Engineering<br>Group GmbH &<br>Co. KG, Aachen  | GEO-NET<br>Um<br>weltconsulting<br>GmbH,<br>Hannover  | GEO-NET<br>Um weltconsulting<br>GmbH, Hannover                              | MAS -<br>Ingenieurbüro<br>für<br>Verkehrsanlage<br>n und -systems,<br>Dresden    | Wuppertal<br>Institute for<br>Climate,<br>Environment<br>and Energy,<br>Wuppertal | ifeu - Institute for<br>Energy- and<br>Environmental<br>Research<br>Heidelberg<br>GmbH                        | imove - Institute<br>for mobility and<br>transport,<br>University of<br>Kaiserslautern  | AEA, London                                       |

## 4.2 温室气体核算的比较

按照第 **Error! Reference source not found.** 章中关于方法和数据源的解释，对选定的 8 个德国城市和大伦敦的温室气体核算进行了分析。已从相应报告确定了核算的所有说明，在某些情况下，还补充有与作者的个人通信。在此并没有详尽地引用参考文献，因为这会因报告内的信息散乱而影响该文本的可读性。

本章中特别关注的焦点是介绍各城市可获得的交通数据源。为此，已从编制机构和城市当局收集了额外信息。

### 4.2.1 温室气体核算的目标

分析报告可分为两类：

- a) 温室气体核算作为能源和气候行动计划的一部分
- b) 独立的温室气体核算报告。

报告中所述的温室气体核算的目标与章节 3.1 中已经解释的那些内容大体相符 **Error! Reference source not found.**：

- **说明过去温室气体排放的发展（事后）和监控未来的发展。** 报告中指定的重要前提条件是，与过去的核算一致的可比较的方法，以及在未来几年易于更新的数据库 [莱比锡 2011 年，科隆 2011 年和与其他城市是可以比较的 [科隆 2011 年]。
- **识别与气候有关的范围：** 首先与其他部门相比 [不伦瑞克 2010 年]，其次是设定优先次序，并评估交通部门的减排潜力 [科隆 2011 年]。这样，温室气体核算被视为**未来 CO<sub>2</sub> 减排方案的起点**。
- **对于特定城市减排目标的设置** [不伦瑞克 2010 年]，核算应适合**评估每个城市各个行动领域未来措施的效果** [莱比锡 2011 年]。未来温室气体核算的定期更新应该能够**评估已实现的措施** [不伦瑞克 2010 年]。

在一些报告中，没有对温室气体核算目标进行相关的陈述。然而，这仅仅是没有加入到城市行动计划的温室气体核算报告的情况。

在德国，城市气候行动计划是通过 BMU 由政府资助的。温室气体核算拨款指引，在资助指南中明确要求将包括所有部门的温室气体核算作为此类气候行动计划的一部分。因此，这是为德国各城市交通部门编制温室气体核算报告的另一个重要原因。对于本报告中已经分析的温室气体核算，该指南关注了蒂宾根、莱比锡和科隆各城市。

“伦敦能源和温室气体清单 LEGGI”中所述的目标与德国报告中的那些目标类似。LEGGI 用于“评估各种燃料/能源消耗来源及部门和温室气体排放的空间分布和相对重要性，以便在制定、监测及评估能源政策和编制能源及气候变化报告时得出明智的结论。”

表 11 简要介绍了每个城市报告中所述温室气体核算编制的各种原因。

**表 11 编制所分析城市的报告所述的交通部门温室气体核算的原因**

|      |   |
|------|---|
| 不来梅  | 报告中没有说明。然而，在报告中，温室气体核算被用作计算未来情景中通过额外措施实现的 CO <sub>2</sub> 减排量的基础。   |
| 不伦瑞克 | 借助温室气体核算，大部分相关部门（交通和固定部门）应以此为基础，用于确定重点措施和从中得出城市当局以目标为导向的活动： <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 不伦瑞克未来 CO<sub>2</sub> 减排计划的起点</li> <li>■ 用作当地减排目标的依据，以制定各优先行动领域的战略</li> <li>■ 为了评估实施的措施和控制气候保护活动的成功，未来要定期更新温室气体核算。</li> </ul> 未来几年，选用方法和数据库容易一致地对平衡进行更新。 |
| 莱比锡  | 恰当评估城市行动领域各项措施对交通部门温室气体的减排潜力的基础。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 趋势和监控：比较不同年份的温室气体核算，以确定未来的排放趋势</li> <li>■ 分析措施：温室气体核算对提出措施是有益的，并有利于预测莱比锡能源和气候保护计划范围内各方案的相关减排效果</li> </ul> 作者强调，考虑将城市直接责任领域作为温室气体核算的一个重要边界条件。  |
| 科隆   | 易于更新的温室气体核算用于 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 说明该城市的现状和其他城市的基准</li> <li>■ 作为识别具有特别行动需要或巨大减排潜力的部分的基础</li> <li>■ 为城市当局识别行动领域以及评估（政策）措施的影响并作为提出措施建议的依据</li> </ul>   |
| 蒂宾根  | 报告中没有说明。然而，核算结果将直接应用于评估拟议措施的减排潜力。   |
| 慕尼黑  | 根据报告标题，用于慕尼黑市每年的 CO <sub>2</sub> 排放监测。报告中没有进一步的解释。  |
| 伦敦   | LEGGI 用于评估各种燃料/能源消耗来源及部门和温室气体排放的空间分布和相对重要性，以便在制定、监测及评估能源政策和编制能源及气候变化报告时得到明智的结论。在“市长气候变化减缓和能源战略 (CCMES)”的制定和实施过程中，LEGGI 发挥了重要作用。   |

#### 4.2.2 交通活动的特性描述

在本节中，对所分析的温室气体核算中有系统边界的的处理方法和交通方式的划分进行了总结。由于在前面章节中详细地介绍了各城市可获得的交通数据源，本章中没有对交通数据源进行说明，该数据源连同核算目标与方法的确定相关。

#### 系统边界

除蒂宾根外，排放量计算是根据属地原则完成，即合算的是城市范围内的交通排放。蒂宾根核算的“城市性”交通活动包括内部交通以及始发和目的地交通（包括完整的出行距离），但不包括过境交通。

莱比锡、科隆和慕尼黑，除属地核算外，计算和阐述了使用不同系统边界的进一步核算：

- 莱比锡应用主要的全国平均值，将属地核算与居民核算进行比较。这样做是为了与前几年用这种方法完成的核算进行比较。除了这方面，作者认为所做的居民核算没有用处。由于使用全国平均值，它不能用来评估为城市策划的各项措施的特定效果，并且不能控制未来几年气候保护措施的成败。

- 仅次于属地核算，科隆有一个通过 ECORegion 产生的居民核算。居民核算基于科隆车辆保有量和每个车辆类型的全国平均 VKT。作者指出，全国平均数据和科隆情况之间可能会有差异。不过，由于易于更新，这种居民核算打算用于未来温室气体监测。关于未来当地措施的效果涵盖范围的问题，在此将不作讨论。
- 慕尼黑应用 ECORegion 产生属地和居民核算的混合。根据属地原则，从定期 CO2 监测中提取一些交通数据。所有缺失的交通方式通过 ECORegion 提供的全国平均值来完成。

## 交通方式

- 所分析的温室气体核算，关于交通方式的覆盖范围有很大差异（参见

- 表 12)。乘用车和公共汽车总是包含在各核算之内。同样地，在 8 个德国城市中的 7 个和伦敦考虑道路货运。唯独蒂宾根只关注客运。
- 铁路交通的计算有所不同。一些城市考虑轻轨（有轨电车、地铁）、区域和长途列车以及铁路货物交通。然而，其他城市仅考虑轻轨和区域列车。有时，整个铁路交通只显示为总额。在另一些核算中则完全不考虑铁路交通。伦敦仅计算柴油火车。伦敦的交通部门不包括地面以上的电动火车和伦敦地铁列车加上铁路部门交通部门的固定源燃烧（但该部分计入工业和商业电力部门）。
- 在一些具有通航河流（系统）的城市计算内河航运，但不是全部计算在内。使用 ECORegion，城市自动获得一个参考全国平均值确定的温室气体排放量，与城市是否有通航河流无关。
- 在 8 个德国城市中有 6 个有机场。大伦敦地区有几个机场（希思罗机场和较小的几个）。在三个核算中，考虑 LTO 循环（着陆起飞循环）过程中航空运输的温室气体排放。在一个核算中包括所有出境航班（基于煤油销售）。通过再次使用 ECORegion，城市自动获得一个参考全国平均值而确定的温室气体排放量。

总之，每个核算中包括德国地方当局直接范围内的这些交通方式包括个体机动化交通和公共交通。城市控制较少的交通方式如区域交通和卡车，温室气体核算方法有所不同。对于几乎与城市性交通无关的交通方式，核算具有最大差异。

表 12 所分析的德国城市和大伦敦温室气体核算中的交通方式

|  | 私人交通<br>(汽车)   | 公共<br>汽车 | 公路<br>货运 | 电车和<br>地铁      | 区域<br>列车       | 长途<br>列车       | 铁路<br>货运       | 内河<br>航运       | 航空<br>运输       |
|--|----------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 不来梅  | 是              | 是        | 是        | 是              | 否              | 否              | 否              | 否              | 否              |
| 汉诺威地区  | 是              | 是        | 是        | 是              | 是 <sup>1</sup> | 是 <sup>1</sup> | 是 <sup>1</sup> | 是              | 是 <sup>3</sup> |
| 不伦瑞克   | 是              | 是        | 是        | 是              | 是 <sup>1</sup> | 是 <sup>1</sup> | 是 <sup>1</sup> | 是              | 否              |
| 莱比锡  | 是              | 是        | 是        | 是              | 是              | 是              | 是              | 否              | 是 <sup>3</sup> |
| 科隆   | 是 <sup>2</sup> | 是        | 是        | 是              | 是              | 是              | 是              | 是              | 是 <sup>4</sup> |
| 法兰克福/美茵河   | 是 <sup>2</sup> | 是        | 是        | 是              | 是              | 否              | 否              | 否              | 否              |
| 蒂宾根  | 是              | 是        | 否        | 不适用            | 否              | 否              | 否              | 否              | 否              |
| 慕尼黑 I<br>(自制)  | 是              | 是        | 是        | 是              | 是              | 否              | 否              | 否              | 否              |
| 慕尼黑 II<br>(ECORegion)  | 是              | 是        | 是        | 是              | 是              | 是 <sup>5</sup> | 是 <sup>5</sup> | 是 <sup>5</sup> | 是 <sup>5</sup> |
| 伦敦   | 是              | 是        | 是        | 否 <sup>6</sup> | 是 <sup>7</sup> | 是 <sup>7</sup> | 是 <sup>7</sup> | 是              | 是 <sup>3</sup> |
| <sup>1</sup> 不通过列车类型分化铁路运输<br><sup>2</sup> 包括两轮车<br><sup>3</sup> LTO 循环<br><sup>4</sup> 出境航班<br><sup>5</sup> 德国居民人均平均值<br><sup>6</sup> 计入工业和商业电力部门<br><sup>7</sup> 仅柴油火车。电动火车计入工业和商业电力部门 |                |          |          |                |                |                |                |                |                |

### 交通活动的起点和原因

关于内部、起点和终点交通之间出行分布的划分是核算蒂宾根温室气体排放的基础。不仅如此，该城市在确定不同城市地区之间的交通关系时进行了简化估计。这被用作通过提出具有空间参照或关注某些交通活动的子集的措施的基础。此外，在减排潜力的评估中，关于出行目的进行了一些粗略的假设。

对于一些使用属地核算的城市，也做了有关出行分布的划分的工作：

- 不来梅在给交通需求建模时对出行分布进行划分，以计算 VKT 和显示措施的潜在影响。同样，在莱比锡，基于按出行分布对交通活动进行的划分完成了温室气体减排潜力的评估。这两座城市都仅在内部计算中使用这些划分，但报告中没有划分温室气体核算结果。
- 在科隆以及法兰克福/美茵河，通过出行分布划分温室气体核算结果。科隆的核算还包括关于居民和非居民之间出行分配（市内通勤者或游客）的粗略估计。

慕尼黑、不伦瑞克和汉诺威地区没有在温室气体核算中按出行分布进行分化。汉诺威地区包括紧挨着汉诺威市的另外 20 个市，分解出各城市的交通和排放，但没有提出任何关于各市之间交通关系的信息。

出于报告和分析目的, LEGGI 研究领域包括大伦敦地区的不同行政区按地域被划分为三个子领域, : 中央、内部和外部大伦敦地区 -以 1-km<sup>2</sup> 的网格表示 (参见图 20)。

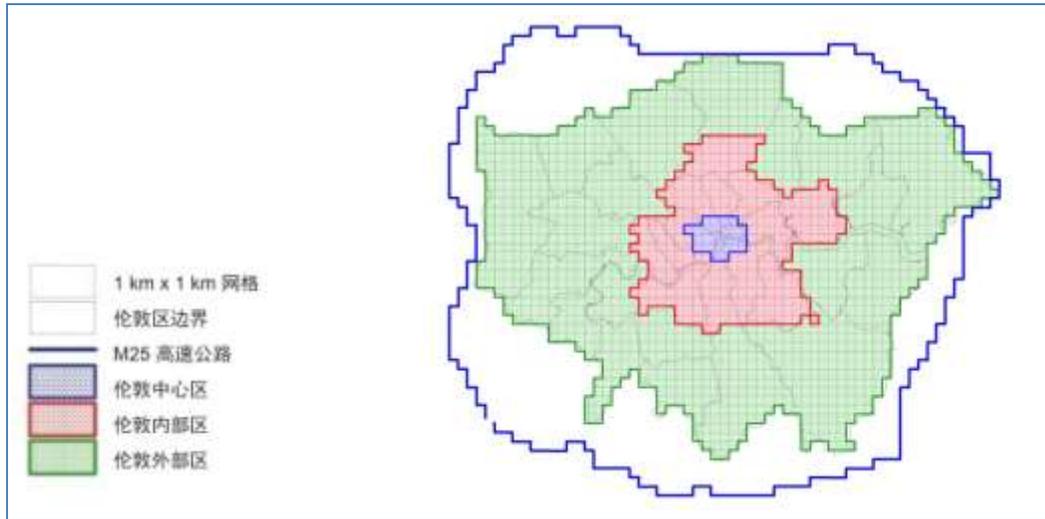


图 20: 伦敦 2008 年能源和温室气体清单 (LEGGI)区域 [伦敦 2010 年]

#### 4.2.3 应用的温室气体排放量和排放因子的数据库

考虑上游排放和 CO<sub>2</sub> 以外的其他温室气体

虽然为涵盖交通活动所有相关温室气体排放应考虑完整的油井到车轮的排放 (参见章节 **Error! Reference source not found.**), 但一些城市对上游温室气体排放的处理方式依然不同 (参见表 13)。在不来梅和科隆, 仅计算了电车和区域火车运输上游的排放量, 而没有计算道路交通。伦敦的温室气体清单仅将尾气排放归入交通部门。电动火车的排放包含在清单中, 但计入工业和商业电力部门。

CO<sub>2</sub> 当量: 所有温室气体清单都基于二氧化碳排放的计算。只有法兰克福/美茵河、莱比锡、汉诺威、不伦瑞克和大伦敦地区的温室气体核算考虑了甲烷 (CH<sub>4</sub>) 和一氧化二氮 (N<sub>2</sub>O) 排放。

表 13 在所分析城市的温室气体核算中考虑上游排放和其他温室气体的情况

|                            | Bremen    | Region Hannover | Braunschweig | Leipzig | Cologne                              | Frankfurt/Main | Tübingen | Munich | Greater London |
|----------------------------|-----------|-----------------|--------------|---------|--------------------------------------|----------------|----------|--------|----------------|
| Upstream emissions         | Only tram | Yes             | Yes          | Yes     | Only tram & electric regional trains | Yes            | Yes      | Yes    | No             |
| CO <sub>2</sub> equivalent | No        | Yes             | Yes          | Yes     | No                                   | Yes            | No       | No     | Yes            |

## 排放因子数据库

在德国，交通部门特定能源消耗和温室气体排放因子是广泛统一的，这在章节 0 中已经解释过了。因此，8 个德国城市中 7 个城市的道路交通应用了 HBEFA 排放因子数据库- 直接或通过应用的计算模型和工具（如 TREMOD、MOBILEV）。只有科隆，使用了一个超出常规的数据源（参见

表 14)。

相反，大多数城市的公共交通和铁路运输的能源消耗数据直接由公共交通运营商提供。因此，这些数据比德国平均值更具城市特点。在其他城市，使用 TREMOD 的数据（直接应用或通过 UBA 德国联邦环境局提供的数据）。

内河航运和航空运输在核算中的处理方式非常不同，包括从直接燃油消耗值到粗略的估计（参见

表 14)。

TREMOT 中为所有交通方式和能源载体提供德国上游平均排放因子 (参见章节 **Error! Reference source not found.**)。然而,大多数城市并没有应用 TREMOD,而是应用没有上游排放的排放因子数据库 (HBEFA、公共交通运营商提供的能源消耗数据)。关于上游排放这些城市大多数参考 GEMIS - 德国公认的生命周期分析数据库。对于城市电车和地铁运输,也应用城市当地电力结构的温室气体排放因子。

伦敦能源和温室气体清单中的排放因子数据库与德国城市所采用的完全不同。它们的来源不同,如英国运输部 (DFT)、伦敦大气污染物排放清单 (LAEI) 和独立的科学出版物。在本研究中,没有进一步分析这些数据库和比较德国城市的排放因子数据库。

表 14 所分析的各德国城市的排放因子数据库

|   | 不来梅                                | 汉诺威地区            | 不伦瑞克             | 莱比锡                | 科隆                 | 法兰克福/美茵河 | 蒂宾根            | 慕尼黑    |
|---|------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------|----------------|--------|
| <b>燃油消耗和温室气体直接排放因子</b>  |                                    |                  |                  |                    |                    |          |                |        |
| 道路  | MOBILEV <sup>1</sup><br>(HBEFA2.1) | HBEFA            | HBEFA            | HBEFA              | [WWF 2009]         | TREMOD   | VISUM 中的 HBEFA | HBEFA  |
| 公共交通  | PT 运营商                             | PT 运营商           | PT 运营商           | PT 运营商             | PT 运营商             | TREMOD   | PT 运营商         | PT 运营商 |
| 铁路  | -                                  | 德国铁路             | 德国铁路             | UBA <sup>2</sup>   | TREMOD             | TREMOD   | -              | 德国铁路   |
| 内河航运  | -                                  | UBA <sup>2</sup> | UBA <sup>2</sup> | -                  | LANUV <sup>3</sup> | -        | -              | -      |
| 航空运输  | -                                  | 通过类比得出的结论        | -                | LfULG <sup>3</sup> | 科隆-波恩机场            | -        | -              | -      |
| <b>与能源载体相关的温室气体排放因子</b>   |                                    |                  |                  |                    |                    |          |                |        |
| 燃料  | -                                  | GEMIS            | GEMIS            | UBA <sup>2</sup>   | -                  | TREMOD   | n.s.           | GEMIS  |
| 电力<br>(电车/地铁)   | 当地电力结构                             | GEMIS            | 当地电力结构           | UBA <sup>2</sup>   | 当地电力结构             | TREMOD   | -              | 当地电力结构 |
| 电力<br>(铁路)  | -                                  | 德国铁路             | 德国铁路             | UBA <sup>2</sup>   | TREMOD             | TREMOD   | -              | 德国铁路   |
| <sup>1</sup> MOBILEV 是道路交通排放量计算工具和用于空气质量建模与措施评估的 UBA 工具组 CITAIR 的一部分。MOBILEV 基于较早的 HBEFA 2.1 版本，而且再也没有更新过。<br><sup>2</sup> UBA (德国联邦环境局) 将 TREMOD 用于所有交通排放量计算和报告。<br><sup>3</sup> 联邦州环境机构 |                                    |                  |                  |                    |                    |          |                |        |

#### 4.2.4 针对本地道路交通排放量计算的改进

为了进一步改进道路交通的温室气体核算和适应城市当地具体情况，可以应用 HBEFA 提供的高度细分的排放因子。这些排放因子允许按照车队组成或当地交通流量进行细分和本地化的排放量计算。然而，所需的工作量比使用平均因子要高得多。因此，仅当拥有充足的本地特定车队构成和交通流量特性（街道级）的基本数据时才能进行这些改进。

所分析的这些德国城市都没有对道路交通的**车队组成**进行本地化改进。在所有城市中使用了来自 TREMOD/HBEFA 的平均德国车队组成。

排放量计算中各城市**交通流量特性**的计算存在不同的情况。在大部分城市中，道路交通数据来自当地交通模型（参见下一章）。对于一些城市，这些交通模型提供许多有关街道类型和交通流量的更加细分的分布，用于在温室气体核算中改进排放量的计算，而不是使用平均排放因子（参见在大伦敦温室气体清单中，能源消耗和温室气体排放量的计算应用了中央、内部、外部伦敦各车队组成以及“上千条路段每小时和每天的流量状况”。所有这些信息取自详细的 LAEI 2008 道路交通数据库，也就是取自现有的对大伦敦空气污染物排放的详细调查。方法方面和特定信息也在报告中有相当详细的说明。[伦敦 20XX 年，第 15-28 页]

表 15)。然而，HBEFA 提供的特定交通状况的详细排放因子没有考虑冷启动排放，但在这种情况下，必须进行单独的计算。这就是在某些情况下温室气体核算不考虑冷启动排放的原因。图 5（章节 **Error! Reference source not found.**）中显示了忽略冷启动排放对计算的排放水平的影响。

在大伦敦温室气体清单中，能源消耗和温室气体排放量的计算应用了中央、内部、外部伦敦各车队组成以及“上千条路段每小时和每天的流量状况”。所有这些信息取自详细的 LAEI 2008 道路交通数据库，也就是取自现有的对大伦敦空气污染物排放的详细调查。方法方面和特定信息也在报告中有相当详细的说明。[伦敦 20XX 年，第 15-28 页]

**表 15 在所分析的城市温室气体核算中道路交通排放量计算的本地化改进**

|                              | Bremen        | Region Hannover | Braunschweig | Leipzig       | Cologne | Frankfurt/Main | Tübingen | Munich        | Greater London |
|------------------------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|---------|----------------|----------|---------------|----------------|
| Local fleet composition      | No            | No              | No           | No            | No      | No             | No       | No            | Yes            |
| Traffic flow characteristics | Yes           | Yes             | Yes          | Not specified | No      | No             | Yes      | Not specified | Yes            |
| Cold start                   | Not specified | No              | Yes          | Yes           | Yes     | Yes            | Yes      | Not specified | Yes            |

#### 4.2.5 分析的德国城市的交通数据源

编制适合不同核算目标的温室气体核算的基本前提条件是提供充足的各城市的交通数据。出于这个原因，特别考虑了所分析的德国城市温室气体核算的交通数据的可用性。

在本节的第一部分，对温室气体核算中所使用的交通数据进行了概述。当然，在大多数分析的城市中实际数据的可得性超越核算中使用的信息。因此，针对关于道路交通模型的有关数据可得性温室气体核算报告的作者，即城市当局进行了额外调研。在本节第二部分，介绍了该调研的结果，并讨论了由此产生的温室气体核算中交通活动范围和细分的附加选项。

##### 4.2.5.1 分析的德国城市温室气体核算所使用的交通数据

分析的温室气体核算中所使用的交通数据源通常是类似的（参见表 13）：

- **道路交通**，所有城市的数据除科隆外均来自当地交通模型获得的数据。在不来梅和莱比锡，交通模型直接应用于核算。在其他情况下，由市政部门以集计的形式提供数据或从其他模型应用，例如从交通发展规划（蒂宾根）或从空气污染物清单（伦敦）中调用数据。在科隆，数据从本地排放统计数据获取，并由联邦州北莱茵-威斯特法伦州环境局管理和提供给各市。
- 有关**公共交通**和**轨道交通**数据主要由当地公共交通运营商提供，或从出版物（例如环境报告）中获取。在某些情况下，也分析当地的时刻表。在不来梅，电车交通数据取自城市特定电车模型。
- 至于温室气体核算中考虑的**内河航运**和**航空运输**，统计数据取自公共当局或机场运营商。

贯穿整个核算应用城市特定数据源，其很好地涵盖了各城市的当地交通活动。各种核算之间的差异主要涉及道路交通数据源。事实上，城市交通模型主要充当数据源。然而，不同方式从模型中提取的交通数据用于核算范围内道路交通的特性描述（参见章节 **Error! Reference source not found.**和0）。

其中部分原因是核算负责机构的不同专业背景（参见

表 10)。在一些城市（不来梅和莱比锡等），核算是由使用交通模型方面经验丰富的交通建模和规划专家完成的。然而，在大多数城市，负责核算的作者的工作重点是环境咨询，因此，他们会更多地依赖于所提供的结构良好的交通数据。

表 16 分析的城市温室气体核算中使用的交通数据

|          | 道路交通   | 公共交通<br>(公共汽车、电车、<br>地铁)       | 铁路<br>运输                              | 内河<br>航运                  | 航空运输                           |
|----------|--|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 不来梅      | 使用交通模型。进一步评估模型中未包含的小区道路                        | 公共汽车：道路交通模型，电车：PT 运营商的特定电车交通模型 | -                                     | -                         | -                              |
| 汉诺威地区    | 城市提供的交通模型的数据，通过轿车和卡车细分的基本数据                    | 公共交通运营商                        | 德国铁路 (DB)：没有进一步使用，因为也提供了直接能源消耗        | 联邦水路与航运局                  | 当地机场飞离和抵达统计                    |
| 不伦瑞克     | 源自城市提供的交通模型的数据。较小居住区道路的附加评估                    | 公共交通运营商                        |                                       |                           | -                              |
| 莱比锡      | 使用交通模型   | PT 运营商提供的直接能源消耗数据              | 当地时刻表及铁路指南                            | -                         | 由 LfULG 直接提供的排放数据 <sup>1</sup> |
| 科隆       | 从排放地籍图获取的数据 (LANUV <sup>1</sup> ) + 自己对出行分布的评估 | 公共交通运营商环境报告                    | 当地时刻表及铁路指南<br>UBA 货运列车研究 <sup>3</sup> | 地方当局                      | 登机和下机乘客数量统计                    |
| 法兰克福/美茵河 | 按轿车、轻型商用车及卡车和按道路类型及出行分布划分的主要道路的交通模型的数据。由城市提供。  | 公共交通运营商                        | 公共交通运营商                               | -                         | -                              |
| 蒂宾根      | 源自最近城市交通规划过程中交通模型的数据                           | PT 运营商提供的直接能源消耗数据              | -                                     | -                         | -                              |
| 慕尼黑      | 源自交通模型的数据 + 该模型中未包含的小区道路的评估                    | 公共交通运营商                        | 德国铁路                                  | -                         | -                              |
| 伦敦       | 源自伦敦大气污染物排放清单 (LAEI) 2008 的公路交通数据集             | 公共汽车：LAEI 2008，<br>地铁：不计入      | 用于伦敦的数据库 (TRATIM、ACTRAFF 数据库)         | 没有新数据。从 LAEI 2006 的分析转移而来 | 希思罗机场 2002 年度排放清单。源自较小机场的活动数据。 |

<sup>1</sup> 联邦州环境机构

#### 4.2.5.2 德国城市交通数据可得性调查

一些温室气体核算（如不来梅、莱比锡和蒂宾根）的分析显示，应用的当地交通模式使得温室气体核算中（道路）交通的特性说明非常详细。这种方式可用于核算那些有难度的应用领域，特别是用于对定制城市特定措施的定义和评价。

通常情况下，其他城市的交通模型也允许比已经完成的核算中更详细的当地交通活动特性说明。这是网络调研和对温室气体核算作者或城市当局补充调查的结果。

表 13 中总结了关于城市中可用的交通模型的额外分析的结果。特别是以下调查结果：

- 分析的城市交通模型中大多数不仅考虑了道路交通，也包括电车和/或地铁以及铁路运输。在交通需求建模（出行生成和分布、方式选择）中，这些是在交通基础设施网络中出行路线选择的上游，自行车和行人交通也经常包括在内。于是，这些模型通常能够分析从乘用车到更环保的交通模式转移的影响。
- 所有模型将道路网络划分成不同类型的道路、行车速度限制以及（在某些情况下）道路容量。此外，在一些模型中可以模拟昼夜交通量的变化。这些模型为完善考虑城市道路交通特性的温室气体排放量计算提供了良好基础。
- 细分交通活动起点和原因是交通需求建模的基本要素。同样，可以得到关于不同城市地区（如市辖区）之间交通关系的数据。但是，当在交通路网的路线选择过程中集计数据时这种细分往往会丢失。因此，该交通模型通常为温室气体核算在交通起源和原因方面的细分提供了良好基础。通过该信息，能够为以目标为导向的措施识别相关措施重点和分析温室气体减排潜力。然而，在大多数情况下，从交通模型中提取此信息需要相当大的额外工作量。
- 将当地交通活动的各种主要数据应用于一个城市的交通模型，这在章节 **Error! Reference source not found.**中已经介绍过。基本数据源是市区重要道路和主干道的连续及补充的需求驱动交通流量。此外，居民出行调查和关于包括非居民的 O&D 交通调查（如在主干道的驾驶员调查）。
- 由于对过去几年的数据进行处理，所以可以显示从前的趋势。大多数交通模型进行未来计算的能力对于估计趋势、计算措施方案和确定减排目标很有帮助。

分析表明，应用的交通模型一般具有高度细分的交通分布（起点和原因）以及与排放相关的交通流特征，可以为特定城市的温室气体核算提供良好的数据基础。基于这些模型功能的温室气体核算非常适合城市温室气体核算的重要应用领域 - 尤其是对相关行动领域的识别、减排潜力的估算以及对未来数年方案的计算。

交通模型主要适用于交通规划，因此在大多数情况下，模型都会随交通网络以及交通量的相关变化定期更新。因此，它们也能为监控未来温室气体 (GHG) 排放提供良好基础。

在某些情况下，编制温室气体核算时，各城市已经从当地交通模型的这些潜力中获得好处。然而，必须就此付出额外的努力，以便就某些不是模型重点的问题对源自交通模型的数据进行分析，这可以看作是一个主要障碍。这就是至今温室气体核算中交通模型的现有潜力还是没有得到充分利用的原因。

表 17 选定的交通模型特点概述

| 参数  |                      | 交通模型适用范围   |
|---|----------------------|--|
| 交通方式  | 公路运输分化               | 范围从<br>- 总 VKT + 重型车辆（HDV）份额到<br>- 乘用车、厢式送货车、卡车、公共汽车                 |
|   | 有轨电车+地铁系统            | 大部分涵盖  |
|   | 铁路运输                 | 大部分涵盖  |
|   | 徒步和骑自行车              | 经常是运输需求建模的一部分，但在公路网络中没有指定路线  |
| 道路类型和交通流量   | 道路类型细分               | 变化，例如：<br>- 管理：高速公路、联邦公路、州公路、区公路、市公路<br>- 功能分类：高速公路、卡车公路、辅路、通道和居民区道路 |
|   | 限定车速信息               | 是，在一些模型中，包括畅通路况的平均速度   |
|   | 交通状况的分化              | 变化，例如：<br>- 仅 DTV（每日交通数量）/道路连接<br>- 早上和下午高峰时段，日间其余时段<br>- 日间变化曲线     |
| 出行起点和原因   | 出行分布（内部、起点、目的地和经过交通） | 交通模型中运输需求建模相关部分。在一些模型中在需求建模中按居民和非居民进行分化，但在公路网络中没有指定路线                |
|   | 不同城市行政区之间的关系         | 是，例如，模型中不同地理单元之间的运输连接。然而，只能通过合理的额外努力进行分化                             |
|   | 出行目的                 | 通常包含在各模型内。然而，分化要求通过合理的额外努力进行专门分析                                     |
| 在交通建模中使用的主要数据   | 持续的交通量计数             | 是。   |
|   | 特定的交通量计数             | 是，受需求驱动  |
|   | 周界交通量调查，驾驶员调查        | 是，定期在一些城市，在其他受需求驱动之处（例如之前/之后）  |
|   | 居民机动性调查              | 是，例如，SrV、MID、单个家庭调查。   |
| 时期 Time period  | 公共交通主要数据             | 线路网络和时刻表。在一些模型中还有网络观察和评估。  |
|   | 过去几年                 | 仅在一些模型中。仅选定的年份，无全年数据。  |
|   | 预测/未来几年的情景           | 一般是，范围从 2020 到 2030。   |
| 来源：因特网搜索、温室气体平衡作者和德国城市不来梅、不伦瑞克、汉诺威地区、莱比锡、科隆、法兰克福/美茵河、蒂宾根和慕尼黑市政当局的调查 |                      |  |

## 4.3 分析概要

所分析的各城市的温室气体核算主要以第 **Error! Reference source not found.**章介绍的核算方法和主数据源为基础，但规格明显各不相同。

### 交通活动范围和划分

关于温室气体核算基本应用领域的重要基本要求，如监测排放趋势和识别交通部门主要的行动领域等，通过所分析的各个核算来实现。通过确定系统边界和使用本地的特定交通数据，在核算中考虑了所有与城市有关的交通活动。与德国城市行动领域关系密切的交通方式也在很大程度上被核算所涵盖。只有蒂宾根的气候行动计划重点完全在客运，因此，在温室气体核算中货物运输往往被忽略。通过适度的努力，可从当地交通模式获得所需的交通数据，或者，如科隆和伦敦的情况，从与各城市空气质量有关的其他调查中获得。

为进一步描述交通活动的特性，数个核算将交通起源细分为内部、始发地/目的地和过境交通。这为确定措施重点和评估城市特定减排潜力提供了重要支持。然而，这种细分通常需要加大工作量，因为在大多数情况下，只有通过附加分析才能从交通模型中提炼出这些细节（参见章节0）。负责温室气体核算的人员或机构在交通建模方面要具备相当高的自身技能，或需要依靠当地交通规划部门提供支持。

目前，仅蒂宾根进行过关于出行目的更详细的细分（不是在温室气体核算中，而是在随后的潜力分析中）。事实上，基于各自的交通模型，这样的细分也将有可能在大多数其他城市进行。然而，这需要进行当前核算中尚未提供的大量的额外工作。

所分析的一些城市有用于交通活动特性说明的更多显著特点，对温室气体核算的应用领域很有帮助：

- 在蒂宾根，对不同城市地区之间的交通关系进行了研究。尽管由于额外的工作量和直接提供的分析模型使这些评估略显粗略，但它们为分析和评估着眼于城市或城市各个部分的各项措施提供了更多选择。
- 在科隆，作出了有关乘客和游客占城市交通份额的简单假设，为评估用于这些目标群体的特定措施的重大意义和潜力提供了支持。这是通过使用公布的统计数据来完成的，因此，避免了详细的交通建模。
- 在不来梅和莱比锡，交通模型直接应用于核算和分析减排潜力。由此，可以在模型中显示不同交通方式之间的相互作用，并可以实现对城市特定措施对整个交通系统的预期影响的描述。

大部分城市的交通模型并不限于当前的计算年度，而且也允许用于计算未来的场景。由此，交通模型可以成为评估单一措施以及一揽子措施对未来的可能影响并在此基础上确定减排目标的重要工具。

## 完善道路交通排放量计算

在任何分析的德国温室气体核算中都没有应用本地化的车队组成。通常情况下，这是没有必要的，因为市政当局可能采取的以更高效车辆或低碳车辆为目标的行动非常有限。在大伦敦的温室气体核算中，特定区域车队组成已广泛应用于计算中。然而，这些数据都是取自处理空气质量的伦敦大气排放清单 (LAEI)，这与特定的车队组成的温室气体有较高的相关性。

在一些城市，通过处理有关街道类型和交通模型所提供的交通流特性的数据，实现了对公路交通排放量计算的优化。如果能直接从交通模型中获取或通过合理的努力确定足够的交通状况相关信息，例如借助 HBEFA-in-VISUM 或 IMMIS<sup>em</sup> 等类似的计算工具，就可完成对排放量计算的优化（参见第 **Error! Reference source not found.**章）。优化结果可作为有益的附加信息用以评估旨在改善交通流的当地措施。但是，就德国而言，相比其他可选的交通特性，这应视为第二等级的措施，因为与能够减少交通量或转变为环保交通方式的措施相比，该领域的减排潜力较低。

## 排放因子数据库和温室气体排放范围的全面性

有关德国城市温室气体核算的分析明确表明，机动交通中特定能耗和温室气体排放的经广泛协调的数据库在很大程度上应用到了德国温室气体核算中。而一些例外主要体现在能获取当地能耗数据的情况下，如从公共交通运营商处获得的信息包括比国家数据库更具独特性的特定城市相关状况。

一半的德国城市都按照第 **Error! Reference source not found.**章的解释计算交通温室气体排放量，即包括能源供应链的上游排放及 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放量（CO<sub>2</sub> 当量）。另外两种温室气体核算也考虑了上游排放，但忽略了 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 排放。由于交通部门 99% 温室气体排放（CO<sub>2</sub> 当量）都来自 CO<sub>2</sub>，这一偏差在可接受范围内。但是，随着未来替代性最终能源（采用不同一次能源载体的电力、生物燃料）的份额不断增加，其他温室气体在交通部门的重要性可能更为突出，因而届时也应纳入核算的考虑范围内。这项工作只需少量努力就能完成。

在不来梅和科隆这两个城市中，针对化石燃料驱动车辆仅计算了尾气排放量（尤其是道路交通领域）。相比之下，上游能源供应中则计算了电动交通和电动火车的排放量。尽管上述计算涵盖了这些城市交通部门引起的大部分温室气体排放，但该方法不具备一致性，且无法对这些城市中不同交通方式的温室气体排放进行客观的比较。

在伦敦，只有最终能源消耗造成的直接尾气排放才会纳入交通部门。电动火车导致的温室气体排放归入产生排放的能源部门，而不是交通部门。的确，这符合仅负责直接排放的 IPCC 指南。但是，该程序不适用于排放源和以措施为导向的温室气体排放核算。因此，在当地核算层面上而言，这一方法尤其不合适。

## 4.4 城市交通温室气体核算的过程 – 案例研究 (法兰克福/美茵河)

本部分深入阐释了法拉克福/美茵河案例研究中交通相关温室气体排放的核算，包括有关输入数据、处理步骤和结果表示的详细信息。这将有助于理解德国主要城市交通相关温室气体排放的核算过程。

2009 年法兰克福/美茵河交通部门和固定源部门的温室气体核算是在市政能源部门 (“Energierferat”) 的委托下由 ifeu - 海德堡能源和环境研究协会进行研究的。

在交通部门，最终的能源消耗和温室气体排放量的计算以属地原则为基础，即涵盖城市边界内的那些交通活动。核算中考虑了道路交通和当地/区域性公共交通中的所有车辆类型。排放量是采用“自下而上”的方式，通过将交通活动 (VKT、乘客-公里) 乘以相应的能耗和温室气体排放因子进行计算的。其中应用的德国国家排放清单模型 TREMOD 中的“油井到车轮”温室气体排放因子包括 CO<sub>2</sub> 当量中的 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 和 CO<sub>2</sub>。

### 道路交通

法拉克福/美茵河公路交通活动的主要数据库为 “Verkehrsdatenbasis Rhein-Mein VDRM”，这是一个全面的交通模型，不仅涵盖了法兰克福的属地，也覆盖了大部分周边地区，包括其他几个居民超过 10 万人的城市。对于法兰克福/美茵河的温室气体核算，市机动化和交通规划办公室提供了按照车辆类别、道路类型和出行分布进行细分的**每工作日 (周一 – 周五) VKT 值 (参见图 21)**。

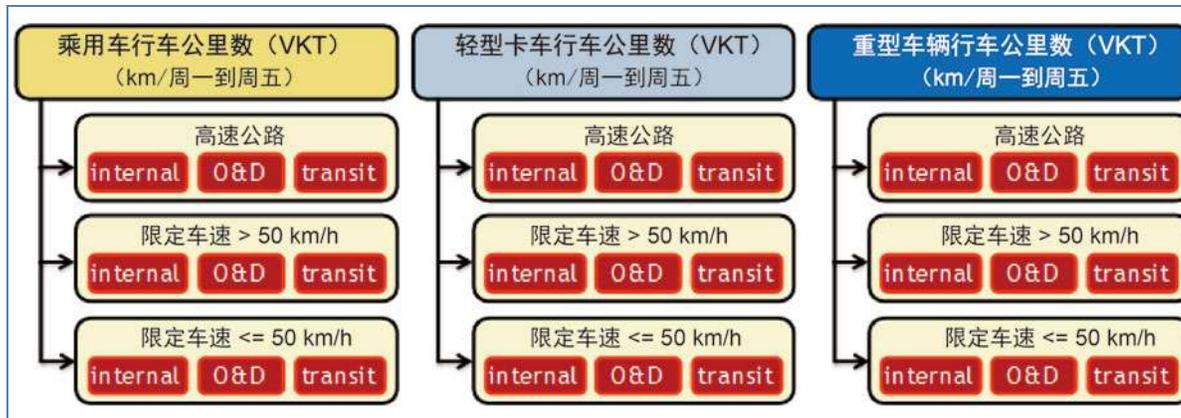


图 21: 法兰克福/美茵河 VDRM 交通模型中的道路交通数据结构

为将所提供的 VKT 数据应用于排放量计算，需要事先进行一些转化：

1. 根据对每个车辆类别和道路类型周末时每日 VKT 变化的简化评估，将每工作日（周一 - 周五）的 VKT 转化为年度 VKE（图 22）。



图 22：法兰克福/美茵河 VDRM 交通模型中的道路交通数据结构

2. VDRM 交通模型中的重型车辆包括重型卡车及公共汽车交通。为了在温室气体核算中单独考察两种车辆类别，从公共交通运营商的年度统计中获取了法兰克福/美茵河公共汽车的年度运行里程。从重型车辆 VKT 中减去这些值就可确定重型卡车的 VKT（图 23）。

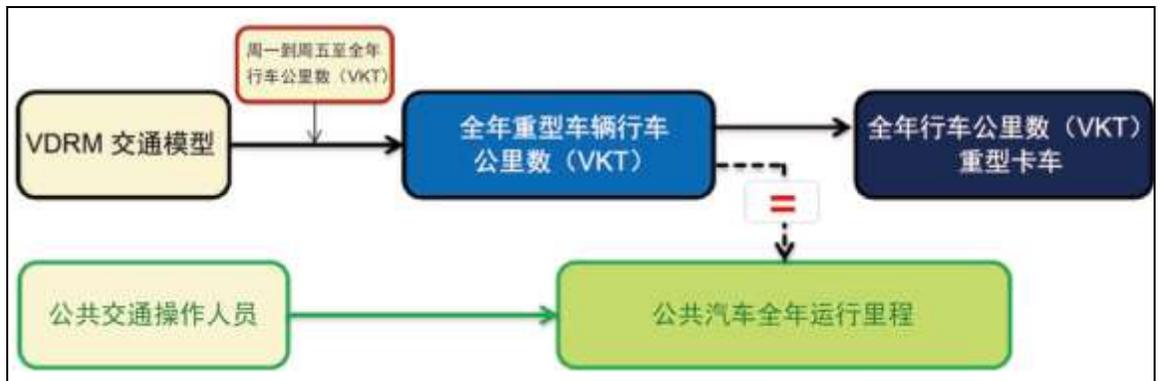


图 23：确定重型卡车的年度 VKT

3. 摩托车未包括在 VDRM 交通模型中。为在温室气体核算中对其进行考察，根据不同道路类型的全国均值评估了总体公路交通的年度 VKT 比重。

结果中得出的年度 VKT 可用于计算按照不同道路类型和出行分布细分的所有车辆类别的排放量。

接下来，按照年度 VKT 值的同样细分根据 TREMOD 确定 2009 年核算的**能耗和温室气体排放因子**（CO<sub>2</sub> 当量，WTW）。这些全国平均排放因子包括不同道路类别（高速公路、其他）经加权的车队组成（摩托车系统、尺寸等级……）以及各个道路类型不同交通流特性的平均比重（自由流、停停走走）。

现在，可通过将 **VKT 乘以排放因子** 计算 2009 年法拉克福/美茵河城市属地中道路交通温室气体的排放量。

图 24 总结了道路交通温室气体排放量的计算过程。根据所描述的计算过程，排放量计算中首先忽略了按出行分布进行的 VKT 细分（因为出行的始发地和目的地对排放情况没有直接的影响）。相反，计算的排放量之后根据每个道路类型的 VKT 比重分成了内部、始发 - 目的地和中转交通，最后确定了温室气体核算中不同交通始发地的总比重。

| 车辆分类 | 道路类型           | 行车公里<br>百万车<br>辆公里 | 温室气<br>体 EFA<br>克CO2<br>当量 | 温室<br>气体<br>1'000吨<br>CO2当量 | VKT 份额 |       |     | 温室气体排放<br>(1'000 吨 CO2 当量) |     |       |       |       |
|------|----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|-------|-----|----------------------------|-----|-------|-------|-------|
|      |                |                    |                            |                             | 内部     | O&D   | 经过  | 内部                         | O&D | 经过    |       |       |
| 摩托车  | 高速公路           | 17                 | x                          | 132                         | =      | 2,3   | 7%  | 56%                        | 38% | 0,2   | 1,3   | 0,9   |
|      | 限定车速 > 50 km/h | 27                 | x                          | 110                         | =      | 2,9   | 20% | 69%                        | 12% | 0,6   | 2,0   | 0,3   |
|      | 限定车速 ≤ 50 km/h | 35                 | x                          | 106                         | =      | 3,7   | 47% | 51%                        | 2%  | 1,8   | 1,9   | 0,1   |
|      | 总计             |                    |                            |                             | Σ      | 8,9   |     |                            |     | 2,5   | 5,2   | 1,3   |
| 乘用车  | 高速公路           | 2'294              | x                          | 221                         | =      | 508,1 | 7%  | 56%                        | 38% | 34,1  | 283,1 | 190,9 |
|      | 限定车速 > 50 km/h | 800                | x                          | 165                         | =      | 131,6 | 20% | 69%                        | 12% | 26,0  | 90,4  | 15,2  |
|      | 限定车速 ≤ 50 km/h | 990                | x                          | 242                         | =      | 239,7 | 47% | 51%                        | 2%  | 113,7 | 122,4 | 3,6   |
|      | 总计             |                    |                            |                             | Σ      | 879,4 |     |                            |     | 173,7 | 495,9 | 209,7 |
| 轻型卡车 | 高速公路           | 128                | x                          | 356                         | =      | 45,4  | 5%  | 42%                        | 53% | 2,4   | 19,1  | 23,9  |
|      | 限定车速 > 50 km/h | 26                 | x                          | 236                         | =      | 6,2   | 32% | 52%                        | 17% | 2,0   | 3,2   | 1,0   |
|      | 限定车速 ≤ 50 km/h | 29                 | x                          | 284                         | =      | 8,3   | 41% | 56%                        | 3%  | 3,4   | 4,6   | 0,3   |
|      | 总计             |                    |                            |                             | Σ      | 59,9  |     |                            |     | 7,8   | 26,9  | 25,2  |
| 重型卡车 | 高速公路           | 234                | x                          | 817                         | =      | 191,0 | 4%  | 29%                        | 67% | 7,2   | 56,2  | 127,6 |
|      | 限定车速 > 50 km/h | 46                 | x                          | 710                         | =      | 32,4  | 20% | 64%                        | 15% | 6,6   | 20,9  | 4,9   |
|      | 限定车速 ≤ 50 km/h | 50                 | x                          | 849                         | =      | 42,4  | 29% | 69%                        | 3%  | 12,1  | 29,2  | 1,1   |
|      | 总计             |                    |                            |                             | Σ      | 265,8 |     |                            |     | 25,9  | 106,2 | 133,7 |
| 公共汽车 | 高速公路           | -                  | x                          | 854                         | =      | -     |     |                            |     |       |       |       |
|      | 限定车速 > 50 km/h | 1                  | x                          | 879                         | =      | 1,1   |     |                            |     |       |       |       |
|      | 限定车速 ≤ 50 km/h | 16                 | x                          | 1'167                       | =      | 18,1  |     |                            |     |       |       |       |
|      | 总计             |                    |                            |                             | Σ      | 19,2  |     |                            |     |       |       |       |

图 24：法兰克福/美茵河公路交通温室气体排放量计算过程

### 客用轨道交通（电车、地铁和区域火车）

法拉克福/美茵河的公共交通系统包括几种交通方式。除公共汽车外（参见道路交通），还有联系城市与周边地区的**电车、地铁系统和区域火车**。所有公共交通方式的运行数据通常都记载在法兰克福/美茵河 traffiQ 当地公共交通协会的年度报告中。

对于电车和地铁系统而言，traffiQ 年度报告提供承担的交通服务（座位-公里）以及有效提供的乘客-公里。这些值可直接用于温室气体排放量的计算。

对于区域火车而言，报告中只能提供火车公里数的运营里程。但是，轨道交通的能耗和温室气体排放很大程度上与火车的规模及其运输能力有关。有四个货车车厢的火车所需要的驱动能源约为只有两个货车车厢的火车的两倍。为此，从区域公共交通协会 RMV 收集了有关火车及其载客能力和占用率的详细信息。根据这些信息，也计算了区域铁路交通的年度座位-公里和乘客-公里值。此外，根据从 RMV 获取的信息估计了电动和柴油牵引类型的分摊率。

现在，可通过将座位 - 公里值乘以 TREMOD 中相应的排放因子计算 2009 年法兰克福/美茵河城市属地中轨道交通温室气体的排放量。图 25 总结了轨道交通温室气体排放量的计算过程。

|               |     | 提供的交通运输服务 |              |         | 交通运输    |         | 温室气体             | 温室气体排放        |
|---------------|-----|-----------|--------------|---------|---------|---------|------------------|---------------|
|               |     | 百万列车公里    | 每列车座位数       | 百万座位-公里 | 占用率     | 百万乘客-公里 | 克 CO2 当量 / 座位-公里 | 1000 吨 CO2 当量 |
| 有轨电车和地铁       | 电动  |           |              | 4'243   |         | 650     | x 14,8 =         | 62,9          |
| 区域列车          | 所有  | 8,1       | x 480 =      | 3'888   | x 31% = | 1'205   |                  |               |
|               |     |           | x (电动/柴油率分解) |         |         |         |                  |               |
|               | 电动  |           | 94,4%        | 3'670   |         | 1'138   | x 19,7 =         | 72,4          |
|               | 柴油车 |           | 5,6%         | 218     |         | 68      | x 22,4 =         | 4,9           |
| <b>旅客铁路总计</b> |     |           |              |         |         |         | <b>Σ</b>         | <b>140,2</b>  |

图 25：法兰克福/美茵河轨道交通温室气体排放量计算过程

### 温室气体核算结果的展示

温室气体核算结果可通过不同方式直观地展示，进而为交通部门气候保护活动提供不同的解释。

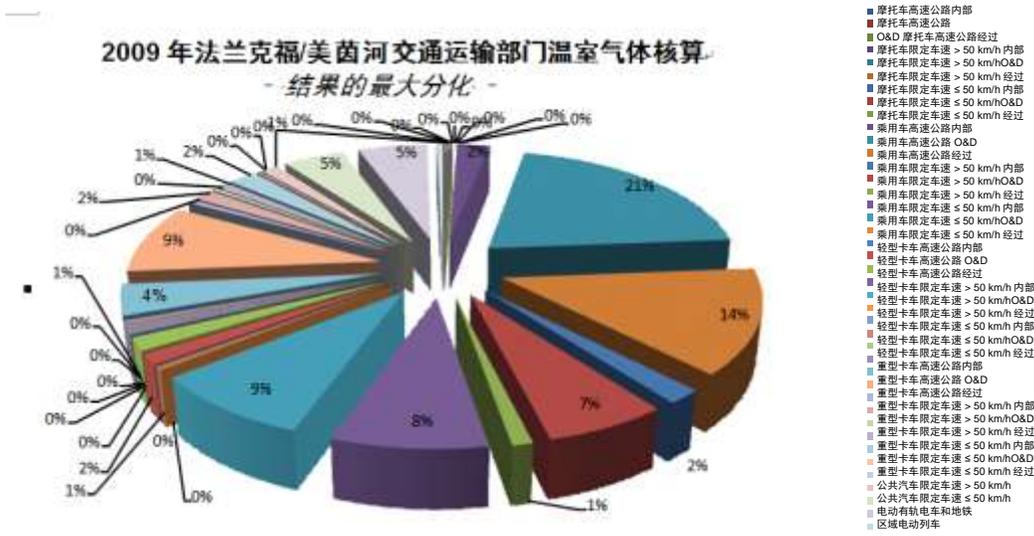


上半部分根据排放量计算中采用的交通活动数据以最大程度上的细分展示了法拉克福/美茵河的温室气体核算。据此可以确定交通部门全部温室气体排放的主要来源。但是，这种表示结果的方法非常混乱，因而在后续应用领域中的价值有限。因此，为了便于在气候保护行动规划（尤其是道路交通）中进一步进行应用，建议对温室气体核算结果进行一定的集计，如

的下半部门所示。

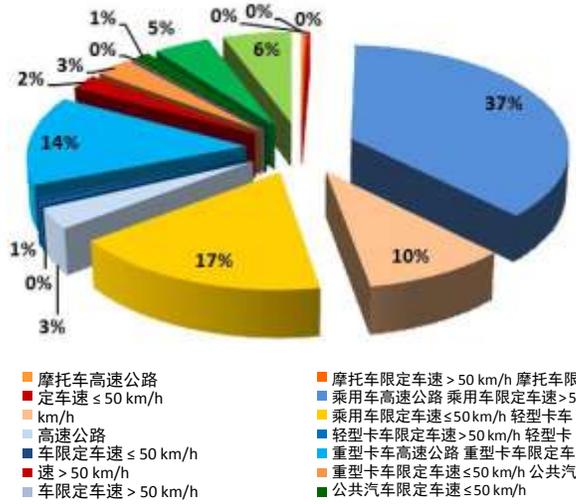
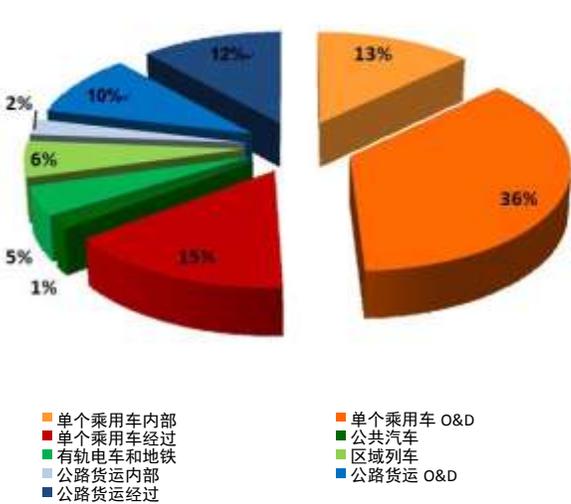
**左侧：**道路交通排放按照出行分布进行细分。这有助于分辨较高交通相关温室气体排放的主要原因、确定重要的措施焦点及评估特定措施的减排潜力。在法兰克福/美茵河的情况中，可发现措施首先应专注于始发 - 目的地客运，其产生的排放量超过交通相关温室气体排放量的三分之一。

**右侧：** 道路交通排放按照道路类型进行细分。这有助于确定市政行动直接范围中温室气体排放量的比重和评估交通管理措施的可能效果（限速、交通流改进……）。比如，德国城市当局不负责高速公路交通条例。在法兰克福/美茵河，54% 的交通相关温室气体排放来自高速公路交通，因此，很难通过城市交通管理措施进行解决。



2009年法兰克福/美茵河交通运输部门温室气体核算 - 通过交通起点分化 -

2009年法兰克福/美茵河交通运输部门温室气体核算 - 通过道路类型分化 -



**图 26：法兰克福/美茵河交通部门温室气体核算结果**

在其他城市，根据输入数据和排放量计算的特定细分，交通温室气体核算可采用不同的结果表示法。例如，可以是温室气体核算中不同城市区域间交通关系的排放占比或者不同出行目的（工作、购物、休闲）的份额 - 以辅助确定较高交通相关温室气体排放的主要原因、确定措施的重点及评估特定措施的温室气体减排潜力。

## 5 算北京交通温室气体排放的建议

根据对德国城市交通温室气体核算的分析，提出了建立温室气体排放清单和监控北京交通部门温室气体排放的建议。

为了将德国城市的经验应用于北京这个大城市的具体情形，根据德国国际合作机构 (GIZ) 提供的信息、IFEU 此前对中国交通相关排放的研究 [IFEU 2008] 及中国交通一般信息考虑了德国和中国交通部门间已存在的差异及北京相关的数据信息。

北京交通部门温室气体核算的建议主要以第 **Error! Reference source not found.**章和第 **Error! Reference source not found.**章中的结构为导向。它们可作为逐步阐述北京交通部门温室气体核算方法的策略。

### 5.1 北京温室气体核算中交通活动的特性描述

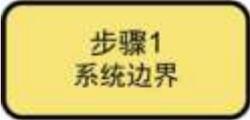
实现北京交通部门温室气体排放核算的首要步骤是确定温室气体核算必须涵盖的北京城市交通活动，即定义系统边界和交通方式。接下来，必须探讨交通活动的必然、有益和可能的划分。所有这些决策都与核算结果的计划实施有关，但同时也有赖于所需的交通数据（即 VKT、乘客或吨公里）的有效性或额外付出合理努力的决定。

以下分步阐述了北京温室气体核算中交通活动特性描述的建议，并在最后通过图 27 进行展示。

#### 步骤 1：系统边界

作者根据现有北京交通模型将作为最恰当选择的界定考量了 **属地核算**，因为这可能通过合理的努力最全面地覆盖北京交通活动。

城市性交通核算将需要更为显著的努力，因为北京和周边城市（或者甚至更远的城市）之间的交通关系需要分别进行评估。而且，根据城市群规模，可以假定到其他城市的起点- 终点交通与北京内部交通相比重要性较小。此外，居民核算旨在收集北京内外北京人口交通情况，在城市气候保护行动方面及居民机动性数据有效性方面似乎更加不适用。



步骤1  
系统边界



属地内的  
交通

## 步骤 2：交通方式

必须根据与温室气体排放的关联、北京当局潜在行动范围和数据可得性选择温室气体核算应该涵盖的交通方式。

在任何情况下，**乘用车**交通都必须包括在温室气体核算中。**出租车**具有特别的重要性，应作为单独的车辆类别涵盖其中。此外，**摩托车**(尤其是电瓶车)应在可能时进行考量。尽管摩托车目前并未包括在北京的交通模型中，但却代表着北京机动化个体交通的重要组成部分，并且是汽车交通的节能高效替代选择 - 因而对制定模式转变措施和评估温室气体减排相关潜力都非常重要。

此外，**公共汽车**和**地铁**方面的公共交通需要涵盖在温室气体核算中。它们是客运的重要组成部分，其排放状况对未来汽车交通的更环保交通模式的转型至关重要。根据已确定的系统边界（覆盖哪些地区），将北京**郊区铁路**涵盖在内也可能发挥重要作用，因为这些铁路把北京市区与偏远郊区和北京城市地铁网络之外的乡村联系起来。尽管目前只有一号线正在运营，但规划中的铁路网络扩展为未来个体交通模式到公共交通的转型可能性奠定了基础。

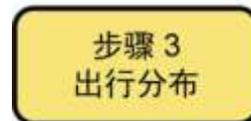
**公路货运**（卡车）也应纳入北京温室气体核算的考量范围，尽管其在减少交通量和交通转型方面的潜力较小。由于卡车目前并未包括在北京交通模型中，可根据平均 VKT 近似计算温室气体排放的相关数据。为了与客运中的属地核算保持一致，评估主要城市出行的 VKT 值时应将长途出行的较大份额排除在外。

长途交通（高铁、飞机）与德国城市类似，在北京温室气体核算中可有可无，因为这些交通方式在属地交通中的份额较低。铁路货运也同样如此。

## 步骤 3：北京出行分布

交通活动细分是温室气体核算中极为重要的步骤，能够探究交通相关温室气体排放的原因，尤其是确定主要排放源、聚焦温室气体减排措施和分析目标措施的减排潜力。

有关城市内部出行和至附近行政区域的始发 - 目的地交通所占份额的信息有助于确定德国城市交通温室气体排放的主要原因。但对于北京而言，可以根据城市群的规模推断至其他城市的始发 - 目的地交通与城市内部交通相比重要性较低，而且这种细分也没有那么重要。



相反，在北京，温室气体核算所覆盖区域内交通的空间细分可作为重要步骤。这样可以确定核算中哪种出行方式在北京交通温室气体排放中占据了主要份额，因而也应将其作为措施的重点。温室气体核算中的交通分化一方面应能区分各个区域（或城镇）内的交通，另一方面应能确定不同地区或城镇间的主要交通流量。

根据温室气体核算中的出行关系细分交通活动可能需要相关的额外工作量。这一信息涵盖在北京交通模型的需求建模中，但可能在道路网络出行路径选择方面发生了聚合（出行分配）然而，作者认为这种细分至关重要，且应该给予关注，尽管这可能需要更多的努力 - 至少是通过类似德国城市蒂宾根的简化评估进行（参见第 **Error! Reference source not found.** 章）。

建议主要对客运交通进行这种出行细分，因为该领域最可能减少交通量或转变为环保交通模式。此外，货运未包括在北京的交通模式中。因此，在温室气体核算中进行这种细分将需要更多的努力。

根据作为北京交通模型组成部分的出行生成的交通活动模型，也可通过其他行动对总体客运中不同出行目的（工作、购物、经商等）、交通方式甚至个别出行关系进行进一步确定 - 进而完善温室气体核算，并推动制定和评估具有针对性的温室气体减排措施。

#### 根据道路类型（步骤 4）和交通流量（步骤 5）对道路交通进行 VKT 细分

交通活动的排放水平会受到交通流（即车速和行驶状态）的显著影响。德国温室气体排放量计算中不同程度地涵盖了这方面内容。例如，在铁路运输中，平均能耗值通常用于根据不同驱动类型（电力、柴油）细分的各种交通模式（电车、地铁、短途货车、长途火车）中。

在道路交通中，通常使用不同道路类型（如高速、郊区、市区）的平均因子。此外，如果存在交通活动 (VKT) 的相应细分，可考虑道路类型、行驶速度和交通流量特性（如 Stop+Go 份额）进一步细化排放量计算。

作者认为，对于北京而言，根据交通模型中 **按照道路类型** 细分进行公路交通排放量计算似乎是最恰当的方法。

如果制定了显著改善交通流量的措施，**按照交通流量特性**（行驶速度、服务等级）进行进一步细分也可能有助于分析北京的情况，并且应涵盖在温室气体核算中。为此，可在详细阐述温室气体核算过程中验证是否可通过合理的努力按照要求完善交通模型中的 VKT 值。

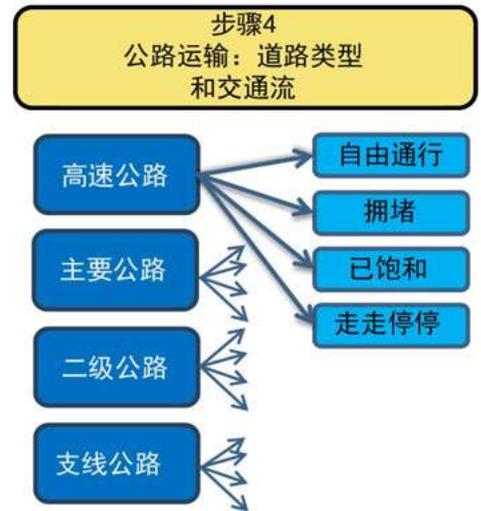


图 27 总结了北京温室气体核算中选择和细分交通活动的分步流程建议。

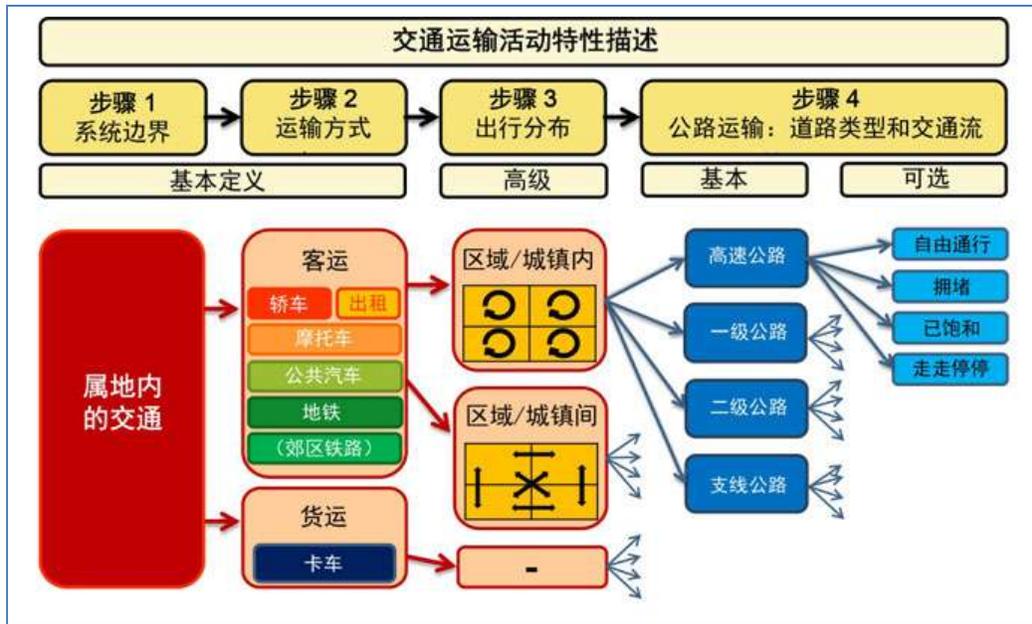


图 27：北京交通活动特性描述的建议

## 5.2 排放因子数据库建议

第 **Error! Reference source not found.**章详尽讨论了机动交通排放量计算中选用恰当能耗和温室气体排放因子的重要性。此外，第 2 章介绍了德国的排放因子数据库和排放清单模型，并简要对比了欧洲国家和美国的排放因子数据库和模型。基于此，可得出北京交通温室气体核算的首要建议。

为了针对北京交通部门温室气体核算提供恰当的排放因子，应首先分析北京或中国具体情形下的现有信息。在过去几年中，已有几项研究针对中国和中国城市（包括北京）机动交通产生的空气污染物及温室气体排放量进行计算，如：

- [IFEU 2008]：中国交通：不同交通方式的能耗和排放
- [Oliver 2009]：中国在用车辆排放量：北京研究
- [Huo 2011]：中国不同类型城市中车辆排放量建模：车队和本地化的重要性
- [Wang 2011]：中国乘用车二氧化碳和污染物排放

这些研究应用了不同的排放因子数据库（如 [IFEU 2008] 中的 TREMOD、[Oliver 2009] 中的 IVE 模型、[Huo 2011] 或 [Wang 2011] 中的 Copert IV），并使这些数据库适应中国的交通现状。首先，道路交通是这些研究的重点；但是，在某些情况下也考虑了其他交通方式（如 [IFEU 2008]）。

所引用研究中道路交通排放因子数据库的主要调整涉及中国城市的**车队组成**及特定的**交通流量特性**（如不同道路类型的平均速度）。我们建议北京交通温室气体核算也重点关注这两个方面。此外，最终能源供应造成的上游排放也应立即着手应对。

## 中国道路的车队组成

中国所售乘用车车型的油耗特征一般与美国或欧洲所售汽车的特征类似。因此，中国道路机动车的油耗和排放行为可直接对应欧洲排放因子数据库，如 HBEFA。

但是，中国的车队组成与德国或其他欧洲国家有着显著差异：中国乘用车的平均车龄更短，车辆和发动机尺寸分布不同，中国的柴油汽车显著较少 [IFEU 2008]。此外，由于两个国家的使用模式不一致，可以推断中国平均每辆车的 VKT 与德国有所不同。

因此，要将欧洲排放因子数据库（如 HBEFA）用于中国，需要考虑不同的车辆保有量特性和使用模式推导中国特殊的车队组成。最好的情况就是可根据北京的具体情形得知特殊的车队组成。如果无法从现有研究中获取这样的信息，就需要进行另外的调查研究（如牌照调查）。

对于其他车辆类别（如卡车）而言，也必须确定各自的车队组成以便应用 HBEFA 排放因子。可行时，如果其他中国特有的车辆分类未在 HBEFA 中进行定义但在北京交通中占有相应份额，则也可予以引入（如电动自行车或农用车）。

## 按照交通流量特性进行的排放因子细分

HBEFA 提供各种交通状况（不同车速和行驶动态性）下的油耗和排放因子（根据不同道路类型、车速限值和服务等级进行定义，参见图 15）。此外还根据每种交通状况的份额权重提供了不同道路类型（高速、郊区、市区）的平均排放因子。这些针对各种道路类型的按权重集计的交通状况不能直接从德国或其他欧洲国家借用到中国。

但是，单独的 HBEFA 交通状况也应适用于中国的道路交通。此外，还应查证现有的 HBEFA 交通状况是否已涵盖中国城市特有的全部交通情况或是否需要衍生其他交通状况，如明显的走走停停交通状况。所以此时需要进行其他分析以正确推导北京道路的平均排放因子。这些因子应符合北京交通模型中细分的道路类型，且应适用于北京温室气体核算。

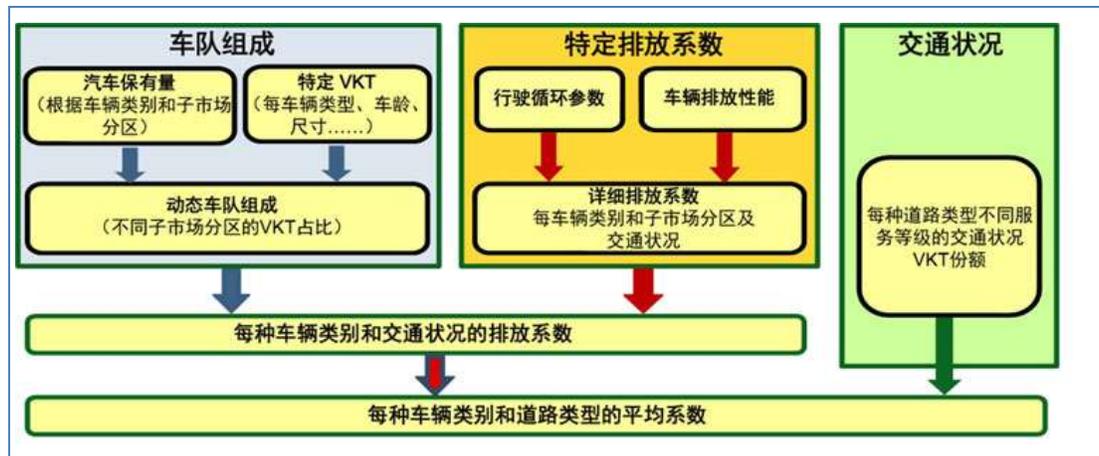


图 28：推导北京道路交通排放因子的建议

## 公共交通能耗因子

HBEFA 仅提供了道路交通排放因子。所有其他交通方式都应纳入北京温室气体核算的范畴，因此，需要另外的能耗或排放数据源。这主要与电气地铁和无轨电车有关，且可能与柴油驱动郊区铁路有关。

如果无法从公共交通运营商获取测定的能耗数据，必须通过其他信息源确定平均能耗数据。如选择直接借用其他国家的能耗因子，必须考虑车辆技术特性和车辆使用情况进行相关验证。如 [IFEU 2008] 中针对中国地铁系统的研究表明，中国每座位-公里的能耗更低（由于站立空间更宽敞，列车容量更大），每乘客-公里的能耗则低得多（列车平均占有量更高）。

## 油井到车轮的温室气体排放

北京交通部门温室气体核算不仅应考虑主要温室气体（二氧化碳、甲烷和氧化亚氮）的尾气排放，还应考虑最终能源供应的上游排放。只有这样，才能全面涵盖北京交通部门的温室气体效应。

中国交通部门化石燃料驱动车辆的上游排放因子可直接从可用/数个国际出版物中借用。但对于电力而言，需要获取中国特定的温室气体排放因子，因为它们取决于电力生产中一次能源载体的结构。2005 年到 2020 年间中国二氧化碳排放因子和电力供应效率已进行了预估，如在 [IFEU 2008] 中。但是，还能从其他信息源获得其他参考年份的相关信息。

## 5.3 小结

为全面阐述北京交通部门温室气体核算，必须突出以下两个方面的工作：

1. 交通活动范围和划分，聚焦于核算结果的设计用途，同时关注所需交通数据的可获得性
2. 针对北京特定状况提供恰当的温室气体排放因子

本章根据德国的实践经验和北京特定状况下的各个因素提出了这两个工作方面的首要建议。

对于温室气体核算中交通活动特性的描述，城市交通模型能提供一个出色的数据库供计算排放量时得到和细分交通活动，确保有效实施核算结果，如确定温室气体排放的主要原因，并推导具有潜在成效的措施。

为提供恰当的温室气体排放因子，作者认为有必要进行进一步的调整。欧洲的排放因子数据库可作为一个合适的基础；但是，需要针对北京的具体状况，尤其是在车队组成和交通状况方面进行重大调整。这方面的工作已在 TDM 项目中启动。因此，在不久的将来，北京也将获得排放因子方面的全面基本数据来完成全面而出色的交通领域温室气体排放核算。

## 6 参考文献

- BMW-BMU 2010 Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply. Federal Ministry of Economics and Technology (BMW) & Federal Ministry for the Environment Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Berlin, 2010.
- BBSR 2010 BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung: Karte Siedlungsstruktureller Gemeindetyp Stand 2009; [http://www.bbsr.bund.de/nn\\_1067268/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen/Gemeindetypen/Downloadangebote.html](http://www.bbsr.bund.de/nn_1067268/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen/Gemeindetypen/Downloadangebote.html); (zuletzt geprüft am: 06.06.2012); 2010.
- DIFU 2011 Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“; Deutsches Institut für Urbanistik (DIFU, Hrsg.) in Kooperation mit ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Klimabündnis. Berlin 2011.
- EC 2009 DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- EC 2011 EU White Paper “Roadmap to a Single European Transport Area”; European Commission; COM(2011) 144 final; Brussels 2011.
- EMISIA 2012 Gkatzoflias et al, COPERT 4 - Computer programme to calculate emissions from road transport. User Manual. EMISIA, <http://www.emisia.com/documentation.html>
- EPA 2011 Development of Emission Rates for Light-Duty Vehicles in the Motor Vehicle Emissions Simulator (MOVES2010), EPA, US Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/movesback.htm>
- EPA 2012a Development of Emission Rates for Heavy-Duty Vehicles in the Motor Vehicle Emissions Simulator MOVES2010, EPA, US Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/movesback.htm>
- EPA 2012b Using MOVES for Estimating State and Local Inventories of On-Road Greenhouse Gas Emissions and Energy Consumption. EPA, US Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/otaq/models/moves/index.htm>
- FEA 2009 Submission under the UNFCCC 2009. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990-2007. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt). Dessau. 15 April 2009.
- Huo 2011 Hong Huo et al.: Modeling vehicle emissions in different types of Chinese cities: Importance of vehicle fleet and local features. Environmental Pollution 159 (2011) pp. 2954-2960.

- IEA 2010 World Energy Outlook 2010. International Energy Agency (IEA), France 2010.
- IFEU 2008 Knörr, W. and Dünnebeil, F, IFEU: Transport in China: Energy Consumption and Emissions of Different Transport Modes. ifeu – Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg in Cooperation with Institute of Comprehensive Transportation of National Development and Reform Commission of China (ICT), financed out of funds from German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ). Commissioned by KfW Entwicklungsbank (KfW Development Bank) Frankfurt/Main. Heidelberg 2008
- IFEU 2010 Knörr, W. et al, IFEU: Aktualisierung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 (TREMODO, Version 5.2); commissioned by Federal Environmental Agency, FKZ 36 01 370; Heidelberg, 11.11.2011; [http://www.ifeu.de/english/index.php?bereich=ver&seite=projekt\\_tremod](http://www.ifeu.de/english/index.php?bereich=ver&seite=projekt_tremod)
- INFRAS 2010 Keller, M. et al., INFRAS: Handbook Emission Factors for Road Transport, Version 3.1 Bern, February 2010; [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)
- IPCC 2006 IPCC: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Institute for Global Environmental Strategies; Japan 2006.
- IPCC 2007 Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland, 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2007.
- MiD 2008 Mobilität in Deutschland; infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH zusammen mit dem Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Berlin.
- Oliver 2009 Oliver, Hongyan H., Kelly Sims Gallagher, Mengliang Li, Kongjian Qin, Jianwei Zhang, Huan Liu and Kebin He, "In-use Vehicle Emissions in China: Beijing Study". Discussion paper 2009-05, Cambridge, Mass.: Belfer Center for Science and International Affairs, May 2009
- PTV 2010 Emission count. Linking PTV's VISUM with HBEFA 3.1 will help planners to improve the increasingly important environmental assessments, throughh emissions calculation. Nökel, K. & Hoffmann, T. (PTV Germany). In Intertraffic World - Annual Showcase 2010, pp. 88-90.
- SrV 2008 Mobilität in Städten - SrV 2008; Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr; Dresden.

TML 2007 TREMOVE model description. Tremove version 2.7. TML, Transport and Mobility Leuven, <http://www.tremove.org/documentation/index.htm>

Wang 2011 Wang, H., et al., CO<sub>2</sub> and pollutant emissions from passenger cars in China. Energy Policy, 2011.

WWF 2009 Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Prognos, Öko-Institut commissioned by WWF Deutschland, October 2009.

### 所分析的能源和气候变化减缓概念

Braunschweig 2010 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen Braunschweig 1990 bis 2008; GEO-NET Umweltconsulting GmbH; Hannover 2010.

Bremen 2008 Klimaschutzkonzept Bremen - Berechnung der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen; IVV GmbH & Co. KG; commissioned by Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der freien Hansestadt Bremen; Aachen 2008.

Cologne 2011 Klimaschutzkonzept für die Stadt Köln - Teilbereich Verkehr; Wuppertal Institut; commissioned by Umwelt- und Verbraucherschutzamt der Stadt Köln; Wuppertal 2011.

Frankfurt 2010 Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Stadtgebiet Frankfurt am Main; ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; commissioned by Stadt Frankfurt/Main; Heidelberg 2010 (not published).

Hannover 2008 GIS-basierte Erstellung einer CO<sub>2</sub>-Bilanz der Quellgruppe Verkehr für die Region Hannover (2005); GEO-NET Umweltconsulting GmbH; commissioned by Region Hannover; Hannover 2008.

Leipzig 2011 integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig – Analyse und Handlungsempfehlungen; KEMA & IVAS; commissioned by Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz; Dresden 2011.

London 2010 London Energy and Greenhouse Gas Inventory (LEGGI) 2008; AEA; commissioned by Greater London Authority (GLA); Norwich 2010.

Munich 2011 CO<sub>2</sub>-Monitoring 1990-2008; Referat für Gesundheit; Munich 2011.

Tübingen 2010 Mobilität 2030 Tübingen - Abschlussbericht der Pilotphase im Projekt „Nachhaltiger Stadtverkehr Tübingen“; Henkel, Andrea et al; Institut für Mobilität & Verkehr (imove); commissioned by Universitätsstadt Tübingen; Kaiserslautern 2010

## Table of Figures

|   |    |
|---|----|
| 图 1: 机动交通活动的温室气体排放量计算图 .....                          | 2  |
| 图 2: 不同交通需求参数之间的关系 .....                              | 3  |
| 图 3: 不同城市客运方式的能源消耗因素 .....                            | 4  |
| 图 4: 车队组成: 细分的道路车辆类型 (示范) .....                       | 5  |
| 图 5: 在城市交通状况下乘用车特定的最终能源消耗 .....                       | 5  |
| 图 6: 交通活动中温室气体排放的来源 (示意图) .....                       | 6  |
| 图 7: 所考虑模型排放因子推导通用图表 .....                            | 11 |
| 图 8: TREMOD 中道路交通排放量计算 .....                          | 13 |
| 图 9: TREMOVE 模型结构 .....                               | 17 |
| 图 10: 城市交通温室气体核算计算图表 .....                            | 21 |
| 图 11: 德国城市交通温室气体核算的典型系统边界 .....                       | 24 |
| 图 12: 归结到一个城市的交通活动的可选的划分方式 (示意图) .....                | 26 |
| 图 13: 以法兰克福美茵河为例分析不同温室气体核算方法计算的城市温室气体排放的影响 .....      | 28 |
| 图 14: 德国动态客运车队组成的车龄和发动机类型的相关性 .....                   | 30 |
| 图 15: HBEFA 3.1 中的交通状况图 .....                         | 31 |
| 图 16: ECORegion 不同版本的功能范围 (数据源: ECOSPEED) .....       | 32 |
| 图 17: VISUM 和 HBEFA 之间的数据流 (数据源: [PTV 2010]) .....    | 34 |
| 图 18: 模块化的 GIS 集成程序系统 IMMIS (数据源: IVU Umwelt) .....   | 35 |
| 图 19: 选定的德国主要城市 .....                                 | 38 |
| 图 20: 伦敦 2008 年能源和温室气体清单 (LEGGI) 区域 [伦敦 2010 年] ..... | 44 |
| 图 21: 法兰克福/美茵河 VDRM 交通模型中的道路交通数据结构 .....              | 54 |
| 图 22: 法兰克福/美茵河 VDRM 交通模型中的道路交通数据结构 .....              | 55 |
| 图 23: 确定重型卡车的年度 VKT .....                             | 55 |
| 图 24: 法兰克福/美茵河公路交通温室气体排放量计算过程 .....                   | 56 |
| 图 25: 法兰克福/美茵河轨道交通温室气体排放量计算过程 .....                   | 57 |
| 图 26: 法兰克福/美茵河交通部门温室气体核算结果 .....                      | 58 |
| 图 27: 北京交通活动特性描述的建议 .....                             | 62 |
| 图 28: 推导北京道路交通排放因子的建议 .....                           | 63 |

## Table of Tables

|      |                                      |    |
|------|--------------------------------------|----|
| 表 1  | 二氧化碳、甲烷和一氧化二氮的全球变暖潜能值 .....          | 6  |
| 表 2  | 选定的排放清单模型概述 .....                    | 9  |
| 表 3  | 概述：HBEFA.....                        | 12 |
| 表 4  | 概述：TREMOD .....                      | 14 |
| 表 5  | 概述：COPERT .....                      | 16 |
| 表 6  | 概述：TREMOVE .....                     | 18 |
| 表 7  | 概述：MOVES.....                        | 20 |
| 表 8  | 交通载体和交通方式 .....                      | 25 |
| 表 9  | 选定的城市交通相关温室气体排放量计算工具概述 .....         | 36 |
| 表 10 | 分析的德国城市和大伦敦的一般参数概述 .....             | 39 |
| 表 11 | 编制所分析城市的报告中所述的交通部门温室气体核算的原因 .....    | 41 |
| 表 12 | 所分析的德国城市和大伦敦温室气体核算中的交通方式 .....       | 43 |
| 表 13 | 在所分析城市的温室气体核算中考虑上游排放和其他温室气体的情况 ..... | 44 |
| 表 14 | 所分析的各德国城市的排放因子数据库 .....              | 46 |
| 表 15 | 在所分析的城市温室气体核算中道路交通排放量计算的本地化改进 .....  | 47 |
| 表 16 | 分析的城市温室气体核算中使用的交通数据 .....            | 49 |
| 表 17 | 选定的交通模型特点概述 .....                    | 51 |



**Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

**Sunflower Tower Room 860  
37 Maizidian Street, Chaoyang District  
100125 Beijing, P.R. China**

**Beijing Transportation Research Center**

**9 Liuliqiao Road, Fengtai District  
100073 Beijing, P.R. China**