第44部
环境与基础设施
部门项目“交通政策咨询服务”

清洁燃料和车辆技术

分册4a

可持续发展的交通:发展中城市政策制定者资料手册

gtz
Sector project
Transport Policy Advisory Service

代表以下单位
Federal Ministry
for Economic Cooperation
and Development

资料手册简介

可持续发展的交通:发展中城市政策制定者资料手册

本套资料手册是什么?

本书是一套关于可持续城市交通的资料手册,阐述了发展中城市可持续交通政策框架的关键领域。目前共有二十三本分册。

供什么人使用?

本书的使用对象,主要是发展中城市的政策制定者及其顾问。它提供了适宜于一定范围发展中城市使用的政策工具。书中各项内容,均反映了本书是针对上述对象编制的。

应当怎样使用?

本书有多种使用方法。因此本套手册应当保存在一起,各个分册应该分别提供给参与城市交通工作的相关官员。本书还可以方便地改编,供正式短期培训班使用;并可以用作为城市交通领域编制教材或开展其他培训课程的指南—这就是德国技术合作公司(GTZ)寻求的方法。

本书有哪些主要特点?

本书的主要特点包括以下各项:

- 方向切合实际,集中讨论规划和协调过程中的最佳做法,并尽可能地列举发展中城市的成功经验。
- 本书的撰写人员,都是各自领域中顶尖的专家。
- 采用彩色排版,引人入胜;内容通俗易懂。
- 采用非专业性的通俗语言,在必须使用专业术语的地方,提供详尽的解释。
- 可以通过互联网更新。

怎样才能得到一套资料手册?

您可以在以下网站下载资料手册:
http://www.sutp.org或http://www.sutp.cn。

怎样发表评论,或是提供反馈意见?

我们欢迎广大读者对本套资料手册的任何部分发表意见或提出建议。可以发送电子邮件至:
sutp@sutp.org,或是邮寄到:

Manfred Breithaupt
GTZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Germany(德国)。

各分册及撰写人

资料手册概述及与城市交通相关的问题(德国技术合作公司GTZ)

机构及政策导向

1a. 城市发展政策中交通的作用
(安里奇·佩纳洛萨Enrique Penalosa)
1b. 城市交通机构 (理查德·米金Richard Meakin)
1c. 私营公司参与城市交通基础设施建设
(克里斯托弗·齐格拉斯Christopher Zegras, 麻省理工学院)
1d. 经济手段 (曼弗雷德·布雷思奥普特Manfred Breithaupt,GTZ)
1e. 提高公众在可持续城市交通方面的意识
(卡尔·弗杰斯特罗姆Karl Fjellstrom,GTZ)

土地利用规划与需求管理

2a. 土地利用规划与城市交通 (鲁道夫·彼特森 Rudolf Petersen, 乌普塔尔研究所)
2b. 出行管理 (托德·李特曼Todd Litman, VTPI)

公共交通,步行与自行车

3a. 大运量公交客运系统的方案
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP; GTZ)
3b. 快速公交系统
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP)
3c.公共交通的管理与规划
(理查德·米金Richard Meakin)
3d. 非机动交通方式的保护与发展
(瓦尔特·胡克Walter Hook, ITDP)

车辆与燃料

4a. 清洁燃料和车辆技术 (麦克尔·瓦尔什 Michael Walsh; 雷恩哈特·科尔克Reinhard Kolke, Umweltbundesamt —UBA)
4b. 检验维护和车辆性能
(雷恩哈特·科尔克Reinhard Kolke, UBA)
4c. 两轮车与三轮车 (杰腾德拉·沙赫Jitendra Shah, 世界银行;N. V. Iyer, Bajaj Auto)
4d. 天然气车辆 (MVV InnoTec)
4e. 智能交通系统(Phil Sayeg, TRA; Phil Charles, University of Queensland)
4f. 节约型驾驶 (VTL;Manfred Breithaupt, Oliver Eberz, GTZ)

对环境与健康的影响

5a. 空气质量管理 (戴特里奇·施维拉Dietrich Schwela, 世界卫生组织)
5b. 城市道路安全 (杰克林·拉克罗伊克斯 Jacqueline Lacroix, DVR; 戴维·西尔科克David Silcock, GRSP)
5c. 噪声及其控制
(中国香港思汇政策研究所;GTZ;UBA)

资料

6. 供政策制定者使用的资源 (GTZ)

其他分册与资料

预计其他分册将涉及以下领域:城市交通的融资;使用中汽车的更新;交通诱导;性别与城市交通。这些资料正在准备过程之中,目前可以提供的是一张关于城市交通图片的CD光盘。

分册4a

清洁燃料和车辆技术

本书中所述的发现、解释和结论,都是以GTZ及其顾问、合作者和撰稿人从可靠的来源所收集的资料为依据。但是GTZ并不保证本书中所述资料的完整性和准确性。对由于使用本书而造成的任何错误、疏漏或损失,GTZ概不负责。

作者简介

雷恩哈特·科尔克(Reinhard Kolke),是一位环境和能源科学工程师。他毕业于亚琛高等学校,他的毕业论文是有关替代车辆的燃料链分析方面的研究。自1993年以来,他在德国联邦环境机构(German Federal Environment Agency, 德文Umweltbundesamt, UBA)工作,作为专家,他主要研究未来的道路交通技术和在交通中减少二氧化碳排放的战略技术。其他研究领域还包括在用车辆的应用、检测和维护技术。他是UBA研究项目“客车2000”和“重载车辆2000”的主要参与者之一,这两项研究都是为欧洲尾气排放标准EURO 3和EURO 4号做准备的,同时他也是交通部门研究燃料电池的权威之一。

麦克尔·瓦尔什(Michael P.Walsh)是一位机械工程师,他致力于研究地方、国家和国际机动车污染控制问题。在其工作生涯的前半期里,他为政府部门工作,首先在纽约市,然后在美国国家环境保护署工作。在这两个部门里,他都担任机动车污染控制研究组组长。离开政府部门后,他就成为一个独立的为各国政府和企业提供咨询服务的顾问。鉴于麦克尔·瓦尔什在空气污染控制方面的贡献,他最近成为被美国环境保护署授予终身成就奖的第一人。这个奖是为了纪念Thomas W Zosel而设立的,主要授予那些“在促进空气清洁方面获得杰出成就、卓越的领导业绩以及给予长期关心支持的人。”

作者:
麦克尔·瓦尔什
雷恩哈特·科尔克 (德国联邦环境机构)

编辑:
德国技术合作公司(GTZ)
Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
P. O. Box 51 80
65726 Eschborn, Germany (德国)
http://www.gtz.de

第44部,环境与基础设施
部门项目“交通政策咨询服务”

委托人:
德国联邦政府经济合作与发展部
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Germany (德国)
http://www.bmz.de

经理:
Manfred Breithaupt

编辑组成员:
Manfred Breithaupt, Karl Fjellstrom,Stefan Opitz,
Jan Schwaab

封面图片:
Karl Fjellstrom提供
巴西库里提巴加油站,2002年2月

排版:
Klaus Neumann, SDS, G.C.

Eschborn, 2002

1. 背景介绍 1

2. 减少车辆尾气排放的综合战略 2

3. 燃料质量标准 3

4. 汽油燃料 3

4.1 铅添加剂 3
4.2 硫 4
4.3 气化压力 4
4.4 苯 5
4.5 氧化物 5
氧化物的作用 5
4.6 汽油燃料的其他特性 5

5. 柴油燃料 6

5.1 对重载车辆尾气排放的影响 6
5.2 对轻载车辆尾气排放的影响 7
5.3 硫 8
5.4 柴油燃料的其他特性 8
挥发性 8
芳香烃含量 8
其他特性 9
5.5 燃料添加剂 9

6. 替代燃料 11

6.1 天然气(NG) 11
6.2 液化石油气(LPG) 14
6.3 甲醇 16
6.4 乙醇 16
6.5 生物柴油 17
6.6 氢气(H2) 18
成本及其他限制 18
6.7 电动车辆 19
温室气体及其他排放物 19
成本及其他限制 19
6.8 燃料电池 19
温室气体及其他排放物 20
成本及其他限制 20

7. 结论 24

更多的信息 25

尾注 25
其他参考文献 26
推荐的网址 27
常用的缩略词 27

1．背景介绍

机动车排放出大量一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物，以及一些精细颗粒物和铅等有毒物质。这些物质与其他的工业副产品例如臭氧混和，就会对健康和环境产生严重的负作用。由于机动车越来越多，这些机动车的尾气排放量很高，在现代社会中，严重的空气污染和健康问题，已经成为普遍现象。

在过去的30多年中，世界上的污染控制专家已经意识到，要有效实行清洁空气战略，必须使用更清洁的燃料。近年来，人们对这种认识已经成熟和加深，并且开始在世界范围内普及。现在人们已经认为，燃料质量不仅能够直接减少或消除某种污染物（例如铅），而且是应用许多重要污染控制技术的前提条件（铅和硫）。清洁燃料有一个非常重要的优势：它可以迅速地对新型车辆和现有车辆产生影响。例如，更严格的新型车辆排放标准会使用10年甚至是更长的时间来完全发挥作用，相反，如果降低汽油中的铅含量，将会立即减少所有车辆的铅排放量。

泰国的清洁燃料和车辆技术

（摘自Horst Prescherm给CAI–Asia的通讯信息，2002年8月8日）

当排除那些“工业化国家”后，摆在我们面前的是一个关于各个国家尾气排放法规、燃料质量、生产能力、能源购买等错综复杂的多层次问题。在这些国家中，最强有力的国家（例如泰国）已经在所有部门推行可持续发展的改进政策：泰国已经在执行EURO标准管理，并且会很快将EURO 3标准引进到柴油提取技术上，从而提高燃料质量（已经在本土燃料与润滑剂研究方面投入大量资金），目前，泰国已经实现了低硫柴油，满足EURO 3标准，并且与原装设备厂商一起建立了生产机构，从而实现在本土可持续车辆生产，包括发动机的生产。

那么其他国家呢？请谅解我没提这些国家的名字：没有排放立法方面的标准，盛行使用含铅汽油，柴油中硫含量高，很高的燃料价格补贴，因此，几乎没有提高质量的利益空间。

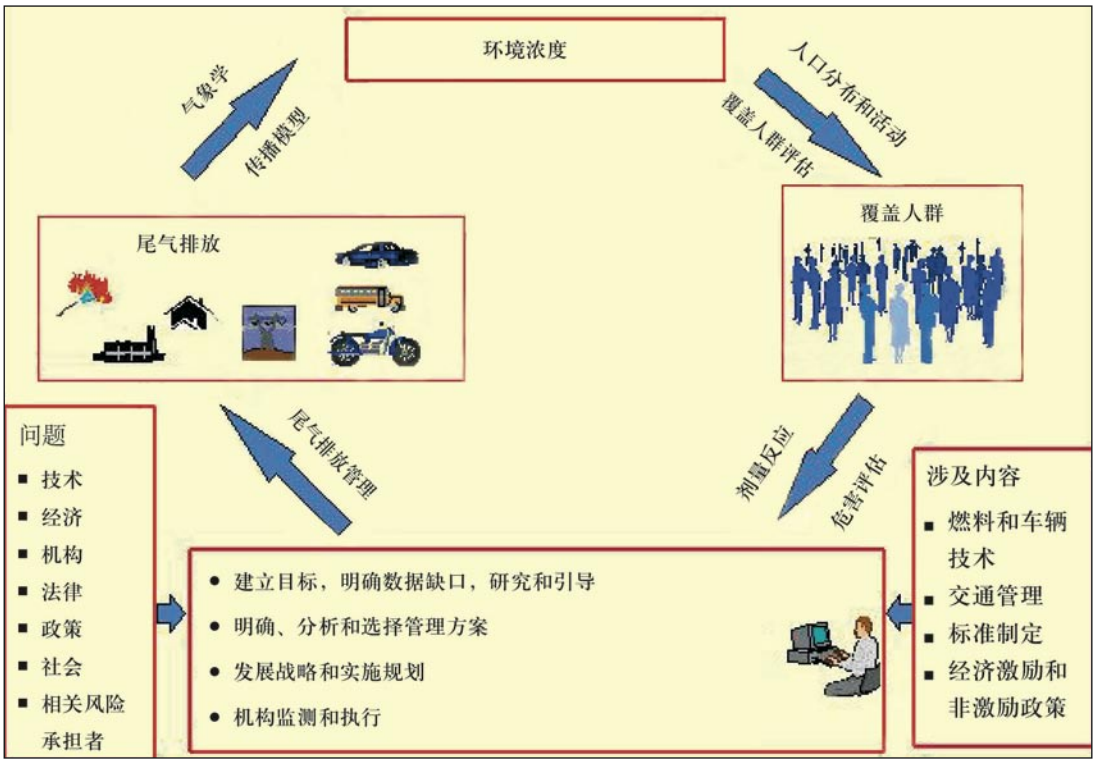


图1：空气质量综合控制框架

2．减少车辆尾气排放的综合战略

在发展清洁车辆战略中，我们一开始就必须明确、理解减少车辆和其他设备尾气排放的重要意义，只有这样才能得到健康的空气质量。空气质量问题和车辆尾气排放问题，在不同的地方需要不同的控制措施，正如图1“空气质量综合控制框架”中所表明的那样，我们必须从对空气质量的仔细评估入手，找到对这些问题贡献最大的源头。

车辆是主要的罪魁祸首，我们需要一个广泛的旨在减少污染的政策和措施规划和执行的途径。

我们必须建立控制车辆污染的有效和高效的协作机制。这同样包括对个体机构和组织具体的功能和任务责任的明确分工。

减少机动车污染，通常需要一个综合战略。一般来讲，机动车污染控制项目的目标是减少在用机动车的尾气排放量，尽可能快地达到合理的、必要的排放标准，以获得健康的空气质量，否则，如果技术、经济和社会可行性限制标准过于严格，则会导致不现实而失败。

“我们必须从对空气质量的仔细评估入手，找到造成这些问题最大的源头”

一个要实现这个目标的综合战略包括了四个关键部分（见图2）：对新型车辆执行更严格的尾气排放标准，规范清洁燃料的使用，确保在用车辆的良好维护，以及交通规划和需求管理。减少尾气排放的目标应当以一种高效率的方式来实现。

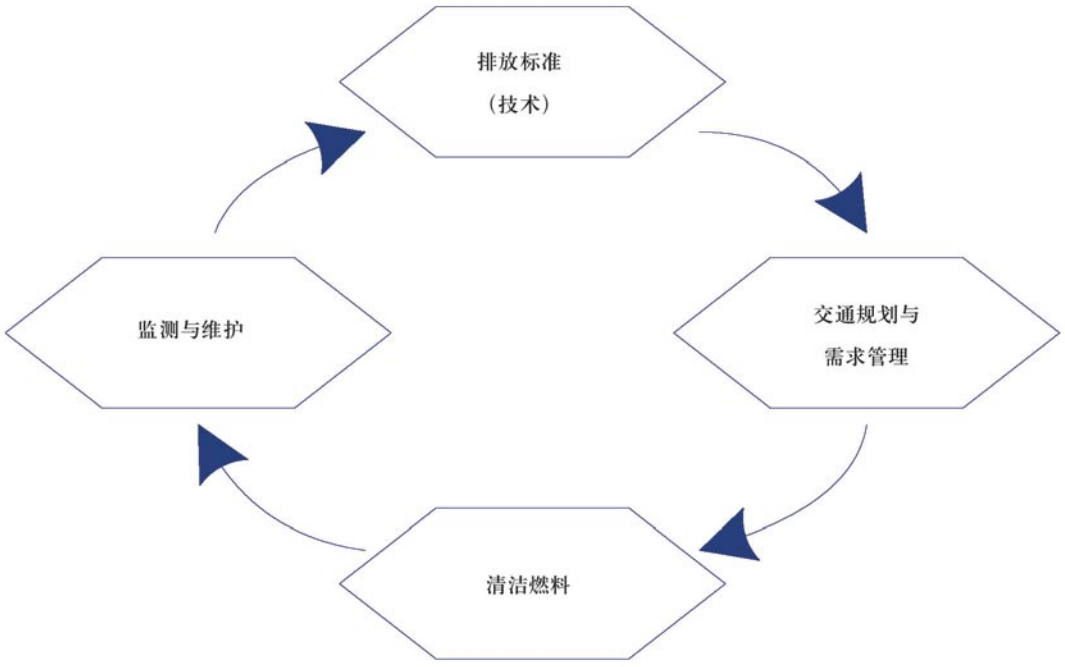


图2：
综合车辆污染控制战略的各个组成部分

3. 燃料质量标准

制定燃料质量标准（见表1），政策决策者可用以下基本原则作为指导：

- 提高燃料质量的内在动力是基于对环境和公众健康的考虑，因此环保部门在制定燃料质量标准中起着重要作用。
- 所有国家都应该发展一个中短期战略，勾画未来几年内所要采取的标准，以便使燃料供应者和车辆生产企业有足够的时间来适应。
- 在许多国家，采用新型车辆尾气排放技术（等同于Euro 3和 Euro 4标准）的最大障碍是燃料质量，特别是汽油中铅和硫的含量以及柴油中硫的含量。这些参数在制定中期和长期燃料质量标准中都应该得到最优先考虑。
- 在制定燃料质量标准时，国家应该与其邻国密切合作，尽可能地协调标准。但这不能成为延迟或淡化制定燃料质量标准的理由，因为这种协调并不意味着每一个国家都遵循同样的时间安排计划。
- 为了执行更严格的燃料质量标准和提高消费者对燃料成本的可接受程度，国家应该开展更多、更好的扩大公众意识的活动，重点应放在如果不提高燃料质量会对公众健康造成的严重后果上。
- 应该取消对那些高污染排放燃料的补贴，执行税收政策，鼓励使用清洁燃料。

传统燃料的改进措施应该有明确的步骤，这两个步骤是：去除汽油中的铅和减少汽油和柴油中的硫，以及使用清洁的添加剂；第二个步骤是减少气化压力和汽油中苯的含量。

4. 汽油燃料

与汽油燃料车辆关系最大的污染物是一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）、铅以及某些有毒的碳氢化合物，例如苯。每一种污染物都会受到车辆所使用汽油成分的影响。汽油中影响尾气排放的最重要特性是铅的含量、硫的浓度、挥发性以及苯的含量。考虑到这些特性，我们推荐以下的政策。

4.1 铅添加剂

铅并不是自然而然地存在于汽油里，而是必须要添加进去的。然而，自从二十世纪七十年代初期以来，在减少铅化汽油里铅的含量方面就有了稳定的进步，逐渐消除了铅。目前，全世界大约85%的销售汽油都是无铅汽油。

在过去的二十年里，开展了几个关于健康问题的综合研究，结果表明，人们越来越从微观层次上关心健康问题。现在，人们认为铅在生物体内，包括人体内起着生理性作用。在过去的一个世纪里，大量的临床研究、流行病学研究以及毒物学研究已经证实铅是有毒的，并且认定年轻人是重要的易受影响人群。即使是很低剂量的铅，都会对大脑、肾、再生系统和心血管系统有害。已经证实，铅会对智力功能造成损害，包括儿童在学习中产生的问题，还会造成肾损伤，造成不育症、流产和高血压。如果铅达到一定浓度，就是致命的，会通过导致大脑痉挛和出血而造成人体死亡。长期受到铅的危害可能会增加导致肾癌的危险。

由Schwartz所作的一项研究估计，用经济学词汇来描述就是，在美国一岁孩子当中，每公升血液中铅含量减少一微克，就会为国家带来69.37亿美元的好处，但是由于认知能力的损失，低的教育水平以及新生儿死亡率降低，致使幸存者增多，从而造成的收入损失是50.60亿美元。美国人在

传统燃料的改进

通过对燃料的改进，可以对现有道路车辆产生快速、深远的影响。

对于机动车汽油燃料，关注的焦点在于减少下面的成分：

- 铅和硫的含量（主要步骤）。
- 苯。
- 芳香烃含量。
- 气化压力。
- 氧化物混合物。

对于柴油燃料，关键领域是：

- 减少硫的含量。
- 降低密度。
- 减少聚合芳香烃含量。
- 提高点火性能（十六烷参数）。

1980 年到 1990 年期间，每公升血液中平均铅含量减少了 6.4 微克，这表明在这一时期仅此一项就为国家节省了 444 亿美元。这些进步大部分都是由于同一时期实现了降低汽油中铅含量结果。

减少汽车尾气排放的 CO、HC 和 NO_X 的技术主要依赖于催化剂转换器，这个转换器可以将大量的尾气转化为二氧化碳、水蒸气、氧和氮；实际上去年新生产的大约90%的汽油燃料车辆都安装了催化剂装置。

"随着能够满足新的车辆标准的催化剂装置的应用，汽油中硫的含量应减少到最多不超过 500ppm"

然而这项技术不能适用于含铅汽油，因为铅会破坏催化剂。美国环境保护署进行了一项研究，让29辆在用的安装有三相催化剂尾气控制装置的汽车故意错误加油，而使用含铅汽油以检测尾气排放的效果。研究结果表明，车辆尾气排放主要受到通过发动机的铅的总量的影响，第二影响因素就是使用含铅的比率。如果比率高，那么尾气中 HC、CO 和 NO_X 的含量就会稳步增加。

所有目前生产的现代化汽油燃料车辆都能满足燃烧无铅汽油的安全操作，大约 90% 的车辆都安装了催化剂转换器，这需要使用绝对的无铅汽油。毫无疑问，铅是有害的，会阻碍清洁汽油燃料车辆技术的应用，而清洁汽油车辆技术可以减少尾气中 CO、HC 和 NO_X 的含量。因此，应该尽可能快地消除汽油中铅的含量。

4.2 硫

对于没有安装催化剂转换器装置的车辆来说，硫对尾气排放的影响是非常小的；然而对于那些已经安装了催化剂转换器装置的汽车来说，硫对尾气中 CO、HC 和 NO_X 的影响是真实存在的。通过对车辆／燃料的研究表明，在典型的安装有催化剂转换器装置的汽车中，每减少 100ppm 的硫，尾气中 NO_X 的含量就会下降 3%。

这种状况在安装有先进的低污染催化剂转换器装置的车辆中更为关键。使用含有 330ppm 硫的汽油，将会对目前和未来美国新型车辆（平均水平）尾气排放产生影响，会导致VOC和NO_X的排放量增加40%到150%，这是相对于使用含有 30ppm 硫的汽油的车辆尾气排放而言的。

鉴于这种影响效果，我们就不会奇怪为什么日本多年来一直使用典型的含硫量低于 30ppm 的汽油。美国也已经采用了 30ppm 的含硫量限制标准，到 2005 年欧洲 4 标准实施的时候，欧盟国所使用的汽油也规定含硫量最大值不超过 50ppm。甚至现在欧盟已经在考虑限制汽油中硫的含量最大不超过 10ppm。

为了最大限度地发挥目前我们所使用的催化剂转换器技术的作用，伴随着需要安装催化剂转换器装置的新型车辆标准的引进，汽油中硫的浓度必须要降低到最大不超过 500ppm。先进的催化剂技术，可以获得非常低的排放量，这种技术的应用，要求硫最大含量是 50ppm 或者更低，在发展长期车辆污染控制战略的早期，我们就应该制定一个引进优质燃料的计划。

4.3 气化压力

另一个重要的燃料参数是气化压力。每一个季节气化压力都应该尽可能低，这样可以将储油站和车辆中汽油的挥发降到最低，但是气压仍然要足够高，以有效保证车辆的安全冷启动。

控制汽油挥发性的一个重要优点在于可以影响目前已经生产的车辆和在用车辆的尾气排放，同时也可以影响汽油销售体系。

无论何时，只要我们估计温度会超过 20℃，那么汽油气化压力就应该降低到最大不超过 60kPa。在热带或半热带国家，这一点是必须一直都要注意的。

4.4 苯

苯是一种芳香烃，是机动车尾气排放和挥发出来的气体。尾气中的苯，用有机气体总量的百分比来表示，其含量随着所应用控制技术（例如，催化剂类型）的不同，以及燃料中苯的含量和其他芳香烃的不同而不同，但是通常来说只有3到5个百分点。挥发出来的苯含量依赖于控制技术以及燃料的组成和特性（例如，苯的含量和挥发率），通常来说大约是1个百分点。通常规定，汽油中苯的含量应该不超过1%，这是欧盟采用的标准。

4.5 氧化物

混合有很小比例的氧化物例如乙醇、甲醇、叔丁醇（TBA）和甲基叔丁醚（MTBE）的汽油，能提高抗爆性能，但会减少燃料的体积应变能，因此对减少汽油中铅和其他有害芳香烃成分有着潜在的影响。假设燃料的测量系统装置没有变化，那么降低体积应变能会导致更低的空气-燃料混和比，因此有助于减少CO和HC的排放量。

氧化物的作用

MTBE

MTBE（甲基叔丁醚）可以在汽油中加到2.7%而不增加NO_X的排放量。加入氧化物有两个相反的作用：要净化空气，必须提高NO_X的含量；但是较低的火焰温度又要减少NO_X。MTBE的含量超过2.7%，意味着较低的火焰温度的影响起着主导作用。

虽然从空气污染观点来看，应用MTBE是一个很好的办法，但是最近美国试验证明MTBE漏气和溢出对饮用水有严重的威胁。这导致了人们反对在未来汽油中加入MTBE。欧盟还没有得出相似的结论，但是倾向于提高地下储油罐的质量。

考虑应用MTBE的国家应该仔细衡量其潜在的提高空气质量的好处，以及对水质的威胁。

乙醇

乙醇可以在汽油中最高加到含氧量为2.1%而不明显增加NO_X含量，但是超过这个点，NO_X含量就会增加。举例来说，美国环保署EPA试验100辆汽车的数据表明，2.7%的氧化物水平或者更高，能够增加3%～4%的NO_X的排放量。车辆/燃料研究得出的结论是：加入10%的乙醇（O_2的含量是3.5%），尾气中NO_X的含量就会明显增加大约5%。

因为乙醇有着比汽油更高的挥发性，因此必须将燃料的挥发度调整到一个基本水平以阻止挥发排放物的增加。一般情况下，如果不加以控制，那么向汽油中加入乙醇，挥发度将会提高1个psi。

考虑应用乙醇的国家应该仔细评估尾气中CO和HC的利害之处以及潜在的NO_X和挥发性苯的增加之间的关系。

4.6 汽油燃料的其他特性

根据车辆／燃料的研究：

减少石蜡，NO_X的排放量会降低，减少T90，NOX的排放量会提高，减少芳香烃，NOX的排放量会有些许的增加。

一般来说，减少芳香烃和T90会明显减少尾气中NMHC和CO的含量。减少石蜡会增加NMHC的排放量，然而整个车辆尾气的“臭氧潜能”将会下降。

对于有害物质，将芳香烃从45%降低到20%，会导致尾气中苯含量减少42%，但是甲醛含量增加23%，乙醛增加20%，1，3—丁二烯增加大约10%。将石蜡从20%降到5%，会导致1，3—丁二烯减少31%，但是对其他有害物的影响也很明显。将T90从360F降低到280F，会导致苯，1，3—丁二烯（37%），甲醛（27%）和乙醛（23%）明显减少。

在某种程度上，长期车辆排放控制战略就是对轻载车辆采用欧洲4标准（所谓的Euro 4）。表1列出的欧洲汽油标准，也应该同时被采用。

在现代发动机中，清洁剂或发动机沉积物控制添加剂显得尤为重要，也应该同时被强制使用。

十六烷参数

十六烷参数是度量柴油燃料点火性能的一个指标。在压缩—燃烧（柴油）发动机系统中，它指的是燃料与氧在混和条件下的反应能力，因而能够使发动机产生轴功率。十六烷参数越高，燃料性能越好。

化学混合物

是一种由不需要反应剂就能发生反应的物质组成的混合物。

表 1 ：欧盟燃料具体限制标准

柴油 / 汽油参数	2000 年（对应于Euro3）	2005 年（对应于Euro4）
RVP 总量（kPa，最大值）	60	60
芳香烃（%v/v，最大值）	42	35
苯（%v/v，最大值）	1	1
石蜡（%v/v，最大值）	18	18
氧（%m/m，最大值）	2.7	2.7
硫（ppm，最大值）	150	50

5. 柴油燃料

柴油车辆排放出大量的 NO_X 和颗粒物（PM）。减少柴油车辆排放出来的 PM 应该是最首要的事情，因为一般PM是非常有害的，而且特别是柴油PM排放物会致癌。为了减少柴油车辆排放出来的PM和NO_X，与之相关的最重要燃料特性就是硫含量，因为燃料中的硫对 PM 排放有着直接的影响，硫含量高，就会阻碍最有效 PM 和 NO_X 控制技术的应用。

5.1 对重载车辆尾气排放的影响

最近，有关燃料成分变化对目前重载、直接喷射柴油车辆尾气排放影响的研究结果表明，密切联系的燃料成分之间并没有

表 2 ：燃料特性对重载柴油车辆尾气排放的影响

燃料变化	NO_X	颗粒物
减少硫含量*	0	↓ ↓ [D]
增加十六烷	↓	0
减少芳香烃总量	↓ [C]	0
降低密度	↓	0[A] / ↓ ↓ [B]
减少聚合苯	↓	0[A] / ↓ ↓ [B]
减少T_{90}/T_{95}	⇩	0

注释：↓ ↓ / ↑ ↑ =影响相对较大，↓ / ↑ =影响相对较小，⇩ / ⇧ =影响非常小，0 =没有影响。

[A]）低尾气排放发动机。

[B]）高尾气排放发动机。

[C]）预期减少的聚合苯要比单环芳香烃减少得要多，这些参数的进一步研究（例如，EPA-HD 发动机工作组）正在进行。

[D]）将 S 从 0.30% 减少到 0.05% 会带来更大的好处；将 S 从 0.05% 降低到更低的水平，带来的直接好处微乎其微，但是正如下文所讨论的，这是应用更先进技术的一个必要步骤。

* 没有经过后处理的发动机系统。

明显的相关性。从这种论述得出的结论如表2所总结的那样。如表2所示，与尾气排放有重要关系的成分是硫、芳香烃和氧化物成分；有明显关系的物理特性是浓度和T90或T95的蒸馏温度。十六烷参数也是与尾气排放有关的一个因素。这些燃料特性的直接变化，会导致“更清洁”燃料的出现，这在表中第一列用箭头来表示。每一种燃料特性的变化而导致的对NO_X、PM、HC和CO等尾气排放的直接影响在表中也有所表示，同时还表明了影响程度的相对大小。

正如在表2中所表明的，有着高排放率的发动机（通常是那些较老的发动机）排放出来的气体对燃料成分变化的敏感度要高于那些低排放率的发动机（通常是新一代发动机）。另外，所有燃料成分的变化对低排放率发动机尾气排放的影响都是很小的。

5.2 对轻载车辆尾气排放的影响

最近的一项关于燃料成分对轻载柴油车辆尾气排放影响的综合研究是作为欧洲尾气排放项目“燃料与发动机技术(EPEFE)”的一部分来开展的。这个研究得出的一般结论如表3所示。从表中可以看出，尽管燃料成分对非直接喷射柴油机车辆和直接喷射柴油机车辆尾气的影响程度不尽相同，但是对他们的影响方式一般是相同的。

通过对重载柴油机和轻载柴油机影响表格的对比分析，可以知道还有一些情况：改变所给柴油燃料成分会对尾气排放产生和预期相反的影响效果，这依赖于燃料是用于重载柴油机还是轻载柴油机。最明显的是，如果燃料密度降低，轻载直接喷射柴油机尾气中NO_X会增加；如果T95温度降低，轻载直接喷射柴油机和非直接喷射柴油机尾气中NO_X含量都会增大。

印度的燃料政策迫在眉睫

摘自印度时代28，2002 9；CAI—Asian，2002 10）

印度11个城市有严格的车辆尾气约束规范，这些规范是在车辆燃料政策框架下，这个规范本周将提交给石油部门和天然气部门。这个专家委员会是去年为寻求解决燃料质量问题和车辆技术问题而专门成立的。这个报告提出了两条完全不同的解决途径：一个是为新型车辆服务，一个是为旧的车辆服务，目的都是为了提高燃料质量和改善尾气排放。报告指出，Delhi，Kolkata，Mumbai，Chennai，Hyderabad，Ahmedabad，Surat，Pune，Bangalore，Kanpur和Agra这些城市需要更严格的标准。

根据报告所提出的步骤安排，这些城市的新型车辆到2005年必须满足欧洲3标准，到2010年必须满足欧洲4标准。其他城市将在随后的五年内达到这些标准。

对于机动两轮车和三轮车，委员会建议到2005年以前达到Bharat Ⅱ标准，这个标准等效于欧洲2标准。但是，那些已经在用的车辆，达到此标准就容易多了。报告建议，公共汽车和注册的出租车尾气排放量在2004年以前必须满足1996年的标准，或者满足欧洲1标准，到2008年，那些注册车辆必须满足欧洲2标准。

（注释：这份报告覆盖了交通政策方面的许多领域。如果要下载这个报告，请登录www.petroleum.nic.in/afp_con.htm）

表3：燃料成分变化对目前轻载柴油车辆尾气排放的影响

变　化	NO_X排放量		PM排放量	
	IDI[a]	DI[b]	IDI	DI
↓十六烷（50～58）	⇧	⇩	None	↑
↓密度（0.855～0.828g/cm³）	None	↑	↓ ↓	↓ ↓
↓ T_{95}（700～620IF）	⇧	↑	None	↓
↓聚合环（8～1vol%）	⇩	⇩	⇩	↓

注释：↓↓／↑↑＝影响相对较大（排放量变化为10%或更大），↓／↑＝影响相对较小（变化为5%～10%），⇧／⇩＝影响非常小，0＝没有影响（变化<5%）。[a]）非直喷发动机；[b]）直喷发动机。

5.3 硫

硫酸盐颗粒物和SO_X都是有害的污染物，在柴油燃料车辆尾气直接排放出的硫中占有相当比例。硫酸盐PM产生了PM_{10}，而$PM_{2.5}$排放物直接影响身体健康和环境。SO_2是SO_X中的一个组成部分，它是一种非常重要的污染物，对健康和环境极为有害。柴油车辆排放出的SO_2对健康和安全的影响要比那些从工业烟囱或工业锅炉排放出的等量SO_2影响大得多，因为柴油车辆排放出的尾气接近道路地面、建筑物以及人群集中的地方。某些SO_X在大气中会转化成硫酸盐PM，而我们知道PM对健康和环境也是非常有害的。

"柴油燃料中的硫阻碍了降低尾气中普通污染物方法的有效实行"

柴油PM由三种主要成分组成：活性炭心、粘附在活性炭心表面的微小有机物颗粒(SOF)以及SO_X和水的混合物，它们也粘附在活性炭心的表面。降低柴油中的硫会减少PM中SO_X成分，因而降低了PM排放总量。欧洲对柴油质量的评估表明，减少柴油中的硫，会对降低颗粒物有很大的好处。例如，将柴油中的硫从2000ppm降低到500ppm，轻载柴油车辆总的颗粒物排放量会降低2.4%，重载柴油车辆颗粒物排放量会降低13%。颗粒物排放量与硫含量之间是线性关系；每减少100ppm的硫，轻载柴油车辆排放出的颗粒物就会减少0.16%，而重载柴油车辆排放出的颗粒物减少0.87%。

柴油中的硫与汽油中的铅和硫一样有相同的技术功能。催化式排气净化器或NO_X吸附器能够减少新型柴油车辆NO_X的排放量，但是就像铅会破坏三向催化式排气净化器的作用一样，硫同样会破坏它们的作用。因此，柴油燃料中的硫阻碍了降低尾气中普通污染物方法的有效实行。正如德国政府在一份支持低硫燃料的递交给欧盟委员会的申请书中所陈述的：与含有50ppm硫的燃料相比，含有10ppm硫的燃料，氧化剂催化式排气净化器，NO_X催化式排气净化器的工作性能和耐久性以及颗粒物过滤性能都将大大提高，因而降低了燃料的消耗量。由于氧化剂催化式排气净化器的使用，同样降低了尾气中的颗粒物排放（因为降低了硫酸盐颗粒的排放）。对于那些能够持续再生利用的颗粒物过滤器，同样要求硫含量不能超过10ppm，否则仅硫酸盐颗粒物一项(不包括其他烟灰颗粒)就会超过未来（欧盟）颗粒物的限值，即0.02g/kW·h。

除了硫的技术功能，低硫柴油还能减少由于硫而引起的腐蚀和缓解发动机润滑油的酸化，可以增大维护间隔，降低维护成本。车主不需要购买任何新技术，对节约成本具有重大意义。

5.4 柴油燃料的其他特性

挥发性

柴油燃料由具有不同分子量和沸点的碳氢化合物的混合物组成。因此，加热时，有些物质会不断挥发，剩余物质的沸点也会增大。可以用"蒸馏曲线"来刻画燃料中各种碳氢化合物的范围。蒸馏曲线可以具体指出某种碳氢化合物挥发的温度，例如挥发10%、20%的温度。低于10%挥发温度的物质是相对易挥发的碳氢化合物。燃料具有这种特性，有时会表现为排放物中HC含量要比其他物质高。

芳香烃含量

芳香烃也是一种碳氢化合物，它含有一个或多个"苯环"结构。它们与柴油中的石蜡、萘以及其他主要碳氢化合物又有所不同，因为这些物质没有"苯环"结构。与这些其他成分相比，芳香烃更稠一些，自燃能力很差，在燃烧时产生更多的烟灰。通常，通

过简单原油蒸馏生产的“直馏”柴油，芳香烃的含量相对很低。然而，通过剩余原油氧化裂化生产出来的汽油和柴油，芳香烃的含量会很高。一种典型的直馏柴油，包含20%～25%个体积单位的芳香烃，而通过氧化裂化生产出来的柴油其芳香烃含量是40%～50%个体积单位。

芳香烃的自燃能力很差，因此芳香烃含量高的柴油，具有很低的十六烷参数。典型的直馏柴油的十六烷参数值在50～55范围内；那些芳香烃含量高的柴油十六烷的参数值是40～45，甚至更低。这给冷启动增加了更多困难，并且增加了燃烧噪声，由于燃点的延迟而增加了HC和NO_X的排放量。

芳香烃含量增大，会导致更高的颗粒物排放。芳香烃在燃烧时很容易产生烟灰，并且由于它的燃烧性能很差，因此也会增加可溶性有机物（SOF）的排放量。芳香烃含量增大，也会导致SOF诱变产物的增加。有事实证明，芳香烃含量高的燃料，在燃料喷射和其他关键程序中很容易产生沉积物。这些沉积物会阻碍正常的燃料和空气的混和，大大增加PM和HC的排放量。

多环芳香烃（PAH）也是目前车辆排放出来的大量污染物中难以控制的一个部分。尾气排放出来的多环芳香烃（这里只指三环或更多环的芳香烃）有两种状态：颗粒物状和半挥发性的。这些多环芳香烃的混合物在Ames试验中证明具有诱变性，甚至在某些情况下，如果在动物皮肤表面涂抹多环芳香烃，会导致生物体癌变。由于这个事实，限制车辆PAH尾气排放量，特别是在人口密度高、交通量大的城市地区限制排放量显得尤为重要。影响车辆PAH尾气排放量的一个重要因素是所选用的燃料和燃料的组成。燃料中PAH含量与PAH尾气排放量之间是线性关系。在燃料消耗过程中，PAH尾气来自于未燃烧燃料中原有的PAH以及燃烧后形成的PAH。通过选用PAH含量低的柴油燃料（≥4mg/L，PAH总量），要比使用那些PAH含量远远大于1 g/L（PAH总量）的柴油燃料，能够减少大约80%的PAH排放量。通过减少销售柴油燃料中PAH的含量，也可以减少PAH的排放量。

其他特性

其他燃料特性也会影响尾气排放。例如，燃料密度会影响喷射到燃烧室的柴油量，因而影响燃料与空气的混和比率。这是因为燃料是以很小体积的量而不是大量来喷射的，密度大的燃料在相同体积内所含的柴油量就更大。燃料粘性也会影响燃料的喷射，从而影响混合率。燃料的腐蚀性、清洁性、润滑性都会影响燃料喷射装置的使用寿命；如果装置过早损坏，可能会引起在用车辆过高的尾气排放。

实施长期的车辆排放控制战略就是轻载车辆采用欧洲4标准（所谓的Euro 4），重载车辆采用欧洲5标准（所谓的Euro 5），表4总结的欧洲柴油标准也应当同时被采用。

5.5 燃料添加剂

有几种普通类型的柴油燃料添加剂会对尾气排放产生重要影响。这些添加剂包括十六烷

表4：欧盟燃料具体限制标准

柴　油 参　数	2000年（对应于Euro3）	2005年（对应于Euro4）
十六烷参数（最小值）	51	51
密度（15℃ kg/m³，最大）	845	845
蒸馏（95%v/v℃，最大）	360	360
聚合苯（%v/v，最大值）	11	11
硫（ppm，最大值）	350	50

增强剂、烟灰抑制剂以及清洁剂。另外，近年来对某些添加剂的研究表明，添加剂可以直接减少尾气排放量。

十六烷增强剂是用来提高柴油燃料的自燃性能的。一般添加这种混合物（通常是有机硝酸盐）是用来降低高芳香烃燃料对冷启动和燃烧噪声的负面影响。这种混合物也能降低由于芳香烃而引起的HC和PM排放物的负面影响，尽管使用十六烷增强剂，PM 排放量会略微高于那些高质的、包含有同样十六烷值而不加添加剂的燃料的 PM 排放量。

“使用清洁剂能够减少喷射器上的沉积物，应该大力提倡，特别是在越来越多的现代化发动机上使用”

烟灰抑制剂是一种含有钙、钡或者（有时）镁的有机混合物。这种混合物添加到柴油燃料中，在燃烧过程中能阻碍烟灰的生成，从而大大减少尾气中可见烟雾的排放量。然而，这种混合物容易增加大量的极其微小的颗粒物排放量，而这种微小颗粒物被怀疑对人体健康更为有害。至于它对颗粒物SOF 排放量的影响还没有文字记录，但是已经有研究表明，使用钡添加剂，会大大增加 PAH 排放量和 SOF 诱变物排放量。使用这种添加剂，尾气中硫酸盐颗粒物排放量也会大大增加，这是因为所有这些物质都很容易形成稳定的固体金属硫酸盐物质，通过尾气排放出来。减少烟灰，或者增加金属硫酸盐的排放，都能够增加或降低颗粒物总的排放量，这要依赖于最初烟灰的排放水平和所使用的添加剂的量。

虽然烟灰抑制剂看起来很有吸引力，但是并没有得到推荐，主要因为它排放出来的极其微小的颗粒物和诱变物会对健康造成潜在的更为危险的威胁。

清洁剂（通常与十六烷增强剂混和在一起）可以用来阻止和清除燃料喷射口处和其他容易产生沉积的地方的焦炭。通过对新发动机喷射装置和混和装置进行维护，可以减少车辆在使用中 PM 和 HC 的排放量。据加利福尼亚空气资源局的一个研究估计，在用卡车中由于燃料喷射装置问题而导致 PM 排放物的增加，要比那些新的车辆排放量水平高50%以上。这个超出的量毫无疑问是由燃料喷射头上的沉积物引起的。使用清洁剂能够减少喷射器上的沉积物，应该大力提倡，特别是在越来越多的现代化发动机上使用。

友好的环保汽车

德国环境标准委员会环境与交通工作组组长呼吁采用可接受的生态汽车。

这本分册的目的也在于此，可接受生态汽车是一种家用汽车，装备有现有最好的技术，在确保安全、舒适和便捷的条件下把对环境的影响程度降低到最小。它对环境有以下一些好处：

- 低燃料消耗。
- 低污染物和噪声排放量。
- 生产合乎环境要求。
- 轻型载重设计和简捷设计能够保证材料的最佳利用和循环利用。
- 其他方面也合乎环保要求。

所采用的提案已经在UBA（1999c）上发表（见表5）。这种车型在很大程度上能够满足可接受生态载人汽车的要求。

生产商已经宣布计划生产内燃发动机系列汽车，每100km 消耗的燃料是 3L（每加仑燃料可以行驶 78.4mile）。这种车辆将以可接受的价格出售，满足每天的使用要求，提供4～5个成年人的空间，操作简便，满足舒适、安全的中型汽车的标准要求。

表 5 ：环境标准委员会建议的分阶段引进的可接受的载人生态汽车提案

标　　准		单　　位	1999～2004	从 2005 年开始
CO_2 排放量 93/116/EEC		g/km	120	90
消耗量（汽油／柴油）		1/100km mpg	5.16/4.46 45.5/52.7	3.88/3.42 60.6/68.8
排放标准[1)]		—	EURO4	EURO 4
	CO	g/km	1.0	1.0
	HC	g/km	0.1	0.1
	NO_X	g/km	0.08	0.08
	PM	g/km	0.025	0.025
噪声（车辆运行）[2)]		dB（A）	69	68
燃料的环境适应性		—	是	是
循环利用能力		（%，wt）	是（85%）	是（95%）
生态适应性		—	是	是

1）98／69／EC 中制定的与低温、使用周期和车辆识别要求相关的标准；

2）通过一系列试验修正后由 EU 得出的重新定义的噪声水平

6．替代燃料

除了传统的汽油和柴油燃料外，世界上许多国家已经认为替代燃料有着巨大的好处，特别是压缩天然气（CNG）、液化石油气（LPG 或丙烷）以及乙醇燃料。

替代燃料包括压缩天然气（主要成分是甲烷）、甲醇、乙醇、氢气、电力、植物油（包括生物柴油）、液化石油气（成分是丙烷或丁烷）、由碳和不同燃料混和而成的合成液体燃料，例如酒精-汽油混和燃料。

6.1　天然气（NG）

天然气（甲烷含量是 85%～99%）在世界上许多地方是一种清洁、便宜、储藏丰富的燃料。由于天然气的主要成分是甲烷，因此天然气车辆（NGVs）比汽油车辆有着更低的非甲烷碳氢化合物尾气排放量，但是排放出的甲烷量就要高一些。因为燃料系统是密封的，所以没有挥发尾气排放量，尾气重新利用是不可能的。天然气车辆冷启动排放出来的尾气量也是很少的，因为并不需要冷启动的浓缩作用。另外，还减少了 VOC 和 CO 的排放量。相对于汽油车辆而言，未采取控制措施的天然气车辆排放出来的 NO_X 或高或低，这取决于发动机技术，但是一般会稍微低一些。轻载天然气车辆装备有现代化的电子燃料控制系统，并且三向催化剂转换器可以使 NO_X 的排放量比严格的加利福尼亚级超低排放车辆（ULEV）标准低 75 个百分点。

作为柴油的替代燃料，天然气车辆 NO_X 的排放量会低一些，如果要从实质上降低 PM 排放量，就要在柴油车辆上使用 ULSD 燃料，并且要安装 PM 过滤器。

欧洲4标准

欧洲4标准，即所谓的Euro-4标准是在1998年10月13日通过的欧洲国会和议会指示文件98/69/EC中提出的，这次会议的主题是要采取措施减轻车辆尾气排放造成的空气污染。这个标准将于2005年在日本施行。这个标准的全文可以从以下网址下载：http://europa.eu.int/eurlex/en/consleg/main/1998/en_1998L0069_index.html.

关于天然气车辆的更多信息

请参考分册4d：《天然气车辆》，可以得到更多关于天然气车辆实际应用的详细信息。天然气用于三轮车在分册4c：《两轮车和三轮车》中有所讨论。

不同尾气排放标准的对比

加利福尼亚尾气排放标准以世界上最严格的标准而著称。因为新型车辆主要不是为了适应欧洲法规，而是为了适应加利福尼亚法规而设计的，所以我们必须要考虑两者之间的不同。

在欧洲4标准中，汽油车辆直接排放量的减少足以满足德国空气质量客观目标的需要，因此，在德国未来的日子里，进一步降低车辆直接尾气排放量并不是必要的。在欧洲，柴油汽车的限制标准要远远高于那些汽油车辆的标准，并且很好地过渡到了这个世纪。因此，下面的对比只是针对欧洲汽油车辆在现有最好低排放技术条件下的要求而言的。

加利福尼亚的清洁空气法规是非常不同的。它从来不会为从某一具体日期开始生产的新车辆提出一个全面的标准，但是随着时间的推移，它会逐步采取不同的限制标准，每年标准水平都在提高。生产商必须要遵守这样的限制标准，不断减少车辆尾气中非甲烷有机气体（NMOG）的排放量。

同美国FTP75汽车行业车辆尾气限制标准中的指标对比可知，欧洲4标准中汽油发动机车辆的标准是与所建议的LEVI法规中ULEV(超低排放车辆)标准相对应的（见图3）。这个图也显示了目前生效的LEV限制标准和ULEV限制标准中所允许的NO_x排放量是一辆符合欧洲4标准汽车的4倍多。因此，LEV Ⅱ法规中对NO_x和颗粒物的排放量加强了限制，实际上要比欧洲4标准更严格。LEV Ⅱ的明显特点包括在用车辆的耐久性必须满足至少193000km的行驶里程，满足不断扩展的全方位距离导航系统（OBD）的需要，执行FTP标准中在困难加速条件下的排放量限制，以及低挥发HC排放量的限制，几乎所有使用汽油和柴油的车辆和轻型商用车辆都必须满足NO_x和PM的排放限制。

同时在欧盟，那些采用某种车辆技术实现零尾气排放的车辆，比如说电车，将不会受到交通部门清洁空气法规要求的限制。

在许多国家都需要零尾气排放车辆和应用某种先进技术的车辆，但是选择哪一种车辆要依靠这个国家对车辆造成的空气质量问题进行仔细评估后来决定。

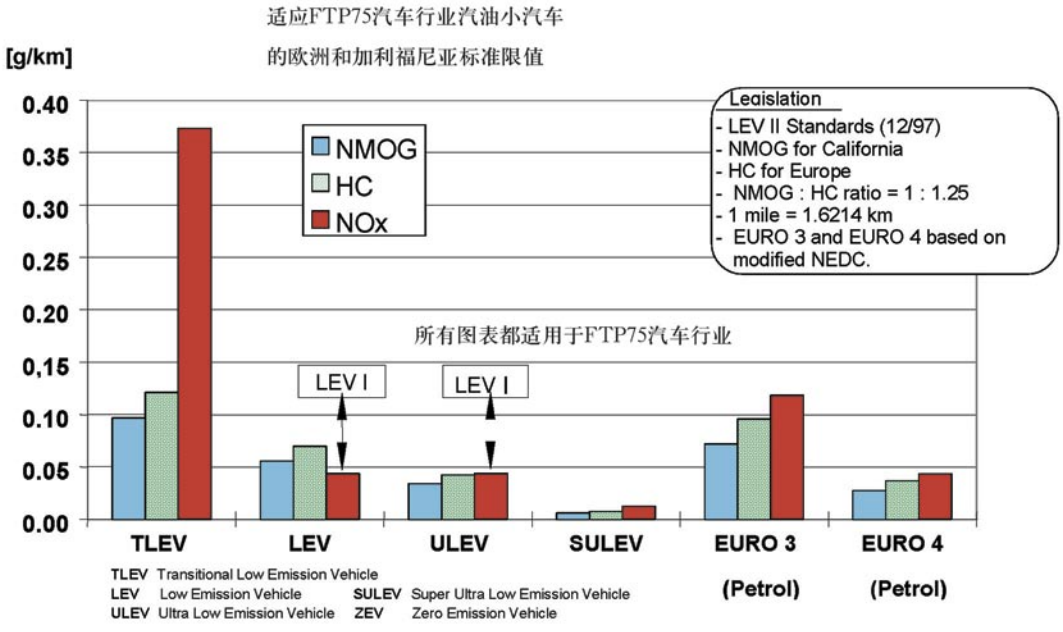


图3：
欧洲标准和加利福尼亚LEVII标准中对汽油车辆排放限制标准的比较

相同的能效下，从天然气车辆排放出来的GHG要比汽油车辆大约低15%～20%，这是因为天然气燃料每单位能量中碳的含量要比汽油车辆低。天然气车辆和柴油车辆具有相同的GHG排放量。使用炼油厂或废弃厂中原本要燃烧掉的天然气作为燃料，相对于使用其他石油燃料，比如汽油或柴油，温室气体排放的减少量可以达到100%，同时也节约了汽油和柴油。

通过对生产CNG和汽油燃料过程中主要能量消耗的对比表明，生产这两种燃料的主要能量消耗是类似的。在德国联邦环境机构UBA的CNG使用示范项目中，考虑了德国有10%的NG重载车辆这一情况，并且计算出同样的温室气体排放量只轻微增加了0.07%。很明显，重载车辆使用NG燃料将不会导致温室气体的大量增加。

更多地，NG公交车辆的噪声排放量降低了3～5dB（A），对人的干扰减小，这是因为天然气发动机运行起来更光滑。

大范围使用天然气车辆的困难在于交通设施和储气设施的缺乏、成本、货物空间的损失，增加了燃料补给时间以及减小了行驶范围。

天然气燃料的补给和储备需要仔细考虑，必须满足运营和安全的要求。因为压缩天然气要在20MPa压力下才能储存，所以必须使用大储气罐。使用极具优势的重载天然气车辆都是城市公交车辆，它们的储气罐大都安装在车辆顶部。但是也有重载车辆的储气罐安装在车辆底部。使用CNG的客车会由于储气罐而导致车厢内部使用面积减少。

使用天然气的车辆增加了额外成本，包括车辆发动机和储气罐体系成本，压缩天然气成本，车辆覆盖成本，加油站运营和维护成本。

加油站储存天然气必须要达到20MPa（2900psi）的压力。考虑到顾客个人需要，加油站的配置成本要达到最小。天然气的质量和供气预压力也是很重要的因素。很高的预压力可以减少必要的压缩能，从而降低运营成本。加

CNG车辆与标准公交车辆的价格差异

2000年欧洲重载天然气车辆和CNG储气罐的额外成本在20500～35800欧元之间。这达到了标准公交车辆出售价格的8%和16%。到2002年，这种成本差异减少到25000欧元。在一个相当长的时期，随着天然气车辆技术在新市场中获得更广泛的应用，可以进一步减少这种额外成本差异。在几个主要发展中国家生产的正式CNG车辆的成本要比欧洲的低很多。据称中国和印度已经出现了满足欧洲2尾气排放标准的新型柴油公交车辆，其售价低于50000欧元，这两个国家已经在国内市场生产了天然气车辆，其售价均低于欧洲国家的车辆。

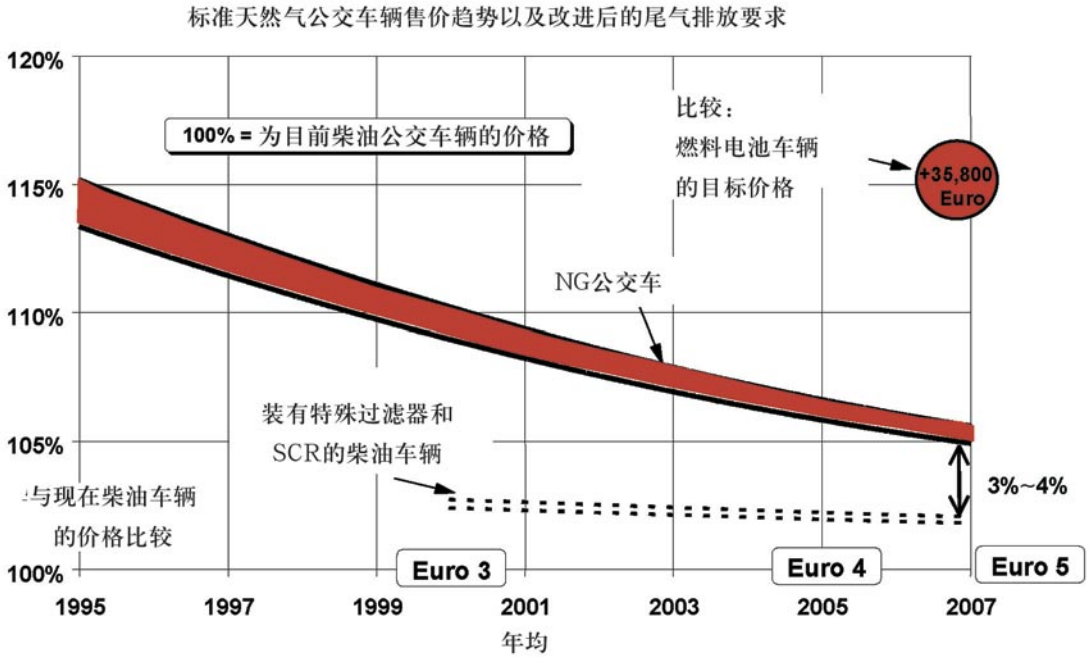


图4：
天然气公交车辆与现有柴油公交车辆售价对比

油站的预压力能影响每升压缩天然气的具体成本率。

在THERMIE项目中计算出的天然气车辆附加成本是7%，包括所有额外供给人员、加油站等成本。图4表明，天然气车辆的额外费用同柴油公交车辆比起来，随着这种技术在下一个十年在新的市场中得到更广泛的应用，其额外成本也会随之下降。

通过在实际条件下的快速道路试验和适用性鉴定试验来为天然气燃料技术系列产品的应用扫清道路，德国联邦政府环境、自然保护和核安全部以及UBA共同采取了一些鼓励措施，开展了一些能够为NG车辆运营者带来可观收益的投资项目，以弥补他们面临的比柴油车辆多出的额外成本损失。目前在德国大约有80个天然气加油站。因此天然气车辆也主要在这些加油站附近运营。

在上面所提到的投资项目“NG车辆的模拟运营”中，UBA根据生产商的信息起草了一个明细清单。这个表格列出了所有类型的NG车辆，这些车辆都能满足尾气安全排放要求（见表6）。

6.2 液化石油气（LPG）

液化石油气发动机车辆技术与天然气车辆技术相类似。作为一种火花点燃型发动机的燃料，它与天然气有着同样多的优点，另外它还有一个优点就是易于车辆携带。

LPG和天然气一样，有着许多相同的尾气排放特性。实际上主要是丙烷（或者丙烷／丁烷的混合物）而不是甲烷影响VOC排放物的成分以及他们的光化学反应，影响全球温室效应，在这一点上两种燃料是相似的。

将油田或炼油厂产生的废气作为交通LPG燃料而不燃烧掉，可以节约石油。使用LPG燃料，同使用汽油和柴油燃料相比，可以使能源的开发、精炼及使用效率大大提高。

车辆使用LPG燃料排放出的尾气同汽油发动机车辆排放出的尾气具有一定的可比

表6：满足投资项目“NG车辆模拟运营”的NG车辆概述（1998.2）

	新型车辆			改进车辆		
	小汽车	轻载车辆	卡车	公交车辆	小汽车	轻载车辆
生产商	6	5	5	3	2	1
型号	18	15	9	7	13	6
功率（kW）	44~95	44~105	75~175	140~228	44~85	51~95
最大额定载重（t）	1.4~2.8	1.6~3.5	4.3~26	11.5~28	1.4~2.0	2.8~3.5
混和形式 λ = 1 贫燃	 18 —	 15 —	 7 2	 3 4	 13 —	 6 —
运行 单价 二价 可选性	 1 5 12	 1 1 13	 9 — —	 7 — —	 4 — 9	 4 — 2
额外成本（千美元）	1.3~5.4	3.2~7.3	5.5~51.0	38.8~52.0	3.1~6.9	3.3~3.6

性。在荷兰，对LPG客车车辆做了在用应用性能试验（Rijkeboer，Binkhorst，1998）。从试验得出的结论是所检测车辆的维护状况是非常好的。LPG车辆很容易满足目前的尾气排放限制。而且，LPG车辆发动机技术已经是第三代，这在下面的在用应用项目中进行阐述：

a） 第一代：

机械控制测量系统，没有闭合线圈。

b） 第二代（模拟型）：

机械控制系统。通过λ传感器进行附加闭合线圈控制。这种闭合线圈控制相对较慢。

c） 第二代（数字型）：

文氏管流量控制系统，但是流量测量是由预先安装有“发动机地图”程序的微处理器控制。闭合线圈控制也是通过λ传感器进行的。这种控制更精确，但是闭合线圈仍然相对较慢。

d） 第三代：

这种系统本质上区别于第二代系统之处在于它的自适应系统。空气、燃料混合率的有效偏值已经储存在数控仪器的内存中并进行处理。实际上这是一种多点喷射系统。

图5给出了这些不同代LPG发动机系统的尾气排放情况。

重载LPG车辆尾气排放量远远低于欧洲3尾气排放限制标准，欧洲3标准是欧洲于2000年开始执行的。

重载车辆安装了闭合线圈燃料系统和三向催化剂转换器。一个6气缸，135kW发动机干洗溶剂汽油混合物与自然吸入气体

表7：7.4 L LPG发动机在老化催化剂状况下运行时13-mode试验中的尾气排放量

g/kW·h		HC	CO	NO_x	PM
LPG		0.5	1.8	0.5	–
柴油发动机排放限制标准					
EURO 1	1992	1.25	5	9	0.4
EURO 2	1996	1.1	4	7	0.15
EURO 3	2000	0.6	2	5	0.1

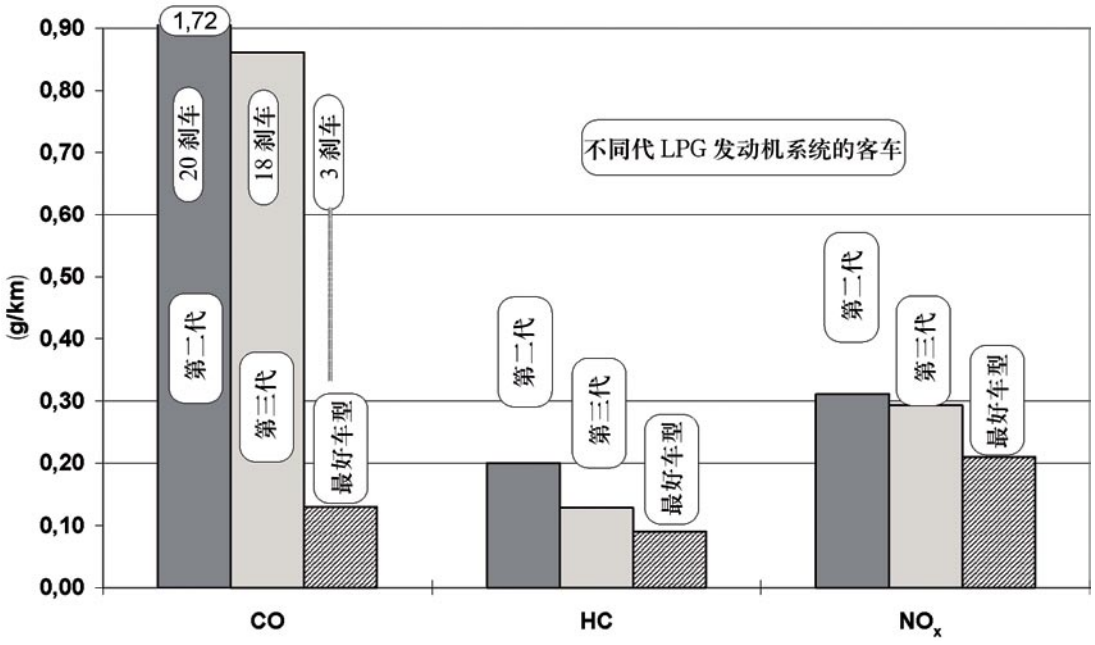


图5：
在新型欧洲交通工具中LPG车辆的排放情况

的压力比是10∶1。发动机的最大功率很高，满载时可达到33%～37%。在13—mode试验中，发动机在老化催化剂状况下运行时尾气排放量是相当喜人的，正如表7总结得那样。

使用更复杂的燃料系统（例如，电控燃料喷射系统）可以进一步降低尾气排放量。

将汽油转化成丙烷的费用要比转化成天然气的费用低得多，主要是由于燃料罐的成本很低。在未来几年，通过降低燃料成本，可以弥补转化成天然气的高额费用。

LPG是从天然气中提取的较重液体，也是石油提炼中的副产品。目前，在大多数有汽油精炼厂的国家，LPG的供应都超过了需求，因此LPG的价格要比其他碳氢燃料价格低很多。但是由于实际条件限制，LPG的储藏和运输所增加的额外成本抵消了它的这种优势。

液化石油气已经作为一种车辆燃料在美国、加拿大、荷兰、日本以及其他一些地区得到广泛应用。在日本，260000辆出租车中有90%的车辆都使用LPG作为燃料。在香港，许多柴油燃料出租车已经转变成LPG燃料车辆。

维也纳有着世界上最大的LPG公交运营车队。经计算，一辆LPG公交车辆的附加成本是22000美元，这意味着与标准柴油车辆相比，附加成本增加了9%，同天然气车辆比较起来，附加成本大约增加了20500美元到35800美元。

公交车队使用LPG燃料，对于加油站来说，同柴油加油站相比，没有更多的附加成本（Vagt，1995）。作者计算出，德国一个拥有40辆公交车的柴油车队，根据车辆成本、运营成本以及加油站成本计算出的总成本是每公里1.6美元，而运营一个同样的液化气燃料车队，经计算得出的附加成本仅仅为3%。

LPG同CNG一样，能够将这种附加成本转化为有效的投资项目，因为LPG车辆同通常的柴油重载车辆相比，排放量很低，大大提高了空气质量。

LPG的主要缺点在于供应有限，因而不能大规模使用LPG燃料。

6.3 甲醇

甲醇具有很多令人满意的燃烧特性和尾气排放特性，包括低燃烧能力，低火焰温度（能够带来低的NO_X排放量），以及低的光化学反应。它是一种液体，因此储存和运输都要比气体燃料简便得多。就目前以及未来可预见的成本来说，生产甲醇的最经济原料是天然气，特别是在那些偏远地区的天然气，还没有现成的市场。最普通的甲醇燃料是M－85，这是一种甲醇和汽油的混合物。

轻载甲醇燃料车辆同汽油车辆一样具有相同的NO_X和CO排放量。VOC的排放量大约是汽油车辆的一半，VOC中臭氧反应物较低，可以导致较低的臭氧效应。甲醛排放量（是甲烷中主要的燃烧物质）要高于汽油车辆以及其他使用替代燃料车辆的甲醛排放量，但是可以通过催化剂转换器来控制这种排放量。

“除非石油价格大大提高，否则甲醇燃料同传统燃料相比在价格竞争上完全没有一点优势”

减少甲醇燃料GHG排放物主要在于生产原料。使用从甲烷中分离出来的甲醇，会使总使用期内GHG排放量比汽油车辆稍微低一点。但是使用从木头或纤维素中分离出来的甲醇燃料，总使用期内GHG的排放量要比汽油燃料车辆低60%。

大范围使用甲醇的主要障碍在于它的高成本和价格易变性。除非石油价格大大提高，否则甲醇燃料同传统燃料相比在价格竞争上完全没有一点优势。

6.4 乙醇

乙醇主要通过谷物（大部分是玉米）的淀粉发酵或甘蔗的食糖发酵作用生产而来。

通常它主要用作再生汽油的氧化剂以及作为一种汽油的混合物，即所谓的“酒精汽油”，这种燃料可以在汽油发动机中燃烧。如果要燃烧纯粹的乙醇燃料，则必须要有专门的发动机。

燃烧使用乙醇生成的再生汽油的车辆，VOC 和 CO 的排放量会减少，但是 NO_X 的排放量会有轻微的增加。

燃烧酒精汽油的车辆会比传统燃烧汽油的车辆排放出稍微多一点的GHG。燃烧纯乙醇燃料的车辆，其排放物的减少依赖于生产原材料。使用从谷物生产出来的乙醇车辆，在整个使用期内排放出的GHG要比汽油车辆低15%。使用从木质材料生产出来的乙醇车辆，GHG排放量要比传统汽油车辆低60%～75%。

酒精汽油燃料汽车的费用同同等汽油车辆相当。因为乙醇是从谷物和蔗糖里提取出来的，在大多数国家，乙醇燃料的生产同食品生产形成了直接竞争。这使得乙醇价格相对较高，因此在一些地区还不能作为机动车的高效燃料来利用，但是在巴西和美国这样的国家，由于国家提供很多补贴，乙醇燃料得以作为机动车燃料而使用。

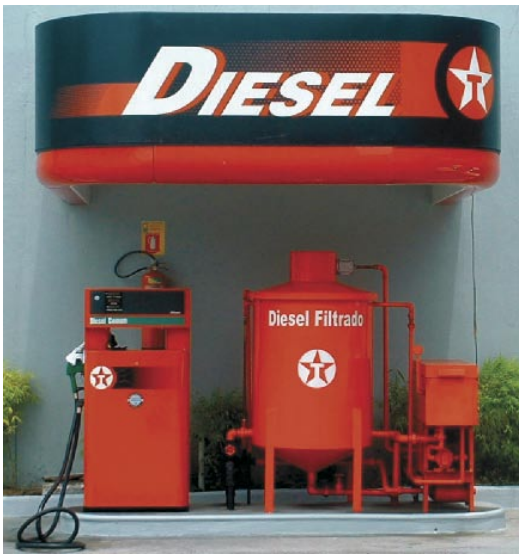
巴西的“Prooalcool”项目（见图6），目的旨在推广乙醇燃料在机动车上的使用，作为一种成功的替代燃料项目受到世界范围的关注。然而，虽然原材料广泛而且价格便宜，但是这个项目仍然需要政府的大量补贴才能得以实施。

生产乙醇的高成本（相对于碳氢燃料来说）仍然是大范围推广使用乙醇燃料的主要障碍。

6.5 生物柴油

生物柴油是通过蔬菜或动物脂肪同甲醇或乙醇反应生产出来的一种低粘性燃料，在物理特性上与柴油相似，可以单独或与汽油混和使用于柴油发动机。

多年来，有许多因素促进了生物燃料包括生物柴油的发展。例如，巴西开



a)

b)

c)

图6：在巴西库里提巴，既有传统清洁燃料，又有替代清洁燃料

展的巴西酒精燃料项目的最初动机主要是基于能源的考虑。然而，今天看来许多国家越来越重视发展生物燃料的最大动机在于环境方面的考虑，特别是随着城市空气污染和全球温室效应问题的出现。同时人们也希望为剩余农产品提供更多的利用空间。

生物柴油是一种不含硫的柴油。因此，上面所提到的各个要点，特别是与影响先进柴油控制技术相关的那些要点，同样适用于生物柴油。

一般来说，生物柴油在长时间内能够软化或降解某种类型的合成橡胶和天然橡胶。使用高含量生物柴油混和燃料会影响那些包含有与生物柴油不相容的合成橡胶成分的燃料系统元件（主要是燃料管和燃料泵封铅）。生产商建议天然或丁基合成橡胶不应与纯生物燃油接触，因为随着时间的推移会导致这些材料的降解，虽然使用生物柴油混和燃料会减轻这种作用效果。

普遍认为纯生物柴油或混和生物柴油能够减少柴油车辆CO的排放量（虽然这种减少量很小），减轻烟雾浑浊度，并且能控制HC的排放量。然而，许多研究表明普通发动机使用生物柴油燃料同使用柴油燃料相比，NO_X的排放量会有所增加。虽然有研究表明使用生物柴油燃料可以减少HC的排放量，但是生物柴油中有机酸或（和）氧化物成分会影响HC测量仪器、火焰离子检测器的反应能力，因此实际排放的HC要比所说的高。颗粒物排放数据也有混淆。大多数研究表明颗粒物排放量会减少，但是某些试验表明在某种情况下颗粒物排放量也有可能增加。例如，一项研究发现：生物柴油车辆在整个运营周期内会排出较多的颗粒物，颗粒物中含量最大的是可溶性有机物。

生物柴油成本高，这是其成为柴油替代燃料的一个主要障碍。

6.6 氢气（H_2）

氢气通常在20MPa压力下压缩成浓缩氢（CH_2）来使用，或者在－252℃（422°F）下变成液化氢使用。氢气是一种二级能源，这意味着氢气是从石油或非石油能源原料生产而来。

有人经常提议在道路交通部门使用氢气燃料而不使用含碳气体燃料，这样可以发挥CO_2的优势。然而，通过评价燃料总使用周期表明，使用其他石油能源来生产氢气并不能带来纯粹的CO_2优势。氢气作为道路交通部门的燃料，当它用再生能源生产出来时，例如用再生能源或生物能源生产的电力能源来生产氢气，这样其最大优势才能体现出来。

氢气可以用于内燃机（IC）或燃料电池。如果氢气用作重载内燃机车辆的燃料，CNG发动机车辆与氢气发动机车辆排出的NO_X量相当，但是PM排放量要低一些。内燃机客车车辆的数据目前还没有，现在大量研究集中在在车辆上使用氢气燃料电池而不使用燃气发动机，这种氢气燃料电池要比甲醇燃料电池效率高得多。

“通过评价燃料总使用周期表明，使用其他石油能源来生产氢气并不能带来纯粹的CO_2优势”

成本及其他限制

用再生能源生产氢气的成本要比生产再生电力能源的成本高一些。在1997年开展的一项研究中得出这样的结论：气态氢气的能量含量是太阳能电力能源能量含量的65%。另外，当时发现氢气的运输成本是太阳能电力的2倍。使用液态氢气会导致能量比太阳能电力能源减少50%，而成本是太阳能电力能源的4倍多。

6.7 电动车辆

1996 年在德国的波罗的海海岛的 Rugen 地区做了一个关于 60 辆电力车辆（EV）的综合试验。德国海德尔堡市的 IFEU ——能源与环境研究所，作了一份关于生态平衡的比较研究报告。下面的内容都是来自于 Daug（1996）报告的简要摘要。

温室气体及其他排放物

车辆的能量消耗以及尾气排放与大量的参数相关。与能量消耗关系最为密切的参数是驱动能，电池耗能（内阻消耗，电池发热，充电能，充电效率，自放电），二级能源消耗（充电能量转换）以及附加热能。

电动汽车与传统汽车相比，它更多地依赖于每一个国家电力能源的生产能力，甚至在同一国家也有本质的不同。例如，2005 年，德国有50%的电力能源是由煤矿生产出来的，大约 5%的电力能源是由再生能源生产的。在巴西，大部分的电力能源都是由再生能源生产的。

电动汽车相比于传统汽车的优势是电动汽车不排放对人有害的、直接破坏调配装置物理性能的有害气体。电力车辆噪声低，可以减少温室气体排放，进入土壤和水体的氮主要依赖于生产电能的来源。电车的缺点是：如果电能是由燃烧煤炭生产出来的，那么会导致潜在的更高的酸化作用，以及对气候产生更强烈的影响。这个不利作用会随着日公里性能的减少而不断增大，而只有在某种特殊的调配状态下，例如非常频繁的短距离行驶，才能得到弥补。

成本及其他限制

德国联邦环境机构（UBA）的观点是，电车技术可以与目前已有最好的内燃机车辆技术相媲美。由于电车具有不排放尾气的优势，因此两者之间的比较是在电车的附加成本即电池成本和超低排放车辆（ULEV）的附加成本之间进行的，而超低排放车辆又是同 1996 年 TIER Ⅰ标准排放车辆相对应的。

一辆ULEV的额外附加成本据估计在84美元到 200 美元之间，这主要依赖于发动机的大小（Carb，1996）。电车的额外附加成本大约在每公里1.7～3.3美分之间，主要与电池的类型和具体成本有关。UBA从这些数据计算出当时电车电池在其整个使用周期内额外附加成本在 2700 美元到6400 美元之间（Kolke，1995）。

在 TIER Ⅰ车辆基础上，UBA 得出结论，仅一辆电车的额外附加成本是 75 辆 ULEV 车辆的额外附加成本之和。从城市环境观点考虑，所有车辆完全使用 ULEV 标准车辆，其有效成本要比使用10%的电车，15%的ULEV车辆，75%的低排放转化车辆（TLEV）的成本高很多。

在生态敏感地区或需要零排放的封闭户内设施地区使用电车有着重要意义。UBA1996 年的研究表明，在典型交通条件下，引进更严格的尾气排放限制标准，例如控制汽油车辆尾气排放的 ULEV 标准和欧洲 4 标准，可以更有效地利用成本。

> “在 TIER Ⅰ车辆基础上，仅一辆电车的额外附加成本是 75 辆 ULEV 车辆的额外附加成本之和”

6.8 燃料电池

燃料电池（FC）车辆技术是目前正在讨论的在未来最具有发展前景的技术之一。已经讨论过氢气、甲醇和汽油都可以用作车辆燃料。我们必须对燃料生产中不同的可能性作进一步

区分。

UBA的观点是，研究和发展项目规划的第一步是与现有最佳的传统技术条件相比较，对应用方案、现实的环境效应和成本进行详细评估。只有在经过一个明确的分析后，认为燃料电池可以持续减少尾气排放，在价格上具有竞争优势，那样才可以考虑燃料电池的实际应用，把它作为一种在道路交通部门减少尾气排放的、现实的替代技术方案。

温室气体及其他排放物

燃料电池车辆的效率和成本是其成为“未来汽车”的一个主要问题。UBA在假设未来有可能发展的汽车中，对这些不同的汽车作了一个调查。对这种具有竞争性的高效燃料车辆和作为原型的汽油车辆作了一个比较，在绿色空间组织的帮助下发展了SMILE概念车（1996年）。这种车有四个人的乘客空间，汽车本身质量650kg，燃料消耗为每100km3.25L（72mpg），满足ULEV车辆的排放标准。计算了40kW发动机高效ULEV车辆的额外附加成本和15kW机械能发动机燃料电池车辆的额外附加成本，额定18kW（峰值为32kW）普通发动机车辆和40kW电池燃料车辆的额外附加成本。测试了两种类型的车辆：

- 使用压缩氢气燃料电池的车辆。
- 使用甲醇和重整器的燃料电池车辆。

计算表明储能系统的重量和推进装置（发动机、燃料电池、重整器等）的重量之和是未来汽油车辆的2～3倍多。

目前燃料电池车辆的主要优势是非常低的尾气排放量。UBA计算了在考虑燃料生产排放的情况下高效ULEV车辆和燃料电池车辆的排放量，将它们与1996年欧洲2标准汽油车辆（燃料消耗为每100km6L燃料，即39mpg）相对比。Daimler（1997年）给出了燃料电池车辆的燃料消耗数据，一个730kg质量的车辆，燃料消耗为20kW·h/100km和26kW·h/100km（分别为氢气燃料电池和甲醇燃料电池）。

高效ULEV车辆已经将尾气排放量显著减少了50%，最高可达85%。在德国直接尾气排放量的减少已经足以满足空气质量目标。如果德国所有车辆都实行这一排放标准或同等的排放标准，那么就不需要进一步降低尾气排放量。对比一下直接和非直接引起的尾气排放量，我们可以知道拥有非常可观燃料消耗优势的燃料电池车辆能够进一步减少尾气排放量。

这种新型车辆技术能够减少额外附加成本，同耗能为每加仑39mile、满足欧洲2排放标准的车辆相比，可以减少尾气排放量和主要能量消耗，与这种利益相关的比例参数也已经给出。这些参数将描述具体排放所带来的成本节约。下面给出了附加成本计算的简要过程。

成本及其他限制

同欧洲2排放标准车辆相比，为了计算这种客车车辆由于排放量减少所避免的成本损失量，就要把减少的尾气排放量同车辆额外成本相对比。车辆额外成本由不同部分组成，它包括大部分的驱动和储存成本，也就是车辆运行的能量成本。额外驱动成本的确定是在分析和计算具体成本的基础上进行的。图7给出了额外成本为50欧元/kW燃料电池车辆的成本分配计算模式。进一步的计算将在下面给出。

从长远来看，最重要的考虑就是减少温室气体CO_2的排放，下面的成果都是关于减少温室气体的计算总结。UBA同时也在考虑美国的燃料电池技术标准数据，其特点是FC-stack的生产费用是18～24美元，这已经在Ford/DOC项目中发表，在Sims中做过概述（1997年）。另外一个考虑是在所有FC驱动车辆中执行50美元/kW的目标战略。

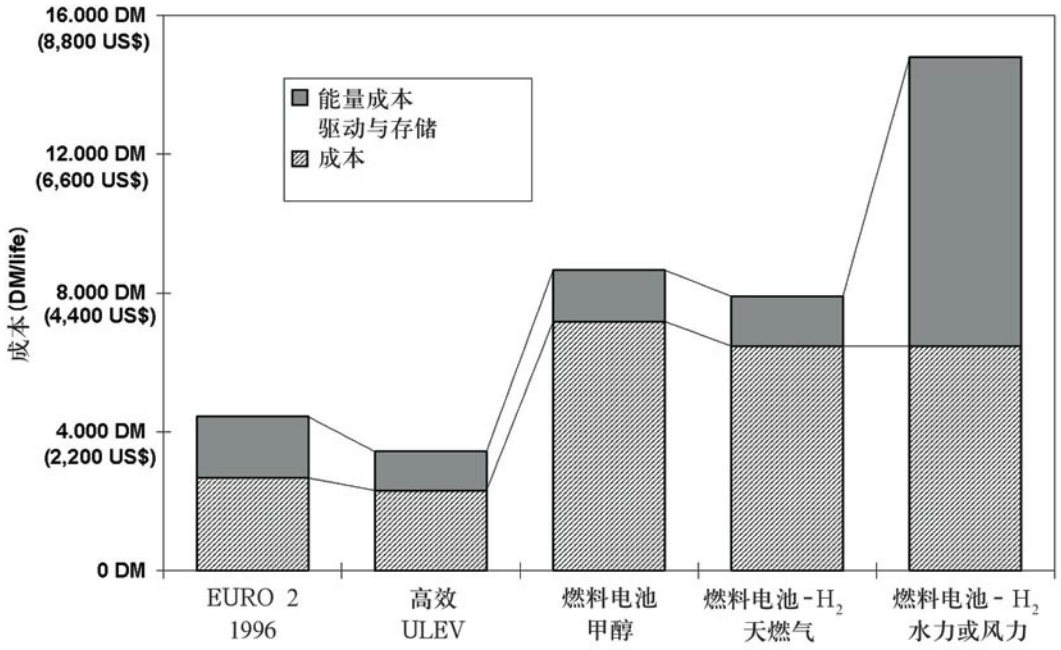


图7：
使用期为10年的新型客车成本分配比例

假设在交通部门成功应用燃料电池技术（FC车辆为50美元/kW），那么由于避免温室气体CO_2的排放而带来的节约成本为每公吨200美元。这要比高效的内燃发动机汽油车辆和超低排放车辆每公吨CO_2所节约的成本至少高出83美元。

UBA进一步将氢气燃料电池公交车辆的成本及减少的尾气排放量同内燃发动机公交车辆和天然气车辆（NG）相对比。比起柴油公交车辆，氢气燃料电池车辆可以完全减少尾气中NO_X和颗粒物（PM）等关键成分，而天然气车辆可以将NO_X减少85%，PM减少超过99%。成本对比显示，在最近几年，燃料电池技术并不是公交车辆最具成本竞争力的技术，也许会在下一个20年拥有这样的技术。

“与高效的内燃发动机汽油车辆和超低排放车辆相比，由于减少CO_2排放所节约的成本至少是83美元/公吨”

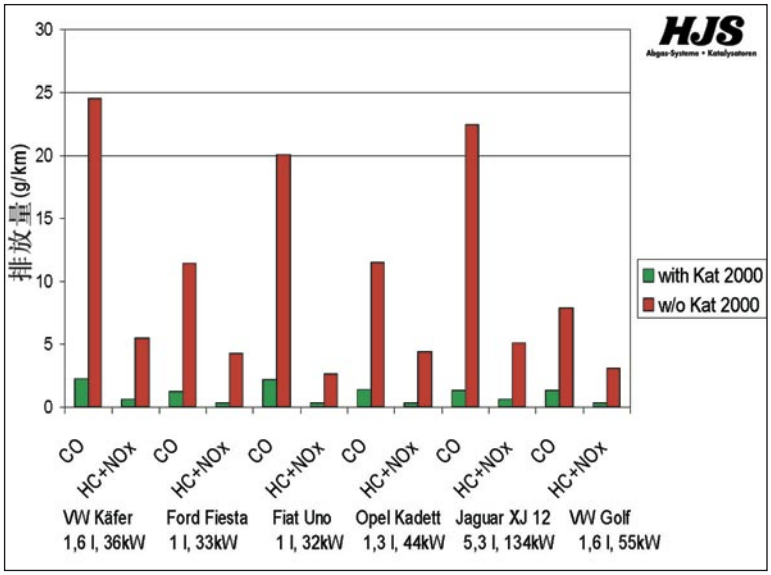
因为还没有未来FC公交车辆真实的成本数据，因此这种比较是在目前最具竞争力的技术上进行的，也就是与天然气车辆进行比较。目前已有的天然气车辆生产技术的额外附加成本在22000～39000美元之间，在未来的10年可以减少到14000美元（参见注释）。

不过，燃料电池技术仍然是未来最有前景的技术。但是我们需要从环境角度，根据它们所能提供的服务以及每一种目前已有的或可能的替代燃料所能提供的服务，来区别看待燃料电池车辆技术的应用。在一些固定地区应用FC技术是明智的，可以大力发展，因为它们可以将石油资源（例如天然气）转化为电能和热能，或者可以生产出比以前的电站和热力厂更高效的制冷产品。

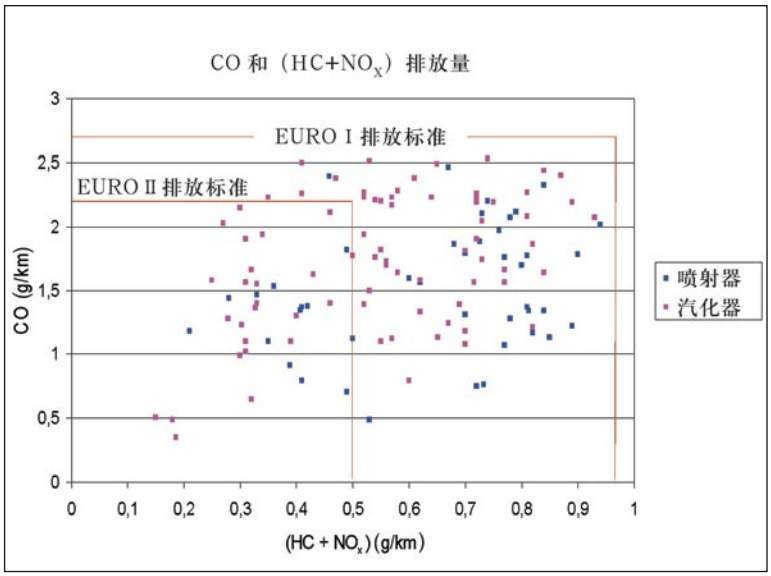
已有的改进系统有：

- 汽油车辆（闭合线圈三向催化剂转化器）
- 摩托车（2 冲程发动机和小型 4 冲程发动机氧化剂催化装置，大型 4 冲程摩托车闭合线圈三向催化剂转换器）
- 公交车辆和卡车（颗粒物过滤器，NG 车辆和 LPG 车辆闭合线圈三向催化剂转换器）
- 柴油小汽车和 LDT 车辆（很快就会出现颗粒物过滤器）

a)



b)



c)

德国的改进策略和经验

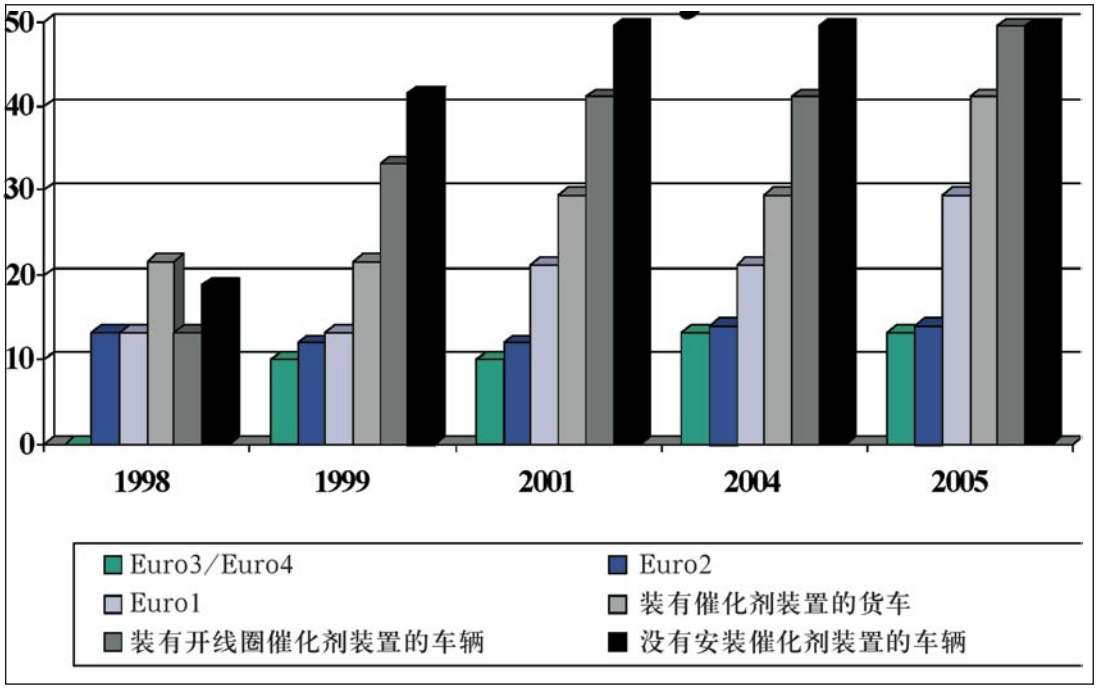
（来源：Axel Friedrich，联邦德国环境机构）

（注释：1DM 大约是 0.5 欧元）

在用车辆的改进是目前短期内减少交通部门尾气排放量的可用的主要手段之一。尽管如此，但是世界上有许多不同地区试图使用这一手段都未能取得成功。在德国由于森林退化和空气污染带来的有害影响大大提高了人们的环境意识，使得人们开始制定法规减少工厂和交通车辆排放出来的尾气。早在二十世纪八十年代，就已经要求对电厂的洗涤剂和催化剂进行改进以减少二氧化硫和氮氧化物（NO_X）的排放量。在二十世纪八十年代中期，引进三向催化剂转换器装置后，又呼吁对汽油车辆进行改进，使用开放的三向催化剂转换器或尾气循环装置（EGR）。开放的三向催化剂转换器能够减少安装有汽化器的汽油车辆大约50%的尾气排放量。改良的EGR装置可以在低速下减少 30%的NO_X排放量，低速时NO_X的排放量本身也很低。这个改进项目由税收来资助。每一种车辆都必须通过某种设备检测。因为疏漏，并没有要求对耐久性进行检测，所以有些不完备系统仍在应用之中。

在第二阶段，使用开放的三向催化剂转换器限制尾气排放量，这需要安装 λ 传感器控制的三向催化剂转换器，除此之外还需要进行相关法规的制定。这些经过改进的汽车可以满足欧洲 1 汽车排放标准，但是如果它的年税达不到 1250DM（大约 650 美元），车主不得不为这种满足欧洲 1 排放标准的车辆支付差额的年税，那么这种措施是不可取的。法规的制定同样要满足某种新型车辆的需要。安装好改进装置后，每一辆车都必须经过许可检测中心的检测，获得一张由官方派发的车辆识别卡。由于这种法规要求企业大力发展满足欧洲 1 标准的汽车改进措施，因此对于一个中型汽车来说，这种改进费用会下降到 1250 — DM（大约 640 欧元）。

这种改进的配套装置包括三向催化剂转



d)

德国与车辆税收相关的年排放量(DM/100ccm)

换器（包括不锈钢管）、电子控制单元（包括λ传感器），还包括位于汽化器下面的空气导气装置，必要的话，还包括一个汽化器适配器。说明文件也应包含在内。修车厂会得到一个标准刻度盘用来正确设置发动机和λ的值。

图8b)是几种不同尺寸和新旧程度的车辆改进前后排放量的对比。最老的一辆改进车辆是1936年生产的Fiat Topolino。这种改进使得车辆尾气排放量减少了90%。

图8c)是许多不同车辆的排放检测数据。从图上可以看出相当多的车辆所有三种污染物排放量都能满足欧洲2排放标准的要求。

1998年对车辆年税进行了变动以便用税收率来反映车辆尾气排放程度。由于这种税收变化的社会意义——高污染车辆都属于穷人，所以这种变化措施只实行了一段时间，随后就被淡忘。图8d)是税收结构的示意图。旧污染车辆的车主可以有两个选择，或者改进旧车，或者废弃旧车。这种改革的目标就是使税收变化中立化。到现在为止，大约有800000辆汽车进行了改进。对一辆汽车来说，大约平均需要2～2.5年的时间才能通过税费减少来支付这种催化剂装置的费用。现在没有安装闭合线圈三向催化剂转换器的旧车是很难销售的。因此，车辆转卖商对近年来的大部分车辆都作了改进，为此作出了贡献。

除了税收激励政策，其他手段也用来促进车辆的改进。制定不同的法律、法规，对车辆空气污染物[在过去的十年，街道上主要污染物是冬季烟雾，现在是夏季烟雾（臭氧）]排放量进行最高限制，但是都仅仅适用于高排放车辆。这意味着改进车辆也被排除在外。为了便于实施，安装有闭合线圈催化剂转换器的车辆都在挡风镜上贴了一个标签，尽管到目前为止这种措施在德国只用过两次，但是通过实施这种法规，大大影响了车辆的改进和废弃。能够完全满足额外需要的改进配套装置都在广告中用环保标签（Umweltzeichen）来标识。

7. 结论

现在，人们已经非常明确，清洁燃料技术是整个综合有效控制车辆污染策略里的一个重要组成部分。消除汽油中的铅，就如同实实在在减少汽油和柴油中的硫一样都是清洁燃料项目中的一个组成部分。过去二十五年的经验告诉我们，必须尽快消除燃料中的这些有害物质。

今天，世界上许多国家都在大量使用以石油作为燃料的内燃发动机车辆。这种技术正在迅速发展，特别是在有超低硫燃料出现的地方，能够获得非常低的污染物排放量。另外，提高燃料效率是有可能的，这样可以降低温室气体排放的增长率，在某些情况下，可以减少来自于交通部门的实际温室气体排放的绝对量。

然而，替代燃料和技术的出现为大大减少排放物，提高某种类型车辆的效率提供了机遇。不同替代燃料和技术处于不同的发展阶段，每一种替代燃料和技术都有着独一无二的作用和排放特性。考虑到目前的发展状态以及未来减少排放量的潜在要求，采取下面的策略似乎是最恰当的：

在某个特定地区，如果压缩天然气的供给充足，而ULSD供给不足，或者还没有可靠的来源，那么我们就要考虑用CNG公交车辆代替柴油公交车辆。其他主要的燃料车辆，比如说垃圾车或地方送货车，也在替代车辆考虑之内。

在某个特定地区，如果压缩天然气和LPG供给充足，那么我们就要考虑用CNG或LPG车辆代替那些具有2冲程发动机的高污染车辆。转换成LPG和CNG车辆已经是一种可行的技术。要减少PM和HC的排放量，对三轮车来说最成功的策略就是用4冲程发动机的CNG车辆或LPG车辆代替现有的2冲程发动机汽油车辆。

推广使用天然气车辆和LPG车辆有几个障碍，包括缺乏交通基础设施和储备基础设施，额外成本增加（主要是燃料储存罐的费用），货物空间减少，加油时间延长，以及降低了行驶范围。因此，应该考虑实行诸如降低燃料税或其他的一些经济激励政策，作为引导、鼓励使用这些燃料的一种手段。

在某些地区，LPG供给充足，而ULSD供给不足或没有可靠的来源，那么我们必须考虑用天然气车辆代替柴油或汽油出租车。

将现有柴油车辆改造成天然气车辆是有困难的，并且存在一些问题，通常会导致更高的实际NO_X的排放量。因此对于柴油车辆来说，应该考虑替换而不是改造。

将现有汽油车辆改造成CNG或LPG车辆并不是非常困难，如果改造良好，那么就可以减少排放量。

汽油燃料的固有优势会确保这种改造车辆在使用上不存在问题。

考虑到这些燃料的生产原料以及利用过程，它们可能会导致或高或低的GHG尾气排放。例如，由碳生产的甲醇燃料GHG排放量大约是传统汽油燃料GHG排放量的两倍，而由天然气生产的甲醇燃料要比汽油燃料GHG排放量稍微低一些，由纤维素生产的甲醇燃料GHG排放量大约低60%。

展望未来，我们清楚地知道，在世界上许多地区，车辆污染会继续快速加剧，继续给当地以及全球带来环境压力。在经过了40多年的减少车辆污染的努力之后，美国仍然有1亿多人口继续生活在有一种或多种空气污染物超标的影响健康的环境里。至于全球变暖问题，现在交通部门是温室气体最大、最快的排放部门，而且，尽管在欧洲一些地区已经开始采取措施，但是来自于交通部门的CO_2排放量增长率仍然没有降低。甚至是在欧洲，虽然通过增加柴油车辆的使用来实现减少CO_2的目标，但是近来有证据证明从这些车辆排出的黑炭颗粒物可能会抵消收益。虽然传统的燃料技术仍然继续努力表明它们可以获得更低的CO、HC、NO_X和PM排放水平，但是它们也在继续快速消耗世界上有限的石油资源。

因此，当一个人综合考虑这些问题包括噪声污染、水体恶化问题的同时，他应该要问给下一代车主更多的技术和燃料选择是不是谨慎

的。问题在于把所有可用资源都花在现有已经成熟的并且会继续带来长足进步的技术和燃料上，是不是一个很好的公共政策；或者是否可以考虑将一些资源用来发展那些现在仍然昂贵的、处于发展初期的但是在不久的将来具有美好前景的燃料厂和电站技术。至于发展中国家，资源更加有限，存在的问题也最尖锐。然而，在像中国这样的国家里，车辆正在不断增长，决策者已经决定实施一些长期技术投资（按照1亿美元的投资顺序）策略来充分保证正当的环保要求。每一个国家都必须根据本国所面临的环境问题、资源、原油进口成本、技术能力等来解决他们自己的问题。

更多的信息

尾注

1. “Societal Benefits of Reducing Lead Exposure”, Schwartz, Environmental Research 68, 105–124, 1994.
2. Misfueling Emissions of Three–Way Catalyst Vehicles, R. Bruce Michael, U.S. Environmental Protection Agency, presented at the Society of Automotive Engineers, Fuels and Lubricants Meeting, October 8–11, 1984, SAE Paper #841354.
3. Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program, Technical Bulletin No. 2, Effects Of Fuel Sulfur Levels On Mass Exhaust Emissions, February 1991.
4. U.S. EPA. (1999) Analysis of the Impacts of Control Programs on Motor Vehicle Toxic Emissions and Exposure in Urban Areas and Nationwide: Volume I. Prepared for EPA by Sierra Research, Inc. and Radian International Corporation/Eastern Research Group, November 30, 1999. Report No. EPA420–R–99–029.
5. Personal communication.
6. Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program, Technical Bulletin No. 1, Initial Mass Exhaust Emissions Results From Reformulated Gasolines, December 1990.
7. Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program – What Is It and What Has It Learned? Colucci and Wise, June 7, 1992, Presented at XXIV Fisita Congress, London, England.
8. It is important to note that formaldehyde levels in the atmosphere vary depending on the climate and hydrocarbons present. Formalde–hyde forms in the atmosphere through secondary transformations.
9. Lee, R., Pedley, J., and Hobbs, C., Fuel Quality Impact on Heavy Duty Diesel Emissions: A Literature Review, Society of Automotive Engineers Technical Paper Series, Paper No. 982649, 1998.
10. Hublin, M., Gadd, P.G., Hall, D.E., and Schindler, K.P., European Programmes on Emissions, Fuels and Engine Technologies (EPEFE) – Light Duty Diesel Study, Society of Automotive Engineers Technical Paper Series, Paper No. 961073, 1996.

11.Rickeard, D. J., Bonetoo, R., and Signer, M., European Programme on Emissions, Fuels and Engine Technologies (EPEFE) – Comparison of Light and Heavy Duty Diesel Studies, Society of Automotive Engineers Tech. Paper Series, Paper No. 961075, 1996.
12.The Auto–Oil Programme, Informal Briefing, Brussels, 21 March 1995.
13.R. Westerholm, Stockholm University (1995). Fuel related PAH Emissions from Heavy Duty Diesel Vehicles
14.Wahl, R.E. (1995)
15.THERMIE (1997)
16.For an overview see Rodt et al. (1998)
17.(Rijkeboer, Binkhorst, 1998)(?)
18.Nylund, N. –O., Eklund, T. (1994)
19.Vagt, A. (1995)
20.Emissions from a diesel vehicle operated on alternative fuels in Copenhagen, SAE 1999–01–3603, Schramm, Gratz, Foldager and Olsen, October 1999
21.Nitsch, J. et al. (1997).

其他参考文献:

■ arb (1994), Staff Report, Low Emission Vehicle and Zero Emission Vehicle Program Review, April 1994 (California:California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Mobile Source Division)
■ Carb (1996), Low–Emission Vehicle and Zero–Emission Vehicle Program Review, Staff Report,State of California, Nov. 1996 (El Monte:California Environmental Protection Agency)
■ Daimler (1997), Neue und alte Antriebskonzepte gegen ü bergestellt, Weniger Energie – weniger Emissionen – gro β e Reichweite, Pressetext und Grafiken, Mai 1997(Stuttgart: www.daimler–benz.com)
■ Daug (1996), Testing of Electric Vehicles of the Latest Generation on R ü gen Island and Supply of Electric Vehicles with Solar Energy and Provision of Charging Stations, subsidised by Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology, TV 9225 and 329376 A, December 1996 (Braunschweig,Zirkow: Deutsche Automobilgesellschaft mbH)
■ Glockel, T. (1997), Alternativ betriebene Fahrzeuge in oterreich, eine Bestandsaufnahme, Bundesministerium f ü r Umwelt, Jugend und Familie, R–141, Wien:Umweltbundesamt)
■ Greenpeace (1996), Inoffizielle Messung der Abgaspr ü fstelle der Ingenieurschule Biel, Kontroll–Nr. 401799–6 vom 02.08.1996 aus: Das SmILE–Konzept, Information der Greenpeace e. V., August 1996 (Hamburg: Greenpeace)
■ Kolke, R. (1995), Elektro–Otto–Diesel–Pkw Systemvergleich, internal Study, 20.01.1995 (Berlin: Umweltbundesamt)
■ Nitsch, J. et al. (1997), Entwicklung f ü r solare Energiesysteme und die Rolle von Wasserstoff am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland. VDI–Bericht 1321 (1997). Fortschrittliche Energiewandlung und Anwendung (D ü sseldorf: VDI). 767–782
■ Nylund, N, and Eklund, T. (1994), Low emission heavy duty vehicles for urban services, Technical Research Centre of Finland, ISATA 94 EL 040
■ Rodt, S. et al. (1998), Country Programs Natural Gas – Experiences in Germany, NGVs Becoming a Global Reality – Country Programs, 6. International Conference for Natural Gas Vehicles, K?n, May 26–28, 1998
■ Sims, R. (1997), Ford' s Fuel Cell Research & Development Activities, Conference "Commercialising Fuel Cell Vehicles 97", 20.–22. October 1997 (Frankfurt/Portland: Intertech Conferences)
■ THERMIE (1997), Das Erdgasbusprojekt Berlin, 5. Zwischenbericht, Band 1: Projektbericht, September 1997 (Berlin: SenBWV, EuroTeam, SenVuB, BVG, InnoTec, IAV, TEWET)
■ UBA (1999b), Technical Options for Abating Road Traffic Impacts Comparative study of fuel cell vehicles and vehicles with internal combustion engines, UBA Texte 93/99 (Berlin: Umweltbundesamt)
■ UBA (1999c), Fahrzeugwesen, Handbuch Umweltfreundliche Beschaffung, 4. v?lig neubearbeitete Auflage, Umweltbundesamt (Hrsg.), Verlag Franz Vahlen, 1999, Seite 170–178
■ Wahl, R.E. (1995), Konzeption und Kosten von Tankstellen, Arbeitsgespr?h: Gasbetriebene Nutzfahrzeuge in Ballungsr?men, Umweltbundesamt, Berlin, 6.9.1995
■ Vagt, A. (1995), Erdgas oder Autogas?– Eine

Diskussion aus Sicht der Fl ü ssiggas–Industrie, Arbeitsgespr?h: Gasbetriebene Nutzfahrzeuge in Ballungsr?men, Umweltbundesamt, Berlin, 6.9.1995.

推荐的网址:

- www.adb.org/documents/Events/2001RETA5937/New_Delhi, ADB–Fuel Quality &Alternative Fuels Workshop, May 2001, New Delhi, India
- www.afb.org/Vehicle-Emissions, ADBReducing Vehicle Emissions in Asia
- www.aqmd.gov, South Coast Air Quality Management District; air pollution control agency in Southern California
- www.arb.ca.gov, California Air Resources Board
- www.bts.gov/smart, US Dept. of Transportation, National Transportation Library
- www.epa.gov/omswww, US EPA Transportation and Air Quality
- www.gein.de/index_en.html, German Environmental Information Network
- www.umweltbundesamt.de/index-e.htm, Umweltbundesamt
- www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/daten-e/brennstoffzelle.htm, fuel cell study.

常用的缩略词

APU	辅助能量单位
BET	现有最好技术
CNG	压缩天然气
CH4	甲烷
CO	一氧化碳
CO_2	二氧化碳
EURO 1	尾气排放标准 91/441/EEC
EURO 2	尾气排放标准 94/12/EEC
EURO 3	尾气排放标准 98/69/EC
EURO 4	尾气排放标准 98/69/EC
FC	燃料电池
FCV	燃料电池车辆
FTP75	美国汽车行业
H2	氢气
HC	碳氢化合物
ICE	内燃机
LEV	低排放车辆
Mpgge	每当量加仑汽油行驶的英里数
MTBE	甲基三丁基乙醛—— 一种无铅汽油抗爆添加剂
NEDC	新欧洲汽车行业圈
NG(V)	天然气（车辆）
NMOG	非甲烷有机气体
NMVOC	非甲烷挥发性有机化合物
No_x	氮氧化物
PAH	多环芳香烃——一族仅由碳和氢组成的非常稳定的有机分子
PM	颗粒物
PNGV	新生代车辆联合公司
Psi	磅／平方英寸
SO2	二氧化硫
SOF	可溶性有机物——柴油车辆尾气颗粒物中的一部分，可以从溶液中萃取得到
SULEV	极超低排放车辆
TLEV	过渡型低排放车辆
THC	碳氢化合物总量
TWC	三向催化剂转换器
UBA	联邦环境机构
ULEV	超低排放车辆
UMK	德国环境部标准讨论会
ZEV	零排放车辆
ZLEV	零级排放车辆

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
德国技术合作公司

地址:
Dag-Hammarskjøld-Weg 1-5
P. O. Box 5180
65726 Eschborn / Germany

电话: +49-6196-791303 (德国)
传真: +49-6196-79801357
网址: http://www.gtz.de
电子邮件: transport@gtz.de