



## 两轮车与三轮车

分册4c

可持续交通: 发展中城市决策者手册

## 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。这套资料手册由超过31本的分册构成,其内容将在后面提及。此外,作为本套资料手册的补充,还配有一系列的培训文件及其它资料,可以从<http://www.sutp.org>(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)上调阅。

#### 供什么人使用?

本书的使用对象是发展中城市的决策者及其顾问。这个目标读者群会在本书的内容中体现,本书内容还提供了供一定范围内发展中城市使用的合适的政策工具。此外,学术部门(例如大学)也会从本书中获益。

#### 应当如何使用?

本书可以有多种使用方法。若为印刷版,本套手册应当保存在同一处,各个分册分别提供给涉及城市交通工作的官员。本书还可以方便地改编,供正规的短期培训使用;还可以用作城市交通领域编制教材或其他培训课程的指南。GIZ(德国技术合作公司)正在为所选择的分册精心制作成套的训练材料,从2004年10月起全部可以在<http://www.sutp.org>或<http://www.sutp.cn>上调阅。

#### 本书有哪些主要特点?

本书的主要特点包括以下各项:

- 可操作性强,集中讨论规划和协调过程中的最佳做法,并尽可能地列举了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,通俗易懂。
- 在尽可能的情况下,采用非专业性语言,在必须使用专业术语的地方,提供了详尽的解释。
- 可以通过互联网更新。

#### 怎样才能得到一套资料手册?

在<http://www.sutp.org>或<http://www.sutp.cn>上可以找到这些分册的电子版(PDF格式)。由于所有分册的经常更新,已经没有英文版本的印刷版。前20本分册的中文印刷版由人民交通出版社出版,并在中国地区出售。如有任何关于分册使用方面的问题可以直接发邮件至[sutp@sutp.org](mailto:sutp@sutp.org)或[transport@giz.de](mailto:transport@giz.de)。

#### 怎样发表评论,或是提供反馈意见?

任何有关本套资料手册的意见或建议。可以发送电子邮件至: [sutp@sutp.org](mailto:sutp@sutp.org); [transport@giz.de](mailto:transport@giz.de),或是邮寄到:

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

#### 其他分册与资料

今后的其他分册将涉及以下领域:发展中城市的停车管理以及城市货运。其他资料正在准备过程中,目前可以提供的有关于城市交通图片的CD-ROMs光盘和DVD(一些图片已上传到<http://www.sutp.org> - 图片区)。在<http://www.sutp.org>上还可以找到相关链接、参考文献以及400多个文件和报告(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)。

## 分册及作者

### 各分册及撰写人

- (i). 资料手册概述及城市交通的交叉性问题  
(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,  
Carlos F. Pardo, GTZ)
- 1f. 可持续城市交通的融资  
(Ko Sakamoto, 英国交通运输研究室)
- 1g. 发展中城市的都市货运  
(伯恩哈德·O·赫佐格Bernhard O. Herzog)

### 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)
- 2c. 停车管理: 为创建宜居城市做出贡献  
(Tom Rye)

### 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. 非机动车方式的保护与发展  
(瓦尔特·胡克Walter Hook, ITDP)
- 3e. 无小汽车发展(劳伊德·赖特Lloyd  
Wright, ITDP)

### 车辆与燃料

- 4a. 清洁燃料和车辆技术 (迈克尔·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)
- 5d. 交通领域的清洁发展机制 (Jürg M. Grütter)
- 5e. 交通与气候变化 (Holger Dalkmann,  
Charlotte Brannigan, C4S/TRL)
- 5f. 让城市交通适应气候变化  
(Urda Eichhorst, 女士现为德国)
- 5g. 城市交通与健康  
(Carlos Dora, Jamie Hosking,  
Pierpaolo Mudu, Elaine Ruth Fletcher)
- 5h. 城市交通与能源效率  
(Susanne Boehler, Hanna Hueging)

### 资料

6. 供政策制定者使用的资源 (GTZ)

### 城市交通的社会和交叉性问题

- 7a. 性别与城市交通  
(Mika Kunieda, Aimée Gauthier)

## 关于作者

**伊亚尔 (N. V. Iyer)** 先生毕业于机械工程专业, 并在1965年完成了在印度石油学院的研究生课程。他接受了在1969年在法国石油研究所专门研究培训。艾耶先生工作的前13年是在印度的石油研究所, 工作内容为燃料和润滑油在内燃机和车辆废气排放中的应用研发, 之后来到印度石油总公司的研发中心。在24年里, 他一直在印度的汽车行业, 主要工作在研发领域, 其中在过去的16年里, 主要工作涉及两轮、三轮车领域。他是印度汽车制造商协会的两, 三轮技术小组委员会的现任主席。艾耶先生目前是印度浦那Bajaj汽车有限公司的技术顾问。

**杰腾德拉·沙赫起 (Dr. Jitendra Shah)** 博士于1976年完成化学工程硕士学位, 随后在1991年在波特兰州立大学俄勒冈研究生中心环境科学系获得博士学位和MBA学位。沙赫起博士已经有超过25年在美国和国际上的研究和项目管理经验。自1991年以来, 他作为世界银行的高级环境工程师, 目前他的项目工作涵盖了概念阶段到区域空气质量计划的实施方案, 主要应对在亚洲和城市空气质量管理中的酸雨问题。他管理了在南亚的一些环境投资项目, 包括对臭氧洞和全球气候变化的应对。他还协助并评估了世界银行资助的环境项目。

# 两轮车与三轮车

本书中所述的发现、解释和结论,都是以GIZ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GIZ并不保证书本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, GIZ概不负责。

**主要作者:** Jitendra Shah (The World Bank) and N. V. Iyer (Bajaj Auto Ltd)

\*这一分册引用了以下研究者与机构的研究: Masami Kojima, Carter Brandon, Jitendra Shah, 南亚城市空气质量改进: 减少两冲程发动机排放, 世界银行 (2000年12月) <http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/publication/airquality/html>。除了其他引用的地方, 第三部分在修改与更新的基础上引用了这篇文章, 其他的资料由N.V.Iyer与Jitendra Shah提供。

Christopher Cherry博士  
第3.8章是由田纳西大学市政工程系的助理教授克Christopher Cherry提供的。这一章基于亚洲清洁空气行动、加州大学伯克利分校未来城市交通中心和国家科学基金共同赞助的研究成果。

**编辑:** 德国技术合作公司(GIZ)  
Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
P. O. Box 5180  
65726 Eschborn, Germany (德国)  
<http://www.giz.de>

第44部: 水, 能源, 交通  
部门项目“交通政策咨询服务”

委托机构  
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

\*我们要感谢Karl Fjellstrom对所有稿件的严格审查和评估, 确认与协调每位作者, 以及在整个分册整理过程中对稿件的整理与编辑工作。他对分册能够从原始的构想发展为最终刊物作出了突出的贡献。

**封面图片:** Karl Fjellstrom  
越南胡志明市, 2002年1月

**翻译:** 本分册中文版由谢奇先生更新和翻译完成。文本翻译及使用中出现的错误及损失均与德国国际合作机构(GIZ)无关。

**排版:** Klaus Neumann, SDS, G.C.

**编辑:** 本分册是GIZ 2009年4月出版的《可持续发展的交通: 发展中城市政策制定者资料手册》的一部分。

Eschborn 2002 (更新于2009年4月)

---

## 目录

---

1. 前言 .....	1
2. 两轮车, 三轮车和城市交通系统 .....	1
2.1 亚洲发展中城市的两轮车和三轮车 .....	1
2.2 公共交通问题 .....	4
2.3 道路安全问题 .....	5
3. 两冲程发动机的尾气排放 问题 .....	7
3.1 排放物种类 .....	9
3.2 导致排放恶化的因素 .....	11
3.3 排放物的影响 .....	12
3.4 减少两冲程发动机车辆的排放 .....	13
3.5 两冲程汽油发动机的替代产品 .....	21
3.6 政策指导 .....	26
3.7 未来展望 .....	35
3.8 电动自行车-潜在法规对移动性与环境的影响 .....	35
4. 更多的参考资料 .....	39
4.1 参考文献 .....	39
4.2 网络资源 .....	41

## 1. 前言

本分册将集中讨论亚洲发展中城市的两轮车和三轮车问题,因为这些地区两轮车和三轮车以及与之密切相关的问题比世界上其他发展中国家更为突出。

有关两轮车和三轮车的问题可分为两大类:第一类是在摩托车出行比例较高城市中的城市交通系统相关问题。这些城市包括德里,河内,胡志明市,达卡,登巴萨,以及亚洲其他发展中城市。本分册的这一部分提出了一些“摩托车型”城市交通系统的关键问题,但并不详细讨论解决此类问题所采用的政策和方法。

第二类是由高比例使用两轮车与三轮车导致的与城市空气质量相关的问题。至少从短期和中期来看,两轮车和三轮车的排放问题是发展中城市最为严重的问题。推荐的针对发展中城市的政策建议会在下文中详细说明。

本分册的部分章节以“文字框”的方式出现,其内容是一个近期区域研讨会(2011)的有关减少两轮车与三轮车排放问题的主要成果。这一研讨会的书面材料可以从下文对应部分所提到的网站上下载。

## 2. 两轮车, 三轮车和城市交通系统

有关两轮车和三轮车的交通系统的详细讨论超出了本书的范围,本部分主要强调几个关键问题。

### 2.1 亚洲发展中城市的两轮车和三轮车

两轮车一般包括机动脚踏两用车、小型摩托车和摩托车。亚洲城市的两轮车主要用于个人交通;在曼谷和其他一些城市(包括越南和印度尼西亚)摩托车也用于公共交通或辅助客运系统。三轮车包括小型和大型出租车,小型出租车一般可乘坐三位乘客,如印度和斯里兰卡的机动黄包车,孟加拉国的小型出租三轮车和泰国的“突突”车。大型出租车通常可乘坐十二位乘客,如孟加拉国、尼泊尔和印度部分地区的Temos。虽然近年来由四冲程汽油发动机驱动的两轮车比重显著增加,很大比例的两轮车是由两冲程汽油发动机提供动力的。虽然许多三轮车是由两冲程汽油发动机提供动力,也有许多是由小型柴油发动机提供动力。很小比例的三轮车是使用液化石油气或天然气提供动力的(如在印度和泰国)。

---

**“越南, 泰国和印度尼西亚每个国家每年的摩托车销售量超过100万辆, 在这些地区摩托车是家庭出行工具。”**

Autoasia Magazine, Oct. 2002, p5 亚洲汽车杂志, 2002年10月, 第五页

---

两轮车和三轮车在亚洲交通工具市场上扮演着非常重要的角色。印度、中国、越南和印度尼西亚拥有数量庞大的用于个人交通的两轮车(见图1)。三轮车主要用于短程出租车。在斯里兰卡,一些家庭由于

图1  
亚洲和澳洲的  
两轮车注册

国际道路联盟 (International Road Federation) 2009年世界道路数据



受相对汽车较低廉的价格吸引, 购买了三轮车用于个人出行。在中国、泰国和马来西亚, 超过一半的机动车由两轮车组成; 在印度尼西亚、越南和中国台湾, 两轮车占机动车的比例超过三分之二。图2表明了两轮车和三轮车在达卡 (孟加拉国)、胡志明市 (越南)、登巴萨 (印度尼西亚) 和

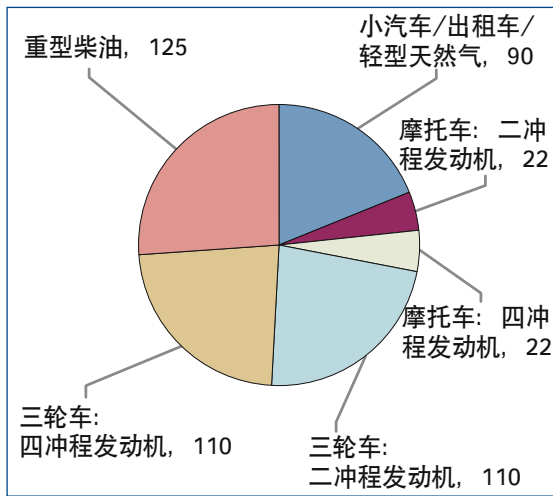
德里 (印度) 的主导地位。然而如图3所示, 注册车辆和在用车辆的数量并不总是一致的, 所以在分析中使用可靠的数据是很重要的。

人们认为三轮出租车不总是遵守交通规则, 并且比汽车更加容易发生事故。由



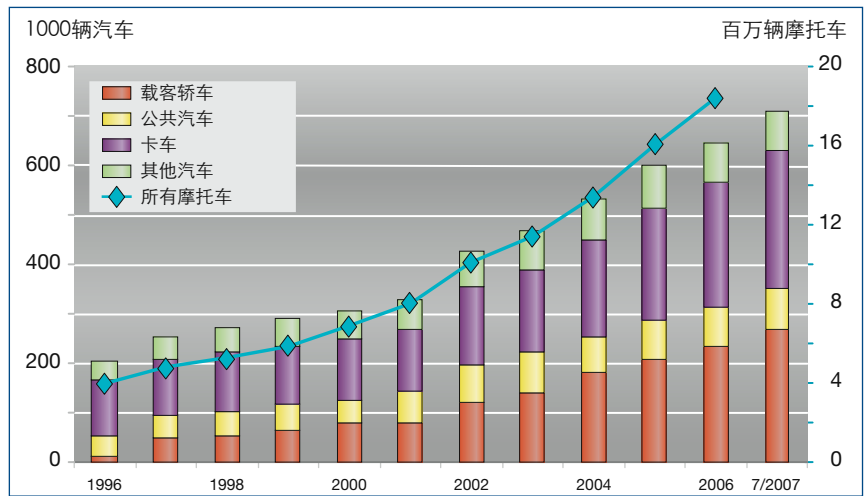
a. 达卡的车辆使用(公里/天)

来自世界银行, 沃尔什, 2001年, 城市交通和EIP的策略分析(无日期)



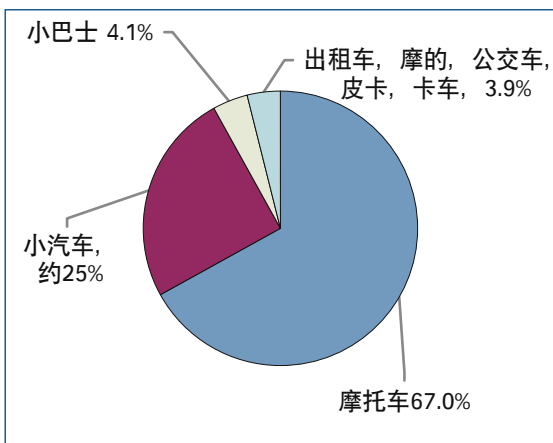
b. 越南的车辆数目, 1996-2007

Nguyen Van Tai博士, “EST的成就、进展及未来策略”, 第四届环境可持续交通论坛, 联合国区域发展中心, 汉城, 韩国, 2009年2月24日至26日, <http://www.uncrd.or.jp>



c. 个人出行模式占比, 巴厘登巴萨

BUIP, 1999年



d. 新德里汽车保有量

沃尔什, 2001年, 数据来自Sengupta, 2000年12月

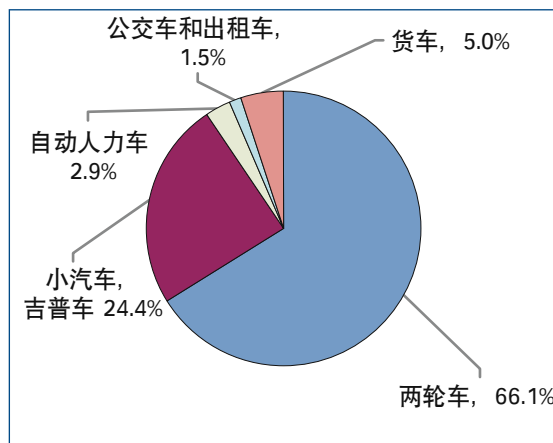


图2a、b、c、d 在选定的城市中两、三轮车特征的各项指标。

于数量庞大, 他们随处可见, 并且导致了拥堵和污染。出于对这些原因的考虑, 一些国家对两冲程发动机三轮车有非常强烈的抵触, 特别是孟加拉国。

印度政府任命的一个专家组会近期完成了一向有关印度主要城市道路交通和空气污染的研究。这项研究包括了对这些城市不同交通方式组成的评价(印度政府, 2002年8月, [http://www.petroleum.nic.in/afp\\_con.htm](http://www.petroleum.nic.in/afp_con.htm))。有关德里的研究结果如图4所示, 德里是印度拥有机动车数量(多于

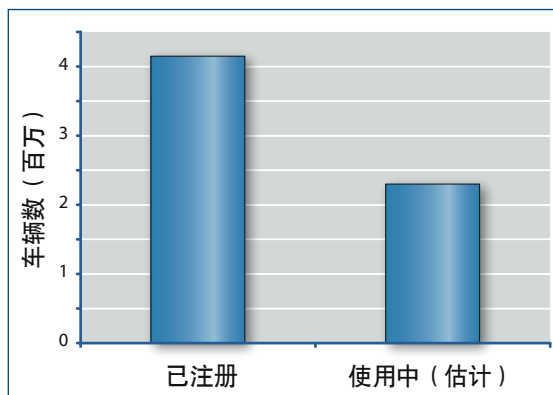


图3 曼谷的使用数据与注册数据的比较

沙阿, 2001年

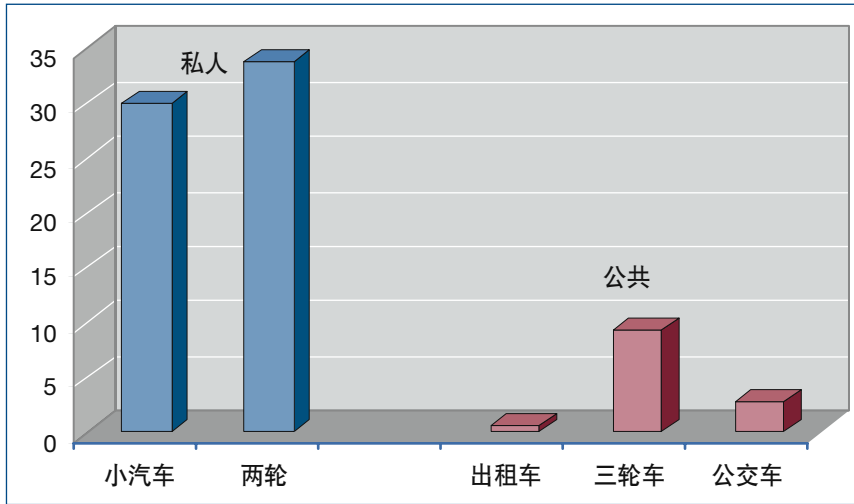


图4 ▲ 新德里公共和私人交通份额，百万车行公里/天。

印度政府，2002年，  
[http://www.petroleum.nic.in/afp\\_con.htm](http://www.petroleum.nic.in/afp_con.htm)  
 注：数据年份不明，它应被视为近似值

图5 ▼ 在登巴萨出行8公里的成本比较。

BUIP, 1999年

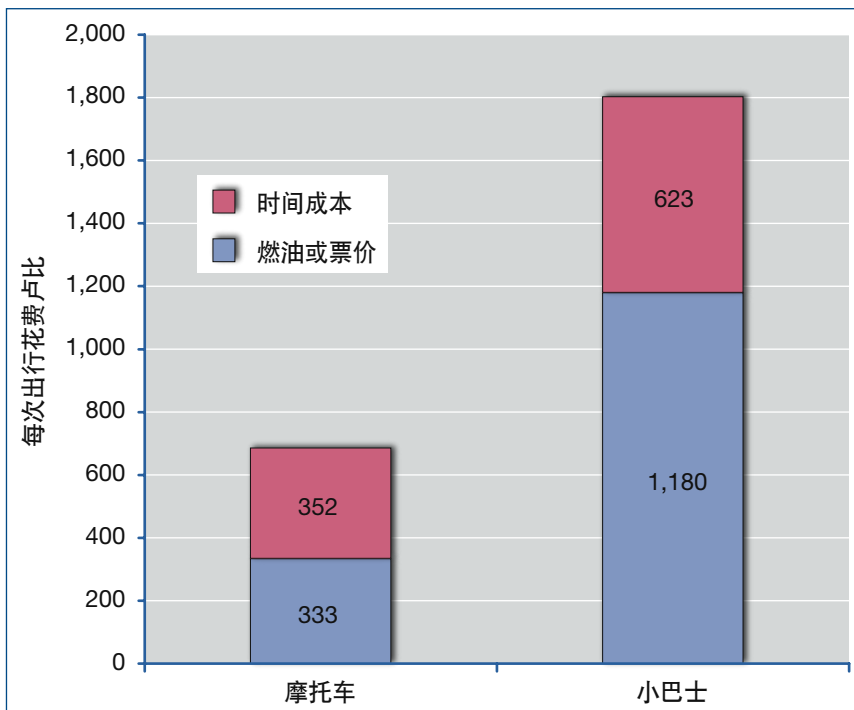


表1：在印尼登巴萨出行8公里的成本比较 (印尼盾/乘客)

成本项目	摩托车	小巴	比率摩托车/小巴
燃油或车票 (印尼盾)	333.0	1,180.0	3.5
时间 (分钟)	19.2	34.0	1.8
时间成本 (印尼盾)	352.0	623.0	1.8
出行总成本 (以印尼盾计)	685.0	1,803.0	2.6

BUIP, 1999年

350万注册车辆)最多的城市,同时也是世界上污染最严重的城市之一。

图4表明,在德里,两轮车出行占个人出行方式的一半以上,三轮车在公共交通中占主要地位。相比而言,公共汽车所占的比例非常小。

## 2.2 公共交通问题

总的来说,在亚洲发展中城市,与公共交通相比,摩托车是一种更便宜同时也更快捷的交通方式。由于公共交通服务不尽如人意,人们更愿意使用摩托车,尽管这种交通方式会让人暴露于阳光和风雨中(特别是在雨季),且相较于公共交通有更高的危险性。

图5与表1表明了巴厘岛的登巴萨一段典型的8km旅程的成本结构。结合公共小巴士和微型巴士的不令人满意的服务,导致在登巴萨公共交通出行数只占有少于5%的份额,相似的情形也出现在其他一些“摩托车型城市”,如河内和胡志明市,这些地方公共汽车所占份额甚至少于5%。

从短期来看,摩托车出行方式不会产生任何问题。毕竟,摩托车能有效利用道路空间。在许多亚洲城市,摩托车平均占用城市空间为1.5m<sup>2</sup>,在如Surabaya的城市中,摩托车平均占用空间仅稍少于汽车。TERI (1993) 在报告中指出印度城市的平均摩托车占用城市空间1.5m<sup>2</sup>,汽车占有率为2.6m<sup>2</sup>。然而,从中期和长期来看,这种依赖摩托车的出行方式可能导致难以忍受的拥堵和空气污染。这种非可持续发展的趋势是由摩托车和小汽车的拥有量和使用量随着收入的增加所导致的。

### “摩托车型”城市的前景

1999年,在由世界银行资助的对登巴萨的研究验证了“摩托车型城市”正在走一条非可持续发展道路的事实。这次研究开发了一个公共交通规划模型,使用

这个模型能够预测未来的交通需求模式 (BUIP, 1999)。

从1998年到2018年, 摩托车数量保守预计以平均每年2.8%的速度增长, 小汽车以每年5.2%的速度增长。即使如此, 到2018年, 路上将会有比现在多72%的摩托车和比现在多173%的小汽车。1998年到2018年间, 每人拥有摩托车的数量预计将从0.32增加到0.34, 每人拥有小汽车数量将从0.07增加到0.12。这种增长反映了预计的家庭收入的增长。

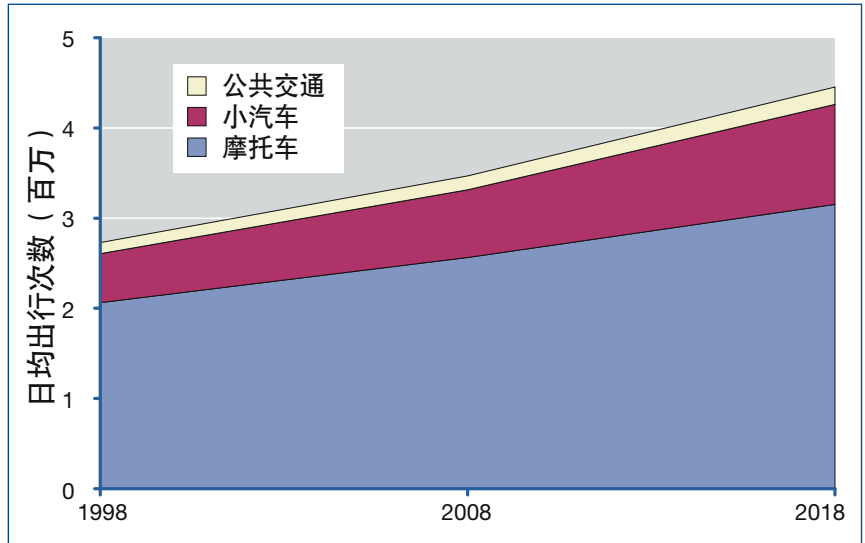
在缺少任何政策来干预个人交通和公共交通间平衡的情况下, 摩托车出行所占比例将由75.6%下降到70.8%, 小汽车出行所占比例将由19.9%增加到24.9%, 公共交通的比例将继续维持在目前非常低的水平 (如图6和表2所示)。

这些意思十分明显: 即使在2018年前完成所有规划建设道路, 仍将存在严重的交通饱和问题和环境恶化问题。这些问题将会出现在最难处理的地方: 在登巴萨的历史和文化中心与人们居住的郊区。

正如在高密度的发展中城市里城市摩托车依赖性增加会有消极影响, 我们也可以预见到摩托车的盛行会支持在城市范围内更分散的行为活动, 从而在更大程度上削弱公共交通系统在未来的作用。

在“改善空气质量”的研讨会前组织的活动上, 两轮车和三轮车在很多亚洲城市就已经作为一种重要的交通模式被突出强调。这次研讨会于2008年9月12日至14日在曼谷举行。会议得出如下建议 (<http://www.baq2008.org>):

1. 两轮车和三轮车应该在现在和可预见的将来都是城市交通的一个重要交通模式。
2. 为了提高整体系统效率, 应从以下两方面着手:



- 通过合理化的交通工程及管理, 道路和路口的设计, 道路和车辆的分类, 提高实际操作效率, 从而改善移动性。
  - 提高能源效率, 通过技术的不断进步, 减少污染物的排放量。
3. 在城市地区, 他们应该成为比大型机动车辆更为优越的选择, 同时不应取代非机动车辆。
  4. 三轮车应该被推广为城市交通系统中的“最后一公里连接”的交通模式。

图6 巴厘登巴萨1998年至2018年预测的出行模式占比 (机动车出行)。 BUIP, 1999年

### 2.3 道路安全问题

在发展中城市, 交通系统中摩托车的盛行会带来严重的安全问题, 这些问题至少体现在以下两个方面:

表2: 登巴萨日常出行交通模式划分, 1998年, 2008年和2018年预测

出行方式	1998		2008		2018	
	日常出行	%	日常出行	%	日常出行	%
摩托车	2,062,452	75.6%	2,562,464	73.9%	3,151,977	70.8%
汽车	542,886	19.9%	752,669	21.7%	1,107,788	24.9%
公交	123,850	4.5%	154,027	4.4%	194,626	4.4%
总计	2,729,188	100.0%	3,469,160	100.0%	4,454,391	100.0%

BUIP, 1999年



图7

自行车越来越多地被‘逼出’以摩托车为主的都市交通系统，越来越多的摩托车使自行车出行条件不断恶化。

Karl Fjellstrom, 胡志明市, 2002年1月

- 摩托车有将自行车逐渐排挤出街道的趋势。这种趋势在像胡志明市这样的城市中非常明显，而且在亚洲的其他城市也有不同程度的排挤。摩托车数量的快速增长与自行车数量的快速下降相一致。毫无疑问，一部分原因是由于摩托车太多而将自行车排挤掉了。因为当自行车与摩托车碰撞时候，骑自行车的人相较摩托车骑手更容易摔倒（如图7所示）。
- 在交通事故中，摩托车骑手几乎没有任何防止受伤的保护，特别是在亚洲发展中城市，因为在这些城市中道路安全法规并没有强制施行（见下页旁注）。举例来说，在越南，每月将近1000人死于交通事故，其中大多数是摩托车骑手。道路交通事故占越南所有事故的96.8%（越南新闻，2002年10月30日）。为了减少道路交通事故和受伤人数，越南当局采取了一些措施：在摩托车骑行者中间建立更清晰的认识，包括遵守交通法规并且戴上头盔。在过去的几年中，因道路交通事故死亡人数较为稳定，为每年12,000。这一指标有下降趋势：2008年的死亡人数下降至10,000人（Tai, 2009）。

### 3. 两冲程发动机的尾气排放问题

- 在亚洲发展中城市, 作为快速城市化的副产品, 空气质量正在遭受破坏。南亚的经历在这一地区是非常典型的, 1998年, 在生活在孟加拉国、不丹、印度、尼泊尔、巴基斯坦和斯里兰卡的13亿人当中, 3亿5千万人(约27%)生活在城市范围内。在1990到1998年间, 城市中心的平均人口增长率为每年3.2%, 大大高于1.3%的整体人口增长率。
- 数量快速增长车辆的排放是主要的空气污染源。在印度, 注册车辆数量每10年翻三番, 1986年为1000万, 1996年为3000万, 2007年为9000万。这一区域的其他国家车辆数量的增长也同样迅速, 在孟加拉国平均每年的增长率为8.2%(1990-1996), 尼泊尔为13.5%(1990-1999) 巴基斯坦为8.0%(1990-1999) 斯里兰卡为7.3%(1990-1997)。在缺少清洁技术和严格控制措施的情况下, 车辆的排放水平将高速增长。
- 在南亚, 两冲程汽油发动机车辆大约占有所有车辆的60%。在亚洲其他发展中城市, 这一比例同样很高。数量多、使用年限长、保养质量低、润滑质量低、润滑油过度使用和大城市交通拥堵, 使得两冲程机动车成为固体微粒排放的主要污染源。
- 两冲程发动机相较四冲程发动机具有一些优点。这些优势包括价格较低、转弯和动力性能优良、机械构造简单(活动部件少使得保养较轻松)、发动机轻而小巧, 操作性能良好且氮氧化物排放量低。相比四冲程发动机, 它同样也具有一些缺点, 如较高的固体微粒和碳氢化合物排放量、较低的节油性能和较高的噪声。

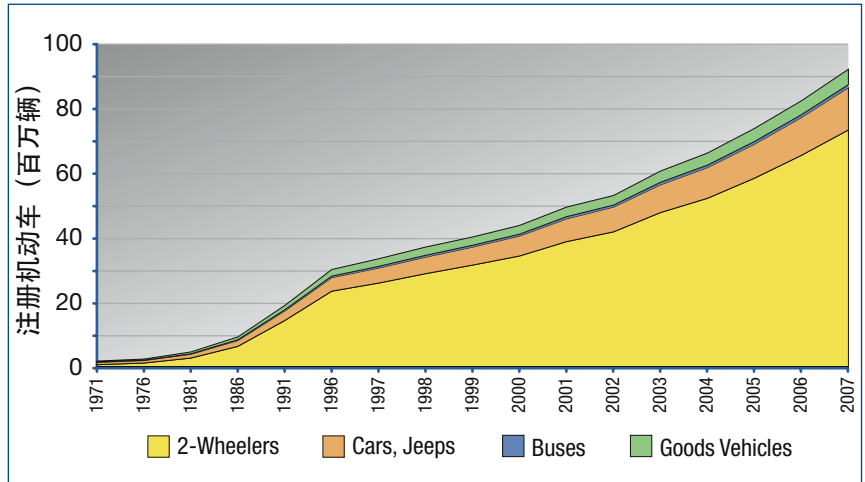


图8

印度注册的机动车数量, 1971-2007年。

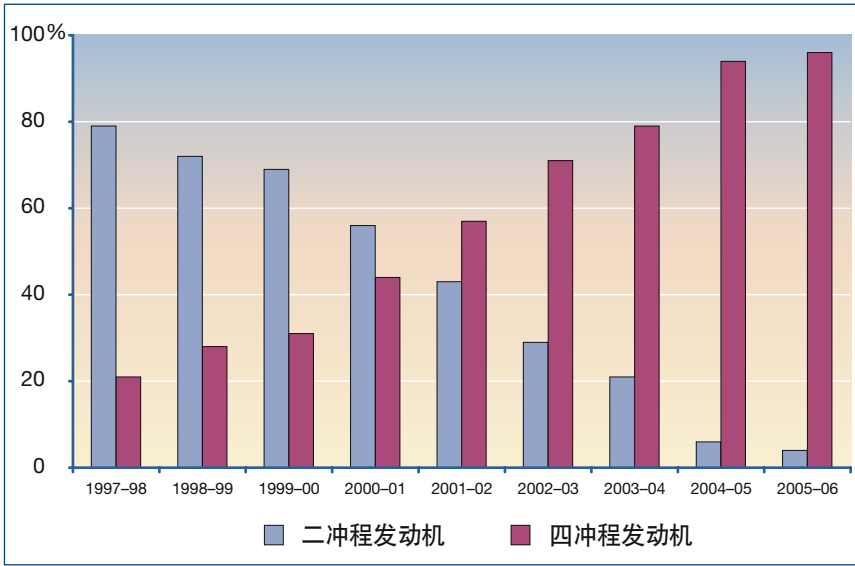
“印度汽车行业的统计资料2007-2008”, 印度汽车制造协会

#### 专栏1: 此问题的背景

(综合论文, 区域研讨会, 2001

<http://adb.org/vehicle-emissions>)

- 世界上没有其他任何地方的两轮车和三轮车密度像亚洲一样高, 无论是总量还是在道路车辆中所占的比例。在许多城市, 这种车辆占车辆总数的50%-90%, 这在世界上其他地方闻所未闻。因此, 很显然如果亚洲城市想达到净化空气的目的, 必须优先发展和实施对这种车辆造成污染的控制战略。
- 这种车辆以两种类型的发动机为动力: 两冲程和四冲程。两者的主要区别是两冲程发动机的润滑油与燃料混合并燃烧。两冲程发动机主要的污染物是碳氢化合物和固体微粒; 四冲程发动机具有较高的氮氧化物的排放, 但固体微粒、碳氢化合物和一氧化碳排放较少, 并且能够节约燃料。
- 在某些国家, 两冲程向四冲程发动机转变已经开始实施。如在印度四冲程发动机两轮车年销售量增长迅速。这种现象部分由于实施了严格排放标准, 部分由于顾客的喜好发生了改变并且车辆厂商逐步转向生产四冲程车辆。两冲程发动机车辆已经不再流行。图10表明在曼谷也正发生着向四冲程发动机的迅速转变。
- 在亚洲地区, 交通所消耗的燃料逐渐上升, 原因之一是由于两轮车和三轮车的数量庞大, 并且持续增长。四冲程发动机比两冲程发动机具有更高的燃料效率。上述转变将在在一定程



**图9**  
印度的四冲程两轮车比例的逐步增加 (年销售额)。

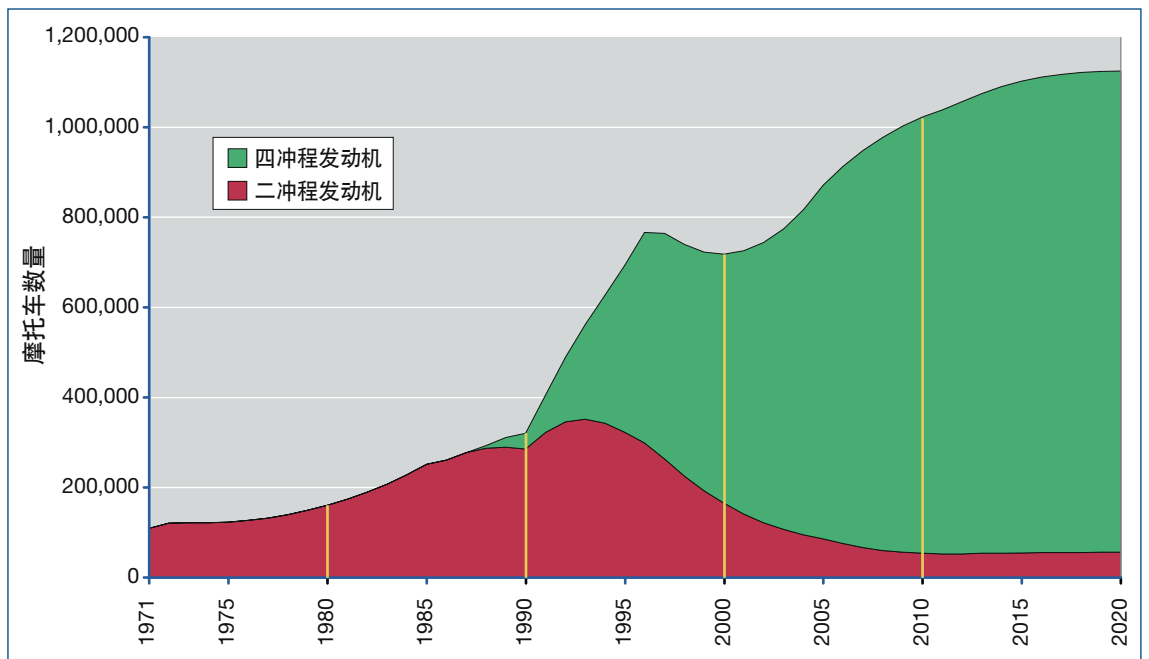
来源: M.N. Muralikrishna, “印度两轮车”, 燃油效率国际研讨会, 石油保护研究协会, Chennai, 2007年12月6日—7日, <http://www.pcrs.org>

度上减少排放率; 然而, 燃料消耗的增加导致二氧化碳排放量的增加并由此导致温室效应。

- 亚洲两轮车和三轮车固体微粒的排放在大城市导致了严重的空气质量问题, 使人致病并早亡。哮喘病和其他支气管发病率将逐渐上升。两冲程发动机PM的排放简单的以影响因素、形状尺寸和有机成分来表征。尺寸的表征是很重要的, 因为人们认为非常小的固体微粒对健康的影响最大。碳氢化合物在毒性上的表征也是很重要的; 四冲程发动机的排放同样也能导致周围大量的PM污染物, 如氮氧化物在空

气中的第二次转化。

- 尽管在亚洲之外的其他地方也有有关两轮车和三轮车排放不同污染物对健康特定影响的信息资源 (这种信息显示对健康影响严重), 但仍需要区域性研究来确认在亚洲城市两轮车和三轮车污染物与健康之间的关系。同时也需要提高公众对这些消极影响的意识。
- 在亚洲, 不同类型两轮车和三轮车的实际排放因子尚不明确。需要调查以下信息来确定它们对排放的影响: 燃料组成和润滑油、目前的保养与驾车习惯、还有所使用车辆的类型。
- 因为发达国家两轮车和三轮车的数量较少, 他们不必采取强有力的措施来减少这些车辆的排放。因此, 亚洲国家发展和实施清洁车辆战略, 减少两轮车和三轮车的数量应该首当其冲。



**图10**  
曼谷摩托车数量。

沙阿, 2001年

### 3.1 排放物种类

汽油发动机导致空气污染，主要通过排放大量的固体微粒（在使用两冲程发动机的情况下）、二氧化碳、氮氧化物、有挥发性的有机组分和铅（在使用含铅汽油的情况下）。柴油发动机排放大量的固体微粒、氮氧化物和硫氧化物（如果柴油中硫含量高）。

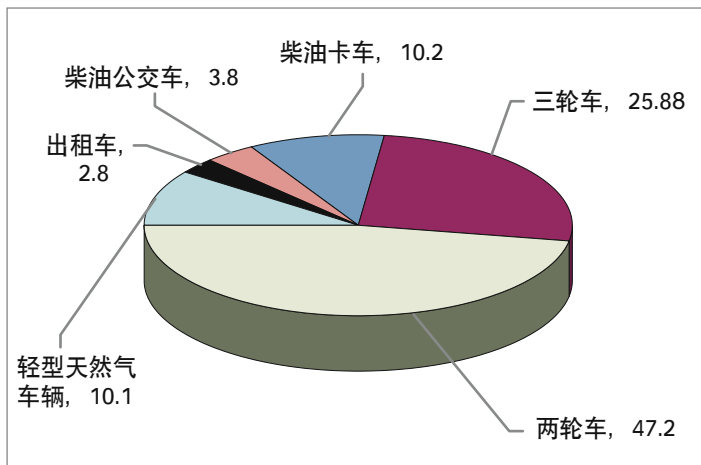
亚洲发展中城市污染问题的焦点是固体微粒的排放。因为它在周围高度集中，并已证实具有高致病率和能使人早亡。在亚洲很多城市中，空气动力学直径小于10微米的固体微粒（PM<sub>10</sub>）的数量已经超

过国际上可接受标准若干倍。在交通部分，致使PM<sub>10</sub>在周围高度集中的两大污染源是以两冲程发动机提供动力的使用汽油的车辆和使用柴油的重载车辆。两轮车和三轮车的固体微粒与其他排放物如图11所示。近年来，两轮车排放到环境中的PM和碳氢化合物很可能会显著减少。其中的一个重要原因是由四冲程发动机提供动力的两轮车的相对比例有所增加（见图9），四冲程两轮车所排放的PM和碳氢化合物比两冲程发动机要低得多。第二个原因是近期大多数由两冲程发动机提供动力的两轮车使用氧化催化转换器，它可以很大程度上减少PM和碳氢化合物的排放，最多

图11a, b, c, d  
新德里两轮、三轮车颗粒物和碳氢化合物排放，以及曼谷两个交通繁忙地区的可吸入颗粒物排放。

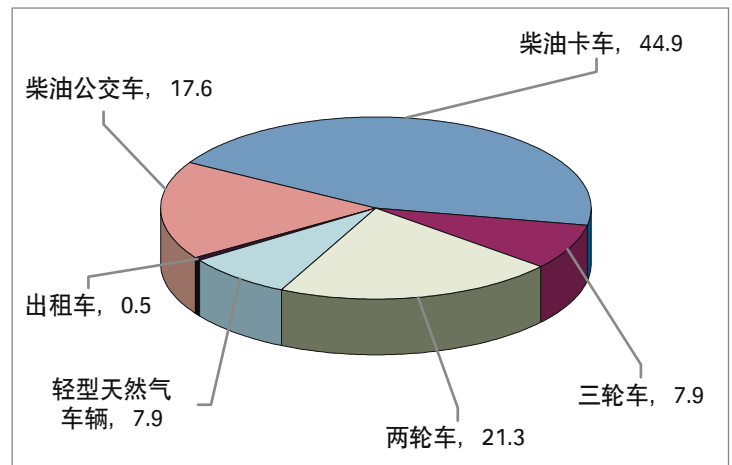
a. 新德里PM<sub>10</sub>（可吸入颗粒物）排放占比（%）。

Walsh, 2001, 来源: Jitu Shah与Jian Xie, 2000



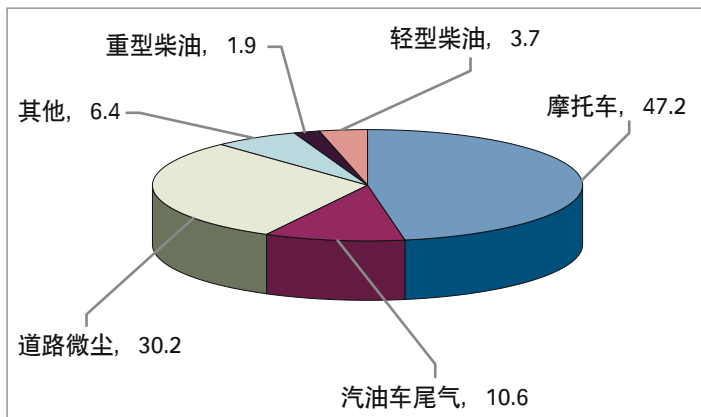
b. 新德里的HC排放占比（%）。

沃尔什, 2001年, Jitu Shah和Xie Jie, 2000年



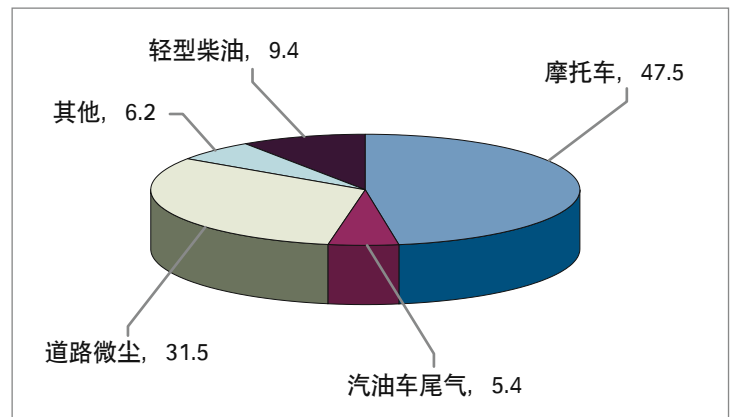
c. 曼谷交通繁忙地区的可吸入颗粒物排放来源（1996）（%）：国宾圈。

沃尔什, 2001年, 数据来自曼谷市区可吸入颗粒物减排最终报告草案, Radian International



d. 曼谷交通繁忙地区的可吸入颗粒物排放来源（1996）（%）：水门路口

沃尔什, 2001年, 数据来自曼谷市区可吸入颗粒物减排最终报告草案, Radian International



## 佩戴头盔

许多亚洲国家立法强制规定，骑摩托车者必须佩戴安全头盔。在印度，虽然这样的法律已经实施了很多年，但是除了在极少数城市例如德里、昌迪加尔执行得不错以外，其他地方的执行效果都不甚理想。

相似的，在印度尼西亚，甚至是在那些法律强制执行的地方，摩托车骑手通常至佩戴那些不牢固的、薄的塑料头盔。这种便宜的塑料头盔价格大约在1.50美元左右，但是在紧急情况下，几乎起不到任何保护作用。

关于道路安全问题的更多详细的讨论，请参看分册5b：城市道路安全。

可达到减少50%排放的效果（参考Palke和Tyo, SAE, 1999）。另一个PM排放减少的原因是越来越多地在逐渐减少的两冲程两轮车中使用合成两冲程润滑油（Rudolf等, 2005）。

由于发动机设计原因，两冲程发动机排放量较高。空气通过位于汽缸的端口进行交换，两个端口通常是位于相对的一端。新鲜空气和燃料的混合物通过进口阀门进入到曲轴箱被压缩，同时，废气通过出口阀门被排出。当进口阀门和出口阀门同时打开的时候，一些新鲜空气和燃料的混合物通过出口阀门逃逸。废气当中含有大量未燃烧的燃料和润滑剂，使得“排放损失”通常占到未燃烧部分的15%-40%。氮氧化物的排放量一般比较低，因为相当一部分燃烧的混合物仍留在汽缸中。

与四冲程发动机不同，两冲程发动机中的曲轴箱并非用于储藏燃料，而是向燃料中加入少量或机械性连续加入润滑油。因为基于总量损失（贯流式）的基础，未完全燃烧的润滑油和其他重型碳氢化合物以小油滴的形式排放。这些油滴增加了可见烟和固体微粒的排量，由于已证实其具有高致病率和可致人早亡的能力，他们会对公众健康产生严重影响。

**导致周围高密度的PM<sub>10</sub>的两大罪魁祸首是两冲程发动机汽油车辆和重载柴油车辆。**

印度机动车研究联合会（ARAI）在2000年秋天完成的试验资料（见表3）显示了达卡在用三轮车（发动机150立方厘米）的固体微粒排放量根据车辆使用时间与油种类不同的结果：相比于20世纪70年代美国得到的具有代表性的数值，使用7年之久的车辆，如果过量使用“直接矿物油”固体微粒的排放量将达到10倍，4年之久的车辆使用“直接矿物油”固体微粒的排放量将接近2-3倍。对这两种使用时间的车辆，如果使用正确数量的专为两冲程发动机设计的2T油，固体微粒的排放量将会大大减少。

因为两冲程发动机车辆比四冲程发动机车辆排放更多的未燃烧汽油，如果使用了含铅汽油它们将排出更多含铅有机物。含铅有机会比由含铅添加物燃烧所产生的含铅无机物对公众造成的危害更大。孟加拉国自1999年7月起逐步取消了含铅汽油，印度在2000年2月也不再使用含铅汽油。斯里兰卡从2002年开始，巴基斯坦从2001年开始，只出售无铅汽油。然而，铅排在那些依然可以买到含铅汽油的国家还仍然是个问题。对此研究结果的更深入分析可参考《孟加拉国：减少达卡出租三轮车的排放》（ESMAP, 2002年1月，<http://www.esmap.org>）。其中重要的结论包括以下内容：

- PM排放物含量很高，变化幅度从0.16克/千米到2.7克/千米，平均含量为0.7克/千米。如果使用这些数字列出PM的排放清单，两冲程汽油发动机将占

**表3: 孟加拉国部分二冲程三轮车的污染排放（克/公里）**

车辆年限	润滑油类型	润滑油百分比	碳氢化合物	一氧化碳	氮氧化物	微颗粒物
7年	纯矿物油	8%	23	25	0.03	2.7
7年 <sup>a)</sup>	2T	3%	16	17	0.09	0.9
4年	纯矿物油	8%	9	8	0.08	0.6
4年	2T	3%	9	10	0.09	0.2

来源：ARAI, 2000年11月。测量结果是初步的，需要进一步分析。

注：a) 在对车辆进行简单的维护步骤后采集的数据。



有很重要的部分。然而，两冲程柴油发动机和两冲程汽油发动机所排放的固体微粒的特征是不同的，所以如果将两者混为一谈是会对人有误导的。为了发展减少排放的策略，将这两类型PM排放区分开来是很有必要的。

- 车辆的机械性能（反映了车辆的技术和保养水平）对排放物有重要影响。检验表明，最老式的车辆具有最高的PM、碳氢化合物和一氧化碳排放量。
- 除车辆服务外，大量固体微粒排放都与预测趋势相同。这也就是说使用直接矿物油，加入浓度增加后的润滑油，使用在达卡购买的汽油（通常被掺加了煤油）都会增加排放物的数量。

### 3.2 导致排放恶化的因素

低劣的车辆保养，错误的使用润滑油，使用掺假的汽油，不安装催化转化装置导致了两冲程发动机排放的恶化，致使排放量高于现行标准。此外，很多驾驶者使用的润滑油和燃料质量都不高。

#### 润滑油的误用

所使用润滑油的数量和质量会影响两冲程发动机碳氢化合物和固体微粒的排放水平，车辆厂商建议对两轮车加入2%的润滑油，对三轮车加入3%的润滑油。但许多三轮车驾驶者出于以下原因常加入过量的润滑油：

- 缺少添加正确数量润滑油的知识
- 缺少有关加入过量润滑油的副作用的知识
- 在加油站，过量的润滑油被服务员加入汽油
- 过量的润滑油会对活塞产生更多保护的观念
- 过量的润滑油可增加节油性能的观念
- 相比于2T油，直接矿物油和传统发动机油与汽油的混合性更低。

过量使用润滑油会增加燃烧室的淤积和淤塞火花塞。当活塞和汽缸磨损严重时，过多的润滑油将会延迟活塞的捕捉。高排放量所导致的对社会的消极影响远远超出对车主的积极影响。

两冲程发动机对润滑油的要求与四冲程发动机的要求不同：良好的润滑性能；活塞的清洁；少量的淤积，特别在排放系统；还有少量的烟排放。两冲程发动机车辆应该使用特殊设计的2T油。由于中等分子量的聚异丁烯会容易分解而不留下淤积，聚异丁烯增稠剂正在越来越多地应用于润滑油中。日本在研制少烟或无烟的新型摩托车润滑油处于领先地位。许多三轮车不使用车辆厂商推荐的2T油，而是使用直接矿物油、新的或再利用的发动机油，这导致大量的淤积和大量的排放（见旁注）。使用这些油的主要原因是他们的价格低，尽管也有些驾驶者认为这些更具粘性的油对发动机提供了更多的保护。在一些国家如孟加拉国和斯里兰卡，在加油站还没有2T油。

#### 三轮车比两轮车跑得多且需要更经常地维护。

传统发动机油与汽油不容易混合，在两冲程发动机车辆上使用，如果油不能到达发动机或即使到达也损失较多时，将导致不足的润滑性能。长期使用常规润滑油将导致发动机的过早被损坏和较高的保养费用。

#### 缺少车辆保养

三轮车由于主要用于商用，其使用率比两轮车要高且需要更经常的保养。但驾驶者们却经常不能正确地保养他们的车辆，当驾驶者的车辆是租来使用的时候，保养问题变得更加严重，因为驾驶员和车主都

#### 减少污染, 节约资金

在孟加拉国，许多驾驶者用矿物油料代替2T油料，因为矿物油料比较便宜。但是使用2T油料实际上也能为驾驶者节约很多资金。在达卡，每升纯矿物油料售价大约为50takas，而每升2T油料售价大约为90takas。一个小型出租车的车主每天用汽油6升，每年行驶280天，如果使用8%浓度的矿物油料，每年会花费约6700takas；而使用3%浓度的2T油料，每年仅花费4500takas。也就是说，这位使用2T油料的车主每年可以节省2200takas。此外，使用2T油料还可以减少尾气排放量，有利于车辆的维护。

来源：世界银行非正式调查报告，1999

不觉得他们应该单方面为车辆的机械性能负责。

车辆的排放问题随着车辆的使用时间和低质量的保养而恶化。美国的一项调查发现，处于低劣保养状态的车辆，大约占路上所有车辆的20%，占到车辆排放总量的80%（汽车/油 空气质量，1997）。近期，在孟加拉国的达卡，随机抽取了三辆使用期在四到七年之久的小型出租三轮车做机械性能检验。检验发动机的工程师发现了大量临时的和非正规的维修改装痕迹。在亚洲，发展中城市不足或不正确的车辆保养，加之维修人员多是训练不足的机械师导致了許多车辆的机械性能低劣。

### 汽油的掺假

使用掺加了煤油的汽油会导致所有使用汽油车辆排放恶化。煤油比汽油具有更高的燃点，更不容易燃烧。因此在发动机中导致了更多的淤积，同时更多的未经燃烧的碳氢化合物在废气中被排放。举例来说，有趣的证据表明，在南亚，由于煤油的零售价格十分低廉，汽油掺假现象十分普遍。1998年，世界银行在达卡对有限的汽油样品所做的检验表明，有相当一部分汽油被掺假。

### 缺少催化转化装置

催化转化装置在世界上许多使用无铅汽油的地区已经被安装在私人小汽车上投入使用。催化转化装置不能用于转化两冲程发动机中高比例的碳氢化合物，因为目前的设计会产生高热和稀有金属烧结物，从而使转化装置失效。两冲程发动机在低负荷条件下的非正常点火更加剧了催化转化装置失效的问题。尽管氧化催化转化装置具有局限性，但其仍有效减少了碳氢化合物、一氧化碳的排放水平，并且一定程度上减少了以油滴形式排放的固体颗粒的数量，这些装置在中国台湾已经投入使用以满足日益严格的排放标准。从2000年开始，在印度所有新的两冲程发动机两轮车

和三轮车上也都安装了这种装置以满足在那里实施的严格的排放标准。

## 3.3 排放物的影响

### 对健康的影响

在不同国家和城市的调查表明，PM<sub>10</sub>特别是PM<sub>2.5</sub>（微粒直径不超过2.5微米的固体颗粒被称作特细固体微粒）对人体健康十分有害，这些微粒与呼吸机能密切相关，它们可以使哮喘病恶化，改变肺的功能，甚至致人早亡（更多背景资料见分册5a：空气质量管理）。

固体微粒对健康的影响随微粒直径的减小而加剧，特细微粒，如交通燃料的燃烧所排放的，被认为十分有害。而且，它们近地排放，接近人们生活和工作的地方，这意味着固体微粒的危害可能比它们占总排放物的比例所显示得更严重。油滴形成的固体颗粒对健康的影响尚不明确。大部分对健康影响的调查是在没有大规模两冲程发动机车辆的城市实施的，在这些地方特细微粒的主要排放源头是柴油发动机和静态排放源。在所有的这些调查当中，疾病和死亡与周围所有颗粒浓度的关系被模拟，其中，颗粒浓度可以通过所有悬浮微粒或者PM<sub>10</sub>测量得到，而非车辆排放的固体微粒。两冲程发动机所排放的大部分固体微粒是可溶有机物，而柴油发动机和静态排放源排放的固体微粒中包含大量的游离碳，这两者在空气中的活动、凝聚、扩散和集聚是很不相同的。这一研究领域很值得深入探讨。

### 对全球变暖的影响

车辆所排放的三种温室气体——二氧化碳、甲烷和氮氧化物被认为可能导致全球变暖，两冲程发动机并非这种排放物的主要源头，但是在南亚交通工具所排放的二氧化碳占到总量的13%，变化范围从孟加拉国的10%到斯里兰卡的48%（国际能量协会，1997）。两冲程车辆的排放物相

对较低,因为他们耗油较少。两冲程车辆的二氧化碳排放量占到车辆排放总量的11%(两轮车占8%,三轮车占3%),还有非常少量的甲烷和氮氧化物的排放。

在南亚,只有1%-2%的温室气体与两冲程发动机车辆相关,由于两冲程发动机车辆的温室气体排放量如此之少,减少排放的努力应针对其他类型的车辆,如重载公共汽车和卡车,还有除交通工具之外的其他部分。当然,使两冲程发动机本地污染减少的减排措施也会使温室气体排放减少。这些措施的事例包括转而使用具有更高燃料效率的四冲程发动机和使用电动车辆,特别是使用清洁燃料(如天然气)产生电力驱动的车辆。亚洲区域的几个国家正在进行大多数两轮车由两冲程发动机向四冲程发动机的快速转变。变化显著的区域包括泰国,中国台湾与印度。越南也已经有偏好四冲程动力两轮车的趋势。这些趋势是由逐步引入的严格排放标准和不断变化的客户喜好导致的。

电池驱动的小容量电动车在中国越来越受欢迎,2007年的市场上已有2000万电动车(Cherry, Weinert, Xinmiao, 2008)。一个关于中国电动自行车能源消耗和生命周期排放的详细研究表明,与摩托车相比,电动自行车更加节能并且大多数污染物排放量成倍减少。这项研究还发现,自行车在环境影响方面优于所有其他模式。电动自行车的一个主要弱点是电池中使用的铅对环境的影响。基于每位乘客每公里的计算,电动自行车电池生产和处置过程中的铅污染比公共汽车多两个数量级(Cherry, Weinert, Ma, 2006)。此分册中的最后一个部分将以中国作为案例研究电动自行车的环境影响。

---

**自行车在环境影响方面优于所有其他模式。**

---

最近两冲程发动机燃油直喷的发展似乎很有把握能够不仅减少污染物排放,还可以减少燃料消耗和二氧化碳排放(Johnson, 2001)。这项技术已经开始在意大利、中国和印度对尺寸较小的两轮车和三轮车进行了有限的应用。

### 3.4 减少两冲程发动机车辆的排放

除印度、中国台湾和泰国之外,亚洲的大多数国家还没有采用强有力的措施来限制两冲程发动机的排放。这些限制措施包括使用低烟润滑油,安装氧化催化装置和机械控制加入润滑油的装置。这一部分评估了提高两冲程发动机性能的方法。接下去的部分探讨两冲程汽油发动机的替代物。

#### 车辆技术

##### 近期排放的减少

近些年,由于使用适宜数量的润滑油,新的和保养良好的两轮车的排放水平有所下降。图12表明印度在过去的十年间,两冲程和四冲程两轮车的各个污染物的排放量显著减少。近期对安装催化装置的机动车测试显示其每公里只排放0.015克固体微粒,然而,这一数字仍比相同条件的四冲程机动车的排放量高出许多倍。

但是固体微粒排放的数据必须谨慎说明,因为尚没有全行业均接受的用于测算两冲程发动机排放的固体微粒数量的方法。几乎所以面向两冲程发动机的工作均集中在减少碳氢化合物(或碳氢化合物和氮氧化物的总量)、一氧化碳和可见烟上面,尚没有有关固体微粒排放量的深入研究。

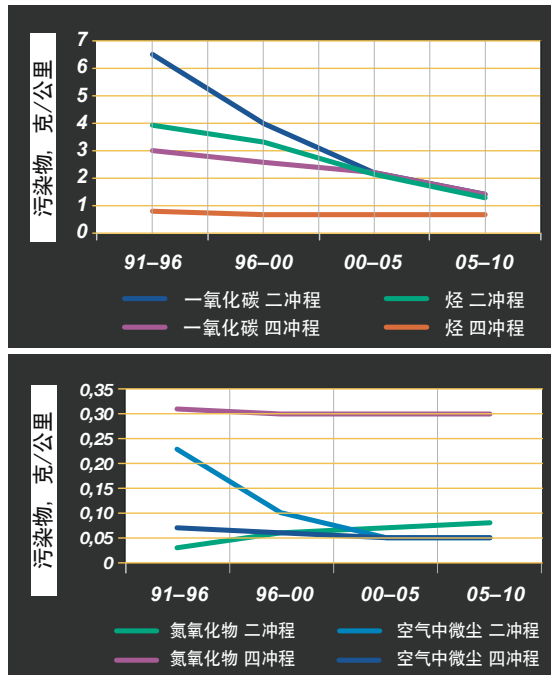
---

**尚没有有关两冲程发动动力机动车辆颗粒物(PM)排放的深入研究。**

---

**图12**  
印度通过严格的排放标准逐步减少各种空气污染

2005年运输燃料质量, CPCB, 2000年12月



测量两冲程发动机固体微粒的排放量很困难, 因为油滴从润滑油加入到汽油的油滴基于“通过一排出”致使其占废气中固体微粒的很大一部分。依靠稀释率和热量, 排气管道被加热(包括稀释管道), 这些油滴能在被滤纸收集起来前凝结, 凝结在滤纸上的油滴也能透过滤纸以气体溢出。近期由欧盟委员会赞助的一项研究证实, 目前用于测量柴油发动机PM排放的技术可能不足以用于重现测量未来两轮车两冲程PM排放。为达到严格排放标准而设计的车辆能够减少PM的排放, 如出现在印度和中国台湾的符合EURO 3标准的车辆。这些车辆相比没有控制措施的车辆最高可减少90%的PM排放。这项研究进一步指出, 深入理解发动机产生PM对健康的影响应该成为这类排放立法限制的基础 (Rudolf等, 2005)。

#### 安装催化转化装置

用于两轮车和三轮车的催化转化装置是氧化催化剂, 它能减少一氧化碳和碳氢化合物的排放量, 但不能减少氮氧化物的排放量。这与安装在小汽车上能减少氮氧化物排放的三相转化装置不同。两冲程发动机的催化转化装置并非设计为与安装

在四冲程发动机小汽车上的转化装置一样达到对一氧化碳和碳氢化合物很高的转化率, 因为在废气中含有大量的碳氢化合物和润滑油。它们通常能够使尾气排放量减少一半。主要为减少一氧化碳和碳氢化合物排放量而设计的催化转化装置同样也能减少两冲程发动机的PM排放; 减少的幅度从一半 (Palke等, 1999) 到三分之一 (Kojima等, 2002) 不等。

#### 在两冲程发动机车辆中的转化装置失效很快, ...需要经常更换。

在两冲程发动机车辆中的转化装置失效很快, 需要经常更换, 其部分因为尾气具有较高的温度。中国台湾已经有对摩托车中转化装置耐久力的要求, 最初设定为6000千米, 现今为15000千米。

近期, 印度政府管理机构为了催化剂的耐久力, 对安装了氧化催化转化装置的两轮车和三轮车指定了一项混和降低系数1.2。车辆厂商有机会实施耐受力30000千米的试验。在南亚, 三轮车通常每天行驶120千米, 15000千米相当于行驶少于6个月的时间。就像在亚洲发展中城市的两冲程车辆, 对于使用10年或更长时间的车辆, 为保持初始的固体微粒排放水平, 转化装置可能已经被更换过20次。这确实是个问题。

在印度, 所有的两轮车和三轮车厂商对他们的顾客提供30000千米的排放保证。尽管这最初是厂商为转化装置耐受力的要求所提供的, 现今, 无论车辆是否安装了催化转化装置, 都有此保证。转化装置30000千米的耐受力使驾驶者能够在车辆大规模修理的同时将其更换。区域研讨会 (2001) 的综合论文指出, 要使这样的保证强制性执行, 必须有燃料、润滑油和保养方面的特定条件, 这在实际使用的条件下是现实的。政府需要掌控这些转化装

置在使用中的性能, 并可能要实施价格不菲的回收项目。

为满足2000年的排放标准, 印度生产的三轮车, 不论是两冲程还是四冲程发动机的设计, 均装配了催化转化装置。

在三轮车上安装的转化装置(两冲程与四冲程发动机), 除去税收, 花费大约1100印度卢布, 合25美元。催化转换器的价格取决于参与其制造的价格昂贵的贵金属。引入越来越严格的排放标准要求必须使用大量的贵金属, 而大量的需求会抬高其本来就昂贵的价格。然而, 高效湍流金属基板技术的近期发展能够显著提高催化剂的活性并改善污染物的转化过程。这项技术实现了由分层气流到湍流的转化从而使废气在催化剂中的混合行为得到了显著改善。这类技术的应用能够减少催化剂的尺寸与容积, 由于减少了昂贵的贵金属的使用, 从而降低了系统成本(Shivraj, 2008)。

#### 减少排出损失

一个主要的研究和发展领域是试图通过减少排出损失从而能够达到增加节油性能和减少排放的目的(见文字框)。设计良好的汽缸外形能使排放量显著减少。举例来说, 在印度, 由于改变了设计, 短程环形油路的燃料损失从1991年的35%减少到2000年的14%(Iyer, 1999)。

#### 提高汽油质量

向汽油中掺加煤油可能会增加碳氢化合物和固体微粒的排放量, 因为一部分汽油会直接穿过燃烧室, 未经燃烧而排放。消除或减少这些有毒成分如有机铅化物和汽油中的苯, 是在任何条件下都是很有价值的一步, 对于减缓两冲程发动机有毒物排放对健康的影响尤其重要。

高粘性且辛烷含量低的汽油也会增加排放量。如果汽油是不稳定的, 高粘性成分可能变得含量非常高, 这将导致汽化

器的破坏和淤积的增加, 改变空气和燃料的比例。由此可导致发动机不能正常点火, 损坏车辆并且显著增加碳氢化合物和含油滴的固体微粒的排放量。印度的经验表明, 在两轮车和三轮车的四冲程发动机中使用具有高粘性成分的汽油会加速在进气阀产生的淤积, 并能导致阀门被粘住; 在极端情形下, 造成阀门弯曲从而致使发动机损坏。虽然在南亚两轮车和三轮车最小号辛烷的需求量为87, 南亚地区的大多数国家出售的汽油辛烷值都高于87。在印度常规汽油的辛烷值是87, 优等汽油为91。斯里兰卡在全国境内出售无铅汽油, 并已从2003年12月开始, 禁止销售含铅汽油(铅含量超过0.013克/升的汽油)。斯里兰卡的常规汽油辛烷值是90, 优等为95。巴基斯坦在2001年也禁止使用含铅汽油, 并出售辛烷值为87和90两个等级的汽油。尼泊尔2000年禁止使用含铅汽油, 辛烷值88的汽油在尼泊尔出售。孟加拉国在1999年7月做了一个具有里程碑意义的决定: 使用

#### 栏2:

#### 减少两冲程发动机的排放损失

摘自Kojima等, 2000

几项减少两冲程发动机排放的技术正在进行试验, 目的是保持两冲程发动机的优点, 而同时达到控制空气燃料比, 消除排气过程中空气-燃料混合物损失的目的。

向发动机中直接喷射燃料代替通过汽化器引入燃料可能会使排气损失显著减少, 直接向发动机中喷射燃料也使使用更加清洁的“空气-燃料混合物”成为可能。

一系列适用于小型发动机的系统的有效性在实验室已经得到了证实, 尽管它们中的一部分还只是在有限的范围内投入商业运营(Johnson, 2001), 所有的这些措施都需要一套电力发动机控制系统, 以精确地控制燃料加入的时间和数量, 这随发动机的负荷和速度而变化。因此这增加了车辆的费用。

无铅汽油，但是辛烷值停留在80。由于严重的发动机爆震，低辛烷值的汽油会对车辆的性能产生不利影响，并且导致排放量增加 (Gota, 2009)。<sup>1)</sup>

### 加强管制

仅规范汽油质量是不够的。在一些发展中国家，交通燃料被习惯性掺假。举例来说，在南亚向汽油中掺加煤油（低价格）；在中亚和高加索地区，柴油与原油的交叉污染，汽油精炼厂的生产线上向汽油中掺加含铅添加剂，所有这些都增加了排放量。常规的燃料质量检验，结合对违规者的严厉处罚，可使实施中的燃料标准更加有效。因为存在着经济诱因，完全制止地区性的掺假现象看起来十分困难。

面对经济诱因，泰国的经历（世界银行，2001，引自J.Shah）显现出了制止掺假的艰难。在20世纪80年代早期，向具有高

附加税的汽油掺加具有补贴的煤油是非常严重的问题。为此，政府引入了一系列的措施，包括：

- 去除煤油的蓝色
- 要求汽油必须封装在20L的容器中出售
- 广泛的警力监督

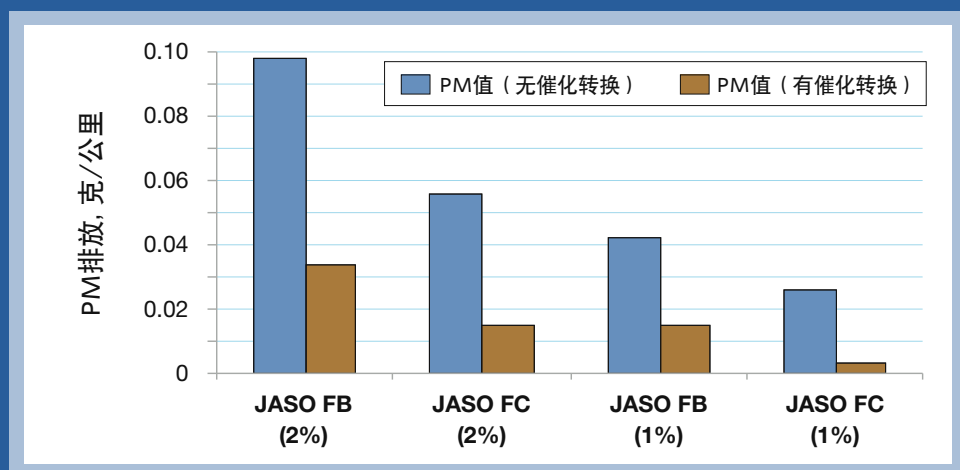
尽管这些措施取得了一些成效，但煤油的销量在1996年重构油的税收体系之前仍然很高。对煤油征收高附加税才消除了掺假的诱因。然而，向汽油中掺加免于税收的工业溶剂的诱因仍然存在，这依旧是个问题。

**向汽油中掺加免税工业溶剂的动机仍然存在并且是一个持续存在的问题。**

一个著名的非政府机构，科学和环境中心 (CSE)，受印度政府邀请，对十分猖

<sup>1)</sup> Gota Sudhir, 清洁空气行动 - 亚洲, “个人通信” 2009年3月

## 润滑油的质量与数量对降低PM排放量的影响



JASO FB: 较低烟雾指数油  
 JASO FC: 较高烟雾指数油  
 氧化催化转化器的使用

来源: JAMA

图13

润滑油的质量与数量对降低PM排放量的影响。

来源: Iyer N. V. “对在用摩托车排放的管理 - 印度的经验”，摩托车排放控制研讨会：越南和国际经验，河内，越南，2007年3月6日，<http://www.theicct.org>

獾的燃料掺假现象做了一个专项调查。他们发现掺加物如煤油和一系列溶剂被掺入了汽油和柴油, 尽管对煤油染色的办法已经用来防止掺加煤油, 但对其他溶剂也采用这种办法是不可能的。一项重要的发现是因为这些掺加物同碳氢化合物是同一类属, 与燃料十分相似。一定数量的掺加而不改变燃料性能参数是可能的。因此, 使用国家规范(印度标准局)中给定的标准检验程序去发现它们是不可能的。所以, 必须应用更成熟的检验, 如使用气相色谱仪 (<http://www.cseindia.org>)。

## 提高润滑油的使用性能

### 润滑油标准

在20世纪80年代中期, 美国石油研究所(API)和“协调发展性能测试运输燃料润滑油和其他液体欧洲理事会”建立了一套暂时的两冲程润滑油使用和维护标准分类表。API于1993年取消了这套标准, 而采用了国际标准化组织(ISO)的全球性标准和日本标准化组织(JASO)的体系。但经销商仍使用过时的API TC检验标准来保证气冷化的油的质量。API TC标准是目前2T油质量水平的最低标准。

在1990年, JASO发布了一项用三相质量指标(FA, FB, FC)来衡量的两冲程润滑油标准, 润滑性能和洁净指标从FA到FC依次增加, 排气堵塞和烟的排放也依次更加进步。FA油的烟密度最大允许值是50%, FB油为44%, FC油仅为24%。日本两冲程车辆制造厂商确定FC(低烟润滑油)作为他们的最低要求。

在印度, 自1999年4月起, 所有销售的两冲程发动机油都要求满足API TC标准和JASO FC标准(也就是说, 在印度只能使用低烟润滑油)。在这个国家首都—德里的范围内, 2T油只能封装在袋子里或事先与汽油混合好, 通过输油管道销售。禁止未封装的润滑油出售是为了减少再次利

用的和其他不合适的发动机润滑油的销售; 销售事先配置好的润滑油是为了鼓励使用质量好且适量的2T油。印度政府2006年11月发出的通知表明预混合形式2T油的使用将扩展到新增的十六个城市。<sup>2)</sup>

### 使用正确浓度的润滑油

使用适量的2T油能显著减少两冲程车辆的排放量。新型润滑油的说明中甚至允许两轮车将润滑油的需求减少到1%。

### 使用低烟润滑油

使用低烟润滑油能显著减少可见烟的排放量。2000年3月, 润滑油在印度的零售价如表4所示, 如果驾驶者使用的JASO FB润滑油从6%减少为3%, 同时转为使用JASO FC润滑油(低烟润滑油), 他们就会意识到在润滑油的开支上节约了大约35%。

在曼谷, 可见烟排量不同的几辆摩托车被选出来研究可见烟是否与大量固体微粒的排放相关。其结果显示了微弱的联系。在ARAI实施的三辆达卡的出租三轮车较新的实验结果表明烟和大量固体微粒的排放之间有低于1克/千米的微弱联系(Kojima等, 2002)。

以上对从常规的两冲程润滑油转向使用低烟润滑油对固体微粒排放影响的有限研究显示, 即使低烟润滑油可以减少可见烟的排放, 但也可能不会减少大量固体微粒的排放, 除非与使用直接矿物油相比较。因此, 使用低烟润滑油对公众健康的益处尚不明确。其他研究(特别是在日本做的一些研究)表明使用“低烟”(JASO FC级)低于一般比例的两冲程润滑油(1%而不是2%), 同时使用氧化催化转化器(为减少一氧化碳和碳氢化合物排放)能够显著减少PM的排放。其排放量可达到无控制措施时的十分之一(Iyer, 2007)。

<sup>2)</sup> GSR714 (E), 印度政府环境和森林部, 2006年11月17日; GSR778 (E), 环境和森林部, 1998年12月31日。

### 润滑油的计量

一个根据发动机转速和负荷调整加入汽油中润滑油量的机械润滑系统，能够控制加入汽油中的润滑油数量。这样的系统避免了驾驶者向汽油中加入过多的润滑油，从而减少了排放量。但是，机械润滑系统不会比驾驶者自行加入适量润滑油产生更大的收益。

### 提高保养水平

有效的检查和保养是至关重要的：正确的保养对获取在减排方面投资的最大收益是很关键的（可参考分册4b：检验维护与车辆性能）。简单的服务程序，如清洁和调整汽化器、调整点火系统、清洁和修整或更换火花塞和清洁空气过滤器，都能够显著减少排放水平。空气过滤器每3000千米应该清洗或更换，两冲程发动机汽化器应该每3000千米拆卸清洗一次，四冲程发动机汽化器应该每5000千米拆卸清洗一次。

润滑油穿过两冲程发动机（“通过一排出”）时，相比在四冲程发动机车辆中时，在燃烧室、排气管和消声器产生更多的淤积和碳素积累。因此需要经常脱碳，Bajaj汽车公司建议对三轮车每6000千米脱碳一次，对小型摩托车每9000千米一次。四冲程发动机通常不需要脱碳。Bajaj公司也建议对两冲程发动机每7500千米更换火花塞，对四冲程发动机每10000千米更换一

### 栏3：提高润滑油的使用性能

综合论文，区域研讨会，2001

<http://adb.org/vehicle-emissions>

- 可用数据显示，对两冲程发动机，大多数含有高浓度碳氢化合物的排放物由未燃烧的燃料组成，同样，固体微粒的主要成分（通常表现为“白烟”）是未燃烧的润滑油。因此，禁止不合格的两冲程发动机润滑油的销售能显著减少过量的PM和烟的排放。
- 降低燃料中苯的成分能减少所排放碳氢化合物中苯的成分和尾气的毒性，因此，一些国家需要规范汽油中苯的含量，使毒性减少至最小。
- 为了使用催化转化装置减少两冲程发动机的排放，使用无铅汽油是必要的。而且，转化装置的性能只有在燃料中硫含量非常低时才能保持良好。
- 在燃料中混入氧化剂成分能减少两冲程发动机所排放的一氧化碳含量，安装在车辆上的催化转化装置中的氧化剂成分能显著降低一氧化碳和碳氢化合物的排放量。
- 两冲程发动机的烟、碳氢化合物和固体微粒的排放量随润滑油消耗量的增加而增加。在各个加油站事先混合好的润滑油和燃料混合物能有效控制其过量消耗。而且已经有证据表明，使用独立的油泵能使润滑油的消耗最优，只要有良好的润滑，就可大大降低排放。
- 更高性能的两冲程发动机油甚至允许更低的润滑油-燃料比。这样的发动机油能在更大程度上减少油的消耗和相伴而生的烟与固体微粒的排放；应当消除使用不包含适当添加剂成分的直接矿物油。
- 更高质量的润滑油，如JASO FC，也能减少烟的排放。

表4：2000年3月印度的润滑油零售价格（卢比）

润滑油	每公升润滑油价格	3% 润滑油/公升汽油价格	6% 润滑油/公升汽油价格
符合JASO FB标准的二冲程油	80 - 90	2.4 - 2.7	4.8 - 5.4
符合API TC和JASO FC标准的二冲程油	100 - 120	3.0 - 3.6	6.0 - 7.2
符合API SC标准的曲轴箱油a)	80 - 90	2.4 - 2.7	4.8 - 5.4

Kojima 等，2000年

注：a) API SC是一个为四冲程发动机汽车设计的曲轴箱油等级



次。脱碳主要需要体力劳动，这在发展中国家相对便宜，所以保养费用较低。

两冲程发动机的长期保养费用是否高于四冲程发动机尚不明确。四冲程发动机具有许多活动部件（活塞、曲轴、调速链、油泵），他们的价格相对较高，因为它们是由车辆厂商直接销售的。相比而言，两冲程发动机的部件由大量的部件供应商经销。为四冲程发动机保养的人工费较高，因为这需要更高的技术水平。但是，四冲程发动机通常不需要局部拆解检查，而两冲程发动机每30000千米需要局部拆解检查。然而，四冲程发动机可能需要完全拆卸检查，两冲程三轮车每90000千米需要做一次完全拆卸检查。

### 改进方案

改进排放控制装置，诸如汽油机动车上的催化转化器和柴油机动车上的颗粒过滤器，已经在一些国家中成功实施。但是针对两轮车和三轮车（除了那些改用天然气或液化石油气的三轮车）的改进却没有很多成功的方案。近日，一个非盈利组织“Envirofit”在印度浦那市探索了一个创新性方案：在两冲程发动机机动黄包车原来化油器的位置加装了一个直喷套件。三辆机动黄包车在正常运行六个月后，



实际结果表明燃料消耗减少了35%，油耗减少54%，一氧化碳排放减少了61%，碳氢化合物与氮氧化物减少了74%（Nathan, 2008）。Envirofit在菲律宾早先有关三轮车的研究得出相似的结果：燃油效率提高，一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物排放量减少（Tim, Nathan, Bryan, 2004）。鉴于燃油效率效益很大，改进虽然需要较高成本，但对在用的三轮车来讲，是一个有吸引力的提议。如今一项发行关于改进技术和方法分册的工作正在筹备中。

图14

润滑油的使用不当导致二冲程摩托浓重的白烟排放。

Karl Fjellstrom, 2001年12月, 吉隆坡

## 栏4：两轮车和三轮车的燃料转化项目

组合论文 区域研讨会, 2001

<http://adb.org/vehicle-emissions>

- 燃料的替代产品和更高技术含量的车辆提供了显著减少两轮车和三轮车排放物与提高效率的机会，不同燃料的替代产品和技术都处在不同的发展阶段，具有特定的性能和排放特征。
- 两轮车燃料的替代产品并不具有吸引力，对这些使用车辆转化的探索少有成功案例（电动摩托车除外）。
- 对于三轮车来说，向液化石油气和压缩天然气的转化均已经是成型的技术。例如，曼谷的“突突车”使用液化石油气已经成功运行了许多年；在印度，使用压缩天然气的车辆的运行也很让人满意。
- 出于降低固体微粒和碳氢化合物的目的，对三轮车的最好战略就是用压缩天然气或液化石油气四冲程发动机代替现存的汽油两冲程发动机。
- 三轮车向压缩天然气和液化石油气的转化目前还处在初级阶段，只有有限辆的改装车辆。市场的大小有赖于该地区三轮车的数量和燃料体系。
- 转化装置和燃料的替代系统必须遵守一定的核准程序，这种程序根据特定区域向特定燃料转化的车辆来制定，同样也应该实施装置安装过程中的良好的质量控制程序。
- 向燃料替代产品的转化过程需要有效的检验程序，以保证每个转化装置都能正常运行，因而车辆也能得到良好的保养和正确的使用。
- 向燃料替代产品的转化过程需要政府的积极参与，以保证改装车辆和燃料系统的安全。除安全外，政府有责任保证提供足够燃料的燃料体系，这包括有足够的燃料供应、在使用这些车辆的地区有广泛分布的加油站、加油站要有良好的设计来保证等候加油的每一辆车都能迅速加油。
- 在发展替代燃料产品的过程中，急需提高在政府、能源部门和汽车工业对有关政策制定过程的协作和相互理解。
- 使用替代燃料的主要阻碍是需要提供加油体系。政府和能源工业需要发展实用政策，以支持加油体系和必要服务工业的发展。
- 为促进引入燃料替代产品，需要同时考虑技术和经济因素。
- 制定引入燃料替代产品的决议应该依据对石油到汽油的生命周期和对引擎效率的研究分析，评价的结果应该纳入政策体系，综合考虑能源、交通和环境因素。
- 制定燃料替代产品的政策初始应该集中在那些已经为大规模使用做好准备的产品上，如液化石油气和压缩天然气。
- 在城市范围内，燃料替代产品对排放的影响主要有赖于所采用的车辆或使用的发动机技术与车辆的保养状态。通常，压缩天然气或液化石油气的专用发动机更清洁、更安全、效率也更高。

### 3.5 两冲程汽油发动机的替代产品

两冲程汽油发动机车辆及燃料的替代产品能减少废气排放, 清洁的替代产品包括四冲程和以液化石油气、压缩天然气和电力驱动的车辆。

本节对液化石油气、压缩天然气和电动车辆只做简单讨论, 因为这些替代产品在分册4a“清洁燃料和车辆技术”和分册4d“天然气车辆”中有更详细的讨论。此外, 该分册的最后一部分还讨论了中国电动自行车的环境影响。

#### 四冲程汽油发动机

四冲程车辆相比于两冲程车辆具有明显的优越性, 这包括:

- 具有更高的节油性能
- 更少的污染 (PM、HC、CO<sub>2</sub>, 较高的氮氧化物排放量)——对区域性和全球污染来说是“绿色产品”
- 更少的噪声
- 在价格上, 四冲程摩托车并不比两冲程摩托车高出很多 (四冲程发动机价格相比于同类型的两冲程发动机高出约15%, 但这没有反映出由于竞争所引起的市场价格波动)
- 实施了新技术

如果继续使用汽油作为燃料, 那么用四冲程车辆代替两冲程车辆能显著减少碳氢化合物 (见图14) 和固体微粒 (见图15) 的排放。然而, 氮氧化物的排放会有所增加。

四冲程发动机没有排放损失, 有相当大比例的燃料在燃烧室燃烧, 使之相比两冲程发动机, 有高出10%-20%的燃烧效率 (见表5)。更高的节油性能能够轻易抵消购买四冲程发动机车辆的较高价格, 从而使其成为减少污染的性价比高的解决办法。

四冲程发动机两轮车已经上市一段时间了。在美国销售的所有摩托车都具有四冲程设计, 在孟加拉国的Mishuk, 销售四

冲程发动机三轮车已经许多年了。在印度, 四冲程发动机三轮车直到2000年中期, 才由Bajaj汽车公司开始销售。2000年版的两冲程和四冲程发动机三轮车德里博览会的销售价格为66579卢比, 四冲程三轮车的销售价格是70463卢比, 之间有3884卢比 (合88美元) 的价差。尽管这些车辆的实际价格在很多年里会有变化, 但四冲程车辆与两冲程车辆的比例基本保持一致。增加的花费能在不到一年的时间里就能够借由节约燃料, 由四冲程发动机机动黄包车驾驶员轻易地收回。

柴油三轮车甚至比四冲程发动机车辆具有更高的燃料效率。此外, 因为它们基于四冲程发动机的设计, 润滑油不需要

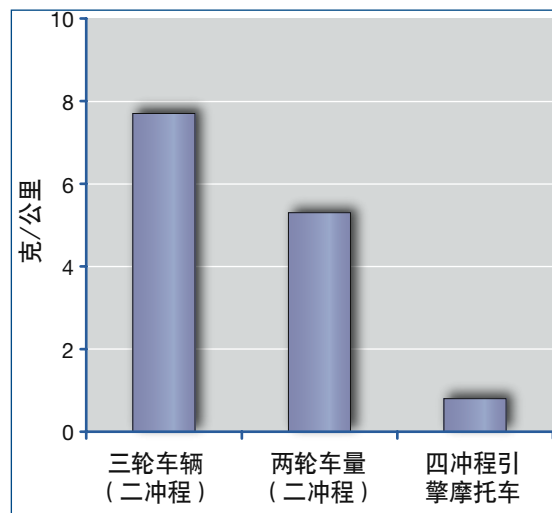


图15

碳氢化合物的排放因子: 二冲程与四冲程车辆比较。

沙阿, 2001年

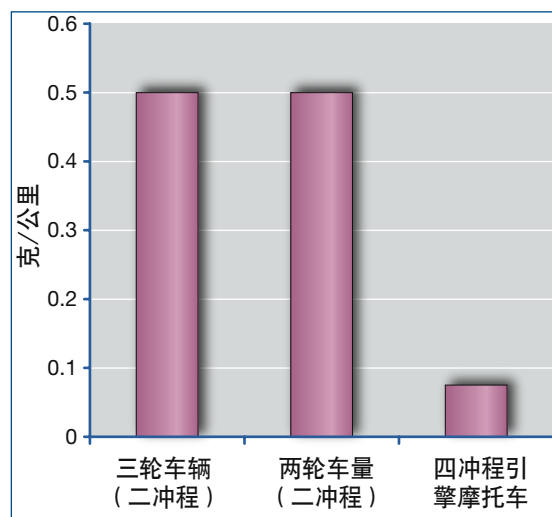


图16

可吸入颗粒物细PM<sub>10</sub>的排放因子: 二冲程与四冲程车辆比较。

沙阿, 2001年

表5: 两冲程和四冲程发动机车辆的燃油经济性

车辆类型	引擎类型	年代	引擎大小 (cm <sup>3</sup> )	实验室测试的燃油经济性 (公里/升)	实际上路的燃油经济性 (公里/升)
摩托车	二冲程	1996之后	150	55	52
摩托车	四冲程	1996之后	150	62	59
三轮车	二冲程	1996之前	150	24	20
三轮车	二冲程	1996之后	150	28	25 - 27
三轮车	四冲程	2000	175	33	30 - 31

来源: 世界银行, 2000年, 数据来自ARAI的印度Bajaj车辆; Bajaj实验室测试; ARAI 和 Bajaj 实际燃油经济性测试。

被加入燃料中。在印度, 柴油三轮车的制造也必须满足固体微粒的排放标准。然而, 近期发现柴油的尾气相比以前所预想的具有更大的毒性。而且柴油三轮车比汽油三轮车具有更大的噪声。因此, 柴油发动机可能不是以汽油为动力的两冲程发动机良好的替代品。

### 以液化石油气为动力的车辆

液化石油气是轻质碳氢化合物的混合物, 主要成分是丙烷和丁烷。它比压缩天然气更容易分发和储藏, 它通常在4-15个大气压下液化。

液化石油气相比汽油是一种更清洁的车辆燃料。如果液化石油气(或天然气)车辆基于两冲程发动机设计, 仍需要计量一定量的润滑油加入燃烧室, 因此, 其使以气体燃料代替汽油所达到的排放量减少的效果减弱。因为润滑油不能和液化石油气事先混合, 向发动机中通过计量加入润滑油, 消除了过度润滑的可能性。液化石油气相比汽油或柴油含有更少的高反应活性的碳氢化合物和硫成分。但液化石

油气含有轻质石蜡、高反应活性碳氢化合物, 这增加了排放、减小了压缩比并且降低了发动机性能。

液化石油气三轮车, 又叫“突突车”, 在泰国应用广泛。直到2000年, 使用液化石油气作为车辆燃料在印度仍是不合法的; 这是因为它广泛用作厨房燃料从而吸引了大量的政府补贴。然而, 现在印度政府已经允许液化石油气用作机动车燃料, 并作为环保的清洁燃料正在努力推广应用。在印度, 所有主要石油公司(大部分都是国有)都制定了在这个国家的主要城市安装添加液化石油气所需装置的计划。尽管液化石油气性能不如天然气, 但液化石油气相比汽油具有更优越的抗爆性。丙烷的抗爆指数是104(研究的平均值且是电机辛烷值); 这样使得“以液化石油气为动力的发动机”能较“以汽油为动力的发动机”能够在压缩比更高的情形下工作。为确保此性能, 液化石油气要求的最低电机辛烷值是88。

使用液化石油气作为两轮车的燃料虽然在技术上是可行的, 但液化石油气车载能源容量比液体燃料车载量少。这样一定程度上对车辆行驶的长度加以限定, 需要更频繁的加燃料。这种限制对两轮车(如机动脚踏两用车和摩托车)显得尤为严重, 但对提供一定储存空间的摩托车的限制就相对较小。

在许多的发展中城市, 将液化石油气引入交通部门的主要问题是缺少足够的国内资源和分发系统不足, 还有缺少向加气站的投资。在巴基斯坦和斯里兰卡, 大约液化石油气消耗量的30%-40%依赖进口。在印度, 目前国内的产量仅够用于厨房燃

料, 大部分机动车用液化石油气依赖进口。同时还需要增加在加气设施的投资, 以使压缩液化石油气能从储藏罐加入汽车, 并确保这一过程中没有液化石油气的外泄。

### 以压缩天然气为动力的车辆

以压缩天然气为动力的车辆能显著减少固体微粒和碳氢化合物的排放。压缩天然气的燃烧也主要产生无挥发性的有机成分或硫氧化物。此外, 因为天然气比空气质量轻, 一旦泄露也不会停留在地面或进入排污系统。然而, 天然气分发和储藏成本昂贵, 大约需要200个大气压的压力。

孟加拉国和巴基斯坦都在引导使用天然气车辆。在孟加拉国, 2000年中期, 一项由加拿大国际发展公司资助的实验性项目改装了四辆三轮车; 直至2002年9月, 超过2000辆的改装天然气车辆投入使用(清洁城市车辆研讨会, IEA, 巴黎, 2002年9月24-25日)。在巴基斯坦, 一项捐助项目也计划在Karachi、Lahore和Quetta对10-30辆车进行检验。在以上这两个项目中, 一罐压缩天然气预计能行驶100千米。印度Bajaj汽车公司研制了基于四冲程设计的以压缩天然气为动力的三轮车, 并且2000年中期开始销售。从此之后, 此类车辆进入了大规模生产。“在德里, 行驶的车辆当中有超过38000辆的此类车辆, 在孟买此类车辆有15000辆, 在越南和孟加拉国的达卡有大约10000辆此类车辆在运营”。

与液化石油气情况相同, 使用压缩天然气作为两轮车燃料对汽车行驶长度有一定限制。压缩天然气相较于液化石油气的限制更加严格, 因为压缩天然气在200bar下以气态储存, 当等值能量数量甚至比液化石油气还小。

车辆也能生产设计为提供压缩天然气和汽油两者之一为动力。然而这种车辆使天然气的使用效率降低, 约损失10%-15%的输出功率。携带两种燃料系统所增加的额外重量也使效率降低。



甲烷, 是组成压缩天然气的主要成分, 具有高于120的抗爆指数。因此, 以压缩天然气为动力的车辆能得益于高辛烷值燃料且能够在高压压缩比的条件下工作。在实践中, 管道天然气成分随产地、加工过程和实践而有所不同。因此, 不仅燃料辛烷值不同, 燃烧值也会有25%之多的不同, 这影响了车辆性能。此外, 当用作车辆燃料时, 天然气中较重的碳氢化合物成分能够冷凝和蒸发, 影响燃料的效能。燃料效能的改变会对排放和发动机性能都产生影响。天然气中的水分也是一大焦点, 因为它有形成固态水合物的趋势, 进而会腐蚀输送管道、车辆储藏罐和加气站。

压缩天然气车辆的长期生存能力有赖于有倾向性的立法机构、良好的氛围和不受补贴破坏的燃料价格。通过补贴来刺激购买压缩天然气车辆的努力是非可持续发展的, 如新西兰试图转向压缩天然气车辆努力的失败。新西兰包括补贴在内的巨大的经济刺激活动使得从19世纪80年代早期到1986年, 有110000辆车转向使用天然气, 然而当政府收回这些支持时, 天然气车辆的市场几近消失。如今只有约10000辆这种车辆仍在路上行驶。正如天然气车辆国际联合会所指出的:

图17

传统的曼谷tuk-tuks现在使用液化石油气。

Karl Fjellstrom, 2001年

“那些认为所需的是用2-3年的时间促成使用天然气车辆开端的政府完全是在浪费时间和金钱”（引自1997年世界银行，2000）。

为使天然气能够更有经济竞争力，压缩天然气的零售价格需要降低到其替代燃料价格的大约55%-65%。如果没有持续的低价格，提倡使用压缩天然气车辆的努力就是非可持续发展的。但政府不愿降低压缩天然气价格，因为如果消费者从有附加税的燃料转向使用免税的压缩天然气，税收收入将减少。

**那些认为所需的是用2-3年的时间促成使用天然气车辆开端的政府完全是在浪费时间和金钱。**

世界银行

在如印度的一些国家，会很快形成大规模进口液化天然气的局面，如果世界原油价格显著下降，继续保持压缩天然气比汽油价格低很多的局面将会很困难。然而近期在印度东海岸Krishna-Godavari盆

地发现的大型天然气田，将可能会在未来几年投入生产，然而，这也会显著改变压缩天然气的价格结构和液化天然气的进口计划。

相比而言，孟加拉国具有巨大的天然气储量且大城市具有广泛的输气管道网络。所以也许孟加拉国能够将压缩天然气引入交通部门而不需要与经济的其他方面的需求达成妥协。然而，在孟加拉国，天然气仍具有高补贴，1998年天然气的价格估计平均比它的机会成本低25%。一旦供气部门价格重构以反映市场价格，压缩天然气车辆的经济性将不再受欢迎——这一点在压缩天然气车辆的评价程序必须要考虑到。

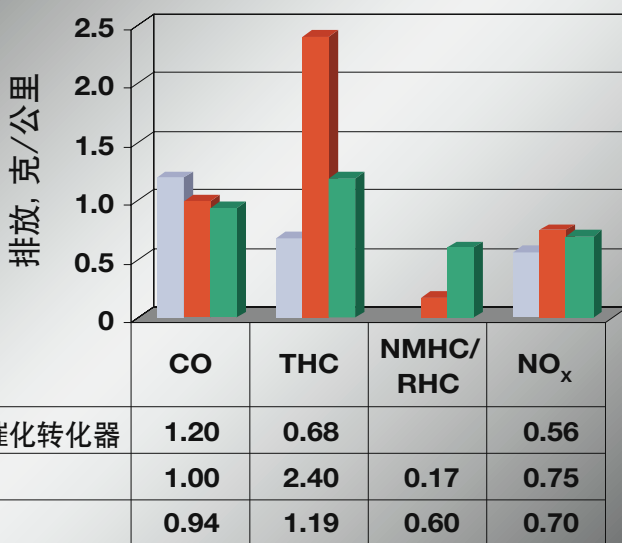
**使用压缩天然气和液化石油气车辆的排放特征**

人们常常认为在发动机中使用压缩天然气和液化石油气有助于显著减少排放。但是真实的结果取决于发动机的类型。当柴油发动机转换为使用压缩天然气或液化石油气时，PM和碳氢化合物的排放量显著减少。然而，当汽油发动机转换为这些气体燃料时，改进则是有限的。图18

显示了印度机动黄包车使用压缩天然气、液化石油气和汽油的排放特征比较 (Iyer, 2004)。图18中的汽油发动机中装有催化转化器。从结果可以看出使用压缩天然气和液化石油气排放的一氧化碳比使用汽油约减少20%；氮氧化物比使用汽油则要高出30%；总碳氢化合物排放比使用汽油要高；但非甲烷碳氢化合物 (NMHC) 则比使用汽油要低得多。使用液化石油气时活性碳氢化合物 (RHC) 的排放仅仅比使用汽油时稍低。活性碳氢化合物一般是总碳氢化合物的一半。只有非甲烷碳氢化合物会产生区域污染并影响健康，尽管甲烷本身是一种强效温室气体。非甲烷碳氢化合物的排放量决定于从废气或天然气中除去甲烷成分

图18 印度三轮车量与使用液化石油气和天然气车辆排放比较。

伊亚尔 (N. V. Iyer)



NMHC: 非甲烷碳氢化合物  
RHC: 活性碳氢化合物

后的含量。由于大约一半的石油气车辆所排放的挥发性碳氢化合物不具活性, 所以它们不参与导致二次污染物形成的大气光化学反应。然而, 液化石油气发动机排放的非活性碳氢化合物比例始终是一半并不是一个正确的假设。PM排放并没有测量数据, 因为火花点火发动机的车辆并不会常规测量PM排放值。

## 电动车辆

电动三轮车的价格比汽油为动力的车辆高出许多。这类车依靠使用6-10小时后必须充电的电池组行驶, 具有更小的活动范围。直到技术性改变后才使这种车辆更具吸引力。人们并没有期望他们在亚洲发展中城市扮演很重要的角色。然而, 考虑到它们的潜力, 印度几家车辆制造厂正在尽最大努力来发展电动三轮车, 在可预见的将来能使之投入商业运营。印度一个由公众和私人合作的项目已经促成了电动三轮车的发展, 并有可能使之变成现实。这一项目有以下几家公司参与: 的项目(美国国际发展公司、新一代摩托车公司(研制火车驱动系统的公司)和Bajaj汽车公司(印度主要的两轮车和三轮车直到工厂)。这种车辆使用非接触性永久性的磁性直流电和控制装置, 这提供了更高效的系统, 因此适用于更长的行驶范围。

在城市实际运行条件下每次充电能够运行超过80千米的范围, 这种车辆对准了一半拥有机动黄包车的人群, 在印度城市里, 他们通常在一天内10小时行驶相同的距离; 另一半对准了需要运行120千米范围的人群。通过详细的生活周期消费分析显示, 如果电力驱动系统和零部件的销售价格比通常的机动黄包车价格低25%, 这种车辆便可投入商业运行。如果这种车辆大批量生产, 达到这种价格是可能的, 通过经济刺激这种外部干预的方式或许有助于在市场上持续发展这种车辆, 直至个人能够承担得起。

电动车辆目前使用铅酸电池。当电池在室内充电时, 良好的通风是必要的, 因为铅酸电池充电时会释放碳氢化合物。初步估计, 在印度, 三轮车使用的8个电池组价格大约在每副40-50美元。8个电池组和所需要的车辆改装预计可使电动三轮车

### 栏5: 在加德满都柴油三轮车向电动Tempo的转化

在加德满都, Tempo是一种重要的公共交通工具——可乘坐10人的三轮小型巴士。在政府1999年禁止柴油Tempo之前, 这个城市大约有1500辆这种车在运行。

在美国国际发展公司的支持下, 全球能源部在1994年到1996年间, 实施了由柴油Tempo向电动转化的引导项目, 在这一引导项目中, 电动Tempo被称作Safa Tempo, 具有50千米的运行范围, 最高时速可达45千米/时。它们的电池组重360千克。因此, 当满载时车辆运行接近它的最大设计能力, 刹车的操作也接近设计状态。

为使这种车辆每天能运行150千米, 需要使用三组电池。尼泊尔实施了一种新概念——特定的停靠站来载客与卸客, 这样能够使车辆按照时刻表运行。这种Safa Tempo相对柴油Tempo更加清洁并且噪声更少。公众对这种车辆非常认可。在项目试行阶段, 乘客的需求量经常超出提供的容量。

目前, 在加德满都, 有超过600辆Safa Tempo在运行, 其中的大部分车辆沿着17条线路用于公共交通。在尼泊尔的电动汽车行业由5个厂家, 37个充电站和数百名车主组成。然而, 因为一辆Safa Tempo的运作成本高于使用汽油或液化石油气三轮车(分别高出64%和88%), 企业家很难能够维持下来。电动汽车的运行成本高的主要原因是用电的费用高和电池的成本高。

基于Kojima等人, 2000年, 更新自国际能源署清洁车辆研讨会, 巴黎, 2002年9月24-25日, 论文由尼泊尔清洁能源处获得, <http://www.cen.org.np>



图19

安哥拉在IZET计划中开发的电动三轮车“Ecorick”。安格拉的泰姬陵是世界著名的古迹。古迹附近使用无内燃机的汽车，从而保护它不受机动车污染。此车辆也是专门为残障旅客所设计的。一些车辆已经运营非常成功，承担了近两年来古迹的游客运送。

伊亚尔 (N. V. Iyer)

的成本增加大约1000美元，是印度以汽油为燃料车辆的两倍。

电动车的生存能力部分依赖于电力价格。在许多发展中国家电力部门正在进行改革和重构。电动车辆的长期生存能力必须根据电力市场价格来评估。

人们不期望在南亚与东南亚的发展中国家使用常规技术的电动车会得到广泛应用。然而，中国是一个例外：小型的使用电池的电动两轮车正在快速的增长。据估计，2007年在中国电动两轮车年产量超过两千万。这些自行车由250瓦特的电动马达供电，最高限速为20公里每小时，一次充电最大行驶距离可达50至60公里。这些车辆可被当做“自行车类型”，或被当做“摩托车类型”。类似设计的电动自行车在印度也已经开始销售，2006年在印度销售近22000辆。（来源：印度汽车工业，2007-2008统计概况，印度汽车制造商协会 (SIAM)）

在极度污染的交通走廊，电动三轮车可以发挥有益的作用，但这种作用非常

有限。以尼泊尔的Kathmandu为例，电动车辆于1994年被引入（见文字框），1995年政府将电动车辆部件的进口配额从60%减少到5%，完全组装好的电动车辆进口额由150%减少到10%。在2000年早期，Kathmandu约有500辆电动车辆，部分原因是1999年政府对柴油车施加的禁令。7家工厂组装了200多辆电动车，这是世界上最大的电动公共交通车流。然而，未来是不明确的，因为在2000年3月政府核准了进口300辆15座的篷车，这与电动车辆具有相同的进口配额。

### 3.6 政策指导

很多政策工具对城市和发展中城市的国家政府来说都是实用的。这部分列出了对使用中的车辆（见文字框）和对新车的政策要点。

#### 标准

为适应比欧盟更严格的国家标准标准，印度车辆制造厂改变了发动机的设计，从而大大减少了排放且提高了节油性能。排放损失已经在逐步减少，并于2000年首次安装了催化转化装置。

两轮车的排放标准有很大不同。如今，印度与中国台湾拥有世界上最严格的排放标准，这反映了政府对控制车辆排放的考虑。由于人们支付能力和驾驶能力的增强，导致了数量庞大且随处可见的车辆。



表6: 中国台湾对摩托车<sup>1)</sup>排放的限制

发动机试验条件		污染物	2004年1月	2004年1月	2007年7月	2007年7月
			二冲程 (冷测试)	四冲程 (冷测试)	<150 cc (冷测试)	>150cc (冷测试)
新引擎	驾驶循环测试	CO, g/km	7.0	7.0	2.00	2.00
		HC, g/km	缺失	缺失	0.80	0.30
		NO <sub>x</sub> , g/km	缺失	缺失	0.15	0.15
		HC + NO <sub>x</sub> , g/km	1.0	2.0	缺失	缺失
新引擎	怠速测试	CO, (%)	3.0	3.0	3.0	3.0
		HC, ppm	2000	2000	1600	1600
使用中	怠速	CO, (%) <sup>2)</sup>	3.5	3.5	3.5	3.5
		HC, ppm	2000	2000	2000	2000

来源: 伊亚尔 (N. V. Iyer): “管理摩托车的排放 - 印度的经验”, 摩托车排放控制研讨会: 越南和国际的经验, 越南河内, 2007年3月6日, <http://www.theicct.org>

注: 平均冷发动机测试的CO和HC+ NO<sub>x</sub>的值分别为温暖的发动机测试值的2.5倍。

1 包括摩托车和轻便摩托车

2 热身发动机试验条件限制

由于技术进步, 近期两冲程车辆的排放有了显著减少。在中国台湾, 这个世界上最上人均拥有两轮车最多的地方, 排放标准有了显著增强。最新的标准于2007年7月1日起开始实施, 这个标准与摩托车欧洲标准3有相同的限制值(见表6)。中国台湾的排放标准也控制可见烟的排放, 对新车的烟密度控制在15%, 在用车辆的烟密度控制在30%。

1996年, 印度的车辆制造商面临者满足更严格排放标准的挑战。因为在那个时期, 无铅汽油在印度仍不普遍, 不使用催化转化装置(见表7)。车辆制造商必须仅依靠发动机的技术进步来满足日益更新的排放标准。如今, 由于持续的技术进步和催化转化装置的安装, 印度新生产的两轮和三轮车比1991年生产的车辆在排放上面有所改善: 一氧化碳减少了8%, 碳氢化合物和氮氧化物减少了18%。同中国台湾一样, 印度的排放标准正在得到显著加强(见表8)。

## 栏6: 两轮车和三轮车的标准

综合论文, 区域研讨会, 2001

<http://adb.org/vehicle-emissions>

车辆的排放可通过控制新车排放标准和在用车辆的标准来调节。

### 对新车的标准

- 对新车的标准(根据一种特定的核准程序)可能是促使引进清洁车辆技术的主要动力, 在亚洲和亚洲之外的经验都表明, 这是随时间推移而减少排放的最有效的方法。目前, 有许多亚洲国家采用了对两轮车的特定核准标准; 在一些情况下, 也对三轮车采取了核定标准。大多数这类标准沿用了欧洲或ECE标准。
- 欧盟和美国对两轮车逐渐强化了排放标准。在这些地方, 摩托车发动机尺寸通常要大很多, 摩托车对空气所造成的污染比亚洲要小得多, 在欧洲和美国控制这种类型的车辆排放不如在亚洲那样重要。
- 建议所有国家对新的两轮车和三轮车采用特定的核准标准。考虑到这一地区两轮车和三轮车人群的庞大数量和它们对空气质量的危害,





人们认为目前的ECE标准对亚洲城市人群的健康是不够的。一些国家如印度、中国大陆及中国台湾已经实施了许多更加严格的标准，亚洲地区的其他国家也有必要超越ECE标准，进而采用印度、中国大陆及台湾所采用的排放标准。这应该包括对两冲程冷启动的检验和要求，严格程度与对四冲程发动机一样。

- 固体微粒污染严重的城市应该考虑发展对两轮车和三轮车特定的PM排放标准。采用特定标准时，应该有科学根据，使用可靠的PM测量方法；使用通过公开透明的包含所有感兴趣的利益相关者参与后所得到的结果。
- 为使在发展实施两轮车和三轮车的严格核准标准过程中的成本最小化，建议所有的国家能联合起来共同协调对这些车辆的规程。这并不代表所有国家在同一时间内采用同样的标准。反映最低技术可行性的环保型车辆的标准也应该被采用。满足这些标准的车辆应该通过财政的或其他刺激方式得到鼓励。此外，两阶段的实施方法也应纳入考虑：通过实施财政或者其他刺激方法先期介绍第二步骤的实施标准。在发展区域协调标准时，区域性工业能够发挥重要作用。
- 建议实施基于技术发展交流的摩托车发动机项目来实现技术性知识的共享，由此可得出公认的排放标准。这些工作应该由区域性摩托车工业来启动。

### 在用车辆

- 为确保达到预定的减排目标，补足对在用车辆的标准与对新的两轮车和三轮车制定排放标准一样重要。在用车辆的标准会确保车辆被恰当的保

养和使用，以确保生产时所采用的新排放技术能得到最大的收益。

- 严格的在用车辆标准可以用来迫使老式的、高污染的车辆退出道路，或使之远离污染严重的地区。在用车辆的标准应该能通过适当的检验程序准确判别污染严重的车辆，据此来做出仔细的选择。
- 在用车辆的标准通常会控制调节在空载条件下二氧化碳的排放量，一些国家也控制调节烟和碳氢化合物，这两个组分在现行战略中是非常有用的。
- 对新车采用PM排放标准后，亚洲地区的国家也应该通过适当方法同样对在用车辆也限定PM排放要求。
- 在一些国家，有几款独特的车辆，如菲律宾的机动三轮车就是两轮车的改装车型。必须指出的是，这些车辆是通过改变它们性能要求的方式来改变它们排放特征的。一种办法是让他们继续达到原始车辆的在用车辆排放要求；另一种办法是发展或更改在用车辆标准。
- 对新车发布排放标准的责任主要归于国家政府部门，国家政府部门或地方政府部门都可以发布排放标准。地方政府部门发布的排放标准不应低于国家标准，在一些地方甚至应该比国家标准更加严格。
- 世界各地的经验表明：在制定排放标准的过程中，采用透明系统是十分重要的。这样能够得到人们广泛的参与。
- 在这一区域的几乎所有国家都缺乏对两轮车和三轮车的控制能力、监管与保养的实施。这个不足阻碍了在用车辆标准的有效实施。

## 基于排放的政策

政策制定者对污染问题可以通过“设立排放目标并要求车辆不得超过此目标下限”来处理污染问题；或通过“要求使用特定类型的燃料或车辆技术”来期望达到排放目标。基于排放的这些措施为燃料和车辆供应商提供了更大的灵活性，他们可以选择最低的成本来满足特定的排放标准。只要参与者能够遵守，这种方法对社会来讲是低成本的选择。然而基于排放的政策措施通常比基于技术的政策措施更难以监管。基于技术的政策不太可能是一种低成本的解决方法，除非实施了严格的性价比分析，以确定在每种特定情况下的技术选择。

基于排放和基于技术政策之间的区别并不一定非常严格，因为排放标准可以制定得如此严格使人们必须使用特定的车辆或燃料。以中国台湾为例，2003年台湾两冲程发动机设立了比四冲程发动机严格的排放标准，这有效禁止了两冲程两轮车的使用。

表7: 印度汽油动力的两轮、三轮车排放标准, 1991–2000年 (克/公里)

年份	两轮		三轮	
	一氧化碳	碳氢化合物和氮氧化物	一氧化碳	碳氢化合物和氮氧化物
1991	12–15 <sup>a</sup>	8–9 <sup>a,b</sup>	30	12 <sup>b</sup>
1996	4.5	3.6	6.75	5.4
1998	4.5	3.6	6.75	5.4
2000	2.0	2.0	4.0	2.0
2005 <sup>c</sup>	1.5	1.5	2.25	2.0

Kojima等, 2000年, 数据来自印度汽车制造协会

注: 1991年和1996年汽车试验基于暖印度的驾驶周期。1998年和2000年的汽车试验基于冷印度的驾驶周期。

a) 排放标准取决于车辆的参考质量

b) 仅应用于碳氢化合物。

c) 一个1.2劣化系数可适用。“排放监督”乘以1.2必须低于限制要求。

表8: 印度当前的摩托车<sup>1)</sup> 排放限制

引擎测试条件		污染物	当前 2000年 4月以来	2005年4月 以来	2008年10月 开始
			二、四冲程 (热启动)	二、四冲程 (热启动)	二、四冲程 (热启动)
新引擎	驾驶循环测试	CO, g/km	2.0	1.5 <sup>2)</sup>	1.0 <sup>2)</sup>
		HC + NO <sub>x</sub> , g/km	2.0	1.5 <sup>2)</sup>	1.0 <sup>2)</sup>
	怠速测试	CO, (%)	4.5	3.5 <sup>3)</sup>	3.5 <sup>3)</sup>
		HC, ppm <sup>4)</sup>	2-S: 6000 4-S: 4500	2-S: 6000 4-S: 4500	tbd <sup>5)</sup>
使用中	怠速	CO (%)	4.5	3.5 <sup>3)</sup>	3.5 <sup>3)</sup>
		HC (ppm <sup>4)</sup> )	2-S: 6000 4-S: 4500	2-S: 6000 4-S: 4500	tbd <sup>5)</sup>

伊亚尔 (N. V. Iyer), 2004年

1) 包括摩托车和轻便摩托车

2) 排放耐久性劣化系数适用为1.2

3) 热引擎测试条件受限

4) 2004年10月1日开始适用于2000年3月31日以后生产的车辆

5) 需核实

基于排放的政策设立了车辆排放标准，使得汽车和燃料工业寻求满足标准且成本最低的方式。

虽然不断变化的客户组成和偏好也起到了一部分作用，严格的排放标准显著推动了印度制造厂商生产更多的四冲程发动机车辆。在财政年度2006-2007里，四冲程发动机两轮车占印度年度总销量的95%还多。尽管购买一辆四冲程三轮车增加的费用能在稍多于半年的时间里得到补偿，但是在印度，类似于两轮车的变化并没有在三轮上实现。假设维护保养成本相当，用新的四冲程机动黄包车取代旧的机动黄包车是减少颗粒物排放的有效方式。印度的经验表明，成功不能仅仅通过市场推力实现，但可能能够只通过结合国家要求与适当的刺激成功。三轮车失败的主要原因是这些车辆用于商业用途，车辆所有者更倾向于有更简单结构（两冲程机动车），便宜并且易于维护与保养。

#### 排放的监管

尽管检查新车的设施并不困难，但监管使用中的车辆性能却是个很大的挑战。至少有效的检查和保养程序应该到位，还应该配合更新的车辆登记程序。然而，即使这些得到严格的实施，检查和保养措施效果仍是有限的。因为车主和机械师能临时改装车辆，特别是使用旧技术的车辆，以使它们能够通过排放检查。

使排放能满足标准的一种方法是在路上实施随机检查，然而，这种检查的设立和管理费用是昂贵的，并可能引起腐败。

为提高检查和保养程序的有效性，检查频率可以随车辆的使用年限和每年行驶的公里数而不同，商用车辆如三轮车的检查频率应该高于用于个人出行的摩托车。

一旦安装了催化转化装置，经常检查显得尤为重要，如果转化装置能持续大约

30000千米，出租车每天两班通常行驶150千米，一年两次检查和更换转化装置是必要的。

在南亚和东南亚大多数国家并没有对两轮车和三轮车有效检查和维护的措施。最突出的一个例外是中国台湾：它遵循由很多私人中心运作的分散检查系统。政府将所有私人中心连接到中央电脑系统从而进行严格的监管，所以该系统是相当有效的，此外，路边突击检查也会时不时进行。

印度的“控制污染”（PUC）认证系统适用于所有在用车辆，其中包括两轮车和三轮车。虽然该系统也是分散的，但并不是十分有效。这个系统有许多不足之处，最重要的一点是缺乏强有力的政府监管。另一个不足之处是测试不足以确定在用车辆的潜在污染。印度汽车研究协会（ARAI）研制了一个低成本的加载模式测试，这一测试可以有效地用于此目的（Iyer, 2007）。

#### 对未通过检查的车辆进行维修

如果不对未通过检查的车辆限期维修，车辆的检查就会失去意义。良好的装备和训练有素的机械师是成功实施检查与保养的先决条件。因为四冲程发动机更为复杂，需要更有经验的机械师来服务。在今后应该把培训机械师放在优先的地位。目前非常缺少能精通四冲程发动机三轮车和其他具有日益复杂技术的车辆机械师，只有他们能在修理厂使用特定工具对这些车辆进行维修。

当车辆并非拥有者驾驶时，即使是最好的情况，实施常规检查和保养的动力也是十分微弱的。因为负责车辆通过检查的拥有者在大部分时间里不使用车辆，这种两难的境地更加突出了探索实施排放标准和处理违规者方法的重要性。因为拥有者与使用者都不愿花费时间让商业运营的车辆接受检查。

## 专项技术政策

基于燃料和车辆技术的措施要求采用最低限度的技术。基于技术的特定政策包括:

- 要求使用更高质量的两冲程发动机润滑油
- 要求事先将汽油和润滑油混合好
- 要求安装催化转化装置
- 禁止使用两冲程发动机
- 禁止使用一定年限或一定公里数的车辆; 或促成此类车辆的报废
- 对用四冲程发动机车辆代替两冲程汽油发动机车辆做出要求或提供刺激措施(提供贷款、税收减免或补贴)
- 对用替代燃料(如液化石油气、压缩天然气和电力)代替两冲程汽油发动机做出要求或提供刺激措施
- 要求加装套件以减少排放量, 如 Envirofit 的直喷套件

在基于排放的政策难以监管的地方, 或许应该采用以上政策。然而在实施这些政策之前, 政策的制定者考察每种选择的性价比是必要的。一些措施更强调控制, 禁止未封装的润滑油能够防止劣质的润滑油被加入汽油(见文字框)。如果有足够的训练有素的机械师为四冲程发动机三轮车提供服务, 要求所有新的三轮车采用四冲程技术就能合理地节约燃料。

相比而言, 要求安装催化转化装置是缺少理性的, 因为只有在满足以下几个条件时它们才能有效地发挥作用:

- 必须广泛使用无铅汽油。最理想的情况是完全淘汰含铅汽油, 消除对使用含铅汽油车辆安装转化装置的必要。
- 汽油应有足够低的硫含量, 最好以重量计每百万单位中少于500单位。
- 必须明确转化装置所必须满足的排放水平和使用时间。
- 有效的检验和保养系统必须到位, 以保证催化转化装置能及时更换。

如果不满足这些条件, 安装催化转化装置的收益将不抵安装费用, 即使满足这些条件, 对新车明确排放标准, 仍优于要求安装催化转化装置。以安装转化装置来改装使用中的车辆仍是个问题, 因为这可能导致不点火。这在两冲程发动机中更为普遍, 不点火会导致温度失控, 从而造成转化装置烧结或被破坏。由于这个原因, 印度Bajaj汽车公司建议只有在1996年后生产的具有低“排放损失”两冲程发动机车辆可以考虑改装。

通过要求安装转化装置来减少固体微粒的排放可能是不经济的。由于缺少数据, 很难估计催化转化装置对固体微粒排放的影响。假定转化效率是50%, 没有转化装置, 固体微粒的排放水平是每公里0.1-0.2克, 转化装置的寿命是30000千米, 通过转化装置消除的PM10总量为1.5-3千克。这就是说, 在印度如果每套转化装置25美元, 消除每吨PM10的费用将达到8000-17000美元。这一数字随着对转化装置寿命和减少固体微粒数量的假设而会有数倍的变化, 但相比于其他减少PM10的措施, 其价位还是太高。

### 禁止所有的两冲程发动机

禁止所有的两冲程发动机, 会在亚洲发展中城市消除数百万点对点的交通, 这将使交通状况陷入艰难的境地; 直到有足够的公共汽车和四冲程发动机出租车来代替已存在的大量两冲程发动机三轮车。让两冲程三轮车退出道路将会使更依赖它们的女人和老人和很多将这些车辆商用的人们受到重创, 也将影响成千上万驾驶者的生活, 并导致广泛的失业。而且, 禁止两冲程发动机车辆而没有准备好车辆登记注册系统、有效交通管制系统和目前使用者的替代产品, 将导致驾驶者的困扰和交警的腐败。因此, 与其禁止这些车辆, 不如政策制定者考虑其他减排的成本更低的方法。

### 更多可选的禁令

比禁止所有两冲程车辆成本更低和更可持续的方法如下：

- a 在城市范围内，只禁止较旧的（通常污染也很严重）两冲程发动机车辆。这种方法在德里已经实施并得到了广泛的支持（见文字框）。
- b 禁止新的两冲程发动机车辆。这可能给社会经济造成比禁止所有两冲程发动机车辆更少的压力，因为新的两冲程和四冲程车辆的差价已经不十分显著，如果考虑维修和保养费用，购买一辆四冲程机动车比购买一辆两冲程机动车更经济，应该把消除使用四冲程机动车代替两冲程机动三轮车的经济差别放在突出位置。

- c 禁止进口或对进口两冲程车辆征收高关税。然而，完全禁止或限制进口销售和使用新的两冲程机动车（通过税收或其他方式）需要仔细的研究。这样的政策可能对工业造成破坏，因为工业遵从的准则是它们的顾客要以最低成本得到产品。因此，这种对没有能力实施强有力的新排放标准的国家或许有用，从而使不完全控制的两冲程发动机车辆不能够进入市场。

上述三种方法如果满足以下条件时，将达到很好的效果：(i) 车辆的替代产品已经推向市场并接收了市场的检验；(ii) 这些替代产品是人们能买得起的，这需要降低或消除对新车的进口关税或其他税收；(iii) 为车主或驾驶者提供足够的贷款，以保证他们有能力购买新型车辆。

## 专栏7：最高法院在德里的作用

摘自Kojima等，2000

在1998年7月，为应对空气污染，印度最高法院对德里的两轮车和三轮车规定了以下几项措施：

- 1 禁止加油站和服务机构有不规范的2T油销售行为，自1998年12月起施行。
- 2 要求加油站对两冲程发动机车辆销售汽油时，机械控制一定量的润滑油加入汽油，自1998年12月起施行。
- 3 要求清洁燃料的新型车辆替换所有1990年前生产的汽车和出租车，自2000年3月施行。
- 4 引入经济刺激措施来促使使用清洁燃料的新型车辆代替所有1990年前的汽车和出租车，自2001年3月施行。

前三项措施已经得到实施。第三项措施要求淘汰德里所有1990年前的黄包车并用以压缩天然气为动力的黄包车来代替。在那个时候，只有两种清洁燃料可供选择：天然气和电力，因为那时候使用液化天然气仍是不合法的。如今电力驱动的黄

包车在印度仍没有投入商业运营。

第四项措施具有一段有趣的历史。德里政府直到2000年3月才实施了经济刺激措施，来用新型车淘汰15年之久或更久的黄包车，以满足1996年4月实施的排放标准。尽管原则上两冲程和四冲程发动机都允许使用，但在这期间只有两冲程发动机黄包车可以使用。刺激措施包括完全免除销售税收（2000年前为6%，2000年后为12%）和印度金融组织的贴息贷款。贷款的归还期限从3年到5年不等，甚至还可以再放宽。但到2000年4月，只对使用压缩天然气或电动的新型黄包车代替旧的黄包车提供经济优惠措施。

黄包车车主非常喜欢这些措施，到2000年3月，将近2000辆旧黄包车被新型车辆所代替，同时，政策允许车主将他们的旧车卖到德里首都范围以外的地方去。大多数车主选择了出售他们的车辆，因此污染转移到了这个国家的其他地区，旧车再也没有机会重新回到德里。

## 经济和财政手段

不论是否采用特定的技术措施,都应该存在经济政策来引导从污染严重的城市中消除旧的和污染较多的车辆。这种政策包括对更新旧车提供税收优惠、对淘汰旧车提供现今补贴、为购买新车提供足额贷款、放开新车交易。并不是所有的措施都同样值得推荐。

### 对更新旧车的税收刺激

如果税收结构对治理污染所起的作用不大,那么它和车辆的其他花费(如每年的注册费)就应该被仔细审查和校订。举例来说,当更加清洁的车辆作为机动黄包车的替代产品时,其进口关税或销售税收就不应该如此之高,从而降低了人们的购买积极性,毕竟,公众健康收益相比税收更重要。相似的,如果每年的注册费仅根据市场价格,而不结合排污水平,那么它就会因为太低而不能促使市民放弃使用旧车。在评估每一项措施时,政策制定者需要权衡社会经济成本(是否继续以较高的代价维系旧车)与公众健康(减少车辆排放)。

### 加速淘汰两冲程车辆(摩托车升级项目;贸易补贴)

政府对淘汰旧车辆提供现金补贴会破坏市场,对使用中的旧车产生消极作用。如果政府出资来收购旧车辆,这些车辆(包括那些处于报废边缘的车辆)的价格也会上涨。通常当一辆车的维修费超出了维修后的市场价格时,就会报废。旧车的高价格可能产生意想不到的效果,致使一些车主与其报废旧车不如继续维修和使用。而且因为车辆价格在城市中心比城市外围高许多,这将刺激非城市中心区的车主将他们的车辆带到城市中心区出售。这些问题说明政府对旧车提供现金补贴不是对有限公共资源的最好利用。

## 提供足够的贷款是可行的

与其提供现金补贴,不如政府扮演更有价值的角色,通过常规贷款和微型信用市场来保证城市公共交通车辆的拥有者和驾驶者能够得到足额的贷款。这将有助于用清洁车辆代替旧的机动黄包车与包括柴油车和两冲程发动机汽油车在内的大型车辆。

## 提高公众意识

鼓励车主实施常规检查和使用为两冲程发动机专门设计的润滑油,并采用车辆厂商建议的浓度,能有效减少两冲程车辆的排放和维修费用。这需要实施大量的公众教育以引导车主能够采用这种双赢的措施。

举例来说,在南亚国家,资助者和非政府组织已经开始了提高公众对排放问题意识的努力。

- 巴基斯坦碳氢化合物发展协会分发了大量包含有关汽油润滑油质量和使用数量等基础信息的小册子和贴纸。
- 2000年末,联合国发展项目——由世界银行能源部门(ESMAP)帮扶的项目在孟加拉国的达卡对机械师实施了一些列的培训课程,对三轮出租车驾驶者设立了许多培训机构。这个项目基于如下理念:由机械师向出租车驾驶员传达准确的信息是实行新实践的第一步(ESMAP, 2002)。
- 1999年末,在印度德里的一次主要的提高公众意识的活动中,有超过66000辆车参加了两轮车检测站的免费检查和保养。
- 印度车辆制止商联合会(SIAM)在许多城市致力于推动在用车辆排放检测中心的计算机化,其成果提高了公众对这一系统的信心,也提高了自愿申报排放合格证书的车辆数量。由SIAM开发的这一系统使人为干扰在检验过程中最小化,这一系统在合格证书中还包括

了对检验车辆牌照的照片，因此提高了检测中心的信用。尽管在初期，SIAM作为尝试以它自己的开支来实施这一项目；如今许多检测中心愿意升级为计算机化，因为这增加了他们的利润。在邦加罗尔市，SIAM仅建立了两座检验中心，但超过100家私人检测中心已经将他们的设备计算机化。一些地方政府已经要求使用SIAM开发的计算机化系统。

在亚洲，尽管公共意识已经开始复苏，但许多驾驶者仍不能对他们的车辆进行充分的维护，提高公众对车辆正确保养重要性的意识，还任重而道远。

#### 明确利益相关者

2001年，在河内的区域研讨会明确了以下群体为利益相关者：

- 国家政府部门
- 地方政府部门
- 工业（摩托车生产厂，燃料生产厂，转化装置供应商，维修保养商）
- 在倡导和实施减少污染的运动中发挥作用的中间组织
- 使用者。在使用者群体中区分依靠两轮车或三轮车谋生的群体如黄包车驾驶者和将车辆用于个人出行的群体是重要的
- 公众（呼吸的人）。

两轮车和三轮车制造厂商对他们生产车辆的排放性能了如指掌，而且，越来越多的制造厂已经开始修改他们产品的设计以使之满足日益严格的排放标准。对车辆制造厂来讲，按新型标准和现行标准制定中期计划是十分重要的。

### 栏8：提高性能减少排放：德里的I/M维护站

摘自Kojima等，2000

为减少排放，印度汽车生产厂联合会（SIAM）和印度的其他公司于1999年在德里倡导成立对两轮车免费检查和保养的车辆检测站。这些车辆检测站部分由美国国际发展联合会赞助，经过三个阶段四个多星期相继在四个地方成立。SIAM的成员公司提供了45套检验仪器，200名职工。主要车辆制造厂提供人员，负责修理和收集信息；仪器厂人员负责仪器校订，以保证排放测量的准确。德里政府授权SIAM在检测站位置发布“控制下的污染”的贴纸并设置交通警察值勤。这些检测站通过重要人物、庆典和政府官员在媒体的呼吁得到公众的广泛认知。成功实施的检验程序大约需要花费2.50美元/驾驶者。

这些检测站实施一般的保养工作，发放有关保养和节油的手册。车辆在空载时，先检测二氧化碳和碳氢化合物的排放，如果车辆超标（也就是说如果尾气中二氧化碳排放超过4.5%或碳氢

化合物排放超过每百万9000单位）就要进入修理车间，调整汽化器，然后再检测。如果车辆第二次排放检查仍不合格，就要清洁和调整火花塞并清洁空气过滤器，然后进行第三次排放检测。通过检测以后，进入安全车间，驾驶者就会收到安全和保养手册。

大约80%的参与车辆通过了空载时的二氧化碳检测，剩余20%的车辆当中95%进行很小的修理就通过了检测。对初始检验失败的75辆车的燃料消耗进行了检测，通过很小的修理燃料经济性能从平均39千米/升，提高到了47千米/升，这表明了实施保养的益处。四家检测站中有一家配有烟的计量设备，对检测失败的车辆在进行小的保养前后进行了烟的测定发现，结果发现烟的排放水平在小的修理后也有所下降。

对这些检测站收集到的数据分析可参考Sujit Das等，2001。



### 推进出行的替代模式

一种减少两轮车与三轮车排放的方式就是开发和推进替代交通工具,如步行,骑自行车,与公共巴士。这些主题在本分册中的其他部分也有提及。我们只在这里提出那些针对私人汽车使用的限制,例如增加停车收费,也应该适用于摩托车。这是建立一个有生命力的公共交通工业的先决条件,非常重要。

### 3.7 未来展望

大多数车辆使用两冲程发动机,因为它们相对低价,动力和速度性能良好,而且维修较容易。因为两冲程发动机数量庞大,应用非常普遍,制定针对这些车辆的排放政策时必须考虑社会经济影响。大规模的和立即禁止以汽油为动力的两冲程发动机车辆是十分困难的,并且费用也是十分巨大的。幸运的是有很多能够逐步实施小规模且性价比高的改善措施。公众提高排放对健康影响的意识、发动机/燃料/润滑油改善排放水平性能参数、驾驶者为减少排放所应采取的简单步骤、还有对控制空气污染不同措施的优缺点比较——这些都使得即使面对已存在的大量车辆,减少排放也较容易。

在亚洲,两冲程发动机车辆终将被淘汰,而被性能相似但更加清洁的并且能够满足公众社会经济需求的替代产品所取代。在改善空气质量这一目标上,政府、工业和公众之间保持稳定的关系和承担各自的义务是很关键的。这一过渡期可能要许多年。在这期间,在大城市中心区使用中的两冲程发动机车辆会逐渐被淘汰。

在这些情况下,提倡正确使用两冲程发动机车辆的润滑油是至关重要的。在这种双赢的模式下,车辆排放能显著减少,并且即使没有花费,车辆的保养也更容易。

### 3.8 自动自行车- 潜在法规对移动性与环境的影响

这一部分是由田纳西大学市政工程系的助理教授 Christopher Cherry 博士所提供的。章节内容主要是基于由亚洲清洁空气行动、加州大学伯克利分校未来城市交通中心——A Volvo Center of Excellence 和国家自然科学基金共同赞助的研究成果。

电动自行车在过去的几年里已经越来越流行: 2000年销售了几千辆,而2006年销售了1600万到1800万辆 (Jamerson 和 Benjamin, 2007)。在中国,现在的电动自行车总数被估计为在3000万到5000万辆之间。电动自行车的使用率已经远远超过汽车拥有量的增长率,并创造了中国城市交通系统和环境的新挑战。电动两轮车的支持者将其看做环保型交通工具,它能够有效减少区域性空气污染,并为使用者提供高流动性。反对者认为电动两轮车不安全,有污染,并且导致了很多人中国的交通问题 (Ribet, 2005)。事实上,一些城市已经开始禁止或严重限制了电动两轮车在城市中的使用 (广州日报2006)。

如图20所示,电动两轮车可分为两种类型: 自行车式的电动自行车和摩托车式的电动自行车 (Jamerson and Benjamin, 2007)。电动自行车单次充电能够行驶40-60公里,市场售价为150美元到300美元不等。电动两轮车在大小、重量和最大速度上没有严格的规范,所以将其归类为自行车 (中国中央政府1999年,中国中央政府2004)。因此,电动自行车与自行车拥有相同的权限并且遵守相同的规则,包括与自行车共享自行车道的权利等等。

电动自行车给交通系统带来了好处,其主要体现在增加了移动性和可访问性,权衡其带来的益处与造成的环境影响将成为本节探讨的内容。以下部分介绍了两个案例研究: 上海市和昆明市在颁布电动自行车禁令后对环境排放与交通系统可移动性的综合影响。最后,文章将讨论政策的影响以及其他政策性决策。

### 对交通系统正面与负面的影响

像其他交通模式一样，电动两轮车对交通系统有正面与负面的双重影响。电动自行车增加了道路拥堵，并且排放污染物，使用者可能会在交通事故中受伤甚至丧生。与其负面影响相权衡的是其正面作用：电动自行车提供了城市中的可移动性，提高了出行的数量、工作及其他目的地的可达性。与这两者相关的问题是电动两轮车在这些指标上与其他交通模式相比更好或者更差的程度。如果将电动两轮车从交通出行选项中除去，其转移到其他模式（小汽车，公共汽车，自行车或步行）的分布，将决定禁止电动两轮车的政策会增加还是减少其对交通体系的负外部性。任何有关使用电动两轮车的政策分析必须首先确定：当没有电动两轮车时，其使用者会采取哪种出行模式。然后得出其基于环境、安全与移动性指标的正面的或负面的综合影响。

### 案例研究- 在昆明和上海的电动自行车禁令产生了哪些影响

在两个案例城市中进行出行调查，从而收集电动自行车使用者关于起点、终点和行程长度的信息。半数以上的电动自行车使用者之前是乘坐公共汽车的；而且如果电动自行车被禁止，这些使用者仍旧会乘坐公共汽车(Cherry and Cervero, 2007)，这将会对公共汽车的容量限制与排放有显著影响。这是个有趣而且有些

让人吃惊的发现。相比之下，石家庄类似的调查研究结果就比较符合期待：电动两轮车大多是取代原来普通自行车的出行(Weinert, Ma等, 2007)。这可能是由于上海与昆明都有比较好的公交系统。得知由调查使用者信息得到的主要替代模式能够推理出每年总的替代模式公里数。举例来说，2006年上海有100万电动两轮车；根据调查结果，如果禁止使用电动自行车，56%的出行数会转向公共汽车。另外这部分会转向公共汽车的电动自行车使用者的平均年出行公里数为2975公里。那么，总的这部分替代电动自行车的公共汽车的乘客公里数为16.66亿公里（1000000电动自行车 x 56% x 2975年度平均公里数）。图21显示了上海和昆明（年出行数和交通模式分布）受访者的反应分布。基于这些数据，可以得到从电动自行车转变为其他模式的影响率（如二氧化硫每公里排放量），从而计算出综合影响。

禁止电动自行车后上海和昆明的负面环境和安全影响率见表9。前七列显示了不同污染物的生命周期排放率，其中包含了生产、使用与处置阶段。上海和昆明电动两轮车的排放率有所不同，是因为上海99%依赖于火力发电而昆明火力发电仅占48%，另52%为水利发电。然而，相较上海而言，昆明有更大比例的摩托车式电动自行车。这类电动自行车相较自行车式电动自行车需要更大的用电量，所以排放率也相应较高。相比于其他交通出行模式，电动自行车在有些指标上有更好的表现，有些则更差。最明显的是电动自行车在氮氧化物和二氧化碳的排放与能源使用率方面较其他机动模式更优。然而，相比其他交通模式，电动自行车向环境中排放更多的铅（Pb），这主要源于不够成熟的生产与回收过程，另外还有相对较低的回收利用率(Mao, Lu等 2006)。

最后一列显示了每种交通模式的移动性特征（平均速度）。

图20a, b  
自行车样式和摩托车样式的电动车。



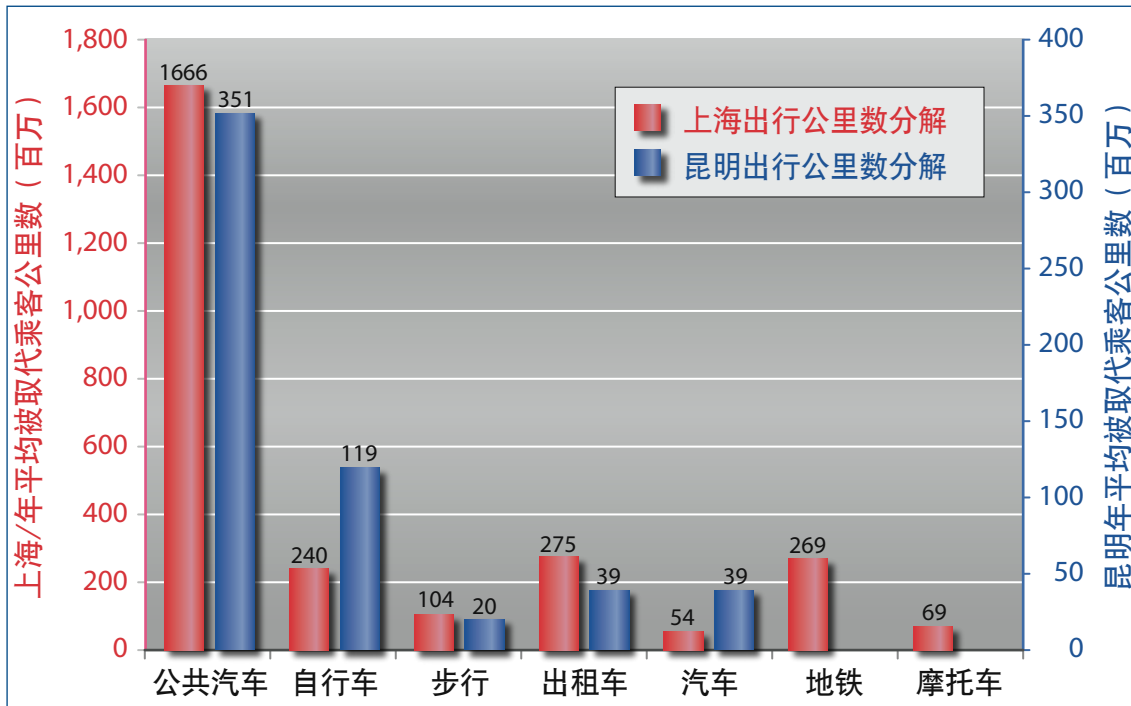


图21

上海和昆明被代替交通模式的乘客公里数。

表9: 上海和昆明的出行模式的排放率

(单位: 除标注外, 克/乘客/公里)

	CO <sup>a)</sup>	CO <sub>2</sub>	HC <sup>a)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>a)</sup>	SO <sub>2</sub>	PM	Lead <sup>b)</sup> (铅)	平均速度 km/h
公交车 <sup>c)</sup>	0.16	48.43	0.02	0.27	0.02	0.06	0.005	7.1
上海电动自行车	Unk	29.25	Unk	0.03	0.18	0.15	0.353	14.5
昆明电动自行车	Unk	23.17	Unk	0.02	0.11	0.16	0.378	14.7
自行车	0.00	4.70	Unk	0.00	0.01	0.06	0.000	11.0
汽车 <sup>d)</sup>	9.43	306.00	1.11	1.01	0.69	0.28	0.299	15.0

注:

Unk = 未知

- 只包括使用阶段数据 (生产阶段的排放量是未知的)
- 假定汽车工业和电动自行车回收循环率100%。摩托车样式的电动自行车比自行车款式的电动自行车数量比在上海为50/50, 昆明为70/30。
- 所有计算假设平均公交车载能力为50名乘客。两个城市中公交车的平均速度估算使用平均到站时间, 等待时间, 运行速度和出行距离, 出自2004年复旦大学数据; 昆明理工大学, 2005年
- 汽车排放率主要来自 (沙利文, 威廉姆斯Sullivan, Williams等, 1998年)

将图21与表9的数据结合起来能够得到如果电动两轮车在这些案例城市被禁止后对交通系统的净增长或净减少的影响。举例来说, 禁止电动自行车将会减少铅排放, 但是会增加温室气体排放, 同时会减少移动性。这些净影响详细列在表10

中: 数值为正代表了影响的净增长, 而数值为负则代表了影响的净减少。这些影响是禁止使用电动自行车或其他强制电动自行车使用者使用其原先交通模式的政策所产生的。

**表10：禁止使用一辆电动两轮车带来的影响（每年）**

（单位：每辆被禁止的电动两轮车每年）

	CO <sub>2</sub> (公斤/年)	NO <sub>x</sub> (克/年)	SO <sub>2</sub> (克/年)	PM (克/年)	Lead(铅) (克/年)	能量 (千瓦时/年)	年出行时间 (小时/年)
上海	+119	+815	-129	-121	-664	+521	+126
昆明	+128	+830	+8	-140	-774	+557	+145

注：

- + 如果电动两轮车被禁止使用，表示一个系统的影响净增量  
（例如：禁止使用一辆电动自行车将增加交通系统的二氧化碳排放量119公斤/年）
- 如果电动两轮车被禁止使用，表示一个系统的影响净减量  
（例如：禁止使用一辆电动自行车将减少铅排放量664克/年）

从表10可以很清楚的看出电动自行车对交通系统的收益与成本。例如，在昆明禁止使用电动两轮车会使其使用者转移到其他许多交通模式上。电动两轮车的禁令能够导致交通模式的转移，进而增加能源消耗、二氧化碳排放、氮氧化物排放和二氧化硫排放。电动自行车使用者将平均每年多花145小时用于通勤，进而降低其生产力。电动两轮车一个最大的缺陷就是向环境中排放的铅显著增加。每移除一辆电动自行车，就有774克铅将从环境中移除。这是一个很难也很复杂的问题，应该依靠电池生产和循环利用的显著进步或者研制更加环保的电池技术来解决。上海也有类似的影响趋势。

很明显，禁止使用电动自行车在两个城市中都会增加PM排放。然而，很多PM都是从远离城市的工厂和发电厂中排放出的。所以人暴露其中的影响（对公众健康的影响）很有可能比尾气排放低（Marshall, Teo等 2005; Zhou, Levy 等 2006）。此外，大量减少的氮氧化物排放对公众健康好处可能大过PM增长对公众健康的危害（健康影响研究所，2004）。

#### 与电动自行车相关的政策推荐

电动两轮车已经进入市场并且在中国城市中作为一种十分重要的交通模式不断增长。行程长度的增加，对摩托车使用的限制，公共交通的拥堵与超负荷引发了电动自行车的不断增长。许多决策者都称

赞电动两轮车，而另一些则批评他们。本节量化了一些电动两轮车对交通系统更显著的影响。

电动两轮车提供了很多可以量化的益处，诸如很多污染物排放量减少与移动性增加。这些益处有一定的成本，主要是通过中国铅酸电池供应链导致铅污染的大量增长。除铅酸电池之外，也有一些其他的电池技术可以应用并且在商业运营上可以实现；但是，由于其更高的成本，市场并不鼓励采纳这些技术（Weinert, Burke 等，2007）。然而，因为这些其他电池技术对交通系统大有益处，应该通过经济激励措施或法规要求来促进从铅酸电池向更昂贵的锂电池或镍氢电池转化，锂电池和镍氢电池相比铅酸电池有较少的环境外部性影响。

本节没有特别提到交通安全。但一些分析表明电动两轮车有相对良好的安全纪录（Cherry 2007, Ni 2008）。这种模式用几分之一的成本提供了高品质汽车般的流动性。一个极具潜力的政策是发展电动车与公交系统的协同系统：电动两轮车作为到达公交站点的工具支持高品质的公交系统，另一个是提供短距离交通。这两个作用都难以通过有既定线路的公交系统实现。总之，当考虑范围广泛的成本和效益，应用更清洁的电池技术是中国所能够提供的性价比最高的交通模式。

## 致谢

这一成果由以下单位共同赞助: 亚洲清洁空气行动, 加州大学伯克利分校未来城市交通中心——A Volvo Center of Excellence和国家科学基金。作者希望感谢以下在研究中给予支持的人: Adib Kanafani, Robert Cervero, Cornie Huizenga, Bert Fabian和 Sophie Punte。感谢合作伙伴 Jonathan Weinert, Ma Chaktan, Yang Xinmiao, Pan Haixiao, Xiong Jian和 Ni Jie。

## 4. 更多的参考资料

### 4.1 参考文献

- Asian Development Bank, 2003, *Policy Guidelines for Reducing Vehicle Emissions in Asia – Cleaner Two and Three Wheelers*.
- Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program, 1997, *Program Final Report*, <http://www.crcao.com/reports/auto-oil/Default.htm>.
- Bali Urban Infrastructure Program (BUIP), 1999, *Public Transport Study: Draft Final Report*, Dorsch Consult, October, 1999.
- Cherry C, Weinert J, Xinmiao Y, 2008, *Environmental Impacts of E-bikes in China (and beyond)*, BAQ2008, Bangkok, <http://www.baq2008.org>.
- Cherry C, 2007, *Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts, Civil and Environmental Engineering*, University of California-Berkeley, PhD Dissertation.
- Cherry C and Cervero R, 2007, *Use Characteristics and Mode Choice Behavior of Electric Bike Users in China*, Transport Policy 14(3).
- Cherry C, Weinert J, Ma C, 2006, *The Environmental Impacts of Electric Bikes in China*, submitted to the Transportation Research Board, 31 July 2006.
- China Central Government, 2004, National Road Transportation Law.
- China Central Government, 1999, *General Technical Standards of E-Bike (GB17761-1999)* from National E-bike compelling standards.
- Cumming R B, 1997, *The International Perspective*. International Association for Natural Gas Vehicles Newsletter 45.
- ESMAP Report 253/02, 2002, *Bangladesh: Reducing Emissions from Baby-Taxis in Dhaka*, Report 253/02, January 2002, <http://www.esmap.org>.
- Fudan News, 2004, 上海交通发展第三道难题机、非高度混杂干扰通行。
- Gerhard Metschies, 2001, *Fuel Prices and Vehicle Taxation: Second Edition*, GTZ,

- October 2001, <http://www.worldbank.org/wbi/cleanair/global/topics/transport.htm>.
- Government of India, 2002, *Report of the Expert Committee on Auto Fuel Policy*, August 2002, [http://www.petroleum.nic.in/afp\\_con.htm](http://www.petroleum.nic.in/afp_con.htm).
  - Guangzhou Daily, 2006, *Guangzhou bans Electric Bikes*, Guangzhou Daily, Guangzhou, China.
  - Health Effects Institute, 2004, *Health Effects of Outdoor Air Pollution in Developing Countries of Asia: A Literature Review*.
  - International Energy Agency, 2002, Workshop on *Clean Vehicle Technology*, Paris, 24–25 September 2002, <http://www.iea.org/workshop/cleanvehicles.htm>.
  - International Energy Agency, 1997, *CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion*, 1997. Diskette Service Documentation, International Energy Agency, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France.
  - Iyer N V, 2007, *Management of In-Use Motorcycle Emissions – the Indian Experience*, Workshop on Motorcycle Emission Control: Vietnamese and International Experience, Hanoi, Vietnam, 6 March 2007, <http://www.theicct.org>.
  - Iyer N V, 2004, *Managing Two- and Three-Wheeler Emissions*, National Workshop on the Improvement of Urban Air Quality of Pakistan 13–15 December, 2004 Lahore, Pakistan.
  - Iyer N V, 2000, *Emissions and Control Options for Two-Stroke Engines in India*, Paper presented at the Workshop on Pollution from Motorcycles — Issues and Options, 9 March 2000, World Bank, Washington D.C.
  - Iyer N V, 1999, *Technology for Cleaner Two and Three-Wheelers: Achievements and Future Challenges*. Paper presented at the Confederation of Indian Industry Technology Summit and Platform, 28–29 October 1999, Hyderabad, India.
  - Jamerson F E and Benjamin E, 2007, *Electric Bikes Worldwide Reports – 20,000,000 Light Electric Vehicles in 2007*.
  - Jitendra Shah & N Harshadeep, 2001, The World Bank, *Urban Pollution from Two Stroke Engine Vehicles in Asia: Technical and Policy Options*, 2001. Paper presented at the Regional Workshop Hanoi (details above), <http://adb.org/Documents/Events/2001/RETA5937/Hanoi/downloads.asp>.
  - Ken Johnson, 2001, *Cleaner Two-Stroke Technology*. Regional Workshop Hanoi (details below), <http://adb.org/Documents/Events/2001/RETA5937/Hanoi/downloads.asp>.
  - Kunming University of Science and Technology, 2005, *Kunming City Bus Network Optimization*.
  - Mao J, Lu Z W, et al., 2006, *The Eco-efficiency of Lead in China's Lead-Acid Battery System*. Journal of Industrial Ecology 10 (1–2): 185–197.
  - Marshall J D, Teoh S K, et al., 2005, *Intake fraction of nonreactive vehicle emissions in US urban areas*. Atmospheric Environment 39: 1363–1371.
  - Masami Kojima, Carter Brandon & Jitendra Shah, 2000, *Improving Urban Air Quality in South Asia by Reducing Emissions from Two-Stroke Engine Vehicles*, The World Bank, December 2000, <http://www.worldbank.org/html/fpd/esmap/publication/airquality.html>.
  - Masami Kojima et al., 2002, *Measurement of Mass Emissions from In-Use Two-Stroke Engine Three-Wheelers in South Asia*, SAE 2002-01-1681 (SP 1714), available for purchase at [http://www.sae.org/servlets/productDetail?PROD\\_TYP=PAPER&PROD\\_CD=2002-01-1681](http://www.sae.org/servlets/productDetail?PROD_TYP=PAPER&PROD_CD=2002-01-1681).
  - Michael Walsh, 2001, *2-3 Wheelers in Asia and their Impact on the Environment*. Paper presented at the Regional Workshop Hanoi (details above), <http://adb.org/Documents/Events/2001/RETA5937/Hanoi/downloads.asp>.
  - Ni J, 2008, *Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Safety*, Luyuan Electric Vehicle Company, [http://www.luyuan.cn/showxwdt.asp?art\\_id=117](http://www.luyuan.cn/showxwdt.asp?art_id=117) (in Chinese) 两轮电动车交通安全研究报告.
  - Nathan L, 2008, *Comparison of Retrofit Options for Carburetted Two-Stroke Engines*, BAQ 2008, Bangkok, 12–14 November 2008, <http://www.baq2008.org>.

- Palke D R and Tyo M A, 1999, *The Impact of Catalytic After treatment on Particulate Matter Emissions from Small Motorcycles*, SAE 1999-01-3299, <http://www.sae.org>.
- Regional Workshop, 2001, *Reduction of Emissions from 2-3 Wheelers*, 5–7 September 2001, Hanoi, Vietnam, <http://adb.org/Documents/Events/2001/RETA5937/Hanoi>.
- Ribet S, 2005, *Two-wheel revolution*, The Standard, Hong Kong.
- Rudolf R, Dion B, Zisis S, Leonidas N, 2005, *Particulate matter regulation for two-stroke two wheelers: Necessity or haphazard legislation?* Atmospheric Environment, 39, (2005), 2483–2490.
- Shivraj W, 2008, *The Cost-Effective Technology Applications of Turbulent Structures in Metallic Honeycomb Substrates*, BAQ2008, <http://www.baq2008.org>.
- Sujit Das *et al.*, 2001 Prospects of Inspection and Maintenance of Two-Wheelers in India, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 51, October 2001. Correspondence can be addressed to Sujit Das at Oak Ridge National Laboratory, P. O. Box 2008, Oak Ridge, TN 37831-6205; email: [dass@ornl.gov](mailto:dass@ornl.gov).
- Sullivan J L, Williams E L, *et al.*, 1998, *Life Cycle Inventory of a Generic U.S. Family Sedan Overview of Results USCAR AMP Project*, Society of Automotive Engineers.
- Tai, Nguyen Van, 2009, *EST Achievements, Progress and Future Strategies*, Fourth Environmentally Sustainable Transport Forum, United Nations Centre for Regional Development, Seoul, South Korea, 24–26 February 2009, <http://www.uncrd.or.jp>.
- Tata Energy Research Institute (TERI), 1993, *Impact of Road Transportation Systems on Energy and the Environment: an Analysis of Metropolitan Cities of India*, 1993.
- Tim B, Nathan L, Bryan W, 2004, *Emissions Characterization of a Direct Injection Retro-Fit Kit for Small Two-Stroke Cycle Engines*, BAQ, 6–8 December 2004, Agra, <http://www.baq2004.org>.
- Weinert J X, Burke A F, *et al.*, 2007, *Lead-acid and lithium-ion batteries for the Chinese electric bike market and implications on future technology advancement*, Journal of Power Sources In Press.
- Weinert J X, Ma C T, *et al.*, 2007, *The Transition to Electric Bikes in China: Effect on Travel Behavior, Mode Shift, and User Safety Perceptions in a Medium-Sized City*, Transportation Research Record Forthcoming.
- World Bank, 2001, *Cities on the Move: Urban Transport Strategy Review*, October 2001, <http://www.worldbank.org/transport>.
- Zhou Y, Levy, *et al.*, 2006, *The influence of geographic location on population exposure to emissions from power plants throughout China*. Environment International 32(3): 365–373.

## 4.2 网络资源

- An excellent collection of presentations from the Regional Workshop, *Reduction of Emissions from 2–3 Wheelers*, 5–7 September 2001, can be downloaded at <http://adb.org/Documents/Events/2001/RETA5937/Hanoi>.
- Centre for Science & Environment (CSE), <http://www.cseindia.org>. CSE is a well-informed and active NGO. CSE is also actively involved with the Clean Air Initiative-Asia and currently holds the co-chairmanship of its Coordinating Committee.
- Clean Air Initiative for Asian Cities, run by the World Bank, the ADB and others, <http://www.cleanairnet.org/caiasia>. Information on all topics under air quality management and linkages to various environmental activities in the region. It has a discussion space on various topics and ideas in the region.
- Tata Energy Research Institute (TERI), <http://www.teriin.org>. The site contains useful information on energy and environment related issues in India. The Institute has carried out studies on GHG emissions and environmental pollution for ADB.
- US Environmental Protection Authority, <http://www.epa.gov>. Provides extensive information on all technical aspects of environmental health, including air pollution and WHO guidelines for various pollutants.



Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

- 德国技术合作 -

P. O. Box 5180  
65726 ESCHBORN / GERMANY  
T +49-6196-79-1357  
F +49-6196-79-801357  
E [transport@giz.de](mailto:transport@giz.de)  
I <http://www.giz.de>