

*Diesel Engines Electric
Injection Technology*

柴油机电控 喷油技术

(第二版)

柴油机燃油喷射系统已经全面进入电控共轨时代

徐家龙 主编

经过100多年的发展,柴油机技术已经取得了巨大进步。现在,柴油机与汽油机相比燃油消耗节省30%,二氧化碳排放降低25%,转矩提高30%~50%。柴油机的心脏是燃油系统。进入20世纪70年代以后,电子技术被成功地应用到柴油机燃油喷射装置中,使柴油机燃油喷射技术产生了突飞猛进的发展。



人民交通出版社
China Communications Press

*Diesel Engines Electric
Injection Technology*

柴油机电控 喷油技术

(第二版)

徐家龙 主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

柴油机电控燃油系统是 20 世纪 80 年代开始发展起来的,是 21 世纪清洁柴油机的新一代燃油系统。

本书综合比较机械式燃油系统和电控式燃油系统的各项基本功能,从而充分说明电控燃油系统的优越性。详细介绍了各种电控燃油系统的特点、工作原理、结构、控制方法等,全面、高度概括地介绍了截至 2010 年的电控燃油系统的最新成就。

全书综合分析了 1990~2005 年间,欧、美、日、中、韩 5 个国家和地区申报的关于清洁柴油机的专利 34233 件。内容翔实、实用性强。可供从事汽车、柴油机及燃油系统研究的工程技术人员、修理人员、相关专业的大学师生、研究生阅读、参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

柴油机电控喷油技术 / 徐家龙主编. —2 版. —北京
人民交通出版社, 2011. 7
ISBN 978-7-114-08964-0

I. ①柴… II. ①徐… III. ①柴油机—电子控制—喷
油—技术 IV. ①TK421

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 042961 号

书 名: 柴油机电控喷油技术(第二版)

著 作 者: 徐家龙

责任编辑: 张 兵 智景安

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 31

字 数: 730 千

版 次: 2004 年 3 月 第 1 版 2011 年 7 月第 2 版

印 次: 2011 年 7 月 第 1 次印刷 累计第 4 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08964-0

印 数: 0001~4000 册

定 价: 60.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《柴油机电控喷油技术（第二版）》编写委员会

主任委员：陈 忠

副主任委员：王九如 赵承跃

委 员：徐家龙 刘天成

《柴油机电控喷油技术（第二版）》编写组

徐家龙 藤泽英也（日本） 李昌信 王晓东

刘天成 陈左安 杨乃章 高世伦 刘佳才

苏湘州 卓仁植 徐岩峰 徐朗峰

吸收世界知识精华

培育自主核心技术

郭孔辉
二〇一〇年

序

柴油机燃油喷射系统已经全面进入电控共轨时代。由于共轨技术的巨大优越性，从它正式进入社会的第一天开始就显示出强大的生命力。1995 年电装公司正式推出了载货汽车柴油机共轨系统，1997 年，博世公司的柴油乘用车共轨系统正式问世，在欧洲仅用很短的时间就全面取代了柴油乘用车传统的机械式燃油系统。其势之猛、其风之速，史所未见。共轨系统一改柴油机传统印象，开创了清洁柴油机的新局面，显示了柴油机的无限未来。

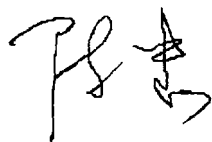
科学技术就是生产力。

创新是一个民族的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力。在柴油机工业战线上摸爬滚打的中国柴油机人，一定要奋起直追，努力求索，学习新技术，创造新技术，为中国清洁柴油机的蓬勃发展作出自己的贡献。

作为国民经济的支柱产业，要振兴民族柴油机工业，使企业保持高速可持续发展，必须引进、消化、吸收，但是，更加重要的是走自主创新之路。

真正核心的技术只能依靠自主研发。在对国外技术引进、消化、吸收、再创新过程中，我们深刻感悟到，不是所有技术都能买来。只有创新，才能自主；只有不断创新，才能持续发展；只有构建必要的创新平台，才能促进持续创新。

为提高自主创新能力，必须有更多的有识之士全身心地投入到工作中来。愿《柴油机电控喷油技术》这本书成为学习、借鉴国外技术的一个平台。愿中国的柴油机人齐心协力，创造我们自己的辉煌。



2011 年 4 月

前 言

柴油机电控共轨系统自问世以来，虽然时间不长，却以不可阻挡之势飞速发展。1997 年，博世公司成功推出柴油乘用车共轨系统之后，在很短的时间内，在欧洲就几乎全部取代了柴油乘用车的传统的燃油系统。共轨系统问世十多年后的今天，柴油机燃油系统主要生产商的产品目录中，传统的机械式燃油系统几乎消失得无影无踪。

电控共轨系统是柴油机技术发展史上的第三座里程碑，开创了清洁柴油机的新时代。20 世纪 80 年代和 90 年代初期，柴油车的排放污染已经严重影响到人类的生存环境和正常生活。许多地区开始限制柴油车通行，日本东京地区制定严格的地方标准，排放不合格的柴油车禁止在东京区域内行驶；对于柴油乘用车更是苛刻地提出“不乘、不买、不卖”的三不政策。当时，柴油机面临着“生存”危机。

共轨系统问世以后，不仅解除了这种危机，而且，由于多方面技术进步，柴油车已被公认为环保汽车（Eco-car），具有电控共轨系统的柴油机被公认为最清洁、最环保、最省油的发动机。

现在的清洁柴油机与汽油喷射的汽油机相比，CO₂ 排放量低 25%，转矩大 50%；经济性方面则可以节省燃油 30% 以上。不仅如此，柴油车的加速性、驾乘舒适性等已经超过了汽油车。从各个方面来看，柴油车都不比汽油车逊色。而且有些性能已经超过了汽油车。欧洲有一种流行的看法：只有柴油车才是高级车。

《柴油机电控喷油技术》第一版在 2004 年由人民交通出版社出版。第一版的主要内容是介绍共轨系统的概念和第一代共轨系统，是共轨系统的启蒙读物。

共轨系统的概念首次出现在 1913 年，距今已近百年。不管人们如何开动脑筋，通过机械手段实现共轨系统是不可能的。直到 20 世纪 70 年代，由于电子技术的成就，共轨系统才逐渐得到实现。

在 20 世纪 80 年代初，汽油机基本上实现了电控汽油喷射（EFI），沿用了数十年的化油器逐渐退出了历史舞台。汽油机的汽油喷射系统实际上就是汽油机的共轨系统。因为汽油喷射的喷油压力很低，所以比较容易实施。

从原理上说，柴油机共轨系统和汽油机的电控喷油系统是一样的，只是喷油压力不同。日本电装公司就是在完成了汽油机电控喷油系统之后，着手研发柴油机共轨系统的。

日本电装公司从 1985 年开始研制柴油机共轨系统，整整花了 10 年时间才走完了从想到真正产业化的路程。博世公司在共轨系统产业化的道路上花的时间很短，但是，那是在别人研发的基础上进行的。博世公司的传统做法是对于看准了的或者已经显示出市场前景的产品，集中大量的人力、财力进行研发，结果往往是后来居上，超过本来走在前面的公司。共轨系统也是这样。现在，全世界共轨系统的市场销售份额中，博世占

60%，日本电装公司只占20%。

第一代共轨只是实现了共轨系统的工作原理。和传统的机械式燃油系统相比，共轨系统的工作原理完全不同。当初，第一代共轨系统还是一个刚刚诞生的新生事物，人们对它的认识还非常肤浅，更加谈不上深入的技术研发了。

《柴油机电控喷油技术（第二版）》在第一版的基础上全面地介绍了近十多年来共轨技术的发展。特别详细地介绍了博世公司和电装公司的第二代、第三代共轨系统。近十年来，两大集团在共轨技术领域展开了一场充满火药味的研发竞赛。你追我赶，一波又一波。这一段历史过程让我们深深体会到：竞争才是技术发展的原动力。

为此，本书第一章第七节详细介绍了博世公司和电装公司之间的共轨技术的研发竞赛过程。在开始阶段，两家围绕喷油压力和喷油次数展开竞赛。后来，两家的基本目标发生了分歧。例如：博世公司的目标喷油压力设定在250MPa，但并不追求每循环中的喷油次数；日本电装公司的目标是：喷油压力200MPa，一个循环中最多可以喷油9次，他们不追求更高的喷油压力，而是在增加每循环中喷油次数上下功夫。其中原因和奥妙，本书作出了清晰的说明。

专利是技术竞争的前沿阵地，是技术发展的最敏感的神经。第二版中综合分析了美、欧、日、中、韩五个国家和地区在1990~2005年间申请的关于清洁柴油机的专利34233件，并且对这些专利分专题进行了分析对比。例如：清洁柴油机、增压、共轨系统、电控喷油器、排放后处理等，既有横向对比，也有纵向对比，充分反映了当今世界各个技术领域最新的动态，尽量将各专题的动态给读者一个全面的印象。

全书收集附图795幅、附表72张，这些都是非常具有实用价值的资料。在编写过程中，充分利用网络技术。在中、日、英三大语系网络中搜索，浏览各种网页，下载PDF文件数千件，使本书的内容更具时代性、实用性。新加入的内容基本上都是最近5年中的，凡是5年前的统计数据 and 曲线等都尽可能不用。可以相信，每一位读者都可以从中或多或少找到一些自己需要的信息。

第一章“清洁柴油机”和第二章“环保与排放”是全新编写的。

共轨系统问世之后，欧洲出现了柴油乘用车热。连续数年新车柴油乘用车以年比例4%的速度递增。但是，与之成鲜明对比的是汽车大国日本的柴油乘用车的新车比例在2008年却下降到零。两种极端，导致两种结果：欧洲柴油供应严重不足，每年要从海外进口大量柴油，而将用不完的汽油大量出口。日本却是柴油过剩，汽油不足，不得利用柴油转而精炼汽油。不仅成本高昂，而且额外地排出大量的二氧化碳。为什么会出现这样的反差呢？原因是很复杂的。本书作了归纳，同时指出了未来柴油机的发展趋势。

第一章详细介绍了清洁柴油机的燃油系统：共轨系统、电控泵喷嘴系统和电控单元泵等。重点介绍了博世公司和电装公司近十年来开发和研制的第二代、第三代共轨系统。

共轨喷油器是共轨系统中专利最多、产品变型最多、技术难度最大的部件。第六节详细介绍了新型电磁阀式共轨喷油器、压电晶体式喷油器、液力增压型喷油器和低回流喷油器等。

环保与排放是当今最重要的课题。

第二章详细地介绍了柴油车的排气净化、排放法规和后处理技术等。后处理技术中，

柴油机颗粒物过滤器（DPF）和尿素选择性催化还原系统（尿素 SCR 系统）是大家最关心的，也最有实用价值、最有发展前途的技术。因此，在第二章中对 DPF 和 SCR 两项重要技术进行了最新、最全面和最可信的诠释。既有基础理论，也有典型装置。既有成功的案例，也有关键技术和诀窍的说明。对于不同体系、不同的流派，尽可能站在公正的立场上予以介绍和评述。

对于颗粒物过滤器（DPF）：详细介绍了堇青石 DPF、SiC-DPF 及 Si-SiC-DPF 等典型产品。

对于尿素 SCR 系统，比较详细地介绍了日本 NEDO 的研发过程和具体方案、日产公司的 FLENDs 尿素 SCR 系统和博世 SCR 系统。

在第一版的基础上坚持篇幅不增加、删旧纳新，将已经成为过去的内容毫不吝惜地删去。尽可能将最新、最有实用价值的资料呈献给读者。

第三章是清洁柴油机燃油系统的主要组成部分。机械式燃油系统的内容几乎全部删去。集中篇幅介绍电控系统，喷油器和喷油嘴、电控分配泵等。目前，电控分配泵只有电装公司还在少量生产，仅用于一些特殊场合。但是，它却是电控共轨系统的基础，所以保留了这部分内容。

第四章喷油量控制、第五章喷油压力和喷油率控制、第六章喷油时间控制的主要内容是通过和机械式燃油系统进行对比的方法，详细介绍了共轨系统的特点和优点，对于加深理解共轨系统会有帮助。

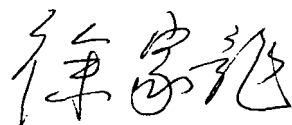
电控共轨燃油系统可以实现自由控制喷油量、喷油率、喷油压力和喷油时间。一台设计良好的柴油机配用性能优越的电控共轨燃油系统后，整机的经济性、动力性和排放都可以达到前所未有的水平。

在电子控制式燃油系统发展的三十多年中，已经出现了多种电控式燃油系统。总的发展趋势是由位置控制向时间控制过渡，由模拟控制向数字控制过渡，控制精度越来越高，控制自由度越来越灵活，最后才出现了电控共轨系统。本书给出了完整的演变脉络。

第七章传感器中介绍了共轨系统中常用的各种传感器，包括原理、结构和参数。由于时间和精力的关系，许多新的内容没有能够编写进去。

虽然尽力希望做得更好一些，但是限于能力和时间，总是不能感到满意。恳请诸位读者在发现问题时，随时告知编者，以便再次印刷时能够及时订正。

联系方法：x20100606@126.com



2011.4.15

目 录

第一章 清洁柴油机	1
第一节 柴油机的现状与未来	1
第二节 柴油机燃油喷射系统概论	24
第三节 清洁柴油机的燃油喷射系统	29
第四节 博世共轨系统	42
第五节 电装共轨系统	57
第六节 共轨喷油器	80
第七节 共轨系统研发竞赛	105
第二章 环保与排放	110
第一节 柴油机排气净化	110
第二节 削减温室气体排放	115
第三节 排放法规	127
第四节 排气后处理	143
第五节 尿素 SCR 系统	160
第六节 柴油机颗粒过滤器	191
第七节 车载诊断系统	227
第八节 排放法规策略案例	231
第三章 燃油系统主要组成部分	240
第一节 柴油机电控喷油技术概述	240
第二节 电子控制系统的基本理论	250
第三节 电控喷油系统的结构和原理	257
第四节 喷油器和喷油嘴	271
第五节 电控分配泵	300
第六节 电控共轨柴油机一例	319
第四章 喷油量控制	331
第一节 每缸每循环喷油量与发动机性能	331
第二节 燃油加压、供油和分配	333

第三节 燃油喷射	353
第四节 机械式燃油系统的喷油过程	356
第五节 喷油量调节	364
第六节 机械式燃油系统喷油量控制	373
第七节 电控式燃油系统喷油量控制	382
第五章 喷油压力和喷油率控制	390
第一节 喷油压力控制	390
第二节 喷油率控制	396
第六章 喷油时间控制	403
第一节 喷油时间概述	403
第二节 提前器	407
第三节 提前器工作原理和特性	413
第四节 电控燃油系统喷油时间控制	425
第七章 传感器	432
第一节 传感器概述	432
第二节 传感器原理	437
第三节 温度传感器	454
第四节 压力传感器	462
第五节 曲轴转角传感器	469
第六节 其他传感器	473
参考文献	479

第一章 清洁柴油机

一百多年来，柴油机发展史上出现了三座里程碑。

里程碑之一：1893 年，柴油机问世。

里程碑之二：1927 年，博世公司成功生产柴油机机械式燃油喷射系统，使柴油机从此踏上了迅速发展之路。

里程碑之三：1995 年，日本电装公司在藤泽英也的领导和组织下，成功开发并批量生产电控共轨系统。因此，一改柴油机的传统形象，开创了清洁柴油机的新时代。2008 年日本第 58 次汽车技术学会授予藤泽英也“技术贡献奖”，表彰他在柴油机共轨系统产业化过程中作出的巨大贡献（图 1-1）。



图 1-1 对柴油机发展做出突出贡献者

电装公司在全世界首先推出中重型柴油机的共轨系统。1997 年，博世公司推出了乘用车柴油机的共轨系统。但是，在其后不长的时间内，这两家公司都开发了完整的共轨系列。并且展开了一场激烈的共轨技术研发竞赛。据 2009 年统计，博世公司占世界共轨系统市场 60% 的份额，电装公司占 20% 的份额。

本书将介绍清洁柴油机的最新技术，全面介绍电控共轨系统的最新发展、环保和排放等技术。

第一节 柴油机的现状与未来

在用柴油机的传统形象是外形脏、噪声大、又慢又笨，并不讨人喜欢。

从 20 世纪 70 年代开始，由于汽车社会保有量不断增加，汽车排放对大气环境和人类社会造成了严重威胁。其中，柴油机排放的危害尤其严重。20 世纪 90 年代中后期，以东京为首的大都市对柴油机汽车亮出了红牌，甚至对柴油乘用车提出“不乘、不买、不卖”

的三不政策。柴油机产业出现了危机，好像到了山穷水尽的绝境。

1995 年，日本电装公司正式开始批量生产中重型柴油机的电控共轨系统。1997 年，博世公司大批量生产柴油乘用车电控共轨系统。从此以后，电控共轨系统彻底改变了柴油机的传统形象，开创了清洁柴油机的新时代。

20 世纪 90 年代在西欧掀起了柴油乘用车热潮。而且，这股热潮正在由欧洲向全世界发展。欧洲的汽车生产商不遗余力地向北美、亚洲推销清洁柴油机和他们的技术。

现在，为什么柴油机被认为是最清洁的内燃机？清洁柴油机中采用了哪些新技术？柴油机的未来究竟如何？是不是真的如一些人所说：“只有柴油机才能够拯救世界”？

一、欧洲的柴油乘用车“热”

图 1-2 是欧洲柴油乘用车在乘用车总量中所占比例及增加情况。

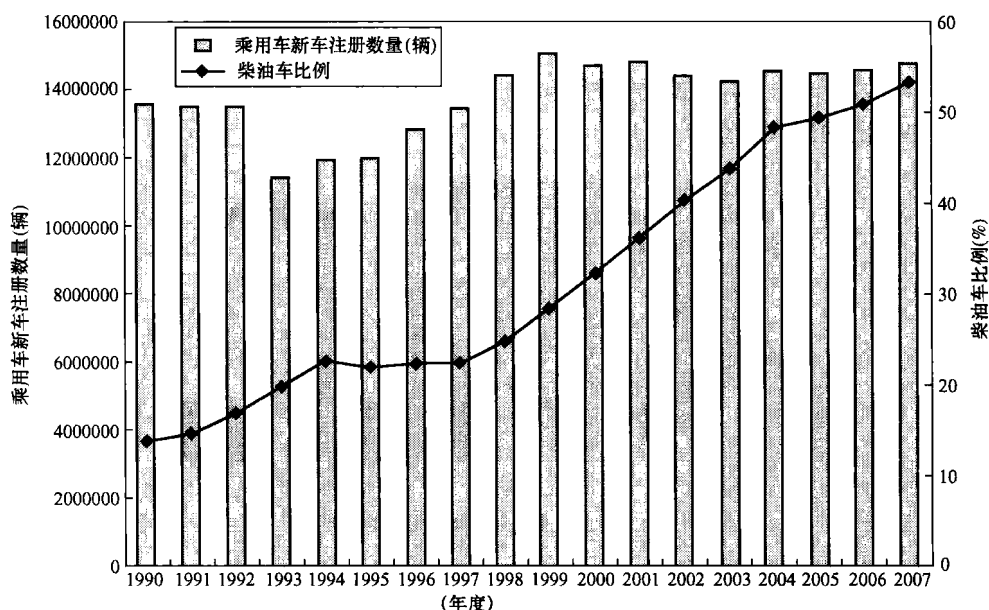


图 1-2 欧洲柴油乘用车比例

1990 年，西欧新车登记总数中柴油乘用车所占比例为 15% 左右。1994 年上升到 22.3%。1998 年以后，每年以 4% 的速度递增。2006 年达到 50% 以上。

可以明显地看出，1997 年以后柴油乘用车比例呈直线上升。如果翻看一下图 1-36 就可以更加明白：在柴油乘用车领域，由于共轨系统的优越性，自共轨系统正式问世后，只用很短的时间就完全替代了统治柴油机 70 余年的机械式燃油喷射系统。从而也大大推动了柴油乘用车的发展。

现在，西欧乘用车新车销售量中 50% 以上是柴油车。法国柴油乘用车比例竟然高达 77.3%（图 1-3）。如果从高级乘用车方面来看，法国要超过 82%，比利时达到 87%，奥地利为 77%，意大利为 70%。

在欧洲，只有柴油机才能称得上“高级”发动机。

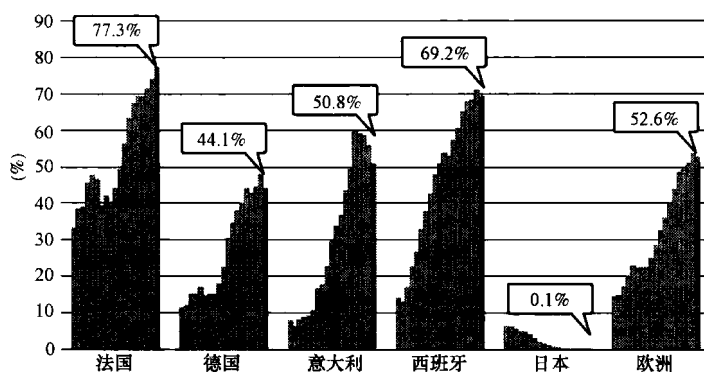


图 1-3 1990 ~ 2008 年欧洲柴油乘用车热潮

（一）动力强劲

清洁柴油机输出转矩比汽油机大 50%，可以在低转速下大转矩起动，在起动加速或者行驶加速时，都能感受到动力十足；在整个转速范围内，都能充分发挥其动力性。在各种场合下都能充分发挥潜力：平稳加速、噪声很低、平顺行驶。

现在的清洁柴油机与燃油喷射汽油机相比，CO₂ 排放量低 25%，节省燃油 30% 以上，柴油车的加速性、驾乘舒适性等凌驾于汽油车之上。从各个方面来看，柴油车都不比汽油车逊色。

清洁柴油机在体育比赛中也有非常骄人的成绩，可以说电控共轨技术开创了柴油赛车的新时代。例如：从 2006 年开始，配置柴油发动机的标致 908HDi FAP 在“Le Mans 24 小时耐久拉力赛”中获得四连胜。自 2006 年以来，博世柴油燃料系统合作伙伴奥迪赛车，利用共轨系统柴油赛车实现了三连胜；2007 年美国 FIA 国际俱乐部创造了 588.644km/h 的世界最高车速纪录，充分显示了在汽车体育中柴油赛车高性能化的巨大潜力。取得这些高性能的基础技术包括增压、燃油喷射、EGR 等方面的技术改进，除采用了中冷、可变增压机构或二级增压、电控共轨系统等最新技术之外，还有连续再生式过滤器、NO_x 储存还原催化剂、尿素选择还原催化系统等后处理技术，使柴油机排气净化水平迈上了一个新台阶。

（二）经济性好

清洁柴油机的热效率非常出色，可以降低燃料成本。现在的柴油机与 15 年前的柴油机相比，燃油消耗大约降低了 5%；与气道喷射式汽油机相比，可以节省燃油 30%。生物柴油机还有更大的节省燃油的可能性。

和相同排量的汽油车相比，燃油消耗低 30%，如果加上柴油价格便宜，柴油车的油费只是汽油车的 60%。假如一辆柴油乘用车一年行驶 10000km，则在一年中可以节省燃油费用相当于人民币 5 500 元。

（三）排放清洁

如果将现在柴油机的实际排放值和 20 世纪七八十年代相比，NO_x 和 PM 排放值都已经降低了 90% 以上。而且还要进一步降低。今天，清洁柴油机的排放已经达到了汽油机

的排放水平，有些机型已经超过了汽油机。

图 1-4 是美日欧柴油车 NO_x 和 PM 排放值逐步降低的演变曲线，从图中可以看出：

(1) 由于成功应用柴油机颗粒物过滤器（DPF），美、日、欧三大排放法规规定的 PM 排放值从 2005 年以后都已经降到了很低的水平。

(2) 柴油机排气中 NO_x 是比较难处理的。但在 2006 ~ 2008 年，美日欧三大排放法规规定的排放值都有明显的下降。

(3) 目前，日本排放法规中 PM 和 NO_x 排放的限值是世界上最低的。这大概是因为日本的汽车产业主要依赖于国外市场，他们生产的汽车需要卖到全世界的任何地方。

清洁柴油车的排气非常干净。如果带上白手套，用手指触摸排气管内壁，手套不会变为黑色，用肉眼观察排气管内壁，可以看出管壁原来金属的底色。

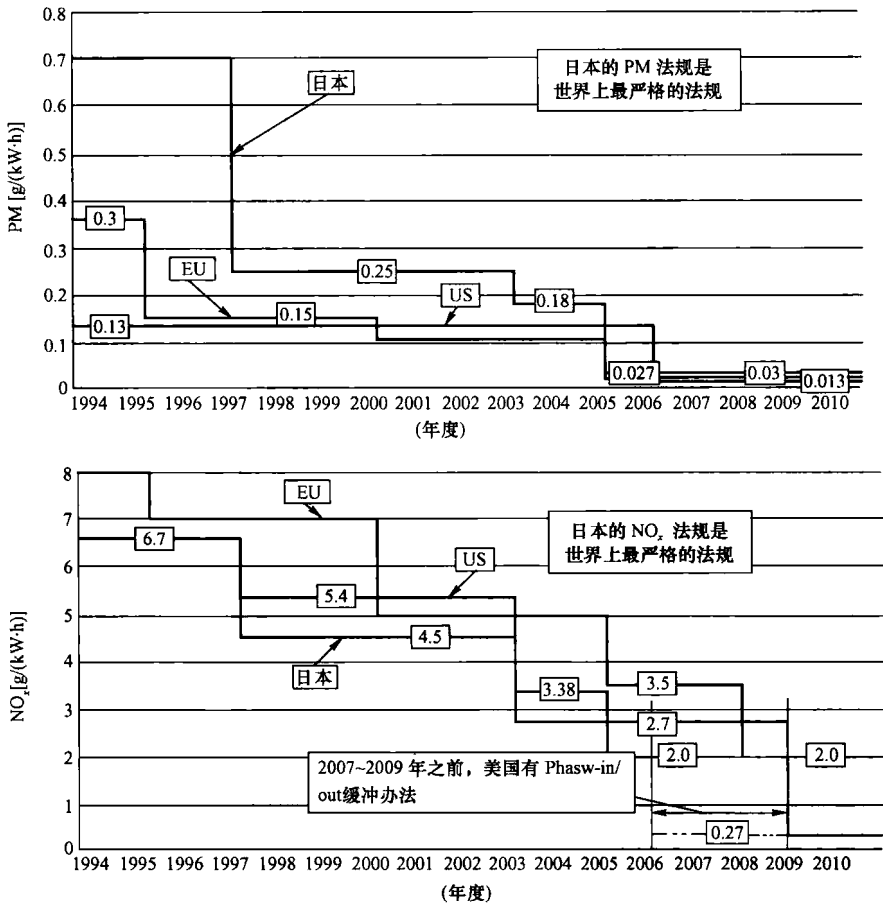


图 1-4 美、日、欧 PM 和 NO_x 法规演变过程

(四) 削减温室气体排放

气候异常，全球性的自然灾害频发。减缓温室效应，降低 CO₂ 排放已经刻不容缓。因为 CO₂ 是最重要的温室气体。柴油车与相同排量的汽油车相比，CO₂ 排放量低 25%；

如果与相同转矩的汽油车比较,则 CO_2 的排放量要低 30% ~ 50%。

欧洲人普遍认为柴油机是清洁发动机。环保意识很高的欧洲人为缓解地球的温室效应而乐意使用柴油车。

2008 年,欧洲汽车工业协会 (ACEA) 自主规定的目标是汽车的 CO_2 排放的限值为 140g/km,到 2012 年要降低到 120g/km。为此,燃油经济性好的柴油机非常具有优势。

现在,人们认识到:降低 CO_2 排放的一条重要措施就是推广和普及柴油车。

(五) 政策鼓励

清洁柴油车已经定位为生态汽车 (Eco-car)。各国政府都在采取一系列措施促进柴油车普及,其中重要的一条就是减税——减少购置税和质量税,购买柴油乘用车的买主可以从政府那里得到购车补助金等。这些政策和措施加速了柴油车在欧洲的普及。

二、日本柴油乘用车“冷”

在图 1-3 中看到了一个特别奇怪的现象:欧洲各国柴油乘用车的比例每年都在递增,差别只是斜率的大小。但是,亚洲的汽车大国日本却与之截然相反,柴油乘用车的比例每年都在下降,2008 年几乎下降到 0。

日本的柴油车,特别是柴油乘用车正在发展过程之中,日本生产的柴油乘用车在欧美销售得很好。但是,日本国内柴油乘用车的比例却不能和欧洲相比。日本的人均汽车数量很高,而柴油乘用车的比例却低得惊人。这是为什么呢?

日本柴油乘用车销售比例不断萎缩的原因是多方面的,主要原因在于日本政府出台了一系列限制柴油乘用车的政策,可以归纳如下。

(一) 日本重视 NO_x 排放和燃油消耗量限值

1994 年日本颁布的汽车排放法规中规定:柴油车和汽油车尾气中的一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC) 和氮氧化物 (NO_x) 三种成分完全一致。同时还颁布了排气中微粒物 (PM) 的含量法规,进一步强化对乘用车的法规要求。

因此,日本的 NO_x 排放法规限值很严格, NO_x 和燃油消耗之间是折中平衡关系。所以,对柴油乘用车最具吸引力的低油耗性能带来了不利影响。

(二) 修订汽车税和柴油交易税

1989 年,日本政府修订汽车税率,消除了汽车税对普通乘用车、小型车种的区别等,并规定一律按照车的总排量征税。这样,汽油乘用车和柴油乘用车都按照同样的税率征税。修订后,2.0L 以上的汽油乘用车税费降低,而柴油乘用车税费增加。但是,同一排量的柴油乘用车的输出功率低于汽油乘用车。所以,此次法规修订对柴油乘用车非常不利。再者,从 1993 年 12 月 1 日开始,柴油交易税提高,使汽油和柴油的税费差额缩小了。

(三) 废止特石法使汽油和柴油的差价缩小

废止了特石法——特定石油制品进口临时办法。1994 年以后,石油产品价格大幅下降,特别是汽油的价格下降更多。结果,汽油和柴油的价格差缩小了。所以,相对于汽油乘用车来说,使用柴油乘用车的成本优势已经完全丧失。

（四）行驶距离短

日本是岛国，和欧美各国相比，日本乘用车一年中行驶距离短很多（表 1-1）。另一方面，欧洲的柴油乘用车与汽油乘用车相比，燃油价格差和燃油经济性优势结合起来，虽然初期成本高，但是总的成本优势还是能够显现出来。在日本则正好相反，柴油乘用车燃油经济性好的优势已经丧失殆尽（表 1-2）。

乘用车的行驶距离和车龄 表 1-1

国家	年均行驶距离（km）	平均车龄（年）	国家	年均行驶距离（km）	平均车龄（年）
日本	9896	5.84	德国	12600	6.75
美国	18870	8.30	法国	14100	7.50
英国	14720	6.20			

柴油乘用车与汽油乘用车的成本比较 表 1-2

汽车生产商	VW Golf 的比较		M-Be 级的比较	
比较车种（左栏柴油车）	1.91TDI	1.81T	E270 CTI	E240
相对汽油车购入价差	+1500 €		+700 €	
燃油消耗量（L/100km）	5.4	7.9	6.5	10.7
假定年行驶距离（km/年）	15000		15000	
燃油价格（€/L）	0.89	1.03	0.89	1.03
燃油费、燃油税、维修费（€/年）	720	1220	870	1650
相对汽油车回收时间	3 年		1 年以内	

（五）柴油乘用车的排放法规

进入 20 世纪 90 年代，日本柴油乘用车的排放法规不断更新、不断严格。从 1994 年开始的短期法规，到 1997 年开始的长期法规（小型乘用车 1997 年、中型乘用车 1998 年）；从 2002 年开始的新短期法规，再到 2005 年 10 月开始的新长期法规，在很短的时间内，一个又一个强化法规相继出炉。

2005 年 10 月实施的新长期法规与新短期法规相比，NO_x 排放限值降低 50%、PM 排放限值降低 75%。环顾全球的排放法规，日本柴油机的排放法规是全球最苛刻的。

（六）东京地区拒绝柴油车事件

1990 年以后，日本各地先后出现了居民投诉大气污染，要求赔偿的诉讼案件，特别是东京地区的大气污染诉讼案件一件又一件，诉讼方要求赔偿，要求制止超过环境基准的污染物排放。

1999 年 8 月，东京地区提出限制柴油车的政策，提出了对柴油乘用车“不乘、不买、不卖”的“三不政策”，展开了一场拒绝柴油车的运动。凡是排放不能满足东京地方规定的载货汽车、大型客车等柴油车禁止行驶。

由于种种不利因素，各生产商都减少了乘用车柴油机的生产品种。从根本上遏制了柴油乘用车的存在和发展。日产汽车公司不仅在 2001 ~ 2002 年减少了柴油乘用车的品种，