



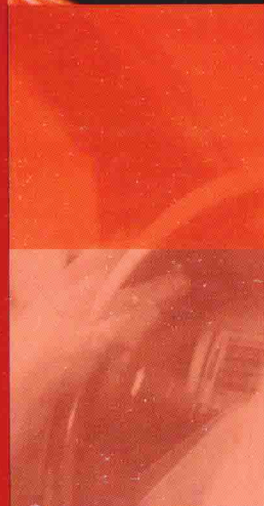
汽车先进技术译丛



Springer

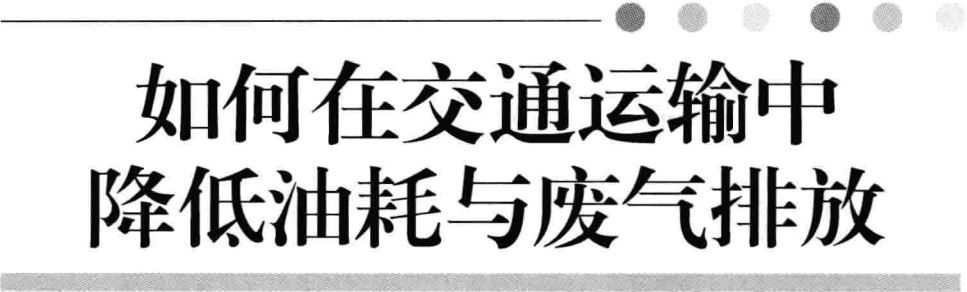
如何在交通运输中 降低油耗 与废气排放

[德] Michael Palocz-Andresen 著
宋进桂 赵越涛 孟凡超 胡丽芬 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛



如何在交通运输中 降低油耗与废气排放

[德] Michael Palocz Andresen 著

宋进桂 赵越涛 孟凡超 胡丽芬 译
柳春清 刘其福 刘 绪 周春浩

机械工业出版社

运输已经成为所有国家经济发展的基础。同时, 运输也消耗了世界上最多的石油, 并排放出最多的空气污染物, 是地球上增长最快的消耗与排放源。因此, 在运输的所有领域内人们正在对经济且对环境友好的技术方法进行研究。本书研究的主题是在运输中如何灵活地对燃油消耗和废气排放进行全方位的综合考虑。本书共分 18 章, 介绍了燃油消耗与废气排放基础、运输燃料、运输工具的结构、燃油供给系统与燃油测量、运输排放、电子控制系统和计算机技术、推进系统、发动机、型式认证、检查与维修、气候与环境保护、运输成本以及未来运输系统等。

本书适合于运输节能与减排研究人员、运输管理者、工业与政治领域的决策者和交通运输及相关专业的学生阅读。

Translation from English language edition:

Decreasing Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions in Transportation

By Michael Palocz-Andresen

Copyright©2013 Springer Berlin Heidelberg

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

本书中文简体版由 Springer 出版社授权机械工业出版社独家出版发行。

版权所有, 侵权必究。

北京市版权局著作权登记号: 01-2013-4451

图书在版编目 (CIP) 数据

如何在交通运输中降低油耗与废气排放/ (德) 帕洛兹-安德森 (Palocz Andresen, M.) 著; 宋进桂等译. —北京: 机械工业出版社, 2014. 7

(汽车先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-46436-5

I. ①如… II. ①帕…②宋… III. ①汽车节油—研究②汽车排气—空气污染控制—研究 IV. ①U471.23②X734.201

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 074905 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐巍 责任编辑: 徐巍

版式设计: 霍永明 责任校对: 张薇

封面设计: 鞠杨 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17.5 印张 · 337 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-46436-5

定价: 75.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工微博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

序

自1998年,欧洲采用最早的《车载测量指令》(Directive with On-board Measurement)以来,许多运输参量已经发生了变化。世界人口和运输需求一直在持续地增长,运输已经成为所有国家经济发展的基础。在此过程中,环境和气候一直在发生着明显的变化,它们对运输也产生了影响。

像98/69/EU、99/96/EU和修改后的582/2011/EC最新版指令这样的环境保护法规已经对降低各类汽车的排放起到了重要的作用。然而,尤其在快速发展的国家,汽车、船舶和飞机的数量在快速增长。与此同时,石油产品的消耗量和污染物排放量也在急剧增长。

需要寻找一条可持续发展的新道路。这条道路应具有合理的价格,通过最优的连接缩短旅行时间,会对安全性产生积极的影响,并能改善可持续性的公共运输。全世界都需要这样的案例。

由于采用了碳税、更高的效率标准和新型燃料,可能会使运输得到改善。尽管生物燃料和合成燃料在道路车辆、船舶和飞机上能得到最佳的利用,但是由于它们自身具有额外的问题,因此,还不能对它们进行生产。一方面,它们的使用会降低矿物燃料的消耗,而另一方面,它们的过多使用又会引起农业和地表的破坏。

运输消耗了世界上最多的石油,并排放出最多的空气污染物(包括碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物和颗粒物)。石油是地球上增长最快的消耗与排放源。特别是在大城市,这将导致严重的环境和健康问题,并且由于二氧化碳的排放而成为全球变暖的一个主要成因。新的基础结构的建设必须首先考虑环境友好型运输模式和更先进的运输管理。

车辆、飞机和船舶的效率越来越高,通过改善空气动力学、优化设计和提高性能,使其重量更轻,更具有智能。然而,仅靠技术能有效地降低燃油消耗和排放物吗?

虽然技术发展带来了许多问题(如气候变化和资源损失),但同时技术发展又是问题解法的构成部分。借助于新技术、新材料和高度智能的硬、软件系统,能够满足更高的运输需求。另外,导航和主动通信系统也能对不断增长的交通量进行最优化和安全调节。

新型车辆、飞机和船舶的舒适性等级的提高也有利于运输的可持续性。不过,基础结构的改善常常伴随交通密度的提高和排放量的增长。这就需要在研究与技术开发时,为确保城市的可持续发展和改善运输的潜力,必须对可选择的技术方案

和小规模试验计划进行全面调查的原因。

在过去的 20 年里,在燃油消耗和排放物特性方面,已经对法规内容进行了全面扩充。在各种运输方式之间,能量利用和排放物存在很大不同。在今后数十年中,必须提高运输的电气化程度和能量效率。然而,新技术的应用不能操之过急,只能循序渐进。

为了获取彻底的节油效果而采用的一些并未优化的措施可能会带来重大的经济损失。与其他经济领域相比,运输燃料的替代具有极高的投资成本。因此,除了技术之外,可持续策略要求越来越多地采用可再生能源,世界范围的智能导航系统,共用的国际法规和在政府、民间和国际组织之间的限制燃油消耗和废气排放的自愿协议。

本书研究的主题是运输中如何灵活地对燃油消耗和废气排放进行全方位的综合考虑。对在可持续运输领域感兴趣的任何人来说,本书可作为引发进一步讨论的刺激源。

Wolfgang Ruck 教授、博士

吕内堡, 2011 年冬

致谢词

三年前的2008年,我的关于“车载测量”的第一本书由德国Renningen的Expert Verlag出版。本书介绍了直接测量技术(OBM)的基本知识。自那以后,法规和技术都已发生了全面的变化。因此,似乎有必要继续完善这方面的工作。“车载测量”的合乎逻辑的下一个发展阶段应该是“自诊断”(SD),这是本书研究的中心课题。

本书是三年半时间的劳动成果。在此,特别感谢吕内堡大学(Leuphana University Lüneburg)的研究人员、教师、科学家和教授们,是他们提出了有关可持续发展的宝贵意见和建议。

在研究与呈现的若干个应用方面,肖普朗的西匈牙利大学联盟给予很大的支持和帮助。

在我自己的团队内,我要感谢Jónos Székely先生(布达佩斯)、Balázs Szege-di先生、Luca héjja女士和Gergely Krizbai先生(肖普朗)在设计方面所付出的努力,感谢Dra Szalay夫人(肖普朗)在本书的结构和单位的校核与换算方面给予的支持,感谢Hartmut Mädler博士和Ulrich Gross先生(汉堡)在国外参考文献翻译与编制主体索引方面所做的工作。

我还要衷心地感谢Huba Németh(布达佩斯)在道路技术方面给予的善意帮助与协作。

我还要感谢Károly Galvácsy先生和János Mikulás先生(布达佩斯)在航空技术的发展方面,以及在有关安全性、飞机检查和维护、空中交通排放物等许多有趣的论题方面所给予的支持。

在为本书写作而专门进行的船舶试验方面,Joachim Goetze先生(汉堡)和Csaba Hargitai先生(布达佩斯)也给予了极大的帮助。

最后,非常感谢Richard von Fuchs博士(肖普朗)和David Carolan Kômoto先生(汉堡)对本书进行了审读。

汉堡,2011年冬

Michael Palocz-Andresen 教授、工学博士(Dr.-Ing. habil)

目 录

序

致谢词

第 1 章 燃油消耗与废气排放基

础 1

1.1 不同运输方式之间燃油消耗和 排放的对比 2

1.2 燃烧过程连续控制原理 3

1.3 法规概况 4

1.4 将实际运行排放转换为试验 台排放 7

1.5 车辆、飞机和船舶排放的比 特性 7

1.6 小结与建议：燃油消耗和排 放的智能监测基础 8

参考文献 9

第 2 章 运输燃料 10

2.1 燃料的分类 10

2.2 道路运输燃料 11

2.3 航空燃料 20

2.4 船用燃料 22

2.5 小结与建议：运输燃料 24

参考文献 26

第 3 章 运输工具的结构 28

3.1 道路车辆 28

3.2 飞机 33

3.3 减轻重量对燃油消耗的影响 37

3.4 船舶结构 38

3.5 小结与建议：制造技术 44

参考文献 46

第 4 章 燃油供给系统与燃油测

量 49

4.1 车辆燃油供给系统 50

4.2 飞机燃油供给系统 54

4.3 船舶燃料供给系统 59

4.4 小结与建议：燃料供给系统 与燃料测量 64

参考文献 64

第 5 章 排放 67

5.1 燃烧产物的理化性质 67

5.2 排放测量 69

5.3 道路交通中的排放问题 72

5.4 空中交通中的排放问题 73

5.5 船舶航行中的排放问题 75

5.6 小结与建议：运输排放 76

参考文献 78

第 6 章 电子控制系统和计算机

技术 80

6.1 电子系统的结构 80

6.2 车辆电子设备 82

6.3 飞机电子设备 84

6.4 船舶电子设备 87

6.5 小结与建议：运输中的电子 系统和计算机技术 89

参考文献 90

第 7 章 车辆和飞机空气动力学

与船舶水动力学 92

7.1 车辆空气动力学 92

7.2 飞机空气动力学 94

7.3 船舶空气-水动力学 96

7.4 小结和建议：空气动力学和 水动力学方面的技术成果 99

参考文献 100

第 8 章 推进系统 102

8.1 道路车辆的推进元件 102

8.2 推进系统的功能 102

8.3 飞机推进系统 105

8.4 船舶推进系统	107	13.2 航空运输的检查与维修	167
8.5 小结与建议: 推进系统	110	13.3 发动机技术状况的下降	169
参考文献	112	13.4 机长的职责	169
第9章 车用发动机	114	13.5 船舶的检查与维修	170
9.1 工作原理	115	13.6 小结和建议: 检查与维护	172
9.2 点燃式和压燃式发动机工作原理	115	参考文献	173
9.3 小结与建议: 车用发动机技术	122	第14章 导航	176
参考文献	123	14.1 道路运输导航	176
第10章 飞机发动机	125	14.2 航空运输导航	180
10.1 发动机类型	125	14.3 船舶导航	184
10.2 燃油消耗与推力	126	14.4 小结与建议: 导航对燃油消耗和废气排放的影响	186
10.3 燃烧室的结构	127	参考文献	188
10.4 来自燃烧室的排放	128	第15章 气候与环境保护	191
10.5 涡轮风扇发动机的测量	129	15.1 运输排放	191
10.6 小结与建议: 喷气式发动机的燃烧过程	130	15.2 气候与经济之间的相互联系	193
参考文献	131	15.3 道路运输中的气候保护	193
第11章 船用柴油机	133	15.4 航空运输对气候的影响	195
11.1 船用柴油机的燃油消耗	133	15.5 航运对气候的影响	198
11.2 发动机运行情况	134	15.6 运输回收与气候平衡	201
11.3 船用柴油机的主要工作特性	137	15.7 小结与建议: 运输气候保护	202
11.4 船用柴油机的运行监测	138	参考文献	204
11.5 发展趋势	139	第16章 运输成本	207
11.6 小结与建议: 船用发动机技术开发	142	16.1 燃料供应的趋势	207
参考文献	143	16.2 燃料价格	207
第12章 型式认证与型号合格审定	145	16.3 测量技术的价格	209
12.1 车辆试验	145	16.4 道路运输成本	209
12.2 飞机试验	149	16.5 航空运输成本	212
12.3 船舶试验	154	16.6 船舶运输成本	216
12.4 小结与建议: 国际型式认证与型号合格审定	156	16.7 运输成本的降低	219
参考文献	158	16.8 小结与建议: 道路运输、航空运输和船舶运输的成本	220
第13章 检查与维修	161	参考文献	222
13.1 道路运输的检查与维修	162	第17章 未来运输系统	224
		17.1 道路车辆技术的未来趋势	224
		17.2 航空技术的未来趋势	235
		17.3 船舶技术的未来趋势	242

17.4 小结与建议：环境友好的未来 运输	248	18.2 节省燃料	256
参考文献	251	18.3 小结与建议：未来运输展 望	257
第 18 章 未来运输技术与未来 燃料供应之间的相互 作用	254	参考文献	257
18.1 时间的依赖性	256	附录 A 单位与换算	258
		附录 B 缩写及含义	265
		关于作者	272

第1章

燃油消耗与废气排放基础

本书的主题是讨论运输燃油消耗和废气排放的降低技术、监测可能性、基础结构的影响、管理者和法规的选择以及财政和社会状况。本书有 5 个主要部分，如图 1-1 所示。

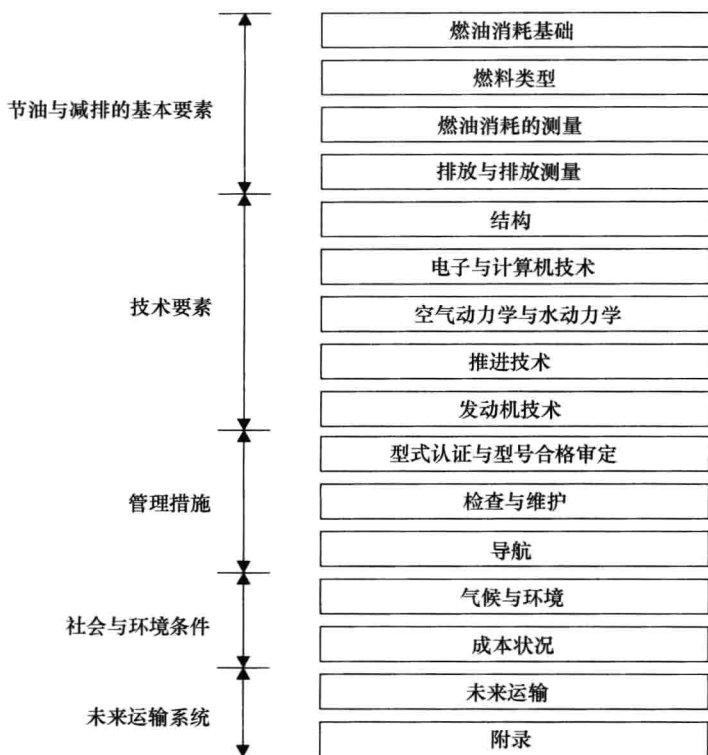


图 1-1 本书的结构

所有的运输方式都要消耗燃料并将燃烧废物排放到大气中。文献[1]描述了新技术的基础知识。而本书介绍机动车、船舶和飞机所用的内燃机和喷气发动机的燃油消耗和废气排放，并不涉及轨道运输。同时，本书还考虑未燃碳氢化合物、一氧化碳、一氧化氮、二氧化氮、颗粒物和二氧化碳，但并不包括其他的污染物和温室气体。

在运输的复杂性方面，节油最重要的潜力在于机动车、船舶和飞机的技术方面，运输系统组织方面以及环境条件的组织方面。这是本书的主要思路(图 1-2)。

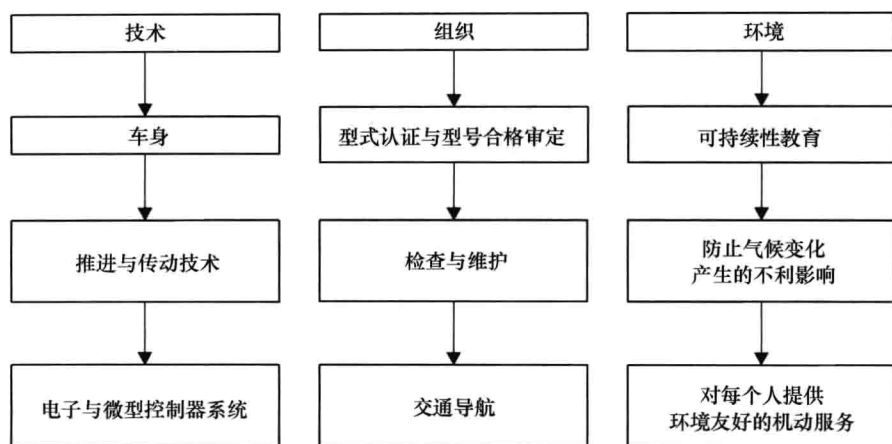


图 1-2 交通节油与降低排放的主要途径

1.1 不同运输方式之间燃油消耗和排放的对比

车辆燃油消耗可以用米制单位进行表达，即用每人·千米、每人·英里或单位运输货物重量所消耗的燃料来表示：

每人·千米消耗的燃油体积或燃油质量，单位为 $L/(\text{人} \cdot \text{km})$ 或者 $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{km})$ 。

单位飞行质量和飞行距离或者单位飞行体积和飞行距离所消耗的燃油体积或燃油质量，单位为 $L/(\text{kg} \cdot \text{km})$ 和 $L/(\text{m}^3 \cdot \text{km})$ 或者 $\text{kg}/(\text{kg} \cdot \text{km})$ 和 $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{km})$ 。

单位发动机性能或发动机推力所消耗的燃油体积或燃油质量，也叫做燃油消耗率(SFC)，单位为 $\text{mL}/(\text{kN} \cdot \text{h})$ 和 $\text{mL}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 或者 $\text{g}/(\text{kN} \cdot \text{h})$ 和 $\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

与米制单位（国际单位制，SI）不同，英制计量单位给出了单位体积的燃油可获得的位移距离，也就是英里/加仑，即 mile/gal 。在美国和英国，过去（使用英制），旅行的能量密度常用 $\text{BTU}/\text{英里}$ ，即 BTU/mile 来表示。本书正文中的列表和附录中系统地列出了所有的单位^[2]。

在米制单位中，废气有害成分的含量可以用单位 g/km 或 oz/mile （道路运输）和 g/nmile 或 oz/nmile （水运和空运）表示。颗粒物用平均直径（mm 或 in）和排放的微粒数目（不用物理单位）来表示。

燃油消耗和排放按照规定的试验循环在试验台上进行测量。对于车辆、船舶和飞机，各个循环的油耗权重可能有所不同，因此，对它们的燃油消耗不能直接进行比较。 CO_2 排放可从燃油消耗得出。

表 1-1 给出了不同运输方式的燃油消耗比较。

表 1-1 不同运输方式的燃油消耗比较
(米制能量单位: $t \cdot km$; 英制热量单位: $sh \text{ ton} \cdot mile$)

运输方式	局部旅客交通		横跨大陆旅客交通		航空运输	
	燃油消耗		燃油消耗		燃油消耗	
	$\text{kJ}/$ $(t \cdot km)$	$\text{BTU}/$ $(sh \text{ ton} \cdot mile)$	$\text{kJ}/$ $(t \cdot km)$	$\text{BTU}/$ $(sh \text{ ton} \cdot mile)$	$\text{kJ}/$ $(t \cdot km)$	$\text{BTU}/$ $(sh \text{ ton} \cdot mile)$
乘用车 ^①	2595.7	(3597.6)	2633.1	(3619.5)	—	
长途公共汽车 ^②	—		811.3	(1124.5)		
公共汽车	1192.4	(1652.7)	—		—	
铁路	—		757.6	(1050.0)	386.9	(536.2)
飞机 ^③	—		3116.8	(4319.9)	4503.1	(6241.3)
轻型汽车	—		—		1434.1	(1987.7)
HDV (40t, 88.2 lb)	—		—		1176.6	(1630.8)
内陆船舶 ^④	—		—		865.0	(1198.9)
渡船	—		—		1678.1	(2325.8)
快速渡船 ^⑤	—		—		2366.4	(3279.8)
海船 ^⑥	—		—		564.2	(782.0)

- ① 采用涡轮增压和共轨喷油的四冲程柴油机的中型乘用车^[3]。
 ② 燃油消耗为 25L/100km, 也就是 40.2L/100mile 即 9.4mile/gal (US) 和 11.3 mile/gal (UK) 的 4 座位单层公共汽车^[4]。
 ③ 装有两台涡轮风扇发动机的单过道中型飞机^[5]。
 ④ 拖船^[6]。
 ⑤ 射水推进, 航速为 30~37kn, SFC 200~212g/(kW·h), 也就是 $2.10 \sim 2.23 \times 10^{-3} \text{ oz/BTU}$ ^[7]。
 ⑥ 大型集装箱船^[8]。

1.2 燃烧过程连续控制原理

性能恶化和磨损会导致燃油消耗和废气排放的增加。监测性能恶化是及时发现的重要途径。

车载诊断 (OBD) 作为最早的连续监测手段在车辆技术中得到应用^[9]。利用车上的与燃烧和排放相关的元件的传感器信号, 使过度燃烧和排放限值的控制成为可能。总体上讲, 诊断即燃烧和废气排放的间接控制已经应用于飞机上, 并以极为类似的方式但却使用另外的名称而应用到船舶上。这就是当前所有运输方

式的技术现状。

安装在燃烧室内和排气系统内的微型传感器可用来直接控制燃烧产物的化学组分，虽然这些传感器能够精确描述燃烧和废气后处理的状况，但是它们仅仅得到部分应用。将来，如果有合适的传感器出现，将 OBD 和 OBM（车载测量）技术组合起来将能够进一步降低燃油消耗和废气排放^[10]。

直接测量的下一个阶段是发动机“自诊断”（SD）在车辆、飞机和船舶上复杂的应用。SD 不仅记录什么时候超出限值，而且还记录在整个使用寿命期间出现工作参数变化的所有与燃油消耗和排放相关的工作阶段。真实的“可能错误”的燃油消耗和废气排放数据与预先确定的规范有关，这些规范描述了通常在寿命周期初始阶段测得的“可能正确”的工作状况。在一般的检查维护测量之后，也可得到类似的最佳工作状况。

将当前测得的数据与存储的工作数据相比较，便可发现极为轻微的性能下降（图 1-3）。

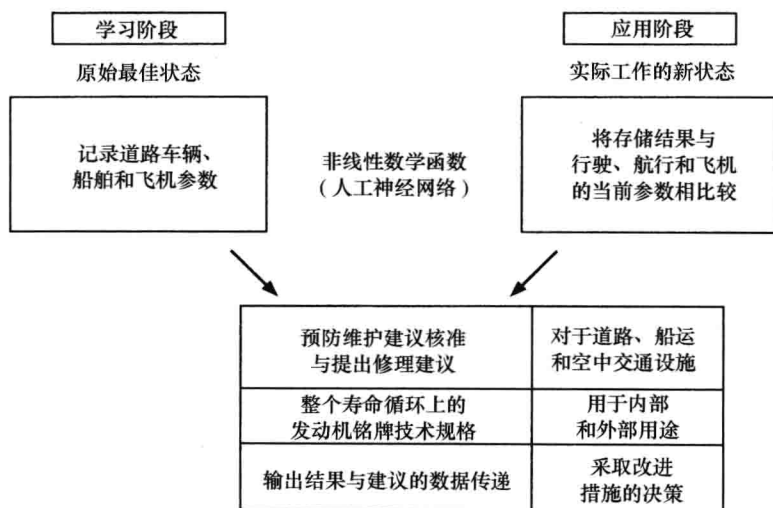


图 1-3 运输中的自诊断原理

高质量、高耐久性的微型传感器以及高存储能力和高运行速度的微型控制器是实现自诊断技术的前提条件。

1.3 法规概况

欧盟指令 1998/69/EC 和 1999/96/EC^[11,12] 内含有一个重要的、突破性的部分。这一部分规定，监测不仅对于单一成分是不可能的，而且通过将适当的测量技

术用作道路运输的纯 OBD 的一个补充,对废气的组成的监测也是可能的。在船舶和飞机技术中,还可以对燃烧和其他排放相关过程采用直接测量。不过,不可将 OBM 看做是诊断(即 OBD 技术)的替代技术,而是将其看做是诊断技术的另一个构成元素。

在重型汽车排放方面(Euro 6),欧洲委员会法规(EU) No. 582/2011 中要求使用“便携式排放测量系统”(PEMS)^[13]。对 NO_x 和 PM 排放进行车载监测以及改进与排放相关的维护构成了该法规的主体内容。

1.3.1 缺少微型传感器和微型控制器系统

目前,制约自诊断系统实际应用的因素有缺少选择性的、耐久的和功能精确的传感器系统,缺少对传感器信号进行长期车载记录和分析的合适的微型控制器系统。

微型传感器虽然在大气测量技术中已经成功实现,但在排放测量系统(如车辆或船舶的废气后处理系统)中却遭到失败。图 1-4 给出了大气质量监测使用的某些传感器的例子^[14]。

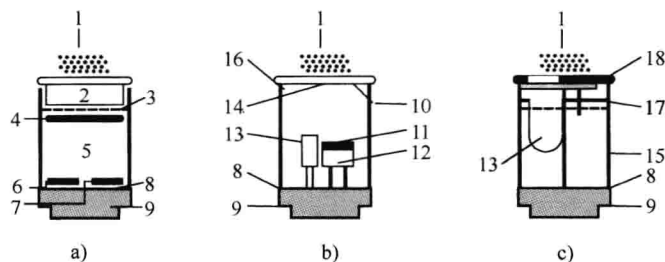


图 1-4 用于大气测量技术的微型装置

a) 电化学电池 b) IR 电池 c) 光电离电池

1—被测气体 2—选择性过滤器 3—隔膜 4—感测电极 5—电解质 6—参考电极 7—计数电极 8—带有 EEPROM 的电路板 9—插口 10—防暴露颈部 11—窗 12—检测装置 13—灯 14—反射器 15—壳体 16—密封区 17—电离室 18—隔离体

目前的微型测量传感器仅用于燃烧室以及汽车、飞机和船舶的排气系统。将二氧化锆技术用于废气中氧浓度分析的电化学法属于例外。

1.3.2 真实运行条件的多变性

在试验台上测得的与在真实行驶、飞行和航行中所测得的燃油消耗和废气排放之间存在重要的差异(图 1-5)。

将加速和制动阶段严格地限制在试验台上进行。按照这些试验要求,废气浓度测量信号得到统一,因而可以相互比较。与这些在试验台进行的规定时间的信号分布不同,实际的排放物浓度未得到调整,因而随负载、行程和环境等状况而

变化。

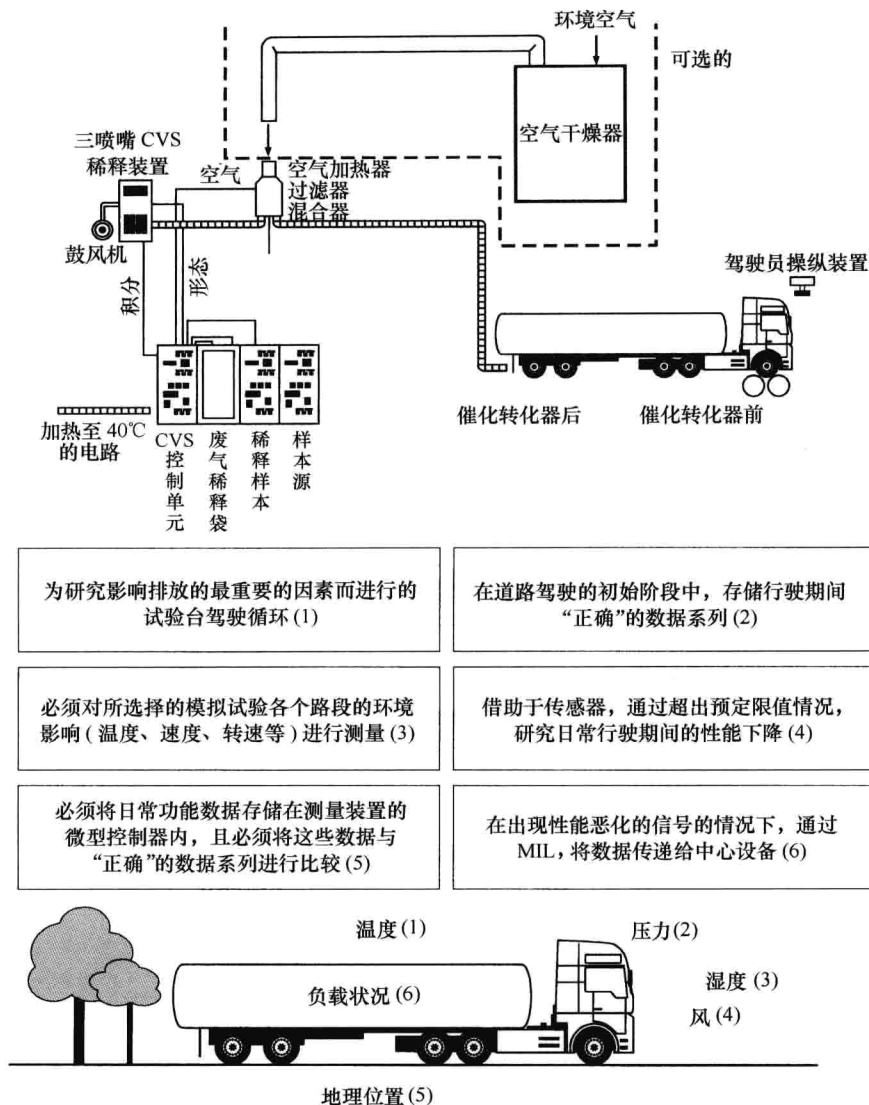


图 1-5 采用性能恶化动态控制的试验台试验状况与借助于自诊断之间的比较

1—热带地区和北极地区 2—山区和浅滩 3—雨林和沙漠 4—高风势和低风势地区

5—起步和上、下坡行驶 6—低负荷和高负荷

实际行驶、飞行或航行中所测得的浓度和质量流量总是与内部的发动机和外部的行程参数有关。将“标准化的”当前数据与存储的“基本”数据进行系统比较是自诊断技术的根本原理。

1.4 将实际运行排放转换为试验台排放

自诊断的问题是如何将实际运行排放转换为试验台排放。实际上,环境条件千变万化,因而必须与试验台的额定条件进行关联^[15]。如果未来微型控制器技术具有极高的运行速度和存储能力,那么,通过采用数学方法,便可实现可能的转换(图1-6)。

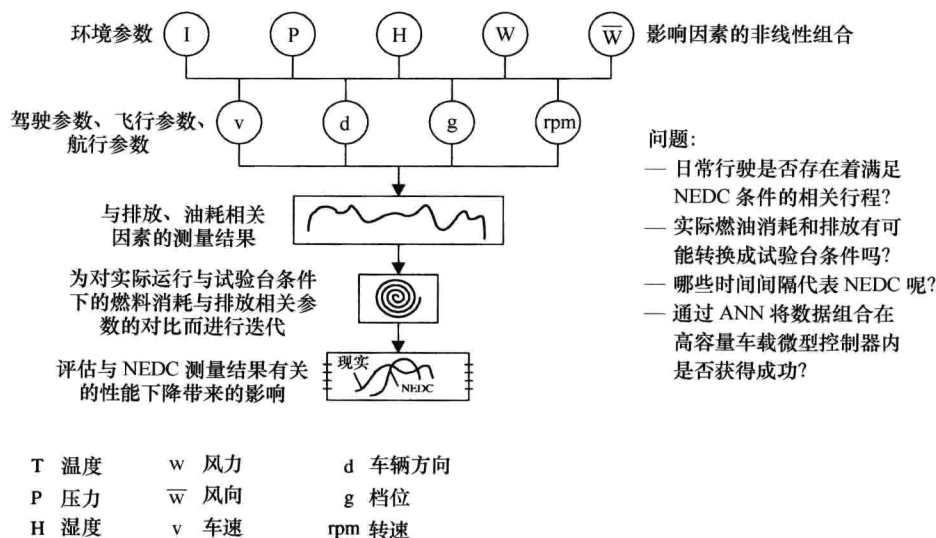


图1-6 实际排放与人工神经网络(ANN)试验台运行排放的比较

与传感器技术类似,最近的车(船、机)载微型控制器系统只能部分地满足所有这些高标准的要求。除了硬件也需要更新之外,还需要车(船、机)载软件系统能够传递实际数据,并将实际数据与存储数据进行比较^[16]。

1.5 车辆、飞机和船舶排放的比特性

经验表明,仅有几个实际行驶、飞行和航行的时间段可与原始阶段相比较。

点燃式发动机在催化转化器的上游排放较多的未燃碳氢化合物和一氧化碳,在自动冷起动阶段,这些排放物的排放量可以得到精确记录(图1-7)。

汽车上的排放峰值具有0.1~1.0s的时间间隔。

飞机和船舶发动机的废气排放与汽车发动机排放有很大不同。但是,除了排放特性方面有所差异外,基本的功能是相同的。燃烧产物的成分一般取决于发动机的类型和负荷以及工况。

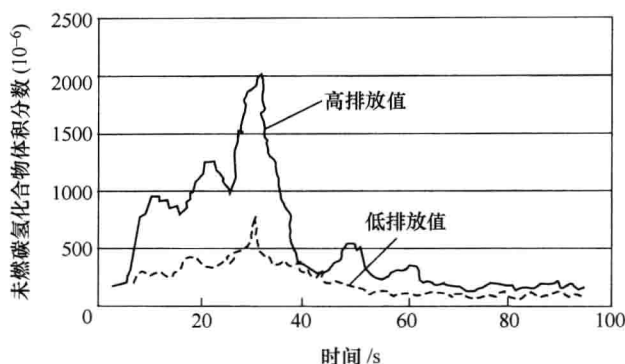


图 1-7 一辆中型汽车在有故障和没有故障情况下的未经处理的未燃碳氢化合物的浓度

在飞机上，会将检测燃烧产物的微型传感器安装在燃烧室内，这与温度和压力传感器相似。微型测量系统会将测得有各个喷气发动机的信号相互比较。根据这些参数和多阶段比较结果，即使在发动机内的微小变化也会迟早被发现，并且用适当的校正措施进行补偿。微型排放测量系统能够将燃烧参数与其他所有的飞机传感器信号结合，并考虑所有的飞行阶段，包括飞机的飞行速度、飞行高度和机动性。

在船上，必须对微型传感器进行保护，以免海洋环境条件造成的破坏。盐水、高湿度和变化的排气条件都需要有一个相应地受到保护的耐腐蚀的箱体。船舶废气最重要的参数有 NO_x 、 SO_x 和 PM。这些参数随时间产生的变化很缓慢，并且通常没有快速出现的波峰。

1.6 小结与建议：燃油消耗和排放的智能监测基础

EC 98/69 和 EC 99/96 这两个欧洲指令构成了燃烧的智能、直接控制以及废气后处理技术的基础。这两个指令中都有一段涉及在乘用车和轻型汽车上采用的直接测量技术。

若干驾驶循环的燃油消耗和废气排放的配额是不同的，因而相互之间不能直接比较。已有的比较仅仅是在平均情况下进行的。直接测量技术开辟了通往直接、准连续测量燃油消耗和废气排放的道路。自诊断利用发动机技术状况变化历史，对原始数据与日常行驶中测量的实际数据进行比较。

不过，这项技术仍在开发中。需要解决的第一个问题是缺少高质量的微型传感器，第二个问题是传感器的价格问题。最近研制的系统的批量生产成本仍然太昂贵，并且对环境中的原始条件过于敏感。

目前，人工条件下在试验台上可以测量技术状况的恶化。鉴定宁愿使用人工