

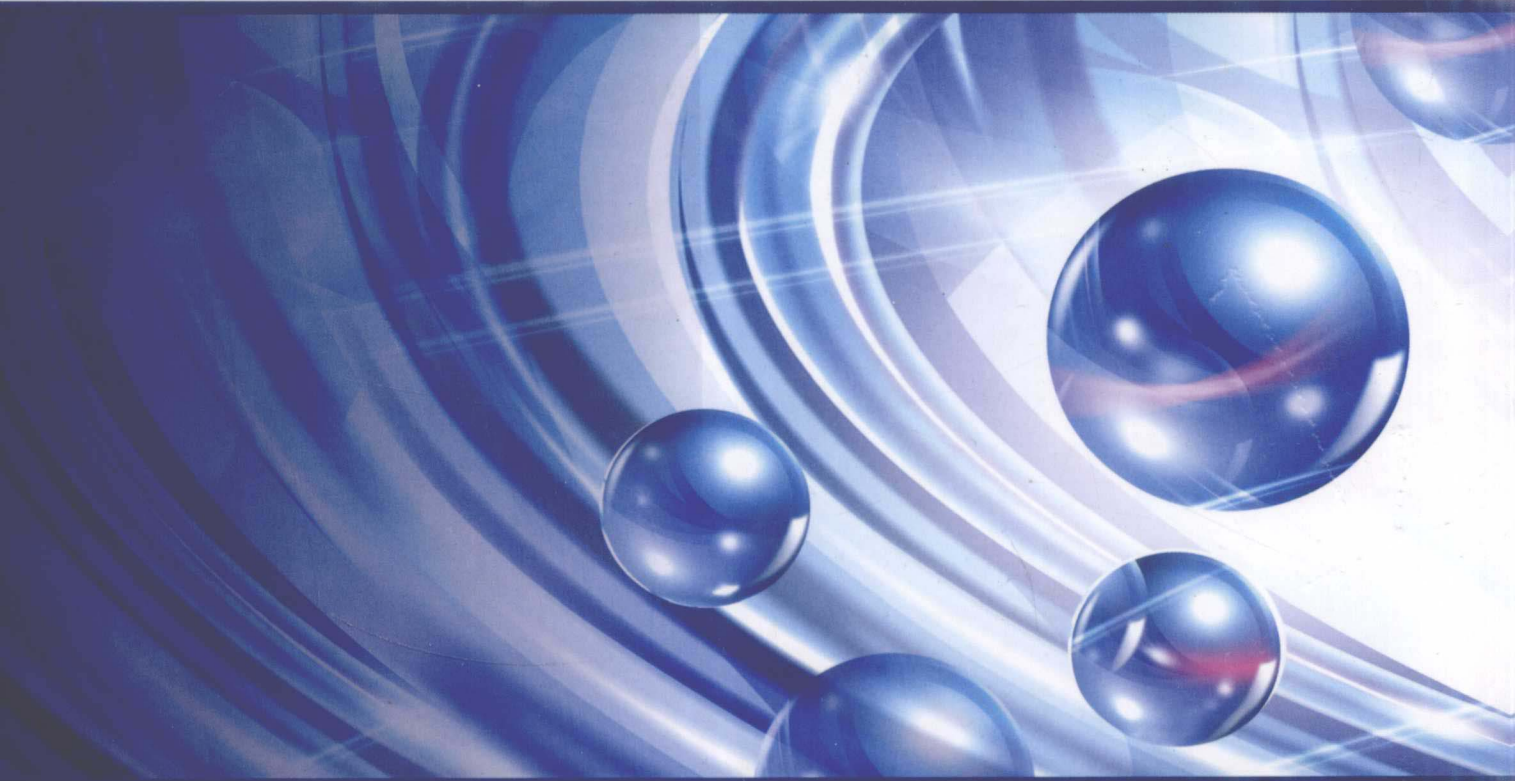


中国汽车工程学会

汽车工程图书出版专家委员会 推荐出版

汽车工程手册 6

动力传动系统试验评价篇



日本自动车技术会 编
中国汽车工程学会 组译



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：李炳泉

封面设计： 封面设计：www.bitpress.com.cn

- | | |
|---------|------------------|
| 汽车工程手册1 | 基础理论篇 |
| 汽车工程手册2 | 环境与安全篇 |
| 汽车工程手册3 | 造型与车身设计篇 |
| 汽车工程手册4 | 动力传动系统设计篇 |
| 汽车工程手册5 | 底盘设计篇 |
| 汽车工程手册6 | 动力传动系统试验评价篇 |
| 汽车工程手册7 | 整车试验评价篇 |
| 汽车工程手册8 | 生产质量篇 |
| 汽车工程手册9 | 维修保养·再利用·生命周期评价篇 |

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

通信地址：北京市海淀区中关村南大街5号

邮政编码：100081

电话：(010)68944990 68944919

网址：www.bitpress.com.cn

ISBN 978-7-5640-2918-0



9 787564 029180 >

定价：120.00 元

汽车工程手册 6

动力传动系统试验评价篇

日本自动车技术会 编
中国汽车工程学会 组译

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车工程手册. 6, 动力传动系统试验评价篇 / 日本自动车技术会编;
中国汽车工程学会组译. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 12

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2918 - 0

I. ①汽… II. ①日… ②中… III. ①汽车工程 - 技术手册②汽车 -
动力系统 - 传动系 - 系统试验 - 技术手册 IV. ①U46 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 243294 号

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01 - 2008 - 5496 号

Automotive Technology Handbook by Society of Automotive Engineering of Japan, Inc.

Copyright © 2008 by Society of Automotive Engineering of Japan, Inc.

Transaction right arranged with Beijing Institute of Technology Press.

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京中科印刷有限公司

开 本 / 889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 307 千字

版 次 / 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷 责任编辑 / 李炳泉

印 数 / 1 ~ 5000 册 责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 120.00 元 责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

汽车工程手册

译审委员会

主 任 付于武
副 主 任 李 骏
委 员 高 波 于秀敏 张晓艳 杨志坚 樊红亮

翻译委员会

主 任 高 波
副 主 任 黄永和 谢 飞
委 员 (按姓氏笔画排序)
王珍英 任世宏 刘璟慧 孙万臣 孙 丽 李云清
李兴虎 何士娟 郑 芬 赵 和 姚为民 殷 悦
彭大庆 程光明

审校委员会

主 任 金东瀛
副 主 任 毛 明 孟嗣宗
委 员 (按姓氏笔画排序)
王国力 冯 宇 冯慧华 吕建国 朱 平 朱问锋
刘 忠 安相璧 许 敏 李尔康 李 杰 李彦龙
李炳泉 李晓雷 李淑慧 杨 林 张方瑞 张立军
张建武 陈关龙 罗 勇 殷承良 黄 华 喻 凡
魏春源

汽车产业作为我国的支柱产业，在国民经济中发挥着越来越重要的作用。进入 21 世纪后，中国汽车产业进入了快速发展阶段，现已成为世界第一产销国。中国正在经历从世界汽车生产大国向汽车强国的转变。经过数十年的发展，我国汽车工业的综合技术水平有了很大的提高，但与国际先进水平相比，尚有一定差距。为满足我国汽车工业对国外先进科技信息的需求，缩短与发达国家的差距，中国汽车工程学会与北京理工大学出版社合作，在 2008 年引进了日本《汽车工程手册》的版权，并组织行业专家翻译出版。

《汽车工程手册》是由日本自动车技术会（JSAE）组织专家编写而成。该手册来自 1957 年出版的《自动车工学手册》和《自动车工学概览》，经过 4 次改版，并于 1990 年将两书整理修订并更名为《汽车工程手册》进行出版。为适应世界汽车技术的快速发展，在 2006 年再次重新整理编排，由 4 分册细分为 9 分册。同时在各分册中增加了“汽车诸多形势”和用作参考的“法规、标准”等章节，并将当前最新的汽车技术信息编入手册，使其成为日本汽车工程技术人员必备的工具书。

《汽车工程手册》涵盖了汽车制造的各方面，9 个分册包括《基础理论篇》《环境与安全篇》《造型与车身设计篇》《动力传动系统设计篇》《底盘设计篇》《动力传动系统试验评价篇》《整车试验评价篇》《生产质量篇》《维修保养·再利用·生命周期评价篇》。中文版手册配有丰富的原版插图、表格及大量的图片资料，最大程度地保留了原版手册的编写风格。相信本套手册的出版对我国汽车工程技术人员了解世界汽车最新的发展将有极大的帮助，并为行业技术人员、科研人员提供了一套不可多得的工具书。

中国第一汽车集团公司技术中心、吉林大学、北京航空航天大学、中国汽车技术研究中心、中国北方车辆研究所、中国汽车工程研究院、北京理工大学、军事交通学院等单位为手册的出版给予了鼎力支持。

在此谨向以上单位和个人表示感谢，并向他们表示衷心的感谢！同时，感谢北京理工大学出版社对手册的出版给予的大力支持，特在本书出版之际向他们表示深深的谢意！

中国汽车工程学会 付于武
汽车工程图书出版专家委员会

2010 年 12 月

增强自主创新能力,是提升中国汽车工业水平的关键。学习和吸收国外的先进技术经验无疑可以加快我们的自主研发进程。中国汽车工业虽然比国外落后,但后发优势明显,古人云:“吾尝终日而思矣,不如须臾之所学也”。只要我们认真地向汽车技术更先进的国家学习,一定能在学习中求进步,在进步中求提高,在提高中求创新,变“中国制造”为“中国创造”。

我们深知,科技进步靠的是合力,一万人前进一步的合力,远远大于一个人前进一万步的力量。引领并推动中国汽车工业科技进步,中国第一汽车集团公司有着义不容辞的责任。从知识分享的角度,中国第一汽车集团公司近两年向汽车行业推荐了几本有价值的资料,并受到行业图书出版专家委员会的普遍认可。中国第一汽车集团公司技术中心在组织人员对日文版全套《汽车工程手册》的章节标题及主要内容进行翻译后,发现该书内容翔实、图文并茂、深浅结合,并涵盖了最新技术,内容全面而系统,是一套对中国汽车工业有较强学习与借鉴作用的汽车工程和技术专著。因此我们向中国汽车工程学会推荐引进出版这套手册的中文版,让国内汽车行业的从业人员能够从中受益。

《汽车工程手册》是由日本自动车技术会(JSAE)组织出版。自1957年首次出版后,至20世纪90年代初,历经几次修订,由1册发展为4分册。伴随世界汽车技术的长足发展及环境的变化,2003年开始,日本自动车技术会又对《汽车工程手册》进行了全新改版,历经4年时间完成了9个分册的出版。新版手册不仅囊括了混合动力汽车的产业化、燃料电池车的发展、控制技术的高端化、再利用技术的发展等最新技术信息,每一分册还增加了能够反映汽车发展趋势的法规、标准等相关章节。各分册均由活跃在日本汽车各专业领域研发一线的专家执笔,不仅质量高,而且非常系统。该书对于国内工作在一线的研究和技术人员,以及承担着未来汽车技术开发的年轻人和学生来说都无疑是一本非常好的参考资料。相信该书必然会成为了解和掌握日本汽车技术,以及审视未来技术发展所不可缺少的工具书。

2008年,由中国汽车工程学会牵头,组织行业各单位和专家对《汽车工程手册》的9个分册进行翻译。其中,《造型与车身设计篇》《动力传动系统设计篇》《底盘设计篇》《动力传动系统试验评价篇》4个分册由中国第一汽车集团公司技术中心翻译完成,《基础理论篇》由北京航空航天大学翻译完成,《维修保养·再利用·生命周期评价篇》由中国汽车技术研究中心翻译完成,《环境与安全篇》《整车试验评价篇》《生产质量篇》3个分册由吉林大学和中国汽车工程研究院翻译完成。

本套手册由日本自动车技术会从2004年9月至2006年11月间陆续出版的《汽车工程手册》9个分册的日文修订版直接译成,也是国内首次出版该书的中文版。本分册由彭大庆翻译,由安相璧、刘刚、陈成法、冯慧华审校。在此感谢北京理工大学出版社给予机会翻译这套工具书,更感谢付于武理事长对此书出版的大力支持。译、校者虽在译文、专业内容、名词术语等方面进行了反复斟酌,并向有关专业人员请教,但限于译、校者的水平与对新知识的理解程度,谬误和不当之处恳请读者批评、指正。

中国第一汽车集团公司技术中心主任 李骏

进入汽车高速发展的时代以来，众多汽车行业前辈凭自己的劳动和自己的努力，攻克了汽车的耐用性、可靠性、降低排放、安全性等许多难题，追赶并超越汽车先进国家，造就了日本的汽车工程技术。1990年出版了第一版《汽车工程手册》。在泡沫经济与经济危机之际，国际性的大厂商进行了强强联合，这一时期确立了日本汽车产业在世界的领先地位。《汽车工程手册》在任何时候都以非常重要的基本原理与技术为基础，并涉及了汽车安全、环境、信息化、智能化和全球化等多个领域。

随着汽车技术的进一步发展，《汽车工程手册》搜集和整理了所有最新的汽车技术。日本汽车界专家和编写委员会委员抱着“技术是为人类解决难题”这种坚定的信念，在首次出版14年之后又对手册重新进行修订。这版《汽车工程手册》凝聚了众多先辈的劳动结晶，希望通过汽车研发人员和技术人员的学习和努力造就下一个汽车新时代。

如果本书能够为人们追求汽车生活的便利性，为人们实现梦想发挥一定作用的话，那将会不胜荣幸。

最后，对在百忙之中抽出宝贵时间给予本书的出版以大力帮助的各位执笔专家、编写委员会委员和事务局的各位表示深深地感谢和敬意。同时，也祝愿汽车行业更快更好地发展。

日本自动车技术会
会长 萩野道义

日本自动车技术会将汽车技术集大成为目标，编辑出版本套手册和文献。1957年，经过反复修改首次出版了《汽车工学手册》。1990年对其进行了大量的修改，出版了《汽车工程手册》。该手册由《基础理论篇》，《设计篇》，《试验和评价篇》，《生产、质量、维修和保养篇》4个分册构成，总页数达到1758页。

以后的14年里，汽车技术不断发展，汽车工业发生了很大的变化。因此，必须出版一本符合时代要求的手册。2003年，成立了手册编写委员会，对手册的编写内容和分册结构进行了分析和研究。根据分析研究结果，把手册划分为9个分册，成立了相关的编写委员会，并开始进行修订版的编写工作。

《汽车工程手册》的编写特点：①涵盖了混合动力车辆的实用技术、燃料电池车的相关技术、高性能的控制技术、再生利用等最新技术；②由活跃在汽车各个领域从事开发、设计的一线专家执笔，系统而全面地介绍了多个领域的前沿技术；③在各个分册中增加了汽车相关的发展趋势和相关的法律、法规篇章；④增加了摩托车技术等内容。另外，考虑到读者的经济承受能力，细分为9个分册出版，可以按分册销售。

我们相信本套手册能使活跃在一线的研究、技术人员更加受益，使肩负着下一代汽车技术重任的年轻技术人员和汽车专业学生对目前的汽车技术有所了解。

最后，在本套手册出版之际，向给予本套手册大力协助的委员会诸位委员、各位执笔专家深表谢意！

《汽车工程手册》编委会
主任委员 小林敏雄

《汽车工程手册》自上次修订后，已经时隔14年。随着环保要求的提升和用户需求的多样化，动力传动系统出现了混合动力、直喷汽油发动机、无级化和自动化变速器等技术，需求和应用越来越多样化。

因此，在本次修订中增加了具有针对性的评价项目，将上一版《汽车工程手册》的第3分册——《试验和评价篇》划分为《整车试验评价篇》和《动力传动系统试验评价篇》。

近年来，检测技术的发展也十分显著，特别是计算机的广泛应用和存储技术的进步，可以在很短的时间内为试验人员提供大量的数据。但是，这些丰富的数据，最终还是需要技术人员做出恰当的评价。很多汽车公司的评价技术还处于保密状态，因此，很难将其作为一般的理论来汇总。

在今后的试验、评价当中，自动化程度会越来越高。也就是说，为了高效地开发汽车，致力于强化模拟预测技术来进行验证其设计的厂家会越来越多。但是，如果不理解本手册中所记载的基础试验、评价技术，那么将无法在原有技术的基础上寻求突破和创造全新的技术。

为使今后立志于汽车设计的年轻技术人员和学生便于理解，本手册力求使文章简明易懂，尽可能地加入最新的图、表，具体案例和照片等。通过这样的编排，希望读者在遇到困难时能够得到更为详尽的指导和帮助。

最后，在本手册出版之际，向在百忙之中执笔的诸位专家和对各个章节进行汇总的编委会委员，以及作为本委员会后援的自动车技术会事務局表示衷心的感谢！

《动力传动系统试验评价篇》编委会

主任委员 稻野克志

目 录

第1章 汽车发展现状 / 1

- 1.1 前言 / 1
- 1.2 社会现状 / 1
- 1.3 寄予汽车的期望 / 3
- 1.4 汽车的开发、制造、销售、维修保养等方面的趋势 / 4
- 1.5 动力传动系统的趋势 / 5
- 1.6 动力传动系统试验、评价的趋势 / 5
- 参考文献 / 6

第2章 试验、评价概述 / 7

- 2.1 概述 / 7
- 2.2 试验目的 / 8
 - 2.2.1 适应性试验 / 8
 - 2.2.2 对标试验 / 8
 - 2.2.3 分析试验 / 8
- 2.3 试验的分类 / 8
 - 2.3.1 虚拟试验 / 12
 - 2.3.2 总成和系统的台架试验 / 13
 - 2.3.3 实车试验 / 13
- 2.4 数据的记录和处理 / 13
 - 2.4.1 数据记录方式 / 13
 - 2.4.2 时域数据处理和分析 / 16
 - 2.4.3 频域数据处理和分析 / 19
- 2.5 大型通用试验设备 / 22
 - 2.5.1 环境试验设备 / 22
 - 2.5.2 底盘测功机 / 24
 - 2.5.3 驾驶模拟器 / 25
 - 2.5.4 碰撞试验设备 / 27
 - 2.5.5 电波暗室 / 28
 - 2.5.6 消声室 / 31
- 2.6 实验室自动化 / 31
 - 2.6.1 定位 / 31
 - 2.6.2 LA 系统的具体示例 / 32
- 参考文献 / 35

第3章 动力性能及动力装置试验方法 / 36

- 3.1 概述 / 36
- 3.2 加速试验 / 36

- 3.2.1 起步加速试验 / 36
- 3.2.2 超车加速试验 / 36
- 3.3 爬坡试验 / 37
 - 3.3.1 爬陡坡试验 / 37
 - 3.3.2 长坡路试验 / 37
- 3.4 最高车速试验 / 38
- 3.5 滑行试验 / 38
 - 3.5.1 JIS 试验方法 / 38
 - 3.5.2 TRIAS 试验方法 / 38
 - 3.5.3 美国 EPA 试验方法 / 39
- 3.6 牵引试验 / 39
 - 3.6.1 坡路起步试验 / 39
 - 3.6.2 长坡路试验 / 40
- 3.7 燃油消耗试验 / 40
 - 3.7.1 等速试验 / 40
 - 3.7.2 工况行驶试验 / 40
 - 3.7.3 运行试验 / 41
- 3.8 驾驶性能试验 / 41
 - 3.8.1 感官评价 / 41
 - 3.8.2 定量试验 / 42
 - 3.8.3 大气环境对试验的影响 / 42
- 3.9 底盘测功机试验 / 42
- 3.10 动力性能的模拟 / 42
- 3.11 发动机性能试验 / 42
 - 3.11.1 发动机性能试验概述 / 42
 - 3.11.2 功率性能试验 / 43
 - 3.11.3 摩擦损失试验 / 48
 - 3.11.4 进气量试验 / 49
 - 3.11.5 燃料流量试验 / 51
 - 3.11.6 缸内压力试验 / 52
 - 3.11.7 排气成分试验 / 53
- 3.12 动力传动系统性能试验 / 55
 - 3.12.1 动力传动系统性能试验概述 / 55
 - 3.12.2 离合器试验 / 55
 - 3.12.3 液力传递装置试验 / 57
 - 3.12.4 变速器试验 / 59
 - 3.12.5 差速器试验 / 65
 - 3.12.6 驱动轴试验 / 65
- 3.13 驱动用电动机输出特性 / 66

参考文献 / 67

第4章 电子、电气系统试验 / 70

4.1 概述 / 70

4.2 传动系统用电子及电气系统的试验 / 70

4.2.1 发动机启动装置 / 70

4.2.2 发动机点火系统 / 73

4.2.3 充电系统 / 76

4.2.4 动力总成电子控制系统 / 79

参考文献 / 81

第5章 环保试验 / 82

5.1 概述 / 82

5.1.1 大气污染 / 82

5.1.2 全球变暖与臭氧层保护 / 83

5.2 汽车排放 / 84

5.2.1 排放污染物与法规 / 84

5.2.2 排放试验方法 / 86

5.2.3 排放耐久性保证 / 94

5.2.4 OBD 法规 / 95

5.3 摩托车的排放试验与标准概要 / 97

5.3.1 摩托车的排放试验方法 / 97

5.3.2 摩托车的排放标准值 / 99

参考文献 / 102

第6章 强度、耐久可靠性试验 / 103

6.1 概述 / 103

6.2 总成耐久可靠性试验 / 103

6.2.1 发动机 / 103

6.2.2 传动系统 / 107

6.3 静强度、刚性 / 112

6.3.1 发动机 / 112

6.3.2 传动系统 / 112

参考文献 / 113

第7章 动力传动系统的振动、噪声试验 / 115

7.1 概述 / 115

7.1.1 振动 / 115

7.1.2 噪声 / 116



- 7.2 数据分析及主因分析 / 116
 - 7.2.1 声级 / 116
 - 7.2.2 频率分析 / 116
 - 7.2.3 滤波型分析 / 117
 - 7.2.4 频率响应函数的测定 / 118
 - 7.2.5 声源探查分析 / 119
- 7.3 总成振动噪声试验 / 122
 - 7.3.1 发动机振动噪声试验 / 122
 - 7.3.2 进、排气系统振动噪声试验 / 125
 - 7.3.3 动力传动系统振动噪声试验 / 126
- 7.4 动力系统总成引起的汽车振动试验 / 129
- 7.5 动力系统总成引起的汽车噪声试验 / 131
 - 7.5.1 车内噪声 / 131
 - 7.5.2 车外噪声试验 / 134
- 7.6 相关模拟试验 / 134
 - 7.6.1 试验模态分析 / 135
 - 7.6.2 实际运转振动模态分析 / 137
 - 7.6.3 特征矩阵同时确定法(系统同时确定法) / 137
 - 7.6.4 子部结构综合法 / 138
- 参考文献 / 143

第8章 法规标准 / 145

- 8.1 法规概述 / 145
- 8.2 汽车的排放 / 145
 - 8.2.1 标准的由来 / 145
 - 8.2.2 法规体系 / 151
 - 8.2.3 标准值 / 154
 - 8.2.4 国际标准协调 / 157
- 8.3 摩托车的排放 / 158
- 8.4 燃油经济性 / 159
 - 8.4.1 日本 / 159
 - 8.4.2 美国 / 161
 - 8.4.3 欧洲 / 161
 - 8.4.4 其他国家 / 161
- 8.5 标准概述 / 161
- 8.6 标准的等级与种类 / 162
 - 8.6.1 工业标准的等级 / 162
 - 8.6.2 标准的种类 / 162

8.6.3 质量认证制度 / 163
8.7 汽车相关标准 / 164
8.7.1 JIS / 164
8.7.2 JASO / 165
8.7.3 标准的确认 / 166
参考文献 / 169

第 1 章

汽车发展现状

1.1 前言

距《汽车技术手册》第一版的出版已经过了 20 年，在政治、经济、社会的各个领域也出现了新的情况。在这种形势下，围绕汽车的各种情况也发生了很大的变化，因此需要制造出符合新环境条件的汽车。在此期间，《汽车技术手册》对相关汽车的试验、评价也进行了及时的补充和修改，并且划分为动力传动系统试验评价和车身试验评价等两部分，分别进行编辑。

本章就汽车发展现状和发动机试验、评价的各种问题进行系统地描述。

1.2 社会现状

随着全球经济一体化的发展，新的世界秩序在不断地完善。中国等一部分发展中国家的经济在蓬勃发展，先进国家经济仍在持续低速增长。支撑经济的有关能源，特别是天然气的需求量增大，而长年居于主导地位原油开始逐步减退。另外，由于经济活动所造成的空气、土壤、水质的污染，各国根据自身的情况，新制定了《再利用法》等相关法规并强化了排放法规，另外在 EU（欧盟）等区域开始采用了统一的法规。COP

（气候变化框架公约缔约国会议）以全球变暖问题为中心，研究了对策，并随着《京都议定书》的生效开始采取了具体的对策。再有，针对经济、能源、环境等各个课题，研究了将它们进行汇总综合之后的最优化处理对策，开始了对循环型经济社会的探索。

人口增长的问题仍然是国际社会最大的课题。但是，在发达国家，目前少子女、高龄化已经成为一个新的问题。图 1-1 所示的是 7 个发达国家的人口变化情况，图 1-2 所示的是 7 个发达国家的高龄化率。除了美国之外，其他 6 个国家的高龄化现象明显，在这些国家中，日本高龄化的进程最快。图 1-3 所示的是日本人口构成的变化。在 2000 年，15 岁以下与 65 岁以上的人口情况已经出现了逆转，恐怕今后日本少子女、高龄化的问题将会更加突出。

另外，在科学技术领域，应用了 IT 技术的移动电话等手提终端得到了广泛普及。但是，在更加广泛地使用无线 LAN 的社会中，新产品的研究开发也正在推进。纳米技术不仅仅是在工业领域，还在医疗等众多领域得到了推广，新材料和测量方法等也得到了开发。在这些尖端技术的研究开发过程中，作为独立法人的大学院校通过与企业签订研究开发合同等方式，也在尝试实现科研成果早期的产品化。

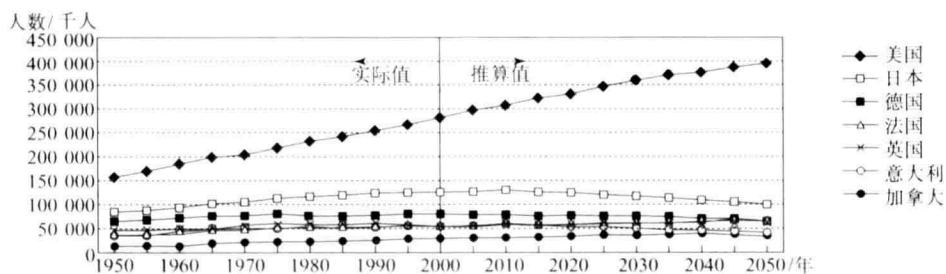


图 1-1 发达国家的人口变化

联合国世界人口前景：2000；

日本总务省《国情调查》，国立社会保障、人口问题研究所《日本的将来人口预测》（2002 年 1 月）。

高龄化率/%

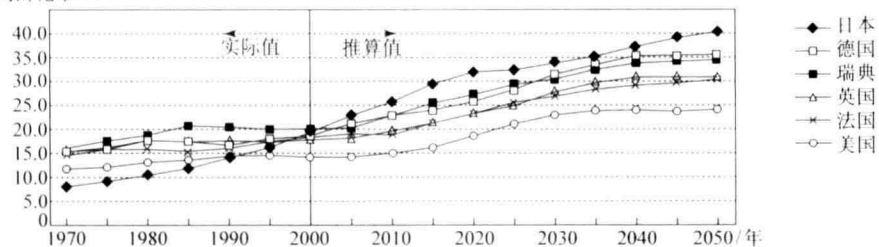
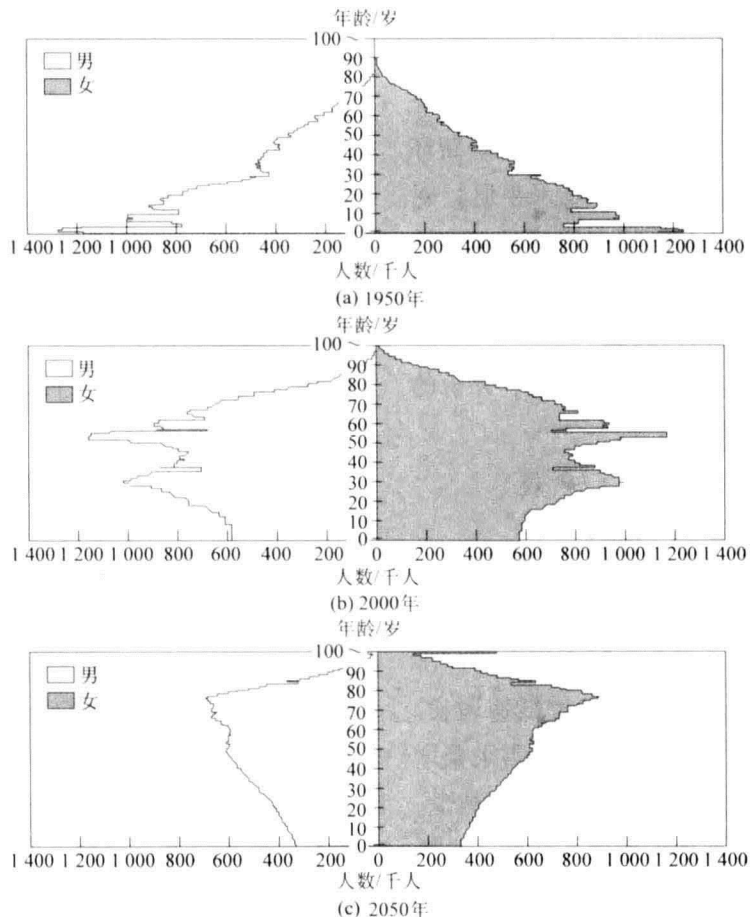


图 1-2 发达国家的高龄化率

联合国世界人口前景：2000；

日本总务省《国情调查》，国立社会保障、人口问题研究所《日本的将来人口预测》（2002 年 1 月）。



来源：国立社会保障、人口问题研究所网页。

图 1-3 日本的人口构成变化

来源：国立社会保障、人口问题研究所网页。