

汽车设计基础

QICHESHEJIJICHU

[日] 大野 進一 等著
王利荣 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车设计基础

【日】大野進一 等著
王利荣 等译



机械工业出版社

《汽车设计基础》是以日本“自动车技术会”的会刊即《汽车技术》上刊登的30篇“汽车技术基础讲座”为基础编写而成的。本书主要内容包括汽车发动机、动力传动装置、制动力学与制动机构、运动性能、碰撞安全、汽车的再生利用技术、振动噪声、ITS、车辆规划、车身设计、燃料电池等。

本书是日本汽车行业各领域专家合作的作品，对汽车设计工作具有很强的指导价值，可供本科院校车辆工程专业师生参考。

自動車工学基礎

社団法人自動車技術会

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

Original ISBN: 978-4-915219-30-6

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

Transaction right arranged with China Machine Press.

All rights reserved.

本书中文简体版由日本自动车技术会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合同登记图字：01-2008-3909号。

图书在版编目（CIP）数据

汽车设计基础/（日）大野進一等著；王利荣等译。—北京：机械工业出版社，2015.6

ISBN 978-7-111-49841-4

I. ①汽… II. ①大…②王… III. ①汽车—设计 IV. ①U462.2

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第067330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：连景岩 责任编辑：连景岩

版式设计：霍永明 责任校对：张征 闫玥红

封面设计：鞠杨 责任印制：李洋

北京铭成印刷有限公司印刷

2016年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·487千字

0001—3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-49841-4

定价：79.00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

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

★ 译者序 ★

随着我国汽车工业的快速壮大和发展，对汽车自主开发技术的需求越来越紧迫。鉴于我国汽车工业起步较晚，还需向车辆基础技术积累时间较久的其他国家学习。作为后起之秀的汽车强国日本，其发展始于20世纪50年代，通过与国际汽车企业展开的技术合作，建立了从技术引进、吸收到独立自主进行研发的汽车研发体系，积累了大量的从理论到实践的经验，无论是对整车研发还是零件设计与制造都有其独到的见解与方法。

《汽车设计基础》一书是日本“自动车技术会”（JSAE）于20世纪90年代组织编写的。近70名日本汽车行业的各领域优秀研究人员分别对汽车的各个总成基础原理及设计进行了较全面的阐述，不仅涵盖了发动机、动力传动、制动性能、操作稳定性、碰撞安全、振动噪声、车身设计等基础内容，也包含了车辆规划、智能交通、新能源汽车、汽车回收技术等新兴技术领域。每一章都由数名该领域的资深专家学者合作完成，集中体现了日本汽车基础研究的精华。译者希望借此译本给我国汽车专业人才的培育和整车研发的基础研究带来新思路，推动我国自主研发汽车的发展和实用型整车研发人才的培养。

参与本书翻译的人员包括刘毅和郭秋实（第1章的初稿），耿聪和刘溧（第2章、第3章和第4章的初稿），杨昌海（第5章、第7章、第8章、第9章和第10章的初稿），许楠楠（第6章的初稿），朱性宇（第11章的初稿）。刘毅负责了译稿的校对、整理与图文制作，郭立秋负责语言表述的校对工作。王利荣负责全书翻译工作的指导、校译及定稿。

《汽车设计基础》中文版的出版工作得到了日本汽车技术学会前理事樋口世喜夫先生的大力支持及日本东京工业大学萩原一郎教授的引荐，日本汽车技术学会出版部的堀越太先生和机械工业出版社的湛建辉先生承担了本书版权引进的协调工作，在此深表谢意。

王利荣

★ 原书序 ★

本书是基于社团法人“自动车技术会”的会刊即《汽车技术》上的30篇“汽车技术基础讲座”编写而成的，在本书出版之际，首先纵览全书，陈述其编撰目的。

协会以普及汽车技术知识为重要活动目的。协会的教育委员会审议后，发现尽管很多大学里开设了汽车工学的课程，却没有关于汽车工学的合适教科书。所以委员会决定研讨关于汽车工学教科书发行一事。之后设立了教育图书发行研讨委员会，审议的结果得出以下结论：决定在发行教科书之前，先将以学生（理工科大学生及高等专业学校学生）和企业的年轻技术人员为对象的连载讲座刊登于会刊《汽车技术》之上，然后在恰当的时机作为教科书基础内容刊登出来。内容包含基础知识和在今后一定时期内有实际效用的内容，但并不勉强追求最新技术。所以同会刊编辑委员会商议后，协会编辑会议做出决定，预先将24篇连载信息刊登在“汽车技术基础讲座”上。然而教育图书发行研讨委员会之后暂停了讲座基本方针和刊登项目的制定，因为关于细节委托协会技术部的各部门委员会的主编，组织内容并选择作者等，结果发现最初预计的连载24篇中有不足之处，因此改为30篇的连载。意在给读者呈现最详细的内容。连载回归正轨之时，教育图书发行研讨委员会改组为教育图书编辑委员会。另外，本协会亦分设技术人员培养委员会，举行以企业年轻技术人员为对象的演讲等活动。技术人员培养委员会与教育图书编辑委员会，在2002年7月商议关于以“汽车技术基础讲座”为基础的教科书内容、形式等后，于2002年12月，出版发行了总共8章的第1版，荣幸地获得了好评，目前已增加印刷数。

令人遗憾的是，连载信息“汽车技术基础讲座”中并未涉及设计的起始阶段——车辆规划及车身设计，而且也没有开发阶段技术性的燃油电池的内容。考虑到作为教科书应当包含这些内容，于是就委托作者撰写增加了第9章车辆规划、第10章车身设计、第11章燃油电池的第2版，并成功出版发行。

本书是经过以上背景发行的教科书，各项的编写与撰稿都是出自相关领域的专家。书名上加入了“基础”为副标题，只是单纯地与协会的另一本出版物《汽车设计制造指南》进行比较，以表达出内容简单易懂。在各章末尾处添加了相关习题以帮助读者理解，另外，参考文献表将会给意在学习更多知识的读者提供很大帮助。

对于本书发行至今给予帮助与配合的相关工作者，再次表示衷心的感谢。

社团法人汽车技术协会
教育图书编辑委员会
委员长 大野進一

★ 作者名单 ★

策划编辑：教育图书编辑委员会 委员长 大野進一（神奈川工科大学）

主编/本文作者/习题作者

第1章 发动机

主编	藤本 元（同志社大学）	
本章作者	大聖泰弘（早稻田大学）	宮本 登（北海道大学）
	上田建仁（丰田汽车）	青柳友三（新 ACE 公司）
	大平哲也（铃木）	田所秀敏（铃木）
	三輪 恵（德岛大学）	佐々木美喜（铃木汽车工业）
	時松和寿（铃木汽车工业）	榎木良輝（武藏工业大学）
	郡 逸平（铃木汽车工业）	後藤隆治（日产汽车）
	瀬古俊之（日本汽车研究所）	岩井信夫（日本汽车研究所）
习题作者	藤本 元（同志社大学）	

第2章 动力传动装置

主编	动力传动装置委员会	
本章作者	北條春夫（东京工业大学）	熊谷頼範（本田技术研究所）
	恒田恵司（铃木）	佐藤吉治（コマツ公司）
	計盛啓一（日产内燃机工业）	小塩智章（马自达）
	丸山圭一（富士重工业）	鬼丸義幸（アイシン精机）
	鶴岡卓弘（五十铃汽车）	中尾章裕（大发工业株式会社）
	住 泰夫（ジャトコ株式会社）	村田浩二（三菱汽车工业）
	小出武治（丰田汽车）	安江秀樹（丰田汽车）
	田中裕久（横滨国立大学）	北條春夫（东京工业大学）
习题作者	动力传动装置委员会	

第3章 制动力学与制动机构

主编	原田 宏（九州工业大学）	
本章作者	川口 裕（东京电机大学）	西脇正明（丰田汽车）
	井上秀雄（丰田汽车）	山本幸雄（丰田汽车）
习题作者	原田 宏（九州工业大学）	川口 裕（东京电机大学）

第4章 运动性能

主编	藤岡健彦 (东京大学)	
本章作者	藤岡健彦 (东京大学)	高橋俊道 (丰田中央研究所)
	山本真規 (丰田汽车)	赤津洋介 (日产汽车)
	堀内伸一郎 (日本大学)	関根太郎 (日本大学)
习题作者	藤岡健彦 (东京大学)	高橋俊道 (丰田中央研究所)
	山本真規 (丰田汽车)	赤津洋介 (日产汽车)
	堀内伸一郎 (日本大学)	関根太郎 (日本大学)

第5章 碰撞安全

主编	小野古志郎 (日本汽车研究所)
本章作者	上玉利恒夫 (日本汽车研究所)
习题作者	西本哲也 (日本汽车研究所)

第6章 汽车的再生利用技术

主编	加藤正名 (秋田县立大学)	
本章作者	天谷賢児 (群馬大学)	
习题作者	加藤正名 (秋田县立大学)	天谷賢児 (群馬大学)
	野沢 旭 (丰田汽车)	

第7章 振动噪声

主编	長松昭男 (法政大学)	
本章作者	長松昭男 (法政大学)	石濱正男 (神奈川工科大学)
	杉田 洋 (丰田汽车)	大塚裕之 (日产汽车)
习题作者	長松昭男 (法政大学)	石濱正男 (神奈川工科大学)
	杉田 洋 (丰田汽车)	大塚裕之 (日产汽车)

第8章 ITS

主编	鷺野翔一 (鸟取环境大学)	
本章作者	鷺野翔一 (鸟取环境大学)	津川定之 (产业技术综合研究所)
习题作者	鷺野翔一 (鸟取环境大学)	

第9章 车辆规划

主编	三浦 登
本章作者	三浦 登
编辑合作者	坂井 滋 (日产汽车)

第10章 车身设计

主编	三浦 登
----	------



本章作者 三浦 登
编辑合作者 道浦 吉晴（日产汽车）

第 11 章 燃料电池

主编 高木 靖雄（武藏工业大学）
本章作者 高木 靖雄（武藏工业大学）

译者序

原书序

作者名单

第 1 章 发动机

<p>1.1 发动机概述 1</p> <p> 1.1.1 汽车发动机的发展史..... 1</p> <p> 1.1.2 发动机的分类和工作原理..... 2</p> <p> 1.1.3 发动机性能 4</p> <p>1.2 发动机的基本性能 5</p> <p> 1.2.1 运转方式和热效率 5</p> <p> 1.2.2 输出功率和转矩 8</p> <p> 1.2.3 燃油消耗率 10</p> <p>1.3 汽油机 11</p> <p> 1.3.1 汽油机和柴油机的比较 11</p> <p> 1.3.2 汽油机的构造 12</p> <p> 1.3.3 燃油供给装置 15</p> <p>1.4 柴油机 17</p> <p> 1.4.1 柴油机的构造 17</p> <p> 1.4.2 燃烧室 20</p> <p> 1.4.3 燃油喷射装置 21</p> <p>1.5 二冲程发动机 23</p> <p> 1.5.1 二冲程发动机的换气过程 ... 23</p> <p> 1.5.2 二冲程汽油机 25</p>	<p>1.6 燃烧与排放 26</p> <p> 1.6.1 汽油机的燃烧与排放特性 ... 26</p> <p> 1.6.2 柴油机的燃烧和排气特性 ... 28</p> <p> 1.6.3 废气成分与处理装置 30</p> <p>1.7 发动机的润滑与冷却 32</p> <p> 1.7.1 机油 32</p> <p> 1.7.2 润滑方式 33</p> <p> 1.7.3 发动机的热负荷 34</p> <p> 1.7.4 冷却方式 37</p> <p>1.8 发动机的机械力学 38</p> <p> 1.8.1 气门系统力学 39</p> <p> 1.8.2 活塞一曲轴系统的力学 40</p> <p> 1.8.3 平衡轴—飞轮的转矩变化 ... 43</p> <p>1.9 新燃油、新型发动机..... 45</p> <p> 1.9.1 甲醇、LPG 45</p> <p> 1.9.2 CNG、氢气 47</p> <p> 1.9.3 混合动力发动机 48</p> <p>参考文献 51</p> <p>习题 52</p>
--	--

第 2 章 动力传动装置

<p>2.1 概述 54</p> <p> 2.1.1 力学的基本知识 54</p>	<p> 2.1.2 汽车起步加速的力学分析 ... 54</p> <p> 2.1.3 变速器的必要性 55</p>
---	---



2.2 行驶性能	55	2.7.2 车轴	84
2.2.1 汽车行驶所必需的驱动力 ..	55	2.7.3 万向节	85
2.2.2 行驶阻力	56	2.8 四轮驱动车中必要的构成元素	86
2.2.3 动力性能	57	2.8.1 四轮驱动的作用	86
2.3 动力传动装置概要	59	2.8.2 四轮驱动的种类	87
2.3.1 动力传动装置的作用与基本 性能	59	2.8.3 非全时方式	87
2.3.2 动力传动装置的组成	61	2.8.4 全时方式	87
2.4 起步装置	62	2.9 动力传动控制	90
2.4.1 干式摩擦离合器	62	2.9.1 动力传动控制的概要	90
2.4.2 湿式摩擦离合器	64	2.9.2 锁止离合器滑动控制	90
2.4.3 电磁离合器	64	2.9.3 驱动力控制(4WD 控制)	91
2.4.4 液力变矩器	65	2.10 EV、HV 车辆的动力传动装置 ..	95
2.5 变速器	67	2.10.1 EV、HV 的现状	95
2.5.1 手动变速器	67	2.10.2 电机转矩特性的特点	96
2.5.2 自动变速器	71	2.10.3 EV 的动力传动装置	96
2.5.3 无级变速器	76	2.10.4 HV 的动力传动装置	98
2.6 主减速器(终减速器)	81	2.10.5 HV 的种类与特点	99
2.6.1 主减速器的功能和构造	81	2.11 各种自动变速器的展望和课题 ..	101
2.6.2 减速齿轮装置	81	2.12 总结	102
2.6.3 差速机构	82	参考文献	102
2.6.4 差速限制装置	82	习题	102
2.7 驱动轴	83		
2.7.1 传动轴	83		

第3章 制动力学与制动机构

3.1 概述	105	3.3 制动效能	110
3.1.1 制动的常用术语	105	3.3.1 制动系统	110
3.1.2 制动器应具备的性能	105	3.3.2 制动效能因数	110
3.1.3 制动器的分类、工作 原理	106	3.3.3 制动效能系数的计算 方法	111
3.2 制动力学	106	3.3.4 制动时的发热	113
3.2.1 轮胎和路面间的制动力	106	3.4 制动法规	113
3.2.2 制动力、减速度、停车距离 之间的关系	107	3.4.1 概要	113
3.2.3 前后轮制动力分配	107	3.4.2 乘用车的国际通用制动 标准	113

3.4.3	日本国内的标准	115	3.6.3	制动器噪声的分类及其原因	121
3.4.4	美国标准	115	3.6.4	制动器噪声的激振力	124
3.4.5	欧洲标准	115	3.7 操控制动器提高安全性		125
3.5 制动的可靠性		116	3.7.1	ABS	126
3.5.1	制动效能的稳定性	116	3.7.2	TCS	128
3.5.2	制动效能的保证	117	3.7.3	VSC	129
3.5.3	制动系统的失效安全	119	3.7.4	BA	132
3.6 制动器的振动和噪声		120	3.7.5	总结	134
3.6.1	制动器振动分类及其产生的原因	120	参考文献		134
3.6.2	制动振动引起的激振力的作用	121	习题		135

第4章 运动性能

4.1 运动性能概要		136	特性		151
4.2 轮胎力学		136	4.4.3	响应参数的正则化表现	154
4.2.1	开篇	136	4.4.4	车辆各因素对响应特性的影响	155
4.2.2	轮胎6分力和轮胎坐标系	137	4.4.5	悬架、转向系统特性的影响	157
4.2.3	基于刷子模型的轮胎力的推导	137	4.4.6	临界转向特性	159
4.2.4	与实验结果比较和补充	142	4.5 乘坐舒适性的基础		161
4.2.5	符号说明	143	4.5.1	利用悬架两自由度模型解析	161
4.3 汽车的运动方程式		145	4.5.2	关于乘坐舒适性与接地性相关的最优阻尼比	162
4.3.1	导出运动方程式时的注意事项	145	4.5.3	悬架系统摩擦的等效阻尼	164
4.3.2	旋转坐标系下的矢量微分	146	4.5.4	通过车辆两自由度模型进行颠簸、前倾的分析	166
4.3.3	水平面上的汽车运动方程式	147	4.6 驾驶人—汽车系统		168
4.3.4	平面2轮模型的线性运动方程式	148	4.6.1	驾驶人模型化的基础事项	168
4.3.5	符号说明	150	4.6.2	代表性的转向模型	171
4.4 操纵稳定性		151	4.6.3	总结	174
4.4.1	概述	151	4.7 两轮车		174
4.4.2	稳态转向特性及转向响应		4.7.1	两轮车的特性	174



4.7.2	两轮车用轮胎	174
4.7.3	两轮车的前轮转向系统	176
4.7.4	两轮车的侧倾运动	178
4.7.5	两轮车的运动解析模型	179

4.7.6	符号说明	179
-------	------	-----

参考文献	180
------	-----

习题	181
----	-----

第5章 碰撞安全

5.1	概述	184
-----	----	-----

5.2	碰撞安全研究框架	184
-----	----------	-----

5.2.1	汽车事故研究	184
5.2.2	生物力学研究	184
5.2.3	评价工具的开发研究	185
5.2.4	试验法的研究	185
5.2.5	车辆结构、乘员保护装置的研究开发	185
5.2.6	道路构造、交通系统的研究	185

5.3	碰撞安全性试验	185
-----	---------	-----

5.3.1	碰撞安全性试验概要	185
5.3.2	正面碰撞试验	186

5.3.3	侧面碰撞试验	187
-------	--------	-----

5.4	碰撞试验用假人	188
-----	---------	-----

5.4.1	碰撞试验用假人概要	188
5.4.2	碰撞试验用假人的种类	188
5.4.3	假人的校正方法	190

5.5	碰撞试验测量设备	190
-----	----------	-----

5.5.1	碰撞试验设备概要	190
5.5.2	SAEJ211	191

5.6	总结	191
-----	----	-----

参考文献	191
------	-----

习题	192
----	-----

第6章 汽车的再生利用技术

6.1	概述	193
-----	----	-----

6.2	再生利用	193
-----	------	-----

6.2.1	再生利用和循环使用、减排	193
6.2.2	再生利用的促进和环境负荷的降低	194

6.3	汽车再生利用的流程	194
-----	-----------	-----

6.3.1	ELV 的数量	194
6.3.2	ELV 的拆解处理	194
6.3.3	ELV 的粉碎处理	194

6.4	汽车再生利用中的诸问题及与之相关的社会环境	196
-----	-----------------------	-----

6.4.1	汽车再生利用问题的特征	196
6.4.2	与汽车再生利用相关的社会	

动向	196
----	-----

6.5	汽车的环境负荷评价	197
-----	-----------	-----

6.5.1	汽车再生利用的 LCA	197
6.5.2	为再生利用的 LCA	198

6.6	可被再生利用的汽车特征	198
-----	-------------	-----

6.6.1	重量	198
6.6.2	零件数	198
6.6.3	材料的多样性	199
6.6.4	强度	199
6.6.5	寿命	199
6.6.6	嗜好品的价值	199

6.7	关于汽车再生利用的各种相关技术	199
-----	-----------------	-----

6.8	汽车的再生利用设计	200
-----	-----------	-----

6.8.1	汽车的再生利用性	200
-------	----------	-----

6.8.2	再利用应该考虑的其他项目	201
6.8.3	材料的设计	201
6.8.4	机能以及构造设计	202
6.8.5	考虑粉碎处理的设计	203
6.9	粉碎垃圾的再生利用	203
6.9.1	粉碎垃圾	203
6.9.2	粉碎垃圾的处理技术	203
6.9.3	粉碎垃圾的分类减容固化	

	技术	203
6.9.4	干馏汽化技术	204
6.9.5	利用彻底分选的材料再生利用技术	205
6.10	今后汽车再生利用的课题	205
6.11	总结	205
	参考文献	205
	习题	206

第7章 振动噪声

7.1	振动噪声基础	208
7.1.1	振动的种类	208
7.1.2	为什么会振动(自由振动)	209
7.1.3	为什么共振(强制振动)	210
7.1.4	固有模态与模态解析	212
7.1.5	音波	214
7.1.6	声音的强度	214
7.1.7	声音的传播	215
7.2	测量评价	216
7.2.1	测量评价的必要模型化概念	216
7.2.2	源于振动噪声现象的框图理解	216

7.2.3	汽车振动噪声现象的特点及其测量评价	217
7.2.4	今后的发展	220
7.3	模拟试验	220
7.3.1	结构系统 FE 模型	220
7.3.2	噪声模型	221
7.3.3	其他模型	224
7.4	NVH 降低技术	228
7.4.1	基本应对方法	228
7.4.2	振源的对策	230
7.4.3	车辆振动性能的改善	232
7.4.4	噪声遮蔽及主动控制	234
	参考文献	234
	习题	235

第8章 ITS

8.1	ITS 与软件技术	236
8.1.1	ITS 的背景及现状	236
8.1.2	ITS 开发所需的关键技术	237
8.1.3	最前沿的软件技术	237
8.1.4	总结	241
8.2	安全辅助驾驶与自动驾驶	241
8.2.1	AVCSS 的特征	242

8.2.2	自动驾驶系统	242
8.2.3	安全辅助驾驶系统	244
8.2.4	AVCSS 的关键技术	246
8.2.5	总结	247
8.2.6	缩略语与首字母缩略词	247
	参考文献	248
	习题	248



第9章 车辆规划

9.1 概述	250	9.3.13 操作稳定性	258
9.2 汽车的功能	250	9.3.14 小半径转弯性、驻车性 ..	258
9.3 汽车性能和构成要素之间的 关系	251	9.3.15 不平路面通过性	259
9.3.1 社会、环境适应性	253	9.3.16 碰撞安全性	259
9.3.2 质量、惯性效率	253	9.3.17 乘坐舒适性	259
9.3.3 承载性	253	9.3.18 振动噪声	260
9.3.4 乘坐空间的宜人性、乘 降性	254	9.3.19 空调性能	260
9.3.5 操作性	255	9.3.20 信息性能	261
9.3.6 视野、视觉认知性	255	9.3.21 音响性能	261
9.3.7 外形的平衡	255	9.3.22 可靠性、耐久性	261
9.3.8 空气动力特性	255	9.3.23 维护性、修理性	262
9.3.9 动力性、驾驶性	256	9.3.24 回收性	262
9.3.10 燃油经济性、排气性能 ..	256	9.3.25 生产性、组装性	262
9.3.11 耐热性能	257	9.3.26 成本价	263
9.3.12 制动性能	258	9.4 商品企划的方法	263
		9.5 车辆规划的方法	264

第10章 车身设计

10.1 概述	267	10.8 乘员乘坐空间的成形	277
10.2 车身的作用和必要的形态、 机能	267	10.9 确保驾驶人、乘客的视野	281
10.3 乘用车构造成形的历史	269	10.10 搬运物品的承载空间、货架的 成形	282
10.4 轮胎所受的力和车辆的惯性力 ..	270	10.11 提高碰撞时乘员的安全性	282
10.5 乘用车形态维持的思考方法	272	10.12 与空气动力特性相关的车身 性能	286
10.6 车身构造的思考方法	273	10.13 车身的轻量化	287
10.7 各个部件的安装注意点	276		

第11章 燃料电池

11.1 车用燃料电池	288	11.3 固体高分子型燃料电池 PEFC 的 构成和结构	289
11.2 固体高分子型燃料电池 PEFC 的 特征	289	11.3.1 电解质膜	290
		11.3.2 电极层和电解质膜的	

集合体	290	原理以及热效率比较	292
11.3.3 气体扩散层	290	11.4.3 现阶段 PEFC 的性能	292
11.3.4 双极板	291	11.4.4 今后的技术课题	293
11.4 固体高分子型燃油电池 PEFC 的 性能和技术课题	291	11.5 总结	294
11.4.1 基本性能和过电压	291	参考文献	294
11.4.2 内燃机和燃油电池的工作		各章习题答案	295

第1章 发动机

主编 藤本 元
(同志社大学)

发动机概述

1.1.1 汽车发动机的发展史

(1) 从蒸汽机到内燃机 发动机的发明和使用成就了今天汽车行业的发达。特别是 19 世纪末至 20 世纪初的这一时期,奠定了现代发动机构造的基础,继而开始了汽车量产化的技术革新时代。

回顾科学技术的发展史,汽车的发明可以追溯到二百多年以前的 1769 年,尼古拉斯·柯诺特(Nicolas Joseph Cugnot)受命于法国的路易十五进行炮车(拉炮三轮车)的研发,这辆车搭载了瓦特(英国人)等在工业革命初期发明并改良的当时输入功率最大的蒸汽机。但是由于重量过大和难以操纵等原因,在完成后不久就因事故而严重损毁,给这辆世界首台汽车留下了“世界首例汽车事故”的恶名。此后直至 20 世纪初,虽然有很多发明家尝试进行将蒸汽机作为汽车动力的研究,但最终没能真正做到。

此后,虽然电动汽车抢先于汽油汽车实现了实用化,但也仅在 20 世纪昙花一现,因电池过重、充电花费时间过长、行驶距离过短等原因被人们遗弃,最终还是被汽油汽车取代。这三类车在欧美不断竞争,在当时的 1900 年,这些汽车的保有量接近 1 万辆。毕竟汽车的原动机必须具备轻量与高输出等条件,于是汽油机和柴油机脱颖而出,直至百余年之后的今天。

另外,19 世纪各式各样的发动机和零部件被设计出来,这是形成现代热力学基础的时代。这一时期涌现出卡诺(S·Carnot)、R·迈耶、焦尔、盖尔、普朗克、克劳修斯等诸多著名科学家创立了热力学第一法则、第二法则、燃气理论、冲程理论等学说。当时,基于这些理论致力于热效率研究的学者还有很多,虽然他们的理论与现实尚存在差异,但是他们在机构和零件耐久性、可靠性等方面倾注了毕生的心血。

(2) 汽油机 奠定现代火花点火式发动机基础的是德国人奥托,1876 年他基于四冲程原理发明了火花点火式发动机并申请了专利,燃烧压力的测试也取得了成功。下文中也要详细介绍,火花点火发动机的定容循环(绝热压缩→定容加热(燃烧)→绝热膨胀(做功)→定容放热(排气))也被称为奥托循环。这种发动机曾作为固定式动力装置广为流传,在 1886 年戴姆勒·奔驰将它作为蓝本设计出轻型车并成功运行。图 1-1 为戴姆勒所设计的汽车。这就是现代汽油车的原型。1900 年前后,在欧美众多发明家和企业家的竞争下,发动

机本体、零件，以及整车的开发和改良蓬勃发展，使得汽车技术取得了全面的长足的进步。

汽油发动机成功实现实用化的原因可以总结为以下三条。第一，汽油的使用。当时石油作为新能源已开始吸引世人的目光，从石油中提炼出的汽油具备很好的挥发性，从而作为高能量液体燃油被利用。第二，化油器的发明。使汽油能够汽化并与空气混合形成可燃混合气体。第三，火花点火装置的开发。可将可燃混合气体送往发动机内压缩并点燃。

此后，由于以美国 T·福特为代表的量产方式的导入以及大规模油田的开发，乘用车从此走上了大众化道路并延续至今。

(3) 柴油发动机 压缩点火发动机即柴油发动机由 R·狄塞尔（德国人）以固定式动力源的形式开发出来。他采用了卡诺论文中提到的高温与低温的热源之间运行的热力学循环，即图 1-2 所示的等温压缩→绝热压缩→等温膨胀（加热）→绝热膨胀的卡诺循环，并力求获得最高热效率。最初采用把细煤粉和柴油与空气混合后喷射到发动机内的空气喷射方式，但是无法维持长时间的运转。之后，采取了 R·博世（德国人）发明的燃油喷射装置使

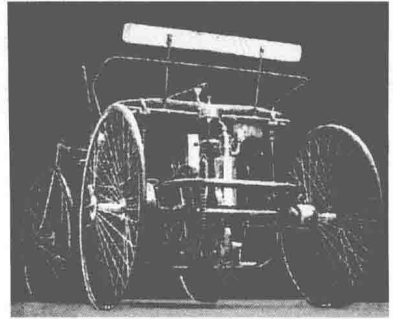


图 1-1 戴姆勒设计的汽车（1886 年制，最大输出 0.7kW，最高速度 16km/h，收藏于梅塞德斯博物馆）

高效率长时间的连续运转成为可能。与卡诺循环不同，他采取了定压燃烧的方式，在理想循环状态下被称为定压循环或狄塞尔循环。

搭载柴油机的汽车是在 1920 年以后出现的，要晚于汽油机。如今不仅是乘用车、商用车、货车、公交车，还有建筑、农业车辆、各种工业机械、发电机、船舶等的动力机，也都广泛使用了这种最经济的发动机。

1.1.2 发动机的分类和工作原理

(1) 发动机的分类 车载内燃机是内燃机的一种，顾名思义就是通过在发动机内的燃烧气体来做功。另外，类似于锅炉和汽轮机的组合，以通过其他动作媒介将燃油燃烧产生的热量作为动力输出的形式称为外燃机。具体分类如表 1-1 所示。

表 1-1 发动机的分类

内燃式	容积式：火花点火发动机、压缩点火发动机 速度式：燃气轮机、喷气式发动机、火箭发动机
外燃式	容积式：往复运动蒸汽机、斯特林机 速度式：蒸汽机

按照使燃烧室容积变化的间歇性运行的往复运动机构的不同，内燃机可分为像转子发动机那样的活塞式内燃机、连续燃烧燃气涡轮以及喷气式发动机等。汽车用发动机通常是指活

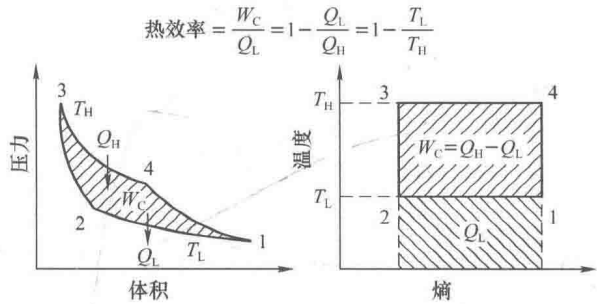


图 1-2 卡诺循环线图和热效率