

内燃机先进技术译丛

 Springer

汽油机管理系统

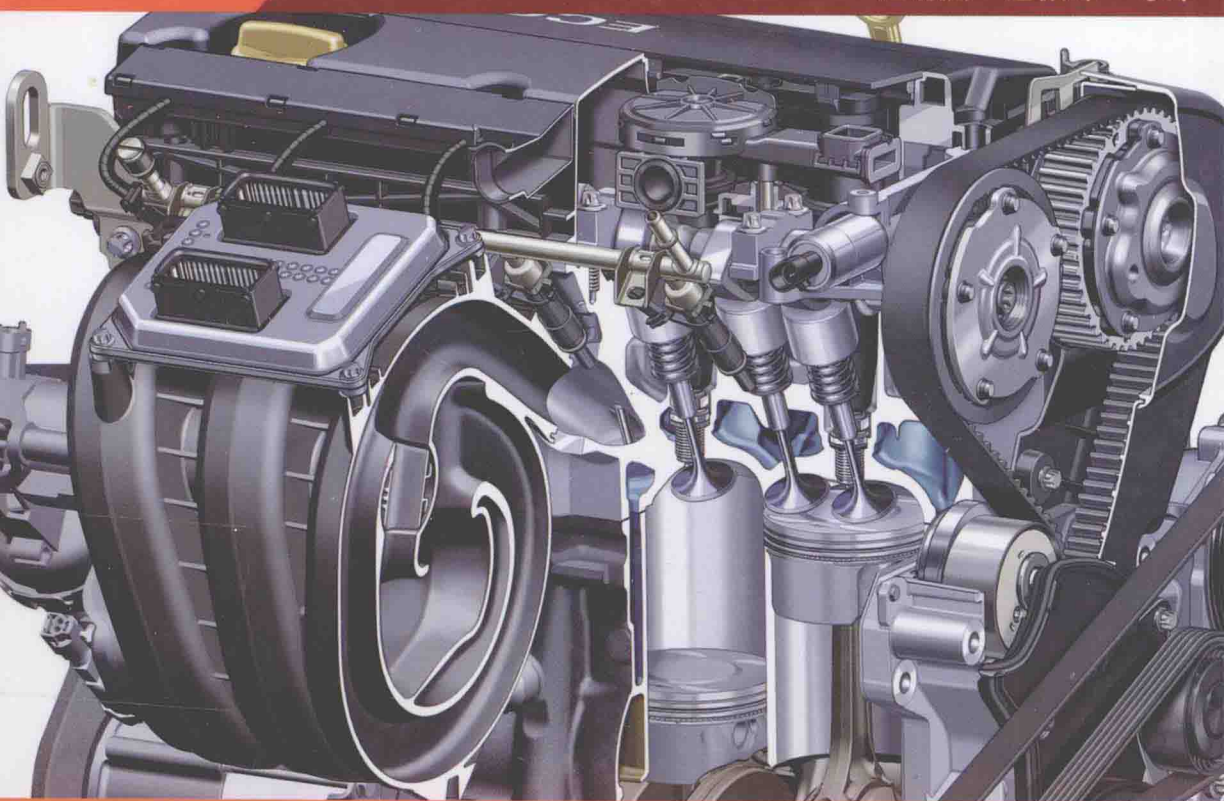
——控制、调节和监测

Ottomotor-Management

原书第4版

[德] 康拉德·赖夫 (Konrad Reif) 主编

范明强 范毅峰 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



内燃机先进技术译丛

汽油机管理系统

——控制、调节和监测

原书第4版

[德] 康拉德·赖夫 (Konrad Reif) 主 编

范明强 范毅峰 等译

机械工业出版社

Translation from the German language edition;
Ottomotor – Management. Steuerung, Regelung und Überwachung
edited by Konrad Reif
Copyright©2014 Springer Fachmedien Wiesbaden
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH is part of Springer Science + Business Media.

All Rights Reserved
版权所有, 侵权必究。

This title is published in China by China Machine Press with license from Springer. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体版由 Springer 授权机械工业出版社在中国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2015-8404 号。

图书在版编目(CIP)数据

汽油机管理系统: 控制、调节和监测/ (德) 康拉德·赖夫 (Konrad Reif) 主编; 范明强等译. —北京: 机械工业出版社, 2017. 3

(内燃机先进技术译丛)

书名原文: Ottomotor – Management

ISBN 978-7-111-55955-9

I. ①汽… II. ①康…②范… III. ①汽油机—管理系统理论
IV. ①TK41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 013111 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: 孙 鹏 李 军 责任编辑: 孙 鹏 刘 焯

责任校对: 刘志文 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 常天培

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 28 印张 · 539 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-55955-9

定价: 199.00 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

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书是由康拉德·赖夫先生主编的《Ottomotor – Management》德文原著最新版第4版翻译而来的。

本书除了包含以前的发动机控制系统在内的简要概论之外，详尽地阐述了汽油机的基本原理，论述了汽油机燃油喷射系统诸如燃油泵、喷油器、电控单元和传感器及执行器等重要部件的工作原理和相互作用，还着重阐明了现代汽油机缸内直接喷射系统的电子控制和调节，此外还介绍了废气排放法规、废气测量技术、诊断以及代用燃料和混合动力等方面极为重要的内容。

本书适合于从事汽油机动力装置和燃油喷射系统以及汽车整车、零部件和系统设计、研究与开发的工程技术人员阅读，并可作为车辆工程、动力机械工程、能源与动力工程以及运载工具运用工程等学科专业的研究生或本科生教材，同样也非常适合于汽车和配件工业的产品鉴定人员和专家以及电子工程师和软件开发人员阅读，以了解有关汽油机控制和调节方面的知识。



本书由2014年德国Springer Vieweg出版社出版的《Ottomotor - Management》德文第4版翻译而成，它是由世界最著名的内燃机燃油喷射装置跨国公司博世（Bosch）公司组织了各相关专业领域80余位富有实践经验的资深专家撰写的具有权威性的专业书籍。

本书除了包含以前的发动机控制系统在内的简要概论之外，详尽地阐述了汽油机的基本原理，论述了汽油机燃油喷射系统诸如燃油泵、喷油器、电控单元和传感器及执行器等重要部件的工作原理和相互作用，还着重阐明了现代汽油机缸内直接喷射系统的电子控制和调节，此外还介绍了废气排放法规、废气测量技术、诊断以及代用燃料和混合动力等方面极为重要的内容。

本书适合于从事汽油机动力装置和燃油喷射系统以及汽车整车、零部件和系统设计、研究与开发的工程技术人员阅读，并可作为车辆工程、动力机械工程、能源与动力工程以及运载工具运用工程等学科专业的研究生或本科生教材，同样也非常适合于汽车和配件工业的产品鉴定人员和专家以及电子工程师和软件开发人员阅读，以了解有关汽油机控制和调节方面的知识。

本书由范明强教授级高级工程师和范毅峰工程师翻译，参加工作的还有全逸敏、范明琦、刘斌和刘荣权等。由于译者水平有限，敬请业内专家和广大读者对本书翻译的不当之处给予指正。

《汽油机管理系统》是译者已翻译出版的《柴油机管理系统》一书的姊妹篇，这两本书集现代内燃机管理系统之大成，称得上是该领域内不可或缺的经典之作。《汽油机管理系统》又是译者已翻译出版的《缸内直喷式汽油机》一书不可分割的续篇，汽油机管理系统堪称是现代缸内直喷式汽油机的“心脏和大脑”，因此这两本书的内容构成了现代缸内直喷式汽油机完整的技术体系。

今天恰逢范明强教授级高级工程师75岁生日暨从事内燃机事业50周年，谨以这套科技专业书籍作为一点有意义的纪念奉献给广大读者。《汽油机管理系统》《柴油机管理系统》和《缸内直喷式汽油机》三部译作是机械工业出版社《内燃机先进技术译丛》系列图书的重要组成部分，也可算是范明强从事内燃机事业人生中为我国内燃机行业所做的一点绵薄贡献。

译者

2017年1月11月于江苏无锡

前 言

《汽油机管理系统》包括了有关汽油机控制和调节方面的丰富内容，除了包含以前的发动机控制系统在内的简要概论之外，详尽地阐述了汽油机的基本原理，论述了有关控制和调节的重要主题，它们一方面是有关燃油供应、充气控制、燃油喷射、点火和废气后处理等方面的经典内容，另一方面有关传感器、电子控制和调节、电控单元和诊断等方面的内容也是非常重要的，而有关废气排放法规、代用燃料和混合动力等方面的重要内容使得本书更为完善。

本书第4版对内容进行了基本全新的修改，不仅本书的内容结构而且每一章的内容也是新的。本书的所有章节不是重新编写就是全新修改、扩充和增添了新的内容，而且特别重视保持本书的重要特点，特别是具有充分依据、结合实际和清晰的论述，并配有直观形象和具有说服力的图片，而且这些内容一般都是由 Bosch 公司或个别特殊情况下由其它汽车公司和配件公司相关专业领域的专业人士撰写的。大体上，即使作者众多，但是本书仍力求做到统一的表达方式以及常规的系统结构和命名方法。

本书第4版若没有许多人的大力支持是不可能问世的，首先要感谢作者们各自所做出的贡献，他们极其认真和耐心地撰写了内容非常丰富的章节，准时和高品质地完成了各自所承担的任务。所有的作者都一一列入了作者一览表中，其中特别要感谢工学博士 Klaus Benninger 先生和工学博士 Andreas Kufferath 先生给予本书的不懈支持，尤其是要感谢工学硕士 Amira Horozovic 女士和工学博士 Stephan Engelking 教授在本书完成的最后阶段与我所进行的专业讨论和给予的支持，此外我还要感谢所有的读者对于本书的修订所给予的宝贵指点。

工学博士 Konrad Reif 教授

于德国巴登-符腾堡州弗里德烈斯哈芬

2014 年 12 月

编辑的话

本书由德国 Springer Vieweg 出版社出版的德文经典著作《Ottomotor - Management》最新的第 4 版原版直接翻译而成，更精准地表达了原著的内容。

本书译者范明强教授级高工 1985 年起就开展轿车发动机电子控制燃油喷射技术的研究和开发工作；1991—1995 年，范教授参与主持了国家“八五”重点科技攻关项目——“汽车发动机电子控制技术”，并先后荣获国家计委、国家科委和财政部联合颁发的国家级重大科技成果奖、国家科技进步二等奖、中国汽车工业科技进步二等奖等。范教授还是《国外内燃机》杂志社的特邀德文翻译，Springer 旗下的 MTZ（发动机技术杂志）最新的技术论文绝大多数都是由范教授翻译介绍给国内读者的，无论是在选题还是翻译质量方面都受到《国外内燃机》编辑委员会和读者的一致好评。读者可在《国外内燃机》杂志上读到范教授翻译的 MTZ 许多最新的发动机技术论文。深厚的理论功底、丰富的开发经验、对国际最新发动机技术趋势的了解与把握，使范教授对于本书内容的理解与把握更加精深，读者也可以从这本译著中更加受益。

范教授自 1967 年西安交通大学研究生毕业以来，从事内燃机技术工作已经整整 50 年了，今年恰逢范教授 75 周岁！虽已年逾七旬，但范教授仍笔耕不辍，近几年在机械工业出版社已连续出版了德文译著《柴油机管理系统》和《缸内直喷式汽油机》，并编著出版了《柴油机电控高压喷油系统结构与维修彩色图解》，与江苏大学原校长高宗英教授等人合作翻译的德文内燃机经典著作《内燃机原理》（原书第 7 版）也将在 2017 年晚些时候出版。从范教授辛勤的工作中，编辑看到了以范教授为代表的我国优秀的内燃机工作者的事业心以及对国家内燃机事业的全身心付出！正是这种对事业的热爱，他们将我国打造成内燃机产业大国！在他们这种精神的激励和感召下，新一代的技术人员一定会将我国打造成内燃机产业强国！



A		ASR	防侧滑调节系统
ABB	制动助力控制系统	ASV	应用管理器
ABC	增压压力控制	ASW	应用软件
ABS	防抱死系统	ATC	节气门控制
AC	辅助设备控制	ATL	废气涡轮增压器
ACA	空调控制	AUTOSAR	汽车软件结构开发合作伙伴
ACC	自适应车速控制	AVC	气门控制
ACE	电器设备控制	B	
ACF	风扇控制	BDE	汽油缸内直接喷射
ACS	转向助力泵控制	b_e	比燃油耗
ACT	热管理	BMD	微型袋式稀释器
ADC	充气计算	BSW	基本软件
ADC	模-数转换	C	
AEC	废气再循环控制	C/H	分子中碳与氢的比例
AGR	废气再循环	C_2	二次电容
AIC	进气管控制	C_6H_{14}	己烷
AKB	活性炭罐	CAFE	公司平均燃油经济性
AKF	活性炭收集器	CAN	控制器局域网
AKF	活性炭过滤器	CARB	(美国) 加利福尼亚州大气资源局
A_K	光亮活塞表面	CCP	CAN 标定协议
α	节气门开度	CDrv	少数硬件存取的驱动器软件
Al_2O_3	氧化铝	CE	发动机运行状态和方式的协调
AMR	各向异性磁阻	CEM	发动机运行方式的协调
AÖ	排气门开启	CES	发动机运行状态的协调
APE	外部泵电极	CFD	计算流体动力学
AS	空气系统	CFV	临界流动文杜里管
AS	排气门关闭	CH_4	甲烷
ASAM	国际自动化和测量系统标准	CIFI	分缸燃油喷射
	化促进联合会		
ASIC	专用集成电路		

CLD	化学荧光探测仪	E24	含体积分数约 24% 乙醇的汽油
CNG	压缩天然气	E5	含体积分数 5% 乙醇的汽油
CO	通信	E85	含体积分数 85% 乙醇的汽油
CO	一氧化碳	EA	电极间距
CO ₂	二氧化碳	EAF	排气系统空燃比控制, 空燃比调节
COP	火花塞上的线圈	ECE	欧洲经济委员会
COS	通信防盗锁	ECT	废气温度调节
COU	通信接口	ECU	电控单元
COV	数据总线通信	ECU	发动机电控单元
<i>cov</i>	变化系数	eCVT	电连续可变传输
CPC	冷凝粒子计数器	EDM	废气系统的描述和模型化
CPU	中央处理器	EEPROM	电可擦可编程只读存储器
CTL	煤液化	E_F	火花能量
CVS	等容取样	EFU	接通火花抑制
CVT	连续可变传输	EGAS	电子节气门踏板
D		1D	一维
DB	扩散障碍物	EKP	电动燃油泵
DC	直流电	ELPI	电低压冲击器
DE	用于传感器加热执行器的驱动器软件	EMV	电磁兼容性
DFV	蒸气 - 液体比	ENM	吸附式 NO _x 催化转化器的调节
DI	直接喷射	EÖ	进气门开启
DMS	微分迁移率频谱仪	EOBD	欧洲车载诊断
DoE	实验设计	EOL	线端
DR	压力调节器	EPA	美国环境保护局
3D	三维	EPC	电子泵控制单元
DS	诊断系统	EPROM	可擦可编程只读存储器
DSM	诊断系统管理器	ε	压缩比
DV, E	节流装置, 电	ES	排气系统, 废气系统
E		ES	进气门关闭
E0	不含乙醇的汽油	ESP	电子稳定性程序
E10	含体积分数 10% 乙醇的汽油	η_{th}	热效率
E100	含体积分数约 93% 乙醇和 7% 水的纯乙醇		

ETBE	乙基叔丁基醚	HCCI	均质充量压缩点火
ETF	前置三元催化转化器调节	HD	高压
ETK	仿真器测头	HDEV	高压喷射阀
ETM	主三元催化转化器调节	HDP	高压燃油泵
EU	欧盟	HEV	混合动力电动车
(E) UDC	(市郊) 市区行驶循环	HFM	热膜空气质量流量计
EV	喷射阀	HIL	硬件模拟器
Exy	含体积分数 $xy\%$ 乙醇的含乙醇汽油燃料	HLM	热线空气质量流量计
EZ	电子点火	H_o	比燃烧热值
F		H_u	比热
FEL	燃油系统蒸气泄漏探测	HV	高电压
FEM	有限元方法	HVO	氢处理植物油
FF	燃油灵活性 (多种燃料)	HWE	硬件封装
FFC	燃油预控制	I	
FFV	多种燃料汽车	i_1	初始电流 (一次电流)
FGR	行驶速度调节	IPE	泵内电极
FID	火焰离子探测仪	IR	红外线
FIT	喷油定时	IS	点火系统
FLO	快速起燃	ISO	根据标准化组织
FMA	混合气匹配	IUMPR	汽车运行中诊断比率
FPC	燃油箱通风	IUPR	使用中的诊断比率
FS	燃油系统	IZP	内齿轮泵
FSS	燃油供给系统	J	
FT	组合燃油	JC08	2008 年日本循环
FTIR	傅里叶转换红外线	K	
FTP	美国城市标准测试循环	κ	多变指数
F_z	气缸壁上的的活塞力	Kfz	汽车
G		kW	千瓦
GC	色层分离法	L	
g/kWh	每千瓦小时的克数	λ	过量空气系数
$^{\circ}\text{KW}$	曲轴转角度数	L_1	初始电感 (系数)
H		L_2	二次电感 (系数)
H ₂ O	水, 水蒸气	LDT	轻型载货车
HC	碳氢化合物	LDV	轻型车, 轿车
		LEV	低排放汽车

LIN	局域网	n	发动机转速
l_1	曲柄连杆比 (曲柄半径 r 与 连杆长度 l 之比)	N_2	氮
LPG	液化石油气, 液化煤气	N_2O	一氧化二氮
LPV	低价格汽车	ND	低压
LSF	氧传感器法兰	NDIR	不扩散的红外线
LSH	加热型氧传感器	NE	伦斯特电极
LSU	宽带氧传感器	NEFZ	新欧行驶循环
LV	低电压	Nfz	载货车
M		NGI	天然气喷射器
(M) NEFZ (修改的) 新欧洲行驶循环		NHTSA	美国国际运输和公路安全管理局
M100	纯乙醇	NMHC	无甲烷碳氢化合物
M15	乙醇体积分数最多 15% 的 汽油	NMOG	无甲烷有机气体
MCAL	微控制器分离层	NO	一氧化氮
M_d	曲轴上的有效转矩	NO_2	二氧化氮
ME	集成电子节气门踏板的 Motronic 电控系统	NOCE	NO_x 反电极
M_i	内转矩 (指示转矩)	NOE	NO_x 泵电极
M_k	离合器转矩 (有效转矩)	NO_x	综合氮氧化物
m_K	燃油质量	NSC	吸附式 NO_x 催化转化器
m_L	空气质量	NTC	负温度系数温度传感器
MMT	甲基环戊二烯基三碳酰锰	NYCC	纽约城市循环
MO	监控	NZ	伦斯特电池
MOC	计算机监控	O	
MOF	功能监控	OBD	车载诊断
MOM	监控模块	OBV	电池电压 (数据) 采集
MOSFET	金属氧化物半导体场效应晶 体管	OD	运行数据
MOX	扩展的功能监控	OEP	发动机转速和转角采集
MPI	多点喷射	OMI	故障识别
MRAM	磁随机存取存储器	ORVR	车载燃油蒸气回收
MSV	油量控制阀	OS	运行系统
MTBE	甲基叔丁基醚	OSC	储氧能力 (储氧量)
N		OT	活塞上止点
		OTM	温度采集
		OVS	行驶速度采集
		P	

p	发动机输出有效功率	σ	标准偏差
$p-V$ 图	压力-容积图, 示功图	SC	系统控制
PC	乘用车	SCR	选择性催化还原
PC	个人计算机	SCU	传感器控制单元
PCM	相位转换存储器	SD	系统描述
PDP	容积式泵	SDE	发动机-汽车-ECU 系统文件
PFI	气门口燃油喷射	SDL	系统文件库
Pkw	轿车	SEFI	顺序燃油喷射
PM	颗粒质量	SENT	传感器与电控单元通信的数字接口
PMD	顺磁探伤器	SFTP	美国扩充城市标准测试循环
p_{me}	平均有效压力	SHED	测定蒸气排放的密封室
p_{mi}	平均指示压力	SMD	表面安装设备
PN	颗粒数	SMPS	观测运动颗粒的分选机
PP	辅助泵	SO ₂	二氧化硫
ppm	百万分之几	SO ₃	三氧化硫
PRV	减压阀	SRE	进气管喷射
PSI	外围传感器接口	SULEV	特超低排放汽车
Pt	铂	SWC	软件组成部分
PMW	脉冲宽度调制	SYC	系统控制 ECU
PZ	泵电池	SZ	线圈点火
P_Z	气缸功率	T	
R		TCD	转矩协调
r	杠杆比 (曲柄半径)	TCV	转矩转换
R_1	初始电阻	TD	转矩需求
R_2	二次电阻	TDA	转矩需求辅助功能
RAM	随机存取存储器	TDC	转矩需求巡航控制 (行驶速度调节器)
RDE	真实行驶排放	TDD	驾驶人期望转矩
RE	参考电极	TDI	怠速转矩控制 (怠速转速调节)
RLFS	无回油燃油系统	TDS	转矩需求信号控制
ROM	只读存储器	TE	燃油箱通风
ROZ	研究法辛烷值		
RTE	使用寿命环境		
RZP	转子泵		
S			
s	行程函数		

TEV	燃油箱通风阀	UT	低速转矩
t_F	喷油持续时间	UV	紫外线
THG	温室气体($\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}$)	U_Z	点火电压
t_i	喷油时刻	V	
TIM	扭曲强烈的安装	V_c	压缩容积
TMO	发动机转矩模型	VFB	有效功能总线
TPO	正确地开动发动机(正确地接通电源)	V_h	排量
TS	转矩结构	VLI	气阻指数
t_s	关闭时刻	VST	可变滑阀涡轮
TSP	热冲击保护	VT	气门机构
TSZ	晶体管点火	VTG	可变涡轮几何截面
TSZ, h	带有霍尔传感器的晶体管点火	VZ	全电子点火
TSZ, i	带有感应传感器的晶体管点火	W	
TSZ, k	接触控制的晶体管点火	W_F	火花能量
U		WLTC	全球统一轻型车试验循环
U/min	每分钟转数	WLTP	全球统一轻型车试验程序
U_F	点火电压	X	
ULEV	超低排放汽车	XCP	全球测量和标定议定书
UN ECE	联合国欧洲经济委员会	Z	
U_p	泵电压	ZEV	零排放汽车
		ZOT	点火上止点
		ZrO_2	二氧化锆
		ZZP	点火时刻

目 录

译者的话

前言

编辑的话

缩略语

第1章 汽车发展历史 1

1.1 早期汽车史 1

1.2 汽车技术的先驱者 3

1.3 罗伯特·博世 (Robert Bosch) 的
毕生事业 7

第2章 汽油机的基本原理 9

2.1 工作原理 9

2.1.1 四冲程循环 9

2.1.2 工作过程: 换气和燃烧 10

2.1.3 过量空气系数和废气排放 11

2.1.4 混合气形成 13

2.1.5 点火和点燃 14

2.2 气缸充气 14

2.2.1 组成部分 14

2.2.2 充量更换 15

2.2.3 充气控制 16

2.2.4 充量数据采集和混合气
调节 19

2.2.5 燃油 20

2.3 燃烧 22

2.3.1 紊流预混合燃烧 22

2.3.2 紊流预混合部分扩散燃烧 23

2.3.3 均质自行着火 (均质
压燃) 24

2.3.4 不规则燃烧 24

2.4 转矩、功率和燃油耗 26

2.4.1 动力总成的转矩 26

2.4.2 特性参数的定义 26

2.4.3 特性曲线 29

2.4.4 比燃油耗 30

2.5 热力学基本原理: 分析和模拟

计算 31

2.5.1 系统考察和定义 31

2.5.2 能量平衡 31

2.5.3 压力曲线分析 32

2.5.4 工作循环计算 35

2.5.5 一维 (1D) 模拟计算 35

2.5.6 三维 (3D) 模拟计算 36

2.6 效率 38

2.6.1 理想循环和损失分配 39

2.6.2 效率优化技术 42

2.7 内燃机测量技术 46

2.7.1 测量技术 46

2.7.2 压力指示 46

2.8 实际使用燃油耗 46

2.8.1 有利于降低燃油耗的因素 47

2.8.2 不利于降低燃油耗的因素 47

第3章 燃油供应 49

3.1 引言和概述 49

3.1.1 进气道喷射的燃油输送 49

3.1.2 汽油机缸内直接喷射的燃油
输送 53

3.2 燃油输送部件 54

3.2.1 电动燃油泵 54

3.2.2 输油模块 57

3.2.3 汽油滤清器 57

3.2.4 燃油压力调节器 60

3.2.5 燃油压力阻尼器 60

3.3 燃油蒸气回收系统和燃油箱

通风 61

3.3.1 燃油蒸气的产生 61

3.3.2 结构和工作原理	61	4.5.1 优化充量运动的进气道设计	96
3.3.3 进一步的要求	62	4.5.2 充量运动控制阀板	97
3.4 汽油机燃料	63	4.6 废气再循环	98
3.4.1 概述	63	4.6.1 外部废气再循环的控制	98
3.4.2 常规燃油	65	4.6.2 降低燃油耗	99
3.4.3 物理-化学特性	68	4.6.3 降低 NO_x 排放	99
3.4.4 气体燃料	71	第5章 燃油喷射	100
第4章 进气控制	73	5.1 进气道喷射	101
4.1 发动机功率的电子控制	73	5.1.1 概述	101
4.1.1 任务和工作原理	73	5.1.2 喷射模式	106
4.1.2 电子加速踏板系统的电动节气门总成	74	5.1.3 混合气形成	107
4.1.3 加速踏板模块	75	5.1.4 电磁式喷油器	111
4.1.4 电子控制发动机功率的监测方案	76	5.1.5 燃油分配管	114
4.2 动力学增压	77	5.2 汽油机缸内直接喷射	116
4.2.1 振荡进气管增压	77	5.2.1 优点	116
4.2.2 谐振增压	78	5.2.2 概述	116
4.2.3 可变进气管参数	78	5.2.3 燃烧过程和运行模式	119
4.2.4 振荡进气管系统	79	5.2.4 混合气形成、点火和燃烧	125
4.2.5 谐振进气管系统	79	5.2.5 高压喷油器	128
4.2.6 谐振与振荡进气管组合系统	79	5.2.6 燃油分配管	133
4.3 可变气门控制	80	5.2.7 汽油机缸内直接喷射的高压燃油泵	133
4.3.1 考察气门的可变性	80	第6章 点火	137
4.3.2 可转换杯形挺柱	81	6.1 磁电机点火	137
4.3.3 可转换支承挺柱	82	6.2 蓄电池点火	137
4.3.4 可转换摇臂	82	6.2.1 晶体管点火	138
4.3.5 滑动凸轮系统	83	6.2.2 电子点火	138
4.3.6 凸轮轴相位调节器	84	6.2.3 全电子点火	138
4.3.7 全可变气门机构	84	6.3 感应点火装置	138
4.4 增压	85	6.3.1 结构	139
4.4.1 机械增压	86	6.3.2 任务和工作原理	140
4.4.2 压力波增压	86	6.3.3 能量储存	140
4.4.3 废气涡轮增压	88	6.3.4 高电压的产生	141
4.4.4 增压发动机的优化	94	6.4 点火线圈	144
4.4.5 增压压力的调节	96	6.4.1 结构	145
4.5 充量运动	96	6.4.2 要求	145
		6.4.3 结构和工作原理	146

6.4.4 结构形式	150	7.3.4 催化转化器的配置	181
6.4.5 点火线圈电子学	153	7.3.5 多路配置	182
6.5 火花塞	155	7.3.6 催化转化器的加热方案	183
6.5.1 任务	155	7.3.7 空燃比调节回路	185
6.5.2 应用	156	7.3.8 吸附式 NO_x 催化转化器的 调节	188
6.5.3 要求	157	7.3.9 三元催化转化器	190
6.5.4 结构	157	7.3.10 吸附式 NO_x 催化转化器的 结构	195
6.5.5 火花塞方案	160	7.4 可选用的废气后处理系统	199
6.5.6 电极间距	161	7.4.1 电加热催化转化器	199
6.5.7 火花位置	161	7.4.2 HC 吸附器	200
6.5.8 火花塞的热值	162	7.4.3 HC 吸附器与电加热催化转化器 的组合	201
6.5.9 火花塞的标定	163	第8章 传感器	202
6.5.10 火花塞的运行性能	165	8.1 在汽车上的应用	202
6.5.11 结构形式	166	8.2 温度传感器	203
6.5.12 火花塞型号	168	8.2.1 应用	203
6.6 火花塞的模拟开发	168	8.2.2 结构和工作原理	204
6.6.1 温度场	168	8.3 发动机转速传感器	204
6.6.2 电场	169	8.3.1 应用	204
6.6.3 结构力学	169	8.3.2 电感式转速传感器	205
6.7 火花塞的实际应用	169	8.3.3 主动式转速传感器	206
6.7.1 火花塞的安装	169	8.3.4 霍尔相位传感器	208
6.7.2 错误选择火花塞的后果	170	8.4 热膜空气质量流量计	209
6.7.3 火花塞外貌的评判	170	8.4.1 应用	209
第7章 废气后处理	171	8.4.2 结构和工作原理	210
7.1 废气排放和有害物	171	8.4.3 热膜空气质量流量计模块	212
7.1.1 可燃混合气的燃烧	172	8.5 压电爆燃传感器	212
7.1.2 废气的主要成分	172	8.5.1 应用	212
7.1.3 有害物	173	8.5.2 结构和工作原理	213
7.2 对原始排放的影响	174	8.5.3 安装	213
7.2.1 影响因素	174	8.6 微机械式压力传感器	214
7.2.2 HC 原始排放	176	8.6.1 应用	214
7.2.3 CO 原始排放	177	8.6.2 压力传感器的工作原理	214
7.2.4 NO_x 原始排放	178	8.6.3 压力传感器的结构	215
7.2.5 炭烟排放	178	8.7 高压传感器	217
7.3 废气催化净化装置	179	8.7.1 应用	217
7.3.1 概述	180		
7.3.2 开发目标	180		
7.3.3 催化转化器方案	181		

8.7.2 结构和工作原理	217	9.4 系统结构	238
8.8 氧传感器	218	9.4.1 概述	238
8.8.1 基本原理	218	9.4.2 子系统及其主要功能	242
8.8.2 伦斯特 (Nernst) 电池	218	9.5 软件结构	249
8.8.3 泵电池	218	9.5.1 对发动机电控系统软件的要求	249
8.9 两点式氧传感器	219	9.5.2 软件组织架构	250
8.9.1 应用	219	9.5.3 AUTOSAR	256
8.9.2 工作原理	219	9.6 电控单元的标定	259
8.9.3 可靠性	221	9.6.1 标定流程	259
8.9.4 电路布置	221	9.6.2 确定参数任务的分类	259
8.9.5 结构形式	222	9.6.3 标定工具	261
8.10 宽带氧传感器	222	9.6.4 软件标定的流程	263
8.10.1 应用	222	9.6.5 发动机电控单元标定中的统计学试验规划	264
8.10.2 结构和功能	223	9.6.6 基于模型的标定	265
8.10.3 单电池传感器	223	9.6.7 标定实例	265
8.10.4 双电池传感器	224	9.6.8 其它方面的匹配	266
8.11 NO _x 传感器	226	9.6.9 极端气候条件下的标定	268
8.11.1 应用	226	第10章 电控单元	269
8.11.2 结构和工作原理	226	10.1 概述	269
第9章 电子控制和调节	229	10.2 电控单元构造	270
9.1 概述	229	10.2.1 组织构架	270
9.1.1 传感器和设定值传感器的运行数据采集	229	10.2.2 结构	271
9.1.2 电控单元中的信号处理	231	10.3 计算机核心	272
9.2 运行数据的处理	231	10.3.1 要求	272
9.2.1 转矩结构	232	10.3.2 微控制器	272
9.2.2 监测方案	233	10.3.3 输出信号和控制信号	275
9.2.3 诊断	233	10.3.4 电控单元内部通信	275
9.2.4 在汽车上的应用	233	10.3.5 装配流水线终端 (EOL) 的编程	275
9.3 系统实例	234	10.4 传感器	276
9.3.1 采用机械式节气门的发动机控制	234	10.4.1 传感器模拟接口	276
9.3.2 采用电子节气门的发动机控制	235	10.4.2 传感器数字接口	276
9.3.3 用于缸内汽油直接喷射的发动机控制	236	10.4.3 传感器信号处理	277
9.3.4 用于天然气系统的发动机控制	237	10.5 执行器控制	278
		10.6 电控单元在汽车设计中的标定	279