

内 燃 机 设 计 总 论

本书为 H.李斯特和 A.匹辛格主编的《内燃机全集》新版第一卷。新版《内燃机全集》是从编排到内容都彻底更新并反映当代内燃机发展水平的新著作。第一卷介绍了内燃机的相似关系、内燃机结构设计原则、设计任务书中研制参数的确定和内燃机结构实例等。

Gestaltung und Hauptabmessungen der Verbrennungs-Kraftmaschine

Harald Maass

Springer-Verlag

Wien New York

1979

H·李斯特 A·匹辛格 主编

《内燃机全集》新版第1卷

• • •

内燃机设计总论

H·玛斯著

高宗英 蔡杰 徐柏林 朱仙鼎 朱英杰 译

高宗英 校

•

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

房山南召印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•

开本 787×1092 1/16·印张19¹/₄·插页2·字数462千字

1986年3月北京第一版·1986年3月北京第一次印刷

印数 9,001—2,570·定价 6.90元

•

统一书号: 15033·6046

译者的说明

现已86岁高龄的汉斯·李斯特(Hans List)教授是世界知名的内燃机权威。他所创办的李斯特内燃机和测试技术有限股份公司(国内习惯称呼是李斯特内燃机研究所,简称AVL)也是国际上内燃机技术领域内的第一流研究机构。由于李斯特本人曾于三十年代在中国上海的同济大学任教,因此他的名字早已为我国内燃机界所熟知,而他本人对于中国人民亦怀有深厚的友好感情。

现已出齐的《李斯特内燃机全集》(老版),虽是内燃机学科中迄今最为完整和具有权威性的专著,其部分卷册过去也曾译成中文出版,但由于原书的出版工作曾因第二次世界大战的影响一度中断,故老版各卷出版年代相差甚远,内容新旧不一,加之我国解放初期翻译力量薄弱,致使该书全集的中译本未能出齐,因而未能在促进我国内燃机的技术发展方面发挥应有作用。

现在这部由H·李斯特教授和安东·匹辛格(Anton Pischinger)教授两人联合主编,并约请德、奥内燃机界许多专家重新编著的《内燃机全集》(新版),不是在老版基础上简单进行删改补充的修订本,而是一部编排和内容都彻底更新并反映当代内燃机发展水平的新著作。我在奥地利格拉兹技术大学(TuGraz)进修期间,曾有机会结识李斯特和匹辛格两位老教授,并得到他们不少宝贵的指点和教益。李斯特教授曾两次亲笔签名赠送刚出版的《内燃机全集》新版头两卷,以此表达他对中国人民和我国内燃机界工程技术人员的友好感情。

由于我国内燃机界同行们的鼓励与中国农业机械出版社的支持,促使我下定决心担负起组织这部内燃机全集(新版)译成中文的困难任务。李斯特教授得知此项消息后十分高兴并热情地为本书的中译本写了序言。在此,我愿以全体译者的名义对他的友好情谊表示感谢。同时我们亦感谢他和匹辛格教授以及其他作者在主编与撰写本书时所付出的辛勤劳动。

正如李斯特教授在他的中译本序言中所期望的那样,我也希望本书中译本的问世,不仅对促进中奥两国工程技术人员的友谊的发展,而且也能对于我国内燃机技术的发展有所贡献。

本书的序言、第2章、第6章由高宗英译;导言、第4章、第5章(5~5.1.6.5)由蔡杰译;前言、目录、结束语、第3章(3~3.7.3)、第5章(5.2.7~5.2.8.6)由徐柏林译;第5章(5.2~5.2.6.8)由朱仙鼎译;第3章(3.8~3.9.7)由朱英杰译。本书由高宗英校对。

高宗英

1982年2月于江苏镇江

李斯特教授为本书中译本所写的序

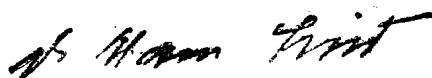
当我战前在格拉兹(Graz)一个柴油机工厂工作时,曾得到中国同济大学的聘请前往该校讲授内燃机课程,以后我又返回格拉兹技术大学主持内燃机和热力学讲座,在这期间斯普林格(Springer)出版社建议我主编一部内燃机全集。目前,这部由14卷组成的《全集》第一版,已在全世界广为流传。应当指出的是,在该全集由我本人撰写的那几册中,引用了不少我在同济大学工作时与我的中国助手们一道进行研究工作的成果。

第二次世界大战以后,自然有必要出版一套能反映内燃机当今发展水平的新的全集。目前新版的第一卷和第二卷已经问世,其余各卷亦在付印之中。

我高兴地得知科学技术博士高宗英先生愿意组织内燃机全集(新版)翻译成中文的工作并希望我能为中译本写一个序言。中国是我在脑海中保持着许多美好回忆而且现在仍与我们公司保持着友好联系的伟大国家。这部书在中国的发行,必将对于促进奥中两国人民的友谊与工程技术人员之间的经验交流发挥巨大的作用。

值此内燃机全集(新版)中译本即将问世之际,我高兴地应高宗英先生的邀请写下了上述这段话,并且希望这部书不仅对于中国内燃机界的工程师们有所帮助而且也成为受中国青年一代内燃机专业大学生们欢迎的有价值的参考书。

汉斯·李斯特



1981年12月于格拉兹

李斯特教授与匹辛格教授

为内燃机全集(新版)第1卷所写的序言

多年以来,《内燃机全集》(老版)对于内燃机行业的工程师们,特别是对于那些在专业领域内尚有待深造的年青工程技术人员而言,几乎可以说是一本必不可少的技术指南,对于本专业的大学生来说,它也不失为一部很有价值的参考书。

目前,该书的部分卷册虽经多次再版,但仍然脱销。考虑到《内燃机全集》过去所取得的成功,也考虑到近年来内燃机技术的巨大发展,促使编者和出版社一致同意为本全集出一套新版。

由于在解决内燃机各类问题时,理论分析工作的迅速进展,因此,编者认为,选择基本结构和基本理论作为新版头几卷内容是适宜的。

使我们感到高兴的是,西德道依茨(Klöckner-Humbolt-Deutz)公司经理 H·玛斯(Maass)教授答应为我们撰写有关结构设计基础和机械理论方面的内容。我们也要感谢道依茨公司董事长 O·赫尔斯曼 (Otto Herschmann) 博士的友好支持,他不仅同意玛斯先生接受本书的编写任务,还允许他和他的助手们在书中引用该公司在研制内燃机方面的许多宝贵经验。

道依茨公司为本书提供了大量技术资料,而且尽量使作者手稿中的图表达达到能由出版社直接复制出版的程度,这就大大降低了这本内容丰富的技术书籍的成本和售价,对此编者和出版社应当特别表示感谢。

当然,我们也要感谢所有为本书提供了技术资料的其他公司。

工程技术博士 H·李斯特 教授

工程技术博士 A·匹辛格 教授

1979年 于格拉兹

前 言

当 H·李斯特(List)和 A·匹辛格(Pischinger)两位教授询问我是否愿意对于重新修订这部1939年以来就闻名于世的《内燃机全集》尽力时,我考虑到给我的这项额外任务的艰巨性,思想上确实产生过很大顾虑。但是我在阿亨(Aachen)的莱茵-威斯特发里亚技术大学(TH.Rheinisch-Westfälischen)工作的经历,又使我最终不能摆脱把数十年积累起来的知识写成一部著作的这项富有吸引力的工作。因为几乎没有另外任何一种机械在发明后象内燃机那样一直不断地得到改进与发展。

本书的内容不仅包括我个人在过去工作中积累的知识,而且还涉及我们公司在长期生产实践中通过正反两方面经验教训形成的“公司专有技术”(Firmen-know-how)以及本公司或其他研究部门(如内燃机研究协会)在内燃机研究和发展工作中所积累的专门知识和经验。为此,我感谢道依茨公司董事长 O·赫尔斯博士在同意我参加这部全集的撰写工作时所给予我的信任与提供的方便。因为我不打算在书中只是罗列纯粹抽象的公式化的联系,因而不可避免地要深入到上述领域中去。

感谢道依茨公司的许多同事们为本书付出的辛勤劳动,特别要提到的是 R·童多夫(Tonnendorf)夫人和 R·马科斯基(Makowski)夫人为本书打印手稿以及对文字和表格作了付印前的加工, M·克利尔(Klier)夫人对本书的插图也付出了辛勤的劳动,这些插图不仅使书的版面生动活泼,而且给书的内容增添了说服力。

我还要感谢为我提供了图纸和资料的其他公司,这些图纸资料能够有效地帮助我在书中阐明内燃机当前的技术水平和今后的发展趋势。

通过与从事实际工作的工程师们以及在各种技术协会和大学里工作的专家们之间的交往,启发我为《内燃机设计总论》这一卷撰写了论点比较新异的导论。因为只有当技术被看作人类自身思想财富的一部分时,它才能有效地为人类的福利服务。虽然我对自己提出这样的任务:为从事实践工作的设计工程师和试验工程师们以及为技术大学、专科学校的学生们尽可能客观地介绍内燃机的设计和计算所需要的基础知识。但是在以后的几章内仍难免在对不少技术问题的讨论中夹杂有个人的偏见和不成熟的看法。希望这种情况将有助于鼓励读者进行创造性的独立思考,而不要变成不愉快的根源。

通过本书,我力求对于那些今天仍在技术大学和专业高等学院为他们今后前程所需要的专业知识进行学习的下一代工程师们有所帮助,也就是说要尽量满足他们想要多学一些有实用价值知识的合理愿望。

对于我们科学人才的教育方式,我同意赖依尔(Leyer)的意见。在他所发表的一篇著作[1]中最后写道:“科学与它的辉煌成绩使我们眼花缭乱,知识之树(如果可以这样说的话)有时反而使我们走向深渊。知识愈来愈多,似乎要求20世纪的人们不断去追求探讨,但当他们总是忙于去认识新的事物时,往往不知不觉地丧失了工作时的愉快情绪以及对真与假、正确与错误的识别能力。我们问心有愧,但说不出为什么。对于无目的地进行科学活动的危险,歌德(Goethe)好像早已认识到了,因为他说:他憎恶所有只是对他说教而不增长他的活力(自然是指创造性活力)的知识”。

对内燃机存在的普遍规律作出简单明了的叙述、介绍现有内燃机的机型，展望内燃机的技术发展水平与新结构实现的可能性，对于内燃机领域内的专职人员和那些顺便接触内燃机技术的人们（如用户、咨询工程师、体育运动爱好者、销售和为用户服务的工程师、工厂师傅等）都是很有意义的。为此，本书目的不仅是广泛介绍内燃机的一般知识，而且要为内燃机行业的工程师们敲响警钟，以促使他们加深对活塞内燃机专门问题的理解。

我希望，基于上述指导思想写成的内燃机全集这一卷，既可起到为在职专业工作人员充实自己知识的作用，又能为大学生和其他初学者指明理论和实践的道路。

H·玛斯(Maass)

1979年夏于科隆(köln)

H · 玛斯 著

高宗英 蔡杰 徐柏林

朱仙鼎 朱英杰 译

高宗英 校



目 录

译者的说明

李斯特教授为本书中译本所写的序

李斯特教授与匹辛格教授为内燃机全集

(新版)第1卷所写的序言

前言

1 导论	1
2 内燃机的相似关系	12
2.1 模型定律和特性值	13
2.1.1 往复活塞式内燃机的功率	14
2.1.2 平均有效压力 p_e	17
2.1.3 活塞平均速度 v_m	20
2.1.4 比功率 P_{50}^*	22
2.1.5 爆发压力 p_i	22
2.1.6 压力增长率 $dp/d\alpha$	24
2.1.7 平均摩擦压力 p_f	27
2.2 几何相似	32
2.2.1 行程缸径比 ξ_s	32
2.2.2 压缩比 ε	33
2.2.3 连杆比 λ_{PL}	34
2.2.4 相对气缸中心距 α_r	34
2.2.5 相对结构长度 α_u	35
2.3 机械相似	36
2.3.1 高速性	37
2.3.1.1 机械高速性(模型转速) n_m	37
2.3.1.2 惯性力因子 α_i	39
2.3.1.3 比活塞速度 v	39
2.3.2 比功率	40
2.3.2.1 单位工作容积功率(开功率)	40
2.3.2.2 单位体积功率	41
2.3.3 比重量	42
2.3.3.1 单位工作容积重量(升重量)	42
2.3.3.2 单位功率重量	43
2.3.3.3 比功率重量	44
2.3.3.4 单位体积重量	45
2.3.4 比容积	46
2.3.5 扭矩特征值	46
2.4 热力相似	48

2.4.1 活塞的热负荷	49
2.4.2 活塞的温度热负荷	50
2.4.3 燃烧室的热负荷	51
2.4.4 比功率面积 f	51
2.4.5 热应力	52
2.5 经济性和环境污染方面的比较	
参数	53
2.5.1 价格与制造成本	53
2.5.2 使用消耗	55
2.5.2.1 燃油消耗率	56
2.5.2.2 机油消耗率	58
2.5.3 使用的可靠性和寿命	58
2.5.4 冒烟性能	62
2.5.5 排气污染	63
2.5.6 噪声污染	65
2.5.7 振动	67
2.6 内燃机指标与参数的发展过程、	
今后趋势	71
2.7 以技术指标作为内燃机分类的	
准则	75
3 内燃机结构设计的一般原则	77
3.1 影响内燃机设计的因素和边界	
条件	77
3.1.1 内燃机的使用范围	78
3.1.2 用途对于内燃机结构和外形的	
影响	86
3.1.3 经济观点	89
3.1.3.1 使用费用	89
3.1.3.2 工作的可靠性与维护保养	92
3.1.3.3 购置费用、占地面积和重量	94
3.1.3.4 内燃机的零件数量	96
3.1.4 法规、标准和有关规定	97
3.1.5 刚性、振动和噪声	98
3.1.6 冷却型式	102
3.1.6.1 水冷	102
3.1.6.1.1 蒸发冷却	102
3.1.6.1.2 开式循环冷却	102

3·1·6·1·3 闭式循环冷却	103	3·3·2·4 双V形内燃机	124
3·1·6·1·4 压力冷却	103	3·3·2·5 采用菱形运动件的内燃机	124
3·1·6·1·5 高温介质冷却	104	3·3·3 三轴结构	124
3·1·6·2 风冷	104	3·3·4 四轴结构	125
3·1·6·3 活塞冷却	105	3·3·5 六轴结构	125
3·1·7 增压对内燃机工作特性的 影响	106	3·3·6 曲柄连杆机构的轴承	125
3·1·8 负荷形式对于内燃机的要求	109	3·3·6·1 滑动轴承	126
3·1·9 对于内燃机加工工艺方法和 设备的考虑	110	3·3·6·2 滚珠轴承	127
3·2 内燃机气缸数目的选择	111	3·4 气缸的工作方式	128
3·2·1 通常采用的气缸数	112	3·5 曲柄连杆机构的布置	129
3·2·2 气缸数和发火次序	113	3·5·1 中心曲柄连杆机构(一般曲柄 连杆机构)	130
3·2·3 气缸数目和排列与增压的 关系	114	3·5·2 偏心曲柄连杆机构	130
3·2·4 缸径与内燃机的热负荷的 关系	114	3·5·3 偏置活塞销	130
3·2·5 气缸数对于动力学特性的 影响	114	3·5·4 主副曲柄连杆机构	130
3·2·6 气缸数与升功率的关系	115	3·5·5 U形双活塞结构	132
3·2·7 气缸数与容积重量的关系	115	3·5·6 十字头结构	132
3·2·8 内燃机安装所需要的空间 尺寸	115	3·6 机体的结构形式	132
3·2·9 缸数与零件数目的关系	115	3·6·1 内燃机结构形式的影响	133
3·2·10 生产方面的考虑	115	3·6·2 力线的影响	133
3·2·11 特殊要求	116	3·6·2·1 贯穿拉杆螺栓结构	133
3·3 气缸和曲轴的排列	116	3·6·2·2 承载机体	134
3·3·1 单轴结构	116	3·6·2·3 混合式承载结构	134
3·3·1·1 单列式结构(单列式内燃机)	116	3·6·3 骨架式结构	134
3·3·1·1·1 立式内燃机	117	3·6·4 轴承结构和布置的影响	135
3·3·1·1·2 卧式内燃机	117	3·6·4·1 采用底座的结构型式	135
3·3·1·1·3 倒挂式内燃机	118	3·6·4·2 采用悬挂轴承的结构型式	136
3·3·1·1·4 U形内燃机	118	3·6·4·3 轴承盖的结构型式	137
3·3·1·1·5 对动活塞式内燃机	118	3·6·4·4 整体式轴承座结构	137
3·3·1·2 双列式结构	118	3·6·4·5 隧道式结构	138
3·3·1·3 三列式结构	119	3·6·5 维修和使用的影晌	139
3·3·1·4 四列式结构	119	3·6·6 生产工艺的影响	139
3·3·1·5 多列式结构(星形内燃机)	120	3·6·7 工艺装备的生产能力的影响	140
3·3·1·6 对动活塞内燃机	121	3·6·8 冷却形式的影响	140
3·3·1·7 特种形式的单轴内燃机	122	3·6·9 刚度要求的影响	140
3·3·2 双轴结构	123	3·7 配气机构	141
3·3·2·1 双列式组合内燃机	123	3·7·1 气口换气	141
3·3·2·2 日形内燃机	123	3·7·2 气门换气	141
3·3·2·3 对动活塞式内燃机	123	3·7·2·1 侧置气门式配气机构	142
		3·7·2·2 顶置气门式配气机构	143
		3·7·2·3 上凸轮轴式配气机构	143
		3·7·2·4 液压式配气机构	143
		3·7·3 滑阀式配气	144
		3·8 混合气的形成和燃烧	147

3.8.1 汽油机	148	导出参数	165
3.8.1.1 化油器	149	4.4.1 功率计算公式	165
3.8.1.2 汽油喷射	149	4.4.2 大气状态对功率的影响	166
3.8.2 柴油机	151	4.4.2.1 功率受过量空气系数限制的情况	167
3.8.2.1 喷油系统	151	4.4.2.2 功率受热负荷限制的情况	167
3.8.2.1.1 合成式喷油泵	151	4.4.3 主要尺寸	167
3.8.2.1.2 分配式喷油泵	151	4.4.3.1 船用内燃机转速的确定	167
3.8.2.1.3 单体式喷油泵	152	4.4.3.2 发电用内燃机转速的确定	168
3.8.2.1.4 泵-喷嘴	152	4.4.3.3 车用与其他交通工具用的内燃机	168
3.8.2.1.5 非机械式喷射	152	4.5 指标与参数	169
3.8.2.2 燃烧室型式	153	5 内燃机结构实例	170
3.8.2.2.1 直接喷射式燃烧室	153	5.1 汽油机	170
3.8.2.2.2 涡流室式燃烧室	154	5.1.1 四轮车用汽油机(轿车和载重汽车内燃机)	171
3.8.2.2.3 预燃室式燃烧室	154	5.1.1.1 欧洲福特(Ford)公司的KENT-FIESTA牌内燃机	171
3.8.2.2.4 空气室式燃烧室	155	5.1.1.2 联邦德国大众汽车公司(Volkswagen)的HB型(排量为1100cm ³)内燃机	172
3.8.2.2.5 烧球式和炽热点火塞式内燃机	155	5.1.1.3 联邦德国渥佩耳(Opel)公司的12S型内燃机	172
3.8.2.2.6 用压缩空气喷射式柴油机	156	5.1.1.4 联邦德国AUDI-NSU-大众汽车公司的WA型(排量为2000cm ³)内燃机	172
3.8.3 煤气机	156	5.1.1.5 英国莱兰德(Leyland)公司的PE166型内燃机	172
3.8.3.1 电火花点火式煤气机	156	5.1.1.6 法国雪铁龙(Citroen)公司的M23/622型内燃机	174
3.8.3.2 喷油点火式煤气机	156	5.1.1.7 联邦德国戴姆勒-奔驰(Daimler-Benz)公司的M123型内燃机	174
3.8.3.3 煤气-柴油双燃料内燃机	156	5.1.1.8 联邦德国BMW汽车厂(巴伐利亚州汽车制造厂)的M60型内燃机	175
3.9 增压对内燃机结构设计的影响	157	5.1.1.9 联邦德国戴姆勒-奔驰公司的M116、984型内燃机	175
3.9.1 机械式增压	157	5.1.1.10 意大利兰夏(Lancia)公司的兰夏-加玛(Lancia-Gamma)牌内燃机	175
3.9.2 废气涡轮增压	158	5.1.1.11 法国机械公司(FM)的Z形内燃机	175
3.9.2.1 脉冲增压(变压系统)	158	5.1.1.12 联邦德国波尔赛(Porsche)公司的928V8型内燃机	176
3.9.2.2 脉冲转换器	159	5.1.1.13 联邦德国戴姆勒-奔驰公司的	
3.9.2.3 多脉冲转换器	159		
3.9.2.4 MPC-增压方式	159		
3.9.2.5 定压增压(恒压系统)	159		
3.9.2.6 两级增压	160		
3.9.2.7 分级增压	160		
3.9.2.8 超压比增压(Hyperbar增压)	160		
3.9.3 气波增压	160		
3.9.4 外源增压	160		
3.9.5 复合式增压	161		
3.9.6 复合式内燃机	161		
3.9.7 惯性增压	162		
4 设计任务书中研制参数的确定	163		
4.1 设计任务书	163		
4.2 设计任务书的扩充	164		
4.3 关于期限和成本的问题	164		
4.4 内燃机主要尺寸的确定及其若干			

M117型内燃机	177	5.1.5.2 美国大陆(<i>CONTINENTAL</i>)公司的	0-300 型内燃机	189
5.1.1.1 美国福特公司的391C1D型		5.1.5.3 美国莱柯明(<i>LYCOMING</i>)公司的	GO-480型内 燃机.....	189
内燃机	178	5.1.5.4 美国莱柯明公司的GSO-580型	内 燃 机	189
5.1.1.15 联邦德国渥佩耳公司的54S型		5.1.5.5 联邦德国戴姆勒-奔驰公司DB605A型	内 燃 机	190
内燃机	178	5.1.5.6 英国罗斯-劳埃斯 (<i>ROLLS ROYCE</i>)	公司的猎犬式 (<i>GRIFFON</i>) 57A 型	
5.1.1.16 捷克太特拉 (<i>TATRA</i>) 厂的		5.1.5.7 美国莱特 (<i>WRIGHT</i>) 公司的涡轮增压	压复合式 EA4 型内燃机	191
613型内燃机.....	178	5.1.5.8 美国勃莱特和威特尼(<i>PRATT &</i>	<i>WHITNEY</i>) 公司的大黄蜂式(<i>WASP</i>	
5.1.1.17 联邦德国波尔赛公司的911/6型		<i>MAJOR</i>) R-4360 型 内 燃 机	192	
内 燃 机	179	5.1.6 运动和竞赛汽车内燃机.....	192	
5.1.2 二轮车用内燃机(摩托车内燃机)....	179	5.1.6.1 联邦德国BMW公司M12/6型内燃机 ...	193	
5.1.2.1 联邦德国费希太尔和萨克斯		5.1.6.2 联邦德国波尔赛公司的917型内燃机 ...	193	
(<i>FICHTEL & SACHS</i>)公司的		5.1.6.3 法国玛特拉(<i>MATRA</i>)公司的 V形	12缸 内燃机.....	194
<i>SACHS</i> 505/1型内燃机	179	5.1.6.4 英国福特公司的考斯伏兹(<i>COSWOR-</i>	<i>TH</i>)牌V形 8缸内燃机.....	195
5.1.2.2 联邦德国费希太尔和萨克斯公司的		5.1.6.5 意大利法拉里(<i>FERRARI</i>)公司的	312-T2 型 内 燃 机.....	195
505型内燃机	180	5.2 柴油机.....	197	
5.1.2.3 日本铃木 (<i>SUZUKI</i>) 公司的RV90		5.2.1 二冲程十字头式柴油机.....	197	
型内 燃 机	181	5.2.1.1 联邦德国MAN公司的KSZ90/160B型	柴 油 机	198
5.1.2.4 联邦德国费希太尔和萨克斯公司的		5.2.1.2 瑞士苏尔寿(<i>SULZER</i>)兄弟公司的	RND90M 型 柴 油 机.....	200
2501/7A型内燃机	181	5.2.1.3 意大利格朗弟(<i>Grandi</i>)内燃机公司的	B900型柴油机	200
5.1.2.5 捷克嘉娃厂 (<i>JAWA</i>) 的250GS型		5.2.1.4 瑞士苏尔寿兄弟公司的RLA56型	柴 油 机.....	201
内 燃 机	181	5.2.1.5 日本三菱(<i>MITSUBICHI</i>)公司的	UEC52/105E型柴油机.....	201
5.1.2.6 日本本田(<i>HONDA</i>)公司的250型		5.2.1.6 丹麦B&W公司的 K67GF 型柴油机...201		
内 燃 机	181	5.2.1.7 日本日立(<i>HITACHI</i>)公司的 K45GT	型 柴 油 机	203
5.1.2.7 联邦德国玛埃柯(<i>MAICO</i>)公司的		5.2.1.8 荷兰波尔南斯(<i>BOLNES</i>)公司的 12V-	DNL150/600型内燃机	203
MD250WK型内燃机	182	5.2.1.9 英国道格拉斯福特(<i>DOXFORD</i>)	公司的 76J 型内燃机.....	203
5.1.2.8 意大利莫利尼(<i>MORINI</i>)公司的		5.2.1.10 联邦德国MAN公司的DZ53/80型	内 燃 机	204
500V形内燃机.....	182			
5.1.2.9 日本本田公司的CX500型内燃机.....	183			
5.1.2.10 联邦德国BMW汽车制造厂的R80/7				
型内燃机	183			
5.1.2.11 日本本田公司的GL1000型内燃机 ...	184			
5.1.2.12 日本本田公司的CBX型内燃机	184			
5.1.3 小型通用汽油机	185			
5.1.3.1 联邦德国费希太尔和萨克斯公司的				
斯泰摩(<i>STAMO</i>)St30型内燃机	185			
5.1.3.2 联邦德国费希太尔和萨克斯公司的				
斯泰摩 St150 型 内 燃 机.....	186			
5.1.3.3 美国布里格斯和斯特拉通				
(<i>BRIGGS & STRATTON</i>)				
公司的110908型内燃机	186			
5.1.3.4 联邦德国斯梯尔 (<i>STIHL</i>) 公司的				
机 动 锯	186			
5.1.4 小艇用内燃机	187			
5.1.5 航空内燃机	188			
5.1.5.1 联邦德国赫尔特(<i>HIRTH</i>)航空内燃				
机厂的 F20 型内燃机	188			

5.2.2	二冲程筒形活塞式内燃机.....205	5.2.4.3	美国寇敏斯(Cummins)公司的 K 系列 内 燃 机.....221
5.2.2.1	联邦德国道依茨(KHD)公司的 TM233 型内 燃 机.....205	5.2.4.4	法国热机研究协会的 PA4-200 型内 燃 机.....221
5.2.2.2	联邦德国道依茨公司的BTM625型 内 燃 机206	5.2.4.5	法国SACM公司的SACM240V 形内 燃 机.....222
5.2.2.3	联邦德国玛克 (Mak) 公司的 Z451AK 型内 燃 机.....207	5.2.4.6	联邦德国内燃机-透平联合公司 (MTJ)的 V331/396 型内燃机.....222
5.2.2.4	瑞士苏尔寿公司的 Z40/48 型内燃机...207	5.2.4.7	联邦德国内燃机-透平联合公司的 V956/1163 型内燃机.....224
5.2.2.5	美国通用汽车公司的64EB型内燃机...208	5.2.4.8	芬兰瓦尔特西莱公司的VASA22 型内 燃 机.....225
5.2.3	大功率中速柴油机.....208	5.2.4.9	联邦德国道依茨公司的BVM628 型内 燃 机.....225
5.2.3.1	联邦德国玛克 (Mak) 公司的M453 型内燃机209	5.2.4.10	联邦德国 MAN公司和瑞士苏尔寿 公司联合研制的ASL25/30 型内燃机.....226
5.2.3.2	联邦德国MWM公司的D510/511型 内 燃 机.....209	5.2.4.11	联邦德国道依茨公司的AM816 型内 燃 机227
5.2.3.3	法国热机研究协会(SEMT)的 PC2-5V400 型内 燃 机210	5.2.4.12	联邦德国梅巴赫(MAYBACH) 内 燃 机 和 透 平 联 营 公 司 的 MD650/1B 型内 燃 机.....228
5.2.3.4	联邦德国道依茨 (KHD) 公司的 BVM540 型内 燃 机.....211	5.2.4.13	法国热机研究协会的 PA6型内燃机...228
5.2.3.5	联邦德国MAN公司的V40/45型 内 燃 机.....212	5.2.4.14	瑞典海德莫拉(HEDEMORA) 公司的185/210 型内 燃 机.....229
5.2.3.6	瑞士苏尔寿公司的ZV40/48型内燃机...212	5.2.5	载重汽车柴油机.....229
5.2.3.7	法国热机研究协会的PC3-V480 型内 燃 机.....213	5.2.5.1	联邦德国戴姆勒-奔驰公司的 OM400-403 系列 内 燃 机.....230
5.2.3.8	联邦德国玛克公司的M601型内燃机 ...214	5.2.5.2	联邦德国道依茨公司的FL413F 型内 燃 机.....230
5.2.3.9	法国热机研究协会的PC4-V570 型内 燃 机.....214	5.2.5.3	意大利菲亚特(FIAT)公司的 8280 型内 燃 机.....231
5.2.3.10	联邦德国MAN公司与瑞士苏尔寿 公司联合研制的 V65/65 型内 燃 机...215	5.2.5.4	美国通用汽车公司(General Motors) 底特律柴油机厂(Detroit-Diesel)的 二冲程 柴 油 机.....231
5.2.3.11	荷兰斯托克·威克斯浦尔(STORK- WERK-SPOOR)公司的 TM620 型内 燃 机215	5.2.5.5	美国麦克 (Mack) 公司的ENDTB 676型内燃机.....232
5.2.3.12	联邦德国玛克公司的M552AK 型内燃机.....216	5.2.5.6	瑞士莫瓦格(Mowag)公司的 115/130 型内 燃 机.....232
5.2.3.13	意大利格朗第内燃机公司的A550 型内 燃 机.....217	5.2.5.7	法国波雅德(POYAUD)公司的 V8520S3 内 燃 机.....233
5.2.3.14	联邦德国MAN公司的V52/55 型内燃机.....217	5.2.5.8	联邦德国戴姆勒-奔驰公司的 OM352(A)内 燃 机233
5.2.3.15	芬兰瓦尔特西莱(WÄRTSILÄ) 公司的 VASA32 型发 动 机.....218	5.2.5.9	英国泼金斯 (Perkins) 公司的 T6.354型内燃机233
5.2.3.16	联邦德国MAN公司的L/V32/36 型内 燃 机219	5.2.6	轿车柴油机.....234
5.2.4	中速机.....219		
5.2.4.1	瑞典诺哈柏(NOAHAB)公司的 POLARF 型内 燃 机.....220		
5.2.4.2	美国凯特皮勒(Caterpillar) 公司的 3400 型内 燃 机.....220		

5.2.6.1	联邦德国戴姆勒-奔驰公司的 OM615 内燃机.....	235	5.2.7.6	联邦德国哈茨 (HATZ) 公司的 L30S 型内燃机.....	242
5.2.6.2	联邦德国戴姆勒-奔驰公司的 OM617.950型 内 燃 机.....	235	5.2.7.7	英国波金斯公司的TV8.640型内燃机...	243
5.2.6.3	联邦德国大众汽车厂的高尔夫 (GOLF) 柴油 机.....	236	5.2.7.8	瑞典沃尔沃 (VOLVO) 公司的 PENTA TD120A 型内燃机.....	243
5.2.6.4	联邦德国渥佩耳(OPEL)公司的 21D 型内 燃 机.....	237	5.2.7.9	联邦德国法里-魏德迈 (FARNY & WEIDMANN) 公司的FARYMAN- NG20 型内燃机.....	243
5.2.6.5	联邦德国BMW 公司的 2.4L 柴油机...	237	5.2.8	模型活塞内燃机.....	244
5.2.6.6	法国伯绍(PEUGEOT)公司的 2.2升柴油机	238	5.2.8.1	美国赖肖尔-狄纳莫公司 (LEISURE DYNA-MICS) 的COX PEE WEE 模型内 燃 机.....	245
5.2.6.7	法国雪铁龙公司的 CX 型 内 燃 机.....	238	5.2.8.2	美国赖肖尔-狄纳莫公司的(COX MEDAILLION)模型内燃机.....	245
5.2.6.8	意大利菲亚特公司的 SOFIM8/40 型内 燃 机.....	238	5.2.8.3	联邦德国潘哈德公司(BERNHARDT) 的 HB50模型内燃机.....	245
5.2.7	小型通用柴油机.....	239	5.2.8.4	日本OS模型内燃机公司 (FSR OS MODELS) 的OS-MAX90模型 内燃机	246
5.2.7.1	联邦德国道依茨公司的FL912 系列内 燃 机.....	239	5.2.8.5	日本模型内燃机公司的OS-MAX FS60 模 型 内 燃 机.....	246
5.2.7.2	意大利龙巴底里(LOMBARDINI) 公司的 914 型内燃机.....	240	5.2.8.6	日本OS模型内燃机公司的OS-MAX FT-120 模型内燃机	247
5.2.7.3	奥地利李斯特内燃机和测试技术 股份有限公司 (AVL) 设计的 AVL2缸90×90型和76×80 型内燃机	240	6	附录.....	249
5.2.7.4	联邦德国道依茨公司的FL208 型内燃机	240	7	参 考 文 献.....	294
5.2.7.5	英国皮特(PETTER)公司的 AA1 型内 燃 机.....	242	8	结 束 语	296

1 导 论

自古以来人们就力图通过各种工具来摆脱日常繁重而又艰辛的体力劳动。这种合理的愿望正是人类发明创造精神的有力源泉。滚子和车轮的发明就是人类创造力雄辩的见证。几千年前，人们若不是自己直接架舆，便是利用一群雇工和奴隶，让他们和人类最古老的仆役一家畜一起从事低级的繁重体力劳动。手工业全靠人力劳动，陆地交通和农活都由牛、马和其它牲畜承担。继中古时代的大摇橹船之后，帆船占据了整个航海业，马和男女劳动力（这里也包括女劳动力，因为那时妇女也和男劳力一样必须承担繁重的体力劳动）在江河之边为货船拉纤。随后在河流沿岸，手工业开始利用水力资源（驱动锻锤），陆地上则喜欢借用风力（风车磨）。在活字印刷术和火药传入欧洲以后，达·芬奇(Nardo Da Vinci)曾画过许多为以后一系列发明提供思路的天才草图，巴宾(Papin)在1695年发明大气压力式发动机（由其继承者发展的一个具体实例，见图1.1），瓦特（James Watt）在1800年左右所发明的 过压式蒸气机及其随后的发展（见图1.2），所有这一切导致了以后在原来一切都由人力或畜力推动的世界上发生的第一次的巨大变化。

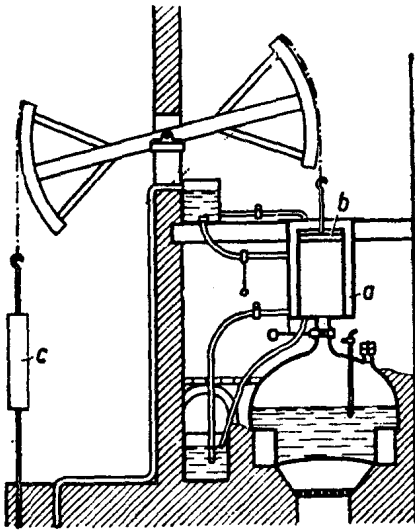


图1.1 纽柯门 (Newcomen) (1711年)
的大气压力式发动机

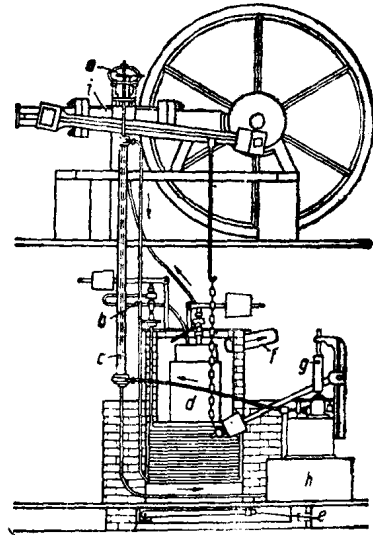


图1.2 泼金斯 (Perkins) 按照瓦特专利制造的过压式蒸气机 (1827年)

随后的工业时代的所有进步都与19世纪伟大发明家的名字瓦特、莱诺依尔(Lenoir)、奥托(Otto)、西门子(Siemens)、狄塞尔(Diesel)、拉瓦尔(De Laval)、奔驰(Benz)和 斯托尔塞(Stolze)密切相连。在蒸气机出现后不久就迅速用作船舶、工业固定设备和铁路运输的动力，当时使用的蒸气机和铁路实物现在还有一些陈列在世界最著名的博物馆中，例如底特律(Detroit)的福特(Ford)博物馆或慕尼黑(München)的德国博物馆。尽管对蒸气汽车以及类似的小型蒸气动力装置作了一些试验，但因它的蒸气锅炉和蒸气机的费用较高，故始终未能在无轨交通方面推广。

奥托根据在莱诺依尔的煤气机（见图1.3）及他本人研制的大气压力式发动机（见图1.47）（后者曾在1864年的巴黎世界博览会上获得金质奖章，并导致建立世界上最老的发动机厂，即道依茨煤气机厂）上的试验研究终于研制成功了一种四冲程内燃机（见图1.5），奠定了现今奥托循环内燃机的基础。这种内燃机迄今在小功率范围内仍能经济有效地运转。1976年人们庆祝了这种内燃机诞辰100周年纪念。上一世纪后半叶的飞快发展表明人类急需从繁重的体力劳动中解放出来。陆地交通和航空业迅速发展到今天的地步（见图1.6）充分证明，内燃机的发展已对人类的生活产生何等巨大的影响，虽然对于这种影响的正反两个方面的估价至今尚有疑问，但至少表明，人们对人类本身真正的需要或许还不完全清楚。这个例子也清楚地表明人类和技术革新之间的相互作用，说明人们在技术发展过程中，不仅要象征服地图上的空白点那样来填补现状的真空，而且应在不断的变化过程中判断技术发展对人类和社

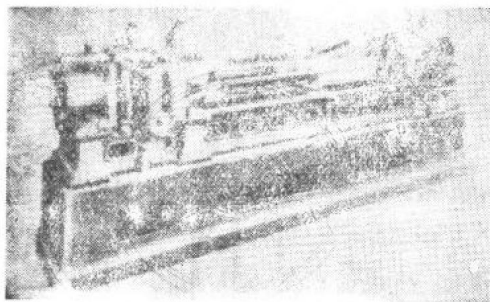
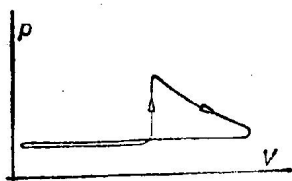


图1.3 莱诺依尔的煤气机
(1860年)

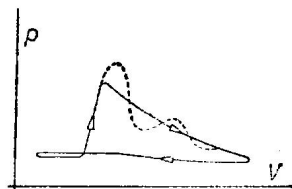


图1.4 奥托的大气压力式内燃机
(1867年) 及其示功图

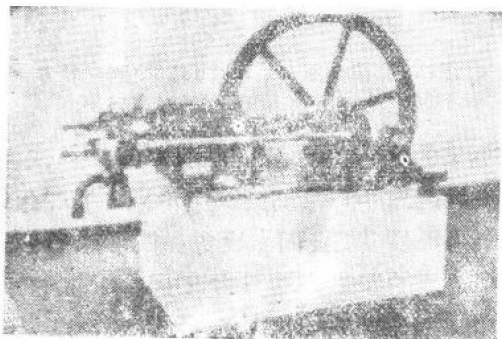
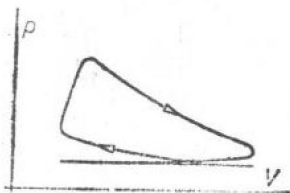


图1.5 奥托的四冲程内燃机（1876年）及其示功图（当转速为 180min^{-1} 时功率为 2.2kW ）

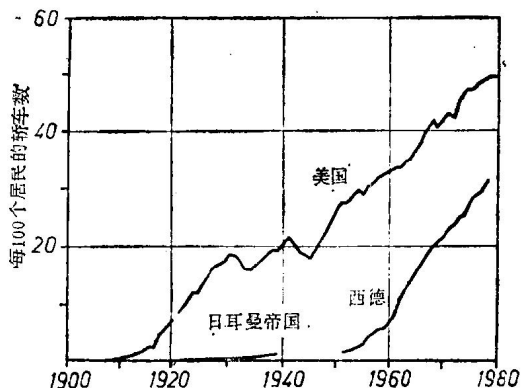


图1.6 美国和西德的汽车发展情况

会的共同生活可能产生的影响,以便正确划清正常发展和滥用之间的合理界线。此后,于1893年出现了狄塞尔(Diesel)关于压燃式内燃机(见图1.7)的设想。这种工作循环因其热效率较高而首先应用在功率较大的内燃机上,但到今天也开始应用在排量小至1升左右的内燃机上了。正如除活塞式蒸气机外蒸气轮机也在工程上占据一定位置那样,在20世纪初除了活塞式内燃机外也出现了内燃式的叶片机,即斯托尔塞(Stolze)的燃气轮机(见图1.8)。就广义而言,燃气轮机也属于内燃机,但是在我们这部《内燃机全集》中将对它作单独的论述,因而在本卷中不打算涉及。至于作为动力机械的电动机和其他外燃机,当然亦不属于我们《内燃机全集》讨论的范围。

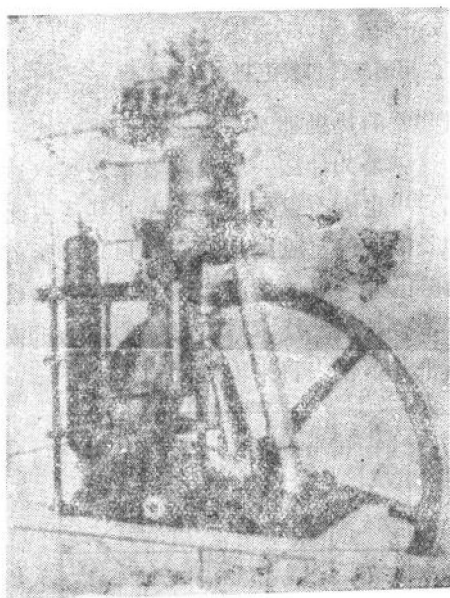
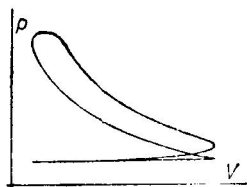


图1.7 1897年的第一台柴油机($d=150\text{mm}$
 $s=400\text{mm}$,当转速为 172min^{-1} 时功率为 14.7kW)

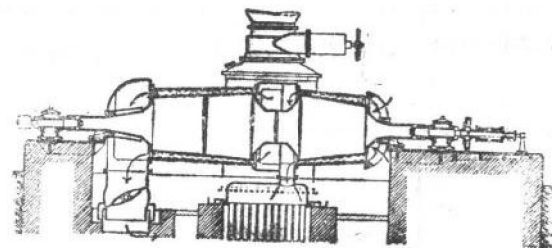


图1.8 斯托尔塞(1904年)
的燃气轮机

应堆等)的应急发电机组、高峰发电机组以及在燃料很便宜的区域(石油输出国、政府资助或无税地区)的持续发电机组则属于内燃机的另一个用武之地。然而,内燃机到底有什么特征而能使其在此日新月异的世界上占据如此牢固的位置呢?首先是因为它通常使用的液体燃料使用与运输都十分方便。众所周知,液态碳氢化合物的热值很高,是一种有效的贮能体,所以内燃机只需带有相对较小的贮存容器就能在较长时间内发出很大的功率,这个优点在交通运输业中尤为显著。迄今人们还不能密集和有效地储存电能(参见蓄电池汽车),这就使交通运输业目前还无法广泛采用这种既简单又无污染的能源来产生动力。其次内燃机对维护保养的要求也是不高的。例如在汽车上,目前除了更换机油和一些电气触点与火花塞之外,对于内燃机来说几乎没有什么其它特别的地方需要维护保养了。内燃机的起动十分方便,这不仅使汽车司机高兴,而且也使医院的外科医生满意。当局部地区因线路故障而停电时,装