

汽车内燃机原理

倪计民 编著

同济大学出版社

内 容 提 要

本书较系统和全面地介绍了内燃机的循环、性能指标、换气过程及燃烧理论基础,分别介绍了汽油机和柴油机的混合气形成和燃烧过程,供油系统、点火系统的工作原理,燃烧室的造型、特征及性能的比较,并按专题介绍内燃机的排放、噪声、增压,内燃机的特性和匹配。同时还专门介绍了代用燃料及其在内燃机中的应用。

随着电子技术和计算机技术的发展及越来越多地应用到内燃机中,本书用相当的篇幅介绍了汽油机的电子喷射技术、柴油机的电控系统及其电子技术在内燃机的控制和管理中的运用。

除了介绍按传统定义的汽油机和柴油机外,本书还介绍了由汽油机和柴油机衍生出来的混合式发动机和其他类型的动力装置,同时还介绍了内燃机的动力学。

本书特别适合作为大专院校汽车、内燃机、热能动力机械、工程机械等专业的研究生、本科生和专科生的教学用书,同时也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

前 言

根据本人的教学和科研实践而编著此书。

作为教科书,本人认为应通过专业课教学,更多地向学生传授科学研究的方法,不宜对一些细节问题作过多的描述,而要把握问题的实质,力求简明扼要。本书力图在这方面进行一些尝试。

对于从事内燃机专业的读者,本书的作用在于启发和开拓读者的思路,书中罗列的参考资料可以引导读者对专业领域内的问题进行深入研究;对于与内燃机有着密切联系的使用者,如汽车、工程机械等专业及从事相关行业的读者,通过本书的学习,可以全面地了解内燃机的工作过程和现代内燃机技术。

本书比较全面地阐述了内燃机的工作过程,对于内燃机工作过程中的问题分专题描述,各章自成一体,而在总体上又紧密地相互联系,教学上可以根据要求,取舍其中内容。

本书注意描述问题产生的背景及联系,讲究提纲性、条理性,以图表形式代替文字说明,无论是文中的内容,还是每章的小结,都尽量配备总结性的分枝图将内容或相关因素串联起来,便于理解和掌握。

编著此书时,参阅了大量发达国家的最新的科技成果及科技资料、教科书、德国工程师协会的论文集、国际会议论文集、博士学位论文等。

本书共分二十章,几乎包含了所有涉及到内燃机原理的相关内容。

第一章介绍了内燃机的发展、分类、作为动力装置的性能和匹配要求。

第二—五章分别介绍内燃机(汽油机和柴油机)的工作过程理论基础、性能指标、换气过程、燃料的性能和燃烧理论基础。

第六—八章介绍汽油机的混合气形成和燃烧过程、化油器和点火系统及燃烧室。

第九—十一章介绍柴油机的混合气形成和燃烧过程、燃料供给系统及燃烧室。

第十二—十五章分别介绍内燃机工作过程的几个专题,如涉及到环境保护的废气排放与噪声问题,主要介绍废气排放和噪声的成因、影响因素及对策和措施,随着科学和技术的发展,降低排放和噪声的手段也越来越先进,措施也越来越多,因此,本书在尽可能多地介绍当今工业发达国家先进的技术的同时,特别强调采用这些技术的思路和方法。

增压技术和代用燃料发动机在汽车动力中应用比例正在不断地增大。本书对这两个专题也分别作了介绍。

汽油机的一个重要的突破性技术是汽油喷射,对此,第十六章在叙述汽油喷射发动机的发展史时,实际上也充分地分析了汽油喷射技术发展的必然性。通过按产品开发的次序的描述,特别注意介绍相关技术的相互渗透。

作为内燃机的使用者,重要的是如何合理地选择机型,而对于内燃机研究者,主要的任务则是在深入研究内燃机的工作过程的基础上,如何优化内燃机的性能,使之更适应用户的要求,第十七章介绍如何对受内燃机各个系统、各个因素影响的综合效果的特性图进行分析,并如何进行优化和匹配。

汽油机和柴油机分别以不同的原理工作,由于各自的特点而显示出各自的优缺点,那么,如果将两者的某些特征进行组合,这种“混合”发动机的特性是否更优呢?第十八章将对此进行分析。

既然汽油机和柴油机都有优点,而且缺点也十分突出,它们最终是否会被其他型式的发动机所取代,这将在第十九章中进行比较。

尽管内燃机的运动学和动力学与内燃机的工作过程似乎没有太大的联系,但是内燃机工作时的机械振动是对汽车这类工作机械作机械振动分析时必须要考虑的振动源,第二十章介绍了这方面的基本知识。

本书由上海交通大学动力机械工程系博士生导师邬静川教授和同济大学汽车工程系宋守信副教授担任主审。两位学者仔细地审阅了全稿,并提出了许多建设性的意见,本人在此深表谢意。

谨将此书献给爱妻汪静女士,感谢她一如既往地给予本人精神上的支持,同时也感谢家人对本人精神上 and 物质生活上的支持和照顾,使本书得以顺利脱稿。

在此,还要感谢向本人提供技术资料和其他帮助的国内外同行和同事们。

由于本人水平有限,加上所引用的资料较多,学术上的观点也不完全一致,因此书中难免有不足之处,恳请读者惠予指出,以便在今后再版时予以更正。

倪计民

1995年10月初稿

1996年6月完稿于

同济大学热能动力实验室

目 录

第一章 绪论

§ 1.1 内燃机发展史的回顾	(1)
§ 1.2 内燃机分类	(4)
§ 1.3 汽车与内燃机的匹配要求	(5)
§ 1.4 车用内燃机的发展趋势	(7)

第二章 内燃机的实际循环和理想循环

§ 2.1 内燃机的实际循环过程	(9)
§ 2.2 内燃机的理想循环	(10)
2.2.1 对内燃机实际工作过程的简化	(10)
2.2.2 理想循环的热效率和平均指示压力的计算	(11)
2.2.3 理想循环热效率和平均压力的影响因素	(14)
2.2.4 各理想循环热效率之比较	(16)
§ 2.3 对理论循环的修正	(17)

第三章 性能指标

§ 3.1 性能指标	(20)
§ 3.2 大气修正	(28)
§ 3.3 机械损失	(30)
3.3.1 机械损失的分类	(30)
3.3.2 影响因素	(30)
3.3.3 机械损失的测定	(31)
§ 3.4 内燃机的热平衡	(32)

第四章 内燃机换气过程

§ 4.1 四冲程内燃机换气过程	(36)
4.1.1 换气过程	(36)
4.1.2 换气损失	(38)
§ 4.2 换气过程性能指标	(39)
§ 4.3 配气相位的合理选择	(39)
§ 4.4 充气效率的影响因素及提高充气效率的措施	(40)
4.4.1 影响因素	(40)
4.4.2 提高充气效率的措施	(40)
§ 4.5 空气运动	(41)
§ 4.6 气道的稳态试验台	(42)
§ 4.7 多气门内燃机	(44)
§ 4.8 可变的配气定时和可变的进气系统	(47)
4.8.1 可变的配气定时	(47)
4.8.2 可变进、排气系统	(48)

§ 5.1 燃料	(54)
5.1.1 分类	(54)
5.1.2 化学结构	(55)
5.1.3 炼制	(56)
5.1.4 燃料性质	(56)
5.1.5 添加剂	(63)
§ 5.2 空燃比(过量空气系数)	
5.2.1 化学当量比的计算	(64)
5.2.2 空燃比(过量空气系数)的计算	(64)
§ 5.3 燃烧理论	(65)
5.3.1 HC 着火	(65)
5.3.2 内燃机混合气的着火现象及着火界限	(67)
5.3.3 内燃机的燃烧方式	(68)
§ 5.4 理想循环的燃烧之不可能实现	(68)
§ 5.5 实际的燃烧过程	(70)

第六章 汽油机的混合和燃烧

§ 6.1 正常燃烧	(73)
6.1.1 火焰扩散	(73)
6.1.2 燃烧过程三阶段	(74)
6.1.3 火焰传播速度和燃烧速度	(75)
6.1.4 燃烧过程对平均压力和热效率的影响	(78)
6.1.5 影响燃烧过程的因素	(78)
6.1.6 不规则燃烧	(82)
§ 6.2 不正常燃烧	(82)
6.2.1 爆震燃烧	(82)
6.2.2 炽热点火	(85)
§ 6.3 多缸汽油机混合气的分配	(86)

第七章 化油器式汽油机混合气形成及点火系

§ 7.1 化油器式汽油机混合气形成	(89)
7.1.1 对汽油机混合气形成的要求	(89)
7.1.2 理想化油器的特性	(89)
§ 7.2 化油器的结构和基本功能	(90)
7.2.1 化油器的结构	(90)
7.2.2 化油器的基本工作原理	(90)
7.2.3 实用化油器	(94)
§ 7.3 开新 Keihin 26/30DC 化油器	(98)
§ 7.4 点火系	(105)
7.4.1 火花塞	(105)
7.4.2 蓄电池点火装置	(105)
7.4.3 电磁点火装置	(116)
§ 7.5 爆震调节	(117)

第八章 汽油机燃烧室

第九章 柴油机的混合气形成和燃烧

§ 9.1 燃料的雾化	(124)
§ 9.2 混合气形成方式	(126)
§ 9.3 着火现象	(127)
§ 9.4 燃烧过程	(128)
§ 9.5 燃烧过程的几个问题	(130)
9.5.1 着火延迟期	(130)
9.5.2 燃烧的热混合作用	(131)
9.5.3 空燃比	(132)
9.5.4 燃烧过程的影响因素	(132)
9.5.5 改善燃烧过程的因素	(133)
9.5.6 环境问题	(134)
§ 9.6 燃烧过程的模拟计算	(134)

第十章 柴油机的供油系统及电控柴油机

§ 10.1 燃油喷射过程及特性	(142)
§ 10.2 不正常的喷射现象	(144)
§ 10.3 喷油泵	(145)
10.3.1 直列系	(145)
10.3.2 分配系	(153)
§ 10.4 喷油嘴	(155)
§ 10.5 供油规律、喷油规律和燃烧(放热)规律	(157)
§ 10.6 电控供油系统和电控柴油机	(157)
10.6.1 电控的供油系统	(157)
10.6.2 电控的调节系统	(162)
10.6.3 电控柴油机	(166)
§ 10.7 柴油机的起动性能	(167)

第十一章 柴油机燃烧室

§ 11.1 燃烧室	(169)
11.1.1 分隔式燃烧室	(169)
11.1.2 直喷式燃烧室(统一式燃烧室)	(171)
§ 11.2 各燃烧室燃烧过程的比较	(179)
§ 11.3 柴油机与汽油机的比较	(179)

第十二章 内燃机排放及排放法规

§ 12.1 有害成分及成因	(181)
12.1.1 汽油机的废气有害物质成因	(183)
12.1.2 柴油机的废气有害物质成因	(185)
§ 12.2 降低废气排放之措施	(186)
12.2.1 降低汽油机废气排放之措施	(186)
12.2.1.1 机前处理	(187)
12.2.1.2 机内措施	(188)
12.2.1.3 机后处理	(190)

12.2.2	三元催化器	(197)
12.2.3	降低柴油机废气排放之措施	(208)
§ 12.3	排放法规	(214)
12.3.1	历史的回顾	(214)
12.3.2	中外排放法规	(215)
§ 12.4	与排放法规相关的汽车废气测试	(222)
12.4.1	汽油机废气检测	(222)
12.4.2	柴油机废气检测	(224)
§ 12.5	动态排放试验	(226)
12.5.1	高动态试验台	(226)
12.5.2	动态排放实时测量	(229)

第十三章 内燃机噪声及控制

§ 13.1	噪声的基本概念	(232)
§ 13.2	内燃机噪声的评价指标、测试和识别	(235)
§ 13.3	内燃机噪声成因及影响因素	(239)
13.3.1	内燃机噪声的来源及分类	(239)
13.3.2	空气动力性噪声	(239)
13.3.2.1	排气噪声产生的机理	(240)
13.3.2.2	进气噪声	(242)
13.3.2.3	风扇噪声	(242)
13.3.3	燃烧噪声	(242)
13.3.4	机械噪声	(243)
13.3.5	表面辐射噪声	(244)
§ 13.4	降低内燃机噪声的措施	(244)
13.4.1	进气噪声的控制	(244)
13.4.2	风扇噪声的控制	(244)
13.4.3	燃烧噪声的控制	(244)
13.4.4	机械噪声的控制	(245)
13.4.5	表面辐射噪声的控制	(246)
13.4.6	机后措施	(247)
13.4.6.1	无源消声器(传统的消声器)	(247)
13.4.6.2	有源消声系统	(249)
§ 13.5	消声器的布置	(251)

第十四章 内燃机增压

§ 14.1	内燃机增压的可行性及评价指标	(253)
14.1.1	增压之可能性和特性	(253)
14.1.2	衡量指标	(254)
§ 14.2	增压的种类及工作原理	(255)
14.2.1	机械式增压	(255)
14.2.2	容积式增压(容积式进气管)	(258)
14.2.3	气波增压器(Compres-过程)	(259)
14.2.4	废气涡轮增压	(260)
14.2.5	复合增压系统	(269)

§ 14.3 汽油机增压	(270)
--------------------	-------

第十五章 代用燃料及应用

§ 15.1 代用燃料的分类及内燃机代用燃料的选择	(273)
§ 15.2 醇类代用燃料	(274)
15.2.1 醇类的生产	(274)
15.2.2 醇类的物性	(274)
15.2.3 实用醇类燃料内燃机	(277)
15.2.3.1 掺烧	(277)
15.2.3.2 纯醇燃料内燃机	(283)
15.2.4 排气污染	(285)
§ 15.3 生物类代用燃料	(285)
§ 15.4 气体代用燃料	(286)
15.4.1 液化石油气(LPG).....	(287)
15.4.2 压缩天然气(CNG)	(289)
15.4.3 氢气	(290)

第十六章 汽油喷射发动机及汽车电子管理装置

§ 16.1 汽油喷射技术发展的历史回顾	(294)
§ 16.2 汽油喷射系统的分类	(298)
§ 16.3 汽油喷射发动机混合气形成	(299)
§ 16.4 实用的汽油喷射系统	(302)
16.4.1 机械式汽油喷射系统	(302)
16.4.2 电子式汽油喷射系统	(311)
16.4.2.1 D-Jetronic	(311)
16.4.2.2 L-Jetronic	(312)
16.4.2.3 Motronic	(317)
16.4.2.4 Mono-Jetronic、Mono-Motronic(SPI、CFI、TBI)	(322)
16.4.2.5 Digijet/Digifant	(327)
16.4.3 λ -传感器和 λ -调节	(330)
16.4.4 三元催化器	(332)
§ 16.5 汽油喷射供给系的特点	(332)
§ 16.6 汽车中的电子管理装置	(333)
16.6.1 汽车电子管理系统	(333)
16.6.2 内燃机管理器(内燃机和变速器电子装置中心)	(333)

第十七章 内燃机特性及匹配

§ 17.1 负荷特性	(338)
§ 17.2 速度特性	(340)
§ 17.3 柴油机调速特性	(345)
§ 17.4 万有特性及其他特性	(346)
17.4.1 万有特性	(346)
17.4.2 其他特性	(349)
§ 17.5 特性场	(352)
§ 17.6 汽车动力-传动系的匹配与优化	(352)

17.6.1 动力-传动系匹配	(353)
17.6.2 内燃机的性能优化	(355)

第十八章 混合式发动机

§ 18.1 混合式发动机的研究思路	(362)
§ 18.2 按 Schweitzer 定义的混合式发动机的分类	(363)
§ 18.3 分层充气发动机的结构分类	(365)
§ 18.4 实用的混合式发动机	(366)
18.4.1 按 Schweitzer 分类的混合式发动机	(366)
18.4.2 分层充气发动机	(367)
18.4.3 稀燃发动机	(377)
§ 18.5 混合式发动机的启示	(378)

第十九章 其他类型发动机

§ 19.1 汪克尔转子发动机	(380)
§ 19.2 燃气轮机	(381)
§ 19.3 电力驱动	(383)
§ 19.4 混合驱动装置	(383)

第二十章 内燃机动力学

§ 20.1 曲轴连杆机构运动学	(385)
§ 20.2 内燃机动力学	(388)
20.2.1 气体力、惯性力(质量力)及扭矩	(388)
20.2.2 惯性力的平衡	(389)
20.2.3 多缸机惯性力合成扭矩的确定和平衡	(393)
§ 20.3 曲轴扭振	(396)
参考文献	(399)

第一章 绪 论

§ 1.1 内燃机发展史的回顾

内燃机的发明可追溯到 1673 年由 C. Huygens 发明的火药发动机。大约 100 年后发明了不同结构的、在大气状态下工作的蒸汽机。

1765 ~ 1776 年, Watt 发明了蒸汽机;

1769 年, N. J. Cugnot 的第一辆蒸汽机车问世;

1816 年, R. Stirling 发明了热空气发动机;

1817 年, Rivaz 开发了第一台大气压下的氢气发动机。

Lenoir 对内燃机的发展起到了实用性的作用。他于 1860 年申请了专利。Lenoir 煤气发动机的结构如图 1-1 所示。它基于双效果的二冲程工作过程, 在飞轮一侧 a 处进气, 在进气相对一侧 b 处排气。进排气由圆盘滑块来控制, 而圆盘滑块则由曲轴及偏心机构来带动运行。排气圆盘滑块 d 比较简单, 而进气圆盘滑块 c 要复杂些, 因不仅要控制进气, 还要控制混合。其工作原理如同蒸汽机的双重效果: 工质通过活塞的运动而被吸入, 但不预压缩, 空气和煤气在气缸内混合, 当活塞运动到行程的中部时在活塞的两侧点火, 点火燃烧后原压力升至 5 ~ 6bar。尽管该机有许多缺陷, 但首先开始小批量生产。

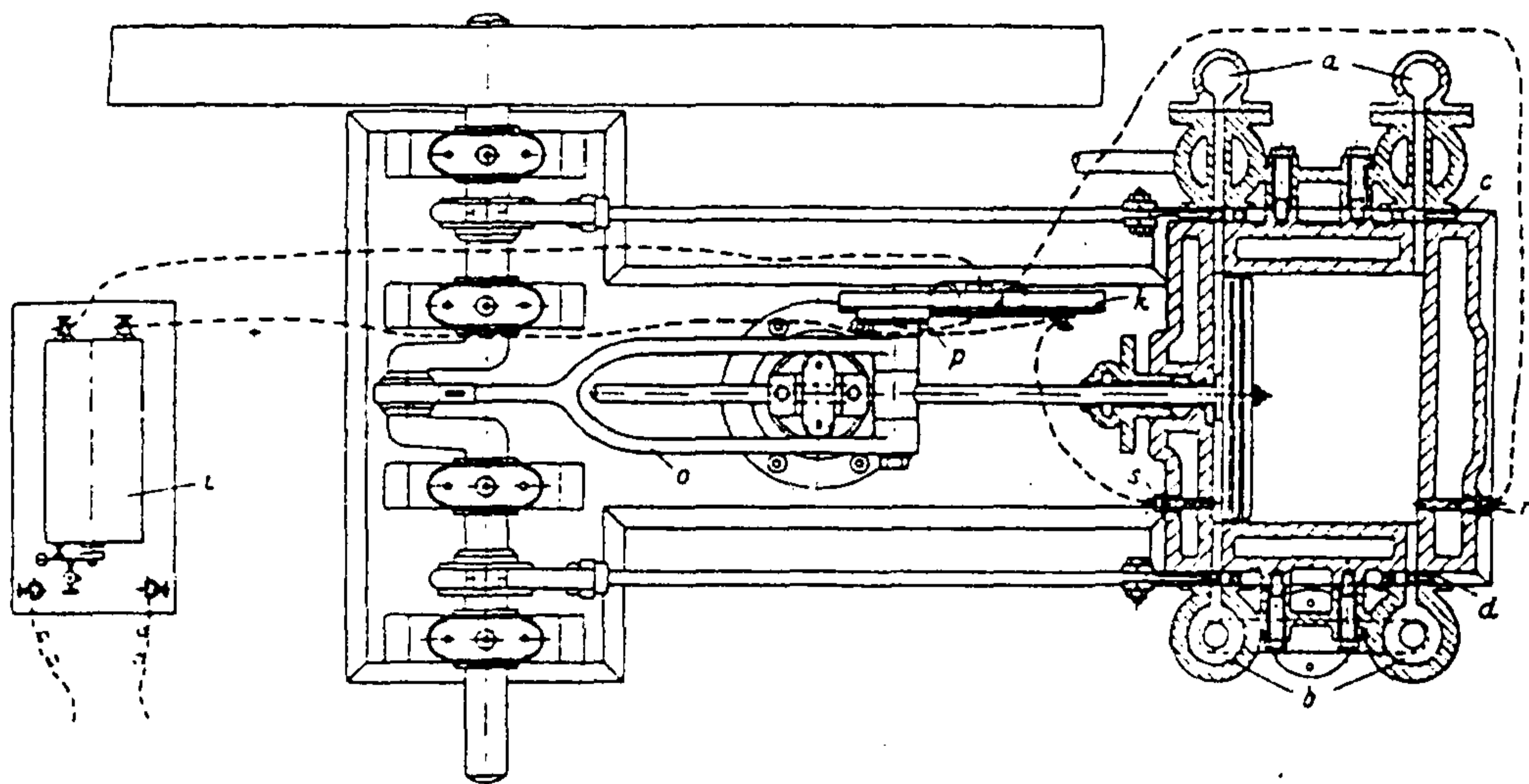


图 1-1 Lenoir-煤气发动机(1860)

a—煤气入口 b—气体出口 c—进气圆盘滑块 d—排气圆盘滑块 i—感应器
k—点火分电盘 o—连杆 p—接触圆盘 r—盖侧火花塞 s—曲柄侧火花塞

1860 ~ 1862 年, Rochas 对四冲程的工作过程原理做了理论上的描述。

在 19 世纪 70 年代前, 许多科学家经历了不知多少次的失败, 终于意识到了应该在封闭的燃烧室内有控制地实现“爆炸”燃烧, 用燃烧气体的高压来做功。这一思想便奠定了现代

内燃机工作过程的理论基础。

Otto(奥托)学会了 Lenoir 发动机的工作原理,想利用液体燃料以改善发动机的性能。但从对 Lenoir 发动机的研究中 Otto 发现,充气必须经过预压缩并在最高压力时点火,效果较好。于是 Otto 将此作为四冲程内燃机的出发点。他经历了多次的失败,在参考 Lenoir 发动机的同时,也开始注意其他专利成果,终于在 1876 年 5 月 18 日这个内燃机发展史上值得纪念的日子研制成了第一台四冲程内燃机,功率为 2.2kW、转速为 180r/min(图 1-2)。带预压缩功能的四冲程内燃机的研究和开发的经济基础便是 Otto 和 Langen 为制造已研制成功的大气压状态下稳定运行的内燃机而建立的 Deutz 煤气发动机厂。

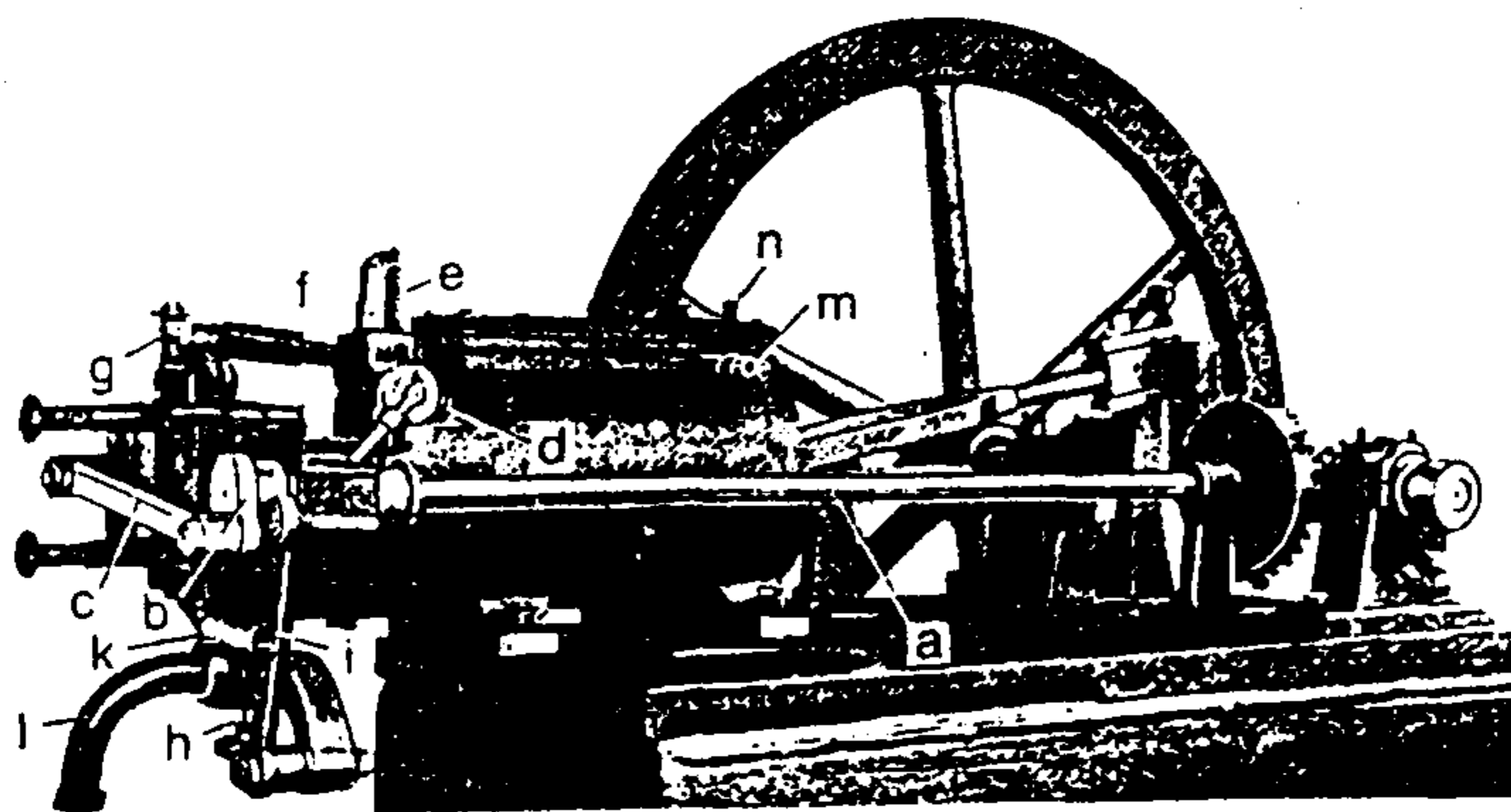


图 1-2 第一台汽油机(1876)2.2kW/180r/min

a—控制轴 b—外伸曲柄 c—点火阀驱动杆 d—气体入口 e—供气管内止回阀弹簧 f,g—通向点火阀的导气管
h—排气阀 i—阀门手柄 k—压缩弹簧 l—排气管 m—冷却水出口 n—润滑油接头

当考虑到液体燃油的能量密度等的优越性,在解决了液体燃油的“汽化”问题及点火问题后,经 G. Daimler、C. Benz 和 Maybach 等继续研究开发,于 1886 年研制出用作为汽车动力的快速、轻型的汽油机,功率为 0.65kW,转速从 150 ~ 180r/min 提高到 500 ~ 600r/min,首先采用了浮子式化油器(图 1-3)。

此后,开发研究的目标是提高功率和降低油耗。

经 100 多年的发展,汽油机的技术已发生了巨大的变化,图 1-4 所示的代表 20 世纪 90 年代水平的汽油机,集高科技为一体,涉及到各门学科,无论是自身性能,还是与工作机械的匹配,都达到了登峰造极的地步。表 1-1 表明各发展阶段的汽油机的性能参数的变化。比重量已比 1876 年的 Otto 煤气机降低了 100 多倍,对于赛车用内燃机可达 1000 倍。而油耗也降低了 5 倍多。

另一方面,在汽车和汽油机的先驱们致力于汽油机开发研究的同时,R. Diesel(狄塞尔)则着眼于油耗的改善,其基本思路是使工作过程靠近卡诺循环。1892 年的第一个专利的要点是绝热燃烧,实际上是不现实的,而通过 1893 年的第二个专利及以后的继续研究,1897 年在 MAN 公司研制成的试验机可达 15kW、172r/min、重达 5 吨。其工作原理是将吸入气缸的新鲜空气压缩,使压缩后的空气达到足够高的温度,以致于喷入气缸的燃油能着火燃烧。1924 年 MAN 公司的载重车首先采用了柴油机。在 Bosch(波许)公司提供适用于小排量柴油机的喷油泵和喷油嘴之后,也就是在 Benz(奔驰)采用汽油机作为汽车动力 50 年之后才采用柴油机作为轿车动力。

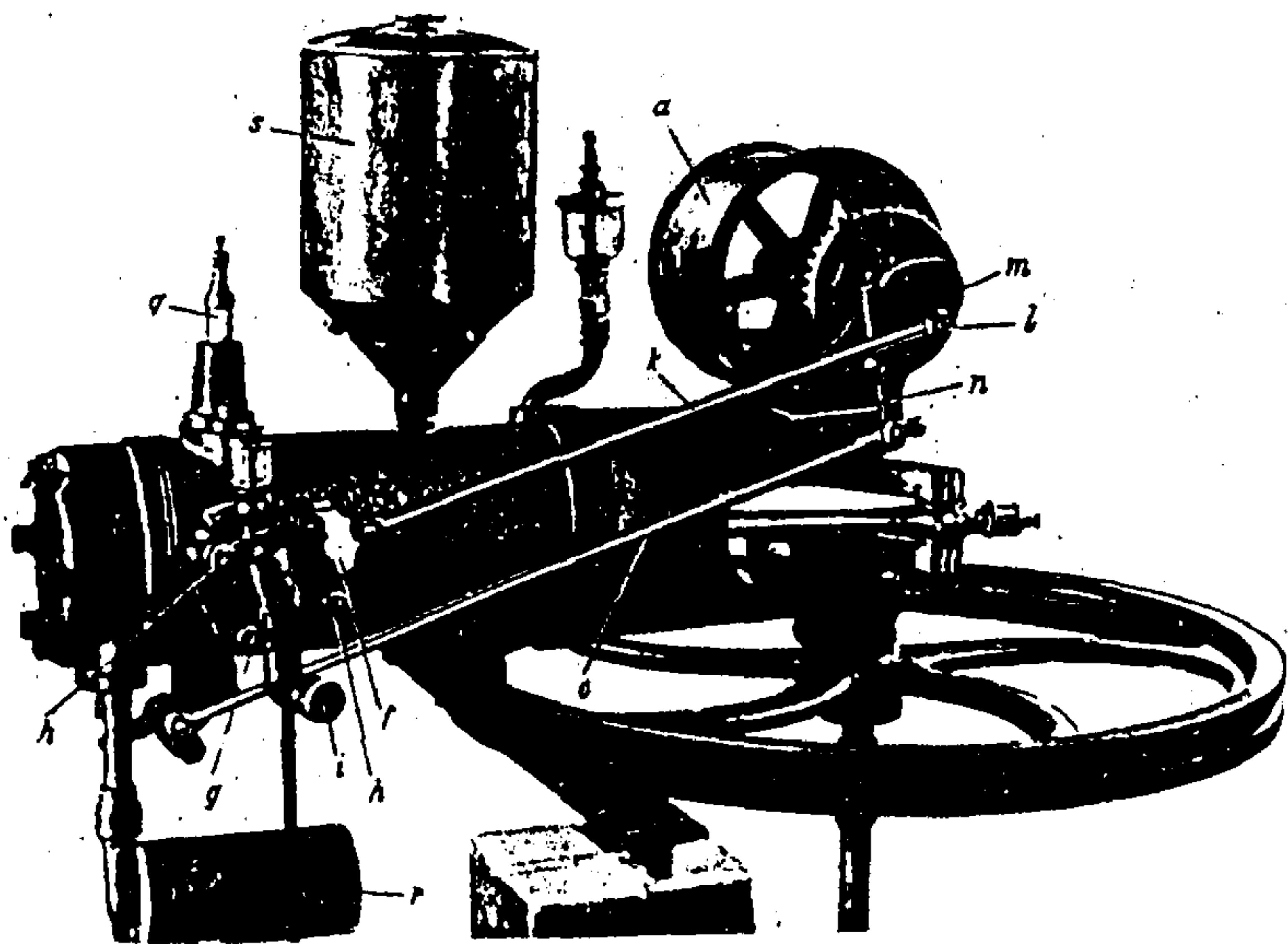


图 1-3 奔驰第一台车用内燃机(1886)

a—皮带轮 f—控制阀 g—控制进气阀的阀体 h—阀体盖上的柱式螺旋弹簧 i—新鲜工质导管
k,l—进气阀驱动 m,n,o—排气阀驱动 q—火花塞 r—消声器 s—冷却水箱

表 1-1

汽油机发展各阶段主要技术参数的变化

技术参数	第一台稳态 Otto 四冲程煤气机 1876	第一台 Benz 车用内燃机 1886	Daimler 二缸车用内燃机 1889	当代六缸轿车内燃机 1986
缸数	1	1	2	6
排量(L)	6.1	0.98	0.57	3.43
压缩比	2.3	2.68	2.5	10.0
最大功率(kW)	2.2	0.65	1.2	160
转速(r/min)	180	400	920	5500
最大功率时扭矩(N·m)	117	15.5	12.5	277.8
油耗率(g/kW·h)	约 540	1170	760	240
升功率(kW/L)	0.36	0.66	2.1	46.7
比重量(kg/kW)	680	168	62	1.3

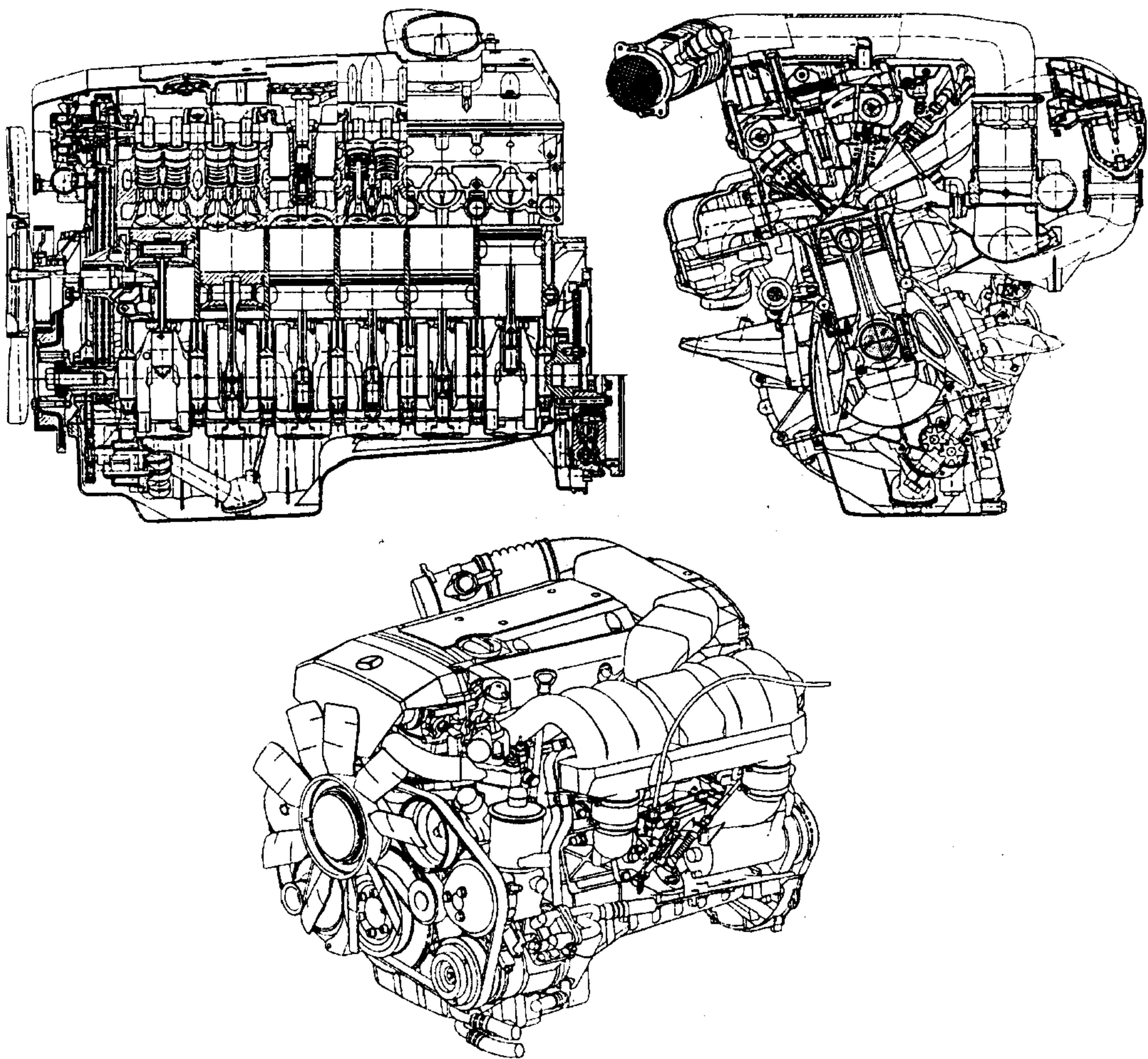


图 1-4 现代车用汽油机(奔驰 320E)

如今柴油机毫无疑问地是将热能转化成机械能最有效的热机,作为车用动力,由于无进气门的节流作用,部分负荷时柴油机油耗明显低于汽油机,当油耗率约在 $240 \sim 260\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 是相当好的汽油机时,中、小型柴油机的油耗率只有 $200\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 左右,大型的增压柴油机的油耗率则只有 $170\text{g/kW}\cdot\text{h}$ 。另外由于柴油机的其他特性也优于汽油机,在欧洲的载重车(卡车和公共汽车)上几乎 100%地采用了柴油机。

汽车和内燃机的发展实际上是试验的结果,是理论与实践相互补充。

§ 1.2 内燃机分类

图 1-5 为发动机的分类。

发动机是将一种能量转变为机械能的机械装置,热力机是将燃料燃烧的热能转变为机械能,它只是发动机的一种类型,而内燃机是燃料在发动机内部燃烧的热力机。

内燃机的种类有往复活塞式、旋转式(也称转子机)、燃气机、燃气轮机之分,在往复活塞式内燃机中,还有柴油机、汽油机、煤气机之分。

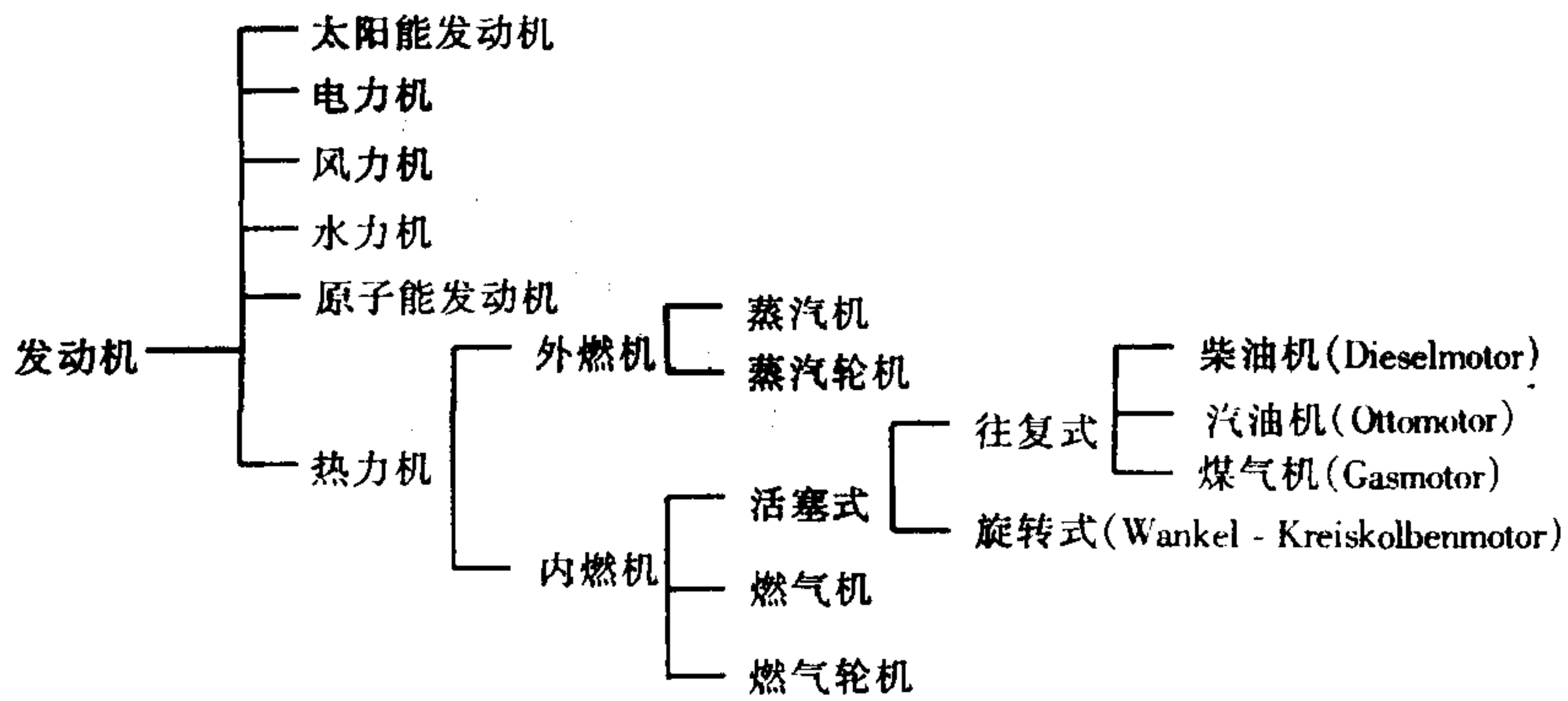


图 1-5 发动机的分类

往复式内燃机可以根据不同性质进行分类。

按燃烧过程分：汽油机 (Ottomotor) 和柴油机 (Dieselmotor)

按混合气形成方式分：内部混合和外部混合

按点火方式分：外源点火和自燃点火

按工作过程分：四冲程和二冲程

按充气过程分：自然吸气和增压

按冷却系统分：风冷和水冷

按机械学分：往复式和旋转式

如果按发明之时定义的工作过程(表 1-2)来理解的话,那么,当今众多种类的内燃机仅用汽油机和柴油机来称呼似乎不能准确地描述功能上做了重大技术改进的内燃机的特征。如采用了代用燃料后的内燃机,就不宜用汽油机或柴油机来表达。又如汽油机的供油系统从传统的化油器改为喷射式后,与当初定义的化油器混合有了很大的差别。另外,人们根据汽油机和柴油机工作过程的特点进行组合而派生出来的内燃机(汽油喷射也属于其中之一),既不同于传统的汽油机,又有别于柴油机。因此,在国外,如德国,除了用“Ottomotor”(汽油机)和“Dieselmotor”(柴油机)外,经常在“Motor”(发动机)前加定语加以区别。如“benzineinspritzender Motor”(汽油喷射发动机),“hybrider Motor”(混合式发动机),“Magermotor”(稀燃发动机)等以示各种内燃机的差异。

表 1-2 定义汽油机、柴油机的特征

机 型	汽 油 机	柴 油 机
特 征	化油器	喷射
	火花塞	高压
	空气节流	无节流

本书主要讨论往复式内燃机的原理,对于当今除了内燃机外其他车用动力也作了简要介绍。

§ 1.3 汽车与内燃机的匹配要求

与蒸汽机和电动机等其他类型发动机相比,内燃机由于液体燃料所占容积小、热效率高、功率范围广、结构简单等优点而广泛地用于汽车、工程机械、农用机械、铁路、船舶的动力

装置。无疑内燃机是汽车的最合适的动力。内燃机的基本缺陷在于它们不能从静态开始运行、所提供的扭矩也不能适用汽车行驶的扭矩要求,因此作为汽车动力需要离合器和变速箱等驱动链,通过这个驱动系统,使内燃机能满足汽车的行驶要求。

图 1-6 表明汽车对内燃机的要求。除此之外,还有其他要求。另一方面,内燃机作为汽车动力,汽车的设计也应保证内燃机能正常运行,图 1-7 显示了汽车和驱动系统的相互联系和相互要求,内圈所表示的是对动力的要求和设计参数。

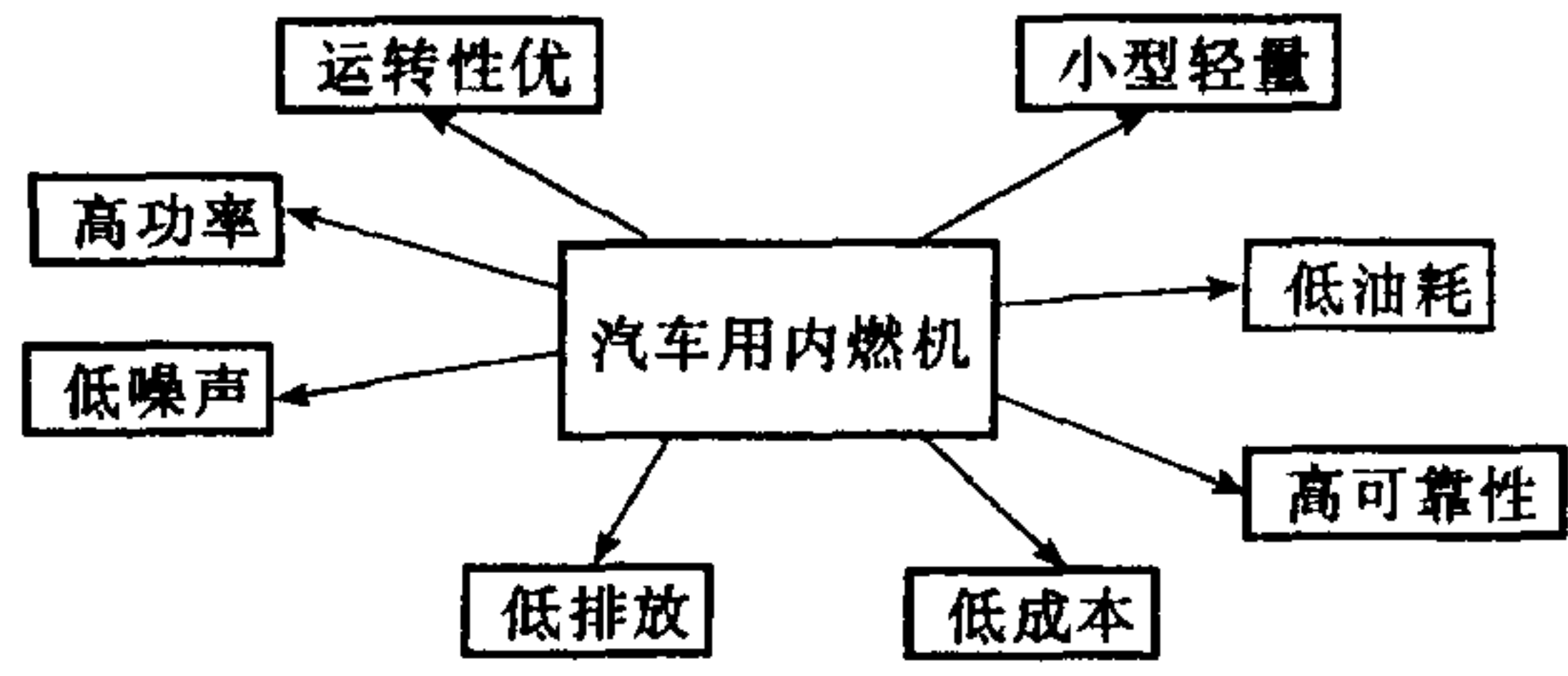


图 1-6 对车用内燃机特征的要求

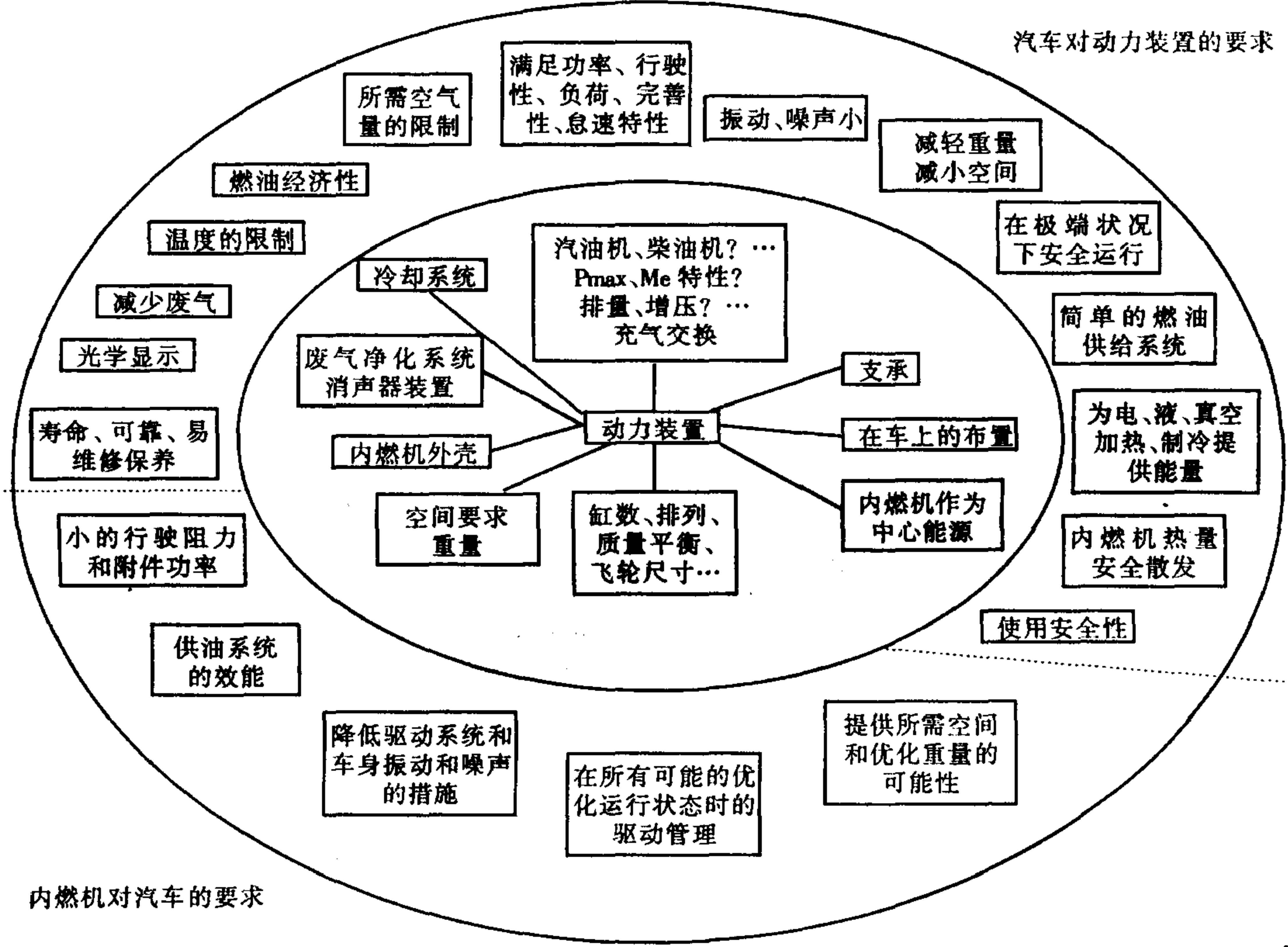


图 1-7 汽车与驱动系统(内燃机和传动链)的匹配要求

作为汽车的驱动动力,除了内燃机本身的性能外,性能上的合理匹配也是一个非常重要的因素。尽管内燃机本身的性能很好,但如果匹配不好,汽车的整体性能将受到很大的影响。以功率利用为例,图 1-8 为现代五档轿车与内燃机匹配的可运行范围,通过档数的限制

使等功率的优化曲线和内燃机全负荷特性曲线之间出现不能完全利用的运行工况区间(带点的阴影区)。此外还有经济性、排放等多方面的匹配问题。因此了解内燃机的工作原理和运行特性,使之更好地与汽车的动力要求相匹配,就显得尤为重要。

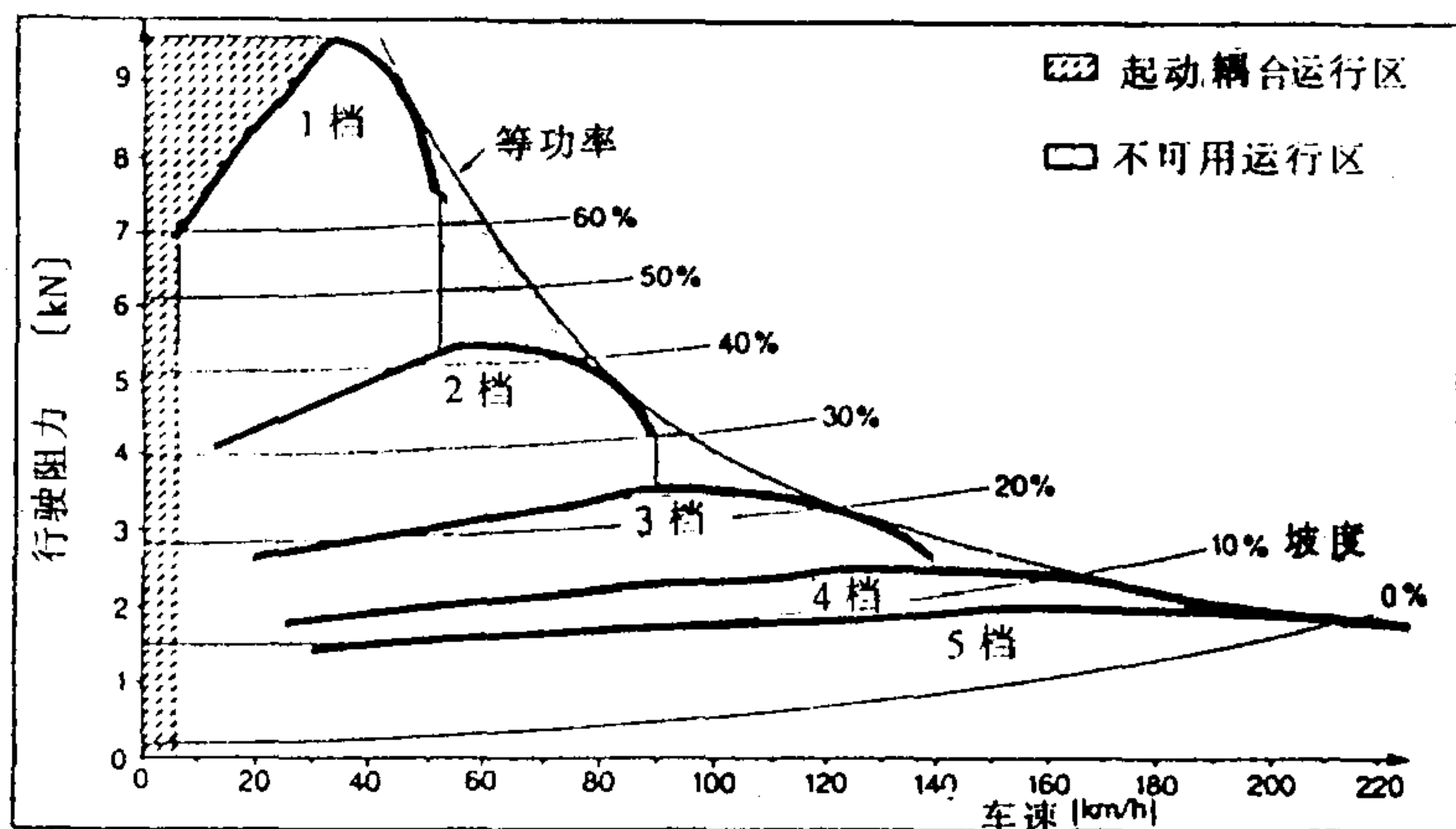


图 1-8 在阻力-速度图上汽车-驱动范围的例子(BMW325i)

从事汽车设计和制造专业的人员,主要是如何合理选用动力装置,而内燃机专业人员,则应通过对车用内燃机的要求的理解,对内燃机的性能进行改进。

§ 1.4 车用内燃机的发展趋势

内燃机自诞生之日起至今已走过了 100 多年的历程。一方面,对内燃机工作过程的深入研究、新技术的开发及各学科的相互渗透使得内燃机性能不断地完善:动力性不断地提高,经济性不断地得到改善。在改善经济性同时,与性能优化和环境保护、安全性等指标相协调(表 1-3 和表 1-4)。λ-传感器与三元催化器的匹配使用,大大地降低了废气排放;半有源和有源消声器有效地降低了排气噪声;机械学能协调动力的转化和传递;而抗爆震传感器则使汽油机的运行性能更趋完美。

表 1-3 改进火花点火内燃机的措施及其对汽车未来要求的影响

措 施	影 响					
	性能	油耗	安全性	噪声	污染	效益/成本
摩擦损耗减少	↗	↗	→	→	↗	↘
高压缩比	↑	↑	→	↓	↓	↑
稀燃	↓	→	→	→	↑	↘
闭环控制器	↑	↗	→	→	↑	↓
可变压缩比	→	↑	→	→	↘	→

↑改进, ↓变差, →不变, ↗略有改进, ↘略有变差