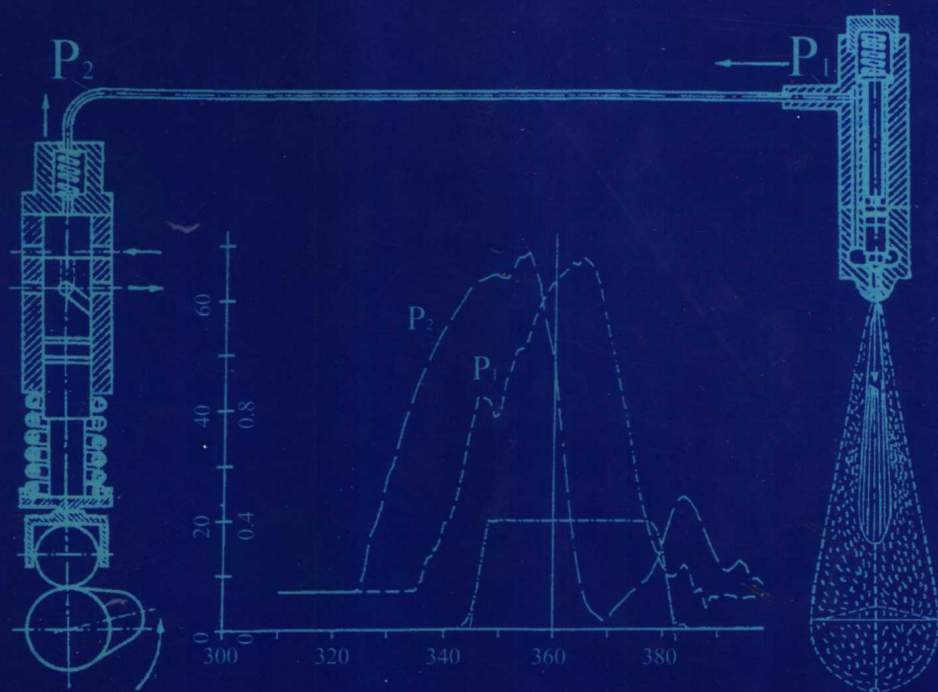


柴油机 燃油喷射及调节

贾锡印 李晓波 编著



哈尔滨工程大学出版社

柴油机燃油喷射及调节

贾锡印 李晓波 编著

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

柴油机燃油喷射及调节/贾锡印,李晓波,编著.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001.11

ISBN 7-81073-227-7

I. 柴... II. ①贾...②李... III. 柴油机-雾化
IV. TK421

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 082873 号

内 容 简 介

本书从柴油机燃油喷射系统的优化设计出发,系统地论述燃油喷射过程的基本理论、计算方法、优化选型。并全面地从理论和实践上深入分析了系统中各部件的结构参数对柴油机性能的影响,还讲述了柴油机电控喷射的新技术。

该书是作者在长期从事柴油机燃油喷射科研工作总结的基础上编写的。书中提供了大量的统计试验数据和图表,在给出的大量计算公式旁,附有实例计算题。书中收集了当代国内、外柴油机科研的最新成果。

本书可作为高等院校柴油机和动力机械专业本科生和研究生的教科书,也可供从事柴油机教学、研究、设计、制造的科技人员参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 15.5 字数 370 千字

2002年3月第1版 2002年3月第1次印刷

印数:1—1 000 册

定价:20.00 元

前 言

柴油机广泛应用在舰艇、船舶、内燃机车、汽车、军用车辆、石油钻探及中小型电站上。其单机功率从 1.5kW 至 50700kW。它在国民经济和国防建设中占有很重要的地位。本书重点论述柴油机的燃油喷射和调节系统。

众所周知,燃油喷射装置是柴油机的核心,它对整机的经济性、动力性、可靠性,以及排气净化、振动噪声等指标有着决定性的影响。喷油装置的发展促进了柴油机的发展。建国以后,我国柴油机工业不断发展壮大,特别是改革开放后 20 多年来,通过对引进国外先进柴油机的消化吸收、移植、改进,使我国柴油机制造水平有了进一步的提高,缩小了与发达国家的差距。

在科教兴国、迈向 21 世纪的今天,本书出版的主要目的是为未来从事柴油机设计、制造和研究的科技人才提供资料,同时也为了满足现在直接从事燃油喷射装置的科技工作者,渴望提高理论水平,迫切需要柴油机燃油喷射系统的理论知识和技术资料的要求。

为此,本书从柴油机燃油喷射系统优化设计的角度出发,从理论和实践上深入分析各部件结构参数对柴油机性能的影响;详细论述了燃油喷射过程的基本理论和计算方法,喷雾特性对燃烧的影响;并分析了柴油机电控喷射技术的发展现状。

一个好的燃油喷射系统,传统的设计方法一直是对试验机作修改和调试,往往需要排列许多不同的结构方案,既费时费力又费钱。根据作者 30 多年来从事舰用柴油机燃油喷射系统的理论计算及优化设计研究的经验,针对当今应用现代设计理论和方法,作者早在 20 世纪 70 年代初就建立了燃油喷射过程计算的数学模型,并编制计算程序,用以进行优化设计。先后为多种高、中速大功率柴油机的喷射系统进行了优化选型,经实机试验证明,完全达到了设计要求。这也说明经过几十年柴油机科技工作者的努力,已从经验设计进入了理论设计阶段,这将加快柴油机的发展,为社会各界提供更完善的动力。由于电子技术的发展,近 20 多年来,电控喷射系统越来越多地应用在柴油机上,书中有专门章节论述。

本书可作为高等院校柴油机和动力机械等专业的本科生和研究生教材,也可供从事柴油机设计、研究、制造的科技人员参考。

本书承蒙上海交通大学陈大荣教授进行了认真细致的审阅,并提出了宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

因时间仓促和作者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 9 月

目 录

1 柴油机燃油喷射系统概论	1
1.1 柴油机的发展概况	1
1.2 燃油喷射系统的发展	3
1.3 提高喷油压力的方法	6
1.4 常规喷油系统	10
1.5 共轨式喷油系统	11
1.6 重油供给系统的特点	12
2 喷油泵	15
2.1 喷油泵的功用	15
2.2 喷油泵的结构	15
2.3 喷油泵的工作原理	18
2.4 喷油泵供油定时的调整	20
2.5 喷油泵供油量均匀性的调整	20
2.6 国外主要生产喷油泵的公司简介	21
2.7 合成式喷油泵	21
2.8 分列式喷油泵	23
2.9 分配式喷油泵结构和工作原理	24
2.10 柱塞偶件的结构型式	26
2.11 柱塞偶件的设计与计算	33
2.12 柱塞的工作行程	40
2.13 喷油泵的选型	41
2.14 喷油泵中燃油的渗漏量	44
3 出油阀	47
3.1 出油阀的种类和结构特点	47
3.2 减压式出油阀	47
3.3 减压容积可变式出油阀	50
3.4 无减压凸缘的出油阀	51
3.5 密封座面下置式出油阀	52
3.6 等压式出油阀	52
3.7 缓冲式出油阀	53
3.8 节流式出油阀	54
3.9 片状出油阀	54
3.10 出油阀的结构参数对喷油性能的影响	55
3.11 高压油管尺寸及其对喷油特性的影响	58
4 喷油泵凸轮	61

4.1	凸轮型线的选择	61
4.2	凸轮速度特性对喷射性能的影响	62
4.3	凸轮型线的设计计算	63
5	喷油器	77
5.1	喷油器功用和结构	77
5.2	喷油嘴	80
5.3	喷油嘴的流通特性	82
5.4	喷油嘴参数的选择和计算	86
5.5	泵-喷油器	95
5.6	P-T 燃油系统及其主要特点	98
5.7	P-T 喷油器	99
6	燃油雾化特性	104
6.1	概述	104
6.2	喷注的分碎	105
6.3	油粒平均直径的计算及油粒分布	105
6.4	各种因素对油粒直径及其分布的影响	107
6.5	喷雾的贯穿距离计算	110
6.6	影响喷雾贯穿距离的因素	112
6.7	喷注贯穿的评价	116
6.8	喷注圆锥角的计算	117
6.9	影响喷注圆锥角的因素	118
7	燃油喷射过程理论分析	121
7.1	燃油喷射过程概述	121
7.2	高压油管内一元不稳定流动理论	123
7.3	喷油过程的近似图解法	126
7.4	二次喷射的产生和消除方法	131
7.5	燃气回窜及其防止措施	136
7.6	断续喷射	138
7.7	不规则喷射和隔次喷射	139
8	燃油喷射过程的数值计算	142
8.1	概述	142
8.2	计算方法的理论基础	143
8.3	喷油泵内的计算方程	144
8.4	喷嘴内的计算方程	145
8.5	长针阀喷嘴中流动的计算	146
8.6	初始条件	148
8.7	计算油管内方程所用的差分方法	149
8.8	油泵及喷嘴内方程的隐式差分格式	153
8.9	辅助计算公式	155
8.10	喷油过程的计算结果和分析	159

8.11	影响喷油过程的各种因素	165
9	调速器	174
9.1	调速器的功用	174
9.2	柴油机安装调速器的必要性	174
9.3	调速器的分类	176
9.4	调速器的工作指标	178
9.5	RSV 机械式全制调速器	181
9.6	液压调速器的工作原理	187
9.7	轻 12V180 型柴油机的液压调速器	189
9.8	YT111G 型杠杆式液压调速器	194
9.9	YT111 型表盘式液压调速器	196
9.10	液压调速器的调节	198
9.11	液压调速器的辅助设备	200
9.12	电子调速器的工作原理	201
9.13	E 系列电子调速器	203
10	柴油机电控喷油系统	208
10.1	柴油机电子控制技术的发展	208
10.2	电控喷油系统的组成	209
10.3	喷油定时自动调节装置	210
10.4	新型电控泵 - 管 - 嘴系统	212
10.5	电子液压控制的喷油系统	215
10.6	电控共轨喷油系统	217
10.7	船用柴油机电控喷油系统	221
10.8	电控喷油泵	224
10.9	电控泵 - 喷嘴及电控喷油器	227
10.10	柴油机喷油率的控制	229
	参考文献	238

1 柴油机燃油喷射系统概论

1.1 柴油机的发展概况

柴油机自 1897 年由德国 Diesel(狄塞尔)发明以来已有 100 多年的历史。第一台缸径 250 mm 的单缸机,是用 6 MPa 的压缩空气将燃料喷入气缸的,高压空气是在柴油机带动的两级式压缩机中产生的(图 1-1),当时其耗油率为 $326 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,热效率只有 26.2%。

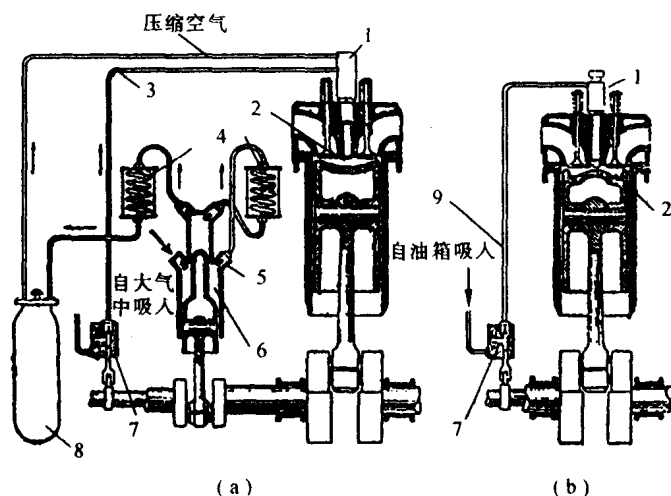


图 1-1 带压缩机和无压缩机的柴油机

1—喷油器;2—燃烧室;3—燃油管;4—冷却器;5—高压缸;
6—低压缸;7—燃油泵;8—压缩空气瓶;9—高压油管

在发明了柴油机 30 年后,由 Robert Bosch 研制的直列式喷油泵于 1927 年在德国 Bosch 公司开始批量生产,这在当时对柴油机的发展来说是一个突破性的进步。由于直列式喷油泵使原来带有笨重压缩机的柴油机(图 1-1(a))的重量大为减轻(图 1-1(b)),因此,柴油机被推广应用到车辆、船舶等运输机械上去,从而使柴油机工业也很快发展起来。R·Bosch 发明的喷油泵,其主要创新之处是解决了用柱塞在柱塞套中形成高压油并用螺旋槽调节喷油量的问题,这一基本原理一直沿用至今。喷油设备的发展促进了柴油机的发展,特别是最近 50 多年来,各种用途的柴油机都有突飞猛进的发展,船用柴油机的强化指标($p_e \times C_m$)不断提高。以日本三菱公司 UE 系列柴油机为例,其强化指标已由 50 年代的 $5 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ 提高到 90 年代的 $14 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$,如图 1-2 所示。耗油率 g_e 由 50 年代的 $218 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 降低到 90 年代的 $163 \sim 177 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。由于复合增压及机油高温冷却热量回收系统的利用,柴油机的效率已提高到 53%~55%。对小型柴油机来说,90 年代发动机耗油率已由 50 年代时

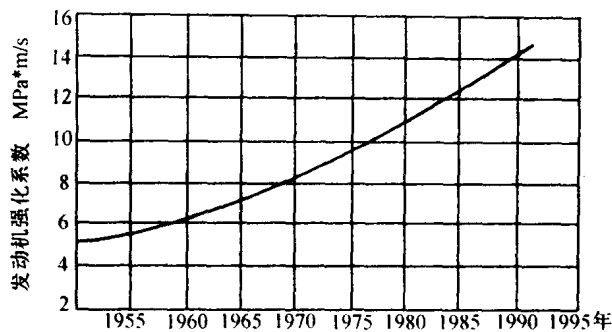


图 1-2 日本三菱公司 UE 柴油机强化指标提高幅度

的 $286 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 下降到 $189 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ (图 1-3)。

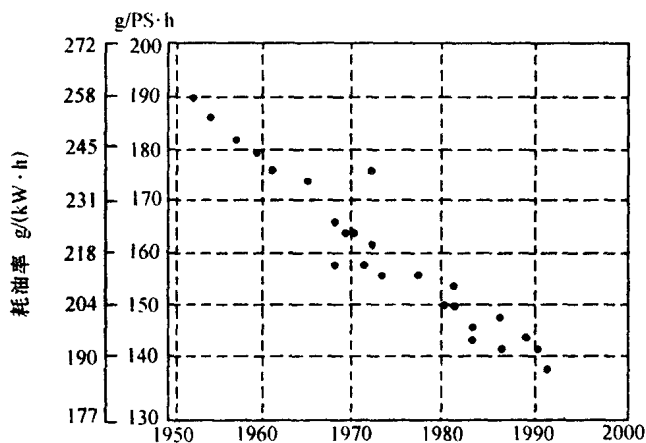


图 1-3 耗油率下降情况

近 50 年来,柴油机的寿命已得到极大提高,对车用小型柴油机来说,其大修期已由 50 年代时的 12~13 万公里,提高到 90 年代时的 100~150 万公里,即提高了 10 倍多。图 1-4 是小型高速柴油机大修期提高的程度,而大功率高速柴油机的大修期一般在 6000 h 以上,有的达到 21000~40000 h;中速机的大修期一般在 40000~50000 h,有的高达 70000 h(如德国 Mark 公司 8M282 型机);低速机的大修期则更长。

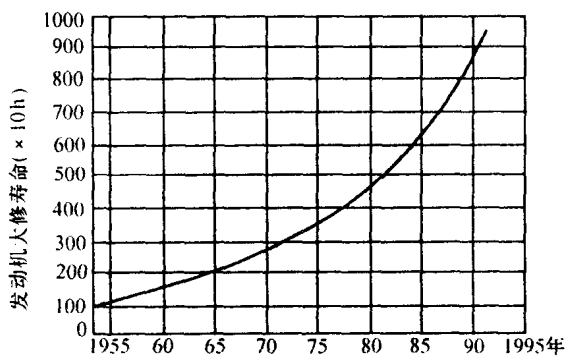


图 1-4 高速柴油机大修期提高程度

1.2 燃油喷射系统的发展

提高功率,节约能源和改善排放已成为当今柴油机发展的必然趋势。因此,要求燃油喷射系统也向高性能化发展。我们所研究的燃油喷射系统是指由喷油泵、高压油管和喷油器所组成的高压系统部分(图 1-5),而不包括输油泵、滤清器等低压部分。为了保证柴油机工作达到完全燃烧,要求经喷油器喷油嘴喷入气缸内的燃油具有良好的雾化状态,并且分布到整个燃烧室中,所以喷油器中的喷油嘴也是一个重要部件,这种喷油系统也称泵—管—嘴喷油系统。现代柴油机对喷油系统提出了如下的基本要求:

- (1)高喷油压力;
- (2)高喷油速率;
- (3)可调的喷油持续期;
- (4)根据负荷和转速的变化,能自动调节喷油始点和喷油量。

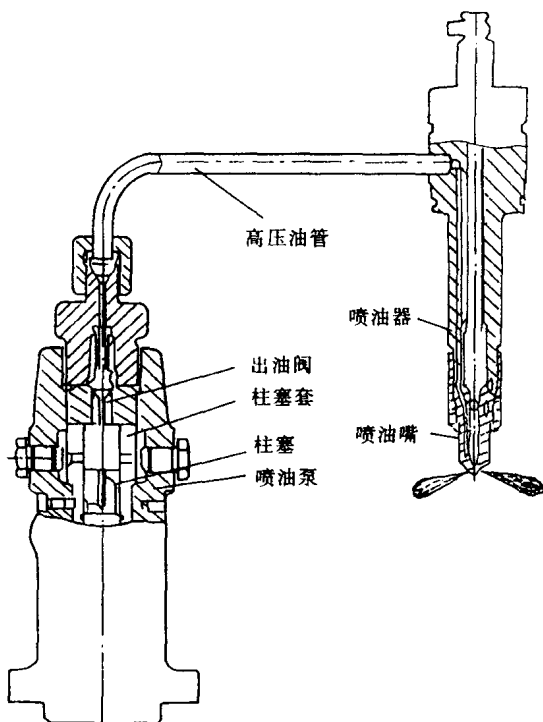


图 1-5 泵—管—嘴喷油系统简图

1.2.1 高压喷射

随着柴油机强化程度的提高和向节能、低排放方向的发展,喷油系统的喷油压力呈不断提高的趋势。20 年前直喷式柴油机的喷油压力约为 50~60 MPa,而目前已远远超过此值。

喷油压力的选择必须与进气系统、燃烧室的几何形状与尺寸结合起来考虑。一般直喷式燃烧室要求喷油压力比分隔式燃烧室高;无涡流或低涡流的直喷式燃烧室要求喷油压力比高涡流直喷式燃烧室高;增压柴油机比非增压高;中、大型柴油机要求喷油压力比小型机要高。各种类型的柴油机目前使用中已达到的喷油压力大致如下。

1. 中小功率柴油机

60 年代前喷油压力一般为 40~60 MPa,目前已达 70~120 MPa,并正向高于 120 MPa 发展。而机械驱动式泵—喷嘴最高喷油压力已达 150 MPa。

2. 大型船用和机车用柴油机

70 年代前,喷油压力一般为 60~70 MPa,目前实用的已达 150~180 MPa。

荷兰的 WÄRTSILÄ(瓦锡兰)26 型柴油机的喷油峰值压力为 200 MPa。在日本,试验用柴油机上的喷油压力已达 300 MPa。我国目前除个别机型柴油机喷油压力达 120 MPa 外,一般都在 120 MPa 以下。

Robert Bosch 公司认为当今直喷式柴油机对喷油压力(嘴端)的要求应符合图 1-6 中所示的范围。

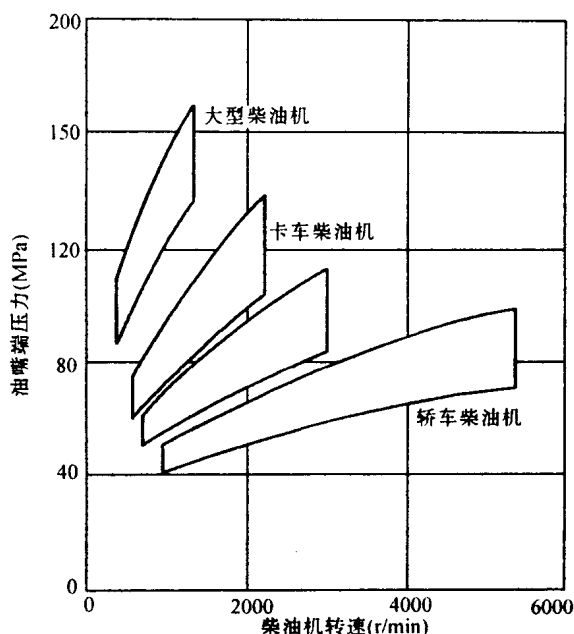


图 1-6 不同用途柴油机要求的喷油压力值

1.2.2 提高喷油压力

提高喷油压力后会带来以下三方面的好处。

(1) 提高喷油压力后可使耗油率降低,如图 1-7 所示。

(2) 喷油压力对喷油喷雾的油粒尺寸有非常大的影响,油粒直径随着喷射压力的提高,明显减小。

(3) 提高喷油压力可降低排放指标。柴油机燃烧过程中的不完全燃烧和燃烧反应的中间产物,如一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、二氧化硫(SO_2)、氮氧化合物(NO_x)及微粒(铅化物、碳烟及油雾)等大部分是有毒的,或有强烈的刺激性、臭味和致癌作用。因此,为满足日益严格的排放法规的要求,世界各国柴油机制造商投入了大量的人力和物力进行研究,设法降低柴油机的排放,特别是 NO_x 和微粒的排放。

欧、美和日本等都制定相应的排放法规,表 1-1 为美国 Cummins 公司为满足美国环境保护局(EPA)提出的柴油机排放法规的要求所采用的措施,主要通过改进柴油机配气系统、燃料喷射系统、燃烧系统、燃料及排气后处理等来降低 NO_x 及微粒排出。其中在燃料喷射系统方面主要是不断提高喷射压力,实行高压喷射。

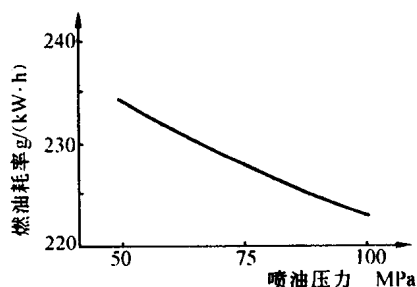


图 1-7 喷油压力对燃油耗率的影响

表 1-1 美国制定的柴油机排放法规

年 限 排放物	1985~1989	1990	1991~1993	1994
NO _x g/(kW·h)	14.55	8.16	6.8	6.8
微粒 g/(kW·h)	0.816	0.816	0.34	0.316

图 1-8 列出了欧洲、日本和美国 1974~2003 年车辆排放法规的变化。

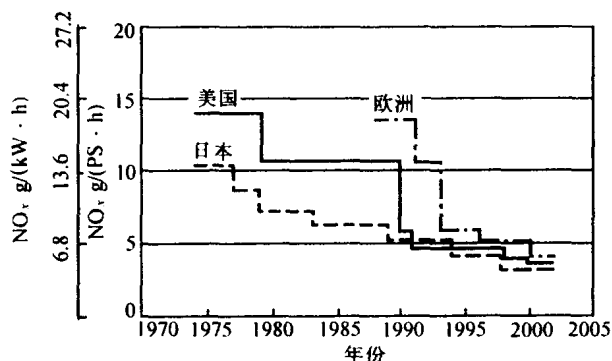


图 1-8 世界车辆排放标准

日本 2000 年时的法规要求 NO_x 为 4.5 g/(kW·h);微粒达到 0.25 g/(kW·h)。

图 1-9 为在一台涡流比为 1.4 的直喷式柴油机上进行的高压喷射试验结果。试验时常规喷油泵的喷射压力为 60 MPa,高压喷射时试验压力达到 160,190 和 210 MPa。随喷射压力的提高,微粒排放及 NO_x 排放量均随之减少。

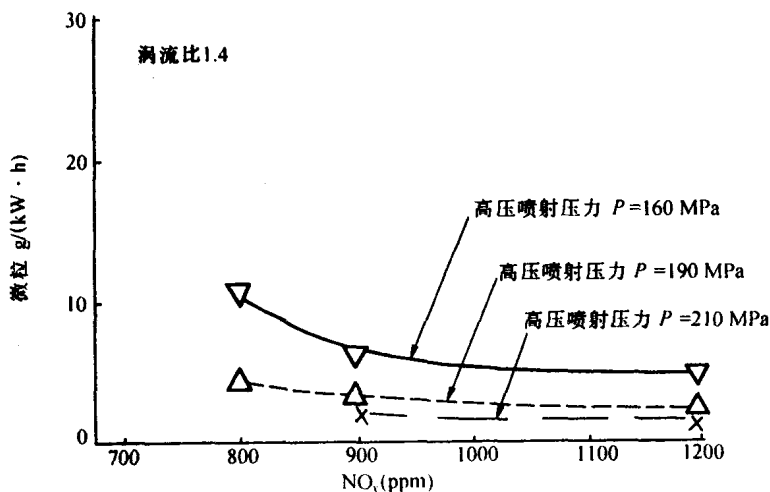


图 1-9 高压喷射对发动机 NO_x 排放及微粒排放的影响

1.3 提高喷油压力的方法

1.3.1 提高喷油速率

提高油泵凸轮的速度和增大柱塞直径是提高喷油速率最有效的方法,也是最容易实现的。目前最高喷射速率已达 $177 \text{ mm}^3/\text{度}$ 以上。

例如,最近我国对内燃机车用的柴油机进行了技术改进,柱塞直径由 $\varnothing 18 \text{ mm}$ 增大为 $\varnothing 20 \text{ mm}$,凸轮最高速度由 1.38 m/s ,提高到 1.68 m/s ,使柴油机在绝大多数工况下的油耗平均下降了 $10.336 \text{ g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

1.3.2 缩短高压油管的长度

(1)为了减少压力损失,应尽量缩短高压油管,目前缸径为 200 mm 左右的大功率柴油机,过去采用组合式喷油泵,现都逐渐地改为单体喷油泵。这样,由于高压油管的缩短,提高了喷油压力,从而改进了燃烧,同时这种单体喷油泵更换容易而迅速,而且不再需要对新喷油泵进行标定,维修也方便。另一优点是,在同系列柴油机上能装配相同的喷油泵,因此生产量较大,可降低价格。例如 $12\text{V}956$ 型机和 $\text{T}12\text{C}$ 型机,就是先后这样改进的,原 956 型柴油机的高压油管长度为 1.64 m ,改进后不到 1 m 。

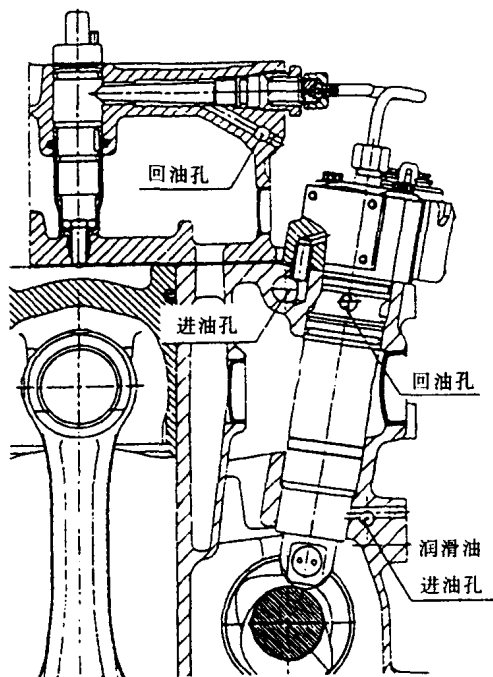


图 1-10 单体喷油泵的布置

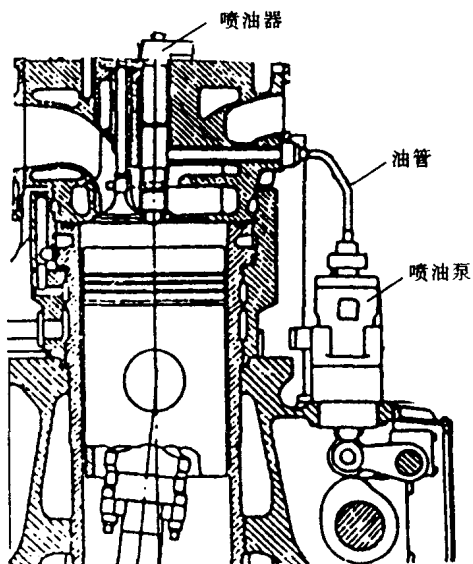


图 1-11 MAN L58/64 型柴油机喷油泵布置

(2)中、大型机单体喷油泵的布置,都趋向尽量靠近气缸头并且有的机型使高压油管从气缸头中间穿过,如图 1-10 所示。这种设计方法已有不少机型采用,它可大大缩短高压油管的长度,如 PA6-280 柴油机外部的高压油管长度只有 388 mm,加上气缸头内的油管 235 mm,总共只有 623 mm。而原 303 机型的油管长度为 1250 mm,当将其长度减少至 750 mm 时,其喷射压力可提高 21.2 MPa。

在 MANL58/64 机上,将横穿气缸头的高压油管直接与喷油器下面的喷油嘴相连接,如图 1-11 所示,减少了喷油器的高压油路容积。

1.3.3 适当减小高压油管内径

由于高压容积的减少可提高喷射压力,目前趋向采用较小内径的油管。根据我们对轻 12-180 柴油机计算得知:当油管直径由 2.8 mm 减少到 2.5 mm 时,其喷油压力从 93.8 MPa 提高到 102.7 MPa,即提高了 8.9 MPa。由此我们可以联想到,在同一台发动机中各缸的油管内径公差应严格控制,否则将引起各缸喷雾特性和喷油时刻的差别。例如,有的机型图纸规定高压油管内径的公差为 $\varnothing 2 \pm 0.5$ mm,这是不合适的,特别是同一台发动机,内径相差 1 mm 是不能允许的,应严格进行分组选配。

为适应高压喷射的需要,大、中型柴油机的油管应用特殊钢制造而且内径要进行加工。

高压油管内径应通过喷油过程的计算优化选取,过分减小油管内径由于流动阻力的增加反而会使喷油压力降低。例如,我们曾在某柴油机上做过这样的试验,将高压油管 $\varnothing 3$ mm 改为 $\varnothing 2$ mm,结果喷射压力由 85 MPa 降为 80.9 MPa。

1.3.4 减小高压油路中的附加容积

这里主要是指减小柱塞上腔、出油阀腔和喷嘴蓄压腔的容积。

(1)减小柱塞顶面高压腔的容积会改变喷油特性,图 1-12 所示为 135A 型柴油机的柱塞副,柱塞直径为 $\varnothing 10$ mm。将柱塞套筒缩短 0.75 mm,即柱塞顶面和出油阀之间的高压容积减小 59 mm^3 ,同时,相应减小滚轮至滚轮体调节螺钉顶面高度尺寸,可提高供油始点和供油速度,增加喷油压力,使柴油机获得良好的经济性。

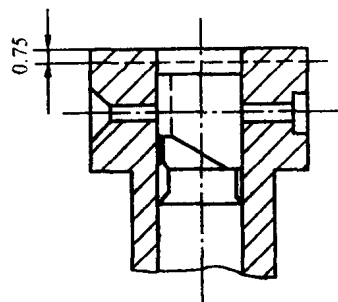


图 1-12 柱塞套筒改进

(2)减小出油阀容积。出油阀腔高压容积的减小,能取得良好的喷油特性,降低滴油趋势,缩短喷油延迟期,提高供油均匀性。在 135A 型单缸机上,进行了将原出油阀腔容积从 1300 mm^3 减为 830 mm^3 的试验,结果可使耗油率下降约 $2.72 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。油耗下降的原因主要是高压容积的减少,使其喷油压力提高,雾化良好,燃烧更完全。又如在轻 12-180 机型上,将出油阀腔容积从 2960 mm^3 减小到 1660 mm^3 时,其喷油压力提高了 7.2 MPa。

(3)减小喷嘴蓄压腔的容积。对于喷嘴蓄压腔容积来说,当针阀升程一定时,尺寸小的针阀蓄压腔容积较小,若保持其他参数不变,蓄压腔的容积越小,针阀的升起、落座也越迅速。减小蓄压腔容积会带来良好的喷射特性。目前有减小蓄压腔容积的趋向。

(4)减小喷嘴压力室容积。这部分容积对喷油特性有一定影响,不论大、中、小型柴油机,人们对减小压力室容积都很重视。减小压力室容积不仅可以降低滴油、喷孔外部积碳,

而且对柴油机的经济性有很大影响,同时也是当前降低直喷式柴油机 HC 含量的最有效的方法。压力室容积越小,产生的 HC 越少。因为燃油在该处热膨胀并气化,将在主喷射之后离开喷嘴进入燃烧室,因而不能完全燃烧,便产生较多的 HC 排放物。就减少 HC 排放物而论,应当使用无压力室的喷嘴。

在船用柴油机的喷嘴中,有些机型针阀体与喷嘴分开,其设计思想是使针阀座远离燃烧室,减轻热负荷,提高使用期限,但因此而带来了针阀座以下的压力室容积较大,例如老 300 机的压力室容积高达 1520 mm^3 ,如上所述这部分容积是有害的。因此现代一些中型柴油机都趋向将针阀体和喷嘴设计成一体(图 1-13),这可大大减小压力室容积。

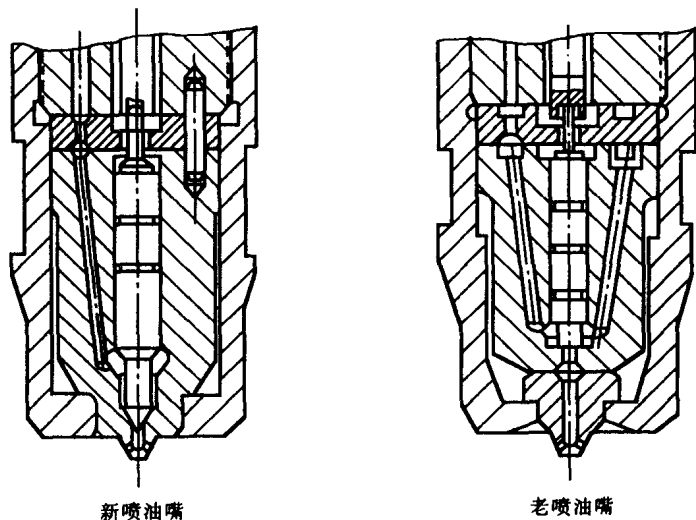


图 1-13 喷嘴结构改进

1.3.5 减少高压油路中截面的变化

(1)在高压油路中截面变化过多,将会造成喷油压力的损失。在以前的设计中不太注意这一点,一般截面变化较多,例如轻 12-180 型机上高压油路中有 8 段 7 个变截面,而 PA6-280 机上只有三段两个变截面;再如 300 系列柴油机上仅喷油器中就有 12 个变截面(图 1-14),这样压力损失较大,而新改进的喷油器就减少了截面的变化(如图 1-14 中实线所示),取得了较好的效果。当然改进后的变截面仍有减少的可能。

为了减少变截面,现代设计的喷嘴端面环形槽油道已逐渐被取消,取而代之的是用销钉与喷油器体定位,油道直通蓄压腔。

为使压力损失最小,高压油路设计的原则应是这样的:尽量减少截面的变化及其变化幅度,要求燃油流通截面积从高压油管至喷孔处逐渐缩小。

(2)关于高压油路中缝隙式过滤器的问题。在大、中、小型柴油机中,有的在喷油器前端装有高压缝隙式过滤器,其目的是为了精滤燃油,防止微小杂质进入喷嘴而造成损伤或喷雾不良。但是经研究证明:有了这种滤器,不仅使燃油的供油波节流,压力损失增加,而且使喷嘴端向泵端反射的压力波难以利用整个高压系统容积进行缓冲,从而不能充分地发挥出油阀的作用。所以在主喷射结束后的瞬间,在蓄压腔到滤器之间的油路内,有时反射波达到较

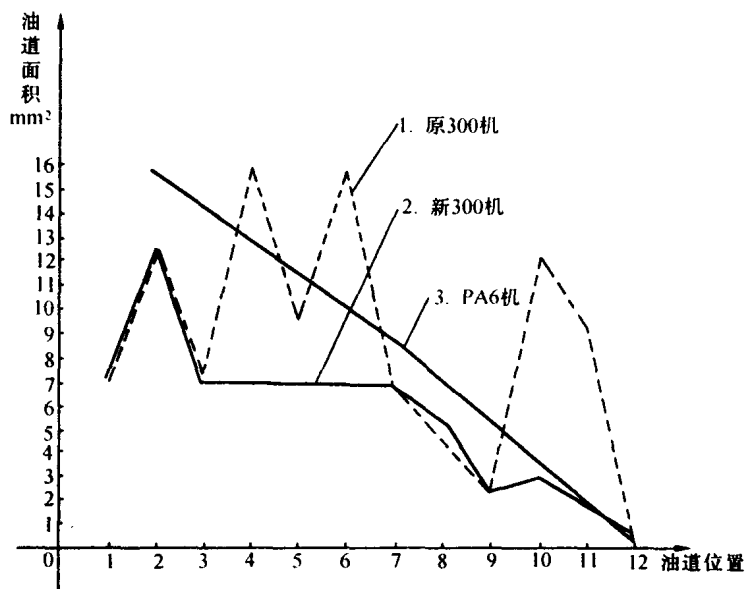


图 1-14 喷油系统流通截面积变化

1—300 原喷油系统;2—300 新喷油系统;3—PA6—280 喷油系统

高的压力幅,并超过了开启压力,从而引起二次喷射。在这种情况下,显然应取消这种滤器为好。

经试验结果和计算表明,拆除高压缝隙式滤器后,其喷射压力可提高 10 MPa 以上。这对改善喷雾质量和燃烧是十分有利的,并能降低油耗,因此从减少能量损失,提高喷油压力等方面考虑,也是以不使用这种高压缝隙式过滤器为好。

1.3.6 提高喷嘴针阀的开启压力

众所周知,提高针阀的开启压力,不但能保证喷油器喷射开始和结束的雾化质量,而且能防止二次喷射和燃气向喷嘴内倒流。所以,现代大、中、小型柴油机的喷嘴针阀开启压力都有明显提高的趋势。汽车柴油机喷嘴开启压力约为 18~22.5 MPa;中、高速柴油机喷嘴的开启压力为 22~35 MPa;大、中型柴油机喷嘴开启压力为 30~40 MPa。过去喷嘴开启压力一般为 20 MPa 左右,目前已使用 30 MPa 以上,甚至达到 40 MPa。

为了改善低负荷时的雾化质量和经济性,在日本三菱 UEC52L 型机上,采用了喷嘴开启压力可调的喷油器(图 1-15)。该机额定负荷时的针阀开启压力为 32 MPa,但在 30%~70% 的负荷内,通过控制系统可自动调到 55 MPa 的开启压力,提高了柴油机低负荷的经济性。

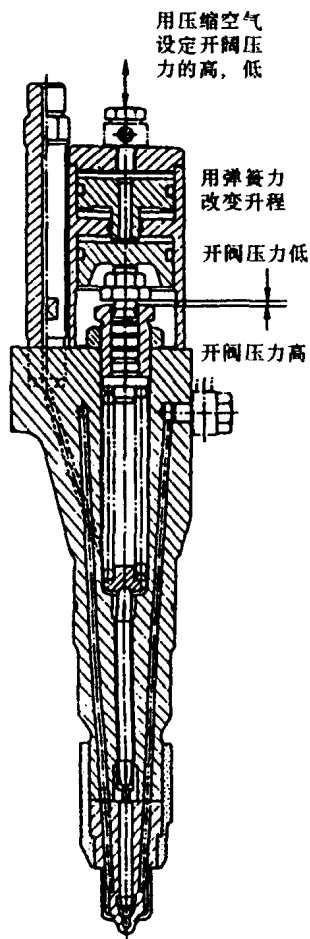


图 1-15 启喷压力可调的喷油器

1.4 常规喷油系统

根据柴油机结构型式和用途的不同,发展了各种类型的喷油系统。对其性能特点的要求各有所侧重。现代柴油机上常用的喷油系统,按燃油加压方法可分为直接作用的柱塞式喷油泵喷油系统和分配式喷油泵的喷油系统以及蓄压式燃油系统等。图 1-16 所示为常规喷油系统的简图,它广泛地应用在中、小型柴油机上。

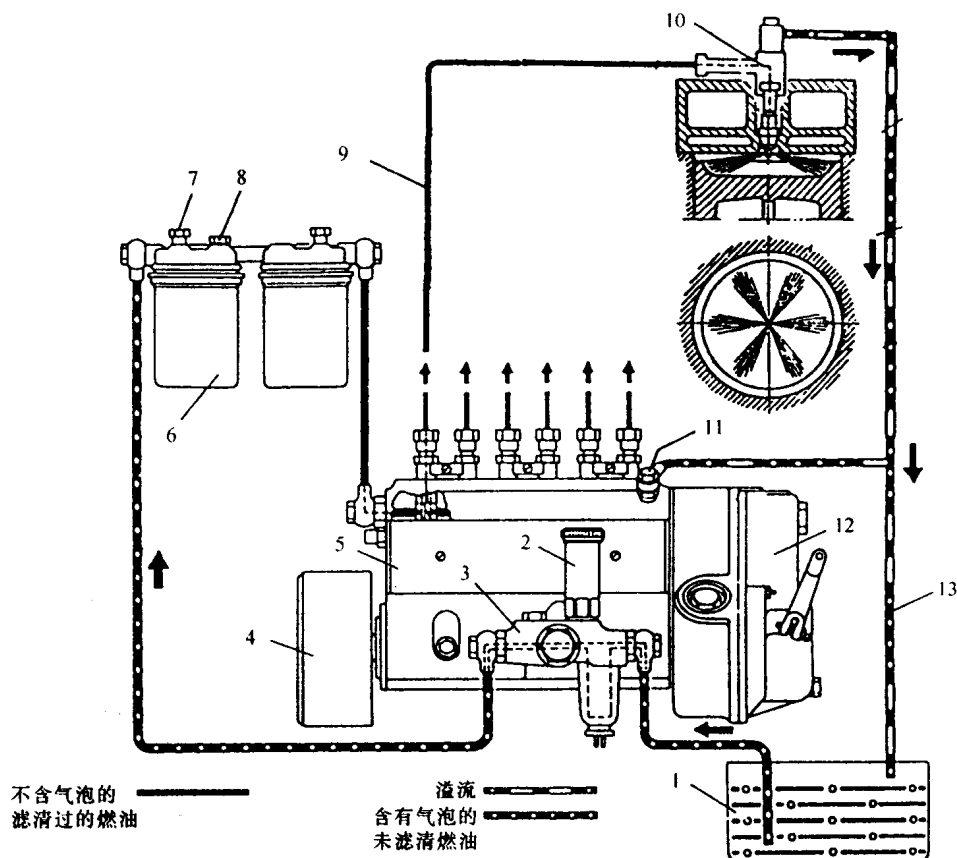


图 1-16 常规喷油系统

- 1—油箱;2—手动泵;3—输油泵;4—喷油提前器;5—喷油泵;
6—滤清器;7—放气旋塞;8—加油螺塞;9—高压油管;
10—喷油器;11—回油阀;12—调速器;13—回油管

该系统由下列部件组成:油箱 1、输油泵 3、低压油管、燃油滤清器 6、喷油泵 5、高压油管 9、喷油器 10 和回油阀 11 等。油箱 1 中的燃油用输油泵 3 以一定的压力(0.15~0.4 MPa)经燃油滤清器 6 送入喷油泵 5。自喷油泵输出的高压燃油经高压油管进入喷油器 10 喷入燃烧室。由于输油泵的供油量比喷油泵的供油量大 3~8 倍,多余的燃油通过装在喷油泵上的回油阀 11(同时控制输油压力)和回油管 13 返回油箱(或者有的回到输油泵的入口),这