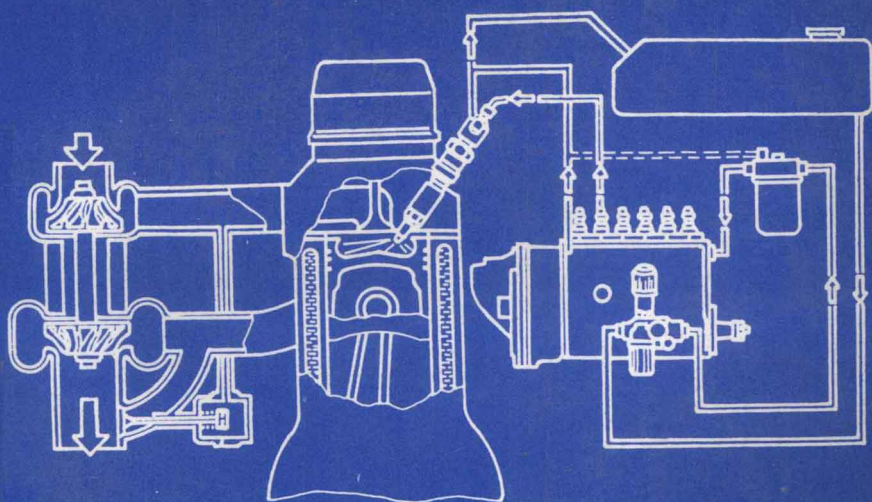


柴油机喷油系统

邓东密 邓 杰 编著



机械工业出版社

柴油机喷油系统

邓东密 邓 杰 编著



机械工业出版社

内 容 简 介

本书理论联系实际,内容实用,详细阐述了在中、小功率车用柴油机中广泛应用的 A 型泵、VE 泵及常用的几种调速器、提前器、喷油器的结构原理,并介绍了喷油泵的调试方法,分析机泵匹配中的若干问题。本书还附有国内几家大型油泵油嘴生产企业对部分主要柴油机用油泵的调试规范。本书可供汽车、柴油机、油泵油嘴生产企业及有关研究所的工程技术人员参考,也可供大专院校内燃机专业师生阅读,并为使用、维修人员正确调试油泵提供科学依据。

图书在版编目(CIP)数据

柴油机喷油系统/邓东密,邓杰编著. —北京:机械工业出版社, 1996. 1

ISBN 7—111—04804—0

I. 柴… II. ①邓… ②邓… III. 柴油机—喷油泵
IV. TK423.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 23049 号

出 版 人 马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑:钱既佳

封面设计:邓 杰

印 刷 厂:北京市地质矿产局印刷厂

1996 年 1 月第 1 版·1996 年 1 月第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/32· 印张·16.625 插页·445 千字

0001—4000 册

定价: [REDACTED] 元

版权所有 不得翻印

序 言

“科学”与“技术”密切关连、互为基础、互相促进,但前者追求个别方面的精确因果关系,而后者要在复杂的客观条件下,以最经济的办法,满足对产品的要求。于是在出发点的考虑、工作要求和方法、以及成果的评价等方面,两者并不相同,因而容易脱节。只有两者有效结合,才能使两者迅速发展,得到正值的效益。

在我国目前情况下,亟需促进“科”“技”的有效结合,在这方面产品发展技术人员体会最深。泰勒教授从事产品发展工作多年,后转到麻省理工任教时,仍兼任厂家顾问,他在《内燃机》一书中写到,既有的设计书,不是莫明其妙,就是将人引入歧途,因为产品设计有经验的人,既无兴趣也无时间写书。我国有不少具有产品发展经验的技术人员,虽然由于产品本身的落后,其发展对象并非世界先进水平,但他们的真知,不仅对于当前技术普及和产品发展有较高价值,而且有助于消化先进技术,更可有促进“科”“技”有效结合的作用。

邓东密同志多年工作于喷油系产品发展的第一线,多所建树,能在百忙中将亲身经验心得系统化而公之于世,正符合当前的迫切需要。如果有更多的产品发展第一线技术人员,不吝金玉不忌麻烦,加以出版界的协力,出版更多这种书籍或文章,则将大有助于我国技术水平的切实提高。

程 宏

1996年1月

前 言

邓东密编著的《喷油泵结构原理和调试匹配》一书,于1988年8月由机械工业出版社出版后,得到不同层次读者的广泛欢迎,为满足广大读者的要求,我们又合作编著了本书。

众所周知,喷油系统是柴油机的心脏,是决定柴油机各项性能的关键部件,只有深入了解其结构原理,掌握丰富的实践经验,才能正确调试,合理匹配,使柴油机获得良好的综合性能指标。本书详细阐述了中小功率车用柴油机常用的A型泵、VE分配泵的结构原理,介绍了其调试方法,并分析了机泵匹配中的若干问题。

本书承蒙清华大学著名教授程宏先生的热情推荐并对本书提出了许多宝贵意见,江苏理工大学校长高宗英教授也对本书提出了不少宝贵意见。

本书还荣幸地得到国内外多家著名企业的大力支持,世界上久负盛名的两家燃油系统生产企业:德国BOSCH公司喷射设备部(K5部)博士张敬雄先生和日本ZEXEL公司驻北京办事处技术代表大塚嘉明先生均向作者提供了大量宝贵资料,供本书参考,书内借用了不少珍贵插图,在此,特向BOSCH公司、ZEXEL公司表示衷心感谢。

本书在编著过程中得到广西玉柴机器股份有限公司董事长王建明先生、副总经理吴民勤先生的关心和支持。

无锡威孚股份有限公司总经理薛祖兴先生、北京天纬油泵油嘴股份有限公司总经理方立民先生、中外合资南岳油泵油嘴股份有限公司总经理李介南先生、大连油泵油嘴厂厂长左振凯先生等国内几家大型油泵油嘴生产公司(厂)的领导对本书都十分支持,把各单位主要配套机型的油泵调试规范给本书,为广大用户的正确调试提供了科学依据。

特向上述各位先生表示衷心感谢。

由于作者水平有限,不当之处,恳切欢迎广大读者批评指正。

邓东密 邓 杰

1996年1月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 内燃机理论循环	(2)
一、等容循环	(2)
二、等压循环	(3)
三、混合循环	(4)
四、内燃机理论循环比较	(4)
第三节 柴油机工作原理简述	(5)
一、柴油机工作过程	(5)
二、柴油机燃烧过程	(8)
三、柴油机放热规律	(11)
第四节 柴油机和汽油机的主要区别	(13)
一、燃料	(13)
二、进气形式及混合气的形成	(13)
三、燃烧	(14)
四、爆燃与敲缸	(14)
五、部分负荷燃烧比较	(16)
六、工作稳定性比较	(16)
第五节 柴油机燃烧室	(17)
一、直喷式燃烧室	(17)
二、分隔式燃烧室	(22)
第六节 涡轮增压柴油机概述	(25)
一、柴油机增压的作用	(25)
二、废气涡轮增压柴油机工作原理概述	(26)
三、废气涡轮增压柴油机与压气机的联合运行曲线	(28)
四、涡轮增压柴油机的高原特性及恢复功率	(32)
五、柴油机增压中冷	(34)

六、涡轮增压柴油机的扭矩特性	(34)
七、涡轮增压柴油机的主要缺点	(36)
八 涡轮增压柴油机对喷油系统的要求	(39)
第七节 柴油机对喷油系统的要求	(40)
一、对喷油系统的要求	(40)
二、喷油系统的组成部件及其作用	(41)
第二章 喷油泵	(43)
第一节 喷油泵的作用	(43)
第二节 喷油泵的主要组成部件	(43)
第三节 喷油泵的结构和工作原理	(45)
第四节 喷油泵的分类	(49)
一、直列式喷油泵	(49)
二、分配泵	(56)
三、电控喷油泵	(57)
第五节 喷油泵主要零件的结构特点	(61)
一、柱塞偶件	(61)
二、出油阀偶件	(73)
三、出油阀接头及减容器	(81)
四、凸轮轴	(82)
五、滚轮	(89)
第六节 喷油泵的工作能力	(90)
一、最大循环供油量	(90)
二、最高平均供油速率	(91)
三、最大许用泵端压力	(91)
四、最高转速	(93)
第三章 调速器	(94)
第一节 内燃机的稳定性	(94)
第二节 调速器的作用	(98)
第三节 调速器分类	(99)
一、按结构分类	(99)
二、按功能分类	(101)
第四节 调速器工作特性	(102)
一、恢复力 E	(102)

二、支持力	(102)
三、调速器工作的稳定性	(102)
四、调速率与转速变化率	(106)
五、不灵敏度	(108)
六、调速器工作能力	(110)
第五节 调速器结构及工作原理	(111)
一、RVS 机械式全程调速器	(111)
二、RAD 机械式两极调速器	(123)
三、RFD 机械式全程两极两用调速器	(135)
四、气膜 机械组合式全程调速器	(136)
五、RAD K 调速器结构原理	(149)
六、带扭矩弹簧的 RSV 调速器	(154)
第四章 供油提前角自动调节器(简称提前器)	(158)
第一节 提前器的作用	(158)
一、喷油延迟	(158)
二、着火延迟	(160)
第二节 离心式提前器的结构及工作原理	(161)
一、SA 型提前器	(162)
二、SP 型提前器	(165)
三、双偏心提前器	(167)
第五章 喷油器	(173)
第一节 喷油器的作用	(173)
第二节 喷油器结构及其工作原理	(173)
第三节 喷油器的喷雾特性	(176)
一、雾化质量	(176)
二、贯穿深度(或称射程 L)	(177)
三、喷雾锥角	(178)
第四节 针阀偶件分类	(178)
一、轴针式油嘴	(179)
二、孔式油嘴	(185)
第五节 喷油器结构及其对柴油机性能的影响	(189)
一、针阀升程和头部形状	(189)
二、压力室容积	(190)

第六节 喷油系统的不正常喷射	(192)
一、二次喷射	(192)
二、气泡、穴蚀	(193)
三、滴油	(194)
第六章 喷油泵的调整试验	(196)
第一节 喷油泵调整试验的意义	(196)
第二节 喷油泵试验条件	(196)
第三节 喷油泵试验曲线	(199)
一、速度特性曲线	(199)
二、供油特性曲线	(200)
三、调速特性曲线	(201)
四、真空度曲线	(202)
五、提前器特性曲线	(204)
第四节 喷油泵的试验内容	(207)
一、试验准备	(207)
二、检查、调整及试验内容	(210)
第五节 喷油泵调整	(223)
一、A 型泵配 RAD 两极调速器调整	(223)
二、A 型泵配 RSV 全程调速器调整	(234)
三、A 型泵配 RFD 全程、两极两用调速器调整	(240)
四、A 型泵配 RBD 型气膜机械组合式全程调速器调整	(241)
五、A 型泵配 RAD-K 调速器调整	(250)
六、A 型泵配带有扭矩弹簧的 RSV 调速器调整	(254)
第七章 VE 分配泵	(256)
第一节 前言	(256)
第二节 VE 分配泵供油系统的主要特点	(258)
一、输油泵	(258)
二、油水分离器	(259)
第三节 VE 分配泵结构和工作原理	(261)
一、低压系统	(261)
二、高压系统	(269)
三、调速系统	(280)
四、定时装置	(301)

五、停油装置	(308)
六、附加装置	(310)
第四节 VE 分配泵的调整	(335)
一、自然吸气柴油机用 VE 分配泵的调整	(335)
二、增压柴油机用 VE 分配泵(带增压补偿装置)调整	(347)
第八章 喷油系统与柴油机匹配	(353)
第一节 匹配的意义	(353)
第二节 匹配步骤	(354)
一、匹配次序方框图	(354)
二、了解柴油机基本参数	(355)
三、喷油系统初步估算	(356)
四、喷油系统结构选择	(359)
五、喷油系统模拟计算	(359)
六、喷油系统模拟试验	(361)
七、柴油机台架匹配试验	(362)
八、应用匹配	(363)
九、耐久考核	(364)
第三节、匹配调整分析	(364)
一、喷油定时调整分析	(364)
二、供油速率调整分析	(376)
三、喷油规律选择	(392)
四、喷射压力和开启压力	(393)
五、扭矩特性的调整分析	(396)
六、低速工况	(416)
七、调速率	(424)
八、全程调速器与两极调整器使用性比较	(425)
第四节 实用匹配调整	(427)
一、柴油机的起动	(427)
二、柴油机标定工况调整分析	(430)
三、柴油机扭矩特性的调整及油泵校正的确定	(439)
四、柴油机试验中的验证	(446)
第九章 燃油系统使用保养与故障排除	(447)
第一节 使用与保养	(447)

一、喷油泵装上柴油机以前的准备工作	(447)
二、燃油	(447)
三、润滑油	(448)
四、封存	(448)
五、其他注意事项	(448)
第二节 故障与排除	(449)
附录 A 油泵油嘴型号编制说明	(452)
一、中国	(452)
二、德国 Bosch 公司	(456)
附录 B 国内几家大型油泵油嘴生产企业对部分主要柴油机用油泵 调试规范	(462)
一、北京天纬油泵油嘴股份有限公司	(462)
二、无锡威孚股份有限公司	(472)
三、中外合资南岳油泵油嘴股份有限公司	(499)
四、大连油泵油嘴厂	(505)
参考文献	(515)

第一章 绪 论

第一节 概 述

柴油机是内燃机的一种,它是以柴油为燃料,通过燃烧把热能转变为机械能的一种动力机械。

柴油机的工作原理是由德国工程师鲁道尔夫·狄塞尔(Rudolf·Diesel 1858~1913)于 1892 年发明的,因此,柴油机又名狄塞尔发动机。

早期的柴油机,由于燃油的供给是采用压缩空气吹入燃烧室的方法,因此,必须装有笨重的压气机,燃油雾化质量无法保证,柴油机性能很差,转速的提高受到限制,柴油机的应用只局限于固定动力和船用。

德国工程师、实业家罗伯特·波许(Robert·Bosch 1861~1942)于 1922 年着手研究新的喷油系统,1927 年 Bosch 泵开始投放市场。Bosch 泵的发明,对柴油机的发展作出了重大贡献,把柴油机的用途扩大到汽车、拖拉机等移动式机械。Bosch 泵的研究成功,对不断提高和改善柴油机各项性能指标起了决定性的作用。直到今天,世界上各类喷油泵虽然经过了几十年的发展、变型,但其工作原理基本上没有多大变动。

由于 Bosch 泵结构的不断改进,推动了柴油机的不断发展,而柴油机的不断发展,又促进了喷油系统的不断更新换代。至今,柴油机在汽车、拖拉机、工程机械、船舶、发电和其他一些固定动力等领域已被广泛应用。

几十年来,Bosch 泵在世界上一直处于主导地位,其中尤以 VE 分配泵、A 型泵、P 型泵等系列泵在中、小功率柴油机中应用最为广泛。

由于柴油机使用量大面广,因此,对柴油机的动力性、经济性以及排污、噪声等各项性能指标都有严格的要求。而柴油机的性能则取决于燃烧系统、进气系统和喷油系统三方面的正确匹配。因此,人们正围绕着这三方面的研究,致力于改善和提高上述各项性能,为获得柴油机良好的综合指标而努力。

第二节 内燃机理论循环

内燃机理论循环有等容循环、等压循环和混合循环 3 种典型的热力循环,其特点如下所述:

一、等容循环

等容循环又名奥托循环,其特点:燃料燃烧放热是在气缸容积不变的条件下进行(见图 1-1),汽油机近似按这种循环工作,这种循环的理论热效率:

$$\eta_{TV} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \quad (1-1)$$

式中 η_{TV} ——等容循环理论热效率;

ϵ ——压缩比;

κ ——绝热指数。

由式(1-1)可知:影响 η_{TV} 的因素是 κ 、 ϵ ,而 κ 值主要取决于燃料的性质,从结

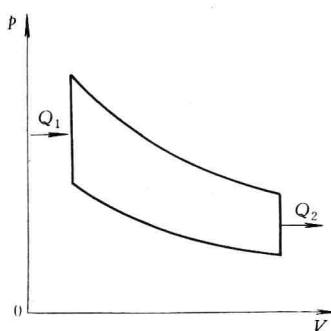


图 1-1 等容循环

构上分析,要提高 η_{TV} ,只有加大 ϵ 。理论上 ϵ 愈大,效率愈高。但因汽油机在气缸内被压缩的是含燃料的混合气体,如 ϵ 太大,被压缩的混合气温度过高,有时火花塞尚未点火,即着火燃烧。而且,燃烧十分猛烈,引起所谓的“爆燃”。这样不但热效率会降低,还会影响机器的正常运行和使用寿命,这就限制了 ϵ 和 η_{TV} 的提高。 ϵ 值通常

是根据选用的燃料性质而定,抗爆燃性好的燃料可选较高的压缩比,一般汽油机 ϵ 取 7~12。

二、等压循环

为加大内燃机压缩比 ϵ 来提高热效率,同时又要避免燃料在压缩过程中产生爆燃现象,可采用下列的方法:将纯空气吸入气缸进行压缩,在压缩接近上止点前,才开始把低挥发性燃料(如柴油)喷入高温空气内,并在燃料燃烧时,边喷油、边燃烧、边膨胀。因其放热过程是在等压条件下进行的,这种热力循环称为等压循环(见图 1-2),又名狄塞尔循环。通常,早期的低速柴油机和分隔式燃烧室近似地按这种循环工作,等压循环的理论热效率为:

$$\eta_{TP} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}} \left[\frac{\rho^{\kappa} - 1}{\kappa(\rho - 1)} \right] \quad (1-2)$$

式中 η_{TP} ——等压循环理论热效率;

ϵ ——压缩比;

κ ——绝热指数;

ρ ——初期膨胀比,

即燃料在等压燃烧放热的终点时,气缸容积 V_3 与压缩终了时气缸容积 V_2 之比: $\rho = \frac{V_3}{V_2}$ 。

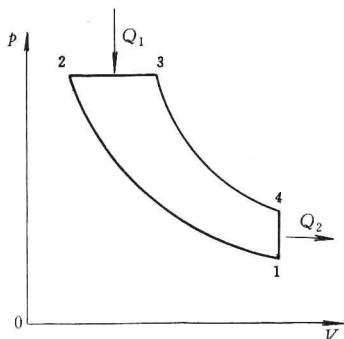


图 1-2 等压循环

从式(1-2)分析, η_{TP} 随压缩比 ϵ 的加大而增加;随初期膨胀比 ρ 的加大而减小。等压循环的优点:由于压

缩的是纯空气,所以可通过提高 ϵ 值来提高 η_{TP} 值;但 ϵ 的提高也

有一定限度,过高的 ϵ 会使内燃机工作粗暴,机械负荷太大。一般等压循环的 ϵ 值为 12~22,约为等容循环的两倍。这就是柴油机热效率高于汽油机的主要原因。

三、混合循环

混合循环又称萨巴蒂循环,是由等容循环和等压循环两部分组成,见图 1-3。通常,高速直喷式柴油机的燃烧放热过程,近似于这种混合循环(详见本章节五节)。混合循环的理论热效率为:

$$\eta_{TVP} = 1 - \frac{\lambda \rho^{\kappa} - 1}{(\lambda - 1) + \kappa \lambda (\rho - 1) \epsilon^{\kappa} - 1} \quad (1-3)$$

式中 η_{TVP} ——混合循环理论热效率;

ϵ ——压缩比;

κ ——绝热指数;

ρ ——初期膨胀比 $= \frac{V_3}{V_{3'}}$;

λ ——定容压力升高比,即等容燃烧结束时压力与压缩終了压力之比:

$$\lambda = \frac{P_{3'}}{P_2}$$

分析式(1-3)得:

1) κ, ρ 对 η_{TVP} 的影响与等压循环相同。

2) λ 愈大, η_{TVP} 愈高。

四、内燃机理论循环比较

1) 对上述 3 种理论循环的热效率进行比较可知:当压缩比相同时,等容循环热效率大于等压循环热效率,混合循环热效率居中,即:

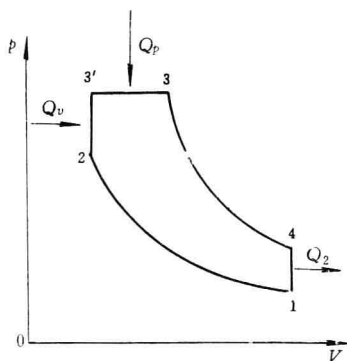


图 1-3 混合循环

$$\eta_{TV} > \eta_{TVP} > \eta_{TP}$$

2) 分析式(1-3):当 $\rho = 1$, 即点 3 与点 3' 重合时为等容循环,

η_{TVP} 值最大;当 $\lambda=1$ 时,点 $3'$ 与点 2 重合,相当于等压循环, η_{TVP} 值最小; ρ 与 λ 值的变化,实质上反映了混合循环中等容燃烧和等压燃烧间比例关系的变化。

分析表明,参与等容燃烧量的比例加大, η_{TVP} 值升高,反之则降低。因此,为了提高柴油机热效率,应提高等容燃烧量的比例,但对噪声、 NO_x 排放不利(第八章第三节将详细分析)。

上述内燃机理论循环是在很多假设条件下分析的,热效率很高,实际热力循环是达不到的。不过,从上述分析中可以定性地找出内燃机燃烧过程中影响热效率、最高燃烧压力、气缸温度、平均有效压力等的因素,可作为研究提高和改进柴油机性能的措施。这对匹配试验时选择喷油规律、喷油速率、喷油压力、喷油定时等参数时是重要的参考依据。

第三节 柴油机工作原理简述

一、柴油机工作过程

图 1-4 是柴油机的示意图,当活塞由上止点向下运动时,外界新鲜空气由进气门被吸入气缸。活塞由下止点向上运动时,对进入气缸内的新鲜空气的温度、压力都有较大的升高。在接近上止点时,将雾化了的柴油从喷油器喷入气缸内与空气混合,使柴油自行着火燃烧,放出热量。混合气的温度和压力急剧升高,燃烧气体膨胀,推动活塞向下运动作功。由于往复运动所做的功,难以直接利用,故通过曲轴连杆把往复运动转变为回转运动后,对外输送,这就是柴油机把燃料的热

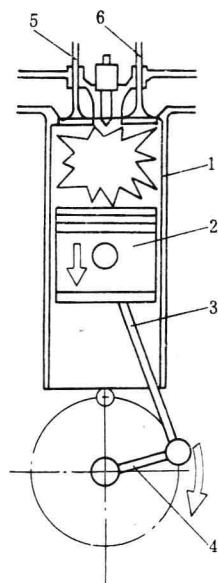


图 1-4 四冲程柴油机简图

1—气缸 2—活塞 3—连杆
4—曲柄 5—进气门 6—排气门