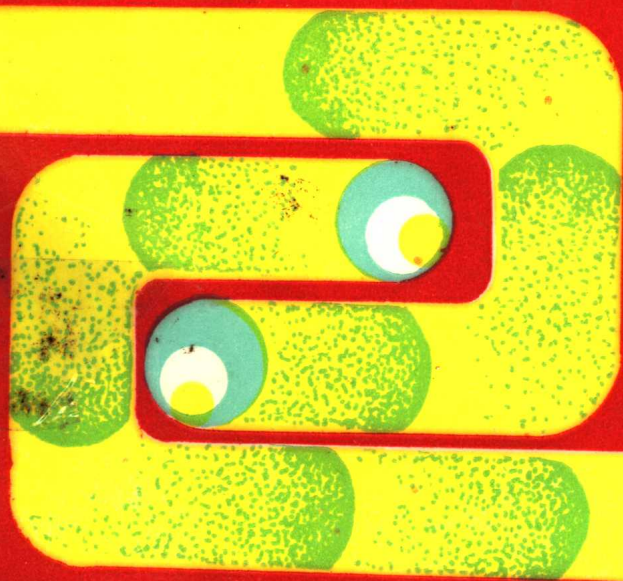


汽车柴油机 燃料供给系修理

闵嘉义 主编



人民交通出版社

QICHE CHAIYOUJI RANLIAO

GONGGEIXI XIULI

汽车柴油机燃料供给系修理

闵嘉义 主编

人民交通出版社

汽车柴油机燃料供给系修理

闵嘉义 主编

正文设计 崔凤莲 责任校对 王静红

人民交通出版社出版发行

(北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092_{1/32} 印张: 12.75 字数: 263 千

1991年1月 第1版

1991年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—7000册 定价: 8.10元

ISBN 7-114-00952-6

U·00613

内 容 提 要

本书比较系统地介绍了多种汽车柴油机燃料供给系的结构特点、工作原理、使用维修及常见故障的排除方法，并提供了部分修理数据，可供汽车驾驶员、修理工及有关技术人员使用和参考。

前 言

柴油机与汽油机相比具有燃料经济性好、工作可靠性高、功率适应范围广和排气污染小等优点，它所固有的噪声大、比重量大的缺点则随着科学技术的进步已有了很大的改进。今后，柴油机在汽车上的应用将会越来越广泛。

燃料供给系是柴油机的重要组成部分。正确地使用、维护好柴油机燃料系，是整个柴油机使用、维修过程中最为重要的工作，它对于确保柴油机的使用性能、减少故障的发生、提高车辆的利用率有着十分重要的意义。为此，我们在广泛收集天津、北京、重庆等地汽车修理厂、油泵油嘴厂老工人实践经验的基础上，结合我们多年的教学、生产实践，编写了本书。

本书由闵嘉义副教授主编，第一、二、四章由张春润编写，第三、五、六章由詹隽青编写，全书经过胡兴烈副教授校阅。由于我们水平有限，书中难免有缺点错误，诚请读者批评指正。

本书成稿过程中，承西安公路学院汽车系郭晓汾副教授认真评阅了原稿，并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第一章 柴油机的特点	1
第一节 柴油机的性能特点	1
第二节 柴油机可燃混合气的形成方式与燃烧特点	8
第三节 燃油喷射、空气涡流与燃烧室	13
第二章 柴油机燃料供给系的组成、构造及工作原理	33
第一节 燃油喷射系统的组成和工作	33
第二节 喷油器的构造及工作原理	36
第三节 燃油泵的构造及工作原理	40
第四节 调速器的构造及工作原理	63
第五节 燃油泵的供油正时装置	114
第六节 燃料供给系的附属装置	131
第三章 燃料供给系各主要总成的分解、检验和装配	143
第一节 燃油泵及调速器的分解	143
第二节 燃油泵和调速器主要零件的检验	176
第三节 燃油泵和调速器的装配	186
第四节 燃料供给系附属装置的检修	212
第五节 燃油泵在发动机上的正确安装和供油正时的检查	227
第四章 精密偶件的磨损与修复	233

第一节	精密偶件的磨损机理和特征	234
第二节	精密偶件的磨损对柴油机工作的影响	245
第三节	精密偶件的检验与修复	251
第五章	喷油泵和调速器的调试	274
第一节	喷油泵和调速器的测试条件与测试设备	274
第二节	喷油泵及调速器的调试	280
第六章	柴油机燃料供给系常见故障及排除方法	337
第一节	常见故障部位的检查方法	337
第二节	常见故障的排除	344
附录一	部分柴油车喷油泵调试数据	364
附录二	几种车型的喷油器的调整数据	379
附录三	柴油机燃料供给系总成型号代表的意义	382
附录四	波许P型泵维修工具表	391
附录五	调速器修理工具表	393
附录六	供油提前角自动调节器修理工具表	394
附录七	喷油泵主要修理数据	396
	主要参考文献	398

第一章 柴油机的特点

自从1860年世界上出现了第一台实用内燃机以来，经历了一百多年的历史。在内燃机发展史上曾经有过两次最重大的技术突破。一是1876年德国人奥托(Otto)在等容燃烧四行程循环理论的指导下，研制成功了第一台有压缩行程的点燃式内燃机（与现代汽油机工作原理基本相同），把内燃机的热效率提高到 $10\% \sim 12\%$ ；其二是1893年德国的狄赛尔(Diesel)博士提出了等压燃烧的四行程压燃式内燃机工作原理，并于1898年研制出第一台等压燃烧过程的压燃式内燃机（与现代柴油机工作原理基本相同），把内燃机的热效率一下提高到 30% 以上。

尽管柴油机的问世比汽油机晚了二十多年，但是在近百年的发展过程中，柴油机更充分地显示出了它的实用价值和适应性。特别是第二次世界大战之后，柴油机作为汽车和各种工程机械动力装置已经在许多地方取代了汽油机的地位。尤其在重型载货汽车、工程机械和军用车辆等方面几乎已经全部以柴油机为动力，并且在中型载货汽车方面柴油机已经占主导地位，甚至客运汽车和小型客车的动力也在逐渐增多。

第一节 柴油机的性能特点

作为汽车动力装置的柴油机和汽油机都在不断地发展和

完善，不断地克服自身的缺点，以提高各项性能指标。但是，由于热力循环中加热方式和混合、燃烧机理上的差别等原因，柴油机的某些优点和发展潜力是汽油机所无法比拟的。

一、柴油机的经济性

柴油机最突出的优点之一就是经济性好、油耗率低，这正是它能够被广泛应用和迅速发展的主要原因之一。相同功率的柴油机要比汽油机节省燃油20%~30%以上，在中小负荷工况下节省燃油更为明显。在实际使用和试验情况下也表明，相同载重量的柴油车要比汽油车省油三分之一以上。北京运输公司实际营运试验表明，用无锡柴油机厂生产的柴油机代替解放CA10B汽油机，使解放CA10B汽车的每百吨公里耗油量下降到4.25L，节约燃油42%。据统计，按全国年产解放牌载货车7万多辆，每辆汽车年行驶3万公里计算，如果全部将汽油机改用柴油机，可以节约燃油20万吨以上；如果将全国目前保有的中型载货汽车全改用柴油机，每年可节约燃油300万吨以上，价值人民币20多亿元。

柴油机经济性好的根本原因有以下几个主要方面：

(1) 从热力学的理论循环上讲，汽油机为等容加热循环，低速柴油机为等压加热循环，如果当燃烧过程的最高压力（决定发动机的机械负荷）和最高温度（决定发动机的热负荷）相同时，低速柴油机的热效率最高，而汽油机的热效率最低。高速柴油机的热力循环为混合加热循环（等容与等压），它的热效率介于前两者之间，也要比汽油机的热效率高。

(2) 提高压缩比是提高内燃机热效率的有效途径之一。

因为只有更充分地压缩，才能使燃烧的气体更有可能充分地膨胀，并尽量多地输出动力，使燃油得到更充分地利用。对于汽油机来讲，由于它在压缩过程中压缩的是已经混合好的可燃混合气，如果压缩比过大，会引起早燃和爆震。因此，汽油机的压缩比一般限制在6~9范围内。柴油机在压缩过程中压缩的是纯空气，燃油是当活塞压缩到接近上止点时才适时地喷入气缸内的，因此它不会出现汽油机那样的早燃和爆燃等问题。只要结构强度允许，柴油机的压缩比可以高达12~22，甚至更高。由此可见，在利用提高压缩比来提高热效率这一途径时，柴油机要比汽油机优越得多。

(3) 利用低温、稀混合气燃烧是内燃机节能的另一条有效途径。柴油机的燃烧最高温度为1700~2200℃，汽油机为2200~2700℃。另外，由于柴油机没有化油器喉口等结构因素造成的进气阻力，因此它比汽油机的充气效率高得多。在正常工况时，柴油机的过量空气系数 α 要比汽油机大，混合气浓度比汽油机低。因此，柴油机更能充分利用低温、稀混合气燃烧等条件，达到节约燃油的目的。

(4) 汽车上使用的内燃机，负荷和转速的变化比较频繁，经常在部分负荷和低速范围内工作。通过对柴油机与汽油机负荷特性曲线的比较可知，柴油机最低耗油率一般比汽油机低20%~30%，并且整个耗油率曲线随负荷的变化比较平坦，这都说明柴油机能够在较大的工况范围内处在较低的耗油率下工作，而且在中小负荷时更为明显。这些特性对经常在部分负荷下工作的汽车发动机来说是十分有利的，这也是世界各国把柴油机广泛用于汽车上的主要原因之一。

(5) 其它经济因素：

① 柴油的比重比汽油要大。如果同样容量的燃油箱，分

别加满相同容积的汽油和柴油，用柴油机要比汽油机行驶里程多50%~60%。

②柴油的挥发性差，运输和贮存都比较安全。

③柴油机没有点火系统，在使用中故障较少。这些因素都大大降低了柴油车使用中的管理费用。

④由于柴油的生产成本和管理费用都较低，我国现行的柴油价格也比汽油低30%左右。这些也是使用柴油机作为汽车动力装置来提高经济效益的有利因素。

二、柴油机的适应性

1. 柴油机功率覆盖面大

柴油机的适用范围很宽广，从几千瓦的小型拖拉机、发电机、抽水机等到几十千瓦和几百千瓦的汽车、工程机械、发电用的柴油机，甚至几千千瓦和上万千瓦的船用柴油机；从额定转速不足100r/min的低速大型柴油机到2000~3000r/min以上的高速小型柴油机，甚至有高达6000r/min的超高速柴油机；柴油机的气缸直径可以从几十毫米到几百毫米，甚至接近一米。柴油机不仅在农用机械、汽车、工程机械、铁路机车、船用和军用特种车辆等诸方面得到了十分广泛的应用，而且近年来由于柴油机工作粗暴和结构笨重等缺点的不断改善和克服，使用柴油机作为客运汽车的动力装置也在逐渐增多，甚至将柴油机用于高级小客车方面也取得了一定的进展。

2. 对增压的适应性好

由于科学技术的发展和进步促进了内燃机优化设计、优质材料的研制和加工水平等方面的迅速提高。增压技术被越来越广泛的应用，使柴油机的强化潜力和增压适应性等方面

显示出高于汽油机的优越性。汽油机受到化油器喉口阻力、爆燃和过高的热负荷以及增压器相对于化油器的布置不理想等诸方面因素的限制，使得废气涡轮增压技术在汽油机上一直没有得到更广泛的应用。相反，柴油机由于供给系统的油路和气路是分别进入气缸的，不存在象汽油机那样的多方面限制因素。实践证明，柴油机增压后可使功率提高30%~100%。与此同时，由于增压后的柴油机废气得到了更充分的利用和机械效率的提高等原因，使柴油机的经济性有所提高，耗油率一般可下降3%~10%。另外，柴油机增压后排气污染和噪声也有所下降。它的结构笨重和工作粗暴等缺点也在一定的程度上得到了克服和改善，特别是在单位排量所发出的功率（升功率）已经赶上甚至超过了汽油机。

3. 对燃料适应性较强

由于柴油机具有采用燃油的喷射方式、气缸内部混合以及高压压缩比的压缩着火方式等区别于汽油机混合气形成和燃烧方式的特点，因此它对各种燃料的适应性较强。中低速柴油机可以燃烧重质油，甚至可以直接燃烧原油。第二次世界大战以后，美、法等一些先进国家出于军事方面的需要，已经研制出用于军用车辆可以燃用多种燃料的柴油机，以适应战争状态下和非常时期柴油机的适应性。我国目前某些军用特种车辆上的柴油机也具有这种性能。

三、柴油机的排气污染

柴油机给人们的直接感觉是排放的烟色比汽油机浓得多，特别是柴油车起动、加速和低速大负荷工作时更是如此。但是实际测量和化验分析表明，柴油机排烟中有害成分（诸如一氧化碳、氮氧化合物、碳氢化合物和醛类等）的含

量远比汽油机少，只是碳烟和硫化物的含量高于汽油机，如表1-1所示。

废气中有害成分的比较

表1-1

有害成分	排放率[g/(kW·h)]		容积百分比(%)	
	汽油机	柴油机	汽油机	柴油机
一氧化碳(CO)	70~150	4.0~5.5	大于6	小于2
氮氧化合物(以NO ₂ 计)	12	5~8	0.5	0.25
碳氢化合物(以C ₆ H ₁₄ 计)	100~1000	14~29	0.05	小于0.01
醛类(以丙烯醛计)	3.4	0.14~0.2	0.03	0.002
硫化物	0.28	0.95	0.008	0.03
碳 烟	0.4	1.4~2.0	0.05	0.25

(1) 柴油机排放的一氧化碳、氮氧化合物、碳氢化合物和醛类等有害成分比汽油机少，由于汽油机正常工作时的过量空气系数 α 值一般在0.8~1.2范围内，而且随着负荷的下降过量空气系数值还要下降。柴油机在任何工况下过量空气系数值总要大于1，并且随着负荷的减小过量空气系数值要逐渐增大。这说明汽油机要经常处在较浓的混合气燃烧情况下才能稳定工作，这就造成燃烧过程因混合气过浓、缺氧而不完全燃烧的可能性增多，很容易产生一氧化碳、碳氢化合物和醛类等不完全燃烧产物。另外，汽油机燃烧最高温度比柴油机高，这就给未燃混合气中的氮气和氧气化合成氮氧化合物提供了有利的条件。

(2) 柴油机排放硫化物和碳烟较多。由于柴油本身的含硫成分比汽油多，柴油的粘度较高，蒸发比汽油差等造成

柴油机排放的硫化物和碳烟较多。特别是在柴油机起动、加速和低速大负荷工况时，由于喷油量的突然增加，使混合气因局部过浓缺氧，造成柴油在高温缺氧的条件下裂解而生成游离碳。一般认为碳烟不象前几种排放物那样对人体健康的危害那么严重，但是它污染空气，影响视野，妨碍城市交通。

(3) 柴油机附加污染少。一些高级小客车上的汽油机为了提高抗爆性需要燃用含铅汽油，燃烧后排放出的铅化物沉积微粒对人体十分有害。而柴油机根本不存在含铅燃油的危害问题。另外，柴油机的污染源主要来自于排气管的排放物，而汽油机除排气管排气污染之外，还有38%的污染来自于曲轴箱通风口、化油器和燃油箱蒸发的汽油等。这说明柴油机不仅排气污染中有害成分比汽油机少，而且不存在其他附加污染问题。

四、柴油机的其他性能特点

由于柴油机的混合气形成和燃烧方式等决定了它没有化油器和电路点火系统等装置，因此它在使用中比汽油机故障少得多。另外柴油的挥发性较差，在使用、运输、贮存和交通事故中不象汽油那样容易失火。这些原因均大大提高了柴油机在车辆使用中的安全可靠性和使用寿命。因此，一般柴油车在大修前的行驶里程要比汽油车长60%~100%。

尽管柴油机在经济性、适应性、排气污染、安全可靠性和使用寿命等方面都优于汽油机，但是它也存在着一些问题。特别是我国在柴油机生产和研制等方面还很落后，柴油机工作粗暴、噪声较大、结构笨重和冷车起动困难等问题还有待进一步改善和提高。

第二节 柴油机可燃混合气的 形成方式与燃烧特点

柴油机与汽油机相比在各项使用性能上之所以有上述明显的差别，除了热力学理论循环的本质差别之外，柴油机混合气的形成方式、着火和燃烧方式以及燃烧过程的特点等，也是决定上述性能差别的主要原因。

一、可燃混合气的形成与燃烧方式

由于柴油机所燃用的柴油具有粘度高、挥发性差等特点，这就决定了它不能象汽油机那样能在气缸外部的化油器和进气管中很容易地直接形成可燃混合气（称为外混合方式）。因此，它必须采用强制手段将柴油以一定的高压喷入气缸，与预先压缩好的高温、高压空气在气缸内部强行混合（称为内混合方式）。

柴油中含有较多的大分子直链饱和烃（正构烷类），在高温和高压条件下，柴油分子更容易氧化分解（燃烧），它要比以环烃分子结构为主要成分的汽油的自燃温度低。因此，柴油机是通过压缩纯空气，使气缸内空气的温度、压力等条件足以使柴油自行着火燃烧时，才将柴油以一定的高压直接喷入气缸。柴油机的这种燃烧方式称为压燃方式。

柴油机混合气形成所用的时间和过程远比汽油机短，混合过程中所用的空间也比汽油机小得多。另外由于柴油机的喷油过程需要一定的时间，这就必然产生燃烧开始后的边喷油、边混合、边燃烧的现象。这些不利因素给柴油机形成均

匀的可燃混合气和保证燃烧过程的完全彻底带来了很大的困难。为了克服这些不利因素，加速混合气的形成和保证完全燃烧，柴油机必须采用较大的过量空气系数和加强空气涡流运动等措施。

二、柴油机的燃烧过程及要求

柴油机的实际燃烧过程是一系列极为复杂的物理、化学变化过程，整个燃烧过程所用的时间又极为短促（约为 $0.004 \sim 0.006s$ ），要想直观地分析研究燃烧过程的变化是非常困难的。因此，一

般都是通过测试仪器测量出气缸内部在燃烧过程中的压力和温度随着柴油机曲轴转角变化的曲线（亦称作展开示功图）来分析研究燃烧过程，如图1-1所示。从图中两条曲线可以看出，柴油机的燃烧是一个连续过程。但是为了分析和判断燃烧过程的好坏，弄清各种因素对燃烧过程的影响以及判明柴油机产生故障的原因，可以根据燃烧过程中压力和温度的变化特征，人为地把一个连续的燃烧过程划分为四个燃烧阶段。

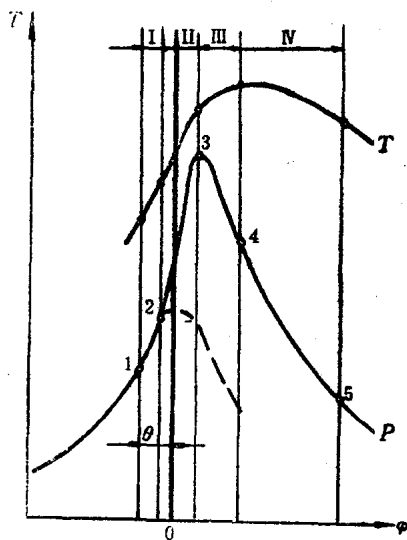


图1-1 柴油机的燃烧过程
I-滞燃期；II-速燃期；III-缓燃期；
IV-后燃期

中压力和温度的变化特征，人为地把一个连续的燃烧过程划分为四个燃烧阶段。

1. 滞燃期

从活塞上止点前燃油开始喷入气缸的1点到气缸内混合气刚刚开始着火的2点为止，称为滞燃期。这一阶段气缸内的压力变化曲线与纯压缩曲线重合。在2点出现了火源，气缸内的压力开始脱离纯压缩曲线，2点之后缸内压力和温度都急剧升高，这说明2点之后缸内混合气才开始燃烧。

燃油刚喷入气缸时，虽然空气已经被压缩到一定的程度，空气的温度和压力也已经足以使喷入的柴油着火燃烧。但是刚刚喷入的燃油要经过喷散雾化、吸热蒸发、扩散混合等物理准备过程和一系列的分子裂化和低温氧化等燃烧前的化学准备过程，在混合气浓度适当，温度和压力等氧化条件充分的区域出现自燃火源。滞燃期阶段是为后续燃烧作准备的，缸内压力和温度的升高完全是由于活塞压缩的结果。

虽然滞燃期所用的时间极短（约为 $0.0007 \sim 0.003s$ ），但是在该阶段结束时，缸内已经积累了相当数量的可燃混合气（约占循环供油量的 $30\% \sim 40\%$ ）。这些初始形成的可燃混合气几乎在2点之后的下一阶段中作为始燃量同时着火燃烧。因此该阶段对下一燃烧阶段以及整个燃烧过程将有很大的影响。由于滞燃期的存在，可见燃油喷入气缸的时机不应该在活塞压缩行程的上止点，而是要有一个适当的喷油提前角 (θ) ，如图1-1所示。

2. 速燃期

从缸内开始出现火源的2点到燃烧过程出现最高压力的3点为止，称为速燃期。在这一阶段中，由于滞燃期内喷入气缸的燃油所形成的始燃量几乎同时燃烧，而且这时活塞仍然在上止点附近，气缸容积很小，因此混合气的燃烧速度非常快，气缸内的压力急剧上升到燃烧压力的最高点。一般用