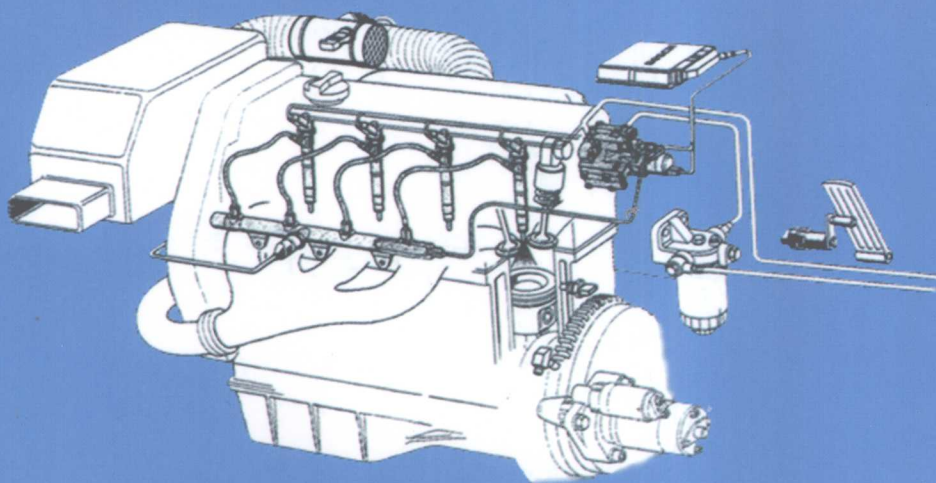


柴油机喷油系统

(机械控制与电子控制)

邓东密 邓 萍 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

柴油机喷油系统

(机械控制与电子控制)

邓东密 邓 萍 编著



机械工业出版社

本书全面介绍了传统的（机械式）和新型的（电子式）柴油机喷油系统。全书分为上、下两篇。上篇为机械控制柴油机喷油系统，包括各类典型喷油泵、两极式和全程式机械调速器、提前器、喷油器等。下篇为柴油机电控喷油系统，包括柴油机位置控制式喷油系统、脉动式时间控制喷油系统、高压共轨喷油系统、柴油机喷油系统的电控管理等内容。

本书内容兼顾了常见性与先进性，深入浅出、图文并茂，既有对目前流行技术的全面介绍，也有对新兴技术的详细讲解，是广大柴油机维修人员、技术人员和大专院校相关专业师生不可多得的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

柴油机喷油系统：机械控制与电子控制/邓东密，邓萍编著．

—北京：机械工业出版社，2009.4

ISBN 978 - 7 - 111 - 26745 - 4

I. 柴… II. ①邓…②邓… III. 柴油机 - 喷油 - 控制系统
IV. TK421

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 048977 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：徐 巍 责任编辑：刘 煊

版式设计：霍永明 责任校对：吴美英

封面设计：姚 毅 责任印制：乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 7 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.5 印张 · 457 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 26745 - 4

定价：39.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379949

封面无防伪标均为盗版

前 言

邓东密编著的《喷油泵结构原理和调试匹配》和邓东密、邓杰编著的《柴油机喷油系统》两书，分别于1988年8月和1996年1月由机械工业出版社出版发行，两书都得到了不同层次读者的广泛欢迎。

但时代在前进、科学在进步、技术在更新，随着电子技术的高速发展，计算机的广泛应用，有力地推动了柴油机的更新换代。为了反映目前柴油机喷油系统的概况，作者又编著了本书。

本书定名为《柴油机喷油系统（机械控制与电子控制）》，分上、下两篇。

上篇内容为柴油机机械控制喷油系统，目的为承前，重点介绍目前国内仍在大量生产的部分机械式喷油泵、调速器及提前器：如P型泵、PT泵、分配泵及RSV、RFD、RQ、RQV、RQV—K、RLD、RFD、R801等调速器和双偏心轮提前器，通过对柴油机机械控制喷油系统的回顾与分析，能温故而知新，为从事研究、开发电控系统者借鉴过去、开拓未来，提供一定的启示。

下篇内容介绍柴油机电控喷油系统，目的为启后，为从事机械控制系统者，了解一些柴油机喷油系统的发展走向。在电控系统篇里分别介绍电控单体泵、泵喷嘴、分配泵的结构原理及高压共轨系统的控制过程。

本书力求通过图文着重分析机械控制和电子控制中不同喷油系统的结构原理。便于读者了解各种喷油系统的内在联系。

本书在编著过程中，得到多位教授、专家、学者的大力支持和帮助：清华大学刘峥教授和李剑秋副教授、江苏大学前校长高宗英教授和刘胜吉教授、北京理工大学王尚勇教授和杨青副教授、华中科技大学张宗杰教授等，都向作者提供了大量宝贵资料，并提出了不少宝贵意见，都成为本书的重要素材，特别指出老同学虞鉴高级工程师为本书绘制了多幅重要插图，也提出了不少宝贵意见。特向他们表示衷心感谢。

邓萍女士除参加本书编写外，有关参考书中大量德语、英语的翻译工作全部由她完成。

由于作者水平有限，不当之处恳切欢迎广大读者批评指正。

目 录

前言 总论

上篇 柴油机机械控制喷油系统

第1章 绪论	2	3.3.3 RQ 两极式调速器	76
1.1 柴油机燃烧过程	2	3.3.4 RQV 全程式调速器	85
1.2 柴油机燃烧室	3	3.3.5 RQV—K 全程式调速器	97
第2章 喷油泵	6	3.3.6 R801 全程式调速器	107
2.1 喷油泵的作用	6	3.3.7 RLD 全程式调速器	119
2.2 直列泵的结构及工作原理	6	3.3.8 RBD 气膜—机械组合式 调速器	129
2.2.1 合成式喷油泵	6	3.4 提前器	135
2.2.2 分列式喷油泵	11	3.4.1 提前器的作用	135
2.2.3 直列式喷油泵	11	3.4.2 机械式离心提前器的结构及 工作原理	137
2.2.4 喷油泵主要零件的结构特点	13	第4章 喷油器	142
2.3 泵喷嘴	23	4.1 喷油器的作用	142
2.3.1 泵喷嘴的主要特点	23	4.2 喷油器结构及工作原理	142
2.3.2 PT 燃油系统	23	4.2.1 传统喷油器	142
2.3.3 PT 燃油泵	25	4.2.2 低惯量喷油器	143
2.3.4 PT 喷油器	40	4.2.3 双弹簧喷油器	144
2.4 分配泵简介	46	4.2.4 铅笔式喷油器	145
第3章 喷油系统机械式自动控制	48	4.3 喷油器的喷雾特性	147
3.1 概述	48	4.4 针阀偶件	149
3.1.1 喷油量自动控制	48	4.4.1 轴针式喷油嘴	149
3.1.2 喷油定时自动控制	48	4.4.2 孔式喷油嘴	152
3.2 调速器	49	4.5 喷油器结构及其对柴油机 性能的影响	153
3.2.1 内燃机的稳定性	49	4.5.1 针阀升程和头部形状	153
3.2.2 调速器的作用	51	4.5.2 压力室容积	154
3.2.3 调速器工作特性	52		
3.3 调速器结构及工作原理	57		
3.3.1 RSV 全程式调速器	57		
3.3.2 RFD 全程两极两用调速器	65		

下篇 柴油机电控喷油系统

第5章 电控喷油系统概述	156	第6章 柴油机位置控制式 电控喷油泵	158
5.1 自动控制概述	156	6.1 位置控制式喷油泵的特点	158
5.2 柴油机喷油系统机电一体化控制	156	6.2 位置控制式电控直列泵	158
5.3 柴油机电控系统特点	157		

6.2.1 位置控制式电控直列泵的 定量控制	158	10.2 传感器	244
6.2.2 具有可变预行程的电控 直列泵	160	10.2.1 压力传感器	244
6.2.3 TICS 可变预行程机构	161	10.2.2 温度传感器	249
6.3 位置控制式电控分配泵	165	10.2.3 曲轴转速传感器	251
6.3.1 位置控制式电控分配泵的 定量控制	165	10.2.4 凸轮轴转速传感器	252
6.3.2 位置控制式电控分配泵的 定时控制	167	10.2.5 加速踏板传感器	254
第7章 脉动式时间控制喷油系统	169	10.2.6 热膜式空气流量计	254
7.1 脉动式时间控制喷油系统的特点	169	10.3 控制器	256
7.2 电控泵喷嘴和电控单体泵系统	169	10.3.1 控制器结构及使用要求	256
7.3 时间控制式泵喷嘴	169	10.3.2 控制器的主要组成	257
7.3.1 商用车电控泵喷嘴	172	10.3.3 控制器硬件	257
7.3.2 轿车用电控泵喷嘴	175	10.3.4 控制器软件	260
7.4 时间控制式电控单体泵	179	10.4 执行器	260
7.5 电磁阀	184	10.5 控制器信号处理	260
第8章 脉动式时间控制分配泵	189	10.5.1 输入信号	260
8.1 轴向柱塞电控分配泵	189	10.5.2 信号预处理	261
8.1.1 轴向柱塞电控分配泵结构	189	10.5.3 信号处理	261
8.1.2 轴向柱塞电控分配泵工作 原理	191	10.5.4 输出信号	261
8.2 径向柱塞电控分配泵结构	193	10.6 控制与调节系统	262
8.2.1 低压系统	194	10.6.1 起动控制	263
8.2.2 高压系统	198	10.6.2 怠速调节系统	263
8.2.3 径向柱塞电控分配泵的 电磁阀	200	10.6.3 行驶调速控制	264
8.3 径向柱塞电控分配泵工作原理	207	10.6.4 极限油量控制	265
第9章 高压共轨喷油系统（稳压式 时间控制）	210	10.6.5 激活的减振控制	265
9.1 概述	210	10.6.6 高地修正调节	265
9.2 Bosch 高压共轨喷油系统组成	211	10.6.7 喷油器油量平衡调节	265
9.3 高压共轨系统喷油过程	212	10.6.8 稳定运行调节系统	265
9.4 Bosch 高压共轨喷油系统主要部件 结构原理	213	10.7 喷油始点调节系统	265
9.4.1 低压系统	213	10.7.1 喷油始点调节	266
9.4.2 高压系统	215	10.7.2 供油始点调节	268
9.5 电控喷油器	225	10.7.3 BIP 电流波形控制喷油定时	269
9.5.1 电磁阀控制喷油器	225	10.8 多次喷射	271
9.5.2 压电晶体喷油器	229	10.9 通信系统	273
9.6 高压共轨管理系统	239	10.9.1 系统综述	273
第10章 柴油机电控管理系统	243	10.9.2 数据通信	273
10.1 概述	243	10.10 柴油机管理系统的故障诊断	276
		10.11 柴油机管理系统的匹配标定	277
		10.11.1 柴油机基本参数及要求	277
		10.11.2 硬件匹配	278
		10.11.3 软件标定	279
		10.11.4 发动机试验	286
		10.11.5 汽车试验	287
		参考文献	289

总 论

柴油机诞生于 19 世纪末，历经一百多年，几代人的探索 and 创造，柴油机以其独特的优势，广泛应用于多个领域，成为人类社会发展史中一种重要的动力。柴油机喷油系统及其控制系统的几次重大发明，为柴油机的飞跃作出了突出贡献。

柴油机的喷油系统经历了从空气喷射到机械喷射；从低压喷射到高压喷射；从脉动喷射到稳压喷射；从单次喷射到多次喷射。柴油机的喷油控制系统经历了从简单控制到精密控制；从单项控制到多项控制；从机械控制到电子控制；从位置控制到时间控制；从模拟控制到数字控制。每一阶段的发展，都经历了量变到质变的飞跃，而每次的飞跃都使柴油机的性能、质量达到了一个新的高度。

柴油机的百年发展史，表明了一个真理，“科学发展是无限的，技术进步是永恒的”。高速电磁阀取代机械控制喷射时，是何等的先进，显示过强大的生命力，相比于多次喷射的高精度、高响应速度的严格要求下的压电控制技术，高速电磁阀又显逊色。即使压电控制技术也在不断的发展中，由第一代到第二代、第三代……。可见科学技术发展是没有顶峰的。

科学技术发展并不是孤立的，柴油机电控系统是一门综合性技术，它涉及到机械、控制、电、磁、流体、传热等多门学科。这些学科在理论和实践上的不断进步，促进了柴油机水平的持续提高，尤其是电子技术的飞速发展，计算机技术的广泛应用，为柴油机发展注入了新的活力，为喷油系统从机械控制到电子控制的飞跃奠定了基础。与机械控制相比，电控系统有容量大、信号处理快、存储能力强、控制参数多、自由度大、精度高、响应速度快等优势，可以实现智能控制。因此，可对柴油机的燃油供给系统、可变涡轮增压系统、可变气门驱动系统、废气再循环系统等进行全方位控制，全工况优化；对柴油机的信息处理、故障诊断和实时控制等多方面能进行综合性管理。

电子控制系统虽然使柴油机进入一个崭新的时期，但今天的先进并不是永远的先进，今天的提高并不是最高。

法规和市场历来是柴油机不断发展的推动力。时代在发展，要求在提高，严格的排放法规，苛刻的经济指标，高标准的安全性、舒适性，柴油机若不能满足，就会被强制淘汰。市场经济的特点是竞争，竞争的焦点是质量，结构陈旧、指标落后的柴油机，也会被自然淘汰。

要使柴油机产品立于不败之地，必须不断创新发展，在借鉴老产品的基础上，不断否定，在否定的基础上不断肯定，这样螺旋式向上，“水涨船高”，新一代产品会不断诞生，起点不断提高，会把柴油机继续推向新水平。

柴油机的进步和提高可从多方面着手，其中喷油系统是最关键、最直接、最有效的，并且是最终的集中反映，整个系统的不断革命，值得人们去追求探索。

即使明天有更先进的动力取代今天的柴油机，但柴油机作为一种动力，对人类文明进步的贡献也是一个重要的阶段。明天取代柴油机的新动力，是在今天的柴油机基础上、思路发展演变而来的。今天的柴油机必将是推动新动力诞生发展的“动力”。

上篇 柴油机机械控制喷油系统

第1章 绪 论

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，由于燃料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，燃料雾化质量无法保证，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到了决定性的作用。

20世纪中期增压及增压中冷技术的研发成功，使柴油机性能获得新的飞跃。

20世纪70年代开始，电子技术引入柴油机控制系统，又是柴油机的一次重大技术革命，把柴油机的性能指标提高到一个新的水平。

1.1 柴油机燃烧过程

柴油机燃烧过程是决定柴油机各项性能最重要的过程，柴油机喷油系统和空气系统的一切改进措施莫不与改善燃烧过程有关。

通常以放热规律来研究燃烧过程，通过对放热规律的分析，可以了解气缸压力升高率、最高燃烧压力等的变化规律，进而分析柴油机的稳定性、热效率、排放及燃烧噪声等性能。

以每千克空气与柴油混合燃烧所放出的热量，称为总放热量。以每千克空气与燃油燃烧后在每度曲轴转角内的放热量，称为放热率，放热率随曲轴转角的变化规律称为放热规律。分析放热规律可按三个阶段进行。

1. 预混燃烧阶段

燃油在滞燃期内，经过一系列的物理和化学准备，部分燃油与空气已形成可燃混合气，为着火作好了充分准备，这部分在着火前预先混合好的可燃混合气所进行的燃烧，称为预混燃烧。从着火开始到预混合的可燃混合气全部燃完，是属于预混燃烧阶段，相当于放热规律的 $a-b$ 段（图 1-1），通常发生在上止点附近。由于滞燃的影响，滞燃期内积累了一定的

燃油，在燃烧室内新鲜空气十分充足的良好环境下，形成了大量的可燃混合气，分布在燃烧室内。一旦条件成熟，几乎同时着火。因此，燃烧十分猛烈，放热速率很快达到最高峰值，致使缸内压力升高率达到最大值，燃烧压力达到或接近最大值。这个阶段的燃烧特点是爆发性的，接近在容积不变的条件下进行，因此，相当于等容燃烧。这个阶段的燃烧对热效率、燃烧噪声及排放等影响很大。

2. 扩散燃烧阶段

在滞燃期内形成的可燃混合气，经过预混燃烧阶段已消耗殆尽，但喷油仍在继续进行，这时气缸内温度很高，且雾化的燃油是喷入正在燃烧的高温气体中，形成边喷油汽化，边扩散混合，边着火燃烧，这就是所谓的扩散燃烧，这样的燃烧不会产生像预混燃烧那样，积累了大量可燃混合气同时着火燃烧所造成的燃烧速度过猛、放热速率过高的现象。同时在扩散燃烧阶段新鲜空气愈来愈少，因此，虽然气缸内温度很高，燃油蒸发汽化速度较快，但与空气形成可燃混合气的速度愈来愈慢，燃烧速度、放热率都明显降低（图 1-1 的 $b-c$ 段），气缸内压力升高率也趋缓慢。此外，扩散燃烧通常是发生在上止点以后，即活塞已开始下行，这时燃油继续燃烧虽能使气缸压力仍有上升趋势，但由于活塞下行，容积加大，气体膨胀，又使气缸压力有下降倾向。在上述综合反应下，这期间气缸压力接近不变，因此扩散燃烧的初期接近在等压条件下进行。不过到后期，喷油停止，扩散燃烧虽然仍在进行，但由于废气量不断增加，燃烧速度愈来愈慢，放热率也不断降低，且气缸容积在不断加大，气缸压力逐渐下降，而且下降速度愈来愈快。

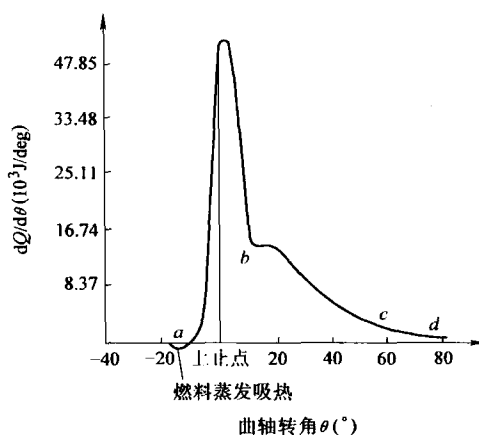


图 1-1 直喷式柴油机放热规律曲线

扩散燃烧阶段对柴油机的经济性、烟度、排污等都有重要影响。因此，改善扩散燃烧也是改善燃烧过程的重要一环，应力求提高这个阶段的燃烧速度，缩短燃烧持续期。

3. 后燃阶段

经过预混和扩散两个阶段的燃烧，大量的燃油分子与氧分子在燃烧中几乎烧完，所余不多。因此，燃烧虽然仍在继续进行，但极为缓慢，放热速率很低，相当于放热率曲线的 $c-d$ 段（图 1-1），这段燃烧称为后燃阶段。

1.2 柴油机燃烧室

燃油喷入气缸后与空气混合，所形成的可燃混合气质量对燃烧过程有着重大影响。这种混合气很大程度上取决于喷油系统、进气系统和燃烧室的匹配，如果匹配不当，柴油机不可能获得良好的性能指标。燃烧室的作用是合理地组织气缸内的气流运动，促进燃油与空气更好地混合，以保证燃烧过程更加完善。

根据可燃混合气形成及燃烧室的结构特点，柴油机燃烧室基本上可分两大类：直喷式和分隔式。

1. 直喷式燃烧室

直喷式燃烧室的特点：由气缸盖、活塞顶及气缸上部内壁组成一个燃烧空间，即燃烧室。喷油器将燃油直接喷入这个燃烧室与空气混合燃烧，所以称为直喷式燃烧室。绝大部分直喷式燃烧室在活塞顶部制成一定形状的凹坑，也有少数在气缸盖底部做成向上的凹坑。根据活塞顶上凹坑的大小、深浅的不同，又分为开式和半开式直喷式燃烧室。通常把燃烧室口径大而浅的结构称为开式，口径小而深的称为半开式。由于直喷式燃烧室的混合气形成条件不如分隔式燃烧室有利，滞燃期内形成较多的可燃混合气参与预混燃烧，因此，其最高燃烧压力和压力升高率都比较高，工作粗暴、噪声大，且整个燃烧过程都是在运动中的活塞顶部燃烧室内进行的，柴油机承受很大的机械负荷。所以，常采用较小的压缩比来降低最高燃烧压力，以减轻机械负荷，增压后的直喷式燃烧室，压缩比选得更小。

直喷式燃烧室结构简单、紧凑、散热面积小，热损失少、空气流动损失少、热效率高、起动性好。因此，它也有条件采用较小的压缩比。

直喷式燃烧室中混合气形成虽有进气涡流和压缩涡流的作用，但与分隔式相比，都是较弱的。因此，它主要靠喷射能量促进混合气形成，对喷油系统要求高，为获得良好的雾化质量，通常采用高喷油压力、高喷油速率，用孔式油嘴，喷孔直径较小、孔数较多。尤其是直喷式中的无涡流或弱涡流燃烧室对喷油系统要求更高。

2. 分隔式燃烧室

分隔式燃烧室是把燃烧室的容积分隔成两个部分——主燃烧室和副燃烧室。两者间由通道连接，由于通道结构的不同及形成涡流的差别，分隔式燃烧室又可分为涡流室式燃烧室和预燃室式燃烧室，两种分隔式燃烧室有下列共同特点：

1) 分隔式燃烧室首先在副燃烧室内着火燃烧，因空气不足导致缺氧，只烧去少量燃油，主要燃烧过程还是在主燃烧室内进行。由于主燃烧室内燃烧是在副燃烧室以后，因此主燃烧室内压力升高要延迟很多，处于活塞下行及气缸容积不断加大的条件下进行，而燃烧又主要以扩散燃烧形式进行，所以主燃烧室内压力升高率明显比直喷式要低，工作平稳、噪声小，缸内温度也相对要低些。因此， NO_x 排放量也比直喷式少。

2) 分隔式燃烧室燃油经副燃烧室和主燃烧室的两次燃烧，空气利用率高，可以在较低的过量空气系数下进行，且能获得完全的燃烧，烟度比直喷式低。

3) 分隔式燃烧室分别有强烈的压缩涡流或燃烧紊流，促进油和气的良好混合，因此，燃烧过程的好坏并不主要依靠喷射能量，所以对喷油系统要求不高。一般采用轴针式油嘴，喷孔较大，使用中不易堵死，对喷射压力要求较低，开启压力通常为 $10 \sim 14 \text{ MPa}$ ，而直喷式燃烧室开启压力一般都要超过 20 MPa 。

4) 分隔式燃烧室因有副燃烧室，整个燃烧室散热面积大，高温燃气从副燃烧室以极高速度冲向主燃室，流速快、传热系数高，散去热量多，节流或紊流损失大，因此，热效率低，起动困难。

为了解决起动困难，需要把压缩比适当加大，同时由于初期爆发性的燃烧是在副燃室内进行，最高燃烧压力主要作用在固定的气缸盖上，到主燃室内燃烧时已属扩散型燃烧，作用在运动中的活塞顶上的压力已明显降低，因此，也有条件把压缩比适当加大，通常压缩比要比直喷式大。

由于增压或增压中冷直喷式柴油机在节能、排放方面具有优势，因此，已被广泛采用。为满足日趋严格的排放法规和节能要求，采用了低涡流的进气系统 and 无涡流或少涡流的直喷式燃烧室。燃烧室形状也在不断发生变化，深度逐渐变浅，开口愈来愈大。为此要求喷油系统能提供足够的能量，确保雾化质量及油、气的均匀混合。目前普遍采用高喷射压力的喷油系统及小孔径、多孔数的针阀偶件。

第2章 喷油泵

2.1 喷油泵的作用

喷油泵是柴油机喷油系统中最重要的组成部分，它的作用是把燃油由低压变成高压，然后按各缸发火次序定时、定量、定压均匀地通过喷油器，把雾状的燃油喷入燃烧室内燃烧做功。如果供油量过多则不能完全燃烧，柴油机排放指标恶化、经济性下降；如供油量太少，又会引起柴油机动力不足。如供油时间不恰当，会同时影响柴油机经济性、动力性及排放指标。如各缸供油不均匀度超标，则个别缸会超负荷，而有的缸不能充分利用，这样既影响柴油机工作稳定性，亦影响其他性能。可见，只有在喷油泵正常的供油条件下，柴油机才能正常工作，为此，人们常把喷油泵称作是柴油机的“心脏”。

2.2 直列泵的结构及工作原理

直列泵中有合成式喷油泵及分列式喷油泵两大类。

2.2.1 合成式喷油泵

Bosch 公司的合成式喷油泵历史悠久，一般是两缸以上，最多为 12 缸，带有凸轮，Bosch 合成泵泵体都采用整体结构，早期的合成泵泵体侧面都开有窗口（图 2-1）。

为满足日益严格的排放法规不断提高喷射压力的需要，采用提高泵体刚度的办法，Bosch 泵在发展的演变中，逐渐淘汰了部分开有窗口的老系列喷油泵，如 B 系列、Z 系列等泵，不断以不开窗口的全封闭泵来取代，如 MW、P、H 等系列喷油泵。

表 2-1 列出 Bosch 公司直列式合成喷油泵系列型谱的主要技术参数，从表中能看到开有窗口的几种系列喷油泵，嘴端最大喷射压力都小于 100MPa，而全封闭泵体的几种系列泵的嘴端喷射压力除 MW 泵接近 100MPa 外，都超过 100MPa。其中 H 系列最高可达 135MPa。

Bosch 公司 P 系列泵在中等功率柴油机中应用十分广泛，而且随着柴油机的发展，要求不断提高，先后派生出多种型号的 P 型泵，如 P1、

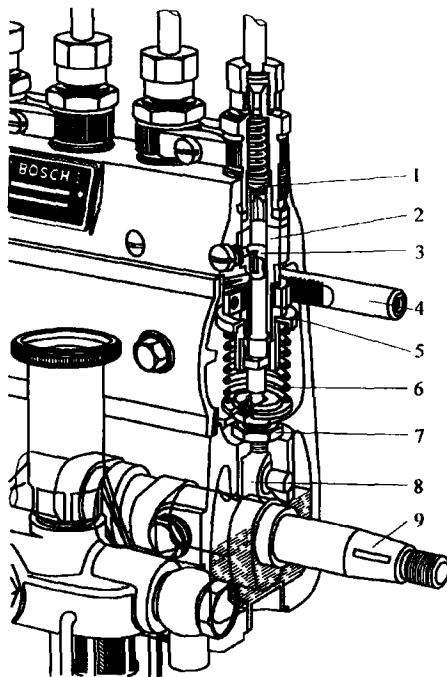


图 2-1 A 型喷油泵

1—出油阀 2—柱塞套 3—柱塞 4—齿杆
5—油量调节套 6—柱塞弹簧 7—正时
螺钉 8—滚轮 9—凸轮轴

P3000、P7100、P8000、P8500 等泵（图 2-2、图 2-3）

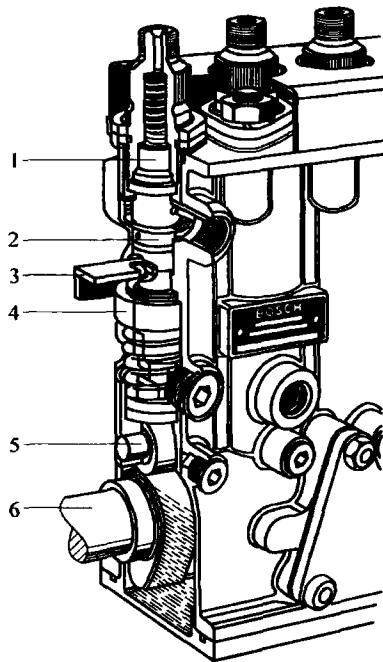


图 2-2 P 型喷油泵

1—出油阀 2—柱塞 3—拉杆 4—油量
控制套 5—滚轮部件 6—凸轮轴

表 2-1 Bosch 公司直列式合成喷油泵系列

系列	单缸最大 功率 /kW	缸数	嘴端最大 喷射压力 /MPa	柱塞行程 /mm	柱塞直径 /mm	可用调速 器种类
M	20	4~6	45	7	5~7	A、B、D
A	27	2~12	70	8	8~9.5	A、B、C
MW	36	4~8	95	10~12	7~10	A、B、C
P	60	4~12	130	10~14	10~13	A、B、C、D
H1	60	4~12	140	14	10~12	D
H1000	70	4~12	140	18	10~12	D
P10	140	6~12	110	13	16	A、D
ZW	160	6~12	95	13	17	A、B
P9	160	6~12	120	15	18	
CW	160	6~12	100	15	20	

注：A—两极调速器；B—全程调速器；C—校正凸轮控制；D—柴油机电控。

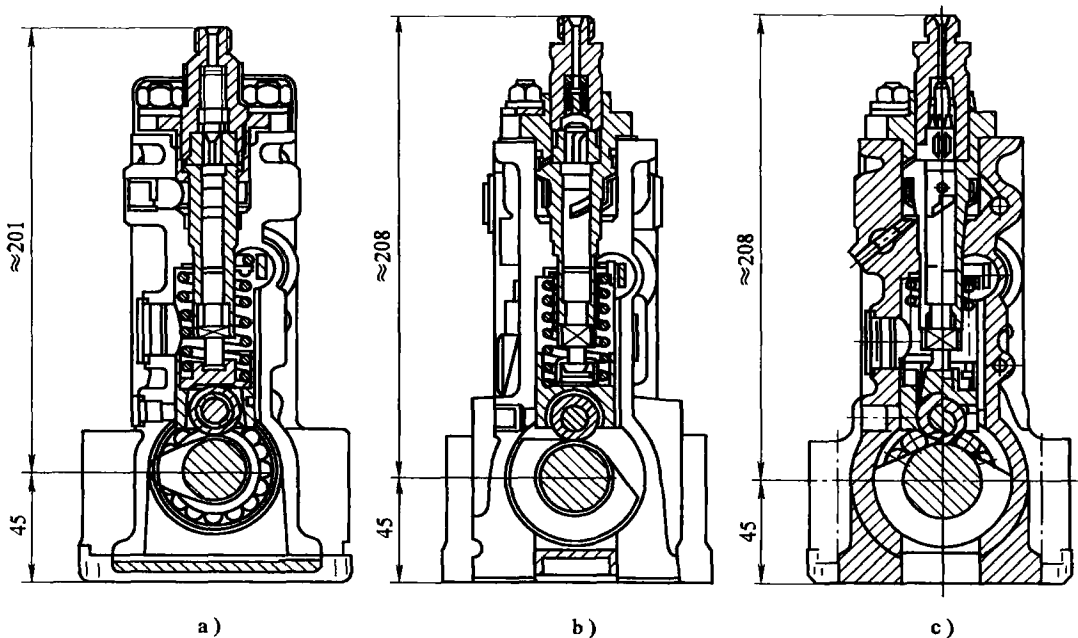


图 2-3 Bosch 公司各种 P 系列泵
a) P1/P3000 b) P7100 c) P8000/P8500

表 2-2 为 Bosch 公司 P 型泵技术规格，从表中可以看到 P 型泵发展的特点：着重于提高喷油泵的工作能力，在加大柱塞排量的同时，重点强化喷油泵，提高能承受的最高泵端压力，如从最高许用泵端压力为 65MPa 的 P1 泵提高到泵端压力可达 115MPa 的 P8000 型和 P8500 型喷油泵。

表 2-2 Bosch 公司 P 型泵技术规格表

型号	紧固方式	缸数	凸轮传动端 轴径/mm	柱塞升程 /mm	柱塞直径 /mm	柱塞套结构	泵端最高峰 值压力/MPa
P1	平面搭子紧固	4、6、8、10、12	25	10	7~12 (13)	分体法兰	65
	圆弧搭子紧固	6、8、10、12					
	法兰紧固	4、6、8					
P3000	平面搭子紧固	6、8、10、12	25/30	11	10~12 (13)	分体法兰	65 85 (强化型)
	圆弧搭子紧固	6、8、10、12					
	法兰紧固	6、8					
P7100	平面搭子紧固	6、8、10、12	30/35	12	10~12 (13)	整体法兰柱塞套	105
	圆弧搭子紧固	6、8、10、12					
	法兰紧固	6、8					
P8000	平面搭子紧固	6、8、10、12	35	12	10~12 (13)	整体法兰柱塞套	115
	圆弧搭子紧固	6、8、10、12					
	法兰紧固	6、8					
P8500	平面搭子紧固	6、8、10、12	35	14	10~12 (13)	整体法兰柱塞套	115
	圆弧搭子紧固	6、8、10、12					
	法兰紧固	6、8					

Bosch 合成式喷油泵在开窗口和全封闭二种类型中，不但外形上有明显的不同外，内部结构上也有较大的区别，各自的特点如下：

1. 高压油出油部分

高压油出油部分由出油阀偶件、出油阀弹簧、减容器、出油阀接头等组成（图 2-4）。以 A 型泵为代表的开窗口直列泵，其高压油出油部分的偶件和零件，直接装在柱塞上部的泵体上。以 P 型泵为代表的全封闭直列泵，每缸的出油阀偶件、出油阀弹簧、减容器、出油阀接头等组成的高压油出油部分及其相关零件，都集中装在各自缸的法兰套内，形成一个供油单元。而法兰套又分两大类：

（1）分体法兰 分体法兰的结构特点是法兰套与柱塞套分成二体，所以称为分体法兰，亦称为悬挂式分体法兰套，如 P1、P3000 等喷油泵均属此类结构（图 2-3a）。

（2）整体法兰 为进一步提高 P 型泵的泵端压力，又发展了一种整体法兰式的喷油泵，把法兰套与柱塞套合二为一，出油阀等相关零件都装入柱塞套与法兰套的统一体内，形成一个以柱塞套为法兰的供油单元，如 P7100、P8000、P8500 等喷油泵都采用这种结构（图 2-3b、图 2-3c）。

2. 油量调节机构

喷油泵油量调节通常是在两种不同状态下进行，其调节方式如下。

（1）动态变化 动态是指喷油泵在工作状态下的自动调节。

1) A 型泵常用齿杆与紧固在油量控制套筒上的扇形齿圈相啮合的结构。工作时，齿杆在调速器的作用下，左右移动时带动齿圈旋转，并通过油量控制套下部的槽，及与槽配合的

柱塞扁法兰,使柱塞跟转,以改变供油有效行程来达到调节油量的目的(图2-4)。

2) P型泵结构一般用L形拉杆,拉杆上有和油泵缸数等量的槽。柱塞装入柱塞套时,下部的扁法兰嵌入油量控制套下部的槽内,这样油量控制套转动时,柱塞会跟转。每个油量控制套上都焊有一粒钢球,该球与对应缸上的拉杆槽啮合(图2-5)。

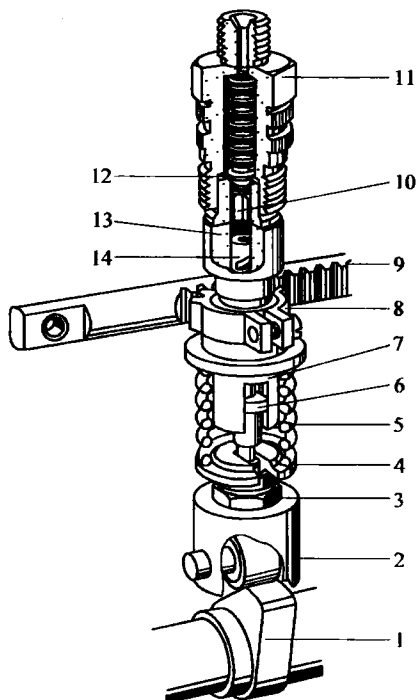


图2-4 A型泵

- 1—凸轮轴 2—挺柱体部件 3—正时螺钉
4—弹簧下座 5—柱塞弹簧 6—柱塞扁法兰
7—油量控制套 8—扇形齿轮 9—齿杆
10—出油阀芯 11—出油阀接头 12—密封垫片 13—柱塞套 14—柱塞

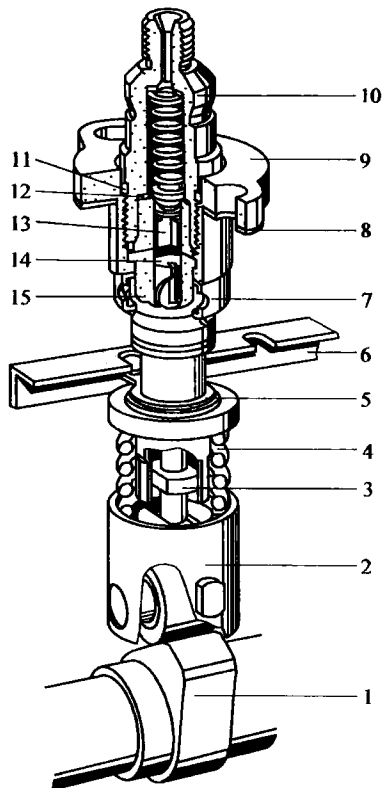


图2-5 P型泵

- 1—凸轮轴 2—挺柱体部件 3—柱塞扁法兰
4—柱塞弹簧 5—油量控制套 6—拉杆
7—挡油环 8—调整垫片 9—法兰套
10—出油阀接头 11—密封圈 12—密封垫片 13—出油阀芯
14—柱塞 15—柱塞套

调速器工作时,使拉杆左右移动,通过钢球的传动,把拉杆的移动,转化成油量控制套的转动,并带动柱塞同步旋转,以改变其供油有效行程。

(2) 静态调整 静态是指喷油泵不在运转时的静止状态,静态调整一般是在油泵试验台上进行。

1) 开有窗口的A型泵,调整供油量时,因柱塞套始终被压紧,不能转动,而是利用窗口松开齿圈,转动油量控制套带动柱塞转过一定角度,来改变柱塞上的斜槽(或螺旋槽)与柱塞套上回油孔的相对位置,然后重新固定齿圈,可以得到不同的有效行程,有效行程愈

大，供油量愈多。

2) P型泵与A型泵不同，由于泵体是全封闭结构，调整时，无法使柱塞转动，但柱塞套却能转动，如P型泵为分体法兰结构，因柱塞套装入法兰套的定位销内后，在出油阀接头的紧固下，法兰套与柱塞套近似为一体，因此，法兰套转动时，柱塞套会同时转动，P型泵法兰套的法兰孔制成腰子形，能使法兰套在 10° 左右的范围内转动，法兰套直接固定在泵体上端面，调整时，将紧固法兰套的螺母松开，使法兰套（包括柱塞套）沿腰子孔左右转动，这样可以改变柱塞套上的回油孔与柱塞斜槽的相对位置，以达到改变供油有效行程的目的。如P型泵采用整体法兰结构，法兰套就是柱塞套，因此，转动法兰时就直接转动柱塞套。

3. 供油预行程及各缸供油夹角调整结构

供油预行程是指柱塞由下止点向上移到进、回油孔关闭的这段行程，要调整预行程，主要是改变柱塞或柱塞套上下的起始位置，由于开窗口泵和全封闭泵结构上的差别，调整方法也不同。

(1) 开窗口的A型泵 A型泵柱塞套装入油泵后是固定不动的，其上下位置不能变动，只有设法改变柱塞上下的起始位置。由于A型泵开有窗口，调整时，可以利用窗口空间，改变正时螺钉的上下位置（或选取不同厚度尺寸的调整垫片），即可改变柱塞的起始高度。柱塞位置调高，上升较小行程就能关闭进、回油孔，预行程减小，反之则加大。

(2) 全封闭的P型泵 P型泵泵体侧面无窗口，不进行拆解就无法改变柱塞的上下位置。要改变柱塞斜槽（或螺旋槽）与柱塞套上进、回油孔间的相对位置，只有通过改变法兰套与泵体结合面处的调整垫片厚度尺寸，使柱塞套的起始位置升高或降低，来加大或减小预行程。如将调整垫片加厚，法兰套上升（即柱塞套上移），柱塞由下止点必须上升更大距离才能将柱塞套上的进回油孔关闭，预行程加大，反之则减小。

上述情况表明，不论是改变柱塞还是柱塞套的上下位置，其结果都会改变预行程，在改变预行程的同时，各缸间供油夹角也会起变化。如某缸柱塞起始位置升高或柱塞套起始位置降低后，柱塞只需上升较小行程就能关闭柱塞套上的进、回油孔，这时预行程减小了，同时与基准缸间的供油夹角也减小了，反之预行程和供油夹角都会加大。

4. 柱塞工作驱动机构

柱塞往复运动的动力源，来自喷油泵下部的凸轮轴及柱塞弹簧的作用，开有窗口及全封闭的喷油泵，在这方面基本相同。油泵凸轮轴由柴油机联轴器或齿轮驱动，通过挺柱体部件传动，将凸轮轴的回转运动转变为柱塞的往复运动，使柱塞随凸轮型线轨迹向上运动，柱塞弹簧力使柱塞产生向下的复位运动，并保证滚轮一直紧贴凸轮工作面，不产生脱开、敲打现象。

5. 挡油保护措施

喷油泵供油结束，回油孔打开时，高压燃油迅速卸压，高速直冲泵体，容易击穿各种铝质泵体，因此，喷油泵上一般都装有保护装置。

1) A型泵在受回油直接冲击的泵体上，装有一钢质挡油螺钉（图2-6a），高压油卸压时，直接冲击到挡油螺钉上，对铝质泵体能起到保护作用。

2) P型泵在柱塞套回油孔的外圆处，装有一钢质挡油环（图2-6b），使高压油卸压时，不能直接冲击铝质泵体。

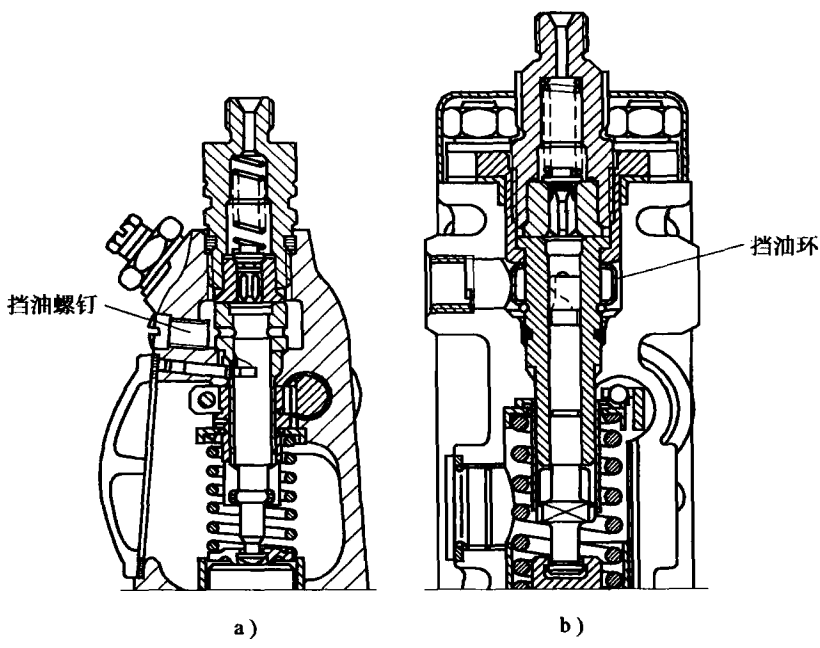


图 2-6 喷油泵挡油装置
a) A 型泵 b) P 型泵

2.2.2 分列式喷油泵

Bosch 分列式喷油泵的主要特点是喷油泵总成不带凸轮轴，一般以单缸分列泵为主，少数也有双缸分列泵或三缸、四缸分列泵，Bosch 分列式泵按大小有多种系列，如表 2-3 所列。

表 2-3 Bosch 机械控制分列式泵系列

系列	每缸最大功率/kW	最大嘴端压力/MPa	最大柱塞行程/mm	柱塞直径/mm
PFE 1A...	20	80	9	5~9
PFR ^① ..K...	20	60~70	8	5~9
PFM 1P	50	115	12	9~10
PF..Z	150	120	12	10~14
PF(R)..C	300	150	24	15~23
PF(R)..W	400	150	26	20~24
PF(R)..D	600	150	34	22~34
PF..E	700	120	45	25~36
PF(R)..H	1000	150	48	32~46

① 表中 PF 表示分列式泵；E 表示不带滚轮；R 表示带滚轮。

2.2.3 直列式喷油泵

喷油泵运转时，通常由柴油机曲轴通过前端正时齿轮或后端飞轮齿轮驱动，运转时油泵凸轮上的偏心轮带动输油泵工作，使燃油产生约为 0.18~0.25MPa 的压力，以克服柴油滤