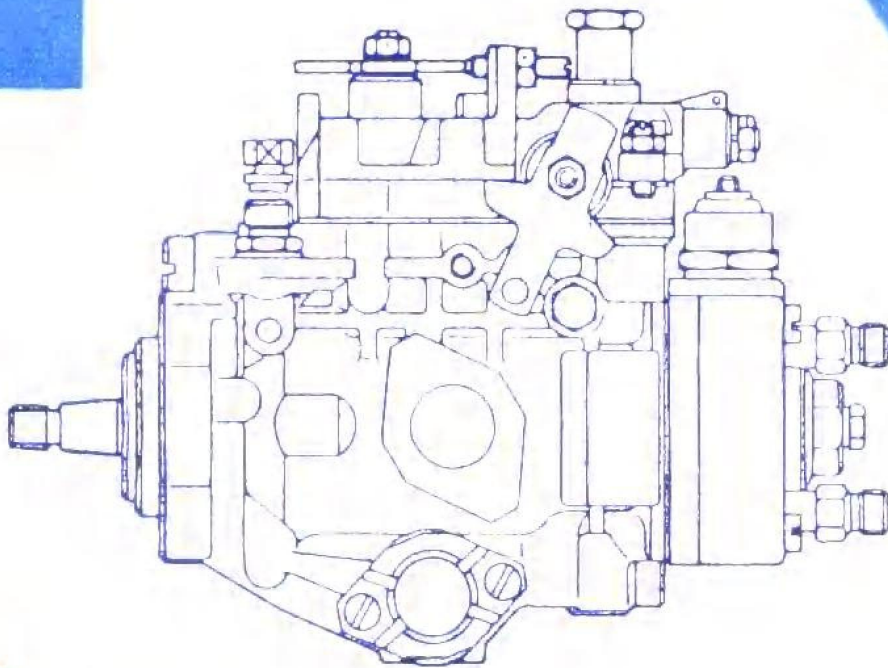


# 柴油机 燃油喷射系统

〔加拿大〕 R·N·布雷迪 编



机械工业出版社

本书全面介绍了十家世界著名公司生产的用于现代柴油机上的喷油系统，并分别阐述了这十家公司的系列产品的内外结构、工作原理、技术特性、调整方法、试验要求、故障诊断及维修保养等内容。具有论述详尽，数据齐全，且兼有专著和手册的特点，因此实用价值较高。

本书可以作为工程技术人员和有关专业人员研究、设计、制造、使用、维修柴油机喷油系统的参考书，也可用作大、中专院校的教学参考书。

## DIESEL FUEL SYSTEMS

Robert N. Brady

Reston Publishing Company, Inc.

1981

\* \* \*

### 柴油机燃油喷射系统

〔加拿大〕 R·N·布雷迪 编

华祖基 魏 鑫 沈希瑾 译

华祖基 校

\*

责任编辑：钱既佳 版式设计：冉晓华

沈 红

封面设计：肖 晴 责任校对：陈立耘

责任印制：王国光

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16·印张 28<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·字数 708 千字

1991 年 6 月北京第一版·1991 年 6 月北京第一次印刷

印数 0,001—1,830·定价：26.00 元

\*

ISBN 7-111-02321-8/TK·92

## 译者序

柴油机不仅在工业、农业和交通运输业中占有重要的地位，而且在其他行业中也日益广泛地使用。柴油机的燃油喷射系统即燃料供给系统，被公认为柴油机的“心脏”，其性能的优劣将直接影响到整机的各项性能指标，以及可靠性和寿命。

但是，柴油机喷油系统又是一种构造复杂、制造精密的部件，其调整与维修难度很大，有时其要求严格得甚至连一些专业人员也感到困难。

我国生产的柴油机品种与数量虽不少，但进口的各种机型更多。因此，国内现有的柴油机喷油系统品种庞杂、类型繁多。

在目前国内对这方面的资料非常需要又十分缺乏的情况下，译者翻译了本书。该书收集了世界著名的十家专业公司关于喷油系统的新、旧系列产品，其范围几乎包罗了各国柴油机现用的喷油系统的主要结构与型式。不仅内容介绍全面、资料来源详实，而且数据系统齐全。既可作为专著，也可作为手册。对从事喷油系统甚至柴油机的设计、制造、使用、维修的人员，均有较大的参考价值与实用价值。

全书共分十二章，除首尾两章介绍喷油系统发展史和常见故障诊断外，其余十章均按各大公司的系列产品分别论述。原书某些明显错误和规范不统一之处，在译文中已作了加注说明或修正。

本书第1~6章以及附录由华祖基翻译；第7~9章由魏鑫翻译；第10~12章由沈希瑾翻译，全书由华祖基统一校订。在本书翻译与校订过程中，得到冯力同志的不少指点与大力帮助，在此表示谢意。

由于我们水平有限，错误在所难免，敬请广大读者指正。

译者

1987年12月

## 前 言

解决各式柴油机维护保养与修理方面的各类问题，是编写本书的宗旨。

目前，柴油机已在工农业生产的各个部门发挥着重要作用。全世界众多的汽车制造厂商们最近商定，要进一步论证柴油机动力的普及问题。

现在在世界范围内柴油机的用途已达 4500 种以上。其中包括：林业、矿业、工业、船舶、公路和越野车辆、油田开采、发电、农业、管道运输、公共交通、铁路、道路建筑以及上面未曾提及的其他用途。可以设想，如果有朝一日所有的柴油机“嘎”然一声停止转动，那么世界的工业将处于一片混乱。

发展至今日的柴油机工业，使从事本行业的技师和工人积累了一套独特的职业经验。但由于发动机和设备的不断增加，目前有经验的柴油机技师的短缺状态在整个 80 年代将会变得更加严峻。

虽有许多书籍和制造厂的维修手册可以作为技师和见习人员的参考资料。但作者从工作原理、调整和故障诊断的观点编写本书，目的是想把所掌握的材料写成理论参考书，同时也希望本书能对现在使用中的大多数柴油机的日常调整和故障排除工作有用的工具书。

作者曾从事柴油机专业工作约 22 年，教学 14 年。本书作为一本柴油机喷油系统的综合图书，是在广大学生和技师们的迫切要求声中写出的。我保证没有重复那些有名制造厂家的维修手册内容的意图。但是，对于真正来自与柴油机行业有关的许多人员所提的建议和建设性批评，我是采纳和充分听取的。

对于那些花费很多时间，并为我大力提供最新资料的个人、团体和公司，在此深表谢意。就是他们，才使柴油机工业得到振兴与发展。

R. N. 布雷迪

# 目 录

## 译者序

## 前言

## 第1章 燃油喷射系统的发展史和

### 类型 ..... 1

#### 1-1 燃油喷射的发展史 ..... 1

#### 1-2 现代燃油喷射系统的类型 ..... 2

#### 1-3 燃油喷射系统的作用 ..... 7

#### 1-4 直列式高压燃油喷射泵 ..... 8

#### 1-5 螺旋槽形状和出油阀 ..... 11

## 第2章 美国鲍许公司的燃油喷射

### 系统 ..... 14

#### 2-1 单柱塞式喷油泵 ..... 15

#### 2-2 APE型多柱塞式喷油泵 ..... 16

#### 2-3 100型分配式喷油泵 ..... 20

#### 2-4 100型喷油泵 ..... 26

#### 2-5 手动注油泵与溢流阀 ..... 30

#### 2-6 PSU型喷油泵 ..... 32

#### 2-7 喷油嘴 ..... 33

## 第3章 麦克公司发动机的燃油喷射

### 系统 ..... 45

#### 3-1 燃油喷射泵的安装和对发动机的 正时 ..... 45

#### 3-2 喷油泵高怠速和低怠速的调整 ..... 50

#### 3-3 罗伯特·鲍许公司喷油泵油量调节 齿条的静态调整 ..... 51

#### 3-4 美国鲍许公司喷油泵油量调节齿 条的静态调整 ..... 51

#### 3-5 烟度限制器的工作原理和检查 ..... 52

## 第4章 罗伯特·鲍许公司的燃油喷射

### 系统 ..... 57

#### 4-1 装气动式调速器的喷油泵 ..... 57

#### 4-2 MW型燃油喷射泵 ..... 63

#### 4-3 直列式喷油泵故障诊断指南 ..... 67

#### 4-4 罗伯特·鲍许公司的调速器 ..... 69

#### 4-5 喷油嘴的基本型式 ..... 80

#### 4-6 预热塞的拆卸 ..... 80

#### 4-7 预燃室 ..... 81

#### 4-8 气门间隙的调整 ..... 82

#### 4-9 喷油系统的放气 ..... 82

#### 4-10 喷油泵相对发动机的正时 ..... 84

#### 4-11 膜盒式控制器 ..... 85

#### 4-12 VE型喷油泵 ..... 86

#### 4-13 VE型喷油泵的故障诊断 ..... 104

#### 4-14 VA型喷油泵 ..... 104

## 第5章 柴油机机器公司的VM型分配

### 式喷油泵 ..... 107

## 第6章 卢卡斯CAV有限公司的燃油

### 喷射系统 ..... 113

#### 6-1 米尼梅克型喷油泵 ..... 114

#### 6-2 米尼梅克型调速器的外部调整 ..... 121

#### 6-3 米尼梅克型喷油泵的拆卸与装配 ..... 122

#### 6-4 米尼梅克型喷油泵的安装 ..... 126

#### 6-5 麦克(Mack)公司货车用喷油泵 型号 ..... 129

#### 6-6 BPE型喷油泵 ..... 131

#### 6-7 转子式燃油喷射泵(DPA型) ..... 135

#### 6-8 DPA型喷油泵的安装 ..... 150

#### 6-9 喷油泵的试验 ..... 153

#### 6-10 输油(供油)泵 ..... 154

#### 6-11 布赖斯-伯杰(Bryce-Berger)公司 的燃油喷射系统 ..... 155

#### 6-12 卢卡斯CAV公司的喷油嘴 ..... 158

## 第7章 卡特皮勒公司的燃油喷射

### 系统 ..... 165

#### 7-1 法兰式泵体的喷油泵系统 ..... 167

#### 7-2 紧凑式泵体的喷油泵系统 ..... 174

#### 7-3 在发动机上检查紧凑式泵体喷油泵的 正时 ..... 184

#### 7-4 液压可变正时装置 ..... 191

#### 7-5 齿条定位说明, 3406型发动机 ..... 192

#### 7-6 扭力弹簧的使用 ..... 196

#### 7-7 油量调节齿条的调整 ..... 196

#### 7-8 调速器的调整 ..... 199

#### 7-9 液压式空燃比控制器 ..... 200

7-10 套筒计量式燃油喷射系统 .....	202	9-7 故障诊断表 .....	290
7-11 调速器的作用 .....	205	9-8 发动机的调整 .....	290
7-12 泵油柱塞副的拆卸 (套筒计量式喷油系统) .....	207	9-9 雅各布斯 (Jacobs) 公司的发动机制动器的调整 .....	305
7-13 燃油输送泵 (套筒计量式喷油系统) .....	209	第10章 底特律柴油机阿里森分部的燃油喷射系统 .....	311
7-14 自动正时提前装置 (套筒计量式喷油系统) .....	210	10-1 喷油系统的功能 .....	312
7-15 调整 (套筒计量式喷油系统) .....	211	10-2 供油泵 .....	313
7-16 喷油嘴 .....	218	10-3 149型供油系统 .....	316
7-17 喷油正时指示灯的使用 .....	220	10-4 高扬程供油系统 .....	317
7-18 雅各布斯公司的发动机制动器 .....	224	10-5 喷油系统的起动注油 .....	318
第8章 鲁萨·马斯特公司 (斯坦纳戴恩的哈特福德) 的燃油喷射系统 .....	226	10-6 泵喷油器的工作原理 .....	320
8-1 鲁萨·马斯特 (Roosa Master) 公司的燃油喷射系统 .....	226	10-7 喷油器的拆卸 .....	325
8-2 通用汽车公司的奥兹莫比尔分部 (Oldsmobile-GMC) 用的燃油喷射系统 .....	233	10-8 喷油器的安装 .....	326
8-3 喷油泵的外部调整 .....	249	10-9 泵喷油器的维护与解体检修 (大修) .....	328
8-4 喷油泵的拆卸 .....	252	10-10 喷油器数据表 .....	335
8-5 喷油泵的安装 .....	252	10-11 调速器的工作原理 .....	338
8-6 喷油泵的附件 .....	256	10-12 发动机的调整 .....	345
第9章 寇明斯公司的压力-时间 (PT型) 燃油喷射系统 .....	258	第11章 伍德沃德公司的调速器 .....	386
9-1 PT型燃油喷射系统 .....	259	11-1 调速器的作用与工作原理 .....	386
9-2 喷油器的类型 .....	264	11-2 伍德沃德公司的液压式调速器 .....	388
9-3 喷油器的基本维护保养 .....	269	11-3 伍德沃德公司的电动式调速器 .....	405
9-4 寇明斯的 PT型喷油泵 .....	272	11-4 伍德沃德公司的电子控制系统 .....	413
9-5 喷油泵的备选件 .....	283	第12章 常见的故障诊断 .....	425
9-6 PT型喷油泵在发动机上的调整 .....	284	12-1 压力计 .....	426
		12-2 检查燃油喷射系统 .....	433
		12-3 发动机运转不正常 .....	441
		12-4 底特律柴油机阿里森 (DDA) 分部的发动机故障诊断 .....	445
		附录 .....	451

# 第1章 燃油喷射系统的发展史和类型

## 1-1 燃油喷射的发展史

多少年来，许多公司和个人，致力于研制和改进燃油喷射系统以满足多方面的需求。我们不妨回顾一下以往的一段经历，再研究一下鲁道夫·狄赛尔（Rudolf Diesel）所遇到的一些问题。根据狄赛尔提出的把发动机吸入空气压缩到大大超过燃油着火温度的理论，在1892年为他发表了一项专利。他计算和预测，从上止点开始喷射燃油将产生逐步燃烧，由于活塞的下移和燃气的膨胀，不会发生压力或温度极大的升高。燃气的进一步膨胀将会持续到喷油中止以后。

狄赛尔得到巴伦·冯·克鲁普（Baron Von Krupp）公司和“巨头”奥格斯堡-纽伦堡机械股份公司（Machinenfabrik Augsburg Numberg Company）——简称“曼公司”（M. A. N. Co.）的财政支援，着手制造一种燃烧煤粉的发动机，燃烧后废弃的副产品像一座座小山一样堆放在鲁尔河谷。压燃式内燃机的实际商品化开发是劳斯特（Lauster）博士和德国曼公司的工程师们与狄赛尔在1893~1898年之间合作进行的。第一台实验发动机在1893年制成，将煤粉用高压空气喷入燃烧室。但此种发动机已宣告失败，而且再用煤粉作燃料进行实验也没有成功。然而，用油来作燃料的压燃式发动机却研制成功了，而且许多制造厂家申请登记制造这类发动机。

用机械式喷射进行了发动机燃烧原油的实验，但结果并不令人满意。在很大程度上归咎于体积庞大而又粗制滥造的喷油装置。

狄赛尔再次借助于空气喷射以达到改善燃油雾化和混合气涡流两个目的。他用的空气喷射证实是成功的，以致成为多年来公认的喷射方法。他研制的第一台发动机的失败，是由于他试图将空气压缩到1500 lbf/in<sup>2</sup>的压力，而不采取任何措施冷却气缸的缘故。狄赛尔想充分利用一个长工作行程燃烧的热量，以致忽视了理应加强冷却的要求。

他在1895年制成的第三台发动机是成功的。这是一台具有450 lbf/in<sup>2</sup>压缩压力的四冲程发动机，其水平可以与许多现代发动机相比。采用水冷却，燃油靠高压空气喷入。制动热效率提高到24%，指示热效率实际达35%，这对过去所有的发动机来说是一个重大的进步。以后的柴油机在研制方面的许多改进与进步，已很大程度取决于燃油喷射技术的多方面提高。

据我们目前所知，罗伯特·鲍许（Robert Bosch）很可能是对狄赛尔的发动机取得成功贡献最多的一个人。他早在1927年就使用第一批大量生产的喷油泵。罗伯特·鲍许早年曾同美国的爱迪生（Edison）、后来又同英国的西门子（Siemens）合作过。接着他设计和生产了磁电机并于1906年创建了鲍许磁电机公司（Bosch Magneto Company）。该公司于1909~1910年间在美国马萨诸塞州的斯普林菲尔德的一个工厂里开始生产，到1914年在美国的产量已经超过在德国的产量。1914年在日本也设有一个分公司。

1922年12月28日，鲍许公司决定着手研制柴油机燃油喷射系统。过去鲍许对柴油机已产

生了某种兴趣，而这时愿承担义务来对这方面进行系统的研究与设计。到了1923年有12个喷油泵进行了试验，而且到1924年年底为止一种能满足各方面要求的喷油泵已经研制成功。在1925年鲍许公司与研制者 弗朗兹·兰 (Franz Lang) 签订了一项协议，采用一种包括由弗朗兹·兰研制的燃油喷射装置在内的柴油机系统。而这种特殊的喷油泵并不能满足各方面的特殊需要，直到1927年他们才研制、设计出了令人满意的部件，并且在同年8月生产了1000套喷油泵。到1934年3月已有100000套喷油泵出厂。

早在1927年，一台排量2.1 L的艾克罗 (Acro) 公司的柴油机装上了轿车，它一直运转到1929年，累计行驶35000km。以后在1932年，又将一台小型载货汽车用柴油机装在轿车上进行试验。

鲍许公司在1926年对柴油机喷油装置的有关方面申请了一项专利，并进而要求取得许可证及保护权，以对付那些致力于喷油系统研制的所有竞争对手，象艾克罗公司，雷夫-阿巴拉特保 (REF-Apparatebau) 公司〔由L'奥林奇公司 (L' Orange Company) 创建〕，道依茨 (Deutz) 公司，施努尔 (Schnule) 公司和阿特拉斯柴油机 (Atlas Diesel) 公司等。从此以后，被批准的燃油喷射系统设计的专利在1000项以上。

随着对喷油装置要求的增加，德国的鲍许公司已不能满足需要，因此鲍许就同那些后来也生产喷油装置的公司达成了另外一些协议。如在法国，拉瓦莱特制造厂股份公司 (Société des Ateliers de Construction Lavalette SA) 从1928年起就已经有鲍许公司的股份，而到了1931年10月10日时，就被选作合作者，签了制造许可证协议。

在英国，约瑟夫·卢卡斯公司 (Joseph Lucas Ltd.) 的子公司已经在用雷夫-阿巴拉特保公司的制造许可证，以有限的产量生产喷油泵。1931年卢卡斯和鲍许进行谈判并签订合同，从此鲍许以49%股份加入名为范德维尔 (C. A. Vandervell) 生产轴承的卢卡斯的子公司。合同条款之一是该公司的名称采用“CAV-Bosch”，将由鲍许公司新建的柴油机生产厂来予以支持。签合同的日期是1931年10月21日。

在美国，生产厂建在马萨诸塞州的斯普林菲尔德以美国鲍许 (American Bosch) 公司命名。签合同日期是1934年1月1日。

1938年8月10日，又同日本一个集团签订了许可证协议并建立了柴油机机器公司 (Diesel Kiki Co. Ltd)，鲍许公司与该公司仍然是联合关系。

目前，授于生产许可证的制造厂家所在国家有：阿根廷、澳大利亚、巴西、印度、日本、罗马尼亚、西班牙、土耳其和美国。因此，现在只有极少数柴油机燃油喷射装置制造厂家不采用鲍许公司设计的某些型式。当人们在任何场合谈起柴油机喷油装置的时候，罗伯特·鲍许这个名字总是处于各种讨论的最前列。

## 1-2 现代燃油喷射系统的类型

目前所用的喷油系统的分类方法之一的集中说明在图 1-1 ~ 5 中。图 1-1 的喷油系统是每个气缸用一个单独的脉动式喷油泵把高压燃油输至喷油嘴。这些喷油泵同发动机完全正时，而且与一个共同的转速控制装置 (油门和调速器) 互相连接。这种装置是用在大型低速高单缸功率的固定式柴油机和船用柴油机上的，有时某些小型中速柴油机也采用这套装置。

**脉动式喷油泵系统** 这套系统被现代的许多燃油喷射泵产品所广泛采用。图 1-2 是简化



示意图。

本系统所用的泵油柱塞，在它下方的旋转凸轮推动下能做上下运动。油门与调速器的动作，也可通过与柱塞连接的拉杆来使柱塞转动。这将在第2章和第4章内叙述。

本系统所用的凸轮，基本上控制以下几项：

1. 柱塞升程和刻在柱塞上相应的螺旋槽数量；
2. 柱塞的基本正时；
3. 输油速率。

图1-3的喷油系统仍然按脉动式喷油泵的原理工作，但是各缸的泵油装置是装在一个共同的壳体内的。用一个提升式输油泵在低压下把燃油输入喷油泵壳体内，输油泵通常由喷油泵本身驱动。

本类型普遍用于中速和高速高功率大排量柴油机。只要一个泵油装置与发动机正时，在同一个壳体内的其他各缸泵油装置就自动地正时。

图1-4的喷油泵型式与汽油机上所用的点火分电器工作原理相同。而且如上所述，由一个装在喷油泵壳体内，并由其本身驱动的输油泵把压力高达130~200 lbf/in<sup>2</sup> (896.35~1379 kPa)的燃油输入喷油泵。装在喷油泵另一侧非传动端的高压泵头，装着与喷油嘴数量相同的高压油管接头。

图1-5是脉动式喷油泵系统的泵喷油器类型，一台小型发动机驱动输油泵，把60~70 lbf/in<sup>2</sup> (413.7~482.65 kPa)压力的燃油输到浇铸在气缸盖或顶盖内部的进油总管（各缸共用油路）内。泵喷油器于是就正时、计量、雾

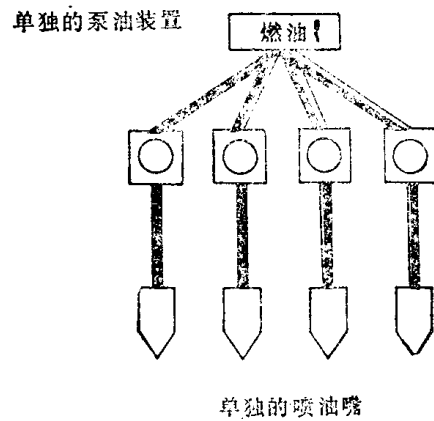


图1-1 典型的低速柴油机喷油系统 (迪尔公司提供) 到喷油嘴的压力燃油

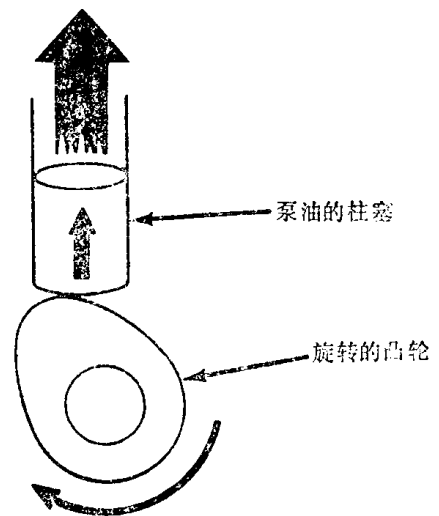


图1-2 脉动式喷油泵的工作原理 (迪尔公司提供)

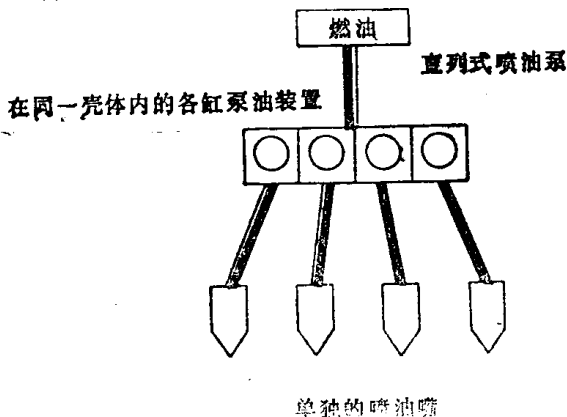


图1-3 中速和高速柴油机的喷油泵布置 (迪尔公司提供)

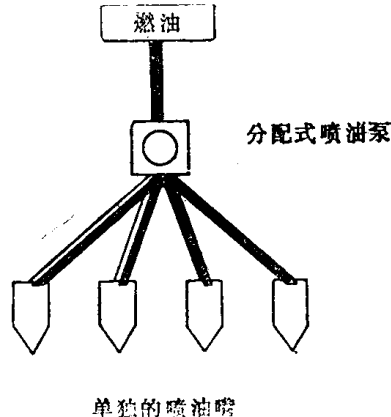


图1-4 分配式喷油泵 (迪尔公司提供)

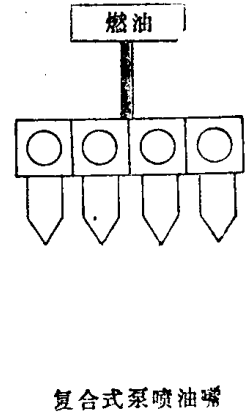


图1-5 泵喷油器的原理 (迪尔公司提供)

化以及在燃油喷射燃烧之前对燃油进行加压。每个喷油器在装配时必须调整好正时，并把正时销和齿条行程调整到相应位置。

通常，我们选用脉动式喷油泵类型或其变型中的一种。图 1-6 表示目前正被制造厂家或发动机用户采用的 3 种喷油系统的主要型式。

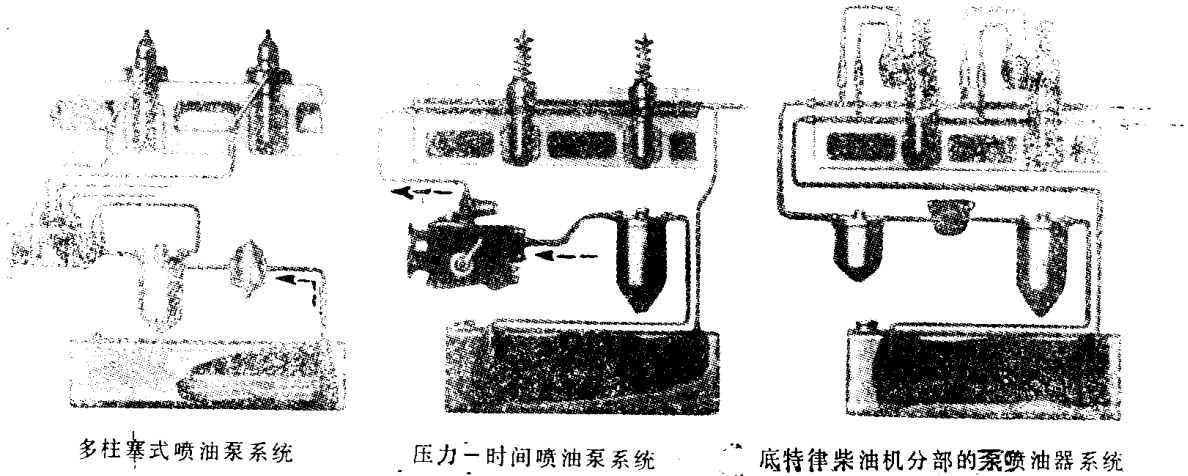


图1-6 喷油系统类型 (通用汽车公司的底特律柴油机阿里森分部提供)

### · 多柱塞式喷油泵系统 ·

燃油从油箱吸出在进入输油泵之前，通常先通过一个燃油粗滤器或滤网<sup>⊖</sup>。输油泵输出的燃油被加压到 $10\sim 35\text{ lbf/in}^2$  ( $68.95\sim 241.325\text{ kPa}$ )之间，具体大小要看不同的制造厂家而定。压力油经过燃油精滤器以后进入喷油泵壳体，全部单独的泵油装置从此处供油。许多较新式的喷油泵壳体底部已不用润滑油来润滑旋转的凸轮轴，因为时时都充满柴油的喷油泵已没有内部空间。较老式和一些最新的喷油泵则另设一个润滑油腔用于喷油泵凸轮轴的润滑。同一壳体内的每一个单独脉动式泵油装置在燃油正时、计量和加压以后，就经包钢的高压油管输入每个喷油嘴，从低至 $100\text{ atm}$  ( $1470\text{ lbf/in}^2$ )以下、到高达 $300\text{ atm}$  ( $4410\text{ lbf/in}^2$ )的压力范围按发动机的发火顺序喷油。有些喷油嘴有一根回油管，用于喷油嘴内部润滑的燃油回到油箱。

目前普遍采用多柱塞式喷油泵系统的制造商和发动机用户如下：

1. 美国鲍许 (AMBAC) 工业公司；这类喷油泵的典型用户是麦克 (Mack) 公司、万国 (International Harvester) 公司、利兰 (Leyland) 公司和奥南 (Onan) 公司。
2. 罗伯特·鲍许公司；典型的发动机用户见第 4 章。
3. 日本的柴油机机器公司和日本电装公司 (Nippondenso Co. Ltd)；他们用罗伯特·鲍许公司的许可证生产。

4. CAV 公司和用他们的许可证者；如：法国的罗托柴油机 (Roto Diesel) 公司、西班牙的康狄赛尔 (Condiesel) 和西姆萨 (Simsa) 公司、巴西的卢卡斯公司、墨西哥的英也克柴油机 (Inyec Diesel) 公司以及日本 CAV 公司。随着泼金斯 (Perkins)、罗尔斯-罗伊斯 (Rolls-Royce)、利兰、福特、李斯特 (Lister)、帕克斯曼 (Paxman)、彼得斯 (Peters) 和拉斯顿 (Ruston) 等公司的产品被更广泛采用，用这类喷油装置的发动机制造商名单也就变得又长又繁。

<sup>⊖</sup> 原文为 GMC，有误。通用汽车公司缩略词应为 GM。而 GMC 为 GM 的一个货车与大客车分部——译者。

5. 联邦德国的L'奥林奇公司。
6. 法国的西格玛 (SIGMA) 公司。
7. 卡特皮勒拖拉机公司 (Caterpillar Tractor Company); 用它自己的喷油泵系统和套筒式燃油计量系统 (见第7章)。

#### · 压力-时间喷油泵系统和分配式喷油泵 ·

表示在图1-6中的压力-时间喷油系统是寇明斯发动机公司 (Cummins Engine Company) 为他们自己的柴油发动机系列设计制造的各种分配式喷油泵。这种喷油泵的输油泵 (齿轮式泵) 在它的本体内, 用一根油管经过一个共用油路 (集油腔) 或其他装置将燃油供给喷油器; 详细情况参阅第9章。

分配式喷油泵, 正如寇明斯公司的喷油泵那样, 燃油从油箱经粗滤器吸到一个提升式供油泵, 经精滤器再进入一个装在喷油泵端盖 (非传动端一侧) 上的叶片式输油泵, 燃油从这里再以大约  $130 \text{ lbf/in}^2$  ( $896.36 \text{ kPa}$ ) 的最高压力输入喷油泵内部的进油道。然后燃油正时、计量并在压力下把燃油送到各个单独的喷油嘴, 压力来自喷油泵的高压泵头部分, 其平均值由  $150 \text{ atm}$  ( $2205 \text{ lbf/in}^2$ ) 到高达  $260 \text{ atm}$  ( $3822 \text{ lbf/in}^2$ )。每一个喷油嘴通过一根高压油管直接与喷油泵连接。通常用的这种喷油泵系统也有一根回油管。

目前制造分配式喷油泵的有美国鲍许 (AMBAC) 工业公司; (联邦德国) 罗伯特·鲍许公司和它的许可证生产单位; (英国) CAV公司和它的许可证生产单位; (美国) 鲁萨·马斯特斯坦戴恩公司的哈特福德分部 (Roosa Master Stanadyne/Hartford Division) 和 (法国) 西格玛公司。大量的柴油机选用这些喷油泵, 如: 英国利兰、泼金斯、别儒 (Peugeot)、伏克斯瓦根 (Volkswagon)、纽斯 (Neuss)、沃尔沃-彭塔 (Volvo-Penta)、通用汽车公司的奥兹莫比尔 (Oldsmobile-GM) 分部、约翰-迪尔 (John Deere) 和万国收割机等公司的产品。

#### · 泵喷油器喷油系统 ·

由发动机驱动的输油泵把燃油从油箱吸出经粗滤器并以  $60 \sim 70 \text{ lbf/in}^2$  ( $413.7 \sim 482.65 \text{ kPa}$ ) 的压力输到精滤器, 然后由此处进入一条浇铸在气缸盖内的进油总管 (共用油路) 或顶盖油管, 油流再经各单独的跨接油管, 并通过喷油器进油管内一个小的不锈钢丝网滤清器, 然后进入泵喷油器内。这时喷油器就正时、计量、加压, 并在进入燃烧室时雾化。输到喷油器的燃油几乎多达50%是用作冷却和润滑的, 并用油管引出喷油器进入浇铸在气缸盖内的回油总管 (或另设油管) 后回到油箱。由于这种喷油系统大量回油, 通常叫作再循环式喷油系统。然而, 这种喷油器设计十分简单, 重量轻、体积小, 而且易于维修。

目前使用这种喷油系统的有 (通用汽车公司<sup>⊖</sup>的) 底特律柴油机阿里森分部 (Detroit Diesel Allison Division) 的全部两冲程或四冲程发动机, 美国的本迪克斯 (Bendix)、联邦德国的L'奥林奇公司也用。通用汽车公司的电动汽车分部 (Electro-Motive Division) 也采用这种泵喷油器系统。

自从底特律柴油机分部和电动汽车分部通过他们巨大的批发商和经销商销售网在全世界大范围内销售和维修发动机以来, 这种喷油系统几乎被各种用途和各类设备选用。本迪克斯

<sup>⊖</sup> 原文为GMC, 有误。说明见前注——译者。

公司的泵喷油器用在大型低速的工业用和船用柴油机上，而L' 奥林奇公司的喷油器则用在欧洲。

### · 喷油嘴 ·

在这里并不想深入研究喷油器的详细结构；但要说明它有两种基本类型，一种内开式，另一种外开式。由于喷油时针阀开启而离开燃烧室方向；喷油终了时针阀关闭而移向燃烧室方向，内开式喷油嘴常被称为闭式喷油嘴。

由于外开式喷油嘴在喷油时针阀移向燃烧室方向；喷油终了时针阀离开燃烧室方向，故称为开式喷油嘴。这两种叫法都是正确的。图 1-7 表示两类喷油嘴典型型式。

另一情况的分类，一种喷油嘴可以称为多孔式喷油嘴；另一种叫作轴针式喷油嘴。基本区别在于前者有一个以上的喷孔，例如钻在喷油嘴喷头上的喷孔有达 8 个之多；这通常是一种闭式喷油嘴，而且通常用在开式燃烧室或直喷式发动机上。除了后面的鲍许喷油系统要叙述的倒锥针阀副喷孔式喷油嘴之外，轴针式仅用单孔，这种喷油嘴用在预燃室式发动机上。

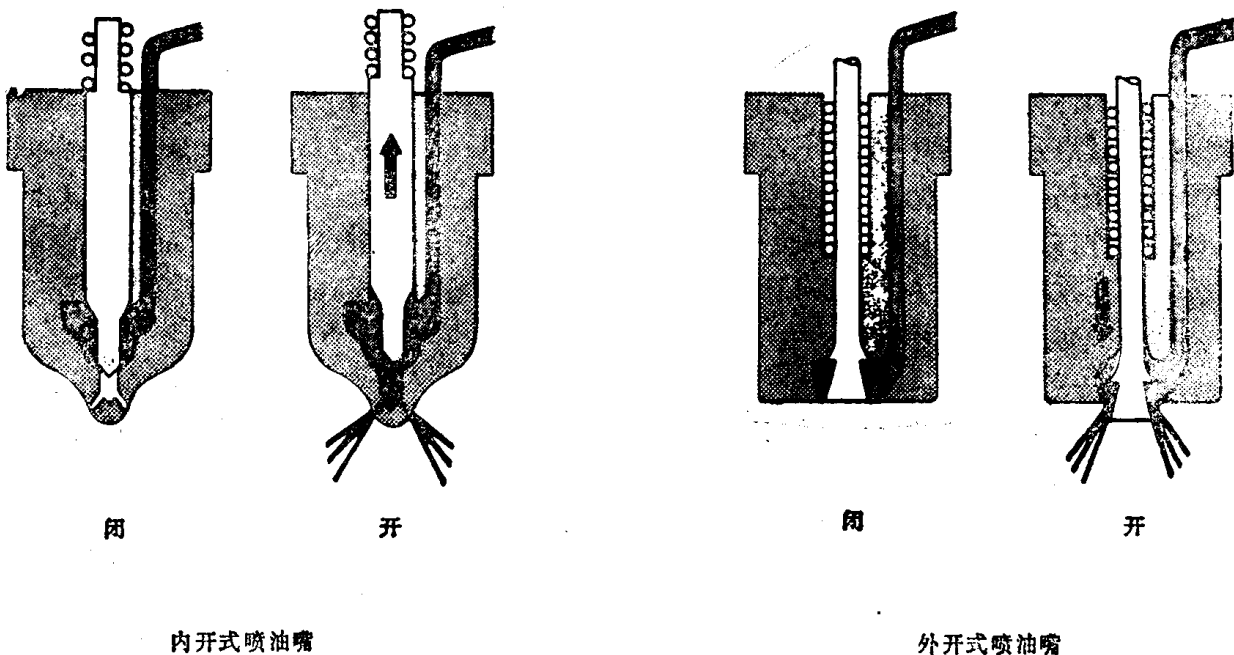


图1-7 喷油嘴的类型 (迪尔公司提供)

### · 燃油喷射泵 ·

可能有这样一种说法：“燃油喷射系统实际上是柴油机的心脏”。你可以回想一下，在一种适用的燃油喷射泵设计和生产出来之前，高速柴油机确实难以发展，甚至连鲁道夫·狄塞尔当时陷入困境也基本上与缺乏一种好的喷油系统有关。可见上述说法就显得具有更广泛和更深刻的意义了。

从我们最初讨论有关的燃烧系统，会想起有效的燃烧取决于燃油在适当时间喷射和喷射

的速率。另外，喷油压力必须高到足以适当雾化和达到一定贯穿度。这就和喷油泵到喷油嘴的燃油流的压缩率和动态特性有关；也和喷油泵、输油管、常用脉动式喷油泵系统的喷油嘴的机械特性有关。

在前一节，叙述了机械式喷油和计量的各种方法。这些方法中有不少后来已经不用，其余的也已经改进。高速柴油发动机的喷油泵、喷油嘴和泵喷油器已经有了许多重要的发展。

在前面详述了单独的泵油装置的情况之后，让我们来研究一下一个好的喷油系统的实际要求和作用是什么。

### 1-3 燃油喷射系统的作用

燃油喷射系统的要求可以归纳如下：

1. 为了使各个气缸具有相等的功率，显然每一泵油循环和对每一气缸的喷油量必须保持相同。一台平顺转动的发动机，依靠在全部转速范围内每个气缸燃油的均匀分配；否则，气缸之间的平衡一旦被打乱，一些气缸就比另一些气缸工作困难。这就导致了过载和过热现象。这种作用通常叫作燃油计量。

2. 如因用途和工作条件不同，而使发动机的负荷和转速发生变化，按原给定负荷和转速确定的实际喷油点将随这些条件不同而变化。因此，喷油系统必须能调整正时或喷油点以符合发动机工作起伏的要求。总之，不管发动机的转速与负荷如何，喷油系统一定要在工作循环的适当瞬时喷油。

3. 对于（直喷式）开式燃烧室发动机，特别是现代高速柴油机，缓慢的喷油期起始和终止会对喷油的开始阶段和终了阶段产生不良影响。换句话说，它不能分散或雾化燃油使其油滴细到像喷油期快速起始和快速终止那样。因此，喷油一定要起始和终止十分迅速。

4. 因为燃油是可压缩的，所以喷油泵实际输油始点和喷油嘴实际出油始点之间有一段滞后时间；也就是说喷油泵的输油率与喷油嘴的出油率不是等同的。因此，许多发动机的性能可以通过控制喷油速率的办法来得到改进。最重要的性能之一是喷油持续时间，在全负荷时尤其重要。因为它直接影响发动机功率、油耗和排放烟度。有些发动机在主喷油量之前 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$ （曲轴转角）喷入少量燃油，这样在主喷过程出现时已开始燃烧。这样做的结果可得到较为平顺的燃烧和相当缓慢的气缸升压速率。所用喷油嘴的类型在某种程度上控制喷油的实际速率。总之，在燃烧时，喷油系统一定要按需要的速率喷油，以控制燃烧和压力升高的速率。

5. 良好的燃烧与燃油雾化程度有关。燃烧室的型式和发动机的转速会影响燃油的雾化程度。喷油嘴的类型和规格加上喷油压力将控制雾化程度。这时，喷油系统必须按所用燃烧室的型式特有的要求使喷油雾化。

6. 发动机的充量系数（容积效率）通常随着转速的增加而减小，这是由于在实际进气系统中，气流阻力和空气惯量增加的缘故。因此，发动机功率的增加和燃烧的完善程度确实取决于遍及燃烧室内的空气充量气流和燃油分配的均匀性。对于直喷式或开式燃烧室式发动机，燃油一定要在各个方向贯穿到燃烧室内的空气团。对于小型高速柴油机，适当穿透也是需要的，但决不希望让燃油喷到活塞顶或气缸壁上。由于火焰直接冲击或气缸壁被燃油冲洗，而使活塞顶燃烧，会造成润滑油稀释、油底壳机油变稀、活塞可能拉毛气缸套，以至最终发生

卡死等结果。不完全的燃烧大概还会进一步造成产生积炭和活塞环胶结。总之，喷油系统一定要均匀地分配燃油到遍及燃烧室的空气团内。

## 1-4 直列式高压燃油喷射泵

图 1-8 所示是世界燃油喷射装置的主要制造厂商广泛采用的直列式脉动喷油泵。另外，罗伯特·鲍许、卢卡斯CAV、美国鲍许、卡特皮勒和这些公司的生产许可证持有者们，虽然在总体设计特点和现货备选品方面有某些区别，但也是采用图 1-8 所示的基本设计。这种类型的喷油泵虽应用广泛，但转子式或分配式喷油泵在车用小型高速柴油机上正越来越普及。卡特皮勒脉动式喷油泵与上述类型的主要不同点，是它不可调整（见第 7 章）。

### · 柱塞的工作 ·

在图 1-9 a 内，因为柱塞在它行程的下止点，两个油孔均由柱塞顶部打开，充满储油槽的燃油将经这两孔进入。此时出油阀是关闭的。在图 1-9 b 内，当柱塞开始向上移动（通过转动喷油泵凸轮轴）时，在两个油孔被柱塞顶部圆柱密封面盖住以前，燃油将溢回两孔进入储油槽。这叫作油孔关闭和喷油的基本起始。注意出油阀仍在它的阀座上。

在图 1-9 c 内，油压将继续升高到足以抬起出油阀，并迫使它离开阀座，因此，随着出油阀的开启，使流动的燃油经过高压油管到达喷油嘴，并接着进入气缸。喷油将持续到螺旋槽下端边缘圆柱密封面（槽脊）不再盖住油量调节孔为止。此孔的露出比向上运动的柱塞实际终止点稍有提前，柱塞继续运动把剩余的燃油推回储油槽。

在图 1-9 d 内，让流动的燃油泄至柱塞的减压区并从油量调节孔流至储油槽。出油阀关闭，柱塞完成了它的行程，并依靠柱塞回位弹簧使柱塞可靠地回到下一个进油循环的位置（图 1-9 a）。

喷油终了、油量调节孔露出时，泵油腔内的高压燃油迅速回到储油槽，因此，为了防止喷油泵壳体最终侵蚀损坏，用柱塞套定位螺钉的表面硬化端部来使回油压力偏转。两个油孔会减少偏转压力一半，同时锥形的油孔也将分散回油偏转压力。

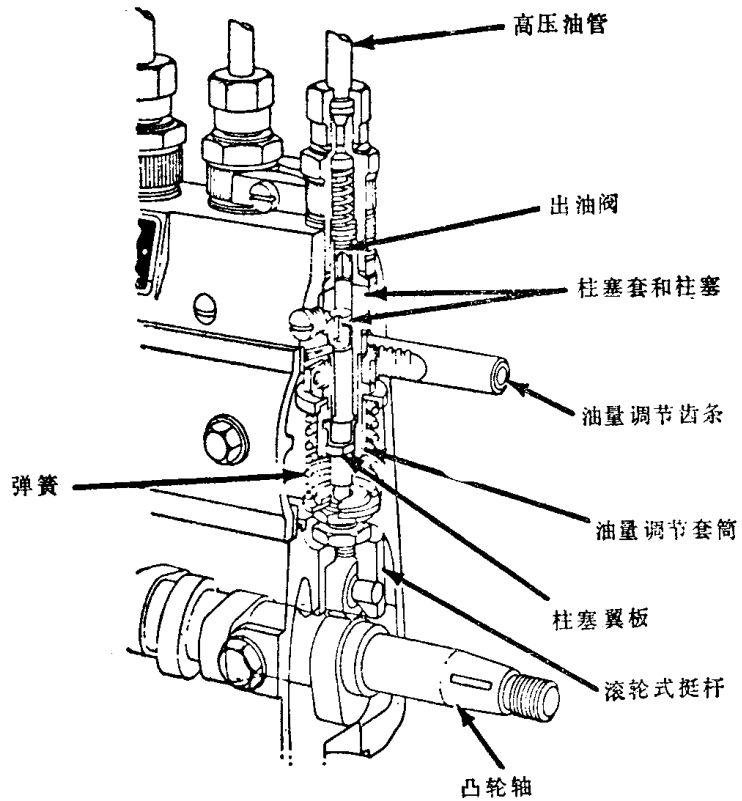


图 1-8 典型的直列式高压脉动式燃油喷射泵  
(罗伯特·鲍许股份有限公司提供)

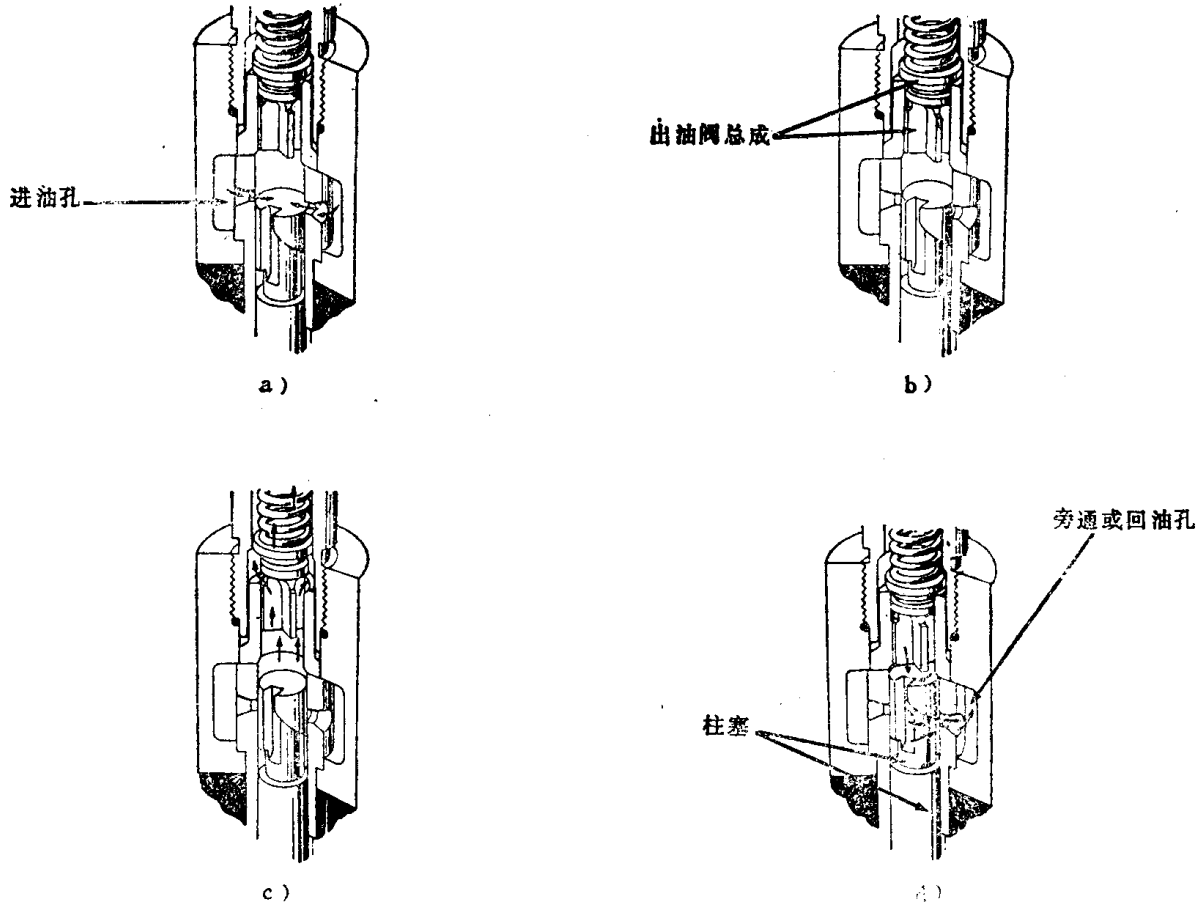


图1-9 柱塞的工作原理：通过刻在柱塞上一条螺旋槽或槽边圆柱密封面并使柱塞转动，可改变柱塞的有效行程以调节每个循环的供油量

a) 出油之前(油孔开) b) 出油起始(油孔闭) c) 出油(油孔闭) d) 出油终止(回油孔开, 出油孔闭)  
(罗伯特·鲍许股份有限公司提供)

### · 燃油计量原理 ·

如图1-10所示，将转动柱塞套内的柱塞可有效地改变柱塞的油量调节螺旋槽和柱塞套的油量调节孔的相对关系，以调节所供的油量。这是靠一根齿条和一个调节环或油量调节套筒来完成的。

齿条基本上是一根一侧带齿的圆杆，它支承在喷油泵壳体孔内，并在其中活动，齿条又连接到调速器上。齿扇或调节环被固定在油量调节套筒的上部有齿与齿条啮合。油量调节套筒是用松配合套在柱塞套的外面，并在底部开一条通槽与柱塞翼板相嵌，这样在移动齿条时，就会使调节环、油量调节套筒和柱塞转动。

罗伯特·鲍许的直列式喷油泵的工作原理基本上与CAV和美国鲍许的直列泵相同；但是，让我们简单回顾一下泵油柱塞的工作和过量供油装置，以便使我们完全了解其工作原理。

转动喷油泵壳体内的凸轮轴，使柱塞套内的柱塞上下运动；移动与油门和调速器拉杆相连接的油量调节齿条，

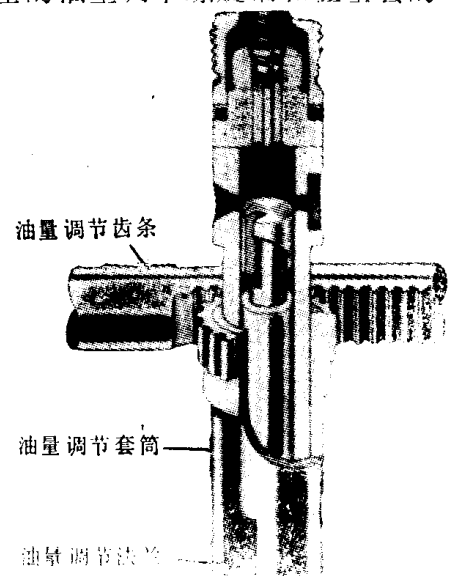


图1-10 调节供油量  
(美国鲍许—AMBAC工业公司提供)

也可使柱塞转动。在任何时候把停油控制装置移到发动机关机的位置上时，柱塞转动如图1-11所示，从图中加工在柱塞表面的纵向槽始终对准进油或油量调节孔。因此，不管在柱塞套中的柱塞上下位置如何，燃油压力决不会超过输油泵的输油压力。这个压力也决不能克服出油阀的弹簧力，这样就没有燃油送到喷油器。

图1-12表示过量供油和正时延迟槽的局部放大图。过量供油只有在起动时可能发生，因为当发动机停机时转速控制臂移至低怠速位置，由此而把油量调节齿条移动到使柱塞处于过量燃油能够输出的位置。但是发动机起动瞬间，调速器就会移动油量调节齿条至相当于油

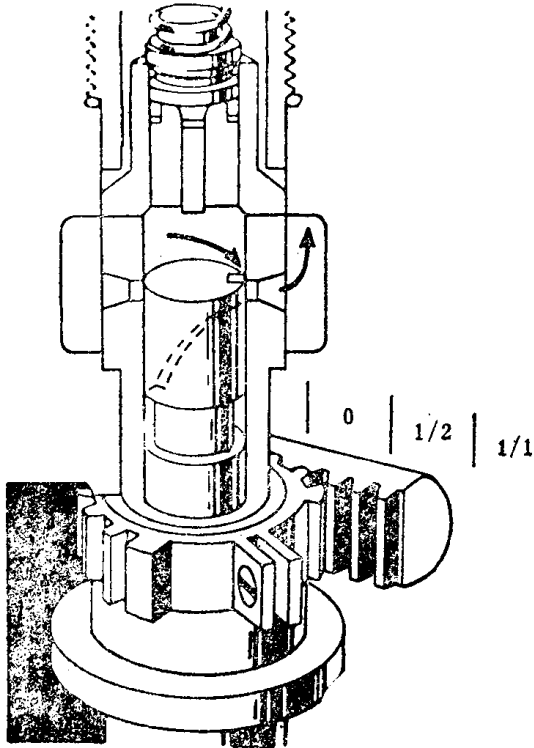


图1-11 停止供油  
(罗伯特·鲍许股份有限公司提供)

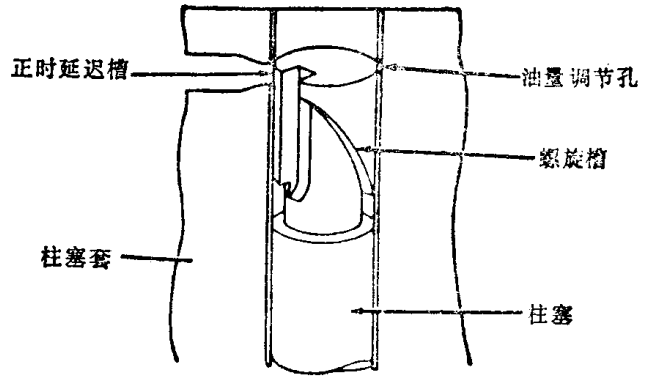
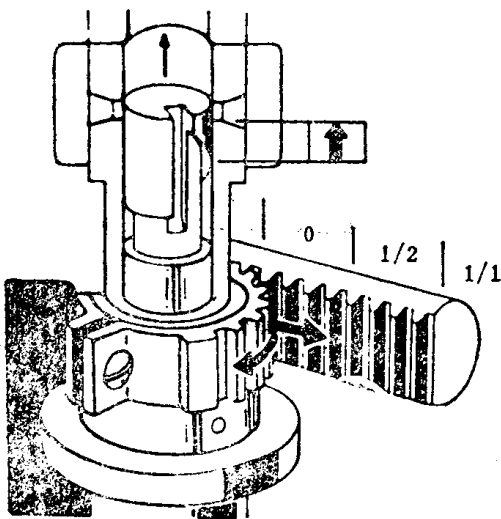
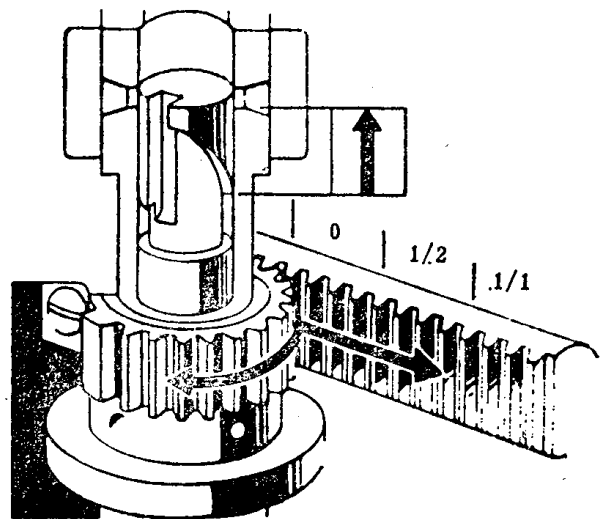


图1-12 过量供油和正时延迟槽  
(罗伯特·鲍许股份有限公司提供)



a)



b)

图1-13 燃油供给：a) 部分供油 b) 最大供油  
(罗伯特·鲍许股份有限公司提供)



门控制臂工作的位置。正时延迟槽也同油量调节孔对准而推迟了油孔的关闭，因而在起动时就延迟了正时。

当处在部分供油位置时，供给喷油器的燃油量是按柱塞有效行程的大小而定的，简言之，即进油孔被上升的柱塞关闭的瞬间，燃油开始流向喷油器。这将持续到油量调节孔关闭，然而，上升的柱塞螺旋槽刚一露出油孔，到喷油器的油压立即消失，并使喷油停止。因此，我们有效地供油到喷油器的时间只能到油量调节孔关闭为止；部分油门的位置表示在图 1-13 a。从怠速到最大供油的油门和齿条位置，将按比例变化。

当发动机操作者或驾驶员移动油门至最大行程时，柱塞有效行程由于柱塞螺旋槽转动而加大，因而具有更大的供油量，这是因为喷油泵凸轮轴推动柱塞上升时有更长的时间关闭油量调节孔。这种情况表示在图 1-13 b 中。

## 1-5 螺旋槽形状和出油阀

柱塞制成带有向下或向上螺旋槽的计量槽脊(见图 1-14)，它们或者是定量供油油孔关闭起始而变量供油终止；或者是变量供油油孔关闭起始而定量供油终止；或者是变量供油起始和终止。对于油孔式泵油装置，由于在压缩下有最小的燃油容积，有可能很好地控制喷油特性，而且当转速增加时，常用的油孔调节式喷油泵的缺点反而提高了供油特性。其原因是当喷油泵转速增加时，在燃油经油孔节流过程中，油孔关闭之前和开启之后造成了少量燃油从旁通回流之故。

当转动柱塞使它的纵向槽对准油量调节孔(定位螺钉一侧)时，所有的燃油均旁通回流；所以不喷油。齿条在全油门位置时，柱塞在螺旋槽露出油量调节孔之前几乎能够完成它的全部行程。要记住，当转动柱塞时，在行程范围内油孔或早或迟会露出来(见图 1-15)。

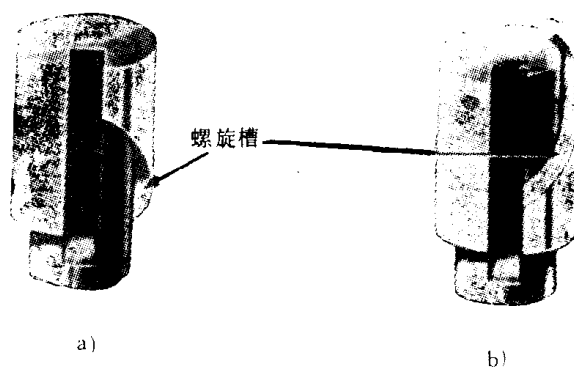


图1-14 柱塞类型：a) 向下螺旋槽柱塞 b) 向上螺旋槽柱塞  
(美国鲍许—AMBAC工业公司提供)

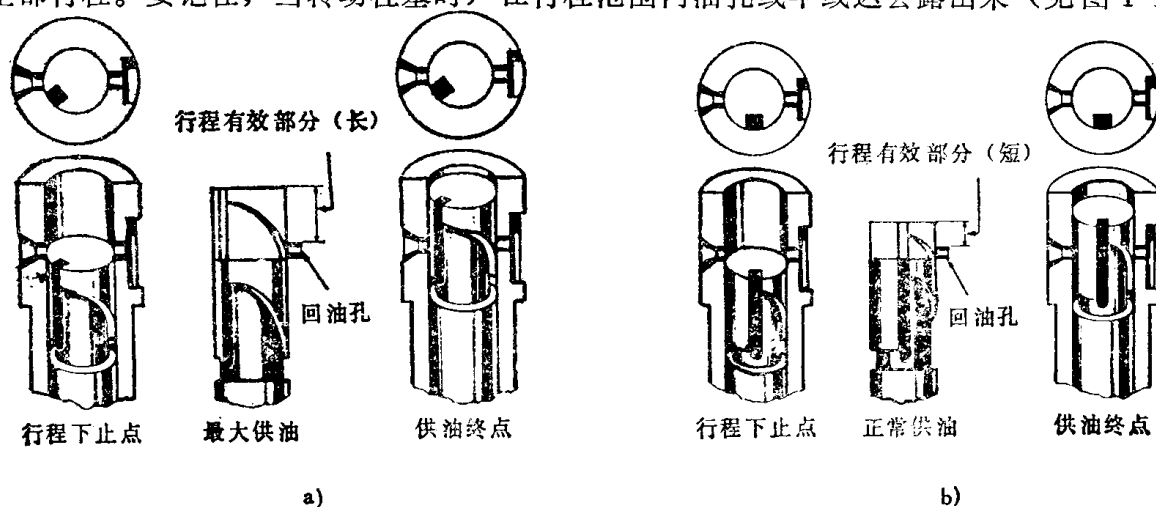


图1-15 柱塞供油位置：a) 最大供油 b) 正常供油  
(美国鲍许—AMBAC工业公司提供)