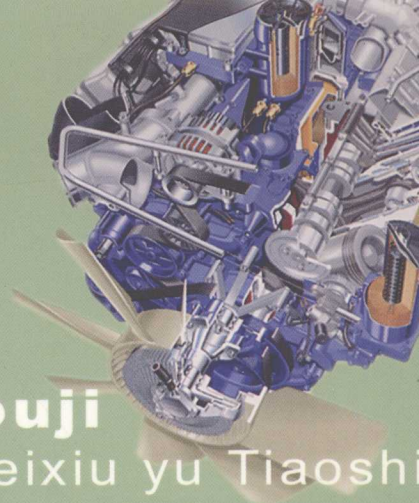


**X**ian **D**aichaiyouji

Penyoubeng Penyouqi Weixiu yu Tiaoshi



# 现代柴油机 喷油泵喷油器维修与调试

杜仕武 / 简晓春  
邵毅明

[主编]  
[主审]



人民交通出版社  
China Communications Press

**X**ian **D**aichaiyouji

Penyoubeng Penyouqi Weixiu yu Tiaoshi

# 现代柴油机 喷油泵喷油器维修与调试

◎ 杜仕武/简晓春 主编  
邵毅明 主审

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书全面、详细地介绍了现代柴油机喷油泵喷油器维修与调试的基础知识,主要介绍了日益普及的 A 系列、P 系列直列柱塞泵调速器总成、VE 分配泵和 PT 供油系的结构、工作原理和维修与调试知识,也对电控柴油机电子控制式高压喷油泵、共轨式电子控制喷油系统做了介绍,最后还汇集了大量的常见喷油泵调速器总成的维修与调试参数。

本书语言通俗易懂,图文并茂、实用性强。可作为柴油机喷油泵喷油器维修与调试工(包括初、中、高级工)的学习教材或工作参考手册;还适合于柴油车驾驶、管理人员以及相关专业的工程技术人员和大、中专院校师生使用参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代柴油机喷油泵喷油器维修与调试/杜仕武,简晓春编.—北京:人民交通出版社,2004.1  
ISBN 7-114-04847-5

I. 现... II. ①杜...②简... III. ①柴油机—喷油泵—维修②柴油机—喷油泵—调试③柴油机—喷油器维修④柴油机—喷油器—调试 IV. TK423.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 092190 号

### 现代柴油机喷油泵喷油器

#### 维修与调试

杜仕武 简晓春 主编

邵毅明 主审

正文设计:姚亚妮 责任校对:王静红 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

三河市宝日文龙印务有限公司印刷

开本:787 × 1092 1/16 印张:27.25 字数:684 千

2004 年 1 月 第 1 版

2004 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001 — 4000 册 定价:45.00 元

ISBN 7-114-04847-5

# 前 言

近十年来,我国柴油汽车及工程机械的保有量持续增长,尤其是一些进口柴油汽车及工程机械广泛使用与国外技术的大量引进。A系列、P系列直列柱塞泵、VE分配泵及PT泵相继出现并得到了广泛的应用,而与A、P系列泵匹配的调速器也大量地采用了RAD、RSV、RFD、RQ等各式调速器,较为先进的MZ/MN气动调速器或RBD气动—机械复合式调速器也日益增多。此外,为适应日益严格的排放法规,喷油泵调速器总成上也增加了一些附加装置,电控柴油机技术也正在不断地引进和开发。这样,就打破了国产I、II、III号系列泵配TQ调速器总成占绝对多数的局面。为满足喷油泵调试工、驾驶与维修人员了解、掌握这些较先进的喷油系统的使用、维修与调试工作的需要,特别是满足读者提前了解电控柴油机供油系统的使用与维修工作的需要,我们编写了这本书。

本书共分为八章,其中:第一章为概述;第二、三章叙述了直列柱塞泵总成的内容;第四章叙述了VE分配泵的内容;第五章叙述了喷油器的内容;第六章叙述PT供油系的内容;第七章简述了柴油机电控系统;第八章主要汇集了国内外柴油机喷油系统主要零部件的编号规则及维修调试参数。本书语言通俗易懂、图文并茂、实用性强,具有初中及以上文化程度的柴油机维修人员、喷油泵维修与调试工和柴油车驾驶员即可读懂。

本书由杜仕武、简晓春主编,参加编写的人员有:杜仕武(第一、四、七、八章)、简晓春(第二、三章)、陈作明(第六章)、曾宏达(第五章)。

本书由重庆交通学院邵毅明教授主审,对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。同样要感谢重庆油泵油嘴厂总工邱龙彬高工给予的大力支持。

由于编者水平有限,疏漏谬误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第一章 概述                       | 1  |
| 一、柴油机对燃油供给系统的要求              | 1  |
| 二、柴油机燃油供给系统的分类               | 1  |
| 三、泵—管—嘴燃油供给系统的组成及其作用         | 3  |
| 第二章 直列柱塞喷油泵总成的维修与调试基础        | 4  |
| 第一节 直列柱塞喷油泵构造与维修基础           | 4  |
| 一、直列柱塞喷油泵构造和工作原理简介           | 4  |
| 二、直列柱塞式喷油泵的维修基础知识            | 8  |
| 第二节 调速器的构造与维修基础              | 22 |
| 一、调速器的分类                     | 23 |
| 二、调速器的构造及工作原理                | 24 |
| 三、调速器的检修                     | 31 |
| 第三节 直列柱塞喷油泵调速器总成附属装置的维修与调试基础 | 31 |
| 一、供油提前角自动调节器维修与调试基础          | 31 |
| 二、输油泵的维修与调试基础                | 39 |
| 三、供油调节拉杆/齿杆限位器               | 44 |
| 第四节 喷油泵试验台的基础知识              | 48 |
| 一、泵试验台的基本结构                  | 48 |
| 二、变速驱动装置                     | 49 |
| 三、喷油量测量装置                    | 51 |
| 四、喷油时刻测量装置                   | 52 |
| 五、转速测量装置                     | 53 |
| 六、供油系统                       | 54 |
| 七、喷油泵试验台的使用与维护               | 55 |
| 第五节 喷油泵总成调试的基础知识             | 57 |
| 一、基本术语和常用计算公式                | 57 |
| 二、调试的作用、要求与试验条件              | 59 |
| 三、调试的内容及方法                   | 61 |
| 第六节 喷油泵调速器总成的故障与排除           | 69 |
| 一、喷油泵调速器总成的使用和维护             | 69 |
| 二、喷油泵调速器总成的故障与排除             | 70 |
| 三、喷油泵调速器总成调校中的故障与排除          | 71 |
| 第三章 常见直列柱塞喷油泵调速器总成的维修与调试     | 75 |
| 第一节 A型泵配各种调速器总成的维修与调试        | 75 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 一、A 型泵配 RAD 调速器总成维修与调试 .....         | 75  |
| 二、A 型泵配 RSV 调速器总成的维修与调试 .....        | 85  |
| 三、AD 泵配 RFD 全速两速调速器总成的维修与调试 .....    | 90  |
| 第二节 MZ/MN 调速器和 RBD 调速器的维修与调试 .....   | 93  |
| 一、MZ/MN 气动式调速器的结构和基本工作原理 .....       | 93  |
| 二、RBD 型气动—机械复合式调速器结构和工作原理 .....      | 96  |
| 第三节 P 型泵配 RQ 调速器总成的维修与调试 .....       | 101 |
| 一、P 型泵的构造与维修 .....                   | 101 |
| 二、RQ 型调速器的构造与维修 .....                | 107 |
| 三、P 型泵配 RQ 调速器总成的调试 .....            | 113 |
| 第四节 国产 I、II、III 号系列喷油泵总成的维修与调试 ..... | 114 |
| 一、II 号喷油泵及其调速器的结构 .....              | 115 |
| 二、国产 II 号喷油泵调速器的调试 .....             | 118 |
| 第五节 ZHB 型喷油泵配 TA 型调速器总成的维修与调试 .....  | 119 |
| 一、ZHB 型喷油泵的构造与维修 .....               | 119 |
| 二、调速器的分解、检查和调整 .....                 | 122 |
| 三、ZHB 型喷油泵配 TA 调速器总成的调整与维护 .....     | 123 |
| 第六节 K 系列喷油泵及其调速系统的维修与调修 .....        | 126 |
| 一、K 系列喷油泵及其调速系统的构造与工作原理 .....        | 126 |
| 二、K 系列喷油泵及其调速系统的维修与调试 .....          | 127 |
| 第四章 VE 分配泵的维修与调试 .....               | 130 |
| 第一节 VE 分配泵结构和工作原理 .....              | 131 |
| 一、低压系统 .....                         | 131 |
| 二、高压系统 .....                         | 134 |
| 三、调速系统 .....                         | 138 |
| 四、供油提前角自动调节装置 .....                  | 141 |
| 五、停油装置 .....                         | 144 |
| 六、附加装置 .....                         | 146 |
| 第二节 WE 分配泵的分解、检修与装配 .....            | 147 |
| 一、VE 分配泵的分解 .....                    | 147 |
| 二、VE 分配泵的零件检查与装配 .....               | 154 |
| 第三节 VE 分配泵的试验检查与调试 .....             | 163 |
| 一、自然吸气柴油机用 VE 分配泵的调整 .....           | 163 |
| 二、增压柴油机用 VE 分配泵(带增压补偿装置)调整 .....     | 168 |
| 第四节 VE 分配泵的常见故障及其排除 .....            | 171 |
| 第五章 喷油器的维修与调试 .....                  | 173 |
| 第一节 喷油器的结构与工作原理 .....                | 173 |
| 第二节 喷油器的维修 .....                     | 175 |
| 一、喷油器的分解与清洗 .....                    | 175 |
| 二、喷油器件的检修 .....                      | 176 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 三、喷油器的装配 .....                     | 179 |
| 第三节 喷油器的调试 .....                   | 179 |
| 第四节 喷油器的故障与排除 .....                | 181 |
| 第六章 PT 燃油泵和喷油器维修与调试 .....          | 182 |
| 第一节 PT 燃油供给系统的基本组成与工作原理 .....      | 182 |
| 一、PT 供油系的基本组成 .....                | 182 |
| 二、PT 型供油系的基本原理 .....               | 182 |
| 第二节 PT 燃油泵的构造简介 .....              | 183 |
| 一、齿轮输油泵和膜片式稳压器 .....               | 183 |
| 二、燃油滤清器 .....                      | 183 |
| 三、调速器 .....                        | 184 |
| 四、压力调节阀 .....                      | 187 |
| 五、旋转式油门(节流阀) .....                 | 187 |
| 六、停油阀(断流阀) .....                   | 187 |
| 七、空气燃油控制装置(AFC)和电子燃油控制阀(EFC) ..... | 187 |
| 八、空气信号衰减器(ASA 阀) .....             | 190 |
| 九、AFC 盖板上的流量阀 .....                | 190 |
| 十、转矩修正装置(TMD) .....                | 190 |
| 十一、转矩限止阀(TLV) .....                | 191 |
| 十二、转矩限止系统(TLS) .....               | 191 |
| 十三、真空控制器(冒烟限制器) .....              | 191 |
| 第三节 PT 燃油泵的维修与调试 .....             | 192 |
| 一、PT 泵维修与调试工具 .....                | 192 |
| 二、PT 泵的分解、检修与装配 .....              | 193 |
| 三、PT 泵在试验台上的试验与调整 .....            | 196 |
| 四、PT 泵在发动机上的调整 .....               | 208 |
| 五、PT 泵的故障诊断与排除 .....               | 216 |
| 第四节 PT 喷油器的组成与工作原理 .....           | 222 |
| 一、PT 喷油器的燃油计量原理 .....              | 222 |
| 二、PT 喷油器的结构及工作原理 .....             | 223 |
| 第五节 PT 喷油器的维修与调试 .....             | 224 |
| 一、维修 PT 喷油器的维修专用工具 .....           | 224 |
| 二、在气缸盖上拆装 PT-D 喷油器 .....           | 225 |
| 三、PT-D 型喷油器的分解 .....               | 226 |
| 四、PT-D 型喷油器的清洗 .....               | 227 |
| 五、PT-D 型喷油器零部件的检验 .....            | 228 |
| 六、PT-D 型喷油器装配 .....                | 231 |
| 七、PT 喷油器试验台上的调试与维修 .....           | 232 |
| 八、PT 喷油器的故障诊断与排除 .....             | 239 |
| 第七章 柴油机电子控制系统 .....                | 242 |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 第一节 概述                                     | 242 |
| 一、柴油机电控系统的发展                               | 242 |
| 二、柴油机电子控制系统的控制内容及功能                        | 244 |
| 三、柴油机电子控制系统的控制方式(喷油提前角)                    | 245 |
| 第二节 柴油机电子控制系统的组成及工作原理                      | 246 |
| 一、对柴油机电控系统的要求                              | 246 |
| 二、柴油机电子控制系统的组成                             | 247 |
| 三、柴油机电子控制系统基本工作原理                          | 248 |
| 第三节 柴油机电子控制系统的类型、结构及工作原理                   | 248 |
| 一、电子控制式喷油泵                                 | 248 |
| 二、丰田公司 2L-THE 型柴油机电子控制系统 ECD               | 252 |
| 三、泵喷嘴式电控系统                                 | 259 |
| 四、蓄压共轨式电子控制喷油系统                            | 260 |
| 五、电子控制预行程可控制式喷油泵                           | 262 |
| 第四节 日产电控柴油机 YD25DDT 型的维护调整、故障排除与自诊断系统      | 265 |
| 一、发动机怠速转速调整                                | 265 |
| 二、柴油机炭烟浓度检查                                | 266 |
| 三、故障诊所方法                                   | 266 |
| 第八章 常见柴油机供油系统的零部件代号与型号的含义及调试参数             | 274 |
| 第一节 喷油泵和喷油器零部件代号与型号的含义                     | 274 |
| 一、国产零部件的代号与型号的含义                           | 275 |
| 二、德国 BOSCH 公司产品                            | 277 |
| 三、日本柴油机机器公司和电装公司产品                         | 279 |
| 第二节 常见喷油泵调速器总成的维修与调试参数                     | 285 |
| 一、常见国产汽车及工程机械柴油机用直列柱塞式喷油泵调速器总成及喷油器<br>调试参数 | 285 |
| 二、常见进口汽车柴油机用直列柱塞式喷油泵调速器总成及喷油器调试参数          | 303 |
| 三、常用各型喷油泵调速器总成的调试参数                        | 329 |
| 四、常用喷油器总成调试参数                              | 417 |
| 五、柴油机供油提前角调整参数                             | 419 |
| 六、常用汽车柴油机输油泵调试参数                           | 423 |
| 七、南京依维柯汽车柴油机 VE 分配泵调整参数                    | 425 |
| 八、PT 燃油泵和喷油器的调试数据                          | 426 |
| 参考文献                                       | 428 |

# 第一章 概 述

柴油机燃油供给系是柴油机的一个非常重要的系统,也是柴油机使用与维修的一个重点部位,其技术状况的好坏不仅直接影响着柴油机的动力性、经济性及使用的可靠性,而且对减少环境污染也有着极其重要的影响。同时,在使用过程中,燃油供给系的故障在柴油机的故障中占有很大的比重。

由于面对无法回避的局部和全球性的环境和能源问题,现代柴油机的燃油供给系统已经不是简单的传统机械式直列柱塞泵所能满足的,为了保持柴油机的使用经济性、动力性的优势和适应日益严格的排放法规,现代柴油机的燃油供给系统已经有了很大的发展,尤其是电控柴油机的供油系统已经由传统的机械式直列柱塞泵电子化发展到结构完全不同的蓄压共轨式电控供油系统,由于没有统一的标准,柴油机电控供油系统技术也呈多样化的现状。

## 一、柴油机对燃油供给系统的要求

燃油供给系统应按柴油机工作需要,将适量的燃油在适当的时刻内,以适当的空间状态喷入燃烧室,以保证混合气的形成及燃烧过程能在最有利的条件下进行,从而使柴油机获得良好的经济性、动力性、稳定性及排污、噪声等指标。

供油系统应满足下列条件:

- (1)应正确地供给与柴油机负荷相适应的油量,并保持各缸供油量的均匀性。
- (2)应能自动改变喷油定时,以适应柴油机转速或负荷变化的需要。
- (3)当柴油机转速和负荷变化时,供油系统应有足够的响应速度,提供所要求的供油量。
- (4)喷雾特性应与燃烧室有良好配合,应使柴油机能获得最佳的燃烧过程。
- (5)可靠耐用,结构简单,制造容易,维修方便。

## 二、柴油机燃油供给系统的分类

如图 1-1 所示,现代柴油机燃油供给系统可分为凸轮驱动型系统和液压(或电/液)驱动型系统两大类。凸轮驱动型系统又可进一步分为传统的喷油泵—高压油管—喷油器(简称泵—管—嘴系统)形式和喷油压力在插入气缸盖中的泵—喷油器总成中产生、没有高压油管的泵喷嘴形式。而传统的泵—管—嘴形式中还可再分成直列式柱塞泵(简称直列泵,也称合成泵)、单体泵和分配泵(径向柱塞式或轴向柱塞式)。液压(或电/液)驱动型系统也就是共轨式系统,可分为无液压放大的高压(蓄压)共轨系统和有液压放大的增压共轨系统。不同的燃油喷射系统的特性比较如表 1-1 所示。

传统的泵—管—嘴系统中的直列泵和分配泵与柴油机配套使用上的区别主要在它们所能提供的循环喷油量的范围,即所匹配的柴油机功率的等级不同。分配泵适用的柴油机单缸功率一般不大于 30kW,即一般用于轿车和轻型车柴油机上;直列泵则大多用在中、重型车柴油机上。目前它们的最大喷油压力都可达到 140~145MPa。

泵喷嘴和传统的泵—管—嘴系统中的单体泵具有许多相似的特征。例如它们都是由一个气缸构成一个单元。

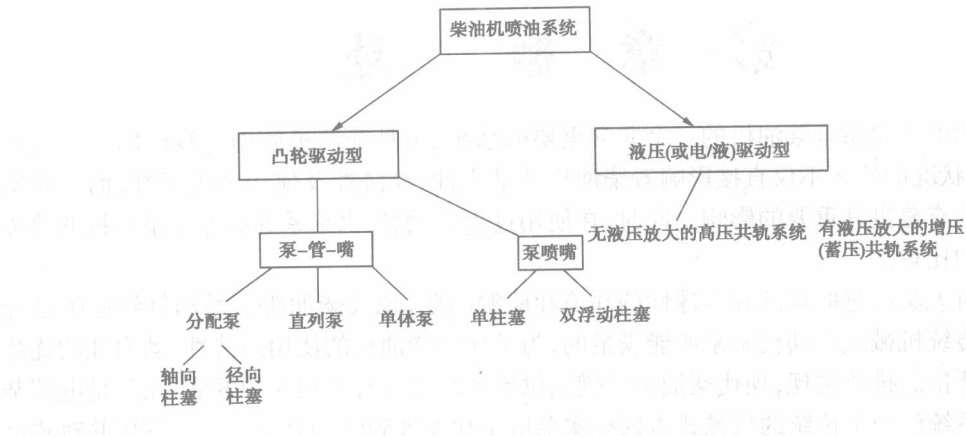


图 1-1 现代柴油机燃油喷射系统的分类

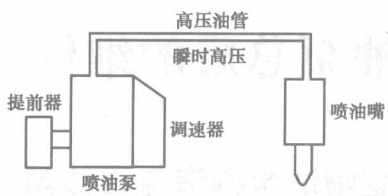
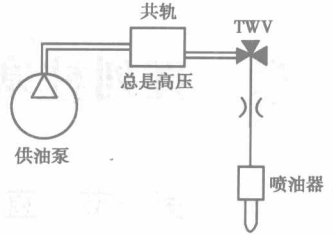
现代汽车柴油机燃油喷射系统的特性比较 表 1-1

| 驱 动 方 式           | 凸轮轴驱动 |      |      |      | 液压(或电/液)驱动              |                               |
|-------------------|-------|------|------|------|-------------------------|-------------------------------|
| 系 统 形 式           | 泵—管—嘴 |      |      | 泵喷嘴  | 无 液 压 放 大 的 高 压 共 轨 系 统 | 有 液 压 放 大 的 增 压 (蓄 压) 共 轨 系 统 |
|                   | 直列泵   | 分配泵  | 单体泵  |      |                         |                               |
| 应用的柴油机组别          | 中-重载  | 轻-中载 | 轻-重载 | 轻-重载 | 轻-重载                    | 轻-重载                          |
| 现有最大喷油压力<br>(MPa) | 145   | 140  | 180  | 180  | 140                     | 150                           |
| 潜在最大喷油压力<br>(MPa) | 160   | 150  | 220  | 220  | 180                     | 180                           |
| 喷油压力特性            |       |      |      |      |                         |                               |

共轨式喷油系统是由一个多缸高压供油泵将燃油输送到压力大约为 35MPa 的蓄压器中，进入高压、中压或低压供油泵与各缸喷油器之间的一条作为液力蓄压器的公共油轨(简称共轨)的高压燃油再通过各缸高压油管进入由凸轮机构驱动针阀开闭的机械式喷油器。共轨式喷油系统具有喷油压力不与柴油机转速和负荷相关联的优点，因而可以根据需要灵活变化，有利于在低速低负荷范围内获得确保燃油很好雾化的喷油压力，以降低烟度和颗粒排放。同时，供油泵可设计成能降低最大驱动转矩的连续供油的输油泵，降低对喷油系统驱动机构的要求，也降低了对系统的激振力，降低了由此产生的噪声。表 1-2 对共轨系统和传统的泵—管—嘴系统进行了比较。

共轨系统和传统的泵—管—嘴系统的比较

表 1-2

| 项 目    | 直 列 泵                                                                             | 共 轨 系 统                                                                            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 系 统    |  |  |
| 喷油量调整  | 喷油泵(调速器)                                                                          | ECU、喷油器(TWV)                                                                       |
| 喷油定时调整 | 喷油泵(提前器)                                                                          | ECU、喷油器(TWV)                                                                       |
| 升压     | 喷油泵                                                                               | 供油泵                                                                                |
| 分配     | 喷油泵                                                                               | 共轨                                                                                 |
| 喷油压力调整 | (根据转速、喷油量)                                                                        | 供油泵(PCV)                                                                           |

### 三、泵—管—嘴燃油供给系统的组成及其作用

泵—管—嘴燃油供给系的典型布置,如图 1-2 所示。主要由燃油箱、输油泵、喷油泵、柴油滤清器、溢流阀、调速器、喷油器、供油提前角自动调节器以及高、低压油管等部件组成。其中输油泵、喷油泵、调速器、供油提前角自动调节器往往组成一个整体,俗称“高压油泵”或“喷油泵总成”。

在柴油机驱动下,输油泵从燃油箱内吸进燃油,并以 147 ~ 245kPa 的压力,经燃油滤清器过滤后送到喷油泵。该燃油在喷油泵内被加压后,经高压油管至各缸喷油器,向各个气缸进行精确的喷射,过量的燃油经回油管返回低压油路。

喷油泵总成是柴油机的燃油供给系中很重要的总成部件,常被称为柴油机的心脏。柴油机燃油供给的计量、正时、加压、雾化、分配、控制开始喷射和停止喷射等都是由它们完成的,它们是经过精密加工和装配、调试后才装机使用的。因此,在柴油机的使用中,需要严格按照技术规范对这些部件进行精心维修与调校。喷油泵的结构形式很多。车用柴油机的喷油泵按作用原理不同大体可分为三类:柱塞式喷油泵、喷油泵—喷油器和转子分配泵。目前我国在用车的柴油机喷油泵主要是国产 I、II、III 号和仿制的国外 A、B、P、Z 型直列柱塞泵,另外还有相当部分的引进车型和进口车装用的国外产 PE—A、PE—P 柱塞泵、转子分配泵和 VE 分配泵。

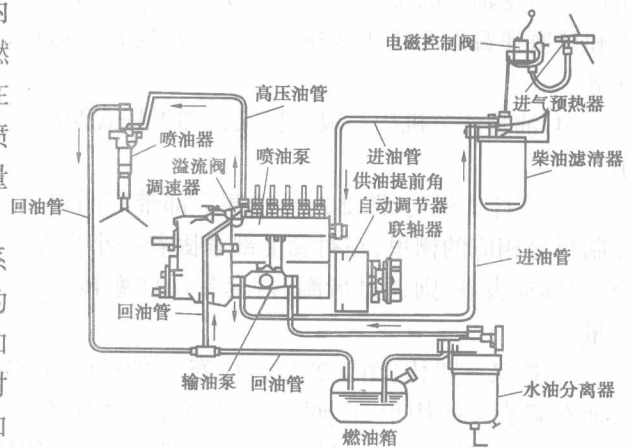


图 1-2 柴油机燃料系示意图

## 第二章 直列柱塞喷油泵总成的维修与调试基础

### 第一节 直列柱塞喷油泵构造与维修基础

#### 一、直列柱塞喷油泵构造和工作原理简介

1. 直列柱塞式喷油泵由泵体、分泵、传动机构及油量调节机构组成

(1) 泵体一般有两种结构:上、下体组合型和整体型。泵体中间设有低压油腔,与柱塞套上的进油孔相通。

(2) 分泵主要零件有:柱塞偶件、柱塞弹簧、弹簧下座、出油阀偶件、出油阀弹簧、出油阀压紧座等。图 2-1 所示为柱塞式喷油泵的分泵结构。其中柱塞偶件 12 由柱塞 A 和柱塞套 B 精密配合而成,其上方装有出油阀偶件 3(由出油阀 C 和出油阀座 D 组成)和出油阀弹簧 2,并用出油阀接头 1 将出油阀座和柱塞套压紧。

(3) 传动机构由凸轮轴 10 和滚轮传动部件 9(挺柱体部件)组成。凸轮轴上的每一个凸轮驱动一个滚轮部件,再由滚轮部件和柱塞弹簧推动柱塞在柱塞套内作往复直线运动,完成泵油任务。

(4) 油量调节机构一般有拨叉式和齿杆式两种,如图 2-2 所示。

① 齿杆式机构(图 2-2a))柱塞下部带有凸块,它嵌入油量控制衬套相应的槽里,在衬套上部紧固着一小齿圈与齿条相啮合,当移动齿条,则通过齿圈、衬套带动柱塞转动,借以调节供油量。

② 拨叉式机构(图 2-2b))在柱塞下端装有调节臂,臂的球头插在调节叉的槽里,而调节叉又用螺钉固定在油门调节杆上。推动油门调节杆,通过调节叉和调节臂,就可使柱塞转动。

#### 2. 柱塞式喷油泵的工作原理

柱塞式喷油泵工作原理如图 2-3 所示,柱塞 1 的圆柱面上有直线型(或螺旋型)斜槽 3,斜槽内腔和柱塞上面的泵腔用孔连通。柱塞套 2 上有两个油孔 4 和 8,都与喷油泵泵体上的低压油腔相通。如图 2-3a)所示,当柱塞下行到两个油孔 4 和 8 已同柱塞上面的泵腔相通,由输油泵经滤清器输送到喷油泵的低压油腔里的燃油经油孔 4 和 8 被吸入并充满泵腔。当柱塞自下止点上移的过程中,起初有一部分剩余柴油从泵腔被挤回低压油腔,直到柱塞上部的圆柱面

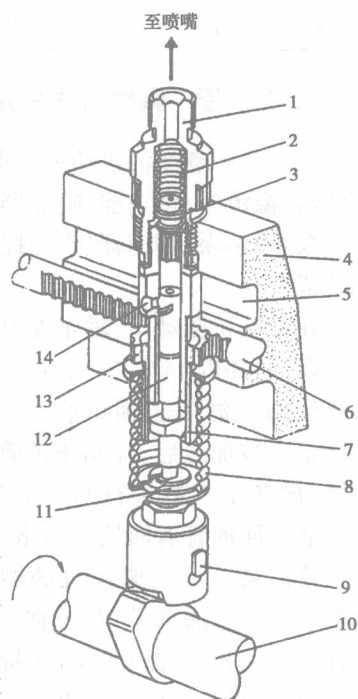


图 2-1 喷油泵结构图

1-出油阀接头;2-出油阀弹簧;3-出油阀偶件;4-喷油泵体;5-低压腔;6-齿杆;7-油量控制套筒;8-柱塞弹簧;9-挺柱体部件;10-凸轮轴;11-弹簧座;12-柱塞偶件;13-调节齿圈;14-进回油孔

将两个油孔 4 和 8 都完全封闭时为止。此后,柱塞继续上升,如图 2-3b)所示,柱塞上部的燃油压力顿时增高到足以克服出油阀弹簧 7 的作用力,出油阀 6 即开始上升。当出油阀上的圆柱形环带离开出油阀座 5 时,高压柴油便自泵腔通过高压油管而向喷油器供油,当柱塞再上移到如图 2-3c)所示的位置时,斜槽 3 同油孔 8 开始接通,也就是泵腔与低压油腔接通,于是泵腔内的柴油便开始经柱塞中的孔道、斜槽和油孔 8 流向低压油腔。这时泵腔中油压迅速下降,出油阀在弹簧压力作用下立即回位,喷油泵供油即行停止,此后柱塞仍继续上行,直到上止点为止,但不再泵油。

由上述泵油过程可知,由驱动凸轮轮廓曲线的最大矢径决定的柱塞行程  $h$  (即柱塞的上、下止点间的距离,见图 2-3e)) 是一定的,但并非在整个柱塞上移行程  $h$  内都在泵油。喷油泵只是在从柱塞完全封闭油孔 4 和 8 之后到柱塞斜槽 3 和油孔 8 开始接通之前的这一段柱塞行程  $h_g$  (图 2-3e)) 内才进行对外供油。所以,称  $h_g$  为柱塞有效行程。显然,喷油泵每次泵出的油量取决于  $h_g$  的大小。因此,欲使喷油泵能随发动机工况不同而改变供油量,只需改变  $h_g$  的大小,  $h_g$  的改变常靠改变柱塞斜槽与柱塞套油孔 8 的相对角位置来实现。将柱塞朝图 2-3e) 中箭头所示的方向转动一个角度,  $h_g$  增大,使供油量增加;反之,  $h_g$  缩小,供油量便减少。当柱塞转到图 2-3d) 所示位置时,柱塞根本不可能完全封闭油孔 8,因而  $h_g$  为零,喷油泵处于不泵油的状态。油量调节机构也正是通过转动柱塞某一角度值来改变柱塞有效行程  $h_g$ ,从而来改变供油量的。

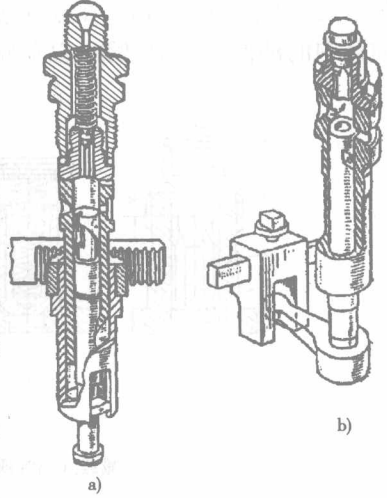


图 2-2 喷油泵油量调节机构  
a) 齿杆式机构; b) 拨叉式机构

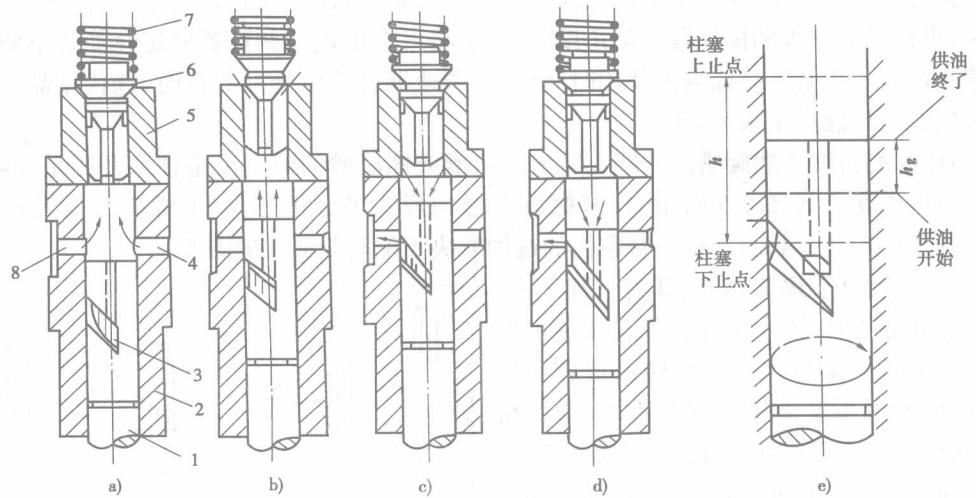


图 2-3 柱塞式喷油泵泵油原理示意图

1-柱塞;2-柱塞套;3-斜槽;4、8-油孔;5-出油阀座;6-出油阀;7-出油阀弹簧

出油阀偶件是一个特殊的单向阀,如图 2-4 所示。由于出油阀弹簧的作用,在供油终了出油阀落座时,出油阀上的减压环带首先进入出油阀座导向孔而切断泵腔出口,使燃油停止进入高压油管,从而消除了高压油管中的残余压力,因为这种残余压力影响喷射正时和喷射规律并

会引起二次喷射和滴油;在吸油过程中,出油阀上部圆锥面与出油阀座严密配合,防止了高压油路中的油倒流回喷油泵,以免减少供油量。

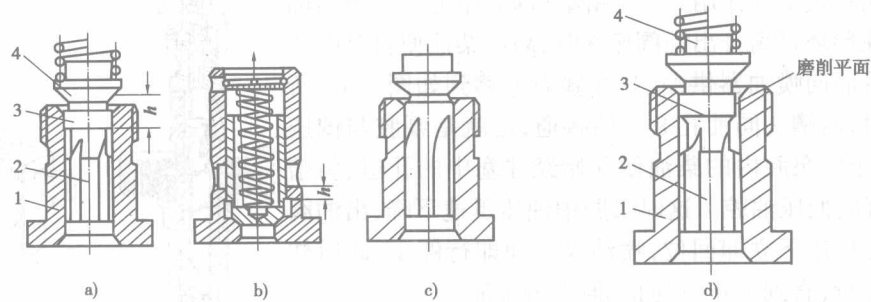


图 2-4 出油阀的结构

a)、b)减载式出油阀;c)减载容积可变式出油阀;d)减载作用可变的出油阀

1-阀座;2-导行部分;3-减压带;4-密封锥面

3. 柱塞式喷油泵主要零件的结构特点

1) 柱塞偶件

(1) 柱塞直径。其大小与柴油机不同工况对循环供油量的需要和不同燃烧室形式对喷油规律、喷油延续时间的要求有关。当柴油机额定供油量确定之后,选用的柱塞直径愈大,则柱塞为调节供油量而旋转的角度就愈小(也就是驾驶员踏油门的操纵行程可缩短),供油速度愈快,且供油延续角也愈小。

柱塞直径的范围一般为 6~12mm,以 0.5mm 为尺寸级差。常用的直径为 8~10.5mm。柱塞直径的选定应以柴油机出厂时原配的喷油泵柱塞直径为准,维修更换时不要随意改变,特殊情况除外。若用其他柱塞偶件代用时,原则上与原柱塞直径的级差不大于 0.5mm,因为柱塞直径加大会提高喷油速率,使柴油机的工作变得比原来粗暴;而柱塞直径变小,会使改变同等供油量时,齿杆调节行程和操纵臂摆动角度增大,这将可能出现与调速器原定性能的不协调,造成转速不稳等。当某些喷油泵因使用时间较长,调速器各部位磨损严重时,选代用品后,会对喷油泵的调速性能产生很大影响。

(2) 柱塞的斜槽或螺旋槽。柱塞上铣出的斜槽或螺旋槽的形式决定柱塞开始泵油和结束泵油的变化规律。如图 2-5 所示,柱塞螺旋沟槽的形式可分正升程(下螺旋)、反升程(上螺旋)、双升程(上下双螺旋)三种。对它们的选用取决于配套柴油机的需要。

正升程柱塞(下螺旋)的顶部为一圆平面,它的供油开始点固定不变而结束点却是可变的。这种形式原来只用于工作转速比较恒定的场合(如发电用柴油机),现在汽车、拖拉机的喷油泵上也广泛采用。因为一方面是正升程柱塞加工工艺较简单,另一方面是在柴油车的喷油泵上,一般都装有供油自动提前器,提前器可在柴油机工作转速较高时,自动使喷油泵的凸轮轴比与之联动的柴油机传动轴的转角有所提前,这克服了正升程柱塞供油开始点不能改变的缺陷。

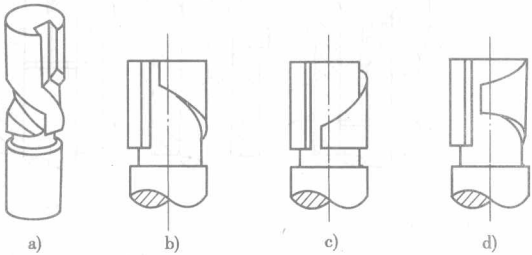


图 2-5 柱塞斜槽形式

a)双螺旋槽柱塞;b)下斜槽式柱塞;c)上斜槽式柱塞;d)上下斜槽式塞

反升程柱塞(上螺旋)的供油开始点可变而供油结束点却是固定不变的,这种形式适用于转速与供油量变化一致的柴油机,如船舶用柴油机。反升程柱塞可使供油量、转速、供油提前角在各种工况上都得到很好的配合,使柴油机的工作稳定。但需要这种负载特性的柴油机毕竟不多,所以反升程柱塞应用不多。

上下升程柱塞吸收了正、反升程的优点,它的供油开始点和供油结束点均是可变的,这对于负荷和转速经常变化的柴油机较为有利,可使柴油机的工作比较柔和。但因其加工工艺较复杂,产品的合格率不高,因此实际应用比正升程柱塞要少一些。上下升程柱塞的上下螺旋的形状并不一定是一样的,目前市场上常见的上下升程柱塞大都以正升程螺旋为主,反升程螺旋为辅,将它们可以代用。

左、右升程式柱塞(见图 2-6)的开始供油点不变,而停油点变化,选择何种柱塞,要根据喷油泵安装在柴油机位置或油门操纵位置的不同来选择。

(3)柱塞的增油方向。即指旋转柱塞时能使供油增加的那个方向。增油方向取决于柱塞上沟槽的旋向,一般可分为右旋和左旋两种。如图 2-7 所示,判断的方法是:将柱塞心直立,柱塞脚朝下,斜槽正对观察者,看沟槽(或螺旋棱边)至高点在右边还是在左边,若在右边则为右旋,若在左边则为左旋。

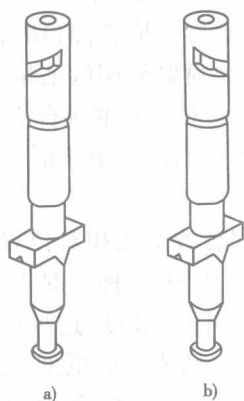


图 2-6 左、右升程式柱塞

a)右升程式柱塞;b)左升程式柱塞

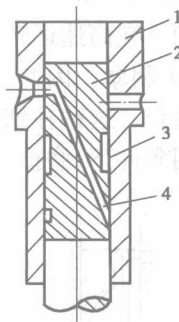


图 2-7 柱塞沟槽旋向和回油通道形式

1-柱塞套;2-柱塞;3-防漏油回油孔;4-集油槽

对于同一个喷油泵,右旋和左旋的柱塞都可以装进去,选用哪一种,取决于喷油泵在柴油机的安装位置(即坐在驾驶室向前看,喷油泵是装在柴油机的左侧还是右侧)和喷油泵的油量调节机构的类型(拨叉式或齿杆式),更换柱塞时是绝对不能弄错的。

(4)燃油回油通道。即指柱塞在停止供油时柱塞上方的高压油向低压贮油室回流的回油通道,通常有两种不同的回油通道形式:一种是在柱塞头部的外表面上开出直切槽;另一种是在柱塞上端面中心有一个与斜槽相连的通孔。

外开槽式柱塞回油速度快,有利于迅速地切断燃油供应,但与直切槽回油通道邻近的圆柱面因与燃油中杂质摩擦的机会增多而使磨损也增加,使柱塞的使用寿命有所降低。而中心孔回油式柱塞的回油是通过中心孔回流的,这就使回油时油中杂质不直接与塞上部的工作圆柱面接触,使磨损程度得以减轻,同时中心回油方式可使柱塞泵油时高压油的反作用力能均匀地分布在柱塞上平面,大大减轻了柱塞受到的侧压力,改善了柱塞上部的压力分布,有利于柱塞本身的润滑,提高了柱塞的使用寿命。但中心孔回油形式的回油速度受中心孔截面积及油路

急转弯而产生的阻力限制,而且不便在此种柱塞上加工出具有上下升程的斜槽。

在维修时,两种形式可以互相代用,不过在同一喷油泵中,只能选用其中一种,不能混用。

(5)带启动槽的柱塞。如图 2-8 所示,为了便于柴油机的起动,在柱塞顶部开有一短槽。柴油机在冷起动时,由于汽缸内温度低,柴油不易着火,因此希望当活塞压缩到上止点附近使汽缸温度升高后再将柴油喷入。带有启动槽的柱塞就可以减小喷油泵的供油提前角,以利于柴油机的起动。柱塞上的启动槽只有在起动供油位置时,它才与进油孔处于相对位置。此时的开始供油时刻不受柱塞上平面控制,而是当启动槽的下端面完全封闭进油孔时,供油才开始,这样可以使供油提前角延迟曲轴转角  $4^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 。

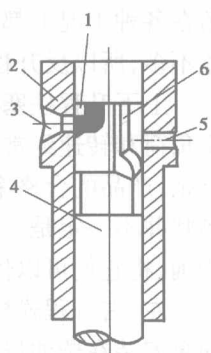


图 2-8 带启动槽的柱塞

1-启动槽;2-柱塞套;3-柱塞套定位;4-柱塞;5-油孔;6-油槽

## 2) 柱塞套

柱塞套的结构形式有多种,主要区别在进、排油孔的数目和位置的不同上,是否带集油槽也是分类的依据。主要有单孔式、双孔对称式、双孔不对称式和带集油槽式柱塞套(见图 2-9)。

(1)单孔柱塞套。这种柱塞套上有一个油孔,它既是进油口,也是回油口,因此,较易磨损。柱塞套和柱塞的磨损几乎集中在进、排油口的工作表面上,使此处柱塞和柱塞套的配合间隙很快增大,从而降低了柱塞偶件的使用寿命。单孔柱塞套由于只有一个进、排油口,当柱塞上升到接近掩盖油口时,将产生较强的节流作用,特别是在高速运转时,节流作用的增强将导致燃油喷射初期的油量偏大,使柴油机的工作变得较为粗暴。因此,单孔柱塞套一般只适用于柱塞直径较小的场合。

(2)双孔柱塞套。这种柱塞套有两个油孔,分别用于进油和回油。由于磨损点分到了两处,在同等的使用条件下,磨损程度大大降低。

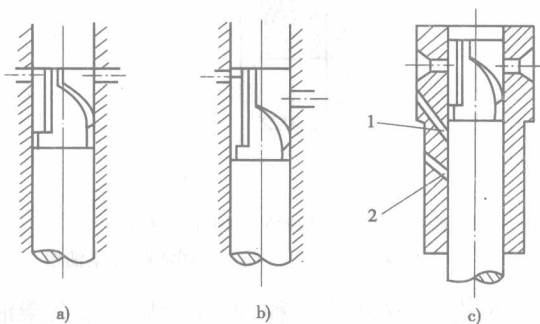


图 2-9 柱塞套形状

a) 双孔对称式柱塞套; b) 双孔不对称式柱塞套; c) 带集油槽式柱塞套

1-集油槽;2-密封槽

双孔柱塞套按双孔相对位置的不同又可分为平孔和高低孔两种。双平孔柱塞套的进、排油孔处于同一高度,这种形式的油孔便于加工,可一次钻成。高低双孔柱塞套上的进、排油孔不处于同一高度,回油孔的位置较低。这样设计的目的是为了增加柱塞头部的密封长度,使高压油的泄漏减少,但这种形式的柱塞套加工比较复杂一些。

(3)带集油槽式柱塞套。有些柱塞套的内表面加工有环形集油槽,它的作用与大多数柱塞都加工有环形集油槽的一样,都是为了收集柱塞偶件间隙泄漏的燃油,并通过回油孔与喷油泵体的低压贮油室相通,这样大部分泄漏的燃油就都可以回流至低压油腔,再作循环使用,只有微量的燃油沿柱塞表面继续下泄,起到必不可少的润滑作用。有些环形集油槽还起到一种液压垫的作用,它既可加强密封性和润滑性,又可阻止柱塞上下移动时向柱塞套的某一侧偏挤,因此可以减轻柱塞的磨损和防止柱塞咬死。

## 二、直列柱塞式喷油泵的维修基础知识

喷油泵的维修是一项精细的工作。维修技工必须掌握“观、听、询、检”4个环节。“观”就

是观察送修泵的外表,确认其形式并查验其主要零件是否完整、有没有明显的外伤。“听”就是听取送修人员讲述送修原因和故障现象。“询”就是询问柴油机的使用情况、工作环境、喷油泵的使用情况以及可能引发故障的原因等。“检”就是拆下有关的侧盖、底盖或端盖,从相关零件的外表上检查有无损伤;并转动凸轮轴或摇动操纵臂,检查有无明显的故障。通过以上四个环节,可以对故障作初步诊断,从而确定需要的备件、修复所需的时间等,以便有计划、有步骤地进行维修工作。

### 1. 喷油泵零件的主要损伤

#### 1) 配合副的磨损

在正常故障的情况下,随着使用时间的增长,相对运动的零件其摩擦副磨损必然逐渐增大。如果燃油或机油不洁净或供应的质量不良,这种磨损就更加严重,甚至于短期内就可使精密副(如柱塞副等)失效。如图 2-10 所示,喷油泵最容易产生磨损的主要部位是:柱塞副、出油

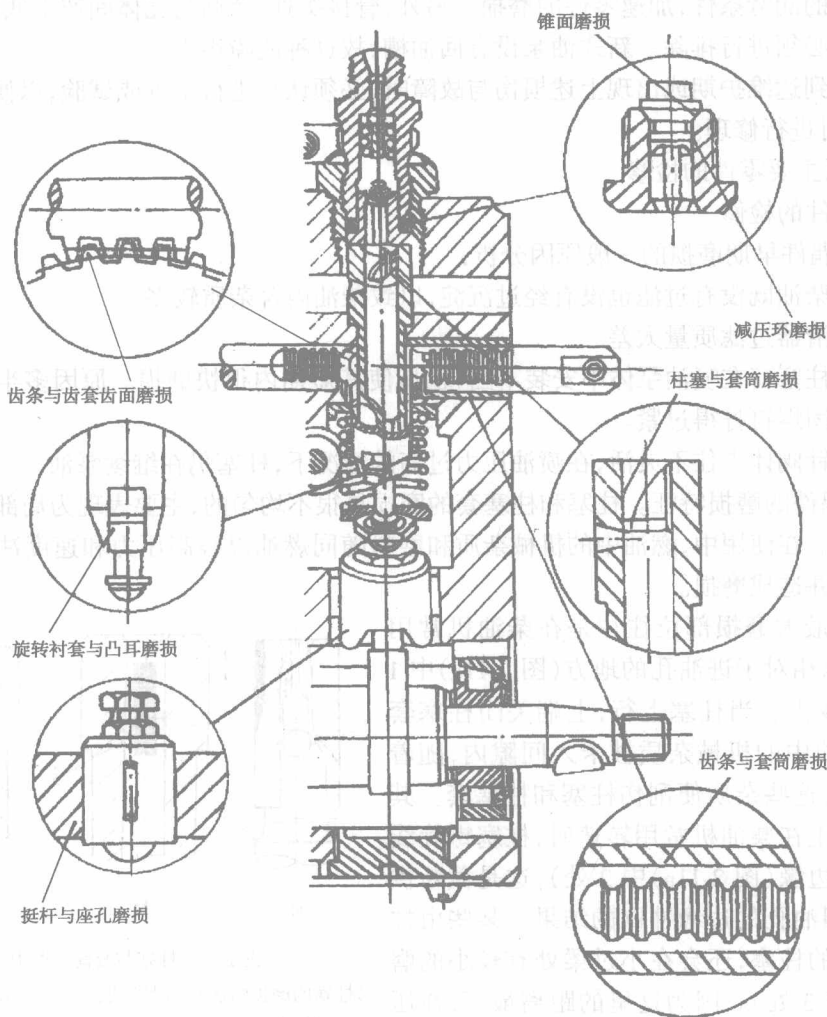


图 2-10 喷油泵易磨损部

阀、凸轮与滚轮体销轴、轴承等。这些部位配合间隙失效后,有的严重影响供油压力、油量和正时;产生二次喷油和滴油以及影响喷油规律等。这必然破坏发动机的性能,甚至使发动机无法