

汽车故障诊断与维修丛书

于振洲 编著

'98新版

汽车电子燃油喷射装置

结构·原理·使用·维护

(第二版)



科学出版社

'98 新版汽车故障诊断与维修丛书

汽车电子燃油喷射装置

结构·原理·使用·维护

(第二版)

于振洲 编著

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书全面地介绍了汽车电子燃油喷射装置(EFI)的结构、工作原理及使用与维护技术。全书分为八个部分:EFI装置概述、燃油供给系统、进气系统、电子控制系统、燃油喷射控制、发动机集中控制、机电结合式燃油喷射(KE-Jetronic)系统,以及使用、维护与故障诊断等。本书的特点是图文并茂、通俗易懂、基础知识与实践技术相结合,具有较强实用价值。

本书可供汽车驾驶员、维修人员阅读,也可供汽车设计与研制人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电子燃油喷射装置:结构·原理·使用·维护/于振洲编著. —北京:科学出版社,1998.2

ISBN 7-03-005974-3

I. 汽… II. 于… III. 汽车-电子燃油调节系统-喷油器-基本知识 IV. U464.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 07203 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994年10月第 一 版 开本:850×1168 1/32

1998年5月第 二 版 印张:14 1/2

1998年5月第二次印刷 字数:325 000

印数:6 011—10 010

定价:22.80 元

序

纵观第一辆汽车诞生以来的百余年历史，汽车这种交通工具为人类科技发展与进步做出了不可磨灭的贡献。

在以汽油发动机为动力的现代汽车上，化油器式燃油供给系统一直以其结构简单、性能可靠、维修便利等特点而受到人们的欢迎。然而，在世界进入电子技术蓬勃发展的时代，随着大规模集成电路进入各个实用领域，应用电脑技术的现代汽车电子燃油喷射装置，以其节能、降低公害、易于操纵等优点而获得迅速发展。

电子燃油喷射装置的发展，也经历了从简单到复杂，由初级到高级的过程。它的控制系统，从早期普遍采用的模拟式微电脑，已逐步转换为更先进的数字式微电脑，从普通型电子燃油喷射控制系统，发展到发动机集中控制系统，从而实现从单一的燃油喷射控制，发展到包括点火时刻、怠速转速、废气再循环、可变进气系统以及自诊断系统、安全保障系统等的综合控制。电子技术在汽车上应用的迅速普及与完善，使现代汽车正在进入微电脑控制时代。

目前，我国还是一个发展中国家，亟待以科技进步的巨大动力推动现代化进程。因此，引进与发展世界上的先进科学技术乃是当务之急，作者祈望本书对我国汽车工业科研工作及使用与维修技术水平的提高有所助益。

值本书出版之际，谨向多年来悉心指导与关怀的前辈与朋友，致以衷心的感谢，并真诚希望广大读者对不当之处予以指正。

1997年7月

目 录

第一章 概述	1
第一节 什么是电子燃油喷射装置.....	1
第二节 燃油喷射装置的分类与组成.....	1
一、燃油喷射装置分类	1
二、电子燃油喷射装置的组成	3
第三节 电子燃油喷射装置特点.....	4
第二章 燃油供给系统	5
第一节 电动燃油泵.....	6
一、滚柱式电动燃油泵	6
二、叶片式电动燃油泵	7
第二节 燃油缓冲器.....	8
第三节 燃油滤清器.....	8
第四节 油压调节器.....	8
第五节 燃油喷嘴.....	9
一、普通式喷嘴	9
二、侧方供油式喷嘴	10
三、多孔式喷嘴	10
四、单点喷射系统专用喷嘴	11
第六节 冷起动喷嘴	11
第三章 进气系统	13
第一节 进气通道	13
一、直接检测式进气通道	13
二、间接检测式进气通道	14
第二节 空气流量计	14
一、量板式空气流量计.....	15
二、热线式空气流量计.....	22
三、涡流式空气流量计.....	23
第三节 进气歧管负压传感器	24
一、膜盒式进气歧管负压传感器	24
二、应变式进气歧管负压传感器	25
第四节 节气门开度传感器	26
一、节气门室	26
二、节气门开关	28
三、节气门加速传感器.....	31

第五节 空气调节阀	32
一、双金属片式空气调节阀	33
二、蜡式空气调节阀	35
第六节 进气系统的典型故障	37
一、进气通道泄漏	37
二、节气门开度传感器移位	38
第四章 电子控制系统	39
第一节 电子控制系统组成	39
第二节 空气流量计信号	40
第三节 节气门开度传感器信号	41
第四节 冷却水温度传感器信号	42
一、冷却水温度传感器性能	42
二、冷却水温度传感器的控制电路	43
第五节 进气温度传感器信号	44
一、进气温度传感器的性能	45
二、进气温度传感器的控制电路	46
第六节 转速信号	47
一、点火线圈初级电压	47
二、分电器簧片开关	49
三、曲轴位置传感器	50
第七节 起动信号	55
第八节 O_2 传感器信号	55
一、废气再循环 (EGR) 装置	56
二、 O_2 传感器	59
第九节 电源控制电路	62
第十节 电动燃油泵控制电路	64
一、触点式控制电路	64
二、油压开关式控制电路	66
三、电压控制电路	68
第十一节 冷起动喷嘴控制电路	69
一、双电热圈冷起动喷嘴定时开关	70
二、单电热圈冷起动喷嘴定时开关	71
第五章 燃油喷射控制	73
第一节 模拟式微电脑	73
第二节 燃油喷射正时	74
一、喷射正时控制方式	74
二、喷射正时信号	76
三、波形整形回路与触发回路	78
第三节 燃油喷射量	80

第四节 基本喷射量	82
一、定电流回路	82
二、定电流充放电回路	85
三、基本喷射量的基本控制	87
第五节 增量补充喷射量	88
一、补充喷射时间	88
二、补充喷射内容	89
第六节 增量补充喷射与传感器信号	97
一、补充喷射的基本运算回路	98
二、补充喷射时间与系数	103
第七节 电压补充	112
一、电流滞后与无喷射状态	114
二、电压变化与无喷射状态	116
三、电压补充控制	118
第八节 最终燃油喷射量	119
一、最终运算回路	119
二、燃油中断	122
第六章 发动机集中控制	124
第一节 电子控制组件	124
一、输入回路	124
二、微机	125
三、输出回路	128
四、集中控制系统	128
第二节 燃油喷射集中控制	128
一、基本喷油量	128
二、喷油量修正	130
三、燃油中断	132
四、稀薄燃烧控制	133
第三节 点火控制	133
一、全晶体点火控制	134
二、电子提前角控制	135
第四节 爆震控制	138
第五节 怠速控制	140
一、怠速控制方法	140
二、怠速控制阀	140
三、怠速控制内容	142
第六节 废气再循环 (EGR) 控制	143
第七节 可变进气系统控制	144
一、可变进气通道截面积	144

二、可变进气通道长度	145
第八节 稀薄燃烧控制	146
第九节 燃油供给系统控制	147
第十节 自诊断系统	147
一、自诊断系统的作用	148
二、自诊断系统工作过程	148
三、自诊断结果的显示	148
第十一节 安全保障系统	149
第七章 机电结合式燃油喷射 (KE-Jetronic) 系统	150
第一节 组成与工作原理	150
第二节 燃油供给系统	150
一、燃油分配器	150
二、暖机调节器	152
三、燃油喷嘴	153
第三节 进气系统	153
第四节 电子控制系统	154
一、电子控制组件	154
二、传感器	155
三、执行器	155
第五节 燃油喷射控制	156
一、基本喷油量	157
二、各种工况喷油量	158
第八章 使用、维护与故障诊断	159
第一节 使用	159
一、起动前的驾驶操作	159
二、发动机起动	160
三、起动后暖机	163
四、暖机运行	166
五、暖机加速	167
六、怠速	168
七、一般行驶	170
八、全负荷加速	174
九、发动机制动时燃油中断	175
第二节 维护	176
一、直观检查	176
二、性能检测	176
三、作业实例	178
第三节 故障诊断	191
一、起动不良	191

二、怠速不稳	195
三、运转失调	197
四、发动机熄火	202
第四节 自诊断系统的实用	205
一、亚洲轿车	205
二、美国轿车	210
三、欧洲轿车	212
第五节 常用仪器与设备	214
一、新型汽车检测示波仪	214
二、汽车电脑测试仪	215
三、多用万用表	216
四、燃油喷嘴清洗机	217
第六节 注意事项	217
参考文献	218

第一章 概 述

第一节 什么是电子燃油喷射装置

电子燃油喷射装置 (Electronic Fuel Injection, 简称 EFI), 是由电子技术 (电脑) 控制燃油供给量, 以取代汽车发动机传统化油器式燃油供给系统。

普通化油器式汽车, 其燃油是在化油器喉管被气缸进气时产生负压吸入, 然后与空气混合进入气缸燃烧。

EFI 装置采用各种传感器, 将发动机吸入空气量与进气温度、冷却水温度、发动机转速与负荷、加减速等状况转换成电信号, 然后把这些电信号信息输入到电脑控制盒内, 控制盒根据这些信息与储存的信息, 精确计算后输出一个控制信号, 以控制喷嘴开启时间, 从而向发动机气缸供给最佳油量。

随着科学技术的进步, 人类文明与社会的发展日新月异。特别是电脑时代的到来, 使世界发生巨大变化。电脑技术的应用, 使现代汽车工业又跃上了一个崭新的台阶。

早在 50 年代, 德国奔驰汽车公司利用制造飞机发动机的经验, 就将汽油喷射发动机装置在汽车上。60 年代初, 美国发明电子控制汽油喷射系统, 其后, 德国波许公司将此项技术应用于汽车发动机, 于 1967 年推出电子控制汽车发动机喷射系统, 并用于大众汽车上。此后, 欧美、日本各大汽车厂家也相继使用这种电子燃油喷射装置。近年来, 随着改革开放的深入, 已有相当数量装有应用电脑技术控制系统发动机的汽车进入我国。事实上, 我国一些国产轿车, 也已经或即将应用这项新技术。

第二节 燃油喷射装置的分类与组成

一、燃油喷射装置分类

燃油喷射装置根据其生产年代与厂家的不同, 可分为多种类型。

1. 按喷油部位分类

按喷油部位分类, 汽车燃油喷射装置可分为: 直接向气缸内喷入式与向进气歧管内喷入式。

图 1-1 示出燃油喷入部位示意图。

目前, 多数汽车电子燃油喷射装置采用向进气歧管内喷入燃油方式。

2. 按喷油方式分类

按喷油方式分类, 汽车燃油喷射装置可分为: 连续喷射式与间歇喷射式。

连续喷射式应用于机械式与机电结合式燃油喷射系统。这种方式, 在发动机运转过程中, 燃油喷嘴连续不断地喷射汽油。机械式燃油喷射系统被德国波许公司称为 K-Jetronic 系统, 简称 K 系统; 机电结合式燃油喷射系统被德国波许公司称为 KE-Jetronic 系统, 简称 KE 系统。

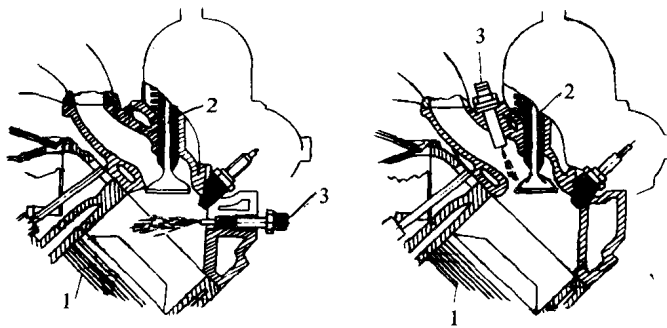


图 1-1 喷油部位

(a) 喷入气缸式 (b) 喷入进气歧管式
1-活塞 2-进气门 3-燃油喷嘴(喷油器)

间歇喷射式广泛应用于现代汽车电子燃油喷射系统。这种方式，在发动机运转过程中，燃油喷嘴间歇喷射汽油，其喷油量取决于油路压力与燃油喷嘴喷油阀打开时间。

3. 按燃油喷嘴安装部位分类

按燃油喷嘴安装部位分类，汽车燃油喷射装置可分为：单点喷射式与多点喷射式。

图 1-2 示出燃油喷嘴(喷油器)安装部位。

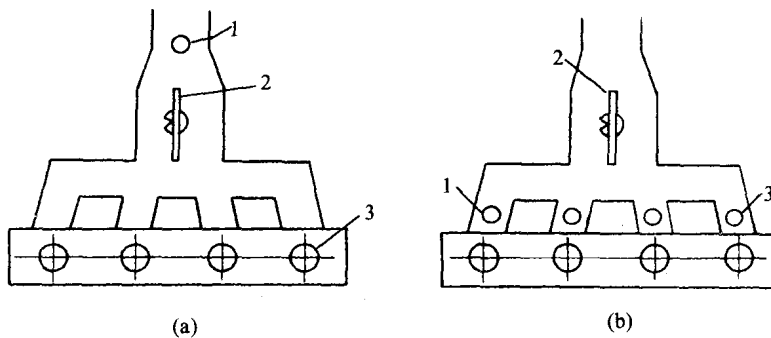


图 1-2 燃油喷嘴安装部位

(a) 单点喷射式 (b) 多点喷射式
1-燃油喷嘴 2-节气门 3-气缸

如图所示，单点喷射式在节气门室的节气门前方安装 1 只或 2 只燃油喷嘴，向进气管道中喷射汽油形成可燃混合气，在发动机进气行程可燃混合气吸入气缸。由于这种方式，燃油喷嘴在节气门前方集中喷射汽油，故也被称为节气门喷射式或集中喷射式；多点喷射式在每个气缸的进气门上方均安装 1 只燃油喷嘴，电脑控制间歇喷射汽油，汽油与空气在进气门附近形成可燃混合气。

多点喷射式可保证各气缸获得均匀的可燃混合气，被广泛用于现代汽车电子燃油喷射装置。

4. 按吸入空气量检测方式分类

按吸入空气量检测方式分类，汽车燃油喷射装置可分为：间接检测式与直接检测式。

间接检测式通过在进气歧管内安装负压（绝对压力）传感器，检测进气歧管内绝对压力变化状况，微电脑根据该信息可计算出气缸充气量。采用间接检测式的电子控制系统被德国波许公司称为 D-Jetronic 系统，简称 D 系统。

直接检测式通过在进气通道内安装量板式空气流量计、涡流式空气流量传感器、热线式空气流量传感器或热膜式空气流量传感器，检测吸入空气流量，并把物理量变化信息转变为电信号输入微电脑。采用直接检测式的电子控制系统被波许公司称为 L-Jetronic 系统，简称 L 系统。

5. 按控制方式分类

按控制方式分类，汽车燃油喷射装置可分为：机械式、机电结合式与电子控制式。

如前所述，机械式与机电结合式也属于连续喷射燃油方式，电子控制式属于间歇喷射燃油方式。但是，如从控制方式考虑，电子控制式还可分为普通燃油喷射控制式与发动机集中控制式。

发动机集中控制系统（简称 ECCS 或 TCCS）也称为发动机总体控制系统，它以一台数字式微电脑实现了发动机燃油喷射、点火正时、爆震、怠速、废气循环（EGR）以及自动变速器等全面控制。

机械式燃油喷射装置采用液力控制、机械动作、进气门口连续喷射系统，机电结合式在其基础上增加了电子控制组件（ECU）、电液式压差调节器以及一些传感器等。

本书重点介绍电子控制式燃油喷射装置的结构、原理、使用与维修基础知识以及实用技术。

二、电子燃油喷射装置的组成

图 1-3 示出电子燃油喷射装置的组成。

如图所示，电子燃油喷射装置由燃油供给系统、进气系统、电子控制系统三大部分组成。

1. 燃油供给系统

燃油供给系统可以使汽油加压；并根据微电脑指令，向发动机进气通道或燃烧室喷射汽油。

它由燃油箱、电动燃油泵、燃油缓冲器、燃油滤清器、油压调节器、燃油喷嘴等组成。

2. 进气系统

进气系统可以根据节气门与空气调节阀开度，把从空气滤清器吸入的空气，经进气通道供给燃烧室。

它由吸入空气量检测装置（负压传感器或空气流量计）、节气门室、空气调节阀等组成。

3. 电子控制系统

电子控制系统的微电脑可以根据各传感器输入信号，对喷油量（开阀时间）与喷油

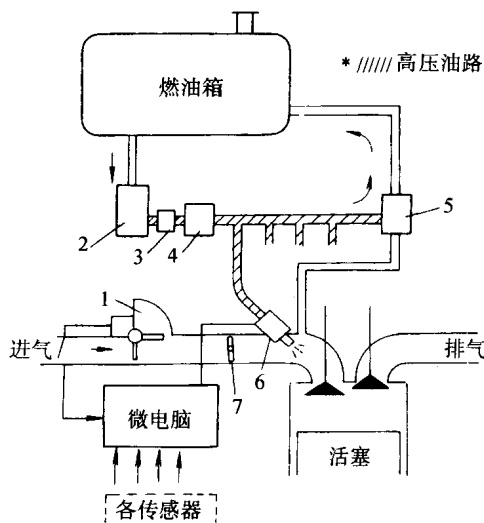


图 1-3 电子燃油喷射装置的组成

1-空气流量计 2-电动燃油泵 3-燃油缓冲器
4-燃油滤清器 5-油压调节器 6-燃油喷嘴 7-节气门

时刻进行控制。

它由微电脑与吸入空气量、节气门开度、冷却水温度、进气温度以及发动机转速、启动状态等输入信号源组成。

电子燃油喷射装置决定其基本喷油量的依据,是吸入空气量与发动机转速两种信号。这两种信号输入电脑后,电脑即可发出燃油喷嘴动作指令,从而完成基本喷油量的控制。

第三节 电子燃油喷射装置特点

汽车电子燃油喷射装置在降低油耗、提高输出功率、减少排放以及改善使用性能上,具有无可比拟的优越性。

首先,与传统的化油器式发动机相比,电子燃油喷射装置有效地解决了把可燃混合气均匀送入各个气缸的问题。为了满足多缸发动机燃烧的需要,化油器必须供给较浓的可燃混合气,从而不仅提高油耗而且未燃烧气体将使排气中有害成分增加。电子燃油喷射装置,在微电脑控制下,根据发动机运行工况,精确计量喷油量,实现稀薄燃烧,降低排气污染,节省燃油。

具体地讲,电子燃油喷射装置有如下优点:

(1) 与化油器相比,不设置进气道喉管,因此进气阻力小,可实现充分利用吸入空气的惯性增压作用,增加充气量,提高发动机输出功率,改善动力性能。

(2) 采用反馈控制系统,根据 O_2 传感器的反馈信号,严格计量燃油喷射量,达到最佳混合气空燃比,减少排放有害成分含量。

(3) 燃油喷嘴内油液处于一定压力作用状态,响应性好,只要一打开阀门,燃油立即喷射出来,其加速性与过渡性良好,使汽车加减速反应迅速。

(4) 具有自动稳定怠速功能,使用中无需调整怠速。

(5) 能够自动实现起动加浓、冷机快怠速、加速加浓、全负荷加浓等功能,可以实现空燃比最佳控制。

(6) 具有燃油中断功能,在节气门关闭而发动机转速超过设定转速值时,可以自动中断燃油喷射。

此外,对于装用数字式微电脑的发动机集中控制系统,可对燃油喷射与点火正时等实现综合控制,并具有故障自诊断与安全保障功能,能够自动检测各传感器,执行器回路故障,在发生故障时按设定的备用程序维持发动机运转。

随着电子燃油喷射装置性能的提高及成本的降低,电子燃油喷射装置将逐渐取代传统化油器,并使现代汽车电子化水平大大提高。

第二章 燃油供给系统

电子燃油喷射装置的燃油供给系统由燃油箱、电动燃油泵、燃油缓冲器、燃油滤清器、主供油管、油压调节器、燃油喷嘴（喷油器）、冷起动喷嘴以及油管等组成。

图 2-1 示出燃油供给系统的组成。

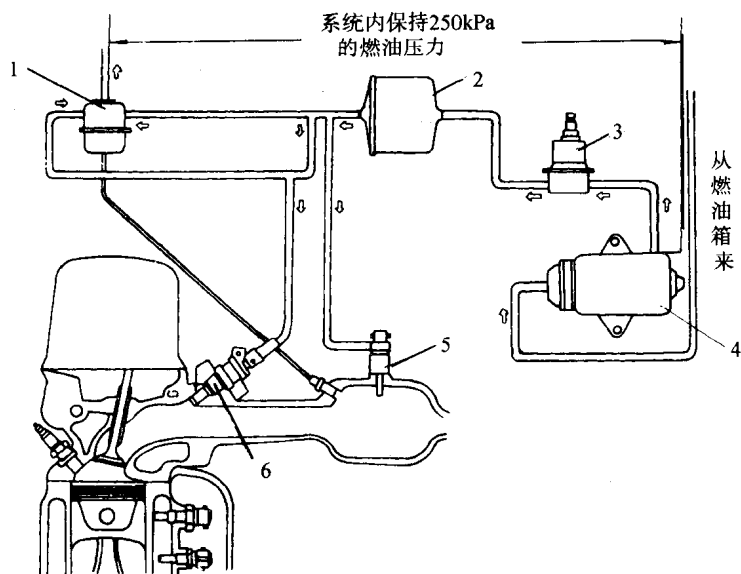


图 2-1 燃油供给系统的组成

1-油压调节器 2-燃油滤清器 3-燃油缓冲器 4-电动燃油泵 5-冷起动喷嘴 6-燃油喷嘴

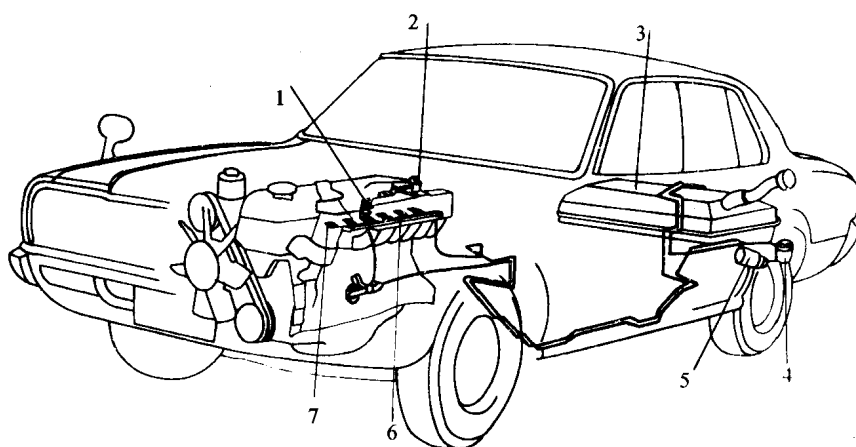


图 2-2 燃油供给系统的装车位置

1-油压调节器 2-冷起动喷嘴 3-燃油箱 4-燃油滤清器 5-电动燃油泵 6-主供油管 7-燃油喷嘴

燃油供给系统可提供发动机燃油喷射过程所需要的压力燃油，并在电脑（电子控制组件）控制下将燃油喷入进气歧管内。

图 2-2 示出燃油供给系统的装车位置。

第一节 电动燃油泵

电子燃油喷射装置的电动燃油泵的作用，是将汽油从燃油箱泵入汽油管路，并使之保持一定压力，以供给燃油喷嘴与冷起动喷嘴油液。

这种电动燃油泵是由小型电机驱动油泵，电机与油泵装置在一个密封的壳体内。常见电动燃油泵有两种型式：滚柱式与叶片式。通常，前者安装在燃油箱外，后者安装在燃油箱内。

在电动燃油泵运转中，油液将通过泵体内部，油泵本身与电机的电枢、轴承等是依靠油液冷却的，因此应避免在无油情况下启动，防止发生损坏。

一、滚柱式电动燃油泵

图 2-3 示出滚柱式电动燃油泵的结构。

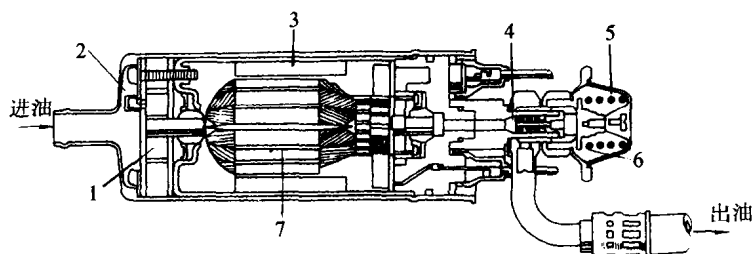


图 2-3 滚柱式电动燃油泵的结构

1-转子 2-限压阀 3-磁铁 4-单向阀 5-缓冲器 6-膜片室 7-电枢

图 2-4 示出滚柱式电动燃油泵的工作原理。

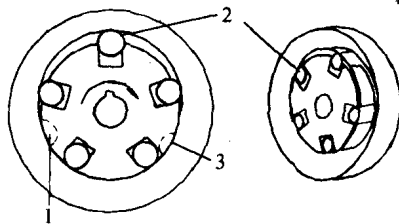


图 2-4 滚柱式电动燃油泵的工作原理

1-进油口 2-滚柱 3-出油口

如图所示，滚柱式电动燃油泵泵体一端为进油口，另一端为出油口。进油口侧装置有可由直流电机驱动的滚柱式油泵。当油泵转动时，在离心力作用下，转子槽内的滚柱向外侧移动，并紧靠在偏心泵体的壁面上，从而使泵腔容积发生变化。这样，进油口处容积逐渐增大，出油口容积逐渐减小。汽油经进油口吸入泵体内，再经过电枢周围空间从出油口泵出。出油口附近设置有单向阀，它具有防止油液回流与保持油压的作用。同时，在出油口侧还设置有燃油缓冲器，它具有减小油压脉动与降低运转

噪声的作用。当油路堵塞引起压力过高时，进油侧的限压阀将打开，使泵体内压力油液经该阀回流进油口，可防止泵体内压力过高。滚柱式电动燃油泵的最大泵油压力可达 350～500kPa。

为了进一步降低油泵运转噪声与车体振动对油泵的影响，在装车时采取了静噪减振措施。

图 2-5 示出滚柱式电动燃油泵实车安装示例。

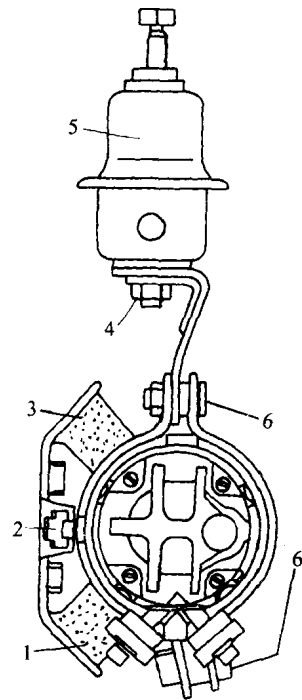


图 2-5 滚柱式电动燃油泵的安装

1-橡胶垫块 2-固定夹 3-橡胶垫块 4-固定螺母 5-汽油燃冲器（单体式） 6-螺栓

二、叶片式电动燃油泵

叶片式电动燃油泵与滚柱式电动燃油泵的结构相似。

这种油泵的转子为一圆形平板，平板圆周上开有油槽，即转子叶片。油泵运转时，油槽内的油液随叶片一起高速运转。在离心力作用下，出油口压力增高，进油口产生真空，从而把油液从进油口吸入并泵向出油口。

图 2-6 示出叶片式电动燃油泵的工作原理。

叶片式电动燃油泵的泵油压力高，运转噪声小，油压脉动小，使用寿命长。

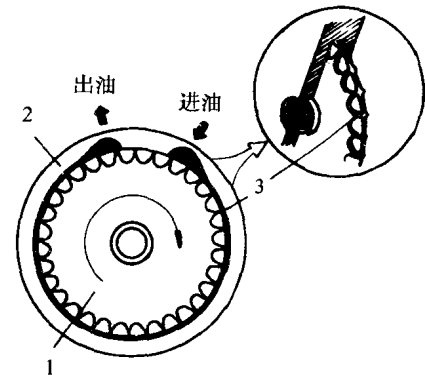


图 2-6 叶片式电动燃油泵的工作原理

1-叶片 2-泵体 3-叶片槽

第二节 燃油缓冲器

燃油缓冲器的作用是使供油管路中压力脉动以及运转噪声降低。

早期的电子燃油喷射装置燃油缓冲器，一般以单体形式安装在燃油箱与压力调节器之间的管路上。近年来，燃油缓冲器多设置在电动燃油泵内（如前节所述）。

燃油缓冲器内部为由膜片分隔的膜片室（下方）与燃油室（上方）两部分。在膜片室内有弹簧压住膜片，当油路压力不稳定时，流过燃油缓冲器燃油室的油液压力作用到膜片上，膜片则将这个脉动压力传递给弹簧，使之吸收其冲击力，因此油液流出后压力趋于平稳。

第三节 燃油滤清器

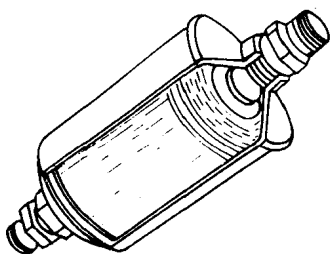


图 2-7 燃油滤清器

燃油滤清器的作用是把汽油中的氧化物、粉尘等异物除去，以防止供油系统堵塞，确保发动机运转稳定。

图 2-7 示出燃油滤清器的外观与内部形态。

如图所示，在燃油滤清器圆筒形壳体内部装有纸质滤芯。通常，汽油从下方进油口流入，经滤芯滤出杂质后，洁净的油液从上方出油口流出。它一般安装在电动燃油泵的出油口侧油路上。

汽车每行驶 4 万 km 左右应更换一次滤芯。

第四节 油压调节器

油压调节器的作用，是调节供油管路内的油压使之保持一恒定值，从而在发动机各种负荷与转速下均可实现精确供油。

图 2-8 示出油压调节器的结构。

如图所示，油压调节器外部为金属壳体，内部由一个膜片分隔为两个内腔。上方为负压室，与进气歧管相通；下方为汽油室，与主供油管相通。在负压室内，有一带有预紧力的螺旋弹簧作用在膜片上。

油压调节器就是根据进气歧管真空度变化来调节油路压力的。通常，油压调节器安装在主供油管的一端，当油路压力超过膜片上方弹簧作用力时，可使膜片向上压缩弹簧，打开回油阀，使超压的油液经回油管流回汽油箱。膜片上方除作用有弹簧压力外，还有进气歧管负压的作用。这样，超压油液推动膜片打开回油阀的压

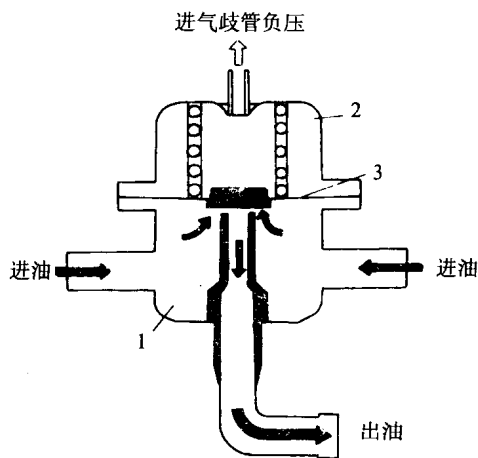


图 2-8 油压调节器

1-汽油室 2-负压室 3-膜片