



汽车电液控制装置

张勇斌 编

QICHE DIANYE
KONGZHI ZHUANGZHI



汽车电液控制装置

张勇斌 编

QICHE DIANYE
KONGZHI



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要讲述了发动机的电子燃油喷射系统、自动变速器、汽车防滑系统和安全气囊、防盗系统、巡航系统、电控悬架等广泛应用的汽车电液控制装置。在编写的过程中，力求体现三个方面。一是简洁易懂，避免冗繁的叙述；二是以常见车型为例，突出新知识、新技术、新工艺和新方法；三是图文并茂，理论联系实际，使读者容易接受。本书适合本科或高职院校汽车类专业师生使用，也可供应用型人才以及企业生产一线的相关工程人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据
汽车电液控制装置/张勇斌编. —北京：化学工业出版社，2017.1
ISBN 978-7-122-28725-0
I. ①汽… II. ①张… III. ①汽车-数字电液控制系统 IV. ①U463.22
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 312391 号

责任编辑：黄 滢	文字编辑：陈 喆
责任校对：吴 静	装帧设计：王晓宇
出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）	
印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司	
装 订：三河市宇新装订厂	
787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 524 千字 2017 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷	
购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899	
网 址：http://www.cip.com.cn	
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。	
定 价：69.00 元	版权所有 违者必究

随着科学技术的进步,一些新的技术不断应用于汽车上,使得汽车不仅是机械的产物,更是融入了电子、液压、计算机和自动控制等先进技术的设备,新的电子技术在汽车上的应用会越来越广泛。汽车电子技术不仅推动了汽车工业的发展,同时也极大地促进了电子产品市场的发展。现代汽车电子技术在改善汽车动力性、经济性、安全性、行驶稳定性和乘坐舒适性等方面发挥着不可替代的作用。具体来说,汽车电子技术的应用主要可分为以下四个方面。一是动力传动电子控制系统,包括发动机电子控制(包括汽油机和柴油机)、自动变速器控制(ECT、CVT/ECVT等)以及动力传动总成的综合电子控制等。控制系统主要由各种传感器、执行机构和电控单元(ECU)组成。其主要是保证汽车在不同的工况下均能处在最佳状态下运行,并简化驾驶员的有关操作,从而降低油耗和排放,减少动力传动系统的冲击,减轻驾驶人员的劳动强度,提高汽车的动力性、经济性和舒适性。二是底盘电子控制系统,包括制动防滑与动态车身控制系统(ABS/ASR、ESP/VDC)、牵引力控制系统、悬架及车高控制系统、轮胎监测系统(TPMS)、巡航控制系统(CCS)、转向控制系统(如4WS)、驱动控制系统(如4WD)等。其主要用于提高汽车的安全性、舒适性和动力性等。近年来,这类控制系统开始在普通轿车上广泛采用。三是车身电子控制系统,包括安全气囊(SRS)、自动座椅、自动空调控制、车内噪声控制、中央防盗门锁、视野照明控制、自动刮水器、自动门窗、自动防撞系统以及满足不同用电设备的电源管理系统。其主要是用来增强汽车的安全性、舒适性和方便性。四是多媒体娱乐、通信系统,包括车载多媒体系统、驾驶员信息系统、语音系统、智能交通系统(ITS)、车辆导航系统(GPS/DGPS等)、计算机网络系统、状态监测与故障诊断系统等。其主要用于连接“人-车-外界环境信息”,以及协调整整车各部分的电子控制功能。

随着更加先进的灵巧型传感器、快速响应的执行器、高性能ECU、先进的控制策略、计算机网络技术、雷达技术、第3代移动通信技术在汽车上的广泛应用,现代汽车正朝着更加智能化、自动化和信息化的机电一体化产品方向发展,以达到“人-汽车-环境”的完美协调。对于我国汽车工业来说,汽车电子产业仍处于初级阶段,因此,必须正确把握未来汽车电子技术发展方向,加快相关技术的研究与开发工作,以便形成自己的优势,实现民族汽车产业的快速崛起。

本书主要讲述了发动机的电子燃油喷射系统、自动变速器、汽车防滑系统和安全气囊、防盗系统、巡航系统、电控悬架等广泛应用的汽车电液控制装置。在编写的过程中,力求体现三个方面。一是简洁易懂,避免冗繁的叙述;二是以常见车型为例,突出新知识、新技术、新工艺和新方法;三是图文并茂,理论联系实际,使读者容易接受。本书适合本科或高职院校汽车类专业师生使用,也可供应用型人才以及企业生产一线的相关工程人员参考。

本书由郑州铁路技师学院张勇斌编写。初稿完成后,河南农业大学李冠峰教授审阅了本书,提出了很多宝贵的意见,在此表示感谢。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

第一章 汽车发动机电子控制装置

第一节	汽油发动机电子喷射系统	1
第二节	燃油喷射控制	11
第三节	缸内汽油直接喷射系统	19
第四节	点火控制	22
第五节	怠速控制	32
第六节	进气控制	36
第七节	汽油机排放控制系统	38
第八节	故障自诊断系统	43
第九节	其他汽油机电子控制装置	51
第十节	柴油机电子喷射系统	53

第二章 传感器与执行器

第一节	传感器概述	62
第二节	空气流量传感器	63
第三节	进气压力传感器	68
第四节	节气门位置传感器	72
第五节	氧传感器	76
第六节	温度传感器	82
第七节	爆震传感器	87
第八节	曲轴位置传感器	89
第九节	凸轮轴位置传感器	91
第十节	转速传感器	97
第十一节	电动汽油泵	99
第十二节	电磁喷油器	102

第三章 自动变速器

第一节	自动变速器的组成和基本原理	106
第二节	液力变矩器	112
第三节	行星齿轮机构	121
第四节	辛普森式行星齿轮变速器	129
第五节	拉威娜式行星齿轮变速器	141
第六节	串联式行星齿轮机构	144

第七节	液压控制系统	148
第八节	电子控制系统	169
第九节	液压回路	189
第十节	自动变速器的维护和故障诊断	197
第十一节	无级变速器的结构、原理和维护	208



第四章 汽车防滑控制系统



第一节	概述	218
第二节	防抱死制动系统的控制	221
第三节	防抱死制动系统的结构及工作原理	225
第四节	汽车驱动防滑转电子控制系统	239



第五章 其他电液控制装置



第一节	汽车电控悬架	253
第二节	汽车巡航控制系统	260
第三节	汽车安全气囊系统	271
第四节	汽车防盗系统	292

参考文献	305
------------	-----



第一章

汽车发动机电子控制装置

Chapter 01

第一节 汽油发动机电子喷射系统

一、汽油喷射系统的发展及应用

汽车发动机电子控制系统的英文名是 Engine Electronic Control System (EECS 或 EEC 系统)。发动机电子控制系统 (EECS) 的主要功能是控制燃油喷射式发动机的空燃比和点火时刻。除此之外,还有控制发动机启动、怠速转速、排气再循环、闭缸工作、二次空气喷射、进汽增压、爆震、发电机输出电压、电动燃油泵和系统自诊断等辅助功能。

自从 1967 年博世公司研制开发成功了 K 型机械式汽油喷射系统以来,汽油喷射系统经历了 K 型系统、K-E 型系统 (机械与电子混合控制)、EFI (电控燃油喷射系统) 的发展过程。

目前除少数汽车仍在采用 K 或 K-E 系统外,大多数都采用了 EFI (电控燃油喷射系统)。SPI 单点燃油喷射系统因其结构较简单,只用一个喷油器,发动机结构在化油器式的基础上变动较少,成本较低,故国内外现在已经迅速推广应用在低排量的普通轿车甚至载货汽车上。大排量的轿车大多采用 MPI 多点喷射。

目前代表国际中级轿车顶尖水平的第 5 代车型,如奥迪 A6 和帕萨特 (PASSAT) B5 等都是采用了多点电控喷射。而且它们还采用了德国大众集团独有的领先于世界的三大技术,即 5 气门技术、可变配气相位技术和可变进气管技术。以前汽车都是采用每气缸 1 进气门 1 出气门的 2 气门发动机,现代轿车上多数采用了 2 进 2 出的 4 气门发动机,而 5 气门发动机技术是采用 3 进 2 出的方法,在每个燃气室有 5 个气门,使燃气混合更快、更均匀,排气也更迅速、更彻底,燃烧室的空间可以得到更充分的利用。因此,发动机的动力性将得到提高,废气排放将大大减少。可变凸轮轴通过改变进排气门的开启和关闭时间 (可变配气相位),使发动机在高转速工况下获得尽可能高的功率,在低转速的情况下极大地降低了燃烧不平稳性,提高转矩。采用可变通的通道进气管,即随发动机的转速和负荷改变进气路径长短,高转速时,通道变短,减少流动损失,提高高速功率。低转速时,进气通道变长,提高进气流速,增加转矩。

日本日立 (HITACHI) 公司近年来开发了一种 MSI (Multi Stream Injection) 系统,即所谓单点多方向喷射系统。它采用一个喷油器同时向各缸的进气歧管喷射,因此性能比 SPI 强,成本比 MPI 低。且发动机的质量轻,它的质量约为 2kg,比 SPI 的 3.4kg 及 MPI



的 5kg 都要小。虽然排放性能比 MPI 差，但还是可以达到欧洲 3 号标准。目前正将该系统推广应用到小排量的 3 缸普及型轿车和微型车上。

近年来，高档豪华轿车有采用 DI (Direct Injection) 系统，即采用直喷系统的趋势。该系统最早由日本三菱公司研制开发，它是将喷油器安装在每个气缸的燃油室上方，燃油直接喷入气缸内进行混合燃烧，一般喷射系统的喷射压力为 250kPa，而 DI 系统的喷射压力将达到 5MPa 以上。由于压力增大，因而燃烧更充分，效率更高，可以节约燃料 20% 以上，并能满足 2005 年开始实施的欧洲 4 号排放规定。但是，由于它必须使用低硫汽油，其目前的应用还受到一定限制，汽油直喷式发动机的开发成功为制造出更节能、更干净的汽车提供了良好的开端。缸内直喷特别是四冲程汽油机缸内直喷是当前轿车汽油喷射中的前沿技术，电控燃油直喷式发动机将成为 21 世纪汽车的主流。桑塔纳 2000 型电控燃油喷射系统见图 1-1。

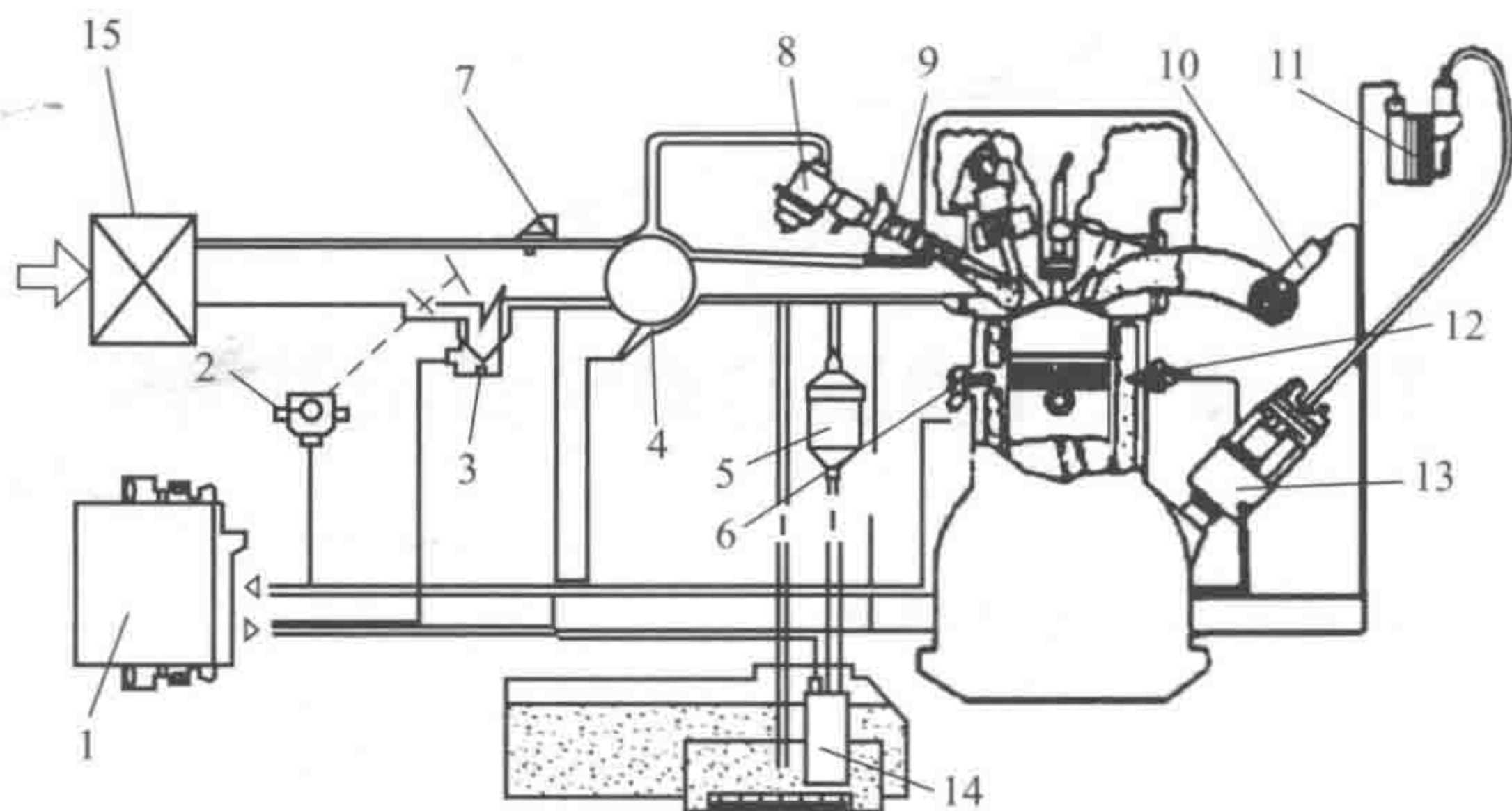


图 1-1 桑塔纳 2000 型电控燃油喷射系统

- 1—电控单元；2—节气门位置传感器；3—怠速旁通阀；4—空气压力传感器；5—燃油滤清器；
6—爆震传感器；7—空气温度传感器；8—油压调节器；9—喷油器；10—氧传感器；
11—点火线圈；12—水温传感器；13—分电器；14—电动汽油泵；15—空气滤清器

二、汽油喷射系统的优缺点

汽油喷射系统的实质就是一种新型的汽油供油系统。化油器利用空气流动时在节气门上方的喉管处产生负压，将浮子室的汽油连续吸出，经过雾化后输送给发动机。汽油喷射系统则是通过采用大量的传感器感受各种工况，根据直接或间接检测的进气信号，经过计算机判断和分析，计算出燃烧时所需的汽油量，然后将加有一定压力的汽油经喷油器喷出，以供发动机使用。

电控发动机系统取消了化油器供油系中的喉管，喷油位置在节气门下方，直接在进气门负极或缸内，有计算机控制喷油器精确供油。与化油器式发动机相比，汽油喷射系统具有以下优点。

① 提高了发动机的充气系数，从而增加了发动机的输出功率和扭矩。这是因为汽油喷射系统没有化油器的喉管，减少了进气压力的损失；汽油喷射是在进气歧管附近，只有空气通过歧管，这样可以增加进气歧管的直径，增加进气歧管的惯性作用，提高充气效率。

② 能根据发动机负荷的变化，精确控制混合气的空燃比，适应发动机的各种工况，使汽油燃烧充分，降低油耗，减少排气污染，而且响应速度快。

③ 可均匀分配各缸燃油，减少了爆震现象，提高了发动机工作的稳定性。同时，也降低了废气排放和噪声污染。

④ 提高了汽车驾驶性能。在寒冷的季节里，化油器主喷油管的附近容易结冰，会造成发动机输出功率不足，而汽油喷射供油不经过节气门和进气歧管，所以没有结冰现象，从而

提高了冷启动性能；另外，汽油喷射是高压供油，喷出的汽油雾滴比较小，汽油不经过进气歧管，所以，当突然加速时，雾滴较小的汽油能与空气同时进入燃烧室混合，因而比化油器供油的响应速度快，加速性能好。

与传统的化油器相比，电控汽油喷射系统可以使汽车燃油消耗率降低 5%~15%，废气排放量减少 20%左右，发动机功率提高 5%~10%。电控汽油喷射系统无论是从燃油经济性、发动机动力性，还是从排气和噪声污染等方面，都具有化油器式发动机无法比拟的优越性。电控汽油系统的缺点在于价格偏高、维修要求高。

三、电控汽油喷射系统的组成

汽车发动机电子控制系统由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统三部分组成。

（一）空气供给系统

空气供给系统简称供气系统。其作用是为发动机提供必要的空气。一般由空气滤清器、节气门体、节气门、空气阀、进气总管、进气歧管等部分组成。另外，为了随时调节进气量，进气系统中还设置了进气量的检测装置，见图 1-2。

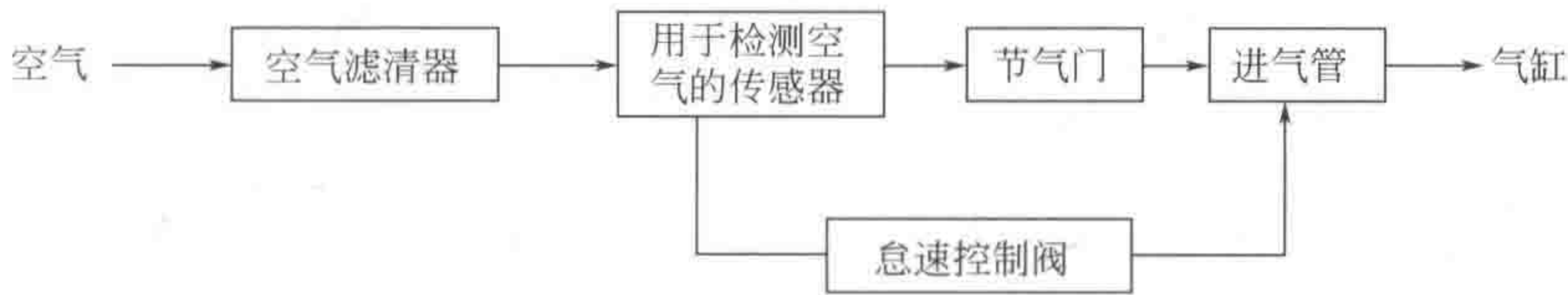


图 1-2 空气进气系统的工作流程

燃油在发动机气缸内燃烧需要一定数量的空气，空气供给系统的任务就是为发动机提供必要的空气，并测量出进入气缸的空气量。根据发动机怠速转速的控制方式不同，供给空气的进气道分为有旁通空气道和无旁通空气道两种。设有旁通空气道的空气供给系统的结构如图 1-3 所示。

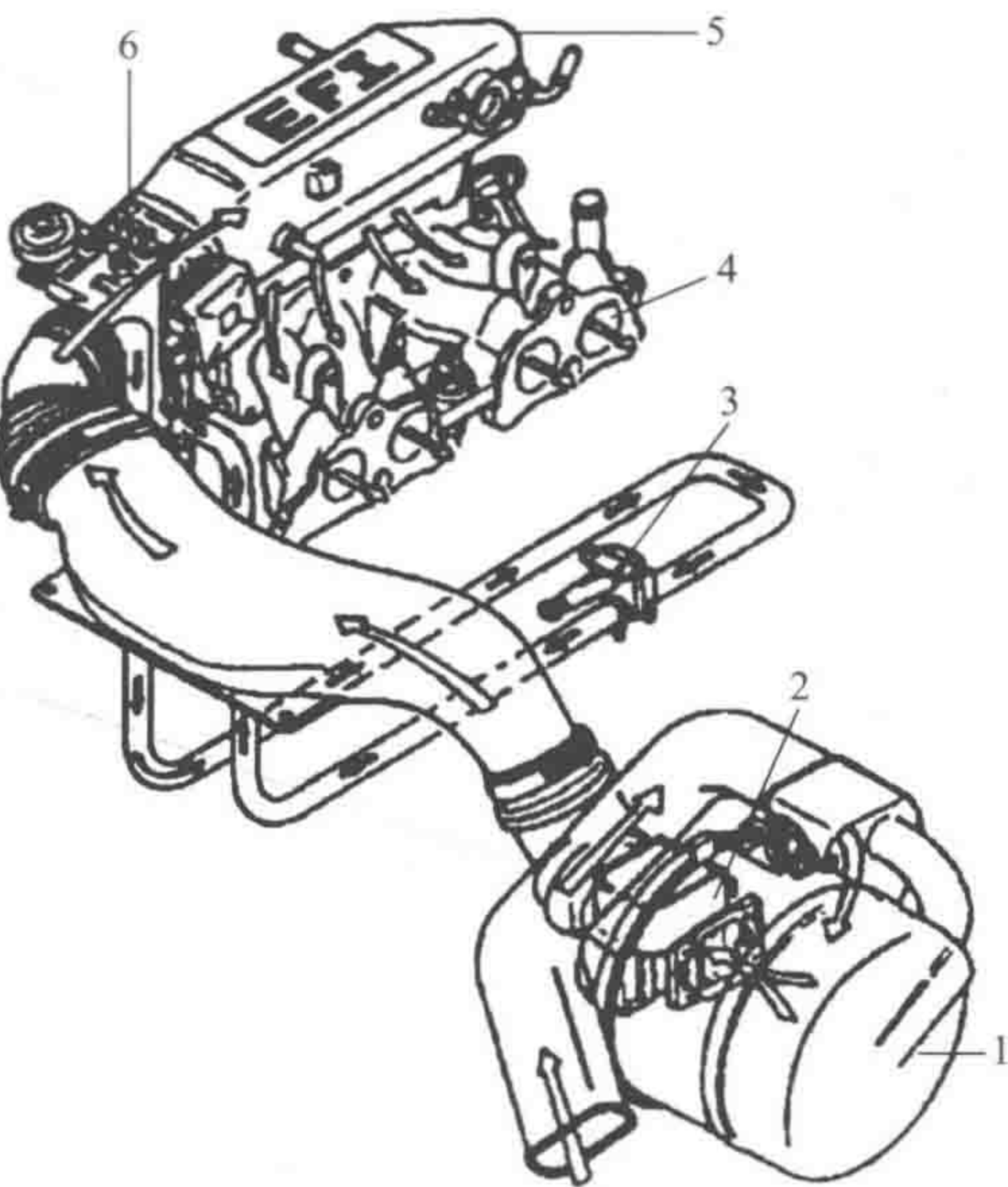


图 1-3 有旁通空气道供气系统的结构

- 1—空气滤清器；2—空气流量传感器；
- 3—怠速转速控制阀；4—进气歧管；
- 5—动力腔；6—节气门体

发动机工作时，空气通道为进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气管→节气门→动力腔→进气歧管→发动机进气门→发动机气缸。

当发动机怠速运转时，空气通道为进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气管→节气门前端的旁通空气道入口→怠速转速控制阀→节气门后端的旁通空气道出口→动力腔→进气歧管→发动机进气门→发动机气缸，如图 1-4 所示。

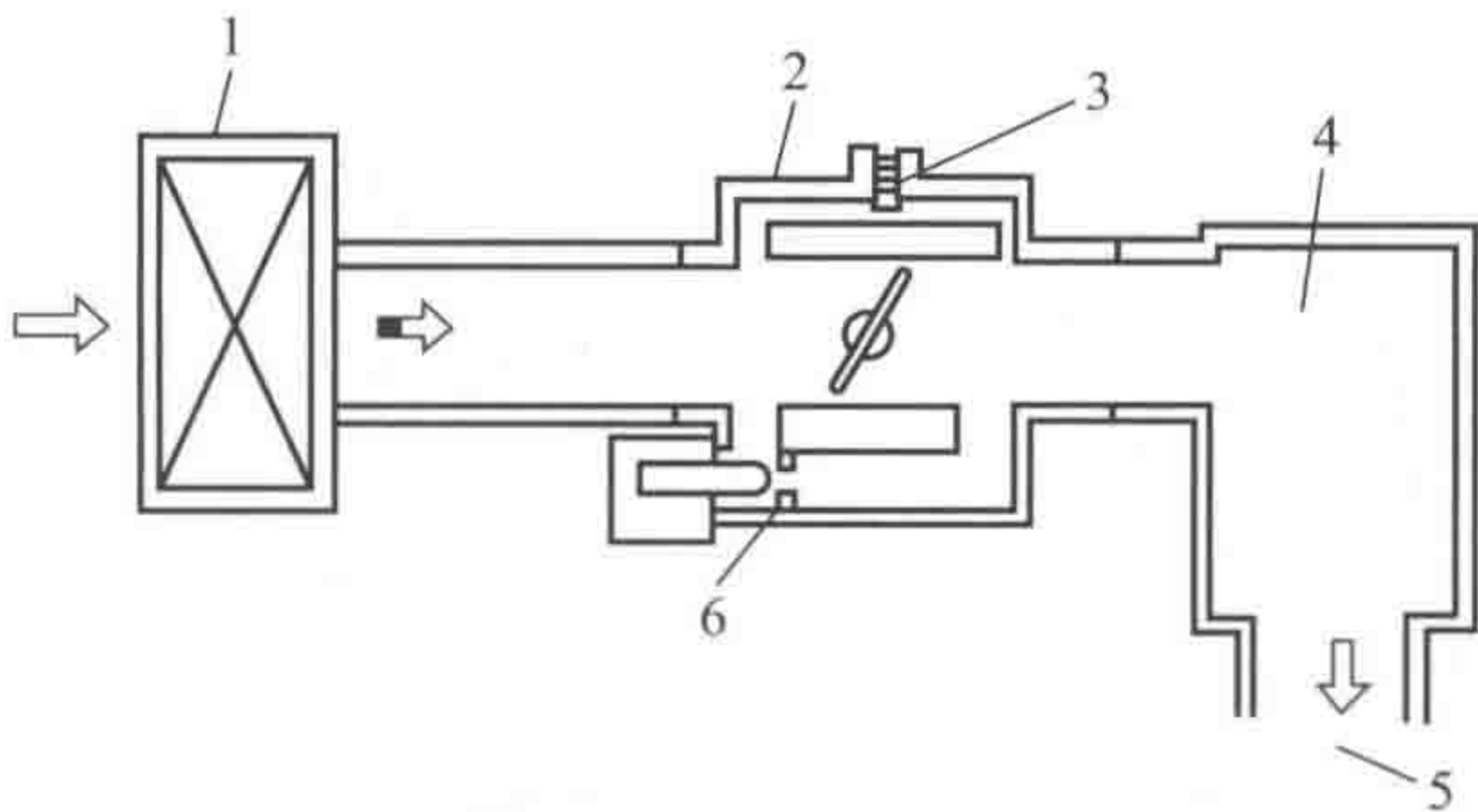


图 1-4 空气供给系统路线

- 1—空气滤清器；2—节气门体；3—怠速调整螺钉；
- 4—稳压箱；5—进气歧管；6—空气阀

捷达 AT、GTX 以及桑塔纳 2000GSI 型轿车的怠速转速采用节气门直接控制方式, 空气供给系统没有设置旁通空气道, 这种供给系统的结构如图 1-5 所示, 主要由空气滤清器、空气流量传感器、进气软管、进气歧管、动力腔、节气门位置传感器、进气温度传感器等组成。

发动机工作(包括怠速)时, 空气通道为进气口→空气滤清器→空气流量传感器→进气软管→节流阀体→动力腔→进气歧管→发动机进气门。

空气经滤清器后, 由节流阀体进入动力腔, 再分配给各缸进气歧管。进入发动机气缸空气量的多少由电控单元(ECU)根据安装在进气道上的空气流量传感器检测的进气量信号求得。捷达 AT、GTX 与桑塔纳 2000GSI 型轿车发动机供气系统在发动机怠速时的标准进气量为 $2.0 \sim 5.0 \text{ g/s}$ 。

L 型和 D 型 EFI 系统框图如图 1-6 所示。在 L 型 EFI 系统中, 采用装在空气滤清器后的空气流量计(空气流量传感器)直接测量发动机吸入的进气量。其测量的准确度高于 D 型 EFI 系统, 可以精确地控制空燃比。“L”是德文“空气”的第一个字母。

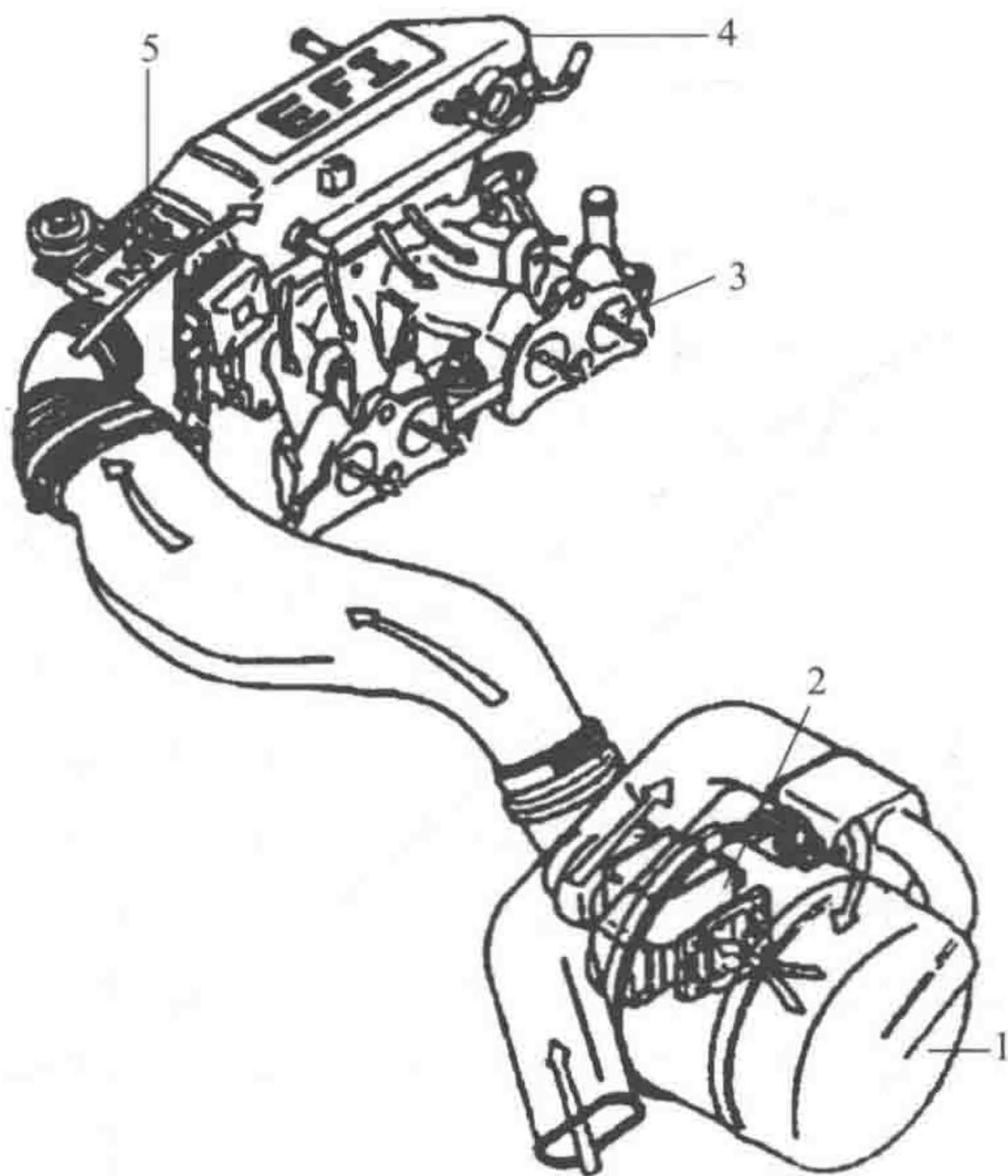


图 1-5 无旁通空气道供气系统的结构

1—空气滤清器；2—空气流量传感器；3—进气歧管；
4—动力腔；5—节气门体

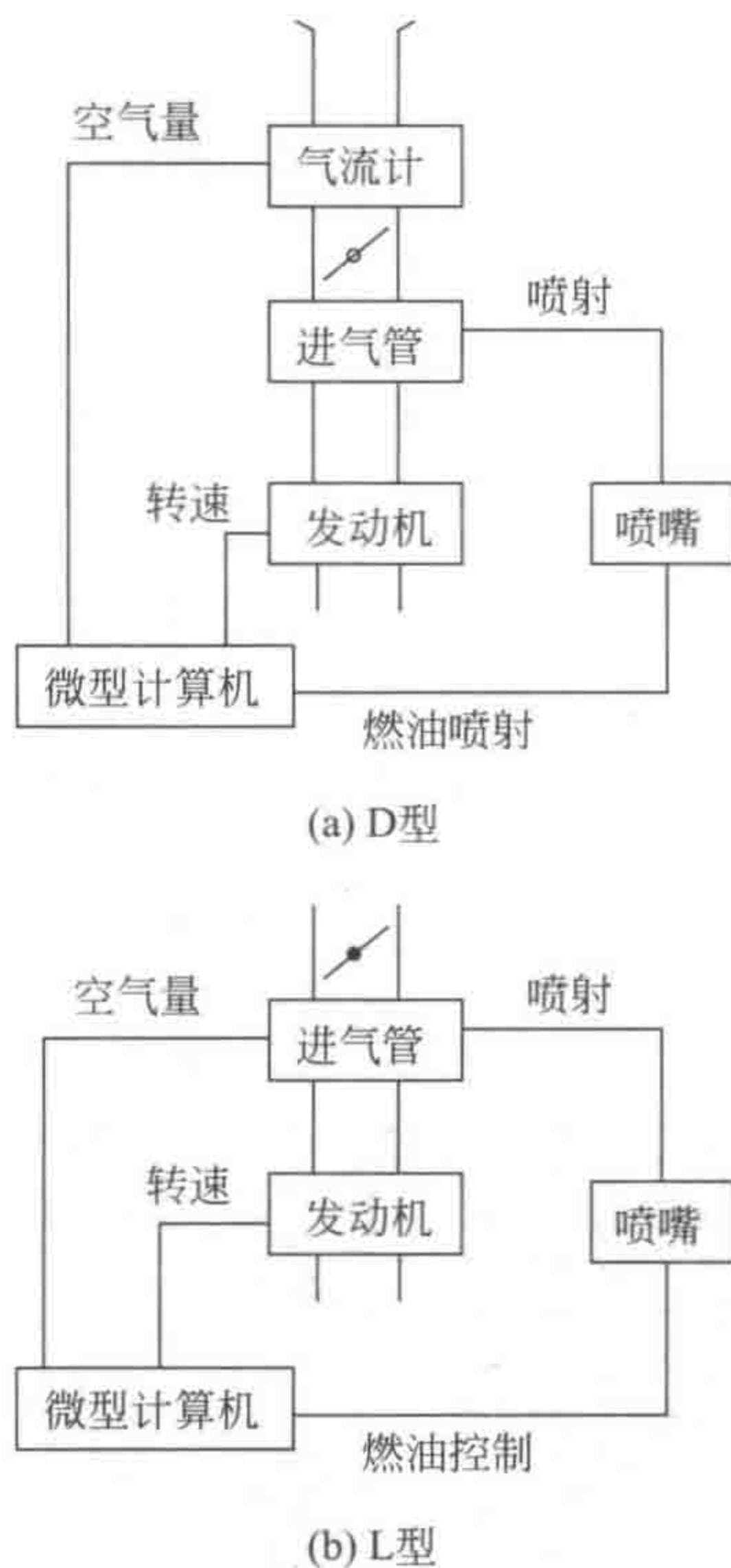


图 1-6 L 型和 D 型 EFI 系统框图

D 型 EFI 系统是根据进气歧管压力传感器进行检测。由于进气管内的空气压力在波动, 所以控制的测量精度稍微差些。“D”是德文“压力”的第一个字母。

空气阀只是在发动机温度低时用来调节进气量, 控制发动机的怠速转速。

节气门总成包括控制进气量的节气门通道和怠速运行的空气旁通道。节气门位置传感器与节气门轴相连接, 用来检测节气门的开度。

1. 空气滤清器

空气滤清器的作用是清除进入发动机气缸的空气中的尘土、砂粒和杂质, 以减少气缸、

活塞和活塞环的磨损。

桑塔纳 2000 型电控燃油喷射发动机上的空气滤清器是由空气滤清和温度调节两部分组成。主要由滤清器壳、滤清器盖、滤芯、进气软管、热空气软管、热空气收集板及温度调节器等组成,如图 1-7 所示。

发动机工作时,冷、热空气从滤清器壳体下部进入,经滤芯过滤后,干净空气从空气滤清器盖上的出口通过软管进入进气道。当流经空气滤清器的空气温度较低时,热空气收集板的热空气,经热空气软管进入空气滤清器。当流经空气滤清器的空气温度较高时,冷空气直接进入空气滤清器。总之,都是由温度调节器自动调节进入的冷、热空气量,使进入进气道的空气温度相对稳定,不会因环境温度的变化而过低或过高。

2. 节气门体

节气门体的作用是控制进气通道截面积的变化,实现对发动机转速和负荷的控制。节气门体位于空气滤清器与稳压箱之间,与加速踏板相联动。

节气门体是由节气门及装在壳体上的一些部件,如节气门位置传感器、节气门缓冲器、怠速旁通气道和怠速调整螺钉等组成,如图 1-8 所示。

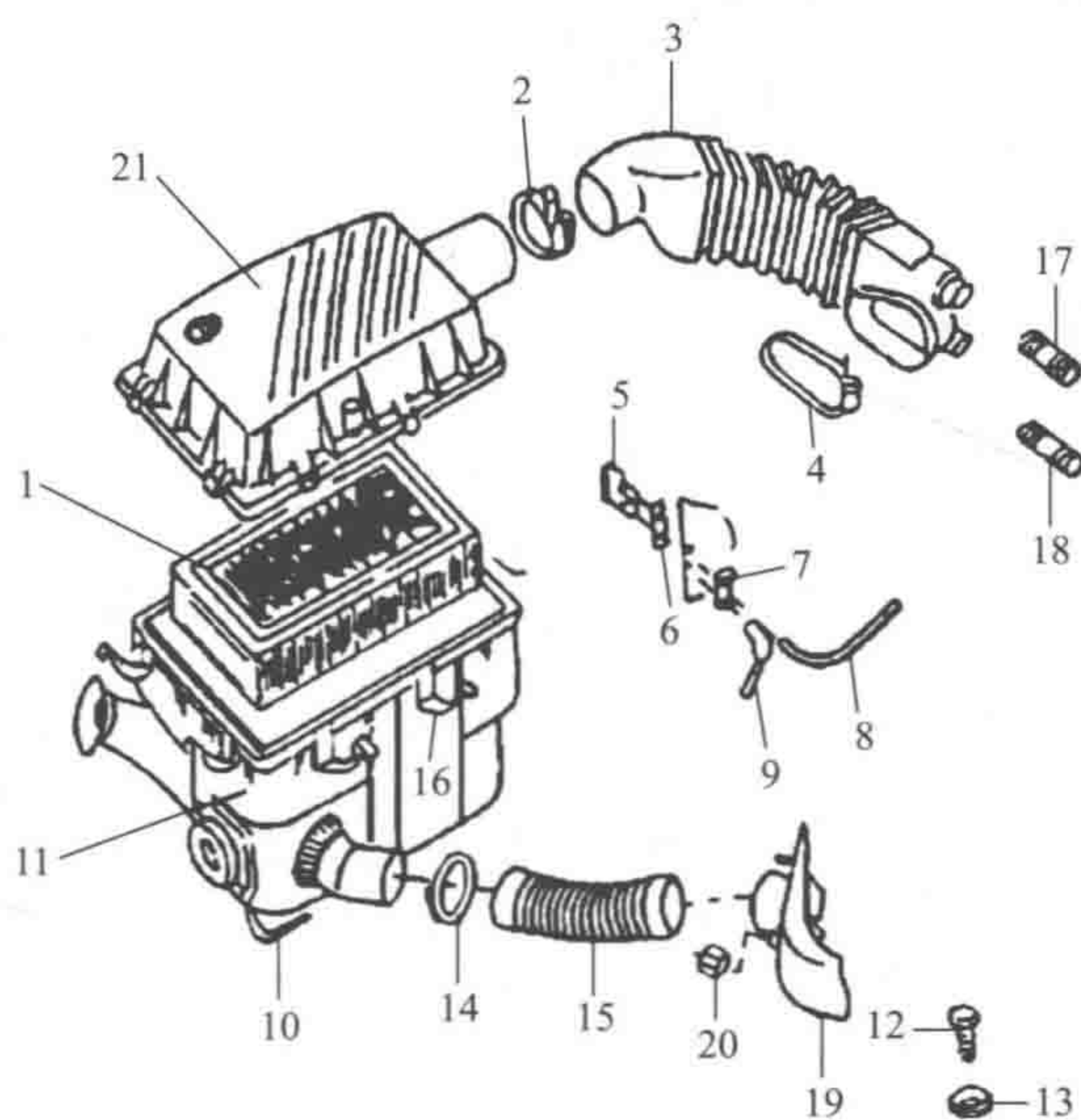


图 1-7 桑塔纳 2000 型电控燃油喷射发动机空气滤清器

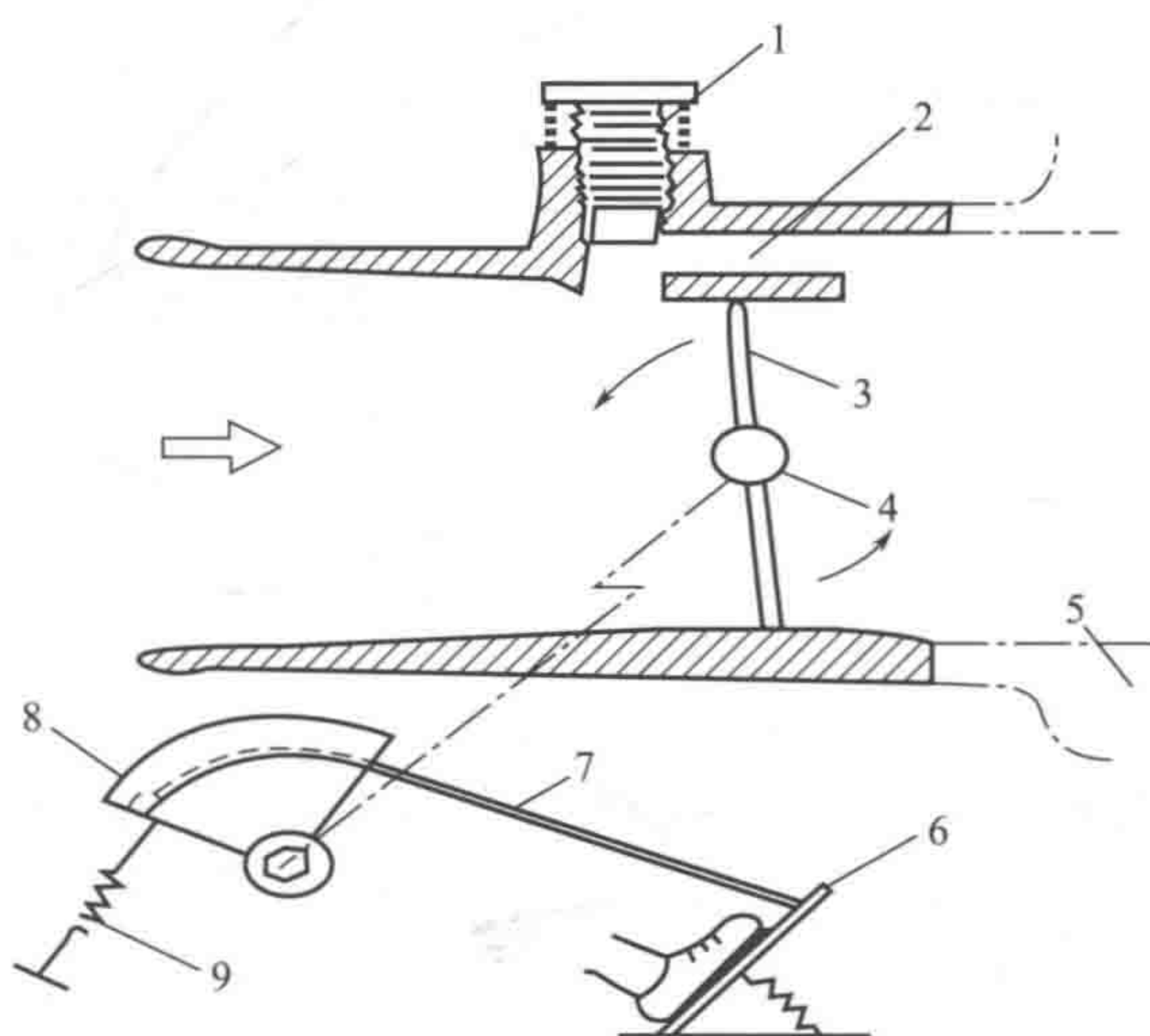


图 1-8 节气门体

1—旁通螺钉;2—旁通气道;3—节气门;4—轴;
5—稳压箱;6—加速踏板;7—加速踏板拉线;
8—操纵臂;9—回位弹簧

1—滤芯;2,4,14—夹箍;3—进气软管;5—温度调节器;
6—垫片;7—夹紧片;8~10—软管;11—壳;12—螺钉;
13—橡胶垫;15—热空气软管;16—卡子;17,18—管接头;
19—热空气收集板;20—螺母;21—盖

发动机工作时,驾驶员通过操纵加速踏板使节气门转动,来控制进气通道截面积的变化,即控制进入发动机气缸内的进气量,从而达到控制发动机转速和负荷的目的。

发动机怠速运转时,节气门关闭,怠速时所需的空气经旁通气道进入进气总管。在旁通通路中,装有可改变旁通通路截面积的调整螺钉,可进行怠速调整。为了实现怠速的自动控制,在怠速旁通通道中还设置了能够改变通道面积的步进电机。

(二) 燃油供给系统

燃油供给系统简称供油系统,其功用是向发动机各个气缸供给混合气燃烧所需的燃油量。燃油供给系统通常由电动汽油泵、汽油滤清器、压力调节器、脉动阻尼器、喷油器和冷启动喷油器组成。如图 1-9 所示,在电控汽油喷射系统中,汽油由电动汽油泵从油箱中泵

出,经汽油滤清器等输送到电磁喷油器和冷启动喷油器调节器与喷油器并联,保证供给电磁喷油器内的汽油压力与喷射环境的压力之差(喷油压差)保持不变。

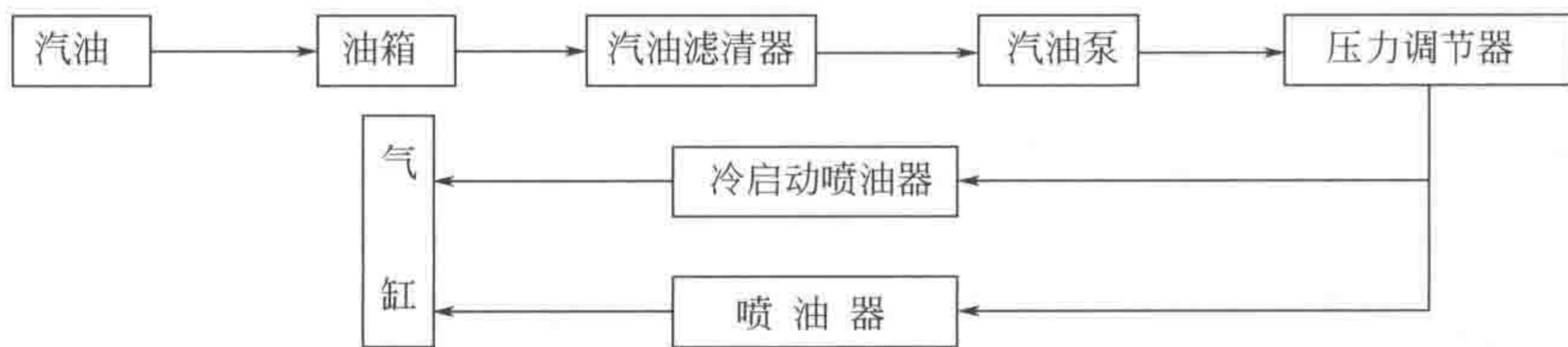


图 1-9 燃油供给系统工作流程

燃油喷射式发动机供油系统的结构如图 1-10 所示,主要由汽油箱、电动燃油泵、输油管、汽油滤清器、油压调节器、燃油分配管、喷油器和回油管等组成。

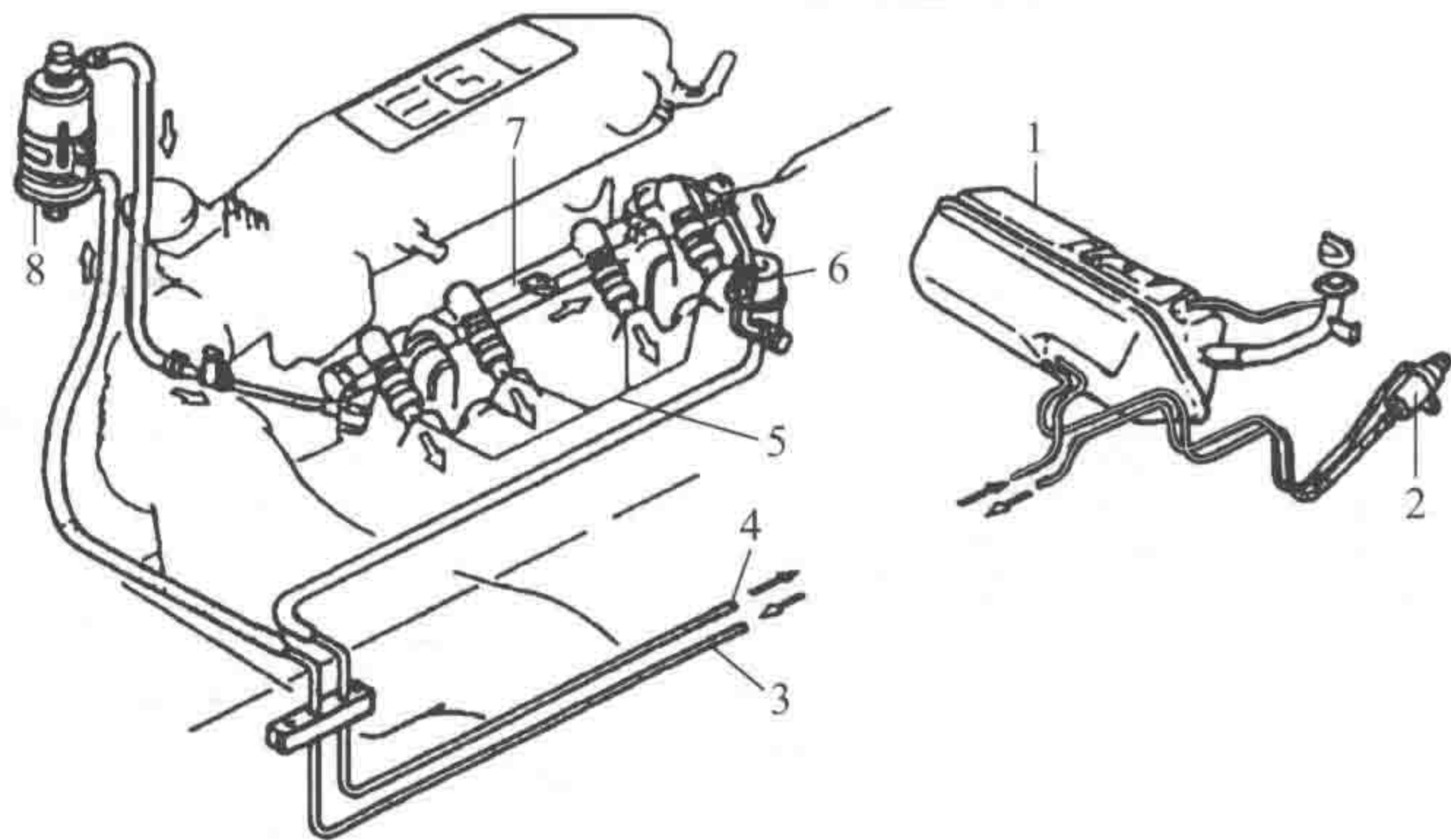


图 1-10 燃油供给系统的结构

1—汽油箱；2—电动燃油泵；3—输油管；4—回油管；5—喷油器；
6—油压调节器；7—燃油分配管；8—汽油滤清器

发动机工作时,汽油泵工作,将油箱内的燃油泵入供油系统,供油系统的油压由油压调节器调节,一般控制在高于进气管压力 300kPa 左右。喷入发动机气缸内的燃油流过的路径为汽油箱→汽油泵→输油管→汽油滤清器→燃油分配管→喷油器。喷油器将燃油喷射在进气门附近(缸内喷射系统则直接喷入气缸)。当发动机工作、进气门大开时再吸入气缸燃烧做功。

当汽油泵泵入供给系统的燃油增多、油路中的油压升高时,油压调节器将自动调节燃油压力,保证供给喷油器的油压基本不变。供油系统过剩的燃油由回油管流回油箱,回油路径为:汽油箱→汽油泵→输油管→汽油滤清器→燃油分配管→油压调节器→回油管→油箱,如图 1-11 所示。

1. 电动燃油泵

电动燃油泵的作用是在规定的压力下,供给燃油系统足够的燃油。它将燃油从燃油箱内吸出,经压缩将油压提高到调节器控制的规定值,然后通过压力系统将燃油送到发动机的喷油器中。

电动燃油泵有外装式和内装式两种。外装式是将燃油泵安装在燃油箱外面的输油管中,而内装式是将燃油泵安装在燃油箱内。与外装泵相比,内装泵不易产生气阻和燃油泄漏,而且噪声小。目前多数 EFI 采用内装泵。桑塔纳 2000 型轿车的电动燃油泵属内装式滚柱泵。其结构如图 1-12 所示。电动机与泵轴制成一体,安装在泵体内,带有滚柱的转子偏心地装在泵体内。

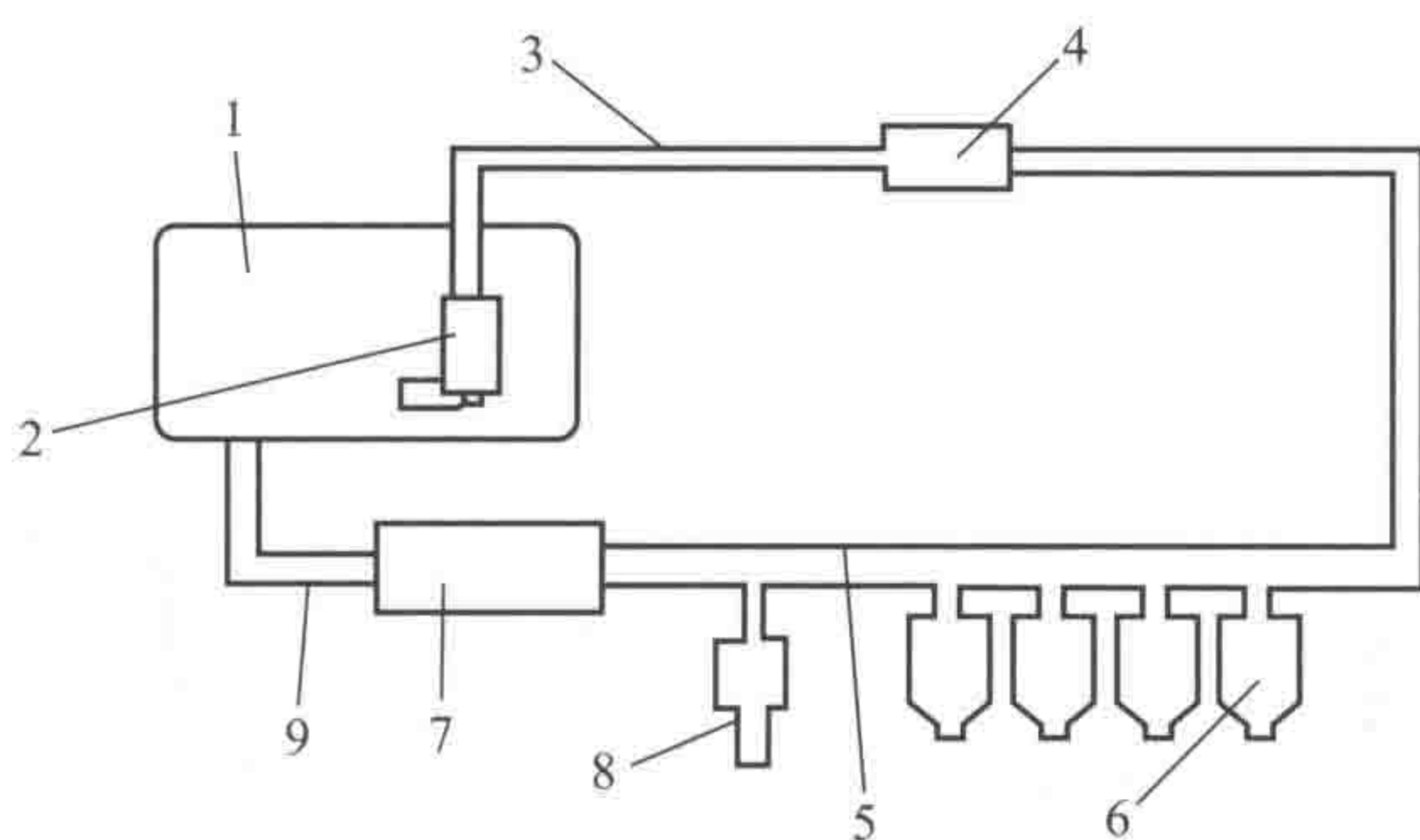


图 1-11 燃油供给系统流程

1—汽油箱；2—汽油泵；3—油管；4—汽油滤清器；
5—燃油分配管；6—喷油器；7—油压调节器；
8—冷启动喷油器；9—回油管

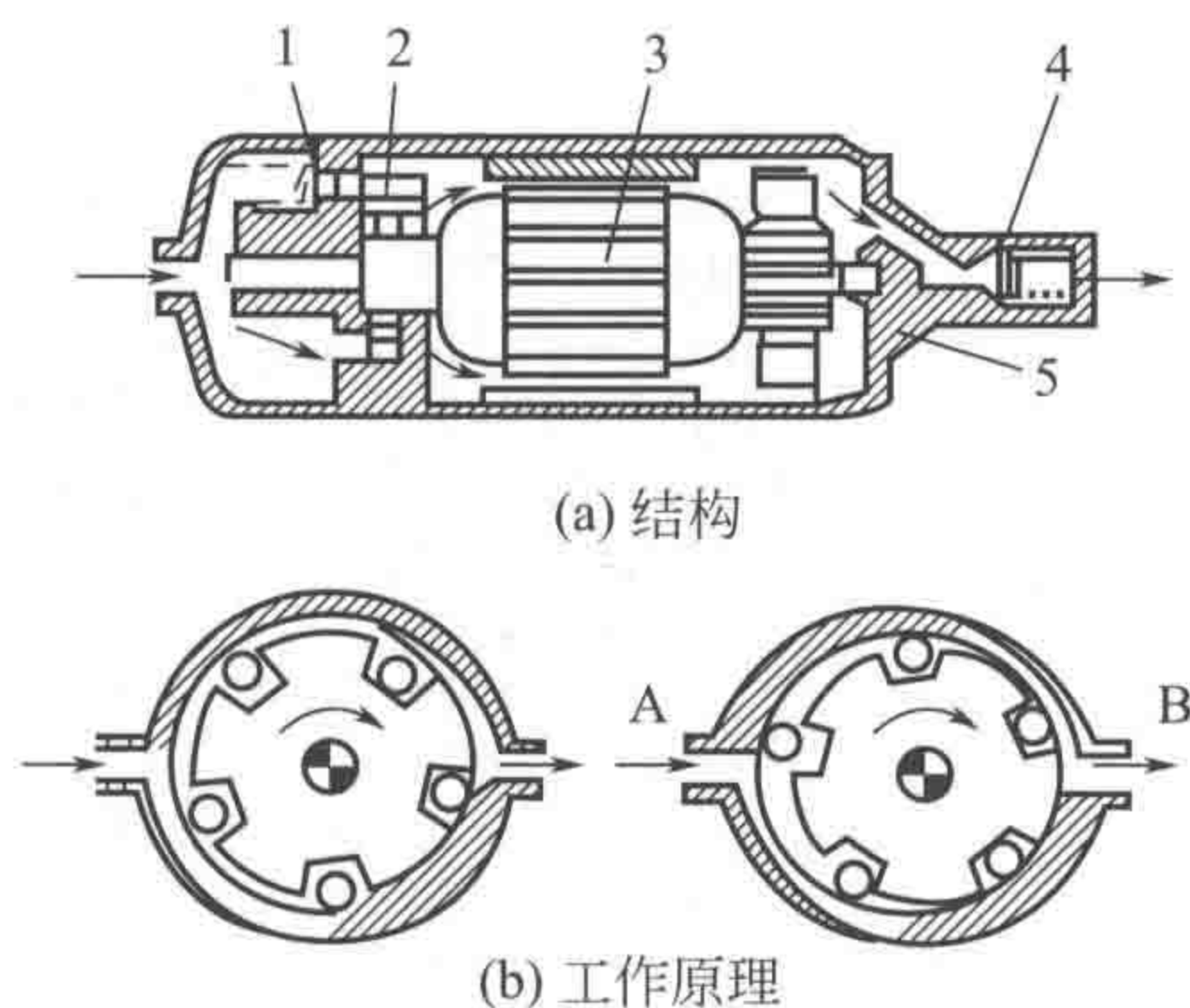


图 1-12 电动燃油泵

1—限压阀；2—转子；3—电动机；
4—出油单向阀；5—壳体

发动机工作时，永磁电动机驱动偏心转子旋转，转子凹槽内的滚柱在离心力的作用下压在泵体的内表面上，从而在两个相邻的滚柱之间形成一个空腔。随着转子旋转，一部分空腔的容积不断增大成为低压空腔，将燃油从进油口吸入，而另一部分空腔的容积则不断减小成为高压油腔，将燃油从出油口泵出。在进油端内设有限压阀，当泵腔内油压过高超过油压界限时，泵腔内燃油便顶开限压阀倒流回进油口。在出油端设有单向阀，以防电动燃油泵停止运转时供油管中的燃油倒流回泵腔，保持供油管路中有一定的剩余压力，以便下次发动机启动时能迅速泵油。

2. 汽油滤清器

汽油滤清器的作用是清除燃油中的粉尘、铁锈等固体杂质，防止供油系统堵塞，减少机械磨损，提高发动机工作的可靠性。汽油滤清器安装在电动燃油泵出口一侧的高压油路中。其结构与组成如图 1-13 所示。滤芯采用菊花形结构，这种结构的特点是单位体积内过滤面积大。滤清器内经常承受 $200 \sim 300 \text{ kPa}$ 的燃油压力，因此，要求滤清器壳体及油管的耐压强度应在 500 kPa 以上。

发动机工作时，燃油从滤清器的进口进入滤芯外围，通过滤芯后从出口出去。如果滤清器堵塞，将使油压降低、输油量减少，发动机不能正常工作，应及时更换滤芯。

3. 油压调节器

油压调节器的作用是控制供油系统的油压，使燃油压力相对大气压力或进气管负压都能保持恒定。

油压调节器的结构与组成如图 1-14 所示。在壳体上有真空管通口、燃油入口和出口。膜片将油压调节器的内腔分成弹簧室和燃油室两部分，弹簧室与进气管相通，燃油室与供油管道相通。发动机工作时，电动燃油泵将燃油泵入并充满油压调节器的燃油室，燃油顶动膜片将球阀打开，使油压与弹簧力相平衡，多余的燃油从出口流回汽油箱。当节气门开度增大，使进气管内负压减小时，弹簧使膜片下移而关闭球阀，使油压上升；当节气门开度减小，使进气管内负压增大时，弹簧室真空吸力克服弹簧张力使膜片向上拱曲而开启球阀，燃油室内部分燃油流回燃油箱，使油压下降。通过球阀的开闭，使喷油压力始终恒定在约 250 kPa 。

4. 喷油器

桑塔纳 2000 型轿车发动机使用的喷油器是电磁式的，通过绝缘垫装在进气管上。它的作用是根据电控单元的指令将燃油以雾状喷入进气管内。

电磁喷油器由滤网、电磁线圈、磁芯、针阀、阀体、螺旋弹簧、调整垫等组成，如图 1-15 所示。

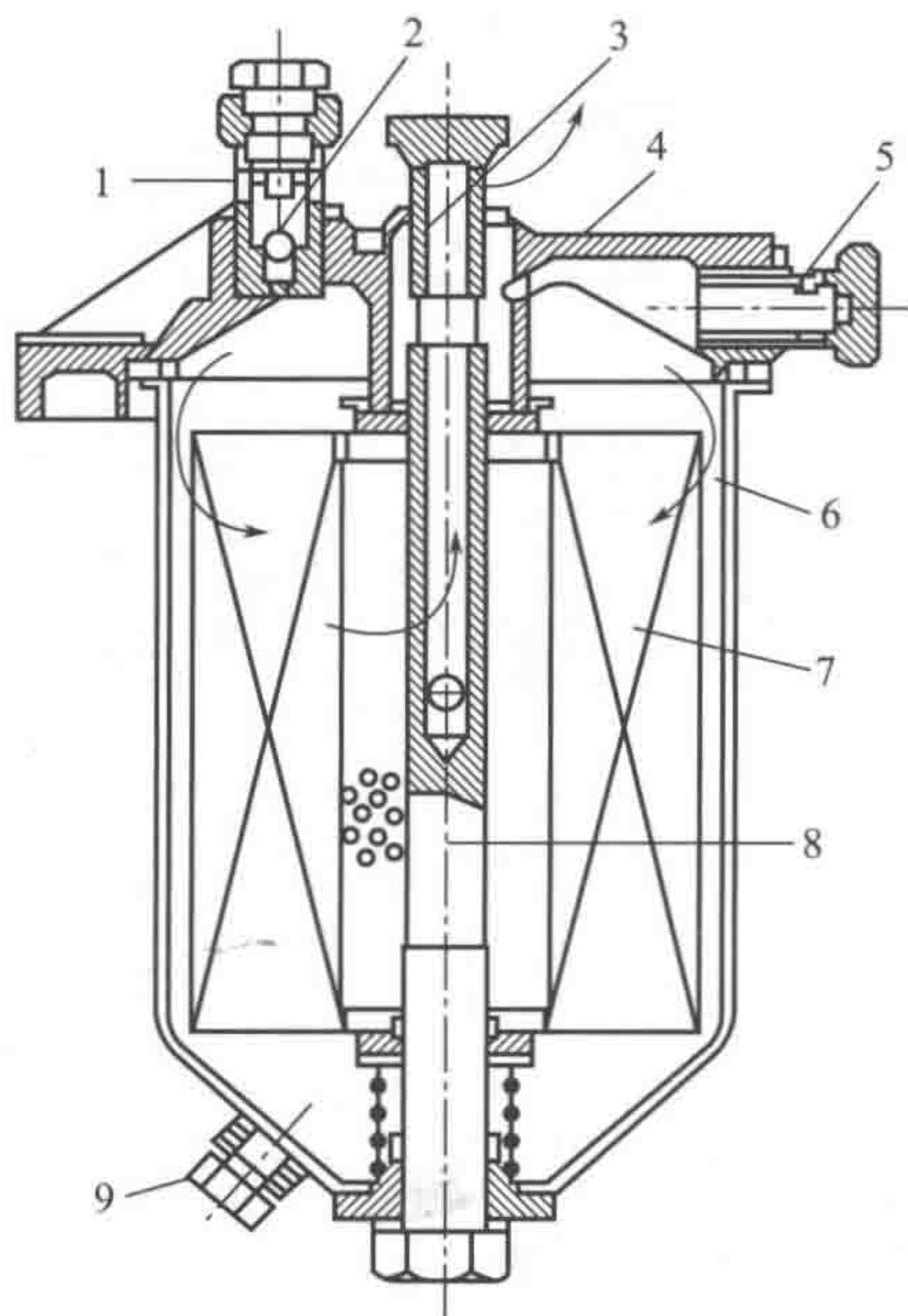


图 1-13 纸滤芯汽油滤清器

1—旁通孔；2—限压阀；3—出油口；4—滤清器盖；5—进油口；
6—滤清器壳体；7—纸质滤芯；8—中心杆；9—放油塞

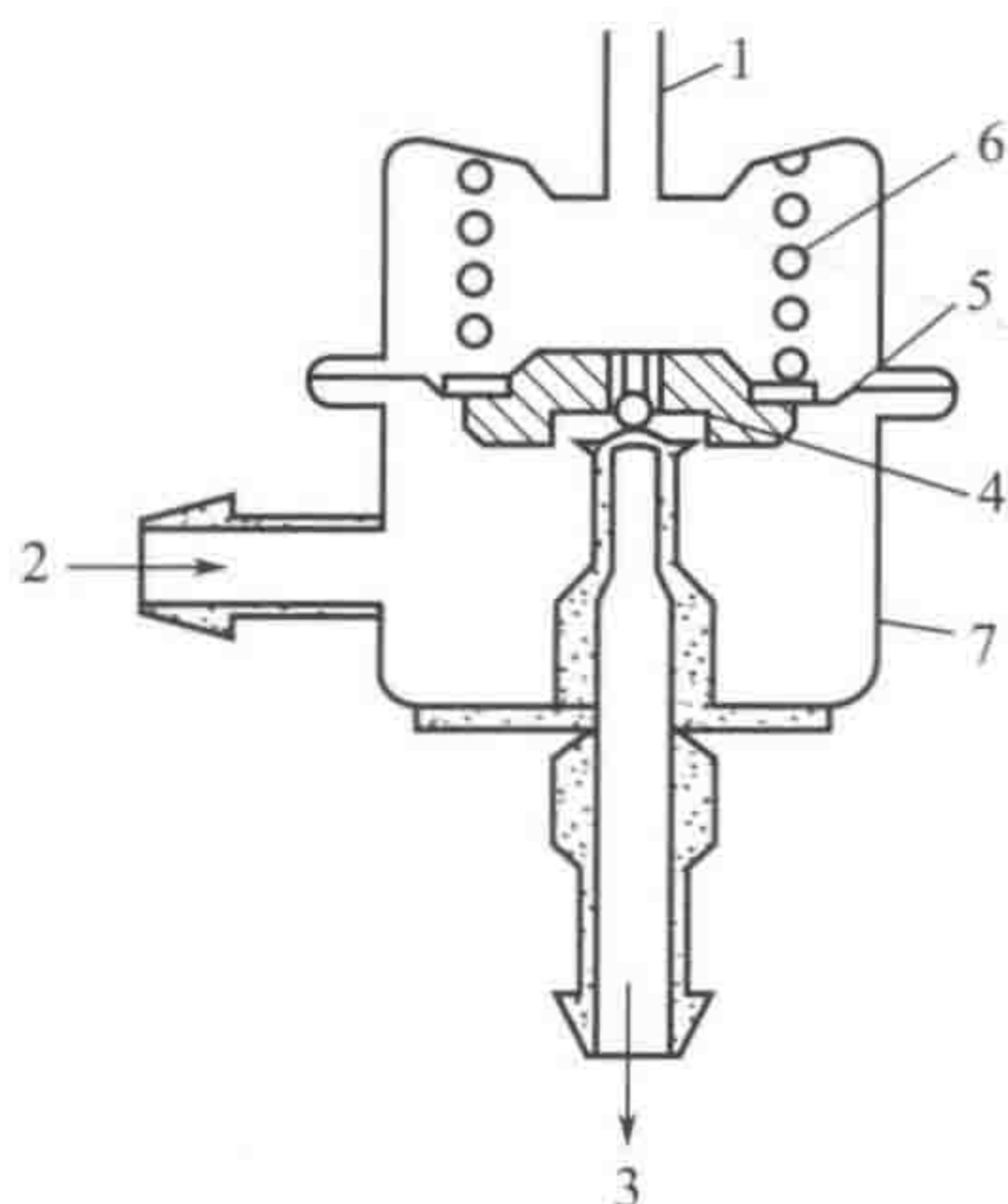


图 1-14 油压调节器的结构

1—真空管；2—燃油入口；3—燃油出口；
4—球阀；5—膜片；6—弹簧；7—壳体

发动机工作时，电控单元的喷油控制信号将喷油器的电磁线圈与电源回路接通。电磁线圈有电流通过便产生磁场，磁芯被吸引，同磁芯为一体的针阀向右移动碰到调整垫时，针阀全开，燃油从喷口喷出。当没有电流通过电磁线圈时，在弹簧的作用下，使针阀左移压在阀座上并起密封作用。

(三) 电子控制系统

电子控制系统的功能是根据各种传感器的信号，由计算机进行综合分析和处理，通过执行装置控制喷油量等，使发动机具有最佳性能。如图 1-16 所示，从控制原理来看，电控汽油喷射系统由传感器、ECU 和执行器三大部分组成。传感器是感知信息的部件，功能是向 ECU 提供汽车的运行状况和发动机工况。ECU 接收来自传感器的信息，经信息处理后发出相应的控制指令给执行器。执行器即执行元件，其功用是执行 ECU 的专项指令，从而完成控制目的。ECU 根据空气流量计（L 型）、进气歧管压力传感器（D 型）和转速传感器的信号确定空气流量，再根据传感比要求即进气量信号就可以确定每一个循环的基本供油量，然后根据各种传感器的信号进行点火提前角、温度、节气门开度、空燃比等各种工作参数的修正，最后确定某一工况下的最佳喷油量。

1. 传感器

传感器是一种信号转换装置，安装在发动机的各个部位，其功用是检测发动机运行状态的各种电量参数、物理量和化学量等，并将这些参量转换成计算机能够识别的电量信号输入电控单元（ECU）。

传感器的种类有空气流量传感器、曲轴位置传感器、节气门位置传感器、爆震传感器、

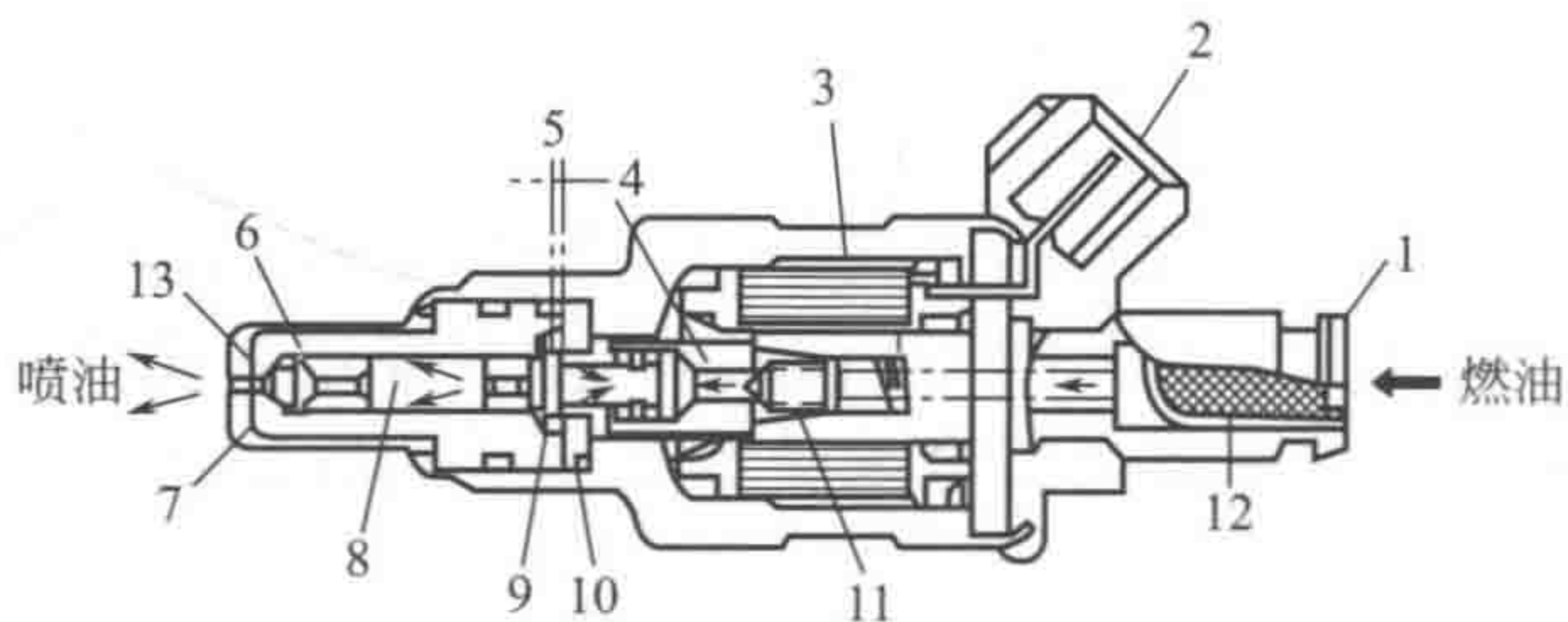


图 1-15 喷油器的结构

1—燃油管接头；2—电器接头；3—电磁线圈；4—磁芯；
5—针阀行程距离；6—阀体；7—壳体；8—针阀；9—凸缘部；
10—调整垫；11—弹簧；12—滤清器；13—喷口



图 1-16 电子控制系统

冷却液温度、进气温度传感器、氧传感器（或 O₂ 传感器）、车速传感器、空挡安全开关信号、点火开关信号、空调 A/C（Air Conditioning Switch）选择与请求信号、蓄电池电压信号 UBAT。

2. 电子控制器

电子控制器又称为电控单元（ECU），俗称电脑，是发动机控制系统的核心部件。其功用是根据各种传感器和控制开关输入的信号参数，对喷油量、喷油时刻和点火时刻等进行实时控制。

3. 执行器

执行器包括电动燃油泵、电磁喷油器、冷启动喷油器及热限时开关、怠速控制阀 ISC 或 ISCV、活性炭罐及其电磁阀。

四、电控汽油喷射系统的分类

1. 按汽油的喷射方式分类

按汽油的喷射方式分类，电控汽油喷射系统可以分为缸内喷射、进气管喷射两大类。

（1）缸内喷射 该喷射方式是将喷油器安装在缸盖上直接向缸内喷油。因此，要求喷油器阀体能承受燃气产生的高温高压。另外，发动机设计时，需保留喷油器发生的安全位置。缸内喷射是近几年来燃油喷射技术的发展趋势之一。

（2）进气管喷射 该喷射方式是是目前普遍采用的喷射方式。

2. 按喷油器和安装位置的不同分类

按喷油器和安装位置的不同分类，电控汽油喷射系统可以分为单点喷射和多点喷射两大类。

（1）单点喷射 单点喷射系统（SPI）是把喷油器安装在化油器所在的节气门段，它的外形也有点儿像化油器，通常用一个喷油器将燃油喷入进气流，形成混合气进入进气歧管，再分配到各缸中。因此，单点喷射又可以理解为把化油器换成节流阀体喷射装置（TBI），也称为中央燃油喷射（CFI）。单点喷射系统由于在气流的前段（节气门段）就将燃油喷入气流，因此属于前段喷射。

（2）多点喷射 多点喷射系统是在每缸进气口处装有一个喷油器，由电控单元（ECU）控制进行分缸单独喷射或分组喷射，汽油直接喷射到各缸的进气门前方，再与空气一起进入气缸形成混合气。多点喷射又称为多气门喷射（MPI）或顺序燃油喷射（SFI），或单独燃油喷射（IFI）。由于多点喷射系统是直接向进气门前方喷射，因此，多点喷射是在气流的后段将燃油喷入气流，属于后段喷射。多点喷射是目前最普遍的喷射系统。



3. 按空气量的检测方式分类

按空气量的检测方式分类,电控汽油喷射系统可以分为直接式检测、间接式检测两大类。

(1) 直接式检测 该方式是由空气流量计(MAF)直接测量进入进气歧管的空气量。这种方式称为质量流量控制型,K型和L型汽油喷射系统均属于这种类型。

(2) 间接式检测 该方式不是直接检测空气量。而是根据发动机转速和其他参数,推算出吸入的空气量。现在采用的有两种方式:一种是根据测量进气管压力和发动机转速,推算出吸入的空气量,并计算出燃油流量的速度密度,这种方式也称为速度密度控制型。例如D型控制系统。这种控制方式由于受到进气管空气压力波动的影响,进气量的测量精度并不高,但是其进气阻力小,充气效率高。另一种是根据测量节气门开度和发动机转速,推算吸入的空气量,并计算出燃料量的节流速度,这种方式也称为节流速度控制型,由于这种控制方式换算比较复杂,只在赛车中才有使用的例子。

4. 按有无反馈分类

按有无反馈分类,电控汽油喷射系统可以分为开环控制、闭环控制两大类。

(1) 开环控制 开环控制系统只给主系统发出指令,不能检查或控制主系统的实际输出情况。它是把根据实验决定的发动机各种工况的最佳供油参数输入微机,发动机运转时微机根据各传感器的输入信号,确定喷油量,从而决定空燃比,使发动机良好运行。这种控制系统是单向的。这样,一个磨损的喷油器的实际喷油量就有可能比微机所控制喷出的喷油量要多,而微机却以为喷油量是理想的,这就使得该系统的各部件的精度要求较高,只有这样才能与输入微机的基准数据保持一致。

(2) 闭环控制 闭环控制是通过对输入信号的检测并利用反馈信号,对输入进行调整,使输出满足要求。如在排气管上加装氧传感器,根据排气中的含氧量来测定发动机燃烧室的工况,并把信号反馈到微机与原来给定的信号进行比较,将燃油量与空燃比进行修正。因此,闭环控制可达到较高的控制精度,可消除产品差异和磨损等形成的性能变化。

5. 按结构分类

按喷射系统的结构分类,电控汽油喷射系统可以分为机械控制式和电子控制式两大类,一般采用电子控制式。

五、汽油喷射系统结构与工作原理

电控燃油喷射系统采用各种传感器,它们将发动机的负荷、转速、加速、减速、吸入空气流量和温度、冷却水温度等变化情况转换成电信号,然后把这些电信号输入计算机控制系统[电子控制器(ECU)],ECU根据这些信号与存储的信号进行精确计算后,输出一个控制信号去控制喷油阀的开启时间和持续时间,从而供给发动机气缸最佳油量,如图1-17所示。

电控汽油喷射系统根据对进气检测机构的不同有D型和L型两种。D型系统通过检测进气歧管的真空度和发动机转速来确定发动机的进气量,由ECU根据进气管确定喷油量。L型系统是采用空气流量计直接测量发动机进气量,因此控制精度要比D型系统更高。L型系统控制方法又称为质量流量控制法,大部分结构与D型系统相似。工作时电动汽油泵按

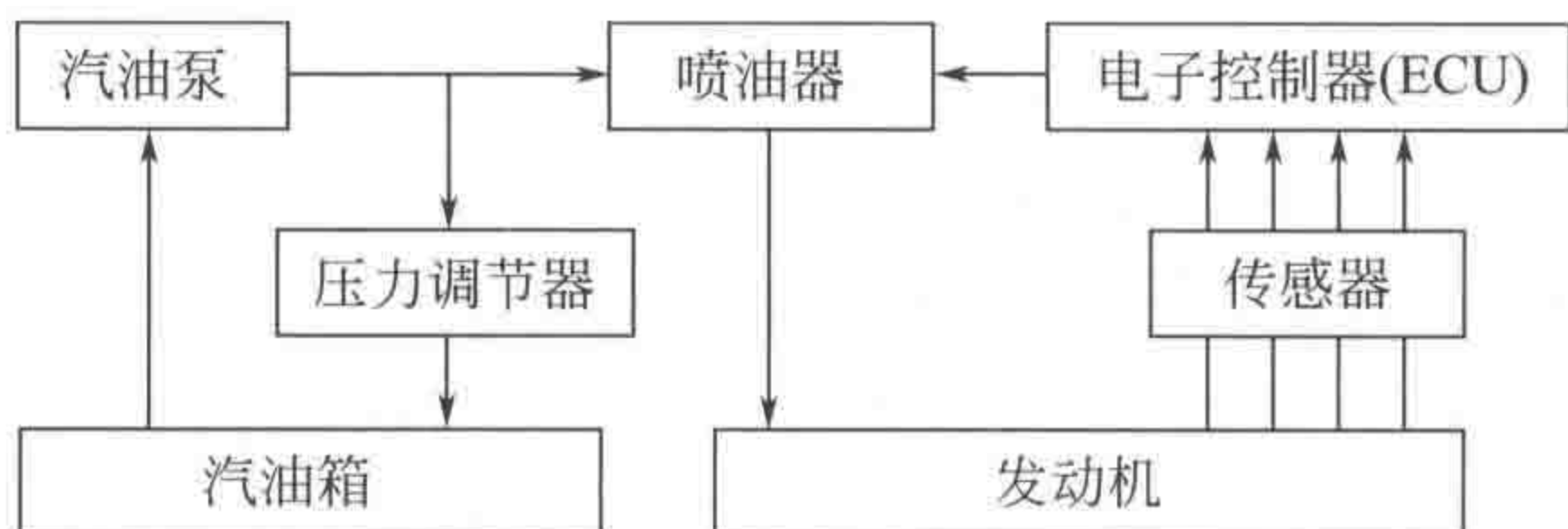


图 1-17 电控燃油喷射系统的基本原理框图

80~120L/h的泵油量供油。燃油压力调节器使管道内油压维持在200kPa,为喷油器提供稳定的喷油压力。喷油器在距发动机进气门10~15cm处喷射到进气歧管。燃油被电动燃油泵从油箱中泵出后送往滤清器,清洁的燃油一部分经压力调节器调压后送往喷油器和冷启动阀,多余的燃油则由压力调节器

返回油箱。喷油器喷油时，油路中油压会有微小变化，因此需要有脉动阻尼器调整，以减少油压变化。脉动阻尼器可安装在回油道或者是电动汽油泵上。

空气先流经空气滤清器，被空气温度传感器测量温度后流经节流阀体（当怠速时，空气由节流阀上的旁通气道流经进气歧管；当冷启动时，一部分进气由旁通空气阀为发动机提供额外的进气），流经节流阀后的进气被进气歧管压力传感器测压后流入进气歧管。

ECU 根据传感器信号进行处理，形成一个脉冲信号去操纵喷油器的开启，从而控制喷油量。对于喷油量的控制需要很多传感器进行工作，通常是发动机根据发动机的转速和节气门开度信号提供一个基本喷油量，在空气温度传感器、冷却液温度传感器、爆震传感器、氧传感器等传来的信号给 ECU 经过计算修正后得出实际喷油量，按照实际喷油量，ECU 控制喷油器电磁阀的开启时间，从而使喷油器喷射燃油。

下面对 D 型燃油喷射装置与 L 型燃油喷射装置控制电路的总图、各主要传感器的连接电路、电子控制器（ECU）的控制作用作说明，如表 1-1 所示。

表 1-1 D 型燃油喷射与 L 型燃油喷射的比较

控制方式	D 型燃油喷射	L 型燃油喷射
检测空气量	压力传感器(测定进气歧管的负压)	空气流量计(直接检测空气量,提高精度)
检测转速	触点(与分电器同轴)	点火信号(点火线圈初级一侧,从机械式到电信号)
喷油方式	分组喷射(4 缸机每 2 缸为一组)	所有气缸同时喷射(提高可靠性)
空燃比调整	靠控制组件调整 CO	不需要(维修性好)
燃油压力	在大气压下固定为 196kPa	燃油压力与进气歧管的压力差为固定值 250kPa(精度提高了)
燃油压力调整	靠压力调节器调整	不需要
辅助空气阀控制	石蜡型(检测水温)	双金属片型(检测周围温度)或石蜡型
检测加速	加速传感器	仅节气门全开时加速(满负荷触点,改善维修性)
控制组件	用晶体管及二极管等	使用 IC(提高可靠性)
EGR 的影响	影响进气的检测(进气管内负压变化)	无
催化剂转换器的影响	影响进气的检测(因排气压力的变化而影响进气管负压)	无

第二节 燃油喷射控制

电子控制燃油喷射（EFI 或 EGI）系统，以一个电子控制装置（又称电脑或 ECU）为控制中心，利用安装在发动机不同部位上的各种传感器，测得发动机的各种工作参数，按照在电脑中设定的控制程序，通过控制喷油器，精确地控制喷油量，使发动机在各种工况下都能获得最佳浓度的混合气。燃油供给系统是电控燃油喷射系统（EFI）的重要组成部分，主要作用是为发动机提供一定压力的燃油，保持油压恒定，并在发动机控制电脑（ECU）的控制下，适时地向进气歧管或气缸内喷入适量的汽油，与进气形成良好的混合。

此外，电子控制燃油喷射系统通过电脑中的控制程序，还能实现启动加浓、暖机加浓、加速加浓、全负荷加浓、减速调稀、强制断油、自动怠速控制等功能，满足发动机特殊工况对混合气的要求，使发动机获得良好的燃料经济性和排放性，也提高了汽车的使用性能。

电子控制燃油喷射系统的喷油压力是由电动燃油泵提供的，电动燃油泵装在油箱内，浸