

电子控制

燃油喷射发动机

原理及检修

王长安 编著

机械工业出版社

电子控制燃油喷射 发动机原理及检修

王长安 编著



机械工业出版社

本书以奔驰 (BENZ)、宝马 (BMW)、富豪 (VOLVO) 等车型为例,详细介绍了电子控制及机械控制燃油喷射系统的工作原理、各组件的构造及作用、故障检测方法 & 检修实例,另外,还用两章的篇幅专门介绍了含氧传感器反馈系统及涡轮增压器。

全书共十二章,图例近 300 幅,内容采用原理与检修并重的方式,通过本书,读者不仅能对电子控制及机械控制系统有全面的了解,而且可进一步提高维修技能。

本书可供汽车驾驶、维修人员阅读。

本书繁体字版由台湾全华科技图书股份有限公司出版。版权归全华科技图书(股)公司所有。本书中文简体字版本由全华科技图书股份有限公司授予机械工业出版社出版。

著作权合同登记号:图字 01-960068

图书在版编目 (CIP) 数据

电子控制燃油喷射发动机原理及检修 / 王长安编著. --
北京:机械工业出版社, 1997.12
ISBN 7-111-05824-0

I. 电… I. 王… 汽车-活塞式发动机-喷油器 N. U464.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 15236 号

出版人:马九荣 (北京百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)
责任编辑:孙慧波 版式设计:王颖 责任校对:李秋荣
封面设计:赵京京 责任印制:路琳
机械工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
1998 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·12.25 印张·292 千字
0 001—3 000 册
定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

出版说明

随着科学技术的进步，汽车技术也在不断发展，电子控制燃油喷射技术已广泛应用于汽车发动机上，为便于广大读者全面了解电子控制及机械控制燃油喷射系统，我们将本书介绍给广大读者。本书以奔驰、宝马、富豪等车型为例，详细介绍了电子控制及机械控制燃油喷射系统的原理、各组件的结构及作用以及故障检修，并配有大量插图。

本书原为台湾全华科技图书股份有限公司出版。由于海峡两岸文化环境的差异，不少语言习惯及专业名词术语不同，在出版过程中我们请人对原书进行了整理。整理中，在保持原书结构及叙述风格的基础上，对一些文字作了润色，对一些主要的专业术语进行了统一，以适应读者的阅读习惯。

目 录

第1章 喷射发动机概述	1	6.3 用波许电路测试仪测试的程序	62
1.1 引言	1	6.4 宝马空气流量式发动机快速检修表	65
1.2 汽油喷射发动机系统的发展史	1	6.5 宝马检修流程图	66
1.3 喷射发动机的类别	2	6.6 空气流量式喷射发动机其他车型参考 资料	74
1.4 喷射发动机的优点	3	第7章 机械式汽油喷射发动机	77
第2章 电子控制喷射发动机原理	5	7.1 喷射原理	77
2.1 进气管压力控制的油路系统及操作 原理	5	7.2 各组件的构造及作用	79
2.2 电子控制喷射发动机（压力感应式） 电路系统	7	7.3 机械喷射发动机检修工具	96
2.3 电子控制喷射发动机（压力感应式） 各组件的构造及作用	7	第8章 波许 K 型机械喷射发动机的故 障分析及测试	99
第3章 进气管压力感应式发动机 的检修	17	8.1 故障排除	99
3.1 压力感应式电子控制喷射发动机各组 件的测试 电路测试	17	8.2 组件的测试	101
3.2 发动机油路系统的故障检修	21	8.3 机械喷射发动机电路图	107
第4章 奔驰 280CE 检修实例	24	第9章 富豪四缸机械喷射发动机检修 实例	108
4.1 波许压力感应式燃油喷射系统的 原理	25	9.1 技术参数	108
4.2 测试的装备及工具	29	9.2 工具	108
4.3 使用波许 EFAW228 S 10 仪器测试 电路	30	9.3 发动机介绍	109
4.4 压力感应式汽油喷射系统其他车型参考 资料	32	9.4 富豪四缸 B21F 发动机检修程序	120
第5章 空气流量感应式电子控制喷射 系统	39	第10章 六缸连续喷射系统检修 实例	135
5.1 操作原理	39	10.1 富豪 B27F 六缸发动机检修概述	135
5.2 空气流量式燃油喷射系统各组件的构 造及作用	46	10.2 富豪六缸发动机检修程序	141
5.3 电路测试及各组件测试方法	54	10.3 修理前的准备工作	146
5.4 故障排除	57	10.4 点火系统和压缩压力	147
第6章 宝马（BMW）528i 及 530i 检修 实例	60	10.5 冷车起动喷嘴	148
6.1 宝马（BMW）发动机	60	10.6 空气流量传感器	149
6.2 测试、检修的工具及装备	62	10.7 燃油压力及控制压力的测试	150
		10.8 喷油嘴及分油头	154
		10.9 调整点火正时、怠速及 CO 值	155
		10.10 温度—时间开关	160
		10.11 检查、换新及调整	160
		第11章 含氧传感器的反馈系统	165
		11.1 概论	165
		11.2 含氧传感器反馈系统	165

11.3 机械喷射发动机含氧传感器反馈系统 的检修	169	12.4 故障分析表	177
第 12 章 涡轮增压器	176	12.5 燃油管及油路	178
12.1 涡轮增压器使用中的注意事项	176	12.6 涡轮增压器的检查及调整	178
12.2 技术参数	176	12.7 涡轮增压器的零件更换	181
12.3 特种工具表	177	12.8 涡轮增压器的修护程序	183

第 1 章 喷射发动机概述

1.1 引言

由于科学的进步，汽车发动机也逐渐由传统的化油器及白金点火系统进展到以电子控制及电子点火的高性能喷射发动机。但这种喷射发动机的原理是什么？为什么现在高级车均采用喷射发动机呢？一般修车厂的技工对传统化油器式的发动机已驾轻就熟，但当碰到像奔驰（BENZ），宝马（BMW）及富豪（VOLVO）等欧洲进口车就一筹莫展，不知从何下手，本书能向读者提供完整的欧洲波许（BORCH）公司开发的喷射发动机系统的资料及技术。

目前外国政府，尤其欧美国家，对于汽车空气污染的控制很严格。同时，由于石油危机，又要求汽车省油。为了达到上述要求，现在欧美大部分的汽车制造厂均逐渐采用汽油喷射发动机。并不是传统的化油器不能达到减低废气污染及省油的目的，只是为了达到这些功能，所增加的一些附加装置，使成本增加，同时功能也有限，最后还不及汽油喷射发动机简单及有效。因为汽油喷射发动机还有一些优点：①在冷车时容易起动；②怠速运转圆滑；③汽油与空气混合比能完全依车况精确地控制在理想混合比，所以燃烧完全；④不必经常做怠速调整工作。更重要的是能提供快反应的加速功率，如在发动机上装置涡轮增压系统，则发动机的功率及性能将更佳。

1.2 汽油喷射发动机系统的发展史

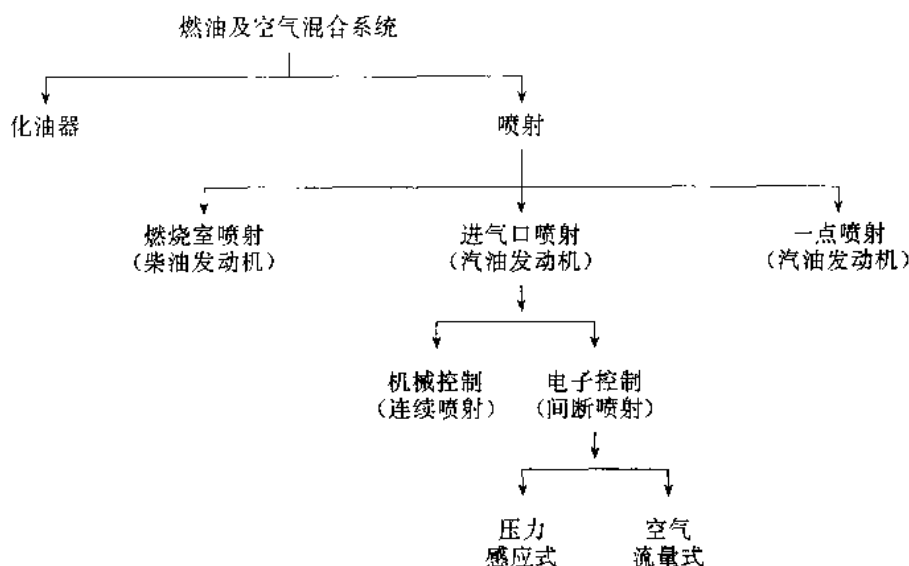
汽油喷射系统早在 1930 年初，就在飞机发动机上使用，以提高飞机性能，避免化油器因冷冻而结冰以及因飞行时位置改变而影响化油功能。

在 50 年代，奔驰公司利用制造飞机发动机的经验，将汽油喷射发动机装置于赛车上，1952 年奔驰公司发明了 300BL 型汽油喷射发动机，采用了波许公司气缸内燃烧室直接喷射式，与柴油机喷射系统相同，但喷油嘴压力要很大，同时喷射正时与点火正时有关，起动及暖车频繁费时，会造成机油冲淡现象。1958 年，奔驰公司开发出 220SE 发动机，将燃烧室内的喷射改成由气门口（吸入口）上方喷射，改进了上述缺点。

1961 年美国 BENDIX 公司首先开发出用电子控制（电子控制器）的汽油喷射系统，此项专利被德国波许公司买去后，加以实用化，于 1967 年推出电子控制汽油喷射发动机系统，使用于大众车上。从此以后，欧洲各大汽车制造厂相继采用。由于压力感应式汽油喷射系统是采用进气管压力感应作为控制喷油量的主要手段，所以在突然制动、下坡时，因节气门关闭，以及大气压力不同，使加速反应效果比较差。以后加以改进，采用以吸入空气流量来控制喷油量，即电脑控制间断喷射系统。为了降低成本，又开发了以机械杠杆原理（天平作用）控制喷油量的机械连续喷射系统。

1980 年通用（GM）及福特（FORD）公司开发了一点喷射、电子控制喷油系统。

1.3 喷射发动机的类别



本书所讨论的是进气口喷射系统，德国波许公司开发的喷射系统，依控制装置可分为：①电子控制喷射系统；②机械控制喷射系统。现将此两系统分述如下。

1.3.1 电子控制喷射系统 (如图 1-1)

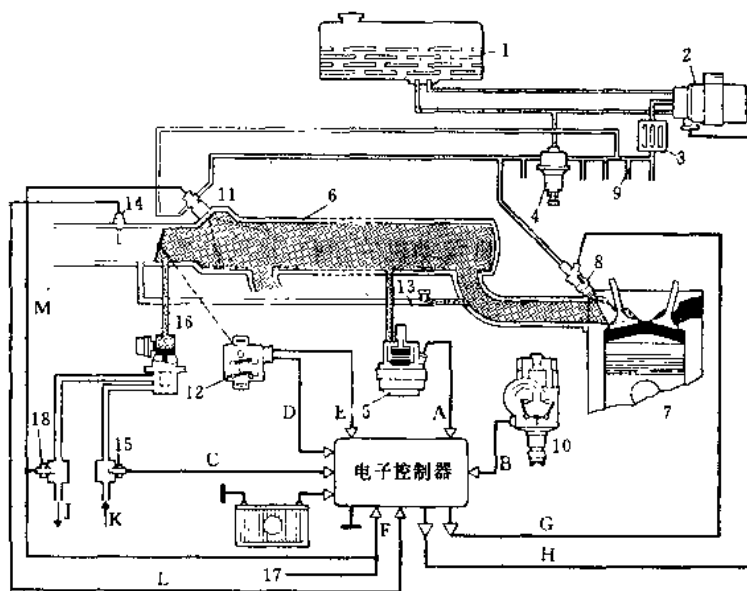


图 1-1

- 1—油箱 2—电动油泵 3—燃油滤清器 4—油压调节器 5—压力传感器 6—进气歧管 7—气缸 8—喷油嘴
9—燃油管 10—分电器 11—冷车喷嘴 12—节气门开关 13—怠速调整螺钉 14—吸入空气传感器
15—水温传感器 (I) 16—辅助空气阀 17—起动机 18—水温传感器 (II)

此种系统利用各种传感器产生的信号，送入电子控制器，电子控制器根据发动机各种状况的需要来控制喷油量。该系统按喷射方式，属于间断式喷射，即喷油嘴受电脑控制，当电子控制器的电流流过喷油嘴内的电磁线圈时，将柱塞往上吸，通电时即开始喷射，电流停止时即停止喷射，故称间断喷射。

电脑控制依其控制喷射的计量器不同又可分为下列两种：

- (1) 压力感应式。此式是根据发动机转速及进气歧管内的压力来控制喷油量的。
- (2) 空气流量式。此式是以空气吸入量大小及发动机转速来控制喷油量的。

1.3.2 机械控制喷射系统（如图 1-2）

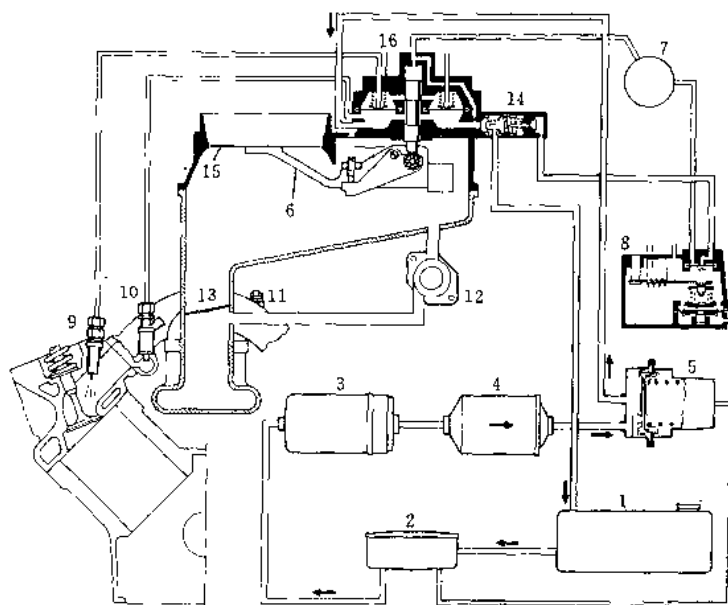


图 1-2

- 1—油箱 2—消音箱 3—燃油泵 4—燃油滤清器 5—蓄压器 6—分油盘 7—缓冲器
8—暖车调压器 9—喷油嘴 10—冷车喷嘴 11—水温传感器 12—辅助空气阀
13—节气门 14—油压调节阀 15—量板 16—分油头

此系统也称为连续喷射系统，由德国波许公司开发的，该系统直接以进入发动机的空气量来控制喷油量。其喷油嘴不受电流控制，功能有点像柴油发动机的喷油嘴，只要送来的油压高于喷油嘴内的弹簧力时，油压即将柱塞推开，连续喷出汽油，所以其汽油的喷射是连续不断的，其喷射量是依据发动机需要及车况而变化的。喷油量的多少是由一个分油盘（空气/油混合器）上的空气流量计来调整。这个分油盘的操作原理就如天平一样，左边负责空气的计量，右边控制燃油的计量，使空气与燃油之混合比依车况恰到好处。由于这个系统较简单，可靠性佳，成本低，修护容易，现为大部分欧洲进口车采用。

1.4 喷射发动机的优点

喷射发动机比传统化油器式发动机有如下优点：

(1) 精密地直接将计量好的汽油送至每一气缸进气门上方,与计量后的空气混合,混合比精确。

(2) 依照空气的密度,自动修正喷油量。

(3) 能依照车速及负荷状况、精密、自动地修正喷油量。

(4) 能依照发动机水温,精密、自动地修正喷油量。

(5) 在低转速时,有较大的扭矩输出。

(6) 废气污染降低。

(7) 加速反应快。

(8) 发动机冷车起动性能佳,暖车期的性能提高。

(9) 燃油消耗率低,省油。

第2章 电子控制喷射发动机原理

2.1 进气管压力控制的油路系统及操作原理

本系统操作原理如下（图 2-1）：

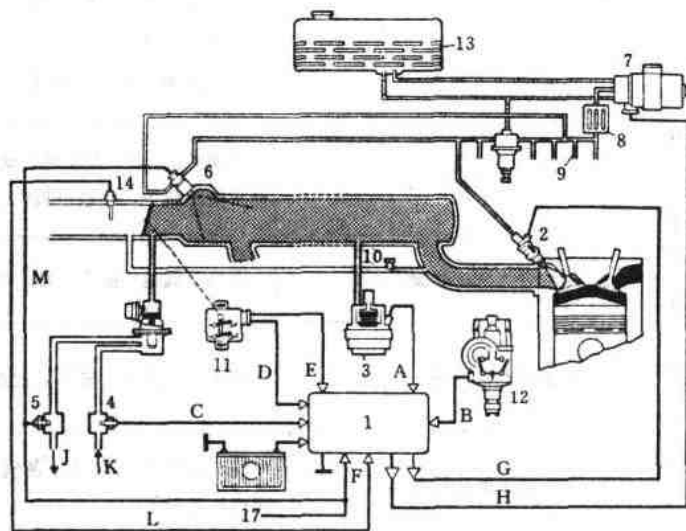


图 2-1

- 1—电子控制器 2—喷油嘴 3—压力传感器 4—水温传感器（I） 5—水温传感器（II）
6—冷车起动喷嘴 7—油泵 8—燃油滤清器 9—燃油管 10—怠速调整螺钉
11—节气门开关 12—分电器 13—油箱 14—吸入空气传感器

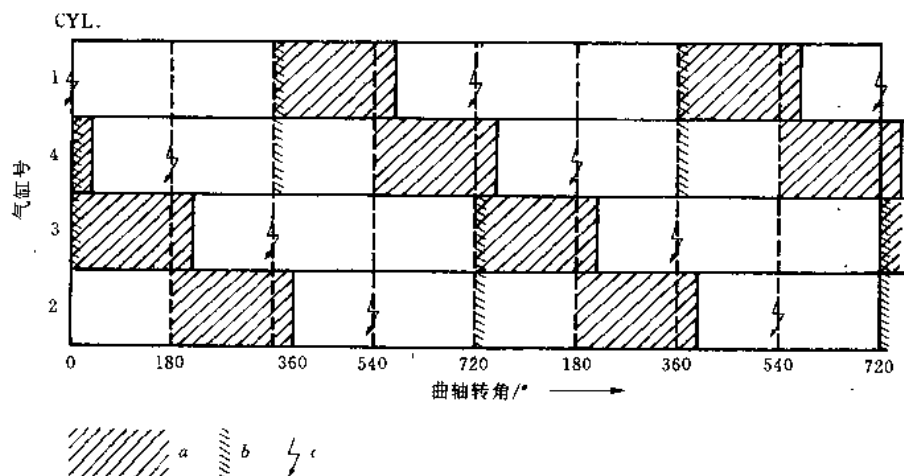
燃油自油箱 13 被电动油泵 7 抽出经过燃油滤清器 8 的过滤，去除杂质后，清洁的燃油在油道内流动，维持油压在 196.5kPa 的范围内，超压的燃油经过 1 的控制来确定喷射时间（即喷油量）。

在油泵 7 内进油口旁有一溢流阀，当油管内油压太高时（油管堵塞时或燃油滤清器太脏时），高压油将溢流阀的弹簧顶开，打开阀门，使燃油在油泵内循环，以保护发动机的燃油系统，在油泵 7 的出油口内，还有一个单向阀，其功用是当关掉发动机时，禁止燃油完全流回油箱，维持发动机内一定的静压，以利下次起动。喷油嘴 2 受电脑控制器（送出的电流信号控制张开时间长短（2~10ms 之间），时间长，喷油就多，时间短，喷油就少。喷油嘴分成两组循环喷射，其喷射正时是由分电器内一个脉动开关送入电脑信号来控制的，如图 2-2 所示。

电子控制器 1 是把各传感器送来的信号资料加以综合计算后，再把精确算出的信号送至喷油嘴，以控制喷油时间（即喷油量）。

表 2-1 信号来源关系

信 号	项 目	说 明
进气压力计 → ④	①基本喷射量	根据发动机状态决定喷射量
	①进气温度增量补充	相当于化油器自动阻风,进气温度低时,依照低的温度增加喷射量
点火线圈 → ① → ③	②水温增量调整	发动机冷却水温度低时,依低的温度,增加喷射量
	③起动时增量补充	低温起动时,点火开关位于起动位置期间,根据水温及起动运转的时间,增加喷射量
进气温度传感器 → ①	④起动增量补充	只在起动时增加喷射量
	⑤起动后增量补充	发动机起动后,为了使发动机稳定运转,等水温上升后慢慢减少,经过一段时间后补充增量就没有了
水温传感器 → ② → ⑤ → ⑧	⑥混合比变换增量补充	多用于低速,混合气浓;高速混合气稀
	⑦全开增量补充	在节气门踏板到底时,使发动机功率提高
点火开关 → ③ → ④ → ⑤	⑧快怠速增量补充	暖车未完而开动,为了使汽车平稳前进,依照水温而增加喷射量
节气门开关 → ② → ⑧		
速度传感器 → ⑥		



a—进气门张开时间 b—喷油嘴喷油时间 c—火花塞跳火时

什么传感器的信号要输入电子控制器呢?

- ① 进气管压力传感器 3。
- ② 温度(水温)传感器 4。

- ③ 起动信号（点火开关）。
- ④ 节气门开关 11。
- ⑤ 分电器内脉动转速接点火开关信号 12。

信号来源关系如表 2-1 所示。

在正常行驶时，发动机的喷射量主要是以发动机的转速及负荷为基本信号，其他的信号则随车况而加以补充。发动机的转速由分电盘下方脉动触点开关来感应，再输入电脑控制器中，发动机的负荷是由进气管压力传感器依进气管节气门后方的真空大小来测试，再把信号输入电脑控制器中。

当冷车起动，暖车及大油门时，发动机均需要较浓的汽油/空气混合比的燃油喷入气缸，以便容易起动。所以在冷车起动及暖车时，电子控制器根据水温传感器产生的信号及起动信号，知道发动机要起动了，同时发动机是冷车状况，而加以补充喷油量。冷车起动喷油嘴在点火开关打到“START”时有电自蓄电池送入，在温度定时开关搭铁完成通路，有 8s 的时间将额外的喷油量喷入进气管，使冷车起动容易，接着温度定时开关内的电热线将热电偶片加热，使温度定时开关内白金接点跳开断路，冷车喷油嘴就停止喷油。

暖车时，辅助空气阀在常温下是半开的，少量空气进入进气管，帮助暖车；节气门关闭时，有一些辅助空气量与汽油混合。辅助空气阀在冷车时是张开的，当车温逐渐上升时，它也逐渐关闭，在热车时，它是全关的。

喷油嘴像一个“小活门”，内有一电磁阀，当电子控制器有信号来时，电磁线圈使电磁铁产生磁力，将油针向上拉，以至小活门（阀座）打开，开始喷油。信号中断后，小磁铁失去磁力，于是里面一个小弹簧再将阀针推回去，关住喷油口。

在节气门上有一轴心与附在进气管上的节气门开关相连接，节气门开关有三大功用：

(1) 制动、下坡时，节气门关闭，但发动机转速仍然在 1800r/min 以上时，电子控制器会自动切断通往油泵的电源。但当发动机转速下降至 1250r/min 时，电子控制器又接通电动泵的电源，维持发动机怠速时的平稳运转。另一个情况是暖车未完成时，就开动汽车，电子控制器能控制转速只能递增在 300r/min 的范围内，避免冷发动机时，磨损气缸壁。

(2) 踩下节气门踏板时（即在加速动作时），节气门连杆推动节气门逐渐打开，其打开的大小，由节气门开关将信号通知电子控制器，增加喷油量。

(3) 有些汽车除了在节气门开关有怠速节气门闭合触点及可变电阻接点以外，还有全负荷触点。即油门踏板踏到底时，有最大喷油量的信号，通知电子控制器。

2.2 电子控制喷射发动机（压力感应式）电路系统（如图 2-3 所示）

2.3 电子控制喷射发动机（压力感应式）各组件的构造及作用

2.3.1 电子控制器（图 2-4）

电子控制器是电子控制喷射发动机的核心，是非常精密的电子控制器件。

一个电脑少不了输入、输出功能及一些运算功能，其输入的项目包括：

- ① 蓄电池送入的电力及起动信号。

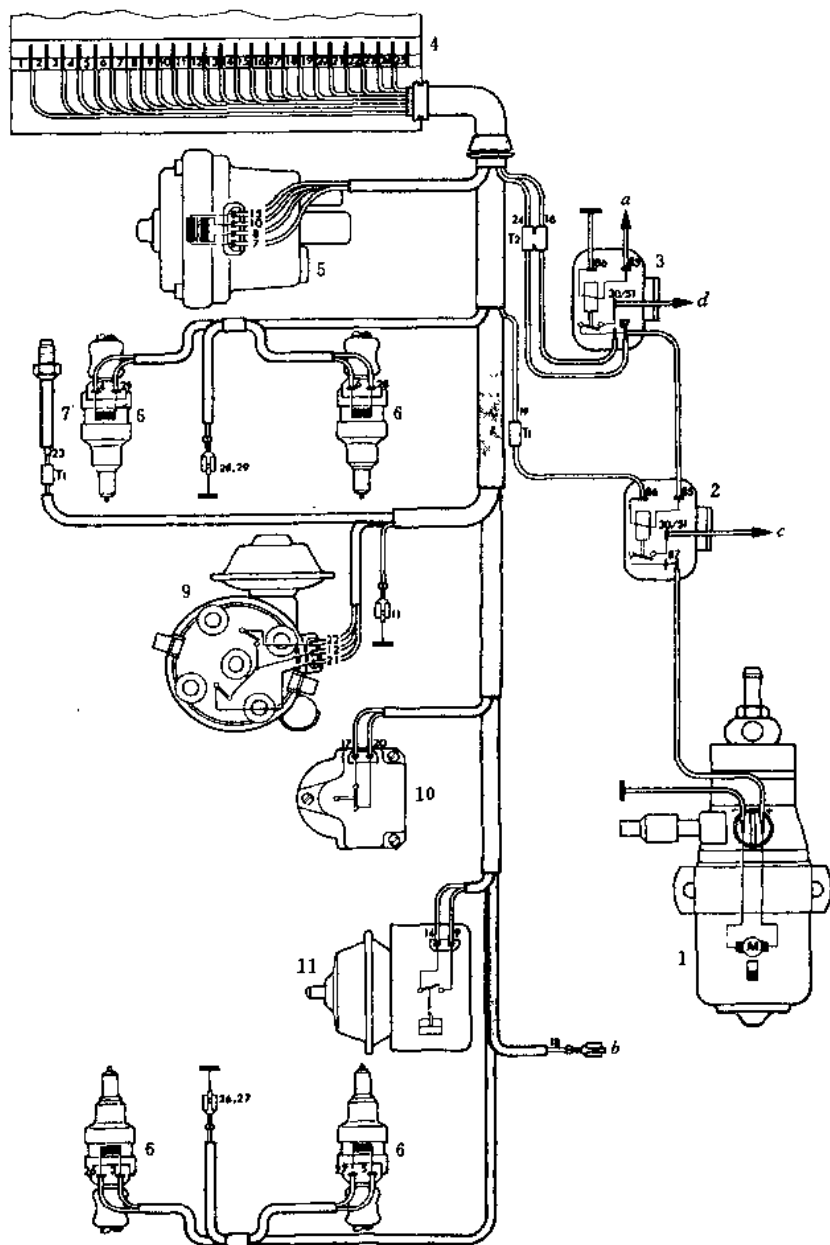


图 2-3 电路图

- 1—燃油泵 2—油泵继电器 3—主继电器 4—电脑 5—压力传感器 6—喷油嘴 7—温度传感器
 9—分电盘脉动接点 10—节气门开关 11—压力开关
 a—发火及起动端子 b—起动机端子 c—30号端子 d—蓄电池+极

- ② 节气门开关。
 ③ 进气管压力传感器。
 ④ 分电器脉动触点信号（转速信号）。

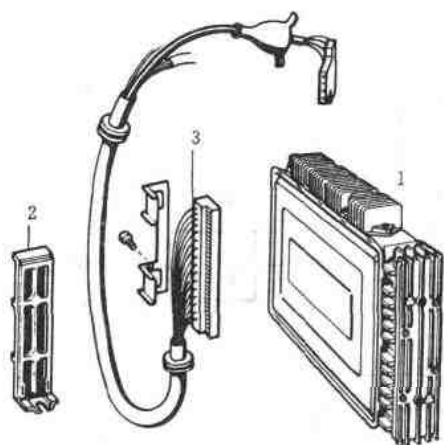


图 2-4 电子控制器

1—电子控制器 2—保护压板 3—电脑插板

⑤ 水温传感器。

其输出项目包括：

① 电动油泵。

② 喷油嘴（冷车起动喷嘴由温度定时开关控制）。

注意：电子控制器有一根“搭铁线”输出，必需与车体接触良好，或者利用电子控制器本身外壳搭铁，必须搭铁良好。

电子控制器内的每一电子零件的规格都相当严格，电子控制器可以耐住 -30°C 到 $+42^{\circ}\text{C}$ 之间的温度，超过 70°C 就会损坏电脑，所以在修车厂烤漆时最好把电子控制器取出。

电子控制器有三种功能：

① 功率放大器——放大由分电器送来的脉动信号。

② 决定喷油时间计算网路——接受各传感器的信号，以每秒5万次以上的速度计算。

③ 电路安全保护装置——与主继电器配合保护电子控制器，避免各传感器因短路或搭铁对电子控制器造成伤害。在停车时或不起动时有自动切断电动泵电源的继电器装置（如图2-5）。下面用流程图说明电子控制器中各部分的关系及功能，见图2-6。

2.3.2 分电器内脉动传感器

在分电器的下方，离心提前机构的下面，有一个双触点的磁铁感应装置，如图2-6所示，它是由分电器的轴心转动，产生脉动电压送往电子控制器中。

为什么要在分电器下再装一个脉动传感器呢？因为前面已经说过，电子喷射发动机的喷嘴是分成两组来循环的，轮流喷油，那么喷油的次序、频率及车速的信号就是由分电器内的脉动传感器产生。所以这脉动传感器的触点材料要耐磨，同时导电性能要很好。由于下面加了一块传感器装置，所以电子喷射的分电器比一般的要高出 $6.35\sim 12.7\text{mm}$ ，而且将两旁的螺钉拆下即可取出。

2.3.3 进气管压力传感器（图2-8）

压力传感器用于感应进气管的压力，该压力传感器附在前轮盖的车体上，有一根气管自进气管通入该传感器的进气口，进气管导入的压力脉动，推动传感器内的电枢在变压器中左

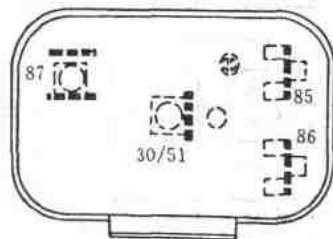


图 2-5 继电器接头

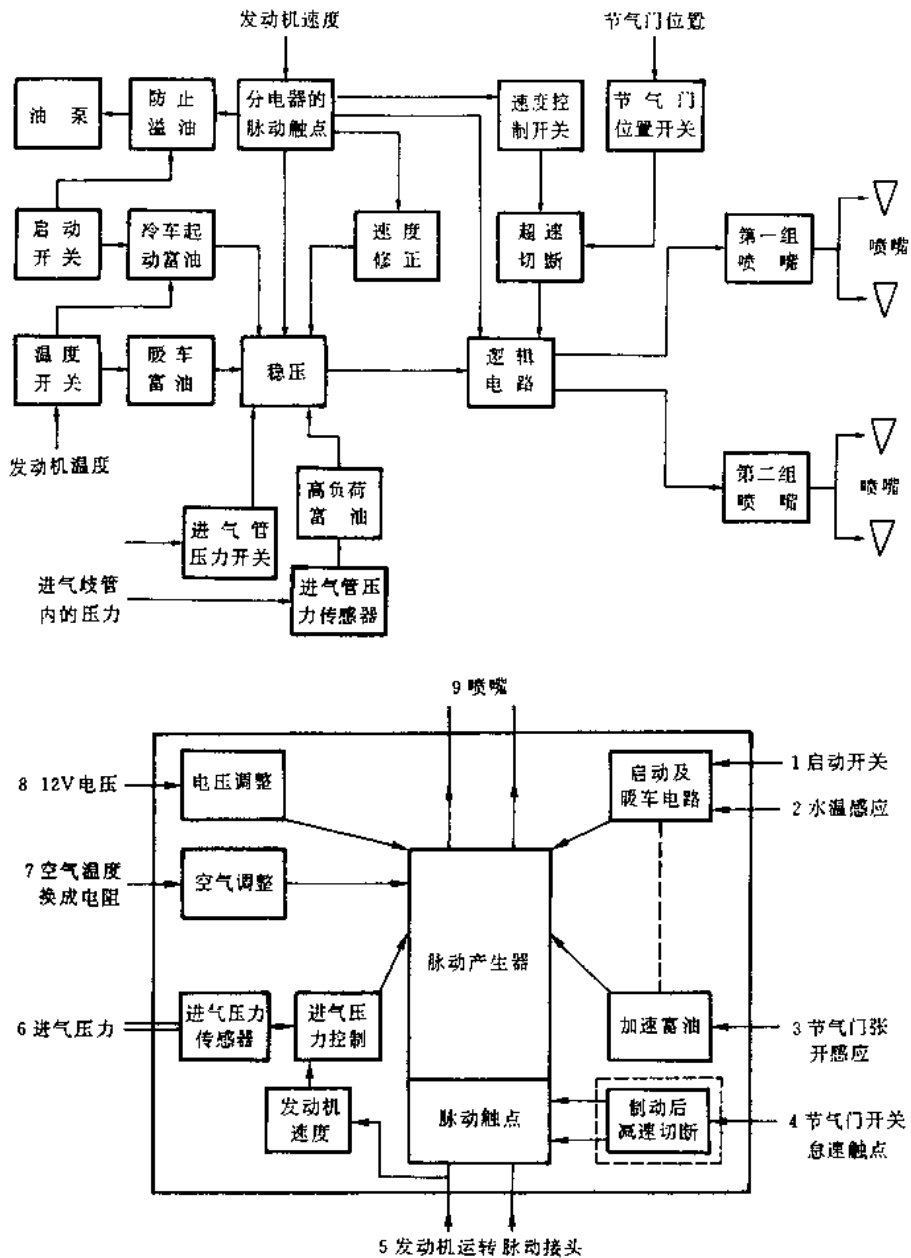


图 2-6

右移动，产生的感应电流信号送入电子控制器中，报告现在发动机所承受的负荷。

如图 2-9 所示，当点火开关关闭时，振动膜 8 两边的压力是相等的，同时架在两个弹簧叶片 3 和 6 之间的电枢 11 被弹簧 2 推到高油量的顶点 9，除此之外，伸缩囊 7 这时被大气压力压得扁平，因此电枢 11 此时可以移到最右边，当点火钥匙打开启动时，电脑可以通知喷嘴喷出启动刹那间的最大油量。

发动机启动后，在慢车、快车及加速情况下，进气管内就产生真空压力，于是振动膜左边的压力与右边的大气压力产生差异，大气压力就推动振动膜向左移动至低油量顶点，同时

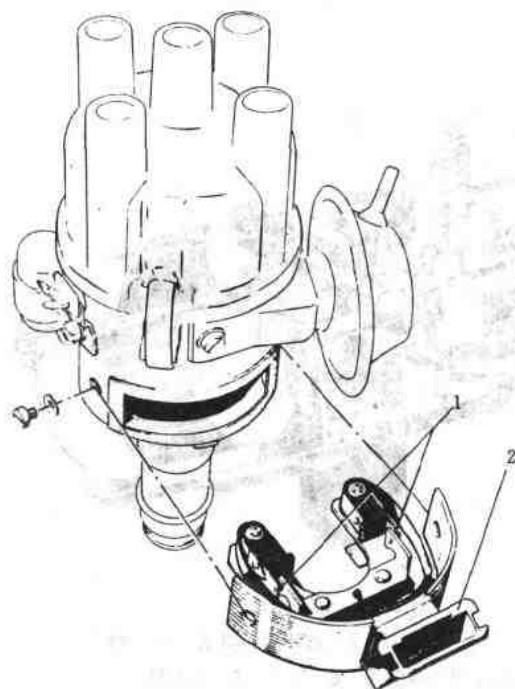
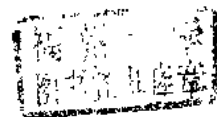


图 2-7

1—触点 2—电插头

伸缩囊 7 也开始膨胀, 于是推动电枢 11 向左移动, 至于移动多少, 受进气管的真空压力大小的影响。

当踏大油门的时候, 节气门全开, 这时在进气管的气体压力相当于大气压力, 于是电枢就回到当初起动时的最大油量顶点位置。

在传感器进气入口的地方有一小孔, 它的作用是防止突然加速时, 进气管内有空气突然冲入传感器中, 产生不稳定的脉动, 所以它有缓冲的作用。

2.3.4 燃油滤清器

燃油滤清器位于电动油泵及油箱之间, 滤芯是纸做的, 汽车每行驶 20000km 就需更换。

2.3.5 压力开关

这一组件有的汽车有, 有的没有, 它主要用来调整在高原地区由于大气压力不同而改变了的油及空气的混合比。其构造较进气管压力传感器简单, 只有一层振动膜, 由大气压力及进气管内压力的差异来控制, 它只有“开”及“关”两种功用。

2.3.6 电动油泵

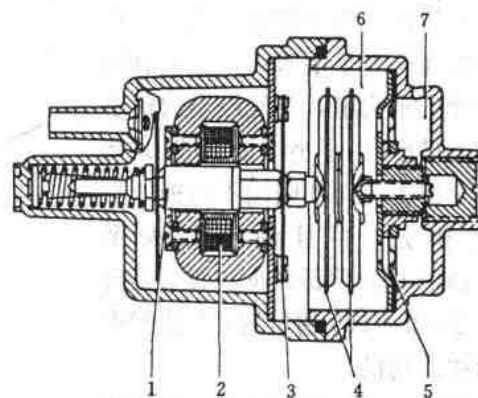


图 2-8 进气压力传感器

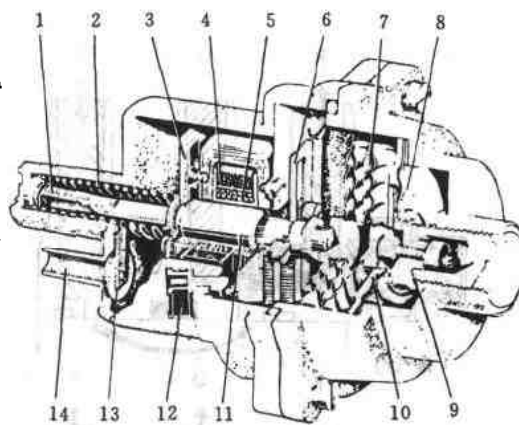
1—电枢 2—线圈 3—弹簧片 4—伸缩囊
5—膜片 6—压力室 7—大气压力

图 2-9

1—缓冲弹簧 2—螺旋弹簧 3—张力弹簧
4—第一线圈 5—主线圈 6—张力弹簧
7—伸缩囊 8—膜片 9—全负荷卡止点
10—半负荷卡止点 11—电枢 12—电
插头 13—阀门 14—气管接头