

孙明新 主编

现代汽车电子控制 燃料喷射系统 (ECCS) 检修方法



上海交通大学出版社

现代汽车电子控制燃料 喷射系统(ECCS)检修方法

孙明新 主编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书结合 R120E 型发动机(分组燃料喷射、分电器配电点火系统)和 RB25DE 型发动机(顺序燃料喷射、直接配电点火系统),全面介绍了日产系 ECCS(发动机电子集中控制系统)发动机的燃料喷射、点火、怠速转速及燃料泵的控制原理、方法和电路构成,特别详细地介绍了诊断维修方法。并分系统介绍了传感器、控制单元(电脑)及激励器检测方法和判断基准。此外,还详细介绍了自诊断方法,并结合实例分别介绍有故障症状有故障代码的故障诊断流程和诊断方法,无故障症状有故障代码的诊断流程和诊断方法,有故障症状无故障代码的故障诊断流程和诊断方法。本书重视实践操作,同时注意阐明控制原理,可操作性强,主要面向从事实际汽车维修的工程技术人员和技工,也可供汽车维修专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代汽车电子控制燃料喷射系统(ECCS)检修方法
/孙明新主编. —上海:上海交通大学出版社,2002
ISBN 7-313-02804-0

I. 现… II. 孙… III. 汽车-电子控制-喷油器-检修
IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第064029号

现代汽车电子控制燃料 喷射系统(ECCS)检修方法

孙明新 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

立信会计常熟市印刷联营厂印刷 全国新华书店经销
开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 10.5 字数: 259 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1~2050

ISBN 7-313-02804-0/U·162 定价: 15.00 元

版权所有 侵权必究

编写人名单

李继刚 胡玉花 刘淑梅

徐 炯 聂凤喜 洪治平

孙亚东 刘德荣 孙庄普

前 言

自从汽车问世以来就诞生了汽车维修专业,随着汽车制造技术的进步汽车维修技术也跟着进步,时至今日,汽车维修人员不得不学习电子控制技术,因为汽车应用的电子控制技术越来越普遍。

应用电子控制技术最广泛的就是发动机,对如今的发动机,不但其燃料喷射、点火以及怠速转速的控制应用电子控制技术,还有燃料泵控制也应用电子控制技术,而且逐渐由分立控制向集中控制转变。为适应这种不断变化的新形势,唯一的选择就是学习控制技术,掌握控制技术。

日产汽车公司的电子控制发动机也经历了从无到有、从简到繁的过程,现在ECCS控制系统已成为其主流产品。一个公司的产品必然存在因袭借鉴关系,所以总的说来ECCS控制系统之间大同小异,学会一两种ECCS发动机的检修方法完全可以移用于其他发动机。但是如果不结合具体的发动机控制系统,就无法结合控制单元的端子号,感觉上就抽象许多,叙述上也有许多不便,本书结合 RB20E 和 RB25DE 两型号来加以介绍也正是由于这个原因。

维修是一项实践性很强的工作,本书也极力与实践相结合。考虑到读者可能手头没有发动机示波仪、示波观察仪这类工具,所以本书以万能表作为维修工具展开介绍,期望本书读者可以学而致用。毕竟信号电压波形分析有助于加深理解电子控制的实质,有助于提高维修作业效率,所以将各种信号电压波形列于附录中,供有兴趣的读者参考。

编写本书时为节省篇幅起见,将诊断流程和诊断实例编在一起,这是既照顾流程的完整性又照顾维修的实践性的一种尝试,希望在极为有限的篇幅中,尽量向读者多提供一些知识。

由于时间仓促,编者水平有限,书中可能会有错误和不足,希望不吝赐教,欢迎批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

第 1 章 燃料喷射历史沿革和基础	1
1.1 燃料喷射历史沿革	1
1.2 日产发动机控制的变迁	1
1.3 汽油发动机基础	3
1.3.1 汽油发动机正常运转三要素	3
1.3.2 关于点火时刻	5
1.3.3 排气净化对策	6
1.3.4 排气净化实例	8
1.3.5 汽车的电子控制	11
第 2 章 ECCS 发动机构造和动作	12
2.1 ECCS 发动机基础	12
2.1.1 电子控制的构成和主要零部件	12
2.1.2 ECCS 控制单元电源以及输入	14
2.1.3 ECCS 控制单元的输出	21
2.2 ECCS 发动机概要	32
2.3 燃料喷射控制	36
2.3.1 燃料喷射控制概论	36
2.3.2 燃料喷射量控制	36
2.3.3 燃料喷射时刻	43
2.3.4 燃料喷射控制总结	46
2.4 点火时刻控制	46
2.4.1 点火时刻控制结构	48
2.4.2 点火时刻控制	48
2.4.3 电子配电点火系统的种类	54
2.4.4 点火控制总结	58
2.5 怠速转速控制	58
2.5.1 怠速时的控制	59
2.5.2 非怠速控制	61
2.5.3 起动控制	62
2.5.4 步进电机式怠速转速控制阀	62
2.5.5 怠速转速控制总结	64
2.6 燃料泵控制	64

2.6.1	基本控制	65
2.6.2	燃料泵转速控制	65
2.7	异常时的控制	67
2.7.1	安全失效功能	68
2.7.2	后备功能	68
第3章	ECCS发动机故障诊断方法	69
3.1	ECCS发动机基本检查方法	69
3.1.1	检查前的注意事项	69
3.1.2	基本检查	71
3.1.3	自诊断检查	75
3.2	各种传感器和电路检查	79
3.2.1	ECCS控制单元电源和接地电路检查	84
3.2.2	曲轴转角传感器系统检查	85
3.2.3	空气流量表系统检查	89
3.2.4	水温传感器系统检查	91
3.2.5	燃料泵系统检查	93
3.2.6	燃料喷射器系统检查	96
3.2.7	点火系统检查	99
3.2.8	怠速转速控制系统检查	104
3.2.9	空气系统检查	107
3.2.10	氧传感器系统检查	109
3.2.11	爆震传感器系统检查	111
3.2.12	节气门传感器系统检查	112
3.2.13	节气门蝶形阀关系统检查(RB20E)	114
3.2.14	车速传感器系统检查	116
3.2.15	起动信号检查	117
3.2.16	空调开关信号检查	117
3.2.17	空档开关信号检查	119
3.3	故障诊断技术概要	120
3.3.1	故障诊断的根本	121
3.3.2	故障诊断的推进方法	121
3.3.3	ECCS发动机检查推进方法	122
3.4	自诊断可以识别的故障诊断技术	122
3.4.1	曲轴转角传感器系统(自诊断故障代码 11)	122
3.4.2	空气流量表系统(自诊断故障代码 12)	124
3.4.3	水温传感器系统(自诊断故障代码 13)	126
3.4.4	RB20E 型发动机点火系统(自诊断故障代码 21)	128
3.4.5	RB25DE 型发动机点火系统(自诊断故障代码 21)	129

3.4.6	RB25DE 型发动机爆震传感器系统(自诊断故障代码 34)	134
3.4.7	节气门传感器系统(自诊断故障代码 43)	136
3.5	自诊断不能识别的故障诊断技术	137
3.5.1	RB20E 型发动机燃料泵系统	137
3.5.2	燃料喷射器系统	139
3.5.3	点火系统 1(RB20E 型发动机)	141
3.5.4	点火系统 2(RB25DE 型发动机)	142
3.5.5	AAC 阀系统(RB25DE 型发动机)	145
附录	示波器检测的信号电压波形和 RB20E 发动机万能表检测的基准值	147

第1章 燃料喷射历史沿革和基础

1.1 燃料喷射历史沿革

汽车发动机燃料喷射的历史可以追溯到1881年,这一年压缩空气喷射计量方法开始在汽车上得到应用,1892年德国人鲁道夫·狄塞尔发明了柴油发动机,燃料喷射技术取得惊人的发展,从此与汽车发动机结下不解之缘。

但是汽油发动机长期以来一直采用化油器供油,用机械方法调整混合气非常困难,这种状况持续到1961年,美国奔迪克斯公司开发了一种燃料喷射装置,命名为电子控制喷射器(Electrojector),用这种电子控制喷射器完全取代化油器,揭开汽油发动机燃料喷射历史新的一页。奔迪克斯公司开发的电子控制喷射器就是当今电子控制燃料喷射装置的原型,尽管经过几十年的改进完善,在实用性、精度等方面得到很大提高,但在原理上始终没有新的突破。

但是,奔迪克斯公司开发电子控制喷射器时,半导体技术还处于原始阶段,所以电子控制回路只能使用真空管,为此在可靠性和成本方面,与化油器相比处于非常不利的地位,因而不能为消费者和制造商所接受,推普及甚至不能提上议事日程。

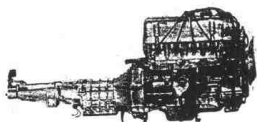
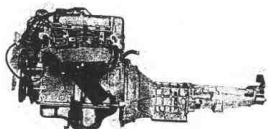
此后,以半导体为中心的电子技术取得惊人的发展,可靠性非常高,成本飞快下降,使电子控制燃料喷射装置开发、制造都变得非常容易。另一方面,由于社会环境的变化,公害问题日益得到重视,因此排放法规不断强化,极需排气干净的发动机。

1967年,西德的罗伯特·波许公司取得奔迪克斯的专利权,并以此为基础,开发出根据发动机运转状态和进气条件、计算正确的燃料喷射量的燃料喷射装置。搭载这种燃料喷射装置的发动机装备的汽车经美国环保局做排气验证试验,一次通过,电子控制燃料喷射装置的效果立即被社会认可。日产汽车公司是日本最早认识电子控制喷射系统的公司,1971年即开发了EGI(Electronic Gasoline Injection,即电子控制燃料喷射),向市场推出了日本第一辆电子控制汽车。

1.2 日产发动机控制的变迁

1971年日产汽车公司推出的蓝鸟SSS-E轿车就采用电子控制燃料喷射发动机,这种L18型发动机如图1.2.1所示。电子控制系统采用各种传感器检测发动机的运转状态和进气条件,然后经电子控制系统计算决定燃料喷射量,与化油器相比,燃料供给量更为适当,可燃混合气的质量更好,当然发动机运转状态也更好,而且节省燃料并改善排放。

但是当时的客观情况是排气法规日见严格,客观上要求电子控制发动机的可靠性和可燃混合气空燃比配制精度更高。日产汽车公司于1975年对电子控制燃料喷射系统进行改造,目的是进一步降低排气中有害物质含量水平并进一步提高燃料经济性。新开发的电子控制燃料喷射装置命名为“50型电子控制燃料喷射装置”。但是1978年排放法规更为严格,为满足



1.3 汽油发动机基础

1.3.1 汽油发动机正常运转三要素

(1) 好的混合气

所谓好的混合气,是指汽油与空气混合之后汽油最容易燃烧的可燃混合气,例如汽化的汽油与空气均匀混合,并且空气与汽油的比例应当适当。空气与汽油的比例习惯上叫空燃比,汽油发动机的空燃比是指吸入气缸的空气与吸入气缸的汽油的质量比。

空燃比与发动机扭矩以及油耗之间的关系如图 1.3.1 所示。实际使用的发动机扭矩与油耗两项指标必须都好,但是受空燃比影响的两项指标并不在同一个点上,而且不同运转工况对两项指标的要求也不尽相同,实际运转中往往为实现某一项指标而牺牲另一项指标,其方法就是调整可燃混合气空燃比。

(参考)

所谓理论空燃比,是指汽油完全燃烧时从理论上计算出来的需要的空气量。实际计算表明,单位质量的汽油完全燃烧需要 14.7 单位质量的空气。就目前技术而言,可燃混合气空燃比为理论空燃比时从扭矩、油耗、排气对策等方面综合考虑是最理想的空燃比。理论空燃比配制示意图如图 1.3.2 所示。

通常运转工况最理想的空燃比是理论空燃比,但是冷机状态、大负荷工况需要的空燃比却不是理论空燃比,因此实际控制过程必须考虑发动机运转工况,不同的工况需要不同的空燃比,大致上要求如下:

- 怠速时
 - 中负荷低速时
 - 起动时/大负荷时
-理论空燃比附近。
.....要比理论空燃比浓。

(2) 好的压缩

可燃混合气在压缩之后燃烧与未经压缩直接燃烧到底有哪些不同呢?

未经压缩的可燃混合气点火之后也可以燃烧,但因燃料和空气的密度都很小,燃烧的速度很慢,也就是说慢慢燃烧。相反经过压缩的可燃混合气点火之后,因密度大而急剧燃烧(爆发)。这样一来,即使相同数量的可燃混合气,压缩过的可燃混合气燃烧产生的压力大。从另一个角度看,由于进行压缩,燃料与空气混合得更均匀,压缩过程中产生的热量也有助于燃料的汽化,比起未压缩的更容易燃烧。

可燃混合气的压缩程度一般用压缩比表示。压缩比的概念如图 1.3.3 所示。压缩比为 B 容积除以 A 容积,其公式为:

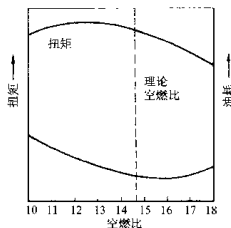


图 1.3.1 空燃比与发动机扭矩及油耗之间的关系

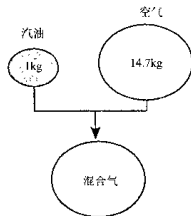


图 1.3.2 理论空燃比示意图

$$\text{压缩比} = \frac{B}{A}$$

一般地说,压缩比越大所能取得的爆发力也越大,但是压力过高时要产生爆震。因而实用上都把压缩比设计为9~10。

〈参考〉

所谓爆震,是指活塞尚未升到上止点之前,由于高温高压作用,可燃混合气自燃,如图 1.3.4 所示。此时发动机缸壁发出叮当的金属打击音。产生爆震时燃烧室内的温度和压力急剧升高,持续时间过长,能烧坏活塞、气阀等。

为了取得好的压缩压力,要求发动机的活塞环与缸壁之间的间隙要足够小,也就是要尽量少漏可燃混合气,此外在压缩行程进排气阀关闭要严,也就是不漏可燃混合气。保持压缩压力的机械结构如图 1.3.5 所示。

活塞与缸壁之间的间隙是靠活塞环与润滑油密封的,要求保持极好的气密性。压缩压力是否良好可以用压力表检查。压缩压力的检查如图 1.3.6 所示。压缩压力过低对发动机运转状态有很大的影响。

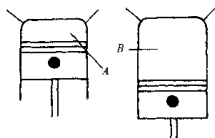


图 1.3.3 计算压缩比示意图

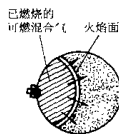


图 1.3.4 爆震概念

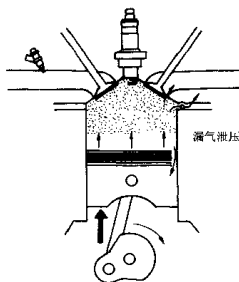


图 1.3.5 保持压缩压力的机械结构

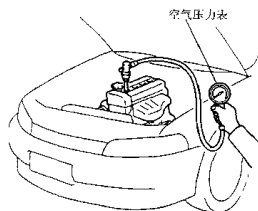


图 1.3.6 检查发动机压缩压力

(3) 好的火花

汽油发动机是靠火花塞产生的火花点燃可燃混合气,而由可燃混合气燃烧推动活塞做功的。火花塞点火时的情形如图 1.3.7 所示。如果火花塞产生的火花弱,可燃混合气燃烧就不够充分,就不能把能量全部释放出来。为使可燃混合气充分燃烧,必须产生足够强的火花。

除要求火花塞产生的火花足够强之外,还要求火花塞产生火花正时。如果火花塞产生火花的时刻不是恰到好处,也就是超前或滞后,可燃混合气燃烧产生的能量就不能有效地转换成

发动机动力,发动机功率输出就会下降。这里所说火花塞产生火花时刻不是固定不变的时刻,它是根据发动机转速和负荷而变化的,控制点火时刻是一项重要的控制内容。

(参考)

火花塞的作用就在于产生火花,点燃可燃混合气。火花塞的结构如图 1.3.8 所示,两个电极处于分离状态,中间是空气。一般空气是不导电的,但是两个电极之间加 10kV 以上的高压,绝缘就会被击穿,产生火花放电。这种现象称为火花放电,自然界中也存在着火花放电现象,打雷就是一种火花放电现象。汽车上的火花塞就是通过两极间加高电压产生火花放电,因而在两极间有电流通(放电期间)。

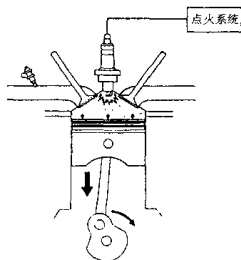


图 1.3.7 火花塞点火

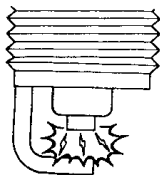


图 1.3.8 火花塞的结构

1.3.2 关于点火时刻

对汽油发动机,可燃混合气被点燃之后开始燃烧,随着燃烧的进展要产生最大的爆发力,此时在活塞顶面上产生一个巨大的推压活塞的力量,如果这个最大爆发力产生在上止点之前,就会产生妨碍发动机转动的力,亦即在活塞顶面上加了一个与其运动方向相反的力。

理论计算和实际试验表明,如果最大爆发力产生在上止点后(ATDC)10°曲轴角位置,则热能可以最有效地转变成发动机的机械能,这是一个极为重要的条件,实际发动机正是将这个条件具体化而确定最佳点火时刻,如图 1.3.9 所示。

上止点前: BTDC (Before Top Dead Center)
上止点后: ATDC (After Top Dead Center)

可燃混合气的燃烧过程及其与压力的关系如图 1.3.10 所示。火花塞在 A 点点火,从 A 点开始缓慢燃烧,一直到上止点后 10°曲轴角达到最大爆发压力。

从点火直到产生最大爆发力这段时间,可以分成下面两部分。

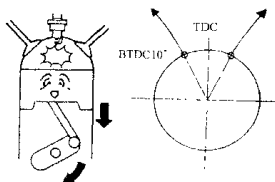


图 1.3.9 最佳点火时刻

① 着火延迟期。可燃混合气并不是一点火就立即燃烧起来的,而是首先在火花塞周围的一个极小区域开始燃烧(称为火焰核),然后火焰向周围扩散。图 1.3.10 的 A~B 区间,也就是从点火开始到开始燃烧期间称为着火延迟期。这段期间通常是固定不变的,约为 2ms。

② 火焰传播期。形成火焰核之后,燃烧区域顺次向外扩大,向外传播的速率叫火焰传播速度,传播所经时间叫火焰传播期,也就是图 1.3.10 的 B~C 区间。

汽油的燃烧,首先将火焰核内的可燃混合气转变成光和热,这些光和热由近及远地向外传播,顺次引起周围的可燃混合气燃烧。因而如果可燃混合气在某种程度上经过预先加热过程,则容易燃烧,可燃混合气越多燃烧越快。例如,发动机在低速运转时,大幅踩进加速踏板,发动机负荷加大,因发动机进气量增加,压缩压力增加,可燃混合气温度增加,可燃混合气粒子之间距离缩短,火焰传播速度就快。而且可燃混合气流动方向越紊乱,火焰传播速度也越快。

这样一来,从火花塞点火到达到最大爆发力的时间不但受发动机运转状态的影响,而且还受发动机结构的影响,这就有必要调整点火提前角,图 1.3.11 是增加点火提前角及增加提前角量的决定方法。这种调整点火提前角的操作,传统发动机也是有的,但是依靠离心式调节器和真空提前补偿器进行的,现在则被电子控制方式所取代。

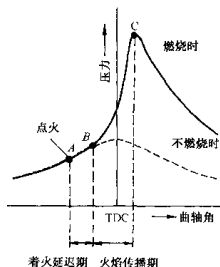


图 1.3.10 燃烧过程及其与压力的关系

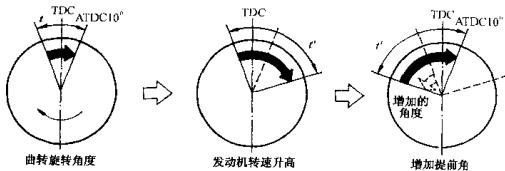


图 1.3.11 增加点火提前角及其增加量的决定方法

1.3.3 排气净化对策

(1) 排气的种类

汽车排放气体大致可分为尾气管排气、漏气、燃料蒸发气,其有害成分见图 1.3.12。

① 尾气管排气。可燃混合气在气缸内燃烧之后经排气管排入大气,这就是排气。排气中大部分气体都是对人体无害的 N_2 (氮)、水蒸气、 CO_2 (二氧化碳) 等。与此同时,因为不完全燃烧的缘故,排气中也含有 CO 和 HC 这样的有害物质。

发动机吸入气缸的气体中,除燃烧所需要的氧气外,80% 是 N_2 。这些氮气在燃烧温度高时就与氧气反应生成 NO_x 。排气中有害的 NO_x ,一般地说受空燃比和燃烧温度的影响。另外,

液化石油气发动机的排气中的有害物质与汽油发动机机排气中有害物质的成分基本一样。

② 漏气。漏气是指发动机燃烧室内的气体通过气缸壁与活塞之间的间隙漏入曲轴箱的气体。这种气体既有汽油与空气混合后未燃烧的可燃混合气,也有已经燃烧过的废气,其有害成分主要是 HC。

③ 燃料蒸发气。燃料蒸发气主要来自于燃料箱、化油器等燃料供给装置的蒸发气,燃料蒸发气中的主要成分是 HC。

(2) 排气净化对策

为减少有害物质,主要采取下述对策。

- ① 改良发动机各个装置,极力抑制有害物质的产生。
- ② 为便于对有害物质进行后处理,将可燃混合气空燃比控制在理论空燃比附近。
- ③ 燃烧过程中产生的有害物质经排气系统进行后处理后再排放,以减少有害物质。
- ④ 密封曲轴箱/燃料箱/化油器等,将未燃烧气体以及其他有害物质重新导入进气系统,与进气一起送入燃烧室。

图 1.3.13 列出进行综合处理的对策。

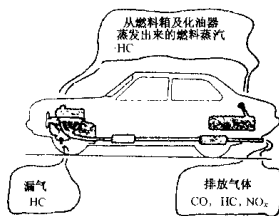


图 1.3.12 汽车排气的分类

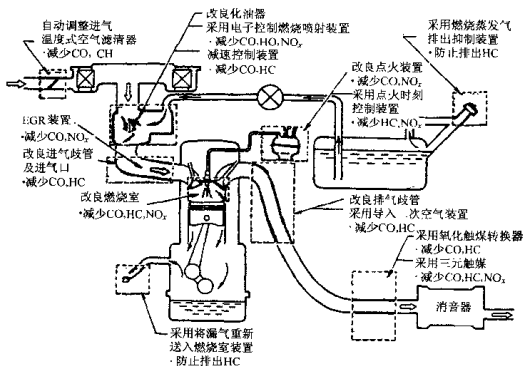


图 1.3.13 排气净化对策

1.3.4 排气净化实例

(1) 发动机机械改良

① 燃烧室形状及进气系改良。

〈挤气区〉

在燃烧室周边设置挤气区,这样从压缩行程后期到燃烧行程开始可以形成强烈的紊流。由于这个紊流燃烧速度快,因此可实现充分燃烧。挤气区的位置如图 1.3.14 所示。

〈涡旋进气口〉

涡旋进气口如图 1.3.15 所示,主要是在进气口部位将进气管适当弯曲,使进入气缸的可燃混合气沿气缸圆周形成适当的涡旋。这种涡旋从压缩行程开始一直持续到燃烧行程,其作用与挤气是一样的。

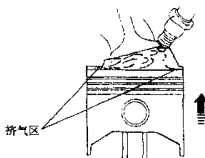


图 1.3.14 挤气区的位置设置

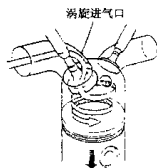


图 1.3.15 涡旋进气口

② 燃料喷射控制和点火控制。由计算机进行燃料喷射控制和点火控制,目的是让进入气缸的可燃混合气充分燃烧,从而减少排气中有害物质含量。

(2) 抑制排放的各种装置

① 触媒的使用。排气通过触媒转换器,其有害的成分即可以转化成无害的成分。一般触媒转换器就设在排气管上。触媒多使用铂(Pt)、钯(Pd)、铑(Rh)等贵重的稀有金属,这些触媒自身不参加化学反应,但可以加速化学反应。触媒转换器的构造和安装位置如图 1.3.16 所示。顺便说明触媒可以分为氧化触媒和三元触媒。

② 减速时减少排放的装置。发动机在高速运转状态迅速关闭节气门蝶形阀,进气歧管内产生很高的负压,附着在进气吸管壁面上的燃料汽化,瞬时产生过浓的可燃混合气。此时,本来吸进发动机的空气量又少,未经燃烧的燃料作为 CO、HC 大量进入排气系统,恐怕触媒也要过热。此时确实需要减少排放装置起作用。减速时减少排放的装置如图 1.3.17 所示,它的作用就是慢慢地关闭节气门蝶形阀,进气歧管负压不致于急剧升高。

还有一种装置也可以降低减速时的排放,这种装置如图 1.3.18 所示。这种装置根据发动机的转速和加速踏板开度,在减速时切断燃料喷射。

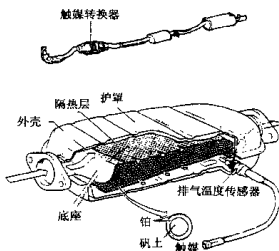


图 1.3.16 触媒转换器的构造和安装位置

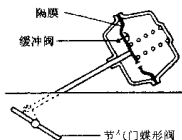


图 1.3.17 减速时减少排放的装置 1

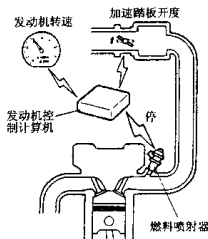


图 1.3.18 减速时减少排放的装置 2

③ 漏气回流装置。在发动机运转中总有一些未燃和既燃可燃混合气从活塞环与缸壁之间的间隙漏入曲轴箱，这部分气体含有大量的 HC。这部分气体进入大气要造成污染，为此总是强制把这部分气体送回进气系统，再次在气缸里燃烧，这种装置就叫作漏气回流装置。

一般地说，发动机产生的漏气量随发动机负荷而变，发动机负荷大时（进气歧管负压小）漏气量大，发动机负荷小时（进气歧管负压大）漏气量小。为此在缸盖和稳压箱之间装一个正压曲轴箱换气阀（PCV 阀），按发动机负荷调整漏气回流量。漏气回流装置如图 1.3.19 所示。PCV 阀的动作原则是发动机负荷小时阀就关闭，通气面积小；相反，发动机负荷大时 PCV 阀的开度大，通气面积大，漏气大量被吸入进气道。PCV 阀的动作如图 1.3.20 所示。

④ 抑制燃料蒸汽的装置。为了不使燃料箱里的燃料蒸汽（HC）散发到大气中去，通常是暂时吸附，然后再送入发动机烧掉，这类装置就是抑制燃料蒸汽装置。图 1.3.21 所示是化油器供油的燃料供给系统，该系统采用活性炭过滤罐。燃料箱产生的燃料蒸汽通过单向阀导入

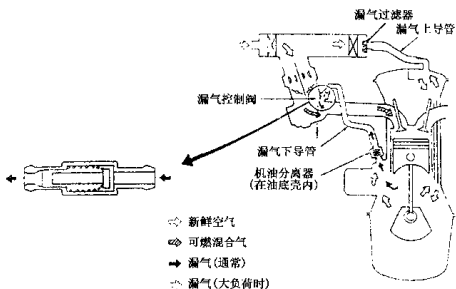


图 1.3.19 漏气回流装置