

第 8 章 进、排气系统及排气净化装置

教学提示：发动机进、排气系统的作用是供给发动机新鲜空气，并将发动机燃烧后的废气排至大气。一般进气系统主要包括空气滤清器和进气支管。排气系统分为单排气系统和双排气系统。本章还介绍了发动机的增压和发动机外部的排气净化装置。

教学目标：要求学生了解发动机进、排气系统的各种结构类型。重点掌握进排气系统主要部件的结构和工作原理，了解增压器和排气净化装置的基本结构和工作原理。

发动机进、排气系统的作用是供给发动机新鲜空气，并将发动机燃烧后的废气排至大气。发动机进、排气系统由进气系统和排气系统构成。发动机进、排气系统的性能，对发动机的动力性、经济性、排放性能有直接影响。柴油机和汽油机由于使用燃料的性质不同、供油方式不同导致进气系统的结构形式不同，两者的排气系统基本相同。进、排气系统的结构如图 8.1 所示。

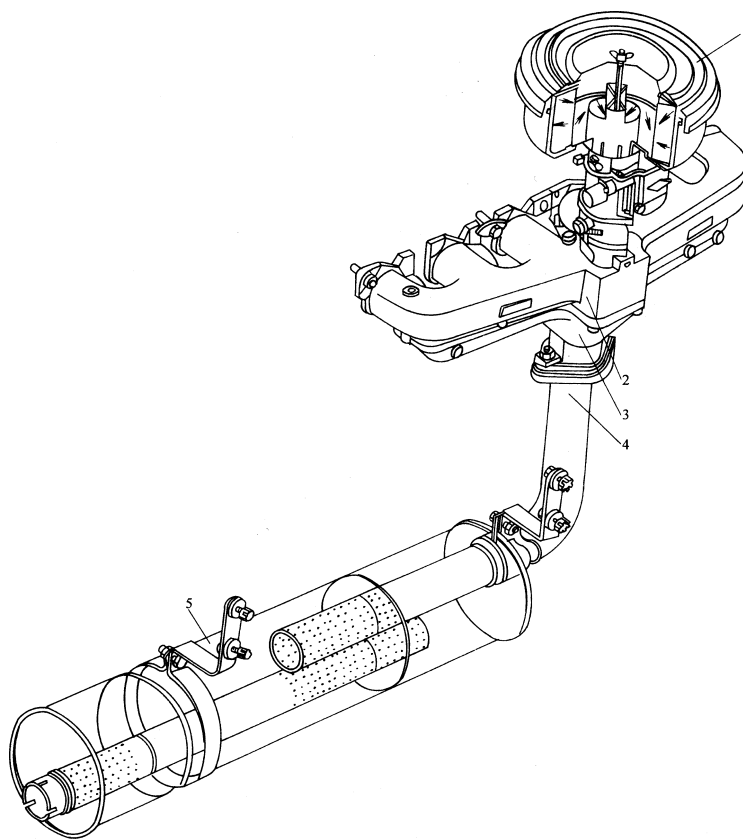


图 8.1 空气滤清器及进、排气装置

1—空气滤清器 2—进气支管 3—排气支管 4—消声器进气管 5—消声器

8.1 进气系统

进气系统的功用是尽可能多且均匀地向各汽缸供给可燃混合气或纯净的空气。一般进气系统主要包括空气滤清器和进气支管。在化油器式和节气门体汽油喷射式发动机上通常还装有进气预热装置。为了增进进气效果,有的进气系统还装有谐振器。在汽油喷射式发动机的进气系统中还包括空气流量计。

8.1.1 空气滤清器

空气滤清器的功用是滤除空气中的杂质或灰尘,也有消减进气噪声的作用。空气滤清器一般由进气导流管、空气滤清器盖、空气滤清器外壳和滤芯等组成。空气滤清器有多种结构形式。

1. 纸滤芯空气滤清器

纸滤芯空气滤清器被广泛用于各类汽车发动机上,其结构如图 8.2 所示。微孔滤纸制成的滤芯 1 安装在滤清器外壳 2 中。滤芯的上、下表面是密封面,当拧紧蝶形螺母 4 把滤清器盖 3 紧固在滤清器上时,下密封面 8 和上密封面 9 分别与滤清器盖及滤清器外壳底部的配合面贴紧密合。滤纸 7 打褶,以增加滤芯的过滤面积和减小滤芯阻力。滤芯外面是多孔金属网 6,用来保护滤芯在运输和保管过程中不使滤纸破损。在发动机工作时,空气从滤芯的四周穿过滤纸进入滤芯中心,随后流入进气管。杂质被滤芯阻留在滤芯外面。纸滤芯空气滤清器有质量轻、成本低和滤清效果好等优点。纸滤芯有干式和湿式两种。干式纸滤芯可以反复使用。纸滤芯经过浸油处理后即为湿式纸滤芯,不能反复使用,需定期更换。

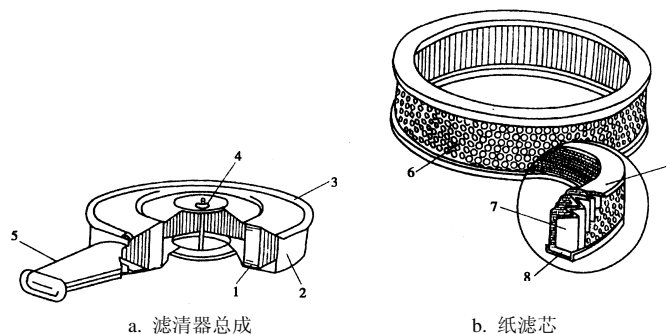


图 8.2 干式纸滤芯空气滤清器

1—滤芯 2—滤清器外壳 3—滤清器盖 4—蝶形螺母 5—进气导流管
6—金属网 7—打褶滤纸 8—滤芯下密封面 9—滤芯上密封面

2. 油浴式空气滤清器

油浴式空气滤清器用于在多尘条件下工作的发动机上,如越野车发动机。图 8.3 为油浴式空气滤清器的结构图,它包括空气滤清器外壳 1、滤芯 2、密封圈 3 和滤清器盖 4 等。外壳底部是储油池,其中盛有一定数量的机油。当发动机工作时,环境空气经外壳与滤清器盖之间的狭缝进入滤清器,并沿着滤芯与外壳之间的环形通道向下流到滤芯底部,再折向上通

过滤芯后进入进气管。当气流转弯时，空气中粗大的杂质被甩入机油中被机油黏附，细小杂质被滤芯滤除。黏附在滤芯上的杂质被气流溅起的机油所冲洗，并随机油一起流回储油池。滤芯多用金属丝制成，油浴式空气滤清器的优点是滤芯清洗后可以重复使用。

3. 离心式及复合式空气滤清器

离心式空气滤清器多用于大型载货汽车上。在许多自卸车或矿山用汽车上还使用离心式与纸滤芯式相结合的双级复合式空气滤清器(图 8.4)。双级复合式空气滤清器的上体 7 是纸滤芯空气滤清器，下体 12 是离心式空气滤清器。空气从滤清器下体的进气口 10 首先进入旋流管 11，并在旋流管内螺旋导向面 16 的引导下产生高速旋转运动。在离心力的作用下空气中的大部分灰尘被甩向旋流管壁并落入集灰盘 14 中，空气则从旋流管顶部进入纸滤芯空气滤清器。空气中残存的细微杂质被纸滤芯 2 滤除。

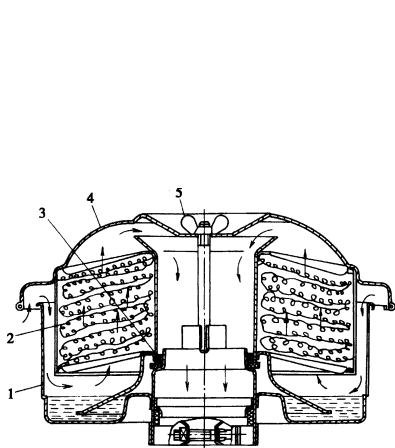


图 8.3 油浴式空气滤清器

1—滤清器外壳 2—滤芯 3—密封圈
4—滤清器盖 5—蝶形螺母

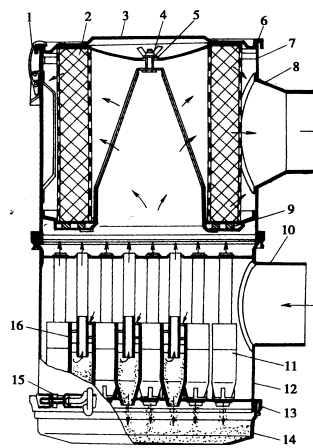


图 8.4 双级复合式空气滤清器

1—卡簧 2—纸滤芯 3—滤清器上盖 4—蝶形螺母 5—密封垫
6、9、13—密封圈 7—上体 8—出气口 10—进气口 11—旋流管
12—下体 14—集灰盘 15—卡箍 16—旋流管螺旋导向面

4. 进气导流管

在现代轿车上，为了增强发动机的谐振进气效果，空气滤清器进气导流管需要有较大的容积。但是导流管不能太粗，以保证空气在导流管内有一定的流速，因此，进气导流管只能做得很长(图 8.5)，有利于实现从车外吸气。

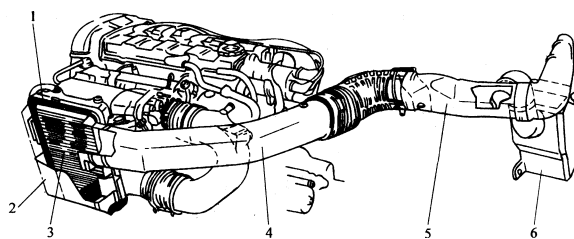


图 8.5 空气滤清器进气导流管

1—空气滤清器外壳 2—空气滤清器盖 3—滤芯 4—后进气导流管 5—前进气导流管 6—谐振室

8.1.2 进气支管

汽油机进气支管的作用,是将化油器所供给的可燃混合气,分别送到发动机的各个汽缸内。柴油机进气支管的作用,则是将空气分别送到发动机的各个汽缸内。

1. 进气支管的结构

对于化油器式或节气门体汽油喷射式发动机,进气支管指的是化油器或节气门体之后到汽缸盖进气道之前的进气管路。它的功用是将空气、燃油混合气从化油器或节气门体分配到各缸进气道。对于气道燃油喷射式发动机或柴油机,进气支管只是将洁净的空气分配到各缸进气道。

一般化油器式或节气门体燃油喷射式发动机的进气支管由合金铸铁制造,轿车发动机多用铝合金制造。铝合金进气支管质量轻、导热性好。进气道燃油喷射式发动机除应用铝合金进气支管外,近来采用复合塑料进气支管的发动机日渐增多。这种进气支管质量极轻,内壁光滑,无需加工。图 8.6 和图 8.7 所示分别为节气门体喷射式和进气道喷射式发动机的进气支管。

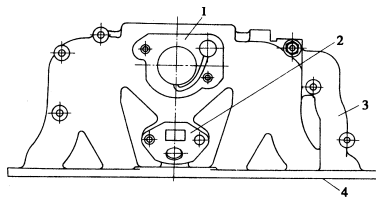


图 8.6 节气门体燃油喷射式发动机进气支管

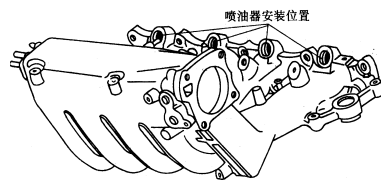


图 8.7 气道燃油喷射式发动机进气支管

1—节气门体安装面 2—废气再循环阀安装面
3—循环冷却液管 4—进气支管安装面

2. 谐振进气系统

利用发动机的进气脉动,使进入发动机的空气在进气门开启时的压力为正压,实现“气体动力增压”,提高发动机的进气量,进而改善发动机的动力性。由于进气过程具有间歇性和周期性,致使进气支管内产生一定幅度的压力波。此压力波以当地声速在进气系统内传播和往复反射。如果利用一定长度和直径的进气支管与一定容积的谐振室组成谐振进气系统(图 8.8),并使其自振频率与气门的进气周期调谐,那么在特定的转速下,就会在进气门关闭之前,在进气支管内产生大幅度的压力波,使进气支管的压力增高,从而增加进气量。这种效应称作进气波动效应。谐振进气系统的优点是没有运动件,工作可靠,成本低。但只能增加特定转速下的进气量和发动机转矩。

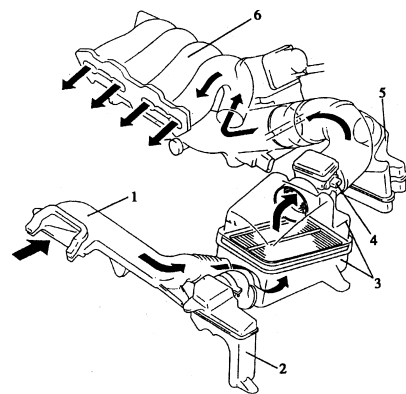


图 8.8 谐振进气系统

1—进气导流管 2—副谐振室 3—空气滤清器
4—空气流量传感器 5—主谐振室 6—进气支管

3. 可变进气支管

为了充分利用进气波动效应和尽量缩小发动机在高、低速运转时进气速度的差别,从

而达到改善发动机经济性及动力性特别是改善中、低速和中、小负荷时的经济性和动力性的目的,要求发动机在中、低转速时配用细而长的进气支管,在高速配用短而粗的进气支管。可变进气支管就是为适应这种要求而设计的。

如图 8.9 所示为一种能根据发动机转速和负荷的变化而自动改变有效长度的进气支管。当发动机低速运转时,发动机电子控制装置 5 指令转换阀控制机构 4 关闭转换阀 3,这时空气经空气滤清器 1 和节气门 2 沿着弯曲而又细长的进气支管流进汽缸。细长的进气支管提高了进气速度,增强了气流的惯性,使进气量增多。当发动机高速运转时,转换阀开启,空气经空气滤清器和节气门直接进入粗短的进气支管。短粗的进气支管进气阻力小,也使进气量增多。可变长度进气支管不仅可以提高发动机的动力性,还由于它提高了发动机在中、低速运转时的进气速度而增强了汽缸内的气流强度,从而改善了燃烧过程,使发动机中低速的燃油经济性有所提高。

另一种可变进气支管如图 8.10 所示。其每个支管都有两个进气通道,一长一短。根据发动机转速的高低,由旋转阀控制空气经哪一个通道流进汽缸。当发动机在中、低速运转时,旋转阀将短进气通道封闭,空气沿长进气通道经进气道、进气门进入汽缸。当发动机高速工作时,旋转阀使长进气通道短路,将长进气通道也变为短进气通道。这时空气同时经两个短进气通道进入汽缸。

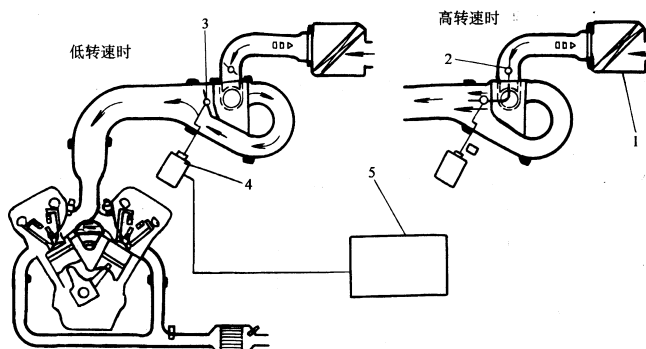


图 8.9 可变长度进气支管

1—空气滤清器 2—节气门 3—转换阀
4—转换阀控制机构 5—发动机电子控制装置

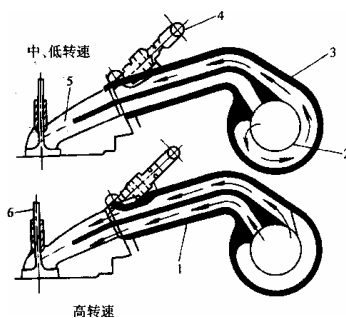


图 8.10 双通道可变进气支管

1—短进气通道 2—旋转阀 3—长进气通道
4—喷油器 5—进气道 6—进气门

8.2 排气系统

8.2.1 排气支管

一般排气支管由铸铁或球墨铸铁制造,采用不锈钢排气支管的汽车越来越多,其质量轻,耐久性好,同时内壁光滑,排气阻力小。排气支管的形状十分重要。为了不使各缸排气相互干扰及不出现排气倒流现象,并尽可能地利用惯性排气,应该将排气支管做得尽可能的长,而且各缸支管应该相互独立、长度相等。图 8.11 所示的不锈钢排气支管的结构较好的满足了上述要求。相互独立的各个支管都很长,而且 1、4 缸排气支管汇合在一起,2、3 缸汇合在一起,可以完全消除排气干扰现象。图 8.12 所示为铸铁排气支管结构图。

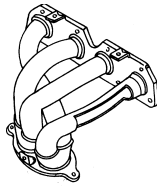


图 8.11 不锈钢排气支管图

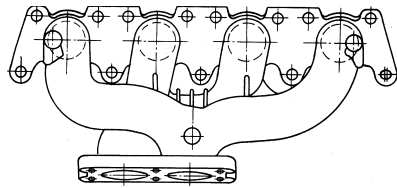


图 8.12 铸铁排气支管

8.2.2 进气、排气支管的布置

在直列式多缸发动机上，进、排气支管有多种排列方法。一种是每一对相邻两缸共用一条进气管，这样可使进气支管制造简化；而每缸使用单独的排气管，这样有利于排气的散热，以降低进气支管附近的温度。第二种是部分汽缸使用单独的进气管。第三种是每缸都单独使用一条进气管，这样可以减弱相互之间的影响，有利于改善混合气分配的均匀性。有的发动机将进排气支管分装在两侧，其目的是避免热机时废气对进气支管加热，以提高发动机的进气量，改善动力性，如图 8.13 所示。

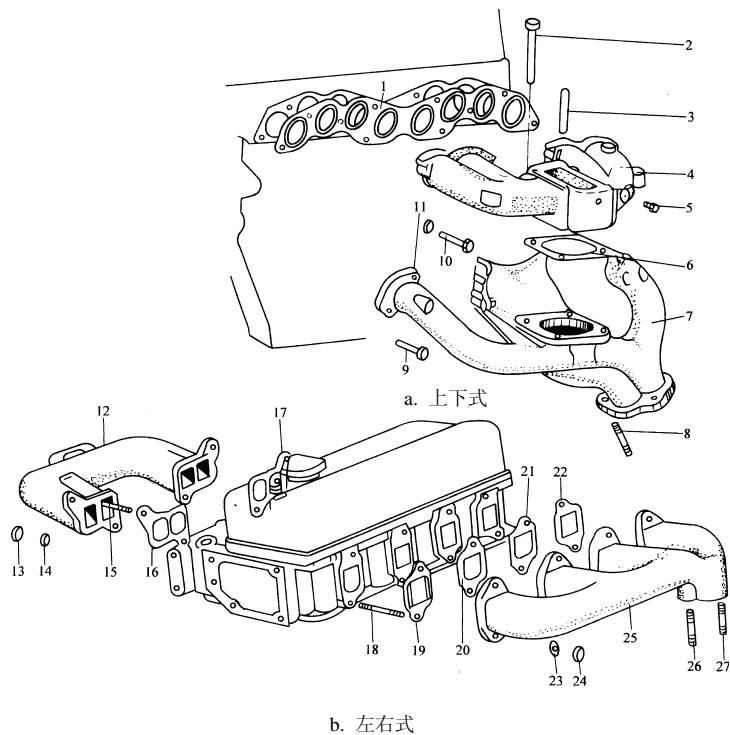


图 8.13 进、排气支管

1—衬垫 2、5、9、10—螺栓 3、8—双头螺栓 4、12—进气支管 6、16、17、19、20、21、22—紫铜石棉衬垫
7、25—排气支管 11、14、23—垫圈 13、24—螺母 15、18、26、27—双头螺栓

直列型发动机在排气行程期间，汽缸中的废气经排气门进入排气支管，再由排气支管进入排气管、催化转换器和消声器，最后由排气尾管排到大气中。这种排气系统称作单排气系统，如图 8.14 所示。

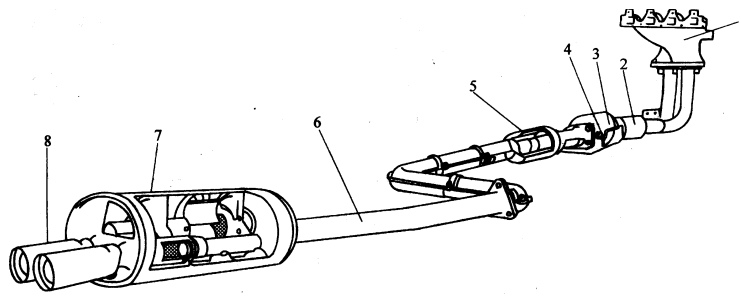


图 8.14 单排气系统的组成

1—排气支管 2—前排气管 3—催化转换器 4—废气温度传感器
5—副消声器 6—后排气管 7—主消声器 8—排气尾管

V 型发动机有两个排气支管，在大多数装配 V 型发动机的汽车上仍采用单排气系统，即通过一个叉形管将两个排气支管连接到一个排气管上。来自两个排气支管的废气经同一个排气管、同一个消声器和同一个排气尾管排出(图 8.15a)。有些 V 型发动机采用双排气系统(图 8.15b)。

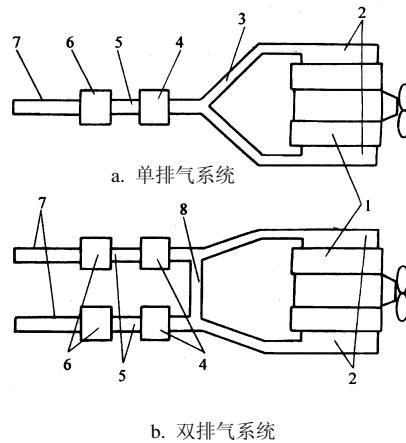


图 8.15 V 型发动机排气系统示意图

1—发动机 2—排气支管 3—叉形管 4—催化转换器 5—排气管
6—消声器 7—排气尾管 8—连通管—长进气通道

8.2.3 消声器

排气消声器的作用是减少排气噪声和消除废气中的火焰及火星，使废气安全地排入大气。发动机的废气在排气支管中流动时，因排气门的开闭与活塞往复运动的影响，使气流呈脉动形式。发动机的排气压力约为 $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$ ，温度约 $500^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 。如果让废气直接排入大气，废气高速流出喷入大气时，将发出脉动噪声和强烈的喷气噪声，同时高温气体排入大气也会对环境造成危害。为消除上述问题，汽车上必须装有消声器。其基本原理是消耗废气流的能量，并平衡气流的压力波。具体方法是：多次变动气流方向；使气流重复通过收缩又扩张的断面；将气流分割为许多小支流，并沿着不平滑的平面流动；将气流冷却。

加装排气消声器，不可避免地增加气流的阻力，使发动机功率下降。排气消声器的阻力应小于 40 kPa 。采用多种方法的组合式消声器，如图 8.16 所示。

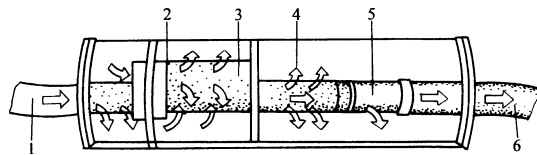


图 8.16 组合式消声器

1—排气管 2—节流管 3—反射管 4—吸声材料 5—干涉管 6—尾管

8.3 汽车发动机增压

8.3.1 概述

增压就是将空气预先压缩然后再供入汽缸，以期提高空气密度、增加进气量的一项技术。发动机通过增压提高了新鲜空气或混合气的压力及密度，因此可以提高功率及转矩，降低比油耗。一般增压功率可以提高 20%~30%，如果采用中冷及较高的增压压力，那么提高的幅度会更大。增压有涡轮增压、机械增压和气波增压等三种基本类型。

机械增压器 4 由发动机曲轴 1 经齿轮增速器 5 驱动(图 8.17a)，或由曲轴齿形传动带轮经齿形传动带 9 及电磁离合器 6 驱动(图 8.17b)。机械增压能有效地提高发动机功率，与涡轮增压相比，其低速增压效果更好。另外，机械增压器与发动机容易匹配，结构也比较紧凑。但是，由于驱动增压器需消耗发动机功率，因此燃油消耗率比非增压发动机略高。

气波增压器中有一个特殊形状的转子 3，由发动机曲轴带轮经传动带 4 驱动(图 8.18)。在转子 3 中发动机排出的废气直接与空气接触，利用排气压力波使空气受到压缩，以提高进气压力。气波增压器结构简单，加工方便，工作温度不高，不需要耐热材料，也无需冷却。与涡轮增压相比，其低速转矩特性好，但是体积大，噪声水平高，安装位置受到一定的限制。目前，这种增压器还只是在低速范围内使用。由于柴油机的最高转速比较低，因此多用于柴油机上。

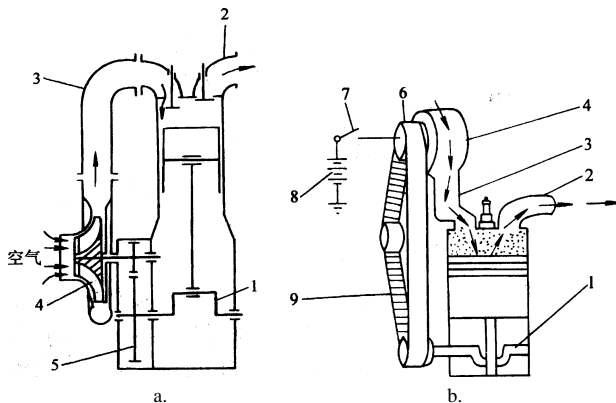


图 8.17 机械增压示意图

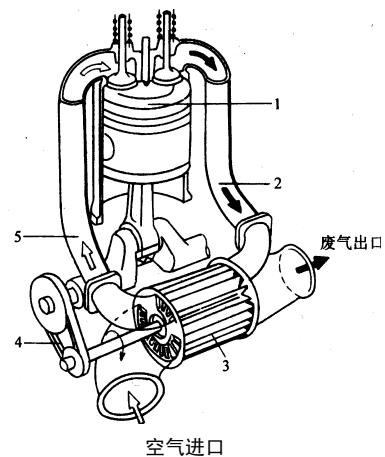
1—发动机曲轴 2—排气管 3—进气管 4—机械增压器 5—齿轮增速器
6—电磁离合器 7—开关 8—蓄电池 9—齿形传动带

图 8.18 气波增压示意图

1—发动机活塞 2—排气管 3—转子
4—传动带 5—进气管

8.3.2 涡轮增压系统

由于废气涡轮增压可以明显地提高发动机的动力性能,降低比油耗及排放。利用排气能量推动涡轮,带动压气机向发动机提供压力高、密度大的新鲜充量,从而提高功率及转矩。

1. 分类

涡轮增压系统分为单涡轮增压系统和双涡轮增压系统。只有一个涡轮增压器的增压系统为单涡轮增压系统,如图 8.19 所示。涡轮增压系统除涡轮增压器之外,还包括进气旁通阀 1、排气旁通阀 9 和排气旁通阀控制装置 10 等。

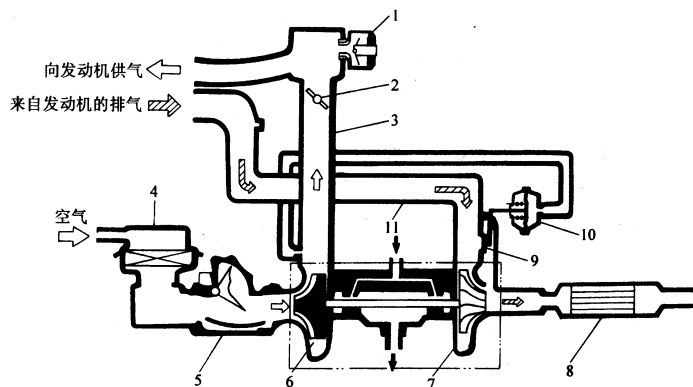


图 8.19 单涡轮增压系统示意图

1—进气旁通阀 2—节气门 3—进气管 4—空气滤清器 5—空气流量计 6—压气机
7—涡轮机 8—催化转换器 9—排气旁通阀 10—排气旁通阀控制装置 11—排气管

图 8.20 所示为六缸汽油喷射式发动机的双涡轮增压系统示意图。其中两个涡轮增压器并列布置在排气管中,按汽缸工作顺序把 1、2、3 缸作为一组,4、5、6 缸作为另一组,

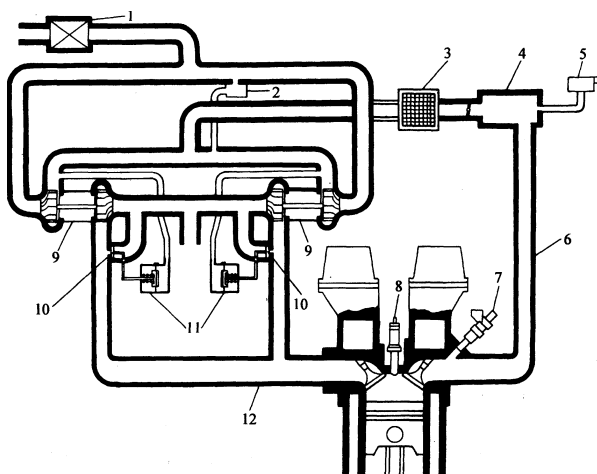


图 8.20 双涡轮增压系统示意图

1—空气滤清器 2—进气旁通阀 3—中冷器 4—谐振室 5—增压压力传感器 6—进气管 7—喷油器
8—火花塞 9—涡轮增压器 10—排气旁通阀 11—排气旁通阀控制装置 12—排气管

每组三个汽缸的排气驱动一个涡轮增压器。因为三个汽缸的排气间隔相等,所以增压器转动平稳。另外,把三个汽缸分成一组还可防止各缸之间的排气干扰。此系统除包括涡轮增压器 9、进气旁通阀 2、排气旁通阀 10 及排气旁通阀控制装置 11 之外,还有中冷器 3、谐振室 4 和增压压力传感器 5 等。

2. 涡轮增压器(turbocharger)的结构及工作原理

车用涡轮增压器由离心式压气机和径流式涡轮机及中间体三部分组成(图 8.21)。增压器轴 5 通过两个浮动轴承 9 支承在中间体 14 内。中间体内有润滑和冷却轴承的油道,还有防止润滑油漏入压气机或涡轮机中的密封装置等。

1) 离心式压气机

离心式压气机由进气道 6(图 8.21)、压气机叶轮 3、无叶式扩压管 2 及压气机蜗壳 1 等组成。叶轮包括叶片和轮毂,并由增压器轴 5 带动旋转。

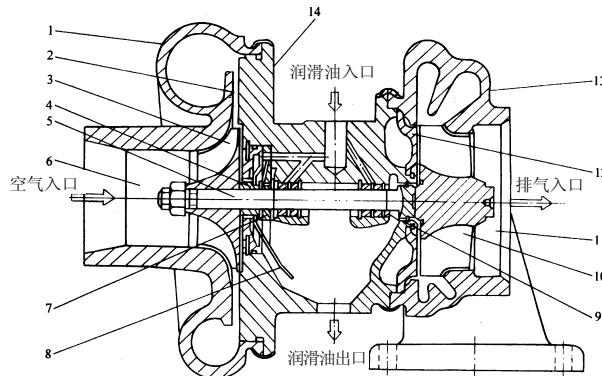


图 8.21 汽车用涡轮增压器结构

- 1—压气机蜗壳 2—无叶式扩压管 3—压气机叶轮 4—密封套 5—增压器轴 6—进气道 7—推力轴承
8—挡油板 9—浮动轴承 10—涡轮机叶轮 11—出气道 12—隔热板 13—涡轮机蜗壳 14—中间体

当压气机旋转时,空气经进气道进入压气机叶轮,并在离心力的作用下沿着压气机叶片 1(图 8.22)之间形成的流道,从叶轮中心流向叶轮的周边。空气从旋转的叶轮获得能量,使其流速、压力和温度均有较大的增高,然后进入叶片式扩压管 3。扩压管为渐扩形流道,空气流过扩压管时减速增压,温度也有所升高。即在扩压管中,空气所具有的大部分动能转变为压力能。

蜗壳的作用是收集从扩压管流出的空气,并将其引向压气机出口。空气在蜗壳中继续减速增压,完成其由动能向压力能转变的过程。压气机叶轮由铝合金精密铸造,蜗壳也用铝合金铸造。

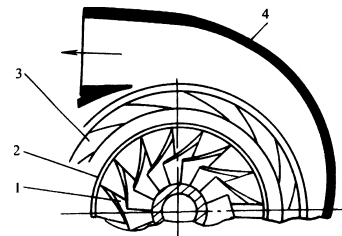


图 8.22 离心式压气机示意

- 1—压气机叶片 2—叶轮
3—叶片式扩压管 4—蜗壳

2) 径流式涡轮机

涡轮机是将发动机排气的能量转变为机械功的装置。径流式涡轮机由蜗壳、喷管、叶轮和出气道等组成(图 8.23)。蜗壳 4 的进口与发动机排气管相连,发动机排气经蜗壳引导进入叶片式喷管 3。喷管是由相邻叶片构成的渐缩形流道。排气流过喷管时降压、降温、

增速、膨胀,使排气的压力能转变为动能。由喷管流出的高速气流冲击叶轮1,并在叶片2所形成的流道中继续膨胀做功,推动叶轮旋转。

涡轮机的蜗壳除具有引导发动机排气以一定的角度进入涡轮机叶轮的功能外,还有将排气的压力能和热能部分地转变为动能的作用。涡轮机叶轮经常在900℃高温的排气冲击下工作,并承受巨大的离心力作用,所以采用镍基耐热合金钢或陶瓷材料制造。用质量轻并且耐热的陶瓷材料可使涡轮机叶轮的质量大约减轻2/3,涡轮增压加速滞后的问题也在很大程度上得到改善。喷管叶片用耐热和抗腐蚀的合金钢铸造或机械加工成形。蜗壳用耐热合金铸铁铸造,内表面应该光洁,以减少气体流动损失。

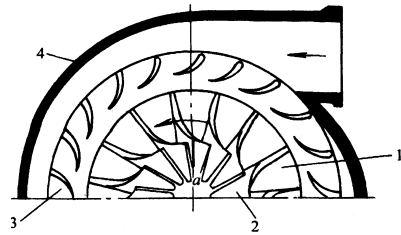


图 8.23 径流式涡轮机示意图

1—叶轮 2—叶片 3—叶片式喷管 4—蜗壳

3. 增压压力的调节

在涡轮增压系统中都设有进气旁通阀和排气旁通阀,用以控制增压压力。排气旁通阀及其控制装置在增压器上的安装位置如图8.24所示。控制膜盒1中的膜片将膜盒分为左室和右室,右室经连通管11与压气机出口相通,左室设有膜片弹簧作用在膜片上。膜片还通过连杆2与排气旁通阀3连接。当压气机出口压力,也就是增压压力低于限定值时,膜片在膜片弹簧的作用下移向右室,并带动连杆使排气旁通阀保持关闭状态。当增压压力超过限定值时,增压压力克服膜片弹簧力,推动膜片移向左室,并带动连杆将排气旁通阀打开,使部分排气不经过涡轮机而直接排放到大气中,从而达到控制增压压力及涡轮机转速的目的。

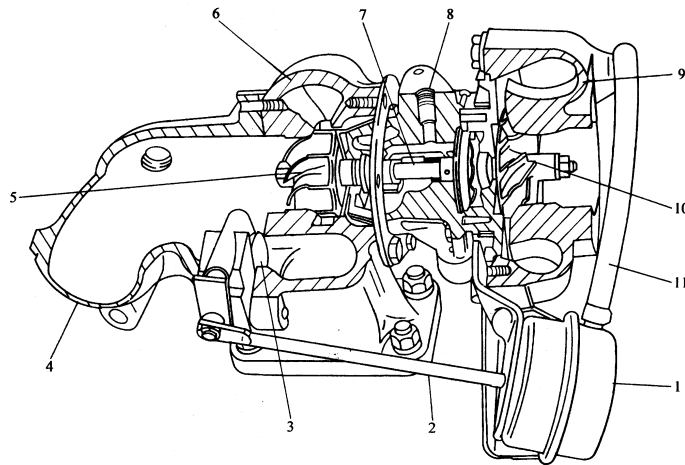


图 8.24 排气旁通阀及其控制装置的安装位置

1—控制膜盒 2—连杆 3—排气旁通阀 4—排气管 5—涡轮机叶轮 6—涡轮机蜗壳
7—增压器轴 8—中间体 9—压气机蜗壳 10—压气机叶轮 11—连通管

进气旁通阀的工作原理与排气旁通阀相似。在有些发动机上,排气旁通阀的开闭由电控单元操纵的电磁线圈控制。电控单元根据压气机出口增压压力的高低,对电磁线圈通电或断电,以开闭排气旁通阀。有的电控单元还能按照预编程序,在发动机突然加速时,允

许增压压力短时间超出限定值，以提高发动机的加速性。

4. 涡轮增压器的润滑及冷却

来自发动机润滑系统主油道的机油，经增压器中间体上的机油进口 1 进入增压器，润滑和冷却增压器轴和轴承。然后，机油经中间体上的机油出口 2 返回发动机油底壳(图 8.25)。在增压器轴上装有油封，用来防止机油窜入压气机或涡轮机蜗壳内。如果油封损坏，将导致机油消耗量增加和排气冒蓝烟。

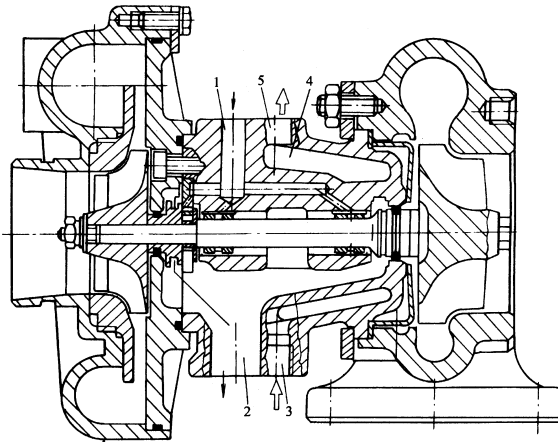


图 8.25 涡轮增压器的润滑油路及冷却水套

1—机油进口 2—机油出口 3—冷却液进口 4—冷却水套 5—冷却液出口

由于汽油机增压器的热负荷大，因此在增压器中间体的涡轮机侧设置自冷却水套，并用软管与发动机的冷却系统连通。冷却液自中间体上的冷却液进口 3 流入中间体内的冷却水套 4，从冷却液出口 5 流回发动机冷却系。冷却液在中间体的冷却水套中不断循环，使增压器轴和轴承得到冷却。

有些涡轮增压器在中间体内不设置冷却水套，只靠机油及空气对其进行冷却。当发动机在大负荷或高转速工作之后，如果立即停机，那么机油可能由于轴承温度太高而在轴承内燃烧。因此，这类涡轮增压发动机应该在停机之前，至少在怠速下运转 1min。

8.4 排气净化装置

世界各国都制定了相应的法规和标准，以期把汽车有害排放物控制在较低的水平。为了满足排放标准，必须对发动机排气进行净化。近几年来，汽车界开发和创制出许多净化排气的新技术和新装置。本节只介绍安装在发动机外部的排气净化装置：恒温进气系统、二次空气喷射系统、催化转换器、排气再循环系统、曲轴箱通风及汽油蒸发控制系统等。

汽车排放的污染物主要有一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化合物(NO_x)和微粒。CO 是燃油的不完全燃烧产物，HC 包括未燃和未完全燃烧的燃油和机油蒸汽。 NO_x 主要是指 NO 和 NO_2 ，产生于燃烧室内高温富氧的环境中。微粒主要是指柴油机排气中的碳烟。当前汽车上装备的各种排气净化装置就是为了降低上述污染物的排放。

8.4.1 恒温进气系统

恒温进气系统也称进气温度自动调节系统。其功用就是在发动机冷启动之后,向发动机供给热空气,促使汽油充分汽化和燃烧,从而减少了 CO 和 HC 的排放,又改善了发动机低温运转性能。当发动机温度升高后,恒温进气系统向发动机供给未经加热的环境空气。它是由空气加热装置(热炉)和安装在空气滤清器进气导流管上的控制装置构成的(图 8.26)。

恒温进气控制装置的工作原理如图 8.27 所示。当发动机冷启动后汽车前罩下的环境温度低于 30°C 时,双金属片式温控开关 4 将通气阀 5 开启。进气管真空度经真空软管 6 作用到真空控制膜盒 1,并吸引膜片 2 向上,膜片通过连接杆带动控制阀 9 将进气导流管 10 关闭。这时热空气从热炉经热空气管 7 进入空气滤清器(图 8.27a)。温度在 $30^{\circ}\text{C}\sim 53^{\circ}\text{C}$ 之间时,温控开关根据温度的高低部分地开启通气阀,使进气管真空度只有一部分传送到控制膜盒。在此部分真空度的作用下,控制阀部分地开启导流管。这时将有部分热空气和部分环境空气进入发动机(图 8.27b),使进气温度基本恒定。当进气温度超过 53°C 之后,双金属片式温控开关使通气阀全闭,真空软管与膜盒隔断,在这种情况下没有真空度传到膜盒,膜片在膜片弹簧 3 的推压向下移动。这时控制阀将进气导流管全部打开,而将热空气管完全封闭,于是进入空气滤清器的空气全部是环境空气(图 8.27c)。气道燃油喷射式汽油机不采用恒温进气系统。

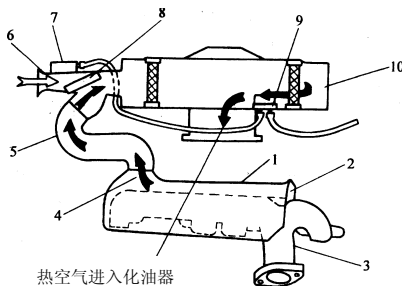


图 8.26 恒温进气系统示意图

- 1—热炉 2—冷空气入口 3—排气管 4—热空气出口
5—热空气管 6—进气导流管 7—真空控制膜盒
8—控制阀 9—温控开关 10—空气滤清器

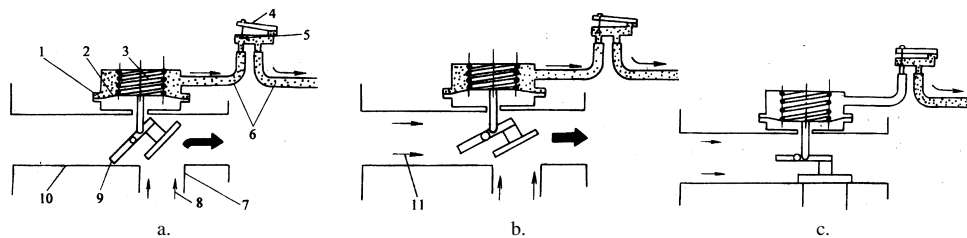


图 8.27 恒温进气控制装置工作原理示意图

- 1—真空控制膜盒 2—膜片 3—膜片弹簧 4—温控开关 5—通气阀 6—真空软管
7—热空气管 8—热空气 9—控制阀 10—进气导流管 11—环境空气

8.4.2 催化转换器 TWC

催化转换器是利用催化剂的作用将排气中的 CO、HC 和 NO_x 转换为对人体无害的气体的一种排气净化装置,也称作催化净化转换器 TWC(three-way catalytic converter)。

金属铂、钯或铑均可作催化剂。在化学反应过程中,催化剂只促进反应的进行,不是反应物的一部分。催化转换器有氧化催化转换器和三效催化转换器。氧化催化转换器只将排气中的 CO 和 HC 氧化为 CO_2 和 H_2O ,因此这种催化转换器也称为二效催化转换器。必须向氧化催化转换器供给二次空气作为氧化剂,才能使其有效地工作。三效催化转换器可

同时减少 CO、HC 和 NO_x 的排放，它以排气中的 CO 和 HC 作为还原剂，把 NO_x 还原为氮(N₂)和氧(O₂)，而 CO 和 HC 在还原反应中被氧化为 CO₂ 和 H₂O。当同时采用两种转换器时，通常把两者放在同一个转换器外壳内，而且三效催化转换器置于氧化催化转换器前面。排气经过三效催化转换器之后，部分未被氧化的 CO 和 HC 继续在氧化催化转换器中与供入的二次空气进行氧化反应。

催化转换器有两种结构形式(图 8.28)。一种是颗粒型催化转换器(图 8.28a)，由直径为 2~3mm 的多孔性陶瓷小球构成反应床，排气从反应床流过。另一种是整体型催化转换器(图 8.28b)，其中是一个有很多蜂窝状小孔的陶瓷块，排气从蜂窝状小孔流过。转换器内的陶瓷小球或陶瓷块小孔表面有一层薄薄的铂、钯或铑的镀层。小球或陶瓷块均装在不锈钢外壳内。与颗粒型催化转换器相比，整体型催化转换器有体积小、与排气接触的表面积大和排气阻力小等优点。

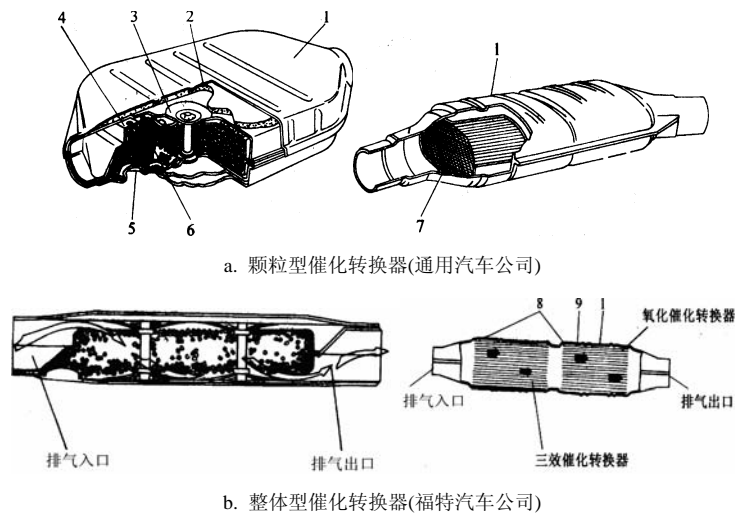


图 8.28 三效催化转换器结构

1—转换器外壳 2—隔热层 3—转换器内壳 4—挡板 5—螺塞 6—陶瓷小球 7—陶瓷块 8—密封 9—金属网

催化转换器的使用条件相当严格。首先，装有催化转换器的发动机只能使用无铅汽油。如果使用加铅汽油，铅覆盖在催化剂表面将使催化剂失效。其次，仅当温度超过 350℃ 时，催化转换器才起催化反应。温度较低时，转换器的转换效率急剧下降。因此，催化转换器都安装在温度较高的排气支管后面。第三，必须向装有三效催化转换器的发动机供给理论混合比的混合气，才能保证三效催化转换器有较好的转换效果。如果混合气成分不是理论混合比，那么，CO 和 HC 的氧化反应或 NO_x 的还原反应不可能进行得很完全。另外，发动机调节不当，如混合气过浓或汽缸缺火，都将引起转换器过热。

8.4.3 废气再循环装置 EGR

废气再循环 EGR(Exhaust Gas Recirculation)是净化排气中 NO_x 的主要方法。废气再循环是指把发动机排出的部分废气回送到进气管，并与新鲜混合气一起再次进入汽缸。由于废气中含有大量的 CO₂，可以使汽缸中混合气的燃烧温度降低，从而减少了 NO_x 的生成量。为了既减少 NO_x 的排放，又保持发动机的动力性，必须根据发动机的工况对再循环的

废气量加以控制。 NO_x 的生成量随发动机负荷的增大而增多, 因此, 再循环的废气量也应随负荷而增加。在暖机期间或怠速时, NO_x 生成量不多, 为了保持发动机运转的稳定性, 不进行废气再循环。在全负荷或高转速下工作时, 为了使发动机有足够的动力性, 也不进行废气再循环。

再循环的废气量由废气再循环(EGR)阀自动控制。由真空操纵的 EGR 阀有两种。EGR 阀安装在废气再循环通道上(图 8.29), 废气再循环通道的一端连接排气门, 另一端通进气支管。当 EGR 阀开启时, 部分废气将从排气门经废气再循环通道进入进气支管。其控制原理如图 8.30 所示。电磁阀 6 接受发动机 ECU 的控制信号, 电磁阀开启真空通路, 在进气管道真空度作用下, EGR 阀 8 上的膜片被吸起, 使阀打开, 将来自排气管的废气引入汽缸, 使 NO_x 排放降低。

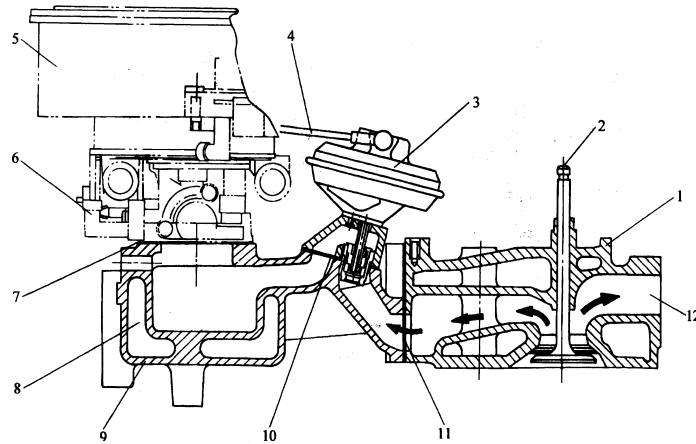


图 8.29 EGR 阀的安装位置(通用汽车公司)

1—汽缸盖 2—排气门 3—EGR 阀 4—真空软管 5—空气滤清器 6—节气门体
7、10、11—衬垫 8—循环水套 9—进气支管 12—排气道

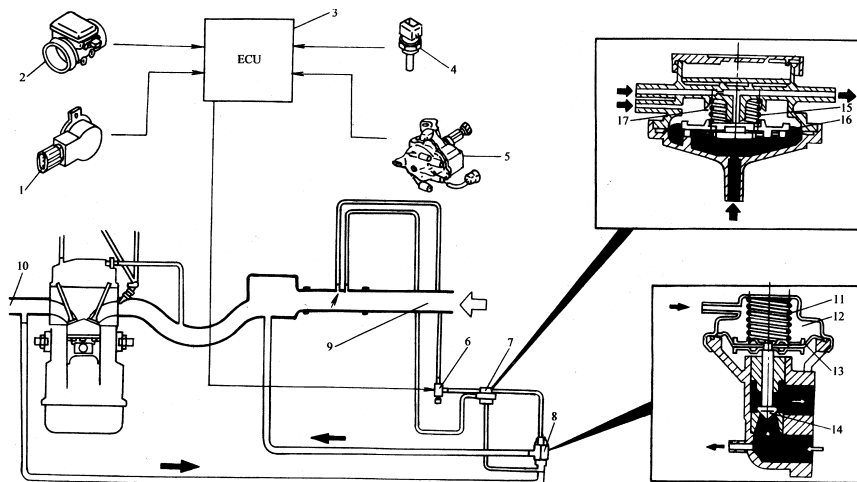


图 8.30 计算机控制排气再循环系统

1—节气门位置传感器 2—空气流量计 3—ECU 4—冷却液温度传感器 5—转速传感器
6—电磁阀 7—真空调节阀 8—EGR 阀 9—进气管 10—排气管 11、15—弹簧
12、17—真空膜片室 13、16—膜片 14—锥形阀

8.4.4 二次空气喷射 SAI

二次空气喷射系统 SAI(Secondary Air Injection)的功用是利用空气泵将新鲜空气经空气喷管喷入排气道或催化转换器,使排气中的 CO 和 HC 进一步氧化或燃烧成为二氧化碳(CO_2)和水(H_2O)。

图 8.31 所示为电控单元控制的二次空气喷射系统,它由空气泵 1、旁通线圈及旁通阀 2、分流线圈及分流阀 4、空气分配管 6、空气喷管 7 和单向止回阀 11 等组成。空气泵通常由发动机驱动,空气泵产生的低压空气称作二次空气。在分流阀与排气道之间以及分流阀与催化转换器之间均装有单向止回阀,以防止排气进二次空气喷射系统。分流线圈及旁通线圈由电控单元控制,当接通发动机点火开关之后,电源电压便施加到两个线圈的绕组上,电控单元通过对每个绕组提供接地使线圈通电。

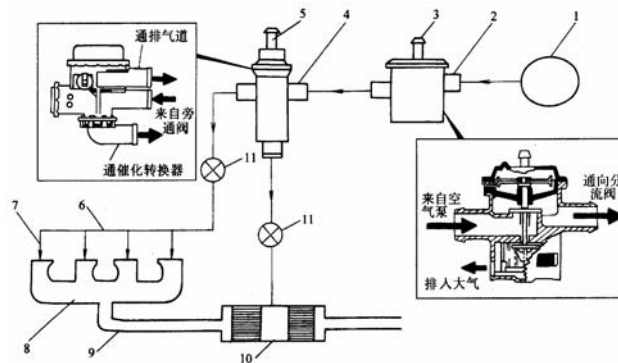


图 8.31 二次空气喷射系统

1—空气泵 2—旁通阀 3、5—真空管 4—分流阀 6—空气分配管 7—空气喷管
8—排气支管 9—排气管 10—催化转换器 11—单向止回阀

当发动机启动之后,电控单元不使旁通线圈和分流线圈通电,于是这两个线圈同时把通向旁通阀和分流阀的真空隔断,这时空气泵送出的空气经旁通阀进入大气。这种状态称作启动工作状态,其持续时间的长短决定于发动机的温度。如果发动机温度很低,启动工作状态将持续较长时间。发动机在预热期间,电控单元同时使旁通线圈和分流线圈通电。这时进气管真空度分别经旁通线圈和分流线圈传送到旁通阀和分流阀。空气泵送出的空气此时经旁通阀流入分流阀,再由分流阀流入空气分配管,最后由空气喷管喷入排气道。当发动机在正常的冷却液温度下工作时,电控单元只使旁通线圈通电而不使分流线圈通电,通向分流阀的真空度被分流线圈隔断。这时,空气泵送出的空气经旁通阀进入分流阀,再经分流阀进入氧化催化转换器。

8.4.5 柴油机微粒过滤器 DPF

微粒是柴油机排放的主要问题。对车用柴油机排气微粒的处理,主要采用过滤法。微粒过滤器的滤芯由多孔陶瓷制造,它有一定的过滤效率。排气穿过多孔陶瓷滤芯进入排气管,而微粒则滞留在滤芯上。过滤器工作一段时间后,需及时清除沉积在滤芯上的微粒,以恢复过滤器的工作能力和减小排气阻力。为此,在过滤器入口处设置一个燃烧器,通过

喷油器向燃烧器内喷入少量燃油，并供二次空气，利用火花塞或电热塞将其点燃，将滞留在滤芯上的微粒烧掉(图 8.32)。

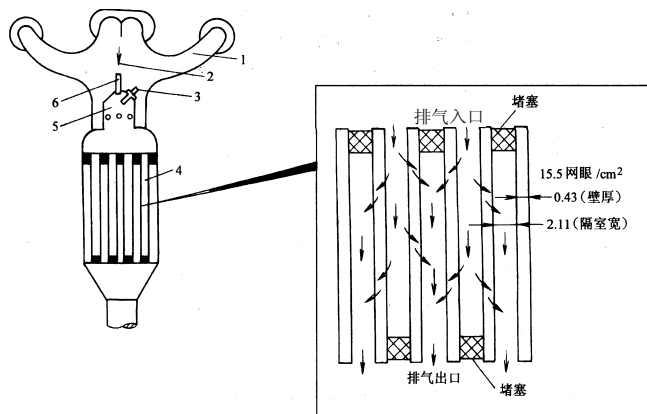


图 8.32 柴油机微粒过滤器

1—排气支管 2—燃油 3—电热塞 4—滤芯 5—燃烧器 6—喷油器

8.4.6 强制式曲轴箱通风系统 PCV

强制式曲轴箱通风系统 PCV (Positive Crankcase Ventilation)的作用是防止曲轴箱气体排放到大气中。在发动机工作时，会有部分可燃混合气和燃烧产物经活塞环由汽缸窜入曲轴箱内。当发动机在低温下运行时，还可能有液态燃油漏入曲轴箱。这些物质如不及时清除，将加速机油变质并使机件受到腐蚀或锈蚀。窜入曲轴箱内的气体中含有 HC 及其他污染物，不允许把这种气体排放到大气中。

PCV 系统的组成如图 8.33 所示。当发动机工作时，进气管真空度作用到 PCV 阀 6，此真空度还吸引新鲜空气经空气滤清器 1、空气软管 2 进入汽缸盖罩 5 内，再由汽缸盖和机体上的孔道进入曲轴箱。新鲜空气在曲轴箱内与曲轴箱气体混合后经汽缸盖罩 5、PCV 阀 6 和曲轴箱气体软管 7 进入进气管，最后经进气门进入燃烧室烧掉。

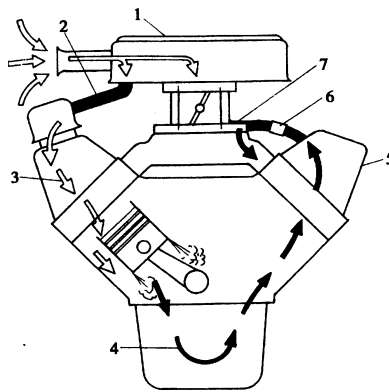


图 8.33 强制式曲轴箱通风系统示意图(福特)

1—空气滤清器 2—空气软管 3—新鲜空气 4—曲轴箱气体
5—汽缸盖罩 6—PCV 阀 7—曲轴箱气体软管

在 PCV 系统中最重要的控制元件是 PCV 阀，其功用是根据发动机工况的变化自动调节进入汽缸的曲轴箱气体的数量。

(1) 发动机不工作时 PCV 阀的开度 当发动机不工作时，PCV 阀中的弹簧 2(图 8.34) 将其中的锥形阀 3 压在阀座 4 上，关闭了曲轴箱与进气管的通路(8.34a)。

(2) 发动机在怠速或减速时 PCV 阀的开度 在怠速或减速时，进气管真空度很大，真空度克服弹簧压力把锥形阀高高吸起，这时锥形阀 3 与 PCV 阀体 1 之间只有很小的缝

隙(图 8.34b)。因为发动机在怠速或减速工作时,窜入曲轴箱的气体很少,所以 PCV 阀开度虽小,但足以使曲轴箱气体流出曲轴箱。

(3) 部分节气门开度时 PCV 阀的开度 节气门部分开度时的进气管真空度比怠速时小,在弹簧的作用下锥形阀与阀体间的缝隙增大(图 8.34c)。因为在部分节气门开度下发动机的负荷比怠速时大,窜入曲轴箱的气体较多,所以较大的 PCV 阀开度可以使所有曲轴箱气体被吸入进气管。

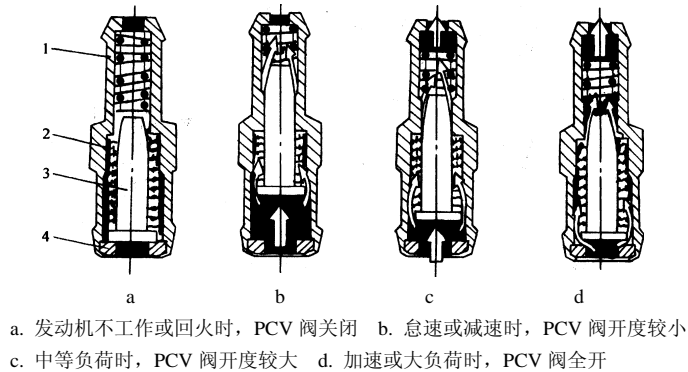


图 8.34 发动机各种工况下的 PCV 阀开度

1—PCV 阀体 2—弹簧 3—锥形阀 4—阀座

(4) 发动机在大负荷工作时 PCV 阀的开度 发动机在大负荷工作时,节气门全开,进气管真空度较小,弹簧将锥形阀进一步向下压,使 PCV 阀的开度达到最大(图 8.34d)。因为大负荷时将产生更多的曲轴箱气体,所以只有 PCV 阀开度很大才能使曲轴箱气体全部流入进气管。

(5) 进气管回火时 PCV 阀的开度 如果进气管发生回火,进气管压力增高,锥形阀落在阀座上,如同发动机不工作时一样,以防止回火进入曲轴箱而引起发动机爆炸。

当活塞或汽缸严重磨损时,将有过多的气体窜入曲轴箱,这时即使 PCV 阀开度最大也不足以使这些气体都流入进气管。在这种情况下,曲轴箱压力将会升高,部分曲轴箱气体经空气软管和滤网进入空气滤清器。

8.4.7 汽油蒸发控制系统 EVAP

汽油箱和化油器浮子室中的汽油随时都在蒸发汽化,若不加以控制或回收,则当发动机停机时,汽油蒸汽将逸入大气,造成对环境的污染。汽油蒸发控制系统的功用便是将这些汽油蒸汽收集和储存在炭罐内,在发动机工作时再将其送入汽缸烧掉。

典型的汽油蒸发控制系统如图 8.35 所示。炭罐 5 内填满活性炭 6。当发动机停机后,汽油箱 1 中的汽油蒸汽经气、液分离器 3 和汽油蒸汽管 4 进入炭罐 5。浮子室 12 中的汽油蒸汽则经汽油蒸汽管 15 进入炭罐。汽油蒸汽进入炭罐后被其中的活性炭吸附。当发动机启动之后,进气管真空度经真空软管 10 传送到限流阀 8,在进气管真空度的作用下,限流阀膜片上移并将限流孔开启。与此同时,新鲜空气自炭罐底部经滤网 7 向上流过炭罐,并携带吸附在活性炭表面的汽油蒸汽经限流孔和汽油蒸汽管 9 进入进气支管。

炭罐的外壳一般由塑料制造,内部填充活性炭颗粒。炭罐顶部有限流阀,用来控制进入进气支管的汽油蒸汽及空气的数量。发动机怠速时,传送到限流阀膜片室的真空度很小,致使孔径为 1.40mm 的限流孔关闭,只有少量的汽油蒸汽及空气从孔径为 0.76mm 的限流孔

流入进气支管，以免破坏怠速时混合气的空燃比。发动机在大负荷或高转速工作时，作用在限流阀膜片上的真空度增大，限流阀全开，大量的汽油蒸汽及空气同时经两个限流孔流入进气支管。

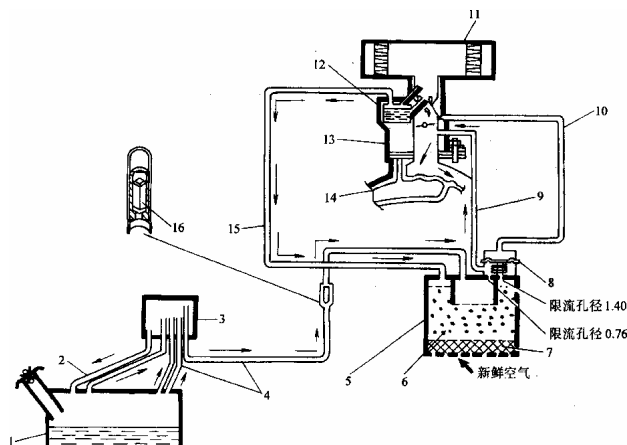


图 8.35 汽油蒸发控制系统

1—汽油箱 2—回油管 3—气、液分离器 4、9、15—汽油蒸汽管 5—炭罐 6—活性炭 7—滤网
8—限流阀 10—真空软管 11—空气滤清器 12—浮子室 13—化油器 14—进气支管 16—节流阀

气、液分离器用来分离液态汽油和汽油蒸汽，以防止液态汽油流入炭罐。分离器安装在汽油箱顶部，主要由一组出口朝上的管子组成，其中三根通气管分别接在汽油箱的中央和两侧。这样，不论汽车如何倾斜，至少会有一根通气管高于汽油的液面，使汽油蒸汽得以经汽油蒸汽管 4 进入炭罐。分离出来的液态汽油从回油管 2 流回汽油箱。

思 考 题

1. 空气滤清器的作用是什么？它有几种类型？常用的有哪几种类型？
2. 为什么发动机在大负荷、高转速时应装备粗短的进气支管，而在低转速和中、小负荷时应装备细长的进气支管？
3. 进、排气支管布置方式有哪几种？
4. 为什么汽车发动机要安装排气消声器？排气消声器的原理是什么？排气消声器采用什么方法来实现它的工作原理？
5. 试述废气涡轮增压器的工作原理。
6. 为什么说恒温进气系统是一种排气净化装置？
7. 催化转换器在什么情况下会过热，为什么？
8. PCV 阀堵塞会有什么后果？
9. 在什么情况下不进行废气再循环，为什么？
10. 何谓二次空气喷射？有何作用？
11. 炭罐起何作用？是如何工作的？