

1 概 述

跨越仟禧，现代生活就是装在轮子和机翼上的，汽车除载重等产业之用，作为代步和休闲工具已经走入中国民众的生活，拥有私家车的有车族已经成为一个巨大的消费群体。

汽车工业和汽车售后服务业对化学材料的需求已经十分可观，尤其是汽车售后服务中大量使用各种化学用品，使汽车尤其是轿车做到了在整个使用寿命期间不解体大修，保证良好的运行状况，极大地方便了用户的使用，为用户节约了大量的维修费用和时间，这是汽车自发明以来又一次重大的技术突破和理念更新，是一个新兴产业，预示着极好的产业技术和经济增长的发展空间。

汽车工业的发展是与化学工业的发展密不可分的，最为直观的就是汽车必须依靠化学工业提供的燃料、必须的润滑剂等等，其实化学工业与汽车工业的关系远不止这些，化学品的使用贯穿于汽车的生产、使用一直到报废回收的全过程。而且，汽车生产工业和车辆运行中化学品的使用比例在近年来一直稳步上升，在一些方面已经到了不可或缺的程度。尤其是随着表面工程技术、复合材料技术、精细化工技术、催化技术、摩擦化学技术、固体润滑技术、粉末冶金技术等在汽车生产和售后服务业中的大量运用，在汽车生产和售后服务的大多数环节已经不可能排除化学品的应用了。

具体到汽车生产中，聚合物材料在汽车结构材料和装饰上的应用十分普遍，其中聚丙烯在汽车上的使用已占到汽车中塑料总量的30%，主要用于汽车内装饰件（如前机罩板、门内衬、顶棚后装饰、仪表盘、座位安全带牵拉器罩、工具箱、加热器／空调器风道、座位基座、加速器踏板、方向盘等）、外装饰件（包括保险杠系统、散热器格栅、垂直嵌板、防护板、信号灯罩等）、箱罩下的部件（包括熔断器盒罩和连接装置、防护板衬里、加热器／空调器的外壳、液体存储器、鼓风机

叶轮、散热器风扇罩及空气清洁器等)。1996 年北美每辆汽车的塑料用量中仅聚丙烯就为 31.8kg，预计到 2001 年将增加至 40.8kg。据汽车行业塑料应用调查显示，我国汽车塑料总用量和聚丙烯所占比例见下表。汽车用塑料油箱主要由 HDPE 及渗透阻断物料 PA、EVOH、PAN、PVDC 等制成。液化石油气和压缩天然气储罐内衬滚塑加工的改性聚合物内胆的技术已经在国内得到应用。橡胶更是化学品在汽车生产工业中的老鼻祖，汽车能够在速度上超过马车飞驰的功劳几乎可以有一半是橡胶轮胎的应用，也就是在汽车成为真正意义上的汽车之时，橡胶就已陪伴着汽车不断前进并荣辱与共，而且是具有不可动摇地位的常青树。

国产汽车塑料应用情况 /kg

车型	BJ-632A	夏利	南京 IVECO	上海 SANTANA	大发
总量聚丙烯比例/%	91.19	37.54	56.56	50.58	9.91
	40.65	19.52	25.21	25.9	5.5
	44.58	52	25.31	25.9	55.5

不仅如此，橡胶还在汽车电器、管路、减震材料、密封件以及雨刮器、传动皮带、制动器导套的防尘罩等部件上有着重要的应用。覆胶钢板取代石墨成为汽车气缸盖密封垫片的主要材料，展示了复合材料在提高燃料的利用率、减少排放污染、借更高的性能预测性从而加快产品的开发周期等方面的巨大优势。现代汽车中，一辆轿车，轮胎约重 46kg，其他橡胶件重 57kg，有将近 750 个橡胶件；一辆中型载重汽车，其橡胶配件多达 300 余种，重约 300kg，重量占整车用材的 10% 左右。

车身涂料和防锈涂料是又一种重要的汽车化学品，这当中包括涂料的各种树脂、颜料以及必要的其他组分。广义地讲，汽车涂料可分为汽车车身用漆、发动机部件用漆、底盘用漆、铸锻件冲压件用漆、车内装饰件用漆和特种用漆。其中车身用漆是最主要的，一般由底漆、中间涂层和面漆组成。就涂料工业而言，汽车涂料在全部涂料产量中是最大的品种之一，所占比例高达 20%。

用于转向、传动、空调等的润滑脂类也是汽车化学品长期致力于的研究开发领域，与此同时，固体润滑材料和自润滑材料及其技术在这些方面的应用也取得了极大的成功，为汽车寿命的延长以致全寿命免解体维护保养奠定了坚实的基础。

一些性能优良、使用方便的胶粘剂的应用使汽车在气缸缸体和机油底壳密封、驾驶舒适、噪音减少、稳定结构等方面得到了保证。汽车中的本体结构、内衬材料、隔音材料、隔热材料、座椅及刹车片等的粘结，需要多种具有不同性能的胶粘剂，如把各种胶粘剂的用量加在一起，每辆车用量达 23kg 之多。

化学品除为汽车制造业提供日益丰富、有效的结构和非结构材料以外，在汽车售后服务中的作用也日益突出，这也是本书要探讨的主要内容。因为在本书中将详细介绍作为汽车养护品的汽车用精细化学品，在此不过多地介绍其具体情况。根据专家的估计，汽车售后服务已成为一个利润丰厚、市场极为广泛、很有发展空间的新兴行业。要特别指出的是汽车售后服务已经不可能离得开汽车养护品。汽车养护品在汽车售后服务中的产值已经超过汽车零配件销售的产值，到 2000 年几乎是后者的两倍之多。与此同时，汽车养护品已经普遍地存在于市场之上，而且不断地推陈出新，技术竞争也日趋严峻，这已经引起汽车制造业、维修业和精细化工业的高度重视。

作为汽车养护品的汽车用精细化学品的分类，目前还未有一个统一的标准。1998 年底在中国汽车工业协会汽车相关工业分会汽车养护品专业委员会和国家技术监督局质量咨询部召集的有关汽车养护品工作的会议上，来自汽车售后服务和维修养护业的专业人员、管理人员等曾就汽车养护品的分类作过一些讨论，对养护品的分类大体上有三种意见：

①按照汽车生产使用及报废回收的全过程，把汽车养护品及其服务划为汽车售后服务的领域，认为汽车养护品应按照使用的前后顺序加以分类；

②按照汽车整车构造区别发动机、传动系统、车身及外壳和舒适及电器系统等而分类；

③按照汽车养护品在使用中所起的作用，分为功能性和装饰性（美容品）两种。

本书将介绍汽车用精细化学品的使用品种、功能，除介绍这些产品的配方及简单的制造工艺外，还给出这些产品的使用方法，同时探讨其所基于的理论基础和作用机理。

2 燃油系统

燃油作为汽车发动机的燃料，经过气缸的燃烧做功，将其化学能转化为热能继而转化为机械能。燃油系统的工作过程是：储存在汽油箱中的汽油或柴油经燃油滤清器除掉其中的杂质，由油泵泵送到化油器或燃油喷射装置中去，燃烧做功。

2.1 燃油中化学品的作用

汽车燃油分为汽油和柴油，这些油料是石油化学工业的主要产品之一。使用添加剂是改善石油燃料作为汽车燃油性能的最经济而又十分有效的重要手段。

在汽油和柴油生产的时候，许多燃油加入添加剂，改善了其储存安定性、燃烧性等。这些添加剂的加入量十分有限，一般仅百分之几、千分之几，甚至百万分之几。生产中加入的燃油添加剂主要有汽油抗爆剂、早燃防止剂、抗氧剂、金属（钝化）减活剂；柴油十六烷值提升剂、降凝（倾）剂、防腐剂、助燃剂、染色剂等。

汽车在使用阶段，为了达到节约燃油、保护环境、防止气缸裙与活塞环等部件的磨损、定期清洁油路和燃油喷射装置或化油器等目的，经常要使用一些补充型的添加剂，常用的有助燃剂、化油器清洗剂、电喷清洗剂、积炭清洗剂和一些具有综合效果的燃油添加剂。

通常把燃油的供给管路、泵送、喷射部件的清洁和保养用添加剂也归为燃油添加剂之中，是因为它们一般也是加入燃油中使用或者在燃油添加剂中含有这些功能的组分。

本节首先介绍燃油在发动机内的燃烧过程，便于读者更好地理解各种燃油添加剂的作用机理，指导它们的开发、生产和使用。

(1) 汽油的燃烧

汽油是由含 4~12 个碳原子的烷烃、环烷烃、芳烃和烯烃等组成

的混合物，沸程为 $25\sim 205^{\circ}\text{C}$ ，最高可到 220°C 。汽油的密度在 20°C 时为 $0.65\sim 0.75\text{kg/L}$ ，燃烧热量为 50.2MJ/kg 。

汽油中含有几百种化合物。环保要求芳烃化合物的体积含量在 5% 以下，其中苯的体积含量在 1% 以下。众所周知苯可使人患白血病而必须严加控制。

汽油发动机是奥托 (Otto) 循环内燃机。汽油发动机大多数以四冲程循环工作，少数小型汽油机是二冲程的。四冲程发动机经过进气、压缩、燃烧、排气等四个冲程，使曲轴回转两周；而二冲程发动机只有压缩和燃烧过程，是由曲轴回转一次完成两个冲程的，其进气和排气是在活塞运动的同时完成的。在吸气过程中利用化油器的喷雾原理或电子喷射的自动喷射将汽油混入进气道内的空气之中，经过压缩冲程，汽油在气缸内形成均匀的混合气，火花塞产生电火花点燃汽油燃烧，膨胀冲程开始，剧烈的燃烧形成高达 $2.5\sim 4.5\text{MPa}$ 的爆发压力，推动活塞做功，燃烧室温度和气压急剧降低，温度降到 80°C 以下、压力降到 0.2MPa 以下，排气冲程开始。

简单地讲燃烧就是汽油等易燃物质被急剧氧化的现象，是一个剧烈的氧化还原过程，涉及复杂的机理。汽油在发动机气缸内的燃烧过程可以通过气缸压力-曲轴转角示功图 (图 2-1) 来表达。图中的纵坐标表示气缸内压力 p (MPa)，横坐标表示曲轴转角 φ (度)，实线是点火时气缸内压力变化情况，虚线是不点火时压力变化情况。通常根据压力变化的发展特征将燃烧过程分为三个期间。

①诱导期 从电火花点火到形成火焰中心这一期间称为诱导期。点 1 表示电火花开始点火，点 2 表示火焰中心形成。发动机在压缩行程中，由于混合气体不断被压缩，压力和温度不断上升，汽油中部分分子开始逐渐缓慢氧化，直至压缩行程接近终了时，控制系统开启电火花高压使火花塞产生电火花，但未能立刻出现火焰。温度压力的进一步升高使得汽油分子的氧化速度加快，释放出更多的热量。当达到一定温度时就出现闪光、发光现象，从而生成火焰中心。以时间来看诱导期 (图上以 1 表示) 只占全部燃烧过程时间的 15%，是比较短暂的，但是就其在整个燃烧中的作用而言，还是对燃烧过程有较大的

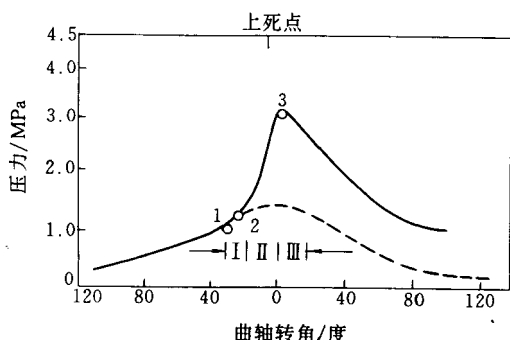


图 2-1 汽油机燃烧过程示功图

(气缸压力与曲轴转角的关系)

1—开始点火点；2—形成火焰中心；3—最高压力点

I—诱导期；II—燃烧期；III—补燃期

注：虚线为不点火时气缸内压力变化

影响。

②**燃烧期** 燃烧期是指从火焰中心形成到火焰传播至燃烧末端的期间。 $p-\varphi$ 图上以II表示。正常情况下，燃烧室内火焰前锋是一个近似的球状面，以 $15\sim 35\text{m/s}$ 的传播速度向未燃烧的区域推进。随之气缸内压力急剧上升，最大压力出现在上死点，这时的曲轴转角约为 $10^\circ\sim 15^\circ$ 。几乎绝大部分汽油的热量是在燃烧期内释放出来的，燃烧期中对于发动机的功率和经济性有决定作用的是燃烧期时间的长短、燃烧放热是否在活塞接近上死点的同时进行。燃烧期的长短，主要是由汽油与空气混合后的混合气体的燃烧速率决定的。燃烧速率是指单位时间内在单位火焰面积上燃烧混合气体的质量。燃烧速率越快，燃烧时机越接近活塞的上死点，混合气体燃烧后的膨胀比越大，气缸做功就越多，发动机的动力性和经济性也就越好。尽管如此，由于燃烧过程还要通过气缸缸体、活塞等机械部件来实现发动机的运转，燃烧速率过快会引起发动机的振动，产生噪音，所以燃烧速率对于不同的发动机有一个最佳的区间。而现实使用中，燃烧速率主要由汽油的性质、汽油与空气混合后的混合气体的浓度来决定。

③补燃期 汽油与空气的混合气体中一些少量的残余汽油和燃烧不完全的产物继续诱导期和燃烧期之后燃烧放热，这时膨胀过程已经开始，气缸内的压力已经从最高值开始下降。从气缸内压力开始下降起，到燃烧结束止的阶段为补充燃烧期，简称为补燃期。 $p-\varphi$ 图上以Ⅲ表示。补燃期的热能很少转化为有效功，甚至消耗有用功。补燃期的加长会使发动机的经济性降低，补燃期尽可能短对汽油发动机的效率提高、排放污染的降低是十分重要的。

(2) 柴油的燃烧

柴油机是压燃式内燃机，称为狄塞尔（Diesel）循环内燃机。柴油是加压喷射到燃烧室内受到高度压缩的空气点燃的。燃油喷射主要通过各种形式的喷油嘴来实现，喷射压力要求较汽缸压缩终了压力高出很多，以保证良好的雾化和混合气体的产生。当蒸发中燃油雾滴表面在灼热的空气中达到自燃温度，燃油雾滴就开始着火。

柴油机有直接喷射式燃烧室和燃烧室分别为涡流室式、预燃室式的分开式燃烧室两大类。在所有的柴油机中，直接喷射式柴油机的燃烧效率最高，燃油经济性最好，在大型柴油机和中等功率柴油机领域内，直接喷射式是惟一的选择形式。实验证明，直接喷射式柴油机的有效燃油消耗率一般低于 $200\text{g/kW}\cdot\text{h}$ ，为其他任何形式的燃烧室所不能及。近年来小型柴油机也愈来愈多地采用直接喷射式。在直接喷射式柴油机中，燃油喷入同一燃烧室中，而不是分开或分段喷入。实现燃油与空气在燃烧室内的均匀混合是非常重要的，用一般的方法很难达到，而且要求大量过剩的空气，在冒烟极限时，空气过剩系数达到 $1.6\sim 2$ 为了达到良好程度的均匀混合，用在气缸中产生定向涡流的方法来实现。通过进气门上的导气屏、切向布置的进气口等都是实现涡流混合的方法，现代柴油机常用的是螺旋进气道，它不仅能够使油气在混合时得到强烈的旋转，而且能够把这种剧烈的旋转保持到燃烧阶段。大多数直喷式柴油机采用多孔喷油嘴，与空气的涡流或者涡流加紊流相结合改善了混合气体的均匀形成过程。在冒烟极限下空气过剩系数可以降低到 $1.3\sim 1.4$ 。燃烧室设在活塞顶部的柴油机，活塞向上运动时，空气被挤向燃烧室，产生的径向挤压涡流在活塞接近上

止点时达到最大，燃油液正好在此时开始喷射，这种挤压涡流也促进了燃油与空气的混合。见图 2-2。

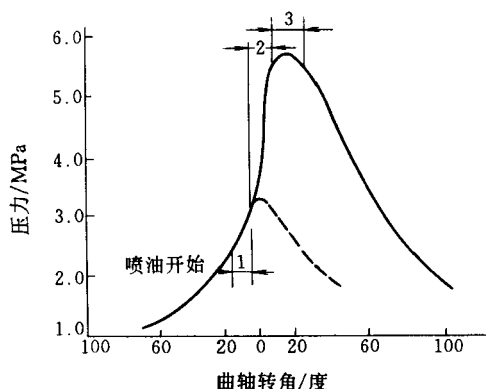


图 2-2 柴油机气缸压力与曲轴转角示功图

1—诱导期；2—燃烧期；3—慢燃期

分开式燃烧室被明显地分隔为两部分，一部分由活塞顶面和气缸盖底面组成，作为主燃烧室；另一部分在气缸盖内，作为副燃烧室。主、副燃烧室之间由一个或多个孔状通道相连接。涡流室式与预燃室式柴油机的主、副燃烧室之间的连接形式相比较，涡流室式燃烧室的连接通道的截面积相对较大，空气流动的阻力比较小，可以减少流动能量损失，减少功率消耗，通道的位置设计使进入副燃烧室的空气产生很高转速的涡流，通常在截止压缩终点之前让大部分的所需空气进入涡流室内。从燃油燃烧在主、副燃烧室的分配来看，大部分的燃油在涡流室内混合燃烧，尚未燃烧的燃油在膨胀行程之初与燃烧产生的其他气体一起高速喷入主燃烧室内，与主燃烧室内的空气进一步混合燃烧。因此，涡流室式燃烧室柴油机的特点是对发动机转速的变化不敏感、高速性能好；对燃油系统的要求较低，故障较少；运转平稳，排放污染较少，使用性能较为可靠。与直接喷射式柴油机比较其缺点是热损失和流动能量损失较大，燃油消耗率较高，冷起动较困难，部件热负荷较高，容易被烧蚀和开裂等。

分开式燃烧室的另一种形式是预燃烧室式，总体上由预燃烧室和主燃烧室构成，一般预燃烧室与主燃烧室之间由一个或多个通道相连通，通道总截面要比涡流室式小一些。燃油是用单孔喷油嘴穿过预燃烧室对着通道口喷射，燃油在预燃室内首先着火后，燃烧产物连同后续喷入的燃油一道，以较大的流速穿过灼热的通道喷入主燃烧室，燃油和空气在主燃烧室内得到更好的、更充分的混合继而燃烧。气体以高速流过截面很小的预燃室与燃烧室之间的通道是要损失一些能量的，这部分损失的比例一般在 10% 左右。减少预燃室的容积可以在一定的条件下减少损失，改善燃油的经济性。通常用较低的空气过剩系数预燃室式柴油机就可以工作，并能够获得好的功率指标，即便空气过剩系数在 1.2 之低时预燃室式柴油机仍然可以有好的表现。除此以外，预燃室式柴油机的优缺点与涡流室式基本相同。

采用给气的增压成为柴油机应用越来越普遍的技术。通过增压可以使原有尺寸的发动机输出更大的功率，同时可以提高发动机的效率，减少排放污染，降低噪音。其实质是增加进入气缸的空气密度，在相同容积的气缸内有更多质量的空气，从而可以保证更多的燃料喷入并得到燃烧。提高空气在气缸内的密度的方法是采用压气机给进入气缸的空气加压，对于中小型柴油机一般采用废气涡轮增压器，原理是柴油机排放的废气的能量通过涡轮传递给压气机，对空气进行压缩。

在排放上，柴油机和汽油机有着较大的差别。柴油机不像汽油机那样通过控制节气门来控制进入气缸的空氣的量，当活塞下行，柴油机的气缸就直接吸入空气，或用增压器压入空气，空气过剩系数大，使气缸内有足够的空气便于全部燃料的完全燃烧。因此，柴油机排放的废气中 CO 和碳氢化合物（以 HC 表示）的含量较低，但是由于柴油机的压缩比比汽油机大，相对而言 NO_x 含量要比 CO 和 HC 含量高一些。从排放来讲，柴油机要比汽油机更具有环保优越性。值得注意的是柴油机排放的有害物质中含有固体颗粒和烟炭，是汽油机所没有的。柴油机减少排放污染的重点是减少 NO_x 和颗粒物的排放量，方法主要有合理设计燃烧室、燃料喷射正时的精确、燃油喷射的质量、EGR（废气再循环 Exhaust Gas Recirculation）等措施来减少 NO_x 含量，在排气

管上安装颗粒收集器来减少颗粒排放。现代柴油机为满足有关法规对排放的要求，在活塞和缸套间的结构上有尽量减小活塞环和气缸套之间的缝间隙的趋势。因为燃油和空气的混合气体在此缝间隙内紧贴缸套，使这部分混合气体在燃烧室内气体急剧燃烧时达不到完全燃烧的条件，使废气中 CO 和 HC 的含量增加，现在缝间隙从 1~2mm 减少到 0.4~0.5mm，并将第一道压缩环的位置上移，这样就减少了缝间隙内 CO 和 HC 的产生。但是，第一环的上移意味着第一环槽的温度升高，容易在环槽内产生积炭，这给清洁分散和润滑提出了更高的要求。

柴油机气缸中柴油的燃烧是在气、液两相共存的情况下进行的，经历着混合、蒸发、雾化、飞溅等过程，如此才得以形成混合气体，当混合比例在可燃范围内时，一旦达到自燃温度就开始着火并燃烧。混合气体是一边形成一边燃烧的，整个过程充满灼燃料与气体间、液体与燃烧产物间、气体与燃烧产物间等相互运动和作用，是一个比较复杂的过程，有许多影响因素和制约条件，通过对这些因素和条件的研究，引进了不少很有立意水平和使用价值的精细化学品，对柴油机性能的提高和环境友好的改善是非常重要的。柴油机的燃烧过程是非常短暂的，高速柴油机的燃烧膨胀时间只有 0.003~0.006s。整个燃烧过程是一个连续而又复杂的雾化、蒸发、混合和氧化燃烧过程，沿时间过程可分为滞燃期（又称为诱导期）、速燃期（又称为燃烧期）、慢燃期等三个阶段。

①滞燃期 这是燃烧的准备阶段，即柴油燃料从喷入燃烧室到开始着火止。柴油喷入燃烧室以后，迅速雾化蒸发，与高温空气形成混合气体，一些氧化反应开始进行。烃分子和一些其他高活性分子被氧化为活性更高的过氧化物，过氧化物的浓度达到一定的自燃范围就开始着火。虽然滞燃期很短，但其间所存在各种化学反应以及反应进行的快慢等对柴油机的工作性能有很大的影响。一些柴油添加剂的工作原理就是在这阶段采用调整柴油燃烧的滞燃期及其间的燃烧、氧化反应和介质运动的进程、方式等达到节能和环保的目的，其中最重要的就是十六烷值调整剂、燃油挥发相变过程、柴油组分等。

②速燃期 柴油着火后迅速燃烧的阶段即为速燃期，速燃期内压

力、温度很快上升，正常燃烧时，曲轴的转动角度与压力上升的关系是 $0.3 \sim 0.6 \text{ MPa/度}$ ，在这样的条件下发动机平稳工作，如果压力上升过快，超出这一范围，就会出现柴油机工作粗暴的现象。速燃期压力上升的速度与滞燃期的长短有关，滞燃期长则着火后压力上升过快，柴油机工作不好。

③慢燃期 这个阶段的特点是燃烧室内温度很高，燃油一经喷入就立即着火，处于最高的压力状态。这个阶段柴油燃烧完全与否，在空气利用率、经济性能以及排烟颜色上都有明显的反映。在这一阶段要求把大量的燃油迅速燃烧完毕，防止后燃现象的发生。这也是柴油添加剂大有作为的阶段。

（3）燃油系统对燃油添加剂的要求

汽油中加入一些添加剂，首先是对汽油性质的改善，使汽油具有更好的蒸发性、安定性、抗腐性和其他要求的性质，以满足更好的经济性和更清洁的环保性能的要求。一些新的研究表明，通过在汽油中加入合适的添加剂可以改善燃油的性能，取得令人满意的结果。针对汽油燃烧的特点，人们就 20000 多种物质的抗爆剂作了大量的实验研究，以及对汽油分子的结构和性能的对性的探讨，辅助汽油异构化和芳构化的添加剂应运而生，大量使用异辛烷和甲基叔丁基醚（MTBE）、甲基叔戊基醚（TAME）等以减少燃油消耗和改善环保。

从汽油机的诱导期要求汽油在进入发动机气缸之前必须经过化油器或者电子喷射装置与空气混合，新近发展的电子多点喷射技术能使汽油更好地气化，进一步与空气混合。随着发动机转速的提高，汽油在发动机内蒸发和形成混合气体的时间只有百分之几秒。为了形成均匀的可燃混合气体，除考虑燃油供给通道结构外，汽油的蒸发性具有决定性的作用。添加合适的物质能够促使汽油在流动的气流中分散为细小的颗粒的同时立即蒸发，弥补一些汽油本身蒸发性能方面的欠缺，这已经引起了不少开发人员的注意，且取得了一些很好的技术成果，也已经在燃油添加剂中有了体现。改善汽油的蒸发性能目前考虑较多的有以下三个方面。

①改善热量传递 热量传递的基本方式是传导、对流和辐射，在

汽油喷入雾化蒸发的过程中，改善其热传导和对流是可以通过加入一些精细化学品得以实现的，传导热量是从物体高温部分向同一物体的低温部分传递，或者从高温物体向另一个与其接触的低温物体传递。在这些物质中常用的是一些低分子量、高异构化的醇类。还有一类具有水的分散作用，把存在于油道与油箱内的积水均匀分散于汽油之中，且根据加入这种分散剂的多少而适量地将水分散，严格控制水的量，这些水在汽油的诱导期是能起很重要的作用的，其中它良好的传热性能就是一例。表 2-1 是一些物质分别在汽、液态时的热导率，可见，在低温下水的热导率明显较其他物质为高，能使热量尽快地在燃料分子间传递，其他物质的利用也同样基于这样改善热传递或类似作用的考虑。

表 2-1 热导率 (计算值)

物 质	状 态	温 度/°C	热导率 ^① ×10 ³ /cal·s ⁻¹ ·cm ⁻¹ ·°C ⁻¹
水	液	4.1	1.29
		40.8	1.555
	气	100	5.510
甲 醇	液	12	0.495
	气	100	5.161
乙 醇	液	51	0.369
	气	100	4.98
辛 烷	液	4	0.375
	气	100	4.9
戊 烷	液	14	0.2056
	气	100	5.105

① $1\text{cal} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 418.68\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

②降低汽油雾滴的表面张力 汽油在雾化过程中形成油滴的大小 ϕ 与其自身表面张力 γ 的大小成正比，与空气流速 v 的平方成反比 ($\phi = k\gamma/v^2$)，汽油的表面张力越小，雾化过程中油滴的直径就越小，在喷入油质量总量相同的前提下，总的油滴蒸发面积越大，蒸发速度就越快。在汽油的各组分中，芳烃的表面张力最大，烷烃最小。改善汽

油的表面张力，使喷雾中油滴内芳烃和烷烃的表面张力尽量得以接近，也是汽油添加剂着重考虑的方法之一。也有一些对芳烃等施以物理的作用使之能够在热能活化的同时或之前得到其他活化的物理方法来改善蒸发性能，最近报道的磁共振剂技术、供油管磁化技术等即是两例。

③改进汽油生产技术 因为影响汽油蒸发性能的汽油其他基本理化性能诸如沸点和蒸汽压、蒸发热、馏出物的流程分布的合理性与否等这些因素都是由原油性质和汽油生产过程所决定的，并且在极大程度上决定着汽油的性能，通过补充添加剂所能改善的程度是有限的，还是应该由加强汽油生产过程的技术和管理去改进，还要特别指出的是在汽油的生产过程中加入添加剂改善汽油的性能应更规范、易于标准化和使用。

在火花塞点火后，燃油添加剂的主要作用是将汽油的燃烧速度提高到合适的范围。既要促进汽油中难燃的组分诸如芳烃甚至一些混入其中的稠环芳烃、胶质、甾体化合物等在燃烧期内燃烧完全，又要避免轻组分燃烧过快，在点火前后阻止爆震的产生。调节燃烧期整个进程正好在活塞运行的上死点附近是最为重要的。

汽油在气缸内燃烧时有这样几种情况：正常燃烧、爆震燃烧、表面着火（发生早燃）。爆震燃烧是指在点火火焰前锋到达之前由燃烧炽热表面或者积炭引起自燃发火燃烧。这种不正常的燃烧是由于一些汽油或者配气乃至缸体和活塞表面的异常导致的混合气体正常燃烧条件和燃烧过程遭到破坏。在这些不正常燃烧的情况下，燃烧火焰的传播速度高达 $300\sim 1200\text{m/s}$ ，比正常的 $20\sim 50\text{m/s}$ 的速度高出 $15\sim 60$ 倍。燃烧极为不正常，迅速产生大量的高温高压气体，以至局部压力短时高达 10MPa ，比正常燃烧压力高出 3 倍以上，这种局部压力的突高和整个燃烧区域相比，极不平衡，压差极大，造成高压冲击波以超音速向四周推进，猛烈撞击燃烧室壁、活塞顶面和气缸裙，使发动机产生震动，发出尖锐的金属敲击声，即爆震燃烧。早燃现象是指发动机气缸内表面着火，虽然也能够产生强烈的金属敲击声但无高压超音速冲击波产生，较之爆震缓和许多。汽油发动机的压缩比越大，当压缩冲程结束时气缸内的温度和压力就越高，混合气体燃烧产生的燃气膨胀

具有的压力也就越大，热量损失越小，因此，发动机的效率更高。显而易见，压缩比的提高所导致的压缩冲程结束时气缸内的高压高温将促使汽油产生并积聚更多的过氧化物，使发动机更容易产生爆震，所以，需要更高辛烷值的汽油。在有些地区和一定时期，需要添加抗爆震添加剂来改善汽油的性质，或者来预防一些质量低下的汽油产品对发动机的伤害。有很多的在用车加入适当的添加剂后震动明显减小，噪音下降即因此理。所以许多时候，有经验的司机在感觉有发动机敲缸或震动过大就可以判断汽油的标号不够（即辛烷值过低），这时适当地加入抗爆剂是十分有效而简捷的补救方法。

抗爆添加剂在市面上主要还是异构烷烃类、芳烃类、有机锰、二茂铁、芳胺、醚类等。值得指出的是，由于烷基铅类抗爆剂会造成排放的严重污染，工业发达国家已经完全禁止使用，我国于 2000 年实现全国汽油的无铅化。所以有些被国外淘汰的含铅汽油添加剂还在市场上时有销售是极不应该的。

在汽车，尤其是轿车的免拆保养中经常添加一些特殊的添加剂与汽油一起输入气缸内燃烧，目的是清除积聚在气缸内表面上的油垢和积炭，其原理是利用汽油燃烧过程中的温度、压力、气氛和气流起到清洁发动机内部、化油器（或电子喷射装置）以至于排气系统的作用。这些只在保养时使用的材料也构成了汽车化学品的一个重要部分，如化油器清洗剂、发动机气缸免拆清洗剂等。

含有金属锰的抗爆剂，因为其中锰元素的价态在燃烧过程中也在有规律地变化，恰当地利用之，也是很好的催化助燃的活性中心。但是，锰的量要严格控制，因为过多的锰氧化物会造成磨损以及在燃烧室内产生多孔的沉积物并使火花塞短路、在排放中也有造成排气净化催化剂空隙堵塞的可能。二茂铁抗爆剂具有有机锰类似的功能，也具有燃烧活性中心的催化助燃作用，但其氧化产物——氧化铁会造成磨损，还有它的成本也过高，这些方面的工作镍铬化学物理研究所在催化剂研究中已有不少的讨论。

芳胺类抗爆剂有许多优点：不产生灰分而不造成磨损和污染、对硫不敏感、有金属抗氧化剂的作用、无高低温腐蚀等，但缺点也不少，

除用量偏大、色深、对密封材料有侵蚀以及氧化后增加了 NO_x 的排放等以外，最为可惜的是对道路法辛烷值的提高作用太小，除非进一步的研究有所突破，否则其应用还是很难得到推广，但在燃油添加剂中与锰系或醚系等一起配合使用效果较好，也被用来制作清洗添加剂。

醚系抗爆剂中的甲基叔丁基醚（MTBE）和甲基叔戊基醚（TAME）是仅有的能够取代烷基铅大量用于生产汽油的添加剂产品，也经常被汽车养护品生产厂家用来制造燃油添加剂。

柴油中加入燃油添加剂主要是改善柴油的燃烧性能，添加闪点较高、自燃点较低的正构烃能够降低柴油的表面张力和调节柴油粘度，使柴油易于雾化和燃烧。这些添加剂中还有使油滴分散的特殊表面活性剂、改善柴油压粘特性的添加剂、降低柴油倾点和浊点的流动性能改进剂以及为适应环保要求加入的利于 CO 、 NO_x 和硫化物分解消减的助剂。

通常针对催化裂化生产的柴油含芳烃较高，造成滞燃期延长、爆震、功率降低、磨损加快和油耗上升的状况，加入硝酸酯类、过渡金属化合物、杂环化合物、含 $\text{C}=\text{O}$ 和 $\text{O}-\text{O}$ 结构的多侧链脂肪烃等十六烷值改进剂改善燃烧滞燃期，增加了一些柴油品种的十六烷值。

柴油的燃烧过程由于高温高压，以及其中含有的胶质、沉渣、稠环化合物和固体化合物等非理想组分较多，为了使发动机达到较好的效率，改善噪音和排放污染，添加阻止进气口燃油喷射器喷嘴由于烯烃聚合结垢沉积并延长喷嘴寿命的聚乙二醇碱性氮化物清净分散剂，同时分散燃料氧化产物，增加滤清器寿命；为抑制胶质生成，添加一些杂环螯合物；为防止供油管路和油泵锈蚀，适量的氨类和磷酸酯类等锈蚀和腐蚀抑制剂也是必要的；柴油机的排烟可以通过加入有机钡类化合物和有机硼化合物得到明显的改善。

乙烯-醋酸乙烯共聚物是通常弥补柴油流动性的有效添加剂，在冬季是很受欢迎的

如上所述，燃油添加剂在汽油机和柴油机燃料中的使用有别，明

确分为汽油添加剂、柴油添加剂两大类，一般是不能混用的，在产品使用说明中要明确加以说明，以免误用而造成损失。

2.2 助燃添加剂

添加助燃剂的目的是为了使燃料油的燃烧完全，其作用主要是将燃油的燃烧热能尽可能地彻底释放；提高热能的利用效率；降低燃油消耗；防止污染和腐蚀。

燃油助燃添加剂依据其作用特点有如下几种类型：①催化型，即某些特殊结构或配位的金属或非金属原子以微量或痕量的比例存在于燃油之中，可以使燃油的燃烧活化能大幅度降低，加快了燃油的燃烧速度和（或）完全程度，为此引入了选择性氧化催化的技术，使得催化剂对难燃组分燃烧速度的加快更具有选择促进作用，除能够加快燃油的燃烧速度外，更重要的是能使燃油的燃烧基本都在同一时间内完成，成为十分有效和具有发展前途的技术；②燃烧物性调节型，主要是通过对燃油的燃烧性能的改善如汽油的蒸发性、表面张力以及提高辛烷值（柴油提高十六烷值）来防止爆震，防止早燃，减小对黑色金属、金属铝及其合金的活性，分解胶质等实现燃油最大限度燃烧膨胀做功的效率，这些添加剂是针对燃油质量欠缺、汽车状况不良以及燃油与车辆要求不匹配的情况；还有一种是通过燃烧进行的同时产生能够清除积炭和油腻、尤其是汽油机的火花塞上的积炭，保障燃烧的正常进行的维护。根据作用的分类还将会随着人们对燃烧过程、油料物性、发动机机械结构及其材料的进一步认识和相应技术的发展不断充实。

燃油添加剂中汽油添加剂和柴油添加剂虽然都有使燃料油燃烧完全的作用，但是由于这两种燃料在不同的发动机中燃烧做功，燃烧机制有很大不同，开发和使用时都要给予应有的重视，尤其是不能够互换使用。这里还要强调它们之间的不同，在介绍了汽油和柴油的燃烧过程之后，应该了解到，在汽油的诱导期内需要具有良好挥发性的组分及时蒸发，迅速形成燃烧锋面向前推进。而对柴油燃烧过程的研究发现，在滞燃期内要尽量限制易挥发组分的提前蒸发，采取适当的措施使具有不同挥发性的燃油组分能够同时蒸发，同时要尽量减少次油