

第一章 石油的基本知识

石油在国民经济中占有极其重要的地位，车用燃料与润滑剂目前多为石油产品。我国是能源大国，总地质储量居世界第三，但从人均占有量来看，我国又是能源贫国，只有世界人均占有量的 $1/2$ 所以为了取得较高的能源利用效率，就必须注意节约和合理使用石油产品。

第一节 石油的化学组成

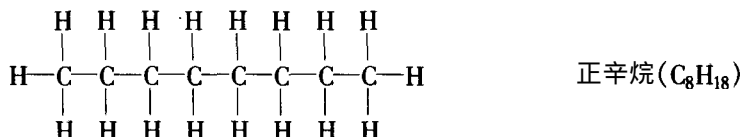
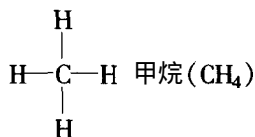
石油是一种粘稠的液体，通常是红棕色到黑色，有的带绿色或蓝色的萤光，并有特殊的气味，密度一般都小于 1g/cm^3 (多为 $0.80\text{g/cm}^3 \sim 0.98\text{g/cm}^3$)。但也有个别例外，如伊朗某些石油的密度可高达 1.06g/cm^3 ，美国某些石油密度低至 0.707g/cm^3 。

石油的化学成分比较复杂，它既不是由单一的元素组成，也不是由简单的化合物组成，而是各种碳氢化合物的混合物。按元素分析，石油中的主要组成元素是碳(C)和氢(H)约占 $95\% \sim 99.5\%$ 其中碳元素约占 $83\% \sim 87\%$ ，氢元素约占 $11\% \sim 14\%$ 其它少量的为氧(O)、硫(S)、氮(N)等元素，总共不超过 $0.5\% \sim 5\%$ 。此外，在石油中还发现有极微量的氯、碘、磷、砷、钠、钾、钙、铁、铈、钒等元素。

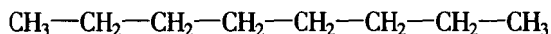
碳氢化合物常称为烃。按其结构不同，烃主要分为烷烃、环烷烃、芳香烃、不饱和烃等 4 类。

一、烷 烃

烷烃是链状饱和烃，分子结构呈链状，其分子式通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ， n 为碳原子数。碳原子数在 10 以内，以甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬命名，碳原子在 10 以上的用中文数字十一、十二、十三……命名，例如 甲烷、正辛烷。

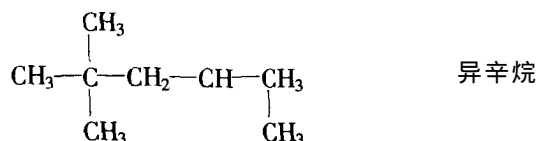


正辛烷也可用简化的结构式表示：



烷烃按其结构又可分为正构烷烃和异构烷烃两类。凡是烷烃分子中的主碳链上没有碳支链的称正构烷烃，而有支链结构的称异构烷烃。异构烷烃按其总碳原子数命名为异“某”烷。

例如异辛烷 分子通式为 C_8H_{18}):



但分子式相同的异辛烷有多种结构型式。为了区别，我们制订了如下命名规则：

(1)甲基：烷烃分子去掉一个氢原子所剩下的部分称为烷基，简写成 R -。

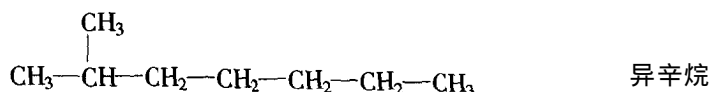
如： CH_4 甲烷， $\text{CH}_3 -$ 甲基； C_2H_6 乙烷， $\text{C}_2\text{H}_5 -$ 乙基

(2)选择最长的碳链为主链，用主链的碳原子数来命名，称其为“某”烷。

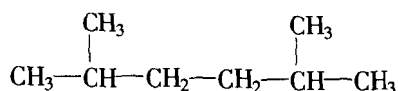
(3)将主链的碳原子依次编号，以确定烷基的位置。

(4)用阿拉伯数字表示烷基的位置，中文数字表示烷基的数目，并写在“某”烷的前面。例

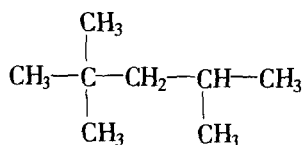
如：3 种不同结构的异辛烷的命名是：



2-甲基庚烷



2,5-二甲基己烷



2,2,4-三甲基戊烷

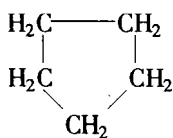
以上例举的 3 种异辛烷和正辛烷的结构互不相同，但分子式却相同 (C_8H_{18}) 在有机化学中叫做同分异构体。同分异构体由于结构不同，其性质也稍有不同。

在常温下，烷烃中碳原子数从 1~4 (即从甲烷到丁烷) 是气体，碳原子数从 5~16 是液体，碳原子数 16 以上的是固体。固态烷烃在燃油中呈溶液状态存在。

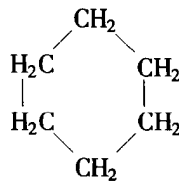
烷烃分子中碳原子的化合价都得到满足，称为饱和烃。在低温时化学性质比较稳定，烷烃的碳链愈长，结构愈不稳定，易生成过氧化物及醇、醛等氧化物，发火性能好，是压燃式发动机燃料的良好成分。烷烃中的异构体较正构烷烃结构紧密，不易被氧化生成过氧化物，发火性能差，不易发生爆燃，是点燃式发动机燃料的良好成分。

二、环 烷 烃

环烷烃的分子结构式中的碳原子呈环状排列，并以一价互相结合，其余碳价都与氢原子相结合，由于所有的碳价都被饱和，因而它是一种环状饱和烃，分子通式是 C_nH_{2n} 。在燃油中，大都是单环的五碳环及六碳环的环烷烃。如：



环戊烷 C_5H_{10}

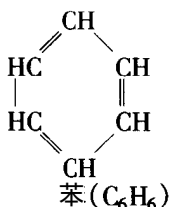


环己烷 C_6H_{12}

环烷烃的化学性质比较稳定，不易氧化变质，一般须在接近 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时才能自燃，其抗爆性比正构烷烃高，与大部分异构烷烃的抗爆性能相当。环烷烃的凝点低，润滑性较好，是汽油和润滑油的良好成分。

三、芳 香 烃

芳香烃最简单的分子结构是苯 (C_6H_6) 由 6 个碳原子和 6 个氢原子组成环状，其中碳原子之间以单键与双键交替连接：

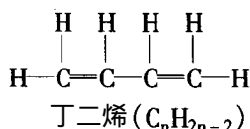
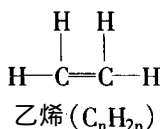


芳香烃是以苯环为基础组成的化合物，有单苯环、双苯环的芳香烃，还有三苯环和四苯环的芳香烃、带侧链的芳香烃、由环烷烃和芳香烃混合组成的芳香烃等。如 甲苯、烷基苯、萘、联苯及蒽等。

芳香烃分子式具有多种不同的通式如 C_nH_{2n-6} 、 C_nH_{2n-12} 、和 C_nH_{2n-18} 等。由于苯的分子结构中的单键和双键能相互作用，因此芳香烃具有非常高的稳定性，其自燃温度高达 600°C ，具有良好的抗爆性。汽油中掺入少量的苯可以提高其抗爆性，但苯的发热量低（含氢原子少），凝点高（ $+5.4^{\circ}\text{C}$ ），毒性也较大，对有机物的溶解力较强。目前，国外车用汽油的发展趋势是限制芳香烃的掺入量，在实际使用中，应控制并采取相应的措施。

四、烯 烃

烯烃较相当的烷烃缺少氢原子，不能满足碳的四价需要，所以分子中碳与碳原子之间有双键连接，为不饱和烃。有一个双键的称为烯烃，有二个双键的则为二烯烃。如：



烯烃的分子通式是 C_nH_{2n} ，二烯烃的分子通式是 C_nH_{2n-2} 。烯烃、二烯烃由于氢不能满足碳的四价需要，则其安定性最差，在一定条件下很容易氧化生成高分子粘稠物，特别易进行加成反应、氧化反应和聚合反应。所以含烯烃较多的汽油或柴油，在长期存贮中容易氧化变质。烯烃在工业上被广泛用来生产合成润滑油、合成橡胶、航空燃料和润滑油添加剂。

不饱和烃对于大多数石油产品都不是理想成分，因为它在氧化时，会形成胶质和有机酸。石油产品中所含的不饱和烃成分，主要是在裂化加工过程中，一些烷烃、环烷烃分解而生成的，可通过精制石油产品把它们去掉。

五、石油中的非烃化合物

石油中还含有一些非烃化合物，它们对石油产品的使用性能和石油的加工都有很大的影响，在石油的炼制过程中，多数精制过程都是为了解决非烃化合物。非烃化合物主要包括含硫化合物、含氧化合物，含氮化合物及胶状、沥青状物质。

1. 含硫化合物

含硫化合物包括硫化氢(H_2S)、硫醇(RSH)、硫醚(RSR')、二硫化物($RSSR'$)、环硫醚、噻吩及其同系物等。硫化氢被空气氧化生成元素硫，硫与石油烃类作用又可生成硫化氢和其它硫化物，一般在 $200^\circ C \sim 250^\circ C$ 以上就能进行这种反应。硫醇在石油中的含量不多，多存在于低沸点馏分中。硫醇中的 R 可为烷基，也可以是环烷基、芳香基（如苯硫酚）。硫醇不溶于水，低分子甲硫醇(CH_3SH)、乙硫醇(C_2H_5SH)具有极强烈的特殊臭味。元素硫、硫化氢和低分子硫醇都能与金属作用引起腐蚀，它们统称为活性硫化物。硫醚是中性液体，但稳定性较高，与金属没有作用，是石油中含量较多的硫化物之一。二硫化物在石油中含量较少，而且多集中于高沸点馏分中，也显中性，不与金属作用，但受热后能分解成硫酸、硫醇或硫化氢。噻吩及其同系物是一种芳香性的杂环化合物，物理化学性质与苯系芳香烃很接近，是石油中的一种主要含硫化合物。

2. 含氧化合物

石油中含氧化合物可分为酸性氧化物和中性氧化物。酸性氧化物有环烷酸、脂肪酸和酚类，总称为石油酸。中性氧化物有醛、酮等，它们在石油中含量一般极少，约在千分之几的范围内。

酸性氧化物中，环烷酸约占 90%，它的化学性质与脂肪酸相似，是典型的一元羧酸，具有普通羧酸的一切性质。在中和时，环烷酸很容易生成各种盐类，其中碱金属的盐能很好地溶解于水。由于环烷酸能对金属引起腐蚀，在石油产品的炼制过程中，一般可用碱洗法除去。

3. 含氮化合物

石油中的含氮化合物可分为碱性和非碱性两类。碱性氮化物含量较多，如吡啶、喹林、异喹林和吡啶的同系物。非碱性氮化物主要有吡咯、吲哚、呋喃及它们的同系物、金属的卟啉化合物。

含氮化合物的性质很不安定，容易氧化叠合生成胶质，影响石油产品的使用性能。燃料中若有较高的含氮量，燃烧时会产生难闻的臭味。

4. 胶质和沥青质

胶质、沥青质是石油中结构最复杂、分子量最大的物质，组成中除含有碳、氢外，还含有硫、氧、氮等元素。胶质是树脂状粘稠物质，呈深黄色至棕色。沥青质是非晶态粉末，呈深褐色或黑色。石油的颜色与所含胶质、沥青质的数量有关，含量愈高，石油的颜色就愈深。石油中的

沥青质全部集中在渣油中，在制取高粘度润滑油时，将它从渣油中脱出后，经氧化制成道路、建筑和电器绝缘用沥青。

石油中的非烃化合物，主要是胶质和沥青质，其含量在石油中可达百分之十几到四十几。

六、烃类分布规律

表 1-1 说明了各种烃类对石油产品性质的影响。

各种烃类对石油产品性质的影响									
烃 类		密度	自燃点	辛烷值	十六烷值	化学安定性	粘度	粘温性	低温性
烷 烃	正 构	小	低	低	高	好	小	最好	差 (高分子)
	异 构		高	高	低	差			好
环 烷 烃	少 环	中	中	中	中	好	大	好	中
	多 环					差		差	
芳 香 烃	少 环	大	高	高	低	好	大	好	中
	多 环					差		差	
烯烃		稍大于烷烃	高	高	低	差			好

石油是混合物，没有固定的沸点，采用蒸馏方法制取油品时，各种油品是不同沸点的产物。蒸馏分离出来的各种成分，叫做馏分。一般情况下，蒸发温度为 35℃ ~ 200℃ 的馏分为汽油；蒸发温度为 200℃ ~ 350℃ 的馏分为煤、柴油；蒸发温度为 350℃ ~ 500℃ 的馏分为润滑油。

烷烃、环烷烃和芳香烃的碳原子个数少，分子量小和环数少的烃都分布在低沸点馏分中；反之则分布在高沸点馏分中。烷烃、环烷烃和芳香烃在石油产品（指后面讲到的直馏产品）中的分布规律如下：

1. 汽油

异构烷烃体积含量约占 21%，正构烷烃体积含量约占 29% 即烷烃含量约占 50%。正构烷烃的碳原子数为 C₅ ~ C₁₁，环烷烃和芳香烃多为单环的。

2. 柴油

正构烷烃和异构烷烃的体积含量约各占 20%。正构烷烃碳原子数为 C₂₃ ~ C₃₆ 环烷烃、芳香烃环数增多，除单环外，还有双环和三环的。

3. 润滑油

正构烷烃体积含量约占 10% 环烷烃体积含量约占 40%。正构烷烃碳原子数为 C₂₃ ~ C₃₆，环烷烃均是三环以上的，芳香烃的环数、侧链数和侧链的长度均增加，三环以上的芳香烃都分布在润滑油中。

油品中的烃类分布规律不同，油品的使用性能也不同。例如：汽油与轻柴油的密度和自燃点（将油品加热到与空气接触因剧烈氧化而产生火焰自行燃烧的最低温度）不同。在温度为 20℃、气压为 100kPa 时，汽油的密度为 0.742kg/L 轻柴油的密度为 0.830kg/L。汽油的自燃点为 415℃ ~ 530℃ 轻柴油的自燃点为 240℃ ~ 400℃。

第二节 石油产品提炼的基本方法

从地下开采出来的石油，是复杂的混合物，不能直接使用，需送到炼油厂加工，生产出符合

一定质量要求的石油产品，才能满足各方面的需要。由于各个炼油厂采用的原油性质和生产的石油产品不同，其生产设备及工艺也不相同。一般将炼油厂分为燃料油、燃料—润滑油和燃料—化工 3 种类型。燃料型炼油厂，通常是先采用一次加工，即将原油进行蒸馏，依次分离出汽油、煤油、轻柴油、重柴油和润滑油等各种沸点不同的馏分。燃料—润滑油型炼油厂，是通过一次加工将原油中轻质油品分出，余下的重质油品，再经过各种润滑油生产工艺，加工出润滑油。燃料—化工型炼油厂，是将原油首先经过一次加工，蒸馏出轻质组分，再通过对余下的重质组分进行二次加工，使其转化为轻质组分。这些轻质组分一部分用作燃料油，一部分通过催化重整工艺、裂化工艺制取芳香烃和乙稀等化工原料。化工原料通过化工装置，制取醇、酮、酸等基本有机原料及合成材料等化工产品。

一、蒸 馏 法

石油是各种化合物的混合物，每一种化合物都有本身固有的沸点，利用这一点将石油逐渐加热，首先蒸发的是饱和蒸汽压最高的最轻组分，然后在温度继续升高时，便会蒸发出愈来愈重的石油组分。在一定温度范围内收集的馏出物称为石油馏分。较低温度范围下的石油馏分叫轻馏分，较高温度范围下的石油馏分叫重馏分。这种利用石油中不同分子量和不同结构的烃具有不同沸点的性质，对石油进行一次加热，将一定沸点范围的烃分别收集，从而获得各种燃料和润滑油的加工方法，称为蒸馏法。蒸馏法分常压蒸馏和减压蒸馏两种，如图 1-1 所示。

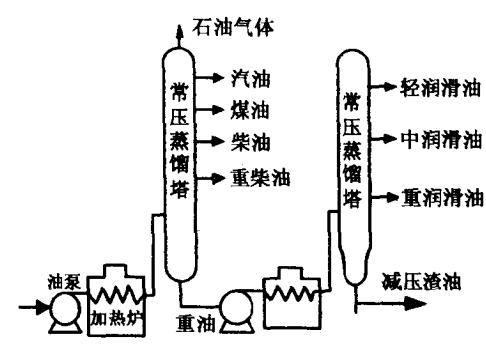


图 1-1 石油蒸馏流程图

常压蒸馏可直接从石油中得到汽油（蒸发温度范围 35℃ ~ 200℃），煤油（蒸发温度范围 200℃ ~ 300℃）和柴油（蒸发温度范围 300℃ ~ 350℃）等。其蒸馏流程是：首先将石油在管式炉中加热使之变成油蒸气，然后送入分馏塔中。分馏塔在不同的位置上安装着隔板，这些隔板称为塔盘，油蒸气在塔盘中冷凝结成液体。在分馏塔的上层塔盘中可获得汽油馏分，在中部塔盘中可获得喷气燃料和煤油馏分，在下部盘中可获得柴油馏分。塔顶上获得的石油气体，是良好的化工原料。塔底部残留的不能蒸发的

残油，称为塔底油。常压蒸馏的石油产品，主要由烷烃和环烷烃组成，由于蒸馏过程所发生的是物理变化，所以一般不含不饱和烃，产品性质安定，不易氧化变质，但抗爆性差。

减压蒸馏的目的是从常压蒸馏剩下的塔底油中，提取润滑油和裂化原料油的原料。如果将重油采用常压蒸馏，势必要提高加热温度，这将导致重油分子发生裂解，影响制取润滑油的馏分组成。因此必须适当采用减压降沸的蒸馏方法。减压蒸馏塔塔底油在管式炉中加热至 400℃ 以上送入减压蒸馏塔中，塔内保持 10mmHg 的压力，使重油蒸发成气体，并在各层塔盘中冷凝，则在减压塔上下不同高度的塔盘中，即可分别获得轻质润滑油馏分、中质润滑油馏分和重质润滑油馏分，这些油统称为馏分油。再经脱蜡和精制得到的各种油品称为馏分型润滑油；塔底残留的油料，经丙烷脱沥青、脱蜡和精制后制得的各种油品称为渣油型润滑油。

利用直馏法获得的汽油、柴油产率较小，一般在 25% ~ 30%，远不能满足燃料日益增长的需求。因此，近代炼制工艺是采用各种二次加工，以获得更多更好的燃料油。二次加工法有热裂化、催化裂化、加氢裂化、催化重整、烷基化和延迟焦化等方法。

二、热裂化法

热裂化法是利用重质烃类在高温、高压下可发生裂解的性质，将一些大分子烃类分裂成为一些小分子烃类，从而获得更多的汽油、柴油等石油产品的一种加工方法。温度和压力视重油的组成而定，一般裂化温度高于 460°C 最高压力为 7.0MPa 。热裂化产品有裂化气、汽油、柴油、渣油等。汽油的产率约为 $30\% \sim 50\%$ 柴油产率约为 30% 由于裂化的汽油和柴油中，含有较多的烯烃和芳香烃，汽油抗爆性较直馏汽油强，柴油的十六烷值和凝点较直馏柴油低，性质不安定，贮存易氧化变质，所以一般不宜单独使用，主要用来掺合低辛烷值的车用汽油和高凝点的柴油。因此热裂化法在国外已被淘汰。

三、催化裂化法

催化裂化法与热裂化的区别是，重质烃类的裂解是在催化剂的作用下进行，由于催化剂的作用，除大分子烃变成小分子烃外，并改变其分子结构，使不饱和烃大为减少，异构烷烃和芳香烃的含量增高。催化剂主要成分是硅酸铝或泡沸石，反应温度为 $450^{\circ}\text{C} \sim 590^{\circ}\text{C}$ 压力为 $0.1\text{MPa} \sim 0.2\text{MPa}$ 。催化裂化的产品主要是石油气、汽油和轻柴油。石油气主要是丙烯、丁烯、异丁烷等裂化气体，它们是宝贵的化工原料。催化裂化汽油性质安定，抗爆性好，是优质的汽油机燃料。由于催化裂化炼制的石油产品质量好，并能综合利用，所以是目前普遍采用的炼制方法。

四、加氢裂化法

加氢裂化法是 20 世纪 60 年代初期发展起来的新工艺。它与催化裂化的不同之处，是在高温 ($370^{\circ}\text{C} \sim 430^{\circ}\text{C}$) 和高压 ($10\text{MPa} \sim 15\text{MPa}$)，并有催化剂和氢气 (约为原料质量的 $2.5\% \sim 4.0\%$) 作用下，对原料进行加氢、裂化和异构化，从而获得各种高质量油品的一种炼制方法。加氢反应可使不饱和烃变成饱和烃 生产的汽油抗爆性好 安定性高 腐蚀性小 生产的柴油发火性能好，凝点也低，生产的润滑油粘温性能好。

加氢裂化的原料广泛，柴油、减压馏分甚至渣油以及含硫、含氮、含蜡很高的原料都可以用，而且产品的产率接近 100% 。但这种方法是在高压下操作，条件苛刻，需要合金钢材较多，投资大，故还没有像催化裂化法那样普遍应用。

五、催化重整法

指对直馏汽油的馏分 在催化剂 铂、铑等贵金属 作用下 使其烃分子结构进行重排形成新分子结构，从而获得高辛烷值和安定性好的汽油组分的工艺。

催化重整的汽油组分辛烷值高达 85 以上，抗氧化安定性好。

六、烷基化法

在催化剂作用下，烷烃与烯烃的化学加成反应叫做烷基化。烷基化的主要原料是催化裂化气体中的异丁烷和丁烯，其他如丙烯和戊烯也可做为原料，催化剂是浓硫酸或氢氟酸，我国目前采用的是浓硫酸。

烷基化加工流程是：将原料和硫酸同时送入反应器中，硫酸与原料之比约为 $1 \sim 1.8$ 。反应器中的压力为 0.3MPa 温度为 $4^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，原料处于液体状态下进行加成反应，反应时应进

行充分搅拌，以保证硫酸和烃类形成乳状液，使之充分接触，反应完全。反应过程中，硫酸浓度降至 85% 时，应另换新酸。反应后的产物用沉降法分离出硫酸，再经碱洗和水洗，然后送入蒸馏塔提出轻烷基化油和重烷基化油。

烷基化主要产物是工业异辛烷（轻烷基化油），具有高的抗爆性，可作为汽油的组分使用，国外高级汽油中，烷基化汽油加入量达 28%。重烷基化油可作为轻柴油组分使用。

七、延迟焦化法

延迟焦化是为了充分利用能源以得到更多的轻质油，对减压油等重质油品进行深度加工的一种方法。其产品主要是轻质燃料、裂化原料油和石油焦等，石油焦作冶金工业电极等用。

将减压渣油预热后送入焦炭塔下部，和焦化生成的气体产物进行热交换，在塔内高温作用下，停留足够时间进行反应。从焦炭塔顶部引出高温油气进入分馏塔底部，在分馏塔内分离出焦化气、汽油、柴油和焦化蜡油，余下的重质油再送回加热炉加热，并和原料油一起送入焦炭塔重新循环进行焦化。在高温 500℃ 左右下，一方面使大分子的烃类裂化反应分解成为小分子烃类，直至成为气体，另一方面缩合成为石油焦。为了防止原料在炉管内生焦，应设法缩短原料在高温炉管内的停留时间，而延迟到进入焦炭塔后再给予充分时间进行反应生成焦炭，故称为延迟焦化。

延迟焦化汽油产率达 10% ~ 20% 柴油产率达 25% ~ 35% 裂化原料油为 25% ~ 35% 石油焦为 15% ~ 20%。焦化石油产品含有大量的烯烃，安定性很差，必须进行精制。

八、石油产品的精制

原油经蒸馏和各种二次加工得到的燃、润料产品大都是半成品，除含有少量杂质（如硫、氧、氮的化合物）外，还含有极不安定的不饱和烃（如二烯烃）。为了保证油品质量，须经精制除去这些不良成分，常用的精制方法如下：

1. 电化学精制

在高压电场作用下，对油品进行酸洗和碱洗，以除掉产品中非理想成分。浓硫酸对非烃化合物有溶解作用并可进行磺化反应，也可与烯烃、二烯烃进行酯化和叠合反应，其产物大部分都溶于酸中，生成酸渣，经沉淀与油分离。但油经浓硫酸处理后，呈酸性，故要用碱中和，从而得到腐蚀性小、安定性好的油品。因此电化学精制又称酸碱精制法。

2. 加氢精制

加氢精制与加氢裂化反应相似，是将油品在一定温度（300℃ ~ 425℃）、压力（约为 6MPa ~ 15MPa）以及有催化剂和加氢的条件下，除去油中的硫、氮、氧、多环芳香烃和金属杂质等有害组分，并使不饱和烃变为饱和烃，以改善油品质量的一种方法。

直馏、热裂化所得的汽油、煤油、润滑油、重油等均可用加氢精制，得到的产品质量好，产率高（接近 100%），但投资较大，技术条件较严格。加氢精制是近年来发展较快的一种精制方法。

3. 溶剂精制

溶剂精制是利用一些溶剂在一定的条件下，能很好地溶解油品中的胶质、沥青质和带有短侧链的多环烃等不良物质，而对烷烃和带长侧链的环烷烃很少溶解的性能，使油品得到精制。

常用的溶剂有糠醛、酚和硝基苯等。溶剂精制较电化学精制的产品产率高，溶剂能回收重复使用，且没有酸、碱渣等污染物，所以得到较广泛使用。

4. 白土补充精制

白土精制用作电化学精制及溶剂精制的补充，以进一步提高油品的质量。白土是表面积极大的多孔性陶土，能吸附油内的沥青树脂、硫、氮的化合物、无机酸和溶剂等。将磨细的白土与油品混合，在管式炉内加热到 $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ，送到接触塔内，让白土与油品接触处理 $5\text{min} \sim 15\text{min}$ 待油冷却到 150°C 左右，滤除白土，即可获得精炼油。

白土精制的缺点是废白土中含有约 5% 的油品，不易提出，所以目前国外大多数炼油厂已经用加氢补充精制代替。加氢补充精制和加氢精制原理相似，只是处理条件有所不同。

5. 脱蜡

从煤油到各种润滑油馏分中，一般都含有不同数量的石蜡或地蜡。含蜡的油品凝点高，低温性能差，所以应将油品中的蜡分离出来，即脱蜡。脱蜡方法有溶剂脱蜡、尿素脱蜡、分子筛脱蜡和微生物脱蜡等几种。

第二章 汽油

汽油是汽油机的主要燃料。汽油是从石油提炼而得到的密度小、易于挥发的液体燃料，自燃点为 $415^{\circ}\text{C} \sim 530^{\circ}\text{C}$ 。按照提炼方法，汽油可分为直馏汽油和裂化汽油。将石油加热，在 $35^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内蒸发出来的轻馏分蒸汽冷凝后即成为直馏汽油。汽油的裂化法有热裂化和催化裂化。利用催化裂化法可以从石油中获得更多的优质汽油。在汽油机工作时，汽油应能在很短的时间内形成良好的可燃混合气，保证汽油机能在各种条件下可靠起动、平稳运转、正常燃烧，充分发挥汽油机的使用性能。

因此，了解汽油的性能、评价指标等内容对正确合理地选用汽油显得十分必要。

第一节 汽油的使用性能

汽油的使用性能虽多，但与轻柴油相比，特殊的方面表现在它的蒸发性和抗爆性。

一、蒸 发 性

汽油由液态转化为气态的性质，叫做汽油的蒸发性。

汽油机工作过程中，要求燃料供给系必须在 $0.02\text{s} \sim 0.04\text{s}$ 时间内形成均匀的可燃混合气。汽油机在进气行程中，由于活塞的下移运动，在进气歧管中产生真空度，使化油器喉管处产生压差，使汽油从主喷管中喷出。喷出的汽油被高速空气流击散，即雾化。雾化的汽油受热蒸发，并与空气混合，在气缸里即形成良好的混合气。若汽油的蒸发性不好，将有部分汽油以液态进入气缸，使可燃混合气品质变坏，汽油机功率下降，耗油增加，有害气体排放量增大，磨损加剧。汽油应具有适当的蒸发性，以保证汽油机在低温条件下容易起动，预热时间短，加速灵敏，运行稳定。但其蒸发性过好会使燃油系统在夏季产生气阻，使汽油在保管和使用中的蒸发损失增大。

评定汽油蒸发性的指标是馏程和饱和蒸气压。

二、抗 爆 性

汽油抗爆性是表示汽油在汽油机燃烧室中燃烧时防止爆燃的能力。

汽油机正常的燃烧过程是火花塞跳火，产生高能量的电火花，使其电极间的可燃混合气温度急剧升高并被点燃，形成火焰中心。火焰前锋约以 $20\text{m/s} \sim 30\text{m/s}$ 的速度迅速向燃烧室远离火花塞的各点传播，使混合气绝大部分燃烧完毕释放出热能。这样的正常燃烧过程，气缸内的压力升高率每度曲轴转角不大于 200kPa ，温度上升也很均匀，汽油机工作柔和平稳，动力性能得到充分发挥。爆燃则是在正常火焰前锋到达之前，由于火焰前锋的压缩和热辐射作用，温度急剧地升高而自燃着火，形成多个火焰中心，使火焰传播速度高达 $1\,000\text{m/s} \sim 2\,000\text{m/s}$ ，燃气压力在燃烧室壁、活塞顶和气缸壁产生金属敲击声，并引起发动机振动。

现代汽油机的压缩比都有不同程度的提高，增加压缩比可以提高汽油机的热效率。但是

压缩比越高，压缩终了气缸内混合气的压力和温度越高，越易产生爆燃，对汽油的抗爆性要求越高。

汽油的抗爆性决定于碳氢化合物的结构。正构烷烃的抗爆性随着碳原子数目的增加而下降，而异构烷烃随支链的增加而提高。芳香烃和主碳链长度不超过 4~5 个碳原子的异构烷烃的抗爆性最高，具有 6 个以上碳原子数的正构烷烃以及分子中有 8 个以上碳原子而只有一个支链的异构烷烃的抗爆性最低。所以，汽油的抗爆性决定于各种烃类的含量，若含抗爆性高的烃类多，则其抗爆性必然高。

评定汽油抗爆性的指标是辛烷值。

三、化学安定性和物理安定性

1. 汽油的化学安定性

汽油的化学安定性是指汽油在贮存、运输、加注和其它作业时，抵抗氧化生胶的能力。安定性不好的汽油在使用过程中，受到空气中的氧、环境温度和光等的作用，会发生氧化缩合而生成胶质，使汽油颜色变黄并产生粘稠沉淀。这些胶状物粘附在滤清器、汽油管道、化油器量孔和化油器喷口处，不仅会破坏汽油的正常供给，甚至中断供油。还会使化油器量孔和喷口处的有效截面积变小，造成混合气变稀，化油器调整困难，耗油率增大。胶状物积聚在进气门头下方，会影响气门的正常启闭和进气通道的截面，如果在高温下进一步氧化，将导致气门上的胶质在高温下分解生成积炭，沉积在活塞顶、活塞环槽、燃烧室壁和火花塞上，使气缸散热不良，发动机过热，引起爆燃和加剧磨损。此外随着胶质的增多，会使汽油的辛烷值下降，酸度增加。

因此，为了保证汽油机可靠工作，要求车用汽油具有良好的化学安定性。

评定汽油化学安定性的指标是实际胶质和诱导期。

2. 汽油的物理安定性

汽油的物理安定性是指汽油在使用过程中（如加注、运输、贮存），保持不被蒸发损失的性能。要求车用汽油具有良好的物理安定性。汽油的物理安定性主要决定于汽油中所含低沸点烃类的多少。为了改善汽油机的起动性，希望汽油中含低沸点烃类多些，但这些烃类容易蒸发逸散，导致损耗增加，使汽油的物理安定性变差。

评定汽油物理安定性的指标是饱和蒸气压和馏程。

四、腐蚀性

汽油对贮油容器和机件应无腐蚀。

汽油机的燃料供给系是由许多金属零件组成的，如果汽油中有元素硫、活性或非活性硫化物、水溶性酸或碱等存在时，就会对金属产生直接或间接腐蚀作用。所以对汽油的腐蚀性应有严格的要求，汽油应无腐蚀性。

评定汽油腐蚀性的指标是硫含量、铜片腐蚀试验、水溶性酸或碱、酸度和博士试验。

五、清洁性

清洁性是指汽油中是否含有机机械杂质和水分的性质。

炼油厂炼制的成品汽油是不含有机机械杂质和水分的，但在运输、灌注、贮存和使用过程中。机械杂质（锈、灰尘、各种氧化物等）和水分会混入汽油中。机械杂质会加速化油器量孔和喷油

嘴的磨损，或堵塞量孔、喷油嘴和汽油滤清器。机械杂质进入燃烧室，又会使燃烧室积炭增多，引起气缸、活塞和活塞环的加速磨损。水分在低温下易结冰，会堵塞油路，同时还能加速汽油的氧化，加速腐蚀作用。所以车用汽油中应严格控制机械杂质和水分的混入。

评定汽油清洁性的指标是机械杂质和水分。

第二节 汽油使用性能的评定指标

一、汽油蒸发性的评定指标

1. 馏程

馏程是指在石油产品馏程测定仪上对 100mL 油品蒸馏时，从初馏点到终馏点的温度范围。汽油的蒸发温度对汽油机工作有很大影响。汽油馏程以初馏点、10% 蒸发温度、50% 蒸发温度、90% 蒸发温度、终馏点和残留量来表示。

1) 初馏点

对 100mL 汽油在规定条件下蒸馏时，得到第一滴汽油时的温度，叫做初馏点。

2) 10% 蒸发温度

对 100mL 汽油在规定条件下蒸馏时，得到 10% 汽油馏分的温度，叫做 10% 蒸发温度。

10% 蒸发温度表示汽油中含轻质馏分的多少，对汽油机冬季起动的难易和夏季是否发生“气阻”有很大的影响(图 2-1)。10% 蒸发温度越低，汽油的蒸发性越好，就能迅速形成可燃混合气，汽油机在低温条件下就容易起动。国家有关标准规定各牌号汽油的 10% 蒸发温度不高于 70℃。但 10% 的蒸发温度也不能过低，否则，在夏季将使汽油机燃料供给系内产生“气阻”的倾向增大，使汽油机功率下降，甚至供油中断。国家标准中未规定汽油 10% 蒸发温度的下限，而是通过饱和蒸气压来控制。一般认为，10% 蒸发温度不宜低于 60℃~65℃。

3) 50% 蒸发温度

对 100mL 汽油在规定条件下蒸馏时，得到 50% 汽油馏分的温度叫做 50% 蒸发温度。

50% 蒸发温度表示汽油的平均蒸发性。其温度低，对汽油机的加速性、工作稳定性及起动后迅速升温(暖车)有利。50% 蒸发温度高时，当汽油机由低速骤然变为高速时，化油器节气门突然开大，由于汽油蒸发量少，使混合气变稀，汽油机不能发出需要的功率，运转不平稳，汽油机加速时间长，并在加速时车辆出现抖动现象。所以，国家有关标准中规定各牌号汽油 50% 蒸发温度不高于 120℃。

4) 90% 蒸发温度

90% 蒸发温度和终馏点表示汽油中含重质成分的多少。其温度越高，汽油的质量越差。因含重质成分过多，汽油在点火爆发前处于未蒸发状态数量多，在沿气缸壁下流的同时，冲洗掉气缸壁上的润滑油膜，稀释润滑油导致气缸、活塞等零件以及其它配合副机械磨损加剧。同时也造成混合气燃烧不完全，尾气排放污染增加，耗油量增加，汽油机工作不稳定。国家有关

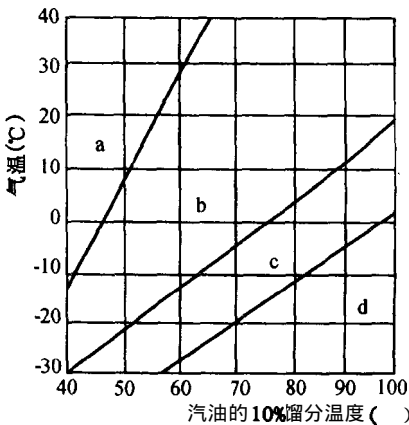


图 2-1 汽油的 10% 蒸发温度对汽油机低温起动性和高温气阻性的影响
a—产生气阻；b—起动容易；
c—起动困难；d—不能起动

标准中规定各牌号汽油 90% 蒸发温度不高于 190°C。

5) 终馏点

对 100mL 汽油在规定条件下蒸馏时，蒸馏结束时的温度，叫做终馏点。它的影响与 90% 蒸发温度一样，国家有关标准中规定各牌号汽油终馏点不高于 205°C。

6) 残留量

对 100mL 汽油在规定条件下蒸馏时，所得残留物质的体积百分数，叫做残留量。

残留量表示汽油中最不易蒸发的重质成分和贮存过程中生成的氧化胶状物的含量。残留量多，会使燃烧室积炭增加，化油器量孔及喷孔处结胶严重，影响汽油机正常工作。因此残留物应严格限制。残留量的多少用体积百分数来表示，国家标准规定车用汽油残留量 (V/V) 应不大于 1.5% 或 2%。

测定馏程的标准有 GB/T 6536—1997 《石油产品蒸馏测定法》和 GB/T 255—77 《石油产品蒸馏测定法》，分别用于不同规格的汽油。

2. 饱和蒸气压

在一定温度下，与同种物质液态处于平衡状态的蒸气所产生的压强叫做饱和蒸气压。

发动机燃料饱和蒸气压的测定，国内外普遍采用雷德法。发动机燃料与其蒸气的体积比为 1:4 以及在 38°C 时所测出的汽油蒸气的最大压力，叫做雷德饱和蒸气压。馏程是反映汽油馏分本身的蒸发性，而饱和蒸气压除反映汽油馏分本身的蒸发性外，还考虑到大气压强和环境温度的影响。汽油饱和蒸气压越高，汽油含轻馏分越多，低温下汽油机越容易起动，蒸发性越好。大气压强越低或环境温度越高，汽油饱和蒸气压也随之提高。但饱和蒸气压不能过高，过高则易产生“气阻”影响汽油机的正常工作，甚至中断供油。同时汽油贮存在油罐、油箱和化油器浮子室中的蒸发损失也要增大。我国规定汽油的饱和蒸气压都是区分不同月份给出的，即从 9 月 1 日至 2 月末和从 3 月 1 日至 8 月末分别限制饱和蒸气压。

饱和蒸气压的测定按 GB/T 8017—87 《石油产品蒸气压测定法 雷德法》或 GB/T 257—82 《发动机燃料饱和蒸气压测定法 雷德法》的规定进行。

二、汽油抗爆性的评定指标

1. 辛烷值

辛烷值是表示点燃式发动机燃料抗爆性的一个约定数值。在规定条件下的标准发动机试验中，通过与标准燃料进行比较来测定，采用和被测定燃料具有相同抗爆性的标准燃料中异辛烷的体积百分数表示。汽油的抗爆性用辛烷值来表示，汽油辛烷值高，则抗爆性好。

标准燃料 测定辛烷值在 100 或 100 以下的燃料时，标准燃料是用两种烷烃调配。一种是异辛烷 (2,2,4—三甲基戊烷 C_8H_{18}) 它的抗爆性很高 定其辛烷值为 100；另一种是正庚烷 (C_7H_{16}) 它的抗爆性很低，定其辛烷值为 0。把它们按不同的体积比混合，以得到辛烷值从 0~100 之间的各号标准燃料。

爆燃试验装置：是由一台可压缩比的单缸汽油机、合适的负载设备和辅助设施及仪表组成。它们都装在一个固定的底座上。美国制造的 ASTM-CFR 单缸发动机为基本试验设备。单缸机上装有灵敏度很高的爆燃传感器和爆燃测量仪，能够准确地测量出爆燃强度。

辛烷值测定方法分研究法和马达法两种。辛烷值随试验规范的不同而不同，所以说明某种汽油辛烷值的同时，应标明规范的种类。

马达法辛烷值是在苛刻试验条件下所测得的辛烷值，缩写成 MON。研究法辛烷值是在缓

和条件下测得的辛烷值，缩写成 RON。同一种汽油的马达法辛烷值都比研究法辛烷值低。从使用角度可认为，马达法辛烷值表示汽油机在重负荷、高转速运转条件下汽油的抗爆性。研究法辛烷值则表示汽油机在中负荷、低转速运转条件下汽油的抗爆性。

为反映汽油的灵敏度，我国有的汽油规格标准采用了抗爆指数这一新指标。抗爆指数是汽油研究法辛烷值与马达法辛烷值之和的 1/2。即：

$$\text{抗爆指数} = \frac{\text{MON} + \text{RON}}{2}$$

抗爆指数反映一般运行条件下汽油的平均抗爆性。

测定马达法辛烷值的标准是 GB/T 503—1996《汽油辛烷值测定法（马达法）》和 GB/T 5487—1995《汽油辛烷值测定法 研究法》。

2. 提高车用汽油抗爆性的方法

(1) 采用二次加工的炼制工艺，以得到含更多的高辛烷值烃类组分的车用汽油。如：采用催化裂化、催化重整、烷基化、加氢裂化等方法炼制的汽油中，含有较高比例的异构烷烃和芳香烃，可使辛烷值大幅度地提高，一般可达 75 ~ 85 辛烷值 (MON)。我国大型炼油厂多采用催化裂化工艺生产车用汽油组分。

(2) 加入抗爆添加剂。抗爆剂的种类很多，其中最有效的是四乙铅 $[\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4]$ 。四乙铅无色、有毒，密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，沸点 200°C ，不溶于水，能溶于各种液体燃料中。

四乙铅显著地提高了汽油抗爆性，通常认为是四乙铅在 200°C 以上时即开始分解出游离铅，它与氧气反应生成二氧化铅，二氧化铅再与混合气中的过氧化物反应，生成化学性质不活泼的有机氧化物和氧化铅，中断了过氧化物的链锁反应，使过氧化物不致积聚和分解，从而避免了爆燃的产生。

若往汽油中加入纯的四乙铅，则在中断过氧化物链锁反应的同时，还生成了固体氧化铅。它是一种熔点和沸点都很高的硬质微粒，会沉积在汽油机的气缸壁、气缸盖、火花塞和气门等零件上，不仅加速机件的磨损，还会使汽油机在燃烧过程中形成表面点火，影响汽油机正常工作。为此，在加入四乙铅的同时，还加入一定量的导出剂。常用的导出剂有溴乙烷、二溴乙烷和二氯乙烷等。导出剂在燃烧时能与氧化铅起作用生成熔点都和沸点都很低的溴化铅或氯化铅，能呈气体状态，在排气时随废气排出气缸，因而避免了氧化铅在汽油机内的沉积，保证汽油机正常工作。

自 20 世纪 70 年代以来，世界汽车保有量迅猛增加，汽车排出的废气给人类环境带来的危害越来越大，许多国家相继制订了汽车废气排放控制标准和环境保护法规。为了达到日趋严格的汽车废气排放标准，最有效的方法就是在排气系统中加装催化转换器，使有害的 CO 、 NO_x 和 HC 在排出前转为二氧化碳、水、氮和氧。但汽油中的含铅量超过一定量就会使转换器中的催化剂失效，达不到控制汽车有害排放物的目的。汽油含铅临界量是 $0.013\text{g}/\text{L}$ ，国际间以此数据作为界定无铅汽油的标准。现在汽油的无铅化正在加速进展，美国从 1992 年 1 月起禁止四乙铅抗爆剂的使用。从 1997 年开始在北京等大城市已禁用加铅汽油。到 2000 年，我国城市汽车全部禁止使用含铅汽油。

导出剂和四乙铅的混合物叫做乙基液。添加乙基液的汽油叫加铅汽油。无铅汽油是在汽油中不添加四乙铅抗爆剂，而添加甲基叔丁基醚 (MTBE) 和叔丁基醇 (TBA) 等含氧化合物，用来提高汽油的辛烷值。

三、汽油化学安定性的评定指标

1. 实际胶质

实际胶质是在规定条件下测得的发动机燃料的蒸发残留物，以 $\text{mg}/100\text{mL}$ 表示。

实际胶质是判断汽油在使用过程中生成胶质的倾向，测定标准是 GB/T 8019—87《车用汽油和航空燃料实际胶质测定法（喷射蒸发法）》或 GB/T 509—88《发动机燃料实际胶质测定法》，分别用于不同规格的汽油。

2. 诱导期

诱导期是在规定条件下，油品处于稳定状态所经历的时间周期，以 min 表示。即汽油在压力 0.7MPa 的氧气中和温度为 100°C 的试验条件下，未被氧化所经过的时间。诱导期是判断汽油氧化生胶变质倾向的指标。

测定汽油诱导期的标准是 GB/T 8018—87《汽油氧化安定性测定法 诱导期法》或 GB/T 256—64(90)《汽油诱导期测定法》分别用于不同规格的汽油。

四、汽油腐蚀性的评定指标

1. 水溶性酸或碱

水溶性酸或碱主要是油品中存在的无机酸、低分子有机酸和能溶于水的矿物碱等。

水溶性酸和碱的测定是按 GB/T 259—88《石油产品水溶性酸及碱测定法》进行，将 50cm^3 被测汽油和 50cm^3 中性蒸馏水注入分液漏斗中，并摇动 5min ，然后澄清。待澄清后从分液漏斗下层（水层）分别放入两支 10cm^3 试管。然后一支试管中加入 3 滴甲基橙指示剂，若显红色或玫瑰色，说明汽油中含有水溶性酸。另一支试管中加入 3 滴酚酞指示剂，若显红色或玫瑰红色，说明汽油中含有水溶性碱。

2. 酸度

汽油中有机酸的含量是用酸度的指标来限制的，所谓酸度，是指中和 100mL 汽油中的有机酸所需氢氧化钾的毫克数，以 $\text{mgKOH}/100\text{mL}$ 表示。

酸度测定的标准是 SH/T 0116—92《含乙基液汽油酸度测定法》或 GB/T 258—77《汽油、煤油、柴油酸度测定法》。

3. 硫含量

汽油中的硫含量是指存在于油品中的硫及其衍生物（硫化氢、硫醇、二硫化物）的含量，以质量百分比表示。

测定时按 GB/T 380—77(88)《石油产品硫含量测定法 燃灯法》的规定进行。其基本原理是将被测汽油在燃灯中燃烧，用石油产品含硫量测定器（内装碳酸钠水溶液）吸收燃烧生成的二氧化硫，并用容量分析法计算出硫含量。

4. 铜片腐蚀试验

铜片腐蚀试验是指在规定条件下测试油品对于铜的腐蚀趋向的试验，它是检查汽油中是否含有游离硫化物和活性硫化物的。

将一片已经磨光好的铜片浸没在一定量的试油中，并按不同的油品加热到指定的温度（燃油 50°C 车辆齿轮油 121°C ）保持一定时间（多为 3h ）。待试验结束时，取出铜片，经洗涤后与腐蚀标准色板比较，确定腐蚀级别。腐蚀标准色板分为 4 级：1 级为轻度变色；2 级为中度变色；3 级为深度变色；4 级为腐蚀。

铜片腐蚀试验测定标准是 GB/T 5096—85(91)《石油产品铜片腐蚀试验法》。

5.博士试验

在硫化硫存在下，用亚硫酸钠与轻质石油产品作用，以检查油中的硫化氢或硫醇的试验，叫做博士试验。

测定原理是将 10mL 试样与 5mL 亚铅酸钠溶液放入带磨口塞的 25mL 量筒内用力摇动。如果试样中含硫化氢，则生成黑色的硫化铅。

博士试验标准是 SH/T 0174—92《芳烃和轻质石油产品硫醇定性试验法 博士试验法》

五、汽油清洁性的评定指标

汽油规格规定汽油中不含机械杂质和水分。简易的判断方法是将汽油注入清洁干燥的 100mL 玻璃量筒中目测，如果油色透明并且没有悬浮物和沉淀物以及水分，则认为合格。

如需精确测定，可按 GB/T 260—77(88)《石油产品水分测定法》和 GB/T 511—88《石油产品和添加剂机械杂质测定法 重量法》操作。

第三节 汽油的规格

我国车用汽油的规格按研究法辛烷值 (RON)分为 90 号、93 号和 97 号 3 个牌号 (GB 484—93) 见表 2-1。

汽 油 规 格 (GB 484—93) 表 2-1

项 目	质量指标			试验方法
	90 号	93 号	97 号	
抗爆性:				GB/T 5487
研究法辛烷值 (RON)	90	93	97	GB/T 503
抗爆指数 (RON + MON)/2	85	89	92	GB/T 5487
铅含量 ^① , g/L	不大于 0.35	0.45		GB/T 6535
馏程:				GB/T 6536
10%蒸发温度, °C	不大于	70		
50%蒸发温度, °C	不大于	120		
90%蒸发温度, °C	不大于	190		
终馏点, °C	不大于	205		
残留量, % (V/V)	不大于	2		
蒸气压, kPa				GB/T 8017
从 9 月 1 日至 2 月 29 日	不大于	88		
从 3 月 1 日至 8 月 31 日	不大于	74		
实际胶质 ^② , mg/100mL	不大于	5		GB/T 8019
诱导期 ^③ , min	不小于	480		GB/T 8018
硫含量, % (m/m)	不大于	0.15		GB/T 380

续上表

项 目	质量指标			试验方法
	90 号	93 号	97 号	
硫醇(需满足下列要求之一)				
博士试验	通过			SH/T 0174
硫醇硫含量, %(m/m)	不大于	0.001		GB/T 1792
铜片腐蚀(50°C, 3h), 级	不大于	1		GB/T 5096
水溶性酸或碱		无		GB/T 259
酸度, mgKOH/100mL	不大于	3		SH/T 0116
机械杂质及水分 ^①		无		

注：①铅含量允许用 GB/T 2432 测定 仲裁试验以 GB/T 6535 方法测定的结果为准。

实际胶质允许用 GB/T 509 测定 仲裁试验以 GB/T 8019 方法测定的结果为准。

诱导期允许用 GB/T 256 测定 仲裁试验以 GB/T 8018 方法测定的结果为准。

将试样注入 100mL 玻璃量筒中观察，应当透明，没有悬浮和沉降的机械杂质及水分。在有异议时以 GB/T 511 和 GB/T 260 方法测定的结果为准。

汽油规格按马达法辛烷值（MON）分为 66 号和 70 号两个牌号（SH 0112—92）见表 2-2。无铅车用汽油按研究法辛烷值 RON 分为 90 号、93 号和 95 号 3 个牌号（SH 0041—93）见表 2-3。另外，1994 年我国又发布了 GB 15058—94《含铅普通标准汽油》见表 2-4。

汽油规格(SH 0112—92)

表 2-2

项 目		质量指标		试验方法
		66 号	70 号	
辛烷值(MON 法)	不小于	66	70	GB/T 503
四乙铅含量,(g/kg)	不大于	1.0		GB/T 377
实际胶质,(mg/100mL)	不大于	5		GB/T 509
馏程:				GB/T 225
10%蒸发温度,℃	不高于	79	70	GB/T 255
50%蒸发温度,℃	不高于	145	120	
90%蒸发温度,℃	不高于	190	190	
终馏点℃	不高于	205	205	
残留量,%(V/V)	不大于	1.5	1.5	
残留量及损失量,%(V/V)	不大于	4.5	4.5	
饱和蒸气压,kPa				GB/T 257
从 9 月 1 日至 2 月 29 日	不大于	80		
从 3 月 1 日至 8 月 31 日	不大于	67		
诱导期,min	不小于	360	480	GB/T 256
硫含量,%(m/m)	不大于	0.15		GB/T 380
腐蚀(铜片,50℃,2h),级	不大于	合格		GB/T 378
水溶性酸或碱		无		GB/T 259
酸度,mgKOH/100mL	不大于	3		GB/T 258
机械杂质及水分		无		