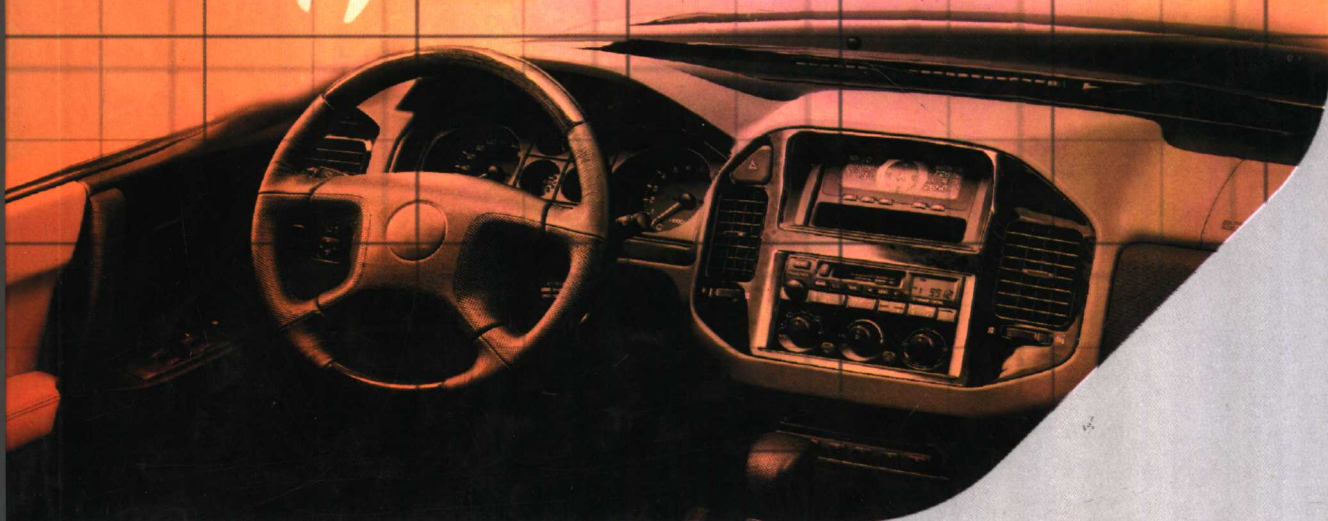


高职高专汽车运用与维修专业系列教材

蒲永峰 主编

# 汽车工程材料

QICHE GONGCHENG  
CAILIAO



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

# 汽车工程材料

蒲永峰 主 编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书以汽车制造、运用、维修过程所使用的各种材料及其成型加工为主线,介绍了材料的成分、牌号、加工方法及应用。内容包括:汽车运行材料及其使用;汽车涂料;装饰材料及其使用;钢及其热处理;合金钢;铸铁、有色金属材料及其合金;非金属材料;纳米材料及功能材料;铸造、压力加工、焊接等材料成型方法。

本书既介绍传统汽车材料,也介绍新型材料。既介绍汽车制造用材料,也介绍汽车运行材料、装饰材料,更进一步介绍材料在工程实际中的应用。本书特别适用于高职高专院校汽车制造与装配技术专业使用,也适合于汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车改装技术专业以及汽车技术短期培训班使用,也可供相关人员工作中参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车工程材料/蒲永峰主编. —重庆:重庆大学出版社,  
2007.9

(高职高专汽车运用与维修专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-4189-2

I. 汽... II. 蒲... III. 汽车—工程材料—高等学校:技  
术学校—教材 IV. U465

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第115006号

## 汽车工程材料

蒲永峰 主 编

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:任卓惠 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:[fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆铜梁正兴印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:543千

2007年9月第1版 2007年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4189-2 定价:29.50元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

## 前 言

本书是按照高职高专规划教材《汽车工程材料》的编写大纲编写的。以高职高专院校汽车制造与装配技术专业为主要对象,兼顾汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车改装技术、汽车技术服务与营销等专业以及汽车技术短期培训班,为他们提供系统、实用的教科书和参考资料。

汽车工业已经成为众所周知的支柱产业。目前,我国汽车产销量均超过 800 万辆,逼近 1 000 万辆,汽车行业人才需求异常迫切。在这种情况下,各院校特别是高职高专院校纷纷开办了汽车制造与装配技术、汽车检测与维修、汽车运用技术、汽车技术服务与营销等专业。但是,这些专业的快速发展使得原本一直缺少的、适合各专业课程教学大纲要求的汽车材料及加工类教材成为各学校非常渴求的东西。无奈之下,许多学校只能以一些相近的教材代用,从而严重影响了教学质量的提高。

在现代汽车上,各种各样的机械工程材料、装饰材料、石油化工产品等聚于一身,各种新材料、新的材料加工技术也集中体现。因此,让汽车专业的学生了解这些材料及其加工方法是很有必要的,这也为他们的后续专业发展打下良好基础。本书以汽车运行材料、汽车装饰材料、汽车制造用材料为三大主线,系统介绍汽车运行材料及其使用;汽车涂料;装饰材料及其使用;钢及其热处理;合金钢、铸铁、有色金属材料;塑料、橡胶、胶黏剂、汽车用密封材料及其应用;纳米材料及功能材料;铸造、压力加工、焊接等材料成型方法以及典型汽车零件的选材。

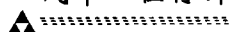
本书由广东轻工职业技术学院蒲永峰主编,华南理工大学广州汽车学院梁耀能教授主审,湖北鄂东职业技术学院陈明昭参编。全书在编写工作中,得到了东风汽车有限公司乘用车公司陈文峰先生、广州丰田汽车有限公司陈顺生先生以及余雪梅、廖毅娟、李尚周等老师的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上作者水平所限,书中难免有不少错误,敬请广大师生批评指正。

编 者  
2007 年 6 月

# 目 录

第1章 汽车运行材料	1
1.1 燃料	1
1.2 润滑材料	11
1.3 汽车工作液	27
1.4 汽车轮胎	40
习 题	50
第2章 汽车涂料及装饰材料	51
2.1 汽车涂料	51
2.2 汽车涂料的选用	63
2.3 汽车装饰材料及用品	73
习 题	76
第3章 碳 钢	77
3.1 铁碳合金的组元及基本相	77
3.2 Fe-Fe <sub>3</sub> C 相图分析	78
3.3 碳对铁碳合金平衡组织和性能的影响	81
3.4 碳钢	83
习 题	90
第4章 钢的热处理	91
4.1 钢的退火与正火	91
4.2 钢的淬火	94
4.3 钢的回火	98
4.4 钢的表面淬火	101
4.5 钢的化学热处理	103
4.6 热处理新技术简介	108
4.7 热处理技术条件的标注	110
习 题	112
第5章 合金钢以及钢在汽车上的应用	114
5.1 概述	114
5.2 合金结构钢	115
5.3 轴承钢	125



5.4	合金工具钢 .....	127
5.5	不锈、耐蚀和耐热钢 .....	135
5.6	钢在汽车上的应用 .....	137
	习 题 .....	146
<b>第6章</b>	<b>铸铁、铸钢及其在汽车上的应用 .....</b>	<b>148</b>
6.1	概述 .....	148
6.2	灰铸铁 .....	150
6.3	可锻铸铁 .....	152
6.4	球墨铸铁 .....	154
6.5	蠕墨铸铁 .....	157
6.6	特殊性能铸铁 .....	159
6.7	铸钢 .....	160
6.8	铸铁及铸钢在汽车上的应用 .....	160
	习 题 .....	176
<b>第7章</b>	<b>有色金属、有色金属合金及其在汽车上的应用 .....</b>	<b>177</b>
7.1	铝及铝合金 .....	177
7.2	铜及铜合金 .....	184
7.3	轴承合金 .....	188
7.4	钛及钛合金 .....	191
7.5	镁合金 .....	192
7.6	锌合金 .....	193
7.7	粉末冶金 .....	194
	习 题 .....	195
<b>第8章</b>	<b>非金属材料及其在汽车上的应用 .....</b>	<b>197</b>
8.1	高分子合成材料 .....	197
8.2	陶瓷 .....	216
8.3	复合材料 .....	219
	习 题 .....	223
<b>第9章</b>	<b>纳米材料及功能材料 .....</b>	<b>224</b>
9.1	纳米材料 .....	224
9.2	超导材料 .....	227
9.3	储氢合金 .....	229
9.4	形状记忆合金 .....	231
9.5	非晶态合金 .....	231
	习 题 .....	232

<b>第 10 章 铸 造</b> .....	233
10.1 概述 .....	233
10.2 合金的铸造性能 .....	233
10.3 砂型铸造 .....	237
10.4 铸造工艺设计 .....	240
10.5 特种铸造 .....	250
习 题 .....	256
<b>第 11 章 金属压力加工</b> .....	258
11.1 概述 .....	258
11.2 锻造加热和冷却 .....	259
11.3 自由锻 .....	262
11.4 模锻 .....	268
11.5 冲压 .....	273
11.6 其他压力加工方法 .....	279
习 题 .....	282
<b>第 12 章 焊 接</b> .....	283
12.1 焊接方法的本质及分类 .....	283
12.2 气焊及气割 .....	285
12.3 焊接电弧和弧焊电源 .....	288
12.4 手工电弧焊 .....	291
12.5 埋弧焊 .....	295
12.6 气体保护电弧焊 .....	296
12.7 电阻焊 .....	300
12.8 钎焊 .....	301
12.9 常用金属材料的焊接 .....	303
12.10 焊接接头及焊接结构基础 .....	306
12.11 焊接技术在汽车制造业中的应用 .....	312
习 题 .....	314
<b>第 13 章 典型汽车零件的选材及工艺路线分析</b> .....	316
13.1 汽车生产过程特点 .....	316
13.2 零件选材的一般原则 .....	319
13.3 零件的失效与选材 .....	321
13.4 典型零件的选材及工艺分析 .....	325
习 题 .....	338
<b>参考文献</b> .....	339

# 第1章 汽车运行材料

汽车运行材料指汽车运行过程中使用的燃料、润滑材料、轮胎、冷却液和制动液等。据统计,在汽车运输成本中,汽车运行材料消耗所占比例最高,达到40%以上。其中:燃料消耗约占运输成本的20%~30%;润滑材料约占1%~3%;轮胎消耗约占10%~15%。合理使用汽车运行材料,可以维持汽车正常工作和良好技术状况,保证汽车使用可靠性,延长汽车使用寿命。因此,我们必须了解汽车运行材料的性能和特点,合理选择和使用汽车运行材料,以提高汽车的使用经济性、降低运输成本、节约宝贵的自然资源。

## 1.1 燃料

目前的汽车绝大部分仍然装用内燃发动机,以车用汽油或柴油作为燃料。车用汽油用于点燃式内燃机,而车用柴油用于压燃式内燃机。为了减轻城市空气污染,相当一部分公共汽车和出租汽车使用液化石油气(LPG)或压缩天然气(CNG)。

### 1.1.1 车用汽油

汽油是由碳原子数5~11的烃类混合物按使用需要加入各种添加剂而构成。它是汽车使用最广泛的一种燃料。

#### (1) 汽油的主要性能指标

汽油的主要性能指标包括:蒸发性、抗爆性、安定性、防腐性和清洁性等。

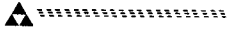
1) 蒸发性 汽油由液态转化为气态的性能称为汽油的蒸发性。汽油蒸发性不好,则可燃混合气形成不良,发动机启动和加速性能变差、燃烧不完全、油耗增加、碳氢化合物(HC)排放浓度增加,同时由于液态油滴冲刷及稀释作用,使发动机磨损加剧。汽油蒸发性过强,会使汽油储运过程中的损耗增多,还会在温度较高的条件下使用时,在供油管路中产生气泡而发生气阻,影响喷油器流量的稳定,使燃油蒸发控制系统过载。

蒸发性的评定指标是馏程和饱和蒸气压。用测定仪对100 mL油品蒸馏时,从初馏点到终馏点的温度范围和残留量馏程。在规定条件下,油品在要求的试验仪器中达到气液两相平衡时,液面蒸气所产生的最大压力叫做饱和蒸气压。

实际工作中可用汽油馏出(10%, 50%, 90%)温度来简单评价汽油蒸发性。10%馏出温度过高时,汽油中所含轻质馏分少,蒸发性差,冬季或冷车不易启动;反之,则蒸发强,容易产生气阻。90%馏出温度低,则汽油燃烧较完全;反之,汽油难以完全蒸发与燃烧,从而使油耗增大、有害气体排放增加、发动机磨损严重。

石油产品馏程的测定按 GB/T 6536—1997《石油产品蒸馏测定法》的规定进行。汽油饱和蒸气压测定按 GB/T 8017—1987《石油产品蒸气压测定法(雷德法)》进行。





2) 抗爆性 汽油的抗爆性指汽油在发动机中燃烧时,不发生爆燃的性能。爆燃是一种发动机的不正常燃烧现象,即在混合气被点燃后的火焰传播过程中,位于火焰前锋未燃烧的混合气发生自燃,形成压力冲击波,产生金属敲击声并消耗有效能量。爆燃限制了发动机压缩比的提高,降低发动机经济性。长时间爆燃还会使发动机过热,甚至使零部件损坏。爆燃的产生受多种因素影响,其中汽油抗爆性影响最大。

汽油的抗爆性可用汽油的辛烷值来评价。汽油的辛烷值越高,其抗爆性越好。辛烷值是表示点燃式发动机燃料抗爆性的一个约定数值,采用在规定条件下的标准发动机试验中与标准燃料进行比较的方法测定。

测定汽油辛烷值的标准燃料由两种抗爆性悬殊的烷烃掺配而成。一种是抗爆性良好的异辛烷( $C_8H_{18}$ ),规定其辛烷值为100;另一种是抗爆性极差的正庚烷( $C_7H_{16}$ ),规定其辛烷值为0。两者以不同的比例混合,便得到辛烷值从0~100之间各标准燃料。

汽油辛烷值测定的方法有马达法(MON)和研究法(ROK)两种,一般按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)》的规定进行。试验方法不同,测得的辛烷值也不同。研究法辛烷值与马达法辛烷值之和的1/2定义为汽油的抗爆指数。

提高汽油辛烷值的途径之一是采用先进炼制工艺,以生产出含有高辛烷值成分多的汽油;途径之二是加入抗爆添加剂。早期是加入四乙基铅,形成有毒的含铅汽油,其燃烧产物排入大气后可直接造成环境污染,同时,含铅汽油还影响装有电控燃油喷射系统的汽车上的氧传感器和三元催化转换器的正常工作。目前使用的抗爆添加剂主要是含氧化合物甲基叔丁基醚(MTBE)等物质。我国已限制含铅汽油的使用,而改用无铅车用汽油。

3) 氧化安定性 汽油的安定性是指在正常的储存与使用过程中,保持其性质不发生永久性变化的能力。安定性差的汽油易发生氧化反应,生成胶状与酸性物质,使辛烷值降低,酸值增加,使用时油路易被阻塞,因燃烧室积炭增加而导致散热不良,易引起爆燃和早燃。

汽油安定性的评价指标主要有:实际胶质和诱导期。实际胶质指在规定条件下对汽油进行快速蒸发后测得的汽油蒸发残渣中的正庚烷不溶物的含量,以mg/100 mL表示;诱导期指在规定的加速氧化条件下,汽油处于稳定状态所经历的时间周期,以min表示。

汽油实际胶质的测定按GB/T 8019—1987《车用汽油和航空燃料实际胶质测定法(喷射蒸发法)》的规定进行。汽油的诱导期测定按GB/T 8018—1987《汽油氧化安定性测定法(诱导期法)》的规定进行。

4) 防腐性和清洁性 指汽油中硫及硫化物、有机酸、水溶性酸、碱等引起腐蚀的物质对汽车零部件产生腐蚀的性质。汽油的防腐性指标一般用硫含量、铜片腐蚀试验、水溶性酸或碱、酸度等。

清洁性指汽油中不应含有机杂质和水分,因为这些物质会对燃油系统造成堵塞、锈蚀作用。低温时水分还会使燃油系统结冰,影响汽车正常使用。

5) 无害性 随着环境污染的加剧和人们环保意识的提高,对无铅汽油中其他有害物的含量也有一定限制。改变汽油组成是改进汽油对排放影响的关键。美国国会于1990年通过了空气净化法修正案,做出了改变汽油组成以减少排放和改善空气质量的规定,欧洲、日本等发达国家和地区相继做出类似规定。这样,就形成了所谓新配方汽油(RFG)。我国国家环境保

护总局发布了 GWKV 1—1999《车用汽油有害物质控制标准》，规定了苯、烯烃、芳烃、锰、铁、铜、铅、磷、硫含量的控制限值。

(2) 车用汽油的规格

汽油的牌号是以汽油的抗爆性(辛烷值)表示的。牌号越大,则辛烷值越高,抗爆性越好。我国汽油牌号按研究法辛烷值( RON)划分,目前按 GB 17930—2006《车用汽油》有 90,93,95,97 等几个牌号,其各项指标如表 1.1 所示。

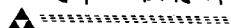
表 1.1 车用无铅汽油(节选)

项 目	质量指标				试验方法	
	90 号	93 号	95 号	97 号		
抗爆性:						
研究法辛烷值( RON)	不小于	90	93	95	97	GB/T 5487
抗爆指数( RON + MON)/2	不小于	85	88	90	报告	GB/T 503
铅质量浓度 <sup>①</sup> /(g · L <sup>-1</sup> )	不大于	0.005			GB/T 8020	
馏程:						
10% 蒸发温度/℃	不高于	70			GB/T 6536	
50% 蒸发温度/℃	不高于	120				
90% 蒸发温度/℃	不高于	190				
终馏点/℃	不高于	205				
残留量体积分数/%	不大于	2				
蒸汽压力/kPa						
从 9 月 1 日至 2 月 29 日	不大于	88			GB/T 8017	
从 3 月 1 日至 8 月 31 日	不大于	74				
实际胶质质量/(mg · 100L <sup>-1</sup> )	不大于	5			GB/T 8019	
诱导期/min	不小于	480			GB/T 8018	
硫的质量分数/%	不大于	0.15			GB/T 380	
硫醇(需满足下列要求之一)						
博士试验		通过			SH/T 0174	
硫醇硫的质量分数/%	不大于	0.001			GB/T 1792	
铜片腐蚀(50 ℃, 3 h), 级	不大于	1			GB/T 5096	
水溶性酸或碱		无			GB/T 259	
机械杂质及水分		无				

①本标准规定了铅质量浓度限值,但不允许故意加铅。为了便于与加铅汽油区分,无铅车用汽油不添加着色染料。

(3) 汽油的选用

1) 汽油选用的原则 汽油的选用应根据汽车使用说明书推荐的牌号,并结合汽车的使用条件,以发动机不发生爆燃为前提。在一般情况下,发动机的压缩比是选择汽油牌号的主要依据。压缩比越大,汽油的牌号越高。在发动机不发生爆燃的条件下,应尽量选用低牌号汽油。若辛烷值过低,就会使发动机产生爆燃;如果辛烷值过高,不仅会造成经济上的浪费,还会因高



辛烷值汽油着火慢,燃烧时间长,而使热功转换不充分,同时还会因排放废气温度过高而烧坏排气门或排气门座。

### 2) 汽油选用注意事项

①电控燃油喷射系统的汽车应选用无铅汽油,以免影响氧传感器和三元催化转换器的正常工作。

②应尽量采用生产商推荐的牌号。因为造成发动机爆燃的原因除与所使用汽油的抗爆性有关外,还与发动机结构及使用中的多种因素有关。

③注意推广使用加入有效的汽油清静剂的无铅汽油。

④在海拔较高的地区使用汽车时,因空气密度小,压缩终了的汽缸压力和温度均较低,不易发生爆燃,因此汽油的辛烷值可相应降低。当汽车从平原驶到高原时,可适当换低牌号汽油。

⑤汽油中不可掺入煤油和柴油,因其挥发性较差,加入后会使油品变质。

⑥在储存、使用及汽车维修中要注意防火、防爆、防中毒。

### 1.1.2 车用柴油

汽车所用的轻柴油是指原油蒸馏时继汽油、煤油后蒸出的沸点为 200 ~ 350 °C 的碳氢化合物。由于柴油发动机具有比汽油发动机更高的热效率、更好的燃料经济性和更低的 CO<sub>2</sub> 排放,在全球出现了一种汽车柴油化的趋势。

#### (1) 柴油的主要性能指标

柴油的主要性能指标包括低温流动性、黏度、燃烧性能、挥发性、防腐性和清洁性等。

1) 低温流动性 车用柴油在一定的低温条件下保持一定流动状态的性能叫低温流动性。柴油的低温流动性直接关系到柴油机的正常运行。在严寒季节和低温地区使用的车辆,若所用柴油的低温流动性差,往往使柴油不能有效喷入汽缸,并失去流动性而不能可靠地供油,严重时车辆无法行驶。

评价柴油低温流动性的指标有:凝点、浊点、冷滤点。凝点指柴油在标准试管内成 45° 倾角下保持 1 min 而不改变本身液面时的最高温度。柴油的凝点直接决定着其使用温度条件,我国的车用柴油是按凝点划分牌号的。浊点指在规定条件下,柴油冷却至由于蜡晶体出现而呈雾状或浑浊时的最高温度,此时柴油虽仍可流动,但易造成油路堵塞而出现供油故障。当温度低于浊点,柴油中将析出蜡状链烃分子而堵塞油路。冷滤点指在规定条件下,20 mL 柴油开始不能通过 363 目/平方英寸过滤器时的最高温度。冷滤点比以上两个指标能更好地反映柴油在汽车上的实际使用情况,而且不受是否添加流动改进剂的影响,得到我国和欧洲国家的广泛采用。

石油产品的凝点测定按 GB/T 510—1983《石油产品凝点测定法》进行。柴油凝点测定按 SH/T 0248—2006《柴油和民用取暖油凝点测定法》进行。

2) 燃烧性能 柴油的发火性是评价其燃烧性能的重要指标。柴油的发火性指柴油自燃的能力。发火性好的柴油,着火延迟期短,着火燃烧后汽缸内压力上升平缓,柴油机工作柔和(抗粗暴性能好)。

若着火延迟期过长,则在燃烧准备期内集聚的燃油数量增多,造成大量柴油同时燃烧,使汽缸压力急剧上升,发动机运转不平稳,发出异响,这种不正常燃烧现象叫粗暴。柴油机工作粗暴的后果与汽油机爆燃一样,在燃烧室及曲柄连杆机构引起冲击作用,产生强烈的金属敲击声,加速零件磨损,使发动机功率下降、油耗增加。

十六烷值(CN)是代表柴油在柴油发动机中燃烧性能的一个约定量值。十六烷值是在规定条件下的标准发动机试验中,通过与标准燃料比较来测定,采用与被测定燃料具有相同着火延迟期的标准燃料中十六烷值的体积分数来表示。标准燃料是由两种燃烧性能相差悬殊的烃掺配而成。一种是燃烧性能良好的正十六烷( $C_{16}H_{34}$ ),规定其十六烷值为100;另一种是燃烧性很差的 $\alpha$ -甲基萘( $C_{11}H_{10}$ ),规定其十六烷值为0,它们按不同比例掺和,就得到0~100之间的各号标准燃料。柴油十六烷值的测定按GB/T 386—1991《着火性质测定法(十六烷值)》进行。

柴油的十六烷值高,其发火性能就好,适宜于在高转速柴油机上使用,在较低气温条件下易于启动;但十六烷值不宜太高,因为当柴油的十六烷值超过50后再继续提高,对缩短着火延迟期的作用不明显,同时因十六烷值过高的柴油的分子量较大,其低温流动性、雾化和蒸发性能均会受到影响,会使燃烧不完全、发动机功率下降、油耗增加、排气冒黑烟。因此通常要求柴油的十六烷值在40~60。

3) 蒸发性 柴油的蒸发性决定混合气形成的速度和质量,高速柴油机混合气形成时间短,因此对柴油的蒸发性有较高要求。如果柴油的蒸发性和雾化较差,则未蒸发的柴油在高温、高压条件下分解析出炭粒,形成黑烟与废气一同排出发动机,使油耗和排气污染物增加。如果未分解和燃烧的柴油进入发动机机油池,会稀释和污染润滑油,加剧发动机磨损。另外,蒸发性差的柴油一般馏分大、黏度大,使喷油雾化质量差,混合气不均匀,发动机启动困难,产生后燃现象而有过热、功率下降。

柴油的蒸发性主要用馏程、闪点、运动黏度和密度评价。柴油馏程测定项目有50%,90%,95%馏出温度。50%馏出温度低,则轻质馏分多,易于启动,但50%馏出温度过低时,柴油蒸发太快,易引起全部柴油迅速燃烧,缸内压力升高剧烈,发动机工作粗暴;90%与95%馏出温度越低,柴油中重质馏分含量越低,柴油燃烧更加充分,可提高柴油机的动力性,降低油耗,减小机械磨损。闪点指柴油在一定试验条件下加热时,当油料蒸气与周围空气形成的混合气接近火焰时,开始发出闪火时的温度。闪点低的柴油蒸发性好,但闪点太低时会使柴油机工作粗暴,同时储运及使用中的安全性下降。

柴油的闪点按GB/T 261—1983《石油产品闪点测定法(闭口杯法)》测定。

4) 黏度 黏度是液体流动时内摩擦力的量度,它是柴油机燃料的一个重要指标。黏度随温度升高而减低。黏度低时,柴油流动性好,易于雾化,但泄流量大,使喷油压力减小,发动机功率下降,润滑性不良;黏度高时,流动阻力大,喷油雾化变差,射程变长,燃烧缓慢且容易增加积炭,但润滑性能较好。对于近年来发展较快的直喷柴油机,柴油雾化、燃烧效果更易受到黏度和蒸发性等因素的影响。因此,为了保证发动机正常工作,要求柴油的黏度应保持在适当范围。

5) 安定性 柴油的安定性包括储存安定性和热安定性。

储存安定性指柴油在储存、运输和使用过程中保持其外观、组成和使用性能不变的能力。安定性好的柴油要求在储存过程中颜色和实际胶质变化不大,基本上不生成不可溶的胶质和沉渣。我国商品柴油规格规定以实际胶质作为柴油储存安定性指标,要求实际胶质不大于 70 mg/100 mL。

柴油的热安定性也称为热氧化安定性,是指柴油在高温条件下溶解氧的作用下发生变质的倾向。沉渣是油品氧化变质的最终产物,是燃油系统发生故障的原因之一,必须加以控制。柴油氧化安定性指标用氧化沉渣来表示。车用柴油要求有较好的热安定性和氧化安定性,以保证柴油机的正常工作。

轻柴油的氧化安定性按照 SH/T 0175—2004《馏分燃料油氧化安定性测定法(加速法)》进行测定。

6) 防腐性 柴油的防腐性可用硫含量、硫醇硫含量、水分、酸度、铜片腐蚀、水溶性酸或碱等指标评价。柴油中的硫含量一般较汽油中的硫含量高,我国轻柴油中硫含量一般在 0.2%~1.0%。柴油中硫含量越高,燃烧生成的  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  越多,产生的积炭越多,排放污染越严重,并使润滑油老化、发动机磨损加剧。

由于以上原因,世界上在加速柴油低硫化( $w_s < 0.05\%$ )进程。但硫含量的进一步降低使发动机润滑性能下降、磨损增大,并出现油品安定性变差等负面影响,因此需添加一定的抗磨、抗氧化添加剂。

轻柴油的硫含量按照 GB/T 380—1977《石油产品硫含量测定法(燃灯法)》进行测量。

柴油中有机酸含量一般大于汽油,造成发动机沉积物增加、磨损加剧。其酸度测定按照 GB/T 258—1977《汽油,煤油,柴油酸度测定法》进行。

7) 清洁性 柴油的清洁性可用水分、灰分和机械杂质等指标评定。轻柴油规格中要求水分不大于痕迹,痕迹表示水分为 0.03%。水分可进行目测,较精确的测定按照 GB/T 260—1977《石油产品水分测定法》进行。灰分指在规定条件下,柴油被炭化后的残留物经煅烧所得的无机物,以质量分数表示。灰分是发动机零件磨损中起磨粒作用的成分,其测定按 GB/T 508—1985《石油产品灰分测定法》进行。

8) 排放性 柴油机相对于汽油机产生的  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HC}$  较少,但产生的氮氧化合物( $\text{NO}_x$ )和颗粒物( $\text{PM}$ )以及黑烟较多。柴油中硫含量越大,氮氧化合物( $\text{NO}_x$ )和颗粒物( $\text{PM}$ )越多。多环芳烃含量越多,颗粒物( $\text{PM}$ )越多。十六烷值越低,氮氧化合物( $\text{NO}_x$ )越多。

## (2) 柴油的规格

柴油分为轻柴油和重柴油。轻柴油适用于全负荷转速不低于 960 r/min 的高速柴油机;重柴油适用于全负荷转速为 300 r/min 以上的中速柴油机及 300 r/min 以下的低速柴油机。汽车上装用的柴油发动机均是高速柴油机,因此以轻柴油为燃料。

轻柴油按质量分为优级品、一级品和合格品三个等级,每个等级的柴油按凝点分为 10 号、5 号、0 号、-10 号、-20 号、-35 号、-50 号 7 种牌号。如:10 号柴油表示其凝点不高于 10 °C,其余类推,轻柴油的规格见表 1.2。

表 1.2 轻柴油规格

项 目	10号	5号	0号	-10号	-20号	-35号	-50号	测定方法
色度/号	≤3.5							GB/T 6540
氧化安定性,不溶物总量/(mg/100 mL)	≤2.5							SH/T 0175
硫含量(m/m)/%	≤0.2							GB/T 380
酸度/(mgKOH/100 mL)	≤7							GB/T 258
10% 蒸余物残炭(m/m)/%	≤0.3							GB/T 268
灰分(m/m)/%	≤0.01							GB/T 508
铜片腐蚀(50℃,3h)级	≤1							GB/T 5096
水分(V/V)/%	痕迹							GB/T 260
机械杂质	无							GB/T 511
运动黏度(20℃)/(mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	3.0~8.0			2.5~8.0		1.8~7.0		GB/T 265
凝点/℃	≤10	≤5	≤0	≤-10	≤-20	≤-35	≤-50	GB/T 510
冷凝点/℃	≤12	≤8	≤4	≤-5	≤-14	≤-29	≤-44	SH/T 0248
闪点(闭口)/℃	≥35					≥45		GB/T 261
十六烷值	≥45							GB/T 386
馏程:								GB/T 6536
50% 回收温度/℃	≤300							
90% 回收温度/℃	≤355							
95% 回收温度/℃	≤365							
密度(20℃)/(kg·m <sup>-3</sup> )	实测							GB/T 1884 GB/T 1885

(3) 柴油的选用

柴油选用的主要依据是使用地区月风险率为10%的最低气温(见表1.3)。某月风险率为10%最低气温值表示该月中最低气温低于该值的概率为0.1,或者说该月最低气温高于该值的概率为0.9。

表 1.3 各地区风险率为10%的最低气温(GB 252—2000)

	1月份	2月份	3月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份	9月份	10月份	11月份	12月份
河北省	-14	-13	-5	1	8	14	19	17	9	1	-6	-12
山西省	-17	-16	-8	-1	5	11	15	13	6	-2	-9	-16
内蒙古自治区	-43	-42	-35	-21	-7	-1	1	1	-8	-19	-32	-41
黑龙江省	-44	-42	-35	-20	-6	1	7	4	-6	-20	-35	-43
吉林省	-29	-27	-17	-6	1	8	14	12	2	-6	-17	-26

续表

	1月份	2月份	3月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份	9月份	10月份	11月份	12月份
辽宁省	-23	-21	-12	-1	6	12	18	15	6	-2	-12	-20
山东省	-12	-12	-5	2	8	14	19	18	11	4	-4	-10
江苏省	-10	-10	-3	3	11	15	20	20	12	5	-2	-8
安徽省	-7	-7	-1	5	12	18	20	20	14	7	0	-5
浙江省	-4	-3	1	6	13	17	22	21	15	8	2	-3
江西省	-2	-2	3	9	15	20	23	23	18	12	4	0
福建省	-4	-2	3	8	14	18	21	20	15	8	1	-3
台湾省	3	0	2	8	10	16	19	19	13	10	1	2
广东省	1	2	7	12	18	21	23	23	20	13	7	2
广西壮族自治区	3	3	8	12	18	21	23	23	19	15	9	4
湖南省	-2	-2	3	9	14	18	22	21	16	10	4	-1
湖北省	-6	-4	0	6	12	17	21	20	14	8	1	-4
河南省	-10	-9	-2	4	10	15	20	18	11	4	-3	-8
四川省	-21	-17	-11	-7	-2	1	2	1	0	-7	-14	-19
贵州省	-6	-6	-1	3	7	9	12	11	8	4	-4	-4
云南省	-9	-8	-6	-3	1	5	7	7	5	-1	-5	-8
西藏自治区	-29	-25	-21	-15	-9	-3	-1	0	-6	-14	-22	-29
新疆维吾尔自治区	-40	-38	-28	-12	-5	-2	0	-2	-6	-14	-25	-34
青海省	-33	-30	-25	18	-10	-6	-3	-4	-6	-16	-28	-33
甘肃省	-23	-23	-16	-9	-1	3	5	5	0	-8	-16	-22
陕西省	-17	-15	-6	-1	5	10	15	12	6	-1	-9	-15
宁夏回族自治区	-21	-20	-10	-4	2	6	9	8	3	-4	-12	-19

注:①各地区风险率为10%的最低气温是从中央气象局资料室编写的《石油产品标准的气温资料》中摘录编制的。它是由我国152个气象台、站,于1961年至1980年逐日自最高(低)气温记录分析得出的。

②推荐风险率为10%的最低气温用来估计使用地区的最低操作温度,这对柴油机在低温操作时的正常设备防寒,燃油系统的设计,柴油的生产、供销及使用提供了可靠的气温数据。这种数据也为发动机油、发动机冷却液、车辆齿轮油、制动液等的选择提供了依据。

③台湾省所列的温度是绝对最低气温,即风险率为0%的最低气温。

柴油的凝点应比该最低气温低4~6℃,车用柴油牌号及其适用范围见表1.4。

表 1.4 车用柴油牌号及其适用范围

柴油牌号	适用范围
10 号	有预热设备的高速柴油机
5 号	月风险率为 10% 的最低气温在 8 ℃ 以上的地区
0 号	月风险率为 10% 的最低气温在 4 ℃ 以上的地区
-10 号	月风险率为 10% 的最低气温在 -5 ℃ 以上的地区
-20 号	月风险率为 10% 的最低气温在 -5 ~ -14 ℃ 的地区
-35 号	月风险率为 10% 的最低气温在 -14 ~ -29 ℃ 的地区
-50 号	月风险率为 10% 的最低气温在 -29 ~ -44 ℃ 的地区

不同牌号的柴油可掺兑使用,以改变其凝点。如 0 号柴油按比例加入一些低凝点柴油,可使其能在 -5 ~ -10 ℃ 的温度条件下使用;在 0 号柴油中加入 40% 的裂化煤油,可得到 -10 号左右的柴油。但柴油中不能掺入汽油,柴油中掺入汽油后,发火性能将显著变差,导致启动困难甚至不能启动。

### 1.1.3 液化石油气(LPG)

液化石油气(简称 LPG)是由含三个或四个碳原子的烃类如丙烷( $C_3H_8$ )、丙烯( $C_3H_6$ )、丁烷( $C_4H_{10}$ )、丁烯( $C_4H_8$ )为主的一种混合物,分为油气田和炼油厂液化石油气两类。油气田产的液化石油气主要由丙烷、丁烷组成,可直接用做汽车燃料。炼油厂产的液化石油气为不饱和和烃,含有大量的烯烃,燃烧后结胶、积炭严重,会损坏发动机火花塞、气门、活塞环等零件,影响汽车使用寿命,不适于直接做汽车燃料。

#### (1) 液化石油气作为内燃机燃料的特点

- ① 体积低热值和质量低热值略高于汽油。
- ② 辛烷值高(研究法辛烷值在 94 ~ 110 之间),抗爆震性能好。
- ③ 发火界限宽。
- ④ 与空气混合均匀,燃烧温度低,燃烧完全,燃烧后比汽油清洁,排出的  $w_{CO}$  下降 20%,  $w_{\text{各类碳氢化合物}}$  下降约 50%。但氮氧化物( $NO_x$ )排放与汽油持平或略高于汽油。
- ⑤ 着火温度比汽油高,火焰传播速度慢,因此需要较高的点火能量。

#### (2) 汽车用液化石油气的技术指标

汽车用液化石油气的技术要求按照中国石油天然气总公司制定的 SY 7548—1998《汽车用液化石油气》规定的指标执行,如表 1.5 所示。



表 1.5 汽车用液化石油气的技术指标

项 目	质量指标		测定方法
	车用丙烷	车用丙丁烷混合物	
37.8 °C 蒸气压(表压)/kPa	≤1 430	≤1 430	GB/T 6602 <sup>①</sup>
组分 φ/%			SH/T 0230
丙烷	—	≤60	
丁烷及以上组分	≤2.5	—	
戊烷及以上组分	—	≤2	
丙烯	≤5	≤5	
残留物/MI			SY/T 7509
100 mL 蒸发残留物	≤0.05	≤0.05	
油渍观察	通过	通过	
密度(20 °C 或 15 °C)/(kg·m <sup>-3</sup> )	实测	实测	SH/T 0221 <sup>②</sup>
铜片腐蚀/级	≤1	≤1	SH/T 0232
总硫含量 ω/10 <sup>-1</sup>	≤123	≤140	SY/T 7508
游离水	无	无	目测

注:①蒸气压允许用 GB/T 12576 规定的方法计算,但在仲裁时必须用 GB/T 6602 方法测定。

②密度允许用 GB/T 12576 规定的方法计算,但在仲裁时必须用 SH/T 0221 方法测定。

#### 1.1.4 天然气

天然气的主要成分是甲烷(CH<sub>4</sub>),含量在 83% ~ 99% 之间,甲烷的性质如表 1.6 所示。

表 1.6 甲烷的主要性质

沸点/°C	-164
-164 °C 时的汽化潜热/(kJ·kg <sup>-1</sup> )	577.4
临界温度/°C	-82.5
临界压力/MPa	4.63
沸点时的密度/(kg·m <sup>-3</sup> )	424
0 °C 时的密度/(kg·m <sup>-3</sup> )	0.718
φ(在空气中的爆炸极限)	4.9 ~ 15.1
燃点/°C	645
燃烧值/(kJ·kg <sup>-1</sup> )	55 660
热值/(kJ·kg <sup>-1</sup> )	50 049

天然气在常压下深冷到 -162 °C 即成为液化天然气(LNG),其体积为气态时的 1/600,便于跨洋运输,但作为汽车燃料还处于小量试用阶段,未得到广泛应用。天然气经干燥、净化、压缩等处理后呈气态的压缩天然气(CNG),已作为汽车清洁燃料得到广泛应用,在城市汽车上发展很快。国家标准 GB 18047—2000《车用压缩天然气》规定的技术指标如表 1.7 所示。