

# 汽车油料选用手册

董元虎 尹兴林 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了汽车用油料的使用性能、使用性能的评定、油料最新规格标准、选用及使用方法。内容包括汽油、柴油、汽车石油代用燃料、汽油机油、柴油机油、汽油机/柴油机通用油、石油代用燃料发动机油、汽车齿轮油、液力传动油、汽车润滑油、汽车制动液、汽车发动机冷却液、汽车其他用油液等。

本书可供从事汽车专业、交通运输专业的技术人员、操作人员和汽车油料营销人员使用和参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车油料选用手册/董元虎, 尹兴林主编. —北京:  
化学工业出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-5025-9704-7

I. 汽… II. ①董…②尹… III. ①汽车-燃料-  
手册②汽车-润滑油-手册 IV. U473-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 137738 号

---

责任编辑: 邢 涛

文字编辑: 林 媛

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 河南新丰印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$  字数 284 千字

2007 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着汽车工业及交通运输业的快速发展，我国汽车保有量迅猛增加。同时，世界范围内的能源紧缺问题越显突出，汽车油料多次调高售价，人们要求降低使用中的油料消耗；各国政府对环境保护的法规要求越来越高，汽车排放污染物的限制也越来越严；车主希望汽车零部件的磨损少，维修费用低，使用寿命长等。这些方面的问题都与汽车油料的理化性能、使用性能及油料的使用是否正确等有关。

作为汽车血液和食粮的汽车油料对汽车使用来说是非常重要的。对于某一辆汽车，燃料油、发动机润滑油、齿轮润滑油、润滑脂等油料选用的正确与否对其燃油消耗量是有很大差别的。例如一辆汽油发动机汽车，应该按照发动机压缩比或汽车制造厂的要求来选用汽油的牌号，而并不是说汽油牌号越高越好；应该按照汽车制造厂的要求或者汽车生产年代的要求来选用发动机润滑油的质量级别，且按照汽车的使用环境温度来选用发动机润滑油的黏度级别，并不是所选润滑油的质量越高越好、黏度越大越好；对于现时代生产的汽车最起码应该选用汽车用锂基脂，而不能选用普通钙基脂。也就是说汽车油料选用不当，汽车的燃油消耗量会增加、发动机排放污染物会超标、汽车的零部件磨损将加剧、使用寿命将缩短并且使用费用将增加。

对于目前的代用燃料来说，也就是在现有的汽油发动机或柴油发动机基础上，使用非石油产品的代用燃料。因为代用燃料的性质各异，原来的汽油机或柴油机在使用代用燃料过程中要进行必要的调整或改造；同时因为燃料的改变，原发动机润滑油将不能满足燃烧代用燃料时发动机对润滑油的要求。例如目前使用量较大的压缩天然气（CNG）/汽油两用燃料发动机汽车，因为燃烧天然气不像燃烧汽油那样对发动机进气门及气门座有一定的湿润作用，也不像

纯粹燃烧天然气的天然气发动机那样不再燃烧汽油，为了防止进气门及气门座的过度磨损，就要求发动机润滑油的灰分比汽油发动机油的少，比天然气发动机油的高，即要适中；天然气比汽油的辛烷值高，可以适当提前点火等。所以，车主必须根据自己汽车所使用的代用燃料性质，对汽车发动机进行必要调整并选用适合所用燃料的发动机润滑油。

汽车自动变速器的使用，有减轻驾驶员的劳动强度、提高汽车乘坐舒适性、延长汽车使用寿命等优点。但是，正确选用液力传动油、检查液面高度、检查油态油质等都是非常重要的。否则，将导致自动变速器不能正常工作或损坏。

总而言之，广大从事汽车专业或交通运输业的工作者迫切需要有关汽车油料的手册，做到正确选用及使用汽车油料，以便充分发挥油料和汽车的效能。为了不断提高汽车油料使用水平，满足汽车、交通运输行业从业人员对汽车油料知识的要求，我们编写此手册，以帮助相关专业人员掌握正确选用及使用汽车油料的知识，达到既节能降耗又发挥汽车的效能、延长汽车使用寿命的目的。

本手册系统地介绍了汽车用汽油、柴油、代用燃料、汽油机油、柴油机油、代用燃料发动机油、汽车齿轮油、液力传动油、汽车制动液、汽车用润滑脂等汽车用油品的使用性能、性能评定、油料最新规格标准及品种、选用或使用方法。

本手册由董元虎、尹兴林主编。第一、二、三、五、六、七、十一、十三章由董元虎编写；第四、八、十二、十四章由尹兴林编写；第九、十章由殷建民编写；第十五、十六章由胡小华编写。参加编写的还有杨俊儒、高玉侠、董顺通、冯豫川、王娇、王稳、朱心阔、杨超同志。

汽车油料涉及面广，发展迅速，限于作者水平有限，书中不妥之处，欢迎指正。

编者

2006年12月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	1
一、石油组成 .....	1
二、石油的分类 .....	9
三、石油的炼制方法 .....	11
四、油料常用的添加剂 .....	14
<b>第二章 汽油</b> .....	19
第一节 汽油的使用性能 .....	19
第二节 汽油使用性能的评定 .....	22
一、馏程 .....	22
二、蒸气压 .....	23
三、辛烷值 .....	23
第三节 车用汽油标准 .....	31
一、世界燃料规范——无铅汽油 .....	31
二、CEC 基准优质无铅汽油 .....	36
三、我国车用无铅汽油标准 .....	37
第四节 车用汽油的使用 .....	41
一、汽油的选择 .....	41
二、燃料管理安全使用 .....	42
<b>第三章 柴油</b> .....	44
第一节 轻柴油的使用性能 .....	44
一、低温流动性 .....	44
二、燃烧性 .....	44
三、雾化和蒸发性 .....	45
四、稳定性 .....	45
五、腐蚀性 .....	46
六、无害性 .....	46
七、清洁性 .....	46

第二节 轻柴油使用性能的评定 .....	47
一、凝点 .....	47
二、冷滤点 .....	47
三、运动黏度 .....	48
四、密度 .....	49
五、闭口闪点 .....	49
六、十六烷值 .....	50
七、碘值 .....	51
八、色度 .....	51
九、10% 蒸余物残炭 .....	52
十、水分 .....	52
十一、灰分 .....	52
十二、硫含量、硫醇硫含量、酸度 .....	53
第三节 轻柴油标准 .....	53
一、世界燃料规范——柴油 .....	53
二、CEC 基准柴油 .....	57
三、我国轻质柴油标准 .....	57
第四节 轻柴油的选用 .....	60
<b>第四章 汽车石油代用燃料</b> .....	<b>62</b>
第一节 汽车石油代用能源概述 .....	62
一、开发汽车石油代用能源的必要性 .....	62
二、汽车能源应具备的条件 .....	63
三、主要燃料及代用燃料特性比较 .....	64
第二节 甲醇汽油混合燃料 .....	65
一、甲醇作为代用燃料的可能性 .....	65
二、甲醇的燃烧性能 .....	67
三、甲醇与汽油的混合 .....	69
四、甲醇汽油燃料标准 .....	70
五、甲醇汽油的使用 .....	73
六、甲醇汽油混合燃料存在的问题 .....	74
第三节 车用乙醇汽油燃料 .....	75
一、车用乙醇汽油标准 .....	75
二、变性燃料乙醇标准 .....	77

第四节  乳化燃料 .....	77
一、乳化汽油节油机理 .....	77
二、燃油乳化措施 .....	78
三、乳化燃料需进一步研究的问题 .....	79
第五节  天然气燃料 .....	79
一、天然气的组分和特性 .....	79
二、天然气在发动机中的燃烧 .....	81
三、发动机燃用天然气时的技术问题 .....	81
四、天然气汽车的优缺点 .....	82
第六节  液化石油气 .....	83
一、液化石油气的组分和特性 .....	83
二、液化石油气在发动机中的燃烧 .....	85
三、发动机燃用 LPG 时的技术问题 .....	85
第七节  沼气 .....	86
一、沼气的产生和特性 .....	86
二、沼气在内燃机中的燃烧 .....	87
第八节  氢气 .....	87
一、氢的制取 .....	87
二、氢的物化特性 .....	88
第九节  生物柴油 .....	89
<b>第五章  汽车发动机润滑油 .....</b>	<b>93</b>
第一节  发动机润滑油的作用 .....	93
一、润滑作用 .....	93
二、冷却作用 .....	93
三、洗涤作用 .....	94
四、密封作用 .....	94
五、防锈防腐作用 .....	94
六、消除冲击负荷 .....	95
第二节  发动机油使用性能及评定项目 .....	96
一、润滑性 .....	96
二、低温操作性 .....	96
三、黏温性 .....	97
四、清净分散性 .....	97

五、抗氧性 .....	99
六、抗泡沫性 .....	100
第三节 发动机油使用性能的评定试验 .....	100
一、国外发动机油评定方法 .....	101
二、国内发动机油试验方法 .....	105
第四节 发动机油的分类 .....	106
一、国外发动机油的分类 .....	106
二、我国发动机油的分类 .....	113
三、我国发动机油与 API 的对应关系 .....	115
<b>第六章 汽油机油的规格及选用 .....</b>	<b>116</b>
第一节 汽油机油规格 .....	116
一、我国汽油机油的规格 .....	116
二、国外汽油机油的规格 .....	130
第二节 汽油机油系列产品及选用 .....	142
<b>第七章 柴油机油的规格及选用 .....</b>	<b>150</b>
第一节 柴油机油规格 .....	150
一、国内柴油机油规格 .....	150
二、国外柴油机油规格 .....	156
第二节 柴油机油系列产品及选用 .....	168
<b>第八章 汽油机/柴油机通用油规格及选用 .....</b>	<b>175</b>
<b>第九章 代石油燃料发动机油 .....</b>	<b>187</b>
第一节 天然气发动机油 .....	187
一、天然气发动机油性能要求 .....	187
二、天然气发动机油规格 .....	187
三、天然气发动机油的系列产品 .....	194
第二节 醇类燃料发动机油 .....	197
一、醇类燃料对润滑油的影响 .....	197
二、甲醇燃料发动机润滑油 .....	198
第三节 合成发动机油 .....	199
一、合成发动机油的特点 .....	199
二、合成发动机油的种类 .....	202
三、合成发动机油系列产品 .....	204

<b>第十章 发动机油的更换</b> .....	207
<b>第十一章 齿轮油</b> .....	210
第一节 齿轮油的作用和基本要求 .....	210
一、齿轮油在齿轮传动中所起的作用 .....	210
二、对齿轮油性能的要求 .....	210
第二节 齿轮油性能的评定 .....	213
一、极压性评定 .....	213
二、热氧化稳定性评定 .....	215
三、抗腐性和防锈性评定 .....	215
第三节 车辆齿轮油的分类 .....	215
一、国外车辆齿轮油的分类 .....	215
二、我国车辆齿轮油的分类 .....	217
第四节 车辆齿轮油的规格 .....	219
一、国外车辆齿轮油的规格 .....	219
二、国内车辆齿轮油的规格 .....	223
三、车辆齿轮油系列产品 .....	229
第五节 车辆齿轮油的选择与更换 .....	231
一、车辆齿轮油的选择 .....	231
二、车辆齿轮油的更换 .....	231
<b>第十二章 汽车液力传动油</b> .....	233
第一节 汽车液力传动油的特性 .....	233
一、黏度 .....	233
二、热氧化稳定性 .....	234
三、摩擦特性 .....	234
四、与密封材料的适应性 .....	235
五、其他性能 .....	235
第二节 汽车液力传动油的分类和典型规格 .....	237
一、汽车液力传动油的分类 .....	237
二、汽车液力传动油的台架评定 .....	238
三、汽车液力传动油的典型规格 .....	239
第三节 汽车液力传动油的选用 .....	248
一、液力传动油的选用准则 .....	248
二、液力传动油使用注意事项 .....	249

<b>第十三章 汽车润滑脂</b> .....	250
<b>第一节 润滑脂的组成和结构特点</b> .....	250
一、组成 .....	250
二、结构特点 .....	253
<b>第二节 汽车润滑脂的使用性能和评定</b> .....	255
一、稠度 .....	255
二、低温性能 .....	256
三、高温性能 .....	258
四、抗水性 .....	259
五、防腐性 .....	260
六、机械稳定性 .....	261
七、胶体稳定性 .....	261
八、氧化稳定性 .....	262
九、极压性与抗磨性 .....	262
<b>第三节 润滑脂的分类和产品标记</b> .....	264
一、适用范围 .....	264
二、所用符号说明 .....	264
三、润滑脂的分类 .....	264
四、补充说明 .....	266
五、举例 .....	266
<b>第四节 汽车润滑脂的特点和规格</b> .....	266
<b>第五节 汽车润滑脂的选用</b> .....	280
一、汽车润滑脂的选择 .....	280
二、汽车润滑脂的使用 .....	281
<b>第十四章 汽车制动液</b> .....	284
<b>第一节 汽车制动液的使用性能</b> .....	284
<b>第二节 汽车制动液使用性能的评定</b> .....	286
<b>第三节 汽车制动液的分类</b> .....	288
<b>第四节 汽车制动液的标准</b> .....	290
一、国外汽车制动液规格 .....	290
二、国内汽车制动液标准 .....	293
<b>第五节 汽车制动液的选用</b> .....	298
一、汽车制动液的选择 .....	298

二、汽车制动液的系列产品 .....	300
三、汽车制动液的更换和管理 .....	301
<b>第十五章 汽车发动机冷却液 .....</b>	<b>302</b>
第一节 汽车发动机冷却液性能 .....	302
一、冷却液的使用性能 .....	302
二、乙二醇型汽车发动机冷却液 .....	303
第二节 汽车发动机冷却液标准及选用 .....	305
一、国外标准 .....	305
二、国内标准 .....	307
三、汽车发动机冷却液的选用 .....	310
<b>第十六章 其他工作液 .....</b>	<b>311</b>
第一节 汽车空调用制冷剂 .....	311
一、对汽车空调用制冷剂的性能要求 .....	311
二、汽车空调用制冷剂品种 .....	311
第二节 汽车空调用制冷压缩机油 .....	312
一、汽车空调器组成和制冷系统特点 .....	313
二、汽车空调用制冷压缩机油性能要求 .....	313
三、汽车空调用制冷压缩机油性能评定 .....	315
四、汽车空调用制冷压缩机油选择及品种 .....	317
第三节 汽车风窗玻璃洗涤剂 .....	318
一、风窗玻璃洗涤液的性能 .....	319
二、风窗玻璃洗涤液的配方 .....	319
三、风窗玻璃洗涤液的技术要求 .....	319
第四节 汽车减振器油 .....	320
一、减振器油的质量要求 .....	320
二、减振器油规格 .....	321
三、减振器油的选用 .....	322
第五节 汽车铅酸蓄电池用电解液 .....	323
一、电解液的技术要求 .....	324
二、电解液的配制 .....	324
<b>参考文献 .....</b>	<b>327</b>

# 第一章 概 述

## 一、石油组成

石油是埋藏在地下的天然矿物，未经炼制前也叫原油。原油在常温下大都呈流体或半流体状态，颜色多是黑色或深棕色，也有暗绿色、赤褐色或黄色，且有特殊气味。原油中含胶质和沥青质越多，颜色越深，气味越浓；含硫化物和氮化物越多，则气味越臭。不同产地的原油，其相对密度也不相同。但一般都不大于 1.00，多在 0.80~0.98 之间，个别低于 0.70；凝点的差异较大，有的高达 30℃ 以上，有的却低于 -50℃。表 1-1 所列为我国部分石油产地的原油相对密度及主要性质。

表 1-1 我国部分石油产地的原油相对密度及主要性质

原油性质	大庆混合原油	胜利混合原油	大港混合原油	玉门原油	克拉玛依原油	孤岛混合原油
相对密度, $d_4^{20}$	0.8552	0.9070	0.8696	0.8698	0.8678	0.9492
黏度(50℃)/(mm <sup>2</sup> /s)	22.15	121.38	20.64	15.9	19.23	243.5
凝点/℃	24	20	20	8	-50	-4
含盐(NaCl)/(mg/L)		140	74	14.80	9.00	19.92
酸值/(mgKOH/g)		0.56		0.40	0.78	1.70

原油之所以在外观和物理性质上存在差异，其根本原因是化学组成不完全相同。原油既不是由单一元素组成的单质，也不是由两种以上元素组成的化合物，而是由各种元素组成的多种化合物的混合物。因此，其性质不像化合物和单质那样确定，而是所含各种化合物的综合表现。由于石油的化学组成十分复杂，所以不同产地，甚至同一产地不同油井的原油，在组成上也有一定差异。



## 1. 石油的元素组成

尽管石油组成很复杂,但目前的科学技术已把石油中所含主要的化学元素大致地测定出来。不论是何产地的原油,其组成元素主要是碳、氢、硫、氧和氮等元素。它们所占的比例如表 1-2 所示。

表 1-2 石油的元素组成

原油产地	元素组成(质量分数)/%					
	C	H	S	O	N	C/H
大庆(混合油)	85.74	13.31	0.11		0.15	6.45
胜利(混合油)	86.26	12.20	0.80		0.41	7.07
大港(混合油)	85.67	13.40	0.12		0.23	6.39
玉门	83.85	12.87	0.18		0.45	6.51
克拉玛依	86.13	13.30	0.04	0.28	0.25	6.47
伊朗	85.4	12.5	1.06	0.74		6.83
墨西哥	84.2	11.4	3.6	0.80		7.39
美国宾夕法尼亚	84.9	13.7	0.5	0.90		6.20
俄罗斯杜依马兹	83.9	12.3	2.67	0.74	0.33	6.82

从表 1-2 中可以看出,组成石油的主要元素是碳,约占 83%~87%;其次是氢,约占 11%~14%;两者合计占 96%~99%,两者的比例(C/H)为 6.0~7.5。硫、氧和氮三种元素合计约占 1%~4%,但也有少数产地的原油超过这个范围。

在原油中,还含有微量的多种元素。如镍、钒、铁、钾、钠、钙、镁、铜、铝、氯、碘、磷、砷和硅等,但合计含量极微,约占 0.003%以下。

上述各种元素在原油中都不是以单质的结构存在,而是以相互结合的各种碳氢或非碳氢化合物存在。

## 2. 石油的烃类组成

通过大量研究证明,组成原油的烃大多是烷烃、环烷烃和芳烃三类,少数原油中还含有烯烃。

(1) 烷烃 烷烃是开链的饱和烃,分子式通式为  $C_nH_{2n+2}$ ,分子内碳与碳单键相联,碳的剩余键为氢所饱和。凡碳链为直链者称正构烷,有支链者称异构烷。在常温下,  $C_1 \sim C_4$  的正构烷呈气体;



$C_5 \sim C_{15}$  的正构烷呈液体（是汽油和煤油的主要成分）； $C_{16}$  以上的正构烷呈固体（是石蜡的主要成分）。

相同碳原子数的正构烷与异构烷相比，正构烷烃碳链长，结构不稳定，易生成过氧化物及醇或醛等氧化物，发火性好，是压燃式发动机燃料的良好成分；异构烷烃结构紧密，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。

(2) 环烷烃 环烷烃是闭链饱和烃，分子式通式为  $C_nH_{2n}$ ，分子内碳与碳相连且呈环状，碳的剩余键为氢所饱和。环烷烃的物理、化学性质与烷烃近似，一般条件下性质较稳定，不易氧化。在某些条件下，环烷烃表现出环状结构的特性，随环烷烃分子量的增大或多环环烷烃环数的增多，其沸点升高，密度增大。

对大多数石油来说，环烷烃是主体成分。通常石油产品的中间馏分和高沸点馏分中含环烷烃可达 60%~70%；贫蜡石油和无蜡石油中环烷烃含量还会更高。环烷烃无论对燃料油还是润滑油都是理想组分，汽油中环烷烃的抗爆性比正构烷烃好，仅次于异构烷和芳烃；在柴油中环烷烃的发火性较烷烃差，所以是润滑油的理想组分，因少环长侧链的环烷烃黏温性好且凝点低。

(3) 芳烃 凡具有苯环结构的烃称为芳烃。芳烃的化学性质稳定，在所述几类烃中抗氧化性最好。没有侧链的芳烃是最难氧化的，但多环带侧链的芳烃较易氧化，其产物为胶状物。

由于芳烃化学结构稳定，化学稳定性良好，自燃点较高，在汽油机燃料中芳烃抗爆性好，其辛烷值高（如苯的 MON 可达 108）。但经研究表明，由于芳烃燃烧温度过高，燃烧产物中的氮氧化物和未燃芳烃的排放浓度随芳烃含量的增加而增大，对环境保护十分不利。又因为芳烃自燃点高，十六烷值低，在柴油机中燃烧性非常差，是柴油中的不良组分。柴油中如含有较多的芳烃，由于其在柴油机中燃烧性不好，会导致柴油机炭烟微粒的排放浓度增大。所以，为了达到法规对汽车排放的要求，在汽车燃料中要控制芳烃的含量。



(4) 烯烃 凡分子结构中含有碳-碳双键的烃,叫烯烃,分子式通式为  $C_nH_{2n}$ 。由于碳原子的化合价未能完全被氢原子饱和,所以称为不饱和烃。

石油中一般不含烯烃。但由于在石油加工过程中采用二次加工,大分子的烷烃和环烷烃发生分解,产生烯烃(包括二烯烃)。因此,在石油产品中含有一定量的不饱和烃。由于烯烃属于不饱和烃,所以其稳定性差,在一定条件下很容易氧化生成高分子黏稠物,特别易进行加成反应、氧化反应和聚合反应。汽油中的烯烃可使汽油的辛烷值提高,但烯烃会使汽油在贮存时氧化生胶。柴油中的烯烃可使柴油有较好的低温流动性能,但烯烃的自燃点高,发火性差,还有化学稳定性差。另外,烯烃对汽车排放有着不利的影响,烯烃等有机挥发物是生成臭氧和毒性物质的重要来源,故在汽车燃料中应严格控制烯烃的含量。

各种烃类对石油产品性质的影响见表 1-3。

表 1-3 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	化学稳定性	黏度	黏温性	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(分支多)			好
环烷烃	少环	中	中	中	中	好	大	好	好
	多环					差(多侧链)			
芳香烃	少环	大	高	高	低	好	大	好	中
	多环					差(长链)			
烯烃		稍大于烷烃	高	高	低	差	—	—	好

### 3. 石油的非烃类组成

石油中除烃类化合物以外,还有一些非烃类化合物。这些化合物有含硫化合物、含氧化合物、胶质和沥青质等。氧、硫和氮等元素总的含量,在石油中一般虽然只有 1%左右,但它们组成的化合物的含量却可达 19%,甚至更多。非烃类化合物大多对原油加工



和石油产品的质量带来不利影响，所以在炼制过程中都要尽可能将它们除去。

### (1) 含硫化合物

① 硫在石油和石油馏分中的分布 硫在石油中的含量随产地不同而相差很大，可以说是从万分之几到百分之几。如我国的克拉玛依石油含硫只有 0.04%，而委内瑞拉石油含硫达 5.48%。

通常将含硫量大于 2% 的石油称为高硫石油，低于 0.5% 的石油称为低硫石油，而含硫介于 0.5%~2.0% 之间的石油称为含硫石油。我国石油大多数属于低硫石油和含硫石油。

硫在石油馏分中的分布一般是随着馏分沸点的升高而增加，并大部分集中在残油中。

② 硫在石油及其馏分中存在的形态 硫在石油中存在的形态已经确定的有：元素硫 (S)、硫化氢 ( $H_2S$ )、硫醇 (RSH)、硫醚 (RSR')、环硫醚、二硫化物 (RSSR')、噻吩及其同系物等。

石油馏分中元素硫和硫化氢多是其他含硫化合物的分解产物，同时元素硫和硫化氢又可以相互转变。硫化氢被空气氧化可以生成元素硫，硫与石油烃类作用又可生成硫化氢及其他硫化物，一般在 200℃ 或 250℃ 以上就能发生这种反应。

硫醇 (RSH) 在石油中的含量不多，由于它们的沸点较相应的醇类要低得多，所以硫醇多存在于低沸点馏分中。目前已经从石油的汽油馏分中分馏出多种硫醇。硫醇不溶于水，低分子甲硫醇 ( $CH_3SH$ )、乙硫醇 ( $C_2H_5SH$ ) 具有极强的特殊臭味，空气中含硫醇浓度为  $2.2 \times 10^{-12} \text{ mg/m}^3$  时，人的嗅觉就可以感觉到。

元素硫、硫化氢和低分子硫醇都能与金属反应而发生金属腐蚀，它们被称为活性硫化物。硫醚 (RSR') 是石油中含量较多的硫化物之一。它是中性液体，热稳定性较高，与金属不发生作用。硫醚的含量随着馏分沸点的上升而增加，在煤油、柴油馏分中含量较多。硫醚中的 R 可以是烷基，也可以是环烷基。当 R 是环烷基时，也可称为环硫醚。环硫醚的热稳定性相当高，对金属也没有反应，但能与重金属盐反应生成络合物。



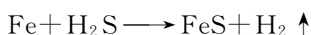
二硫化物 (RSSR') 在石油馏分中含量较少, 而多集中于高沸点馏分中。二硫化物也呈中性, 不与金属作用, 但它的热稳定性差, 受热后将分解成硫醚、硫醇或硫化氢。

噻吩及其同系物是芳烃的杂环化合物, 它们的热稳定性较高, 是石油中的一种主要含硫化合物。噻吩的物理化学性质与芳烃较接近。噻吩没有刺激的气味, 且热稳定性很高, 故在热分解产物中噻吩含量相当高。

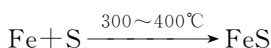
直馏汽油中的硫化物有硫醇、硫醚和少量的二硫化物和噻吩, 有时在汽油馏分中还含有少量的硫化氢和元素硫。

煤油和柴油馏分中的硫化物主要是硫醚类和噻吩类, 硫醇一般出现在二次加工产物中。石油高沸点馏分中的硫化物主要是稠环噻吩类。

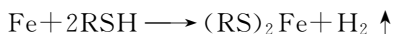
硫化物对石油产品的应用和石油加工等都有危害, 特别是对金属腐蚀和高温分解后对环境的污染。硫化物受热分解产生  $H_2S$ , 当其与水分共存时, 就会对金属产生严重腐蚀, 即



当温度高到  $300 \sim 400^\circ C$  时, 元素硫就很活泼, 极易与普通的钢材起反应, 即



硫醇也能直接与金属反应, 即



把上述能直接与金属起反应的硫化物称为活性硫化物; 而其余硫化物如硫醚、二硫化物和噻吩等不直接与金属起反应的硫化物称为非活性硫化物, 但它们受热分解后生成的硫化氢等同样会对金属设备产生腐蚀。近年来人们对环境污染越来越重视, 石油产品中的硫化物中的硫不管是直接散发到空气中还是经燃烧后的生成物都对环境产生危害, 从而影响人身健康。所以, 石油产品中的硫化物应尽可能清除。

(2) 含氧化合物 石油中的含氧量一般很少, 且均以有机化合