



普通高等教育“十二五”规划教材

油料科学与炼油技术

戴跃玲 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

油科学与炼油技术

戴跃玲 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了石油的化学组成、石油及油品的物理性质以及原油的分类及国产原油的性质；在石油的炼制方法方面，介绍了原油的预处理、常减压蒸馏、催化裂化、燃料产品精制、润滑油的生产过程；在石油产品应用方面，介绍了燃料的使用要求和规格、润滑油的使用要求与质量标准，润滑脂、石油添加剂及油料的管理与性质调整等。

本书可作为石油储运专业的学生使用，也可作为相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油料学与炼油技术 / 戴跃玲编著.
—北京:中国石化出版社,2011.4
(普通高等教育“十二五”规划教材)
ISBN 978-7-5114-0859-4

I. ①油… II. ①戴… III. ①石油炼制
IV. ①TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 051377 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 230 千字

2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

定价:26.00 元

前 言

本书主要阐述了石油及其产品的化学组成和性质、石油的炼制方法以及石油产品应用等方面的知识。

本书作为石油储运专业即非炼油专业学生的参考书，内容力求结合专业的实际需要，加强基本概念和基本理论，着重介绍国产石油及其产品的性质、组成和质量标准及我国的石油炼制工业的发展。

本书参考了前辈的相关书籍，在此表示感谢，并感谢在写作过程中孙金阳等人的帮助。感谢辽宁石油化工大学领导的支持和帮助。由于本人水平有限，时间仓促，书中不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

作 者

目 录

第一篇 石油及其产品的化学组成和性质

第一章 石油的化学组成	(3)
第一节 石油的元素组成	(3)
第二节 石油的烃类组成	(3)
一、石油馏分烃类组成表示法	(4)
二、石油汽油馏分的烃类组成	(5)
三、石油中间馏分的烃类组成	(5)
四、石油高沸点馏分的烃类组成	(5)
第三节 石油中的非烃类化合物	(5)
一、含硫化合物	(6)
二、含氧化合物	(8)
三、含氮化合物	(8)
四、胶状和沥青状物质	(9)
第四节 各类化合物在石油中的分布	(9)
第二章 石油及油品的物理性质	(11)
第一节 蒸气压、馏程	(11)
一、蒸气压	(11)
二、馏程	(13)
第二节 相对密度和密度	(14)
一、概念	(14)
二、相对密度的表示方法	(14)
三、密度和相对密度与温度的关系	(15)
四、油品密度和相对密度与沸点的关系	(15)
五、混合密度	(16)
六、测定油品密度与储运工作的关系	(16)
第三节 黏度	(16)
一、黏度的概念及表示方法	(16)
二、黏度与温度的关系	(17)
三、混合黏度	(19)

第四节 低温性能	(20)
一、油品凝固的实质	(20)
二、浊点和结晶点	(21)
三、凝点和倾点	(21)
四、熔点、软化点和滴点	(22)
第五节 闪点、燃点和自燃点	(22)
一、闪点	(22)
二、燃点	(23)
三、自燃点	(23)
第六节 其他性质	(24)
一、机械杂质和水分	(24)
二、含硫量	(24)
三、酸度和酸值	(24)
四、胶质、沥青质和含蜡量	(25)
五、残炭和灰分	(25)
六、水溶性酸或碱	(25)
第三章 原油的分类及国产原油的性质	(26)
第一节 原油的分类	(26)
一、原油的化学分类法	(26)
二、原油的工业分类法	(28)
第二节 国产原油的性质	(28)
一、密度	(29)
二、黏度	(30)
三、凝点	(30)
四、含硫、含氮元素量	(30)
第三节 大庆原油的特性及其加工方案的确定	(30)
一、大庆原油的特性	(30)
二、原油加工方案的确定	(30)

第二篇 石油的炼制方法

第一章 原油的脱盐脱水	(35)
第一节 原油脱盐脱水原理	(35)
一、油水两相的自由沉降分离	(36)
二、原油乳状液的性质	(36)
三、电场对于乳状液的作用	(37)
第二节 原油脱盐脱水工艺	(37)

第二章 常减压蒸馏	(40)
第一节 典型的常减压蒸馏流程	(40)
第二节 精馏	(41)
第三节 精馏过程的实质	(42)
第四节 精馏塔的构成	(44)
一、精馏段和液相回流	(44)
二、提馏段和气相回流	(45)
三、进料段与进料的热状态	(45)
第五节 石油精馏塔的工艺特征	(46)
第六节 减压蒸馏	(47)
一、减压精馏塔的工艺特征	(47)
二、减压蒸馏的抽真空系统	(48)
第三章 催化裂化	(51)
第一节 催化裂化的作用及工业型式	(51)
一、催化裂化在炼油工业中的地位和作用	(51)
二、催化裂化的工业型式	(51)
第二节 催化裂化反应	(52)
一、各种单体烃的催化裂化反应	(52)
二、石油馏分的催化裂化反应	(53)
第三节 催化裂化催化剂	(55)
一、裂化催化剂的种类、组成和结构	(55)
二、裂化催化剂的使用性能	(57)
第四节 催化裂化工艺流程	(59)
第四章 燃料油精制	(61)
第一节 酸碱精制	(61)
一、酸碱精制的原理	(62)
二、酸碱精制过程的工艺流程	(64)
三、酸碱精制操作条件的选择	(64)
第二节 轻质燃料脱硫醇	(65)
一、脱硫醇的方法	(65)
二、催化氧化脱硫醇法	(66)
第五章 润滑油的生产过程	(68)
第一节 脱沥青过程	(68)
一、丙烷脱沥青的原理	(68)
二、脱沥青溶剂	(69)
三、丙烷脱沥青的工艺流程	(70)
第二节 溶剂精制	(71)
一、溶剂和润滑油的溶解度	(71)

二、糠醛精制过程	(74)
第三节 脱蜡	(75)
一、蜡-油-溶剂混合物的过滤	(75)
二、溶剂脱蜡的工艺过程	(75)
第四节 加氢	(76)
一、润滑油的加氢补充精制	(76)
二、润滑油加氢裂化	(77)

第三篇 石油产品应用

第一章 燃料油	(83)
第一节 汽油	(83)
一、点燃式发动机的工作过程	(83)
二、汽油的抗爆性	(84)
三、汽油的蒸发性能	(87)
四、汽油的使用性能	(89)
第二节 柴油	(90)
一、压燃式发动机的工作过程	(90)
二、柴油的抗爆性	(91)
三、柴油的雾化性能和低温流动性能	(92)
四、柴油的蒸发性能	(93)
五、柴油的使用性能	(94)
第三节 航空煤油	(95)
一、涡轮喷气式发动机的工作过程	(95)
二、喷气燃料的燃烧性能	(95)
三、喷气燃料的使用性能	(97)
第四节 灯用煤油	(99)
第五节 溶剂油	(100)
第六节 重油	(101)
第二章 润滑油	(102)
第一节 摩擦与润滑	(102)
一、摩擦的原因	(102)
二、液体润滑	(102)
三、轴承特性因数	(102)
第二节 发动机润滑油	(103)
一、汽油机油	(103)
二、柴油机油	(105)
三、涡轮喷气式航空润滑油	(106)

四、稠化发动机润滑油	(107)
第三节 机械油	(108)
第四节 电器用油	(108)
第五节 专用润滑油	(110)
一、透平油	(110)
二、汽缸油	(111)
三、压缩机油	(111)
第三章 润滑脂	(113)
第一节 润滑脂的结构特点及组成	(113)
一、润滑脂的结构特点	(113)
二、润滑脂的组成	(114)
第二节 润滑脂的使用性能	(115)
一、锥入度	(115)
二、滴点	(115)
三、耐水性	(116)
四、胶体安定性	(116)
五、安定性	(116)
六、保护性能	(116)
第三节 润滑脂的质量标准	(117)
第四章 石油添加剂	(118)
第一节 石油添加剂的类别	(118)
第二节 燃料油添加剂	(119)
一、抗爆剂	(119)
二、十六烷值改进剂	(119)
三、助燃剂	(119)
四、抗氧防胶剂	(120)
五、金属钝化剂	(120)
六、清净分散剂	(120)
七、表面燃烧防止剂	(120)
八、防冰剂	(120)
九、防腐蚀剂	(121)
十、抗烧蚀剂	(121)
十一、抗静电剂	(121)
第三节 润滑油添加剂	(121)
一、清净剂和分散剂	(121)
二、抗氧抗腐剂	(122)
三、黏度指数改进剂	(122)
四、油性剂和摩擦改进剂	(122)

五、降凝剂	(123)
六、防锈剂	(123)
七、抗泡沫剂	(123)
第五章 油料的管理及其性质调整	(124)
第一节 油料的质量管理	(124)
一、油品在储运中质量变化的原因	(124)
二、延缓油料质量变化的措施	(124)
第二节 油料的质量检验和性质调整	(126)
一、油料的质量检验	(126)
二、油品的性质调整和调合	(127)
第三节 油料的安全管理	(133)
一、防火防爆	(133)
二、防静电	(133)
三、防毒防病	(133)
附表	(134)
附表1 油品密度换算表	(134)
附表2 石油密度温度系数表	(138)
附表3 运动黏度、恩氏黏度、赛氏黏度、雷氏黏度对照表	(139)
附表4 工业液体润滑剂 ISO 黏度分类(GB/T 3141—94)	(142)
附表5 石油添加剂的分类(SH/T 0389—92)	(143)
附表6 闪点调合指数表	(144)
参考文献	(145)

第一篇

石油及其产品的化学组成和性质

第一章 石油的化学组成

石油即原油是刚开采出来未经提炼或经过加工的物质。其中天然石油是由于古代地球的变迁，动、植物被压在地球内，在缺氧及高温高压的情况下逐渐形成的；人造石油是通过煤、页岩进行干馏、煤加氢或水煤气合成等人工方法生产的。石油通常是黏稠的液体，颜色与产地有关，黄色至棕色，甚至黑色，带有荧光，颜色越深其密度越大。

第一节 石油的元素组成

石油中的主要元素是碳和氢，总含量 96% ~ 99%，其中碳占 83% ~ 87%，氢占 11% ~ 14%。其次是氧、氮、硫，一般占 1% ~ 4%，人造石油中的含氮量比天然石油多。石油中还含有一些微量元素，如铁、镍、铜、钒、铅、氯、碘、钾等，含量少，以 $\mu\text{g/g}$ 或 ng/g 计。石油的元素组成由于产地的不同含量也会不同。见表 1-1-1 某些石油的元素组成。

表 1-1-1 某些石油的元素组成

%

元 素	C	H	S	N	O	H/C(原子比)
大庆混合原油	85.70	13.30	0.11	0.15	0.69	1.86
孤岛原油	84.20	11.70	2.03	0.47	1.52	1.67
江汉原油	84.90	12.20	2.09	0.47	1.63	1.72
克拉玛依原油	86.10	13.30	0.04	0.25	0.28	1.85
墨西哥原油	84.20	11.40	3.60	—	0.80	1.62

第二节 石油的烃类组成

石油中的元素都是以化合物的状态存在，其中主要是烃类化合物，有烷烃、环烷烃和芳香烃，天然石油中不含烯烃。烃类一般的特性是相对密度小于 1，易燃，难溶于水，溶于有机溶剂，除烯烃外性质都很安定，沸点、熔点随相对分子质量增加而升高，有一定的吸水性，吸水性最强的是芳香烃。表 1-1-2 列出了几种烷烃的性质。

表 1-1-2 几种烷烃的性质

名 称		分子式	相对分子质量	20℃密度/(g/cm^3)	熔点/℃	沸点/℃
正 构 烷 烃	丁烷	C_4H_{10}	58.124	0.5790	-135	-0.50
	戊烷	C_5H_{12}	72.151	0.6260	-130	36.10
	己烷	C_6H_{14}	86.178	0.6590	-95	68.70
	庚烷	C_7H_{16}	100.201	0.6840	-91	98.40
	辛烷	C_8H_{18}	114.232	0.7030	-57	125.70
异 构 烷 烃	2-甲基丁烷	C_5H_{12}	72.151	0.6197	-159.91	27.84
	2,2-二甲基丙烷	C_5H_{12}	72.151	0.5910	-16.57	9.50
	2-甲基己烷	C_7H_{16}	100.205	0.6786	-118.27	90.05
	2-甲基庚烷	C_8H_{18}	114.232	0.6919	-108.99	117.65
	2,2,4-三甲基戊烷	C_8H_{18}	114.232	0.6919	-107.37	99.24

石油是非常复杂的混合物，通过分馏的方法可以把混合物分开，由于不是纯的物质，石油没有固定的沸点，分离石油只是把其中的物质分成不同沸点范围的石油馏分。

一、石油馏分烃类组成表示法

1. 单体烃组成

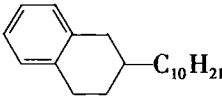
单体烃组成是以石油馏分中每一种单体化合物的含量表示其组成的方法，如汽油馏分中苯的含量、己烷的含量、甲苯的含量、环己烷的含量等。

由于石油高沸点馏分中单体烃的数目极为繁多，而且性质也很接近，以单体烃表示其组成非常复杂，另外，分析出各种烃的具体结构数目非常困难，而且没有意义。因此，此法只限于阐述石油气及石油低沸点馏分的组成时采用。

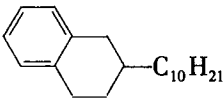
2. 族组成表示法

族组成表示法是以石油馏分中所含主要各类烃的百分数来表示其组成的方法。因为石油组成复杂，其烃的类别在石油馏分中所含百分数不能仔细描述，分成哪些烃类取决于分析方法以及分析要求，一般以烷烃、环烷烃和芳香烃的含量来表示，但不是绝对的。如分析裂化汽油的族组成，由于其中含有许多不饱和烃，所以，除上面各类烃含量外，还要加上不饱和烃的含量。

3. 结构族组成表示法

石油烃类都是由烷基、环烷基和芳香基的结构单元组成。结构族组成是以不同基团所含碳数的百分数来表示组成的方法。如  烃，用族组成表示法不好分类。

由结构族组成表示法，该烃是由芳香环、环烷环和烷基侧链三种结构单元所组成，这三种结构单元在分子中所占的含量可以用芳香环上的碳原子数占分子总碳原子数的百分数(C_A)、环烷环上的碳原子数占分子总碳原子数的百分数(C_N)和烷基侧链上的碳原子数占分子总碳原子数的百分数(C_P)来表示，再加上总环数(R_T)、芳香环数(R_A)和环烷环数(R_N)，列出这些数据，即为该烃的结构族组成。

例 1-1-1 计算  化合物的结构族组成。

$$\text{解： } C_A = 6/20 \times 100\% = 30\%$$

$$C_N = 4/20 \times 100\% = 20\%$$

$$C_P = 10/20 \times 100\% = 50\%$$

$$R_T = 2$$

$$R_A = 1$$

$$R_N = 1$$

由以上几项描述了此分子的结构族组成。

由于石油馏分中烃类组成结构复杂，在分析中难以得到各种烃的具体结构，用结构族组成表示时，要将整个馏分当作一个平均分子看待，每项都是对平均分子而言。因为石油及产品的组成直接影响其性质，因此，由石油馏分物理性质的测定，查经验图即可得到石油馏分的结构族组成。

二、石油汽油馏分的烃类组成

石油汽油馏分是由 $C_5 \sim C_{11}$ 的各种烃组成，平均相对分子质量为 100 左右，沸程为初馏点 $\sim 200^\circ\text{C}$ 。

1. 直馏汽油馏分的单体烃组成

直馏汽油馏分中单体烃大约 20 种左右。如大庆 $60 \sim 145^\circ\text{C}$ 直馏汽油馏分中主要约 20 种单体烃，其含量占该汽油馏分质量的 71.41%；任丘原油初馏点 $\sim 130^\circ\text{C}$ 直溜汽油馏分主要约 19 种单体烃，其含量占该馏分质量的 64.53%。因此，汽油可以用单体烃表示其组成。汽油单体烃组成中正构烷烃含量比较多；环烷烃中以甲基取代物为最多，尤其是甲基环己烷含量较多；环己烷含量比环戊烷含量高；芳香烃的总含量比较少，甲基苯一般比苯含量高。

2. 直馏汽油馏分的族组成

直馏汽油馏分中烷烃和环烷烃占绝大部分，芳香烃含量一般不超过 20%，随着沸点的增高，芳香烃的含量逐渐增加。

三、石油中间馏分的烃类组成

石油中间馏分是由 $C_{12} \sim C_{25}$ 的各类烃组成，沸点为 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 左右，其中大于 C_{16} 的直链烷烃为固体蜡，生产中间馏分油时要脱除。

中间馏分由于烃种类多，结构复杂，不能用单体烃组成表示。中间馏分中含有烷烃、单环环烷烃和单环芳香烃，还含有双环、三环环烷烃及双环和三环芳香烃，还存在着环烷-芳香的混合烃。石油中间馏分的烃类组成随产地不同而族组成不同，如大庆 300°C 前馏分中，重芳烃（三环芳烃以上）含量极少；而孤岛 $300 \sim 350^\circ\text{C}$ 馏分的重芳烃含量相当可观（13.21%）。与美国加州柴油馏分（ $200 \sim 343^\circ\text{C}$ ）族组成相比较，我国大部分原油的柴油馏分中含烷烃很高，其中正构烷烃含量占 23% $\sim$ 41%，环烷烃及芳香烃在我国原油的中间馏分中含量较少。在中间馏分中随沸点的升高，其芳香环的环数逐渐增加，环上碳原子数也相应增加，且环上侧链的碳原子数增加比环上碳原子数增加的多。

四、石油高沸点馏分的烃类组成

石油高沸点馏分是通过减压蒸馏得到的，其中含有 $C_{20} \sim C_{35}$ 的各类烃，沸程为 $350 \sim 500^\circ\text{C}$ 左右，其中液体作为润滑油馏分，常温常压下的固体部分是石蜡。

高沸点馏分中烃的种类繁多，结构更复杂。烷烃包括正、异构烷烃；环烷烃从单环直到六环甚至高于六环的带有环戊烷或环己烷的环烷烃，以稠合类型为主；芳香烃除了包括单环、双环、三环芳香烃外，还含有四环甚至多于四环的芳香烃；还有环数不等，多于 5 $\sim$ 6 个环的环烷-芳香混合烃，它们主要也是稠合型的。石油高沸点馏分中的烃类随着沸点的升高，链烷烃含量降低，芳香烃的含量逐渐增加。

第三节 石油中的非烃类化合物

石油中的主要成分是烃类化合物，但在石油中还含有相当数量的非烃类化合物，含量可高达 10% $\sim$ 20%，不容忽视。非烃类化合物的存在对石油加工及产品的使用性能影响很大，特别是硫化物及氮化物影响更大，甚至成为加工过程中的主要矛盾。石油加工过程中，绝大

多数的精制过程都是为了解决非烃化合物的问题。为了能正确解决石油的加工和产品使用中的一些问题，必须对石油中的非烃类化合物的化学组成有深刻的认识。

一、含硫化合物

硫是石油中的组成元素之一。不同产地石油的含硫量相差很大，从万分之几到百分之几。因为硫化物对石油加工影响极大，所以含硫量常作为评价石油的一项重要指标。

硫在石油馏分中的分布是随着石油馏分沸点的升高而增加，产地不同，含硫量也不相同。表 1-1-3 列出了硫在不同馏分中的分布。

表 1-1-3 硫在不同馏分中的分布					%
馏 分	原油	≤200℃	200 ~ 350℃	350 ~ 500℃	≥500℃
大庆混合原油	0.10	0.02	0.045	0.055	0.17
胜利混合原油	0.80	0.15	0.32	0.47	1.26

含硫化合物中有一部分含硫物对热不稳定，在原油蒸馏过程中容易分解成小分子的硫化物，因而测定蒸馏产物中含硫化物的状况不能正确反映原来石油馏分中硫化物的真正分布情况。石油中的硫化物分为活性硫化物和非活性硫化物。

1. 活性硫化物

活性硫化物是指能腐蚀金属，与金属直接作用的硫化物。石油中的活性硫化物有单质 S、H₂S、RSH 等。

单质 S 和 H₂S 多是其他含硫化合物分解的产物(在 120℃左右温度下有些含硫化合物已开始分解)，单质 S 和 H₂S 可互相转化，H₂S 被空气氧化可生成单质 S，单质 S 与石油中的烃类作用也可生成 H₂S 及其他硫化物(一般在 200 ~ 250℃以上就可以进行这种反应)。

RSH 在石油中的含量不多，它们的沸点较相应的醇类低得多，因此，RSH 多存在于低沸点馏分中，已经从汽油馏分中分离出十多种 RSH，但在高沸点馏分中未发现有 RSH 的存在。RSH 中的 R 可以为烷基、环烷基和芳香基(硫酚)。RSH 不溶于水，低分子甲硫醇、乙硫醇具有极强烈特殊的臭味，空气中浓度为 $2.2 \times 10^{-12} \text{ g/m}^3$ 时，人的嗅觉就可以感觉到。

2. 非活性硫化物

非活性硫化物不能直接与金属作用。石油中的非活性硫化物有 RSR'、RSSR'、噻吩()及同系物。

RSR'是石油中含量较多的硫化物之一。其为中性液体，热稳定性较高，与金属不发生作用，含量随着馏分沸程上升而增加，大量集中在煤油和柴油馏分中。RSR'中的 R 可以是烷基，也可以是环烷基。当 R 是环烷基时也称环硫醚，环硫醚是硫原子在环结构上的硫醚，在石油中只发现五员及六员环的硫醚，此外，还分离出一些多环的硫醚，有单环、双环及三环硫醚等，环硫醚的热稳定性相当高，在蒸馏过程中不分解，对金属没有作用，但能与重金属盐类生成络合物。

RSSR'在石油馏分中含量较少，较多集中于高沸点馏分中。它呈中性，不与金属作用，但热安定性较差，受热后分解成 RSR'、RSH 或 H₂S。

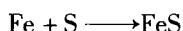
噻吩及其同系物是一种芳香性的杂环化合物，热稳定性较高，是石油中主要一类含硫化合物。其物理化学性质与苯系芳香烃很接近，如易溶于浓硫酸中、容易被磺化等。噻吩没有

难闻的气味，因为对热的稳定性高，故在热分解产物中含量相当高，一般认为噻吩及其同系物是热分解的产物，在中间及高沸点馏分中已分离出许多噻吩的同系物，这些物质都是有

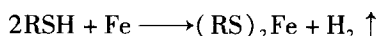
3. 含硫化合物对石油加工及产品应用的影响

(1) 对金属的腐蚀。加工含硫油时，活性硫化物可直接腐蚀金属，非活性硫化物受热可转化为活性硫化物腐蚀金属。

活性硫化物在高温下很容易与金属作用，如当温度达到 350 ~ 400℃ 左右时，单质 S 很活泼，很容易和普通钢材生成硫化亚铁：

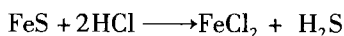
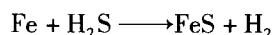


RSH 也能直接与铁作用生成硫醇铁：



这类的腐蚀多发生在炼油厂中常压塔底、减压塔底、焦化塔底等温度较高的部位。

如果原油中含硫又含水，会对金属设备造成更严重的腐蚀。因为各种硫化物受热分解产生 H_2S ；水中含有 MgCl_2 、 CaCl_2 等盐，它们水解生成 HCl ， HCl 会造成金属的腐蚀，若含硫又含水，在 HCl 的作用下又生成活性硫化物，造成恶性循环，对金属设备的腐蚀更严重。



因此，一般加工石油前要进行原油的脱盐脱水。

含硫化合物除在加工中对设备腐蚀，在石油及其产品储存运输和使用中，虽然不是高温状态，但也会逐渐地腐蚀金属设备及容器。

另外，含硫石油产品燃烧后生成 SO_2 、 SO_3 ，遇水转化成硫酸，对金属设备、零部件等造成腐蚀。

(2) 对产品性能的影响。含硫化合物对石油产品使用性能有不良的影响，如使汽油的抗爆性变差等。

(3) 对炼厂工人健康的危害。在石油加工中，生成 H_2S 及低分子硫醇等恶臭有毒的气体，造成空气污染；噻吩及其同系物是非常有毒的物质，对人体危害极大。

(4) 影响油品的安定性。硫化物的存在，严重影响油品的储存安定性，加速油品的变质。

(5) 对催化剂的影响。硫是金属催化剂的毒物，如硫会使铂重整所使用的催化剂中毒，失去活性，所以重整原料的含硫量必须受到限制。

(6) 对环境的污染。硫化物燃烧后，生成 SO_2 ，污染大气，影响健康，因此，环保部门要进行环境污染控制。

4. 硫化物在各种油料中分布的情况

石油中的含硫化物在各油料中的分布为：

