

徐 名 甫
黄 士 安
编 著

现代石油 防火防爆 实用技术

储 存 与 输 运 部 分

黑 龙 江 科 学 技 术 出 版 社

87
TE3
3
3

现代石油防火防爆实用技术

——储存和输运部分

徐名甫 编著
黄土安

VX 36/17

黑龙江科学技术出版社

一九八五年·哈尔滨

9

130465

责任编辑：高 巍

现代石油防火防爆实用技术

——储存和输运部分

徐名甫 黄士安 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

长春新华印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092 毫米 16开本 29.5印张 663 千字

1985年12月第1版·1985年12月第1次印刷

印数：1—11,910册

书号：15217·192 定价：4.90元

前 言

石油不仅作为重要能源广泛应用于工农业生产、交通运输和国防民需各部门，而且还是橡胶工业、纺织工业和塑料工业等方面的重要原材料。随着我国四个现代化建设的迅速发展，对石油的需求将日益增长，应用领域将日趋扩展。

石油是一种易燃易爆、易挥发、易渗漏、易集聚静电，有毒性的液体。在生产、使用、储存和输运过程中，往往由于有关人员^①对石油的物理、化学特性缺乏了解，对实用安全技术掌握不够，以及由于设计不周，操作不当，管理不善，用火不慎等原因引起火灾和爆炸事故，使国家和人民的生命财产受到巨大损失。因此，石油的防火防爆及安全管理^②的科学技术问题引起了各方面的关切和重视。

石油防火防爆及安全管理技术是一门关于认识和研究石油火灾、爆炸规律及其防护对策的综合性应用科学，是现代科学技术的一个分支——“安全工程学”的重要部分。它涉及众多学科和广泛的技术问题。例如为了了解掌握石油的易燃易爆特性及石油火灾的规律就涉及到化学、热力学、流体力学、电学；为了加强与石油有关的建筑和设施的防火、耐火性能就涉及到建筑工程学、工程材料学、材料力学；为了防火、灭火设施和管理^③的现代化就要熟悉一些通讯信息、自动控制、计算技术等方面的知识；为了防止石油污染、中毒，需要了解有关医学、微生物学和环保科学等等。

本书简明地阐述了石油燃烧、爆炸的特性和机理以及安全管理的基础知识；分析了国内外一些石油火灾和爆炸的典型事故；提出了一些防火、防爆及灭火的基本措施和原则。这些都是根据我们多年来教学、科研实践所积累的材料而编写的。由于篇幅所限，本书内容的重点是石油储存和输运中的防火防爆及安全管理的实用技术。

本书突出实用，所列各类规定数据和条例均以国家现行规范为依据。为了照顾希望深入学习和探讨的读者的要求，书中对若干基础理论也作了适当阐述。本书可供从事石油工业、石化工业以及其他工农业生产、交通运输、建筑、国防等方面有关石油工作的工人、工程技术人员和管理人员学习使用，亦可供有关大专院校师生参考。

本书在编写过程中，马恒圣和张金荣同志参与了个别章节的编写，郭铁男同志审阅了有关章节，杨润华同志作了总审校。在此，对他们表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，本书的不足之处在所难免，希望读者不吝指正。

目 录

第一章 石油的易燃易爆性及其火灾的特点	1
第一节 石油的化学特性	1
一、石油的主要成分是烃类有机物	1
二、石油中的非烃化合物	4
第二节 石油产品的物理参数	5
一、蒸汽压	5
二、闪点、燃点、自燃点	6
三、爆炸极限	7
四、爆炸温度	8
五、密度、比重	8
六、电导率	9
第三节 石油的火灾危险性	10
一、石油的易燃性	10
二、石油的易爆性	11
三、石油静电荷集聚特性	13
四、石油的易沸腾突溢性	13
五、石油的热膨胀性	14
第四节 石油化工产品火灾危险性分类	15
一、储存物品火灾危险性分类	15
二、生产的火灾危险性分类	17
第五节 石油火灾的特点	17
一、石油火灾和爆炸的原因	17
二、石油火灾和爆炸的特点	18
第二章 石油库和油罐的防火防爆	20
第一节 石油库	20
一、油库分类	20
二、油库的分级	21
三、油库分区	21
四、油库容量的确定	24
五、石油库总平面布置	26
六、石油库竖向布置	29
第二节 油罐及其防火附件	30
一、油罐	30

二、油罐防火附件·····	32
三、油罐的管理和使用·····	39
第三节 油罐分组布置及防火间距·····	41
一、油罐分组的规定·····	41
二、防火间距确定的依据·····	45
三、各种防火间距的具体规定·····	48
第三章 石油装卸安全作业设施·····	54
第一节 铁路油罐车装卸工艺和设施·····	55
一、油罐车的装卸方法·····	55
二、铁路装卸作业线·····	56
三、装卸油鹤管·····	60
四、栈桥和栈台·····	60
五、缓冲罐和零位油罐·····	63
六、铁路油罐车·····	63
第二节 石油码头·····	65
一、石油码头的种类·····	65
二、石油码头的建造条件·····	68
三、船运油品装卸作业及其设施·····	69
四、围油栏与消油剂·····	72
五、油码头防火防爆要求·····	72
六、装卸油品安全管理·····	74
第三节 油船·····	75
一、油轮与油驳·····	75
二、机炉舱·····	79
三、油船安全用电·····	79
四、油轮装卸作业·····	80
五、油船防火措施·····	82
六、油船安全管理·····	84
第四节 汽车油罐车的装卸作业·····	86
一、汽车油罐车装卸方法·····	87
二、汽车油罐车装油站·····	87
三、汽车油罐车装卸油设备·····	88
四、汽车油罐车安全运行的要求·····	89
第五节 桶装作业和储运·····	89
一、油桶的灌装方法·····	90
二、灌装安全作业·····	92
三、灌桶及灌装设备·····	97
四、桶装油品的储存·····	100

五、桶装油品的运输	105
第六节 长距离运输油管	108
第七节 汽车加油站	110
一、储油罐	110
二、加油柱	111
三、管理室	112
四、加油站场址和布局	113
五、操作和管理	113
第四章 油品安全输送	116
第一节 油泵房的作业系统	116
一、油泵房工艺流程	116
二、真空系统	119
三、放空系统	120
第二节 油泵房的动力设备	121
一、常用油泵	121
二、常用油泵的选择	123
三、常用油泵的型号	128
四、电动机的选择	133
五、泵机组的布置与安全要求	134
第三节 输油管线	136
一、油库工艺流程与管线布置	136
二、管线计算	140
三、输油管及其配件	155
四、管路的敷设	158
第五章 石油储运建筑的防火防爆	162
第一节 建筑物的耐火性能	162
一、建筑物火灾蔓延特点	162
二、建筑材料的耐火性能	163
三、火灾中结构的倒塌与破坏	164
第二节 建筑物的耐火等级	165
一、建筑构件的耐火极限	165
二、建筑物的耐火等级	170
三、耐火等级的选择	171
第三节 防火防烟分隔	174
一、防火墙	174
二、防火间隔墙	175
三、防烟分隔	175
四、防火门	175

五、防火窗.....	177
第四节 防火间距.....	177
一、厂房之间的防火间距.....	177
二、厂房与民用建筑的防火间距.....	179
三、散发可燃气体、可燃蒸汽的甲类生产厂房与铁路、 道路及有明火或散发火花的地点的防火间距.....	179
四、汽车加油柱与建筑物的防火间距.....	179
五、屋外变、配电站与建筑物、堆场的防火间距.....	180
六、库房的防火间距.....	181
第五节 厂库房防爆措施.....	182
一、合理布置.....	182
二、设置泄压面积.....	183
三、采用框架防爆结构.....	184
四、设置防爆墙.....	184
五、设计防爆车间的一般要求.....	184
第六章 防爆电气装置.....	185
第一节 电弧和电气火花.....	185
一、电弧、电火花的产生.....	185
二、电弧产生的途径.....	186
第二节 电气设备的温升.....	187
一、电气线路的温升和预防措施.....	187
二、电动机的温升和预防措施.....	189
三、变压器的温升和预防措施.....	190
第三节 火灾危险场所的电气设备.....	191
一、火灾危险场所的等级.....	192
二、火灾危险场所的电气设备.....	192
三、火灾危险场所的电气线路.....	192
第四节 爆炸危险场所.....	193
一、爆炸危险物质分级分组.....	194
二、爆炸危险场所的分类.....	196
三、爆炸危险场所的区域范围.....	198
第五节 防爆电器的分类.....	203
一、防爆电气设备的类型.....	203
二、防爆电气设备的标志及运用范围.....	206
第六节 防爆电气系统.....	207
一、安全火花防爆系统.....	208
二、关联设备与安全栅.....	209
第七节 油库防爆电气设备的选择、设计和安装的一般原理.....	211

一、选择防爆电气设备的原则·····	211
二、按爆炸危险场所选型·····	211
三、电线、电缆的选型·····	213
四、导线敷设方式的确定·····	214
第七章 石油储运中的防静电·····	216
第一节 静电的产生、流散和积累·····	216
一、液体介质带电原理·····	216
二、液体的流动带电原理·····	217
三、液体的沉降带电·····	220
四、液体的喷雾带电·····	221
五、油品溅泼在其它物体上的带电·····	222
六、容器内电荷的积累和流散·····	223
第二节 静电的放电和引燃·····	225
一、气体放电的物理过程·····	225
二、放电的类型和影响因素·····	227
三、静电放电引燃条件·····	230
第三节 石油储运中的静电及安全防护·····	231
一、管道和过滤器中的静电及安全防护·····	232
二、储罐中的静电及安全防护·····	233
三、油罐车、船装油时的静电及安全防护·····	235
四、其他防静电措施·····	241
第四节 轻质油品静电测试方法·····	242
一、油品电荷密度的测量·····	242
二、油面电位的测量·····	245
第八章 石油储运中的防雷电·····	249
第一节 概述·····	249
一、雷电的形成·····	249
二、影响雷电的因素·····	250
第二节 雷电危害和雷电参数·····	250
一、雷电的危害·····	250
二、雷电参数·····	251
第三节 防雷装置·····	254
一、接闪器·····	254
二、引下线·····	260
三、接地装置·····	261
四、电离防雷装置·····	267
第四节 防雷措施·····	267
一、直击雷防护措施·····	267

二、雷电感应防护措施	269
三、雷电侵入波防护措施	269
四、油库防雷措施	269
第九章 石油储运消防设施	271
第一节 灭火剂	271
一、水	272
二、泡沫灭火剂	274
三、干粉灭火剂	280
四、卤代烷灭火剂	283
五、二氧化碳灭火剂	284
六、7150灭火剂	285
第二节 灭火设备	285
一、灭火器	235
二、消防工具	289
三、消防泵	292
四、消防年	294
第三节 火灾探测器与检测仪表	299
一、感烟探测器	299
二、感温探测器	308
三、光辐射探测器	314
四、可燃气体探测器	317
五、接地电阻测量仪	321
六、静电测试仪	323
七、可燃气体浓度测定仪	324
八、嗅敏检漏仪	327
第四节 泡沫灭火系统	328
一、固定式空气泡沫灭火系统	329
二、半固定式泡沫灭火系统	334
三、移动式泡沫灭火系统	335
第五节 液下喷射泡沫灭火系统	339
一、液下喷射的灭火原理	340
二、液下喷射的优点	341
三、液下喷射的适用范围	341
四、高背压泡沫产生器	341
第六节 烟雾自动灭火器	342
一、构造和灭火原理	342
二、安装	345
第七节 干粉灭火系统	345

一、结构和原理	345
二、干粉灭火剂的用量	348
第八节 二氧化碳灭火系统	349
一、二氧化碳灭火用量	349
二、二氧化碳灭火时间	352
第九节 “1211” 灭火系统	352
一、“1211” 灭火装置	353
二、“1211” 的灭火浓度	357
第十节 蒸汽灭火系统	359
一、蒸汽灭火浓度	360
二、蒸汽灭火装置	360
三、蒸汽灭火设备的配置	360
第十一节 自动报警灭火系统	361
一、自动报警灭火系统型式	361
二、火灾自动报警装置	363
三、自动控制装置的基本功能	368
第十章 石油储运灭火系统设计	370
第一节 灭火设施设计原则	370
第二节 消防给水系统计算	372
一、水枪射流计算	372
二、水带系统水力计算	378
三、管网水力计算	383
第三节 消防给水设施	395
一、消防用水量	395
二、消防管网	398
三、消防栓	399
四、消防泵站	400
五、消防水池	400
第四节 空气泡沫灭火给水计算	401
一、空气泡沫灭火给水规定标准	401
二、空气泡沫给水系统计算程序	413
三、油罐空气泡沫给水计算举例	417
第五节 氟蛋白泡沫消防给水计算	424
一、设计数据	424
二、氟蛋白泡沫灭火系统的计算	424
第六节 抗溶性泡沫消防设施	425
一、抗溶性空气泡沫灭火系统	425
二、抗溶性泡沫灭火系统设计数据	426

第十一章 石油储运设施动火作业	428
第一节 焊割作业安全要求	428
一、焊割作业的火灾危险性	428
二、检修动火的原则	429
三、施工作业中的安全措施	435
第二节 焊割设备的防火防爆	433
一、电焊机的防火防爆	433
二、电石、乙炔和氧气防火防爆	434
三、乙炔发生器防火防爆	435
四、乙炔气瓶安全管理	436
第三节 石油储运设施焊割的防火防爆	436
一、石油化工生产场所及设备的焊割	436
二、汽油桶(箱)的焊、割	437
三、大型油罐的焊、割	438
四、输油管道动火检修安全措施	440
五、油轮和油罐年检修安全措施	440
第四节 特殊焊割和其它着火源	442
一、密室的焊、割	442
二、登高焊、割	442
三、其他明火着火源的管理	443
第十二章 石油储运中的防污染	445
第一节 污染的产生、危害及限制指标	445
一、石油蒸汽的来源和危害	445
二、油库污水的来源及危害	445
三、污染的限制指标	449
第二节 污染的防护	452
一、空气污染的防护	452
二、水质污染的防护	453
第三节 排污设施的防火防爆	459
一、含油污水排放的防火防爆	459
二、含油污水处理设施的防火防爆	460

第一章 石油的易燃易爆性 及其火灾的特点

第一节 石油的化学特性

天然石油即原油，通常是淡黄色或黑色的、流动或半流动的液体，比重一般都小于1，它是一种多组分的复杂混合物。天然的石油经过炼制加工，得到各种石油产品：汽油、煤油、柴油、润滑油等。这些被加工出来的石油产品也是混合物，但其组分数目比天然石油少。

一、石油的主要成分是烃类有机物

世界各地所产的石油不尽相同，化学组成非常复杂，但无论哪种石油或石油产品，其主要成分都是碳（C）、氢（H）两种元素。

在石油中，碳氢两种元素总含量平均为95—99%，其中，碳约占94—97%，氢约占1.1—1.4%。此外，还含有少量的氧（O）、硫（S）、氮（N）。这三种元素的含量一般不超过1%，但某些石油含硫量可达5%左右。石油中还发现有极微量的氯（Cl）、碘（I）、磷（P）、砷（As）、钠（Na）、钾（K）、钙（Ca）、铁（Fe）、镍（Ni）、钒（V）等元素。

上述各种元素并非以单质出现，而是相互以不同形式结合成含碳元素的化合物存在于石油中。

1. 烃类

只由碳氢两种元素组成的化合物叫做烃。烃类有机化合物中各个原子是以一定的化合价相结合的，因此烃类分子中碳氢两原子的结合方式有一定的规律。例如：碳原子化合价是4，氢原子化合价是1。因此，一个碳原子可以和四个氢原子结合，形成最简单的烃类——甲烷（ CH_4 ）。

根据化学结构理论，组成化合物的若干原子，在分子中是按一定的排列顺序和结合方式连结着的，这种排列顺序和结合方式，称为分子结构。

以碳、氢原子的数量和结合方式，可以形成为不同种类的烃类。其中最简单的是甲烷。含有二个以上的碳原子，碳原子还可以相互结合，而形成更复杂的烷烃，如乙烷 C_2H_6 、丙烷 C_3H_8 、丁烷 C_4H_{10} 、戊烷 C_5H_{12} 、己烷 C_6H_{14} 等。

任何一个化合物分子中，每个原子的化合价必须满足，原子的化合价不能悬空，它必须连着其它原子。当分子中氢原子数目不能满足碳原子需要时，根据氢原子的多少，碳原子就会以二条或三条直线相互连接，分别形成乙烯 C_2H_4 、乙炔 C_2H_2 、丙烯 C_3H_6 、

丙炔 C_3H_4 等。

2. 石油中的烃类

石油中究竟有多少个烃，至今尚无法确定，但是通过分析研究，发现各种石油或石油产品基本由四类烃组成，即：烷烃、环烷烃、芳香烃和烯烃。这四类烃分子中原子数目也不同，包括了许多性质相近的所谓同系物，它们各有不同的特点和性质：

(1) 烷烃

烷烃又称饱和烃，俗称石蜡烃。按烷烃分子结构不同，又有正烷烃和异烷烃。烷烃的结构特点是碳原子被氢原子饱和。烷烃的化学性质很不活泼，不易和其它物质发生反应。但较大分子的烷烃，可与发烟硫酸作用。把大分子的烷烃加热至 400°C 以上时，可以裂解成为几个小分子烃。烷烃的通式为 C_nH_{2n+2} 。

烷烃的物理性质，随分子中碳原子数目的增加而改变，参看表1—1。

表1—1 烷烃的物理性质表

名 称	分 子 式	熔 点 $^{\circ}\text{C}$	比 重	沸 点 $^{\circ}\text{C}$	在常温下的状态
通 式	C_nH_{2n+2}				
甲 烷	CH_4	-184	0.424	161.7	气 体
乙 烷	C_2H_6	-172	0.546	88.6	气 体
丙 烷	C_3H_8	-187.1	0.582	42.2	气 体
丁 烷	C_4H_{10}	-135.0	0.578	0.5	气 体
戊 烷	C_5H_{12}	-131.5	0.626	36.2	液 体
己 烷	C_6H_{14}	-94.3	0.659	68.7	液 体
庚 烷	C_7H_{16}	-90.5	0.684	98.4	液 体
辛 烷	C_8H_{18}	-56.5	0.703	125.6	液 体
十 五 烷	$C_{15}H_{32}$	-10	0.769	270.5	液 体
十 六 烷	$C_{16}H_{34}$	-18.1	0.775	280.0	固 体
二 十 烷	$C_{20}H_{42}$	-38	0.778		固 体

由于烷烃分子中碳、氢原子数目不同，烷烃的同系物之间的性质也有所差异。在常温、常压下，含有1—4个碳原子的烷烃为气体；含有5—15碳原子的烷烃为液体；含有16个以上碳原子的烷烃为固体。

石油中的烷烃主要集中在低沸点的馏分中，通常随着馏分沸点的升高而含量降低，液态烷烃是液体石油产品汽油、柴油、润滑油的组成部分。固体烷烃是石蜡、地蜡的主要成分。

(2) 烯烃

烯烃分子结构和它的化学特点是：分子中有两个碳原子之间是用两个短直线连接起来的，称为双键。因此，它比同数目碳原子的烷烃少两个氢原子。碳原子的化合价不能被氢原子完全饱和，这种烃叫做不饱和烃。碳原子之间有双键结合，化学性质活泼，易被氧化，叠合成胶质。

含有两个碳原子的烯烃叫乙烯 C_2H_4 ，三个碳原子的叫丙烯 C_3H_6 ，四个碳原子构成的烯烃叫丁烯 C_4H_8 。由上面的分子式，我们可以得出烯烃的通式为 C_nH_{2n} ，其中 n 为碳原子个数，根据这个通式，我们可以得到一系列的烯烃的分子式。如庚烯， C_7H_{14} 。

……十一碳烯 $C_{11}H_{22}$ ……。

烯烃的同系物，在常温、常压下，分子中含有 2—4 个碳原子的是气体，5 个碳原子以上的是液体，高级烯烃是固体。

烯烃在石油中含量极少，只存在于石油加工后的产品中。当石油蒸馏时，由于烷烃、环烷烃及其它成分的分解，有少量烯烃生成。在高温裂化过程中，由于饱和烃发生剧烈的分解反应，生成大量的烯烃。因此，在石油裂化产品中不饱和烃的含量较多。

由于不饱和烃的不稳定性，在制造润滑油时，应将它除去。在灯用煤油中不饱和烃因氧化及叠合而生成胶质，促使灯芯的空隙很快被堵塞，降低光度。同样，在柴油中如含有不饱和烃也因易于生胶而不能长期贮存。虽然不饱和烃在汽油中具有较高的抗爆性，但安定性极差。

(3) 环烷烃

环烷烃也称环状烷烃。它是由多个亚甲基($-CH_2-$)的碳原子以单键相连呈环状结构。因此，它的分子结构与烷烃、烯烃有明显的不同。由于环上碳原子所有的化合价已经饱和，与烷烃相似，同属于饱和烃。环烷烃按环数的多少分为单环和多环。单环环烷烃的分子通式为 C_nH_{2n} ，例如环戊烷的分子式为 C_5H_{10} 。

双环环烷烃的分子通式为 C_nH_{2n-2} ，例如十氢萘的分子式为 $C_{10}H_{18}$ 。

三环环烷烃的分子通式为 C_nH_{2n-4} ，例如高氢蒎的分子式为 $C_{14}H_{24}$ 。

在环烷烃的环上也可以带有一个或数个直链(侧链)，如：丙基环己烷的分子式为 C_9H_{18} 。

环烷烃的性质与相应的烷烃很相似，但比重、熔点、沸点较相应的烷烃为高，环烷烃中碳原子数愈多，沸点也愈高。环烷烃的化学性质比烷烃活泼。

石油中的环烷烃的含量不多，只发现极少数的环烷烃，主要的是环戊烷和环己烷及它们的衍生物。在石油的轻质馏分中，大都是单环烷烃及其衍生物，在高沸点馏分中则大部分是二环或三环烷烃及其衍生物。

环烷烃在汽油和灯用煤油中是占第二位的组分。具有燃烧性能好、比重大、凝点低、润滑性好等特点。它是汽油、灯用煤油、柴油和润滑油的良好组成部分。

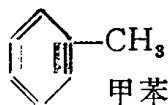
(4) 芳香烃

芳香烃是带有苯环的烃类，根据分子中的环数及环的连接情况，芳香烃可分为单环芳香烃、多环芳香烃和稠环芳香烃等。例如：

单环芳香烃

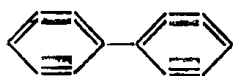


苯

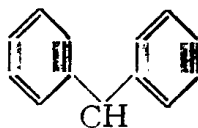


甲苯

多环芳香烃

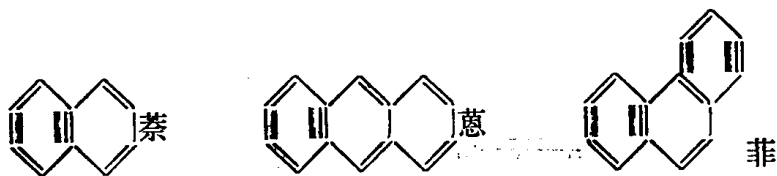


联苯



三苯甲烷

稠环芳香烃



芳香烃易燃，比水轻，有毒性，易侵蚀橡胶，与各类烃比较，它的比重最大。

芳香烃在石油中含量极不一致，在同一石油的各个馏分中的分布也不均衡。在低沸点的馏分中，芳香烃的含量较少，主要是结构简单的苯、甲苯、二甲苯等。随着馏分沸点的升高，其芳香烃含量增加，且芳香烃的环数及侧链数增多，碳链加长。

芳香烃的安定性较好，抗爆性强，是汽油的良好组分。灯用煤油中必须含有适量的（20%以下）芳香烃才能保证照明强度，但如果含量过大，点灯时易冒黑烟。芳香烃能使柴油的燃烧性能变坏，它是柴油的不良组分。多环及稠环芳香烃能使润滑油的粘温性变坏，故应尽量除去。芳香烃对橡胶、油漆具有良好的溶解性能，在橡胶溶剂油和油漆溶剂油中也需有适量的芳香烃，以保证有良好的溶解能力。因其毒性较大，故含量要适当地控制。

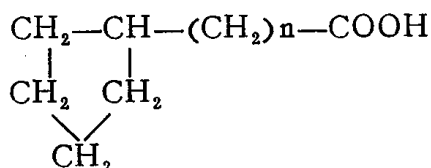
二、石油中的非烃化合物

石油中的主要成分是烃类有机化合物，此外，还含有相当数量的非烃化合物，这类化合物主要是指含氧、硫、氮的化合物以及胶质和沥青。

1. 含氧化合物

石油中的含氧化合物主要有环烷酸、酚类和微量的脂肪酸，通称为有机酸。

（1）环烷酸是含有环烷的有机酸。石油中的环烷酸主要是五元环的环烷酸，结构式为：



环烷酸具有强烈的臭味，纯的低分子环烷酸为无色液体、比重接近于1，难溶于水。它呈弱酸性，能与碱作用生成盐。

（2）酚类是芳香烃的氢原子被羟基（—OH）取代，羟基直接连在苯环上的化合物称为酚。最简单的酚为苯酚，结构式为：



酚有强烈的气味，呈弱酸性，能溶于水、酚类有腐蚀性。

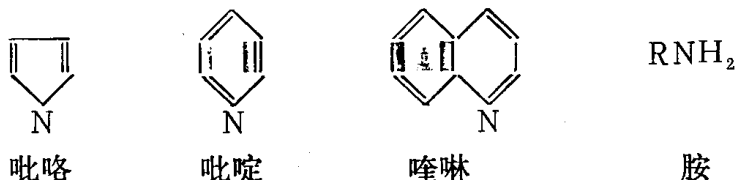
2. 含硫化合物

石油中含硫化合物有硫醇（RSH），硫醚（RSR），二硫化物（RSSR）和噻吩等。在石油的某些加工产物中还含有硫化氢。

这些化合物有臭味，污染大气，对人体有害。燃烧的产物二氧化硫具有腐蚀性。

3. 含氮化合物

氮化物在天然的石油中含量不大，我国原油中的含氮量约为 0.2%，而在页岩油中的含量则为 1%。氮化物在同一石油中的分布也不均匀，通常随馏分沸点的升高，氮化物的含量随之增加，它主要集中在石油的高沸点馏分中。石油中含氮化合物主要有：



某些氮化物在石油产品贮运过程中，由于受热和光的作用，容易氧化而生成有色的胶质溶于油品中，加深油品的色度。

4. 胶质与沥青质

(1) 胶质主要是由碳和氢以及两种或两种以上的其他原子（氧、硫、氮）组成的复杂化合物。其分子量大，受热后容易发生叠合和分解反应，对石油产品的性能有很大的影响。燃料油中含有胶质，燃烧后会生成碳渣。

(2) 沥青质是一种深绿色和黑色的无定型固体，无挥发性，不溶于汽油，但能溶于重质馏分和渣油中。沥青质受热会软化，当受热高于 300℃ 时，便发生分解作用，生成焦炭和气体。沥青质能使石油产品的颜色变深，还会增加积炭。

第二节 石油产品的物理参数

石油产品的物理参数是衡量石油产品使用性能最简易、最常用的尺度。其中，有些物理参数在石油储运防火防爆上具有重要的意义。

一、蒸气压

蒸发过程可以简述如下，假设有一种液体置于开口容器中（图 1—1a）。每一个分子有秩序地向各个方向运动着，由于每个分子同时受到它周围分子的吸引，因此，这种吸引力在各方向都是相同的。然而，排列在液体表面的分子与内部的分子不同，它们所受到的液体内部的分子方向的引力大于空气分子方面的引力（由于空气的浓度低）。因而当液体表面的分子离开液面向空气方面运动时，它的速度将会减低，因为它们的部分动能将消耗于克服液体内部分子对它们的引力上。这种分子克服引力进入空气中的现象就是蒸发。开口容器中的液体的蒸发过程不断进行，直到全部液体蒸发掉为止。

如果液体置于封闭容器中（图 1—1b），那么，蒸发出来的分子不能从容器内逸出，这些分子逐渐聚集在容器内的气体层中。假定容器内没有空气或其它物质，即蒸发在真空中进行，当蒸气的分子在蒸气层内运动时，这些分子就撞向器壁或液面，在后一种情况下，有些分子可以被液体所吸收，发生与蒸发相反的过程，即蒸气凝结为液体的过程。在稳定的、相同的情况下，单位容积内蒸气的分子数愈多，那么在某一时间内被液体吸收的分子数也愈多。在蒸发的初期，蒸气的浓度还很小，冷凝过程进行得很慢，