



普通高等教育“十三五”规划教材

油气储运安全技术

YOUQI CHUYUN ANQUAN JISHU

梁法春 陈婧 寇杰 主编



中国石化出版社

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

“三五”规划教材

油气储运安全技术

梁法春 陈婧 寇杰 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书较全面介绍了油气储运各个环节的危险辨识、风险评价以及危险控制方法。全书内容共8章,阐述了储运系统常见事故类型及油气危险性表征、燃烧和爆炸基本理论、油气泄漏与扩散、油气储运工程安全设计与管理技术、油气储运安全动火及应急抢维修技术、油气储运灭火实战技术、安全评价及事故预测基本方法、油气储运安全装备,附录给出了油气储运常见介质的危险特性以及油气储运相关安全标准和规范。

本书可作为石油院校油气储运工程专业课教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气储运安全技术/梁法春,陈婧,寇杰主编.
—北京:中国石化出版社,2017.
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5114-4372-4

I. ①油… II. ①梁… ②陈… ③寇… III. ①石油与
天然气储运—安全技术—高等学校—教材 IV. ①TE88

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 111874 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

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 25.75 印张 554 千字

2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

前 言

油气储运环节包括矿场油气集输及油气产品储存和运输，是联系生产、加工、分配、销售等各个环节的纽带。安全是油气储运系统正常运行的前提和基础，而油气介质为碳氢化合物，具有易燃、易爆特性，由于腐蚀、误操作以及第三方破坏等原因，极易造成油气储运系统的跑、冒、滴、漏，甚至发生中毒、火灾、爆炸等恶性事故。

本书较全面介绍油气储运各个环节的危险辨识、风险评价以及危险控制方法。全书内容共分为八章，第一章为储运系统常见事故类型及油气危险性表征，主要介绍安全、危险、风险、危险源、事故等安全科学基本术语，以及油气产品易燃性、易爆性、蒸发性、静电聚集等危险特征。

第二章为燃烧和爆炸基本理论，主要介绍燃烧及其分类，燃烧极限、燃烧机理以及爆炸基本理论。

第三章为油气泄漏与扩散，主要介绍气体泄漏、液体泄漏、两相流泄漏特征及泄漏损失计算，可燃和有毒气体扩散和传播范围计算，以及海上溢油迁移扩散规律。

第四章为油气储运工程安全设计与管理技术，主要是油气储运工程安全设计规程，油气管道的安全运行与管理，油库安全运行与管理，以及液化天然气安全储运相关技术。

第五章为油气储运安全动火及应急抢维修技术，主要介绍安全动火技术、油气管道抢修技术以及储罐及其他储运设备的抢修技术。

第六章为油气储运灭火实战技术，主要介绍灭火作战计划与组织指挥，油

罐火灾类型及火灾扑救方法以及其他储运设备设施火灾扑救方法。

第七章为安全评价及事故预测基本方法，主要介绍安全系统工程基础知识，以及安全检查表(SCL)，事故树分析，道化学公司火灾、爆炸危险指数法(Dow)，危险可操作性研究(HAZOP)等常见安全评价方法。

第八章为油气储运安全装备，主要介绍阻火装置，防爆泄压装置，火灾、有毒气体报警装置，以及常见消防装备的特点和操作方法。

本书在附录中给出了油气储运常见介质的危险特性(附录1)以及常用油气储运相关安全标准和规范(附录2)，以方便学习和研究参考。

本书第一、二、四、六章共约20万字由梁法春编写，第三、七、八章共约20万字由陈婧编写；第五章及附录共约5万字由寇杰编写和整理。全书由梁法春统稿。

本书可作为石油院校油气储运工程专业课程教材，也可供相关工程技术人员参考。

研究生孙媛、宋连敏、王金龙、于皓、郑洪峰、孙石涛、谢振强在本书编写过程中做了大量图表绘制和文字录入工作，在此向他们表示感谢。

本书在编写过程中参考了许多油气储运安全方面专家、学者的著作和研究成果，在此表示衷心的感谢。

油气储运安全技术涉及多个交叉学科，由于编者水平有限，书中难免疏漏和不恰当之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 储运系统常见事故类型及油气危险性表征	(1)
1.1 储运石油产品的理化特性	(1)
1.1.1 常见危险品分类	(1)
1.1.2 石油天然气组成	(2)
1.1.3 石油产品的危险特性	(3)
1.2 油气储运常见事故类型	(7)
1.2.1 典型事故案例	(7)
1.2.2 常见的事故类型	(12)
1.2.3 油气储运面临的安全形式	(15)
第 2 章 燃烧和爆炸基本理论	(16)
2.1 燃烧学基础	(16)
2.1.1 燃烧的定义	(16)
2.1.2 燃烧的分类	(16)
2.1.3 燃烧火焰	(17)
2.1.4 燃烧产物	(18)
2.1.5 燃烧机理	(19)
2.1.6 燃烧速度	(21)
2.2 燃烧条件	(24)
2.2.1 燃烧基本条件	(24)
2.2.2 燃烧极限	(25)
2.2.3 最小点火能	(33)
2.2.4 灭火方法	(34)
2.3 爆炸基本理论	(36)
2.3.1 爆炸定义	(36)
2.3.2 爆炸分类	(36)
2.3.3 化学爆炸三要素	(37)
2.3.4 燃烧和爆炸的关系	(38)
2.4 火灾及爆炸伤害分析	(39)

2.4.1	热辐射破坏准则及伤害概率模型	(39)
2.4.2	池火灾伤害计算	(40)
2.4.3	沸腾液体扩展蒸气爆炸伤害模型	(43)
2.4.4	蒸气云伤害计算	(46)
第3章	油气泄漏与扩散	(52)
3.1	油气泄漏及危害	(52)
3.1.1	泄漏的原因	(52)
3.1.2	泄漏类型及后果	(53)
3.2	油气泄漏量计算	(54)
3.2.1	液体泄漏损失计算	(54)
3.2.2	气体泄漏损失计算	(55)
3.2.3	气液两相流泄漏计算	(61)
3.3	可燃和有毒气体扩散	(65)
3.3.1	气体扩散机理	(65)
3.3.2	气体扩散分类	(65)
3.3.3	气体扩散影响因素	(65)
3.3.4	气体扩散模型	(66)
3.4	海上溢油扩散与迁移	(80)
3.4.1	溢油类型及危害	(80)
3.4.2	典型溢油污染事故	(80)
3.4.3	海上溢油的行为归宿	(82)
3.4.4	溢油影响因素	(86)
3.4.5	溢油扩展模型	(87)
第4章	油气储运工程安全设计与管理技术	(89)
4.1	油气储运工程安全设计	(89)
4.1.1	油气管道安全设计	(89)
4.1.2	油气站场安全设计	(91)
4.1.3	液化烃球罐安全设计	(99)
4.1.4	储运消防工程设计	(105)
4.1.5	防火防爆设计	(111)
4.2	雷电和静电预防	(114)
4.2.1	储运防雷击	(114)
4.2.2	储运工程防静电设计	(118)
4.3	油气管道的完整性管理	(125)
4.3.1	管线完整性管理	(126)

4.3.2	油气管道的腐蚀和缺陷检测	(129)
4.3.3	油气管道的内检测	(132)
4.4	油气管道的剩余强度评价与剩余寿命预测	(137)
4.4.1	BS 7910 腐蚀管道平面缺陷评价	(138)
4.4.2	ASME B31G 评价方法	(145)
4.4.3	腐蚀管道 DNV 评价方法	(152)
4.4.4	许用应力法	(161)
4.4.5	SY/T 6151—2009 管道腐蚀评价方法	(164)
4.4.6	基于有限元法的剩余强度分析	(167)
4.5	油气管道剩余寿命预测	(172)
4.5.1	基于裂纹发展模型的腐蚀管线剩余寿命预测	(172)
4.5.2	最大腐蚀坑深的极值统计处理及使用寿命估测方法	(179)
4.6	油气管道流动安全保障技术	(181)
4.6.1	油气管道水击现象及控制	(181)
4.6.2	输气管道水合物风险控制	(184)
4.6.3	集输管道积液预警与控制	(189)
4.6.4	输油管道蜡沉积预测与控制	(202)
4.6.5	油气管道安全清管技术	(209)
4.7	油气管道泄漏检测与定位技术	(211)
4.7.1	泄漏检测的重要性	(211)
4.7.2	管道泄漏检测方法综述	(212)
4.8	油库安全运行与管理	(222)
4.8.1	油库作业的特点	(223)
4.8.2	罐内作业安全管理	(224)
4.8.3	水运散装油料收发作业安全管理	(225)
4.8.4	汽车油罐车装卸作业安全管理	(227)
4.8.5	油库其他特殊作业	(229)
4.8.6	油库安全检修	(234)
4.8.7	油库设备安全管理	(240)
4.9	LNG 安全运行与管理	(241)
4.9.1	LNG 物性	(241)
4.9.2	LNG 危险特征	(242)
4.9.3	LNG 翻滚及控制	(243)
4.9.4	间歇泉及控制	(247)
4.9.5	急冷和水击及控制	(247)

4.9.6	快速相变(冷爆炸)危害及控制	(248)
第5章	油气储运安全动火及应急抢维修技术	(249)
5.1	安全动火技术	(249)
5.2	油气管道应急抢修技术	(252)
5.2.1	油气管道失效等级划分	(252)
5.2.2	油气管道的抢修	(254)
5.2.3	海底管道应急修复	(259)
5.3	储罐动火抢修技术	(264)
5.3.1	储罐清洗	(264)
5.3.2	储罐动火安全措施	(265)
5.3.3	油罐带油动火	(266)
5.3.4	动火结束后的注意事项	(266)
5.4	其他储运设备动火抢修	(266)
5.4.1	分离器和电脱水器的动火作业	(266)
5.4.2	油槽车动火	(267)
5.5	海上溢油应急处置	(267)
5.5.1	溢油监察与跟踪	(267)
5.5.2	溢油处置	(269)
5.6	应急预案编制	(280)
5.6.1	制定应急预案目的	(280)
5.6.2	应急预案制定	(280)
5.6.3	应急保障	(282)
5.6.4	应急培训计划	(282)
5.6.5	应急演练计划	(282)
5.6.6	紧急安全疏散	(282)
第6章	油气储运灭火实战技术	(284)
6.1	灭火作战计划及灭火指挥原则	(284)
6.1.1	灭火作战计划	(284)
6.1.2	灭火组织指挥原则	(286)
6.1.3	消防预案的演练	(289)
6.2	油库大型储油罐灭火技术	(289)
6.2.1	原油储罐火灾的主要原因和特点	(290)
6.2.2	轻质油品储罐火灾的特点	(291)
6.2.3	油罐火灾类型和现场特点	(292)
6.2.4	油罐火灾的扑救步骤	(294)

6.2.5	油罐火灾的扑救方法	(296)
6.3	其他储运设备火灾的扑救	(300)
6.3.1	油泵房火灾扑救	(300)
6.3.2	铁路油槽车火灾扑救	(300)
6.3.3	汽车油罐车火灾的扑救	(301)
6.3.4	装卸台的火灾扑救	(301)
6.3.5	油桶堆场火灾扑救	(302)
6.3.6	输油管路火灾的扑救	(303)
6.3.7	地下洞库油罐火灾扑救	(303)
6.3.8	下水道、管沟油料火灾的扑救方法	(304)
6.3.9	油船火灾的扑救	(304)
第7章	安全评价及事故预测基本方法	(306)
7.1	安全系统工程基础	(306)
7.1.1	安全系统工程的定义	(307)
7.1.2	安全系统工程内容	(307)
7.1.3	系统安全评价基础	(308)
7.1.4	安全评价方法分类	(310)
7.2	安全检查表	(311)
7.2.1	安全检查表的目的	(311)
7.2.2	不同类型的检查表	(312)
7.2.3	编制程序及应用说明	(315)
7.3	事故树分析	(317)
7.3.1	事故树分析简介	(317)
7.3.2	事故树分析的基本程序	(317)
7.3.3	事故树的符号及其意义	(318)
7.3.4	事故树的编制	(319)
7.3.5	事故书定性分析	(320)
7.3.6	事故树定量分析	(323)
7.3.7	管道泄漏的事故树分析	(325)
7.4	危险可操作性研究(HAZOP)	(328)
7.4.1	HAZOP方法由来	(328)
7.4.2	HAZOP方法的基础	(329)
7.4.3	HAZOP适用范围	(329)
7.4.4	HAZOP分析的目的	(329)
7.4.5	HAZOP分析方法的优点	(329)

7.4.6	基本概念和术语	(330)
7.4.7	分析工作程序	(332)
7.4.8	HAZOP 分析应用实例	(334)
7.4.9	计算机辅助 HAZOP 分析	(338)
7.5	道化学指数评价方法	(339)
7.5.1	道化学指数评价方法	(339)
7.5.2	道化学指数评价方法的目的	(339)
7.5.3	所需资料	(339)
7.5.4	评价程序	(339)
7.5.5	道化学指数评价法应用举例	(348)
第 8 章	油气储运安全装备	(351)
8.1	阻火装置	(351)
8.1.1	阻火器	(351)
8.1.2	安全液封	(354)
8.1.3	单向阀	(355)
8.1.4	阻火闸门	(355)
8.1.5	火星熄灭器	(355)
8.2	防爆泄压装置	(356)
8.2.1	安全阀	(356)
8.2.2	爆破片	(362)
8.3	灭火装备	(364)
8.3.1	空气泡沫产生器	(364)
8.3.2	空气泡沫比例混合器	(366)
8.3.3	空气泡沫枪	(368)
8.3.4	空气泡沫炮	(369)
8.3.5	小型消防器材配置设计	(370)
8.3.6	灭火器的配置设计	(377)
8.3.7	消防车及其他设置	(383)
8.4	防护装备	(383)
8.4.1	避火服	(383)
8.4.2	隔热服	(384)
8.4.3	呼吸保护器具	(385)
附录 1	油气储运主要危害因素的物化性质、健康危害及防护措施	(387)
附录 2	油气储运安全规范	(398)
参考文献		(401)

第 1 章 储运系统常见事故类型 及油气危险性表征

油气储运系统安全事故多发的本质在于所储存、运输的油气本身具有易燃、易爆等特性。了解油气危险特性以及油气储运常见事故类型是采取科学预防与控制措施的前提。

1.1 储运石油产品的理化特性

1.1.1 常见危险品分类

所谓的危险品是指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质，对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品。《化学品分类和危险性公示 通则》(GB 13690—2009)将化学品按照理化危险分成 16 类。

1. 爆炸物

爆炸物质(或混合物)是这样一种固态或液态物质(或物质的混合物)，其本身能够通过化学反应产生气体，而产生气体的温度、压力和速度能对周围环境造成破坏。

2. 易燃气体

易燃气体是在 20℃ 和 101.3kPa 标准压力下，与空气有易燃范围的气体。

3. 易燃气溶胶

气溶胶是指气溶胶喷雾罐，系任何不可重新灌装的容器，该容器由金属、玻璃或塑料制成，内装强制压缩、液化或溶解的气体，包含或不包含液体、膏剂或粉末，配有释放装置，可使所装物质喷射出来，形成在气体中悬浮的固态或液态微粒或形成泡沫、膏剂或粉末或处于液态或气态。

4. 氧化性气体

氧化性气体是一般通过提供氧气，比空气更能导致或促使其他物质燃烧的任何气体。

5. 压力下气体

压力下气体是指高压气体在压力等于或大于 200kPa(表压)下装入贮器的气体，或是液化气体或冷冻液化气体。压力下气体包括压缩气体、液化气体、溶解气体、冷冻液化气体。

6. 易燃液体

易燃液体是指闪点不高于 93℃ 的液体。

7. 易燃固体

易燃固体是容易燃烧或通过摩擦可能引燃或助燃的固体。易于燃烧的固体为粉末、颗

粒状或糊状物质，它们在与燃烧着的火柴等火源短暂接触即可点燃和火焰迅速蔓延的情况下，都非常危险。

8. 自反应物质或混合物

自反应物质或混合物是即使没有氧(空气)也容易发生激烈放热分解的热不稳定液态或固态物质或者混合物。自反应物质或混合物如果在实验室试验中其组分容易起爆、迅速爆燃或在封闭条件下加热时显示剧烈效应，应视为具有爆炸性质。

9. 自燃液体

自燃液体是即使数量小也能在与空气接触后 5min 之内引燃的液体。

10. 自燃固体

自燃固体是即使数量小也能在与空气接触后 5min 之内引燃的固体。

11. 自燃物质和混合物

自燃物质是发火液体或固体以外，与空气反应不需要能源供应就能够自己发热的固体或液体物质或混合物；这类物质或混合物与发火液体或固体不同，因为这类物质只有数量很大(公斤级)并经过长时间(几小时或几天)才会燃烧。

物质或混合物的自热导致自发燃烧是由于物质或混合物与氧气(空气中的氧气)发生反应并且所产生的热没有足够迅速地传导到外界而引起的。当热产生的速度超过热损耗的速度而达到自燃温度时，自燃便会发生。

12. 遇水放出易燃气体的物质或混合物

遇水放出易燃气体的物质或混合物是通过与水作用，容易具有自燃性或放出危险数量的易燃气体的固态或液态物质或混合物。

13. 氧化性液体

氧化性液体是本身未必燃烧，但通常因放出氧气可能引起或促使其他物质燃烧的液体。

14. 氧化性固体

氧化性固体是本身未必燃烧，但通常因放出氧气可能引起或促使其他物质燃烧的固体。

15. 有机过氧化物

有机过氧化物是含有二价—O—O—结构的液态或固态有机物质，可以看作是一个或两个氢原子被有机基替代的过氧化氢衍生物。有机过氧化物是热不稳定物质或混合物，容易放热自加速分解。另外它们可能具有易于爆炸分解、迅速燃烧、对撞击或摩擦敏感以及与其他物质发生危险反应等特性。

如果有机过氧化物在实验室试验中，在封闭条件下加热时组分容易爆炸、迅速爆燃或表现出剧烈效应，则可认为它具有爆炸性质。

16. 金属腐蚀剂

腐蚀金属的物质或混合物是通过化学作用显示损坏或毁坏金属的物质或混合物。

1.1.2 石油天然气组成

1. 石油组成

石油是从地层深处开采出来的黄褐色乃至黑色的可燃性黏稠液体矿物，常与天然气共

存。石油一词源于拉丁语，有岩油之意，在我国石油最早是北宋沈括命名的。从油田开采出来的未经加工或经过初步加工的石油称为原油，经炼制后获得各种产品称为石油产品。

(1) 石油的化学组成

石油组成元素主要有 C、H、O、N、S 五种，其中主要成分是 C 占 83%~87%，其次是 H，占 11%~14%，两者合计 96%~98%，O、N、S 合计约 1%~4%。

上述各种元素都不是以单质形式存在的，而是相互组合，结合为含碳的各种化合物。

(2) 石油的烃类组成

由碳和氢组成的碳氢化合物简称为烃。烃类种类繁多，但组成石油的烃大体上只有烷烃、环烷烃和芳香烃三类，少数石油还含有烯烃。

(3) 石油的非烃类组成

① 含硫化合物；

原油随产地不同，都或多或少的含有硫化物，一般来说，含烷烃或环烷烃多的原油硫含量低，含芳香烃多的原油硫含量高。

硫在石油中的存在形态包括单质硫、硫化氢、硫醇、硫醚、二硫化物等。石油馏分中单质硫和硫化氢多是其他含硫化合物分解产生的，因而含量较低。H₂S 有恶臭和剧毒。

② 含氧化合物，主要是环烷酸；

③ 含氮化合物；

④ 胶质和沥青质。

2. 天然气组成及其性质

天然气是在不同地质条件下生成、运移，并以一定的压力储藏在地下构造的可燃气体。天然气主要成分是气体烃类，还含有少量的非烃类。主要成分是甲烷(CH₄)，其次是乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷等；非烃类气体有硫化氢、二氧化碳等。

1.1.3 石油产品的危险特性

石油产品具有易燃、易爆、挥发性、易积聚静电等特性，从事石油产品生产与运输、储存、经营管理工作具有一定的危险性。在此有必要了解石油产品的理化性质和影响的有关因素。

1. 易燃性

石油产品是碳氢化合物，遇火或受热很容易发生燃烧反应。油品的燃烧危险性大小可以用闪点、燃点和自燃点进行判断。

(1) 闪点

闪点是衡量油品危险性的主要标志。所谓闪点是油品蒸气与空气形成的爆炸性混合物，遇火发生闪燃(一闪即灭的燃烧)的最低温度，称为闪点，闪点越低油品火灾危险性就越大。

可燃液体表面都有一定的蒸气存在，蒸气浓度取决于液体的温度，可燃液体蒸气与空气组成的混合物遇到明火会发生闪燃，引起闪燃的最低温度称为闪点。闪燃不能使液体燃烧，原因是在闪点温度下，液体蒸发缓慢，可燃液体与空气的混合物瞬间燃尽，新的可燃蒸气来不及蒸发补充，故闪燃瞬间熄灭。

油品相对分子质量越大，闪点越高；闪点随着密度的增加而升高；油品沸点越低，闪点也越低，危险性就越大；闪点随着蒸气压的降低而升高。油品的馏分越轻，则闪点也越低，例如轻质油品的危险性就较大，重质油的危险性就较小。

可燃液体混合物的闪点不具有加和性，高闪点的液体加入少量低闪点的液体也会大大降低闪点，增加火灾的危险。原油的密度比煤油高，但原油闪点比煤油低。

(2) 燃点

油品蒸气与空气形成混合物，遇到明火就会着火且能持续燃烧的最低温度称为燃点(或着火点)。油品的燃点高于闪点，易燃油品的燃点比闪点高出 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，油品的闪点越低，则燃点与闪点越接近。

(3) 自燃点

自燃点是指在无外部火花或火焰条件下，能够自行引燃和继续燃烧的最低温度。

闪点、燃点、自燃点三者都是有条件的，与油品的化学组成和馏分组成有关。对同一种油品来说，自燃点 $>$ 燃点 $>$ 闪点。对于不同的油品来说，闪点越高的油品，燃点也越高，但自燃点反而低；反之，闪点越低则燃点也越低，自燃点越高，油品的着火危险性越大。一些油品的闪点、自燃点见表1-1。石油库储存区油品的火灾危险性分类，就是按油品闪点不同分为甲_A类、甲_B类、乙_A类、乙_B类、丙_A类、丙_B类的。

表 1-1 油品的闪点、自燃点

油品名称	闪点/ $^{\circ}\text{C}$	自燃点/ $^{\circ}\text{C}$
原油	27~45	380~530
喷气燃料	-60~10	390~530
车用汽油	-50~10	426
煤油	28~45	380~425
轻柴油	45~120	350~380
润滑油	180~210	300~350

根据《石油化工企业防火规范》(GB 50160—2008)，液化烃、可燃液体是根据闪点进行分类的，见表1-2。

表 1-2 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

名称	类别		特征
液化烃	甲	A	15 $^{\circ}\text{C}$ 时的蒸气压力 $>0.1\text{MPa}$ 的烃类液体及其他类似的液体
		B	甲 _A 类以外，闪点 $<28^{\circ}\text{C}$
可燃液体	乙	A	$28^{\circ}\text{C}\leq\text{闪点}\leq 45^{\circ}\text{C}$
		B	$45^{\circ}\text{C}<\text{闪点}<60^{\circ}\text{C}$
	丙	A	$60^{\circ}\text{C}\leq\text{闪点}\leq 120^{\circ}\text{C}$
		B	闪点 $>120^{\circ}\text{C}$

2. 易爆性

爆炸是物质发生非常迅速的物理和化学变化的一种形式。这种形式在瞬间放出大量能量，使其周围压力突变，同时产生巨大的声响。爆炸也可视为气体或蒸气在瞬间剧烈膨胀的现象。由于爆炸威力巨大，它造成的破坏往往是灾难性的。

3. 挥发性

挥发性是石油产品特别是石油最重要的特性之一，它对燃料的储存、运输和在发动机中的使用都有密切的关系。一般说来，馏分越轻的油品挥发性越强，而且挥发性随温度的升高而增强。挥发性大的燃料蒸发耗损越大，着火危险性也越大。

液体蒸发有静蒸发和动蒸发。各种液体燃料在容器中储存时的蒸发现象均属静蒸发，静蒸发的蒸发速度一般比较缓慢。液体燃料在流动的气体中分散为细小颗粒的蒸发称为动蒸发，像液体燃料在发动机汽化器、柴油机或锅炉燃烧时，都有在强烈的气流中被喷散或雾状进行蒸发(燃烧)的现象，这类蒸发现象均属动蒸发。另外，石油库油罐等容器在装油时会有大量的油蒸气逸出，卸油时有大量的新鲜空气进入，这种大呼吸现象也属于动蒸发。液体动蒸发的蒸发速度远远超过其静蒸发时的速度。

影响蒸发损耗的因素很多，总起来可以分为两方面。一是油品本身性质方面的因素，如沸点、蒸气压、蒸发潜热、黏度和表面张力等；二是外界条件的因素，主要有：油温变化、油罐顶壁同液面间体积大小、油罐罐顶严密性、油罐大小呼吸等。大呼吸是指油罐进发油时的呼吸。油罐在没有收发油作业的情况下，随着外界气温、压力在一天内的升降周期变化，罐内气体空间温度、油品蒸发速度、油气浓度和蒸气压力也随之变化。这种排出石油蒸气和吸入空气的过程，叫小呼吸。收发油呼吸过程见图1-1。

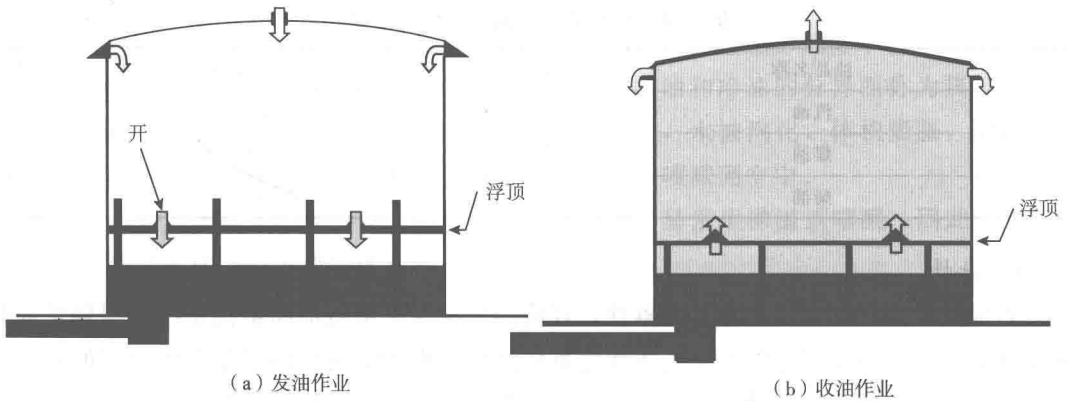


图1-1 收发油呼吸过程

4. 静电荷集聚特性

石油产品的电阻率很高，一般 $10^{12}\Omega$ 左右。汽油、煤油、柴油的电阻率都很高。电阻率越高，导电率越小，集聚电荷能力越强。因此，石油产品特别是汽油、煤油、柴油在流动、喷射、冲击、过滤、搅拌等过程中都会产生大量静电。静电积聚形成电压差运输等，在一定条件下会放电，如果静电放电发生的电火花能量达到或超过油品蒸气的最小点火能

量时，就会引起燃烧或爆炸。石油产品的静电集聚能力强，最小点火能量低(例如汽油仅0.1~0.2mJ)，这是石油产品的另一特点。

塑料的电阻率比较高，很容易产生和积累静电。如提着塑料桶走一段路后，由于塑料桶与化纤衣服摩擦，桶体就会带有很高的静电。向塑料桶罐装汽油时，由于汽油与桶体摩擦、撞击会产生静电，电位一般可达300V。而且它与桶体原来所带的静电极性相同，所以叠加后电位更高。当金属或人的手指接触桶口时，静电会发生火花放电，引起汽油蒸气燃烧。

5. 流动性与膨胀性

油品是流体，具有流动性。当油罐爆炸破损以后，油品会从油罐内向外流出，并且顺着地势高低，沿着地面流淌，使火灾范围扩大，扑救变得十分困难。因此在油罐区需修筑一定高度的防火堤。油品密度比水小，流淌的油品会浮于水面上燃烧，油罐区排水沟会成为火灾的传播途径，应采取阻隔措施。

除甲烷以外其他油蒸气密度均比空气重，对于油库，扩散出的油蒸气会积聚在油罐区周围，如果无风，会久聚不散，特别是在低洼地区及排水沟内，增加了火灾的危险性。

油品像所有物质一样，具有热胀冷缩的特性。温度升高，油品体积膨胀，压力增高，温度降低，体积收缩，压力下降，使油罐内交替出现正负压，引起罐体变形甚至破坏。

为了维持罐内的正常压力，大型油罐需设置“呼吸阀”或“通气孔”。温度升高时，罐内部分油蒸气排出罐体；温度下降时，部分空气吸入罐内，这固然保持了罐内压力平衡，但消耗了油品大量的轻质组分，也增加了火灾的危险性。油品的膨胀系数见表1-3。

表 1-3 几种常见油品的受热膨胀系数

油品名称	膨胀系数 β
汽油	0.0012
煤油	0.0010
柴油	0.009

6. 毒性

石油产品及其油蒸气具有一定毒性，轻质油品毒性比重质油品毒性小些，但轻质油品挥发性大，往往使空气中的油蒸气浓度比重质油大，由于空气中油气存在使氧气的含量降低，因此危险性较大。油蒸气经口、鼻进入呼吸系统，能使人体器官受害而产生急性或慢性中毒。如空气中油蒸气含量为0.28%时，经过12~14min，人便会感到头晕；如果含量达到1.13%~2.22%时便会发生急性中毒，使人难以支持；当油蒸气含量更高时，会使人立即昏倒，失去知觉，甚至有生命危险。油蒸气的慢性中毒会使人产生头昏、疲倦和嗜睡等症状，经常与油品接触的皮肤会产生脱脂、干燥、龟裂、皮炎和局部神经麻木。油品对人体的毒性来自其烃类和非烃类物质，为改善油品性能而加入的某些添加剂也具有一定毒性，因此对油品在储运的各环节进行毒性泄漏风险分析，对采取防毒措施具有重要意义。