



高等学校教材

油库安全工程

石永春 王文娟 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

油库安全工程

石永春 王文娟 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了油库安全工程的基本知识、基本理论和方法,包括油库安全工程概论、油库气源及其控制技术、油库引爆源及其控制技术、油库消防技术、油库非火灾事故的预防、油库安全检测仪表、油库安全评价等内容。

本书是按航空油料管理工程本科专业“油库安全工程”课程标准编写的,可作为航空油料管理工程专业本科和油料方向硕士研究生教材,也可适用于油气储运专业师生和油库工作人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

油库安全工程/石永春,王文娟主编.
北京:石油工业出版社,2013.8

高等学校教材

ISBN 978-7-5021-9661-5

I. 油…

II. ①石… ②王…

III. 油库管理—安全管理—高等学校—教材

IV. TE972

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 149865 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: <http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010) 64256770 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:20

字数:510 千字

定价:38.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《油库安全工程》编委会

主 编：石永春 王文娟

副主编：宋生奎

主 审：张永国

编 者：石永春 王文娟 宋生奎

赵鹏程 秦 勇

前 言

随着我国经济的快速发展,油品作为重要能源产品,已与当今的社会生活、军事国防息息相关。油库(站)是储存、输转、装卸和加注油品的场所。本书所指油库是指成品油油库,即以储存、输转、装卸和加注汽油、柴油、煤油等轻质油品为主,润滑油等黏油为辅的油库及加油站。油品,特别是轻质油品的危险特性,以及油库与社会、经济、军事的密切相关性,决定了油库安全的至关重要性。安全不是油库的中心工作,但是油库的重点工作,确保安全运行是油库发展的重要方向,油库安全是提高和巩固保障力的根本保证。对于油库工作者而言,不管是从事建设管理、设备与运行管理、供应管理还是质量管理,安全始终是重要工作;对于从事油库研究和设计的工作者而言,安全则是一个重要的研究领域。

油库安全是一个系统工程,它涉及油库的工艺、设施设备、油料性质及状态、油库所处环境及自身环境,还涉及配套的安全技术与管理方法。

中国人民解放军空军勤务学院从1994年起,针对航空油料管理工程本科和油料方向硕士研究生开设了“油库安全技术及管理”相关课程,开课初期主要选用后勤工程学院姚运涛编写的《油库安全技术及管理》等教材。经过长期的教学实践、设计实践、安全管理实践和研究,2006年开始编写《油库安全工程》教材,2007年完成(校内印刷)投入教学使用,至今已用过6个年级并进行过一次修订。本书是在自编教材的基础上,依据新编“油库安全工程”课程标准编写的。

本书的编写采用以下原则:

(1) 在系统论述的基础上,突出油库燃烧爆炸防控的重点。本书按照安全概论、安全技术、安全管理三大部分分别阐述。安全概论介绍油库安全的研究对象、油库安全的特点及油库安全的发展。安全技术则按危险及防控机理分章,分别介绍油气源及其控制技术、油库引爆源及其控制技术、油库消防技术、油库非火灾事故的预防。安全管理则在简要介绍现代安全管理方法的基础上,重

点介绍现代安全管理理论及在油库中的应用方法；除重点介绍油库安全常用的事故树分析方法和安全检查表外，还介绍了油料、油气扩散危害范围的预测评估方法及油罐燃烧爆炸的危害性预测及评估方法。

(2) 突出应用性、实践性和先进性。本书在强调理论性和探索性的同时，特别注重观点及结论的描述符合最新规范、标准，注重新技术、新方法及应用性分析，注重结合油库实际工艺及环境进行阐述。

(3) 交叉课程内容的取舍，按课程标准执行。本书的交叉内容主要涉及油库电气安全技术、安全仪表及信息化技术。油库电气安全技术，本书只介绍油库防雷、防静电、防杂散电流危害及电气防爆理论和技术，不涉及具体的油库低压电气设备及安全用电知识。安全仪表及信息化技术，只涉及常用便携式油库安全检测仪器的使用维护。油库安全监控技术及安全信息化，如油库安防系统、油库火灾探测报警系统等属于油库信息化技术，且内容较多，因此本书均不作介绍。

本书由石永春、王文娟、宋生奎、赵鹏程、秦勇共同编写。其中第一、二、三章由石永春、赵鹏程编写；第四、五章由宋生奎编写；第六、七章由王文娟、秦勇编写。全书由石永春、王文娟任主编，宋生奎任副主编，由张永国主审。

本书编写过程中，参考了有关文献和教材，航空油料储运教研室的同志给予了有益的指导和支持，空军油料研究所杨艺高级工程师参与了本书第一版讲义的编写，在此一并表示衷心的感谢。限于编者水平，书中难免有遗漏及缺点错误，恳请读者批评指正。

石永春

2013年2月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 油库安全工程的发展	1
第二节 油库危险特性分析	2
第三节 油品燃烧与爆炸的基本知识	9
思考题	23
第二章 油库油气源及其控制	24
第一节 油品泄漏及扩散分析	24
第二节 油气泄漏及扩散分析	29
第三节 油库火灾和爆炸危险区域、危险等级划分	39
第四节 油库设施结构及布局安全设计	52
第五节 油库事故性油品扩散控制	62
第六节 油库通风、惰化及阻隔抑爆技术	66
思考题	69
第三章 油库引燃引爆源及其控制	71
第一节 油库静电危害及防止	71
第二节 油库雷电危害及防止	91
第三节 油库电气设备安全	102
第四节 杂散电流危害及防止	137
第五节 油库接地技术与管理	139
思考题	149
第四章 油库消防技术	150
第一节 灭火的基本原理	150
第二节 油库常用小型灭火器具	159
第三节 油库火灾探测技术与报警系统	171
第四节 油库泡沫灭火系统	177
第五节 烟雾自动灭火系统	201
第六节 油库消防给水系统	205
第七节 油库火灾的常规扑救方法	210

第八节 油库消防管理及训练·····	227
思考题·····	232
第五章 油库非燃烧爆炸事故的预防与控制·····	233
第一节 油库人员健康防护与环境保护·····	233
第二节 自然灾害对油库的危害及防范·····	242
第三节 不良地质对油库设施的危害及防范·····	251
思考题·····	257
第六章 油库常用安全检测仪表·····	259
第一节 可燃气体油气浓度检测仪·····	259
第二节 测厚仪·····	261
第三节 静电电压及接地电阻安全检测仪·····	264
第四节 腐蚀及泄漏检测仪表·····	270
思考题·····	278
第七章 油库安全评价·····	279
第一节 油库燃烧及爆炸事故严重度评估·····	279
第二节 油库安全分析方法·····	285
第三节 系统安全评价·····	296
思考题·····	308
参考文献·····	309

第一章 绪 论

学习提示：本章介绍了油库安全工程的发展及研究内容，并从油品特性、油库工艺及作业特点出发，论述了油库危险特性；从燃烧和爆炸机理出发，阐述了油品的燃烧和爆炸特性。通过学习，可对油库安全的重要性和本课程的学习目的有充分的认识。

第一节 油库安全工程的发展

一、什么是安全

“无危则安，无缺则全”，用通俗的话来说，安全就是人们在生活和生产过程中，生命得到保证，身体免于伤害，就是没有危险、不出事故。因此，有人把安全定义为“不发生导致死伤、职业病、设备或财产损失的状态”。

但是，绝对安全只是一种理想，是不可能的，也是不科学的，从现代的系统安全的理念出发，安全可定义为“免除了不可接受的损害风险的状态”，“可接受”是指风险值小到可忽略的程度，如可能性很小或后果严重性很小，从实质上说，系统存在的能量和有害物质得以有效控制，失控的可能性很小。

二、安全理论及安全观的发展

安全理论及安全观的发展是随着社会和技术的发展而不断发展的。

17 世纪前，人类对于事故与灾害听天由命，无能为力，所以认为命运是老天的安排，人类安全的认识论是宿命论的。

17 世纪末期至 20 世纪 50 年代初，随着生产方式的变更，人类从农牧业进入了蒸汽机时代，然后又进入了工业化时代，人类的安全认识论提高到经验论和综合论水平，方法论有了“事后弥补”的特征，出现了事故致因理论、事故倾向性等研究和应用。

20 世纪 50 年代以后，随着工业社会的发展和技术的不断进步，人类高技术的不断应用，如宇航技术、核技术的应用，信息化社会的出现，本质安全理论、系统安全思想和理论得到广泛研究和推行。1962 年美国成立了系统安全学会，1964 年美国道化学公司提出了《火灾、爆炸指数法（第一版）》（现已第七版）。人类的安全认识论进入了本质论阶段，超前预防型成为现代安全文化的主要特征。这种高技术领域的安全思想和方法论推动了传统产业和技术领域的安全手段和对策的进步，具体表现为：从人与机器和环境的本质安全入手，人的本质安全不但要解决人的知识、技能、意识素质，还要从人的观念、伦理、情感、态度、认识、品德等人文素质入手，从而提出安全文化建设的思路；物和环境的本质安全化就是要采用先进的安全科学技术，推广自动组织、自动适应、自动控制与闭锁的安全技术；研究人、物、能量、信息的安全系统论、安全控制论和安全信息论等现代工业安全原理；技术项目中要遵循安全措施与技术设施同时设计、同时施工、同时投产的“三同时”原则；企业在考虑经济发展、进行机制转换和技术改造时，安全生产方面要同步规划、同步发展、同步实

施，即所谓的“三同步”原则；进行不伤害他人、不伤害自己、不被别人伤害的“三不伤害”活动，整理、整顿、清扫、清洁、素养“5S”活动；生产现场的工具、设备、材料、工件等物流与现场工人流动的定置管理，对生产现场的“危险点、危害点、事故多发点”的“三点控制工程”等超前预防型安全活动；推行安全目标管理、无隐患管理、安全经济分析、危险预知活动、事故判定技术等安全系统工程方法。

安全系统工程是 20 世纪 60 年代迅速发展起来的一门新兴学科，是以系统工程的方法研究、解决生产过程中安全问题的工程技术。它应用系统工程的原理与方法，识别、分析、评价、排除和控制系统中的各种危险，对工艺过程、设备、生产周期和资金等因素进行分析评价和综合处理，使系统可能发生的事故得到控制，并使系统安全性达到最佳状态。由于安全系统工程是从根本上和整体上来考虑安全问题，因而它是解决安全问题的具有战略性的措施，为安全工作者提供了一个既能对系统发生事故的可能性进行预测，又可对安全性进行定性、定量评价的方法，从而为有关决策人员提供决策依据，并据此采取相应安全措施。安全系统工程是安全工程在管理上的一个创新，在此基础上确立的现代安全管理使安全管理发展到一个新的阶段。

目前，安全系统工程、安全人机工程等理论和方法已在油库安全工程中广泛应用，国家和行业已制定了相应的安全人机工程学准则、企业安全文化建设标准、各种安全评价标准、安全预警机制、应急机制等。

三、油库安全工程的研究内容

安全工程是研究和查明生产过程中各种事故和职业性伤害发生的原因及防止事故和职业病发生的科学理论和技术，包括安全技术和安全管理两大类。油库是储存、装卸、输转和加注油品的场所，油库安全工程就是研究和查明油品在储存、运输和加注过程中各种事故和职业性伤害发生的原因及防止事故和职业病发生的科学理论和技术，也就是研究油库如何预防事故发生、控制事故发展，保证油库安全运行的理论、技术和方法。

安全技术是指基于自然科学原理的安全理论、技术和方法。油库安全技术主要包括防火防爆技术、油库非火灾事故的预防和处置技术两类。防火防爆技术包括油库可燃环境、油库油气源及其控制、油库引燃源及其控制、油库电器防爆技术、消防技术等。油库非火灾事故的预防和处置技术包括防设备破坏、防油品冒漏、防质量事故、防人身伤害、防环境污染等。

安全管理是指为了控制人的不安全行为和机械及环境的不安全状态采取的管理方法和措施。油库安全管理主要包括安全管理理论、设备及运行安全管理、安全制度、安全教育、安全监察、事故统计分析、安全分析与评价、安全管理辅助技术等多个方面。

第二节 油库危险特性分析

油品，特别是轻质油品，一般都具有易挥发、易流动、易燃、易爆和有毒等危险特性。油品在储存和收发等作业过程中，如果不遵守安全技术规程，就可能发生燃烧、爆炸、混油、漏油、中毒及设备损坏等多种事故，以致造成经济损失、环境污染、人身伤亡等多种危害。

一、油品的危险特性

油品具有较强的挥发性、扩散性、易燃性、易爆性、易积聚静电荷性、热膨胀性、沸溢性，以及一定的毒性。

1. 挥发性

石油产品主要由烷烃和环烷烃组成，大致是碳原子数 4 个以下为气体，5~12 个为汽油，9~16 个为煤油，15~25 个为柴油，20~27 个为润滑油。碳原子数 16 个以下为轻质馏分，很容易挥发成气体。不同的油品，其挥发性不同，一般轻质成分越多，挥发性越大。汽油挥发性大于煤油，煤油挥发性大于柴油，润滑油挥发较慢。同种油品在不同温度和压力下，挥发性也不同。温度越高，挥发越快；压力越低，挥发越快。从油品中挥发出来的油蒸气迅速与空气混合，形成可燃混合气，一旦遇到足够大的点火能量，就可能引起燃烧或爆炸。挥发性越大的油品，其火灾危险性越大。

2. 扩散性

油品的扩散性及其对火灾危险的影响主要表现在以下三个方面：

(1) 油品，特别是轻质油品，作为液体具有很强的流动性。油品的流动扩散能力取决于油品的黏度。黏度越低，流动性越好。常温下，轻质油品黏度都较小，都具有较强的流动性。重质油品常温下的黏度较高，但温度升高，黏度降低，其流动扩散性也增强。油品的流动性使其在储存和输转过程中易发生溢油和漏油事故，同时也易沿着地面或设备流淌扩散，增大了火灾危险性，也易使火灾范围扩大，增加了灭火难度和火灾损失。

(2) 油品比水轻，且不溶于水。这一特性决定了油品会沿水面漂浮扩散。如果油品从管道、储油设备或油船漏入江、河、湖、海等水域，油品就会浮于水面，随波漂浮，造成严重的污染，甚至造成火灾。这一特性还使得不能用水直接覆盖扑救油品火灾，因为这样反而可能扩大火势和范围。

(3) 油蒸气的扩散性。油蒸气的密度比空气略大，且很接近，有风时受风影响会随风飘散，即使无风时，它也能沿地面扩散出 50m 以外，并易积聚在坑洼地带。所以油库中各建筑物之间应有安全距离并考虑风向及风力大小，以防火灾扩大。

3. 易燃性

油品的主要组分是碳氢化合物及其衍生物，是有可燃性，它决定了油品的燃烧特性。油品的易燃性是以闪点来划分的，闪点越低，越易燃烧，火灾危险性越大，常见油品的闪点及火灾危险性分类见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 几种常见油品闪点

油 品	原 油	汽 油	喷 气 燃 料	柴 油	润 滑 油
闪点,℃	27~45	-58~10	28~60	45~90	90~300

表 1-2 油品火灾危险性分类

类 别		油品闪点 F_t ,℃	举 例
甲		$F_t \leq 28$	原油、汽油
乙	A	$28 \leq F_t \leq 45$	喷气燃料、灯用煤油
	B	$45 < F_t < 60$	轻柴油、军用柴油

续表

类 别		油品闪点 $F_t, ^\circ\text{C}$	举 例
丙	A	$60 < F_t < 120$	重柴油、20 号重油
	B	$120 \leq F_t$	润滑油、100 号重油

另外，油品的易燃性还表现在油品的燃烧速度很快，尤其是轻质油品。汽油的燃烧线速度最大可达 $5\text{m}/\text{min}$ ；质量速度最大可达 $221\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ；水平传播速度也很快，即使在封闭的储油罐内，火焰水平传播速度也可达 $2\sim 4\text{m}/\text{s}$ 。因此，油品一旦发生燃烧，很容易造成较大的损失和危害。

4. 易爆性

爆炸是一种极为迅速的物理或化学的能量释放过程。在此过程中，某一系统内的物质以极快的速度把其内部所含有的能量释放出来，转变为机械功、光和热等能量形式。爆炸具有很强的破坏性，它可能造成设施设备、建（构）筑物的破坏、人员伤害及火灾事故。

油库中发生的爆炸按其原理主要有两类：一类是油气混合气因遇火源而爆炸，这是一种化学性爆炸；另一类是密闭容器内的介质，在外界因素作用下，由于物理作用，发生剧烈膨胀超压而爆炸，如空油桶因高温或剧烈碰撞使腔内气体剧烈膨胀而造成爆炸等。在油库中最易发生且破坏性较大的是第一类爆炸。

油蒸气与空气的混合气达到适当浓度时，遇足够能量的火源就能发生爆炸。某种油蒸气在空气中能发生爆炸的最低浓度和最高浓度，称为某种油蒸气的爆炸浓度下限和爆炸浓度上限，其所对应的饱和蒸气压对应的油品温度称为这种油品的爆炸温度极限。常见几种轻质油品的爆炸浓度极限和爆炸温度极限见表 1-3 和表 1-4。从表中可以看出汽油的爆炸浓度下限低，爆炸温度下限也较低。另一方面，油品的挥发性较强，油蒸气易积聚飘移，扩散范围大，浓度在爆炸极限范围内的可能性大，再加上油蒸气的引爆能量小，如汽油的最低点火能量仅为 0.2mJ ，油库中的绝大多数引爆源（如明火、电气设备点火源、静电火花放电等）一般具有的能量都大于此，因此，油品具有易爆性。

表 1-3 几种油品的爆炸浓度极限

名 称		原 油	汽 油	煤 油	轻 柴 油
爆炸极限 (体积分数), %	下限	1.1	1.0	1.4	1.4
	上限	5.4	7.6	7.5	6.0

表 1-4 几种液体的爆炸温度极限

名 称		车用汽油	航空汽油	煤油	柴油	苯	酒精
爆炸温度 极限, $^\circ\text{C}$	下限	-38	-34	20	40	-11	12
	上限	-8	-4	66	86	15	42

油品的易爆性还在于油品的燃烧能转变为爆炸。当空气中的油气浓度在爆炸极限范围以内时，一旦与火源接触，随即发生爆炸。容器内油品蒸气浓度高出爆炸极限的上限时，遇有火源，则先燃烧，但当油蒸气浓度随着燃烧减少到爆炸极限范围内时，便可能转为爆炸。

5. 易积聚静电荷性

两种不同物体，包括固体、液体、气体，通过摩擦、接触、分离等相对运动的机械作用

能产生静电荷。静电产生和积聚同物体的导电性能有关。油品的电阻率一般在 $10^{10} \Omega \cdot m$ 以上，是静电非导体。当油品在运输和装卸作业时易产生大量静电，并且油品静电的产生速度远大于流散速度，很容易引起静电荷积聚，静电电位有的可达几千伏。而静电易积聚的场所，常有大量的油气存在，很容易造成静电火灾事故。

油品静电积聚不仅能引起静电火灾爆炸事故，还限制了油品的作业条件，造成作业时间的延迟和劳动效率的降低。

6. 热膨胀性

油品温度升高，体积膨胀；温度降低，体积减小。由于油品的热膨胀性，若容器灌装过满，当外界温度上升或下降速度过大时，则会造成容器内部介质压力过高或过低，超过容器承压能力，导致容器胀破、吸瘪等事故。如气温骤降，油罐呼吸阀的真空阀盘因某种原因来不及开启，或开启不够，就易吸瘪油罐。因此储油容器，尤其是各种规格的油桶，不同季节都应规定不同的安全容量。对于没有泄压装置的地上管道，输油后如不及时部分放空，当温度升高时，也有可能发生胀裂和破坏设备的事故。在火灾现场附近的容器受到火焰辐射的高热作用，如不及时冷却，也可能因膨胀破裂，造成灾害泄漏，甚至增加火势，扩大火灾面积。

7. 沸溢性

油品沸溢主要发生于原油和重油，原因主要是热辐射、热波作用和水蒸气的影响。当油罐发生火灾时，由于热辐射作用，液面温度不断升高，随着时间的增长，加热层的厚度在增加。油品在燃烧时，位于表面的轻馏分先被烧掉，留下的重馏分带着热量逐步下沉，通过热量传递，加热油品深部，这种现象叫做热波。由于热辐射和热波的共同作用，当油品被加热到沸点时，就可能沸腾而进出，即出现沸溢现象。另外，如果油品中含水或油层中包裹游离状态水分，当热波达到水垫层高度或与油中悬浮水滴相遇时，水被汽化形成气泡，体积膨胀约 1700 倍，以很大的压力急剧冲击液面，形成火柱，也能造成沸溢。

储存重质油品和原油的油罐燃烧时，易发生油品的沸溢，可形成巨大火柱，高达 70~80m，喷射距离可达 120m；不仅容易造成人员伤亡，扑救困难，而且由于火焰辐射热量高，容易造成油罐间的火灾蔓延。因此，重质油品不能因其闪点高和火灾发生概率小而忽视其安全防范工作。

8. 毒性

油品及其蒸气属于低毒性物质，可使人体器官产生不同程度的急性和慢性中毒。油品对人体的危害通过人体呼吸道、消化道及皮肤三种途径进入人体内。

油品蒸气慢性中毒的结果会使人患慢性病，产生头昏、疲倦、嗜睡等病状。若皮肤经常与油品接触，会产生脱脂、干燥、裂口、皮炎和局部神经麻木。油品落入口腔、眼睛时，会使黏膜枯萎，有时会出血。轻质油品的毒性比重质油品的毒性小些，但是轻质油品蒸发量大，往往使空气中的油气浓度高，因此危害性更大。油蒸气对人体作用现象，如表 1-5 所示。

表 1-5 油蒸气对人体作用现象

浓度, mg/m ³	作用 结果
500	无现象
1000	2h 内眼睛受到刺激，出现头晕、目眩

续表

浓度, mg/m ³	作用结果
2000	1.5h内眼睛、鼻、喉咙受到刺激, 出现失常的症状
7000	15min内出现像“喝醉酒”症状
10000	“喝醉酒”症状很快出现, 时间延长, 失去知觉和死亡出现
20000	瘫痪(死亡)很快出现

汽油为麻醉性毒物, 急性吸入以后, 好像有毛发沉在舌头上的感觉, 大部分可由呼吸道排出, 小部分在肝脏被氧化, 与葡萄糖醛酸结合可经肾脏排出, 主要作用使中枢神经系统机能紊乱, 低浓度可引起条件反射改变, 高浓度能造成呼吸中枢麻痹。汽油对脂肪代谢有特殊影响作用, 引起神经细胞内类脂质平衡失调, 血中脂肪含量波动, 胆固醇和磷脂改变。

汽油的毒性, 随着其中饱和烃、硫化物和芳烃含量的增高而增强。汽油蒸气对人的毒性见表 1-6。

表 1-6 汽油蒸气对人体的危害

浓度, g/m ³	接触时间	人体反应
0.6~1.6	7h	部分有头痛, 咽喉不适, 咳嗽及膜刺激症状等
3.3~3.9	1h	除上述现象外, 偶有步不稳
9.5~11.5	1h	明显的黏膜刺激, 兴奋
10~20	0.5~1h	出现急性中毒症状, 显著眩晕
25~30	0.5~1h	昏迷, 有生命危险
38~49	2s	咳嗽
	20s	眼睛有刺激症状
	4~5min	显著眩晕、恶心、呕吐、头痛
	5~6min	有生命危险
	0.5~1h	可引起死亡

虽然原油、柴油及重油的毒性没有汽油严重, 但它们能产生硫化氢气体; 由于硫化氢气体的存在, 使得含硫油品及蒸气的毒性就显得尤为严重。硫化氢中毒往往表现为全身性作用, 它与人体内部某些酶发生作用, 影响细胞进化过程, 造成组织缺氧, 产生窒息。人的中枢神经对缺氧十分敏感, 首先受到影响。硫化氢对人还有局部刺激作用, 这是由于硫化氢接触湿润的黏膜之后, 分解形成硫化钠, 以及本身的酸性所致。硫化氢随浓度和时间变化对人体的危害如表 1-7 所示。

表 1-7 硫化氢对人体的危害

等级	浓度, mg/m ³	接触时间	人体反应
轻度	0.035	接触	嗅觉可闻
	30~40	接触	臭味强烈
	70~150	1~2h	眼睛及呼吸道出现症状, 吸入 2~15min, 即发生嗅觉疲劳, 再嗅不到气味
中度	300	1h	出现呼吸道刺激症状, 能引起神经抑制, 长时间接触, 可引起肺水肿

续表

等级	浓度, mg/m ³	接触时间	人 体 反 应
重度	760	15~60min	可引起生命危险, 发生肺水肿、支气管炎及肺炎, 有头痛、头晕、激动、呕吐、喉痛、排尿困难等全身症状
	1000	数秒钟	很快引起急性中毒, 出现明显的全身症状, 呼吸加快, 很快因呼吸麻痹而死亡
	1400	顷刻	嗅觉立即疲劳, 失去知觉, 昏迷、死亡

二、油库的危险形式

油库的主要工艺是储存、输送、装卸和加注油品。油品自身的危险特性、油库工艺及环境特点, 导致油库可能存在以下危险。

1. 跑(冒、漏)油

由于各种原因造成油品非正常流散的, 称为跑(冒、漏)油事故。它是油库最常见和多发事故之一。流散油品及其形成的可燃气体可能诱发更严重的着火爆炸事故及污染事故。造成油品流散的原因是多方面的, 但归根到底违章作业是主要原因。油品流散的原因大体可归纳为五类, 即操作使用不当, 控制系统故障, 设施设备故障或损坏, 外力破坏, 自然灾害等。

2. 着火爆炸

这是油库日常管理和作业过程中最大的危险。油库发生着火爆炸事故要有一定浓度的油气混合气和点火源同时存在。油库储、输油设备及安全防护设施因腐蚀、自然灾害、误操作等因素造成的破坏、失效将使油品处于扩散失控状态, 可能引起油品或油气泄漏, 遇到火源而发生着火爆炸事故。油库内可能出现的火源主要包括: 明火、金属撞击火花、电气设备火花、杂散电流火花、雷电、静电放电火花、高温物体等。

油库事故案例的统计数据显示, 跑(冒、漏)油和着火爆炸事故分别占 50% 和 25% 左右。着火爆炸事故的危害是最重的, 因此预防着火爆炸事故是油库事故预防的首要内容。

3. 健康损害

长期接触或大量吸入油品及油蒸气, 可能损伤人的皮肤和中枢神经。油库在收发油过程中, 输油泵、通风机等设备运转时会产生噪声和振动, 有时噪声会超过 90dB, 在此环境中, 作业人员若长期处于无防护状态, 可能会出现情绪不稳、听力障碍。山洞油库、覆土油罐罐室内则是一种相对封闭的环境, 夏秋季容易出现的潮湿环境可能诱发工作人员患关节炎等职业性疾病。清洗油罐作业、抢险过程、维修作业、日常油品化验工作, 如果防护不当, 都是易造成工作人员健康损害的主要环节。

4. 环境污染

油库对环境的污染主要是含油污水污染和油蒸气对大气的污染。

含油污水主要有: 油罐及管道的跑(冒、漏)油品污染水、清洗油罐及管线产生的含油污水、冲洗地面及设施产生的污水、洗修桶间和更卫生间排放的含油污水等, 这里最主要的是跑(冒、漏)油品污染水, 特别是油罐罐底泄漏和地下管线泄漏。例如某石化公司油库, 始

建于 20 世纪 80 年代，有储油罐 167 座，罐容量大多在 $2000\sim 10000\text{m}^3$ 之间。自 1996 年以来该公司的储罐陆续出现多起罐底泄漏事故，仅 2001 年 12 月至 2002 年 2 月间就连续发生 4 座储罐的腐蚀穿孔和泄漏事故，造成了严重的环境污染。输油管道往往在野外地下敷设，野蛮施工损坏、腐蚀穿孔、人为盗油破坏、施工后处理不当等，都易造成严重的污染事故。

用含油污水灌溉农田，油类物质会粘附于土壤内并粘在植物根部，危害植物生长，严重时导致植物死亡；油类物质可在水中形成油膜，阻碍大气中的氧气溶于水，妨碍鱼类及其他生物生长；含油污水中的其他化学物质，如酸、硫化物等不仅有毒而且有腐蚀性，如不作处理就排入江、河、湖、海，将会对人、畜、家禽等产生危害，并使土壤板结。

油蒸气对大气的污染主要有：油品收发、输转、加注过程的油气排放，油品储存过程中的小呼吸，设备清洗、跑（冒、漏）油以及火灾事故。

另外设备防腐施工等也会造成一定的环境污染。

5. 设备损坏

油库设备损坏原因很多，常见原因主要有设计不科学、设备或材料质量缺陷、超过使用寿命、强度降低或老化、外力破坏、腐蚀、自然灾害等。油罐吸瘪、胀裂、撕裂是油库的典型设备损坏形式。油罐是薄壳结构，承压能力很低。如立式金属油罐的承压能力：正压通常为 1960Pa ，负压为 490Pa 。在储油过程中，罐内的正、负压由呼吸阀进行调节，当呼吸阀失灵、设计选型不当或遇特殊情况时，可能会发生超压或真空度过大的情况，导致油罐胀裂或吸瘪，其中油罐吸瘪事故居多。如 1989 年 7 月，某炼油厂一个 5000m^3 钢质拱顶油罐建造过程中，准备进行正压试验，试验正压 $300\text{mmH}_2\text{O}$ ，负压 $180\text{mmH}_2\text{O}$ ，当水加到 1280mm 高度时，停止注水并封闭拱顶所有开口。因突然下雨无法进行正压试验，施工人员关闭了进水管线的入口阀，罐中水未放。雨持续下了几个小时，雨停后位于 11000mm 高度处的部分罐壁被吸瘪，被吸瘪部分环向长度 4.5m ，纵向长度 5.2m ，凹陷最大深度达 0.54m 。事故分析表明，下雨时由于气温下降，罐内气体收缩，在储罐内形成负压，在考虑风载荷情况下，罐壁承受的外载荷为储罐的临界压力的 16.5 倍，造成了储罐吸瘪。

6. 油品质量事故

由于工作失误或工艺、设备原因导致的油品储存变质或发放质量不达标称为油品质量事故。造成油品质量事故的原因有多种，如因工作失误造成混油；因工艺流程或作业不规范造成油品中混入大量水分、杂质；由于储存时间过长、未按规定化验而造成油品变质、报废；由于工艺、过滤设备等问题造成发出油品质量不达标，甚至造成飞机、汽车等用油装备损坏或故障。这类事故发生原因虽然很多，但大多是没有严格执行操作规程造成的。

7. 战争或自然灾害诱发次生灾害

由于油品自身的危险特性，在受到战争攻击及人为破坏情况下，或在发生地震、洪水等自然灾害时，易发生二次爆炸、油品扩散、环境污染等次生灾害。

8. 其他事故

油库在作业过程中，库区内行驶有消防车、油罐车以及其他车辆，作业人员在作业区内或附近活动时，若行为不慎或违规走动易遭受车辆伤害。油库存在大量的电气设备，在作业过程中特别是临时用电时，若违反规章制度有可能造成触电危险。与电气化铁路接轨的油库，电气化铁路高压接触网电压高达 27.5kV ，也增加了触电危险。

第三节 油品燃烧与爆炸的基本知识

从物理化学角度而言，燃烧与爆炸都属于激烈的化学反应。对于任何固体或液体的爆炸物、气体爆燃混合物，在一定的条件下，燃烧可以转变为爆炸。因此，燃烧与爆炸是各类爆炸物所具有的紧密相关的两种特性。从安全防护角度分析，防止各类爆炸物发生火灾与爆炸事故也是紧密相关的。一般说来，火灾与爆炸两类事故往往相连发生，大的爆炸事故之后，常伴随有巨大的火灾；存有爆炸物质和混合气体爆燃物的场所，大的火灾往往又会导致爆炸。因此，了解燃烧爆炸的关系与性质，从技术上杜绝一切燃烧和爆炸事故的发生，是掌握防火防爆知识的重要内容。

与燃烧相比，爆炸是一种不同性质的变化发展过程，两者的基本特性有如下区别：

(1) 从传播过程的机理上分析，燃烧过程中化学反应区域能量的传播，是以热传导、辐射及燃烧气体扩散作用，传入未反应的原物质中的。而爆炸过程中化学反应区域能量的传播则是借助于沿混合气体爆炸物压缩波叠加形成的冲击波冲击压缩作用进行的。

(2) 从燃烧波与冲击波传播的速度来分析，燃烧波的传播速度，通常约为每秒几毫米到几厘米。而爆炸过程的传播速度总是大于原始爆炸物的声速，其速度有时高达每秒数千米。

(3) 燃烧过程中燃烧反应区内产物的运动方向与燃烧波面方向相反，因此燃烧波面内的压力较低，不会对周围介质产生力的效应。而爆炸时，爆炸反应区内产物的质点运动方向与爆轰波传播方向相同，爆轰波区内的压力很高，因而向四周传出冲击波，对周围介质有强烈的力效应。

(4) 燃烧反应易受外界压力和初温的影响，当外界压力低时，燃烧速度慢；压力增高，燃烧速度加快。爆炸则基本上不受外界条件的影响。

一、燃烧与燃烧过程

1. 燃烧与燃烧三要素

1) 燃烧的概念

燃烧是可燃物质（气体、液体或固体）与氧或氧化剂发生伴有放热和发光的一种激烈的化学反应。可燃物质和氧的化合反应属于燃烧，在某些情况下，和氯、硫的蒸气等所起的化合反应也属于燃烧。如金属钠在氯气中燃烧、炽热的铁在氯气中燃烧等，它们虽然没有同氧化合，但所发生的反应却是一个激烈的氧化反应，并伴有光和热的发生。多数燃烧属于可燃物质和空气中氧所起的反应。灯光中的灯丝通电后虽然同时发光、发热，但它也不是燃烧，因为它不是一种激烈的氧化反应，而是由电能转变为光能的一种物理现象。

燃烧的主要特征是具有进行高温反应的区域，该区域能够将高温反应的生成物与未反应物质区别开来。同时，在该反应区域中（或火焰中）没有压力剧烈上升的现象。如果反应区域内伴有急剧的压力上升和压力突变，则燃烧过程将向爆炸过程转变。

2) 燃烧三要素

燃烧必须同时具备下列三个条件：

(1) 存在可燃物质，如木材、乙醇、丙酮、甲烷、乙烯等；