

石油化工 消防安全技术

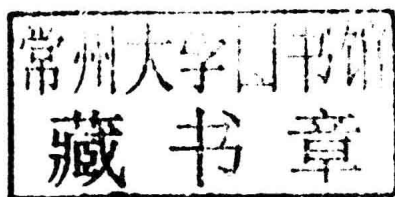
岳庚吉◎著



中国人民公安大学出版社

石油化工消防安全技术

岳庚吉 著



中国人民公安大学出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化工消防安全技术/岳庚吉著. —北京: 中国人民
公安大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5653-2319-5

I. ①石… II. ①岳… III. ① 石油化工—消防—安全技术
IV. ①TE65 ②TU998. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 196914 号

石油化工消防安全技术

岳庚吉 著

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

印 刷: 北京普瑞德印刷厂

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次

印 张: 13.5

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数: 250 千字

书 号: ISBN 978-7-5653-2319-5

定 价: 50.00 元

网 址: www.cppsups.com.cn

www.porclub.com.cn

电子邮箱: zbs@cppsu.com

zbs@cppsu.edu.cn

营销中心电话: 010-83903254

读者服务部电话 (门市): 010-83903257

警官读者俱乐部电话 (网购、邮购): 010-83903253

教材分社电话: 010-83903259

本社图书出现印装质量问题, 由本社负责退换
版权所有 侵权必究

前 言

石油化工生产规模大型，工艺流程复杂，生产过程连续性强、自动化程度高，工艺条件苛刻，生产使用的原料、中间体和产品种类繁多，并且绝大多数是易燃易爆、有毒有害、腐蚀性等危险化学用品。石油化工生产的这些特点，决定了其发生泄漏事故、火灾与爆炸事故的可能性及严重后果比其他行业一般来说要大，而且一旦发生事故，将会造成重大损失，生产也无法进行下去，甚至整个装置会毁于一旦。因此，消防安全工作在石油化工生产中有着非常重要的作用，是石油化工生产的前提和关键。

本书结合石油化工生产特点，在分析石油化工火灾与爆炸事故原因的基础上，阐述了石油化工生产防火防爆技术对策、典型石油化工装置运行消防安全技术、石油化工装置检修消防安全技术、石油化工火灾初起时的处置技术、石油化工企业消防安全管理技术等，并对近年来发生的典型石油化工火灾与爆炸事故案例进行了技术评析。本书理论性、实践指导性较强。

本书可作为石油化工企业负责人、消防安全责任人、消防安全管理人员及其他从业人员进行消防安全知识学习用书，也可供公安消防监督检查人员参考。

本书在编写过程中，参阅了同行们的文献资料，谨在此深表谢意。

由于水平所限，难免存在缺点与错误之处，希望读者不吝指正。

目 录

绪 论	1
第一章 石油化工火灾与爆炸事故原因分析	8
第一节 火灾与爆炸事故的原因构成及原因类型	8
第二节 火源型火灾与爆炸	12
第三节 蓄热型火灾与爆炸	17
第四节 潜热型蒸气爆炸	19
第二章 石油化工生产防火防爆技术对策	23
第一节 可燃、助燃物的安全控制	23
第二节 点火源的安全控制	27
第三节 阻火防爆安全装置	35
第三章 典型石油化工装置运行消防安全技术	46
第一节 炼油装置运行消防安全	46
第二节 基本有机合成装置运行消防安全	56
第三节 无机化工装置运行消防安全	65
第四节 高聚物生产装置运行消防安全	72
第五节 煤化工装置运行消防安全	79
第四章 石油化工装置检修消防安全技术	84
第一节 概述	84
第二节 石油化工装置停车作业消防安全	88
第三节 石油化工装置检修作业消防安全	93
第四节 石油化工装置检修后开车消防安全	107

第五章 石油化工火灾初起时的处置技术	110
第一节 起火与报警.....	110
第二节 灭火基本方法.....	113
第三节 常用灭火剂、灭火设施.....	114
第四节 发生火警后基本处置对策.....	121
第五节 初起火灾的扑救.....	123
第六章 石油化工企业消防安全管理技术	139
第一节 消防安全组织与消防安全职责.....	139
第二节 消防安全管理制度与操作规程.....	147
第三节 消防安全重点部位的确定与管理.....	149
第四节 消防安全检查与火灾隐患整改.....	152
第五节 消防安全教育与消防档案建设.....	161
第六节 灭火和应急疏散预案的制订与演练.....	164
第七章 石油化工火灾与爆炸事故案例分析	172
案例 1 “7·11”中海油惠州炼化公司火灾.....	172
案例 2 “4·14”中成化工保险粉仓库火灾.....	176
案例 3 “12·18”华辰能源有限公司爆炸事故.....	179
案例 4 “7·28”原南京塑料厂丙烯气体爆炸事故.....	181
案例 5 “7·16”大连中石油储运公司油库火灾.....	184
案例 6 “5·9”中石化上海分公司储油罐爆炸事故.....	187
案例 7 “1·7”兰州石化公司爆炸火灾.....	189
案例 8 “8·26”广维集团有机厂爆炸事故.....	192
案例 9 “1·19”中石油抚顺石化公司催化裂化装置爆炸火灾.....	195
案例 10 “5·27”八一化工公司爆炸火灾.....	197
案例 11 “10·30”裕丰酒业公司爆炸火灾.....	200
案例 12 “5·11”沧州大化 TDI 有限责任公司爆炸火灾.....	202
主要参考文献	208

绪 论

石油化工是以石油、石油炼制后的产品、油田气或天然气为原料，采取不同工艺生产燃料油、润滑油、化工原料、化工中间体和化工产品的工业。石油化工包括以下四大生产过程：基本有机化工生产过程、有机化工生产过程、高分子化工生产过程和精细化工生产过程。基本有机化工生产过程是以石油和天然气为起始原料，经过炼制加工制得三烯（乙烯、丙烯、丁烯）、三苯（苯、甲苯、二甲苯）、乙炔和萘等基本有机原料。有机化工生产过程是在“三烯、三苯、乙炔、萘”的基础上，通过各种合成步骤制得醇、醛、酮、酸、酯、醚、腈类等有机原料。高分子合成和精细化工生产过程是在有机原料的基础上，经过各种聚合、缩合步骤制得合成纤维、合成树脂、合成橡胶等最终产品。石油化工概貌如图 1 所示。

一、石油化工生产的特点

（一）石油化工生产规模大型化、生产过程连续性强

现代石油化工生产装置规模越来越大，以求降低单位产品的投资和成本，提高经济效益。例如，我国的原油加工量最大规模已超过 1000 万吨/年，乙烯装置已建成生产能力 70 万吨/年，并即将扩建到 100 万吨/年。装置的大型化有效地提高了生产效率，但规模越大，储存的危险物料量越多，潜在的危险能量也越大，事故造成的后果往往也越严重。

石油化工生产从原料输入到产品输出具有高度的连续性，前后单元息息相关、相互制约，某一环节发生故障常常会影响到整个生产的正常进行。由于装置规模大且工艺流程长，因此使用设备的种类和数量都相当多。如某厂年产 30 万吨乙烯装置含有裂解炉、加热炉、反应器、换热器、塔、槽、泵、压缩机等设备共 500 多台件，管道上千根，还有各种控制和检测仪表，这些设备如维修保养不良极易引起事故的发生。

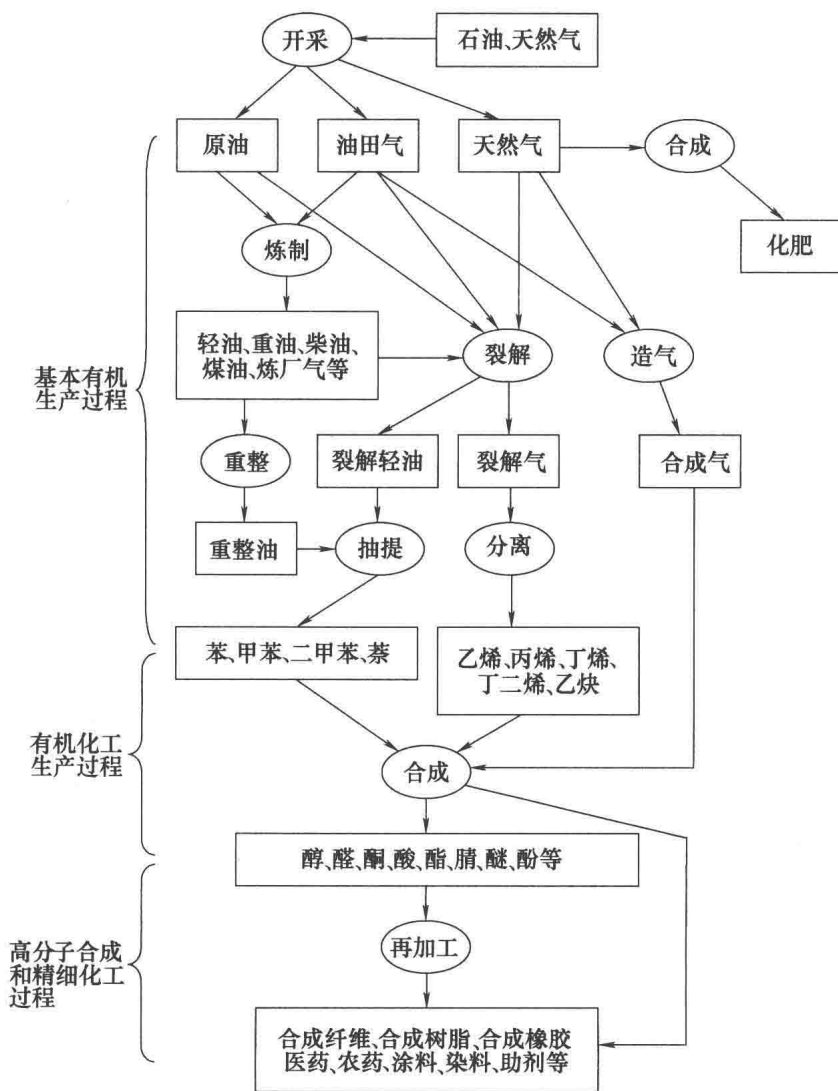


图1 石油化工概貌

(二) 石油化工生产工艺过程复杂、工艺条件苛刻

石油化工生产从原料到产品，一般都需要经过许多生产工序和复杂的加工单元，通过多次反应或分离才能完成。例如，炼油生产的催化裂化装置，从原料到产品要经过 8 个加工单元；乙烯生产从原料裂解到产品产出需要 12 个化学

反应和分离单元。有些化学反应是在高温、高压下进行。例如，由轻柴油裂解制乙烯，进而生产聚乙烯的生产过程。轻柴油在裂解炉中的裂解温度为 800 ℃，裂解气要在深冷(-96 ℃)条件下进行分离，纯度为 99.99% 的乙烯气体在 294 kPa 压力下聚合，制取聚乙烯树脂。

石油化工产品生产的工艺参数前后变化很大。例如，以柴油为原料裂解生产乙烯的过程中，最高操作温度近 1000 ℃，最低则为-170 ℃；最高操作压力为 11.28 MPa，最低只有 0.07~0.08 MPa。复杂多变的工艺条件，再加上许多介质具有强烈腐蚀性，在温度应力、交变应力等作用下，受压容器常常因此而遭到破坏。有些反应过程要求的工艺条件很苛刻。像用丙烯和空气直接氧化生产丙烯酸的反应，各种物料比就处于爆炸范围附近，并且反应温度超过中间产物丙烯醛的自然点，控制上稍有偏差就有发生爆炸的危险。

（三）生产过程自动化程度高

由于石油化工生产装置大型化、连续化、工艺过程复杂化和工艺参数要求苛刻，因而生产过程用人工操作已不能适应其需要，必须采用自动化程度较高的控制系统。近年来随着计算机技术的发展，生产中普遍采用了 DCS 集散型控制系统，对生产过程的各种参数及开停车实行监视、控制、管理，从而有效地提高了控制的可靠性。但是控制系统和仪器仪表维护不好，性能下降，也可能因检测或控制失效而发生事故。

（四）生产过程危险性大

石油化工生产使用的原料、中间体和产品种类繁多，绝大多数是易燃易爆、有毒有害、腐蚀性强等危险化学品。如聚氯乙烯树脂生产使用的原料乙烯、甲苯和 C₄ 原料及中间产品二氯乙烷和氯乙烯都是易燃易爆物质，在空气中达到一定的浓度，遇火源即会发生火灾、爆炸事故。这些潜在的危险性因素决定了在生产过程中对危险化学品的使用、储存、运输都有特殊的要求，如果稍有不慎就会酿成事故。

由于石油化工生产的特点，一般来说，发生泄漏、火灾、爆炸等重大事故的可能性及其严重后果比其他行业要大。一旦发生事故，人民的生命和财产将遭到重大损失，生产活动也将无法进行下去，甚至整套装置会毁于一旦。因此，安全工作在石油化工生产中有着非常重要的作用，是石油化工生产的前提和关键。

二、石油化工生产的火灾爆炸危险性

石油化工生产中所涉及的化学反应种类多，而且控制条件各不相同，如氧

化、还原、氢化、硝化、水解、磺化、胺化等。若要将原料转化为产品，除了有化学反应过程，还必须借助于大量的物理处理方法，如物料的输送、过滤、蒸发、冷凝、精馏、提纯、吸附、干燥、粉碎等。同时，为了保证整个生产过程安全、高效、稳定运行，大都采用DCS、ESD/FSC、SIS、PLC等自动控制系统。因此，石油化工生产过程的火灾爆炸危险性，主要表现在物质的火灾爆炸危险性和工艺过程的火灾爆炸危险性两大方面。

（一）物质的火灾爆炸危险性

石油化工生产所涉及的绝大多数原料、中间体、成品、半成品、副产品和废弃物等，大都具有易燃、易爆、腐蚀性或者有毒、有害等危险特性。例如，某尼龙厂，生产所涉及的危险化学物品有乙炔、甲醇、甲醛、醋酸乙烯、乙酸丁酯、醋酸、天然气、乙醇、液氯、氧气、过氧化氢等，而且储量较大。物品的危险特性决定了其生产过程中存在较大固有的火灾爆炸危险性，易发生火灾、爆炸、中毒（窒息）等事故。

（二）工艺过程的火灾爆炸危险性

工艺过程的火灾爆炸危险性与生产装置的规模大小、工艺流程的复杂程度和工艺控制条件等有很大关系。通常，对同一生产过程，生产装置的规模越大，单位时间处理的物料量越多，火灾爆炸危险性越大；工艺流程越复杂，控制点越多，存在的安全隐患越大；工艺控制条件越苛刻，火灾爆炸的危险性越大。

由于石油化工生产装置所包含的塔、釜、槽、罐、阀门、管线等设备的种类繁多，大小、高低不一；设备布置高度密集、紧凑；设备间各种管道（线）纵横交错，错综复杂。石油化工生产工艺具有高度的连续性，工艺流程复杂，工艺控制参数多，而且工艺控制上大都采用自动化远程控制。因此，相比其他行业，石油化工生产过程具有高危险性，事故多发、集中，而且大多发生在正常生产期间。

分析化工生产的高危险性，概括起来主要体现在以下几个方面：

1. 物料存在高危险特性。
2. 工艺过程复杂，工艺控制参数多。
3. 生产在高温、高压或低温、真空条件下进行，工艺条件比较苛刻。
4. 生产装置规模大，处理物料量多，危险源比较集中，潜在的危险性大。
5. 装置自动化程度高，连续性强，增加了设备、操作人员的不安定因素。

三、石油化工生产的基本消防安全对策

石油化工生产中，为了预防火灾与爆炸事故发生，防止火势蔓延，减小火

灾与爆炸事故损失，需要采取必要的火灾与爆炸事故预防、限制、阻火等消防安全对策。

（一）火灾爆炸危险性物料的控制技术

1. 尽量采用不燃或难燃物料代替可燃性物料，控制火灾爆炸危险性物料的使用和存放数量。

2. 禁止混存、混放相互接触能引起燃烧爆炸的物质，禁水物质要防水、防潮，惰化储存易氧化、易变质、活性高的物料。

3. 正确处理废水、废气、废渣，防止废弃物排放不当或超标而形成燃烧、爆炸性混合物。

4. 提高生产设备、储罐和输送管道的气密性，防止易燃、易爆、有毒物质泄漏，设置排风系统防止泄漏的易燃、易爆物质集聚。

（二）工艺参数的控制技术

石油化工生产过程的工艺参数主要有温度、压力、物料的流量与流速、原料配合比等。现代化工生产的工艺参数控制，大都是设置自动监测控制系统通过远程计算机自动实现，同时配以装置的自动报警、紧急停车和安全连锁系统。

1. 温度的控制

石油化工生产设备都是在一定的温度下进行作业。按照工艺条件控制温度，是保证生产安全稳定运行的关键因素之一。在实际生产中，控制温度的安全技术有：

（1）设置温度自动监测仪表。

（2）设置冷却（或供热）系统，维持温度平衡。

（3）设置温度自动调节系统，如设置集散控制系统（DCS）实现温度自动调节。

（4）操作中严格控制物料、冷却（或加热）介质的流量，设置双路水源或电源，防止中断。

（5）采取保温、隔热措施，设置搅拌系统保证设备床层温度分布均匀。

2. 压力的控制

（1）严格控制温度，超温容易导致系统压力增大。

（2）控制物料的流量和流速，尤其是间歇操作过程，防止物料加入量过多。

（3）设置压力自动监测仪表、泄压设备，防止超压爆炸。

（4）设置压力自动调节系统，实现压力自动调节、自动控制。

3. 物料流量及流速的控制

（1）严格按照工艺操作规程控制物料的流量、流速。

- (2) 通过控制温度、压力等工艺参数控制物料的消耗速度。
- (3) 防止投料次序颠倒，尤其是半间歇半连续的化学反应设备。
- (4) 设置组分分析仪表，防止原材料配合比失调，尤其是有氧化剂、有机过氧化物等物料参与的化学反应。

4. 超量杂质和副反应的控制

- (1) 通过原材料预处理过程严格控制物料中的杂质，防止超标。
- (2) 通过控制反应温度、压力、原材料配合比等工艺参数，以减少副反应的发生，从而减小副产物的生成量，尤其是控制易燃、易爆、不稳定的副产物的生成量。
- (3) 通过适当增加稳定剂的方法，减小有害杂质的危害。

(三) 火灾与爆炸事故的局限化技术

为了防止石油化工火灾与爆炸事故蔓延扩大，降低事故损失，必须采取一定的局限化措施。例如，分区隔离、露天布局和远距离操纵等措施，以缩小危险范围。易燃易爆的危险场所设置防火墙、防火门、防火堤等防火设施，设备间保证有足够的防火间距，以便进行防火隔离与控制。设备与设备之间设置阻火器、水封等阻火装置，防止火势蔓延；压力设备设置安全阀、防爆片等泄压装置，防止超压爆炸等。石油化工生产装置采取燃烧、爆炸局限化措施，在满足其有效性和可靠性的状态下，能起到防止火势蔓延扩大、减小损失的作用。

1. 阻火装置

阻火装置的作用是防止火焰窜入到有火灾爆炸危险的设备、管道、容器，或阻止火焰沿设备、管道蔓延扩展。石油化工生产中常用的阻火装置有阻火器、安全液封、水封井、单向阀、阻火闸门、火星熄灭器等。

此外，在实际生产中还研制了很多新型的阻火设备，以满足生产的需要。例如，油品储罐上安装的防爆阻火呼吸阀，加油站、轻质小型油品储罐上安装的阻火透气帽，穿越楼板的 PVC 管材上安装的阻火圈等。

2. 防爆泄压装置

防爆泄压装置的作用是当压力设备的内部压力超过安全允许值时，阀、膜片或门（窗）等自动开启或爆破，泄放掉一部分物料，使设备压力降低，以防止设备超压爆破，减少损失。化工生产中常用的防爆泄压装置有安全阀、防爆片、防爆帽、防爆门（窗）、放空管等。

(四) 消防设施的配置技术

为了及时扑救火灾，防止火灾与爆炸事故扩大，石油化工生产企业必须配置与生产、储存、运输物料和操作条件相适应的消防设施，供专职消防人员和

岗位操作人员使用。例如，石油化工企业的生产区、公用及辅助设施、全厂性重要设施和区域性重要的火灾危险场所应设置火灾自动报警系统和火灾电话报警；大中型石油化工企业应设消防站；有充足的消防水源，应按同一时间内的火灾处数和相应处的一次灭火用水量确定消防用水量；配置消火栓、消防水炮、水喷淋和水喷雾系统，以及泡沫灭火系统、蒸汽灭火系统和火灾报警系统等。同时，石油化工生产企业还要配备与生产岗位相匹配的灭火器。

第一章 石油化工火灾与爆炸事故 原因分析

燃烧与爆炸作为客观存在的现象，有其自身发生发展的规律。导致火灾与爆炸事故发生的不安全因素可划分为基础原因、间接原因、直接原因、事故扩大的原因等原因层次。引发石油化工火灾与爆炸事故的原因类型主要有火源型火灾与爆炸、蓄热型火灾与爆炸和潜热型火灾与爆炸。火灾与爆炸事故的原因构成及原因类型分析揭示了事故发生的机理，对有针对性地采取防火防爆对策具有非常现实的意义。

第一节 火灾与爆炸事故的原因构成及原因类型

一、火灾与爆炸事故的原因构成

任何火灾与爆炸事故的发生，都有其必然的缘由。从形成火灾与爆炸事故的因素分析可以发现，火灾与爆炸事故多是人的不安全行为、物质的不安全状态、技术的不完全性保障及环境（自然和社会）的不良影响等因素相互作用造成的。火灾从初始的基础原因发展成为火灾与爆炸事故，一般有基础原因、间接原因、直接原因和事故扩大的原因等原因层次。

（一）基础原因

基础原因是造成火灾与爆炸事故并可能导致成灾的最原始、最基本的原因。主要包括管理的原因、基础教育的原因、法规制度建设的原因和历史的原因等。基础原因由国家、社会 and 上级主管部门所负有的责任构成。它是火灾与爆炸事故链的开端，绝不能低估轻视。

（二）间接原因

间接原因是火灾与爆炸事故的第二个原因层次，它是火灾与爆炸事故发生的先导基因。间接原因主要由企事业单位和个人所负有的责任构成。

1. 技术的原因

技术的原因可分为人的技术原因和物的技术原因两个方面。人的技术原因主要表现在人员技术水平低、工作能力差、对物质的火灾危险性认识不足等方面；物的技术原因主要是指设备、建筑物本身存在的缺陷，如设备材料选用不当，材料质量达不到标准要求，设备结构设计不合理，工厂车间的规划设计不当，建（构）筑物及设备的安装、维修不符合要求等。物的技术原因多数是人的技术原因造成的，也有主客观条件引发的。

2. 管理的原因

管理的原因主要表现在操作管理不善、工程管理缺乏科学性和执行技术规范及安全标准有误等。

3. 教育的原因

教育的原因主要是指企事业单位内部的消防安全宣传教育不够和岗位安全生产的业务技术教育欠缺。

4. 身体及精神状态的原因

身体及精神状态的原因是指由于操作人员、仓库保管人员等企业职工的体质或智力与所在的岗位不相适应所形成的不安全因素，如因睡眠不足、劳累过度及酗酒造成的临时性体质原因，精神不正常、精神颓废、精神恍惚及在某种情绪和心理作用支配下造成差错的精神状态方面的原因。

（三）直接原因

直接原因在间接原因的基础上产生，它直接导致事故的发生，主要包括人的原因、物的原因和天灾及第三者行为的原因。直接原因应由肇事者承担法律责任。

1. 人的原因

人的错误行为和失误是导致火灾与爆炸事故最常见的原因。人的原因主要包括行为失误、行为错误和错误指令。

2. 物的原因

物的原因主要包括被处理物质和用于处理物质的设备两个方面。物料本身的火灾危险性是火灾与爆炸事故的主导原因，具有火灾危险性的物质在一定条件下受到点火源的作用就会导致火灾与爆炸事故；设备本身的故障也是导致火灾与爆炸事故的主要原因，如设备腐蚀严重、仪表失灵、运转机械的零部件损

坏、设备局部破损等。设备故障半数以上是由腐蚀引起的。此外，超温、超压和长期运行造成的设备强度下降，以及外力造成的设备损伤破坏都是导致设备故障的直接原因。

3. 天灾及第三者行为的原因

地震、台风、雷击、寒冷、暴热等自然灾害的破坏常会直接引发火灾与爆炸事故，对此，必须从完善技术措施上加以防范；第三者行为主要是指人为破坏和战争两个方面。为防止人为破坏，要加强对人员的思想教育，提高警惕，强化安全检查和保卫工作，将事故苗头消灭在萌芽状态。

（四）事故扩大的原因

事故扩大的原因主要包括发现不及时、事故处置不得力、防火防爆措施不完善、消防设施不完备等方面。事故扩大的原因主要与个人和企事业单位所负有的责任相关。

1. 发现不及时

由于操作人员玩忽职守或检测报警装置失灵、仪表故障等原因，未能及时发现事故，致使事故扩大成灾。

2. 事故处置不得力

事故处置不得力主要表现在未进行应急处置、应急处置计划不完善、事故应急处置方法不当及初期火灾事故扑救不当等方面。

3. 防火防爆措施不完善

防火防爆措施完善与否，是决定事故能否发展成火灾与爆炸事故的重要因素。防火间距不足、建（构）筑物耐火等级不够、防火分区面积过大、平面布置不合理、阻火防爆泄压装置不完备都会导致事故扩大。

4. 消防设施不完备

消防设施不完备或有缺陷是初起火灾蔓延扩大的常见原因。例如，灭火器材保管不善、灭火药剂失效、未设固定灭火设施或固定灭火系统有缺陷、自动报警系统与固定灭火系统不能联动等状况都会贻误火灾扑救时机，使火灾损失大大增加。

二、火灾与爆炸事故原因层次的链锁关系

事故扩大的原因得不到有效扼制，就会最终导致失去控制的火灾与爆炸事故的形成。

发生了火灾与爆炸事故就说明有不安全因素的存在。火灾与爆炸事故在表现上是由其直接原因和事故扩大的原因造成的，直接原因又是间接原因所导致