



危险化学品安全培训丛书

危险化学品 生产安全

(第二版)

邵 辉 王凯全 编著

Weixian Huaxuepin
Shengchan Anquan

中国石化出版社

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

危险化学品安全培训丛书

危险化学品生产安全

(第二版)

邵 辉 王凯全 编著

中国石化出版社

内 容 简 介

本书对危险化学品生产过程的物料、设备装置、工艺过程的危险特性进行了分析,指出危险化学品生产中的事故特点,介绍了危险化学品生产安全基础、危险化学品生产工艺设计及区域规划安全技术、危险化学品生产防火防爆技术、危险化学品生产消防安全和危险化学品生产企业安全管理。

本书深入浅出,理论联系实际,可供从事危险化学品生产和相关安全评价的人员使用,也可供高校安全工程专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

危险化学品生产安全 / 邵辉, 王凯全编著. —2 版. —北京: 中国石化出版社, 2009
(危险化学品安全培训丛书)
ISBN 978-7-5114-0112-0

I. 危… II. ①邵… ②王… III. 化工产品-危险物品管理-安全生产 IV. TQ086.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 182884 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

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 331 千字

2010 年 3 月第 2 版 2010 年 3 月第 3 次印刷

定价: 30.00 元

再 版 前 言

危险化学品生产具有生产工艺复杂多变,原(辅)材料及产品(中间体)易燃易爆、有毒有害和腐蚀性,在生产过程中存在多种潜在的危险因素。这些潜在的危险因素在一定条件下会变化为事故,从而破坏正常的生产秩序并危及人们的健康和生命安全。因此,危险化学品生产安全至关重要。

危险化学品生产安全是一项复杂的系统工程,涉及安全法律法规、安全技术、安全管理、安全教育等方方面面。《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》、《安全生产许可证条例》的颁布实施,为危险化学品生产安全提供了强大的法律保障,有效地促进了危险化学品生产安全。

本书是在多年教学与科研实践的基础上,结合近年来我国危险化学品生产安全技术和管理工作的发展状况,以及广大安全技术、管理及安全评价人员的需要而编写。全书共分六章,主要内容包含危险化学品生产安全概述、危险化学品生产安全基础、危险化学品生产工艺设计及区域规划安全技术、危险化学品生产防火防爆技术、危险化学品生产消防安全、危险化学品生产企业安全管理等知识。在编写过程中,作者力求理论联系实际,既考虑到一定的安全理论水平,又兼顾危险化学品生产中的具体安全问题的分析与解决,强调全书的整体完整性和实用性。可供安全技术、管理和相关安全评价的人员使用,也可供高校安全工程专业的师生参考。

本书第一版出版后,得到了大量读者和相关培训单位的肯定和好评。但是,随着科学技术的进步和人民生活水平的提高,国家对危险化学品监管力度加大,相关制度、法规和标准不断出台。因此,为了更进一步地满足读者的需要,我们对该书的第一版进行了修订。

作者参阅和利用了大量文献资料，在此对原著作者表示感谢。由于危险化学品生产安全涉及面广，加之作者水平有限、时间仓促，书中难免有一些不当之处，敬请专家、读者批评指正。

编 者

目 录

1 绪论	(1)
1.1 危险化学品生产与安全	(1)
1.2 危险化学品生产中的事故特点	(4)
1.3 危险化学品生产中的事故预防概述	(5)
1.3.1 事故特征、危险源及死亡事故的特点	(5)
1.3.2 事故致因理论	(8)
1.3.3 事故的预防原理	(14)
1.3.4 危险化学品生产中的事故预防技术	(18)
2 危险化学品生产安全基础	(22)
2.1 系统安全的思想	(22)
2.2 危险化学品物质	(24)
2.2.1 危险化学物质的分类	(24)
2.2.2 活性化学品	(26)
2.2.3 氧化剂、有机过氧化物	(29)
2.2.4 混合危险物质	(35)
2.2.5 可自燃物质与遇水燃烧物质	(37)
2.3 有毒与有害物品	(38)
2.3.1 化学毒物的毒性评价指标与毒性分级	(38)
2.3.2 空气中有害物质的容许浓度	(40)
2.3.3 有毒与有害物品危险特性	(42)
2.4 危险化学品工艺过程概述	(45)
2.4.1 危险化学品生产过程危险性概述	(45)
2.4.2 危险化学品生产的火灾危险性概述	(47)
2.5 危险化学品生产中典型化学反应的安全技术	(53)
2.5.1 氧化反应	(53)
2.5.2 还原反应	(54)
2.5.3 硝化反应	(56)
2.5.4 氯化	(59)
2.5.5 催化	(61)
2.5.6 裂解反应	(64)

2.5.7	聚合反应	(65)
2.5.8	磺化、烷基化和重氮化	(66)
2.6	危险化学品生产中化工单元操作的危险性分析	(68)
2.6.1	加热	(68)
2.6.2	冷却、冷凝、冷冻	(69)
2.6.3	筛分、过滤	(72)
2.6.4	粉碎、混合	(75)
2.6.5	物料输送	(77)
2.6.6	干燥、蒸发与蒸馏	(77)
3	危险化学品生产工艺设计及区域规划安全技术	(79)
3.1	工艺设计及区域规划的安全思想	(79)
3.1.1	系统的本质安全	(79)
3.1.2	系统的工程化安全	(80)
3.1.3	系统设计阶段的安全保证	(80)
3.1.4	设计安全审查	(83)
3.2	厂址选择与总平面布局	(85)
3.2.1	厂址选择	(85)
3.2.2	总平面布局	(87)
3.3	化工工艺装置设计	(92)
3.3.1	工艺装置设计的基本安全要求	(92)
3.3.2	工艺流程图	(93)
3.3.3	管线配置图	(94)
3.3.4	过程物料的安全分析评价	(94)
3.3.5	过程路线的选择	(96)
3.3.6	工艺设计安全校核	(97)
3.4	化工单元区域规划	(99)
4	危险化学品生产防火防爆技术	(106)
4.1	燃烧	(106)
4.1.1	燃烧及种类	(106)
4.1.2	燃烧特性参数	(109)
4.1.3	燃烧类别	(112)
4.2	爆炸	(113)
4.2.1	爆炸分类	(113)
4.2.2	爆炸极限	(114)
4.2.3	爆炸温度与压力的计算	(117)

4.3 危险化学品生产的防火防爆技术	(119)
4.3.1 预防火灾、爆炸事故的一般原则与技术措施	(119)
4.3.2 安全自动控制与安全保险装置	(141)
4.3.3 限制火灾、爆炸事故蔓延扩散的措施	(144)
4.4 电气设备火灾爆炸的预防	(148)
4.4.1 电气防爆措施概述	(149)
4.4.2 电气线路防火	(149)
4.4.3 高压电气设备防火	(153)
4.4.4 低压电气设备防火	(161)
5 危险化学品生产消防安全	(165)
5.1 危险化学品生产消防概述	(165)
5.1.1 灭火的基本方法	(165)
5.1.2 扑救压缩或液化气体火灾的基本原则	(167)
5.1.3 扑救易燃液体火灾的基本原则	(168)
5.1.4 扑救爆炸性物品火灾的基本原则	(169)
5.1.5 扑救遇湿易燃物品火灾的基本原则	(169)
5.1.6 扑救氧化剂和有机过氧化物火灾的基本原则	(170)
5.1.7 扑救毒害品、腐蚀品火灾的基本原则	(171)
5.1.8 扑救易燃固体、自燃物品火灾的基本原则	(172)
5.2 灭火剂及灭火器	(172)
5.2.1 灭火剂	(172)
5.2.2 灭火器材	(179)
5.3 消防用水及设施	(183)
5.3.1 消防给水系统	(183)
5.3.2 低倍数泡沫灭火系统	(185)
5.3.3 蒸汽灭火系统	(185)
5.3.4 干粉灭火系统	(186)
5.3.5 消防站	(187)
6 危险化学品生产企业安全管理	(188)
6.1 安全管理的基本理论概述	(188)
6.1.1 企业管理的基本理念	(188)
6.1.2 安全管理的基本原理	(192)
6.2 安全管理机构	(196)
6.3 安全管理制度	(205)
6.3.1 安全教育制度	(205)

6.3.2	安全生产责任制度	(209)
6.3.3	安全检查制度	(217)
6.3.4	安全技术措施与事故隐患管理制度	(232)
6.4	安全生产管理方法	(238)
6.4.1	现代安全生产管理的基本特点	(238)
6.4.2	现代安全管理的主要方法	(239)
6.5	职业安全健康管理体系	(250)
6.5.1	职业安全健康管理体系概述	(250)
6.5.2	职业安全健康管理体系的基本内容	(252)
6.5.3	职业安全健康管理体系的建立	(254)
6.6	危险化学品从业单位安全标准化规范简介	(256)
6.6.1	通用规范中的相关术语	(256)
6.6.2	管理要素	(257)
6.6.3	管理要素说明	(258)
6.6.4	危险化学品从业单位安全标准化考核评级办法	(272)
参考文献		(275)

1 绪 论

危险化学品生产安全是危险化学品管理的重要环节，危险化学品的生产不同于一般的生产过程。在其生产过程中要涉及多种危险物料、复杂多变的化学工艺过程、各种危险的操作单元、各类压力容器、管道和特种设备等，这些因素构成了危险化学品生产过程中的潜在危险源，正确地辨识、评价分析和控制种类危险源是危险化学品生产安全的重要保证。

1.1 危险化学品生产与安全

(1) 危险化学品生产的特点

经济的迅速发展，对化学产品的需求种类和数量与日俱增，这些化学产品的生产从某种意义上讲，也就是《危险化学品管理条例》第三条指出，“本条例所称危险化学品，包括爆炸品、压缩气体和液化气体、易燃液体、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品、氧化剂和有机过氧化物、有毒品和腐蚀品等）的生产。社会的巨大需求促进了危险化学品生产的快速增长，如中国经济发达的长三角地区据不完全统计就聚集了上万家的大大小的化工生产企业。化学品品种迅速增加（种类已达数万种之多），产品产量大幅度增长，有力地促进了国民经济的发展，改善和提高了人们的生活水平。

但是危险化学品生产过程存在着许多不安全因素和职业危害，如易燃、易爆、易中毒、高温、高压、有腐蚀性等，比其他生产有着更大的危险性，这主要是由于危险化学品生产具有如下几个特点：

① 危险化学品生产的物料绝大多数具有潜在危险性

危险化学品生产使用的原料、中间体和产品种类繁多，绝大多数是易燃易爆、有毒有害、腐蚀性等危险化学品。例如，聚氯乙烯树脂生产使用的原料乙烯、甲苯和 C_4 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；氯气、二氯乙烷、氯乙烯还具有较强的毒性，氯乙烯并具有致癌作用，氯气和氯化氢在有水分存在下有强烈腐蚀性。

这些潜在危险性决定了在生产过程中对危险化学品的使用、储存、运输都提出了特殊的要求，如果稍有不慎就会酿成事故。

② 危险化学品生产工艺过程复杂、工艺条件苛刻

危险化学品生产从原料到产品，都有其特定的工艺流程、控制条件和检测方

法,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。有些化学反应是在高温、高压下进行,这些化学反应都存在较高的危险性,如硝化、氯化、氟化、氨化、磺化、加氢、重氮化、氧化、过氧化、裂解、聚合等。

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°C ,裂解气要在深冷 (-96°C) 条件下进行分离,纯度为 99.99% 的乙烯气体在 294kPa 压力下聚合,制取聚乙烯树脂。

一般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,乙烯从原料裂解到产品出来需要 12 个化学反应和分离单元。

危险化学品生产的工艺参数前后变化很大。工艺条件的复杂多变,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,受压力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。如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,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。

③ 生产规模大型化、生产过程连续性

现代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,我国的炼油装置最大规模已达年产 800 万吨,乙烯装置已建成年生产能力 70 万吨。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。

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很易引起事故的发生。

④ 生产过程的自动化

从生产方式来讲,危险化学品生产已经从过去落后的手工操作、间断生产向自动化方向发展。由于装置大型化、连续化、工艺过程复杂化和工艺参数要求苛刻,因而现代化工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。

但是在现阶段,我国还有一定的企业,如染料、医药、表面活性剂、涂

料、香料等精细化工生产中自动化程度不高，间歇操作还很多。在间歇操作时，由于人机接触相对紧密、岗位工作环境差、劳动强度大等，都易导致事故的发生。

(2) 安全在危险化学品生产中的重要地位

安全是人类赖以生存和发展的最基本需要之一。亚伯拉罕·H. 马斯洛在1943年发表的《人类激励的一种理论》一文中提出了需要层次理论。它把人类的各种各样的需要分成五种不同的需要，并按其优先次序，排成阶梯式的需要层次；自我实现的需要、尊重需要、归属需要、安全的需要和生理的需要。其中生理(吃、穿、住、用、行等)需要是生存最基本的需要，其次就是希望得到安全，没有伤亡、疾病和不受外界威胁、侵略。可见安全是人的最基本和低层次的需要。

危险化学品生产由于具有自身的特点，发生事故的可能性及其后果比其他行业一般来说要大，而发生事故必将威胁着人身的安全和健康，有的甚至给社会带来灾难性破坏。例如，1975年美国联合碳化物公司比利时公司安特卫普厂，年产15万吨高压聚乙烯装置，因一个反应釜填料盖泄漏，受热爆炸，发生连锁反应，整个工厂被毁。1984年12月3日发生在印度博帕尔市农药厂的毒气泄漏事故，由于储罐上安全装置有缺陷，管理上也存在问题，致使45吨甲基异氰酸酯几乎全部泄漏，造成20万人受到不同程度的中毒，死亡数千人，生态环境也遭到严重破坏。

我国化工行业也曾发生过多起重大的恶性事故，如2005年11月13日，中石油吉林石化公司101厂苯胺装置T-102塔发生爆炸事故，引起苯、苯胺、硝基苯、二甲苯等大量泄漏，并发生储罐燃烧。事故造成8人死亡，60人受伤，直接经济损失达6908万元，并致使松花江水体严重污染。不仅在国内造成巨大的经济损失，还引起国际水体污染纠纷。血的教训充分说明了在危险化学品生产中如果没有完善的安全防护设施和严格的安全管理，即使先进的生产技术，现代化的设备，也难免发生事故。因此，安全在危险化学品生产中有着非常重要的作用，安全是危险化学品生产的前提和关键，没有安全作保障，生产就不能顺利进行。随着社会的发展，人类文明程度的提高，人们对安全的要求也越来越高，企业各级领导、管理干部、工程技术人员和操作工人都必须做到“安全第一，预防为主”，把安全生产始终放在一切工作的首位。同时还必须深入研究安全管理和预防事故的科学方法，控制和消除各种危险因素，做到防患于未然。对于担负着开发新技术、新产品的工程技术人员，必须树立安全观念，认真探讨和掌握伴随生产过程而可能发生的事故及预防对策，努力为企业提供技术上先进、工艺上合理、操作上安全可靠的生产技术，使危险化学品生产中的事故和损失降到最低限度。

1.2 危险化学品生产中的事故特点

危险化学品生产中事故的特征基本上是由所用原料特性、加工工艺方法和生产规模所决定的。为了预防事故，必须了解这些事故特点。

(1) 火灾、爆炸、中毒事故比例大

这是与危险化学品生产使用有原料、工艺过程密切相关的。

根据有关统计资料，危险化学品生产中的火灾、爆炸事故的死亡人数占因工死亡总人数的 13.8%，居第一位；中毒窒息事故致死人数为死亡总人数的 12%，居第二位；高空坠落和触电，分别居第三、第四位。

很多生产原料的易燃性、化学活性和毒性本身就导致事故的频繁发生。反应器、压力容器的爆炸，以及燃烧传播速度超过音速时的爆轰，都会造成破坏力极强的冲击波，冲击波超压达 0.2atm (20.2kPa) 时，就会使砖木结构建筑物部分倒塌、墙壁崩裂。如果爆炸发生在室内，压力一般会增加 7 倍以上，任何坚固的建筑物都承受不了这样大的压力。由于管线破裂或设备损坏，大量易燃气体或液体瞬间泄放，便会迅速蒸发形成蒸气云团，并且与空气混合达到爆炸下限，随风飘移。如果飞到居民区遇明火爆炸，其后果将是灾难性的。

据估算，50t 的易燃气体泄漏会造成直径 700m 的云团，在其覆盖范围内的居民，将会被爆炸火球或扩散的火焰灼伤，其辐射强度将达 $14\text{W}/\text{m}^2$ （而人能承受的安全辐射强度仅为 $0.5\text{W}/\text{m}^2$ ），同时人还会因缺乏氧气窒息而死。

多数化学物品对人体有害，生产中由于设备密封不严，特别是在间歇操作中泄漏的情况很多，容易造成操作人员的急性和慢性中毒。据化工部门统计，因一氧化碳、硫化氢、氮气、氮氧化物、氨、苯、二氧化碳、二氧化硫、光气、氯化钡、氯气、甲烷、氯乙烯、磷、苯酚、砷化物等 16 种物质造成中毒、窒息的死亡人数占中毒死亡总人数的 87.9%。而这些物质在一般化工厂中都是常见的。

生产装置的大型化使大量化学物质处于工艺过程中或储存状态，一些比空气重的液化气体如氨、氯等，在设备或管道破口处以 $15^\circ \sim 30^\circ$ 呈锥形扩散，在扩散宽度 100m 左右时，人还容易察觉，迅速逃离，但毒气影响宽度可达 1km 或更多，在距离较远而毒气浓度尚未稀释到安全值时，人则很难逃离并导致中毒。

(2) 正常生产时事故的多发性

正常生产活动时发生事故造成死亡的占因工死亡总数的 66.7%，而非正常生产活动时仅占 12%。

① 危险化学品生产中有许多副反应生成，有些机理尚不完全清楚；有些则是在危险边缘（如爆炸极限）附近进行生产的，例如乙烯制环氧乙烷、甲醇氧化制甲醛等，生产条件稍有波动就会发生严重事故。间歇生产更是如此。

② 危险化学品生产工艺中影响各种参数的干扰因素很多, 设定的参数很容易发生偏移, 而参数的偏移是事故的根源之一。即使在自动调节过程中也会产生失调或失控现象, 人工调节更易发生事故。

③ 由于人的素质或人机工程设计欠佳, 往往会造成误操作, 如看错仪表、开错阀门等。特别是现代化的生产中, 人是通过控制台进行操作的, 发生误操作的机会更多。

(3) 材质、加工缺陷以及腐蚀危害

危险化学品生产的工艺设备一般都是在严酷的生产条件下运行的。腐蚀介质的作用, 振动、压力波动造成的疲劳, 高低温对材质性质的影响等都可造成安全问题。生产设备的破损与应力腐蚀裂纹有很大关系。设备材质受到制造时的残余应力和运转时拉伸应力的作用, 在腐蚀的环境中就会产生裂纹并发展长大。在特定条件下, 如压力波动、严寒天气就会引起脆性破裂, 可能造成灾难性事故。生产设备除了选择正确的材料外, 还要求正确的加工方法。

(4) 危险化学品生产中事故的多发期

危险化学品生产常遇到事故多发、连续发生的情况, 给生产带来被动。危险化学品生产装置中的许多关键设备, 特别是高负荷的塔槽、压力容器、反应釜、经常开闭的阀门等, 运转一定时间后, 常会出现多发故障或集中发生故障的情况, 这是因为设备进入到寿命周期的衰老阶段, 这也是事故的多发期。对待多发事故必须采取预防措施, 加强设备检测和监护措施, 及时更换到期设备, 杜绝设备超期服役。

1.3 危险化学品生产中的事故预防概述

尽管生产过程存在着各种各样的危险因素, 在一定条件下可能导致事故的发生, 但只要事先进行预测和控制, 事故一般是可以预防的。

事故是以人为主体的, 在与能量系统关联中突然发生的与人的希望和意志相反的事件。事故是意外的变故或灾祸。事故还可描述为, 个人或集体在时间进程中, 为实现某一意图而采取行动的过程中, 突然发生了与人的意志相反的情况(指人员死亡、疾病、伤害、财产损失、其他损失), 迫使这种行动暂时地或永久地停止的事件。事件与事故是相互关联的, 防事故要从防事件做起。

1.3.1 事故特征、危险源及死亡事故的特点

(1) 事故的特征

① 因果性

因果性, 是某一现象作为另一现象发生的依据的两种现象之关联性。事故是

相互联系的诸原因的结果。事故这一现象都和其他现象有着直接或间接的联系。在这一关系上看来是“因”的现象，在另一关系上却会以“果”出现，反之亦然。

这些危险的“因”可能来自人的不安全行为和管理缺陷，也可能有物和环境的不安全状态。它们在一定的时间和空间内相互作用，导致系统的运行偏差、故障、失效及其他隐患，最终发生事故。

事故的因果关系有继承性，即多层次性；第一阶段的结果往往是第二阶段的原因。给人造成伤害的直接原因易于掌握，这是由于它所产生的某种后果显而易见。然而，要寻找出究竟是何种间接原因又是经过何种过程而造成事故后果，却非易事。因为随着时间的推移，会有种种因素同时存在，有时诸因素之间的关系相当复杂，还有某种偶然机会存在。因此，在制定事故预防措施之时，应尽最大努力掌握造成事故的直接和间接的原因，深入剖析事故根源，防止同类事故重演。

② 随机性

事故的随机性是说事故发生的偶然性。从本质上讲，事故是一定条件下可能发生，也可能不发生的随机事件。事故的发生包含着偶然因素，偶然性是客观存在的，偶然的故事中孕育着必然性，必然性通过偶然事件表现出来。

事故的随机性说明事故的发生服从于统计规律，可用数理统计的方法对事故进行分析，从中找出事故发生、发展的规律，认识事故，为预防事故提供依据。事故的随机性还说明事故具有必然性。从理论上说，若生产中存在着危险因素，只要时间足够长，样本足够多，作为随机事件的故事迟早必然会发生，事故总是难以避免的。但是安全工作者对此不是无能为力的，而是可以通过客观的和科学的分析，从随机发生的事故中发现其规律，通过不懈的和能动性的努力，使系统的安全状态不断改善，使事故发生的概率不断降低，使事故后果严重度不断减弱。

事故是由于客观某种不安全因素的存在，随时间进程产生某种意外情况而显现出的一种现象。因此在一定范围内，用一定的科学仪器或手段，却可以找出近似规律，从外部和表面上的联系找到内部的决定性的主要关系。这就是从事故的偶然性找出必然性，认识事故发生的规律性，使事故消除在萌芽状态之中。

③ 潜伏性

事故的潜伏性是说事故在尚未发生或还没有造成后果之前，各种事故征兆是被掩盖的。系统似乎处于“正常”和“平静”状态。事故的潜伏性使得人们认识事故、弄清事故发生的可能性及预防事故变得非常困难。这就要求人们高度重视已发生事故中的经验教训，不断地探索和总结，消除盲目性和麻痹思想，常备不懈，居安思危，时刻把安全放在第一位。

在危险化学品生产活动中，不安全的隐患总是潜在的，条件成熟时在特有的时间场所就会显现为事故。因此要抓本质安全，把事故隐患消灭在设计的图纸上；要抓安全教育，使人认识到在生产过程中潜在的事故隐患，能够及时加以排

除，达到安全生产。时间是不可反复的，完全相同的事件也不会再次重复显现。但是对类似的同种因果联系的事故，防止其重复发生是可能的。

人们基于对过去事故所积累的经验和知识，提出多种预测模型，在生产活动开始之前预测在各种条件下可能出现的危险，采取积极的预防措施，根除隐患，使之不再发展成为事故。

(2) 危险源

危险源是危险的根源。为可能导致人员伤亡或物质损失事故的、潜在的不安全因素。因此，各种事故致因因素都是危险源。

导致事故的因素种类繁多。根据危险源在事故发生中的作用，将其划分为两大类。

① 第一类危险源

根据能量意外释放理论，能量或危险物质的意外释放是伤亡事故发生的物理本质。于是，把危险化学品生产过程中存在的，可能发生意外释放的能量(能源或能量载体)或危险物质称为第一类危险源。

为防止第一类危险源导致事故，必须采取措施约束、限制能量或危险物质，控制危险源。在正常情况下，生产过程中的能量或危险物质受到约束或限制，不会发生意外释放，即不会发生事故。但是，一旦这些约束或限制能量、危险物质的措施受到破坏、失效或故障，则将发生事故。

② 第二类危险源

导致能量或危险物质约束或限制措施破坏或失效、故障的各种因素，叫做第二类危险源。它主要包括物的故障、人为失误和环境因素。

物的故障是指机械设备、装置、元部件等由于性能低下而不能实现预定功能的现象。物的不安全状态也是物的故障。故障可能是固有的，由于设计、制造缺陷造成的；也可能由于维修、使用不当，或磨损、腐蚀、老化等原因造成的。从系统的角度考察，构成能量或危险物质控制系统的元素发生故障，会导致该控制系统的故障而使能量或危险物质失控。故障的发生具有随机性，这涉及系统可靠性问题。

人为失误是指人的行为结果偏离了被要求的标准，即没有完成规定功能的现象。人的不安全行为也属于人为失误。人为失误会造成能量或危险物质控制系统故障，使屏蔽破坏或失效，从而导致事故发生。

环境因素，指人和物存在的环境，即生产作业环境中的温度、湿度、噪声、振动、照明、通风换气以及有毒有害气体存在等。

一起伤亡事故的发生往往是两类危险源共同作用的结果。第一类危险源是伤亡事故发生的能量主体，决定事故后果的严重程度；第二类危险源是第一类危险源造成事故的必要条件，决定事故发生的可能性。

(3) 死亡事故的特点

根据对 2001 ~ 2008 年的 17460 次死亡事故统计结果：共死亡 62569 人，平均一次事故死亡 3.6 人。

一次死亡 1 ~ 3 人的事故次数(A_1)为 12129 次；

一次死亡 4 ~ 9 人的事故次数(A_2)为 4517 次；

一次死亡 10 ~ 29 人的事故次数(A_3)为 709 次；

一次死亡 30 人以上事故次数(A_4)为 105 次；

由此得出：

$A_4 : A_3 : A_2 : A_1 = 1 : 6.8 : 43 : 116$

1.3.2 事故致因理论

1.3.2.1 事故致因理论发展概述

事故致因理论指探索事故发生及预防规律，阐明事故发生机理，防止事故发生的理论。事故致因理论是用来阐明事故的成因、始末过程和事故后果，以便对事故现象的发生、发展进行明确的分析。

事故致因理论的出现已有 80 多年历史，是从最早的单因素理论发展到不断增多的复杂因素的系统理论。早在 1919 年格林伍德和 1926 年纽伯尔德，都曾认为事故在人群中并非随机地分布，某些人比其他人更易发生事故，因此，就用某种方法将有事故倾向的工人与其他人区别开来。

1939 年法默和凯姆伯斯又重复提出：一个有事故倾向的人具有较高的事故率，而与工作任务、生活环境和经历等无关。

1936 年，海因里希提出了应用多米诺骨牌原理研究人身受到伤害的五个顺序过程，即伤亡事故顺序五因素。

1953 年，巴尔将上述骨牌原理发展为“事件链”理论，认为事故的前级诸致因因素是一系列事件的链锁，一环生一环，一环套一环。链的末端是事件后果，即事故和损失。

1961 年，美国的沃森提出了以逻辑分析中的演绎分析法和逻辑电路的逻辑门形式绘制事故模型。

由于火箭技术发展的需要，系统安全工程应运而生。美国在 1962 年 4 月首次公开了“空军弹道导弹系统安全工程”的说明书。1965 年，Kolonier 在安全性定量化的论文中，系统地介绍了故障树分析(FTA)；同年 Recht 也介绍了 FTA 和 FM&E(故障类型和影响)。这些系统安全分析方法，实质上是事件链理论的发展。1970 年 Driessen 明确地将事件链理论发展为分支事件过程逻辑理论。FTA 等树枝图形，实质上是分支事件过程的解析。

在 1961 年由 Gibson 提出的，并在 1966 年由 Haddon 完善的“能量转移论”，