

化工安全技术与 典型事故剖析

李晋◎著

HUAGONG ANQUAN JISHU YU
DIANXING SHIGU POUXI



四川大学出版社

化工安全技术与 典型事故剖析

李晋◎著



四川大学出版社

特约编辑:武慧智
责任编辑:吴雨时
责任校对:梁 平
封面设计:原谋设计工作室
责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

化工安全技术与典型事故剖析 / 李晋著. —成都:
四川大学出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5614-5894-5

I. ①化… II. ①李… III. ①化工安全—安全技术②
化工企业—生产事故—案例—中国 IV. ①TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 133922 号

书名 化工安全技术与典型事故剖析

编 著	李 晋
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-5894-5
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	148 mm×210 mm
印 张	8
字 数	234 千字
版 次	2012 年 7 月第 1 版
印 次	2012 年 7 月第 1 次印刷
定 价	26.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址: <http://www.scup.cn>

前 言

化工生产具有高温高压、易燃易爆、易中毒、有腐蚀性等特点，因而较其他工业部门有更大的危险性。在各类工业爆炸事故中，化学工业占 32.4%，所占比例最大，事故所造成的损失以化学工业为最严重。化工火灾和爆炸事故所造成的损失约为其他工业的五倍。国际社会十分重视化工生产的安全，联合国所属机构以及国际劳工组织对化工生产的安全提出了有关规定和建议。美国、欧盟、日本等各国也围绕化工安全生产，制定了有关法规和监控体系，投入了大量的人力、物力、财力开展化工安全生产的科学研究与技术开发。

笔者根据现代化工生产具有大型化、连续化、复杂化的特点，基于化工安全技术的基本原理和基本方法，精心收集总结国内外先进的化工安全生产技术，深刻剖析国内外典型重大和特大事故的教训，将安全理论与事故剖析有机融合，探索创新撰写了本书。本书重点论述了危险化学品安全技术、防火防爆技术、职业危害控制技术、典型化学反应安全技术、化工单元操作安全技术、电气与静电防护安全技术、压力容器安全技术等化工安全技术。

美国学者倍德（Bivd）在长期的事故调查中发现，每发生一起严重事故（重伤或死亡），就会发生 10 起轻度损伤事故，同时还会发生 300 起无明显损伤或损害的事故。这就是 1 : 10 : 300 的事故发生规律。这个事故发生规律，不能不引起我们的高

度重视与警惕。本书从国内外上千个真实事故案例，包括中国、美国、英国、日本、墨西哥、印度、西班牙等国家的真实事故案例，分门别类、精心挑选了四十个具有典型代表性的事故案例进行深刻剖析，并对每一个典型事故案例都介绍了事故发生的经过和危害，对事故原因进行了深入的分析，深刻吸取事故教训；为防止同类事故的发生，提出了科学的、全面的纠正预防措施，具有很强的针对性、警示性、实用性。这对化工从业人员牢固树立“安全第一，预防为主”的思想理念、掌握化工安全技术的基本原理和基本方法，进一步提高安全意识和水平，增强分析问题、解决问题的能力，防范危险化学品事故的发生具有非常重要的作用。

本书具有很强的针对性、实用性和可操作性，适合于高等职业院校化工专业及相关专业作为教材，也适用于化工企业作为广大职工的安全技术培训教材和自学参考读本。本书在编写和出版的过程中，得到了作者所在单位四川化工职业技术学院领导、专家和同事们的大力支持和热情帮助，本书是2011年泸州市重点科研项目研究成果，获得泸州市科技局的赞助，在此表示诚挚的谢意！

由于笔者水平所限，书中的疏漏和错误在所难免，敬请读者批评指正，以便持续改进。

目 录

第 1 章 概 论	(1)
1.1 化工生产的特点	(1)
案例分析 1 印度博帕尔农药厂毒气泄漏事故	(2)
1.2 化工生产中的重大危险源	(5)
案例分析 2 危险化学品仓库爆炸事故	(6)
第 2 章 危险化学品	(9)
2.1 危险化学品的分类和特性	(9)
2.1.1 危险化学品的概念及分类	(9)
2.1.2 危险化学品的危险特性	(9)
案例分析 3 墨西哥城液化石油气站的火灾爆炸事故 ..	(10)
2.2 危险化学品的储存安全	(12)
2.2.1 危险化学品储存的安全要求	(12)
2.2.2 危险化学品分类储存的安全要求	(13)
案例分析 4 库房过量存放氧化苯甲酰爆炸事故	(16)
2.3 危险化学品运输的安全要求	(18)
2.3.1 运输人员管理的基本要求	(18)
2.3.2 运输工具管理的基本要求	(18)
2.3.3 运输过程安全管理的基本要求	(19)
案例分析 5 西班牙液化丙烯罐车爆炸事故	(19)
第 3 章 防火防爆技术	(21)
3.1 燃烧	(21)
3.1.1 燃烧及燃烧条件	(21)

3.1.2	燃烧过程	(22)
3.1.3	燃烧类型	(23)
3.1.4	燃烧温度	(25)
3.1.5	燃烧产物	(25)
	案例分析 6 织染厂房火灾事故	(25)
3.2	爆炸	(27)
3.2.1	爆炸及其分类	(27)
3.2.2	粉尘爆炸	(28)
3.2.3	爆炸极限	(29)
	案例分析 7 某高级烟花厂“6·30”特大爆炸事故	(31)
3.3	防火防爆技术	(33)
3.3.1	火灾爆炸的危险性分析	(33)
3.3.2	点火源的控制	(36)
3.3.3	工艺参数的安全控制	(37)
3.3.4	限制火灾爆炸蔓延扩散的措施	(41)
	案例分析 8 化工厂炸药爆炸事故	(48)
3.4	消防安全	(49)
3.4.1	灭火的原理和方法	(49)
3.4.2	灭火剂的种类和选用	(51)
3.4.3	灭火器和消防设施	(55)
3.4.4	常见初期火灾的扑救	(57)
	案例分析 9 制药厂汽油爆炸事故	(59)
第 4 章 职业危害控制技术		(61)
4.1	工业毒物危害控制技术	(61)
4.1.1	工业毒物的分类及毒性	(61)
4.1.2	工业毒物的毒性评价	(62)
4.1.3	工业毒物侵入人体的途径	(64)
4.1.4	工业毒物对人体的危害	(66)

4.1.5	防毒、防尘技术措施	(71)
4.1.6	急性中毒的现场抢救原则	(80)
	案例分析 10 某造纸厂重大伤害事故	(82)
4.2	灼伤及其防护	(84)
4.2.1	灼伤及其分类	(84)
4.2.2	化学灼伤的原因和灼伤深度的等级划分	(85)
4.2.3	化学灼伤的现场急救	(86)
4.2.4	化学灼伤的预防措施	(88)
	案例分析 11 焊花引燃油盘致人烧伤事故	(90)
4.3	工业噪音及其控制	(91)
4.3.1	噪音的性质、分类和危害	(91)
4.3.2	噪音对人的危害	(92)
4.3.3	工业噪音卫生标准	(93)
4.3.4	工业噪音的控制	(93)
	案例分析 12 噪声性耳聋案例	(95)
4.4	辐射的危害与预防	(96)
4.4.1	辐射的危害	(96)
4.4.2	辐射的预防	(97)
	案例分析 13 去现场不戴安全帽头部受伤事故	(98)
第 5 章	典型化学反应的安全技术	(99)
5.1	氧化反应的安全技术	(99)
	案例分析 14 英国环己烷氧化反应罐爆炸	(102)
5.2	还原反应的安全技术	(104)
	案例分析 15 山梨醇生产操作事故	(106)
5.3	硝化反应的安全技术	(108)
	案例分析 16 硝酸溶液爆炸事故	(110)
5.4	聚合反应的安全技术	(112)
	案例分析 17 美国一石油化工厂聚乙烯装置爆炸事故	(115)

5.5	裂化反应的安全技术	(116)
	案例分析 18 美国加州某炼油厂爆炸及火灾事故 ...	(118)
5.6	氯化反应的安全技术	(120)
	案例分析 19 氯丁橡胶污水池燃爆事故	(122)
5.7	催化反应的安全技术	(123)
	案例分析 20 日本一合成氨装置爆炸事故	(125)
5.8	电解反应的安全技术	(126)
	案例分析 21 隔膜法电解生产中电解槽事故	(128)
5.9	磺化反应的安全技术	(128)
	案例分析 22 某磺酸车间离心机解体事故	(130)
5.10	烷基化反应的安全技术	(131)
	案例分析 23 助剂厂反应釜爆炸事故	(132)
5.11	重氮化反应的安全技术	(134)
	案例分析 24 甲苯塔泄漏爆炸事故	(135)
第 6 章 化工单元操作安全技术		(137)
6.1	物料输送的安全技术	(137)
	案例分析 25 某公司氧气管道爆炸事故	(140)
6.2	加热操作的安全技术	(142)
	案例分析 26 某电化厂热交换器爆炸	(145)
6.3	冷却、冷凝与冷冻操作的安全技术	(146)
	案例分析 27 氨冷凝器爆炸事故	(150)
6.4	粉碎、筛分与过滤操作的安全技术	(150)
	案例分析 28 洗煤厂筛分机岗位安全事故	(153)
6.5	混合与熔融操作的安全技术	(154)
	案例分析 29 电石厂电极夹套漏水导致喷炉事故 ...	(157)
6.6	干燥与蒸发操作的安全技术	(158)
	案例分析 30 某制药厂过氧化苯甲酰爆炸	(161)
6.7	蒸馏操作的安全技术	(162)

案例分析 31 某双苯厂硝基苯精馏塔发生爆炸	(164)
6.8 吸收操作的安全技术	(166)
案例分析 32 某石化公司吸附岗位 CO 中毒事故 ..	(167)
6.9 结晶操作的安全技术	(168)
案例分析 33 某化工厂橡胶助剂反应釜爆炸事故 ..	(169)
6.10 萃取操作的安全技术	(171)
案例分析 34 某双氧水厂氧化液贮罐爆炸	(172)
第 7 章 电气与静电防护安全技术	(174)
7.1 电气安全技术	(175)
7.1.1 人体触电	(175)
7.1.2 触电防护措施	(182)
7.1.3 触电急救	(187)
案例分析 35 某玩具厂电线短路引起火灾事故	(191)
7.2 静电防护技术	(192)
7.2.1 静电的产生及类型	(193)
案例分析 36 氢气管道堵漏不当,引起静电起火事故 ..	(201)
7.3 防雷技术	(202)
7.3.1 雷电的分类与危害	(202)
7.3.2 防雷技术	(204)
案例分析 37 某棉花仓库遭雷击起火	(208)
第 8 章 压力容器安全技术	(210)
8.1 压力容器安全技术	(210)
8.1.1 压力容器概述	(210)
8.1.2 压力容器的安全装置	(212)
8.1.3 压力容器的安全使用管理	(214)
8.1.4 压力容器安全运行	(215)
8.1.5 压力容器的定期检验	(220)
案例分析 38 液化石油气球罐爆炸事故	(223)

8.2 气瓶的安全技术	(224)
8.2.1 气瓶概述	(225)
8.2.2 气瓶安全附件	(228)
8.2.3 气瓶的充装	(229)
8.2.4 气瓶的安全使用与维护	(230)
8.2.5 气瓶事故及预防措施	(231)
案例分析 39 液氯钢瓶爆炸事故	(233)
8.3 工业锅炉的安全技术	(235)
8.3.1 工业锅炉概述	(235)
8.3.2 锅炉安全装置	(236)
8.3.3 锅炉的安全使用管理	(238)
8.3.4 锅炉运行的安全管理	(239)
8.3.5 锅炉事故及原因分析	(244)
案例分析 40 某发电厂“3·10”电站锅炉爆炸	(246)
主要参考文献	(248)

第1章 概论

当今世界，人们的“衣、食、住、行”几乎离不开化学工业产品。化学工业与农业、纺织、轻工、建筑和国防等工业部都有密切的联系，成为发展国民经济的支柱产业。从一定意义上来说，化学工业的发展水平，可以反映出一个国家的工业化水平。中国的化学工业经过几十年的快速发展，目前已形成相当大的规模，主要化工产品的产量均在世界上名列前茅。

1.1 化工生产的特点

化工生产具有易燃、易爆、易中毒、高温、高压、有腐蚀性等特点，因而较其他工业部门有更大的危险性。

1. 化工生产涉及的危险品多

化工生产使用的原材、半成品和成品种类繁多，满足了现代社会多样化的需求，绝大部分是易燃、易爆、有毒害、有腐蚀的化学危险品。在生产、运输、使用中管理不当，就会发生火灾、爆炸、中毒事故，给安全生产带来重大的影响。

2. 化工生产要求的工艺条件严格

现代化工广泛采用高温、高压、深冷、真空等工艺条件，显著提高了生产效率，缩短了产品生产周期，使化工生产获得更佳的经济效益。

3. 生产规模大型化

采用大型装置可以明显降低单位产品的建设投资和生产成本，提高劳动生产力，减少能耗，提高经济效益。因此，世界各国都积极发展大型化工生产装置。例如，炼油装置的标准生产能力由 20

世纪 50 年代的 10^6 t/a 发展到 20 世纪 90 年代以后的 10^8 t/a。

4. 生产过程连续化、自动化

化工生产由过去落后的手工操作、间断生产变为高度自动化、连续化生产，生产设备由敞开式变为密闭式，生产操作由分散控制变为集中控制，同时也由人工手动操作变为仪表自动操作，进而发展到计算机控制，极大地提高了劳动生产率。例如，年产 35 万吨合成氨、44 万吨尿素的日本鹿岛氨厂只有 100 人；美国联合化学公司年产 60 万吨乙烯的工厂有 20 台裂解炉，有 1000 多台仪表和一台大型计算机，全部集中在控制室操作，每班只有 7 人。

5. 工艺复杂化、操作精细化

现代化工产品生产工艺复杂、流程长、工艺参数多、技术难度大，操作要求严格。

现代化工产品的这些特点存在的负面效应是：化工生产过程处处存在危险因素、事故隐患，一旦失去控制，事故隐患就会转化为事故。而这些事故往往是燃烧、爆炸、毒害、污染等多种危害同时发生，会对人身、财产和环境造成巨大的破坏。因此，安全生产在化工生产中有着非常重要的作用，是化工生产的前提和保障。

案例分析 1 印度博帕尔农药厂毒气泄漏事故

一、事故经过和危害

1984 年 12 月 3 日，美国联碳公司设在印度中央邦首府博帕尔的农药厂发生甲基异氰酸甲酯泄漏事故，有近 40 吨剧毒的甲基异氰酸酯（简称为 MIC）及其反应物在 2 小时内冲向天空，顺着 7.4 km/h 的风向东南方向飘荡，霎时毒气弥漫，覆盖了相当宽阔部分市区（约 64.7 km^2 ）。事故致使 3859 人死亡，5 万人双目失明，10 万人终身残疾，20 万人中毒，事故经济损失高达近百亿元，震惊整个世界，人们把这称之为人类历史上的灾难。

事故调查表明：

1. 该事故主要是由于工人错误操作将 120~240 gal (1 gal=

3.785 dm³) 水进入甲基异氰酸甲酯 (MIC) 储罐中, 引起放热反应, 致使压力升高, 防爆膜破裂而造成的。

2. 此外还由于储罐内有大量氯仿 (氯仿是 MIC 制造初期作反应抑制剂加入的), 氯仿分解产生氯离子, 使储罐 (材质为不锈钢) 发生腐蚀而产生游离铁离子。在铁离子的催化作用下, 加速了放热反应进行, 致使罐内温度, 压力急剧升高。

3. 漏出的 MIC, 喷向氢氧化钠洗涤塔, 但该洗涤塔处理能力太小, 不可能将 MIC 全部中和。

4. 洗涤塔后的最后一条防线是燃烧塔, 但燃烧塔未能发挥作用。

5. 重要的一点是, 该 MIC 储罐设有一套冷却系统, 以使储罐内 MIC 温度保持在 0.5℃ 左右。但调查表明, 该冷却系统自 1984 年 6 月起就停止运转。没有有效的冷却系统, 就不可能控制急剧产生的大量 MIC 气体。

进一步的深入调查表明, 这次灾难性事故是由于违章操作 (至少有 10 处违反操作规程)、设计缺陷、缺乏维修和忽视培训造成的, 而这一切反映出该工厂安全管理的薄弱。

二、事故原因分析

1. 这起事故的直接原因。

(1) 由于工人误操作将 120~240 gal (1 gal=3.785 dm³) 水进入异氰酸甲酯储罐中, 引起放热反应, 致使压力升高, 防爆膜破裂而造成的。

(2) 储罐内有大量氯仿 (氯仿是 MIC 制造初期作反应抑制剂加入的), 氯仿分解产生氯离子, 使储罐 (材质为不锈钢) 发生腐蚀而产生游离铁离子。在铁离子的催化作用下, 加速了放热反应进行, 致使罐内温度, 压力急剧升高。

(3) 氢氧化钠洗涤塔处理能力太小, 不可能将 MIC 全部中和。

(4) 燃烧塔未能发挥作用。

2. 这起事故的间接原因。

- (1) 安全管理薄弱, 违规操作较多。
- (2) 设计存在严重缺陷。
- (3) 忽视员工培训 and 安全教育。
- (4) 缺乏及时维修。

三、纠正预防措施

对于这次震惊世界的毒气泄漏事故, 总结出的教训是悲惨而深刻的, 应以更加坚决的态度, 采取以下主要措施。

1. 对生产和加工剧毒化学品的装置, 应有独立的安全处理系统, 一旦发生泄漏事故能及时启动处理系统, 将危险物全部处理、吸收或破坏掉。该系统应定期检修, 只要生产系统在进行, 它就应处于良好的应急工作状态。

2. 凡加工和生产危险品的工厂, 都应制订事故应急救援预案。通过预测把可能导致重大灾害的情况在工厂内公开, 把防护、急救、脱险、疏散、现场处理等信息让有关人员都清楚, 提高对突发事件的应急处理能力。

3. 对于生产化学危险物品的工厂, 在建厂选址时, 应作危险性评价。对剧毒化学品的贮存量应以维持正常运转为限。根据危险程度留有足够防护带。建厂后, 不得临近厂区建设居民区。

4. 提高操作人员技术素质, 杜绝误操作和违章作业。严格交接班制度, 记录齐全, 明确责任, 奖罚分明。强化安全教育和健康教育, 提高职工的自我保护意识和普及事故中的自救、互救常识。坚持持证上岗, 未取得安全作业证者不得上岗。健全安全管理规程, 并严格执行。

5. 对小事故要做详细分析处理, 做到“四不放过”。即事故原因未查清不放过; 事故责任人未受到处理不放过; 事故责任人和周围群众没有受到教育不放过; 事故制订切实可行的整改措施没有落实不放过。

6. 对于危险性大的工厂, 其安全的关键是抓住人员、技术、信息和组织管理四要素, 就可以防止重大事故的发生。

1.2 化工生产中的重大危险源

重大危险源是指长期或临时生产、搬运、使用或者储存危险物品，且危险物品的数量等于或者超过临界量的单元（包括场所和设施）。单元是指一个（套）生产装置、设施或场所，或同属一个工厂的且边缘距离小于 500 m 的几个（套）生产装置、设施或场所。临界量是指对于某种或某类危险物质规定的数量，若单元中的物质数量等于或超过该数量，则该单元定为重大危险源。生产场所是指危险物质的生产、加工及使用等场所，包括生产、加工及使用等过程中的中间贮罐存放区及半成品、成品的周转库房。

生产经营单位对重大危险源应当登记建档，进行定期检测、评估、监控，并制订应急预案，告知从业人员和相关人员在紧急情况下应当采取的应急措施。生产经营单位应当按照国家有关规定将本单位重大危险源及有关安全措施、应急措施，报有关地方人民政府负责安全生产监督管理的部门和有关部门备案。

危险化学品生产装置或者构成重大危险源的储存设施与人口密集区域、公共设施、水源及水源保护区、交通干线、车站码头、地铁风亭及出入口、农牧渔等重点区域和生产基地、河流、湖泊、风景名胜区、自然保护区、军事禁区和军事管理区以及法律法规规定予以保护的其他区域的距离应符合国家标准或规定。生产、储存危险化学品的企业应当委托具备国家规定的资质条件的机构，对本企业的安全生产条件，每 3 年进行一次安全评价，提出安全评价报告。安全评价报告的内容应当包括对安全生产条件存在的问题进行整改的方案。生产、储存危险化学品的企业，应当把安全评价报告及整改方案的落实情况报所在地县级人民政府安全生产监督管理部门备案。危险化学品应当储存在专用仓库、专用场地或者专用储存室内，并由专业人员负责管理；剧毒化学品以及储存数量构成重大危险源的其他危险化学品，应当在专用仓库内单独存放，并实行双人双发、双人保管制度。危险化学品的储存方式、方法以及储存数

量应当符合国家标准或者国家有关规定。

依据《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2009)的规定,重大危险源的辨识依据是危险化学品的危险特性及其数量。单元内存在的危险化学品数量超过规定的临界量被定为重大危险源。若一种危险化学品具有多种危险性,按其中最低的临界量确定。

案例分析 2 危险化学品仓库爆炸事故

一、事故经过和危害

1993年8月5日13时26分,深圳市某危险化学品仓库发生特大爆炸事故,爆炸引起大火,1小时后,着火区又发生第二次强烈爆炸,造成更大范围的破坏和火灾。造成15人死亡,141人受伤,其中重伤34人,直接经济损失达2.5亿元。

1993年8月5日,大约13时10分,某危险化学品仓库4号仓内冒烟、起火、引燃仓内堆放的可燃物,并于13时26分发生第一次爆炸,彻底摧毁了2、3、4号连体仓,强大的冲击波破坏了附近的货仓,使多种危险化学品暴露于火焰前。这些危险品处于持续被加热状态1小时左右,于14时27分,5、6、7号连体仓发生第二次爆炸。爆炸冲击波造成更大范围的破坏,爆炸后的带火飞散物(如黄磷、燃烧的三合板和其他可燃物)使火灾迅速蔓延扩大,引燃了距爆炸中心250m处木材堆场的3000m³木质地板块、300m处6个四层楼干货仓、400~500m处3个山头上的树木。大火燃烧约16小时,于8月6日凌晨5时许被基本扑灭。

二、事故原因分析

1. 深圳市某危险化学品仓库4号仓内强氧化剂和强还原剂混存、接触,发生氧化还原反应,形成热积累,导致起火燃烧。这是发生事故的直接原因。

2. 大量氧化剂高锰酸钾、过硫酸铵、硝酸铵、硝酸钾等与强还原剂硫化碱、可燃物樟脑精等混存在4号仓内,此外,仓内还有数千箱火柴,提供了火灾爆炸物质条件。