

化学安全工程学

崔克清 编著

辽宁科学技术出版社

化 学 安 全 工 程 学

崔克清 编 著

江苏工业学院图书馆
藏书章

辽 宁 科 学 技 术 出 版 社

1 9 8 5 · 沈 阳

化 学 安 全 工 程 学

Hua xue An quan Gong cheng xue

崔 克 清 编 著

辽宁科学技术出版社出版 沈阳市南京街6段1里2号
辽宁省新华书店发行 沈阳第十一印刷厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 35 1/2 字数: 910千字
1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

责任编辑: 冬风
封面设计: 牧贤 责任校对: 牧贤

印数: 5,000

统一书号: 15288.162 定价: 平 8.50元
精 10.00元

前 言

《化学安全工程学》一书的正式出版发行，是一件非常值得庆贺的事情。因为化工战线广大读者早就盼望我国有自己的《化学安全工程学》著作。当读者认真阅读《化学安全工程学》、密切结合实际、并能努力工作，那么必然会逐渐提高生产装置的技术水平和反事故能力，从而会预防和减少各类事故的发生。

保证“安全生产是一切经济部门和生产企业的头等大事”。对于化学工业生产企业来讲，更是一件具有特殊重要意义的头等大事。这完全是由于化工生产过程的特点和规律所决定的。

化工生产工艺过程多为高温高压，一般均在几个、十几个、几百个、甚至上千个大气压，几百度、甚至几千度高温的条件下进行反应；原料、中间产品、成品自身具有腐蚀、易燃易爆、剧毒等特性。因此在失控的情况下，有发生燃烧、爆炸、中毒等恶性事故的危险。

近代化学工程技术的迅速发展、生产规模、装置设备和仓储的日趋大型化连续化自动化、能量贮备的高度集中化以及电子技术被广泛应用于生产工艺的控制系统等，对生产装置、设备仪表、工艺技术、操作水平等提出了更高更严格的要求。因此广大的化工工作者，必须不断的提高科学技术水平，掌握安全技术这门科学，才能适应现代化生产的需要。

有人认为，现代技术的采用，联锁装置的加强、自动化水平的提高，可以对安全工作掉以轻心，那是极其错误的。正因为如此，常常会因为一个阀门或法兰的密封不严，一个安全装置的失灵、或按错一个电钮、导致厂毁人亡，造成重大损失。一九七五年二月十日，美国碳化联合公司比利时分公司的安特卫普化工厂，年产十五万吨的高压聚乙烯装置，由于设备泄漏，三号反应釜过热，引起爆炸，紧接着四号、五号反应釜发生联锁性爆炸，前后仅四分钟的时间，整个工厂被摧毁。同样的又是美国碳化联合公司开设在印度博帕尔市的一家农药厂、在一九八四年十二月三日午夜，由于反应失控、安全阀失灵，二十五吨的甲基异氰酸盐外溢，造成二千五百人死亡，几万人的眼睛受到伤害，全市七十万人中有二十万人受到不同程度的毒害，大批牲畜死亡和农作物被毁，仅这一次事故，美国碳化联合公司第一批交付的赔偿费就达五百万美元之多。

现代化工生产事故迅速、猛烈、涉及面广、破坏性大。装置是否能够正常运转，不仅仅涉及到企业职工生命安全和健康，而且直接关系到社会上人民的生命安全和健康。震动世界的印度博帕尔农药厂事件，是自有工业史以来最严重的灾难。“前事不忘，后事之师”。我们应该以印度博帕尔市农药厂的悲惨教训为鉴诫，把安全工作放在一切工作的首位，努力加强化工企业中的安全管理，把伤亡事故和职业中毒的发生率，控制在最小限度。

沈阳安全工程科学研究所崔克清同志所著的《化学安全工程学》正是针对解决上述问题而写的。

《化学安全工程学》是伴随着化学工程技术发展起来的一门专门学科。它主要是研究和阐述化学介质在生产、使用、运输、贮存过程中的安全技术问题。全书共分十六章九十五节，共计九十余万字。主要内容介绍了化工生产过程事故发生的规律，分析、预测和预防事

故的方法；化学危险物质、介质的状态变化与安全，介质压力与容器安全；燃烧和爆炸的基本理论，以及事故预防技术；爆炸参数，爆炸能量计算；典型工艺过程和典型产品的安全技术以及安全装置等等。书中引用了国内外典型事故案例、汇集了大量的常用数据和计算公式，是一本理论与实践相结合的巨著。这本书应该成为我国化学工业企业、石油炼制企业、石油化工企业、制药工业企业、轻化工企业的广大管理干部、工程技术人员、安全技术和劳动保护专业干部、以及化工院校教师和学员必备的有益的工具书籍。

作者崔克清同志，先后曾在企业、省、部等化工安全技术部门工作，有丰富的实践经验。在编写本书过程中，阅读了国内外大量资料，并结合我国化工生产实际，进行了卓有成效的理论研究，在不长时间内完成了这部巨著，应该说他在为创建《化学安全工程学》的学科理论体系上作出了有益的贡献和探索。但是创建一门学科的理论，并不是短时间内可以完成的。书中涉及问题广泛，技术难度较大，时间又短促，某些问题还有待于进一步探讨、研究，书中内容也有待于逐步修改、补充。因此难免出现差错。“智者千虑必有一失，愚者千虑必有一得，”望广大读者本着创建我国的安全工程学的学科理论，满腔热忱地向作者多提补充修改意见，使之更加完善。

同时也殷切期望作者在再版修改这本书时，应将厂址选择、厂房建筑、设备安装、以及控制仪器、仪表的日常维护，作为保证生产安全的重要内容补充进去，使它成为更加系统和完善的《化学安全系统工程学》。

中国劳动保护科学技术学会顾问 江涛

一九八五年四月

目 录

第一章 概论	1
第二章 化工生产事故	5
第一节 化工生产过程的危险因素	5
第二节 化工生产过程的燃烧爆炸事故	5
第三节 化工生产事故的技术分析	15
第四节 典型事故案例	18
第三章 化学危险物质	37
第一节 可燃性气体	37
第二节 可燃液体	38
第三节 易燃固体	39
第四节 易爆化合物	40
第五节 自燃性物质	41
第六节 忌水性物质	43
第七节 混合危险物质	47
第四章 介质的状态变化与安全	63
第一节 物质的聚集状态	63
第二节 状态函数与系统安全	65
第三节 液体的P—V—T关系	77
第四节 气体的P—V—T关系	92
第五节 临界状态参数	103
第五章 介质压力与容器	106
第一节 压力容器事故	106
第二节 化工生产的压力来源	108
第三节 介质压力在工业生产中的应用	110
第四节 压力容器分类	111
第五节 介质作用与容器破坏形式	114
第六节 高压下的密封	119
第七节 承压容器的结构	121
第八节 容器的装量与压力	123
第九节 气体压缩与输送	132
第六章 燃 烧	141
第一节 燃烧与燃烧危险	141
第二节 燃烧过程	143
第三节 燃烧(爆炸)反应形式	144
第四节 闪点、燃点、自燃点	149

第五节	燃烧理论	158
第六节	燃烧速度及热值	160
第七节	气相燃烧系临界条件及最小点火能量	165
第八节	火焰蔓延极限	173
第七章	爆炸及分类	183
第一节	爆炸及爆炸现象	183
第二节	燃烧波与爆轰波	186
第三节	爆炸理论的几种学说	193
第四节	爆炸分类	197
第五节	爆炸性混合物爆炸	198
第六节	热分解爆炸	198
第七节	粉尘爆炸	211
第八节	蒸气和过热液体爆炸	211
第九节	喷雾爆炸	213
第八章	爆炸极限	215
第一节	爆炸极限理论	215
第二节	爆炸极限的影响因素	220
第三节	各种条件下的爆炸极限与计算	226
第九章	爆炸参数计算	244
第一节	易爆化合物的氧平衡与爆炸变换方程式	244
第二节	气体爆炸参数的计算	252
第三节	凝聚相爆炸参数的计算	258
第四节	爆热、爆温、爆压	269
第十章	爆炸能量	286
第一节	压缩气体及水蒸气爆炸能量	286
第二节	过热水及过热液体爆炸能量	288
第三节	化学爆炸能量	292
第四节	耐压试验时介质的爆炸能量比较	294
第五节	爆炸理论应用举例	296
第十一章	爆炸作用	299
第一节	爆炸破坏力的几种形式	299
第二节	冲击波基本理论	299
第三节	爆炸物的爆炸作用	309
第四节	空气中的爆炸作用	311
第五节	爆炸产物的扩散与蔓延	320
第十二章	点火源控制	323
第一节	明火	323
第二节	撞击与摩擦	323
第三节	高温表面	326

第四节	自行发热	326
第五节	绝热压缩	327
第六节	电火花	329
第十三章	防静电危害技术	347
第一节	工业静电概念	347
第二节	工业静电产生的原因	347
第三节	不同物态静电产生的途径	350
第四节	工业静电特性及危害	355
第五节	防止静电危害的措施	363
第十四章	工艺安全控制技术	385
第一节	温度控制	385
第二节	副反应, 过反应控制	392
第三节	易燃物质的处理及防火措施	395
第四节	惰性介质保护	402
第五节	自动控制与操纵	406
第十五章	安全装置及设施	418
第一节	安全装置的类型及特点	418
第二节	安全泄压装置结构分类	422
第三节	装置的安全泄放量	424
第四节	常用的实际安全泄放量计算	429
第五节	爆破片	436
第六节	爆破帽	442
第七节	压力泄放装置的配管	443
第八节	其他安全阻火泄压装置	451
第九节	限制火灾爆炸蔓延扩散设施	454
第十六章	典型工艺及产品生产过程安全技术	458
第一节	氧化	458
第二节	还原	475
第三节	电解	478
第四节	聚合	482
第五节	催化	486
第六节	裂化	491
第七节	硝化	499
第八节	氯化	502
第九节	合成氨、尿素	508
第十节	氨氧化制硝酸	521
第十一节	农药生产	522
第十二节	空分、冷冻、氢分	525
附 录		534

第一章 概 论

“安全”这个概念，是大家经常讲到，非常熟悉的，但其真正的涵义是什么，还没有一个公认的、权威性的解释。有人认为，安全是有慈善和人道主义属性的概念，也有人认为安全表征的是一种不发生死亡、伤害、职业病、设备或财产损失的状况。但这样解释只能是描述在某一段时间或者在一定范围内是平安无事的状况，并没有科学地概括安全的涵义。可以认为那种绝对不发生伤害和损失的状况是不存在的，从这个意义上讲，人们在活动中是永远、绝对不安全的。因此，安全实际上是人们的感受，是一种被人们所接受和认可的危险的程度或水平。安全有一定的时间、空间。安全有时还夹杂着人们的主观意念。

“安全”应当包括两个涵义。一是预知危险，二是消除危险。两者必须兼备。因此，广义上讲，安全工作就是预知人类活动各个领域里存在的固有或潜在的危险，以及为消除这些危险所采取的各种方法、手段和行动的总称。安全技术则是解决人类活动过程中安全问题的工程技术。

化学安全工程是化学工程的一部分，是随着化学工程的发展而发展的。什么是化学工程？化学工程是工程学科之一。即应用物理和化学的基本定律解决将实验室规模的实验步骤首先扩大至中间工厂而后发展到工业生产的有关问题。具体地说应该考虑到物料和能量平衡、化学反应浓度、温度、压力以及吸附扩散、蒸发、热传递、流体流动、混合等过程。随着化学工程的发展，化学安全工程逐渐发展成为化学工程的一个学科、一个专业。化学安全工程就是运用化学工程的原理和方法，分析、控制以及消除化工生产过程中的危险，实现其系统、装置、产品等安全的一整套理论和方法。化学安全工程的出现和发展，把我们日常所说的安全概念具体化了，在这里，平常所描述的“安全”或“不安全”有了可靠地判断依据，有的甚至可以用数量来表征，用数据来说话，对许多经验、失败和事故得到理论上的解释，为独立的解决化工生产过程中的安全问题，为安全管理的科学化提供了理论基础。

当今我们正处在科学技术和经济迅速发展的时代，这样一个时代，由于不断出现的新技术、新工艺、新材料、新设备和新能源，增加了许多新的危险。这种危险曾经不断发生许多灾害性事故、造成极为重大的损失。如何总结事故的教训，运用积累的经验、开发应用先进的工程技术，探讨确立发展自身的理论体系，这是摆在我们面前急待解决的课题。

安全要讲科学，安全就是科学。安全工作的科学化要依靠安全技术整个理论体系的发展，要依赖于综合应用现代多门类学科知识和技术，从基础理论到生产实践，从管理到工程，从单一的生产装置到化学安全工程的整个系统，都需要我们认真的研究和总结才能实现。科学的管理方法必须来源于科学技术，来源于基础理论的灵活运用，来源于本专业工程技术的总结和发展。

专业安全工程的一个首要任务就是预防和预测生产过程事故的发生，进行预先安全分析与评价。要完成这个任务，不仅要有先进的科学方法，例如利用系统分析的方法、现代统计分析手段等，更重要的是真正掌握安全技术这门学科理论。科学的方法告诉人们，预防事故就是预先对工程项目、生产系统和作业中固有的和潜在的危险进行综合的分析、判断和测

定、并进而采取有效的方法、手段和行动、控制和消除这些危险，防止事故发生。这一过程的所有环节，如果不掌握和运用有关的工程技术理论和工程实践是无法实现其目的的。

为了保证工艺过程和生产装置的安全，应通过安全评价确定。安全评价的方法，一种是以分析和预测系统可能发生的故障，事故及潜在危险；另一种是对工艺过程或生产装置固有危险程度的评价。分析和评价的过程，就是化工安全技术理论运用于实际的过程。因此学习和掌握化工安全技术不仅可以解决技术问题，而且是搞好科学管理的先决条件。安全设计目前已成为进行分析评价、预测的重要环节，但是，每一个专业技术的安全设计都有其自己的确定内容。安全设计是指以保障安全生产为目的的、其中包括厂址选择、总平面布局、原材料选择和确定，工艺控制、生产装置及设备、物料的贮备、运送和使用、生产条件及作业环境、安全防护、安全装置及设施等。设计过程中的每一个步骤都需要坚实的、先进的安全技术知识，都需要运用化学安全工程的基本理论。

现代化工生产的特点，由于广泛实现了自动化、连续化和大型集中化，如果发生事故，不仅会使设备、装置功能降低或遭到损坏，而且会影响到整个生产系统的稳定性、危及到整个生产装置、共用设施及人身的安全，导致毁灭性的灾难。安全技术只有被设计、制造、操作、管理者所掌握、变成法规、条例、标准、规范、规程和规定等，生产装置的可靠性、稳定性、安全性才能真正提高。

回顾一下工业的发展历史就可以知道，工业的技术进步和发展无不是和血的教训联系在一起的。1776年瓦特的实用蒸汽机的发明，带来了现代工业的机械化、自动化的进程。但是在初期，由于安全技术不被人掌握，锅炉的爆炸事故曾使人们付出了极大的代价。起初锅炉压力低于0.4公斤/厘米²表压，不曾发生重大事故，到了一八〇三年锅炉压力提高到3—4公斤/厘米²表压时，发生了第一次爆炸事故。从此人们开始认识到锅炉能够发生爆炸事故，而爆炸又是和压力联系在一起。蒸汽锅炉促进了航海事业的发展，但在一八一六至一八四八年的三十三年间，美洲水域就发生了二百三十二艘船只锅炉爆炸事故，死亡2563人，伤残2067人。从十九世纪到廿世纪初，据不完全统计共发生一万余起锅炉爆炸事故，死亡达万余人，这些惨痛的教训使人们认识到技术上的不足，体会到和生产技术发展相关联的安全技术的重要性。

人们从教训中积累了经验，增长了知识，这些经验和知识极大的丰富了工程技术和科学，成为生产向前发展的重要组成部分。而后，相继制定了锅炉的结构标准，增加了安全附件，投用了控制仪表，加强了运动管理，建立了一系列的管理制度。这就是现代工业安全技术的萌芽。因此，目前我们并不感到锅炉的危险。任何现代工业的发展恐怕都不能例外的有这样一段路程。

如果说工业发展的初期，安全问题就这样重要，那么时至今日，安全生产问题应该更重要了。

现代石油化工是一种成套装置的工业体系，大规模的联合企业越来越多。“银光四射的巨型工厂”显示了以石油为基础的现代化学工业的象征性形象。这种形象的一个突出特点除自动化程度高、经济效益十分明显之外，还有可能在发生灾害性事故时使成套的装置，甚至整个工厂毁于一旦。石油化工生产的特点具有高温、高压、高流速、高能量贮备、低温超低温等特点介质品种和用量的迅速增长、工艺的连续化、自动化和大型集中化等，给安全生产提出了一系列的课题。对这些课题的研究和解决已是生产继续发展的前提条件，这就是现代化学工业安全技术和安全工作空前引起人们重视的理由所在。

经济性、操作性、安全性是每一种产品工艺存在和发展的三个基本要素，这三个要素即有区别又有联系，互相交织在一起发展前进。现代工业发展中由于大的、恶性事故的频繁出现，再加上法制观念的加强以及现代管理水平的提高，近二十年来，人们对企业的经济性和安全性之间的关系有一种新的认识飞跃。长期以来以经济性为轴心发展工艺的思想，在许多时候往往适得其反。人们开始发现以经济性为轴心进行的初期开发与可行性研究，当工作进展到某一阶段时，安全可靠反而成为第一位的。甚至有时会由于安全上的原因，不得不抛弃已经获得的技术成果从而在经济上遭到重大损失。所以六十年代以后，国外有人提出以安全、公害为轴心发展石油化工工艺，不是没有道理的。尽管这种观点还没有被普遍承认，但是石油化工工艺设计的轴心由经济性转向安全性的思想变化，反映了现代石油化工生产的危险性特点，看出了安全生产所处的战略地位。

在六十年代初期，日本当时建造五十万吨的大型油罐在技术上，工程上都是成熟的，但是从防止灾害性事故的观点考虑，万一发生事故没有切实有效的控制措施，在一定程度上影响了这种装备的发展。许多事故告诉人们，如果不从安全技术角度来分析、评价生产技术及其装备，前期的安全工作就不可能做好，而且会给今后的生产带来很难医治的后患，很难发现某些事关重大的潜在危险性，最终必将造成灾害性事故。

一般说，灾害可分为自然灾害和人为灾害，也就是天灾和人祸，所谓天灾、譬如地震、海啸、暴风、海潮、洪水等等，凭现在的科学技术还不可能预先防止它的发生，目前只能做到尽早预测，采取防灾措施，使受灾范围和受灾程度尽量缩小，受灾后尽快恢复正常。

但是，人为灾害则不同，其原因在于人，原则上讲是可以预防的。所谓安全工程学，从广义上讲，就是研究和解释这些人为灾害发生的原因和过程，以及为防止这种灾害发生所必须的科学技术理论，安全工程学是一门系统的科学。

人为灾害，即我们经常谈到的事故，在我们现今社会上是多种多样的，例如按发生的场所进行划分，可以分为如下几种：

(1) **工厂事故**：它是在工厂、生产现场、研究单位等场所中发生的与生产、科研有关的事，如火灾爆炸、各种机器、设备、建筑物、构筑物的破坏、工业中毒、工伤、职业危害、企业污染事故等。

(2) **矿山事故** 是在矿山内发生的，如塌方、煤气喷出、坑内着火、煤气和煤粉的爆炸、煤的自然、冒顶、透水以及其他坑内和矿山作业现场的事。

(3) **交通事故** 马路上车辆或者行人的碰撞、颠覆；轨道上火车、电车相撞、脱轨；飞机相撞、坠落；运输危险物质时发生的事故等等。

(4) **海上遇难** 船舶着火、爆炸、相撞、沉没、触礁、漂流等事故。

(5) **城市火灾** 城市住宅、商店、公共建筑物等火灾及其在灭火操作过程所受到的破坏、损伤等。

除此之外，还有城市污染、学校事故、公共场所事故、家庭事故等等。

综上所述，人为事故是多种多样的，但可以把它大体上划分为两类，一类是主要与工业生产有联系的，另一类是主要与日常生活有联系的。

安全系统工程学的任务就是要研究人为事故的规律，防止人为事故的发生，从技术、教育、管理三个方面采取措施。所谓技术措施是指对设施、设备、操作等方面从安全角度考虑计划、设计、检查和保养的措施。所谓教育措施，是指通过家庭教育、学校教育、职业教育

及社会教育等不同的途径，传授和训练安全方面应有的思想、素质和有关知识技能等。所谓管理措施，是指通过国家机关、企业等组织，制定有关规范、标准、规程等，以求共同遵守。因此，安全系统工程学就是在技术、教育、管理等方面系统研究防止人为灾害的科学。

化学是基础自然科学学科之一。它是研究物质的组成、结构和性质，以及各种形式的物质间的反应、发展和探讨科学地解释这些化学现象的规律和理论。

化学安全工程学是伴随着化学工程学的发展而发展起来的一门独立学科、它是化学工程学的重要组成部分。它的发展即来源于化学工程技术的发展，同时又不断的丰富了化学工程技术。化学安全工程学研究对象是化学介质在生产、使用、运输、贮存等过程中的安全技术问题；其任务是充分掌握和了解化学介质在各种条件下的危险特性、变化规律，防止、限制和消除由于化学介质的变化及作用引起的燃烧爆炸事故。实际上它所研究的范围仅仅在于化学介质的本身和化学介质在生产、使用、运输、贮存过程中的系统安全问题。

第二章 化工生产事故

第一节 化工生产过程危险因素

化工生产过程存在各种危险因素，概括起来有以下几个方面：

(1) 原料、中间体及成品物理化学性质的危险性。这种危险性表现为易燃、易爆、毒性、化学活泼性以及相态变化的可能性。

(2) 复杂的产品和工艺路线。为了满足特定的工艺要求，所采用的高温高压、低温超低温、负压、高流速、危险的物料配比等苛刻的工艺控制条件，生产的大型化、集中化、自动化程度的发展，能量贮备集中的特点，要求工艺控制更加严格。

(3) 由于工艺条件的需要，生产过程对机械设备、电气仪表、安全防护等提出了更高的要求，但因条件限制，在耐腐蚀、防爆、耐高温、高压、高流速等方面都存在一定的问題。材质的不合要求、不良的制造工艺及检验手段、以及设备性能的不稳定性都可能成为事故的隐患。

(4) 由于新产品、新工艺、新装备的不断发展，随之而来的是难免对有关的安全技术知识一知半解和缺乏事故实例的积累；既使是对许多老产品、老工艺，也可能缺乏系统的安全技术资料。

(5) 由于化工生产反应是在特定装置内进行这一特点，从而便增加了操作错误、判断错误的可能性。

(6) 许多物质的不易扩散性，容易造成大量物料积聚；许多物质由于其绝缘性，会在输送、放空、泄漏、抽液、采样等情况下造成静电起火。

第二节 化工生产过程的燃烧爆炸事故

一、化工生产过程中常见的火灾事故

1. 气体火灾 如果从设备、管道、装置内泄漏出的可燃气体，如城市煤气、天然气、氢气、乙炔气、液化石油气等被点燃，就会发生气体火灾。气体火灾往往伴随有爆炸发生。

2. 可燃液体火灾、原油、煤油、汽油、苯、乙醇、甲醇等可燃液体由于贮罐、容器、管线、装置等泄漏遇到着火源就可以引起可燃液体火灾，这种火灾有时也可能发生在贮罐或反应装置内部或者废弃的液体上。

3. 固体可燃物火灾 建筑物、家具、木材、纸张、纤维、纺织品、涂漆物件，固体燃料、碎屑物等固体可燃物着火引起的火灾。

4. 电气火灾 电气导线、电机、变压器等电气设备使用的绝缘材料发生的火灾。

5. 金属火灾 镁、铝、钛、锆、铀等金属粉末或者细金属丝，在空气中具有燃烧的性质。

质。铁或不锈钢的管道和阀门，当其中有可燃性物质时，若高速通过高压氧气或氯气中，则可能发生着火，使金属管道和阀门在氧气或氯气中燃烧，致使内部气体喷出，如果在燃烧的金属上喷水，则可能发生爆炸。

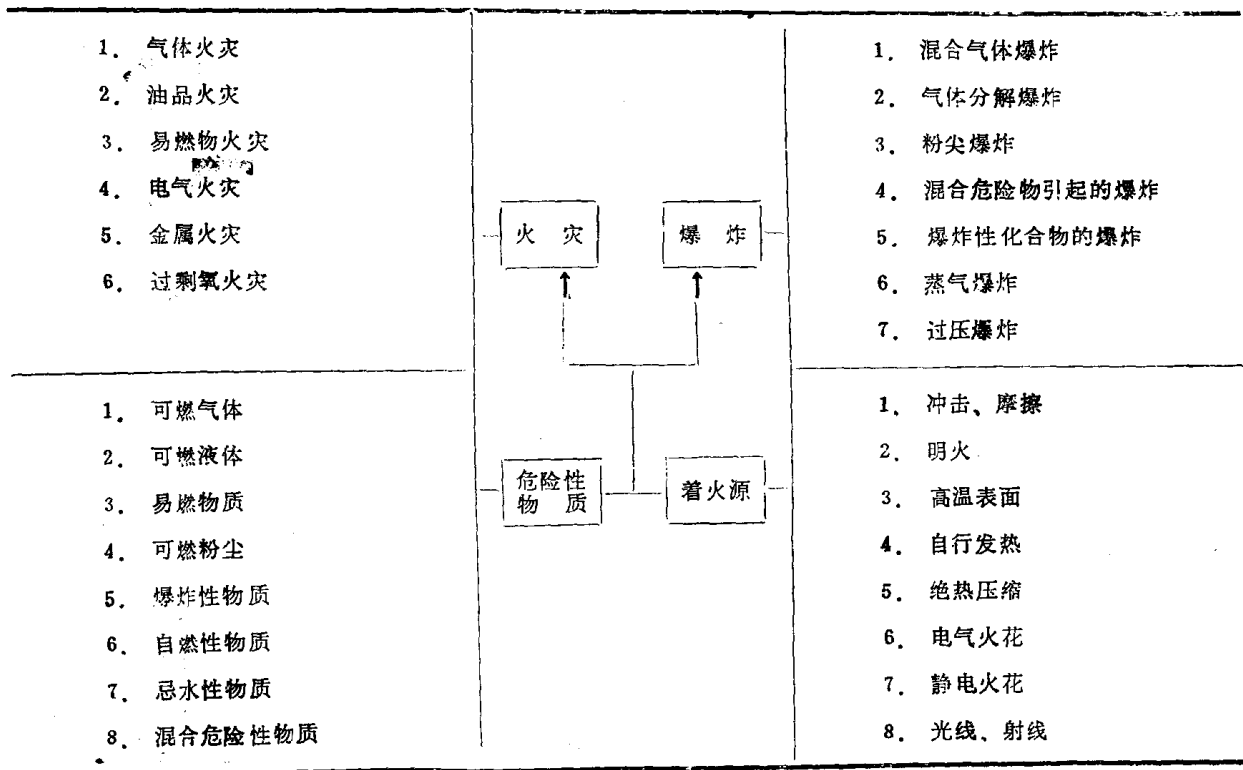
6. 过剩氧气的火灾 当空气中氧气浓度超过正常值时，会急剧增加可燃物的燃烧速度。因而增大了单位时间内所产生的燃烧热量，甚至导致空气中难燃物质的燃烧。譬如，棉布在水平方向燃烧时，如果空气中的氧浓度为30%，其燃烧速度比正常空气中含氧21%的浓度时快2倍。由于在漏氧的情况下进行切割，工作服被点着，在空气液化间的地坑内流进液态氧，产生冷氧气，而在坑内操作时产生的冲击火花，使工作服着火以致烧伤全身。

二、在化工生产过程中常见的爆炸事故

1. 可燃性气体混合物引起的爆炸。
2. 气体分解引起的爆炸。
3. 粉尘爆炸。
4. 混合危险物引起的爆炸。
5. 爆炸性化合物的爆炸。
6. 蒸气爆炸。
7. 过压爆炸。

化学危险物质及点火源引起火灾爆炸的关系图如图2—1所示。

图2—1危险物质及着火源引起火灾爆炸关系图



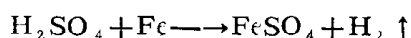
三、各类事故举例

1. 装置内产生新的易燃物、爆炸物、剧毒品

某些反应装置及贮罐等在正常情况下是安全的，如果在反应及贮存过程中混入某些物质，或者由于某些物质含量过高而发生化学反应，产生新的易燃物或爆炸物，在条件成熟时就可能发生事故。

1 如粗煤油中硫化氢、硫醇含量较高，就可能引起油面以上油罐的腐蚀，使构件上粘附着多孔锈垢，其成分是硫化铁、硫酸铁、氧化铁等，有时还会有结晶硫磺。油的表层会有硫化氢产生。如果由于天气突然变化，气温骤降，油罐结构因急剧收缩和风压的改变而引起晃动，部分构件脱落引起冲击或磨擦产生火种，而引起油罐起火。

2 浓硫酸和碳素钢不发生置换反应。但罐内若混进水变成稀硫酸（特别长期放置不用），就可能和罐壁作用，产生新的爆炸性气体氢气，其反应式如下：



这时在贮罐的上部空间就会形成爆炸性混合物，当遇到火源，例如在罐的液面以上动火时，就会发生爆炸。

3 丁二烯在用氮气压送等过程中，如果氮气中含氧，则由于氧的存在生成丁二烯的过氧化物、自聚物，反应中的热量若不能及时导出，装置内温度会急剧升高，丁二烯的过氧化物受热后会引引起分解爆炸。因此丁二烯应采用泵和升压器输送，贮存中应加阻聚剂，并定期清理。

4 在炼油加工烷基化装置中，当反应系统的废硫酸中和液态烃碱洗后的废碱液时，如果废碱液中尚存有硫化钠，则硫化钠和硫酸就会反应生成硫化氢导致中毒事故。

5 氯碱厂食盐电解过程，如果盐水中混进铵盐等物质，也会产生爆炸物三氯化氮。

某厂在使用相邻的合成氨厂来的废碱水精制盐水时，因废碱中含有大量的氨，在加盐酸中和时，产生大量的氯化铵随盐水进入电解槽，产生三氯化氮。三氯化氮随着产品氯气经过喷水冷却，硫酸干燥等过程，虽有部分被分解，但是大部分未被分解的三氯化氮随氯气进入液化系统，被液化的三氯化氮分布在液氯的贮罐、热交换器等设备中。在生产运行过程中，由于液体氯气不断的气化，使三氯化氮逐渐积累起来（液氯气化温度为 -34°C ，而三氯化氮气化温度为 71°C ）。在倒换热交换器时，积存有三氯化氮的热交换器停止使用，但是气体氯仍从热交换器管中经过，由于气氯温度较高，使热交换器管间残余的液氯进一步蒸发，最后在管间留下的基本上都是三氯化氮了。三氯化氮继续受热，导致系统的大爆炸。

2. 低沸点介质进入高温系统气化超压爆炸

低沸点介质常见的有水及某些有机溶剂类，这些物质在常温常压下呈液态，且用量大。尤其是水几乎每一个生产工艺过程都要接触到。有机溶剂多数具有燃烧爆炸的危险性，在高温系统可能气化超压发生爆炸。任何液体在其温度超过沸点时，都会发生相变，生成蒸气，但是低沸点介质由于沸点较低，可能达到沸点温度的机会较多，因此发生这种事故的机会就较多。

水及其他低沸点液体如果突然进入高温物料系统，高温加热系统或者高温热载体系统等，都会发生上述事故。某炼油厂催化裂化装置在开车过程中，由于操作失误将分馏塔底部

扫线冷凝水打入回炼油罐，水接触到300°C高温的油立即气化，系统超压爆炸，高热油喷出后，遇到明火发生燃烧。

某氯矽厂农药五氯酚钠生产装置，水解反应釜采用联苯醚作为热载体进行加热，由于夹套内联苯醚回流管高出夹套底部15毫米，运行使用中又未及时发现，在一次联苯炉作水压试验时，进入的水放不净，造成夹套底部积水，此水解反应釜投入运行时，高温的联苯醚（240°C以上）进入水解釜的夹套，水温逐渐升高，当水到达沸点温度时突然气化超压爆炸。

某厂烷基化生产中，由于循环酸浓度下降，准备从酸罐向酸烃分离罐补充新酸，在用泵打酸时，由于泵刚启动上料不稳，酸烃分离罐的烃类（压力5公斤/厘米²）通过酸泵倒串入新鲜酸罐，烃类在酸罐中因压力骤降而急剧气化，从检测口喷出时静电起火。

槽车在注入温度稍高于100°C热沥青时，泵坏了。槽车不得不到另一个放料口继续灌装。此时槽内沥青因温度下降沥青表面积存部分冷凝的水，当热的沥青（高于100°C）进入槽内时，冷凝水立即气化，将热沥青喷出槽车外。

油用蛇管加热器加热除去水份，但是，开始忘了开搅拌，当加热一段时间之后才发现。此时密度比油大的水沉积在容器的底部，因处在加热蛇管的下面，仍然是冷的，而油已被加热超过100°C，当开动搅拌时，冷水与热油接触，立即气化突沸，使大量的油随着水蒸气从开着的入孔冲出。（注：即使操作人员不开动搅拌也能发生上述事故，因为一部分水到时候也会通过传导被加热到沸点，沸腾过程中引起激烈混合也会导致同样的结果。）

当腊油装满罐时，会全部冻结。如在罐下部通蒸汽加热使其熔化，因上部腊油仍处在冻结状态，形成密封，当下部油温继续升高，则会使油体积膨胀，若底部混有水则会使水气化，造成密封层下压力上升，严重的造成罐体爆裂。故通蒸汽熔化腊油应从上部开始，使热量逐渐传导至整个油罐，避免形成上部密封。

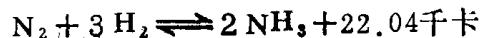
如果油中含水在底部冻结，采用蒸汽直接插入底部加热，罐底解冻后，随着温度的升高，水会大量气化造成突沸，喷出的油遇明火就会燃烧。

3. 温度超高反应激烈或介质分解

温度超高，不仅影响到化学反应速度，使某些反应过程产生更高的热量，而且可以使某些低沸点介质突然气化，某些不稳定物造成分解，某些物质在高热下发生热分解反应，结果导致系统压力升高，甚至引起超压爆炸。

一般来讲，化学反应速度随温度的升高而增加。经验证明，温度每升高10°C，反应速度大约增加2—4倍。温度升高，分子运动加快，分子间碰撞频率增加，某些正常分子获得能量而成为活化分子。活化分子百分数增加了，因而加快了反应速度。当这种反应速度人为的控制不了时就会造成事故。

我们知道，温度升高使平衡向吸热的一方移动，降低温度使平衡向放热的一方移动，例如：



合成氨是放热反应，升高温度使平衡向左移动，降低温度使平衡向右移动。

物质需要一定的贮存温度，贮存温度过高就有可能发生事故。

过氧化氢异丙苯是丙酮、苯酚生产装置的中间产物，这种物质和其他有机过氧化物一样，贮存温度过高就会发生事故。某生产装置检修后，由于操作失误，致使从蒸馏塔进入贮罐的过氧化氢异丙苯没有经过冷却，直接进入了贮罐，造成罐内物料温度升高，后来虽然检查

出了问题，但由于贮罐设计有缺陷，冷液进入后不能和热液进行热交换直接短流进入另一台装置，装置又没有备用的降温措施和防爆泄压装置，当贮存温度达到140℃以上时，罐内压力急剧上升，发生爆炸和燃烧。

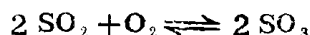
联苯混合物作为热载体运行过程中，由于加热炉管道被结焦物堵塞，局部温度升高，加上控制仪表失灵未能及时发现，致使联苯混合物受高温分解，生成部分氢气、氧气、苯、二甲苯等，系统压力升高，引起管道爆炸，可燃物喷出并燃烧。

4. 参加反应物料浓度发生变化导致事故

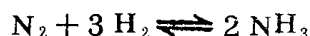
物料配比、投料量、投料速度、投料顺序，甚至投料温度等，都影响和决定了参加反应的物料浓度。而参加反应的物料浓度对反应速度又有极大的影响。在一般情况下，化学反应速度与各反应物浓度的乘积成正比。对某一反应而言，在一定的温度下，活化分子的百分数是一

定的。单位体积内活化分子数($\frac{\text{活化分子数}}{V_{\text{体积}}}$)与单位体积内反应物分子总数($\frac{\text{反应物分子总数}}{V_{\text{体积}}}$)

成正比，即与反应物浓度成正比。浓度越大，单位体积内活化分子数越多，使单位时间内有效碰撞次数增加，反应速度加快。当反应达到平衡以后，改变体系中某一种或数种物质的浓度，则平衡遭到破坏而移动。例如：



增加O₂的浓度（过量的氧）使平衡向右移动，又如：



降低NH₃的浓度（不断从混合气体中分离出NH₃），使平衡向右移动。

苯酚和苛性钠反应，在没有搅拌的情况下，由于密度不同产生分层，当搅拌器开动时，发生强烈反应，反应热不能及时导出，导致大量反应物从反应器内喷出。

苯与浓硫酸混合进行磺化反应，物料进入后，由于晚开了搅拌，放热骤增，超过了反应器的冷却能力，反应器内的苯很快气化，导致塑料排气管破裂，可燃性蒸气排入厂房内遇明火燃烧。

硝基苯酚和碱液反应，放热量的大小取决于碱液的浓度。若将稀碱液变成浓碱液，就会反应剧烈，反应热骤增，引起超压爆炸。某厂硝基酚钠生产装置，由于配料中碱液中没加水稀释，在和硝基酚发生反应时引起了一次大爆炸。

乙炔加氢反应中，如果氢气过量，则可以造成局部过热，进一步引起生成的乙烯裂解，放出更多的热量，使系统内温度急剧增高，引起燃烧或爆炸。

生产联大茴香胺盐酸盐的邻硝基苯甲醚还原过程，使用锌粉和液碱反应作还原剂，由于锌粉粒度大，活性差，反应慢，锌粉加量过多，造成堆积，当反应条件具备时，短时间内产生大量的热量，进一步引起剧烈地反应，使不稳定的中间体——氧化偶氮苯醚自燃（自燃点150℃），接着又使氢气爆炸起火。

在烷基苯生产中，采用原料是苯、三氯化铝和二烯烃，投入原料后发现反应温度不正常，温度偏低，没有采取通蒸汽补热的办法使反应正常起来，而是继续投完全部原料再去补热，由于原料增多，结果反应激烈，发生爆炸。

在航空液压油酸硷精制装置中用浓硫酸处理时，由于酸浓度过高，造成超温喷油，酸性油和酸渣落在电器线路上短路引起着火。

5. 液化气受热气化超压