



危险化学品企业安全管理丛书



危险化学品泄漏 预防与处置

WEIXIAN HUAXUEPIN XIELOU
YUFANG YU CHUZH

崔政斌 赵海波 编著

非外借



化学工业出版社



危险化学品企业安全管理丛书

危险化学品泄漏 预防与处置

崔政斌 赵海波 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《危险化学品泄漏预防与处置》是《危险化学品企业安全管理丛书》的一册，全书围绕“泄漏”这个危险化学品企业的“大敌”进行了阐述。书中就泄漏的分类、分级、检测等给出了答案，并就泄漏的预防、堵漏、消漏给出了措施，特别是针对危险化学品企业阀门泄漏、管道的泄漏问题进行了详尽的探讨；书中还对危险化学品企业泄漏的应急救援给出了措施和方法。

《危险化学品泄漏预防与处置》可供危险化学品企业员工、安全员、工程技术人员和管理干部在工作中使用，也可供有关院校的师生在教学中参考。

危险化学品泄漏预防与处置

图书在版编目(CIP)数据

危险化学品泄漏预防与处置/崔政斌, 赵海波编著.
北京: 化学工业出版社, 2018. 4
(危险化学品企业安全管理丛书)
ISBN 978-7-122-31647-9

I. ①危… II. ①崔…②赵… III. ①化工产品-危险
品-泄漏-防治 IV. ①TQ086.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 041314 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 边涛

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 13½ 字数 257 千字 2018 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

序言

我国是危险化学品生产和使用大国。改革开放以来，我国的化学工业快速发展，已形成了包括化肥、无机化学品、纯碱、氯碱等产业规模，可生产 45000 余种化学产品。我国的主要化工产品产量已位于世界第一。危险化学品的生产特点是：生产流程长，工艺过程复杂，原料、半成品、副产品、产品及废弃物均具有危险特性，原料、辅助材料、中间产品、产品呈三种状态（气、液、固）且互相变换，整个生产过程必须在密闭的设备、管道中进行，不允许有泄漏，对包装物、包装规格以及储存、运输、装卸有严格的要求。

近年来，我国对危险化学品的生产、储存、运输、使用、废弃制定和颁发了一系列的法律、法规、标准、规范、制度，有力地促进了我国危险化学品的安全管理，促使危险化学品安全生产形势出现稳定好转的发展态势。但是，我国有 9.6 万余家化工企业，其中直接生产危险化学品的企业就有 2.2 万余家，这些企业导致危险化学品重大事故的情况还时有发生，特别是 2015 年天津港发生的“8·12”危险化学品特别重大火灾爆炸事故，再次给我们敲响了安全的警钟。

在这样一种背景下，我们感到很有必要组织编写一套《危险化学品企业安全管理丛书》，以此来引导、规范危险化学品企业在安全管理、工艺过程、隐患排查、安全标准化、应急救援、储存运输等过程中，全面推进落实安全主体责任，执行安全操作规程，装备集散控制系统和紧急停车系统，提高自动控制水平，确保企业的安全生产。

本套丛书共有 7 个分册，分别是：《危险化学品企业安全管理指南》《危险化学品企业工艺安全管理》《危险化学品企业隐患排查治理》《危险化学品企业安全标准化》《危险化学品企业应急救援》《危险化学品运输储存》《危险化学品泄漏预防与处置》。这 7 个分册就当前危险化学品企业的安全管理、工艺安全管理、隐患排查治理、安全标准化建设、应急救援、运输储存、泄漏预防与处置作了详尽的阐述。可以预见的是，这套丛书的出版，会对我国危险化学品企业的安全管理注入新的活力。

本套丛书的作者均是在危险化学品企业从事安全生产管理、工艺生产管理、储存运输管理的专业人员，他们是危险化学品企业安全生产的管理者、



实践者、维护者、受益者。他们有丰富的第一线生产安全管理经验。因此，本套丛书是实践性较强的一套专业管理丛书。

本套丛书在编写、出版过程中，得到了化学工业出版社有关领导和编辑的大力支持和悉心指导，在此表示衷心的感谢。

丛书编委会

泄漏是化工企业发生火灾、爆炸、中毒事故的主要原因。据有关统计,泄漏引起的事故占到危险化学品事故总量的60%以上。为有效防范危险化学品泄漏事故发生,2014年国家安全生产监督管理总局以安监总管三〔2014〕94号发出《关于加强化工企业泄漏管理的指导意见》的通知。针对《指导意见》的要求,危险化学品企业如何从自身实际出发,在生产运行中把握安全生产的命脉,这是每一位企业安全管理者应该思考的重要问题。笔者认为,可以从以下三个方面进行考虑。

第一,优化设计控制泄漏源头。通过优化设计,可以预防和控制泄漏的发生。因此,危险化学品企业在设计阶段,要全面识别和评估泄漏风险,从源头采取措施控制泄漏危害。

第二,阀门提质降低泄漏风险。阀门是化工生产中不可缺少的部分,使用的阀门种类多、数量大。在实际生产中,大部分阀门泄漏是看不到的,当阀门泄漏时,不仅会造成严重的原材料、能量和产品的浪费,而且会对环境造成严重威胁,甚至引发严重的安全事故。在近30年世界石油化工行业100起特大火灾爆炸事故中,因阀门和管道泄漏引发的事故比率为35.1%。因此,提高阀门制造与检测水平,对降低危险化学品泄漏风险至关重要。防止和消除阀门泄漏,首先要在阀门制造上抓好品质关,提高对品质的掌控水准,在阀门设计选型上注重优化。目前,O形密封圈等成型填料在阀门上应用普遍,采用合适的填料密封及填料密封组合,可以提高阀门使用的可靠性,延长阀门的使用寿命。如柔性石墨环填料的组合使用,就比单纯的柔性石墨环填料的密封效果好。目前国内用单纯的柔性石墨环填料的情况比较多,而国外对柔性石墨环填料组合的使用已开始流行,并且取得了良好的安全效果。在危险化学品生产中,大量易挥发有机化合物都是通过阀门逸出泄漏的,因此对阀门特别是阀杆进行有效密封,是控制易挥发有机化合物逸出的关键。

第三,科学密封防止事态扩大。在危险化学品企业化工用泵特别是高温热油泵上,机械密封是最脆弱、最容易出故障的部件。近年来,危险化学品企业发生多起高温热油泵泄漏着火事故。据调查,在石油化工业用泵的维修中,机械密封的维修占维修工作的50%左右,密封问题是高温泵日常管理的重点及难点。由于实际生产中工况变化、机泵更新等原因,密



封在设计选型方面需要不断改进，充分兼顾润滑、散热，有时需要多次试验，才能达到理想效果。防范密封泄漏，在部分高温泵部位还要加强监测，并增加应急设施的投入，如出入口增加紧急切断阀门、视频监控、泄漏气体报警以及自动消防设施等，一旦发生泄漏控制不住局势时，可以马上启动应急设施，防止事态扩大化。

基于以上的思考，我们认为很有必要编写一本关于危险化学品企业防泄漏的专著，以此来引导企业广大从业人员和管理者，在生产过程中注重防泄漏工作的科学性、实用性、针对性、持久性。通过努力，编写出这本《危险化学品泄漏预防与处置》。本书在生产实践的基础上，通过发生的各类泄漏事故的深刻教训，有针对性地编写了七章内容。第一章：概论；第二章：泄漏治理的方法与措施；第三章：各类物料及设备防泄漏安全技术；第四章：泄漏检测技术及其应用；第五章：常用阀门原理及使用方法；第六章：泄漏处置与带压堵漏；第七章：危险化学品泄漏应急措施。为危险化学品企业防泄漏工作提供一些参考方法与措施。

本书在编写过程中得到了化学工业出版社有关领导和编辑的关心和指导，在此表示衷心的感谢。

本书得到了张堃、崔敏、陈鹏、戴国冕等同志的大力支持，在此表示诚挚的谢意。在写作过程中也得到了周礼庆、张美元、胡万林、刘炳安等领导的悉心指导，在此一并表示感谢。感谢崔佳、杜冬梅二位研究生提供了大量的资料。还要感谢石跃武同志的文字输入、范拴红同志的文字校对。

编著者

2018年1月于山西朔州

第一章 概论	1
第一节 泄漏的定义及分级	1
一、定义	1
二、分类	1
三、危害	1
四、液体泄漏分级	1
五、气体危险化学品泄漏分级	2
六、真空设备（管道）泄漏分级	3
七、易燃易爆粉体泄漏分级	3
八、内漏的分类	3
九、泄漏的危害	4
第二节 泄漏管理的基本要求	4
一、设计要求	4
二、施工要求	4
三、人员要求	5
四、管理要求	5
第三节 预防泄漏的基本措施	6
一、提高认识，加强管理	6
二、从源头上、本质上消除泄漏隐患	7
三、做好设备监测，预测泄漏趋势	8
四、正确使用和维护保养设备	10
五、设置防护监控设施，保障安全生产	14
六、美国石油和油品泄漏预防措施	16
第二章 泄漏治理的方法与措施	19
第一节 泄漏产生的原因	20
一、自然原因	20
二、密封失效导致泄漏	20



三、设备本身的缺陷导致泄漏·····	20
四、异常工况导致泄漏·····	20
五、人的因素导致泄漏·····	20
六、交通运输事故导致泄漏·····	21
七、战争导致泄漏·····	21
第二节 泄漏的常用检测技术·····	21
一、泄漏检测的一般方法·····	22
二、泄漏检测仪的选择·····	23
三、漏点·····	23
第三节 堵漏技术与方法·····	24
一、焊接堵漏·····	24
二、带压堵漏·····	27
三、化工常用容器泄漏治理技术·····	31
第三章 各类物料及设备防泄漏安全技术 ·····	41
第一节 油桶和化学品容器泄漏的预防·····	41
一、油品的分类·····	41
二、铁桶、钢桶的泄漏·····	41
三、油桶的储存·····	42
四、油桶的装卸和搬运·····	44
五、油桶的分装·····	45
六、正在泄漏或已经泄漏的油桶的储存和转运·····	45
七、油桶和化学品桶的二次围堵防泄漏·····	46
八、危险化学品储存的安全要求·····	46
九、化学品仓库的管理·····	53
十、天然气泄漏的处置技术·····	56
十一、液化石油气设备泄漏安全技术·····	60
十二、液化天然气泄漏与扩散安全技术·····	67
第二节 设备防泄漏安全技术·····	70
一、换热器防泄漏安全处理技术·····	70
二、化工泵防泄漏的密封应用技术·····	73
三、氨储罐泄漏事故安全处置技术·····	74
第四章 泄漏检测技术及其应用 ·····	78
第一节 油气管道泄漏检测技术·····	78

一、放射性示踪剂检测	78
二、体积或质量平衡法	82
三、负压波法	83
四、压力点分析 (PPA) 法	85
五、压力梯度法	86
六、小波变换法	87
七、互相关分析法	87
八、基于瞬变流模型的检漏法	88
九、应力波法	88
十、基于状态估计的方法	88
十一、基于系统辨识的方法	89
十二、基于神经网络的方法	89
十三、统计检漏法	89
十四、水力坡降线法	90
十五、检漏方法性能指标	90
第二节 城市燃气管道泄漏的检测	92
一、燃气管道泄漏的危害性	92
二、燃气管道泄漏的原因	93
三、泄漏检测方法	95
第三节 法兰泄漏的检测和处理方法	100
一、普通夹具堵漏法	100
二、局部堵漏法	100
三、法兰付全密封方法	101
四、焊 (镶嵌) 软铅法兰夹具	101
五、填料充填法兰夹具	101
六、用顶压注射法消除泄漏	102
七、危险化学品企业泄漏的检测	102
第五章 常用阀门原理及使用方法	105
第一节 化工常用阀门的原理及种类	105
一、阀门的作用	105
二、阀门的种类	106
三、阀门的主要参数	107
四、阀门使用前的检查	107

五、阀门使用过程中常出现的问题	108
六、化工常用阀门的特点及使用注意事项	109
第二节 阀门的密封原理、分级及选用等级	121
一、阀门密封性原理	121
二、影响阀门密封的主要因素	122
三、国内外阀门密封等级的选用及分类标准	124
第三节 阀门泄漏的原因及解决方法	126
一、阀门发生泄漏的原因分析	127
二、防止泄漏的主要措施	128
第六章 泄漏处置与带压堵漏	130
第一节 泄漏处置	130
一、泄漏源处置	130
二、泄漏介质处置	132
三、清理泄漏现场	136
四、处置行动	137
五、洗消	139
第二节 带压堵漏安全技术	143
一、带压堵漏的概念	143
二、风险控制	148
三、带压堵漏密封作业安全注意事项	150
第七章 危险化学品泄漏应急措施	153
第一节 危险化学品泄漏的一般处置程序	153
一、侦检	153
二、警戒	153
三、处置	153
四、洗消	154
五、输转	154
第二节 危险化学品泄漏处置方法	154
一、关阀断源	155
二、开阀导流	155
三、堵漏	155
四、洗消	156

五、灭火剂灭火	161
第三节 各种危险品泄漏事故的处置	162
一、爆炸品	162
二、压缩气体和液化气体	163
三、易燃液体	164
四、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品	164
五、氧化剂和有机过氧化物	165
六、有毒品	166
七、放射性物品	166
八、腐蚀品	166
第四节 危险化学品泄漏安全事故抢险应急	167
一、危险化学品泄漏的特点	167
二、危险化学品泄漏事故抢险应急	170
三、危险化学品泄漏应急防护	174
四、危险化学品泄漏事故专项应急预案（范本）	175
附录	183
附录一 危险化学品泄漏初始隔离和防护距离一览表	183
附录二 与水反应产生有毒气体的物质一览表	199
参考文献	204

第一章

概论

第一节 泄漏的定义及分级

一、定义

泄漏是指工艺介质的空间泄漏（外漏）或者一种介质通过连通的管道或设备进入另一种介质内（内漏）的异常状况。

二、分类

根据危险化学品、易燃易爆油品、易燃易爆粉体泄漏可能导致的结果不同将泄漏分为易燃易爆介质泄漏和有毒有害介质泄漏两种。

三、危害

易燃易爆介质泄漏可导致火灾、爆炸等恶性事故；有毒有害介质泄漏可导致职业病、中毒、窒息、死亡等事故。

四、液体泄漏分级

液体危险化学品和易燃易爆油品泄漏分为轻微泄漏、一般泄漏、严重泄漏和不可控泄漏四级。

1. 轻微泄漏

指静密封点的渗漏（无明显液滴）和滴漏（大于5分钟1滴）以及动密封点每分钟滴漏超过指标5滴以内。

轻微泄漏一般是因法兰密封面或垫片失效、阀门不严或密封失效或管线、设备上存在微小砂眼等导致的物料轻微外漏。轻微泄漏因泄漏量少，冷却散发快，一般不会导致着火、爆炸等事故；轻微内漏会导致高压侧介质对低压侧介质的轻微污染。

2. 一般泄漏

指静密封点泄漏的液滴小于0.5滴/s，但尚未形成连续液滴的状态，或动密封点每分钟滴漏超过指标5滴以上。

一般泄漏会形成累积，落到高温管线或设备上可引起冒青烟或小火，短时间内一般不会造成较大危害；一般内漏会导致高压侧介质对低压侧介质的较小污染。

3. 严重泄漏

指静密封点泄漏的液滴大于等于 0.5 滴/s，并达到了液滴成线的状态，或动密封点每分钟滴漏超过指标 10 滴以上。

严重泄漏可能会引发火灾，并导致周边管线、设备损坏，从而导致更大的火灾事故；严重内漏会导致高压侧介质对低压侧介质的较大污染。

4. 不可控泄漏

指因为密封失效或者管线设备严重腐蚀穿孔、断裂导致的危险化学品突然间大量泄漏的情况。

不可控泄漏会因泄漏介质或周边环境不同导致重大火灾、爆炸、人员窒息、中毒死亡等恶性事故的发生。特别严重时，还会对周边居民、厂矿企业、机关学校等造成严重威胁；不可控内漏会导致高压侧介质对低压侧介质的严重污染。

五、气体危险化学品泄漏分级

气体危险化学品泄漏分为一般泄漏、严重泄漏和不可控泄漏三级。

1. 一般泄漏

指管线、设备上有气体泄漏，用可燃气体和有毒有害气体检测仪能够检测出，但尚未达到超标的情况。

一般泄漏短时间不会造成中毒、窒息或者爆炸等事故，但若不及时处理，则有可能导致泄漏增大，并引发着火、爆炸、中毒和窒息事故。一般内漏会导致高压侧气体介质进入低压侧介质中，并轻微污染低压侧介质。

2. 严重泄漏

指管线、设备上有气体泄漏，用可燃气体和有毒有害气体检测仪检测，达到超标的情况。

严重泄漏根据泄漏气体的性质不同，有可能造成人员中毒、窒息及空间闪爆事故。严重内漏一般会导致高压侧气体介质大量进入低压侧介质中，并污染低压介质，或者导致气体从冷却介质中突然析出，引起爆炸、人员中毒或窒息。

3. 不可控泄漏

指因为密封失效或者管线、设备严重腐蚀穿孔、断裂，致使气态危险化学品突然间大量泄漏的情况。

不可控泄漏根据泄漏气体的性质不同可造成剧烈闪爆、严重火灾、人员中毒或窒息死亡等恶性事故，可能对周边居民、厂矿企业、机关学校等形成严重威

胁，导致群死群伤或大面积人员中毒情况。

惰性气体泄漏分级参照危险化学品气体泄漏标准。

六、真空设备（管道）泄漏分级

一般指空气进入真空设备（管道）内部，属于气体泄漏的一种。根据其可能导致的后果分为一般泄漏和严重泄漏两种情况。

1. 一般泄漏

是指真空泄漏导致设备（管道）内真空度达不到操作要求，但进入设备内的空气对生产安全不构成威胁或设备内含氧量低于可构成爆炸环境最小含氧量的20%（含）时，认定为一般泄漏。

2. 严重泄漏

是指真空泄漏导致设备内的含氧量高于可构成爆炸环境最小含氧量的20%时，认定为严重泄漏。

七、易燃易爆粉体泄漏分级

易燃易爆粉体泄漏分为一般泄漏、严重泄漏和不可控泄漏三级。

1. 一般泄漏

指易燃易爆粉体未明显从设备、管线中泄漏，但造成周边环境易燃易爆粉体明显堆积。

2. 严重泄漏

指易燃易爆粉体明显地从设备、管线中漏出，但并未达到该介质的爆炸下限且易燃易爆粉体堆积最大厚度小于5mm（受限空间堆积最大厚度小于2mm），或者泄漏堆积面积小于受限空间水平截面积的20%。

3. 不可控泄漏

指易燃易爆粉体从设备、管线中漏出，并达到或超过该介质的爆炸下限或者易燃易爆粉体堆积最大厚度大于等于5mm（受限空间堆积最大厚度大于等于2mm），或者泄漏堆积面积大于等于受限空间水平截面积的20%。

八、内漏的分类

1. 阀门内漏

指因杂质堵塞、卡塞、阀芯磨损、内密封破损等原因导致阀门关闭不严，介质流量和流向得不到有效控制。

2. 冷换设备内漏

冷换设备密封面或换热管、板因焊接质量或腐蚀造成开裂、断裂、局部减薄

穿孔等，使得高压侧物料进入低压侧，污染低压侧物料。

3. 介质互串

指两种或两种以上介质在流程设置上均能够进入同一管道或设备中，实际操作中不允许同时进入或混合比例有严格限制，但因某种原因不同介质进入了同一管道、设备中或混合比例超标的情况。

九、泄漏的危害

危险化学品泄漏会严重威胁人民群众的生命安全，造成巨大的经济损失，使生态环境受到破坏，还会影响社会稳定。

第二节 泄漏管理的基本要求

一、设计要求

在危险化学品装置设计阶段，应选择具有相关行业国家甲级设计资质，并具有类似（同类）装置相同业绩的设计单位进行设计，确保生产装置的设计水平。在煤化工装置设计中，应综合考虑压力容器和压力管道以及相关转动设备的操作条件及介质腐蚀特性，并按照相关选材规范根据实际情况按上限或升级考虑设备选材和规格，以提高煤化工装置的可靠性。

优化设计以预防和控制泄漏。在设计阶段，要全面识别和评估泄漏风险，从源头采取措施控制泄漏危害。要尽可能选用先进的工艺路线，减少设备密封、管道连接等易泄漏点，降低操作压力、温度等工艺条件。在设备和管线的排放口、采样口等排放阀设计时，要通过加装盲板、丝堵、管帽、双阀等措施，减少泄漏的可能性，对存在剧毒及高毒类物质的工艺环节要采用密闭取样系统设计，有毒、可燃气体的安全泄压排放要采取密闭措施设计。

二、施工要求

在危险化学品装置建设施工阶段，应选择具有中华人民共和国住房和城乡建设部（以下简称住建部）颁发的相关工程一级资质和相关专业一级资质，以保证装置施工质量。

在危险化学品装置建设施工阶段，应选择具有住建部颁发的工程监理企业资质证书（甲级）的监理单位代表业主对工程进行日常管理，确保施工安全和施工质量。

危险化学品装置设备、材料采购上要严把质量关，确保所采购的设备、材料质量合格。

三、人员要求

多数泄漏是由于人员失误、设备故障或自然现象造成。人员失误包括缺乏培训、不完善的设计、不正确的操作程序及粗心等，所有这些都导致工艺和操作问题；设备故障包括泄漏、故障控制、破裂及停电；自然现象包括闪电、暴雨和洪水。当进行工艺设计或试验时必须考虑到所有的这些可能的原因。

建立和不断完善泄漏检测、报告、处理、消除等闭环管理制度。建立定期检测、报告制度，对于装置中存在泄漏风险的部位，尤其是受冲刷或腐蚀容易减薄的物料管线，要根据泄漏风险程度制定相应的周期性测厚和泄漏检测计划，并定期将检测记录的统计结果上报给企业的生产、设备和安全管理部门，所有记录数据要真实、完整、准确。企业发现泄漏要立即处置、及时登记、尽快消除，不能立即处置的要采取相应的防范措施并建立设备泄漏台账，限期整改。加强对有关管理规定、操作规程、作业指导书和记录文件以及采用的检测和评估技术标准等泄漏管理文件的管理。

在危险化学品装置生产准备过程中，应根据工程进度提前制订压力管道和设备的打压试验方案、系统吹扫方案、单机试车方案、联动试车方案、各类气密方案、热膨胀监测方案等等。装置“三查四定”阶段要组织人员对所有的动、静密封点进行检查，并做好记录。

在危险化学品装置开工前，应编制详细的开工方案，对升温、升压等操作进行详细的规定；同时下发生产单位主管技术或生产的领导签发的工艺卡片，并严格执行，确保装置在开工和正常生产过程中运行平稳，避免大幅度的温度和压力变化造成的泄漏；生产技术管理部门应制订工艺防腐方案，做好装置防腐蚀工作。

危险化学品生产单位应加强设备防腐蚀管理，明确装置防腐蚀重点部位及监测方案，及时消除因设备腐蚀导致的泄漏事故的发生。

危险化学品生产单位应加强密封点防泄漏管理，制订相关制度和日常管理考核办法，努力降低密封点泄漏率。

针对可能发生严重泄漏和不可控泄漏的情况进行辨识，加强日常维护和检查，制订相应的应急处置方案，确保在发生严重泄漏或不可控泄漏时不发生次生事故。

四、管理要求

危险化学品生产单位应根据内部分工，由生产技术管理部门牵头制订防内漏管理办法。加强日常生产管理，发现内漏及时处理。同时，制订因设备内漏导致的紧急停工处置方案。

危险化学品生产单位应采用先进技术和泄漏检测设备，对一般泄漏情况进行日常检查，确保做到早发现、早治理，防止泄漏扩大。