

论著 DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2023.05.018

· 调查研究 ·

50 起危险化学品常压储罐事故分析

Analysis of 50 accidents in atmospheric storage tanks for hazardous chemicals

陈思强, 王金玮, 胡训军

CHEN Siqiang, WANG Jinwei, HU Xunjun

上海市应急管理事务和化学品登记中心, 上海 200020

摘要:目的 了解危险化学品常压储罐事故规律特征,为预防事故发生提供依据。方法 收集我国 2000—2022 年间发生的 50 起有完整事故调查报告的危险化学品常压储罐事故,按事故的基本信息(事故类型、等级、周期阶段)、发生地区、发生时间、事故原因等方面进行统计分析。结果 50 起事故共造成 136 人死亡(含 1 人失踪),154 人受伤,直接经济损失 38 620.64 万元。其中火灾爆炸事故最多(44 起,占 88%),一般和较大事故合计占比 92%,运行和维护阶段发生事故合计占比 90%,事故原因中人和管理因素占比最高(占 72%),储存易燃液体的常压储罐引发事故最多(占 90%)。春季(3 月—5 月)、夏季(6—8 月)两季是事故高发期。8—12 时和 12—16 时是发生事故较多的时段,构成比均为 36%。结论 降低危险化学品常压储罐事故应重点提升对人和管理因素的重视,强化落实安全生产责任和安全操作规程,加强人员管理、教育培训(包括外来人员)和储罐检查检验。

关键词:危险化学品;常压储罐;火灾爆炸事故;原因;对策措施

中图分类号: R136;X928

文献标志码: A

文章编号: 1007-1326(2023)05-0599-04

引用:陈思强,王金玮,胡训军. 50 起危险化学品常压储罐事故分析[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(5):599-602.

常压储罐是指正压力低于 0.1 MPa、真空度高于 0.02 MPa 的立式圆筒型储罐、地上卧罐、高台架上储罐以及地下、半地下储罐等,冷冻式低温储罐、移动式储罐、缓冲罐、中间罐等除外^[1]。危险化学品是指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质,对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品^[2]。本研究中的危险化学品常压储罐(以下简称“危化品常压储罐”)是指工作压力小于 0.1 MPa(罐顶表压),盛装介质最高工作温度小于其标准沸点的危险化学品液体地上金属储罐(冷冻式低温储罐、移动式储罐、缓冲罐、中间罐等除外)。危化品常压储罐储存的物料具有易燃、有毒、腐蚀等特性,一旦泄漏极易发生火灾、爆炸、中毒、灼伤等事故,往往造成人员伤亡、环境污染等严重后果。本研究拟对 2000—2022 年有完整事故报告的 50 起危化品常压储罐事故情况进行统计分析,并提出相应的安全措施,以便为相关行业监管部门和储罐使用单位提供决策参考。

1 资料与方法

1.1 资料来源

作者简介:陈思强(1971—),男,大学本科,工程师

事故数据的来源包括应急管理部官方网站^[3]、上海市应急管理局官方网站^[4]、安全管理网^[5]等。收集了我国 2000—2021 年期间发生,且有完整事故调查报告的危化品常压储罐事故案例共 50 起。

1.2 方法

对收集到的危化品常压储罐事故按照事故的基本信息(事故类型、等级、周期阶段)、发生地区、发生时间、事故原因等进行分类统计。事故类型参照 GB 6441—1986《企业职工伤亡事故分类》分类^[6],事故等级参照《生产安全事故报告和调查处理条例》判断^[7],事故原因参照 GB/T 13861—2022《生产过程危险和有害因素分类与代码》分析^[8],事故全生命周期阶段参照 GB/T 37327—2019《常压储罐完整性管理》界定^[9]。事故类型、等级、周期阶段和事故原因分类等均由 2 名专业技术人员讨论确定。

2 结果

2.1 基本情况

50 起事故共造成 136 人死亡(含 1 人失踪),154 人受伤,直接经济损失 38 620.64 万元。其中一般事故最多(24 起),其次为较大事故(22 起),两类事故合计占比为 92%。按事故等级来看,以一般事

故引起人员伤亡最多。按事故类型来看,以火灾爆炸类事故为主(占 88%),造成最多人员伤亡,直接经济损失也最高。见表 1。

表 1 50 起危化品常压储罐事故基本情况

事故特征	事故起数	占比/%	死亡人数	受伤人数	直接经济损失/万元
事故等级					
特别重大事故	1	2	1	1	22 330.19
重大事故	3	6	34	12	618.39
较大事故	22	44	89	118	13 291.60
一般事故	24	48	12	23	2 380.46
事故类型					
火灾爆炸	44	88	119	134	37 724.64
中毒和窒息	3	6	9	4	896.00
高处坠落	2	4	2	3	0
灼烫	1	2	6	13	0
合计	50	100	136	154	38 620.64

2.2 事故周期阶段分布

危化品常压储罐全生命周期包括设计、施工、运行、维护、报废阶段。50 起危化品常压储罐事故发生在施工、运行、维护 3 个阶段,分别发生 5 起(占 10%)、23 起(占 46%)和 22 起(占 44%),其中运行和维护阶段发生事故合计占比 90%。

2.3 事故发生地域分布

辽宁、山东、浙江三省发生危化品常压储罐的事故较多,共占事故总数的 50%。事故起数排序,发生事故的地区依次如下:山东、辽宁各 10 起(占 20%),浙江 5 起(占 10%),上海 4 起(占 8%),河南、河北、江苏各 3 起(各占 6%),江西、广东各 2 起(各占 4%),其他 8 起(占 16%,其中吉林、四川、山西、青海、贵州、甘肃、新疆、黑龙江各 1 起)。

2.4 事故发生时间分析

2.4.1 年份分析

近年来危化品常压储罐事故时有发生,各年事故发生无明显规律。其中 2007 年与 2020 年事故数量最多,分别占事故总数的 14%和 12%。见图 1。

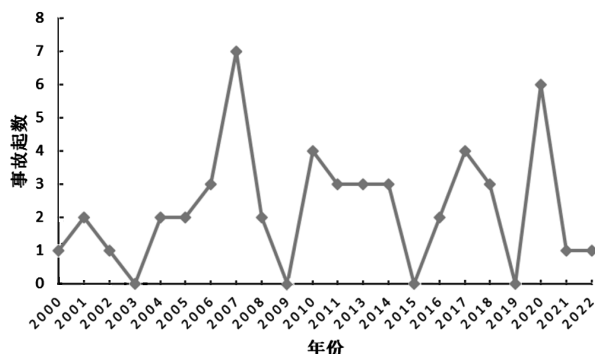


图 1 50 起危化品常压储罐事故案例年份分布情况

2.4.2 月份分析

统计发现,每年年末和年初发生的事故较少,5 月—8 月是事故高发期。按季节分,春季(3 月—5 月)、夏季(6 月—8 月)两季是事故高发期。具体情况如下:3 月—5 月 17 起(占 34%),6 月—8 月 18 起(占 36%),9 月—11 月 7 起(占 14%),12 月—翌年 2 月 8 起(占 16%)。

2.4.3 时段分析

将 1 d 划分为 6 个时段,将事故案例按时段划分进行统计。统计发现:每天 8—12 时和 12—16 时是发生事故较多的时段,构成比均为 36%。见表 2。

表 2 50 起危化品常压储罐事故发生时段统计

事故时段	事故起数	占比/%
0—4 时	2	4
4—8 时	1	2
8—12 时	18	36
12—16 时	18	36
16—20 时	8	16
20—24 时	2	4
不详	1	2
合计	50	100

2.5 事故原因分析

依据 GB/T 13861—2022,生产过程中各种主要危险和有害因素分类包括:人的因素、物的因素、环境因素、管理因素。统计发现,人和管理因素,主要是设备设施缺陷,占比 72%;物和因素,主要是行为性危险有害因素(指挥错误、操作错误、监护失误)以及职业安全生产责任制、安全管理制度、操作规程未落实,占比 28%。见表 3。

表 3 50 起危化品常压储罐事故原因统计

危险有害因素分类	事故原因	事故起数	占比/%
物和因素	呼吸阀堵塞	1	2
	防雷设施缺陷、雷击	6	12
	电器非防爆	1	2
	壁板腐蚀物硫化亚铁自燃	2	4
	材料缺陷、焊接缺陷(擅自改变设计、钢材类型、不执行检验和验收)	1	2
	壁板结构缺陷(无资质设计和施工、不执行检验和验收)	1	2
	焊缝开裂	1	2
	踏梯平台钢板严重腐蚀	1	2
	小计	14	28
人和管理因素	违章指挥	3	6
	违章(违规)作业	29	58
	操作错误	4	8
	小计	36	72

2.6 危险化学品种类分析

按照《危险化学品目录(2015 版)》将危险化学品分为 28 小类的规定,对 50 起储罐事故中储存的危险化学品种类进行分类,其中易燃液体约占 90%、氧化性液体约占 2%、严重眼损伤/眼刺激类液体和皮肤腐蚀/刺激类液体分别占 2%和 6%。见表 4。

表 4 危险化学品种类分类情况

危险化学品分类	危险化学品品名	事故数量	占比/%	对应事故类型
易燃液体	原油、石脑油、苯、乙醇、易燃液体混合物等	45	90	火灾、爆炸、中毒、高处坠落(设施故障)
氧化性液体	氧化工作液(含过氧化氢)	1	2	爆炸
严重眼损伤/眼刺激	苯酚	1	2	爆炸
皮肤腐蚀/刺激	硫酸	3	6	灼烫、爆炸、高处坠落(设备故障)

2.7 特别重大事故和重大事故分析

参照 GB 6441—1986、GB/T 13861—2022、GB/T 37327—2019、《危险化学品目录(2015 版)》,对 4 起特别重大事故和重大事故进行分析,4 起事故发生在运行、维护两个环节,发生时间在夏、秋季,均储存易燃液体,事故主要原因均为违章(违规)作业。见表 5。

表 5 4 起特别重大事故、重大事故情况分析

序号	事故名称	年份	季节	事故类型	事故周期	储存危化品种类	后果	原因
1	大连中石油国际储运有限公司“7·16”输油管道爆炸火灾事故	2010	夏	特别重大事故	运行	原油	1 人失踪、1 人轻伤、大火持续燃烧 15 h,直接财产损失 22 330.19 万元	违规作业
2	新疆独山子在建原油储罐“10·28”爆炸事故	2006	秋	重大事故	维护	含苯及甲苯等有机溶剂	13 人死亡、6 人轻伤,损毁储罐浮顶面积达 850 m ²	违章作业
3	山东莒南县阜丰发酵有限公司酒精储罐爆炸事故	2004	夏	重大事故	运行	酒精	10 人死亡、6 人受伤	违章作业
4	山东省青州市潍坊弘润石油化工助剂总厂“7·2”柴油罐爆炸事故	2000	夏	重大事故	维护	柴油	10 人死亡、2 个 500 m ³ 油罐爆炸起火,直接经济损失 200 余万元	违章作业

3 讨论

近年来,国内危化品常压储罐事故多发,对人民群众的生命财产安全带来极大的影响。例如,2018 年上海赛科石油化工有限责任公司“5·12”其他爆炸较大事故,造成 6 人死亡,直接经济损失 1 166 万元^[10];2021 年,河北沧州市渤海新区南大港东兴工业区鼎睿石化有限公司“5·31”火灾事故,6 个储罐发生燃烧爆炸,火情持续 84 h,直接经济损失 3 872 万元^[11];2022 年,河南安阳市河南宇天化工有限公司“1·5”较大爆炸事故,造成 3 人死亡,直接经济损失 547.9 万元^[12]。可见,加强危化品常压储罐的安全管理迫在眉睫。

本研究发现,在 50 起事故中火灾爆炸类事故占绝大多数,5—8 月份是事故高发期。胡馨升等^[13]和张圣柱等^[14]分别分析了 2011—2015 年和 2016—2020 年全国化工和危险化学品事故,结果显示第二季度发生事故相对较多。本次调查也发现高温季节危化品常压储罐事故多发,与以上研究结果一致。有研究^[15]显示,当处于春夏交替时,事故的发生多归因于危险化学品本身性质。随着气温上升,液体危险化学品由于热胀冷缩,增加了泄漏的可能性,

且储罐的容量普遍较大,增大了事故风险^[16]。另外,温度较高时,从业人员的疲劳程度增加,易困倦,注意力不易集中,一旦发生意外,反应也相对迟钝,易发生操作失误。

沈洁等^[17]分析显示 2012—2020 年中国危险化学品仓储事故发生时段多集中于每天上午 9—10 时,而本研究也发现,每天 8—12 时和 12—16 时是发生危化品常压储罐事故较高的时段,其原因可能为一天中的主要工作集中在 8—16 时这个时段,增加了事故发生的可能性;而下午 12—16 时,作业人员易疲惫,注意力易分散,事故发生的可能性明显增加。20 时至第二天 8 时则发生事故最少,这可能与该时间段工作较少有关。

值得关注的是,辽宁、山东、浙江等三省地处沿海地区,化工产业在全国均名列前茅,危险化学品企业及储存的危险化学品数量庞大,三省发生危化品常压储罐事故占到全国事故总数的 50%,应引起使用单位及监管部门足够的重视。

事故原因分析中,人员和管理因素占比 70%以上,主要是未落实全员安全生产责任制,未严格执行安全生产规章制度和操作规程等。按照危化品常

压储罐全生命周期阶段分析,运行和维护阶段发生事故较多。危化品储罐立项前须经危险化学品建设项目安全条件审查(行政审批事项)、设计阶段须经危险化学品建设项目安全设施设计审查(行政审批事项),通过对设计阶段的严格管控来保证危化品常压储罐建成后的安全运行。项目建成须组织验收,危化品常压储罐运行阶段须申领危险化学品生产许可证或危险化学品经营许可证或危险化学品安全使用许可证。这些审批事项中,安全生产责任制、安全管理制度、安全操作规程等内容均为必备的重点内容。如有安全规章制度、操作规程,但却频频出现违章作业,发生事故,往往是规章制度落实存在缺陷,例如安全生产责任未落实、安全管理制度执行不力、奖罚不明、人员教育培训不足等。

同时,因设备设施缺陷因素导致事故发生占比近 30%,引发事故的原因,一是部分在用常压储罐制造不规范,设备老化现象严重。部分在用常压储罐生产厂家不明,或由使用单位自行组装,设计、施工、验收手续不全。部分在用常压储罐使用年限较长,罐体老化及检验维护情况不明。二是尚无适用的危化品常压储罐检验标准体系。目前,我国涉及常压储罐检验检测要求的标准不多,这些标准由不同部门提出,归口单位各不相同,检验要求较为分散,检验周期、检验内容不尽相同。国家尚未出台统一的常压储罐检验规定和检验周期的强制性要求,相关部门在开展监管活动时依据不足。

危化品常压储罐储存的危化品中,易燃液体占绝大多数。易燃液体具有高度易燃性、易爆性、高度流动扩散性、受热膨胀性。易燃液体的分子多为非极性分子,黏度一般都很小,不仅本身极易流动,因渗透、浸润及毛细现象等作用,即使容器只有极细微的裂纹,易燃液体也会渗出容器壁外,扩大其表面积,并源源不断地挥发。由于易燃液体挥发性大,其挥发出来的易燃蒸气扩散后,与空气混合,当浓度达到一定范围,即达到爆炸极限时,遇明火或火花即能引起爆炸。

4 起特别重大事故和重大事故,除以上特点外,主要原因为违章(违规)作业。由此看来,落实安全生产责任、落实安全操作规程,是预防重特大事故的基本条件。

综上,为防止此类事故发生,各有关单位应重点加强安全生产责任落实、落实安全操作规程、人员管理和教育培训(包括外来人员),加强储罐检查检验管理,危化品储罐监管部门应加强执法监督

检查,并制定适用于本地区的危化品储罐安全管理标准。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 北京市质量技术监督局. 危险化学品常压储罐安全管理规范: DB11/T 1400—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 中华人民共和国国务院. 危险化学品安全管理条例: 中华人民共和国国务院令 第 645 号[A]. 2013-12-07.
- [3] 中华人民共和国应急管理部. 中华人民共和国应急管理部[EB/OL]. [2023-04-11]. <https://www.mem.gov.cn/>.
- [4] 上海市应急管理局. 上海市应急管理局[EB/OL]. [2023-04-11]. <http://yjglj.sh.gov.cn/>.
- [5] 安全管理网. 安全管理网[EB/OL]. [2023-04-11]. <https://www.safahoo.com/Manage/>.
- [6] 中华人民共和国国家标准局. 企业职工伤亡事故分类: GB 6441—1986[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [7] 中华人民共和国国务院. 生产安全事故报告和调查处理条例: 中华人民共和国国务院令 第 493 号[A]. 2007-04-09.
- [8] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 中国国家标准化管理委员会. 生产过程危险和有害因素分类与代码: GB/T 13861—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [9] 中华人民共和国国家市场监督管理总局. 中国国家标准化管理委员会. 常压储罐完整性管理: GB/T 37327—2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [10] 上海市应急管理局. 上海市人民政府关于同意《上海赛科石油化工有限公司“5·12”其他爆炸较大事故调查报告》的批复[EB/OL]. (2018-08-28)[2023-03-25]. <https://yjglj.sh.gov.cn/xgk/xgkml/depghj/dcbg/20180828/0037-31587.html>.
- [11] 河北省应急管理厅. 沧州市渤海新区南大港东兴工业区鼎盛石化有限公司“5·31”火灾事故调查报告[EB/OL]. (2021-09-10)[2023-03-29]. <https://yjgl.hebei.gov.cn/portal/index/getPortalNewsDetails?id=0d5dd357-47ea-45f6-b42e-faf576f4eccc&categoryid=3a9d0375-6937-4730-bf52-febb997d8b48>.
- [12] 安阳市应急管理局. 安阳市河南宇天化工有限公司“1·5”较大爆炸事故调查报告[EB/OL]. (2022-07-18)[2023-03-29]. <https://yjj.anyang.gov.cn/2022/07-18/2352508.html>.
- [13] 胡馨升, 多英全, 张圣柱, 等. 2011—2015 年全国危险化学品事故分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(2): 180—185.
- [14] 张圣柱, 王旭, 魏利军, 等. 2016—2020 年全国化工和危险化学品事故分析研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(10): 119—126.
- [15] 赵来军, 吴萍, 许科. 我国危险化学品事故统计分析及其对策研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(7): 165—170.
- [16] 李娜, 陈建宏. 2013—2019 年我国危险化学品统计分析[J]. 应用化工, 2020, 49(5): 1261—1265.
- [17] 沈洁, 朱伶俐, 宋丽炜, 等. 2012—2020 年中国危险化学品仓储事故统计分析及其防控措施[J]. 化工管理, 2022(19): 125—128.

稿日期: 2023-08-22