



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150006

化工行业突发大气污染事故统计与趋势分析

杨宗政¹, 熊发¹, 袁雪竹², 段鲁娟¹, 曹井国³

(1. 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457;

2. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191; 3. 天津科技大学材料科学与化学工程学院, 天津 300457)

摘要: 搜集 1972—2011 年间我国发生的化工行业突发大气污染事故案例, 针对非交通运输源事故, 分别从发生环节、污染物质、发生时间 3 个角度进行统计分析, 深入探讨各个环节所发生事故的具体原因, 指出事故发生量和等级变化趋势。结果表明: 贮存环节和生产环节是事故多发环节, 事故类型以爆炸泄漏事故为主, 每年的二、三季度为事故多发季, 氯气、硫化氢、一氧化碳、氨气、苯及苯系物 5 类物质泄漏频次最多、伤亡量最大, 事故平均死亡人数在统计区间内呈现先升高后降低的年际变化趋势, 事故等级金字塔由底部小中间大的较大事故高发型向底部大上部小的较小事故高发型演变。结合上述分析结果, 从生产者的角度提出了防范措施及建议。

关键词: 化工行业; 突发事故; 统计分析; 变化趋势; 事故等级金字塔

中图分类号: X92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2015)04-0008-05

Statistics and Trend Analysis of Sudden Atmospheric Pollution Accidents in Chemical Industry

YANG Zongzheng¹, XIONG Fa¹, YUAN Xuezhuzhu², DUAN Lujuan¹, CAO Jingguo³

(1. College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

2. Tianjin Academy of Environmental Sciences, Tianjin 300191, China; 3. College of Material Science and Chemical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Sudden atmospheric pollution cases in domestic chemical industry (1972-2011) were collected. Non-transport sourced cases were analyzed from three perspectives: occurring links, pollutants and the time of occurrence. The causes, the variation tendency of accidents' amount and grade were discussed. The results showed that storage and production were two accident-prone links; explosion and leakage were the main types of accidents; most cases were in the second and third quarters of the year; and chlorine, hydrogen sulfide, carbon monoxide, ammonia, benzene and BTEX caused most leakage and also the most destructive accidents. Within the statistical range, the annual death of per accident rises at first and goes down later. As time progresses, the accident range pyramid changes from the one with a small bottom and a big middle to the one with a big bottom and a small top. According to the above analysis results, some preventing measures and suggestions were proposed for possible producers.

Key words: chemical industry; sudden incidents; statistics analysis; changing trend; accident pyramid

随着化工行业发展步伐的不断加快, 化工产品产量的不断提高, 相关的环境安全问题也日益突出。有毒有害气体泄漏事故, 由于具有扩散速度快、影响范围广、环境危害大等特点, 成为化工行业突发环境事故中最具破坏力的一类事故。例如: 1984 年印度博帕

尔一农药厂发生氰化物泄漏, 造成 2.5 万人直接死亡、55 万人间接致死、20 多万人永久残废的人间惨剧^[1]; 2004 年 4 月 16 日重庆天原化工厂发生氯气泄漏爆炸事件, 造成 9 人死亡、3 人中毒就医、15 万人撤离的严重后果^[2]。

收稿日期: 2015-01-07; 修回日期: 2015-02-02

基金项目: 国家重大科学仪器专项 (2012YQ060165)

作者简介: 杨宗政 (1974—), 男, 河北保定人, 教授; 通信作者: 曹井国, 副教授, cjg@tust.edu.cn。

数字出版日期: 2015-05-08; 数字出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/12.1355.N.20150508.1455.002.html>。

在此形势下,调查收集化工行业气体泄漏事故案例,统计事故涉及的环节和泄漏物质等信息,深入分析泄漏事故发生的主要原因,研究我国化工行业突发大气污染事故的发展趋势,并提出相应应对措施,可为我国化工园区有毒有害气体预警体系建设规划的编制提供依据,为我国化工行业的绿色发展作出基础贡献。

1 研究对象及方法

当前国内外对化工行业突发大气污染事故的统计分类方法主要有以下6种^[3]:按泄漏气体的种类;按事故等级(伤亡情况);按事故发生时间;按事故发生地域;按事故物理表象;按事故发生环节。已有研究的统计范围多包含交通运输源事故^[4-5],对于企业厂区内发生的事故泄漏物质分析的针对性较小;在对事故的发生环节(贮存、管道传输、生产、卸载等)进行分析的过程中,多集中于其中一两个环节^[6],而且缺乏对各个环节事故发生原因的具体分析;危险化学品种类与事故伤亡人数之间的关系及事故的变化趋势

势有待进一步研究。

为最大限度保证研究的科学性和真实性,笔者充分利用网络、图书、报刊杂志等资源^[7-11],对1972—2011年间国内化工行业的相关事故报道信息进行检索,搜集得到国内化工行业突发大气环境污染事故(非交通运输源)434起,从发生环节、泄漏物质、发生时间3个角度进行统计分析,重点分析各个环节下所发生事故的具体原因,研究此类事故的年际变化趋势,进而提出针对性的建议。

2 事故统计分析

2.1 发生环节分布

按照化工行业的特征,将事故发生环节归纳为贮存环节、管道传输环节、生产环节、维修环节、卸载环节、交通运输环节以及非法排污环节,对434起事故按发生环节(不包括交通运输环节)统计归纳的结果见表1。结果表明贮存环节和生产环节是化工行业突发大气污染事故发生率最高的两个环节。

表1 化工行业突发大气污染事故统计

Tab. 1 Sudden atmospheric pollution accident statistics in chemical industry

发生环节	事故量/起	比例/%	发生环节	事故量/起	比例/%
贮存环节	127	29.26	维修环节	71	16.36
管道传输	61	14.06	卸载环节	19	4.38
生产环节	151	34.79	非法排污	5	1.15

2.2 各环节成因分析

2.2.1 贮存环节

贮存环节即在产品生产前采购的原材料、产品生产中的副产品以及最终产品在企业厂房、罐体中堆存,在该环节中导致事故的原因主要包括阀门松动或损坏导致泄漏、罐体老化损坏导致泄漏、罐体高温高压引发爆炸等,其比例分布如图1所示。

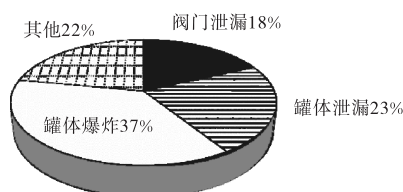


图1 化工企业贮存环节大气污染事故发生原因

Fig. 1 Causes of the air pollution accident on store link in chemical companies

2.2.2 管道传输环节

管道传输环节即在化工产品生产过程中产生的

副产品以及产品气体沿管道进入储气罐或原料气沿管道进入反应釜的过程,该过程中容易引发大气环境污染的原因主要包括阀门松动、损坏导致有毒有害气体泄漏和管道老化、损坏导致有毒有害气体泄漏。经统计,管道泄漏引发的事故占管道传输环节所发生事故总数的80%,阀门泄漏事故占管道传输环节所发生事故总数的20%。

2.2.3 生产环节

生产环节即原材料加工为产品、副产品的过程,该环节是企业生产最重要、最核心的环节,也是突发大气污染事故的高发环节。该过程中容易引发大气环境污染的原因主要归纳为压力过大引发反应釜爆炸、温度过高引发反应釜爆炸、工艺缺陷导致泄漏、静电电火花或明火引发反应釜爆炸、设备故障导致泄漏、进料过快导致泄漏以及其他可能引发大气环境污染事故的原因。我国发生在生产环节的事故成因比例分布如图2所示。

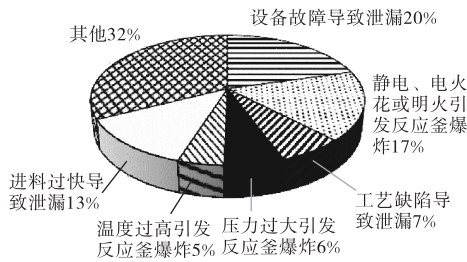


图2 化工企业生产环节大气污染事故发生原因

Fig. 2 Causes of the air pollution accident on production link in chemical companies

2.2.4 卸载环节

卸载环节即对运输进厂的原料或辅料由交通工具转移至仓库或储罐内进行妥善存放的过程。该过程由于操作不当可能会导致有毒有害气体泄漏，甚至引发爆炸，进而导致大气环境污染事故的发生。在统计的国内434起事故中，仅发现19起事故在该环节发生，其中63%为气体泄漏，另外37%为爆炸。

2.2.5 维修环节与非法排污环节

维修即设备、机器以及各环节配件出现磨损或损坏时进行的维修和加固；非法排污即某些小型企业缺乏有力的污染处理设施或为降低污染物处理成本而向外界偷排有毒有害物质以及气体的行为。以上两个环节中发生的大气环境污染事故主要是人为因素造成的，在此不进行进一步分类分析。

2.3 泄漏物质分析

2.3.1 泄漏物质与事故发生量的关系

我国化工行业突发大气污染事故所涉及的泄漏气体共77种，按事故发生量从大到小的顺序排列，得出10种主要泄漏物质及其对应事故发生量比例，如图3所示。

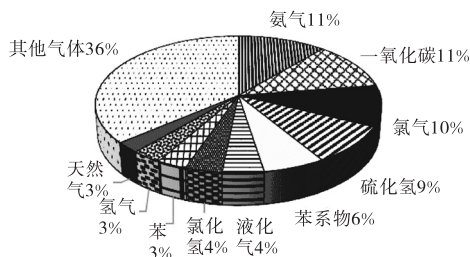


图3 化工行业突发大气污染事故污染物分布图

Fig. 3 Pollutants of air pollution emergency accident in chemical industry

氨气和一氧化碳分别为化工行业最常用的冷却剂和燃料，其对应事故所占比例最大，均占国内调查大气污染事故总数11%；氯气和硫化氢分别作为化工行业的主要原料和副产物，对应事故发生量也较

高，分别占案例库中事故总数的10%和9%。此外，还有156起大气环境污染事故中伴随其他有毒有害气体的泄漏，占国内大气污染事故调查总数的36%。

2.3.2 泄漏物质与伤亡人数的关系

国内化工行业发生的434起大气污染事故共导致了1294人死亡、37960人受伤，其中2003年12月重庆开县发生的硫化氢泄漏事故造成了243人中死亡，26555人急性中毒的严重后果^[12]。对各种泄漏物质对应的人员死亡量进行分析，结果见表2。造成死亡人数最多的4类气体依次为硫化氢(340人)、一氧化碳(155人)、氯气(97人)、苯及苯系物(90人)，这几类气体急性毒性较大，在空气中的浓度达到一定值时会在短时间内对人体造成巨大伤害甚至构成生命威胁；液化气、氨气、天然气、氢气等气体虽然本身毒性较小，但具有易燃易爆的特性，其泄漏伴生的火灾爆炸等事故对人员生命也具有相当大的危害性，以上几种物质相应事故造成的人员死亡量占死亡总人数的15.61%；氯化氢毒性较小，由其泄漏事故造成的人员死亡比例仅为1.31%。

表2 不同污染物质泄漏导致人员死亡量统计

Tab. 2 Casualties different by pollutants causes

物质	死亡人数	百分比/%
氨气	61	4.71
一氧化碳	155	11.98
氯气	97	7.50
硫化氢	340	26.28
苯系物	79	6.11
液化气	86	6.65
氯化氢	17	1.31
苯	11	0.85
氢气	27	2.09
天然气	28	2.16
其他气体	393	30.37

2.4 发生时间分析

事故发生月份统计结果如图4所示。

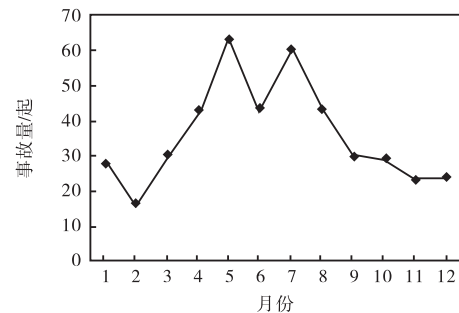


图4 化工行业大气污染事故发生时间

Fig. 4 Time of atmospheric pollution incidents in chemical industry

我国化工行业大气环境污染事故发生一般集中在第二、三季度(4—8月份),尤其以5月份和7月份事故发生率较高,分别占15%和14%;因为此时间段内室外气温较高、天气较为干燥,容易造成易挥发性化学品弥散及化学品燃爆等事故的发生.2月份事故突发率最小,仅为3.7%.因为冬季天气寒冷,受温度条件影响,化工企业生产活动减少,同时持续低温降

低了火灾事故的可能性.

3 事故变化趋势分析

3.1 事故发生量变化趋势

化工行业突发大气污染事故年际变化趋势如图5所示.

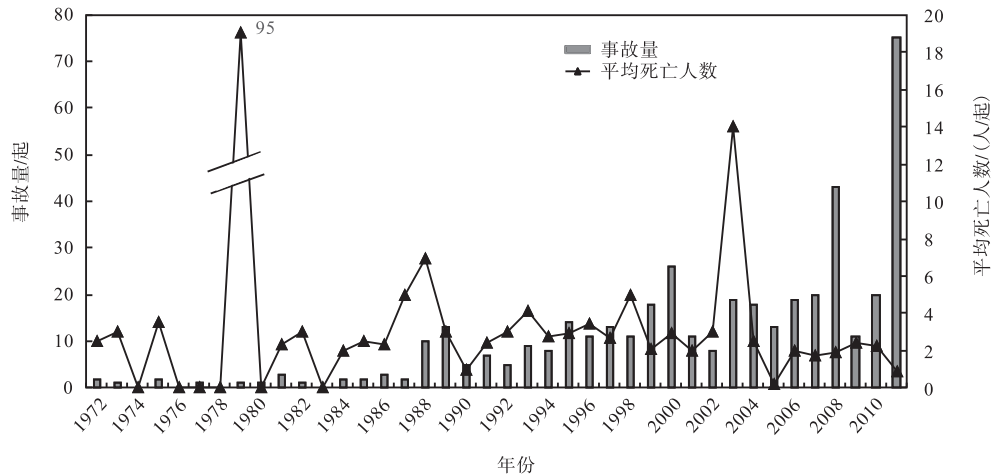


图5 事故量及死亡人数年际变化趋势

Fig. 5 Changing trend of accidents' amount and casualties

依据事故量值特征的不同可将统计区间划分为两个阶段,第一阶段为1972—1991年,第二阶段为1992—2011年.第一阶段内此类事故的年度发生量和年度死亡总人数整体处于较低水平,仅在1979年内发生了一起伤亡人数为95人的危害性较大的事故.第二阶段内,事故发生量呈现出逐年上升的趋势,并且在2011年出现年度事故发生量最大值(75起);由此类事故造成的人员死亡数量年际曲线,呈现出震荡变化的趋势,规律性并不明显,除个别年份出现较大峰值以外(1998年55人;2000年76人;2003年266人;2008年,82人;2011年66人),多数年份数值均在50以下.从图中可以看出:在第二阶段内,事故平均伤亡人数在很小的范围内浮动,整体呈现出先上升后下降的趋势,最值点(14.0)出现在2003年.这是在化工行业迅猛发展和国家相关安全管理政策共同作用下的结果,该变化趋势与叶永峰等^[14]和赵来军等^[15]的研究结果较为一致.

3.2 事故等级变化趋势

按照《生产安全事故报告和调查处理条例》对统计区间前后20年内的事故进行分级归类^[13].结果显示,除特大事故外,后一阶段内我国各等级事故量远高于前一阶段.两阶段详细比较结果如图6所示:

前一阶段内,5类事故按从重到轻的比例为1:1.5:15:6:5,事故金字塔底部较小,较大事故所占比例最大;后一阶段内,5类事故发生量对应比例为1:17:94:78:187,事故金字塔底部较大,所发生事故偏向于伤亡量较小的事故.

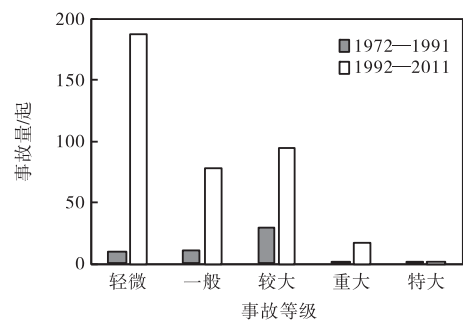


图6 不同阶段事故等级比例对比

Fig. 6 Comparison of the accident's grade in different phases

4 分析结果及建议

(1)我国化工行业中大气污染事故主要发生在生产环节和贮存环节,应加强对这两个环节的的安全管理和监督,细化安全生产责任制及安全生产检查制度.

(2) 爆炸事故在我国化工行业突发大气污染事故中占有相当大的比重, 外界引燃(明火、静电、电火花等)和反应条件控制不当(温度过高、压力过大、进料过快)都是爆炸事故发生的主要原因。企业在生产过程中应继续落实禁烟禁火的规定, 采取静电防护等措施, 并提高工艺操作人员的综合素质, 减少此类事故的发生。

(3) 设备故障、人为操作失误、企业非法排污是引发事故的常见原因。企业应针对易发生故障的工段制定相应应急预案, 减小故障的并发损失; 同时应落实员工的入职培训, 规范其操作流程; 还应配合相关部门的环保检查工作, 主动接受环保教育。从主观方面降低事故的发生率。

(4) 氯气、硫化氢、一氧化碳、氨气、苯及苯系物 5 类物质在化工行业大气污染事故中出现的频次较多, 且对人员造成的伤亡较为严重。因此, 在事故预防中应重点加强对以上 5 类物质的管理, 建立危化品全过程管理机制。

(5) 化工行业大气污染事故的季节性较强, 二、三季度是此类事故的高发期, 企业在该时期内应从各个方面提高事故防范意识, 遏制 5 月和 7 月事故发生量上升的势头。

(6) 从 20 世纪 80 年代后期开始, 我国化工行业突发大气污染事故发生量及伤亡人数大幅上涨, 事故平均死亡人数整体呈现出先上升后下降的年际变化趋势, 事故金字塔与前一阶段相比, 向着底部大、上部小的方向演变, 倾向于伤亡量较小的事故类型。企业应完善事故防范机制, 从金字塔底部入手, 防微杜渐, 减少甚至避免此类事故的发生。

参考文献:

- [1] 百度百科. 印度博帕尔毒气泄漏案[EB/OL]. [2014-11-06]. <http://baike.baidu.com/view/3735497.htm>.
- [2] 新浪新闻中心. 重庆发生氯气泄漏事故[EB/OL]. [2014-10-15]. <http://news.sina.com.cn/z/cqlqx1/>.
- [3] 魏国, 杨志峰, 李玉红. 城市危险化学品事故统计分析与对策[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(9): 711-714.
- [4] 吴宗之, 孙猛. 200 起危险化学品公路运输事故的统计分析及对策研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(2): 3-8.
- [5] 闫利勇, 陈永光. 危险化学品公路运输事故新特点及对策研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(4): 65-70.
- [6] 李合林. 危险化学品生产、储运和废弃中安全问题及对策[J]. 石油化工安全技术, 2006, 22(6): 10-13.
- [7] 中国安全生产科学研究院. 危险化学品事故案例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [8] 国家安全生产监督管理总局. 事故与安全分析[EB/OL]. [2014-08-02]. <http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/aqfx/aqfx.htm>.
- [9] 马杰, 宋建池. 近 8 年我国化工事故统计与分析[J]. 工业安全与环保, 2009, 35(9): 37-38.
- [10] 吴宗之, 张圣柱, 张悦, 等. 2006—2010 年我国危险化学品事故统计分析研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(7): 5-9.
- [11] 陶玉红. 危险化学品事故分析与安全监管对策建议[J]. 安全, 2010(4): 21-23.
- [12] 新华网. 重庆开县井喷事故专题报道[EB/OL]. [2014-09-07]. <http://www.cq.xinhuanet.com/subject/jingpen/>.
- [13] 杜红岩, 王延平, 卢均臣. 2012 年国内外石油化工行业事故统计分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(6): 184-188.
- [14] 叶永峰, 夏昕, 李竹霞. 化工行业典型安全事故统计分析[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(9): 49-55.
- [15] 赵来军, 吴萍, 许科. 我国危险化学品事故统计分析及对策研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(7): 165-170.

责任编辑: 周建军