文章编号: 1673 - 193X(2008) - 01 - 0086 - 05

国内外危险化学品安全距离探讨*

梁 雪[1], 刘 骥[2], 高建明[2], 曾明荣[2]
(1. 北京科技大学,北京 100083)
(2. 中国安全生产科学研究院, 北京 100029)

摘 要:安全距离是预防发生危险化学品重特大事故的重要措施之一。本文分析了由安全距离不足引发的国内外危险化学品典型事故案例,对比了国内外危险化学品相关安全距离的法规、标准和要求,并对国内外现有的安全卫生距离确定方法进行了总结。针对国内外并无专门的危险化学品安全距离标准的现状,本文提出了采用事故后果方法,并综合考虑危险化学品安全距离的主要影响因素,制定我国危险化学品相关安全距离确定方法的思路。这对完善我国危险化学品安全管理具有参考意义。

关键词:危险化学品;安全距离;确定方法;启示
中图分类号:X93 **文献标识码**:A

The situation of safety distance on dangerous chemical and its indications

LIANG Xue[1], LIU Ji[2], GAO Jian-ming[2], ZENG Ming-rong[2]
(1. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)
(2. China Academy of Safety Science & Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Safety distance is one of the crucial methods to prevent serious accidents caused by dangerous chemical. This article analyzed domestic and international typical accidents caused by insufficiency of safety distance, compared the domestic laws, standards and requirements related to safety distance with the international counterparts, and summarized the constitutive approach for safety distance all over the world. To solve the problem that no specific standards about chemical's safety distance have been established in China and to constitute the determination method of chemical's safety distance for China, the consequence assessment method together with the consideration of the main factors affecting safety distance of chemical were employed. It will be contributive to the improvement of national chemical administration as well.

Key words: dangerous chemical; safety distance; determination method; indication

1 引言

危险化学品安全一直是安全生产工作的重点,不仅关系到企业本身安全,而且关系到企业周边居民公共安全和生态环境安全[1]。近年来,危险化学品事故风险日益突出。据估计,有30%以上的危险化学品生产企业存在周边安全距离不符合规定的问题。目前,国内尚无专门的危险化学品安全防护距离标准。因此,亟需开展此方面的研究,借鉴国内外安全距离和其他防护距离的制定、修订经验,研究制定与《危险化学品安全管理条例》配套的安全距离标准,为建立重特大事故预防和控制体系提供强有力的安全技术标准支撑。

收稿日期: 2007 - 11 - 27
* **基金项目**: 国家科技支撑计划(编号:2006BAK04A09)资助

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　危险化学品相关安全距离要求

2.1　国外相关要求和标准

1984 年印度博帕尔事件后,国际劳工组织(ILO)于 1993 年制定并发布了《预防重大工业事故公约》(第 174 号公约)和《预防重大工业事故建议书》(第 181 号建议书)。该公约要求各国政府"主管当局必须制定综合的选址政策,规定拟建的危害设施与工作区和居民区以及公共设施之间要保持适当的距离,并对现有的危害设施采取适当的预防措施"。

欧盟在意大利 Seveso 事故以后,于 1982 年通过了针对特定行业重大事故灾害的法规(即《塞维索法令》),并于 1996 年重新修订。该法令明确提出:各成员国应根据土地使用规划的政策预防重大事故,减少事故损失;各成员国应确保土地使用规划的相关政策满足实际需要,确保危害设施与居民区、公共活动区和特殊敏感或重要区域之间保持适当的安全距离[2]。

在美国,化工厂建设不仅要满足政府部门的要求,还要满足保险公司的要求。目前,与安全防护距离相关的标准、规范主要有:国家火灾规范、国家电力规范、全国消防协会标准、美国石油协会标准、国家建筑规范、美国压缩气体协会标准等[2]。其中,美国消防协会发布了《统一防火规范》、《可燃、易燃液体标准》、《轻便式瓶装处置液化气的储存、使用和处理标准》、《液化石油气标准》、《液化天然气生产、储存和装运标准》、《液体和固体氧化剂储存标准》、《有机过氧化物存储标准》、《爆炸物规范》、《杀菌用环氧乙烷存储、处理和使用标准》等系列标准,《轻便式和固定式瓶装、罐装液化气和低温液体的储存、使用和处理标准(NFPA 55 - 2005)》对部分危险化学品生产储存场所与周边民用设施的安全防护距离做了具体而详细的规定,如表 1 所示。日本与危险化学品安全距离有关的要求主要是合在相关法规中,这些法规包括《劳动安全卫生法》、《高压气体保护法》、《文化财产保护法》、《建筑基准法》、《学校教育法》、《养老保险法》、《劳动安全卫生规则》、《消防法实施令》、《一般高压气体安全规则》等,《消防法实施令》的要求如表 2 所示。

表 1　部分危险化学品设施与受保护区域的最小安全距离

类别	数量/ m^3	与建筑物、街道、公共交通路线等最小安全距离/ m
有毒和剧毒压缩气体室外设施	—	23
易燃气体	< 120	1.5
	120.1 —598	3
	598.1 —1435	4.6
	1435.1 —2393	6
	≥2393.1	7.5

表 2　危险化学品设施与受保护区域安全距离要求(高压气体除外)

周边区域类型	安全距离/ m
学校、医院、剧场、收容院等人员密集区域	≥30
重要历史文化古迹和艺术品保存地	≥50
7000V < 高压线路 < 35000V	≥3
高压线路 ≥35000V	≥5

2.2　国内相关要求和标准

为保证化工企业周边环境的安全,我国也制定了一系列相关法律法规与标准规范,包括《中华人民共和国消防法》、《危险化学品安全管理条例》、《城市消防规划建设管理规定》、《易燃易爆化学物品消防安全监督管理办法》等。其中,《中华人民共和国城市规划法》明确规定:"各项建设工程的选址、定点,不得妨碍城市的发展,危害城市的安全,污染和破坏城市环境,影响城市各项功能的协调"。《建筑设计防火规范》对厂房(仓库)、储罐、可燃材料堆场的防火间距均有详细规定。另外,很多国家和行业标准、规范针对其行业特点对化工厂的安全距离作了详细规定,如《石油化工企业设计防火规范》、《原油和天然气工程设计防火规范》、《石油库设计规范》、《铝镁粉加工粉尘防爆安全规程》、《烟花爆竹工厂设计规范》、《氢气使用安全技术规程》、《乙炔站设计规范》等。

但是,在我国现行的国家和行业标准规范中,安全防护距离的名称与叫法不统一,如在民用爆破器材和烟花爆竹等领域称之为外部距离,消防领域称之为防火间距,职业卫生领域称之为卫生防护距离。此外,现行标准规范规定的安全距离数值相差大,如针对不同的保护对象如居民区、周边企业、村镇和城市、输电线路等,对安全防护距离的要求差异较大,

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

给实际操作带来困难。

(1) 防火间距

防火间距是指建筑物之间,为有效地防止火灾蔓延,满足扑救火灾需要,保持火灾扑救和人员安全疏散应保持的适当距离。但在实际应用中,防火间距的大小受诸多因素影响,如受热辐射、热对流、建筑物的外墙开口面积、建筑物内可燃物的性质、数量和种类,以及风速、相邻建筑物的高度、建筑物内的消防设施的功能等因素的影响,还与当地火灾扑救能力、建筑设计以及其他一些自然因素有关。目前,现行消防技术规范明确规定了各类建筑物之间的防火间距,并对最小间距做了限制。《石油化工企业设计防火规范》(GB50160 - 1999)对石油化工企业与相邻工厂或设施的防火间距见表3。

表3 石油化工企业与相邻工厂或设施的防火间距(m)

相邻工厂或设施	液化烃罐组	可能携带可燃液体的高架火炬	甲、乙类工艺装置或设施
居住区、公共福利设施、村庄	120	120	100
相邻工厂(围墙)	120	120	50
国家铁路线(中心线)	55	80	45
厂外企业铁路线(中心线)	45	80	35
国家或工业区铁路编组站(铁路中心线或建筑物)	55	80	45
厂外公路(路边)	25	60	20
变配电站(围墙)	80	120	50
架空电力线路(中心线)	1.5倍塔杆高度	80	1.5倍塔杆高度
Ⅰ、Ⅱ级国家架空通信线路(中心线)	50	80	40
通航江、河、海岸边	25	80	20

(2) 卫生防护距离

卫生防护距离是指为了保证居住区的大气质量符合标准的规定,让居住区边界与无组织排放源边界之间保持一定的距离,故也称卫生防护带。其主要作用就是为无组织排放的大气污染物提供一段稀释距离,使之到达居住区时其浓度符合质量标准的有关规定。《氯碱厂(电解法制碱)卫生防护距离标准》(GB18071 - 2000)对卫生防护距离要求见表4。

(3) 其它距离

①外部距离

外部距离是指危险品生产区或危险品仓库区与周围村庄、公路、铁路、城镇、学校和本厂住宅区等以及它们二者之间的最小安全距离称之为外部距离。民用爆破器材工厂和烟花爆竹工厂基本属于军工或半军工企业,其外部距离关系到国家财产和工厂工人的生命安全。《民用爆破器材工程设计安全规范》(GB50089 - 2007)对危险品总仓库区1.1级建筑物的部分外部距离见表5。《兵工弹药企业外部安全距离规定》(国办发[1992]39号)对生产或储存Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类产品的建筑物的外部安全距离见表6。但是,此类工厂外部距离的制定,不可能全部通过现场试验来获得数据,主要通过大量收集该类企业以往事故报告,并对事故原因及其对周围环境影响的调查研究和综合分析。

②安全防护距离

安全防护距离是指从光气及光气化生产装置或车间的边界开始计算,至居民区、港口、码头、车站或主要交通要道边界之间的最小允许距离。《光气及光气化产品生产安全规程LD31 - 92》提出了光气及光气化生产装置与工厂、商店、居民等具体距离要求。

表4 氯碱厂(电解法制烧碱)卫生防护距离

生产规模(t/a)	近五年的平均风速(m/s)		
	< 2	2～4	> 4
< 10000	800m	600m	400m
≥10000	1000m	800m	600m

4 危险化学品安全卫生距离确定方法研究现状

美国对化工厂的环境安全设计主要考虑以下各方面的影响:火灾、爆炸危险性;电力设计的防爆等级;建筑结构形式;总体布局及设备布置;通风;设备、管道等[3]等。英国卫生与安全监察局(HSE)主要考虑危害范围、易燃易爆及毒物事故的后果、危害物质的数量以及危害物质存储方式等因素,并根据这些因素,计算工业设施风险,再转化为安全距离[4～5]。法国则根据事故后果分析,得到两个距离:

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(1) 距离 R_1,即事故发生时出现第一个人死亡的距离(相应于 1 %死亡率);(2) 距离 R_2,即事故发生时出现严重不利效应的距离。并将危害设施周围地区分为三个区域(Z_1, Z_2 和 Z_3),对于每个区域可以进行详细的规划。其中,Z_1 区:$R < R_1$,只有人口密度较小的房屋和公共设施可以得到允许;Z_2 区:$R_1 < R < R_2$,有限人口密度的建筑可以得到允许,但需要采取一定的技术措施来控制事故的发生频率,如限制人员数量、采取应急救援预案和提供培训;Z_3 区:$R > R_2$ 区,由于危险较小,开发将不受限制[6]。日本确定危险化学品安全距离的依据主要是基于历史经验和事故经验教训。

表 5　危险品总仓库区 1.1 级建筑物的部分外部距离(m)

容量	安全距离(至居住区)	安全距离(至其它类)
单个建筑物内计算药量 200000kg	10 户以下或 50 人以下零散住户边缘:720m	①国家铁路线、二级以上公路、通航的河流航道、110 千伏架空输电线路:830m; ②人口 10 万人及其以下城镇规划边缘:2000m;人口 10 万人以上城市市区规划边缘:3890m。
单个建筑物内计算药量 180000kg	10 户以下或 50 人以下零散住户边缘:700m	①国家铁路线、二级以上公路、通航的河流航道、110 千伏架空输电线路:800m; ②人口 10 万人及其以下城镇规划边缘:1930m;人口 10 万人以上城市市区规划边缘:3750m。

表 6　生产或储存 I类、II类、III类产品的建筑物的外部安全距离(m)

相距地点	I类	II类	III类
本厂住宅边缘,职工总数大于等于 50 人的工厂企业围墙,村庄边缘,有摘挂作业的铁路中间站站界及建筑物边缘	850	600	450
本厂独立的机械加工区,职工总数小于等于 50 人的工厂企业围墙,零散住户边缘,无摘挂作业的铁路中间站站界及建筑物边缘,不属于本厂的 110kV 架空输电线路	600	400	300
城市和村镇总体规划确定的规划用地边缘,不属于本厂的 110kV 区域变电站围墙	2000	1400	1000

我国确定危险化学品安全相关距离时,虽考虑了事故后果和危害范围,但大多数是基于经验。目前,国内很多学者对安全距离确定方法开展了研究,对安全距离制定进行了积极探索,并取得了一些研究成果。李丽霞等采用计算流体力学方法,利用 CFD 软件 Fluent 计算丙烷液化烃储罐稳态池火灾情况下相邻储罐之间的最小安全距离[7]。李丽霞基于 SCI 爆炸火灾工程实验"Pool FireA"的大气条件,定量模拟出有风情况下的池火灾形状,并对池火灾进行热辐射模拟,求解出有风情况下热辐射的空间分布和最小安全距离[8]。李慧根据热辐射破坏准则确定池火灾发生时对周围的伤害程度,从而确定储罐的安全距离[9]。邢志祥等针对液体泄漏引发的池火灾,根据热辐射破坏准则,确定物体和人员的临界距离,同时考虑一定的安全系数从而得到安全距离[10]。赵永涛通过对"井喷"天然气爆炸效应的计算,确定天然气井钻井时的安全距离[11]。吴勇卫等应用爆炸力学理论对礼花厂爆炸后果进行评价,应用霍普金森标尺化定律,对礼花厂突发性事故造成的危害后果进行定量评价,以事故危害程度为依据,提出礼花厂安全卫生防护距离的标准[12]。张震等根据《环境影响评价技术导则 —大气环境》估算气体排放的环境安全距离,采用池火灾伤害模型、火球和气爆伤害模型计估算火灾事故的环境安全距离,采用世界银行推荐的爆炸危害关系式计算爆炸危害条件下的环境安全距离[13]。罗艾民等以石油工业中常见的硫化氢气体为例,根据《环境影响评价技术导则 —大气环境》确定针对不同环境功能要求的安全距离,具体讨论有风情况、小风情况、静风情况下的安全距离[14]。刘艳菊等采用《环境影响评价技术导则 —大气环境》推荐的烟气抬升模式估算井喷气体喷出高度,选用非正常排入扩散模式计算地面浓度场,根据不同环境质量要求下的浓度限值确定井场井喷气体泄漏环境风险安全距离[15]。徐龙君等采用无组织排放计算(《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》)、泄漏事故计算、爆炸事故计算方法(霍普金森标尺化定律,对爆炸事故影响范围进行定量分析)计算安全卫生防护距离,认为采用泄漏和爆

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

炸计算对于危险化学品生产企业确定安全卫生防护距离较为合理[16]。

目前,国内外安全卫生相关距离的确定方法主要有"基于后果的"方法、"基于风险的"方法和"通用的"经验距离等三种方法。第一种方法着重于评估可以预测的事故后果,第二种方法着重于评估可能发生的事故的后果和概率,第三种方法就是使用一些"通用的"经验距离。第一种基于后果的方法和第二种基于风险的方法,均考虑了事故发生后对人和环境的影响,但后者更为全面的考虑了事故发生的可能性;第三种经验距离的方法而更多得依赖于以往运行经验和相关历史资料。从理论上说,人们可以计算在最坏情况下工厂发生的事故,并只允许在这种危险范围之外进行开发。但这种方法很可能造成国家和地方在资源上的浪费。经验安全距离是一种实用性较好的方法,但这些距离应看成是建议性的,需考虑当地的具体情况以决定其适用性。必要时,再进行更为详尽的评价工作。

5 研究制定我国危险化学品相关安全距离的建议

目前,国内外并无专门的危险化学品相关安全距离标准。但应当看到,安全距离是一个比较敏感的问题,提出科学的安全距离确定方法,可实现保护民众安全与健康的目的,避免浪费土地资源,意义重大。学习、分析国内外危险化学品相关安全距离的要求和确定方法,对我国研究制定危险化学品安全距离标准有如下启示:

(1)明确危险化学品事故后果通用计算模型和方法

危险化学品事故后果分析是科学制定危险化学品相关安全距离的基础和关键。目前,危险化学品事故后果计算方法和计算模型众多,需要对这些方法和模型进行深入研究,确定适用范围较宽的危险化学品事故后果通用计算方法和计算模型,为安全距离的确定提供支持。

(2)开展危险化学品相关安全距离影响因素分析

以往的防火规范主要考虑了危险化学品类别的影响,对于数量、生产储存条件和安全防护设施的影响则考虑相对较少,然而这些因素对于事故后果的影响却至关重要,因此应对这些因素的影响条件及程度进行研究,以明确危险化学品相关安全距离的主要影响因素。

(3)以事故后果为主要依据确定安全距离

参照国内外相关标准,尤其是国际上发达国家的经验,根据我国实际情况,应采用以事故后果为主要依据确定安全距离。但由于危险化学品种类繁多,按照轻重缓急,当前应以爆炸品、易燃液体和毒害品等危险化学品为重点进行研究。

参考文献

[1] 高建明,曾明荣. 我国危险化学品安全生产现状与对策. 中国安全生产科学技术,2005,1(3):52～55

[2] 柯兰海(Cornelis Bronke). 对危险物质重大事故灾害的控制——欧盟《Seveso II指令》[J]. 国际石油经济,204,5:39～40

[3] 刘悦. 美国化工厂设计安全规范[J]. 化工设计,2000,10(3):48～50

[4] Health and Safety Executive (HSE), Controlling Risks Around Explosives Stores[R], Health and Safety Executive, UK, 2002

[5] Health and Safety Executive (HSE), Risk criteria for land use planning in the vicinity of major industrial hazards[R], Health and Safety Executive, UK, 1989

[6] Control of Urban Development Around High - Risk Industrial Sites, Secretary of State to the Prime Minister for the Environment and the Prevention of Major Technological and Natural Risks. DEPPR[R], Industrial Environment Dept., Paris, October 1990

[7] 李丽霞,张礼敬,孟亦飞等. 池火灾热辐射下的最小安全距离[J]. 中国安全科学学报,2004,14(3):16～19

[8] 李丽霞. 有风情况池火灾热辐射下的最小安全距离[J]. 安全与环境学报,2006,7(6):113～117

[9] 李惠. 工业罐区池火灾灾害过程的数值模拟研究[D]. 南京. 南京工业大学, 2005

[10] 邢志祥,常建国,蒋军成. 池火灾最小安全距离的确定[J]. 消防技术与产品信息,2005,9:22～26

[11] 赵永涛. 天然气爆炸效应及应用探讨[J]. 爆破,2006,12:90～92

[12] 吴勇卫,王秋水,施瑾等. 礼花厂安全卫生防护距离标准的研究[J]. 卫生研究,1999,3:117～118

[13] 张震,李巍,王志强等. 油田生产设施环境安全距离理论与估算方法初探[J]. 安全与环境工程,2005,12:95～98

[14] 罗艾民,魏利军. 有毒重气泄漏安全距离数值方法[J]. 中国安全科学学报,2005,8:98～102

[15] 刘艳菊,张震,李巍等. 油田生产设施环境安全距离理论与估算[J]. 安全与 环境工程,206,3:77～81

[16] 徐龙君,刘华军. 化工企业安全卫生防护距离的确定[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2006,12:93～95

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net