

黄沿波, 刘铁梅. 化工园区安全管理技术策略[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 172–176. [Huang Yanbo and Liu Tiemei. Strategy on Safety Management Technology of Chemical Industry Park[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 172–176.]

# 化工园区安全管理技术策略<sup>\*</sup>

黄沿波<sup>1</sup>, 刘铁梅<sup>2</sup>

(1. 广东省有色地质勘察院, 广东 广州 510080, 2. 广东省环境保护职业技术学校, 广东 广州 510655)

**摘 要:** 化工园区内聚集着众多化工企业, 危险性极高, 一旦发生事故, 可能发生连锁效应, 后果影响严重, 因此, 需要对化工园区进行安全管理。多种化工园区的安全管理技术中, 化工园区安全规划对解决化工园区本质安全问题具有重要意义。将化工园区安全管理技术分为园区土地利用安全规划和危险设施综合整治措施两类, 分别提出相应的程序和实现方法。在遵循既定原则的基础上, 需要相关社会力量和技术的支持, 不断提高化工园区安全管理水平, 促进化工园区安全健康持续发展。

**关键词:** 化工园区; 土地利用; 危险设施; 综合整治措施

**中图分类号:** X43    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1000–811X(2014)01–0172–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.01.031

危险化学品生产企业的大型化和化工企业园区化的发展趋势, 使得众多的大型化工企业聚集在一个相对狭小的区域内生产, 危险性极高, 一旦发生事故, 后果将非常严重。此外, 化工园区构成一个完整、复杂的宏观系统, 一旦发生事故, 园区内危险源与危险源之间、企业与企业之间可能互相影响, 产生事故的连锁反应, 使其风险具有连锁性和扩张性<sup>[1–2]</sup>。

在整个化学工业发展的历程中, 出现了很多带给世人沉重灾难的重大事故。1984年11月19日, 墨西哥城北郊发生液化石油气槽车爆炸事故, 造成544人死亡, 1800多人受伤, 烧毁面积27 km<sup>2</sup>, 35万人流离失所, 120万人迁移出危险区。其主要原因是液化石油气库区位于人口密集的住宅区。1984年12月3日, 美国联合碳化物公司位于印度博帕尔市(Bhopal)的杀虫剂厂发生爆炸事故, 剧毒异氰酸甲酯严重泄漏, 事故直接致死3150人, 5万多人失明, 2万多人受到严重毒害, 近8万人终身残疾, 20万人中毒, 15万人接受治疗, 150余万人口受到影响。其主要原因是工厂与居民区距离太近, 而且位于居民区主导风向的上风侧。1986年, 瑞士巴塞尔(Basel)市圣多兹化工厂在灭火时使用了含有水银、有机磷酸酯杀虫剂和其他化学药剂的水, 造成莱茵河大面积污染,

数以百万计的鱼死亡, 下游沿岸所有自来水厂关闭, 影响波及多个国家, 其主要原因是工厂距离莱茵河太近。1989年8月12日中国石油总公司青岛油库发生特大火灾爆炸事故, 造成19人死亡, 100多人受伤, 直接经济损失3540万元。其主要原因是布局不合理, 储油规模过大, 与居民区和交通道路的距离过小。2003年12月23日, 位于重庆市开县高桥镇的中石油川东钻探公司发生特大井喷事故, 造成243人死亡, 6.5万人紧急疏散, 26555人门诊, 2142人住院, 损失9262.7万元。其主要原因是离气井500 m范围内有大量居民。2004年4月15日, 重庆天原化工厂发生氯气泄漏爆炸事故, 造成9人死亡, 15万人紧急疏散。其主要原因是工厂位于人口稠密的城市中心。

可见, 开展化工园区安全管理工作是减轻生产安全事故可能造成的人员伤亡、财产损失和环境污染, 有效控制事故扩展、蔓延的重要措施, 也是落实《安全生产法》<sup>[3]</sup>、《突发事件应对法》<sup>[4]</sup>、《危险化学品安全管理条例》<sup>[5]</sup>等法律法规要求和履行当地政府安全监管职责的重要内容。为此, 笔者研究提出了关于我国化工园区安全管理的技术措施, 以便科学指导化工园区安全管简称理工作, 提高化工园区安全保障水平, 促进化工园区安全健康持续发展。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2013–05–22    修回日期 2013–07–15

基金项目: 广东省科技计划项目(2010A030200022); 广东省2012年安全专项资金项目(2012–36)

作者简介: 黄沿波(1973–), 女, 安徽砀山人, 博士, 工程师, 从事土地利用与安全规划、风险评估、火灾数值模研究。

E-mail: huangyan197365@163.com

1 化工园区安全管理问题提出

化工园区安全管理的方法有多种,用于事故预防的安全监管、事故发生过程的应急救援(以应急装备布置和应急管理为核心)、化工园区的安全规划等。其中安全规划关系到化工园区本质安全问题,对于研究危险设施和土地利用的安全规划对于预防事故发生、减缓事故后果具有重要的现实意义。化工园区安全规划技术和方法的应用,可以为化工企业和化工园区的发展打下良好的基础。

从事化工园区安全管理的必要性和可行性有:  
(1)危险化学品事故的原因不外乎人的不安全行为、物的不安全状态以及安全生产管理等方面<sup>[6]</sup>。除此之外,化工企业的危险设施安全规划不合理是事故发生的一个重要原因<sup>[7]</sup>,如化工企业选址不当、厂区布局不合理、危险设施与周边密集人口区域距离较近等,一旦发生危险化学品泄漏,往往使事故范围扩大,进而造成严重的后果。

(2)我国是一个化工事故多发的国家。老化工基地的安全问题一直悬而未决,新的化工园区又带来了巨大的风险。环保总局2006年7月11日公布全国化工石化项目环境风险大排查行动结果显示,被排查的7555个化工石化建设项目中,81%布设在江河水域、人口密集区等环境敏感区域,45%为重大风险源<sup>[8]</sup>。因而,安全规划是化工园区发展中急需解决的重大问题之一,也是新建、改建、扩建工程项目的重要内容之一。

(3)“八五”、“九五”、“十五”期间的国家重大科技攻关项目的成功实施为我国开展危险设施安全规划奠定了良好的基础。“八五”期间开展的科技攻关项目《危险设施辨识评价与宏观控制技术研究》<sup>[9]</sup>为我国开展危险设施的普查、评价、分级监控和管理提供了良好的技术依托。“九五”期间开展的科技攻关项目《重大工业火灾、爆炸、毒物泄漏事故预防基础研究》<sup>[10]</sup>在事故后果模型方面奠定了良好的基础。“十五”国家科技攻关计划《城市公共安全规划技术、方法与程序研究》<sup>[11]</sup>将定量风险评估技术与地理信息系统的优势结合,提出了我国城市安全规划问题,并成功应用在某油气库区的安全规划中<sup>[12]</sup>。这些研究方法为我国化工园区安全规划提供了基础理论和技术方法,对城市土地利用及其他灾害领域的安全规划具有指导

意义。

2 化工园区安全规划的内容

化工园区安全规划的内容主要从以下两个方面开展。

(1)进行化工园区土地利用的安全规划

①根据事故经济损失的构成要素,采用事故损失的估算方法,为土地利用的安全规划提供参照基础。

②对化工园区进行风险评估:研究化工园区火灾热辐射、爆炸冲击波、爆炸碎片等引发多米诺事故的机理,各类阈值及传播概率的计算方法,为多目标决策提供事故可能性的定量数据。

③研究化工园区土地利用安全规划的目标、准则、实施程序,以及综合整改技术实施方案。

④借鉴人的潜在生命损失的目标(PLL)概念<sup>[13]</sup>,采用潜在经济损失和经济收益的目标进行安全规划多目标决策优化方法的实现。

(2)进行化工园区危险设施的综合整治

危险设施综合整治的最终目标是达到预期的安全规划目标。其途径一般是针对现状安全水平与安全目标间的差距,找出具体的危险源,积极采取控制措施,以消除危险源或减少危险源的危险性,或调整土地利用性质,整治各个规划对象。在事故发生前,降低事故的发生概率;在事故发生后,将损失减少到最低限度,从而达到降低风险及预期损失,实现规划安全目标的目的。

在安全规划中,既要考虑个人风险,又要考虑社会风险。从风险的计算看,首选是采取安全措施来降低初始事件发生的频率。

通过化工园区土地利用安全规划和危险设施综合整治,为化工园区的本质安全设计打下良好的基础。

2.1 化工园区土地利用安全规划方法

2.1.1 化工园区土地利用安全规划的程序

化工园区土地利用安全规划不但要对个人风险、社会风险和潜在经济损失等进行目标进行计算,还要将量化的风险指标与可接受标准进行对比,并进行风险的决策和多目标的优化,提出降低或减缓风险的措施。化工园区土地利用安全规划的核心是区域的定量风险评价(QRA)和多目标优化,其在技术上是一种复杂的过程,不仅要对事故的原因、场景等进行定性分析,还要对事故发生的频率和后果进行定量计算。化工园区土地利用安全规划的步骤如图1所示,包括:①系统

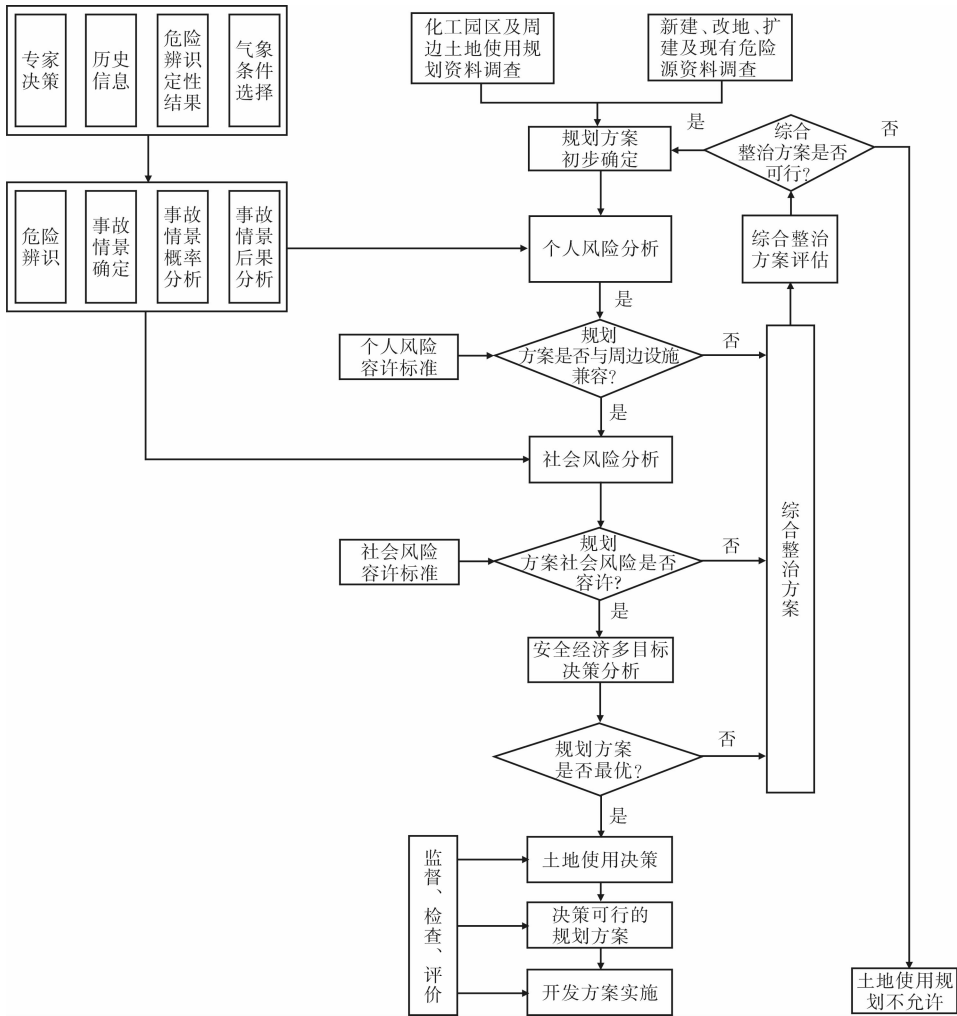


图1 化工园区土地利用安全规划的一般程序

描述与数据收集；② 危险辨识；③ 事故情景确定；④ 事故概率分析；⑤ 事故后果分析；⑥ 个人风险分析；⑦ 社会风险分析；⑧ 土地利用安全优化分析；⑨ 土地利用规划决策。

2.1.2 化工园区土地利用安全规划的实现方法

化工园区土地利用安全规划的基本思想是“分区制”。整体上来讲包括两方面的内容：①“分区”的确立；②土地的安全“优化”。

“分区”的确立包括危险源之间、危险源与周边脆弱目标之间的有效隔离距离的确定，这种分区制的确定，是通过单目标的核心指标个人风险和社会风险来实现。个人风险和社会风险指标，通过定量风险评价（QRA）也称为概率风险评价（PRA）过程来实现。

显然，上述“分区”中风险目标无疑是很重要的，但对于只依据可接受风险目标进行单目标土地利用规划决策问题，Evans 和 Verlander 在 1997 年用期望效用理论进行了理性分析，证明其结果是不合理的<sup>[14]</sup>。E. B. Abrahamsen 和 T. Aven 在

2008 年用期望效用理论和级别依赖效用理论得到了相似的证明结果<sup>[15]</sup>。这些研究间接地证明了化工设施土地利用规划的确是多准则决策问题。

为此，在满足“分区”限制条件的前提下，本文引入土地的安全“优化”。土地的安全“优化”基于土地利用选择权和土地用途的约束，通过风险-收益的优化，实现土地开发净收益最大化而其他各类成本和不期望后果最小化。这种优化是通过潜在经济损失和经济收益的双目标决策现实的。

对于化工园区土地利用安全规划对象而言，本文主要提出需要进行以下三方面的分区与优化：①新建危险设施的选址；②现有危险设施的改变或扩建；③现有危险设施附近的土地开发利用。

2.2 危险设施综合整治措施的方法

2.2.1 危险设施综合整治措施的程序

危险设施综合整治措施的制定要以风险评价的结果为依据，基于对风险评价过程及结果的充分了解，才能掌握因此风险超标的主要因素，并针对性地采取综合整治措施。危险设施综合整治

措施设计方案完成后, 需要从经济技术可行性、公众心理承受力、法律法规符合性等方面进行论证, 论证结果说明设计方案可行, 才能进入危险设施综合整治措施的实施阶段, 否则必须重新设计。危险设施综合整治措施的程序见图 2。

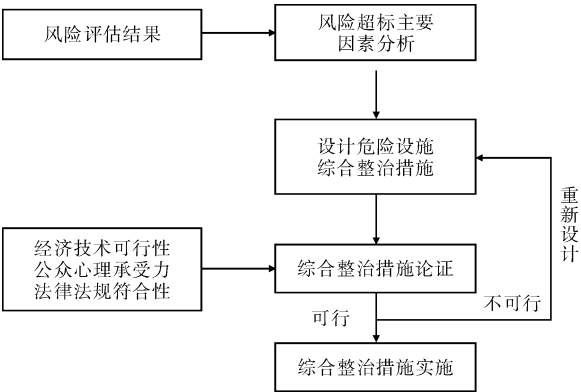


图2 危险设施综合整治措施的程序

2.2.2 制定危险设施综合整治措施的方法

危险设施综合整治的方法主要包括: 风险避免(Avoidance)和损失控制(Loss Control), 其中损失控制又分为损失预防(Loss Prevention)和损失抑制(Loss Reduction)两类。

(1) 风险避免

顾名思义, 风险避免是以放弃或拒绝承担风险作为控制方法, 回避损失发生的可能性。风险避免是风险控制措施中最简单也最消极的一种。如化工厂不使用某种危险物质, 可以完全避免因此种危险物质引发事故造成损失的风险。由于这一方法以完全回避危险源为前提, 在实际应用中有很大的局限性。

(2) 损失控制

损失控制依目的不同分为损失预防和损失抑制, 前者以降低事故概率为目的, 后者以缩小损失程度为目的。损失预防是指在事故发生前为了消除或减少可能引起损失的各项因素所采取的具体措施, 也就是消除或减少危险源, 以便降低损失发生的概率。损失抑制是指在事故发生后, 采取措施减少损失发生范围或损失程度的行为。两者的区别在于: 损失预防的重点在于降低事故发生的可能性; 损失抑制的重点在于减少损失发生的程度。总之, 风险控制措施实质上是一种行动或安全设备装置, 在事故发生前将引发事故的因素或环境隔离。

2.2.3 危险设施综合整治措施的类型

可选的危险设施综合整治措施主要有以下几种类型。

(1) 消除危险设施风险的控制措施

即通过合理的设计和科学的管理, 尽可能从根本上消除危险设施, 如: ①搬迁危险设施, 以达到消除危险设施的目的; ②生产中以无害物质代替危险有害物质等。

(2) 降低危险设施风险的控制措施

当消除危险设施有困难时, 可采取危险设施控制技术措施, 如: ①利用危害性较小的物质替换危险物质; ②减少危险有害物质的使用储存量; ③性质不同的危险物质应该分离; ④在源头控制危险物质的泄漏和控制溢流; ⑤避免危险物质的泄漏将泄漏量减至最少; ⑥将泄漏的危险物质转移至安全的地方; ⑦杜绝易燃源; ⑧避免形成易爆环境; ⑨提高生产过程的自动化水平以降低事故概率; ⑩采用隔离措施降低事故后果等。

(3) 危险设施周边规划对象所面临的危险超过可接受风险标准的风险控制措施

在安全规划过程中, 除了考虑危险设施内部因素之外, 还要综合考虑气象条件、脆弱目标分布等外部条件, 只有二者结合起来, 才能对危险设施进行合理的规划。对于采取措施后危险设施周边的规划对象的风险仍超标的情况, 政府、企业、规划对象等相关方进行协商, 采取针对规划对象的措施, 具体包括: ①规划对象停止使用; ②将规划对象搬迁至低于可接受风险标准的地方; ③改变规划对象所在地的土地利用性质等。

推荐采用杨玉胜<sup>[16]</sup>等人提出的方法对危险设施周边土地利用进行规划, 具体如图3所示。

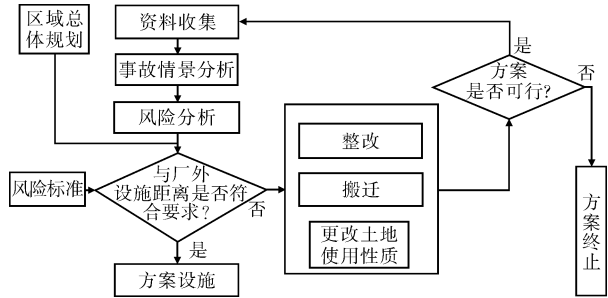


图3 危险设施周边土地利用安全规划方法

3 讨论和结论

在众多安全规划方案中, 通过评价, 优选出最好的危险设施综合整治方案是危险设施土地利用安全规划的重要任务。所谓“最好”有两个含义。①必须达到满足安全规划目标的要求; ②投资尽可能少。

进行化工园区安全规划遵循以下原则。

(1)预防性:“防患于未然”是危险设施综合整治措施的根本目的。在灾害发生之前,予以杜绝或防范,减少其带来的危害和损失。同时,对于现存的安全隐患,要积极整改。因此,“预防为主、防治结合”是危险设施风险控制措施的重要原则。

(2)系统性:危险设施土地利用安全规划本身是一项系统工程,是以系统论方法为指导的。规划的各步骤存在着内在联系,并相互依托。危险设施综合整治措施的提出是对风险评价结果综合分析的产物,是以风险评价为前提和基础的。

(3)可行性:危险设施综合整治措施要基于城市的自然环境条件和现有的经济、技术水平,并且不能与现行的国家和地方的法律、法规相抵触。同时,鉴于城市公众不同的文化、宗教等背景,在危险设施综合整治措施具备经济、技术可行性的同时,还要考虑公众的心理承受能力。

进行化工园区安全规划主要需要以下支撑力量:

(1)政府部门的监督管理和国家政策法规的推行;

(2)科研技术部门对新的安全规划技术方法的研究开发;

(3)企业自觉遵守国家法律规定;

(4)社会监督和民意参与。

## 参考文献:

[1] 贺业贵. 规划城市工业园区应注意的几个问题[J]. 四川建筑, 2006, 26(9): 10-12.

- [2] 林大建, 周永安, 蔡嗣经. 工业园区建设项目安全评价初探[J]. 现代化工, 2006, 26(5): 61-63.
- [3] 中华人民共和国安全生产法[M]. 北京: 中国法制出版社, 2002.
- [4] 中华人民共和国突发事件应对法[M]. 北京: 中国法制出版社, 2007.
- [5] 危险化学品安全管理条例[M]. 北京: 中国法制出版社, 2011.
- [6] 隋鹏程, 陈宝智, 隋旭. 安全原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 吴宗之, 魏利军, 于立见, 等. 重大危险源安全监管信息系统的开发研究[J]. 2005, 15(11): 39-43.
- [8] 吴军. 我国石油和化工工业发展的园区化战略研究及政策建议[D]. 上海: 中国科学院上海冶金研究所, 2000.
- [9] 吴宗之, 高进东. 重大危险源辨识与控制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.
- [10] 吴宗之, 高进东, 魏利军. 危险评价方法及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [11] 吴宗之, 关磊. 重大危险源安全规划与监控是城市安全的重要保障[J]. 中国公共安全, 2006, 5(2): 5-7.
- [12] 吴宗之, 多英全, 魏利军. 区域定量风险评价方法及其在城市重大危险源安全规划中的应用[J]. 中国工程科学, 2006, 8(4): 46-49.
- [13] 陈晓董, 师立晨, 刘骥, 等. 危险设施土地利用规划方法及其应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2008 (4): 32-35.
- [14] Evans A W, Verlander N Q. What is wrong with criterion FN-lines for judging the tolerability of risk[J]. Journal of Risk Analysis, 1997, 17: 157-168.
- [15] Abrahamsen E B, Aven T. On the consistency of risk acceptance criteria with normative theories for decision-making[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2008, (3): 1-13.
- [16] 杨玉胜, 吴宗之, 任彦斌, 等. 石油化学工业危险设施安全规划方法研究[C]//中国职业安全健康协会2007年学术年会论文集. 重庆: 中国职业安全健康协会, 2007.

# Strategy on Safety Management Technology of Chemical Industry Park

Huang Yanbo<sup>1</sup> and Liu Tiemei<sup>2</sup>

(Guangdong Nonferrous Metals Geological Exploration Institution, Guangzhou 510080, China;

2. Vocational and Technological School of Guangdong Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

**Abstract:** Gathered many chemical enterprises, Chemical Industry Park (CIP) is surely of high risks, and would have accident chain reaction with serious consequences once an accident happened. Therefore, implement of safety management to CIP is needed. In multiple of Safety Management Technologies of CIP, it has important significance for the Safety Plan of Chemical Industry Park (SPCIP) to solve the essence safety of CIP. The SPCIP is divided into the land-use safety planning and comprehensive improvement measures of hazard facilities (CIMHF) of CIP. Program and realization method are put forward respectively. On the basis of the principles established, the relevant social forces and technology support is needed to improve the level of safety management of CIP constantly, and to promote the healthy and sustainable development on chemical industrial safety.

**Key words:** Chemical Industry Park (CIP); land-use; hazardous facilities; comprehensive improvement measures