

文章编号: 1673—9620 (2008) 03—0027—04

城市中化工灾场风险强度模型研究^{*}

王 钰, 邵 辉

(江苏工业学院 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 根据灾害对于城市区域系统的影响方式和对理论的研究, 对灾场的概念进行了全新的定义。通过类比推理的方法将电场、引力场和灾场的本质属性进行分析和比较, 确定了 3 个场理论的相似性。进而以电场和引力场模型为模版, 以化工企业为载体, 建立了灾场风险强度模型, 并对模型中的各个参数含义进行了说明。通过灾场概念的定义和灾场风险强度模型的建立, 提出了灾害对城市区域系统影响方式的新解释, 对城市公共安全中灾害风险的研究提供了一定的理论支持。

关键词: 场; 灾场; 类比推理; 灾场模型; 城市公共安全

中图分类号: X 915.5

文献标识码: A

Study of Chemical Disaster Field Hazard Intensity Model in City

WANG Yu, SHAO Hui

(School of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Based on the theory in physics about the influence mode of disaster to city regional system and theory of field, the new conception of disaster field is defined. Through analogism method, essence attribute of electric field, gravitational field and disaster field are analyzed and compared, and confirmed the similarities between the theories. Base on the model of electric field and gravitational field, with chemical enterprise as an example, the disaster field hazard intensity model is established and each parameter in the model is explained. The theory and hazard intensity model of disaster field has resulted in the new interpretation for influence mode of disaster to city regional system, providing theoretical support for research of disaster hazard in city public safety.

Key words: field; disaster field; analogism; disaster field hazard intensity model; city public safety

化工事故的发生, 不但影响了人们的正常生活, 造成了巨大的经济损失, 还会影响区域的公共安全。化工生产过程中存在着诸多不安全因素和职业危害, 比其他的产业有着更大的危险性。由于化工事故是典型的城市灾害类型, 因此对于城市灾害风险的研究可以从化工企业风险的研究着手。

从大量的化工企业事故案例可以看出, 化工事

故不仅仅在企业范围内造成破坏, 也会对其周围城市区域系统造成一定范围的影响。现有的关于化工灾害的研究大多是以灾害本身作为出发点, 在企业范围内研究灾害的发生机理、影响形式和经济损失等方面, 没有充分考虑到灾害对于城市公共安全的影响。另外, 对于城市灾害的研究大多是根据灾害发生的机理, 从管理的角度制定防灾减灾的措施,

* 收稿日期: 2007—05—16

基金项目: 江苏省常州市社会发展计划项目资助 (CS2005004)

作者简介: 王钰 (1983—), 女, 天津市人, 硕士研究生; 联系人: 邵辉。

在理论模型研究方面尚有欠缺。

因此, 本文中将灾害的原理同城市公共安全进一步结合, 从理论模型角度解释化工事故对于城市区域系统的影响。以化工企业作为载体, 通过对物理学中场理论的研究, 选取合适的场论模型, 并将模型扩展到风险分析领域, 建立灾场模型, 对于整体评估企业灾害对于城市和区域系统的风险影响有一定的指导意义。

1 灾场的概念

1.1 灾害与场理论

场是一个由理论物理学界提出的物理学范畴, 按字义理解, 所谓“场”是指某种物理量在空间的一种分布。物理学中的场通常是由物质引发的力的作用, 即物质在其周围形成力场, 并对在场内的其他物质有着力的作用。

如果将场理论应用到灾害研究方面, 可以将存在不安全因素的系统定义为灾害源 (简称灾源), 灾源与灾源之间存在着相互的风险影响。如果一个灾源发生灾害, 势必会对其周围的其他灾源造成影响, 并有可能引发其他灾源的事故。假设灾源在其周围形成灾场, 处于灾场范围内的其他系统或单元都会受到灾害风险的威胁。这样就合理的将场理论引入到灾害领域, 并可以使用场的理论来解决灾害问题。

1.2 灾场的概念和本质

在此之前, 曾经有人提出过灾场的概念。《安全科学技术百科全书》中将灾场定义为一种灾害系统, “灾场”则是超越灾区时空的灾害辐射及影响范围。该灾场学说认为, 灾害之所以具有超越灾区殃及全局的危害性质, 具有惊人的穿透力和震撼力, 除去灾害因素外, 主要是因为社会大系统内部存在着链式反应结构^[1]。在书中只提出了灾场的理论概念, 并没有对灾场这个概念给出明确的定义。通过对物理学中场理论的研究, 本文给出了对灾场的全新定义。

灾场就可以定义为灾源之间或灾源对其他系统造成灾害威胁的事故风险在空间上的抽象分布, 是伴随着灾源的不安全状态的客观实在。根据灾害理论, 灾源周围的系统同灾源的距离越远, 受到的灾害威胁强度就越小; 灾源的灾害强度越大, 其周围的系统受到的威胁也就越大。因此, 可以假设灾场

内的系统所受到的灾害威胁同灾源的风险值成正比, 同点与灾源之间的距离成反比。

事故的发生是由于能量的突然释放, 人员伤亡和财产损失都是由于能量在空间上的传播而造成的。因此, 灾场的本质可以看作是灾源的潜在事故能量在周围空间上的衍射。

2 灾场风险强度模型的建立

2.1 物理场模型

现代物理学中存在多种场理论, 也存在对应的多种场模型^[2]。根据灾场的定义以及灾场的特点, 选择引力场模型和电场模型进行分析。引力场和电场的属性见表 1, 物理意义分别为: 任意两个质点之间存在着相互吸引力, 其大小与两个质点质量的乘积成正比, 而与两个质点之间的距离的平方成反比; 在真空中, 两个静止的点电荷之间的相互作用力, 其大小与它们电荷的乘积成正比, 与它们之间距离的二次方成反比。

表 1 引力场和电场属性

Table 1 Property of electric field, gravitational field		
方程	引力场	电场
力	$F_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$	$F_{12} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$
场强	$g_i = \frac{F}{m} = -\frac{Gm'}{r^2}$	$E = \frac{F}{q_0} = k \frac{q}{r^2}$
场强叠加	$g'_j = -\sum_i \frac{Gm_i}{r_i^2}$	$E' = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i$

2.2 场理论的类比推理

根据安全逻辑学中类比推理的概念, 根据两个或两类对象之间存在着某些相同或相似的属性, 从一个对象还具有某个属性来推出另一个对象也具有此种属性^[3]。

类比推理基本模式表述如下: 若 A、B 表示两个不同的对象, A 有属性 P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_m 、 P_n , B 有属性 P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_m , 则对象 A、B 的类比推理可用如下公式表示:

A 有属性 P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_m 、 P_n

B 有属性 P_1 、 P_2 、 \dots 、 P_m
 所以, B 也有属性 P_n ($n > m$)

如果要将电场和引力场的强度模型引入到灾场风险强度模型当中去, 必须要说明以上场理论之间存在着某些相同或相似的本质属性, 才能进而将电场和引力场的某些属性引用到灾场理论中去。因此寻找电场、引力场和灾场的相同和相似属性成为灾

场风险强度模型建立的关键。由于应用类比推理原理, 重点在于寻找对象之间的相似属性, 对于对象的不同点不做讨论。

根据电场、引力场和灾场的概念, 各个场理论的相似属性对比见表 2。

表 2 电场、引力场和灾场的属性对比

Table 2 Essential contrast between electric field gravitational field and disaster field

电场	引力场	灾场
两个点电荷之间存在相互作用力	两个物体之间存在相互吸引力	两个灾源之间存在相互灾害风险威胁
电场中点电荷受到吸引或排斥力的作用	引力场中物体受到吸引力作用	灾场中物体受到灾害风险威胁
作用力大小与电荷大小成正比	作用力大小与物体质量成正比	灾场风险大小与灾源风险程度成正比
作用力大小与电荷间距离成反比	作用力大小与物体间距离成反比	灾场风险大小与灾源间距离成反比

通过对 3 个场理论的基本属性比较, 可以看出, 灾场同电场、引力场之间具有许多的相似属性, 这为灾场模型的建立提供了理论支持。

2 3 灾场风险强度模型的建立

将灾场的概念和特点与物理中的电场和引力场相比较, 根据统一场理论, 利用安全逻辑学中类比推理的方法, 将电场和引力场的强度模型引入灾场风险强度模型。

灾源周围存在灾场, 那么位于在场中的任何系统将受到灾场风险的作用。灾场同其他物理场一

样, 也存在场强, 表现为灾源对于外界的危险强度。对于一个非灾源内的质点 (系统), 它所受到的灾场风险强度为:

$$E=\alpha \frac{\rho}{r^n}$$
 (1)

式中: E —灾场风险强度。该强度不同于物理场强, 它不是一个实际存在的量, 不能通过仪器测得。灾场风险强度采用数学方法将风险抽象为数据, 其数值旨在对灾场风险进行量化; ρ —灾源的风险值, 反映灾源自身潜在的灾害特性; α —灾场的补偿系数, 系数取 0~1 之间, 反映在灾源采用安全措施时, 灾场风险的削弱作用; r —质点 (系统) 距灾源中心的距离, 以 m 为单位; n — r 的系数, 取不等于 0 的自然数。其取值满足使 E 的分布在合理的数量级之内, 便于计算和后期应用。

2 4 化工灾场风险强度模型中参数的确定

2 4 1 风险值的确定

化工企业存在着多种事故类型, 如火灾、爆炸、毒气泄漏等类型, 如何综合考虑各种事故风险的影响, 全面衡量灾源的风险值, 是灾场模型应用的关键之一。综合衡量现有的风险量化方法, 只有道化学法和蒙德法^[4,5]可以综合考虑到化工单元的火灾、爆炸和中毒风险。由于蒙德法是在道化学法的基础上的进一步改良和扩展, 考虑的问题更加全面, 因此, 采用蒙德法的计算方式计算灾源的风险值, 计算过程如图 1 所示。

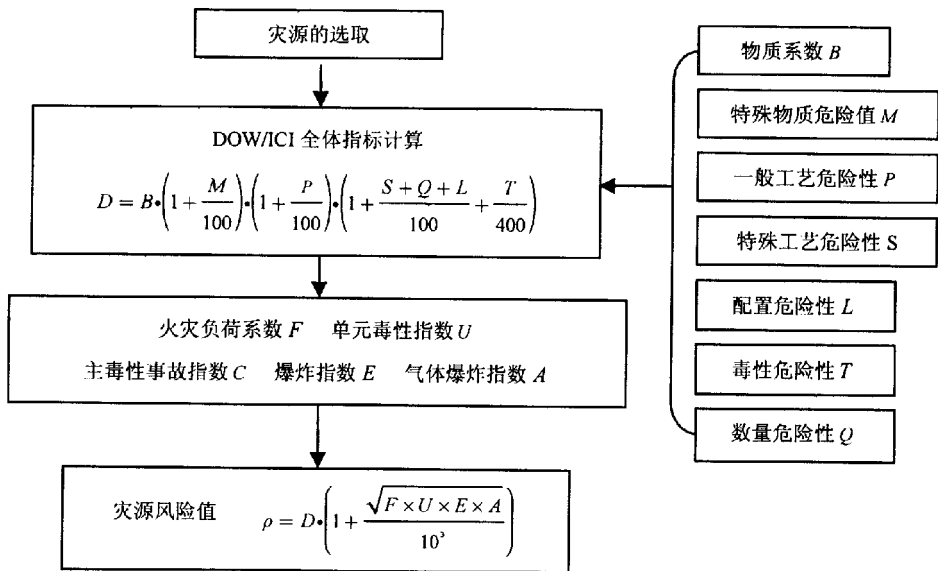


图 1 灾源风险值计算过程图

Fig 1 Counting process of disaster fountain hazard

2.4.2 灾场风险影响范围的确定

灾场风险影响范围就是灾场的灾害风险波及范围,也就是灾场模型中 r 的取值区域。化工企业中最常见的两种事故类型是火灾与爆炸,因此选取事故后果模拟中的火灾与爆炸模型进行事故后果计算,通过事故后果模拟得到的事故半径记为 R_1 。

选取的事故模型包括:池火灾模型,喷射火灾模型,火球和爆燃模型,固体火灾模型,蒸气云爆炸模型,沸腾液体扩展蒸气爆炸模型,凝聚相爆炸模型,物理爆炸模型。这些模型参考了国内外有关规范,并为大量的数据所验证,具有很强的可靠性及可用性^[6,7]。

灾场风险影响范围,也就是质点距灾源中心距离的取值范围为: $R_2 < r < R_1$,其中, R_2 为灾源的当量半径。

2.4.3 风险补偿系数 α 的确定

灾场风险补偿系数主要反映的是灾源中的预防和保护措施对灾场风险强度的削弱作用。由于采用蒙德法计算灾源的风险值,因此可以使用蒙德法中确定的容器危险性系数 K_1 、工艺管理系数 K_2 、安全态度系数 K_3 、防火系数 K_4 、物质隔离系数 K_5 、灭火活动系数 K_6 的乘积作为微观灾源风险的补偿系数,以保持公式取值的一致性。

2.4.4 系数 n 的确定

通过灾场模型可以看出,系数 n 的取值直接决定了不同灾源的灾场强度的差异性。由于灾场强度以数值形式反映了灾源的潜在危险,因此,可以通过灾场强度对不同的灾源之间进行风险比较。通过灾场模型可以得到, n 的取值越大,灾场强度就越小,不同灾源之间的风险差异显示越不明显。为了能够明显看出灾源之间的风险差异,又使灾场强度数值不至于过大而难以计算,系数的选取在1~2之间。

2.5 化工灾场风险强度的叠加

如果某一点同时处于两个或更多的灾场范围内,那么它将受到多重的风险威胁。由于灾场强度计算采取统一的蒙德法计算,所以可以对灾场强度进行叠加。

虽然灾源对质点之间的力是存在方向的,但是

危险对于物质来说只有损坏一种后果,不论是哪个方向的灾场力,最终只会导致物质的破坏,所以不考虑力的方向,只是将灾场强度进行数字累加。因此,多灾源对某一个质点的灾场力强度为:

$$E' = \sum_i E_i = \sum_i \alpha_i \frac{\rho_i}{r_i^n} \quad (2)$$

假设某个点处于两个灾场的交界范围内,灾源1的事故概率为 P_1 ,灾源2的事故概率为 P_2 ,那么该点发生事故损失的概率为 $P_1 + P_2 - P_1 P_2$,大于单灾场范围内点的灾害损失发生概率,因此在复合灾场范围内要重点进行灾害的预防。

3 小 结

根据场理论建立了灾场概念,提出了灾源对于城市公共安全影响的全新模式。借鉴了引力场和电场的模型,建立了灾场风险强度模型,并说明了模型中各个参数的意义以及参数取值的基本方法。

灾场的研究在安全方面属于较新的领域,相关方面的研究很少。而应用场理论建立灾场风险强度模型研究还没有相关的报道,这些理论对于灾场的研究有一定的指导意义。

本文中提到的灾场风险强度模型只是一个起点,灾场风险强度模型在城市灾害的风险评估上的应用,还有许多工作需要进一步的探讨和研究。

参考文献:

- [1] 《安全科学技术百科全书》编委会. 安全科学技术百科全书[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003
- [2] 万仁浚, 乔本元, 周小来, 等. 大学物理上册[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 1995
- [3] 郭振龙, 朱兆华. 安全逻辑学[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005
- [4] 汪元辉. 安全系统工程[M]. 天津: 天津大学出版社, 1999
- [5] 国家安全生产监督管理局. 安全评价(上册—第3版)[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005
- [6] 魏新利, 李惠萍, 王自健. 工业生产过程安全评价[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- [7] 周家红, 许开立. 爆炸事故后果评价方法[J]. 工业安全与环保, 2006, 32(3): 52—53