

# 上海虹桥综合交通枢纽灾害链及其在灾害评估中的应用\*

周红波<sup>1</sup>, 高文杰<sup>1</sup>, 刘成清<sup>2</sup>

(1. 上海市建科建设监理咨询有限公司, 上海 200032; 2. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 灾害的发生发展呈现链式有序的传承效应(灾害链), 为灾害的预防和控制带来了不小的困难。上海虹桥综合交通枢纽工程集多种换乘方式于一体, 一旦发生灾害, 势必造成连锁反应, 造成巨大损失, 必须对其进行防灾治灾研究。应用灾害链思想结合模糊综合评判法的思路, 提出了灾害链定量分析方法并对虹桥枢纽灾害等级进行了评估。

**关键词:** 虹桥综合交通枢纽; 灾害链; 模糊综合评判; 灾害评估; 上海

**中图分类号:** X4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2009)01-0006-07

## 0 引言

目前, 灾害学已经发展成为一门专门的科学, 许多专家学者致力于此, 希望通过科学的手段对灾害进行预测与评估, 使人类最大程度的免受灾害的侵扰。

在古时候人们就注意到了自然灾害有时呈相互联系的共发特征, 俗语“祸不单行”就是对这个现象的简单总结。经过人类长期观察总结, 发现灾害多呈“链式”发展, 提出了“灾害链”理论。所谓灾害链, 就是一个重大自然灾害发生后, 继发另一个重大灾害, 并呈现链式有序结构的大灾传承效应称为灾害链。前一个灾害可为后继重大灾害的发生提供关键信息, 后继灾害的巨大损失有时可能超过前灾。灾害链作为一个新型的学科方向, 是研究灾害相互影响规律和相互作用贡献大小的有效方法, 能促进灾害的评估与预报向更准确的方向发展。

## 1 灾害链理论概述

### 1.1 灾害链致灾机理

不同的灾害链式反应对应不同的作用机理, 诸如: 气象脉动效应、粉碎作用、梯度——波扰动放气效应、副高引张环放气效应、地气耦合的正反馈放大、诱会作用、磁致伸缩和自发磁致伸缩、

遥联关系等等。

虹桥枢纽可看作是一个特殊的相对狭小的区域, 本文不是只研究该区域内某一特定灾害引发另一特定灾害的途径, 而是要对该区域所可能面临的所有灾害种类(图1)之间相互作用的途径和方式进行研究, 故其灾害链致灾机理是多种效应的偶合反映。

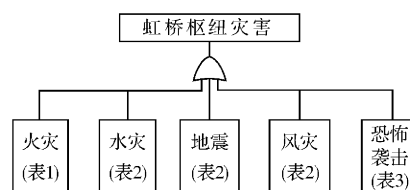


图1 灾害种类

### 1.2 灾害链定量分析方法

灾害链作为灾害学的研究方法之一, 近几年得到了迅速的发展, 但是目前仍局限在定性或半定量的分析层面, 尚无成熟的定量分析方法。本文将灾害链分析方法和模糊综合评判法相结合, 提出了定量化的分析方法, 对灾害链理论研究进行了探索。

假定灾种 A 通过环节 1 表现出来, 并经过环节 2 导致灾种 B 的发生(图2), 环节 1 属于灾种 A 的范畴, 环节 2 属于灾种 B 的范畴, 因为通过环节 1 表现的灾种 A 导致了次生灾害 B 的发生, 那么认为环节 1 引起的灾害损失增加了, 故对其在模糊综合评判法中的损失等级上升一个级别; 同理,

\* 收稿日期: 2008-06-14

基金项目: 上海市科委科研项目课题(08201201900)

作者简介: 周红波(1972-), 男, 湖北人, 博士, 高级工程师, 总工程师, 主要从事工程建设监理、项目管理、风险管理研究。

E-mail: zhouhongbo72@yahoo.com.cn

因为灾种 A 的发生，增加了环节 2 的发生概率，  
对其在模糊综合评判法中的灾害发生概率调整增  
加一个等级。然后重新进行模糊综合评判，得到  
考虑灾害互相作用的灾害等级。

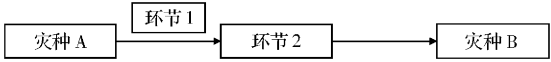


图 2 灾害链示意图

2 虹桥枢纽灾害识别与评估

2.1 灾害识别

上海虹桥综合交通枢纽地处上海市西郊长宁  
版块，是包括城际铁路、高速铁路、轨道交通、  
长途客运、市内公交等多种换乘方式于一体的交  
通“巨无霸”，是将来上海最大的交通枢纽站。

根据虹桥枢纽的工程特点、区域概况及上海  
市相关灾害历史资料分析，根据“重点突出、主次  
分明”的原则，确定了虹桥枢纽灾害研究种类：风  
灾、水灾、火灾、地震和恐怖袭击及其各个重要  
环节，形成虹桥枢纽灾害清单(表 1 ~ 表 3)。

表 1 火灾灾害清单

单体	区域火灾	原因描述	单体	区域火灾	原因描述
西 航 站 楼	办票岛火灾	设备起火	车库火灾	车辆起火	
		电气起火		电气起火	
	候机区火灾	香烟起火	大通道火灾	电气起火	
		电气起火		电气起火	
	商业模块火灾	电气起火	商业开发区火灾	香烟起火	
		香烟起火		燃气泄漏	
	动火商业区火灾	燃气泄漏	动火厨房火灾	炉灶失火	
		炉灶失火		电气起火	
		电气起火		香烟起火	
		香烟起火	办公区域火灾	电气起火	
	办公区域火灾	香烟起火		香烟起火	
		电气起火		设备起火	
	设备机房火灾	电气起火		电气起火	
		设备起火	设备机房火灾	违章动火	
	含油机房火灾	违章动火		雷击	
		设备起火	易燃物起火	易燃物起火	
	变配电机房火灾	电气起火		易燃物起火	
		违章动火	含油机房火灾	设备起火	
		设备起火		电气起火	
		电气起火	变配电机房火灾	违章动火	
		违章动火		雷击	
东 交 通 中 心	办票岛火灾	设备起火	车库火灾	车辆起火	
		电气起火		电气起火	
	候机区火灾	香烟起火	大通道火灾	电气起火	
		电气起火		电气起火	
	商业模块火灾	电气起火	商业开发区火灾	香烟起火	
		香烟起火		燃气泄漏	
	动火商业区火灾	燃气泄漏	动火厨房火灾	炉灶失火	
		炉灶失火		电气起火	
		电气起火		香烟起火	
		香烟起火	办公区域火灾	电气起火	
	办公区域火灾	香烟起火		香烟起火	
		电气起火		设备起火	
	设备机房火灾	电气起火		电气起火	
		设备起火	设备机房火灾	违章动火	
	含油机房火灾	违章动火		雷击	
		设备起火	易燃物起火	易燃物起火	
	变配电机房火灾	电气起火		易燃物起火	
		违章动火	含油机房火灾	设备起火	
		设备起火		电气起火	
		电气起火	变配电机房火灾	违章动火	
		违章动火		雷击	

高 铁 车 站	主站屋站厅层火灾	电气起火	站厅层火灾	电气起火
		香烟起火		香烟起火
	主站屋站台层火灾	电气起火	站台层火灾	电气起火
		香烟起火		香烟起火
	商业区火灾	电气起火	商业区火灾	电气起火
		香烟起火		香烟起火
		燃气泄漏		燃气泄漏
		炉灶失火		炉灶失火
	动火厨房火灾	燃气泄漏	动火厨房火灾	电气起火
		炉灶失火		香烟起火
	办公区域火灾	电气起火	办公区火灾	电气起火
		香烟起火		香烟起火
	设备机房火灾	设备起火	设备机房火灾	设备起火
		电气起火		电气起火
		违章动火		违章动火
		雷击		雷击
磁 悬 浮 车 站	主站屋站厅层火灾	易燃物起火	站厅层火灾	易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
	主站屋站台层火灾	电气起火、	站台层火灾	电气起火、
		违章动火		违章动火
	商业区火灾	雷击	商业区火灾	雷击
		易燃物起火		易燃物起火
	动火厨房火灾	设备起火、	动火厨房火灾	设备起火、
		电气起火、		电气起火、
	办公区域火灾	违章动火	办公区火灾	违章动火
		雷击		雷击
	设备机房火灾	易燃物起火	设备机房火灾	易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
		电气起火、		电气起火、
		违章动火		违章动火
含 油 机 房 和 重 要 电 气 机 房	主站屋站厅层火灾	雷击	站厅层火灾	雷击
		易燃物起火		易燃物起火
	主站屋站台层火灾	设备起火、	站台层火灾	设备起火、
		电气起火、		电气起火、
	商业区火灾	违章动火	商业区火灾	违章动火
		雷击		雷击
	动火厨房火灾	易燃物起火	动火厨房火灾	易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
	办公区域火灾	电气起火、	办公区火灾	电气起火、
		违章动火		违章动火
	设备机房火灾	雷击	设备机房火灾	雷击
		易燃物起火		易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
		电气起火、		电气起火、
磁 悬 浮 车 站	主站屋站厅层火灾	违章动火	站厅层火灾	违章动火
		雷击		雷击
	主站屋站台层火灾	易燃物起火	站台层火灾	易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
	商业区火灾	电气起火、	商业区火灾	电气起火、
		违章动火		违章动火
		雷击		雷击
		易燃物起火		易燃物起火
	动火厨房火灾	设备起火、	动火厨房火灾	设备起火、
		电气起火、		电气起火、
	办公区域火灾	违章动火	办公区火灾	违章动火
		雷击		雷击
	设备机房火灾	易燃物起火	设备机房火灾	易燃物起火
		设备起火、		设备起火、
		电气起火、		电气起火、
		违章动火		违章动火

表 2 水灾、风灾、地震灾害清单

灾种	单体	区域水灾	水灾原因
水灾	西航站楼	给排水管道失效	管道爆裂
			管道堵塞
		地下管线共同沟	严重漏水
			设备机房
	东交通中心	给排水管道失效	管道爆裂
			管道堵塞
		设备机房倒灌	严重漏水
			地下室涌水
		地下室出入口倒灌	排水不足
			外水系抬高
	磁悬浮车站	给排水管道失效	管道爆裂
			管道堵塞
		地下室涌水	突发性涌水
			暴雨引起倒灌
		地下室出入口倒灌	排水不足
			外水系抬高

风 灾	西 航 站 楼	钢结构屋顶	钢结构屋盖变形过大
		玻璃幕墙	玻璃幕墙破坏 屋面破坏 屋面变形过大
		雨蓬	雨棚、广告牌、指示牌脱落
	东 交 通 中 心	钢结构屋顶	钢结构屋盖变形过大
		玻璃幕墙、屋 面、天窗	玻璃幕墙破坏 屋面破坏 屋面变形过大
		雨蓬	雨棚、广告牌、指示牌脱落
	磁 悬 浮 车 站	大跨度简支钢结构	钢结构屋盖变形过大
		金属屋面、天窗	玻璃幕墙破坏 屋面破坏 屋面变形过大
		玻璃幕墙	脱落
		附属结构	雨棚、广告牌、指示牌脱落
地 震	西 航 站 楼	大跨度结构	结构倾斜 结构坍塌
		玻璃幕墙	支撑体系失稳 玻璃坠落
		升降电梯及扶梯	电梯间坠落
		转换层	结构坍塌
		重要设备间	中断能源
	东 交 通 中 心	大跨度结构	结构坍塌
		结构转换层	结构坍塌
		复杂结构平面	不可预知结构响应
		玻璃幕墙	支撑体系失稳 玻璃坠落造成砸伤
		升降电梯及扶梯	电梯坠落
磁 悬 浮 车 站	东 交 通 中 心	重要设备间	中断能源供应
		大跨度结构	屋顶坍塌 屋面板掉落
		结构转换层	结构坍塌
		玻璃幕墙	支撑体系失稳 玻璃坠落
		升降电梯及扶梯	电梯坠落
	西 航 站 楼	重要设备间	中断能源供应

表 3			恐怖袭击灾害清单		
单体	区域	原因	单体	区域	原因
西 航 站 楼	陆侧主楼安检前区	爆炸袭击	东 交 通 中 心	纵向大通道	爆炸
		纵火袭击			纵火
		生化袭击			生化袭击
	高架及道路区	毒气袭击		高架及道路区	毒气
		汽车撞击			汽车撞击
		爆炸			爆炸
	设备机房	爆炸		设备机房	爆炸
		纵火			纵火
		设备破坏			设备破坏
		投毒			投毒
磁 悬 浮 车 站	设备机房	高 铁 车 站	停车库	爆炸	
				汽车撞击	汽车撞击
				纵火	纵火
	站厅层安检前区		主站屋安检前区	爆炸	爆炸
				纵火	纵火
				生化袭击	生化袭击
	高架及道路区		高架及道路区	毒气	毒气
				汽车撞击	汽车撞击
				爆炸	爆炸
				爆炸	爆炸
设备机房	设备机房	设备机房	纵火	纵火	
			设备破坏	设备破坏	

2.2 灾害评估

采用模糊综合评价方法对虹桥枢纽灾害等级进行评估，该方法是将评价指标的隶属度与权重进行模糊运算使计算结果更显客观。

2.2.1 评价指标权重的确定

权重的确定是采用层次分析法，将同级各个因子两两相互比较，并按 9 标度表(表 4)规则进行仿数量化后构成一个构造判断矩阵，该矩阵经过一致性检验后最大特征值对应向量为对应各因子的权重向量。

表 4 9 标度表	
标度	两两因子重要性比较的结果说明
1	$i$ 因子与 $j$ 因子完全一样重要
3	$i$ 因子比 $j$ 因子稍微重要一点
5	$i$ 因子比 $j$ 因子明显重要
7	$i$ 因子比 $j$ 因子重要得多
9	$i$ 因子比 $j$ 因子极为重要
2, 4, 6, 8	两两因子重要性比较介于上述标度两值之间
倒数	上述相反情况即 $j$ 比 $i$ 重要的情况

2.2.2 灾害等级隶属度的确定

灾害事件对于灾害等级的隶属度计算首先采用专家打分法结合资料分析来确定各风险事件的

影响后果  $C$  的估值及发生概率  $P$  的估值,将  $P$  与  $C$  的乘积带入灾害事件对于灾害等级的隶属函数便可得到灾害事件对于灾害水平的隶属度。

#### (1) 确定灾害事件的影响后果 $C$

灾害事件的影响后果估值方法如表 5 所示。

表 5 虹桥枢纽灾害损失等级划分标准

损失等级	估值	损失		
		死亡人数 $d$ /人	重伤人数 $g$ /人	经济损失 $e$ /万元
巨灾	5	$[30, +\infty)$	$[100, +\infty)$	$[10\ 000, +\infty)$
大灾	4	$[20, 30)$	$[75, 100)$	$[7\ 500, 10\ 000)$
中灾	3	$[10, 20)$	$[50, 75)$	$[5\ 000, 7\ 500)$
小灾	2	$[3, 10)$	$[10, 50)$	$[1\ 000, 5\ 000)$
微灾	1	$(0, 3)$	$(0, 10)$	$(0, 1\ 000)$

#### (2) 确定灾害事件发生概率 $P$

灾害事件的发生概率分为 5 个等级,估算方法如表 6 所示。

表 6 灾害发生概率的估算方法

概率	估值	发生频率	说明
罕见的	1	$<0.000\ 3$	极难出现一次
偶见的	2	$0.000\ 3 \sim 0.003$	不大会出现
可能的	3	$0.003 \sim 0.03$	可能会出现
预期的	4	$0.03 \sim 0.3$	不止一次发生
频繁的	5	$>0.3$	频繁发生

#### (3) 隶属度的计算及灾害等级标准

##### ① 隶属函数的确定

虹桥枢纽灾害水平分 5 个等级,隶属函数如表 7。

##### ② 灾害事件隶属度值的确定

将灾害事件的发生概率估计值  $P$  和灾害事件影响后果估计值  $C$  相乘后得到的数值带入隶属函数可得到该灾害事件对 4 个等级的隶属值。

##### ③ 灾害等级标准,描述如表 7。

表 7 隶属函数表达式

等级	隶属函数	等级描述
1 级	$r_{i1} = \begin{cases} 1, & 0 < x \leq 2; \\ 3-x, & 2 < x \leq 3; \\ 0, & x > 3. \end{cases}$	最低等级: 后果可控, 对运营影响不大
2 级	$r_{i2} = \begin{cases} x-2, & 2 \leq x < 3; \\ 1, & 3 \leq x \leq 4; \\ 5-x, & 4 < x \leq 5; \\ x-5, & 5 < x \leq 6; \\ \frac{8-x}{2}, & 6 < x \leq 8; \\ 0, & x < 2 \text{ 或 } x > 8. \end{cases}$	较低等级: 后果基本可控, 对运营有一定影响

$$3 \text{ 级 } r_{i3} = \begin{cases} x-4, & 4 \leq x < 5; \\ 6-x, & 5 \leq x < 6; \\ \frac{x-6}{2}, & 6 \leq x < 8; \\ 1, & 8 \leq x \leq 12; \\ \frac{15-x}{3}, & 12 < x \leq 15; \\ 0, & x < 4 \text{ 或 } x > 15. \end{cases}$$

较高等级: 后果较重, 可控在一定范围内, 对运营影响严重

$$4 \text{ 级 } r_{i4} = \begin{cases} \frac{x-12}{3}, & 12 \leq x < 15; \\ 1, & 15 \leq x \leq 20; \\ \frac{25-x}{5}, & 20 \leq x < 25; \\ 0, & x < 12. \end{cases}$$

很高等级: 后果很严重, 大面积停运, 损失巨大

$$5 \text{ 级 } r_{i5} = \begin{cases} \frac{x-20}{5}, & 20 \leq x \leq 25; \\ 0, & x < 20. \end{cases}$$

最高等级: 灾难性后果, 国内外影响恶劣

### 3.2.3 虹桥枢纽灾害评估结果

应用上述的模糊综合评判法,对虹桥枢纽灾害进行评估,得到灾害等级表 8 和表 9,限于篇幅本文中只给出枢纽工程综合灾害等级及西航站楼火灾等级表(表 9)。

表 8 虹桥枢纽灾害等级

	灾害等级				灾害种类	灾害等级			
	死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合
虹桥枢纽工程	2	2	2	2	火灾	2	2	2	2
					水灾	2	2	2	2
					风灾	2	1	2	2
					恐怖袭击	2	2	2	2
					地震	2	2	2	2

## 3 虹桥枢纽灾害链在灾害评估中的应用

### 3.1 虹桥枢纽灾害链分析

灾害链的形成和枢纽系统本身的构成有重要关系。枢纽系统内的设备、人员相对比较集中,这些设备在生产、运营过程中往往以网络的形式发挥其功效,一旦某个环节出现问题,很容易波及整体,诱发新的灾害出现。

结合上海地区的实际情况,以及枢纽工程特点,并且考虑一定的前瞻性,总结得到主要灾害链类型。

表 9 虹桥枢纽西航站楼火灾灾害等级表

单体	灾害等级				区域火灾	灾害等级				原因描述	灾害等级			
	死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合
西 航 站 楼	2	2	2	2	办票岛火灾	1	1	2	2	设备起火	1	1	2	2
										电气起火	2	2	2	2
					候机区火灾	1	1	1	1	香烟起火	1	1	1	1
										电气起火	1	1	1	1
					商业模块火灾	2	2	2	2	电气起火	2	2	2	2
										香烟起火	2	2	2	2
										燃气泄漏	2	2	2	2
					动火商业区火灾	2	2	2	2	炉灶失火	2	2	2	2
										电气起火	2	2	2	2
										香烟起火	2	2	2	2
					办公区域火灾	2	2	2	2	香烟起火	2	2	2	2
										电气起火	2	2	2	2
										电气起火	2	2	2	2
					设备机房火灾	2	2	2	2	设备起火	2	2	2	2
										违章动火	2	2	2	2
										易燃物起火	2	2	3	3
					含油机房火灾	2	2	3	2	设备起火	2	2	2	2
										电气起火	2	2	2	2
										违章动火	2	2	2	2
					变配电机房火灾	2	2	2	2	设备起火	2	2	2	2
										电气起火	2	2	2	2
										违章动火	2	2	2	2
										雷击	1	1	2	2

(1) 爆炸 - 火灾链、爆炸 - 水灾链(图 3)

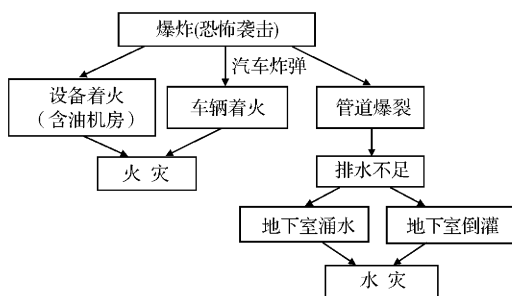


图 3 爆炸 - 火灾链及爆炸 - 水灾链

(2) 地震 - 火灾链(图 4)

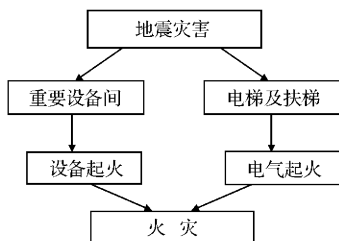


图 4 地震 - 火灾链

### 3.2 用灾害链对虹桥枢纽灾害等级进行修正

针对虹桥枢纽确定的两条灾害链，对虹桥枢纽灾害评分等级进行调整：对灾害链上“原生”灾害相应环节的灾害损失提高一个等级，同时对“诱发”灾害的相应环节的发生概率提高一个等级，即：

(1) 需要提高下列区域爆炸事件的灾害损失等级：

①设备机房；②高架及道路区；③停车库。

(2) 需要提高下列区域地震灾害的损失等级：

①重要设备间；②电梯及扶梯。

(3) 需要提高下列火灾事件的发生概率：

①设备起火(含油机房、重要设备间)；②车辆着火(高架道路区、车库(东交中心))；③电器起火。

(4) 需要提高下列水灾事件的发生概率：

①地下室涌水；②地下室倒灌。

按照上述修正之后的概率和损失等级，重新对灾害等级进行计算，可以得到最终的灾害等级清单。

### 3.3 考虑灾害链的虹桥枢纽灾害等级评估

与表 8 相比,考虑灾害链的虹桥枢纽灾害水平普遍提高一个等级(表 10),表 10 中加了方框的字体表示发生变动的灾害等级。对于枢纽工程总体,重伤人数指标表示的等级为 4 级;对于各灾种而言,火灾和恐怖袭击死亡人数指标表示的灾害水平皆为 4 级,根据灾害水平等级的定义,4 级水平的灾害引发的后果很严重,可能导致枢纽大面积停运,经济损失巨大,所以必须采取必要的措施努力使其灾害等级降低到至少 3 级的水平。鉴于火灾和恐怖袭击可以归类为人为灾害的范畴,可以通过一定的技术手段和管理措施使其发生概率降低,故在制定其防治对策时应关注其发生概率的控制。

表 10 考虑灾害链的虹桥枢纽总体灾害等级

	灾害等级				灾害种类	灾害等级			
	死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合
虹桥枢纽工程	2	4	3	4	火灾	2	4	2	4
					水灾	2	2	3	3
					风灾	2	1	2	2
					恐怖袭击	2	4	3	4
					地震	2	2	2	2

由于篇幅限制,本文不对调整后等级水平有所改变的所有灾害事件进行一一分析,仅列出灾害水平为 4 级以上(包括 4 级)的灾害清单(表 11、表 12),对于这些事件应加以重视,制定详细有效的预控措施,努力降低其灾害等级水平。

表 11 虹桥枢纽火灾灾害等级(4 级)表

单体	区域	灾害等级				原因	灾害等级			
		死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合
西航站楼	设备机房		4		4	设备起火	4	4		4
东交通中心	设备机房			4	4	设备起火	4	4		4
高铁车站	含油机房	4			4	设备起火			4	4

表 12 虹桥枢纽恐怖袭击灾害等级(4 级)表

单体	区域	灾害等级				原因	灾害等级			
		死亡	重伤	经济	综合		死亡	重伤	经济	综合
西航站楼	陆侧主楼			4	4	爆炸			4	4
	安检前区									
东交通中心	纵向大通道	4			4	爆炸	4			4
	停车库	4			4	爆炸	4			4

## 4 结论和建议

通过灾害链方法在虹桥枢纽灾害等级评估中

的应用,可以得到如下几条结论:

(1) 考虑灾害链的灾害等级评估结果与工程参建人员的认识基本吻合;

(2) 灾害链方法与模糊综合评判法相结合进行灾害等级评估的办法切实可行;

(3) 灾害链在灾害等级评估中的应用能够对常规的灾害等级评估结果进行优化,更加明确应该主要防范的灾害种类和灾害区域。

考虑灾害链的灾害等级评估结果还需要在以后的工程实践和运营过程中加以验证;随着工程进展及一些预防措施的实施,要对灾害链及灾害事件的评估进行不断调整和优化,使其持续满足实际的需要。增加“原生灾害”相应环节的损失等级,提高“诱发灾害”相关环节的发生概率等级,不失为灾害链定量分析的可选方法,但其结果偏于保守,有待继续研究。

## 参考文献:

- [1] 李天祺,赵振东. 能源供应系统地震灾害链研究[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(5): 148-153.
- [2] Corr B, Tan V H Y. Interim Guidance Note for the Design and Protection of Topside Structure Against Explosion and Fire [C]// Joint Industry Project on Blast and Fire Engineering for Topside Structures. London: November, 1992.
- [3] Corr B, Tam V H Y, Snell R O, Frieze P A. Development of the limit state approach for design of offshore Platforms [C]// Era Conference 'Safety on Offshore Installations'. London: 8th International Conference Safety on offshore Installations, 1999.
- [4] Walker S, Ta han N. Behavior of Oil and Gas Fires in the Presence of Confinement and Obstacles [C]// Blast and Fire Engineering Joint Industry for Topside Structure. USA: 1991.
- [5] LIANG Bi\_qi, LIANG Jing\_ping, WEN Zhi\_ping. Study of typhoon disasters and its effects in China [J]. Journal of Natural Disasters, 1995. 4(1): 84-91.
- [6] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 374-375.
- [7] 钱钢,耿庆国. 二十世纪中国重灾百录[M]. 上海: 上海人民出版社, 1999: 8-106.
- [8] 中国国际减灾十年委员会办公室. 灾害管理文库[M]. 北京: 当代中国出版社, 1999: 505-576.
- [9] 文传甲. 广义灾害、灾害链及其防治探讨[J]. 灾害学, 2000, 15(4): 13-18.
- [10] 樊运晓,罗云,陈庆寿. 承灾体脆弱性评价指标中的量化方法探讨[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 78-81.
- [11] 樊运晓,罗云,陈庆寿. 区域承灾体脆弱性综合评价指标权重的确定[J]. 灾害学, 2001, 16(1): 85-87.
- [12] 樊运晓,高朋会,王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型[J]. 灾害学, 2003, 18(3): 20-23.

# Study on Disasters Chains of Shanghai Hongqiao Integrated Transport Project and Its Application to Disaster Assessment

Zhou Hongbo<sup>1</sup>, Gao Wenjie<sup>1</sup> and Liu Chengqing<sup>2</sup>

(1. Shanghai Research Institute of Building Sciences, Shanghai 200032, China;

2. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The occurrence and development of disaster show an orderly structure of disaster chain on transmission, which results in a lot of difficulties to prevent and control the disasters. Because the Shanghai Hongqiao Integrated Transport Project is a multifunctional transport center, in case of a disaster, it would cause a chain reaction and bring great losses. So, the research on disaster prevention is necessary. Using an idea of the disaster chain combined with fuzzy comprehensive evaluation method, a new method of disaster chain quantitative analysis is put forward, and the assessment of disaster levels on the Shanghai Hongqiao Integrated Transport Project is conducted according to the new method.

**Key words:** Hongqiao Integrated Transport Project; disaster chain; fuzzy comprehensive evaluation; disaster assessment; Shanghai

## 下期要目

基于 Level Set 方法的风暴追踪 .....	傅圣雪, 岳秀明, 王敏
东北地区重大暴雨过程评估方法研究 .....	裴祝香, 孙力, 刘实
海洋灾害影响下的社会综合稳定性结构 .....	赵领娣, 李莉
灾害风险理论与风险管理方法研究 .....	殷杰, 尹占娥, 许世远, 等
地质灾害危险性区划的多态系统可靠性分析方法 .....	李秀珍, 孔纪名, 王成华, 等
大地震诱发滑坡的分布特点及危险性区划研究 .....	乔建平, 蒲晓虹, 王萌, 等
甬江流域河网水利计算模型研究及应用 .....	方国华, 金德钢, 刘俊, 等
上海虹桥综合交通枢纽工程的灾害识别与评估 .....	周红波, 高文杰, 刘成清
模糊综合评价高速公路建设工程地质灾害危险性 .....	袁素凤
风险管理标准化述评 .....	李宁, 胡爱军, 崔维佳, 等
天津市的突发性大气污染事故预警应急系统研究 .....	韩素芹, 李培彦, 金陶胜, 等
对灾害与移民问题的初步探讨 .....	陈勇
广西强对流天气的天气形势分析与雷达临近预警 .....	李向红, 唐伍斌, 李垂军, 等
层次分析法在商场火灾风险评价中的应用研究 .....	田玉敏, 蔡晶菁
低温雨雪冰冻灾害给农业气象工作的启示 .....	郭建平
中国近 300 年来 3 次大旱灾的灾情及原因比较 .....	曾早早, 方修琦, 叶瑜, 等
印尼苏门答腊海域强震与广东地下水位响应特征研究 .....	万永芳, 李健梅
秦岭山区某路基沉陷成因及对策 .....	李凯玲, 张平印, 门玉明
基于 RS 和 GIS 的黄山花岗岩砂化与地形因子的关系研究 .....	程先富, 赵萍, 黄成林
内蒙古草原畜牧业在自然灾害中的“脆弱性”问题研究——以内蒙古锡林郭勒盟牧区为例 .....	海山, 乌云达赖, 孟克巴特尔
2008 年云南滇东北电线覆冰的气象条件 .....	陶云, 吴星霖, 段旭, 等
3S 支持下的锡林郭勒盟旱灾救助区划研究 .....	龚亚丽, 张红方, 肖潇
当前突发事件应急管理宣传教育的思考 .....	姚迪