

陈长坤, 谢明峰, 赵冬月. 基于风险矩阵的灾害演化网络定量分析方法[J]. 灾害学, 2022, 37(1): 13–17. [CHEN Changkun, XIE Mingfeng and ZHAO Dongyue. Research on Quantitative Analysis Method of Disaster Evolution Network based on Risk Matrix[J]. Journal of Catastrophology, 2022, 37(1): 13–17. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.01.003.]

基于风险矩阵的灾害演化网络定量分析方法^{*}

陈长坤, 谢明峰, 赵冬月

(中南大学 防灾科学与安全技术研究所, 湖南 长沙 410075)

摘 要: 针对使用度值定性分析灾害演化网络的局限性问题, 为了使灾害演化风险分析结果更准确, 提出了一种将灾害演化网络与风险矩阵有机结合的分析方法。在分析灾害演化网络结构特征和风险组成的理论基础上, 考虑节点自身风险水平和灾害演化系统的综合风险水平, 基于可能性和后果严重程度两大因素引入风险矩阵法, 对灾害节点风险水平进行量化分级, 并通过 Borda 序值法对风险矩阵进行改进, 进而定量分析灾害事件的重要度。然后确定各节点风险作用水平进而确定灾害演化系统的综合风险水平, 最后形成灾害演化网络的风险矩阵表评估栏目。

关键词: 风险矩阵; 灾害演化; 复杂网络; 定量分析

中图分类号: X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2022)01-0013-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.01.003

灾害的发生是造成重大伤亡损失的主要原因之一。而灾害在时间和空间上具有一定的群发性, 各种灾害按照自身确定或不确定的规律反复发作, 还具有反复性^[1]。通过对灾害演化网络的研究对于防灾减灾、保障人员安全和财产安全具有重要的意义。

目前很多学者基于复杂网络对不同灾害的形成进行了成灾原理和风险分析。朱伟等^[2]通过构建灾害演化网络模型定性分析了暴雨灾害的演化规律。陈丽满等^[3]则从关键危机事件的角度分析了核电站泄漏危机的演化特征和风险控制。刘海云等^[4]对城市燃气管线破裂灾害网络进行了风险分析。也有学者通过构建数学模型来对灾害演化网络中的节点、传播边等结构进行量化, 进而使得风险评估结果更精准。罗军华等^[5]将贝叶斯网络与洪水灾害链相结合进行推理建模。赵冬月等^[6]分别从灾害损失度、灾害发生概率、灾害直接风险和灾害综合风险四方面建立时序性动态灾害演化的风险评估模型。李智等^[7-8]基于系统动力学原理对灾害演化行为进行建模并模拟了瞬时性和持续性影响。荣丽丽等^[9]针对灾害链的形成进行分析后提出了区域性灾害链风险评估模型。

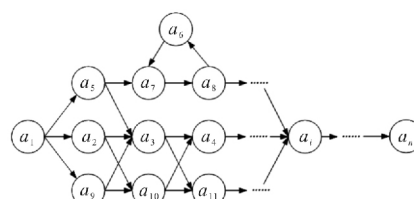
风险矩阵法是一种同时考虑风险发生可能性和后果严重程度的风险评估方法^[10], 最初主要被应用于风险投资和管理领域^[11], 之后被应用于危害因素分级、轨道交通风险评价、管道泄漏风险评估、火灾风险评估等领域^[12-15]。通过风险矩阵分析能够对系统中的风险进行分级, 发现影响系统的关键风险因素, 在灾害演化风险评估领域的应用还很少见。而根据度值^[16]来进行风险分析判断关键节点具有一定的局限性。

因此, 本文提出了一种将风险矩阵与灾害演化网络相结合的风险分析方法, 通过灾害演化网络分析灾害的成灾过程和规律特性, 结合风险矩阵对各灾害事件的风险进行量化分析, 以期提升灾害网络风险分析结果的准确性, 为防灾减灾提供一定的方法与技术支撑。

1 理论依据

1.1 灾害演化网络结构及特征

灾害演化网络这一系统主要由源灾害事件、子灾害事件、末端灾害事件、灾害演化边构成, 其基本结构如图1所示。各个灾害事件用节点($a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$)表示, 灾害之间的演化过程用节点之间的连接边表示。整个灾害演化网络可以描述从源灾害与子灾害、子灾害与子灾害、子灾害与末端灾害之间相互交叉影响、诱发的演化过程。根据不同的灾害链结构, 可将灾害演化主要划分为直链式、发散式、集中式、交叉式、循环式5种方式^[8], 体现了灾害演化具有诱发致灾、扩散致灾、共同致灾、时空交叉致灾的特点。



1.2 灾害演化风险组成

风险可以由多个子风险累积构成,灾害演化风险组成如图2所示。将灾害演化网络视为一个系统,将各个节点代表的灾害事件风险称为灾害节点风险,灾害节点风险作为子风险以不同程度的累积作用构成了整个灾害演化系统的总体风险。节点所代表的灾害事件发生的可能性和后果严重程度共同作用构成了灾害节点风险。通过风险矩阵来耦合可能性和后果严重程度便可量化出节点风险水平,进而与作用水平耦合就可以量化系统风险水平。各节点风险具有不同作用水平,主要受各节点风险重要程度的影响,相当于对各节点之间通过连接边互相影响设定了不同的权重。单纯使用度值^[17]判断重要程度相当于将通过每条连接边传递的影响权重均视为1,具有一定的局限性,引入作用水平恰好对度值判断的不足进行了优化。

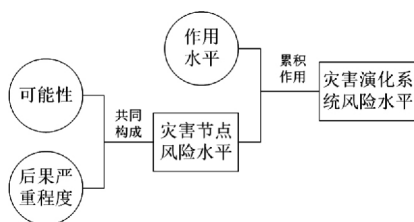


图2 灾害演化风险组成

2 方法建立

结合前文灾害演化风险的组成,从灾害节点和整个灾害系统两个角度出发确定风险,具体的流程如图3所示,主要包括风险矩阵构建、节点风险量化、节点重要度分析、综合风险水平确定、风险矩阵表设计与填写五大模块。

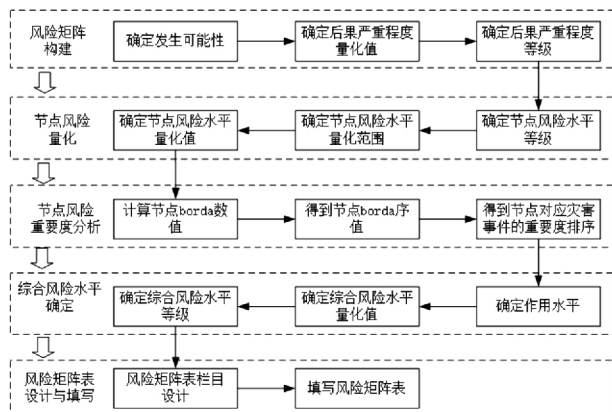


图3 风险分析流程图

主要的风险分析程序步骤包括：①确定灾害事件发生可能性和后果严重程量化值；②根据发生可能性和后果严重程度所在区间范围得到后果严重程度等级和节点风险水平等级；③根据风险水平等级对照表确定节点风险水平的量化值范围,进而求出节点风险水平量化值；④计算出灾害节点的 Borda 数值和 Borda 序值,对各灾害节点对应的灾害事件进行重要度排序和分析；⑤计算出灾害节点风险的作用水平；⑥确定灾害演化系

统的整体综合风险水平和等级；⑦将各个灾害事件及其需要填写的评估参数填入风险评估表各栏目中。该方法核是围绕发生可能性(Possibility)、后果严重程度(Severity)、重要度(Importance)、量化值(Value)这几个关键词展开的,因此以这些关键词的英文名首字母结合命名为 PSIV 法,下面对各个组成模块进行介绍。

2.1 风险矩阵构建

原始的风险矩阵法是将可能性和后果严重程度分别进行分级后进行耦合后对风险进行等级划分的方法。基于文献[11],将后果严重程度根据量化区间分为五个等级,具体的划分区间及说明见表1;将可能性根据不同灾害事件的发生可能性进行分级见表2,根据表1和表2中的后果严重程度等级和可能性构成的坐标系中的对应位置确定风险水平等级如图4所示。通过原始风险矩阵得到节点风险水平的等级后还需要进行改进,进而量化风险水平实现定量分析。

表1 后果严重程度等级的说明

后果严重程度等级	等级量化区间	说明
严重	[4, 5]	灾害事件发生后破坏力特大,可控度极低,可能会造成特别重大事故
较高	[3, 4)	灾害事件发生后破坏力大,可控度低,可能会造成重大事故
中度	[2, 3)	灾害事件发生后破坏力较大,可控度中等,可能会造成较大事故
较低	[1, 2)	灾害事件发生后破坏力较小,可控度较高,可能会造成一般事故
极低	[0, 1)	灾害事件发生后破坏力极小,完全可控,可能不会造成事故

表2 可能性的定义

发生可能性范围/%	说明
0 ~ 10	灾害事件极不可能发生
11 ~ 30	灾害事件较小可能发生
31 ~ 70	灾害事件可能发生
71 ~ 90	灾害事件较大可能发生
91 ~ 100	灾害事件极有可能发生

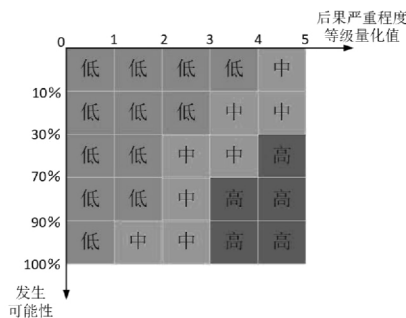


图4 风险矩阵图

2.2 灾害节点风险水平量化

为了得到对灾害节点在不同风险等级对应的量化取值,基于文献[18],结合灾害节点对应的灾害事件发生可能性和后果严重程度等级的耦合得到不同等级对应的灾害节点风险水平量化范围见表3。

表 3 灾害节点风险水平等级对照

可能性/%	严重程度				
	极低	较低	中度	较高	严重
0~10	0	[0, 0.5)	[0.5, 1)	[1, 1.5)	[2, 2.5)
11~30	0	[0, 0.5)	[1, 1.5)	[1.5, 2)	[2.5, 3)
31~70	[0, 0.5)	[0.5, 1)	[1.5, 2)	[2, 3)	[3, 4)
71~90	[0, 0.5)	[1, 1.5)	[2, 2.5)	[3, 3.5)	[4, 4.5)
91~100	[0, 0.5)	[1.5, 2)	[2.5, 3)	[3.5, 4)	[4.5, 5]

根据专家打分、灾害数据统计分析等方法确定各节点对应灾害事件的后果严重程度量化值和发生可能性取值, 分别用变量 RS (Risk Seriousness)、 RP (Risk Possibility) 表示。再根据 RS 取值在表 1 中的量化范围确定后果严重程度等级。进而根据 RP 所对应的可能性范围和后果严重程度等级在表 3 中确定灾害节点的风险水平范围和风险水平等级。若令节点风险水平量化值为 RV (Risk Value), 通过线性插值^[19]的方法来求得 RV 的具体数值, 假设 $RP \in (RP_1, RP_2)$, $RS \in (RS_1, RS_2)$, $RV \in (RV_1, RV_2)$, 则有:

$$RV = RV_1 + \frac{(RS - RS_1) - (RP - RP_1)}{(RS_2 - RS_1) - (RP_2 - RP_1)}(RV_2 - RV_1) \quad (1)$$

由此可见, 只要 RP 和 RS 已知, 根据二者取值在表 1、表 2 和表 3 中对应的区间范围分别得到上限值 RP_1 、 RS_1 、 RV_1 和下限值 RP_2 、 RS_2 、 RV_2 , 代入上述公式即可求得 RV 。

2.3 灾害节点风险重要度分析

前文根据风险矩阵得到风险水平等级后, 会出现多个灾害节点处于相同等级的情况, 但这些节点的重要程度不一样, 而灾害节点的重要程度是决定各节点作用水平的关键因素。可见对各灾害节点风险的重要度进行排序进而确定关键节点风险很有必要。

因此借助 Borda 序值法^[20]对风险矩阵进行改进。令灾害事件对应的节点总个数为 N , 某一灾害节点风险 i 在某一特定准则 k 下的风险水平等级为 r_{ik} , 准则总数为 n , 该节点风险 i 对应的 Borda 数为 b_i , 则有:

$$b_i = \sum_{k=1}^n (N - r_{ik}) \quad (2)$$

其中准则 k 表示风险矩阵对风险水平进行分级量化的准则, 本文使用可能性和严重程度进行分级量化的两大准则分别用 $k=1$ 和 $k=2$ 表示, 即 $n=2$ 。则 r_{ik} 数值上等于在风险矩阵中比节点风险 i 的发生可能性取值高或者破坏风险等级量化值高的其他节点风险个数。

求得各节点风险的 Borda 数后, 进行排序对比。比节点风险 i 的 Borda 数大的节点风险的个数称为节点风险 i 的 Borda 序值^[20]。Borda 序值能够反映出同一风险水平等级中的灾害事件重要度的差异, 越接近 0, 则表示该节点风险重要度越高。根据 Borda 序值便可作出各个节点风险的重要度排序, 从而为确定作用水平提供参考依据, 降低主观性。

2.4 综合风险水平确定

整个灾害演化系统的风险等级由各节点的自身风险水平和对系统的作用水平构成。为了量化灾害演化系统的风险, 引入一个表征作用水平的

参数 w , 令 N 个灾害节点中第 i 个的风险水平量化值和作用水平分别为 RV_i 和 w_i , 整个灾害演化系统的综合风险水平值为 CRV 则有:

$$CRV = \sum_{i=1}^N RV_i \times w_i \quad (3)$$

为了便于量化取值, 基于归一化原则, 各个灾害节点的作用水平 w_i 之和应为 1。根据各灾害节点风险的 Borda 序值, 通过专家打分的形式, 对各灾害节点风险重要度进行两两比较打分得到重要性标度。令 N 个灾害事件中节点风险 i 对灾害节点风险 j 的重要性标度为 a_{ij} , 用 a_i/a_j 表示, 进而建立判断矩阵 A 如下:

$$A = (a_{ij})_{N \times N} = \begin{bmatrix} a_1/a_1 & a_1/a_2 & \cdots & a_1/a_N \\ a_2/a_1 & a_2/a_2 & \cdots & a_2/a_N \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_N/a_1 & a_N/a_2 & \cdots & a_N/a_N \end{bmatrix} \quad (4)$$

得到判断矩阵 A 后求出其最大特征值 λ_{max} 和特征向量, 再对判断矩阵进行一致性检验, 具体流程见图 5。其中随机一致性比率 RI 的部分取值见表 4。当一致性检验通过后, 基于特征向量法^[11], 通过数学计算得到 A 的特征向量值就是各节点作用水平 w 的取值。代入 CRV 计算公式就可计算得到灾害演化系统的综合风险水平 CRV 。根据风险等级与量化值的关系的定义即可确定灾害演化系统风险水平等级: 综合风险水平 CRV 取值在 0~1.5 范围内为低级风险; 在 1.5~3 范围内为中级风险; 在 3~5 范围内为高级风险^[18]。

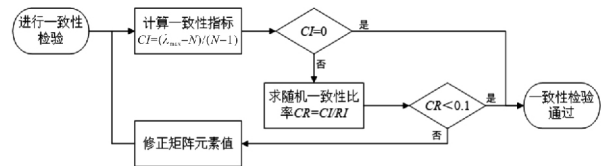


图 5 一致性检验流程

2.5 风险矩阵表设计与填写

风险矩阵表是展示风险矩阵分析结果最直观的形式, 有利于综合考虑栏目中的各项指标进行分析比较, 从而提出更合理有效的措施, 将风险降到最低。最原始的风险矩阵表栏目应至少包括各风险事件序号、风险事件名称、风险发生可能性及后果严重程度及风险等级。在原始风险矩阵表的基础上, 结合灾害演化网络中特点, 设计风险矩阵表栏目如表 5 所示。在进行灾害演化网络分析时分别将灾害演化网络中各个节点的编号、节点对应的灾害事件、发生的可能性 RP 和后果严重程度 RS 和等级、各个节点风险水平 RV 和等级、风险作用水平等级、Borda 数、Borda 序值和作用水平 w 填入表中即可。

3 案例分析

3.1 案例选取

由于篇幅受限, 借鉴文献^[21]中汶川地震的具体案例和文献^[22]中针对汶川地震灾害中常见的灾害事件构建的灾害演化网络。该灾害演化网络主要由汶川地震中常见的次生灾害群构建而成, 共有 11 个灾害节点, 源灾害事件节点对应余震, 子灾害事件节点包括破坏道路桥梁、滑坡、崩塌、

阻断交通、形成堰塞湖、房屋倒塌、影响救援、洪

表 4 正互反矩阵阶数 2~11 的 RI 取值

矩阵阶数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52

表 5 风险矩阵表评估栏目 (样表)

节点编号	灾害事件	可能性 $RP/\%$	后果严重程度		风险水平		Borda 数	Borda 序值	作用水平 w
			RS	等级	RV	等级			
...

表 6 余震次生灾害演化系统风险矩阵表

节点编号	灾害事件	可能性 $RP/\%$	后果严重程度		风险水平		Borda 数	Borda 序值	作用水平 w
			RS	等级	RV	等级			
a_1	余震	80	3.2	较高	3.067 9	高	18	1	0.169 9
a_2	破坏道路桥梁	40	2.4	中度	1.754 1	中	5	8	0.022 9
a_3	滑坡	80	4.2	严重	4.067 9	高	20	0	0.262 6
a_4	崩塌	60	3.8	较高	2.836 1	中	16	3	0.117 4
a_5	阻断交通	30	2.4	中度	1.129 6	低	4	10	0.014 5
a_6	形成堰塞湖	50	2.2	中度	1.508 2	中	5	8	0.022 9
a_7	房屋倒塌	60	3.2	较高	1.852 5	中	13	7	0.035 1
a_8	影响救援	80	3.4	较高	3.191 4	高	18	1	0.169 9
a_9	洪水	50	4.6	严重	3.672 1	高	15	5	0.052 1
a_{10}	人员伤亡	60	3.8	较高	2.836 1	中	16	3	0.080 6
a_{11}	财产损失	80	2.6	中度	1.814 8	中	15	5	0.052 1

表 7 判断矩阵元素

a_i	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}
a_1	1	6	1/2	2	8	6	5	1	4	3	4
a_2	1/6	1	1/8	1/5	2	1	1/2	1/6	1/3	1/4	1/3
a_3	2	8	1	3	9	8	7	2	6	4	6
a_4	1/2	5	1/3	1	8	5	4	1/2	3	2	3
a_5	1/8	1/2	1/9	1/8	1	1/2	1/4	1/8	1/5	1/7	1/5
a_6	1/6	1	1/8	1/5	2	1	1/2	1/6	1/3	1/4	1/3
a_7	1/5	2	1/7	1/4	4	2	1	1/5	1/2	1/3	1/2
a_8	1	6	1/2	2	8	6	5	1	4	3	4
a_9	1/4	3	1/6	1/3	5	3	2	1/4	1	1/2	1
a_{10}	1/3	4	1/4	1/2	7	4	3	1/3	2	1	2
a_{11}	1/4	3	1/6	1/3	5	3	2	1/4	1	1/2	1

水, 末端灾害事件节点包括经济损失、人员伤亡。其灾害演化网络结构见图 6。

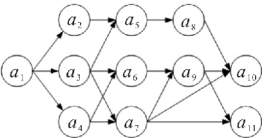


图 6 余震次生灾害演化网络结构

3.2 应用与分析

根据上述方法, 确定好各节点风险的可能性和后果严重程度后通过 MTALAB 进行计算从而依次代入式(1)和式(2)得到各节点的风险水平 RV 和等级、Borda 数值和序值, 进而求出作用水平后按照对应的节点和灾害事件填入风险矩阵表如表 6 示。各灾害节点风险水平计算过程不再赘述, 下面针对节点风险重要度和该案例中的地震次生灾害演化系统风险综合水平进行简单分析。

(1)节点风险重要度分析。根据表 6 的 Borda 序值可得到各个节点进行重要度排序为: $a_3 > a_1 = a_8 > a_4 = a_{10} > a_9 = a_{11} > a_7 > a_2 = a_6 > a_5$ 。可见节点 a_3 是最关键的节点, 对应的滑坡灾害可能引起大面积的埋压, 应作为防范重点; 若是通过度值进行判断, 则会发现节点 a_3 和 a_7 的度值最大且均为 4, 而节点 a_7 的重要度排序反而靠后, 这也进一步说明重要度排序优化了度值定性分析, 能够更精确地找到关键节点。同时, 重要度排序在节点 a_{11} 前的节点 Borda 序值偏小, 均没有超过 5, 说明这样节点也比较重要, 也要引起一定重视。表 6 中通过原始风险矩阵分级得到的高风险节点有 a_1 、 a_3 、 a_8 、 a_9 , 但通过重要度排序可以进一步这些高风险节点进行细化得到不同的重要程度, 进而为各节点作用水平的确定提供重要依据。

(2)综合风险水平分析。以重要度排序为重要参考依据, 结合专家意见, 得到判断矩阵元素见表 7。通过 MATLAB 计算得到该判断矩阵的最大特

征值 $\lambda_{\max} = 11.365\ 1$, 一致性指标 $CI = 0.036\ 5$, 随机一致性指标 $CR = 0.024\ 0$, 可见该判断矩阵能够通过一致性检验, 且得到其特征向量值为 $(0.169\ 9, 0.022\ 9, 0.262\ 6, 0.1174, 0.014\ 5, 0.022\ 9, 0.035\ 1, 0.169\ 9, 0.052\ 1, 0.080\ 6, 0.052\ 1)$, 即各灾害节点风险的作用水平取值。将各节点风险水平和作用水平取值代入式(3)即可求得该案例中的常见地震次生灾害演化系统的综合水平为 $CRV = 3.135\ 3$, 其风险等级为高级。这说明即使余震的破坏强度通常没有主震强, 但次生灾害演化带来的风险仍然很高, 不容忽视。

4 结论

(1) 本文基于复杂网络的基本理论, 对灾害演化网络的特征进行分析, 得出灾害演化系统的风险组成是各个灾害节点的节点风险水平的以一定作用水平的累积。其中节点风险水平由节点对应的灾害事件发生的可能性和后果严重程度决定, 作用水平取决于各节点风险的重要程度。

(2) 基于灾害演化系统风险组成, 对原始风险矩阵进行改进后应用到灾害演化网络提出了一种定量分析方法, 能够量化节点风险水平和综合风险水平, 对节点风险重要度做出排序, 使分析结果更准确合理。

(3) 文中对于 RP 、 RS 的取值方式未涉及较多的研究, 将会是以后进一步的研究方向。

参考文献:

- [1] 李耀庄, 何旭辉. 防灾减灾工程学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2014.
- [2] 朱伟, 陈长坤, 纪道溪, 等. 我国北方城市暴雨灾害演化过程及风险分析[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 88-91.
- [3] 陈丽满, 陈长坤, 赵冬月, 等. 基于灾害演化网络的沿海核电站风险分析[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 202-205.
- [4] 刘海云, 韩晓松, 翟振岗, 等. 基于复杂网络的燃气管线破裂灾害链风险分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(9): 37-42.
- [5] 罗军华, 林孝松, 牟风云, 等. 山区公路暴雨-洪水灾害链贝叶斯网络建模推理[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(12): 1-6.
- [6] 赵冬月, 陈长坤, 易亮. 灾害演化网络时序性风险评估模型[J]. 中国安全科学学报, 2021, 31(3): 171-177.
- [7] LI Jian, CHEN Changkun. Modeling the dynamics of disaster evolution along causality networks with cycle chains [J]. Physica A Statistical Mechanics & Its Applications, 2014, 401: 251-264.
- [8] 李智. 基于复杂网络的灾害事件演化与控制模型研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [9] 荣莉莉, 刘巧婷. 基于承灾体的区域灾害链风险评估模型[J]. 系统工程学报, 2019, 34(1): 130-144.
- [10] 朱启超, 匡兴华, 沈永平. 风险矩阵方法与应用述评[J]. 中国工程科学, 2003(1): 89-94.
- [11] 高凤丽. 基于风险矩阵方法的风险投资项目风险评估研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2004.
- [12] 李树清, 颜智, 段瑜. 风险矩阵法在危险有害因素分级中的应用[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(4): 83-87.
- [13] 鹿颖. 基于风险矩阵法的城市轨道交通运营安全评价研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [14] 赵文胜, 任常兴, 王丽, 等. 基于点火概率的油气管道泄漏风险矩阵评估[J]. 消防科学与技术, 2019, 38(2): 273-276.
- [15] 胡洁, 方书昊, 齐涵, 等. 事故树-风险矩阵评估高校实验室火灾风险[J]. 安全, 2019, 40(5): 24-29.
- [16] 喻依. 复杂网络节点重要性研究[D]. 广州: 暨南大学, 2015.
- [17] 陈长坤, 纪道溪. 基于复杂网络的台风灾害演化系统风险分析与控制研究[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 1-4.
- [18] 党兴华, 黄正超, 赵巧艳. 基于风险矩阵的风险投资项目风险评估[J]. 科技进步与对策, 2006(1): 140-143.
- [19] 于寅. 高等工程数学(第4版)[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2012.
- [20] LANSLOWNE Z F, WOODWARD B S. Applying the Borda method [J]. Air Force Journal of Logistics, 1996. 20: 27-29.
- [21] 陈长坤, 赵冬月, 杨建, 等. 基于灾害演化网络的灾害裂痕分析方法研究[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 6-9.
- [22] 赵冬月, 施波, 陈以琴, 等. 协同管理对城市韧性增强机制的影响[J]. 管理评论, 2016, 28(8): 207-214.

Research on Quantitative Analysis Method of Disaster Evolution Network based on Risk Matrix

CHEN Changkun, XIE Mingfeng and ZHAO Dongyue

(Institute of Disaster Prevention Science and Safety Technology, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Aiming at the limitation of qualitative analysis of disaster evolution network using degree value, in order to make the results of disaster evolution risk analysis more accurate, this paper proposes an analysis method which combines disaster evolution network and risk matrix. Based on the theory of structural characteristics and risk composition of disaster evolution network, considering the risk level of node itself and the comprehensive risk level of disaster evolution system, the risk matrix method is introduced by the two factors of possibility and consequence severity to quantitatively grade the risk level of disaster nodes, and the risk matrix is improved by Borda method so that the importance of disaster events is analyzed quantitatively. After the risk action level of each node is determined, the comprehensive risk level of the disaster evolution system is determined. Finally, the risk matrix evaluation column of the disaster evolution network is formed. This method quantifies the risk level of disaster evolution network and provides technical and methodological support for quantitative analysis and control of disaster evolution risk.

Key words: risk matrix; disaster evolution; complex network; quantitative analysis