

吴书强, 邵必林, 边根庆, 等. 基于复杂网络的高校火灾灾害链分析及应急管理决策研究[J]. 灾害学, 2022, 37(2): 156-161, 166. [WU Shuqiang, SHAO Bilin, BIAN Genqing, et al. Research on fire disaster chain analysis and emergency management decision-making in Colleges and Universities Based on complex network[J]. Journal of Catastrophology, 2022, 37(2): 156-161, 166. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.02.025.]

# 基于复杂网络的高校火灾灾害链分析及 应急管理决策研究<sup>\*</sup>

吴书强<sup>1,2</sup>, 邵必林<sup>1</sup>, 边根庆<sup>3</sup>, 张志霞<sup>1</sup>

(1. 西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055; 2. 陕西科技大学 机电工程学院, 陕西 西安 710021;  
3. 西安建筑科技大学 信息与控制工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 结合高校火灾灾害演化特征, 基于国内外 102 起高校火灾案例总结出 12 个灾害次生衍生事件, 基于复杂网络理论和灾害链演化机理对高校火灾次生衍生事件进行系统全面分析, 建立高校火灾灾害链网络拓扑结构和风险评价模型, 并计算出高校火灾灾害链风险度。综合灾害事件的致灾率、灾害损失度、灾害链脆弱度 3 个指标, 以南京航空航天大学实验室爆燃事件为实例进行验证。研究表明, 该模型与实际情况具有较高的吻合度, 有利于提高高校火灾灾害应急处置能力和决策水平, 能够为高校防灾减灾策略的制定提供参考。研究发现, 火灾发生前采取有效措施对灾害链重要节点进行积极管控, 可降低火灾发生的风险; 火灾发生后对关键边进行及时断链, 可迅速阻断火灾的进一步发展和蔓延。

**关键词:** 高校火灾; 复杂网络; 灾害链; 应急管理

**中图分类号:** X4; X915.5; G647; X92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2022)02-0156-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.02.025

近年来高校火灾事故频频发生, 这对保障广大师生生命财产安全和维护学校正常教学秩序带来了严峻挑战。加强高校火灾灾害风险研究, 对防范化解高校火灾灾害风险、保障广大师生生命财产安全、维护高校安全稳定具有重大意义。目前, 学者对高校火灾灾害研究多集中在高校火灾应急疏散<sup>[1-3]</sup>、高校火灾风险评估<sup>[4-5]</sup>、高校消防安全管理<sup>[6-7]</sup>等方面, 其研究方法主要有风险评估<sup>[8]</sup>、安全检查表<sup>[9]</sup>、事故树<sup>[10]</sup>等, 研究对象主要包括高校宿舍火灾<sup>[11-15]</sup>、实验室火灾<sup>[16-18]</sup>、图书馆火灾<sup>[19]</sup>、其他建筑火灾<sup>[20-21]</sup>等。在现有的高校火灾灾害风险评价及应急管理研究中, 很少有学者基于灾害链视角, 系统分析高校火灾导致的一系列次生、衍生灾害事件的整体风险。本文结合实际需要, 基于灾害链演化机理<sup>[22]</sup>和复杂网络理论, 对高校火灾灾害事件开展定量研究, 计算出高校火灾灾害网络拓扑中每条链的风险值, 并按大小进行排序, 筛选出灾害链中风险较大的事件节点,

并以南京航空航天大学实验室爆燃事件为例开展实例仿真, 验证模型的有效性。结果表明, 对高校火灾灾害链中的关键事件节点进行实时监测和介入, 对风险值较高的边及时采取断链措施, 能够有效减少高校火灾灾害事件造成的损失及不利影响。

## 1 高校火灾灾害演化分析

### 1.1 高校火灾灾害事件组成及获取

对已有高校火灾灾害事件相关资料进行分析、查阅, 在梳理的 132 起国内外高校火灾灾害事件的基础上, 结合专家建议和案例的普适性, 精简整理出 102 起国内外高校火灾灾害事件(表 1)。通过专家评价和文献梳理得到高校火灾一系列次生衍生灾害事件, 建立高校火灾灾害事件集。具体实施流程如下。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2021-11-19 修回日期: 2022-03-25

基金项目: 2020 年度国家自然科学基金面上项目(62072363); 2020 年度教育部人文社会科学研究专项任务项目(高校辅导员研究)(20JDSZ3135); 陕西省自然科学基金面上项目(2019JM-521); 2022 年度陕西科技大学学工精品项目(2022XFXM04)

第一作者简介: 吴书强(1990-), 男, 汉族, 四川简阳人, 博士生, 主要从事高校应急管理研究。E-mail: 1548090023@qq.com

表 1 国内外高校火灾案例汇总

| 时间      | 高校名称       | 概况                                 | 时间      | 高校名称         | 概况                                       |
|---------|------------|------------------------------------|---------|--------------|------------------------------------------|
| 2000.01 | 美国西顿霍尔大学   | 宿舍楼起火，导致 3 人死亡，58 人受伤              | 2012.10 | 长春大学旅游学院     | 宿舍电器使用不当，清晨供电发生短路，造成火灾                   |
| 2001.07 | 兰州大学       | 教工食堂发生火灾，烧毁面积多达 500 m <sup>2</sup> | 2014.07 | 韩国首尔大学       | 宿舍停车场发生火灾，5 人烟毒中毒                        |
| 2001.01 | 日本体育大学     | 体育馆发生火灾，约 1 350 m <sup>2</sup> 被烧毁 | 2015.04 | 俄罗斯皮罗戈夫医科大学  | 宿舍楼火灾，导致 43 人受伤                          |
| 2001.12 | 四川大学       | 宿舍楼火灾，一寝室内电脑、电视物品全焚毁               | 2015.06 | 中南民族大学       | 南区宿舍楼着火，一宿舍被烧毁                           |
| 2002.07 | 燕京华侨大学     | 宿舍楼发生火灾，管理宿舍人员被烧伤                  | 2015.06 | 北京师范大学       | 宿舍楼 2 楼一宿舍起火，疑似插线板起火                     |
| 2002.11 | 西安联合大学     | 电炉做饭明火点燃地上报纸，导致宿舍火灾                | 2015.12 | 清华大学         | 实验室氢气钢瓶爆炸起火，3 个房间起火，1 博士后死亡              |
| 2002.12 | 南京大学       | 成教院宿舍楼发生火灾，数百名学生跳楼逃生               | 2015.12 | 武汉理工大学职业技术学院 | 宿舍楼仓库发生火灾，过火面积 410 m <sup>2</sup>        |
| 2003.02 | 武汉大学       | 宿舍楼突发大火，吞噬三楼 22 间寝室                | 2016.08 | 烟台大学         | 宿舍走廊用液体酒精炉吃火锅发生火灾，2 人烧伤                  |
| 2003.03 | 中南财经政法大学   | 废气管脱落产生的火花引燃文印室，导致行政楼失火            | 2016.09 | 东华大学         | 实验室爆炸，2 名学生受重伤                           |
| 2003.03 | 四川大学       | 女生宿舍发生火灾，及时扑救无人员伤亡                 | 2017.03 | 复旦大学         | 实验室爆炸，1 名学生手被炸伤                          |
| 2003.04 | 日本法政大学     | 体育馆失火，7 人受伤                        | 2017.12 | 俄罗斯梁赞国立大学    | 教学楼屋顶起火，200 人撤离                          |
| 2003.06 | 北京大学医学部    | 白炽灯将周围可燃物点燃，引发火灾                   | 2018.08 | 中国人民大学       | 楼顶做防水处理时引发火灾，大火几乎将楼顶烧毁                   |
| 2003.09 | 北京工商大学     | 劣质电池充电器导致新宿舍楼三层宿舍发生火灾              | 2018.09 | 日本九州大学       | 一栋三层建筑突发火灾，1 人死亡                         |
| 2003.11 | 俄罗斯人民友谊大学  | 宿舍电线短路引发火灾，导致 41 人死亡               | 2018.12 | 北京交通大学       | 科研实验现场爆炸，3 名学生死亡                         |
| 2003.12 | 北京交通大学     | 宿舍因“热得快”将水烧开引发火灾，经济损失 2 万余元        | 2019.01 | 法国里昂第一大学     | 一幢建筑楼顶发生爆炸，引发火灾                          |
| 2004.12 | 美国密西西比州大学  | 由砖及木材建成的学生联谊设施起火，导致 2 人死亡          | 2019.02 | 南京工业大学       | 实验室发生火灾，实验室物品被烧毁                         |
| 2004.08 | 北京交通大学     | 食堂发生火灾，一人手部被轻度烧伤，经济损失 95 838 元     | 2019.02 | 柬埔寨高棉大学      | 大楼起火，导致 4 人受伤                            |
| 2005.11 | 北京林业大学     | 宿舍火灾导致 2 人死亡                       | 2019.04 | 绍兴文理学院       | 宿舍使用电热毯引发火灾，6 楼宿舍烧毁严重                    |
| 2006.01 | 马拉尼大学      | 宿舍楼火灾，导致 8 人死亡，3 人烧伤               | 2019.07 | 缅甸曼德勒大学      | 宿舍楼发生火灾，2 层楼被烧毁                          |
| 2006.05 | 中南林业科技大学   | 研究生违规使用电饭锅，引发火灾，整个宿舍被烧毁            | 2019.09 | 莫斯科国立师范大学    | 宿舍家具起火，700 人撤离                           |
| 2006.07 | 中国传媒大学     | 宿舍充电器起火引发火灾，导致宿舍烧毁                 | 2019.11 | 英国博尔顿大学      | 宿舍大楼起火，造成 2 人受伤                          |
| 2006.10 | 中国地质大学(武汉) | 宿舍电线短路引发火灾，烧毁两个床位                  | 2019.12 | 浙江工业大学       | 宿舍楼起火，6 名学生被困                            |
| 2006.11 | 上海济光职业技术学院 | 寝室突发火灾，室内物品几乎完全烧毁                  | 2020.07 | 泰国伯乐大学       | 女生宿舍楼 3 楼起火，耗时 30 min 才扑灭                |
| 2007.01 | 东北师范大学     | 宿舍楼火灾，浓烟笼罩，500 余名学生被困              | 2020.09 | 上海大学         | 露天临时堆放的分类垃圾桶发生火灾，过火面积 5m <sup>2</sup> 左右 |
| 2007.01 | 中南林业科技大学   | 女研究生违规使用“热得快”造成线路失火并引发火灾           | 2020.09 | 西安美术学院       | 食堂起火，一楼全部烧毁，损失严重                         |
| 2008.03 | 东南大学       | 10 个实验室被烧毁，过火面积近千 m <sup>2</sup>   | 2020.12 | 湖南农业大学       | 使用大功率电器导致电路跳闸，通电后，吹风机未引燃棉被               |
| 2008.03 | 中央美术学院     | 宿舍火灾，烧毁宿舍 100 多间，440 人受伤，1 人被烧伤    | 2021.01 | 圣彼得堡国立电子科技大学 | 楼房着火，100 多人撤离                            |
| 2008.11 | 上海商学院      | 宿舍充电器故障引发火灾，导致 4 人死亡               | 2021.03 | 中国科学院化学研究所   | 反应釜高温高压爆炸，1 名研究生死亡                       |
| 2008.11 | 北京农业大学     | 食品学院酒精灯引起周边可燃物起火，多设备被烧毁            | 2021.06 | 太原理工大学       | 西区家属院楼发生火灾，多名学生被困                        |
| 2009.03 | 中央美术学院     | 宿舍发生火灾，1 人受伤                       | 2021.07 | 南方科技大学       | 化学实验室起火，1 名实验人员轻微烧伤                      |
| 2009.03 | 上海大学嘉定校区   | 电器使用不当，导致教学楼起火                     | 2021.08 | 东京大学         | 药物科学研究大楼发生火灾，二楼和三楼被烧毁                    |
| 2009.03 | 三峡大学       | 教工住宅楼发生火灾，外籍女教师跳楼身亡                | 2021.09 | 贵州黔南师范学院     | 学生使用大功率电器引发火灾，宿舍内物品全部烧毁                  |
| 2009.03 | 中央美术学院     | 宿舍发生火灾，浓烟笼罩四十分钟                    | 2021.09 | 汉口学院         | 美食广场发生火灾导致学校两栋大楼烧毁                       |
| 2009.03 | 河南信阳师范学院   | 宿舍突发火灾，一间宿舍被烧毁，百余名学生被紧急疏散          | 2021.10 | 南京航空航天大学     | 实验室爆燃，2 人死亡，9 人受伤                        |
| 2011.10 | 中南大学       | 化工楼发生火灾，过火面积 790 m <sup>2</sup>    | 2021.10 | 山东科技大学       | 北门附近小吃街发生火灾，多个店面被烧毁                      |

(1)系统整理火灾案例。通过文献查阅、网络检索，收集整理 132 起国内外高校火灾案例，整理出高校火灾导致的次生衍生事件。

(2)合并精简高校火灾灾害事件集。系统整理近 20 年国内外高校火灾事故次生衍生灾害事件，进一步筛选整理精简，初步得到 102 起高校火灾灾害事件，部分典型事件集。

(3)成立专家评价组。专家评价组成员包括高校安全管理、应急管理、红十字急救、应急消防救援等相关领域专家，他们长期从事火灾灾害事件研究，具备丰富的理论实践经验，能够合理地评估高校火灾事故。

(4)构建高校火灾灾害集。以南京航空航天大学实验室爆燃事件为基础，结合国内外高校火灾灾害事件以及专家评议意见，最终确定南京航空航天大学实验室爆燃灾害事件集(表 2)。

表 2 南京航空航天大学实验室爆燃灾害事件集合

| 节点序号  | 灾害事件   | 节点序号     | 灾害事件   |
|-------|--------|----------|--------|
| $V_1$ | 火灾     | $V_7$    | 停课停学   |
| $V_2$ | 爆炸     | $V_8$    | 网络舆情   |
| $V_3$ | 建筑物破坏  | $V_9$    | 社会影响   |
| $V_4$ | 浓烟毒气释放 | $V_{10}$ | 生活不便   |
| $V_5$ | 人员伤亡   | $V_{11}$ | 人群恐慌   |
| $V_6$ | 经济损失   | $V_{12}$ | 学校声誉下降 |

1.2 高校火灾灾害链网络构建

复杂网络是一种具备拓扑结构特性的网络模型，应用场景较多，尤其在工程科学、信息科学以及社会科学等众多行业领域得到了广泛应用

[23]。灾害链在一定程度上可看作为一个灾害复杂网络，因此可将复杂网络模型运用到灾害演变过程，探究其内在联系与外在逻辑。

高校火灾通常会导致一系列次生衍生事件，可将高校火灾中的相关事件等价转化为复杂网络拓扑结构中的“节点”，灾害链中事件间的内在逻辑可等价于复杂网络模型中的连接边，事件损失度可用复杂网络模型中节点的出入度之和来表示，网络中各条边连接各个灾害事件节点，以此构成高校火灾灾害网络拓扑结构图。本文以南京航空航天大学实验室爆燃为实例开展风险评价，通过大量搜集网络报道及相关现场灾害场景，并结合梳理的 102 起国内外高校火灾案例，分析提取灾害事件集，构建京航空航天大学实验室爆燃灾害演化网络拓扑结构图(图 1)。

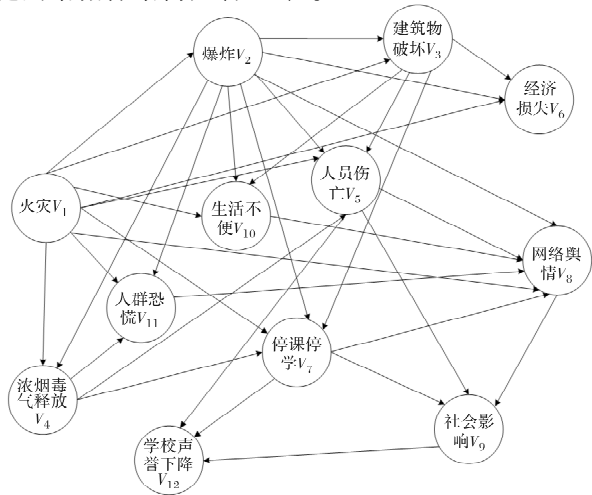


图 1 南京航空航天大学实验室爆燃灾害链网络

## 2 高校火灾灾害链风险评价模型构建

### 2.1 灾害链风险概率分析

灾害事件  $A$  引起灾害事件  $B$  的概率指的是,在灾害链演化过程中一个事件导致其他事件发生的概率,也被称作为两灾害事件  $AB$  的“致灾率”。其计算方法是用 Jaccard 指数来表示:

$$J_{ab} = \frac{C_{ab}}{C_a + C_b - C_{ab}} \quad (1)$$

式中:  $J_{ab}$  表示灾害事件  $a$  引起灾害事件  $b$  的致灾率,且  $0 \leq J_{ab} \leq 1$ ;  $C_{ab}$  表示灾害事件  $a$  和灾害事件  $b$  共现的频次;  $C_a$ 、 $C_b$  分别表示的是灾害事件  $a$ 、灾害事件  $b$  出现的频次。

### 2.2 灾害链风险损失分析

本研究基于复杂网路理论,将高校火灾灾害链抽象为一个无权有向灾害网络拓扑结构,对应节点表示高校火灾灾害链中的相应事件,节点的度代表灾害事件的损失程度,其等于该网络结构中节点的出度入度之和。

$$L = K_b \quad (2)$$

式中:  $L$  表示高校火灾灾害节点的损失;  $K_b$  表示灾害事件  $b$  在其所对应灾害链网络中的度。

### 2.3 灾害链沿街边脆弱度分析

边的脆弱度表示除去灾害链拓扑网络结构中的某条边后,其对网络结构的影响程度。在高校火灾灾害链网络拓扑结构中,脆弱度越大的边,其产生风险就越大。本文基于复杂网络理论,立足高校火灾灾害事件的现实情景,计算出灾害链中边的脆弱度,具体计算公式为:

$$V_{i \in (1,k)} = \frac{B_i L_i}{H_i} \quad (3)$$

式中:  $i$  指的是第  $i$  条边;  $k$  指的是灾害链总共的边数;  $B_i$  指的是第  $i$  条边的边介数;  $L_i$  指的是移除第  $i$  条边后该网络的平均路径长度;  $H_i$  指的是移除第  $i$  条边后复杂网络拓扑结构的连通度。

(1) 边介数。指的是灾害链网络拓扑结构中经过这条边的最短路径数目之和,表达式为:

$$B_i = \sum_{j,k \in v} n_{jk}(i) \quad (4)$$

式中:  $v$  为灾害链中所有的节点;  $n_{jk}(i)$  为节点  $j$ 、 $k$  间最短路径经过边  $i$  的次数。

(2) 平均路径长度。指的是网络中移除边后,初始灾害事件所在节点与其他网络事件节点间最短路径长度的平均值,计算公式为:

$$L_i = \frac{1}{(N-1)} \sum_{t \neq k \in v} d_{tk} \quad (5)$$

式中:  $L_i$  为移除边  $i$  后该网络的平均路径长度;  $N$  为该网络中节点总数,  $V$  为网络节点集;  $d_{tk}$  为网络中初始灾害事件所在节点  $t$  到节点  $k$  之间的最短路径长度。

(3) 连通度。在有向灾害链网络中移除边  $i$  后

可以连通的节点数与网络拓扑中总节点数的比值,计算公式为:

$$H_i = \frac{N_i}{N} \quad (6)$$

式中:  $H$  为移除边  $i$  后该网络的连通度;  $N_i$  移除边  $i$  后能够连通的节点数;  $N$  为原始网络的总节点数。

### 2.4 灾害链风险值分析

灾害链中某一边的风险度等于该边的概率、节点损失度与该边脆弱度的乘积。高校火灾灾害链中某条边的风险度计算方法为:

$$R_{ab} = PLV = J_{ab} K_b V_{ab} \quad (7)$$

式中:  $R_{ab}$  表示灾害事件  $a$  引起事件  $b$  的风险;  $J_{ab}$  表示灾害事件  $a$  导致事件  $b$  发生的概率;  $K_b$  为灾害事件  $b$  的损失;  $V_{ab}$  为灾害链中  $ab$  边的脆弱性。当灾害事件为源发灾害时,其  $P_a = 1$ ,  $V_a = \max(V_i)$ 。灾害链网络中某一条灾害链的风险度计算公式为:

$$R = P_a K_a^a V_a + P_{ab} K_b^b V_{ab} + \dots + P_{mm} K_m^m V_{mm} \quad (8)$$

## 3 实例仿真

2021 年 10 月 24 日,南京航空航天大学实验室发生爆燃,现场升起白色蘑菇云,该事件造成 2 人死亡,9 人受伤。本文以该高校实验室爆燃火灾灾害事故进行仿真,以此来验证本文提出的高校火灾灾害风险评价模型的有效性。

### 3.1 灾害链边的概率

梳理国内外高校火灾灾害事件网络报道和文献资料,对 102 起高校火灾灾害事件进行全面统计和系统分析,再根据专家评议意见,得到了高校火灾灾害链中灾害事件间的致灾率  $P$ 。评价组由高校安全管理、红十字急救、应急管理、应急消防救援等相关领域专家组成,评价组成员拥有丰富的火灾应急管理及救援经验,能比较科学精准地对高校火灾次生衍生事件进行客观分类评估。运用 jaccard 指数公式,得出高校火灾灾害链事件间的致灾率(表 3)。

### 3.2 灾害链节点损失

依据南京航空航天大学实验室爆燃灾害链网络拓扑结构图,对火灾节点进行统计分析,分别计算出南京航空航天大学实验室爆燃灾害链节点的出度和入度,根据高校火灾灾害链节点损失计算公式,计算各网络中节点的损失程度。由表 4 可知,  $V_1$  (火灾) 事件节点的损失度最大,火灾作为高校火灾灾害原始事件,其损失度最大,产生的影响也最大。  $V_2$  (爆炸)、  $V_5$  (人员伤亡)、  $V_8$  (网络舆情) 等损失度较大,说明其发生后造成的影响也较大,该结果与实际情况比较吻合。高校管理者要加强对上述关键节点的重视,制定切实可行的应急响应预案,进一步降低风险发生的可能性。

表 3 各灾害事件之间的致灾率

|          | $V_1$ | $V_2$ | $V_3$ | $V_4$ | $V_5$ | $V_6$ | $V_7$ | $V_8$ | $V_9$ | $V_{10}$ | $V_{11}$ | $V_{12}$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| $V_1$    | 1.000 | 0.069 | 0.657 | 0.716 | 0.265 | 0.755 | 0.088 | 0.471 | 0.000 | 0.824    | 0.863    | 0.461    |
| $V_2$    | 0.000 | 1.000 | 0.104 | 0.096 | 0.214 | 0.063 | 0.000 | 0.146 | 0.000 | 0.083    | 0.080    | 0.000    |
| $V_3$    | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.288 | 0.582 | 0.101 | 0.000 | 0.000 | 0.659    | 0.000    | 0.000    |
| $V_4$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.299 | 0.000 | 0.079 | 0.000 | 0.000 | 0.000    | 0.695    | 0.000    |
| $V_5$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.389 | 0.413 | 0.000    | 0.000    | 0.542    |
| $V_6$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| $V_7$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.140 | 0.127 | 0.094    | 0.000    | 0.098    |
| $V_8$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.642 | 0.000    | 0.000    | 0.000    |
| $V_9$    | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000    | 0.000    | 0.730    |
| $V_{10}$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.517 | 0.000 | 1.000    | 0.000    | 0.000    |
| $V_{11}$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.495 | 0.000 | 0.000    | 1.000    | 0.000    |
| $V_{12}$ | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000    | 0.000    | 1.000    |

表 4 灾害链节点损失

| 节点序号     | 出度 | 入度 | 损失度 |
|----------|----|----|-----|
| $V_1$    | 9  | 0  | 9   |
| $V_2$    | 8  | 1  | 9   |
| $V_3$    | 4  | 2  | 6   |
| $V_4$    | 3  | 2  | 5   |
| $V_5$    | 3  | 4  | 7   |
| $V_6$    | 0  | 3  | 3   |
| $V_7$    | 3  | 4  | 7   |
| $V_8$    | 1  | 6  | 7   |
| $V_9$    | 1  | 3  | 4   |
| $V_{10}$ | 1  | 3  | 4   |
| $V_{11}$ | 1  | 3  | 4   |
| $V_{12}$ | 0  | 3  | 3   |

$$L_i = \begin{bmatrix} V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 & V_6 & V_7 & V_8 & V_9 & V_{10} & V_{11} & V_{12} \\ V_1 & 0.00 & 1.09 & 1.09 & 1.09 & 1.09 & 1.09 & 1.09 & 1.09 & 0.00 & 1.09 & 1.09 & 0.00 \\ V_2 & 0.00 & 0.00 & 1.18 & 1.18 & 1.18 & 1.18 & 1.18 & 1.18 & 0.00 & 1.18 & 1.18 & 0.00 \\ V_3 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.55 & 1.55 & 1.55 & 0.00 & 0.00 & 1.55 & 0.00 & 0.00 \\ V_4 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.64 & 0.00 & 1.73 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.64 & 0.00 \\ V_5 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.64 & 1.64 & 0.00 & 0.00 & 1.64 \\ V_6 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_7 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.64 & 1.64 & 0.00 & 0.00 & 1.64 \\ V_8 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.81 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_9 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_{10} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.81 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_{11} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.81 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_{12} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}。$$

(10)

### 3.3 灾害链边的脆弱度

根据式(3)计算灾害链边的脆弱度需要分别计算出南京航空航天大学实验室爆燃事件灾害链边介数、平均路径长度和连通度。

(1) 介数。根据式(4)计算出灾害链边介数矩阵。

$$B_i = \begin{bmatrix} V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 & V_6 & V_7 & V_8 & V_9 & V_{10} & V_{11} & V_{12} \\ V_1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 3 & 1 & 3 & 2 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ V_2 & 0 & 0 & 1 & 1 & 3 & 1 & 3 & 2 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ V_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 1 & 4 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ V_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ V_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 4 & 0 & 0 & 4 \\ V_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ V_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 4 & 0 & 0 & 5 \\ V_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ V_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ V_{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ V_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ V_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}。$$

(9)

(2) 平均路径长度  $L$ 。根据式(5)计算出其平均路径长度矩阵。

(3) 连通度  $H$ 。根据式(6)计算出连通度矩阵。

$$H_i = \begin{bmatrix} V_1 & V_2 & V_3 & V_4 & V_5 & V_6 & V_7 & V_8 & V_9 & V_{10} & V_{11} & V_{12} \\ V_1 & 0.00 & 0.91 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 \\ V_2 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 \\ V_3 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_4 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 \\ V_5 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 \\ V_6 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_7 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 \\ V_8 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_9 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 \\ V_{10} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_{11} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ V_{12} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}。$$

(11)

(4) 根据式(3)计算出南京航空航天大学实验室爆燃灾害链中边的脆弱度。可以看出,“( $V_8$ )网络舆情→( $V_9$ )社会影响”的脆弱度最高,其产生的风险也越大,高校管理者应强化应急管理意识,加强高校火灾事件的网络舆情监管,制定相应的舆情应急预案,确保网络舆论更加理性平和。

表 5 灾害链边的脆弱度

| 边                        | 边的脆弱度 | 边                        | 边的脆弱度 |
|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| $V_1 \rightarrow V_2$    | 1.09  | $V_3 \rightarrow V_5$    | 6.20  |
| $V_1 \rightarrow V_3$    | 1.09  | $V_3 \rightarrow V_6$    | 1.55  |
| $V_1 \rightarrow V_4$    | 1.09  | $V_3 \rightarrow V_7$    | 6.20  |
| $V_1 \rightarrow V_5$    | 3.27  | $V_3 \rightarrow V_{10}$ | 3.10  |
| $V_1 \rightarrow V_6$    | 1.09  | $V_4 \rightarrow V_5$    | 6.56  |
| $V_1 \rightarrow V_7$    | 3.27  | $V_4 \rightarrow V_7$    | 6.92  |
| $V_1 \rightarrow V_8$    | 2.18  | $V_4 \rightarrow V_{11}$ | 3.28  |
| $V_1 \rightarrow V_{10}$ | 1.09  | $V_5 \rightarrow V_8$    | 4.92  |
| $V_1 \rightarrow V_{11}$ | 1.09  | $V_5 \rightarrow V_9$    | 6.56  |
| $V_2 \rightarrow V_3$    | 1.18  | $V_5 \rightarrow V_{12}$ | 6.56  |
| $V_2 \rightarrow V_4$    | 1.18  | $V_7 \rightarrow V_8$    | 4.92  |
| $V_2 \rightarrow V_5$    | 3.54  | $V_7 \rightarrow V_9$    | 6.56  |
| $V_2 \rightarrow V_6$    | 1.18  | $V_7 \rightarrow V_{12}$ | 8.20  |
| $V_2 \rightarrow V_7$    | 3.54  | $V_8 \rightarrow V_9$    | 9.05  |
| $V_2 \rightarrow V_8$    | 2.36  | $V_9 \rightarrow V_{12}$ | 3.62  |
| $V_2 \rightarrow V_{10}$ | 1.18  | $V_{10} \rightarrow V_8$ | 7.24  |
| $V_2 \rightarrow V_{11}$ | 1.18  | $V_{11} \rightarrow V_8$ | 7.24  |

### 3.4 灾害链风险度计算与分析

根据风险度计算公式(7)求出南京航空航天大学实验室爆燃灾害链边的风险度(表6)。由表6可知,其中生活不便→网络舆情、人群恐慌→网络舆情、浓烟毒气释放→人员伤亡、建筑物破坏→人员伤亡、浓烟毒气释放→人群恐慌等5条边的风

险度较高。高校管理者要根据高校火灾灾害事件的演化特征,加强应急管理,采取切实有效的应急管理决策,应在事故发生前,对风险度较高的边,采取断链措施,及时切断火灾发展路径,有效降低火灾造成的后果及损失,断链参考措施如表7所示。根据式(8)南京航空航天大学实验室爆燃灾害链网络中各灾害链的风险度排序(见表8)。

表 6 灾害链边的风险度

| 边                        | 风险度    | 边                        | 风险度    |
|--------------------------|--------|--------------------------|--------|
| $V_1 \rightarrow V_2$    | 0.744  | $V_3 \rightarrow V_6$    | 2.706  |
| $V_1 \rightarrow V_3$    | 4.297  | $V_3 \rightarrow V_7$    | 4.383  |
| $V_1 \rightarrow V_4$    | 3.902  | $V_3 \rightarrow V_{10}$ | 4.086  |
| $V_1 \rightarrow V_5$    | 6.066  | $V_4 \rightarrow V_5$    | 13.730 |
| $V_1 \rightarrow V_6$    | 2.469  | $V_4 \rightarrow V_7$    | 3.827  |
| $V_1 \rightarrow V_7$    | 2.014  | $V_4 \rightarrow V_{11}$ | 9.118  |
| $V_1 \rightarrow V_8$    | 7.187  | $V_5 \rightarrow V_8$    | 4.466  |
| $V_1 \rightarrow V_{10}$ | 3.593  | $V_5 \rightarrow V_9$    | 2.709  |
| $V_1 \rightarrow V_{11}$ | 3.763  | $V_5 \rightarrow V_{12}$ | 2.667  |
| $V_2 \rightarrow V_3$    | 0.736  | $V_7 \rightarrow V_8$    | 1.607  |
| $V_2 \rightarrow V_4$    | 0.566  | $V_7 \rightarrow V_9$    | 0.833  |
| $V_2 \rightarrow V_5$    | 1.768  | $V_7 \rightarrow V_{12}$ | 2.411  |
| $V_2 \rightarrow V_6$    | 0.223  | $V_8 \rightarrow V_9$    | 9.296  |
| $V_2 \rightarrow V_8$    | 2.412  | $V_9 \rightarrow V_{12}$ | 3.964  |
| $V_2 \rightarrow V_{10}$ | 0.392  | $V_{10} \rightarrow V_8$ | 19.651 |
| $V_2 \rightarrow V_{11}$ | 0.378  | $V_{11} \rightarrow V_8$ | 18.815 |
| $V_3 \rightarrow V_5$    | 12.499 |                          |        |

表 7 风险度较大边的断链参考措施

| 边                               | 断链措施                                                           |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $V_{10}$ (生活不便)→ $V_8$ (网络舆情)   | 强化应急响应速度,做好灾害应急物资和应急服务保障;如强网络舆情预警,及时疏导学生情绪;着力开展网络评论员队伍建设,弘扬主旋律 |
| $V_{11}$ (人群恐慌)→ $V_8$ (网络舆情)   | 快速开展灾后心理疏导。消除灾害恐慌。强网络舆情预警,及时疏导学生情绪;着力开版网络评论员队伍建设,弘扬主旋律         |
| $V_4$ (浓烟毒气释放)→ $V_5$ (人员伤亡)    | 完善火灾预警机制。开展常态化火灾演练;积极开展全员灾害教育,提升自救互救能力                         |
| $V_3$ (建筑物破坏)→ $V_5$ (人员伤亡)     | 落实落细安全音理剖度,开展度化安全巡视检查;积极开展全员灾害教育,提升自救互救能力                      |
| $V_4$ (浓烟毒气释放)→ $V_{11}$ (人群恐慌) | 完善火灾预警机制,开展常态化火灾演练;快速开展灾后心理疏导,消除灾害恐慌                           |

表 8 南京航空航天大学实验室爆燃灾害链排序

| 灾害链                                                                                                         | 公式                                                                                                                                                            | 风险度     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $V_1 \rightarrow V_4 \rightarrow V_1 \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$                    | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-4} K_4 V_{1-4} + P_{4-11} K_{11} V_{4-11} + P_{11-8} K_8 V_{11-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$                       | 126.545 |
| $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_4 \rightarrow V_{11} \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$ | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-2} K_2 V_{1-2} + P_{2-4} K_4 V_{2-4} + P_{4-11} K_{11} V_{4-11} + P_{11-8} K_8 V_{11-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$ | 123.953 |
| $V_1 \rightarrow V_3 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$                 | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-3} K_3 V_{1-3} + P_{3-10} K_{10} V_{3-10} + P_{10-8} K_8 V_{10-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$                       | 122.744 |
| $V_1 \rightarrow V_{10} \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$                                 | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-10} K_{10} V_{1-10} + P_{10-8} K_8 V_{10-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$                                             | 117.954 |
| $V_1 \rightarrow V_4 \rightarrow V_5 \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$                    | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-4} K_4 V_{1-4} + P_{4-5} K_5 V_{4-5} + P_{5-8} K_8 V_{5-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$                              | 116.808 |
| $V_1 \rightarrow V_3 \rightarrow V_5 \rightarrow V_8 \rightarrow V_9 \rightarrow V_{12}$                    | $P_1 K_1 V_1 + P_{1-3} K_3 V_{1-3} + P_{3-5} K_5 V_{3-5} + P_{5-8} K_8 V_{5-8} + P_{8-9} K_9 V_{8-9} + P_{9-12} K_{12} V_{9-12}$                              | 115.972 |
| .....                                                                                                       | .....                                                                                                                                                         | .....   |

从表 8 中可以看出,在南京航空航天大学实验室爆燃灾害网络中,“火灾→浓烟毒气释放→人群恐慌→网络舆情→社会影响→学校声誉下降”这条灾害链风险值最大。在风险度较大的前 6 条链中,均包含“网络舆情→社会影响→学校声誉下降”这一链单元。根据历史报道,南京航空航天大学实验室发生爆燃后,在微博引起了广泛关注,事发当天微博阅读量达到 4.06 亿,截止 11 月 16 日微博阅读量达到了 8.1 亿,讨论次数高达 12.8 万次,这一结果与本文研究发现一致。由此可以证明本文提出的高校火灾灾害风险评价模型具有较高的有效性。实验发现,在高校火灾发生前加强应急管理,采取有效措施对灾害链重要节点进行积极管控,可降低火灾发生的风险;火灾发生后对关键边进行及时断链,可迅速阻断火灾的进一步发展和蔓延。

## 4 结论

(1)通过系统分析国内外 102 起高校火灾事故案例,结合南京航空航天大学实验室爆燃事件特征以及专家评议,最终得到南京航空航天大学实验室发生爆燃灾害事件集,具体包括 12 个灾害次生衍生事件。

(2)基于南京航空航天大学实验室爆燃事件及高校火灾灾害链演化特征,构建了南京航空航天大学实验室爆燃灾害演化网络拓扑结构。

(3)基于复杂网络理论构建高校火灾灾害链风险评价模型,计算出火灾灾害链各边的风险度,并给出了风险度最高的前 5 条边的参考断链措施。

(4)依据高校火灾风险评价模型,计算出的 6 条风险度较高的灾害链中都包含有“网络舆情→社会影响→学校声誉下降”这一链单元,说明该链单元对高校火灾灾害链影响程度最大。高校管理者应重视灾害次生衍生事件,在火灾发生后及时采取有效断链措施,阻止上述事件发生,并基于高校火灾灾害事件演化机理,提前制定发生此类事件的应急预案。

(5)基于实例仿真发现,本文得出的高校火灾灾害评价结果具有较高的有效性,对高校火灾灾害链风险评价及应急管理具有一定的参考价值。但由于高校火灾灾害事件的不确定因素较多、各因素间的关系较为复杂,更为科学合理的灾害链风险评估还需要进一步深入研究。

## 参考文献:

[1] 谢明峰,鲁义. 高校教学楼火灾与人员疏散模拟研究[J]. 消防科学与技术, 2021, 40(1): 85-90.

- [2] 李晓艳,宁世强,张朋,等. 高校楼梯间疏散逃生事故致因与防控研究[J]. 西安科技大学学报, 2020, 40(4): 606-614.
- [3] 陈霞,戴广龙,刘盼. 高校火灾时人员疏散行为调查研究[J]. 安全与环境学报, 2013(4): 259-262.
- [4] 张立宁,范良琼,安晶,等. 基于 PCA-RBF 的高校学生宿舍火灾安全评价及应用[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(3): 921-926.
- [5] 田好敏,孙广灿. 高校学生宿舍火灾风险与综合评价[J]. 中国安全生产科学技术, 2013(5): 131-135.
- [6] 朱彤,傅贵,张苏. 高校火灾事故行为原因分析及预防[J]. 工业安全与环保, 2014, 40(3): 33-35.
- [7] 邓萌,张英华,秦挺鑫,等. 高校突发事件应急救援志愿者救援模式研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17(1): 169-174.
- [8] 陈硕,韩蕾. 火灾风险评估工程法在高校宿舍中的应用[J]. 消防科学与技术, 2011, 30(10): 969-972.
- [9] 田禹,崔浩浩,孟欢欢,等. 大学生宿舍潜在火灾危险性调查研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(5): 144-147.
- [10] 吴勇. 浅谈如何做好高校消防工作[J]. 贵州民族学院学报(哲学社会科学版), 2009(5): 192-194.
- [11] 许锐,原兴霞,郑莹莹,等. 高校宿舍楼火灾及人员疏散数值研究[J]. 火灾科学, 2017, 26(4): 244-250.
- [12] 邹馨捷,萨木哈尔·波拉提,郝明,等. 基于 Pyrosim 和 Pathfinder 的高校学生宿舍火灾人员疏散安全性模拟分析[J]. 安全与环境工程, 2020, 27(4): 195-200.
- [13] 胡洁,方书昊,张飞超,等. 高校公寓火灾烟气蔓延规律模拟与应用[J]. 消防科学与技术, 2018, 37(3): 319-321.
- [14] 许锐,原兴霞,郑莹莹,等. 高校宿舍楼火灾及人员疏散数值研究[J]. 火灾科学, 2017, 26(4): 244-250.
- [15] 马子超,李杰,岳忠. 高校宿舍楼火灾应急疏散研究[J]. 消防科学与技术, 2016, 35(7): 935-938.
- [16] 王蕾,代养勇. 基于蝴蝶结贝叶斯网络的高校实验室火灾爆炸事故的风险评估[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(4): 304-308.
- [17] 么达. 基于 SOP 的高校实验室火灾危险性分析[J]. 消防科学与技术, 2017, 36(4): 553-555.
- [18] 李冉冉. 高校实验室消防安全管理探讨[J]. 消防科学与技术, 2015, 34(2): 277-280.
- [19] 阎卫东,张瑞,刘家喜,等. 基于 Pathfinder 的高校图书馆火灾疏散研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2021, 37(4): 627-633.
- [20] 赵国敏,赵云凤. 高校体育馆火灾人员疏散优化模拟[J]. 消防科学与技术, 2015, 34(11): 1440-1442.
- [21] 程友鹏,朱杰,马金梅. 高校食堂火灾烟气扩散特性及运动规律研究[J]. 消防科学与技术, 2018, 37(7): 892-896.
- [22] 于良巨. 温带风暴潮灾害链的识别与区分——以莱州湾风暴潮为例[J]. 灾害学, 2021, 36(1): 13-17.
- [23] 黄昕,靳健,林作忠,车轮飞,刘俊. 基于复杂网络的城市深部空间火灾灾害链分析及智慧减灾方法研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2021, 29(5): 1280-1291.

(下转第 166 页)

## The Library Emergency Rating Method under Public Health Emergencies

LUO Xiaomei<sup>1</sup>, LIN Yujing<sup>2</sup> and YU Gaofeng<sup>3</sup>

(1. *Sanming University Library, Sanming 365004, China;*

2. *The Library of Fujian Police College, Fuzhou, Fujian 350007, China;*

3. *School of Economics and Management, Sanming University, Sanming 365004, China)*

**Abstract:** In view of the risk characteristics of libraries under public health emergencies, and considering individual feelings and group benefits, combined with online questionnaire, this paper proposes a variable weigh VIKOR evaluation model and method for libraries' emergency ability rating from the concept of libraries' emergency ability rating. First of all, from the concept and connotation of grade evaluation, this paper describes the rating problem of emergency ability of library, so as to avoid confusing the two essentially different problems of rating and sorting of emergency ability. Then, construct the rating index of university library emergency ability. Secondly, a variable weigh VIKOR evaluation model and a binary semantic evaluation method for the emergency capability level of university libraries are proposed. Finally, through case study and comparative analysis, the rationality, feasibility and practicability of the model and method proposed in this paper can better reflect the connotation and characteristics of university library emergency capacity.

**Key words:** Public Health Emergencies; library; emergency capability rating; variable weigh; grade assessment

(上接第 161 页)

## Research on Fire Disaster Chain Analysis and Emergency Management Decision – making in Colleges and Universities Based on Complex Network

WU Shuqiang<sup>1,2</sup>, SHAO Bilin<sup>1</sup>, BIAN Genqing<sup>3</sup> and ZHANG Zhixia<sup>1</sup>

(1. *School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;*

2. *School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science and Technology,*

*Xi'an 710021, China; 3. School of Information and Control Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)*

**Abstract:** Combined with the evolution characteristics of College fire disaster and based on 102 college fire cases at home and abroad, 12 secondary derivative events of disaster are summarized. Based on the complex network theory and disaster chain evolution mechanism, the secondary derivative events of College fire are systematically and comprehensively analyzed, the network topology and risk evaluation model of College fire disaster chain are established, and the risk degree of College fire disaster chain is calculated. Taking the deflagration event in the laboratory of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics as an example, the three indicators of disaster incidence, disaster loss and disaster chain vulnerability are integrated. The results show that the model has a high degree of coincidence with the actual situation, which is conducive to improve the emergency response ability and decision – making level of fire disasters in Colleges and universities, and can provide reference for the formulation of disaster prevention and reduction strategies in Colleges and universities. It is found that taking effective measures to actively control the important nodes of the disaster chain before the fire can reduce the risk of fire; After the fire, the chain of key edges can be broken in time, which can quickly block the further development and spread of the fire.

**Key words:** college fire; complex network; disaster chain; contingency management