

中文引用格式:钱洪伟,李欣焱. 基于社会网络的县域洪灾应急指挥能力成熟度评估模型及实证[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(4): 241-246.

英文引用格式:QIAN Hongwei, LI Xinyao. Evaluation model and empirical study on maturity of county-level flood emergency command capability based on social networks[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(4): 241-246.

基于社会网络的县域洪灾应急指挥能力 成熟度评估模型及实证*

钱洪伟¹教授, 李欣焱²

(1 河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000;

2 辽宁工程技术大学 安全科学与工程学院, 辽宁 葫芦岛 125000)

中图分类号: X915.5 文献标志码: A DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.04.1107

资助项目: 教育部人文社会科学研究规划项目(23YJAZH110); 河南省地方标准编制项目(H24-062); 河南理工大学“双一流”创建工程培育项目(AQ20230774)。

【摘要】 为深入了解并评估县域应对洪涝灾害时的指挥能力和现状, 通过文献分析法, 确定12个主要影响因素; 利用Ucinet软件进行社会网络分析, 利用Netdraw软件进行可视化处理, 绘制出影响因素之间的社会网络关系图; 通过计算影响因素的出入度、中心度, 做指标分级处理, 并借鉴指挥控制能力成熟度模型, 构建出基于社会网络的县域洪灾应急指挥能力成熟度评估模型; 选择濮阳县作为实证研究对象, 通过问卷调查法和访谈法, 收集来自濮阳县24个乡镇共342条数据, 评估濮阳县洪灾应急指挥能力。结果表明: 用社会网络进行指标分级具有可行性, 该指标体系能科学准确反映县域洪灾应急指挥综合水平, 该评估模型可有效评价县域洪灾应急指挥能力成熟度等级。

【关键词】 社会网络; 县域洪灾; 应急指挥能力; 成熟度; 评估模型

Evaluation model and empirical study on maturity of county-level flood emergency command capability based on social networks

QIAN Hongwei¹, LI Xinyao²

(1 School of Emergency Management, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454000, China; 2 School of Safety Science and Engineering, Liaoning Technical University, Huludao Liaoning 125000, China)

Abstract: To gain a deep understanding and evaluate the command capability and current status of counties in response to flood disasters, this paper identified 12 major influencing factors through literature analysis. Social network analysis was conducted using Ucinet software, and Netdraw software was utilized for visualization to depict the social network relationship diagram among these influencing factors. By calculating the in-degree and out-degree, as well as centrality of the influencing factors, indicator classification was performed. Drawing on the maturity model of command and control capability, an assessment model based on social networks for the maturity of county-level flood disaster emergency command capability was developed. Puyang county was selected as the empirical research object. Through

questionnaires and interviews, a total of 342 data entries from 24 townships in Puyang County were collected to evaluate the county's flood disaster emergency command capability. The results indicate that it is feasible to classify indicators hierarchically through social network analysis. The established indicator system is scientifically and accurately reflected in the comprehensive operational level of county-level flood disaster emergency command. The assessment model can effectively evaluate the maturity levels of emergency command capability.

Keywords: social network; county-level flood disaster; emergency command capability; maturity; evaluation model

0 引言

随着气候变化带来的全球性影响越来越显著,自然灾害对人类社会的损失越来越严重^[1]。2021年发生的河南郑州“7·20”特大暴雨灾害更是引起社会的广泛关注。据国务院调查组发布的“7·20”事故调查报告,问题的根源之一在于应急指挥能力不足。我国格外重视基层应急指挥体系的建设,各级政府陆续出台一系列政策规划,相关学者也在县域事故应急处置和县域洪灾预防与评估方面展开了大量研究^[2]。但县域洪灾往往因为地域广阔、救援难度大、信息不畅等特点,其应急指挥工作更加复杂和紧迫。因此,评估县域洪灾应急指挥能力成熟度,具有重要的现实意义。

洪灾应急指挥是指在洪灾发生时,相关部门根据收集的信息,确定灾害响应等级,根据应急预案、案例经验、专家意见等制定处置措施,并通过反馈信息不断调整应对的动态过程。国外对洪涝灾害应急指挥的研究起步较早,主要集中于洪灾的风险分析与制图,选择示范试验区或流域进行风险性评估,这一非工程性措施的减灾效果得到了受灾国家的普遍认可^[3]。其中,美国形成了较为完善的应急指挥组织管理体系,制定的评估指标和评估模型被广泛认可和使用^[4-6]。国内在县域洪灾应急指挥能力评估方面,提出包括预警能力、应急响应能力、组织协调能力等在内的多维度评估指标,构建了基于模糊综合评价、层次分析等方法的评估模型,来量化评估县域洪灾应急指挥能力^[7]。但国内外在应急指挥能力成熟度评估方面的研究还存在评估体系和方法不完善的问题,尚待进一步提高和发展。

鉴于此,笔者拟采用社会网络研究方法,将县域洪灾应急指挥能力的影响因素作为评价指标,参考指挥控制能力成熟度模型^[8]将指标定量化,从而建立县域洪灾应急指挥能力成熟度评估模型,并进行实证分析。以期丰富应急指挥理论,也为县域应急

指挥具体业务拓展有所裨益。

1 县域洪灾应急指挥影响因素识别

通过中国知网、维普、万方等网站,检索县域洪灾、洪灾应急指挥、应急指挥能力影响因素、应急指挥能力评价、应急指挥能力指标等关键词,共检索出75篇相关文献。深度阅读文献,参照危机管理通用模式^[9]和应急指挥理论的方法原则,记录文中出现的直接影响县域洪灾应急指挥能力的因素,共12个指标,记为 M_1 — M_{12} 。汇总12个指标及其在检索出的75篇文献中出现的频次,见表1。

表1 影响因素出现频次汇总

Table 1 Summary of occurrence frequency of influencing factors

编号	影响因素	出现频次
M_1	应急预案完善度及可操作性	45
M_2	应急演练水平	27
M_3	组织结构	50
M_4	财政保障	17
M_5	应急监测与预警功能	55
M_6	信息传递与反馈情况	38
M_7	响应速度/能力	33
M_8	指挥官指挥能力	27
M_9	专家参与度	19
M_{10}	资源调度能力	49
M_{11}	智能化水平	20
M_{12}	高效的管理机制	38

M_1 — M_{12} 中最低频次为17次,达到总文献数量1/5以上,符合选用标准。因此, M_1 — M_{12} 均被选作评价县域洪灾应急指挥能力大小的指标。

2 社会网络分析

2.1 构建关系矩阵

将上述12个影响因素作为社会网络中的各个节点。采用问卷调查的方式,邀请15位与文中领域相关的专家判断这些影响因素之间的关系。若认为

所在行的因素对每列的因素有直接影响的人数在 8 人以上,则认为有直接的影响,定义为 1;反之则定义为 0,最终形成邻接矩阵,见表 2。

表 2 各影响因素之间的关系构成的邻接矩阵

Table 2 Adjacency matrix representing relationships among various influencing factors

编码	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}
M_1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
M_2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
M_3	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
M_4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
M_5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
M_6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
M_7	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
M_8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
M_9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M_{10}	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
M_{11}	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
M_{12}	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0

2.2 可视化分析

利用 Netdraw 软件可视化操作邻接矩阵,得到影响因素社会网络模型,如图 1 所示。各影响因素作为社会网络的各个节点(用圆形表示),各节点之间的关系用有向线段表示(用箭头表示节点之间存在直接影响关系)。

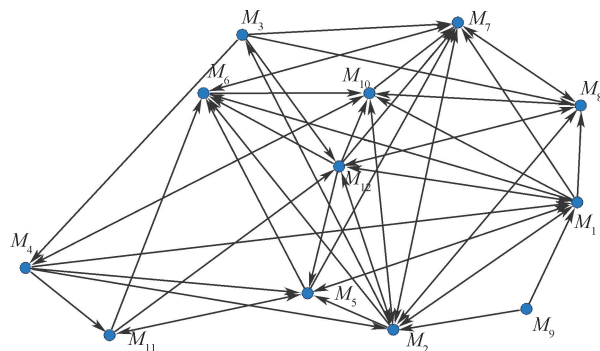


图 1 影响因素社会网络模型

Fig. 1 Social network model of influencing factors

2.3 整体密度分析

网络的整体密度指的是社会网络中所有节点之间的紧密程度,一般来说,网络中各个节点连接数量越多,各节点之间的关系越紧密,整体网络密度就越大^[10]。利用 Ucinet 6 软件计算 M_1-M_{12} 的社会网络整体密度,得出各节点间实际拥有的连线数为 52,网络整体密度为 0.393 9。网络密度大于 0.250 0(一般以 0.250 0 作为衡量密度大小的标准),说明选取的 12 个影响因素之间的关联性较强。

2.4 度数中心度分析

度数中心度是衡量一个网络节点直接相连的其他节点数量指标^[10]。节点度数中心度越高,意味着在网络中有更高的连接性和影响力。利用 Ucinet 6 软件计算各节点度数中心度,结果见表 3。

表 3 各节点度数中心度大小及中介中心度大小

Table 3 Size of degree centrality and betweenness centrality of each node

编码	影响因素	点出度	点入度	度中心度	绝对中介中心度	相对中介中心度
M_1	应急预案完善度及可操作性	7	5	12	8.167	7.424
M_2	应急演练水平	8	7	15	26.500	24.091
M_3	组织结构	4	1	5	1.083	0.985
M_4	财政保障	5	2	7	6.583	5.985
M_5	应急监测与预警功能	4	5	9	7.000	6.364
M_6	信息传递与反馈情况	2	6	8	2.917	2.652
M_7	响应速度/能力	3	8	11	6.917	6.288
M_8	指挥官指挥能力	4	5	9	2.000	1.818
M_9	专家参与度	2	0	2	0.000	0.000
M_{10}	资源调度能力	3	6	9	12.167	11.061
M_{11}	智能化水平	3	2	5	1.083	0.985
M_{12}	高效的管理机制	7	5	12	8.583	7.803

M_1 、 M_2 、 M_{12} 的点出度较高,说明它们对其他因素的影响较多。 M_2 、 M_6 、 M_7 、 M_{10} 的点入度较高,说明其他因素对它们的影响较多。度数中心度的平均

值约为 8.667,高于平均值的有 M_1 、 M_2 、 M_5 、 M_7 、 M_8 、 M_{10} 和 M_{12} ,它们是从度数中心度的角度筛选出影响县域洪灾应急指挥能力的主要因素。

2.5 中介中心度分析

中介中心度的大小是指该节点出现在其他节点最短路径上的次数^[10]。某一节点的中介中心度越大,表明该节点对其他节点的控制力越强,即影响越大。中介中心度分为绝对中介中心度和相对中介中心度,后者是前者的标准化结果。

利用 Ucinet 6 软件计算各影响因素的中介中心度,计算结果见表 3。相对中介中心度的平均值为 6.288,高于平均值的有 M_1 、 M_2 、 M_5 、 M_{10} 和 M_{12} ,它们是从中介中心度的角度筛选出影响县域洪灾应急指挥能力的主要因素。

2.6 凝聚子群分析

凝聚子群是指在社会网络中,由一群成员之间相互连接紧密而形成的内部紧凑的小团体^[11]。用 Ucinet 6 软件凝聚子群分析 12 个因素,得到 3-派系子群 $\{M_1, M_2, \dots, M_{12}\}$ 。因此,可验证 12 个影响因素之间具有较强的相关性。

2.7 整体分析

通过可视化分析、网络整体密度计算、凝聚子群分析,得出 12 个指标具有较强的相关性,从而证明采用社会网络的方法,按照影响程度大小对 12 个评价指标做指标分级具有一定的可行性。从度数中心度和中介中心度 2 个角度判定各节点的影响大小和重要程度,从而进行指标分级^[12]。

从度数中心度角度筛选出主要影响因素 M_1 、 M_2 、 M_5 、 M_7 、 M_8 、 M_{10} 和 M_{12} ,从中介中心度角度选取主要影响因素 M_1 、 M_2 、 M_5 、 M_{10} 和 M_{12} 。取其交集,最终确定县域洪灾应急指挥能力 A 类影响因素 M_1 、 M_2 、 M_5 、 M_{10} 和 M_{12} ,B 类影响因素 M_7 和 M_8 ,C 类影响因素 M_3 、 M_4 、 M_6 、 M_9 和 M_{11} 。

3 应急指挥能力成熟度评估模型

3.1 指挥控制能力成熟度评估模型研究

张义等^[8]提出指挥控制能力成熟度模型,将指挥控制能力分为 5 个等级。第 1 级为已执行指挥控制的基础实施;第 2 级为意识到管理指挥控制的作用,及时发现指挥控制过程中出现的问题并予以解决;第 3 级为拥有一套经检验后具有合理性和可操作性的执行标准;第 4 级为对指挥控制实施过程建立量化指标,评估和改进指挥控制过程;第 5 级为能够预防和改善不足,拥有创新思维,能够实现指挥控制的自我进化和完善。

3.2 洪灾应急指挥能力成熟度评估模型构建

将县域洪灾应急指挥能力的各类影响因素作为各类评价指标,按照张义等^[8]划分的指挥控制能力 5 个等级标准,对各项评价指标打分。未达到第 1 级标准打 0 分,达到第 1 级标准打 1 分,达到第 2 级标准打 2 分,以此类推,“*”表示不参与此项打分。同一类的各项评价指标完成打分后,以平均值作为该类评价指标最终得分。

合格分的取值根据:A 类和 C 类评价指标各有 5 个二级指标,假设 5 个指标中有 3 项得 3 分,2 项得 2 分为最低合格水平,则合格分为 $(3 \times 3 + 2 \times 2) \div 5 = 2.6$ 分。

根据各类评价指标的得分情况,进行县域洪灾应急指挥能力成熟度等级划分。各类评价指标的得分情况与成熟度等级的对应关系见表 4。

表 4 县域洪灾应急指挥能力成熟度等级划分

Table 4 Maturity level classification for flood emergency command capability at county level

等级	标准
第 1 级	A、B、C 类评价指标均未达到合格水平
第 2 级	C 类评价指标达到合格及以上水平, A 类和 B 类评价指标均未达到合格水平
第 3 级	B 类评价指标达到合格及以上水平, A 类和 C 类评价指标均未达到合格水平
第 4 级	A 类评价指标达到合格及以上水平, B 类和 C 类评价指标均未达到合格水平
第 5 级	B 类和 C 类评价指标均达到合格及以上水平, A 类评价指标未达到合格水平
第 6 级	A 类和 C 类评价指标均达到合格及以上水平, B 类评价指标未达到合格水平
第 7 级	A 类和 B 类评价指标均达到合格及以上水平, C 类评价指标未达到合格水平
第 8 级	A、B、C 类评价指标均达到合格及以上水平

3.3 评估过程

应急指挥能力成熟度评估过程为:①成立专业的县域洪灾应急指挥能力成熟度测评小组;②设置问卷,确定调查人群,保证足够数量的回收数据;③分析总结调查获得的信息,通过访谈法对实际情况有更清晰、更全面的把握;④依据打分标准,公正客观地为各项指标打分(或在②通过问卷的形式,让调查对象进行打分);⑤基于既定的成熟度等级分类准则,明确该县域的成熟度等级。

3.4 成熟度等级的提高

提高应急指挥能力成熟度等级的步骤为:①分析自身情况,诊断存在的问题,量身定制提升目标;

②制定提升计划、规划提升路线、拟定提升策略,将各项任务进行分配;③解决问题,举办周期活动,形成优良传统和习惯;④总结提升内容,记录改进情况,发现改进后仍然存在的新问题。此外,反复循环以上步骤,实现成熟度等级的再推进。

4 成熟度评估模型实证分析

4.1 数据收集与分析

河南省濮阳县四季分明,雨热同期,降水变化率大,且分布不均,因而旱、涝灾害频繁,现已建立相对完善的应急指挥体系,但当前的防洪除涝能力仍不能适应经济社会发展对水利的要求。选择濮阳县作为县域洪灾应急的研究对象,是基于其地理与气候特征的普遍性、应急指挥体系的典型性以及防洪除涝能力的代表性综合考虑的结果。以濮阳县作为研究对象,揭示出县域在防洪除涝方面存在的共性问题,提炼出适用于其他县域的洪灾应急指挥策略。

按照评估模型指标,针对濮阳县实际情况,制作调查问卷。问卷第1—7题为调查对象的基本信息,第8题为模型选用的评价指标打分,第9—16题为参照应急指挥理论评估应急指挥能力的补充分析。考虑到乡镇政府一方面清楚了解本县域洪灾应急指挥的现状,另一方面对洪灾应急指挥的知识有一定的掌握和了解。因此,将乡镇政府作为主要的调查对象,在濮阳县24个乡镇均匀发放问卷,计划发放问卷240份,实际收集问卷342份,其中,乡镇工作人员及村级干部占总调查人数的74.85%。

针对各项评价指标的打分,问卷设置“针对该项不发表评价”这一选项,选择该项即被视为无效数据。各项评价指标中 M_1 的无效数据最多,为21条,有效数据占比最低,约为93.86%。忽略无效数据,根据调查问卷收集的有效数据,得出濮阳县洪灾应急指挥能力各项评价指标的得分为: M_1 (2.66分)、 M_2 (2.41分)、 M_3 (3.05分)、 M_4 (2.98分)、 M_5 (2.33分)、 M_6 (2.55分)、 M_7 (2.86分)、 M_8 (3.09分)、 M_9 (2.1分)、 M_{10} (2.67分)、 M_{11} (2.12分)、 M_{12} (2.64分)。

4.2 濮阳县洪灾应急指挥能力成熟度评估

濮阳县A类评价指标平均分为2.542,B类评价指标平均分为2.975,C类评价指标平均分为2.560,其洪灾应急指挥能力成熟度位于第3级。

濮阳县洪灾应急指挥现状分析:

1) 各项评价指标代表的方面均已得到基础实

施,且合理管理实施过程,能够发现存在的问题并进行解决,但尚未对指挥控制的执行制定完善的操作标准,缺乏量化管理和创新,距离指挥控制过程的自我进化和完善存在一定的差距。

2) 应急演练水平、应急监测与预警功能、信息传递与反馈情况、专家参与度及智能化水平4个方面是其应急指挥过程中的相对短板。

3) 濮阳县应加强洪灾相关宣传培训,增强跨区域协作,补充人力、物资、技术和财政资源,继续提高领导能力、沟通协调能力、资源调度能力、技术应用能力,重点关注前期预警与监测、中期的应急响应处置和数字化救援^[13]等环节。

4.3 应急指挥能力成熟度评估模型实用性分析

模型的实用性体现在以下方面:

1) 通过应急指挥理论的指导和大量文献分析,综合应急指挥的业务流程选出评价指标,能客观评估县域洪灾应急指挥能力水平。

2) 成熟度分级标准参考指挥控制能力成熟度模型,并通过大量的数据分析确定。

3) 实证数据均匀分布于濮阳县各乡镇,74.85%来自乡镇政府和村级干部,有较强专业性。

4) 实证结果与实际情况具有较强一致性。

5) 濮阳县作为实证对象具有较强的代表性,模型可在各县域普遍推广。

此外,各县域可利用模型判断自身洪灾应急指挥能力成熟度,以12个评价指标为重点,加强各方面能力建设与提升,响应新质生产力趋势^[14]。各地区因地制宜,应急指挥能力的评估和提升过程还应关注自身地理环境、气候条件等影响。

5 结论

1) 应急指挥能力成熟度评估模型通过社会网络将县域洪灾应急指挥能力成熟度划分为8个等级,得出濮阳县位于第3级。实证得出本模型具有可推广性,县域按照评估过程判定本地能力成熟度等级,发现并改正问题,提升应急指挥能力。

2) 该模型有助于减少洪灾对社会的影响,推进应急管理体系建设,丰富应急指挥理论,为社会网络方法和成熟度研究在应急领域应用奠定基础。

3) 未来需要聚焦于定量的研究方法,提升能力成熟度评价指标选择的客观性。随着社会进步,升级县域洪灾应急指挥能力成熟度的划分标准,积极探索能力成熟度在应急管理其他领域的研究。

参 考 文 献

- [1] 傅保清,李沛鸿,熊凡. 基于模糊综合评价的江西省洪涝灾害风险评估[J]. 长江信息通信,2024,37(8):103-106.
FU Baoqing, LI Peihong, XIONG Fan. Risk assessment of flooding in Jiangxi province based on fuzzy comprehensive evaluation[J]. Changjiang Information & Communications, 2024, 37(8):103-106.
- [2] 包其富,牟杰,张超艳,等. 海岛县区数字化应急指挥平台的建设思考:以海岛县区岱山县为例[J]. 工业安全与环保,2023,49(10):57-60.
BAO Qifu, MU Jie, ZHANG Chaoyan, et al. Thoughts on construction of digital emergency command platform of Island county: a case study of Daishan county[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2023, 49(10): 57-60.
- [3] 唐川,师玉娥. 城市山洪灾害多目标评估方法探讨[J]. 地理科学进展,2006, 25(4):13-21.
TANG Chuan, SHI Yu'e. Approach to muti-objectives assessment for urban torrent hazard[J]. Progress in Geography, 2006, 25(4): 13-21.
- [4] State Water Survey. A report on flood hazard mitigation in the United States[R], 1983.
- [5] CHANGNON S A. The record 1993 Mississippi river flood: a defining event for flood mitigation policy in the United States in D J Parker(ed1)floods[M]. New York: Routledge, 2000: 288-301.
- [6] AEIBAUM S J. Determination of urban flood damage[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1985, 111(3): 132-148.
- [7] 王翀. 基于企业架构的洪灾信息系统构建研究[D]. 南昌:南昌大学,2014.
WANG Chong. Flood information system architecture research based on enterprise architecture[D]. Nanchang:Nanchang University, 2014.
- [8] 张义,鲍广宇,姜志平,等. 基于 CMM 的指挥控制能力成熟度模型[J]. 指挥控制与仿真,2013,35(3):6-9,13.
ZHANG Yi, BAO Guangyu, JIANG Zhiping, et al. Command and control maturity model based on CMM[J]. Command Control & Simulation, 2013, 35(3): 6-9, 13.
- [9] 祁云,汪伟,陈淼,等. 深部矿山巷道岩爆应急管理评估[J]. 安全与环境学报,2023,23(5):1 407-1 414.
QI Yun, WANG Wei, CHEN Miao, et al. Evaluation on emergency management ability of rock burst in deep mine roadway[J]. Journal of Safety and Environment, 2023, 23(5): 1 407-1 414.
- [10] 王小春,赵红梅. 基于社会网络的社区应急能力影响因素研究[J]. 中国管理信息化,2022,25(2):214-217.
- [11] 索琪,孙玉展,左佩. 中国物流枢纽承载城市物流关联网络结构特征与驱动机制研究[J]. 青岛科技大学学报:社会科学版,2024,40(2):10-19.
SUO Qi, SUN Yuzhan, ZUO Pei. Study on the structural characteristics and driving mechanism of logistics networks in Chinese logistics hub cities[J]. Journal of Qingdao University of Science and Technology: Social Sciences, 2024, 40(2):10-19.
- [12] 雷光普. 基于社会网络分析的超高层项目分包安全沟通研究[D]. 北京:清华大学,2013.
LEI Guangpu. A study of safety communication in high-rise project subcontractors based on social network analysis[D]. Beijing: Tsinghua University, 2013.
- [13] 杨继星,房玉东,边路,等. 应急救援数字化战场体系研究与应用探索[J]. 中国安全科学学报,2023,33(10):240-246.
YANG Jixing, FANG Yudong, BIAN Lu, et al. Research and application exploration of digital battlefield system for emergency rescue[J]. China Safety Science Journal, 2023, 33(10): 240-246.
- [14] 罗方禄,罗吴赞. 新质生产力安全发展的内涵及能力建设[J]. 中国安全科学学报,2024,34(10):8-16.
LUO Fanglu, LUO Wuzan. Connotation and capacity building of safe development of new quality productivity[J]. China Safety Science Journal, 2024,34(10):8-16.

作者简介: 钱洪伟 (1979—),男,河北沧州人,博士,教授,主要从事应急指挥与决策数字化等方面的研究。E-mail:qianwei_@163.com。