

中文引用格式:白鹏飞,李今禾,段倩倩. 积石山地震应急协作网络结构特征[J]. 中国安全科学学报,2025,35(2):227-235.

英文引用格式:BAI Pengfei, LI Jinhe, DUAN Qianqian. Structural characteristics of collaborative network for earthquake response in Jishishan [J]. China Safety Science Journal,2025,35(2):227-235.

# 积石山地震应急协作网络结构特征\*

白鹏飞<sup>1</sup>副教授,李今禾<sup>1</sup>,段倩倩<sup>\*\*2</sup>副教授

(1 首都经济贸易大学 管理工程学院,北京 100070;2 北京物资学院 物流学院,北京 101149)

中图分类号:X915.5

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.02.0878

基金项目:国家社会科学基金资助(22BGL238);北京市属高等学校优秀青年人才培养计划项目(BPHR202203175);北京市社科基金资助(23JCC118)。

**【摘要】** 为深入剖析二三级地震应急响应合作网络结构和协作机制特征,以2023年“12·18”积石山地震为例,运用社会网络分析法,从网络结构、组织关系和组织职能等方面,对应急协作网络展开系统分析。研究结果表明:积石山地震应急协作网络密度数值较低,组织间协作关系还不够紧密,表现为形成了8个凝聚子群,同级单位更倾向于聚类,具有相似职能属性的单位也更易形成凝聚子群;二三级响应的主体以省级部门为主,主要为省级指挥协调与应急救援功能结合的凝聚子群;国家层面单位形成的凝聚子群主要发挥协调支援作用,央企国企在此次应急中发挥了重要作用。未来,需要进一步打破当地政府与驻地央企国企的行政壁垒,建立完善的央地应急协同联动机制。

**【关键词】** 地震灾害; 应急协作网络; 网络结构; 协作关系; 凝聚子群; 结构洞

## Structural characteristics of collaborative network for earthquake response in Jishishan

BAI Pengfei<sup>1</sup>, LI Jinhe<sup>1</sup>, DUAN Qianqian<sup>2</sup>

(1 School of Management Engineering, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China; 2 School of Logistics, Beijing Wuzi University, Beijing 101149, China)

**Abstract:** In order to deeply analyze the structural characteristics and collaborative mechanisms of the emergency response cooperation network for secondary and tertiary earthquakes, the "12·18" Jishishan earthquake in 2023 was taken as a typical case, and the social network method was used to analyze the emergency response collaboration network systematically based on the network structure, organizational relationships and organizational functions. The results show that the density of the Jishishan earthquake emergency cooperation network is low, and the cooperation between organizations is not close enough. There are 8 cohesive subgroups, the units of the same level are more inclined to cluster, and the units with similar functional attributes are more likely to form cohesive subgroups. The main body of the two or three level response is the provincial-level department, which is mainly the cohesion subgroup of the provincial command and coordination and emergency rescue functions. The cohesive subgroup formed by units at the national level mainly plays a coordinating and supporting role. Central enterprises and state-owned enterprises played an important role in this emergency response. However, it is necessary to break the administrative barriers and establish a cooperative emergency collaborative mechanism between the local

\* 文章编号:1003-3033(2025)02-0227-09; 收稿日期:2024-09-15; 修稿日期:2024-11-16

\*\* 通信作者:段倩倩(1986—),女,山东济宁人,博士,副教授,主要从事决策优化方面的研究。E-mail: dqqnet@126.com。

government and the state-owned enterprises.

**Keywords:** earthquake disasters; emergency collaboration network; network structure; collaborative relationships; cohesive subgroups; structural hole

## 0 引言

我国地震响应级别根据灾害严重程度分为4个等级,由于特别重大地震灾害发生频率很低,国家启动地震一级响应的次数也最少。而近年来我国重大、较大地震频发,国家多次启动了二三级灾害响应,在整个地震应急响应中占了相当大比例。

多部门应急协作是应急管理实践中的难点问题,也是学者关注的热点问题。针对重大突发事件应急组织协调问题,学者们从不同层次阐释了应急协作网络结构和网络动态演变情况。针对网络结构的研究,RAAB等<sup>[1]</sup>通过讨论网络结构、网络情境、网络治理模式与网络效能的关系,提出了进一步发展网络有效性的理论建议;刘纪达等<sup>[2]</sup>从网络结构的紧密性、连通性、集聚性与均衡性角度,总结了应急信息发布协同网络结构的演进路径及特征;张桂蓉等<sup>[3]</sup>通过描绘不同突发事件下的协同网络结构,归纳总结出4种网络的模式特征。针对网络动态演变的研究,AUNG等<sup>[4]</sup>以不同时间缅甸发生洪水的灾害应急响应为基础,研究了搜索和救援过程中协作网络的演变;郭雪松等<sup>[5]</sup>研究了九寨沟地震应急响应网络演变过程的差异变化。同时有关应急协作网络不同视角下的研究也备受关注,包括对不同案例的网络韧性评价、探讨组织协调的重要性及影响组织绩效的相关要素等<sup>[6-9]</sup>;GUARNACCI等<sup>[10]</sup>指出正式机构与非正式机构的舆论领袖构建合作渠道是必要的;ABBASI等<sup>[11]</sup>认为响应的参与者之间的连通性可以增强组织面对紧急事件的适应能力;LIU Jie等<sup>[12]</sup>认为数据库和人工智能系统在影响参与者获得实时信息、资源和技能方面发挥着重要作用;ZHANG Haibo等<sup>[13]</sup>发现协作网络的多样化、多中心化和异质化同样取决于公共组织、私人、非营利组织之间的跨部门互动;汤敏等<sup>[14]</sup>量化分析了灾害合作者关系的网络韧性,发现我国应急救援体制具有制度优越性,但在应急救援时仍需进一步提升整体网络成员中的协同效率。

综上所述:越来越多学者重视应急协作网络的实证研究,关于地震灾害响应的研究多围绕一级响应展开,而在灾害应对实践中,政府启动二三级灾害响应的频次较高,无论是应急主体参与数量、应急资

源投入规模,还是响应程序和协调机制等方面,二三级灾害响应较一级灾害响应都有显著差别。因此,笔者拟运用社会网络方法,聚焦二三级灾害响应过程,以积石山地震为例,从网络结构、组织关系和组织职能3个方面探析应急响应协作网络结构特征,对完善应急协作机制,提高地震应急响应能力有重要现实意义。

## 1 地震应急协作网络数据收集与研究方法

### 1.1 地震应急协作网络数据收集与处理

2023年12月18日,甘肃临夏州积石山保安族东乡族撒拉族自治县(简称积石山县)发生6.2级地震,笔者按照应急响应过程,收集参与应急响应本次地震救援的组织以及组织之间存在的协作关系数据。主要数据来源于应急预案、官方网站发布信息和新闻媒体报道。应急预案包含《国家自然灾害救助应急预案》《国家地震应急预案》《甘肃省地震应急预案》《临夏州地震应急预案》及《国家突发事件总体应急预案》;官方网站或媒体包括:①政府类官方网站,如中央政府网站、应急管理部网站、甘肃省政府网站、临夏州政府网站等。②社会组织官方网站,如中国红十字会网站、慈善机构网站等。③新闻媒体网站,如央视网、新华网等。④新兴媒体平台,如新浪微博等平台。数据的收集时间为2023年12月18日地震发生开始,到2024年1月18日响应结束。

运用社会网络方法构建地震应急协作网络,图论和矩阵运算是社会网络建模的基础。在社会网络图中,节点表示行动者,节点之间的连线表示行动者之间的关系。将参与甘肃地震灾害应急处置的各类组织、机构视为网络节点,节点之间的关系通常代表了某种实质性的连接,文中组织、机构在应急处置中若存在应急任务协同、灾害信息共享或救援资源流动,则认为它们之间存在应急协作关系。考虑到数据的同质性和冗余性,通过人工逐条阅读整理后保留5个预案、137条新闻报道,这些预案或新闻报道描述了应急处置中各类组织、机构间的协作关系,经总结提取出143个组织机构(节点),1586条组织

互动关系(边),最终形成协作关系矩阵及地震应急处置的社会网络图。

## 1.2 地震应急协作网络研究方法 with 指标选取

社会网络分析是分析网络中行动者之间交互关系的有效方式,在针对社会结构、政治结构与组织结构等研究中发挥了重要作用<sup>[15-16]</sup>,文中选取以下指标研究。

1) 运用 Ucinet6.6 软件的 Network Cohesion 计算网络密度、度平均度及凝聚力指数等指标。网络密度体现了一个社会网络总体凝聚力水平,可考察网络成员间联系的互动程度,表达式为:

$$D = \frac{2l}{n(n-1)} \quad (1)$$

式中: $D$  为网络密度; $n$  为节点个数; $l$  为社会网络图中实际的连接数。

2) 平均路径长度等于连接 2 个节点之间最短链中节点的平均数,平均路径长度越短,说明信息传递交流在网络中越迅速,网络互动能力强,表达式为:

$$L = \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i \geq j} E_{ij} \quad (2)$$

式中: $L$  为平均路径长度; $E_{ij}$  为连接  $i$   $j$  节点的最短路径上的边数。

3) 度平均度反映网络中节点度数的平均值,数值越大说明网络中各节点平均联系越大,其表达式为:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d(n_i)}{n} \quad (3)$$

式中: $\bar{d}$  为度平均度; $d(n_i)$  为第  $i$  个节点所连接的节点数。

4) 凝聚力指数表示网络中团体的凝聚程度,数值越大越说明网络整体的凝聚性越强,表达式为:

$$C = \frac{2n}{k(k-1)} \quad (4)$$

式中: $C$  为凝聚力指数; $k$  为某节点相邻节点个数。

5) 某点的点度中心度表示与它相连的线条数,其表达式为:

$$C_D = \sum_j \chi_{ij} \quad (5)$$

式中: $C_D$  为节点  $i$  的点度中心度; $\chi_{ij}$  为 0 或 1,表示节点  $j$  是否与节点  $i$  存在联系,表示成员之间的关系程度。

6) 中介中心度表示节点作为“桥梁”的程度,

其表达式为:

$$C_B = \frac{\sum_{j < k} g_{jk}(n_i)}{g_{jk}} \quad (6)$$

式中: $C_B$  为节点  $i$  的中介中心度; $g_{jk}$  为点  $j$  与点  $k$  之间的最短链数量; $g_{jk}(n_i)$  表示包含  $n_i$  在内的 2 个行动者之间的最短链数量。

7) 紧密中心度以点与点之间的距离为依据,如果一个节点通过比较短的路径和许多其他节点相连,则该点为紧密中心,表达式为:

$$C_C = \left[ \sum_{j=1}^n G(n_i, n_j) \right]^{-1} \quad (7)$$

式中: $C_C$  为节点  $i$  的紧密中心度; $G(n_i, n_j)$  为  $n_i$  与  $n_j$  之间短程链的距离,且紧密中心度的数值越大,该点越不是紧密中心,行动者越不受其他行动者控制。

8) 有效规模等于网络中的一个行动者个体网络规模减网络的冗余度,即有效规模等于网络中的非冗余因素,其表达式为:

$$S_i = \sum_j (1 - \sum_q p_{iq} p_{jq}) (q \neq i, j) \quad (8)$$

式中: $S_i$  为节点  $i$  的有效规模; $q$  为除  $i$  和  $j$  外的所有共同邻接的节点; $p_{iq}$  和  $p_{jq}$  分别表示  $i$  投入  $q$  的关系所占比例和  $j$  到  $q$  的边际强度,边际强度等于  $j$  到  $q$  的关系除以  $j$  到其他点关系中的最大值,其中,  $p_{iq} p_{jq}$  表达了网络中  $q$  的存在造成的  $i$  与  $j$  关系的冗余。

9) 节点的效率等于节点的有效规模与实际规模之比,其表达式为:

$$F_i = \frac{S_i}{N} \quad (9)$$

式中: $F_i$  为节点  $i$  的效率; $N$  为节点的实际规模。

10) 限制度指组织节点自身运用结构洞的能力,表达式为:

$$C_{ij} = \left( p_{ij} + \sum_q p_{iq} p_{jq} \right)^2 \quad (10)$$

式中: $C_{ij}$  为节点  $i$  的限制度; $p_{ij}$  为节点  $i$  与  $j$  的联系关系占总网络联系关系的比例; $p_{iq}$  为在节点  $i$  投入节点  $q$  的关系占总关系的比例。

11) 等级度是指限制性在多大程度上围绕着一个组织节点展开。等级度随节点受到限制的程度而增大,表达式为:

$$H = \frac{\sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C/N} \right) \ln \left( \frac{C_{ij}}{C/N} \right)}{N \ln N} \quad (11)$$

式中: $H$  为节点  $i$  的等级度; $C/N$  为各个节点限制度均值,分母表示最大可能的总和值。

## 2 地震应急协作网络构建及结构特征

### 2.1 整体网络构建

通过分析积石山地震响应中 143 个部门之间的

联动数据,形成 1 模协作关系矩阵,使用 Gephi 软件生成应急协作网络拓扑图(图 1)。

### 2.2 参与地震应急的个体组织特征

以点度中心度、中介中心度及紧密中心度为分

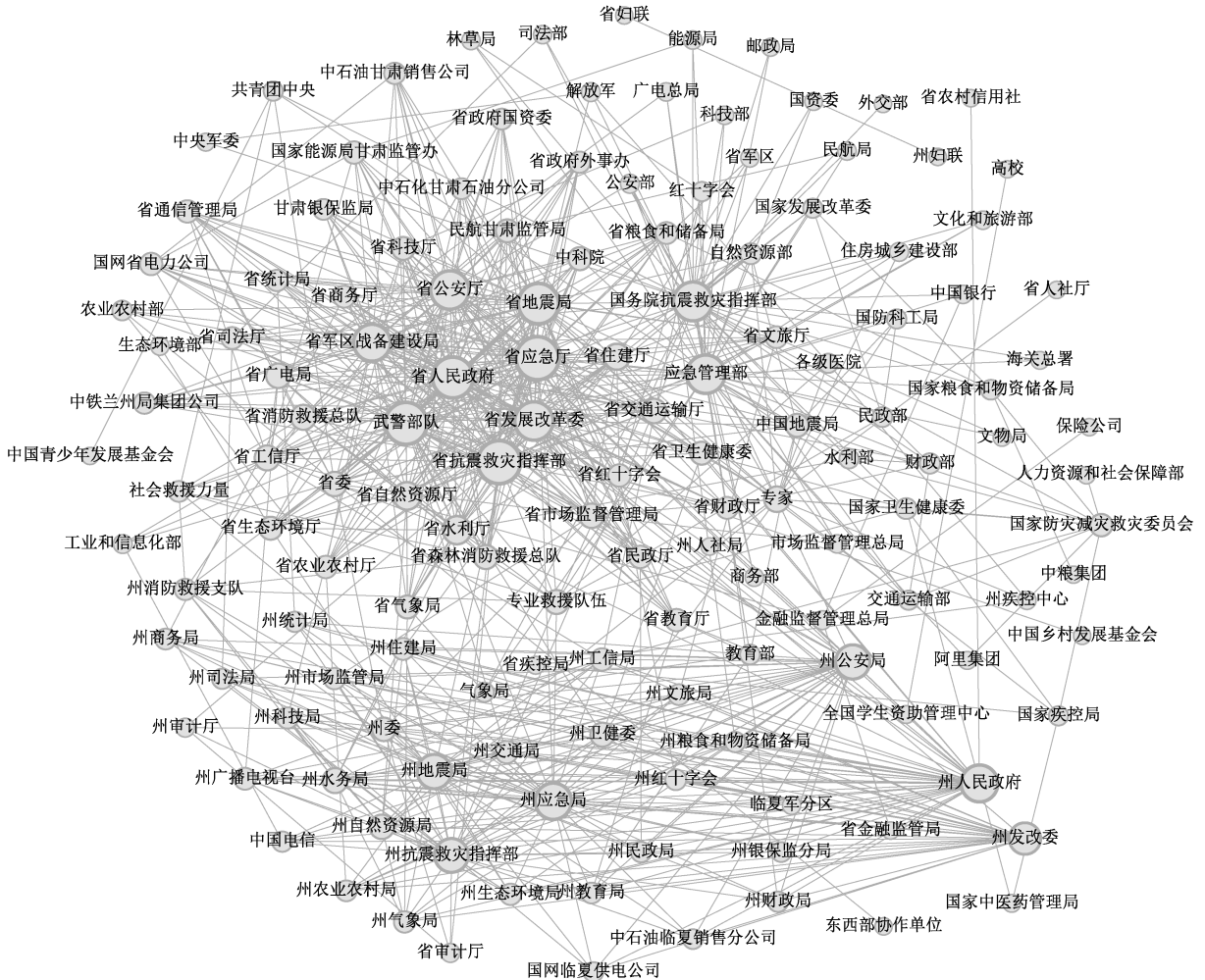


图 1 积石山地震应急协作网络拓扑结构

Fig. 1 Topology of Jishishan earthquake emergency response collaborative network

析指标测量应急协作网络的中心性,其中,点度中心度是衡量节点与其他节点直接交互的能力<sup>[17]</sup>;中介中心度是衡量量子网络对特定节点的依赖程度;紧密中心度反映了该节点与其他节点联系的紧密程度与该节点传递信息的能力<sup>[18]</sup>。在个体组织特征分析中,网络中心性排名靠前组织的点度中心度和紧密中心度的分布变异程度较低,这有利于整体网络的应急响应。同时,国务院抗震救灾指挥部和应急管理部作为发挥统筹领导的角色,其组织职能要求掌握大部分资源并可以合理应用。根据中心度可以得出,国务院抗震救灾指挥部和应急管理部是中介中心度最高的两个机构,表明这 2 个机构在控制网络

内部其他行动者和操控网络中信息资源传递方面具有重要地位及明显优势,处于网络核心位置。

从组织层级占比来看,在排名靠前的组织中,省级政府组织的占比较大,省级组织位于三级政府组织中间协调位置,上行接收通知,执行命令;下行组织总体协调,指导响应,省级政府按照分级响应原则,充分发挥了主体作用。另外,各级抗震救灾指挥部网络中心性都较高,在整个应急响应中发挥了领导职能。以武警部队、解放军和消防救援队为主要代表的抢险救援力量也在此次应急响应中发挥重要作用,体现出中央迅速反应、科学指挥、军地双方并肩携手密切协作的救援精神。此外,中粮集团、基金

会组织等部门的网络中心性度较低,与其他节点联系松散,处于网络边缘位置,这些机构在应急响应中

主要发挥单一功能。积石山地震整体协作网络中心性指标见表 1。

表 1 积石山地震应急协作网络中心性测量

Table 1 Centrality measurements of Jishishan earthquake collaborative network

点度中心度(节选)		中介中心度(节选)		紧密中心度(节选)	
省应急厅	51.000	国务院抗震救灾指挥部	15.063	省应急厅	8.090
省抗震救灾指挥部	51.000	应急管理部	13.621	武警部队	8.120
武警部队	49.000	省抗震救灾指挥部	9.532	省抗震救灾指挥部	8.120
省人民政府	47.000	武警部队	8.187	省人民政府	8.150
点度中心度(节选)		中介中心度(节选)		紧密中心度(节选)	
东西部协作单位	1.000	中粮集团	0.000	东西部协作单位	10.860
省人社厅	1.000	保险公司	0.000	中粮集团	10.880
中国青少年发展基金会	1.000	东西部协作单位	0.000	省疾控局	11.000
中粮集团	1.000	中国乡村发展基金会	0.000	保险公司	11.320

### 2.3 地震应急整体网络特征

#### 2.3.1 网络整体测度

网络整体测度结果见表 2,整体网络密度数值较低,说明组织间协作关系还不够紧密。整体网络的度平均值为 11.091,表示每个节点平均与 11~12 个节点相连。平均路径距离为 2.622,说明任一节点与其他节点相连需平均经过 2~3 个节点,在这个“距离”上的凝聚力指数为 0.415,整体网络的凝聚力较低。综合分析其测度指标,此次积石山应急协作网络的紧密程度还需进一步提升。

表 2 积石山地震应急协作网络整体测度指标

Table 2 Overall metrics of Jishishan earthquake collaborative network

结构指标	数值
组织数	143
组织连接数	1 586
平均路径	2.622
网络密度	0.078
度平均值	11.091
凝聚力指数	0.415

#### 2.3.2 结构洞及核心边缘分析

结构洞的计算指标一般有 2 类,一类为 Burt 的

结构洞指数,包括有效规模、效率、限制度和等级度,其中,节点的限制度更能体现该节点拥有结构洞的能力;另一类则为中介中心度指标,中介中心度高的节点组织占据更多网络中成员联系的结构洞位置,具备从多种渠道获取资源信息的能力。核心边缘分析则可以判断出处于核心区域与边缘区域的组织,其中,处于核心区域的组织节点联系紧密,而处于边缘区域的节点组织联系则相对稀疏。表 3 为核心边缘分析,表 4 为结构洞指标分析。

表 3 积石山地震应急协作网络核心边缘分析

Table 3 Analysis of the core margins of Jishishan earthquake collaborative network

分类	组织(节选)	占比/%
核心组织	专业救援队伍、专家、中国科学院、国务院抗震救灾指挥部、应急管理部、省抗震救灾指挥部、省地震局、省应急厅、省卫生健康委员会、省人民政府、省公安厅等	23.776
边缘组织	东西部协作单位、中国乡村发展基金会、中国电信、中国银行、中国青少年发展基金会、中央军委、中石化甘肃石油分公司、中石油临夏销售分公司、中粮集团、中铁兰州局集团公司、临夏军分区等	76.224

表 4 积石山地震应急协作网络结构洞测度指标

Table 4 Indicators of structural hole measurements for Jishishan earthquake collaborative network

有效规模(节选)		效率(节选)	
国务院抗震救灾指挥部	39.791	金融监督管理总局	1
省抗震救灾指挥部	39.431	全国学生资助管理中心	1
武警部队	38.592	州妇联	1
应急管理部	38.476	省疾控局	1
省应急厅	37.510	省妇联	1

续表 4

限制度(节选)		等级度(节选)	
中央军委	1.125	东西部协作单位	1
国家中医药管理局	1.125	州人社局	1
国资委	1.125	中国青少年发展基金会	1
文物局	1.125	中粮集团	1
海关总署	1.125	保险公司	1

从结构洞有效规模来看,国务院抗震救灾指挥部的有效规模数值在所有节点中最高,其次是省抗震救灾指挥部,说明在甘肃积石山地震灾害应急响应的协作网络中,这两个部门的非冗余因素较多;从效率指标看,金融监督管理总局、全国学生资助管理中心、州妇联、省疾控局等节点的效率值均为1,说明这些节点的有效规模 and 实际规模很接近;对于限制度的计算,限制度数值越低说明节点能够很好地运用自己的“结构洞”以获取利益,限制度较低的节点,如省应急厅、省抗震救灾指挥部、武警部队、省人民政府、省地震局等组织具备运用“结构洞”的能力,在地震组织协作网络中扮演着中介人的角色。同时根据中介中心度计算(见表1),中粮集团、保险公司、中西部合作单位等组织中介中心度为0,说明这些组织在网络中并没有占据结构洞位置,不具备

从多种渠道获取资源的能力。根据等级度的含义,节点等级度越高,在网络中受到的限制就越多,说明在此次应急响应过程中组织节点发挥的作用十分有限,例如东西部协作单位、州人社局、中国乡村发展基金会、中粮集团、保险公司等组织(表4)。在核心边缘分析中(表3),可以看出,处于边缘区域的节点组织远大于处于核心区域的节点组织数量,且核心区域节点组织中的政府组织以省级和州政府组织为主。

### 2.4 地震应急网络中的集聚特征

由于组织之间协作关系的联系程度不一,必然会逐渐形成凝聚性较强的集聚现象,凝聚子群能反映应急协作网络中行动者联系的小群体聚焦情况。通过软件 UCINET 中的 CONCOR 算法得到表5和表6。

表5 积石山地震应急协作网络凝聚子群分析

Table 5 Analysis of cohesive subgroups of Jishishan earthquake collaborative network

凝聚子群编号	组织
1	专业救援队伍、海关总署、国资委、工业和信息化部、市场监督管理总局、广电总局、中国银行、教育部、中央军委、文物局、林草局、红十字会民政部、民航局、解放军、气象局交通运输部、住房城乡建设部、阿里集团、生态环境部、公安部、共青团中央、农业农村部、司法部、国家粮食和物资储备局、商务部、财政部科技部、文化和旅游部、国家卫生健康委、国家发展改革委、自然资源部、国防科工局、邮政局、水利部、外交部、能源局
2	中国地震局、专家、国务院抗震救灾指挥部、国家防灾减灾救灾委员会、应急管理部
3	东西部协作单位、中国乡村发展基金会、省人社厅、保险公司、高校、中国青少年发展基金会、中粮集团、金融监督管理总局、省妇联、州妇联省金融监管局、州人社局、全国学生资助管理中心
4	国家中医药管理局、人力资源和社会保障部、国家疾控局、州疾控中心、省疾控局
5	中国电信、州教育局、州工信局、州生态环境局、州广播电视台、州司法局、州商务局、州交通局、州气象局、州卫健委、州农业农村局、中石油临夏销售分公司、州财政局、州银保监分局、省农村信用社、州消防救援支队、州水务局、州民政局、州住建局、州统计局、州委、州红十字会、州市场监管局、州自然资源局、州粮食和物资储备局、州科技局、州文旅局、国网临夏供电公司
6	临夏军分区、州应急局、州抗震救灾指挥部、州人民政府、州地震局、州发改委、省审计厅、州审计厅、州公安局
7	各级医院、省住建厅、省通信管理局、省统计局、中铁兰州局集团公司、民航甘肃监管局、国家能源局甘肃监管办、中石化甘肃石油分公司、社会救援力量、中石油甘肃销售公司、省交通运输厅、省工信厅、省市场监督管理局、省广电局、省自然资源厅、省财政厅、省政府国资委、省政府外事办、省文旅厅、省森林消防救援总队、中国科学院、省民政厅、省气象局、省水利厅、省消防救援总队、省生态环境厅、省教育厅、省科技厅、省粮食和储备局、省红十字会、省卫生健康委、甘肃银保监局、省司法厅、省商务厅、省农业农村厅、国网省电力公司、省委
8	省应急厅、省军区、省发展改革委、省人民政府、省公安厅、省地震局、省军区战备建设局、省抗震救灾指挥部、武警部队

表6 凝聚子群密度矩阵

Table 6 Density matrix of cohesive subgroups

组织	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.017	0.449	0.010	0.011	0.004	0.009	0.022	0.027
2	0.449	0.800	0.000	0.160	0.000	0.044	0.043	0.267
3	0.010	0.000	0.064	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
4	0.011	0.016	0.000	0.300	0.000	0.000	0.005	0.000
5	0.004	0.000	0.000	0.000	0.066	0.647	0.025	0.012
6	0.009	0.044	0.000	0.000	0.647	0.417	0.015	0.185
7	0.022	0.043	0.004	0.005	0.025	0.015	0.062	0.856
8	0.027	0.267	0.000	0.000	0.012	0.185	0.856	0.639

从表5凝聚子群所包含的节点看,8个凝聚子群内,国家部门机构、省级部门单位、州级部门单位更倾向于与同级单位聚类,具有相似职能属性的单位也更易凝结成凝聚子群。例如:中国地震局、国务院抗震救灾指挥部、国家防灾减灾救灾委员会、应急管理部等国家部门机构处于同一凝聚子群;省人民政府、省抗震救灾指挥部、省应急厅等省级单位处于同一凝聚子群;州抗震救灾指挥部、州人民政府、州应急局、州地震局等州级单位处于同一凝聚子群;发挥疾控保障功能的组织如省疾控局、州疾控中心、国家疾控局处于同一凝聚子群。

从表6凝聚子群密度矩阵看,子群2、4、6、8内部成员间交流最为频繁,联系紧密,其他凝聚子群内部成员之间相互交流较少,关系松散。子群1和子群2、子群2和子群8、子群5和子群6、子群7和子群8子群密度超过0.25,可以认为,这些子群与子群之间联系较为紧密,而其他子群之间则关系松散。在上述关系较为紧密的子群中,子群4内成员包含三级组织,子群2和子群8可以看作是国家部门组织与省级组织联系紧密,其余联系紧密的组织成员基本是同级部门组织,也可以进一步说明网络中的成员单位更倾向于与同级单位聚类。

### 3 对二三级地震应急响应管理启示

#### 3.1 应急主体分析

从行动主体构成看出,自甘肃积石山地震灾害发生后,各级抗震救灾指挥部成立,政府部门、慈善机构、社会企业等各类组织参与到抗震救灾活动中,呈现出主体多元、职能丰富的特点。中心性排名靠前的组织大多为政府组织,例如:应急部门、指挥部、人民政府等组织均具有一定的统筹协调功能和领导职责或对突发地震应急处置具有直接的负责关系。而职能单一的部门,例如:基金会、高校、保险公司等

部门在网络中位置较为边缘,与其他组织联系较少,因此,组织职能对组织节点在网络中的位置有重要影响。

对比二三级灾害响应网络与一级响应网络可以看出<sup>[19]</sup>,整个协作网络的应急指挥主体不同。对于一级响应由国务院抗震救灾指挥机构负责统一领导、指挥和协调相关部委,开展全国抗震救灾工作。对于二三级灾害响应,根据构建的二三级应急响应协调网络,从点度中心度及紧密中心度指标来看,应急指挥与应急救援的主体以省应急厅、省抗震救灾指挥部、驻省武警部队、省人民政府、省地震局等省级部门为主,说明二三级灾害响应中主要由省级应急管理部门组织开展救援工作。但从中介中心度来看,国家抗震救灾指挥部、应急部门仍排名靠前,国家层面部门仍发挥了不可忽视的作用,主要体现在灾区所在省级人民政府仍需要向抗震救灾指挥部上报相关信息,协调非灾区省级政府组织支援灾区。

#### 3.2 整体网络分析

从整体网络层面来看,积石山地震应急协作网络密度相对较小,网络成员之间的互动程度总体偏低,尽管政府逐步建立和完善了联防联控机制,跨部门之间的协作交流得到极大增强,但从当前协作网络的行动者间的互动与网络凝聚力上看,各行动者获取信息、资源的速度和与网络各组织节点的联系方面还需进一步加强,协作效率仍需进一步提升。

文中构建的二三级应急响应网络涉及国家层面单位的组织有51个,其中,参与响应的央企单位与参与汶川地震等一级响应的央企单位的数量相比有明显提升,例如:中国银行、中石化、中石油、中国电信、国家电网、中铁集团等央企单位在灾害应急响应救援协调中发挥了不可忽视的关键作用,并且更多为驻灾区的央企。但由于地方政府对央企并不具备直接的管理权限,在应急响应过程中,存在地方政府不好

协调驻地央企应急资源的问题,还需要国家层面统筹协调。虽然企业会自觉履行社会责任,但其力量相对分散、缺少与地方政府的应急联动响应机制,没能很好地融入地方应急体系,未来还需进一步加强央地联合的地震灾害应急准备模式与机制建设,推动中央企业充分融入地方地震灾害应急工作,充分发挥央企的应急功能和资源优势。

### 3.3 集聚特征分析

在集聚特征分析中,协作网络形成了8个凝聚子群,同级单位更倾向于聚类,具有相似职能属性的单位也更易形成凝聚子群,验证了组织的同质性在组织间形成协作关系过程中起到重要的促进作用。通过网络密度看出,凝聚子群2、4、6、8内部联系程度最高,并且分别侧重于国家部门和省级部门。子群2与子群4以领导机构为主,表明国家层面以统筹领导功能为本,子群6与子群8不仅包含省级领导机构,还包括各类省级抢险救灾力量;其他子群由灾情调查、基础保障、医疗救治、生产恢复等不同功能的组织构成,形成了跨组织、多功能的应急协作网络。

从结构洞看出,有效规模较高与限制度较低的组织,例如:抗震救灾指挥部、武警部队、应急管理部门、人民政府等作为网络中的核心区域成员,掌握大量结构洞位置,一旦发生问题,将会直接影响整体网络运行与功能发挥。等级度和有效规模较低的节点,其点度中心度和中介中心度普遍较低,说明这些节点处在网络中的边缘位置,与其他组织直接联系

的渠道较少且发挥的作用有限。

## 4 结论

1) 在积石山地震应急协作网络中,省应急厅、省抗震救灾指挥部、省人民政府、省地震局等部门的点度中心度和紧密中心度最高,在二三级灾害响应中发挥主体作用。

2) 参加积石山地震应急的143家单位中,国家层面的单位多达51个。其中,国务院抗震救灾指挥部、应急管理部等国家行政部门中介中心度排序靠前,主要发挥协调其他省份、央企进行支援的重要作用。

3) 中国银行、中石化、中石油等央企国企在救灾中发挥越来越重要的作用,但未来还需进一步打破当地政府与驻地央企国企的行政壁垒,建立完善中央企业与驻地政府的协同联动与应急资源共储共用机制,构建中央企业融入属地政府的联合地震应急准备模式。

4) 在积石山应急协作网络中,同级单位或具有相似职能属性的单位更倾向于聚类,验证了同质性在组织协同中的正向作用。未来还应进一步加强跨层级、跨部门之间的信息共享和沟通交流,促进应急网络中异质性组织之间的协调。本文还存在一定局限性,未来可进一步深化研究最为频发的二三级灾害应急响应,如考虑网络中边的权重、进行多案例对比研究、跨灾种对比分析等,以更全面深入地把握二三级灾害响应的组织协作特征。

## 参考文献

- [1] RAAB J, MANNAK R S. Combining structure, governance, and context: a configurational approach to network effectiveness[J]. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 2015, 25(2):479-511.
- [2] 刘纪达, 宋雨薇, 安实. 应急信息发布协同模式的时序解构与适应性演进[J]. *情报杂志*, 2023, 42(8):141-149.  
LIU Jida, SONG Yuwei, AN Shi. Temporal deconstruction and adaptive evolution of collaborative mode of emergency information release[J]. *Journal of Intelligence*, 2023, 42(8):141-149.
- [3] 张桂蓉, 雷雨, 周付军. 社会网络视角下政府应急组织协同治理网络结构研究:以中央层面联合发文政策为例[J]. *暨南学报:哲学社会科学版*, 2021, 43(11):90-104.  
ZHANG Guirong, LEI Yu, ZHOU Fujun. Research on collaborative governance network of government emergency organization from the perspective of social network: taking the central-level joint document policy as an example[J]. *Ji'nan Journal: Philosophy & Social Sciences*, 2021, 43(11):90-104.
- [4] AUNG T M, LIM S. Evolution of collaborative governance in the 2015, 2016, and 2018 Myanmar flood disaster responses: a longitudinal approach to a network analysis[J]. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2021, 12(2):267-280.
- [5] 郭雪松, 赵慧增, 石佳. 基于时间动态网络的应急响应组织协调机制研究[J]. *上海行政学院学报*, 2018, 19(6):31-44.

- GUO Xuesong, ZHAO Huizeng, SHI Jia. Interorganizational collaboration in emergency response based on time dynamic network[J]. *The Journal of Shanghai Administration Institute*, 2018, 19(6):31-44.
- [6] 喻修远, 张胜. 结构、过程和功能:城市特大暴雨灾害应对的组织协同优化策略[J]. *中国行政管理*, 2024, 40(2):144-153.
- YU Xiuyuan, ZHANG Sheng. Structure process and function organizational coordination optimization strategies for urban extreme rainstorm disaster response[J]. *Chinese Public Administration*, 2024, 40(2):144-153.
- [7] 陈为公, 王丽占, 张永亮, 等. 突发公共卫生事件政府协同治理网络韧性评价:以新冠疫情防控为例[J]. *中国安全科学学报*, 2023, 33(4):140-147.
- CHEN Weigong, WANG Lizhan, ZHANG Yongliang, et al. Resilience evaluation of government collaborative governance network in public health emergencies: based on prevention and control of novel coronavirus[J]. *China Safety Science Journal*, 2023, 33(4):140-147.
- [8] 白鹏飞, 谭小虎, 侯蕊芳. 社会网络视角下地质灾害应急处置合作关系[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(4):207-216.
- BAI Pengfei, TAN Xiaohu, HOU Ruifang. Geohazard emergency response partnerships from a social network perspective[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(4):207-216.
- [9] 林蓉蓉. 突发公共事件应急管理合作中的合作结构、过程和结果:基于应急合作的研究述评[J]. *中国行政管理*, 2021, 37(1):138-146.
- LIN Rongrong. Collaborative structure, process and outcomes in collaborative emergency management: a literature review[J]. *Chinese Public Administration*, 2021, 37(1):138-146.
- [10] GUARNACCI U. Joining the dots: social networks and community resilience in post-conflict, post-disaster Indonesia[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2016, 16:180-191.
- [11] ABBASI A, OWEN C, HOSSAIN L, et al. Social connectedness and adaptive team coordination during fire events[J]. *Fire Safety Journal*, 2013, 59:30-36.
- [12] LIU Jie, HAO Jingyu, SHI Zhenwu, et al. Building the COVID-19 collaborative emergency network: a case study of COVID-19 outbreak in Hubei province, China[J]. *Natural Hazards*, 2022, 104: 2 687-2 717.
- [13] ZHANG Haibo, ZHANG Xiaosu, COMFORT L, et al. The emergence of an adaptive response network: the April 20, 2013 Lushan, China Earthquake[J]. *Safety Science*, 2015, 11:1 693-1 711.
- [14] 汤敏, 刘斌, 李仕明, 等. 基于社会网络视角的突发灾害应急响应合作者关系网络分析:以“6·24”叠溪滑坡灾害为例[J]. *运筹与管理*, 2021, 30(4):103-108.
- TANG Min, LIU Bin, LI Shiming, et al. Network analysis of sudden disaster emergency response partner relationship based on social network perspective: taking the “6.24” Diexi landslide as an example[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(4):103-108.
- [15] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 62-77.
- [16] 林聚任. 社会网络分析理论、方法与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009:4-100.
- [17] BURT R S. Structural holes: the social structure of competition[M]. Boston: Harvard University Press, 1995:51-264.
- [18] 刘心男, 薛婷婷, 纪颖波. 预案视角下城市防汛应急组织间网络鲁棒性评价[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(3):216-221.
- LIU Xinnan, XUE Tingting, JI Yingbo. Networks robustness evaluation of urban flood emergency organizations from perspective of emergency plans[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(3):216-221.
- [19] 刘亮, 陈以增, 韩传峰, 等. 国家应急管理工作组合作网络的社会网络分析[J]. *中国安全科学学报*, 2015, 25(3):152-158.
- LIU Liang, CHEN Yizeng, HAN Chuanfeng, et al. Social network analysis of collaboration network of national emergency management working groups[J]. *China Safety Science Journal*, 2015, 25(3):152-158.

**作者简介:** 白鹏飞 (1982—),男,河南周口人,博士,副教授,主要从事灾害风险评估、应急救援方面的研究。E-mail:bpfnet@126.com。

