

文章编号:1671-251X(2019)06-0086-06

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019010017

基于复杂网络分析的煤矿安全隐患管理研究

谭章禄, 陈孝慈

(中国矿业大学(北京)管理学院, 北京 100083)



扫码移动阅读

摘要:针对煤矿安全隐患要素繁多、不同隐患要素之间关系复杂的问题,以潞安集团司马煤业有限公司2009—2015年煤矿安全隐患数据为基础,将作业单位、隐患地点和隐患类型等安全隐患要素视为独立的节点,以隐患日期为依据划分时间区间,从而将特定时间区间内隐患类型与隐患地点、隐患类型与作业单位之间的联系以复杂网络方式展示;利用网络密度、中心势、中心度等复杂网络指标分析网络整体结构及网络中节点的动态变化,从而明确需要重点关注的核心隐患类型及相关隐患地点和作业单位,为煤矿安全管理提供有效指导。

关键词:煤矿安全; 隐患管理; 复杂网络; 隐患类型; 隐患地点; 作业单位
中图分类号:TD67 **文献标志码:**A

Research on coal mine safety hidden danger management based on complex network analysis

TAN Zhanglu, CHEN Xiaoci

(School of Management, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: In view of problems of various coal mine safety hidden danger factors and complex relationship among different hidden danger factors, based on coal mine safety hidden danger data of Sima Coal Mining Co., Ltd. of Lu'an Group during 2009-2015, operation department, hidden danger location and hidden danger type were regarded as independent nodes, and time interval was divided according to hidden danger date, so as to display relationship between hidden danger type and hidden danger location, and hidden danger type and operation department within a specific time interval in form of complex network. The complex network indexes such as network density, centralization and centrality were used to analyze dynamic changes of the whole network structure and nodes in the network, so as to identify core hidden danger type and related hidden danger location and operation department that need to be focused on, and provide effective guidance for coal mine safety management.

Key words: coal mine safety; hidden danger management; complex network; hidden danger type; hidden danger location; operation department

0 引言

煤矿企业安全隐患影响要素繁多,同类安全隐患可能发生于多个不同地点,牵涉众多施工作业单位,如何寻找不同隐患要素,厘清隐患要素间内含关

系成为管理者亟待解决的现实问题^[1]。复杂网络能够很好地体现事物之间的复杂关系,厘清个体与整体之间的联系,揭示网络中信息的流动过程,为安全管理研究提供了全新的思路,因而日益受到研究者关注^[2-4]。岳希坚等^[5]基于风险因素间关联关系对

收稿日期:2019-01-05;修回日期:2019-05-26;责任编辑:盛男。
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61471362)。
作者简介:谭章禄(1962—),男,江西赣州人,教授,博士,研究方向为可视化管理、煤炭企业信息化等,E-mail:tanzl@vip.sina.com。通信作者:陈孝慈(1991—),男,浙江宁波人,硕士研究生,研究方向为可视化管理、知识可视化等,E-mail:982599508@qq.com。
引用格式:谭章禄,陈孝慈. 基于复杂网络分析的煤矿安全隐患管理研究[J]. 工矿自动化,2019,45(6):86-90.
TAN Zhanglu, CHEN Xiaoci. Research on coal mine safety hidden danger management based on complex network analysis[J]. Industry and Mine Automation, 2019, 45(6): 86-90.

风险因素重要性的影响,从复杂网络角度研究油库安全风险并识别关键风险因素;Zhou Cheng等^[6]基于武汉地铁建设事故数据,将相关事故的时间序列数据映射为动态化的复杂网络,从而分析事故特征;潘启东等^[7]分析了构建煤矿灾害复杂网络的可能性及科学性,从多个角度阐述了煤矿灾害复杂网络研究的价值和意义;谭章禄等^[8]基于煤矿安全隐患数据,运用复杂网络方法初步研究了煤矿安全隐患信息的关联关系和分布规律。本文在上述研究基础上,以潞安集团司马煤业有限公司2009—2015年煤矿安全隐患数据为基础,基于煤矿安全隐患复杂网络分析,揭示隐患地点、作业单位、隐患类

型的整体分布及内在关联,为煤矿安全隐患管理提供有益指导。

1 数据来源

选取潞安集团司马煤业有限公司2009—2015年间98 252条煤矿安全隐患数据,包括隐患日期、作业单位、隐患地点、隐患描述和隐患类型等字段,见表1。其中,隐患日期表明隐患发生时间,作业单位表明隐患的直接责任单位,隐患地点表明隐患发生地点,隐患描述表明安全管理人员对隐患的直观描述和综合判断,隐患类型表明隐患性质。

表1 部分煤矿安全隐患数据
Table 1 Part of coal mine safety hidden danger data

隐患日期	作业单位	隐患地点	隐患描述	隐患类型
2009-01-02	综采队	1106工作面	有2组支架高压胶管破	支架隐患
2009-01-03	综采队	1106工作面	破碎机连接螺栓多处松动	机械隐患
2009-01-04	综掘队	1号水仓	风管有1处漏风	风管隐患
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2015-11-23	综掘队	1215运输巷	风管静压水管破	管线隐患

2 研究设计

根据复杂网络理论^[9],将作业单位、隐患地点和隐患类型等安全隐患要素视为独立的节点,节点间连线的有无表示不同节点之间是否存在直接联系,以隐患日期为依据划分时间区间,从而将特定时间区间内隐患类型与隐患地点、隐患类型与作业单位之间的联系以网络方式展示,根据网络指标分析网络整体结构及网络中节点的动态变化。煤矿安全隐患复杂网络分析流程如图1所示,具体步骤如下。

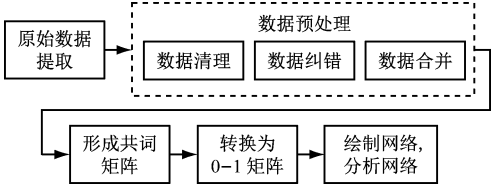


图1 煤矿安全隐患复杂网络分析流程

Fig. 1 Complex network analysis process of coal mine safety hidden danger

(1) 对原始煤矿安全隐患数据进行数据清理,删除数据中无需使用的字段,纠正数据的错误表达,合并相同含义的不同表达,包括隐患性质划分、隐患地点统一、作业单位规整。

(2) 为减少低价值数据,利用 ROST CM 软件^[10]提取频次在前100位的高频共现词,剔除作业

单位和隐患地点共现,形成仅包含作业单位和隐患类型共现、隐患地点和隐患类型共现的共词矩阵。

(3) 由于共词矩阵的极小值较多且大部分为1,所以将矩阵中的空值和极小值归并为0,将其他数值归并为1,从而将共词矩阵转换为无向无权重的0-1矩阵。

(4) 根据0-1矩阵绘制煤矿安全隐患复杂网络,通过分析相关的复杂网络指标,发现复杂网络整体结构及节点变化特征。

3 结果分析

按照月、季度、年等不同单位时长,利用Ucinet, Gephi等软件^[11-13]分析煤矿安全隐患复杂网络。

3.1 网络密度及度数中心势

网络密度主要用于衡量网络中各节点之间关系的紧密程度,网络密度越大,表明节点之间联系越紧密;度数中心势用于衡量网络中节点的整体中心趋势,判断中心度较高的节点在网络中的集中程度,度数中心势越大,则中心度较高的节点越集中^[14]。煤矿安全隐患复杂网络密度及度数中心势如图2所示,可看出:①不同单位时长下,网络密度整体为0.01~0.20,度数中心势整体为0.15~0.55,说明

网络中节点联系并不紧密,但网络中存在一些核心节点,使得其他节点围绕、联动,即安全隐患类型、隐患地点及作业单位往往是随机的,但确实存在部分隐患频繁发生、部分地点频发隐患、部分作业单位在生产中容易产生隐患。② 度数中心势呈周期性变化趋势,变化周期为 8~12 个月,这与实际生产周期基本吻合,在一定程度上说明核心的隐患要素随着

生产进程的推进周期性变化,即安全隐患发生的集中程度随时间的变化而变化,在某一时间内,安全隐患发生的随机性大大提高,隐患治理更困难。③ 随着单位时长变化,网络密度和度数中心势未表现出一致的变化趋势,表明某些隐患要素在较短的时间区间内起核心作用,但在更长的时间区间上则不具备代表性。

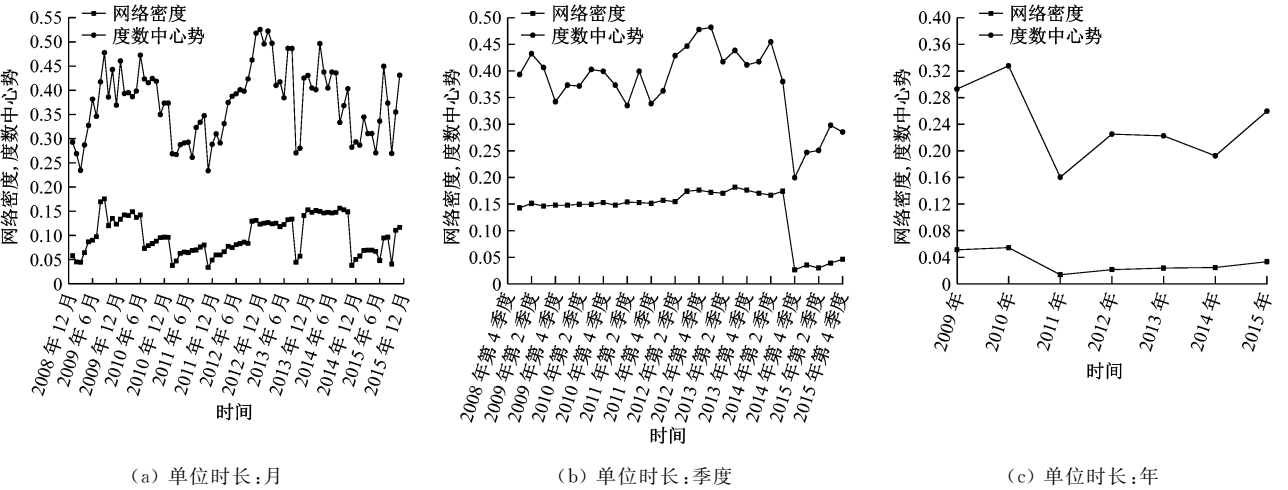


图 2 网络密度及度数中心势
Fig. 2 Network density and degree centralization

3.2 中心度

度数中心度和特征向量中心度用于判断节点在网络中的重要程度及价值^[15]。部分节点的度数中心度及特征向量中心度方框统计如图 3 所示,图中方框两端分别表示对应节点中心度的上下四分位数,方框上方、下方叉号分别表示对应节点中心度的最大值、最小值,方框中圆形表示节点中心度的算术平均值,横线表示中位数。

由图 3 可知,综掘队、综采队等节点中心度较高且相对稳定,表明该作业单位在生产作业过程中较易产生安全隐患,需要加强该作业单位在作业过程中的安全管理;工作面是各类隐患频发地点,通过强化工作面的安全防控措施,可有效避免部分安全隐患发生;卫生清理隐患、支护隐患、胶带隐患、机械隐患等节点发生频率较高,在网络中处于核心地位,表明需采取进一步措施有效解决这些隐患;运输巷、回风巷等节点中心度呈较大范围波动,表明这些节点在特定时间内具有较强的影响力,安全管理人员需在特定时间加强对运输巷、回风巷等的管理。

3.3 复杂网络

以 2009 年部分数据为例,绘制煤矿安全隐患复

杂网络,如图 4 所示。图中每一个节点表示 1 个隐患地点、作业单位或隐患类型,节点越大表示节点中心度越大,节点之间的连线表示节点间存在相关关系,关系较密切的节点用同种颜色表示,网络中孤立节点已隐去。

从图 4 可看出:① 在 2009 年 1—3 月,机械隐患是每个月最易出现的安全隐患,轨道巷、胶带巷是机械隐患的频发地点;工作面最易发生各类安全隐患,特别是顶板隐患和片帮隐患等;综掘队、综安队等作业单位需进一步加强安全监管,尤其需要预防支护隐患、标志隐患等安全隐患的发生。② 2009 年第 1 季度,隐患频发地点和隐患频发单位变化较少,但与之相关的频发隐患出现一定程度变化,如机械隐患、水害隐患等安全隐患的重要程度相对下降,但瓦斯隐患、电气隐患等安全隐患在较长时间内仍值得关注。③ 2009 年全年,综掘队与工作面及锚杆隐患、胶带隐患、机械隐患、交通隐患等节点联系较紧密,机械隐患易在回风巷及轨道巷发生,因此综掘队必须强化安监工作,减少作业过程中安全隐患的发生。

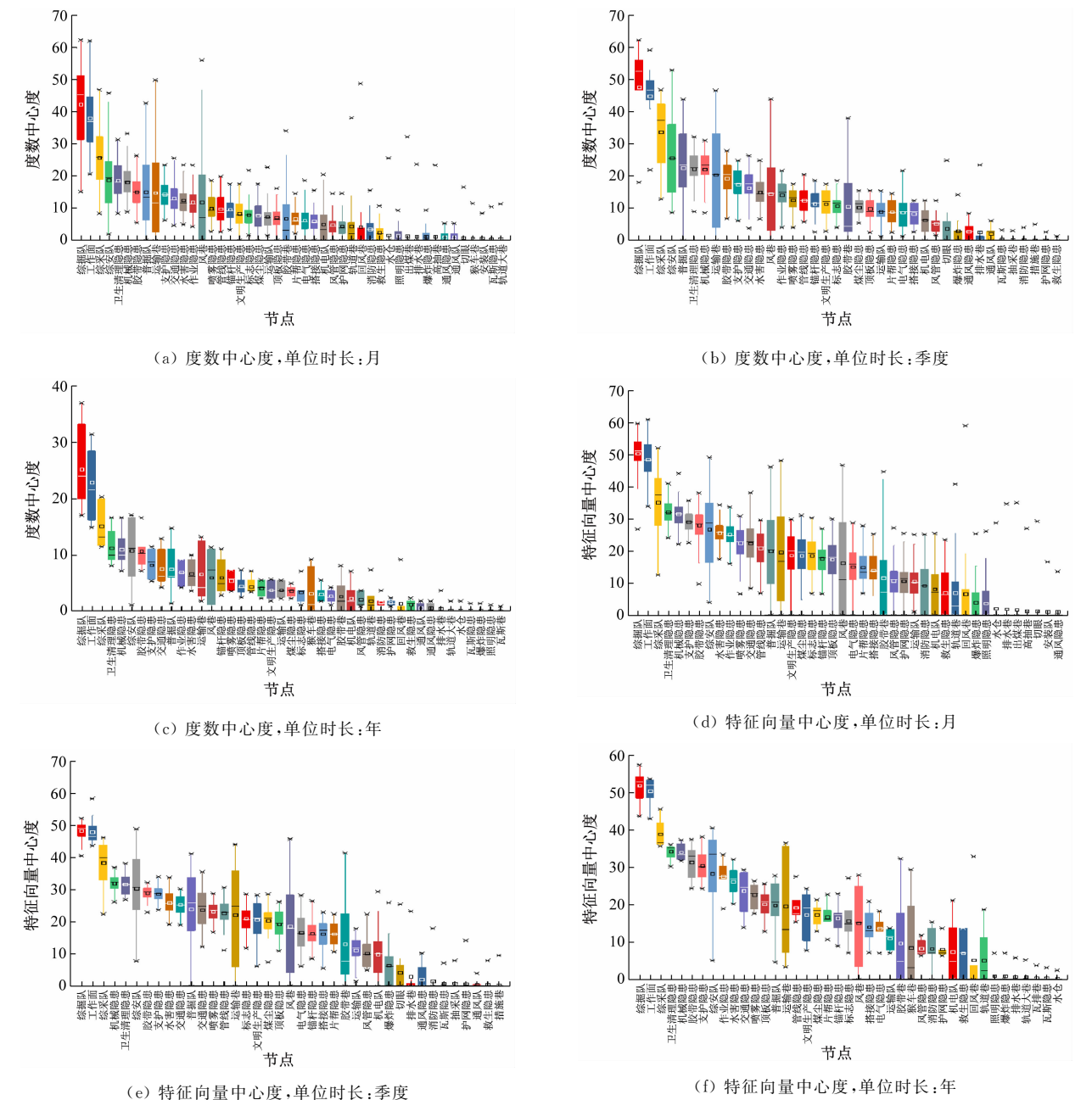
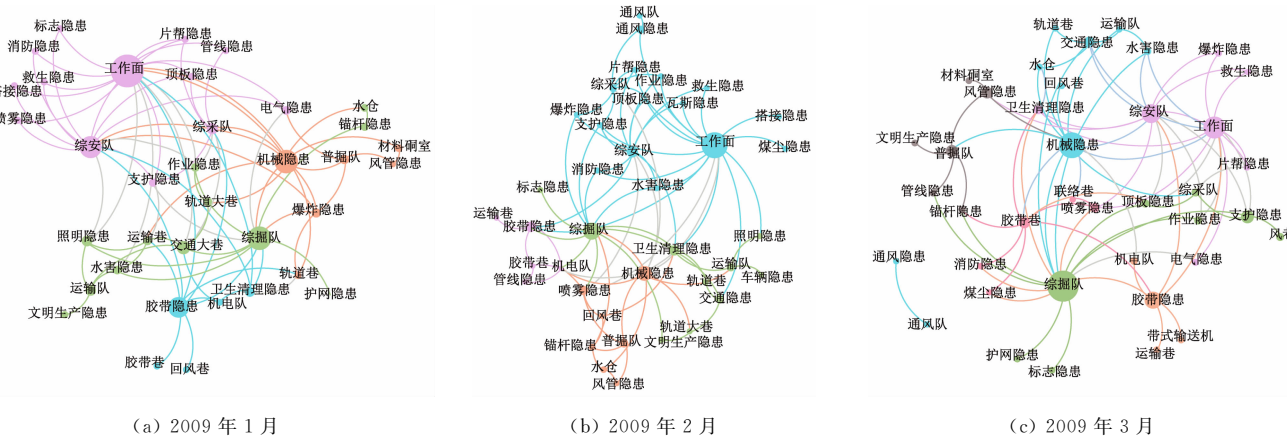


图 3 部分节点度数中心度及特征向量中心度方框统计

Fig. 3 Box chart of degree centrality and eigenvector centrality of part nodes



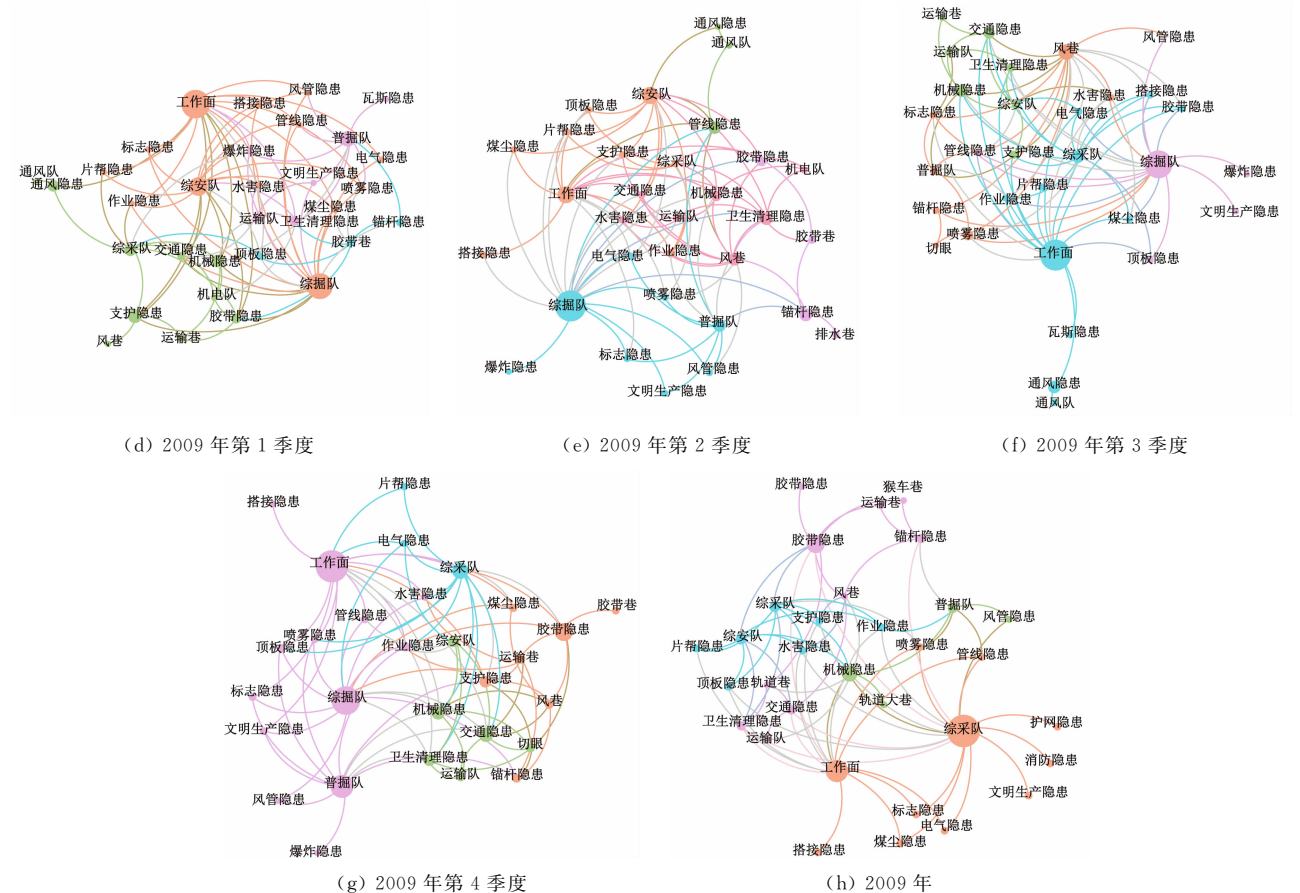


图 4 部分煤矿安全隐患复杂网络

Fig. 4 Part complex network of coal mine safety hidden danger

4 结语

通过建立煤矿安全隐患复杂网络,将大量安全隐患要素及其之间的联系以点、线形式抽象表达,利用网络密度、中心势、中心度等复杂网络指标分析网络整体结构及网络中节点的动态变化,寻找煤矿安全隐患管理工作重点及薄弱环节,从而提升煤矿安全隐患管理水平。

参考文献 (References):

[1] 孟现飞,李克业,刘飞. 基于 3 级嵌套安全管理模式的煤矿安全风险预控研究[J]. 中国安全科学学报, 2013,23(4):102-107.
MENG Xianfei, LI Keye, LIU Fei. Study on coal mine safety risk pre-control based on three-levels nested management mode[J]. China Safety Science Journal, 2013,23(4):102-107.

[2] BORGATTI S P, FOSTER P C. The network paradigm in organizational research: a review and typology[J]. Journal of Management, 2003, 29(6): 991-1013.

[3] WASSERMAN S, FAUST K. Social network analysis: methods and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1995:1-27.

[4] 汪小帆,李翔,陈关荣. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006.

[5] 岳希坚,袁永博,张明媛,等. 基于复杂网络理论识别油库关键安全风险因素[J]. 中国安全科学学报, 2017,27(5):146-151.
YUE Xijian, YUAN Yongbo, ZHANG Mingyuan, et al. Identification of critical safety risk factors in oil depot based on complex network theory[J]. China Safety Science Journal,2017,27(5):146-151.

[6] ZHOU Cheng, DING Lieyun, SKIBNIEWSKI M J, et al. Characterizing time series of near-miss accidents in metro construction via complex network theory[J]. Safety Science,2017,98(10):145-158.

[7] 潘启东,张瑞新,赵红泽. 复杂网络理论在煤矿灾害研究中的应用探讨[J]. 煤矿开采,2011,16(4):1-4.
PAN Qidong, ZHANG Ruixin, ZHAO Hongze. Application of complex network theory in disasters of coal mine[J]. Coal mining Technology,2011,16(4): 1-4.

[8] 谭章禄,陈晓,宋庆正,等. 基于文本挖掘的煤矿安全隐患分析[J]. 安全与环境学报, 2017, 17(4): 1262-1266.
TAN Zhanglu, CHEN Xiao, SONG Qingzheng, et al. Analysis for the potential hazardous risks of the coal mines based on the so-called text mining[J]. Journal

of Safety and Environment,2017,17(4):1262-1266.

[9] 马健. 复杂网络分析理论在矿井机电运输系统的应用[J]. 山西焦煤科技,2014(增刊 1):173-175.

[10] 沈阳,傅惠鹃,刘朋朋,等. 虚拟学习团队实证化研究[J]. 图书情报知识,2009(6):103-107.

SHEN Yang, FU Huijuan, LIU Pengpeng, et al. A empirical study on virtual learning team [J]. Document, Information & Knowledge, 2009 (6): 103-107.

[11] 刘军. 整体网分析讲义:UCINET 软件实用指南[M]. 上海:格致出版社,2009.

[12] BORGATTI S P,EVERETT M G,FREEMAN L C. UCINET [J]. Encyclopedia of Social Network Analysis & Mining,2014,15(7):2261-2267.

[13] 邓君,马晓君,毕强. 社会网络分析工具 Ucinet 和 Gephi 的比较研究[J]. 情报理论与实践,2014,37(8): 133-138.

DENG Jun, MA Xiaojun, BI Qiang. Comparative study of the social network analysis tools: Ucinet and Gephi [J]. Information Studies: Theory & Application,2014,37(8):133-138.

[14] GAO Zhongke, JIN Ningde. A directed weighted complex network for characterizing chaotic dynamics from time series[J]. Nonlinear Analysis: Real World Application,2012,13(2):947-952.

[15] 张廷萍. 浅议几种复杂网络节点重要度分析的中心性方法[J]. 价值工程,2016,35(14):209-210.

ZHANG Tingping. Centrality measures to identify influential nodes in complex networks [J]. Value Engineering,2016,35(14):209-210.