

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2017.03.030

# 基于社会网络分析的送变电工程安全管理研究

潘 华<sup>1</sup>, 郑 芳<sup>1</sup>, 李永奎<sup>2</sup>

(1. 上海电力学院经济与管理学院, 上海 200090;

2. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 随着我国社会经济的快速发展, 送变电工程项目逐渐增加, 而由于送变电工程项目的特点使得提升送变电工程项目安全管理水平至关重要。基于此, 研究提出一种基于社会网络分析的分析方法。首先以一个工程项目所涉及到的部门人员构建评价指标, 进行问卷调查; 然后进行数据验证与筛选, 应用社会网络分析软件 UCINET 构建送变电工程项目模型, 对 220 kV 安江送变电工程项目进行网络密度分析、派系分析和点度中心度分析; 最后通过实例分析验证得出此模型的可行性, 并得出提升送变电工程项目安全管理水平的策略和建议。

**关键词:** 社会网络分析; 送变电工程; 安全管理; 220 kV 安江变电站

**中图分类号:** TM7; TM726.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7695 (2017) 03-0174-05

## Study of Safety Management in Transmission and Distribution Project Based on Social Network Analysis

PAN Hua<sup>1</sup>, ZHENG Fang<sup>1</sup>, LI Yongkui<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China )

**Abstract:** With the development of economy, the transmission and distribution project is gradually increased. But because of the characteristics of transmission and distribution project, it is very important to improve its safety management level. Based on this, this paper puts forward a kind of analysis method based on social network analysis. Firstly, it constructs an evaluation indicator for the department staff which belong to the project and conducts a questionnaire survey; Secondly, it carries out the verification and selection of data, uses the social network analysis software UCINET to construct the model about the project, then analyzes the network density, clique, center degree of the 220 kV Ann River transmission and distribution project; Finally, the feasibility of this model is verified by an example, and the strategies and suggestions for improving the safety management level of the transmission and distribution project are obtained.

**Key words:** social network analysis; transmission and distribution project; safety management; 220 kV Ann River substation project

随着我国社会经济的快速发展, 人们变得越来越重视国家电网工程项目的发展, 而送变电工程项目作为电网工程项目的一个重要环节, 对电网工程项目的建设具有重要的意义<sup>[1]</sup>。而安全是送变电工程中不可忽视的重要问题, 送变电工程关系到人们的正常用电, 因此保证送变电安全非常必要<sup>[2]</sup>。因为送变电工程项目诸多复杂的特点, 使得送变电工程项目安全管理工作变得特别困难, 因此如何提高送变电工程项目安全管理水平显得尤为重要。

### 1 文献综述

查阅现有研究文献, 在工程项目管理领域, 很多企业在生产过程中进行安全评价、在生产前进行风险评估, 主要应用故障树法<sup>[3]</sup>、层次分析法<sup>[4]</sup>等专家主观性较强的模型。但不管是生产前还是生产过程中, 期间都会受到安全生产中“人”的因素的影响, 所以针对上述方法的弊端, 许多学者在工程项目安全管理

领域进行了研究, 最后提出了在近年发展起来的社会网络分析方法。

社会网络分析方法相对于传统研究方法有着较为显著的优点: 首先网络分析的聚焦点是行动者之间的关系, 能够同时对整个关系系统和该系统中的构成部分进行分析, 正因如此, 社会网络分析对组织研究有重要价值; 其次通过研究网络关系, 有助于把个体间关系、微观网络与大规模的社会系统的宏观结构结合起来, 从而有助于发现组织关系中的隐性关系<sup>[5-6]</sup>。丁桂荣等<sup>[7]</sup>以某大型建设监理项目为例, 基于社会网络分析法构建了项目治理的社会网络模型, 并通过构造不同的网络关系结构, 分析了项目利益相关方在社会网络中的不同嵌入方式和网络特性, 从而提出相应的治理策略。李雁池<sup>[8]</sup>将社会网络分析方法应用于地铁工程安全管理研究, 从人际交往的角度研究地铁工程安全管理现状。雷光普<sup>[9]</sup>将社会网络分析方法应用于超高层项目安全沟通研究, 从人-组织匹配的理

收稿日期: 2016-04-23, 修回日期: 2016-07-08

基金项目: 国家自然科学基金项目“复杂项目组织能力与任务分配的适应性测度及优化”(71471136)

论出发, 研究发现了个体在安全沟通中发挥的作用。社会网络分析方法在关系学方面的应用也非常广泛, Wasserman 等<sup>[10]</sup>提到社会网络分析关注社会实体与模式之间的关系以及这些关系的含义; Wellman<sup>[11]</sup>提到在一个网络社区中如何将使用社会网络分析功能嵌入到一个虚拟团队系统中; Berkowitz 等提到社会网络分析已经开发出了一系列概念和方法来检测结构模式, 研究网络成员的特点及其社会关系在社会结构上的影响<sup>[12-15]</sup>; 卢玉洁等<sup>[16]</sup>利用社会网络分析方法对比分析了政府投资和私人投资项目这两种大型项目组织的动态特性, 并且提出相应的治理策略。

送变电工程项目作为一个大型的复杂工程项目, 具有项目规模大、项目组成多、社会关注度高、受外部影响大, 并且其正式的组织结构复杂等特性, 社会学视角下隐性的非正式组织关系非常复杂, 这些特性对工程项目的实施影响巨大。传统的项目管理方法中组织结构重视显性的正式结构, 而忽略了大量隐性非正式的组织关系<sup>[17]</sup>, 而近几年发展起来的社会网络分析方法被认为是研究大型复杂工程项目组织的重要理论、方法和工具<sup>[18][804, [19-20]]</sup>, 因此本文应用社会网络分析方法来研究送变电工程项目安全管理问题, 确实是一种比较有意义的尝试。

## 2 社会网络分析方法及模型构建

### 2.1 分析方法的理论基础

首先, 我们要搞清楚社会网络分析的概念。概括地说, 社会网络分析是对社会关系结构及其属性加以分析的一套规范和方法。它主要分析的是不同社会单位(个体、群体或社会)所构成的关系的结构及其属性<sup>[21]</sup>。

其次, 社会网络分析通常有两种: 一种叫做自我中心网即个体网, 只能分析社会的连带关系, 不能用来分析网络的整体结果。另一种叫做整体社会网, 可以用来分析结果对群体的影响, 并能根据图形特征作出相应的解释<sup>[22]</sup>。通过个体网和整体网分析相结合的方法, 即得到影响送变电工程安全管理的因素, 从而针对影响因素提出相应的措施。

其中, 个体网络的分析指标主要是为研究某一特殊人物与外界联系的紧密程度及其个人对外界的影响力; 而整体网络的分析指标主要表现的是某个研究对象的群体属性, 如群体中个体之间联系的疏密程度等<sup>[8155]</sup>。

### 2.2 模型构建及公式表达

#### 2.2.1 模型构建

(1) 数据验证与筛选。本文对参与 220 kV 安江送变电工程项目的相关人员进行了问卷调查, 并根据实际进行数据验证与筛选, 即各个部门人员之间有实际联系的, 理论上当 a 认为他与 b 无联系时, b 不应该认为他与 a 有联系, 按照这样的逻辑理论进行验证与筛选。

(2) 建立送变电工程项目模型。结合送变电工程的复杂性、多样性以及流动性特点, 对于筛选后剩下的数据, 再根据社会网络研究的通常做法, 用二

分法来界定各部门人员之间的联系, 将有联系的统一归为权数 1, 而无联系的归为权数 0, 经过二值化处理, 形成最终的送变电工程项目关系矩阵, 以个体为“结点”、关系为连线<sup>[9][19-22]</sup>, 根据社会网络分析的理论, 利用社会网络分析软件 UCINET 构建送变电工程项目模型, 并通过 NetDraw 软件进行可视化展示。

#### 2.2.2 公式表达

(1) 网络密度。

整体网网络密度用来衡量一个团队的紧密关系, 公式如下:

$$M / (N(N-1)/2) = 2M / (N(N-1)) \quad (1)$$

其中:  $M$  为网络中包含的实际关系数目;  $N$  为行动者的数目。

个体网网络密度即利用 UCINET 软件计算个体网网络密度。

(2) 中心度。对社会网络中心度的测量有些侧重于局部的行动者(点中心度), 而有些侧重于整体网络(总体中心度)<sup>[23]</sup>。

点中心度: 由绝对数计算的度数中心度分为以下两个方面: 内中心度和外中心度。

根据相对数计算的中心度可表示为:

$$C_D(n_i) = (d_i(n_i) + d_o(n_i)) / 2(N-1) \quad (2)$$

其中:  $N$  为网络规模;  $d_i(n_i)$  为其它点指向点  $i$  的个数;  $d_o(n_i)$  为点  $i$  所指向其它点的个数。

总体中心度: 由于在以结点数度为基础对结点点中心度测量时, 依据的主要是直接关系, 没有考虑间接关系, 而且没有涉及整个网络是否有独一无二的“中心”点这个问题, 所以我们采用中心势这个概念来反映整体网络。

以结点点中心度为基础, 根据绝对中心度计算来表示图中心势为:

$$C_D = \sum_{i=1}^n (C_{D_{max}} - C_{D_i}) / \max_{i=1}^n (C_{D_{max}} - C_{D_i}) \quad (3)$$

其中:  $C_{D_{max}}$  为最核心点的中心度;  $C_{D_i}$  为其他点的中心度。

上述公式的含义就是用最核心点的中心度和其他点的中心度的差值总和与最大可能的差值总和之比<sup>[24]</sup>。

根据相对中心度来计算图中心势, 可表示为:

$$C_{D_i} = \sum_{i=1}^n (C_{D_{max}} - C_{D_i}) / (N-1) \quad (4)$$

上述公式的含义同上。

(3) 派系。派系分析也被称为凝聚子群分析, 凝聚子群研究的内容主要包括: 为什么研究凝聚子群、凝聚子群有哪几种类型、这些子群之间的关系等。本文采用最基本的派系分析  $n$ -Cliques。它指的是小团体内每两个行动者之间的距离是小于等于  $n$  的。

## 3 评价指标体系的选取

本文以一个工程项目所涉及到的部门如业主方、

供货方、施工方、设计方、建设项目总承包方为调研的对象，由于考虑到每个部门所涉及人员的重要性，并结合实际情况，而且考虑到文章篇幅有限，特筛选出 20 个指标，如图 1 所示。

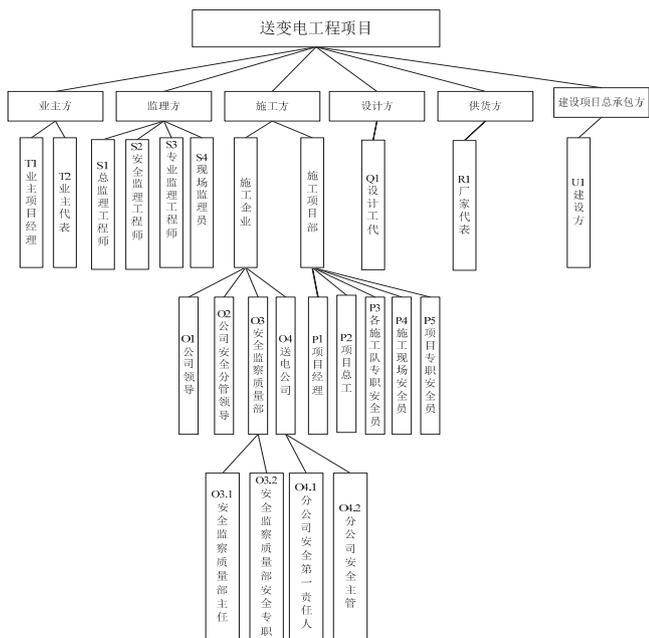


图 1 某送变电工程项目所涉及安全管理相关部门人员

### 4 实例验证与结果分析

在此，以 220 kV 安江送变电工程项目所涉及到的部门人员作为数据采集和调研的对象，以问卷调查所收集到的数据作为样本数据进行分析，被调查人数总共有 20 人，形成工程项目安全管理工作网络中的节点。调查数据经过验证筛选及编码由 Ucinet 软件自动转化成 0/1 关系矩阵，如图 2 所示。

	R1	S1	S2	S3	S4	T1	T2	U1
O3.2	0	1	0	0	0	0	0	0
O4.1	0	0	0	0	0	0	0	0
O4.2	0	0	0	0	0	0	0	0
P1	0	1	0	0	0	1	0	0
P2	1	0	0	0	1	0	1	0
P3	0	0	0	0	1	0	0	0
P4	0	0	0	0	1	0	0	0
P5	0	0	0	1	0	0	0	0
Q1	0	0	0	0	0	0	0	0
R1	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	0	0	1	1	0	0	0	0
S2	0	1	0	0	0	0	0	0
S3	1	0	0	0	0	0	0	0
S4	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	0	0	0	0	0	0	1	0
T2	0	0	0	0	0	1	0	0
U1	0	0	0	0	0	0	0	0

图 2 某送变电工程项目部门关系矩阵

为了使读者对各部门人员之间的关系一目了然，本文采用 UCINET 软件中的可视化工具 NetDraw 绘制送变电工程项目安全管理的社会网络模型，如图 3 所示。

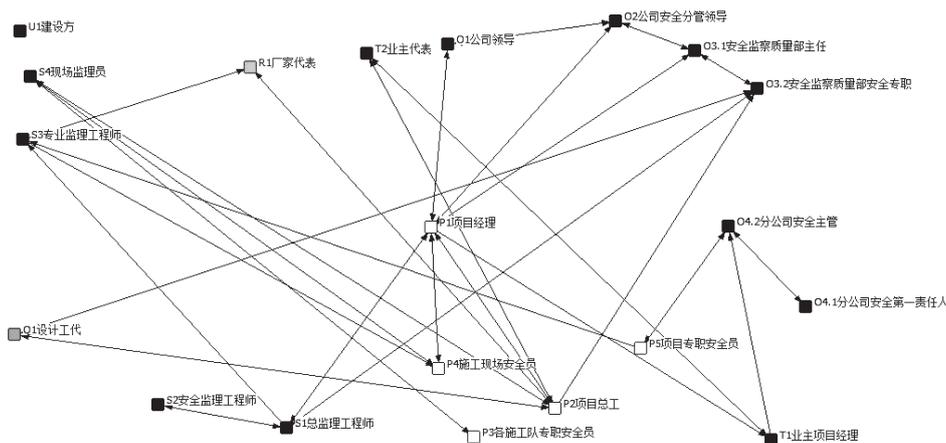


图 3 某送变电工程项目安全管理社会网络关系

#### 4.1 整体网分析

对整体网络分析采用了两种测度指标，一种是网络密度，另外一种是中心势。根据网络关系矩阵和基础数据，得到网络密度表（如表 1）和派系分析图（如图 4）。

##### 4.1.1 网络密度分析

将处理好的数据导入到 Ucinet 软件中，进行整体网络密度分析，得出结果如表 1 所示。

表 1 某送变电工程项目部整体网络密度

Density	No. of Ties	Avg Degree
0.129	49.000	2.450

在表 1 中，第一个英文字母含义是网络密度，第二个英文字母含义是整个网络总共所包含的联系数量，第三个英文字母含义是平均程度，那么表中显示送变电工程项目安全管理网络中有 49 条联系数量，那么密度仅为 12.9%，说明该工程项目的各部门人员之间联系较少。也就是说在这个网络中，各部门人员受整体网络的影响较小。这也从侧面反映了这个网络的安全氛围比较低，应引起相关安全部门的重视。

##### 4.1.2 派系分析图

以结点度数为基础对图中中心势进行测量时，它对各个结点的局部重要性很敏感。这种中心势测量虽然表明了一个图是否围绕它的一些最核心点组织起来，

但是没有说明这些中心点是否构成了一个独特的点集，从而聚集在一起成为途中特定的一部分<sup>[25]</sup>。针对这种情况，本文采用派系分析来确定结构中心的界限。由于本文所调查的参与工程项目的各部门工作人员之

间的关系并不复杂，因此将派系的规模定义为3，并输入相应的控制指标，采用 UCINET 软件自动完成派系的寻找，如图4所示。

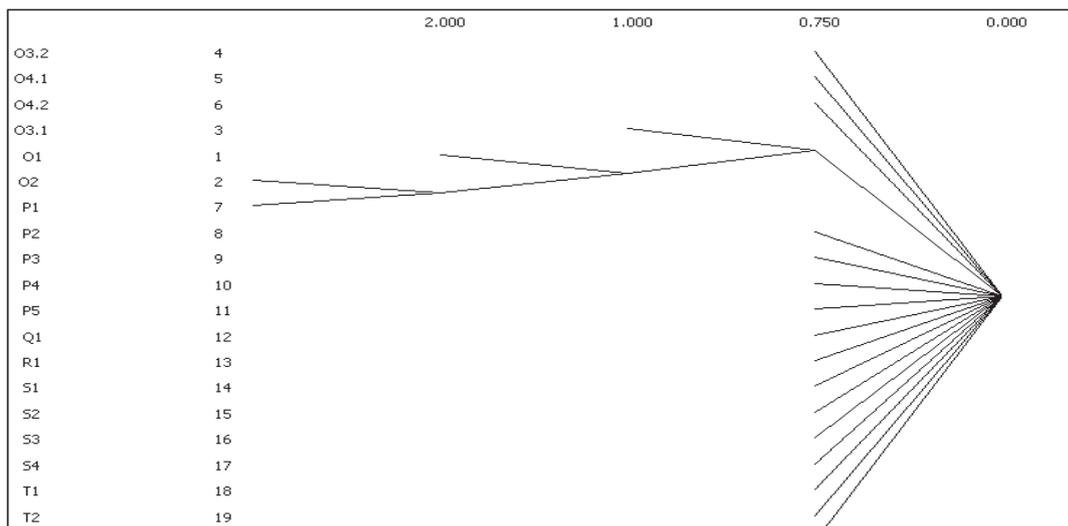


图4 某送变电工程项目派系成员聚类

由图4可以看出规模为“3”的派系在整个工程项目中总共有2组，分别是：O2 O3.1 P1 ;O1 O2 P1。O2和P1共同隶属于2个派系。第一组描述的是公司安全分管领导O2将公司领导下达的决策部署下达给安全监察质量部主任O3.1，施工项目部项目经理P1对施工项目安全管理方面负责；第二组描述的是公司领导将决策部署下达给公司安全分管领导O2，O2起到一个传递者的作用，最后P1起到对施工项目管理方面负责。这也符合了实际项目中公司安全分管领导带队组织公司施工、技术、安质等各部门进行现场监督，从而保证现场安全风险管控措施的有效执行。通过上述结果，我们得出参与该工程项目的各个部门的核心部门是施工项目部，而各个部门人员的核心人物是施工项目部中的项目经理，该项目经理是施工现场的安全首要负责人，对施工项目的安全管理方面负责。

4.2 个体网分析

在个体网分析中采用2个指标，一个是个体网的密度，另外一个为中心度分析。

4.2.1 个体网密度

采用Ucinet软件进行相应操作，得出结果如表2所示。

表2 某送变电工程项目部个体网密度

Node	Size	Avg Deg	Density
1(O1)	2.000	1.000	1.000
2(O2)	3.000	1.333	0.667
3(O3.1)	3.000	0.667	0.333
4(O3.2)	4.000	0.500	0.167
5(O4.1)	1.000	0.000	
6(O4.2)	3.000	0.000	0.000
7(P1)	7.000	0.571	0.595
8(P2)	6.000	0.333	0.067
9(P3)	1.000	0.000	

表2 (续)

Node	Size	Avg Deg	Density
10(P4)	3.000	0.000	0.000
11(P5)	2.000	0.000	0.000
12(Q1)	2.000	0.500	0.500
13(R1)	2.000	0.000	0.000
14(S1)	4.000	0.000	0.000
15(S2)	1.000	0.000	
16(S3)	4.000	0.000	0.000
17(S4)	3.000	0.000	
18(T1)	3.000	0.000	0.000
19(T2)	2.000	0.000	0.000
20(U1)	0.000		

表2中“Size”是指个体网的“规模”(不包括“自我”),“Density”即个体网的密度。P1的个体网规模为“7”，P2的个体网规模为“6”，说明与他们有紧密联系的分别为7个人、6个人，而P1为施工项目部项目经理，P2为项目总工，说明他们在工程项目运作中的重要性，这也是符合安全规章所规定的内容。

4.2.2 中心度分析

中心度的分析分为点度中心度分析和中间中心度分析，本文采用点度中心度分析，得到点度中心度如表3所示。

表3 某送变电工程项目点度中心度统计

Node	OutDegree	InDegree	NrmOutDeg	NrmInDeg
1(O1)	2.000	2.000	10.526	10.526
2(O2)	3.000	3.000	15.789	15.789
3(O3.1)	3.000	3.000	15.789	15.789
4(O3.2)	3.000	4.000	15.789	21.053
5(O4.1)	1.000	1.000	5.263	5.263
6(O4.2)	2.000	3.000	10.526	15.789
7(P1)	7.000	6.000	36.842	31.579
8(P2)	6.000	5.000	31.579	26.316

表 3 (续)

Node	OutDegree	InDegree	NrmOutDeg	NrmInDeg
9(P3)	1.000	1.000	5.263	5.263
10(P4)	2.000	3.000	10.526	15.789
11(P5)	2.000	1.000	10.526	5.263
12(Q1)	2.000	2.000	10.526	10.526
13(R1)	1.000	2.000	5.263	10.526
14(S1)	4.000	3.000	21.053	15.789
15(S2)	1.000	1.000	5.263	5.263
16(S3)	2.000	2.000	10.526	10.526
17(S4)	3.000	3.000	15.789	15.789
18(T1)	2.000	2.000	10.526	10.526
19(T2)	2.000	2.000	10.526	10.526
20(U1)	0.000	0.000	0.000	0.000

表 3 中：第一列表示各个节点的出度，即指向其它节点的数目，其中 P1 的出度最大，说明项目经理在工程运作中的重要性，他对项目施工的安全全面负责。第二列表示各个结点的入度，即被提名的次数，其中 P1 被提的次数也是最多；P3 是各施工队专职安全员，是企业安全生产的直接把关人，而他的出度仅为 1，这也与安全员平时只是对项目经理负责相符合，说明了安全员的管理体制矛盾。第三列与第四列的意义与前两列相同。U1 为建筑方，是在被调查过程中被提名的，他（她）没有直接与设计部门联系，要经过勘察单位间接联系，所以出度为 0。

通过个体网分析和整体网分析得出，220 kV 安江送变电工程有业主代表和设计方代表进驻项目部监督，而一般情况下，各公司及以下工程，业主项目部由地方局基建管理部门代管，这也正是安江送变电工程与一般工程项目的不同之处，体现了送变电工程与一般工程的个性与共性之处。

## 5 结束语

本文通过分析送变电工程项目的特点，利用社会网络分析软件 UCINET 构建了送变电工程项目安全管理模型，运用整体网分析与个体网分析相结合的方法对 220 kV 安江送变电工程的各部门人员进行了整体网网络密度分析、个体网网络密度分析、派系分析、点度中心度分析，最终通过实例验证了模型的可行性，分析得出施工项目部是影响送变电工程项目安全管理的核心部门，并且施工项目部的项目经理是“明星”人物，在工程项目运作中起着至关重要的作用。

采用社会网络分析法，避免了人为主观可能造成的错误，并且分析得出了影响提升送变电工程安全管理水平的主要因素，对以后类似送变电工程提供参考依据，降低潜在风险，提高送变电工程项目安全管理水平。

### 参考文献：

- [1] 赵辉瑜. 送变电工程施工安全风险评价及应用研究[D]. 保定: 华北电力大学(河北), 2009
- [2] 潘衍. 送变电项目安全管理研究[J]. 广东科技, 2014(6): 45-46
- [3] 安磊, 王绵斌, 谭忠富. 基于集对故障树法的输变电工程风险评价模型[J]. 华东电力, 2011, 39(1): 12-18

- [4] 黄文杰, 傅砾, 肖盛. 基于改进层次分析法的输变电工程后评价[J]. 统计与决策, 2010(20): 160-162
- [5] 何清华, 张世琦. 社会网络分析发展与工程应用研究综述[J]. 建设管理, 2012, 152(2): 46-48
- [6] 于洋, 张睿军, 杨亚楠. 以情报学为视角的学科交叉研究[J]. 情报杂志, 2013(2): 33
- [7] 丁桂荣, 刘芳, 孙涛, 等. 基于社会网络分析的项目治理研究——以大型建设监理项目为例[J]. 中国软科学, 2010(6): 132-140
- [8] 李雁池. 基于社会网络分析的地铁工程安全管理研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011
- [9] 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, 2012
- [10] WASSERMAN, STANLEY, FAUST, et al. Social network analysis: Methods and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994
- [11] WELLMAN B. For a social network analysis of computer networks: a sociological perspective on collaborative work and virtual community[C] // Proceedings of the 1996 ACM SIGCPR/SIGMIS Conference. Colorado: Denver, 1996: 11-13
- [12] BERKOWITZ S D. An introduction to structural analysis: the network approach to social research[M]. Toronto: Butterworth, 1982
- [13] SCOTT J. Social network analysis [M]. London: Sage, 1991
- [14] WASSERMAN S, FAUST K. Social network analysis: method and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994
- [15] WELLMAN B. Structural analysis: from method and metaphor to theory and substance [M]// WELLMAN B, BERKOWITZ S D. Social structures: a network approach. Cambridge: Cambridge University Press, 1988: 9-61
- [16] LU YUJIE, LI YONGKUI. Organizational network evolution and governance strategies in Megaprojects[J]. Construction Economics and Building, 2015(3): 19-33
- [17] 潘华, 李永奎. 基于社会网络分析视角的大型复杂工程项目组织研究[J]. 科技管理研究, 2013(20): 215-217
- [18] CHINOWSKY P, DIEKMANN J, GALLOTTI V. Social network model of construction [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134(10): 804
- [19] KOERNER M, KLEIN L. Project as difference— towards a next practice of complex project management[C]//22nd IPMA World Congress. Roma: International Project Management Association, 2008
- [20] 李永奎, 乐云, 崇丹. 大型复杂项目组织研究文献评述: 社会学视角[J]. 工程管理学报, 2011, 25(1): 46-51
- [21] 陈萌, 汤志伟. 社会网络分析法在 QQ 群虚拟学习社区中的应用分析——以某专业硕士 QQ 群为例[J]. 电子科技大学学报(社科版), 2011(6): 75-77
- [22] 黎加厚, 赵怡, 王珏. 网络时代教育传播学研究的新方法: 社会网络分析——以苏州教育博客学习发展共同体为例[J]. 电化教育研究, 2007(8): 13-17
- [23] 廖丽平, 胡仁杰, 张光宇. 模糊社会网络的中心度分析方法[J]. 模糊系统与数学, 2013(4): 170-175
- [24] 吕文纳. 微博网络群体结构的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2011
- [25] 王瑞卿. 项目经理在施工项目管理中的重要作用[J]. 工程建设与设计, 2009(8): 139-141

作者简介: 潘华(1976—), 男, 上海人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为电力信息化与决策支持、电力工程管理。郑芳(1990—), 女, 山东济宁人, 硕士研究生, 主要研究方向为电力工程管理。李永奎(1979—), 男, 上海人, 博士, 教授, 主要研究方向为复杂项目管理、工程社会学、工程管理信息化。