

基于知识转移的城市轨道交通工程项目 建设与运营一体化管理仿真分析^{*}

朱 梅¹ 尹大伟¹ 胡文发²

(1. 济南市交通工程质量与安全中心, 250014, 济南; 2. 同济大学经济与管理学院, 200092, 上海)

摘 要 [目的]城市轨道交通工程项目建设阶段周期长、建设单位多,而运营阶段对专业知识要求高,两阶段常出现脱节和推诿。因此有必要从知识转移角度研究建设与运营的一体化问题,以发挥集成管理优势。[方法]针对轨道交通工程项目建设与运营过程中知识在项目建设单位之间的转移特点,构建轨道交通工程项目合作网络模型。通过探讨项目知识在转移过程中的属性和行为策略,以济南轨道交通3号线二期工程项目为例,进行多主体的知识转移仿真试验。[结果及结论]城市轨道交通建设与运营集成可以有效缩短知识转移时间;在项目建设阶段,运营方提前介入可以提高项目建设运营效率;在项目运营筹备期,选择对知识转移意愿强且转移能力强的合作伙伴有利于组织内部知识转移,从而提高项目建设运营效率。

关键词 城市轨道交通工程项目;建设与运营一体化管理;知识转移

中图分类号 F530.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.20230510

Simulation Analysis of Construction and Operation Integrated Management for Urban Rail Transit Engineering Projects Based on Knowledge Transfer

ZHU Mei¹, YIN Dawei¹, HU Wenfa²

(1. Jinan Transportation Engineering Quality and Safety Center, 250014, Jinan, China; 2. School of Economics and Management, Tongji University, 200092, Shanghai, China)

Abstract [Objective] Urban rail transit engineering project construction features long cycle and multiple construction entities, while the operation phase requires a high level of professional knowledge. These two phases often experience disconnection and mutual shirking of responsibilities. Therefore, it is necessary to study the integration of construction and operation from the perspective of knowledge transfer to leverage the advantages of integrated management. [Method] Focusing on the characteristics of knowledge transfer between construction

entities at rail transit engineering project construction and operation stages, a cooperative network model for rail transit engineering projects is constructed. The attributes and behavioral strategies of project knowledge during the transfer process are explored. Taking the second phase of the Jinan Rail Transit Line 3 project as an example, a multi-agent experiment of knowledge transfer is conducted. [Result & Conclusion] The integration of urban rail transit construction and operation can effectively shorten the knowledge transfer time. During the construction phase, the early involvement of the operating entity can enhance the efficiency of project construction and operation. During the operation preparation phase, selecting partners with strong willingness and capability for knowledge transfer facilities internal knowledge transfer within the organization, thereby improving the efficiency of project construction and operation.

Key words urban rail transit engineering project; construction and operation integrated management; knowledge transfer

城市轨道交通工程项目由一系列复杂系统组成,经历建设与运营筹备等阶段,需要众多建设单位密切协作^[1],尤其是大型轨道交通工程项目的建设运营一体化管理存在很多挑战。借鉴文献[2]提出的体育场馆一体化管理,本文拟从知识转移角度解决城市轨道交通工程项目一体化管理问题。知识是轨道交通工程项目的重要资源,且在不同阶段与不同建设单位之间频繁转移。由于轨道交通工程项目的知识来源多、知识种类复杂,知识转移与学习对轨道交通项目成功具有显著影响^[3],项目知识集成与转移路径具有特殊的规律。

以济南轨道交通3号线(以下简称“3号线”)二期工程项目为例,构建项目知识转移模型并进行仿真分析,探究知识转移的影响因素及其对建设运营一体化效果的影响,为建设与运营一体化管理提

^{*} 国家自然科学基金项目(71971158)

供支撑。

1 3 号线二期工程项目概况

3 号线二期工程项目是 3 号线的北延段,是首条连接机场的轨道交通线路,总投资 83.33 亿元,线路全长约 13.01 km,自滩头站引出,沿稻香路、明港西路、机场路、遥墙机场内部道路行进,终至遥墙机场站,共设 6 座站点。该工程项目选用 6 辆编组 B 型车,采用直流 1 500 V 接触网供电,设计速度为 100 km/h,全线贯通后旅行速度不低于 43 km/h。通过分析大量工程项目文件,梳理确定项目建设与运营筹备阶段的主要建设单位,共计 13 个。3 号线二期工程项目建设单位合作网络见图 1。建设单位间如果存在直接联系,则其邻接矩阵的参数为 1;如果无直接联系,则其邻接矩阵的参数为 0。由此构建 13×13 阶的邻接矩阵。

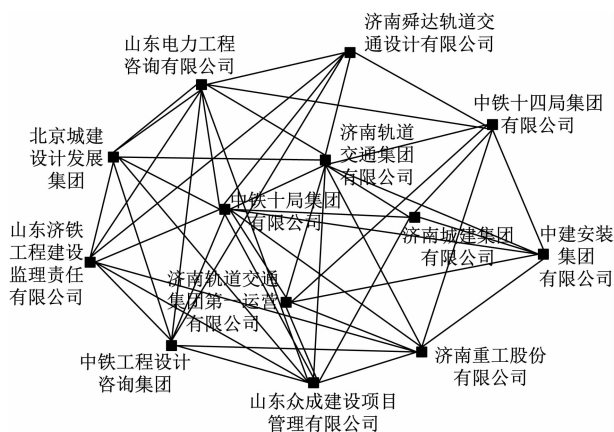


图 1 3 号线二期工程项目建设单位合作网络

Fig. 1 Cooperation network of construction units in Line 3 phase II engineering projects

该项目是采用建设运营一体化管理的典型工程。在工程项目建设过程中,运营方济南轨道交通集团第一运营有限公司提前介入,及时获取项目相关知识。该项目建设总工期约 4 年,包括前期决策、设计、施工准备、施工与安装、竣工验收、运营筹备等阶段,建设工期紧,运营移交任务重。该项目中的知识转移具备较好的代表性,适用于本文案例研究。

2 项目知识转移的影响因素

项目知识转移依赖于项目合作网络,其决定因素是项目合作网络的结构属性和节点属性^[46]。其中:结构属性包括网络规模和网络密度;节点属性包括节点的知识水平、转移意愿、转移能力、吸收意

愿、吸收能力,以及节点之间的相互信任。

1) 网络规模:指项目合作网络的节点数量^[7]。每个节点对应一个轨道交通工程项目的建设单位,均具备一定知识水平。当每个节点的知识不同时,就存在一定的知识势差,因此发生节点之间的知识转移。

2) 网络节点的知识水平:每个节点对应一个轨道交通工程项目的建设单位,均具备一定知识水平。当每个节点的知识不同时,就存在一定的知识势差^[8-9],因此发生节点之间的知识转移。

3) 网络密度:描述网络节点之间直接联系数量的指标^[10-11]。网络密度越大,说明建设单位之间的联系越紧密,越有利于项目合作网络的知识转移。

4) 转移意愿:是一个网络节点向其他节点转移知识的意愿,是促使知识转移行为发生的直接驱动力^[12-13]。

5) 转移能力:指知识发送方通过各种渠道将自身知识传递给知识接收方的能力^[14-15]。

6) 吸收意愿和吸收能力:分别指知识接收方主动学习知识的意愿和能力^[16-18],二者共同决定了知识接收方接收的知识量。

7) 节点之间的相互信任:是进行知识转移的重要前提^[19-20]。各建设单位之间的相互信任程度越高,知识水平高的相关方就越愿意将知识转移给对方,接收方就越愿意接受对方转移的知识,双方合作就更顺利,有助于提高知识转移效果。

因此,轨道交通工程项目知识转移的影响因素包括网络规模、网络密度、网络节点的知识水平、转移意愿、转移能力、吸收意愿、吸收能力,以及节点之间的相互信任等。

3 基于项目合作网络的知识转移仿真

3.1 项目阶段划分

项目合作网络的节点通过竞争和磋商等手段协商和解决相互之间的矛盾和冲突。初步调查显示,该项目的各级施工单位、分包单位及材料设备供应单位超过 500 家。剔除小额合同和分包合同后,确定施工阶段的 13 家单位组成项目合作网络。

该项目总工期为 1 400 d,分为 6 个阶段,不考虑阶段之间的搭接。该项目全过程合作网络在各阶段的变化及其知识转移方向如图 2 所示。将总工期分为 100 个单位时间,每个单位时间表示 14 d。进行知识转移仿真时,假设 1 个单位时间内完成一

次知识转移。该项目全过程合作网络在各阶段的变化及知识转移方向如图 2 所示。

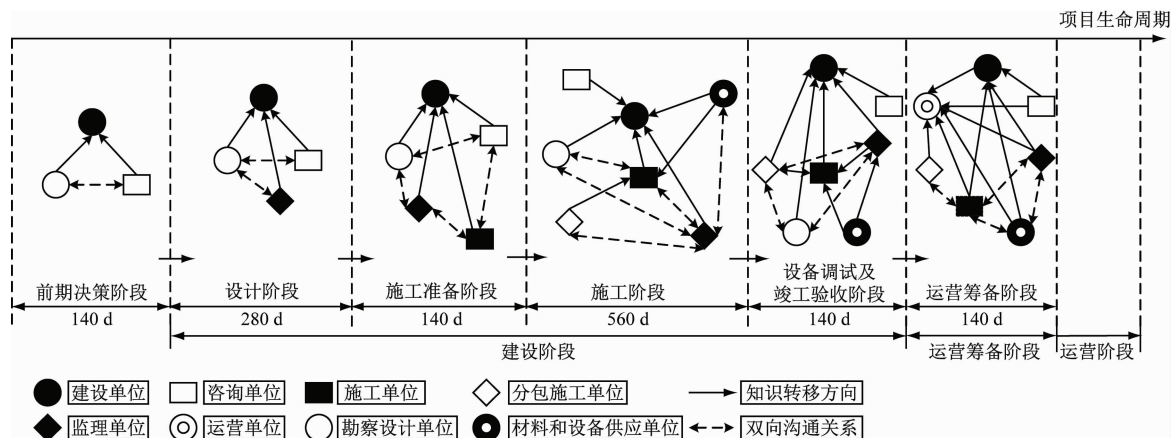


图 2 项目全过程合作网络在各阶段的变化及知识转移方向

Fig. 2 Phased changes and knowledge transfer directions of project whole-process cooperation network

3.2 知识转移步骤

各建设单位之间进行知识转移的过程如下:

1) 知识的专业属性与产生。项目各建设单位所从事的工作都具有一定专业属性,其他单位不可替代。每个建设单位在参与项目任务前,都拥有一定数量的初始专业知识 $K_{i,0}$ (i 为参建单位),随着项目进展累积形成更多的专业知识 $K_{i,t}$ (t 为时间)。

2) 知识转移对象的匹配。虽然每一个建设单位都可能成为知识转移的发出方和接收方,但在工程项目实践中,知识发送方一般是合同承包方,每个合同承包方在项目实施中形成了自身的知识优势,具有专业知识水平高、转移意愿高、转移能力强等特点。在选择知识转移对象时,合同承包方相对发包方和其他知识接收方具有知识势差。

3) 知识转移机制。选择知识转移对象后,知识水平高的合同承包方成为知识发送方,知识水平低的合同发包方或制定参与方成为知识接收方。

4) 知识转移的发出与接收。所有建设单位都可能发出和接收知识,发送方的知识转移后,其知识水平并不减少,接收方的知识水平增加。在 t 时刻,发送方的知识水平为 $K_{i,t}$,转移意愿为 m_i ,转移能力为 h_i ,与第 j 家建设单位的信任度为 $b_{i,j}$ 。

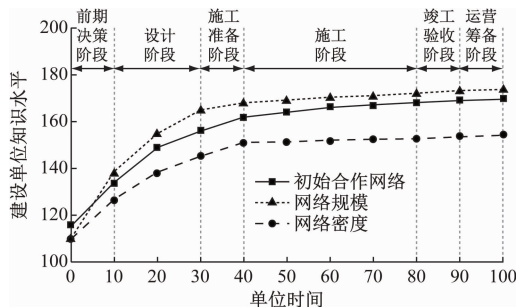
5) 知识转移结束。当项目合作网络中所有主体的专业知识转移完成,即所有建设单位之间的专业知识势差为零,则知识转移活动结束。

4 仿真结果分析

采用 NetLogo 软件模拟项目知识转移行为。在初始合作网络的基础上,对网络规模和网络密度进

行调整。网络规模和网络密度对知识转移的影响见图 3。由图 3 可见:建设单位将项目管理工作委托更多的专业承包单位,有利于知识学习,可提高知识转移效率。因此,要求该轨道交通工程项目的

所有建设单位必须紧密合作,才能提高项目知识转移效率,从而缩短项目工期。



注:1 单位时间为 14 d,图 4—图 6 等同。

图 3 网络规模和网络密度对知识转移的影响

Fig. 3 Impact of network scale and density on knowledge transfer

将承包商的知识转移意愿由 0.9 调整为 0.5,知识转移能力由 0.6 调整为 0.3。承包商知识转移意愿和转移能力对知识转移的影响见图 4。由图 4 可见:承包商知识转移能力对知识转移效率影响更大,说明建设单位应该选择知识转移意愿强、知识转移能力高的承包商。

将建设单位的知识吸收意愿由 0.8 调整为 0.6,知识吸收能力由 0.5 调整为 0.2,双方信任程度由 0.7 调整为 0.3。建设单位知识吸收意愿、吸收能力和相互信任对知识转移的影响见图 5。由图 5 可见:建设单位知识吸收意愿、吸收能力和相互信

任对项目全过程的知识转移效率有明显影响。

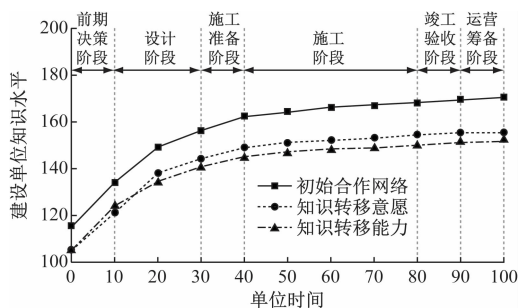


图4 承包商知识转移意愿和转移能力对知识转移的影响

Fig.4 Impact of contractors' knowledge transfer willingness and ability on knowledge transfer

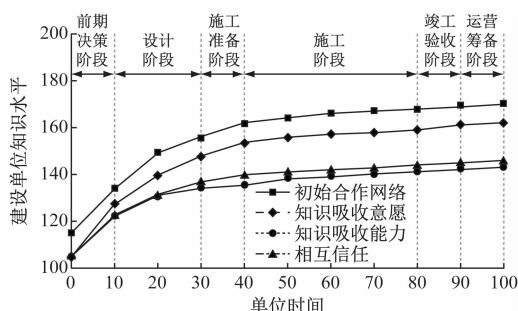


图5 建设单位知识吸收意愿、吸收能力和相互信任对知识转移的影响

Fig.5 Impact of construction entities' knowledge acceptance willingness, ability and mutual trust on knowledge transfer

调整运营单位的初始知识、承包商的知识转移意愿和转移能力、运营单位的知识吸收意愿和吸收能力以及承包商和运营单位的相互信任等参数。工程项目运营筹备阶段知识转移影响因素量纲一化值-时间关系曲线如图6所示。由图6可见:运营单位的初始知识对运营筹备阶段时间影响最明显,因此,在组建运营团队时应尽可能招募熟悉轨道交通

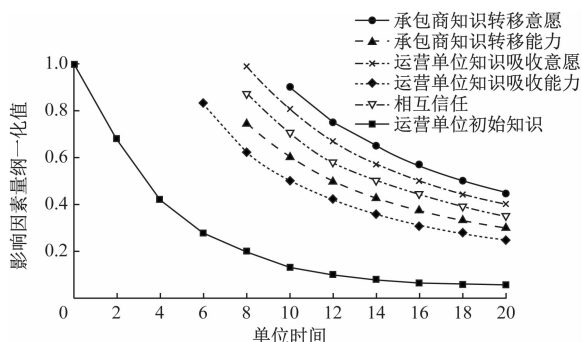


图6 知识转移影响因素量纲一化值-时间关系曲线

Fig.6 Curves of knowledge transfer influencing factor normalized values and time relation

通工程项目知识的人才,或提前学习和轨道交通工程相关的知识;运营单位的知识吸收能力对运营筹备阶段时间影响非常显著。

5 结论

以3号线二期工程项目为例,通过分析轨道交通工程项目全过程管理特点,分析项目建设单位之间的知识转移特点及影响因素,提出项目知识转移仿真模型。通过讨论建设单位、运营单位和承包商之间知识转移规律,提出建设与运营筹备一体化的管理建议。

1) 将项目管理工作委托更多的专业承包单位,有利于知识学习,可提高知识转移效率,从而缩短项目工期。

2) 承包商知识转移能力对知识转移效率影响较大,建设单位应选择知识转移意愿强、知识转移能力高的承包商。

3) 建设单位知识吸收意愿、吸收能力和相互信任对项目全过程的知识转移效率有明显影响。

4) 运营单位的初始知识对运营筹备阶段时间影响最明显,运营单位的知识吸收能力对运营筹备阶段时间影响显著。

参考文献

- [1] RUDOLF C A, SPINLER S. Key risks in the supply chain of large scale engineering and construction projects [J]. Supply Chain Management, 2018, 23(4): 336.
- [2] 孔繁星, 谭建湘. 我国大型体育场馆规划、建设、运营“一体化”体系构建与实施路径[J]. 体育学刊, 2021, 28(4): 47. KONG Fanxing, TAN Jianxiang. Construction and implementation paths of the 'integrated' system with design, construction and operation for large stadiums in China[J]. Journal of Physical Education, 2021, 28(4): 47.
- [3] LATIF K F, AFZAL O, SAQIB A, et al. Direct and configurational paths of knowledge-oriented leadership, entrepreneurial orientation, and knowledge management processes to project success [J]. Journal of Intellectual Capital, 2021, 22(1): 149.
- [4] 杜元伟, 段万春, 孙永河. 重大科技项目中的合作网络系统[J]. 科技管理研究, 2011, 31(10): 197. DU Yuanwei, DUAN Wanchun, SUN Yonghe. Cooperative network system in major S & T programs[J]. Science and Technology Management Research, 2011, 31(10): 197.
- [5] 杨善林, 吕鹏辉, 李晶晶. 大科学时代下的科研合作网络[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2016, 36(5): 94. YANG Shanlin, LV Penghui, LI Jingjing. Study on scientific research collaboration networks under big science era[J]. Journal

- of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences), 2016, 36(5): 94.
- [6] 孙舰, 任旭, 郝生跃. 项目合作网络内企业间知识转移与保护的演化博弈研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(18): 145.
- SUN Jian, REN Xu, HAO Shengyue. An evolutionary game theoretical analysis on inter-enterprises knowledge transfer and protection in the project cooperation network[J]. Science and Technology Management Research, 2015, 35(18): 145.
- [7] 任旭, 刘佳. 魅力型领导对项目团队内知识转移影响研究[J]. 科研管理, 2021, 42(6): 150.
- REN Xu, LIU Jia. The influence of charismatic leadership on knowledge transfer in project teams[J]. Science Research Management, 2021, 42(6): 150.
- [8] 刘常乐, 任旭, 郝生跃. 项目型企业知识转移的障碍与动机研究[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(3): 40.
- LIU Changle, REN Xu, HAO Shengyue. Research on the barriers and motivation of knowledge transfer in project-driven enterprise[J]. Information Studies (Theory & Application), 2015, 38(3): 40.
- [9] 王鹏, 张淑贤. 基于社会网络分析的产学研合作网络知识溢出效应研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(3): 129.
- WANG Peng, ZHANG Shuxian. Research on the knowledge spillover effects on the industry university and research institute cooperation network based on the social network analysis[J]. Science and Technology Management Research, 2016, 36(3): 129.
- [10] 王江, 王丽娟. 项目间学习的知识转移效率影响因素及实证分析[J]. 科技管理研究, 2022, 42(21): 146.
- WANG Jiang, WANG Lijuan. The impact factors of knowledge transfer efficiency of inter project learning and its empirical analysis[J]. Science and Technology Management Research, 2022, 42(21): 146.
- [11] 张宇翔, 赵国堂, 周国华, 等. 国际复杂工程项目合作网络演化研究[J]. 软科学, 2021, 35(7): 136.
- ZHANG Yuxiang, ZHAO Guotang, ZHOU Guohua, et al. Research on the evolution of cooperative networks in international complex engineering project [J]. Soft Science, 2021, 35(7): 136.
- [12] 居佳, 任旭, 郝生跃. 基于文化演化视角的项目团队内知识转移仿真研究[J]. 情报杂志, 2018, 37(1): 169.
- JU Jia, REN Xu, HAO Shengyue. Simulation research on knowledge transfer in the project team based on cultural evolution[J]. Journal of Intelligence, 2018, 37(1): 169.
- [13] 田博文, 田志龙. 网络视角下标准制定组织多元主体互动规律研究[J]. 管理学报, 2016, 13(12): 1775.
- TIAN Bowen, TIAN Zhilong. Exploring the multi-actor interaction mechanism of technology standardization in emerging industries from social network perspective; based on cases of IoT industry[J]. Chinese Journal of Management, 2016, 13(12): 1775.
- [14] 廖名岩, 曹兴. 协同创新企业知识势差与知识转移的影响因素[J]. 系统工程, 2018, 36(8): 51.
- LIAO Mingyan, CAO Xing. The influence factors of knowledge potential difference and knowledge transfer in collaborative innovation enterprises[J]. Systems Engineering, 2018, 36(8): 51.
- [15] 卢艳秋, 孙丹丹, 赵彬. 代际知识转移的关键影响因素识别研究[J]. 情报科学, 2020, 38(10): 90.
- LU Yanqiu, SUN Dandan, ZHAO Bin. Research on the identification of key influencing factors of intergenerational knowledge transfer[J]. Information Science, 2020, 38(10): 90.
- [16] 穆文奇. 智能技术赋能下工程项目知识转移理论框架及路径研究[J]. 情报科学, 2023, 41(5): 74.
- MU Wenqi. The theoretical framework and path of construction project knowledge transfer in condition of intelligent technology empowerment[J]. Information Science, 2023, 41(5): 74.
- [17] 许蕾, 丁荣贵. 协同创新项目组织特征与知识扩散: 网络嵌入视角[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(4): 11.
- XU Lei, DING Ronggui. Organizational characteristics and knowledge diffusion in collaborative innovation projects: a network embeddedness perspective[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2021, 38(4): 11.
- [18] 李宗浩, 王江, 曹楠, 等. 水厂建设项目后知识转移研究[J]. 给水排水, 2020, 46(10): 25.
- LI Zonghao, WANG Jiang, CAO Nan, et al. Research on knowledge transfer after water treatment plant construction project[J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(10): 25.
- [19] 王晓楠, 郭鹏. 偏好差异下的跨组织 R&D 项目网络多主体知识转移行为研究[J]. 工业工程与管理, 2021, 26(3): 72.
- WANG Xiaonan, GUO Peng. Research on knowledge transfer behavior among multi-agents of inter-organizational R & D project network based on preference difference[J]. Industrial Engineering and Management, 2021, 26(3): 72.
- [20] 尹聪慧, 余翔, 刘珊. 跨国 CCS 合作项目知识共享模式研究[J]. 科学学研究, 2015, 33(9): 1389.
- YIN Conghui, YU Xiang, LIU Shan. Knowledge sharing model in international CCS cooperation projects[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(9): 1389.
- 收稿日期:2023-05-06 修回日期:2023-06-20 出版日期:2025-06-10
Received:2023-05-06 Revised:2023-06-20 Published:2025-06-10
• 第一作者:朱梅,高级工程师, premieretx@yahoo.com
通信作者:胡文发,副教授, wenfahu@sina.com
• ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license