

基于 ISM 的高速铁路工程项目风险关系分析*

向鹏成^{1,2} 刘丹^{*,1}

(1. 重庆大学建设管理与房地产学院, 重庆 400045; 2. 重庆大学可持续建设国际研究中心, 重庆 400045)

摘要:为获知高速铁路工程项目风险间的关系,基于解释结构模型(ISM),提出一种分析高速铁路工程项目风险相互关系的方法。首先识别出高速铁路工程项目的 17 个风险因素,通过研究风险间的关系,建立邻接矩阵,利用 matlab 求得可达矩阵。然后根据风险的传导力和关联性进行层级划分,构建 ISM 图。最后在归类风险的基础上针对各类风险提出防范、治理措施。结果显示,高速铁路工程项目主要存在关联性风险和传导性风险,且各风险经过一定路径的传导放大,最终导致市场收益风险和公众风险的发生,一定程度上为项目管理者进行风险管理提供了方向,有助于提高风险管理的效率和质量。

关键词:高速铁路;风险;风险关系;解释结构模型;措施

中图分类号:U298 **文献标识码:**A **doi:**10.16507/j.issn.1006-6055.2016.02.036

Analysis on Relationship among Risks of High-Speed Railway Project Based on ISM*

XIANG Pengcheng^{1,2} LIU Dan^{*,1}

(1. Faculty of Construction Management & Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045;
2. International Research Center for Sustainable Built Environment, Chongqing University, Chongqing 400045)

Abstract:In order to explore relationship among risks of high-speed railway projects,an innovative method based on interpretative structural modeling(ISM) is proposed. Firstly,17 risk factors of high-speed railway projects are identified. An adjacent matrix is established through analyzing the relationship among these risk factors and a reachable matrix is obtained through matrix laboratory(matlab). Furthermore,an ISM is constructed according to the hierarchy structure of conductance and relevance of the risk factors. Finally,some recommendations on prevention and management measures for different types of risk on the basis of classified risk are put forward. Results indicate that there exist correlative risk and conductive risk in high-speed railway projects,which may lead to market yield risk and public risk if they are conducted and magnified through a certain path. This paper,in some degree,provides some valuable reference for project managers while conducting risk control and help improve the efficiency and quality of project risk control.

Key words:high-speed railways;risk;risk interrelations;interpretive structural modeling;measure

1 引言

近年来,随着“一带一路”、“高铁外交”等发展战略的提出,中国掀起了高速铁路工程项目建设的热潮。高速铁路是指运行时速在 250 公里以上的铁路系统,作为跨区域重大工程中的典型项目,具有投资规模大、建设周期长、技术复合度高、参与主体多、社会经济影响深远等特点^[1]。这些特点决定了高速铁路工程项目在建设和运营过程中面临的风险来源更广、因素更多,且风险间的关系更为复杂^[2]:Ren^[3]基于物理学概念认为风险间的相互关系主要

有独立、依赖、串联、并联四种;刘钧^[4]从多米诺骨牌理论、能量释放理论角度认为风险通过一定路径的传导,最终导致灾害的发生。因此,深入研究高速铁路工程项目风险间的关系,对于系统认识、防范、治理风险具有重要的理论意义和实践意义。

由于传统风险分析方法忽略了风险间客观存在的联系,使管理者无法全面认识风险,严重降低了风险管理的效率和质量^[5]。近年来,国内外一些学者利用贝叶斯网络(BNR)^[6,7]、质量功能图^[8]等方法分析风险间的关系,为决策者科学管理风险提供了依据,但这些方法无法清晰显示风险间的层次关系和传导路径。

解释结构模型(Interpretative Structural Modeling,ISM)是以定性分析为主,基于图论中的关联矩阵原理,将复杂系统分解为若干子系统,进而把模糊

2015-08-17 收稿,2015-10-13 接受,2016-04-25 网络发表

* 中央高校基本科研业务费(2015CDJXY),重庆市社会科学规划重点项目(2013ZDZZ02)资助

** 通讯作者,E-mail:1607217431@qq.com

不清的子系统转化为直观的结构关系模型^[9,10]。为此,本文引入解释结构模型的方法,确认并分析了高速铁路工程项目风险间的传导路径和层次关系,为项目管理者全面认识风险、高效管控风险奠定了基础。同时,按风险因素间的关联性和传导力进行层次划分,可以避免传统方法按可达集、先行集和共同集逐级划分层次的繁琐,大大简化了 ISM 方法,使其更加简单便于应用。

2 高速铁路风险因素识别

风险识别是分析风险间相互关系的前提,本文主要采用文献研究和案例推理来识别高速铁路工程项目的风险^[10]。一方面,限定期刊来源为 SCI、EI、CSSCI 等核心期刊,利用 CNKI、万方、Springer Link 等论文检索工具,通过输入“高速铁路(High-speed Railways)”、“风险(Risk)”等关键词,检索到大量相关文献,经过对比分析,从中选取 8 篇进行重点研究^[11-18];另一方面,为保证识别因素的全面性,同时选取国内外 16 个具有代表性的高速铁路工程项目,通过一手资料采集和二手资料收集进行案例风险因素分析^[19](表 1)。最终基于两种方法,共识别出 17

个高速铁路工程项目风险因素(表 2)。

3 ISM 的建立与实现

3.1 建立因素关系二元矩阵

为了分析高速铁路工程项目风险间的相互关系,选取 10 名来自相关领域的资深专家,采用德尔菲法,在进行 4 次函询、匿名反馈、整理归纳之后,对少量没有形成统一意见的风险关系,基于频次最大化原则确定其风险关系。最终得出所有风险两两间的关系,结合二元矩阵知识构建因素关系二元矩阵(表 3)。

3.2 建立邻接矩阵

为进一步分析高速铁路工程项目风险因素间的关系,需要构建邻接矩阵。邻接矩阵(A)是以 0 和 1 的形式显示两两风险间的关系程度,其中 1 表示因素间有关系,0 表示因素间无关系^[10]。基于风险因素二元关系矩阵,引入转换规则:①当 $i=j$ 时, $a_{ij} = a_{ji} = 1$;②当为 0 时, $a_{ij} = a_{ji} = 0$;③当为 V 时, $a_{ij} = 1$ 且 $a_{ji} = 0$;④当为 A 时, $a_{ij} = 0$ 且 $a_{ji} = 1$;⑤当为 X 时, $a_{ij} = a_{ji} = 1$,计算得邻接矩阵(表 4)。

表 1 16 个高速铁路工程项目基本信息

| 序号 | 高速铁路名称 | 项目基本概况 | 出现问题 |
|----|----------|--|---|
| 1 | 青藏铁路 | 2006 年运营,是全球海拔最高和最长的高原铁路。 | 自然条件恶劣如高原冻土、缺氧等;地势复杂;施工技术难度高;12 亿资金用于环保工程,增加了成本。 |
| 2 | 武广高速铁路 | 2009 年通车,全线约 1069 公里,投资总额 1166 亿元。 | 2012 年因质量通报整改;预算超支 480 亿元;运营期多次出故障晚点;相关地方官员挪用征地款。 |
| 3 | 中铁建沙特高铁 | 2009 年,沙特阿拉伯以 200 亿里亚尔与中铁建签约建设。 | 法律淡漠造成工期延误;合同选择错误造成 41 亿元巨亏;国内模式带入国外,产生恶劣影响。 |
| 4 | 沪宁高速铁路 | 2010 年通车,全线铺无砟轨道,是中国最繁忙的高铁。 | 高铁票价方案变动,造成网上舆论严重;运营方案变动,导致盈利前景堪忧。 |
| 5 | 京沪高速铁路 | 2011 年通车,建设里程长、投资大、标准高。 | 个别施工单位及个人转移挪用建设资金 1.87 亿元;运营期间多次出现供电设备故障。 |
| 6 | 京广高速铁路 | 2012 年试行,世界运营里程最长。 | 岩质软弱,隧道开挖过程中产生突水;采用 CA 砂浆灌注,技术难度大;专业接口多,界面配合难。 |
| 7 | 郑西高速铁路 | 2012 年运营,属我国“四横四纵”铁路规划中的一段。 | 拆迁问题导致工期延长;沿线 80% 区段覆盖失陷性黄土,技术难度高,工期、投资难以控制。 |
| 8 | 中吉乌高速铁路 | 位于中国边陲和中亚地区,2013 年项目可行性方案提交吉方。 | 因地缘政治影响,2013 年中吉项目陷入僵局;由于美国等国家的阻挠,签约计划推迟。 |
| 9 | 沪昆高速铁路 | 2014 年运营,是中国东西向线里程最长、经省最多的高铁。 | 2012 年被检使用的德国哈芬槽道不合格;因取消经过邵阳而爆发“保路运动”;因气温太低导致停工。 |
| 10 | 南广高速铁路 | 2014 年运营,全线长 577.1 公里,为双线电气化国家级铁路。 | 施工过程中因突水突泥地质灾害塌方;资金欠缺带来缓建停建。 |
| 11 | 杭黄高速铁路 | 2014 年开工,全线约 287 公里,投资估算 357 亿元。 | 设计变更明显,动工时间由 2013 年推至 2014 年且投资估算相应变化,工期投资均难以控制。 |
| 12 | 中铁建墨西哥高铁 | 中国在海外承建且完全采用中国标准,是中国走出去真正意义上的第一单。 | 2014 年墨方因政治因素毁约,导致中方费用损失惨重,影响国家高铁走出去战略。 |
| 13 | 中缅高速铁路 | 至今(2015)仍在建设,全长 1920 公里,将成为连接东南亚、南亚地区的国际大通道。 | 美国等国家的阻挠、缅甸人们以环保名义发起反抗活动等导致中缅项目中断,工期延误。 |
| 14 | 兰渝高速铁路 | 2015 年通车,全线 820 公里,项目估算总投资 829 亿元。 | 甘肃段地质构造复杂,工期延期一年;10.29 车辆刹车失灵造成翻车事故;多起流沙坍塌事故。 |
| 15 | 中巴高速铁路 | 至今(2015)尚未开工,建成将成为中国西部出境的唯一一条铁路。 | 穆斯林社会管理困难,冲突导火线;宗教情结过重带来社会不稳定。 |
| 16 | 京张高速铁路 | 预计 2018 年建成通车,全线 174 公里。 | 拆迁问题带来当地居民反对,使得开工延误,预计近期开工,2018 年竣工。 |

表2 高速铁路工程项目风险因素清单

| 类别 | 风险因素 | 风险因素说明 | 相关案例 |
|-----|---------------|---|---------------------|
| 社会类 | 政治风险(R1) | 相关政策的变动、现行法律法规不完善风险;管理人员理解性错误风险;政府换届风险等 | 3、5、6、8、12、15 |
| | 征地移民风险(R2) | 失去土地风险;无家可归风险;移民安置风险;边缘化风险;生产方式、民俗文化改变风险;失业风险等 | 7、9、15、16 |
| | 治安风险(R3) | 不法分子的破坏风险;民族宗教矛盾风险;战争风险等 | 5、9、13、15 |
| 经济类 | 资金风险(R4) | 融资风险;资金链断裂风险;投资估算错误风险等 | 2、6、11、12、13 |
| | 补偿风险(R5) | 补偿资金不到位风险;补偿制度不适用风险;补偿计算不合理风险等 | 9、10、16 |
| | 经济风险(R6) | 人工、材料等价格的变动风险;国内外价差风险;汇率、利率的变化风险;通货膨胀风险等 | 3、4 |
| | 市场收益风险(R7) | 运营期的竞争风险;客流量变化风险;票价变动风险;运营成本风险;运营期事故风险等 | 5、6、14 |
| 环境类 | 自然灾害风险(R8) | 地质灾害风险;水文风险;恶劣的气候条件风险;不可抗力风险等 | 1、6、9、10、14 |
| | 污染风险(R9) | 施工过程中设备噪声污染风险;施工垃圾处理不当带来的环境污染等 | 1、6、13 |
| | 生态破坏风险(R10) | 植被砍伐风险;动物生存环境变化风险等 | 1、13 |
| 工程类 | 合同风险(R11) | 合同条款不明确风险;合同的主体资格不符风险;合同纠纷风险;合同方式选择不当风险;合同变更风险等 | 2、3、6、9、15、16 |
| | 项目自身性质风险(R12) | 项目规模过大、复杂程度高,跨区域、跨国别等因素带来的其他潜在风险 | 1、3、6、7、8、12、14、15 |
| | 技术风险(R13) | 勘察设计风险;机车制动等设备故障风险;施工方案风险等 | 5、6、7、12、14 |
| | 组织管理风险(R14) | 管理人员技能风险;组织结构不合理风险;工程质量风险;工期延误风险;成本超支风险等 | 2、5、6、7、11、12、14、15 |
| 人员类 | 操作风险(R15) | 操作人员技能风险;职业素质风险等 | 6、7、14 |
| | 公众风险(R16) | 公众对项目的不认可风险;群体性事件风险等 | 4、13、15 |
| | 项目相关者风险(R17) | NGO、政府等对工程的阻碍风险;权力部门的腐败、审批低效风险;施工、监理、设计等相关方的协调风险等 | 2、8、15、12 |

表3 因素关系二元矩阵¹⁾

| 因素 | R17 | R16 | R15 | R14 | R13 | R12 | R11 | R10 | R9 | R8 | R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1 | O | V | O | O | V | O | V | O | V | O | V | V | V | V | V | V |
| R2 | O | V | V | O | O | A | O | O | O | A | O | O | V | V | V | |
| R3 | O | O | V | V | O | A | O | O | V | A | O | A | A | V | | |
| R4 | O | V | V | A | O | O | A | O | V | O | V | A | A | | | |
| R5 | O | V | O | O | O | A | O | A | O | O | V | O | | | | |
| R6 | V | V | V | V | V | V | V | O | O | O | V | | | | | |
| R7 | A | O | A | O | A | O | A | O | A | O | | | | | | |
| R8 | V | O | V | V | V | V | V | V | V | | | | | | | |
| R9 | A | V | A | A | O | O | O | A | | | | | | | | |
| R10 | O | V | O | O | O | X | O | | | | | | | | | |
| R11 | A | O | V | X | A | A | | | | | | | | | | |
| R12 | V | O | V | O | V | | | | | | | | | | | |
| R13 | A | O | V | V | | | | | | | | | | | | |
| R14 | A | V | O | | | | | | | | | | | | | |
| R15 | A | V | | | | | | | | | | | | | | |
| R16 | O | | | | | | | | | | | | | | | |

1) O——行、列因素间无影响;V——行对列因素有影响;A——列对行因素有影响;X——行、列因素互相有影响。

3.3 推算可达矩阵

由于邻接矩阵无法显示风险经过一定路径的传导所形成的间接联系,因此需要在邻接矩阵的基础上构建可达矩阵。可达矩阵是指借助矩阵形式表达各因素间的到达程度,能够全面反映风险网络中的各种关系^[20],其中,1表示从i因素到j因素至少存在一条可达路径,0表示不存在可达路径。基于布尔代数运算规则和推移律理论,借助matlab软件编程求得可达矩阵M⁽¹⁾(表5),其中Tr为传导力,表示某一风险传导影响其他风险的能力;Re为关联

性,表示两风险因素相互关联的程度。

3.4 重构可达矩阵

对于ISM的建立,传统步骤往往先基于可达矩阵求得各因素的可达集、先行集和共同集。然后寻找可达集和共同集中的相同因素,并将该因素作为最高级因素,划去其所在的行与列。继而依次从新可达矩阵中寻找相对最高级因素,同时划去其所在的行与列。最后按照划分后的级位对可达矩阵进行排序,画出ISM图。但当系统所含因素较多时,这个过程工作量较大。

表4 邻接矩阵 A

| 因素 | R17 | R16 | R15 | R14 | R13 | R12 | R11 | R10 | R9 | R8 | R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| R2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| R4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| R6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R8 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| R9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| R10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| R11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R12 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| R13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| R14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| R15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| R16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| R17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

表5 可达矩阵 M⁽¹⁾

| 因素 | R17 | R16 | R15 | R14 | R13 | R12 | R11 | R10 | R9 | R8 | R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 | Tr |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| R2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 10 |
| R3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| R4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 5 |
| R5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| R6 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| R7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| R8 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| R9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| R10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 10 |
| R11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 |
| R12 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| R13 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 |
| R14 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 7 |
| R15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| R16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| R17 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| Re | 1 | 5 | 8 | 13 | 7 | 2 | 16 | 1 | 15 | 4 | 12 | 5 | 6 | 9 | 14 | 15 | 7 | |

经过大量算例检验发现,风险因素级位的划分可由风险因素的传导力决定,即该风险的传导力越小其级别越高^[21]。当一种风险具有较大传导力时,意味着该风险级别较低,容易影响其他风险并造成风险链的形成,应作为风险管控中的重点。基于此,本文通过对可达矩阵 M⁽¹⁾ 中各行数字加和量化各因素的传导能力,然后根据传导力的大小将各风险因素从小到大、从上到下排序,然后将列因素按行因素排序,得到重构的可达矩阵 M⁽²⁾ (表6)。

根据调整后的可达矩阵 M⁽²⁾,将传导力相同的因素表示在解释结构模型图中的同一级,同时结合因素关系二元矩阵中因素间的相互关系,画出解释结构模型 (ISM) 图 (见图1)。

4 高速铁路风险因素的分类及分析

由于传导力和关联性是辨别风险大小的关键因素,本文以关联性为横坐标,传导力为纵坐标,对应可达矩阵中各风险因素的数值,将各风险因素标注于坐标系中,得到传导力和关联性的分布图 (图2)。

根据风险因素传导力和关联性的分布图,结合 ISM 分析方法,将高速铁路工程风险分为四类:

1) 忽略型风险 (I 象限): 关联性和传导力均较小。这类风险不易受其他风险影响,也不易影响其他风险,一定程度上具有独立性的特点。分布图显示,高速铁路工程项目不存在第一类风险,体现了高速铁路项目区别于一般项目的特殊性,即高速铁路

表6 调整后的可达矩阵 M⁽²⁾

| 因素 | R7 | R16 | R9 | R15 | R4 | R11 | R14 | R3 | R13 | R5 | R17 | R2 | R10 | R12 | R1 | R6 | R8 | Tr | 级别 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|----|------|
| R7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | (10) |
| R16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | (10) |
| R9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | (9) |
| R15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | (8) |
| R4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | (7) |
| R11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | (6) |
| R14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | (6) |
| R3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | (5) |
| R13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | (5) |
| R5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | (4) |
| R17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | (4) |
| R2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | (3) |
| R10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | (3) |
| R12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | (2) |
| R1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 15 | (1) |
| R6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 15 | (1) |
| R8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 15 | (1) |
| Re | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 9 | 8 | 6 | 7 | 7 | 5 | 4 | 5 | 1 | 2 | 1 | | |
| 级别 | (1) | (2) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (9) | (8) | (8) | (10) | (11) | (10) | (13) | (12) | (13) | | |

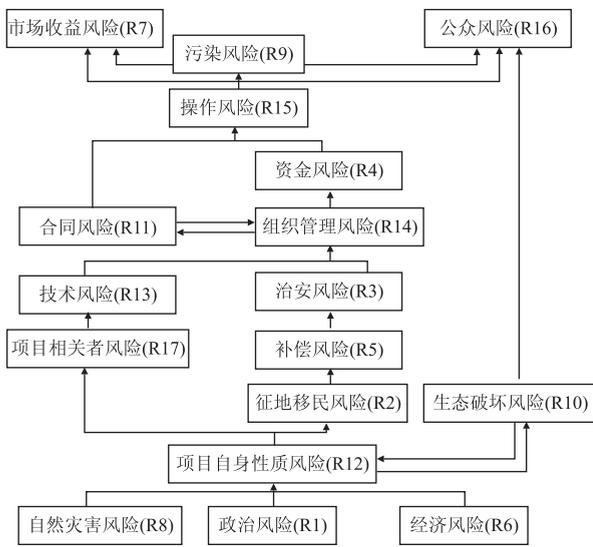


图1 高速铁路工程项目风险解释结构模型 (ISM) 图

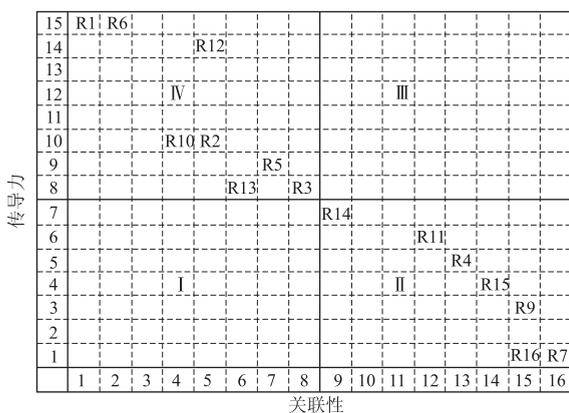


图2 传导力和关联性分布图(图中 R1 与 R8;R5 与 R17 重叠)
 风险来源广、数量多,大量的风险交织在一起必然产生风险间的关联与传导。因此,研究风险间的相互关系,对于进一步认识高速铁路工程项目的风险,准

确评估、合理管控风险均具有重要的意义。

2) 关联型风险(II 象限):较大的关联性和较小的传导力。分布图显示,R4、R7、R9、R11、R14~R16均属第二类风险。这类风险往往处于ISM图的上端,易受其他风险影响,却不易影响其他风险。对于R7(市场收益风险)、R9(污染风险)、R16(公众风险)这些处于解释结构模型图最上层的风险,其很大程度是因其他风险累积所致,同时几乎不会对其他风险造成影响,表明:高速铁路工程项目在建设和运营过程中,若对风险管理工作不到位,不仅会给社会、环境带来影响,也会造成经济上的损失,影响其可持续发展。但这些风险完全由其他风险导致,因此无需过多关注,应通过控制其他风险,进而防范与规避该类风险的发生。

对于 R4(资金风险)、R11(合同风险)、R14(组织管理风险)、R15(操作风险)这些处于解释结构模型图中间偏上的风险,其受其他风险影响较大,同时也较小程度地影响着其他风险。结合ISM图可以发现:这些风险发生后,无需较长的传导路径和时间便可导致市场收益风险、公众风险等的发生,给项目带来严重的经济损失。因此,管理者应重点关注这些风险,以事前管理为主,通过制定风险管控机制、做好风险防范措施,切断风险传导路径实现风险的防治,进而保证高速铁路工程项目的顺利完工与试车运营。

3) 难控型风险(III 象限):关联性和传导力均较强。这类风险不稳定,易受其他风险影响,也易影响其他风险,大大增加了工程项目失败的可能性。分

布图显示,高速铁路工程项目不存在这类风险,说明高速铁路在建设和运营中虽然存在较多的风险,但这些风险均可以通过一定途径或措施加以管控,一定程度上体现了高速铁路工程项目建设的可行性。

4)传导型风险(IV象限):较大的传导力和较小的关联性。分布图显示,R1~R3、R5、R6、R8、R10、R12、R13、R17均属于第四类风险。这类风险往往处于ISM图的中下端,不易受其他风险影响,却易影响其他风险,一定程度上具有风险源的属性。该类风险一旦发生,便会沿风险网络传导并对其他风险产生影响,为此,需要管理者给予足够的重视。一方面,做好应急计划和资金准备,当R2(征地移民风险)、R13(技术风险)等一旦发生便立即采取措施,以最大限度切断风险的传导路径,降低风险的传导范围;另一方面,由于该类风险如R6(经济风险)、R8(自然灾害风险)等具有一定的不可控性,管理者可通过合同或保险的方式将其转移出去。综合两种方法,高效地进行风险管控,确保高速铁路工程项目顺利完工试车运行,进而实现高速铁路工程项目的经济利益与社会效益。

5 结束语

随着中国加速迈进“高铁时代”,越来越多的高速铁路工程项目在中国及全世界范围内投资建设运营,从系统角度分析风险间的相互关系,利用风险关系防范治理风险,对于提高中国铁路建设水平、实施中国铁路“走出去”战略具有重要的现实意义。基于此,本文提出一种分析风险间关系的方法,即在识别风险因素基础上,运用简化的ISM分析风险因素间的关系,在聚类的思想下归类风险,并针对每类风险提出防范、治理措施,大大提高了高速铁路工程项目风险管理的效率与质量。但由于该方法只从定性的角度分析风险间的相互关系,没有量化清晰显示风险间的影响程度。因此,结合其他算法如神经网络^[22]、复杂网络^[23]等建立量化模型,将作为后续研究工作的重点。

参考文献

- [1] 向鹏成,董东. 跨区域重大工程项目风险相互关系的社交网络分析[J]. 世界科技研究与发展,2014,36(6):674-680.
- [2] MATTHEW H, BEHZAD E, PAUL C. Safety risk interactions among highway construction work tasks [J]. Construction Management and Economics,2011,(29):417-429.
- [3] REN H. Risk Lifecycle and Risk Relationships on Construction Projects [J]. International Journal of Project Management,1994,12(2):68-74.
- [4] 刘钧. 风险管理概论[M]. 北京:中国金融出版社,2005.
- [5] MARLE F, VIDAL L A, BOCQUET J C. Interactions-based risk clustering methodologies and algorithms for complex project management [J]. International Journal of Production Economics,2013,142(2):225-234.
- [6] 林志红,项伟. 基于贝叶斯正则化BP神经网络的沙土地震液化研究[J]. 安全与环境工程,2011,18(2):23-27.
- [7] LEU S, CHANG C. Bayesian-network-based safety risk assessment for steel construction projects [J]. Accident Analysis and Prevention,2013,05(54):122-133.
- [8] MARTIN P, RICHARD T, JAY M T, et al. The Application Of QFD Methodology For Mapping Risk Interactions In Project Planning [J]. Insights to a Changing World Journal,2011,3(3):316-334.
- [9] IYER K C, SAGHEER M. Hierarchical Structuring of PPP Risks Using Interpretive Structural Modeling [J]. Journal of Construction Engineering and Management,2010,136(2):151-159.
- [10] CARON F, VANTHIENEN J, BAESENS B. Comprehensive rule-based compliance checking and risk management with process mining [J]. Computers in Industry,2013,64(4):464-475.
- [11] 周国华,彭波. 基于贝叶斯网络的建设项目质量管理风险因素分析——以京沪高速铁路建设项目为例[J]. 中国软科学,2009,24(9):99-106.
- [12] 曾群伟. 高铁建设项目安全风险分析及对策研究[J]. 安全与环境工程,2012,19(1):65-68.
- [13] 张春学. S 高铁 SD 标段施工风险管理研究[D]. 长春:吉林大学,2014.
- [14] 蓝燕强. 高速铁路施工项目风险控制研究[D]. 成都:西南交通大学,2012.
- [15] 陈榕. 京沪高铁项目全生命周期风险管理[D]. 邯郸:河北工程大学,2014.
- [16] FAIRLEY V M. Applying a risk management process to management cost risk of EHN transmission line project [J]. Cost Engineering,1999,17(4):223-235.
- [17] MA Y, MA Z, FAN Y. Study on the optimization of wind sensor distribution along high-speed railways [J]. China Science and Technology Information,2010,11(21):304-312.
- [18] LU I F, GUO S J. Construction project management and insurance program for Taiwan high speed rail project [J]. Leadership and Management in Engineering,2011,11(1):45-56.
- [19] 宋金波,宋丹荣,姜珊. 垃圾焚烧发电 BOT 项目的关键风险:多案例研究[J]. 经济与金融,2012,24(9):40-48.
- [20] 于凤玲,周智勇,周扬,等. 基于解释结构模型东莞市土地生态安全评价分析[J]. 世界科技研究与发展,2013,(5):270-274.
- [21] 宋英. 汽车逆向物流障碍因素的ISM分析[J]. 东南大学学报,2007,11(增):445-450.
- [22] 陈帆,谢洪涛. 基于粗糙集和RBF神经网络的地铁施工安全风险评估[J]. 安全与环境学报,2013,13(4):232-235.
- [23] FANG C, MARLE F. Dealing with project complexity by matrix-based propagation modeling for project risk analysis [J]. Journal of Engineering Design,2013,24(4):239-256.