

基于 DEMATEL-ISM 的隧道施工塌方事故影响因素分析

刘桂权¹ 彭福淋²

(1. 湖南省交建工程集团有限公司, 湖南 株洲 412007; 2. 中冶长天国际工程有限责任公司, 湖南 长沙 410205)

摘要:隧道施工塌方事故由于水文地质条件的复杂多变、施工技术难度大等问题,导致隧道施工塌方事故发生的影响因素之间的层级作用关系不清。在文献研究和专家调查的基础上,按照建模步骤构建 DEMATEL-ISM 模型,通过 DEMATEL 可以估计隧道施工塌方事故各影响因素的影响程度,并且 ISM 可以将隧道施工塌方影响因素之间的层级关系清晰展示,从而找出造成隧道施工塌方事故的直接因素、间接因素和根本因素,以及各影响因素之间的作用关系。

关键词:隧道工程;塌方事故;影响因素;DEMATEL-ISM 模型

中图分类号:TB

文献标识码:A

doi:10.19311/j.cnki.1672-3198.2020.30.070

0 引言

截至 2019 年末,全国建成运营铁路隧道 16084 座,总长约 18041km,全国建成运营公路隧道 19067 座,总长度为 18966.6km。在隧道施工大规模建设的同时,矿山[2017]41 号文指出,2013 年—2017 年我国发生隧道施工事故 39 起,导致 107 人死亡,204 人受伤,隧道施工安全生产问题突出。而隧道施工塌方事故是隧道施工事故类型中最为常见,张军伟对 89 起隧道施工事故统计发现塌方事故占隧道事故总数的 55.06%。目前虽然对于隧道施工塌方事故研究也越来越多,但对于隧道施工塌方事故影响因素的层级划分和作用关系界定还很少。本文综合运用决策试验和评价实验法(DEMATEL)与解释结构方程模型(ISM)两种方法,探讨隧道施工塌方事故的影响因素以及因素之间关联关系。

1 隧道施工塌方事故影响因素提取

造成隧道施工塌方事故的影响因素有很多,许多学者对隧道施工塌方事故展开了研究。翟友成(2016)认为隧道塌方风险来源于工程地质、岩体结构特性、隧道结构特性、开挖、支护等方面,运用非线性模糊评价理论评判了隧道施工整体的塌方风险;王迎超(2016)在统计分析的基础上,筛选出隧道施工塌方主要影响因素,发现地下水以及隧道围岩情况对塌方的影响最大;孟超(2018)综合运用 ISM 和信息熵的方法对隧道塌方风险进行分析,研究表明开挖方式的选择、地下水的发育程度、不良地质是隧道施工塌方的关键致因;刘灿(2020)将隧道施工塌方影响因素细分为 12 个,研究发现降雨量、隧道跨度、围岩级别、隧道埋深是隧道施工塌方的关键因素。

结合已有的隧道施工塌方研究成果,将统计文献中频数大于 2 次的因素作为备选因素,按照风险产生的根源将隧道施工塌方影响因素分为四类,分别是人员及施工安全管理、施工质量、施工影响、水文地质因素,建立如下隧道施工塌方事故影响因素体系,如图 1。

2 隧道施工塌方事故影响因素 DEMATEL-ISM 模型构建

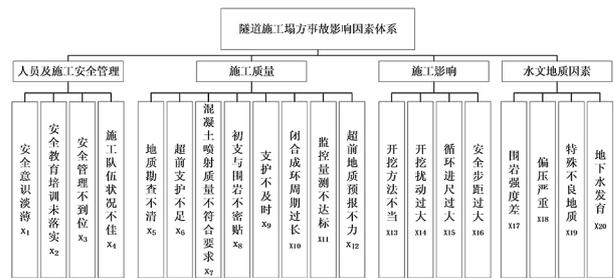


图 1 隧道施工塌方事故影响因素体系

综合运用 DEMATEL 和 ISM 两种研究方法可以得到系统因素之间影响程度以及系统内部层次结构。

按照以下步骤构建模型:

(1)确定隧道施工塌方事故的影响因素,对隧道施工塌方事故影响因素进行编号,表示为 x_i ($i=1,2,3,\dots$)。

(2)根据专家意见,建立直接影响矩阵 $X = (a_{ij})_{n \times n}$,在直接影响矩阵 X 中, a_{ij} 表示的是隧道施工塌方影响因素之间影响的强弱程度,其取值分为 0、1、

$$2, 3, a_{ij} = \begin{cases} 3 & x_i(x_j) \text{ 对 } x_j(x_i) \text{ 有高影响} \\ 2 & x_i(x_j) \text{ 对 } x_j(x_i) \text{ 有中影响} \\ 1 & x_i(x_j) \text{ 对 } x_j(x_i) \text{ 有低影响} \\ 0 & x_i(x_j) \text{ 对 } x_j(x_i) \text{ 无影响} \end{cases}$$

(3)规范化矩阵 W 是由矩阵 X 按照如下计算式计算得到:

$$W = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij}} X$$

(4)对矩阵 W 进行如下运算: $B = \lim_{l \rightarrow \infty} (W + W^2 + \dots + W^l) = W(I - W)^{-1}$,得到矩阵 B 即综合影响矩阵 $B = (b_{ij})_{n \times n}$,综合影响矩阵 B 可以反映隧道施工塌方影响之前的作用关系,以及影响程度的大小。

(5)得到综合影响矩阵 B 之后,就可以进一步对隧道施工塌方影响因素之前的关系进行分析。对于影响度 D 可以按下式进行计算:

$$D_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n)$$

