

# Risk Assessment of Urban Underground Utility Tunnel Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Lei Kang

College of Information Technology, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi  
Email: 18829287036@163.com

Received: Apr. 15<sup>th</sup>, 2019; accepted: Apr. 29<sup>th</sup>, 2019; published: May 6<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

As an integrated urban resource transportation system, the underground utility tunnel brings convenience to the live of urban residents, and there are also hidden dangers of security risks that cannot be ignored. There are many factors that affect the safety of urban underground utility tunnel, and these factors have the characteristics of fuzziness and uncertainty. Based on the actual situation and considering the various factors, this paper constructs a risk assessment index system of urban underground utility tunnel, which includes 6 primary indicators and 25 secondary indicators. And the analytic hierarchy process and fuzzy comprehensive evaluation method were combined to evaluate the safety of the utility tunnel. Finally, a case is given to prove the feasibility and effectiveness of the method.

## Keywords

Urban Utility Tunnel, Fuzzy Comprehensive Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Risk Assessment

---

# 基于模糊层次分析法的城市地下综合管廊风险评估

康 蕾

江西财经大学, 信息管理学院, 江西 南昌  
Email: 18829287036@163.com

收稿日期: 2019年4月15日; 录用日期: 2019年4月29日; 发布日期: 2019年5月6日

## 摘要

地下综合管廊作为城市综合资源运输系统,在为城市居民的生活带来便捷的同时,也存在着不容忽视的安全风险隐患。影响城市地下综合管廊安全的因素众多,且这些因素具有模糊性和不确定性的特点。本文从实际出发,充分考虑各方面影响因素,构建了一个包含6个一级指标和25个二级指标的城市地下综合管廊风险评估指标体系,并将层次分析法和模糊综合评价法相结合对综合管廊的安全性进行评估。最后通过一个案例证明了该方法的可行性和有效性。

## 关键词

城市综合管廊, 模糊综合评价, 层次分析法, 风险评估

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

截至 2014 年,全世界城市居民人口数量已经占到总人口数量的 54%,且预测到 2020 年我国城市化水平将达到 55.44%,2050 年世界城市人口比例将高达 66% [1]。随着城市化进程的不断推进,大量人口在城市集聚,使得城市的服务功能不断拓展,此时,建设城市地下综合管廊以满足民生需求显得尤为重要。城市地下综合管廊是建设于城市道路地下空间的为满足城市生产和生活所需的包含供水、供热、供电和通讯等市政管线的综合构筑物,对现代化城市而言是重要的资源运输系统和公共服务的重要组成部分[2] [3]。综合管廊在为居民提供便利的同时,也由于其自身结构和外界环境的复杂存在着较多的安全隐患,威胁着人们的生命健康。因此,对城市地下综合管廊进行风险评估,确保其安全运营十分重要。

目前,由于我国进行城市地下综合管廊建设的时间并不长,所以开展城市地下综合管廊风险研究的时间也较短。对城市地下综合管廊进行系统全面的风险辨识并定量评估其安全水平的研究成果较少。林俊等[4]基于 CFD 数值分析理论建立了综合管廊火灾模型,为综合管廊建设中的防火分区设置提供建议;陈雍君等[5]构建了基于贝叶斯网络的风险评估模型评估综合管廊的运维风险;刘柯汝[6]基于灰色关联理论构建了地下综合管廊施工安全风险评价模型。影响综合管廊的安全因素众多,这些影响因素通常难以被量化且具有模糊和不确定性,故本文拟采用模糊层次综合评价模型对综合管廊安全进行评估。模糊综合评价可以在评价过程中有效地将定性问题定量化,而且使用层次分析法求取权重时相较于传统的专家决策法更具客观性,两者的结合可使评价结果更为科学和准确[7]。

## 2. 城市地下综合管廊风险评估指标体系的构建

城市地下综合管廊是一个复杂的综合体,除了管廊廊体本身结构以及内部管线以外,它还包含了一些附属结构以及与之密切相关的外部道路结构和周围环境因素等[8]。这些因素共同制约着地下综合管廊的安全状况,所以对地下综合管廊进行风险评估时,需要综合考虑各种影响因素。通过查阅资料,向专家咨询,以及对综合管廊事故统计分析的基础上,将影响综合管廊安全的风险源根据其特点进行分类,形成了基于层次分析的地下综合管廊风险评估指标体系,如图 1。在该层次结构中,目标层为城市地下综合管廊风险水平,准则层包含廊体健康、管线自身安全、内部环境、外部环境、附属设施安全和人为

因素 6 个一级因素，其下属指标层包含 25 个二级因素。

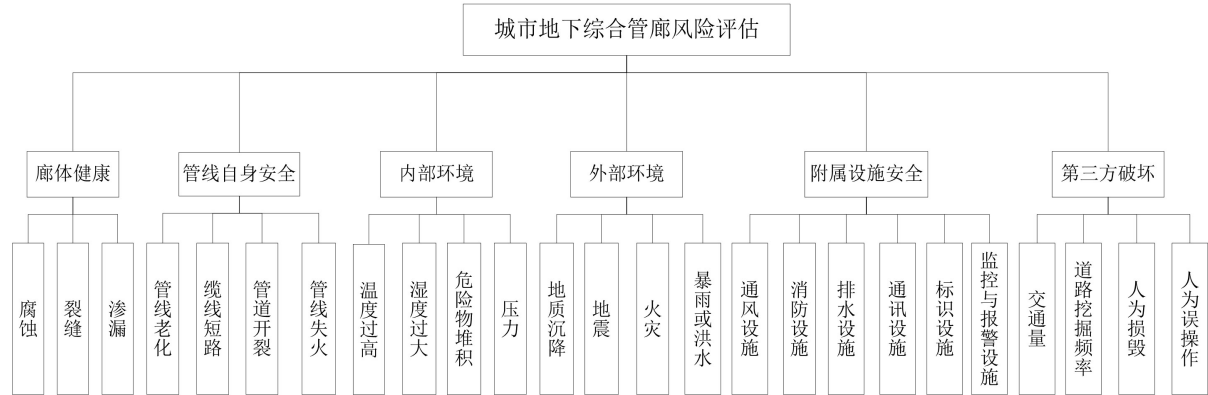


Figure 1. The risk assessment index system of urban underground utility tunnel

图 1. 城市地下综合管廊风险评估指标体系

1) 廊体健康

城市地下综合管廊廊体本身属于构筑物，所以在其使用期间可能自身会出现一些问题从而引发灾害事故，对整个管廊的运行产生安全隐患。制约廊体本身健康的因素又可以划分为腐蚀、裂缝、渗漏。

2) 管线自身安全

管线是地下综合管廊的重要组成部分，管线分为供水、供电、供热、供暖等多种管道，不同的管线集中起来会产生较大的安全风险。本文将管线自身安全因素划分为管线老化、缆线短路、管道开裂、管线失火等因素。

3) 内部环境

综合管廊是多种管线的集合体，温度、湿度、堆积物等内部环境因素都会对管廊廊体及其内部管线产生影响。这些内部影响因素具体表现为温度过高、湿度过大、危险堆积物和压力。

4) 外部环境

综合管廊深埋于地下，外部环境以及一些自然灾害作为不可避免的因素也影响着其稳定性，决定综合管廊是否能安全运营。这些外部环境因素可以划分为地质沉降、地震、火灾、暴雨或洪水等。

5) 附属设施安全

地下综合管廊的安全运营也与其附属设施安全息息相关，管廊附属设施包括通风设施、标识设施、排水设施、消防设施、通讯设施和监控与报警设施。

6) 第三方破坏

地下综合管廊依附于城市道路建设，复杂的道路环境同样影响着管廊安全，第三方的破坏不可避免。这些因素包括地面活动情况(交通量)、道路挖掘频率、人为损毁和人为误操作。

3. 模糊层次综合评价法

模糊层次分析法是将模糊综合评价法和层次分析法相结合而形成的一种评价方法。由于评价过程中涉及到的因素较多，该方法首先将各种评价因素按照一定的规则进行分类，形成一种包含目标层、准则层和指标层的三层评价体系。然后使用层次分析法计算各个属性的权重，并根据每个因素的隶属度构建相应的模糊关系矩阵(评价矩阵)。最后将多层的属性权重和评价矩阵相结合通过矩阵运算得出最终的评价结果。模糊层次分析法使用模糊数学理论将定性评价转化为定量评价，使评价结果更为清晰和准确。

### 3.1. 建立数学评价模型

根据评价目标划分各级评价因素，将准则层因素集表示为  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ，代表一级评价指标。对一级评价指标进一步划分，表示为指标层的子因素集  $U_n = \{u_{n1}, u_{n2}, \dots, u_{nm}\}$ ， $u_i$  表示准则层中的第  $i$  个因素，它由指标层中的  $m$  个子因素决定， $u_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$  表示一级指标  $i$  下的二级指标  $j$ 。确定评价集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_l\}$ ，评价集表示评价对象可能得到的评价结果的一个集合。

### 3.2. 采用层次分析法求权重

层次分析法是一种将定性和定量相结合的、系统化、层次化的分析方法。其主要思想可以总结为：将各个因素按照一定标准自上而下划分为递阶层次结构，然后在同一层中对各个因素的重要程度进行两两比较建立判断矩阵，最终根据一致性检验结果确定指标权重[9] [10]。主要步骤总结如下：

**Step 1:** 建立递阶层次结构。将与实际问题有关的因素分解成若干层次，最上层为目标层，中间依次为准则层和指标层，最下层为方案或对象层。

**Step 2:** 构造层次模型中的判断矩阵。对准则层中的各个因素使用成对比较法和 Satty 提出的 9 点标度法构造出成对判断矩阵，记为  $A$ 。同样对于下一级指标层中隶属于准则层中每个因素的同一层诸因素也使用该方法构造出所有的判断矩阵，记为  $B_i$ 。两两指标进行比较的 9 级标度含义表示如表 1 所示。

Table 1. 9-level scale meaning of the judgment matrix

表 1. 判断矩阵 9 级标度含义

标度 $u_{ij} = u_i/u_j$	含义
1	$u_i$ 与 $u_j$ 同样重要
3	$u_i$ 比 $u_j$ 稍微重要
5	$u_i$ 比 $u_j$ 明显重要
7	$u_i$ 比 $u_j$ 强烈重要
9	$u_i$ 比 $u_j$ 极端重要
2、4、6、8	$u_i$ 比 $u_j$ 的重要性是上述相邻标度的中间值
倒数	$u_j/u_i$

其中， $u_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n)$  表示因素  $u_i$  相对于因素  $u_j$  的重要程度。构造的判断矩阵形式为：

$$A = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & u_{nn} \end{bmatrix}$$

**Step 3:** 计算判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{\max}$  以及其相应的特征向量，对特征向量进行归一化处理得到权重向量  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。同样可以得到指标层二级权重向量  $W_n = (w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nm})$ 。

**Step 4:** 检验判断矩阵的一致性。计算矩阵的一致性比率  $CI$ ：

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)RI} \tag{1}$$

其中， $CI$  表示判断矩阵的一致性指标， $\lambda_{\max}$  表示最大特征值， $n$  表示判断矩阵的阶数， $RI$  表示平均随机一致性指标， $RI$  的取值参考表 2。如果一致性比率  $CR < 0.1$  时，认为判断矩阵的一致性是可以接受的，

以上求出的权重向量可行；如果一致性检验不通过，需要调整或重新构造判断矩阵，直到满足一致性要求为止。

**Table 2.** The average random consistency indicator *RI*  
**表 2.** 平均随机一致性指标值 *RI*

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i> 值	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

### 3.3. 构建评价矩阵

对指标层中的因素  $u_{ij}$  进行评价，即建立每个二级评级指标与评价集之间的模糊关系矩阵，也称隶属度矩阵，记为  $R_i$ 。 $R_i$  中的元素  $r_{jk}$  表示一级评价指标  $u_i$  下的二级评价指标  $u_{ij}$  对评价结果  $v_k$  ( $k = 1, 2, \dots, l$ ) 的隶属程度。隶属度的确定可以采用专家决策的方法或者选取适当的隶属度函数求出。

### 3.4. 模糊层次综合运算

将各层次的评价矩阵与权重向量合成。首先，对每个  $u_i$  下的二级评价指标对应的评价矩阵及其权重相乘，得到准则  $u_i$  的模糊综合评价向量  $M_i$ ：

$$M_i = W_i \bullet R_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im}) \bullet \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1l} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{ml} \end{bmatrix} = (m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{il}) \quad (2)$$

然后将上述求出的各个一级指标的模糊综合评价向量进行组合，形成一级指标的模糊关系矩阵，记为  $M$ 。

$$M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1l} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nl} \end{bmatrix}$$

将一级评价矩阵与其权重向量相乘，得到总体评价向量  $N$ ：

$$N = W \bullet M = (w_1, w_2, \dots, w_n) \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1l} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nl} \end{bmatrix} = (n_1, n_2, \dots, n_l) \quad (3)$$

最后根据模糊综合评价隶属度最大原则，评价对象的最终评定结果为  $n_{\max} = \max \{n_1, n_2, \dots, n_l\}$ 。

## 4. 实例分析

随着社会的不断发展和人们生活水平的提高，人们对于“舒适”、“便捷”、“智能”的生活方式的追求越来越强烈。然而在实际的城镇化建设过程中却出现了很多问题，对人们生活造成了诸多不便。比如，鉴于城市生活的需要，越来越多类型的管线需要投入铺设、升级换代等，这就造成了对城市地面的反复开挖，形成了各式各样的“牛皮癣”马路；加之不同的管线在铺设时并非统一建设，而是各自为政，造成一定的安全隐患。为了解决这一问题，实现“城市让生活更美好”的愿望，建设城市地下综合管廊逐渐进入人们的视野。近些年来，随着我国城镇化进程的加快，越来越多的城市加入到了地下综合

管廊的建设中。城市地下综合管廊已经高度的融入到了人们的生活。鉴于此，对于城市地下综合管廊的安全运行问题的关注和研究，就显得愈发的重要。本文就基于对层次分析法和模糊综合评价的研究，以江西省南昌市某一段地下综合管廊为研究对象，运用所提出的方法对其运行的安全性进行综合评估，并提出相关的政策建议，以便于其更好的服务于人们的生活。

### 4.1. 建立评价模型

本文针对城市地下综合管廊风险评估构建了包含 6 个一级指标和 25 个二级指标的层次结构模型，如图 1 所示，并将评价结果划分为 5 个风险等级，建立相应评价集  $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{\text{很低, 较低, 一般, 较高, 很高}\}$ 。风险等级为“很低”表示城市地下综合管廊防护措施很好，处于安全状态；“较低”表示处于比较安全的状态；“一般”代表综合管廊可以基本能够满足运行要求，但防护措施还需要进一步完善；“较高”代表综合管廊会出现事故，需要加强管理和防护；“很高”代表综合管廊会出现重大事故，已经不能正常运行，需要立刻停止工作。

### 4.2. 计算各级指标权重向量

在使用层次分析法计算权重时，为了使评价结果更为科学合理，通过向几位具有丰富经验的城市地下综合管廊设计、运行与维护的专家进行咨询和问卷调查，构建了所有因素的判断矩阵。其中，6 个一级指标构成的判断矩阵  $A$  为：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 4 & 5 & 4 \\ 1 & 1 & 2 & 5 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 3 & 6 & 4 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 1 & 3 & 1 \\ 1/5 & 1/7 & 1/6 & 1/3 & 1 & 1/4 \\ 1/4 & 1/5 & 1/4 & 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

使用 Matlab 软件计算出判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{\max} = 6.2742$  及其对应的特征向量。然后进行一致性检验，由于该判断矩阵为 6 阶方阵，故  $n$  取值为 6，由表 2 可知  $RI$  取值为 1.24。此时根据一致性比率的计算公式可得： $CR = CI/RI = (\lambda_{\max} - n) / [(n-1)RI] = (6.2742 - 6) / [(6-1) * 1.24] \approx 0.044$ ，由于  $CR < 0.1$ ，所以一致性检验通过，则最大特征值对应的特征向量归一化后就是这 6 个一级指标对应的权重向量，即  $W = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6) = (0.312, 0.317, 0.188, 0.073, 0.034, 0.076)$ 。同样地，可以计算出指标层各个判断矩阵  $B_i (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$  中所有二级指标的权重，结果为：

$$\begin{aligned} W_1 &= (w_{11}, w_{12}, w_{13}) = (0.400, 0.400, 0.200); \\ W_2 &= (w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{24}) = (0.196, 0.073, 0.196, 0.535); \\ W_3 &= (w_{31}, w_{32}, w_{33}, w_{34}) = (0.469, 0.137, 0.079, 0.315); \\ W_4 &= (w_{41}, w_{42}, w_{43}, w_{44}) = (0.080, 0.648, 0.139, 0.133); \\ W_5 &= (w_{51}, w_{52}, w_{53}, w_{54}, w_{55}, w_{56}) = (0.218, 0.267, 0.128, 0.098, 0.116, 0.173); \\ W_6 &= (w_{61}, w_{62}, w_{63}, w_{64}) = (0.307, 0.519, 0.120, 0.054)。 \end{aligned}$$

### 4.3. 建立综合评价矩阵

评价矩阵的确定采用专家决策法，通过向 15 位城市地下综合管廊维护与评价方面的专家进行问卷调查，得出二级评价指标与评价集之间的隶属度矩阵，如表 3 所示。

**Table 3.** The risk fuzzy evaluation table of urban underground utility tunnel  
**表 3.** 城市地下综合管廊风险模糊评价表

一级指标	权重 $W$	二级指标	权重 $W_n$	评价矩阵 $R_i$				
				$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$
廊体健康 $u_1$	0.312	腐蚀 $u_{11}$	0.400	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
		裂缝 $u_{12}$	0.200	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
		渗漏 $u_{13}$	0.200	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
管线自身安全 $u_2$	0.317	管线老化 $u_{21}$	0.196	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1
		缆线短路 $u_{22}$	0.073	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0
		管道开裂 $u_{23}$	0.196	0.1	0.2	0.4	0.3	0.0
		管线失火 $u_{24}$	0.535	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
内部环境 $u_3$	0.188	温度过高 $u_{31}$	0.469	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
		湿度过大 $u_{32}$	0.137	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
		危险物堆积 $u_{33}$	0.079	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
		压力 $u_{34}$	0.315	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0
外部环境 $u_4$	0.073	地质沉降 $u_{41}$	0.080	0.1	0.2	0.4	0.3	0.0
		地震 $u_{42}$	0.648	0.0	0.1	0.3	0.4	0.2
		火灾 $u_{43}$	0.139	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1
		暴雨或洪水 $u_{44}$	0.133	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1
附属设施安全 $u_5$	0.034	通风设施 $u_{51}$	0.218	0.0	0.1	0.4	0.3	0.2
		消防设施 $u_{52}$	0.267	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
		排水设施 $u_{53}$	0.128	0.2	0.2	0.3	0.3	0.0
		通讯设施 $u_{54}$	0.098	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0
		标识设施 $u_{55}$	0.116	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
		监控与报警设施 $u_{56}$	0.173	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1
第三方破坏 $u_6$	0.076	交通量 $u_{61}$	0.307	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
		道路挖掘频率 $u_{62}$	0.519	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1
		人为损毁 $u_{63}$	0.120	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
		人为误操作 $u_{64}$	0.054	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1

#### 4.4. 模糊综合评价

根据表 3，将  $u_1$  下二级指标相应的权重向量与其隶属度矩阵相乘，得到准则  $u_1$  的模糊综合评价向量  $M_1$ ：

$$M_1 = W_1 \cdot R_1 = (0.400, 0.400, 0.200) \cdot \begin{bmatrix} 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix} = (0.18, 0.24, 0.24, 0.2, 0.14)$$

同理可得其它一级指标的模糊综合评价向量：

$$M_2 = (0.1608, 0.2608, 0.3196, 0.1857, 0.0731),$$

$$M_3 = (0.1096, 0.2178, 0.3178, 0.2452, 0.1096),$$

$$M_4 = (0.0352, 0.1352, 0.3213, 0.3515, 0.1568),$$

$$M_5 = (0.1222, 0.2263, 0.3391, 0.2132, 0.0992),$$

$$M_6 = (0.2029, 0.2946, 0.3158, 0.1174, 0.0693).$$

将以上求出的 6 个一级指标的模糊综合评价向量组合成一级指标的模糊关系矩阵  $M$  :

$$M = \begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \\ M_4 \\ M_5 \\ M_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1800 & 0.2400 & 0.2400 & 0.2000 & 0.1400 \\ 0.1608 & 0.2608 & 0.3196 & 0.1857 & 0.0371 \\ 0.1096 & 0.2178 & 0.3178 & 0.2452 & 0.1096 \\ 0.0352 & 0.1352 & 0.3213 & 0.3515 & 0.1568 \\ 0.1222 & 0.2263 & 0.3391 & 0.2132 & 0.0992 \\ 0.2029 & 0.2946 & 0.3158 & 0.1174 & 0.0693 \end{bmatrix}$$

一级指标的权重向量为  $W = (0.312, 0.317, 0.188, 0.073, 0.034, 0.076)$ ，将权重向量与模糊关系矩阵相乘得到总体评价向量  $N$  :

$$N = W \cdot M$$

$$= (0.312, 0.317, 0.188, 0.073, 0.034, 0.076) \cdot \begin{bmatrix} 0.1800 & 0.2400 & 0.2400 & 0.2000 & 0.1400 \\ 0.1608 & 0.2608 & 0.3196 & 0.1857 & 0.0371 \\ 0.1096 & 0.2178 & 0.3178 & 0.2452 & 0.1096 \\ 0.0352 & 0.1352 & 0.3213 & 0.3515 & 0.1568 \\ 0.1222 & 0.2263 & 0.3391 & 0.2132 & 0.0992 \\ 0.2029 & 0.2946 & 0.3158 & 0.1174 & 0.0693 \end{bmatrix}$$

$$= (0.1486, 0.2336, 0.2834, 0.1966, 0.0905)$$

此时，根据最大隶属度原则，综合管廊的风险评估结果为“一般”，即南昌市该段城市地下综合管廊基本能够满足运行要求，但还需要不断加强防护，进一步提高安全性。

## 5. 结论

影响城市地下综合管廊安全风险的因素错综复杂，具有一定的模糊性和不确定性。本文将这些影响因素整理分类，形成了包括廊体健康、管线自身安全、内部环境、外部环境、附属设施安全以及第三方破坏 6 个一级指标和其下 25 个二级指标的多层评价体系，并使用层次分析法求解各个指标的权重，在此基础上运用模糊综合评价法对江西省南昌市的某段城市地下综合管廊进行了安全评估。通过实例证明了该方法具有较强的可行性、实用性和有效性，层次分析法和专家决策法也在一定程度上提高了评估结果的客观性和可靠性。管理和维护人员可以根据评价过程中求出的指标权重，合理分析出城市地下综合管廊运营过程中出现安全风险的主要原因和存在的问题，为后续综合管廊的进一步维护提供参考依据。本文构建的评价指标体系有待进一步完善，今后可以结合综合管廊事故具体实例，建立更完整的综合管廊风险评估指标体系。

## 参考文献

- [1] 王崇锋, 张古鹏. 我国未来城市化发展水平预测研究(2010-2020) [J]. 东岳论丛, 2009, 30(6): 131-133.



- 
- [2] 孙云章. 城市地下管线综合管廊项目建设中的决策支持研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [3] 王军, 陈欣盛, 李少龙, 等. 城市地下综合管廊建设及运营现状[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 35(2): 101-109.
- [4] 林俊, 丛北华, 韩新, 等. 基于 CFD 模拟分析的城市综合管廊火灾特性研究[J]. 灾害学, 2010, 25(b10): 374-374.
- [5] 陈雍君, 李宏远, 汪雯娟, 等. 基于贝叶斯网络的综合管廊运维灾害风险分析[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(6): 2109-2114.
- [6] 刘柯汝. 城市地下综合管廊的施工安全风险评价[J]. 价值工程, 2018(31): 110-111.
- [7] 韩利, 梅强, 陆玉梅, 等. AHP - 模糊综合评价方法的分析与研究[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(7): 86-89.
- [8] 朱嘉. 城市综合管廊安全风险辨识及评价体系研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
- [9] 邓雪, 李家铭, 曾浩健, 等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- [10] 郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 148-153.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-1476, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [orf@hanspub.org](mailto:orf@hanspub.org)