

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.07.057

基于层次分析法和综合指数法的隧道夹空层空间适宜性分区研究

王海峰¹, 周永军¹, 武 健¹, 周秋龙¹, 何国峰²

(1.南京城建隧桥智慧管理有限责任公司, 江苏 南京 210000; 2.苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 随着南京城市化进程的不断加快,对城市规划布局也部分从地上空间转移至地下空间,特别是地下尚未被利用起来的隧道夹空层空间越来越受重视。针对南京惠民路隧道工程中夹空层空间建设管养中心的合理规划问题,借助层次分析法和综合指数法对管养中心不同功能属性房间的规划进行了适宜性分析。同时,根据适宜性分区的结果对管养中心各功能房间的布局提供了合理的规划建议,为相似类型工程的空间规划提供了有益的参考。

关键词: 隧道工程;夹空层;管养中心;层次分析法;综合指数法

中图分类号: U452.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0211-04

0 引言

随着南京城市化进程的不断加快,地上空间资源逐渐减少。因此,越来越重视对浅层地下空间的开发利用^[1]。交通隧道是城市重要的地下交通设施,在很大程度上缓解了城市地面交通拥堵问题,改善了城市空间环境。地下互通为了满足交通转换匝道设置和结构受力方面的需要,除了行车道空间外,还会产生大量闲置的夹空层空间。城市大型地下互通夹空层空间是宝贵的地下空间资源,在城市生态环境中占有极其重要的地位。然而,目前人们只注重城市大型地下互通隧道行车道空间的设计,忽略对夹空层空间的利用,造成了城市地下空间资源的极大浪费。因此,有必要对夹空层进行合理规划利用,满足城市发展的需要。

地下空间开发利用的适宜性评价是指根据开发利用的需求对地下空间进行合理规划。地下空间开发利用的适宜性评价常借助一些可对因素进行重要性分析的数学方法将复杂的空间规划问题简单化,常用的方法有层次分析法、综合指数法、模糊综合评价法等。在建立的评价体系中,层次分析法是确定各指标值的权重,在地下空间开发的地质环境适宜性^[2-3]、空间利用的适宜性^[4-8]中有大量的应用。在

利用层次分析法确定各指标的权重后,还需要通过指标值的标准化处理来进行综合评价。姜婷^[2]、罗勇等^[9]、胡学祥等^[6]、徐定芳等^[10]、郑立博等^[11]、刘森和董志良^[12]都结合综合指数法进行适宜性评价,为地下空间开发方案的最终确定提供了科学的参考,说明该方法具有较好的可操作性和可推广性。综上可知,层次分析法和综合指数法的应用较多也较为成熟。应用合理的数学方法对城市发展中的一些亟待解决的问题进行科学的评价,并建立适合的评价体系是行之有效的方法,也是大势所趋。

为避免隧道“有建无养”,建立管养中心对隧道运营安全尤为重要。本文基于层次分析法和综合指数法对南京市惠民路建立管养中心的布局进行适宜性分析。

1 隧道夹空层空间概况

该隧道夹空层区域位于南京市惠民路与建宁西路交叉口的位置,全长 346.91 m。夹空层位于匝道上,在平面上总体呈现 3° 的弧度,宽度约为 8.7 m,总面积 3 018 m²。根据坡度不同可分为前、中和后三部分。前部顶部和底部均可认为是水平的,长度为 120.78 m。中部的顶部水平,底部坡角 1°(坡度约 1.7%),水平长度为 140.76 m。后部的顶部水平,底部坡角 3°(坡度约 5%),水平长度 85.27 m。此段夹空层的特点为下层和一侧为行车道,另一侧有一部分为绿地。夹空层的空间尺寸如图 1 所示。

对该夹空层区域拟建设管养中心,管养中心的区

收稿日期: 2021-10-18

作者简介: 王海峰(1980—),男,本科,高级工程师,主要从事道路工程方面的研究工作。

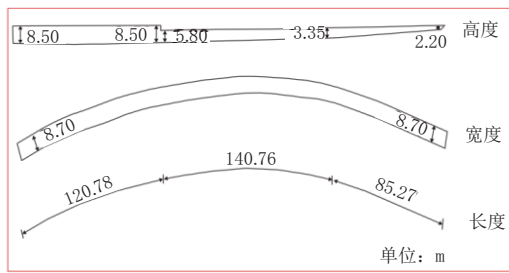


图1 夹空层空间尺寸图(单位:m)

域功能划分包括监控机房、监控大厅、电源室、应急物资库、通信机房、会议室、停车场、办公室、休息区、公用厕所、消防控制室、变配电间和弱电机房等。现结合层次分析法和综合指数法对其合理规划进行分析。

2 层次分析法的应用

层次分析法的应用较成熟,在多个领域得到了广泛运用。在本文的夹空层空间的适宜性分区中,可根据各功能房间建设的适宜性总目标,按照分区要考虑的实际影响因素进行分类,在对每个分类要考虑的夹空层的因素,形成一个多层次的分析结构,得到有关目标层、准则层至因素层的层次模型。以下进行层次分析法在夹空层空间规划的应用。

基于该夹空层区域建立管养中心的要求和各功能房间所需的条件,评价模型中的目标层包括监控室(包括消防控制室)、各种设备房(电源室、变配电室、通信机房、弱电机房、防排烟机房)、应急物资库、停车场、办公空间。

同时,影响管养中心各功能房间的主要因素包括建设成本、空间利用便利性,以及出入口与应急疏散口设置条件。对于各功能房间,这三个主要因素还可细分成多个详细的指标。对于建设成本,主要考虑的因素有夹空层地面坡度、夹空层埋深、夹空层断面位置。对于空间利用便利性,主要考虑夹空层宽度、夹空层高度和夹空层平面规则程度。对于出入口与应急疏散口设置条件,主要考虑夹空层周围出入口的设置条件和夹空层周围疏散口的设置条件。这些影响因素组成了层次结构模型中的因素层。综上所述,该夹空层利用的层次分析法评价模型如图2所示。

根据层次分析法的原理,这里夹空层的利用方案是目标层,指的是夹空层的最优利用方案,属于层次分析法中的最高层。夹空层规划需要考虑的建设成本等属于准则层,夹空层的空间形态和出入口设置等是因素层,二者均属于中间层。其中,准则层和

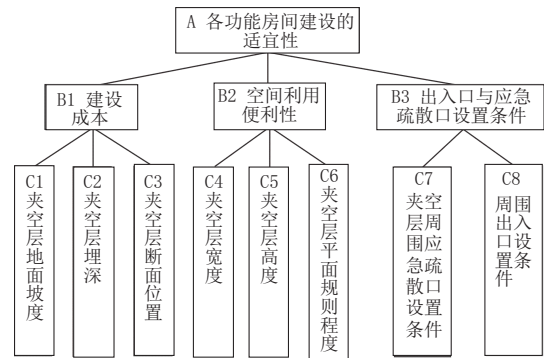


图2 层次分析法评价模型

因素层也可分准则层为高层,因素层为低层。层次分析法基于本文夹空层空间所要解决的规划分区问题,是夹空层各区域不同的空间形态、位置等因素对各功能房间建设的适应性的相对权重问题。按此方法求得的相对权重可以对夹空层各区域不同的空间形态、位置等进行排序,从而根据多个权重选择最适宜的方案。

首先,层次分析法需要确定评价指标权重,构造准则层对于目标层的判断矩阵,并对指标判断矩阵进行一致性检验。通过一致性检验,则认为满足一致性要求,评价可靠。同理,对准则层和因素层的判断矩阵,得到各层指标的权重值。限于篇幅,以监控室的指标权重计算过程为例。按照指标重要程度标度法,出入口与应急疏散口设置条件相对于建设成本要稍微重要一些,标度为2;出入口与应急疏散口设置条件相对于空间利用便利性非常重要,标度为7;建设成本相对于空间利用便利性重要性明显,标度为5。夹空层断面位置比夹空层地面坡度明显重要,标度为5;夹空层断面位置相对于夹空层埋深要重要得多,标度为7;夹空层地面坡度相对于夹空层埋深稍微重要一些,标度为3。夹空层的高度相对于宽度明显重要,标度为5;夹空层的高度相对于平面规则程度稍微重要,标度为3;夹空层的平面规则程度相对宽度略微重要,标度为2。相对于周围出入口设置场地条件,周围应急疏散口设置条件极其重要,标度为8。按照监控室的指标重要程度,构造准则层对于目标层的判断矩阵 A-Bi:

$$\begin{bmatrix}
 1 & 3 & 1/5 \\
 1/3 & 1 & 1/7 \\
 5 & 7 & 1
 \end{bmatrix}$$

计算准则层相对目标层 A 的权重 W_i :

$$W=[0.333\ 8, 0.075\ 5, 0.5907]^T$$

并对 A 层指标判断矩阵进行一致性检验。经对判断矩阵进行列向量归一化和求和归一化处理,得

到的最大特征值为:

$$\lambda_{\max} = 3.014$$

然后,计算一致性指标 C_i :

$$C_i = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.014 - 3}{3 - 1} = 0.007 1$$

在一致性检验中,利用一致性指标,得到一致性比率小于 0.1,认为是满足一致性要求的。不满足则需要重新构造判断矩阵,满足则评价可靠。同理,可得到次准则层 $B1-C_i$ 、 $B2-C_i$ 和 $B3-C_i$, 最终得到监控室各层指标的权重见表 1。

表 1 监控室的指标权重

准则层指标	准则层权重	子指标	方案层权重	指标权重总排序
B1	0.333 8	C1	0.193 2	0.064 4
		C2	0.083 3	0.027 8
		C3	0.723 5	0.241 2
B2	0.075 5	C4	0.152 7	0.050 9
		C5	0.559 9	0.186 6
		C6	0.287 3	0.095 8
B3	0.590 7	C7	0.888 9	0.296 3
		C8	0.111 1	0.037 0

同理,可得到设备房、应急物资库、非机动车库、机动车库和办公空间各层指标的权重值。

3 综合指数法的应用

为进一步保证评价结果的正确性和进行适宜性分析,还结合综合指数法进行了评价,为最终决策提供科学的参考,以便做出正确的判断。综合指数法是将一组相同或不同指数值通过计分处理,使不同计量单位、性质的指标值标准化,最后转化成一个综合指数,准确地评价工作的综合水平。

首先,对指标进行标准化处理。在本文是否适宜建设各功能房间的评价标准中,各影响指标有高度、规则程度、疏散口设计条件等因素并非同一量纲。为了在同一评价体系内对这些评价指标进行比较和运算,需要在评价之前对这些指标进行标准化处理^[13]。具体是以各配置空间是否适宜安置在该夹空层为比较标准,请相关专业专家对夹空层的各个影响因素进行打分。打分范围为 1~9,越有利于安置,在该区域则指标数据获得的分值越高;越不利于安置,在该区域则指标数据获得的分值越低。

其次,划分分区等级。将建设区范围内建设成本、便利条件等因素分为三个等级:最适宜区、较适宜区和不适宜区。利用综合指数法将夹空层建设区内不同功能房间属性按照不同指标的赋值乘以指标

权重,最后相加得到适宜性评价的总分。根据每个房间属性所得的总分值,再结合实际情况,将总得分在 7~9 分之间的评为最适宜区,在 5~7 分之间的评为较适宜区,在 1~5 分之间的评为不适宜区。具体的等级设置情况见表 2。

表 2 分区等级设置

分区等级设置	不适宜区	较适宜区	最适宜区
总得分	1~5	5~7	7~9

最后,计算各分区的总得分和适宜性评价。对该夹空层按照空间位置从左起分为 Z1 段(长 32.72 m)、Z2 段(长 47.05 m)、Z3 段(长 41.06 m)、Z4 段(长 124.27 m)、Z5 段(长 50.14 m)和 Z6 段(长 61.35 m),共 6 个区域,具体平面划分如图 3 所示。

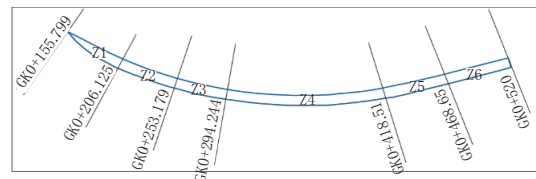


图 3 层次分析法评价模型

对经划分后的各区域根据上文中建立的赋值打分表进行各区域功能房间得分计算,结果见表 3。

表 3 得分结果

区域名称	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
监控室	6.00	5.77	5.72	6.16	3.88	4.58
设备房	5.32	5.45	5.96	6.96	5.69	5.76
应急物资库	6.16	5.65	6.15	6.26	5.61	5.29
非机动车库	4.62	4.90	4.67	6.33	5.17	3.77
机动车库	4.62	4.05	4.44	6.10	3.66	3.17
办公空间	4.93	5.34	5.99	5.99	4.62	4.03

综上所述,对各功能房间得分进行排序,结果见表 4。机动车库只能设置在 Z4 区域,那么非机动车库只能设置在 Z5 区域。对于办公空间,单独的 Z3 和 Z2 区域不能满足管养中心的办公需求,因此需要考虑将 Z3 和 Z2 区域都作为办公区域。设备房和监控室属于机电设备,宜设置在同一区域,结合表 4 情况,设备房和监控室宜布置在 Z1 区域。最后应急物资库只能设置在 Z6 区域。

因此,该隧道夹空层空间的各功能房间的具体布局如下:Z1 区域设置设备房和监控室,Z2 和 Z3 区域设置办公空间,Z4 区域设置机动车库,Z5 区域设置非机动车库,Z6 区域设置应急物资库。

4 结论

本文针对隧道夹空层空间建设管养中心的规划布局,提出了采用层次分析法和综合指数法进行适

表4 各功能房间适宜建设区间得分排序

得分 排序	监控室	设备房	应急 物资库	非机 动车库	机动 车库	办公 空间
1	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4
2	Z1	Z3	Z1	Z5		Z3
3	Z2	Z6	Z3			Z2
4	Z3	Z5	Z2			
5		Z2	Z5			
6		Z1	Z6			

宜性分区,得到了以下结论:

(1)通过层次分析法和综合指数法确定了建设管养中心各功能属性房间的适宜区域。结果表明,该方法得到的分区规划是合理的,证明了该方法在地下空间规划问题中的可行性,也可为类似工程的适宜性分区提供参考。

(2)层次分析法和综合指数法相结合的方法在地下空间规划分区中有较好的应用,是解决多因素影响的复杂地下空间开发和规划问题的有效手段。

该方法中,指标权重是在考虑建设成本、空间利用便利性、出入口与应急疏散口设置条件等因素的基础上,结合规范中对各功能房间的参数要求进行计算确定的,相关专业专家的打分也是需要多个评分取平均值才更准确。

参考文献:

[1] 高建宇,郭海鸥,杨庆利,等.城市地下空间的利用与开发展望[J].城市道桥与防洪,2004(5):47-49,7.
 [2] 姜婷.北京市海淀区地下空间开发地质环境适宜性评价[J].四川建筑,2019,39(6):136-138.
 [3] 石卫,王友林.渭南市地下空间开发利用的地质环境适宜性分析评价[J].地下水,2018,40(4):134-137.
 [4] 甄艳,鲁小丫,李胜,等.城市地下空间开发利用适宜性评价[J].测绘科学,2018,43(5):62-67,86.
 [5] 刘运来,吴江鹏,彭培宇,等.基于地质环境要素的地下空间利用适宜性评价[J].长江科学院院报,2017,34(5):58-62,67.
 [6] 胡学祥,刘干斌,陶海冰.基于 ArcGIS 宁波市地下空间开发适宜性评价研究 [J].地下空间与工程学报,2016,12(6):1439-1444.
 [7] 江思义,王启耀,李春玲,等.基于专家-层次分析法的地下空间适宜性评价[J].地下空间与工程学报,2019,15(5):1290-1299.
 [8] 王曦,刘松玉.基于组合评价方法的城市地下空间详细规划方案评价[J].东南大学学报(自然科学版),2014,44(5):1072-1077.
 [9] 罗勇,李玉文,袁家伟,等.高速公路隧道运营安全风险评估研究[J].现代隧道技术,2016,53(6):25-30.
 [10] 徐定芳,何阳,范毅,等.地下空间开发利用地质环境适宜性评价——以长株潭城市群核心区为例[J].矿业工程研究,2019,34(1):70-78.
 [11] 郑立博,陈雪梅,席恺,等.某市隧道工程地下空间开发利用工程地质条件适宜性研究[J].地质灾害与环境保护,2018,29(1):39-44,49.
 [12] 刘森,董志良.雄安新区城市地下空间资源开发适宜性评价[J].河北地质大学学报,2019,42(6):57-62.
 [13] 陈俭.生态城区建设评价指标体系与方法研究——以上海市青浦区为例[J].城市道桥与防洪,2011(8):346-348,3.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com