

城市地铁沿线地下空间开发价值评估体系探讨

姚文琪¹, 陈卫国², 蔡仕谦¹

¹惠州学院建筑与土木工程学院, 广东 惠州

²深圳市蕾奥规划设计咨询股份有限公司, 广东 深圳

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月13日; 发布日期: 2026年5月22日

摘要

城市地下空间是城市集约发展的关键战略资源, 对破解城市土地资源土地瓶颈、提升空间利用效能具有重要意义。城市地铁建设有助于推动地下空间一体化开发, 地铁沿线已成为城市地下空间高质量利用的重点区域。鉴于地下空间开发具有不可逆、高风险、高投入的工程属性, 盲目开发易造成资源浪费与安全隐患, 急需建立科学的价值评估体系。本文以工程实践为基础, 构建质量与需求双维度评估模型, 划定开发分级区域, 为地铁沿线地下空间系统化、集约化、可持续开发提供前提支撑。

关键词

地下空间, 地铁沿线, 开发价值, 评估体系, 层次分析法

Discussion on the Evaluation System for Underground Space Development Value along Urban Metro Lines

Wenqi Yao¹, Weiguo Chen², Shiqian Cai¹

¹School of Architecture and Civil Engineering, Huizhou University, Huizhou Guangdong

²Shenzhen RUPA Planning & Design Consulting Co., Ltd., Shenzhen Guangdong

Received: April 21, 2026; accepted: May 13, 2026; published: May 22, 2026

Abstract

Urban underground space is a key strategic resource for intensive urban development, which is of great significance to breaking the bottleneck of urban land resources and improving the efficiency of space utilization. The construction of urban metro helps promote the integrated development of underground space, and the area along the metro has become a key area for the high-quality utilization

of urban underground space. Given the irreversible, high-risk and high-investment engineering attributes of underground space development, blind development is likely to cause resource waste and potential safety hazards, so it is urgent to establish a scientific value evaluation system. Based on engineering practice, this paper constructs a dual-dimensional evaluation model of quality and demand, delineates graded development areas, and provides a prerequisite support for the systematic, intensive and sustainable development of underground space along metro lines.

Keywords

Underground Space, Metro Corridor, Development Value, Evaluation System, Analytic Hierarchy Process

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 前言

“十五五”城市发展时期，我国将着力推进城市空间立体开发、集约高效利用与韧性城市建设，对地下空间开发利用的科学性、系统性、可实施性与精准化提出更高要求[1]。2024年自然资源部颁布《关于探索推进城市地下空间开发利用的指导意见》(自然资发[2024]146号)，明确提出构建地下空间评估体系、推动轨道交通沿线地下空间集约开发的战略目标[2]。

目前在地下空间规划与评估研究领域成果，主要集中于以下三个方向：(1) 战略与综合治理研究：彭芳乐等[1]从新发展阶段出发，系统梳理了我国城市地下空间开发利用战略；杨华勇等[3]提出了地下空间综合治理发展路径。这些研究奠定了宏观政策框架，但缺乏面向具体线路和地段的可操作性评估工具。(2) 规划管控与品质研究。雷升祥等[4]构建了城市网络化地下空间品质评价指标体系；赵怡婷等[5]探索了国土空间规划体系下的地下空间规划管控方法；汤宇卿和叶子[6]综述了我国城市地下空间规划研究的演进，指出评估体系量化不足、与轨道交通开发结合有待深化等问题。(3) 价值评估与TOD研究。胡斌等[7]针对存量地下空间提出了更新价值评估体系；陈志龙等[8]系统梳理了TOD原则在支持可持续城市交通方面的实证研究。然而，上述研究多偏重单维度评估或定性分析，缺乏将工程质量与社会经济需求有机整合、面向轨道交通沿线分级开发的定量模型。

本文以城市经济学的空间集聚理论和TOD规划理论为基础，将轨道站点的集聚效应量化为需求评估的核心权重(轨道站点辐射区权重占比30%)，将用地开发强度、城市更新导向纳入需求框架，构建起“工程可行性(质量维)-社会经济需求(需求维)”双维度耦合的定量评估模型，弥补了现有研究在轨道沿线地下空间开发分级评估方面的短板。

在此背景下，地下空间的开发价值评估体系构建应遵循科学性、系统性、实用性、量化原则：科学性原则即选取能客观准确反映地下空间开发质量与需求特征的评价因子[9]；系统性原则即将地下空间开发价值作为有机整体综合考量；实用性原则即评估方法具有可操作性，可指导规划决策；量化原则即采用层次分析法(AHP)确定权重、量化评分，使评估结果客观可比。

2. 双维度评估指标体系构建

本文的双维度评估模型以空间集聚理论和TOD规划理论两大理论为支撑：

(1) 空间集聚理论(Spatial Agglomeration Theory)。城市经济学中的集聚理论认为，轨道交通站点通过

降低交通成本、提升可达性，在站点周边形成人流、商业、服务业的集聚效应，进而推高土地开发需求与强度[10]。这一理论支撑了本模型需求维度中轨道站点辐射区权重最高(30%)、地面建设用地性质与用地开发强度次之的权重设置逻辑，站点集聚效应越显著，地下空间开发需求越旺盛。

(2) TOD 规划理论(Transit-Oriented Development Theory)。TOD 理论强调以轨道交通站点为核心，在适宜步行距离(通常 500 m)内推动高密度、混合功能土地开发，实现公共交通与土地利用的协同优化。本模型的“核心集聚 - 圈层开发”分级原则，以及将开发分级与站点步行辐射范围(200 m/500m)挂钩的方法，正是 TOD 理论在地下空间开发中的具体应用与拓展。

基于上述理论基础，本研究从质量评估和需求评估两个维度构建地下空间开发价值评估指标体系，其中质量评估权重为 0.3，主要反映地下空间开发的工程可行性与基础条件；需求评估权重为 0.7，主要反映地下空间开发的社会经济需求与发展潜力[1] [11]。

质量评估维度选取地面坡度、地质灾害易发分区、用地权属、道路用地、开敞空间、公共服务用地 6 项评价因子，各因子权重根据其对于地下空间开发质量的影响程度确定。其中，用地权属权重占比 30%，是影响地下空间开发质量的核心因子；地质灾害易发分区权重占比 20%，直接关系到地下空间开发的工程安全[4]；地面坡度、道路用地、公共服务用地权重各占 15%；开敞空间权重占比 10%。

需求评估维度选取不可移动建筑、地下开发现状、城市更新用地、地面建设用地性质、用地开发强度、地面建设高度、轨道站点辐射区、城市干道辐射区 8 项评价因子。其中，轨道站点辐射区权重占比 30%，是影响地下空间开发需求的核心因子，轨道交通集聚效应直接决定站点周边的开发需求[10]；地面建设用地性质权重占比 15%，不同用地性质对地下空间功能需求差异显著；城市更新用地纳入评估，体现了存量更新语境下地下空间开发与城市改造协同的现实需求[5] [7]。

3. 单因子评价标准与评分方法

3.1. 质量评估单因子评价标准

质量评估因子主要从自然条件、工程安全、用地属性等方面综合判定地下空间开发的基础条件与实施可行性[4]。为保证评价结果客观统一、便于量化计算，结合城市规划与工程建设规范，对各因子采用分级赋值方式制定评价标准，具体如下(见图 1)：

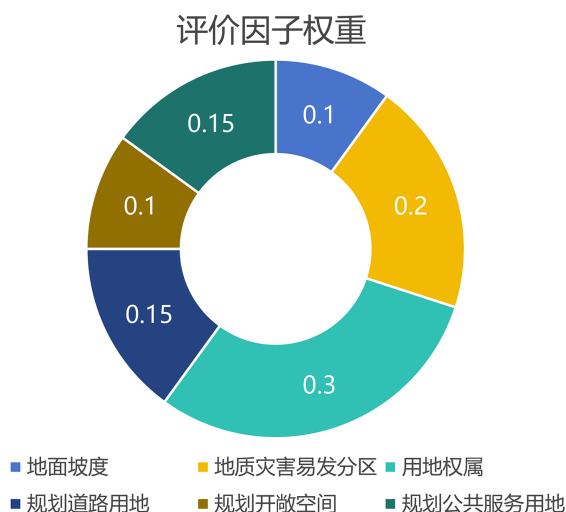


Figure 1. Weight distribution diagram of quality evaluation factors
图 1. 质量评价因子权重分配图

1) **地面坡度**: 根据坡度大小分为4个等级, 0°~8°为10分, 8°~15°为7分, 15°~25°为4分, 25°以上为1分, 坡度越小开发难度越低, 开发质量越高。

2) **地质灾害易发分区**: 分为4个等级, 不易发区为10分, 低易发区为7分, 中易发区为4分, 高易发区为1分, 易发程度越低开发安全性越高。

3) **用地权属**: 分为3个等级, 国有未出让用地(储备地)为10分, 已出让用地为5分, 无权属用地为1分, 储备地开发管控难度低, 开发质量最优。

4) **道路用地**: 分为2个等级, 道路用地为10分, 非道路用地为1分, 道路用地地下空间开发的公共性强, 工程实施难度相对较低。

5) **开敞空间**: 分为2个等级, 开敞空间用地(公园、广场、防护绿地等)为10分, 非开敞空间用地为1分, 开敞空间下方地下空间开发对地面功能影响较小。

6) **公共服务用地**: 分为3个等级, 大型公共服务设施用地(市级、区级)为10分, 中小型公共服务设施用地为5分, 非公共服务用地为1分, 公共服务用地周边地下空间开发需求与可行性均较高。

3.2. 需求评估单因子评价标准

需求评估因子聚焦城市开发强度、轨道交通辐射、地上功能布局及城市更新导向, 综合反映地下空间开发的市场潜力与现实必要性[7] [11] (见图2)。

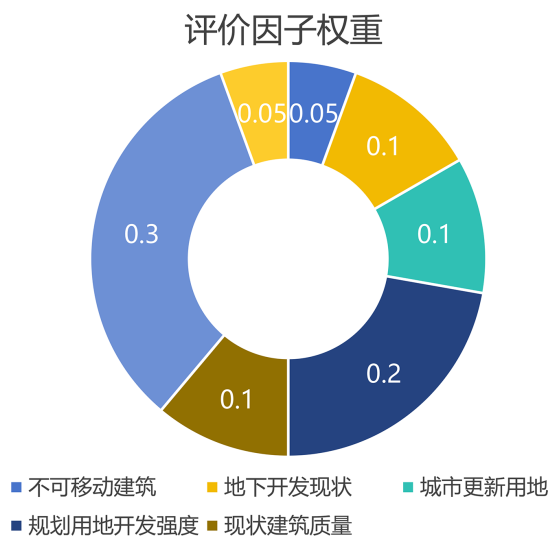


Figure 2. Weight allocation of demand evaluation factors

图2. 需求评价因子权重分配图

1) **不可移动建筑**: 分为2个等级, 不属于不可移动建筑为10分, 是不可移动建筑为1分, 无不可移动建筑区域地下空间开发限制少, 需求更高。

2) **地下开发现状**: 分为4个等级, 地下三层及以上开发为10分, 地下二层开发为7分, 地下一层开发为4分, 未进行地下开发为1分, 开发程度越高表示区域地下空间开发基础越好, 后续开发需求越大。

3) **城市更新用地**: 分为3个等级, 近期更新项目为10分, 中远期更新项目为5分, 不属于城市更新范围为1分, 城市更新区域地下空间开发与城市改造协同性强, 需求显著[5] [7]。

4) **地面建设用地性质**: 分为4个等级, B类(商业服务业设施用地)、G类(绿地与广场用地)为10分,

A类(公共管理与公共服务用地)、R类(居住用地)为7分,S类(道路与交通设施用地)为5分,M、W、E、U类及村庄建设用地位为1分,商业、绿地用地对地下空间功能需求最丰富。

5) **用地开发强度:**分为4个等级,高强度开发($FAR \geq 4$)为10分,中强度开发($2 \leq FAR < 4$)为7分,低强度开发($FAR < 2$)为4分,不进行建筑开发为1分,开发强度越高对地下空间的配套需求越大[8]。

6) **地面建设高度:**分为4个等级,超高层(100 m以上)为10分,高层(24~100 m)为7分,多层(12~24 m)为4分,低层(12 m以下)为1分,建筑高度越高对地下停车、交通换乘等功能需求越大。

7) **轨道站点辐射区:**分为4个等级,换乘站点几何中心200 m内为10分,普通站点200 m内、换乘站点200~500 m为8分,普通站点200~500 m为6分,站点500 m外为1分,离地铁站点越近开发需求越大[12]。

8) **城市干道辐射区:**分为3个等级,道路红线50 m内为10分,50~100 m为5分,100 m外为1分,城市干道周边交通流量大,地下空间开发需求较高。

4. 基于层次分析法的综合价值评估

本研究首先采用单因子评价法,根据各因子的评价标准,对研究区域内每个评价单元进行打分,得到各单因子的评价分值空间分布图;然后采用多因子叠加法,根据各因子权重将质量评估维度6项因子分值进行加权叠加,得到地下空间开发质量评估结果;同理,将需求评估维度8项因子分值进行加权叠加,得到开发需求评估结果[1][11]。层次分析法(AHP)的引入使得权重确定具有数学一致性检验基础,有效提升了评估结果的客观性与可靠性[3]。

质量评估结果显示,研究区域内一级质量区主要集中在核心段及主要站点周边,该区域地形平缓、地质条件良好、以储备地和公共用地为主,开发质量最优;二级质量区主要分布在一级质量区外围;三级质量区主要位于研究区域外围,部分区域地形坡度较大或地质条件一般,开发质量相对较差(见图3)。

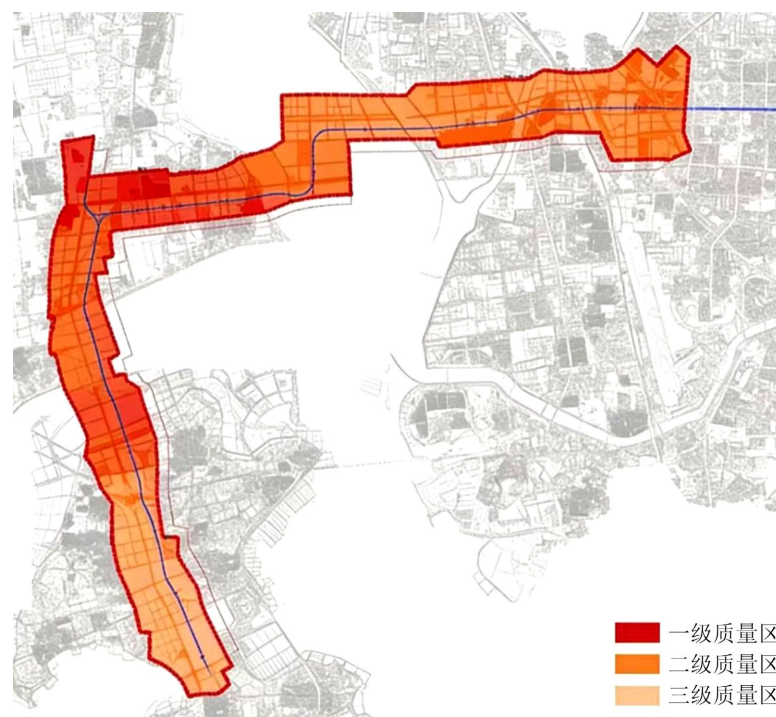


Figure 3. Schematic of quality assessment results along subway lines
图3. 地铁沿线质量评估结果示意图

需求评估结果显示, 研究区域内一级需求区主要集中在地铁换乘站点周边及商业办公核心区, 该区域地上开发强度高、轨道交通集聚效应显著, 开发需求旺盛; 二级需求区主要分布在一级需求区周边的地铁站点辐射范围内; 三级需求区主要位于研究区域外围, 地上开发强度较低, 离地铁站点较远, 开发需求相对较弱(见图 4)。



Figure 4. Schematic of demand assessment results along subway lines
图 4. 地铁沿线需求评估结果示意图

5. 沿线地下空间开发分级划定

5.1. 地下空间开发分级划定原则

地下空间开发分级划定以综合价值分区为核心依据, 结合地铁站点步行辐射范围、地上城市功能布局、用地开发强度等关键因素, 严格遵循核心集聚、圈层开发、功能适配、衔接有序的基本原则, 确保开发分级科学合理、贴合区域实际[11]。

核心集聚原则: 围绕开发价值高的地铁重点站点及城市核心段进行重点开发, 集中发挥资源集聚效应; 圈层开发原则: 以地铁站点为核心, 按步行距离划分不同开发圈层, 实现由核心到外围的圈层式梯度开发; 功能适配原则: 开发分级与地上城市功能相适配, 核心区域匹配商业、办公等高强度混合功能, 外围区域匹配停车、交通换乘等基础配套功能; 衔接有序原则: 各开发等级之间加强空间衔接, 引导地下空间连通成网, 实现地下公共空间系统化[11]。

5.2. 开发分级区域划定

根据开发分级划定原则, 结合研究区域地下空间开发综合价值分区与站点辐射范围, 将研究区域地下空间划分为一级开发区、二级开发区、三级开发区三个等级(见图 5)。



Figure 5. Schematic of development grading along subway lines
图 5. 地铁沿线开发分级示意图

一级开发区：选取开发综合价值为一级的区域，以地铁站点为核心，其中重点站点周边 500 m 范围内、普通站点周边 200 m 范围内为一级开发区。该区域人流量大、经济活动活跃、开发条件优越，是地下空间综合开发的核心载体，宜发展地下商业、交通换乘、地下公共空间等高密度混合功能[11]。

二级开发区：选取开发综合价值为二级的区域，重点站 500 m 范围外延至廊道区域，以及普通站点 200~500 m 之间的区域。该区域是一级开发区功能的补充与延续区域，主要承接核心区域的功能外溢，以停车、市政配套等功能为主。

三级开发区：选取一级、二级开发区以外，地铁沿线 500 m 廊道以内的区域。该区域开发需求与条件相对一般，以基础配套开发为主，严格控制开发规模与投入[4]。

6. 结语

地铁沿线地下空间开发潜力巨大，但受不可逆、高风险、高投入约束，必须以科学评估为前提[1][3]。本文以空间集聚理论和 TOD 规划理论为基础，从质量与需求双维度构建 14 项指标的定量评估体系，运用层次分析法确定权重、叠加评分、划定三级开发区域，明确开发重点与时序，为轨道交通沿线地下空间系统化、集约化、高质量开发提供可操作路径。该体系可结合不同城市、线路特征优化调整，提升评估精准度与可操作性，为地下空间规划、建设、管理提供技术支撑，推动地下空间成为城市可持续发展的重要战略载体[2][6]。

基金项目

惠州学院教学质量工程项目：专项人才培养计划——“双碳”复合型人才计划(1701242013)。

参考文献

- [1] 彭芳乐, 乔永康, 董蕴豪, 等. 新发展阶段城市地下空间开发利用发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2024, 26(3): 176-185.

-
- [2] 自然资源部关于探索推进城市地下空间开发利用的指导意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202409/content_6974170.htm, 2026-04-21.
- [3] 杨华勇, 江媛, 李喆, 等. 地下空间开发综合治理发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 126-136.
- [4] 雷升祥, 李文胜, 周彪, 等. 城市网络化地下空间品质提升及评价指标体系[J]. 地下空间与工程学报, 2021, 17(4): 987-997, 1007.
- [5] 赵怡婷, 吴克捷, 石晓冬. 国土空间规划体系下的地下空间规划管控方法探索——以北京城市副中心为例[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(2): 313-319.
- [6] 汤宇卿, 叶子. 我国城市地下空间规划研究的演进和展望[J]. 城市规划学刊, 2025(5): 47-54.
- [7] 胡斌, 李雨姗, 张明子. 存量地下空间更新价值评估体系研究[J]. 地下空间与工程学报, 2024, 20(1): 17-22, 41.
- [8] 陈志龙, 章钢, 蔡宪元. 城市地下空间与 TOD 模式协同开发规划研究[J]. 地下空间与工程学报, 2022, 18(2): 332-341.
- [9] 姚文琪. 城市中心区地下空间规划方法探讨——以深圳市宝安区中心区为例[J]. 城市规划学刊, 2010(S1): 36-43.
- [10] 韩辉, 代国忠, 张侃. 轨道交通站点集聚效应对地下空间开发价值的影响机制[J]. 城市交通, 2023, 21(3): 45-52.
- [11] 彭芳乐, 乔永康, 朱合华. 地铁域地下空间综合开发控制机制研究[J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19(1): 1-14.
- [12] 吴旻, 肖鑫, 王建国. 高密度城市地铁站域地下空间利用效率评估[J]. 城市规划, 2023, 47(6): 72-80.