

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.043

城市道路下方地下空间资源利用评估方法研究

赵光¹, 丁鸿志², 李奥¹, 董飞¹, 邹鸿浩¹

(1. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019; 2. 南京市公共工程建设中心, 江苏 南京 210019)

摘要: 城市道路下方地下空间资源是城市地下空间资源中开发利用率较高的的重要组成部分, 承载了众多的地下基础设施功能。当前由于道路下方地下空间开发利用类型, 深度及规模差异较大, 使得当前道路下方的地下空间开发利用在整体性、协调性和前瞻性方面存在一定的不足。因此必须掌握道路下方地下空间的容量及已利用及可利用的基本情况, 从而为未来道路下方地下空间的科学规划和利用提供依据。现为便于道路任意区段内的地下空间容量的计算, 提出一定长度范围内道路下方地下空间容量计算方法。基于地下空间安全保障的需求, 提出道路下方地下空间的实际利用区面积应是有效利用区和安全保障区面积的和, 并对于不规则形状的既有地下空间, 应对既有地下空间的实际利用区进行修正。进一步揭示道路下方不同深度位置处地下空间的利用率, 提出道路下方分层地下空间利用率计算方法, 实现了沿道路纵向任意位置和分层条件下道路下方地下空间利用率的计算。

关键词: 城市道路; 地下空间; 资源利用; 评估方法; 利用率

中图分类号: U412.1+4

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)11-0176-04

0 引言

城市地下空间的开发利用在城镇化发展的进程中, 经历了由浅层利用到深层利用, 从单一开发到大规模开发, 从解决“城市病”问题到提升城市发展空间和核心竞争力^[1]。截至 2020 年底, 中国城市地下空间累计建设面积达 24 亿 m²^[2], 城市地下空间的建设规模和速度已居世界首位, 中国已成为名副其实的地下空间开发利用大国。城市地下空间资源兼备资源与环境双重属性, 且极其宝贵也十分敏感, 具有复杂性、战略性和不可逆性, 其开发利用务必科学有序、合理统筹^[3]。城市地下空间资源评价是地下空间开发利用的基础性工作和重要前提, 然而当前城市地下空间资源研究还存在许多问题, 不能满足蓬勃发展的城市地下空间资源开发利用巨大的实践需求^[4-5]。主要表现为:

(1) 各城市在地下空间开发深度方面差异较大。《城市地下空间规划标准》(GBT 51358—2019) 提出城市地下空间可分 4 层, 即: 浅层(0 ~ -15 m)、次浅层(-15 m ~ -30 m)、次深层(-30 m ~ -50 m) 和深层(-50 m 以下)^[6], 部分城市的要求如下: 天津(分 4

层, 即浅层 0 ~ -5 m、次浅层 -5 ~ -15 m、中层 -15 ~ -30 m、深层 -30 ~ -60 m) 长春(分 3 层, 即浅层 0 ~ -3 m、中层 -3 ~ -15 m、深层 -15 ~ -30 m)、宁波(分 3 层, 即浅层 0 ~ -15 m、中层 -15 ~ -30 m、深层 -30 ~ -50 m)、青岛(分 4 层, 即浅层 0 ~ -10 m、次浅层 -10 ~ -30 m、中层 -30 ~ -50 m、深层 -50 ~ -100 m)^[8]。因此, 造成不同城市间分层开发深度的评价结果的对比性差、可靠性也不同。

(2) 城市地下空间资源质量评价及适宜性评价指标等级划分上不尽相同, 质量评价指标存在设置 5 级(很好、好、中等、较差、差) 或 4 级(优、良、中、差)。适宜性评价指标方面, 一般划分为适宜、较适宜、较不适宜和不适宜等 4 个等级, 或者适宜、较适宜 / 基本适宜 / 一般适宜、适宜性差 / 不适宜等 3 个等级。不同评价结果的定量性不足, 可迁移性和参考性较差, 无法指导城市地下空间的高效利用。

(3) 城市地下空间资源容量评估仅考虑了地面空间现状, 没有顾及既有地下空间、工程水文地质条件、邻近开挖或出于保护既有地下空间的需求等对地下可开发利用空间的影响, 使得城市地下空间资源评估结果与实际差异较大, 缺乏实用性。

当前必须掌握道路下方地下空间的容量、已利用及可利用的基本情况, 提出实用性城市道路下方地下空间资源利用评估方法, 从而为未来道路下方地下空间的科学规划和利用提供依据。

收稿日期: 2023-01-03

基金项目: 住房和城乡建设部研究开发项目(2019-K-110)

作者简介: 赵光(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事隧道和地下工程设计、咨询和科技管理工作。

1 城市道路下方地下空间资源利用评估的基本内容

道路下方地下空间资源是城市地下空间资源的重要组成部分,也是开发利用率较高的地下空间资源,承载了众多的地下基础设施功能。道路下方地下空间利用的基本用途为:地下道路,地下综合管廊、地铁车站、地铁区间隧道、过街通道、地下商场等(见图1)^[8]。城市道路下方地下空间资源评估主要包含3项基本内容:(1)道路地下空间容量计算;(2)道路下方现有地下空间计算;(3)进一步可以得出道路下方地下空间利用率。

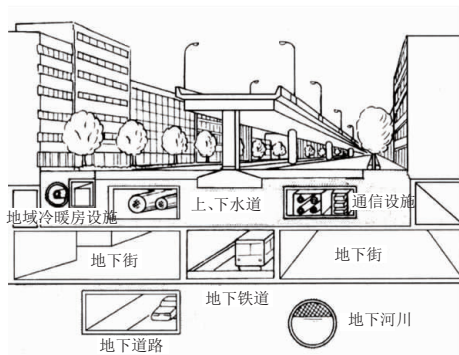


图1 道路下方地下空间竖向层次划分示意图

2 城市道路下方地下空间容量计算方法

《城市地下空间规划标准》(GBT 51358—2019)提出“在确定的评估范围内,以城市规划建设用地为基础数据,分别对规划用地范围内的建筑物、道路、绿地广场下部等可供开发的地下空间容量进行估算,整合后形成可供合理开发的地下空间容量。城市地下空间开发利用及地下轨道交通线路、车站建设时,应预留地下市政管线所需的浅层地下空间。当道路下建设地下空间时,其覆土深度不宜小于3.0 m,并应满足重力流地下市政管线的实际埋深需求。”同时,对城市道路和绿地下方地下空间容量计算方法进行了规定,提出道路下方地下空间容量表达式为:

$$V_r=(H_i-2.5) \times S_r \quad (1)$$

式中: V_r 为道路下方地下空间容量; S_r 为道路面积; H_i 为开发深度。

城市绿地地下空间容量可按式计算:

$$V_g=(H_i-H_{ii}-H_{iii}) \times S_g \quad (2)$$

式中: V_g 为绿地下方地下空间容量; S_g 为绿地面积; H_i 为开发深度; H_{ii} 为植被所需深度(约1.5 m); H_{iii} 为排水层厚度(约0.3 m)。一般情况下 $H_{ii}+H_{iii}$ 之和小于3.0 m取值。

结合现有的规范成果、城市道路地下设施及道路下方地下空间的利用情况,从而提出道路下方地下空间容量表达式为:

$$V=(H_a-H_l) \times (S_r+2S_g+2S_f) \quad (3)$$

式中: V 为道路下方地下空间容量; S_r 为道路面积; S_g 为道路两侧的绿地面积; S_f 为道路两侧的辅道面积; H_a 为允许开发深度, H_l 为限制开发深度。

由于道路下方的地下空间分布较为分散,存在某一段道路下方地方空间密集的情况,比如城市核心区地段的道路,同时也有部分道路的下方无地下空间,同时即使同一条道路,由于所属的区域经济发展程度、岩土体参数及地质条件差异较大,允许开发和限制深度也不一致。因此为了便于道路任意区段内的地下空间容量的计算,提出一定长度范围内道路下方地下空间容量(见图2)表达式为:

$$V_i=(H_a-H_l) \times (l_r+2l_g+2l_f)l_i \quad (4)$$

式中: V_i 为某一段内道路下方地下空间容量; l_i 为主道路长度; l_r 为道路宽度; l_g 为道路两侧的绿地宽度, l_f 为道路两侧的辅道宽度。

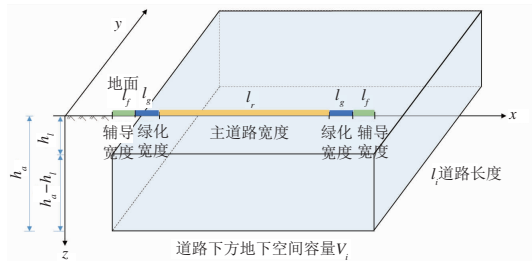


图2 道路下方地下空间容量图示

因此,整条道路下方地下空间容量可通过各个区域内道路下方地下空间容量叠加计算得到,表达式为:

$$V_r=\sum V_i=\sum (H_a-H_l) \times (l_r+2l_g+2l_f)l_i \quad (5)$$

3 城市道路下方现有地下空间计算方法

城市地下空间规划应以地下空间资源评估为基础,对城市规划区内地下空间资源划定管制范围,划定城市地下空间禁建区、限建区和适建区,提出管制措施要求^[9]。禁建区应为基于自然条件或城市发展要求,在一定时期内不得开发的地下空间区域;限建区应为满足特定条件,或限制特定功能、或限制规模开发利用的城市地下空间区域;适建区应为规划区内适宜各类地下空间开发利用的城市地下空间区域。禁建区的划定是为了避免城市地下空间的开发建设对生态环境造成破坏,主要是基于保护的目的地划定该区域。限建区是一般条件下不得开发、仅在满

足特定条件后可进行开发的地下空间区域。适建区主要指在一般条件下允许开发建设的城市地下空间区域。

道路下方地下空间建设完成后,为了确保地下空间的结构安全,应对地下空间周围的一定范围内的岩土体进行保护,即地下空间周围存在安全保障区。安全保障区应适用于禁建区的要求^[10]。因此道路下方地下空间的实际利用区面积应是有效利用区和安全保障区面积的和(见图3),表达式如下:

$$U_a = U_e + U_s \quad (6)$$

式中: U_a 为道路下方地下空间的实际利用区面积; U_e 为有效利用区面积; U_s 为安全保障区面积。

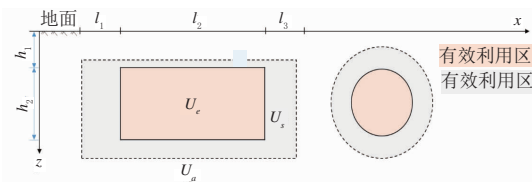


图3 道路下方现有地下空间实际利用区面积计算图示

对于不规则形状的既有地下空间,应对既有地下空间的实际利用区进行修正,取其最长边与水平面或者垂直面进行投影,进而形成的包络区域为修正后的实际利用区,具体方法如图4所示。

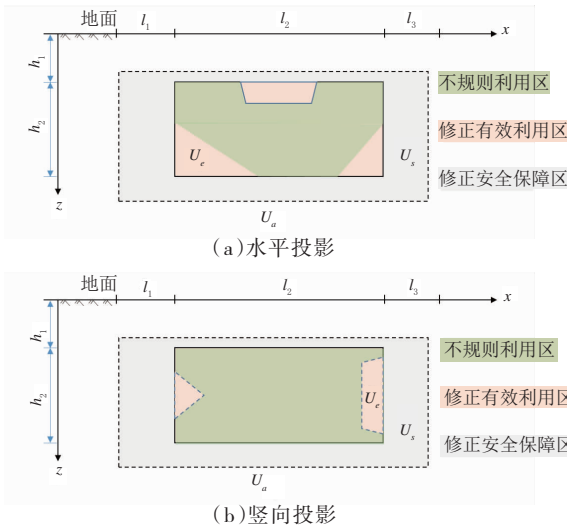


图4 不规则形状的既有地下空间实际利用区计算方法图示

考虑到地下空间安全保障区的范围与岩土体特性,施工方法及地形等因素有关,各个区段内安全保障区面积差异较大,同时地下空间断面尺寸也会发生变化,因此在某一段区域内,当隧道安全保障区的范围一致时,道路下方既有地下空间量 V_{ai} 表达式为:

$$U_{ai} = (U_e + U_{si})l_i \quad (7)$$

式中: U_{ai} , U_e , U_{si} 分别为某一段内道路下方地下空间的实际利用区,有效利用区及有效利用区面积。

则整条道路下方既有地下空间容量可由各段内的地下空间量叠加计算得到,表达式为:

$$\Sigma V_a = \Sigma V_{ai} = \Sigma (U_{ei} + U_{si})l_i \quad (8)$$

4 城市道路下方地下空间利用率计算方法

基于道路下方的地下空间容量和既有地下空间容量计算方法(见图5),可以得到某一区段内道路下方地下空间利用率的表达式为:

$$\xi_i = \frac{V_{ai}}{V_i} = \frac{(U_{ei} + U_{si})l_i}{(H_i - H_l) \times (l_r + 2l_g + 2l_f)l_i} \quad (9)$$

式中: l_i 为某一段内道路长度,则整条道路下方地下空间利用率表达式为:

$$\xi = \frac{\Sigma V_{ai}}{\Sigma V_i} = \frac{\Sigma (U_{ei} + U_{si})l_i}{\Sigma (H_i - H_l) \times (l_r + 2l_g + 2l_f)l_i} \quad (10)$$

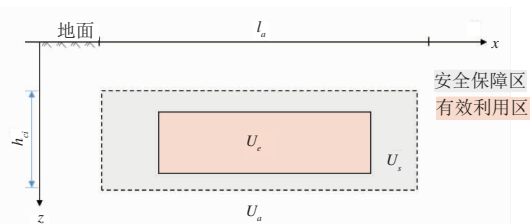


图5 道路下方分层地下空间实际利用区面积计算方法图示

为了进一步揭示道路下方不同深度位置处地下空间的利用率,提出道路下方分层地下空间利用率计算方法。将道路下方地下空间进行分层,可以按照一定的深度(5/10/20 m等)进行均分,也可以参考其他标准进行非均分设置,比如《城市地下空间规划标准》(GBT 51358—2019)中的4层城市地下空间划分结果等,因此某一段内道路下方某一层地下空间容量表达式为:

$$V_{ci} = h_{ci} \times (l_r + 2l_g + 2l_f)l_i \quad (11)$$

式中: l_i 为道路长度; l_r 为道路宽度; l_g 为道路两侧的绿地宽度; l_f 为道路两侧的辅道宽度; h_{ci} 为道路下方某一层的深度。

同时在某一段区域内,道路下方既有地下空间容量 V_{ai} 表达式为:

$$V_{ci} = l_a l_i h_{ci} \quad (12)$$

式中: l_a 分别为某一段内道路下方地下空间的实际利用区的宽度。

则某一段内道路下方某一层地下空间利用率 ξ_i 的表达式为:

$$\xi_i = \frac{V_{ai}}{V_i} = \frac{l_a l_i h_{ci}}{h_{ci} (l_r + 2l_g + 2l_f) l_i} = \frac{l_a}{l_r + 2l_g + 2l_f} \quad (13)$$

据此,可以实现沿道路纵向任意位置和分层条件下道路下方地下空间利用率的计算,进一步结合MapGIS, Suffer等地理信息系统软件实现道路任意

位置处和任意深度范围内道路下方地下空间资源评估(见图6),也可获得整条道路下方地下空间整体利用率。

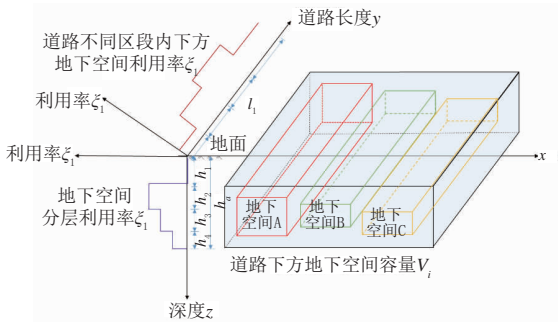


图6 道路下方地下空间利用率计算模型

5 结论

(1)为便于道路任意区段内的地下空间容量的计算,提出一定长度范围内道路下方地下空间容量计算方法。

(2)提出道路下方地下空间的实际利用区面积应是有效利用区和安全保障区面积的和,对于不规则形状的既有地下空间,应对既有地下空间的实际利用区进行修正,取其最长边与水平面或者垂直面进行投影。

(3)揭示道路下方不同深度位置处地下空间的利用率,提出道路下方分层地下空间利用率计算方法,实现了沿道路纵向任意位置和分层条件下道路下方地下空间利用率的计算。

参考文献:

[1] 中国工程院战略咨询中心、中国岩石力学与工程学会地下空间分会、中国城市规划学会.2020 中国城市地下空间发展蓝皮书[N].

[2] 中国工程院战略咨询中心、中国岩石力学与工程学会地下空间分会、中国城市规划学会.2021 中国城市地下空间发展蓝皮书[N].

[3] 姜云,吴立新,杜立群.城市地下空间开发利用容量评估指标体系的研究[J].城市发展研究,2005(5):47-51,75.

[4] 吴立新,刘帝旭,杨洋,等.论城市地下空间资源评价:现状与未来[J].地下空间与工程学报,2022,18(1):35-49.

[5] 李鹏岳,韩浩东,王东辉,等.城市地下空间资源开发利用适宜性评价现状及发展趋势[J].沉积与特提斯地质,2021,41(1):121-128.

[6] GBT 51358—2019,城市地下空间规划标准[S].

[7] 李春,城市地下空间分层开发模式研究[D].同济大学,2007.

[8] 王波,城市地下空间开发利用问题的探索与实践[D].中国地质大学(北京),2013.

[9] 姚瑶.“多规合一”背景下空间管制区划研究[D].福建师范大学,2018.

[10] 仇文革,地下工程近接施工力学原理与对策的研究[D].西南交通大学,2003.

《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