

桩基础对城市地下空间利用的影响及对策探析^{*}

朱太宜, 王星华

(中南大学 土木工程学院, 长沙 410074)

摘要: 随着国家经济的快速发展、科学技术的不断进步以及城市用地的压力, 地下空间的综合利用现在已成为城市发展的主流, 并将作为可持续发展的方向。由于桩基础具有一系列显著的优势而广泛运用于高层建筑和高架桥, 然而, 最先建造的构筑物的桩基础必定占据了有限的地下空间资源, 并且其深度长短不一, 缺乏规划, 限制了后续地下空间的综合利用, 这就造成了构筑物桩基础与地下空间综合利用之间的矛盾。本文通过分析桩基础对地下空间开挖的影响分析, 寻找解决问题的相应对策, 最大程度减少桩基础对地下空间带来的不利影响, 实现地下空间的可持续发展。

关键词: 地下空间; 桩基础; 影响; 对策

中图分类号: TU984.1 文献标识码: A 文章编号: 1673-0836(2017)03-0585-06

Influence of Pile Foundation on the Usage of Metropolitan Underground Space and Its Countermeasure

Zhu Taiyi, Wang Xinghua

(College of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410074, P.R. China)

Abstract: With the country's economic development, technology advancement and pressure on urban land useage, development of underground space has now become a mainstream in major cities, and it would be the direction of sustainable development. Pile foundation has a series of significant advantages and is widely used in high-rise buildings and viaducts. However, the first pile foundation construction must occupied the limited resources of underground space, the length and depth of the pile foundation are different and lack of planning, which resulted in a conflict of pile foundation and development of underground space. This paper analyzes the impact of pile foundation on excavation of underground space, finding solutions to minimize the adverse effects of underground space to achieve sustainable development of underground space.

Keywords: underground space; pile foundation; influence; countermeasure

0 引言

随着我国人口的快速增长, 产业、技术、资金的高度集中, 使得城市以高强度、高速度、大规模发展, 城市规模急速膨胀, 而现有城市面积和基础设施建设无法满足, 这就引发了人口超饱和、绿地减少、交通阻塞、污染严重等城市病^[1-2]。为解决这

种城市病, 目前在中国基本上一方面是采用水平、向上、向下地三维拓展城市, 即高层建筑迅速崛起的同时也在积极开发地下空间资源; 另一方面为了解决交通问题, 高速铁路、公路等的高架桥也在各大城市不断崛起, 城市地下交通在不断延拓, 地下商业中心也在不断拓展。尤其近十年来, 我国高层

^{*} 收稿日期: 2016-11-29(修改稿)
作者简介: 朱太宜(1987-), 男, 湖南娄底人, 硕士生, 主要从事隧道工程、岩土工程、地下工程方面工作。
E-mail: csutiny@163.com
基金项目: 住房与城乡建设部软科学研究项目(R2201250)

建筑、高架桥,地下轨道交通发展迅速,数量、规模都在快速增长。由于桩基础具有抗地震性能好、沉降量小、承载力高、施工噪音小等一系列明显的优势,现在越来越多应用于高层建筑基础和高架桥。与此同时,桩基础与城市地下空间开发中其他地下功能设施之间的问题也逐渐凸显出来,由于高层建筑、高架桥的桩基础必定占用有限的地下空间资源,会与原有建筑物基础、共同沟、地下轨道交通等产生一系列的矛盾。在地下空间开发过程中,经常出现桩基础挡道、成为地下空间开发的“拦路虎”^[3]。如果桩基础没有合理规划与管理,无相关法律法规要求,将导致桩基础建设的杂乱无序致使地下空间的开发利用举步维艰。因此,如何合理处理好桩基础与地下空间的关系,如何采取切实有效的措施防止桩基础成为地下空间开发利用的障碍,是现代地下空间开发应当着重考虑的因素,使得在同一块建设用地上满足地下、地面和地上建筑开发需求的同时,也能够有效协调好桩基础与地下空间开发的关系,实现地下空间开发利用的可持续发展。

1 桩基础对地下空间开发的影响

在城市地下空间开发初期,由于地下工程建设类型相对简单、对地下空间资源缺乏足够的认识,加上地下空间资源丰富,地下空间开发利用在缺乏规划的情况下基本上是按照先到先得的原则进行,导致的结果就是先行开发的项目必定先占用有限的地下空间资源^[4-5]。由于桩基础和地下空间开发同时存在于同一开发断面上,然而早期桩基础的开发建设在平面上的散乱无序和在空间上的长短不一导致地下空间的开发利用不仅在平面上受到极大限制,也致使地下空间的开发利用在竖向空间受到很大制约。如上海地铁2号线规划设计时,需要穿过一座建筑的桩基础,而对于“寸土寸金”的地铁建设,每米的地铁造价就高达数十万元,绕道将大大增加建造成本,而毁楼也会造成相当大的损失;广州地铁1号线为了避让高架桥下的桩基础,在增加了地铁里程的同时,出现地铁转弯半径过小、地铁与轨道之间的摩擦增加,不仅增加了运营成本,而且会在地铁运营中产生让乘客刺耳的摩擦声;深圳地铁一期工程区间隧道穿越一个百货广场

的桩基群,采取桩基托换措施托换了百货广场11根桩,但是桩基托换工程极其复杂,施工难度大,作业时间长,不仅耗费巨资并且导致工期延长;上海地铁10号线穿过桥桩基础采取桩基托换;长沙地铁5号线为了避开桥桩基础不得不更改线路等。桩基础成为现在地下空间开发利用的“拦路虎”的例子比比皆是。随着技术的进步以及对人类对地下空间需求量的不断加大,地下空间将不断向深层开发,如果现行建造的桩基础不纳入地下空间的整体规划,不及时完善相应法规以及采取相应管理措施,不仅在近期对地下空间开发利用带来巨大阻碍,也将给远期地下空间深层开发利用造成不可逆转的不利影响,严重制约着地下空间开发利用的可持续发展。

2 造成桩基础影响地下空间主要因素

2.1 缺乏长期整体规划,对桩基础的影响不够重视

由于地下空间的开发具有不可逆性,一旦开发很难回到开发之前,如果缺乏前瞻性、远期的深思熟虑和合理的长期规划,就会导致后续地下空间开发举步维艰,将会造成社会效益、经济效益和环境效益的巨大损失。由于历史原因,我国城市地下空间工程相对独立,很少进行独立的地下空间规划^[6],并且对桩基础对地下空间开发的影响认识不够,没有把桩基础纳入总体的地下空间规划当中,造成了桩基础散乱分布、长短不一等一系列问题。目前,国内地下空间开发的深度一般集中在地下30 m范围内,随着经济发展、社会需求和技术的日新月异,地下空间将不断向深处发展,而不同建筑、高架桥的桩基础一般占用地下5~100 m左右的空间,这就导致杂乱无序的桩基础不仅对近期地下空间的开发产生巨大影响,也会成为未来城市改造和深层地下空间开发时无法避开的障碍。

2.2 缺乏针对性的法律法规

日本作为世界地下空间的开发利用的领军人,除了有先进的技术和优秀的管理外,其完善的建设法规也是空间开发得以跻身世界先进水平的一大保障。他们有《大深度法》、《都市计通法》、《建筑基准法》、《道路法》、《下水道法》等详细、针对性的

法律法规地下空间的建设标准^[7]。反观我国国家层面涉及地下空间开发利用管理的有《物权法》、《城乡规划法》、《人民防空法》和《城市房地产管理法》共4部法律,但均只是对地下空间的某些方面提出了原则性的规定。而建设部1997年颁布施行的部门规章《城市地下空间开发利用管理规定》,则由于法律效力比较低,规定不具体、内容不完备等原因,在实践中难以有效地贯彻执行,缺少一个内容涵盖全面的综合性法律来规范和引导地下空间开发的健康发展,对于地下空间桩基础等方面的细则法律法规更是一片空白。

2.3 管理监督不到位、缺乏地下空间资源共享

目前,桩基础施工和地下空间由不同部门管理,做不到及时沟通了解和地下空间资料的共享,容易导致各自为政,地下空间无序的开发^[8]。空间管理职能划分不明确使高层建筑、高架桥的桩基础与地下空间开发较为独立,各个地下工程项目缺乏统一管理机构,开发时信息难以相互沟通,不同的高层建筑、高架桥等的桩基础在规划时没有考虑城市地下空间的综合开发,导致地下室标高不一、桩基础长短不一、桩间距不一。桩基础是地下埋置隐蔽工程,由于监督不到位、审核不严格、监督力度不够等导致桩基础埋置位置、桩基础数量和桩基础的埋置深度都和申报不一致,加上缺乏凌驾于各责任部门之上、对各种地下工程项目进行统一管理的机构,使得不同的地下空间利用形式在开发过程中难以做到信息互通,各个部门管辖下的设施的桩基础资料缺乏公开共享,导致城市地下空间的后续开发受到了极大的限制,给城市空间的开发造成了不

小的阻碍。

3 解决桩基础对地下空间影响的对策

3.1 制定具有前瞻性的长远、明细的规划,将桩基础纳入规划当中

城市地下空间作为一种不可再生的珍贵资源,一旦开发将难以甚至无法复原,所以应该做到先规划、后建设^[9]。地下空间规划部门应依据开发与保护相结合、地上与地下相结合、近期与长期相结合、平时与战时相结合的原则,分区域、分层、分阶段进行地下空间规划^[10],在可持续发展前提下实现社会效益、经济效益和环境效益的最大化^[11]。城市地下空间规划的主要内容应包括:地下空间发展预测;地下空间开发战略;地下空间开发层次、内容、期限、规模与布局;地下空间开发实施步骤;主要地下功能设施的具体位置、不同地段的高程、经济技术指标;主要地下功能设施之间的相互关系、与地面建筑的关系等。

桩基础作为地下空间里的一部分,并会产生重大影响,应当作为重点对象纳入地下空间的整体规划当中。桩基础伴随着建筑物和高架桥的整体规划也应包括“城市级”、“分区级”、“地段级”地下城市综合体规划(图1)当中。对于桩基础规划也应是分区域、分层,明确规定各区域、各个深度下桩基础的埋深、桩间距和地下室的标高走向等。通过前瞻性的规划,尽量确保桩基础对以后的地下空间开发阻碍很小甚至不会形成阻碍。

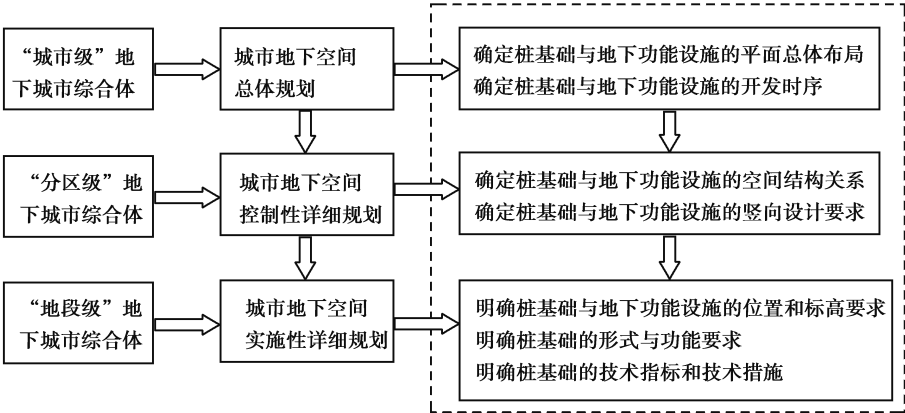


图1 城市地下空间规划体系图

Fig.1 Planning system of urban underground space

3.2 完善法律法规,制定桩基础相关细则

随着地下空间开发利用的持续发展,地下空间法规制度瓶颈将更为凸显,与当今地下空间综合化、规模化、功能化、深层化的发展趋势极不相称。目前,我国在城市地下空间开发利用的法律法规还不够健全,缺乏统一计划、统一规划、统一标准、统一管理,不但直接影响地下空间开发利用的有序性、合理性和高效性,而且也对地面空间的合理利用及城市的发展产生了不利影响^[12-13],所以亟需制定一套与之相配套的法律法规对地下空间进行强制性的法律规范,让地下空间建设做到有法可依、有法必依,使地下空间朝着有序、健康方向发展^[14-15]。除了国家出台相关的地下空间法律法规之外,当地政府也应因地制宜制订出符合当地地下空间的相关法规或管理条例。先专项立法,再综合立法,辅之以配套立法,形成一套完备、严谨的法律体系。

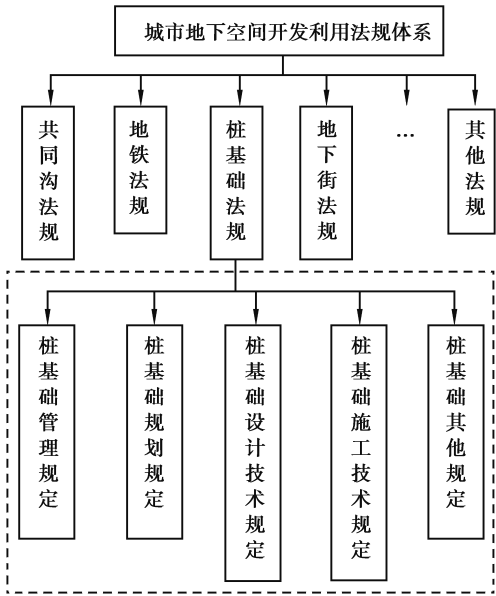


图 2 桩基础专项立法体系框架

Fig. 2 The special legislation system framework of pile foundation

桩基础作为专项立法中的重要组成部分,城市地下空间规划管理法规首先应明确桩基础工程在地下空间开发利用中的地位及相关责任,并根据桩基础的工程特点和状况形成对桩基础的管理规定、规划规定、设计技术规定、施工技术规定及其他规定等(如图 2)。当桩基础与其他地下空间功能设施交汇时,应该确定桩基础所选形式及相关准则,如现今比较常见的是桩基础与地下轨道交通的交汇形式,可以采取如图 3 所示的几种形式或者组合

形式等。形式 1 为隧道从桩基础之间穿过,适用下面岩土层承载力较高的地下空间;形式 2 采用增加桩基础数量和加大桩基础的直径来提高承载力,隧道在桩基础下面;形式 3 适用地质结构不好的地层,采用长短桩结合来增加桩基承载力,利用短桩提高复合地基承载力,通过长桩减少沉降;形式 4 借鉴桩基托换工程,让承载力高的深层岩土层承受荷载。

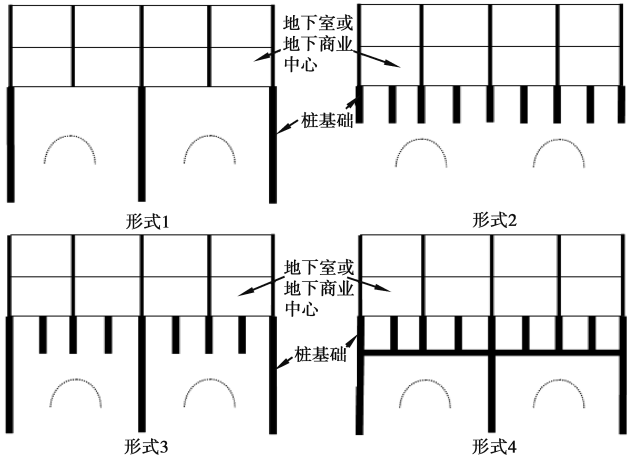


图 3 桩基础与地下交通交汇形式

Fig. 3 Forms of pile foundation and underground transport intersection

3.3 成立专门的管理机构,实施桩基础信息共享

除了前期规划和强制性的法律法规作为地下空间开发的有力支撑外,政府还应成立一个专门的地下空间开发管理机构,统筹全市地下空间开发的规划、建设与管理,督促检查规划与政策的实施与落实情况^[16-17]。对规划部门、建设部门、人防部门、市政部门、交通部门、消防部门、桩基础部门等专业管理部门而言,则应在地下空间开发综合管理机构的管理下,明确各自部门的相关职责并各司其职,尽量相互协调与衔接,建立高效、协作的地下空间管理体制,避免可能产生的部门之间推诿扯皮的问题¹⁸。桩基础管理部门应该从规划、建设、投资、拆迁、信息等方面加强对桩基础的管理(如图 4),严格按照规划确定桩基础位置、桩长、桩间距等,严格控制桩长,确定可开发的深度、宽度和长度。在桩基础施工时,除了对桩基质量和施工安全的管理外,还应加强对桩基础形式、桩长、桩间距的监督管理。并且还应建立一个有权限的地下空间资料共享系统,对桩基础所处位置、桩长等各项数据进行汇总并及时更新,让管理工作变得更加具有效率的同时接受大家监督。

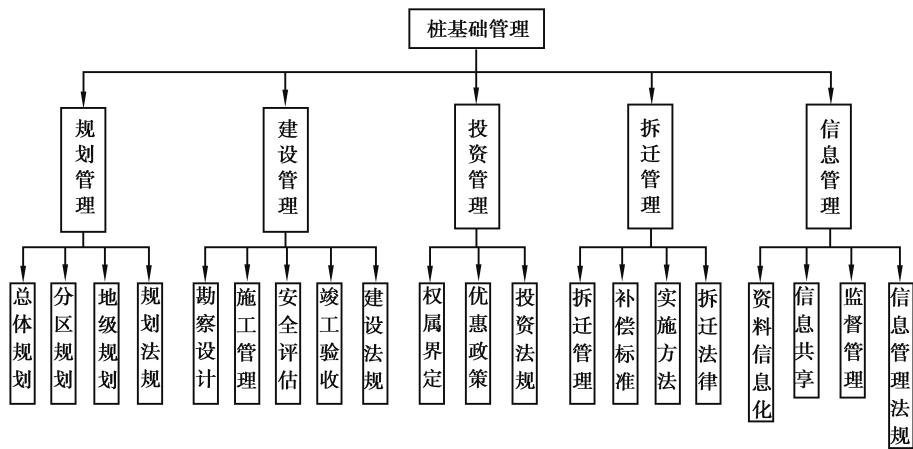


图 4 桩基础管理体系框架

Fig. 4 Management system framework of the pile foundation

4 结语

桩基础和地下空间其他功能设施往往在建设时间上不一致,加上桩基础建设的无序,导致桩基础与地下空间开发在空间上往往产生不可避免的矛盾,而解决矛盾的关键在于协调好桩基础和地下空间开发在时间和空间上的关系。应该制订具有前瞻性、全面性的地下空间规划,完善地下空间与桩基础之间的相关法律法规。同时,管理部门应该严格按照规划图纸和相关的法规加强对桩基础的监督管理,确保桩基础与地下空间的开发在时间、空间上的和谐友好相处,实现地下空间的可持续发展。

参考文献(References)

[1] 钱七虎. 城市可持续发展和地下空间开发利用[J]. 地下空间, 1998, 18(2): 69-74. (Qian Qihu. Sustainable development of the cities and the development and utilization of underground space[J]. Underground Space, 1998, 18(2): 69-74. (in Chinese))

[2] 束昱,彭芳乐,王璇,等. 中国城市地下空间规划的研究与实践[J]. 地下空间与工程学报, 2006, 2(增1): 1125-1129. (Shu Yu, Peng Fangle, Wang Xuan, et al. Study and practice of urban underground space planning in China[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2006, 2(Supp. 1): 1125-1129. (in Chinese))

[3] 房利人. 桩基础与地下空间[J]. 低温建筑技术, 2008, 30(2): 127-128. (Fang Liren. Pile foundation and underground space [J]. Low Temperature

Architecture Technology, 2008, 30(2): 127-128. (in Chinese))

[4] 陈志龙,王玉北. 城市地下空间规划[M]. 南京:东南大学出版社,2005. (Chen Zhilong, Wang Yubei . The planning of city underground space[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2005. (in Chinese))

[5] 童林旭. 地下空间与城市现代化发展[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2005. (Tong Linxu. Underground space and development of urban modernization [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005. (in Chinese))

[6] 马景月. 城市地下空间与开发利用规划[J]. 地下空间, 2002, 22(3): 200-204. (Ma Jingyue. Urban underground space and the planning for its development and utilization[J]. Underground Space, 2002, 22(3): 200-204. (in Chinese))

[7] 贾建伟,彭芳乐. 日本大深度地下空间利用状况及对我国的启示[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(增1): 1339-1343. (Jia Jianwei, Peng Fangle. Utilization of deep underground space in Japan and its enlightenment for Chinese city[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2012, 8(Supp. 1): 1339-1343. (in Chinese))

[8] 陈晓强,钱七虎. 我国城市地下空间综合管理的探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(4): 666-671. (Chen Xiaoqiang, Qian Qihu. Study on the integrated management of urban underground space in China[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2010, 6(4): 666-671. (in Chinese))

[9] 束昱,柳昆,张美靓. 我国城市地下空间规划的理论研究与编制实践[J]. 规划师, 2007, 23(10): 5-8. (Shu Yu, Liukun, Zhang Meilinag. Theoretical study

and practice of underground space planning [J]. Planners, 2007, 23(10): 5-8. (in Chinese))

[10] Admiraal J B M. A bottom-up approach to the planning of underground space[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2006, 21(3-4): 464-465.

[11] Edelenbos J, Monnikhof R, Haasnoot J, et al. Strategic study on the utilization of underground space in the Netherlands [J]. Tunnelling and Underground Space, 1998, 13(2): 159-165.

[12] 倪彬, 刘新荣. 我国城市地下空间立法体系构想[J]. 地下空间与工程学报, 2005, 1(1): 19-24. (Ni bin, Liu Xinrong. Legislation system of urban underground space in China [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2005, 1(1): 19-24. (in Chinese))

[13] 刘巍, 叶少帅, 徐利国. 城市地下空间开发利用管理法规体系框架[J]. 地下空间与工程学报, 2005, 1(2): 167-170. (Liu Wei, Ye Shaoshuai, Xu Ligu. The research of code system in the exploitation and management of underground space [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2005, 1(2): 167-170. (in Chinese))

[14] 王一明. 依法理顺职能加强地下空间管理[J]. 地下

空间, 1998, 18(增1): 382-386. (Wang Yiming. Improvement of the management of undergroundspace [J]. Underground Space, 1998, 18(Supp.1): 382-386. (in Chinese))

[15] 赵俊玉, 陈志龙. 城市地下空间开发利用的立法和管理体制探讨[J]. 地下空间, 2000, 20(2): 141-146. (Zhao Junyu, Chen Zhilong. Investigation on legislation and management system in development and utilization of urban undergroundspace [J]. Underground Space, 2000, 20(2): 141-146. (in Chinese))

[16] Bobylev N. Underground pedestriansystems development in cities: Influencing factors and implications [J]. Land Use Policy, 2009, 26(4): 1128-1137.

[17] Roberts D V. Sustainable development and the use of underground space [J]. Tunnelling and Underground Space, 1996, 11(4): 383-390.

[18] 郑怀德. 试论广州市地下空间开发利用管理体制改革[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(1): 7-12. (Zheng Huaide. Study on the management system reform of urban underground space development and utilization in Guangzhou city [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2013, 9(1): 7-12. (in Chinese))

(上接第 584 页)

参考文献 (References)

[1] 童林旭. 地下建筑学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012. (Tong Linxu. Underground Architecture[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2012. (in Chinese))

[2] 朱大明. 地下空间开发与山水园林城市建设[J]. 地下空间与工程学报, 1996, 16(3): 139-142. (Zhu Daming. Underground space development and urban construction of landscape architecture [J]. Underground Space, 1996, 16(3): 139-142. (in Chinese))

[3] 林小峰, 赵婷. 新增空间 别有洞天——日本名古屋市“荣”地下空间综合开发之借鉴[J]. 园林, 2010(9): 34-37. (Lin Xiaofeng, Zhao Ting. New space amazing—the city of Nagoya, Japan "wing" the comprehensive development of underground space reference [J]. Garden, 2010(9): 34-37. (in Chinese))

[4] 上海市地下空间设计研究总院有限公司. 双鹤湖片区核心区地下空间综合利用总体方案设计[R].

2015. (Shanghai Underground Space Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Underground space double crane Lake area core area comprehensive utilization overall design scheme [R], 2015. (in Chinese))

[5] 李静, 张浪, 程佳佳. 探讨城市公园地下空间利用体系的建立[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(12): 173-174. (Li Jing, Zhang Lang, Cheng Jiajia. Discussion on construction of the use system of underground space in urban parks [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009, 15(12): 173-174. (in Chinese))

[6] 王璇, 土井幸平, 赤崎弘平, 等. 公园绿地地下空间的开发利用——大阪市中央地下体育馆[J]. 中国勘察设计, 2000(3): 37-40. (Wang Xuan, Doi Yukihiro, Akasaki Hirohira, et al. Development and utilization of underground space of the park green space—the central underground gymnasium of Osaka City [J]. China Investigation & Design, 2000(3): 37-40. (in Chinese))