

文章编号: 1673-0836(2007)01-0005-04

# 城市地下空间开发效益分析<sup>\*</sup>

罗周全, 刘望平, 刘晓明, 吴亚斌, 杨彪

(中南大学资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘 要:**城市地下空间的应用已经在世界范围内成为一种潮流,但对城市地下空间效益的评估目前尚没有统一的规范和方法。作者从地下空间和地面建筑的对比出发,针对城市地下空间效益评估中所应注意的关键问题进行探讨;在分析了城市地下空间整个生命周期中各种直接效益的基础上,讨论了其在环境、防灾和社会效益上的间接作用。

**关键词:**城市地下空间;生命周期;间接效益;分析

**中图分类号:** TU984.113

**文献标识码:** A

## Benefit Analysis of Urban Underground Space

LUO Zhou-quan, LU Wang-ping, LU Xiao-ming, WU Ya-bin, YANG-Biao

(School of Resources and Safety, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** The application of the urban underground space has become a trend in the world, but there is no uniform criteria or methods to analyze the urban underground space's benefit. In this paper, compared with surface construction, what we should noticed in the assessment of urban underground space is pointed out, analysis on the value of urban underground space in a life-cycle and discussion of its indirect benefits to the environment, disaster controlling and social effect aspects are carried out.

**Keywords:** urban underground space; life-cycle; Indirect benefits; analysis

## 1 引言

随着城市化水平的不断提高,城市空间拥挤、交通阻塞、环境恶化、资源匮乏等问题愈演愈烈。而且在考虑到美观、采光等因素以后,在很多已经密集开发的地区很难有向高空发展的机会,而只能被迫向地下发展,这已经成为增强城市功能、改善城市环境的必要手段。建设地铁已成为国内外许多城市缓解城市交通矛盾的主要手段;城市中心区的立体化开发成为解决中心区空间拥挤、地面环境恶化的重要方法;建设地下管线综合管廊成为增强城市功能、提高城市抗灾能力的重要途径。因此,城市地下空间作为城市空间资源的重要组成部分,越来越受到人们的关注。

一般来说,地下空间最初的建设费用要远远大于地表建筑,其一次性投资为地面相同面积工程建设的3~4倍,最高可达8~10倍,而地下设施对环境的调节作用又很难定量计算,因此,在经济方面,地下建筑一直处在劣势。但是,有些地下建筑,如地下粮库、冷冻库却比地面同样规模的造价节省30%~60%;附建式地下室造价反而比地面楼房造价低1/4左右。所以,我们在分析地下空间开发的经济效益的时候应该具体分析<sup>[1~2]</sup>。

高建设费用是一种挑战,但是我们在评估地下设施的效益时,它的价值不仅以自身所创造的商业价值来衡量,而应当综合考虑它的各种效益及其对环境和防灾等的间接作用。如图1所示:

\* 收稿日期: 2006-08-07(修改稿)

作者简介:罗周全(1966-),男,湖南长沙人,教授,博士,主要从事地下空间开发与利用的理论与技术研究。E-mail: yuetan83@yahoo.com.cn

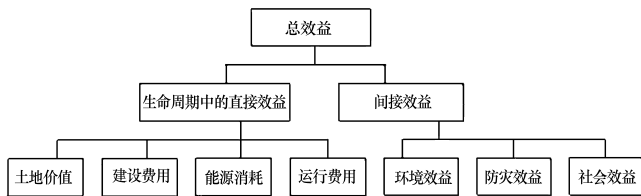


图1 地下空间效益评估的要素

Fig 1 Elements of underground space benefit assessment

## 2 地下空间经济效益

### 2.1 土地费用

地下空间的经济性体现在与同类地上空间的比较上。城市空间的聚集度越高,地下空间开发的价值就越明显。从建筑经济学的角度,新建筑的总成本一般包括:旧建筑的价值、旧建筑的拆除费、建筑基地的地价、新建筑的建设成本。城市聚集度越高,地价在成本中所占的比重就越大。80年代日本东京新宿地区的最高地价就达到了每平方米322万日元,而在2005公布的统计中,日本地价最高的东京银座商业区的中央道一带,每平方米的价格为1512万日元,香港中心地价也高达每平方米20万美元,地价一般占总造价的70%。因此,尽管地下建筑单位造价将近地面的3倍,但由于它没有前三项费用,而在经济上还是具有极强的竞争力。图2是地下空间造价与区位的关系,由图可知,当与城市中心区接近到一定程度,地下空间开发成本将小于地上空间<sup>[1]</sup>。

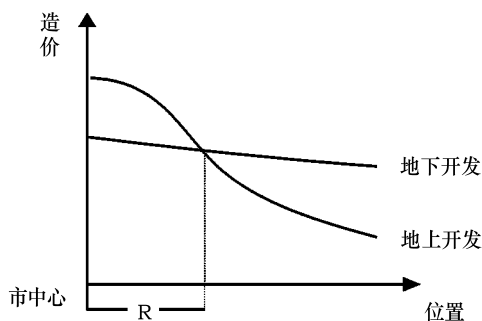


图2 地下空间造价与区位的关系

Fig 2 Relation of cost of underground space construction and its location

更重要得是,一个便捷的地下设施能增加地表土地的价值,这种价值的增加和由一些多用途建筑提高土地价值的道理一样,这种增值表现特别突出的是城市轨道交通系统。轨道交通具有明显的外部效益,能够给沿线的土地(房地产)带来显著的增值效益。轨道交通具有高度的能达性效能,不仅

能够节省轨道交通利用者的出行时间和经济成本,而且也能够减少道路交通的拥挤程度,节省道路交通使用者的走行时间和经济成本。这种高度能达性还具有“磁力效应”,能够吸引各种生活、商务、商业、文化、娱乐等设施向轨道站点周围集中,刺激站点周围土地的高密度开发,繁荣轨道交通沿线的经济。轨道交通的高能达性,以及由此所促进的沿线土地的高密度开发与经济繁荣,必将促进沿线房地产增值,这就是轨道交通建设促进沿线房地产增值的机理<sup>[3]</sup>。同样的机理也可以应用到其它地下设施比如地下停车场等。地下基础设施的建设,也使在一个已经密集开发的区域提供快速而高效的公共服务成为可能。

在大多数情况下,地表、地下和空中三者都用来计算土地的价值,而如果考虑到最初的土地成本节省和由于地下建筑而造成的土地价值的保持或增加,地下结构的经济效益将大幅提高。

### 2.2 建设费用

尽管地质勘察技术、定位技术以及施工技术都比以往有了很大的进步,地下建筑仍然比同等功能的地表建筑的花费大得多,某些适合施工的地质环境也许能够节省一些费用,但是一般来说很难碰到这样的地质条件。虽然地下施工的效率在不断提高,但是这也被不断提高的设计标准、建筑安全标准和必要的环境保护措施所抵消<sup>[4]</sup>。比如在日本,初期的地下购物中心商店都是一个挨一个连在一起的,但是新的建设标准就规定,为了防止火势的蔓延,商店必须明显分离,这就大大降低了地下购物中心的收益<sup>[2]</sup>。地下空间要求越来越宽阔,有更多的出入口,提供更多的空地。这些变化的目的都使地下结构变得更安全,从长远来讲,是有利于消除人们对地下空间的一个偏见,使人们感觉到更加舒适。但是建筑物的安全使建设费用大大提高,给最初的建设单位很大的负担。

当然,和地面设施相比,地下设施的一些物理特性也能够提供一些经济上的优势。比如地表建筑一般都要花费大量的资金来做外部装修,而地下建筑则完全没有这个要求<sup>[4]</sup>。

### 2.3 能源消耗

封闭性作为地下空间的主要特征既是优点又是缺点。作为优点,封闭性使得地下设施比地表设施运行起来消耗的能量低得多。比如,热隔离的性质就使控温系统的峰值载荷降低,允许采用功率较小的空调系统;保持低振动水平,恒定的温度、干净

的空间等的费用也比地表要少。如果是单纯的取暖或制冷的话,地下建筑比传统地面同类型建筑要省  $1/2 \sim 2/3$ ,尽管与此相伴的是必要的通风和照明费用的增加,但是与节约的调节温度的能源相比是微不足道的<sup>[4,5]</sup>。目前中国共有地下冷库 200 多座,库容量 20 多万吨,大部分都在南方,均取得了不错的投资收益<sup>[2]</sup>。

但如果地下设施是作为一种公用设施的话,情况就恰好相反了。因为地下空间通常是与自然环境分离开来的,而作为公共设施,几乎时时刻刻被人们使用且需要不断的环境控制。能量消耗主要体现在:供热和冷却系统以及清理长时间运作所带来的污染,另外,如果该设施人流量很大的话,行人所产生的热和污染的总量也很大。而且随着地下空间应用的扩展,地下水位的下降,散热问题变得越来越复杂。这些地区的环境必须完全由取暖、通风和空调设备(统称 HVAC)所控制,所需要的能量是巨大的。日本的学者对东京地区的地下购物中心和地上办公大楼及百货大楼的每单位面积的能量消耗做了比较。如图 3 所示,地下购物中心总的能量消耗是办公大楼的 4 倍,是百货大楼的 2 倍<sup>[1]</sup>。

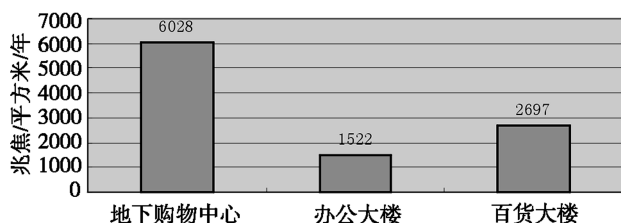


图 3 地下购物中心和地表大楼年能量消耗对比图

Fig 3 Comparison of energy consumption of underground shopping center and surface building

## 2.4 运行费用

一般说来,地下建筑 and 外界环境物理上的隔离使地下建筑在运行中受到的外界影响很小,因此地下建筑的运行费用也应该比较低。但是作为一个封闭的空间,它也需要特殊的安全措施和防患措施;和地上建筑不同的是,一些自然特征,比如日光和风,在地下空间也没有,环境条件必须由人工制造,所以对重造地上环境条件的依赖程度是很高的。由于人的活动和照明都会产生热,即使是在冬季,空调和通风是必须的,而且大多数时候都要是开着的。因此,尽管地下空间具有封闭性,地下设施在同等使用时间内损耗也比较小,但由于使用时间长,并附带一些非常规的设备,所带来的也就是

更高的运行费用<sup>[4,6]</sup>。

另外,地下建筑的使用寿命无疑比同样的地表建筑要长得多,不像地表建筑那么容易受外界环境的侵蚀而被破坏。只要在技术上仍然能够与现行技术接轨,或者原始的设计与现行规定不相违背,地下建筑几乎能够一直使用下去。比如一条铁路隧道其使用寿命就一般都在 100 年以上<sup>[5]</sup>。

## 3 地下空间的间接效益

### 3.1 环境效益

地下空间的开发可创造巨大的环境效益,对减少地面环境污染,美化城市的环境有很重要的意义。在城市建筑中,将产生噪声、震动、尘埃的公用设施移入地下,可以减少地面环境污染。这种效益我们很难直接来计算,但是我们可以通过环境改善的程度来间接的感受到它的优越性。人们总是在不断地采取相应的措施来降低环境污染对经济以及社会的副作用,也总是在不断地投入来改善和美化环境,地下空间的环境效益我们也就可以认为是能够达到同样效果的其它措施的费用。

通过修建地下铁道和多功能地铁车站、建造地下工厂、仓库,把部分停车场、商业街、住宅转入地下,可以不占或少占地面,腾出地表进行绿化,增加城市绿化面积,促进生态系统的良性循环。将城市中有污染的、不雅观的建筑,如废物处理厂、垃圾焚化炉、高速铁路和能源储存中心等置于地下,不仅有益于城市环境,而且还可以减少城市污染。如德国慕尼黑在 1970~1973 年期间地铁交通还只开发了一部分的时候,其空气中的 CO 含量便下降了 25%,碳酸浓度下降了 35%,硝酸含量下降了 44%<sup>[2]</sup>。从以上的数据可以看出,地下空间的发展对城市环境的改善是有巨大效果的。

### 3.2 防灾效益

地下建筑一般比同类地上建筑防卫自然灾害的能力要强得多,风暴、龙卷风、霜冻对地下空间几乎没有影响;地下空间在地震条件下受地震破坏作用要比地面建筑轻得多,地下 30m 的地震加速度仅是地表的 40%。而且随着技术的进步,地下空间在很多灾害控制中的弱点也变成了优点,最典型的是火灾,随着新的安全管理规章的制定和技术的进步,地下空间发生火灾的概率和伤害都比地面要低得多;地下空间还能防御现代战争的侵袭,它是防护核武器最有效的手段<sup>[2]</sup>。我国从很早就开始了规模巨大的人防工程,把战时防护和抵御自然

灾害的机能有效结合了起来,这是世界上最大和最广泛的地下防御掩蔽体。

### 3.3 社会效益

城市地下空间的利用能够使城市的整体使用价值高于传统的城市形式,具有重大的社会意义:

(1)它能够大大减少工作、居住、购物地点之间的通勤时间,能够提高整个社会的工作效率。同时也避免和减少了市政工程管理系统复杂的弊端<sup>[1]</sup>。

(2)大大缩短了交通线和减少了运输量,节约城市能源的同时也有效改善了城市交通。比如慕尼黑使用地铁以后,1970~1977年事故率下降77.6%,车祸率下降27.1%,死亡率下降40.7%<sup>[2]</sup>。

(3)城市和社会的相互联系会得到加强,有利于缓解现代都市中普遍存在的孤独感<sup>[1]</sup>。

(4)在同样的固定资产投资下,地下空间资源的开发建设要比其它部门多安排就业人员。工业部门每个就业人员需要固定资产投资约为12000元,而建筑业只需4000元左右,即工业部门安排一个就业人员的固定资产,建筑业可以安排3个人<sup>[2]</sup>。

## 4 结 语

城市地下空间的很多优点,特别是关于环境保护方面的优点是不能用简单的经济价值来衡量的。在地下空间技术上已经取得了巨大进步的同时,人类对地下生活的观念和舒适性还处在初级阶段。人们在决策过程中对地下空间的认知是有缺陷的,特别是在它和地面建筑的效益比较上。因此,在对城市地下空间进行效益分析时不仅要考虑一个完整的生命周期内的费用,同时还应当考虑到地下空间能够带来的各种环境效益、防灾效益以及社会效益。

### 参考文献:

- [1] 吉迪恩·S·格兰尼,尾岛俊雄.城市地下空间设计[M].北京:中国建筑工业出版社.2005.(Gideon·S·Glennie, Ojima Toshio Urban Underground Space Design[M]. Beijing: Chinese construction industry Press, 2005. (in Chinese))
- [2] 陈志龙,王玉北.城市地下空间规划[M].南京:东南大学出版社.2005,25(10):14-16.(Chen Zhi-long, Wang Yubei Urban Underground Space Planning[M]. NanJing: Southeast University Press, 2005. 25(10):14-16). (in Chinese))
- [3] 郑捷奋,刘洪玉.城市轨道交通对房地产价值影响研究综述[J].铁道运输与经济.(Zhen jiefeng, Liu Hongyu UMT impact on the realty values summary[J]. Railway transport and economy)
- [4] Jean - Paul Godard Urban Underground Space and Benefits of Going Underground[J]. World Tunnel Congress 2004 and 30th IIA General Assembly - Singapore, 22 - 27 May 2004 - IIA Open Session
- [5] Raymond L. Sterling, Jean - Paul Godard Geoengineering Considerations In The Optimum Use of Underground Space [R] <http://www.ita-aites.org/cms/415.html>
- [6] 宗非.人防工程的技术经济学问题[J].地下空间,1995,15(2):114-117.(Zong fei The technology economics issues of Defense project[J]. Underground Space, 1995, 15(2):114-117. (in Chinese))
- [7] 朱大明.城市地下空间开发基本规律初探[J].地下空间,2004,24(3):365-369.(Zhu Daming Basic Rule of Urban Underground Space Development Considerations[J]. Underground Space, 2004, 24(3):365-369. (in Chinese))
- [8] 李晓红,王宏图.城市地下空间开发利用问题的探讨[J].地下空间与工程学报,2005,1(3):319-322.(Li Xiaohong, Wang Hongtu The Discussion of Urban Underground Space Development and Utilization [J]. Underground Space And Engineering Transaction 2005,1(3):319-322 (in Chinese))
- [9] 马景月.城市地下空间与开发利用规划[J].地下空间,2002,22(3):0200-0204.(MA Jin - yue Urban Underground Space and the Planning for Its Development and Utilization [J]. Undergrounnds Space 2002, 22(3):0200-0204. (in Chinese))
- [10] 王剑宏,刘新荣.浅谈日本的城市地下空间的开发与利用[J].地下空间与工程学报,2006,2(3):0349-0353.(Wang Jianhong, Liu Xinrong About the Development and Utilization of Underground Space in Japan [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering 2006,2(3):0349-0353 (in Chinese))
- [11] 马忠政,侯学渊,李红.城市绿地与地下空间的复合开发[J].地下空间,2000,20(1):0009-0013.(Ma Zhongzhen, Hou Xueyuan, Li Hong et al Investigation-on Combined Development of Urban Green Areas with Underground Space [J]. Underground Space 2000, 20(3):0009-0013. (in Chinese))
- [12] 陈之毅,沈祖炎.城市地下空间利用与可持续发展[J].地下空间,2001,21(3):0188-0191.(Chen Zhii, Shen Zhuyan The Utilization and Sustainable Development of Urban Underground Space [J]. Underground Space 2001, 21(3):0188-0191. (in Chinese))