

高等院校城市地下空间工程专业“十三五”规划教材

# 城市地下空间规划与设计

姚华彦 刘建军 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

高等院校城市地下空间工程专业“十三五”规划教材

# 城市地下空间规划与设计

姚华彦 刘建军 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

本书对城市地下空间规划与设计的基本概念、理论及主要内容进行较为全面的介绍。全书分为11章,内容包括:绪论、城市地下空间规划概论、城市地下空间规划基础理论、城市地下空间规划编制体系、城市地下交通系统、城市地下公共服务设施、城市地下市政设施、城市地下仓储物流系统、城市地下防空与防灾设施、城市地下空间防灾设计、城市地下公共空间景观环境设计。

本书可作为城市地下空间工程、土木工程、城市规划等专业或相关专业的教材及教学参考书,也可供上述专业工程技术人员、管理人员在工作中参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市地下空间规划与设计 / 姚华彦, 刘建军编著

— 北京: 中国水利水电出版社, 2018.1

高等院校城市地下空间工程专业“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-5170-6096-3

I. ①城… II. ①姚… ②刘… III. ①地下建筑物—  
城市规划—高等学校—教材 IV. ①TU984.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第302389号

书 名	高等院校城市地下空间工程专业“十三五”规划教材 <b>城市地下空间规划与设计</b> CHENGSHI DIXIA KONGJIAN GUIHUA YU SHEJI
作 者	姚华彦 刘建军 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 367千字
版 次	2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>39.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

近20年以来,我国城市以前所未有的速度发展,城市规模不断扩大,人口急剧膨胀,许多城市不同程度地出现了建筑用地紧张、生存空间拥挤、交通阻塞、基础设施落后、生态失衡、环境恶化等问题,这些问题已经成为现代城市可持续发展的严重障碍。国内外已有发展经验表明:城市地下空间开发利用是解决城市病、实现可持续发展的有效途径。

目前,我国以城市轨道交通为龙头带动的地下空间开发利用正如火如荼地展开。截至2017年上半年,我国内地已有31个城市开通运营地铁,其中北京和上海的地铁运营总里程均超过500km。此外,作为国家重点推进的民生工程,地下综合管廊也在中国各城市大面积展开。2016年5月,中华人民共和国住房和城乡建设部发布《城市地下空间开发利用“十三五”规划》,地下空间开发利用在城市发展中的地位和作用日益提高。同时该规划也指出:虽然我国部分城市地下空间开发利用进入迅速发展阶段,但是大多数城市地下空间开发利用仍处于起步阶段。一些大中城市的地下空间开发利用虽然已经起步,各地修建了一定规模的地下建筑和设施,但由于缺乏统一的规划、设计和管理,城市地下工程的开发在很大程度上与城市建设脱节,布局不合理,利用水平低,不仅严重影响城市建设与地下空间综合利用,而且造成地下空间资源的极大浪费。因此,对城市地下空间进行科学规划、合理布局、有序开发是促进城市可持续发展亟待解决的问题。

城市地下空间规划与设计已经成为城市建设与管理工作者必备的重要专业基础知识,是城市地下工程方向的重要专业课。通过本课程的学习,使学生了解城市地下空间规划的基本概念、理论和方法,掌握地下交通设施、地下公共服务设施、地下市政设施、地下仓储物流设施、地下防空防灾设施等各类地下空间的规划原则、布局形态和设计方法,掌握地下建筑空间的防灾及景观环境设计,能应用相关理论和方法开展城市地下各类主要建筑的规划设计工作,培养学生分析与解决问题的能力,为从事专业技术工作或进行科学研究打下基础。

本书在编写过程中,顾峥女士参与了部分文字工作,方少文硕士参与了资料整理工作,周茂森高工以及胡众博士提供了大量案例资料;中国水利水电出版社周媛女士为书稿的编辑付出了辛勤劳动。在此一并表示感谢。

本书参考了大量国内外最新研究成果，包括规范、专著、期刊论文、硕博论文、规划报告等资料。此外，还引用了大量网络资料，没有一一标注。在此向相关资料的作者表示衷心感谢。由于编者学识所限，不当和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2017年10月

# CONTENTS | 目录

## 前言

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 现代城市地下空间开发利用的意义 .....	1
1.2 城市地下空间开发利用的发展概况 .....	3
1.3 城市地下空间开发利用的功能分类 .....	16
1.4 城市地下空间开发利用的发展趋势 .....	17
第 2 章 城市地下空间规划概论 .....	19
2.1 城市与城市规划 .....	19
2.2 城市地下空间规划 .....	24
第 3 章 城市地下空间规划基础理论 .....	29
3.1 城市地下空间资源评估 .....	29
3.2 城市地下空间需求预测 .....	32
3.3 城市地下空间布局 .....	36
第 4 章 城市地下空间规划编制体系 .....	42
4.1 城市地下空间规划编制程序 .....	42
4.2 城市地下空间规划的主要内容 .....	44
4.3 城市地下空间规划成果体系 .....	50
4.4 规划案例 .....	52
第 5 章 城市地下交通系统 .....	58
5.1 概述 .....	58
5.2 城市地下轨道交通系统 .....	59
5.3 城市地下道路系统 .....	88
5.4 城市地下停车系统 .....	96
5.5 城市地下公共步行系统 .....	112
5.6 城市地下交通枢纽 .....	118
第 6 章 城市地下公共服务设施 .....	125
6.1 概述 .....	125

6.2	地下商业街 .....	126
6.3	地下综合体 .....	141
6.4	其他地下公共服务设施 .....	145
<b>第7章</b>	<b>城市地下市政设施 .....</b>	<b>148</b>
7.1	概述 .....	148
7.2	地下市政管线 .....	149
7.3	地下综合管廊 .....	151
7.4	地下市政场站 .....	165
<b>第8章</b>	<b>城市地下仓储物流系统 .....</b>	<b>167</b>
8.1	地下仓储空间 .....	167
8.2	地下物流系统 .....	170
<b>第9章</b>	<b>城市地下防空与防灾设施 .....</b>	<b>176</b>
9.1	城市灾害与地下防灾空间 .....	176
9.2	城市地下人防工程 .....	177
9.3	城市地下防涝系统 .....	187
9.4	其他地下防灾设施 .....	191
<b>第10章</b>	<b>城市地下空间防灾设计 .....</b>	<b>192</b>
10.1	城市地下空间灾害概述 .....	192
10.2	城市地下空间内部防灾设计 .....	193
<b>第11章</b>	<b>城市地下公共空间景观环境设计 .....</b>	<b>200</b>
11.1	地下空间环境的特点 .....	200
11.2	地下空间景观环境设计要素 .....	201
11.3	地下空间景观环境设计的原则 .....	204
11.4	地下空间景观环境设计 .....	206
11.5	景观设计案例——合肥地铁1号线包公园站文化景观设计 .....	211
<b>附录</b>	<b>合肥城市地下空间开发利用规划（2013—2020）文本 .....</b>	<b>213</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>239</b>

## 1.1 现代城市地下空间开发利用的意义

地下空间是在地表以下自然形成或人工开凿的空间。城市地下空间是在城市规划区内通过开发为城市服务的地下空间。地下空间是城市发展的战略性空间，是一种新型的国土资源。

国内外的城市发展实践表明，开发利用地下空间，是引导人车立体分流、减少环境污染、改进城市生态的有效途径。近百年来，在国际城市复兴和新城建设过程中，开发利用地下空间，通过空间形态竖向优化克服“城市病”，已成为城市发展的重要布局原则和成功模式。20世纪初以来，西方国家大力发展交通和市政公用设施地下化和集约化，并将一部分公共建筑布置在地下空间，这对有效扩大空间供给、提高城市效率、减少地面占用、保护地面景观和环境，均做出了重要贡献。

城市地下空间利用是城市发展到一定阶段而产生的客观要求。同时，一个国家或城市所处的自然地理环境和地缘政治环境对其开发利用地下空间的动因、重点、规模和强度等都有一定的影响。例如，日本虽然经济发达，但国土狭小，人口众多，资源短缺，城市空间非常拥挤，因而在20世纪50—80年代，结合城市改造进行立体化的再开发，大量开发利用了城市地下空间。一些西欧和东欧国家在20世纪后半叶的冷战时期，为了防止在欧洲和两大阵营之间可能发生的大规模战争中受到袭击或波及，曾一度大规模修建地下民防工程，成为这些国家城市地下空间利用的主体。瑞典等北欧国家缺少能源，故利用优越的地质条件，大量建造各类地下储油库，建立国家石油战略储备，同时还在地下空间中储存热能、电能等多种能源。加拿大冬季漫长，气候寒冷，冰雪给城市生活造成很大不便，因此各大城市在修建地下铁道的同时，大量建造地下步行道，进而形成大面积的地下商业街。

目前，我国城市地下空间开发利用的意义主要表现在以下几个方面。

### 1. 节约城市土地资源

我国虽然幅员辽阔，但平原和可耕地较少，能够为城市发展提供的土地更为有限。改革开放以来，我国的经济社会得到快速发展，城市化进程更是取得前所未有的成绩。但我国城市发展沿用“摊煎饼”式的粗放经营模式，城市范围无限制地外延发展。

随着城镇化率的提高，大量人口从农村涌入城市，导致城市所需的土地越来越多。同时，我国人口众多，截至2015年年底，我国大陆地区人口已经超过13亿。为确保国家粮



食安全，国家需要严格保护耕地面积。因此，城市建设用地的供需矛盾显得尖锐起来，传统的“摊饼式”的城市横向发展空间受到了极大的限制。这就决定了城市空间的拓展需要向地下延伸，开发利用城市地下空间已经成为城市发展的趋势。

## 2. 改善城市交通体系

城市交通是城市功能中最活跃的因素，是城市和谐发展的最关键问题。由于我国城市化进程加快，城市人、车激增，而基础设施相对滞后，交通堵塞问题在许多城市非常突出。例如，北京市自 20 世纪 90 年代中叶以来，机动车拥有量年均增长率超过 10%，截至 2015 年年底，北京机动车保有量达 560 余万辆。在高德地图发布的《2015 年度中国主要城市交通分析报告》中，北京在中国内地主要拥堵城市中排名第一（图 1.1），高峰时平均车速 22.81km/h，全天平均车速 27.98km/h。此外，在高德交通大数据监测的 45 个城市中，对比近两年各城市高峰期拥堵变化规律和发展趋势发现，2015 年有 44 个不同规模的城市和地区，拥堵都在进一步恶化（表 1.1）。



图 1.1 北京道路拥堵情况

表 1.1

2015 年中国主要城市拥堵榜单

拥堵排名	城市	高峰拥堵延时指数 <sup>①</sup>	全天拥堵延时指数	高峰平均车速 / (km/h)	全天平均车速 / (km/h)	自由流速度 / (km/h)
1	北京	2.056	1.678	22.81	27.98	46.89
2	济南	2.039	1.689	21.23	25.63	43.29
3	哈尔滨	1.989	1.709	22.91	26.67	45.58
4	杭州	1.984	1.717	21.19	24.56	42.05
5	大连	1.907	1.593	21.61	25.92	41.21
6	广州	1.885	1.678	23.49	26.30	44.29
7	上海	1.867	1.568	24.69	29.40	46.10
8	深圳	1.863	1.591	25.44	29.73	47.40
9	青岛	1.851	1.573	24.80	29.18	45.90
10	重庆	1.845	1.567	24.89	29.30	45.92

① 拥堵延时指数即交通拥堵通过的旅行时间/自由流通过的旅行时间。

发达国家的经验表明,只有发展高效率的地下交通,形成四通八达的地下交通网,才能有效解决城市拥堵问题。例如,加拿大蒙特利尔地下交通网由东西两条地铁轴线、南北两条地铁轴线及环形地铁线和伸向城区中心地下的两条郊区火车道组成。城区中心的60多个高层商业、办公及居住建筑综合大厦通过150个地下出入口及相应的地下通道与这个地下交通网络的站台相连接。中心区以外的人流上班、进行公务以及商业活动时,通过郊区火车或自备汽车到达中心区边缘的地铁车站,自备汽车可以停放在附近的地下停车场,然后乘地铁到达目的地车站,有效减少了城区中心区的机动车数量,改善了交通环境。

### 3. 保护城市生态环境

我国城市的不均衡发展导致城市大气污染严重,绿地面积大量减少,水资源缺乏,噪声污染严重超标。这些恶劣的生存环境对人们的身心健康造成严重伤害,而开发利用城市地下空间,将部分城市功能转入地下,可以有效减少大气、噪声、水等污染,同时节约大量用地。这既可以减轻地面拥挤的程度,又为城市绿化提供大量用地,而绿化面积增加又有利于空气质量的改善,以及城市地下水资源的补充。

### 4. 提高城市防灾能力

城市作为一定区域的经济中心和人口聚集区,一旦遭到自然灾害或人为毁坏,往往造成巨大损失。目前世界仍处于复杂动荡的局势中,战争的根源并没有消除。地下空间上覆的岩土介质具有天然的防护能力,一旦发生战争灾害,城市地下防护空间成为保障的主体空间。此外,地下空间在一些自然灾害防护方面(如地震、暴风等)比地面空间具有优势;也可以利用地下空间进行调蓄雨水等,防止城市内涝灾害的发生。因此,城市在面临战争及多种自然和人为灾害时,地下空间可以为城市的综合防灾提供大量有效的安全空间。

## 1.2 城市地下空间开发利用的发展概况

### 1.2.1 地下空间开发利用的发展历史

人类对地下空间的利用,经历了一个从自发到自觉的漫长过程。推动这一过程的,一是人类自身的发展,如人口的繁衍和智能的提高;二是社会生产力的发展和科学技术的进步。

根据考古发现和史籍记载,在远古时期,人类就开始使用天然洞穴作为居住场所。例如,在我国周口店龙骨山上,发现有被称为“新洞人”和“山顶洞人”两种古人类的生活遗址,都是在天然洞中,距今10000多年。在新石器时代,天然洞穴已经不能满足需要,大量人工洞穴出现。我国已经发现新石器时代遗址7000余处。据史籍记载和各方面的考证资料,人工洞穴最早始于旧石器时代晚期至新石器时代早期,距今约7000~8000年。

窑洞是中国西北黄土高原上居民的古老居住形式。在我国河南、山西、陕西、甘肃等省的黄土地区,由于其特殊的地形、地质条件,窑洞长期作为居住场所(图1.2)。随着社会的发展,窑洞不但继续发挥着居住作用,而且在旅游、文化、娱乐、商贸等方面依然显示

出它独有的作用。



图 1.2 陕西米脂窑洞古城

人类到地面上居住以后，除个别地区仍沿袭了穴居的传统外，开始把开发地下空间用于满足居住以外的多种需求，如采矿、储存物资、水的输送、埋葬等。公元前 3000 年以后，进入铜器和铁器时代，劳动工具的进步和生产关系的改变，使得奴隶社会中的生产力有很大的发展，导致了在其鼎盛时期形成空前的古埃及、古希腊、古罗马以及古代中国的高度文明。这时地下空间的利用也摆脱了单纯的居住需要，而进入更广泛的领域，同时大量的奴隶劳动力使建造大型工程成为可能。这种发展势头一直持续到封建社会初期，在这几千年中遗留至今的或有历史可考的大型地下工程很多。例如，公元前 2770 年前后建造的埃及金字塔，实际上是用巨大石块堆积成的墓葬用地下空间；公元前 22 世纪巴比伦地区的幼发拉底河隧道；公元前 5 世纪波斯的地下水路；公元前 312 年至公元前 226 年期间修建的罗马地下输水道；公元前 370 年左右东罗马帝国的地下储水池等。

在中国封建社会这一漫长的历史时期中，地下空间的开发多用于建造陵墓和满足宗教建筑的一些特殊要求。用于屯兵和储粮的地下空间近年也陆续发现。

地下陵墓在我国考古发现中数量最多规模最大。在迄今为止的我国考古发现中，数量最多和规模最大的是战国、秦汉时期直到明清各朝代的帝王陵墓和墓葬群。佛教在东汉时期从印度传入中国，大约在 4 世纪中叶至 10 世纪中叶，发展最盛，兴建了大量佛教建筑，地下空间的利用为展示和保存这些宗教艺术珍品提供了有利条件。在陡峭岩壁上凿出石窟寺，如山西大同的云冈石窟、河南洛阳的龙门石窟、甘肃敦煌的莫高窟、甘肃麦积山石窟、河北邯郸的响堂山石窟等。

利用地下空间作为仓库，在我国由来已久。我国早在五、六千年前原始社会的仰韶文化时期，人们就采用了地下挖窖储粮。到了隋朝时期，隋政府建造了不少大型的地下粮食仓库，著名的有河南洛阳的回洛仓（图 1.3）、兴洛仓、含嘉仓，以及河南浚县的黎阳仓等。考古发现，回洛仓东西长 1140m，南北宽 355m，面积相当于 50 个国际标准足球场，整个仓城内有东西成行、南北成列的仓窖 700 座左右。

从 5 世纪到 15 世纪，欧洲进入封建社会的最黑暗时期，即所谓的中世纪。这个时期是欧洲文明的低潮期，地下空间的开发利用发展缓慢，但由于对铜、铁等金属的需求，地下采矿得到快速发展，很多采空区也随之被用来修建地下设施。例如，12 世纪法国巴黎

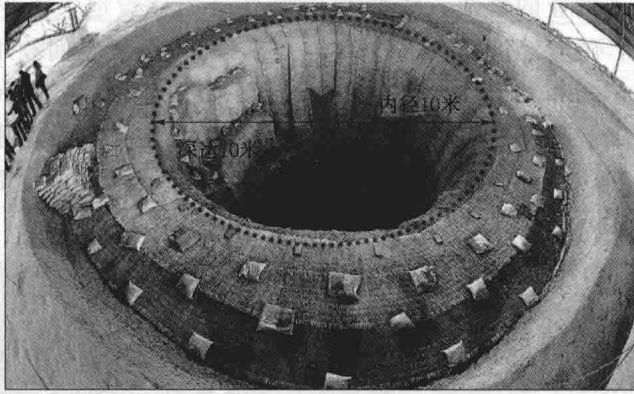


图 1.3 洛阳隋朝回洛仓的一处仓窖遗址

在挖掘城市建设所需的石材时形成了一些采空区，当地居民即开始利用这些矿穴空间作为墓穴、教堂、水库、酒窖、下水道等。

15 世纪欧洲文艺复兴以后，人类在自然科学方面有了很大的发展，促进了社会生产力的提高，地下空间的开发利用进入了新的发展时期。17 世纪炸药的大量应用，加速了地下工程的发展。例如，1613 年建成的伦敦地下水道，1681 年修建的地中海比斯开湾的连接隧道（长 170m）。

19 世纪以后，通过地下掘进技术的革新，地下空间的利用已经成为社会基础设施建设的重要组成部分。随着蒸汽机的改进，以英国为首的欧洲铁路建设蓬勃发展，刺激了大量隧道的建设需求。1830 年，英国利物浦建成最早的铁路隧道；1843 年，伦敦建造了越河隧道；1863 年，英国建成第一条地铁；1865 年，伦敦又修建了一条邮政专用的轻型地铁；1871 年，穿过阿尔卑斯山，连接法国和意大利的长 12.8km 的公路隧道开通。

迅速的城市化导致城市人口大量增加，城市原有基础设施无法适应城市化水平的快速提高，为了解决城市居住及卫生条件恶化的问题，欧洲各国建设了大量地下排水系统。例如伦敦在 1859—1865 年建设的污水排泄系统的长度达 720km，一直沿用至今（图 1.4）。此外，综合管廊工程（法国 1833 年、英国 1861 年、德国 1890 年）也开始兴建。

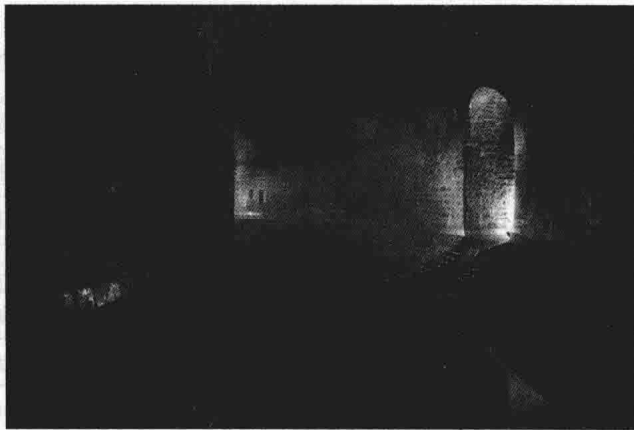


图 1.4 建于 19 世纪的伦敦下水道

进入 20 世纪，一些大城市陆续兴建地下铁道，城市地下空间开始为改善城市交通服

务。交通的发展促进了商业的繁荣，日本从 1930 年开始建设地下商业街（图 1.5）。第二次世界大战以后至今，随着经济和技术的快速发展，城市地下空间利用得到空前发展，在城市重建、缓解城市矛盾和城市现代化过程中起到了重要作用。各种民生工程如地铁、道路、发电、能源、防灾、环保、各种仓储、运动、娱乐设施，以及军事基地、避难点防空洞等地下设施陆续兴建。在一些欧美发达国家，地下空间的开发总量都在数千万到数亿立方米。



图 1.5 日本八重洲地下街

进入 21 世纪，城市地下空间在保护生态环境、扩大城市容量和缓解各种城市矛盾方面所发挥的作用愈发凸显，世界范围内城市地下空间的学术研究和交流也日趋活跃。总部设在加拿大蒙特利尔的国际地下空间组织（ACUUS）至今已举办了 15 届国际地下空间学术会议（表 1.2）。地下空间逐渐融入现代城市空间设计之中，成为城市发展的重要组成部分。

表 1.2 国际地下空间联合研究中心年会时间及主题

届	召开时间/年	召开地点	主题
1	1983	悉尼，澳大利亚	具有地球庇护功能的节能建筑
2	1986	明尼阿波里斯市，美国	地下建筑设计的优势
3	1988	上海，中国	地下空间利用的新发展
4	1991	东京，日本	城市地下空间利用
5	1992	代尔福特，荷兰	地下空间及地下建筑结构
6	1995	巴黎，法国	地下空间与城市规划
7	1997	蒙特利尔，加拿大	地下空间：明日的室内城市
8	1999	西安，中国	新世纪之初地下空间的远景及议程
9	2002	托里诺，意大利	城市地下空间：一种城市发展的资源

续表

届	召开时间/年	召开地点	主 题
10	2005	莫斯科, 俄罗斯	地下空间: 经济与环境
11	2007	雅典, 希腊	地下空间: 扩展领域
12	2009	深圳, 中国	地下空间让城市更美好
13	2012	新加坡, 新加坡	地下空间的发展——机遇和挑战
14	2014	首尔, 韩国	地下空间: 规划、管理及设计的挑战
15	2016	圣彼得堡, 俄罗斯	地下的城市化作为城市稳步发展的必要条件

### 1.2.2 国外城市地下空间开发利用的现状

国外城市地下空间的开发利用,一般以1863年英国伦敦建成第一条地下铁道为起点,至今已经发展了150余年。从大型建筑物向地下的自然延伸发展到复杂的地下综合体(地下街)再到地下城(与地下快速轨道交通系统相结合的地下街系统),城市地下空间在旧城的改造再开发中发挥了重要作用。同时地下市政设施也从地下供水、排水管网发展到地下大型供水系统,地下大型能源供应系统,地下大型排水及污水处理系统,地下生活垃圾的清除、处理和回收系统,以及地下综合管线廊道等。

随着旧城改造及历史文化建筑的扩建,在北美、西欧及日本出现了相当数量的大型地下公共建筑,有公共图书馆和大学图书馆、会议中心,展览中心以及体育馆、音乐厅、大型实验室等地下文化体育教育设施。地下建筑的内部空间环境质量、防灾措施以及运营管理都达到了较高的水平。地下空间的利用规划从专项规划入手,逐步形成系统的规划,其中以地铁规划和市政基础设施规划最为突出。

一些地下空间利用较早和较为充分的国家,如欧美国家和日本、新加坡等,正从城市中某个区域的综合规划走向整个城市和某些系统的综合规划。各个国家的地下空间开发利用在其发展过程中形成了各自独特的特点。

#### 1. 欧洲

在欧洲,瑞典是地下空间开发利用的典范。除了住宅的地下室及城市设施外,瑞典还利用坚固的岩石洞穴建设城市构筑物,包括地下商城、地下街道、地铁隧道、综合管廊、停车场、空调设施及地下的污水处理场、地下工厂、地下核电站、石油储罐、垃圾输送系统、食品仓库及地下避难所等;此外还修建了一些跨度较大的地下音乐厅、体育馆、游泳池、冰球馆等,对开展群众性文娱、体育活动十分方便;同时还准备了在战时可改作公共的人员掩蔽所。目前瑞典的大型地下排水系统、大型地下污水处理厂、地下垃圾回收系统等在数量和利用率方面均处于国际领先地位。瑞典在城市规划方面提出了“双层城市”的地下空间规划理论。具体做法是在开发地下空间时注重地下空间规划,采用一次性投资并把人防建设与开发地下空间、发展第三产业和扩大再就业渠道结合起来,积极设法利用已建的人防工程为平时的经济建设服务。地下开发空间利用与人防工程建设相结合,实现平战结合是其突出特点。

荷兰在地下物流系统方面比较发达，并注重地下空间信息化的发展，有完整、详细的城市地下空间发展战略。1998年，荷兰在住房、空间规划和环境部的国家自然规划服务处的倡议下，地下建设中心和 Delft 科技大学实施了“荷兰利用地下空间的战略研究”，其中涉及开发利用管理机制、运营模式、规划设计施工，以及工程灾害防治等方面的内容。

芬兰重视开发地下空间，基本上实施了市政建设地下化，地下文化体育娱乐设施建设项目多、规模大。赫尔辛基市拥有大型地下供水系统，隧道长 120km，过滤等处理设施全在地下，市区购物中心的地下游泳馆面积达 10210m<sup>2</sup>。

法国也是在城市地下空间开发比较早的国家。在巴黎新城建设及中心区更新开发过程中都建设了不同规模的地下综合体。例如，巴黎的列·阿莱地区是旧城再开发充分利用地下空间的典范，将一个交通拥挤的食品交易和批发中心改造成了一个多功能以绿地为主的公共活动广场，同时将商业、文娱、交通、体育等多种功能安排在广场的地下空间中，形成一个大型地下综合体。该综合体共 4 层，总面积超过 20 万 m<sup>2</sup>。此外，法国的地下空间开发注重地下步行道系统和地下轨道交通系统、地下高速道路系统，以及地下综合体和地下交通换乘枢纽的结合，各种不同地下设施分置于不同层次，既综合利用又减少互相干扰。法国有很多城市是历史名城，需要解决地下空间开发和历史文化遗产保护之间的矛盾。巴黎的地下空间利用为保护历史文化景观做出了突出的贡献。例如巴黎市中心的卢浮宫扩建中，在保留原有的古典建筑风貌的前提下，设计者利用宫殿建筑周围的拿破仑广场下的地下空间容纳了全部扩建内容，为了解决采光和出入口布置，在广场正中间和两侧设置了三个大小不等的锥形玻璃天窗，成功地对古典建筑进行了现代化改造。

俄罗斯也是地下空间开发利用的先进国家，其特点是地铁系统相当发达。其中，莫斯科地铁以其建筑和运营上的高质量而闻名于世，号称最豪华的地铁，素有“欧洲地下宫殿”之称。市区 9 条线路纵横交错，103 个车站每站的建筑风格都有特点，到处点缀圆雕、浮雕，形态各异；并且莫斯科还是世界上客运量最高的城市。此外，俄罗斯的地下综合管廊也相当发达，其中莫斯科地下有 130km 的综合管廊，除煤气管道外，其他各种管线都有。

## 2. 北美

美国虽然国土辽阔，但城市高度集中，政府重视立体化利用城市空间，对城市综合治理，大量开发地下空间。

美国重视发展地下交通体系。美国地铁规模处于世界前列，其中纽约地铁规模最大，纵横交错，四通八达，最大埋深约 40m，位于地下 4 个不同深度平面内，有 30 条线路，形成了完善的地铁网络。美国还广泛建设地下公路交通。在纽约、芝加哥、波士顿等城市，都建设有地下公路隧道。波士顿中央大道改造工程是城市道路进入地下的经典案例，拆除地上拥挤的高架桥，代之以绿地和可适度开发的城市用地，在现有的中央大道下面修建地下快速路，工程完成后，城市重新注入了活力。此外，发达的地下步行系统很好地解决了人、车分流的问题，并将包括高层建筑地下室在内的各种地下设施连成一片，形成大面积的地下综合体。如典型的洛克菲勒中心地下步行道系统，在 10 个街区范围内，将主要的大型公共建筑通过地下通道连接起来；休斯敦市地下步行道系统也有相当规模，全长 4.5km，连接了 350 座大型建筑物。美国地下建筑单体设计在学校、图书馆、办公楼、实

验中心、工业建筑中也有显著成效，一方面较好地利用地下特性满足了功能要求，同时又合理解决了新老建筑结合的问题，并为地面创造了开敞空间。此外，美国大多数的公用管道在地下延伸，还构筑有大量的城市输水和排水隧洞。在地下防护工程、地下空间平战结合开发等许多方面美国走在世界前列。

加拿大的主要城市蒙特利尔、多伦多是大规模开发利用地下空间成功的2个城市。地下空间能够有效抵御恶劣天气，方便居民使用公共交通，对城市中心商业和旅游活动具有吸引力。蒙特利尔地下城是目前世界范围内开发体量最大的城市地下空间。地下城大约有 $12\text{km}^2$ 的建设区域，地处两个重要的地理景观中间，北抵皇家山脉，南达圣劳伦斯河。除了发达的商业外，也是城市居民重要的社会文化活动场所。蒙特利尔地下城的全面发展是几轮城市空间结构变化的产物，始于20世纪60年代，经过70年代的扩张、80年代的巩固和90年代的大型项目建设，形成了目前拥有面积达 $360\text{万 m}^2$ 、2条地铁线、10个车站的地下空间。总长度为 $32\text{km}$ 的地下步行系统，将地下高速公路、中央火车站、大型停车场、室内公共广场、大型商业中心及办公楼等连接成地下网络系统，形成当之无愧的“地下城市”。多伦多地下步行道系统在70年代已有4个街区宽，9个街区长，在地下连接了20座停车库、很多旅馆、电影院、购物中心和1000家左右各类商店，此外，还连接着市政厅、联邦火车站、证券交易所、5个地铁车站和30座高层建筑的地下室。这个系统中布置了几处花园和喷泉，共有100多个地面出入口。

### 3. 日本

日本现在的地下空间是立体发展的，其地下商业街十分发达。在26个城市中建造的地下街就有146处；此外，日本的地下共同沟兴建总长度逾 $500\text{km}$ ，位居世界前列。日本充分利用地下空间，解决一系列的城市问题，得益于日本政府高度重视地下空间，实施从专项规划入手，逐步形成系统的规划。日本的建设省为了抑制地下空间开发中的无秩序性，推行有计划、有次序地开发，指导制定了《地下空间指南》。该指南针对县政府所在地及人口在30万以上的城市，又外加地下基础设施规划和地下空间规划，使得日本这样面积狭小的国家获得了很大的发展空间，日本目前针对地下空间资源开发管理的法规很多，涉及地下空间权益的有《大深度法》，涉及地下空间建设的有《都市计通法》《建筑基准法》《驻车场法》《道路法》《消防法》《下水道法》等。其《大深度法》中规定：私有土地地面下 $50\text{m}$ 以外和公共土地的地下空间使用权归国家所有，政府在利用上述空间时无需向土地所有者进行补偿。日本地下空间开发的模式主要有：政府主导型，如地铁和大型地下共同沟、公共交通换乘站都由政府修建；股份合作型，如在公共地带下面修建地下项目，政府可用土地权入股，企业出资，合作开发；企业独资型，一般是修建地下商业街、停车场采用这种形式较多。

### 4. 新加坡

新加坡地少人多，人口近540万（截至2013年），但国土面积却只有 $697\text{km}^2$ ，土地资源严重不足。为此，新加坡政府对其城市地下空间的开发给予了高度重视。新加坡城市地下空间开发突破了传统城市地下空间仅仅作为地面建筑配套的服务功能，而是从有效提升城市空间容量的角度出发，对区域地下空间进行整体考虑，系统组织，有机联系。新加



坡城市地下空间开发布局与城市规划紧密结合，高密度、高强度、多功能复合开发城市核心区域。新加坡地下空间的发展经历了不同的阶段；第一阶段主要着重军事设施、基础设施的地下化发展；第二阶段是以交通系统地下化为中心，在交通节点上进行地下综合体的建设，将休闲购物、体育设施、停车空间等转移到地下空间；第三阶段也就是现阶段，除了继续发展第二阶段的成果外，地下空间用途将会在下面几方面展开：发电厂、焚化厂、水供应回收厂、垃圾埋置场、蓄水池、货仓、港口和机场后勤设施、数据中心等。近几年，新加坡为了应对可能遭遇的石油危机，正在兴建巨型地下石油储存库。为了创造空间容纳新增人口，新加坡考虑在地下打造更为广阔的地下公共空间，例如计划在西部的肯特岗科学园区地底打造相当于30层楼的科学城，将购物中心、运输枢纽、人行道、自行车道移往地下。

总结国外城市对地下空间的开发与利用，发现这些城市在地下空间开发利用已经从雏形到发展再到相对成熟的阶段。主要体现在以下几个方面：

(1) 在空间形态方面，经历了从点到线再到面的过程。利用建筑物地下基础部分自然延伸发展到复杂的相互连接贯通的地下综合体、地下街再到地下城，并以地下快速轨道交通系统为骨架，最终形成网络化发展。在国际上，从20世纪50年代后期起，人们逐渐认识到城市地下空间在扩大城市空间容量和提高城市环境质量上的优势和潜力，形成了地面空间、上部空间、地下空间协调发展的城市空间构成的新理念，即城市空间的三维式拓展，在扩大空间容量的同时改善城市环境。

(2) 在城市功能方面，地下空间的作用也在不断丰富。从原来单纯而分散的地下市政设施发展到现今的地下综合管线廊道、地下大型能源供应系统、地下大型雨水收集和污水处理系统以及地下垃圾真空回收处理系统。城市市政设施表现出地下化、系统化、集约化的趋势。

(3) 在人文历史建筑物保护方面，国外在对城市历史街区及老城区的改造中，积极运用地下空间去解决城市因历史及建设等因素而引起的矛盾，协调城市禁止建设及限制建设的关系，保护城市文脉的传承及风格的延续。

(4) 在开发策略方面，逐步建立并完善地下空间规划体系，并协调与城市其他规划的关系，解决地下空间规划的各种问题。

### 1.2.3 我国城市地下空间开发利用的现状

#### 1.2.3.1 我国城市地下空间开发利用的发展历程

我国现代城市地下空间开发利用是于20世纪60年代末特殊的国内外形势下起步的，主要是以人民防空工程建设为主体，这种状况一直持续到80年代中期。随后经过30多年的城市化进程，我国地下空间的开发利用也快速发展。纵观我国城市地下空间开发利用过程，可以分为以下几个阶段。

##### 1. 初步利用阶段（1985年以前）

20世纪50—60年代，中国面临着严重的外部威胁，战备成为当时地下空间利用的主要目标，从而在国内掀起“深挖洞、广积粮、备战备荒为人民”的群众防御运动。当时建