



普通高等教育“十二五”规划教材

城市地下空间开发 利用与规划设计

代朋等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

城市地下空间开发 利用与规划设计

代朋 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书对城市地下空间开发利用与规划设计的指导思想、规划内容、规划方法等方面进行了较为详尽的阐述,全书共分为9章,即导论、城市地下空间规划的基础资料和现状调查、城市地下空间的总体布局与形态、城市中心区地下空间规划与设计、城市下沉广场规划与设计、城市居住区地下空间规划与设计、城市地下交通系统规划与设计、城市地下市政公用设施系统规划、其他城市地下空间利用形式简介。

本书在编写过程中尽量结合我国城市地下空间规划与设计方面的实际情况,结合本领域最新的规划设计理念和方法,在对基本理论、基本知识阐述的同时,在工程实践方面进一步加强与深化,以利于理论和实践有机结合。

本书可作为建筑学、城市规划与设计、城市地下空间工程、土木工程等专业和相关专业教材及教学参考书,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

城市地下空间开发利用与规划设计 / 代朋等编著
-- 北京:中国水利水电出版社,2012.1
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-9427-2

I. ①城… II. ①代… III. ①城市规划—地下建筑物—开发规划—高等学校—教材 IV. ①TU984.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第010863号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 城市地下空间开发利用与规划设计
作 者	代朋 等 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 (发行部)
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	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.75印张 231千字
版 次	2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	20.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书的编写源于编者所教授的城市规划、建筑学、城市地下空间工程、土木工程等本科专业开设的相关课程，经过 10 余年的相关教学工作，积累了些许经验，同时也觉得应该编写一本能适合本科生教学的教材，在参考了大量相关著作和学术论文后，最终完成了全书的编写工作。

我国大部分城市建设的最佳发展模式应该是“紧凑而生态”的，当城市建设的高度和密度都受到限制、经济实力得到增强、技术水平足够解决遇到的难点时，对城市进行地下空间的开发，实现土地的集约化利用和“三位一体”的立体化开发就成为可能。本书的编写充分关注了城市地下空间开发利用的主要方式以及规划设计的基础理论和实践。此书形成，要感谢许多教授、学者们在此领域作出的贡献，书中借鉴和参考了他们的研究成果，在此一并表示感谢，他们是：钱七虎院士、童林旭教授、王文卿教授、陈志龙教授、王玉北教授、束昱教授等。另外，参加本书编写的还有贾琼、赵景伟、吕京庆、王进、耿庆忠、夏岩妍、王强、赵斌等，在此也感谢他们为本书编写付出的努力。

感谢山东科技大学教育教学“群星计划”项目的支持。

感谢天津大学接收我为访问学者，使本人有充足的时间和精力完成本书的编写工作。

由于我国的城市地下空间开发利用和规划设计还没有到高度发达阶段，所以理论和实践还以借鉴发达国家的经验为主，在教学和编写教材的过程中，总有力不从心和知识水平有限的感觉，书中如有不完善、缺陷和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2011 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 导论	1
1.1 城市地下空间开发利用的战略意义	2
1.2 我国城市地下空间开发利用的发展道路	6
1.3 国内外城市地下空间规划状况	14
1.4 地下空间利用中有待解决的问题	19
1.5 城市地下空间规划的指导思想、阶段划分和主要内容	20
第 2 章 城市地下空间规划的基础资料和现状调查	22
2.1 城市地下空间规划的基础资料	22
2.2 城市地下空间规划的现状调查	23
第 3 章 城市地下空间的总体布局与形态	29
3.1 城市地下空间功能、结构与形态的关系	30
3.2 城市地下空间功能的确定	32
3.3 城市地下空间布局	34
3.4 城市地下空间布局实例介绍	39
第 4 章 城市中心区地下空间规划与设计	43
4.1 城市中心区规划概述	43
4.2 城市中心区地下空间规划设计	53
第 5 章 城市下沉广场规划与设计	68
5.1 城市广场、绿地存在的问题及发展趋势	68
5.2 城市下沉广场规划与设计	70
第 6 章 城市居住区地下空间规划与设计	92
6.1 城市居住区的建设及发展趋势	92
6.2 城市居住区地下空间开发利用的目的与作用	94
6.3 城市居住区地下空间规划与设计	95

第7章 城市地下交通系统规划与设计	101
7.1 概述.....	101
7.2 地下铁道系统规划与设计.....	103
7.3 地下道路系统规划.....	109
7.4 地下静态交通系统规划与设计.....	115
第8章 城市地下市政公用设施系统规划	119
8.1 城市市政公用设施概况与存在的问题.....	119
8.2 城市市政公用设施系统的发展趋势.....	123
第9章 其他城市地下空间利用形式简介	127
9.1 城市历史文化保护区地下空间规划.....	127
9.2 城市地下物流系统规划.....	129
9.3 城市地下防空防灾系统规划.....	137
附录 城市地下空间开发利用管理规定.....	144
参考文献	147

第 1 章 导 论

中国国务院原副总理曾培炎曾就建设节约型城市提出了节地、节能、节水的要求。我国人均资源相对贫乏，石油、天然气、可耕地和水资源人均拥有量仅为世界人均值的 1/9、1/23、31%和 1/4。但要保障 13 亿人口大国的粮食安全，没有足够的土地支撑是不行的，要建成全面小康社会、富裕发达国家，实现工业和交通现代化，搞城市建设提高城市化水平，没有足够的土地、能源、水资源的支撑同样也是不行的。如何走出一条具有中国特色的资源节约型城市道路，成为我国城市建设面临的重大课题。解决该课题的关键在于运用先进的规划理论、先进适用的科学技术来进行城市规划、建设、运营，其中一个重要的方面是应该和必须充分开发利用地下空间。

“19 世纪是桥的世纪，20 世纪是高层建筑的世纪，21 世纪则是开发利用地下空间的世纪”。在 21 世纪的第一个 10 年里，中央遵循科学发展观，提出了构建资源节约型、环境友好型社会。

1991 年东京“城市地下空间利用”国际学术会议通过的《东京宣言》提出：21 世纪是人类地下空间开发利用的世纪。城市发展空间由地面及上部空间向地下延伸，是世界城市发展的必然趋势，“向地下要土地、要空间已成为城市历史发展的必然”。而地下空间开发利用容量决定了城市地下空间的开发利用模式、规模和可持续性，适度、合理、科学地开发利用城市地下空间资源，是城市可持续发展的重要保障。进行城市地下空间的开发是改善城市环境、缓解城市交通压力、提高城市集约化程度、保障城市人防安全的重要手段，也是城市发展的必由之路。21 世纪必将是城市地下空间建设蓬勃发展的世纪，对城市地下空间领域的研究与开发，具有极其重要的意义。

“紧凑而生态”的发展模式是我国大部分城市建设的最佳途径，当建设的高度和密度都受到限制、经济实力得到增强、技术水平足够解决遇到的难点，对城市地下空间的开发，实现土地的集约化利用就成为可能。“低碳”是我们解决生态环境问题的最直接、最有效的方式，是建设生态城市的最有效途径。“低碳城市”是以城市空间为载体，发展低碳经济，实施绿色交通和建筑，转变居民消费观念，创新低碳技术，从而达到最大限度地减少温室气体排放的城市。“地上地下一体化”开发的模式从以下三个方面实现减碳：一是修建地下快速道路，通过地下可以解决一氧化碳的排放，在地下汽车的尾气可以收集、处理，改善环境的同时，可降低一氧化碳的排放；二是构建地下物流系统，地下物流系统可以有效减少氮氧化物和二氧化碳的排放量；三是地下建筑对节能减排的效果相当明显，美国波士顿、盐湖城等地区已有成功案例。

近年来自然灾害的频繁发生，给城市建设和人们的生活带来了极大的伤害，造成了巨大的经济损失，2008 年 1~2 月中国南方雪灾和 5 月 12 日四川汶川的地震灾害，都提醒我们在城市建设上要提高应对能力，而城市地下空间的开发利用正是一个很好的解决问题

的途径。

城市空间分为上部空间、地面空间和下部空间（即地下空间），城市空间三位一体开发是 20 世纪后半叶以来旧城改造和新城建设所取得的重要成果。近几年，我国一些大城市已经认识到把城市地下空间开发利用规划作为现行城市总体规划的完善和补充的重要性和紧迫性，开始编制或准备编制城市地下空间规划，同时对城市地下空间的总体布局与形态、城市中心区地下空间规划与设计、城市下沉广场规划与设计、城市居住区地下空间规划与设计、城市地下交通系统规划与设计、城市地下市政公用设施系统规划等方面进行了许多有益的探索和实践。

1.1 城市地下空间开发利用的战略意义

地球表面以下是一层很厚的岩石圈，岩层表面风化为土壤，形成不同厚度的土层，覆盖着陆地的大部分。岩层和土层在自然状态下都是实体，在外部条件作用下才能形成空间。在岩层或土层中天然形成或经人工开发形成的空间称为地下空间。天然形成的地下空间，例如在石灰岩山体中由于水的冲蚀作用而形成的空间，称为天然溶洞。在土层中存在地下水的空间称为含水层。人工开发的地下空间包括利用开采后废弃的矿坑和使用各种技术挖掘出来的空间。在城市范围内开发的地下空间称为城市地下空间。地下空间的开发利用可为人类开拓新的生存空间，并能满足某些在地面上无法实现的对空间的要求，因而被认为是一种宝贵的自然资源。在有需要并具备开发条件时，应当进行合理开发与综合利用；暂不需要或条件不具备时，也应妥善加以保护，避免滥用和浪费。

建造在岩层或土层中的各种建筑物和构筑物，在地下形成的建筑空间，称为地下建筑。地面建筑的地下室部分也是地下建筑；一部分露出地面，大部分处于岩石或土壤中的建筑物和构筑物称为半地下建筑。地下构筑物一般是指建在地下的矿井、巷道、输油或输气管道、输水隧道、水库、油库、铁路和公路隧道、野战工事等。

地下建筑具有良好的防护性能，较好的热稳定性和密闭性，以及经济、社会、环境等多方面的综合效益。地下建筑处在一定厚度的岩层或土层的覆盖下，可免遭或减少包括核武器在内的各种武器的破坏作用，同时也能较有效地抗御地震、飓风等自然灾害和火灾、爆炸等人为灾害，地下建筑的密闭环境和周围存在着比较稳定的温度场。对于创造要求特别高的生产环境和储存物资的环境，都是很有利的。在城市中有计划地建造地下建筑，对节省城市用地，节约能源，改善城市交通，减轻城市污染，扩大城市空间容量，提高城市生活质量等方面，都可以起到重要的作用。此外，地下建筑也存在一定的局限性，例如缺少天然光线，与自然环境隔绝，建筑造价较高，施工比较复杂等。

在现代生产力和科学技术的推动作用下，人类正以前所未有的速度实现自身的巨大发展和进步，城市化水平的不断提高，城市数量和城市人口的不断增加是这种进步的重要标志之一，而这种发展的前提，就是必须有足够的土地资源、水资源和能源的支持。在世界自然条件日益恶化和自然资源渐趋枯竭的形势下，地下空间被视为人类迄今所拥有的尚未被开发的自然资源之一。在城市建设和发展领域，开发利用地下空间也显示出重要的战略意义，主要表现在以下三个方面。

1.1.1 地下空间与缓解生存空间危机

世界人口无节制的增加和生活需求无止境的增长与自然条件的日益恶化和自然资源的渐趋枯竭之间的矛盾反映在生存空间问题上,表现为日益增多的人口与地球陆地表面空间容纳能力不足的矛盾;在城市发展问题上,则表现为扩大城市空间容量的需求与城市土地资源紧缺的矛盾,这种现象称之为生存空间危机。

世界上每增加一个人,社会就需为其提供一定的生存空间和生活空间,生存空间包括生态空间,即生产粮食等生活必需品的空间;生活空间,指供人居住和从事各种社会活动的空间,如城镇、乡村居民点,以及铁路、公路、工矿企业等所占用的空间。这两类空间主要都是以可耕地为依托,故衡量生态空间质量的标准应当是单位面积耕地供养人口的能力,衡量生活空间质量的标准应当是在保证足够生态空间的前提下,人均占有城镇或乡村居民点用地面积和人口的平均密度。

从世界范围来看,在现有的 15 亿 hm^2 耕地不再减少的情况下,如果 2150 年人口达到 150 亿,土地供养人口的能力将达到极限。我国人口占世界人口的 22%,而人均耕地面积仅为世界平均水平的 30%,即使按较低的粮食消费标准计,在现有 1 亿 hm^2 耕地不再减少的前提下,每公顷可耕地年产粮能力必须达到 9600kg (合亩产 640kg),才能供养 16 亿人口 (2050 年)。也就是说,我国的生态空间将在 2050 年前后达到饱和,比世界平均水平提前 100 年。事实上,要求可耕地不再减少是很困难的,仅 1993 年全国耕地减少量就相当于 13 个中等县的耕地面积。

从生活空间来看,要容纳不断增加的人口和使原有人口提高生活质量,也需要大量的土地。1987 年,全国生活空间用地占国土总面积的 6.9%,约为 66.2 万 km^2 ,其中包括城市用地和农村居民点用地。如果到 21 世纪中叶,我国国民经济总体上达到当时中等发达国家的水平,则城市化水平必须从 1990 年的 19% 提高到 65% 左右,即城市人口要从 2.1 亿增加到 10.4 亿,净增 8.3 亿人。以人均城市建设用地 120 m^2 计,需要土地 10 万 km^2 。如果进入城市的农村人口中有 20% 放弃在农村的居住用地,按人均用地 160 m^2 计,可扣除用地 2.66 万 km^2 ,即总的生活空间用地需增加 7.34 万 km^2 ,约相当于台湾、海南两省面积的总和,这无疑将给我国本已十分有限的可耕地造成巨大的压力。因此,必须寻求在不占或少占土地的情况下拓展生活空间的途径,否则不但影响我国城市化的进程,制约国民经济的发展,而且必然导致生态空间的缩减,加剧生存空间的危机。

拓展人类的生存空间,有三种可供选择的途径:第一种是宇宙空间,虽然人类对宇宙空间已进行了初步的探索,但由于人类生存所必需的阳光、空气和水在宇宙其他星球上尚未发现,故大量移民几乎是不可能的;第二种是水下空间,海洋面积占地球表面积的大部分,海底均为岩石,地下空间的天然蕴藏量很大,但阳光、空气、淡水等供应同样十分困难,在可预见的未来,大量开发海底地下空间也是不可能的;因此,当前和今后相当长时期内,开发陆地地下空间就成为拓展人类生存空间唯一现实的途径。

地球表面积为 5.15 亿 km^2 。地球表面以下为岩石圈(地壳),陆地下的岩石圈平均厚度为 33 km ,海洋下为 7 km 。从理论上讲,整个岩石圈都具备开发地下空间的条件,也就是说,天然存在的地下空间蕴藏总量有 $75 \times 10^{17} \text{m}^3$ 。

岩石圈的温度每加深 1000m 升高 15~30℃, 到地壳底部温度估计在 1000℃左右; 岩石圈内部的压力为每加深 100m 增加 2.736MPa, 地壳底部的压力最大, 可能超过 900MPa。因此, 以目前的施工技术水平和维持人的生存所花费的代价来看, 地下空间的合理开发深度以 2000m 为宜。考虑到在实体岩层中开挖地下空间, 需要一定的支撑条件, 即在两个相邻岩洞之间应保留相当于岩洞尺寸 1~1.5 倍的岩体; 以 1.5 倍计, 则在当前和今后一段时间内的技术条件下, 在地下 2000m 以内可供合理开发的地下空间资源总量为 $4.12 \times 10^{17} \text{ m}^3$ 。

地球表面的 80% 为海洋、高山、森林、沙漠、江、河、湖、沼泽地、冰川和永久积雪带所占据。到目前为止和可以预见的未来, 人类的生存与活动主要集中在占陆地面积 20% 左右的可耕地及城市和村镇用地范围内。因此, 可供有效利用的地下空间资源应为 $0.24 \times 10^{17} \text{ m}^3$ 。在我国, 可耕地、城市和乡村居民点用地的面积约占国土总面积的 15%, 按照上面的计算方法, 我国可供有效利用的地下空间资源总量接近 $11.5 \times 10^{14} \text{ m}^3$ 。

城市地下空间的天然蕴藏量应等于城市总用地范围以下的所有土层和岩层的体积 (平均厚度 33km), 但这个数字并没有实际意义。如果把开发深度限定在 2000m 以内, 考虑到地下建筑之间必要的距离, 开发范围限定在城市总用地面积的 40% 以内较为适当。按照这样的开发深度和范围, 一个总用地面积为 100 km^2 的城市, 可供合理开发的地下空间资源量有 $8 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。以建筑层高平均为 3m 计, 可提供建筑面积 $2.7 \times 10^{10} \text{ m}^2$, 即 270 亿 m^2 , 相当于一个容积率平均为 5 的城市地面空间所容纳建筑面积的 540 倍。但是地下空间开发深度达到 2000m 在技术上是很困难的, 在可预见的时期, 例如在 21 世纪的 100 年内, 合理开发深度达到 100~150m, 对于多数大城市是比较现实的。

由此可见, 可供有效利用的地下空间资源的绝对数量仍十分巨大, 从开拓人类生存空间的意义上看, 无疑是一种具有很大潜力的自然资源。

1.1.2 地下空间与应对城市发展中的困难与挑战

在城市发展过程中, 必然要遇到种种困难和挑战, 在我国具体条件下, 主要在以下五个方面:

(1) 人口增长的挑战。在人类生存的 400 万年中的大部分时期, 人口数量的增长是缓慢的, 20 世纪后半叶开始迅速增长, 1960 年达到 30 亿, 1987 年 50 亿, 1999 年 60 亿, 2011 年已经突破 70 亿人大关。联合国预测到 2030 年, 全球人口将达到 85 亿人。中国人口数量一直居世界首位, 由于基数过大, 尽管采取了计划生育政策, 到 2000 年人口总数仍然增加到 12.9 亿人。预计按现行人口政策, 到 2030 年前后人口达到 16 亿时, 才有可能停止增长。同时, 中国的城市化将使城市人口从 2000 年的 4 亿人增加到 10 亿。人口增长形成的最直接压力是对粮食的需求, 但城市发展用地主要来自对可耕地的占用, 对保持足够耕地的要求仍然是一个很大的威胁。也就是说, 中国的城市发展以至建设未来城市, 只能以不占或少占耕地为总前提。

(2) 淡水资源短缺的挑战。虽然地球表面的 71% 是海洋, 海水量之大可谓取之不尽用之不竭。但是遗憾的是, 人类及多数生物赖以生存和城市赖以发展的淡水, 却只占地球总水量的 0.64%。目前, 世界上大约有 90 个国家、40% 的人口面临供水紧张, 足以引起

社会动荡和导致地区冲突，并制约城市的发展。中国的水资源情况在世界上处于很不利的地位，不但现在已严重影响到城市的发展，在未来的城市建设中必将构成一个难以应对的挑战。虽然自然条件是无法改变的，但是通过人们的努力，如节约用水、水源调剂、提高重复使用率、降低海水淡化成本等，有可能使危机得到一定程度的缓解。

(3) 能源枯竭危机。能源对于人类生存与发展的重要性和城市对能源的依赖关系，是显而易见的。现在，全世界每年燃烧煤 40 亿 t，消耗石油 25 亿 t，并以每年 3% 的速度增长。据联合国 1994 年公布的数字，以 1992 年的开采量和当时已探明和可能增加探明的储量相比较，石油还可开采 75 年，天然气只能维持 56 年，煤较多，可开采 180 年。也就是说，到 21 世纪中叶，人类将面临传统能源的危机。中国的情况更差，石油和天然气的探明储量都比较少，安全期预计为 30~50 年，只能越来越多地依赖进口。因此，在传统能源面临枯竭的情况下，出路只有两个：一是节约使用，降低能耗；二是开发利用新能源，这也是在未来的城市建设中必须应对和解决的问题。

(4) 环境危机。在人类以自己的智慧和知识创造了巨大的生产力、富足的生活和繁荣的城市的时，也为自己造成了灾难性的后果，受到自然的无情惩罚，那就是严重的生态失衡和环境污染。宏观上的生态环境恶化主要表现为沙漠化（或称荒漠化）、全球性气候变暖、臭氧层流失、自然灾害频繁等。对于城市来说，主要表现在工业生产和居民生活排出的大量废弃物造成的城市大气污染、水污染、土壤污染。此外，城市环境噪声污染和建筑物玻璃外表面的光污染，也属于城市环境问题。严重的城市环境污染，对今后城市的发展确实是一个危机。

(5) 灾害威胁。我国是地震多发国，且国土的 70% 处于季候风的影响范围，水、旱、风等灾害频繁；同时，我国仍处于复杂动荡的世界局势之中，战争的根源并没有消除。因此，城市面临战争及多种自然和人为灾害的威胁，城市安全还没有充分的保障。地下空间天然具有的防护能力，可以为城市的综合防灾提供大量有效的安全空间，对于有些灾害的防护，甚至是地面空间无法替代的。

克服以上困难的途径，只能是依靠无限的知识资源，应对有限的自然资源危机；通过高新技术提高土地对人口的承载能力，提高对水资源的循环使用水平，降低能源消耗和解决开发新能源的困难，治理环境污染和改善生态平衡。地下空间在容量、环境、安全等方面的巨大优势，使之能在克服城市现代化过程中的诸多矛盾起到重要的作用，因此也成为地下空间规划必须认真考虑的问题。

1.1.3 地下空间与城市现代化发展

城市现代化是指城市的经济、社会、文化、生活方式等由传统社会向现代社会发展的历史转变过程，在科学技术和社会生产力高度发展的基础上，为城市居民提供越来越好的生活、工作、学习条件和环境，城市经济、社会、生态和谐地运行并协调发展。

“现代化”对于世界上数以千计的城市来说，既有共同的含义，又是一个相对概念，发达国家的“现代”，可能成为发展中国家“现代化”的目标，而后的“现代”，又可能成为最不发达国家发展的方向。也就是说任何一个国家，城市的现代化发展都要经历一定的历史阶段，适应一定的生产力发展水平和符合自己的国情。

2003 年,我国人均 GDP 水平刚达到 1000 美元,开始进入中等偏低收入国家行列,城市现代化水平还很低,同世界先进的现代化城市发展水平相比,还有很大差距,实现城市现代化发展水平相差悬殊,但按照历史发展的观点,或迟或早都将走上现代化的道路,并不断提高现代化水平。从我国情况看,21 世纪上半叶,中国城市现代化发展大约可经历三个阶段:第一阶段由 2001~2010 年,是实现城市现代化的基础阶段,即城市人均 GDP 达到 4000 美元左右,经济进入有序的平稳增长期,城市居民生活质量有较明显的提高,少数发达城市可率先基本实现城市现代化;第二阶段由 2011~2030 年,多数城市普遍实现城市现代化,城市人均 GDP 超过 1 万美元;第三阶段,由 2031~2050 年,是中国城市达到发达国家城市水平的重要发展阶段。城市人均 GDP 将达到 2 万美元以上,城市的经济、科学技术、文化教育、基础设施等将全面达到或接近国际先进水平,居民生活水平达到当时发达国家的中上等水平。届时,城市现代化的主要标志,按现在的认识水平,应当是:高度发达的生产力和科学技术;完善和高效的城市基础设施;清洁优美的城市环境;丰富的城市文化;高水平的城市管理;高素质的城市人口和高度的精神文明;有效的防灾减灾能力;以及土地资源、水资源和能源的高效利用。此外,一些有条件的城市还应包括充分的国际合作与区域合作,以及某些重点城市功能的国际化。

在实现城市现代化过程中,地下空间的开发利用,可以起到重要的推动作用,主要表现在:

(1) 在不扩大或少扩大城市用地的前提下,实现城市空间的三维式拓展,从而提高土地的利用效率,节约土地资源。

(2) 在同样前提下,缓解城市发展中的各种矛盾。

(3) 在同样前提下,保护和改善城市生态环境。

(4) 建立水资源、能源的地下储存和循环使用的综合系统,促进循环经济的发展 and 构建资源节约型社会。

(5) 建立完善的城市地下防灾空间体系,保障城市在发生自然和人为灾害时的安全。

(6) 实现城市的集约化发展和可持续发展,最终大幅度提高整个城市的生活质量,达到高度的现代化。

1.2 我国城市地下空间开发利用的发展道路

中国的城市地下空间利用,是在 20 世纪 60 年代末特殊的国内外形势下起步的,是以人民防空工程建设为主体的,这种状况一直持续到 80 年代中期。其中一部分工程实现了平战结合,在平时发挥了一定的城市功能。这一时期应当看做是城市地下空间利用的初创阶段。进入 21 世纪后,城市地下空间利用在数量和质量上,都有了相当规模的发展和提高。这表明,我国的城市地下空间利用已开始成为城市建设和改造的有机组成部分,进入了适度发展的新阶段。

在今后的 50 年里,我国将实现国民经济发展的第三步战略目标,完成全面的现代化。与之相适应,城市化水平将达到 65% 以上,不仅城市数量要增加,而且原有城市可能在前二三十年内完成改造。在这一历史进程中,城市地下空间将发挥越来越重要的作用。预

计到 21 世纪 20 年代, 城市地下空间利用可能出现高潮, 进入大规模发展的更高阶段。

2005 年, 我国城市总数有 661 座 (2006 年 656 座, 2007 年 655 座), 其中约 200 座是近些年升格的县级市, 100 万以上人口的特大城市有 40 座。在今后的几十年中, 还将新增几百座城市。当前, 从总体上看, 大部分城市仍处于发展的初级阶段, 而且发展很不平衡, 所处的自然条件和地理环境也存在很大差异。但是, 不论现在处于哪种发展阶段, 所有城市或迟或早都要走现代化道路, 在这一进程中, 不可避免地需要开发利用地下空间, 并不断向更高的水平发展。因此在这样的背景下, 研究一下不同类型城市地下空间的发展阶段、发展目标和发展道路, 使中国城市地下空间能够科学、合理、有序地发展, 对于不同类型城市制订自己的地下空间发展规划, 应当是有益的。

1.2.1 我国的城市建设发展与用地状况

目前, 全球已有一半以上的人生活在城市里。2009 年底, 中国城市人口的比例虽已达到 46.6%, 但与世界城市化平均水平相比还有一些差距。加快推进城市化, 建设各具特色的、和谐的、可持续发展的城市是中国社会主义现代化建设的一项重大任务。

城市土地作为城市经济社会发展的最基本要素, 是城市各种资源的载体。我国人地矛盾尖锐, 人均耕地面积约 1.39 亩, 耕地保护底线是 18 亿亩, 到 2030 年我国基本完成工业化和城市化, 可占用的最大耕地面积只有 0.3 亿亩。1990~2006 年, 全国城市建设用地面积由近 1.3 万 km^2 扩展到近 3.4 万 km^2 , 同期全国 41 个特大城市主城区用地规模平均增长超过 50%。城市土地是城市发展和建设的基础性资源和城市活动的载体。随着我国市场经济的形成、城市化进程的加快、高科技的发展, 土地作为一种稀缺不可再生的基础性资源, 其合理、高效的利用对城市乃至国家的可持续发展具有重要的现实意义。现正处于城市化加速发展时期的中国, 其城市将产生总人口的增加和用地规模的扩大, 而中国人多地少的现状, 使得城市的发展必然涉及对城市的各种资源的合理开发和利用, 特别是对土地这一有限的基础性资源的可持续使用。在此过程中, 城市土地供给与需求、城市土地的合理有效使用与土地的生态保护成为城市发展中的几个基本矛盾。图 1.1 是苏州市 1991~2004 年几个重要时期的城市建设用地扩张发展态势图, 由图不难看出, 城市建设用地的供需矛盾越来越突出, 城市的永续发展正受到严峻的挑战。

中国城市由于历史和自然环境的不同, 在经济、社会、文化等多方面的发展很不平衡, 大体上可分为东部沿海发达地区城市; 东中部较发达地区城市和中西部欠发达地区城市三大类。第一类城市和部分第二类城市, 城市发展的矛盾多集中在这类城市的旧市区和中心区, 那里人口和建筑密度高, 车辆拥堵, 环境质量差, 但城市效率并不高, GDP 较低, 因而成为城市更新改造的重点地区, 需要开发利用地下空间, 实行立体化再开发, 提高土地的利用效率, 加强中心区的聚集作用, 改善城市环境, 恢复旧市区或中心区的生机与活力。应当注意的是, 即使在这些相对较发达的城市中, 其经济、社会状况和城市矛盾的严重程度也并不相同, 因此对开发利用地下空间的需求程度和需求规模, 必须根据各自的实际情况进行科学的预测, 防止主观臆断和盲目攀比。从我国实际情况看, 各个城市的严重程度也是不尽相同的, 真正到了不修建地下铁道

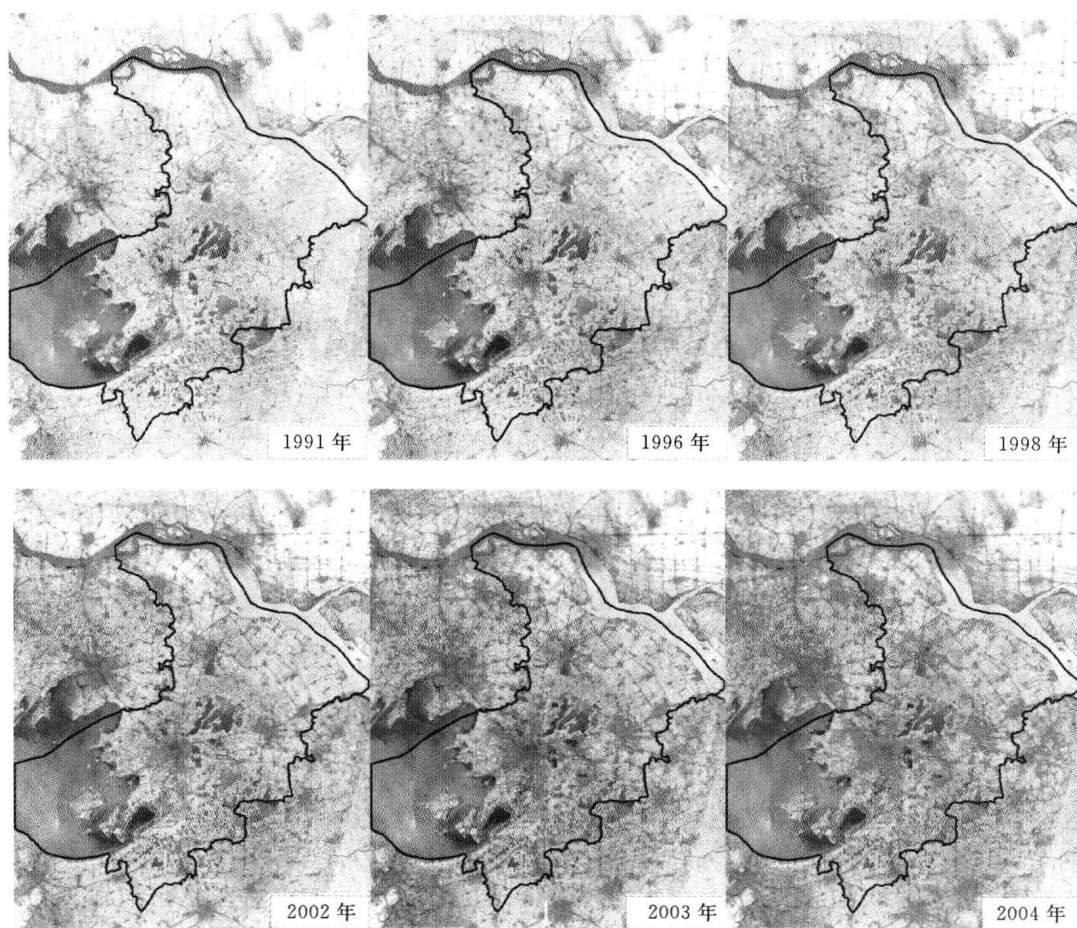


图 1.1 苏州市 1991~2004 年几个重要时期的城市建设用地扩张图

就无法解决城市交通问题的，仍然是少数，如北京、天津、上海、广州、深圳；其他有些城市在地面上改善和发展公共交通的潜力是否已用尽，道路的改造是否已无法满足交通量的增长，这些都是值得认真研究的，对于这样一类耗资巨大的地下空间开发项目，必须持十分慎重的态度；还值得一提的是，许多经济发展水平较低的小城市，城市建设用地中的浪费问题相当突出，人均用地大都在 150m^2 以上，然而产出效益却非常低，特别是有些县级市，在“升级”的刺激作用下，盲目追求“大发展”，滥用土地的现象就更为严重。因此，对于这些中小城市，包括特大城市周围发展的一些“新城”，从发展的初期起，就应当走集约型发展道路，严格控制城市用地，提高土地利用效率，在城市发展中适度开发一定规模地下空间，应当是有益的。

尽管我国城市的发展很不平衡，但是或迟或早都要实现现代化是毫无疑问的。在这一历史进程中，在不同程度和规模上开发利用城市地下空间也是必然的。因此，地下空间的发展道路，都应当遵循以下几个共同的方向，即：推动城市发展从粗放型向集约型的转变；推动城市空间拓展从二维式向三维式的转变；以及提高城市效率和城市的聚集能力。

1.2.2 地下空间与城市的集约化发展

我国正处于城市化的快速发展期，城市化与耕地之间的矛盾将会进一步加剧，而城市的集约化发展将成为我国城市化道路的一种必然选择。当前的主要工作是要做好城市发展的用地规划，特别是做好中小城市和小城镇的发展规划，通过规划减少耕地的占用。另外，还要通过经济、法律、管理、技术等各种手段及措施，提高城市土地的使用效率，减少不必要的土地浪费。

集约化是表示事物从分散到集中，从少到多，从低级到高级的发展过程。对于城市来说，主要表现为在城市发展过程中，充分发挥出城市的聚集作用，以尽可能少的资源，创造出尽可能多的社会财富和综合效益。

当前，在我国城市建设和发展中，正在实行“两个根本转变”，即从粗放型向集约型转变和从计划经济向市场经济转变。也可以说，城市的集约型发展是在社会主义市场经济条件下城市发展的必由之路。

城市的本质是聚集而不是扩散，城市的一切功能和设施都是为加强集约化和提高效率服务。城市的集约化受到经济规律的支配，是动态的发展过程，故达到一定程度时，就会与相对静止的城市功能和基础设施的服务能力失去平衡，形成种种矛盾，客观上出现实行更新和改造以适应更高的集约化要求。城市的集约化程度越高，其自我更新能力就越强。城市集约化发展，与城市的盲目扩散有根本的不同。因此，城市的集约化就是不断挖掘自身发展潜力的过程，是城市发展从初始阶段向高级阶段过渡的历史进程。当然，城市的集约化并不是无止境的，城市空间的容量也是有限的。也就是说，当城市化达到相当高的水平（城市化率为80%~90%），当城市空间的容量在保持合理容积率和人口密度的前提下已趋近饱和，城市的发展潜力已经用尽，城市已经到了高度发展的阶段时，城市的集约化才达到了预定目标，才能对社会、经济发展起到更大的推动作用。

城市的粗放型发展主要表现为以高消耗资源和能源，追求产量和速度；忽视经济与社会、人口、资源、环境的协调发展；实行唯计划式的经营，和自上而下的行政决策及管理体制。在城市规模上，则主要表现在城市范围无限制地外延式扩展。1986~1995年间，我国城镇用地规模平均扩展了50.2%，其中有的已超过100%。城市用地增长率与人口增长率之比，国际上比较合理的比例为1.2:1而我国却高达2.29:1。城市无限制地向四周水平扩展，不但占用大量耕地和绿地，而且并没有为城市带来更高的效益。

衡量一个城市的集约化水平，除人均GDP（国内生产总值）等项目外，单位城市用地的GDP应当是一个重要指标，可直接显示出土地的利用效率和空间容纳效率。但是这一指标在过去的城市规划和城市统计中都是没有的，反映出粗放式发展不重视效率和效益的倾向。以北京市为例，1989年，城市建成区的面积为395.4km²，单位城市用地的GDP为0.31亿美元/km²；2000年，这一指标增长到0.63亿美元/km²，城市用地增加到488km²，单位用地的经济效益虽有所提高，但其绝对值与发达国家和地区相比仍存在很大差距。香港以弹丸之地，竟创造出年GDP1583.6亿美元（2000年）的巨额财富，单位城市用地的GDP达12.5亿美元/km²，高出北京20倍。虽然香港中心区的容积率过高，

建筑密度过大，呈现畸形发展，是不可取的，但却足以说明城市土地和空间具有多么大的聚集作用和经济潜力。同时也说明，北京的低水平发展，是长期粗放型发展的结果，离高度集约化还有很大的差距。

城市土地价格也是反映城市集约化程度的一项重要指标。据近年资料，日本东京土地的最高价格已达每平方米 50 万美元。我国尚无土地市场价格，仅以土地使用费征收值做比较，北京的最高地价与东京相差 150~200 倍。这个比较表明，北京城市的经济效益十分低下，作为特大城市，聚集社会财富的作用还远未发挥出来。由此可见，我国的城市发展不但要克服许多制约因素（例如耕地、水资源、能源、矿物资源等的匮乏和不足），而且只能在保持现有的自然条件不继续恶化和尽可能减少灾害损失的前提下寻求发展的途径，这就是集约化发展的道路，也是可持续发展的道路。

改革开放以来，我国城市化的快速发展给耕地保护带来了巨大的挑战。2009 年 2 月 6 日，国土资源部公布的 2008 年全国土地利用变更调查结果显示，截至 2008 年 12 月 31 日，全国耕地面积为 18.26 亿亩（121.72 万 km^2 ），这已是耕地面积第 12 年持续下降。与 1996 年的 19.51 亿亩（130 万 km^2 ）相比，12 年间，我国的耕地面积净减少了 1.25 亿亩（8.35 万 km^2 ）。据《全国土地利用总体规划纲要（2006~2020 年）》规定，“到 2020 年，耕地保持在 18.05 亿亩（120.33 万 km^2 ）”。还有不到 12 年时间，但我们可利用的土地空间却只有 2074 万亩（1.38 万 km^2 ），不足以往 2 年的耕地占用量。况且以上剩余不多的土地空间，并不完全是留给城镇建设的，还包含待建的公路、铁路、电力、水利等公共基础设施用地。另据相关数据统计，1995 年全国 650 个城市的建成区面积为 1.93 万 km^2 ，是 1981 年 233 个城市建成区面积的 2.59 倍；1995 年全国 1.5 万个建制镇用地面积为 15.19 万 km^2 ，是 1990 年 1 万多个建制镇用地面积的 1.86 倍。城镇化水平增长 1 个百分点，城市建成区面积就扩大 153 万亩（1020 km^2 ），耕地减少 615 万亩（4100 km^2 ）。如果照此计算的话，我国的城市化水平再提高 10 个百分点，还需要占用耕地 6150 万亩（4.1 万 km^2 ）。很显然，目前我国的耕地状况不可能支撑这种粗放式的城市扩张。总的来说，我国城市化发展对耕地的过量占用有以下几个原因：一是“房地产热”、“开发区热”占用了过量耕地；二是大中城市“摊大饼”式外延发展，小城镇盲目扩展；三是一些地区宏观调控不力，政府垄断土地一级市场的能力薄弱，多个部门管地，造成了耕地的流失；四是城市用地效率低下、结构不合理。另外，规划脱节和用地机制不完善也是导致我国城市化对耕地过量占用的原因。

土地是城市空间的载体，不论是地上还是地下不存在脱离土地的城市空间。因此，城市集约化程度的提高，就是不断发掘城市土地潜力，提高土地使用价值的过程。一般情况下，城市中土地越昂贵的地区，土地的开发价格就越高，投资开发后就可获得比其他地区更高的经济效益，因而起到将城市功能向这一地区吸引的聚集作用，也是城市的立体化改造往往从城市中心区开始然后逐步向外扩展的主要原因，既符合市场经济的规律，又取得集约化的成果。因此，不论是新城市的建设还是旧城市的改造，使城市空间实现三维式的拓展，是世界上许多发达国家大城市的普遍做法，在我国地少人多的特殊条件下就更为必要。

1.2.3 地下空间与城市空间的合理拓展

城市建设节约集约用地大有潜力。城市建设必定要占用土地，但是城市用地应当尽量立足于建成区改造挖潜，这样既可以使旧城更新，又可以使城市增容扩能，还可以节约土地和保护耕地。我国的城市化不能走城市蔓延的路子，应当采取更加紧凑的模式，以最小的代价获得最大的成功。依据目前我国城市发展的实际，要实现节约和集约利用土地的目标，就要进行立体规划与立体开发。

积极合理开发地下空间，其效果是相当明显的，如北京旧城区，有专家估算，其可合理开发的地下面积为 41.2km²，以地下二层建筑计，可提供 0.55 亿 m² 的建筑面积，比旧城区原有建筑面积还多。

开发利用地下空间，把城市交通（地铁和轨道交通、地下快速路、越江和越海湾隧道）尽可能转入地下，把其他一切可以转入地下的设施（如停车库、污水处理厂、商场、餐饮、休闲、娱乐、健身等）尽可能建于地下，就可实现土地的多重利用，提高土地利用效率，实现节地的要求。

通常，拓展城市空间的方式，借用逻辑学的概念作比喻，有内涵式和外延式两种。

内涵式拓展是在不改变城市用地空间范围的情况下，通过改变城市的内部结构（土地结构、空间结构、产业结构等），更新城市的内部机能（如基础设施），开发城市现有的潜在空间资源，从密度、效率、质量等几方面达到提高城市空间容量的一种方式。外延式是对城市容量的外部限制条件加以人为的干预，以获得城市建设的用地，一般说，在城市发展初期，或土地资源比较充裕的城市，城市容量的外延式提高有利于城市的发展；但是对于已经发展到相当大规模的城市，特别是土地资源短缺的城市，盲目采用外延式提高容量会造成许多不良后果，在这种情况下应采取内涵式提高方式。

内涵式和外延式的空间扩展在城市发展形态和空间构成上表现为集约和分散。分散是使城市在水平方向四周延伸，集约就是使城市主要在垂直方向上下扩展，在中国和日本称之为城市空间的立体化扩展，其他国家则称为城市空间的三维式发展。不论用哪一种方式，最终目的都是为了使城市功能与空间容量取得协调发展，以达到较高的城市效率和效益水平。

当城市规模较小，处于自发发展阶段时，城市空间沿水平方向四面延伸（即同心圆式扩展）以适应发展的需要，是很自然的，不致引起很大矛盾；但如果城市已具有相当大的规模，再无限制地向外水平扩展，则至少会引起两大问题：一是土地资源的不足，二是城市交通问题的加剧，从总体上看，对加强城市的集约化是不利的。

城市人口的不断增多，往往成为城市用地不断向外扩大的一个主要原因，造成城市规模难以控制的问题。应当看到，城市规模不仅仅是一个占多少土地，划多大范围的平面问题，而是既涉及城市容纳效率等空间问题，又包括城市发展阶段这样的时间概念，含有较复杂的时空因素。如果单纯以人口密度的合理值来控制城市规模，必然要不断向外扩展城市用地；但若同时考虑到城市容积率的因素，从扩大城市空间容量着手，那么就有可能在不扩展或少扩展用地的情况下，容纳更多的城市人口和城市功能。

从 20 世纪 50 年代后期起，许多发达国家大城市因城市矛盾严重而出现了对原有城市