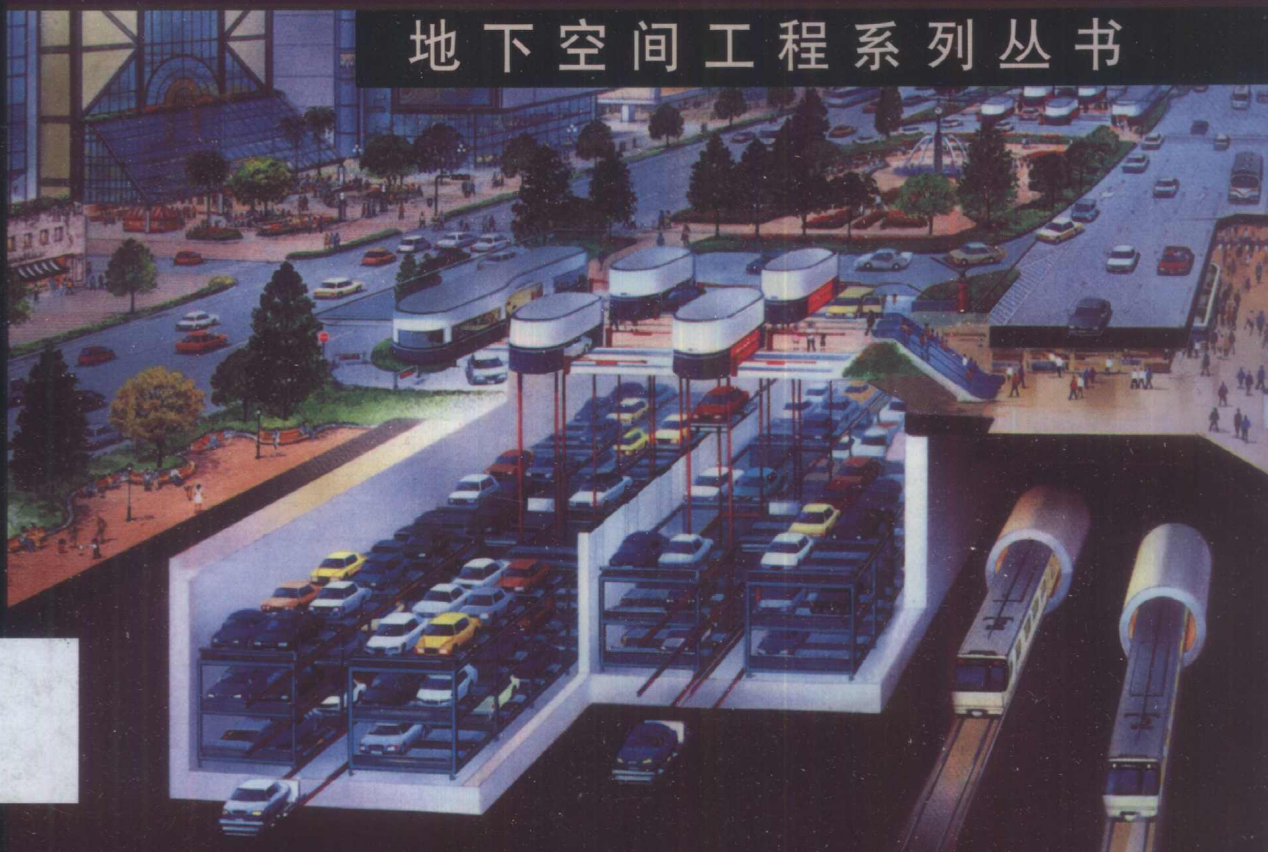


耿永常 赵晓红 编著

哈尔滨工业大学出版社

城市地下空间建筑

地下空间工程系列丛书



7619
647

地下空间工程系列丛书

城市地下空间建筑

耿永常 赵晓红 编 著

哈尔滨工业大学出版社

·哈尔滨·

内 容 简 介

本书是城市地下空间建筑规划与设计理论方面的著作。主要包括地下空间建筑的历史与发展,地下街、地下车库、地下铁道、地下民用建筑、地下防护建筑、地下综合体等内容,还对一些特种地下空间工程的管线综合廊道、油、气、热、能、电站等分项工程的开发利用,进行了介绍。书中结合大量国内外实例,研究了地下空间建筑设计的一般原理、方法与技术,并探讨了其空间组合规律,收录了近年国内外最新的研究成果。

本书可作为高等学校土木工程、规划建筑专业的教材,也可作为该学科领域的工程技术人员阅读参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市地下空间建筑/耿永常等编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2001. 11
ISBN 7 - 5603 - 1670 - 0

I . 城… II . 耿… III . ①城市规划-地下建筑物
②地下建筑物-建筑设计 IV . TU984. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 076549 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451-6414749
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787×960 1/16 印张 15 字数 320 千字
版 次 2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7 - 5603 - 1670 - 0/TU·27
印 数 1 ~ 4 000
定 价 18.00 元

开发城市地下空间，可节约宝贵的土地资源，保护自然生态环境，提高城市集约化程度，对战争及地震灾害的防护等具有十分突出的优越性，有利于城市的可持续性发展。

21世纪必将是城市地下空间建筑蓬勃发展的世纪，对地下空间领域的研究与开发，具有极其重要的意义。

王光远

中国工程院院士王光远题词

前 言

地下空间建筑——自人类产生就成为人类避风雨、防野兽的最早居所,在伴随人类社会的发展中走过了漫长的历史阶段。从原始社会的穴居、奴隶社会的水道、封建社会的陵墓与石窟、工业革命时期的地下电站与地铁、20世纪战争年代的掩体与工事,到现代社会的地下街与综合体,说明地下空间的发展将是21世纪城市发展的主题。现代社会城市已变得十分拥挤,土地不断被占用,空气污染在加剧,生态环境遭到破坏,以及战争与自然灾害等,这一切都构成了对人类自身生存的威胁。城市地面空间及上空被高层建筑和高架路挤占,给自然环境带来很大影响,开发地下空间将是城市可持续发展、解决城市土地紧缺的有效途径。

城市地下空间资源的开发利用,可保护现有耕地不被破坏,有利于减少环境污染,提高城市化水平,城市地下建筑对抗震减灾又是最好的建筑类型。可见,开发地下空间具有诸多优越性。我国城市地下空间开发起步于20世纪60年代的人防工程,其主导思想是以防战争空袭为目的。当时尚未认识到地下空间与城市用地及平时利用的关系,因而有相当多的工程没有同城市建设相结合。随着社会的发展与进步及城市集约化程度的不断提高,地下空间开发的意义已被人们所认识,之后的20多年,全国大中城市先后结合城市改造开发利用原有的“人防工程”,有序地开发地下空间,形成了地下商业街、停车场、地下铁道、交通隧道及大型地下综合体,并结合城市广场,修建了绿地、下沉式广场等设施。

我国于1997年颁布了《城市地下空间开发利用管理规定》,这是我国城市地下空间规划、建设、管理方面的第一部法规性文件,标志着我国城市地下空间开发利用进入了一个崭新的阶段。

纵观发达国家城市发展的历史,城市地下空间开发首先是结合城市交通的改造而开始的,主要有地下铁道、隧道与步行道系统。在交通改造的同时,还应进行综合管线廊道的改造。随之而来的,时速600 km的地下飞行器将首先把东京和大阪连接起来,连接俄罗斯与日本穿越日本海的50 km海底隧道,将法国里昂和意大利米兰连接起来的穿越阿尔卑斯山脉隧道及深层超大型城市地下综合体正在进

行扩展。我国有近 20 多个城市正在建设和筹建地铁,这将使我国迎来大规模建设地铁的年代。

19 世纪是“桥”的世纪,20 世纪是“高层建筑”的世纪,科学家预言,21 世纪是“地下空间”的世纪,21 世纪末将有 1/3 的人口穴居地下。城市建设“向地下索取空间”是城市可持续发展的必由之路。

为了推动我国城市地下空间工程的进展,培养建筑与土木工程学科的具有综合技能的高级专业技术人才,特撰写了本书。本书是笔者 20 多年来从事地下建筑领域教学、科研和设计的总结,吸收了该领域国内外知名专家学者的最新见解、观点与研究成果。

本书在撰写过程中,得益于清华大学童林旭教授所著的《地下建筑学》,同济大学陈立道、朱雪岩编著的《城市地下空间规划理论与实践》,中国人民解放军理工大学王文卿教授编著的《城市地下空间规划与设计》,这些著作对本书的编写给予了莫大的启迪和帮助。老一辈建筑学家对城市地下空间的开发给予了充分肯定,并在这一领域作出了突出贡献,使笔者受到莫大的鼓励与鞭策,使本书的内容更加充实与完整,并反映了当前的研究动态。

本书的出版自始至终得到哈尔滨工业大学土木工程学院院长张素梅教授、哈尔滨工业大学副校长欧进萍教授、中国工程院院士王光远教授的热情支持,在此向他们表示感谢。

“城市地下空间建筑学”是一门新兴的前沿学科,涉及了城市规划、建筑空间技术与艺术、环境物理、历史、城市防御与防灾等多个学科,在 21 世纪我国地下空间的开发实践与理论总结中必将得到充实与发展。

由于时间紧迫,书中不妥之处在所难免,恳请各位专家、同行、读者批评指正。

编著者
2001 年 9 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 地下空间的涵义及开发的意义	(1)
第二节 城市地下空间的产生和发展	(6)
第三节 城市地下空间发展的趋势	(18)
第四节 城市地下空间的分类及研究内容	(23)
第二章 城市地下空间总体规划	(28)
第一节 城市地下空间规划的特点、原则与内容	(28)
第二节 地下空间开发同城市建设相结合的途径与方法	(33)
第三章 城市地下街设计	(41)
第一节 城市地下街的涵义、发展及规划原则	(41)
第二节 城市地下街的规划设计	(45)
第三节 城市地下街的建筑设计的	(51)
第四节 地下建筑空间艺术	(61)
第四章 地下停车场	(70)
第一节 概述	(70)
第二节 地下停车场规划	(73)
第三节 总图设计	(81)
第四节 地下停车场设计	(84)
第五节 地下停车场防火	(99)
第五章 城市地下铁道	(102)
第一节 地下铁道的特点及发展	(102)
第二节 地下铁道线路网的规划设计	(105)
第三节 地下铁道隧道及区间设备段	(117)
第四节 地下铁道车站设计	(125)
第五节 地下铁道车站建筑设计	(139)
第六节 地铁车站附属用房	(154)

第六章 地下空间民用建筑	(162)
第一节 地下空间民用建筑类型与发展	(162)
第二节 单体地下民用建筑	(165)
第三节 地下空间民用建筑实例	(171)
第七章 其他地下空间建筑	(176)
第一节 地下贮库	(176)
第二节 地下人防建筑	(181)
第三节 快速地下公路网	(188)
第四节 城市地下空间综合体	(191)
第八章 地下空间建筑实例	(203)
第一节 北京西单地下综合商业中心	(203)
第二节 上海市商业中心的地下空间建筑	(206)
第三节 美国明尼苏达大学地下空间中心	(212)
第四节 哈尔滨商业中心地下空间建筑	(215)
第五节 哈尔滨闽江小区下沉广场	(221)
第六节 城市地下步道系统实例	(225)
参考文献	(228)

第一章 绪 论

第一节 地下空间的涵义及开发的意义

一、地下空间及地下建筑的涵义

从历史上看,建筑物是伴随着人类的起源而出现的。在原始社会,建筑物是人类为了避风雨和防备野兽侵袭而产生的,最初人类的原始建筑就是地下穴居,也可以说地下空间建筑是现代建筑的最原始阶段。在漫长的社会不断进步的过程中,建筑发展到今天这样的模式,它不仅仅是完成最原始的功能,而且赋予了人们在生活、生产、政治、经济、文化、艺术、防灾、减灾、环保、生态、国防安全等方面所需要的众多功能。今天的科学技术日新月异,使建筑和城市也以从未有过的速度和景象在人们的视野中展现,绿色建筑(green architecture)、生态建筑(ecology architecture)、智能建筑(intelligent architecture)、地下建筑(underground architecture)等都是随着社会可持续发展的要求而出现的。

在过去的历史中,人们过分强调为自身的生存而向自然索取,人口的急剧膨胀与战争使地球自然资源迅速减少与破坏,人们赖以生存的母体已向人类发出了严重警告,这样下去的结果最终会使人类自身受损,这一切无不与建筑、与城市有关。今天,重提地下空间建筑的重大意义就是让人们在保护自然生态、保证社会可持续发展方面进行不断探索与努力。

地下空间是相对地上空间而言的,指地球表面以下由天然或掘造形成的地下空间(subsurface space)。例如,石灰岩山体由水冲蚀而形成的天然溶洞,人们对自然资源开采后而留存的矿井及挖掘构筑的各种地下建筑,这些都是地下空间。

地下空间建筑是指在自然形成的溶洞内或由人工挖掘后进行建造的建筑,泛指各种生活、生产、防护的地下建筑物及构筑物(buildings and structures),也可特指某一类型的地下建筑,如交通隧道及国防工程等。构筑物常指那些仅满足使用功能要求而对室内外艺术要求不高的建筑,如各种管沟、矿井、库房、隧道及野战工事等。

开发利用地下空间资源具有下述几个特点:

(1) 为城市规模扩展提供了十分丰富的空间资源,是城市可持续发展的必然途径;

(2) 具有良好的密闭性与稳定的温度环境,适宜掩蔽及对环境温度有较高要求的工程,如指挥中心、贮库、精密仪器生产用房等;

(3) 节约城市用地,保护农田及环境,节约资源,改善城市交通,减轻城市污染等,如地下交通工程可将废气统一处理而不污染空气;

(4) 地下空间建筑有较强的防灾减灾优越性,可有效地防御包括核武器在内的各种武器的杀伤破坏作用,对地震、风、雪等自然灾害及爆炸、火灾等灾害抵御能力较强,如对爆炸、火灾的蔓延控制较容易;

(5) 地下空间建筑由于处在岩土中,因此,施工难度大且复杂,一次性投资成本高,但使用寿命长。其封闭的特性对设备要求较高,人们对其适应性较差;

(6) 缺点是自然光线不足,与室外环境隔绝,对防水防潮要求较高等。长期居住应选择地下掩土式或窑洞式建筑,全埋式地下空间建筑等适宜工业、国防公共场所、民防、交通与贮库等建筑。

二、城市地下空间开发的意义

现代城市地下空间建筑的出现,一般以 1863 年英国伦敦建成的世界第一条地下铁道为标志,至今已有 138 年的历史。大规模开发利用城市地下空间是近半个世纪才开始的。在 20 世纪上半叶,地下空间建筑常同战争防护相联系;20 世纪 60 年代以后,发达城市的地下空间开发达到空前规模,为缓解城市用地紧张起到了至关重要的作用。

1. 节约耕地

人类的生存依赖于可耕地,当人类数量达到一定极限后,就会发生生存危机。20 世纪末世界总人口数为 62 亿,可耕地面积为 6.2 亿 hm^2 (hm^2 为公顷单位, $1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$),而世界总可耕地面积为 15 亿 hm^2 ,按每公顷耕地可供养 10 人计算,根据人口总数的发展预测,到 2150 年全世界人口可达到 150 亿,需要耕地数将达 15 亿 hm^2 ,届时可发生世界性的人类生存危机。从我国目前情况看,可耕地面积约为 1 亿 hm^2 ,2050 年我国人口总数预测为 16 亿,每公顷供养人数为 16 人,要求耕地产粮能力达到 $9\,600 \text{ kg/hm}^2$ (即亩产 $6\,400 \text{ kg}$),这是极其困难的。可以说,我国在 2000 年土地平均供养人数 13 人/ hm^2 ,发展到 2050 年间,土地供养人口能力将达到极限。

目前,我国城市建设占用耕地现象有增无减,这样持续下去必然带来我国人口的生存危机,而社会城市化水平的提高和城市用地的扩展又是不可避免的,这就带来生活用地与产粮耕地间的尖锐矛盾,如果不占用耕地,城市用地发展只有两条路可走,即高空或地下。从 20 世纪初至今,城市高层建筑的发展也带来一系列固有矛盾,包括城市环境恶化,空间狭小,城市中心失去了吸引力,居民纷纷迁出,就是所谓逆城市化现象的出现。以高层建筑和高架为标志的城市高空发展是有限度的。许多历史文化名城,如罗马、巴黎、伦敦等,都采取有效措施禁止建设

高层建筑,以保护历史传统风貌。城市土地中地下空间资源开发逐渐引起人们的注意,这样就形成地面、高空、地下多方位开发城市的过程,并取得良好效果,地下空间资源开发潜力是十分巨大的。

2. 城市地下空间资源广阔

地下空间资源包括三个方面涵义,即天然蕴藏总量;技术条件约束下可供合理开发的蕴藏总量;一定历史时期内的蕴藏总量。根据童林旭教授的研究,以目前的施工技术水平和维持人的生存所花费的代价来分析,地下空间合理开发深度以 2 000 m 为宜,在我国按占国土面积 15% 计,可供有效利用的地下空间资源总量接近 $11.5 \times 10^{14} \text{ m}^3$,表 1.1 列出童林旭教授按不同开发深度计算的可获得的地下空间资源及可提供的建筑面积(以平均层高 3 m 计)。

表 1.1 我国可供有效利用的地下空间资源

开发深度/m	可供有效利用的地下空间/ m^3	可提供的建筑面积/ m^2
2 000	11.5×10^{14}	3.83×10^{14}
1 000	5.8×10^{14}	1.93×10^{14}
500	2.9×10^{14}	0.97×10^{14}
100	0.58×10^{14}	0.19×10^{14}
30	0.18×10^{14}	0.06×10^{14}

表 1.1 中说明,以目前的技术水平完全可以开发地下 30 m 以内深度,可提供建筑面积 6 万亿 m^2 ,当 2050 年我国生活空间用地占国土面积的 7.3% 时,则这部分土地的面积为 700 亿 m^2 。假定在这些土地上的平均建筑密度为 30%,平均建筑层数为 4 层,则可容纳的建筑总量为 8 400 亿 m^2 ,说明地下空间资源容量存在巨大潜力。

3. 城市地下空间开发利用

城市地下空间建筑如仅从造价去分析,要比地面工程高得多,如土建费用平均为地面工程的 2~4 倍,设备费用为地面工程 1.5~2.1 倍,上述分析不考虑地价计算,如把地价考虑在内,越是在繁华区间的地下工程造价越低,从日本地下街建造的经验看,地下街道造价仅为地面建筑造价的 $1/4 \sim 1/12$,而且繁华区地下空间的使用价值与土地的使用价值基本一致。我国目前商品建筑在售价中基本都包含地价。在关于土地有偿使用的问题中,要对地下空间使用权及有偿使用问题进行研究,其基本原则是浅层地下空间开发利用的使用权费用较低,而次深层地下空间应无偿使用,这样可充分发挥地下空间的使用价值,促进地下空间的开发利用。

地下空间的开发利用无疑会提高城市的容积率,实践证明,地下空间开发利用程度越高,城市的利用率就越高。日本在 20 世纪 60 年代开发 1 亿 m^3 ,70 年代开发 3 亿 m^3 ,从地下铁道的发展情况看,1964~1972 年的 8 年间新建隧道 862 km,相当于过去 100 年所建隧道的总和。

地下空间作为人类潜在丰富的自然资源,从史前的古人洞穴,到新石器时代的矿业坑道和

已存在 600 多年的黄土窑洞;从 18 世纪工业革命产生的地下电站、地下铁道,到各种工业和商业用途的隧道洞室,以及现代城市化开发的地下街、地下综合体,都说明地下空间开发的悠久历史及在现代城市建设发展中所发挥的巨大潜力。

从发展的眼光来预测,虽然世界人口会得到有效的控制,但在相当长的时期内不会出现负增长,人口的增长是绝对的,城市化水平的提高与扩展会延伸到海洋、宇宙近空,与其比较,开发地下浅层空间是较现实的途径。因为城市地下空间就处在城市的地下,距离近且技术有保障,容易同人们生活及生产相协调,而远距离的海洋及近空宇宙城市的开发也只是在地下空间开发已经饱和状态下才可能出现。

地下空间开发深度分为浅层($\leq 10\text{ m}$)、次浅层($10 \sim 30\text{ m}$)、次深层($30 \sim 100\text{ m}$)、深层($\geq 100\text{ m}$)四个层次。在 30 m 以内的空间开发就具有相当可观的利用率,如北京市建设用地为 483 km^2 ,在次浅层 30 m 以内开发就会获得 19.3 亿 m^2 的建筑面积,是北京市现有房屋的 11.4 倍。对不同层次深度的使用功能配置进行研究及规划,次浅层以内地下空间利用大多由交通、共同沟及一些与人们生活生产密切相关的设施所占用,这已经成为各国城市地下空间开发的实际状况。

4. 城市地下空间开发与可持续发展

1987 年世界环境和发展委员会(WCED)提出“可持续发展”的构想,该委员会是由来自 22 个国家的 23 名成员组成,成立于 1984 年。1992 年该委员会在巴西里约热内卢召开了联合国环境和发展会议(UWCED),这次会议有 120 多个国家的首脑及 3 000 个参会者,所讨论的各种议题长达 600 页,包括 2 500 项可持续发展问题。

但目前上仍然存在一些不利于可持续发展的现状:

- (1) 自 1790 年工业革命开始后人口增加了 6 倍,自 1900 年以来人口增加了 3 倍;
- (2) 在 20 世纪,全球经济输出已增加了 20 倍,石油化工能源利用增加了 30 倍;
- (3) 工业生产在 20 世纪增加了 100 倍;
- (4) 世界上工业化国家 25% 的人口消耗世界资源的 80%;
- (5) 全球约有 15 亿人得不到纯净水,20 亿人没有卫生设施,300 ~ 400 万儿童因缺水引起疾病而死去;
- (6) 人口的急剧增长和消费的增加已经导致资源大量消耗,不断增加的废物导致环境的进一步恶化;
- (7) 人类的所有活动都能直接或间接破坏自然界的生态平衡,大气中的臭氧空洞、水体的严重污染、两极冰地的融化、地震、海啸、沙尘暴、气候的改变、土地沙化等现象的频繁出现,都是人类活动的结果。

世界环境和发展委员会把可持续发展定义为一种满足目前需求,而不危及后人选择他们

生活方式及满足需求的可能性。

城市地下空间对可持续发展的贡献在于它对环境生态的保护作用。地下隧道可集中解决交通的快捷和安全,解决废气对空气的污染,解决污废水排放与提供清洁水;地下建筑可有效地进行防震与防害,即防灾减灾功能远优于地面,它可减少由灾害带来的损失;可贮存各种物品,如气体、液体、食品、危险品;可大幅度增加各种使用空间,保护地面城市与土地,如法国巴黎利用矿洞作为墓穴以减少公墓所占地,在密尔沃基地下深 91.4 m,长 32.19 km 的空间,设置了 18 亿吨的水处理系统。地下空间开发对社会可持续发展的支持是显而易见的,为此,各个国际组织及我国都相当重视地下空间的开发利用。

日本学者尾岛俊雄提出了在城市地下空间中建立封闭性再循环系统(recycle system),又称为城市“集积回路”(integrated urban circuit)。其主要原理是把气—水—热—能的处理与转换进行再利用,形成一个封闭循环系统。尾岛还针对东京的状况提出在 50 ~ 100 m 深处的稳定岩层中建造“新干线共同沟”及东京市大深度地下公用设施复合干线网规划。分析表明,大深度干线网需要很高的投资,但比传统的管线单独埋设要节约 30% 的施工费用,占用的空间体积也比分散埋设小得多。它的最大优越性在于共同性强,管理维护方便,城市生活再循环程序将大大提高,这也是将来发展的必然趋势。

图 1-1 为日本清水公司提出的“大深度地下城市”构想。该方案是以东京皇宫为中心,深度为 50 ~ 60 m,直径为 40 km 范围组成一座地下城市。城市组织在 10 km × 10 km 的网格中,节点处设一个直径 100 m 的带有天窗的 8 层综合体共 4 万 m² 的建筑面积,每隔 2 km 设一个 3 层

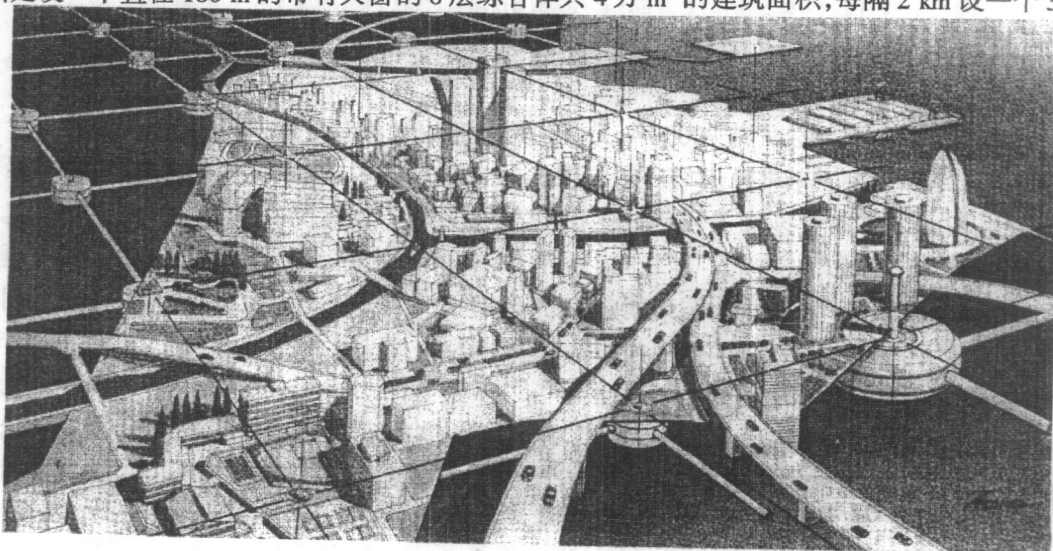


图 1-1 日本东京地区大深度地下城市构想(清水公司)

的直径为 30 m 扁球体公共综合设施,展示了大城市空间立体开发的设想。

我国为了加强地下空间的管理,于 1997 年 11 月颁布了《城市地下空间开发管理规定》。规定中指出城市地下空间规划是城市规划的重要组成部分,是解决“城市病”等一系列问题、实现城市可持续发展的有效途径,是我国城市发展的重要方向。叶如棠在建设部新闻发布会上指出:开发利用地下空间有利于改善生态环境、提高城市总体防灾抗毁能力,有利于保护中华民族的历史文化遗产,防治环境污染,保持生态平衡,改善生态环境,提高城市文明水平。由于利用了地下空间,可以使城市地面环境清洁美观,地面空间景色舒适宜人,提高城市居民的生活质量,有利于人口、经济、社会、资源和环境协调发展。地下建筑具有良好的抗震、防空袭和防化学武器等多种功能,是人们抵御自然灾害和战争危险的重要场所。在城市建设过程中兼顾城市综合防灾,做到未雨绸缪,有利于维护社会稳定。

第二节 城市地下空间的产生和发展

人类对地下空间的利用经过了漫长的历史时期,自有原始人类以来就存在地下空间的利用。回顾地下空间利用的产生、发展的历史,可以使我们认识到地下空间的过去、现在以及将来,都会伴随人类活动一并存在。地下空间在建筑史上有它特有的演变规律,了解这种规律对于承前启后,推动建筑科学,尤其地下空间开发利用科学的进展是很有必要的。

一、原始社会的地下空间建筑

从原始人类产生到公元前 3000 年,人类初始就利用天然洞穴躲避风雨、抵御野兽。考古发现,距今约 50 万年前的北京周口店中国猿人——北京人所居住的天然山洞,应该说是最早的一处。在山西垣曲、广东韶关和湖北长阳也曾经发现旧石器时代中期“古人”居住的山洞。5 万年前旧石器时代晚期的“新人”居住的山洞有广西柳江、来宾、北京周口店、龙骨山的山顶洞等处。山顶洞位于龙骨山东侧,洞口朝向东方,约有 12 m 长,8 m 宽,洞内划分两部分,进洞口较高处是住人的地方,洞深处的低凹部分除曾做住处外,后来还用于埋葬死人。洞东临小河,两岸是他们的狩猎场,河石可做成石器。

古人利用洞穴作为居住生活的场所。在我国黄河流域就挖掘出公元前 8000 ~ 公元前 3000 年的洞穴遗址就有 7 000 余处。中国古代文献也有记载,如《易·系辞》谓“上古穴居而野处”;《礼记·礼运》谓“昔者先王未有宫室,冬则居营窟,夏则居曾巢”。这种洞穴的利用是原始人类在生产水平很低的情况下所采用的生存方式。

这种洞穴在日本、法国也发现过,如法国阿尔塞斯竖穴及封德哥姆洞(Font de Game)。封

德哥姆洞内还有原始人留下的 123 m 长壁画。另外,还有马来西亚半岛的巢居,苏格兰的蜂巢屋,这些都产生在新旧石器时代(图 1-2)。

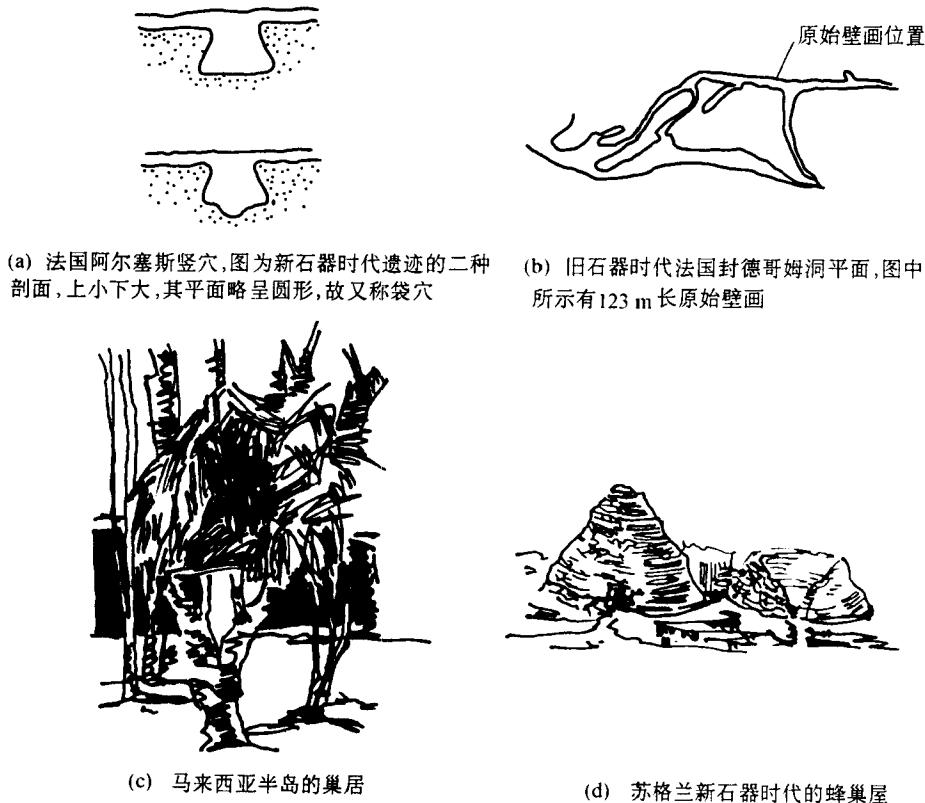


图 1-2 原始人栖居场所

在我国西安半坡村发掘出的仰韶文化(距今 3 000 ~ 6 000 年)的一处氏族部落遗址,位于浐河东岸台地上,总面积约为 5 万 m^2 。已发现有四五十座密集排列的住房,其中有一座平面尺寸为 12.5 m $\times$ 14 m 的公共活动场所。居住区周围有宽、深各 5 ~ 6 m 的壕沟,沟内外分布着窑穴(仓库),沟外北边为基地,东边为窑场。

半坡村仰韶文化住房有两种形式,一种是方形,一种是圆形。方形多为窑穴,这种窑穴面积大约为 20 m^2 左右,最大的可达 40 多 m^2 ,浅穴深度 50 ~ 80 cm,入口有坡形道,坡向室内,内承重采用 3 ~ 4 根木柱支承,内墙壁为木柱斜撑,屋顶为双坡顶以挡风雨,屋顶或墙体铺草或草泥,室内地面用草、泥土铺平压实(图 1-3)。此时的建筑已经学会了利用地形、材料及不断改进技术。河南省的仰韶文化遗址中发现的袋穴,口小底大,上口直径 1.4 ~ 2.0 m,底径 2.4 ~ 2.8 m,有的达 4 m。

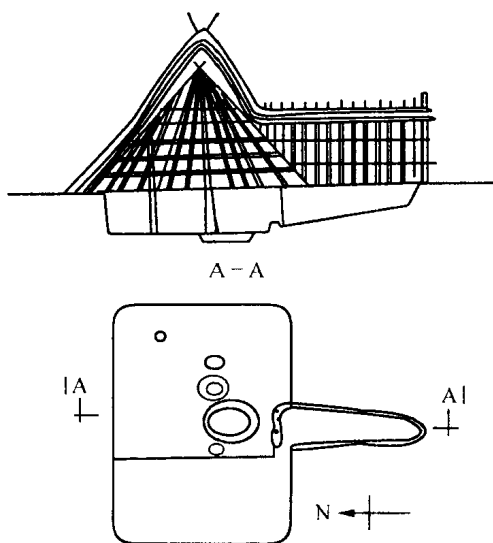


图 1-3 陕西西安半坡村原始半地下穴居

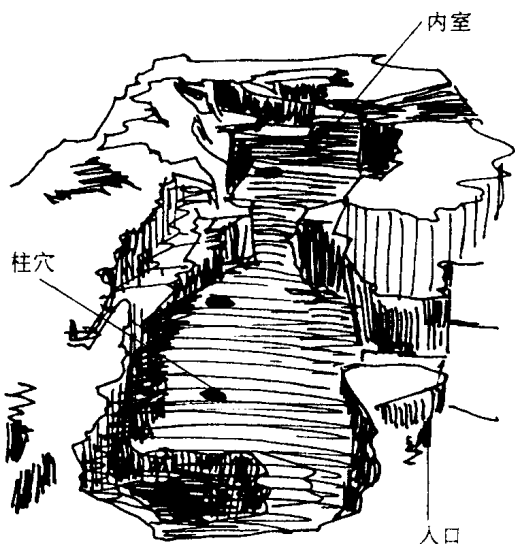


图 1-4 陕西长安县客省庄原始社会半地穴住宅遗址

黄河中下游地区进入龙山文化(距今3 000~4 000年)父系氏族公社时期的氏族分布更广泛、密集。如陕西长安县客省庄的半地下穴式房(图 1-4),有前后两间不同卧室,呈吕字型平面,中间有门道,外室墙中挖一个小龕作灶,建筑功能上具有分区作用。华阴县横阵村发现的方形半地下穴居房,长宽各约 4 m,深 1 m。陕县庙底沟侧有圆形袋状半地下穴式房,直径 2.7 m,深 1.2 m,内有柱洞一处,周边有向内倾斜的柱洞 10 个,由此推测屋顶可能为圆锥形。河北磁县的商代早期遗址中就发现迄今最早的横穴,山西省夏县的龙山文化遗址中也有十多处横穴(图 1-4),到龙山文化后期,地面建筑逐渐增多,洞穴转而为贮存物品之用。

二、奴隶社会的地下空间建筑

公元前 4000 年以后,随着社会生产力的发展与原始公社的瓦解,在埃及、西亚的两河流域、印度、中国、爱琴海沿岸和美洲的中部出现了世界上最早的奴隶制国家。古埃及是其中最早的国家之一。

古埃及建造的金字塔群是举世闻名的,金字塔内部空间与地下空间通过甬道相连接(图 1-5)。在金字塔的西面与南面还有“玛斯塔巴”群,为早期帝王陵。公元前 2200 年的巴比伦河底隧道,公元前 312~公元前 226 年的罗马地下输水道及贮水池,都是杰出的代表。

中王国时期手工业和商业发展起来,这一时期,已出现了经济意义的城市,新的宗教也形成了,古埃及金字塔基地由于首都迁移至底比斯(Thebes),其艺术构思已经转移了,皇帝们仿效当地贵族的传统,大多在山岩上凿石窟作为陵墓。典型的代表为公元前 2000 年建造的曼都

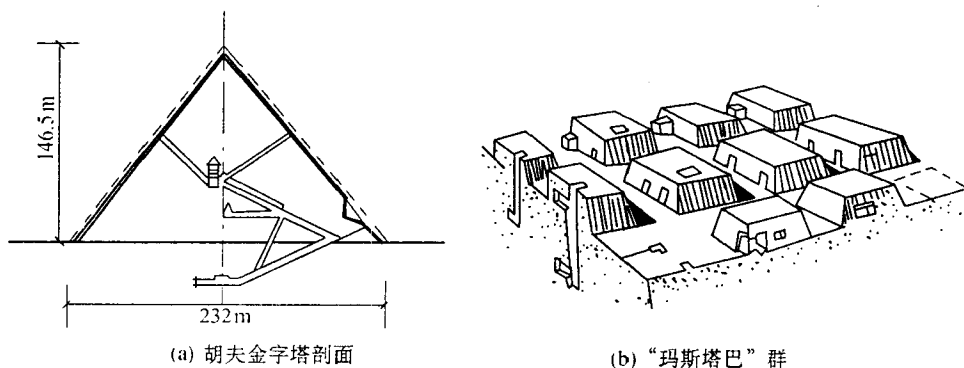


图 1-5 古埃及的地下空间利用

赫特普三世墓(Mausolevm of Mentu Hotep III),地点在戴尔-埃尔-巴哈利(Deir-el-Bahari),以及在曼都赫特普三世陵墓北边的女皇哈特什帕苏(Hatshepsut,公元前1525~公元前1503年)与另一个皇帝的陵墓和其他神庙、圣堂。它们都把墓地与悬崖相结合,山崖壁立而高,顶部平平,形体具有明确的几何性,墓地的圣堂都是在崖壁内凿出的,这使它在建筑界很具盛名。

古代埃及自中王国时期迁至南部山区后,陵墓与神庙大多因地制宜、凿岩而成。在贝尼、哈桑附近有石窟墓39座。贝尼·哈桑帝王石窟墓(公元前1900年)为山崖旁 $12\text{ m} \times 12\text{ m}$ 方型平面,内高 9.14 m ,入口有两根石柱,内部有四根石柱,墓室天花呈拱型。

公元前1250年,新王朝时期建的阿布辛贝勒·阿蒙神大石窟庙为古埃及石窟建筑中杰出代表(图1-6),该内部地下空间为全部凿岩而成。正面把悬崖凿成像牌楼门的样子,有 40 m

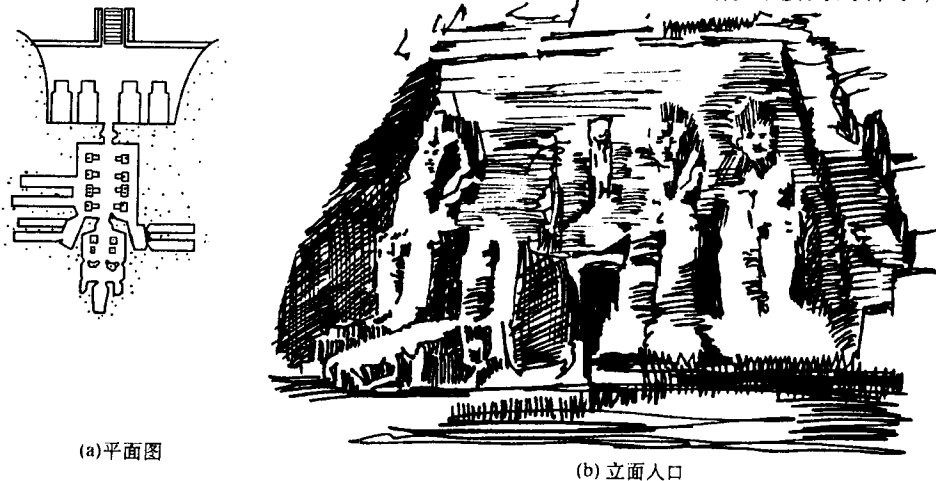


图 1-6 阿布辛贝勒·阿蒙神大石窟庙