

高等学校土木工程专业系列教材

地下工程概论

关宝树 杨其新



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书为土木工程专业大类编写的教材，也可供从事地下工程工作的技术人员参考使用。

全书分四章。前两章概述地下工程的基本形态和发展重点，以及地下工程的力学、物理特性。第三章重点介绍地下工程应用的各个领域，为本书重点。第四章介绍地下工程的基本技术，包括规划、设计、施工、经济管理等技术。

图书在版编目 (C I P) 数据

地下工程概论 / 关宝树, 杨其新编著. — 成都: 西南交通大学出版社, 2001.6
ISBN 7-81057-547-3

I. 地... II. ①关... ②杨... III. 地下工程—高等学校—教材 IV. TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030072 号

高等学校土木工程专业系列教材

地 下 工 程 概 论

关宝树 杨其新

出版人 宋绍南

责任编辑 李彤梅

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行科电话: 7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 16

字数: 388 千字 印数: 1 ~ 3000 册

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-547-3/TU · 253

定价: 24.00 元

前 言

《地下工程概论》是土木工程专业大类培养的一门必修课教材。为了适应和配合国家教委目前进行的大类专业调整，重新对课程体系和教材进行修订是土木类教学改革方面的一项重要内容。我们在研究和试点工作的基础上编写了本教材。

地下工程是一个泛指的技术领域。凡在地层内部天然形成或人工修筑的地下建筑物（或空间）均称为地下工程（或地下空间）。对人类来说，地下空间也是一种资源。

从宏观上说，地下空间的开发和利用目前主要分为 3 个方面：

1. 地下资源的开发，如金属矿物和其他有益矿物的开采以及地下水的利用等。
2. 地下能源的开发，如地热、热水、石油、天然气、煤气等。
3. 地下空间的开发，这主要指在地下修建的生活、生产、储藏、输送、防灾等设施。

全书共分四章。第一章重点介绍面向 21 世纪的地下工程的发展概貌，以及地下工程在可持续发展中的战略地位、基本形态和发展的重点。第二章概述地下工程的特性，其中包括力学特性和物理特性。第三章是本书的重点，全面介绍地下工程应用的各个领域。第四章介绍地下工程的基础技术，包括规划、评价、调查、设计、施工、维修管理、环境及景观等。

本书编写的主要目的是让在校学生和希望了解、认识地下工程的人们，能够比较全面、概括地掌握地下工程的基本知识，认识到地下工程是国家重要的社会资源，是我国面向 21 世纪重点开发的土木工程领域。

本教材在编写过程中，西南交通大学地下工程教研室的全体教师提出了宝贵的意见，给予了很大帮助，在此表示感谢！

由于编者水平所限，书中不当之处，敬请读者批评指正。

编 者
2001 年 5 月

目 录

第一章 绪 论

第一节 概 述	1
第二节 地下工程发展的重点	5
第三节 地下工程利用的预测	8

第二章 地下工程的特性和利用

第一节 地下工程的空间种类	10
一、开挖空间	10
二、明挖空间和用土覆盖的空间	11
三、与地表面的关系	11
四、开口部与地表面的关系	12
第二节 地下工程的空间特性	12
第三节 地下空间的优缺点	14
一、地下空间的优点	15
二、地下空间的缺点	16
三、地下空间的合理利用	17

第三章 地下工程的利用形态

第一节 为人类生存、确保安全加以利用的地下工程	22
一、生活设施	22
二、地下储藏设施	24
第二节 伴随城市发展而加以利用的地下工程	32
一、地下(商业)街	33
二、地下停车场	38
三、地下铁道	49
四、市政地下管道	60
五、能源供给设施	63
六、上、下水道设施	66
第三节 伴随科学技术发展而利用的地下工程	68
一、地下生产工厂	68
二、地下水力发电站	68
三、原子能发电站	69
四、废弃物地下处理设施	71

第四节 大规模国土的有效利用的地下工程	72
一、概 述	72
二、铁路设施	74
三、公路交通设施	87
四、海峡通道工程	97
第五节 防御和减少灾害的地下设施	103
一、灾害及防灾措施	103
二、防护建筑	105
三、储备设施	107
四、防御洪水灾害的地下坝、地下河	108
第四章 地下工程的基础技术	
第一节 规划和调查技术	112
一、规划技术	112
二、调查技术	121
第二节 设计技术	134
一、概 述	134
二、地下结构的设计流程与解析技术	136
三、地下结构的设计方法	140
四、铁路隧道的设计方法	146
五、应力设计与耐久性设计	149
第三节 施工技术	152
一、基础技术及应用技术	152
二、明挖法	156
三、沉管法	160
四、矿山法	170
五、盾构法	185
六、掘进机法	195
七、托换法	203
八、辅助工法	208
九、量测技术	213
第四节 地下空间的环境条件	222
第五节 防灾和安全技术	231
第六节 建筑(景观)设计	234
第七节 维修养护管理技术	240
结束语 地下空间利用中的问题和解决途径	247
主要参考文献	250

第一章 绪 论

第一节 概 述

自从人类出现以来，已有 300 万年以上的历史。在这段漫长的时期内，地下空间作为人类防御自然和外敌侵袭的防御设施而被利用。随着科学技术和人类文明的发展，这种利用也从自然洞穴的利用向人工洞室方向发展。到现在地下空间利用的形态已千姿百态，远远超出为个人生活服务的利用领域，而扩大到为了保持作为集团的居民的生活需要空间。尤其是现代，人口向城市集中，使城市人口密集、城市功能恶化，为了保持城市功能及交通所需的空空间，也开始求助于地下空间。预计地下空间，作为人类在地球上安全而舒适生活的补助空间，在经济可持续发展中，将占据重要地位，其利用程度和规模，将会日益扩展。科学预测指出：21 世纪将是大力开发地下空间的世纪。

地下空间利用的发展过程与人类的文明历史是相呼应的，大致可以分为四个时代：

第一个时代 原始时代。从人类开始出现到公元前 3 000 年的新石器时代，是人类利用地下空间防御自然威胁的穴居时代。这个时代主要用兽骨等工具开挖出洞穴而加以利用。

第二个时代 古代时期。从公元前 3 000 年到 5 世纪止，是为城市生活而利用的时代。这个时代也就是所说的文明黎明时代。把这个时代的开发技术说成是今天地下空间技术的基础也不过分。例如在修建埃及金字塔时就开始了地下空间建设。公元前 2 200 年间的古代巴比伦王朝为了连接宫殿和寺院，修建了长达 1 km 的、横断幼发拉底河的水底隧道。在罗马时代也修筑了许多隧道工程，有的至今还在利用。

第三个时代 中世纪时代。约从 5 世纪到 14 世纪的 1 000 年左右。这个时期正是欧洲文明的低潮期，建设技术发展缓慢，但由于对铜、铁等金属的需求，进行了矿石开采。

第四个时代 近代和现代。从 16 世纪以后的产业革命开始的时期。这个时期由于炸药的发明和应用，加速了地下工程的发展。如有益矿物的开采、运河隧道的修建以及随着城市的发展开始修建的地下铁道、上下水道等，使地下空间利用的范围迅速扩大。

80 年代后，国际隧道协会提出：“大力开发地下空间，开始人类新的穴居时代”的倡议，得到了广泛的响应。日本也提出了利用地下空间、把国土扩大 10 倍的设想。各国政府都把地下空间的利用，作为一项国策，来推进其发展，使地下空间利用获得了迅速的发展。地下空间的利用，已扩展到各个领域，发挥着重要的社会、经济效益，成为国家重要的社会资源。

地下空间的利用形态是多种多样的，归纳起来大致有以下几种：

- (1) 以为人类生存、确保安全为目的的：如粮食的地下储藏、地下式住宅等；
- (2) 伴随城市的现代化发展而存在的：如城市有轨交通系统、上下水道、电力及瓦斯管道、地下商业街、地下停车场等；

(3) 伴随科学技术的发展而存在的：如地下水力发电站、地下能源发电站以及地下工厂、地下核能发电设施等；

(4) 大规模国土的有效利用：如城市间、国家间的交通（铁路、公路、跨海通道工程）设施等；

(5) 防御和减少灾害的地下设施：如人防避难工程、各种储备设施、防御洪水灾害的地下坝、地下河、防灾型城市的构思等。

各类地下空间的利用设施见图 1-1。

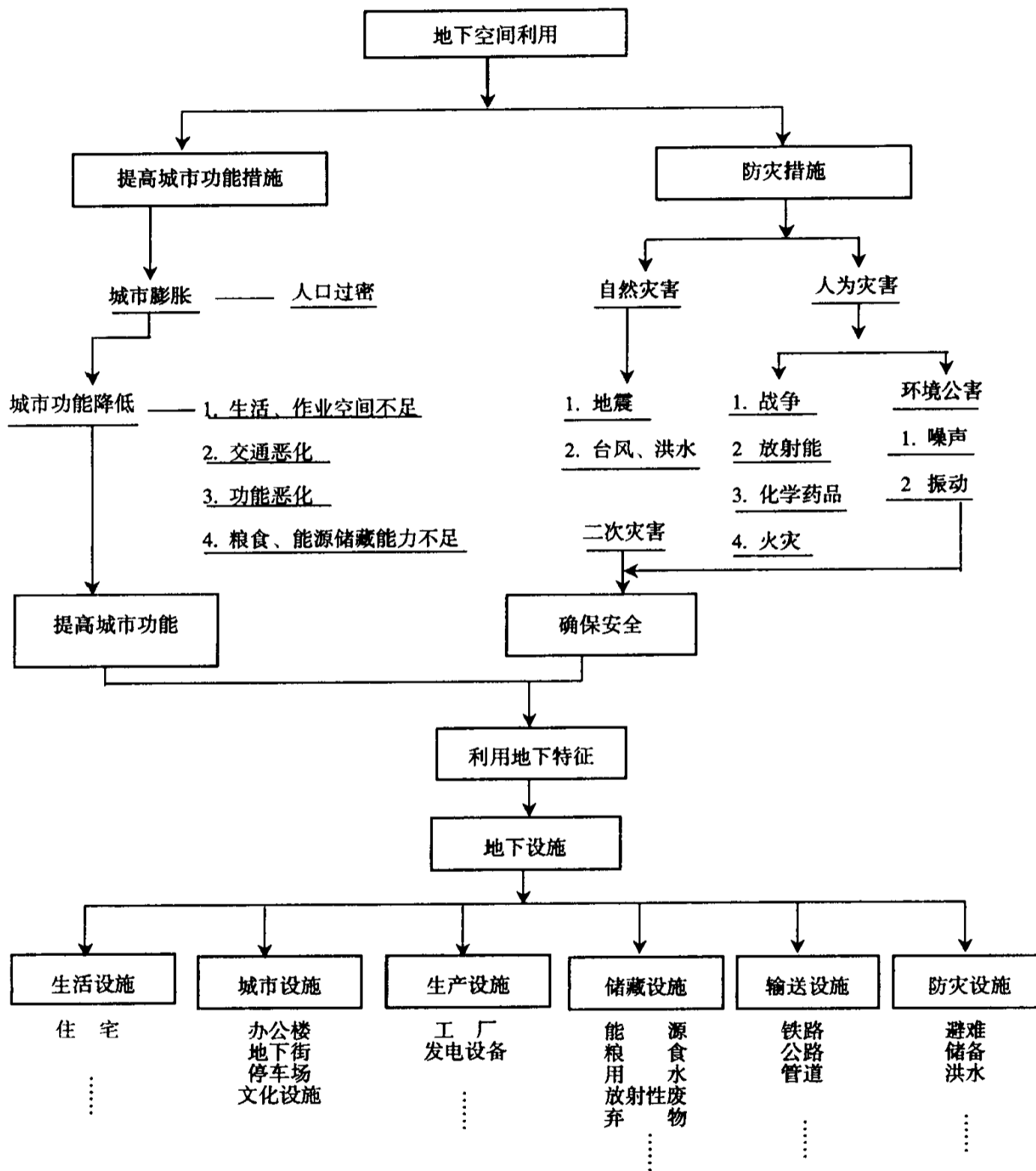


图 1-1 地下空间利用及其设施

图 1-2 概括地说明了开发地下空间的一些理由。其中最重要的原因是：大城市空间的严重不足；其次是为了保护历史建筑物和城市景观环境；第三个理由是：要充分利用和发挥地下空间优越的特性。

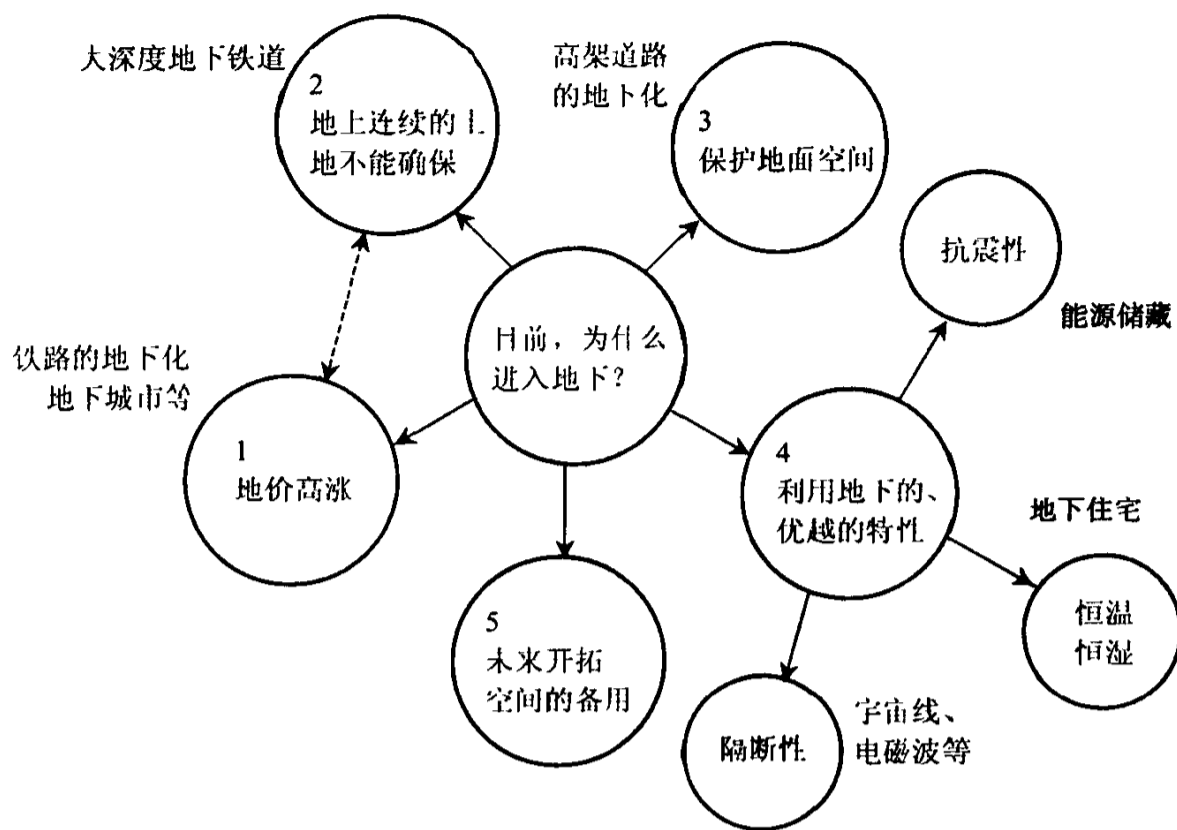


图 1-2 为什么利用地下空间

实际上，地下空间的利用主要是与城市的发展相联系的。在现代世界中，人口的增长和城市化的现象，促使城市过密化，随之发生城市运输能力的降低、饮用水不足、生活环境恶化等问题。为了解决这些问题，有必要强化城市的各项功能和改善城市的景观。为此，就要充分利用地下空间。从这一点来说，地下空间可以视为人类在城市中舒适生活的重要资源。

另外，地下空间的利用是与安全保障相联系的。现代的国际形势，极其复杂而动荡，为了适应这种形势，要求助于地下空间，进行粮食、石油等重要物资的储备，减小自然灾害的威胁等。

这些设施，如按设施的水平来划分，可分为个人水平的设施、城市水平的设施和国家水平的设施等。

- 个人水平的设施：如住宅的地下室就是在地价高涨的情况下，为了扩大居住空间，而多由个人采取的措施。一般地说，个人水平的地下空间利用的特征，多是利用浅层。

- 城市水平的地下利用：包括停车场、地下街等，主要是由经济观点决定的。而像上下水道、能源供给、交通等基础设施，则主要是考虑环境、安全、便利等条件而建设的。这些设施，城市人口越集中，其地下利用的经济、环境、安全等方面的效果越大。例如成都天座商城—顺城街地下商业街（城）、北京西单地下文化广场等的建设就是一例。一些城市大量修筑地下停车场也是一个突出的实例。

- 国家水平的地下利用：主要是从国土综合利用政策方面来考虑的，其中包括作为产业经济基础的生产、储藏、输送、国土保持、防灾等设施。如我国南水北调工程中跨黄（河）输水隧洞、京沪高速铁路越（长）江隧道以及西（安）安（康）线长达 18.4 km 的秦岭铁路隧道等都属于此。这些设施，更多的是从增强国力、促进经济发展，改善和提高人民生活水平出发考虑的，具有重大的经济、技术意义。

应该指出，由于国际交流的强化，各国间的交通联系也得到了关注。例如联系欧洲共同

体的高速铁路计划，由南北和东西两条干线构成，总长度达 3 000 km，全部位于地下 100 m 的水平。建成后将大大缩短欧洲各国之间的交通时间，经济技术价值十分可观。

1996 年 4 月，与第 22 次国际隧道学会同时召开的“可持续的隧道及地下工程”国际隧道会议，重点讨论了隧道及地下工程在可持续发展中的重要性和地位。会上，发表了题为《21 世纪对可持续发展的人类居住的挑战》的基调报告，以及题为《发展国家中的公共交通的改善》和《可持续的地下空间的利用》等报告，纷纷对可持续发展中的隧道及地下工程的地位和作用进行了讨论。

城市的成长，从根本上来说，已经到了改变现在的社会和政治的时期。今后 40 年世界人口预计有较大的增长，其中 90% 在发展中国家，而其中的 90% 又集中在城市。这种世界规模的大城市化的趋势，引起贫困、失业、城市基础设施不足、交通、大气污染、水质污染、噪声等一系列问题。城市化并不一定会引起不稳定状况，社会基础设施不足、经济发展裹足不前、资源不足等将会引发社会的不稳定。

发展中国家的急剧的城市化，使增加居住设施、公共事业和社会基础设施的必要性，变得极为迫切。因此，国家和公共团体的重要资源，就是为城市居民提供交通、上下水道、防灾、休闲等大规模的基础设施。而隧道及地下空间是提供能源、上下水道、交通系统等的强有力的手段。实现以整备社会基础设施为目的的地下空间利用，是众望所归。

根据联合国的预测，目前的城市人口约占总人口的一半，到 2025 年，将达到 2/3。今后的 10 年，人口增加的 70% 在城市。发展中国家的人口增加更为显著，从 1980 年到 2025 年第三世界的城市人口从 2 亿增加到 31.5 亿，增加了近 15 倍。

世界上人口 1 千万以上的城市，在 50 年前，只有 1 座，而到 21 世纪初，将变成 25 座。这样的城市化发展将引起贫困，90 年代末全世界的贫困层的半数集中在城市。

大城市的效率和城市居住者的生活水平，在很大程度上，依靠于交通基础设施及其整备，对经济成长和提高生产、充分利用集积在大城市的物质的、文化的资产是不可缺少的。因此，效率高、成本低、对资源的有效利用和维持生态系统的交通系统的整备，势在必行。

大量输送系统的形态应从生产性和可持续发展两方面研究。报告中指出：从可持续发展的概念研究，大量输送系统在以下三个方面是重要的：

- 设施的经济可持续性和方便性；
- 生态系统的可持续发展；
- 社会的可持续发展。

从目前看，除人年均收入在 1 500 美元以上的城市、经济效益高的城市，以及利用既有设施容易的城市以外，修建地铁无疑是很困难的。

从技术工作者的角度看，可持续发展系统就是在正常状态下运转的平衡系统，或是在可能收容的范围内缓慢变化的系统。最好的系统就是自然的生态系统。

到目前为止，都是使用图 1-3 的单方向的系统。为了可持续发展应采用与自然过程相适应的图 1-4 所示的系统。

在可持续发展的社会中，地下空间的作用可归结为：

- (1) 隧道可供给城市地区的用水、排出污水，对环境保护起重要作用；
- (2) 地下可提供储藏空间和其他空间，使土地利用面积倍增；
- (3) 重要的“生命线”，如城市可充分利用地下，提高抗御自然灾害的能力；

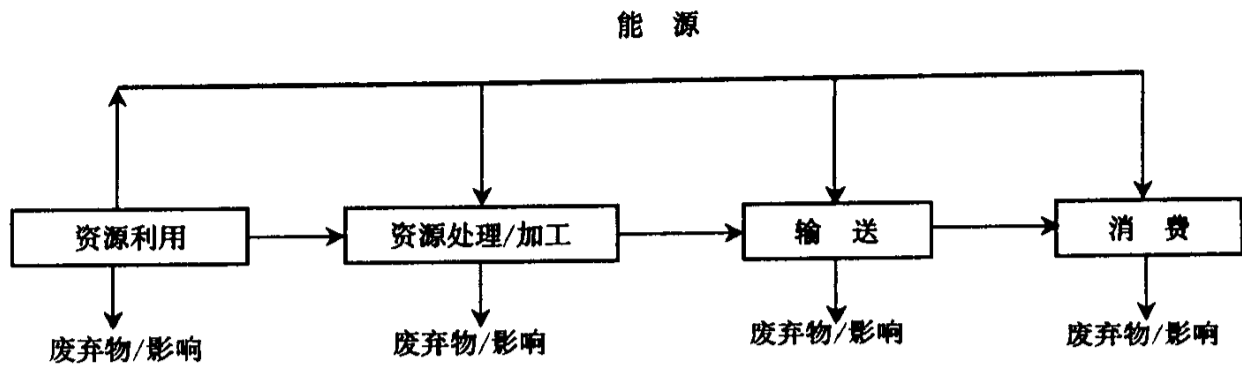


图 1-3 单方向系统

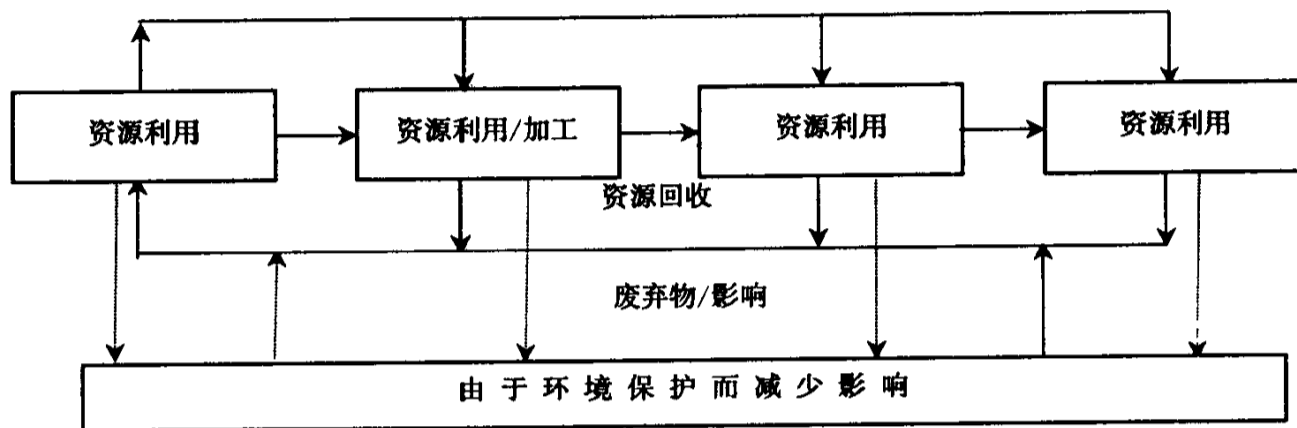


图 1-4 与自然过程适应的系统

- (4) 地下可提供放射性废弃物或其他有害废弃物唯一安全的场所；
- (5) 隧道可提供安全的、环境健全、高速而经济的交通手段；
- (6) 增加了作为生产设施、事务所以及居住等地下空间的利用；
- (7) 食料、液体、瓦斯等的地下储存是世界规模的发展趋势；
- (8) 地下空间的利用可极大地缓和城市的混杂。

综上所述，地下空间的利用是多方面的，已渗透到人类生活的各个领域，形成了功能广泛的工程系统和科学体系，并发展成为对国民经济发展具有重要意义的产业部门。它是一个具有横跨岩土、地质、结构、计算机学、灾害防御等学科领域的大学科，也是 21 世纪重大的技术领域。在规划我国 21 世纪的学科发展领域时，它的形成和发展是不容忽视的，必须给予应有的地位和重视。

第二节 地下工程发展的重点

目前各国都把地下空间利用的重点，放在城市建设上。如前所述，地下空间作为城市的重要资源，得到了多方面的应用，如办公楼、地下街、地下停车场、交通设施、通讯设施、上下水道、废弃物处理设施、文化设施等。这些设施与地面设施一起构成了城市的立体空间网络。

从城市地下空间利用的现状看，主要发展重点在联络城市各处设施的地下通道，如地下商业街、地下联络通道和城市有轨交通系统（地下铁道和轻轨）。目前，日本在全国 20 多个城市，共拥有 150 多处地下街，总面积约为 1 200 000m²。法国巴黎、英国以及一些发达国家，也正在修建地下街。如加拿大的最大城市蒙特利尔已提出以地下铁道车站为中心，建造联络

城市 2/3 设施的地下街网的宏伟规划。表 1-1 列举了几个城市的地下空间利用的实例。

表 1-1 城市的地下空间利用实例

城市名称	地形	地质	人口 (万人)		与交通设施的联系	规模
			区域	市内		
多伦多	平坦	岩层	235	68	铁道、地铁车站	大厦 30 座、宾馆 3 座、市厅所 1 座、商店 1 000 座 (从业人员 32 000 人)、电影院 2 座 (客流 100 万人/周)、停车场 2 处
蒙特利尔	小起伏	岩层	282	102	铁道车站	室内停车场空间 11 200 m ² 步行走廊 12 km、宾馆 6 座 办公空间、集合住宅 大学 1 所 商店空间 910 000 m ² 、办公楼多间 商店 3 座、会议楼、展览厅 2 座
巴黎	平坦	岩层	851	218	郊外高速 铁道、地铁、地下公路	停车场 1 850 台 (40 000 m ²) 住宅 320 座、宾馆 1 座 游泳池 体育馆、音乐厅等 事务所面积 3 000 m ²
札幌	平坦	冲积层	200	140	地铁、公共汽车站	店铺 6 300 ~ 31 000 m ² 停车场 12 000 m ² 公共道路 6 500 m ² 其他 6 000 m ²
川崎	平坦	冲积层	—	106	川崎站	店铺 11 900 ~ 55 200 m ² 公共道路 15 200 m ² 停车场 380 台

城市有轨交通系统 (包括地铁、轻轨、单轨等运送系统), 作为城市的基础设施和灾害防御设施, 得到了巨大的发展。这是城市地下空间利用的第二个方面。许多国家都针对城市发展规模的特点, 在人口超过 50 万以上的大、中城市中, 纷纷修建和发展大量 (>40 000 人/高峰小时)、中量 (25 000 ~ 40 000 人/高峰小时)、小量 (<25 000 人/高峰小时) 有轨交通系统, 这是城市国际化、现代化的一个重要标志。一些国家也正在研究城市道路地下化的交通系统, 如日本东京都的地下环形道路的建设, 极大地减轻了地面交通的压力。我国近几年掀起的“地铁和轻轨热”正方兴未艾。继北京地铁之后, 上海、广州地铁 (一期工程) 已经投入运营。深圳地铁已开始修建, 南京、青岛、哈尔滨等城市的地铁, 也已局部开始建设; 还有成都、大连、长春等城市的地铁和轻轨, 都在规划和设计之中。总之, 利用地下空间, 开辟交通通道、增加交通面积, 是解决城市“交通难”的根本性措施之一。

防灾设施的地下化, 也是城市地下利用的重要方面。应该指出, 目前人类对灾害的发生还无法完全控制, 但人类能够运用所掌握的科学技术手段, 有效地防御灾害, 从而减轻灾害

造成的损失。在城市模式的研究中也是一样。美、日等国在这一领域中研究起步较早。例如，日本城市防灾研究所 1985 年就提出：从防灾的角度来综合利用地下空间的基本技术政策。日本国土研究机构也发表了《地下城市》的研究报告，明确提出：从 21 世纪的远见出发，建立防灾型城市的构思。地下空间，作为城市防灾基础设施，应加以充分利用。其中包括：城市有轨交通系统、洪水地下宣泄系统、地下物流系统及地下物资储藏、储备系统等，都应按防灾型城市的要求，统一规划、统一实施，以提高整个城市的总体抗灾能力。如日本东京都正在建设的环七地下河就是为解决洪水灾害问题而修建的。

跨海、江、河高速交通通道的基础设施建设，已引起各国政府的关注。最近几年，我国曾先后对琼州海峡、甬江、珠江、青岛胶州湾、福建地坛海峡、南通、天津塘沽和南京高速铁路越江隧道等有关跨海、江、河通道工程进行了论证。在论证中可以发现，大家越来越重视隧道跨海、江、河方案的选择。因为，它的优越性是十分明显的。同时，也发现在同等条件下，与桥梁进行比选，在经济上也是有利的（因为在跨江、河、海的桥梁方案中主要是依靠大跨度桥梁方案）。这些研究和论证符合面向 21 世纪的技术发展趋势。这也是地下空间利用的一个重要方面。

以青函隧道的建成为契机，世界各国横渡海峡的热情迅速高涨。许多被视为“梦想”的横渡海峡的宏伟规划，都呈现出一片“现实”的曙光。尤其是欧亚两大洲的动向，极为引人注目。在欧洲地区，环绕欧洲大陆的地中海、波罗的海、北海中，有许多岛屿与大陆隔绝。因而，早在 18~19 世纪，就产生了许多用桥梁和隧道渡海，把岛屿和大陆、大陆和大陆联络起来的种种构思，一直延续到今天。例如，被称为“2000 年梦幻”的英法海峡隧道，已经投入运营。从丹麦的日德兰半岛，经菲英岛、横断赫辛岛、到达斯堪的纳维亚地区的桥梁工程，横断直布罗陀的海峡隧道工程，联络意大利本土和西西里岛的墨西拿海峡隧道工程以及博斯普鲁斯海峡隧道工程等，都在规划和调查之中。

转向亚洲来看，穿越津轻海峡的青函隧道，已与 1988 年 3 月 13 日正式运营，第一列“海峡一号”列车，已顺利通过隧道；印尼的联络爪哇和苏门答腊的规划，已开始研究；特别应该说明的是，作为国际高速公路计划的一部分，从日本福冈通过对马海峡到达韩国釜山的日韩隧道（全长约 250 km），也正在进行的地质调查的前期作业。这是进入中国大陆的重要通道。

在横渡海峡的规划中，许多国家的工程师和专家提出了一些可供选择的方案。其中有：固定桥、浮桥、海中隧道（桥）、沉管隧道、海底隧道等。从已建成的海峡隧道看，都属于海底方案，用于公路或铁路或两者混合运输。这主要是因为：它不干扰外界环境，不影响航运和潜艇航行，也不改变生态的和水理的环境。但也有采用桥梁和隧道相结合的方案，如日韩隧道，在九州到壹岐岛间的 25 km 采用桥梁方案，由壹岐岛到巨济岛采用隧道方案。也有规划采用海中隧道（桥）方案的，如墨西拿海峡通道方案。应该指出，这些通道方案绝大多数都是国际性的通道。其经济的、社会的、技术的意义十分重大，而且都要有较长时期的基础研究给予支持。

另一类型的海峡通道工程，主要是国家级的。如日本正在修建的，通过濑户内海联络本州和四国地区的本州四国联络桥，就是一例。我国跨越琼州海峡、联络湛江和海口的通道工程以及跨越台湾海峡的通道工程，跨越渤海湾，把山东和辽东两个半岛联络起来的渤海隧道工程等，均属此类。还有一类是海湾线工程。如日本的东京湾高速公路的通道，我国穿越胶州湾、渤海湾、杭州湾等海湾线工程中，都需修建跨海通道工程。其中一些跨海的通道工程

方案已开始研究。总体来说，我们的研究是极不充分的，特别是通道工程的基础性研究，尚未开始，基本上还处于空白阶段。就是研究，也是偏重于桥梁方案的比选，而很少考虑采用隧道作为解决通道工程的基本手段。这种情况，虽然与我国的国情有关，也与“遇河修桥、逢山开洞”的传统观念有关。这种观念必须改变，使我国在跨海、江、河的方案上有多种选择的可能。由于解决跨海、江、河的工种投资很大，从目前的财力、物力看，很难进行大规模的开发，但积极进行前期的基础性的研究和规划，还是很必要的。

第三节 地下工程利用的预测

关于地下空间利用的可能性，日本科学技术厅资源调查所曾加以预测，其结果如表 1-2 所示。首先主要利用地下 20 m 左右的空间，接着利用地下 20~50 m 的空间，以后将逐步发展到地下 100 m 以内的空间。目前与今后人类利用地下空间可能达到的深度和人工空间的垂直利用层次，示于图 1-5。

表 1-2 地下空间利用深度 (单位: m)

空间 设施	有人空间					无人空间													
	生活设施					功能设施			生产设施			储藏设施				防灾设施			
建筑物	住宅、地下室	学校、医院	商业街	办公楼	文化设施	停车场	仓库	上下水道	瓦斯电力	交通	发电	工厂	能源	粮食	水	废弃物	避难	洪水	储备
现状	-5	-8	-20	-20	-30	-20	-20	-30	-40	-30	-30	-10	-50	-50	-30	-20	-10	-20	-10
未来	-9	-20	-20	-40	-40	-40	-40	-100	-100	-100	-100	-45	-200	-200	-55	-1000	-30	-20	-200

总之，我们对地下空间的利用应有以下几点认识：

- (1) 21 世纪将是充分利用地下空间的世纪，地下空间利用在可持续发展中占据着重要的地位；
- (2) 地下空间是国家重要的社会资源，必须加以充分利用；
- (3) 地下空间的利用应作为国家的基本国策，予以技术立法，推进其健康发展；
- (4) 地下空间利用的重点是城市地下空间的综合利用，是建立防灾型城市的基础；
- (5) 降低地下空间利用的造价是当务之急，也是发展地下空间利用的关键；
- (6) 地下空间利用学科正在兴起，将为解决推进地下空间利用的发展做出应有的贡献。

在改革开放的大好形势下，在我国经济持续发展的新时期，地下空间的综合利用，也必将获得更大的发展。

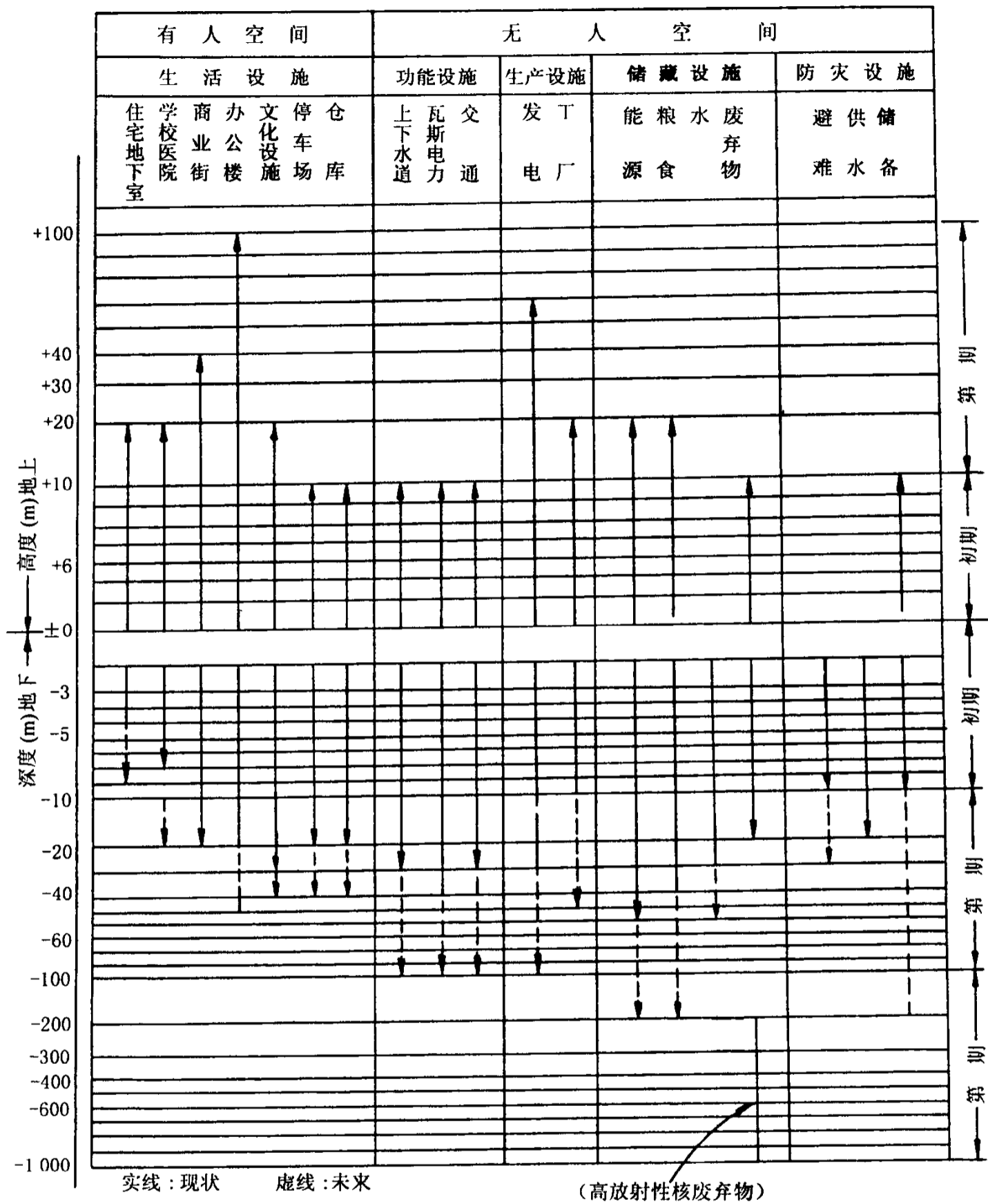


图 1-5 地下空间利用调查

第二章 地下工程的特性和利用

地下工程之所以有今天的发展，与其固有的特性有着密切关系。地下工程的特性有两个方面。一方面是其固有的技术特性，也就是地下工程的优缺点；另一方面是从结构学角度来认识的力学特性，它决定了地下工程的安全性、可靠性和使用性。这两种特性都与地下工程的类型有关。下面首先说明地下工程形成的空间类型。

第一节 地下工程的空间种类

一、开挖空间

地下建筑物的对象是具有各种性质的、多种用途的地下空间。其典型的地下空间有：开挖出来的空间、开挖后覆土的空间及明挖空间。开挖空间是从地表能够进入的地点，用横通道或纵通道相互联系的空间，设在地下深层，距地表较远。

从历史上看，各种各样的避难场所都是为抵御自然灾害、保护自身安全设置的，力求设置在岩体及自稳的土中。在人类居住的大陆上，有时难以利用其他建筑材料，再加上严酷的气象条件，不得不因地制宜地修筑地下建筑。图 2-1 就是我国北部的一个黄土地下村落，修筑在能够自稳的黄土上、距地表很近的地下空间内。



图 2-1 中国的地下村落

用于储藏的地下空间，是在更深的开挖空间内修筑的。如在电气、瓦斯、水道等公共设施，防卫、地下铁道等方面，都正向着地下发展。著名的例子是在某城市近郊的石灰石中修筑的大型工厂和仓库群地，以及在明尼苏达大学内的地下软质砂岩中修筑的研究所和办公室等地下空间。

二、明挖空间和用土覆盖的空间

在地表附近修筑支持覆土的建筑物，也是地下空间的一个有代表性的范畴。地下空间的绝大多数是属于这一种的，从小规模的住宅到大规模的、多用途的商业、交通、工业等建筑。基本上说，接近地表修筑的结构物，大都是用与地面结构物同样的方法修筑的。图 2-2 是明尼苏达大学的地下空间的规划，它是开挖空间与明挖空间相互结合的典型建筑。



图 2-2 开挖空间与明挖空间的结合

三、与地表面的关系

地下建筑物的一个特征就是与地表面的关系。一般来说，在平坦的土地上修筑的结构与地表面的关系有建筑物上填土和埋设在土中两大类。覆土建筑物的顶板面，或是原地面或比其稍低一些，建筑物的四周都在土内（图 2-3）。

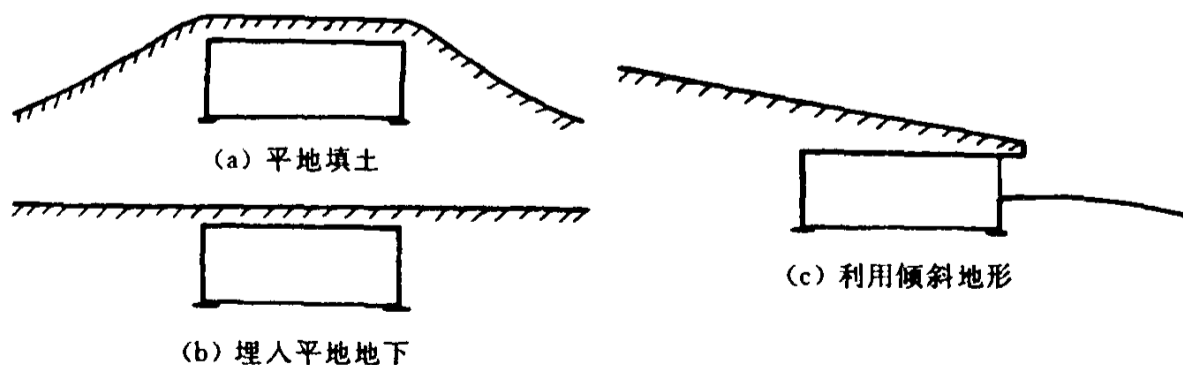


图 2-3 与地表面的关系

四、开口部与地表面的关系

地下建筑物根据其通向地面开口部的形式可分为四类：密闭型、天窗型、侧面开口型及半地下型（图 2-4）。几乎所有的开挖空间都是密闭型的；天窗型具有自然采光的开放感；侧面开口型只能一个方向向室外眺望。针对这一点，半地下型就可以从室内全方位的眺望。侧面开口型适合于倾斜地层，其他形式则适合平坦地层。

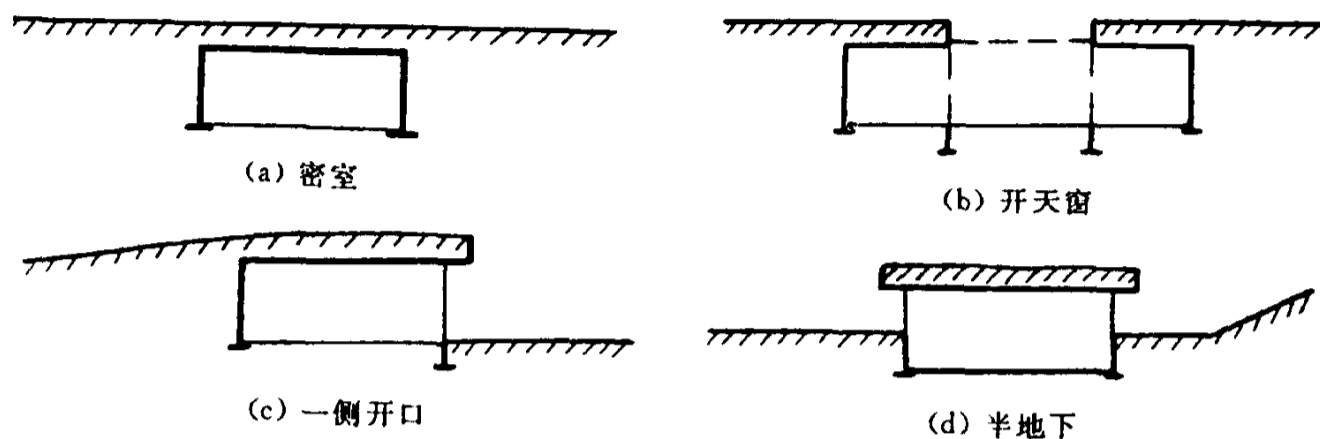


图 2-4 开口部与地表的关系

第二节 地下工程的空间特性

地下工程形成的空间阴暗和潮湿，几乎完全与地面隔离，对人们来说不是一个舒适的空间。所以，在利用地下空间时，必须充分认识到这一点而有效地加以利用。其具有的特性大致分为：

- 构造特性：空间性、密闭性、隔离性、耐压性、耐寒性、抗震性；
- 物理特性：隔热性、恒温性、恒湿性、遮光性、难透性、隔音性；
- 化学特性：反应性。

这些特性有的对地下空间有利，有的不利。因此，在规划地下空间时，应充分了解这些特性而加以充分利用。表 2-1、表 2-2 是地下工程的利用目的与利用特性的关系。

表 2-1 地下工程设施的利用目的及利用特性

设施类型	名称	对象	利用目的						利用地下特性											
			经济	生活	当条地件	保存	环境	安全	恒温	恒湿	隔热	遮光	隔音	密闭	隔离	难透	空间	安全		
1 生活				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 功能	办公楼		0	0	0		0												0	0
	地下街		0	0	0		0	0											0	0
	停车场		0					0					0		0				0	0
	仓库		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0