

地下空间利用

关宝树 钟新樵 编

西南交通大学出版社

地下空间利用

关宝树 钟新樵 编

西南交通大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了地下空间的开发和利用，它主要是根据第一作者在日本考察期间收集的资料及了解的情况编写而成。

全书共分三篇，第一篇叙述地下空间利用发展的过程及特性；第二篇讲述地下利用规划设计的原则和方法；第三篇介绍地下利用技术的发展现状。书中介绍了较多的典型实例。

本书可作为地下工程建筑专业的主要参考教材，亦可供从事地下工程工作的有关人员参考。

地 下 空 间 利 用

DIXIA KONGJIAN LIYONG

关宝树 钟新樵 编

西南交通大学出版社出版发行

(四川 峨眉山市)

四川省新华书店经销

西南交通大学出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：7.625

字数 184 千字 印数：1—3000 册

1989 年 11 月第 1 版 1989 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-81022-112-4/T 049

定价：2.00 元

目 录

第一篇 总 论

地下空间利用的发展过程.....	1
地下空间利用形态和设施.....	2
地下空间的特性.....	3

第二篇 各 论

第一章 生活设施	6
一、住宅地下空间利用形态.....	6
二、今后的课题.....	8
第二章 城市地下设施	9
第一节 办公楼.....	9
第二节 地下街.....	11
一、概述.....	11
二、修建地下街的原则.....	12
三、地下街的规划.....	12
四、地下街设计中的注意事项.....	16
第三节 地下停车场.....	17
一、概述.....	17
二、停车场的规划.....	17
三、地下式停车场设计的基本原则.....	19
第四节 文化设施.....	23
第五节 城市交通设施.....	23
一、地下道路结构物.....	24
二、地下铁道.....	27
第六节 市政地下管道.....	40
一、概述.....	40
二、地下管道的结构.....	41
三、地下管道的调整与整顿.....	42
第七节 能源供给设施.....	44
一、电力供应设施.....	44

二、瓦斯供给设施	46
三、地区性冷暖房	46
第八节 上下水道设施	47
一、上水道设施	47
二、下水道设施	47
第九节 废弃物地下处理设施	49
第三章 生产设施	51
第一节 生产工厂	51
第二节 地下水力发电站	52
第三节 原子能发电站	53
第四章 地下贮藏设施	55
第一节 能源贮藏	55
一、概述	55
二、地中式贮槽（竖坑式地下贮槽）	55
三、横型地下贮槽	57
四、其它能源贮藏	60
第二节 粮食贮藏设施	61
第三节 用水贮藏设施	62
第四节 放射性废弃物处理设施	62
第五章 运输设施	64
一、铁道隧道	65
二、公路隧道	72
三、长隧道的防灾设施	72
四、管道运输	78
第六章 防灾设施	79
第一节 灾害及防灾措施	79
一、概述	79
二、防灾对策	80
三、防护建筑	81
第二节 贮备设施	83
一、东京都的水贮备规划	83
二、横须贺市水贮备规划	84
第三节 洪水对策	85

第三篇 地下利用技术的现状与展望

第一章 规划技术	88
一、地下设施规划的特征	88
二、规划的分类	88
三、规划中的调查	89
四、规划的评价	90
五、评价表的构成及分析	91
第二章 调查技术	92
一、概述	92
二、现状	92
三、今后的课题	97
第三章 设计技术	99
一、概述	99
二、现状	101
三、今后的课题	103
第四章 施工技术	105
一、基础技术	105
二、应用技术	107
结 语	109

第一篇 总 论

人类从地球上出现以来已有 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威胁以及外敌侵袭的防护设施而被利用。随着科学技术的发展，这种利用也从自然洞穴的利用向着人工洞室发展。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间也开始求助于地下。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，其利用和规模将会日益扩展。

地下空间利用的发展过程

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 3000 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 3000 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 2200 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 公里的、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 1000 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地下铁道，上下水道等，使地下空间利用的范围迅速扩大。

进入 80 年代后，国际隧协提出：“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。依统计资料，1970—1979 年相当百万人口的地下设备长度，如表 1—1 所列，平均约为 3.0 km/百万人口。

百万人口占有的地下设备长度
(km/百万人口) 表 1—1

挪 威	19	意 大 利	1.6
瑞 典	9.5	澳 大 利 亚	1.4
法 国	6.5	英 国	1.0
美 国	4.2	西 德	0.8
瑞 士	3.5	西 班 牙	0.6
日 本	2.8	平 均	3.0

地下空间利用形态和设施

当前，人类利用的地下空间，从利用形态来看，大致有以下几种：

1. 为人类生存，确保安全的：例如贮存粮食的空洞、地下式住宅等；
2. 为发展人类文明，利用地下资源的；
3. 伴随近代城市的发展，立体应用的：如上下水道、电力、瓦斯管道等，地下商业街的出现也是一个例证；
4. 大规模国土的有效利用：如城市间、国家间的交通体系……等；
5. 伴随科学技术的发展而利用地下特性的：如地下水力发电站、地下能源发电厂以及地下工厂等。

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，人口的增加和城市化的现象，促使城市过密化，随之发生运输能力的降低，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。为此就要利用地下。从这一点来看，地下空间可以视为人类城市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，要进行粮食、石油等重要物资的贮备以及减少自然灾害的威胁等都要求助于地下空间。

再一点就是与科学技术的进步相联系的。由于科学技术的长足进展，使得地下空间的特性得到了充分的利用。

地下空间利用是多方面的，但主要可分为以下六大类设施（图 1—1）。

1. 生活设施。主要指地下或半地下式住宅。
2. 城市设施。为改善和强化城市各项功能的设施，如上下水道、地下街、地下停车场、文化设施、能源供给设施等。
3. 生产设施。如地下印刷厂，地下水力发电站、地下原子能发电站等。
4. 贮藏设施。主要指石油等能源、食品和水资源的贮藏及放射性废弃物和工厂废弃物的地下处理等设施。
5. 输送设施。作为城市间、区域间甚至国家间的铁路、公路、管道等设施，很多是利用地下的。
6. 防灾设施。灾害有地震、洪水等自然灾害和火灾、战争等人为灾害两大类。防灾设施是指为防止灾害、减少灾害损失所修筑的避难设施，人防工程，贮备设施等。

这些设施尚可按设施的水平加以分类。如分为个人水平的设施、城市水平的设施及国家水平的设施等。例如住宅的地下室就是在地价高涨的状况下，为了扩大居住空间而多由个人采取的措施。一般说，个人水平的地下空间利用特征多是利用浅层。

城市水平的地下利用，它包括仓库、停车场、地下街等，主要是从经济观点决定。而象上下水道，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，其地下利用的经济性、环境、安全等方面的效果越大。

国家水平的地下空间利用主要是从国土综合利用政策上来考虑的，其中包括作为产业、经济基础的生产、贮藏、输送、国土保持、防灾等设施。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。

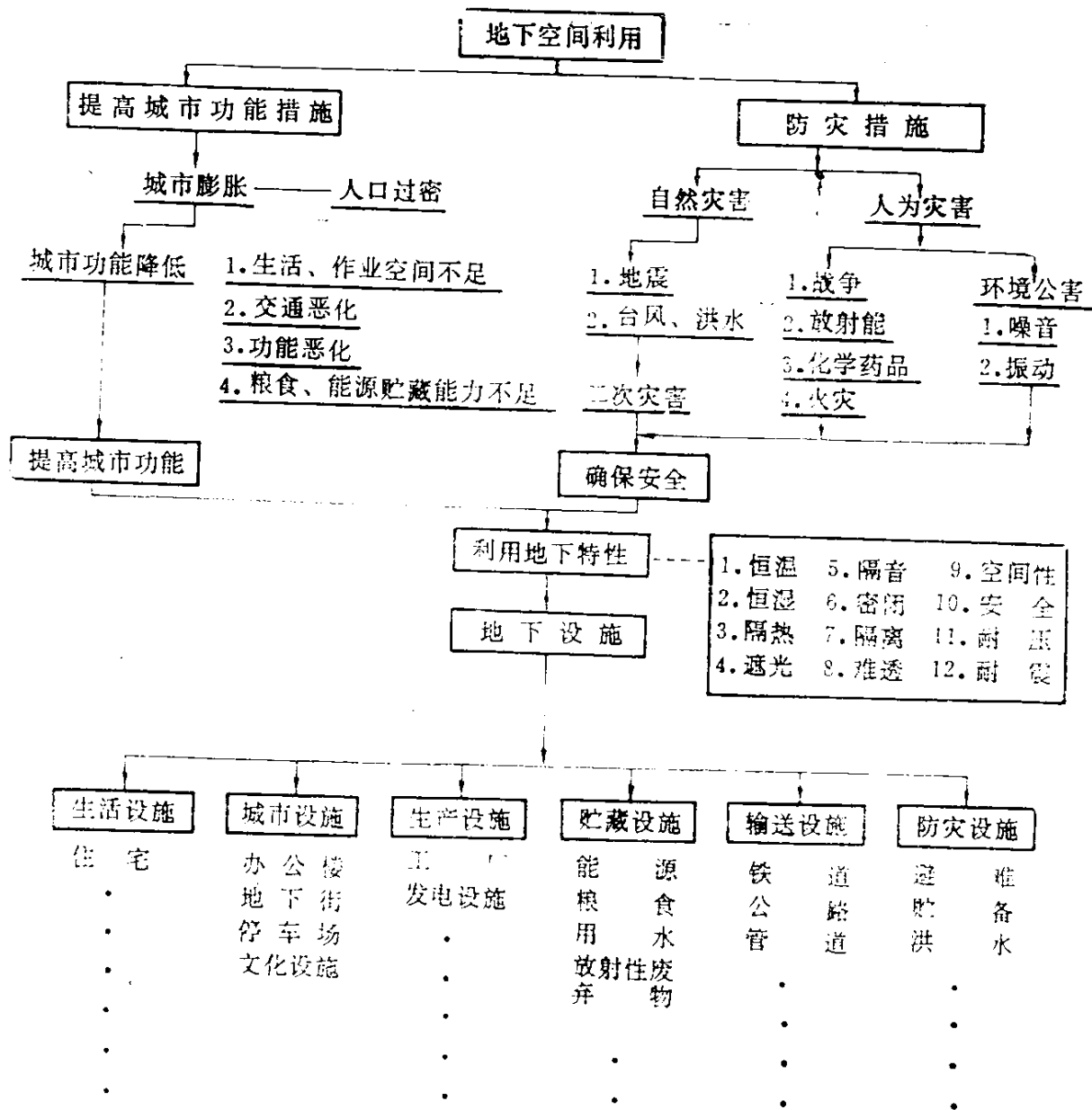


图 1—1 地下空间利用及其设施

地下空间的特性

地下空间，阴暗、潮湿，完全与地面隔离，对我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。地下空间具有的特性大致分为：

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

构造特性是由地下所具有的空间结构及构成其结构的地质条件所形成的。物理特性和化学特性则来自于地质构造中的岩体、土体的特性。

我们希望利用其构造特性来提高安全性和设施的功能，利用物理特性来达到安全、经济的目的。

应该指出，上述设施有的是从经济角度修建的，有的则是从当地条件，或安全目的修建的。表 1—2 集中列出各项地下设施与其利用目的和利用特性之间的关系。

关于地下空间设施利用的可能性，日本科学技术厅资源调查所曾加以预测，其结果如图 1—2 所示。目前主要是利用地面以下 20 m 左右的空间，以后将逐步发展到地下 100 m 以内的空间。

地下利用设施的利用目的及利用特性 表 1—2

设施类型	名称	对象	利用目的				利用特性												
			经济	生活	当地条件	保存环境	安全	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1. 生活	办地停仓文交能	楼街场库施施施 公下车 化通供给设	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. 功能	通上水道理施施 废弃物处理施	医院、教会、体育、地下铁 铁路、公路、地下铁 电力 瓦斯 冷暖气 垃圾管道	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. 生产	生发 电	厂备 水力、原子能	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. 贮藏	能源贮藏设施 粮食贮藏设施 用水贮藏设施 核废弃物贮藏设施	石油、天然气、电力 饮用水, 工业用水	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. 输送	铁公路 道道路道	施施施	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. 防灾	避贮供 难备水	施施施 设设设 设设设	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注 有 0 者表示地下设施被利用的目的及特性。

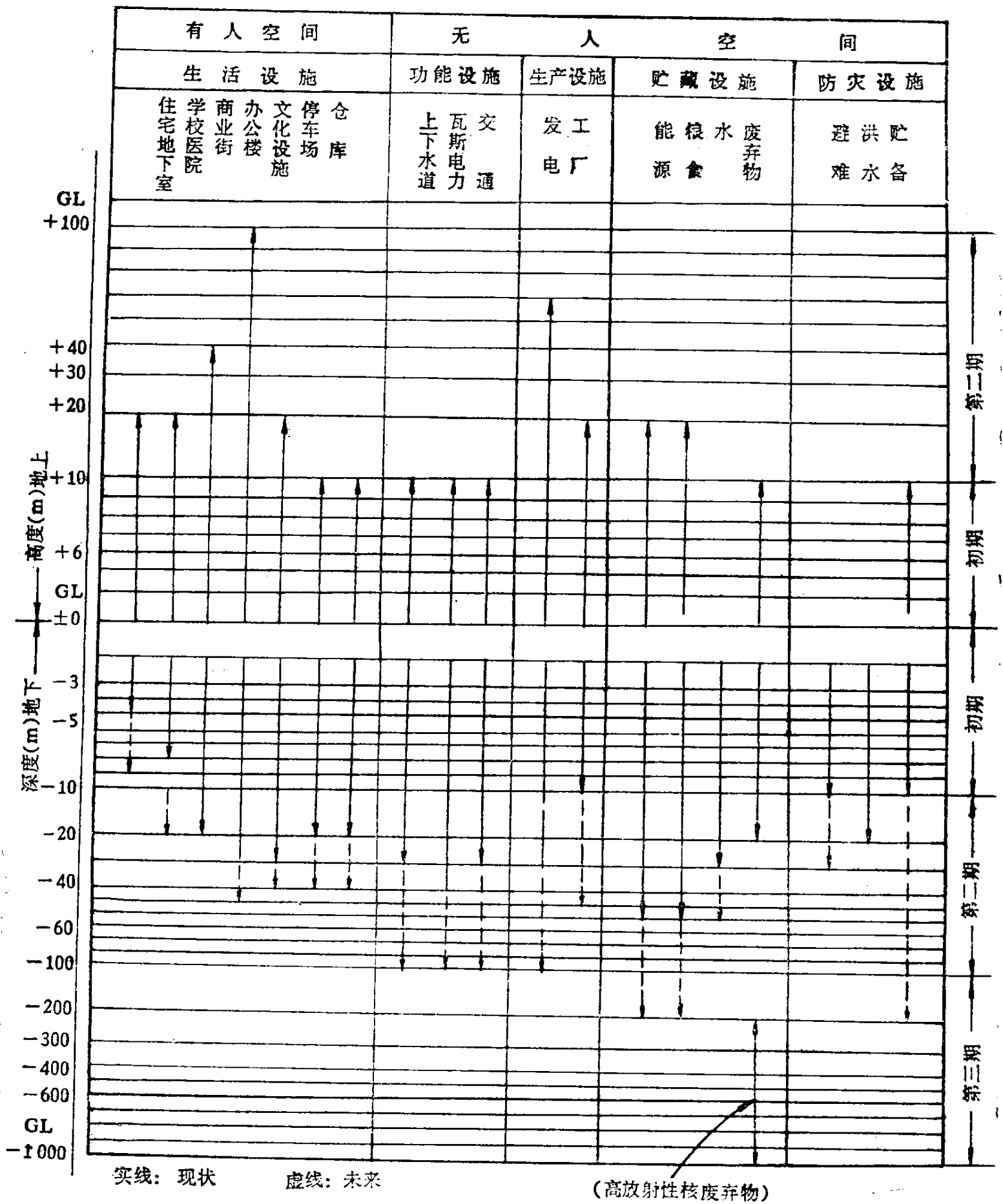


图 1-2 地下空间利用调查

第二篇 各 论

我们按前面所叙述的地下空间利用的六大类设施，分别加以说明。

第一章 生活设施

生活设施主要指个人用以生活的住宅、贮藏室、车库及掩护体等地下设施。在我国由于区域地质的特征，在黄土地区广泛修建窑洞，就是这方面应用的典例。这类窑洞多数是单层建筑，呈拱形结构。还有，在东北寒冷地区，人们用挖地下洞的方法来贮藏蔬菜……等。总之，在这方面我们是不落后的。但是最近由于城市的集中，人口激增，造成住宅用地不足，而且由于生活水平的提高，人们对居住条件的要求也提高了。因此，城市地下住宅的利用也引起了广泛的重视。在这方面，欧美各国比较先进，日本次之。

住宅地下利用发展的背景，可举出以下几点：

1. 城市的土地利用条件 由于城市人口激增，用房过密，空地减少，地价猛涨，就要求对有限的土地加以高度利用。另外，由于住宅用地不足，充分利用斜坡地、台阶地的情况也越来越多。

2. 对住宅的“质”的要求 随着生活水平的提高，对居住空间的要求多样化起来了。不仅要求具有最低限度的居住功能，而且要求有更丰富的功能和更富余的空间，也提高了对自然环境的要求。

3. 积极利用地下空间的特性 地下空间的隔热、隔音、遮蔽等特性，对节能和生活多样化是有意义的。其它如构造上的安全性，可被用于地震时的掩护体，热环境的稳定性而出现的节能住宅，防止噪音和确保踏实气氛的音乐室等。

一、住宅地下空间利用形态

在地下空间利用比较发达的欧美各国，修建的地下室，以填土式、窑洞式住宅较多。

住宅地下空间的形态可按各种观点加以分类，表 2—1 和表 2—2 分别表示分类的概况和住宅地下空间的用途概况。

从地下空间与外部关系看，可分为完全地下密闭型、半地下型、侧部开放型、中庭型等几种形态。但不管何种形式，都要解决好地下结构与上部结构，与地形的协调以及采光、采暖等问题。

地下住宅通常包括例如车库、食品贮藏等收纳空间，锅炉、机械等机械室，洗衣、家务等辅助空间等等。其中，厅室、厨房、卧室、厕所等是必不可少的。在设计中要合理地布置这些房间，使之形成一个相互协调的有机系统。

地下住宅要有良好的排水、通风及采光设施，使之形成一个适于居住的环境，这是异常重要的。

住宅地下空间分类

表 2—1

分类观点	分类项目	分类观点	分类项目
地下空间与外部的关系	1. 全埋置密闭型 2. 半地下式 3. 侧放式 4. 中庭式 5. 开放式	采光、采暖方式	1. 顶部采光型 2. 太阳能型 3. 自然开放型 4. 设备机械型
地下空间与上部结构的关系	1. 独立型 2. 部分地下型 3. 全地下型	庭园式	1. 无庭园式 2. 侧放式 3. 中庭式 4. 屋顶庭园式
地形条件	1. 平地型 2. 台地型 3. 斜坡地型		

住宅地下空间概况

表 2—2

用途	室名	说明	用途	室名	说明
收空 纳间	车 库 食品贮藏库 燃料贮藏库	可利用斜坡地	余空 裕间	音 乐 室 游 乐 室 预 备 室 其 它	要有良好的 采光与通风
辅空 助间	洗 衣 室 作 业 室 家 务 室 其 它	与余裕空间相同可以及时转作其它用途	一居 般室	住 厨 卧 其 房 室 它	多采用侧放式, 采光及通风好, 力求节能, 要有良好的排水
机 械 室	锅 炉 房 机 械 室	装 修 简 单, 顶板高 度较低	其 它	浴 室、化 装 室 等	要排水, 在斜坡地最合适

按上述情况分类的主要形态示于图 2—1 中。


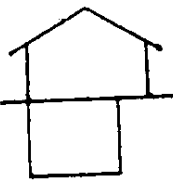
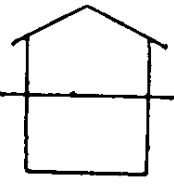

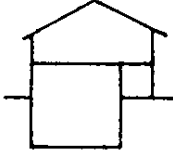
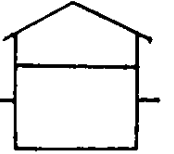


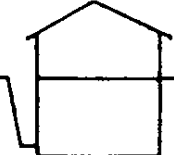


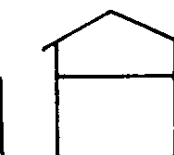

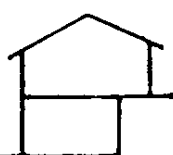
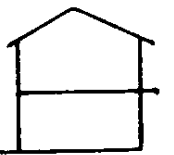
分 类	完全地下	部分地下	半地下	特 征	
密 闭 型				日本的一般住宅 简单收藏室	
外 部 关 系	半地下式				普通居室，严密、明亮
	侧放式				
	中庭式				
	开放式				
特 征		结构不稳定， 基础要特别设计	结构稳定，尤 其是上二种		

图 2-1 地下空间利用形态

二、今后的课题

为了充分利用有限的地下空间，住宅地下的利用也将向高密度居住型发展，其目标应是：价格应与人民的购买力相适应；有适于居住的环境；建立起安全的、无公害的、简易的施工体系。为此，就要求解决一系列的技术课题。例如，研制节能型除湿机、高反射玻璃的自然采光系统、开发耐水耐压的结构构件等。还要研究高密度居住和人的心理之间的关系以及确保高密度居住对环境的要求等。

应该指出，地下住宅建设多利用较浅的地下空间，一般造价较高。因此，在不增加环境负荷的条件下，尽量降低造价也是一项重要任务。

第二章 城市地下设施

地下空间，作为城市重要资源，得到了多方面的利用，大致有：办公楼、地下街、地下停车场、交通系统、能源供给设施、通信设施、上下水道、废弃物处理设施、文化设施等。这些设施与地面建筑一道，构成了城市的立体空间网络，图 2—2 是日本京都地下空间利用的构思。

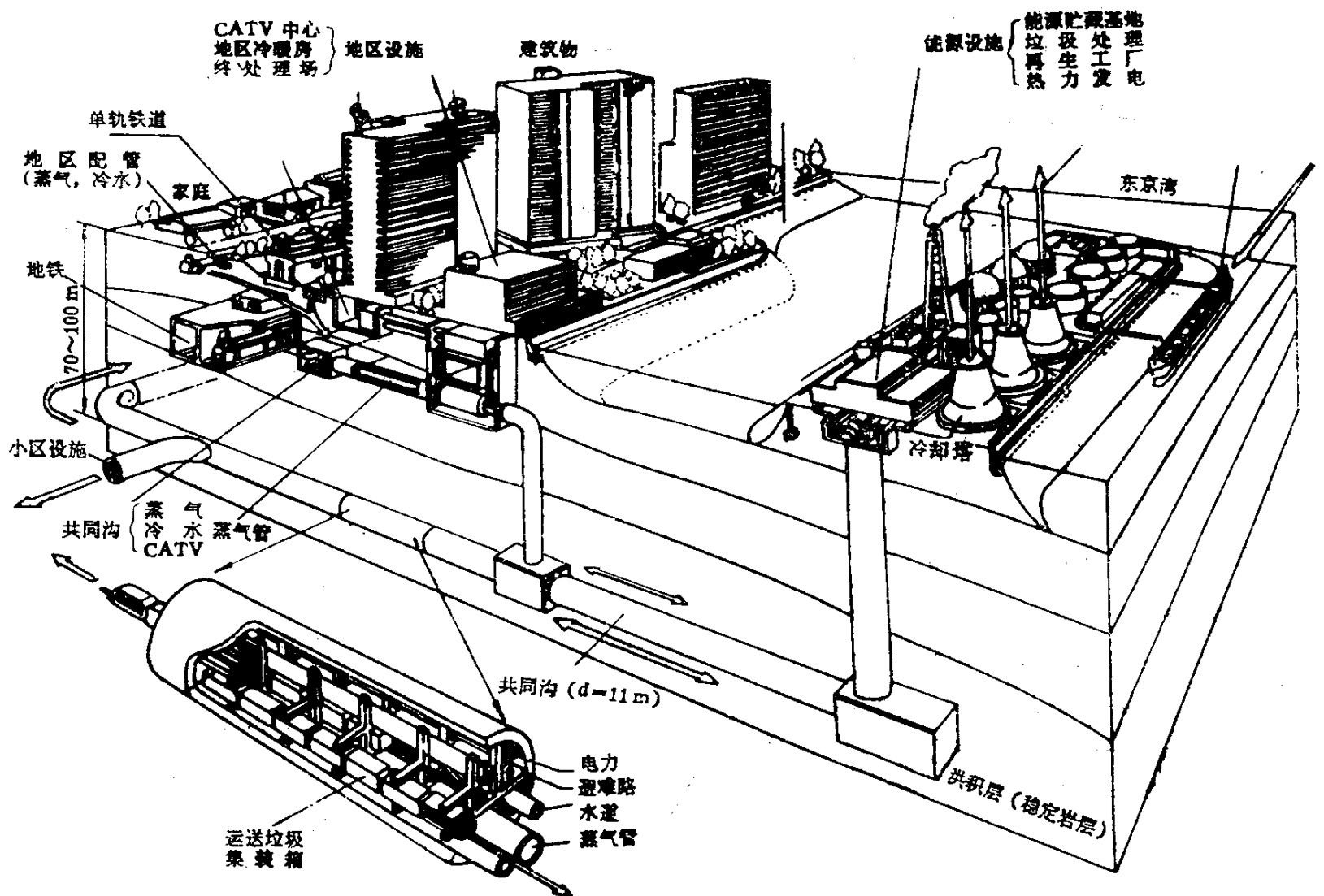


图 2—2 日本东京都城市地下空间利用构思

第一节 办公楼

在城市中，由于地上空间的限制和地下结构物修建技术的发展，带有地下室的办公楼也越来越多。尤其是在人口稠密、经济活动活跃的地区，对这种要求越来越高。

一般说，办公楼的地下部分，多是地上部分的延长。但在超高层大楼中，如图 2—3

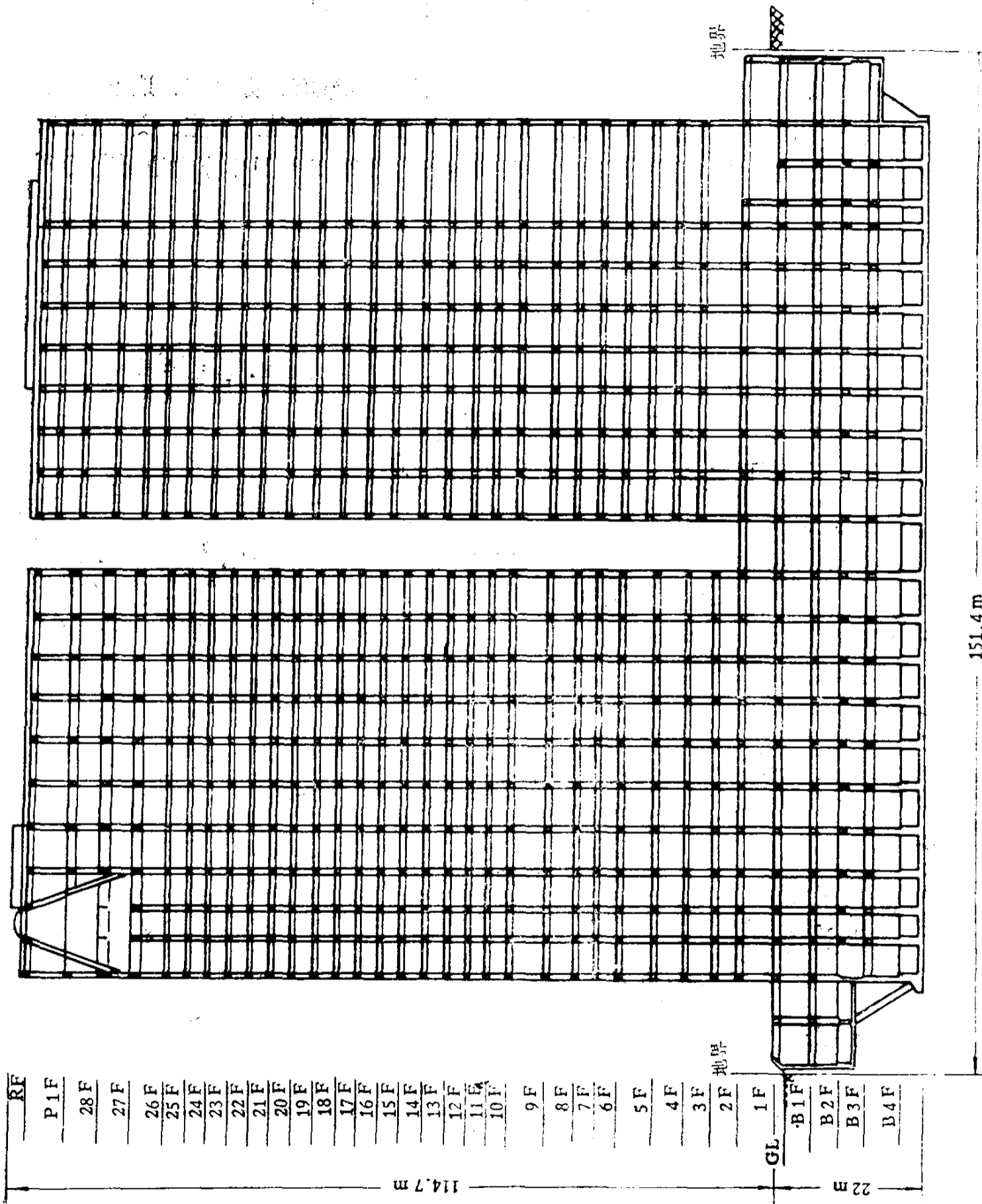


图 2-3 日本新宿七号地区大楼

所示的日本新宿七号地区大楼，为了抗震和确保地面结构的稳定，其地下部分比地上部分还宽得多。此外，也有不与地面建筑接续而全部建在地下的，如图 2—4 所示的日本雅玛哈保险公司的地下事务所。

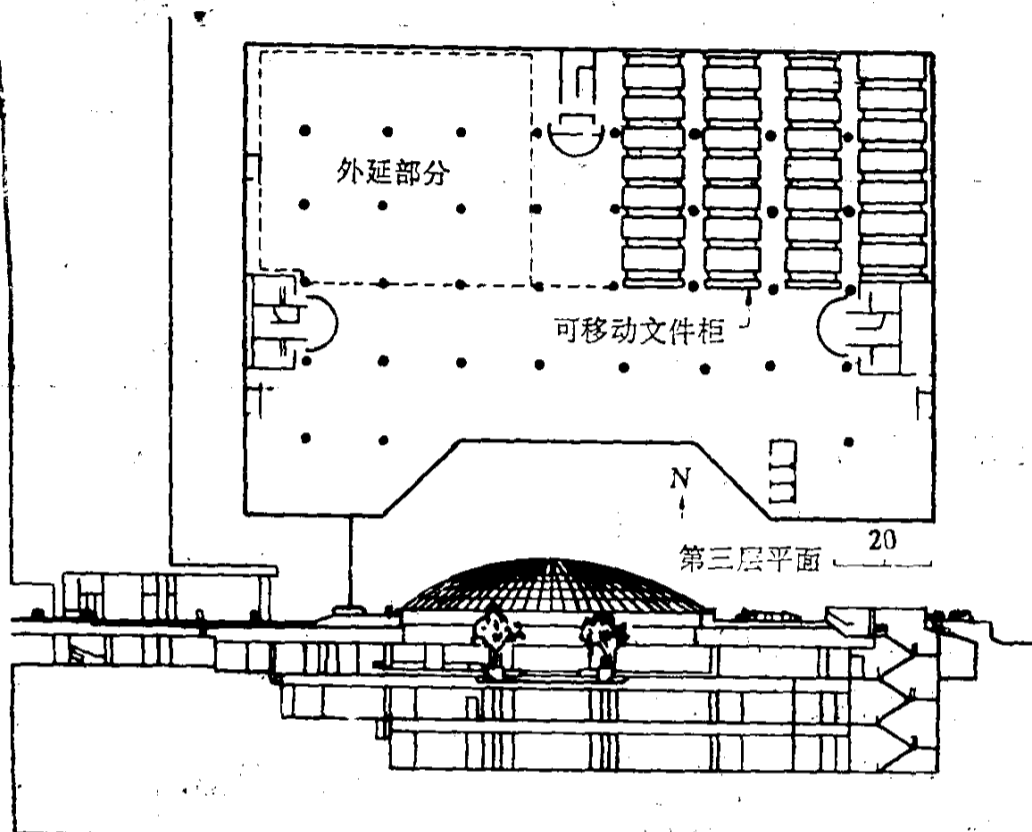


图 2—4 雅玛哈保险公司地下事务所

第二节 地 下 街

一、概 述

在各种建筑物之间建立的地下通道，或是独立修建的，两旁设有店铺、事务所等的地下通道，统称为地下街。从这个意义上看，地下街有二种形态，即独立形成一个实体，或附属于某些建筑物。实际上现代的地下街作这样明确的划分也很困难。

日本是修建地下商业街最发达的国家，目前日本在全国 17 个城市共拥有 76 条地下街，总面积约为 81.8 万 m^2 。法国巴黎、英国以及一些欧洲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核心，建造联络城市 2/3 设施的地下街网的宏伟规划。日本最大的地下街是东京八重州地下街，面积为 6.8 万 m^2 ，总延长近 6 km，拥有商店 141 个，与 51 座大楼连通，每天利用人数达 300 万人以上（见图 2—5）。

从日本来看，修建地下街的主要目的是：① 在各建筑物之间建立联络通道；② 与主要交通枢纽建立联络通道；③ 便于办公楼人员的生活、交通；④ 减少地面的人员流动；⑤ 便于停放车辆……等。