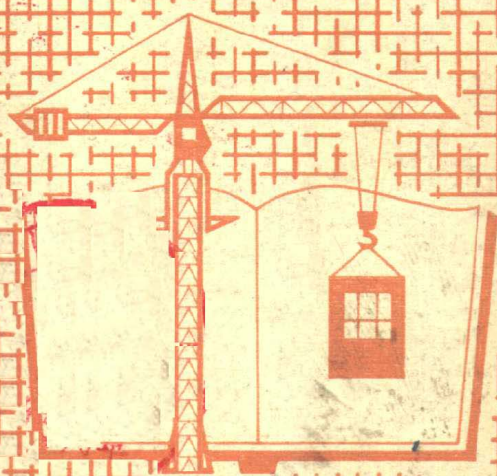


地下建筑规划与设计

《地下建筑规划与设计》编写组



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

地下建筑规划与设计

《地下建筑规划与设计》编写组

中国建筑工业出版社

本书在绪论中介绍了地下建筑的类型、特点、发展概况和发展趋向。下面共分六章：第一至第四章讲述了地下建筑四种主要类型的规划设计问题，包括人民防空工程、地下工业建筑、地下贮库和地下铁道；第五章介绍了与建筑设计有关的工程防护内容；第六章介绍地下建筑的结构类型、形式和地下建筑常用的防水、防潮构造措施。关于地下建筑的通风问题，则在有关章节中分别简要介绍。

在各章中，结合大量国内地下建筑实例或设计方案进行分析介绍，同时也适当介绍了国外在这个领域中的一些较先进技术和规划设计实例。

本教材适用于高等学校地下建筑专业和专门组；也可供高等学校建筑学专业和建筑结构专业学生，以及从事地下建筑规划设计工作的工程技术人员参考。

高等学校试用教材

地下建筑规划与设计

《地下建筑规划与设计》编写组

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：14 $\frac{1}{2}$ 字数：350千字

1981年10月第一版 1981年10月第一次印刷

印数：1—8,110册 定价：1.50元

统一书号：15040·3916

编写说明

《地下建筑规划与设计》是高等学校地下建筑专业的试用教材。

在编写过程中，力求从我国的实际情况出发，分析介绍我国多年来地下建筑规划设计的实践经验，并适当介绍一些国外在这方面较先进的技术。

本教材主要是为了培养学生在地下建筑规划设计方面的方案能力，并掌握一定的防护和构造知识。由于篇幅有限，不可能涉及到地下建筑的所有方面，故着重按几种主要类型（军事工程除外）进行编写，各校在讲授时可根据情况有所选择。与地下建筑规划设计有关的其它内容，可参阅其它教材和有关资料。

本书没有涉及地下建筑的设计标准和有关数据，在这方面应遵照相应的规范和规定。

在编写过程中，得到各有关院校和单位的大力支持和协助，谨此致谢。

本书是在没有国内外类似教材可做参考的情况下编写的，难免存在缺点错误，欢迎提出批评意见和改进建议。

本教材由清华大学地下建筑教研组童林旭同志主编，重庆建筑工程学院111研究室徐思淑同志主审。参加编写工作的人员和分工情况如下：

绪论、第一章 童林旭（清华大学）

第二章 万国安（西安冶金建筑学院）

第三章 童林旭（清华大学）

第四章 周祖奭、杨培源、羌苑（天津大学）

第五章、第六章 祁早春、马怡红（同济大学）

《地下建筑规划与设计》编写组

1979年9月

4583/10

目 录

绪论	1
第一章 人民防空工程	9
第一节 总体规划	9
第二节 单项工程设计	15
第三节 人防工程的通风	43
第二章 地下工业建筑	53
第一节 厂址选择和厂区规划	53
第二节 地下生产区的总体布置	59
第三节 机械制造类地下厂房设计	73
第四节 精密性生产地下厂房设计	83
第五节 动力类地下厂房设计	90
第三章 地下贮库	100
第一节 岩石中金属罐油库	100
第二节 地下水封石洞油库	109
第三节 地下粮库	120
第四节 地下冷库	128
第四章 地下铁道	135
第一节 地下铁道线路网总体规划	135
第二节 地下铁道区间隧道及区间设备段	140
第三节 地下铁道车站的类型和建筑组成	145
第四节 地下铁道车站的建筑设计	161
第五章 地下建筑口部防护	178
第一节 武器的破坏因素和防护原则	178
第二节 出入口	180
第三节 口部防护设施	185
第四节 地下建筑口部综合布置	193
第六章 地下建筑的结构形式与防水构造	201
第一节 地下建筑的结构形式	201
第二节 地下建筑的防水防潮构造措施	207

绪 论

一、地下建筑的类型

建造在岩石中或土中的建筑物称为地下建筑。从广义上理解，应包括地下工程的全部内容。如果适当缩小范围，可排除一部分地下构筑物（如矿井、输油管道、输水隧道、电缆隧道等），单指建造在地下的军事、工业、交通和民用建筑物。目前，地下建筑还没有统一的分类方法。下面介绍几种常见的和习惯的分类。

（一）按地下建筑的功能分类

按照建筑物使用内容的不同，可分为：

军用建筑 有各种野战工事、指挥所、通讯枢纽、人员和武器掩蔽所、军火和物资库等。

工业建筑 包括各类地下工厂、车间、电站等。

民用建筑 包括各种人民防空工程，如指挥所、掩蔽所、救护站等，以及一些平战结合的公共建筑，如影剧院、展览馆、图书馆、商店、餐厅、体育馆、游泳池、殓葬设施等。

交通建筑 有各种铁路和公路隧道、城市地下铁道、车站等。

仓库建筑 包括各种地下贮库，如油库、气库、液化气库、热库、冷库、粮库、车库、档案库、物资库、放射性废物库等。

公用和服务性建筑 有自来水厂、污水处理厂、输排水管道、热力和电力管线、煤气管道、通讯电缆、电话交换台、广播电台和电视台等。

（二）按地下建筑的存在条件和建造方式分类

地下建筑的存在条件，从总体上看只有在岩石中和在土中两种。由于岩石和土壤在性质上的许多差异，使在其中建造的地下建筑不论在规划、设计，还是在施工等方面都有较大的不同，因此可以分为以下两大类：

岩石中地下建筑 包括利用和改造天然溶洞或废旧矿坑以及新建的人工洞等。天然溶洞是在石灰岩等溶于水的岩石中长期受地下水的冲蚀作用而形成，如果地质条件较好，其形状和空间又较适合于某种地下建筑，就可以适当加固和改建，可节省大量开挖岩石的费用和时间。废旧矿坑的利用也与天然洞相似。新建的人工洞是根据使用要求和地形、地质条件选择适当位置，在山体的岩石中开挖成各种形状和尺寸的洞室，由通道互相联系并经洞口与外界相通。图 1 是人工洞地下建筑和利用天然洞、废矿坑建造地下建筑的示意。

土中地下建筑 根据建造的方式又可分为单建式和附建式两种。单建是指地下建筑独立建在土层中，在地面以上不再有其它建筑物；附建是指各种地上建筑的地下室部分。在单建式地下建筑中，又可按施工方法分为掘开和暗挖两种。掘开式是在地面上挖出基坑，施工后再回填，又称为浅埋地下建筑；暗挖是在较深的土层中用人力或机械（盾构）开挖成所

需要的空间，也称为深埋地下建筑。我国西北地区在黄土高原上开挖的黄土洞应属于后一种，但在某些方面与岩石中人工洞有一些相似之处。图 2 为单建式和附建式地下建筑，以及黄土洞地下建筑示意。

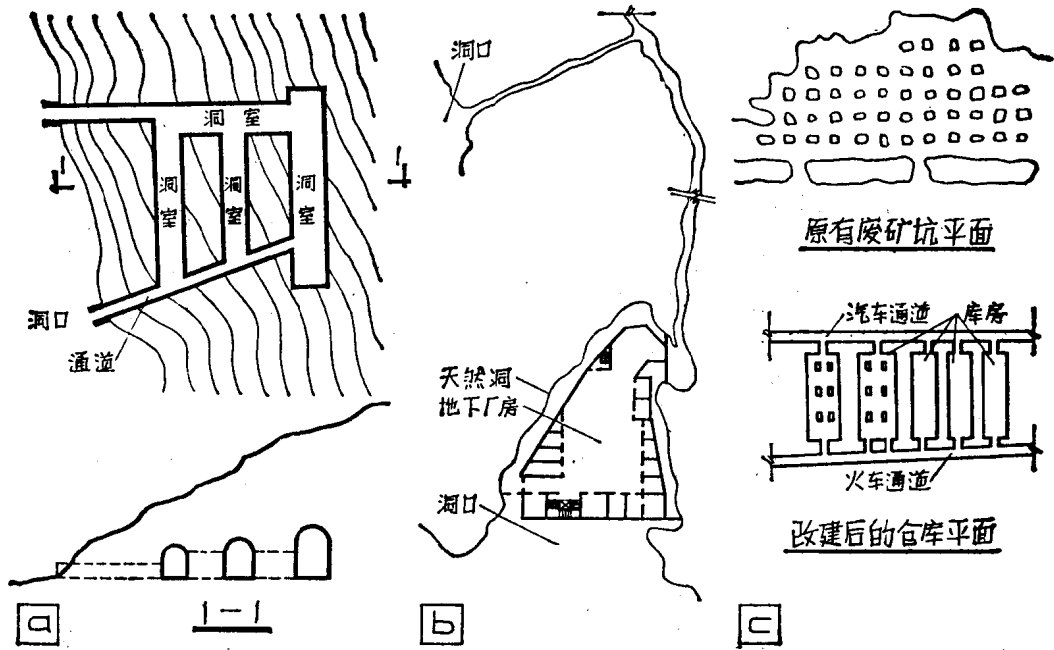


图 1 岩石中地下建筑示意
a—人工洞；b—利用天然洞；c—废矿坑改建

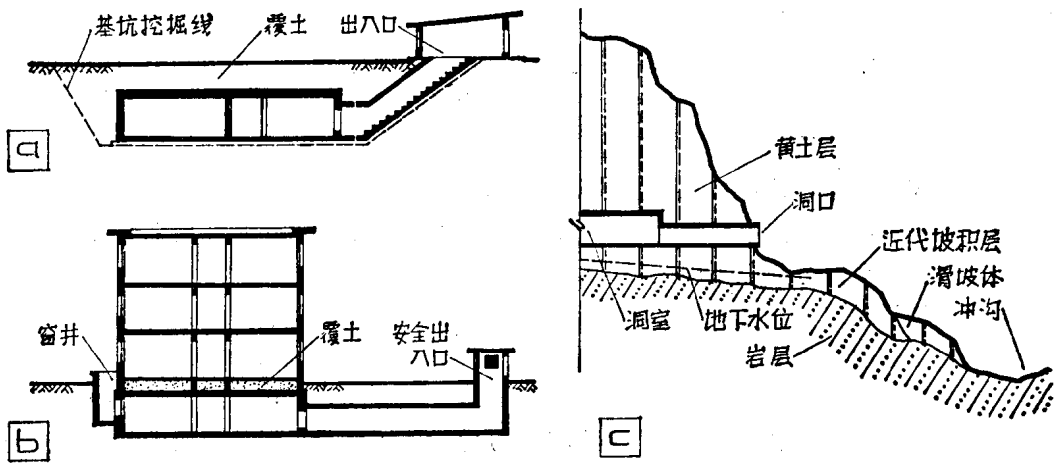


图 2 土中地下建筑示意
a—单建式（掘开式）；b—附建式；c—黄土洞

(三) 其它习惯分类方法

我国的部队单位习惯于按军事术语把地下建筑分为坑道式、地道式、掘开式和防空地下室等四种。坑道式一般是指岩石中地下建筑，地道式指在土中掘开或暗挖的通道，掘开

式是指掘开施工的土中单建式工程，防空地下室则指附建式的土中地下建筑。

二、地下建筑的特点

岩石和土壤的自然特性，使在其中建造的地下建筑与地上建筑相比较有以下几方面的主要优点：

（一）具有良好的防护性能

一定厚度的岩层和土层，都具有较好的防护能力，使处于其中的地下建筑可免遭或减轻空袭、炮轰、火灾、爆炸等造成的破坏。例如，当低空爆炸时，在距一百万吨级核弹爆心投影点2.6km处，一般地上建筑全部被破坏，而承载能力为 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 的地下建筑可保持完好；如承载力为 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ ，这个距离可缩小到1.5km。当地下建筑埋置到岩石中或土中相当深度以下时，例如当岩石中地下建筑顶部以上有足够厚度的自然防护层时（需经计算确定，一般在20~30m以上），则除口部需进行防护外，口部以内的冲击波荷载都可由岩石承受，不再作用到地下建筑上，这一点在地上即使花费很高代价也是不易做到的。

一定厚度的岩层或土层，同样可以承受来自建筑物内部的压力，这就为防止和限制内部爆炸和贮存高压气体或液体创造了较好的条件。此外，地下环境的密闭性也为防止火灾发生和蔓延，以及防止和减轻环境污染提供了有利的条件。

（二）为某些生产工艺提供适宜的环境

岩石和土壤对于建造地下建筑最有利的特性是热稳定性和密闭性，这对于要求恒温、恒湿和超净、防震环境的精密生产是非常适合的，比在地面上创造这样的环境要容易得多，经济得多，不但造价低，而且节约运行费用。例如，瑞典的一个精密光学仪器厂的航空仪表车间，温度要求 $22^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ ，相对湿度要求小于50%，空气清洁度要求不含大于 0.3μ 的尘粒。这个车间建在地下，所要求的环境条件比较容易保证，对提高陀螺仪的精度，降低工厂运行费用都很有利。

岩石或土壤的热稳定性使地下建筑周围有一个比较稳定的温度场，对于在低温或高温状态下贮存物资是十分有利的。例如挪威有一座建在岩石中的冷库，送冷后三个月库温就稳定在 $-22\sim -23^\circ\text{C}$ ，以后就可以间歇送冷以节省运行费，如遇停电、故障等情况也可短期停机而库温不致急剧回升。

（三）对某些类型地下建筑有一定的经济效益

地下建筑的造价，一般比同类型地上建筑要高一些，主要是由于增加了大量的岩石或土方工程量。但是在一定条件下，例如在地质条件比较有利或施工机械化程度较高时，某些类型地下建筑比在地面上建造要经济得多。例如，美国的一座水电站主厂房建在地下，比建在地上可节省投资57.7%；另一座利用废石灰岩矿坑改建的大型冷库，造价仅为在地面上建造同容量冷库的十分之一。

对于石油、液化气等液体燃料，如果直接贮存在大容积不衬砌的地下洞罐中，则不但造价比地上库大大降低，还可节约大量钢材。例如加拿大在岩盐中建造的液化天然气库，每立方米贮量的造价仅为地上钢罐库的6~8%。图3为瑞典地下水封石洞油库与地上钢罐油库造价的比较。从图中可以看出，库容大于 5万m^3 的水封油库就比地上库经济，库容越大，经济性越明显，大到 100万m^3 时，则造价仅为地上库的27%。

对于另外一些类型的地下建筑，一次投资的节省可能并不明显，但长期运行后则很经济。例如，美国利用废石灰岩矿坑改建的一座精密制造工厂，用于空调、制冷的电力还不到同规模地上工厂的十分之一。

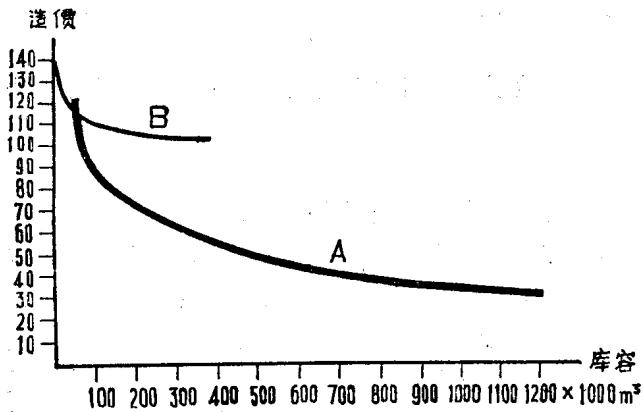


图3 地下与地上油库造价分析

曲线A：一种或几种石油制品地下贮库，在中等质量花岗岩或片麻岩中

曲线B：地面上的钢罐油库

造价：每立方米有效库容的造价，单位为瑞典克朗

不到同规模地上工厂的十分之一。

挪威曾进行一座纸张仓库的地下和地上两种方案的比较，结果是总造价地下方案略高于地上，但地下方案运行后的空调费则仅为地上方案的一半多一点。因此，在国外已经有人提倡在进行方案的经济比较时，不仅比较第一次投资的多少，而且还要比较建筑物在整个使用期内总的经济性。

除上述优点外，地下建筑也有一定的局限性，例如对地质条件要求较高，施工比较困难，工期长，一次投资较高和潮湿、噪声等问题不易处理等。这些局限

性将随着生产力的提高和科学技术的进步逐渐得到克服，使地下建筑得到更大规模和更广泛的发展。

三、地下建筑发展概况和趋向

人类在远古时期，就已经开始掘洞穴居，并利用天然的洞穴做为防寒暑、避风雨和躲野兽之用，这就是现代地下建筑的原始雏型。古代的巴比伦、埃及、罗马等地，都有在地下修建的陵墓和隧道。我国在秦汉时期，修建地下陵墓和粮仓的技术已有较高的水平。但是，不论是在中国还是在世界其它地方，在长期的封建社会中，地下建筑的发展除陵墓外基本上处于停滞状态。

近代地下建筑的发展，如果从1863年英国修建世界上第一条地下铁道算起，已有一百一十多年的历史。在第二次世界大战期间，地下建筑在防护上的优越性受到了重视，不少参战国把军事设施或工厂修建在地下，并利用原有的一些地下建筑做为防空掩蔽所。当时在我国的一些后方城市，也修建了不少防空洞。

近一、二十年来，由于战争威胁的存在，城市人口的迅速增加，环境污染的日益严重，以及能源危机等政治、经济因素的影响，同时也由于科学技术的不断进步，地下建筑在世界上很多国家和地区有了高速度和大规模的发展。以几个主要的资本主义国家为例，日本在六十年代建造的地下工程总量近1亿 m^3 ，七十年代预计为3亿 m^3 ，居首位，其次为美国、意大利、法国等，数量也都很大。从地下铁道的发展情况看，自1863年至1964年一百年间，全世界有地铁的城市共32座，隧道总长855.2km，而从1964到1972年的八年间，有地铁的城市增至63座（不包括我国和朝鲜），新建隧道862km，相当于过去一百年的总和。

在我国，自六十年代初期起，地下工程建设大规模地展开。在经验不足，物质条件也比较困难的情况下，陆续建成了大量的人民防空工程、地下工厂、电站、贮库和其它工程，为反侵略战争做了必要的准备，也为今后地下建筑的进一步发展积累了经验。

最近，在西方国家有人提出“把地下空间做为一种资源”的论点，还有人提出“到地下去”的口号，并经常举行各种讨论地下建筑问题的国际会议，说明对于发展地下建筑的重视和所做的努力。虽然各国的自然条件、政治制度和经济发展程度不尽相同，但综合起来，可以大致看出国外地下建筑发展的几个趋向，有的与我国情况是一致的，有些则可做为我国今后发展地下建筑的借鉴和参考。这些趋向是：

(一) 发展平战结合的地下居住和公共建筑

苏、美除将重要的军事、工业建筑建在地下外，都在大力建造民防掩蔽所。例如，苏联要求城市居民和工厂企业按能容纳总人数的70%修建掩蔽所；美国仅改建废旧矿坑，就可为五千万人提供有效的掩蔽所。其它一些经济发达国家，害怕在大战中被侵略或被波及，也非常重视地下掩蔽所的建造。例如瑞士和瑞典，都非常重视民防工程的建设，瑞士总人口620万人，建造的掩蔽所目前已可容纳450万人。

为了解决大量掩蔽所的平时使用问题，美、日、苏和西欧各国都在地下建造了不少大型公共建筑，如学校、医院、图书馆、体育馆、餐厅、车库等。例如在美国华盛顿中心区，拟建地下车库11座，平时可停车1万1千辆，战时可供大量人员做公共掩蔽所。同时，在日本、西德等国，结合地下交通网的建设，将商店、车库等都组织在一起，形成所谓“地下街”。以图4的日本东京八重洲地下街为例，长400m，宽80m，建筑面积69200 m²，分三层：中部为地铁，左、右两侧上层为地下商场，中层为车库，底层为机房，管、线也都有专门的廊道。

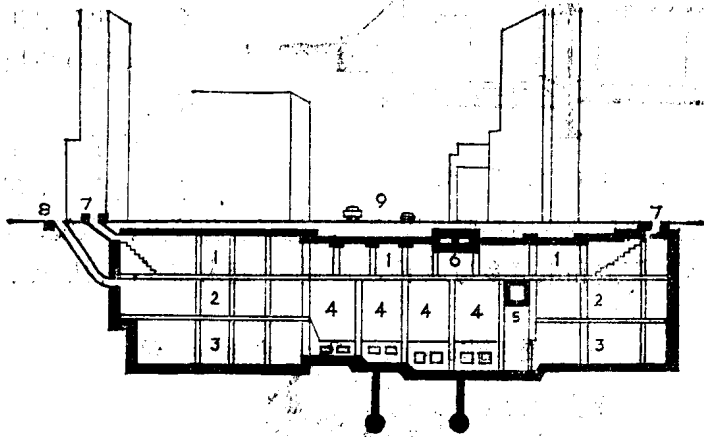


图4 地下街横剖面示意

1—商店；2—车库；3—机房；4—地铁；5—污水管廊；6—电缆道；7—出入口；
8—汽车出入口；9—街道

(二) 发展多功能的地下高速交通网

在日本、法国、西德、美国等地，多以地铁为骨干，将郊区铁路、高速公路、高架电车等连接起来，形成一个地上、地下、市区、郊区互相连通，可互相转换的四通八达的高

速交通网。同时，以多层的地铁车站为中心，做为转换线路的枢纽，并相应地发展地下商店、车库等，形成地下街。例如，法国制订的发展巴黎地下交通网的规划分为上下两个部分，深层网为四条辐射状干线，深100~300m，与市郊和省外十条高速线路相连；次深层为棋盘状连络网，向下与深层网相通，向上通地面，使每小时能有十万辆汽车在地面与次深层之间出入；在次深层之上，布置大面积的停车场。又如，西德决定在30年内将14座50万以上居民的城市交通转入地下，交通线在市内深34m，郊区深17m，在市中心和其它重要地点设置十一层的地下枢纽站，包括各种站台、停放400辆汽车的停车场、商店和容5000人的掩蔽所等。

(三) 发展节约能源的中小型地下建筑

在美国等发达的资本主义国家，全部能源的40%是在低于100°C的情况下消耗的，其中一半是用于居住和公共建筑的冬季供热。随着能源危机的日益严重，一些国家（如美国）正在努力研究和发展能够节约能源的中小型地下建筑。例如美国正在兴建一些半地下的住宅、办公室和其它中小型公共建筑，利用地下环境的热稳定性以节省采暖和降温用的能源。这种地下建筑的一般做法是将大部分埋在土中，在适当的部位设置天井，使主要房间能照进阳光，称为覆土建筑。

图5是一个半地下覆土住宅的横剖面，朝南的大窗上面为倾斜的太阳能收集器，夏季则起遮阳作用，冬季利用太阳能热量采暖。图6的半地下覆土住宅装有所谓“独立能源的空调系统”，利用冬季的低温将水冻成冰，贮存在房后的地下冰库中，夏季使冰溶化成冷水，用之在进风口处将空气冷却和除湿，到冬季再使水冻成冰，循环使用；冬季采暖也是利用太阳能的热量。

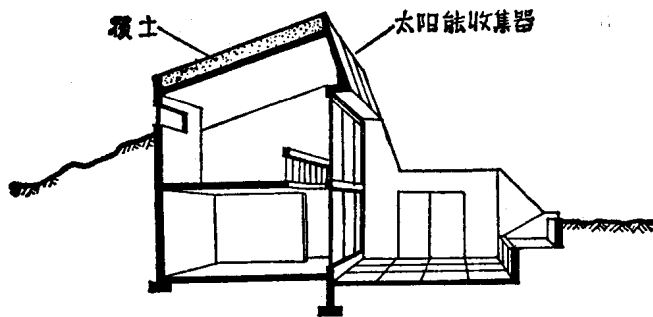


图5 节约能源的半地下覆土住宅

图6的半地下覆土住宅装有所谓“独立能源的空调系统”，利用冬季的低温将水冻成冰，贮存在房后的地下冰库中，夏季使冰溶化成冷水，用之在进风口处将空气冷却和除湿，到冬季再使水冻成冰，循环使用；冬季采暖也是利用太阳能的热量。

(四) 发展地下公用和服务设施

为了节省土地和防止污染，不少国家（如瑞典等）在城市建设中都大力发展地下公用设施网和服务设施点，包括各种管道、电缆、污水处理厂、车库、电话交换台等。管道和电缆多与地下交通网统一起来布置，利用其中的一些多余空间

为了节省土地和防止污染，

不少国家（如瑞典等）在城市

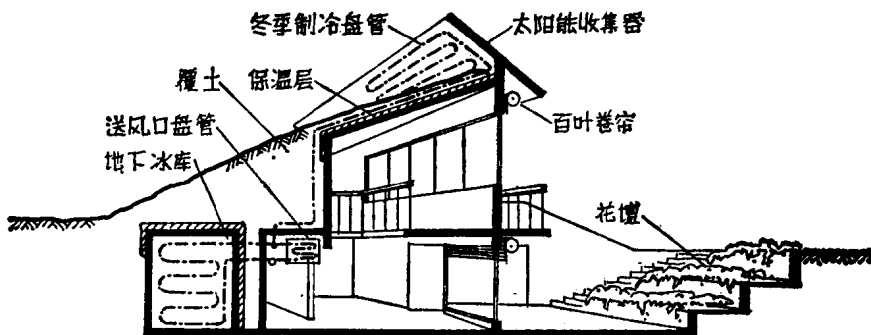


图6 装有“独立能源空调系统”的半地下覆土住宅

或边、角部位。图7是法国一条交通隧道的横剖面，可以看到地下铁道、地下公路、人行道与各种管道的综合布置情况。地下污水处理厂举例见第二章图2-27。

(五) 发展地下建筑的新类型

经过几十年的发展过程，不少类型的地下建筑，如地下铁道、地下水电站等，在技术上已比较成熟。因此，当前国外地下建筑领域的研究方向不少集中在与能源贮存和能源节约有关的新类型上，例如上面介绍过的利用太阳能的独立能源住宅、建造在岩石或岩盐中的高压液化气库、低温冻土液化气库，以及把利用风能或太阳能生产的热能贮存在地下的热库等。

岩盐是一种矿物，在高压下为塑性体，有一定的强度和很好的不渗透性，能溶于水。如果用水在岩盐中冲成大容积洞罐，很适合于贮存需要一定压力的液体燃料，而且施工简便，非常经济。因此，世界上不少有岩盐分布的国家，如美国、加拿大、法国、西德、苏联等，都在大力发展岩盐库。到目前为止，单罐直径已大到150m，单罐容量已达470万 m^3 。图8是在厚层岩盐中冲溶洞罐的一种方法。

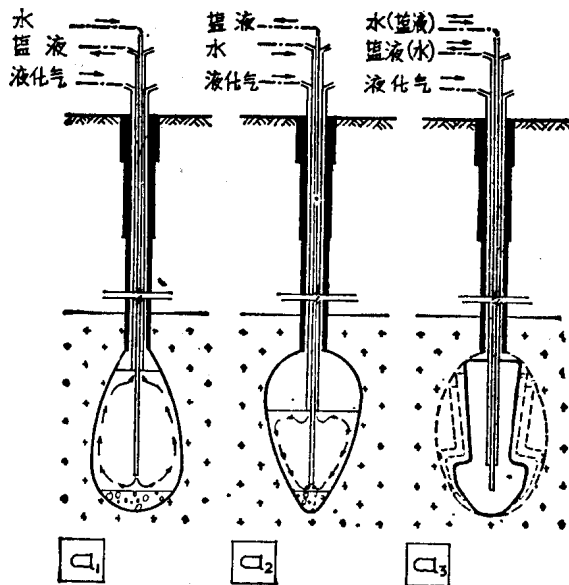


图8 厚层岩盐中单孔管冲溶洞罐工艺示意

为了调节能量使用中的不均匀负荷，和由于太阳能、风能等受自然条件限制不可能连续使用，当前在一些国家中正在开展地下贮存热能的研究。图10是瑞典的一座地下热水

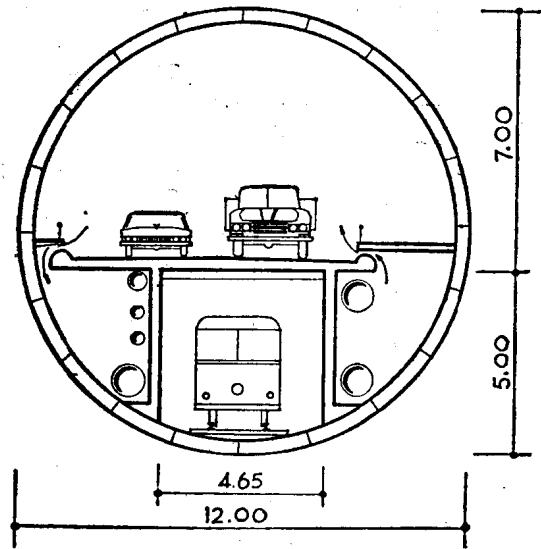


图7 地下交通隧道中的管道布置

同时，注入液体燃料，将盐液挤出。需要发放燃料时，将盐液压回洞罐，则燃料即沿管道输出。

在美、英、苏联等国，发展了一种冻土库，用以在低温、常压状态下贮存液化气，比在地上建造隔热低温钢罐经济得多。由于不象岩石或岩盐那样要求特定的地质条件，因此对于在城市或工厂中建造容量不太大的液化气库是合适的，比较方便和灵活。冻土库的建造方法和贮存工艺的种类很多，主要是用各种方法把在土中挖掘成的洞罐周围的土壤冻结，形成一个坚固的、低温的罐壁，以贮存低温的液化气。图9为美国液化天然气冻土库。

库，建在210m深的地下岩石中，把用地上核电站余热生产的热热水存在容积为20万m³的洞罐中，可供首都一个大的居住区使用热水。水的送出温度为95°C，回水为65°C。图11是美国正在研究的两种岩石蓄热库示意。在开挖后的洞罐中全部用石碴回填，中间埋设三排管道，从当中一排管道通入热空气，流向上下两排管道，

将石碴加热，利用岩石良好的蓄热性能将热能长期贮存。使用时，通入常温空气，被加热后输出。热空气可以由核电站提供，也可由太阳能收集器生产。这种蓄热库的输入和输出温度都在500°C以上，可贮存4~6个月，造价很低，容量很大。

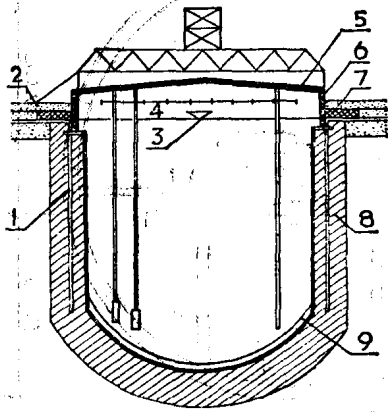


图9 液化天然气冻土库示意

1—冷冻管；2—砂保护层；3—液面；4—喷嘴；5—顶盖；6—混凝土圈(不锈钢衬里)；7—保温层；8—冻土层；9—隔绝层

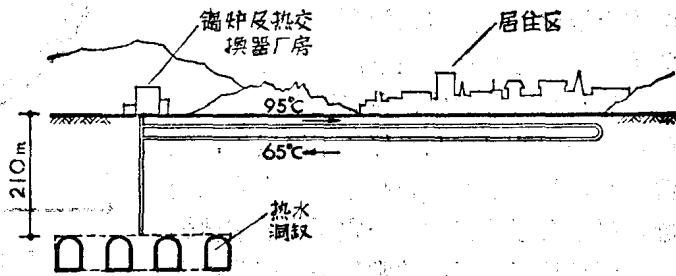


图10 地下热水库示意

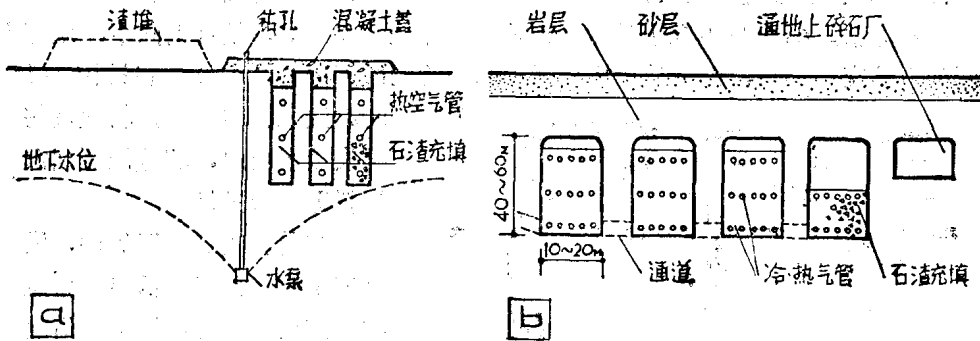


图11 地下岩石蓄热库示意

a—小型(掘开式)；b—大型(岩石中人工洞)

此外，由于世界上核电站不断增多，安全问题越来越大，因此，利用地下环境的密闭特点贮存和处理放射性废物的研究和试验也正在美国、瑞典、加拿大等国进行。

第一章 人民防空工程

人民防空是现代战争条件下消灭敌人，保存自己的重要战略措施，是积极防御战略方针的重要组成部分。只有认真搞好人民防空的建设，才能在战争一旦爆发后保存力量，减少损失，避免混乱，使全国顺利地由平时转入战时体制。因此，人民防空工程是我国地下工程建设的重要内容之一，必须贯彻“全面规划，突出重点，平战结合，质量第一”的方针，总结我国丰富的实践经验，学习国外的先进技术，把人防工程建设成为现代化的地下长城，为反侵略战争做好充分的准备。

第一节 总体规划

一、规划的原则和依据

在人防工程建设中，必须首先制订总体规划，在总体规划的指导下再进行各种单项工程的设计和施工。人防工程的总体规划一方面要与城市防卫计划统一起来，使整个人防体系在战时能长期坚守，独立作战，又能机动疏散，互相呼应；另一方面，必须与城市的基本建设统一起来，使人防工程成为城市建设有机的组成部分，统一规划、设计和施工，做到布局紧凑合理，使用上平战结合。同时，还要从总体规划上解决好整个人防体系的防护、交通、疏散、救护、消防、供电、通风、排水、施工、运输、生活供应、后勤保障、指挥管理等一系列技术问题，把规划建立在技术先进、经济合理的基础上。

总体规划的制订，必须从实际出发，深入调查研究，结合现代战争的特点，使规划有充分的依据，一般应考虑以下几个方面的问题：

(一) 城市的战略地位和城市的现状

城市的战略地位是上级领导部门确定的。对于处在不同地位的城市，进行人防工程总体规划应有不同的考虑。如果是前沿坚守和重点设防的城市，应结合城市防卫计划，确定敌人可能使用的武器和可能进攻的方向，确定坚守与疏散人口的比例、疏散的地域等；对于处在纵深部位的城市，重点则应放在反空袭、反空降、长期坚持支援前方等方面。

在进行总体规划时，必须掌握城市或地区的现状，特别是地下管网的现状和其它地下工程的情况。规划应避免已有的管线网、沟、坑和已建的地上工程；同时也可充分利用已有的地下室、废弃矿井、巷道或天然溶洞等，加以改建，使之纳入人防工程体系之中。

人防工程的总体规划还应考虑到城市发展的长远规划，特别是地下交通网和公用事业管线网的规划，应尽可能与人防体系结合起来。

(二) 所在地区的地形和工程地质、水文地质条件

在总体规划中，重点工程的布置应选择有利的地形，避开地面上的一些明显目标，如军事设施、桥梁、铁路、车站、码头、河流、水库等。在山区布置人防工程，山体要有足够的面积以容纳所规划的工程；并要有足够的山体厚度，以保证自然防护层和必要的发展

余地。如果城市一部分为平地，一部分为山地或丘陵地时，应同时考虑两部分的规划，以平地的人防体系为前沿，山地的工程为基地，互相依托，战时平地上的大量居民可先就地转入地下，然后经疏散干道迅速转移进山。此外，还应利用地形的起伏，组织自卫火力网和地下工程的通风、排烟、排水等。

在平原城市中，工程地质条件一般比较简单，但仍应以正式的地质勘测资料为依据，主要应掌握各层土质情况，注意避开回填层、淤泥层、流砂等地段。一般情况下，具有一定承载力（一般在 $15t/m^2$ 以上）的各类土壤，都可建造地下建筑，如果有不透水的粘土层，则布置地下人防工程更为理想。

在山区岩石中规划人防工程，工程地质条件是一个十分重要的依据，因为工程地质条件在很大程度上影响到工程的安全和经济，有时甚至对于是否可能布置地下工程可以起到决定性的作用。因此，应当充分掌握有关的区域地质情况、山区的岩石类型和分布情况，岩性和产状，风化程度，主要构造线（断层、节理等）的走向和发育程度，边坡稳定情况以及地震历史等资料，根据全面的工程地质评价进行人防工程的总体布置，充分利用有利的地质条件，避开不利因素，使规划设计建立在安全可靠的基础上。

水文地质条件在总体规划中也应充分考虑。在平原地区，地下水位及其变化情况直接影响到人防工程的埋置深度、构造方案和施工方法；在山区，应当根据裂隙水的水量，组织岩石中工程的排水系统，并注意地表水的疏导和山洪的排泄。此外，还应根据地下水的水质、水量情况，把地下水集中起来做为工业用水或规划中的战时备用水源。

（三）运输和施工条件

人防工程在规划中如有粮库、车库等运输量较大的项目时，应对地上和地下的运输加以组织。在山区，由于地形复杂，修筑道路比较困难，应尽可能利用已有的公路，缩短从公路引向洞口道路的长度，以减少土石方工程量和少占农田。

施工过程中的运输问题也应引起重视。由于地下大量的土方、石方必须随时运出，完工后又有相当数量的土石方要回填和覆盖，规划中必须考虑永久和临时的堆土、堆碴地点，并考虑工程机械和运输车辆的行驶路线。

人防工程的规划，应考虑到当地的施工条件，如建筑材料的堆放场地、运输条件、施工用的水源、电源、临时道路等。此外，气象条件（主要是四季温、湿度变化情况）、雨量和常年主导风向等，在规划人防工程的位置、规模、埋深和相互关系时都应做为依据。

二、城市（或区）人防体系的规划内容

整个城市（或大城市的区）人防体系的规划，是全局性的工作，除与城防有关的部分外，一般包括以下几方面的内容：

（一）划分基层的防护战斗区（片）

整个城市的人防体系，是由各个区的人防体系组成，各区的人防体系又由许多片、街道或大型企业、事业单位的人防体系组成。这样，就形成一个以各基层单位相对独立的人防工程为基础的，由通道网互相连通的完整的市（或区）人防体系。但市（区）人防体系并不简单地等于各基层人防体系的自然组合，而应在统一规划的指导下，基本上按地面上现有的行政系统划分基层的防护战斗区（片），对各区（片）提出任务、要求和重点工程项目，使整个市（区）人防体系成为一个有机的、综合的整体。

（二）布置通道网

通道网由各级疏散机动干道和连接通道组成，在人口稠密或有重要袭击目标的地段，应每隔一定距离增设迂回通道，以防止通道网局部堵塞。一个以疏散机动干道为骨干，以连接各防护战斗区（片）各个单项人防工程的连接通道为分枝的地下通道网，使各防护战斗区（片）既能分片隔离，独立作战，又能互相连通，机动兵力，疏散群众。

疏散机动干道是连接各大区（片）的主要地下通道，做为战时机动兵力，通讯联络，疏散人员，运输物资等的干线。应根据城市地形和各防护战斗区（片）的分布情况，疏散人员的数量、去向和运输方式等确定干道的连通程度、走向、宽度，以及与其它通道的连接方式。为了防止干道局部被破坏，应按规定的距离，划分成若干防护段。

浅埋的疏散机动干道的走向应考虑到城市地上的情况，使之从城市人口较密集处通过，以便一旦发出警报后群众能迅速疏散；并尽可能沿街道或空旷地走，避开大型建筑物的基础和大型管网；还应尽量减少穿过铁路和河流的次数。深埋干道在布置上的灵活性则较大一些。同时，干道应减少转弯，避免急弯，但直线段也不应过长（一般不超过半公里），以利于防护和自卫。

疏散机动干道在可能条件下应有所分工，例如车行道与人行道应分开，以运输为主和以疏散为主的分开等。当城市中有地下铁道或其它地下交通线时，应与人防机动疏散干道统一规划，以实现平战结合。

此外，在通道网上的适当地点要布置出入口、通风口，并采取相应的防护措施。

（三）确定市（或区）级重点单项工程的项目、数量、规模和位置

在各基层防护战斗区（片）中，有各种类型的单项人防工程。应在此基础上，规划和确定市（或区）一级的重点工程，包括指挥所、通讯枢纽、防空专业队掩蔽所、食品加工厂、医院、电站、消防车库、修理车间和各种物资仓库等。以这些重点工程为核心，分别形成全市（区）的指挥系统、医疗救护系统、消防抢救系统、生活供应系统、动力系统和物资贮存系统等。具体内容包括：

1. 确定市（区）指挥所和通讯枢纽的位置，应便于作战指挥、组织群众疏散及物资调度；并便于通讯联络和对空、对地的警戒；同时位置隐蔽，能避开敌人可能空袭的目标；
2. 根据城市防卫计划规定的人员疏散和掩蔽的比例，确定人员掩蔽所的总面积和各区（片）以及基层单位应有的掩蔽所面积，使之比较均匀地分布在人口集中的地点；
3. 确定救护、消防、治安、抢修等专业队的规模、分布及相应的掩蔽工事的数量、位置；
4. 按人数比例确定各级地下医院的规模，其位置应在地上现有医院内或附近，以便医护人员和病人能迅速转入地下，及时抢救伤员，也有利于平时的充分利用；
5. 明确战时必须坚持生产和修理的军工或民用生产车间的规模和位置；
6. 组织食品加工和供应网点；
7. 安排备用电源、水源，使之分布在负荷中心并在合理范围内互相连接成网；
8. 根据暂时和长期掩蔽的人数和必须坚守的时间确定贮存粮食、食盐、食油、燃油、弹药，以及其它物资的地下贮库的规模、数量和位置。

（四）确定重点工程及通道网的埋置深度和规划排水系统

人防工程的总体规划，除确定平面上的相互关系外，对于重点工程和通道网还要进行竖向布置，结合当地的工程地质、水文地质条件和地下管线的分布情况，确定重点工程的

埋置深度和疏散机动干道的深度、坡度和坡向。

竖向布置除了保证重点工程有必要厚度的自然防护层(岩石或土壤)外,主要是规划整个地下人防体系的排水系统。

在平原地区,当城市规模较大时,各区的地下水位不一定在同一高程。在地下水位比较低的地区,工程的底面应尽可能在地下水位以上;在难以避开地下水时,应规定相应的防水、排水措施。当地下水位不同的防护战斗区(片)互相连通时,应从两部分的高程上合理安排,以避免地下水的影响范围扩大。除地下水外,竖向规划中还应防止地面水灌入,以及地下管道损坏时水流向人防工程。

重点单项工程的高程,一般应略高于干道或连接通道,因为一旦外界的水进入人防体系的某一部分,很容易沿通道网蔓延,灌入单项工程;必要时,在通道网的下面,应布置排水廊道,自成系统,即使大量水灌入通道,也能从廊道迅速自流排走,或集中后抽出。

在山区岩石中的人防工程,同样应进行竖向规划,使山体中的裂隙水和生产、生活污水都能有组织地排除,这就要求洞室和通道的地面都保持一定的坡度,一般为0.5~1%。不论哪一种水,都要加以疏导,经洞口排出。因此必须合理确定各部分通道的坡度和坡向,使各个范围内的水集中后,分别从不同的洞口排走。这样就有可能影响到洞口的高程,应结合交通运输、地质等条件进行适当的调整。

三、防护战斗区(片)的规划内容

(一)平原城市防护战斗区(片)的规划

按照一定行政范围或大型企业、事业单位划分成的防护战斗区(片),应是一个相对独立的人防体系,但其规模应与区(片)的大小和人数相适应。例如,一般不需设置地下医院,而只设一定数量的救护站;物资贮存、设备修理等设施也可相应缩小或不设。在防护战斗区(片)规划中,重点应解决好人员掩蔽所的数量、位置和平战结合问题,使分散在各处的人员能在警报发出后的规定时间内就近掩蔽。因此为了保证掩蔽所的使用方便和安全,布置不宜过分集中;如果集中布置时,也应以规定的人数为标准划分成若干由防护墙和防护密闭门隔开的防护单元。

图1-1是一个中等城市中心区防护战斗区规划示意图。城市的疏散机动干道沿主要街道从本区通过。因考虑到市中心区的特点,设置了防空专业队掩蔽所和比较多的人员掩蔽所。对于人员掩蔽所的平时使用问题也有所安排,例如可做车库、旅馆、招待所或影剧院的休息厅等。图1-2是一个布置在工厂厂前区的防护战斗区规划示意图。主要的人员掩蔽所都在生产区各车间附近,图中没有包括。工厂因在郊区,故与城市疏散机动干道没有直接的联系,要经过工业区中的主干道再与城市主干道相通。

(二)山区城市防护战斗区(片)的规划

布置在山区的防护战斗区(片),有的是比较完整的人防体系,也有的仅是防护战斗区(片)的一部分,与布置在平原地区的人防工程共同形成一个人防体系。在后一种情况,往往根据岩石中工程防护能力强的特点,在其中重点布置一些后方基地性的工程,如医院及各种贮库等,而人员掩蔽所则不需过多设置。

由于岩石中地下建筑的一些特点不同于土中工程,各类单项工程的布置往往比较集中,既要满足使用和管理要求,又能适应所在山体的地形、地质等条件,这就要求进行合理的分区,组织好内部的交通运输和内外联系,确定洞口的适当数量和位置,并组织好通