

# 利用各种自然因素创造 良好的地下空间环境

汪庆萱 金 莉

(北京工业大学建筑系, 100022)

**摘 要** 提出了为创造良好的地下空间环境, 必须要利用各种自然因素: 天然光线、外部景观、绿色植物及水体, 并将其引入地下的设想; 指出了它们对地下空间的生态环境所引起的积极作用, 特别是对人的心理产生的良好影响, 并探讨了这几种自然因素在地下空间中的运用手法。

**关键词** 天然光线, 外部景观, 生态环境, 绿色植物

**分类号** TU91

在现代化城市中, 地下空间的功能是多种多样的, 不仅有各种交通设施, 而且有各种公共设施, 因此, 如何将阴暗、潮湿、封闭、沉闷环境恶劣的地下环境, 改造成能够满足人们各种心理、生理需求的良好空间环境, 将是今天建筑师面临的新课题。这也就是本文探讨的主题, 设想将地下空间“打开”, 引入天然光线、外部景观、植物水体等各种自然因素, 从本质上改变地下空间环境, 创造一个宜人舒适、富有生机、充满情趣的地下空间环境。

## 1 引入自然因素对地下空间环境的积极作用

### 1.1 天然光线的引入

天然光线可以改善地下空间的光环境。我们知道, 不同的生物种类对光谱中不同的波段需要不同, 不同波段的光对某一种生物体所产生的生效反应也不同, 例如: 紫外线能够帮助人体吸收维生素, 促进钙磷代谢, 杀灭有害病菌等等。各种人工照明普遍存在光谱不全的缺陷, 而天然光线中具有动植物生长所需的各种光谱成份, 能满足各种生理需要。因此人工光是不能完全代替天然光线的, 天然光线的引入不仅对人体有利, 也为地下空间的绿化创造了先决条件。

目前我国许多地下建筑中照度值偏低, 而足够的照度是生物体组织再生、健康成活的必要条件。如能完全利用人工光源增加照度, 就会消耗大量电能, 并产生热源, 而天然光线却无需成本, 能够节约大量能源。

## 1.2 外部景观的引入

在对外全封闭的地下建筑内,人们易于产生诸多感觉障碍.外部景观对人们的视觉具有引导作用,身处地下的人们看不到外部景观,也看不到建筑物的全貌,易于失去对自身空间方位上的把握,造成空间方位感的迷失.外部景观对于环境变化还具有提示作用,人们在地下看不到外部环境明暗、晴雨等变化完全置身于人工静止的环境中,难以凭直觉体验时间的进程,更难以享受季节气候的变化和大自然带给人们的丰富情感体验.为此设法打破地下空间的封闭性,将外部景观(包括自然景观)引入地下.

## 1.3 绿色植物的引入

绿色植物是生命、安全、和平的象征.地下空间的绿色植物不仅能够起到美化环境及组织空间的作用,还能够缓解人们的紧张感.特别是话体植物还能利用其积极的生理行为,来改善地下空间的生态环境,这一点比在地上还显得突出.绿色植物在光和作用下能够呼出氧气,吸入二氧化碳.此外在全空调作用下人们易产生“空调综合症”其原因是空气中负离子浓度过低.话体绿色植物则能够释放出负离子使空气清新.再者,常被人们忽视却又极为重要的方面就是:绿色植物可以吸收空气中的有害物质,如在日常生活中,人体本身、香烟烟尘、建筑材料、清洁用品、空调器、化纤地毯等均不释放出诸多污染物,绿色植物均可加以净化.

## 1.4 水体的引入

水是大自然当中重要的组成部分,水本无色无形,但在阳光普照下,可变成五光十色,在自然与人工作用下又是千姿百态.因此,水体在大自然中常给人以柔美或刚健的形态.舒适或腾飞的精神感受.

由于地下空间具有良好的隔音性能,使得置身地下的人们往往得不到地上生活中亲切的“生活噪音”.感觉机能缺少应有的外部刺激,会造成神经麻痹,易于疲劳、困倦等.地下空间中水体的运用如瀑布和喷泉等,会增加声音刺激和动感.此外,水体也会增加空调机房的空气湿度.

# 2 地下空间引入自然因素的各种处理手法

## 2.1 引入天然光线和外部景观

将天然光线和外部景观引入地下,在很大程度上受到建筑物大小、埋置深浅及场地等客观条件的限制和影响,应当根据不同的实际情况运用不同的方法.

### 2.1.1 建筑手法

浅层地下空间(地下一、二层)较容易通过开放天窗、设置下沉庭院等建筑手法获得光线和外部景观,并能最大限度地达到地下与地上、室内与室外的沟通,是创造良好的地下室内空间最直接有效的方法.图1为几种最常见的开窗方式.水平玻璃天窗比垂直玻璃引

人的光线更多，光照及照射面积均大，光照分布均匀。大型水平窗可结合室内中庭，共享大厅等大型公共空间，创造出良好的环境气氛，使人们忘却身在地下。

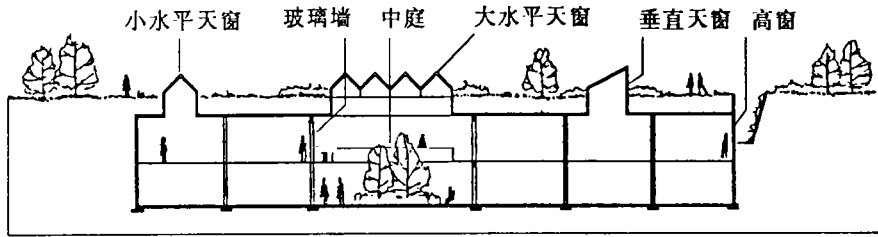


图1 浅层地下空间几种常见的开窗方式

美国奥马赫共济会总部扩建工程(图2)，是一个完全建在地下的3层建筑物，其最大特征是在原建筑前的广场上建起一直径为27m的镶玻璃大屋顶，屋顶突起5m，屋顶下的中庭内设有喷泉，并栽种了植物，是一个令人愉快、赋有魅力的休息空间。在中庭周围布置有会议厅、图书馆、餐厅、厨房等可从中厅借光、借景。

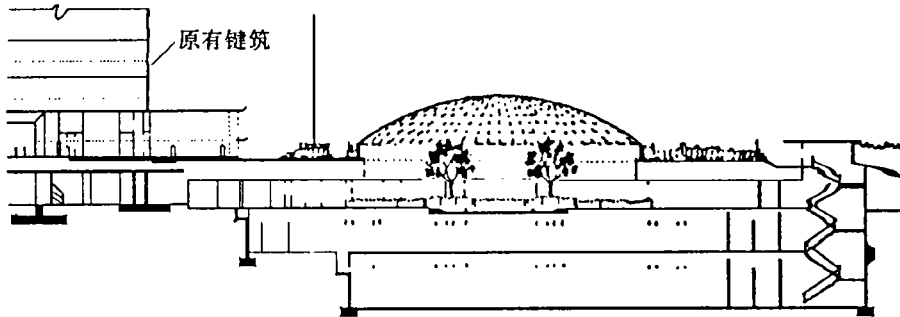


图2 美国奥马赫共济会总部扩建工程剖面图

垂直玻璃窗虽然在采光能力上低于水平天窗，但若与下沉庭院结合，则在引入室内景观方面占据优势(图3)。庭院内充满阳光、新鲜空气和绿色植物，人们可以从地下的室内步入庭院，获得与外界的直接交流。

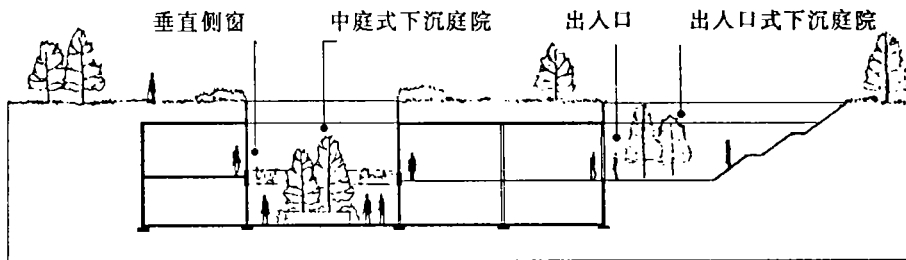


图3 浅层地下空间下沉庭院示意图

为了综合水平天窗和垂直普通窗的优点弥补两者的不足，人们还设计了倾斜玻璃窗，

它既可以从上面引入天然光线，又可从某些角度向外眺望(图4)。

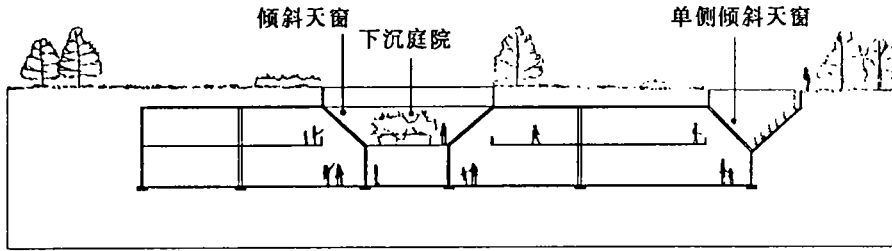


图4 浅层地下空间倾斜天窗示意图

### 2.1.2 光学技术手法

虽然开窗的手法具有种种优点，但是它严重地受到地下空间埋置深度和地表现状的限制。在一些与人防工程相结合的地下建筑中，大面积开窗不利于战时的隐蔽因此它的应用范围是有限的。为了在不同深度的地下空间中大范围地获得天然光线和外部景观，建筑师和科研工作者共同研究了应用光学技术解决问题的方法。

利用光学采光的方式很多，但任何一种光学系统都可分为3个主要部分：采光装置、导光装置和发光装置。采光装置一般都采用定日镜跟踪系统作为阳光收集器，导光和发光装置却方法各异。导光装置归纳起来可分为3种基本类型：

1) 由透镜、平面镜等等几何光学元件或建筑结构本身所组成的传导系统，图5是日镜和透镜光导系统剖面示意图。

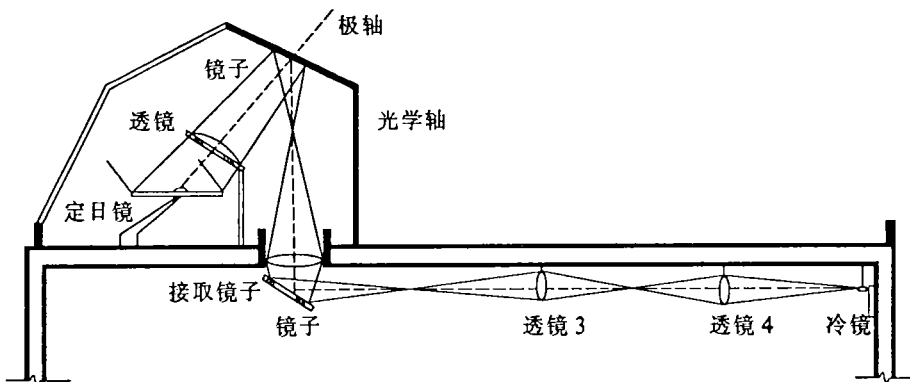


图5 定日镜和透镜光导系统剖面示意图

2) 由纤维光导管组成的传导系统。例如日本曾利用通信的石英玻璃光导纤维但成本昂贵，于是又推出一种廉价的全透明的塑料纤维，但光通传输率也随之下降，这种塑料纤维我国目前已能生产。

3) 由有缝空心光导管组成的传导系统(图6)。它本身既是导光装置又是发光装置这种有缝空心光导管经济、实用、易加工安装，具有相当的实用价值。发光部分因导光部分的不同而各异。图7为利用菲涅尔透镜组成的光通发射体，相当于一个阳光灯具，图8为光束经天棚漫反射形成的发光天棚示意图。

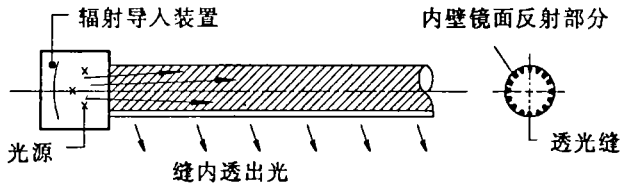


图 6 有缝空光导管示意图

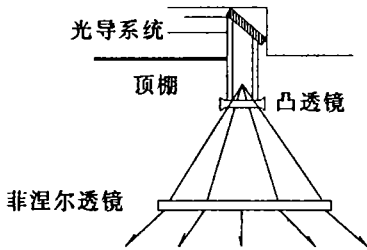


图 7 太阳光通发射体示意图

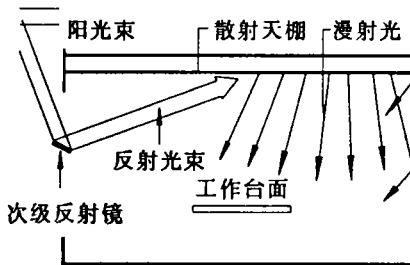


图 8 发光天棚示意图

利用光学系统采光最成功的实例当属美国明尼苏达大学的土木与采矿工程大楼。该楼运用了主动式光学系统与被动式光学系统。主动式光学系统应用 10 个定日镜和一个透镜导光系统，将光线引入到地下 33.5m 深的办公室中。此系统中的极轴是镜靠钟表机构驱动连续工作，使镜面始终面对太阳，导光装置选用了透镜系统，阳光经过多次聚焦后，能获得很细的光束和较高的效率，光线经过竖井中的透镜，到达吊顶中，产生与一般天窗相同的效果，图 9 为整个过程示意图。这种定日镜光导系统的照明费仅为常规人工照明系统的 1/8，一种理想的节能技术。

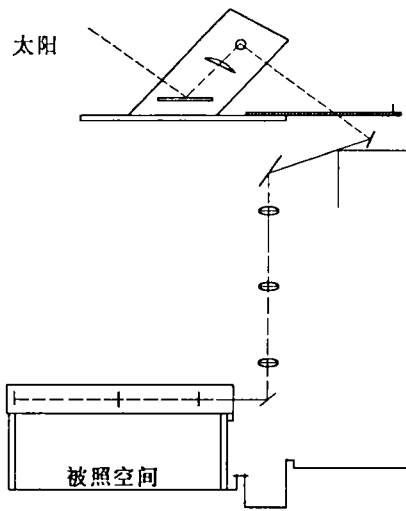


图 9 (C/ME)大楼深层地下空间天然照明过程示意图

### 2.2 引入绿色植物

地上室内空间的绿化可追溯到 3000 年前，近代以来，又开始在室内进行大规模的植物景观设计。地上的室内绿化可谓历史悠久，积累了丰富的经验。地下室内空间与地上室内空间环境的主要相同点是温度、湿度都依靠人工，控制在相对恒定的范围内。主要差别是地下空间更难以获得阳光和自然通风。但是这并不是说植物在地下空间就无法生

存。根据地下室内环境的特殊性,依靠室内绿化已取得的成绩,就可以找到一条适合于地下室内空间绿化的途径。

将原本生长在地上、室外、自然环境中的植物转移到地下、室内、人工环境中并使其能成活、生长,无疑是要费一番苦心的。首先是植物品种的选择要选择那些能够适应地下室内环境的植物;其次是环境因素的调整,要使地下室的环境尽可能地适于植物生长最后是养护和管理,在良好的养护和管理下,植物能够提高生存能力和适应能力健康地成活。

### 2.2.1 植物品种的选择

地下室内植物品种的选择是在地上室内植物品种选择的基础上进行的。

地上室内植物一般以较耐阴喜温暖的观叶植物为主。因为观叶植物对光照和肥份要求相对较低,管理方便,观赏期长,只在必要时摆放少量观花或观果植物。在地下空间中,因更难获得直射阳光,光照较低,所以宜选择更耐阴的植物。附表为室内观叶植物光照适应分级表。

附表 室内观叶植物光照适应分级

级数	平均照度/lux	适宜的植物
一级	>5000	如叶子花、金心吊兰、吊金钱、三色蕉等中性或阳性植物
二级	800~5000	变叶木、麒麟尾、花叶胶榕、巴西铁树等喜明亮环境的种类
三级	300~800	秋海棠类、竹芋类、凤梨类、君子兰等
四级	50~300	彩虹铁树、花叶长春藤、桃羽竹芋、花叶芋等
五级	<50	一叶兰、虎皮兰、大叶蔓绿绒等

由于地上、地下室内的温度和湿度都以人的生理需要为准,一年四季都控制在恒定的范围内,因此对地下空间植物选择的影响不大。在光环境良好,空调系统正常运行的情况下,大部分室内观叶植物都可以应用,关键是要在不同的光环境中选用不同的植物。

### 2.2.2 环境因素的调整

室内的几个重要环境因素:光照、温度、湿度、通风等对植物的生长都有影响但以光照作用为主,其它作用为辅,各环境因素之间存在着相互影响,相互制约的关系。例如当光照减少时植物对湿度、温度的要求会相应减少,生长速度减慢因此在为植物提供适宜的环境条件时,也应该以光环境的创造为主,配合温度和湿度作适当调整。天然光线光谱最全,无疑是植物生长的最好选择。因此要尽量创造具有天然光线的地下空间,并要充分利用天然光线,天窗下方,侧窗附近等自然光线充足的地方,不失时机地栽种摆放植物,以创造富有生机的环境空间,如美国明尼俗达州特拉塔克中心(图10)。

在天然光线不足或根本照射不到地方,就要依靠人工照明。目前常用的灯具为白炽灯和荧光灯两类。白炽灯光源集中,光束紧凑,安装价格低廉、体积小、种类多,但能量功效较低且温度高,寿命短,光线分布均匀光谱中蓝光较少。荧光灯的优点为能量功效较大,发热量少,寿命长,光线分布均匀,光色多,蓝光高,但安装成本高,红光低。荧光灯与白炽灯混合使用较好,但不宜离植物太近。此外,国内还应用水银灯、金属卤化物灯

等，宜于安装在高大空间中，但成本极高。为了使植物长势良好，可在植物栽植处或摆放点加设恒温器、喷雾器等装置，改善植物周围的小气候。

另外，良好的通风也很重要，通风条件差也会引起植物叶枯、叶腐、病虫滋生等要保证足够的新风量但不宜将植物置于冷热风口附近，气流量在为  $0.1 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  为宜。

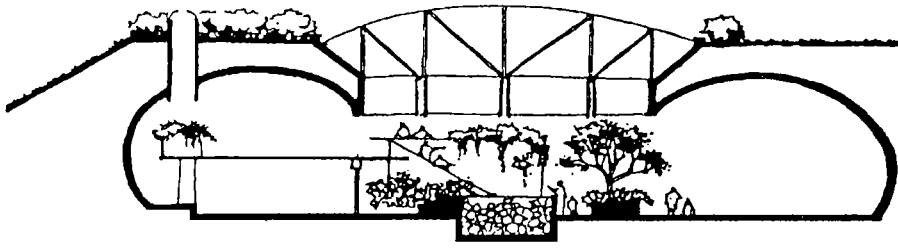


图 10 特拉塔克中心剖面图

### 2.2.3 植物的养护与管理

地下植物的养护首先还是光照。植物大多是先在室外或温室中培育，然后在摆放或移植地下室内。地下室内光照较低植物不能立即适应，最好在移植前进行一段光适应即置于比原来生长处光照低，而比地下空间的光照又高的地方适应一段时间。由于光照不足会有叶子发黄、变焦的现象，地下的植物还应随时移至地上进行光照补充，但浇水、施肥不宜过多，因地下植物生理活动缓慢栽培植物的容器更大些，以满足根系正常发育，从装饰效果考虑，时常利用套盆或套箱。

在美化地下环境和组织地下空间方面，植物有其独特作用，但在艺术处理手法上与地上空间并无差异(图 11、12)。

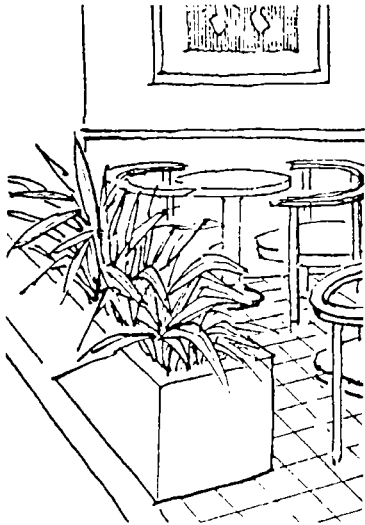


图 11 以绿化隔离空间

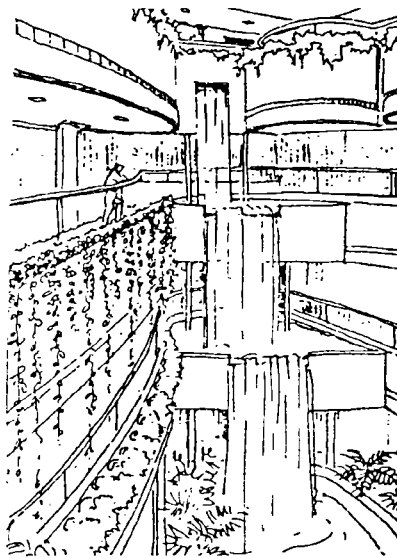


图 12 室内叠水及垂直绿化

### 2.3 引入水体

和绿色植物的引入相比,水体在地下空间中的利用与维护较为方便和简单,其对于地下环境的要求,及艺术处理手法与地面上的并无差异,为了在地下空间中取得声情并茂的水体景观效果,常作成地下叠水、瀑布、喷泉等形式,或有时在静水部分放置一些动雕,这些都会引起人们的视觉兴奋,给沉闷的地下环境带来动感和一些声音刺激。

在地下空间中,水体的处理也必须与绿化有机结合组成“自然景观”,才能使室内具有室外感,使地下空间平添出大自然的无限情趣。图12为深圳国际贸易中心的商场大厅,3层叠水与挑台上的垂直绿化相结合,形成室内的自然景观。

## Utilizing Natural Factors to Produce Good Underground Space Environment

Wang Qingxuan Jin Li

( Department of Architecture, Beijing Polytechnic University, 100022 )

**Abstract** On the purpose of producing a good underground space environment the utilization of various natural factors, such as natural light, exterior landscape, green plant and fountain-waterfall system, and the consideration of introducing water into the underground are presented in this paper. Also the effect of the utilization upon ecologic environment of underground space, especially the positive influence upon people's psychology, is analysed, and the way of utilizing the natural factors in underground space is discussed.

**Keywords** Natural light, exterior landscape, ecologic environment, green plant