



# 第一章 绪论





# 第一节 城市地下工程的意义、特征及属性

## 1. 城市地下工程的涵义

- **城市地下工程**是从事研究和建造城市各种地下工程的规划、勘测、设计、施工和维护的一门综合性应用科学与工程技術，是土木工程的分支。
- **城市地下工程**包括交通运输方面的地下铁道、公路隧道、地下停车场及各种穿越障碍的地下通道；工业与民用方面的各种地下制作车间、电站、各种车房及商店；人防市政地下工程，以及文化、体育、娱乐、与生活等方面的联合体育建筑等。



## 2. 城市地下工程的特征

- A. 可为人类的生存开拓广阔的空间
- B. 具有良好的热稳定性和密闭性
- C. 具有良好的抗灾和防护性能
- D. 社会、经济、环境等多方面的综合效益好
- E. 施工条件较复杂，造价较高

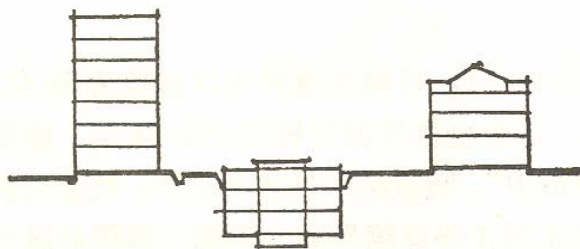


图 1-1 利用建筑间空地修地下建筑

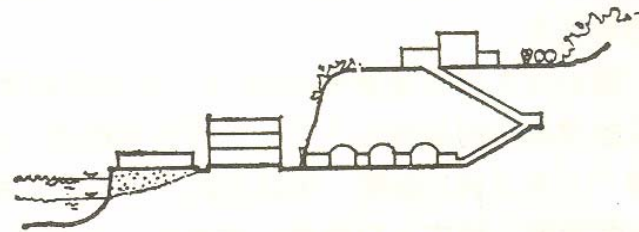


图 1-2 利用地下空间开挖的弃土废渣填筑河滩地



### 3. 城市地下工程的历史沿革

人类对地下空间利用大体可分为四个时期：

- **A. 远古时期** 从出现人类到公元前3000年。初始人类利用天然洞穴作为防风雨、避暑寒的居住处所。
- **B. 古代时期** 公元前3000年至5世纪。公元前2200年的巴比仑河底隧道。公元前312~226年罗马地下输水道及贮水池。公元前206年我国建成的秦始皇陵，从已发掘出的兵马俑坑群看可能是我国历史上最大的地下陵墓工程。



## ■ C. 中世纪时期

5世纪至14世纪我国隋朝(7世纪)在洛阳东北建造了面积达 $600\text{m} \times 700\text{m}$ 的近200个地下搁仓,其中第160号仓直径11m,深7m,容量 $145\text{m}^3$ ,可存粮2500—3000 t。宋朝在河北峰峰建造的军用地道,约长40km。自4世纪中叶佛教传入我国后,相继建成著名的云冈石窟、龙门石窟(北魏),敦煌莫高窟(从北魏到元各朝),以及甘肃麦积山和河北邯郸响堂山石窟等,这些石窟岩洞形成一个大型的雕刻艺术空间。



## ■ D. 近代时期(国外)

从15世纪开始至今1613年，**英国**建成伦敦地下水道。1681年修建厂地中海比斯开湾长170m的连接隧道。1843年伦敦，建成越河隧道。1863年英国在伦敦建成**世界第一条城市地下铁道**。1871年穿越阿尔卑斯山，连接法国和意大利的隧道长12.8km的公路隧道开通。

20世纪90年代初，世界上已有遍**100多个**城市修建地下铁道，目前线路总长度将达**5000km**(其中地下线路近3000km)。





### ■ 近代时期(国内)

■ 随着国民经济的提高，我国各大城市相继出现大量的城市地下结构。其中以北京、上海、南京、香港等城市为主。右图为上海地铁规划图。









# 南京地铁线路图







# 香港地铁线路

■ 世界地铁经营赢利最好的地铁。

■ 如今双层有轨电车为占地最小、利用率最高、票价最低、污染最少的公共交通工具，还兼作旅游观光工具。





## 4. 城市地下工程的基本属性

### A. 综合性

- 规划、设计与施工需要运用工程测量、岩土力学、工程力学、工程设计、建筑材料、建筑结构、建筑设备、工程机械、技术经济等学科和洞室施工技术、施工组织等领域的知识以及电子计算机和工程测试等技术。

### B. 社会性

- 城市地下工程是伴随着人类社会发展需要而逐渐发展起来的，它所建造的工程设施应反映出各个不同年代社会经济、文化、科学技术发展的面貌与水平。



## C. 实践性

- 在某种意义上说，城市地下工程的工程实践常先行于理论。至今不少工程问题的处理，在很大程度上仍然依靠实践经验；即使衬砌结构的设计，以工程类比为主的经验法，至今仍在广泛应用。

## D. 技术、经济、建筑艺术和环境的统一性

- 人们力争最经济地建造既安全、适用又美观的地下建筑工程，但工程的经济性和各项技术活动密切相关。首先表现在工程选址、总体规划上，其次表现在工程设计与施工技术是否合理先进上。工程建设的总投资、工程建成后的社会效益与经济效益以及使用期间的维护费用多少等，都是衡量工程经济性的重要依据，这些都与技术工作密切相关，必须综合全面考虑。



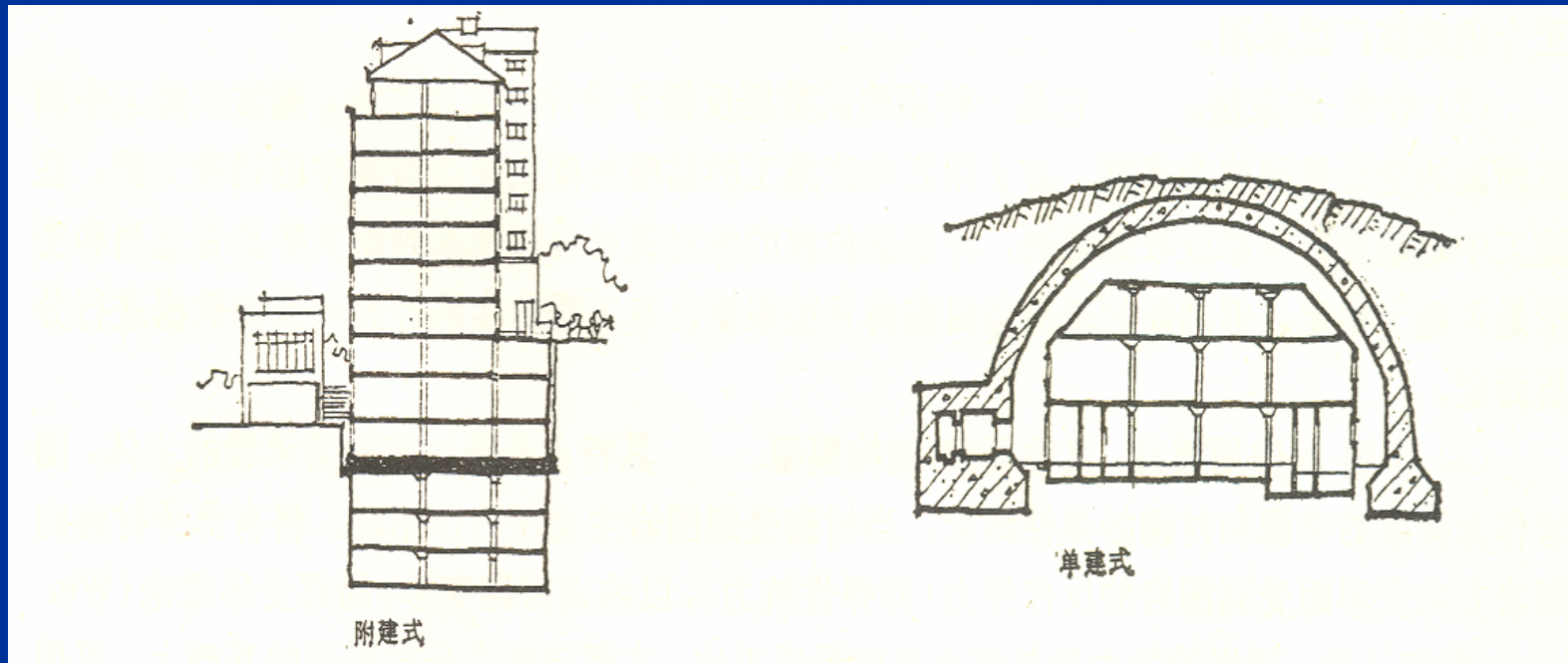


## 第二节

# 城市地下工程的结构施工与建筑环境

## 一. 城市地下工程的结构形式与衬砌

### ■ A. 结构形式：附建式、单建式

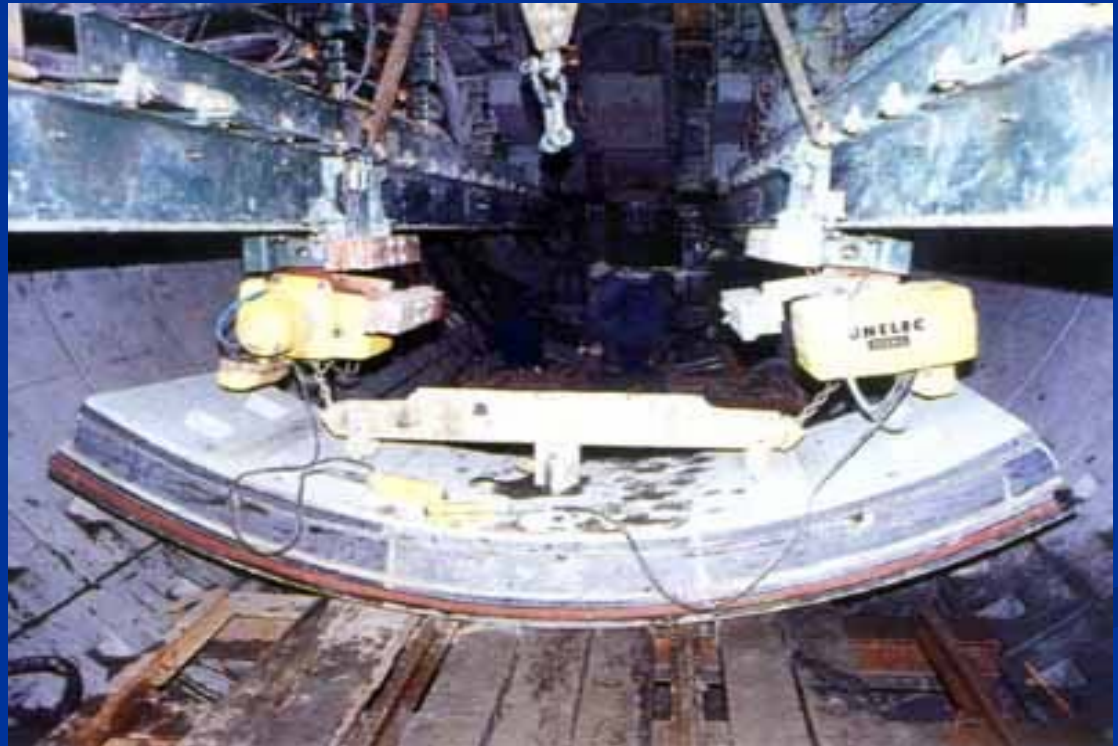




## ■ B. 衬砌

■ 衬砌是地下建筑物周边构筑的**永久性支护结构**。它的主要作用：一是承重，即承受围岩压力、地下水压力、结构自重以及其他荷载的作用；二是围护，除用来防止围岩风化与崩塌外，必须做到防水和防潮。根据**施工方法**的不同，大体可将衬砌分为下列四种：

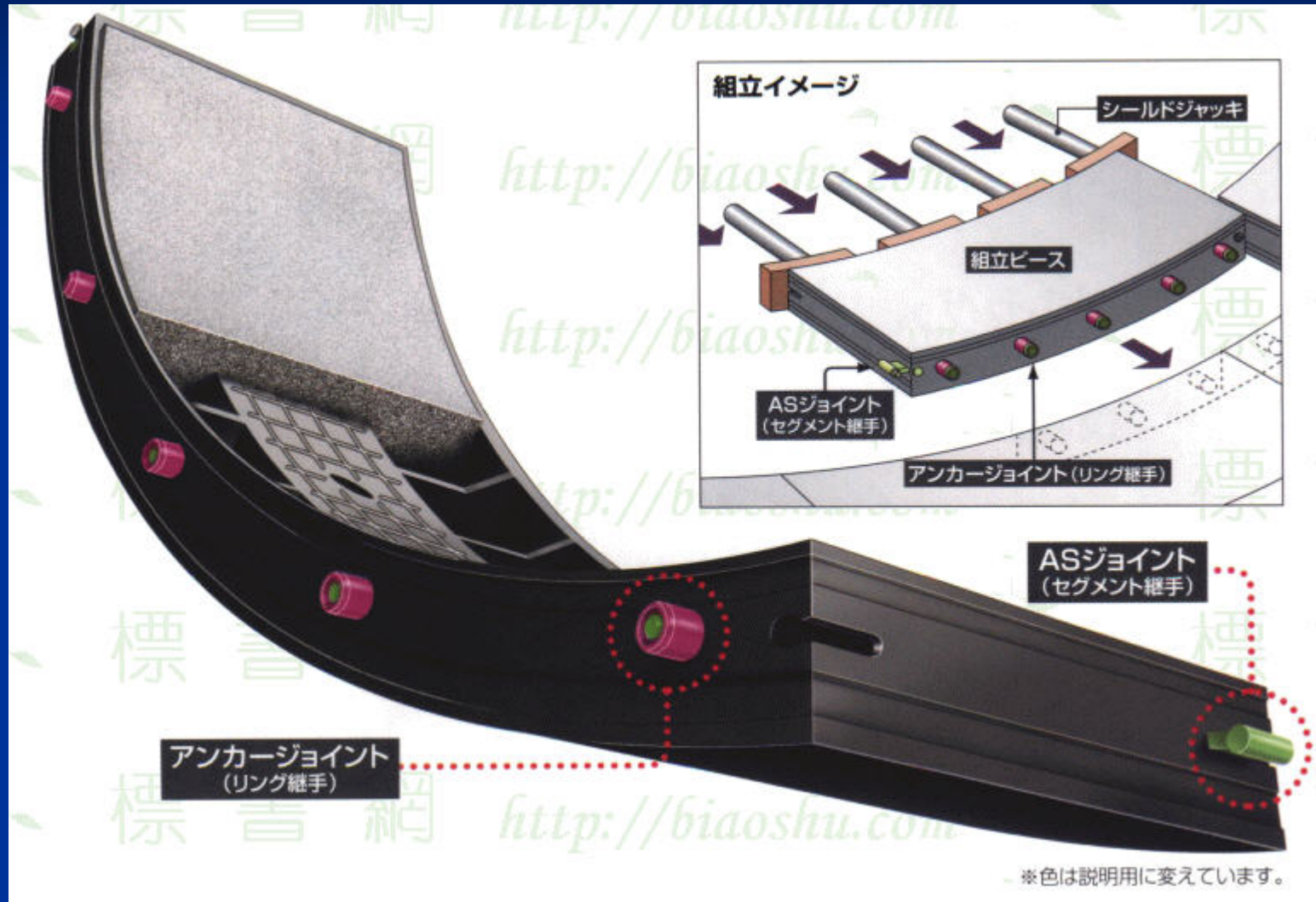
- (1) 模筑式衬砌
- (2) 离壁式衬砌
- (3) 装配式衬砌
- (4) 锚喷衬砌



右图为管片安装



# 隧道衬砌断面







## 上海地铁隧道







## 北京在建地铁隧道





# 广州地铁隧道



摄：  
蓝箭3015

公园前站





# 地下工程设计计算方法

- 地下工程的衬砌设计和施工的要旨在于尽可能地发挥和利用围岩的自持能力，使衬砌设计更经济合理。衬砌设计计算理论经历了若干个发展阶段，目前衬砌设计计算方法可归纳为四种方法：
  - (1)以工程类比法为主的**经验法**
  - (2)**收敛—约束法**
  - (3)**作用—反作用模型**，又称**荷载—结构模型**
  - (4)**连续介质模型**



## 二. 城市地下工程的施工方法：

- 城市地下工程成败的**关键是施工问题**。
- **施工方法的选择**应根据工程性质、规模、土岩层条件、环境条件、施工设备、工期要求等要素,经技术、经济比较后确定。
- 应选用**安全、适用,技术上可行,经济上合理的施工方法**。





- 对埋置较浅的工程.在条件许可时,应优先采用**明挖法施工**
- 近年常采用“**地下连续墙**”,盖挖逆筑法施工,可避免打桩的噪声与振动,减少明挖法对地面的影响;
- 当埋深超过一定限度后,常采用**暗挖法施工**,暗挖最初多用传统的**矿山法**,20世纪中叶创造了**新奥法**,该法是尽量利用围岩的自承能力,用柔性支护控制围岩的变形及应力重分布,使其达到新的平衡后再进行永久支护,目前应用较广;
- 对于松软含水地层可采用**泥水加压或土压平衡式盾构施工**
- 有时亦可采用**顶管法施工**;
- 修建水底隧道除采用盾构法外,还可采用**沉埋法**,此法主要工序在地面进行,避免了水下作业,优点显著,应用日益广泛;
- 在坚硬的岩层中可以用掘进机施工。目前我国城市地铁施工中多采用**盾构法**。

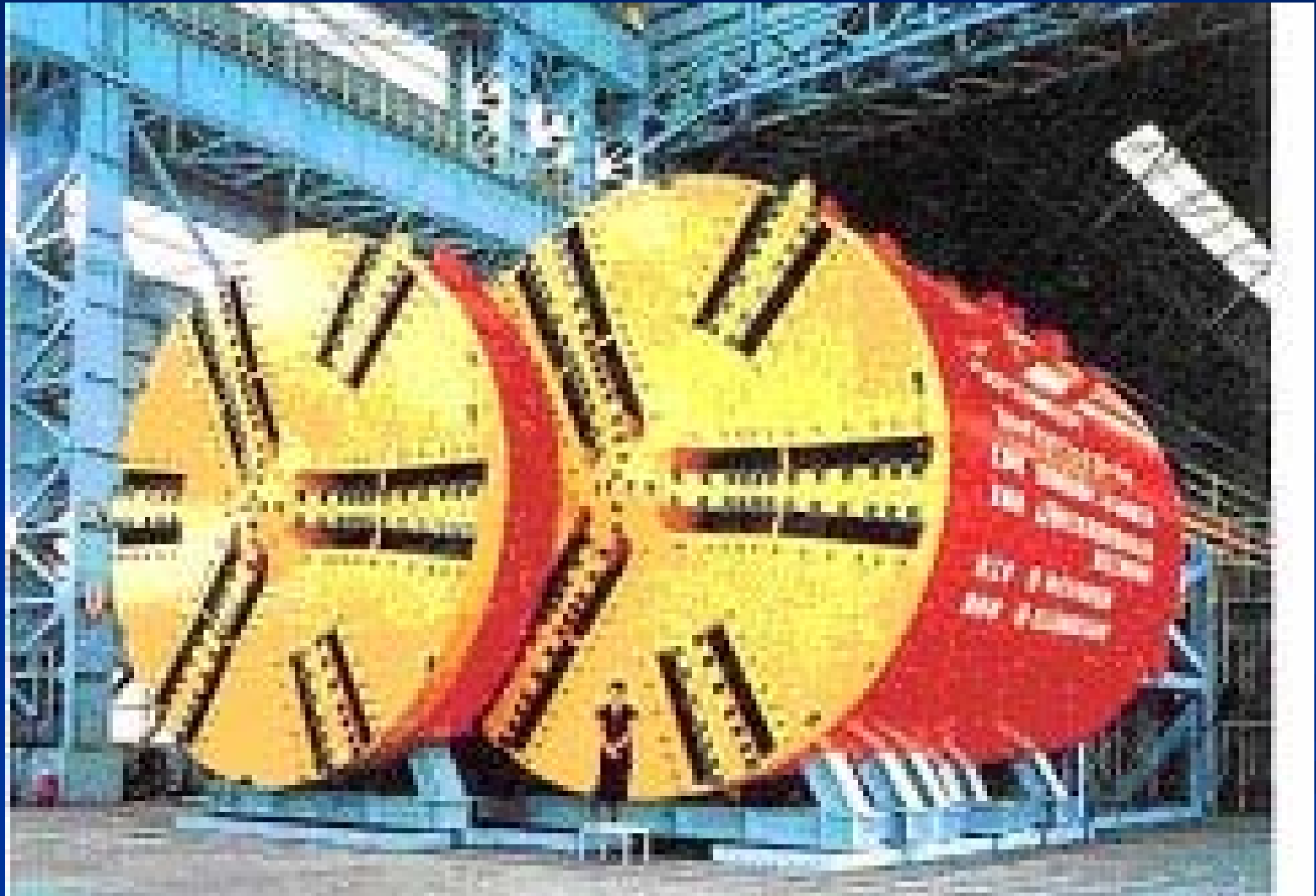


## 南京用的 盾构机





## 双圆盾构主机结构示意图







# DOT (双圆盾构) 工法在城市轨道交通中应用



异形管片

已建成异形隧道





## 用DOT工法掘进、拼装成的隧道内部





## 泥水盾构构造图







## ■ 具体施工法如下：

A. 明挖法

B. 盖挖逆筑法

C. 浅埋暗挖法

D. 矿山法

E. 水域施工法

F. 辅助施工法(注浆加固法,降低水位法,冻结法)



## 三. 城市地下工程的建筑环境

- **环境**是指围绕着人群的空间，及其该空间中可以直接、间接影响人类生活和发展的各种自然因素的总体(此处不含社会因素)。在任何情况下，都不允许地下建筑环境出现对人体产生致病、致伤、致死等危险的极限标准。

### A. 空气环境

- 评价地下建筑空气环境的指标有舒适度和清洁度。其中**温度、湿度、二氧化碳浓度**等是衡量空气冷热、干湿和清洁程度的主要指标。



## B. 光环境与声环境

- 光与声环境可称为视觉环境与听觉环境，衡量光环境质量的指标有照度、均匀度、色彩的适宜度等。

## C. 地下建筑的心理环境

- 建筑内部环境在人的心理上引起一定的反应，积极方面的反应是舒适、愉快等；不适、烦闷等则属于消极方面的反应。





## 第三节 城市地下工程的发展前景

- 城市地下工程的开拓应遵循：人在地上，物在地下；人的长时间活动在地面，短时间活动在地下；先近后远，先浅后深，先易后难等已被实践证明是正确的原则。
- 1. 浅层和次浅层空间应全面、充分地开发利用
- 2. 在次深层和深层空间建立城市公用设施的封闭性再循环系统
- 3. 在地下空间建立水和能源存储系统,以及危险品存放系统