

高等院校土木工程专业选修课**教材**

地下结构设计



■ 刘增荣 主编 罗少锋 副主编

DIXIA JIEGOU SHEJI

中国建筑工业出版社

高等院校土木工程专业选修课教材

地下结构设计

刘增荣 主 编
罗少锋 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地下结构设计/刘增荣主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011

高等院校土木工程专业选修课教材

ISBN 978-7-112-13328-4

I. ①地… II. ①刘… III. ①地下工程-结构设计-高等学校-教材 IV. ①TU93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 117239 号

本书为高等院校土木工程专业专业的专业课教材, 内容包括: 地下商业街和地下停车场、地下铁道、附建式结构、地道式结构、衬砌特殊部位及细部结构、沉井式结构、盾构法装配式圆形衬砌结构、沉管结构、顶管结构、地下贮库、挡土墙、基坑围护结构和地下建筑内部结构等地下结构形式的设计原理和设计方法, 目的是使学生学习掌握这些原理和方法后, 在今后的工作实践中能够胜任上述各类地下结构形式的设计任务。

本书文字通俗易懂, 论述由浅入深, 便于自学理解; 另外各章内容相对独立, 自成体系, 便于读者选取应用。

本书可作为高等院校土木工程专业专业的专业课教材, 也可供相关专业的设计、施工和科研人员参考。

* * *

责任编辑: 王梅 咸大庆 刘瑞霞

责任设计: 李志立

责任校对: 陈晶晶 刘钰

高等院校土木工程专业选修课教材

地下结构设计

刘增荣 主编

罗少锋 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16½ 字数: 397 千字

2011 年 7 月第一版 2011 年 7 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-13328-4

(20733)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

进入 21 世纪以来,随着经济的持续高速发展,我国的城市发展速度很快,城市用地愈显紧张。一方面导致高层建筑业发展迅速,另一方面导致许多基础建设设施转入地下。高层楼房越盖越高,基坑越挖越深,地表以下的结构问题越来越突出;地下商场、商业街、地下停车场、地下铁道、地下厂房、地下冷库、火药库等地下结构形式的频频出现,更是给结构工程师们带来了许多与地面建筑结构所不同的设计问题。因此,围绕目前通用的各种地下结构形式,编写一本突出结构设计原理、方法、技巧的地下结构设计教材,满足土木工程类在校学生和在职结构工程师的迫切需求,具有显著的社会和工程应用背景,亦具有重要的理论与实践意义。

本书介绍了各种地下建筑结构形式的设计方法。包括地下商业街和地下停车场、地下铁道、附建式结构、地道式结构、衬砌特殊部位及细部结构、沉井式结构、盾构法装配式圆形衬砌结构、沉管结构、顶管结构、地下贮库、挡土墙、基坑围护结构和地下建筑内部结构等。本书是土木工程专业主干课程教材,亦可作为本专业大学生的教学用书,还可供从事实际工作的地下建筑结构设计人员参考。

本书由西安建筑科技大学土木工程学院刘增荣和罗少锋主编。刘增荣编写第 1、2、3、4、5、14 章,罗少锋编写第 7、8、11、13 章,宋战平编写第 6 章,杨文星编写第 12 章,崔广芹编写第 9、10 章。研究生宋涛、王凯、王学广、杜立虎、祝兵伟和邱海滨等为本书绘制了部分插图。

本书在编写过程中参考了大量国内外文献,引用了一些学者的资料,这在书末的参考文献中已予列出,特在此向其作者表示感谢。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。鉴于作者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论

1.1 地下结构的概念和分类	1
1.2 地下结构的形式及选型	2
1.3 设计程序与内容	3
1.4 本课程的内容和特点	6

第2章 地下商业街和地下停车场

2.1 概述	8
2.2 地下商业街	8
2.2.1 功能关系	8
2.2.2 组合形式	9
2.2.3 平面柱网及剖面	10
2.2.4 结构形式	10
2.3 地下停车场	11
2.3.1 分类	11
2.3.2 主体平面设计	13
2.3.3 平面柱网设计	15
2.3.4 结构形式	15
2.3.5 坡道设计	16
2.3.6 防火设计	18
2.4 地下综合体	19
2.4.1 地下综合体的功能组合	19
2.4.2 城市地下综合体的平面空间组合	19

第3章 地下铁道

3.1 概述	23
3.1.1 地下铁道隧道线路形式	23
3.1.2 地下铁道隧道线路设计	24
3.1.3 站厅及出入口立面形式	26
3.1.4 地铁车站的结构类型	29
3.2 矩形闭合框架的计算	30
3.2.1 荷载计算	30

3.2.2	内力计算	32
3.2.3	配筋形式	34
3.3	按地基为弹性半无限平面的闭合框架计算	37
3.3.1	计算理论	37
3.4	级数法和链杆法解弹性半空间地基上的梁	38
3.4.1	弹性半空间地基上梁的基本方程	38
3.4.2	弹性半空间地基上梁的级数解法	39
3.4.3	弹性半空间地基上梁的链杆解法	43

第4章 附建式结构

4.1	概述	57
4.1.1	附建式地下结构的特点	57
4.1.2	附建式地下结构的形式	58
4.1.3	早期核辐射的防护	61
4.1.4	附建式地下结构受到核爆炸冲击波动载转变为等效静载的过程	63
4.1.5	附建式地下结构的构造	67
4.2	梁板式结构的设计计算	69
4.2.1	顶板的设计计算	69
4.2.2	侧墙的设计计算	75
4.2.3	基础的设计计算	77
4.2.4	承重内墙(柱)的设计计算	78
4.3	口部结构	79
4.3.1	室内出入口	79
4.3.2	室外出入口	79
4.3.3	通风采光洞	80

第5章 地道式结构

5.1	概述	83
5.2	土层压力	84
5.2.1	地道开挖前后的压力状态及其变形	84
5.2.2	土洞的局部稳定性评价	87
5.2.3	土层压力计算	89
5.2.4	浅埋和深埋的界限	92
5.3	单层单跨拱形结构内力计算	92
5.3.1	概述	92
5.3.2	主要截面厚度的选定和几何尺寸的计算	93
5.3.3	整体式曲墙拱衬砌的内力计算	96
5.4	单跨双层和单层多跨连拱结构的构造和配筋	102

第6章 衬砌特殊部位及细部结构

6.1 偏压衬砌的设计和计算	104
6.1.1 荷载及基本尺寸的拟定	104
6.1.2 内力计算	105
6.2 明洞的设计和计算	108
6.2.1 拱圈回填土石压力	109
6.2.2 直墙回填土石压力——侧向压力	111
6.3 洞门墙的设计和计算	112
6.3.1 洞门的类型及构造	113
6.3.2 材料选择及基本尺寸的拟定	114
6.3.3 计算原理及公式	115
6.4 端墙结构	119
6.4.1 端墙的形式及一般要求	119
6.4.2 端墙的计算	120
6.5 岔洞结构	121
6.5.1 岔洞平面形式和接头形式	122
6.5.2 岔洞结构的构造处理	123
6.6 竖井及斜井衬砌设计和计算	128
6.6.1 竖井的构造和计算	128
6.6.2 斜井的构造和计算	136

第7章 沉井式结构

7.1 沉井的类型和构造	138
7.1.1 概述	138
7.1.2 沉井的类型与构造	139
7.2 沉井结构设计计算	142
7.2.1 沉井下沉系数的确定	142
7.2.2 沉井施工期间的抗浮稳定验算	144
7.2.3 刃脚计算	145
7.2.4 施工阶段井壁的计算	148
7.2.5 沉井底横梁竖向挠曲计算	156
7.2.6 水下封底混凝土厚度计算	156
7.2.7 沉井底板计算	158
7.2.8 使用阶段沉井的计算	159

第8章 盾构法装配式圆形衬砌结构

8.1 概述	160
8.2 衬砌形式和构造	161

8.3 衬砌圆环内力计算	163
8.3.1 钢筋混凝土管片的设计要求和办法	163
8.3.2 结构计算方法的选择	163
8.3.3 荷载的确定	163
8.3.4 衬砌内力计算	166
8.3.5 带拉杆圆管结构的计算	174
8.4 衬砌断面选择	176
8.4.1 抗裂及裂缝限制的计算	176
8.4.2 衬砌断面强度计算	178
8.4.3 衬砌圆环直径变形计算	179
8.4.4 纵向接缝计算	180
8.4.5 环缝的近似计算	182

第9章 沉管结构

9.1 概述	191
9.2 沉管结构设计	191
9.2.1 沉管结构设计的特点——浮力设计	192
9.2.2 作用在沉管结构上的荷载	192
9.2.3 结构分析与配筋	193
9.2.4 预应力的应用	194
9.3 沉管基础	194
9.3.1 地质条件与沉管基础	194
9.3.2 基础处理	195
9.3.3 软弱土层中的沉管基础	195

第10章 顶管结构

10.1 概述	196
10.2 顶管工程设计	197
10.2.1 顶管工作井	197
10.2.2 顶管顶力估算	198
10.2.3 顶管承压壁后靠土体的稳定验算	198
10.2.4 常用顶管工具管	201

第11章 地下贮库

11.1 城市地下冷库	204
11.1.1 冷库设计原则	204
11.1.2 冷库功能分析图	204
11.1.3 冷库平面类型	205
11.2 地下粮库	205

11.2.1 地下粮库的基本要求	205
11.2.2 地下粮库设计基本因素	205
11.2.3 地下粮库设计方案	205

第12章 挡土墙

12.1 概述	207
12.2 重力式挡土墙	207
12.2.1 重力式挡土墙的选型	208
12.2.2 重力式挡土墙的构造	209
12.2.3 重力式挡土墙的计算	210
12.3 悬臂式挡土墙	213
12.3.1 悬臂式挡土墙的构造特点	213
12.3.2 悬臂式挡土墙的计算方法	213
12.4 扶壁式挡土墙	220
12.4.1 扶壁式挡土墙的构造	220
12.4.2 扶壁式挡土墙的计算特点	220

第13章 基坑围护结构

13.1 概述	221
13.2 围护结构形式及适用范围	221
13.3 支护结构上的荷载	223
13.3.1 土、水压力的计算	223
13.3.2 挡土结构位移对土压力的影响	224
13.4 悬臂式围护结构内力分析	225
13.5 锚撑式围护结构内力分析	229
13.5.1 平衡法	229
13.5.2 等值梁法	230

第14章 地下建筑内部结构设计简介

14.1 内部结构与衬砌的连接及构造	234
14.1.1 内部结构的梁板柱与衬砌的连接及构造	234
14.1.2 吊车梁的连接及构造	238
14.1.3 顶棚连接构造	242
14.2 有内部结构的衬砌结构设计特点	243
14.2.1 单跨多层地下建筑结构设计特点	243
14.2.2 有吊车的地下建筑结构设计要点	245

参考文献	252
------	-----

第 1 章 绪 论

1.1 地下结构的概念和分类

地下结构是指在地表以下开挖出的空间中，用各种材料（砖、石、混凝土、钢材和木材等）建造的建筑物或构筑物的受力骨架体系。与地面结构不同，地下结构与周围地层相接触。与地层相接触部分，称为衬砌结构，其具有承受所开挖空间周围地层的压力、结构自重、地震、爆炸等动静荷载的承重作用；同时又具有防止所开挖空间周围地层风化、崩塌、防水、防潮等围护作用。与地层不相接触部分，称为地下结构的内部结构。地下结构的组成见图 1-1。

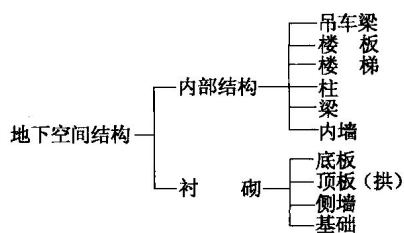


图 1-1 地下结构的组成

地下结构按使用功能分类见图 1-2。

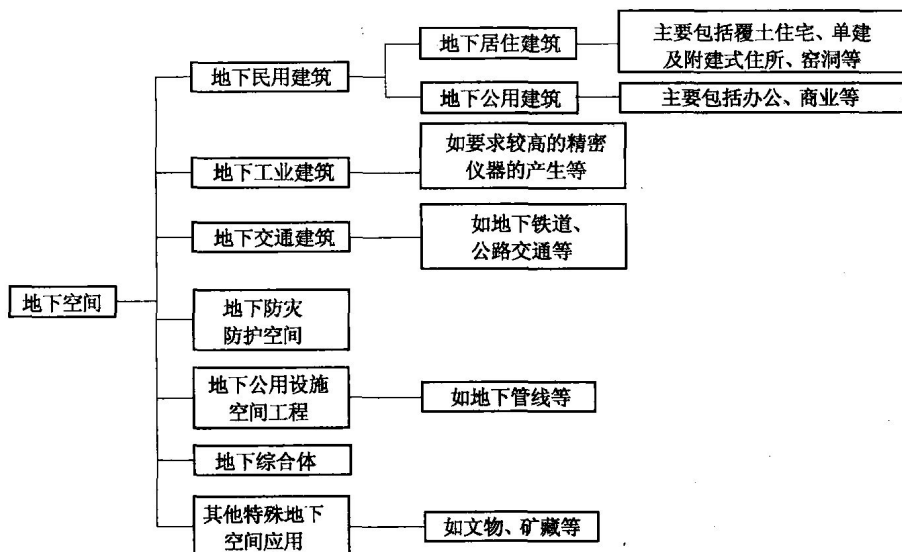


图 1-2 地下结构按使用功能分类

地下结构按周围地层分类见图 1-3。

由表 1-1 可看出：我国可供利用的地下空间资源广阔。另外，由图 1-4 日本清水公司提出的“大深度地下城市”构想可预测，城市地下开发与可持续发展潜力巨大。该方案以东京皇宫为中心，深度为 50~60m，直径 40km 范围组成一座地下城市。城市组合在 10km × 10km 的网格中，节点设一个直径 100m 的带有天窗的 8 层综合体共 4 万 m² 的建筑面积，每隔 2km 设一个 3 层的直径 30m 扁球体公共设施，展示了大城市空间立体开发的设想。

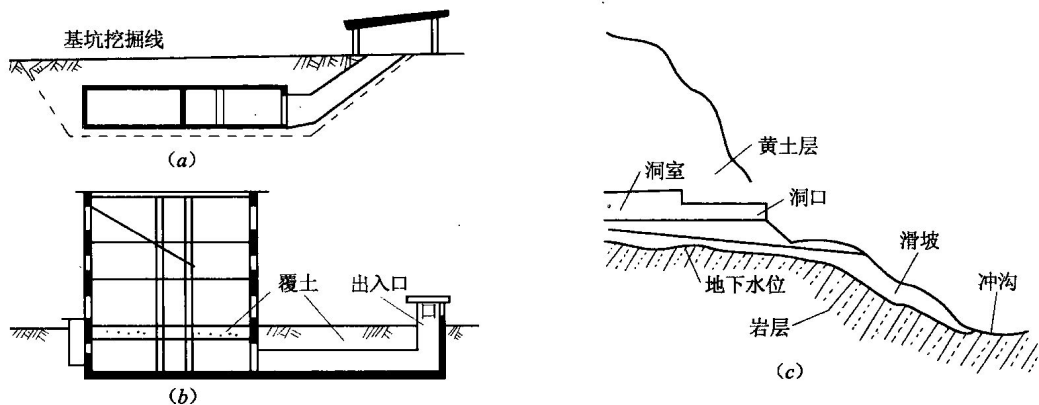


图 1-3 地下结构按周围地层分类
(a) 单建式; (b) 附建式; (c) 黄土洞

我国可供利用的地下空间资源

表 1-1

开发深度 (m)	可供有效利用的地下空间 (m ³)	可提供的建筑面积 (m ²)
2000	11.5×10^{14}	3.83×10^{14}
1000	5.8×10^{14}	1.93×10^{14}
500	2.9×10^{14}	0.97×10^{14}
100	0.58×10^{14}	0.19×10^{14}
30	0.18×10^{14}	0.06×10^{14}

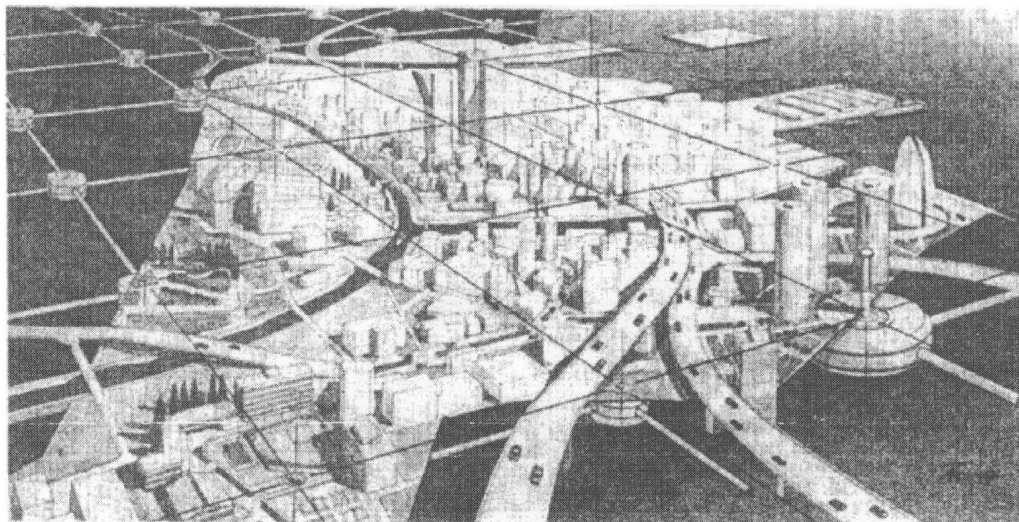


图 1-4 日本清水公司提出的“大深度地下城市”构想

1.2 地下结构的形式及选型

地下结构有附建式、浅埋式、地道式、沉井、盾构、沉管、顶管等结构形式，还有近年来兴起的地下商业街、地下停车场、地下综合体等结构形式。

地下结构的形式受地质条件、使用要求、施工方法等因素的影响，尤其是地下结构中
与地层相接触部分的衬砌结构断面形式的选取，更是受这三个因素的制约。

衬砌结构的断面形式首先由受力条件来控制，即在一定地质条件下的土水压力和一定的
爆炸与地震等荷载下求出合理和经济的断面形式。

与受力条件相关，地下结构中衬砌结构断面形式有如下几种：

(1) 矩形 (图 1-5)

适用于工业、民用、交通等建筑物的界限。但直线构件不利于抗弯，故在荷载较小、
地质较好、跨度较小或埋深较浅时采用。

(2) 曲线形 (图 1-6)

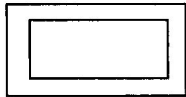


图 1-5 矩形

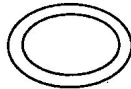


图 1-6 曲线形

均匀径向受压时，弯矩为零，可充分发挥混凝土结构的抗压强度，故在地质条件较差
时优先选用。

(3) 其他形式 (图 1-7)

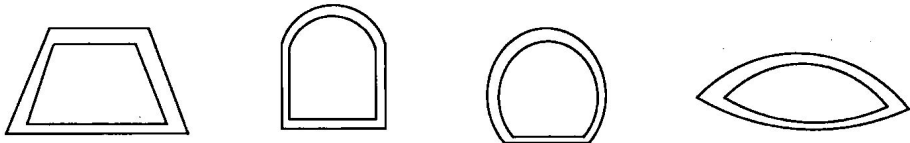


图 1-7 其他形式

介于 (1) 和 (2) 两者之间的中间情况，按具体荷载和尺寸决定。

其次，地下结构需满足使用要求，故地下结构中的衬砌结构断面形式必须考虑使用
需要。

- ① 人行通道：单跨矩形或拱形
- ② 地铁车站或地下医院：多跨结构
- ③ 飞机库：中间不设柱、落地拱
- ④ 工业车间：矩形
- ⑤ 放置通风管道：直墙拱形或圆形

另外，在使用条件和受力条件相同的情况下，衬砌结构断面形式还因施工方法（沉
井、盾构、沉管、顶管等）不同而采用不同的结构形式。

1.3 设计程序与内容

修建地下工程，必须遵循：勘察→设计→施工的基本建设程序。其中设计分为：工
艺设计、规划设计、建筑设计、防护设计、结构设计、设备设计、概预算等。每一个
工程经过结构方案比较，选定了结构形式和结构平面布置图后，地下结构设计还需完
成：确定横断面尺寸和横向配筋的结构横向框架设计、确定纵向分段长度和纵向配筋
的结构纵向设计以及地下工程的出入口设计。这三方面的设计，与地面结构设计相比，

构成了明显的区别。

设计分初步设计和技术设计（包括施工图设计）两阶段。

1. 初步设计

初步设计的主要任务是满足使用要求下，解决设计方案技术上的可能性与经济上的合理性，并提出投资、材料、施工等指标。

初步设计内容：

- (1) 工程防护等级，三防要求与动载标准的确定；
- (2) 确定埋置深度与施工方法；
- (3) 草算荷载值；
- (4) 选择建筑材料；
- (5) 选定结构形式和结构布置；
- (6) 估算结构跨度、高度、顶底板及边墙厚度等主要尺寸；
- (7) 绘制初步设计结构图；
- (8) 估算工程材料数量及财务概算。

2. 技术设计

初步设计经主管部门审批后，就可进行技术设计。

技术设计的任务主要是解决结构的强度、刚度和稳定、抗震性等问题，并提供施工时结构各部件的具体细节及连接大样。

技术设计内容：

(1) 计算荷载。按建筑用途、防护等级、地震级别、埋置深度和土层情况等求出作用在结构上的荷载值。

关于荷载种类：

① 静荷载，又称恒载。指长期作用在结构上且大小、方向与作用点不变的荷载（结构自重、土壤压力、地下水压力）。

② 动荷载。要求具有一定防护能力的地下建筑物，需考虑原子武器和常规武器所产生的爆炸冲击波压力荷载；抗震区需考虑地震作用。此二者均为瞬时作用的动荷载。

③ 活荷载。在结构物施工和使用期间可能存在的变动荷载，其大小和作用位置都可能变化。如地下建筑物内部的楼地面荷载（人群、物件和设备重量）、车间的吊车荷载、地面堆积物、车辆行走荷载、施工安装过程中的临时荷载等。

④ 其他作用。材料收缩、温度变化、结构沉陷、装配式结构尺寸制作上的误差等在结构上所引起的内力。

(2) 计算简图。根据实际结构和计算工具情况，拟定出恰当的计算图式。

如：横向框架设计中，隧道结构沿纵向较长，一方面横断面沿纵向相同，沿纵向在一定区段上作用的荷载均匀不变；另一方面，结构的横向尺寸相对于纵长来说较小。按照力总是向短向传递的规律，可认为荷载主要由横向框架承受。综合这两方面原因，在横向框架设计时，通常沿纵向截取 1m 的长度作为计算单元，从而构成横向框架的计算简图（图 1-8）。

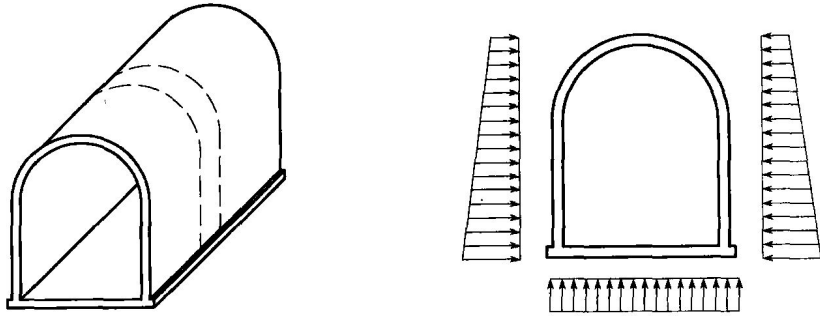


图 1-8 横向框架的计算简图

还如：隧道纵向设计中，按变形缝划分区段，每一变形缝间的区段长度 L ，可视为长度为 L 、截面为箱形的弹性地基梁（图 1-9）进行内力分析和截面设计。

（3）内力分析。选择结构内力计算方法，得出结构可控制设计截面的内力。

关于结构内力计算方法，大致区分为两类：荷载结构法和地层结构法。

① 荷载结构法。认为地层对结构（衬砌）的作用只是产生作用在地下结构上的荷载（包括主动的地层压力和被动的地层抗力），以计算结构在荷载作用下产生的内力和变形的的方法称为荷载结构法。弹性连续框架（含拱形）法、假定抗力法和弹性地基梁（含曲梁和圆环）法等可归属于荷载结构法。

② 地层结构法。认为衬砌与地层一起构成受力变形的整体，并可按连续介质力学原理来计算衬砌和周边地层的计算方法称为地层结构法。常见的关于圆形衬砌的弹性解、黏弹性解和弹塑性解等都归属于地层结构法。

荷载结构法和地层结构法都可按数值解计算。有限单元法、有限差分法、加权余量法和边界单元法都归属于数值计算方法。

（4）内力组合。在各种荷载内力计算的基础上，对最不利的可能情况进行内力组合，求出各控制截面的最大设计内力值。

最不利的荷载组合一般有以下几种情况：

- ① 静载；
- ② 静载 + 活载；
- ③ 静载 + 原子爆炸动载；
- ④ 静载 + 炮（炸）弹动载。

（5）配筋设计。通过截面强度和裂缝及变形计算得出受力钢筋，并确定必要的分布钢筋与架立钢筋。

配筋涉及沿横断面的横向配筋和沿隧道纵向的纵向配筋。

横向配筋由横向框架设计就可得到。

纵向配筋。如隧道这种地下结构，沿纵向需设置伸缩缝。隧道过长或施工养护不够时，混凝土会产生收缩，沿纵向产生环向裂缝和沉降缝（地基不均匀，两段结构的刚度或荷载悬殊产生相对沉降）。伸缩缝和沉降缝统称为变形缝。结构纵向配筋计算时，就将

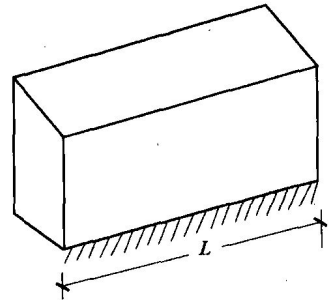


图 1-9 隧道纵向设计的计算简图

变形缝间的隧道区段 l ，视作长度为 l 、截面为箱形的弹性地基梁。按此弹性地基梁产生纵向弯矩，使结构底板和侧墙下部受拉考虑计算纵向配筋。

(6) 绘制结构施工详图。如结构平面图，结构构件配筋图，节点详图，还有风、水、电和其他内部设备的预埋件图。

(7) 材料、工程数量和工程财务预算。

3. 地下结构的计算原理和方法

地下结构的计算理论较多地应用以文克勒假定为基础的局部变形理论以及以弹性理论为基础的共同变形理论。

地下结构与地面结构不同之点在于地下结构周围都被土层包围着，在外部主动荷载作用下，衬砌发生变形，由于衬砌外围与地层紧密接触，因此衬砌向地层方向变形的部分会受到来自地层的抗力。这种抗力称为地层弹性抗力，属于被动性质，其数值大小和分布规律与衬砌的变形有关（图 1-10），因而，与其他主动荷载不同。弹性抗力限制了结构的变形，故改善了结构的受力情况。地下结构既承受主动荷载又承受被动荷载的这个特性，形成了地下结构设计的重要特点。

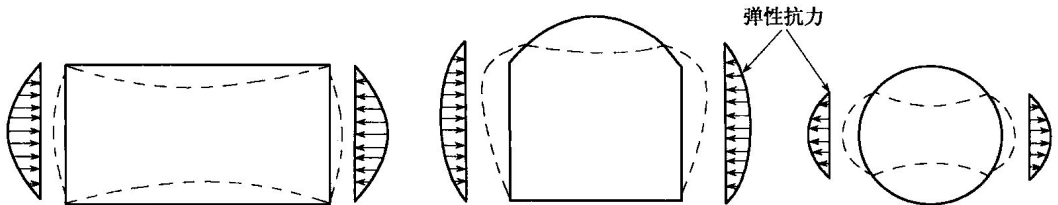


图 1-10 土层被动抗力

地下结构的计算方法主要有结构力学分析法、弹性地基梁法、矩阵分析法、连续介质力学的有限单元法、弹塑性、非线性、黏弹性、黏弹塑性等计算方法。这些方法都可用数值计算方法进行分析，有限单元法、有限差分法、加权余量法和边界单元法等都属于数值计算方法。

1.4 本课程的内容和特点

本课程为土木工程专业主修地下结构与岩土工程专业方向的主干课程。在已学习完土力学、工程地质及混凝土各类构件基本理论和设计方法的基础上，本课程主要学习地下商业街和地下停车场、地下铁道、附建式地下结构、地道式结构、衬砌特殊部位、沉井式结构、盾构法装配式圆形衬砌结构、沉管结构、顶管结构、基坑支护结构、挡土墙、地下库型结构等地下结构形式的设计原理和设计方法。目的是使学生学习掌握这些原理和方法后，在今后的工作实践中能够胜任上述各类地下结构形式的设计任务。

本课程具有以下的特点，在学习时应予以注意：

(1) 本课程具有较强的实践性，有利于学生工程实践能力的培养。一方面要通过课堂学习、习题和作业来掌握地下结构设计的基本理论和方法，通过课程设计和毕业设计等实践性教学环节，学习工程计算、设计说明书的整理和编写、施工图纸的绘制等基本技能，逐步熟悉和正确运用这些知识来进行结构设计和解决工程中的技术问题；另一方面，

要通过到现场参观，了解实际工程的地层特性、地下空间结构布置、衬砌结构围护特点、构件构造、施工技术 etc，积累工程设计经验，加强对基础理论知识的理解，培养学生综合运用理论知识解决实际工程的能力。

(2) 地下结构设计是一项综合性很强的工作，有利于学生设计工作能力的培养。在形成地层特性分析、地下空间结构方案、衬砌结构选型和内部构件选型、材料选用、确定结构计算简图和分析方法以及配筋构造和施工方案等过程中，除遵循安全适用和经济合理的设计原则外，尚应综合考虑各方面因素。同一工程设计有多种方案和设计数据，不同的设计人员会有不同的选择，因此设计的构造不是唯一的。设计时应综合考虑使用功能、材料供应、施工条件、造价等各项指标，通过对各种方案的分析比较，选择最佳的设计方案。

(3) 地下结构设计工作是一项创造性的工作，有利于学生创新精神的培养。地下结构设计时，需按照我国相应和相关规范与标准进行设计；由于地下结构是一门发展很快的学科，其设计理论在不断更新，地下结构设计工作不应完全被规范所束缚，这就要求在深刻理解规范设计理论的基础上，充分发挥设计者的主动性和创造性，采取先进的地下结构设计理论和技术。

第2章 地下商业街和地下停车场

2.1 概述

随着大体积住宅项目或商业综合体的出现，地下商业街和地下车库在此类建筑中成为不可缺少的一部分，其越来越被众多开发商所重视，不仅仅是其带来的商业价值，而且现在伴随着人们生活水平的提高，购买能力也随之提高，购车的人越来越多。车辆的存放问题也随之产生，现在大部分开发的住宅项目，其主楼和中庭绿化带下部都有地下停车库，商业中心地段，道路下部也可能有地下商业街的存在，地下商业街和地下停车场等新兴地下结构形式不断涌现，渐趋扩大之势。这两种结构形式的设计各具其特点，下面将分别介绍。

2.2 地下商业街

2.2.1 功能关系

城市地下商业街是建设在城市地表以下的，能为人们提供围绕商业活动所需要的各种场所，并配套相关设施的地下空间建筑。主要由地下步行道系统、地下经营（店铺）系统、辅助用房所组成，其相关功能关系见图 2-1。

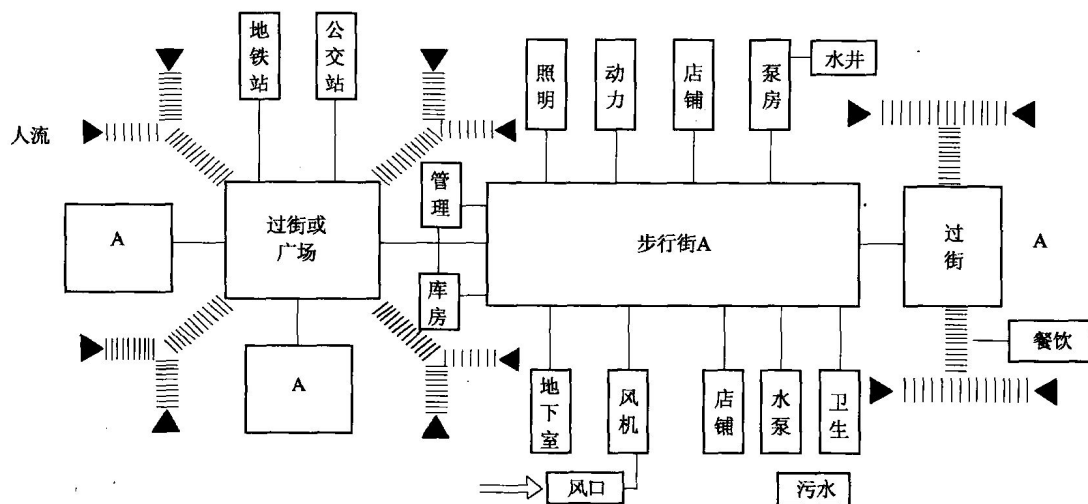


图 2-1 地下商业街功能关系图