



同济大学交通运输工程学院  
COLLEGE OF TRANSPORTATION ENGINEERING  
TONGJI UNIVERSITY

# 城市轨道交通 结构与施工

Structural Design and Construction in  
Urban Mass Transit

城市轨道交通与铁道工程系  
周顺华、宫全美

# Structural Design and Construction in Urban Mass Transit

● 本节主讲：宫全美

● 办公室：交通学院663

● 联系电话：69583652

● 电子邮箱：[gongqm@tongji.edu.cn](mailto:gongqm@tongji.edu.cn)

# 第五章

## 明挖法结构设计

### 第五节

#### 主体结构设计





结构尺寸的初步拟定

构造要求

主体结构设计荷载

主体结构内力计算

主体结构抗浮计算



# 一、结构尺寸的初步拟定



## 主体结构设计主要任务

- 确定满足使用阶段要求的**主体结构尺寸**以及**耐久性设计**等；
- 计算时，各结构构件按最不利荷载组合进行承载能力极限状态和正常使用极限状态验算，同时进行结构刚度、稳定性和抗浮计算，对钢筋混凝土构件尚应进行抗裂和裂缝开展宽度验算。

### 混凝土的最低设计强度等级

#### 最大裂缝宽度允许值

结构类型	允许值(mm)
明挖隧道和矿山法施工的隧道	0.2~0.3
钢筋混凝土管片	0.15~0.2
钢筋混凝土高架结构	0.25~0.3

明挖法	整体式钢筋混凝土结构	C20
	装配式钢筋混凝土结构	C30
	地下连续墙	C25
盾构法	整体式钢筋混凝土管片	C40
	装配式钢筋混凝土衬砌	C20
	挤压式混凝土衬砌	C30
矿山法	喷混凝土衬砌	C20
	现浇混凝土或钢筋混凝土衬砌	C20
顶进法	钢筋混凝土结构	C30

## 结构尺寸的初步拟定

- 车站结构的净空尺寸除满足建筑限界和建筑设计、施工工艺及其它使用要求外，尚考虑施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响。
- **站厅**
  - 地坪装修完成面至结构顶板底的净高(公共区)  $\geq 4100\text{mm}$ ；
  - 公共区地坪装修完成面至吊顶净高  $\geq 3000\text{mm}$ 。
- **站台层**
  - 地坪装修完成面至结构顶板底的净高(公共区)  $\geq 4300\text{mm}$ ；
  - 公共区地坪装修完成面至吊顶净高： $3000\text{mm}$ ；
  - 有效站台计算长度： $140000\text{mm}$ ；
  - 站台边到线路中心距离： $1600\text{mm}$ ；
  - 结构底板面至轨顶面： $540\text{mm}$ (地下站)；
  - 有效站台外站台边缘至线路中心线距离： $1850\text{mm}$ 。

## 结构尺寸的初步拟定

- 为抵抗水土压力、车辆荷载以及特殊荷载，结构的顶板、底板、边墙往往都较厚，一般为0.6~1.0m；顶梁、底梁的截面高度也很大，一般为1.6~2.2m；中间楼板由于要承受较大的设备荷载、人群荷载及装修荷载，其厚度也比一般的楼板厚许多，一般为0.3~0.5m。

结构物	标准断面部分
顶板厚	800
顶纵梁 (b×h)	900×1800
底板厚	1000
底纵梁	900×2200
中板厚	400
中纵梁	550×900
边墙厚	400
柱 (b×h)	600×1100

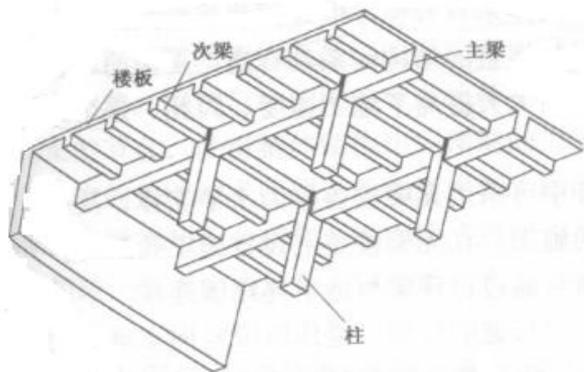


## 二、构造要求

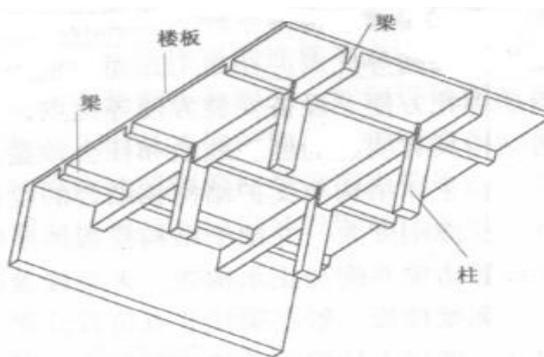


## 构造要求

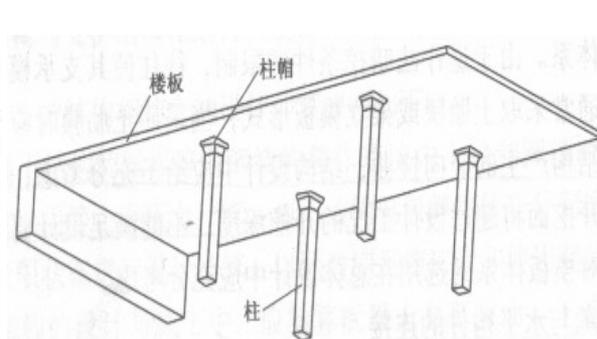
- 由**底板**、**侧墙**、**顶板**以及**楼板**、**梁**、**柱**等内部构件组成；
- 构件的形式和尺寸将直接影响车站内部的使用空间和管线布置等，必须综合受力、使用、建筑、经济和施工等因素确定；



(a) 单向板肋梁楼盖



(b) 双向板肋梁楼盖



(c) 无梁楼盖

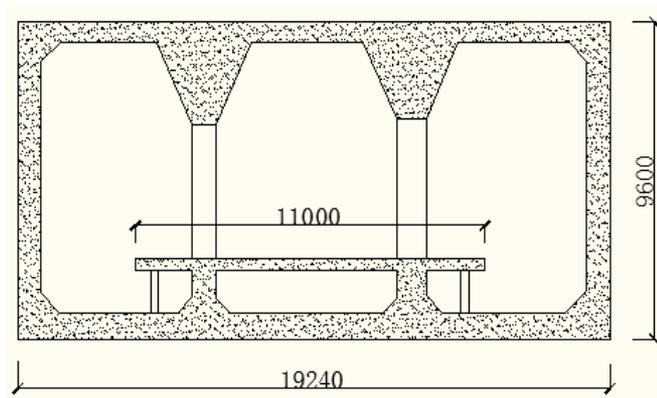
多将板支承在与车站轴线平行的纵梁和侧墙上，单向受力；施工简单、省模板，结构总高度（利用底板与底板梁之间的空间）较小。

由纵横两方向高度相等的梁所支承，双向受力，故板厚可以减薄；两方向宜跨度相同。

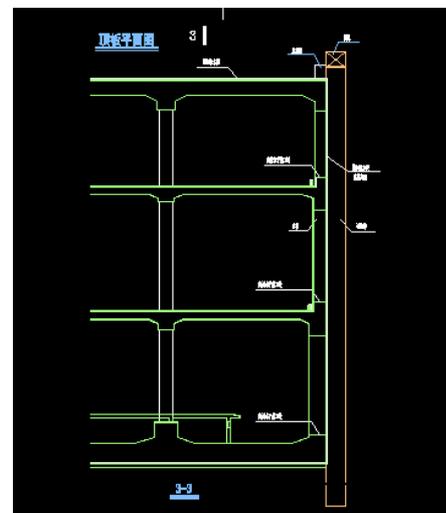
板直接支承在立柱和侧墙上，**传力简捷，省模板**，但板的**厚度较大，且用钢量较多**；柱帽的设计重要。

## 构造要求

- 底板
  - 几乎都采用以纵梁和侧墙为支承的梁式板结构，该结构有利于整体道床和站台下纵向管道的敷设
- 侧墙
  - 当采用放坡开挖或用工字钢桩、钢板桩等做基坑的临时护壁时，侧墙多采用以顶、底板及楼板为支承的单向板；
  - 但采用地下连续墙或钻孔灌注桩护壁时，可利用他们作为主体结构的一部分或全部。
- 立柱
  - 一般为钢筋混凝土结构，可采用方形、矩形、圆形或椭圆形等截面；
  - 按常规荷载设计的地铁车站站台的柱距一般取6~8m；



整体式无梁板式车站(单位: mm)





# 三、主体结构设计荷载

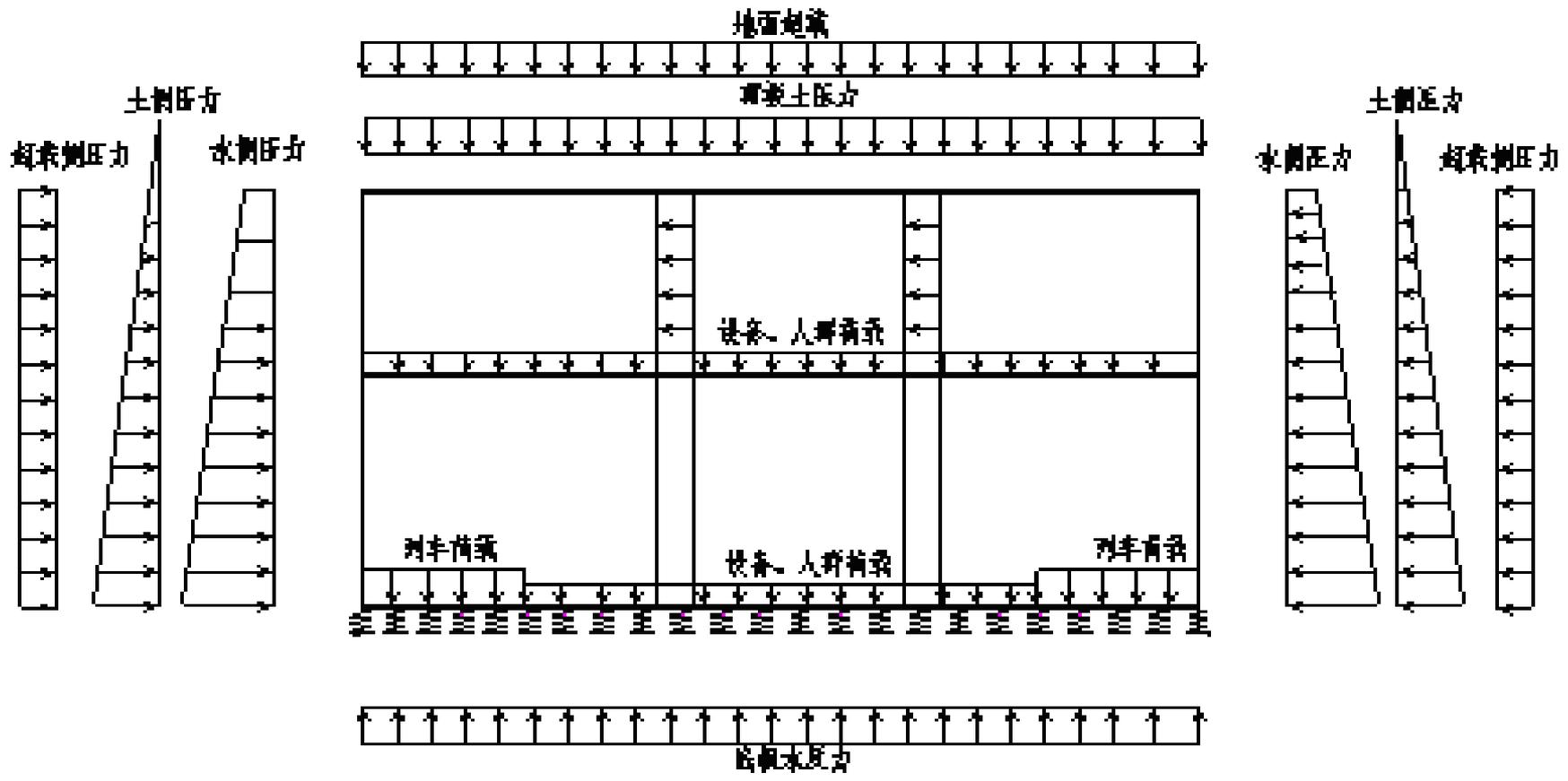


## 主体结构设计荷载

- 横断面计算法：
  - 沿车站纵向截取单位长度的横断面结构，将墙、板假设成单位长度的梁或板单元，将框架柱按刚度或面积换算成单位长度的厚度，底板与地基间采用弹性假定。
- 有限元法进行内力计算：
  - 根据不同的荷载组合得到结构的内力包络图。

荷载分类		荷载名称
永久荷载		结构自重
		地层压力
		隧道上部和破坏棱体范围的设施及建筑物压力
		静水压力及浮力
		混凝土收缩及徐变影响力
		预加应力
		设备重量
		地基下沉影响力
		可变荷载
地面车辆荷载引起的侧向土压力		
地下铁道车辆荷载及其冲击力		
其他可变荷载	人群荷载	
	温度影响力	
	施工荷载	
偶然荷载		地震荷载
		沉船、抛锚或河道疏浚产生的撞击力等灾害性荷载

## 主体结构设计荷载



荷载结构模型、横断面计算、不同荷载组合的内力包络图

## 主体结构设计荷载

### ➤ 结构自重

- 按结构实际重量计算自重标准值。

### ➤ 地层压力

### ➤ 竖向压力

- 明挖法结构一般顶部覆土厚度较薄，顶板承受的竖向地层压力可**按计算截面以上全部土柱重量计算**

### ➤ 水平压力

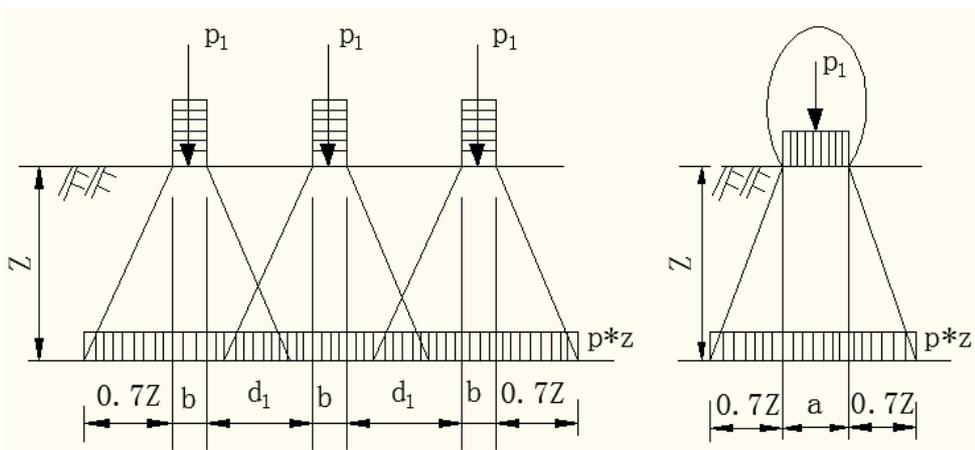
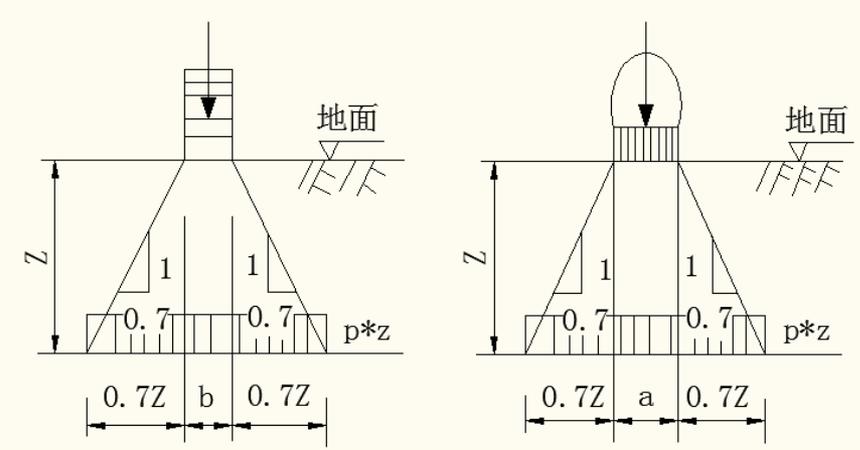
- 根据结构受力过程中墙体位移与地层间的相互关系，可分别按主动土压力、静止土压力或被动土压力计算。
- 在施工阶段对于粘性土采用水土合算，砂性土采用水土分算；使用阶段对各种地层均采用水土合算



## 主体结构设计荷载

### 地面车辆荷载计算

扩散角一般考虑 $30^\circ$



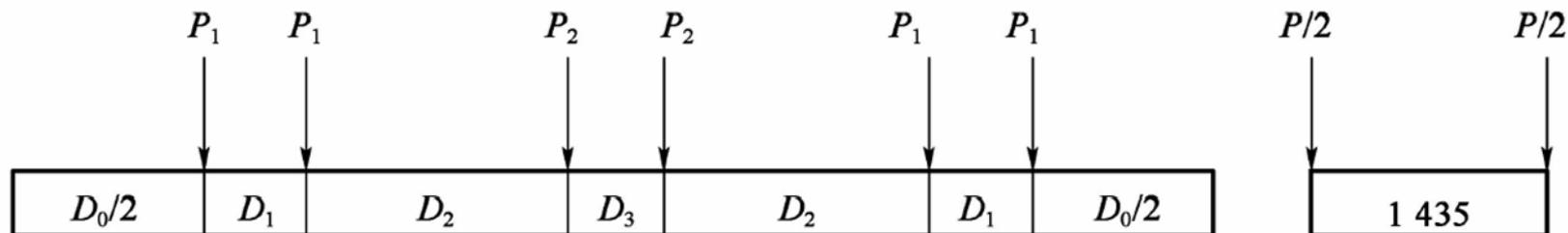
车辆荷载的动力系数

覆盖层厚度 (m)	$\leq 0.25$	0.30	0.40	0.50	0.60	$\geq 0.7$
动力系数 $\mu_0$	1.30	1.25	1.2	1.15	1.05	1.0



## 主体结构设计荷载

### ➤ 结构内部车辆荷载



- 现场实测表明，当轨道直接铺设在车站底板上时，车辆荷载对衬砌应力的影响较小，一般产生的拉应力小于**0.5MPa**，当轨道铺设在**中层楼板**时，车辆荷载及其冲击力计算时可按**等效静载**考虑。

### ➤ 其他荷载

- 地表施工阶段施工机具荷载，一般可取**20kPa**，有特殊要求时可适当放大；
- 车站上部建有建筑物时，应分析计入其荷载；
- 车站内部人群荷载 按《建筑结构荷载规范》计，一般站厅层为**4kN/m<sup>2</sup>**，站台层为**5kN/m<sup>2</sup>**，设备区一般按**8kPa**进行设计。

## 主体结构设计荷载

荷载组合分项系数表

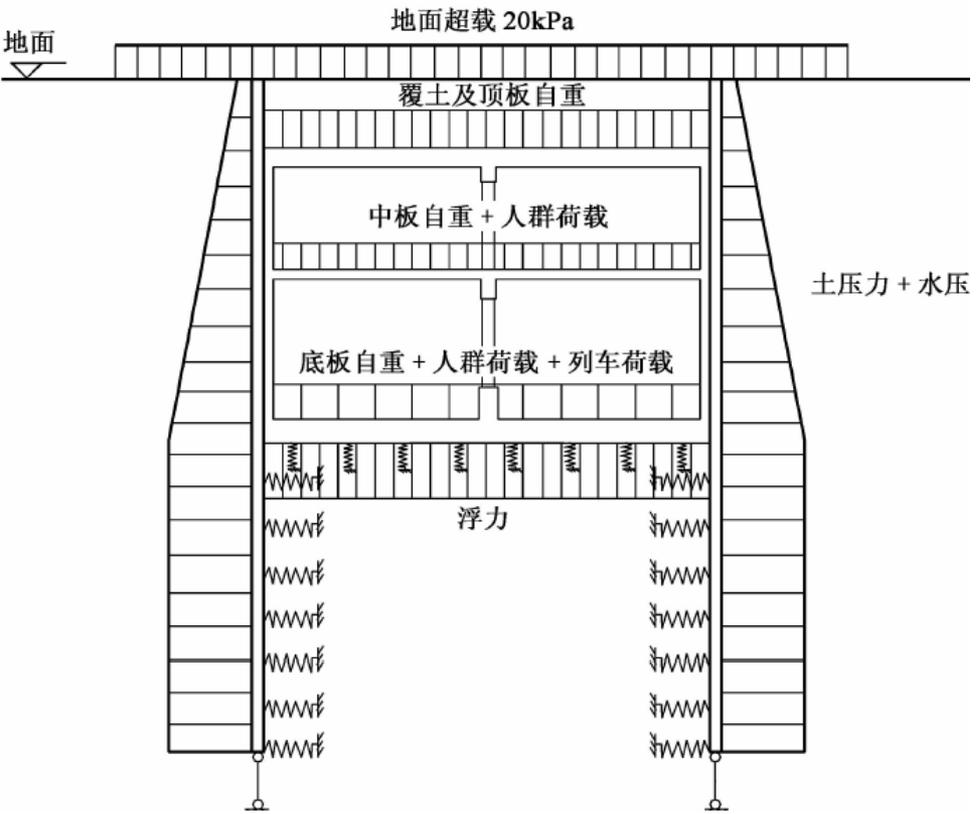
组合情况	1	2	3	4
荷载类型				
自重	1	1.35	1.2	1.2
土压力	1	1.35	1.2	1.2
水压力	1	1.35	1.2	1.2
浮力	1	1.35	1.2	1.2
设备荷载	1	1.35	1.2	1.2
人群荷载	1	1.4		
地面超载	1	1.4		
地震力			1.3	
人防荷载				1
备注	用于结构构件抗裂检算	用于结构构件强度验算	地震工况强度验算	人防工程强度验算



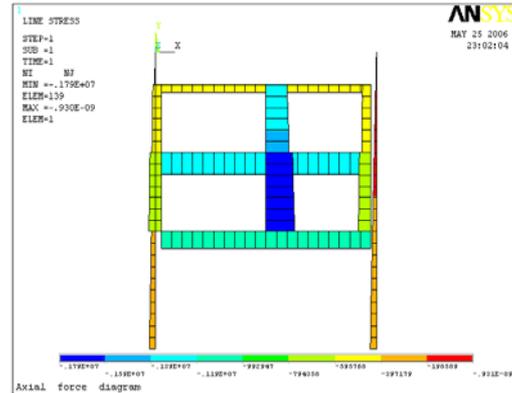
## 四、主体结构内力计算



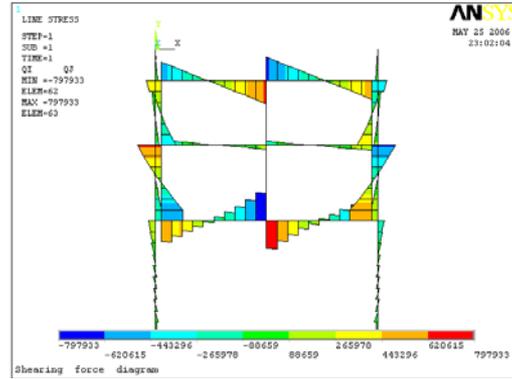
## 主体结构内力计算



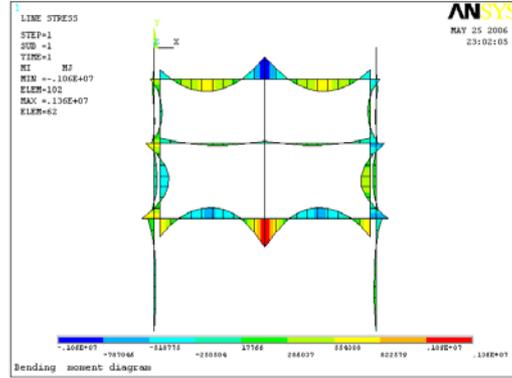
主体结构内力计算的荷载结构模型



➤ 轴力图



➤ 剪力图



➤ 弯矩图



# 五、主体结构抗浮计算

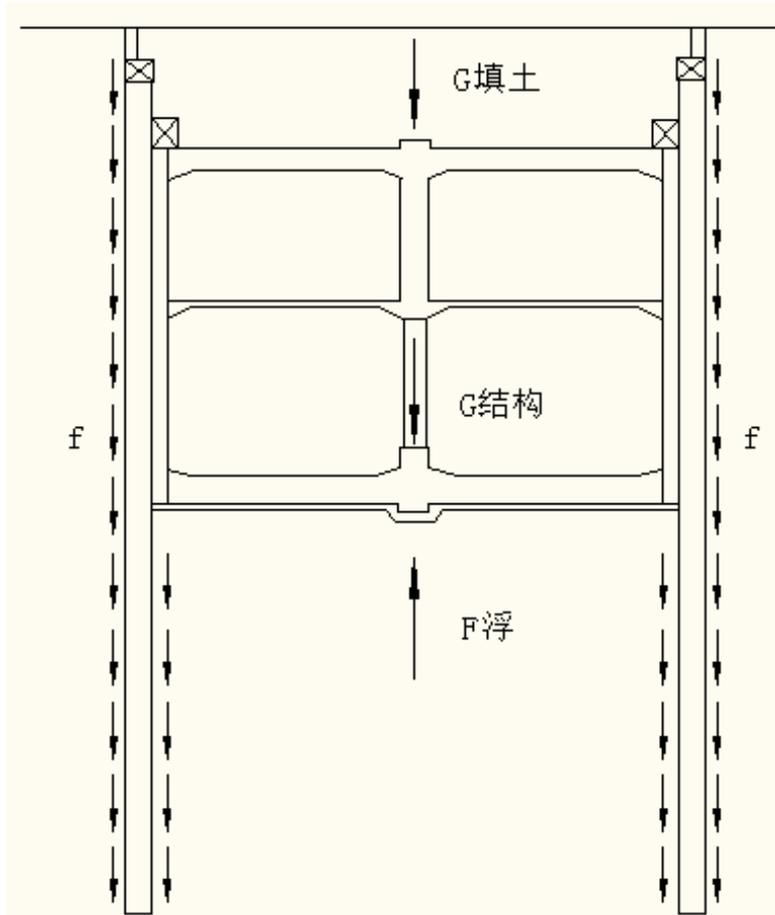


## 主体结构抗浮计算

- 地下水丰富时，需对主体结构进行抗浮验算，使抗浮安全系数满足允许值的要求；

城市	不计侧壁摩阻力时	计入侧壁摩阻力时	说明
上海地铁	1.05	1.10	摩阻力采用值根据实践经验决定，考虑软黏土的流变特性，一般取极限摩阻力的一半
广州、南京、深圳、北京地铁	1.05	1.15	—

## 主体结构抗浮计算



考虑围护结构侧摩阻力的抗浮计算图示

Q：浮力的计算方法？

$$K_{\text{浮}} = \frac{G_{\text{填土}} + G_{\text{结构}} + F_{\text{侧摩阻力}}}{F_{\text{浮}}}$$

## 主体结构抗浮计算

### ➤ 抗浮措施

- 配重法：覆土厚度、底板厚度
- 压顶梁：顶板处围护结构上方浇一圈钢筋混凝土梁
- 抗拔桩
- 抗浮锚桩：高压注浆到岩土体孔隙中

### ➤ 注意点

- 当车站顶因埋设较大管线时，必须扣除管线所占的覆土重量，一旦抗浮安全系数不满足，应采用抗浮措施，使用抗拔桩，或在车站底板上设置泄水孔以减少底板浮力，避免结构上浮，待顶板覆土和上部结构完成后，再将泄水孔封闭。



---

# 思考题

---







---

# QUESTION AND DISCUSSION

---



「 谢谢！」

