



上海理工大学  
UNIVERSITY OF SHANGHAI FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY

# 多工况下地铁车站 屏蔽门承压特性与应用研究



上海理工大学  
环境与建筑学院  
王丽慧 教授 副院长  
2021.4.8



# 提 纲

- 1 背景与目的
- 2 高行车密度屏蔽门承压特性
- 3 多工况卸载屏蔽门承压的可行性
- 4 屏蔽门承压应用潜力预测
- 5 小结



# 1. 背景与目的



## 目的1：不同位置事故屏蔽门的承压情况

其一，利用夜间专开列车实验，再现高密度形成工况；  
其二，利用回车工况，在线100s列车运营工况，获得不同位置出现过事故屏蔽门的承压特征。



## 目的2：既有环控工况调整，优化屏蔽门承压可行性

主要探讨的工况：车站公共区送回风系统调控；车站轨行区上下排热系统调控；活塞风井开启个数调控；活塞风井的中间风阀调控等。



## 目的3：屏蔽门承压的利用潜力

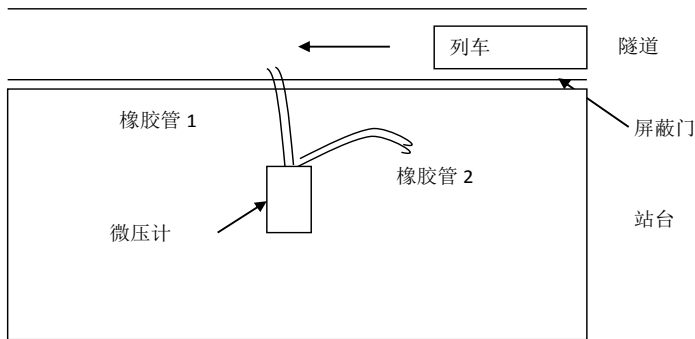
可否在泄压的同时，充分利用活塞风风压，实现车站环控节能。



## 2. 高行车密度屏蔽门承压特性



### 夜间专开列车实验的现场实测方案



历时3-5年

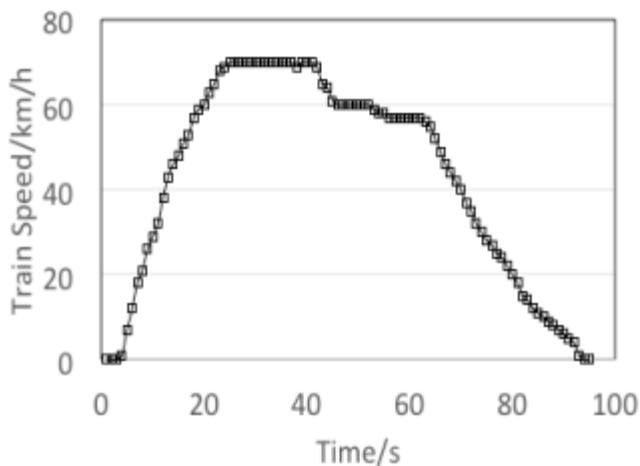
| 线路   | 岛式车站 (个) | 侧式车站 (个) |
|------|----------|----------|
| 8号线  | 4        | 1        |
| 9号线  | 5        | 1        |
| 11号线 | 6        | 2        |
| 12号线 | 9        |          |
| 17号线 | 2        |          |
| 10号线 | 2        | 总计32个车站  |



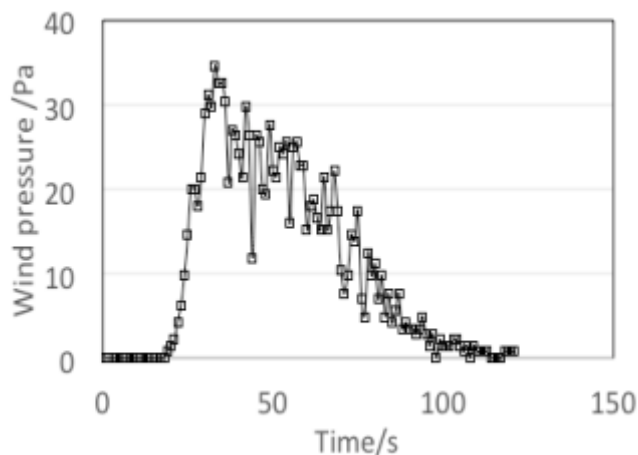
## 2. 高行车密度屏蔽门承压特性



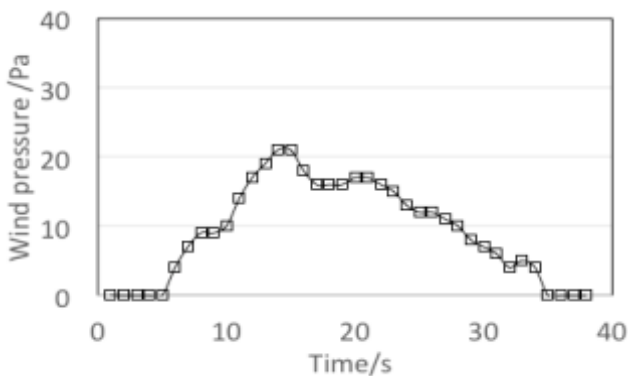
### 夜间专开列车屏蔽门承压代表性结果



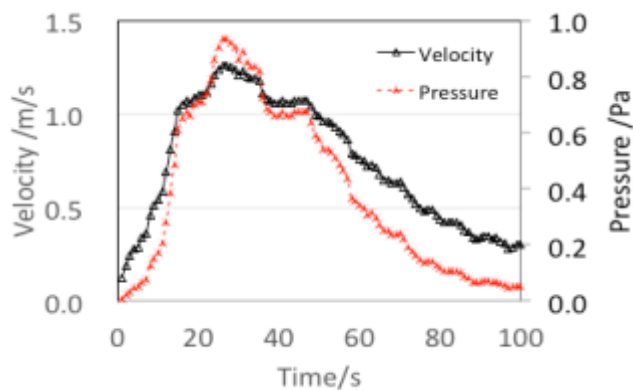
(a) 代表站车速变化



(b) 代表站1号门风压变化



(c) 代表站10号门风压变化



(d) 代表站2 号门边缘风及静压

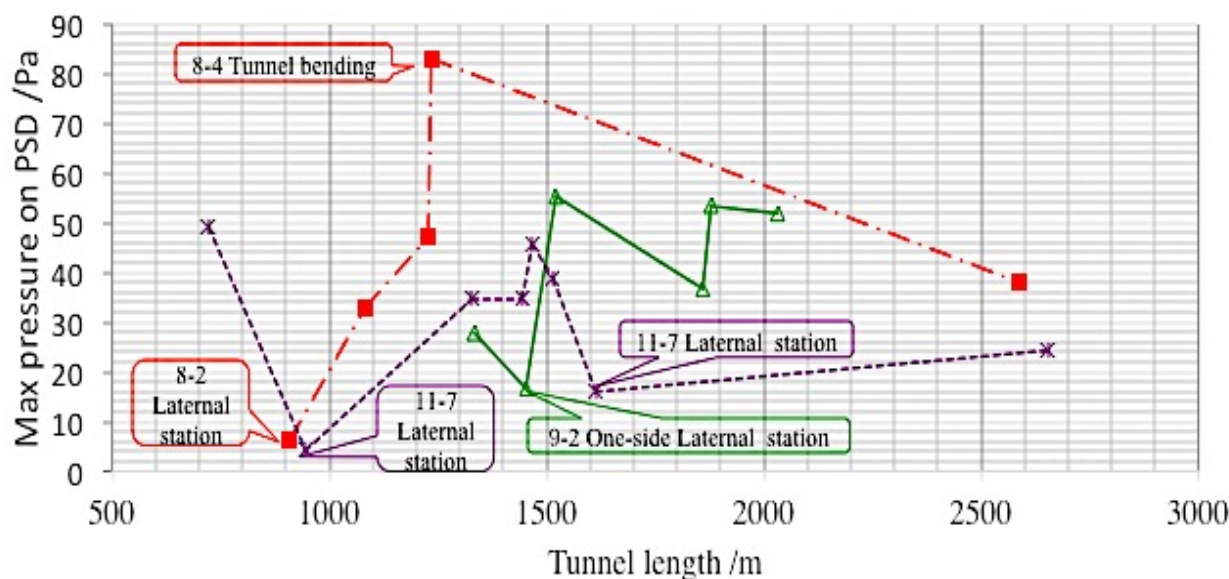
代表站风压测试实验动态结果



## 2. 高行车密度屏蔽门承压特性



### 夜间专开列车屏蔽门承压代表性结果



三条线路各车站最大风压分别随区间隧道长度的分布

### A型列车与C型列车对应参数比较

|             | 列车横截面积 $m^2$ | 隧道盾构内径 $m$ | 隧道横截面积 $m^2$ | 阻塞比  |
|-------------|--------------|------------|--------------|------|
| C型车（8号线）    | 8.9          | 5.6        | 15.90        | 0.56 |
| A型车（9/11号线） | 11.4         | 5.5        | 24.63        | 0.46 |



## 2. 高行车密度屏蔽门承压特性



### 夜间专开列车屏蔽门承压

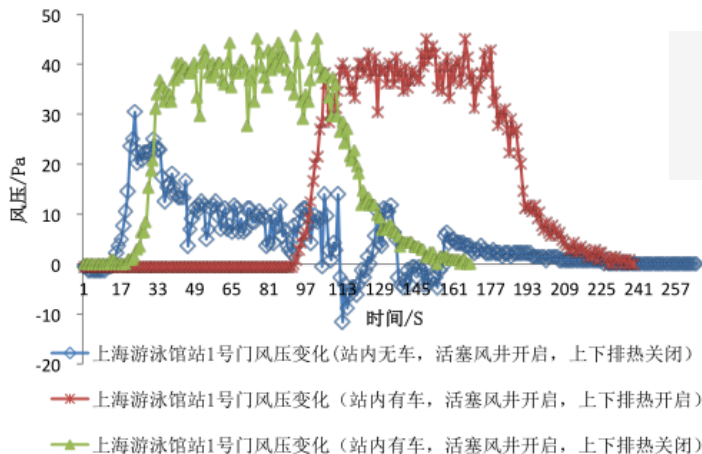


图 6-2 上海游泳馆站 1 号门风压变化

屏蔽门附近有无车/  
上下排热开启与否  
最大承压比较

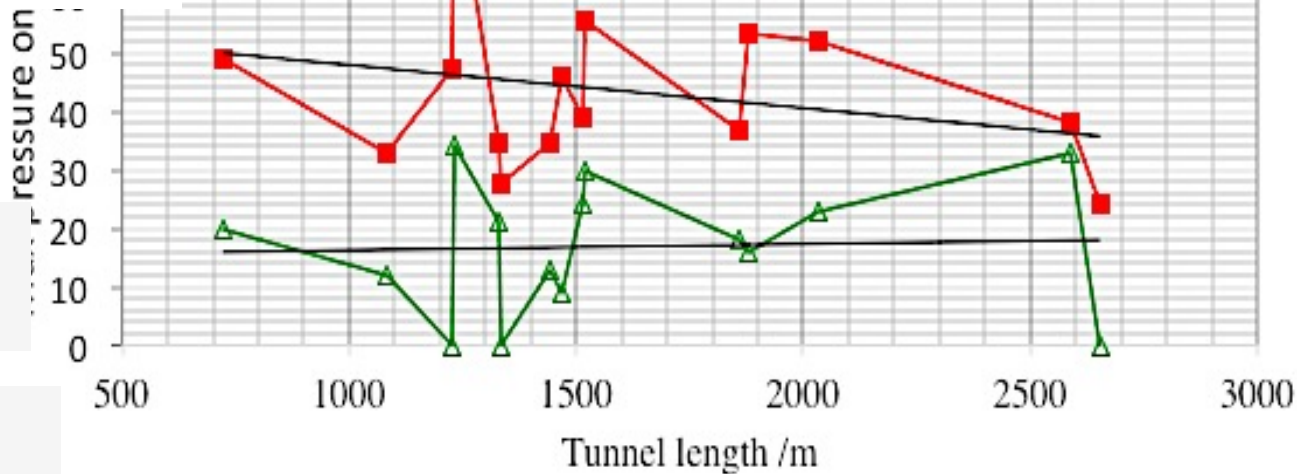
有车&无车  
(屏蔽门附近)

端头&中间  
(屏蔽门位置)

侧式&岛式  
(站台型式)

表 1 三条线路全部车站实测结果范围

| 线路       | 车站<br>个数 | 站台<br>类型 | 1 号门最大风压范围<br>(Pa) |
|----------|----------|----------|--------------------|
| 8<br>号线  | 4        | 岛式       | 32.8-83            |
|          | 1        | 侧式       | 6.3                |
| 9<br>号线  | 5        | 岛式       | 27.7-55.3          |
|          | 1        | 侧式       | 16.7               |
| 11<br>号线 | 6        | 岛式       | 24.3-49.1          |
|          | 2        | 侧式       | 4.2-16             |



各车站1号与10号屏蔽门最大承压分布



# 3.多工况卸载屏蔽门承压的可行性



基于  
目的2  
测试工况

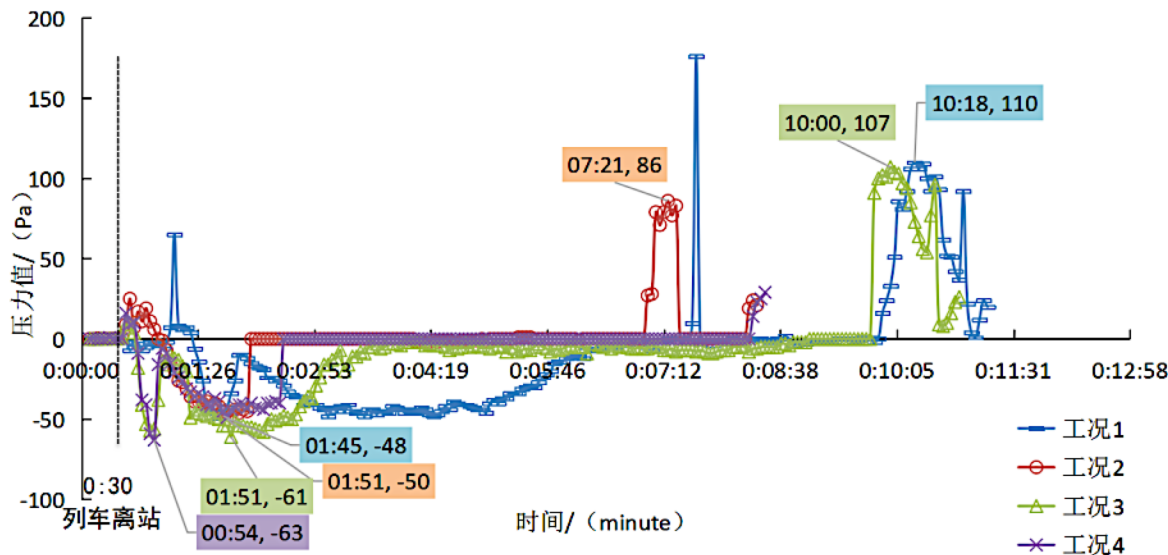
| 工况 | 不变工况说明                                           | 变工况说明          | 具体变工况说明      |
|----|--------------------------------------------------|----------------|--------------|
| 1  | 双活塞风井<br>同时上下排热及中间<br>风阀均关闭                      | 变车站机械送排<br>风系统 | 送风开&排风开      |
| 2  |                                                  |                | 送风关&排风关      |
| 3  |                                                  |                | 送风开&排风关      |
| 4  |                                                  |                | 送风关&排风开      |
| 2  | 双活塞风井<br>同时车站机械送排风<br>系统均关闭                      | 变上下排热系统        | 上排热关&下排热关    |
| 6  |                                                  |                | 上排热开&下排热关    |
| 7  |                                                  |                | 上排热关&下排热开    |
| 8  |                                                  |                | 上排热开&下排热开    |
| 2  | 双活塞风井，同时上<br>下排热及车站机械送<br>排风系统均关闭<br>( 非空调季节工况 ) | 变中间风阀          | 中间风阀关闭       |
| 5  |                                                  |                | 中间风阀开启       |
| 9  | 上下排热及车站机械<br>送排风系统均开启<br>( 远期夏季空调季节<br>工况 )      | 变活塞风井<br>及中间风阀 | 中间风阀关闭的双活塞风井 |
| 10 |                                                  |                | 中间风阀开启的双活塞风井 |
| 11 |                                                  |                | 出站端单风井       |
| 12 |                                                  |                | 进站端单风井       |



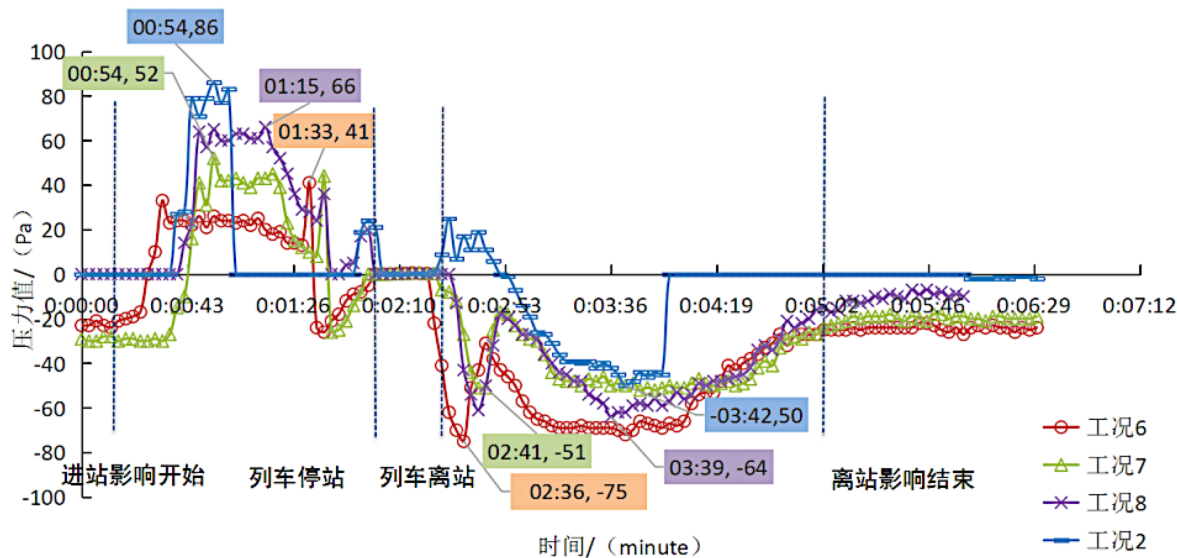
# 3.多工况卸载屏蔽门承压的可行性



代表  
结果  
27号门  
为例



车站公共区送排风系统的影响



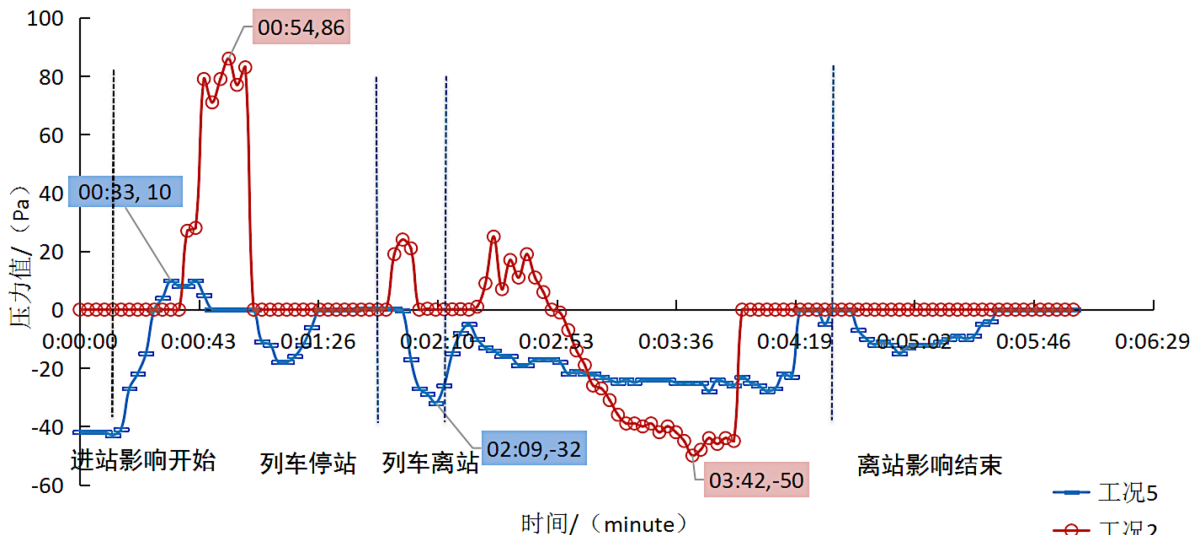
上下排热的影响



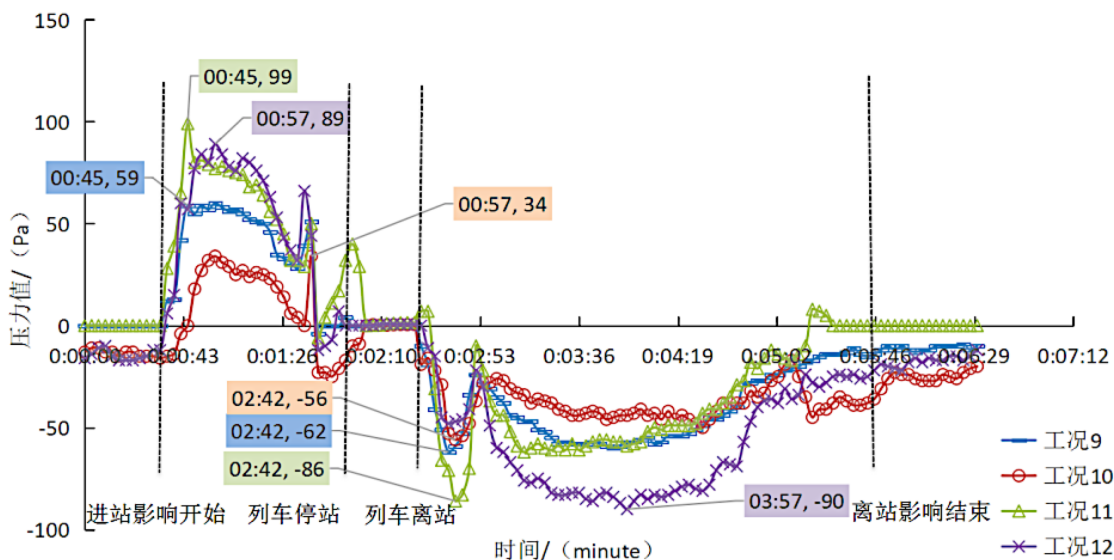
# 3.多工况卸载屏蔽门承压的可行性



代表  
结果  
27号门  
为例



中间风阀的影响



单双风井的影响



# 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



应用方案是怎样的？

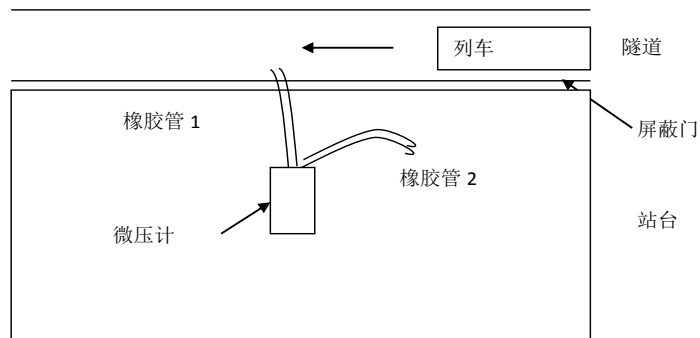
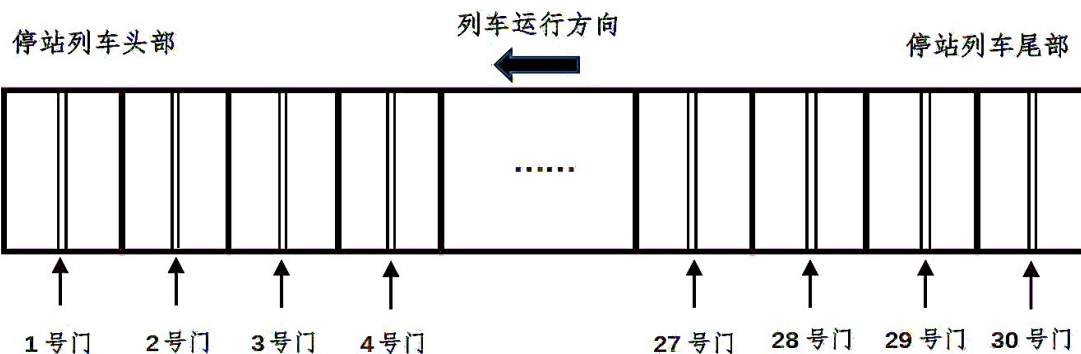
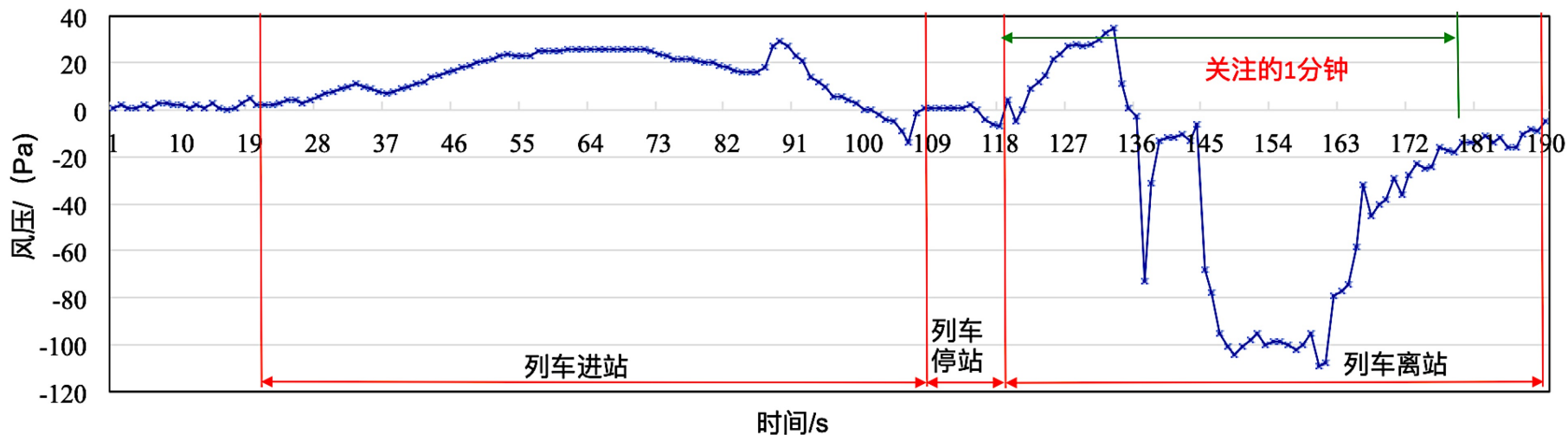


图2 屏蔽门静压测试原理示意图



实测屏蔽门位置示意图



A站2号门现屏蔽门关闭状态承压实测结果



## 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



### 基于现场屏蔽门承压应用的新风量预测模型

$$P_j = \zeta_1 \rho v_1^2 / 2 + 3 \times \zeta_2 \rho v_2^2 / 2 + 4 \times \zeta_3 \rho v_3^2 / 2 + \rho v_1^2 / 2 \quad (1)$$

$$G_1 = G_2 = G_3 \quad (2)$$

$$v_1 \times S_1 \times 8 = v_2 \times S_2 \times 3 = v_3 \times S_3 \times 4 \quad (3)$$

$$Q = 2\gamma \sum_{i=1}^8 \int_0^{\tau_0} v_{1i} S_1 d\tau \quad (4)$$

式中，1, 2, 3分别代表屏蔽门处，楼梯处和出入口处；

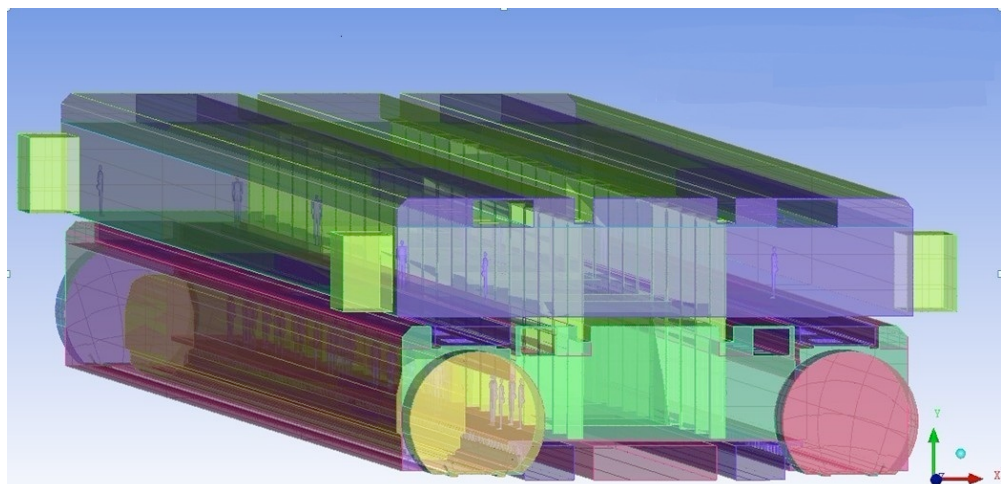
$\zeta$  为综合局部阻力系数； $v$  为风速(m/s)；

$G$  为风量( $\text{m}^3/\text{h}$ )； $S$  为面积( $\text{m}^2$ )；

$\gamma$  为行车密度 (对/h)。

其中各部分阻力系数的选取部分参考

[1]李俊,李晓锋,朱颖心. 地铁屏蔽门漏风量的计算方法及其对空调负荷的影响分析[J].建筑科学.2009, 25(12)



车站数值模拟建模效果图

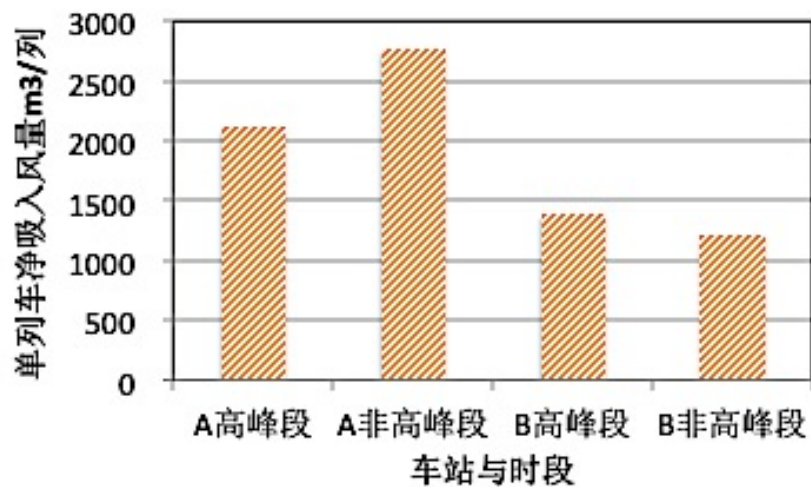


# 4. 屏蔽门承压应用潜力预测

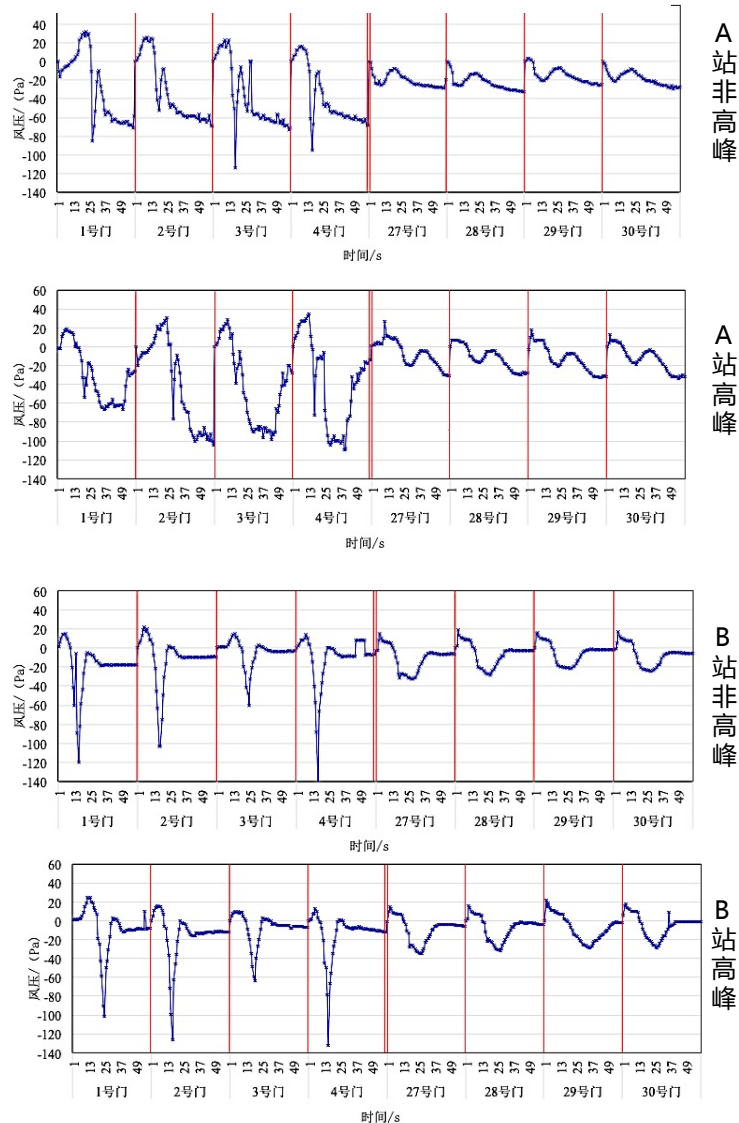


## 新风量预测模型分析结果

列车启动离站至车站两端各4扇屏蔽门  
延迟关闭1分钟



车站总体引入新风量计算图



列车启动1分内各屏蔽门承压实测结果图  
2个车站各8扇门高峰和非高峰时段



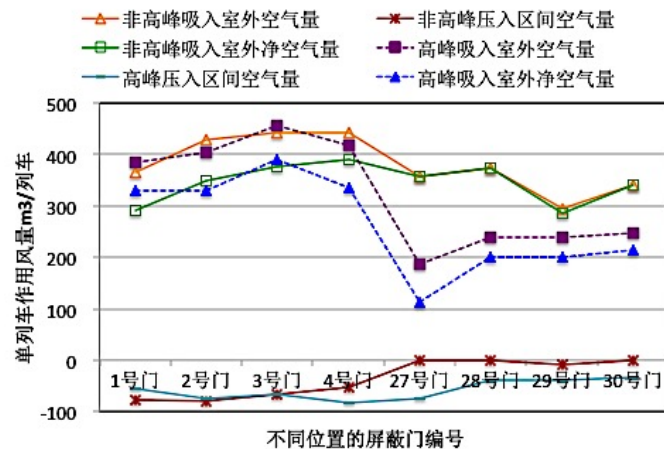
# 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



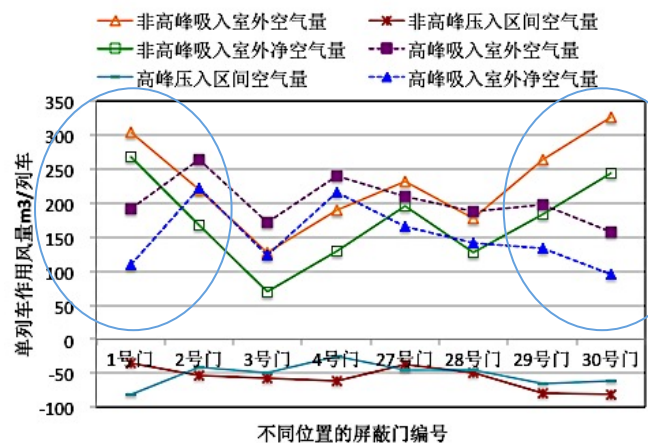
## 新风量预测模型分析结果

两车站逐时引入新风量预测计算结果表

| 列车运行期间逐时    | 上行线方向<br>(辆/h) | 下行线方向<br>(辆/h) | 总行车密度<br>(辆/h) | A 站             |               |              | B 站             |               |              |
|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|--------------|
|             |                |                |                | 单列列车产生新风量(m³/辆) | 每小时总新风量(m³/h) | 占最大设计新风量的百分比 | 单列列车产生新风量(m³/辆) | 每小时总新风量(m³/h) | 占最大设计新风量的百分比 |
| 6:00-7:00   | 12             | 12             | 24             | 2116            | 50784         | 141%         | 1205            | 28920         | 80%          |
| 7:00-8:00   | 12             | 12             | 24             | 2116            | 50784         | 141%         | 1205            | 28920         | 80%          |
| 8:00-9:00   | 12             | 12             | 24             | 2116            | 50784         | 141%         | 1205            | 28920         | 80%          |
| 9:00-10:00  | 11             | 11             | 22             | 2116            | 46552         | 129%         | 1205            | 26510         | 74%          |
| 10:00-11:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 11:00-12:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 12:00-13:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 13:00-14:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 14:00-15:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 15:00-16:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 16:00-17:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 17:00-18:00 | 12             | 12             | 24             | 2116            | 50784         | 141%         | 1205            | 28920         | 80%          |
| 18:00-19:00 | 12             | 12             | 24             | 2116            | 50784         | 141%         | 1205            | 28920         | 80%          |
| 19:00-20:00 | 8              | 8              | 16             | 2766            | 44256         | 123%         | 1386            | 22176         | 62%          |
| 20:00-21:00 | 6              | 6              | 12             | 2766            | 33192         | 92%          | 1386            | 16632         | 46%          |
| 21:00-22:00 | 6              | 6              | 12             | 2766            | 33192         | 92%          | 1386            | 16632         | 46%          |
| 22:00-23:00 | 4              | 6              | 10             | 2766            | 27660         | 77%          | 1386            | 13860         | 39%          |



A站



B站

单列车离站1分钟内8个门引入风量预测结果



# 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



解决方案能在工程中落地吗？

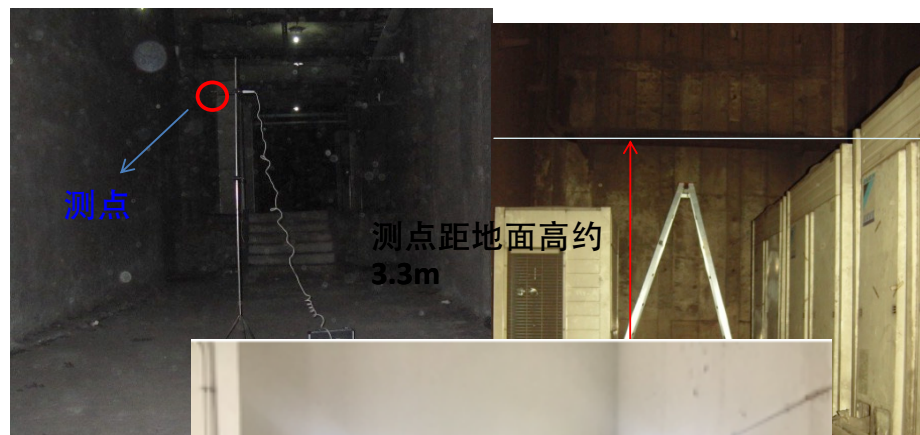
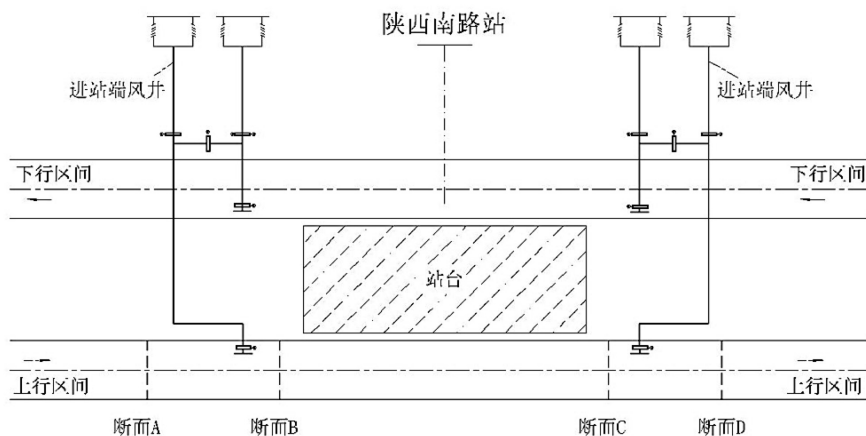
列车启动离站至车站两端各4扇屏蔽门  
延迟关闭1分钟

## 正压阶段的弊端

有效新风量有限，且用于列车车厢用

区间污染浓度高

疫情期间各个车站之间的交叉感染





## 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



解决方案能在工程中落地吗？

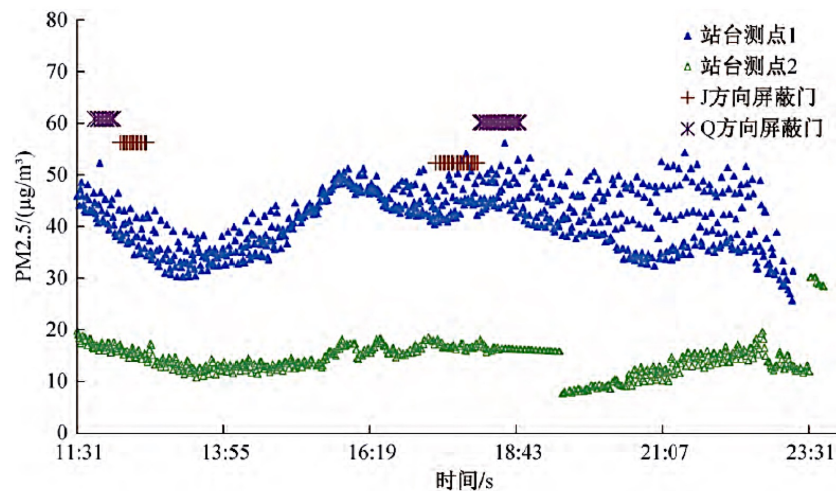
列车启动离站至车站两端各4扇屏蔽门  
延迟关闭1分钟

正压阶段的弊端

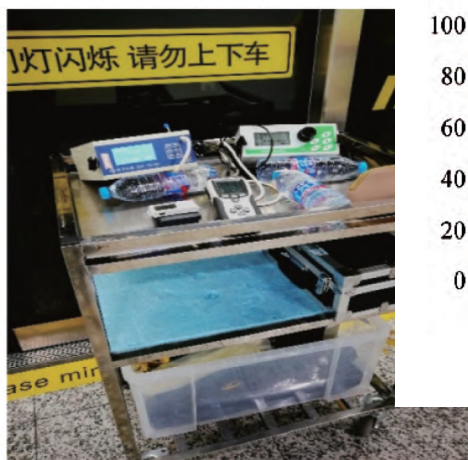
有效新风量有限，且用于列车车厢用

区间污染浓度高

疫情期间各个车站之间的交叉感染



(a) 站台PM值2号测点现场



(b) 屏蔽门附近参数巡检现场

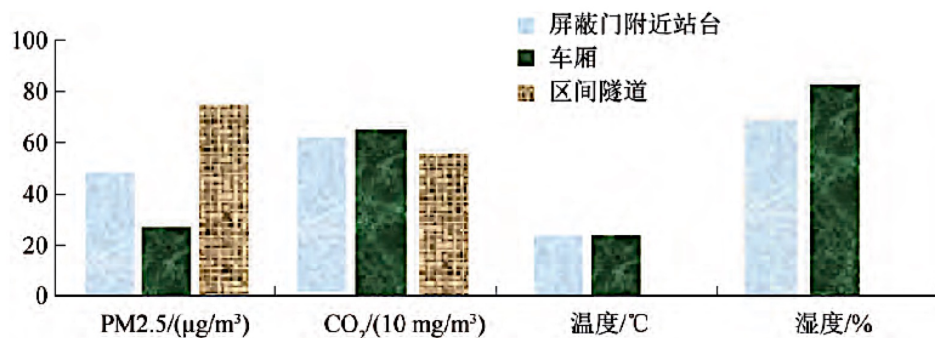


图8 隧道、车厢、屏蔽门处参数变化特性



## 4. 屏蔽门承压应用潜力预测



### 解决方案能在工程中落地吗？

列车启动离站车站两端各4扇屏蔽门  
延迟关闭1分钟

#### 建议1 多举措保障乘客安全性？

- A. 车站长120m,66m,30扇中的8扇，开启占12%；
- B. 列车离站乘客进入列车，且站两端滞留乘客少；
- C. 1分钟后此个别屏蔽门即关闭，不会对车站其他运行造成影响；
- D. 车厢乘客从其他屏蔽门上下车，车站处建立围栏保障乘客安全。

#### 建议2 空气品质如何进一步保证？

负压吸风为主，多来自室外新鲜空气，室外有雾霾慎用

#### 建议3 在既有屏蔽门地铁车站容易实现吗？

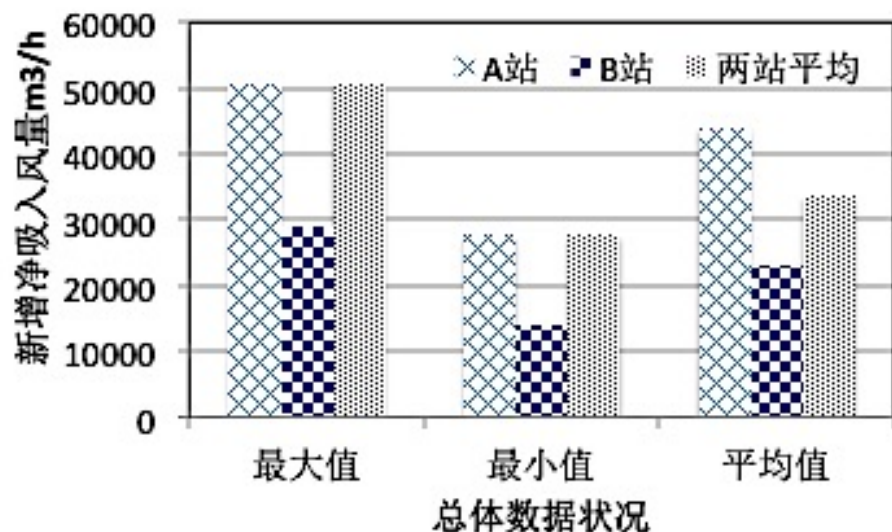
将所有屏蔽门关闭后的列车离站控制策略，改为仅两端各4扇屏蔽门之外的门关闭后列车离站；设置此各4扇屏蔽门延迟关闭1分钟，其他不变



## 4. 结论



扬长避短发挥列车运行产生的活塞风形成风压的优势



车站总体引入新风量计算图

(1) 增强乘客健康安全保护

疫情期间可平均引入室外新风  
 $33653\text{m}^3/\text{h}$ ，占设计风量约94%，优质空气；

(2) 充分利用地铁特有的自然风能

没有新的耗能设备投资，充分利用地铁活塞风的长处；

(3) 操作便利安全灵活,平战结合

只需个别屏蔽门控制略作调整，不影响正常地铁运行，便于落地，平时室外温度和空气品质适宜的时期，也可采用，具体边侧门开启数量可调整；大大地铁环控通风系统能耗。



感谢大家宝贵时间的聆听，  
请多多指教！



王丽慧

13816498129

[wanglihui@usst.edu.cn](mailto:wanglihui@usst.edu.cn)

[66amy99@126.com](mailto:66amy99@126.com)

