

# 地下铁道环控制式选取之我见

巩 云<sup>\*</sup>

(铁道部第二勘测设计院)

**提要** 作者在编制南方某城的轻轨可研报告过程中,比较了国内现有或正修建的几条地铁,分析它们采用不同的环控制式的主要原因,并提出另一种的环控制式“开式空气幕系统”。

**主题词** 地下铁道 环控制式 开式空气幕系统

## 1 概述

据世界各地地铁运行经验表明,凡是最热月月平均温度超过 $25^{\circ}\text{C}$ ,车辆编组为六节及以上,运行间隔时间2~3分钟时,地下车站均须设置空调系统。目前,国内上海地铁一号线、重庆地铁一号线、广州地铁一号线,其地下车站设有空调系统;重庆轻轨二号线、上海地铁二号线在其可研报告中,也指出地下车站应设置空调系统。

所谓地铁环境控制(简称环控)是指为维护乘客乘车时对车厢及车站的舒适度要求而采取的空调通风系统,如利用活塞风、借助风井、强制机械通风、空调制冷系统及空气幕系统等,环控制式的选取,就是将它们在不同的季节作不同的组合,进行设计的最佳选择。

分析世界各地的环控制式系统表明,大致可分为如下三类:

### 1.1 开式系统

在车站两端及区间隧道内设置多座通风井,正常运行条件下,通风井均开启,利用列车活塞风交换地上与地下的空气,以达到排热之目的。本系统风井造价高,占地大,但运行系统简单可靠,世界上现有亚特兰大地铁、委内瑞拉地铁等采用此方式。由于我国地铁多修建在人口稠密、用地紧张的大城市,因而本系统在国内环控制式方案选取上基本不采用。

### 1.2 闭式系统

指站内空气与地上空气不直接相通的方式,站内设置空调,站两端设置通风竖井。正常运

<sup>\*</sup> 本文收稿日期: 1997-01-11 巩云 铁道部第二勘测设计院建筑处 成都 邮码: 610031

行时,当室外空气焓值高于空调回风焓值时,关闭各通风竖井,使整个车站空调风系统为闭式循环加新风的形式,当站外空气焓值低于空调回风焓值时,则打开各通风竖井,利用外界空气来降温。目前香港地铁、广州地铁等采用此方式。本系统的优点是车站向轨道敞开利用车站空气降低隧道内温度,系统运行简单可靠,缺点是制冷量大,环控机房面积大,站台层噪声大,环控系统运行费用高。

### 1.3 屏蔽门系统

在站台两侧安装可滑动的屏蔽门,将轨道和车站两个环境条件要求不同的区域分隔开来,隧道内空气不与站内空气交流。站内采用空调系统,隧道内热量利用列车活塞风通过内井排除。采用本系统的有新加坡地铁、上海地铁一号线,本方案的优点是:(1)保证乘客在站内的安全;(2)使站内相对干净清洁;(3)站台噪声低;(4)制冷机装机容量低,占地面积小,组合式空调机容量小,二次运行费用低;(5)火灾时气流流向易于控制。缺点是对列车停站的位置准确性要求高,屏蔽门本身投资较高,对特长区间隧道不能满足小于 $35^{\circ}\text{C}$ 的温度要求,同时还具有潜在的危险性。

通过以上对此表明,所谓屏蔽门系统或闭式系统,其最大区别在于是否将隧道内的列车运行发热及列车空调发热带入车站,而这部份热量占站台层总发热量的 $70\% \sim 80\%$ ,所以,如何排除这部份热量,成为设计人员最大的难题之一。

## 2 实例及分析

为了方便起见,现将南方三城市分别称作甲、乙、丙三城,对其采用的地铁环控制式逐一比较分析:

### 2.1 甲城

本城市现有地铁一号线已经开通运行,地铁二号线环控制式已通过专家论证。地铁一号线环控制式为屏蔽门系统,采用的原因除上述介绍的优点外,还因为闭式系统的冷负荷是屏蔽门系统的三倍左右,相应年运营费要增加一倍,故采用屏蔽门方案。而在地铁二号线环控制式专题论证报告中的首选推荐方案为闭式系统,采用的主要原因为车站和区间的隧道温度、湿度和气流速度在不同的工况条件下都能符合设计要求;同时工况转换简单明了,设备工作的可靠性高,正常情况下无需启动机械通风系统(仅在火灾或阻塞事故时,才启动机械通风系统);二号线不采用屏蔽门的主要原因是单纯利用列车活塞风通过竖井来排除隧道内列车发热量时,无法满足隧道内(特别在长区间隧道内)要求控制温度小于 $35^{\circ}\text{C}$ 之要求,如果要解决这个问题,就必须采用如下方法:①增加平时机械通风系统;或②增加中间风井。对方法①意味着加大机房面积,增大土建投资约550万元/座车站,同时,增多了工况转换点,降低了设备工作的可靠性。对方法②来讲,虽然其在技术指标上可行,但在实施中却会带来诸多麻烦,如增大风井投资,施工期延长,征地拆迁量大,及搬移市政管路等,单风井投资一项全线就增加土建投资约1.8亿元。而且从年运营费上来看,闭式系统、屏蔽门加机械通风系统及屏蔽门加中间风井系统三者的比例为1:1.03:1.08,故综合考虑地铁二号线采用闭式系统。

## 2.2 乙城

本城地铁一号线正在修建之中,其环控制式为闭式系统的主要原因是采用屏蔽门不能满足隧道内温度小于  $35^{\circ}\text{C}$  之要求,如因此(1)增加单独的冷却系统,那么屏蔽门系统的总小时耗电量高于闭式系统  $27\text{kW}$ ; (2)增加中间风井,则增加风井投资  $30\text{万元/座}$ 。虽然闭式系统年运行费高出屏蔽门  $46\text{万元}$ ,但屏蔽门价格昂贵,每站约  $220\text{万元}$ ,全线设备价总计屏蔽门系统高出闭式系统  $2\,412\text{万元}$ 。两者悬殊太多,加上利息,屏蔽门系统已无比选的价值。还有,一旦某组屏蔽门出现故障时,还会影响全线的运输能力,综上所述,本线推荐方案为闭式系统。

## 2.3 丙城

本城地铁一号线已完成部份施工,轻轨二号线已完成可行性研究报告。地铁一号线不采用屏蔽门系统的主要原因有三: (1)屏蔽门系统无法满足区间隧道温度小于  $35^{\circ}\text{C}$  要求。(2)屏蔽门一次性投资大,每站约  $220\text{万元}$ 。(3)对列车运行的停站准确性要求高,增加了不必要的技术难度,所以地铁一号线采用闭式系统。而本城轻轨二号线采用屏蔽门系统的主要原因有: (1)全线仅三个地下站,屏蔽门的投资占总投资比例不多,全线屏蔽门投资总计  $680\text{万元}$ ; (2)区间隧道较短,一般在  $0.5\sim 0.6\text{ km}$  左右,故区间隧道温度超过  $35^{\circ}\text{C}$  的可能性不大,通过列车活塞风即可排除余热; (3)环控制机房小,制冷装机量小,节约一次投资费及相应二次运行费用。

通过以上实例不难发现,当设计者推荐闭式系统为首选方案时,淡化了如下几个问题: (1)环控机房面积太大,乙城环控机房面积平均为  $1\,200\sim 2\,000\text{ m}^2$ ,这部份的造价是个不小的数值; (2)由于冷负荷大于屏蔽门系统而增加的组合式空调机、制冷机、冷却塔及水泵等的设备价; (3)由于将隧道内空气与站内空气混合在一起,因而在焓湿图中,室内回风点的位置难以判断准确,直接影响了站台组合式空调机选型的准确性; (4)未考虑由于屏蔽门系统的空调风量小于闭式系统,从而减小的空调进排风井的面积及相应的造价; (5)加大了屏蔽门的造价,按目前国内报价,一个岛式地下车站屏蔽门全套造价约  $110\sim 170\text{万元}$ 。

同样,当设计者推荐屏蔽门系统为首选方案时,也淡化了如下几个问题: (1)由于要求列车停靠站的准确性而增加的列车自动控制系统的费用; (2)屏蔽门本身出现故障时的临时解决办法(特别在火灾时),也就是说潜在的危险性; (3)长区间隧道内温度超过  $35^{\circ}\text{C}$  怎么办。

综合看来,屏蔽门系统和闭式系统二者之间并没有哪一种具有绝对优势压倒另一方,它们之间的优缺点是相应而言的,正如甲城地铁二号线环控专家论证时指出:“闭式方案空调制冷设备增多,车站环控机房面积约增加  $40\%$ ,但与屏蔽门设备投资相比,闭式方案环控系统总投资额有所减少;由于二号线客流量大,站间距长,屏蔽门方案依靠活塞换气不能保证正常工况下隧道温度小于、等于  $35^{\circ}\text{C}$  的要求,必须使用大量机械排风或采用人工冷源进行排热降温,致使屏蔽门系统方案比闭式节省电耗  $30\%$  左右;屏蔽门方案和闭式方案各有优缺点”。

能不能有一种将二者优点结合在一起的方法呢?通过资料查询,理论论证,笔者认为还应有一种环控制式可用于地下铁道系统,在此暂且命名为“开式空气幕系统”。

### 3 开式空气幕系统

顾名思义,开式即区间隧道的排热仍利用活塞风与室外交换空气来进行的,同时用无形的空气幕取代固定有形的屏蔽门。有资料介绍:日本东京某地下车站采用空气幕隔热效果为22.2%,具体如图1所示。

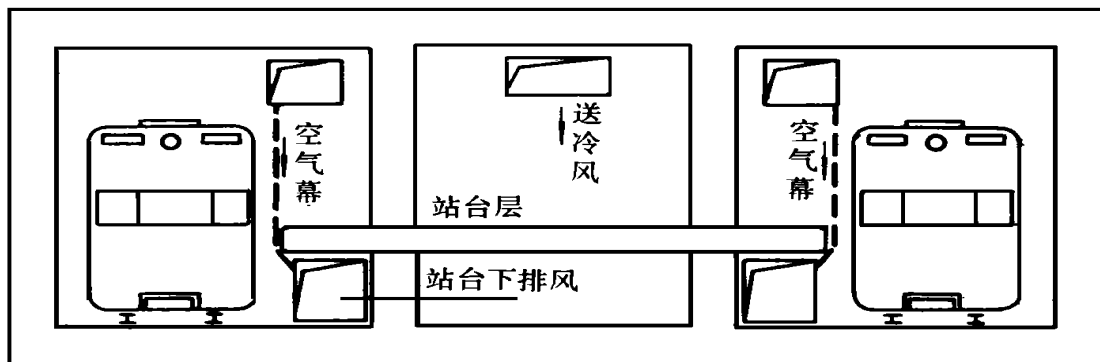


图 1

本系统的优点在利用了屏蔽门的优点,减少了列车刹车入侵站台的发热量,列车空调冷凝器入侵站台的发热量,车站与区间的热交换及列车活塞风入侵站台的发热量;同时,避免了屏蔽门潜在的危险性,及降低了列车停靠站的准确性,从而降低车辆本身的造价。利用空气幕代替屏蔽门,降低了造价约为屏蔽门的1/3~1/4。本系统最明显的特点在于降低了环控机房的面积及利用空气幕,从而减少了一次投资费用;又因冷负荷低,装机容量小,也减少了二次运行费用。至此,也许会有人提出:如果采用本系统区间隧道通过活塞风排热满足不了不大于 $35^{\circ}\text{C}$ 的要求时怎么办?针对这个问题,笔者提供三条措施以供参考:

(1)区间隧道温度超过 $35^{\circ}\text{C}$ ,一般只出现在特长区间隧道内,因而在最初地铁线路方案比选中,环控专业应参予意见,尽量避免出现特长区间隧道。正如SES程序计算结果表明:地下铁道车站间距不宜过长,因一旦出现两列车同时阻塞在同一特长区间隧道时,其高温问题环控系统将难以解决。

(2)采用如下图的形式,在车站区间内排走列车空调冷凝器热量,从而对降低区间隧道温度起到一定的作用。

(3)即使是区间隧道超过 $35^{\circ}\text{C}$ ,超过的时间也是短暂的而不是整个运行时间内,因而笔者考虑利用阻塞事故风机抽取站台层冷风送至隧道内来解决这一问题。该风机的启动完全采用自控方式来进行,在区间隧道特定部位设置感温元件和温控器以决定风机的启停,那么风机仅需在隧道温度高于 $35^{\circ}\text{C}$ 时才开启,因而风机的运行是间歇的、节能的。

到目前为止,“开式空气幕系统”只作为一个方案及设想而提出,为验证其实施的可能性及为今后设计提供详实可信的数据,本系统已作为一项科研课题于1995年底上报铁道部申请立项,待批准之后,我们将很快投入工作,以提供详尽的实验数据及资料,供同行们参考及使用。

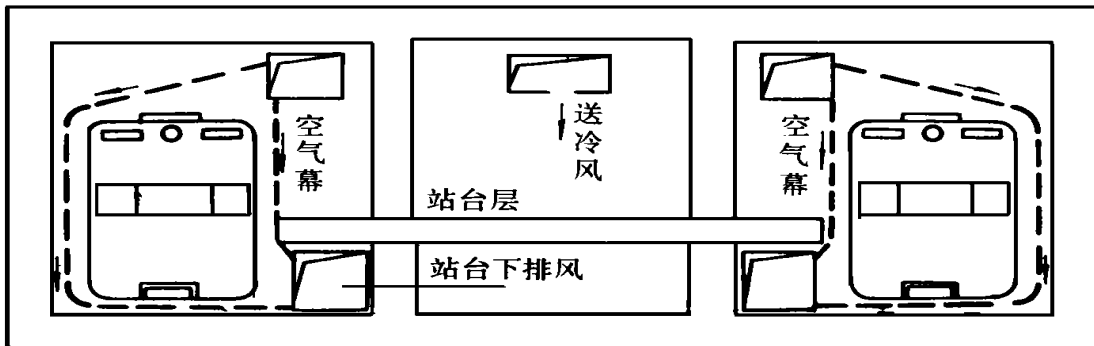


图 2

## 参考文献

- 1 地下工程与隧道. 1989. 1~ 1994. 4
- 2 重庆轻轨 (二号线) 可行性研究报告

## SELECTION OF ENVIRONMENT CONTROL SYSTEM FOR SUBWAY

Gong Yun

Second Survey and Design Institute of MOR

**Abstract** During the procedure of making a feasibility research report for light rail of a certain city in the south region, by making comparison between several existing and recently-built subway in China, the important reasons for selecting different environment control systems are analyzed. Another environment control system—— an open-type air-screen system has been proposed also by the author in this paper.

**Keywords** subway; environment control system; open-type air-screen system