



城市轨道交通通风空调 多功能设备集成系统

北京城建设计研究总院有限责任公司 李国庆★

摘要 根据国内城市轨道交通通风空调系统的状况和存在的问题,结合北京地铁 5 号线具体工程,提出了一种新型的通风空调系统。从技术和经济等方面进行了分析,并与实际应用效果进行对比,论证了新系统的优越性。

关键词 城市轨道交通 通风空调 集成系统

Multi-function integrated ventilating and air conditioning system for the urban rail traffic

By Li Guoqing★

Abstract Based on the condition and existing problems of ventilating and air conditioning system in urban rail traffic, puts forward a new system according to the actual engineering project of Beijing Subway Line 5. Compares with its actual application, and demonstrates advantages of the new system from technical and economical aspects

Keywords urban rail traffic, ventilating and air conditioning, integrated system

★ Beijing Urban Engineering Design and Research Institute, Beijing, China

①

0 引言

城市轨道交通具有安全、快捷、运量大、环境污染小的特点,是解决城市交通拥堵问题的最佳途径。目前,国内多个城市多条轨道交通线路同时在建设或酝酿之中,到 2015 年,仅北京市通车里程就将达到 561 km。

但是,城市轨道交通系统造价高昂,运行能耗更是居高不下。通风空调系统在城市轨道交通工程中占用了大量地下空间,导致巨额的投资,在运行中也产生了巨大的能耗,因此,合理的通风空调系统方案和系统运营模式对城市轨道交通建设和运营都具有重大意义。

1 国内城市轨道交通通风空调系统存在的实际问题

城市轨道交通通风空调系统是根据当地的气候和运输能力设定的,可以分为通风系统、开闭式通风空调系统和屏蔽门式空调系统等 3 种主要方式。经过多年的实际应用发现,国内现有的通风空调系统存在以下主要问题,需要认真加以考虑和解决。

1) 占用面积和空间巨大,地下机房面积占到地下车站总面积的 12%~30%。

2) 系统运行能耗巨大,在现有的实际能耗统计中,通风空调系统的能耗已经达到了城市轨道交通总能耗的 50%左右。

3) 系统设置构成复杂,控制运行不便;系统配置在实

际运行上存在相对闲置状况。

2 城市轨道交通通风空调多功能设备集成系统

为解决存在的主要问题,提出了城市轨道交通通风空调多功能设备集成系统的思路,它在系统的构成、系统功能的实现以及运行方式和系统控制方面均具有全新的特点,此系统已经在北京地铁 5 号线实际工程中应用,并取得了良好的实效。

2.1 系统构成

城市轨道交通通风空调多功能设备集成系统原理图如图 1 所示。典型地下车站的新型通风空调系统的构成基本上是车站两端各设置两条风道(一条送风道和一条排风道),在每端的送风道内设置自动开启式表冷器,并利用车站送、排风道及风道内的送、排风机,消声器,电动组合风阀等组成车站公共区空气处理系统。

车站公共区通风空调系统兼作站台、站厅的排烟系统,排风机兼作排烟风机。利用相关风阀的开启和关闭组合,可以对车站公共区火灾区域进行排烟。

①★ 李国庆,男,1966 年 10 月生,硕士研究生,教授级高工
100044 北京市西城区阜成门北大街 5 号
(010) 88336002
E-mail: ligq@buedri.com
收稿日期:2009-03-17

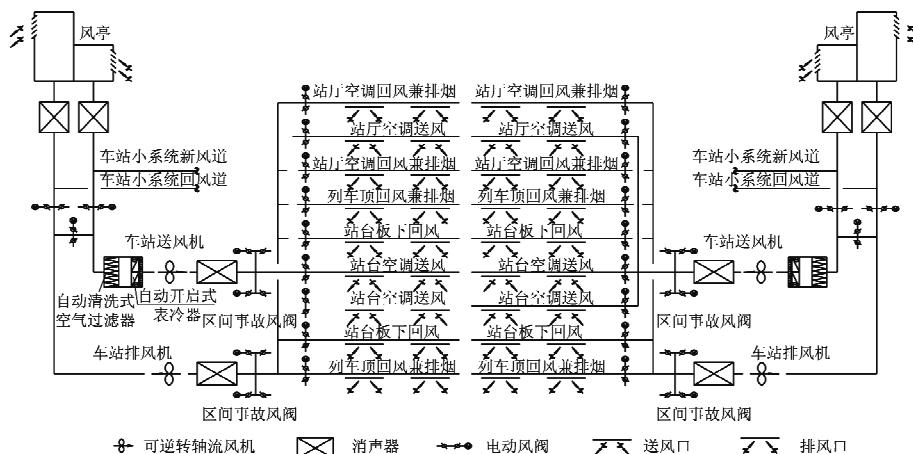


图1 城市轨道交通通风空调多功能设备集成系统原理图

车站送、排风机兼作区间隧道事故通风机，并在车站两端对应隧道部位设置相应的电动组合风阀，与风道内相应设备组成区间隧道事故通风排烟系统。

可以看出，这套系统将各种工况下的需求统一处理，通过共用设备、风道等，巧妙地利用一套设备，将区间隧道事故通风系统与车站公共区通风空调系统合二为一，构成了一种形式简单、功能齐全、节约机房占地面积、造价低廉的新型通风空调系统。

为保证系统功能的更好实现，以及设备与系统功能的有机匹配，采用了自动开启式表冷器、电动开启式空气过滤器和风机变频等新设备和新技术。

2.2 系统的技术经济特性

1) 系统功能

新型系统完全具备了传统系统所涵盖的车站和隧道的内部空气环境控制功能，很好地满足了事故和火灾工况下的通风、排烟需求。而且，当列车阻塞在区间时，新型系统可以向阻塞区间输送冷风，所以，相比较传统的通风空调系统，在区间阻塞通风功能上具有明显的优越性。

北京地铁5号线于2006年开通运行，在实际运行期间，北京市的有关部门和单位对其内部空气环境进行了测试，测试时间分别选取在夏季和冬季，测试范围包括了车站、隧道、出入口和冷水系统，夏季站台温、湿度测试曲线见图2。测试结果表明，新型系统对内部空气环境的控制效果完全达到了设计标准的要求，完全满足了人员的热舒适性要求。

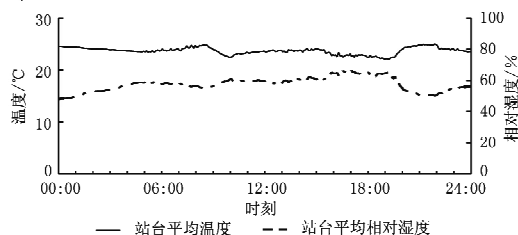


图2 夏季站台温、湿度测试曲线

同时，北京市消防部门也组织了对阻塞和火灾工况下的现场测试，选取了双层车站、3层车站等不同型式车站以及标准区间和长大区间等不同的区域进行测试，结果表明，新型系统完全达到规范的要求，完全满足了阻塞和火灾工况下的阻塞通风和火灾排烟、通风的要求。

2) 系统初投资

目前，北京地铁5号线和10号线一期的38座车站均采用了新型通风空调系统，相比较传统系统，车站的长度缩短20m，初步统计节省土建和设备初投资约1.9亿元。

3) 运行能耗

在北京地铁5号线和10号线一期的38座车站的实际运行中，初步计算节省运行费用1200万元/a。与传统系统相比，节能幅度达到约23%。

4) 设备配置与运行优势

新型系统结合城市轨道交通的热负荷变化规律，有机地进行了风机选配，并应用了风机变频技术；研发和应用了自动开启式表冷器（见图3），结合系统运行要求，在通风季节可以将表冷器开启，大大减小了系统阻力。通过这些手段和措施，新型系统在运行上具有巨大的节能优势。



图3 自动开启式表冷器

3 结论

城市轨道交通新型通风空调多功能设备集成系统是在
(下转第141页)

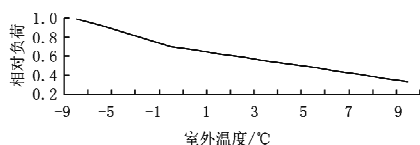


图 4 相对供热负荷与室外温度的变化关系曲线

为 60℃/50℃, 因此本项目在选择风机盘管时需针对系统热水设计供/回水温度进行风机盘管的校核选型, 以满足系统要求。

2.5 主要设备配置

1) 过滤器

为保障后端热泵机组换热器的换热性能, 针对污水水质情况, 在本项目中设置了两级过滤装置。一级为毛发集结器, 主要用于过滤污水中的毛发及粗大颗粒污染物; 二级过滤器采用精度为 500 μm 的自清洗过滤器。

2) 热泵机组

选择 1 台满液式热泵机组, 换热管材为镍铜合金, 进行防腐设计。

3) 自清洗系统

因污水经过滤后直接进入热泵机组换热器, 长期运行换热器内必然会结垢, 导致换热量下降, 为保证机组的换热效率, 需定期对热泵机组换热器进行清洗。常用的物理清洗法及化学药剂清洗法均需停机清洗, 不仅费时费力, 且长期清洗对机组换热器有一定的磨损或腐蚀, 影响换热器使用寿命; 胶球在线自清洗系统无需停机即可对机组换热器进行即时清洗, 保证了换热器的换热效率。在本项目中选择了胶球在线自清洗系统进行机组换热器内换热管的在线自清洗。

4) 其他主要设备(见表 2)

3 工程完成情况

本工程已投入运行两个供暖季, 一个制冷季。笔者对选用的设备、热泵机组的运行状况进行了系

(上接第 32 页)

总结了国、内外城市轨道交通多种通风空调系统的实际应用经验的基础上, 结合新的理念, 采用新的技术, 改造和提升传统系统方式而发展起来的。它在技术上和运行上克服了传统系统的诸多不足, 经过实际工程和实际运行的检验, 能很好地满足城市轨道交通通风空调系统的各种功能要求; 在系统设备初投资、系统设备占用土建面积和运行能耗等方面均具有突出的优点。

表 2 其他主要设备选型

设备	型号	额定功率/kW	备注
空调侧循环泵	DFP80-125/2	5.5	一用一备, 变频
再生水提升泵	100WQ70-30-11	11	1 台, 变频
再生水循环泵	DFP80-110/2	4	一用一备, 变频
空调系统膨胀水箱	11A0008000		1 个

统、详细的监测, 结果表明系统运行状况良好。

4 能源费用测算

每年供冷季(5 月 15 日~9 月 15 日)和供暖季(11 月 15 日~3 月 15 日)均按 120 天计算, 电费取 0.5 元/(kWh), 计算得单位面积供暖费用为 12.4 元/(m²·a), 供冷费用为 14.1 元/(m²·a), 总费用为 26.5 元/(m²·a)。

5 节能、减排效益分析

直接式污水源热泵系统在环境保护、节能减排上效益突出。冬季北京的大气环境污染物主要是燃煤排放的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物及粉尘等, 采用污水源热泵供暖、供冷, 以少量清洁的电能消耗, 带来 3~5 倍的清洁热能, 没有就地污染, 有利于大气环境保护。

据测算, 与燃煤供暖相比, 该系统每年节约的能源折合为燃煤约 18 t, 减排 CO₂ 4.25 t, CO 0.03 t, SO₂, NO_x 0.83 t, 粉尘 0.20 t。

夏季制冷无需冷却塔, 避免了噪声、飘水、视觉污染以及“热岛”效应等问题, 每个供冷季节水约 350 t。实现了空调制冷“零”排放、无污染。

可见, 直接式污水源热泵系统是一种新型的绿色环保的能源利用方式。

6 结语

城市污水温度夏季比环境温度低, 冬季比环境温度高, 是良好的热泵冷热源。采用直接式污水源热泵系统为建筑供暖、供冷需根据污水水质设计过滤系统、热泵机组和自清洗系统。本文通过项目实例说明, 直接式污水源热泵空调系统技术、经济可行, 具有明显的节能减排作用。

参考文献:

- [1] 北京城建设计研究总院. GB 50157 2003 地铁设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003
- [2] 中华人民共和国建设部. 建标 104—2008 城市轨道交通工程项目建设标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008
- [3] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019 2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2004