

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2017.01.020

# 空气-水系统在郑州某地下车站的应用

徐虹玲

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100037)

**摘要:**以郑州某换乘车站为例,阐述风系统设计中的公共区负荷计算、空气处理焓湿图、设备选型及系统运行模式,水系统设计的原理等。对空气-水系统和全空气系统的能耗进行对比和分析,得出公共区通风空调系统无论采用空气-水系统,还是全空气系统,冷冻水系统都没有受到影响,但空气-水系统的总耗电量约为全空气系统的89%,大大减少了输送能耗,节能效果显著。对空气-水系统和全空气系统的技术经济进行对比,得出空气-水系统能有效减少地下车站机房和风道面积,压缩土建规模,并能降低运行能耗,从而大幅度降低车站规模和造价;但空气-水系统对于运行时间较长的地下车站来说,其末端设备多且分散,运行维护工作量大,检修较为困难,因此对于土建规模受限的车站来说,空气-水系统是一个较好的选择。

**关键词:**轨道交通;空气-水系统;全空气系统;公共区通风空调系统;风系统;水系统

**中图分类号:** U231.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-6073(2017)01-0098-04

## Application of Air-water System in an Underground Station of Zhengzhou

XU Hongling

(Beijing Urban Construction Design &amp; Development Group Co., Ltd., Beijing 100037)

**Abstract:** A transfer station in Zhengzhou is cited as an example to describe the load calculation in the public area, the air treatment enthalpy diagram, equipment selection and system operation mode, water system design, principles and so on. The energy consumption of the air-water system and the air-air system is compared and analyzed. Results show that the chilled water system is not affected by either the air-water system or the air-air system, but the total air-water system power consumption is about 89% of the air-air system, which greatly reduced the energy consumption during transmission and was remarkably energy efficient compared with the technical economy of air-water system and air-air system. It is concluded that air-water system can effectively reduce the room and air duct area of underground station, the scale of civil construction, the energy consumption, and the station space and cost. However, for the long-running underground station, the terminal equipment of air-water system was too much and scattered, Which increased the difficulty of service and maintenance. Therefore, the equipment should be used in underground stations in which the architecture space is extremely limited.

**Keywords:** rail transit; air-water system; air-air system; ventilation and air-conditioning system of public area; air-distribution system; water system

### 1 研究背景

近年来,城市轨道交通作为低能耗的交通方式,得到了国家的大力扶持。在同等运量条件下,城市轨道交通能耗相当于小汽车的1/9,公交车的1/2,且占地小,成本低,节能减排效果明显。但城市轨道交通系统组成复杂、设备数量众多,在运营过程中的能源消耗量

也大。据调查,通风空调系统用电量占轨道交通能耗的30%~40%,因此采用节能的通风空调系统,对于实现轨道交通的节能运行具有举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。

目前,地下车站中通风空调系统主要分为公共区通风空调系统(大系统)和设备用房通风空调系统(小系统)。若采用全空气系统,风管、空调机房占用大量地下空间,导致土建成本增加;若采用空气长距离输送冷量,效率低,导致运行能耗巨大。文献[2]对国内外地下车站大系统采用的全空气系统、空气-水系统、

收稿日期: 2016-02-15    修回日期: 2016-03-16

作者简介: 徐虹玲,女,高级工程师,从事轨道交通暖通设计。xuhongling@bjucd.com

VRV(variable refrigerant volume,变冷媒流量多联)系统等几类空调系统进行了调研和比较,文献[3]对地下车站采用空气-水系统进行可行性分析,都认为空气-水系统能够大大减少机房和风道面积,从而压缩土建规模,并能在车站运营后大大节省运行成本,因此对于土建规模受限的车站,采用空气-水系统具有较大的优势,建议推广使用。广州市轨道交通2号线的暗挖地下车站采用了空气-水系统<sup>[4]</sup>,其主要方式为将风机盘管布置在车站的非有效利用空间内,新风通过专用风管送入车站公共区,在空调季新风与回风混合后经过处理再送出。这种空气-水系统很好地解决了暗挖车站的通风问题,但对于车站公共区来说,占用吊顶空间较多,风口布置也较复杂。本文以郑州某明挖地下换乘车站为例,介绍空气-水系统在地下车站大系统中的实际应用。

2 车站概况

本工程全线采用全封闭型站台门系统,隧道通风采用双活塞风道通风模式。该站为地下1层、地上2层的双岛四线车站,换乘方式为同台换乘。其中地下1层为站台层,地上1层为站厅层,地上2层为设备层,车站工法为明挖法。设计伊始,考虑按照常规换乘车站的设计思路,车站两端设置大系统机房和活塞/事故风道,大、小系统均采用全空气系统;然而,通过现场调查和踏勘发现受地面条件限制,无法布置活塞/事故风道和全空气系统的环控机房。经研究和论证决定大系统采用空气-水系统,小系统采用全空气系统,在地下1层两端设置活塞/事故风道以及风机房,从而大大压缩了地面的土建规模,减小协调用地难度。

3 风系统设计

3.1 公共区负荷计算及空气处理焓湿图

站厅层为地面1层,采用自然通风,不设置空调。站台层为地下1层,设置空调通风,为避免站厅层自然风侵入站台造成结露,站厅层通往站台层的所有楼梯口处均设置空气幕。

两个站台公共区面积均为952 m<sup>2</sup>,总面积为1 904 m<sup>2</sup>。根据远期晚高峰小时客流量以及各专业提供的发热量计算空调负荷,同时按照远期早高峰小时客流量计算车站公共区新风量,对公共区人员冷负荷、围护结构冷负荷、照明冷负荷、渗透冷负荷等进行计算<sup>[5]</sup>,得到公共区冷负荷为767 kW,风量为113 800 m<sup>3</sup>/h,新风量为16 363 m<sup>3</sup>/h。公共区空气

处理焓湿图见图1,各状态点参数见表1。

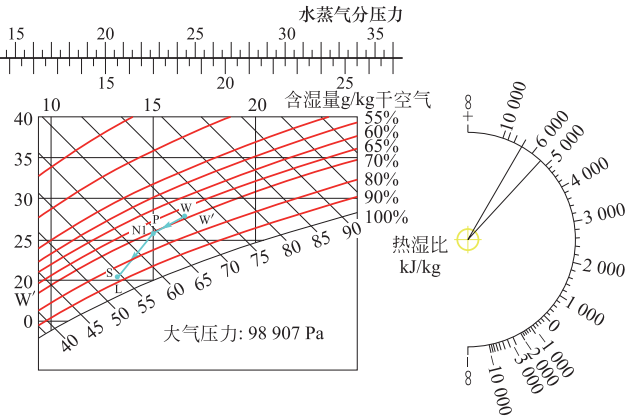


图1 公共区空气处理焓湿图

Fig. 1 Air-handling h-d chart of public area

表1 车站公共区焓湿图空气状态点参数

Tab. 1 Air status of h-d chart in Public Area of Station

代号	空气状态点	干球 温度/℃	湿球 温度/℃	露点 温度/℃	焓值/ (kJ/kg)	相对 湿度/%
N1	站台状态点	28.00		20.65	68.69	64.9
W	新风状态点	31.2	24.5		75.06	
W'	新风湿升点	31.7			75.58	
P	回风、新 风混风点	30.23			71.8	
L	表冷器出风点	19.93			55.16	92.21
S	送风点	20.93			56.20	86.69

3.2 设备选型

根据冷负荷计算结果,同时为了避免末端设备过多增加检修难度,本工程选用12台风机盘管,冷量为74.6 kW,风量为10 000 m<sup>3</sup>/h,布置在站台层公共区吊顶内以处理室内负荷,机组避开楼梯口及站台门。送风管、回风管均设消声器,并做好柜体本身的隔声、减振处理,机组噪声按65 dB(A)标准控制<sup>[6]</sup>。

为改善站台公共区空气品质,同时减少站台层风机盘管的新风冷负荷,在车站两端分别设置2台柜式空调器作为新风处理机组,在进口处设空气净化除尘装置,并设置1台回排风机和1台排烟风机。新风机组将新风处理至室内状态等焓点后送至站台层风机盘管,与送风混合后送至公共区。新风机组冷量为202 kW,风量为18 000 m<sup>3</sup>/h,根据公共区CO<sub>2</sub>浓度进行变频控制。

3.3 系统运行模式

公共区大系统通风原理如图2所示。空气-水系统按空调、通风两种工况运行,工况转换采用焓值控制。

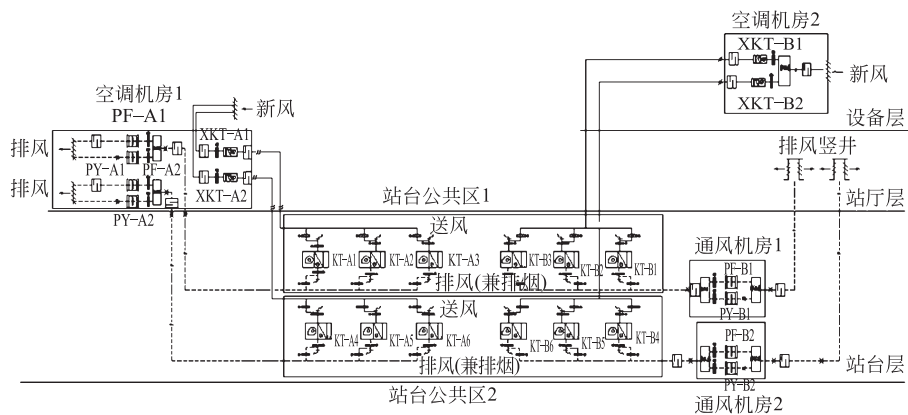


图2 公共区大系统通风原理

Fig.2 Ventilation schematic drawing of public area air-conditioning system

当室外新风焓值大于车站回风空气焓值时,空调系统采用小新风一次回风运行。经过处理后的新风通过电动风量调节阀接入静压箱,与风机盘管送风混合后进入车站公共区;回风静压箱上分为两个支路,一个支路直接回风,另一个支路接入排风机排出室外。新风处理机组根据公共区 CO<sub>2</sub> 浓度实现变频控制,可根据车站负荷情况自行决定开启机组台数,以达到节能运行的目的。

当室外空气焓值小于空调送风焓值时,大系统停止运行,关闭站台层风机盘管前后的电动风量调节阀,采用全新风运行模式。

车站大系统气流组织方式采用上送上回方式,按均匀送风设计,回排风管兼作排烟风管。一旦站台层发生火灾,关闭站台层风机盘管及相应风阀,开启排烟风机及相应阀门,进入排烟模式,通过楼扶梯口自然补风。

#### 4 水系统设计

空调冷源采用水冷冷水机组,车站大、小系统合用冷源,冷却塔设置于车站地面层,冷冻机房位于站台层。经负荷计算,设置3台冷量为340 kW的螺杆式冷水机组,白天并联运行,互为备用,为车站大、小系统提供7~12℃冷水,配置3台冷冻水泵及3台冷却水泵。

冷水机房内设分、集水器,大、小系统的冷水机组支管均由分、集水器接出。在各柜式风机盘管末端回水管上设电动二通调节阀,经流通能力计算确定其口径,使其工作特性满足负荷调节要求。此外,在分、集水器间设压差旁通装置,为进一步减少水力输送系统的能耗,采用一次泵变频水系统,同时水泵出水侧止回阀采用限流止回阀。冷凝水管按照不低于5‰的坡度坡向站台层公共区卫生间地漏。空调冷冻水系统原理见图3。

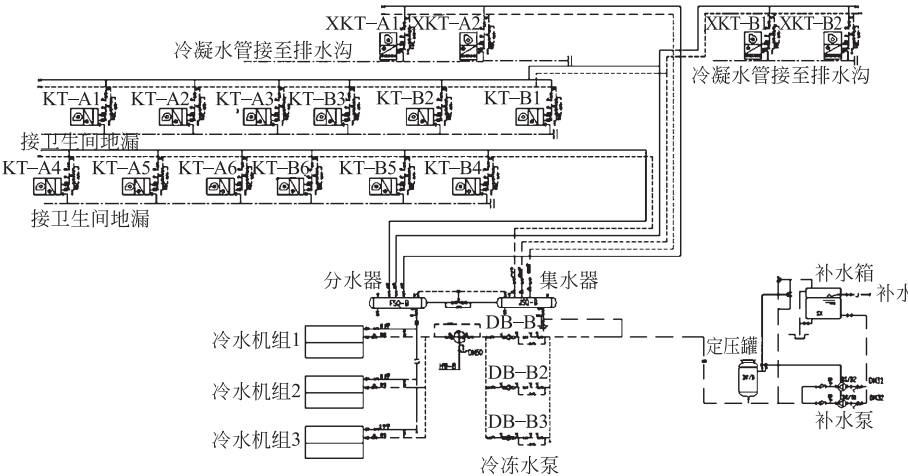


图3 空调冷冻水系统原理

Fig.3 Chilled-water schematic drawing

#### 5 空气-水系统的能耗分析及技术经济对比

采用全空气系统和空气-水系统的能耗分析对比

见表2。由表2可以看出,大系统无论是采用空气-水系统还是采用全空气系统,冷冻水系统都没有受到影

表2 空气-水系统和全空气系统的能耗对比  
Tab.2 Energy consumption comparison between air-water system and air-air system

序号	设备类型	全空气系统			空气-水系统		
		电机功率/ kW	数量/ 台	合计/ kW	电机功率/ kW	数量/ 台	合计/ kW
1	组合式 空调机组	30	4	120	—	—	—
2	风机盘管	—	—	—	3	12	36
3	新风机组	—	—	—	7.5	4	30
4	回排风机	5.5	4	22	5.5	4	22
5	排烟风机	18.5	4	74	18.5	4	74
6	冷水机组	63.5	3	190.5	63.5	3	190.5
7	冷冻水泵	11	3	33	11	3	33
8	冷却水泵	11	3	33	11	3	33
9	冷却塔	7.5	3	22.5	7.5	3	22.5
				495			441

响,两系统设备配置完全相同,主要区别在于组合式空调机组和风机盘管。空气-水系统的空调耗电量为162 kW,总耗电量为441 kW;全空气系统的空调耗电量为216 kW,总耗电量为495 kW,前者总耗电量约为后者的89%,大大减少了输送能耗,节能效果显著。采用全空气系统和空气-水系统的技术经济对比见表3。

表3 全空气系统和空气-水系统的技术经济对比  
Tab.3 Life-cost comparison between Air-water system and air-air system

序号		全空气系统		空气-水系统	
		类型及规格	投资/ 万元	类型及规格	投资/ 万元
1	设备初投资	组合式空调 机组(冷量 300 kW,4台)	64	风机盘管 (74.6 kW,12台) 新风机组 (202 kW,4台)	22 14
2	土建投资	环控机房 (400 m <sup>2</sup> ) 风道(地面 部分 494 m <sup>2</sup> )	400 494	环控机房 (200 m <sup>2</sup> ) 风道(地面 部分 124 m <sup>2</sup> )	200 124
	初投资小计		958		360
3	年运行电费	耗电 25.9 万 kWh	20.7	耗电 14.3 万 kWh	11.4
4	年运行水费	耗水 6 415 t	1.9	耗水 6 415 t	1.9
5	设备维修		3.2		3.6
	年运行 费小计		25.8		16.9

在上述对比表中,由于空气-水系统和全空气系统采用的风机及水系统设备完全相同,故不列入比较范围内;运行维护费用按设备初投资的5%计算,空气-水系统由于末端设备较多,运行维护费用按初投资的10%计算;年运行费用按照一个制冷季运行时间为120 d,每天运行18 h计算;土建投资按照1万元/m<sup>2</sup>

估算,电费按照0.8元/kWh计算,水费按照3元/t计算。可以看出,空气-水系统相比全空气系统来说,设备初投资节省28万元,土建投资节省约570万元,共节省598万元,大大降低了车站规模和造价;同时,年运行费用节省8.9万元,经济效益明显。

由于空气-水系统采用风机盘管安装于公共区吊顶上方,末端设备多且分散,运行维护工作量大,对于运行时间较长的地下车站来说检修较为困难,因此对于土建规模受限的车站来说,空气-水系统是一个较好的选择。

## 6 结语

空气-水系统在地下车站中的应用可以有效压缩车站规模,减少运行成本,然而由于末端设备较多且分散,检修较为困难。因此,在车站土建规模受限的情况下,可推广使用空气-水系统。

## 参考文献

- [1] 王亚陆. 轨道交通耗能分析及节能措施探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2014(9): 44-49.  
WANG Yalu. Energy consumption analysis and energy saving investigation of railway transit[J]. Urban roads bridges & flood control, 2014(9): 44-49.
- [2] 丁毅. 浅谈地铁车站公共区空调系统形式[J]. 中国市政工程, 2011(4): 56-59.  
DING Yi. Investigation of air-conditioning system of public area in subway station[J]. China municipal engineering, 2011(4): 56-59.
- [3] 刘伊江. 城市轨道交通车站通风空调系统采用空气-水系统的可行性分析[C]//2014铁路暖通年会论文集. 中国铁道学会车辆委员会, 2014.  
LIU Yijiang. Feasibility analysis of air-water system applied in ventilation and air-conditioning system in subway station [C]//Annual conference of railway HVAC, 2014.
- [4] 李国庆. 城市轨道交通通风空调系统的现状及发展趋势[J]. 暖通空调, 2011, 41(6): 1-6  
LI Guoqing. Present status and development trend of ventilation and air conditioning[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2011, 41(6): 1-6
- [5] 高煌. 浅谈地铁车站公共区通风空调系统设计[J]. 山西建筑, 2011, 37(9): 22-24.  
GAO Huang. Initial discussion on the design of air-conditioning and ventilation system in subway station public area [J]. Shanxi architecture, 2011, 37(9): 22-24.
- [6] 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.  
Code for design of metro: GB 50157—2013[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.

(编辑:王艳菊)