

doi:10.3969/j.issn.1672-6073.2012.02.021

风机盘管空调系统在地铁改造工程的应用

李 沁

(北京地铁运营有限公司机电公司 北京 100043)

摘 要 通过对北京1、2号线车站的风机盘管空调系统运行维护的介绍,结合实测数据,分析风机盘管系统在实际应用中存在的问题,论述在小规模地下车站使用变频、变容量、多联机空调系统的优势。

关键词 风机盘管空调系统;北京地铁;改造;环境;变频变容量多联空调系统

中图分类号 U231.5 **文章标志码** A

文章编号 1672-6073(2012)02-0083-04

1 地铁通风空调系统概述

地铁作为快速、高效、准确、安全的交通方式,承担着大客流运输任务;地铁设置通风空调系统,为乘客、工作人员以及设备运行创造了适宜的空气环境。北京地铁1、2号线始建于20世纪60—70年代,由于受当时的历史原因、设计条件等限制,车站通风作用主要是排除洞内余热余湿、满足人员新鲜空气的需要,车站没有空调系统。随着人民生活水平的不断提高,人们对地铁的安全设施及客运服务标准提出了更高的要求,而既有的地铁1、2号线通风系统与这一要求已不适应,因此提出对北京地铁1、2号线进行改造,新增空调系统,以满足地铁的运营需要。

近几年,随着地铁的快速发展和新技术的不断应用,空调系统在北京地铁已成为重要组成部分。北京地铁自复八线首次引入空调系统以来,新开通的地铁线路主要采用了全空气集中式空调系统,即在车站地下设有冷冻站,提供冷源;在风道内设有大型表冷器,集中处理空气;通过送(排)风机,将空气经由送(回)风管输送分配至车站及房间;在车站地面设置冷却塔系统,为制冷机组提供冷却水。全空气系统因其对室内负荷全部由经处理的空气来负担,所需空气量多,

故风机、制冷机、空调机组等设备的装机容量都相当大,需占用较大空间来建造机房^[1]。这种形式在新建车站的设计中采用较多,而对于建设已久的北京地铁1、2号线车站,因受限于地下土建结构形式不可改变的实际,已没有地下空间安装上述系统设备。为此,设计人员基于现有1、2号线的通风系统及车站的土建结构形式,采用了空气-水风机盘管空调系统^[2],这也是地铁首次在车站站台公共区安装风机盘管空调系统。下面结合北京地铁1、2号线空调改造的工程实际,介绍风机盘管空调系统应用的实际效果及存在的问题。

2 风机盘管空调系统的应用

2.1 系统构成

2.1.1 空调水系统

该系统由风冷机组(集成冷冻水泵)、集分水器、水处理装置、定压补水系统装置等组成。

2.1.2 空调末端装置

1) 车站站台公共区采用风机盘管,设置在吊顶内,分别在车站上下行(或内外环)两侧排列布置。

2) 供电设备用房采用新风机组,新风取自站厅(台),排至车道(或室外)。

3) 管理用房、其他设备机房采用明装风机盘管。

2.1.3 新风系统

新风由车站出入口进入,空调季公共区均采用出入口自然新风,新风不单独处理,新风负荷由风机盘管负担。管理用房采用机械送风系统,满足人员最小新风量,通过在墙和走廊上开设百叶窗来自然排风,新风负荷由风机盘管负担^[3]。

2.2 系统运行

北京地铁1、2号线空调系统于2008年6月30日完工,当年即投入运行,至2011年已运行3年,其间经历了2008年北京奥运会和2009年的建国60年大庆的考验,系统运行总体效果较好。

收稿日期:2011-08-14 修回日期:2011-09-16

作者简介:李沁,男,大专,工程师,从事地铁机电设备的运行管理与维护,li472003@sina.com

2.2.1 空调主要设计参数

- 1) 公共区:夏季空调室外计算干球温度 32℃,相对湿度 65%;夏季空调室内计算干球温度 30.5℃^[3],相对湿度范围 45%~65%^[4]。
- 2) 设备、管理用房:夏季空调室外计算干球温度 33.2℃,夏季空调室外计算湿球温度 26.4℃。
- 3) 管理用房:夏季室内计算干球温度 27℃。

2.2.2 车站空调主要负荷

- 1) 公共区:列车运行产热,人员散热,照明、广告等设备产热,新风负荷。
- 2) 附属房间:工作人员散热,供电、AFC、通号、综控等专业设备产热。

2.2.3 空调系统运行模式

夏季空调季是每年的 6 月 1 日—10 月 10 日。7:00—22:00,风冷机组 2 台同时运行,公共区及附属房间风机盘管、供电机房新风机组运行,车站及区间主风机关闭;22:00—次日 7:00,公共区风机盘管停运,车站主风机开启 1 台排风运行,区间主风机开启 1 台送风运行,风冷机组 1 台运行,附属房间风机盘管及供电机房的新风机组全日运行。

2.2.4 车站实测记录

选取 2009 年 8 月 14 日 14:00 进行实测,测得室外温度 32℃,与设计的室外计算温度相近,故测试具有代表性。

选取车站公共区内 5 处测点:测点 1,一侧站厅中部;测点 2,站台车头;测点 3,站台中部;测点 4,站台车尾;测点 5,一侧站厅中部。同时,在上下行选取车头处、站台中、车尾处共 6 个风机盘管出风口附近的测点。图 1 是站厅层测点布置,图 2 是站台层测点布置,表 1 列举了部分车站的实测温度纪录。

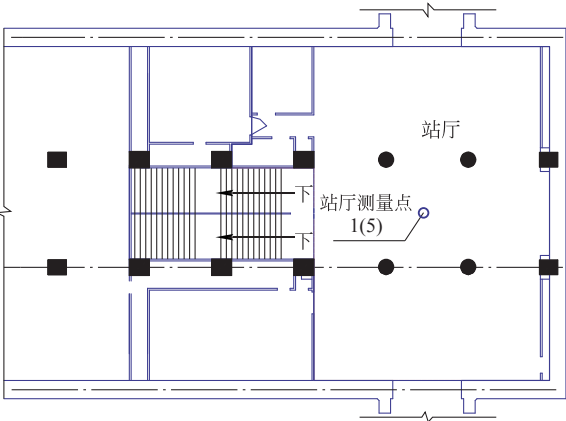


图 1 站厅层测点布置

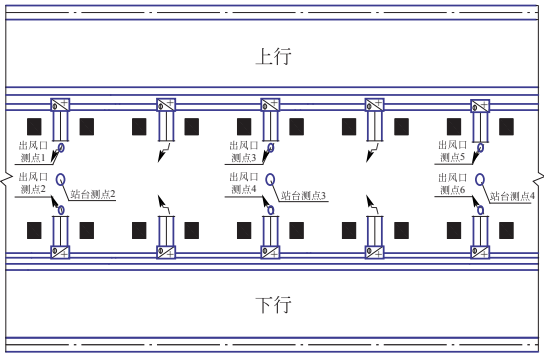


图 2 站台层测点布置

表 1 通风空调系统运行质量监控——车站温度 ℃

车站名称	空调出风口附近温度						车站温度				
	点 1	点 2	点 3	点 4	点 5	点 6	1	2	3	4	5
复兴门 (上)	26.6	24.6	26	25.4	26.4	27.4	30.4	30.2	30.3	30.2	30
复兴门 (下)	24.2	25.4	24.4	24.6	24.4	24.8	30.2	30.2	30.2	30.1	30.2
阜成门	25.6	25.6	24.8	25.2	25.4	25.6	28.4	28.6	28.6	29.2	29
车公庄	25.8	26.4	26.4	25.8	26.2	25.2	28.8	28.4	28.4	29.4	29.2
西直门	25.4	23	27.9	28.7	24.3	24.3	29	29.7	29.1	28.6	29.3
积水潭	23	22.7	22.5	22.4	23	22.4	27.6	27.4	27.3	28.1	27.4
鼓楼	23	22.9	23.7	23.3	22.8	22.7	27.3	27.5	27.1	27.3	27.1

2.3 系统维护

- 1) 每年的 4—5 月对 1、2 号线全线车站的风机盘管、新风机组进行回风过滤网清洗、翅片清洗,对室外风冷机组翅片进行清洗。
- 2) 系统注水,检查系统管路是否完好。
- 3) 系统冲洗,启动冷冻水泵,清洗地面机组至风道内集分水器的主管路,清理主管路上的 Y 型过滤器滤芯,清理风冷机组自带的过滤器滤芯;清洗集分水器至公共区、附属房间的管路,清理风机盘管支管的过滤器滤芯。
- 4) 系统排气,启动风冷机组,将风机盘管高点排气阀打开,将地面机组排气阀打开排气,系统补水。
- 5) 系统运行,通过车站 BAS 监测机组运行参数及故障报警提示,测量站内温度、风机盘管出风口附近温度、风机盘管出风口风速,清扫回风口过滤网。
- 6) 10 月中旬—11 月,空调停运后,系统泄水防寒。将集分水器至地面主管路的水泄尽,将集分水器至公共区、附属房间的管路水保留。

3 风机盘管空调系统的问题

3.1 系统问题

3.1.1 地下空间粉尘多

地铁列车刹车带来的闸瓦灰^[1]、混杂油脂有较强

的附着力,且易上浮,车站站台公共区的风机盘管长期处于此环境中,在回风过滤网上会聚积较多粉尘,尤其是一些细小的粉尘会透过过滤网进入翅片内;在冬季和春季期间,由于风机盘管不运行,粉尘会附着在翅片表面,长时间会结成硬壳,增加阻力,造成风速下降。因此,在每年风机盘管运行前,都需要统一清扫一次。风机盘管清扫前后的运行风速有较大变化,对车站的空调效果影响很大。

3.1.2 风机盘管数量多

风机盘管是车站的主要空调末端设备,全线 28 个空调车站,约 1 370 余台风机盘管,其中以车站公共区的风机盘管数量居多。

3.1.3 吊顶内空间复杂

车站公共区的风机盘管全部安装在吊顶内,吊顶内各专业管线、设备、支吊架分布密集,作业空间狭小,增加了风机盘管检修维护的难度。

3.1.4 清洗风机盘管换热翅片难度大

需要拆除回风短管,拆卸翅片前的风扇等部件,在车站站台高空及吊顶狭小空间内拆装作业难度较大。利用地铁停运后 3 个多小时的有效作业时间清扫,一个车站每天安排 20 人同时作业,需要 2~3 天才能清完。

3.1.5 清扫风机盘管过滤网次数多

每站公共区风机盘管数量 30~40 台,平均两周就需清扫一次。

3.2 运营风险

车站公共区设置风机盘管存在一定的运营风险。车站站台是地铁行车、乘客乘降的区域,风机盘管处于站台边跨上方,与主管路有较多的连接点,存在漏水隐患,一旦在地铁运营期间出现跑、冒、滴、漏现象,将直接影响到地铁安全运营和服务指标。

3.3 气候影响

地面设置空调室外机组系统,设备受外界环境影响大。因设备暴露在室外,北方冬季寒冷,要做好管路及设备的防冻工作,如管路要泄尽余水、水泵解体后要将壳内残留的水擦干、电机部分加上保护壳等。

4 变频变容量多联空调系统的采用

4.1 改进方案

1) 针对过滤网问题,建议对其进行改进,寻找新的过滤材质。过滤网在具有较高效率的同时,需要满足《地铁设计规范》中的防火等级要求^[5],同时还要便于清洗,且使用寿命较长;再有就是初、终阻力要能与

风盘电机功率相匹配,以保障风盘的出风量不降低。

2) 在类似的改造项目中,可采用变频变容量多联空调系统(varied refrigerant volume, VRV),这在安装、运行、维护上有较多优势。

4.2 使用情况

2004 年初,北京地铁 1、2 号线消隐改造工程进行初步设计。当时,VRV 在国内主要应用于别墅、小型办公楼酒店等工程中,在大型公共建筑中的应用实例并不多,大多数厂家室内机与室外机之间冷媒管的最大配管长度在 100 m 以下。考虑到地铁车站出入口的通道长度都较长,站台本身长度 118 m,过长的距离会导致 VRV 系统的冷量衰减过大,因此车站初步设计中没有采用 VRV 系统。当 2006 年改造项目开始实施时,VRV 技术趋于更成熟,室内机与室外机之间的冷媒管最大配管长度可以增加至 165 m^[6];在设计中选择了出入口通道较短、附属用房较少、车站公共区土建条件苛刻且采用风机盘管系统更困难的几个车站,这也是北京地铁首次在地下车站采用 VRV 系统。

其中,某站公共区 VRV 的系统设计是以车站站台为中心,划分为东南、东北、西南、西北 4 个区域,4 套系统分别为车站的站台和附属房间区域的供冷。这样的布置使得冷媒管最远长度(即站台最末端室内机与室外机距离)约为 100 m,其余的为 60~70 m,满足了技术条件。

4.3 方案比较

对具有相似规模的 1 号线车站,把风机盘管系统与 VRV 系统做了简单的比较。

4.3.1 系统安装

VRV 系统室外机分散布置在车站的 4 个出入口,每处占地约 20 m²;风冷机组室外机房一般布置在风亭周围,每处占地 85~100 m²。可见,VRV 系统室外机的布置较为灵活。

VRV 系统冷媒管的安装主要是铜管的焊接和弯曲,在小空间和拐弯的地方安装灵活,比水管安装省时省力。特别是 VRV 系统的供货、安装、调试都是由一个厂家统一管理,使工期要求短的工程项目能较好实现。系统的室内机自带提升泵,冷凝水提升可以达到 250~1 000 mm,对冷凝水主管坡度要求不高。风机盘管的冷凝水管靠重力排水,其安装受吊顶空间影响较大。

4.3.2 初投资

表 2 列出了本项目中某 VRV 系统车站与某风机盘管系统车站在初投资方面的应用情况,VRV 系统比风冷机组约贵 10.8%。

表2 风机盘管系统与VRV系统的初投资情况

形式	空调面积/m ²	冷量/kW	初投资/万元
风机盘管系统	3 172	640	192
VRV 系统	3 500	691	238

4.3.3 运行维护

VRV 系统解决了风机盘管系统安装在地铁公共区吊顶内的问题,如水管可能发生跑、冒、滴、漏而影响地铁的行车安全,存在冬季管道冻裂和水管腐蚀的隐患。此外,风机盘管系统每年的启用和停用都需要安排大量的人力、物力进行系统的注水及泄水。

VRV 系统启动时间短,运行平稳,少有故障;风机盘管系统运行与风冷机组的运行情况有关,风冷机组的启动及运行受冷冻水影响大,水管路积气、阀门调节不当、水过滤器堵塞、水泵故障、补水系统故障等都会引起水流量不足,导致风冷机组缺水报警,从而影响机组的启动和运行。

VRV 系统夜间运行噪声较低,风冷机组夜间运行噪声较高;VRV 系统每年基本没有维修,风冷机组每年需要维修阀门、管路;VRV 系统和风机盘管系统都需要清扫室内机过滤网和室外机换热翅片。

4.3.4 能耗情况

统计8月份(28天)每天7:00—21:00的用电量,由表3列出本项目某VRV系统车站与某风机盘管系统车站在耗电方面的情况。

表3 风机盘管系统与VRV系统的耗电情况

形式	空调面积/m ²	冷量/kW·h	室外机耗电量/kW·h	室内机耗电量/kW·h	总耗电量/kW·h	总能耗比
风机盘管系统	3 674	228 144	66 360	5 161	71 521	3.18
VRV 系统	3 968	290 080	98 392	4 312	102 704	2.82

综上所述,VRV 系统虽然初投资费用较高,但是具备安装工期短、布置灵活、启动快、运行稳定、安全可靠等特点,尤其在运行维护上大大节省了人工,使得后期维护成本大大降低。

5 结语

1) 通过3年来的运行,从测量数据来看,北京地铁1、2号线风机盘管系统的空调效果较好,基本满足了设计要求。从使用角度看,设置在公共区的风机盘管受地铁环境影响较大,容易积尘;相对于集中空调能够集中除尘的特点,风机盘管存在数量多、个体清扫检修难度较大、维护工作量大的问题。室外机组暴露在

室外,受北方雨雪天气及粉尘影响大,要做好防腐防冻措施。

2) 风机盘管空调系统在北京地铁1、2号线的应用,是针对老线车站改造情况下的设计,在车站公共区采用此形式是国内的首次尝试。这种形式结合车站结构特点,克服了系统装机容量大和机房占地等问题,但同时也带来了系统运行维护等问题。随着VRV技术的发展,在地铁的局部地点或者规模较小的地下车站及改造工程项目中可以采用VRV系统。在大型新建地下车站的空调设计中,还是应以全空气集中式空调为主,要兼顾地铁的特殊环境及气候特点,并考虑运行维护等诸多方面因素。

参考文献

[1] 李国庆. 城轨交通暗挖车站新型通风空调系统及其应用[J]. 都市轨道交通,2005,18(3):67-71.

[2] 北京城建设计研究总院有限责任公司. 北京地铁1、2号线车辆、设备消隐改造及AFC系统改造工程总体设计[R]. 北京,2004:124-138.

[3] 北京城建设计研究总院有限责任公司. 北京地铁1、2号线车辆、设备消隐改造工程:车站设计图纸:通风空调施工设计说明[R]. 北京,2006:1.

[4] 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,2003:6-11.

[5] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003:146-151.

[6] 北京地铁运营有限公司. 北京地铁1、2号线车辆设备消隐改造工程多联机分体空调设备招标文件[G]. 北京,2006:1-6.

(编辑:郭洁)

Fan Coil Air Conditioning System
Applied in Beijing Metro
Renovation Projects

Li Qin

(Mechanical & Electrical Company, Beijing Subway
Operation Corp., Beijing 100043)

Abstract: Through introducing the operation and maintenance of fan coil air conditioning systems in stations on Beijing metro Line1 and Line 2 and incorporating the measured data, the paper analyzes existing problems for fan coil air conditioning system in practical application and expounds the advantages of using variable frequency and capacity connected air conditioning system in small-scale underground stations.

Key words: fan coil air conditioning system; Beijing metro; renovation; environment; variable frequency and capacity connected air conditioning system