

温湿度独立控制空调系统在地铁车站的应用

中铁第四勘察设计院集团有限公司 易晓勤★

摘要 以某地铁车站为例,通过与常规空调系统对比,研究了温湿度独立控制空调系统在地铁车站应用的可行性和经济性。相比于常规空调系统,温湿度独立控制空调系统的夏季运行能耗和运行费用均节省了约 30%。

关键词 温湿度独立控制空调系统 地铁车站 经济性

Application of temperature and humidity independent control air conditioning system to underground railway stations

By Yi Xiaoqin★

Abstract Taking a underground railway station as example, compared with conventional air conditioning systems, analyses the feasibility and economics of the temperature and humidity independent control (THIC) air conditioning system applied to underground railway stations. The operation energy consumption and costs of THIC system are both about 30% lower than those of conventional air conditioning system in summer.

Keywords temperature and humidity independent control air conditioning system, underground railway station, economics

① ★ China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan, China



易晓勤

主要设计项目

- 武汉地铁2号线隧道通风系统的施工图设计
- 武汉地铁3号线隧道通风系统的初步设计

0 引言

空调系统的两大目标为:降温、除湿。常规的空调系统同时对空气进行降温和除湿处理,产生低温、干燥的送风,实现排热排湿的目的。然而,这种空气处理方式有诸多的负面影响^[1]:1)除湿要求冷源温度低于室内空气的露点温度,降温仅要求冷源温度低于室内空气温度,因此本可以使用低品位能源处理的显热负荷,因考虑除湿,共用了低温冷源,造成能源浪费;2)只能准确控制温度和湿度参数中的一个,常有“过冷”、“闷”等情况出现;3)冷凝水易

产生霉菌等微生物,污染空调送风。

温湿度独立控制空调系统是一种新兴的空调系统形式,其工作原理与常规空调系统有本质上的区别^[2]。温湿度独立控制空调系统将热和湿分开处理,解决了热、湿共用高品位能源处理的问题,而且空调送风的温度和湿度均能进行准确控制。目前,温湿度独立控制空调系统中的除湿设备性能系数能达到 5.0,不低于常规系统中冷水机组的制冷性能系数;而且由于冷水机组仅承担显热负荷,冷水供水温度得以提高,冷水机组的性能系数显著提高。

我国华东、华南地区的地铁车站在夏季普遍采用空调,系统形式均为常规空调系统,而在冬季一

①★ 易晓勤,女,1984年10月生,硕士,助理工程师
430063 武汉市和平大道745号中铁第四勘察设计院集团有限公司城建院暖通所
(010) 83828570
E-mail: xiaoqin02@gmail.com
收稿日期:2010-05-21
修回日期:2010-06-04

般不采用空调。地铁车站的夏季空调负荷与普通公共建筑有所区别,地铁车站空调负荷主要源于人员和设备负荷、围护结构的传热传湿负荷及列车行驶带来的渗透风负荷。其中,由于地铁车站墙面与土壤相连,因此车站内的湿负荷较大。

本文以某地铁车站为例,通过与常规空调系统对比,研究温湿度独立控制空调系统在地铁车站应用的可行性和经济性。

1 空调系统介绍

1.1 常规空调系统

由于地铁车站设备管理用房与站台、站厅的空调温度要求不一致,人员、设备作息也有差别,因此常规空调系统一般由大系统和小系统构成,大、小系统的冷水由冷水机组统一供给,大系统负责站台和站厅公共区的空调负荷,小系统负责车站设备管理用房的空调负荷。站台和站厅公共区的负荷占整个地铁车站负荷的比例较大,一般使用组合式空调箱处理;设备管理用房的负荷一般由几台柜式空调器处理。

本文拟设计的地铁车站常规空调系统如图 1 所示。基于地铁车站的结构和空调机房空间小等特点,空调设备在车站左端和右端对称布置。

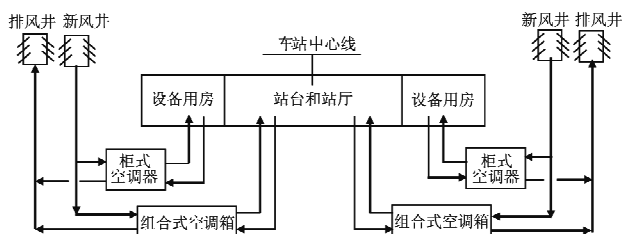


图 1 常规空调系统示意图

在组合式空调箱和柜式空调器中,新风和回风混合后,由来自冷水机组的 7℃/12℃ 冷水降温除湿至送风状态点。地铁车站为地下空间,排烟量大,由于车站空间狭小,排烟管道一般与空调回风管道共用。

1.2 温湿度独立控制空调系统

温湿度独立控制空调系统将热、湿分开处理,溶液除湿+高温冷水机组的组合是目前最常用的系统形式^[3-4]。溶液调湿空调机组对新风进行降温除湿后,干燥的新风与回风混合,通过冷水机组提供的高温冷水(14℃/19℃)进一步降温后达到送风状态点。溶液调湿空调机组承担所有的新风负荷和室内湿负荷,调节送风湿度;高温冷水机组承担大部分的室内显热负荷,调节送风温度。

本文拟设计的地铁车站温湿度独立控制空调系统(如图 2 所示)仍分成大、小系统。目前,地铁车站的站台和站厅公共区域普遍采用全空气空调系统形式,该形式对气流组织、排烟和排风风管的合用等均有利,因此站台和站厅公共区使用 2 台热泵式溶液全空气机组,将降温除湿后的空气送入室内。设备管理用房包括通信设备室、车站控制室、管理人员办公室等房间,相比于人员负荷,设备发热量所占负荷比例较大。根据 GB 50157—2003《地铁设计规范》^[5],新风量要求为工作人员人均新风量不小于 30 m³/h,而工作人员密度较低,因此可采用溶液新风机组处理人员所需新风量,处理后的新风送入室内承担湿负荷;热负荷可由室内末端装置如干式风机盘管承担^[6]。由于采用高温冷水,干式风机盘管不会产生冷凝水,不会危害设备安全。

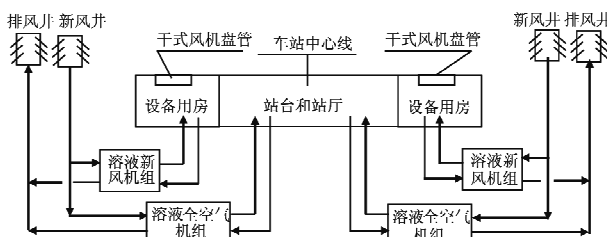


图 2 温湿度独立控制空调系统示意图

公共区采用的溶液全空气机组与常规空调系统的组合式空调箱的系统连接方式类似,只需将冷水供给全空气机组,空调送风和回风仍需通过风管送至空调空间。设备管理用房采用溶液新风机组和干式风机盘管,由于新风量较小,大大减小了风管尺寸,但需将冷水供到各个房间。

2 经济性分析

2.1 负荷估算

本文拟设计的地铁车站位于深圳,采用屏蔽门系统,参照深圳的气象数据进行估算。地铁车站公共区的显热负荷主要由人员负荷、广告牌等设备负荷、商铺负荷、屏蔽门传热负荷和新风负荷等构成,湿负荷主要由人员和壁面散湿产生。公共区在列车进出站过程存在大量的渗透风,计算新风量时要考虑渗风量的补充。设备管理用房的显热负荷主要由设备、人员、灯光产生,湿负荷由人员产生。新风量按人员需求新风量取值,且不小于总送风量的 10%。该地铁车站总冷负荷的估算结果见表 1。

2.2 空气处理过程比较

2.2.1 常规空调系统

表 1 地铁车站的冷负荷

	公共区	设备用房
室内显热负荷/kW	322	211
室内潜热负荷/kW	102	13
新风负荷/kW	211	41
总冷负荷/kW	635	265
新风量/(m ³ /h)	22 000	5 600

空调负荷均由冷水机组承担。组合式空调机组或柜式空调器利用 7℃/12℃ 冷水处理新风和回风的混风后,送入室内,其空气处理过程如图 3 所示,公共区各状态点参数如表 2 所示。

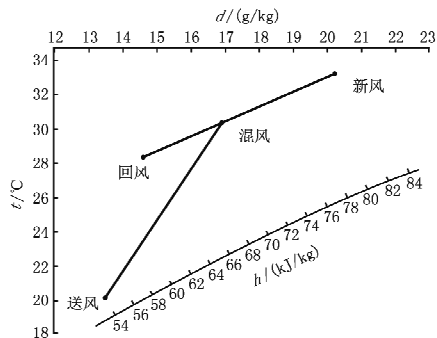


图 3 常规空调系统空气处理过程

表 2 公共区常规空调系统空气处理过程状态点参数

	干球温度/℃	相对湿度/%	比焓/(kJ/kg)
新风	32.5	65.3	84.53
公共区(站台)回风	28.0	61.6	65.50
送风	20.0	92.1	54.36

根据总冷负荷和各状态点参数可计算出公共区的总送风量为 100 000 m³/h。同理计算出设备管理用房的总送风量为 50 000 m³/h。

2.2.2 温湿度独立控制空调系统

高温冷水机组承担室内显热负荷,向溶液全空气机组或室内干式风机盘管供给 14℃ 的高温冷水。溶液全空气机组的空气处理过程如图 4 所示,各状态点参数如表 3 所示。新风经溶液除湿单元干燥处理后,与回风混合经表冷器降温后送入室内。由表 1 可知,溶液全空气机组需处理的新风量为 22 000 m³/h。经溶液除湿单元处理后的新风送风参数为 20℃, 10 g/kg 时,即能完全承担公共区的室内潜热负荷和新风负荷,并承担 59 kW 的显热负荷;剩余的 263 kW 显热负荷均由高温冷水机组承担。设备管理用房的新风量为 5 600 m³/h,经溶液调湿新风机组处理后的新风送风参数为 20℃, 12 g/kg 时,即能完全承担设备管理用房的室内潜热负荷和新风负荷,并能承担 15 kW 的显热负荷;剩余的 196 kW 显热负荷均由高温冷水机组承担。

2.3 夏季空调运行费用估算

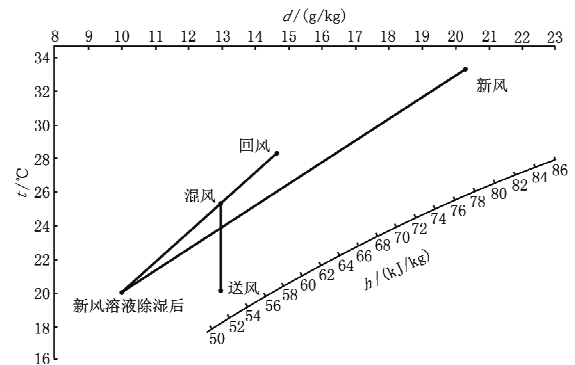


图 4 温湿度独立控制空调系统的空气处理过程

表 3 公共区溶液全空气机组的空气处理过程状态点参数

	干球温度/℃	相对湿度/%	含湿量/(g/kg)	比焓/(kJ/kg)
新风	32.5	65.3	20.3	84.53
新风溶液除湿后	20.0	68.6	10.0	45.47
公共区(站台)回风	28.0	61.6	14.6	65.50
送风	20.0	88.6	13.0	51.03

根据深圳市的气象条件和建筑功能,设定如下比较前提:1)空调季按 5 月 1 日至 10 月 15 日共 168 d 计,空调每天运行 15 h;2)深圳市商业电价按 0.964 元/(kWh)计。

常规空调系统的参数为:冷水机组负荷 900 kW,冷水供回水温度 7℃/12℃,冷水机组性能系数取 4.5,风机和水泵效率均取 0.7,冷却塔电动机功率取 5.5 kW。

温湿度独立控制空调系统的参数为:溶液全空气机组的除湿单元承担负荷 372 kW,效率为 5.0;溶液新风机组承担负荷 69 kW,效率为 5.5;高温冷水机组承担负荷 459 kW,性能系数为 8.5,冷水供回水温度 14℃/19℃;风机和水泵效率均取 0.7,冷却塔电动机功率取 3 kW。

两种空调系统的能耗估算结果见表 4。

表 4 两种空调系统的能耗估算结果

	耗电量/kW	夏季总耗电量/(kWh)	运行费用/(万元/a)
常规空调系统	冷水机组	200	504 000
	风机	54	136 080
	水泵	32	80 640
	冷却塔风机	5.5	13 860
	总计	291.5	734 580
温湿度独立控制空调系统	高温冷水机组	54	136 080
	溶液全空气机组	74	186 480
	溶液新风机组	12.5	31 500
	风机	36	90 720
	水泵	16	40 320
	冷却塔风机	3	7 560
	干式风机盘管	8	20 160
	总计	203.5	512 820

因此,在本文拟设计的地铁车站中,温湿度独立控制空调系统的夏季耗电量比常规空调系统减

(下转第 14 页)