

西安咸阳国际机场 T3A 航站楼 温湿度独立控制的应用^{*}

中国建筑西北设计研究院 周 敏[☆]

摘要 介绍了 T3A 航站楼温湿度独立控制系统的设计和应用,包括置换式下送风系统、地板冷热辐射系统、溶液式热泵新风系统、干盘管空调系统、直连多级循环泵空调水输送系统和空调末端分级能源串联及混水循环系统等。结合该项目建筑物的功能、特点和西安地区的室外气象条件,分析了该项目采用温湿度独立控制方案在降低初投资、节省运行费用以及提高舒适性与室内空气品质等方面是有潜力和优势的。

关键词 温湿度独立控制 置换通风 地板冷热辐射 溶液式热泵 干盘管 直连多级循环泵

Application of independent temperature and humidity control of terminal T3A to Xi'an Xianyang International Airport

By Zhou Min[★]

Abstract Presents the design and application of independent temperature and humidity control system, including the displacement ventilation system, floor radiant cooling and heating system, fresh air system of solution heat pump system, dry coil air conditioning system, directly connected multi-staged circulating pump of air conditioning water delivery system, graded energy serial and mixing water circulating system of air conditioning terminals. Based on the functions and features of this building and outdoor weather conditions in Xi'an, concludes that using the independent temperature and humidity control system in this project has advantages and potential in reducing the initial investment, saving operating costs and improving comfort and indoor air quality.

Keywords independent temperature and humidity control, displacement ventilation, floor radiant cooling and heating, solution heat pump, dry coil, directly connected multi-staged circulating pump

★ China Northwest Building Design Research Institute, Xi'an, China

①

1 项目概况

T3A 航站楼是西安咸阳国际机场二期扩建工程项目之一,于 2008 年 2 月开工建设,计划 2012 年 4 月投入运行,其中,T3A 航站楼空调系统已于 2011 年 7 月开始进行单机调试,2011 年 10 月进入全面调试阶段。本期工程国家计划项目内容中新建、扩建面积约 60 万 m²,总投资 104 亿元,其中,T3A 航站楼计划投资 29.6 亿元。

整个 T3A 航站楼面积约 28.0 万 m²,本次建设面积 26.4 万 m²,地上 2 层、地下 1 层,地面建筑

最大高度 37.0 m,地下深度 8.6 m,其中,航站楼内最大层高(办票大厅)27.0 m。T3A 航站楼主要功能为:办票大厅、候机大厅、行李提取厅、迎宾厅、行李分拣厅、商业和办公用房以及配套设备功能用房。航站楼空调的供冷、供热由本期配套建设的集中室外制冷、换热站提供,室外制冷、换热站距本期航站楼主楼各约 1 km。

2 T3A 航站楼项目特点及条件

①☆ 周敏,男,1963 年 4 月生,硕士研究生,教授级高级工程师
710018 陕西省西安市经开区文景路中段 98 号
(0) 13991283519
E-mail:zhoumin1963@163.com
收稿日期:2011-09-14

^{*} 高大空间新型节能空调方式的研究及应用项目(编号:CSCEC-2009-Z-30)

2.1 航站楼建筑功能及特点

航站楼是机场航空交通的枢纽中心,主要为旅客进出港提供各种服务。本期航站楼建筑采用了内遮阳大型玻璃幕墙作为其外围护结构;办票大厅和候机大厅布置在 2 层,内部为通透、开敞的高大空间,层高 11.0~27.0 m;行李提取厅和迎宾厅布置在 1 层,内部为高度 10.0 m 的大空间;商业和办公用房为设置在大空间中的“房中房”。航站楼运营使用时间一般为 6:00—23:00/24:00,到达厅有时延至 02:00。航站楼内除个别设备的工艺性环境需求外,其他均为一般舒适性空调或通风需求,同时楼内人员较多,新风需求量大。由于机场安保的特殊性,航站楼通风空调系统设备宜集中设置和集中管理。

2.2 空调外界能源

室外集中制冷、换热站距本航站楼各空调用户接入点最近 500 m,最远 1 100 m,空调供水参数为:冬季 60℃、夏季 3.0℃,输送系统采用直连多级循环泵空调水系统(或称为动力分散式空调水系统)。在机场建筑能源消耗中,航站楼冬季、夏季空调能耗一般占到了航站区年总能耗的 1/3~1/2。

2.3 西安地区室外气候条件

1) 西安地区(寒冷 B 区)室外气象参数^[1]

冬季空调室外计算温度为-5.6℃,设计计算用供暖期时间为 99 d;夏季空调室外计算干球温度为 35.1℃,夏季空调室外计算湿球温度为 25.8℃。

2) 机场航站楼空调实际运行时间

冬季供暖约 4 个月(11 月 10 日至次年 3 月 15 日);夏季供冷约 4 个月(5 月初至 9 月底);过渡季约 4 个月。

通风空调使用时间一般为 06:00/07:00—23:00/24:00。

3) 西安地区相关气象参数^[1](见表 1 及图 1~3)

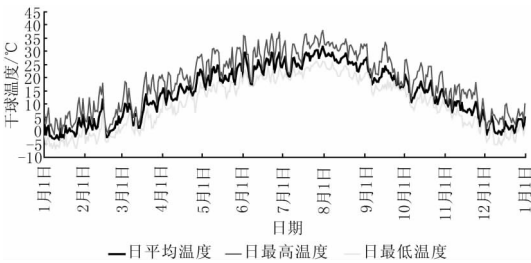


图 1 日干球温度年变化

2.4 小结

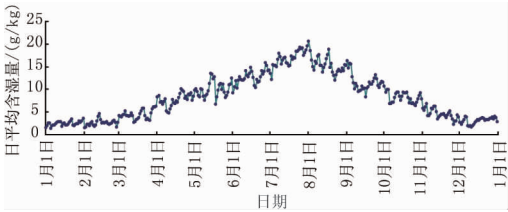


图 2 日平均含湿量年变化

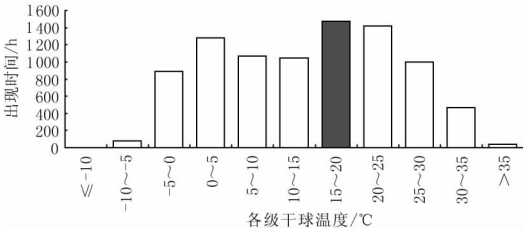


图 3 全年各级干球温度频数

表 1 5 月 1 日至 9 月 30 日各级干球温度频数

温度/℃	<15	15~20	21~25	26~30	31~35	>35
时间/h	26	1 009	1 264	937	405	31
比例/%	0.71	27.48	34.42	25.52	11.03	0.84

由以上内容可看出,本期 T3A 航站楼对于暖通专业具有如下特点:

1) 西安咸阳国际机场航站楼空调是机场建筑中最大的能源消耗部分,航站楼的负荷主要来自高大及通透的空间和大面积玻璃幕墙的使用中,使室内出现下冷上热以及夏季显热负荷较大的特点,特别是夏季因屋面负荷大且热空气聚集,2 层人员和地面接受的辐射热较大,同时,航站楼内人员多、新风需求大也是一个特点。

2) 航站楼空调运行时间长、负荷大;室外冷热源距航站楼较远且楼内各用户使用点相距较远,直连多级循环泵空调水系统将大幅度降低输送能耗。

3) 由图 1~3 可看出,西安地区可满足自然通风及降温的过渡季时间较长;同时,夏季室外具有早晚温度变化大、相对湿度较低以及低于室内温度(26℃)的时间较长(约 60%)等特点;该气候条件适宜于应用全空气系统或自然通风系统进行降温。

4) 从图 3 可以看出,全年室外温度在 15~20℃的时间最长,约为 1 473 h(2 个月);在夏季供冷期内有 1 009 h(约 1.5 个月,见表 1),占夏季空调时间的 27.5%;该温度区适宜于置换式下送风方式的“免费”自然供冷(上送风或侧送风的送风温度理论上一般是 15℃以下)。

3 T3A 航站楼空调系统温湿度独立控制

3.1 温湿度独立控制的应用范围

本项目在主楼2层的办票大厅和南指廊的候机大厅分别采用了温湿度独立控制空调系统,其位置和区域见图4,应用面积约为47 000 m²,约占项目总面积的18%,约占空调总面积的23%。

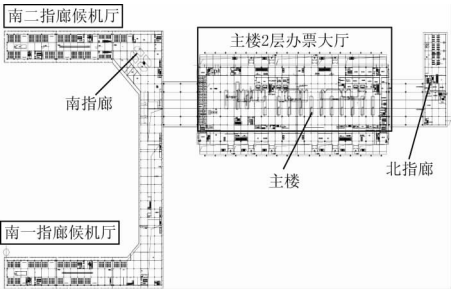


图4 T3A航站楼温湿度独立控制应用区域图

3.2 温湿度独立控制系统形式

1) 设计理念

为降低空调系统的初投资、减少运行费用以及

提高舒适性与室内空气品质,对航站楼内高大空间部分采用“置换式下送风+地板冷热辐射+干式地板风机盘管”的空调及送风方式,即室内温度主要由干式风机盘管和地板冷热辐射系统共同调节和控制,湿度则主要由置换式下送风系统送入的空气进行调节和控制,控制方式见图5。

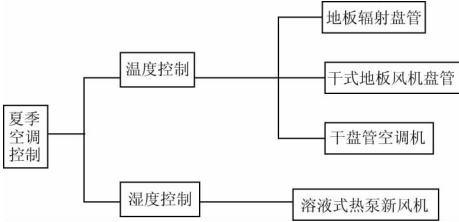


图5 T3A航站楼温湿度独立控制方式

2) 系统组成及功能

为实现前期的设计理念和充分利用当地气候条件,室内空调采用了多种形式以达到不同的目的,具体内容详见表2。

表2 温湿度独立控制空调系统组成及功能

	温度控制			湿度控制
处理形式	地板辐射盘管	干式地板风机盘管	干盘管空调机	溶液式热泵
送风方式		幕墙内侧下送	置换式下送	置换式下送
功能及作用	1) 承担空调基本负荷; 2) 提高冷热辐射量,减小室内负荷且提高热舒适性; 3) 降低空调投资; 4) 提高回水温度,降低输送能耗和制冷能耗	1) 承担空调负荷,辅助调节室内温度; 2) 消除外区负荷,提高舒适性; 3) 降低空调投资; 4) 提高回水温度,降低输送能耗和制冷能耗	1) 承担空调内区负荷,控制调节室内温度; 2) 充分利用置换送风,提供过渡季自然冷却新风,降低制冷能耗; 3) 配合置换送风温度,提高回水温度,降低输送能耗和制冷能耗	1) 配合置换送风温度且承担空调湿负荷,控制调节室内湿度; 2) 提供空调季新风,承担新风负荷; 3) 充分利用置换送风,提供过渡季自然冷却新风,降低制冷能耗; 4) 就近利用冷热源,降低输送能耗; 5) 制冷温度提高,降低了制冷能耗

3) 空调风系统原理

图6和图7为航站楼主楼和南指廊空调风系统原理,需要说明的是置换送风空调夏季采用中部回风,顶部局部天窗排除污浊高温空气;冬季采用部分上顶回风,降低室内不必要的温度梯度;过渡季天窗全开,以便进行机械与自然通风。

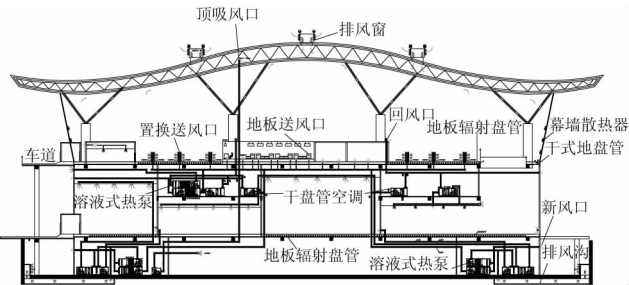


图6 航站楼主楼空调风系统原理图

4) 空调水系统

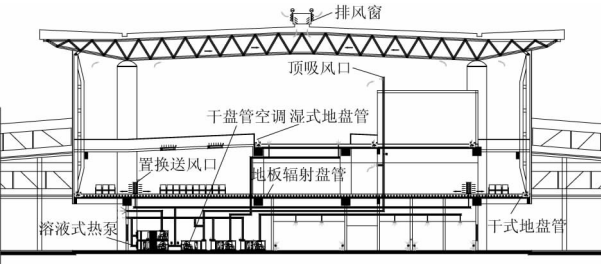


图7 航站楼南指廊空调风系统原理图

为降低水系统的输送能耗,空调水系统采用直连多级循环泵系统形式,即制冷、换热站设一次和二次循环泵,提供机房内压头和必要的外网扬程;用户侧设空调末端循环泵,提供末端循环压头和必要的外网扬程。为提高系统回水温度及满足干盘管空调(即干盘管空调机和干式风机盘管)与地板辐射盘管的特殊供水温度要求,末端空调水系统采用了能源分级利用的串联及混水循环系统(见图

8)。航站楼内的温湿度独立控制空调系统运行参数如下:

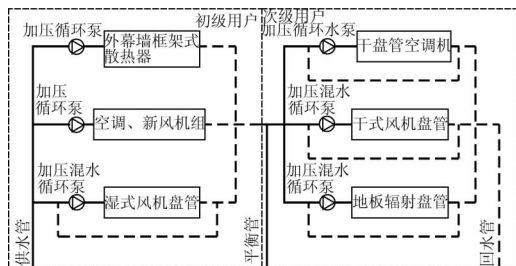


图8 末端空调水系统能源分级利用原理图

室外集中冷源、热源——夏季供水温度 3°C , 冬季供水温度 60°C ;

地板(冷热)辐射盘管——夏季供/回水温度 $14^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$, 冬季供/回水温度 $40^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$;

干式风机盘管——夏季供/回水温度 $16^{\circ}\text{C}/18^{\circ}\text{C}$, 冬季供/回水温度 $50^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$;

干盘管空调机——夏季供/回水温度 $16^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$, 冬季供/回水温度 $50^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$;

溶液式热泵新风机预冷(热)——夏季供/回水温度 $16^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$, 冬季供/回水温度 $50^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 项目应用特点

3.3.1 置换式下送风空调系统

1) 使传统的全室空调变为工作区域内的空调, 降低了室内空调负荷及能耗;

2) 空调系统送风量的减少降低了空调系统的投资和输送能耗;

3) 下送风系统可充分利用室外长时间的免费自然冷却能力, 降低了空调制冷能耗;

4) 空调新风从下部直接送入人员工作区, 提高了室内空气品质;

5) 下送风方式降低了航站楼高大空间常规空调送风的其他辅助费用, 即建造敷设空调送风的“房中房”屋架等的费用;

6) 下送风的风口会占用室内有效地面。

3.3.2 地板冷热辐射系统

1) 辐射供冷和供热抵消了室内不利的热辐射和冷辐射, 提高了人体的舒适性;

2) 采用辐射供冷、供热室内温度可比传统对流换热方式低(冬季)/高(夏季) $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 从而降低空调冷热负荷;

3) 地板辐射盘管的初投资和输送能耗均比传统的全空气系统低;

4) 地板冷、热辐射系统用水温度夏季较高、冬季较低的特点, 可加大整个空调水系统的输送温差, 既可降低输送投资和能耗, 又可提高制冷机的 COP ;

5) 地板辐射盘管的设置为项目的施工增加了一定难度。

3.3.3 溶液式热泵新风系统

1) 由于置换式下送风要求送风温度不低于 19°C , 溶液式热泵为配合实施下送风提供了适宜的条件;

2) 溶液式热泵制冷温度的提高, 降低了制冷机的运行能耗;

3) 溶液式热泵的就近利用, 可适当降低空调水系统的输送能耗;

4) 溶液式热泵的使用占用了一定的机房面积, 同时, 因溶液再生系统的复杂性, 机房安装难度有所提高。

3.3.4 干盘管空调系统

1) 干盘管空调机满足了空调的温度控制要求, 同时又可起到负荷调峰作用;

2) 干盘管空调机和干式风机盘管的使用提高了回水温度(加大输送温差), 降低了水系统投资和输送能耗, 同时又可提高制冷机的 COP ;

3) 过渡季时全新风系统的使用可充分利用室外长时间的免费自然冷却能力, 降低了空调制冷能耗。

4 设计体会

西安咸阳国际机场 T3A 航站楼温湿度独立控制系统虽然尚未正式启用, 效果也有待运行测试, 但其实施前期的分析论证和中期的设计和应用也值得总结, 以下是笔者几年来的一点工作体会和总结, 希望对大家有所帮助。

4.1 本项目由于采用了地板辐射盘管和干盘管空调, 提高了回水温度, 同时, 各用户水系统采用了分级能源串联式系统, 再一次提高了系统回水温度, 系统供回水温差可达 13°C (传统系统一般为 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$)。这样, 可大幅度降低空调水系统的投资和输送能耗, 还可提高制冷机的 COP 。

4.2 置换式下送风空调系统既减小了空调冷负荷, 又充分利用了当地气候特点——自然冷却, 使空调制冷能耗低于常规空调。但置换式下送风的

(下转第 35 页)

(上接第 30 页)

使用难点在于冷负荷的确定,高大的室内空间是其使用的条件,而且空间上部负荷越大越有利,同时适宜的室外气候条件将有助于下送风系统优势的发挥。

4.3 根据针对本项目所作的舒适模拟和计算评价,地板冷热辐射系统的设置大大地提高了人体舒适性,较好地配合了置换式下送风空调系统。与常规空调系统相比,该系统的使用既降低了空调系统初投资,又因回水温度的提高而降低了空调系统的输送能耗。但确定地板冷热辐射系统所能承担的负荷及选择适宜的供回水温度,是设计前期的工作重点,其施工及验收的依据也有待于完善。

4.4 溶液式热泵系统为置换式下送风空调系统的实施提供了必要的保证,其既能满足制冷能耗

低的要求,又能满足送风温度和湿度的要求。但溶液式热泵机组的设置应考虑机房具有同时进出风的可能和空间大小合适的特点,同时还要考虑冷热源维护量的增加以及局部投资费用的提高。

4.5 温湿度独立控制系统的应用应进行前期的技术经济性分析,特别是具体的实施配套系统(如干盘管、溶液式热泵机组、置换式下送风装置等)应结合当地气候条件和项目特点而定,不宜盲目教条地使用,使温湿度独立控制技术得以健康、长久的发展和应用。

参考文献:

- [1] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005