

城市轨道交通通风空调系统风水联动智能控制系统分析

张永秋

天津凯发电气股份有限公司 天津 300392

摘要: 本文介绍了城市轨道交通系统的发展现状以及通风空调系统的需求, 然后详细阐述了通风空调系统的组成和工作原理, 并引入风水联动的概念和原理。接着, 介绍了风水联动智能控制系统的架构和功能, 并深入讨论了其中的风水联动原理和控制策略。最后, 分析了地铁站房风系统, 希望对城市轨道交通的稳定运行有所帮助。

关键词: 通风空调; 能耗; 定流量控制系统; 风水联动智能控制系统

1 城市轨道交通通风空调系统概述

1.1 城市轨道交通系统的发展现状

城市轨道交通系统的发展现状主要表现在以下几个方面: 第一, 城市轨道交通线网趋于完善。许多大都市已经建立了较为庞大的城市轨道交通线网, 实现了市区及周边地区的快速交通连接。同时, 为了进一步提高交通效率, 一些城市正在推进轨道交通的扩容和拓展, 增加新线路, 形成更为密集的线网。第二, 城市轨道交通技术不断创新。随着科技的发展, 城市轨道交通系统的技术也在不断创新和进步。新一代地铁列车采用了更为先进的动力系统和控制系统, 提高了运行效率和安全性。同时, 智能化的轨道交通系统逐渐成为发展的趋势, 通过信息化技术和人工智能的应用, 实现了交通的智能化管理和调度^[1]。第三, 城市轨道交通系统安全性不断提升。城市轨道交通系统运行的安全性一直是重中之重。各级政府和相关部门加强了对轨道交通系统的安全监管, 加大了对设备和设施的维护和检修力度, 提高了交通系统的安全性和可靠性。第四, 城市轨道交通系统的环保性越来越受到重视。为了减少对环境的污染和减少能源消耗, 许多城市采用了环保节能的轨道交通技术, 如轨道车辆的电动化、能源回收利用等, 从而减少了尾气排放和能源浪费。

1.2 城市轨道交通系统的通风空调需求

城市轨道交通系统的通风空调需求是一个非常重要的方面。随着城市化的不断推进, 人们对于公共交通的需求也越来越高, 轨道交通系统成为城市生活中不可或缺的一部分。而在地铁站房中, 由于人流密集和封闭环境, 通风空调系统的功能和效果至关重要。首先, 通风系统在地铁站房中起到了保障乘客健康和舒适的作用。地铁站房中人员密集, 如果没有有效的通风系统, 将会导致空气污染、高温、潮湿等问题, 对乘客的健康产生不利影响。而通过适当的通风系统设计, 能够及时排除

废气、保持室内空气流通, 有效减少有害气体和细菌的积聚, 确保乘客的健康与舒适^[2]。其次, 空调系统在地铁站房中有助于调节室内温度和湿度, 提供一个适宜的乘车环境。在夏季高温季节, 地铁站房内部容易产生高温和闷热, 而过低或过高的温度都会给乘客的使用体验带来不适。通过合理设置制冷和制热设备, 可以确保站房内温度的舒适性, 并有效避免因温度过高或过低而引发的乘客不适症状。此外, 通风空调系统还对地铁站房内部的空气质量、湿度、噪音等方面起到了改善和控制的作用。

1.3 城市轨道交通通风空调系统的组成和工作原理

城市轨道交通通风空调系统是保障地铁站内空气质量和乘客舒适度的重要设施。该系统一般包括通风系统和空调系统两个部分。通风系统主要由风机、风道、排烟系统等组成。其主要工作原理是通过风机将新鲜空气引入站厅、站台和通道等区域, 同时将有害气体和烟尘排出到室外。通过通风系统的运行, 可以有效实现空气循环和空气净化, 保证地铁站内空气的新鲜度和洁净度。空调系统则是通过制冷、制热和湿度调节等技术手段, 保持地铁站内的舒适温度和湿度^[3]。一般情况下, 地铁站的室内温度应保持在适宜范围内, 既不过热也不过冷, 以提供舒适的乘坐环境。实现通风空调系统的风水联动智能控制, 可以更加高效地管理系统运行, 提高能源利用效率。

2 城市轨道交通风水联动控制系统

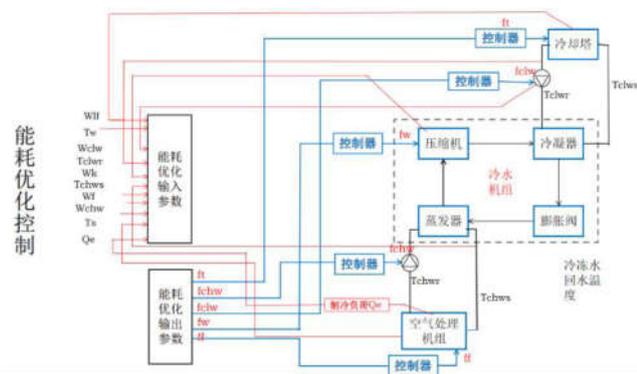
2.1 系统架构和功能介绍

在国家“双碳”背景下, 大力推动节能减排在地铁项目中得以更深的推广, 传统的城市轨道交通通风空调系统、冷水系统有机的结合, 诞生了以经济效益和节能为统一目标的城市轨道交通风水联动智能控制系统。

城市轨道交通风水联动智能控制系统是指通过对地铁站房内外环境进行实时监测和分析, 以及合理调整通

风系统、空调系统等设备的运行状态,实现系统的智能控制和优化调节。该系统的主要架构包括传感器网络、控制中心和执行设备。传感器网络负责对地铁站房内外的温度、湿度、二氧化碳浓度、风速等环境参数进行实时监测,通过传感器将采集到的数据传输至控制中心。控制中心是系统的核心,通过对传感器数据的处理和分析,根据预设的控制策略自动调整通风系统、空调系统等设备的工作状态,以保持站房内的舒适环境和能效^[4]。

2.2 风水联动系统



能耗优化控制如图所示

如上图所示,风水联动系统包含水系统及风系统两个子系统,从冷水机组到冷却塔为冷却水控制部分,冷水机组到空气处理机组为冷冻水控制部分,两部分合称为水系统;空气处理机组至公共区及设备人员房间的通风为风系统。风水联动系统为各个子控制系统的耦合,下面分别介绍各子系统的调节方法。

根据GB/T 51357-2019《城市轨道交通通风空气调节与供暖设计标准》3.1.3条和GB 50157-2013《地铁设计规范》13.2.14条:地下车站公共区夏季室内空气计算温度和相对湿度,应符合下列规定:当车站采用空调系统时,站厅公共区的空气计算温度应低于空调室外空气计算干球温度 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$,且不应超过 30°C ;站台层公共区的空气计算温度应低于站厅的空气计算温度 $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度均应为 $40\%\sim 70\%$ 。根据地铁工程现场实际情况测算空调夏季制冷时,室内温度调高一度,大约可节电 $5\%\sim 8\%$ 左右,而人体的舒适温度为 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。在满足人体舒适度的基础上,响应国家节能减排的目标,大力推行风水联动节能控制系统,在一个宽温度范围内进行风水联动的调节^[5],各子系统的调节方法如下:

2.2.1 风系统控制回路

风系统调节的最终目标是公共区温度、湿度及 CO_2 浓度达到人体舒适值。

(1) 风机频率的调节以公共区温度作为给定目标,

送风温度作为输出控制量,回风温度作为反馈,进行闭环调节。通过风机频率与送风温度的反比例换算,使KT风机频率在 $30\sim 50\text{HZ}$ 的调节。随着客流量增大,散热量增加,考虑早晚高峰或者节假日的大客流量工况,可以按照时间表设置一个相对较低的目标温度,其余时间设置一个相对较高的目标温度。在满足人体舒适温度的要求下,达到节能目的。

(2) KT空调混合风室内的混合风量调节,通过新风阀和回风阀的开度大小进行。减小夏日热风的进入,并增大回风,对冷量进行回收利用,使新风量与回风量匹配,达到节能的目的。且风阀开度的匹配要考虑公共区 CO_2 的浓度指标,当浓度过大时,增大新风量,减少回风量。

(3) 根据公共区湿度值的大小,可短时间打开KT风机箱内的加湿器电磁阀,送风携带水雾,使公共区湿度达到适宜条件。此处应注意,电磁阀开启时间一定要小,避免水雾积存凝结。可根据项目所在地环境制定季节时间表调节电磁阀的开闭,达到节能以及湿度适宜的目的^[1]。

(4) 设备人员区的温度调节,由于在实际工程中中小风机很少使用变频器,可根据时间模式表的编制,在负荷高峰时间段开启设备人员区送风,低负荷时间段关闭风机达到节能目的。

2.2.2 水系统控制回路

水系统调节的最终目标是公共区温度,并通过调节制冷量实现。根据地铁工程现场实际情况测算,通常冷冻水的温度每升高 1°C ,制冷机能耗下降 3% 。

(1) 参考公共区实时温度、客流量参数、当日天气温度,来计算冷冻水出水温度,设定一个合理的温度值。并通过调节冷水机组压缩机开启台数,或者冷水机组的开启数量,在满足目标温度的同时尽量减小负荷,以便达到节能目的。

(2) 冷冻水供水量的调节包含冷动泵的频率调节和二通阀开度的调节。根据冷冻水温度,公共区温度目标,使冷冻泵频率在 $30\sim 50\text{HZ}$ 进行调节,增大或者减小冷水量的供应。冷冻泵的调节应参考客流量参数以及当日天气温度,并配合二通阀的开度调节,让风机盘管的冷水供应量变化,转化为风系统输送冷量的变化^[2]。

(3) 冷却系统的调节包含冷却泵的频率调节以及冷却塔的调节,根据冷冻水温度制冷量要求,增减冷却泵的频率,并配合冷却塔风机的开启数量,或使冷却水迅速散热,提高冷水机组的制冷效率,或综合计算考虑平衡冷水机组效率以及冷却系统的能耗问题,最终达到节能效果。

2.2.3 系统的耦合

风水联动是个复杂的耦合系统，单一的调节并不能满足使用目标，需要将多个调节耦合，综合计算各子调节系统的参数，并最终满足节能且舒适的环境目标。且实际项目应用中，会缺少其中一个或者多个调节子系统，需要实际分析最终设计符合条件的节能控制系统。

2.3 数据采集和传输技术

城市轨道交通通风空调系统风水联动智能控制系统的的核心环节。在系统中，通过各种传感器对环境数据进行实时监测和采集，包括温度、湿度、二氧化碳浓度等参数。这些传感器将采集到的数据转化成电信号，并通过通讯网络进行传输。常见的数据采集技术包括模拟传感器和数字传感器^[3]。模拟传感器通过测量物理量并将其转换成电压或电流信号来采集实时数据。数字传感器则直接将测量结果转换成数字信号进行采集，具有更高的精度和稳定性。在传输过程中，常用的技术包括有线通信和无线通信。有线通信采用网络电缆进行数据传输，具有稳定性高、传输速度快的优点。无线通信则可以通过无线局域网（WLAN）或蜂窝网络等方式实现数据的传输和共享，具有灵活性和便捷性的特点。

2.4 智能控制算法和优化方法

智能控制算法和优化方法是城市轨道交通通风空调系统风水联动智能控制系统的的核心技术。通过自适应控制、模糊控制、神经网络控制等算法，可以实现对系统的自动调节和优化。这些算法可以根据系统运行状态和环境变化，实时调整通风和空调参数，达到节能、提高舒适度等目标。在智能控制算法中，自适应控制是一种基于系统状态反馈和参数调整的方法。它可以根据系统运行情况，实时调整控制策略和参数，使系统保持在最佳状态。另外，模糊控制是一种基于模糊逻辑和规则推理的方法，通过定义模糊规则和输入输出关系，实现对系统的控制。神经网络控制则通过人工神经网络模拟人脑的学习和推理能力，实现对系统的自适应控制。优化方法是通过数学建模和优化算法，寻找系统的最优控制策略和参数^[4]。

3 地铁站房风系统分析

3.1 地铁站房的通风需求和现状

地铁站房作为人员密集的交通枢纽，其通风系统的设计和运行对人员的舒适感和健康安全至关重要。地铁站房的通风需求主要包括排除污染物、保持空气流通和控制温湿度等方面。随着城市轨道交通的快速发展，

地铁站房的通风系统也不断发展和完善。首先，地铁站房的通风需求包括两个方面：排除污染物和保持空气流通。由于地铁站房是人员密集区域，人员的呼吸、排泄和运动会产生大量的污染物，如二氧化碳、细颗粒物、氮氧化物等。通风系统需要及时排除这些污染物，保证空气的清新和健康。同时，保持空气流通也能有效降低空气污染物的浓度和机械效应的影响，提高空气质量。其次，地铁站房的通风系统还需要控制温湿度，保持适宜的室内环境。地铁站房通常处在地下，容易受到地下水位和外部气候的影响。通风系统需要及时调节温湿度，确保乘客在地铁站房内的舒适感^[5]。

3.2 风系统的设计和运行参数分析

首先，地铁站房的通风系统设计需要考虑到人员密集和长时间停留的情况。因此，系统应该具备足够的通风量和换气频率，以确保空气的新鲜和循环。此外，地铁站房内的温度和湿度也需要在舒适范围内控制，以提供一个舒适的环境。其次，对于地铁站房风系统的运行参数分析，需要考虑到不同时间段和不同季节的变化。例如，高峰时段和非高峰时段的乘客流量差异较大，因此通风系统的运行参数需要根据实际情况进行调整。为了确保地铁站房风系统的设计和运行参数的准确性，可以利用现代技术手段进行分析和优化。

结束语

通过对系统的各个组成部分进行深入分析和探讨，确定了风水联动原理和控制策略，并提出了一些改进建议。该系统的应用可以有效提高通风空调系统的效率和节能性，并为乘客提供更舒适的乘坐环境。然而，还有一些挑战需要克服，例如数据采集和传输技术的完善以及智能控制算法的优化。

参考文献

- [1]杨卓.关于地铁车站“风—水”联动控制系统的研究[J].山西建筑, 2018, 44(33): 98-100.
- [2]孙军陵.地铁车站通风空调系统控制[C].//中国轨道交通行业委员会%北京铁道学会.中国城市轨道交通可持续发展技术交流论文集.2013:106-112.
- [3]郑奕.地铁站通风空调系统风水联动智能控制系统的应用[J].智能建筑与智慧城市,2018(01):53-54+58.
- [4]张婷婷.地铁车站通风空调系统设计方法[J].中国新技术新产品, 2018, 12(08): 99-100.
- [5]任志刚, 卢振斌, 邓勤犁, 王乾坤.变频控制的地铁站通风空调系统能耗研究[J].建筑热能通风空调, 2017, 36(03): 72-75.