

西安地铁环控专业节能降耗浅谈

宁华明

西安市轨道交通集团有限公司运营分公司 西安 710016

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11645

[摘要] 地铁电能消耗主要分为牵引供电能耗、车站设施耗能及包括商业、车辆段在内的其他能耗。而地铁环控系统作为能耗大户,其电力能源消耗可达到地铁总能耗的40%左右。地铁环控系统能耗主要由环控风机风阀用电和空调水系统(冷水机组、冷却塔与水泵)用电组成。

本文将主要通过两个方面来探讨如何降低环控专业能耗问题,一是不通过单一模式来统一控制大小系统空调机组的启停,而是通过实时监测的温湿度,二氧化碳浓度等来控制空调机组的启停,避免出现大马拉小车的现象;二是通过技术改造,如变频技术或EC风机代替现有风机,提升设备运行效率,从而降低能耗。

[关键词] 地铁、环控、能耗、自动控制、节能

A Brief Discussion on Energy Conservation and Consumption Reduction in the Environmental Control Specialty of Xi'an Metro Huaming Ning

Xi'an Rail Transit Group Co., Ltd. Operation Branch Xi'an 710016

[Abstract] The energy consumption of subway is mainly divided into traction power consumption, station facility energy consumption, and other energy consumption including commercial and vehicle depots. As a major energy consumer, the subway environmental control system can consume about 40% of the total energy consumption of the subway. The energy consumption of the subway environmental control system mainly consists of the electricity consumption of the environmental control fans and valves, as well as the electricity consumption of the air conditioning water system (chiller units, cooling towers, and water pumps).

This paper will mainly discuss how to reduce the energy consumption of environmental control specialty through two aspects. First, the startup and shutdown of air conditioning units of large and small systems will not be controlled through a single mode, but through the real-time monitoring of temperature, humidity, carbon dioxide concentration, etc. to control the startup and shutdown of air conditioning units, so as to avoid the phenomenon of horse pulling the cart; The second is to improve equipment operation efficiency and reduce energy consumption through technological transformation, such as frequency conversion technology or EC fans replacing existing fans.

[Keywords] subway, environmental control, energy consumption, automatic control, energy conservation

引言:

地铁环控系统主要由以下几部分组成:隧道通风系统;车站空调通风系统(大系统);车站管理用房和设备用房空调通风系统(小系统);空调制冷循环水系统;隧道通风系统等。环控系统的作用是控制和调节地铁内的热环境,保证地铁内的室内空气品质在一个合理舒适的范围之内,满足乘客和工作人员的舒适性、健康和安全管理需求,满足设备的工作要求。此外,它应当在事故及灾害情况下进行通风、排烟和排热,起到生命保障及辅助灭火作用。近年来,节能一直是西安地铁研究和讨论的重点话题,随着自动控制技术的研发,设备及技术的提升,地铁的节能及智慧车站等话题也成为了地铁行业的热点话题。目前广泛的应用在同行业中节能的方式有一是结合智慧车站,精准控制风机启停;二是根据现场情况,采用变频技术等来降低风机能耗。因条件及时间限制,部分

观点无详细数据支持,但在同行业中已有相关技术应用,本论文只是观点上的阐述,具体参数细节不做详细讨论。

1、环控系统中设备运行状态及功率情况。

因疫情期间大小系统执行全新风模式,大小系统空调机组均存在开启情况,数据不易分析,故取疫情前2017年采集用电数据,以玉祥门及洒金桥站为例,结合车站用电数据记录,计算推测空调季车站环控设备用电负荷占比。如表1所示,可计算两站4月下半月与5月下半月用电量,通过非空调季和空调季用电数据对比,玉祥门站在空调季用电量半月增加23227KW,占比5月份全站下半月用电量的26%,洒金桥站在空调季用电量半月增加27239KW,占比5月份全站下半月用电量的31%,由以上数据可知,空调季期间,仅仅增加空调水系统及大小系统空调机组运行,用电量将提升30%左右。

表1:非空调季和空调季车站负荷变化对比

| 所别 | 分项 | 2017年4月15日 | 2017年4月30日 | 4月下半月 | 2017年5月15日 | 2017年5月31日 | 5月下半月 |
|--------|----------|------------|------------|---------|------------|------------|---------|
| | | 电表读数 | 电表读数 | 用电量 | 电表读数 | 电表读数 | 用电量 |
| 玉祥门降压所 | 400V进线开关 | 801用电 | 2644472 | 2669077 | 24605 | 2693157 | 2718014 |
| | | 802用电 | 4462442 | 4501884 | 39442 | 4540720 | 4603137 |
| 洒金桥降压所 | 400V进线开关 | 801用电 | 3269639 | 3294988 | 25349 | 3322435 | 3365456 |
| | | 802用电 | 3926875 | 3961031 | 34156 | 3996728 | 4040451 |

目前西安地铁环控系统基本采用全空气系统,冷水机组能耗虽然也不小,但由于地铁负荷的特点,发热量不可能有大的减少,根据现有技术水平,螺杆式冷水机组已具有良好的部分负荷特性,冷量调节范围为10-100%,所以冷机节能的余地不大。风机、冷却塔、冷冻水泵及冷却水泵的运行时间要长于冷水机组,所以其能耗所占比例最大。因此,车站节能的重点应放在这些的节能优化上。

大、小系统设备运行情况,目前是空调季,通风模式执行的是小新风模式,大系统在停运时间段凌晨1时至6时停止运行,其他19小时均在运行,小系统为24小时不间断运行。空调水系统中冷却水泵,冷冻水泵为开启后不间断运行,冷水机组根据回水温度进行卸载,直到停机,现抽取一号线三个标准站,根据功率及运行时间,计算一天所消耗电能情况如下表所示:

表2:各站空调系统能耗统计

| 站名 | 大系统空调机组 | | 小系统空调机柜 | | 冷水机组 | 冷却水泵 | 冷冻水泵 | 冷却塔 | 日均消耗功率 KW (不含冷水机组) |
|-----|---------|----|---------|----|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| | 功率 KW | 数量 | 功率 KW | 数量 | 功率 KW | 功率 KW | 功率 KW | 功率 KW | |
| 康复路 | 32 | 2 | 16 | 3 | 96 | 22 | 15 | 15 | 3616 |
| 玉祥门 | 32 | 2 | 20 | 3 | 96 | 22 | 15 | 15 | 3904 |
| 半坡 | 30 | 2 | 7.5 | 4 | 145 | 22 | 22 | 7.5 | 3096 |

有上表统计数据可知,一个标准站在空调季期间,仅空调机组及冷冻、冷却水泵及冷却塔一天的能耗就高达 3500KW 左右(不包含冷机能耗),能耗之高,可见一斑。

2、环控设备精准控制

目前西安地铁运营线路在通风模式上已考虑节能情况,如采用“只排不送”,或者时间表模式控制风机启停等统一管理的方式,也能起到一定节能作用,但是整个系统采用“一刀切”模式,不够精准,仍然有较大提升空间。需要建立更为精准的“智慧车站”系统,实现多专业融合的环控系统的设计,最终达到整个车站能够自动控制环境温度温度的目的。

| 编号 | 描述 | 温度 (°C) | 湿度 (%) |
|-----------|------------|---------|--------|
| TEF/A1 | A端左线轨行区走廊处 | 20 | 56.3 |
| TEF/A2 | A端右线轨行区走廊处 | 19.4 | 54.5 |
| KT-A/A1 | A端新风井井底 | 16.6 | 57.5 |
| KT-A/A2 | A端大系统回风 | 18.9 | 53.2 |
| KT-A/A3 | A端大系统静压箱 | 16.9 | 59.2 |
| KT-A/A4 | A端大系统空调箱出风 | 18.3 | 56 |
| KT-A/A5 | A端大系统表冷器出风 | 16.7 | 58.9 |
| IA6 | 站厅公共区 | 19 | 52.4 |
| IA7 | 站厅公共区 | 18.7 | 54.2 |
| IA8 | 站台公共区 | 19.1 | 51.7 |
| IA9 | 站台公共区 | 19 | 53.5 |
| KT-XA1/A1 | XA1系统回风 | 19.5 | 50.3 |
| KT-XA1/A2 | XA1系统回风 | 19.1 | 48.6 |
| KT-XA1/A3 | 车站控制室 | 19.9 | 48.7 |
| KT-XA1/A4 | 综合监控设备室 | 22.1 | 43.2 |
| KT-XA1/A5 | 通信设备室 | 20.6 | 47.6 |

| 编号 | 描述 | 二氧化碳浓度 (ppm) |
|-----|-------|--------------|
| CA1 | 站厅公共区 | 471 |
| CA2 | 站厅公共区 | 486 |

图 1: 各点检测数据

目前按照节能控制系统内置时间表(根据各站开关站时间进行定制)执行,空调季时采用小新风通风模式,开站前 30 分钟开启大系统,夜间停运前 30 分钟关闭大系统,并且在车站温度未连续 3 天达到 26°C 以上时,即使在空调季,也可根据温度来判断是否启动空调系统。

西安地铁设备房、公共区已安装温度、湿度,二氧化碳浓度等传感器探头,监测车站环境温度(图 1),并且 AFC 设备 AGM 闸机可实时监测客流量,每台智能直接数字控制单元在完成自身监控任务的同时,将地铁车站每一个区域传感器测得的环境参数和空调设备的实时运行数据,通过控制网络持续不断地送到上层的控制管理机,提交到上位机运行的智能优化协调控制软件,同时智能优化软件把测量信息做出较为有效的融合,并将融合优化后的结果向下传送,作为系统控制的动态设定值传送到现场控制器。智能优化软件依据现场运行数据以及测量信息持续不断地修改控制器设定值,等效于给之前的独立系统添加了一个控制外环,即使在环控主机不工作时,现场设备仍可依照之前设定的控制模式正常工作。如上海地铁设置 4 台高效变频离心式冷水机组,4 台高效变频冷冻水泵,4 台高效变频冷却水泵,实现全负荷段高效变频调节供冷。加大管径,降低水流阻力,并采用 M-BMS 多智能体自适应节能控制系统控制(融合经过精细化设计及调试后的高效暖通空调系统中,使暖通与自控无缝集成,智能化节能运行),实现冷水机组自动匹配控制。如此,可让现场环境温度、空气质量达到设定值后,设备可处于待机状态或低频运行,从而减少设备运行功率,降低能耗。

3、采用变频技术或新设备降低能耗

随着科技不断发展,新技术、新设备也陆续推出,部分技术在地铁通风系统中也能运用,起到提升效率并降低能耗。

一是随着变频技术的发展,电机的变频调速运用越来越广泛,目前西安地铁部分风机已采用变频技术节能,如大系统空调机组,通过降低电动机电源频率可改变电动机转速,降低运行电流从而达到节能目的。转速减小时,流量、压力、轴功率都随之减小,风机效率提升,实现节能。如目前大系统采用的变频技术,当频率降低到 30Hz 时,电流会降到之前 50Hz 的一半,能耗降低可达 50%。当地铁运行期间,客流量较小时,可采用降低频率的方式,改变地铁车站公共区通风方式,在确保地铁车站通风的同时也能保证能耗的控制,避免在设备运行时出现统一采用单一模式运行,无可调节手段,增加运营成本。另外,空调水系统设备在空调季运行频繁,

如冷却塔、冷冻/冷却水泵需要加装变频器即可完成变频控制。通过水泵频率、冷却塔频率以及出水温度的调节,在满足制冷需求时,降低其运行频率与冷机运行状况匹配,提高冷站效率,从而达到节能目的。

二是可采用新设备,如 EC 风机来降低能耗。EC 风机电机电源为直流电源、内置直流变交流(通过六个逆变模块)、采用转子位置反馈、三相交流、永磁、同步电机。因为采用了永磁体励磁,消除了感应电机励磁电流产生的损耗;同时永磁无刷直流电动机工作于同步运行方式,消除了感应电机转子铁心的转频损耗。这两方面使永磁无刷直流电机的运行效率远高于感应电机,小容量电机的效率提高更明显,可作为地铁车站通风风机改造的选择对象。目前西安地铁车站小系统空调机组均为离心风机,未采用变频技术或其他节能措施,若加装变频器成本较大,需在环控柜加装一面或多面柜子安装变频器,改装成本较大,不符合目前西安地铁现状。但可通过设备改造,采用 EC 风机等新设备,如西安地铁 1 号线半坡站,通过将 K-A1 空调机组的传统风机更换为传动效率更高的 EC 风机,比现有空调机组离心式风机省去了传动皮带、风机皮带轮、电机皮带轮、风机轴承,改造后机组在风量提升 29.5% 的情况下,通过 EC “风机墙”实现气流组织优化,降低了 4.8% 的系统阻力,同时还实现节能 48.83%。改造后风机能效大大提升,平均每天每台小系统空调机组可节省能耗 53.34KWh,年度节省能耗 19469.1KWh,按照现 0.68 元/KWh 电费计算年度可节省电费 13238.98 元。可通过全线技术改造,来实现风机节能。



图 2: EC 风机

三是调整设备参数达到节能降耗的效果。根据冷水机组可根据冷冻水温度自动卸载的原理,结合目前地铁运行的情况,地铁环境实际温度及客流情况,可提升冷水机组冷冻水出水温度设定值,由之前的 9°C 调整到 12 摄氏度,可达到设备节能目的。如海尔品牌冷水机组,冷冻水出水温度每上调 1 摄氏度,可让地铁车站空调水系统节能 3% 左右。所以,适当提升冷水机组冷冻水出水温度设定值是一个不错的节能降耗措施。

另外,可通过小型设备改造,管路改造等优化地铁环控系统,如调整机房设备布局,由原来的冷水机组与水泵、全程水处理器平行设置,调整为直线布置,相较于原设计减少弯头,减少水系统中水在管路传输的损耗,减少水系统管道阻力,从而减少冷冻水泵,冷却水泵能耗。

4、结束语

西安地铁多次倡导“加强能源节约管理,创建节约型企业”,节能减排也是国家的一项重要工作,而地铁内的环控系统又是能耗大户,是地铁工程中的一个重要组成部分,它对地铁环境产生巨大的影响,其重要性不言而喻。目前其他市已采用智慧车站集中控制,根据检测数据集中精准的自动控制环控设备,风机与空调水系统联动,并采用变频技术或新设备来降低环控设备能耗,并取得一定的成绩。有效的节能手段可使得环控能耗显著下降,节约了大量能源,从而减少了地铁对于自然环境的影响,对于建设绿色地铁有重要的意义,也符合当前建设节能型社会、和谐社会的趋势,具有良好的社会效益。

[参考文献]

- [1] GB50157-2003 地铁设计规范[S]. 中国计划出版社, 2003
- [2] 机电二分部(2022)45号 关于一号线半坡站 K-A1 空调机组风机节能试点改造评估效果的报告. 张春阳。
- [3] GB/T35553-2017 城市轨道交通机电节能要求