

# 智能控制在地铁通风空调系统中的应用

张世勇<sup>1</sup>, 张国华<sup>2</sup>

(1.北京轨道交通建设管理有限公司, 北京 100000;

2.中国地质大学 人文经管学院, 北京 100000)

**摘要:** 通风空调系统作为地铁中的重要设备系统之一, 担负着对地下空间的空气温度、湿度、空气流速和空气品质进行控制的任务, 而其能耗约为地下线能耗的 30% 以上, 仅次于车辆牵引用电能耗, 节能潜力相对较大。介绍了通风空调系统的运行模式和能耗测量方法, 在分析能耗数据及能耗的基础上, 提出了空调系统智能控制模块在环境综合监控系统(BAS)中的实现方案。

**关键词:** 城市轨道交通; 空调系统; 节能; 综合监控; 智能控制

中图分类号: TP319

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)24-0087-03

## Application of intelligent control in ventilation and air-conditioning system of urban rail transit

Zhang Shiyong, Zhang Guohua

(1. Beijing Railway Construction and Management Co., Ltd., Beijing 1000000, China;

2. School of Humanities and Economic Management, China University of Geosciences, Beijing 100000, China)

**Abstract:** As important devices in subway system, ventilation and air-conditioning systems are responsible for the control of temperature, humidity, air-velocity and air-quality in underground space, while its energy consumption is about over 30% of total line energy consumption, only less than that of vehicle traction, energy-saving potential is relatively large. Operating mode of ventilation and air-conditioning systems and method of energy consumption measurement are introduced, and based on the analysis of energy consumption, intelligent control module is designed in environmental comprehensive monitoring system(BAS).

**Key words:** urban rail transit; air-conditioning system; energy-saving; comprehensive monitoring; intelligent control

城市轨道交通(地铁)作为一个城市的标志性公共基础设施, 凭借着强大的人员分流能力, 在城市交通中有着得天独厚的优势, 已成为各大中城市重点发展的对象。但地铁也因高耗能的特点, 成为人们最迫切希望改观的现实问题。尽快找到大幅降低地铁运行能耗的方法, 并加以推广应用, 已成为保持轨道交通健康可持续发展道路上必须解决的课题之一。

通风空调系统作为地铁中的重要设备系统之一, 担负着对地下空间的空气温度、湿度、空气流速和空气品质进行控制的任务。据统计, 通风空调系统的能耗约为地下线能耗的 30% 以上, 仅次于车辆牵引用电能耗, 节能潜力相对较大。

本文通过对既有地下车站通风空调系统的实际测试和实验, 在对测试和实验数据进行分析后, 得出通风

空调系统最佳节能运行方式, 并在环境监控系统中设计了空调系统智能控制模块, 为地铁节能运行提供了科学依据和控制手段。

### 1 通风空调系统的运行模式

地铁公共区通风空调系统一般按既定的运行时间表自动执行, 运行模式一般分为空调小新风、空调全新风、过渡季通风和冬季通风等, 分别对应不同的风机、风阀、表冷器、冷水系统等设备的开闭组合, 送/回排风机的运行频率为设定频率。设计的运行模式如表 1 所示。

### 2 实验方案及测试数据分析

#### 2.1 实验与测试方案

此次测试主要针对地铁通风空调的风系统, 测试车站采用集成闭式通风空调系统, 车站空调系统送/回排风机兼任区间隧道事故风机, 送风道内设置可电动开启

表 1 地铁车站通风空调系统全年运行典型模式

模式名称	送风机(ZSF/A、B)	排风机(ZPF/A、B)	表冷器(BLQ/A、B)	备注说明
全新风(通风)	运行	运行	敞开	春季、秋季
全新风(冬季)	ZSF/A 运行	ZPF/B 运行	敞开	冬季间歇
全新风(空调)	运行	运行	闭合	春夏、夏秋交界
最小新风(空调)	运行	运行	闭合	夏季
闭式运行	关闭	关闭	(不控制)	冬季间歇
排风(单排,通风)	停止	运行	(不控制)	对比方案
送风(单送,通风)	运行	停止	敞开	对比方案

型表冷器和空气过滤器,送/回排风机均为 20# 可逆转轴流风机,并设置了变频调速装置。

### 2.1.1 耗电量测试

耗电量测试是通过加装智能型电表实现的。在车站送/排风机的变频控制柜内加装 PM1200 型电力参数测量仪表,并在电力监控系统中进行记录和统计。

### 2.1.2 车站公共区环境温湿度测试

车站公共区环境温湿度测试通过加装温湿度自记录仪实现,在送/排风道、车站公共区共安装了 10 台 RR002 型温、湿度记录仪,记录的温湿度数值可定期通过 USB 接口导出,并可与 BAS 系统的记录进行对比。

## 2.2 测试结果简述

### 2.2.1 耗电量测试结果

本测试是在 1 月份某天夜间地铁停运后开始的,根据测试方案,通过 BAS 系统分别按不同运行模式开启风机、风阀、表冷器,并使风机在不同运行频率下工作,得到各模式下、各频率下的风机运转功率数据;并增加两种模式作为对比方案,分别是送风机送风、出入口自然排风和排风机排风、出入口自然进风,同时调整风机在不同频率下工作,进行耗电量测试。鉴于篇幅,表 2 仅列出 30 Hz 下各模式风机的功率测试数据。

表 2 风机功率测试数据表

风机编号	频率/Hz	平均功率/kW	运行模式	备注
ZSF/A、B	30	23.1	全新风(通风)模式	
ZPF/A、B	30	14.8		
ZSF/A、B	30	24.2	全新风(空调)模式	
ZPF/A、B	30	14.8		
ZSF/A、B	30	23.0	最小新风(空调)模式	新风阀、排风阀和回风阀均关闭
ZPF/A、B	30	13.3		
ZSF/A、B	30	22.9	送风(单送,通风)	
ZPF/A、B	30	14.9	排风(单排,通风)	

### 2.2.2 温湿度测试结果

测试车站公共区站台层和站厅层的冬季某日的温湿度曲线如图 1、图 2 所示,由于测试是在冬季进行的,待其他季节再进行相关的测试和分析。

## 2.3 测试数据分析

### 2.3.1 耗电量测试数据分析

从表 2 的测试数据可以看出,风机采用变频后,确实能够收到良好的节能效果,对于同一台风机,相同运

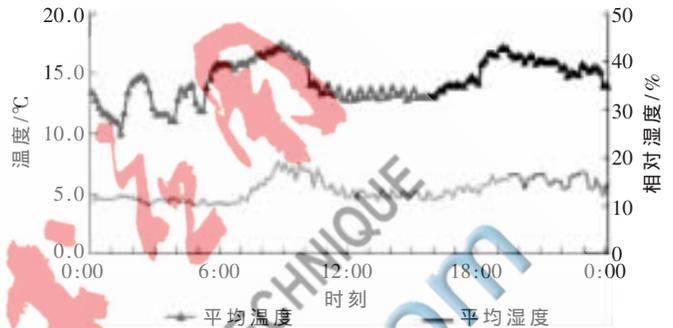


图 1 站台层温湿度曲线

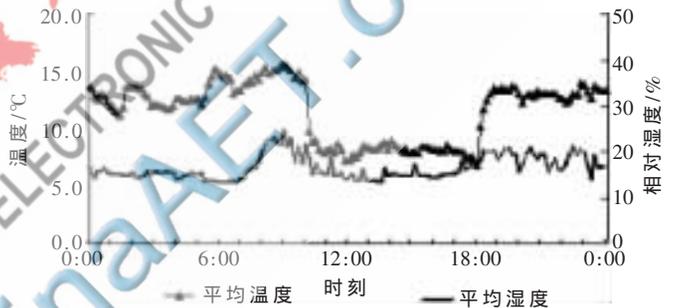


图 2 站厅层温湿度曲线

行频率、不同运行模式下的实际运行功率有所差别。

对比全新风(通风)模式、送风(单送,通风)和排风(单排,通风)模式的测试数据,发现其送/排风机的实际运行功率有所差别,但差别很小,考虑到其中的记录误差,可以认为由于出入口的面积较大,公共区采用机械送风、机械排风的方式与采用机械排风、出入口自然进风或者机械送风、出入口自然排风两种方式产生的实际通风量差别不大。所以,

采用后两种单排、单送的方式替代送、排的方式是很好的节能选择,而由于排风机的功率比送风机的功率有较大幅度的下降,所以,机械排风、出入口自然进风的方式是最为节能的方式。

### 2.3.2 温湿度测试数据分析

根据图 1、图 2 可以看出,地铁车站具有较为明显的早、晚高峰特点,尤以早高峰温度上升较为明显。但是,

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 93

由于现阶段冬季日间通风时间为 10:00~18:00, 故在日间平峰时段内, 站厅温度受到机械通风及列车活塞风效应的影响较大, 室外低温空气的引入会造成站厅温度偏低的情况, 日间局部时段出现接近 5℃ 的低温。而此时站台因有一定的人员发热及列车等设备发热, 受到室外低温空气的影响较小, 日间站台温度基本维持在 12℃~14℃。

#### 2.4 节能分析

采用机械排风的缺点显而易见, 就是室外空气不经过滤直接进入地铁, 会带进一部分的灰尘, 但瑕不掩瑜, 相对于机械送、机械排, 其节能幅度达到惊人的 60%, 所以, 春季和秋季可以考虑采用机械排、自然进风的方式, 如果担心灰尘的问题, 亦可采用机械送、自然排的方式, 也能达到 40% 左右的节能率。

对于冬季, 测试数据体现站厅、站台温度差距较大, 说明列车运行活塞风对站厅的影响较大且站厅层的发热量较小, 采用机械送风、自然排风的方式能够一定程度上抵消活塞风引入的室外空气, 站台层的热量也会进入站厅层, 对缩小差距有很大好处。在风机运行时间上, 早高峰和晚高峰进行通风较好, 其他时段采用闭式运行<sup>[1]</sup>。

### 3 空调系统智能控制模块的实现

环境监控系统(BAS)广泛应用于地铁环境监控。通过 BAS 控制地铁车站及区间的环境监控和其他机电设备, 使其安全、高效、协调运行, 保证地铁车站及区间环境的良好舒适, 产生最佳的节能效果, 并在突发事件(如火灾)时指挥环控设备转向特定模式, 为地铁乘车环境提供安全保证<sup>[2-3]</sup>。

目前, 地铁公共区通风空调系统按照设定的模式运行, 运行过程中不会根据环境的变化自动调节。为了能够在提供舒适环境前提下, 达到节能效果, 在前期测试分析的基础上, 在 BAS 系统中设计了空调系统智能控制模块。

空调系统智能控制模块利用实时采集的机电设备运行数据和环境数据, 在满足给定约束条件的前提下, 通过优化计算, 生成达到目标的最优运行方案, 并通过 BAS 系统的控制模块实现对现场设备的自动控制, 从而实现闭环控制。在开环控制模式下, 可以对运行方案进行人工调整。

空调系统智能控制模块的工作原理如图 3 所示。

智能控制模块的核心为方案优化引擎, 其输入信息

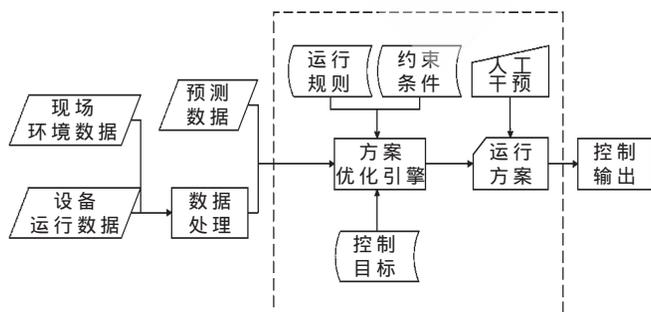


图 3 空调系统智能控制模块工作原理

包括:

(1) 现场数据: 安装在设备现场的测控装置采集到的实时数据包括设备的功耗、累计用电量、启停状态、站内外温湿度和空气质量等信息。这些数据反映设备运行的状态和站内外的环境, 是导出控制方案的数据基础;

(2) 预报数据: 包括天气预报数据、客流预报数据等。在给定运行模式的情况下, 未来的天气和客流状况可对车站内部的环境产生重要的影响;

(3) 数据处理: 对实时采集的现场数据进行相应的处理, 使之适合方案优化引擎的需要;

(4) 运行规则: 是预先设定的设备运行方式的集合。包括按时间、温度、湿度、空气质量, 并根据前期测试分析结果而制定的设备运行方式;

(5) 约束条件: 必须遵守的前提条件, 如空调设备的最大输出功率、变频器的变频能力、供电线路的额定负荷等;

(6) 控制目标: 实施控制后所期望的目标, 如现场的温度、湿度、空气质量、能耗等;

(7) 方案优化引擎: 根据现场数据和预报数据, 在限定的约束条件下, 按照预先设定的运行规则, 生成最接近控制目标的控制方案<sup>[4]</sup>;

(8) 运行方案: 系统中所有设备的运行方案集合;

(9) 人工干预: 在开环控制模式下, 由人工对生成的运行方案进行修改, 或直接进行人工控制;

(10) 控制输出: 按照运行方案对现场设备进行控制。通过优化分析计算, 方案优化引擎生成最优的空调系统运行方案, 如表 3 所示。

表 3 地铁车站通风空调系统运行方案示例

设备类型	设备名称	运行方式	风机工作频率/Hz
送风机	ZSF-A	停止	
	ZSF-B	运行	30
排风机	ZPF-A	运行	20
	ZPF-B	运行	20
表冷器	BLQ-A	敞开	
	BLQ-B	敞开	
空气过滤器	GLQ-A	开启	
	GLQ-B	开启	

智能控制模块的应用能够避免地铁通风空调系统以单一的模式运行, 使空调系统既能提供舒适的空间环境, 又能最大限度地提高节能效果。

通过以上的分析可知, 城市轨道交通节能降耗的发展主要取决于两个因素, 一是实验、研发领域是否可以取得突破; 二是推广应用新型节能成果是否顺利。但是要想实现这两个目标, 最终还得归结于管理层面, 只有创造了良好的创新条件、规范的行业标准及适宜的推广流程, 才是最终实现成功的前提。

参考文献

- [1] 张云飞.自动控制系统在地铁环境控制中的应用[J].城市轨道交通研究,2011(1):67-72.
- [2] 张发明,王颖.北京地铁10号线综合监控系统简介[J].城市轨道交通研究,2009(1):71-74.
- [3] 董云路.中央空调节能技术分析[J].山西建筑,2009,35(22):244-255.

- [4] 蒋腾旭.智能优化算法概述[C].电脑知识与技术,2007(8):507-508,530.

(收稿日期:2011-10-09)

作者简介:

张世勇,男,1968年生,工程师,主要研究方向:轨道交通设备节能管理与研究。

张国华,女,1965年生,副教授,主要研究方向:企业管理。

