

地铁暖通空调工程 常见问题及分析

车轮飞 主编

DITIE NUANTONG
KONGTIAO GONGCHENG
CHANGJIANWENTI
JI FENXI

中国建筑工业出版社

地铁暖通空调工程 常见问题及分析

车轮飞 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地铁暖通空调工程常见问题及分析/车轮飞主编. —北京:
中国建筑业出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-112-17534-5

I. ①地… II. ①车… III. ①地下铁道-采暖设备-建筑
安装②地下铁道-通风设备-建筑安装③地下铁道-空气调节
设备-建筑安装 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 274648 号

本书从施工设计、配合施工、系统调试、验收评审、运营单位要求等方面对地铁暖通空调工程
设计中常见问题进行了分析。书中将武汉、长沙、北京、无锡、苏州、郑州等地近几年已建成
并投入试运营的 10 余条地铁线路, 在建设中的经验教训进行收纳总结, 并给出了具有共性的经典
案例。全书内容详实、丰厚, 取自工程实际, 针对性、实用性强, 能对从事地铁设计人员起到很
好的指导和借鉴作用, 同时也能给地铁建设方提供很好的参考价值。

责任编辑: 姚荣华 张文胜

责任设计: 董建平

责任校对: 李美娜 刘梦然

地铁暖通空调工程常见问题及分析

车轮飞 主编

*

中国建筑业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 10% 字数: 214 千字

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-17534-5

(26719)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主 编：车轮飞

副主编：林昶隆 付维纲 蔡崇庆

编 委：

梅 宁	赵建伟	夏继豪	胡清华	李森生
胡忠炜	李国栋	邓敏锋	蔡亚桥	陈耀武
吴斋烨	杜艳斌	张之启	陈玉远	余伟之
刘 俊	陈清波	王 鑫	李香凡	曹 亮
徐传汉	宋永超	篮 杰	周 强	朱 毅

前言

“十二五”以来，随着我国经济的快速发展，城镇化建设进程不断推进，交通出行成为人们最关注的事情之一。为了解决城市均衡发展、城区交通拥挤问题，各大中型城市逐步加大对公共交通，尤其是轨道交通建设的投入。人们逐步认识到，地铁改变着城市，它以无法比拟的优越性，成为最快捷、便利、舒适、高效的交通方式。近几年，国内地铁建设进入了一个持续的高峰时期，各大城市已陆续有地铁建成并投入运营。

随着地铁建设项目不断增多，新的建设管理单位、施工单位、设计单位不断出现，暖通设计及工程施工中暴露出来的问题也不断、反复地出现。比如：被控设备与控制系统的接口不清造成控制错误、地下工程有限空间与复杂管线安装带来的检修难题、设计取值过于保守或盲目自信使得空调水系统过流或流量不够，以及施工不规范使系统达不到设计要求等一系列问题。这些问题倘若没有及时归纳总结，并向新的地铁设计者进行培训和灌输，势必将持续出现，甚至造成建设失误，给工程留下永久的遗憾。

中铁第四勘察设计院集团有限公司（本书中简称铁四院）累计在武汉、苏州、昆明等 18 个城市承担了 45 条城市轨道交通总体总包设计项目，包含了地铁、轻轨、市域轨道交通、现代有轨电车等多种类型，业务量位居行业前茅。2014 年承担了我国第一条中低速磁浮——长沙磁浮工程的设计施工总承包。目前从事轨道交通暖通专业设计的职工共 100 余人，其中博士生 2 人，硕士研究生 35 人，全国注册公用设备工程师 13 人，通过大量的工程实例积累了丰富的经验。

本书共分为 6 章，从施工设计、配合施工、系统调试、验收评审、运营单位要求等方面进行阐述，将武汉、长沙、北京、无锡、苏州、郑州等地近几年已建成并投入运营的 10 余条地铁线路，在建设中的经验教训进行归纳总结，并罗列具有共性的经典案例。全书内容详实、丰厚，取自工程实际，针对性、实用性强，能对从事地铁设计人员起到很好的指导和借鉴作用，同时也能给地铁建设方提供很好的参考价值。

本书在编写过程中得到了铁四院各级领导的大力支持，暖通所各驻外项目部的员工也是群策群力，利用工作之余加班加点完成各自的编纂工作，在此一并表示感谢！

限于时间仓促、水平有限，书中难免有不妥或错误之处，敬请专家、同仁们批评指正。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 城市轨道交通发展的历史与现状	1
1.2 城市轨道交通通风空调系统功能及特点	2
1.2.1 系统功能	2
1.2.2 系统特点	3
1.3 城市轨道交通暖通行业发展现状	4
1.4 城市轨道交通暖通行业创新探索	4
1.4.1 预制式集成冷站技术	4
1.4.2 节能控制技术的优化利用	6
1.4.3 多联机空调系统的扩展应用	6
1.4.4 隧道通风系统的创新应用	7
1.5 部分线路技术指标	9
1.5.1 铁四院暖通专业承揽任务一览	9
1.5.2 主要线路技术指标	9
第 2 章 施工图设计	12
2.1 图纸设计	12
2.1.1 计算	12
2.1.2 土建夹层设计	18
2.1.3 冷却塔的布置	22
2.1.4 结构反梁的要求	30
2.1.5 机房设计	32
2.1.6 隧道风系统的设计	38
2.1.7 空调冷却水水处理	49
2.1.8 管线的布置	50
2.1.9 工艺控制图设计	60
2.1.10 换乘车站接口设计	65

2.1.11	中庭车站的排烟设计	67
2.1.12	北方供暖设计	72
2.1.13	OCC 控制大厅的空调设计	73
2.1.14	人性化及安全设计	73
2.1.15	噪声防治措施	79
2.1.16	容易被忽视的规范条款	80
2.2	设计接口及设备监控要求	81
2.2.1	常见的容易遗漏的接口	81
2.2.2	常见的容易出错的接口	83
2.2.3	无 BAS 系统工程	87
2.3	设计联络	89
2.3.1	设计联络的内容	89
2.3.2	设计联络遵循的基本原则	90
2.3.3	设计联络常见问题	90
2.3.4	设计联络的管理	93
第 3 章	配合施工	95
3.1	配合施工主要内容	95
3.2	设计交底与图纸会审	95
3.2.1	设计交底与图纸会审应遵循的原则	96
3.2.2	设计交底与图纸会审的组织	96
3.2.3	设计交底与图纸会审工作的程序	96
3.2.4	设计交底的重点	96
3.2.5	纪要与实施	97
3.3	配合施工常见案例分析	97
第 4 章	系统调试	129
4.1	车站大、小系统调试	129
4.1.1	风机的试运转	129
4.1.2	风系统基本技术参数测试方法	130
4.1.3	室内环境基本参数检测	131
4.1.4	大、小系统调试案例	132
4.2	空调水系统调试	139
4.2.1	水系统基本参数测试方法	139

4.2.2 空调冷冻（却）水系统试运转	140
4.2.3 空调集控系统的调试	142
4.2.4 水系统调试常见故障及原因分析	142
4.3 系统联调案例分析	144
第5章 工程验收	152
5.1 消防验收	152
5.1.1 消防验收的内容及要求	152
5.1.2 消防验收案例	153
5.2 其他验收	156
5.2.1 配合环评验收	156
5.2.2 配合卫生防疫验收	156
5.2.3 配合人防验收	157
第6章 地铁运营部门要求及运营评审意见	158
6.1 运营部门对设计的要求	158
6.2 运营评审专家主要意见	160
参考文献	162

第 1 章 概 述

1.1 城市轨道交通发展的历史与现状

自 1863 年 1 月在英国伦敦开通第一条全长 6km 的城市地铁以来,至今已有近 50 个国家的 330 余座城市修建了轨道交通,线路总长度达数万千米。各大城市的地铁、轻轨、市域铁路、新型城市轨道交通均得到了很好的发展,为城市的客运交通和经济发展做出了重要的贡献。

从全世界范围来看,世界城市轨道交通的发展经历了一个曲折的过程,大致分为初步发展阶段(1863—1924 年)、停滞萎缩阶段(1925—1949 年)、再发展阶段(1950—1969 年)和高速发展阶段(1970 年至今)。

相对于发达国家,我国轨道交通建设起步较晚。1969 年 10 月,在北京建成了第一条地铁,也是我国自行设计、建设的第一条地铁线路。进入 21 世纪以来,轨道交通在优化城市空间结构、缓解城镇交通拥挤、保护环境、节约土地等方面发挥出积极促进作用,日益成为中国走新型城镇化道路的重要战略举措。伴随着城镇化进程的加快,城市交通需求剧增,城市轨道交通也进入高速发展期。目前,中国已成为全世界城市轨道交通发展最快的国家。

2010 年以前,我国经过 40 多年的建设,地铁运营总里程达到了 1455km。2012 年,我国城市轨道交通新增运营里程 321km,年末运营总里程达 2064km。至 2013 年末,我国累计有 19 个城市建成投运城市轨道交通线路 87 条,运营线路总里程 2539km(见表 1-1)。根据 2012 年国务院出台的《关于城市优先发展公共交通的指导意见》,目前已批准了 36 个城市的轨道交通发展规划,预计“十二五”期间将建成投运 1500km 左右,到 2015 年运营总里程达 3000km 左右,是 2010 年前 40 多年建成投运总里程 1455km 的总和。这表明在相当一段时间内,我国城市轨道交通将处在快速发展阶段,推动城市轨道交通安全、科学、可持续发展任重道远。

全国已开通城市轨道交通线路运营里程统计表(截至 2014 年 1 月 2 日) 表 1-1

序号	城市	总里程 (km)	运营 线路 (条)	制式及运营里程(km)						2013 年新 增里程 (km)	2012 年末 运营里程 (km)	备注
				地铁	轻轨	单轨	现代有 轨电车	磁浮 交通	市域 快轨			
1	上海	577	16	538.4	—	—	9.0	29.9	—	99.3	477.9	
2	北京	465	17	465.0	—	—	—	—	—	23.0	442.0	

续表

序号	城市	总里程 (km)	运营 线路 (条)	制式及运营里程 (km)						2013 年新 增里程 (km)	2012 年末 运营里程 (km)	备注
				地铁	轻轨	单轨	现代有 轨电车	磁浮 交通	市域 快轨			
3	广州	246	9	246.4	—	—	—	—	—	24.5	221.8	
4	深圳	178	5	178.3	—	—	—	—	—	0.0	178.3	
5	重庆	170	4	94.6	—	75.3	—	—	—	38.8	131.1	
6	天津	139	5	78.6	52.3	—	7.9	—	—	1.7	137	
7	成都	115	3	48.2	—	—	—	—	67.0	8.7	39.5	
8	沈阳	115	6	55.1	—	—	60.0	—	—	65.3	49.8	
9	大连	87	4	—	63.2	—	23.4	—	—	0.0	86.6	
10	南京	82	3	81.6	—	—	—	—	—	0.0	81.6	
11	武汉	73	3	44.2	28.5	—	—	—	—	16.5	56.2	
12	苏州	51	2	51.3	—	—	—	—	—	26.1	25.2	
13	长春	48	2	—	48.3	—	—	—	—	0.0	48.3	
14	杭州	48	1	48.0	—	—	—	—	—	0.0	48	
15	西安	46	2	45.9	—	—	—	—	—	25.3	20.6	
16	昆明	40	2	40.1	—	—	—	—	—	22.1	18.0	
17	郑州	26	1	26.2	—	—	—	—	—	26.2	0	首条线路
18	哈尔滨	17	1	17.5	—	—	—	—	—	17.5	0	首条线路
19	佛山	15	1	14.8	—	—	—	—	—	0.0	14.8	
合计		2539	87	2074	192	75	100	30	67	395	2077	

注：摘自《中国城市轨道交通协会信息》2014 第 1 期（总第 7 期）。

1.2 城市轨道交通通风空调系统功能及特点

城市轨道交通暖通专业在轨道交通系统中主要包含通风系统、空调系统、供暖系统及防排烟系统。

1.2.1 系统功能

地铁通风空调系统包括隧道通风系统和车站通风空调系统两大部分：隧道通风系统分为区间隧道通风系统和车站隧道通风系统两部分；车站通风空调系统分为车站公共区通风空调系统（简称大系统）、车站设备管理用房通风空调系统（简称小系统）以及空调水系统（简称水系统）。

1. 隧道通风系统

列车正常运行时系统应能排除隧道余热余湿，控制隧道内空气温度不超标，同时使隧道内空气压力变化率满足相关设计标准。

列车阻塞在区间隧道时系统应能向阻塞区间提供一定的通风量，保证列车空调器等设备正常运行的环境温度并为乘客提供足够的新风量。

列车火灾时系统应能及时排除烟气,控制烟气流向,并诱导乘客向安全区疏散。

2. 车站公共区通风空调系统(大系统)

正常运行时,车站公共区通风空调系统应能为乘客提供“过渡性舒适”的候车环境。

当车站公共区发生火灾时,车站公共区通风空调系统应能迅速排除烟气,同时为乘客提供一定的迎面风速,诱导乘客向安全区疏散。

3. 车站设备管理用房通风空调系统(小系统)

正常运行时,车站设备管理用房通风空调系统应能为车站工作人员提供舒适的工作环境条件和为车站设备运行提供所需的工艺环境条件。

当车站设备管理用房区域发生火灾时,车站设备管理用房通风空调系统应能及时排除烟气或进行防烟防火分隔。

4. 空调水系统(水系统)

车站空调水系统是为大系统和小系统提供空调设备用冷冻水,应能在各种工况、负荷和运营条件下满足大系统和小系统的运行、调节要求。

通风空调系统担负着为乘客和工作人员创造一个比较适宜的环境,满足地铁设备正常运转需要的重要职能,并在火灾和事故等灾害发生时提供必须的防灾、救灾条件,是地铁中不可或缺的重要组成部分。

1.2.2 系统特点

城市轨道交通作为大型公共交通建筑,通风空调系统主要具有以下显著特点:

(1) 城市轨道交通的地下部分犹如一个狭长、庞大的地下箱形建筑物,其内部空间与外界的联通相对封闭,与外界空气的交换仅能通过车站出入口和风亭来进行。

(2) 地下车站具有大量内部热源和污染源,热源包括列车牵引系统、动力照明系统、通信系统、信号系统及其他机电系统设备产生的巨大发热量;污染源包括乘客和工作人员的新陈代谢产生的大量热湿负荷和 CO_2 等废气、地下土建散发的潮气、列车闸瓦产生的粉尘以及各类设备运转产生的噪声污染。

(3) 作为地下交通建筑,相对封闭,人员聚集,必须通过通风空调系统创造人工环境;火灾时烟气难以排除,也需通风系统来及时组织防排烟。

(4) 由于车站位于地下,土壤的蓄放热特性导致建筑具有显著的热效应,室内环境表现出冬暖夏凉的特点。

(5) 列车在隧道内运行时产生巨大的活塞通风效应,并对车站内空气环境产生一定的影响。

1.3 城市轨道交通暖通行业发展现状

国外城市轨道交通的通风空调系统是随着工程建设不断发展的,从最初完全采用自然通风到后来采用机械通风系统,再逐渐发展到空调降温方式,基本上与地面建筑设备技术的发展轨迹是同步的。

国内城市轨道交通从1969年北京地铁一期工程主要借鉴欧洲的通风空调系统设计方案开始,经过上海、广州等不同城市相继在地铁工程建设和运营领域积累的大量经验,将国外技术不断消化并结合我国实际进行改进,通风空调系统得到了长足发展和不断完善。

随着大规模的轨道交通工程建设,近年来国内培养、成长了一大批轨道交通工程设计、建设、运营管理人才队伍;通风空调设备经过多年的技术引进和自主创新,已基本实现国产化。目前我国城市轨道交通暖通行业已经初步形成设计技术成熟、技术标准合理、设备性能稳定、施工安装规范、运营管理有序的总体局面。

但是在发展的过程中,也存在以下几个方面的问题:

- (1) 系统构成复杂,控制运行不便。
- (2) 设备用房占用面积较大,土建成本偏高。
- (3) 系统运行能耗巨大。
- (4) 系统优化、技术创新以及新技术、新产品、新工艺的应用进展较慢。

1.4 城市轨道交通暖通行业创新探索

随着轨道交通工程在国内各地的蓬勃发展,除北京、上海、广州等地铁建设启动较早的城市外,武汉、苏州、无锡、长沙等一大批内地城市也快速启动地铁工程建设,依托于强大的设计、建设、运营力量,为城市轨道交通暖通行业的发展注入了新的活力,也为轨道交通暖通行业发展作出了有益的探索和创新。

1.4.1 预制式集成冷站技术

在武汉地铁2、4号线中,首次全线采用了预制式集成冷冻站。所谓预制式集成冷冻站主要由模块化高精度的冷冻站安装平台、水冷螺杆冷水机组、变频冷却水泵、变频冷冻水泵、高效节能控制系统、旁流水处理设备、定压排气补水装置、管道、阀门、压差传感器、温度传感器、流量传感器、功率传感器等组成。预制式集成冷冻站一般分二次深化设计、工厂预制、现场拼装等过程。

传统的冷冻站,一般由分散的设备提供商供货,供货到现场后,由施工承包

方进行安装施工,设备方、施工方各司其职。这种模式下,设备供货周期存在不确定性,施工方往往无法有效地安排安装工期。各责任方仅对自己范围的内容负责,对于产品在施工中遇到损坏、安装调试中的问题、接口衔接等方面经常出现相互责怪、推脱责任的现象。而采用了集成冷冻站形式后,由中标的集成制造商统一安排设备采购,工厂内预先模块化预制,调试完成后再送往施工现场拼装。大大地减少了施工交叉,接口扯皮现象。且系统调试也由一家单位独立完成,责任主体明确。传统冷冻站与预制式集成冷冻站的比较如表 1-2 所示。

传统冷冻站与预制式集成冷冻站的比较

表 1-2

比较内容	传统冷冻站	预制式集成冷冻站
安装主体	安装过程分散,缺少一个主体单位进行统筹安排	统一由中标商进行设备采购,并在工厂进行模块化预制
材料和机房面积	在现场施工,施工占地面积大,交叉作业频繁,材料浪费量多,协调工作量大	在工厂内模块化预制,并调试成功后再送往现场拼装,最大地节省了安装时间和机房占地面积
系统运行效率	系统设备、管道磨合度不高,系统运行效率不能最优化	通过二次优化设计,将设备及管道系统划分成多个模块化的结构体,使机房结构更紧凑,设备与系统更匹配,从而提高了系统运行效率
建设工期	由于接口较多,施工交叉点较多,施工工期较长	施工单位由一家统筹,建设工期缩短一半以上
运营维护	各责任方打乱仗,对设备管道检修没有统一认识和考虑	通过三维布局,保证了设备及附件的检修、管道的维护更换

集成冷冻站是在传统冷冻站技术和工程建设的基础上,对核心技术和施工管理模式的不断创新和应用而形成的机电一体化系统性产品。它由集成制造商在设计院设计蓝图的基础上,展开二次深化设计和三维布局优化,以高效节能控制系统为核心,进行设备选型匹配。集成冷冻站在工厂进行模块化预制,并进行预先安装和调试后运输到现场进行拼装,实现工程项目到系统产品、从现场施工到工厂预制、从独立控制到关联控制的创新和改进(见图 1-1~图 1-3)。

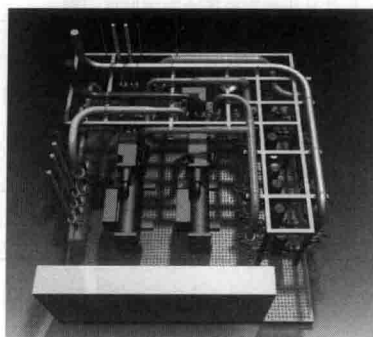


图 1-1 集成冷冻站三维布局示意图



图 1-2 集成冷冻站工厂预制图

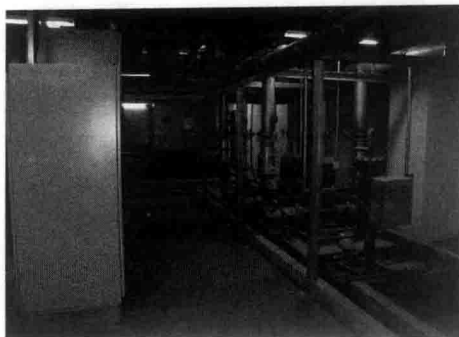


图 1-3 集成冷冻站现场安装效果图

1.4.2 节能控制技术的优化利用

传统的冷冻站一般由 BAS 专业实现独立的 PID 控制。BAS 控制系统是弱电控制系统，目的是实现设备的监视管理。冷冻站系统所要实现的所有功能都是在现场通过项目工程师二次编程完成的。但是，作为 BAS 专业的设计工程师，其所掌握的知识结构，不能保证其对空调系统的控制逻辑理解得完全一

致，一旦出现理解偏差，将造成控制不成立，节能控制目的无法实现。

在此基础上进行优化设计后，采用一种地铁车站环境控制及能源管理系统（以下简称节能控制系统），其主要测控对象如下：冷水机组、冷冻水泵、电动阀门（包括冷水机房内电动蝶阀、旁通电动比例调节阀和冷却塔电动蝶阀）、冷却水泵、冷却塔、末端压差传感器、供回水干管温度传感器、室外温度传感器、流量传感器。该控制系统通过对冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔、系统管路调节阀进行实时控制，能实时连续监测冷水机组、水泵和冷却塔的功耗值，在设备安全运行范围内自动调整各单体设备的功率消耗，使冷水机组、水泵和冷却塔综合运行效率最高，整体冷冻站电能消耗最低。控制目的是在满足末端空调系统要求的前提下，使整个系统达到最经济的运行状态，使系统的运行费用最低，并提高系统的自动化水平、管理效率，从而降低管理人员劳动强度。节能控制系统与传统的 PID 恒压差或恒温差控制系统的比较如表 1-3 所示。

节能控制系统与传统的 PID 恒压差或恒温差控制系统的比较 表 1-3

控制模式 比较内容	恒压差控制	恒温差控制	集成冷冻站节能控制
采用技术	PID+变频调速控制	PID+变频调速控制	计算机智能控制+变频调速控制
控制参量	单参量（压差）	单参量（温差）	多参量（温度、流量、压力、负荷）
算法	PID 运算	PID 运算	自适应模糊运算
结构	简单，各控制参量相互独立，缺乏相互关联性	简单，各控制参量相互独立，缺乏相互关联性	复杂，综合考虑各控制参量，以保证综合节电率最大为原则进行控制
保护	压力下限	温度下限	温度下限、压力下限、流量下限
节能	较好	较好	好
造价	较高	较高	高

1.4.3 多联机空调系统的扩展应用

传统地铁工程一般采用冷水机组为车站大系统和小系统提供空调冷热源（大

小系统合用冷源),部分新建地铁为重要的设备和管理用房额外设置一套多联机空调系统。

在无锡地铁1、2号线中,突破了传统水系统模式,实现大系统冷源采用冷水机组,小系统采用变频多联机系统(空调季节变频多联机+小新风运行、过渡季节全新风运行),两个系统相互独立,与传统空调系统相比,有如下特点:

(1) 系统调试:大、小系统冷源分别独立设置,两个系统互不影响。空调水系统只负责大系统两个组合式空调器,可以很容易地实现水力平衡。变频多联机的控制系统高度集成、技术成熟、调试容易,可方便实现既定的设计目标。

(2) 设备寿命:小系统采用变频多联机系统,可实现稳定的24小时连续运行。系统冷源在夜间关闭,与传统的全空气系统相比,可提高相关设备(冷水机组、水泵、冷却塔等)的运行使用寿命。

(3) 节能性:多联机空调系统可根据室内外温度的变化进行自主调节,准确有效地实现负荷的无级调节,实现最大的节能目标。

(4) 可靠性:多联机空调室内机按不少于2台配置,可保证其中一台故障后,另外一台仍然可以运行;同时,室外机多模块设置,各模块单独供电。此外,该系统与空调水系统完全独立,从而有效地保证了变频多联机所服务的设备用房空调效果的可靠性,有利于后期设备的维护。

(5) 人性化:多联机空调系统具备制热功能,这是传统全空气系统所不能实现的。因此,该系统在冬季可以为运营人员提供较好的舒适性工作环境,体现设计的人性化。

1.4.4 隧道通风系统的创新应用

1. 活塞风道在集成闭式系统中的应用

传统的集成闭式系统通常不设置活塞风道,该通风模式存在以下两个问题:新风通过列车活塞效应由车站公共区引入,区间隧道内的新风量难以满足人员最小新风量标准;由于该模式排热风机需常年开启,导致系统运行能耗高。

北京地铁6号线在规划条件相对优越的车站采用增设活塞风道,利用列车活塞效应对区间隧道进行通风换气,满足人员新风量标准,及时排除隧道余热,减少排热风机开启时间,达到相对节能的目的。

2. 长大区间的防灾通风解决方案

对于穿越江河湖泊以及穿山的地铁线路,往往存在长大区间(同时存在两列或两列以上列车同向运行的区间)。为了避免事故列车的火灾烟气对同区间内非事故列车人员疏散的影响,应控制烟气流动,使非火灾列车处于无烟区。

可以采用分段纵向通风的方式(设置中间风井,或设排烟道和集中排烟口)将长大区间的多辆列车划分在不同的通风区段内。武汉地铁2、4号线在穿越长

江时,分别在长江两岸各设置了一座中间风井;苏州地铁1号线在穿越金鸡湖时,采用了在湖中岛上设置中间风井的方案;武汉地铁7、8号线以及南京地铁10号线对于穿越长江的长大区间,采用隧道顶部设置排烟道和集中排烟口的分段纵向通风方式,有效地解决长大区间的防灾通风难题。

3. 复杂配线处的防排烟措施

对于正线区间,隧道横断面积一般在 20m^2 左右,通常采用纵向通风排烟方式,通过事故区间两端车站的隧道风机联合动作,即可满足事故区段的火灾排烟要求。对于复杂配线处,横断面积会成倍增加,局部面积达到 50m^2 甚至更大。若此时仍采用纵向通风排烟方式,会导致隧道风机风量大幅增加,并且由于配线区域存在多处连通的区段,会造成烟气进入其他非事故区间,影响人员的安全疏散。

上述复杂配线处可采用半横向排烟的方案进行解决:通过在顶部设置土建风道,风道内间隔设置多个风口,风道与隧道风机或排热风机相连。该区段火灾时,开启隧道风机或排热风机,将烟气通过就近的风口排出,由于烟气被控制在隧道顶部,不会影响人员安全疏散。

4. 自然通风在浅埋区间中的应用

常规的地铁区间隧道通风系统是在车站两端设置活塞风井,并在风井内设置隧道风机。当列车正常运营时,利用列车活塞效应实现自然通风或利用风井内隧道风机的机械通风实现区间隧道的通风换气;当列车在区间隧道内发生事故时,通过开启一组或多组隧道风机实现纵向通风排烟方式。

对于一些市郊线路,区间多为浅埋方式,埋深在 $2\sim 10\text{m}$ 之间,隧道采用明挖法施工。对于这种浅埋区间,如果采用机械通风,势必会增加系统的运行费用,并且需在车站设置风道和风机房,增加了相应的土建费用和配电系统费用。

针对浅埋地铁区间隧道可采用顶部开孔的自然通风方式。该通风方式是通过在区间隧道顶部设置一系列的通风竖井来实现列车正常运营通风和隧道火灾通风,无需设置风道、风机。通风竖井有效面积不应小于顶部投影面积的 5% ,且竖井的位置与最远排烟点的水平距离不应超过 30m 。列车正常运营时,通过列车运行产生的活塞效应由通风竖井实现区间隧道与外部空间的通风换气;当列车在区间隧道内发生火灾时,在浮升力的作用下火灾烟气由隧道顶部的竖井排出,新风由相邻竖井引入,火灾工况下气流组织示意图如图 1-4 所示。



图 1-4 浅埋区间火灾自然通风排烟示意图