

# Discussion on the Application of Evaporative Condensation (Cooling) Technology in Metro Ventilation and Air Conditioning

Nannan Lv

CLP Harbin Rail Transit Co., Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150000, China

## Abstract

The increase in the number of urban populations has put greater pressure on the transportation system. Strengthening subway construction can effectively alleviate transportation problems and provide convenient travel services for people. Especially in modernization, the subway has also become one of the main indicators to measure the level of urban development. The performance of subway ventilation and air conditioning will determine the operating effect of the subway transportation system. The application of evaporative condensation (cooling) technology should be strengthened to promote the efficient operation of ventilation and air conditioning and improve people's riding environment. The paper analyzes the principle of evaporative condensation (cooling) technology, proposes the unique advantages of this technology, explores the application strategy of evaporative condensation (cooling) technology in subway ventilation and air conditioning, and provides reference for technical personnel.

## Keywords

subway ventilation and air conditioning; evaporative condensation (cooling) technology; application

## 浅谈地铁通风空调中蒸发式冷凝（冷却）技术的应用

吕南南

中电科哈尔滨轨道交通有限公司，中国·黑龙江 哈尔滨 150000

## 摘要

城市人口数量的增加给交通系统带来了较大的压力，加强地铁工程建设能够有效缓解交通问题，为人们提供便捷的出行服务。尤其是在现代化建设当中，地铁也成了衡量城市发展水平的主要指标之一。地铁通风空调的性能，会决定地铁交通系统的运行效果，应该加强蒸发式冷凝（冷却）技术的运用，促进通风空调的高效化运转，改善人们的乘坐环境。论文对蒸发式冷凝（冷却）技术的原理进行分析，提出该技术独有的优点，探索地铁通风空调中蒸发式冷凝（冷却）技术的应用策略，为技术人员提供参考。

## 关键词

地铁通风空调；蒸发式冷凝（冷却）技术；应用

## 1 引言

现代化建设进程的加快，对地铁建设也提出了更高的要求，只有不断提升地铁的安全性与舒适性，才能满足人们的出行需求。中国各大城市纷纷致力于地铁建设，加快了物流速度的同时，能够缓解公交出行的交通压力，改善城市交通环境。通风空调是地铁中的主要组成部分，对其进行针对性设计与优化，能够降低空调系统的能耗，同时保障其良好的通风效果。传统地铁通风空调系统冷却塔的设置存在一定弊

端，不仅会占用大量的建设用地，而且在运行中会产生较大的能耗，不利于中国节约型社会的构建。而蒸发式冷凝（冷却）技术的运用，则能够简化空调系统的结构，增强空调系统的整体运行性能。为此，应该明确其具体应用要点，保障地铁建设的顺利实施。

## 2 传统空调系统的问题分析

风冷空调或者水冷空调等，在地铁建设中的应用较多，但是在其长期运行过程中依旧存在诸多问题，难以满足新时

期地铁建设工作的实际要求。中央空调有着较大的占地面积,尤其是必须留出足够的空间用于地下机房的建设,不仅会对建设用地进行挤压,而且使得地铁建设成本持续升高<sup>[1]</sup>。在空调系统的构成当中也存在一定的复杂性,导致在运行控制方面存在难度,浪费了大量人力、物力和财力。在后续检修与维护当中,也需要较大的资金支持。与此同时,水冷空调和风冷空调的运行效率不高,在运行中会产生较大的能耗,在地铁建设规模不断扩大的趋势下,不利于中国节约社会的构建。

### 3 蒸发式冷凝(冷却)技术的应用情况

#### 3.1 现状分析

随着城市化的发展,地铁通风空调设计也受到行业人士的高度重视,蒸发式冷凝(冷却)技术的应用越来越广泛,能够解决传统冷却塔占地面积过大的问题,在节省城市建设用地的同时,能够为节能环保事业做出贡献。在 20 世纪中期,西方发达国家最先应用蒸发式冷凝(冷却)技术,其应用领域较广。近年来,随着中国经济水平的提升,蒸发式冷凝(冷却)技术在工程建设中的应用也较为常见<sup>[2]</sup>。在中国广州、重庆和深圳等地,蒸发式冷凝(冷却)技术在地铁工程当中得到运用,能够为通风空调的设计提供技术支持。

#### 3.2 蒸发式冷凝(冷却)技术的原理

水和空气是蒸发冷凝器中主要的冷却介质,水分随着温度的升高而不断蒸发,冷凝热被带走后能够起到良好的制冷效果。在冷凝机组的运行过程中,水泵将冷却水输送至喷嘴当中并在冷凝排管外表面喷洒。空气能够对水滴进行冷却处理,风机对水蒸气进行排出。

#### 3.3 蒸发式冷凝机组的优势分析

与水冷式冷凝器和风冷式冷凝器相比较,蒸发式冷凝器的冷凝温度较低,能够有效降低运行能耗,起到良好的节能作用。冷却水系统不必再应用于通风空调当中,减少了冷却塔后能够有效降低建设成本。与水冷式冷凝器相比较,其耗水量得到大幅度下降。受到排污损失和吹散损失等因素的影响,蒸发式冷凝器所需的循环水量也降低了 50% 左右。在排风风道当中设置蒸发式冷凝器,能够有效增强车站美观性,同时节约建设用地。融合蒸发冷凝技术与蒸发冷却技术,可以对机组的能

耗问题进行有效控制。蒸发式冷凝器的运行效率,由于空气状态参数的变化而得到提高,机组换热面积也大大降低,因此降低了地铁通风空调系统的建设成本投入。

### 4 地铁通风空调中蒸发式冷凝(冷却)技术的应用措施

#### 4.1 蒸发式冷凝器与直接蒸发冷却器结合

填料应用于蒸发式冷凝器的进风口位置,并将淋水系统应用于填料上方位置。室外空气能够在填料的作用下实现预冷,循环冷却水温度和空气干球温度得到有效控制。在此过程中,制冷系统冷凝温度和冷凝压力明显降低,蒸发式冷凝器制冷系统的运行效率得到增强。通过长期检测实验可以得知,对比无填料的蒸发式冷凝器,有填料的蒸发式冷凝器在各参数方面都有明显优势。29.1%–65.9% 是其空气传热系数的提高幅度,33.9%–63.8% 是其传质系数的提高幅度,7.4%–16.5% 是其总传热系数的提高幅度<sup>[3]</sup>。此外,在能效比方面,该蒸发式冷凝器也能够提高 1–3 个百分点。蒸发式冷凝(冷却)机组应用于通风空调当中,应该视地面空间情况进行合理布设。当地上空间较小时,应该在地下排风道进行布设,能够防止对土建结构产生干扰;当地上空间较大时,可以直接在地面当中进行布设。

#### 4.2 板管-填料复合式蒸发式冷凝器与机械制冷的结合

耦合填料与板管换热器构成蒸发式冷凝器,填料应用于板管换热器的空隙当中,能够促进换热面积的提升,循环水的温度能够得到有效控制,增强了整个机组的散热性能。在机组内部的结构设置当中,采用上下布置的方式,能够有效节约占地面积,增强了设备应用的灵活性。避免了设备用房的建设,因此能够降低成本投入。板管-填料复合式蒸发式冷凝器与机械制冷一体化冷水机组,主要由循环水箱、蒸发器、制冷剂管路、压缩机、喷嘴、填料、节流装置和板管蒸发式冷凝器等组成<sup>[4]</sup>。该机组可以设置于排风道与新风道之间,也可以应用于地面上和机房内。

#### 4.3 蒸发式冷凝器与间接蒸发冷却器的结合

管式间接蒸发冷却器应用于进风口的位置,在对室外空气进行等湿降温处理时,主要依赖于管式间接蒸发冷却器,

能够有效控制湿球温度和干球温度。在蒸发式冷却器当中,循环水存在于制冷机盘管表面当中,与空气的热湿交换能够带走热量。蒸发式冷凝器的换热效率得到优化,而且增强了整个机组的制冷性能,有利于实现节能减耗的目标。

在地铁暖通空调应用该机组时,应该对间接蒸发冷却器的二次排风问题加以重视,保障二次排风的顺畅性。在地铁送排风道内应用该类型机组,也能增强整个系统的运行效率。在送风风道当中安装直接膨胀式表冷器和间接蒸发冷却器,在地铁排风风道安装蒸发式冷凝器,为了保障机组的多工况运行,应该合理设置阀门<sup>[5]</sup>。制冷剂直膨、蒸发式冷凝器和间接蒸发冷却器应用于炎热的夏季,而通风模式则应用于严寒的冬季,空调模式和通风模式可以在春季或者秋季使用。在传统冷却塔设置时存在较大的难度,而蒸发式冷凝器的使用则有效的避免了此类问题,冷冻水和冷却水也由于制冷剂直膨和蒸发式冷凝器的使用而减少,也无需建设配套的空调机房,因此能够有效控制建设成本。

## 5 实例分析

### 5.1 工程概况

中国哈尔滨市轨道交通2号线一期工程位于呼兰区、松北区、道里区、南岗区、香坊区,线路北起江北大学城站,沿松北大道、中源大道,下穿松花江,沿经纬街、颐园街、中山路、珠江路、公滨路敷设,终至气象台站,线路全长28.7公里,全部为地下线,共有8座换乘站,与轨道交通1、3、4、5、6、8号线形成换乘。

### 5.2 系统方案

根据地铁车站负荷特点,采用变风量通风系统具有很大的节能潜力。本线排热风机、车站大系统送、排风机均采用变频控制。变风量系统的基本原理是通过固定送风温度,改变送入房间的风量来满足室内变化的负荷。由于通风系统大部分时间在部分负荷下运行,所以风量的减少带来了风机能耗的降低,提高了设备和系统的效能。利用变频器调节风机转速,可实现风量的连续调节,能耗下降明显,而且能够更好地适应车站负荷的变化。此外,还可以采用其他措施实现系统设计的节能减排。在设计通风系统时,应该明确其客流量,加强近期与远期规划。运用保温棉对冷冻水供回水管

道和空调送风管等进行包裹,降低在系统中的能量损失。

### 5.3 制式选择

地铁运能和气候条件是决定车站通风空调方式的主要因素。同时,通风空调方式要尽可能利用自然资源,降低系统的运行能耗。本工程列车编组为6节编组,远期高峰小时行车对数为26对。哈尔滨在目前中国修建地铁的城市中,纬度最高,冬季寒冷而漫长,夏季短暂而凉爽。根据气象资料统计(1984~2003),夏季最热月平均温度为23.1℃,冬季最冷月平均温度为-18.1℃,年平均温度为2.5℃,日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的天数平均18天<sup>[6]</sup>。本线车站大系统送、排风机均采用变频控制。为减小室外冷风对公共区环境温度的影响,公共区通风冬季采用电加热器、热风幕机的设备,设备均采用多档调节,以满足节能运行的要求。

### 5.4 环控节能

地下车站采用全封闭站台门式通风系统,将车站与区间隧道分隔开,将列车发热量隔断在区间内,充分利用列车行驶产生的活塞效应和活塞风井的吐纳作用,排除部分列车产生的余热余湿,吸入地面的新鲜空气对区间隧道进行通风换气,大量减少了车站的负荷;从而有效减小车站的设备及管路、相关电气设施;并且大大降低了通风系统的运行费用。更为重要的是,采用全封闭站台门式通风系统,在哈尔滨的严寒冬季,降低了列车运行活塞风进出车站出入口带来的出入口冷风渗透影响,对于提高车站内环境,降低出入口热风幕开启及公共区通风系统新风电加热的使用频次有非常重要的积极意义。对于运营人员不能够经常前往,但又不得不设置通风空调设施以保证房间换气次数及排出余热等通风要求的场所(如本工程中间风井内的设备用房),建议设置温控风机,这样可避免在气候凉爽或房间发热量不大的情况下通风设备满负荷运行状况的发生,既可节约电能,又能延长设备的使用年限。

## 6 结语

为了增强地铁通风空调系统的运行性能,应该将蒸发式冷凝技术与蒸发式冷却技术结合在一起,促进系统运行效率的提升,降低运行能耗,满足中国节约型社会的构建要求。在设计过程当中,主要是通过蒸发式冷凝器与直接蒸发冷却器结合、板管-填料复合式蒸发式冷凝器与机械制冷的结合、

蒸发式冷凝器与间接蒸发冷却器的结合的方式,降低机组的占地面积,控制了地铁建设的成本。这不仅能够促进城市化建设的迅速发展,而且为中国经济水平的提升奠定了基础。

### 参考文献

- [1] 郭谊婵. 蒸发式冷凝技术在地铁车站空调系统中的应用研究 [J]. 黑龙江科技信息, 2017(17):82-83.
- [2] 陈文凭. 地铁通风空调中蒸发式冷凝(冷却)技术的应用 [J]. 低碳世界, 2017(14):186-187.
- [3] 苏晓青, 黄翔, 高源基. 蒸发式冷凝(冷却)技术在地铁通风空调系统中的应用 [J]. 制冷与空调, 2016,16(09):12-14+20.
- [4] 王云默. 地铁新型蒸发冷凝式通风空调系统的优化设计与运行效果研究 [D]. 北京工业大学, 2016.
- [5] 付凯. 蒸发冷凝技术在西安地铁空调系统中的技术经济性分析 [J]. 制冷与空调, 2016,16(01):66-69.
- [6] 刘长鸣. 蒸发式冷凝技术在地铁工程中的应用分析 [J]. 制冷与空调(四川), 2013,27(04):339-342.