

水冷直膨式空调系统在地铁车站的应用分析

郭镇洲¹ 周涛² 赵飞龙¹ 易京凤¹

1. 中铁二院华东勘察设计有限责任公司 浙江 杭州 310009

2. 杭州地铁运营有限公司 浙江 杭州 310003

摘要: 提出地铁车站公共区采用半集中水冷直膨式单风机空调系统, 车站设备用房采用水冷多联机的空调系统方案, 并就该方案与传统的全空气系统方案在土建规模、系统投资、系统能耗、系统控制等方面进行比较分析, 综合分析结果, 建议在地铁车站推广应用水冷直膨式空调系统。

关键词: 地铁车站; 水冷直膨; 单风机; 高能效

1 地铁车站常规空调系统方案

常规的地铁车站空调系统冷源由水冷式冷水机组、冷却塔、水泵及相关附件组成, 车站公共区及设备管理用房采用一次回风全空气空调系统, 同时设备管理用房设置备用多联空调系统, 该方案存在如下缺点:

- 1) 通风空调机房需相邻车站风道设置, 且占用建筑面积较大;
- 2) 车站设备区大端送排风管道密集, 占用空间大, 安装困难, 后期运营维护困难;
- 3) 车站公共区空调系统管路长、阻力大, 输送能耗大;
- 4) 设备管理用房空调系统难以按需供冷, 系统调节困难;
- 5) 设置冗余的多联空调系统, 设备初投资增加, 空调系统复杂。

2 水冷直膨空调系统概述

水冷直膨式空调系统采用水冷直膨空调机组/水冷多联机/水冷柜机+冷却水+冷却塔的的系统形式。空调机组集成了压缩机、水冷式冷凝器、蒸发器等制冷部件和空调末端送风装置。机组冷凝侧采用水冷方式, 蒸发侧采用

冷媒直接膨胀蒸发降温除湿后送风, 相比常规空调系统省去了冷冻水系统, 无需二次换热。

车站公共区空调设计温度一般为28~30°C, 采用水冷直膨空调机组时, 其蒸发温度可以由冷水机组的2~4°C提高到10°C, 这是水冷直膨空调机组节能的主要原因。文献^[1]基于实际案例对直膨式空调系统进行全年运行能耗的模拟仿真, 表明该系统比传统空调系统节能26.9%^[1], 文献^[2]通过武汉某个地铁站的实际应用案例进行比较分析, 表明水冷直膨式空调系统相比传统空调方案节能32.4%^[2]。

车站设备用房采用水冷多联机系统, 其IPLV值可达到8.9以上, 其能效远大于风冷多联机, 同时水冷多联机具有性能稳定、安装自由灵活、不受室内外机距离限制等特点^[3]。

3 水冷直膨式空调系统应用方案

3.1 车站公共区单风机空调系统方案

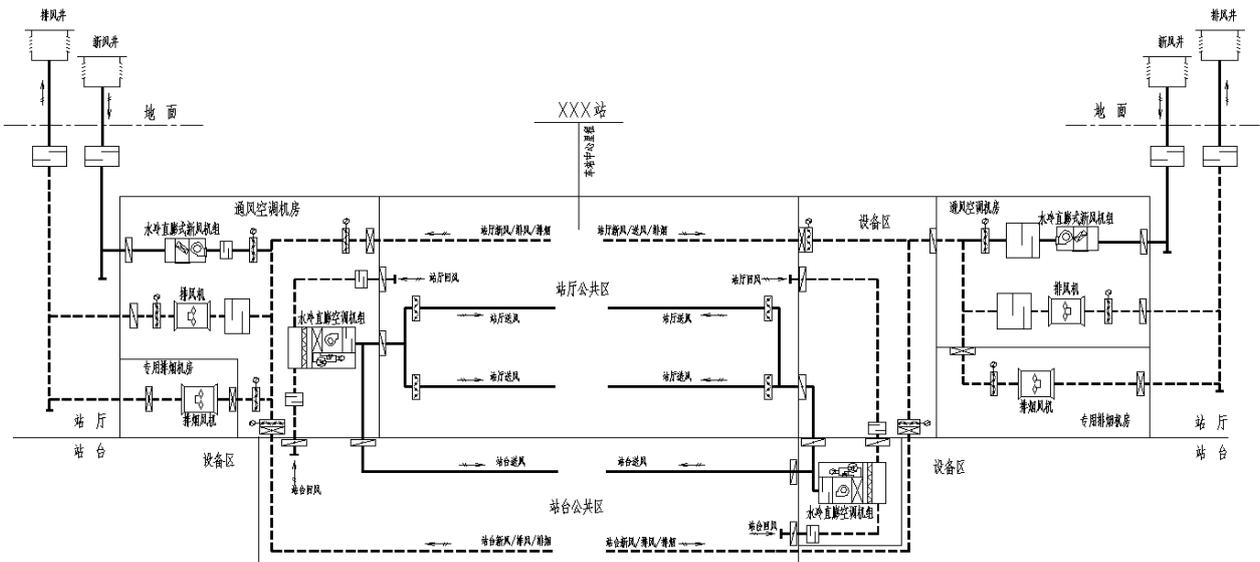


图1 车站公共区水冷直膨式单风机空调原理图

车站公共区采用水冷柜式空调机组+独立新风的空调系统方案,设置排风机负责过渡季节通风换气,站厅层两端的通风空调机房内设置2台水冷直膨新风机组,与公共区的排风/排烟系统共用管路,负责车站空调新风负荷。在车站大端站台层设置水冷柜式空调机房,车站小端站厅层的空调机房和车站大端水冷柜式空调机房内各设置1台水冷柜式空调机组。车站大系统通风空调原理图见图1。

车站大端站台层设置水冷柜式空调机房,空调机组就近向公共区送风,集中回风,相比常规空调方案,避免了设备大端送风管路长,送回风“折返跑”,输送能耗高的缺点,且机房布置对设备管理用房建筑布局影响较小;相比采用风机盘管或多联机的分散式空调系统,水冷柜式空调机组相对集中布置在机房内,有利于机组消声降噪,便于检修维护,避免了分散式空调系统检修维护数量多且分散的缺点。

3.2 车站设备用房空调系统方案

车站设备用房采用水冷多联机+机械通风系统方案。设备用房设置2套水冷多联机系统,互为备用,提高系统可靠性,水冷多联机与大系统的水冷柜式空调机组共用

冷却水系统,设备用房根据室内换气次数要求设置机械通风系统。车站管理用房考虑冬季制热需求,采用风冷多联机+独立新风系统。

3.3 冷却水系统方案

常规空调冷却水系统一般采用开式横流冷却塔,冷却水长时间运行后容易在热交换器管壁结垢,影响换热效率和机组寿命,冷却水污垢及杂质易引起换热器堵塞,因此水冷直膨式空调系统建议采用闭式冷却水系统。

闭式冷却水系统有两种方案:方案一是开式冷却塔+水-水板式换热器,存在换热温差的损失,需增加一次冷却水泵等设备;方案二是采用闭式冷却塔,相对于方案一,闭式冷却塔换热效率较高,但闭式冷却塔的外形尺寸约为开式冷却塔的1.5倍,造价约为开式冷却塔的2~3倍,因地铁车站室外冷却塔用地协调难度大,闭式冷却塔设备初投资较高,所以冷却水系统推荐采用方案一。冷却塔进出水温度为37/32℃,板式换热器传热温差按2℃设计,根据水冷直膨式空调机组制冷性能测试数据,冷却水供水温度为34℃时,机组制冷能力衰减小于4%,对其能效影响较小。水冷直膨式空调冷却水系统原理图见图2。

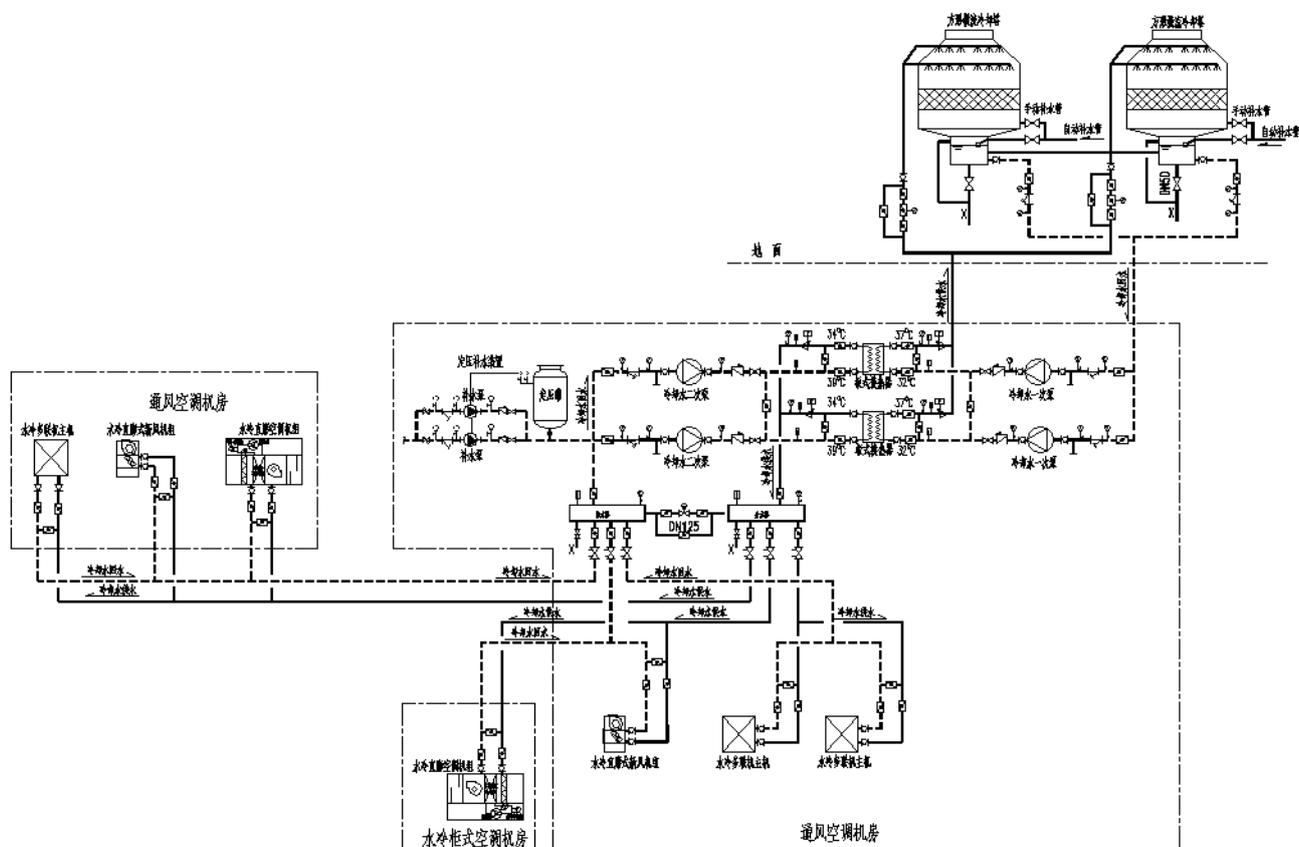


图2 水冷直膨空调冷却水系统原理图

4 与常规空调系统技术比较

本文以某地铁车站空调系统为例，在土建规模、空调系统能效比、设备初投资及系统控制四个方面对进行技术比较。

4.1 土建规模比较

常规空调系统与水冷直膨式空调系统的冷却塔用地面积基本相同，通风空调机房面积比较见下表。

表1 冷水机组空调与水冷直膨式空调系统机房面积比较

机房名称	常规冷水机组空调系统机房面积 (m ²)	水冷直膨式空调系统机房面积 (m ²)
冷水机房	120	0
设备大端通风空调机房	210	150
水冷直膨空调机房	0	50
设备小端通风空调机房	150	150
合计	480	350

水冷直膨式空调系统取消冷水机房，冷却水泵、换热器、新风机组、水冷多联机主机布置在通风空调机房内，相比常规空调系统方案节约机房面积约130m²，土建投资减少约140万元。

4.2 空调系统能效比较

根据《建筑节能基本术语标准》^[4]，空调系统能效比=空调系统的制冷量/系统总输入能量。系统设备选型及空调系统能效比较见表2。

表2 常规空调系统与水冷直膨式空调系统能效比较

项目	常规通风空调系统				水冷直膨式空调系统			
	设备名称	功率 (kW)	数量	总功率 (kW)	设备名称	功率 (kW)	数量	总功率 (kW)
水系统	冷水机组	96.1	2	192.2	—	—	—	—
	冷却塔	5.5	2	11.0	冷却塔	5.5	2	11.0
	水泵	15.0	4	60.0	冷却水泵	15	4	60.0
大系统	组合式空调机组	30.0	2	60.0	水冷直膨新风机组	14.9	2	29.8
	回排风机	18.5	2	37.0	水冷直膨空调机组	64.5	2	129
设备用房	空气处理机	18.5+7.5	2	26.0	水冷多联机主机	22.8	2	45.6
	回排风机	11.0+3.0	2	14.0	多联机室内机	0.2	24	4.8
管理用房	空气处理机	7.5	1	7.5	风冷多联机室外机	21.7	1	21.7
	回排风机	3.0	1	3.0	多联机室内机	0.2	15	3.0
设备小端	空气处理机	3.0	1	3.0	水冷多联机主机	3.6	1	3.6
	回排风机	1.1	1	1.1	多联机室内机	0.2	5	1.0
小计	—	—	—	416.2	—	—	—	309.5
能效比	—	—	—	2.41	—	—	—	3.24

上表可见常规空调系统能效比约为2.41，水冷直膨式空调系统能效比约3.24，相比常规空调系统节能约34.4%。

4.3 设备初投资比较

表3 常规空调系统与水冷直膨式空调系统设备初投资比较

项目	常规通风空调系统				水冷直膨式空调系统			
	设备名称	单价 (万元)	数量	小计 (万元)	设备名称	单价 (万元)	数量	小计 (万元)
水系统	冷水机组	24.0	2	48.0	板式换热器	2.5	2	5.0
	冷却塔	6.0	2	12.0	冷却塔	6.0	2	12.0
	水泵	4.0+3.4	2+2	14.8	冷却水泵	4.0	4	16.0
大系统	组合式空调机组	16.5	2	33.0	水冷直膨空调	8.0+37.0	2+2	90.0
	回排风机	1.4	2	2.8	排风机	1.4	2	2.8

续表:

项目	常规通风空调系统				水冷直膨式空调系统			
	设备名称	单价(万元)	数量	小计(万元)	设备名称	单价(万元)	数量	小计(万元)
设备用房	空气处理机	4.5+2.6	2	7.1	水冷多联机	15.0+0.7	2+24	46.8
	回排风机	1.3+0.8	2	2.1	送/排风机	1.3	2	2.6
管理用房	空气处理机	2.6	1	2.6	风冷多联机	9.3+0.7	1+15	19.8
	回排风机	0.8	1	0.8	新风多联机	2.5	1	2.5
设备小端	空气处理机	1.5	1	1.5	水冷多联机	3.3+0.7	1+5	6.8
	回排风机	0.3	1	0.3	送/排风机	0.3	2	0.6
备用多联机		—	—	70.0	—	—	—	—
总计		—	—	195.0	—	—	—	204.9

上表可见,水冷直膨空调系统与常规空调系统的设备初投资基本相同。

4.4 系统控制

水冷直膨式空调机组自带控制系统,采用自动寻优节能控制策略的变风量系统,根据冷却水温度自动控制冷却塔启停及运行台数,根据室内温度设定按需供冷、自动寻优,调节压缩机流量和风量,在不同负荷下实现整机功率最低,机组IPLV可以达到8.66,较常规地铁空调系统提升114%^[5]。相比常规空调方案,系统调试及节能控制以水冷直膨空调机组为主,责任主体明确,控制简单,便于运营节能管理。

5 结语

本文提出地铁车站公共区采用水冷直膨式空调机组+独立新风系统,设备用房采用水冷多联机,采用开式冷却塔+板式换热器的闭式冷却水系统方案。经技术比较,

该方案相比常规车站空调系统,设备初投资基本相同,土建投资减少约140万元;空调系统能效提升约34.4%,系统控制简单,在地铁车站具有很大的推广应用价值。

参考文献

- [1] 李峰 郑林涛 周孝清等 直膨式空调系统用于地铁车站的能耗分析[J].《暖通空调》2016年第46卷第6期
- [2] 高康 张海波 水冷制冷剂直接蒸发式空调系统在地铁站的应用[J].《制冷》2018年第1期.
- [3] 周群 罗佳 高吉祥 分布式空调系统在地铁车站设备房的应用[J].《暖通空调》2017年第47卷第5期
- [4] GB/T 51140-2015 《建筑节能基本术语标准》[S]. 中华人民共和国住房和城乡建设部
- [5] 卓明胜 陈培生 程琦 刘洋 基于自动寻优变风量控制的直接制冷式空调机组试验研究.[J] 《制冷与空调》2019年4月 第19卷 第4期 P90~93