

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-453-05

# 乌鲁木齐某办公楼 蒸发冷却空调水系统形式设计及水流量调试

屈悦滢<sup>1</sup> 黄翔<sup>1</sup> 严锦程<sup>2</sup>

(1.西安工程大学 西安 710048; 2.新疆华奕新能源科技有限公司 新疆 830000)

**【摘要】** 介绍了乌鲁木齐某办公楼蒸发冷却空调水系统形式的设计方案, 描述蒸发冷却空调水系统的特殊性, 该办公楼蒸发冷却空调系统包括全空气蒸发冷却通风空调系统和空气-水蒸发冷却空调系统, 通过介绍蒸发冷却空调水系统的不同形式, 及本工程水系统形式的设计依据及方案, 为设计人员提供设计思路, 针对安装完成后的空调系统水流量小及其他相关问题, 对系统进行调试, 对调试过程进行介绍, 并对未来相关工程的蒸发冷却空调水系统的设计、安装、调试提供合理优化建议。

**【关键词】** 蒸发冷却空调; 水系统形式; 设计; 水流量; 调试

中图分类号 TU83 文献标识码 A

## The Evaporative Cooling Air Conditioning Water System Design and Water Flow Debugging in an Office Building in Urumqi

Qu Yueying<sup>1</sup> Huang Xiang<sup>1</sup> Yan Jincheng<sup>2</sup>

(1.Xi'an Polytechnic University, Xi'an, 710048; 2.Xinjiang Huayi New Energy Technology Co., Ltd, Xinjiang, 830000)

**【Abstract】** The design scheme of evaporative cooling air conditioning water system form in an office building in Urumqi is introduced and the particularity of evaporative cooling air conditioning water system is described. In the office building, the evaporative cooling air conditioning system includes evaporative cooling all-air conditioning system and evaporative cooling air-water conditioning system. Introducing the different forms of evaporative cooling air conditioning water system, the design gist and scheme for this project water system form provides design thoughts for designers. For less water flowing after air conditioning's installation and other related problems, we debugging system, introduce debugging process and provide reasonable optimization suggestions of the design installation and debugging of related projects evaporative cooling air conditioning water system in the future.

**【Keywords】** Evaporative cooling air conditioning; Water system form; Design; Water flow; Debugging

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目课题(编号: 2016YFC0700407)

作者简介: 屈悦滢(1995.01-), 女, 在读硕士研究生, E-mail: 530037889@qq.com

通讯作者: 黄翔(1962.07-), 男, 教授, E-mail: huangx@xpu.edu.cn

收稿日期: 2019-09-17

### 0 工程概况

该办公楼位于乌鲁木齐开发区, 共十一层, 地上十层, 地下一层, 总建筑面积 15529.21m<sup>2</sup>, 其中建筑物总空调面积: 10955.92m<sup>2</sup>。经计算, 显热冷负荷为 830307W, 单位面积冷负荷指标 76W/m<sup>2</sup>,

湿负荷为 125.602kg/h。该办公楼建筑内部空间功能多样, 设有各类办公室、会议室、培训室、阅读室、员工休息区、客房、餐厅等。1、10 层为大厅, 2~9 层为办公室、客房和培训室。本文重点介绍本办公楼的蒸发冷却空调水系统形式设计及水系

统流量调试。

## 1 蒸发冷却空调系统方案的确定

乌鲁木齐夏季空气调节室外平均湿球温度较低,干湿球温差较大,室外含湿量远低于室内含湿量,据此特殊的气候条件,并参考当地相关应用蒸发冷却空调的实际工程,本工程空调系统采用蒸发冷却空调系统<sup>[1]</sup>。

全空气蒸发冷却通风空调系统是指用蒸发冷却空调机组处理后的空气承担对应空调区全部显热负荷和散湿量的空调系统。空气-水蒸发冷却空调系统是指用蒸发冷却空调机组处理后的空气与蒸发冷却冷水机组提供的冷水,通过空调区末端装置共同承担对应空调区全部显热负荷和散湿量的空调系统<sup>[2]</sup>。

结合本办公楼建筑功能及应用特点,1层及10层空间较大,人员密度大,需要集中进行温湿度控制,欲选取全空气蒸发冷却通风空调系统;2~9层房间功能多样,需要独立控制达到节能目的,欲选取空气-水蒸发冷却空调系统。两种系统夏季冷源均采用两级间接加直接蒸发冷却冷水机组。

经前期计算,乌鲁木齐地区空气经过蒸发冷却器(包括直接蒸发冷却器和间接蒸发冷却器)处理之后能够满足室内通风空调的使用要求,其次,针对该工程1层及10层,设计完成后,校核室内空气状态参数与室内空气状态设计参数存在的偏差,未超出室内要求的温湿度波动范围,因此1层及10层可以采用全空气蒸发冷却通风空调系统。

经计算,乌鲁木齐地区蒸发冷却冷水机组的出水温度可以满足高温冷水(一般在16~18℃)的要求<sup>[3]</sup>,因此本工程2~9层可以采用空气-水蒸发冷却空调系统进行温湿度独立控制。

## 2 蒸发冷却空调系统水系统形式的确定

### 2.1 蒸发冷却空调水系统的特殊性

常规空调水系统设计包括冷冻水系统和冷却水系统。冷冻水系统是把冷热源的冷、热量通过管网输送到空调用户的系统,冷却水系统是把制冷机组中冷凝器产生的冷、热量通过管网输送到冷却塔等冷却设备的系统。而在蒸发冷却空调系统中,无需冷却塔,故没有冷却水系统,只有冷水系统<sup>[4]</sup>。

蒸发冷却空调水系统具有开式特性,在冷水循

环利用时,由于悬浮物、溶解盐类的浓缩等原因,易发生腐蚀、结垢、微生物粘泥等水质问题,造成循环水水质恶化,导致设备换热效率下降,缩短设备的使用寿命,造成能源浪费,并且增加管道阻力,使管道输送能力下降,滋生微生物,形成污垢粘泥并可能影响人类健康。因此,必须采取水质处理措施,对蒸发冷却空调循环冷水进行水质处理,处理后的循环水进行循环,才能保证蒸发冷却空调系统的正常运行<sup>[5]</sup>。

### 2.2 蒸发冷却空调水系统水质处理

国内外对于蒸发冷却空调系统水质的处理方法基本集中在物理处理方法。参照西安工程大学宣静雯对蒸发冷却空调系统水质的研究,本工程水系统水质处理采用了全自动刷式过滤器及化学加药法。全自动刷式过滤器是一种利用滤网直接拦截水中的杂质,去除水体悬浮物、颗粒物,降低浊度,净化水质,减少系统污垢、菌藻、锈蚀等产生,以净化水质及保护系统其他设备正常工作的精密设备,水由进水口进入全自动过滤器机体,当水流经过过滤器时,水中的机械杂质被过滤网拦截,当滤网表面积聚的杂质增加而使压差达到设定压差时,压差开关即发出信号,同时控制箱即发出指令,传动电机启动,排污阀打开,沉积在滤网中的杂质被转动的刷子刷下,从排污口排出。化学加药法采用定量泵对其循环冷却水系统进行连续加药过程,向循环冷水系统分别添加缓蚀阻垢剂和杀菌灭藻剂,其中缓蚀阻垢剂对水中碳酸钙等垢类物质具有良好的螯合分散和晶格畸变作用,对碳钢、不锈钢、铜等金属材料具有良好的缓蚀效果;杀菌灭藻剂能有效地控制机组循环冷却水中的细菌和藻类的繁殖情况以及由此产生的腐蚀现象,并具有良好的分散性和渗透性,是一种有效的微生物粘泥剥离剂。如图1为本工程水系统采用的全自动刷式过滤器。



图1 本工程水系统采用的全自动刷式过滤器

**Fig.1 Full automatic brush filter used in water system of this project**

2.3 蒸发冷却空调水系统形式的设计

经计算, 本工程设计冷水流量为 160m<sup>3</sup>/h, 故采用 4 台水流量为 40m<sup>3</sup>/h 的蒸发冷却冷水机组, 冷水机组产生的高温冷水分别通入全空气通风空调系统的蒸发冷却空调机组的高温表冷器和空气-水-系统的室内末端及新风机组高温表冷器。全空气通风空调系统中, 空调机组采用了高温表冷-管式间接-直接蒸发冷却空调机组。空气-水空调系统主要由蒸发冷却冷水机组、高温表冷-直接蒸发冷却新风机组和室内末端组成。

对于空气-水空调系统, 蒸发冷却新风机组有各种不同的形式, 为了利用系统末端回水或冷水机组的出水对新风进行预冷, 蒸发冷却新风机组第一级功能段设置为高温冷却段或管式间接蒸发冷却段, 根据室内末端设备和新风机组与冷源的不同的连接方式, 对应的水系统流程通常有 3 种方式, 可分为三种, 如图 2, 分别为独立式、串联式和并联式<sup>[2]</sup>。

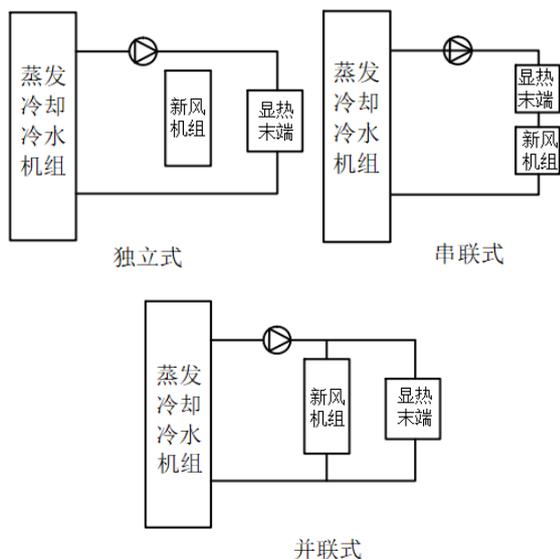


图 2 空气-水蒸发冷却空调系统的三种连接形式

**Fig.2 Three Connection Forms of Air-Water Evaporative Cooling Air Conditioning System**

其中, 串联式的冷水流程对空调系统末端装置的供回水温差控制在 5℃ 以内, 然后再对新风预冷, 使得冷水得到近 10℃ 的温降, 从而使冷水机组更多的利于空气的能量。该水系统形式更好地利用干燥空气可再生能源来进行“自然冷却”, 从而减少

显热末端需处理的显热负荷, 相比独立式、并联式系统, 其供回水温差大, 能进一步降低冷水机组的装机容量, 减小管道输送系统及末端设备。考虑乌鲁木齐地区拥有丰富的干燥空气可再生能源, 故该工程中, 空气-水空调系统的水系统连接方式采用串联式。

即本工程空气-水蒸发冷却空调水系统形式为冷水机组所制取的高温冷水先供给显热末端, 从显热末端的出水经过新风机组表冷器间接蒸发冷却段进一步升温, 形成串联式(大温差)冷水系统。系统形式如图 3 所示。

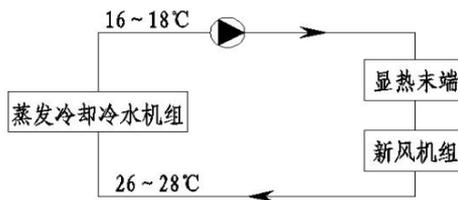
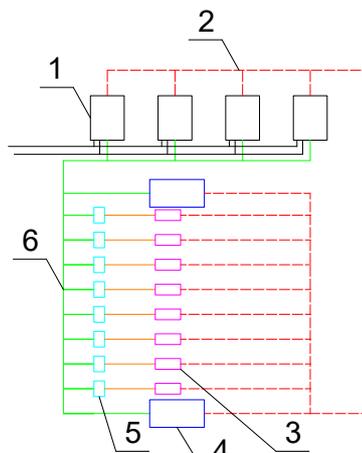


图 3 空气-水蒸发冷却空调系统大温差(串联式)冷水系统原理图

**Fig.3 Principle diagram of large temperature difference (series) chilled water system in air-water evaporative cooling air conditioning system**

由于同程式系统中每环路路程一致, 系统易平衡, 因此本空调系统水系统水平管及立管均采用同程式系统。如图 4 为办公楼蒸发冷却空调水系统形式示意图, 图 5 为 7 层空调水平面图。



1—蒸发冷却冷水机组; 2—回水管; 3—蒸发冷却新风机组;  
4—蒸发冷却空调机组; 5—室内末端(干式风机盘管);  
6—供水管

图4 办公楼蒸发冷却空调水系统形式示意图

Fig.4 Schematic diagram of evaporative cooling air conditioning water system in office building

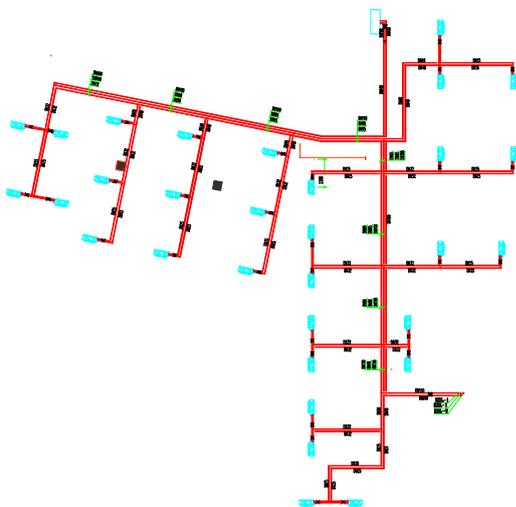


图5 7层空调水平面图

Fig.5 Horizontal plan of air conditioning on the 7th floor

空调系统中的冷水是负责传输制冷机产生的冷量,其水流量也要随空调系统的负荷变化而变化。此时就需要对整个冷水系统进行调节,来改变管路中的冷水流量,以满足系统要求<sup>[6]</sup>。因此本工程采用变频变流量水泵。经计算,选用2台(1用1备)流量为205m<sup>3</sup>/h,扬程为27m的变频水泵,如图6所示。

综上,本工程空调水系统形式为开式、一次泵变频变流量、水平管及立管均采用同程式的空调水系统,空气-水空调水系统形式采用成串联式(大温差)冷水系统。



图6 本空调系统选用的2台变频水泵

Fig.6 Two variable frequency pumps selected for air conditioning system

### 3 蒸发冷却空调水系统流量调试

在空调水系统安装完成后,2018年8月24日,用手持式超声波流量计测得空调系统水流量仅为36.94m<sup>3</sup>/h。经分析判断,水系统流量小可能由以下几方面原因造成:一是,干式风机盘管安装后,部分阀门未全开,及管网中存在部分阀门未全开;二是,管网系统中存在不凝性气体;三是,水力计算不合理,水泵选型偏小;四是,施工不规范,接口攻丝或残渣堵塞管道;五是,实际施工与设计图不完全一样,管道改变导致阻力增大,使设计选型水泵偏小。

针对以上分析,8月17日完全开启八九层阀门,测得空调系统水流量为44.28m<sup>3</sup>/h,8月23日完全开启八九、二三层阀门,测得空调系统水流量为46.4m<sup>3</sup>/h,8月27日对顶层空调机组及部分新风机组的表冷器手动排气,测得空调系统水流量为81.71m<sup>3</sup>/h。通过以上调试结果分析可知,管网系统中确实存在部分阀门未全开且存在不凝性气体。

基于前期调试情况,继续对底层空调机组及剩余新风机组表冷器进行手动排气,测得空调系统水流量为99.93m<sup>3</sup>/h。

8月29日对空调机组表冷器、新风机组表冷器、主立管进行持续放气,空调系统开启后,每小时对系统水流量进行测试,测试结果如表1所示。

表1 空调系统开启后每小时水流量测试情况

Table 1 Hourly flow measurement of air conditioning system after opening

时间	1	2	3	4	5
	小时后	小时后	小时后	小时后	小时后
系统水流量 m <sup>3</sup> /h	113.24	111.84	111.35	109.12	106.69

通过8月29日测试,可以看出,随着空调系统运行时间的增加,水系统流量逐步减小,因此,可以分析,因为本蒸发冷却空冷水系统为开式系统,水系统循环过程中,有空气进入管网系统,导致系统水流量减小。具体可能有以下原因,一是,蒸发冷却冷水机组的淋水使水箱溅起水花,空气进入水中;二是,水系统运行过程中,因汽化作用,产生气体;三是,蒸发冷却冷水机组连接出水管的水槽较浅,出水口形成涡流,卷吸进空气。

同时,有部分工程人员认为蒸发冷却冷水机组有大量喷嘴,喷嘴在喷水的同时,具有放气作用,

但经过实际测试发现,喷嘴的放气能力有限,不足以完成整个空调水系统的排气任务,因此,在蒸发冷却空调水系统中,合理安装排气阀仍然十分重要。

#### 4 蒸发冷却空调水系统存在的相关问题

在系统安装完成后,水流量调试期间,发现本工程应用的蒸发冷却冷水机组飘水严重,通过观察分析发现,该蒸发冷却冷水机组挡水板采用直接蒸发冷却湿膜,挡水效果不理想,其次,使用喷嘴不合适,导致喷淋水雾化严重,水滴易飘出。同时,蒸发冷却冷水机组水箱存在漏水情况,这就要求蒸发冷却空调设备生产厂家必须积极改进生产工艺,提高产品质量。

#### 5 总结

##### (1) 蒸发冷却空调水系统调试的合格标准

蒸发空调水系统调试的合格标准与常规空调水系统要求一致。水流量应与设计流量接近,所有空调机组水流量与设计流量的偏差不大于20%,冷热水及冷却水系统总流量与设计值的偏差不大于10%,通过各设备的水流量应该满足设备额定水流量的要求<sup>[7]</sup>。

##### (2) 系统水流量不足问题分析及处理

在进行本工程水系统调试过程中,发现系统水流量达不到设计要求,有下面几种原因:

管网系统中,较多阀门处于半开启状态,此时,应及时调节阀门,使其处于全开状态;管道内存在气堵现象,而水管道上又无有效的排气装置,严重影响系统的水流量,此时,在每个支管路的最高端安装排气效果好的自动排气阀,另外在管道的上翻处也加装自动排气阀进行排气。由于测试时间因素,水流量调至110m<sup>3</sup>/h后,没有继续进行测试,若自动排气阀安装完成后,系统水流量仍然不能达到设计要求时,则水泵流量及扬程可能不足,此时应对整个水系统重新进行阻力计算,校核水泵设计参数,更换符合要求的水泵。

##### (3) 蒸发冷却空调水系统水质处理的必要性

蒸发冷却空调水系统一般为开式系统,且在冷

水循环利用时,由于漂浮物、溶解盐类的浓缩等原因,易发生腐蚀、结垢、微生物粘泥等水质问题,造成循环水水质恶化,导致设备换热效率下降,并且增加管道阻力,使管道输送能力下降,同时,滋生微生物,形成污垢粘泥并可能影响人类健康。因此,必须采取水质处理措施,对蒸发冷却空调循环冷水进行水质处理,处理后的冷水进行循环,才能保证蒸发冷却空调系统的正常运行。

##### (4) 蒸发冷却空调水系统形式选择

蒸发冷却空调水系统形式的设计选择,要充分考虑到建筑物的负荷情况、使用功能以及当地的气候条件,尽可能的充分利用干空气可再生能源进行“自然冷却”。蒸发冷却空调设备完全用水做制冷剂,这就要求,蒸发冷却空调设备一定要做好水箱设计并且要采取先进的生产工艺,避免空调设备出现漏水现象,同时蒸发冷却空调设备连接出水管的水槽应足够深,避免出水口形成涡流,卷吸进空气。

#### 参考文献:

- [1] 李依轩,黄翔,王兴兴,等.乌鲁木齐某大厦蒸发冷却通风空调设计[J].制冷与空调,2017,31(1):47-52.
- [2] 黄翔.蒸发冷却通风空调系统设计指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [3] 黄翔,白延斌,郝航.蒸发冷却冷水机组出水温度探讨[J].流体机械,2012,40(9):83-86.
- [4] 张丹.蒸发冷却空调系统设计方法研究——简化热工计算的步骤与内容分析[C].第十二届全国冷(热)水机组与热泵技术研讨会论文集,2005:5.
- [5] 宣静雯.西北地区蒸发冷却空调系统水质问题的研究[D].西安:西安工程大学,2016.
- [6] 江亿.管网可调性和稳定性的定量分析[J].暖通空调,1997,(3):3-9.
- [7] 刘俊涛.浅谈中央空调水系统调试[J].建设科技,2016,(10):62-63,65.
- [8] 郭志成,黄翔,严锦程.间接—直接蒸发冷却复合冷水机组的理论分析与应用研究[J].制冷与空调,2018,32(4):359-364,379.