

民用建筑空调水处理 设计问题刍议

云南省安泰建设工程施工图审查中心 崔 跃[☆]

摘要 讨论了空调水处理设计的处理方式、设计依据、配套措施等一系列技术问题。

关键词 民用建筑 空调用水 水处理设计

Issues in water treatment of air conditioning system design for civil buildings

By Cui Yue[★]

Abstract Discusses several technical problems of water treatment in air conditioning system such as the treatment modes, basis of the design, accessory measures, etc.

Keywords civil building, water used in air conditioning system, water treatment design

★ Yunnan Antai Construction Working Drawing Examination Center, Kunming, China

①

空调冷(热)水及冷却水的水处理(以下简称空调水处理)是集中空调系统的组成部分,空调水处理设计是整个空调设计的重要内容之一,是从设计伊始就应当考虑的问题。令人遗憾的是,空调水处理设计问题长期得不到应有的重视。

1 空调水处理的意义

数 10 年前国内外大量相关试验和研究得出的共识是:空调用水如果不加处理,就可能在各种因素的单独或综合作用下,在设备及管路内部出现结垢、腐蚀及/或滋生菌藻,三种现象统称为水质的不稳定或水质恶化。其中,结垢和菌藻导致换热器的换热效率急剧下降,管路的过水断面缩小,水流阻力加大,还可能引发局部腐蚀。菌藻种类繁多,造成的危害也不一而足。腐蚀包括化学腐蚀与微生物腐蚀,它加剧了水质的恶化,降低了系统的工作寿命。

以结垢为例,一台冷水机组的试验结果(见图1~3^①)显示,高能效比可能仅仅因为换热器内壁上一层薄薄的水垢就大打折扣。随着污垢厚

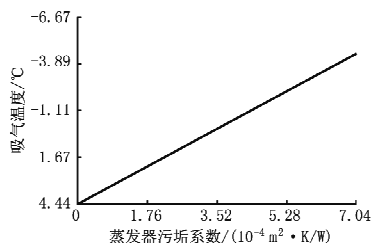


图1 污垢对吸气温度的影响

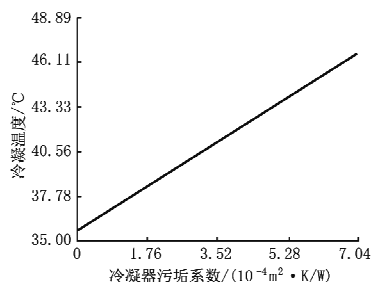


图2 污垢对冷凝温度的影响

①☆ 崔跃,男,1958年9月生,工学学士,公用设备专业总工程师,教授级高级工程师

650041 昆明市滇池路西贡码头21幢

(0871) 4314969

E-mail: cyue58@163.com

收稿日期:2008-12-01

修回日期:2009-02-23

① Carrier. Water conditioning [M]// System design manual. New York: Carrier Air Conditioning Company, 1972: 1-37

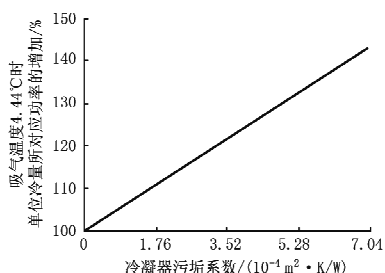


图3 污垢对压缩机输入功率的影响(蒸发器清洁)

度的增加,系统阻力增加,冷凝器和蒸发器的传热效率降低,从而引起水泵和制冷机耗电增加,严重时可能使水路系统发生堵塞,或冷凝压力过高引起“超压停机”。据有关资料统计,未经水处理的空调系统比经过水处理的空调系统耗电量约高 10%~30%。腐蚀和积垢亦使空调系统的寿命大为缩短^[1]。GB 50050《工业循环水处理设计规范》指出:“循环冷却水处理不当,首先会使冷却设备产生不同程度的结垢和腐蚀,导致能耗增加,严重时不仅会损坏设备,而且会引起工厂停车、停产和减产的生产事故,造成极大的经济损失”。足见水处理可以显著地减少空调系统能源和金属材料的损耗,提高系统运行的经济性和稳定性,延长其工作寿命。当然,水处理的益处还不止于此。

表2 空调水系统的化学处理方法

开式循环系统	闭式循环系统	直流系统
结垢控制 1) 排污; 2) 加阻垢剂; 3) 加稀硫酸; 4) 调整 pH 值; 5) 补水软化处理 其他考虑: 适当的污垢系数、换热器表面温度和水温, 系统清洗	一般无需处理, 必要时补水软化处理	1) 加阻垢剂; 2) 加稀硫酸; 3) 调整 pH 值 其他考虑: 适当的污垢系数、换热器表面温度和水温, 系统清洗
腐蚀控制 1) 加高浓度缓蚀剂($200 \times 10^{-6} \sim 500 \times 10^{-6}$); 2) 加低浓度缓蚀剂($20 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$); 3) 调整 pH 值; 4) 适当的系统材料	1) 加高浓度缓蚀剂($200 \times 10^{-6} \sim 500 \times 10^{-6}$); 2) 选择适当的系统材料	1) 加低浓度缓蚀剂; 2) 形成碳酸钙保护膜; 3) 调整 pH 值; 4) 适当的系统材料
菌藻控制 1) 加有机杀菌剂, 如氯酚类; 2) 加其他杀菌剂; 3) 加氯(液氯或次氯酸盐)	一般无需处理	1) 加有机杀菌剂, 如氯酚类; 2) 加其他杀菌剂; 3) 加氯(液氯或次氯酸盐)

3) 基于上述判断分析进行设备选型和系统组合。

在实际操作中,影响水质的因素众多,资料难以搜全,各种判断指标的适用范围也有局限,往往使得设计者难以循序渐进,故一个可行的方法是向当地资深的水处理专业人士或权威机构咨询,或借鉴当地类似工程的先例。事实上,确定处理方式的

表1从另一个侧面反映了结垢与设备初投资的关系。此外,例行水处理的系统可以借助阻垢剂的作用,允许水中含有较高的盐分而又不致结垢,这就减少了系统的排污量,进而减少了补给水和药剂的用量。同时,常规的水质稳定处理在很大程度上取代了病笃投医式的化学清洗。这些都有利于节水和环保。

表1 为抵消污垢热阻所需增加的传热面积^①

污垢厚度/ mm	污垢系数/ ($10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	总传热系数/ ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)		需要增加的传热 面积/%(概约值)	
		蒸发器	冷凝器	蒸发器	冷凝器
0	0	2 271	4 826	0	0
0.152 4	0.88	1 891	3 378	20	45
0.304 8	1.76	1 624	2 612	40	85
0.609 6	3.52	1 283	1 789	80	170
0.914 4	5.28	1 033	1 363	120	250

2 空调水处理设计的基本内容

首先应当明确,所有的空调水系统设计都应当从方案开始就将水处理考虑在内。理论上讲,有以下三个主要步骤:

1) 水质判断,研究水质(化学、物理、菌藻)分析报告,并应用饱和指数、稳定指数等指标对水质变化趋势进行定性判断;

2) 系统分析,根据水系统的类别、大小,综合考虑补水水质、浓缩倍数、设备容许的污垢系数等因素,确定适当的处理方式(见表2);

首要因素是系统的规模,出于经济合理性的考虑,通常只有大型系统才配置完备的水处理设施,小型系统则采用相对简易的装置。设计师的任务就是为空调水系统构建一个适当的、日后可供物业管理方进行水处理的平台。对于大型系统,它包括一套水质监测装置与投药装置,以及补充水软化处理装置(必要时);对于小型系统,构造简单的各种小型加药器比较合适。至于系统大与小的分野,推荐以系统冷量 264 kW(75 rt)为界^①。

对于开式冷却水系统,空气中的悬浮物、细

① Carrier. Water conditioning [M] // System design manual. New York: Carrier Air Conditioning Company, 1972: 1-37

菌、氧气、二氧化硫、氮氧化物、酸雨等很容易进入,随着冷却水的蒸发,水中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} 及溶解固形物、悬浮物的浓度不断增加,会造成设备和管路的腐蚀、结垢以及菌藻的繁殖,严重时会产生黏泥并堵塞管道或设备。至于冷(热)水系统,开式系统(喷水室)的水处理与冷却水基本相同^[2];闭式系统则相当严密,水的泄漏和与空气的接触都微不足道,因而其浓缩倍数几近于 1,水中盐分浓缩结垢的可能性较小,但有可能发生腐蚀,当水温超过 40℃ 时尤其明显,故一般需要作缓蚀处理。《全国民用建筑工程设计技术措施——暖通空调 动力》^[3] 提倡空调水系统的补水应经软化处理,仅从防垢的角度看不无道理,但其负面效应是可能加快对金属的腐蚀速度^[4]。GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》第 6.4.14 条已明文规定,“当给水硬度较高时,空气调节热水系统的补水宜进行水处理,并应符合设备对水质的要求。”显然,滥用补水软化的做法是不足为训的。

3 关于物理处理方法

以上论述都是围绕化学法展开的,这是因为化学法从理论研究到实际运行经验都比较成熟,相关的工艺、设备和药剂也都得到了广泛的开发和应用,在各种条件下普遍行之有效,自然应是空调水处理的首选。

物理法中磁化法问世较早,但其机理至今众说纷纭,效果也不确定,早年间美国学者的试验认为该方式对控制结垢与腐蚀没有明显效果^①,这一结论一直影响着后来的美国主流空调界。国际上磁水器技术的先驱比利时 CEPI 公司也承认^②,水的磁化处理要么有效,要么无效,有效的效率就可接近 100%,反之则接近于零,而且事先无法预测其是否有效^[5]。

电处理法以高压静电法、电子处理法、高频电磁场法为代表。从各方面的评价看,其防垢、除垢的效果基本肯定,但在缓蚀及杀菌灭藻作用方面看法不一,并且使用条件及维护管理的要求也比较高^[6]。尽管文献^[3]力推静电除垢^[4],但若使用不当,可能事与愿违,反而对设备及管路

造成损害。

设计实践中,笔者认为对于大型系统,在水质不明等情况下,应按化学法建立水处理平台。当然,也应考虑使用场所、物业管理水平等因素,例如,被膜式加药罐简单、经济、适应性广泛;又如内磁式水处理仪几乎无需值守与检修,如水质适宜,就比较适用于不设专人管理的小系统。总之,用电磁型处理仪以不变应万变的套路没有理由成为空调水处理设计的常规。

4 关于设计依据

GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》、GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》等均对空调水处理提出了一些原则性的要求,按照规范规定,《工业循环冷却水处理设计规范》是国内目前唯一适用的专门标准。至于《全国民用建筑工程设计技术措施——暖通空调 动力》及其节能专篇,在空调水处理问题上,前者略失偏颇,后者流于空泛。总之,措施似尚未到位。

此外,上述文本均未列出空调冷(热)水及补水的水质标准,不能不说是一个明显的缺憾。表 3 为日本的空调水质标准 JRA-GL-02—1994,供参考。

5 应注意的几个问题

5.1 在系统中设置适当的加药、取样及/或监测接口,并为加药装置预留足够的操作空间。大型系统应专设加药间、化验/监控室等,采用自动监测和投药装置。

5.2 系统排污口应便于操作,排污量可调节并可计量。

5.3 冷却塔外置集水箱(公用连通水槽)利大于弊^[4],多塔并联时宜采用;母管回水时更应籍此以保证水量平衡。

5.4 冷却塔或蒸发式冷凝器应避开烟囱以及卫生间、晒图室、洗相室之类房间的排风口,并尽量远离食品的仓储区或加工区。

5.5 换热器的进水口处也应设置除污器(过滤器)。

6 解决空调水处理问题的其他途径

6.1 用风冷式冷水机组或空气源热泵替代水冷式冷水机组(+锅炉)。这一做法的适用范围与经济性经多年研讨已有定论^[7-9]。水冷机的单机效率的确高于风冷机,但这一结论的前提乃是

① Carrier. Water conditioning [M] // System design manual. New York: Carrier Air Conditioning Company, 1972: 1-37

② 谭朝文. 如何走出中央空调水处理的误区[J]. 暖通制冷商务网, 2004(43): 15-16

表 3 空调用冷却水、冷/热水及其补给水的水质标准

基准项目	冷却水			冷水		热水				倾向	
	循环式		直流式	循环水 (20~60℃)	补给水	低位中温水系统		高位中温水系统		腐蚀	结垢
	循环水	补给水	直流水			循环水 (20~60℃)	补给水	循环水 (20~60℃)	补给水		
pH 值(25℃)	6.5~8.2	6.0~8.0	6.0~8.0	6.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	7.0~8.0	+	+
导电率(25℃)/(μS/cm)	<800	<300	<400	<400	<300	<300	<300	<300	<300	+	+
氯离子 Cl ⁻ /(mg/L)	<200	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<30	<30	+	
硫酸根离子 SO ₄ ²⁻ /(mg/L)	<200	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<30	<30	+	
甲基橙碱度 CaCO ₃ /(mg/L)	<100	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50		+
总硬度 CaCO ₃ /(mg/L)	<200	<70	<70	<70	<70	<70	<70	<70	<70		+
暂时硬度 CaCO ₃ /(mg/L)	<150	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<30	<30		+
硅酸 SiO ₂ /(mg/L)	<50	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30		+
参考项目 总铁 Fe/(mg/L)	<1.0	<0.3	<1.0	<1.0	<0.3	<1.0	<0.3	<1.0	<0.3	+	+
总铜 Cu/(mg/L)	<0.3	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.3	<1.0	<1.0		+
硫离子 S ²⁻ /(mg/L)	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出	腐蚀测不出		+
氨离子 NH ₄ ⁺ /(mg/L)	<1.0	<0.1	<1.0	<1.0	<0.1	<0.3	<0.1	<0.1	<0.1		+
游离氯 Cl ₂ /(mg/L)	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.25	<0.3	<0.1	<0.3		+
游离碳酸根离子 CO ₃ ²⁻ /(mg/L)	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<0.4	<4.0		+
稳定度指数	6.0~7.0									+	+

冷却水得到了合格的水质稳定处理,冷凝器的污垢系数被控制在相当低的水平上,否则,如前所述,水冷机的这种优势在实际运行中将很快丧失殆尽。

6.2 在车站、体育馆、超市之类大空间、低楼层的公共建筑中推广制冷剂直接膨胀式空调系统^[10],该系统自身不存在水系统和水处理问题。近几年在办公楼、饭店、学校等民用建筑中应用渐多的变制冷剂流量多联分体式空调系统也有着异曲同工之妙。

6.3 用硬质聚氯乙烯(UPVC)管、交联聚乙烯(PEX)管、聚丙烯(PP-R)管、ABS 工程塑料管、铝塑复合管等新型给水管材取代传统的碳钢管。它们都具有内壁光滑、耐腐蚀、不易结垢或附着菌藻、导热率低等优点,逐步替代碳钢管已是大势所趋。

6.4 如采用碳钢管道,在系统敷设完毕后,应严格按照《工业循环冷却水处理设计规范》的要求,认真施行清洗预膜,其效果何止事半功倍^[11]!鉴于目前暖通专业的设计、施工验收规范均无这方面的规定,推荐设计者在施工说明中对此特别加以阐明。

顺便说一句,眼下时兴的水(地)源热泵空调(供暖)系统、热泵(生活)热水供应系统等同样也都无法回避水处理问题。除非水源水质达标,一般应

采用板式换热器间接换热,避免难以控制水质的直流水直接进入设备。

参考文献:

- [1] 柴惠娟,等. 高层建筑空调设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1995:170
- [2] 鈴木静夫,加藤健司. 工業用水處理[M]. 東京:内田老鶴園新社株式会社,昭和四十七年:129
- [3] 建设部工程质量安全监督与行业发展司,中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施——暖通空调 动力[M]. 北京:中国计划出版社,2003:154-156
- [4] 沈健. 空调冷却水循环系统设计探讨[J]. 给水排水,1996,22(11):30-32
- [5] 许保玖. 给水处理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1979:274-276
- [6] 水浩然. 水质防垢除垢设备的选用与运行[J]. 给水排水,1997,23(5):58-60
- [7] 李志浩. 民用建筑空调设计的几个问题[J]. 暖通空调,1994,24(2):3-5
- [8] 刘天明. 风冷制冷机的应用[J]. 暖通空调,1997,27(2):72-73
- [9] 王树俊. 关于风冷和水冷冷水机组的耗电量问题[J]. 暖通空调,1997,27(3):24-26
- [10] 崔跃. 轻型钢结构大空间建筑空调设计两题一例[J]. 暖通空调,2002,32(2):49-51
- [11] 梁治齐. 实用清洗技术手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000:472