

The Full Water Disposal Ways and Study on Central Air-conditioning Circulation Cooling Water System

Jieyan Zhang

Service Bureau, Deputy-director, State Administration of Taxation, Senior Engineer
Address: No.5 Western Road, Yangfangdian, Haidian District, Beijing, P.R.China
Email: zjy@chinatax.gov.cn

Abstract: This paper has been made the further study about the water quality issue of the central air-conditioning circulation cooling water. Based on the comparison of the existing common adopted disposal ways, put forward the new ways of combination with automatic inspection, control the condense times and installing toroidal swirl type filtering water purifier. We have solved the water quality fundamentally of the circulation cooling water. This way will make the chem..with medicine more reliable, and it will save water and energy and enhance the operation efficiency .

Keywords Cooling water, Condense times, Toroidal swirl type filter

中央空调循环冷却水系统完全水处理方法研究

张捷岩 国家税务总局机关服务局副局长 高级工程师

提要 本文对中央空调循环冷却水的水质问题做了进一步的研究,在对目前普遍采用的处理方法进行比较分析的基础上,提出了自动检测、控制浓缩倍数和加装旋流式过滤洁水器相结合的新方法,从根本上解决了循环冷却水的水质问题。这一方法的建立既使化学加药更加可靠,又能节能节水,提高运行效率。

关键词 冷却水 浓缩倍数 旋流过滤器

引言:中央空调循环冷却水系统的水质好坏直接关系到设备有效出力、设备使用寿命以及经济运行等方面,所以一直是人们密切关注和着力解决的热点问题。我们知道,开放式冷却塔在运行当中,由于循环冷却水与空气有大量的接触,使得原来溶在水里的 CO₂ 逸入空气中,水的碳酸平衡状态被破坏,导致了系统中产生水垢。又由于

循环冷却水在与空气的接触中带入了溶解氧，从而造成了水质不稳定，对管道机件产生腐蚀。另外空气中悬浮的尘埃和有机物、微生物等也会随着开放式的循环而带入水中，并随着水分的不断蒸发而浓缩积累、繁殖形成生物粘泥。上述原因产生的危害在某种程度上是互相联系和相互影响的，如：盐垢和污垢往往结合在一起，结垢和粘泥又能引起或加重腐蚀。因此循环冷却水处理的主要任务就是消除或减少结垢、腐蚀及生物粘泥的危害，以保证整个循环水系统的效率和设备使用年限。

1. 常用的循环冷却水系统水质处理方法：

a. 不进行水质处理或采取简单地排污来控制结垢或腐蚀。不投药运行，短时间内不会出现问题，但两至三年后，系统结垢将使冷凝器换热效率降低，设备出力下降；管路机件也因锈蚀损坏洞穿、破坏密封性，严重时甚至会导致事故；运行费用也将明显增加。如果简单采取排污放水续补新水的方法，则水量浪费巨大。

b. 以补充新的软化水的方式进行控制循环冷却水质。采取软化处理，其目的是去除 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 离子，实践表明初始投资较大，日常运行费用较高，而且很难处理完全，仍会引起设备和管路的腐蚀、结垢和微生物的繁殖。原因很简单，由于水中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 离子减少了，水中的溶解氧、 CO_2 和氯离子对金属产生腐蚀，管件的铁与溶解氧产生自催化反应，生成的氢氧化亚铁在溶解氧环境下，遇适当温度而形成了 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 即铁锈。实测表明碳钢在北京市自来水中的腐蚀率为 $1.12\text{mm}/\alpha$ ，软化水中腐蚀率为 $3.27\text{mm}/\alpha$ ，对腐蚀物垢样分析中 Fe_2O_3 的含量占了 77.6%。

c. 循环冷却水系统上增设静电水处理器，以防垢、除垢、杀菌和灭藻。这是近几年来在中央空调循环冷却水系统中开始采用的一种水质控制方式。它是利用静电场作用对水分子结构发生影响从而破坏结垢条件的物理水处理方法。据制造商称，此装置既能防垢、除垢，又有显著的杀菌作用。但从测试结果及实际使用情况来看，除

垢效果一般，而缓蚀和杀菌作用没有太大改善。此外，该设备价格昂贵，且电子器件的工作稳定性、输出功率衰减等，均对其作用的发挥影响较大。

d.在循环冷却水系统中投加阻垢、缓蚀、除菌、灭藻等药剂来抑制结垢、腐蚀和微生物的繁殖。其作用机理为防止 CaCO_3 的晶核生成和晶体生长，分散 CaCO_3 晶体使其不产生凝聚从而实现其阻垢作用。缓蚀作用是通过封闭对铁离子的封闭和对氢氧化亚铁的分散实现的。这种处理方式是目前国内外较为完整和成熟的处理方法。

2. 普遍存在的问题和原因分析：

(1).存在问题

循环冷却水的浓缩倍数是指循环冷却水中的含盐量及杂质与补入的新水中的含盐量及杂质之比。适当提高浓缩倍数，可以降低新补水量而节约水资源，还可以降低排污量以减少对环境的污染，同时还能减少水处理剂的耗量从而降低冷却水处理成本。但是浓缩倍数过高，会使循环冷却水的硬度、碱度、浊度相应升高，系统结垢趋向明显，腐蚀性加大，水处理药剂也会因在水中停留时间过长而分解失效。因此，有效的控制循环冷却水的浓缩倍数是保持循环冷却水质和经济运行的重要环节。

a.排污、补水量较大

由于北京地区空气相对湿度较低，冷却塔的散热方式以蒸发交换潜热为主，所以循环冷却水在实际运行中的损失量较大，水体浓缩时间较短，浓缩倍数升高较快。由于常用的水处理化学药剂使用条件的局限性，一般对浓缩倍数的要求不超过 4 倍。为使浓缩倍数不超过正常标准，必须相应增大排污水量，通过大量补充新水对浓缩水质加以稀释，所以设备耗水量很大，对环境污染加剧。

b.冷却塔填料易结垢

由于冷却塔散热填料一般采用工程塑料，对阻垢剂的化学稳定性质要求比对用

于金属壁的要求要高，而且浓缩倍数要求更要小于两倍。鉴于冷却塔结构的原因，特别是横流式塔的设计要求必须保持一定的蒸发面积而大量使用填料，所以填料表面更易附着大量水垢。

c. 补水量大造成费用增加

冷却塔设计最大蒸发量一般不超过总循环量的 0.05%，按北京市的平均水质来看，每天的平均补水量一般在循环水量的 20% 左右。如果浓缩倍数控制为 4 倍排污水量则为 7% 至 10%。随着排污水量的增大，必将补充相应的药剂，所以设备耗水量和药剂费用都要相应增加。

(2). 原因分析：

根据我们多年来对运行的冷却塔中的循环冷却水采样分析，水中悬浮物 (TDS) 的含量对系统的运行有着一定的影响，其表现为：

a. TDS 对循环水系统腐蚀率的影响 (见表 1，图 1)。

水样 编号	TDS mg/l	pH mg/l	Cl— mg/l	总硬度 mg/l
0	1120	7.57	269.8	370.5
1	1406	7.94	310.1	478.2
2	1709	8.25	410.2	577.4

表 1 冷却水质指标

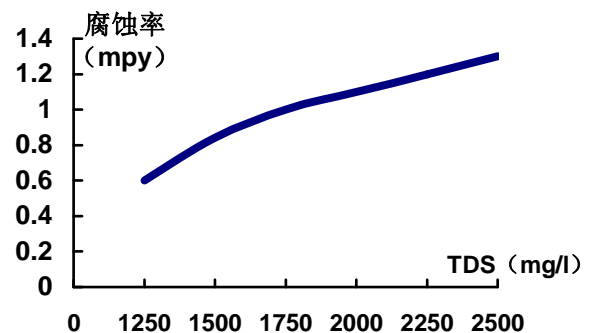


图 1 TDS 对腐蚀率的影响 / 样品为 20#

b. 浊度对腐蚀率的影响 (试验结果见表 2)。

水样编号	浊度 (mg/l)	平均腐蚀率 (mpy)
0	2.0	0.64
1	11.0	1.14
2	24.5	1.79
3	38.5	3.95
4	51.5	4.98
5	65.0	24.95

表 2 浊度对 20# 钢腐蚀率的影响

TDS (mg/l)		1000	1500	1750	2000
阻垢率	DA-301	99	85	70	55
	DA-302	95	81	63	52
	DA-501	99	88	80	72

表 3 TDS 对阻垢剂的阻垢率的影响

从表 2 中的结果看出，浊度越高，腐蚀率越高。管壁的承压能力和各种阀门的密封性会受到影响。

c. TDS 对水处理药剂的阻垢率的影响 (见表 3)

从表 3 看出，TDS 越高，阻垢率越低。冷凝器换热效果下降。

d. TDS 越高，循环冷却水在流动时与管路的摩擦阻力越大，系统运行功耗相应增加。

e. TDS 越高，离心式水泵叶轮在高速旋转时与水体中悬浮物的撞击面越大，叶轮的磨损加剧，严重时会影响水泵的输水压力和输水量。

3. 完全水处理方法：

(1). 电导率监控

由于环境温度和实际负荷经常在变化，运行中的循环冷却水系统的工况和运行时间也随之改变，浓缩倍数的变化极不规律，给在线监测和手动管理排污带来困难。通过实际运行可知，循环冷却水浓缩倍数越高，说明水体中盐含量越高，则水体的电导率也就越高。浓缩倍数与电导率之间存在着规律的正比例关系，即：

$$\text{浓缩倍数} = \text{循环冷却水含盐量} / \text{补充水含盐量}$$

$$\text{浓缩倍数} = \text{循环冷却水电导率} / \text{补充水电导率}$$

采用监测循环冷却水电导率变化的方法，就可以方便的掌握浓缩倍数的变化。以水的电导率为自变量，通过电流转换电路，设定相应的触发阈值来驱动循环冷却水排污和补水装置。当浓缩到上限时进行强制排污、补水，当电导率达到下限时，停止强制排污、补水，从而实现了浓缩倍数的自动控制。

虽然采用电导率测定方法具有迅速、准确和简单的优点，但有时因为运行中加入各种水处理药剂的缘故，也会使电导率升高，从而使计算产生一定误差。由于水体中的各种物质组分较多且按一定比例分布，在循环水运行中都随浓缩倍数增加而成比例增加，而不受运行中其他条件的干扰，所以也可以设定对水中某一种组分的浓度进行检测控制。例如氯离子浓度：

$$\text{浓缩倍数} = \text{循环冷却水的氯离子浓度} / \text{补充水的氯离子浓度}$$

(2). PH 值控制

我们知道，在 25°C 时 PH=7.0 的水为中性，将循环冷却水保持在 PH=7.0-9.2 之间，使水体处在中性或弱碱性范围，也是有效防止系统腐蚀、结垢和微生物生长的重要措施。实际运行中，如果不加入硫酸，冷却水的 PH 值会由于蒸发浓缩而逐渐上升到其自然的平衡值，超过 9.2 的上限则水的结垢倾向增大；但如果补入的酸过多，PH 值低于 7.0 的下限则呈酸性，又会使水的腐蚀性加大，造成设备损坏。可见，对循环冷却水 PH 值的监测和调整，也是循环冷却水处理的重要内容。其方法是在线测量运行中的循环冷却水的 PH 值，适时自动控制缓蚀剂的加入量，其控制原理与浓缩倍数相同，此不赘述。

其工作流程图如下所示：

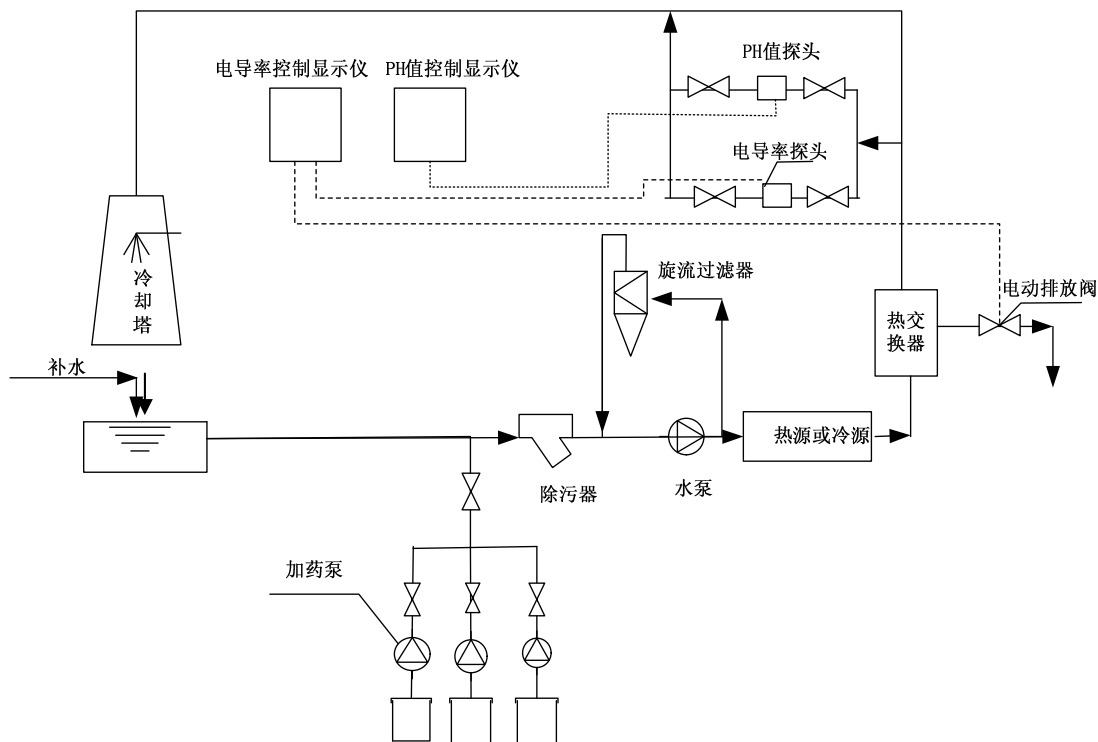


图 2 中央空调冷却水加药系统流程图

控制器由微电脑控制，可实现自动监测、自动排污、自动加药。采用这套控制系统使得药剂的投加量和时效性都更趋于合理，从而更准确有效地控制系统的结垢、腐蚀及菌藻的滋生。通过实践我们认为，在一般情况下，将浓缩倍数控制在 3.5—4 倍较为适宜。

(3). 中央空调循环冷却水处理情况实例 (见表 4、表 5)。

某部委办公大楼中央空调主机为 264kw/h×4 台，冷却塔为 175t/h×4 台，系统总循环冷却水量为 50 吨。采取的水质检测方式为自动监测电导率和 PH 值，处理方式为加药和旋流过滤相结合。

项目	补充水	循环冷却水
----	-----	-------

PH	7.0	8.9
电导率 $\mu\text{S/cm}$	900	1770
总硬度 mg/L (CaCO_3 计)	390	942
总碱度 mg/L (CaCO_3 计)	300	716
氯根 mg/L	64	128

表 4 循环冷却水实测数据

注：循环冷却水数据为 05 年夏季平均运行数据。

根据取水样测定的数据，运用朗格尔指数（饱和指数）计算水质倾向为：

$$\text{L.S.I} = \text{PH} - \text{PH}_s$$

式中：

PH -----冷却水实际 PH 值

PH_s -----冷却水的饱和 PH 值

计算饱和 PH 值时会涉及到水中的总含盐量、温差、钙硬度、总硬度等数据。

简化方法运算为：

$$\text{PH}_s = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

式中：

PH_s -----冷却水的饱和 PH 值

A -----总溶解固体系数

B -----温度系数

C -----钙硬度系数

D -----总硬度系数

经查系数计算 $\text{PH}_s = 3.6 > 0$ ，结论为：该水质为结垢型水。

针对水质的具体情况，我们选用 DA - 301 缓蚀阻垢剂、DA - 302 阻垢分散剂、DA-402 杀菌灭藻剂等对水质进行了综合处理。处理后的污垢热阻 $< 1 \times 10^{-4} \text{m}^2 \text{K/W}$ ，每年中央机组运行后停机开罐检查冷凝器腔壁和管道内壁，均无明显碳酸钙垢层。

通过电导率和PH值监测和处理循环冷却水的方法也同样适用于其他循环水的水质监测。下表为我们在实际运行中设定的各类循环水的控制标准。

项 目	冷却水	冷冻水	采暖水
PH 值	7.0-9.5	8.0-10.0	8.0-10.0
电导率 $\mu \text{s/cm}$	<2000	1000-2000	1000-2000
总硬度 mg/L(CaCO_3 计)	<1000	<800	<800
总碱度 mg/L(CaCO_3 计)	<800	<600	<600
氯根 mg/L	<200	<150	<150

表 5 实际运行中的设定值

(2).旋流式固形物过滤器

旋流过滤洁水器的原理，是利用了不同比重的固形物质在高速旋转的流体中自动分层分布的规律设计的。用于收集循环冷却水中的杂质并集中排放的专用过滤设备。它能大大降低悬浮物含量及浊度，从而使缓蚀阻垢剂的效果达到最佳，且又最大限度的降低了排污量，达到了节水和节省费用的目的。

旋流式过滤洁水器采用一级离心、二级过滤的方法，收集并除去水中大小固形物颗粒，巧妙地采用与水泵并联的方式与管道连接，分水量控制在总循环水量的十分之一左右，充分利用水泵扬程克服本设备的阻力,所以该过滤器不需要单独设置动力而自动工作。旋流过滤采用纯机械式工作原理，对设备和系统无任何不良影响。

过滤器采用合成有机材料，具有过滤阻力小，纳污容量高等特点。

旋流过滤器对悬浮物的去除作用非常明显（见图3）。

旋流过滤器对改善水体浊度效果明显（见图4）。

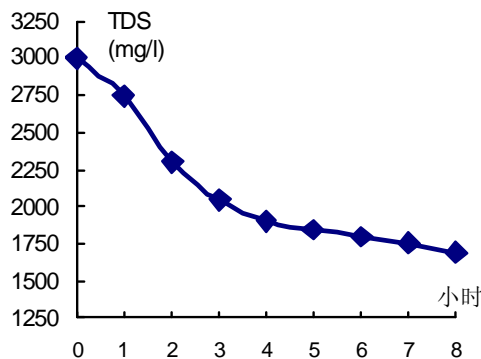


图3 过滤器对TDS的影响

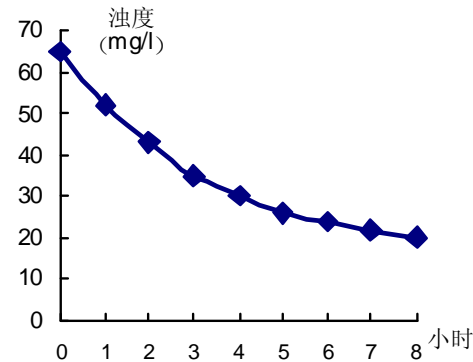


图4 过滤器对浊度的影响

(3) . 冷却塔日常管理中容易被忽视的问题

a. 必须加强对冷却塔运行状况的监测。随时掌握循环冷却水的浓缩倍数变化情况。

b. 保持冷却塔填料翅片清洁

填料是循环冷却水系统重要的换热设备。每到夏季工作时，布水器使得翅片湿润，极易产生菌类等微生物，加之气流携带着灰尘烟雾穿过，往往使翅片表面被污物封盖板结，影响了换热效果。又由于翅片缝隙较小，清洗难度大。实际运行中，我们定期采用 DA—111 翅片清洗剂进行清洗，清除了板结物，保持翅片的传热系数，效果不错。

c. 保持布水器和集水盘的清洁

塔顶布水器是向蒸发翅片表面均匀分配载有热负荷高温水的关键部件，塔底集水盘是收集冷却后的循环水的装置。由于开放在户外且在湿热环境下工作，它们都常常会因微生物的大量繁殖和粘泥的生成造成布水孔和集水管堵塞不畅，使冷却水外溢，循环量减小。通常做法是采用人工清理，劳动量大且维修费用相应增加。实

践中我们定期采用 DA—112 管道通药剂,保持布水盘和集水管的清洁通畅,简单且效果明显。

d.认真做好冬季保养工作

中央空调冷却、冷冻水循环系统停用期间,一般的做法是将系统水放掉以防止发生冻裂设备及意外跑漏事故。但是冬季设备金属表面与空气中的氧反应极易造成设备的锈蚀,所以必须对系统进行湿保养(即保持满水状态)。我们采用 DA—505 中央空调湿保剂对设备进行不放水的湿保养效果很理想。该产品具有药效强、易操作、投资少、效益高、保护膜维持时间久(6—8个月)等特点。

e.开机前做好系统清洗、预膜工作

预膜的目的是让系统清洗后处于活化状态下的活泼金属表面,在投入正常运行之前生成一层完整而耐蚀的钝化保护膜。

f.维修设备防止水系统的跑冒滴漏,如有非正常跑水要及时补充。

4. 总结:

我们研究的这套完全水处理系统是目前国内对中央空调循环冷却水处理的最佳方法,既有化学法的缓蚀阻垢优势,又解决了在实际运行过程中冷却塔易结垢、排污量大等问题。采用该处理系统可提高空调系统运行效率,降低运行维护费用,延长设备使用寿命。

参考文献:

- 1.杨学武 《中央空调循环水的水质监控及管理》,99年北京制冷学会年会.
- 2.陈耀宗主编 《建筑给排水设计手册》. 中国建筑工业出版社,1999,(4).
- 3.徐寿昌主编 《工业循环水处理》. 化工出版社 .1988.
- 4.汪祖模 .《水质稳定剂》. 华东化工学院出版社 .1991.

作者简介：

张捷岩 国家税务总局机关服务局副局长 高级工程师

地址：北京市海淀区羊坊店西路 5 号 (010) 63417097