

文章编号: 1671-6612 (2019) 06-617-04

# 分体式空调冷凝水 作为饮用水的回收利用技术研究

曹振华

(陕西国防工业职业技术学院 西安 710300)

**【摘要】** 以格力 KFR-26GW/NhDbB3 型分体式室内机为例, 对其每小时产生的空调冷凝水量进行计算。计算结果表明, 其空调冷凝水每日产生量足以提供一家三口的人体每日所需水量。针对分体式空调的结构特点设计出了将其冷凝水净化为饮用水的装置, 净化后的水经水质检验其各项指标均符合国家相关标准。

**【关键词】** 分体式空调冷凝水; 饮用水; 回收利用

中图分类号 TU831.6 文献标识码 A

## Study on Recycling Technology of Condensate Water from Separate Air Conditioning as Drinking Water

Cao Zhenhua

(Shaanxi Institute Of Technology, Xi'an, 710302)

**【Abstract】** In this paper, GFR-26GW/NhDbB3 split indoor unit is taken as an example to calculate the air conditioning condensate produced per hour. The calculation results show that the daily production of air conditioning condensate is enough to provide the daily water requirement for a family of three. According to the structural characteristics of split air conditioning, a device is designed to purify the condensed water into drinking water. The purified water meets the relevant national standards through water quality test. The future development prospects of using air conditioning condensate as drinking water are also prospected.

**【Keywords】** Separate air conditioning condensate; Drinking water; Recycling and utilization

## 0 引言

当前我国面临的一个严峻的问题之一是水资源短缺, 尤其是我国西北部地区, 很多地方常年干旱, 人民的饮用水都不能够保证。解决其短缺的方法途径很多, 其中如何有效利用水资源的途径值得我们所有人深思。目前, 我国家用分体式空调在运行过程中会将大量的冷凝水直接排放到室外, 这样不仅影响了室外环境而且也是对水资源的一种极大浪费, 那么如何能够有效对其利用是一个非常值得

得行业人员研究的重要问题。

目前, 我国对分体式空调冷凝水的再利用研究相对很少, 其较少的利用也只是将其冷凝水经简单处理再次冷却冷凝器。本文以一个家用分体式空调为例, 计算其冷凝水产生量, 设计其冷凝水净化装置, 并对其空调冷凝水经净化后进行水质监测实验, 得出结论, 其完全可以作为饮用水源, 从而实现了空调冷凝水作为饮用水的回收利用技术。

基金项目: 陕西国防工业职业技术学院自然科学专项研究项目《分散式空调系统冷凝水回收利用为饮水的技术研究》  
(项目编号: Gfy19-25)

作者(通讯作者)简介: 曹振华(1978.2-), 男, 研究生, 副教授, E-mail: 106741438@qq.com

收稿日期: 2019-01-16

### 1 分体式家用空调冷凝水产生量的计算

冷凝水量与空凋制冷量、室内空气含湿量、空凋送风温度以及建筑物的使用情况有关。

以格力 KFR-26GW/NhDbB3 型壁挂式室内机 (制冷量 2.6kW, 标准风量 630m<sup>3</sup>/h) 为例<sup>[1]</sup>。设室内设计温度为  $t_N=26^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为  $\phi_N=55\%$ , 南京夏季室外计算温度  $t_W=35^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $\phi_W=75\%$ , 室内机的机器露点为  $t_L=12^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $\phi_L=95\%$ , 最小新风量计算按总风量的 10%。根据室内外空气参数即可确定新风 W 点和室内 N 点, O 点的确定可按新风比 10% 确定其焓值; 新风回风混合点 O 经过表面式冷却器冷却去湿到送风状态点 1 (即机器露点), 沿热湿比线  $\epsilon$  至室内状态点 N, 送入室内吸热吸湿, 然后再与新风混合至状态点 O<sup>[2,3]</sup>, 如此循环, 如图 1 所示。

由空气的 h-d 图可查得各状态点含湿量为:

$$d_N=11.5\text{g/kg}; \quad d_W=26.5\text{g/kg}; \quad d_L=8.1\text{g/kg}; \quad d_O=13.2\text{g/kg}$$

则室内机的冷凝水量为:

$$W=\rho V\Delta d/1000=\rho V(d_O-d_L)/1000 \quad (1)$$

式中,  $W$  为冷凝水量, kg/h;  $\rho$  为空气密度, 取 1.2kg/m<sup>3</sup>;  $V$  为循环风量, 取 630m<sup>3</sup>/h。

计算出 KFR-26GW/NhDbB3 型空凋器的冷凝水量为 3.86kg/h。随着制冷量的增加, 产生的冷凝水量也增加。因此, 一台大 1 匹的分体式空凋器一天工作 5h, 可以产生大于 19.2kg 的冷凝水, 足以提供一家三口 (人均每日饮水量大约 2500ml, 即大约 2.5kg, 按此计算一个大 1P 的空凋日产水量可供 6~7 人饮用) 的日常饮水需求<sup>[4]</sup>。

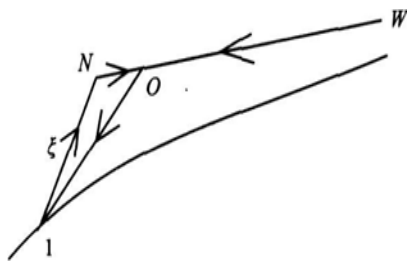


图 1 新风渗透混合循环 h-d 图

Fig.1 H-D diagram of fresh air infiltration mixing cycle

### 2 壁挂式家用空凋冷凝水净化设计

针对其壁挂式家用空凋的结构特点, 本文设计出了对其产生的冷凝水净化的工艺。经过过滤、净

化及消毒这些工艺的处理, 最终达到可供人体饮用的饮用水。

#### 2.1 设计思路

针对壁挂式家用空凋的结构特点, 提出以下几个步骤进行冷凝水净化处理工艺设计:

(1) 在空凋室内机迎风面格栅内侧装上超细尼龙过滤网。使室内外混合空气经过滤网流向蒸发器, 从而不仅保证了空气的洁净度, 也保证了冷凝水的净化。

(2) 空凋器机体内蒸发器的下端装上冷凝水接水槽, 通过接头和连接管将冷凝水接水槽与饮用水存储容器的侧上端连接。

(3) 饮用水存储容器侧上端的另一侧设置有紫外线灯管, 饮用水存储容器的底部通过接头与活性炭过滤器连接。

(4) 活性炭过滤器连接分流三通, 分流三通路接冷水管路和冷水开关; 一路连接内装有电加热器而外侧装有保温层的热水器, 热水器的管路出口和热水开关连接。

#### 2.2 冷凝水净化装置设计

根据净化设计思路, 本文以 1.5P 分体式壁挂空凋为例 (见图 2)。在壁挂式空凋器室内机的吸气口处设置有超细尼龙过滤网, 这种超细尼龙材料过滤网的表面光滑, 滤料容尘量小, 清灰方便, 强度高, 耐磨性好。并且过滤网可以定期取下来进行清灰<sup>[5]</sup>。在空凋器运行时, 使室内外混合空气经过滤网流向蒸发器, 从而不仅保证了空气的洁净度, 也保证了冷凝水的净化。室内热空气经过较冷的蒸发器后, 空气中的水蒸汽就会凝结在蒸发器盘管的外表面上, 随着冷凝水的不断增加, 自然的会滴落于空凋下端的接水槽, 接水槽的冷凝水通过连接管流入设置有紫外线灯的饮用水存储容器内, 经紫外线灯灭菌消毒, 紫外线灯可以杀灭各种微生物, 包括细菌繁殖体、分支杆菌、芽胞、支原体、病毒、真菌等, 凡被这些微生物污染的水和空气均可采用紫外线灯消毒灭菌<sup>[6,7]</sup>。然后在通过活性炭过滤器的过滤即可供人饮用, 活性炭过滤器孔壁上大量的分子可以产生强大的引力, 把空气和水中的杂质吸引到孔隙中, 从而起到去除水中悬浮物和臭味、色度及有机物等杂质。空凋冷凝水经紫外线灯管消毒处理和活性炭的二次过滤, 即可达到国家饮用水标准 GB5749-85 (包括测试大肠杆菌), 达到供人饮

用的安全卫生要求。该装置中所用的材料均符合国家规定的卫生和环保要求，对水体不会产生二次污染。

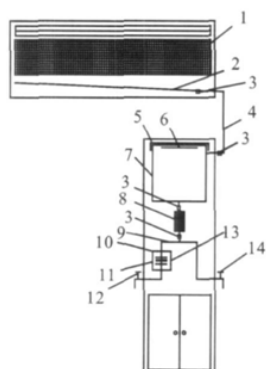


图 2 壁挂式空调冷凝水净化装置图

Fig.2 Drawing of condensate purification device for wall-mounted air conditioning

1—超细尼龙过滤网；2—接水槽；3—接头；4—连接管；5—饮用水存储容器盖；6—紫外线灯管；7—饮用水存储容器；8—活性炭过滤器；9—分流三通；10—热水容器；11—电加热器；12—热水开关；13—保温层；14—冷水开关

### 3 空调冷凝水净化后水质监测实验

#### 3.1 净化后的水质检验

本实验的检测项目以“冷凝水必测项目”为标准。其实验工况为常温 25℃，水样为该装置净化后，消毒后容器内取样。监测仪器采用美国 YSI 多参数水质监测系统<sup>[8]</sup>，并用随机配送的 PC6000 软件，对水样的浊度、pH、硝酸盐和氯化物等十余种水质参数进行连续实时监测，得到表 1 数据。

表 1 净化后冷凝水水质检验实验结果

Table 1 Test results of condensate water quality after purification

项目	试验数据	国家标准
浑浊度	小于 3 度	不超过 5 度
色	无其他异色	不超过 15 度
总硬度（以碳酸钙计）	小于 130mg/L	不超过 250mg/L
感官性状和一般化学指标	PH	7.0-7.5
	锰	无
	铁	小于 0.05mg/L
	氯化物	无
	硫酸盐	无
细菌学指标	大肠杆菌菌落数	小于 2 个/L
	细菌总数	小于 85 个/mL
	硝酸盐（以氮计）	小于 3mg/L
毒理学指标	砷	无
	氟化物	无

#### 3.2 净化后的冷凝水与桶装饮用水大肠杆菌菌数比较

大肠杆菌检测方法是应用分子生物学中的聚合酶链式反应原理来检测的<sup>[9]</sup>，其实验检测工况为：常温 25℃，无阳光照射，装盛冷凝水与桶装饮用水容器均消毒处理，冷凝水与桶装饮用水两者检测实验工况完全一样。检测大肠杆菌用 PCR 方法，包括以下几个步骤：取 1L 桶装饮用水和 1L 净化后冷凝水，每 12 小时收集水样中微生物、PCR 扩增、提取微生物基因组 DNA、产物观察。96 小

时内比较结果见表 2。

表 2 冷凝水与桶装饮用水 96h 内大肠杆菌数目比较实验结果

Table 2 Comparison of the Number of Escherichia coli in Condensate Water and Barreled Drinking Water within 96 hours

时间/h	12	24	36	48	60	72	84	96
普通桶装饮用水中大肠杆菌数目/个	2	3	4	4	5	5	6	7
本装置净化后冷凝水中大肠杆菌数目/个	4	3	2	2	1	1	1	1

### 3.3 实验结果分析与对比

表1实验结果分析可知,本设计装置所产生的饮用水在一般化学指标、毒理学指标、细菌学指标都符合国家生活饮用水水质标准。分析表2实验结果,普通桶装饮用水与净化后冷凝水在自动饮水机中存放96h之后水体中大肠杆菌数量的对比得出,本装置净化后冷凝水中大肠杆菌数少于普通桶装饮用水(净化后冷凝水中大肠杆菌菌数小于国标规定数值<sup>[10]</sup>,而普通桶装饮用水大肠杆菌菌数远高于国标规定值),经过以上两方面的检测实验可得出结论,本装置所产生的饮用水对人体健康无危害。

## 4 结论及前景展望

虽然我国水资源总量较多,但我国13亿人口,数量庞大,人均用水量远低于西方发达国家,而其中真正能作为生活饮用水的水资源则更加有限。尤其在我国西北部有些城镇,很多地方常年干旱,人民的饮用水都不能够保证,偏远农村的饮用水的水质更不能保证。对于这些西北部城镇饮用水相对短缺的区域,使用本文设计的空调冷凝水净水装置可以在很大程度上缓解当地的饮用水短缺情况。所以该净水装置对任何饮用水水资源紧缺的地区都具有非常重要现实的意义。

本净水装置适应范围较广,可适用于单个家庭、企事业单位等只要有分体式空调可用的私人或公共场合,特别适合饮用水水资源较短缺的地区。

本文提出设计的净化装置只需在现有的壁挂式空调上简单加装该净化装置,其设计组装过程简

单,零部件设备低廉,因此可行性很强。通过计算一个大1P的空调日产水量即可供6-7人每日饮水的需求,如果成千上万的家庭或企事业单位都运用此设备,不仅解决了饮用水紧缺地区饮用水问题,而且其节能减排效果不可想象。

### 参考文献:

- [1] 赵岐华.对房间空调器冷凝水的利用和节能的一点看法[J].暖通空调,2005,(5):58-59.
- [2] 张桃,肖洪海,谭成斌.小型分体式空调器冷凝水利用与节能实验探索与研究[J].制冷与空调,2006,(2):1-4.
- [3] 陈楠,申江,邹同华.房间空调器冷凝水的利用和节能[J].暖通空调,2003,(2):117-118.
- [4] 郭志敏.制冷机工艺[M].上海:上海科学技术出版社,1989.
- [5] 王兰.现代环境微生物学[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [6] 李红霞.活性炭纤维及其在水处理中的应用[J].山西能源与节能,2002,6(1):44-45.
- [7] 李建尧.某酒店夏季空调冷凝热回收系统技术经济分析[J].制冷与空调,2016,(4):423-426
- [8] 吴舜泽,王宝贞,王琳,等.饮用水深度净化工艺现场对比试验[J].给水排水,1999,25(12):3-7.
- [9] 张丽洁,杨晚生.空调系统冷凝水的回收利用分析[J].暖通与空调,2011,39(8):14-29.
- [10] 欧阳生春,张文宇,蔡龙俊.空调冷凝水作为水资源的回收利用[J].能源技术,2006,27(6):268-270.