

文章编号: 1671-6612 (2020) 06-682-04

夏季用中央空调系统 冷凝水回收量的动态变化分析

蹇鹏博 曹振华

(陕西国防工业职业技术学院 西安 710300)

【摘要】 简要介绍了夏季用中央空调系统冷凝水产生的特点和一般的利用方式。对中央空调系统冷凝水的产生途径及产生量的大小进行计算分析。以西安地区典型办公类建筑为例,对中央空调在设计工况下产生的冷凝水量进行静态计算,然后利用能耗分析软件 DeST 中西安地区的逐时气象参数对夏季空调在运行期产生可利用的冷凝水总量进行动态计算模拟分析,从而为夏季用中央空调系统冷凝水利用方案的制定提供了相关依据及指导意见。

【关键词】 中央空调冷凝水; 能量回收; 动态变化量

中图分类号 TU831.6 文献标识码 A

Analysis of Dynamic Change of Condensate Recovery of Central Air Conditioning System in Summer

Qian Pengbo Cao Zhenhua

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

【Abstract】 This paper briefly introduces the characteristics and general utilization of the condensate produced by the central air conditioning system in summer. This paper calculates and analyzes the way and amount of condensate produced in the central air conditioning system. Taking the typical office buildings in Xi'an as an example, the static calculation of the condensation water produced by the central air conditioning under the design condition is carried out, and then the energy consumption analysis software DeST is used. The hourly meteorological parameters in central Xi'an area are used to dynamically calculate and analyze the total amount of condensate produced by summer air conditioning during operation, which provides the relevant basis and guidance for the formulation of condensate utilization scheme of summer central air conditioning system.

【Keywords】 Condensation water of central air conditioning; energy recovery; Dynamic variation

作者(通讯作者)简介: 蹇鹏博(1974-),男,本科,讲师, E-mail: 106741438@qq.com

收稿日期: 2020-03-06

0 引言

空调冷凝水是空调在运行过程中产生的。目前,大多数的处理空调冷凝水的方法是将其直接排放,这种做法带来了许多的问题,诸如,水量的浪费(尤其在缺水地区更为显著),环境的污染等等^[1]。现如今,随着社会的发展,人们对能源利用的思想观念不断提高,如何有效的利用空调产生的

冷凝水越来越受到人们的关注和重视。

中央空调系统产生的冷凝水特点是比较分散,分布于每个房间、办公室和大厅等,收集比较困难,并且容易出现泄漏问题,因此一般都是就近直接排放。但随着人们环保意识的加强,如何能够对空调冷凝水加以高效回收利用是空调行业发展的必然趋势。在实际工程中,回收冷凝水现在一般采用逐

层、逐区域的收集,最后通过竖向立管汇集至空调冷凝水箱或其他回收装置并加以集中利用。

当前,从中央空调冷凝水的性质来说,其利用方式主要有以下两种:第一是利用空调冷凝水可进行绿化灌溉、作为空调冷却塔的补水系统等,第二是可以利用空调冷凝水对空调冷凝器进行冷却,也可作为其他工业用水的冷却冷源等。不管如何利用空调冷凝水,首要问题是要正确的计算出空调产生的冷凝水量大小。目前,由于是研究初期,没有专门的设计规范针对空调冷凝水量进行计算,本文将依据中央空调系统的运行设计原理,查阅相关设计手册,并采用能耗分析软件 DeST 提供的室外逐时气象参数进行相关研究,希望能给中央空调冷凝水回收利用的相关研究人员提供一定的参考依据和指导意见。

1 中央空调系统冷凝水量的计算方法

中央空调系统产生的冷凝水主要来自于两个途径,第一是中央空调系统引进的新风产生的冷凝水,第二是空调房间人员散湿产生的冷凝水^[2]。

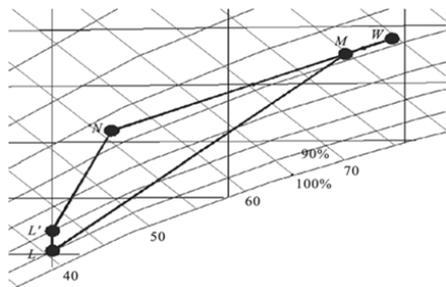


图 1 一次回风全空气系统夏季空气处理过程 $h-d$ 图

Fig.1 $h-d$ diagram of air treatment process of primary return air system in summer

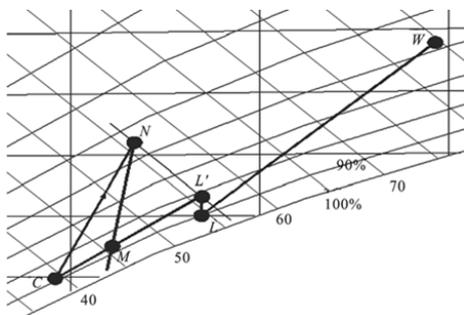


图 2 风机盘管加新风系统夏季空气处理过程 $h-d$ 图

Fig.2 $h-d$ diagram of air treatment process of fan coil plus fresh air system in summer

对于第一个来源途径,即由空调引进的新风产

生的冷凝水,其中央空调系统不管是采用的一次回风全空气系统(图 1 所示),还是采用的风机盘管加新风的系统(图 2 所示),其计算公式都可以采用如下公式(1):

$$m = \rho Q_w (d_w - d_N) \cdot 10^3 \quad (1)$$

式中, m 为冷凝水的流量, kg/h; Q_w 为房间新风量 m^3/h ; ρ 为新风密度, kg/m^3 ; d_w 为室外空气含湿量, g/kg ; d_N 为室内空气含湿量, g/kg 。

对于第二个来源途径,即空调房间人员散湿产生的冷凝水。可采用如下公式(2):

$$\sum d_r = 0.001 \phi \cdot \sum n_r \cdot g \quad (2)$$

式中, $\sum d_r$ 为冷凝水的流量, kg/h; ϕ 为群集系数; n_r 为 T 时刻的空调房间的人数; g 为成年男子的散湿量, g/kg 。

以上两种来源途径所得冷凝水之和,就是舒适性中央空调系统产生的冷凝水总量。

2 模型建立与软件模拟结果计算分析

2.1 计算模型的建立

模型建立基础假设:西安地区某办公大楼,空调室内设计参数为 $t_N=26^\circ C$, $\phi_N=50\%$, $d_N=10.3g/kg$,人员劳动强度为轻度劳动,使用空调时间按 5 月 15 日—9 月 15 日计算,空调系统每天运行时段为 7:00—19:00,群集系数 0.87。

根据 GB50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中的西安地区室外设计气象参数以及能耗模拟软件 DeST 中的西安地区全年逐时气象参数,分别计算并进行分析相关空气参数变化时产生的冷凝水量变化情况^[3,4]。

2.2 在设计工况下中央空调系统冷凝水产生量的计算分析

经相关暖通空调手册可查,西安地区夏季室外设计计算参数: $t_w=35.2^\circ C$, $t_s=26.0^\circ C$, $d_w=17.8g/kg$ 。则单位体积新风量在设计工况下产生的冷凝水量为: $1m^3/h \times 1.2kg/m^3 \times (17.8g/kg - 10.3g/kg) = 9g/h$ 。

从《供热空调设计手册》中可查的相关数据,当设计室内温度 $t_N=26^\circ C$,人员劳动强度为轻度劳动时,一名成年男子的散湿量为 $W=184g/h$ ^[5,6]。按上述方法计算即可得到中央空调系统在设计工况下对应于空调间不同人员密度和人员新风量标准的单位建筑面积产生的冷凝水量图,如图 3 所示。

从图3可以得出结论,中央空调系统产生的冷凝水量将会随空调间人员密度和人员新风量标准的增大而增大。上述计算是在中央空调设计工况下进行的静态分析计算,其计算结果可以作为中央空调冷凝水回收设备容量、管径等的选择依据,但要具体分析中央空调冷凝水回收系统的节能效益,就需要对中央空调在整个运行期产生的冷凝水量进行合理计算。

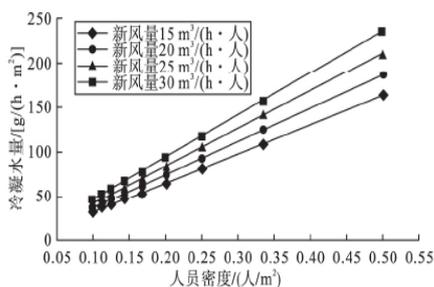


图3 中央空调系统在设计工况下对应于空调间不同人员密度和人员新风量标准的单位建筑面积产生的冷凝水量图

Fig.3 Condensation water generated by the central air conditioning system in accordance with the unit building

area of different personnel density and fresh air standard in the air conditioning room under the design condition

2.3 在夏季运行期中央空调系统冷凝水量模拟计算分析

根据2.2计算的中央空调系统在设计工况下冷凝水量主要取决于空调间人员密度和新风量大小的两个因素,而在人均新风量标准确定的前提下,总新风量的大小主要取决于空调间人员密度。所以,空调间人员密度与空调运行期产生的总冷凝水量将是双重关联。现就中央空调系统在运行期产生的冷凝水量的影响因素从以下两个方面进行计算分析。

2.3.1 中央空调系统在夏季运行期空调间人员密度变化对产生的冷凝水量大小的影响

空调间人员密度对中央空调系统运行期冷凝水量的影响除受人员密度影响外,另一个重要的影响因素是人员在办公建筑的停留率。参照DB29—153—2010《西安市公共建筑节能设计标准》来计算人员停留率^[7],详见表1。

表1 办公建筑房间人员逐时停留率

Table 1 Hourly stay rate of personnel in office building room

类别	时间														
	1-6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20-24
工作日	0	10	50	95	95	95	80	80	95	95	95	95	30	30	0
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

再根据表1计算绘制出空调间不同人员密度下空调运行期冷凝水量变化曲线,如图4所示。

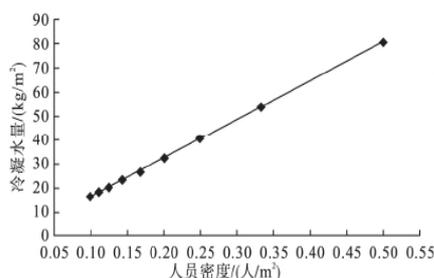


图4 空调间不同人员密度下中央空调运行期单位面积冷凝水量变化图

Fig.4 Change of condensate per unit area during operation of central air conditioning under different personnel density in air conditioning room

空调间人员密度增加,则空调间单位面积的人

员散湿量就会增大,从而导致单位面积中央空调运行期的冷凝水量增加。

2.3.2 中央空调系统在夏季运行期新风量大小对冷凝水量的影响

新风带来的湿负荷是随着室外气象参数的变化而变化的,本文采用建筑能耗模拟软件DeST的西安地区室外逐时气象参数,通过计算得到逐时的新风含湿量 d_w ,从而计算出新风逐时湿负荷,绘制出中央空调运行期单位体积新风湿负荷逐时变化曲线如图5所示^[8]。

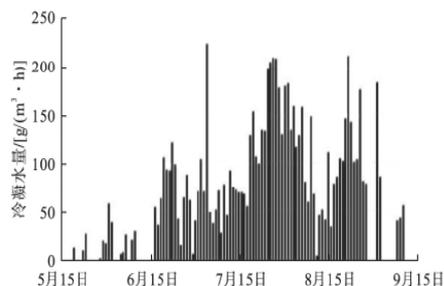


图 5 中央空调运行期单位体积新风湿负荷逐时变化曲线图

Fig.5 Hourly change curve of new rheumatic load per unit volume during operation of central air conditioning

图 5 中逐时湿负荷的累计值即为单位体积新风量空调运行期的总湿负荷。基于这个基础数据, 我们可以继续研究不同新风量标准下的中央空调运行期湿负荷, 即中央空调系统运行期的凝结水量。

当空调间人员密度为某一定值时, 对应于不同的新风量标准, 可以分别计算出相对应的人员产生的湿负荷和新风湿负荷, 将两者进行叠加, 即可得到空调间不同人员密度及不同新风量标准下的中央空调运行期的单位面积冷凝水量变化图^[9], 如图 6 所示。

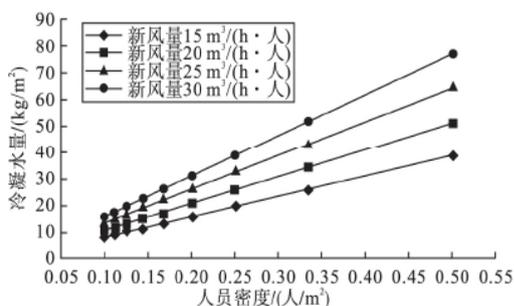


图 6 中央空调运行期不同人员新风量标准下产生的冷凝水量随人员密度变化曲线图

Fig.6 Curve of condensate water volume with personnel density under different fresh air volume standards during operation of central air conditioning

同样, 从图 6 可以得出, 空调间人员密度增大, 新风量标准提高, 则空调间单位面积的人员散湿量也将随之增大, 中央空调运行期可利用的冷凝水量也将随之增多。并且通过图 6, 可以方便地查出西

安地区办公类建筑在给定的空调间人员密度和新风量标准下, 中央空调运行期单位面积可供利用的冷凝水量。

3 结论

根据本文以上对中央空调系统产生的冷凝水量的分析计算, 可以得出以下三个结论:

(1) 中央空调系统产生的冷凝水量主要由新风湿负荷形成的冷凝水和空调间人员湿负荷形成的冷凝水组成;

(2) 对中央空调系统在设计工况下产生的冷凝水建模, 并进行静态计算分析, 其计算结果可以作为空调冷凝水回收设备容量、管径等的选择依据

(3) 根据能耗计算软件 DeST 中的逐时气象参数, 可计算得到对应于空调间不同人员密度及不同新风量标准下的中央空调运行期冷凝水回收量, 其结果可作为节能收益的衡量依据。

参考文献:

- [1] 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, 33(2): 117-118.
- [2] 曹振华. 空调系统中冷凝水作为水资源的回收利用技术研究[J]. 制冷与空调, 2019, (5): 509-512.
- [3] 金听祥, 张彩荣. 冷凝水在家用空调中回收利用技术的研究进展[J]. 低温与超导, 2016, (1): 41-45.
- [4] 何志豪, 王龙, 黄伟雄. 中央空调冷凝水回收利用工程实例与分析[J]. 建筑节能, 2008, 36(12): 22-24.
- [5] 李景帅, 董忠国. 浅述商场中央空调冷凝水回收利用[J]. 建筑技术研究, 2012, (10): 62, 69.
- [6] 李琦, 翁荣华. 夏季空调冷凝水回收利用方案的实施[J]. 能源工程, 2006, (2): 59-61.
- [7] 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.
- [8] 欧阳生春, 张文字, 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.
- [9] 曹振华. 分体式空调冷凝水作为饮用水的回收利用技术研究[J]. 制冷与空调, 2019, (6): 617-620.