

档案库双冷源温湿度独立控制空调系统设计分析

郝志校

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 以河北省某省级档案馆一般纸质库房空调通风设计为例, 介绍了该工程概况及设计参数, 从库房空调必要性、空调负荷特性、温湿度独立控制空调系统设计、空调冷热源系统设计、空调自控系统设计五个方面进行详细说明。分析了档案库房负荷特性, 提出双冷源深度除湿温湿度独立控制空调系统设计方法, 可以有效解决档案库房低负荷高能耗问题, 以推动双冷源深度除湿温湿度独立控制空调系统在档案类建筑中的应用。

[关键词] 温湿度独立控制; 双冷源深度除湿; 高温冷源; 梯级除湿; 冷凝再热

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14616 中图分类号: TU8 文献标识码: A

Design and Analysis of Air Conditioning System with Independent Control of Temperature and Humidity for Dual Cooling Sources in Archive Library

HAO Zhixiao

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Taking the air conditioning and ventilation design of a general paper warehouse in a provincial-level archives in Hebei Province as an example, this article introduces the project overview and design parameters, and provides detailed explanations from five aspects: the necessity of warehouse air conditioning, air conditioning load characteristics, temperature and humidity independent control air conditioning system design, air conditioning cold and heat source system design, and air conditioning self-control system design. The load characteristics of the archives warehouse are analyzed, and a dual cold source deep dehumidification temperature and humidity independent control air conditioning system design method is proposed, which can effectively solve the problem of low load and high energy consumption in archives warehouses and promote the application of dual cold source deep temperature and humidity independent control air conditioning systems in archives buildings.

Keywords: independent control of temperature and humidity; double cold source deep dehumidification; high temperature cold source; cascade dehumidification; condensing and reheating

引言

近年来财政投资类项目增多, 公益类档案馆、博物馆、图书馆, 团体及企业类办公, 都提出高标准档案库设置要求, 同时表达出对库房空调高度关注。本文根据工程实际, 提出双冷源温湿度独立控制空调系统设计方法, 供大家参考。

1 必要性

随着经济发展和社会进步, 档案资源日益丰富, 据统计全国各级综合档案馆档案库房建筑面积, 由2021年底的534.9万平方米增加至2022年底的582.8万平方米, 增幅达9%。档案安全、长久存放需求十分迫切, 档案库内适宜的温湿度对档案长期存放尤为重要。近年来各地新建档案类库房基本采用恒温恒湿空调系统, 但空调形式多种多样, 由于档案对室内温湿度要求严格, 空气含湿量较低, 大部分空调系统需要对新风深度除湿后再热, 导致档案库房空调系统的负荷大大增加。以往档案库房多采用溶液除湿空调系统, 可以减少夏季除湿再热负荷, 但溶液空调工作原理决定其不能有效控制系统总新风量, 节能效果有其局限性, 且溶液空调使用的再生盐溶液具有腐蚀性, 特殊状况有损坏档案的风险。为推动行业减排步伐, 实现

国家“双碳”战略目标, 提出适合档案库房的安全、低能耗空调系统迫在眉睫^[1]。

2 档案库负荷分析及空调系统设计

2.1 项目概况及设计参数

该项目为河北省某档案馆, 总建筑面积5.3万m², 地下两层、地上八层。其中, 档案库房空调面积约2.1万m², 一般纸质及实物档案库房约占库房面积的95%。主要库房设计参数见表1:

表1 主要档案库房室内温湿度参数要求

房间类型	温度(℃)	湿度(%)	换气次数
纸质档案库	14~24	45~60	1n/h
实物档案库	15~25	50~60	1n/h

2.2 档案库空调负荷特性

本文以地上二层纸质档案库作为研究对象, 库房东侧为外墙, 其它三侧设置环形库区走廊, 走廊设置多联机控系统, 以降低库房内负荷波动, 库房面积826.68m²。本工程采用鸿业全年负荷计算及能耗分析软件HY-EP5.0进行模拟计算^[2], 库房全年负荷见下表2、最大负荷时刻见下表3、设计日负荷时刻表见下表4:

表 2 全年负荷统计表

类型	值(kWh)	类型	值(kWh)	类型	值(kg/h)
全年总负荷:	182362.28	全年新风总负荷:	168899.2	全年湿负荷:	128576.72
全年总热负荷:	105917.40	全年总新风热负荷:	107073.4	全年加湿负荷:	56453.49
全年总冷负荷:	76444.88	全年总新风冷负荷:	61825.78	全年除湿负荷:	72123.23

表 3 最大负荷时刻统计表

负荷类型	最大值(kW)	最大时刻	空调面积(m ²)	面积指标(W/m ²)
冷负荷	71.68	7月29日 19时	826.68	86.70
热负荷	46.99	1月18日 8时	826.68	56.85
冷负荷(不含新风)	8.62	7月12日 21时	826.68	9.69
热负荷(不含新风)	1.97	1月16日 10时	826.68	2.31
新风冷负荷	68.85	7月29日 19时	826.68	82.12
新风热负荷	50.88	1月18日 8时	826.68	61.54
加湿负荷(kg/h)	29.42	1月7日 12时	-	-
除湿负荷(kg/h)	83.74	7月29日 19时	-	-

表 4 设计日负荷时刻统计表

负荷类型	最大值(kW)	最大时刻	空调面积(m ²)	面积指标(W/m ²)
冷负荷	54.612	7月21日 15时	826.68	66.062
冷负荷(不含新风)	8.555	7月21日 15时	826.68	10.348
新风冷负荷	46.057	7月21日 15时	826.68	55.714
新风热回收冷量	9.652	7月21日 15时	826.68	11.676
除湿负荷(kgWater/h)	42.459	7月21日 15时	-	-
热负荷	42.856	1月21日 5时	826.68	51.841
热负荷(不含新风)	1.940	1月21日 5时	826.68	2.346
新风热负荷	40.916	1月21日 5时	826.68	49.494
新风热回收热量	14.399	1月21日 5时	826.68	17.418
加湿负荷(kgWater/h)	16.953	1月21日 5时	-	-

从计算结果可以看出,按《档案馆空调系统设计规范》保证库房新风量不小于1次/时换气次数时,新风负荷约占总负荷的90%,通过外围护结构及其他途径产生的全年负荷仅占库房总负荷的10%^[3],新风热、湿负荷全年变化曲线如下图1:

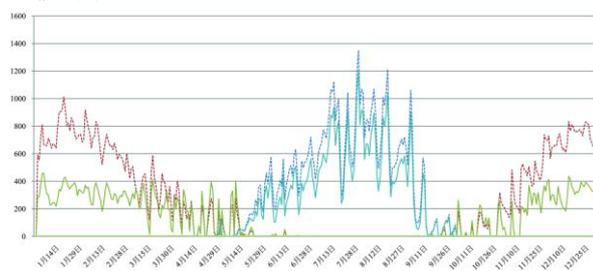


图 1 逐日湿负荷及新风负荷图表

虚线代表新风负荷,冬季为热负荷,夏季为冷负荷。实现代表湿负荷,冬季为加湿负荷,夏季为除湿负荷。从库房负荷特性可以看出,新风负荷随着室外温湿度参数变化波动明显,采取有效措施降低新风负荷是实现档案库房空调节能减排的关键。

根据《档案馆空调系统设计规范》:“档案库房应维持温度和湿度相对稳定,温度日较差 $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$,湿度日较差 $\leq \pm 5\%$ 。温度和湿度取值应充分考虑设备的测量和控制精度,避开上下限附近,取值不应同时为双上限值或双下限值。”按库房夏季室内参数 $t=22^{\circ}\text{C}$, $\phi=55\%$ 计算,此时空气露点温度为 12.4°C ,需要 3°C 左右的低温冷冻水才能实现除湿要求,集中冷源设备性能系数会大幅降低;而且经过低温冷凝除湿后的空气虽然湿度满足要求,但温度过低需要进行再热处理,使之达到送风温度的要求,进一步造成能源浪费与损失^[4]。

2.3 温湿度独立控制空调通风系统设计

温湿度独立控制空调系统,新风机组采用双冷源深度除湿冷凝再热新风机组(以下简称双冷源新风机组),负责把新风处理至送风状态点后送入室内,末端设置干式组空负责处理库房产生的冷热负荷;通过房间空气污染:

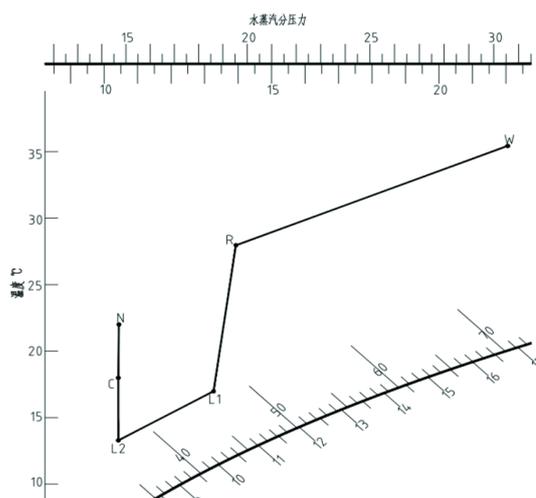


图 2 双冷源新风机组空气处理过程图

状态点:室外状态点 W;室内状态点 N;新风热回收状态点 R;

高温冷水预冷后的机器露点 L1;内置冷源除湿后的状态点 L2;

送风状态点(内置冷源的冷凝器再热后的状态点)C;

物浓度监测仪自动调节新风机组新风量,以最大限度减少系统总新风量,从而保证库房温湿度及空气品质前提下,减少房间负荷。夏季双冷源新风机组应用梯级除湿技术原理,即第一级除湿采用高温冷冻水,预处理新风中的热湿负荷;第二级除湿采用直膨系统进行深度除湿至 $8\text{g}/\text{kg}$ 左右,有效提高除湿效率,满足深度除湿要求。同时机组产生的冷凝热,大部分通过送风通道的再热冷凝器

精确调节送风温度,实现送风再热,多余热量通过置于排风通道的冷凝器带走。冬季新风机组采用湿膜加湿系统,加湿负荷完全由集中热源提供^[5]。双冷源新风机组除湿处理过程见上图2。

室外新风首先与室内排风进行热回收处理后至状态点 R,经一级高温冷源预冷后至机器露点 L1,再经内置直膨蒸发器深度除湿到状态点 L2,由内置冷凝器再热后至状态点 C,与干组空混合后直接送至室内。

由于新风机组仅需承担本身的热湿负荷及库房产生的少量的湿负荷,在保证库房内空气污染物浓度的前提下,以最小新风量运行;同时利用内置再热冷凝器实现送风再热,避免直接再热能耗;从而大大降低库房空调整体能耗。

2.4 空调冷热源系统设计

该项目库房空调设计总冷负荷 1500kW,设计总热负荷 1200kW。按设计负荷日计算该库房夏季各空调机组能耗结果如下表 5:

表 5 夏季空调各处理过程能耗计算结果

类型	值 (kWh)	风机类型	功率 (kW)	类型	值 (kWh)
干式组空负荷:	8.55	离心风机	11	总负荷:	19.55
新风机组热回收负荷:	9.65	-	-	总负荷:	9.65
新风机组一级处理负荷:	25.64	-	-	总负荷:	26.16
新风机组二级处理负荷:	20.41	-	-	总负荷:	19.85

注:新风机组内置送风机散热可用于新风再热,无需计算额外冷负荷。

一级高温冷源承担冷负荷占新风机组总冷负荷的 55.5%,二级蒸发器承担总冷负荷的 44.5%。根据库房设计日负荷计算结果,干式组空承担冷负荷占总冷负荷的 15.5%,送风机散热产生的冷负荷约为库房冷负荷的 1.3 倍,由此估算得出集中冷源总负荷约为 1237.5kW。冬季新风机组仅采用一级加热,直膨段不承担负荷,热负荷全部由集中热源提供^[6]。

设计采用 10 台模块式变频风冷热泵机组,单台制冷量 130kW,单台制热量 140kW,模块机组互为备用,作为夏季冷源、过渡季冷热源及冬季备用热源。冬季常规热源

为市政集中供热,设一台智能换热机组,换热量 1200kW。冷热水循环泵分别设置三台,两用一备,以适应低负荷运行需求,水泵变频控制。夏季冷源供回水温度 12/17℃,冬季热源供回水温度 50/40℃,采用高温冷源以利节能。

2.5 空调自控系统设计

冷热源系统采用机房群控系统。

模块式风冷热泵机组回水管设置智慧型电动流量调节阀,根据机组高效率运行频率范围及对应的冷水处理能力,确定机组启停临界点及电动阀门开度,空调系统低负荷时段,中央控制系统根据末端冷量需求自动计算机组开启台数,并精准控制机组回水管智慧阀开度,保证各机组始终处于低频高效运行区域^[7]。

3 结语

档案库房节能降耗的关键是:减少空调系统全年总新风量,避免夏季新风深度除湿过程产生再热负荷。

采用双冷源深度除湿新风机组加干式组空的温湿度独立控制空调系统,新风机组根据室内污染物浓度、湿度以最小新风量变频运行,干式组空定频运行,可以有效降低档案库房新风总负荷,避免夏季再热负荷,减少档案库房全年能耗,保证档案库房温湿度稳定。

[参考文献]

- [1]牛润萍,孔祥辰,匡大庆.双温冷源温湿度独立控制空调系统湿度控制方式[J].煤气与热力,2023(7):32-37.
 - [2]余红英,金涛,张浩.杭州国家版本馆恒温恒湿空调系统设计[J].暖通空调,2024(3):28-34.
 - [3]廖滢,张昆,常文成,等.某航站楼双冷源新风机组性能分析及策略调整[J].建筑节能:中英文,2023(6):53-56.
 - [4]莫煜均.双碳背景下温湿度独立控制空调系统的研究与应用[J].制冷,2023(2):30-35.
 - [5]顿喆.温湿度独立控制的空调系统与常规空调的方案比较[J].建筑节能:中英文,2023(4):95-99.
 - [6]王子涵,齐特.一种新型直接膨胀式温湿度独立控制恒温恒湿空调系统[J].暖通空调,2022(1):165-172.
 - [7]汤海波,翁文兵,李霞,等.温湿度独立控制空调系统夏季性能分析[J].建筑节能,2020(9):47-50.
- 作者简介:郝志校(1985.11—),男,汉族,毕业学校:唐山学院,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。