

文章编号: 1671-6612 (2024) 06-853-07

# 岳阳市某图书馆暖通空调设计

洪青春

(上海华建工程建设咨询有限公司 上海 200232)

**【摘要】** 结合当地气候和自然资源条件, 采用了可再生湖水源热泵系统, 针对其对生态环境影响、可行性、经济性、系统设计等方面进行分析探讨, 通过合理的输配管网设计, 湖水源热泵在一次能源利用率、节能减排等方面优势明显。根据图书馆功能分区、室内温湿度及噪声等要求, 采用了高大空间分层空调、带U型热管热回收的全空气系统、全空气可调新风比、过渡季节全新风等多项节能技术来降低空调系统运行能耗, 通过减震降噪设计营造室内舒适阅读环境。暖通空调系统的实际运行效果良好, 起到了很好的节能示范作用, 可为今后类似工程设计提供参考。

**【关键词】** 图书馆; 湖水源热泵; 空调系统; 节能

中图分类号 TU831.3 文献标志码 A

## HVAC Design of a Library in Yueyang

Hong Qingchun

(Shanghai Hua Jian Architecture, Engineering & Consulting Co., Ltd, Shanghai, 200232)

**【Abstract】** Based on the local climate and natural resource conditions, a renewable lake-water source heat pump system was adopted, and its impacts on the ecological environment, feasibility, economy and system design were analyzed and discussed, through reasonable distribution pipeline network design, lake-water source heat pump has obvious advantages in primary energy utilization ratio, energy-saving and emission reduction. According to the requirements of library functional zoning, indoor temperature, humidity and noise, several energy-saving technologies, such as stratified air conditioning with large space, all-air system with U-shaped heat pipe, all-air adjustable outdoor air ratio and all outdoor air in transition season, are adopted to reduce the energy consumption of air conditioning system, through the design of shock absorption and noise reduction to create a comfortable indoor reading environment. The actual operation effect of HVAC system is good, which plays a good role of energy-saving demonstration, and can provide reference for similar engineering design in the future.

**【Keywords】** Library; Lake-water source heat pump; Air conditioning system; Energy-saving

## 0 引言

岳阳市图书馆新馆建设是国家发改委全国优先保障新建类的项目之一, 建成后作为岳阳市十大文化建设项目之一、新地标建筑, 宗旨是打造一个集图书阅览、文化宣传、观光休闲的绿色生态景观岛, 项目按照绿色二星设计。岳阳市图书馆的设计特色是建筑与环境之间相互融合, 基地四面环水, 将图书馆融入山地环境, 使其成为地景的一部

分, 秉承“岛馆合一、景苑一体”的设计思路, 把图书馆建设成绿色、生态、国内独一无二的水上书城。图书馆临水而建, 水的比热容大, 传热性能好, 可以充分利用湖水优势, 做好“水”文章, 如能采用湖水源热泵作为空调冷热源可以提高能源利用效率, 大大降低建筑能耗。

国外对地表水源热泵系统研究开发较早, 早期应用与研究的主要方向为其供热能力方面, 尤其海

水源热泵的应用,例如北欧国家都已经实现规模化。美国康奈尔大学之集中空调系统冷却水充分利用湖底层低温水,节能环保效果非常明显,2002年该工程获得了ASHRAE技术奖<sup>[1]</sup>。相对于传统空调系统,在全寿命周期内水源热泵空调系统总平均费用低,根据国外相关工程经验,增加的设备初投资费用通常3~7年内可回收成本<sup>[2]</sup>。和国外比,国内水源热泵的研发起步较晚,自2005年以后开始了大范围的应用,同时国家给予大力支持。目前,国内对江水源热泵与地源热泵空调系统首次的大规模应用实例是位于上海世博园区内的世博轴,运行期间节能效果显著。

针对水源热泵系统对周边水体环境造成的影响研究成果,国际上公开发表的非常少。国内学者多采用模拟、预测的方法进行了相关的研究:潘洁等<sup>[3]</sup>研究表明在地表水源热泵设计中当水体容量选择不合理时会对水体热污染带来一定的隐患;黄向阳等<sup>[4]</sup>研究表明江水源热泵空调系统的温排水将会影响水体水温,使得排水口周边的水域中有机物含量升高,可通过减小系统进水口与出水口之间的温差,同时采取多个排放点的形式,以降低尾水排放对水环境所造成的影响。

综上所述分析,水源热泵系统设计需要考虑水体的冷热承载能力、水体热污染对周边生态环境的影响以及增加的设备初投资经济性等几个方面因素来综合权衡判断,根据项目特点因地制宜地选择合适的湖水源热泵系统,包括取排水口设计、应对冬季极端天气的措施等。图书馆建筑不同于其他公共建筑,功能分区多,对室内温湿度、噪声都有着较高的要求,针对各区域特点,通过减震降噪、合理运用各项节能技术等为读者创造安静的阅读环境。暖通空调系统运行能耗大,选择合适的空调冷热源系统、空调系统显得至关重要,不但降低用电负荷,还可以节省运行费用,从而实现真正意义上的节能和环保。

## 1 工程概况

本项目位于岳阳市岳阳楼风景区南湖景区,总用地面积为56480m<sup>2</sup>,总建筑面积为22580m<sup>2</sup>,地上建筑面积19546m<sup>2</sup>,地下建筑面积3034m<sup>2</sup>,由岳阳市图书馆新馆及周边景观建筑组成,其中图书馆建筑总高度为23.85m,建筑面积22387m<sup>2</sup>,地上

四层主要功能为办公室、会议室、阅览室、特藏书库、展厅以及报告厅等,地下一层主要功能为机电用房、基本书库等;读者交流室和观景亭均为单层建筑。

## 2 空调冷热源系统

### 2.1 空调冷热源系统选择确定

根据空调负荷计算软件得出工程空调计算冷负荷2100kW,空调计算热负荷1680kW。

#### 2.1.1 湖水源热泵可行性分析

图书馆位于螺丝岛上,被三眼桥湖、南湖环抱,根据地块周围的水体勘测,沿着建筑周边350m范围内敞开水面面积约55万m<sup>2</sup>,最大水深约5.5m,按照平均水深3.0m计算总库容约165万m<sup>3</sup>。

湖水每周温差理论计算公式:

$$\Delta t = Q \times 7 \times 24 \times 3600 / (\rho C_p V) \quad (1)$$

式中: $\Delta t$ 为湖水的平均每周温升或温降,℃; $Q$ 为向湖水的散热量或取热量(夏季计算冷负荷 $\times(1+1/ACOP)$ ,冬季计算热负荷 $\times(1-1/ACOP)$ , $ACOP$ 为水源热泵全年的综合性能系数,取为4.0<sup>[5]</sup>),kW; $\rho$ 为湖水的密度,取值为1000kg/m<sup>3</sup>; $C_p$ 为湖水的比热容,取4.187J/(kg·℃); $V$ 为湖水的库容,m<sup>3</sup>。

经计算,供热季节湖水每周平均温降约0.11℃<2℃<sup>[6]</sup>,供冷季节每周平均温升约0.23℃<1℃<sup>[6]</sup>,水源热泵对湖水周边环境影响较小,也满足相关的设计要求。岳阳市全年平均气温在16.8~17.5℃,属于湿润的大陆性季风气候,全年雨水充沛,平均降水量为1305~1580mm<sup>[7]</sup>,年降雨日约为140~160天,如上分析,本项目具备采用湖水源热泵的基本条件。

项目是否适合采用湖水源热泵还需要分析其排水系统对周边水域的生态环境带来的影响,通常水源热泵排水使得水体温度发生变化,其影响<sup>[8]</sup>主要有以下几个方面:(1)溶解氧增减影响鱼类等水生生物的生存和繁殖(水温变化不超过±3℃)。

(2)加快或抑制水体富营养化使水质发生变化,因此需要结合项目实际情况采取措施保证水体不被污染或破坏。通过分析,采取的措施如下:(1)合理设置取排水口位置,由于排水口温度场呈扇形<sup>[9]</sup>分布,因此排水口尽可能远离取水口且设置于容易散热的平直段(远离凹口或涡流区)水域。(2)

对水温进行实时监测，当水温超过规定值时，加大水泵流量<sup>[10]</sup>运行，对水温恢复有一定帮助。（3）排水口附近设置景观喷泉，夏季增强排水口区域的散热能力。（4）水源热泵主要服务于图书馆的舒适性空调区域，图书馆每周对外开放六天，每天开放时间约 10h，空调机组采用白天运行夜间停机模式，其间歇运行对水温的恢复亦有一定程度的帮助。

### 2.1.2 冷热源方案比选

设计之初围绕湖水源热泵进行了多种空调冷热源方案比选论证，由于冷水机组、锅炉等受制于锅炉房位置、烟囱排放位置和冷却塔摆放位置等因素对土建专业影响较大，最终选择湖水源热泵与空气源热泵两种方案进行经济技术比较（冷热源配置详见表 1），空调水系统夏季及冬季供回水温度分别为 7℃/12℃、45℃/40℃，冬季考虑极端天气影响，水源热泵水源侧设置了备用板式换热器进行间接换热（两侧水温差分别为 4℃/3℃）保证供热正常。

表 1 两方案冷热源主要配置表

Table 1 Two schemes of cold and heat source main configuration

项目	冷源	热源
方 案 一	湖水源热泵机组： 1100kW×2 台 3 台 230m <sup>3</sup> /h 变频空调 侧水泵（2 用 1 备） 3 台 245m <sup>3</sup> /h 变频水源 侧水泵（2 用 1 备） 水源侧取水配套装置	湖水源热泵机组：1210kW （额定工况）×2 台 板式换热器：1800kW×1 台 1 台 380m <sup>3</sup> /h 板式换热器配 套水泵
	空气源热泵机组： 1160kW×2 台 3 台 210m <sup>3</sup> /h 变频供冷 水泵（2 用 1 备）	空气源热泵机组：1080kW （额定工况）×2 台 3 台 160m <sup>3</sup> /h 变频供热水泵 （2 用 1 备）

### 2.1.3 冷热源系统的初投资比较

由于两个方案空调末端系统相同不做比选，因此设备的初投资费用主要包括冷热源主系统的投资费用比较（详见表 2），同时包括空调设备、辅材的供应、安装及控制系统费用等。设备的初投资造价均按当时市场合资品牌平均价格估算，空气源热泵机组按 800 元/kW，水源热泵机组按 560 元/kW，水泵按 205 元/(m<sup>3</sup>/h)，板式热交换器按 70

元/kW，安装费用按设备/材料的 10%计算。

表 2 两方案投资表（单位：万元）

Table 2 Two project investment form (Unit: 10,000 RMB)

项目	方案一	方案二
湖水源热泵机组	123.2	—
空气源热泵机组	—	185.6
板式换热器	12.6	—
空调水泵	37	22.8
室外取排水口及管道（专项）	108	—
湖水侧其他附属配套设备（专项）	33	—
其他配套附件及控制系统	80	40
安装费用	39.4	24.8
投资总额	433.2	273.2
投资差异比例	159%	100%

### 2.1.4 静态投资回收周期与碳排放量计算

年运行费用计算公式为：

$$Y = E \times P \times D \times H \times L \quad (2)$$

式中：Y 为年运行费用，元/年；E 为电价，取值为 0.75 元/kWh；P 为供冷、供热系统额定总功率，kW；D 为运行天数，供冷 180 天，供热 120 天；H 为日运行小时数，取 10 时/天；L 为空调负荷平均负载率<sup>[11]</sup>，夏季取 65%，冬季取 60%。

由于末端空调系统设计水温差相同，两方案水系统能耗主要差距在湖水侧，湖水侧水泵满负荷输送能耗约为 65kW，按照公共建筑节能规范的限值<sup>[12]</sup>，湖水源热泵机组夏季和冬季的 COP 取值分别为 5.2 和 4.0，空气源热泵的 COP 取值为 3.0，因此方案一的夏季、冬季用电负荷分别为 488kW、670kW；方案二的夏季、冬季用电负荷分别为 773kW、720kW。

经计算，方案一、二年运行费用分别为 79 万元、106.7 万元。当地水质较好，为保证水源热泵机组高效稳定运行，每年供冷、供热季节转化时进行维护保养，包括水源热泵机组湖水侧换热器清洗、过滤器清洗、取水格栅清洗、管道反冲洗以及取水泵保养等工作，经调研，这部分费用约为 1.5~2.5 万元/年，取均值为 2 万元/年。与方案二相比，方案一增加的设备初投资并考虑湖水侧的维护成本，其静态回收周期=(433.2-273.2)/(106.7-79-2)≈6.2 年。

年碳排放量计算公式为：年耗电量×电力折算因子=0.604P×D×H×L/1000，电力折算因子取

0.604tCO<sub>2</sub>/MWh<sup>[13]</sup>。经计算，方案一、二的年碳排放量分别为 636tCO<sub>2</sub>/年、859tCO<sub>2</sub>/年，相较于方案二，方案一碳排放量减少显著。

### 2.1.5 空调冷热源确定

结合本项目绿色环保设计理念，湖水源热泵系统在系统运行经济性、部分负荷调节灵活性等方面有一定优势，最终采用可再生湖水源热泵作为本工程的空调冷热源方案，既节省了运行费用，又减少了碳排放量。同时本方案由湖南省的某节能公司作为第三方进行了分析评估，由业主牵头组织专家评审会并通过评审，也得到了水文、环保等相关部门的认可和批复。

### 2.2 湖水源热泵取排水设计

合适的进水温度可以降低热泵机组的能耗，节约能源。根据市政相关部门提供的湖水水质检测报告，水质较好，系统采用直接取水方式，地表水直接进入主机。

#### 2.2.1 取排水口选取

根据建筑的位置，在保证水体不被污染的情况下尽量减少取排水管道的长度，这样不但能降低取水侧水泵的输送能耗还能节省水管的初投资。项目所在位置的湖水呈 Y 字型走向，图书馆位于中心位置，三条支流最远端与湖中心的距离约 4.5~6.0km，湖中心位置水域比较开阔，库容大，冷热承载能力也比较大，取排水口设置在 Y 字形水域的两个分支方向（见图 1），沿着岛边的最小距离约 350m，相互影响也比较小。根据水文资料，从经济性、施工难易程度、河沙淤积处理及运行管理等方面进行综合分析，最终采用了河床式取水头部，取水头部伸入湖中约 10m，从湖心取水，设置箱式棱形取水头部（见图 2、3），以减少泥沙等的进入量。



图 1 取排水口位置

Fig.1 Position of intake and drain

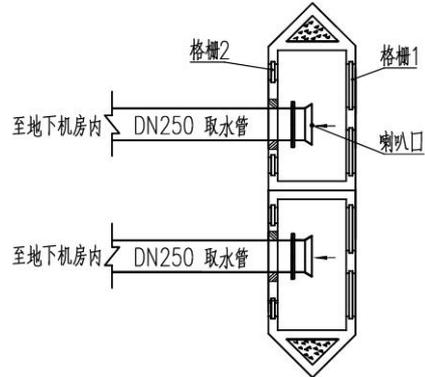


图 2 取水口平面布置

Fig.2 Layout of water intake

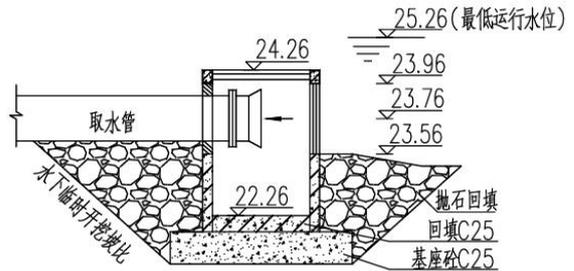


图 3 取水口剖面图

Fig.3 Section drawing of intake

机房外取水系统共设置 2 路 DN250 的直埋镀锌钢管取水，每路取水量约为 250m<sup>3</sup>/h，共 500m<sup>3</sup>/h，当一根取水管道损坏，剩余管道满足水源热泵系统需水量的 70%；排水管采用一根 DN300 的直埋镀锌钢管退水，排出方向垂直水流方向，出口设置拍门（防止湖水倒灌）及防冲刷布置（见图 4），出水口 10m 半径范围内抛石防冲刷。

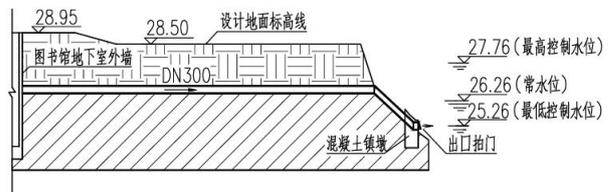


图 4 排水管段剖面图

Fig.4 Section of drainage pipe

#### 2.2.2 取水泵设计

设置 3 台变频水泵（2 用 1 备）应对冬夏季工况。为保证枯水期项目的正常取水，在机房内另设置 2 台真空泵（1 用 1 备）作为水泵吸水的辅助设施，以保证取水水泵高效安全运行。设备选型时，应选择耐腐蚀且效率高的水泵，同时校核水泵的允许吸上真空高度值满足平时的使用要求。

### 2.2.3 湖水侧水质净化处理

为保证空调水质，延长设备使用寿命，取水系统设置净化处理系统，主要由以下几部分组成：(1) 初级过滤：为有效阻止大的悬浮物以及鱼类进入箱式取水头部内，在取水头两侧设进水孔，进水口上设置不锈钢百叶格栅，格栅的有效速度不大于 0.4m/s。(2) 二级过滤：取水泵房设置 2 台机械过滤器，过滤精度不小于 100 目/英寸。(3) 三级过滤：能源机房水源侧设置胶球清洗装置，收球机局部阻力损失≤0.5m。

### 2.2.4 管道材质及防腐处理

取回水管道采用热镀锌钢管，在临水段法兰连接，其他部分焊接，管道除锈等级须达到 SA2.5 级。取回水钢管管道内壁采用涂漆方式防腐，管道外防腐采用三层结构的挤压聚乙烯防腐，底层为环氧粉末涂层，厚度 120μm，中间层为胶黏剂层，厚度 170~250μm，外层为聚乙烯层，厚度为 3mm。混凝土管内壁采用水泥砂浆抹面防腐，管道防腐在水压试验合格后进行。

### 2.2.5 湖水侧增强水体散热措施

湖水侧夏季供回水温度主要受制于湖水表面温度影响，为保证系统正常运行、充分发挥节能优势，与景观专业配合，在取水口周边等设景观喷泉加强湖水表面散热，既保证了景观喷泉观演效果，又起到了水体散热功能。总体来说，相对于开式横

流冷却塔而言，湖水侧供水温度降低幅度约为 2℃，节能优势还是非常明显。

夏季当水温超过 30℃，启动备用变频水泵加大水流量，确保排水温度不超过 35 度；冬季当水温低于 6℃时，板式换热器系统启动，湖水侧按 3℃温差<sup>[14]</sup>运行，尽可能降低排水温度对水体温度恢复能力的影响。

## 2.3 空调冷热源及输配系统

### 2.3.1 空调冷热源系统

冷热源采用 2 台螺杆式水源热泵机组供冷供热，机房内设置一台乙二醇板式换热器(1800kW)，在冬季极端工况下水源侧通过板式换热器进行间接换热，保障极端工况下供热，板式换热器一次、二次侧供回水温度分别为 4℃/1℃、3℃/-1℃。单台螺杆式热泵机组：设计工况的制冷量为 1100kW，空调侧的供回水温度为 7℃/12℃，水源侧的供回水温为 30℃/35℃；设计工况的制热量为 1210kW，空调侧的供回水温度为 45℃/40℃，水源侧的供回水温为 10℃/6℃；极端工况机组的制热量为 1120kW。空调冷热源系统原理图如图 5 所示，夏季工况与冬季正常工况下，阀门 A、E 关闭，阀门 B 打开；夏季工况下，阀门 D 打开，阀门 C 关闭；冬季正常工况与冬季极端工况下，阀门 D 关闭，阀门 C 打开；冬季极端工况下，阀门 A、E 打开，阀门 B 关闭。

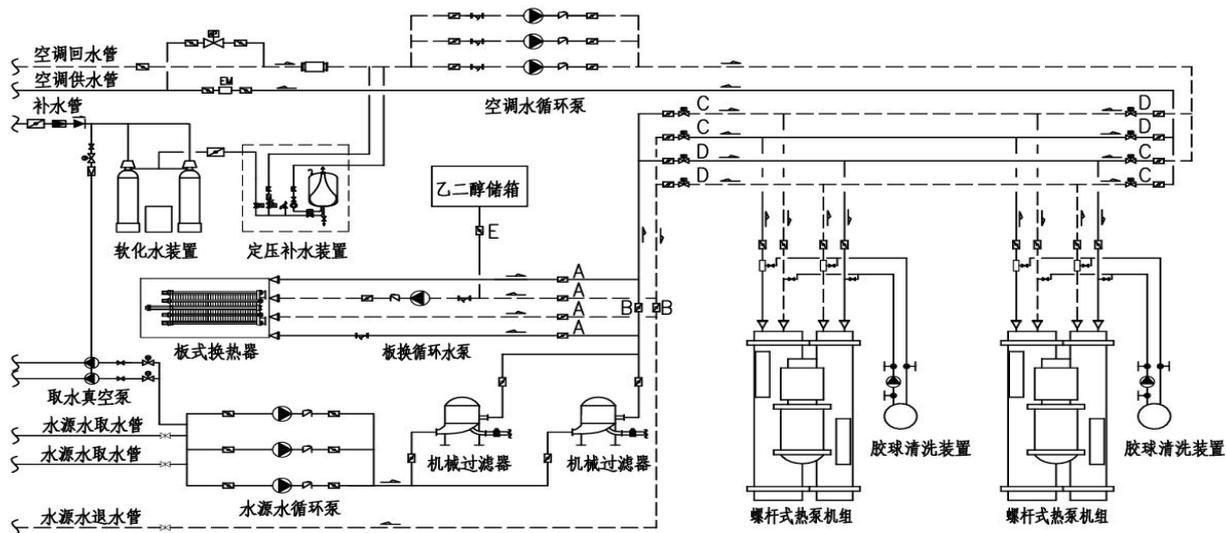


图 5 空调冷热源系统原理图

Fig.5 Schematic diagram of air conditioning cold and heat source system

### 2.3.2 空调水系统节能措施

经选型计算，水源热泵机组制冷工况 COP 约

为 5.70，系统的综合制冷性能系数 SCOP<sup>[12]</sup>约为 4.20；极端供热工况，系统的综合制热性能系数

SCOP<sup>[12]</sup>约为 3.71。若一次能源发电效率取值为 33%，电力损耗按 5%考虑，则冬季极端供热工况一次能源利用率约为 1.163。

空调水系统采用一级泵、两管制、主机及末端负荷侧变流量水系统，能随建筑物的负荷变化选择最经济的运行方式。通过选用低阻主机设备、降低水管比摩阻(平均值控制在 120Pa/m 以下)等措施，空调水系统计算耗电输冷(热)比小于规范计算比较值 20%以上，空调水系统节能显著。

### 3 空调系统

#### 3.1 特藏书库恒温恒湿设计

特藏书库设置于地上一、二层内区，其使用时间、设计要求与其他区域不同，设置两台风冷型恒温恒湿空调，单台机组承担 100%的负荷，两台机组联合运行，电动风阀与机组同开同关，确保互为备用。同时书库内还设置温湿度监测仪器，保证书库 24h 内温度变化不应大于±2℃，相对湿度变化不应大于±5%。室内气流组织为上送上回，特藏书库采用气体灭火，设置灾后通风系统。

#### 3.2 基本书库空调及防潮设计

基本书库设置于地下室与土壤接触，围护结构表面容易结露，对室内空气湿度影响大。通过防潮计算，大底板、外墙土建专业采用双层板结构，给排水专业沿墙边设置排水地漏。基本书库空调采用全空气系统+除湿机，气流组织为上送上回，过渡季节全新风运行并设排风机。书库内设置温湿度监测仪器、移动除湿机，用于库房初期使用和应对室外潮湿天气工况。

基本书库专门用于藏书，其空调负荷特点是围护结构、照明、人员及设备负荷很小。根据规范<sup>[15]</sup>中的书库通风换气次数及温湿度要求，如采用常规新风混合后经表冷器冷却再热后送至室内，冷热抵消造成能源浪费，设计采用表冷器前后设置了 U 型热回收热管的方式回收能量用于再热，这样就避免冷热抵消，节约了能量。

#### 3.3 其他功能用房空调系统

##### 3.3.1 高大门厅空调系统

高大空间采用分层空调时，相对于全室空调供冷季节可节约供冷量约 30%<sup>[16,17]</sup>，节能效果显著。一层大厅为高大空间(挑空高度为 11.7m，门厅入口局部设夹层)，采用全空气系统，设置分层空调，

气流组织为一层顶板上回风、送风为侧送+局部上送(见图 6)，仅对空间的下部人员活动区域空调送风，节约能量，过渡季节实现全新风运行。

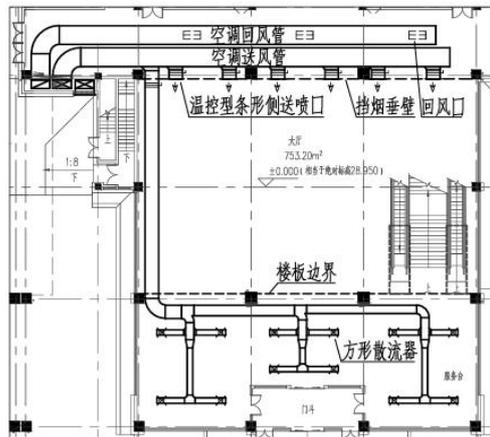


图 6 大厅空调送回风管布置图

Fig.6 Hall air conditioning supply and return air duct layout

##### 3.3.2 其他区域空调系统

阅览室、展厅、报告厅等均采用气密性好的玻璃幕墙防止室外湿空气侵入，平时不开启，空调采用全空气系统，报告厅气流组织为上送下回(见图 7)，其余气流组织为上送上回，过渡季节可全新风运行，排风通过外门窗自然排除或设排风机。

办公、培训、加工间、活动室等小空间场合采用风机盘管+新风机组。消控中心、通信机房等采用空气源热泵型多联机空调系统，室内机为内藏管道机。

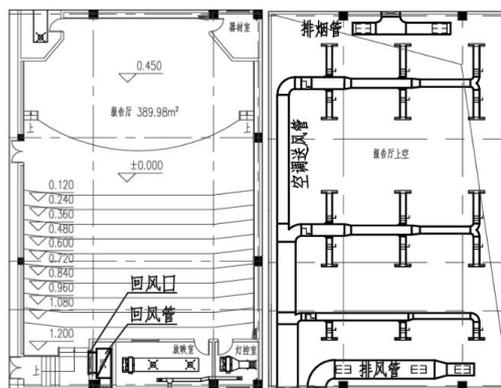


图 7 报告厅空调送回风管布置图

Fig.7 Report hall air conditioning supply and return air duct layout

##### 3.4 室内空调末端设计

结合图书摆放位置、室内层高，选择合适的末

端风口形式,保证书库、阅览室内的内空气流速不大于 $0.5\text{m/s}$ <sup>[15]</sup>,以防止书刊自动翻页。

### 3.5 室内空气品质提升措施

对主要功能空调房间采取有效的空气处理措施,空调箱均采用初效+中效空气过滤器、湿膜加湿等装置,人员密集场所设置二氧化碳浓度传感器与新风系统连锁控制。餐厅、报告厅等人员密度大且变化较大的房间,室内设置二氧化碳浓度传感器与通风系统联动调节新风比,节省能耗。

### 3.6 室内噪声控制

研究室、普通阅览室、报刊阅览室等室内允许噪声为 $40\text{dB(A)}$ ;少儿阅览室、电子阅览室等室内允许噪声为 $45\text{dB(A)}$ ,因此空调机房应尽可能远离噪声敏感位置,当毗邻设置时,土建专业对空调机房的围护结构做吸声降噪处理,其他的主要降噪措施如下:(1)空调机组设置弹簧减震器。(2)空气处理机组选择低噪声、效率高的风机。(3)空调送风、回风主管进出空调机房设置消声器。(4)风管穿墙时预埋套管,套管与风管、墙洞之间采用多孔吸声材料填充密实,防止室外噪声传入室内,风管、水管均采用减振吊架。(5)控制空调风管的风速,空调主风管、支风管风速分别不大于 $6\text{m/s}$ 、 $2.5\text{m/s}$ 。(6)选择低噪声的消声风口。

## 4 结语

(1)相较于空气源热泵空调系统,湖水源热泵系统增加的初投资,其静态投资回收周期约6.2年,经济性可行,当采用该系统,可减少碳排放量约 $223\text{tCO}_2/\text{年}$ ,同时一次能源利用率也高。

(2)湖水源热泵采用了河床式直接取水方式,设置了三级过滤净化处理;考虑低水位或枯水期的影响,设置了真空泵作为吸水辅助措施;为应对冬季极端工况,设置了乙二醇板式换热器,保障机组正常运行。通过合理布置取排水口位置、加大水源侧流量、设置景观喷泉、机组间歇运行等多种措施降低排水对周边水域生态环境的影响。

(3)采用变频水泵应对各种运行工况,输配管网采用低比摩阻设计,水系统节能显著。

(4)结合房间功能、空调负荷特点空调系统采用了多种节能技术,例如热管热回收、分层空调、全空气可调新风比、全新风运行及变频多联式空调系统等。

(5)通过精细化设计,使得空调房间噪声、室内温湿度等均达到了设计要求,室内舒适性较佳,为图书馆营造了舒适的阅读环境。

(6)暖通空调系统的节能、舒适性设计及实际的良好运行状况,获得使用方的一致好评。同时也创造了较好的社会效益和经济效益,起到了节能示范作用。项目先后获得了湖南省第一批建筑业新技术应用示范工程称号、湖南省优质工程奖和芙蓉奖、上海市优秀公共建筑设计一等奖。

### 参考文献:

- [1] 陈晓,彭建国,张国强,等.地表水在供冷供热中应用的现状及分析[J].建筑热能通风空调,2006,25(2):25-27,38.
- [2] 赵忠超,Branko Simanic,程林.既有建筑采用可再生能源节能改造技术分析[J].建筑经济,2009,(2):96-99.
- [3] 潘洁,刘传聚.谨防地表水源热泵可能引起的热污染[J].能源技术,2007,28(5):287-290.
- [4] 黄向阳,谢磊.江水源热泵系统温排水对江水水温及水质的影响[J].水电能源科学,2010,28(7):34-36.
- [5] GB/T 19409-2013,水(地)源热泵机组[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [6] 住房和城乡建设部工程质量安全监管司,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,2009.
- [7] 岳阳市人民政府市统计局.岳阳概况[EB/OL]. [2024-08-16].[https://www.yueyang.gov.cn/yygk/content\\_200119.html](https://www.yueyang.gov.cn/yygk/content_200119.html).
- [8] 潘洁,刘传聚.地表水源热泵应用中的热污染隐患[J].上海节能,2007,(3):27-31.
- [9] 郝小充,余跃进.湖水源热泵应用中的湖水温度场模拟[J].暖通空调,2011,41(9):106-110.
- [10] 黄向阳,杜国军.湖水源热泵冷排水对湖泊水温的影响模拟研究[J].水科学与工程,2009,(4):44-46.
- [11] 刘婷婷,彭建国,张国强,等.湖水水源热泵空调系统在湖南省的应用实例分析[J].建筑热能通风空调,2004,23(6),40-43.
- [12] GB 50189-2015,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [13] 北京市生态环境局法规处.北京市碳排放单位二氧化碳排放与核算系列地方标准正式发布[EB/OL]. [2021-01-04].<https://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzwg/ydqhbh/10914037/>. (下转第869页)

## 4 结论

通过对公共厨房通风空调系统设计的梳理及排风余热回收应用的探讨,得到的主要结论如下:

(1) 本文通过对厨房抽油烟及排风风量计算方法的归纳总结及案例试算,分析了不同计算方法的特点、影响因素和适用条件,以供设计参考。

(2) 厨房空调随其承担的负荷增大和房间温、湿度要求的提高,处理过程就越复杂,付出的能耗和经济代价也越大,因此设计时需结合实际需求,在舒适度要求和节能以及经济投入之间寻求合理的平衡点。

(3) 由热回收装置选择及其应用对比分析可知,厨房通风系统采用热回收装置具有一定的节能效益。但在实际工程项目中,受送排风设备分散放置方式、热量的非持续供应、换热器的油污粘附影响,余热回收在厨房通风系统中的应用相对滞后。本文提出的方案虽然解决了前两个问题,但如何减小油污粘附对换热器效率的影响仍是余热回收在厨房通风领域是否能够广泛应用亟待解决的问题。

### 参考文献:

- [1] European Committee for Standardization. BS EN 16282 Equipment for commercial kitchens—Components for ventilation in commercial kitchens[S]. BSI Standards: UK, 2017.
- [2] JGJ 64-2017,饮食建筑设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [3] 中国建筑标准设计研究院有限公司.民用建筑暖通空调设计统一技术措施 2022[M].北京:中国建筑工业出版社,2022.
- [4] 中国建筑标准设计研究院.全国民用建筑暖通空调设计统一技术措施暖通空调·动力 2009[M].北京:中国计划出版社,2009.
- [5] GB 18483-2001,饮食业油烟排放标准[S].中国环境科学出版社:北京,2001.
- [6] HJ 554-2010,饮食业环境保护技术规范[S].中国环境科学出版社:北京,2010.
- [7] 陈步超.五星级酒店厨房空调通风系统设计探讨[J].建筑热能通风空调,2019,38(3):99-101.
- [8] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [9] T/CECS 1513-2023,公共厨房通风系统技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2023.
- [10] GBZ 2.2-2007,工作场所有害因素职业接触限值第2部分:物理因素[S].北京:人民卫生出版社,2007.
- [11] 朱卫东.关于表冷器夏季新风处理点的探讨[J].医药工程设计,2003,(5):28-30.
- [12] 任俊凯,雷文君,邵传民,等.可缓解油污粘附的厨房油烟余热回收系统[J].煤气与热力,2022,42(6):26-28.
- [13] 张元坤,王菁.酒店厨房余热回收型高效热水系统性能研究[J].暖通空调,2019,49(4):139-144.
- [14] GB/T 21087-2020,热回收新风机组[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [15] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系.中国建筑热环境分析专用气象数据集[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.

### (上接第 859 页)

- [14] 黄向阳,周健.湖水热泵系统尾水排放对湖泊富营养化进程的影响研究[J].环境工程学报,2010,4(9):1945-1949.
- [15] JGJ 38-2015,图书馆建筑设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [16] 邹立成,傅建勋,张晓莉,等.复合式空调系统在某高大跨度飞机装配厂房中的应用分析[J].洁净与空调技术,2023,(3):9-14.
- [17] 黄晨,苗宇峰,杨通,等.一种大空间分层空调逐时冷负荷设计计算方法[J].暖通空调,2023,53(10):93-99.