

大同博物馆空调设计

中国建筑设计研究院 刘燕军[☆] 刘继兴 宋孝春 孙淑萍

摘要 介绍了该工程空调系统的划分和设计,根据建筑功能及对室内温湿度要求,文物库和文物展厅采用恒温恒湿空调,其他区域采用舒适性空调。采取了空调设备机房集中布置方式和其他一些技术措施,以充分适应博物馆建筑的功能特点。针对建筑形体复杂的特点,采用 Bech 负荷计算软件,自动对弧形墙体进行分段拟合,使计算结果接近实际值。

关键词 博物馆 空调通风 系统划分和设计 技术措施

Air conditioning system design of Datong Museum

By Liu Yanjun[★], Liu Jixing, Song Xiaochun and Sun Shuping

Abstract Presents the division and design of the air conditioning system for the museum. Based on the function of the building and the requirements for indoor temperature and humidity, adopts constant temperature and humidity air conditioning systems in the cultural relic store and the exhibition hall library, and comfort air conditioning system in the other zone. The air conditioning equipment room is arranged in a centralized way and the other technical measures are adopted to adapt the function of the building. Aimed at the complicated building form, applies software Bech which can automatically fit arc walls in sections, making the results be close to the practical values.

Keywords museum, air conditioning and ventilation, division and design of system, technical measure

★ China Architecture Design & Research Group, Beijing, China

①

1 工程概述

大同博物馆(见图1)外形与周边地形完美结合,融为一体,从顶部俯视,犹如两条巨龙盘旋环绕。



图1 大同博物馆鸟瞰

博物馆占地 75 758 m²,建筑高度 19~24 m,局部最高点 28.45 m,总建筑面积 32 821 m²,其中

地上 3 层,面积 21 230 m²,为共享大厅、公共服务区、展厅(含 2 层办公夹层);地下 1 层,面积 11 590 m²,为库房、库前区、公共服务区、设备机房和汽车库。

2 设计计算参数

2.1 室内设计参数(见表1)

表1 室内设计参数

	室内温度/℃		相对湿度/%		新风量/(m ³ /室内噪声 (人·h))	NR
	夏季	冬季	夏季	冬季		
综合陈列区	25	18	55±5	55±5	30~36	40
藏品库	18±2	18±2	50±5	50±5	按需求	
公共服务区	26	20	50±5	40	27	40
大堂	26	20	50±5	40	20	40
商业用房	26	20	50±5	40	20	

2.2 主要设计指标(见表2)

①[☆] 刘燕军,男,1976年7月生,大学,高级工程师
100044 北京市车公庄大街19号中国建筑设计研究院
(010) 68302648
E-mail: Liuyj-1@163.com
收稿日期:2011-08-17

表2 主要设计指标

	建筑面积/m ²	夏季冷负荷/kW	夏季冷负荷指标/(W/m ²)	冬季热负荷/kW	冬季热负荷指标/(W/m ²)
陈列区	13 783	720	52	940	68
藏品库	4 235	82	20	77	18
公共服务区及大厅	13 975	615	44	1 330	95

2.3 冷热源

夏季空调总冷负荷为 1 417 kW, 选用 2 台螺杆式制冷机组, 单台机组制冷量 820 kW, 冷水流量 140 m³/h, 冷却水流量 170 m³/h。冷水供/回水温度为 7 °C/12 °C, 循环水泵二用一备。

冬季总热负荷为 2 360 kW, 热源由市政热网提供, 一次热媒为 110 °C/70 °C 高温热水, 二次空调热水温度 55 °C/45 °C, 选用 2 台换热量为 1 500 kW 的板式换热器(包括大厅和办公室地板供暖加热量 80 kW), 循环水泵一用一备, 定压系统与冷水系统共用。另设二次水供/回水温度 80 °C/60 °C、换热量为 500 kW 的板式换热器 2 台, 供散热器和空调预热, 循环水泵一用一备, 并配 1 套定压系统。

空调热水系统的阻力约为 150 kPa, 供暖系统和空调预热管路的阻力约为 120 kPa。系统采用闭式膨胀水箱定压方式, 补水的定压设备设在冷热源机房内。

空调水系统为两管制变水量系统。展厅工艺空调夏季有再热需求, 使用 32 °C/37 °C 冷却水作为再热热源; 冬季空调机组使用供/回水温度为 80 °C/60 °C 的热水为空调预热, 使用供/回水温度为 55 °C/45 °C 的热水为空调再热。

为了满足博物馆建筑对噪声的要求, 机房采取降噪和隔振技术措施, 包括冷水机组选用低噪声的机型, 设备基础采用浮筑结构, 避免固体直接传振; 机房入口设置两道门, 以构筑有效的声闸; 机房内墙壁设置建筑吸声材料; 管道与设备之间采用隔振连接, 设备管道吊架采用减振吊架等。

3 空调设计

博物馆空调系统的任务就是确保文物的安全、延长文物的寿命, 为之创造适宜的、相对稳定的小气候环境, 包括相对洁净的室内空气、适宜的温湿度, 以延缓文物的自然损坏进度。该馆重点文物保护单位包括文物库房和重要文物的展厅。博物馆有文物保护、学术研究、陈列展览、文化休闲 4 种基本功能, 应按不同的功能分区分别设置不同的空调系统。

3.1 负荷计算

博物馆形状复杂, 内外墙全是弧形, 若按普通负荷计算方法, 只能计算墙和窗的投影展开面积, 费时而且准确性差, 得出的计算结果与实际负荷的偏差较大。设计时采用了 Bech2010 负荷计算软件, 根据平、剖面图可搭建出与效果图十分接近的立体模型(见图 2), 自动提取模型中的围护结构数据, 省去了大量输入数据的过程。计算时只需为构件对象设定相应属性, 便可完成负荷计算过程。在设计过程中经常调整建筑平面, 软件可以根据调整后的图形快速调整负荷, 避免了重新输入大量数据。尤其是对于含有大量弧线和波浪线等元素的建筑, 软件可以自动对曲线进行分段拟合, 使计算结果最大程度地接近实际值, 保证了设备选型的准确性。

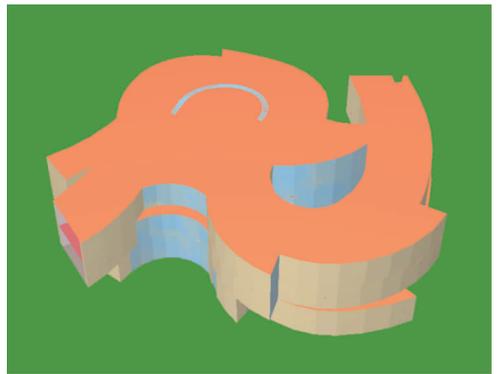


图2 Bech2010 建立的负荷计算模型

文物藏品库和展厅应尽可能少采用自然光, 绝对禁止阳光直射, 以防止紫外线及红外线对文物的损害。在建筑设计上只开有因立面美观而设置的少量外窗, 这些窗一般都是不可开启的, 所以房间基本上是封闭的, 围护结构的传热很有限; 灯光照明功率密度要求也不高, 按 10 W/m² 考虑; 空调冷负荷主要由人员与新风负荷构成, 而人流密度值的选取是影响空调负荷最关键的因素, 经过调研确定, 展厅人员密度值取 0.2~0.25 人/m², 人均新风量 30 m³/h。

3.2 空调风系统

文物的保存质量与室内空气的温度及相对湿

度密切相关。不同质地的文物收藏品对温度和相对湿度的要求有所区别,但是其对温湿度的变化要求是一样的,温度的日变化通常要求不超过 5°C , 相对湿度的日变化要求不超过 5%。存放丝绸、字画的藏品库及设于展厅内展柜的空调采用恒温恒湿空调机组,全天 24 h 不间断运行,以保证在一定的温湿度的前提下,不产生昼夜剧烈的温湿度波动。

为保证展区温湿度波动达到设计要求,设计时参考了国内外博物馆的设计资料,采用 5°C 送风温差,单位面积送风量不小于 $30\text{ m}^3/\text{h}$ 。

大同早期历史、辽金陪都、明清重镇、唐代石刻、远古恐龙化石展、北魏王朝、铜佛造像展、瓷器钱币展、馆藏字画展等展出重要文物的展厅设工艺性空调系统,需要对送风进行再热处理。由于展厅内温湿度受参观人数干扰很大,故将展品布置在展厅送风区内,以确保展厅内温湿度的稳定性。

中央大厅和休息区、多功能厅、纪念品商店采用舒适性空调,露点温度送风。所有空调机组设在地下 1 层。

地下 1 层展品鉴定维护区、活动区、餐厅、办公室采用风机盘管加新风的空调系统,风机盘管采用卡式四出风型,为展品维修区、餐厅、4D 影视、图书馆和办公室配新风空气系统,所有新风机组设在地下 1 层。

恒温恒湿空调机组设有如下处理功能段:混合粗效过滤段、加热段、表冷段、加湿段、再热段、活性炭过滤段、静电除尘中效过滤段、风机段;展厅空调机组设有如下处理功能段:混合粗效过滤段、预热段、回风机段、静电除尘中效过滤段、加热段、表冷段、加湿段、再热段、送风机段。

1) 恒温恒湿空调夏季空气处理过程(见图 3)

新风和回风混合后经表冷段处理到露点温度,经再热段再热,达到送风 ϵ 线上送风状态点参数后送入室内。

2) 恒温恒湿空调冬季空气处理过程(见图 4)

恒温恒湿空调房间基本为内区,冬季热湿处理过程特点是冷却加湿。新、回风混合后经表冷段等湿降温、等温加湿后送入室内。

3.3 藏品库空调

地下藏品库、珍贵文物储藏库内温湿度要求较

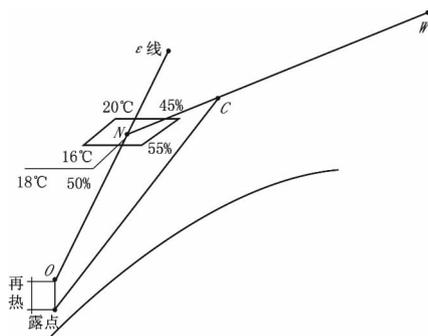


图 3 恒温恒湿空调夏季空气处理过程

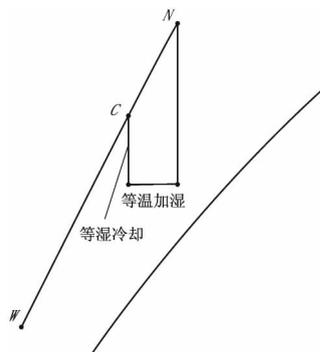


图 4 恒温恒湿空调冬季空气处理过程

高,需按藏品的不同性质与不同区域分别设恒温恒湿空调机组,以确保满足陈列和保管的温湿度条件。维修管理通道设置在库房区域之外,从而保证空调设备的日常维护不干扰文物保存管理。机组设粗效、中效两级过滤。机房均在地下 1 层,冷凝器设在 2 层屋顶。

3.4 气流组织

库房内气流组织形式为上送、下侧集中回。为展区服务的空调送风与回风管道均在夹壁墙内,综合陈列区气流组织为散流器顶送,边侧下回,公共服务区域的空调机组按照可调新风比设置,以满足过渡季全新风运行要求。中央大厅为高大空间,采用分层空调,在人员活动区上方的夹壁墙上设球型喷口送风,下部侧回风,大厅顶部设机械排风,以排除上部热空气。

3.5 加湿

博物馆对湿度有较严格的要求,冬季全空气系统及新风系统均采用电加湿器进行加湿,采用能对加湿量进行比例调节的可控硅控制方式的自动除垢型电热加湿器,为避免湿度超限、送风湿度出现过饱和的情况,在出风口配有超限保护装置,高限湿度传感器安装在机组的出风口,可实现超湿保护

功能;配合自控系统的PID调节,可实现加湿±3%的精度要求。

餐厅新风和厨房加热补风不加湿。

4 供暖设计

1层门厅、办公室设置地板供暖。供暖热水采用空调热水,供/回水温度为55℃/45℃,地板辐射供暖的分、集水器布置在适当位置。供暖期结束后关闭供水阀门,其他供暖水系统(如卫生间、楼梯间等处)为双管式下供下回系统,供回水总管设在供暖层顶板下,支管出口与主管连接处设平衡阀,散热器采用铸铁散热器。卫生间等的散热器要求在供水管上加温控阀门。

5 通风系统

本工程地下汽车库、冷热源机房、变配电室、水泵房等均设有进排风系统,公共卫生间设排风。车库面积小于2000m²,仅设机械进排风系统,不设排烟系统。在1层各主要入口外门设置电热循环空气幕。

6 防火及防排烟

本工程共设加压送风系统9个,对无外窗的疏散楼梯间采用机械加压系统,对楼上与地下室的楼梯间设加压阀。

地下室和内走廊设置排烟系统。排烟系统17个,超过20m的内走廊、面积超过50m²的经常有人停留的地下室设专用排烟风机,并配有相应的补风系统,补风量为排烟量的50%。对无外窗的展厅和中厅设机械排烟。

藏品库、配电室等使用气体消防的场所设置带有电动开关阀的进排风机。进入每个库房的送、回风管在靠库房地侧均设置电动复位防火阀,当库房着火时,该库房的空调送、回风管及事故进排风系统风管上的防火阀均可自行关闭,保证库房失火时能在全封闭的条件下采用惰性混合气体灭火系统,并防止火灾蔓延到其他库房区域,火灾扑灭后,可由地面远距离控制事故排风管上的电动防火阀及事故排风机,排除库房地内残留的惰性气体。

所有进出空调机房的送、回风管、穿越防火分区隔墙的风管、穿越楼板的主立管与支风管上均设防火阀。通风管道设70℃防火阀,排烟管道设280℃防火阀,排油烟管道设150℃防火阀,排风兼排烟管道设280℃防火阀。当空调机及风机在

其所接风管上的防火阀熔断关闭后,应连锁停止其运行。

但当一个排烟风机负担多个排烟口时,单个排烟阀熔断关闭时,排烟风机不停机,当风管所带的排烟阀全部关闭后才能停止该排烟风机的运行;排烟风机吸入口280℃防火阀在烟气温度达到280℃时自动关闭,连锁停止排烟风机。

消防控制系统应与空调控制系统兼容及通讯,在火灾时应可通过消防控制系统直接停止所有运行中的空调通风设备(不包括地下室排烟补风机)。

管道穿防火墙处加固定支架并用不燃材料封堵。

7 自动控制

为保证展区室内温湿度需求,空调机组需要全年全天候连续运行。展区内温湿度控制采用智能化设计,整个空调系统用计算机自动控制,控制内容包括:

1) 对系统冷热量进行瞬时值、最大值的监测,冷水机组采用由冷量优化控制运行台数的方式;冷水机组、水泵、冷却塔设备连锁启停控制。

2) 冷热水的供回水温度、压差的监测与控制。

3) 对设备运行状态的监测、故障报警等。

4) 空调风系统的空气温湿度的监测与控制;定风量全空气系统的变新风比的比焓值控制。

5) 冬季对新风空调机组的温湿度,电动风阀、热水阀开度等进行控制,控制环路与风机连锁;控制系统的启动顺序为先开水阀、风阀,再开启风机。利用设定送风相对湿度控制加湿器的阀门开度。实现热水阀、新风阀的开度显示,连锁控制送风温湿度的要求。

6) 水盘管的防冻保护;风过滤器的超压报警。

7) 对应的送、排风机的连锁启停;排烟系统的状态显示及与消防控制中心的通讯。实现对设备进行远距离启停的控制。送排风设备均能就地启停,也可通过中央控制器进行远距离启停。

8) 对新风空调机进风管设冬季盘管防冻保护控制。如对热水电动阀设最小开度限制,停机时关闭新风阀,新风机运行时,如果温度过低,或停风机,或关闭新风阀、开热水阀等。

(上接第 9 页)

9) 提供进风的新风机组与其对应的排风机进行联锁启停控制;送风机与其对应的排风机进行联锁启停控制。

10) 所有设备均可以就地启停,均有手动控制及自动控制转换开关,当开关处于手动控制时,控制中心可以监视设备的运行状态,但不能进行控制。

11) 风机盘管采用有三挡风速和冬夏转换的温度控制器。

12) 散热器供水管处设有温控阀门。

8 结论

8.1 本工程的冷热湿负荷计算较为准确,空调系统方式选择较为合理,针对不同功能区域对温湿度

的不同要求和使用时间上的差异,充分考虑系统降低初投资和节能运行的要求。

8.2 空调机组集中布置在地下 1 层,通过竖向夹壁墙布置送、回风管道,充分适应博物馆的建筑功能特点,为展厅布展提供更灵活的空间,减少日常维修管理对文物保存管理、游客参观的影响,进排风通路和外墙风口布置合理,也有利于噪声集中控制和治理。

8.3 与建筑专业密切配合,在外墙进、排风口及室内风口、冷却塔等有排热要求的设备布置上,既考虑了系统设备的功能需要,又不影响建筑室内美学效果,共同营造出优秀的艺术建筑。