

中国航空规划建
设发展有限公司

栏 首 语

中国航空规划建设发展有限公司(原中国航空工业规划设计研究院)是中国航空工业集团公司旗下的专业化子公司,是我国国家级大型设计研究院,2007 年首家获得国内工程设计综合甲级资质。经过 61 年的发展,形成了从前期的咨询规划、勘察设计、工程设计、工程总承包、设备总承包,到中后期评估完整的产业链。公司将以更广阔的视野、更坚实的技术储备、不懈创新的精神,提供更优质的服务和管理的,开创“行业多元化、业务专业化、技术国际化、服务一体化”的发展格局,打造国际一流的投资、咨询、建设全过程服务的航母型企业。

公司暖通专业发展历史悠久,自 1951 年成立暖通专业设计组开始,伴随着中国航空工业的发展历程,实现了暖通专业的多项技术突破。1964 年,完成了某厂 $(20 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 精度的空调设计;1977 年,为毛主席纪念堂遗体保护环境设计完成了确保水晶棺内各点温度稳定在要求范围内的“低温气幕冷却水晶棺”的空调方案;1980 年,自行研制设计了填料净化塔、喷漆室无泵水幕漆雾过滤器等空调设备。到 20 世纪 90 年代初,公司暖通人员达到 100 余人,设计的项目遍及国内外航空、航天、民用、医药、电子、机场和能源中心等多个领域,在高大空间辐射供暖、表面处理车间通风净化技术、喷漆机库通风技术、高精度空调控制技术及医药洁净技术等形成了自己独特的技术特点。

本期《暖通空调》中国航空规划建设发展有限公司专栏所收录的文章,是中国航空规划建设发展有限公司一至六院近几年在工业厂房、公共建筑供暖、空调和通风设计中积累的经验和得到的教训,在此奉献给业内同仁,供相关设计参考。

(中国航空规划建设发展有限公司 肖 武)

成都博物馆新馆空调设计 方案分析

中国航空规划建设发展有限公司 肖 武[☆]

摘要 为保护文物,博物馆对包括展厅和藏品库在内的空间温湿度环境提出了严格的要求。但如果各区域采取统一的严格的标准,会造成投资和能耗的增加。认为应根据不同的博物馆的展陈需求,采取与其相适宜的空调温湿度控制。介绍了成都博物馆新馆的空调设计。为满足展厅与藏品库的不同温湿度要求,冷水机组采用了水冷式与风冷式相组合的方式,展厅空调采用双风机全空气空调机组,藏品库采用新风集中处理加分区全空气空调机组的方式,并可根据以后的需求变化进行调整。空调系统设计了保证全年供给的热源。

关键词 博物馆 空调设计 展厅 藏品库 温湿度参数

Air conditioning design for the New Chengdu Museum

By Xiao Wu[★]

Abstract To protect the historical relic, the exhibition hall and the relic storage in the museum have strict requirement for temperature and humidity. Using the equally strict standard in all the region of the museum will bring about additional investment and energy cost. Considers that appropriate control of temperature and humidity should be adopted according to the different requirement of the each part of the museum. Presents the HVAC design of the museum. To meet the different requirement for temperature and humidity in the exhibition hall and the relic storage, the combination of water cooling chillers and air cooling chillers are adopted, and all-air air conditioning units with double fans are used for the exhibition hall, while centrally treated fresh air plus zoned all-air air conditioning units is used for the relic storage. Adjustment is possible for future requirement change. The design of air conditioning system can ensure the heat source supplied all the year round.

Keywords museum, HVAC design, exhibit hall, relic storage, temperature and humidity parameter

★ China Aviation Planning And Construction Development Co., Ltd., Beijing, China

①

0 引言

博物馆的功能包括文物保管、文化教育宣传和科学研究。文物是博物馆一切活动的基础,保护文物是博物馆的重点工作。馆藏文物反映着某个历史时期有关社会历史的发展,具有特别重要的历史、艺术和科学价值。一般馆藏文物按照材质大体分为5类:金属类,如青铜器、金银器;硅酸盐类,如陶器、瓷器、玻璃器等;岩石类,如石器、化石、泥塑等;动植物材料类,如纸张、纺织品、皮革等;其他类,如照片及胶片等。它们对环境要求各不相同。由于文物的特殊价值,且品种众多,如何在修复、保存、展出等环节保护好文物,是博物馆的重要功能,是博物馆的价值所在。

博物馆文物保存场所的温度、相对湿度、空气污染物、噪声、微振动、生物损害等方面都需要严格控制,温度和相对湿度的控制是暖通设计的要点及难点所在。

JGJ 66—91《博物馆建筑设计规范》对不同种类文物规定冬季温度不应低于 10°C ,夏季温度不应高于 26°C ;相对湿度 $40\%\sim 60\%$ 。此规范对空调设计而言难度不大,但这是1991年颁布的规范,实践证明已经不能满足现代博物馆的要求。2007年,有关部门编写的《博物馆藏品保存环境试行规范》则对藏品保存场所(主要指展厅、修复室、藏品库)的保存环境提出了严格的要求,博物馆的空调设计面临着挑战。本文对成都博物馆新馆的空调系统进行简要介绍。

1 工程概况

笔者设计的成都博物馆新馆(见图1)位于历史文化名城成都市核心区域天府广场的西侧,与省



图1 成都博物馆新馆鸟瞰

图书馆、省美术馆、省科技馆、锦城艺术宫等建筑共同围合天府广场,奠定了成都市文化中心区域的空间格局。新馆占地面积 $10\,742\text{ m}^2$,总建筑面积 $64\,945\text{ m}^2$,其中地上建筑面积 $40\,218\text{ m}^2$,地下建筑面积 $24\,727\text{ m}^2$,建筑最高点为 46.88 m 。建筑主要功能为城市博物馆,功能分区为公共活动区、展陈区、文物库区、综合服务区、社会教育区与公共互动区、业务科研区、行政办公区等,附设学术报告厅及配套设备用房等。四川是我国文物大省,成都博物馆的藏品达到数十万件,其中不乏珍贵文物,已有展馆的面积和自然环境已经不能满足文物收藏和展出的需求,甲方对新馆建筑寄予了极高的期望。

①☆ 肖武,男,1967年10月生,大学,研究员,专业总工程师
100120 北京西城区德外大街12号中国航空规划建设发展有限公司
(010) 62038464
E-mail: xaowoo@126.com
收稿日期:2012-05-15

2 空调设计参数的确定

在成都博物馆项目设计前,通过考察山西、河南、广东及湖北等地的博物馆的空调运行情况,发现各博物馆对空调的要求区别较大,而且与《博物

馆藏品保存环境试行规范》中的要求也不尽相同,如何合理确定成都博物馆新馆的空调设计参数成为了需要最先确定的问题。各博物馆主要区域空调设计参数见表 1,2。

表 1 调研博物馆的文物库空调设计参数

博物馆及建设年代	设计参数
博物院 1,2004 年建成	金银铜器:夏(25±1)℃,(45±5)%;冬(20±1)℃,(45±5)%
	纸制书画:夏(25±1)℃,(55±5)%;冬(20±1)℃,(55±5)%
	竹木藤骨:夏(25±1)℃,(60±5)%;冬(20±1)℃,(60±5)%
	标本壁画:夏(25±1)℃,(50±5)%;冬(20±1)℃,(60±5)%
博物院 2,1998 年建成	夏(26±2)℃,(40±10)%;冬(20±2)℃,(50±5)%
博物馆 3,2007 年建成	夏(26±2)℃,(40±10)%;冬(20±2)℃,(50±5)%
博物馆 4,2001—2007 年陆续建成	书画库区,夏(25±2)℃,(55%±5)%

表 2 调研博物馆的展厅(展柜)空调设计参数

博物馆及建设年代	设计参数
博物院 1,2004 年建成	金银铜器:夏(25±1)℃,(45±5)%;冬(20±1)℃,(45±5)%
	纸制书画:夏(25±1)℃,(55±5)%;冬(20±1)℃,(55±5)%
	竹木藤骨:夏(25±1)℃,(60±5)%;冬(20±1)℃,(60±5)%
	标本壁画:夏(25±1)℃,(50±5)%;冬(20±1)℃,(60±5)%
博物院 2,1998 年建成	展厅为舒适性空调要求;展柜内的温度同室温,相对湿度控制在(50±5)%范围内
博物馆 3,2007 年建成	展厅为舒适性空调要求;个别展柜相对湿度要求(50±5)%
博物馆 4,2001—2007 年陆续建成	展厅为舒适性空调要求

从表 1,2 可以看到,这几家博物馆的文物库的空调系统对温湿度精度进行了控制,因为文物库均为封闭空间,只要设计为恒温恒湿空调系统,其空调精度是容易达到的。

对展厅的空调温湿度要求,各博物馆存在较大差异,这可能与 JGJ 66—91 一直未修编有关。调研中发现,某个博物院全部展厅空调系统均采用四管制全空气双风机系统送风,温度精度控制在±2℃,相对湿度精度控制在±5%,经过多年的实际运行,空调系统能满足展陈的要求,文物得到合理保护,但因其控制精度过高,空调运行成本较高。而某些博物馆展厅采用两管制空调系统,使用中湿度无法有效控制,尤其该馆内漆器数量较多,形式精美,长期处于湿度波动较大的环境内,文物会受到损坏。后来在设备层内设置了恒温恒湿机组,处理过的空气通过风管送到各个展柜,控制展柜内的温湿度,相对湿度控制在 50%±5% 范围内,满足了文物保护的要求。个别博物馆由于没有恒温恒湿临展厅,给临

时接展带来一定难度。比如,有个博物馆当时正在展出意大利乌菲齐博物馆馆藏文物,由于正值高温高湿的季节,为满足藏品的湿度要求,只能在临展馆内临时增设了若干除湿机除湿,以满足展品要求。

《博物馆藏品保存环境试行规范》规定对展厅内温度精度控制在±2℃,相对湿度精度控制在±5%,实际与文物库的温湿度精度控制要求相当,但因为展厅是开放的空间,是供人参观的场所,做到空间封闭几乎是不可能的,同时参观人员的数量不等,其走动、散热、散湿等均对温湿度的影响很大,在实际运行中很难保证如此高的精度。若必须保证展厅的温湿度精度要求,其代价过大,这也就是目前许多博物馆的展厅空调对温湿度未进行严格控制的原因。基于此,笔者认为,展厅的空调设计参数不能过高,也不能过低,而应与实际需求相适应。在成都博物馆设计中,与该馆的运行管理部门反复协商,分析文物藏品的实际需求,最终确定了空调设计参数,见表 3。

表 3 空调室内设计参数

	夏季参数		冬季参数		新风量/(m ³ / (人·h))	A 声级噪声/dB
	温度/℃	相对湿度/%	温度/℃	相对湿度/%		
书画、纺织品、漆木、木偶等藏品库	24±2	55±5	22±2	55±5	送风量 10%	45
陶瓷、青铜、玉器、砖石等藏品库	24±2	50±5	22±2	50±5	送风量 10%	45
文物展厅	24±2	55±10	22±2	50±10	≥20	45
办公室、会议室	24~27	≤65	20~22	≥40	≥30	45
学术报告厅	26~28	≤65	16~18	≥40	≥15	40
公共休息厅	26~28	≤65	16~18	≥40	≥10	45

3 冷热源及空调系统设计

根据室内设计参数计算空调冷热负荷,结果见

表 4 空调冷热负荷

	建筑面积/m ²	空调计算最大冷负荷		空调计算最大热负荷	
		负荷/kW	冷指标/(W/m ²)	负荷/kW	热指标/(W/m ²)
文物库外区域	60 145	8 600	142	4 500	75
文物库区域	4 800	605	126	600	104

性空调系统共用的方式存在很大隐患,运行初期还可以满足要求,但随着文物品种和数量的增加,个别博物馆文物库的温湿度就不能满足不同文物的需求,而且闭馆后舒适性空调系统关闭,集中冷源难以低负荷运行,致使文物库空调系统无法运行,文物难以得到保护,该博物馆的文保部门于近期不得不对文物库空调进行改造。

考虑到展厅和文物库房空调运行时间的不同,本项目将文物库区冷源与非文物库区分开设置,使各区域空调运行调节灵活,并达到节能的目的。文

表 4。

调研发现,博物馆文物库空调冷源与其他舒适

物库区空调冷源采用 2 台风冷冷水机组,单台制冷量为 335 kW。非文物库区考虑季节变化及参观人数变化的因素,采用两大一小水冷离心冷水机组,其中 2 台冷量为 3 516 kW/台的离心机组,1 台冷量为 1 758 kW 的变频离心机组,变频机组冷量为大机组冷量的 50%,以保证系统冷量调节范围广,便于空调机组灵活使用,减少电力消耗。若文物库区冷水机组出现故障,非文物库区集中冷水机组可以作为文物库区空调的备用冷源,冷水供回水温度 7℃/12℃。空调系统原理图见图 2、3。

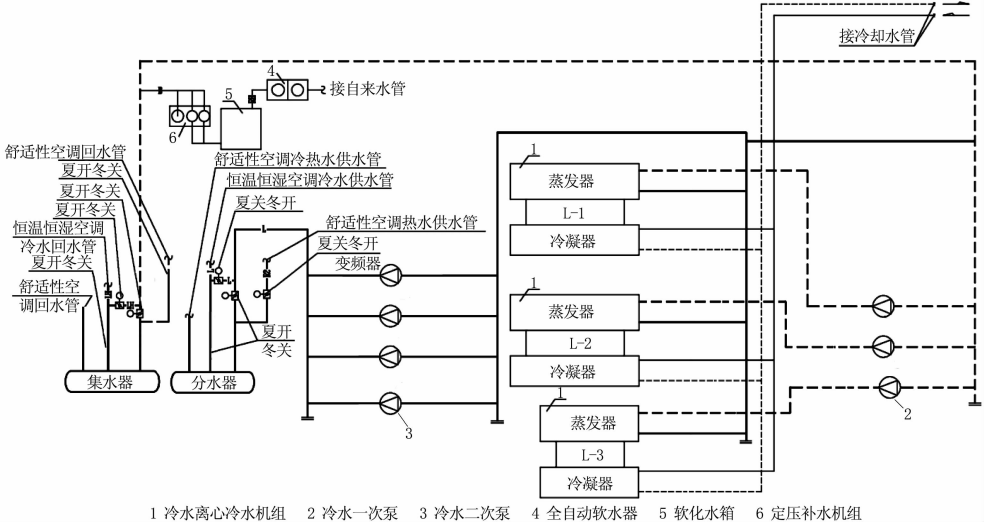


图 2 非文物库区冷源配置原理图

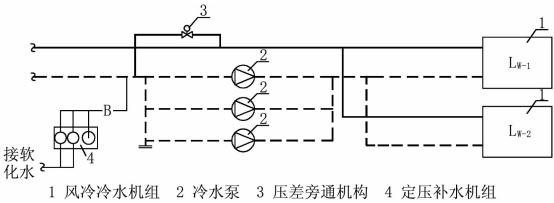


图 3 文物库区冷源配置原理图

出于夏季除湿方面的考虑,博物馆的供热时间较长,在热源设计方面优先选择自设锅炉的方案,可以根据末端使用要求进行灵活调节,以保证四季可靠供热,并且节约运行成本。本项目采用 2 台容量为 1 400 kW 卧式燃气热水锅炉及 6 台容量为

400 kW 卧式燃气热水锅炉,产出 95℃/70℃一次热水满足冬夏季博物馆空调使用。锅炉给水泵采用大泵加小泵的方式,冬季运行大泵,夏季及过渡季运行小泵,同时设置 2 台板式换热机组将 95℃/70℃一次热水换为 60℃/50℃二次热水供空调系统使用。热源配置原理图见图 4。

展厅空调采取四管制组合式空调机组,冷水供回水温度 7℃/12℃,热水供回水温度 60℃/50℃,采用电极式蒸汽加湿方式,以保证±2℃的温度控制和±10%的相对湿度控制,空调风系统原理图见图 5。新风与回风混合后经粗效过滤、静电中效过滤、表冷、加热、蒸汽加湿处理后送入展厅,展

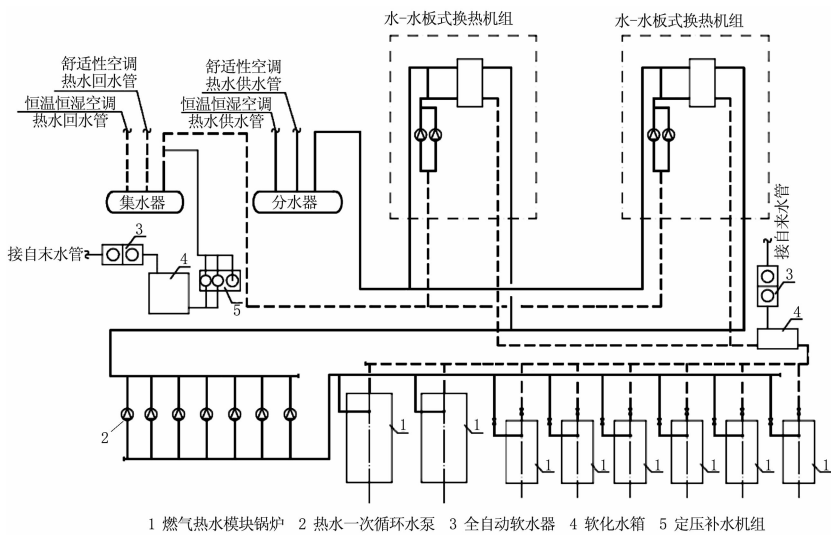


图 4 热源配置原理图

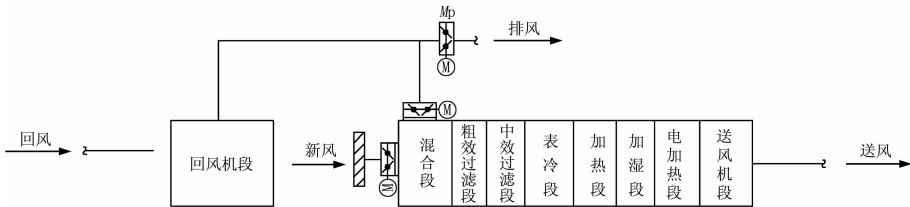


图 5 展厅空调风系统原理图

厅内气流组织为上送风下回风。在博物馆中，热源除冬季供暖外，在夏季对保持室内相对湿度的稳定起到重要作用，所以在热源配置时考虑了备用，即当锅炉热水系统出现故障时，以电加热器作为备用热源。

展厅内需要特别保护的文物放置在恒温恒湿展柜内，而大型木质展品等，因为不能设置展柜而对房间相对湿度有严格要求的，单独设置小房间，采取自带冷热源的恒温恒湿空调系统。

文物库区空调系统采用四管制全空气系统，并尽量按文物库区分别设置空调系统，避免各库区之间的温湿度干扰。新风系统对于文物库区是非常必要的，既可以形成房间内正压以减少库区外的空

气渗漏，又可保证库区空气的新鲜程度，但若新风不作预处理而直接由恒温空调系统处理，会造成室内温湿度的波动，所以设计时将文物库区空调系统新风集中处理后送入各组空调系统使用，这样既可以减少新风机组的数量，又可有效减少室外气温的波动对文物库的温湿度控制的影响。新风经粗效过滤、静电中效过滤、表冷、加热、电热式蒸汽加湿处理后进入组合式空气处理机组，与回风混合后经粗效过滤、中效过滤、表冷、加热、蒸汽加湿、电加热后送入库房，电加热器的作用是作为备用热源。排风机与回风机相匹配，从各系统的回风管中抽取排风，满足系统新风要求，空调风系统原理图见图 6。库房内的气流组织为上送风下回风方式。

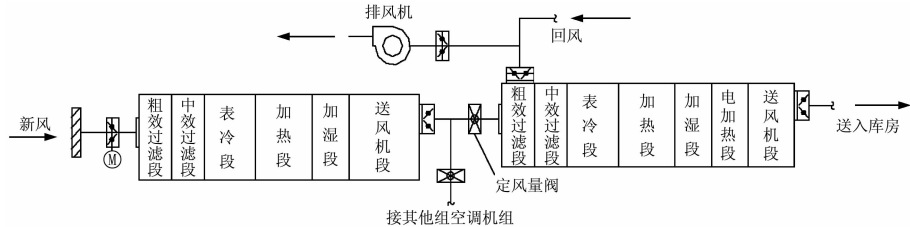


图 6 文物库空调风系统原理图

(上接第 42 页)

其他大空间区域如公共休息厅、多功能厅等设计为两管制全空气系统,新回风混合后经粗、中效过滤,表冷段(加热),湿膜加湿后送入房间,气流组织为上送风下回风方式,空调风系统原理图见图 7。

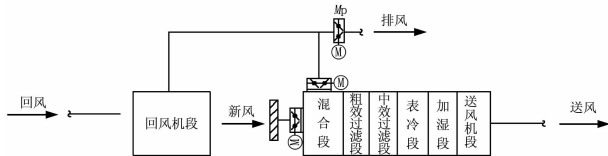


图 7 舒适性空调风系统原理图

4 结论

4.1 展厅的温湿度控制参数应与业主协商后合理确定。空调系统及冷热源设计力求运行可靠、调节灵活,充分保证各区域不同环境要求。临时展厅因

展品的不确定性,其温湿度参数应适当考虑满足高规格展品的需求。

4.2 展厅应优先考虑使用展柜空调。对于难以放入展柜的大件展品,应设独立的恒温恒湿展厅。

4.3 冷源和热源需要考虑备用设备。热源要考虑消除夏季除湿负荷的余量。

4.4 藏品库应分库区设置独立恒温恒湿空调系统。

4.5 根据空调湿度控制精度要求,合理选择加湿方式,以控制成本和运行费用。

参考文献:

- [1] 华东建筑设计院. JGJ 66—91 博物馆建筑设计规范[S]. 北京:中国建筑业出版社,1991
- [2] 中华人民共和国文化部. 文化部令第 19 号 文物藏品定级标准[S],2001