

文章编号: 1671-6612 (2024) 04-575-05

成都東壹图书馆暖通系统分析

张蓓 吴小冬 张伟

(成都市建筑设计研究院有限公司 成都 610095)

【摘要】 本项目为成都東壹图书馆，建筑的整体形态像一朵漂浮在公园上空的云，整体项目美学感官良好。首先，空调系统经计算确定图书馆负荷，空调系统采用2台模块式风冷涡旋热泵机组，机组冷水进出水温度为12°C/7°C，热水进出水温度为40/45°C。空调冷热水系统均采用负荷侧变流量的闭式两管制一级泵异程式系统。冷水供回水温度为7/12°C，热水供回水温度为45/40°C。选用自带水力模块的风冷涡旋热泵机组，空调水系统由水力模块中的膨胀罐定压，水力模块主要包含水泵、过滤器、膨胀罐、安全阀、压力表、放气阀、流量开关、流量调节阀、补水阀等。在气流组织方面，1F图书馆大空间区域采用单风道一次回风定风量全空气系统，可调新、回风比，在过渡季节可实现全新风运行。气流组织形式为上送上回。2F图书馆大空间区域采用单风道二次回风定风量全空气系统，利用二次回风提高送风温度。采用可调新、回风比，在过渡季节可实现全新风运行。结合室内布置的座位等均匀布置送风口。为保证现场舒适性空调效果良好，在风口的设计和选型上做了进一步的对比，通过现场实测风口过滤网孔隙的大小，选择了更优的3mm孔径的过滤网。在排烟系统的设计上，基于图书馆本身的结构形式和幕墙效果，故优先考虑自然排烟电动排烟窗的形式。

【关键词】 暖通空调；地板送风；图书馆；能耗监测

中图分类号 TU83 文献标志码 A

Analysis of HVAC Schemes Chengdu Dongyi Library

Zhang Bei Wu Xiaodong Zhang Wei

(Chengdu Architectural Design & Research Institute Co., Chengdu, 610095)

【Abstract】 The name of this project is Chengdu Dongyi Library. The building is like a cloud floating above the park. Firstly, we determined the air conditioning load of the library through calculation. The air conditioning system consists of two modular air-cooled vortex heat pump units. The cold water inlet and outlet temperature of the air conditioning unit is 12 °C/7 °C, and the hot water inlet and outlet temperature is 40/45 °C. The air conditioning hot and cold water systems all adopt a closed two pipe primary pump with variable flow rate on the load side. We choose an air-cooled vortex heat pump unit with a built-in hydraulic module. The air conditioning water system is pressurized by an expansion tank in the hydraulic module, which mainly includes a water pump, filter, expansion tank, safety valve, pressure gauge, vent valve, flow switch, flow control valve, and makeup valve. In terms of air flow organization, the large space area of the library adopts a single air duct single return air fixed air volume all air system, with adjustable fresh and return air ratios, which can achieve fresh air operation during the transition season. The air flow organization is in the form of upward feeding and upward returning. We will evenly arrange the air supply vents based on the indoor seating arrangements. To ensure good on-site comfort and air conditioning effect, further comparison was made in the design and selection of air vents. Through on-site measurement of the pore size of the air vent filter mesh, a more optimal 3mm pore size filter mesh was

selected. In the design of the smoke exhaust system, based on the structural form and curtain wall effect of the library itself, the form of natural smoke exhaust electric smoke exhaust windows is given priority.

【Keywords】 HVAC; Underfloor Air Distribution System; Library; Energy wastage

0 引言

成都東壹图书馆是成都东部新区首座公共图书馆，这座将阅读、艺术、自然、生活、社交等融于一体的复合型城市美学文化地标彰显着成都市建设公园城市的魅力，开馆后成为成都东部新区文化新地标。本文主要阐述了成都東壹图书馆暖通空调系统及防排烟系统的设计思路及设计要点，以及通过施工实际测量风速及温度的方式对空调系统的设计进行优化，最终得到对图书馆的最优空调解决方案。

1 项目概况

成都，作为新一线城市，东进是其城市发展的战略举措与长期计划，为助力成都打造三城三都、国际交往中心、国际消费中心，西部金融中心将成为东部新区产业“补链、延链、强链”的重要功能载体。本项目位于东部新区起步区的 CBD 片区，位于城市活力轴的端点，与活力轴另一端的三岔湖生态公园相互呼应。本图书馆建筑面积约 1700m²，含地上一层地下一层。图书馆的设计沿用斐波那契数列的仿生美学，以瀑布为圆心轴线，设计螺旋向上的楼梯式环廊，连接地下与地上的两层空间，让整个空间内部都圆润温暖，营造更适宜阅读的静谧氛围。为了实现建筑设计师对美学的高度控制，图书馆一层采用扇形结构支撑体系设计，不允许在顶部设置风管、水管等机电配套管线因此整个项目对于空调及防排烟设置挑战巨大。项目效果展示如图 1 所示。



图 1 图书馆整体效果图

Fig.1 Library Renderings

图书馆的整体形态像一朵漂浮在公园上空的云，为整体实现项目美学感官，在与建筑结构装饰专业多方位配合，不破坏整体外幕墙形态，保证通透明朗的效果下；在结合结构专业从底部至上的辐射式张弦梁钢体系，自然形成云的形体延伸，保证顶部无管线的情况下，空调设计采用风冷热泵作为冷源，末端送回风形式为地面式，相得益彰。

在排烟系统的设计上，基于图书馆本身的结构形式和幕墙效果，让机械排烟系统走管方式面临困境，故优先考虑自然排烟形式。本项目图书馆一层净高 12.5m，电动排烟窗设置于侧幕墙上，经过计算其有效面积应不小于 43m²。

项目为达到实际的现场实舒适性空调效果良好的目的，在风口的设计和选型上做了进一步的对比，通过现场对几种风口的实测空调送风温度和风速，选择了效果更为良好的风口末端形式。在空调和消防的设计方案落实后，BIM 以及施工为配合建筑全生命周期的落地也提供了关键性的帮助，为项目的集美学与实用为一体的推进提供助力，达到了协作共赢的目标。

2 空调系统设计

为保证这朵漂浮在公园上空的云的完美实现，首先对结构的节点设计进行了把控，整体以瀑布为圆心轴线，确定了采用辐射式张弦梁钢体系作为主体，在对幕墙提出优化提升，取消玻璃肋，通过严格的计算，仅依靠玻璃自身形态承重，故对机电设备的走管空间进行了顶部及侧面的限制，所以空调系统在进行末端送风形式的确定时，就考虑结合图书馆中座椅及书架的摆放设计空调送回风口，以及在幕墙边缘内圈设置一条地板送风口。笔者首先进行了空调负荷计算，项目位于成都，计算参数如下。

项目的室外气象参数如表 1 所示。

表 1 室外气象参数

Table 1 Outdoors Weather Parameters

	夏季	冬季	
空调计算干球温度	31.8°C	空调计算干球温度	1.0°C

续表 1 室外气象参数

Table 1 Outdoors Weather Parameters

夏季		冬季	
空调计算湿球温度	26.4°C	通风计算温度	5.6°C
通风计算温度	28.5°C	平均风速	0.9m/s
平均风速	1.2m/s	空调计算相对湿度	83%
大气压力	948hPa	大气压力	963.7hPa
空调计算日平均温度	27.9°C		

项目的室内空调设计参数如表 2 所示。

表 2 室内空调设计参数 (成都, 夏热冬冷地区)

Table 2 Room air parameters (Chengdu, hot summer and cold winter)

房间名称	夏季		冬季		新风量标准 / (m³/h)	噪声标准 / dB(A)
	干球温度 / °C	相对湿度 / %	干球温度 / °C	相对湿度 / %		
图书室	25	55	20	30	20	≤45
会议室	25	55	20	30	20	≤45
办公室	25	55	20	30	30	≤45
VIP 休息室	24	55	22	30	50	≤45
茶室	26	60	20	30	20	≤50

经逐时负荷计算, 图书馆夏季冷负荷为 244kW, 建筑面积冷负荷指标 272W/m², 冬季热负荷为 147kW, 建筑面积热负荷指标 156W/m²。

在空调冷源的选择上, 结合建筑布局和负荷特性, 节省锅炉房及冷却水系统等的初投资及运行费用, 选择两组模块式风冷涡旋热泵机组为冷源, 其安装在室外绿化处, 不占有有效建筑面积, 可节省土建投资。夏季供冷、冬季供热, 安全保护和自动控制同时装于一个机体内, 运行可靠, 管理方便, 故最终选择 2 台模块式风冷涡旋热泵机组, 单台制冷量为 130kW, 制热量 135kW, 机组冷水进出水温度为 12°C/7°C, 热水进出水温度为 40/45°C。且考虑到机组运行特点, 将风冷涡旋热泵机组设置于总坪景观绿化带内, 其安装地面平整, 没有明显偏斜和颠簸, 且地面硬度足够, 可以承受机组的重量; 同时机组四周保留足够的安装距离和通风空间, 通

风良好, 排出的气流也不会对室外、室内的其他设备和人员带来影响; 另机组随时可以进行维护保养和维修工作。

该项目空调冷热水系统均采用负荷侧变流量的闭式两管制一级泵异程式系统。冷水供回水温度为 7/12°C, 热水供回水温度为 45/40°C。选用自带水力模块的风冷涡旋热泵机组, 空调水系统由水力模块中的膨胀罐定压, 水力模块主要包含水泵、过滤器、膨胀罐、安全阀、压力表、放气阀、流量开关、流量调节阀、补水阀等。

项目空调系统确定后, 笔者将关注点转为室内侧舒适度上, 在气流组织的分析讨论上, 1F 图书馆大空间区域采用单风道一次回风定风量全空气系统, 可调新、回风比, 在过渡季节可实现全新风运行。气流组织形式为上送上回。2F 图书馆大空间区域采用单风道二次回风定风量全空气系统, 利用二次回风提高送风温度。采用可调新、回风比, 在过渡季节可实现全新风运行。在一层设置 300mm 高送风静压箱, 采用地板送风口下送风, 在人员活动区上部项回风的气流组织形式。实际的空调风口设置上与室内建筑装饰专业配合, 外圈幕墙处为地板送风口, 结合室内布置的座位等均匀布置, 图书馆的书架顶部设回风口, 与功能使用相结合, 形成下送上回的空间气流形式, 气流组织示意如图 2 所示。

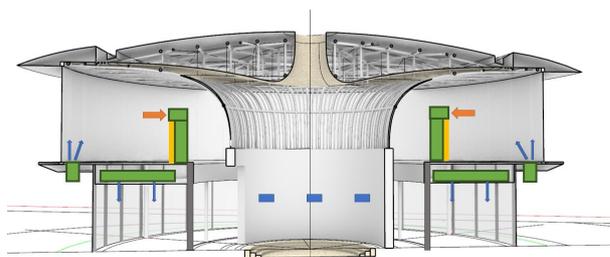


图 2 空调气流组织效果图

Fig.2 Air conditioning airflow organization rendering

为方便图书馆运行管理、节省能源, 在空调系统监测与控制系统上, 对空调系统进行自动控制及供冷量、供热量计量, 并纳入楼宇自控系统(BAS), 且系统具有能耗数据远传功能, 风冷热泵机组采用自带的能源管理系统, 风机盘管采用温控器控制, 其余空调末端设备的采用 DDC 控制。其控制要求为: (a) 负荷侧需满足一次回风\二次回风全空气系统的回风总管上设置温度传感器控制盘管回水

支管上电动比例调节阀的开度，电动调节阀与风机连锁启、闭；根据室外焓值的变化调节新、回、排风比例；新风入口、排风口处的电动风阀与机组连锁启、闭；设置过滤器压差报警；新、回、排比例调节阀与风机连锁，风机关闭时，新、排风阀均关闭。（b）冷热源侧：风冷热泵机组自带控制系统，该系统应对其空调供回水总管的流量和温差进行监测，对系统的空调负荷进行估算，根据主机运行效率选择主机开启的台数，使系统的综合效率达到最优。在空调末端水环路设置压差控制器，对循环水泵进行变频控制，分集水器间设置电动调节阀，当循环水泵单台运行，并在最低控制频率下工作时，开启分集水器间电动调节阀旁通水量，水泵的变频范围和变频速率应保证制冷主机和水泵的安全运行。（c）空调自动控制内容主要有：统一运行管理、冷热源及空调设备的启停机、负荷调节及工况转换、设备的自动保护、故障诊断等。（d）BA 系统对冷热源、空调末端设备的进出水温度、空调末端设备、风机的运行状况等进行监测。在计量方面，对集中空调系统冷热水流量和供回水温差分别进行监测，计算并计量总供冷量、供热量；对冷热源主机的耗电量进行计量；对补水点的补水量进行计量。

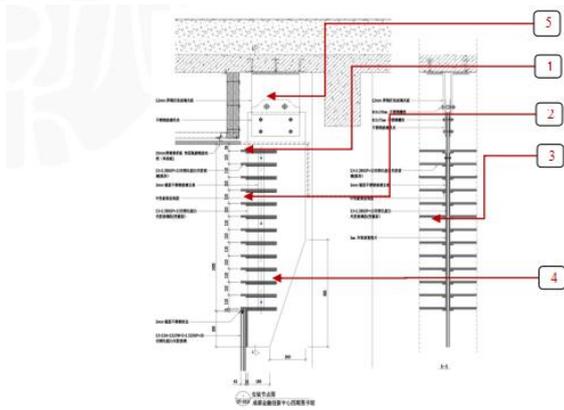


图 3 施工做法

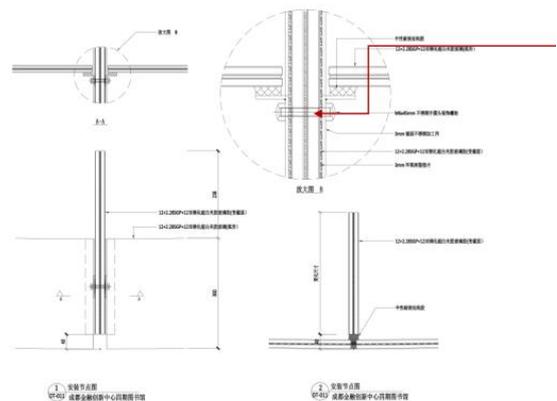
Fig.3 Concrete measures

3 防排烟系统设计

本项目图书馆的防排烟系统仅涉及地下一层、地上二层楼梯间，地下仅为 1 层的封闭楼梯间，当不与地上楼梯间共用，且在首层设置有效面积不小于 1.2m² 的可开启外窗或直通室外的疏散门，该地下封闭楼梯间不设置机械加压送风系统。设置在高处的可开启外窗在距地 1.3~1.5m 的高度设置手动开启装置。

地下室其他采用自然通风方式的封闭楼梯间、防烟楼梯间在最高部位设置面积不小于 1m² 的可开启外窗，且在楼梯间外墙上每 5 层内设置总面积不小于 2m² 的可开启外窗。设置在高处的可开启外窗在距地 1.3~1.5m 的高度设置手动开启装置。

地上图书馆为全幕墙结构，结合幕墙窗扇排烟系统采用自然排烟的方式，自然排烟窗（口）应设置在排烟区域的顶部或外墙，当设置在外墙上时，自然排烟窗（口）应在储烟仓以内，即本项目图书馆一层净高 12.5m，面积为 932m²，电动排烟窗设置于侧幕墙上，窗口底部距离地面 7.5m 以上的高度，电动排烟窗的设计风速为 0.78m/s，其有效面积不小于 43m²。且为结合幕墙美观性，高处的排烟窗做法申请了发明专利，排烟窗的施工做法如图 3 所示。



4 施工现场实测优化

基于项目以上的设计内容，为图书馆使用者在馆中的舒适性能更好的得到保证，在实际施工中项目上还对设置在人员活动区域的空调的风口进行了实测的选型设计，针对风口过滤网的选择进行了现场实测对比实验，现场实测不装风口的风速为

1.5m/s，土建安装装饰风口后风速为 1.4m/s，对过滤网的常规 3mm 及 5mm 的孔隙进行了现场测量，分别得到 1.0m/s 及 1.1m/s 的风速，所以项目上最终选择了 3mm 孔隙的过滤网加装在空调送风口上。现场安装图片如图 4、图 5 所示。



图 4 3mm 孔隙过滤网

Fig.4 The filter has a 3mm aperture



图 5 5mm 孔隙过滤网

Fig.5 The filter has a 5mm aperture

5 结论

在图书馆的空调系统的设计上,与建筑效果结合设计,图书馆夏季冷负荷为 244kW,建筑面积冷负荷指标 272W/m²,冬季热负荷为 147kW,建筑面积热负荷指标 156W/m²,故空调系统采用 2 台模块式风冷涡旋热泵机组,单台制冷量为 130kW,机组冷水进出水温度为 12°C/7°C,热水进出水温度为 40/45°C。空调冷热水系统均采用负荷侧变流量的闭式两管制一级泵异程式系统。选用自带水力模块的风冷涡旋热泵机组,空调水系统由水力模块中的膨胀罐定压,水力模块主要包含水泵、过滤器、膨胀罐、安全阀、压力表、放气阀、流量

开关、流量调节阀、补水阀等。在气流组织方面,1F 图书馆大空间区域采用单风道一次回风定风量全空气系统,可调新、回风比,在过渡季节可实现全新风运行。气流组织形式为上送上回。2F 图书馆大空间区域采用单风道二次回风定风量全空气系统,利用二次回风提高送风温度。采用可调新、回风比,在过渡季节可实现全新风运行。结合室内布置的座位等均匀布置送风口,图书馆的书架顶部设回风口,与功能使用相结合,形成人员区下送,书架上侧上回的隐藏式空调模式,也满足了人员区的充分舒适性。为保证现场舒适性空调效果良好,在风口的设计和选型上做了进一步的对比,通过现场实测风口过滤网孔隙的大小,选择了更优的 3mm 孔径的过滤网,为实际舒适性空调的送风提供了有力支撑。

在图书馆的排烟系统的设计上,基于图书馆本身的结构形式和幕墙效果,让机械排烟系统走管方式面临困境,故优先考虑自然排烟形式。本项目图书馆一层净高 12.5m,电动排烟窗设置于侧幕墙上,经过计算其有效面积应不小于 43m²。在防烟系统的设计上,充分满足规范要求进行自然通风的设计,减少初投资。

参考文献:

- [1] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] GB 50016-2018,建筑设计防火规范(2018年版)[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [3] GB 51251-2017,建筑防烟排烟系统设计标准[S].北京:中国计划出版社,2017.
- [4] 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.
- [5] DBJ 51/143-2020,四川省公共建筑节能设计标准[S].成都:西南交通大学出版社,2020.
- [6] JGJ 48-2014,商店建筑设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [7] GB 50118-2010,民用建筑隔声设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [8] JGJ/T 229-2010,民用建筑绿色设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [9] GB/T 50378-2014,绿色建筑评价标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.