

Discussion on HVAC System Design of a Subway Control Center

Baolong Song

Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing, 100037, China

Abstract

With the rapid development of rail transit in some cities in China, the number of planned lines continues to increase, and the requirements of operation and scheduling continue to improve. As the brain of subway operation, the control center is very important for the normal operation of the control center and subway lines to do a good job in the design of its HVAC system. Aiming at the architectural characteristics and functional requirements of a subway control center project, this paper expounds the design of cold and heat sources, air conditioning water system and air conditioning system, as well as the design of air conditioning system in the technological room of the control center, and probes into the optimization of air distribution in the dispatching hall through CFD simulation.

Keywords

subway; control center; super high rise; dispatching hall; air distribution

谈某地铁控制中心暖通空调系统设计

宋宝龙

北京城建设计发展集团股份有限公司, 中国·北京 100037

摘要

中国一些城市轨道交通发展迅速, 规划线路不断增加, 运营调度要求不断提高。控制中心作为地铁运营的大脑, 做好其暖通空调系统设计, 对控制中心和地铁线路的正常运行都极为重要。论文针对某地铁控制中心项目的建筑特点及功能要求, 阐述了冷热源及空调水系统、风系统设计以及控制中心工艺性房间空调系统设计, 并通过CFD模拟对调度大厅的气流组织优化进行了探究。

关键词

地铁; 控制中心; 超高层; 调度大厅; 气流组织

1 引言

该地铁控制中心项目是一座集地铁控制中心、总部办公、企业办公、公交场站及地铁科技馆为一体的多功能综合体项目。在设计过程中, 需根据建筑特点、使用功能等实际情况, 选择合适的空调形式满足不同功能区域的要求。

2 工程概况

本工程是一座集地铁控制中心、总部办公、企业办公、公交场站及地铁科技馆为一体的多功能综合体项目。总用地面积: 30718m², 总建筑面积 236557m², 项目地上共由 6 部分组成。

A 座地铁总部办公(28 层, 135m)、B 座企业办公(28 层, 135m)、C 座控制中心(4 层, 20m)、D 座后勤用房(4 层, 20m)、E 座控制大厅(2 层, 14m)、F 座为公交场站、

地铁科技馆(3 层, 20m)。地下为 4 层停车库, 局部设置带商业功能的地铁联通道。本项目功能主要为: 地铁控制中心、总部办公、企业办公、公交场站、地铁科技馆、餐厅、报告厅、地下停车库、地下自行车库、地下商业及相应的配套用房。

3 空调冷热源设计

3.1 空调负荷

本工程集中空调总冷负荷约为 16565kW(含调度大厅、工艺机房新风以及办公用房等), B 级工艺用房恒温恒湿机房精密空调冷负荷约为 4200kW, C 级工艺用房多联机空调冷负荷约为 800kW。

3.2 冷热源系统设计

3.2.1 冷源

本工程除工艺系统设备用房外设置集中冷源, 根据物业管理需求, B 座冷冻机房跟其他部分分开设置, 均设置于地下一层。1# 制冷机房负担 A、C、D、E、F 座空调冷负荷, 冷却塔设置于 D 座四层屋面。2# 制冷机房负担 B 座空调冷

【作者简介】宋宝龙(1988-), 男, 中国山东临沂人, 高级工程师, 从事暖通空调设计与研究。

负荷，冷却塔设置于C座四层屋面，冷冻水供回水温度为7/12℃，空调冷冻水由地下一层经管井送至地上各风机盘管和空调机房。

1#冷冻机房总冷负荷为10380kW，设置2台变频离心式冷水机组和1台变频螺杆式冷水机组，其中离心式冷水机组制冷量均为4571kW（1300RT），耗电量为722kW，COP=6.33（名义工况）；螺杆式冷水机组1393kW（396RT），耗电量为245kW，COP=5.69（名义工况）。2#冷冻机房总冷负荷为6270kW，设置2台变频离心式冷水机组，制冷量均为3164kW（900RT），耗电量为510kW，COP=6.23。冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔均一一对应，冷冻机房设置群控系统。

3.2.2 热源

本工程热源采用市政热力提供的热媒参数为120/60℃的高温热水，换热站设置于地下一层，空调热水供回水温度为60/45℃。地板辐射供暖供回水温度为45/35℃。

本工程设1处换热站，换热站内工艺及一次热力管线均由热力公司设计。

3.2.3 恒温恒湿机房精密空调及多联机空调系统

本工程主要功能为地铁控制中心，设备机房是控制中心重要组成部分，根据工艺专业对B级机房和C级机房空调形式的要求，B级机房采用恒温恒湿机房精密空调，按N+1冗余设置；C级机房采用变制冷剂流量多联空调系统，室外机均放置于裙楼屋面，冷媒管设置在专用冷媒管井内。

4 空调水系统设计

本工程空调水系统采用二管制异程式变水量系统，空调冷冻水为一级泵系统，采用定压罐+补水箱+补水泵定压补水的方式，系统工作压力 $P_n=2.0\text{MPa}$ 。A、B座空调水系统按竖向分段设置，风机盘管与空调机组供回水管分开设置。风机盘管末端回水管上均设电动调节两通阀；空调机组的回水管设置动平衡流量电动调节两通阀，温度控制阀门调

节。水系统可根据需求分楼座、分层计量冷、热负荷。

5 空调风系统设计

5.1 设备机房空调通风系统

①如图1所示，恒温恒湿机房精密空调室内机设在设备机房内，利用架空地板下空间做送风静压箱，架空地板下的地面需做保温，架空地板上设风口向上送风。同时设温湿度传感器、漏水报警保护装置。送风口根据设备机房内的机柜设置原则，布置在冷通道一侧的架空地板上。精密空调室内机需结合工艺机柜布置进行定位。多联机空调系统室内机安装位置需避开工艺设备正上方。

②机房均设新风系统，以满足机房10Pa正压及机房洁净度要求。同时机房与走廊之间设余压阀，机房内超压时部分风量可泄到走廊内。

③设有气体灭火的房间，设气灭后排风系统，排风口位于房间底部，采用下排风方式。气体灭火时关闭风管上的电动风阀，保证房间密闭，气灭后打开风阀及排风机排出房间内有害气体。

5.2 调度大厅空调通风系统

①调度大厅屏前人员办公区采用一次回风全空气系统，气流组织为侧送下回，送风口采用温控型防结露条形喷射风口设置于大屏上方，回风口设置在大厅两端侧墙下部。通过气流组织模拟验证后，此送回风口布置方式可以达到理想的空调效果。

②调度大厅大屏后检修区设置多联机空调系统以消除大屏散热量，保证大屏前后温差不大于5℃。

5.3 超高层塔楼空调通风系统

①首层大堂为两层通高，采用一次回风全空气系统，气流组织为上送下回，送风口采用温控型防结露条形风口，设置于吊顶上，回风口设于侧墙底部集中回风，满足气流分布均匀及室内噪声要求。同时，首层大堂设地板辐射供暖系统作为冬季空调系统的辅助，提高人员舒适度调度。

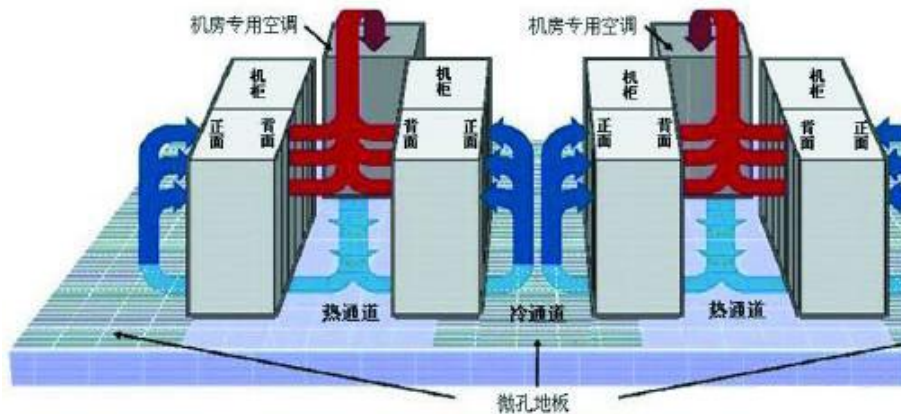


图1 机房精密空调系统示意图

②办公室、会议室等采用风机盘管加新风系统，新风机组集中设置在设备层和屋顶，通过风道送到每层房间内，部分机组采用热回收型送排风机组，机组的显热回收效率不小于65%。

③办公房间及会议室设CO₂和PM_{2.5}探测装置，新风机组可根据CO₂和PM_{2.5}浓度自动调整新风量，达到节能目的。

5.4 后勤用房空调通风系统

①餐厅采用一次回风全空气系统，气流组织为上送上回。阶梯形多功能厅层高5~7m，采用一次回风全空气系统，送风口采用温控条形喷射风口设置于吊顶上，回风口设于侧墙底部集中回风，满足气流分布均匀及室内噪声要求。

②厨房设有独立的通风系统，厨房排风量按房间换气次数60次/小时计算，其中65%为厨房灶具排油烟风量，该部分90%的风量作为排油烟补风。本次设计仅考虑平时机械通风系统，预留灶具排风及其补风系统所需的电量、土建风道及屋面设备位置。厨房内还设有平时用机械全面通风系统，供灶具排风机不开时使用。

6 设计重难点探讨

6.1 冷热源设计

由于本工程是一座集控制中心机房、调度大厅、地铁办公、公交场站及地铁科技馆为一体的多功能综合体工程，建筑面积大、功能多样，如何选取合适的冷热源为各部分功能房间供冷、供热，是本工程设计难点之一。

控制中心机房按照GB50174—2017《数据中心机房设计规范》及工艺专业要求，B级机房设置恒温恒湿机房精密空调，C级机房设置多联机空调系统。此部分冷热源相对独立。

其余部分设集中冷热源，因本地商业用电峰谷电价相差不大，投资回收期较长，故不考虑蓄冷系统。冷源采用电压缩冷水机组，B座物业管理单独考虑，因此B座单独设置冷冻机房。1#冷冻机房位于地下一层负荷中心区，2#冷冻机房位于地下一层靠近B座区域。因项目用地周边有市政热力接入条件，故采用市政热力换热站，作为本工程冬季空调及地板辐射供暖系统热源。

因控制中心部分空调（含调度大厅空调系统及机房新风系统）需24小时运行，冷负荷约1390kW，考虑节能及冷水机组运行效率，选用一台变频螺杆式冷水机组1393kW（396RT）为控制中心部分服务。

6.2 空调水系统设计

本工程两座塔楼建筑高度135m，空调水系统是否需要竖向分区，中间换热，笔者查阅相关资料，从系统合理性、设备承压、工程投资等方面进行了分析、比较。

另外，系统高度约为133m，可采用由制冷机直供的

方式，也可采用在中间设备层设置板式换热器进行一次换热的方式。若采用制冷机直供的方式，经水力计算，一级泵系统水泵扬程约为40m，以此推算，底层设备承压应为2.0MPa。承压2.0MPa的机组较承压1.6MPa的机组投资增加5%~10%，末端空调机组和风机盘管承压2.0MPa的设备较承压1.6MPa的设备投资增加10%以内。若采用一次换热的方式，需在18层避难层设置换热机房及循环水泵等设备，亦增加了工程投资。更重要的是，因存在1℃~2℃的换热温差，换热后供回水温度均增加，导致末端设备热交换能力降低，需适当加大设备型号。经计算分析及经济比选，采用制冷机直供的方式更为合理。

水系统作用半径在300m以内，各环路设计水流阻力相差不大，采用一级泵变流量系统。经水力计算，异程式水系统塔楼首层与顶层阻力不平衡率大于15%，因此水系统采用竖向分段设置的异程式系统，1~14层为低区，15~28层为高区，这样既能保证水力平衡，又可降低高区末端设备的承压，节省部分投资费用。

6.3 调度大厅气流组织

本工程核心部分为控制中心双层调度大厅，建筑面积达到5000m²，上下两层，阶梯形设置，单层层高7m，局部两层通高。地铁调度大厅的重要性不言而喻，如何做好如此高大空间的空调系统也是本工程暖通设计的重中之重。

本调度大厅送风口设置于大屏上方，采用侧送风的方式，送风管隐藏在屏后区域；回风口设置于南北两端靠近屏幕侧，下回风，形成抛物线型的气流组织。送风口采用温控条形喷射风口，风口距离本层地面5.5m。

为验证此送回风方式的空调效果，对调度大厅进行了气流组织模拟计算，将冷热负荷、大屏发热量、送风口风量、风速等参数作为边界条件，输入计算模型，通过计算空间内温度分布、速度分布等得出PMV、PPD等指标，如图2和图3所示。经过对舒适度、人员不满意率进行分析，此送回风方式能达到设计目的，具有较高的舒适度，不满意率较低。

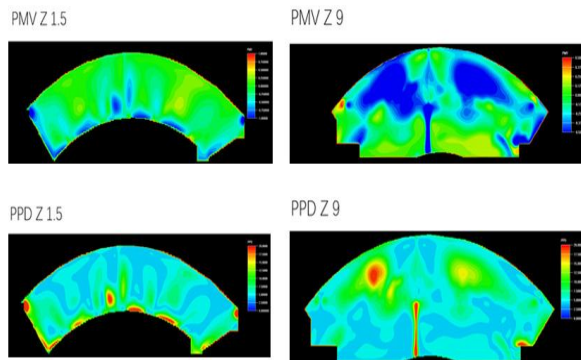
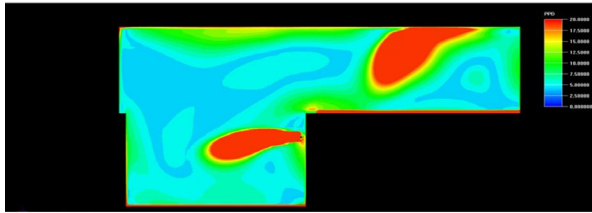


图2 人员活动区1.5m处PMV和PPD

PPD Y 52



PMV Y 52

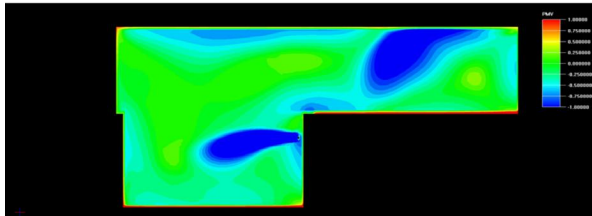


图3 中间剖面区域 PMV 和 PPD

7 结语

综上所述,本工程根据建筑特点、使用功能等实际情况,暖通设计在满足控制中心功能需求的前提下,以实现安

全、节能、经济、合理为设计目标,通过选择合适的暖通空调方式满足不同功能区域的需求。设计过程中不断学习新的知识,也为将来其他项目的设计积累了经验。

①冷热源设计应根据建筑使用功能、周边市政条件及当地优惠政策等选择最合理的方式。

②超高层建筑空调水系统竖向分区方案需根据工程具体情况,并结合相关标准、施工及运行管理水平,经技术、经济比较后确定。

③数据机房空调系统应按相关规范,采用合理的空调形式以满足工艺专业要求。

④高大空间空调系统设计时可通过气流组织模拟验证系统合理性及空调效果。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准.GB 50736—2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].
- [2] 张铁辉,赵伟.超高层建筑空调水系统竖向分区研究[J].暖通空调,2014(8):44.
- [3] 丁学贵,贺德军,尹诚刚.超高层建筑空调水系统竖向分区分析[J].建筑热能通风空调,2018,37(7):5.