

# 地铁控制中心暖通空调设计研究

杨超

中铁大桥勘测设计院集团有限公司

**摘要:**当前我国城市化进程的不断加快,原有的城市道路及公共交通无法满足日益增长的客运量需要,极大促进了城市轨道交通项目工程的进一步发展,作业规模不断扩张。由此,本文从地铁控制中心暖通空调设计概述入手,以某高大空间调度大厅为例,从空调多冷热源组合选择方式、电子信息机房空调系统分析、调度大厅空调系统以及相关节能设计工作三方面进行设计、分析,以期有效缓解城市公共交通运营压力,进而满足群众的出行需要、促进社会经济的快速发展。

**关键词:**地铁;控制中心;暖通空调设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.080

**引言:**地铁控制中心是城市轨道交通建设的重要组成部分之一,对维持整个线路运营及网络规划起到举足轻重的作用,而暖通空调的设计实际上就是为各类精密设备的有序运行提供较为良好的环境,优化相关人员的工作环境。但从实际情况进行分析,在暖通空调的运行期间,常出现能源损耗、温湿度控制不到位、不满足机械设备及工作人员对环境的要求等问题,由此,相关人员就需要开展深入的调查研究,保证控制中心暖通空调的节能、安全运行,并为后续的工程作业打下良好基础。

## 一、地铁控制中心暖通空调设计概述

地铁控制中心是我国城市轨道交通的关键枢纽,是线路运营的核心环节以及调控中心。从实际情况进行分析,一个城市建立的地铁控制中心通常不会超过4座,且具有极强的技能性、专业性,同时也需要兼顾轨道交通项目的需要,满足人防教育、信息机房、培训管理等方面的要求,因此也具有一定的综合性特质。

从现阶段我国的地铁控制中心暖通空调系统运作来看,其冷热源选择、信息机房空调配置、调度大厅气流组织等方面基本满足现有使用需要,但在系统优化、节能运行等方面仍存在诸多问题,需要引起相关部门及人员的重视。

## 二、工程概述

本工程主要以北方某高大空间调度大厅为例进行分析,棚顶至地面净高约7.2m,长度约为13.5m,宽度约为23.6m,为4条线路的控制调度中心,主要由指挥中心TCC、票务清算中心ACC、线路控制中心OCC三方面构成,包含地下3层,地上12层,具有功能及设备复杂、工作环境要求较高等特点<sup>[1]</sup>。

## 三、空调多冷热源组合选择方式

### (一) 原则

地铁控制中心的暖通空调系统可依据使用需要进行

分类,一是中央空调系统用房冷热源,可利用新风系统为设备用房、配套用房、调度大厅、办公室、餐厅提供冷热源。二是工艺系统设备用房冷热源,可为设备机房、网管室、电源室等提供冷热源。在实际的地铁控制中心内,信息中心设备及电源室、线路中心设备室及电源室、线路综合设计室等属于B级机房,需要使用新风系统-精密空调的设计方法,而线路门禁授权室、线路运行编辑室及各类中心办公室均属于C级房间,可利用多联机空调系统进行控制。培训教室、会议室、资料室等属于舒适空调房间,可采用集中冷热源-全空气或风机盘管-新风系统的方式对其温湿度进行控制。在实际空调设计期间需要依据不同的使用需要有针对性地开展作业,具体工作原则如下:第一,拉低能源,提高利用梯度,采用各类可再生能源,避免出现环境污染以及能源消耗,或充分发挥城市或区域热网优势,利用燃气热水锅炉、冷水机组等提升其经济性。第二,天然气供应充足的地区可利用分布式CCHP技术、溴化锂机组等进行供热、制冷;工艺房间可利用空气源热泵或蒸发冷却空调系统维持室内环境。第三,考虑电价在不同时期的价格进行“削峰填谷”,实现资源的有效节约。

### (二) 施工方案

综合本工程中城市轨道交通地铁控制中心的实际使用需要,不同的功能房间需要设计不同的冷热源组合方案,主要的设计方案如下:第一,水源热泵冷水机组,第二,以燃油、燃气溴化锂为原料的吸收式冷热水机组,第三,集中热网-蒸汽双效溴化锂吸收式冷水机组或风冷冷水机组,第四,燃气热水锅炉-水或风冷冷水机组<sup>[2]</sup>。

## 四、电子信息机房空调系统分析

### (一) 特点

影响电子机房环境的主要因素有湿度、温度、噪声、新风量等,不同设备的房间具有不同的使用需要。对于地铁控制中心的电子机房而言,对于空气清洁性、磁场、温湿度等要求较高,因尽量保证房间内空气温度的均匀性,并利用机柜送风排热的方式减少能源损耗,以设备制冷为主,科学控制气流,保证冷热通道彼此相互独立,改变设备局部过热等问题。电子信息机房的空调系统设计特点如下。一是显热量大、潜热量小,二是风量大、焓差小,三是洁净度要求高,四是不间断、常年启用。

### (二) 设计要求

依据相关规定,电子信息机房可引进全新的无人基站空调系统,采用1+N的设备设计方式。各房间在依据远近设计空调线路时应保证其新风系统的相对独立性,

且具有一定的高效过滤能力。在确定空调新风量时，可依据人员进入量进行合理调节，需保证无人时进风量在 $40\text{m}^3/\text{h}$ ，且室内需要始终维持正压新风量。具体的设计要求如下。第一，引进远程监控，及时反馈故障问题。第二，设计挡水坝防止房间渗水，并加装配套报警系统，使其接入楼宇控制系统中。第三，引进智能化控制机制，对作业状态、文件管理等进行精确管理。第四，明确显示工作状态、温湿度、压力等数值，并在超过额定限值时及时报警。

### （三）气流形式

#### 1. 上送风

上送风可分为无管及有管两类，其中无管更适用于面积较小的电子信息机房。空气可从上方进入房间并形成循环，下方则需要布置无管顶板，水平距离应保持 $10\text{m}$ 左右，且会受到室内各类设备、装置的影响，造成气流的不流通，因此机房温度并不均匀。有风管的进风距离约为 $15\text{--}20\text{m}$ ，且回风易被接收。为保证空气流通性，需保证房间净高在 $4\text{m}$ 以上，且从房间上方进风。实际施工时，可使用鼓风机提高送风距离。在对空间较大的机房进行送风时，可利用风道式空调延长管道提高送风效率及覆盖面积。在利用上送风方式进行作业时，精密空调的下方可加装冷凝排水管及加湿供水管，可在发生漏水问题时立即开展有效的应对措施，便于水分的排出，保证房间的清洁性。

#### 2. 下送风

下送风主要用于铺设了静电地板的房间，地板高度在 $0.3\text{--}1\text{m}$ 之间。下送风机组常安装在机柜附近，可直接进入机柜进行冷却降温，但其缺点在于极易造成地板积灰，不易清洁，且由于地下管线复杂将导致空气流通性受阻，部分区域的冷热空间无法得到有效控制。

### （四）实际送风方式

本工程中主要使用架空地板下送风的作业形式完成供暖制冷，主要使用优势如下。第一，送风效果好，无冷热混合。第二，调节方面，满足不同机柜的使用需要。第三，便于施工，无需定制。具体的送风模式有以下三种，一是地板下送风，自然回风。二是地板下送风，吊顶上回风，需在热通道内加装回风口。三是地板下送风，风管上回风，需在热通道内加装回风口。

### （五）精确送风方式

精密空调可利用调风口或风道，直接对机柜送风，冷却机柜架，当冷空气流出柜体后可将热量带出柜体，并进入房间。此方式与传统通风方式相比具有一定的针对性，可有效防止出现局部热点、空气冷却等问题，提高空气的循环效率。空调送、回风系统主要分为以下几种方式。首先为前送风式，就是将冷空气利用分支管道直接送至机柜前，形成独立的冷隔离通路，提升其有效利用率，保证良好的散热效果。其次，后回风时，需要拆卸机柜后门，并加装热空气回收装置，保证热空气排放到各房间空调中，确保冷热隔离。再次，冷风隔离主要可用于较低的送风方式，在电子信息机房内机柜背靠

墙体的区域形成机柜冷空气隔离区，并在机柜下方利用供气管实现冷热空气的充分隔离。最后，热风隔离，与冷风隔离的原理类似。

### （六）节能措施

一方面，保证送风温度的适宜性，可依据不同电气设备的实际使用需要，有针对性地对机房温度进行相应调整，同时参考实际机房大小，确定具体的送风方案。在暖通空调开启后，需保证冷风通道完全关闭，可为电子信息机房设备提供可靠的运营环境，有效降低室内的评价数据中心能源效率指标，起到节能减排的作用。另一方面，以冷通道关闭为基础创建良好的电子信息系统运行环境，保证室内温度均匀分布，优化气流组织，保证冷热气流的相互独立。

### （七）提高送风率措施

#### 1. 送风侧

首先利用EC风机，可全年不间断对设备进行送风，其使用优势在于功率低、投入少且成效显著，运维工作量大。其次，安装倒流设备，提升送风效率，有效减少空气流通阻力。再次，增加送风装置，保证整个制冷系统效率。最后，保证送风温差，减少风量，进而有效降低送风机的能源消耗。

#### 2. 机柜侧

一方面加设导盲板，避免机柜内部冷热气流混合，降低空控温质量。另一方面，封闭冷热通道，提升机柜部分送风质量，可有效提高送风温度并减少风量。

#### 3. 回风侧

一是加装回风吊顶或回风风管，达到优化气流组织、减少回风空间的目的。二是保证回风区的合理布局，落实综合管路，以提高回风温度并减少回风阻力<sup>[3]</sup>。

## 五、调度大厅空调系统

### （一）系统设计

调度大厅空调系统，可分为一次回风全空气变风量系统及一次回风全空气定风量系统两种形式，主要以侧送下回或上送侧回的气流组织形式保证空气的有效循环，此时可在大厅两侧及架空地板下加装旋流风口或温控防结露散流器保证气流的有序流通，有效减少室内噪声。本工程中，为保证调度工作人员的工作舒适性以及设备的有序运作，可以线路为主要单位，实现分区域、有针对性地调节大厅温湿度。受到建筑本身结构的限制，技术人员主要采用侧送下回的方式进行作业，大厅空调系统采用了一次回风全空气变风量，技术人员可选择组合式变频空气处理机组，并在送风支管上加装VAV-BOX设备，可对不同区域的送风需要进行针对性控制。送风口则应引进温差调节装置自动改变风口角度，保证其满足气流分布需要。当需要改变风口形状时，需要对气流组织进行核验，并单独设计新风机组，同时也应当注意在冬春、夏秋季节交替时期做好相应的调整，保证在节能的同时满足地铁控制中心调度大厅工作人员的需要，避免温差变化较大影响暖通空调系统运行质量。

### (二) 大屏幕检修通道空调系统设计

从调度大厅的屏幕显示系统进行分析, 保证其有序运作的最佳温度区间为20-27℃, 显示墙面与显示屏之间的温差应保证在5℃以内, 且整个大厅内空气洁净度在10万级以上, 空气含水量在80%以下。本工程使用的大屏幕长约36cm, 宽约12cm, 指挥中心TCC、票务清算中心ACC、线路控制中心OCC的屏幕共有48个显示屏, 各显示单元工作可产生100W的热量。大屏幕及大屏幕柜共有服务器约28台, 各服务器工作可产生80W的热量, 由此维护通道内存在工作余热, 需要及时进行冷却, 满足多联机空调系统在冬季制热、夏季制冷的需要。在大屏幕检修通道开启时, 由于大屏一侧为检修通道, 一侧为调度大厅, 因此其空调风量较大, 因此除了需要考虑多联机空调系统也需要关注空调风量系统, 相关人员需要控制好大屏幕两侧温度差及风压。另外, 也可积极引进直流式通风系统, 可实现节能降耗的目的<sup>[4]</sup>。

## 六、节能安全设计

### (一) 控制技术参数

控制技术参数将直接影响各机房、办公室、调度大厅的温湿度、空气流通等因素。在人员活动、设备运行期间, 会产生大量的热量, 且随着人员的移动会出现一定的变化。在设计地铁控制中心暖通空调的参数时, 需要充分考量可能会影响空调通风质量的各项因素, 保证地铁控制中心暖通空调可满足预定的使用需要, 同时也不会造成不必要的资源浪费。相关技术人员可利用仿真模拟计算的方式保证设计系统的科学性, 确保地铁控制中心暖通空调系统可带走多余热量并提高送风能力, 实现地铁控制中心的气流流通。

### (二) 引进变频技术

输配系统承担着将空调产生的冷暖气传输至指定区域的职责。在实际的暖通空调运作期间, 风机及水泵的能源消耗量是最大的, 可占整体能源的6-7成。为降低高耗能环节的能源使用量, 相关技术人员可将水泵、风机进行合理改造, 并利用变频技术突破传统技术的约束, 提高各空调装置设备的自适应能力, 综合各项参数进行合理调控, 严禁出现能源浪费的问题。

### (三) 减少动力能耗

暖通空调的输送系统耗能占比也相对较大, 由此就需要有针对性地进行完善升级, 积极融入全新的节能环保理念, 减少不必要的能源消耗。第一, 在合理的范围内提高空调冷冻水系统作业温差, 防止在实际使用期间产生较大的耗能。第二, 保证管路系统流速与设备消耗功率之间的差异性, 并完善可降低流速的方式, 进而控制能源消耗量, 达到节能效果。第三, 优先选择运输效率较高的介质。相较于空气传输方式, 水传输方式对能源的消耗量更低, 且管道之间也可适当减小, 实现空间资源的节约, 为后续其他装置的使用、安装提供便利。技术人员需要对流速及管道尺寸进行明确规定, 将能源损耗量控制在可接受的范围内, 并及时对水管、风管进

行处理, 提升其防潮性、保温性, 应注意尽量选择全新的绿色环保材料。

### (四) 引进BIM技术

BIM技术在地铁控制中心暖通空调的广泛应用, 可帮助相关技术人员以在线建模、调整参数的方式对暖通空调系统的设计方案进行优化, 探寻主要的耗能环节, 进而保障节能成效。同时BIM技术也可以对地铁控制中心暖通空调的实际运行质量进行评价, 对实际节能成效进行定量分析, 为后续制定针对性节能环保策略提供有效参考。

### (五) 设计火灾烟气控制

地铁作为保障广大群众正常出行的重要交通工具, 在控制中心实际开展运营调度工作期间, 需要充分参考行进路线、停站时间、人流量等各类因素, 同时也需要考虑地铁控制中心的设备使用及员工生命安全, 避免发生较为严重的财产、安全事故。在设计地铁控制中心暖通空调时, 需要充分考虑极易发生的各类安全隐患问题, 如火灾等。由此相关人员就需要设计火灾烟气控制体系, 做好防火排烟工作。可从地铁控制中心的建设特点出发, 有针对性地设计应急处理方案, 设计设备区及公共区两个不同的防火区域。为提升地铁控制中心的防火性能, 可充分发挥暖通空调系统的优势, 加装烟雾感应设备, 对突发火灾问题的区域进行及时排烟及应急处理, 保证精密设备的安全性, 避免火灾对其造成损害, 影响其后续的使用。公共区域则需要以暖通空调为主, 设计排风/火灾排烟联动作业方案。在发生火灾的第一时间, 大部分设备需要在条件允许的情况下停工, 重点保留排烟系统, 保证排烟工作质量, 并利用各类风机设备提高排烟速率<sup>[5]</sup>。

结论: 综上所述, 地铁控制中心作为保障我国城市轨道交通运行质量的重要关节, 承担着设备监控、客运管理、电力供给、票务服务、列车运行、电力供给等任务, 是公共交通重要通讯枢纽, 也是数据信息的交换、集散、共享空间。由此, 在当前我国地下轨道交通蓬勃发展的背景下, 相关技术人员需要充分利用现有的各类资源, 创新全新的工程技术手段, 保证地铁控制中心暖通空调系统的有序运作, 使其朝着节能、实用的方向发展, 为广大群众提供更加高效、便捷、舒适的出行服务。

## 参考文献

- [1] 陈华强. 地铁工程中暖通空调中通风与防排烟施工质量分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2020(08): 42.
- [2] 董玉静. 地铁暖通空调系统设计关键问题分析[J]. 建材与装饰, 2019(31): 254-255.
- [3] 梁汶钊. 地铁暖通空调施工安装中的难点分析[J]. 建材与装饰, 2019(20): 231-232.
- [4] 严红霞. 地铁工程设计阶段造价控制措施分析[J]. 时代汽车, 2021(19): 15-16.