

铁路建筑

铁路建筑暖通空调 设计综述

铁道第三勘察设计院集团有限公司 朱建章[☆] 黄保民 孙兆军 邹志胜 张亚静 程雅丽

摘要 选择铁路建筑中具有代表性的三类建筑,即公共建筑中的铁路客站、工业建筑中的动车段及数据中心,对其暖通空调系统的使用特点及冷热源形式、空调形式等进行了总结和分

关键词 铁路客站 动车段 数据中心 供暖 通风 空调

Review of HVAC system design of railway buildings

By Zhu Jianzhang[★], Huang Baomin, Sun Zhaojun, Zou Zhisheng, Zhang Yajing and Cheng Yali

Abstract Selecting three representative railway buildings—railway passenger stations of public buildings, high-speed train segment of industrial buildings and data centers, summarizes and analyses the application characteristics of HVAC systems, the forms of cold and heat sources and air conditioning, and puts forward the questions existed. Presents some engineering examples.

Keywords railway passenger station, high-speed train segment, data center, heating, ventilation, air conditioning

① ★ The Third Railway Survey Design Institute Corporation, Tianjin, China



朱建章

主要设计项目

- 北京南站站房
- 天津站站房
- 上海虹桥站站房
- 天津西站站房
- 德黑兰地铁4号线

0 引言

铁路建筑空前发展和节能减排政策不断深入,给暖通空调专业带来了前所未有的机遇和挑战。目前新一代铁路综合交通枢纽建设正进入高潮,规划建设中的大、中、小型铁路站房数量总计近千个,同时动车组检修基地、大功率机车检修基地、配餐基地和数据中心等大型项目也在加紧建设。绿色铁路、绿色站房等建设理念深入人心。这些建设项目和理念无疑为铁路暖通空调设计者、建设者提供了巨大的舞台。

铁路建筑房屋类型众多,大体分为生产、办公、

生产附属和生活用房,包括客运、货运和装卸、运转、电务、工务、牵引供电、机务、车辆、水电、公安、桥梁守护、军运等用房。

笔者选择铁路建筑中具有代表性的三类建筑——公共建筑中的铁路客站、工业建筑中的动车段及数据中心,对其暖通空调系统进行介绍、分析并提出问题,旨在为广大同行提供必要的信息,期望得到广大同行指正,并共同努力使铁路建筑暖通空调系统设计更加合理和优化,为后续铁路建设作出更大贡献。

1 铁路客站暖通空调设计

近些年相继建成了很多大、中、小型铁路客站,铁路系统内外的各设计院在暖通空调系统形式和节能方面进行了多种尝试,拉萨火车站太阳能供暖

①☆ 朱建章,男,1959年6月生,大学,教授级高级工程师
300251 天津市河北区金沙江路33号增1号铁三院
(022) 26178225
E-mail: zhujianzhang@tsdig.com
收稿日期:2010-03-17
修回日期:2010-04-06

系统就是典型范例。

1.1 建筑概况

1.1.1 建筑平面

铁路客站一般由旅客用房(候车室等)、业务用房(售票厅等)、管理用房(调度室等)、行政用房(办公室等)、商业用房和众多的通道组成。大型铁路客站一般由高架、地面和地下 3 个基本层组成,高架层主要功能为候车,地面层主要功能为站台和进站,地下层主要功能为出站。中、小型铁路客站以侧式站房形式为多,一般中央为候车区,两侧为机电设备机房、办公用房等。

1.1.2 空间特点

铁路客站一般具有空间高大、通透性要求高和各种空间的连通性强等特点。为满足使用功能和建筑美观要求,往往不能在各空间之间采取物理隔断,也很难有必要的空间过渡,导致各种使用空间互相连通,甚至与室外空间直接连通。同时,大量使用玻璃等透明材料来满足通透性要求。

1.1.3 使用特点

铁路站房的使用特点之一是使用率非常高、具有很大的社会影响力。人员聚集密度及波动性大,特别是在重大节日期间。

铁路站房大门经常开启甚至无法关闭是又一个非常重要的使用特点,各车次间隔时间短、人员进出站持续时间长,候车厅到站台的检票门的使用特点决定了无法设置门斗,即使设置了门斗也无法起到作用。

1.2 负荷特点

1.2.1 围护结构

围护结构传热负荷所占比例较小,由于玻璃等通透材料使用较多,虽然雨棚及大尺度挑出屋檐使窗户遮阳性好,对减少辐射冷负荷有利,但透过屋面大面积玻璃的太阳辐射影响严重,需要强化玻璃性能并充分考虑夏季太阳辐射对人员舒适性的影响。

1.2.2 人员数量

人员密集且波动性大,同时最大停留人数和波动规律对负荷及运行影响较大,目前多采用建筑专业提供的客流模拟数据进行分析确定,或采用车站最高聚集人数在各区域进行分配估算。随着候车方式由等候为主向通过为主的转变,同时最大停留人数和波动规律需要进一步深化研究。

1.2.3 内外风量交换

高架候车厅与站台直接相连,外门数量多,检票时长时间开启,尤其是两侧正对门同时开启,侵入负荷大,甚至可能形成过堂风。另外高架候车厅两端一般有很大的上下相连的共享空间,也容易形成很大的侵入负荷。

1.3 冷热源

特大型铁路站房冷热源能耗所占比例较大,是暖通空调系统设计中的重点环节。一般只有夏季供冷需求时,优先采用电制冷;同时有供热需求时,原则上冷热源形式应根据建筑物所在地区周边能源结构、价格政策、环保要求、地质情况和当地气候特点综合比较确定。常用能源形式的正确、合理使用非常重要,多种能源的合理结合具有很大节能潜力。

1.3.1 使用市政热网

利用市政热网供暖简单可靠,在价格合理的情况下应优先采用。有些城市热网的接口费和运行费必须完全按照建筑面积和层高计算,不仅费用高,而且不能对节能运行起到鼓励作用,应积极推行按用热量收费政策。

市政热网为蒸汽或高温水时,如直接换热成 50℃ 左右的水进行供暖存在不可逆损失。如果有利用低品位热源的条件,采用蒸汽或热水型溴化锂吸收机,利用高温水作为动力提取低品位热源的热量进行供热,在不增加能耗的情况下实现多供热的目的,无疑是一种有效可行的节能方式。

1.3.2 使用天然气能源

天然气是有限的高品位能源,应该得到最合理的利用,直接燃烧供热和供冷应该说不是最有效的利用方式。天然气用于大型联合循环发电从能源利用方面看是非常合理的,但由于众多原因目前也只是应用于少量天然气调峰电厂,绝大部分还是用于直燃供热,造成电网和气网季节性不平衡严重。小型热电冷三联供作为分布式能源的一种形式目前在特大型铁路站房中有发展空间和应用必要性,尤其是在以热负荷为主的北方地区,是高效利用天然气的途径之一。要充分实现热电冷三联供系统节能、环保和经济运行,解决自发电的并网问题是必须的基本条件。

1.3.3 使用热泵

热泵是唯一能效可以大于 1 的节能设备,在大型铁路客站中污水源热泵和地埋管地源热泵都得到了应用。中、小型铁路客站目前广泛使用空气源

和地埋管地源热泵,最直接的原因是新建中、小型铁路客站选址大多偏僻,无市政热网、无燃气管网,煤、油、电等能源因各种政策也不能使用,从某种程度上讲,地埋管地源热泵系统是唯—相对具有可操作性、相对合理并完全符合各种政策的系统。

1.4 空调系统

1.4.1 候车高大空间

一般采用一次回风全空气系统。冬季供暖优先采用低温地板辐射系统。

特大型高架车站要求风管不能垂直穿越站台,组合式空调机组一般设置在高架上部或下部夹层内,中、小型侧式站的组合式空调机组一般设置在两端设备夹层。

送风口位置、风口形式等会影响空间建筑的整体效果,送风方式大多采用喷口送风,特大型高架车站采用双侧喷口送风仍不能合理保证中央区域的环境参数时,可以采用与下站台楼梯有机结合设置送风喷口等方式解决,一般不单独设置风柱。中、小型侧式站大多采用两端送风、中间利用门斗上部设置小型机组喷口送风方式。

1.4.2 工艺设备用房

考虑到可靠性和使用特性,一般采用独立系统,按工艺要求分别采用机房专用空调或多联机,设备容量考虑适当冗余,并根据工程情况考虑采取保证冬季运行环境满足工艺要求的措施。

1.4.3 贵宾室及售票室

考虑到其使用特性和特殊要求,一般采用多联机等独立系统,或在常规系统基础上增设独立系统。贵宾室对风口的隐蔽性要求严格,应尽量避免采用吊顶下送风形式。

1.4.4 通廊

特大型站房地下通廊与站台直接相连,作为通道和不封闭空间,一般不设置供暖和空调系统。

1.4.5 商业用房

目前商业用房大多为预留,需要后期招商后才能确定准确的使用功能和维护形式,因此其空调系统形式需要有比较广泛的适用性。一般采取按最不利使用情况给商业用房预留冷水和送、排风(烟)通道条件。

1.5 热点问题讨论

1.5.1 地埋管地源热泵

地埋管地源热泵的地埋管换热器的两个最主

要的影响因素是水文地质条件和系统运行条件,铁路系统使用地埋管地源热泵具有如下特点:

地域分布广泛,地质情况千差万别,大多无法参考已有工程,很难在确定暖通空调方案阶段充分搞清水文地质条件和系统运行条件,同时由于地埋管换热器本身计算方法的复杂性,存在后期设计方案进行大的调整和不可实施的风险。

铁路站台为地埋管换热器提供了一种场地选择,最大优点是可以解决地埋管占地大的问题,并且用地性质变化的可能性小,缺点是水平管长度大,水泵的能耗相对高。地埋管在站台的布置特点使地埋管换热器的性能与常规布置时有所不同。

使用地埋管地源热泵的关键问题是解决热源问题,由于缺少辅助热源,很多情况下地埋管换热器按满足供暖用热要求进行选择,与常规系统相比在一些地区经济效益不突出。

在目前情况下,进一步深入研究铁路地埋管地源热泵各阶段分步环节控制的同时,使用燃油锅炉作为辅助热源不失为一种简易、合理和可行的工程措施。燃油锅炉作为辅助热源只在峰值负荷时使用,运行时间短;可以削弱各种复杂的不定因素的影响,提高系统可靠性;随着车站周边经济迅速发展,不长时期内就可以通过简单调整,用燃气或市政热源替代燃油锅炉作为辅助热源。

1.5.2 候车空间气流组织和空调机房

特大型高架站房气流组织的难点在于候车空间高度和宽度大且中间一马平川,使得常规空调送风设施无法隐蔽设置,影响建筑整体效果。冬季供暖推荐采用地板辐射供暖方式,夏季目前使用结合中间下站台楼梯设置分层空调的最多,这是一种比较理想的方式。对于外墙两侧设置下站台楼梯或送风对吹距离大于 60 m 的情况,可辅助其他方式解决,例如天津站采用了结合独立除湿的地板供冷系统,不仅可以减少空调机组风机能耗,还可以有效地吸收透过中央玻璃屋面的大量太阳直射辐射热,有理由说地板供冷方式在高大候车厅中是很有发展空间的一种节能、经济的空调方式。另一种有效、节能的辅助方式是结合旅客座椅送风,但由于新型站房座椅是在工程完工后设置,位置灵活、很难确定,导致预留风道存在困难,尚没有工程应用。

特大型高架站房的空调机房,设置在高架下夹层内时,缺点是提高了高架地面标高,综合代价大,

同时安装、检修困难;设置在高架上机房内时,缺点是占据有效使用空间。综合考虑机房占地、能耗、对土建投资影响、运行维护、运行成本等方面因素,采用一体化送风单元具有一定的可行性和优势。一体化送风单元是指由改进的立式空调机组和消火栓、地板供暖分集水器、指示屏等组合成的单元,立式空调机组直接设置在高架站房地面,风机风压减小,运行更加节能,还具有不占用机房面积、经济、便于维修等诸多优点。在满足建筑整体效果的前提下,不断研制和改善设备,不失为一种可以尝试的方式。

1.5.3 渗透风与新风

在影响建筑热环境的众多因素中,室内外空气交换对室内环境的影响是直接和瞬时的。由于渗透问题的复杂性,目前对高大空间渗透风的认识更多地是来自定性分析,设计人员无法准确确定渗透风对建筑内环境的影响程度。大型铁路客站高架下站台楼梯无法设置门斗,空气幕设置也比较困难,因此渗透风的影响就更为突出。

笔者与清华大学合作采用多区域网络模型 CONTAMW 对天津站候车大厅进行了模拟(见图 1,2),结果显示夏季大多数情况下渗透风量为 $150\,000\text{ m}^3/\text{h}$,与设计新风量基本相当,而最大值接近 $300\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。

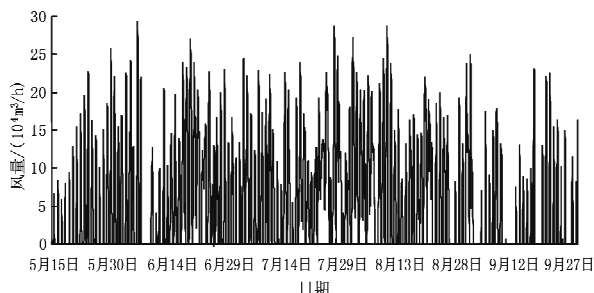


图 1 夏季 2 层大厅渗透风量(未加风幕)

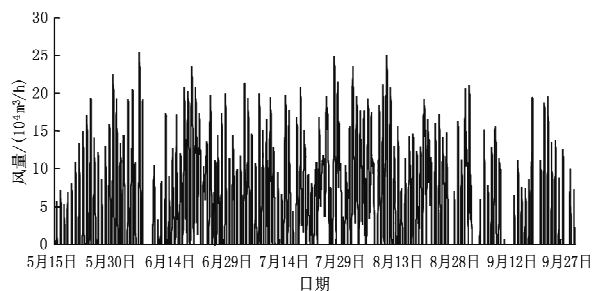


图 2 夏季 2 层大厅渗透风量(加风幕)

这些进入建筑物的渗透风中有多大比例进入人员活动的区域(2 m 以下高度的空间),新风量与

渗透风量是怎样的抑扬关系,目前尚没有结论。这些问题的理清,无疑会对候车厅新风供给量、供给区域等问题的合理解决提供有力支持,经济效益和节能意义非常重大。

1.6 工程实践

1.6.1 北京南站

北京南站主要功能区建筑面积约为 22 万 m^2 ,最高聚集人数约为 $10\,000$ 人,2008 年 8 月开通使用。夏季空调最大冷负荷为 12.5 MW ,冬季空调最大热负荷为 12 MW ,相关变压器总容量为 18.4 MW 。采用热电冷三联供+污水源热泵系统,末端为组合式空调机组和风机盘管。北京南站冷热源系统示意图见图 3。

1.6.2 天津站

天津站总建筑面积为 $87\,000\text{ m}^2$,最高聚集人数约为 $7\,000$ 人,2008 年 8 月开通使用。夏季空调最大冷负荷为 $9\,087\text{ kW}$,潜热负荷最大值为 $3\,600\text{ kW}$,显热负荷最大值为 $5\,900\text{ kW}$;冬季空调最大热负荷为 $8\,500\text{ kW}$ 。采用温湿度独立控制空调系统。高架候车厅夏季采用溶液除湿+组合式空调机组+地板辐射系统,利用电厂废热进行除湿溶液再生。办公区采用热泵溶液除湿+风机盘管系统。

1.6.3 虹桥站

虹桥站总建筑面积为 24.2 万 m^2 ,最高聚集人数约为 $10\,000$ 人,预计 2010 年开通使用。夏季空调最大冷负荷为 20.64 MW ,冬季空调最大热负荷为 7.03 MW 。采用离心式冷水机组+地源热泵机组,末端为组合式空调机组和风机盘管。虹桥站冷热源系统示意图见图 4。

2 铁路动车段供暖通风设计

2.1 建筑概况

2.1.1 平面特点

动车段中工艺用房一般由检修库、设备维修间、信号维修间、蓄电池间、给排水控制中心、备品存放间等组成,厂房一般为单层、多跨。

2.1.2 空间特点

空间高约 15 m ,每组轨道至少一侧设有双层钢筋混凝土平台,形成 3 层作业面,便于库内检查人员、设备及运输工具在相同的时间段内围绕整列动车组全方位地作业,每层作业面平台长约 400 m ,宽 3.3 m ,净空高约 2.5 m 。

2.1.3 使用特点

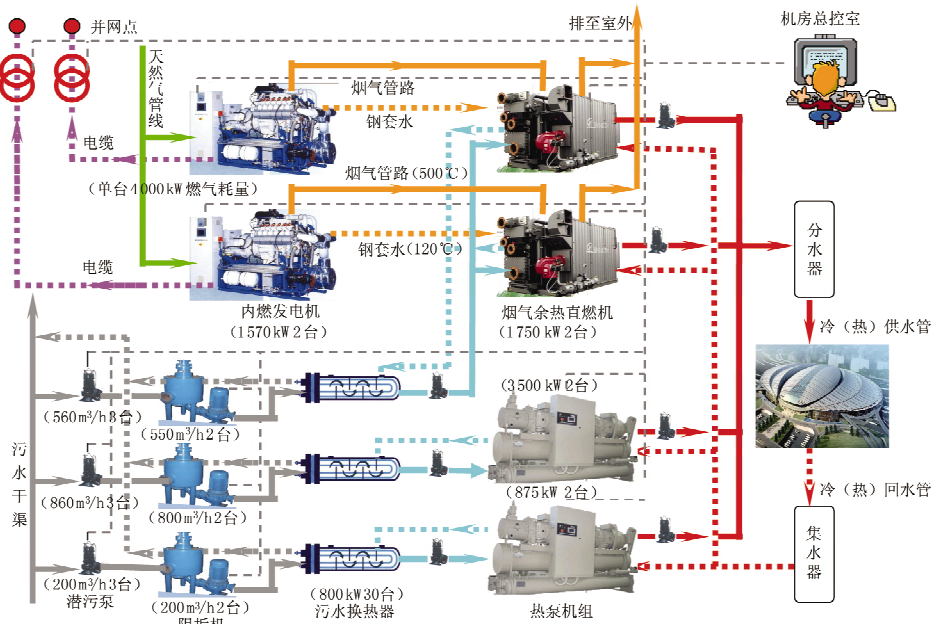


图3 北京南站冷热源系统示意图

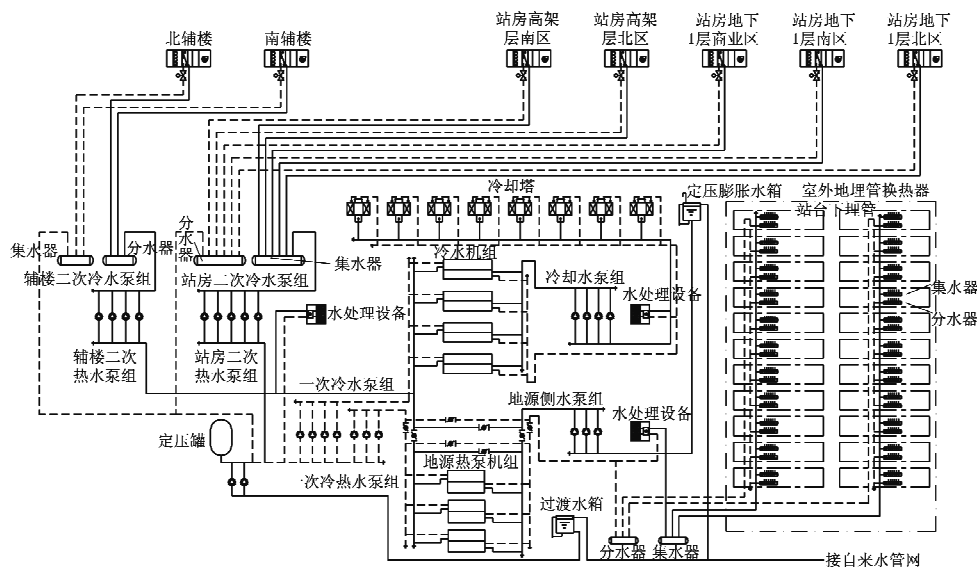


图4 虹桥站冷热源系统示意图

检修库内的主要作业为：少量的临修工作；利用夜间停车进行清洗和轮对检修；对动车组进行内、外部清洗；定期修理；更换转向架；其他特殊工作和系统的维护。

室内温度应根据工艺要求确定，无明确要求时一般采用值班供暖 5°C 、局部工作地点 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 负荷

2.2.1 没有明显的工艺和热物料热源

2.2.2 围护结构热负荷

工业建筑没有制定统一的节能标准，主要是依

靠企业自身节能的积极性和市场机制来调节，新型铁路工业建筑的围护结构得到了很大改善。

2.2.3 通风热负荷

设计人员计算的通风热负荷差别较大，如果通风系统主要是解决夏季温度过高的问题，不是解决污染物排除的问题，可不计算通风热负荷。否则应根据冬季通风运行情况，采用小时平均值计算通风热负荷。

2.2.4 大门冷风侵入

主要为列车进出大门处的冷风侵入，随着作业方

式的改变,大门开启较过去更加频繁,应设置空气幕。

2.2.5 列车冷车体

动车组车体结冰或较冷且频繁进入室内,应考虑一定量热负荷。

2.3 热源

一般采用燃煤或燃气热水锅炉供暖,另设锅炉解决工艺用汽和生活热水用热全年负荷。

2.4 供暖系统

根据工艺特点一般适合采用多元组合供暖系统,散热器和地板供暖作为基本配置,暖风机或燃气辐射设备作为负荷峰值时短时间开启运行的辅助系统。

2.4.1 散热器

只采用散热器供暖为主满足室温要求是简单有效的方式,应积极与建筑专业沟通,尽量多争取有效位置。很多设计院的做法是除了在周边外墙位置设置散热器外,还在两条检修沟中央、柱子之间设置散热器,只留出必要的穿行通道,但也有很多工艺和建筑专业人员不能接受这种方式。散热器供暖是基本的供暖配置方式,至少应达到 5℃ 的值班温度要求,否则实际运行会产生很多问题。

检修沟有人员作业,一般有温度要求,传统做法是沿沟侧壁设置光管或串片散热器,新的检修沟工艺要求空间更加紧凑,散热器设置更加困难。

2.4.2 热风供暖

严寒和寒冷地区很多情况是只采用散热器不能满足要求,大多需要另外设置暖风机。暖风机系统的散热方式属于对流换热,减小高大空间竖向温度梯度是减少能耗的关键,下面对两种形式的热风供暖能耗进行简单比较。

方案 1 是在距地面 5 m 高度安装侧吹暖风机,存在较大温度梯度;方案 2 是在顶棚下安装大空间供暖设备(简称下吹射流暖风机),可以减小温度梯度,还有系统简单、美观等优点。方案 2 是否节能要看是否满足如下不等式:

$$4\Delta N < \Delta Q \quad (1)$$

式中 4 为因数,是考虑电的品位高,按 $COP=4$ 选取的; ΔN 为下吹射流暖风机与侧吹暖风机的功率差值; ΔQ 为下吹射流暖风机与侧吹暖风机的热负荷差值。

某厂房建筑面积 46 000 m²,高度 15 m,安装侧吹暖风机时参考 GB 50019—2003《采暖通风与

空气调节设计规范》表 F.0.2,温度梯度取 0.5℃/m,单台功率取 0.35 kW;安装下吹射流暖风机时实测数据表明温度梯度为 0.2℃/m,单台功率取 0.69 kW。计算结果为 $\Delta Q=473$ kW, $\Delta N=25$ kW,满足式(1),采用方案 2 节能。

2.4.3 燃气辐射

燃气红外线辐射供暖能够直接将燃气燃烧后的热烟气送到辐射管道,产生辐射热为人体或物体供暖,没有中间转换环节;可以减小高大厂房内的竖向温度梯度;可以局部区域设置,实现为无隔墙厂房内不同区域提供不同的室内供暖条件;即时调节性好。这些性能都十分适合动车段厂库房工艺动态变化要求,也有一些实际工程应用,但对设计计算方法和效果仍然存在一定程度的疑问。燃气红外线辐射供暖是否节能也不能一概而论,采用燃气辐射由于提高了外围护结构内表面温度,加大了热损失;安装高度超过 6 m 后,每增高 0.3 m 辐射功率增加 1%。这些因素对节能和使用效果都有很大影响。

2.4.4 地板辐射

近些年的研究成果很好地解决了在厂库房地面荷载大的情况下地板辐射管被压坏的问题,地板辐射在一些动车段厂房中得到了应用。动车段厂房中地面有大量的设备和沟槽,可以设置地板供暖的一般为通道区域,恰恰通道区域是人员使用频率最高的区域,因此供暖效率更高。同时可以部分有效解决散热器设置位置不足的问题,取得了很好的使用和节能效果。某车库辐射供暖地板做法见图 5。

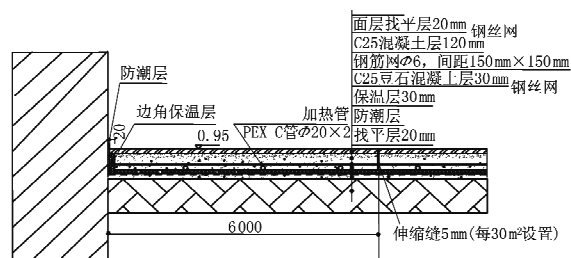


图 5 辐射供暖地板大样图

2.5 通风

2.5.1 自然通风

动车段厂房的工艺特点对自然通风设计有很大影响,目前都是建筑专业设置高窗,一般缺少深入的、有针对性的自然通风设计。

动车段厂房不属于热车间。一般厂房考虑风压作用时采取的措施是尽量使厂房纵向垂直于夏

季主导风向或与夏季主导风向有不小于 45° 的倾角,进风口对应内部贯通的穿堂风通道。但动车段厂房停靠的列车阻断了此方向的穿堂风通道,影响风压作用效果。

动车段厂房尤其是组合车库宽度大,考虑热压作用时,仅靠两侧外墙进风,即使设置了大面积的屋顶出风口,气流能达到的距离也很短,无法流经作业区,达不到提高作业区空气质量和改善作业区热环境的目的。因此不能盲目加大屋顶出风口面积,尤其是自然通风器数量。

应积极采用模拟计算手段指导和优化自然通风设计。

2.5.2 机械通风

高大空间内作业没有局部通风要求。全面通风的目的是提高作业区空气质量和改善作业区热环境,一般最大采用 0.5 h^{-1} 换气次数。实践证明,屋顶风机排风形式的全面通风对改善作业区热环境作用并不明显,目前大多配置移动风扇,使用灵活、作用明显、经济实用,负压风机配合湿帘降温系统也开始尝试使用。合理改善局部工作地点的热环境而不是全面降温是我们追求的目标。

2.6 问题讨论

2.6.1 列车融冰

列车融冰(雪)在国内动车段设计中尚未考虑,最近运输部门已提出了相关要求。一般铁路整备、维修一列列车在 $3\sim 4 \text{ h}$ 内完成就可以满足工艺要求,但动车组需要在 $40\sim 50 \text{ min}$ 内完成相应的整备、维修工作才能满足工艺要求。在北方地区,冬季列车在室外运行时,列车车体表面会有冰(雪)存在,进库后一般需要融化后才能进行技术作业,否则会影响技术作业和作业人员的热舒适性。一般的供暖系统难于满足快速融冰的工艺要求,需要设置专用的热风或其他系统对车体进行快速融雪、化冰。列车快速融冰有两种处理方式,即库外处理和库内处理。库外处理是在列车进入室内前一定距离内,对慢速行驶的车辆进行集中的大强度快速加热,进入库内时已完成车体融冰过程。库内处理是列车入库停车后,全方位加热融冰。

作为基础研究,笔者与解放军理工大学采用数值传热模拟技术对库内热风吹车融雪融冰过程进行预测,研究确定融化过程和加热至室温过程的速度和时间,见表 1、2。

表 1 回归整理的融化时间 T 与热流密度 q 的关系式

位置	冰层厚度 B/mm	融化时间回归计算式
车厢顶部	1	$T=7\ 678.88-42.93q+0.09q^2-6.98\times 10^{-5}q^3$
	2	$T=15\ 474.36-86.22q+0.19q^2-1.39\times 10^{-5}q^3$
	3	$T=23\ 463.79-131.05q+0.28q^2-2.13\times 10^{-4}q^3$
	4	$T=31\ 341.91-175.22q+0.38q^2-2.85\times 10^{-4}q^3$
	5	$T=39\ 085.45-218.04q+0.48q^2-3.54\times 10^{-4}q^3$

车厢底部及侧面 适用于不同厚度 $T=(6774.48-37.90q+0.08q^2-6.18\times 10^{-5}q^3)\times B$
注:回归计算式适用范围为 $100 \text{ W/m}^2 \leq q \leq 600 \text{ W/m}^2$ 。

表 2 回归整理的加热时间 T_1 与热流密度 q 的关系式

位置	加热时间回归计算式
车厢侧面和顶部	$T_1=4\ 211.242-17.326q+0.03q^2-1.621\times 10^{-5}q^3$
车厢底部	$T_1=89\ 588.55-414.77q+0.79q^2-5.22\times 10^{-4}q^3$

注:回归计算式适用范围为 $100 \text{ W/m}^2 \leq q \leq 600 \text{ W/m}^2$ 。

2.6.2 大门空气幕

动车段车库大门数量多、尺寸大并开启频繁,一般设置侧吹大门空气幕,由于是供列车进出的专用大门,与人员进出大门的空气幕冬季出风温度要满足人员舒适性要求不同,其空气幕可以不设加热盘管直接送室内等温风,并具有更好的节能性。大门空气幕的理想设计工况是完全阻隔室内外空气交换,实际空气幕效率在 $60\%\sim 80\%$ 之间,运行中不断有室外空气进入或室内空气流出,在室内空气流出状态下,等温空气幕热损失小。同时一般情况下各专业设施较多集中在门垛处,侧吹空气幕安装位置紧张,而等温空气幕尺寸小,无连接水管,可以有效解决安装困难问题。

2.7 工程实践

北京动车段占地 120 hm^2 ,2009 年 12 月开通使用。供暖热源由动车段内新建锅炉房提供 $95^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$ 热水,地板供暖热媒为 $55^\circ\text{C}/45^\circ\text{C}$ 热水。

检修库建筑面积 $86\ 500 \text{ m}^2$,总热负荷 $14\ 828 \text{ kW}$,采用散热器+热风系统;检查库建筑面积约为 $44\ 000 \text{ m}^2$,总热负荷为 $7\ 248 \text{ kW}$,采用散热器+地板辐射供暖+热风系统;转向架间建筑面积约为 $20\ 400 \text{ m}^2$,热负荷为 $14\ 828 \text{ kW}$,采用散热器+热风系统。

3 铁路数据中心暖通空调设计

3.1 建筑概况

数据中心主要由设备机房、调度大厅、生产作业用房和办公用房等组成,建筑面积和使用特点均以满足工艺要求为中心。内区布置的调度大厅净高 10 m ,面积约为 $4\ 000 \text{ m}^2$,设有超大显示屏和参观走廊。设备机房的使用特点是不间断连续运行,可靠性要求极高,远远超过铁路传统机房的技术要求。显示屏背面设置封闭检修空间。

3.2 调度大厅

3.2.1 系统形式

采用带全热回收的组合式空调机组全空气系统,冷水供回水温度 $7\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$,设置消毒和加湿功能,并考虑空调机组容量的适当备用,最小新风量 $50\text{ m}^3/(\text{人}\cdot\text{h})$,可实现全新风运行。

3.2.2 显示屏

弧形显示屏由于尺寸大(约 $120\text{ m}\times 10\text{ m}$),容易产生累计变形,对环境温、湿度要求高,同时对振动也有严格要求,空调机组等设备尽量不要设置在本层或尽量远离显示屏。单独采用一套精密空调系统保证显示屏附近环境温、湿度。

3.2.3 气流组织

显示屏前后均采用下部送风、上部回风方式,试图形成均匀的空气幕,与大厅环境隔开,保证显示屏前后、上下、左右温差尽量小。

调度大厅同样采用下送风方式,利用防静电地板与楼板之间的 $450\sim 1\,050\text{ mm}$ 阶梯状空间作为送风静压箱,满足业主送风与调度台方便结合的要求,同时满足高大空间节能和减小送风速度、降低噪声的要求。

3.3 工艺设备机房

3.3.1 系统形式

有冷水、冷却水和风冷等型式的精密空调系统。铁路大型数据中心一般不具备风冷室外机设置条件,冷水型系统的最大优势是冷水机组的 COP 高,在北方地区冬季可以充分利用冷却水供冷。考虑到工艺特征、备用及可靠性、控制灵活等因素,铁路数据中心多采用冷却水型精密空调系统。春、秋、冬季加大通风量,室外风经过滤后送入机房内调节环境温度,减少精密空调机运行台数和时间。

冷却水型精密空调设备容量需要考虑冗余,一般采用每组工艺设备房间备用 1 台的方式,即按照 $N+1$ 设计,按工艺设备房间分组自动轮值运行。冷却水系统考虑水质和冬季避免冒白烟,采用闭式冷却塔。

3.3.2 空调机房形式

设置封闭的专用空调机房,机房内设置集水池和排水系统,保证工艺机房内不敷设水管,最大程度减少水渍危害。

3.3.3 气流组织

按照冷、热通道分开的原则组织气流,设备机架采用“背对背、面对面”形式布置,形成冷、热通

道。冷通道设地板送风口,采用下走线方式,防静电地板高 850 mm ,地板下的空间用作空调系统送风静压箱。热通道上方吊顶均匀开口,吊顶与机房作为回风静压箱,空调机直接从机房回风。

3.4 生产办公用房

采用风机盘管加新风系统,在有供暖要求的地区,冬季供暖热源采用水环热泵机组集中回收工艺设备散热,不足时由市政热网补充。

3.5 工程实践

某数据中心建筑面积约为 $80\,000\text{ m}^2$,工艺设备机房的面积为 $10\,000\text{ m}^2$,精密空调系统冷负荷为 $4\,364\text{ kW}$,舒适性空调系统冷负荷为 $5\,972\text{ kW}$,热负荷为 $4\,470\text{ kW}$ 。

精密空调采用冷却水型系统,主机房温度 $(23\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $40\%\sim 55\%$ 。舒适性空调采用水环热泵机组,市政热网辅助。末端采用组合式空调机组和风机盘管。系统原理图见图 6。

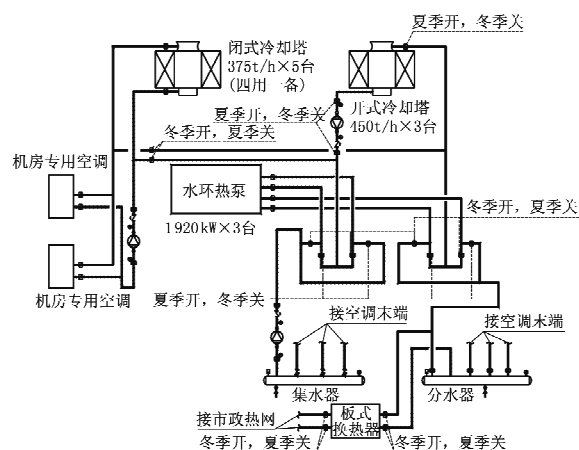


图 6 系统原理图

4 结语

铁路建筑在加速发展的同时通过不断总结得到完善。国内外很多设计院参加了铁路建筑工程的设计工作,大大促进了铁路建筑设计质量和水平的提高。目前很多有影响力的铁路建筑已建成使用,有经验也有教训,需要我们不断总结完善,把实现绿色铁路建筑的目标融入到设计实践中去。

参考文献:

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [2] 刁乃仁. 地埋管地源热泵技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006
- [3] 德华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 2009[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009