

5 结论

5.1 主动式冷梁的一次风设计风量应同时满足空调除湿、人员卫生以及冷梁一次诱导风量的要求,即取以上三项的最大值,这也是主动式冷梁一次风变风量控制的原则。对于主动式冷梁同一次风变风量复合系统,建议主动式冷梁及一次风风量实际选择时在设计计算值基础上考虑 10% 的裕量。

5.2 冷梁冷水的设计水温应综合考虑防结露控制及冷梁的单位制冷量。根据本项目的经验,建议冷梁冷水的供水温度控制在 $17\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$,供回水温差为 $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 主动式冷梁供暖时的设计供水温度应控制在

$45\text{ }^{\circ}\text{C}$,如采用超过 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的热水进行供暖,建议配合增加辐射面板或其他辐射供热措施。

5.4 冷梁冷水系统应充分利用冷却塔作为低温季节空调内区的冷源,可提高冷梁冷水系统的整体效率。

参考文献:

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国工业出版社,2008
- [2] REHVA. Chilled beam application guidebook[M]. Belgium: Federation of European Heating and Air-conditioning Associations,2004
- [3] 宋应乾,龙惟定,吴玉涛. 冷梁技术在办公建筑中的应用与设计[J]. 暖通空调,2010,40(11):52-56



主动式冷梁同一次风变风量复合系统设计应用

中国海诚工程科技股份有限公司 彭 昊[☆]

摘要 结合某研发中心项目对主动式冷梁水系统及冷梁一次风变风量系统的设计分别进行了介绍,分析总结了一次风风量的计算方法和复合系统的控制设计要点,并强调了冷梁区域的防结露控制。为充分发挥主动式冷梁系统和变风量系统各自的节能优势,同时确保复合系统运行可靠性,探讨了该复合系统的应用经验和设计优化措施,并对主动式冷梁一次风变风量设计、冷梁供冷/暖的水温设计和高温冷源提出了建议。

关键词 主动式冷梁 一次风变风量 复合系统 防结露控制 高温冷源

Combined system of active chilled beam and variable primary air volume

By Peng Hao[★]

Abstract Presents the chilled water system of active chilled beam and variable primary air volume system design in a R&D center project, summarizes the primary air volume calculation and key control point for the combined system, and emphasizes the condensation prevention control for the chilled beam area. To fully achieve energy-saving advantages of both active chilled beam system and variable air volume system and make sure operational reliability of the combined system, investigates the application experience and design optimization of the combined system, and gives some suggestions for the variable primary air volume, cooling/heating water temperature and high temperature cold source design for active chilled beam system.

Keywords active chilled beam, variable primary air volume, combined system, condensation prevention control, high temperature cold source

★ China Haisum Engineering Co., Ltd., Shanghai, China

①

0 引言

冷梁作为一种新型气-水系统的空调末端,最早在北欧一些国家使用,是在盘管内的水和管外空气之间的温差驱动下形成气流循环,通过室内空气和盘管之间的对流和辐射来达到空气调节的目的。通常冷梁系统中辐射占总传热的 60%~70%,对流占总传热的 30%~40%^①,同时会配合设计新风系统满足卫生及房间湿度控制要求。

根据是否通入一次风,冷梁可以分为主动式冷梁和被动式冷梁。主动式冷梁是一种低速、低噪声、高效能的水冷却/加热的舒适空调末端,能提供被动式冷梁所不具备的供热功能。室内所需的新风量通过一次风接管送入上部的静压箱,然后经由

安装在隔板上的喷嘴进入混合区域,并从室内诱导吸入二次回风。图 1 为典型主动式冷梁外形及构造示意图。由于冷梁系统在节能性及舒适性方面的优势,近年来在国内越来越受到关注,在实际工程中的应用也逐渐增多。

变风量系统是一种全空气空调系统。变风量系统可根据室内人员数的变化,在保持恒定送风空气状态参数的基础上,自动调节系统送风量,从而满足室内空气环境卫生要求(通常控制 CO₂ 体积

①☆ 彭昊,男,1981 年 1 月生,硕士研究生,工程师
200031 上海市宝庆路 21 号中国海诚工程科技股份有限公司

(021) 64370093 - 2967

E-mail: ph@haisum.com

收稿日期:2013-10-28

修回日期:2013-12-01

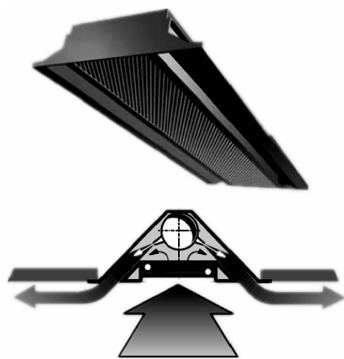


图1 典型主动式冷梁外形及构造示意图

分数在 $1\,000 \times 10^{-6} [1]$), 同时在部分负荷运行时, 可以降低风机能耗及冷热水主机能耗。

1 项目简介

设计项目位于上海市浦东新区, 为某医药公司地区研发中心项目。其主体建筑研发楼的总建筑面积 $46\,757\text{ m}^2$, 建筑共分5层, 地下1层为停车

库, 地上1层为测试区及餐厅, 2~4层为研发工作区, 其中工作办公区空调系统采用主动式冷梁加一次风变风量复合系统, 其空调面积约 $11\,000\text{ m}^2$ 。

2 冷梁系统设计

2.1 冷梁水系统

研发楼空调冷水由设置于屋面的2台水冷离心式冷水机组提供, 冷水机组单台制冷量 $3\,085\text{ kW}$, 设计供回水温度为 $6\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。 $6\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷水系统采用一级泵变流量控制, 节省运行费用。其中冷梁用冷水系统设计冷负荷为 627 kW , 由研发楼屋面机房内的整体板式换热机组提供, 专供工作办公区冷梁系统使用。一次侧冷水来自冷水机组 ($6\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$) 或冷却水系统 (室外气候条件许可时实现免费冷却); 二次侧冷梁用中温冷水, 设计供回水温度为 $17.5\text{ }^{\circ}\text{C}/20.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冷梁冷水系统也采用一级泵变流量控制。冷梁冷水系统流程见图2。

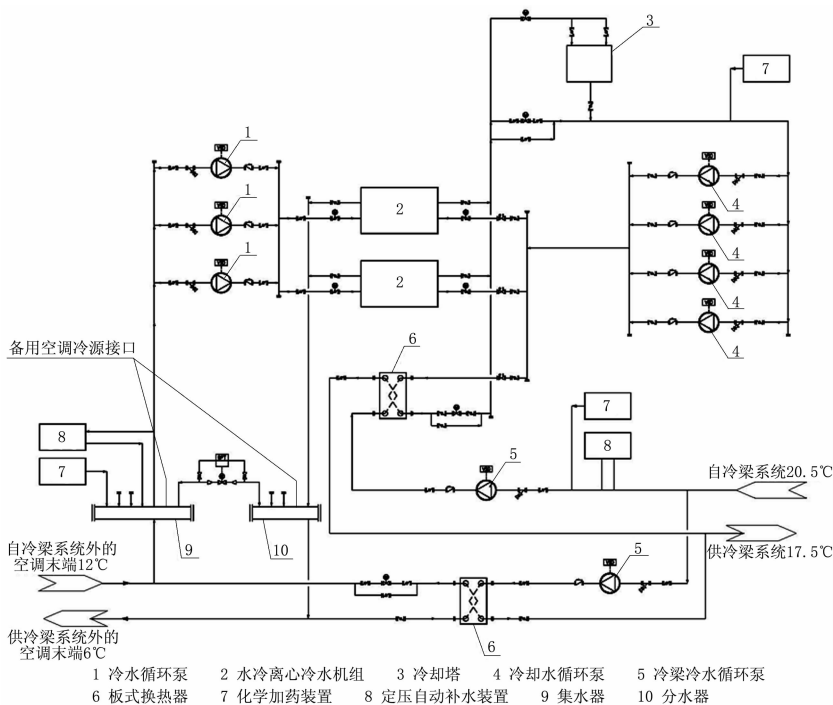


图2 冷梁冷水系统流程

研发楼空调热水由屋面机房内的整体板式换热机组提供, 一次侧热源为 0.8 MPa 的饱和蒸汽, 二次侧空调热水的供回水温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}/45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 分别供至冷梁、空调机组等研发楼内各供热空调末端。

采用冷梁系统的工作办公区按空调功能区划分为内区和外区, 以距外墙 4 m 为界限。内区和

外区的冷梁水系统分别独立控制, 内区全年供冷, 为两管制主动式冷梁; 外区夏季供冷, 冬季供热, 为四管制主动式冷梁。在外区主动式冷梁设计中特别加装辐射面板, 利用高温水进行辐射加热, 提高舒适度, 同时也可以兼作冬季的值班供暖 (不需要一次风诱导)。

2.2 冷梁一次风系统

2.2.1 系统设置及参数

冷梁空调一次风采用独立的全新风处理机组,新风系统不仅需满足卫生要求,还需承担室内湿负荷。全新风空调机组设置于研发楼的屋面,根据业主要求采用一用一备。新风经新风空调机组的粗中效过滤段(G4,F7)、加热盘管段、冷却盘管段、干蒸汽加湿和挡水段、送风机段、消声段后通过各空调区变风量调节阀再送至主动式冷梁。新风送风机变频控制,风机转速由设置于送风管末端1/3处的压力控制器控制。

冷梁办公区空调室内设计参数为:夏季温度25℃,相对湿度60%;冬季温度20℃,相对湿度45%。全新风空调机组新风设计量为79 530 m³/h。冷梁一次风系统的送风设计参数为:夏季14℃,95%;冬季20℃,30%。

2.2.2 冷梁一次风量计算

办公区夏季空调室内设计参数为:温度25℃,相对湿度60%,含湿量11.95 g/kg。人员密度为0.15人/m²,人员散湿量按102 g/(人·h)计。一次风取送风温度14℃,相对湿度95%,含湿量9.48 g/kg时,除湿所需风量: $102 \text{ g}/(\text{人} \cdot \text{h}) \div (11.95 \text{ g}/\text{kg} - 9.48 \text{ g}/\text{kg}) \div 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3 = 34.4 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$,为安全计加10%,即得冷梁一次新风量设计值37.8 m³/(人·h)。

对主动式冷梁,设计一次新风量不仅应满足除湿和卫生要求(30 m³/(人·h)),还应满足主动式冷梁设计需求制冷量下的一次诱导风量,取三者中的大值。以2层东侧靠玻璃幕墙的1 960 m²办公区为例,根据155 kW的空调计算冷负荷及冷梁选型参数,该空调外区的主动式冷梁一次诱导风量需要13 790 m³/h,折算后即45.4 m³/(人·h)。而对于空调内区的主动式冷梁,经计算确认,在除湿要求的37.8 m³/(人·h)一次新风量下即可选到满足设计冷负荷要求的主动式冷梁。

3 主动式冷梁加一次风变风量复合系统控制设计

3.1 冷梁水侧控制要点

冷梁冷水一次侧冷源优先考虑冷却塔免费供冷模式,当室外湿球温度高于13℃时切换到冷水机组供冷模式,通过板式换热器获得所需要的冷梁冷水。冷梁冷水系统供水温度应通过调节换热器一次侧冷水流量来控制,要求控制在17.5℃,如因不可控因素低于17.5℃时,应立即关闭冷梁冷水

换热器一次侧的6℃/12℃冷水供水,以避免冷梁结露。

室内主动式冷梁根据空调区域或房间进行划分,在各区域或房间分别设置温控器,并通过空调水区域干管上的电动两通阀进行集中调控,既降低设备和控制的成本,又便于运行及调试管理,见图3。

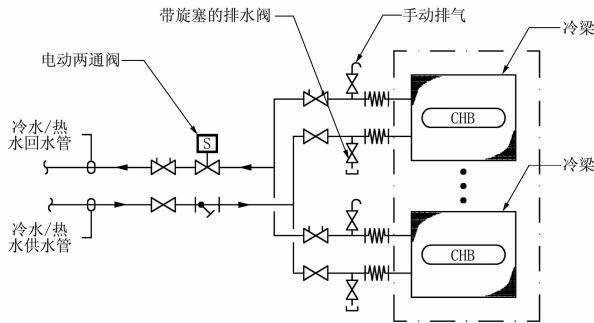


图3 典型冷梁接管示意

冷梁区域的防结露控制考虑以下两点:

1) 冷梁冷水系统运行前应进行冷梁空调区域的预冷,先全速开启冷梁一次新风变风量调节阀进行冷却除湿,直至区域内露点温度低于16.7℃再开启冷梁冷水系统。

2) 在房间内设置温湿度传感器,同时测量房间的相对湿度及温度,冷梁控制器通过接收房间温湿度传感器的实际温度和相对湿度信号,计算出对应的露点温度。当房间露点温度高于16.7℃时,冷梁冷水阀需关闭,该房间的冷梁一次新风变风量调节阀调节至设计新风最大值,直至房间露点温度低于16.7℃。图4为冷梁防结露控制示意图。

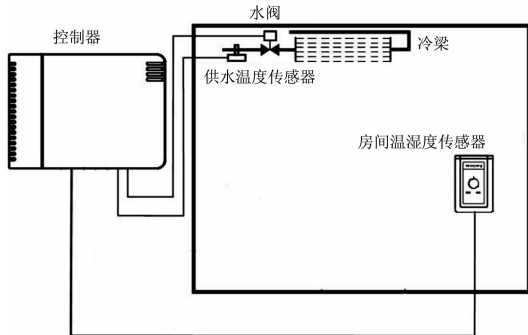


图4 冷梁防结露控制示意图

3.2 冷梁一次风量控制要点

办公区冷梁一次新风变风量调节阀的开度由CO₂浓度传感器来控制以保持室内空气质量。图5为冷梁一次风量控制示意图。6人或6人以上的

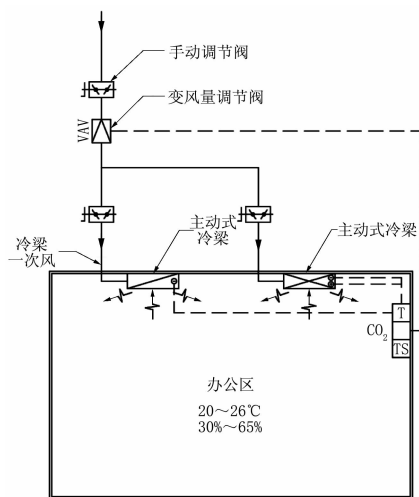


图5 冷梁一次风量控制示意图

会议室通过预订系统由楼宇管理系统(BMS)控制送风变风量调节阀的启停,会议室使用期间新风变风量调节阀的开度同样由 CO_2 浓度传感器来控制;小会议室或工作间通过房间内的使用按钮来决定送风定风量调节阀的启停,新风不考虑 CO_2 浓度控制。

4 应用问题的探讨

4.1 一次风风量

欧洲暖通空调协会(REHVA)推荐的主动式冷梁一次风量为 $5.4 \sim 10.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (设计值 $5.7 \sim 6.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$),同时建议主动式冷梁一次风采用定风量系统^[2]。本项目为满足业主对于变风量系统的 LEED 得分点要求,主动式冷梁一次风采用变风量系统。由于办公区湿负荷及新风需求皆仅取决于在室办公人员数量,因此一次新风量受控于室内 CO_2 浓度传感器,可同时解决新风卫生及室内除湿要求。但一次新风量减少时对应的主动式冷梁制冷量能否满足对应人员减少时的室内显热制冷量要求,是主动式冷梁一次新风系统采用变风量的关键。通过对负荷特点及冷梁制冷参数的分析,采取适当放大主动式冷梁型号以及设计一次新风风量(即在计算值基础上考虑 10% 余量),同时适当调低室内 CO_2 受控浓度值的措施,在实现变风量系统节能效应的同时,能最大程度确保冷梁系统温湿度控制的可靠性。

4.2 室内空气参数

为了控制冷吊顶板不结露,室内空气相对湿度推荐控制为 50%,考虑室内设计温度 25°C ,所得

冷梁水系统推荐的进出水温度为 $16^\circ\text{C}/19^\circ\text{C}$ ^[3]。此设计条件下冷梁的单位制冷量会提高,进而降低冷梁设备的初投资。由于本项目冷梁系统应用区域面积较大,且冷梁区域外立面为玻璃幕墙,实际建筑的气密性控制难度较大,为尽可能地减小结露概率,适当提高室内设计相对湿度至 60%,同时提高冷梁冷水设计供回水温度为 $17.5^\circ\text{C}/20.5^\circ\text{C}$ 。

4.3 温湿度传感器

为配合冷梁区域的防结露控制,房间设置露点温度传感器是必要的,且本项目除湿的一次新风采用变风量系统,因此对房间温湿度传感器精度有严格要求:相对湿度 $\pm 3\%$,温度 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

4.4 冷梁供暖时的进水温度

为避免高温水造成的一次风和二次风混合不利及温度分层情况,REHVA 建议主动式冷梁供热时尽可能采用较低的供水温度,最高不要超过 45°C ^[2]。在业主的坚持下,本项目冷梁用热水设计供回水温度采取 $60^\circ\text{C}/45^\circ\text{C}$ 。经供应商的配合选型,外区主动式冷梁设计中特别加装辐射面板,充分利用高温水提高辐射传热在冷梁制热量中的比例,主要通过辐射传热满足空调区域的设计热负荷。

4.5 高温冷水源

冷梁冷水系统较高的供水温度(17.5°C)决定了其具备利用免费冷源这一节能优势。本项目将冷却塔在室外天气允许的条件下作为优先冷源,特别在冬季作为内区冷源。根据负荷计算结果,建筑内区冬夏季空调冷负荷大致相同,冬季内区冷梁由于一次送风温度的提高(冬季 20°C ,夏季 14°C)导致的制冷量衰减,可通过适当降低内区冷梁供水温度 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ 进行补偿。

本项目冷梁用 $17.5^\circ\text{C}/20.5^\circ\text{C}$ 冷水由冷水机组提供的 $6^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$ 冷水经板式换热器获取,这种共用冷水机组的方法无法发挥冷梁系统在冷水主机侧的节能优势。有建议冷梁系统采用独立的高温冷水机组,可有效提高冷梁用冷水机组在较高蒸发温度下的能效比,且避免换热器的换热损失^[3]。但独立设冷水机组的系统较共用冷水机组系统更为复杂、控制要求及初投资也更高,在设计冷梁系统独立高温冷水机组时应综合考虑以上因素。