

华润大厦空调系统

中国建筑设计研究院 孙淑萍[☆] 胡建丽

摘要 大厦空调水系统为四管制变水量系统,冬季采用冷却塔供冷。空调风系统为内外分区的全空气变风量系统,变风量系统采用单风道定静压点控制,风机变频,标准层采用环形风道。末端装置采用压力无关的节流型,内区常年供冷;外区末端加设热水再热盘管。新风集中处理,为保证足够的新风量,各层采用定新风量、变新风回风比的控制方式。

关键词 空调设计 内外分区 变风量 大温差水系统

Air conditioning system design for China Resources Building

By Sun Shuping[★] and Hu Jianli

Abstract The building adopts four-pipe variable flow water system and free cooling source by cooling tower in winter. Air conditioning system is all-air VAV system with inner and peripheral zoning, controlled by constant static pressure point at single duct. The fans are variable frequency operated. The standard floors adopt ring-form ducting. The VAV terminal devices are of pressure-independent throttling type. The inner zone is cooled all the year, and peripheral zone adopts hot water reheating coils. Fresh air is centrally handled and controlled by means of constant volume and variable fresh air ratio to obtain enough fresh air at every floor.

Keywords air conditioning design, inner and peripheral zoning, variable air volume, water system with large temperature difference

① ★ China Architecture Design & Research Group, Beijing, China



孙淑萍

代表工程:

唐山凤凰大厦
北京光大高登购物商城
北京华润大厦
德州新城综合楼
北京七星摩根广场公寓

1 工程概况

华润大厦(见图 1)位于北京市东城区,东至二环路,南邻建国门,处于中央商务中心区域,是一栋具有国际一流设施的高档智能型写字楼。

华润大厦是 1996 年底我院与国外设计公司合作完成的设计项目,于 1999 年 7 月交付使用,空调系统运行效果良好。总建筑面积 7.1 万 m²,建筑高度 100 m,地下 3 层,地上 26 层。设集中空调系

统,空调末端为全空气变风量空调系统。

2 空调设计参数及指标

2.1 建筑热工性能

外窗:铝合金双层中空玻璃, $K \leq 1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

大堂玻璃墙: $K \leq 5.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

外墙:内保温复合墙体, $K \leq 1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;

屋顶:聚苯乙烯泡沫塑料板保温, $K \leq 0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

①☆ 孙淑萍,女,1961 年 4 月生,大学,教授级高级工程师,暖通所副总工程师

100044 北京市西直门外车公庄大街 19 号中国建筑设计研究院机电院

(010) 68302654

E-mail: sunsp@cadg.cn

收稿日期:2007-03-20



图 1 华润大厦外观图

2.2 室内设计参数及空调通风方式(见表 1)

表 1 室内设计参数及空调通风方式

| | 夏季 | | 冬季 | | 最小新风量/ (m ³ /(人·h)) | 空调通风方式 |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-----------------------------------|------------|
| | 室温/℃ | 相对湿度/% | 室温/℃ | 相对湿度/% | | |
| 办公用房 | 23~25 | 50~60 | 20~22 | 35~40 | 30 | 变风量空调系统 |
| 餐厅、商店 | 24~26 | 50~60 | 18~20 | 35~40 | 20 | 变风量空调系统 |
| 酒吧、娱乐场所 | 24~26 | 50~60 | 18~20 | 35~40 | 25 | 变风量空调系统 |
| 大堂 | 24~26 | 50~60 | 18~20 | 35~40 | 20 | 定风量低速空调 |
| 健身房 | 24~26 | 50~60 | 18~20 | 35~40 | 80 | 变风量空调系统 |
| 游泳池 | 28~30 | | 28~30 | | 25 | 定风量低速空调 |
| 地下 1 层汽车库 | | | | | 排风换气次数 6 h ⁻¹ | 排风兼排烟 |
| 地下 2 层汽车库 | | | 10 | | 排风换气次数 6 h ⁻¹ | 送风、排风兼排烟 |
| 地下设备间 | | | | | 排风换气次数 5~10 h ⁻¹ | 机械通风 |
| 厨房 | 28 | | 16 | | 排风换气次数 40 h ⁻¹ | 排气兼排烟,补空调风 |

表 2 冷热负荷指标

| 建筑面积/m ² | 空调冷负荷 | | 空调热负荷 | | 冷水机组装机 容量/kW(rt) |
|---------------------|--------|---------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------|
| | 冷负荷/kW | 单位面积冷指标/ (W/m ²) | 热负荷/ kW | 单位面积热指标/ (W/m ²) | |
| 71 000 | 6 858 | 96.6 | 6 338 | 89.3 | 1 759(500)×4 |

热源为城市热网提供的高温水,经大厦内的换热站交换为 75℃/60℃的低温水供空调系统使用。空调机组及新风机组的供回水温差为 20℃,即供回水温度为 75℃/55℃;外区的变风量末端的供回水温差为 10℃,即供回水温度为 75℃/65℃,两部分回水混合后温度约为 60℃。

3.2 水系统

空调水系统为四管制变流量单级水泵系统,冷水、热水管道均采用枝状异程布置。竖向无分区,系统静压为 1.15 MPa。

3.3 空调系统

大厦内共设置了 51 套全空气变风量空调系统,分别负担首层商店等服务用房,2 层餐厅,4 层

2.3 冷、热负荷指标(见表 2)

3 空调通风设计

3.1 冷热源

冷源为设在大厦地下制冷机房内的 4 台电动离心式冷水机组,每台制冷量为 1 759 kW(500 rt),冷水供回水温度为 7℃/13℃;另外在制冷机房设置了 2 台板式换热器,在冬季与冷却循环水换热(此系统称为天然冷源系统),为大厦的空调系统提供大约 9℃/14℃的冷水,供内区使用。冷水侧板式换热器与制冷机串联,在过渡季冷水先经过板式换热器预冷后再进入制冷机,既节省了能源,又使冷却水温度得到提升,有利于制冷机的低温保护。冷却水侧板式换热器与制冷机并联,供回水主管之间安装旁通阀,在制冷机开启并且冷却水温度低于制冷机低温限值时,旁通阀保护性开启。

健身房、酒吧,3 层,5~25 层办公用房空调。变风量空调系统均为单风道定静压点控制,空调机送风机变频调节。变风量末端装置采用压力无关节流型,分为两大类型,一种带热水加热盘管,设置于外区;一种不带加热盘管,布置在内区。内、外区的划分原则是:房间发热量(即灯光、人员、设备等)与外围护结构热负荷相抵消的区域为外区,本大厦标准层的外区距外墙约为 3.5 m。除服务于首层大堂和游泳池的机组外,各层空调机组常年可供应低于室温的冷风,冬季由带加热盘管的末端装置为外区提供再热。办公区的每个变风量末端约负担 40~50 m² 的区域(标准层每 m² 送风量约为 21~23 m³/h),餐厅、商店的变风量末端规格稍大一些,每

个末端的风量约为 $2\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 。

大堂为 3 层贯通的共享空间,为保证气流组织及换气效果,空调采用定风量系统。空调系统划分及送、回风口布置充分考虑了建筑的装饰要求,2,3 层的空调机组采用顶送,为 2,3 层平台(内区)供冷风;首层机组带加热装置,送风分两路,一部分由条形风口侧吹,一部分沿大堂玻璃外墙下窗台上送。

3.4 新风供应

标准层的新风集中处理后送至各层。在首层和 26 层各设两台新风机组,新风夏季经降温除湿、冬季经加热加湿处理后用风管送至各层空调机房。为了保证足够的新风量,各层新风采用定新风量、变新回风比的控制方式。裙房的空调机组仅限定最小新风量,过渡季和冬季调节新回风比为空调内区降温,实现节能运行。

新风机组及裙房的空调机组采用水喷雾加湿。

3.5 通风设计

大厦的卫生间、开水间设计了机械排风系统,并在卫生间前室与办公室的吊顶设了一段连通管为卫生间补风,以保证排气效果。

地下汽车库排风排烟采用双速轴流式排烟风机,平时排风低速运行,火灾时高速运行排烟,排烟时自动将低位的排风口关闭;地下 1 层的车库补风由坡道自然补进,地下 2 层采用 2 台新风机组,冬季送热风维持室温在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

厨房排风系统分为两套:一套实现厨房的全面换气,换气次数取 6 h^{-1} ,一套排除厨房排气罩的油烟,排气次数取 30 h^{-1} 。厨房补风经加热或降温处理后送入,补风量取排风量的 60%,其余由餐厅补入。

3.6 租户冷却水系统

考虑到租户今后有可能在其使用的区域内加装独立式空调或其他供冷设施,特预留了一套租户使用的冷却水系统,采用闭式冷却塔,风扇变频控制,冷却水量大约为大厦集中空调用冷却水的 20%,每层设预留接口及阀门。

4 自控设计

空调通风系统由楼宇自控(BAS)的直接数字控制系统(DDC)进行控制。裙房的空调机组均设有调节型电动新、回风阀,根据新、回风焓差调节新、回风比,且电动新风阀与送风机连锁关闭。新风机组设电动开、关式新风阀,新风阀与其风机联

锁。标准层各层新风管均设电动开、关式新风阀,与各层空调机组风机连锁。

空调机、新风机均设电动调节水阀,调节盘管的过水流量以满足送风温度(或室温)设定值。

汽车库的排风风机由废气(CO_2)浓度控制启停。

冷水系统由空调负荷控制冷水机组及其对应水泵的运行台数;在冷、热水进、出总管之间设常闭直线型电动压差旁通阀,以保证冷源侧的水量恒定。

外区的变风量末端装置的加热盘管设电动调节水阀,根据室温调节过水量。

变风量末端装置配带独立的温度控制元件,以调节风量控制室温;内区的控制器只有供冷模式:根据室温调节变风量末端装置的风阀开度,风阀的最小开度约为 35%。外区的变风量末端装置控制程序为:夏季与内区相同;冬季及过渡季节先控制风阀,如风阀已关至最小开度(约 35%),而室温仍下降时,则由控制风阀改为调节加热盘管的电动水阀,此时,风阀处于最小限位。

变风量机组的风机采用变频调速控制来实现风道静压设定点的压力稳定并达到节能目的。

为保证冬季天然冷源的正常使用,冷却塔风机采用变频控制;并在冷却水供、回水管上设旁通阀,以保证制冷机与天然冷源同时使用时进入制冷机的冷却水温度不低于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度限值。

5 工程主要特点

5.1 本工程空调系统可同时满足内、外区的不同需求。写字楼内区的负荷特点是常年为冷负荷,即常年有供冷需求,因此空调机组常年提供冷风,外区为变风量末端带再热盘管的变风量系统,变风量系统为定静压点控制,根据风道静压值对送风机进行变频调速控制来调节空调系统总送风量。空调水系统为四管制,在冬季利用冷却塔换热制冷水。

5.2 由于写字楼内的租户经常会提出一些特殊的空调要求,如计算机房等要求 24 h 不间断空调,集中空调无法满足,又不能随意设置分体空调的室外机,因此特为租户设置了常年供应的冷却水系统,以满足租户灵活加装空调的需求。

5.3 除大堂、游泳池、花园采用定风量系统外,均采用变风量系统。变风量空调机组常年可供低于室温的冷风,夏季送风温度约 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$,冬季送风温度约 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ (可调)。变风量末端装置分内外区设置,

外区带有加热盘管,冬季供热风,负担围护结构热负荷并提供将送风温度由 16℃加热到室温的加热量,内区送冷风,以消除内区冷负荷。

5.4 冷水供回水温差采用 6℃,而非常规的 5℃;热水供回水温差 15℃,而非常规的 10℃,即水量减少了,这样水泵的耗电量也就相应减少,比较节能。

5.5 在标准层采用环形风道,即主送风道呈环状布置,运行状况良好。

6 运行情况及问题

6.1 大厦已于 1999 年夏季陆续投入使用,基本能满足使用要求,夏季使用效果很好,冬季供热效果不太理想,经分析,有以下几个原因:

1) 最冷时热网一次水的运行温度大约为 100℃/50℃,远远低于设计工况的 125℃/70℃,市政热网运行要求一次水回水温度不高于 50℃,这样二次水水温根本无法达到设计的 75℃/60℃,其对外区的再热效果影响最大,所以供热效果差。

2) 为了尽可能减小内外区冷、热量抵消,设计时将外区供热时的送风量定为额定风量的 40%;此外,为了不增加室内噪声和运转部件,变风量末端均采用的是节流型末端装置,未用风机动力型,而且为配合室内装饰,送风口均采用的是面板为 600 mm×600 mm 的方型散流器,结果出现风量减小时影响室内气流组织、供热时有热风上浮的问题。

6.2 虽然设计时按保证各层总新风量不变考虑,但实际上每层各区域的新风量的均衡无法保证,当

某区域的变风量末端风阀关小时,新风量也小了,而此时该区域的人员不一定少(主要是外区),就有可能感到新风不足。

6.3 预留厨房排油烟的风量偏小,实际厨房中布置了较多的排气罩,排风量要求都很大。

6.4 因设计过程中缺少电梯发热量资料,而实际上高速电梯的发热量较大,当初为电梯机房设计的空调容量偏小,造成机房温度偏高。

7 改进建议

7.1 将换热站的换热器换热面积尽可能加大。

7.2 更换电梯机房的空调,将其制冷量加大。

7.3 系统运行后很难进行大的改进,业主曾经想再热时将设定了的末端送风量调大,但因费用等原因未能实施。

7.4 运行中为了保证外区的供暖温度,内区的冬季供冷系统及天然廉价冷源系统未投入使用,标准层空调机组仅将集中处理过的新风与回风混合过滤后送入各变风量末端装置,外区通过加热盘管进行再加热,这样运行后,内区除个别电脑公司租用的楼层人员密度及设备发热量大,有过热和干燥现象外,其他无明显的不适。管理人员曾经想通过提高新风送风温度(新风送风温度设计值大约是 15℃)来提高房间供暖温度,使各层空调机组的送风温度大于室温,但因为内区的末端温控元件只有供冷模式,实际运行时内区温度升高时,本应关小末端风阀,但风阀却在不断开大,结果事与愿违。

(上接第 32 页)

的主风管尺寸受到限制,从而空调机组的送风量不能满足设计状态下的全部空调负荷,因此采用风机盘管加变风量系统(带回风机的双风机系统,末端为单风道 VAV 装置)。在夏季,变风量空调机组承担全部室内负荷及新风负荷,风机盘管主要承担外区围护结构负荷。在过渡季,变风量系统采用加大新风量的方式向房间供冷,此时可以不使用风机盘管,充分利用自然冷源来减少制冷机运行时间。在冬季,变风量系统适当减少加热量,以低于室内温度的送风温度向内区供冷,外区则以风机盘管来承担供热量的不足部分。

3.3 空调设备的减振问题

作为工艺用房占较大比例的建筑,工艺专业对空调专业的设备振动提出严格的要求,对此,空调

水泵设弹簧减振器,要求振动传递比不大于 0.05,空调机组、落地风机设弹簧减振器,设备钢架下安装减振垫,并把设备全部安放在 150 mm 高的浮筑基础上,尽量做到三级减振。

管道式风机及风机盘管均设弹簧减振吊架,并加装橡胶隔振垫。

4 结语

本工程较好地解决了新建建筑在空调水系统分区上受到已运行的区域冷热源限制的问题,最大限度地减少楼内二次换热(冷)后的冷热介质使用量。同时,在办公层采用风机盘管加变风量空调系统,有效地消除了由于标准层层高限制对空调系统造成的影响。面对工艺专业提出的严格减振要求,空调设备用较好的减振措施把自身的振动影响降到了最低。