

广州珠江城大厦空调系统节能设计

广州市设计院 刘 谨[☆] 李继路 黄 伟

摘要 该项目是目前国内规模最大的采用冷辐射空调系统的大型公共建筑,采用了多项节能技术和措施。介绍了集中空调系统中采用的温湿度独立控制系统、大温差冷水机组串联梯级利用制冷系统、乙二醇溶液-水热泵以及排风热回收系统等,提供了一种多角度节能创新的设计理念。

关键词 公共建筑 冷辐射 温湿度独立控制 热回收 空调系统 节能设计

Air conditioning energy efficiency design for Pearl River Tower in Guangzhou

By Liu Jin[★], Li Jilu and Huang Wei

Abstract The project is the largest public building using radiant cooling air conditioning system in China at present, adopting several energy saving techniques and measures. Presents the temperature and humidity independent control system, cascade utilization refrigeration system with large temperature difference tandem water chillers, glycol-solution-water heat pump, heat recovery system from exhaust air, etc., which are used in the central air-conditioning system, which is intended to offer an innovative design concept with multiaspect energy saving.

Keywords public building, radiant cooling, temperature and humidity independent control, heat recovery, air conditioning system, energy saving design

★ Guangzhou Design Insititute, Guangzhou, China

①

1 工程概况

珠江城大厦(见图1)位于广州新的中央商务办公区——珠江新城,定位为超甲级写字楼,高309 m,地上71层,总建筑面积21万m²。采用置



图1 珠江城大厦外景

换送风+冷辐射空调系统,这在亚热带地区公共建筑中尚属首例。本文仅对珠江城项目所采取的设计理念及节能措施进行介绍,供同行参考。

该工程采用了多项节能新技术。空调系统的冷热源系统、冷水输送系统、空调热回收系统等方面均作了创新设计;同时通过将各项技术有机优化组合,得以最大限度地发挥其优势,从而获得比较理想的节能效果。

2 空调系统节能技术

该项目空调系统采用温湿度独立控制系统,房间内区采用冷辐射空调系统,周边区采用干式风机盘管系统+地板送新风的置换通风系统^[1]。图2

☆ 刘谨,男,1976年6月生,硕士研究生,高级工程师
510620 广东省广州市天河区体育东路体育东横街3号设计大厦第四设计室
(020) 87513130
E-mail: liujin258@163.com

收稿日期:2012-02-21

①修回日期:2012-04-12



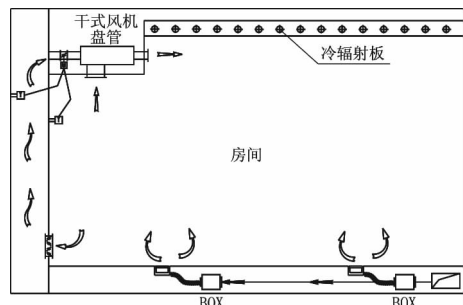


图2 空调系统平面示意图

是空调系统平面示意图。

1) 周边区的干式风机盘管和内区的冷辐射板承担室内显热负荷。周边区风机盘管可以降低天花结露的风险,强化冷辐射板的对流换热,另外风机盘管可以实施变工况运行,缩短准备期(如上班前)新风系统的运行时间,降低空调能耗,同时结合双层玻璃幕墙可实现智能控制内呼吸系统,夏季根据内层玻璃的内表面温度控制周边区风机盘管的电动风阀,当表面温度高而导致室内不舒适时,开启阀门;反之关闭,保证室内的热舒适性,减小室内的空调负荷。冬季根据外层玻璃的内表面温度控制风机盘管的电动风阀,当温度高于室内温度时,开启风阀,降低供暖能耗。

为充分利用冷辐射冷源供水温度高的优点,过渡季节直接供应冷却水,作为空调冷源,解决了超高层建筑无法开窗实施自然通风或实施全新风节能运行的问题,实现过渡季节的节能运行。

2) 地板 VAV 新风系统承担房间潜热负荷,根据房间相对湿度控制 VAV BOX 的送风量,满足空调房间人流密度的变化。VAV 送风系统可根据人流密度变化而改变送风量,确保新风量的供应合理、准确,其节能效果非常明显。

3) 新风处理系统采用热回收技术,在夏季,室外新风经过过滤、预冷盘管冷却除湿、表冷器冷却除湿,再经再热盘管加热至 $16\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后送入室内;在冬季,室外空气经组合式空调器过滤、预热盘管预热、加热盘管加热,再经加湿器加湿后送入房间。非接触式全热回收装置避免了空气的交叉污染,实现排气的热回收,提高了热回收量;新风系统免去了传统的二次回风,减小空气的输送能耗,实现热量的内部转移,免去外部热源的加入,相应减小了空调负荷,节能效果明显。图 3 为新风处理过程示意图。

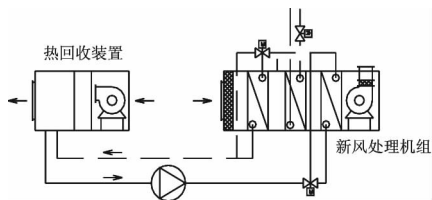


图3 新风处理过程示意图

3 空调制冷系统节能技术

采用置换送风+冷辐射空调系统,冷源一般采用双冷源系统(即高温水系统和低温水系统),但是由于高温水系统的冷水温差较小,从而导致冷水输送能耗增加。为此笔者开发了大温差冷水机组串联梯级利用空调制冷系统(见图 4)。比较了该系统与双冷源系统的全年能耗,发现对于本项目,大温差冷水机组串联梯级利用空调制冷系统更为节能。当然不同长度的冷水管网会有不同的结果,具体问题需要具体分析。

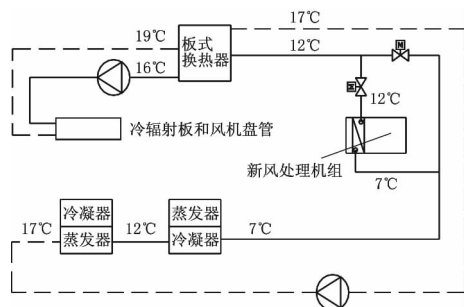


图4 大温差串联梯级利用空调制冷系统示意图

大温差冷水机组串联梯级利用制冷系统具有以下特点:

1) 大温差,即供回水温差为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。冷水系统大温差设计是相对国内常规设计,即冷水供回水温度 $7\text{ }^{\circ}\text{C}/12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (温差 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 而提出来的,在输送同样冷量的情况下,只需要较小的流量和输送动力,冷水输送系数则可以大大提高,节能效果显著。

2) 打破传统的冷水机组并联组合模式,冷水机组串联组合,冷水回水依次进入高温机组和低温机组,逐级降温。以供回水温度 $7\text{ }^{\circ}\text{C}/17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为例进行说明,即 $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷水回水首先经过第 1 台冷水机组,温度降低到 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$;再经过第 2 台冷水机组,温度降低到 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。第 1 台机组由于出水温度较高,因此制冷剂蒸发温度相应提高,从而机组效率提高,运行能耗低,再通过第 2 台机组常规温差串联,实现整个系统的大温差运行,从而使整个主机侧的运行能耗大大降低。

3) 冷水梯级利用。根据空调末端设备对冷水产品位的要求,冷水依次进入空调新风机和干式风机盘管或冷辐射空调器,逐级升温至冷水回水温度。

该技术针对大型建筑物的空调系统而言,在冷水机组的制冷效率和冷水输送能耗中寻找出最佳结合点,获得最佳的节能效果。对本项目而言,大温差冷水机组串联梯级利用制冷系统比双工况分系统制冷系统节能约 4.35%。

4 空调制热系统节能技术

由于亚热带地区的高档公共建筑物在冬季也有空调供暖需求,因此应寻求一种最优的冷热源方式。目前常用的冷热源系统主要有以下三种组合:

1) 水冷冷水机组+燃气热水炉,该系统的制冷效率高,但制热能效不尽理想,并会排出大量的温室气体;2) 水冷冷水机组+空气源热泵机组,该系统的制热效率高,但如果空气源热泵机组参与供冷的话,其制冷效率低,否则会造成设备闲置、浪费初投资,另外空气源热泵机组占用较大建筑面积,噪声和振动也较大,对于现代高层建筑,寻找安装位置较困难;3) 水冷冷水机组+分散电加热器,该系统的制冷效率可以保证,但使用电供暖的费用高,且与 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》的要求不符。目前国家大力推广可持续再生能源利用系统,如地源热泵系统,但考虑到广州市的气候特点,土壤的热平衡较为困难,而广州的供暖周期也很短,其初投资较大,故其性价比并不理想。

本工程采用乙二醇溶液冷却螺杆式热泵冷水机组,夏季供冷、冬季供暖,可实现一机多用,既节省了初投资、减少了占地面积、解决了空气源热泵机组带来的环境噪声和振动问题,又提高了夏季的制冷效率;同时也能维持与空气源热泵机组相当的制热 COP,其节能效果明显。该技术非常适合在南方亚热带地区应用,具有较广阔的应用前景。

如图 5 所示,空气源水-乙二醇溶液热泵系统所采用的制冷机组实质上是双工况机组,通过管路上阀门的切换实现制冷与供热功能的转换。

1) 夏季制冷工况。旁通管上的阀门 1,2,7,8 关闭,直通管上的阀门 3,4,5,6 打开,实现夏季制冷工况的运行。闭式冷却塔向外界放热,其进/出水温度为 37℃/32℃,空气的湿球温度为 28℃。

2) 冬季制热工况。打开旁通管上的阀门 1,2,7,8,关闭直通管上的阀门 3,4,5,6,实现冬季热泵

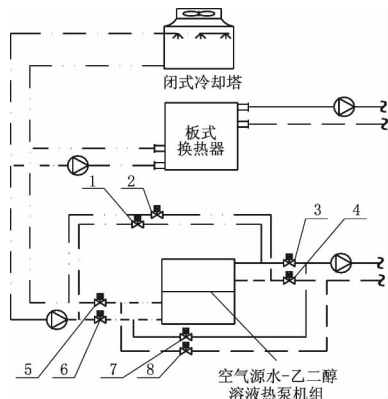


图 5 空气源水-乙二醇溶液热泵式空调系统示意图

制热运行,此时闭式冷却塔从外界吸热(冷却塔转换变成冷风机),其进/出口温度为-3℃/-6℃,空气的湿球温度为 5℃、相对湿度 70%。

3) 由于冬季运行时低温下冷却塔填料(或盘管)会结霜,故冷却塔必须自带淋水式自动除霜系统。

广州地区冬季室外空气设计参数为干球温度 5℃、相对湿度 70%、空气的露点温度为 0℃,如果采用开式冷却塔,夏季可散热,但冬季吸热显然行不通,因为要避免冬季热泵运行冷却塔结冰,冷水出水温度必须>0℃,冷却塔处在干式冷却工况下,故冷却塔的换热量非常有限,根本无法满足热泵机组的运行。采用水-乙二醇溶液热泵机组便可以解决以上问题,采用经过工艺改良的闭式冷却塔,冷却塔内运行乙二醇溶液,在满足制冷工况换热面积和流通风量的前提下(即冬季工况换热面积和流通风量与制冷工况一致),经过计算,热泵机组的冷水进出口温度为-6℃/-3℃,冷却水(热水)的进出水温度为 35℃/40℃,根据比较核算,相对于空气源热泵机组,其制冷工质的蒸发温度下降 3~5℃,考虑到压缩机的压缩比与风冷机组基本持平,故热水的出水温度采用 40℃(而不是 45℃),从制冷原理分析其制热工况的 COP 值基本相同,从而可实现一机多用。空气源水-乙二醇溶液热泵系统相对于空气源热泵机组,其全年运行的节能效率达到 18.52%。

5 结语

本文重点介绍了珠江城项目所采取的主要节能设计措施,为空调制冷系统、空调系统、空调排风热回收系统和空调热源系统设计提供了一种多角度节能创新的设计理念。

(上接第 13 页)

参考文献:

- [1] 陈晓阳,江亿,李震. 湿度独立控制空调系统的工程实践[J]. 暖通空调,2004,34(11):103-109
- [2] 薛志峰,江亿. 建筑节能技术与实践丛书——超低能耗建筑技术及应用[M]. 北京:中国建筑工程出版社,2005:127-130

- [3] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工程出版社,2005
- [4] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国建筑工程出版社,2008