

上海保利凯悦酒店及商业文化中心空调系统设计

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司 张智力[☆]

摘要 简要介绍了该工程冷热源及空调风、水系统设计的总体情况。针对建筑中的超高层塔楼,分别从空调水系统和空调风系统两个方面详细阐述了空调系统的竖向设计,并着重对该项目采用的空调冷水大温差供回水措施及冷却塔供冷系统进行了分析。

关键词 超高层建筑 冷热源 冷却塔供冷 大温差 水系统竖向分区

Air conditioning system design for the Shanghai Poly Hyatt Hotel and commerce-culture center

By Zhang Zhili[★]

Abstract Briefly presents the overview of the design of cold and heat source, air conditioning air system and water system for the project. Presents the vertical design of the air conditioning system from water-side and air-side for the super high-rise tower in detail. Focuses on the technical analysis of the large temperature difference design and cooling by cooling tower in the project.

Keywords super high-rise building, cold and heat source, cooling by cooling tower, large temperature difference, vertical zoning of water system

★ Tongji Architectural Design (Group) Co., Ltd., Shanghai, China

①

1 工程概况

上海保利凯悦酒店及商业文化中心(以下简称“保利中心”)位于上海市嘉定新城中心区,由超高层塔楼和高层商业裙房两部分组成,总建筑面积163 997 m²,其建筑外形如图1所示。



图1 上海保利凯悦酒店及商业文化中心效果图

保利中心的超高层塔楼共40层,建筑高度195.5 m,内设五星级凯悦酒店、5A甲级办公区及文化教育区域,其中酒店的建筑面积49 615 m²,办公及文化教育区域的建筑面积27 553 m²,其余1 576 m²为避难区。商业裙房5层,高28 m,建筑面积42 293 m²,其中设有精品商业区、餐饮区、影院等,以及酒店大宴会厅、室内恒温游泳池等专用区域。地下2层,建筑面积42 960 m²,深10 m,主要功能为机动车及非机动车库、大型设备用房、物业及酒店后勤用房等。

2 空调系统设计概述

保利中心的空调冷负荷为15 475 kW,热负荷为11 547 kW,给排水专业的热负荷为1 670 kW。在设计过程中,经业主、酒店管理公司及设计单位

①[☆] 张智力,男,1977年7月生,工学博士,高级工程师
200092 上海市四平路1230号同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

(O) 13621633236

E-mail: 23zzl@tjadri.com

收稿日期:2014-01-30

修回日期:2014-03-10

三方会商,最终确定保利中心的所有功能区合用空调冷热源,空调水系统设多个独立计量环路,以分摊各功能区的能耗费用。

保利中心采用水冷离心式制冷机(3台,制冷量4571 kW/台)和水冷螺杆式制冷机(1台,制冷量1758 kW,热回收量220 kW)的组合作为空调系统冷源,采用燃气(油)热水锅炉及燃气(油)蒸汽锅炉作为空调系统及生活热水系统的热源。空调水系统以塔楼21层为界分高、低两个区,制冷机的供/回水温度为5℃/12℃,塔楼高区空调冷水经板式换热器与低区冷水换热后的供/回水温度为6.5℃/13.5℃,螺杆机热回收侧热水的供/回水温度为45℃/40℃。

燃气(油)热水锅炉共设置3台,采用“两大(制热量5600 kW/台)一小(制热量2100 kW)”的搭配形式。热水锅炉的供/回水温度为95℃/70℃,直接供给生活热水系统,并经板式换热器换热后制备60℃/50℃的热水供空调系统使用。燃气(油)蒸汽锅炉(蒸发量2 t/h,0.8 MPa)共设置2台,仅为酒店洗衣房、酒店空调加湿系统及37层以上生活热水系统提供蒸汽。

保利中心商业裙房中的大空间商业、餐饮、影院、酒店宴会厅以及塔楼中的大堂、酒店餐厅等场所采用全空气空调系统,客房、办公会议等功能区采用风机盘管加新风系统。高、低区空调水系统均采用变流量一级泵系统,凯悦酒店区域采用四管制系统,其余功能区采用两管制系统。

本文着重对超高层塔楼部分的空调风、水系统竖向设计及空调系统所采用的部分典型节能措施进行介绍,其他常规空调系统设计内容在此不再赘述。

3 空调系统竖向设计

保利中心塔楼的6,21,37层为避难层(兼设备层),6层以下空间的主要功能为门厅、文化教育广场及酒店康体、会议中心,7~20层为5A甲级办公区,22~36层为酒店客房层,38~40层为酒店大堂及餐厅。塔楼建筑功能的复杂性和建筑高度对空调系统承压的影响均要求在竖向对空调系统分区进行设计,以确保空调系统合理、安全、经济。

3.1 竖向空调水系统

保利中心的空调冷热源设置在地下1层的制冷机房和锅炉房内,空调水系统需为地下2层至塔楼40层的所有空调区域提供冷热水。鉴于塔楼顶

部与地下2层的相对高度已超过200 m,若空调水系统在竖向不进行分区设计,则仅系统的静水压力就已超过2.0 MPa,再加上水泵扬程,系统中的制冷机、换热器、循环水泵等大型设备以及塔楼下部的所有空调末端设备的承压等级必须达到2.5 MPa。通过对设备价格的调研发现,当制冷机和空调末端设备的承压超过2.0 MPa时,设备的价格将有较大幅度提高,导致设备初投资的增加。同时,若长期运行于较高压力之下,空调水系统将存在较大的安全隐患,系统中的管件也不宜再采用螺纹连接方式,只能选择焊接,施工难度及施工成本均相应大大增加。

基于以上分析,对保利中心塔楼的空调水系统在竖向上进行了分区设计。如图2所示,利用设置

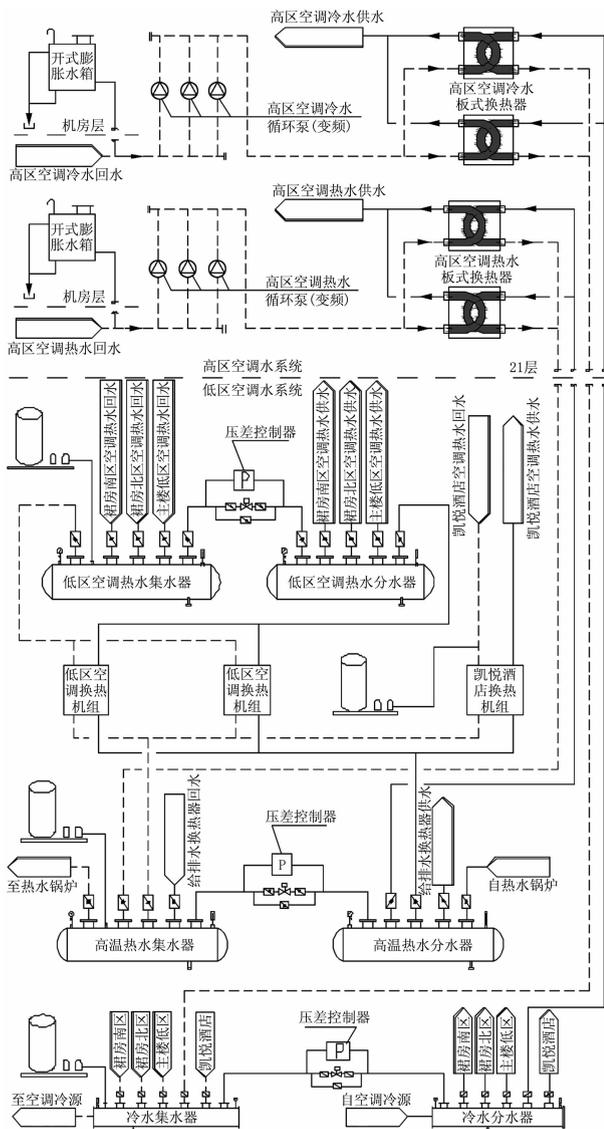


图2 空调水系统竖向分区示意图

在21层(建筑高度87.85 m)的板式换热器对21层上、下区域的静水压力进行分隔,形成了高、低区两个独立的空调水系统。高区空调水系统为塔楼21层以上的空调区域提供空调冷、热水,系统的静水压力约为1.08 MPa,加上水泵扬程,系统承压不超过1.6 MPa。低区空调水系统服务于21层以下的空调区域,系统的静水压力约为1.05 MPa,考虑水泵扬程后系统承压亦不超过1.6 MPa。如此对空调水系统进行竖向分区,使竖向上各空调水系统均能在相对安全的压力下运行,承压设备的初投资几乎没有受到系统压力等级的影响,管件的连接亦可采用常规螺纹连接方式,系统合理,具有较好的安全性和经济性。

3.2 竖向空调风系统

根据建筑功能,保利中心塔楼中的门厅、酒店大堂及餐厅等大空间区域采用低速单风道全空气空调系统,酒店客房、办公会议、文化教育康体等功能区采用风机盘管加新风系统。由于塔楼的核心筒内布置了大量的竖向交通设施,所剩空间很难再容纳空调机房、新风机房等设备用房,因此,只能尽量利用塔楼的3个避难层(兼设备层),集中设置办公、客房区域的新风处理机组以及部分全空气系统的空气处理机组,再通过竖向风井与各楼层联络。空气处理设备的集中设置也有利于在空调风系统中设置热回收装置,回收排风中的能量对新风进行预处理。

按凯悦酒店管理公司的要求,客房区采用垂直新风输送系统。如图3所示,在21层和37层分别设置1台排风热回收型新风处理机组,经处理后的新风通过21层及37层的水平新风干管分送到设在各客房内的垂直立管中,然后由水平支管送入各客房。客房卫生间设置竖向机械排风系统,卫生间的水平排风支管上设置静音型排风机,卫生间内的排风口分别布置在坐便器及淋浴喷头上。各卫生间排风在21层及37层通过水平管道汇总,并引入排风热回收型新风处理机组,对新风进行预处理后排至室外。

与客房类似,办公区的新风也集中进行处理。但鉴于办公区为大开间布局,在办公区中分散设置新风立管有损办公空间的完整性,且办公区的层高通常会达到4.2 m左右,故采用垂直与水平分层相结合的新风输送系统更为合理。办公区竖向新风系统如图4所示,2台排风热回收型新风处理机

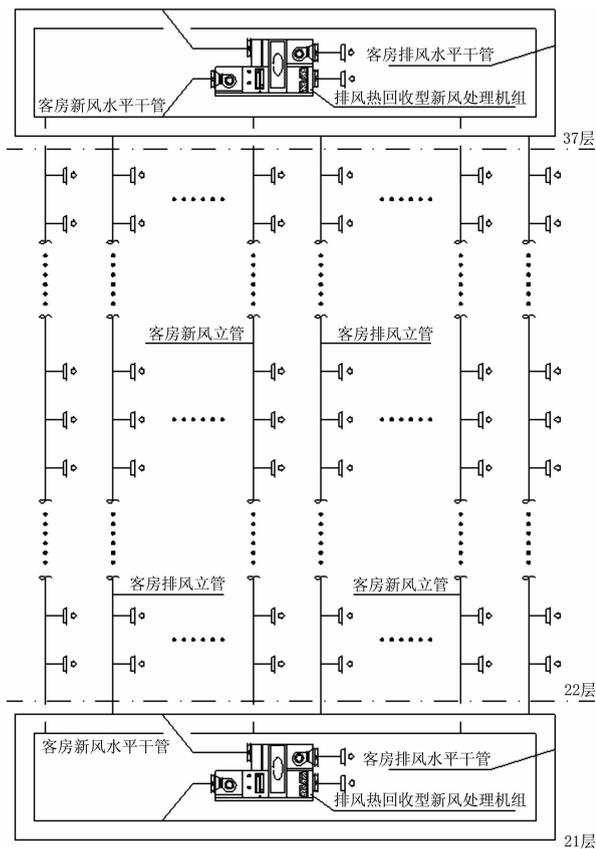


图3 客房区垂直新风系统示意图

组分别设置在6层和21层,通过设置在核心筒内的竖向新风总管向各办公楼层输送新风。在各办公楼层的走道吊顶内,从竖向新风总管接出水平新风支管将新风分配至各办公区域。为尽量减少办公楼层走道吊顶内的管线交叉,各办公区内设集中排风,并通过设置在核心筒内的两处排风竖井汇总至6层和21层的排风热回收型新风处理机组,对新风进行预处理后排至室外。

4 空调系统节能措施

根据相关节能设计标准及凯悦酒店管理公司的要求,在空调系统中采取了大温差供回水、制冷机冷凝热回收、锅炉烟气余热回收、冷却塔供冷、空调循环水泵变频控制及排风热回收等节能措施,在此重点介绍大温差供回水及冷却塔供冷技术在本项目中的应用。

4.1 大温差供回水

文献[1]对大温差供回水系统的年耗电量进行了对比研究,并讨论了采用大温差供回水对空调末端设备性能的影响。研究表明,加大空调水系统的供回水温差有助于降低整个制冷及泵送系统

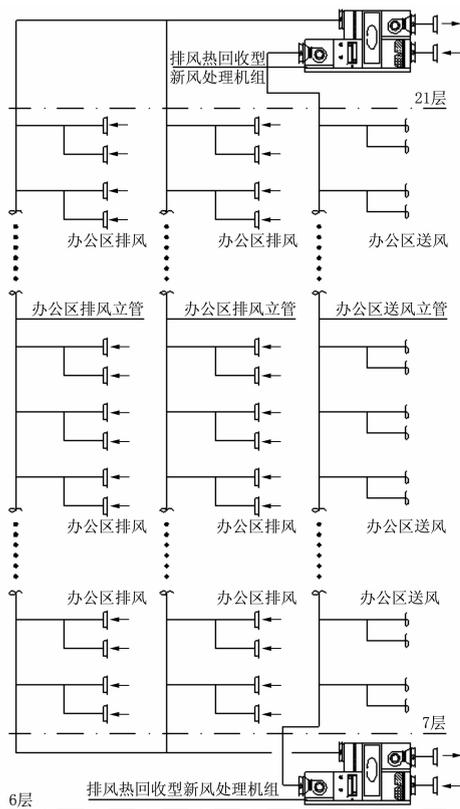


图4 办公区竖向新风系统示意图

表1 不同室内状态及供回水温度条件下风机盘管供冷能力对比

规格	中挡风量/(m ³ /h)	供冷量(7℃/12℃)/W		供冷量(5℃/12℃)/W		供冷量(6.5℃/13.5℃)/W		
		全热	显热	全热	显热	全热	显热	
办公区	600	765	3 621	3 220	3 772	3 282	3 279	3 083
	800	1 090	5 115	4 349	5 379	4 468	4 748	4 235
酒店客房	600	765	3 305	3 068	3 492	3 134	2 984	2 895

注:酒店客房的室内干/湿球温度为24℃/17℃;办公区的室内干/湿球温度为25℃/17.8℃。

比较结果表明,当空调冷水采用5℃供水、12℃回水时,2种规格风机盘管的供冷能力均高于7℃/12℃的供回水工况,即办公区风机盘管可按现有标准产品样本选型。当空调冷水采用6.5℃供水、13.5℃回水时,2种规格风机盘管的供冷能力均较7℃/12℃的供回水工况有10%左右的衰减,故客房风机盘管的选型应在现有标准产品样本数据的基础上留10%以上的余量,必要时需选择大一号的风机盘管或采用相应的大温差专用型风机盘管。

4.2 冷却塔供冷

近年来,冷却塔供冷技术已被应用于上海的部分建筑,如上海中心、金茂大厦、金光外滩中心、香港新世界花园等。在这些建筑中,冷却塔供冷系统每年使用2~3个月,与使用制冷机供冷相比,节能效益巨大。保利中心的凯悦酒店冬季内区冷负荷

的总能耗,采用7.2℃/12.8℃或者5.6℃/13.6℃的供/回水温度对现有风机盘管的性能影响较小。文献[2-3]同样对采用大温差技术的总体节能效果表示了肯定,但强调应校核大温差条件下的空调末端设备性能,文献[3]还推荐当供回水温差为7℃时,宜采用6℃供水,13℃回水。

保利中心的体量较大,空调冷水系统采用大温差供回水有利于整个制冷空调系统的运行节能和节约初投资。为了减小大温差对空调末端特别是风机盘管性能的影响,空调冷水系统设计采用了文献[3]推荐的7℃温差,冷水流量较常规的5℃温差降低了将近30%,按水泵功率与水泵流量的三次幂成正比的理论,水泵的运行能耗将降低60%以上,节能效果相当明显。

考虑到塔楼高区的空调冷水需要与制冷机制备的空调冷水进行一次换热,低区空调冷水采用5℃供水,12℃回水,高区空调冷水采用6.5℃供水,13.5℃回水。基于国内某合资品牌风机盘管样本,对2种主要用于酒店客房和办公区的风机盘管在不同室内状态参数及供回水温度下的供冷能力进行了对比,结果见表1。

约为1300kW,采用四管制空调水系统,可采用冷却塔作为冬季空调冷源。

按文献[4]推荐的设计方法,保利中心的冷却塔供冷系统除设置1台换热量为1300kW的专用板式换热器及其附属阀门和自控装置外,供冷用冷却塔利用了1台原制冷系统中与水冷离心式制冷机对应的横流塔,设计循环水量为1008m³/h。板式换热器两侧的循环水泵分别利用原制冷系统中与水冷螺杆式制冷机对应的空调冷水循环泵及冷却水循环泵。冷却水循环泵流量为385m³/h,冷却水供回水温差相应取3℃,空调冷水循环泵流量为230m³/h,空调冷水供回水温差相应取5℃。

由于冷却塔供应商无法提供冷却塔在全年湿球温度范围内所对应的性能曲线,故只能结合上海地区的气象条件,采用《ASHRAE Handbook》给出的典型横流塔热工特性曲线(见图5,6)来指导

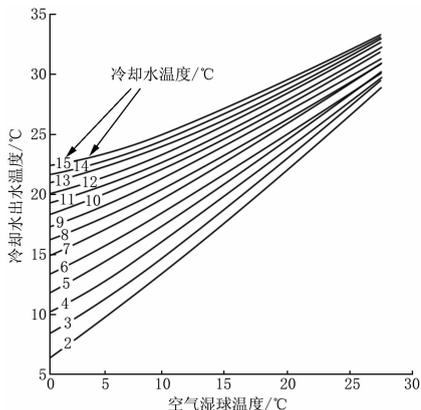


图5 典型冷却塔热工特性曲线(100%设计流量)

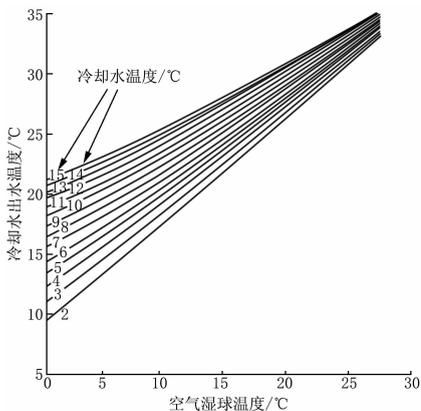


图6 典型冷却塔热工特性曲线(67%设计流量)

冷却塔供冷系统的设计^[4]。

由图6可知,当通过冷却塔的实际水流量为额定流量的67%时,若空气湿球温度为6℃,冷却水温差取3℃,则可获得10℃左右的冷却水。同时,对比图5和图6可发现,通过冷却塔的实际水流量小于其额定流量时,可获得比额定工况更低的冷却水温度或更大的冷却水温差,本工程冷却塔供冷系统的冷却水流量仅为供冷用冷却塔设计流量的38%,因此,在湿球温度6℃、冷却水温差3℃的条件下,应能获得低于10℃的冷却水。从文献[4]对上海地区冷却塔供冷系统的调研情况来看,当室外

气温低于10℃(对应的空气湿球温度约为7~8℃)时,冷却塔供冷系统的板式换热器即可提供10℃左右的空调冷水,对应的冷却水供水温度为9℃左右。综合上述理论分析结果和工程实例数据,确定保利中心冷却塔供冷系统可在室外空气湿球温度达到6℃时投入运行,冷却水设计供/回水温度为9℃/12℃,空调冷水供/回水温度为10℃/15℃。据统计,上海地区全年室外空气湿球温度低于等于6℃的时间为2080h^[5],保利中心的冷却塔供冷系统每年可运行近3个月。

5 结语

上海保利凯悦酒店及商业文化中心于2013年5月完成施工图设计,目前处于土建施工阶段。结合国家对建设领域节能减排的相关要求及超高层建筑的特点,保利中心的暖通设计在空调冷热源、系统竖向分区及各空调风、水子系统等方面合理地采用了一系列的节能措施,向建筑节能目标迈出了关键的一步。但设计阶段所运用的节能技术能否在项目实际运行时充分发挥作用,体现出明显的节能效果,取决于多方面的因素,后续施工、系统调试、运行管理等环节中,设计方尚需与相关单位紧密配合,力求将节能的理念落到实处。

参考文献:

- [1] 建设部工程质量安全监督与行业发展司,中国建筑标准设计研究院. 全国民用建筑工程设计技术措施 节能专篇 暖通空调·动力[M]. 北京:中国计划出版社,2007
- [2] 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:中国建筑工业出版社,2005
- [3] 上海现代建筑设计(集团)有限公司,同济大学. DGJ 08-107—2012 公共建筑节能设计标准[S]. 上海:上海市城乡建设和交通委员会,2012
- [4] 王翔. 冷却塔供冷系统设计方法[J]. 暖通空调,2009,39(7):99-104
- [5] 陈沛霖,岳孝芳. 空调与制冷技术手册[M]. 2版. 上海:同济大学出版社,1999:446