

沈阳奥体中心网球游泳馆 空调节能创新设计

上海建筑设计研究院有限公司 乐照林* 王耀春 高永平

摘要 简要介绍了沈阳奥体中心网球游泳馆空调的节能设计,如新风回流旁通系统、地下水地源热泵系统和一次泵变流量水系统等,其中新风回流旁通为节能创新技术,对北方寒冷地区有推广意义。

关键词 新风回流旁通 双冷凝器 地下水地源热泵系统 一次泵变流量水系统 节能

Innovative design for energy efficient air conditioning of the tennis hall and swimming pool in Shenyang Olympic Sports Center

By Le Zhaolin*, Wang Yaochun and Gao Yongping

Abstract Outlines the designing of the project, including the return-bypass system of fresh air, groundwater-source heat pump system and primary pump variable water flow system, etc. Among them, the return-bypass of fresh air is recommended as an energy saving innovation technique, deserving to be promoted in cold northern regions.

Keywords return-bypass of fresh air, dual condenser, groundwater-source heat pump system, variable primary flow water system, energy saving

★ Shanghai Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shanghai, China

①

1 工程简介

沈阳奥体中心网球游泳馆工程包括 3 个建筑单体,其中游泳馆包括拥有 3 000 座观众席的游泳跳水馆和游泳训练馆;网球比赛馆拥有 1 个网球比赛场地(可转换为 3 个网球训练场地)和 3 000 座观众席;网球训练馆拥有 10 个训练场。3 个单体通过 1 层大平台相连成为一个建筑结合体,总建筑面积为 53 911 m²,建筑高度为 26.64 m。效果图见图 1。

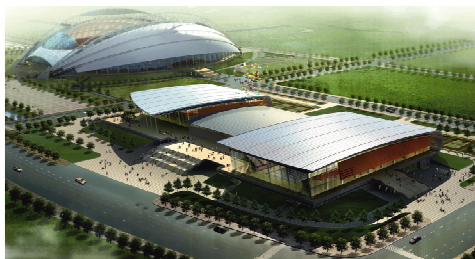


图 1 沈阳奥体中心网球游泳馆效果图

本工程设集中空调系统,冷热两用;部分采用地下水地源热泵系统,在供冷供热的同时可加热生活用水及池水。其中,办公类功能用房另设正常采

暖系统,网球馆比赛厅、网球训练厅、游泳馆各池厅等的其他功能用房另设值班采暖系统。

2 设计特点

2.1 冷热源系统

1) 地下水地源热泵系统

本工程除夏季制冷空调和冬季供热空调及供暖要求外,游泳馆常年存在池水加热和生活用水加热的需求,地源热泵系统夏季在供冷的同时可免费供热,机组用能效率极大提高,单独制冷时,以地下水为冷却水,提高了机组运行效率;过渡季和冬季从地下水中取热,热泵始终以较高的效率运行,且减少了相应的一次能源消耗,实现了节能减排。受工程基地条件限制及满足对地下水资源合理利用

①☆ 乐照林,男,1963 年 6 月生,大学,学士,高级工程师,副总工程师

200041 上海市石门二路 258 号上海建筑设计研究院有限公司机电二所

(021) 52524567 - 51129

E-mail: lezl@siadr.com.cn

收稿日期:2009-06-05

修回日期:2009-07-09

的要求,设计部分采用地源热泵系统,以满足过渡季必需的供热为度,实现可能范围内的节能减排。

针对生活用水高水温的要求,为实现同时供冷供热的节能运行,本工程设计螺杆机采用单简并联冷凝器,其中一组冷凝器盘管用于提供空调热水或用井水冷却,另一组冷凝器盘管专用于生活用水和池水加热。为提高系统可靠性,延长设备使用寿命,避免设置备用机组,减少设备投资,过渡季空调热源和池水及生活用水热源采用同类型水源热泵机组,共设 3 台制热量均为 1 487 kW 的同规格水源热泵冷热水机组,主机可互换运行。

地源热泵系统空调热水供水温度设计最高为 60℃,相应回水温度为 55℃,根据室外温度情况,如过渡季,主机和系统可降低供水温度最低至 45℃运行,从而可减少运行电耗。

按要求,加热池水及生活用水的热水供水温度最高为 60℃,回水温度为 55℃,设计一次热水经板式换热器加热池水;为确保生活用水的水质,由

板式换热器制取二次热水,二次热水系统管路均采用铜管,最高供水温度为 58℃,回水温度为 53℃,二次热水直接进入网球比赛馆和训练馆、游泳跳水馆和游泳训练馆的生活用水热水罐加热生活用水。

地源热泵机组冷水供水温度为 7℃,回水温度为 12℃。

2) 常规冷源

夏季另设 2 台制冷量均为 1 757 kW 的离心式冷水机组供冷,设计冷水供水温度为 7℃,回水温度为 12℃。

3) 冬季热源

冬季另由一次热网分别经板式换热器进行空调供热和供暖供热,也可根据需要通过板式换热器加热生活用水和池水。一次热网远期供水温度为 110℃,回水温度为 70℃,现阶段实际运行最高供水温度为 90℃。此时,空调热水供回水温度为 60℃/45℃。

2.2 空调水系统

水系统原理图见图 2。

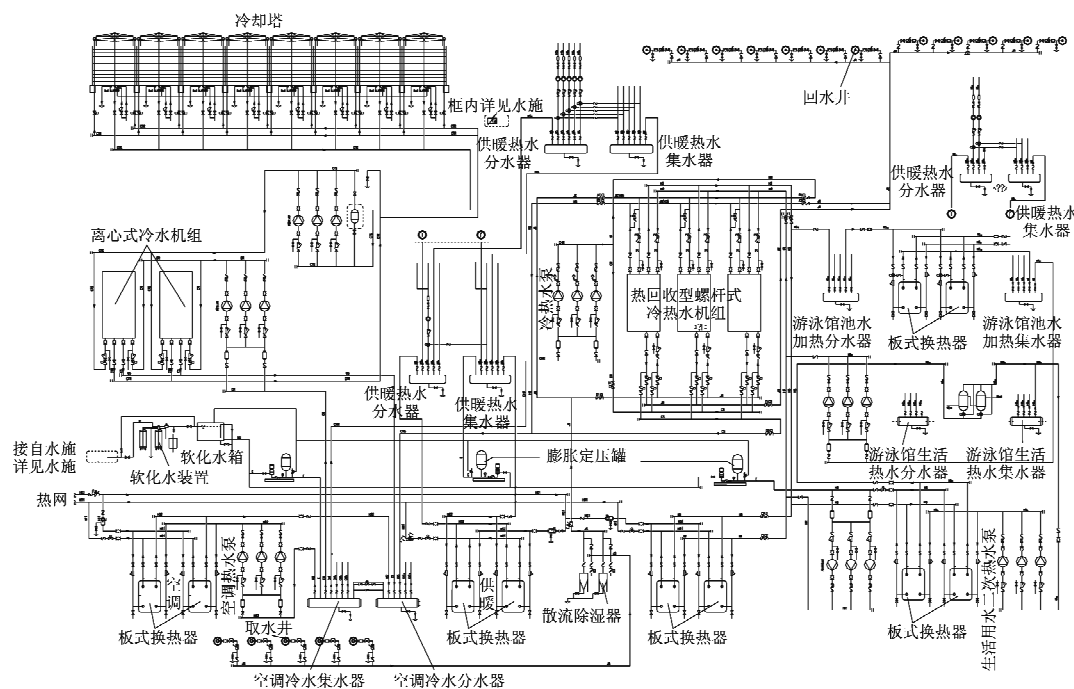


图 2 水系统原理图

1) 机房水系统

设计冷水系统和地源井水系统均采用一次泵变流量系统。地源井水根据不同运行工况需要,可通过阀门切换供蒸发器取热或供冷凝器散热;井水与冷水根据使用需要,在蒸发器侧进行阀门切换运行;井水与空调热水根据使用需要,在冷凝器侧进

行阀门切换运行;生活用水专用一组冷凝器。夏季同时供冷供热时,多余的冷凝热可用井水散热;冬季可同时提供空调热水和加热生活用水及池水。

2) 地源井水系统

根据所需水量及试验井勘察结果,在建筑总体西南侧设取水井 5 眼,北侧设回水井 12 眼,取、回

水管分别由各井室经集管,于建筑总体中直埋敷设接至南侧水源热泵机房。

地源热泵井水系统,由井下潜水泵负责井水循环,井水经旋流除砂器后供机组取热或散热,取热时,最低供水温度为 15℃,回水温度为 9℃;吸热时,供水温度为 18℃,回水温度为 24℃。井水潜水泵可变速运行,以适应系统运行工况及冷热负荷的变化。

3) 供暖系统

网球比赛馆供暖水系统分比赛馆、比赛用房两个环路,分设循环水泵,各水泵入口均设回水旁通,以调节供暖供水温度,控制房间温度。主干管均采用环管形式,干管沿网球馆内圈敷设。另按朝向或功能区设分支环路,各支环路均为同程式。

网球训练馆供暖水系统为单一环路,自设循环水泵,水泵入口设回水旁通,以调节供暖供水温度,控制房间温度。主干管采用环管形式,干管采用地沟敷设。比赛用房另设分支环路,为同程式。制冷机房分支环路与网球训练馆合用同一供暖系统。

游泳馆供暖水系统分游泳跳水馆池厅、训练馆池厅、休息厅和比赛用房 4 个环路,分设循环水泵,各水泵入口均设回水旁通,以调节供暖供水温度,控制房间温度。游泳跳水馆池厅、训练馆池厅、比赛用房主干管均采用环管形式,休息厅另按朝向设支环路并设平衡阀,各支环路均为同程式。游泳跳水馆和训练馆池岸等另设地板供暖环路,接至板式换热器加热低温地板供暖热水。

4) 地板供暖系统

游泳跳水馆和游泳训练馆池岸及各更衣淋浴区域均设低温地板辐射供暖系统,以提高舒适度。低温地板辐射供暖系统设板式换热器与游泳跳水馆空调(或供暖)水系统进行换热,最高供水温度为 55℃,回水温度为 45℃,可根据季节调节。

5) 空调末端水系统

设计空调水系统均采用两管制、一次泵系统,冷热两用,水泵采用变频运行方式,根据季节变化和冷热负荷的变化进行调节,实现运行节能。

根据网球比赛馆形体特点,空调水系统干管采用环管形式,既有利于系统水力平衡,又可减小干管总管径,环管沿各馆内圈敷设,使环管长度最短,由径向辐射支环管送至各空调用户。设计环管均采用自然补偿方式为主,必要时设波纹管补偿器。

网球训练馆空调水系统主要从属于网球比赛

馆,支干管采用同程式;个别空调器设于游泳跳水馆中,供回水管接自游泳跳水馆。

根据游泳馆形体特点,空调水系统干管采用环管结合枝状管路的形式,其中游泳跳水馆为环管形式,水系统干管沿游泳跳水馆 1 层内圈敷设,设计环管采用自然补偿方式为主,必要时设波纹管补偿器。游泳训练馆处于游泳跳水馆的枝状管路中。

2.3 空调风系统

1) 集中式空调系统

网球比赛馆大厅和休息厅、固定观众席、活动看台观众席,网球训练馆、游泳跳水馆池厅、观众席、观众休息厅,游泳训练馆池厅、陆上训练用房,游泳跳水馆 VIP 餐厅、贵宾休息厅、健身训练用房、消防控制中心和数据网络中心等功能场所,采用集中式低速风道空调系统,由空气处理机组独立处理新、回风,各集中式全空气空调系统的气流组织,除消防控制中心和数据网络中心采用架空地板静压箱下送风、顶部均匀回风方式外,其他均采用顶部均匀送风、下部集中回风的方式。部分风机设变频器,在部分负荷时,变风量节能运行。

2) 集中式空调系统气流组织

各集中式低速风道空调系统,根据各功能厅的特点,采用不同的气流组织方式:

网球比赛馆大厅与休息厅相通,沿外墙(窗)下部送风,2 层观众通道下部集中回风。

网球比赛馆固定观众席,看台静压箱椅下侧送风,每个座位设一个旋流送风口,斜梁两侧受结构留洞限制的,采用看台静压箱椅下地板送风,比赛场周围下部集中回风。

网球比赛馆活动看台观众席和主赛场,看台后墙上侧送风,下侧集中回风。

网球训练馆,于两侧墙采用矩形温感自动可变方向喷口送风,夏季水平送风,冬季向下 30°送风,端部下侧集中回风。

游泳跳水馆池厅,在池岸两侧墙下部设水平线条形风口侧送风,分点相对集中回风。

游泳训练馆池厅,在南侧 13.8 m 平台下采用温感自动可变方向圆环形喷口侧送风,另在西端南侧墙设圆环形喷口侧送风,夏季水平送风,冬季向下 15°送风,同侧两端集中回风。

游泳跳水馆观众休息厅和陆上训练用房,在吊顶上沿外窗设自动温控可变截面条形风口送风,夏

季低速送风,冬季高速送风,下部集中回风。

部分集中式空调系统空调箱和所有新风空调器设高压喷雾加湿器,用于冬季加湿或过渡季蒸发冷却。

3) 风机盘管加新风系统

其他较小的比赛、办公用房及包房等,各房间设风机盘管,另设集中的新风空调器处理新风,新风直接送入各房间,除新风量较小的房间采用渗透排风外,各房间设通风器,并设集中的排风机排风。新排风之间设全热交换器进行热回收。

2.4 节能措施

1) 新风回流旁通系统

各热回收新风空调系统的新风管设回流旁通控制,冬季通过调节电动旁通风阀,控制新风空调器入口温度和新风送风温度,解决了严寒地区热回收换热器或盘管防冻的问题,与常用的电加热相比,节能显著;同时解决了严寒地区地源热泵低温热源条件下的新风加热和确保送风温度的问题,使严寒地区的冬季新风使用得以保证。

2) 一次泵变频系统

设计冷水系统采用一次泵变频系统,与一次泵定流量系统相比,在相同的水泵配置条件下,增加了变频器的设备投资,但可以节省更多部分负荷时的水泵电耗;与二次泵变频系统相比,减少了水泵台数,节省了水泵设备投资,相应减少了制冷机房面积,还可以节省更多部分负荷时的水泵电耗。

3) 地源热泵系统

本工程采用地下水地源热泵系统,夏季利用地源井水冷却时,制冷运行工况优于常规空调工况,效率高,在供冷同时还可供热,电力利用效率高;冬季利用地下水的热量,因地下水温度较高,热泵运行效率较高,同时可减少一次能源消耗,实现节能减排。

4) 新、排风热回收系统

沈阳地处严寒地区,冬季新排风温差较大,热回收效益高,对于经常性使用的新、排风系统,设全热交换器,以减少新风加热能耗。

5) 风机变频控制

部分舒适性集中式全空气系统的风机设变频控制,在部分负荷时,通过恒定送风温度,变风量运行,适应空调负荷变化,减少运行能耗。

6) 各类水泵变频控制

空调冷水泵、地源热泵系统冷热水泵、冷却水

泵、生活用水一次泵、井水潜水泵等均设变频控制,根据供回水温差等不同控制需求,调节水泵电动机转速,实现变频控制,减少水泵运行能耗。

7) 冷却塔风机台数控制

冷却水系统设冷却塔风机台数控制,减少风机能耗。

2.5 消防设计

1) 网球比赛馆大厅、网球训练馆、游泳跳水馆池厅、游泳训练馆池厅、观众休息厅、陆上训练房等大空间场所和其他需排烟且具备自然排烟条件的场所,采用自然排烟方式,设自动开启排烟高窗,排烟窗面积按规范要求确定。

2) 不具备自然排烟条件的需排烟的功能场所,如 VIP 餐厅、VIP 射击训练用房、走廊等,设机械排烟系统,自然补风。

3) 相关楼梯间部分采用自然排烟方式,不具备自然排烟条件的,设正压送风系统。

2.6 创新设计

1) 新风回流旁通控制

沈阳地处严寒地区,由于地源热泵系统只能提供低温热源,使冬季新风的加热成为难题,盘管有被冻坏的危险,同时也难于确保新风送风温度,通过在新风送风与进风管之间设回流旁通控制,使这两个难题得以成功解决,避免了电加热器的设置和使用,既节省了投资,又减少了能耗。举例来说,1.1 kW 的电量仅可使 5 000 m³/h 新风升温 0.657 °C,很显然,若使用电加热升温 10 °C,就需超过 15 kW 的耗电量,要求的温升越高,耗电量将越大。而 1.1 kW 可驱动 5 000 m³/h 新风量循环,采用回流旁通系统时,以沈阳地区冬季空调室外设计干球温度 -22 °C,新风送风温度 20 °C 计算,不考虑热回收的情况下,要使室外新风达到 10 °C 温升,只需回流旁通约 1/4 的风量,所消耗风机电量相应也只占风机电耗的 1/4 左右,与电加热相比,可明显减少加热耗电量。

与北方严寒地区冬季或因电加热运行费用太高,或因防冻问题未得以解决而普遍存在的关闭新风系统的空调运行方式相比,新风回流旁通控制使新风的使用成为可能,简单圆满地解决了相关的所有问题,系统简单,投资少,有效防冻,有效升温,确保了冬季新风的供应,提高了室内空气质量,减少了运行费用。

(下转第 61 页)

表 1 不同地区夏季室内外平均湿度势差

夏季气候特征	地区	室外空气状态			湿度势差 $\Delta\theta/\text{°B}$
		温度/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/%	湿度势/ $^{\circ}\text{B}$	
炎热潮湿	广州	28.4	83	>110	>71
	上海	27.8	83	103	64
	武汉	28.8	79	>110	>71
炎热	西安	26.6	72	64	25
	北京	25.8	78	71	32
干热	乌鲁木齐	23.5	44	26	-13
不十分炎热	哈尔滨	22.5	77	48	9
	太原	23.5	72	43	4

空气湿度势差很大,潜热效率较高;但在典型干热地区,如乌鲁木齐,室内外湿度势差 $\Delta\theta < 0\text{°B}$,湿流方向与热流相反,全热交换器仅能够起到显热交换器的作用;而在夏季不十分炎热的哈尔滨和太原地区,虽然湿度势差 $\Delta\theta > 0\text{°B}$,但势差过小,湿交换强度较小,潜热回收效率亦很低。因此在回收空调系统的排风能量时,是否选择全热交换器,应考虑到当地气候条件,以便全热交换器充分发挥其回收潜热能耗的功效。空调通风能量回收情况不仅取决于回收效率,也与新风总耗能量有关。仅就热回收效率而言,干热和夏季不十分炎热地区更适合使用显热交换器。

4 结论

4.1 板翅式空气全热交换器的潜热效率与膜两侧气体湿度势的差成正比,湿度势的差值越大,湿传递效率就越高。

4.2 全热交换器交换膜在冬季易结露,在夏季基本无结露的可能性,因此潜热效率与新、排风湿度

(上接第 8 页)

在新风回流旁通情况下,实际新风送风量有所减少,对于新风量有严格要求的场合,可加大新风机来确保新风量仍满足功能需求。

新风回流旁通系统在冬季运行启动时,关闭室外新风入口电动双位阀,开启回流旁通管中的电动调节阀,当新风空调器入口温度升高后,开启室外新风入口电动双位阀,调节回流旁通电动阀,控制回流旁通风量,使新风空调器入口温度不至于太低,既达到了盘管防冻目的,又提高了新风送风温度,根据需要,可通过调节旁通阀开度,进一步提高送风温度。系统原理图见图 3。

当新风设全热交换器与排风进行换热时,防冻的对象由盘管转向全热交换器,控制方式与控制过程则相同。

该系统可用于需要提高新风入口温度以防冻、或需要提高送风温度的场合和相关寒冷地区,具有

势差的比例系数在冬、夏季不同,对于相同的湿度势差,冬季潜热回收效率更大。

4.3 相同的全热交换器在不同气候区域,夏季潜热回收效率可能差异很大。在炎热潮湿地区室内外空气湿度势差很大,潜热效率较高,但在干热或夏季不十分炎热地区,潜热回收效率很低甚至失效。因此选择全热交换器,必须考虑到当地气候条件。

参考文献:

- [1] Lang S, Yu J H. Energy conservation standards for space heating in Chinese urban residential buildings [J]. Energy, 1992, 18(8): 871-892
- [2] 国家质量监督检验检疫总局,国家环保总局,卫生部. GB/T 18883—2002 室内空气质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社, 2003
- [3] 钟珂,亢燕铭,黄璞杰. 板翅式空气全热交换器热回收效率的实验研究[J]. 暖通空调, 2007, 37(2): 62-67
- [4] Zhang L Z, Niu J L. Energy requirements for conditioning fresh air and the long-term savings with a membrane-based energy recovery ventilator in Hong Kong[J]. Energy, 2001, 26(2): 119-135
- [5] 埃克尔特 E R G. 传热与传质[M]. 徐明德,译. 北京:科学出版社, 1963
- [6] 巴格斯科夫斯基 B H. 建筑热物理学[M]. 单寄平,译. 北京:中国建筑工业出版社, 1988
- [7] 中国有色金属工业总公司. GBJ 19—87 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社, 1989
- [8] Zhang Yiping, Jiang Yi, Zhang Lizhi, et al. Analysis of thermal performance and energy saving of membrane based heat recovery ventilator [J]. Energy, 2000, 25(4): 515-527

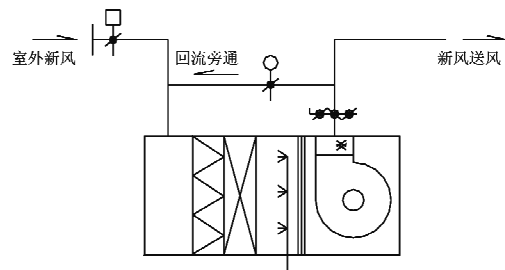


图 3 新风回流旁通系统原理图

普遍意义。特别是在寒冷地区,使用地源热泵只能提供低温热源的情况下,使冬季新风的加热成为可能,为地源热泵的应用创造了更好的条件。

2) 双冷凝器及系统设计

地源热泵机组采用双冷凝器设计,使地源热泵机组夏季同时供冷供热,冷凝热多余时可采用井水散热;冬季可同时提供空调热水和加热生活用水及池水。