

某高档住宅小区地下水地源热泵-太阳能系统方案分析

中南建筑设计院 张卫佳[☆]

摘要 介绍了工程所在地水文地质勘探及试验井的情况、系统的设备配置及运行策略。详细介绍了负荷侧空调系统的设计。分析了太阳能+地下水地源热泵系统相对于传统的电制冷机组+燃气锅炉系统的经济性。总结了保护地下水资源的措施,并指出开发利用地下水资源应注意的相关问题。

关键词 地下水地源热泵系统 太阳能 地下水 环保 节能

Analysis on scheme of groundwater heat pump combined with solar energy system for a high-grade residential quarter

By Zhang Weijia[★]

Abstract Presents site hydro-geological exploration of the project, trial wells, equipment configuration and operation strategy. Represents the user-side air conditioning design in detail. Compares the economic performances of the groundwater heat pump combined with solar energy and traditional electric refrigeration units plus gas-fired boilers. Summarizes the protection measures of groundwater resources and presents the related issues deserving to be noticed in utilization of groundwater resources.

Keywords groundwater heat pump system, solar energy, groundwater, environmental protection, energy saving

★ Central-south Architectural Design Institute, Wuhan, China

①

1 概述

该项目是集会所、住宅、单身公寓、游泳馆于一体的建筑物群,地处武汉市汉口城区,距长江堤防约 5 km,距汉江堤防约 5 km,经勘测拥有丰富的地下水资源,建设方拟采用水源热泵机组作为小区集中冷热源,夏季供冷,冬季供热,并结合太阳能系统全年提供生活热水。小区总建筑面积约 19.16 万 m²,由 9 栋高层住宅(部分带商业网点)、1 栋公寓、会所综合楼、1 栋幼儿园组成,并设有 2.9 万 m² 的地下室。除幼儿园外,各单体建筑与地下室相通。

2 地下水地源热泵-太阳能系统设计

2.1 地质水文勘探及试验井情况

项目能否使用地下水地源热泵系统,首先必须进行地质水文勘探。投资方委托打井公司在项目施工现场附近凿取试验井 3 口,完成抽水及回灌实验,井间距 30 m,井深均为 44 m(成孔深度 45 m)。成井后对 3 口井进行了为期 10 d 的抽水试验及回

灌试验,2008 年 1 月 9~17 日对 1#井、2#井、3#井进行了 3 个降深的稳定流抽水试验并进行了水位恢复观测,试验结果见表 1,连续抽水 29 h,抽水试验停止后 5 h 左右就基本恢复至静止水位,表明抽水井附近地下水的补给条件较好。抽水井含水层厚度为 21.00 m,过滤器长度为 18.00 m,井管半径为 0.162 5 m。

表 1 试验结果

	抽水井		
	水泵流量/(t/h)	实际出水量 Q/(m ³ /d)	降深 S/m
第 1 落程	80	1 994	5.20
第 2 落程	60	1 440	3.60
第 3 落程	45	1 080	2.80

2008 年 1 月 18, 19 日对 3#井抽水、2#井回

①☆ 张卫佳,女,1973 年 11 月生,大学,工程师
430071 湖北省武汉市中南二路 10 号中南建筑设计院机电一所
(027) 87336898 (0) 15827551700
E-mail: weij9999@sina.com
收稿日期:2008-12-24

灌及 3 井抽水、1 井回灌进行了试验,并观测了水位。18 日 07:30~17:30,从 3 井抽水,回灌至 2 井同一含水层,试验持续 10 h,回灌流量用阀门控制为 41 t/h,2 井回灌井水位为 -1.20 m(假定井口水位为 0,下同),比原静止水位(-5.80 m)升高 4.60 m,1 井水位为 -5.70 m,比原静止水位略微有所提高。19 日 08:30~19:30,将 3 井作为抽水井,1 井作为回灌井进行试验,同时观测 2 井水位,试验持续 11 h,回灌流量用阀门控制为 40 t/h,1 井水位为 -1.40 m,比原静止水位(-5.80 m)升高 4.40 m,2 井水位为 -2.80 m,比原静止水位(-5.80 m)升高 3.0 m。综上,循环供水量在 40 m³/h 之内,回灌井可以达到回灌要求。经勘测,该场地水文地质条件较单一,含水岩组为第四系全新统粉细砂,含砾中粗砂和砂砾石组成的孔隙承压含水层,含水层厚度为 21.00 m 左右。地面下地质成分分层见表 2。

表 2 地面下地质成分分层

0~2 m	2~8 m	8~12 m	12~24 m	24~39 m	39~45 m	45 m 以下
工程填土内 含砖渣、 水泥块	为淤泥质 土夹黄 色黏土	黏土层含 砂较重	粉质黏土 夹少量 黏土	粉细砂夹 中粗砂	为乱石和 黏土互 层	为下伏 基层

具有取水意义的为下伏基层,该场地地下水补给来源为长江侧向补给,水量充沛,地下水循环交替条件好,相邻含水层侧向径流补给,径河块段的上更新统孔隙承压含水层与项目区域的全新统孔隙承压含水层直接连通,有密切的水力联系,且境外地下水测压水位高于境内,地下水总的径流方向是由北向南。矿化度由境外向境内逐渐增高,境外一般为 250 mg/L,进入汉口城区块段后则变为 397~621 mg/L,反映境外地下水径流补给境内。境内地下水呈面状分布,地下水静止水位在 -5.8 m 左右,受长江水季节性影响,地下水化学类型为重碳酸钙镁型,该地块井水物理性状为无色,无味,透明,pH=7.10,含砂量 1/120 000,地下水温常年保持在 18.5℃左右,是地源热泵机组的优质冷却水源,单井可持续保持 80 m³/h 的循环供水量,采用 1 抽 2 回方式可保证可靠的回灌。工程范围内没有大的影响场地稳定性的断裂通过。

2.2 冷热源

2.2.1 空调负荷估算值见表 3。考虑住宅空调使用特性,参照类似小区的冷量标准,夏季总冷负荷估算为 10 027 kW,冬季总热负荷为 7 520 kW,冷

表 3 空调负荷估算值

	建筑面积/m ²	冷负荷/kW	热负荷/kW
1~9 号楼(住宅)	161 500	12 113	9 080
公寓,会所综合楼	18 980	1 900	1 423
幼儿园	2 690	188	151
合计	183 170	14 201	10 654

负荷指标为 59 W/m²,热负荷指标为 41 W/m²,另外生活热水负荷为 3 700 kW,室外恒温游泳池热负荷为 150 kW。

2.2.2 能源中心主要设备配置及系统方案见表 4 和图 1,配置 5 台水源热泵机组,夏季提供 6℃/13℃冷水,冬季提供 47℃/40℃空调热水,其中 2 台为高温型水源热泵机组,全年可提供 55℃/50℃热水,为小区 24 h 生活热水及室外游泳池提供热源,地下水夏季提供 18.5℃/33.5℃的水经板式换热器换热后作为主机 20.5℃/35.5℃的冷却水源,冬季提供 18.5℃/8.5℃热水经板式换热器换热后作为主机 16.5℃/7.5℃的热水源。

表 4 能源中心主要设备

设备名称	设备规格	数量/台
高温水源热泵机组	制冷量 1 698 kW	2
	制热量 1 735.9 kW	
	全部热回收 1 686 kW	
标准水源热泵机组	冷水 13℃/6℃	1
	热水 40℃/47℃	
	功率 456.9 kW/台	
标准水源热泵机组	冷水 13℃/6℃	2
	热水 40℃/47℃	
	功率 372.6 kW/台	
冷水泵	流量 446 m ³ /h	3(两用一备)
	转速 1 450 r/min	
	扬程 41.8 m	
冷水泵	流量 260 m ³ /h	3
	转速 1 450 r/min	
	扬程 43.3 m	
冷却水泵	流量 200 m ³ /h	3(两用一备)
	转速 1450 r/min	
	扬程 22.4 m	
冷却水泵	流量 120 m ³ /h	3
	转速 1 450 r/min	
	扬程 22.8 m	
潜水泵	流量 80 m ³ /h	10
	耗电量 N=18.5 kW	
	扬程 35 m	
板式换热器	一次水:18.5℃/33.5℃	2
	二次水:20.5℃/35.5℃	
	换热量 6 300 kW	

空调主机房的位置确定,原考虑将小区分三个区,分别设置主机站房,既靠近负荷中心,也利于室外水井布置,系统室外管网缩短,有利于节能,但投资方希望集中管理,不占汽车位,并不得设于住宅区,以避免主机噪声及振动影响,最后确定置于会所综合楼地下室,离小区最远端建筑 190 m。室外

最远取水井离主机站房约 600 m,增加了输送能耗,因此设计加大负荷侧及水源侧供回水温差,降低流量,由此降低因距离产生的能耗影响。

2.3 地下水地源热泵-太阳能集成系统的特性及运行策略

地下水地源热泵-太阳能系统为混合式系统,系统方案见图 1,特性主要体现在两方面。其一,小区

箱之间采用强制循环,由设在热水箱底部的温度控制器控制热水机组及循环泵的启停。太阳能热水器与热水箱之间采用强制循环,由设在热水箱底部的温度控制器控制太阳能热水器及循环泵的启停。混合式系统特性体现的第二方面是,对于小区集中空调系统,夏季使用带热回收功能的高温热泵主机,其在提供用户冷源的同时使用全部热回收功能,将排

放热量制取生活热水,可减少主机制冷时向地下水所排热量,也可减轻热泵主机从地下水取热的负担,节约宝贵的地下水资源,武汉地区气候特征决定了地下水地源热泵空调系统全年累计向地下的释热量大于释冷量,而水源热泵机组提供全年热水的供应,增大了向地下的释冷量,对缓解地下蓄能体全年空调吸、释热量的不平衡起到一定作用。这样的混合系统是直接利用太阳能与间接利用太阳能(地热能)的结合。在实际运行中,需要操作管理人员

全年根据实际使用情况作合理的调配,充分发挥可再生能源的作用。

其运行策略如下:1) 夏季(6~9月)工况:优先由水源热泵机组提供冷水至末端各用户并利用其热回收功能为用户提供生活热水,太阳能系统支路视太阳照度情况可与水源热泵机组同时为蓄热箱供应热量直到蓄热箱热水达到 55℃ 温度要求或关闭阀门由水源热泵机组单独为用户提供生活热水。由于夏季制冷时所释放热量远大于生活热水热量需求,因此太阳能系统支路使用概率极低。2) 冬季(12月~次年2月)工况:4台水源热泵机组提供热水至末端各用户,用户生活热水的热源视太阳照度情况优先使用太阳能系统支路,在太阳能系统不能满足用户生活热水需求时,由专用高温热泵热水机组作为生活热水的辅助热源使用。3) 过渡季(3~5,10,11月)工况:无空调负荷,高温热泵热水机组与太阳能联合使用,选择优先使用太阳能系统为生活热水提供热源保证。

2.4 负荷侧空调系统的设计

2.4.1 空调水系统

该工程负荷侧空调水系统方案考虑适当加大

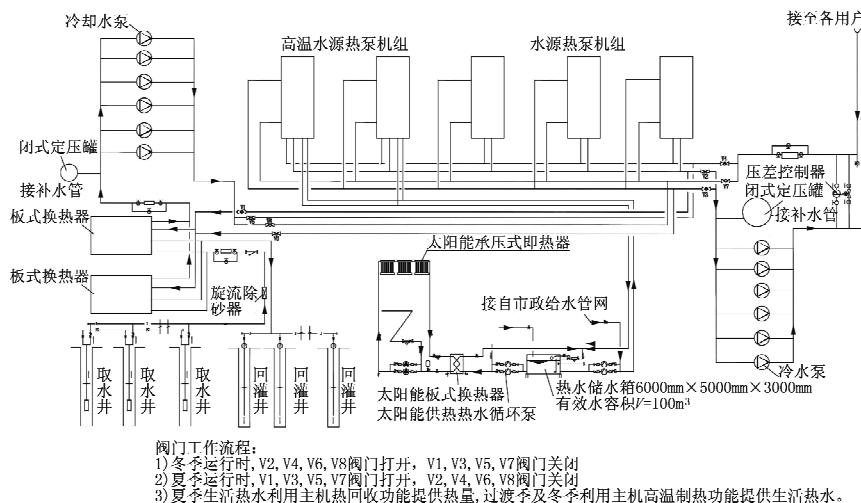


图 1 地下水地源热泵-太阳能集成系统方案

生活热水的热源分为两路,一路由热泵机组热回收装置或高温专用水源热泵热水机组提供;一路来源于太阳能系统,取代传统的燃气、燃油热源和电加热热源,是对可再生能源(太阳能)的一种利用方式。夏季热泵机组制冷的同时,利用其热回收装置免费制取生活热水,由太阳能系统辅助,其他季节优先利用太阳能系统制取生活热水,由高温专用水源热泵热水机组辅助制取生活热水,地下水地源热泵-太阳能集成系统通过蓄热水箱结合,由各支路电控阀门转换,实现对小区生活热水的稳定供应。太阳能集热器的设置规模可根据所属地区的全年气候特征来设定,武汉地区属夏热冬冷地区,全年湿度大,夏季时间长(6~9月),空调冷负荷大,冬季时间短(12月~次年2月),热负荷小,夏季制冷的同时将产生大量的免费热水,极有可能无需太阳能系统就可满足生活热水需求,考虑武汉地区夏季比其他季节时间长,因此可适当减小太阳能集热器的设置规模。综合屋面集热面积的限制及投资等因素,本工程太阳能系统仅提供 200~2 000 kW 的热量。其余生活热水用热需求由水源热泵主机提供。蓄热水箱设计蓄水量 100 m³,蓄热时间 2.3 h,水源热泵主机与热水

供回水侧温差(7℃),以减少水泵传输功耗,采用一次泵变流量异程式系统(水平异程,垂直异程),空调主干管从主机房引出,水平主环路从与各栋相通的地下室分支接入各栋空调管井,各栋支路设压差控制阀,各用户末端支干管设动态平衡阀,以平衡异程式系统所带来的水力失调,冷水、冷却水闭式机械循环均采用闭式定压罐定压。

2.4.2 各用户末端

根据《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003)规定,各用户应设置计量装置,本设计中设过滤器于供水支干管端的能量表前,确保热量表准确测量,按照投资方要求,户外抄表,计量装置及电控阀门制作成箱体,设于户外走道吊顶内,显示器嵌于各用户户外侧墙距地 1.8 m 处,便于抄表收费,也便于用户查看。住宅各户采用风机盘管系统,采用侧送风、顶回风方式,风机盘管设三挡调速开关,调节风量,各风机盘管设电动两通阀,根据房间内温控器指令控制其开关。各户另设带全热回收吊式双向换气机,保证空调季节新风需求,也有利于节能,风机盘管出风口及回风口均采用保温风口,保温材料采用玻璃棉,以避免装修后吊顶内结露。

2.5 水源侧系统设计

根据已运行水源热泵机组的使用情况,发现一些工程因为缺乏必要的基础水文地质资料和技术指导,存在盲目开采的现象,随意凿井开采地下水,水井分布过密,造成局部地下水超采,出现局部地段沉降,所以对于地下水的开采,需要空调及水文地质专家的合作,真正做到因地制宜,合理开采。本工程井群方案在已有实验井数据的基础上,结合地质水文专家的意见及已成功使用的热源井布置原则,确定为取水井与取水井间距 120 m,取水井与回灌井间距 40 m,分布于小区内,并注意与建筑物保持一定的安全距离(15~20 m),确保不影响到建筑的基础。本工程打井数量是根据施工图阶段逐时负荷计算得到的,夏季所需井水量为 456 m³/h,冬季所需井水量为 554 m³/h,确定共设 7 口取水井,14 口回灌井。另在小区中央适当位置设一口沉降观测井,其位置见图 2,各取水井之间用集管并联,分两组布置,远端 3 口取水井,回灌至近端回灌井,近端 4 口取水井,回灌至远端回灌井,取水井之间另设连通管,通过阀门切换在非使用季节互为冲洗保养。地下水水源侧供回水温差夏季取 15℃,冬季取 11℃,不仅可降

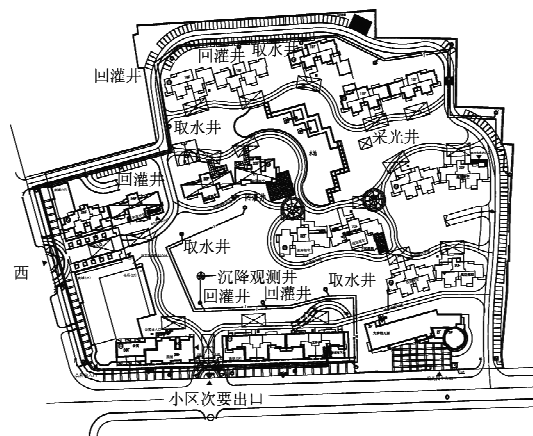


图 2 地下水水井及外网布置示意图

低水泵传输功耗,而且可减少地下水取用量,对保护地下水资源有利。水资源报告显示,地下水含砂量为 1/120 000,为防止板式换热器阻塞及磨损腐蚀,在取水总管处设旋流除砂器及电子除垢仪,以使得水源侧水源符合要求,保证换热效果。系统抽水和回灌的管路上均设置流量表和取水管口,以对抽水量、回灌量 and 水质进行定期监测。

3 效益分析

3.1 常规电制冷机组+燃气锅炉方案主要设备见表 5。

表 5 常规电制冷机组+燃气锅炉方案主要设备

	型号及规格	数量/台
水冷螺杆式机组	制冷量 2 188 kW	5
	冷水 12℃/7℃,冷却水 32℃/37℃	
	功率 440 kW	
燃气热水锅炉	制热量 2 923 kW 功率 12 kW	3
低噪声冷却塔	冷却水量 500 m ³ /h	5
	功率 22 kW	
冷水泵	流量 400 m ³ /h	5
	扬程 42.3 m	
	功率 75 kW	
冷却水泵	流量 480 m ³ /h	5
	扬程 28 m	
	功率 55 kW	

初投资比较见表 6。

由表 6 可见,太阳能+地下水地源热泵系统初投资比电制冷机组+燃气锅炉高出 542 万元,主要在于主机、室外水井及太阳能系统 3 部分。全年运行费用比较见表 7。

全年空调及生活热水运行成本,太阳能+地下水地源热泵比电制冷机组+燃气锅炉低 403 万元,系统运行 2 年即可收回成本,节能潜力巨大。从工程实际出发,地下水系统的投资效益比,负荷较大的建筑比负荷较小的好,因为地下水供回水井的投

表 6 初投资比较

万元

	太阳能+地下 水地源热泵	电制冷机组+ 燃气锅炉
空调制冷站及室外系统		
空调主机	750	460
冷却塔	0	65
循环水泵	25	28
燃气锅炉	0	120
板式换热器	150	40
机房间管道、阀门、辅助设备安装	400	450
热水水箱	18	18
机房控制(BA 系统)	150	120
成井、室外管网	200	0
太阳能系统	150	0
小计	1 843	1 301

表 7 全年运行费用比较

	太阳能+地下 水地源热泵	电制冷机组+ 燃气锅炉
空调系统年运行费用/万元	314.810 4	643.00
单位面积年空调费用/ (元/(m ² ·a))	15.740 5	32.15
单位面积日运行费用/ (元/(m ² ·d))	0.075 0	0.15
年维护保养人工材料费/万元	40	60
空调系统年总费用/万元	354.810 4	703.00
生活热水系统能耗年总费用/万元	42.62	98.20
小计/万元	397.43	801.20

资并没有随容量的增加呈线性上升,说明相对工程较大、用户较集中的住宅小区使用地下水地源热泵更能体现节能效果。小区入住率越高,地下水地源热泵节能价值越明显,夏季,相对于常规电制冷主机,地下水地源热泵系统具有相对较少的运行部件,同时大部分部件安装于室内,系统可靠性强。冬季供暖与采用锅炉作比较,由于热泵特有的能级提升技术,节能效益好,并且无大气污染,环保效益明显。

3.2 地下水地源热泵系统与小区各用户采用空气源热泵分体空调机相比较,对于夏热冬冷地区居住建筑,单纯就采用集中空调还是分体空调方式的角度而言,大量调查结果表明,夏季分体空调实际运行能耗远低于集中空调方式,分体空调方式调节方便,能较好地适应住宅的使用特性,采用直接蒸发冷却,没有管网损失;但当集中空调采用地下水地源热泵系统时,相对于其他常规集中空调的不同之处,无论是地下热源侧还是水源热泵本身,其变负荷能力强,能较好地适应住宅负荷峰谷变化幅度大的特性,一定程度上减小了与采用分体空调实际运行时的能耗差距,对于本地区居住建筑,采用地下水地源热泵系统更重要的意义在于冬季,因为武汉地区的气候特征是全年湿度大,在冬季,湿冷的环境致使空气源热泵分体空调机效率十分低下,还要面临除霜的问题,不能保证供暖效果,而采用地下

水地源热泵系统,因其所吸热量来自地下水,地下水温度常年稳定,热泵主机出力稳定,供暖能效比达 4 以上,不受室外大气温度影响,供热质量高且运行费用低廉,另一方面,水源热泵系统消除了小区内各分体空调室外机,美化了建筑外立面,缓解了大气热岛现象。目前使用地下水地源热泵集中空调的住宅用户物业收费标准为 0.1 元/(m²·d)左右,用户反映经济适用并且效果良好。

4 地下水资源保护的措施

采用地下水地源热泵系统为用户制冷供暖,理论上是高效而可靠的,但当采用地下水作为其热源及热汇时,在实际运用中,许多工程不同程度出现了回灌难、抽水井及回灌井阻塞、出水量达不到设计要求等问题,通过对实验井运行情况的分析,本项目拟采取的保护措施为:1) 为保障地下含水层中的细砂不被抽水井抽出而产生环境地质问题,在成井施工中特别注意反滤层材料的选取和安装,滤管管眼直径 1.8 mm,眼距 5 mm,采用梅花形排列,孔隙率大于 20%。过滤管外有垫筋、缠丝、包网,过滤管垫筋为 $\varnothing 8$ mm 钢条,用 14 号铁丝缠丝,缠丝间距 1~2 mm,外包 4 层(60 目)尼龙网并用铁丝捆绑牢固,井管底部用 6 mm 钢板封底。2) 供水(回灌)井周围的地表种草植树,保护水井周围的地表清洁,防止污染物进入水井污染地下水,同时通过植被的生长情况来了解地下水位的变化。3) 采用闭式系统,利用板式换热器间接换热,防止地下水污染,并注意板式换热器材料的耐腐蚀性。4) 设立动态监控系统,运行中将定时对水质进行检验,对地下水位进行实时监控,以保护该地区的地下水资源。5) 在小区内设置沉降观测井。6) 为确保 100%回灌,尽量减少水汽损失,根据实验情况采用合理的抽灌比例。7) 取水井之间设连总管,通过阀门切换在非使用季节互为冲洗保养。另外关于大地蓄能体冬夏释、吸热量不平衡所带来的不利影响(温升),水资源论证报告显示,工程年总开采水量仅占可开采水量的 2.7%,且此处地下水与江水密切联系,换热条件好,水温影响轻微,故未考虑设辅助冷却塔的平衡措施。在系统实际运行中,所带来的对地下热环境的干扰还应作准确的评估,供以后的工程参考。

5 关于居住建筑使用水源热泵技术的思考

武汉属于夏热冬冷地区,气候特点为夏季闷热,

冬季湿冷,全年相对湿度较大,若不采取供暖空调,冬夏季室内热环境都达不到基本的居住条件,更谈不上舒适,目前大多数居民为改善室内热环境采用电暖器及家用空调器,效率低,使得本地区供暖空调能耗急剧上升,因此在条件适宜的场合,地下水地源热泵技术的应用具有重要的节能及降低尖峰用电负荷的意义。本工程采用地下水作为热源及热汇,发挥地下水资源的最大效益,以较高的能效比实现能级提升,为该小区的居民提供了舒适的居住环境,减少了建筑物制冷供暖所消耗的一次能源。相对于地埋管地源热泵系统,采用地下水作为热源(热汇),换热效率高且初投资少,与太阳能系统相结合,为生活热水的节能提供了新的有效途径,目前该项目已获水利部门的批准,施工图已完成设计。然而这并不意味着所有拥有地下水的区域都可采取这种方式,科学的地质勘探和水资源论证是必不可少的,由于这些并非暖通专业技术人员的专长,需要与水文地质技术人员沟通,提供地下水地源热泵系统应用的基础条件,共同促进地热利用的健康发展。

6 结论

6.1 采用地下水地源热泵-太阳能集成系统方案为小区提供空调供暖及生活热水,形成联合运行系统, (上接第 52 页)

地上层设置排风排烟系统和空调系统,离心排烟风机放置于屋面,卧式空气处理机位于该层机房内,竖井分为排烟竖井与新风竖井。在该层内排烟风管与空调风管合用,设支管与排烟竖井及新风竖井分别相连。

平时关闭排烟风机入口处的排烟防火阀门,开启与排烟竖井相连支管上的电动密闭式多叶调节阀。卧式空气处理机运转,离心排烟风机不工作。

火灾时,由消防控制室指令打开着火防烟分区阀门、多叶排烟口进行排烟,屋顶离心排烟风机运转。关闭空调支管上阀门,卧式空气处理机关闭。当烟气温度超过 280℃时,排烟风机入口的排烟防火阀自动关闭,同时排烟风机停止运行。

地下层设置排风排烟系统和送风系统。排烟排风风机和送风机位于该层机房内。与地上层合用排烟竖井与新风竖井。

3 设计体会

本工程系统多,控制异常复杂,设计阶段要充分与消防部门沟通,与电专业配合设计。施工阶段

极大地利用天然能源及可再生能源,并加大地下水利用温差(夏季 15℃,冬季 10℃),减小地下水用量,可最大限度地节省初投资和运行费用。

6.2 武汉地区处于长江中游,长江、汉江汇聚武汉并穿城而过,地下水资源丰富且水质良好,采用地源热泵技术具有良好的基础条件,怎样运用好这一宝贵资源,原则上应采取谨慎的态度,在具有科学的水文地质勘探及水资源论证允许开发使用的前提条件下,经过当地的水利等相关部门批准,经过合理的设计及施工,采取先进的钻井及回灌技术,因地制宜,合理开采,才能发挥地下水的最大效益。

参考文献:

- [1] Caneta K Research Inc. 地源热泵工程技术指南[M]. 徐伟,等,译. 北京:中国建筑工业出版社,2001
- [2] 赵军,戴传山. 地源热泵技术与建筑节能应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007
- [3] 汪训昌. 关于发展地源热泵系统的若干思考[J]. 暖通空调,2007,37(3): 38-43
- [4] 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. 全国民用建筑工程技术措施 节能专篇 暖通空调·动力分册[M]. 北京:中国计划出版社,2007
- [5] 中国有色工程设计研究总院. GB 50019—2003 采暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003

暖通专业与电专业共同对施工方进行详细的图纸交底。经过反复调试,顺利通过消防验收。工程投入使用已有 4 年。针对通风空调与机械排烟风管合用系统设计,有如下设计体会。

3.1 机械排烟系统与空调风管系统合用,降低建筑层高要求,减少管井数量,既满足了使用要求,又降低了工程造价。

3.2 设计中旁通管设置和阀门控制较为复杂,需多与施工方进行沟通,充分表达自己的设计思想,避免阀门设置错误影响系统的可靠性。此外,电动阀门的制作除满足控制要求外,还应符合现行国家排烟防火标准的规定。

3.3 通风空调系统需按排烟系统的要求设计。排烟量、管道尺寸、风机、电源、风管及保温材料均需满足规范对排烟的有关规定,建议排烟竖井内用不燃性玻璃钢或其他不燃材料内贴,以保证系统的严密性。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国公安部. GB 50045—95 高层民用建筑设计防火规范[S]. 北京:中国计划出版社,2005