

北京市某住宅区水源热泵空调系统

摘要 简要介绍了该住宅区的室内设计、水源水系统设计、机房设计、空调自控等几方面内容。对系统技术要点进行了阐述，对系统的初投资和运行费用做了必要的分析。该系统自投入运行以来，效果良好。

关键词 水源热泵空调系统 设计 控制 节能

Water source heat pump air conditioning system for a residential uptown in Beijing

By Zhen Huabin[★], Fanxin, Xieqiao and

Abstract Briefly describes the design of a WSHP system application in several important aspects and presents critical technical points which affects the system. Analyses the system's first investment and operation costs. The system has been in smooth operation and has reached expected results since its being put into operation.

Keywords Water source heat pump air conditioning system, design, control, saving energy

★ Tsinghua Tongfang Artificial Environment CO.,LTD.

1 工程概况

本工程为 2 栋节能型住宅建筑（见图 1），位于北京市海淀区空军指挥学院南小院住宅区内。总建筑面积 18744m²，层高 2.8m，建筑总高度 20.7m，地下 1 层，地上 6 层半，6 层和 7 层为复式结构，7 层北半部为露台，小区共有 167 户。2001 年 3 月空调工程开始施工，2001 年 11 月底完工，2001 年 12 月初空调调试运行。



图 1 小区外景图

2 室内空调设计

2.1 空调室内设计参数，见表 1：

表 1 空调室内设计参数

房间名称	夏季		冬季		噪声 dB (A)	备注
	温度 (°C)	相对湿度 (%)	温度 (°C)	相对湿度 (%)		
卧室	25	≤60	20	≥35	≤40	
客厅	25	≤60	20	≥35	≤45	
餐厅	25	≤60	20	≥35	≤45	

2.2 风机盘管选择计算

风机盘管为卧式暗装风机盘管，其易与装修配合：在客厅，可以安装在局部吊顶内；在卧室，可以与衣柜相结合安装。考虑到房间同时使用率较低，容易造成空调房间围护结构的传热面增加，因此，风机盘管在选择计算时，将常规负荷计算值上浮 30%左右。面积较大的房间（尤其是卧室），可以采用 2 台小型号的风机盘管来满足房间噪声要求。

2.3 分户计量

应建设单位的要求，在每户的入口端均安装有分户冷热计量表，其可以通过检

测用户的流量和进出水温，从而求得用户所消耗的冷热量。冷热计量表在设计时应注意其所测量媒质的温度范围、工作压力及安装间距，冷热计量表安装示意图见图2。设计流量不应低于冷热计量表的标准流量，否则，会降低冷热计量表的测量精度。

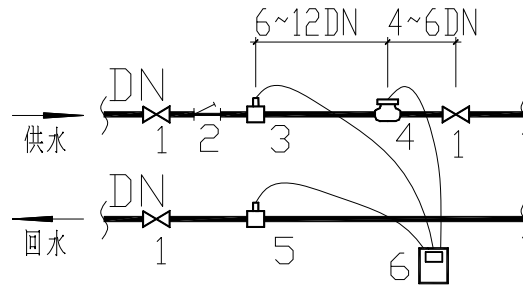


图2 冷热计量表安装示意图

1 阀门 2 除污器 3 进水温度传感器 4 流量计 5 回水温度传感器 6 冷热计量表计算仪

3 水源水系统

3.1 地下水

经有关专业部门实地勘测，建筑所在地区可用地下水为第四系水，第四系以卵砾石层为主，夹粘性土层，出水量较大，水质较好，有利于回灌。

3.2 水井

本工程设计有3眼结构完全相同的水井（位置图见图3），每眼井既可以作

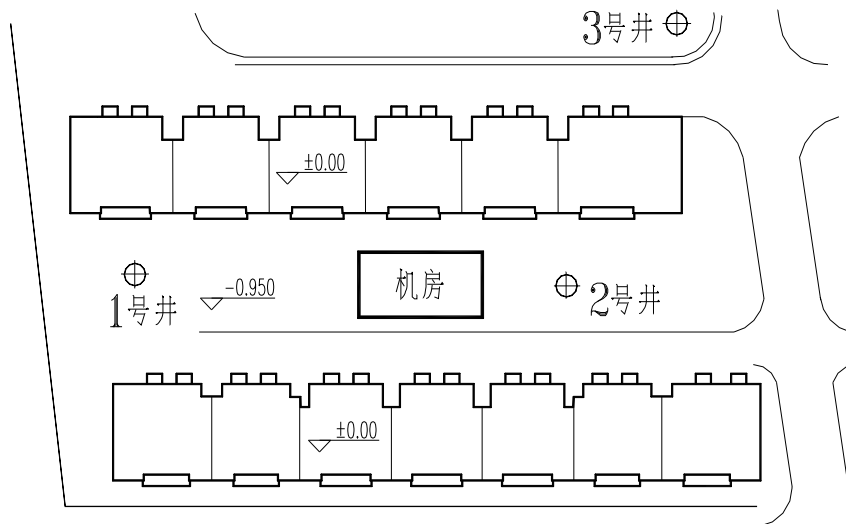


图3 小区平面图

为抽水井，又可以作为回灌井，这样在运行时，可以做到一抽两灌，有利于地下水回灌和延长水井的使用寿命。水井自 2001 年 8 月 16 日开钻，至 2001 年 9 月 21 日完成抽水试验，3 眼井具体情况见表 2。

表 2 水井技术资料

井号	井深	井径	出水管管径	出水量	水温	静水位	水位降深	含砂量
1#井	100.5m	800-1200mm	89mm	4320m ³ /h	16℃	22.4m	1.1m	≤ 1/200000
2#井	100m	800-1200mm	89mm	4320m ³ /h	16℃	21.8m	2.1m	≤ 1/200000
3#井	101m	800-1200mm	89mm	3600m ³ /h	16℃	21.8m	0.78m	≤ 1/200000

3.3 潜水泵

本工程在设计过程中，始终以节约地下水为原则，因此，在潜水泵选择时，采用了变频潜水泵，即开启不同的主机台数，潜水泵提供不同的水量。潜水泵技术参数如下：流量 140m³/h，扬程 60m，功率 40kW。

4 机房设计

住宅建筑设计规范中规定，水泵房不应设在住宅建筑内，所以，机房和水泵房设在了 2 栋建筑之外，小区绿化带的下面（地下机房位置图见图 3）。地下机房面积 175m²（含生活热水部分），机房平面布置图见图 4。

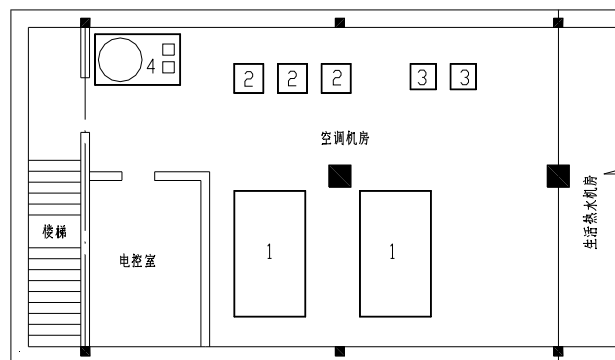


图 4 机房平面布置图

1 水源热泵空调机组 2 冷热水循环水泵 3 混水泵 4 定压补水装置

4.1 冷热源选择

空调系统的冷热源为 2 台清华同方水源热泵空调机组。单台水源热泵空调机组技术参数如下：夏季制冷量 583kW，电功率 120kW，供回水温度 7℃/14℃；冬季制热量 667kW，电功率 168kW，供回水温度 50℃/40℃。

4.2 混水泵

井水温度为 16℃，而水源热泵空调主机要求夏季最低进水温度为 18℃，只有将进水温度提高至 18℃后才能进主机，所以在系统中设置混水泵来解决这个问题。同时，设置混水泵可以降低水源水泵的水量。混水泵共计两台，与水源热泵空调机组实行一对一控制。混水泵技术参数如下：流量 22.3m³/h，扬程 20m，功率 2.2kW。

4.3 其他主要设备

- ① 冷热循环水泵 3 台（2 用 1 备），流量 93.5m³/h，扬程 28m，功率 11kW；
- ② 补水泵 2 台（1 用 1 备），流量 6.5m³/h，扬程 32m，功率 15kW；
- ③ 落地膨胀水箱（PN1000）1 台；
- ④ 除砂器 1 台，额定处理水量 160m³/h。

5 系统技术要点

5.1 季节转换阀门

系统中设有 8 个季节转换阀门以保证系统夏季供冷、冬季供热，8 个季节转换阀门采用手动蝶阀。在系统设计时，为保证主机有较高的换热效率，水源水、冷水进出主机的水流方向应和转换前的水流方向相同，机房原理图参见图 5。

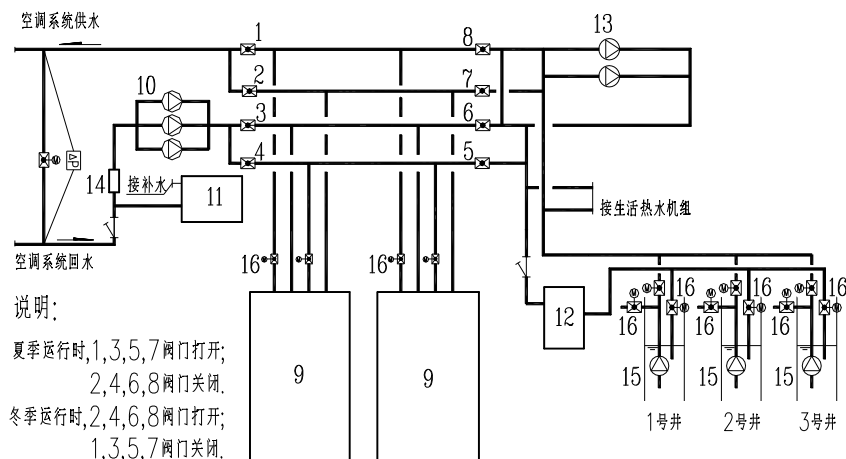


图 5 机房原理图

1~8 季节转换阀门 9 水源热泵空调机组 10 冷热水循环水泵
11 定压补水装置 12 除砂器 13 混水泵 14 电子水处理仪 15 潜水泵 16 电动两通阀

5.2 混水泵吸入点

水源水系统是开式系统，容易发生虹吸现象，为保证机房系统和混水泵吸入点始终有水，在设计时采取了一些必要的措施，即回灌管应高出吸入点 1 米左右，混水泵吸入点接管示意图见图 6。

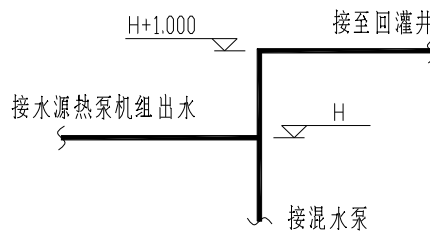


图 6 混水泵吸入点接管示意图

5.3 混水泵混水点

混水点是两股有压力的水流的汇聚点，在混水点设置 1 个直径 DN400 的混水器，来保证混水顺畅，混水均匀。混水器接管示意图见图 7。



错

图 7 混水器接管示意图

5.4 井口装置

根据地质勘测公司建议，水井需要定期轮换为抽水井或回灌井，以便定期回扬来延长抽水井和回灌井的寿命。所以，在井口设计有 3 根水管：抽水管、回灌管、回扬管（参见图 5），当水井为抽水井时，使用抽水管；当水井为回灌井时，使用回灌管；当水井定期回扬时，使用回扬管，水井由回灌井转为抽水井前，应先回扬。回灌管应引至水井的静水位以下，避免回灌时带入大量的空气，空气会影响回灌井

的回灌量，空气中的氧气会对地下厌氧微生物带来危害。

6 自动控制

6.1 为减少水源水量和节省能源，潜水泵为变频水泵，并在每台主机水源水侧的进水管上设有电动两通阀。水源热泵空调主机根据检测到的冷热水温自动启停，当 1 台主机中的所有压缩机停止工作时，电动两通阀关闭，变频潜水泵自动调小供水量；当主机需要开启时，电动两通阀先打开，30 秒后，变频水泵自动调大供水量。在以上过程中，冷热水侧的电动两通阀不关闭，以便主机检测冷热循环水水温。

6.2 混水泵与水源热泵空调主机一一相对应，当主机关闭时，相应的混水泵自动关闭；当主机开启时，相应的混水泵自动开启。

6.3 每眼水井中有 3 支电动两通阀门，当水井轮换或定期回扬时，在机房可以控制阀门的启闭和潜水泵的启停。

6.4 为防止井水外溢，每眼水井在距井口 2 米深处，设有回灌自动检测报警装置，当回灌井回灌不畅，井水水位上升至距井口 2 米深处时，自动检测报警装置将自动报警。

6.5 补水泵和落地膨胀水箱是系统定压、补水装置，根据检测到的系统压力，补水系统将自动补水或泄水。

6.6 每台水源热泵空调主机的冷热水进水管和水源水进水管上分别设有 1 个水流开关，水流开关与主机连锁。当进水量低于主机要求的最低水量时，主机将自动关闭。

7 系统投资及运行费用

7.1 系统投资

空调系统总投资约为 540 万元，其中水井、潜水泵、水源水外网及控制系统约为 90 万元，机房设备、系统安装及控制系统约为 190 万元，冷热水外网及室内系统约为 260 万元。如果系统寿命按 15 年计，每年 2 个运行季，则每运行季·每平方米投资分摊见表 3。

表 3 空调系统投资及投资分摊

项目	水井、潜水泵、水源水外网及控制	机房设备、系统安装及控制	冷热水外网及室内系统	系统总投资
投资金额	90 万元	190 万元	260 万元	540 万元
投资分摊	1.6 元/季·平方米	3.4 元/季·平方米	4.6 元/季·平方米	9.6 元/季·平方米

7.2 运行费用

本工程自投入运行以来，经过了 3 个运行期：第一个供暖期，2001 年 12 月初开始供暖，至 2002 年 3 月底停止供暖，共计 118 天；第一个供冷期，2002 年 5 月底开始供冷，至 2002 年 9 月中旬停止供冷（含每天 24 小时供生活热水消耗的电量，约占总耗电量的 1/4 左右），共计 114 天；第二个供暖期，2002 年 10 月底开始供暖，至 2003 年 3 月底停止供暖（含每天 24 小时供生活热水消耗的电量，约占总耗电量的 1/6 左右），共计 145 天。3 个运行期的运行费用见表 4。

表 4 运行费用

运行期	运行天数	用电量	电费	总费用	平均每天费用	平均每户费用	每平方米费用
第一个供暖期	118 天	331200 千瓦·时	0.393 元/千瓦·时	130162 元	1103.1 元/天	779.4 元/户	6.9 元/平方米
第一个供冷期	114 天	150535 千瓦·时	0.44 元/千瓦·时	66235 元	581 元/天	396.6 元/户	3.7 元/平方米
第二个供暖期	145 天	506786 千瓦·时	0.44 元/千瓦·时	222986 元	1538 元/天	1335 元/户	11.9 元/平方米

8 空调系统运行评价

8.1 在实际运行中，只有 1 台主机在工作，另 1 台主机仅在较冷的几天内开启过 1 台或 2 台压缩机（每台主机有 4 台压缩机），对于节能型建筑的冷热负荷及住宅建筑的同时使用率及主机选型仍有待于研究。

8.2 水源热泵空调系统设计时一定要注意系统 cop 值，系统 cop 值不宜过低。本系统主机设计 cop 值如下： $cop_{夏}=4.86$ ， $cop_{冬}=3.97$ ；系统设计 cop 值： $cop_{夏}=3.8$ ， $cop_{冬}=3.32$ 。以上数据说明系统比较节能。

8.3 风机盘管在夏季制冷时，室内温度均能达到或低于设计值；在冬季制热时，个

别房间温度在某些时间内为 18℃左右。经分析，是由于节能型建筑仅对外围护结构做了保温要求，内墙和楼板的保温没有要求，又由于风机盘管的调节性比较灵活，所以某一房间在某一时间内可能使六面体均为冷体，从而消耗大量的热量，夏季居室之间传热相对较少。建议采用分户计量的建筑，应对传热系数较大的楼板作适当的保温处理。

8.4 第一个运行期期间，没有提供生活热水，当时北京电价为 0.393 元/千瓦·时；从第一个供冷期开始，北京电价调整为 0.44 元/千瓦·时。从目前三个运行期可以看出，夏季的运行费用最低，说明北方住宅以冬季采暖为主，冬季节能应为华北、东北地区主要研究的方向。

9 结束语

9.1 水源热泵空调系统应用于多户住宅建筑时，始终以节能、节水为设计原则。因此，在设计时，应综合考虑住宅及空调方案的各种因素，如：住宅每户建筑面积、住户同时使用率、居室同时使用率；潜水泵是否采用变频技术；水源热泵空调主机是否选择数台小型号的机组，避免只有一两台压缩机开启时，还需供应大量的井水等等。

9.2 本小区的水源热泵空调系统自投入使用以来，运行效果良好，运行费用大大低于其它方式的空调系统，冬季供暖与燃煤供暖系统的成本费持平。

9.3 水源热泵空调系统不仅运行费用低，还没有燃烧、噪声等污染，比较环保。水源热泵空调系统在有条件的地区应大力推广，同时必须保证水源水的回灌，并符合国家相关的规范和标准。