

区域集中供热中的热泵多能源耦合案例浅谈

——以银川市某镇区供热站为例

黄立轩

宁夏建筑设计研究院有限公司 宁夏 银川 750002

摘要: 随着我国“双碳”目标临近,国家对北方地区冬季清洁取暖的重视程度日益提升。热泵技术具有清洁、高效、种类繁多、适用范围广的特点,在清洁取暖领域得到很好的推广和应用。然而,不同种类的热泵技术各有所长,如何将多种热泵技术融合,相互取长补短,使整个系统达到“1+1大于2”的效果,是进一步提高热泵供热效率的关键。

关键词: 区域集中供热; 热泵技术; 多能源耦合

1 项目梗概

自2017年银川市实施“东热西送”集中供热工程以来,城市集中供热管网基本覆盖了主要建成区。可是,随着近年来城市不断扩张,新纳入城区的建设用地暂无集中供热管网,而短期内“入网”仍存在各种问题,因此,在无集中供热片区亟待建设区域供热中心,作为周边新增建筑的供热热源。

本论文以银川市郊某镇区为例,浅析该镇区周边2公里内约100万平米新增建筑的供热方案(含地热及散热器采暖),为热泵技术和太阳能综合利用的多能源耦合在区域集中供热工程的应用提供参考。

经计算,该片区总供热负荷为40MW,为满足散热器采暖系统使用,供热站的供回水温度定为60/40℃。

本项目以空气源热泵为基础热源,再耦合水源热泵接力提升热媒温度,供给热用户侧。根据空气源热泵性能曲线进行分析,当室外温度一定时,热泵出水温度与能效比成反比,高温离心水源热泵在出水温度一定时,进水温度与能效比成正相关。综合上述条件,空气源热泵的出水温度应尽量贴合水源热泵的特性,使整个系统COP达到最高点,从而降低运行费用。

为更好的衔接两种热泵的运行,系统热源侧设有耦合水箱,将空气源热泵的进出水与水源热泵一次侧热水耦合。水源热泵二次侧设置蓄热水池,在波谷电价时段蓄热,其他时段放热,尽量避免在峰电时段开启热泵。

为最大限度提升系统运行效率,在采用的空气源热泵机组配备外置蒸发器,蒸发器上部设置光伏板发电。光伏板发电时产生的热量正好被蒸发器吸收,间接提升了蒸发器环境温度,所发电力经过逆变后,可用于供热

站照明使用。通过不同清洁取暖设备的搭配运行,使整个系统基于多能源互补供热系统架构运行。

2 项目设计

2.1 空气源热泵

本项目以市场常见的某品牌的空气源热泵参数为例,该款热泵名义制热量(-12℃)115.6KW,输入功率37.7KW,额定循环水量为21.4m³/h,最高出水温度为50℃,但在出水温度20-25℃时制热效率最高,COP值可达3.06,机组可增加外置蒸发器。共设置288台空气源热泵,制热量为33.4MW。考虑到空气源热泵数量很多,可通过控制热泵开启数量达到调节制热量的目的,所以采用更加便宜的定频热泵机组。

如果采用普通的并联方式,会导致主管很长,阻力非常大,且不利于分区和分组自控,故按将每16台热泵编为一组,共划分为18组,每组空气源热泵机组并联,这样空气源热泵侧系统阻力大大降低,利于降低运行费用。

2.2 水源热泵

本次选用市场常见某品牌的高温离心水源热泵,该款水源热泵额定输入功率1391KW,输出功率9335KW,循环水量为1650m³/h,最高出水温度70℃,在一次侧进水温度20-25℃、二次侧出水温度50-60℃的工况下制热效率最高,COP可达6.7。共采购4台同型号高温离心水源热泵。

2.3 耦合水箱

为了尽可能让耦合水箱内的冷、热水有组织运行,提高热泵工作效率,耦合水箱中间设置挡板,将水箱分割为两个通道,可视为大号的开式分集水器。空气源热泵出水送入高温离心水源热泵的一次侧进水口;高温离心水源热泵一次侧回水口与空气源热泵的进水口连接。

耦合水箱的容积按照不小于3分钟的空气源热泵循环水量设置,有效容积为300立方米,为节约投资,选用成品不锈钢的开式水箱。

2.4 蓄热水池

根据用地条件,可设置一座有效容积1200立方米的地下水池作为蓄热水箱。

如前文所述,高温离心水源热泵经济供回水温度60/40℃,经济蓄热温差为20℃,蓄热量为28MW·h。倘若将水池内供热回水用水源热泵再抽取一次热量,还可进一步增加约一倍的蓄热能力。

此蓄热水池体积很大,为保证内部热水有组织流动,水池做成扁平形状,净尺寸为20mx20mx3m(深),

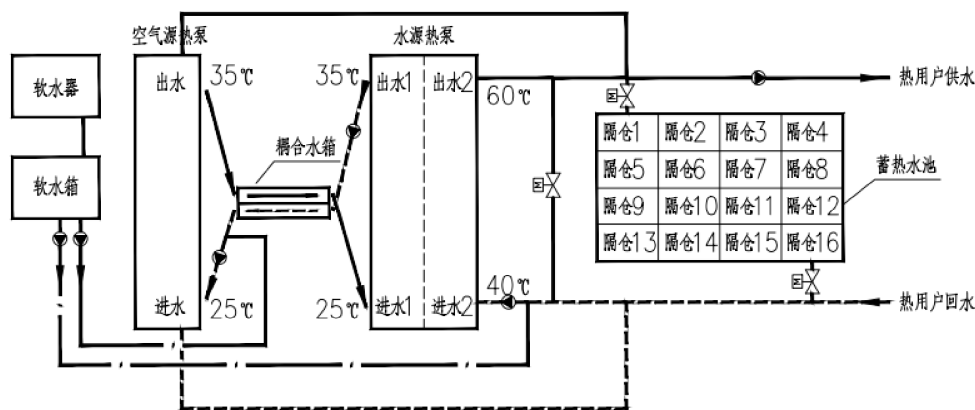
水池内用挡板分割成16个仓室,每个仓室底部留有过水通道。水源热泵二次侧出水口将水输送至第一隔仓,水流从第一隔仓通过过水通道流经第二隔仓逐个流至最后一个隔仓,保证内部温度的有序性。

2.5 循环水泵

每组空气源热泵配备1台循环水泵,当对应组的热泵均关闭时,水泵连锁;当任一热泵工作时,水泵联动。

水源热泵一、二次侧分别设置一台循环泵,用于热泵与耦合水箱和蓄热水池之间循环。

蓄热水池出水侧设置循环泵,为热用户侧热媒循环提供动力。

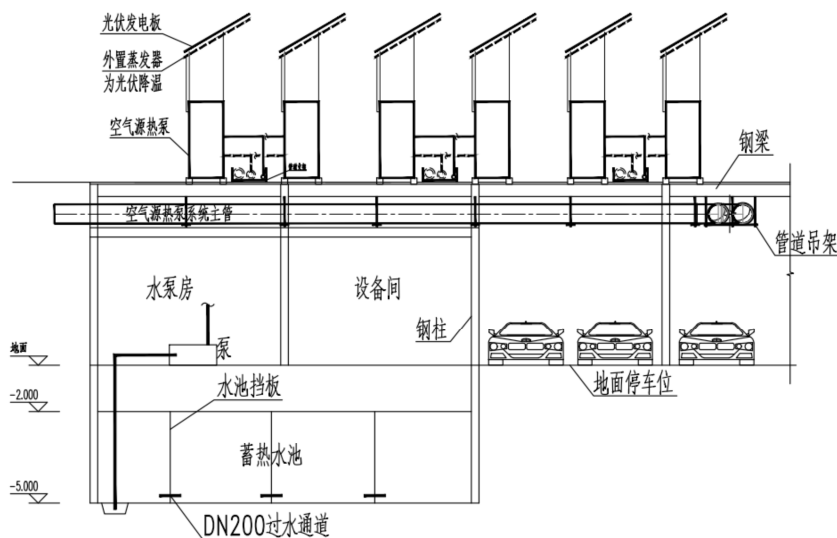


系统简图

2.6 场地集约与空间布局

供热站需做到布局合理,外观与周边环境无违和

感,且工艺流程顺畅,该换热站总体设想为上、中、下三层。



供热站空间布置示意图

下层为地下蓄热水池，水池蓄水深度3米，底板位于-5米处，外壁贴有保温和防水材料，蓄热水池充分利用上层建筑基础开挖时产生的地下空间，减少回填土方量，不占地上面积，且土壤的保温性能较好，利于蓄热。

中间层为设备平台及附属用房。为了节约用地，且为避免冷空气在热泵下方聚集造成明显的冷岛效应，本次设计将空气源热泵机组设置在距地6m的钢结构设备平台上，设备平台下方可作为社会停车位，利用汽车行驶带来的热气流加速机组下方冷空气流通。新建钢结构设备平台6500平米，在设备平台下方新建1300平米设备用房，主要功能包括：水泵房、配电室、管理室，建筑高度4.2m。设备平台下方悬挂敷设各组空气源热泵的供回水主管道，支管均敷设在空气源热泵机组之间。

上层为空气源热泵设备+外置蒸发器+光伏板。为最大限度提升设备运行效率，本次工程所采用的空气源热泵机组配备外置蒸发器，蒸发器安装在热泵上方约1.5米处，增加换热面积，并在蒸发器上部设置光伏板发电。光伏板发电时产生的热量正好可以被蒸发器吸收，间接提升了蒸发器环境温度，所发电力经过逆变后，可补贴热泵系统。

2.7 耦合运行方式

当室外温度不同时，供热负荷也不同，供热站可根据气候补偿器及用户侧回水温度判断供热需求。本文将以前不同采暖时期，分析不同室外温度下、不同的供热需求状态对应供热站不同耦合运行方式。

2.7.1 采暖初末期

一般地，采暖初末期室外温度较高，白天室外气温在5℃以上，仅夜间达到-5℃左右，此段时间白天不需要供热，仅在气温下降到5℃以下时供热，按照-5℃、室内采暖温度20℃计算，采暖热负荷约为最大热负荷的40%，即16MW。

此时，空气源热泵出水温度50℃时制热量约为155KW/台，COP约为3.4，若开启44台空气源热泵是完全满足供热负荷的，但是经过对比发现，水源热泵工作时，COP可达6.7，若只使用空气源热泵，整个供热系统能效比较低，且空气源热泵出水温度较低，只能以“小温差、大流量”方式运行，相比水源热泵的“大温差、小流量”相比，空气源热泵的热媒输送能耗也偏大。此种情况下，可将该系统划分为以下2种运行模式：

a、低谷电价时用空气源+水源热泵将蓄热水池加热到60℃，此时室外温度较高，空气源热泵效率较高，整个系统较为省电；待非低谷电价时关闭所有热泵，将蓄热水池的热水直接输送至热用户，此阶段蓄热水池进出

水温度为40/60℃；待蓄热水池内的热量不足时，开启水源热泵，将蓄热水池内的40℃的水再抽取一次热量，此时蓄热水池进出水温度为20/60℃，利用能效比较高的水源热泵充分挖掘蓄热水池潜力，使水池总蓄热量可达56MW·h，可以满足低供热负荷下8-10小时运行。

b、待到蓄热水池中的热量被水源热泵抽取殆尽或已经进入谷价时段且室外温度较高时，系统开启空气源热泵，与水源热泵进行耦合，空气源热泵将25℃热水送入水源热泵一次侧，水源热泵将25℃水继续加热至60℃后输送至热用户侧，盈余的60℃热水注入蓄热水池，将热量储存。

2.7.2 采暖中期（非极寒天气）

此时期供热负荷维持在平均热负荷的水平，室外全天候平均温度约为-3℃，夜间可低至-13℃，平均热负荷约为满负荷的70%，即28MW。该工况下空气源热泵单台发热量约为115.6KW，COP约为3.06。同理分析，若全部采用空气源热泵供热，整个系统能效较低，搭配能效比高的水源热泵一同工作则会提升系统能效，使用空气源热泵抽取室外低温空气中的热量先将水加热至水源热泵的高效运行工况点，再利用水源热泵接力，将热媒二次加热至所需的温度，由循环水泵输送至热用户。而根据每日不同时刻室外气温不同，还可采用采暖初末期时的调节方法，遵循“低估电价时段蓄热、非低谷电价时放热、尽量不在峰价时段使用空气源热泵的运行原则”，降低供热站的运行费用。

2.7.3 极寒天气

当极寒天气来临时，室外气温可能降低到-20℃，此时用户侧总供热负荷可达48.3MW。在此室外温度下，空气源热泵制热量102KW，电功率36.7KW，COP值为2.8。

此状态下如果先使用最省电的“蓄热水池+水源热泵”供热模式，总蓄热量为56MW·h，仅能维持约1小时的稳定供热，因此，必须开启空气源热泵，不断向热源系统补充热量，再由水源热泵二次升温，最终输送至热用户侧。

3 结论

虽然在具体的工程设计中，还需要考虑空气源热泵防冻、噪音防治、冷岛效应和停电时设备保护等细节问题，本文受篇幅限制无法一一阐述，但是采用多种热泵组合运行的方式，可将供水温轻松提升到60℃，满足散热器采暖使用，提升系统保障性、增强供热稳定性；还可通过水箱调节和蓄热，借助电价峰谷变化，大幅度降低运行成本；充分利用供热站的空间，上层利用太阳能，中间利用空气能，地下蓄热，设备平台下方作为停

车场,消除冷岛效应的同时还能带来一定收益。

不仅如此,此系统还留有很多改造升级的潜力。随着热泵技术快速迭代升级,未来会有性能更优、节能效果更好的热泵设备问世,届时可对该供热站内的设备进行模块化替换或升级;在蓄热水池下游设置隔压设施,将市政供热部分做成闭式系统,大大提高市政供热系统的稳定性和普适性,减少热水和热量损耗;若此供热站引入“绿电”,还可以起到消纳“绿电”的作用,并通过“电力预售交易管理”模式进一步降低运行成本...

4 结束语

在银川周边或同气候条件的地区,采用多种热泵技术耦合并融合太阳能综合利用,建设一座低能耗、高标准、智能化、多能源综合利用的区域集中供热站,其技

术上是科学合理且可行的,在政策上符合国家清洁取暖的相关要求,在区域集中供热领域有较强的社会效益、经济价值和较好的示范带头作用,值得研究和推广。

参考文献

- [1]《民用建筑采暖通风与空气调节设计规范》(GB50736-2012)
- [2]《低环境温度空气源热泵(冷水)机组能效限定值及能效等级》(GB37480-2019)
- [3]《低环境温度空气源热泵(冷水)机组 第1部分:工业或商业用及类似用途的热泵(冷水机组)》(GB/T25127.1-2020)
- [4]《空气源热泵供热技术及应用》化学工业出版社·张军等编著