

文章编号: 1009-6825(2017)25-0133-03

# 北京地区“煤改电”供暖系统的分析与思考

刘子雄 周恩泽 濮延凯 崔濡川 储碧峰

(青岛理工大学, 山东 青岛 266000)

**摘要:** 通过对北京地区某农户安装的“煤改电”供暖系统进行调研, 根据相关数据进行统计分析和模拟分析, 发现单独使用空气源热泵供暖系统中存在的问题, 如输配能耗较高、系统 COP 低、热泵机组及水泵启停控制不合理等问题, 并针对这些问题提出了相应的改进措施, 以改善热泵的供热效果。

**关键词:** “煤改电”, 空气源热泵, 供暖系统

**中图分类号:** TU832.1

**DOI:** 10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2017.25.068

近年来, 北京及周边地区因雾霾天气受到严重污染, 对人们的工作生活和身心健康造成了严重影响。在北京周边地区, 冬季燃煤采暖排放的污染物在大气 PM2.5 的形成中占比较大。利用可再生能源或清洁能源替代传统燃煤方式进行采暖是减少大气集中污染的有效手段之一。空气源热泵通过电能驱动, 从空气中提取能量, 将低品位的热能提升为高品位的能源, 为用户提供采暖热水, 具有相对高效节能、安全可靠、绿色环保、初投资相对较低等诸多优点<sup>[1]</sup>, 在北京及周边地区被广泛应用, 但是其运行过程中受室外气候条件的影响较大, 在应用过程中会遇到一系列问题<sup>[2]</sup>。

在此基础上, 结合实际调研的相关资料, 针对空气源热泵在采暖系统运行中出现的一些问题进行分析和思考研究, 并提出改进建议。

## 1 调研情况

### 1.1 调研对象

调研对象位于北京市怀柔区某农村, 该地区居住建筑物以平房为主, 且均已完成建筑节能保温改造的独立民宅。该住宅共有 8 个房间, 其中 7 个房间需要供暖, 但供暖需求因房间功能不同而有所不同, 且该建筑面积为 107.84 m<sup>2</sup>, 实际采暖面积为 97.34 m<sup>2</sup>, 建筑的平面结构图如图 1 所示。

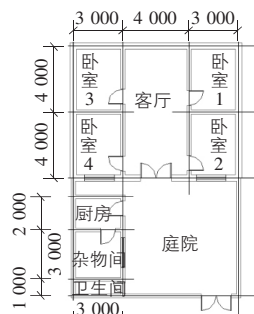


图 1 建筑平面结构图

对该地区的建筑保温前和保温后的墙体材料和传热系数进行调查, 结果如表 1 所示。从现场调研来看, 建筑外墙厚度为传统的 370 mm 厚的砖墙结构, 并贴有 60 mm 的保温聚苯板, 门窗均采用断桥铝合金材料, 房屋的整体保温性能良好。

门窗的传热系数: 当温度为 20 ℃ 时, 空气的传热系数为 0.026 W/(m<sup>2</sup>·℃), 玻璃的传热系数为 0.668 W/(m<sup>2</sup>·℃), 铝框的传热系数为 20.636 W/(m<sup>2</sup>·℃)。并且, 在门窗中, 玻璃面积最大, 玻璃的传热系数是空气的 27 倍, 当中空玻璃的中空层在

**文献标识码:** A

密封的情况下, 中间的较低传热系数的空气热阻可以使玻璃有更好的隔热效果。

表 1 墙体材料厚度及传热系数

材料名称	厚度/mm			
	37 墙(非保温)	37 墙(保温)	24 墙(非保温)	24 墙(保温)
外墙涂料	20	20	20	20
砖墙	370	370	240	240
聚苯板	0	60	0	60
内墙涂料	10	10	10	10
传热系数 $k$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.55	0.54	2.05	0.59

### 1.2 “煤改电”供暖系统概述

“煤改电”供暖系统主要组成为空气源热泵机组 + 末端散热器, 其中以铸铁散热器、地暖、立式风机盘管等为主要室内采暖末端。其工作过程: 采暖季采暖时, 热泵机组通过制热循环, 从室外空气中吸收热量, 将制取的热水通过室内散热器系统进行循环, 不断向室内释放热量, 以保证室内热舒适性<sup>[3-5]</sup>, 系统原理图如图 2 所示。当系统末端采取冷热两用的立式风机盘管末端时, 在夏季还可以通过热泵机组的制冷模式满足制冷需求, 实现机组的冬夏两用。

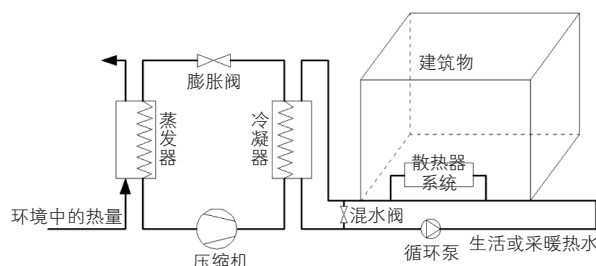


图 2 “煤改电”供暖系统原理图

### 1.3 建筑能耗特点

通过对上述民用建筑的调研测试结果总结, 并对该建筑通过能耗模拟软件 DEST-h 进行相似度模拟, 建模图如图 3 所示。模拟结果显示, 其建筑能耗水平在北京地区为建筑能耗一级水平, 建筑各房间在采暖季的平均耗热量指标如表 2 所示。

表 2 建筑能耗水平表

房间	卧室 1	卧室 2	卧室 3	卧室 4	客厅	厨房	卫生间	杂物间
耗热量指标/W·m <sup>-2</sup>	28.36	35.58	28.51	36.24	45.37	18.77	26.56	14.49

从表 2 中耗热量指标可以看出, 经过对农村地区居住建筑的外墙保温、屋顶保温、更换保温门窗等节能改造项目的实施, 建筑的能耗水平比未节能改造前已明显降低, 但是仍然未达到建筑节能的

收稿日期: 2017-06-27

作者简介: 刘子雄(1991-), 男, 在读硕士

第二步节能标准(第二步节能的采暖设计指标为  $20.6 \text{ W/m}^2$ )。

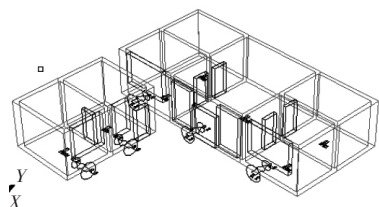


图3 建筑模拟效果图

分析其原因,可能是因为对建筑的外墙做了保温,但是其院内部分的墙体未做保温,并且门窗及屋顶的热量散失严重,地面的冷量渗透也占有一部分影响。综上所述,为降低建筑的采暖能耗指标,必须采取更高标准的节能措施,针对农村的建筑特点及居住生活特点,应加强对门窗保温性能及结构的改造,减少门窗的开启时间和频率,减少冷风渗透和冷风侵入的能耗损失,以减少散热<sup>[6]</sup>。

## 2 供暖期间出现的问题及对策

北京地区“煤改电”项目经过2016年整个供暖季的运行后,通过对上述用户的运行背景及取暖效果进行调研,在该用户的整个采暖季,其采暖房间主要集中在卧室和客厅,其余房间并不保证采暖温度;另外,受住户采暖使用时间的影 响,热泵机组的启停设置也随之变化,充分利用了热泵机组电驱动的灵活特性,在一定程度上减少了能量的浪费。

### 2.1 采暖末端设备的区别

农村地区采暖末端设备大多沿用燃煤小锅炉的铸铁式散热末端,安装标准是根据燃煤小锅炉的高温热水进行的暖气片的设计布置,在改进空气源热泵采暖后,出水温度难以达到燃煤锅炉的高温热水,改进后需要大量增加铸铁或新型钢制散热器,才能达到一定的取暖效果,改造成本高,且房间的温度分布适宜性相对较差。建议更换吹风式散热器,通过强制对流换热,对热源的温度要求不高,还可以使房间温度迅速达到采暖温度,尤其针对农户供暖需求时间分散的用户。

### 2.2 输配能耗的问题

大多数农村家庭选用的机组是依据国家相应政策按照居住建筑的最大建筑面积进行选择机组,同时争取最大力度的政策补贴,以减少初投资费用。但实际上大多数居民冬季采暖面积相对较小,主要集中在主要卧室和客厅,造成选择机组相匹配的水泵流量较大,造成系统的供回水温差较小。另外,当用户侧采暖末端采用老式铸铁暖气片时,散热效果较地暖和立式风机盘管差,在一定程度上影响系统的供回水温度。根据水泵特性曲线,流量与功率是三次方关系的特点<sup>[7]</sup>,当流量较大时,必然会导致循环水泵的耗电量不断增加,进而使得系统整体的输配能耗增加。

当供暖系统循环水泵耗电量增加时,在对供暖系统COP降低的各影响因素中占有重要比例。解决这个问题的主要办法是:1)通过实际供热情况,选择合理流量和扬程的循环水泵,在满足机组流量要求和压力要求的前提下,保证每个供暖房间的供热量;2)要选择好末端的采暖设备,尽量选择地暖、立式风盘等促进末端换热的设备,以扩大供回水温差,实现系统的大温差、小流量供暖模式。

### 2.3 控制策略问题

北京“煤改电”地区的空气源热泵机组供暖系统大部分采用的是自动控制的策略,机组的控制根据用户的要求,通过供/回水温度的上下限来控制热泵机组的启停:当供/回水温度高于某一温度值时,机组停止运行;当供/回水温度低于某一温度值时,机

组重新启动运行,循环水泵开启,直至水温高于设定值时停止运行。循环水泵在供暖季无论机组是否运行,循环水泵一直运行,造成运行输配能耗较高,降低系统能效。

在供暖系统中,无论怎样的控制系统,都要满足用户的室内供暖温度要求,因此,最好的控制是通过室内的温度反馈来控制机组的启停,根据用户对温度的实际要求反馈温度信号来确定机组的运行状态,并且,水泵和机组的启停控制应相互配合,机组停止时,循环水泵也应该停止运行,经过一段时间后,水泵通过间歇运行来释放水箱及供暖管道内的热量来承担一部分建筑负荷,然后机组再运行,尽量减少水泵的低效运行能耗。

### 2.4 运行经济性问题

“煤改电”地区,虽然热泵供暖做到了方便及室内的干净,但是舒适和经济性问题不容忽视。尤其是北京地区,对参与农户的补贴政策主要集中在夜间的低价收费和补贴方面,但对于目前农户的采暖末端存在着散热器末端蓄热性能和散热性能互相矛盾的问题,要借助国家的优惠政策,尽量利用电价优惠政策来同时满足上述两个问题,才能达到其舒适性和经济性的双重目标,另外,对于仅选用空气源热泵作为热源的系 统,由于受室外天气情况的影响,在建筑负荷最大的时候,热泵机组的性能也是最差的,造成机组的选型相对较大,造成初投资的增大。

因此,可利用农村地区可用空间相对较大的优势,在室内做与负荷相对应的蓄热水箱,通过夜间向储热水箱蓄热,以夜间蓄热量来尽量满足非谷电时间的供暖需求,从而大幅降低运行费用;并在水箱中添加电辅,这样可较大程度的降低热泵机组的容量,降低初投资,并且电辅运行时间十分有限,运行费用也不会有较大变化。

## 3 结语

通过分析北京地区“煤改电”空气源热泵在供暖系统中可能会出现的问题,并提出解决问题的方法:结合农村的建筑情况,对墙体和门窗做好保温措施,降低建筑的耗能热指标;采用大温差小流量的输配方式,降低水泵的功耗,以提高系统COP;更换用户末端采暖设备,促进末端换热;适当增大水箱的体积,更多的利用低谷电价进行蓄热,以降低运行费用;适当增加电辅,可以在一定程度上同时降低初投资和运行费用。另外,热泵机组和立式风机盘管结合在一起,供暖方式更加便捷灵活,可根据自身需要随时调节,按需取热,可在极大程度上节约能源。

### 参考文献:

- [1] 俞丽华,马国远,徐荣保.低温空气源热泵的现状与发展[J].建筑节能,2007(3):54-57.
- [2] 马最良,杨自强,姚 杨,等.空气源热泵冷热水机组在寒冷地区应用的分析[J].暖通空调,2001(3):28-31.
- [3] 张 帅,胡文举,李德英,等.空气源热泵—散热器供暖系统用于北京地区某农村住宅的实测分析[J].暖通空调,2015(8):79,80-83.
- [4] 吴锦京.空气源热泵直接地板辐射采暖舒适及经济性研究[D].郑州:郑州大学,2010.
- [5] 张 川.上海地区空气源热泵结合小温差换热末端采暖空调系统性能的实验研究[A].2013中国制冷学会学术年会论文集[C].2013:1.
- [6] 张恩宇.采暖地区既有居住建筑的节能改造[D].昆明:昆明理工大学,2006.
- [7] 贺 平,孙 刚,王 飞.供热工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

文章编号: 1009-6825(2017)25-0135-03

## 某高校新校区消防设计

郑 琳

(山西省建筑设计研究院, 山西 太原 030013)

**摘 要:** 某高校新校区工程的各个建筑功能复杂各异, 导致了消防系统的多样性, 介绍了所采用的消防系统, 包括: 消火栓系统、自动喷水灭火系统、大空间智能型主动喷水灭火系统、气体灭火系统、厨房自动灭火系统等, 并对各系统进行了详细的阐述, 供同类工程设计参考。

**关键词:** 学校, 消防设计, 消火栓系统

**中图分类号:** TU972.4

**文献标识码:** A

### 1 工程概况

某高等专科学校新校区总用地面积为 505 490 m<sup>2</sup>, 总建筑面积为 188 470 m<sup>2</sup>。项目主要内容有: 学生宿舍楼、生活服务中心、后勤保障楼、教学楼、实验楼、图书馆、体育馆、办公楼、培训楼等工程。

依据相关的现行国家规范, 本工程学生宿舍楼, 生活服务中心, 后勤保障楼, 教学楼, 实验楼, 体育馆等公共建筑, 建筑高度均小于 24 m, 为多层民用公用建筑, 按同一时间一次火灾进行消防设计, 设有室内外消火栓给水系统和灭火器配置。

办公楼(含人防地下工程)建筑高度大于 24 m, 按二类高层公共建筑进行消防设计, 设有室内外消火栓给水系统, 闭式自动喷水灭火系统, 气体灭火系统, 标准型自动扫描射水灭火装置的大空间智能型主动喷水灭火系统和灭火器配置。

培训楼(含人防地下工程)高度大于 24 m, 属于多种功能组合的建筑, 按一类高层公共建筑进行消防设计, 设有室内外消火栓给水系统, 闭式自动喷水灭火系统, 气体灭火系统, 标准型自动扫描射水灭火装置的大空间智能型主动喷水灭火系统和灭火器配置。

图书馆建筑高度大于 24 m, 按一类高层公共建筑进行消防设计, 设有室内外消火栓给水系统, 闭式自动喷水灭火系统和灭火器配置。

### 2 校区消防系统介绍

#### 2.1 室外消火栓系统

由于校园四周近期中市政给水管网, 室外消火栓给水系统水源为校区生活给水管网(水源为自备水源井), 生活服务中心内设有室内外合用消防水泵, 消防水池; 有效容积 810 m<sup>3</sup>。从消防水泵出水管分别两路出水, 一路经过减压阀减压引出两根给水管(DN200)与校区低区消防环网连接, 供校区室外消防给水和多层

民用建筑的校区低区室内消防环网使用。另一路引出两根给水管与校区高区消防环网连接, 供给校区高区室内消防环网使用。

室外消防给水采用临时高压给水系统, 管道的供水压力应能保证用水量达到最大且水枪在校区内任何建筑物的最高处时, 水枪的充实水柱仍不小于 10 m。消防水泵出水管经过减压阀减压引出两根给水管(DN200)与校区低区消防环网连接, 沿本工程周边环状布置。发生火灾时, 消防车从现场室外地下消火栓取水, 加压进行灭火或经消防水泵结合器供室内消防灭火用水。室外消火栓用水量 40 L/s, 火灾延续时间 3 h。

#### 2.2 室内消防水源及消防用水量

室内消防用水量标准及一次灭火用水量见表 1。

表 1 室内消防用水量标准及一次灭火用水量

序号	消防系统名称	消防用水量标准/L·s <sup>-1</sup>	火灾延续时间/h	一次灭火用水量/m <sup>3</sup>	备注
1	室内消火栓系统	25	3	270	由消防水池供
2	室外消火栓系统	40	3	432	由消防水池供
3	自动喷水灭火系统	30	1	108	由消防水池供
合计				810	

#### 2.3 室内消火栓系统

本工程室内消火栓系统采用临时高压制, 生活服务中心消防水泵房内设有三台室内外合用消防水泵, 两用一备。消火栓系统消防水泵设有自动低频巡检功能。

消防水泵出水管分两路出水, 一路经过减压阀减压引出两根给水管(DN200)与校区低区消防环网连接, 供校区室外消防给水和多层民用建筑的校区低区室内消防环网使用。另一路引出两根给水管与校区高区消防环网连接, 供给校区高区室内消防环网使用。室内消火栓系统竖向不分区, 管网成环状布置, 除不宜用水扑救的场所外, 分层分防火分区设置消火栓, 保证每一点均有两股密集射流不小于 10 m 的充实水柱同时到达。消火栓均设于组合式消防柜内, 内设 DN65 消火栓一个, DN65, L=25 m 麻质衬

## Research and analysis of “coal to electricity” project in Beijing area

Liu Zixiong Zhou Enze Pu Yankai Cui Ruchuan Chu Bifeng

(Qingdao Technological University, Qingdao 266000, China)

**Abstract:** Based on a survey of the “coal-to-electric” heating system installed in a rural family in Beijing, this paper carries out statistical and simulation analysis by the relevant data. Some problems were found in the Air Source Heat Pump(ASHP) heating system, including high energy consumption of transmission and distribution, low COP, unreasonable on-off control of the heat pump unit and the water pump, etc.. Some corresponding improvement measures were put forward to solve these problems, thus to improve the heating effect.

**Key words** “coal to electricity”, Air Source Heat Pump(ASHP), heating system

收稿日期: 2017-06-23

作者简介: 郑琳(1984-), 女, 工程师