

# 空气源热泵耦合蓄热技术的经济性研究

杨晓华 单文豪

山东电力工程咨询院有限公司

DOI:10.12238/ems.v4i3.5483

**[摘要]** 针对陕西旬邑马栏镇综合智慧能源项目,结合当地能源情况和建筑使用功能,经过技术经济比较,供暖热源采用空气源热泵耦合水蓄热系统。介绍了热源的系统设计及经济分析对比,得出虽然增加蓄热装置后系统初投资,但是年运行费用大大降低,系统更优。

**[关键词]** 水蓄热; 空气源热泵; 综合智慧能源; 经济性

**中图分类号:** TU833+.3 **文献标识码:** A

## Economic Study on coupled heat storage technology of air source heat pump

Xiaohua Yang Wenhao Shan

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute CORP., LTD

**[Abstract]** For the comprehensive intelligent energy project in Malan Town, Xunyi County, Shaanxi Province, combined with local energy situation and building use function, the air source heat pump coupled with water heat storage system was adopted for the heating source after technical and economic comparison. The system design and economic analysis of the heat source are presented, and it is concluded that although the initial investment of the system is increased by the heat storage device, the annual operating cost is greatly reduced and the system is better.

**[Key words]** water heat storage; air source heat pump; integrated smart energy; economy

### 1 工程概况

陕西旬邑马栏镇综合智慧能源项目位于陕西省咸阳市旬邑县马栏镇,该项目集学校、医院、办公、住宅于一体,总建筑面积约6万 $\text{m}^2$ ,包含小学、幼儿园、法院、医院及安置住宅区等单体。项目分两期完工,一期主要为学校、党群服务中心、法院及医院提供供暖热源,总供能面积约2.76万 $\text{m}^2$ ,二期增加安置住宅区、养老院、幼儿园、派出所,增加供能面积约3.25万 $\text{m}^2$ 。其中,医院4200 $\text{m}^2$ ,安置住宅区建筑面积约2.18万 $\text{m}^2$ ,养老院3500 $\text{m}^2$ 。

### 2 负荷计算

因缺少详细的供能建筑物资料,负荷预测采用面积指标法,供暖热指标的选取参照《城镇供热管网设计规范》的推荐值,计算得出一期用能建筑总热负荷约1449kW,二期增加用能建筑总热负荷约1470kW,一二期总的热负荷约2919kW。

考虑到学校、党群服务中心、法院、医院门诊、幼儿园及派出所夜间基本不存在供热需求,上述建筑物的夜间负荷按保证室内温度5 $^{\circ}\text{C}$ 计算,其余建筑物的夜间负荷按保证室内温度18 $^{\circ}\text{C}$ 计算。夜间负荷时间段按18:30—次日7:00估算,各建筑物总夜间负荷约1893.4kW,约为总负荷的64.9%。

### 3 供暖系统设计

#### 3.1 热源方案

该项目具有以下特点:

(1) 周边有市政燃气管网,但无市政热力管网。若采用燃气锅炉,供热效率低,同时向周围环境排放大量污染物,不符合国家未来碳减排政策。

(2) 项目存在分期建设和分期交付的情况,且初期入住率不高,满负荷入住时间不确定。

(3) 部分建筑夜间只存在值班供暖负荷。

(4) 通过分析不同类型建筑的逐时热负荷系数可知本项目供暖最大热负荷出现在早晨8:00时刻,增加蓄热装置不影响热源装机容量的大小。

为尽可能降低系统初投资和运行电费,结合该项目特点,经过综合比较分析,确定供暖系统热源采用空气源热泵耦合水蓄热的形式。主要原因如下:

(1) 本项目不具备地源热泵及水源热泵的供热条件。与水源、土壤源热泵相比,空气源热泵睡手可得且不影响自然资源,具有运行稳定、安装操作简单、能源利用率高、占地面积少和环保等优点。另外,当地室外环境温度符合空气源热泵制热运行的条件。

(2) 空气源热泵机组分组设置可以适应不同时段负荷的需求。

表 1 谷电蓄热能力与峰电需热量对比表

| 典型日  | 夜间谷电时刻(23:00-次日 7:00) |        |              |           |           |           | 峰电负荷 kW    |             | 峰电需热量(kWh) |
|------|-----------------------|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|
|      | 供热负荷(kW)              | 室外计算温度 | 空气源热泵供热量(kW) | 供热开机台数(台) | 蓄热开机台数(台) | 蓄热能力(kWh) | 8:00-11:30 | 18:30-23:00 |            |
| 100% | 1893                  | -10    | 86.0         | 22        | 12        | 8260      | 2919       | 1893        | 18735      |
| 75%  | 1419.8                | -5     | 96.9         | 15        | 19        | 14987     | 2189       | 1420        | 14051      |
| 50%  | 946.5                 | 0      | 107.9        | 9         | 25        | 21786     | 1460       | 947         | 9368       |
| 25%  | 729.8                 | 5      | 122.8        | 6         | 28        | 27574     | 730        | 473         | 4684       |

(3)在初期入住率不高的情况下,空气源热泵机组可以分批配置,减少前期初投资。

(4)当地实行峰谷电价政策,峰谷电价比约为2.7:1,加之夜间存在闲置供暖热源设备,具备采用水蓄热系统的条件,而蓄能系统对区域电网的昼夜平衡起到积极的促进作用。

3.2供暖热源装机容量的确定

空气源热泵的装机容量应同时考虑当地实际室外空气调节计算温度和融霜情况对冬季制热量的影响,按照下式确定:

$$Q=q\times K_1\times K_2$$

式中Q—机组制热量(kW);

q—产品样本中的瞬时制热量(标准工况:室外空气干球温度7℃、湿球温度6℃)(kW);

K<sub>1</sub>—铜川地区室外空气调节计算干球温度的修正系数,按产品样本选取;

K<sub>2</sub>—机组融霜修正系数,本项目取0.8。

根据上式确定该项目设置34台低温空气源热泵,每台低温空气源热泵的额定制热量(7℃)161kW,额定制热输入功率(7℃)45.1kW,热水流量13.8m<sup>3</sup>/h,供水回水温度45℃/35℃。

3.3蓄热罐有效容量的确定

蓄热罐的有效容积通过分析夜间谷电时刻闲置热泵的实际蓄热能力与峰电时刻的实际需热量确定,详见表1。

蓄热罐的有效容量的确定应能充分利用峰谷电价降低运行费用,统筹考虑4个典型日夜间实际蓄热量及峰电实际需热量,按照蓄热量尽可能满足峰电时刻的需热量的原则确定。本项目蓄热罐有效容量确定为1000m<sup>3</sup>,蓄热量11628kWh。

3.4经济性分析

从初投资和运行费用两个方面与只采用空气源热泵,无蓄热罐的供暖方案进行对比,分析该项目供暖系统的经济性。

表2 经济评价用基础数据表

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 电价/(元/(kW·h))           | 高峰时段(8:00-11:30,18:30-23:00):0.8179 |
|                         | 平峰时段(7:00-8:00,11:30-18:30):0.5607  |
|                         | 低谷时段(23:00-次日7:00):0.3035           |
| 征地费/(元/m <sup>2</sup> ) | 240                                 |
| 低温空气源热泵/(元/W)           | 0.7                                 |
| 蓄热罐/(元/m <sup>3</sup> ) | 1500                                |
| 循环泵/(元/W功率)             | 1.0                                 |

根据对项目所在地能源与资源状况、政策、价格、资费、设备采购市场的了解,采用表2中数据作为经济评价用基础数据。

初投资分析比较中,两种方案的热水循环泵、补水定压装置、补水箱及软水器等设备完全相同,不列入比较计算;能源站系统管道、阀门附件、保温材料以及配电设施费等按两种方案相同考虑,为简化计算,亦不列入计算。运行费用计算中,分别计算两种方案四种负荷计算日峰电、平电及谷电时段运行费用,加和后即可得相应日运行费用。空气源热泵的能效值按相应时间段逐时温度的平均值修正计算。

表3 经济性分析表

| 供暖方案 |            | 方案 1<br>空气源热泵+蓄热罐                                       | 方案 2<br>空气源热泵 |         |
|------|------------|---------------------------------------------------------|---------------|---------|
| 初投资  | 设备费用       | 方案 1 比方案 2 增加 1 个蓄能罐, 3 台蓄能泵及 3 台释能泵, 总计增加设备费 156.6 万元。 |               |         |
|      | 征地费用       | 方案 1 比方案 2 增加约 616m2 的能源站占地面积, 相应增加约 14.8 万元。           |               |         |
| 运行费用 | 100%<br>负荷 | 日耗电量(kWh)                                               | 27962.9       | 27763.1 |
|      |            | 日运行费用(元)                                                | 14024.4       | 16000.0 |
|      |            | 天数(天)                                                   | 28            |         |
|      | 75%<br>负荷  | 日耗电量(kWh)                                               | 20092         | 16921.3 |
|      |            | 日运行费用(元)                                                | 8782.6        | 11459.1 |
|      |            | 天数(天)                                                   | 62            |         |
|      | 50%<br>负荷  | 日耗电量(kWh)                                               | 13789.4       | 12074.3 |
|      |            | 日运行费用(元)                                                | 5600.9        | 6964.3  |
|      |            | 天数(天)                                                   | 45            |         |
|      | 25%<br>负荷  | 日耗电量(kWh)                                               | 6393.4        | 5942.4  |
|      |            | 日运行费用(元)                                                | 1988.1        | 3416.7  |
|      |            | 天数(天)                                                   | 16            |         |
|      | 年运行费用(万元)  |                                                         | 122.1         | 152.7   |

由表3可见,方案1虽然比方案2初投资高约171.4万元,但是年运行费用比方案2低30.5万元,静态回收年约5.6年,具有较好经济效益。因此,方案1更优。

4 结论

(1)根据项目特点,供暖热源采用空气源热泵耦合水蓄热系统,既能满足不同阶段的供暖负荷需求,又契合国家能源发展和“3060”碳中和目标要求,符合建设以新能源为主体的新型供能系统发展趋势。

(2)该项目增加蓄热装置后,并未造成供暖热源装机容量加

大,反而可以使用夜间闲置空气源热泵进行蓄热,充分利用当地峰谷电价政策,最大限度的节省运行费用。与不增加蓄热装置相比,空气源热泵耦合水蓄热系统初投资增加171.4万元,年运行费用节省30.5万元,静态回收年约5.6年,热源形式更优。

(3)空气源热泵机组根据项目分期建设分批、分组配置,可以大大减少初期一次性投资费用。空气源热泵机组采用大温差设计,也可以降低初投资。

#### [参考文献]

[1]陈永强.浅谈城镇供热系统节能技术规范设计要点[J].科技创新导报,2014,11(7):43.

[2]林世平,李先瑞,陈斌.燃气冷热电分布式能源技术应用手册[D].北京:中国电力出版社,2014.

[3]住房和城乡建设部工程质量安全监管司,中国建筑标准设计研究院.全国民用建筑工程设计技术措施(2009)暖通空调·动力[D].北京:中国计划出版社,2010.

[4]章学来.空调蓄冷蓄热技术[D].大连:大连海事大学出版社,2005.

[5]熊彧可,李程明,纪忠君,等.空气源热泵综述[J].现代制造技术与装备,2021,(12):172-174.

[6]温孚凯,曲志光,刘贤贤.空气源热泵和地源热泵在滨州海洋馆的复合应用[J].暖通空调,2022,52(1):20-23.

#### 作者简介:

杨晓华(1983--),女,汉族,宁夏中宁人,研究生,中级,从事电厂暖通及综合智慧能源的研究。