

## 综合信息

示范项目名称：可再生能源中心（CRES）生态气候建筑

- 技术开发者：BONAIR
- 地址：Irakliou Ave, 350, N. IONIA, GR-14231（希腊）
- 项目开始于：2002年
- 项目状态：运行中

## 项目简介

CRES 所建的这座生态气候建筑的供热系统为整套供热设施，包括太阳能辅助热泵、太阳能空气集热器，热分布系统（有别于通用的风机盘管系统）。本文对由供热设施和太阳能空气集热器提供的供热比例分别按照两种运行模式进行了估计，即：直接模式（集热器出来的热空气直接供应）和间接模式（集热器出来的热空气或其与周围空气的混合气非直接供热，而是送入热泵的蒸发器）。

间接供热工艺的目的在于将太阳能空气集热器的效率最大化，节约热泵压缩机用电，从而通过增加从环境提取热量而提高热泵的 COP 系数。

本文将对太阳能空气集热器对建筑供热负荷的影响（太阳比），以及太阳能空气集热器为建筑供热力（利用比）做出个结论。

举例来说，一个办公楼由于内部本身有一些产热的设备和因素，可能仅仅需要太阳集热器提供的热能中的一部分就够了。另外，由于太阳能空气集热器的热输出在建筑供热需求非高峰时段逐渐升高，对太阳能空气集热器三提供的热能的利用就更为不理想，降低了太阳能的利用比。本示范项目将利用“Tsagair”模型计算太阳能的入射量，太阳能空气集热器吸收的太阳能，以及热泵的性能系数 COP，进而推算出太阳比和利用比。

依据测试结果，利用太阳能后的 COP 值估算结果接近 3,44（环境温度为 4.2℃）。

## 项目说明

可再生能源中心（CRES）的生态气候楼位于希腊的Pikermi。安装了 25 m<sup>2</sup>的太阳能空气集热器向热泵的蒸发器供热（其标准热容量为16.7Kw，图1）。

太阳能空气集热器可具有双重功能：

- 在混合主动方式运行中，经加热的空气向热泵水源传热，助其蒸发，从而提高热泵的运行性能，同时也改进了太阳能供热的效率（因为太阳能集热器产生的热空气携带的热量不足以直接补充空间的热损失）。
- 在生态气候楼以被动方式运行时，被加热的空气直接向采暖空间供热，直接补充空间的热损失

为了在上述两种运行模式中都采用这种能源系统，还使用了空气挡板以控制空气流速。

举例来说，当内部的空气挡板D1关闭时，外部挡板D2便开启，系统就在间接加热方式下运行（混合主动方式，图1）；而当挡板开启方式不同时，系统可以以直接加热方式运行（生态气候被动方式）。



上图：太阳能集热器，面积 25m<sup>2</sup>，位于建筑的南立面，与 16.7kW 的空气热泵相连

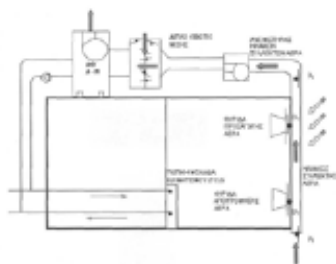


图 1 Hybrid operation\_indirect heating of the bioclimatic building space

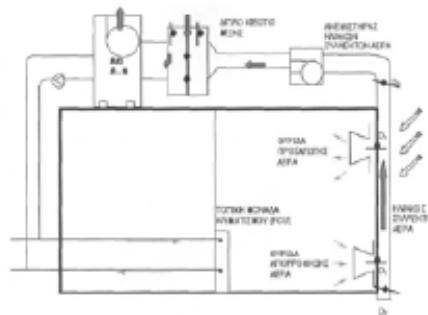


图 2 Passive operation\_direct heating of the bioclimatic building space

## 供热系统部件

### 太阳能辅助热泵

通常，常规空气-水热泵的最重要的特点是从环境空气中获得热量。

空气作为热源的缺点是在冬天温度较低，从而热泵的 COP 也比较低，而这时恰恰是空间供暖需求增加的时候。

它的另外一个缺点是，空气有一定湿度，在蒸发器盘管中会凝结，降低了空气循环速度，盘管中结冰增加了蒸发器的热阻。

以上空气作为热源的两个缺点对于太阳能辅助的空气-水热泵的影响却不会很明显。

例如，在这个生态气候建筑里，平板式太阳能集热器的吸热管被涂黑，排列成一排，新鲜空气经过它的加热温度升高可观（比如可以达到 5-12℃），然后再进入热泵的蒸发器（图 2）。

从而，由于增加了从环境获得的热能，热泵蒸发器的蒸发温度提高，向建筑供热的效率也提高。热泵性能系数的计算公式是：

$$COP_{H/P} = Q_{H/P}(T) / Q_{elH/P}(T) \quad (1)$$

式中：

$Q_{H/P}(T)$ ：热泵的有用热能

$Q_{elH/P}(T)$ ：热泵消耗的电能

T：蒸发器入口温度

## 应用测试数据得到的模拟结果评价

### 对太阳能辅助空气源热泵的测试结果

表 1 热泵性能参数（在被动式运行方式下）

参数	$T_a$ (°C)	$Q_{H/P}$ (Wh/d)	$Q_{elH/P}$ (Wh <sub>e</sub> /d)	$COP^D_{H/P}$
单日测量值 (03.2.4)	10.2	797851.3	23987.2	3.33
单日测量值 (03.3.5)	5.5	21092.8	7976.6	2.64

在被动式运行方式下，热泵有效热能的单日测量值  $Q_{H/P}$ ，热泵消耗的电能，和单日性能系数  $COP^D_{H/P}$  见表 1。混合主动式运行方式下的结果见表 2。

表 2 热泵性能参数（在主动式运行方式下）

参数	$T_a$ (°C)	$Q_{H/P}$ (Wh/d)	$Q_{elH/P}$ (Wh <sub>e</sub> /d)	$COP^I_{H/P}$
单日测量值 (03.2.21)	4.2	48546.9	14092.53	3.44
单日测量值 (03.3.11)	9.3	24775.7	5012.41	4.94

### 模型计算结果与现场测量结果比较

#### —— 单日结果比较

在被动式运行方式下，热泵有效热  $Q_{H/P}$ 、消耗的电能  $Q_{elH/P}$  和热泵日均性能系数  $COP^D_{H/P}$ ，以及计算值与测量值之差  $\Delta_{COP}$  的值见表 3。

表 3 热泵的测试值与计算值间的差别(被动式运行方式下)

参数	$T_a$ (°C)	$Q_{H/P}$ (Wh/d)	$Q_{elH/P}$ (Wh <sub>e</sub> /d)	$COP^D_{H/P}$	$\Delta_{COP}$
单日测量值 (03.2.4)	10.2	79851.3	23978.20	3.33	
计算值	10.2	84323.0	23553.93	3.68	7.5%
单日测量值 (03.3.5)	5.5	21092.8	7976.67	2.64	
计算值	5.5	23181.0	7857.97	2.95	11.7%

在混合式运行方式下，热泵有效热  $Q_{H/P}$ 、消耗的电能  $Q_{elH/P}$  和热泵日均性能系数  $COP^I_{H/P}$ ，以及计算值与测量值之差  $\Delta_{COP}$  的值见表 4。

- 未商业化的创新节能建筑材料；
- 创新的供热/制冷设备和供电技术，以及可再生能源利用技术在建筑领域的应用；
- 最佳欧盟示范生态建筑

表 4 热泵的测试值与计算值间的差别(混合式运行方式下)

参数		Q <sub>H/P</sub> (Wh/d)	Q <sub>eH/P</sub> (Wh <sub>e</sub> /d)	COP <sup>H/P</sup>	ΔCOP
单日测量值 (03.2.4)	4.2	48546.9	14092.5	3.44	
计算值	4.2	51779.6	12885.4	4.33	16.8%
单日测量值 (03.3.5)	9.3	24775.7	5012.4	4.94	
计算值	9.3	26757.0	5029.0	5.32	7.7%

结果显示, 简化模拟模型 Tsagair 对 CRES 建筑中应用的太阳能辅助热泵的评估结果与测量值间的差异在可以接受的水平, 不超过 16.8%。

### —— 季节性结果比较

由于缺少对整个季节的测量数据, 按照对各类能源消费量的总和的测量值和计算值进行比较来评价模型的做法缺乏可靠性。

然而, 为了对不同运行方式下的太阳能集热器运行进行测试, 我们在(比如)两周内每隔不长一段时间就在恒定的参数条件下开展测量。而且, 也可以将应用 TRANSYS 程序和简化模型得到的模拟结果进行比较。结果见表 5。

表 5 CRES 生态气候建筑热泵系统两种模型模拟结果差异及参数(整个供暖季)

	TRANSYS 模拟结果	TSAGAIR 模拟结果	差别
季节太阳能辐射量	430 kWh/m <sup>2</sup>	455 kWh/m <sup>2</sup>	5.81 %
季节太阳能加热空气携能量	93 kWh/m <sup>2</sup>	105 kWh/m <sup>2</sup>	12.90%
两幢办公楼的总热负荷(含建筑本身的热收益)	1878 kWh	1935 kWh	3.04%
太阳能比例	86%	94.4%	9.58%

### 结论

间接供热模式的工艺优化了太阳能空气集热系统的效率, 由此提高的太阳能集热器的空气温度提高了热泵的性能系数 COP, 从而也减少了热泵用电(见表 1 和表 2, 比较在两天类似的环境温度下 COP<sup>D</sup><sub>H/P</sub>=4.94 和 COP<sup>H</sup><sub>H/P</sub>=3.33。可以做出一条联系环境温度和集热器表面的过渡曲线。当太阳辐射高于曲线上的值, 这时候应该采用直接供热模式运行更可靠, 而且比较有效率。

使用“TSAGAIR”模型的模拟结果可靠, 误差在 +11% 以内。

项目从希腊能源部研究与技术总处获得 100% 的补贴。

### 进一步信息

项目开发	BONAIR 与 SOLE AE 和 CRES 合作
地址	Irakliou 大街 350 号
城市	N. Ionia
邮政编码	GR-14231
电话	30 - 21 - -2723 662
传真	30 - 211 - 22136 72
E - mail	<a href="mailto:Info@bonair.gr">Info@bonair.gr</a>
网址	<a href="http://www.bonair.gr">www.bonair.gr</a>