

# 太阳能集热系统与绿色建筑集成应用研究

顾或

南通耀华建设工程质量检测有限公司，江苏省，226001；

**摘要：**建筑太阳能利用是节能减排的重要手段，热管环嵌入式建筑幕墙作为空调系统中太阳能利用和节能的有效模块，具有广阔的应用前景。然而，对其作为建筑太阳能集热器的热特性的研究是有限的。建立了我国不同气候区域建筑太阳能系统的最佳热管环模块设计，实现了 62.6%~73.5% 的年平均热效率，在每个气候区每个城市的典型夏季，附属于建筑物的太阳能系统中热管环模块的热性能。这些发现为在附属于建筑物的太阳能系统系统中选择适合不同地区的热管环模块提供了实际的见解，促进了可再生太阳能与建筑应用的整合。

**关键字：**太阳能集热系统；绿色建筑；节能减排

**DOI:** 10.69979/3029-2727.25.03.014

## 前言

在我国，建筑运营占总能耗的 23%，占总二氧化碳排放量的 22%，人们越来越关注将太阳能集成到建筑中，以解决日益增长的全球能源需求和应对气候变化<sup>[1]</sup>。太阳能技术，包括光伏、光热和混合系统，满足了不同的建筑需求，如发电和供暖。太阳能集热器以其可靠性和成本效益而闻名，在将太阳辐射转化为建筑物可用热能方面发挥着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。建筑中太阳能热利用的两种主要模式是建筑集成太阳能系统和建筑附加应用太阳能系统，两者都有助于将太阳能集热器纳入建筑基础设施。

将热管集成到太阳能集热器中是一种有效的方法，可以避免在寒冷气候下冻结的风险，提高传热能力并最大限度地减少热量损失<sup>[3]</sup>。另外，某种类型的热管，如封闭的重力热管，作为热二极管，使热量从蒸发器段单向流向冷凝器段。因此，太阳能集热器中的热损失最小。

对附属于建筑物的太阳能系统内的热管太阳能集热器进行了广泛的理论、实验和数值研究。这些热管太阳能集热器以其耐用性、可负担性和易于制造而闻名。然而，在不利的天气条件下，它们的整体效率容易降低<sup>[4]</sup>。因此，最近的研究主要集中在性能增强技术，这些方法包括纳米流体的利用，吸收剂涂层，相变材料，热性能增强剂，太阳能集热器的设计修改，聚合物材料，热损失减少技术。在附属于建筑物的太阳能系统应用中，热管太阳能集热器通常安装在屋顶和阳台上，需要足够的安装空间；而安装面积有限的高层建筑越来越多，这不利于热管太阳能集热器在低能耗的附属于建筑物的

太阳能系统中的应用。

尽管建筑集成太阳能系统中新型热管环模块具有诱人的节能潜力，但其作为一种建筑集成太阳能集热器的热特性尚未得到线性拟合和分析，以得出一般性结论进行比较和评估。此外，热管环模块在附属于建筑物的太阳能系统中的设计和应用潜力还没有得到充分的评估。在附属于建筑物的太阳能系统的背景下，热吸收器上的玻璃罩和涂层等设计方面在决定热管环模块的热性能方面起着至关重要的作用。

本研究确定了我国五种不同气候条件下附属于建筑物的太阳能系统中热管环模块的最佳配置和相应的热性能。并相应地给出了优化设计下典型夏日的热工性能。这项研究的结果将为热管环模块集成到建筑物中的性能特征以及它们在附属于建筑物的太阳能系统中的节能潜力提供有价值的见解<sup>[5]</sup>。因此，这项研究有助于促进热管环模块在建筑内各种应用方法中的广泛采用，从而促进向可持续和绿色建筑环境的过渡。

## 1 热管环模块描述

热管环模块由玻璃罩、吸热器、三个位置均匀的热虹吸热管环、保温层和背板组成。热管环阵列的蒸发器部分牢固地固定在吸收体后部，有效吸热，冷凝器部分插入绝缘良好的水箱中散热。通常，由于其优越的太阳能传输性能，选择低铁玻璃作为玻璃组件。

热管环模块的基本工作原理仍然类似于传统的太阳能集热器，尽管热管环阵列的设计与众不同。当暴露在入射太阳辐射下时，热吸收器捕获了相当一部分阳光，被加热。通常，热吸收器被涂覆以增强太阳能吸收。吸

收的太阳能随后通过热管环阵列转移到在水箱中流动的给水中，只要进入的给水比热管环阵列的冷凝器更冷。然后，收集的热量可以用于建筑物的各种应用，如家庭用水预热和空间加热。该模块在现代建筑中展示了附属于建筑物的太阳能系统的突出多功能性，有助于实现建筑节能目标和促进可持续发展。

## 2 实验装置

在全尺寸环境箱中，对建筑集成太阳能系统的热管环模块及其对照组 HP 模块进行了实验研究。测试中的两个原型被安装在两个温控房间的朝南墙壁上。整个建筑集成太阳能系统每天 24 小时连续运行，没有任何中断。利用辐射计测量了水平太阳辐射强度，并利用气象站监测了风速和风向，进水的流量由转子流量计控制，温度测量是在各种环境下进行的，包括室外和室内设置，给水入口和出口，以及原型的关键位置。为此采用灵敏度为  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  热电偶。具体来说，热管环模块共有 64 个 t 型热电偶，其中吸收器和后板两侧有 32 个热电偶，选定的 2 个热管环的蒸发器部分有 22 个热电偶，相应的冷凝器部分有 6 个热电偶。此外，在每个入口和出口的管道内插入 2 个热电偶，以确保与流动的水直接接触。选择这种排列是为了优化测量精度和方便检测任何热

电偶缺陷。同样，HP 模块总共使用了 60 个 t 型热电偶。

在本研究中，研究了太阳能吸收热管模块的热性能，该模块可以作为太阳能集热器在建筑集成太阳能系统和附属于建筑物的太阳能系统系统中使用。

## 3 结果与讨论

性能分析采用连续两天(5 月 12 日至 13 日)10: 00-15: 00 采集的数据进行，时段为太阳照射较强的时段。在整个实验期间，两个模块系统的流速保持恒定在大约 1200ml/min。室外气象数据的变化，包括环境温度和水平面上的总辐照度。这两天的平均环境温度分别为 30.4℃和 30.6℃，水平表面的平均总辐照度分别为 640.2 和 535.9W/m<sup>2</sup>。

考虑到我国幅员辽阔，气候类型多样，因此选择我国来分析附属于建筑物的太阳能系统中热管环模块的优化设计。我国建筑热设计规范将我国划分为五个明显的气候区：严寒区、寒冷区、夏热冬冷区、夏热冬暖区和温带。为了确定各气候带下附属于建筑物的太阳能系统热管环模块的最佳设计，本文对沈阳、北京、上海、昆明和中国香港五个典型城市的热管环模块在不同设计下的热性能进行了评估和比较，五个入选城市的信息见表 1。

表 1 中国五种不同气候条件下所选城市信息

城市	位置	气候区	年环境温度变化范围(℃)	年全球水平太阳辐射(MJ/m <sup>2</sup> )	海拔高度(m)
沈阳	41.77°N,123.43°E	酷寒	-23.4~34.1	4730.0	43
北京	39.93°N,116.28°E	寒带	-14.2~37.2	5042.8	55
上海	31.17°N,121.43°E	夏热冬冷	-4.5~36.8	5042.8	55
昆明	25.02°N,102.65°E	夏热冬暖	-2.1~30.2	5508.9	1887
中国香港	22.30°N,114.17°E	温带	9.2~32.8	4700.8	62

通过对数据的分析可以看出，沈阳的年环境温度变化幅度最大，最低的环境温度使得选择合适的热管环工质来防止冻结至关重要。因此，沈阳、北京和上海采用了铜-乙醇热管环阵列，而中国香港和昆明采用了铜-水热管环阵列。从全球年水平太阳辐射来看，昆明位于云贵高原，海拔 1887 米，是五个城市中太阳辐射最高的。该地区云层的减少使太阳散射减弱，从而产生了大量的

太阳能。北京是全球年太阳水平面辐射第二高的地区，达到 5042.8MJ/m<sup>2</sup>。沈阳(4730.0MJ/m<sup>2</sup>)、中国香港(4700.8MJ/m<sup>2</sup>)和上海(4576.8MJ/m<sup>2</sup>)的年水平面太阳辐射水平也相对较高。环境温度高、太阳辐射强等有利条件通常有利于附属于建筑物的太阳能系统系统中热管环模块在各种应用中吸收和转换太阳能的热性能。

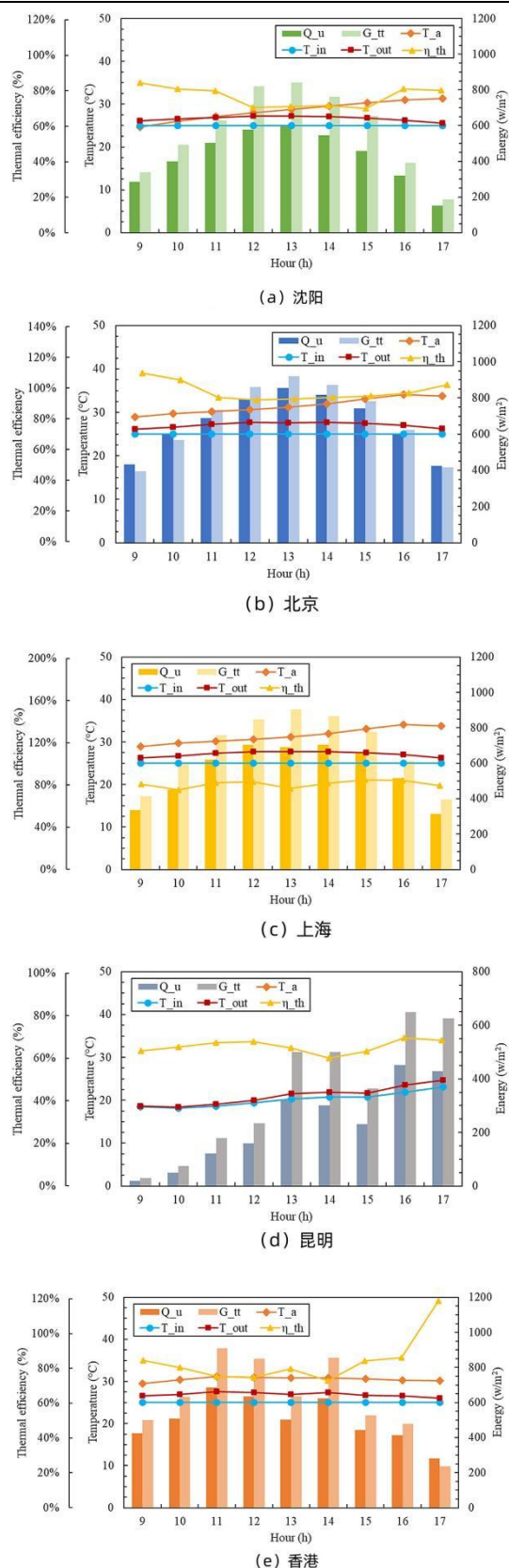


图 1 区域建筑太阳能系统中热管环模块在各选定城市的热性能

图 1 给出了五个典型城市在区域建筑太阳能系统中热管环模块的热性能。每个城市的纬度作为热管环模块的倾斜角,以保证最佳的太阳能吸收。热管环模块应该是朝向南方的。观察给水进出口温度的波动,可以看出,在沈阳、北京、上海、昆明和中国香港,通过单个热管环模块的给水最高温升分别可以达到 2.3℃、2.7℃、2.7℃、1.7℃和 2.6℃。另外,热管环模块每小时的太阳辐射入射量和相应的水热增益均在中午左右达到峰值。从而确定了热管环模块的小时热效率。逐时热效率在太阳辐射较弱的清晨和日落前达到峰值,而在中午前后下降。这五个城市的日平均热效率分别为 75%、82%、81%、66%和 80%,显示出它们极具潜力的太阳能收集潜力。

## 4 结论

本研究探讨了热管环金属模块在建筑集成太阳能系统和建筑附属太阳能系统中高效吸收太阳能热的潜力,旨在为可持续能源利用和减少碳排放做出贡献。热管环模块作为建筑集成太阳能吸收面板的热特性及其作为建筑附加太阳能收集器的潜力的进一步分析产生了有价值的见解。太阳辐射、环境温度和水箱内流动给水入口温度对建筑集成太阳能系统高压模块和高压模块的热效率均有影响。

## 参考文献

- [1] 刘霜,刘耀,邱云峰,等. 高寒地区平板热管式太阳能集热系统热性能研究[J]. 内蒙古工业大学学报(自然科学版), 2024, 43(01): 56-62.
- [2] 胡莎,周诚,吕明捷,等. 太阳能热水系统在住宅建筑节能减碳中的应用研究[J]. 太阳能, 2024(05): 19-25.
- [3] 郭峰,李强. 节能建筑光热系统中太阳能集热器的研究进展[J]. 煤气与热力, 2024, 44(01): 29-34.
- [4] 邓炎,龚赞,武立康,等. 基于设备互补特性的冷热电系统优化[J]. 太阳能学报, 2023, 44(07): 88-95.
- [5] 赵翔,徐伟. 建筑屋顶光伏与太阳能集水器综合效益评价[J]. 工程建设, 2024, 56(04): 68-74.