# 被动蓄热系统设计方案

## 一、项目概述

本被动蓄热系统旨在为椿萱绿筑·耆乐社区服务中心提供一种高效、环保且经济的室内温度调节方式，充分利用太阳能、建筑材料的蓄热特性以及自然通风原理，减少对传统能源的依赖，实现室内环境的舒适与稳定。

## 二、设计目标

1.在冬季白天，最大限度地吸收和储存太阳能热量，提高室内温度，减少供暖需求。

2.在夜间或寒冷天气，缓慢释放储存的热量，维持室内温度稳定，避免出现较大的温度波动。

3.优化系统设计，确保其与建筑结构和外观相融合，不影响建筑的整体美观性和功能性。

4.提高系统的可靠性和耐久性，降低维护成本和运行能耗。

## 三、设计依据

1.**当地气候条件**：包括年平均气温、冬季最低气温、太阳辐射强度、日照时间、主导风向和风速等气象数据，这些数据将为系统的设计提供重要的基础参数，例如太阳能集热器的面积、蓄热材料的容量以及通风系统的设计等。

2.**建筑图纸和资料**：详细的建筑平面图、立面图、剖面图以及建筑围护结构的构造和材料信息，有助于确定被动蓄热系统的安装位置、与建筑结构的结合方式以及可能的热传递路径，从而实现系统与建筑的有机整合。

3.**相关标准和规范**：遵循国家和地方有关建筑节能、太阳能利用、暖通空调等方面的标准和规范，如《民用建筑太阳能热水系统应用技术规范》GB 50364、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411 等，确保系统的设计和施工符合安全、可靠、节能的要求。

## 四、系统组成及原理

### （一）太阳能集热部分

**1.**太阳能集热器选型****

选用高效平板太阳能集热器，其具有较高的集热效率、良好的承压性能和稳定性，且外观简洁，易于与建筑屋面或墙面相结合。集热器的涂层应具备高吸收率和低发射率，以增强对太阳辐射能的吸收和减少热量散失。

根据当地的太阳辐射资源和建筑的热负荷需求，通过专业软件计算确定集热器的面积。一般来说，在太阳能资源较为丰富的地区，每平方米集热器可提供约400-500瓦的热量。

**2.**集热器安装位置和角度****

屋面安装：将太阳能集热器安装在建筑屋面的朝南方向，与屋面保持一定的倾角，倾角应根据当地的纬度进行调整，一般为当地纬度±10°，以确保集热器在全年能够获得最大的太阳辐射量。采用架空或支架安装方式，保证集热器下方有足够的空气流通空间，有利于散热和提高集热效率。

墙面安装：对于部分建筑，如果屋面面积有限或不便于安装集热器，可考虑在南向外墙面上安装太阳能集热器。墙面集热器应与墙面紧密贴合，采用嵌入式或外挂式安装，并做好防水、保温和防风处理。墙面集热器的倾角可根据实际情况进行优化设计，但一般不宜小于30°。

### （二）蓄热部分

**1.**蓄热材料选择****

采用相变蓄热材料（PCM）作为主要蓄热介质，相变材料在相变过程中能够吸收或释放大量的潜热，具有蓄热密度高、温度稳定性好等优点。常见的相变材料有石蜡、脂肪酸、无机水合盐等，根据系统的工作温度范围和实际需求，选择合适的相变材料及其封装形式。

辅助蓄热材料：结合建筑结构，利用建筑的混凝土、砖石等材料作为辅助蓄热体。这些材料具有较大的热容量，能够在白天吸收并储存一部分太阳能热量，在夜间缓慢释放，起到一定的蓄热和调节室内温度的作用。

**2.**蓄热装置设计****

相变蓄热装置：将相变材料封装在特制的容器内，如金属管、塑料盒或石膏板等，然后将这些封装单元组合成蓄热模块，安装在建筑的墙体、地板或天花板等部位。蓄热模块应与建筑结构紧密结合，确保热量能够有效地传递到室内空间。为了提高蓄热装置的传热效率，可在封装单元内设置翅片或热管等强化传热结构，并在蓄热装置的外侧敷设保温材料，减少热量散失。

建筑结构蓄热：对于采用混凝土或砖石结构的建筑，可通过优化建筑围护结构的构造设计，增加其蓄热能力。例如，采用加厚的墙体、增加保温层厚度、设置空气层或采用空心砌块等方式，提高建筑结构的热惰性，使其能够更好地储存和释放热量。在建筑施工过程中，应注意保证建筑结构的整体性和密封性，避免出现热桥等热量散失通道。

### （三）热量分配与调节部分

**1.**通风系统****

自然通风：利用建筑的门窗、通风口和烟囱效应等自然通风方式，实现室内外空气的交换和热量传递。在白天，当室内温度较高时，打开通风口，使热空气自然排出室外，同时引入室外的冷空气，降低室内温度；在夜间，关闭通风口，减少热量散失。为了增强自然通风效果，可在建筑的高处设置通风口或烟囱，并合理布置门窗的位置和开启方向，形成良好的通风路径。

机械通风：在自然通风不能满足室内热环境需求的情况下，设置机械通风系统作为辅助。机械通风系统可采用风机将经过太阳能集热器加热的空气送入室内，或在室内循环空气，提高室内温度的均匀性。通风系统应配备风量调节阀和温度传感器，根据室内外温度和空气质量情况自动调节通风量和通风模式，实现节能运行。

**2.**辐射供暖 / 制冷系统****

地板辐射供暖：在建筑的地板下铺设热水管道或电加热电缆，利用太阳能集热系统产生的热水或电能加热地板表面，通过辐射传热的方式向室内空间释放热量。地板辐射供暖具有舒适性高、室内温度分布均匀等优点，且能够有效利用建筑的蓄热能力，提高能源利用效率。在夏季，可通过向地板管道内通入冷水，实现地板辐射制冷，但需要注意控制水温，避免表面结露。

天花板辐射制冷：在建筑的天花板内安装辐射板，辐射板内通以冷水或制冷剂，吸收室内的热量，实现室内降温。天花板辐射制冷系统可与新风系统结合使用，提供舒适的室内环境。在冬季，可通过关闭冷水或制冷剂循环，利用天花板辐射板的蓄热特性，减少室内热量向上散失。

### （四）控制系统

1.****温度传感器****：在太阳能集热器、蓄热装置、室内空间等关键位置设置温度传感器，实时监测系统各部分的温度变化情况，并将温度信号传输给控制系统。

2.****控制器****：采用可编程逻辑控制器（PLC）或智能温控器作为控制系统的核心，根据温度传感器采集的数据和预设的控制策略，自动控制太阳能集热器的循环泵、通风系统的风机、辐射供暖 / 制冷系统的阀门等设备的运行状态，实现系统的智能化运行和优化控制。

3.****控制策略****

集热控制：在白天，当太阳能集热器的出口水温高于蓄热装置的温度时，启动集热循环泵，将热水输送到蓄热装置中进行蓄热；当集热器出口水温低于设定的最低温度或太阳辐射强度不足时，停止集热循环泵，防止集热器散热损失。

蓄热控制：根据蓄热装置的温度和室内热负荷需求，控制蓄热装置的充放热过程。当室内温度较低且蓄热装置内有足够的热量时，启动通风系统或辐射供暖系统，将蓄热装置中的热量释放到室内；当蓄热装置的温度低于设定的最低温度时，停止放热，等待下一次蓄热过程。

通风控制：根据室内外温度差和空气质量情况，自动调节通风口的开启程度和风机的运行频率。在白天，当室内温度较高且室外空气质量较好时，优先采用自然通风；当自然通风不能满足要求时，启动机械通风，将经过太阳能加热的空气送入室内；在夜间，关闭通风口，减少热量散失。

## **五、系统安装与施工**

### （一）施工准备

1.组织施工人员进行技术交底和安全培训，熟悉施工图纸和施工工艺，确保施工质量和安全。

2.准备好施工所需的材料和设备，包括太阳能集热器、蓄热装置、通风设备、管道、保温材料、控制系统等，并对其进行质量检验和验收，确保材料和设备符合设计要求和相关标准。

3.根据建筑的实际情况，搭建施工临时设施，如脚手架、吊篮等，为施工提供便利条件。

### （二）太阳能集热器安装

1.按照设计要求，在屋面或墙面上确定太阳能集热器的安装位置，并进行放线和标记。

2.安装集热器支架，支架应采用防锈处理的钢材制作，确保其强度和稳定性。支架的安装应平整、垂直，与屋面或墙面的连接应牢固可靠，并做好防水处理。

3.将太阳能集热器安装在支架上，集热器之间应保持一定的间距，以便于空气流通和维护检修。集热器的连接管道应采用耐腐蚀、耐高温的管材，并做好保温处理，减少热量损失。

4.连接集热器的进出水管路，安装循环泵和阀门等设备，并进行压力试验和密封性检查，确保系统无漏水现象。

### （三）蓄热装置安装

1.对于相变蓄热装置，根据设计方案将蓄热模块安装在建筑的墙体、地板或天花板等预定位置。在安装过程中，应注意蓄热模块的排列方式和连接方式，确保其与建筑结构紧密结合，热量传递顺畅。

2.对于利用建筑结构蓄热的部分，在建筑施工过程中，按照设计要求进行墙体、地板等结构的施工，确保建筑结构的蓄热性能符合设计要求。如采用加厚的墙体、增加保温层厚度、设置空气层或采用空心砌块等措施，并做好施工质量控制和验收工作。

### （四）通风系统安装

1.安装通风管道，通风管道应采用镀锌钢板或防火塑料板制作，确保其密封性和防火性能。管道的安装应平整、垂直，避免出现扭曲和变形现象，管道之间的连接应严密可靠，并做好保温和防火处理。

2.安装通风口和风机，通风口应设置在建筑的合适位置，保证通风效果良好。风机应选择高效、低噪声的产品，并根据设计要求进行安装和调试，确保风机的运行平稳、可靠，风量满足系统需求。

3.连接通风系统的电气线路，安装温度传感器、风量调节阀等控制设备，并进行调试和校准，确保通风系统能够根据室内外温度和空气质量情况自动调节通风量和通风模式。

### （五）辐射供暖 / 制冷系统安装

1.地板辐射供暖系统安装：在建筑的地板下铺设保温层，然后按照设计要求铺设热水管道或电加热电缆，管道或电缆的铺设应均匀、整齐，避免出现交叉和重叠现象。铺设完成后，进行压力试验和绝缘测试，确保系统无漏水和漏电现象。最后，浇筑混凝土保护层，使管道或电缆固定在地板内，并做好地面装饰层的施工。

2.天花板辐射制冷系统安装：在建筑的天花板内安装辐射板，辐射板的安装应牢固可靠，与天花板的结合应紧密。连接辐射板的进出水管路，安装阀门、循环泵等设备，并进行压力试验和密封性检查。同时，做好天花板的装饰和密封处理，确保系统的正常运行和美观性。

### （六）控制系统安装

1.按照设计要求，在控制室内或合适的位置安装控制系统的控制柜，将控制器、温度传感器、继电器、接触器等控制设备安装在控制柜内，并进行布线和接线工作。

2.连接控制系统与太阳能集热器、蓄热装置、通风系统、辐射供暖 / 制冷系统等设备的电气线路和信号线路，确保信号传输准确、可靠。

3.对控制系统进行编程和调试，根据系统的运行要求和控制策略，设置各项控制参数，如温度设定值、时间延迟、设备启停逻辑等，并进行模拟运行测试，确保控制系统能够正常工作，实现系统的智能化控制和优化运行。

### （七）系统调试与试运行

1.在系统安装完成后，对整个系统进行全面的检查和调试，包括设备的安装质量、管道的连接情况、电气线路的接线正确性、控制系统的功能等方面，确保系统无任何故障和隐患。

2.进行系统的试运行，在试运行期间，密切观察系统各部分的运行情况，记录太阳能集热器的集热效率、蓄热装置的蓄热和放热性能、通风系统的通风效果、辐射供暖 / 制冷系统的供冷供热能力以及室内温度的变化情况等参数，并对试运行过程中出现的问题及时进行处理和调整。

3.根据试运行的结果，对系统进行进一步的优化和完善，确保系统能够稳定、高效地运行，满足设计要求和用户的实际需求。

## 六、系统维护与保养

### （一）日常维护

1.定期检查太阳能集热器的表面是否有灰尘、污垢或遮挡物，如有应及时清理，保持集热器的采光效率。

2.检查蓄热装置的外观是否有损坏、变形或泄漏现象，如发现问题应及时修复或更换。

3.检查通风系统的风机、通风管道、通风口等设备是否正常运行，有无异常噪声或振动，如有故障应及时排除。

4.检查辐射供暖 / 制冷系统的管道、阀门、循环泵等设备是否有漏水、渗水现象，以及温度传感器、控制器等控制设备是否工作正常，如有问题应及时维修或更换。

5.定期对系统的电气线路进行检查，确保线路连接牢固，无破损、短路或漏电现象，同时检查接地保护是否可靠。

### （二）季节性维护

1.在冬季来临之前，对系统进行全面的检查和维护，确保系统能够正常运行，满足冬季供暖需求。重点检查太阳能集热器的防冻措施是否到位，如集热器的循环水是否排空或添加防冻液，管道和设备的保温是否完好等；检查蓄热装置的蓄热性能和控制系统的参数设置是否合理，确保在寒冷天气下能够有效地储存和释放热量。

2.在夏季来临之前，对系统进行切换和调试，使其能够适应夏季的制冷需求。检查辐射制冷系统的冷水循环系统是否正常，制冷设备的运行状态是否良好，以及通风系统的新风量和换气次数是否满足室内空气质量要求等。同时，对系统的保温材料进行检查和维护，防止因夏季高温和雨水侵蚀导致保温性能下降。

### （三）长期维护

1.定期对系统的关键设备进行保养和维护，如太阳能集热器的涂层维护、风机的轴承更换、循环泵的机械密封更换等，延长设备的使用寿命，确保系统的长期稳定运行。

2.根据系统的运行情况和实际使用年限，对蓄热材料的性能进行检测和评估，如发现蓄热材料的相变温度、蓄热容量等性能指标出现明显下降，应及时更换蓄热材料，保证系统的蓄热效果。

3.建立系统的运行维护档案，记录系统的安装调试情况、日常维护保养记录、故障维修记录以及设备的更换情况等信息，为系统的长期运行管理和性能评估提供依据。

## 七、环境效益分析

1.本被动蓄热系统充分利用太阳能这一清洁能源，减少了对传统化石能源的消耗，从而降低了因能源生产和使用过程中产生的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放，对缓解全球气候变化和改善大气环境质量具有积极的作用。

2.与传统的供暖 / 制冷系统相比，被动蓄热系统在运行过程中不产生温室气体排放，无噪声污染，且无需消耗大量的水资源，符合可持续发展的要求，具有良好的环境效益和社会效益。