

# 相变储热空调系统研究

刘锡林 周林元 崔祖涛

新疆工程学院 乌鲁木齐市 830000

**摘要:** 针对哈萨克毡房为建筑基础设计相变储热空调系统,一方面将相变微胶囊利用涂层法涂覆毛毡表面形成相变调温毛毡,使毡房实现白天自动调温功能;另一方面设计热水盘管相变储热系统替代传统哈萨克毡房在夜间使用的供暖方式,降低夜间燃煤危害,实现节能减排。

**关键词:** 相变材料; 太阳能; 节能减排

Research on Phase Change Heat Storage Air Conditioning System for Kazakh Yurts

Liu Xilin, Zhou Linyuan, Cui Zutao

(Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, 830000)

**Abstract:** A phase-change heat storage air conditioning system is designed for the building foundation of Kazakh yurts in Xinjiang. On the one hand, the microencapsulated phase-change is coated on the surface of the felt by the coating method to form a phase-change temperature regulating felt, so that the yurts can realize automatic temperature regulation in the daytime. On the other hand, the hot water coil phase-change heat storage system is designed to replace the heating mode used at night in traditional Kazakh yurts, reduce the harm of burning coal at night, and achieve energy conservation and emission reduction.

**Keywords:** Phase change materials; solar energy; conserve energy ,reduce emissions

## 1 选题背景及意义

### 1.1 选题背景

新疆最大气温日较差在 20℃~25℃之间的地区很多,即白天的温度很高,夜间的温度很低。新疆各地从 4 月陆续进入夏季,一般到 9 月中下旬夏季结束,此期间昼夜温差变化特别大,居住空间进行空气调节十分必要。

旅游局调查统计在 2019 年 1 月至 10 月,新疆接待国内外游客 20192.87 万人次,同比增长 42.62%,创历史新高并且井喷式增长<sup>[1]</sup>,从数据分析可以看出新疆的旅游旺季是春季、夏季、和秋季。传统建筑建造费用大,在建造过程中会产生环境和噪声污染,破坏景区结构。新疆地区哈萨克毡房属于移动式建筑,搭建和拆卸灵活,耐用且具有文化特色。在景区搭建毡房费用低,并且对传统的人文文化有传承,可以吸引顾客。

在新疆,由于环境条件所限,哈萨克毡房至今沿用传统的火炉作为供暖方式,而随着人们生活水平的日益提高,我国大部分哈萨克牧民放弃原来的游牧生活,过上了定居生活,导致毡房数量急剧下降,现存毡房一部分为仍为哈萨克牧民居住,另一部分多为旅游景区内的旅游、观光毡房。为保留这一具有传统民族文化内涵的民居形式,迫切需要改善传统毡房环境,一方面要保留传统毡房结构特点、提高游客及牧民在毡房居住的舒适度,另一方面要改变传统毡房供暖方式,使用绿色、清洁的能源供应体系。

### 1.2 研究目的及意义

研究的目的是构建新疆景区和牧区哈萨克毡房热水相变储热空调系统,能够在保留传统毡房建筑结构、民俗特点的基础上,设计新的空调方式,提高居住舒适度,同时实现节能减排。

研究意义在于能够改善现有毡房居住环境,保留毡房存世量,同时推动新疆景区和牧区产业发展,将清洁能源技术应用到新疆具有的独特民俗建筑上。虽然是应用现代技术对其进行改造,但仍然保留了传统毡房的民俗特点,能够使更多的人了解到新疆的哈萨克毡房和哈萨克族文化。

## 2 毛毡的改型设计

### 2.1 相变微胶囊在毛毡上的应用

将相变微胶囊采用涂层法用黏剂粘附在织物表面和纤维间隙,操作简单易行,能够很好的控制纺织品中相变微胶囊的加入量,相变微胶囊导热性能良好且具有较大的相变潜热,是目前研究和应用的最多的方法,本研究采用该方法将相变微胶囊涂覆到哈萨克毡房的毛毡上。

### 2.2 相变调温毛毡设计

#### 2.2.1 哈萨克毡房尺寸计算

毡房高一般在 3m 左右,占地面积 20m<sup>2</sup>~30m<sup>2</sup>。主要由毛毡、房杆、穹顶、栅栏、门框、榻榻米等组成<sup>[2]</sup>。这里的哈萨克毡房指的是大毡房,其建筑基本结构是把四个几何体按顺序(从大到小)对齐排列而成的,见图 1。通过几何计算,毡房总表面积为 70m<sup>2</sup>左右,毡房总体积 74m<sup>3</sup>左右。

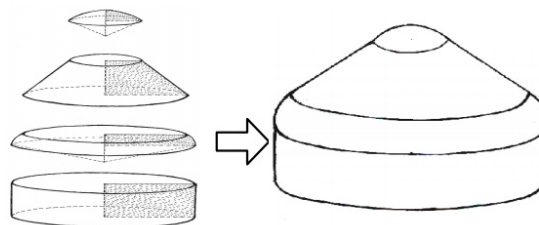


图 1 哈萨克大毡房空间几何构成

Figure 1 Spatial geometric composition of Kazakh yurts

夏天天气炎热,根据《GB50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》,对于供冷工况,二级热舒适度所对应的温度为 26℃—28℃。30 号石蜡熔点 27.5~32.5℃,其储热能力大于等于 160kJ/kg,选择其较为合适。以三聚氰胺—甲醛树脂和异氰酸酯为壁材,通过原位聚合法制备的石蜡相变微胶囊。相变微胶囊中石蜡的质量分数按 60%计算,相变焓可取 96kJ/kg;采用涂层工艺整理到织物中,选用微胶囊质量分数为 25%的涂层整理液整理织物,整理织物的热焓约为  $h=8.5\text{kJ/kg}^{[3]}$ 。

### 2.2.2 相变调温毛毡分析

白天在升温过程中,温度达到 27.5℃时开始吸收外界热量,升温速率逐渐降低;随着温度逐渐上升超过 32.5℃时,相变调温毛毡的性能逐渐下降直至失去调温能力。

在降温过程中,温度降低至 32.5℃时,相变微胶囊开始释放热量,相变调温毛毡开始发挥调温作用;温度降低至 27.5℃时,相变调温毛毡失去调温作用,效果逐渐接近普通毛毡。

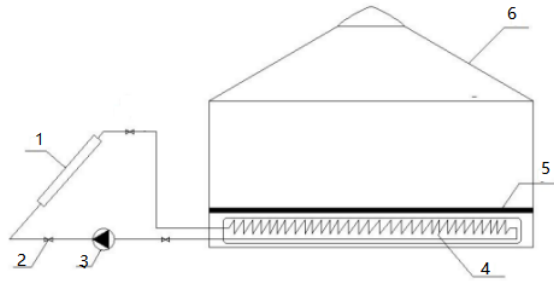
相变调温毛毡能够满足在适宜人生活的最佳温度区间内的温度调节,在外界环境温度变化时,能够减缓毡房内温度的变化,从而有效的提高了毡房的舒适程度,使毡房内温度趋于恒定。

## 3 太阳能热水供暖系统

### 3.1 工作原理

夜间工作太阳能—热水供暖系统见图 2。系统的工作原理为:白天太阳能集热器吸收太阳辐射加热水,加热后的高温水由水泵提供动力流动至盘管内,并通过调节阀控制水流量,高温工质在流经毡房底部时与相变储热材料换热,使相变储热材料能够储存热量并

用于夜间供暖,如图3-1所示。



1-太阳能集热器 2-控制阀门 3-水泵 4-盘管 5-面层 6-毡房主体  
图2 太阳能—热水供暖系统示意图

Fig. 2 Schematic Diagram of Solar Water Heating System

### 3.2 系统组成

#### 3.2.1 太阳能集热器

平板型集热器相比于真空管型集热器,具有承压性好、坚固耐用强度高、不易结垢<sup>[4]</sup>以及与建筑的结合性好等优点。民用供暖热水温度均低于60℃,选择平板型集热器,集热板采用蛇管式,冷水从下进入平板型集热器,从上流出热水随管道循环。

#### 3.2.2 盘管

毡房要经常拆装,并且要求便于携带,所以底部辐射盘管选择铝塑复合管,质地轻便于拆装携带,而在管道的连接上应以螺纹活接为主,公称直径为20mm,选择加热管安装间距取300mm,盘管弯曲半径取120mm。管路距离毡房壁面长度取200mm,采用平行型布置,见图3。管道总长共计13.6m。

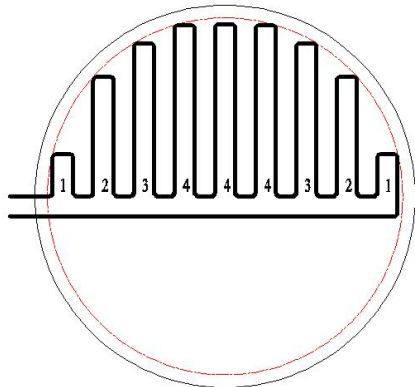
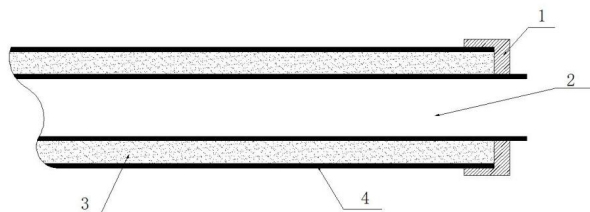


图3 毡房底部辐射供热管道示意图

Figure 3 Schematic Diagram of Radiant Heating Pipes at the Bottom of the Yurt

#### 3.2.3 相变储热装置

相变储热装置采用套管结构,其结构示意图见图4。管道与套管内部填充相变储热材料。当太阳能集热器加热过的热水在管道内流动,在经过被套管包覆的管段时,发生热量交换,相变材料不断吸收热水带来的热量并进行储存。



1-封头 2-水管 3-相变微胶囊 4-套管

图4 相变储热装置示意图

Fig. 4 Schematic Diagram of Phase Change Heat Storage Device

### 3.3 毡房冷热负荷计算

#### 3.3.1 毡房热负荷计算

毡房热负荷考虑围护结构的温差传热及冷风渗透耗热量:

$$Q_{\text{热}} = Q_1 + Q_2 = 2110.2 + 9.51 = 2119.71 \text{ W} \quad (3-1)$$

#### 3.3.2 毡房冷负荷计算

毡房冷负荷包括灯光照明引起的冷负荷、人体显热散热形成的冷负荷、人体潜热引起的冷负荷:

$$Q_{\text{冷}} = C_L + Q_c + Q_{c(t)} = 395.64 + 334.8 + 324 = 1054.27 \text{ W} \quad (3-2)$$

#### 3.3.3 其他换热量

相变调温毛毡的放热量  $Q_z = 358.3 \text{ kJ}$ 。

夜间管中工质(水)的余热  $Q_s = 287.48 \text{ kJ}$ 。

#### 3.4 毡房底部相变储热装置

##### 3.4.1 相变储热装置中相变微胶囊的选择

盘管中的相变微胶囊,以正十八烷为芯材,三聚氰胺—甲醛—尿素树脂为壁材。该微胶囊经研究测试表明:芯壁比为3:1,乳化剂为SLS,乳化转速为500rpm,三聚氰胺:甲醛:尿素摩尔比为3:8:1.5时,制备出的相变微胶囊表面光洁、颗粒均匀,包覆率达89.6%,相变焓为275.3kJ/kg,耐热性比纯正十八烷明显提高<sup>[5]</sup>。太阳能—热水供暖系统应满足夜间8小时供暖需求,维持室温在24℃左右,其大部分热量供应来自套管内的相变微胶囊,即相变储热装置;小部分热量来自于管道内工质余热和相变调温毛毡放热。

##### 3.4.2 相变储热装置所需放热量

$$Q_c = Q_{\text{热}} - Q_{\text{冷}} - Q_z - Q_s \\ = (2119.71 - 1054.27) \times 3.6 \times 8 - 358.31 - 287.48 \quad (3-3) \\ = 30033.98 \text{ kJ}$$

##### 3.4.5 所需相变微胶囊质量

$$\bar{m} = \frac{Q_c}{\Delta H} \quad (3-4)$$

式中:  $\Delta H$  ——相变储热装置中相变微胶囊的热焓, kJ/kg。计算可得  $\bar{m} = 109.095 \text{ kg}$ , 数值取整后为110kg。

#### 3.5 太阳能集热器集热面积

根据管道水力计算可确定流量  $G = 91.75 \text{ kg/h}$ , 管道内热水只用于热量传递,不进行供水,所以加热水量按质量流量计算。

$$A_c = \frac{Q_w C_w (t_{\text{end}} - t_i) f}{J_T \eta_{\text{cd}} (1 - \eta_L)} \quad (3-5)$$

经计算,太阳能集热器面积为1.84m<sup>2</sup>,取集热器面积取  $A_c = 2 \text{ m}^2$ 。

### 4 结论

(1)利用相变材料对传统毡房围护结构进行调温改造,利用含有相变材料的毛毡代替传统毛毡,实现白天降温,提高毡房舒适度;  
(2)改变传统毡房供暖方式,研究一套太阳能—热水供暖系统,实现太阳能设备与建筑一体化,考虑到太阳能供应受时间、季节、昼夜等情况的影响,在储能方式上采用节能、环保的相变储能技术,最终实现分布式能源和储能技术的综合应用;

(3)考虑到新疆地区毡房分布及使用情况,本研究的相变恒温系统整体结构简单、操作容易以及方便拆卸,能够在不改变传统毡房结构的基础上实现白天自动调温和夜间供暖,达到空气调节的目的,在各设备的选型上也以能够大规模制造使用的民用设备为主,降低系统成本,提高实用性和普及性。

#### 参考文献:

[1]刘莉.基于大数据分析的新疆本地与外地游客情感特征研究[D].新疆大学.2021.  
[2]木尔扎别克·阿不力卡斯,吴和敏.哈萨克族传统建筑文化中的几何元素[J].图学学报.2015,36(1):1-5.  
[3]孙铮,汪媛,纪俊玲.石蜡相变微胶囊及其调温织物的性能研究[J].印染助剂.2013,30(1):5-7.  
[4]张跃智,董明明,赵健森.平板型太阳能集热器研究现状及展望[J].节能.2021,10(1):77-80.  
[5]华柄宇.相变调温抗静电复合纺织材料开发及性能[D].西安工程大学.2019.

基金项目:新疆工程学院校级科研项目(2017xgy201910)

作者简介:刘锡林,男,汉族,籍贯:辽宁辽阳,出生年月:1987年1月;学历:硕士研究生,现有职称:讲师,研究方向:节能技术与应用。