



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113008063 A

(43) 申请公布日 2021.06.22

(21) 申请号 202110275667.2

(22) 申请日 2021.03.15

(71) 申请人 北京林业大学

地址 100083 北京市海淀区清华东路35号

(72) 发明人 何正斌 万倩 伊松林 张天放

何露茜 王铭婕

(74) 专利代理机构 北京元本知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11308

代理人 喻蓉

(51) Int. Cl.

F28D 20/02 (2006.01)

F24D 13/02 (2006.01)

F24D 15/02 (2006.01)

F24D 19/00 (2006.01)

F24D 19/10 (2006.01)

权利要求书2页 说明书15页 附图2页

(54) 发明名称

一种室内用相变储能装置及其铺装方法

(57) 摘要

本发明公开了一种相变储能装置及其铺装方法,所述相变储能装置由下至上依次包括:绝热层、电热层、储能材料层、找平层、表面装饰层;其铺装方法根据采暖设计热负荷、电价峰段的总时长及储能材料的热物理参数精确得到所需储能材料的质量和铺设厚度。本发明地板中储能材料的储热密度较大,相变温度恒定,通过相变储能材料可将电热层的热能储存,实现峰谷电力的转移,减少电力浪费;并且可依据采暖房间的大小、供暖设计参数和储能材料的热物理参数,精确得到地板铺设中所需储能材料的质量和厚度,克服现有地板铺设过程中无法精确定量储能材料的缺陷,充分利用储能材料储存的热量,节能环保,实现全天供暖,确保房间温度始终满足人体舒适需求。

1. 一种室内用相变储能装置,其特征是,从下至上包括依次叠合的绝热层、电热层、相变储能层、找平层、表面装饰层。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征是,所述绝热层的厚度为35-60mm;电热层的厚度为0.1-0.5mm;找平层的厚度为30-50mm;表面装饰层的厚度为10-22mm。

3. 如权利要求1或2所述的装置,其特征是,所述相变储能层由相变储能材料和封装盒组成,相变储能材料封装于封装盒内,形成所述的相变储能层。

4. 如权利要求3所述的装置,其特征是,所述相变储能材料的相变温度为30~44℃;相变潜热为200~270J/g。

5. 一种室内用相变储能装置的铺装方法,其特征是,包括如下步骤:

1) 测定待采暖房间的外立面面积 $S_f$ 和室内地面表面积 $S_d$ ;

2) 查阅待采暖房间的建筑结构图,获得房间外墙各层的建筑材料及其厚度 $\delta$ ;接着利用导热系数测定仪测定与外墙各层材料相同的建筑材料的导热系数 $\lambda$ ;然后按照公式(1)测定待采暖房间的外墙的导热系数 $K$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\alpha_\lambda \cdot \lambda} + R_K + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (1)$$

式(1)中, $K$ :待采暖房间外墙的导热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;  $\alpha_n$ :外墙内壁面换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;  $\delta$ :外墙各层材料厚度, $m$ ;  $\alpha_\lambda$ :外墙各层材料导热系数修正系数;  $\lambda$ :外墙各层材料导热系数, $W/(m \cdot K)$ ;  $R_K$ :外墙中封闭空气间层的热阻, $(m^2 \cdot K)/W$ ;  $\alpha_w$ :外墙外立面换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;

3) 查阅待采暖地区的气象资料数据,获取供暖时待采暖房间的室外计算温度 $T_w$ ;确定供暖时待采暖房间的室内设计温度 $T_n$ ;按照公式(5)测定待采暖房间的采暖设计热负荷 $Q_p$ :

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} \quad (5)$$

式(5)中, $Q_p$ :待采暖房间的采暖设计热负荷, $W$ ;  $Q_{p1}$ :待采暖房间的外墙基础热损失, $W$ ;  $Q_{p2}$ :待采暖房间的外墙附加热损失, $W$ ;  $Q_{p3}$ :待采暖房间的冷空气渗透热损失, $W$ ;

4) 查阅待采暖房间所在地区的销售电价表,测定用电电价谷段时间及电价谷段时间总时长;电价峰段时间及电价峰段时间总时长 $n_{\text{峰}}$ ;按照公式(6)确定相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p$ :

$$m_p = \frac{3.6 n_{\text{峰}} \alpha_{pv} Q_p}{L_p [1 + 0.1 \times (T_p - T_n - 3)]} \quad (6)$$

式(6)中, $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量, $kg$ ;  $n_{\text{峰}}$ :电价峰段的总时长, $h$ ;  $\alpha_{pv}$ :相变储能材料放热速率修正系数;  $Q_p$ :相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷, $W$ ;  $L_p$ :相变储能材料的相变潜热, $J/g$ ;  $T_p$ :相变储能材料的相变温度, $^{\circ}C$ ;  $T_n$ :供暖时房间内的室内设计温度, $^{\circ}C$ ;

5) 按照公式(7)确定相变储能装置中所需相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ ,然后将相变储能材料封装在封装盒内,制成相变储能层,其中封装盒的厚度与相变储能材料的铺设厚度相

匹配:

$$d_p = \frac{m_p \times 10^3}{\rho_p S_d} \quad (7)$$

式(7)中, $d_p$ :待采暖房间内安装相变储能装置中相变储能材料的厚度,mm; $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量,kg; $\rho_p$ :相变储能材料的密度,kg/m<sup>3</sup>; $S_d$ :待采暖房间内室内地面表面积,m<sup>2</sup>;

6) 按照标准JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》分别设计相变储能装置的绝热层、电热层、找平层、表面装饰层的材料及其厚度,然后按照从下至上的顺序在待采暖房间的地面上依次铺设绝热层、电热层、相变储能层、找平层、表面装饰层。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征是,步骤2)中所述 $\alpha_n$ 为7.0~8.7,优选8.1~8.7; $\alpha_\lambda$ 为1.15~1.60,优选1.20~1.25; $R_k$ 为0.10~0.71,优选0.14~0.15; $\alpha_w$ 为6~23,优选12~17。

7. 如权利要求5或6所述的方法,其特征是,步骤3)中所述 $T_n$ 为18-24℃,优选21-22℃; $T_w$ 按照如下方法获得:查阅待采暖地区的气象资料数据,以待采暖房间所在地区的上一年最冷月份的室外平均温度作为采暖室外计算温度 $T_w$ 。

8. 如权利要求5或6所述的方法,其特征是,步骤4)中所述 $\alpha_{pv}$ 为2.0~3.0;公式(6)中所述电价峰段的总时长 $n_{\text{峰}}$ 通过查询待采暖地方的分时电价政策获得。

9. 如权利要求5或6所述的方法,其特征是,步骤5)中所述封装盒选择由聚丙烯或不锈钢材质制成,优选为不锈钢材质的封装盒。

10. 如权利要求5或6所述的方法,其特征是,步骤6)中所述绝热层的厚度为35-60mm;电热层的厚度为0.1-0.5mm;找平层的厚度为30-50mm;表面装饰层的厚度为10-22mm。

## 一种室内用相变储能装置及其铺装方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种建筑用装置及其铺装方法,特别涉及一种室内用建筑材料相变储能装置及装置内相变储能材料的匹配方法、装置的铺装方法,属于建筑采暖技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着工业技术的发展,我国的环境污染日益严重。北方地区供暖季大多采用燃煤取暖,导致空气中二氧化硫和粉尘颗粒物增多,带来了更大的环境压力,因此寻求替换能源进行清洁供暖刻不容缓。电加热地板辐射供暖设备布置灵活,无污染物排放,是极为理想的供暖方式之一。根据实际用电规律,对电力的需求往往存在高峰期和低谷期,多数情况下夜晚用电需求低,用于发电的能源容易被浪费。而相变储能材料则能将夜晚的低谷电以热能的形式储存起来供白天使用,从而降低日间供暖负荷。地板辐射采暖能够满足人体“足暖头寒”的需要,引入相变储能材料则能降低室内温度波动幅度,提高人的体感舒适性,并且可以实现电力的“移峰填谷”,节约能源,在实行分段电价的地区还能进一步降低用电成本,因而基于相变储能材料的电加热地板辐射供暖具有颇为广泛的研究。

[0003] 例如:专利号为02204909.6的实用新型专利,公开了一种相变蓄热电加热采暖地板。在混凝土地面和装饰地板覆盖层之间设置保温层、电加热层和由定型相变材料组成的相变材料层:电加热层采用电加热膜,并在电加热层上安装固化了时控程序的时间控制器和温度控制器;相变材料作为蓄能介质,可以利用夜间供电网低谷期的电进行加热、蓄热,到白天供电网高峰期时进行放热取暖,从而不仅可调节电网负荷的峰谷差,而且在采用电价峰谷期分价计制后,可节约运行费用。

[0004] 专利号为200620159685.5的实用新型专利,公开了一种平面蓄热保温型拼装式电热地板,包括保护层、发热片、蓄热模块、保温层和电线。其中蓄热模块嵌在保温层上面,发热片用环氧树脂胶粘合密封在蓄热模块的上面,保护层包在上述各部分的外侧,所述电线连接在发热片上。其中蓄热模块由板状空腔壳体 and 注入在该板状空腔壳体中的有机石蜡组成。其中注入碳数为18-23的有机石蜡最为适宜。该地板的优点在于:可以按相变输出能量的需要,设计足够相变材料用量的支撑体空穴体积,形成由下至上在最佳保温状态下将温度趋向上方的散热面,能耗可以大幅度降低。可拼装组合的构造特征,既省时又省工,同时对预埋电气工程的防潮、防漏提供了安全的保证。

[0005] 申请号为201110058182.4的发明专利,公开了一种相变蓄能调温节能地板。该地板利用成型材料制成有一定厚度的平板形状容器,将相变储能材料灌入后密封制成。将该地板平铺在地面上,当室内温度高于相变材料的温度时,地板内的相变材料吸收热量发生相变由固态或结晶态变为液态,将热量储存;当室内温度低于地板中的相变材料温度时,材料发生相变,由液态变为固态或结晶态,放出相变潜热。该相变地板可以直接铺装在地面上使用,也可以在其上覆盖抹面砂浆、或铺设地砖、或铺设木地板、或铺设地毯等材料后直接使用。适用的地面可以是铺设有地暖(水暖或电加热地暖)的地面或混凝土地面,也可以是已经铺设好瓷砖或木地板的地面。

[0006] 申请号为201410502250.5的发明专利,公开了一种相变蓄热节能电加热地板,主要由五个部分组成,分别是地板层1、框架2、相变材料层3、发热电缆4和保温隔热材料层5。所述的地板层1为瓷砖或者复合木制地板;所述的相变材料层3为相变温度20-60℃,相变潜热值50-300J/g的无机或有机复合相变材料;所述的发热电缆4的功率在10-30W/m;所述的框架2为金属材料或塑料材料;所述的保温隔热材料层5为导热系数低,具有一定的抗压强度、防水、防潮、防蛀等功能材料。本发明可以解决传统的电加热地板因表面散热过快导致温度波动较大、启动次数频繁等缺陷,利用相变材料在峰谷期蓄热来达到白天采暖的效果,节约采暖费和能源。该加热地板安装简易、环保、可回收再利用等优点。

[0007] 申请号为201611234187.7的发明专利,公开了一种相变储能控温的电热复合地板及其制造方法,其由上至下依次包括 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>耐磨层、木纹装饰层、相变储能控温层、低温电热膜、隔热层和基层。相变储能控温层由吸附负载有聚乙二醇1000的复合木粉与聚丙烯酸聚乙二醇树脂经混炼后,热压成型得到。该电热复合地板控温效果好、节能效果显著。还公开了一种上述电热复合地板的制造方法:将聚乙二醇1000吸附负载在复合木粉上;将负载有聚乙二醇的复合木粉与聚丙烯酸聚乙二醇树脂混炼,开炼压片,切割修边,得相变储能控温层;将 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>耐磨层、木纹装饰层、相变储能控温层、低温电热膜、隔热层和基层分别施胶后依次组坯,热压胶合成型,加工榫槽,表面涂饰。

[0008] 申请号为2017110545066.2的发明专利,公开了一种新型的相变蓄热地面辐射采暖结构,包括木地板和木龙骨,所述木龙骨呈间隔安装在木地板底部,所述木龙骨之间安装有蓄热相变材料上层和蓄热相变材料下层,所述蓄热相变材料上层和蓄热相变材料下层之间设置有电加热器件和防水袋,所述蓄热相变材料下层底部依次设置有反射膜和保温挤塑板。该采暖结构节约运行成本,通过谷电时段蓄热,可实现24小时供暖,且房间温度能保持基本恒定,达到舒适的效果。

[0009] 申请号为201911159061.1的发明专利,公开了一种基于相变材料的地板,包括:地板层、相变材料层、均衡发热层、隔热材料层以及温度控制装置;所述地板层设置在表层,所述隔热材料层设置在底层,所述均衡发热层设置在所述隔热材料层的上方,所述相变材料层设置在所述地板层和所述均衡发热层之间;所述均衡发热层与所述温度控制装置通电连接。本发明实施例的地板能够对室内的地板温度进行智能控制,且保温时效长,能源利用率高。

[0010] 上述基于相变储能材料的电加热地板多数集中于地板的结构设计及制造方法等,无法在施工时根据相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷确定合适的相变储能材料用量及铺设厚度。地板施工时,若相变储能材料用量过多,则需要消耗比实际需求更多的电能才能完全将其熔化,产生电能浪费,但用量过少时,相变储能材料中储存的热量不足,无法保证日间用电高峰期全时段的供暖,提高用电成本的同时,也难以解决室内温度波动较大的问题,进而影响居住体验。

## 发明内容

[0011] 本发明的目的是针对现有电加热相变储能地板在设计和施工过程中,由于无法精确确定相变储能地板中相变储能材料在单位时间内向建筑物供给的热量,即不能确定相变储能材料的采暖设计热负荷,导致无法准确确定地板中相变储能材料质量和地板的铺设厚

度,产生电能浪费或室内温度波动幅度大的技术缺陷,提供一种室内用相变储能装置及其铺装方法,本发明方法能与采暖设计热负荷精确匹配相应的储能材料,本发明根据待采暖房间的尺寸、供暖设计参数和储能材料的热物理参数,为相变储能装置精确匹配质量合适的储能材料。本发明中的相变储能装置有效地将电价谷段时间内的电能通过相变的形式转化成自身的热能储存起来,转移至日间释放,平衡电力需求和供给在时间上的矛盾,节约能源,减少用电成本,并且提供恒定舒适的供暖温度;而且还克服了相变储能装置中储能材料的质量无法精确确定所存在的技术问题,采用本方法匹配储能材料铺设的采暖装置,相变储能材料所储存的热量利用效率高,避免无法根据相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷来合理确定储能材料质量所导致的电力浪费或供暖效果不佳的问题。本发明的匹配方法通过精确确定储能材料质量和铺设厚度,为电加热相变储能地板的施工提供依据,进而获得最佳的取暖效果;而且本发明的采暖设计热负荷与相变储能材料质量、地板厚度的匹配方法测定参数少,计算简单,结果准确,误差小。

[0012] 所述“采暖设计热负荷”即“为单位时间内向建筑物供给的热量”。相变储能装置中相变储能材料的“采暖设计热负荷”是指在采暖室外计算温度下,为达到待采暖房间内要求的室内温度,相变储能材料在单位时间内向建筑物供给的热量。

[0013] 所述采暖室外计算温度,是在计算采暖设计热负荷时,假定的室外平均温度,标志着寒冷的程度,是决定采暖设计热负荷的根据。

[0014] 为实现本发明的目的,本发明一方面提供一种室内用相变储能装置,从下至上包括依次叠合的绝热层、电热层、相变储能层、找平层、表面装饰层。

[0015] 所述的下为待采暖房间的混凝土地面。绝热层用于阻挡热量向待安装相变储能装置的房间的混凝土地面传递,减少无效热损失。

[0016] 其中,所述绝热层为聚苯乙烯泡沫塑料板或发泡水泥,优选为发泡水泥;绝热层厚度为35-60mm,优选为45-50mm。

[0017] 电热层在通电后发热,将电能转换成热能,为相变储能材料层提供热能,促进相变储能材料层内的相变储能材料发生相变,为室内供暖。

[0018] 特别是,所述电热层为由电热材料制成的电热线缆层或电热膜层;优选为电热膜层;所述电热层的厚度为0.1-0.5mm,优选为0.37mm。

[0019] 尤其是,所述电热膜层的厚度为0.1-0.5mm,优选为0.37mm。

[0020] 特别是,所述电热层通过导线与电源相连,接通电源后,为电热层通电,加热。

[0021] 其中,所述相变储能层由相变储能材料和封装盒组成,相变储能材料放置在封装盒内并封闭,制成所述的相变储能层。

[0022] 封闭在封装盒内的相变储能材料在升温或降温过程中,达到其相变温度时,材料发生物质状态改变,即发生相变,在相变过程中吸收或释放大量的潜热。

[0023] 特别是,所述相变储能材料选择相变温度为24~44℃,优选为30~44℃的相变材料。

[0024] 尤其是,所述相变储能材料选择相变潜热为160~270J/g,优选为200~270J/g的相变材料。

[0025] 其中,所述相变材料为有机石蜡类、有机脂酸类、有机多元醇类或无机水合盐类中的一种或多种。

[0026] 特别是,所述有机石蜡类相变材料选择正十八烷(相变温度27.5℃;相变潜热244.00J/g)、正二十烷(相变温度36.4℃;相变潜热247.30J/g)或正二十二烷(相变温度41.6℃;相变潜热243.20J/g)中的一种或多种;

[0027] 无机水合盐类相变材料选择六水氯化钙(相变温度29.1℃;相变潜热184.79J/g)或/和十水合硫酸钠(相变温度28.9℃;相变潜热234.33J/g);

[0028] 其中,所述相变材料选择两种或两种以上相变材料组成的复合相变储能材料。

[0029] 特别是,复合相变储能材料选择正癸酸-肉豆蔻(相变温度24.3℃;相变潜热168.82J/g)、正癸酸-棕榈酸(相变温度26.6℃;相变潜热171.04J/g)、正癸酸-硬脂酸(相变温度29.8℃;相变潜热172.68J/g)、软脂酸-肉豆蔻酸(相变温度43.8℃;相变潜热186.60J/g)或三水醋酸钠-甲酰胺(相变温度37.5℃;相变潜热197.60J/g)。

[0030] 尤其是,所述封装盒选择由聚丙烯或不锈钢材质制成,优选为不锈钢材质的封装盒。

[0031] 其中,所述找平层为水泥砂浆找平层、细石砼找平层或沥青砂浆找平层;优选为水泥砂浆找平层;所述找平层的厚度为30-50mm,优选为40mm。

[0032] 特别是,所述表面装饰层为实木地板、实木复合地板、强化地板、抛光砖、釉面砖或通体砖,优选为实木地板;所述表面装饰的厚度为10-22mm,优选为12mm。

[0033] 所述装饰面层的地板为符合国标GB/T 35913-2018《地采暖用实木地板技术要求》的用于地采暖的实木地板。

[0034] 本发明另一方面,提供一种室内用相变储能装置的铺装方法,包括如下顺序进行的步骤:

[0035] 1) 测定待采暖房间的外立面面积 $S_f$ 和室内地面表面积 $S_d$ ;

[0036] 2) 查阅待采暖房间的建筑结构图,获得房间外墙各层的建筑材料及其厚度 $\delta$ ;接着利用导热系数测定仪测定与外墙各层材料相同的建筑材料的导热系数 $\lambda$ ;然后按照公式(1)测定待采暖房间的外墙的导热系数 $K$ :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\alpha_\lambda \cdot \lambda} + R_K + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (1)$$

[0038] 式(1)中, $K$ :待采暖房间外墙的导热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;  $\alpha_n$ :外墙内壁面换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;  $\delta$ :外墙各层材料厚度, $m$ ;  $\alpha_\lambda$ :外墙各层材料导热系数修正系数;  $\lambda$ :外墙各层材料导热系数, $W/(m \cdot K)$ ;  $R_K$ :外墙中封闭空气间层的热阻, $(m^2 \cdot K)/W$ ;  $\alpha_w$ :外墙外立面换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ ;

[0039] 3) 查阅待采暖地区的气象资料数据,获取供暖时待采暖房间的室外计算温度 $T_w$ ;确定供暖时待采暖房间的室内设计温度 $T_n$ ;然后按照公式(5)测定待采暖房间的采暖设计热负荷 $Q_p$ :

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} \quad (5)$$

[0041] 式(5)中, $Q_p$ :待采暖房间的采暖设计热负荷, $W$ ;  $Q_{p1}$ :待采暖房间的外墙基础热损失, $W$ ;  $Q_{p2}$ :待采暖房间的外墙附加热损失, $W$ ;  $Q_{p3}$ :待采暖房间的冷空气渗透热损失, $W$ ;

[0042] 4) 查阅待采暖房间所在地区的销售电价表,测定用电电价谷段时间及电价谷段时

间总时长;电价峰段时间及电价峰段时间总时长 $n_{\text{峰}}$ ;按照公式(6)确定相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p$ :

$$[0043] \quad m_p = \frac{3.6n_{\text{峰}}\alpha_{pv}Q_p}{L_p[1+0.1\times(T_p-T_n-3)]} \quad (6)$$

[0044] 式(6)中, $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量,kg; $n_{\text{峰}}$ :电价峰段的总时长,h; $\alpha_{pv}$ :相变储能材料放热速率修正系数; $Q_p$ :相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷,W; $L_p$ :相变储能材料的相变潜热,J/g; $T_p$ :相变储能材料的相变温度, $^{\circ}\text{C}$ ; $T_n$ :供暖时房间内的室内设计温度, $^{\circ}\text{C}$ ;

[0045] 5)按照公式(7)确定相变储能装置中所需相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ ,然后将相变储能材料封装在封装盒内,制成相变储能层,其中封装盒的厚度与相变储能材料的铺设厚度相匹配:

$$[0046] \quad d_p = \frac{m_p \times 10^3}{\rho_p S_d} \quad (7)$$

[0047] 式(7)中, $d_p$ :待采暖房间内安装的相变储能装置中相变储能材料的厚度,mm; $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量,kg; $\rho_p$ :相变储能材料的密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $S_d$ :待采暖房间内室内地面表面积, $\text{m}^2$ ;

[0048] 6)按照标准JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》分别设计相变储能装置的绝热层、电热层、找平层、表面装饰层的材料及其厚度,然后按照从下至上的顺序在待采暖房间地面上依次铺设绝热层、电热层、相变储能层、找平层、表面装饰层。

[0049] 其中,步骤1)中所述外立面面积 $S_f$ 、室内地面表面积 $S_d$ 按照如下方法测定:丈量待采暖房间的外立面的宽度和高度尺寸;丈量室内地面的长度和宽度尺寸,计算房间的外立面面积、室内地面表面积;

[0050] 特别是,所述外立面面积 $S_f$ 为房间外立面宽与高的乘积的总和;室内地面表面积 $S_d$ 为地面长与宽的乘积的总和。

[0051] 尤其是,步骤1)中使用皮尺、钢尺或手持测距仪测定所述外立面面积和表面积。

[0052] 外立面是待采暖房间的外墙和外部空间直接接触的二维界面。

[0053] 其中,步骤2)中所述 $\alpha_n$ 为7.0~8.7,优选8.1~8.7; $\alpha_\lambda$ 为1.15~1.60,优选1.20~1.25; $R_k$ 为0.10~0.71,优选0.14~0.15; $\alpha_w$ 为6~23,优选12~17。

[0054] 特别是,当待采暖房间的顶棚为吊顶棚时, $\alpha_n$ 取8.1;当待采暖房间的顶棚为直接抹灰顶棚时, $\alpha_n$ 取8.7。当待采暖房间为顶层时, $\alpha_w$ 取17;当待采暖房间非顶层时, $\alpha_w$ 取12。

[0055] 其中,步骤3)中所述 $T_n$ 为18-24 $^{\circ}\text{C}$ ,优选21-22 $^{\circ}\text{C}$ ; $T_w$ 按照如下方法获得:查阅待采暖地区的气象资料数据,以待采暖房间所在地区的上一年最冷月份的室外平均温度作为采暖室外计算温度 $T_w$ 。

[0056] 为满足人的体感舒适需求,室内设计温度 $T_n$ 为18-24 $^{\circ}\text{C}$ ,优选为21-22 $^{\circ}\text{C}$ 。例如:2020年北京冬季供暖时室外计算温度是-7.6 $^{\circ}\text{C}$ ,说明上一年即2019年北京地区最冷月的室外平均温度为-7.6 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0057] 采暖设计热负荷 $Q_p$ 是在供暖时室外计算温度下,为达到采暖房间内要求的室内温



度,相变储能材料在单位时间内向建筑物供给的热量。

[0058] 特别是,步骤3)中所述外墙基础热损失 $Q_{P1}$ ,按照公式(2)确定:

$$[0059] \quad Q_{P1} = \alpha_{ew} S_f K (T_n - T_w) \quad (2)$$

[0060] 式(2)中, $Q_{P1}$ :待采暖房间的外墙基础热损失,W; $\alpha_{ew}$ :外墙的温差修正系数; $S_f$ :待采暖房间的外立面面积, $m^2$ ;K:待采暖房间的外墙的导热系数,按照公式(1)计算, $W/(m^2 \cdot K)$ ; $T_n$ :供暖时房间内的室内设计温度, $^{\circ}C$ ; $T_w$ :供暖时房间外的室外计算温度, $^{\circ}C$ 。

[0061] 特别是,所述 $\alpha_{ew}$ 为0.3~1.0,优选0.60~0.75。

[0062] 其中,步骤3)中所述外墙附加热损失 $Q_{P2}$ ,按照公式(3)确定:

$$[0063] \quad Q_{P2} = (\delta_{朝} + \delta_{风} + \delta_{外门} + \delta_{高}) Q_{P1} \quad (3)$$

[0064] 式(3)中, $Q_{P2}$ :待采暖房间外墙的附加热损失,W; $\delta_{朝}$ :朝向修正百分率; $\delta_{风}$ :风力附加百分率; $\delta_{外门}$ :外门附加百分率; $\delta_{高}$ :高度附加百分率; $Q_{P1}$ :待采暖房间外墙的基础热损失,按照公式(2)计算,W。

[0065] 特别是,所述 $\delta_{朝}$ 为-30%~10%,优选2%~5%; $\delta_{风}$ 为4%~10%,优选4%~6%; $\delta_{外门}$ 为65%×楼层数(即待采暖房间所在建筑的层数); $\delta_{高}$ 为0%~8%,优选2%~4%。

[0066] 其中,步骤3)中所述冷空气渗透热损失 $Q_{P3}$ ,按照公式(4)确定:

$$[0067] \quad Q_{P3} = 0.28 c_a \rho_a G (T_n - T_w) \quad (4)$$

[0068] 式(4)中, $Q_{P3}$ :待采暖房间的冷空气渗透热损失,W; $c_a$ :供暖时室外设计温度下的空气定压比热容, $kJ/(kg \cdot K)$ ; $\rho_a$ :供暖时室外设计温度下的空气密度, $kg/m^3$ ;G:待采暖房间的冷空气渗透量, $m^3/h$ ; $T_n$ :供暖时房间内的室内设计温度, $^{\circ}C$ ; $T_w$ :供暖时房间外的室外计算温度, $^{\circ}C$ 。

[0069] 特别是,所述 $c_a$ 据干空气的热物理性质表确定; $\rho_a$ 据干空气的热物理性质表确定;G为10~25 $m^3/h$ ,优选15~18 $m^3/h$ 。

[0070] 尤其是,所述干空气的热物理性质表参见《木材干燥理论》[M].何正斌,伊松林编著.北京:中国林业出版社.2016.p163。

[0071] 查阅《木材干燥理论》(何正斌,伊松林编著,北京:中国林业出版社.2016)的干空气的热物理性质表,获得供暖时室外设计温度下空气的定压比热容、空气密度。

[0072] 其中,步骤4)中所述 $\alpha_{pv}$ 为2.0~3.0。

[0073] 特别是,还包括步骤4A),选择相变储能材料,并测定其相变温度 $T_p$ 、相变潜热 $L_p$ 、密度 $\rho_p$ ,然后再按照公式(6)测定所需的相变储能材料的质量。

[0074] 尤其是,使用差示扫描量热仪测定相变储能材料的相变温度和相变潜热,选择相变温度 $T_p$ 为24~44 $^{\circ}C$ ,优选为30~44 $^{\circ}C$ 的相变储能材料;接着选择相变潜热 $L_p$ 为160~270J/g,优选为200~270J/g的相变储能材料;然后使用密度计测定所选择的相变储能材料的密度 $\rho_p$ 。

[0075] 特别是,所述相变储能材料选择有机石蜡类、有机脂酸类、有机多元醇类或无机水合盐类中的一种或多种,优选有机石蜡类;或选择两种或两种以上相变储能材料形成的复合相变储能材料。

[0076] 尤其是,公式(6)中所述电价峰段的总时长 $n_{峰}$ 通过查询待采暖地方的分时电价政策获得。

[0077] 电价峰段:根据物价局经济贸易委员会电力工业局联合发文的文件精神,居民生

活用电峰谷电,是在城市居民当中开展试点的一种新电价类别。它是将一天24小时划分成两个时间段,把8:00—22:00共14小时称为峰段(即用电峰段),执行峰电价为0.568元/kwh;22:00—次日8:00共10个小时称为谷段(即用电谷段),执行谷电价为0.288元/kwh。

[0078] 特别是,步骤5)中所述封装盒选择由聚丙烯或不锈钢材质制成,优选为不锈钢材质的封装盒。

[0079] 尤其是,封装盒的厚度与按照公式(7)测定的相变储能材料的铺设厚度相匹配。

[0080] 其中,步骤6)中所述绝热层的厚度为35-60mm;电热层的厚度为0.1-0.5mm;找平层的厚度为30-50mm;表面装饰层的厚度为10-22mm。

[0081] 本发明装置的各层材料及其厚度的选择,除相变储能层外其余各层的材料选择及厚度设计以标准JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》第四章的规定为依据。

[0082] 铺设相变储能装置的施工包括:施工方案及材料和设备检查、绝热层的铺设、加热电缆或电热膜系统的安装、相变储能材料层铺设、找平层铺设、装饰面层铺设和质量验收。

[0083] 本发明方法的优点体现在以下方面:

[0084] 1.本发明装置中的相变储能材料相变温度恒定,储热密度较大,能有效提升建筑采暖性能、降低建筑能耗,相变储能材料与电加热辐射供暖结合,提高室内温度的稳定性,实现峰谷电力的转移,节约资源,减少用电成本,且本装置使用过程不产生有害气体,清洁环保,属于环境友好型材料。

[0085] 2.电采暖作为传统燃煤供暖的一种替换形式,具有布置灵活、供电保障能力强、无污染等优势,尤为适用于天然气管网难以覆盖的偏远地区。将相变储能材料与电加热地板辐射供暖相结合,充分利用了相变储能与电采暖两者的特性,实现电力的“移峰填谷”,降低用电成本的同时,还能保证室内温度恒定,提高环境热舒适性。

[0086] 3.本发明通过待采暖房间的尺寸和供暖设计参数得到相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷,即采暖房间的采暖设计热负荷,再根据储能材料的热物理性质(相变温度、相变潜热和密度),精确得出相变储能装置所需储能材料的质量和铺设厚度。本发明方法精确匹配供暖房间内相变储能材料的用量,即精准获得与采暖设计热负荷相匹配的储能材料的质量,在施工前确定合理的施工方案;另一方面还能精准得到储能材料的铺设厚度,克服现有施工中存在的无法精确确定相变储能材料用量的缺陷,提高装置施工铺设精度,优化施工质量。

[0087] 4.本发明可以最大程度地利用储能材料所储存的热量,根据待采暖房间的具体空间大小合理配置相变储能装置所需储能材料的质量,避免因质量匹配过大或过小所带来的电力浪费或供暖效果差的问题。

[0088] 5.本发明可以克服现存的无法精准确定待采暖房间内相变储能装置中储能材料用量的缺陷,适用于以任意方式将储能材料与地板相结合的地板辐射采暖系统,测量参数少,计算过程简单,计算结果准确。

[0089] 6.本发明方法可以针对不同地区及不同供暖空间对相变储能装置所需储能材料的质量和铺设厚度进行精确的匹配,完成建筑室内的供暖设计,保证最佳的供暖效果和最低的供暖能耗。

## 附图说明

- [0090] 图1为本发明实施例1和2中电加热相变储能装置的示意图。
- [0091] 图1A为本发明中相变储能层的结构示意图。
- [0092] 图2为相变储能装置中储能材料的匹配方法流程图。
- [0093] 附图标记说明：
- [0094] 1.绝热层;2.电热层;3.相变储能层;31.相变储能材料;32.封装盒;4.找平层;5.装饰面层。

## 具体实施方式

[0095] 下面结合具体实施例来进一步描述本发明,本发明的优点和特点将会随着描述而更为清楚。但这些实施例仅是范例性的,并不对本发明的范围构成任何限制。本领域技术人员应该理解的是,在不偏离本发明的精神和范围下可以对本发明技术方案的细节和形式进行修改或替换,但这些修改和替换均落入本发明的保护范围内。

[0096] 如图1,本发明的相变储能装置包括依次叠合在一起的绝热层1、电热层2、相变储能层3、找平层4、装饰面层5,其中绝热层与待采暖房间的铺设地板的房间的混凝土地面接触,即铺设地板时,绝热层铺设并固定在房间的混凝土地面上,由下至上依次为绝热层、电热层、相变储能层、找平层、装饰面层。

[0097] 其中,绝热层能够阻挡热量向混凝土地面传递,减少无效热损失。绝热层为聚苯乙烯泡沫塑料板或发泡水泥,优选为发泡水泥,绝热层厚度为35-60mm,优选为45-50mm;

[0098] 电热层为由电热材料制成的电热线缆层或电热膜层,电热层通过导线与电源相连,接通电源后,为电热层通电,加热,电热层优选为电热膜,厚度为0.1-0.5mm,优选为0.37mm。

[0099] 电热层在通电后发热,为相变储能材料层提供热能,促进相变储能材料层内的相比储能材料发生相变,将电能转化成热能,并将热能传递给表面装饰层,为室内供暖,同时还将多余热能存储。

[0100] 相变储能层由相变储能材料31和封装盒32组成,且相变储能材料封装于封装盒内,如图1A。封闭在封装盒内的相变储能材料在升温或降温过程中,达到其相变温度时,材料发生物质状态改变(即相变),在相变过程中吸收或释放大量的潜热。

[0101] 相变储能材料选择相变温度为24~44℃,优选为30~44℃;相变潜热为160~270J/g,优选为200~270J/g的相变材料。

[0102] 相变储能材料为有机石蜡类、有机脂酸类、有机多元醇类或无机水合盐类中的一种或多种。

[0103] 有机石蜡类相变材料选择正十八烷(相变温度27.5℃;相变潜热244.00J/g)、正二十烷(相变温度36.4℃;相变潜热247.30J/g)或正二十二烷(相变温度41.6℃;相变潜热243.20J/g)中的一种或多种;

[0104] 无机水合盐类相变材料选择六水氯化钙(相变温度29.1℃;相变潜热184.79J/g)或/和十水合硫酸钠(相变温度28.9℃;相变潜热234.33J/g);

[0105] 相变储能材料还选择由两种或两种以上相变材料组成的复合相变储能材料。

[0106] 复合相变储能材料选择正癸酸-肉豆蔻(相变温度24.3℃;相变潜热168.82J/g)、

正癸酸-棕榈酸(相变温度26.6℃;相变潜热171.04J/g)、正癸酸-硬脂酸(相变温度29.8℃;相变潜热172.68J/g)、软脂酸-肉豆蔻酸(相变温度43.8℃;相变潜热186.60J/g)或三水醋酸钠-甲酰胺(相变温度37.5℃;相变潜热197.60J/g)。

[0107] 封装盒能够避免液态相变材料的泄漏,从而保证供暖效果,封装盒选择由交联聚乙烯、铝塑或不锈钢材质制成,优选为不锈钢材质的封装盒。

[0108] 找平层铺设于相变储能层之上,能够统一相变储能层的高度,有利于后续装饰面层的铺设。找平层为水泥砂浆找平层、细石砼找平层或沥青砂浆找平层;优选为水泥砂浆找平层,厚度为30-50mm,优选为40mm;

[0109] 表面装饰层即朝向空气的一层,即装置的表面层,表面装饰层为实木地板、实木复合地板、强化地板、抛光砖、釉面砖或通体砖;优选为实木地板,厚度为10-22mm,优选为12mm;

[0110] 本发明相变储能装置的工作原理如下:

[0111] 本发明铺装并质量验收后的相变储能装置在夜间电价谷段时间内,接通电源,电热层通电,放热,其上部紧密贴合的相变储能层内的相变储能材料吸收热量,发生相变,相变储能材料吸收热量由固态转为液态,同时热量也向上传递至装饰面层,从而为室内供暖,该阶段为相变储能材料的储热阶段,既储存热能,又为房间供暖。

[0112] 电价谷段时间结束时,断开电源,停止对电热层通电,由于和周围环境存在温度差,相变储能材料继续释放热量,为室内供暖,同时随着时间的延长,相变储能材料发生相变,相态由液态重新转为固态,该阶段为相变储能材料的放热阶段,放热为房间供暖。

[0113] 通过对不同供暖空间内合理质量的相变储能材料的配置,能够保证相变储能材料在电价谷段时间储存的热量正好完全用于电价峰段时间,即将峰段的电力负荷转移至谷段,从而减少电价峰段时间内的耗电量,减轻电力负担,降低用电成本,同时由于相变储能材料相变过程中温度几乎不变,能够确保室内温度恒定,取暖体验良好。

[0114] 通过本发明具体实施方式的说明,将储能材料应用于电加热地板辐射供暖系统,电价谷段时间内,对电热层通电,相变储能材料将通电时电热层产生的热量储存起来并于白天释放,实现电力的“移峰填谷”,减少用电成本,提高室内温度稳定性;同时,通过房间尺寸和供暖设计参数得到相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷,结合储能材料的相变温度、相变潜热和密度,从而精确得到相变储能地板中所需储能材料的质量和铺设厚度。

[0115] 本发明根据房间尺寸、供暖设计参数(供暖时房间内设计温度 $T_n$ 、供暖时室外计算温度 $T_w$ )和储能材料的热物理参数,即可精确获知相变储能装置中所需储能材料的质量和铺设厚度,克服了现有技术中由于相变储能装置中储能材料的质量过大或过小导致电力浪费或供暖质量不佳,进而无法实施大规模工业化应用的问题。通过精确确定储能材料的质量及铺设厚度,可对施工方案进行合理设计,改进施工质量,并且可以保证供暖过程中室内温度恒定,优化供暖效果,实现电力“移峰填谷”,节省供暖成本。

[0116] 实施例1

[0117] 本实施例选择位于北京市的房间,且待采暖房间的楼层数在3层,为顶层,待采暖房间的顶棚为直接抹灰顶棚;有机石蜡类相变储能材料作为本实施例相变储能装置中的相变储能材料,以在冬季供暖时期为房间提供热量为例进行说明。

[0118] 1、测定待采暖房间的外立面面积和室内地面表面积

[0119] 1-1、通过皮尺、钢尺或手持测距仪丈量待采暖房间的外立面的宽度和高度。

[0120] 外立面是指待采暖房间的外墙和外部空间直接接触的二维界面；外墙是指由多层结构组成的具有一定厚度的三维墙体。

[0121] 1-2、确定待采暖房间的外立面面积 $S_f$ ，即房间外立面宽与高的乘积的总和。

[0122] 1-3、通过皮尺、钢尺或手持测距仪丈量待采暖房间的室内地面的长度、宽度。

[0123] 1-4、确定待采暖房间室内地面表面积 $S_d$ ，即地面长与宽的乘积的总和。

[0124] 例如：待采暖房间的外立面面积 $S_f$ 为 $76.12\text{m}^2$ ；室内的地面表面积 $S_d$ 为 $34.80\text{m}^2$ 。

[0125] 2、选择相变储能材料

[0126] 2-1、使用差示扫描量热仪测定相变储能材料的相变温度和相变潜热。

[0127] 2-2、首先选择相变温度在 $30\sim 44^\circ\text{C}$ （通常为 $24\sim 44^\circ\text{C}$ ）以内的相变材料。该温度范围内的相变材料能够使装饰层表面温度和室内温度处于合理的温度范围内，此时人体感觉最为舒适。若相变温度过高，会使得地面温度超出人体感觉舒适的范围，同时电热层的温度也需要相应提高，进而提高电热层的供电负担；相变温度也不能过低，过低则会使得地面温度低于人体感觉舒适的范围。因此，选择相变温度在 $30\sim 44^\circ\text{C}$ 以内的相变材料是最优的。

[0128] 2-3、在相变温度为 $30\sim 44^\circ\text{C}$ 以内的相变材料中，选择相变潜热在 $200\sim 270\text{J/g}$ （通常为 $160\sim 270\text{J/g}$ ）以内的相变材料。若相变潜热过高，则相变储能材料在储热阶段内所储存的热量过剩，提高电热层的供电负担；若相变潜热过低，则相变储能材料在储热阶段内所储存的热量太少，不足以满足整个放热阶段的热量需求，使得白天室内温度较低。因此，选择相变潜热在 $200\sim 270\text{J/g}$ 以内的相变材料是最优的。

[0129] 2-4、采用密度计测定步骤2-3)所选择的相变材料的密度。

[0130] 本实施例选择正二十烷作为相变储能材料，其相变温度为 $36.4^\circ\text{C}$ ，相变潜热为 $247.3\text{J/g}$ ，密度为 $800\text{kg/m}^3$ 。

[0131] 3、测定待采暖房间外墙的导热系数 $K$

[0132] 3-1、查阅待采暖房间的建筑结构图，获得房间外墙各层的建筑材料及其厚度 $(\delta)$ ；然后用导热系数测定仪测定与外墙各层材料相同的建筑材料的导热系数 $(\lambda)$ ；

[0133] 本实施例中，从室内至室外，外墙的材料及厚度依次为：水泥石灰砂浆层 $10\text{mm}$ 、炉渣混凝土层 $240\text{mm}$ 、聚乙烯苯板保温层 $100\text{mm}$ 、水泥砂浆层 $10\text{mm}$ 、厚袖面砖层 $10\text{mm}$ ，各层外墙材料的导热系数依次为 $0.87\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $0.76\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $0.93\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $1.99\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

[0134] 3-2、按照公式(1)确定待采暖房间外墙的导热系数 $K$ ，

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\alpha_\lambda \cdot \lambda} + R_K + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (1)$$

[0136] 式(1)中， $K$ ：待采暖房间外墙的导热系数， $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ； $\alpha_n$ ：外墙内壁面换热系数， $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，取值范围为 $7.0\sim 8.7$ ，优选 $8.1\sim 8.7$ ； $\delta$ ：外墙各层材料厚度， $\text{m}$ ； $\alpha_\lambda$ ：外墙各层材料导热系数修正系数，取值范围为 $1.15\sim 1.60$ ，优选 $1.20\sim 1.25$ ； $\lambda$ ：外墙各层材料导热系数， $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ； $R_K$ ：外墙中封闭空气间层的热阻， $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ，取值范围为 $0.10\sim 0.71$ ，优选 $0.14\sim$

0.15;  $\alpha_w$ : 外墙外立面换热系数,  $W/(m^2 \cdot K)$ , 取值范围为6~23, 优选12~17;

[0137] 其中,  $\alpha_n$ : 当待采暖房间的顶棚为吊顶棚时取8.1; 当待采暖房间的顶棚为直接抹灰顶棚时取8.7;  $\alpha_w$ : 当待采暖房间为顶层时取17; 当待采暖房间非顶层时取12。

[0138] 吊顶棚和直接抹灰顶棚的定义为: (百度百科) 直接抹灰顶棚是在楼板的底面进行直接喷浆、抹灰或粘贴墙纸等而达到装饰目的的做法。吊顶棚简称“吊顶”。对一些隔声或吸声要求较高, 或楼板底部不平而又需要平整, 或在楼板底敷设管线的房间, 常在楼板的下部空间作吊顶。

[0139] 本实施例中,  $\alpha_n = 8.7W/(m^2 \cdot K)$ ;  $\alpha_\lambda = 1.25$ ;  $R_K = 0.14m^2 \cdot K/W$ ;  $\alpha_w = 17W/(m^2 \cdot K)$ ; 待采暖房间外墙的导热系数  $K = 0.39W/(m^2 \cdot K)$ 。

[0140] 4、测定待采暖房间的采暖设计热负荷  $Q_p$

[0141] 4-1、为满足人体舒适需求, 将供暖时安装相变储能装置的房间 (即待采暖房间) 的室内设计温度  $T_n$  确定为  $21^\circ C$  (通常为  $18-24^\circ C$ , 优选  $21-22^\circ C$ )。

[0142] 查阅待采暖地区的气象资料数据, 获取供暖时待采暖房间的室外计算温度即采暖室外计算温度  $T_w$ , 该室外计算温度为采暖地区上一年最冷月的室外平均温度。

[0143] 查阅北京市2020年的气象资料数据, 一月份为北京市最冷月份, 其室外平均温度最低, 为  $-6.9^\circ C$ , 因此, 北京市供暖时房间的室外计算温度  $T_w$  为  $-6.9^\circ C$ 。

[0144] 4-2、按照公式 (2) 确定待采暖房间的外墙基础热损失  $Q_{p1}$ ,

$$[0145] \quad Q_{p1} = \alpha_{ew} S_f K (T_n - T_w) \quad (2)$$

[0146] 式 (2) 中,  $Q_{p1}$ : 待采暖房间的外墙基础热损失,  $W$ ;  $\alpha_{ew}$ : 外墙的温差修正系数, 取值范围为  $0.3 \sim 1.0$ , 优选  $0.60 \sim 0.75$ ;  $S_f$ : 待采暖房间的外立面面积,  $m^2$ ;  $K$ : 待采暖房间的外墙的导热系数, 按照公式 (1) 计算,  $W/(m^2 \cdot K)$ ;  $T_n$ : 供暖时房间内的室内设计温度,  $^\circ C$ ;  $T_w$ : 供暖时房间外的室外计算温度,  $^\circ C$ 。

[0147] 本实施例中, 外墙的温差修正系数  $\alpha_{ew} = 0.60$ ;  $T_n = 21^\circ C$ ;  $T_w = -6.9^\circ C$ ;  $K = 0.39W/(m^2 \cdot K)$ 。待采暖房间的外墙基础热损失  $Q_{p1} = 496.96W$ 。

[0148] 4-3、按照公式 (3) 确定待采暖房间外墙的附加热损失  $Q_{p2}$ ,

$$[0149] \quad Q_{p2} = (\delta_{朝} + \delta_{风} + \delta_{外门} + \delta_{高}) Q_{p1} \quad (3)$$

[0150] 式 (3) 中,  $Q_{p2}$ : 待采暖房间外墙的附加热损失,  $W$ ;  $\delta_{朝}$ : 朝向修正百分率, 取值范围为  $-30\% \sim 10\%$ , 优选  $2\% \sim 5\%$ ;  $\delta_{风}$ : 风力附加百分率, 取值范围为  $4\% \sim 10\%$ , 优选  $4\% \sim 6\%$ ;  $\delta_{外门}$ : 外门附加百分率, 取值方法为  $65\% \times$  楼层数;  $\delta_{高}$ : 高度附加百分率, 取值范围为  $0\% \sim 8\%$ , 优选  $2\% \sim 4\%$ ;  $Q_{p1}$ : 待采暖房间外墙的基础热损失, 按照公式 (2) 计算,  $W$ 。

[0151] 本实施例中,  $\delta_{朝} = 5\%$ ,  $\delta_{风} = 6\%$ ,  $\delta_{外门} = 195\%$  (即  $65\% \times 3$ ),  $\delta_{高} = 2\%$ 。按照公式 (3) 计算  $Q_{p2} = 1033.68W$ 。

[0152] 4-4、按照公式 (4) 确定待采暖房间的冷空气渗透热损失  $Q_{p3}$ ,

$$[0153] \quad Q_{p3} = 0.28 c_a \rho_a G (T_n - T_w) \quad (4)$$

[0154] 式 (4) 中,  $Q_{p3}$ : 待采暖房间的冷空气渗透热损失,  $W$ ;  $c_a$ : 供暖时室外设计温度下的空气定压比热容,  $kJ/(kg \cdot K)$ ,  $c_a$  据干空气的热物理性质表确定;  $\rho_a$ : 供暖时室外设计温度下的空气密度,  $kg/m^3$ , 据干空气的热物理性质表确定;  $G$ : 待采暖房间的冷空气渗透量,  $m^3/h$ , 取值范围为  $10 \sim 25m^3/h$ , 优选  $15 \sim 18m^3/h$ ;  $T_n$ : 供暖时房间内的室内设计温度,  $^\circ C$ ;  $T_w$ : 供暖时房间外的室外计算温度,  $^\circ C$ 。

[0155] 所述干空气的热物理性质表参见何正斌,伊松林编著.木材干燥理论[M].北京:中国林业出版社.2016.p163.查阅《木材干燥理论》(何正斌,伊松林编著,北京:中国林业出版社.2016)的干空气的热物理性质表,获得供暖时的室外设计温度下空气的定压比热容、空气密度。

[0156] 本实施例中, $T_w = -6.9^{\circ}\text{C}$ 下,查阅干空气的热物理性质表,在室外计算温度下, $c_a = 1.01\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , $\rho_a = 1.327\text{kg}/\text{m}^3$ ;冷空气渗透量 $G = 18\text{m}^3/\text{h}$ 。按照公式(4)计算 $Q_{p3} = 188.46\text{W}$ 。

[0157] 4-5、为使得室内温度基本维持恒定,必须平衡房间的热损失与热供给,因此,按照公式(5)确定待采暖房间的采暖设计热负荷 $Q_p$ ,

$$[0158] \quad Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} \quad (5)$$

[0159] 式(5)中, $Q_p$ :待采暖房间的采暖设计热负荷,W; $Q_{p1}$ :待采暖房间的外墙基础热损失,W; $Q_{p2}$ :待采暖房间的外墙附加热损失,W; $Q_{p3}$ :待采暖房间的冷空气渗透热损失,W。

[0160] 按照公式(5)计算采暖设计热负荷 $Q_p = 1719.1\text{W}$ 。

[0161] 5、确定相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p$

[0162] 根据安装相变储能装置地区的销售电价表,确定用电电价谷段时间及电价谷段时间总时长;电价峰段时间及电价峰段时间总时长 $n_{\text{峰}}$ ;按照公式(6)得到相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p$ ,

$$[0163] \quad m_p = \frac{3.6n_{\text{峰}}\alpha_{pv}Q_p}{L_p[1 + 0.1 \times (T_p - T_n - 3)]} \quad (6)$$

[0164] 式(6)中, $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量,kg; $n_{\text{峰}}$ :电价峰段的总时长,h; $\alpha_{pv}$ :相变储能材料放热速率修正系数,取值范围为2.0~3.0; $Q_p$ :相变储能装置中相变储能材料的采暖设计热负荷,W; $L_p$ :相变储能材料的相变潜热,J/g; $T_p$ :相变储能材料的相变温度, $^{\circ}\text{C}$ ; $T_n$ :供暖时房间内的室内设计温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

[0165] 本实施例中,根据北京市销售电价表,北京市电价谷段时间为23时至次日凌晨7时,即23:00-7:00,电价谷段总时长8小时;电价峰段时间为7:00-23:00,电价峰段的总时长 $n_{\text{峰}} = 16$ 小时。因此在23:00-7:00通电加热相变储能材料,进行热能储存,7:00-23:00断电,将相变储能材料在夜间储存的热能释放出来,用于电价峰段时间内的供暖。相变储能材料放热速率修正系数 $\alpha_{pv} = 3.0$ 。按照公式(6),得到相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p = 537\text{kg}$ 。

[0166] 6、按照公式(7)确定相变储能装置中所需相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ ,

$$[0167] \quad d_p = \frac{m_p \times 10^3}{\rho_p S_d} \quad (7)$$

[0168] 式(7)中, $d_p$ :待采暖房间内安装的相变储能装置中相变储能材料的厚度,mm; $m_p$ :相变储能装置中所需相变储能材料的质量,kg; $\rho_p$ :相变储能材料的密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $S_d$ :待采暖房间内室内地面表面积, $\text{m}^2$ 。

[0169] 本发明实施例中, $S_d = 34.80\text{m}^2$ ;按照公式(7),得到相变储能装置中相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ 为20mm。

[0170] 将相变储能材料封装在封装盒内,且封装盒的厚度与相变储能材料的铺设厚度相匹配,制成相变储能材料层。

[0171] 7、完成相变储能装置的施工

[0172] 7-1、根据以上结果,本发明实施例提供一种相变储能装置,如图1,该装置从底面至上表面的材料及厚度依次为:发泡水泥绝热层35mm,电热膜电热层0.37mm,由不锈钢盒封装的石蜡相变储能层20mm,水泥砂浆找平层40mm和实木地板表面装饰层12mm。

[0173] 本发明装置的各层材料及其厚度的选择,除相变储能层外其余各层的材料选择及厚度设计以标准JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》第四章的规定为依据。

[0174] 7-2、完成相变储能装置的施工,施工按照以下步骤进行:施工方案及材料和设备检查、发泡水泥绝热层的铺设、电热膜系统的安装、相变储能材料层铺设、水泥砂浆找平层铺设、实木地板表面装饰铺设和质量验收。

[0175] 严格按照规定铺设本发明相变储能装置的采暖房间,冬季采暖季不间断连续供暖,室内房间温度在12月的平均温度为 $21 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ,在最冷月份1月份室内平均温度为 $21 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ,与供暖设计参数要求室内设计温度 $T_n 21^{\circ}\text{C}$ 基本相同,误差范围在1.5%之内,符合要求,且室内白天和夜晚温度均衡。

[0176] 实施例2

[0177] 本实施例选择位于上海的房间,且待采暖房间的楼层数在6层,非顶层,待采暖房间的顶棚为吊顶棚;复合相变储能材料作为本实施例相变储能装置中的相变储能材料,以在冬季供暖季为房间供暖为例进行说明。

[0178] 1、测定待采暖房间的外立面面积和室内地面表面积

[0179] 1-1、通过皮尺、钢尺或手持测距仪丈量待采暖房间的外立面的宽度和高度。

[0180] 1-2、确定待采暖房间的外立面面积 $S_f$ ,即房间外立面宽与高的乘积的总和。

[0181] 1-3、通过皮尺、钢尺或手持测距仪丈量待安装相变储能装置的地面的长与宽。

[0182] 1-4、确定待采暖房间室内地面表面积 $S_d$ ,即地面长与宽的乘积的总和。

[0183] 例如:待采暖房间的外立面面积 $S_f$ 为 $105.11\text{m}^2$ ;室内地面表面积 $S_d$ 为 $55.3\text{m}^2$ 。

[0184] 2、选择相变储能材料

[0185] 2-1、使用差示扫描量热仪测定相变储能材料的相变温度和相变潜热。

[0186] 2-2、首先选择相变温度在 $30 \sim 44^{\circ}\text{C}$ 以内的相变材料,接着在相变温度为 $30 \sim 44^{\circ}\text{C}$ 以内的相变材料中,选择相变潜热在 $200 \sim 270\text{J/g}$ 以内的相变材料;然后使用密度计测定选择的相变材料的密度。

[0187] 本实施例选择软脂酸-肉豆蔻酸作为相变储能材料,其相变温度为 $43.8^{\circ}\text{C}$ ,相变潜热为 $193.3\text{J/g}$ ,密度为 $852\text{kg/m}^3$ 。

[0188] 3、测定待采暖房间外墙的导热系数K

[0189] 3-1、查阅待采暖房间的建筑结构图,得到房间外墙各层的建筑材料及其厚度;然后利用导热系数测定仪测定,与外墙各层材料相同的建筑材料的导热系数,

[0190] 本实施例中,从室内至室外,外墙的材料及厚度依次为:水泥石膏砂浆层10mm、水泥焦渣层240mm、岩棉板保温层100mm、石灰砂浆层10mm、石材砖10mm;各层的导热系数依次为 $0.76\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $0.67\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $0.04\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $0.81\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、 $2.00\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

[0191] 3-2、按照公式(1)确定待采暖房间外墙的导热系数K,



$$[0192] \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\alpha_\lambda \cdot \lambda} + R_K + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (1)$$

[0193] 本实施例中,  $\alpha_n = 8.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $\alpha_\lambda = 1.20$ ,  $R_K = 0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ,  $\alpha_w = 12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; 按照公式(1)得到待采暖房间外墙的导热系数  $K = 0.37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

[0194] 4、确定待采暖房间的采暖设计热负荷  $Q_p$

[0195] 4-1、为满足人体舒适需求,将供暖时房间内设计温度  $T_n$  确定为  $21^\circ\text{C}$  (通常为  $18\text{-}24^\circ\text{C}$ , 优选  $21\text{-}22^\circ\text{C}$ )。

[0196] 查阅待采暖地区的气象资料数据,获取供暖时待采暖房间的室外计算温度即采暖室外计算温度  $T_w$ ,该室外计算温度为采暖地区上一年最冷月的室外平均温度。

[0197] 查阅上海市2020年的气象资料数据,一月份为上海市最冷月份,其室外平均温度最低,为  $-0.3^\circ\text{C}$ ,因此,上海市供暖时房间的室外计算温度  $T_w$  为  $-0.3^\circ\text{C}$ 。

[0198] 4-2、按照公式(2)确定待采暖房间的外墙基础热损失  $Q_{p1}$ ,

$$[0199] \quad Q_{p1} = \alpha_{ew} S_f K (T_n - T_w) \quad (2)$$

[0200] 本实施例中,外墙的温差修正系数  $\alpha_{ew} = 0.75$ ;  $T_n = 21^\circ\text{C}$ ;  $T_w = -0.3^\circ\text{C}$ ;  $K = 0.37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。得到待采暖房间的外墙的基础热损失  $Q_{p1} = 621.28 \text{ W}$ 。

[0201] 4-3、按照公式(3)确定待采暖房间外墙的附加热损失  $Q_{p2}$ ,

$$[0202] \quad Q_{p2} = (\delta_{\text{朝}} + \delta_{\text{风}} + \delta_{\text{外门}} + \delta_{\text{高}}) Q_{p1} \quad (3)$$

[0203] 本实施例中,  $\delta_{\text{朝}} = 2\%$ ,  $\delta_{\text{风}} = 4\%$ ,  $\delta_{\text{外门}} = 390\%$  (即  $65\% \times 6$ ),  $\delta_{\text{高}} = 2\%$ 。按照公式(3)计算  $Q_{p2} = 2472.7 \text{ W}$ 。

[0204] 4-4、按照公式(4)确定待采暖房间的冷空气渗透热损失  $Q_{p3}$ ,

$$[0205] \quad Q_{p3} = 0.28 c_a \rho_a G (T_n - T_w) \quad (4)$$

[0206] 所述干空气的热物理性质表参见何正斌,伊松林编著.木材干燥理论[M].北京:中国林业出版社.2016.p163。查阅《木材干燥理论》(何正斌,伊松林编著,北京:中国林业出版社.2016)的干空气的热物理性质表,获得供暖时的室外设计温度下空气的定压比热容、空气密度。

[0207] 本实施例中,  $T_w = -0.3^\circ\text{C}$  下,查阅干空气的热物理性质表,在室外计算温度下,  $c_a = 1.01 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $\rho_a = 1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$ ;冷空气渗透量  $G = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ 。按照公式(4)计算得到待采暖房间的冷空气渗透热损失  $Q_{p3} = 116.83 \text{ W}$ 。

[0208] 4-5、为使得室内温度基本维持恒定,必须平衡房间的热损失与热供给,因此,按照公式(5)确定待采暖房间的采暖设计热负荷  $Q_p$ ,

$$[0209] \quad Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} \quad (5)$$

[0210] 计算获得采暖设计热负荷  $Q_p = 3210.81 \text{ W}$ 。

[0211] 5、确定相变储能装置中所需相变储能材料的质量  $m_p$

[0212] 根据安装相变储能装置地区的销售电价表,确定用电电价谷段时间及电价谷段时间总时长;电价峰段时间及电价峰段时间总时长  $n_{\text{峰}}$ ;按照公式(6)得到相变储能装置中所需相变储能材料的质量  $m_p$ ,

$$[0213] \quad m_p = \frac{3.6n_{\text{峰}}\alpha_{pv}Q_p}{L_p[1+0.1\times(T_p-T_n-3)]} \quad (6)$$

[0214] 本实施例中,根据上海市销售电价表,上海市电价谷段时间为22时至次日凌晨6时,即22:00-6:00,电价谷段总时长为8小时;电价峰段时间为6:00-22:00,电价峰段的总时长 $n_{\text{峰}}$ 为16小时。因此在22:00-6:00通电加热相变储能材料,进行热能储存,6:00-22:00断电,将相变储能材料在夜间储存的热能释放出来,用于电价峰段时间内的供暖。相变储能材料放热速率修正系数 $\alpha_{pv}=2.8$ 。按照公式(6),得到相变储能装置中所需相变储能材料的质量 $m_p=899\text{kg}$ 。

[0215] 6、按照公式(7)确定相变储能装置中所需相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ ,

$$[0216] \quad d_p = \frac{m_p \times 10^3}{\rho_p S_d} \quad (7)$$

[0217] 本发明实施例中, $S_d=55.3\text{m}^2$ ;按照公式(7),得到相变储能装置中相变储能材料的铺设厚度 $d_p$ 为20mm。

[0218] 将相变储能材料封装在封装盒内,且封装盒的厚度与相变储能材料的铺设厚度相匹配,制成相变储能材料层。

[0219] 7、完成相变储能装置的施工

[0220] 7-1、根据以上结果,本发明实施例提供一种相变储能装置。如图1,本装置从底面至表面的材料及厚度依次为:泡沫塑料绝热层40mm,电热膜0.37mm,由不锈钢盒封装的软脂酸-肉豆蔻酸复合相变储能层20mm,水泥砂浆找平层30mm和实木地板表面装饰层10mm。

[0221] 本发明装置的各层材料及其厚度,除相变储能层外其余各层的材料选择及厚度设计以标准JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》第四章的规定为依据。

[0222] 7-2、完成相变储能装置的施工,施工按照以下步骤进行:施工方案及材料和设备检查、发泡水泥绝热层的铺设、电热膜系统的安装、相变储能材料层铺设、水泥砂浆找平层铺设、实木地板表面装饰层铺设和质量验收。

[0223] 严格按照规定铺设本发明相变储能装置的采暖房间,冬季采暖季不间断连续供暖,室内房间温度在12月的平均温度为 $21\pm 0.3^\circ\text{C}$ ,在最冷月份1月份室内平均温度为 $21\pm 0.3^\circ\text{C}$ ,与供暖设计参数要求室内设计温度 $T_n 21^\circ\text{C}$ 基本相同,误差范围在1.5%之内,符合要求,且室内白天和夜晚温度均衡。

[0224] 本方法可仅依据房间尺寸、供暖设计参数和储能材料的热物理参数,针对不同地区和不同尺寸待安装相变储能装置的房间精确确定相变储能装置所需储能材料的质量,并根据储能材料的密度进一步得到其铺设厚度,据此完成相变储能装置的施工,保证居住过程中能够全天候稳定供暖,营造舒适的人居环境。

[0225] 本发明上述实施例仅是范例性的,并不对本发明的范围构成任何限制。本领域技术人员应该理解的是,在不偏离本发明的精神和范围下可以对本发明技术方案的细节和形式进行修改或替换,但这些修改和替换均落入本发明的保护范围内。

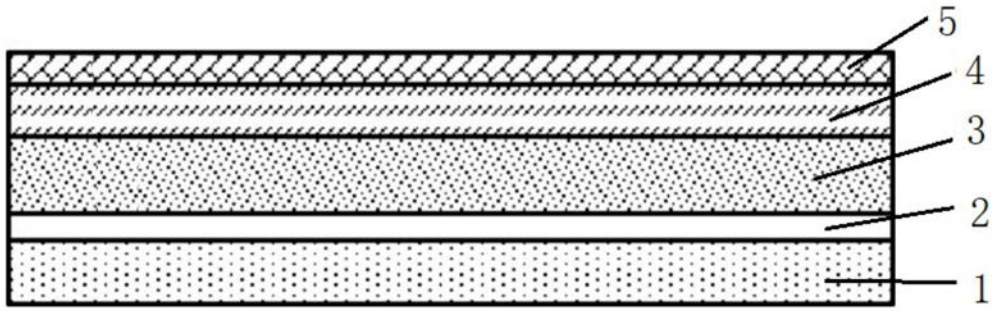


图1

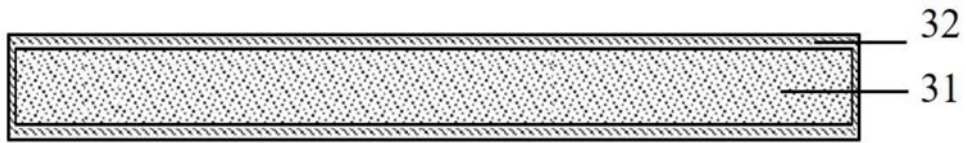


图1A

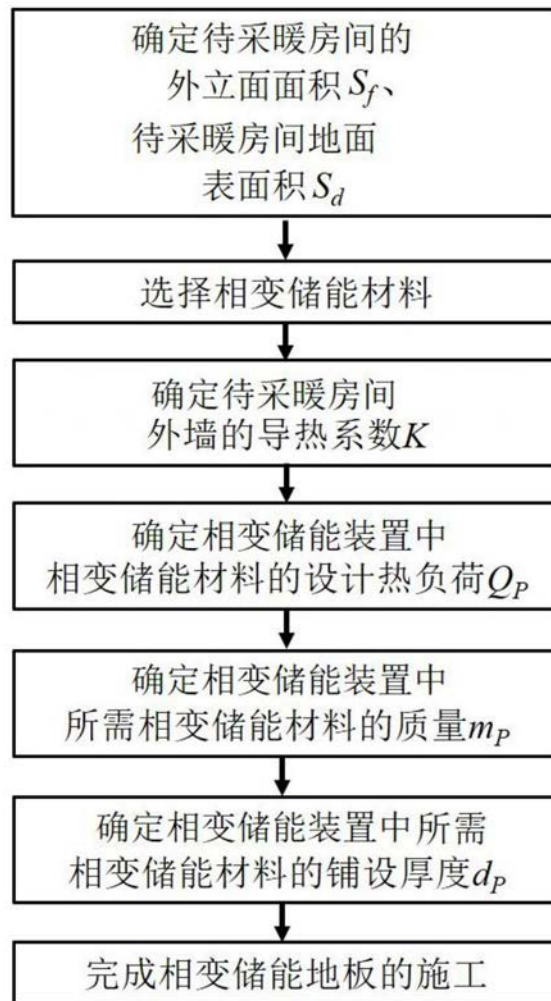


图2