



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102828565 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 19

(21) 申请号 201110163624. 1

(22) 申请日 2011. 06. 17

(71) 申请人 北京怡好思达软件科技发展有限公司

地址 100070 北京市丰台区科学城海鹰路 5 号 728 室

(72) 发明人 张小成 钟志勇

(74) 专利代理机构 北京科龙寰宇知识产权代理有限公司 11139

代理人 孙皓晨

(51) Int. Cl.

E04B 2/00 (2006. 01)

E04B 1/74 (2006. 01)

E04B 1/76 (2006. 01)

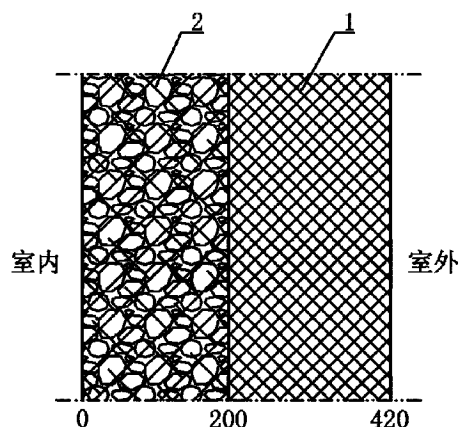
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 3 页

(54) 发明名称

利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构及其设计方法

(57) 摘要

一种利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构及其设计计算方法,其特征在於:外保温层和内蓄热层的内外复合结构,该外保温层厚度为 120-270mm,由蓄热系数和导热系数都非常小的轻质保温材料构成;内蓄热层采用包括钢筋混凝土、石材等重质墙体材料,厚度为 80-250mm,应使该重质墙体材料尽可能直接显露室内表面;根据建筑隔热设计计算,这种外保温层和内蓄热层相复合的整个建筑围护结构内表面最高温度应比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃。这样,在建筑围护结构墙体外保温材料的良好隔热下,能充分发挥建筑围护墙体内侧重质墙体材料蓄热来实现高效建筑节能,从而设计出能达到被动式建筑要求的建筑围护结构。



1. 一种利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构,其特征在于:该围护结构为外保温层和内蓄热层的内外复合结构,该外保温层厚度为 120-270mm,由蓄热系数和导热系数都非常低的轻质保温材料制成;该内蓄热层采用钢筋混凝土、石材等重质墙体材料,厚度为 80-250mm,该重质墙体材料应尽可能直接显露室内表面;按照《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热设计计算,应使整个围护结构内表面最高温度比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃。

2. 根据权利要求 1 所述的利用墙体蓄热节能的建筑围护结构,其特征在于:所述的外保温层外表面颜色越浅,表面越光滑,反光率越高,太阳辐照吸收系数越低,越有利于减少建筑围护墙体吸收太阳辐射所形成的蓄热量,建筑隔热性能越好。

3. 根据权利要求 1 所述的利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构,其特征在于:该建筑围护结构主要是为了实现不需要采暖空调主动提供冷热的被动式建筑节能设计;此外,该建筑围护结构应采用低传热系数外窗,并配置夏季遮阳,同时做好通风设计,能良好实现自然通风;该建筑围护结构整体应为密闭结构,其密闭性应达到国家建筑行业标准。

4. 一种对权利要求 1、2 或 3 所述的建筑围护结构的设计计算方法,其特征在于:按照《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热设计计算,使建筑围护结构内表面最高温度比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃;所述的外保温层既起到降低建筑围护墙体传热能耗的作用,也起到阻隔夏季太阳辐射或冬季室外低温影响建筑围护墙体内侧重质材料蓄热的作用;从而充分发挥这种围护结构内蓄热层冬季白天蓄热与夏季夜晚蓄冷性能,以大幅降低建筑能耗,从而实现不需要采暖空调主动提供冷热的被动式建筑节能设计要求。

5. 根据权利要求 4 所述的建筑围护结构的设计计算方法,其特征在于:

第一步:计算建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$;

内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$,是指建筑围护结构墙体在太阳辐射和室外昼夜温差的综合作用下,计算得到的内表面最高温度;

第二步:确定夏季室外计算温度最高值 T_{emax} ,一般取用气象部门测得的当地历年最热一天最高温度平均值;

第三步:计算建筑围护结构内表面最高温度与夏季室外计算温度最高值之差 $\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$;

$\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}} = 0$,反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,正好使建筑内表面达到历年室外最高气温的平均值,而在一年的其它日期里,太阳辐照热是不会使建筑内表面高于该温度的。

$\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}} \leq 0$,反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,使建筑内表面最高温度不会超过历年室外最高气温的平均值,当然,在一年的其它天里,太阳辐照热也不会使建筑内表面高于该温度的。

$\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$ 反映的是墙体综合隔热性能, $\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$ 越小,说明墙体隔热性能越好。

根据实际建筑围护结构材料的性能、厚度参数,计算围护结构内表面最高温度,再依据该内表面最高温度计算结果调整不同建筑围护结构材料及其相应厚度,以达到理想的内表面最高温度。

利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构及其设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构及其设计方法。

背景技术

[0002] 国内关于被动式建筑或被动式太阳能建筑的公开专利,一般都是针对围护结构的,其中,CN200610088340 专利“节能保温房屋”虽提到利用室内墙体、地面、屋面蓄冷、蓄热对建筑节能的重要影响,但具体设计方案:“建筑物内墙、屋顶内侧、地面用优质环保保温材料做保温层,使通过墙体、屋面、地面所传导的冷热能量被有效地隔离在保温层之外,避免冷热交换;由于保温层做在建筑物内侧,避免了建筑物的蓄冷、蓄热,空调使用时,只对室内空气制冷或加热,温度完全不会被建筑物吸收”。该建筑节能方法,既违反建筑热物理原理,也达不到《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热计算要求,冬季保温性能虽然较好,但夏季是高能耗建筑,所以,该专利提供的建筑节能方案并不能有效实现节能。

[0003] CN200610088340 专利提供的墙体内保温设计是依据常用的建筑能耗模拟设计计算方法设计的,这种内保温建筑围护结构,只能阻隔少部分建筑钢筋混凝土围护结构蓄热对内部室内环境的影响,并不能阻隔建筑钢筋混凝土围护结构墙体与外界环境的热交换。

[0004] 这种内保温建筑围护结构位于室外一侧的钢筋混凝土围护墙体,在夏季白天会吸收大量太阳辐射,表面温度能升高到 50-70℃ 以上,会形成大量蓄热,这种蓄热墙体夜晚散发的远红外辐射,很容易透过内保温材料,烘烤室内环境,从而大幅增加夏季空调能耗。

[0005] 这种内保温建筑围护结构,位于室外一侧的钢筋混凝土围护墙体,在冬季夜晚低温条件下,会释放蓄热,形成蓄冷,这种蓄冷墙体,如果处于阴面房间,在第二天白天会大量吸收室内墙体透过内保温材料,向外散发远红外辐射,使得南方建筑冬季室内阴冷,如果内保温层不够厚,这种建筑同样也会大幅增加北方冬季室内采暖能耗。

[0006] 《新型建筑材料》2001 年 02 期刊登的论文《夏热冬暖地区住宅围护结构隔热构造技术及其效果评价》(孟庆林刘亚 任俊 杨树荣 李洪海)虽然提出通过隔热设计来实施建筑节能,但并没有依据《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热计算方法进行建筑围护结构隔热计算设计。

[0007] 国内建筑设计行业目前普遍采用建筑能耗模拟计算进行建筑节能设计,一般建筑能耗模拟计算都是根据围护结构传热能耗计算模型评估建筑围护墙体节能设计,即通过降低围护墙体传热系数来实施所谓 50-65% 节能率。这种能耗模拟计算模型的冬季采暖建筑能耗模拟计算一般采用稳定传热计算,不能体现墙体蓄热对围护结构传热能耗所形成的影响,夏季空调建筑能耗模拟计算采用非稳定传热能耗计算方法,虽然能反映墙体蓄热对围护结构传热所形成的影响,但只能反映门窗封闭、空调开通条件下,墙体蓄热对围护结构传热能耗所形成的影响,不能反映大多数暖通空调间断开启条件下,通过夏季夜晚开窗通风换热形成的建筑墙体本身蓄热变化,对建筑能耗形成的直接影响,更未反映冬季阳光,透过窗户辐射重质建筑内墙形成的蓄热,对降低冬季采暖能耗所起的作用。

[0008] 在采用建筑能耗模拟计算进行建筑节能设计时,如果采用蓄热系数较低的轻质围

护结构材料,如轻质粘土砖材料,墙体蓄热对冬季墙体传热能耗影响倒不大,但这种低热惰性系数(D值)建筑围护墙体隔热性能非常差,夏季空调能耗非常大。

[0009] 目前建筑行业的围护结构设计一般都采用钢材或钢筋混凝土等重质高蓄热材料,这种高热惰性系数(D值)建筑围护墙体材料蓄热变化很大,对夏季围护结构传热能耗影响很大,如果建筑节能设计人员没考虑到墙体蓄热对建筑能耗的巨大影响,在实施建筑围护结构设计时,没处理好建筑围护墙体本身的蓄热影响,会给建筑造成巨大能耗损失。

[0010] 如 200mm 厚钢筋混凝土材料,如果采用内保温设计,或者虽然采用外保温,但外墙外保温厚度设计不够(厚度低于 120mm),这种结构设计会导致建筑围护结构内表面温度最高温度比当地计算温度最高值高 1-3℃,这种建筑比国家热工标准建筑每平方米蓄热量增加 $0.84 \times 0.2 \times 2500 \times (1-3) = 0.12-0.35\text{kwh}$,100 平方米居室,按 65 平方米外墙面积计算,再去掉 30% 的窗户,每天将因为围护墙体蓄热而多形成 5-16kwh 能耗。尤其昼夜温差比较大的地区,建筑墙体昼夜温度变化形成的蓄热量,比墙体一昼夜的传热能耗还大。如果忽略建筑围护结构墙体本身蓄热变化对围护结构传热所形成的影响,依建筑能耗模拟计算会给实际建筑节能设计造成巨大能耗损失。

[0011] 以建筑围护结构的冬季传热能耗模拟计算为例,180mm 钢筋混凝土材料与 100mm 保温材料相复合的建筑围护结构,一种将钢筋混凝土结构墙体设置在靠室外一侧(内保温);一种将钢筋混凝土结构墙体设计在紧靠室内一侧(外保温),这两种围护墙体传热系数 K 与热惰性系数 D 值都一样,依建筑能耗评估软件的传热能耗计算,围护结构传热能耗差不多,但这两种围护墙体给建筑室内环境所形成的蓄热影响相差非常大。

[0012] 如 200mm 厚钢筋混凝土材料建筑围护墙体采用 100mm 厚内保温材料,外钢筋混凝土墙体的良好导热性与高蓄热性,使朝阳面建筑墙体白天吸收太阳辐射形成的蓄热量,与冬季夜晚温度降低所形成的蓄冷量相抵,对朝阳面建筑围护墙体冬季传热能耗影响倒不大。但阴面墙体外表面钢筋混凝土材料,在冬季夜晚降温时会蓄积大量蓄冷,在这种条件下,背阴面墙体外表面钢筋混凝土材料,在第二天上午的室外升温过程中,会大量吸收透过内保温材料的室内墙面热辐射,消耗室内采暖能耗。墙体保温性能主要由内保温材料承担,这种围护结构墙体的钢筋混凝土材料白天不但不能起到保温作用,还会加大墙体传热能耗损失。

[0013] 同理,夏季也存在类似问题,由于高热惰性系数(D值)钢筋混凝土材料的高蓄热性,在夏季午后,紧靠围护结构墙体外侧的钢筋混凝土材料会吸收大量太阳辐射热量,建筑表面温度高达 70℃,吸收大量太阳辐射蓄热的外表面钢筋混凝土材料,到了夜晚,一方面可透过内保温材料,烘烤建筑室内环境,消耗室内空调能耗,甚至形成“南方建筑保温越好,建筑能耗越高”现象,使普通建筑阳面房屋,在夏季夜晚酷热难耐,而不得不长时间运行空调。另一方面,外表面钢筋混凝土材料还向室外环境释放远红外辐射,如果城市这种建筑比较多,会导致“城市热岛效应”。

[0014] 如果建筑围护结构外墙外保温材料厚度小于 80mm,虽然能达到保温标准,但并不能阻隔夏季太阳辐射与冬季室外低温对建筑围护墙体蓄热所形成的影响,阴面房间,冬天仍明显要比其它房间阴冷,从而增大冬季采暖能耗,阳面房间,夏天仍明显要比其它房间闷热,会增大夏季空调能耗。

[0015] 目前常见的空调 24 小时连续运行建筑,因室温恒定,而无法通过墙体蓄热变化节

约建筑能耗,单位面积建筑能耗常常是间断空调建筑的 5-8 倍,目前常用的建筑传热能耗模拟计算软件,无法反映空调间断运行条件下建筑围护墙体蓄热变化对实际建筑能耗所产生的影响。

[0016] 所以,通过建筑传热能耗模拟计算实施建筑围护结构设计,既无法体现夏季夜晚自然通风条件下,通过建筑墙体蓄热变化节约的建筑能耗,也无法体现冬季白天透过窗户的太阳辐射形成的墙体蓄热变化,对节约实际建筑能耗所起到的特殊节能作用,依照建筑传热能耗模拟计算设计的建筑围护结构,节能效率很低,甚至可能是高耗能建筑,给国内实际建筑节能设计造成巨大建筑能耗损失。

[0017] 目前国内外专利文献还没有提到本发明利用建筑围护结构墙体蓄热来实施建筑节能,以及通过建筑隔热计算,利用墙体蓄热实施被动式建筑围护结构节能设计的报道。

发明内容

[0018] 本发明提供一种利用墙体蓄热实现高效建筑节能的建筑围护结构及其设计方法,用以替代目前以降低墙体传热为主要节能措施的一般建筑围护结构与建筑能耗模拟计算设计方法,即通过 120-270mm 厚以上的外保温与室内 80-250mm 厚的高蓄热重质墙体设计,并依据建筑隔热设计计算,使建筑围护结构内表面最高温度比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃。这样,在建筑围护结构墙体外保温材料的良好隔热下,就能充分发挥建筑围护墙体内侧重质墙体材料的高蓄热性能实现建筑节能,从而设计出能达到被动式建筑节能要求的建筑围护结构。

[0019] 本发明的技术方案是:一种利用墙体蓄热实现节能的建筑围护结构,其特征在于:该围护结构为外保温层和内蓄热层的内外复合结构,该外保温层厚度为 120-270mm,由蓄热系数和导热系数都非常低的轻质保温材料制成;该内蓄热层采用钢筋混凝土、石材等重质墙体材料,厚度为 80-250mm,该重质墙体材料应尽可能直接显露室内表面;按照《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热设计计算,应使整个围护结构内表面最高温度比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃。

[0020] 所述的外保温层外表面颜色越浅,表面越光滑,则反光率越高,太阳辐照吸收系数越低,越有利于减少建筑围护墙体吸收太阳辐射所形成的蓄热量,建筑隔热性能越好。

[0021] 该建筑围护结构主要是为了实现不需要采暖空调主动提供冷热的被动式建筑节能设计;此外,该建筑围护结构应采用低传热系数外窗,并配置夏季遮阳,同时做好通风设计,能良好实现自然通风;该建筑围护结构整体应为密闭结构,其密闭性应达到国家建筑行业标准。

[0022] 一种对所述的建筑围护结构的设计计算方法,其特征在于:按照《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热设计计算,使建筑围护结构内表面最高温度比当地夏季计算温度最高值低 2-3℃;所述的外保温层既起到降低建筑围护墙体传热能耗的作用,也起到阻隔夏季太阳辐射或冬季室外低温影响建筑围护墙体内侧重质材料蓄热的作用;从而充分发挥这种围护结构内蓄热层冬季白天蓄热与夏季夜晚蓄冷性能,以大幅降低建筑能耗,从而实现不需要采暖空调主动提供冷热的被动式建筑节能设计要求。

[0023] 第一步:计算建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$;

[0024] 内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$,是指建筑围护结构墙体在太阳辐射和室外昼夜温差的综

合作用下,计算得到的内表面最高温度;

[0025] 第二步:确定夏季室外计算温度最高值 T_{emax} ,一般取用气象部门测得的当地历年最热一天最高温度平均值;

[0026] 第三步:计算建筑围护结构内表面最高温度与夏季室外计算温度最高值之差 $\theta_{i-\text{max}} - T_{\text{emax}}$;

[0027] $\theta_{i-\text{max}} - T_{\text{emax}} = 0$,反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,正好使建筑内表面达到历年室外最高气温的平均值,而在一年的其它日期里,太阳辐照热是不会使建筑内表面高于该温度的。

[0028] $\theta_{i-\text{max}} - T_{\text{emax}} \leq 0$,反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,使建筑内表面最高温度不会超过历年室外最高气温的平均值,当然,在一年的其它天里,太阳辐照热也不会使建筑内表面高于该温度的。

[0029] $\theta_{i-\text{max}} - T_{\text{emax}}$ 反映的是墙体综合隔热性能, $\theta_{i-\text{max}} - T_{\text{emax}}$ 越小,说明墙体隔热性能越好。

[0030] 根据实际建筑围护结构材料的性能、厚度参数,计算围护结构内表面最高温度,再依据该内表面最高温度计算结果调整不同建筑围护结构材料及其相应厚度,以达到理想的内表面最高温度。

[0031] 采用本发明提供的建筑围护结构及其设计计算方法,具有以下优点:

[0032] 根据本专利提供的建筑围护结构及其计算设计方法设计的建筑围护结构墙体,在冬季夜晚,靠室内一侧的钢筋混凝土材料不但不会吸收室外低温形成蓄冷,还能对冬季供暖起到削峰平谷的稳定室温作用,此外,白天还可蓄集透过窗户射入的太阳辐射热量,夜晚慢慢释放,能有效降低建筑冬季采暖能耗。而在夏季白天,靠室内一侧的钢筋混凝土材料,在外保温材料的有效隔热下,白天不会吸收太阳辐射形成蓄热,夜晚就可以通过开窗通风散热形成蓄冷,在第二天白天吸收室内人体散热以及门窗渗透进来的室外热量,稳定、调节室内温度,从而可大幅降低夏季空调能耗,这样,就可以达到被动式建筑的节能要求。

[0033] 本发明所述的利用建筑围护结构墙体蓄热实施建筑围护结构节能设计及其设计计算方法,就是通过建筑围护结构隔热计算,实施建筑围护结构设计,使建筑围护结构内表面最高温度比当地室外计算温度最高值低 2-3℃,以充分发挥建筑围护墙体本身的隔热、蓄热性能实现建筑节能。

附图说明

[0034] 图 1 是本发明墙体结构的截面示意图;

[0035] 图 2 是上述墙体结构的水蒸气分压随墙体厚度的变化曲线;

[0036] 图 3 是本发明房顶结构的截面示意图;

[0037] 图 4 是上述房顶结构的水蒸气分压随墙体厚度的变化曲线;

[0038] 图 5 是多层围护结构的截面示意图。

具体实施方式

[0039] 本发明主要包括利用墙体蓄热实现高效建筑节能的建筑围护结构与这种建筑围护结构的设计计算方法两部分,分别说明如下:

[0040] 参见图 1 ~ 图 4, 本发明的建筑围护结构技术方案如下:

[0041] 建筑围护结构墙体由外保温层 1 和内蓄热层 2 两部分相互复合成的: 靠室外一侧的外保温层 1 墙体采用 120-270mm 厚的外墙外保温材料, 靠室内一侧的内蓄热层 2 墙体采用 80-250mm 的钢筋混凝土或石材等重质墙体材料。外墙外保温材料采用蓄热系数、导热系数都尽可能小的材料, 有利于将太阳辐射热量阻隔在外保温层。外墙外保温材料厚度至少在 120mm 以上, 最好在 150-200mm 厚度以上, 外墙外保温材料的厚度要保证传热系数应在 $0.1-0.2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, 在此基础上, 建筑围护结构内侧内蓄热层 2 的钢筋混凝土等重质墙体材料要尽可能直接显露室内表面, 以利于热量的传导。

[0042] 本发明提供的建筑围护结构, 要求外保温层 1 既能大幅减少围护墙体传热能耗损失, 又要阻隔夏季太阳辐射与冬季室外低温等室外环境对建筑围护墙体蓄热即建筑节能所形成的影响, 要达到这两个目的, 要求外保温层 1 的厚度至少在 120mm 以上, 最好在 150-200mm 以上。

[0043] 本发明提供的建筑围护结构的内蓄热层 2 材料蓄热系数越高、热阻越小, 越有利于夏季夜晚通过通风散热, 发挥建筑围护结构内侧重质墙体材料蓄冷作用, 白天可大幅降低室内空调能耗; 而在冬季白天, 建筑围护结构内侧的钢筋混凝土等重质墙体材料则可以吸收透过窗户射入的太阳辐射热量, 形成蓄热, 夜晚慢慢释放, 以大幅降低冬季夜晚采暖能耗。

[0044] 一般建筑专业人士都知道通过外墙外保温材料阻隔围护墙体传热, 但很少有人利用 150-200mm 厚外墙外保温材料阻隔太阳辐射或室外低温环境对室内重质建筑墙体蓄热所形成的影响, 并在此基础上利用室内重质墙体蓄热变化, 实施建筑节能设计。

[0045] 仅靠传热能耗模拟计算并不能准确反映建筑墙体蓄热对实际建筑能耗的真实影响, 大多数建筑外墙外保温材料厚度一般在 30-80mm 范围, 这样的外保温厚度只能减少围护墙体热传导传热能耗损失, 不能阻隔室内重质墙体与室外环境间通过远红外辐射所形成的热交换, 不能阻隔室外环境对建筑围护墙体蓄热所形成的影响。在夏季, 太阳辐射能够透过 30-80mm 外墙外保温材料, 将内部的重质墙体烤热, 导致内部重质墙体越厚, 墙体蓄热量越大, 越消耗夜晚室内空调能耗。而冬季, 30-80mm 的外墙外保温材料在夜晚仍然能形成墙体蓄冷, 造成南方冬季或北方春秋换季时节出现室内阴冷的情况。

[0046] 本发明提供的建筑围护结构的核心创新点是:

[0047] 1、外墙外保温材料厚度至少要在 120mm 以上, 最好是 200-270mm, 既能大幅减少围护墙体传热能耗损失, 又能阻隔室内重质墙体与室外环境间通过远红外辐射所形成的热交换, 阻隔夏季太阳辐射与冬季室外低温对建筑围护墙体蓄热所形成的影响。

[0048] 2、200-270mm 厚外墙外保温材料内侧要配置 80-250mm 的钢筋混凝土、石材等重质墙体材料, 为充分发挥室内重质墙体材料的蓄热作用, 重质墙体材料要尽可能直接显露在建筑内表面, 要尽可能地不抹灰或者少抹灰。

[0049] 通过 150-250mm 厚外墙外保温材料阻隔夏季太阳辐射与冬季室外低温对墙体内侧蓄热形体所形成的影响, 就可以充分利用建筑围护结构内侧重质材料高蓄热性能, 冬季吸收透过窗户的太阳辐射热量给室内夜晚供热, 夏季通过夜晚通风蓄冷, 来维持白天室内温度稳定, 从而实现被动式建筑节能设计。

[0050] 在 80-270mm 厚钢筋混凝土围护墙体外, 设计配置 150-220mm 厚外保温材料, 这种

建筑围护结构,无论冬季保温性能还是夏季隔热性能都非常高,阴面房屋不但冬天不阴冷,夏季还非常凉爽,阳面房屋不但夏季不热,冬季还非常温暖。这样就可以大大减少阴面房屋的冬季采暖能耗与阳面房屋的夏季空调能耗。

[0051] 这种通过围护建筑墙体蓄热来降低建筑冬季与夏季建筑能耗的被动式建筑,室内冬暖夏凉,可完全避免目前建筑冬季或采暖前后阴冷、夏季闷热的情况出现,实际建筑能耗只相当普通建筑的 10-30%。

[0052] 如果建筑围护墙体采用 150-250mm 厚外墙外保温材料,将 80-270mm 厚的钢筋混凝土结构墙体包覆在建筑室内一侧。冬季夜晚,紧靠室内的钢筋混凝土材料不但不会形成蓄冷,还给冬季室内采暖起到削峰平谷的稳定室温作用,在白天则可吸收透过窗户射入的太阳辐射,形成蓄热,夜晚慢慢释放,起到有效降低建筑冬季采暖能耗的特殊节能作用。

[0053] 而在夏季白天,靠近室内一侧的室内钢筋混凝土材料,在外保温材料隔热下,就不会吸收室外太阳辐射形成蓄热,夜晚就可以通过开窗通风散热形成大量蓄冷,在第二天白天吸收室内人体散热和渗透进来的室外热量,稳定调节室内温度,从而起到有效降低夏季室内空调能耗的特殊节能作用。

[0054] 本发明提供的用墙体蓄热实现高效建筑节能的具体建筑围护结构设计计算方法如下:

[0055] 由于中国近几十年来的建筑墙体改革,建筑围护结构一般都采用多层夹心复合结构,要发挥建筑围护结构蓄热来实现建筑节能的具体技术设计非常复杂,与当地气候参数、太阳辐照度参数都有关系,靠经验不但不能发挥墙体蓄热的建筑节能作用,还常常因为处理不好墙体蓄热而大幅增加建筑能耗,甚至容易出现“保温越好,夏季建筑能耗越高”的奇怪现象。

[0056] 本发明通过 BEED 建筑节能计算设计软件,按照建筑物理学,也就是《民用建筑热工设计规范》GB50176-93,实施建筑围护结构墙体隔热计算,建筑围护结构内表面最高温度与室外计算温度最高值差值 $T_{\text{emax}} - \theta_{i-\text{max}}$ 越大,越有利于发挥建筑围护墙体蓄热实现建筑节能,要设计不需要空调主动提供冷热的被动式建筑,应使建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\text{max}}$ 与室外计算温度最高值 T_{emax} 差值 $(T_{\text{emax}} - \theta_{i-\text{max}})$ 达到 2-3℃。

[0057] 具体的计算方法包括以下步骤:

[0058] 第一步:计算建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\text{max}}$;

[0059] 内表面最高温度 $\theta_{i-\text{max}}$,是指建筑围护结构墙体在太阳辐射和室外昼夜温差的综合作用下,计算得到的内表面最高温度;

[0060] 1、非通风围护结构内表面最高温度可按下式计算:

$$[0061] \quad \theta_{i-\text{max}} = \bar{\theta}_i + \left(\frac{A_{tsa}}{V_0} + \frac{A_{ti}}{V_i} \right) \beta$$

[0062] 3、室外综合温度波幅应按下式计算:

$$[0063] \quad A_{tsa} = (A_{tc} + A_{ts}) \beta$$

[0064] 式中: A_{tsa} ——室外综合温度波幅(℃)

[0065] A_{te} ——室外空气温度波幅(℃),应按本规范附录三附表 3.2 采用;

[0066] A_{ts} ——太阳辐射当量温度波幅(℃)应按下式计算: $A_{ts} = \frac{\rho(I_{\text{max}} - \bar{I})}{\alpha_e}$

[0067] $\bar{I}$ ----- 水平或垂直面上的太阳辐射照度平均值 (W/m^2) ;应按本规范附录三附表 3.4 采用 ;

[0068] $I_{\max}$ --- 水平或垂直面上的太阳辐射照度最大值 (W/m^2) ;应按本规范附录三附表 3.4 采用 ;

[0069] α_e ----- 外表面换热系数,取 $19.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

[0070] ρ ---- 太阳辐射吸收系数,应按本附录附表 2.6 采用 ;

[0071] β ----- 相位差修正系数,根据 A_{te} 与 A_{ts} 比值 (两者中数值较大者为分子) 及 φ_{ts} 与 φ_{te} 之间的差值按本附录表 27 采用

[0072] 1、多层围护结构的衰减倍数应按下式计算 :

$$[0073] \quad v_0 = 0.9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{S_1 + \alpha_i}{S_1 + Y_1} \cdot \frac{S_2 + Y_1}{S_2 + Y_2} \cdots \frac{Y_{k-1}}{Y_k} \cdots \frac{S_n + Y_{n-1}}{S_n + Y_n} \cdot \frac{Y_n + \alpha_e}{\alpha_e} \quad (\text{附 } 2.17)$$

[0074] 式中 : v_0 ----- 围护结构的衰减倍数 ;

[0075] D ----- 围护结构的热惰性指标,应按本附录中 (二) 的规定计算 ;

[0076] α_i, α_e ----- 分别为内、外表面换热系数,取 $\alpha_i = 8.7$, $\alpha_e = 19\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

[0077] $S_1, S_2 \cdots S_n$ --- 由内到外各层材料的蓄热系数 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$], 空气间层 $S = 0$;

[0078] $Y_1, Y_2 \cdots Y_n$ ---- 由内到外各层 (见附图 2.2) 材料外表面蓄热系数 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$], 应按本附录中 (七)1 的规定计算 ;

[0079] Y_k, Y_{k-1} ----- 分别为空间间层外表面和空气间层前一层材料外表面的蓄热系数 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]。

[0080] 多层围护结构参见图 5 所示,从室内到室外依次有 1、2、 $\cdots$ $K-1$ 、 K 、 $\cdots$ $n-1$ 、 n , 其中 K 和 n 分别为中间某层与最外层的建筑材料。

[0081] 第二步 :确定夏季室外计算温度最高值 $T_{\max}$, 一般取用气象部门测得的当地历年最热一天最高温度平均值 ;

[0082] 第三步 :计算建筑围护结构内表面最高温度与夏季室外计算温度最高值之差 $\theta_{i-\max} - T_{\max}$:

[0083] $\theta_{i-\max} - T_{\max} = 0$, 反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,正好使建筑内表面达到历年室外最高气温的平均值,而在一年的其它日期里,太阳辐照热是不会使建筑内表面高于该温度的。

[0084] $\theta_{i-\max} - T_{\max} \leq 0$, 反映的是,在历年最热那天,太阳辐照通过墙体传导,使建筑内表面最高温度不会超过历年室外最高气温的平均值,当然,在一年的其它天里,太阳辐照热也不会使建筑内表面高于该温度的。

[0085] $\theta_{i-\max} - T_{\max}$ 反映的是墙体综合隔热性能, $\theta_{i-\max} - T_{\max}$ 越小,说明墙体隔热性能越好。

[0086] 通过建筑隔热计算设计,可准确评估自然通风条件下,室外环境通过各层围护材料传热、蓄热,对建筑围护墙体内表面温度也就是室内环境所形成的影响,可充分发挥建筑围护结构墙体蓄热性能来实施建筑节能,从而取代目前仅以降低墙体传热为主要节能手段的普通建筑围护结构设计与建筑能耗模拟计算设计方法。

[0087] 在利用墙体蓄热实现高效建筑节能的被动式建筑围护结构墙体节能设计的基础

上,再做好建筑墙体热桥部位的外保温,以及外窗传热系数控制与夏季遮阳与通风设计,同时建筑围护结构密闭性要达到国家建筑行业标准,就可以设计出节能 70-90%的被动式建筑。

[0088] 实施例 1、

[0089] 以建筑围护墙体结构设计为例:

[0090] (1) 墙体结构

[0091]	墙 体 结 构			
		厚度(m)	导热系数 (W/m·K)	热阻值(m ² ·K/w)
	外表面			0.04
	水泥沙浆	0.02	0.93	0.022
	挤塑聚苯板	0.22	0.032	6.875
	钢筋混凝土墙	0.2	1.74	0.115
	内表面			0.11
	总计	0.44		7.162

[0092] 按上海的太阳辐照等气候条件进行建筑围护结构隔热计算,结果如下:

[0093] 夏季隔热测算

[0094]	总热阻	室外气温及波幅		太阳辐射照度		外表面材料						ρ	Y _i
	R ₀	$\overline{T_e}$	T _{e,max}	I _{max}	$\overline{I}$								
	7.16	31.20	36.10	640.00	151.60	水泥屋面及墙面						0.70	17.20
[0095]	Y _e	ξ ₀	ξ _i	ν ₀	ν _i	$\overline{T_{sa}}$	A _{ts}	A _{ti}	$\frac{A_{ts}}{A_{te}}$	β	A _{te}	A _{tsa}	θ _{i,max}
	3.18	12.05	2.01	432.71	2.83	36.79	17.99	3.40	3.50	0.99	4.90	22.66	34.01

[0096] $\theta_{i,max} < T_{e,max}$, 围护结构符合夏季隔热要求!

[0097] (2) 屋顶结构

[0098]

屋 顶 结 构			
	厚度 (m)	导热系数 (W/m · K)	热阻值 (m ² · K/w)
外表面			0.04
外墙瓷砖	0.01	2.91	0.003
楼面水泥砂浆找平层	0.02	0.93	0.022
挤塑聚苯板	0.22	0.032	6.875
楼面水泥砂浆找平层	0.02	0.93	0.022
聚氨酯涂膜	0.0015	0.17	0.009
楼面水泥砂浆找平层	0.02	0.93	0.022
现浇平板 C30, 100mm 以外	0.2	1.74	0.086
内表面			0.11
总计	0.505		7.189

[0099] 按上海的太阳辐照等气候条件进行建筑围护结构隔热计算,结果如下:

[0100] 夏季隔热测算

[0101]

总热阻	室外气温及波幅		太阳辐射照度		外表面材料						ρ	Y_i
R_o	$\overline{T_e}$	$T_{e,max}$	I_{max}	$\overline{I}$								
7.93	31.20	36.10	967.00	315.40	浅色饰面砖						0.50	17.20
Y_e	ξ_0	ξ_i	v_0	v_i	$\overline{T_{sa}}$	A_{ts}	A_{ti}	$\frac{A_{ts}}{A_{te}}$	β	A_{te}	A_{tsa}	$\theta_{i,max}$
4.76	14.51	2.01	718.20	2.83	39.50	17.15	3.40	3.50	0.94	4.90	20.72	33.96

[0102]

[0103] $\theta_{i,max} < T_{e,max}$, 围护结构符合夏季隔热要求!

[0104] 上述是本发明针对上海地区气候,通过 BEED 建筑节能软件隔热计算设计的内表面最高温度比室外计算温度最高值低 2℃ 的建筑围护结构算例。

[0105] 实施例 2、

[0106] 2000 年,华南理工大学建筑学院建筑节能研究中心,在广州华南理工大学东区教工住宅区的一栋建筑做了一个建筑隔热设计试验,对某住宅建筑第九层住宅的两个东、西对称房间中的西侧房间实施了建筑隔热处理,东侧房间维持原样,2000 年 6 月 9 日~6 月 10 日,对两个房间进行了建筑内表面温度和室内空气温度测试,见下文的建筑热工参数表与室内建筑内表面温度、与空气温度变化曲线。

[0107] 表 1、屋面建筑热工参数

[0108]

隔热屋面				非隔热屋面			
	厚度 (m)	导热系数 (W/m · K)	热阻值 (m ² · K/w)		厚度 (m)	导热系数 (W/m · K)	热阻值 (m ² · K/W)
外表面			0. 043	外表面			0. 043
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022	水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022
防水聚胺脂油 膏	0. 0015			五 沙浆	0. 02	0. 93	0. 022
				角 空气 砖 间层	0. 03		0. 15
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022	水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022
细石混凝土内 配筋	0. 06	1. 28	0. 047	现浇钢筋 混凝土板	0. 10	1. 74	0. 057
聚苯乙烯泡沫	0. 02	0. 042	0. 476	水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022

[0109]

隔热屋面				非隔热屋面			
	厚度 (m)	导热系数 (W/m · K)	热阻值 (m ² · K/w)		厚度 (m)	导热系数 (W/m · K)	热阻值 (m ² · K/W)
板							
五角 沙浆	0. 02	0. 93	0. 022	内表面			0. 115
砖 空气间层	0. 03		0. 15				
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022				
现浇钢筋混凝 土板	0. 10	1. 74	0. 057				
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022				
内表面			0. 115				
总计		1. 003	0. 997	总计		2. 326	0. 43

[0110] 表 2、墙体热工参数

[0111]

隔热墙体				非隔热墙体			
	厚度 (m)	导热系数 (W/m·K)	热阻值 (m ² ·K/w)		厚度 (m)	导热系数 (W/m·K)	热阻值 (m ² ·K/w)
外表面			0. 043	外表面			0. 043
石膏板	0. 01	0. 33	0. 030	水泥沙 浆	0. 02	0. 93	0. 022
铝箔空气层	0. 01		0. 22	灰砂砖	0. 18	1. 1	0. 164
隔热棉 (400x400)	0. 04	0. 032	1. 25	水泥沙 浆	0. 02	0. 93	0. 022
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022	内表面			0. 115
灰砂砖	0. 18	1. 1	0. 164				
水泥沙浆	0. 02	0. 93	0. 022				
内表面			0. 115				
总计		0. 649	1. 54	总计		2. 74	0. 365

[0112] 表 3、建筑内表面温度、空气温度与建筑隔热计算温度对比表

[0113]

对 比 内容	实测的当天最高温度 ℃			实测的日平均温度℃			内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$ (BEED 软件 隔热计算结果)		
	墙 体 内 表面	顶 棚 内 表面	室 内 空气	墙 体 内 表面	顶 棚 内 表面	室 内 空气	墙 体 内 表面	顶棚内表 面	南墙内表面
隔 热 房 间	西 墙 30.5	30.73	30.1	西 墙 29.34	30.1	29.2	西 墙 34.36℃ 比 Temax 低 1.24 ℃	33.71 ℃ 比 Temax 低 2.9℃	33.93 ℃ 比 Temax 低 1.67℃
非 隔 热 房 间	东 墙 31.2	31.3	31.5	东 墙 30.36	31.5	30.6	东 墙 36.36℃ 比 Temax 高 0.86 ℃	35.06 ℃ 比 Temax 低 0.54℃	35.01 ℃ 比 Temax 低 0.59℃
两 房 间 温 度 差	0.7℃	0.57℃	1.4	1.0℃	1.4 ℃	1.4℃	2.0℃	1.35℃	1.08℃

[0114] 采用 BEED 建筑热工节能设计计算软件,对华南理工大学建筑学院建筑隔热实验设计方案实施建筑隔热计算,得到两个隔热性能不同房间建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$,以及与室外计算温度最高值之温差 $\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$, $\theta_{i-\max}$ 反映的是,在当地夏季最热那天,即室外计算温度最高值 $T_{\text{emax}} = 35.6^\circ\text{C}$ 的室外环境条件下,该建筑围护结构内表面呈现的最高温度,围护墙体内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$ 比室外计算温度最高值 $T_{\text{emax}} = 35.6^\circ\text{C}$ 低得越多,建筑围护结构隔热性能越好。

[0115] 表 1 和表 2,是建筑围护结构数据(据此数据实施建筑隔热计算)

[0116] 表 3,是实际测试的室内空气温度、建筑内表面温度,与隔热计算得到的内表面最高温度相互对比。

[0117] 实测两对比房间顶棚内表面平均温度差值为 1.4°C ,实测两对比房间墙体内表面平均温差值为 1.0°C ,实测两对比房间室内空气温度差值为 1.4°C ,与顶棚内表面日平均温度差一样。这是因为顶棚采用 140mm 厚钢筋混凝土材料,四周墙体采用 180mm 灰砂砖,钢筋混凝土材料蓄热量大,对室内空气温度影响更大。隔热计算得到的两房间顶棚内表面最高温度差为 1.35°C ,与两房间实际室内空气温度差非常接近,这给我们两点启示:

[0118] 1、建筑隔热计算,虽然名义上计算的是内表面最高温度,但实际也反映了室外气

候环境对建筑围护结构内表面日平均温度所形成的影响。

[0119] 2、建筑隔热计算,应重点计算内表面蓄热性能较高的围护结构,其内表面温度与建筑室内实际空气温度更接近。

[0120] 从表中数据可以看出,建筑隔热计算准确反映了两个隔热性能不同建筑房间,夏季里的实际内表面温度差与室内空气温度差。建筑围护结构内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$ 与室外计算温度最高值 T_{emax} 之差 ($\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$) 越高,夏季建筑内表面平均温度比一般建筑内表面平均温度低的越多。

[0121] ($\theta_{i-\max} - T_{\text{emax}}$) 差值越高,建筑隔热性能越好,在夏季时,建筑内表面温度在绝大多数时候都比普通建筑内表面温度低的越多,这一结果清楚地告诉我们:

[0122] 如果按建筑隔热计算设计高隔热性能的建筑围护结构,在窗户关闭,不实施自然通风条件下,也可以降低建筑围护结构内表面温度和建筑室内空气温度。如果夜间低温时,再做好开窗通风,隔热性能较好的房间内表面温度与室内空气温度都比非隔热房间温度更低。

[0123] 通过隔热计算得到的两房间顶棚内表面最高温度差值为 1.35°C ,与两房间实际室内空气温度差非常接近,这说明,建筑隔热计算虽然计算的是内表面最高温度与室外计算温度最高值之差,但实际反映的是外界环境对建筑围护结构内表面温度的影响。建筑隔热计算,应重点计算内表面蓄热性能较高的围护结构,其墙体内表面温度与建筑室内实际空气温度更接近。

[0124] 按照上述对比试验结果,即使在窗户关闭条件下,建筑隔热性能高,能明显降低建筑围护结构内表面温度和建筑室内空气温度。如果在夜间做好开窗通风,隔热房间内表面温度与室内空气温度会比非隔热房间温度更低。

[0125] 如果通过良好的建筑隔热设计,使建筑内表面最高温度 $\theta_{i-\max}$ 比室外计算温度最高值 T_{emax} 低 $2-3^{\circ}\text{C}$,在整个夏天里,高隔热设计建筑墙体内表面温度与室内空气温度都比一般普通建筑低 $2-3^{\circ}\text{C}$,当普通建筑在酷夏都不得不开空调的时候,这种建筑室内仍凉爽宜人,用不着开空调,即使在室外最热的时候开空调,高隔热建筑的空调开通时间也大为减少,实际建筑能耗可比普通建筑低 $60-90\%$ 。

[0126] 总之,本发明通过 BEED 建筑节能软件,对华南理工大学建筑隔热对比试验所作的建筑隔热计算验证,从试验结果可以看出:两座对比建筑的实际室内测试温差,与 BEED 软件隔热计算得到的内表面计算温差非常接近,完全验证了建筑物理学,也就是《民用建筑热工设计规范》GB50176-93 规定的建筑隔热计算方法,利用围护结构墙体蓄热实施被动式建筑节能设计的科学可靠性。

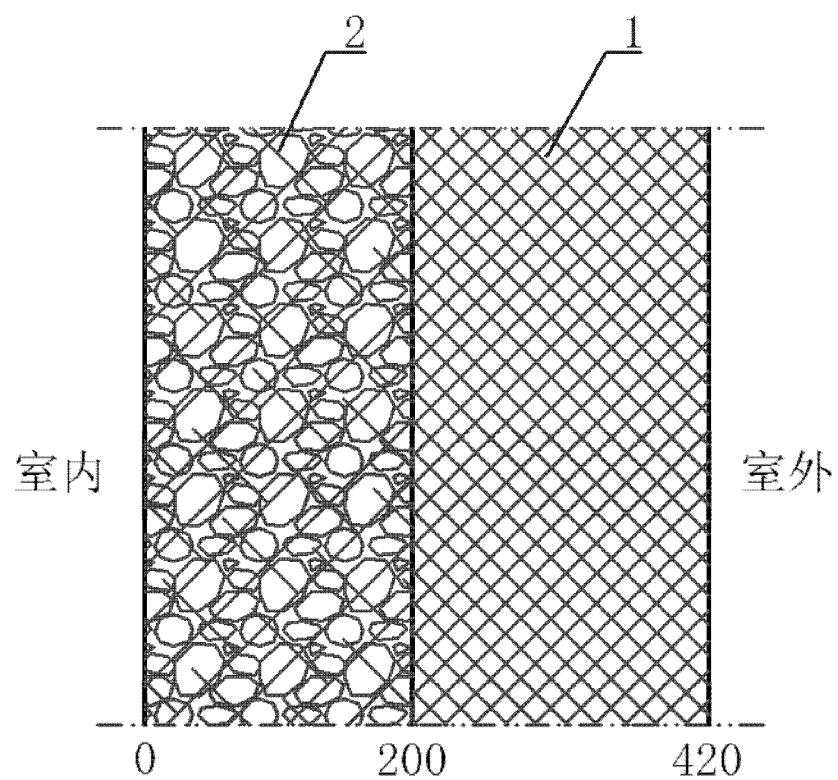


图 1

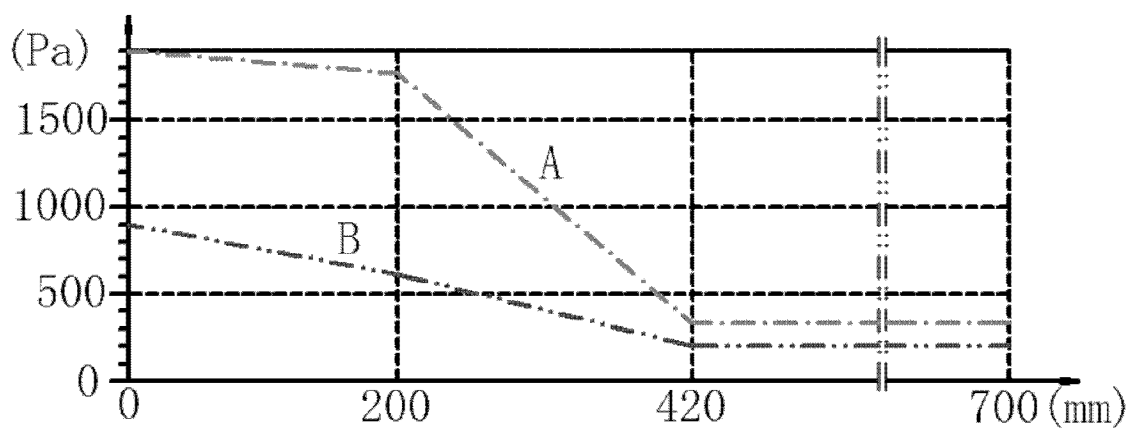


图 2

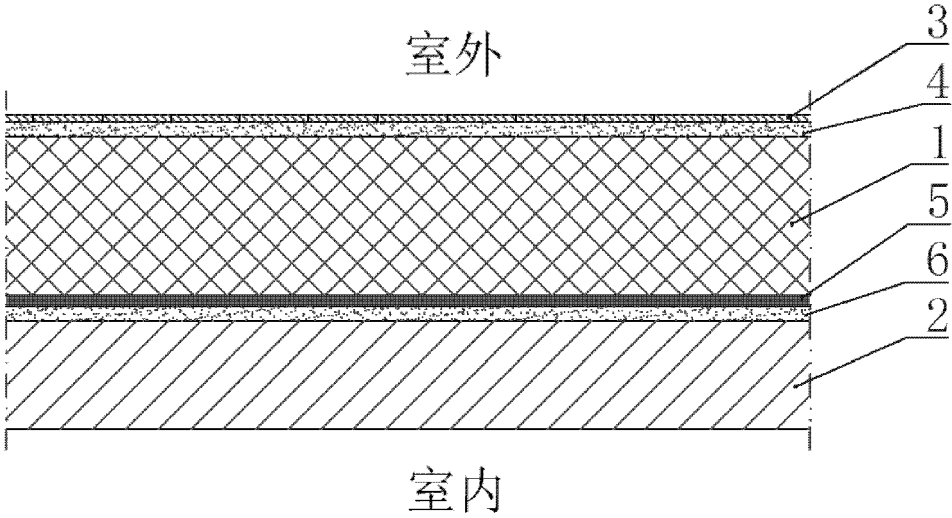


图 3

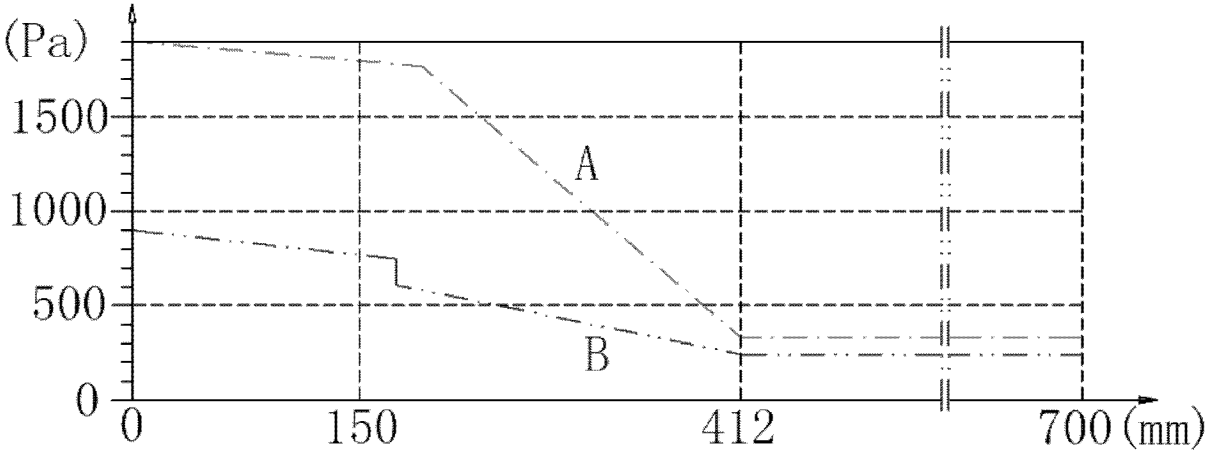


图 4

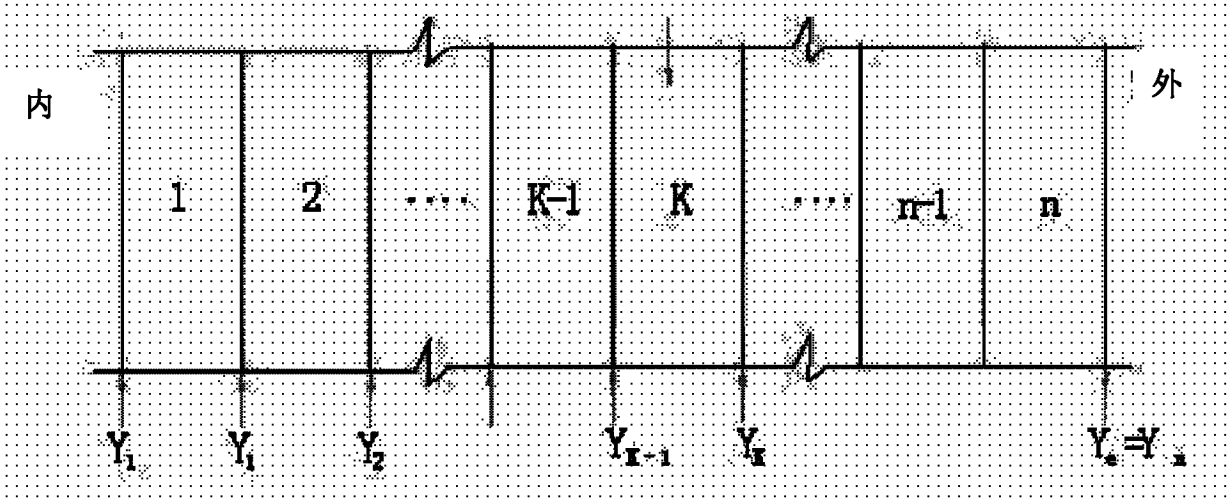


图 5