

文章编号:1673-9981(2010)04-0593-07

新型组装式无机非金属材料隔热保温墙体*

张楚鑫, 梁家瑜, 彭 诚, 吕 明, 吴建青

(华南理工大学材料科学与工程学院, 广东 广州 510640)

摘 要:建筑节能已经成为全球关注的热点话题,本文从传热系数的角度出发,提出了一种新型的组装式隔热保温外墙结构,提高了外墙结构在建筑物整体节能效果中所发挥的作用.将围护功能和保温隔热性能结合于一体的无机非金属材料组装式结构外墙,具有良好的保温隔热性能,避免了传统无机非金属材料结构所带来的缺陷,是适应住宅产业化和国家节能要求的一种具有推广前景的墙体结构.

关键词:组装式;无机非金属材料;隔热保温;墙体材料

中图分类号: TU55

文献标识码: A

随着《关于新建居住建筑严格执行节能标准的通知》和《建筑节能工程施工质量验收规范》的相继推出和实施,建筑节能就一直成为政府和建筑行业所关注的热点话题.近期,随着低碳概念的席卷全球,势必会带动新一轮的对节能建筑的重视.

建筑能耗在世界各国的总能耗中所占的比例都是相当大的,而对于我国来说,巨大的建筑能耗已经逐渐影响到我国经济的可持续发展.建筑节能是一项综合性的系统工程,其节能主要取决于外墙、门窗及屋面保温的效果,而这其中外墙所承担的保温节能效果占整体的50%~60%.所以,如何进一步提高建筑物外墙的保温隔热性能,是决定建筑整体节能效果的关键.本文通过对当前应用较广泛的各种保温材料和保温结构进行对比,提出了一种新型的组装式保温墙体结构,具有良好的保温隔热性能,能够满足国家对建筑的节能要求^[1-2].

1 墙体结构

外墙自保温体系的目标是集外墙围护和隔热保温性能于一体,利用单一墙体材料满足现有的节能目标,其相对于其他外墙外保温和外墙内保温体系,

无论在社会效益还是经济效益上,都有着更明显的优势^[3].目前,我国应用较多的自保温墙体材料有加气混凝土砌块、烧结多孔砖、复合墙板等.

为了降低建筑物的能耗和经济成本,我们提出了一种新型的组装式隔热保温墙体结构,该结构的特点是制备大面积的自保温墙体,施工时直接安装到建筑物结构上,并对内外墙面进行修饰.这种结构和施工方式能够避免传统砌块砌墙所带来的弊端,在保证建筑物良好的隔热保温性能上,进一步节约资源,简化施工过程,提高施工速度和质量,降低工程造价,提高经济效益.

该墙体结构主要由三部分所组成.

墙体核心:蒸压加气混凝土,规格由建筑物的墙体面积大小所决定,直接安装到建筑物结构中,承担着围护墙体的功能和绝大部分保温性能.干密度最低的加气混凝土砌块可以达到 300 kg/m^3 ,而导热系数只有 $0.10\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.质量轻,导热系数低,再加上可加工性好、能耗低,使得加气混凝土逐渐成为主导的新型墙体材料之一,被广泛应用到各种建筑物中.

收稿日期:2010-10-20

* 基金项目:广东省科技计划资助项目(2009A010300005)

作者简介:张楚鑫(1985—),男,广东汕头人,硕士研究生.

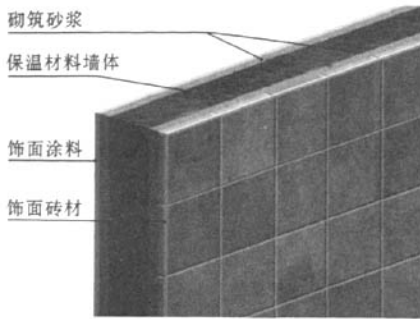


图1 组装式墙体结构示意图

外墙:陶瓷面砖因其相对于涂料具有美观、易清洁、抗撞击强度高和抗渗透性好等优点,已经成为人们经常使用的一种外墙外保温装饰材料.以陶瓷面砖作为外墙装饰的一个主要安全问题就是材料本身的自重,而轻质陶瓷砖的密度可以低于 1.0 g/cm^3 ,导热系数为 $0.2\sim 0.3\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,不仅可以减轻墙体质量,而且其微孔结构还可具有保温隔热作用.

内墙:内墙面因为对抗撞击强度要求不高,所以涂以涂料饰面,以节省建筑面积和实现一定的功能性.现在市场上的涂料品种有合成树脂乳液内墙涂料,水性内墙涂料和多彩内墙涂料,品种多样,功能丰富,可以根据建筑物使用所需要的具体性能进行选择.

该墙体结构的特点是充分发挥各组成部分的特点和优势,将加气混凝土良好的隔热保温性能,轻质陶瓷砖的修饰性、抗渗性、隔热性能和内墙涂料的功能性有机结合为一整体.另外,其保温隔热性能要满足国家和地区的建筑节能要求,强度、美观性和其他一些性能有保障,而且具有好的经济效益,环境效益和社会效益.

2 材料选择与性能

2.1 墙体材料的选择

墙体材料的选择,在整个外墙保温体系中起着关键性的作用,直接影响了整体的节能效果.现在建筑物中使用的保温材料主要有发泡聚乙烯、纤维素绝热制品、珍珠岩矿物制品、水泥保温砂浆等.其中发泡聚苯乙烯由于具有良好的保温性能,价格低,质量轻,施工方便,已经成为目前国内应用最广的一种外墙保温材料.

表1 各种常用保温材料的参数特点

常用外墙保温材料	导热系数 $/(W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1})$	特点
发泡聚乙烯(EPS)	<0.042	易老化,离火自燃
纤维素绝热制品	$0.045\sim 0.070$	棉状,易吸水
珍珠岩矿物制品	$0.093\sim 0.260$	易吸水
水泥保温砂浆	$0.29\sim 0.93$	保温性能稍差

从表1可以看出,表中的各种保温材料基本都具备了良好的保温隔热性能,但是其各自的缺点也是不容忽视的.以应用最广的EPS保温材料来说,其导热系数虽然达到了 $0.042\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,但是其耐久性和阻燃性都很差,抗压强度低(约为 0.0069 MPa),随着人们对建筑物性能的要求越来越严格,EPS的缺陷将会越来越被人们所重视.

在保温隔热材料中,氧化硅气凝胶由于其特有的三维纳米骨架结构,有效地抑制了热量的传递,导热系数可以低至 $0.01\sim 0.03\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$,是迄今为止热导率最低的固体材料,也是未来最具应用前景的保温隔热材料.但是,由于氧化硅气凝胶本身强度低,脆性大的致命缺陷,现阶段基本无法制备大块头的制品,这样就限制了其实际应用 to 建筑领域.

加气混凝土具有原材料来源广泛、质量轻、易加工和优异的保温隔热性能等优点,已经成为新型墙体材料应用的一种发展趋势,逐渐被应用到民用建筑和公共建筑上.有研究表明,利用加气混凝土作为墙体节能体系,适当调整其密度和厚度,即可满足我国各个气候区对外墙节能要求.但是,加气混凝土也存在着自身的不足.加气混凝土空隙率大,这就导致了其吸水率高,抗渗性差,加气混凝土表面强度低,在运输和施工过程中极易发生损坏,影响材料的正常使用和增加了原料成本;加气混凝土表面容易起粉,降低了与砂浆的粘结强度,所以施工时要应用专门的砂浆,并采用特定的施工工艺.蒸压加气混凝土既能用作围护结构,又有良好的热工性能,对于其本身的缺陷,只要采取合适的措施加以调整和避免,施工时小心谨慎,规范操作,将其用做外墙是较为合理的节能保温途径,本文选用加气混凝土作为核心保温材料.

蒸压加气混凝土是以粉煤灰、水泥为主要硅质

材料,以生石灰为主要钙质材料,以石膏为结构材料,利用发气剂,经过混合搅拌、浇注、养护、切割而形成的一种多孔建筑砌体新型节能材料,可以加工

制作成不同规格的砌块、板材和保温制品.目前加气混凝土是我国主要的外墙材料中导热系数低,密度小的材料.

表2 各种不同等级的加气混凝土参数^[4]

体积密度级别	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	抗压强度/MPa	导热系数/($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
B03	300	1.0	0.10
B04	400	2.0	0.12
B05	500	3.5	0.14
B06	600	5.0	0.16
B07	700	7.5	0.18

从表2可以看出,随着密度的降低,加气混凝土的导热系数不断下降,保温隔热的性能更加优越,但是其抗压强度也不断降低. B06级别的加气混凝土的强度有5.0 MPa,而B03却只有1.0 MPa,这就在一定程度上影响到了实际的应用.虽然加气混凝土的强度普遍较低,但是由于制品的尺寸较大,均匀性较好,所以加气混凝土的强度利用系数很高,有试验^[5]指出,标号为10 MPa的粘土砖,其砌体强度仅为3.1 MPa,而强度为3.0 MPa的加气混凝土,其砌体强度能达到2.4 MPa.因此,加气混凝土甚至可以用于有一定载荷的墙体,其规格的选用,则要根据建筑墙体所受压力的大小来决定,并要充分衡量其强度和导热系数之间的平衡关系.

表3 加气混凝土砌块墙厚级别及平均传热系数

墙厚/mm	传热系数/($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)		
	B04级	B05级	B06级
200	0.59	0.68	0.76
250	0.51	0.58	—
300	0.45	—	0.57
350	—	0.46	—
400	0.37	0.42	0.47
450	0.28	0.34	—
500	0.25	0.31	—

加气混凝土保温墙体厚度,要根据不同地区、不同的气候特征、建筑物的种类和部位来设计,要满足

国家提出的对节能建筑的热工要求,使得墙体的保温隔热能力优于各气候区传统材料的保温效果.比如广东地区属于夏热冬暖地区,根据夏热冬暖地区居住中对居住建筑的节能要求,若选用最优传热系数要求 $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,假设整个传热过程为理想的平壁稳定传热,计算得各密度等级加气混凝土所要求的厚度.

表4 传热系数为 $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 时各级别加气混凝土所需厚度

密度等级	B03	B04	B05	B06	B07
所需厚度/mm	142	171	200	229	257

表4所得到的数据基本和表3基本相符,因为是单纯考虑加气混凝土单一材料,并没有计算砌块砂浆的传热系数及灰缝系数的修正等,所以两个表中的数据会有出入.不同地区对建筑节能的要求有所不同,所以在实际应用中,要根据实际情况来确定保温层的厚度,还要综合考虑砂浆、饰面材料等的综合影响.

2.2 饰面中间体的选择

加气混凝土在工程应用中有其本身的缺陷,也就是普遍性强度较低,干燥收缩值大,膨胀系数和饰面材料匹配性差等,这样就容易导致墙体出现裂缝、砂浆容易开裂,饰面材料出现剥落、松动等等,所以需要利用适当的饰面中间体材料来避免或降低这种不良影响.作为中间调节材料,本文着重探讨界面剂和抹面砂浆.

界面剂作为加气混凝土与抹面砂浆之间的结合层,是保护、改善加气混凝土表面性质的涂抹剂。界面剂的使用,能够有效地封堵混凝土材料表面的气孔,提高砂浆与混凝土表面的结合强度,并能够同时具有抗渗、防水、透气排湿等作用^[6]。界面剂的执行标准应符合 JC/T907-2002《混凝土界面处理剂》中的相关规定。

抹面砂浆作为和加气混凝土结合使用的一种材料,对其线膨胀系数有更严格的要求。一般来说,加气混凝土的最大干燥收缩值可达到 0.5 mm/m,而普通水泥砂浆的最大收缩值为 1.1 mm/m,因此可知,二者的收缩值相差较大,这必然会影响到工程的质量,所以,在实际应用中,要根据实际情况选用或调整合适匹配的砂浆。砂浆的选用应符合 JC890-2001《蒸压加气混凝土用砌筑砂浆和抹面砂浆》的要求,与加气混凝土有着良好的匹配性和粘结性。

2.3 饰面层材料的选择

内墙和外墙饰面材料的选择,是整个墙体结构的保温隔热性得以发挥的保障。一般加气混凝土的空隙率高达 70%~80%,这在降低制品容重的同时,也带来了固有的缺陷。一方面,加气混凝土的强度和隔热保温性能会随着吸入水分的增加而急剧降低,对建筑物的整体稳定性造成安全隐患;另一方面,加气混凝土长期暴露于大气中,日晒雨淋,干湿交替,会因为风化而开裂破坏,局部受潮时,又会发生冻融破坏,因此,对加气混凝土墙体进行饰面处理就显得非常关键。

轻质保温陶瓷砖具有良好的保温性能,质量轻,其结构中的独立式微气孔并不相通,而且相当密实,有效地阻止了水分的渗透,作为外墙饰面砖,其具有较高的抗压强度,又能很好地弥补加气混凝土保温结构抗渗性差的缺点。

表 5 轻质保温陶瓷砖与几种经典装饰材料的对比

材料名称	吸水率 /%	容重 /(kg·m ⁻³)	导热系数 /(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
轻质保温陶瓷砖	<3	<1000	0.2~0.3
普通陶瓷墙砖	0~6	2250~2500	0.9~1.2
大理石	<3	2500~2800	2.9~3.5

功能性建筑涂料除了具有普通建筑涂料的装饰功能以外,还具有一些特殊的功能。随着涂料研究的不断深入,各种各样的功能性涂料已经被广泛使用,主要有防火涂料、防水涂料、防锈涂料、变色涂料、绿色环保涂料等等。其中,绝热涂料由于涂膜中含有大量封闭气孔,所以吸湿性小,导热系数低,涂覆于内墙上,能够阻隔建筑物内外热流的传递。

3 传热系数分析

传热系数是指在稳定传热条件下,围护结构两侧空气温差为 1 度(K,℃)时,1 小时内通过 1 平方米面积传递的热量。衡量一种墙体或是一栋建筑物的保温隔热的性能如何,都是从其具备的传热系数进行衡量的。不同的地区,因为气候条件不一致,所以对建筑物保温隔热性能的要求也有所不同。

根据 GB 50176-93《民用建筑热工设计规范》中对建筑热工设计的计算公式:

单一材料层的热阻的计算公式为:

$$R = \delta / \lambda \quad (1)$$

式(1)中:R——材料层热阻,m²·K/W;δ——材料层厚度,m;λ——材料层导热系数,W/(m·K)。

多层围护结构的热阻应按下式计算:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (2)$$

式(2)中:R₁,R₂,R₃,……,R_n——各层材料热阻,m²·K/W。

表 6 公共建筑外墙传热系数^[7]

体形系数	传热系数 K/(W·m ⁻² ·K ⁻¹)				
	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	寒冷地区	严寒地区 A	严寒地区 B
≤0.3	≤1.00	≤1.50	≤0.60	≤0.45	≤0.5
≥0.3 且 ≤0.4			≤0.50	≤0.40	≤0.45
≥0.4			—	—	—

表7 居住建筑外墙传热系数^[7]

体形系数	传热系数 $K/(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$		
	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	严寒及寒冷地区
≤ 0.3	$K \leq 1.5, D \geq 3.0$	$K \leq 2.0, D \geq 3.0$ $K \leq 1.0, D \geq 2.5$	0.52~1.10
≥ 0.3	$K \leq 1.0, D \geq 2.5$	$K \leq 1.5, D \geq 3.0$ $K \leq 0.7$	0.4~0.8

传热系数计算公式为:

$$K = 1/R \quad (3)$$

式(3)中: K ——材料的传热系数, $W/(m^2 \cdot$

根据所用加气混凝土规格和厚度的不同,计算

得不同组成的组装式隔热保温墙体结构的传热系数.

K).

表8 不同组成结构的传热系数

结构编号	加气混凝土型号	加气混凝土厚度/mm	结构总厚度/mm	总传热系数/ $(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$	备注
1		150	179	0.77	
2	B04	200	229	0.58	
3		250	279	0.47	
4		300	329	0.39	
5		150	179	0.89	内外墙饰面
6	B05	200	229	0.67	材料为
7		250	279	0.55	3mm 涂料+
8		300	329	0.46	12mm 砂浆+
					10mm 保温陶瓷砖
9		150	179	1.01	
10	B06	200	229	0.77	
11		250	279	0.62	
12		300	329	0.52	

注:结构为3mm 涂料+12mm 砂浆+10mm 保温陶瓷砖+一定厚度和规格的加气混凝土

表9 相关材料参数^[8-9]

材料名称	厚度/mm	密度/ $(kg \cdot m^{-3})$	导热系数/ $(W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1})$
砂浆(石膏砂浆)	12	1500	1.00
防水涂料(聚氨酯)	3	600	0.17
轻质保温陶瓷砖	10	900	0.20

根据各个不同气候区的特点,分别选择其对建筑物最优传热系数的要求,分别计算得在不同气候

区,本文提出的结构中不同规格的加气混凝土所需要的临界厚度.

表10 各气候区最优传热系数下各级别加气混凝土所需厚度

气候区	最优传热系数/ $(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$	厚度 d/mm			
		B03	B04	B05	B06
夏热冬暖地区	0.7	137	165	192	219
夏热冬冷地区	1.0	94	113	132	151
严寒地区	0.4	244	293	342	391

4 优势分析

本文提出的新型装配式保温墙体结构,不仅相对于其他保温材料墙体具有独特的优点,对于同样用加气混凝土砌块砌筑而成的其他类型的保温结构同样具有一定的优势.下面,就从经济、技术、环境等方面的优势对其进行阐述.

4.1 经济优势

传统的加气混凝土保温隔热墙体都是利用砌块人工堆砌而成,这样不仅极大拖慢了工程进度,影响工程质量,而且还增加了人工成本,而整体的装配式墙体,则能够实现工厂生产,现场组装,施工速度快,质量易于控制,满足住宅产业化需求,具有广泛推广价值.

采用本文所述的墙体结构,具有良好的保温隔热性能和较轻的重量,可大大降低建筑物的自重,进而可以减少建筑物的基础、梁、柱等结构的尺寸,从而可以节约建筑材料和工程的费用.

4.2 技术优势

传统的加气混凝土保温墙都是采用砖混结构的,由于砌块和混凝土砂浆之间导热性能的差异,很容易造成热桥现象,加速墙体的老化和降低室内的舒适度.而本文中提出的墙体,则具有了较强的结构整体性,能够实现均匀传热,避免了热桥现象的产生,这是其他结构的保温墙体所很难实现的.同时,由于采用了抗渗性较好的陶瓷材料,墙体不会由于渗水而降低保温性能.

4.3 环境优势

该保温隔热体系原料来源广,生产效率高,生产能耗低.用于生产加气混凝土的原料的沙子、矿渣、粉煤灰等,可以根据各地的实际情况来确定品种和生产工艺.

加气混凝土的吃灰量大,利废率高,工业废渣占其配比总量的75%以上,可大量消化粉煤灰、煤矸石、废砖头、磷石膏、电石渣等工业废渣,有利于治理环境污染.

5 结语

目前,我国的建筑能耗约占能源总消费量的27.5%,居各类能耗之首,据建设部测算,2020年~2030年左右,我国建筑能耗将占总能耗的30%~40%,达到欧美目前的比例,超过工业能耗,成为全社会第一能耗大户.因此,大力推广墙体改革和节能建筑已成当务之急.

当前,全球保温隔热材料正朝着高效、节能、轻薄的发展方向,作为同时兼具有围护和保温的外墙自保温结构墙体材料更应该得到大力推广和应用.

本文所提出的装配式保温隔热墙体结构,在保证节能效果的前提下,进一步提高了施工速度和工程质量,降低建筑成本,提高了耐火等级,技术性能、经济效益和环境效益都十分显著,具有广阔的推广和应用前景.

参考文献:

- [1] 钱伯章,朱建芳.建筑节能保温材料技术进展[J].建筑节能,2009(2):56-60.
- [2] 赵秀峰.浅谈建筑墙体的节能保温技术[J].应用能源技术,2008(1):1-4.
- [3] 王岩,盖广清.装配式节能保温外墙饰面板的制作与施工[J].吉林建筑工程学院学报,2010,27:43-45.
- [4] 邹海江,贾宝书.蒸压加气混凝土砌块复合保温外墙性能与构造[J].建筑技术,2009(40):67-69.
- [5] 张继能,顾同曾.加气混凝土生产工艺[M].武汉:武汉工业大学出版社,1992:337-338.
- [6] 陈春周.蒸压加气混凝土砌块新型外墙材料的性能与应用[J].福建建材,2007(4):64-65.
- [7] 顾同曾.加气混凝土单一保温节能墙体体系的再议[J].建筑科学,2008(7):12-17.
- [8] 中华人民共和国经济贸易委员会.JC 890-2001 中国建材行业标准——蒸压加气混凝土用砌块与抹面砂浆[S].北京:中国建材工业出版社,2002.
- [9] 中华人民共和国建设部.GB 50411-2007 建筑节能工程施工质量验收规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2007.

A novel assembled heat preservation and heat insulation wall made of inorganic and nonmetallic materials

ZHANG Chu-xin, LIANG Jia-yu, PENG Cheng, LV Ming, WU Jian-qing

(College of Material Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Energy-saving of buildings has already become a hot topic concerned across the world. From the perspective of the thermal transmittance, this paper presents a novel assembled exterior wall construction with high heat preservation and heat insulation level, which improves the energy-saving effect of the exterior wall construction in the whole building. The assembled exterior wall construction, made of inorganic and nonmetallic materials, integrates the building envelope function with heat preservation and heat insulation. It has a great performance of heat preservation and heat insulation and avoids the defects of the conventional masonry-concrete structure. This wall structure meets the need of house industrialization and energy-saving, and thus has a promising future in application.

Key words: assembly; inorganic and nonmetallic material; heat preservation and heat insulation; wall