

文章编号: 1000-4750(2007)Sup.II-0121-08

建筑保温节能墙体的发展现状与展望

*张泽平, 李 珠, 董彦莉

(太原理工大学建筑与土木工程学院, 山西, 太原 030024)

摘 要: 随着我国国民经济的快速增长, 能源短缺问题日益严重。节能工作已成为可持续发展的重要保证。分析了建筑保温节能的重要性, 我国建筑保温节能的政策要求, 得出了墙体节能在建筑节能中占重要地位的结论。介绍了目前我国保温节能墙体的形式、各自的特点, 以及一些发展成熟的保温墙体的做法; 着重论述了玻化微珠这一新型环保节能型材料在墙体保温中的应用前景。结合我国实际情况, 对我国建筑工程保温节能墙体的发展提出了几点建议。

关键词: 保温节能; 玻化微珠; 保温节能墙体; 内保温复合墙体; 外保温复合墙体

中图分类号: TK01⁺8 **文献标识码:** A

DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF HEAT PRESERVING AND ENERGY CONSERVATION WALL SYSTEM IN BUILDINGS

*ZHANG Ze-ping, LI Zhu, DONG Yan-li

(College of Architecture & Civil Engineering of Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024, China)

Abstract: With the rapid development of economy, the shortage of energy resources has become a serious problem in China. To meet the requirements of sustainable development, a number of worldwide researchers have been attracted by energy efficiency. By analyzing the importance of thermal-insulating and energy-saving and the policy requirements in buildings, the conclusion is drawn out that energy-saving walls plays a key role in improving building energy efficiency. The national classification of thermal-insulating and energy-saving walls, their characteristics and some construction technique are discussed. Meanwhile, a new environmental friendly material is introduced, named as glazed-hollow bead which could be used in the new thermal-insulating and energy-saving wall system. Finally, combined with the actual state in China, some suggestions are proposed on the further development of thermal-insulating and energy-saving walls in civil engineering.

Key words: thermal-insulating and energy-saving; glazed hollow bead; thermal-insulating and energy-saving wall; wall composed with internal thermal insulation; wall composed with external thermal insulation

随着生产力的飞速发展, 各国工业化进程的不断加快, 能源消耗量越来越高, 世界能源需求量以每年 2% 的比率增长, 而这些能源大约有 30% 消耗

在建筑物上^[1]。在我国, 建筑能耗连同围护结构材料生产能耗已占到全国能源消耗总量的 27.6%, 并将随着人民生活水平的提高逐步增加到 33% 以

收稿日期: 2007-03-26

基金项目: 太原市城建科研项目(并建管字[2006]216 号)

作者简介: *张泽平(1964), 男, 山西原平人, 副教授, 博士生, 系主任, 从事结构工程专业研究(E-mail: zzp319@sina.com);

李 珠(1959), 男, 河南开封人, 教授, 博士, 博导, 从事结构工程与力学研究(E-mail: lizhu9999@vip.sina.com);

董彦莉(1982), 女, 河北邢台人, 硕士生, 从事结构工程专业研究(E-mail: susanqianxinjie@sohu.com).

上^[2]。需要注意的是,伴随着我国城市化建设的推进,建筑能耗在社会商品能源总消费量中所占的比例也将持续增加,对国民经济发展和人民的正常工作生活的影响日益突出。建筑业最终将超越工业、交通运输业等行业位居能耗的首位,建筑节能(Energy efficiency in buildings)^[3,4]将成为提高社会能源使用效率的首要方面。建筑外围护结构作为建筑运转耗能的最主要部位将构成解决建筑保温节能技术问题的突破口。

1 建筑保温节能的重要性

我国地域广阔,冬寒夏热十分突出,与同纬度其他国家相比,自长江以北至东北地区冬季温度偏低 $10^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$,夏季温度偏高 2°C 。由于我国对建筑物的保温、隔热、气密性重视不够,使得既有建筑和新建建筑的保温、隔热和气密性大部分都很差,采暖系统热效率普遍偏低。据统计,到 2000 年底,能够达到建筑节能设计标准的建筑累计仅占全部城乡建筑总面积的 0.5%,占城市既有采暖居住建筑面积的 9%,绝大部分新建建筑仍是高能耗建筑。随着我国国民经济的快速增长和人民生活水平的提高,人们对居住舒适度的要求也越来越高,在现有非节能住宅中提高居住舒适度必然会增加能源消耗量。对于以前的非采暖地区,城市和农村的住宅中越来越广泛的安装了空调、地暖等采暖设施,尤其是南方地区,空调的安装率已超过 50%,这些势必会加剧我国能源紧张的局面。

从总量上看,到目前为止,我国既有的 400 多亿平方米城乡建筑中,99%为高能耗建筑;新建的房屋建筑中,95%以上仍是高能耗建筑。我国资源占有量不到世界平均水平的 $1/5$,而单位建筑面积能耗是气候相近的发达国家的 3 倍~5 倍^[5]。由此可见,要改变目前我国能源紧张的局面,缓解能源供求压力,关键在建筑节能。建筑节能成为各种节能途径中潜力最大、最为直接有效的方式,是缓解能源紧张,解决社会经济发展与能源供应不足这对矛盾的最有效措施之一。

同时,建筑物在其漫长的“生命周期”内,需要不断消耗大量的能源,主要用于采暖、空调、通风、热水供应、照明、炊事、家用电器等方面。据统计,人类从自然界获得的 50%以上的物质原料用来建造各类建筑及其附属设施,这些建筑在建造与使用过程中又消耗了大量的能源;在环境总体污染

中,与建筑有关的占到了 34%,建筑垃圾则占人类活动产生垃圾总量的 40%。剧增的建筑还造成了侵占土地、破坏生态等现象的日益加重^[5]。随着全球环境保护意识的增强和可持续发展观念的日益深入人心,建筑节能问题已成为当前世界各国普遍重视的问题,也是我国经济工作的战略重点。

我国城乡建筑发展十分迅速,房屋建设规模日益扩大,建筑用能增长速度较快。由于我国的城乡建设正处在快速增长时期,建筑用能缺口很大,仅靠单方面加强能源投入和基础设施建设根本无法满足快速增长的社会发展需求,也不能扭转能源供给日益紧张的局面。如果任由高能耗建筑继续大力兴建,能源供应将难以为继,势必影响我国国民经济发展战略目标的实现,并危及子孙后代的生存。建筑节能的经济效益和社会效益无疑是十分显著的。

2 我国建筑保温节能的政策分析

我国 1986 年颁布实施的《民用建筑节能设计标准》(采暖居住建筑部分),标志着我国建筑节能工作正式开始启动。这部标准要求北方地区居住建筑采暖设计能耗在 1980 年~1981 年当地通用设计耗能的基础上节能 30%。这一阶段主要采用以粘土空心砖墙体、加气混凝土墙体、内保温复合墙体为主的墙体节能手段。1995 年颁布的《民用建筑节能设计标准》(采暖居住建筑部分),要求新建居住建筑的采暖能耗以 20 世纪 80 年代初典型住宅的采暖能耗为基准,采暖、空调和照明能耗节约 50%。这一阶段保温节能墙体的做法主要有膨胀聚苯乙烯板加薄抹灰并用玻璃纤维加强,挤塑聚苯乙烯板粘贴或固定于墙体,单面钢丝网架聚苯板浇注于墙体和保温膏状料涂抹于外墙。现阶段,考虑到我国能源的制约因素和建筑能耗占全社会能源消耗总量的比重,又提出在第二阶段节能 50% 的基础上再节能 30%,即总体节能 65% 的目标。这一阶段的节能措施主要是采取将保温材料加厚,发展新型保温材料,控制传热系数,采用聚氨酯硬泡喷涂外墙保温,建筑遮阳隔热,建筑环境绿化降温,太阳能和地热利用等。采用新型环保复合保温节能材料进行建筑物保温节能的技术将是我国现阶段及以后建筑节能进一步研究、发展的方向。

目前,已颁布的专门用于建筑节能的标准有《民用建筑节能设计标准》(采暖居住建筑部分)、

《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》、《采暖居住建筑节能检验标准》、《公共建筑节能设计标准》等；相关标准有《建筑气候区划标准》、《民用建筑热工设计规范》、《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》、《外墙外保温工程技术规程》等；另外，《建筑节能工程施工验收规范》、《居住建筑节能设计标准》的制定工作也已启动。随着一系列建筑节能标准的颁布，建筑保温节能在地域上从三北严寒、寒冷地区，逐步推行到夏热冬冷地区和夏热冬暖地区。建筑保温节能的范围也从建筑物的新建、改建、扩建，逐步推行到既有建筑的改造，从单一的居住建筑向公共建筑领域推进。建筑保温节能标准从节能 30%到 50%再到 65%逐步提高。

与此同时，我国众多政策法规从税收、贷款等各方面对使用新型墙体、塑料门窗等节能材料和节能技术进行鼓励。《建筑节能“九五”计划和 2010 年规划》、《建筑节能“十五”规划纲要》指明了不同时期建筑节能的目标、重点、任务、措施和步骤。《中华人民共和国建筑法》修订稿中，也已将建筑节能的内容纳入其中。2005 年 7 月 1 日，我国第一部公共建筑节能设计的综合性国家标准《公共建筑节能设计标准》正式实施。20 多年来，我国建筑节能工作一直在艰难曲折的过程中不断地向前推进。

3 我国建筑保温节能墙体的发展现状

3.1 单一墙体

3.1.1 实心粘土砖墙体

我国现有建筑墙体用实心粘土砖的生产企业约有 12 万个，占地 500 多万亩，每年烧砖近 7000 亿块，取土 14 亿 m^3 ，相当于毁田 120 万亩；同时实心粘土砖保温性能差，每年采暖能耗 12 多亿吨煤。由此计算，每年仅墙体材料的生产能耗和北方地区采暖能耗合计就约占全国能源消费总量的 15%以上，仅烧砖一项每年就排放 CO_2 17 亿 t。如果实心粘土砖产量继续增长，不仅增加墙体材料的生产能耗，而且将导致新建建筑的采暖能耗和空调能耗大幅度增加，将严重加剧能源供需矛盾。实心粘土砖同国外同体积墙体材料相比，其生产能耗平均为发达国家的 2 倍以上，外墙外保温隔热性能相差 4 倍~5 倍，空调和采暖的很大一部分负荷是由墙体造成的，宝贵的能源白白浪费了^[6]。然而，由于

诸多因素影响，全国以粘土砖和非节能建筑为主的格局尚未得到根本改变，毁田烧砖、破坏耕地的现象屡禁不止，特别是近年来城乡建设的快速发展，对建材产品的需求量急剧增加，一些地区实心粘土砖生产呈增长态势。可见，取土制砖不仅毁坏耕田，浪费能源，而且严重制约着我国国民经济的可持续发展。

3.1.2 空心砖和空心砌块墙体

据统计，目前我国在 170 个城市实行了禁止生产和使用实心粘土砖的政策，随着墙改工作的推进，有些城市将粘土空心砖也列为禁止生产的产品。在土地资源紧张的大城市及其周边地区和人均耕地较少的东部沿海发达地区，应限制粘土制品(包括空心粘土砖)的生产和使用；但在我国的中西部和北方地区，有很多的土丘、土山，粘土资源十分丰富，从实际情况出发，可在一定范围内继续生产烧结多孔砖和空心砖；在我国的西南地区，有丰富的页岩资源，可大力发展烧结的页岩空心砖；在黄河沿岸地区可充分利用淤泥生产空心砖；在南方河湖较多的地区，可利用河泥、湖泥发展空心砖制品。特别是在一些工业发达地区可以利用工业废料研发生产空心砖和空心砌块制品，在生产保温产品的同时，又利用了工业废料，减轻环境污染。拥有丰富粘土陶粒、页岩陶粒等堆积密度为 $300\text{kg}/\text{m}^3 \sim 500\text{kg}/\text{m}^3$ 轻集料的地区，可利用这些轻集料生产制作保温砌块，用于建筑墙体保温，尤其适用于严寒地区高层框架结构的填充墙。

3.1.3 加气混凝土墙体

与传统粘土砖墙体材料相比较，加气混凝土的计算导热系数约为粘土砖砌体的 30%。因此，加气混凝土是一种保温性能好、节能效果显著的墙体材料。利用加气混凝土的这一优势，将其用于框架填充墙及低层建筑承重墙，可取得较好的保温效果。当建筑节能要求较高时，可采用在墙体内侧涂抹保温砂浆，或在砌块孔洞内填充一些导热系数低的保温材料，在外表面涂刷保温涂料等手段来提高保温效果。采用粉煤灰为原料的加气混凝土，具有利废、节能和价廉等优点。

3.2 复合墙体

作为承重用的单一材料墙体，往往难以同时满足较高的绝热(保温、隔热)要求，因而在满足建筑保温节能要求的前提下，复合墙体已经成为建筑墙体的主流。复合墙体一般采用砖砌体或钢筋混凝土

作承重墙,并与绝热材料复合;采用钢或钢筋混凝土框架结构时,用薄壁材料夹以绝热材料作墙体。常见的复合墙体形式有内保温复合墙体、外保温复合墙体、混凝土夹心墙体等。

3.2.1 内保温复合墙体

内保温复合墙体的做法是将绝热材料复合在承重墙内侧,简便易行,目前应用较为广泛。在满足建筑物承重要求的前提下,墙体可适当减薄。绝热材料往往强度较低,需设覆面层防护。有些在保温层内设隔气层,则有保温及隔汽之效。目前较为常用的内保温技术有:增强石膏复合聚苯保温板、聚合物砂浆复合聚苯保温板、增强水泥复合聚苯保温板、内墙贴聚苯板抹粉刷石膏及抹聚苯颗粒保温材料浆加抗裂砂浆压入网格布的做法^[7,8]。

增强粉刷石膏聚苯板外墙内保温墙体是最常见的一种内保温复合墙体。这种墙体以阻燃型泡沫聚苯板为保温材料,这种板材货源充足、导热系数低、具有一定强度、尺寸灵活、切割方便、密度可依设计要求,一般以大于 18kg/m^3 为宜。施工时,以粘结石膏作为粘结剂,抹灰材料采用石膏粉与外加剂相混合配制的粉状袋装粉刷石膏,加适量水即可施工;干燥固化快,不会出现空鼓开裂。这种内保温复合墙体的表面微孔结构可改善呼吸透气效果,并具有良好的防火性能。当采用被覆中碱玻纤网格布做增强材料时,可提高墙体的整体强度、刚度和表面抗裂性及保温层的抗冲击性能。

内保温复合墙体的保温结构一般为干作业施工,可加快施工进度,提高生产效率。它的优点表现在:

1) 对饰面和保温材料的防水、耐候性等技术指标的要求不高,取材方便。纸面石膏板、石膏抹面砂浆等均可满足使用要求;

2) 内保温材料被楼板所分隔,仅在一个层高范围内施工,施工方便,不需搭设脚手架。

但是,在多年的工程实践中,内保温复合墙体也暴露出一些缺陷,表现在以下五个方面:

1) 由于材料、构造、施工等原因,许多内保温复合墙体饰面层容易出现开裂;

2) 不便于用户二次装修和吊挂饰物;

3) 占用室内使用空间;

4) 由于圈梁、楼板、构造柱等会形成热桥,热损失较大;

5) 对既有建筑进行节能改造时,对居民的日常

生活干扰较大。

内保温在技术上的不合理性,决定了其必然要被外保温所替代。

3.2.2 外保温复合墙体

1) 外保温复合墙体及其优点。

外保温复合墙体的做法是将绝热材料复合在承重墙外侧。外保温复合墙体与内保温复合墙体相比,具有以下优点:

① 保护主体结构,延长建筑物使用寿命。由于外保温墙体的保温层置于建筑物围护结构外侧,减小了因温度变化导致结构变形产生的应力,减轻了空气中有害气体和紫外线对围护结构的侵蚀,避免了雨、雪以及冻融、干湿循环对主体结构造成的破坏。

② 基本消除了热桥的影响。外保温复合墙体既可以防止热桥部位产生结露,又可以消除热桥造成的热损失,节约了能源。

③ 墙体潮湿情况基本得到改善。一般情况下,内保温复合墙体须设置隔气层,而采用外保温时,由于蒸汽渗透性高的主体结构材料位于保温层的内侧,因此只要保温材料选材适当,在墙体内部一般不会发生冷凝现象,故无需设置隔气层。同时采取外保温措施后,结构层整个墙身的温度有所提高,可进一步改善墙体的保温性能。

④ 有利于室温保持恒定。由于外保温复合墙体蓄热能力较大的结构层在墙体内侧,当室内受到不稳定热作用时,墙体结构层能够吸收或释放热量。

⑤ 便于既有建筑物的节能改造。与内保温复合墙体相比,采用外保温复合墙体方式对既有建筑物进行节能改造时,最大的优点是无需用户临时搬迁,基本不影响用户的室内活动和正常生活。

⑥ 避免了装修对保温层的破坏。

⑦ 增加了建筑物的使用面积。由于外保温技术所用保温材料置于墙体的外侧,其保温、隔热效果优于内保温,故可使主体结构墙体减薄,从而增加了建筑物的使用面积。

2) 外保温复合墙体的种类及其技术。

① 外挂式外保温复合墙体。外挂式外保温复合墙体外挂的保温材料有聚苯乙烯泡沫板(简称聚苯板,包括EPS、XPS)、岩(矿)棉、玻璃棉、硬质聚氨酯泡沫塑料板、聚苯仿石装饰保温板等。EPS(发泡聚苯板)是以聚苯乙烯聚合物为原料,加入

发泡剂制成的。XPS(挤塑聚苯板)是以聚苯乙烯树脂辅以聚合物在加热混合的同时,注入催化剂,而后挤塑形成连续性闭孔发泡的硬质泡沫塑料板;其特点是保温隔热性好,闭孔率可达到99%,抗渗性好,吸水率低,但价格较高。岩(矿)棉不易燃烧,价格较低,在满足保温隔热性能的同时还具有一定的隔声效果;但其质量优劣相差较大,保温性能好的密度低,耐久性较差,抗拉强度也低。玻璃棉基本性能与岩(矿)棉接近,手感较好,便于工人施工,但价格相对岩(矿)棉略高。硬质聚氨酯泡沫塑料板具有优越的绝热性能,它的导热系数之低,是其他材料所无法与之相比的,同时其特有的闭孔结构使其具有更优越的耐水汽性能;由于不需要额外的绝缘防潮,简化了施工程序,但因其价格较高,而且易燃,它的使用受到了一定的限制。

聚苯板因其优良的物理性能和廉价的成本,已经在全世界范围内的外墙保温外挂技术中广泛应用。这种外挂技术是采用粘接砂浆或者是专用的固定件将保温材料粘贴、固定在外墙上,然后抹抗裂砂浆,压入玻璃纤维网格布形成保护层,最后再做装饰面。

② 聚苯板与混凝土墙体一次浇注成型墙体。聚苯板与混凝土墙体一次浇注成型墙体是将聚苯板内置于建筑模板内,位于浇注的墙体外侧,然后浇注混凝土,混凝土与聚苯板一次浇注成型。这种复合墙体分为有网体系和无网体系两种^[9]。

对于有网体系,内置的聚苯板可采用带有双面钢丝网或单面钢丝网的形式。双面钢丝网聚苯板与混凝土的连接,主要是依靠内侧钢丝网架与墙体外侧配筋相绑扎及混凝土与聚苯板的粘接力,结合性能良好,具有较高的安全性。单面钢丝网聚苯板与混凝土的连接,主要依靠混凝土与聚苯板的粘接力以及斜插钢筋、L型钢等与混凝土墙体的锚固力,结合性能也较好。与双面钢丝网相比较,单面钢丝网技术因取消了内侧钢丝网和安装保温板前的板外侧抹灰,节省了工时和材料。

无网体系是将聚苯板背面设计成锯齿形以加大与混凝土的粘结与锚固力,同时将板材周边设计成高低槽,安装时相互粘结,加强了板的整体性,同时采用尼龙锚栓将保温板和混凝土墙体连接在一起,使保温板与混凝土外墙紧密结合。

聚苯板与混凝土墙体一次浇注成型墙体由于外墙主体与保温层一次成活,工效提高,工期大大

缩短,避免了施工人员作业的危险性。保温层与混凝土外墙紧密结合,从根本上消除了外保温层脱落下坠的隐患。但在浇注混凝土时要注意均匀、连续浇注,否则由于混凝土侧压力的影响会造成聚苯板在拆模后出现变形和错茬。然而,由于有网体系采用了钢丝网架,造价较高,且钢材是热的良导体,直接传热,降低了墙体的保温效果。

③ 涂抹聚苯颗粒保温料浆保温墙体。涂抹聚苯颗粒保温料浆保温墙体由保温隔热层和抗裂防护层组成。其中保温隔热层材料是由保温胶粉料与聚苯颗粒轻骨料分别按配合比配置而成,将水、保温胶粉料及聚苯颗粒混合搅拌成膏状体即可使用。抗裂防护层是由水泥抗裂砂浆、复合涂塑耐碱玻纤网格布、配套柔性耐水腻子、硅橡胶弹性底漆组成,可长期有效地防止面层(防护层)产生裂缝。这种墙体保温层整体性好,施工厚度易控制,浆料保温、耐火、耐水、耐冻融、耐候性好;抗裂防护面层具有抗冲击和抗变形能力较强等优点,且对有缺陷的墙体施工时墙面不需修补找平。但施工工艺较为复杂,湿作业较多,不能完全达到环保要求,而且保温胶粉料与聚苯颗粒不容易混合均匀,厚度较大。

上述外保温复合墙体的施工技术虽然已比较成熟,且较内保温复合墙体有很大的优越性,但由于其保温层设置在建筑的外围,对施工队伍的专业技术有较高要求;同时要求保温材料有较好的耐候性和耐久性;对墙体的抗裂、防透气、拒水、抗震、抗风压能力要求较高。

3.2.3 混凝土夹心墙体

夹心墙体是集承重、保温、维护或装饰为一体的新型复合墙体。最常见的夹心墙体是混凝土夹心墙体,该墙体是将混凝土墙体做成夹层,把珍珠岩、木屑、矿棉、玻璃棉、聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料等填入夹层中,形成保温层。混凝土夹心墙体由四部分组成:混凝土结构内墙、保温材料、混凝土装饰墙体、连接内外墙的低导热性连接件。根据工艺的不同混凝土夹心墙还可分为预制保温夹心墙和现浇保温夹心墙。这种墙体具有耐久、防火性能好的特点。但其抗震性能较差,施工难度较大,容易形成热桥^[10]。

3.3 一种新型的保温混凝土墙体——玻化微珠保温混凝土墙体

太原理工大学目前正在研制的新型保温混凝土——玻化微珠保温混凝土是集承重与保温功能

一体的新型无机建筑材料。玻化微珠保温混凝土现已申报国家发明专利(申请号: 200610012726.2)。玻化微珠保温混凝土所用玻化微珠可与粗细骨料进行良好的级配;在缺砂地区,还可以由玻化微珠材料部分替代混凝土用砂。玻化微珠是一种无机物玻璃质矿物材料,是由火山岩粉碎成矿砂,经过特殊膨化烧法加工而成,此种特殊膨化烧法已申报了国家专利煤气供热式玻化微珠膨胀炉(申请号: 200620127293.0)和煤炉供热式玻化微珠膨胀炉(申请号: 20062017289.4)。利用此设备生产的玻化微珠呈不规则球状体颗粒,内部为空腔结构,表面玻化封闭,理化性能稳定,具有质轻、隔热防火、耐高低温、抗老化、吸水率小等优良特性,可替代粉煤灰漂珠、玻璃漂珠、普通膨胀珍珠岩、聚苯颗粒等诸多传统轻质骨料在不同制品中应用,是一种环保型高性能无机轻质绝热材料。玻化微珠的物理性能见表 1。

表 1 玻化微珠物理性能
Table 1 Physical performance of glazed hollow bead

项目	性能
粒度/mm	0.5~1.5
容重/(kg/m ³)	80~130
导热系数/(W/m K)	0.032~0.045
漂浮率/(%)	≥98
表面玻化率/(%)	≥95
吸水率(真空抽滤法测定)/(%)	20~50
1MPa 压力的体积损失率/(%)	38~46
耐火度/(°C)	1280~1360
使用温度/(°C)	1000 以下

玻化微珠作为建筑保温材料可以弥补用聚苯颗粒和普通膨胀珍珠岩作轻质骨料的保温材料中诸多缺陷和不足,可以克服膨胀珍珠岩吸水性大、易粉化、在搅拌中体积收失率大、产品后期保温性能降低和易空鼓开裂等不足,同时又弥补了聚苯颗粒有机材料易燃、防火性能差、高温产生有害气体和耐老化性、耐候性差等缺陷。

与普通混凝土相比,玻化微珠保温混凝土具有良好的保温性能。在浇筑混凝土形成建筑物围护墙体的同时,就完成了墙体保温工程的施工。经课题组对不同强度等级的混凝土中按不同的比例掺入玻化微珠及外加剂,对其导热系数及抗压强度的多次试验表明,随着玻化微珠在混凝土中掺量的增加,混凝土抗压强度下降的同时,其导热系数显著下降。当导热系数由普通混凝土导热系数 1.7W/m K 左右下降至 1.1W/m K 左右时,抗压强度值下降幅

度为 30%~35%。当玻化微珠保温混凝土设计强度等级比一般情况下结构设计要求的强度等级提高 2 个强度等级时,保温性能满足设计要求的同时,其抗压强度也满足设计要求。下面给出试配强度为 C30 的混凝土中适量减少砂的用量,掺加不同比例的玻化微珠和外加剂时,混凝土的导热系数与抗压强度的试验数据。见表 2。

表 2 玻化微珠保温混凝土导热系数及抗压强度(C30)

Table 2 Thermal conductivity and compression strength of thermal insulation glazed hollow bead concrete (C30)

玻化微珠 掺量/(%)	混凝土导热 系数/(W/m K)	混凝土抗压 强度/MPa
0	1.68	40.37
30	1.26	29.83
40	1.15	25.78
50	1.11	25.12

此外,由于玻化微珠容重一般为 80kg/m³~120kg/m³,较混凝土用砂的容重 1700kg/m³小 90%以上,用玻化微珠部分替代砂配制的混凝土,自重大大减轻,可有效改善建筑物结构受力性能,并有利于结构抗震。同时由于玻化微珠具有防火、耐高低温、抗老化等性能,可使掺有玻化微珠的混凝土防火、耐久性能等有所提高。玻化微珠在混凝土与其它组成材料共同作用,对金属无锈蚀作用,同一般混凝土一样可以与钢筋共同发挥作用。

理论和试验分析证明,玻化微珠保温混凝土作为一种新型无机环保防火的保温材料,可用于有保温节能要求的建筑中。

4 我国建筑保温节能墙体的发展趋势

近年来,通过卓有成效的墙体改革,我国的保温节能墙体得到了长足的发展,但我们与国外发达国家的差距依然存在,与我国建筑保温节能政策的要求仍有相当大的差距,因此需继续加大保温节能墙体的研究和开发。结合我国国情,为尽快实现建筑节能 65%的目标,现提出几点建议:

1) 充分利用工业废料,发展符合我国国情的砌块制品^[11]。

粘土砖的大量生产和使用,使得耕地面积日益减少;另一方面,工业废料和垃圾堆积如山,造成严重的环境污染。鉴于此,今后保温节能墙体的发展方向之一就是充分利用工业废料,发展符合我国国情的砌块制品。利用粉煤灰、矿渣、煤渣等工业

废料,作为砌块的混合料或者代替粘土作为砌块的原料。因地制宜地发展工业废料建筑砌块,不仅有利于我国的环境保护,而且可以解决我国大量工业废料的问题,变废为宝。

2) 大力研制开发新型的复合墙体体系和墙体材料。

世界上建造建筑物的主体材料大多数是混凝土,尤其是在全面“禁砖”的今天,混凝土材料的使用更加广泛。作为建筑物的主体材料混凝土保温性能很差,保温系数为 1.7W/m K 左右。要使混凝土墙体满足保温节能要求,就必须依靠其内外保温材料进行保温,这样不仅增加施工工序,加大建造成本,而且不利于结构受力和安全。因此,从系统科学的方法与原理出发,研究开发既具有一般混凝土的物理力学性能,同时又具有保温性能,符合绿色、环保的高效益生态建筑墙体保温材料是十分必要的。这种新型墙体保温材料的使用,能够使建筑物主体结构设计、施工的同时就完成保温工程的设计、施工,不仅可以简化建筑物的设计、施工过程;而且能大量节约保温工程的设计、建造费用;尤其能使建筑物结构受力更加合理,避免一般保温工程主体结构与保温层由于结合不牢固而开裂、破坏造成的质量、安全事故。

3) 提高保温节能墙体产品标准^[12]。

与世界上经济发达国家相比,保温节能墙体在我国的发展时间还不是很长。有关保温节能墙体的规范尚未统一和完善,例如:多孔砖标准中有的指标定得过低,不但使多孔砖的质量档次上不去,难以保证建筑功能要求,而且影响国外先进技术的引进,影响行业技术进步。另外,标准中对孔洞尺寸规定过大,圆孔直径不大于 22mm ,非圆孔内切直径不大于 15mm ,都不太符合保温隔热要求;尺寸允许偏差虽然比原标准要求提高了1倍(90mm 厚误差 $\pm 2\text{mm}$),但仍然不满足墙面要求($2\text{m} \pm 2\text{mm}$);吸水率指标国外已普遍小于 8% ,有的甚至达到不大于 4% ,而我国标准却规定不大于 23% 。

在某些方面,我国保温节能墙体的规范制约了保温节能墙体发展,制约了保温节能墙体在我国的规模化生产,因此保温节能墙体规范的制定应紧跟保温节能墙体发展,借鉴国外先进的技术经验,尽快提高保温节能墙体产品的标准,使我国保温节能墙体的开发应用更加科学有序稳步的发展。

4) 确保新墙材应用,加快保温节能墙材的推广

应用的步伐。

适应住宅产业现代化的要求,把保温节能墙材应用指标纳入住宅建设计划,确保逐步提高保温节能墙材应用比例,尤其要在“安居工程”、“康居工程”中成片地推广应用。用典型实例向社会各界广泛宣传发展保温节能墙材的意义、优越性及经济合理性,为推广应用创造良好的社会环境,带动保温节能墙材在建筑中的应用。通过试点工程的示范,向设计、施工单位、房地产开发单位及建设单位介绍试点工程应用各种保温节能墙材的成功经验,加大新型墙材的推广应用。重视产品规格系列化、配套化、产品标准及应用技术标准的制定和执行工作,充分发挥建筑业企业的龙头作用,加快保温节能墙材的应用步伐。

综上所述,作为围护结构的墙体,是影响建筑节能的一个至关重要的因素。可以说,一个国家保温节能墙体发展客观上反映了这个国家建筑节能的情况。随着我国国民经济的发展,保温节能墙体特别是多功能复合保温墙体在我国建筑业将有一个广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 倪虹,牟磊.借鉴国外经验促进建筑节能[J].节能,2002(5): 27~29.
Ni Hong, Mu Lei. Promote the energy efficiency in buildings from abroad experiences [J]. Energy Conservation, 2005(5): 27~29. (in Chinese)
- [2] 涂逢祥.大力推进建筑节能迫在眉睫[J].墙材革新与建筑节能,2004(7): 7~8.
Tu Fengxiang. Advancement of energy saving is urgent [J]. Walling Material Innovation and Energy Conservation of Buildings, 2004(7): 7~8. (in Chinese)
- [3] Semih, Soner, Selin. Energy efficiency assessment for the antalya region hotels in Turkey [J]. Energy and Buildings, 2006, 38(8): 964~971.
- [4] Tiwari, Piyush. Energy efficiency and building construction in India [J]. Building and Environment, 2001, 36(10): 1127~1135.
- [5] 李珠,张泽平,刘元珍,穆启华.建筑节能的重要性及一项新技术[J].工程力学,2006,23(增刊 II): 141~149.
Li Zhu, Zhang Zeping, Liu Yuanzhen, Mu Qihua. The importance of energy efficiency in buildings and a new technique [J]. Engineering Mechanics, 2006, 23(Sup.II): 141~149. (in Chinese)
- [6] 莫磊.新型保温节能复合墙体研究[D].天津:河北工业大学,2003.

- Mo Lei. Study on a new type thermal-insulating and energy-saving complex wall [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2003. (in Chinese)
- [7] JGJ144-2004, 外墙外保温工程技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- JGJ144-2004, Technical specification for external thermal insulation on walls [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2005. (in Chinese)
- [8] JGJ129-2000, 既有采暖居住建筑节能改造技术工程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- JGJ129-2000, Technical specification for energy conservation renovation of existing heating residential building [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2001. (in Chinese)
- [9] DBJ/T01-66-2002, 外墙外保温技术规程(现浇混凝土模板内置保温板做法)[S]. 北京: 北京建设委员会, 2001.
- DBJ/T01-66-2002, Technical specification of exterior insulation(insulation board in cast-in-place concrete form) [S]. Beijing: The Construction Board of Beijing, 2001. (in Chinese)
- [10] 朱盈豹. 保温材料在建筑墙体节能中的应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004.
- Zhu Yingbao. The application of heat preserving and energy conservation materials in buildings [M]. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2004. (in Chinese)
- [11] 刘岩, 朱浮声, 张继平. 我国新型墙体的发展现状及趋势展望[J]. 辽宁建材, 2002(2): 14~16.
- Liu Yan, Zhu Fusheng, Zhang Jiping. The developmental situation and prospects of new type walls in China [J]. Liaoning Building Materials, 2002(2): 14~16. (in Chinese)
- [12] 李湘洲. 我国新型墙体材料现状与趋势[J]. 砖瓦世界, 2005(8): 6~8.
- Li Xiangzhou. The present situation and prospects of new materials used in walls in China [J]. Tile World, 2005(8): 6~8. (in Chinese)

(上接第 82 页)

- [12] Caltrans. Caltrans seismic criteria version1.2 [S]. 2001.
- [13] Canadian highway bridge design code [S]. CSA International, 2000.
- [14] 《南京长江大桥抗震加固技术》编委会. 南京长江大桥抗震加固技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998.
- Seismic retrofitting of Nanjing Yangtse river editor committee. Seismic retrofitting of Nanjing Yangtse river [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1998. (in Chinese)
- [15] 中华人民共和国交通部. 公路桥涵养护规范(JTG H11-2004)[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- The ministry of communications of China. Code for maintenance of highway bridges and culverts [S]. Beijing: China Communications Press, 2004. (in Chinese)
- [16] 王克海. 斜拉桥结构基于模态分析的减震控制研究[D]. 北京: 北方交通大学, 1999.
- Wang Kehai. Study on control of reducing seismic response for cable-stayed bridge based on mode analysis [D]. Beijing: Northern Jiaotong University, 1999. (in Chinese)
- [17] 中华人民共和国建设部. 建筑抗震设计规范(GB50011-2001)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- The ministry of construction of China. Code for seismic design of buildings [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2001. (in Chinese)