

建筑外墙保温节能技术研究进展

王伟超, 李壮文

河南理工大学土木学院, 河南焦作 454003

摘要 建筑节能是直接关系国家能源战略、环境保护和可持续发展的重要研究课题, 墙体节能是建筑节能技术的重要研究内容。外墙保温节能技术主要包括外保温技术、自保温技术和内保温技术等。本文从建筑外墙保温节能技术的重要意义谈起, 论述了外墙外保温和外墙自保温的主要特点, 分析 2 种保温技术的不同优点, 对国内的研究动态进行系统介绍, 并提出建筑外墙保温技术的 3 点思考。

关键词 墙体节能; 保温技术; 建筑外墙

中图分类号 TU227

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.13.013

Progress on Energy-saving Technology on External Wall

WANG Weichao, LI Zhuangwen

School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, Henan Province, China

Abstract Energy saving of buildings, which is directly related to national energy strategy, environmental protection, and sustainable development, is an important research topic. Energy-saving of external walls is the important research content of building energy-saving technology. Energy-saving technology on external walls mainly includes external thermal insulation technology of exterior walls, thermal insulation technology of inner walls, and self-insulation technology. The importance of thermal-insulating and energy-saving is analyzed and the main characteristics of two kinds of heat preservation technologies are discussed. Research advances in China are systematically introduced. And the considerations involving the insulation technology of building external walls are put forward.

Keywords energy-saving wall; insulation technology; external wall

0 引言

国家“十二五”规划提出“大幅度提高能源资源利用率, 突出抓好建筑、工业、交通、公共机构等领域节能”。建筑的高能耗主要在于建筑外墙、屋顶和门窗的保温隔热性能不够。而建筑外墙节能技术实现方式主要有外墙自保温技术、外墙外保温技术、外墙内保温技术和外墙夹芯保温技术 4 种, 后两种技术由于施工不便、墙面开裂等缺点影响其发展, 在施工现场运用较少。因此, 本文仅就外墙的自保温节能技术和外墙外保温节能技术的研究发展现状进行概述, 以期对外墙节能技术的发展提供帮助。

1 外墙外保温节能技术

外墙外保温是将保温层或隔热涂料层黏贴在主体墙材外面。该方法具有保护建筑主体结构、防止热桥产生、利于保持室温恒定、避免室内装修对保温层的破坏等优点, 是目前

大力推广的一种建筑保温节能技术。

1.1 反射隔热涂料(层)节能技术

在建筑外墙的外表面涂抹不透明的反射隔热涂层, 对太阳光具有高反射率并且能够将吸收的辐射能转化为红外热辐射。外墙表面涂抹这类涂料后, 涂膜表面温度不会大幅度升高, 降低通过墙体向建筑物内的传热, 从而提高外墙的保温隔热性能。反射型保温隔热涂料层主要以丙烯酸树脂、有机硅改性聚酯树脂、有机硅改性丙烯酸树脂、含氟树脂、有机硅改性醇酸树脂等树脂为基料, 以钛白粉、滑石粉、云母粉等颜填料为主。

林惠赐等^[1]对涂料的反射隔热效率进行了研究, 通过对空调年耗电指数与尾面有关系数(ECF_{CR})、空调年耗电指数与外墙体有关系数(ECF_{CWL})等的计算和对铬铁黑、铬铁棕等涂料太阳辐射能总反射率 TSR 的测量和计算, 认为铬铁黑等颜料能够有效提高 TSR, 节能效率达 10%~14%, 节能效果明

收稿日期: 2012-11-12; 修回日期: 2013-02-22

基金项目: 河南省科技厅重点科技攻关项目(102102310042); 国家自然科学基金项目(51108161)

作者简介: 王伟超, 博士研究生, 讲师, 研究方向为土木工程教学与研究, 电子信箱: 376194856@qq.com

显。郭卫琳等^[2]通过试验对由空心玻璃微珠、丙烯酸树脂和金石钛白粉组成的反射隔热涂料的节能效果进行研究,结果表明,隔热涂料可有效减少建筑外墙导热量,平均导热量比无隔热涂料的外墙小,前者节能效果是后者的 2.18 倍。邱童等^[3]对反射型隔热涂料的隔热性能进行试验研究,对涂抹在相同墙壁上的相同颜色隔热涂料与普通涂料的传热系数进行对比实测,结果表明采用隔热涂料墙体表面温度明显降低,但无阳光时对传热量影响很小。时志洋等^[4]进行了色浆对热反射隔热涂料热反射性能影响的研究,通过添加不同浓度的铁红、铁黄、酞青蓝和酞青绿,分别配制成深浅两种色调的彩色涂料,包括浅红、浅黄、浅蓝、浅绿等 8 种,研究色浆浓度对反射率的影响。国内还有学者对外保温涂层技术进行研究,取得不少研究成果^[5]。

1.2 外挂(黏)式保温层节能技术

此项技术是采用专用的固定件或者是黏接砂浆将保温材料挂、黏贴在外墙上,然后抹抗裂砂浆,压入玻璃纤维网格布形成保护层的保温隔热技术。外挂(黏)的主要材料是聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS 及 XPS)、岩(矿)棉板、玻璃棉毡以及超轻的聚苯颗粒保温料浆等。

硬聚氨酯泡沫塑料(RPUF)以其热导率小、抗压强度高、易于加工等优点在建筑外墙外保温中大量使用,但它也存在易燃且燃烧后产生有毒气体的缺点,因此,国内有学者对 RPUF 进行阻燃研究。李茹等^[6]将十六烷基三甲基氯化铵溶液加入蒙脱土溶液对其进行有机改性,再将聚醚多元醇与有机蒙脱土混合。通过对改性蒙脱土(OMMT)的阻燃作用进行分析发现,随着 OMMT 含量的增加,RPUF/OMMT 复合材料的阻燃性提高,OMMT 与阻燃剂(DMMP)并用阻燃 RPUF 效果较好,能降低热释放速率,同时延长引燃时间。郑娟荣等^[7]通过用纯丙烯酸基乳胶粉和国内某乳胶粉改性水泥砂浆,对保温板与基层的黏结强度进行对比分析。经抗拉拔、抗压、抗折强度测试,结果表明纯丙烯酸基乳胶粉具有高黏结力、高耐水性及较高刚性等特点,其改性后的耐水强度与原强度基本相同,国内胶粉改性砂浆的耐水强度与原强度相比下降幅度较大。改性后由于刚度较大,不适合单独用于外墙外保温体系中的抹面砂浆。路国忠等^[8]通过对酚醛泡沫板的燃烧性指标、黏结砂浆性能、抹面胶浆性能进行测试,并对酚醛外墙外保温系统的性能和大型耐候性、抗风压等进行了实验分析,结果表明以涂料为饰面的酚醛泡沫板外墙外保温系统,其抗冲击强度为 3J 级,墙外保温系统的耐候性符合 JGJ 144—2004《外墙外保温施工技术规程》的规定。王永亮等^[9]结合兰州某办公楼节能改造的工程实例,对泡沫玻璃外墙外保温的安全性试验、热工计算和现场检测进行对比分析,通过拉拔试验表明,泡沫玻璃保温板通过专用砂浆黏贴基层后,不会出现脱落现象。通过现场实测,40mm 厚的泡沫玻璃板即可满足 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》节能 50% 的要求。郭峰等^[10]从经济技术角度对贵阳地区住宅小区外墙节能情况分析,通过对不同保温方案的节能效果以及投资回收期的对

比,认为在保温方案选择上应优先选用加气混凝土自保温,其次推荐无机活性材料外墙外保温系统、玻化微珠保温砂浆外墙外保温系统、水泥复合保温砂浆外墙外保温系统。

2 外墙自保温节能技术

尽管外保温技术存在诸多优点,但它也存在保温层与墙体黏贴不牢、保温层使用寿命较短、墙面容易开裂等缺点。因此,国内很多学者开始把目光转向了“自保温”墙体材料的研究。所谓外墙自保温就是不利用内、外及夹芯保温层,而是通过加入玻化微珠、陶粒或对砌体排孔的设计等不同途径提高混凝土(砌体)外墙自身的热工性能,从而达到国家和地方节能建筑标准的规定限值。

史忠海等^[11]对膨胀玻化微珠墙体自保温系统进行研究并进行产品推广。他们采用保温砌块,由配套砌筑膨胀玻化微珠砂浆,用膨胀玻化微珠免拆模板作为混凝土构件进行冷热桥处理,形成自保温系统,该系统节能效果好,价格较低,具有较高的经济效益和社会效益。张达新等^[12]利用玻化微珠、陶粒、炉渣、水淬钢渣等按照不同的配合比制出试件,通过对其热工性能和力学性能进行测试发现,开发生产出的轻质混凝土三排孔自保温砌块,满足江苏省建筑节能 50% 对建筑外围护结构墙体的选材要求。李尚梅等^[13]利用自行设计的太阳能实验房对蒸压加气混凝土砌块、普通混凝土小型空心砌块、石膏空心砌块和普通黏土块等不同墙体进行热工性能实测,结果表明蒸压加气混凝土砌块墙体完全满足规范要求,节能效果优于其他墙体。胡建达^[14]利用二维有限元计算软件对夏热冬暖地区不同材料建筑砌块模型的传热系数进行计算,并对砌块孔洞排列方式和排数对传热系数影响的一般规律进行研究。何俊霖^[15]通过研究认为,西南科技大学与绵阳富临建筑材料公司联合研发的新型泡沫混凝土砌块墙体的平均传热系数和热惰性指标均满足节能设计标准。胡杰等^[16]对非烧结多排孔混凝土砖砌体的热工性能进行实验研究,结果表明砌筑砂浆的导热性能影响砌体的热工性能;插不同排数的 EPS 板对砌体的热工性能影响很大,根据不同地区的不同保温要求,可以插不同排数的 EPS 板。高原等^[17]以北京市节能达标墙体标准要求的胶粉聚苯颗粒贴砌聚苯板外保温作法为基准,设计达到相同节能性能的加气混凝土保温墙体。计算两种保温体系在冬季、夏季南墙的实时温度场,并对两种墙体的材料造价进行经济分析。结果表明,加气混凝土保温墙可达到聚苯板保温墙的保温隔热效果,但加气混凝土的造价明显较低。

王显利等^[18]对吉林市怀氏建筑材料有限责任公司研发的专利产品——结构自保温功能复合型砌块进行研究和实证分析,结果表明此砌块具有结构简单、承重能力强、维护方便、保温好、防止面层脱落与开裂等方面的优点。朱春玲等^[19]在江苏南通对 SJN 组合自保温墙体(属于外墙自保温体系,由淤泥烧结保温砖、轻质砂浆、混凝土复合保温板等专用配套材料组合而成)技术体系进行窗口火试验,结果表明,保温

材料没有被引燃,也没传播火焰,形态、颜色保持完好,此保温体系有足够的防火性能。刘士红等^[20]用防护热箱法测定蒸压砂加气混凝土保温墙体的传热系数,并对此外墙自保温体系的钢筋混凝土结构建筑物外墙的平均传热系数和热惰性指标进行计算,结果表明,梁柱剪力墙等热桥部位占外墙总面积不大于 30.1%,满足平均传热系数 $K \leq 1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,平均热惰性指标 $D \geq 3.0$ 的要求;外墙热桥部位采用 15mm 玻化中空微珠防火保温砂浆处理后,梁柱剪力墙等热桥部位占外墙总面积不大于 33.8%,满足 $K \leq 1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $D \geq 2.5$ 的要求。赵晓敏等^[21]对抗压强度为 MU5.0 自保温混凝土砌块的砌体通缝和齿缝的弯曲抗拉强度进行试验研究,结果表明两种破坏均是脆性破坏,破坏面都较为平整,并且沿通缝截面和沿齿缝截面的弯曲抗拉强度均大于普通混凝土砌块砌体的弯曲抗拉强度规范计算值。

赵立群等^[22]对蒸压粉煤灰加气混凝土砌块墙体内部冷凝问题进行研究,采用对蒸气分压力验算的办法分析墙体内部是否会出现冷凝问题。结果表明,蒸压粉煤灰加气混凝土砌块墙体用于上海地区时,结构内部不会产生冷凝现象;当保温构造为外墙内保温时,墙体内部易在 EPS 板内和砌块之间产生冷凝现象。曾理等^[23]对复合陶粒混凝土砌块自保温墙体的热工性能进行实测分析研究。利用热流计对温州大学学生公寓墙体的热工性能进行实测,结果表明复合陶粒砌块墙体的传热系数为 $0.7314 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$,能够满足节能 50% 的目标要求。赵勇刚等^[24]通过对现有的蒸压粉煤灰加气混凝土进行改性,成功研制出高效节能加气混凝土保温砌块。经过热工性能和力学性能试验,强度比 B04 级砌块有所提高,导热系数则比 B04 级、B06 级砌块大幅降低。

此外,国内有研究人员^[25-27]专门对砌块设计和材料的性能进行研究,还有学者对生土墙体、秸秆墙体的保温隔热性能进行研究,都取得了大量研究成果。

3 结论

不论是外墙外保温技术还是自保温技术,其节能效果都较为明显。相信,随着社会的进步,节能降耗已成为发展趋势。因此,在建筑节能中占重要地位的外墙保温节能技术也有其广阔的发展空间。同时,外墙节能技术应该追求节能达标并长期有效,建筑资金投入合理,居住舒适,使用寿命长,维修费用低的目标^[28,29]。

(1) 加大投入,大力研发反射隔热涂料。

目前,外墙外保温技术向着高效、薄层、隔热、防水、外保护一体化方向发展。反射隔热涂料(层)具有天然薄层的自身优势,同时也面临着提高效果、防水性能的问题。因此需要加大投入,研发更高效且具有防水性能的隔热涂料,从而拥有更高的经济效益和社会效益。

(2) 充分利用各种资源提高外墙自保温性能。

自保温墙体具有施工周期短、工程造价和维护费用低的特点。因此,自保温墙体技术的快速发展,不仅技术上可行,

经济上有益,标准上无障碍,市场上有需求,而且在实现建筑节能的同时大大促进建材行业技术进步,既符合国家相关政策又符合市场发展规律。全国各地应该依据各地区的地域特征、材料来源和技术水平等,充分利用粉煤灰、矿渣、煤渣等工业废料,作砌块的混合料或者代替黏土作为砌块的原料。加大力度研究开发自主品牌的墙体自保温节能技术,把高性价比的墙体自保温技术进行推广。

(3) 严格规范外黏(挂)薄板抹灰外墙外保温系统。

外黏(挂)薄板抹灰外墙外保温系统在中国已应用多年,积累了一定的经验。同时,也存在不规范施工、质劣保温薄板问题。一方面国家应出台措施规范此类保温系统施工,强化设计、施工、监理和质量检测等环节控制。另一方面,应专业化、规模化生产,加强聚氨酯等硬泡材料配套的产品和配件的标准化、规范化、产业化工作,并按照相关技术规程严格进行设计、施工和验收等。

参考文献 (References)

- [1] 林惠赐, 杨文睿. 建筑外墙反射隔热涂料节能效率探讨[J]. 涂料工业, 2011, 41(12): 71-75.
Lin Huici, Yang Wenrui. Paint & Coatings Industry, 2011, 41(12): 71-75.
- [2] 郭卫琳, 卢国家, 何超. 夏季热反射隔热涂料对建筑墙体的节能实效研究[J]. 施工技术, 2010, 39(7): 80-83.
Guo Weilin, Lu Guohao, He Chao. Construction Technology, 2010, 39(7): 80-83.
- [3] 邱童, 徐强, 李德荣, 等. 建筑外墙隔热涂料节能效果实测研究[J]. 新型建筑材料, 2010(9): 80-82.
Qiu Tong, Xu Qiang, Li Derong, et al. New Building Materials, 2010(9): 80-82.
- [4] 时志洋, 王旭盛, 张华. 黑色颜料品种及掺量对涂料太阳能反射比的影响[J]. 新型建筑材料, 2011(6): 51-53.
Shi Zhiyang, Wang Xusheng, Zhang Hua. New Building Materials, 2011(6): 51-53.
- [5] 张雪芹. 外墙外保温系统涂饰技术的研究[J]. 新型建筑材料, 2010(10): 40-44.
Zhang Xueqin. New Building Materials, 2010(10): 40-44.
- [6] 李茹, 张军. 聚氨酯-蒙脱土复合阻燃硬质泡沫材料的研究[J]. 中国塑料, 2005(8): 21-23.
Li Ru, Zhang Jun. China Plastics, 2005(8): 21-23.
- [7] 郑娟荣, 康民启. 纯丙烯酸基乳胶漆改性砂浆在外墙外保温体系中适用性研究[J]. 新型建筑材料, 2011(9): 17-18.
Zheng Juanrong, Kang Minqi. New Building Materials, 2011(9): 17-18.
- [8] 路国忠, 闫晶, 周丽娟, 等. 改性酚醛泡沫板建筑外墙外保温系统的研究[J]. 新型建筑材料, 2011(10): 64-67.
Lu Guozhong, Yan Jing, Zhou Lijuan, et al. New Building Materials, 2011(10): 64-67.
- [9] 王永亮, 何忠茂, 乔宏霞, 等. 泡沫玻璃外墙外保温体系的性能研究[J]. 新型建筑材料, 2011(7): 86-88.
Wang Yongliang, He Zhongmao, Qiao Hongxia, et al. New Building Materials, 2011(7): 86-88.
- [10] 郭峰, 唐仁云, 余艺涛. 贵阳地区住宅小区外墙保温节能的经济技术研究[J]. 企业技术开发, 2011(22): 9-11.
Guo Feng, Tang Renyun, Yu Yitao. Technological Development of

- Enterprise, 2011(22): 9-11.
- [11] 史忠海, 睦福林. 膨胀玻化微珠墙体自保温技术的研究与应用[J]. 江苏建筑, 2011(3): 81-83.
Shi Zhonghai, Sui Fulin. Jiangsu Construction, 2011(3): 81-83.
- [12] 张达新, 俞卫忠, 康文斌. 轻质混凝土自保温砌块的研制[J]. 墙材革新与建筑节能, 2011(11): 18-21.
Zhang Daxin, Yu Weizhong, Kang Wenbin. Wall Materials Innovation & Energy Saving in Buildings, 2011(11): 18-21.
- [13] 李尚梅, 傅俊萍, 杨伟军, 等. 夏热冬冷地区新型墙体材料传热性能研究[J]. 建筑热能通风空调, 2011(6): 86-88.
Li Shangmei, Fu Junping, Yang Weijun, et al. Building Energy & Environment, 2011(6): 86-88.
- [14] 胡达明. 夏热冬暖地区建筑自保温砌块的热工设计研究及建议[J]. 新型建筑材料, 2011(6): 25-27.
Hu Daming. New Building Materials, 2011(6): 25-27.
- [15] 何俊霖. 新型泡沫混凝土自保温砌块墙节能研究[J]. 科技信息, 2011(18): 537-538.
He Junlin. Science & Technology Information. 2011(18): 537-538.
- [16] 胡杰, 顾炳伟, 田安国. 多排孔混凝土砖自保温砌体热工性能试验研究[J]. 新型建筑材料, 2009(10): 24-26.
Hu Jie, Gu Bingwei, Tian Anguo. New Building Materials, 2009(10): 24-26.
- [17] 高原, 张君. 加气混凝土自保温与聚苯板外保温墙体保温隔热性能对比[J]. 新型建筑材料, 2010(3): 48-52.
Gao Yuan, Zhang Jun. New Building Materials, 2010(3): 48-52.
- [18] 王显利, 怀方林, 刘彦龙. 结构自保温功能复合型砌块 [J]. 新型建筑材料, 2010(5): 37-39.
Wang Xianli, Huai Fanglin, Liu Yanlong. New Building Materials, 2010(5): 37-39.
- [19] 朱春玲, 陈浩, 张海遐, 等. SJN 组合自保温墙体技术体系防火性能研究[J]. 墙材革新与建筑节能, 2011(10): 44-46.
Zhu Chunling, Chen Hao, Zhang Haixia, et al. Wall Materials Innovation & Energy Saving in Buildings, 2011(10): 44-46.
- [20] 刘士红, 龚武红. 蒸压砂加气混凝土自保温体系应用与研究[J]. 新型建筑材料, 2007(12): 50-52.
Liu Shihong, Gong Wuhong. New Building Materials, 2007(12): 50-52.
- [21] 赵晓敏, 叶燕华, 赵金龙, 等. 自保温混凝土砌块砌体弯曲抗拉性能试验研究[J]. 新型建筑材料, 2011(9): 38-41.
Zhao Xiaomin, Ye Yanhua, Zhao Jinlong, et al. New Building Materials, 2011(9): 38-41.
- [22] 赵立群, 陈宁. 蒸压粉煤灰加气混凝土砌块墙体自保温系统的内部冷凝问题研究[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2010(6): 42-45.
Zhao Liqun, Chen Ning. Building Block & Block Construction, 2010(6): 42-45.
- [23] 曾理, 孙林柱. 复合陶粒混凝土砌块自保温墙体的热工性能分析[J]. 湖南工业大学学报, 2011(6): 61-65.
Zeng Li, Sun Linzhu. Journal of Hunan University of Technology, 2011(6): 61-65.
- [24] 赵勇刚, 杨彦芳, 周后志. 高效节能加气混凝土自保温砌块的研究[J]. 墙材革新与建筑节能, 2011(12): 30-31.
Zhao Yonggang, Yang Yanfang, Zhou Houzhi. Wall Materials Innovation & Energy Saving in Buildings, 2011(12): 30-31.
- [25] 俞卫忠, 蒋定辉. 轻质混凝土自保温砌块的研制[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2011(1): 17-20.
Yu Weizhong, Jiang Dinghui. Building Block & Block Construction, 2011(1): 17-20.
- [26] 王亦德, 刘京元. 一种夹芯复合自保温混凝土多孔砖[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2010(5): 17-18.
Wang Yide, Liu Jingyuan. Building Block & Block Construction, 2010(5): 17-18.
- [27] 马翠芬, 赵雷. 自保温节能承重多孔砖的研究与应用[J]. 山东建筑大学学报, 2009(1): 81-84.
Ma Cuifen, Zhao Lei. Journal of Shandong Jianzhu University, 2009(1): 81-84.
- [28] 掂花花, 李峥. 节能建筑外墙自保温技术发展研究 [J]. 价值工程, 2011, 30(20): 90-91
Ju Huahua, Li Zheng. Value Engineering, 2011, 30(20): 90-91.
- [29] 张泽平, 李珠, 董彦莉. 建筑保温节能墙体的发展现状与展望 [J]. 工程力学, 2007(12): 121-123.
Zhang Zeping, Li Zhu, Dong Yanli. Engineering Mechanics, 2007(12): 121-123.

(责任编辑 吴晓丽, 张玉肖)



《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿: www.kjdb.org。