

现场发泡夹心墙 节能建筑抗震性能

张延年 刘 明 著



科学出版社

www.sciencep.com

现场发泡夹心墙节能 建筑抗震性能

张延年 刘 明 著

建筑工业出版社

建筑工业出版社

目录表

第一章 绪论

第二章 现场发泡夹心墙

第三章 现场发泡夹心墙

第四章 现场发泡夹心墙

第五章 现场发泡夹心墙

第六章 现场发泡夹心墙

附录

科学出版社

北京

内 容 简 介

这是一部关于现场发泡夹心墙节能建筑抗震性能的专著。本书系统地总结和阐述了作者与合作者在现场发泡夹心墙抗震性能模型试验和数值试验的主要研究成果。主要论述了现场发泡夹心墙节能建筑的抗震性能、结构抗震计算和主要构造参数的优化设计。第1章论述了建筑节能与墙体保温。第2章论述了塑料钢筋拉接件受力性能。第3章和第4章分别论述了平面内和平面外抗震性能模型试验。第5章和第6章分别论述了平面内和平面外抗震性能数值试验。

本书可供从事土木工程、力学等相关专业的广大科技人员以及各设计与施工企业参考,也可作为上述专业的研究生和高年级本科生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现场发泡夹心墙节能建筑抗震性能/张延年,刘明著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-028143-2

I. ①现… II. ①张… ②刘… III. ①发泡材料-夹心结构-抗震墙-抗震性能 IV. ①TU352.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 120992 号

责任编辑:王志欣 闫井夫 / 责任校对:桂伟利

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕 者

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 7 月第一次印刷 印张: 16 3/4

印数: 1—2 000 字数: 337 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<新蕾>)

前言

据统计,我国建筑单位面积能耗是气候相近发达国家的 3~5 倍,一些严寒地区,建筑能耗已占到当地社会总能耗的 50% 以上。而建筑节能是各种节能途径中潜力很大且较为直接、有效的方式,也是缓解能源紧张、解决社会经济发展与能源供应不足这对矛盾比较有效的措施。我国政府已经充分认识到建筑节能的重要性和紧迫性。国务院正式颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》将建筑节能列为优先发展领域。在建筑能耗中,通过外墙造成的能耗约占建筑总能耗的 50% 以上,因此,墙体保温是实现建筑节能的关键。

节能墙体有单一节能墙体和复合节能墙体两种形式。单一节能墙体以加气混凝土墙为代表,其热稳定性差、现场湿作业、施工周期长、运输量大、工艺复杂、易出现网状裂纹与直线裂缝。这些缺点直接影响到建筑物的安全性、耐久性、美观和使用功能,阻碍了单一节能墙体在实际工程中的使用和发展。复合节能墙体主要包括外墙内保温、外墙外保温和夹心墙技术。外墙内保温由于裂缝问题严重,难以避免热桥等缺点,所占比例正逐年降低,已成为一种过渡的、落后的构造形式。目前,国内外应用最广的节能墙体是外墙外保温,我国外墙外保温工程的耐久性问题十分严重,越来越多的专家认识到外墙外保温工程的耐久性问题,担心在未来几年或十几年后外墙外保温工程将出现全国性的大面积或整体破坏的灾难性后果。夹心墙是一种集承重、保温(隔声)和装饰于一体、适用于不同地区的耐久性节能墙体。目前,夹心墙采用填充苯板等方式,施工复杂、工期长,并且在实际施工中容易出现质量问题,从而影响夹心墙的耐久性。夹心墙的夹层中间存在着较大的空隙,使冷热空气对流顺畅,导致热损失比设计的要大得多,保温性能大为降低,这已经影响到该技术的进一步推广应用。

为此,作者与合作者提出了一种新型节能墙体——现场发泡节能夹心墙,该墙体施工经济、简单、快捷,并且可以有效解决接缝处缝隙大、黏合不严密、存在保温薄弱部位等问题。此外,作者与合作者还制作了现场发泡夹心墙和实心墙试件,并进行了平面内和平面外抗震性能模型试验研究与数值试验研究。本书主要包括:第 1 章论述了建筑节能与墙体保温发展现状。第 2 章论述了夹心墙用耐腐蚀拉接件的黏结强度试验和灰缝试件试验,对比分析耐腐蚀拉接件的黏结、锚固性能。第 3 章论述了现场发泡夹心墙节能建筑的平面内模型试验,研究参数变化对现场发泡夹心墙节能建筑的承载力及变形性能的影响。第 4 章论述了平面外抗震性能模型试验,分析了现场发泡夹心墙体节能建筑平面外受力破坏

机理与改善墙体变形能力的有效手段。第5章和第6章分别论述了现场发泡夹心墙平面内和平面外抗震性能数值试验模型的建立,并对不同竖向压应力、保温层厚度、拉接件形状与布局的现场发泡夹心墙进行数值试验研究。

作者与合作者在多年的研究中也得到了中华人民共和国住房和城乡建设部、辽宁省建筑结构工程重点实验室、沈阳市城乡建设委员会和辽宁省教育厅科学研究计划的大力资助,在此一并表示衷心的感谢!

作者与合作者在多年的研究中也得到了沈阳市城乡建设委员会隋明月总工程师、辽宁省建筑设计研究院张前国总工程师、沈阳盛添源建材有限公司张曲文厂长、沈阳天迈新型建材厂周宏君厂长、沈阳浦发新型装饰建材厂李伟厂长、沈阳建筑大学结构工程实验室、沈阳建筑大学土木工程学院领导与老师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

在攻读硕士学位期间参加本书相关内容课题研究的有张洵、李立东、李恒、刘玉萍等,作者对他们为本书相关内容研究所作出的贡献表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2010年4月于沈阳

目 录

前言	1
第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 保温墙体种类	3
1.2.1 单一材料保温墙体	3
1.2.2 复合保温墙体	5
1.3 现场发泡夹心墙	9
第 2 章 塑料钢筋拉接件受力性能试验	13
2.1 黏结强度试验	13
2.1.1 试验目的	13
2.1.2 试件设计	13
2.1.3 试件制作	14
2.1.4 试验装置和测试方法	15
2.1.5 试验结果与分析	15
2.2 灰缝试件试验	21
2.2.1 试验目的	21
2.2.2 试件设计	21
2.2.3 试验装置和测试方法	23
2.2.4 试验结果与分析	24
2.3 受力性能分析	25
2.3.1 破坏形态分析	25
2.3.2 试验结果分析	28
2.3.3 锚固影响因素的分析	29
2.3.4 构造措施建议	30
2.4 小结	31
第 3 章 平面内抗震性能模型试验	32
3.1 试验目的	32
3.2 试验概况	33
3.2.1 试件设计	33
3.2.2 材料选取	35

3.2.3	试件制作	35
3.2.4	材料的基本力学性能	36
3.2.5	试验装置	36
3.2.6	加载方案与加载制度	38
3.2.7	量测内容及测点布置	39
3.3	试验现象分析	39
3.4	试验结果与分析	48
3.4.1	试验结果	48
3.4.2	试验结果分析	48
3.5	抗震抗剪承载力对比分析	49
3.5.1	保温层厚度对现场发泡夹心墙抗剪承载力影响	52
3.5.2	拉接件构造对现场发泡夹心墙抗剪承载力影响	54
3.5.3	墙片抗剪承载力影响因素	54
3.6	内外叶墙协同工作性能研究	55
3.6.1	内外叶墙片位移差	55
3.6.2	塑料钢筋拉接件应变值	58
3.6.3	塑料钢筋拉接件的作用与设置建议	60
3.7	现场发泡夹心墙抗震抗剪承载力公式	61
3.7.1	墙片受剪破坏机理	61
3.7.2	抗震抗剪承载力计算公式推导	62
3.7.3	抗震抗剪承载力计算公式	64
3.8	抗压承载力计算	65
3.9	滞回曲线	68
3.10	骨架曲线	71
3.11	内叶墙不同高度位移时程曲线	74
3.12	延性	75
3.13	耗能	77
3.14	刚度退化曲线	78
3.15	恢复力模型	81
3.16	小结	83
第4章	平面外抗震性能模型试验	84
4.1	试验目的	84
4.2	试验概况	84
4.2.1	试件设计	84
4.2.2	材料选取	85

4.2.3	试件制作	85
4.2.4	材料的基本力学性能	85
4.2.5	试验装置	85
4.2.6	加载方案与加载制度	86
4.2.7	量测内容及测点布置	86
4.3	试验现象分析	87
4.4	试验结果与分析	92
4.4.1	试验结果	92
4.4.2	试验结果分析	94
4.5	抗震抗剪承载力对比分析	94
4.5.1	不同保温层厚度墙体的承载力与位移分析	94
4.5.2	拉接件形状与布局对承载力与位移的影响	96
4.5.3	竖向压应力对承载力与位移的影响	99
4.6	内外叶墙协同工作性能研究	100
4.6.1	内外叶墙相对位移差	100
4.6.2	拉接件的应变值	101
4.7	滞回曲线	102
4.8	骨架曲线	105
4.8.1	不同保温层厚度墙体骨架曲线分析	106
4.8.2	拉接件形状与布局对骨架曲线的影响	110
4.8.3	竖向压应力对骨架曲线的影响	114
4.9	延性	116
4.9.1	保温层厚度对延性的影响	117
4.9.2	拉接件形状与布局对延性的影响	118
4.9.3	竖向压应力对延性的影响	119
4.10	耗能	120
4.10.1	保温层厚度对耗能的影响	120
4.10.2	拉接件间距对耗能的影响	122
4.10.3	竖向压应力对耗能的影响	123
4.11	刚度退化曲线	124
4.12	小结	126
第5章	平面内抗震性能数值试验	128
5.1	材料本构关系简述	128
5.1.1	砌体结构的本构关系	128
5.1.2	混凝土结构的本构关系	133

5.1.3	钢筋的本构关系	136
5.1.4	非线性分析和有限元软件 ABAQUS	137
5.2	平面内受力的 ABAQUS 数值试验模型建立	138
5.2.1	单元类型的选择	138
5.2.2	砌体的本构模型选用	140
5.2.3	混凝土的本构模型选用	141
5.2.4	整体建模	143
5.2.5	基本假定	145
5.2.6	模型参数选择	145
5.3	数值试验与模型试验对比分析	146
5.3.1	应力-应变云图	146
5.3.2	数值试验与模型试验对比	149
5.3.3	承载力对比分析	150
5.3.4	变形性能对比分析	151
5.3.5	内外叶墙协同工作性能对比分析	151
5.4	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面内受力性能影响分析	152
5.4.1	不同竖向压应力作用下的现场发泡夹心墙的应力-应变云图	153
5.4.2	不同竖向压应力作用下的现场发泡夹心墙的数值试验结果	160
5.4.3	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面内承载力的影响	160
5.4.4	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面内变形性能的影响	161
5.4.5	竖向压应力对平面内受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	162
5.5	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面内受力性能的影响分析	163
5.5.1	不同保温层厚度的平面内受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	163
5.5.2	不同保温层厚度的平面内受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	169
5.5.3	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面内承载力的影响	169
5.5.4	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面内变形性能的影响	170
5.5.5	保温层厚度对平面内受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	171
5.6	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面内受力性能的影响分析	172
5.6.1	不同拉接件形状的平面内受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	172
5.6.2	不同拉接件形状的平面内受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	175
5.6.3	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面内承载力的影响	175
5.6.4	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面内变形性能的影响	175
5.6.5	拉接件形状对平面内受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	176
5.7	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面内受力性能的影响分析	177
5.7.1	不同拉接件布局的平面内受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	177

5.7.2	不同拉接件布局的平面内受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	182
5.7.3	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面内承载力的影响	183
5.7.4	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面内变形性能的影响	183
5.7.5	拉接件布局对平面内受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	184
5.8	小结	185
第 6 章	平面外抗震性能数值试验	187
6.1	引言	187
6.2	平面外受力的 ABAQUS 数值试验模型建立	187
6.3	数值试验与模型试验对比分析	188
6.3.1	应力-应变云图	188
6.3.2	数值试验与模型试验对比	192
6.3.3	承载力对比分析	193
6.3.4	变形性能对比分析	193
6.3.5	内外叶墙协同工作性能对比分析	194
6.4	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面外受力性能的影响分析	195
6.4.1	不同竖向压应力作用下的现场发泡夹心墙应力-应变云图	195
6.4.2	不同竖向压应力作用下的现场发泡夹心墙数值试验结果	202
6.4.3	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面外承载力的影响	203
6.4.4	竖向压应力对现场发泡夹心墙平面外变形性能的影响	203
6.4.5	竖向压应力对平面外受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	204
6.5	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面外受力性能的影响分析	205
6.5.1	不同保温层厚度的平面外受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	205
6.5.2	不同保温层厚度的平面外受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	210
6.5.3	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面外承载力的影响	211
6.5.4	保温层厚度对现场发泡夹心墙平面外变形性能的影响	212
6.5.5	保温层厚度对平面外受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	212
6.6	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面外受力性能的影响分析	213
6.6.1	不同拉接件形状的平面外受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	213
6.6.2	不同拉接件形状的平面外受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	216
6.6.3	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面外承载力的影响	216
6.6.4	拉接件形状对现场发泡夹心墙平面外变形性能的影响	217
6.6.5	拉接件形状对平面外受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	217
6.7	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面外受力性能的影响分析	218
6.7.1	不同拉接件布局的平面外受力现场发泡夹心墙的应力-应变云图	218
6.7.2	不同拉接件布局的平面外受力现场发泡夹心墙的数值试验结果	224

6.7.3	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面外承载力的影响	224
6.7.4	拉接件布局对现场发泡夹心墙平面外变形性能的影响	225
6.7.5	拉接件布局对平面外受力现场发泡夹心墙协同工作性能的影响	226
6.8	小结	227
参考文献		229
附录 A 发泡浆料建筑保温技术规定		231
附录 B 干混发泡浆料性能测试方法(规范性附录)		250
附录 C 搅拌输送设备技术要求		257

第1章 绪 论

1.1 引言

目前,石油、煤炭、天然气这三种传统能源占能源消费约90%以上,其中石油占一半以上。然而2004年BP世界能源统计年鉴的最新数据显示,世界石油总储量为1.15万亿桶,仅供开采41年;全球天然气储量为176万亿 m^3 ,仅供开采63年。日本权威能源研究机构也申明,全球煤炭埋藏量为10316亿t,可供开采231年;核反应原料铀已探明储量为436万t,可供开采72年。可见,全世界最为依赖的能源——石油与天然气将日趋枯竭^[1]。因此,在世界能源供给结构转轨的大趋势下,不考虑建筑节能而建造的房屋,终有一日会因为能源不可用,而被社会淘汰。随着能源价格逐步上涨,居高不下,很多高耗能建筑开始出现因承担不起昂贵的能源维持费用而被迫停用,或者售价、租金一降再降的现象。美国政府也企图通过掌控全球石油供给,强力遏制我国、欧洲的发展,因此,我国正面临着前所未有的能源挑战^[2],这主要表现在:①人均储量少,先天不足,且能耗效率低;②我国成为能源消耗大国,进口依赖度提高;③能源成为我国经济命脉所在,威胁国家安全稳定。能源的供给直接影响到人民生活与国民生产。有数据表明,按目前的开采水平,我国石油资源和东部的煤炭资源将在2030年耗尽,水力资源的开发也将达到极限^[3]。我国人均能源占有量仅为世界平均水平的40%。多年来,夏季由于高峰电力不足和峰谷差增大,致使许多城市不得不拉闸限电,而全国范围内的天然气提价,空调和供暖能耗上升导致的电力、天然气供应不足也早已成了不争的事实。

据统计,西方发达国家的建筑能耗占社会总能耗的30%~40%,我国建筑单位面积能耗却是气候相近发达国家的3~5倍^[4,5],在一些严寒地区,建筑能耗已占到当地社会总能耗的50%,正逐渐成为能耗的主体之一。随着我国城乡建筑总量不断迅速增加,能源问题日益严重。如延续目前的建筑能耗状况,2020年我国建筑能耗将接近目前全国能耗的3倍。因此,国务院正式颁布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》中,把建筑节能与绿色建筑列为优先发展领域。建筑节能是各种节能途径中潜力最大,最为直接、有效的方式,也是缓解能源紧张、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^[6]。因

此,降低建筑能耗,对降低社会总能源消耗、保护生态环境具有重大意义。建筑能耗中,通过外墙造成的能耗约占建筑总能耗的 50% 左右^[7],因而,重视墙体保温工作,努力降低能耗,提高外墙的隔热性、气密性已成为实现建筑节能的关键^[8~10]。许多发达国家从 1973 年世界性石油危机开始,就意识到建筑节能、墙体保温的极端重要性,不断修订标准提高节能要求,目前已出现了“零能耗”住宅标准,并且已有少数达标建筑投入使用。虽然我国强制性建筑节能标准相继发布,但建筑能耗问题仍然相当严重,建筑节能已成为建设节约型社会中非常薄弱的环节。随着我国经济快速发展和能源紧缺的矛盾不断加剧,解决能源问题十分紧迫,推进建筑节能工作势在必行。

国外建筑节能的发展始于 20 世纪 70 年代初,第四次中东战争爆发导致第一次世界石油危机,促使发达国家采取各种措施节约能源,从而提出了建筑节能的概念。国外建筑节能发展大体上经历了三个阶段,从“节约能源”到“提高能效”,再到“绿色、生态、可持续”。像美国、日本和欧洲的一些发达国家,高度重视建筑节能,大量的新型保温材料、新型采暖空调设备和诸如太阳能利用技术、遮阳技术、自然通风等新技术被运用到新建筑以及已有建筑的改造中,取得了显著的节能效果。美国开展绿色建筑工作已有十多年,力求做到建筑舒适与节能的高度统一;在欧洲有“零能耗、零排放”的住宅,利用太阳能自给自足,能够蓄热和蓄电,除满足建筑本身用能外,还能源源不断地向电网输电,需要用时再取回来,夏天储备的能源可以到冬天使用。对于建筑能源系统,除了普通意义上的建筑节能,还强调可再生能源在建筑内的利用和减少对地球的环境污染,更注重的是建筑与自然环境的协调和生态平衡,以求达到可持续发展^[11]。

我国建筑节能的发展始于 1986 年,从当年我国试行第一部建筑节能设计标准到现在,已颁布了多项建筑节能设计标准,并制定了相应的节能计划。建筑节能已受到国家高度重视。2008 年在新颁布的《节约能源法》的基础上,国务院又颁布了《民用建筑节能条例》和《公共机构节能条例》,并于当年 10 月 1 日开始实施。建筑节能相关制度正在建立起来,包括已经发布和正在试点的建筑能效测评标识制度、建筑节能信息公示制度、建筑能源审计制度、集中供热计量收费制度和建筑能耗统计制度等。此外,中央财政加大了资金拨付力度,分别在开展可再生能源建筑上、推动国家机关办公建筑和大型公共建筑运行管理及节能改造上、推进北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造上进行大力支持,有力推动了我国建筑节能产业的健康发展。近年来,随着国家宣传力度的加大,节能建筑已经为大多数人所了解,国内省份围绕节能设计标准竞相提出该地区的具体节能规范,节能建筑发展迅速。

在建筑能耗中,比利时的资料分析表明外墙约占 39%,窗户占 22%;俄罗斯的资料分析表明外墙约占 49%,窗户占 35%;我国的资料分析表明外墙约占 50%,

窗户占 20%~30%^[12]。以上数据表明,外墙是建筑能耗的最主要因素,因而墙体保温是实现建筑节能的关键。

1.2 保温墙体种类

目前,墙体保温常用的有单一材料保温墙体和复合保温墙体两种形式。单一材料保温墙体以加气混凝土砌块为代表,由于设计、材质、施工等方面的缺陷,造成加气混凝土砌块容易出现空鼓、裂缝、剥落等严重问题,直接影响到建筑物的安全性、耐久性、美观和使用功能,阻碍了单一材料保温墙体在实际工程中的使用和发展^[13,14]。复合保温墙体施工技术主要包括外墙外保温技术、外墙内保温技术和外墙夹心保温技术。

1.2.1 单一材料保温墙体

目前,单一保温材料可选产品很少,较为现实的是加气混凝土制品。这是因为它是一种集保温与承重功能于一体的材料,而且优点突出:①在国内已有 40 多年的生产经验,生产技术比较成熟;②生产企业几乎遍布全国各地,总生产能力超过 2000 万 m^3 ,而且还在不断发展,货源充足,资源丰富;③产品生产高度工业化,材料质量有保证,且各种法规、标准较为齐全,如原材料标准、产品标准、应用技术规程和建筑构造国家标准图等;④施工工序少,受手工艺操作影响建筑质量的因素小;⑤保温性能好;⑥造价低^[15]。

根据热工计算和各地区外墙节能导热系数指标,采用这一具有墙体和保温双重功能的材料作为建筑物的围护结构,除严寒地区和部分寒冷地区还有待进一步探讨外,当前采用这一保温形式的可行性几乎可覆盖大半个中国,各地区可以根据本地区对不同围护结构的节能指标,生产不同密度和导热系数的产品,如南方可生产密度高一些的,以提高热惰性指标;北方则可生产低密度制品以降低导热系数;华北地区则要两者兼顾。以北京为例,居住建筑按 65% 节能要求,其外墙平均导热系数 6 层为不大于 $0.60\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,4 层以下则为 $0.45\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。根据热工计算,如采用 B05 级厚度为 300mm 的加气混凝土砌块,其导热系数为 $0.58\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,也就是说,能满足北京地区多层住宅节能 65% 的要求,加上内外层抹灰,总厚度在 330mm 左右。因为它不需要加保温层,所以工序少,施工十分简单。将这一做法与当前较为普遍应用的“薄抹灰”外保温体系做比较,在多层居住建筑中如采用 KP1 多孔砖外墙,外贴普通泡沫聚苯乙烯板,其厚度为 60mm,则导热系数为 $0.57\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,能满足北京地区节能 65% 的要求。加上黏结层和抹灰层,其墙体总厚度约为 340mm。两者墙厚和热工性能基本一致,但仍有四点差别:一是采用加气混凝土制品工序少,施工简单,只要在工厂严格控制

产品质量,就能保证墙体的保温节能质量,不像复合保温系统较多地受辅助材料的影响;二是单一材料外保温工序简单,比复合保温系统更省工省时,施工速度快;三是造价低,受当前能源涨幅波动的影响小;四是大部分产品大量采用工业废料,如使用电厂粉煤灰和其他工业废渣。因此,单一材料是复合外保温形式的重要补充部分,应大力提倡。但是,单一材料外保温技术还应该进一步提高,使其更能充分发挥材性的优点。

综上所述,保温墙体一体化体系有其独特的优势,应该提倡和大力推广,但它不是万能的,使用中有一定局限性,有待进一步完善,主要表现为以下四点:

(1) 在墙体中,它主要是用作非承重的填充墙,最合理的是用作框架结构的外墙。在横墙承重的多层建筑中也用作外墙,但在地震区的应用,应十分慎重。在短肢剪力墙体系中,虽然也能使用,但用量不会很大,剪力墙部分还应采用其他保温形式。随着低密度产品的开发,其应用的范围相对来说得到了扩大,还可以与其他墙体复合作为外保温材料,也可用作屋面、楼地面的保温材料等。

(2) 一些应用中的“老大难”问题,有待进一步完善。在人们的印象里,一谈到加气墙体抹灰,就说容易开裂。其实在不少地区此问题已经解决。如内表面抹灰采用粉刷石膏,外表面采用与加气混凝土材性相适应的干粉砂浆或界面剂;有些企业在生产制品的同时还供应配套砂浆。其实,墙体的开裂不仅仅是砂浆本身,还有其他因素。

(3) 保温节能要求的提高所带来的不仅是降低干密度的问题,同时应提高制品的精确度以减小灰缝的影响系数,避免灰缝可能产生的热桥。若当前普通砌块的导热系数修正值为 1.25,且灰缝能缩小到 3mm 左右,则可不计。此外,还要注意两点:一是不仅产品精确,工地对制品的加工也得精确,应该采用专用工具;二是要提高配件的保温性能,如过梁,应有专用加气混凝土过梁,此问题较为突出。同时,还应不断开发各种类型的抹灰砂浆和砌筑材料。

(4) 在开发单一保温墙体节能体系时,也应根据加气混凝土制品的材性特点,因地制宜地提出合理的热工性能指标。如在严寒地区以及冬冷夏不热的寒冷地区,将加气制品纯粹作为与墙体、屋面的复合保温材料,则可以尽可能地降低密度和导热系数。但不能忽视加气制品的另一特点:虽然保温性能好,热阻大,但热惰性指标和蓄热系数差,延迟时间短。因此,在某些冬冷夏热地区,则既要考虑保温又要兼顾隔热,应提出符合该地区气候特点制品的热工性能指标。在炎热地区虽然没有冬天采暖的墙体保温问题,但对常年消耗空调制冷能耗的这一地区,对墙体的“保冷”和隔热问题也应制定合理的材性指标。也就是说,各地区在开发单一保温墙体节能体系时,应根据地区气候条件、国家对本地区的节能标准结合材性特点,综合考虑制订这一产品的材性和热工性能指标以及墙厚等技术经济指标。

1.2.2 复合保温墙体

1. 外墙内保温

外墙内保温是将保温隔热体系置于外墙内侧,使建筑达到保温的施工方法。通常是在外墙内表面使用预制保温材料粘贴、拼接、抹面或直接做保温砂浆层,以达到保温目的。我国外墙内保温体系主要有膨胀珍珠岩保温砂浆、聚合物砂浆和胶粉聚苯颗粒保温浆料,而在国外运用较成熟的外墙内保温体系主要有石膏增强聚苯乙烯板内保温系统、聚苯复合保温石膏板内保温系统、玻璃棉干挂内保温系统等。聚苯复合保温石膏板内保温系统是将高效保温聚苯乙烯板与纸面石膏板在工厂用机器粘贴复合成大规格尺寸的复合保温板,在施工现场用黏结石膏将复合保温板固定于外墙内表面,同时形成饰面层。玻璃棉干挂内保温系统采用高效玻璃棉作为保温隔热材料,配合专用断桥配件、龙骨框架结构和面层纸面石膏板等材料,施工于建筑围护结构的内侧面。

节能技术发展初期,内保温技术为推动我国建筑节能技术迅速发展起到了一定的积极作用。这是因为我国节能技术在当时还处于起步阶段,外保温技术还不太成熟。我国节能标准对围护结构的保温要求较低,且内保温有一定的优点,如造价低、安装方便、对建筑外墙垂直度要求不高、施工进度快等。外墙内保温特点是保温材料不受室外气候因素的影响,无须特殊的防护,在间歇使用的建筑空间(如影剧院、体育馆等),室内供热时温度上升快,且对饰面和保温材料的防水、耐火性等技术指标的要求不高,取材方便。目前,在全国已建造的节能住宅中,有90%左右采用外墙内保温,大多以岩棉或矿棉与石膏板复合、玻璃棉与石膏板复合、聚苯乙烯泡沫塑料与石膏板复合、充气石膏板和墙体上涂抹绝热砂浆为主要方式。外墙内保温是在墙体结构内侧覆盖一层保温材料,通过胶黏剂定在墙体结构内侧,之后在保温材料外侧作保护层及饰面。目前内保温多采用粉刷石膏作为粘接和抹面材料,通过使用聚苯乙烯板或聚苯颗粒等保温材料达到保温效果。外墙内保温主要存在如下缺点^[16,17]:①保温隔热效果差,外墙平均导热系数高;②热桥保温处理困难,易出现结露现象;③占用室内使用面积;④不利于室内装修,如重物钉挂困难,在安装空调、电话其他装饰物等设施时尤其不便;⑤不利于既有建筑的节能改造;⑥对间歇采暖的居室等连续使用的建筑空间热稳定性不足;⑦保温层易出现变形和裂缝。

由于外墙受到的温差大,直接影响到墙体内表面应力变化,这种变化一般比外保温墙体大得多。昼夜和四季的更替,易引起内表面保温的开裂,特别是保温板之间的裂缝尤为明显。实践证明,外墙内保温容易在下列部位引起开裂或产生热桥,如保温板的板缝部位、顶层建筑女儿墙沿屋面板的底部部位、两种不同材料

在外墙同一表面的接缝部位、内外墙之间丁字墙外侧的悬挑构件部位等。

从发展的角度考虑,随着我国节能标准的不断提高,内保温的做法已不适应新的形势,且给建筑物带来某些不利的影响。因此,它只能是某些地区的过渡性做法,在寒冷地区特别是严寒地区将逐步予以淘汰。

2. 外墙外保温

随着建筑节能技术的不断完善和发展,外墙外保温技术逐渐成为建筑保温节能形式的主流。外墙外保温是在主体墙结构外侧在粘接材料的作用下,固定一层保温材料,并在保温材料的外侧用玻璃纤维网加强并涂刷黏结胶浆。随着外墙外保温形式的不断完善与发展,目前主要流行的有聚苯乙烯板薄抹灰外墙保温、聚苯乙烯板现浇混凝土外墙保温、聚苯颗粒浆料外墙保温和聚氨酯硬泡喷涂外墙外保温等几种外保温操作方法。

由于是从外侧保温,其构造必须能满足水密性、抗风压以及温湿度变化的要求,不致产生裂缝,并能抵抗外界可能产生的碰撞作用,还能与相邻部位(如门窗洞口、穿墙管道等)之间以及在边角处、面层装饰等方面得到适当的处理。然而,必须注意,外保温层的功能,仅限于增加外墙保温效能以及由此带来的相关要求,保温构造并不能对主体墙的稳定性和耐久性起到作用。其主体墙,即外保温层的基底,必须满足建筑物的力学稳定性的要求,即能承受垂直荷载、风荷载,并能经受撞击而保证安全使用,同时还应能使保温层和装修层牢牢固定。

保温层应采用热阻值高,即导热系数小的高效保温材料,其导热系数一般小于 $0.05\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。根据设计计算,应具有一定厚度,以满足节能标准对该地区墙体的保温要求。此外,保温材料的吸湿率要低,而黏结性能要好。为了使所用的黏结剂及其表面的应力尽可能减少,对于保温材料,一方面要用收缩率小的材料;另一方面,尺寸变动时产生的应力要小。为此,可采用的保温材料有膨胀型聚苯乙烯(EPS)板、挤塑型聚苯乙烯(XPS)板、岩棉板、玻璃棉毡以及超轻保温浆料等,其中以阻燃膨胀型聚苯乙烯板应用更为普遍。

不同的外保温体系,采用的固定保温板的方法各有不同,有的是将保温板黏结或锚固在基底上,有的为两者结合,以黏结为主,或以锚固为主。将保温板黏结在基底上的黏结材料多种多样。在不同的体系中,此种黏结材料运到工地时的状态会有所不同:①成品胶浆,使用时不需添加其他任何材料,既不需要再行配料,也不需要再进行搅拌;②使用前需要添加其他物料(如水泥);③单组分粉状材料,用前需加水搅拌均匀;④双组分材料,施工时按配比搅拌均匀。

薄型抹灰面层为在保温层的所有外表面上涂抹聚合物黏结胶浆。直接涂覆于保温层上的为底层,厚度较薄。内部包覆有加强材料。加强材料一般为耐碱玻璃纤维网格布,包含在抹灰面层内部,与抹灰面层结合为一体,其作用为改善抹