

Experimental Study on Composite Internal Insulation System with Plasterboard in Exterior Wall

Qingwei Zhu

Beijing New Building Material Public Company, Beijing
Email: zhuqingwei@bnbm.com.cn

Received: Aug. 3rd, 2020; accepted: Aug. 17th, 2020; published: Aug. 24th, 2020

Abstract

Composite internal insulation board for external wall was manufactured with gypsum board and insulation board by using adhesive. The composite insulation coefficient of thermal conductivity and mechanical properties of the plate were studied through the experiments. The results show that the composite board with XPS as insulation materials exhibited better thermal insulation and mechanical performance but relatively larger bulk density than those with EPS. The composite insulation plasterboard external wall internal insulation system would display better comprehensive performance if XPS was selected than EPS.

Keywords

Plasterboard, Composite, External Wall, Internal Insulation

石膏板复合外墙内保温系统的实验研究

朱清玮

北新集团建材股份有限公司, 北京
Email: zhuqingwei@bnbm.com.cn

收稿日期: 2020年8月3日; 录用日期: 2020年8月17日; 发布日期: 2020年8月24日

摘要

以纸面石膏板作为基板, 通过胶粘剂将保温材料与之复合得到石膏板复合外墙内保温板材, 通过实验分析了复合保温板材的导热系数和力学性能, 结果表明, 以挤塑聚苯乙烯泡沫板(XPS)为保温材料的复合

保温板材相比模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS), 具有更好的保温隔热性能和力学性能, 但容重相对更大。复合保温石膏板外墙内保温系统中, 选用XPS板相比EPS板, 综合性能更佳。

关键词

石膏板, 复合, 外墙, 内保温

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

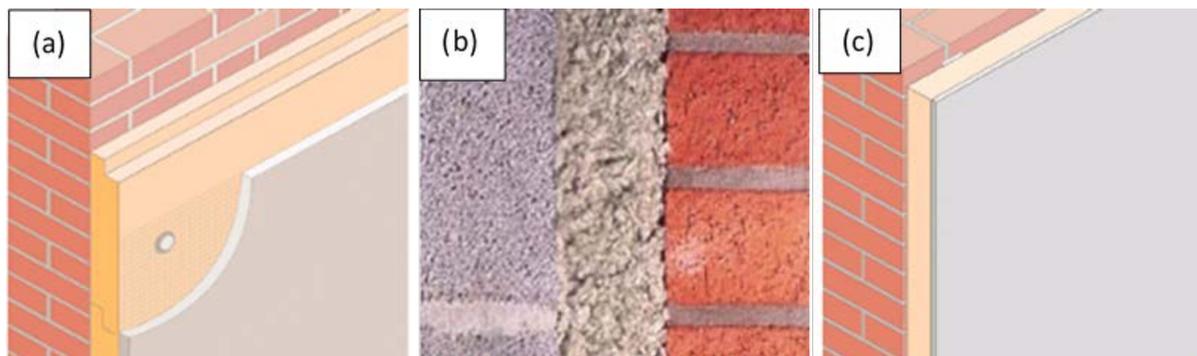
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

经济与社会的发展, 人们对居住环境的要求越来越高, 温暖舒适的家居环境已成为人们对住宅建筑的基本要求。另外, 人们的环保节能意识不断增强, 对建筑保温提出了更高的要求。由此, 建筑外墙保温技术得到了快速的发展, 其性能优势也明显提高, 应用市场日趋广泛。同时, 外墙保温层还较好地保护了建筑的围护结构, 减少了外界自然环境对建筑的侵蚀破坏, 既延长了建筑的使用寿命, 又降低了相关的维修维护费用, 建筑外墙保温已成为当前建筑保温所采用的主要方式。

当前, 在中国建筑节能中最重要的墙体保温隔热市场上, 按保温层与墙体的位置关系来分类, 主要有三大类外墙保温系统[1] [2]: 外墙外保温(保温层在墙体外侧), 外墙夹心保温(保温层与墙体材料合二为一或保温层在墙体中间)和外墙内保温(保温层在墙体内侧), 如图1所示。



(a) 外墙外保温系统

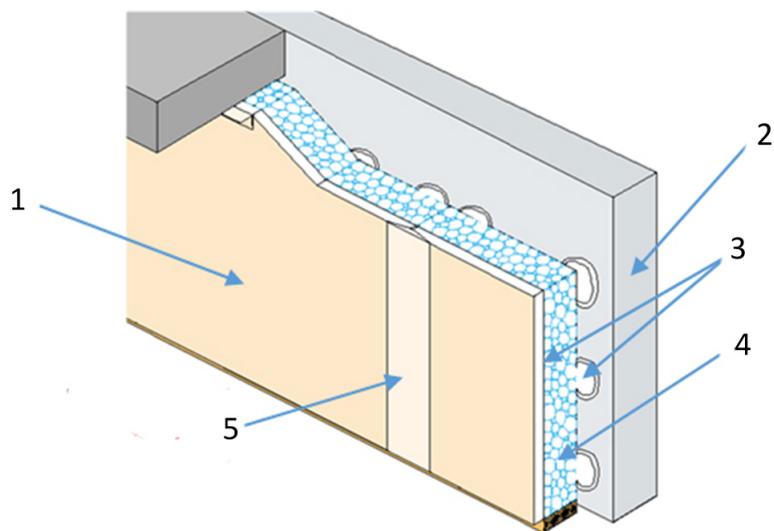
(b) 外墙夹心保温系统

(c) 外墙内保温系统

Figure 1. Three common insulation systems in exterior wall

图1. 三种常见的外墙保温系统

外墙外保温系统具有热桥处理面积少、不占用室内面积、对内部装修无影响以及对建筑结构有一定保护作用等优点。但是, 受户外风压和恶劣气候影响, 存在安全隐患, 其系统组成复杂, 现场施工工序繁多, 工程质量难控制, 维护使用成本高。外墙自保温系统与结构墙体结合, 热桥处理面积少, 不占用室内面积, 但是价格较高, 仅适用于框架结构建筑, 且其为湿作业, 施工质量难控制。外墙内保温系统尽管会占用少量室内使用面积, 相对外墙外保温有较多的热桥处理。但是, 其不受风雨侵袭, 无安全隐患, 施工总面积比外保温少, 施工简单, 质量容易控制, 工期不受气候的影响, 使用寿命长, 维护使用费用极低[3]。



1: 纸面石膏板, 2: 基墙, 3: 粘结材料, 4: 保温材料, 5: 接缝。

Figure 2. Composite internal insulation system with plasterboard in exterior wall

图 2. 复合保温石膏板外墙内保温系统

据国际权威资料统计, 在欧洲(英法等国)和亚洲(日韩等国)发达国家, 外墙内保温系统占市场主导地位, 占整个外墙围护保温市场 90% 以上的份额[4]。复合保温石膏板外墙内保温系统是发达国家外墙保温市场的主流产品。复合保温石膏板外墙内保温系统是利用纸面石膏板、高效保温板, 通过厂内专业机械设备的加工、粘贴, 而共同组建形成的一种大尺寸、大规格的复合型保温板。在外墙内保温系统的施工过程中, 可利用粘结石膏直接进行复合型保温板的现场装设, 将其固定至外墙的内表面并形成带有一定效果的装饰面层, 板缝可用嵌缝石膏批嵌, 不易产生裂缝, 基本为干作业, 施工质量容易控制(如图 2 所示)。

石膏是公认的绿色建材, 石膏本身的导热系数小, 具有一定的保温性, 适合开发建筑节能材料, 同时石膏建材良好的呼吸性更能给居住者以舒适的室内环境。因此, 石膏在建筑隔墙与装饰装修中得到了越来越广泛的应用。

目前, 尽管外墙保温系统已得到了广泛的应用, 但是, 对于复合石膏板外墙内保温系统的结合理论与实验进行研究还未见报道, 因此本研究可对复合外墙内保温系统的选材及效果提供数据与理论依据, 具有一定的指导意义。

2. 实验方法

2.1. 材料与仪器

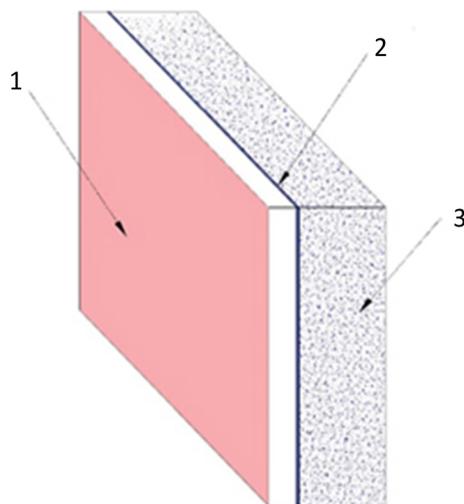
石膏板选用北新集团建材股份有限公司生产的 12 mm 厚的龙牌普通纸面石膏板(G12); 保温材料选用市售的 40 mm 厚的模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS)和 15 mm、25 mm、30 mm 厚的挤塑聚苯乙烯泡沫板(XPS); 粘结剂采用市售的海绵胶和北新集团建材股份有限公司生产的龙牌粘结石膏。

导热系数用湘潭市仪器仪表有限公司制造的湘科 DRPL-I 导热系数测试仪测定; 力学性能选用北京天誉科技有限公司生产的拉拔强度测定仪测定。

2.2. 实验方法

石膏板复合外墙内保温板材的制备: 将不同保温板材通过海绵胶粘结在纸面石膏板(记为 G12)上制备得到不同规格种类的石膏复合保温板材, 如图 3 所示。以 40 mm 厚模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS)为保温

材料的复合板材样品记为 EPS40G；以 15 mm、25 mm、30 mm 厚的挤塑聚苯乙烯泡沫板(XPS)为保温材料的复合板材样品分别记为 XPS15G、XPS25G、XPS30G。



1: 纸面石膏板, 2: 粘结剂, 3: 保温板材。

Figure 3. Composite internal insulation board with plasterboard in exterior wall

图 3. 石膏板复合外墙内保温板材

石膏复合保温板材的导热系数参考标准 GB/T10295-2008 (绝热材料稳态热阻及有关特性的测定热流计法)及 ASTM C518-04 (用热流计法测定稳态热通量和热传递特性的试验方法), 采用平板热流计法进行测定, 试样大小为 150 mm × 150 mm。

石膏复合保温板材的拉拔强度的测定选用北京天誉科技有限公司生产的拉拔强度测定仪(如图 4), 参照标准 JC/T 1025-2007 (粘结石膏), 复合保温板材与墙体之间采用粘结石膏进行粘接, 试样大小为 40 mm × 40 mm, 每组测试 5 个样品, 结果取其平均值。

复合保温石膏板外墙内保温系统的保温隔热性能评定采用如图 5 所示的封闭结构, 模拟房屋, 对不同保温板材体系进行保温性能与隔热性能评价。将复合石膏保温板材通过龙牌粘结石膏粘贴在墙体内部四面, 上下两面用 12 mm 厚的纸面石膏板进行封闭。保温性能的评价方法是将室内温度升到 50℃, 测定温度降低的速度, 每 10 分钟测定一组温度值; 隔热性能的评价方法是在室外加热, 四面墙体的温度控制在 80℃左右, 测定室内温度升高速度, 每 30 分钟测定一组温度值。体系的温度升高采用电炉来实现, 模拟实验装置如图 5 所示。

3. 实验结果与讨论

3.1. 导热系数分析

复合石膏保温板材按如图 3 所示制备, 采用平板热流计法, 用 DRPL-I 导热系数测试仪对其导热系数进行了测定, 结果如表 1。由表中可以看出, 保温材料均具有很小的导热系数; 纸面石膏板的导热系数也较小, 说明纸面石膏板也具有一定保温隔热性能; 以挤塑聚苯乙烯泡沫板(XPS)为保温材料的复合石膏保温板材, 随着 XPS 厚度的增加, 导热系数减小, 这主要归功于 XPS 的低导热系数。40 mm 厚模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS40)的导热系数相对较大, EPS-石膏复合保温板的导热系数也相应较大, 这说明相对 XPS 来说, EPS 保温隔热性能相对较差。



Figure 4. The device for measuring bond strength
图 4. 拉拔强度测定装置



Figure 5. The simulation device for measuring thermal insulation performance
图 5. 保温隔热性能模拟测定装置

Table 1. Thermal conductivity of composite internal insulation board with plasterboard in exterior wall
表 1. 石膏板复合外墙内保温板材的导热系数

样品	G12	EPS40	XPS15	XPS25	XPS30	EPS40G	XPS15G	XPS25G	XPS30G
导热系数(w/mk)	0.1599	0.0164	0.0257	0.0150	0.0113	0.0163	0.0295	0.0150	0.0130

3.2. 力学性能分析

如图 2 所示的复合保温石膏板外墙内保温系统中，复合板材通过粘结石膏安装在墙体的内侧，其力学性能也是一个重要的考察对象。本研究中复合保温板材的安装可靠性通过测定复合板材与墙体之间的粘结强度来评价，即测定复合板材的拉拔强度以及拉拔强度与复合板材的容重(面积密度)。参照标准 JC/T

1025-2007, 使用拉拔强度测定仪(如图 4)对各复合保温板材所测定的拉拔强度如表 2 所示。EPS-石膏复合保温板材样品(EPS40G)的拉拔强度相对较低,其容重也较低,这主要由于 EPS 材料本身结构多孔疏松,从而抗拉抗压强度低。XPS-石膏复合保温板材各样品的拉拔强度大致相当,容重随保温板材的厚度增加而略微增大。根据国标 GBT 30593-2014 (外墙内保温复合板系统)要求,外墙内保温复合板材的拉拔强度须在 0.03 MPa 以上,本实验研究的所有复合板材的拉拔强度测定值均符合标准。实验结果表明,在复合保温石膏板外墙内保温系统中,复合保温板材可以采用粘结石膏作为粘结剂与墙体结合安装。

3.3. 隔热保温性能研究

复合保温石膏板外墙内保温系统的保温隔热性能通过如图 5 所示的模拟装置测定室内温度升降进行评价。进行隔热实验时,用电炉在四面墙体外围加热以保持外界环境温度在 85℃左右,测定室内温度的变化。如图 6 所示为对三种保温材料的隔热性能研究数据结果。由图中可以看出,当墙体内部未安装复合石膏保温板材(空白样)时,室内温度升高较快,330 分钟后温度升高到了 20℃,说明裸墙保温性能较差。而对于样品 EPS40G、XPS15G 和 XPS30G,由图中曲线可知,XPS30G 样品升温曲线较平缓,390 分钟后温度才升高到 17℃,EPS40G 样品 330 分钟后温度升高到 17℃,而 XPS15G 样品温度变化快,360 分钟后温度升高到了 17℃。由此说明,XPS 保温材料表现出比 EPS 保温材料更佳的隔热性能,隔热性能与保温材料的厚度直接相关。

Table 2. The mechanical property of composite internal insulation board with plasterboard in exterior wall
表 2. 复合石膏保温板材力学性能测试

样品	拉拔强度(Mpa)	容重(kg/m ²)
EPS40G	0.04	8.84
XPS15G	0.07	9.02
XPS25G	0.06	9.38
XPS30G	0.07	9.47

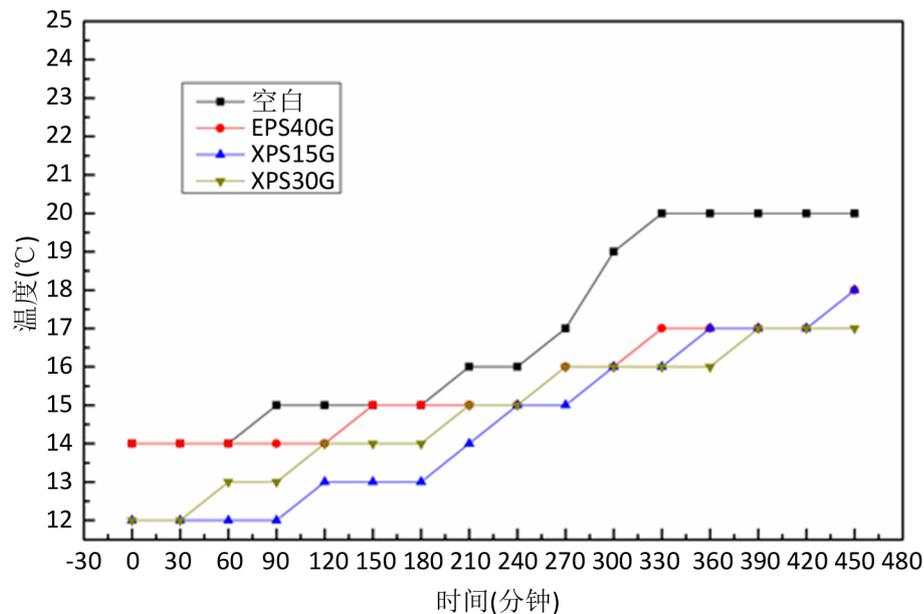


Figure 6. The curve of thermal insulation performance of composite insulation board with temperature

图 6. 复合保温板材隔热性能温度变化曲线

为了更准确分析复合保温板材的隔热性能，考虑到外界加热温度变化的影响，对模拟装置室内外温差进行了研究。如图 7 所示，空白样品的室内外温差整体变化趋势是随着加热时间逐步减小的，而其它样品的变化趋势是逐渐增大的。XPS30G 样品温差随着加热时间增大尤其明显，在 360 分钟后趋于平直稳定，最大温差为 75℃。EPS40G 样品温差变化平缓，且温差相对较小，最大温差为 68℃。这说明空白样品的隔热性能很差，XPS 保温材料的隔热性能优于 EPS 保温材料，该研究结果与上述研究基本一致。

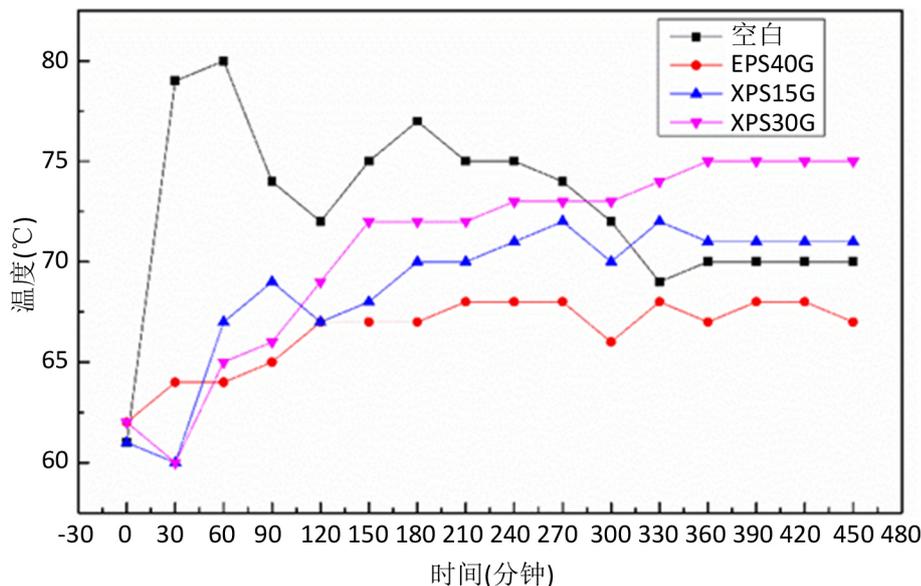


Figure 7. The temperature difference between inside and outside when testing thermal insulation performance of composite board

图 7. 复合保温板材隔热性能测试内外温度差曲线

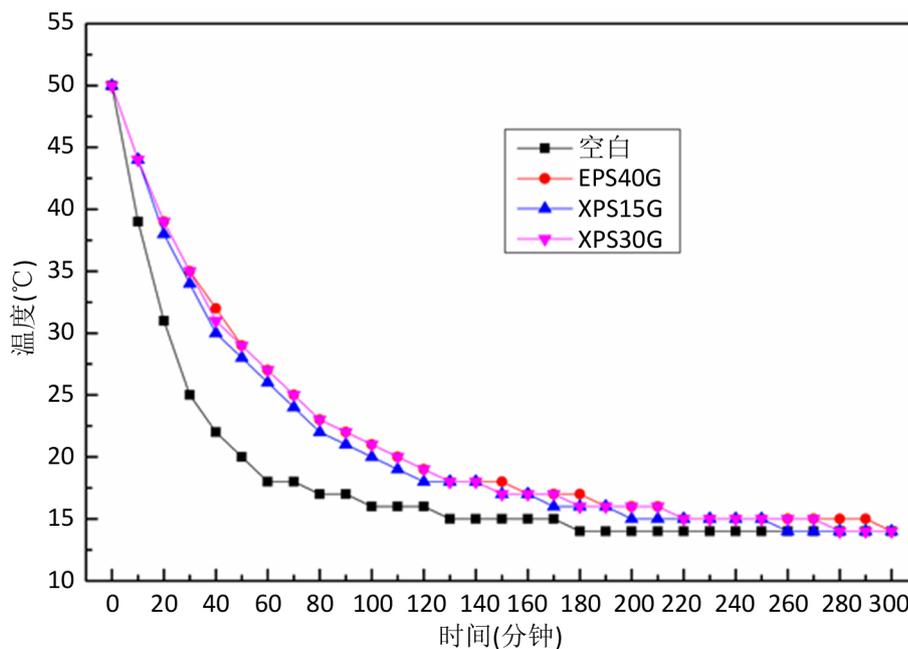


Figure 8. The curve of heat preservation performance composite insulation boards with temperature

图 8. 复合保温板材保温性能测试温度变化曲线

进行保温性能评价实验时,用电炉将室内温度加热到 50℃,测定室内温度的下降。如图 8 所示,空白样品温度下降很快,60 分钟后温度下降便趋于平缓,180 分钟后温度下降到 14℃;XPS30G 样品温度下降最平缓,在相同时间内温度保持相对较高,280 分钟后才下降到 14℃;EPS40G 样品的温度下降曲线与 XPS30G 样品基本重合,说明二者保温性能基本相当;XPS30G 样品保温性能表现出一定的劣势,260 分钟后达到了 14℃。

4. 结论

通过以上研究,得到如下结论:

- 1) 在复合保温石膏板外墙内保温系统中,复合保温板材可以采用粘结石膏作为粘结剂与墙体结合安装。其中保温板材挤塑聚苯乙烯泡沫板(XPS)材料质密,抗拉抗压强度较高,拉拔强度优于模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS40);
- 2) 外界温度 85℃左右条件下,XPS 保温材料表现出比 EPS 保温材料更佳的隔热性能,隔热性能与保温材料的厚度直接相关;
- 3) 室内温度 50℃条件下,以 30 mm 厚 XPS 板作为保温材料的复合石膏保温板材的保温性能与 40 mm 厚 EPS 板相当;
- 4) 复合保温石膏板外墙内保温系统中,30 mm 厚 XPS 板较 EPS 板更适合作为保温材料。

参考文献

- [1] 潘鑫波. 建筑外墙保温技术及保温材料发展综述[J]. 江西建材, 2015(8): 15-18.
- [2] 李少香, 刘凯, 孙艳丽, 纪璨. 外墙保温系统的研究现状与发展趋势[J]. 建筑节能, 2015, 43(12): 36-40.
- [3] 贾慧, 张效民, 陈一全. 外墙保温技术发展规律研究及发展策略建议[J]. 建筑节能, 2019(12): 19-23.
- [4] 林青焰. 复合保温石膏板系统的节能优势[J]. 建设科技, 2008(1): 169.