

Comparison Analysis of Building Exterior Wall Thermal Insulation System and Several Commonly Used Thermal Insulation Materials

Wei Chen

China Railway Electrification Bureau Group Beijing Construction Engineering Co., Ltd., Beijing, 100039, China

Abstract

At present, the external insulation of the external wall insulation system is the mainstream practice, by looking back at the development history and technological change of China's external wall insulation, this paper analyzes the characteristics of the current mainstream external wall insulation system, and analyzes and compares the performance and cost of three kinds of insulation materials commonly used in the external wall insulation system in combination with a practical engineering case, suggestions on the innovation and promotion of exterior wall insulation materials in the future are put forward.

Keywords

internal insulation of external wall; composite sandwich wall insulation; external wall insulation; graphite polystyrene board (SEPS); hard foam polyurethane board (PIR); rock wool board

建筑外墙保温体系及几种常用保温材料对比浅析

陈炜

中铁电气化局集团北京建筑工程有限公司, 中国·北京 100039

摘要

目前, 外墙保温体系以外保温为主流做法, 论文通过回看中国外墙保温的发展历史和技术变革, 分析了当前主流的外墙保温体系的特点, 就外墙外保温体系中常用的三种保温材料结合某实际工程案例进行性能和造价分析对比, 并对未来外墙保温材料的创新推广提出建议。

关键词

外墙内保温; 复合夹芯墙保温; 外墙外保温; 石墨聚苯板 (SEPS); 硬泡聚氨酯板 (PIR); 岩棉板

1 引言

中国作出 2030 年碳达峰以及 2060 年碳中和的“双碳”承诺, 这是从过去宽泛提倡低碳经济之后的首次明确最终实现碳中和的具体实施时间表, 是未来国际竞争格局当中一项重要发展指标。根据《中国建筑能耗研究报告(2020)》可知, 2018 年全国建筑全过程碳排放量超过全国总量的五成以上, 合计总量为 49.3 亿吨 CO₂。建筑全过程包括从建筑材料的生产加工、运输储存、施工生产、运行调试以及使用的整个过程。因此, 对于建筑行业来说, 大力推行建筑领域的节能降耗, 持续提升建筑能效水平符合当下低碳建筑的潮流。

2 外墙保温发展

1980 年初期, 中国开始着手拟定建筑节能的相关政策, 开始重点在北方寒冷地区具体实施。1995 年附近, 国家相关部委以及地方政府相继颁布了一系列建筑节能相关的法律法规和技术规范, 中国建筑领域的节能工程全面推广实施。在建筑节能工程的理念和技术研究上, 中国一方面积极学习和引进其他国家先进技术的样板, 另一方面根据自身经济的发展需要, 针对全国不同地区的自然条件以及气候特点, 不断研究发展技术先进、经济实用的建筑节能工程。建筑外墙保温作为建筑节能当中重要的组成部分, 在墙体保温体系的技术理念、工艺工法以及材料使用方面都有持续性的研究和发展。

3 外墙保温的形式

3.1 外墙内保温体系

外墙内保温体系从 1980 年初就开始运用, 就是将保温

【作者简介】陈炜(1989-), 男, 中国安徽巢湖人, 本科, 工程师, 从事建筑施工研究。

材料粘贴在建筑物外墙的内侧。在当时相对落后的技术理念、材料特性以及设备设施的现实条件下,此保温体系有着施工难度小、粘接要求低、维修简便易行以及工程造价低等优点。但也存在着该体系会减少建筑内部使用面积,影响二次装修以及无法在墙上悬挂重物等功能性缺点,还有一个致命的缺点就是无法避免冷桥效应,冷桥部位的墙体内部表面非常容易潮湿、淌水,导致墙体的防水性和气密性变差,久而久之墙体保温和室内的装修涂料容易潮湿发霉开裂甚至剥落,严重影响居住体验。

3.2 复合夹芯墙保温体系

复合夹芯墙保温体系是将保温材料置于外墙结构墙和装饰性砌块保护层之间。由于该体系的施工工艺所限,一般需要分步砌筑,每步 600mm 高。即先砌筑一步结构墙,然后贴等高度的保温层,再砌等高度的保护层,最后放置防锈钢筋网片进行拉结固定,再依上述步骤往复进行。所以此体系施工工序较多,会施工速度较慢,人工成本也相应增加。而且此体系更多适用于多层砌体结构或中低层的框架结构,对于当下更为多见的高层建筑、剪力墙结构并不适用。另外,由于施工工艺复杂,同样容易出现冷桥效应,外砌保护层直接受热应力影响容易出现开裂、渗水等情况,一旦出现质量问题,维修难度极大。

3.3 外墙外保温体系

该体系是近十多年来逐渐应用推广,指的是将高效保温材料粘贴在外墙的外侧,相当于给整个建筑物穿上“防护棉衣”,不仅给建筑物保暖,也给建筑物提供一定的保护。建筑物的主体结构不用直接受到雨雪冰雹的长期侵袭和破坏,由于季节气候变化、早晚较大温差产生的结构墙体内部的热应力也会相应减弱,延长了建筑物结构的使用寿命。更重要的是可以基本消除“冷桥”的影响,减少了热量的损失。蓄热能力较大的结构墙体有利于保持室内温度的稳定,且保温层在室外也不占用室内使用面积,有利于室内的装饰装修,总体经济效益良好。

4 外墙保温常用材料

当前,建筑市场的主流的两类保温材料分别为有机保温材料和无机保温材料。其中,有机保温材料主要包括膨胀聚苯板(EPS)、石墨聚苯板(SEPS)、挤塑聚苯板(XPS)、硬泡聚氨酯板(PUR及PIR)和酚醛保温板等;无机保温材料主要包括岩棉板、真空绝热板、泡沫玻璃板、发泡水泥板、发泡陶瓷保温板膨胀玻化微珠、超细无机纤维、胶粉聚苯颗粒等。论文将对其中石墨聚苯板(SEPS)、硬泡聚氨酯板(PIR)、岩棉板这三种保温材料的保温性能、燃烧性能以及经济性进行对比分析。

4.1 石墨聚苯板(SEPS)

石墨聚苯板(SEPS)是在聚苯乙烯原料中导入石墨、发泡剂、抗氧化剂、抗老化剂等功能材料,通过石墨包裹在

泡壁内壁形成防火层的新型工艺改性合成,再经过模具制作成闭孔结构的改性聚苯乙烯板材。由于石墨具有特殊的超薄片层结构,使其能够均匀分布在聚苯板颗粒内部,利用石墨的热反射作用,能够大幅提高材料的绝热效果。优质石墨聚苯板(SEPS)通常要求其聚苯乙烯原料使用挤出法的生产工艺,天然鳞片石墨的含量在 4.5%~5%。石墨聚苯板(SEPS)具有以下特点:良好的防火性能,防火性能达到难燃 B1 级;导热系数 $\leq 0.032\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,保温隔热性能良好;净容重 $18\sim 25\text{kg}/\text{m}^3$,材质轻便易于施工;尺寸稳定性强、透气性好而且有更好的耐久性和耐候性^[1]。

4.2 硬泡聚氨酯板(PIR)

硬泡聚氨酯板是以热固性材料硬泡聚氨酯保温板作为芯材的裸板,再上下两个大面粘接功能性面层材料制成。市场上常用的面层材料为粘接界面层,属于不透光的硬质材料,能够防止聚氨酯芯材受紫外线长期辐射造成性能损失,起到一定的防护作用,同时可以加强保温板与建筑基层墙面的粘接强度,减少空鼓风险。芯材有两种,分别为聚异氰脲酸酯硬质泡沫塑料(PIR)和聚氨酯硬质泡沫塑料(PUR),其中 PIR 是由过量的黑料(多亚甲基多苯基多异氰酸酯)与白料(多元醇、阻燃剂、催化剂、发泡剂等助剂混合而成)结合反应,到后期转变为异氰酸酯自身的三聚反应,生成难燃的六元环,从而提高聚氨酯板材的燃烧性能^[2]。PUR 是适量的黑料与白料反应制成。相比之下,芯材为 PIR 的硬泡聚氨酯板防火性能更好,可达到 B1 级,氧指数达到 33%,导热系数 $\leq 0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$;尺寸稳定性、抗腐蚀、耐久性和耐候性都很好。

4.3 岩棉板

岩棉保温板是以玄武岩、白云石、矿渣为主要原料的保温隔热材料,是一种无机材料,具有 A 级不燃的优越耐火性能,能够承受 1000°C 以上的高温。在火灾中,岩棉能够有效阻止火势蔓延,并形成一道防火屏障,为逃生争取宝贵时间。岩棉板导热系数 $\leq 0.040\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,保温隔热性能较好;具有吸音降噪、不被虫蛀腐蚀等特性。但是岩棉材质本身吸水率较高,易收缩,存在容易产生裂缝、渗透漏水等质量问题。岩棉板有裸板以及复合岩棉板,岩棉裸板生产时会在岩棉中加入无机憎水粘结剂和防水剂,增强其抗拉抗拔性能以及防水性能。复合岩棉板是在岩棉裸板表面用强力环保胶粘贴纤维水泥板并压合而成,同时会内置保温栓钉和 U 型钢制卡扣来加强两种材质的整体性,最后在复合板四周侧面粘贴防水防火铝箔胶带^[3]。

4.4 优劣对比

作者根据 2016 年中国北京某住宅及商业楼综合体工程实际案例,在节能设计 75% 的标准下,外墙保温做法中的石墨聚苯板(SEPS)及硬泡聚氨酯板(PIR)均为 80mm 厚,岩棉板为 60mm 厚,相应的性能参数以及造价情况如表 1 所示。

表 1 性能参数以及造价情况

序号	性能名称	石墨聚苯板 (SEPS)	硬泡聚氨酯板 (PIR)	岩棉板
1	导热系数 $W/m^2 \cdot K$	0.032	0.024	0.040
2	容重 kg/m^3	18~25	≥ 45	≥ 140
3	压缩强度 (KPa)	≥ 100	≥ 150	≥ 40
4	抗拉强度 (KPa)	≥ 100	≥ 100	≥ 75
5	尺寸稳定性	$\leq 0.3\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.0\%$
6	施工难易程度	容易	容易	困难
7	吸水率 (V/V) %	≤ 4.0	≤ 3.0	≤ 4.0
8	燃烧性能	B1 级	B1 级	A 级
9	产品造价 (元 / m^3)	530	1000	850
10	设计平方米单价 (元 / m^2)	42.4	80	51

5 结论和建议

5.1 结论

通过对外墙外保温体系的研究和实例工程案例的考察,石墨聚苯板 (SEPS)、硬泡聚氨酯板 (PIR)、复合岩棉板这三种保温材料,在防火要求绝对高的情况下,作为不燃材料的岩棉板是非常适宜的选择,在防火要求比较高的情况下,综合对比石墨聚苯板 (SEPS) 的性价比更高。

5.2 建议

建议一方面加大保温新材料和新技术的研发和投入,另一方面在现有的保温材料种类基础上,充分发挥不同材料

的性能优势,大力开发推广复合板材,如岩棉+聚氨酯复合保温板等;再有就是创新施工工艺,提高建筑综合能效水平,如运用胶粉颗粒替代抹灰粘接层及涂料找平等。

参考文献

- [1] 郝雨杭,时元元,付素娟.石墨聚苯板在既有建筑外墙节能改造中的应用研究[J].建设科技,2018(6):18-21.
- [2] 丁百湛,杨勇.浅谈硬泡聚氨酯板的性能特点[J].砌块与墙板,2014(12):43-45.
- [3] 郑应平,杨帆.浅析几种保温材料在工程中的应用[J].新型建材,2014(5):63-64.