

“十二五”国家重点图书出版规划项目

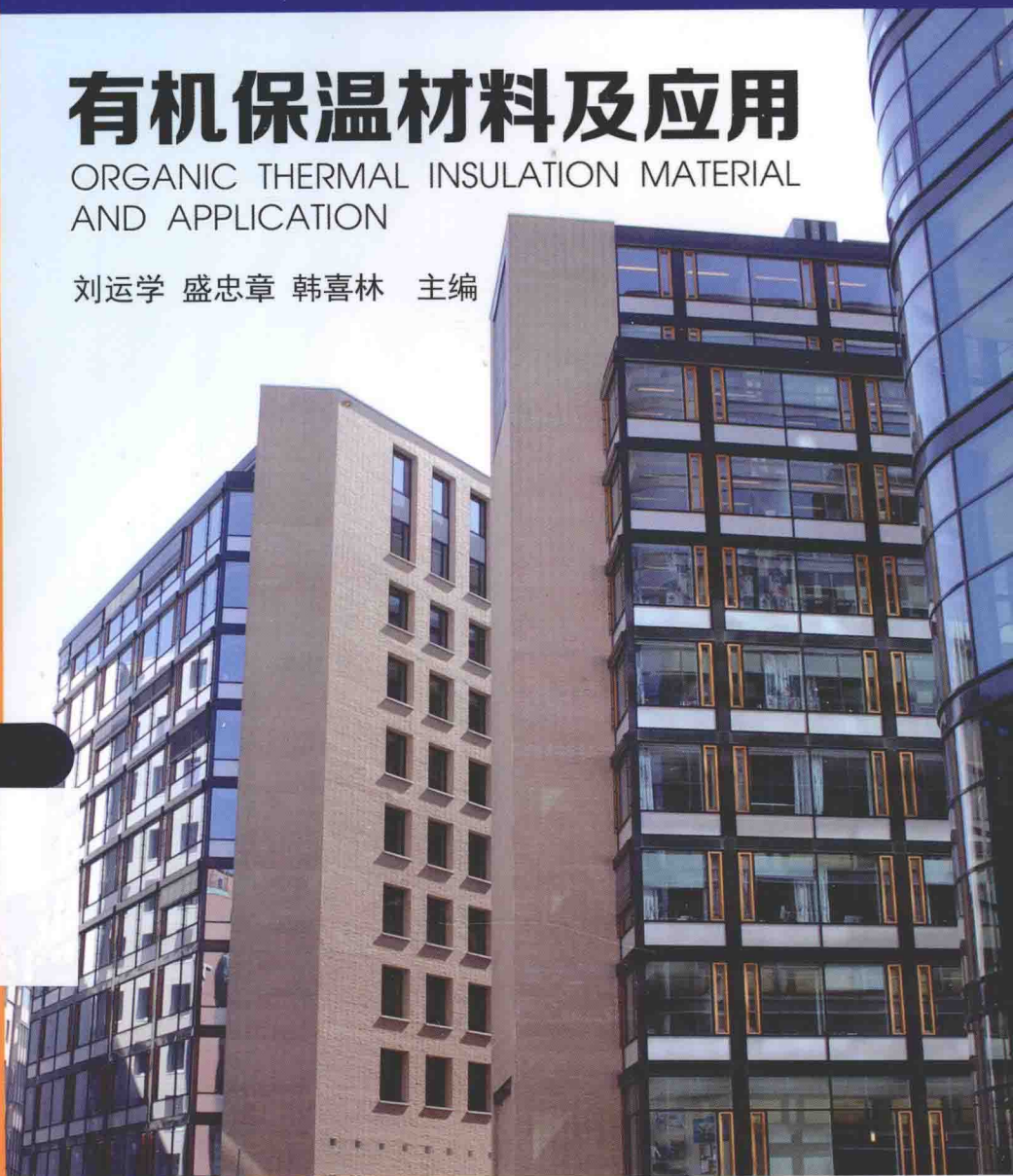
材料科学研究与工程技术/新型节能墙体材料系列

《新型节能墙体材料系列》总主编 张巨松

有机保温材料及应用

ORGANIC THERMAL INSULATION MATERIAL
AND APPLICATION

刘运学 盛忠章 韩喜林 主编



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”国家重点图书出版规划项目

材料科学研究与工程技术/新型节能墙体材料

《新型节能墙体材料系列》总主编 张巨松

有机保温材料及应用

ORGANIC THERMAL INSULATION MATERIAL
AND APPLICATION

刘运学 盛忠章 韩喜林 主编

哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”国家重点图书出版规划项目《新型节能墙体材料系列》丛书之一。本书共分8章,简介了有机保温材料的历史、现状、发展和有机保温材料的制备原理与生产工艺;重点介绍了有机保温材料外墙外保温系统和常用保温材料的性能测试及应用。本书内容密切结合实际,书后附有有机保温材料及应用技术规程一览表、外墙挤塑板保温施工方案实例,以方便读者查阅和参考。

本书内容实用性强,语言通俗易懂,可为从事建筑保温隔热材料选用、施工安装、工程监理、设计及销售的人员提供必备的常用资料。

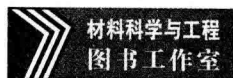
图书在版编目(CIP)数据

有机保温材料及应用/刘运学,盛忠章,韩喜林主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-5603-5023-3

I. ①有… II. ①刘…②盛…③韩… III. ①墙-建筑材料-有机材料-保温材料-高等学校-教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 275761 号



责任编辑 何波玲

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 660mm×980mm 1/16 印张 7.5 字数 111 千字

版 次 2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-5023-3

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

丛书序

人类文明是人从动物界分离后开始的,即人类从洞穴、树木上等进入人造窑洞、房屋等,人类文明的进程在一定程度上可以通过土木工程反映出来,从我国的秦砖汉瓦到 20 世纪末我国在土建工程中取消粘土制品,墙体材料已进入了崭新的时代。

传统墙体材料主要功能是维护与结构,所谓维护即遮风挡雨,实现一个小小的人造环境,所谓结构功能就是承受上部、自身的荷载及抵抗大自然的破坏力如地震、风雪等。随着 20 世纪末全球出现了能源、环境危机,在传统维护功能中又独立出来了一个重要功能即节能功能,有的墙体材料是一材多能即一种材料就能够很好地实现维护、结构、节能多种功能,但随着各功能要求越来越高,墙体材料的发展趋势是复合,即具有单一维护、结构、节能功能的材料通过某种方式复合成一种复合墙体材料而实现上述功能。这种复合有两种基本方式:在工厂内复合或在施工现场复合。

经过近些年快速发展,新型节能墙体材料已基本成型,为此本系列丛书试图系统总结新型节能墙体材料发展成果,为行业的后来者迅速成为成手铺路搭桥。

本系列丛书共 10 部:《烧结墙体材料》《工业灰渣及混凝土墙体材料》《纤维增强墙体材料》《蒸压墙体材料》《石膏墙体材料》《有机保温材料及应用》《无机保温材料》《相变节能材料》《真空绝热节能材料》《复合墙体材料》。

本系列丛书内容宽泛,加之作者水平有限,不当之处敬请读者指正!

张巨松

2015 年 3 月

前 言

有机保温材料具有质量轻、可加工性好、导热系数低、保温隔热效果好和应用方便等特点,广泛应用于建筑业、运输业、石油化工及家庭装饰等各行各业的保温、隔热和保冷。随着科技的进步,有机保温材料的应用越来越广泛,其在保温材料中的地位也越来越高。

本书为《新型节能墙体材料系列》丛书之一,在介绍有机保温材料的制备原理和有机保温材料外墙外保温系统的基础上,重点介绍模塑聚苯板、挤塑聚苯板、硬质聚氨酯泡沫塑料和酚醛树脂泡沫塑料等常用有机保温材料的特点、性能、测试方法和应用,为建筑节能设计、安装、使用人员提供了一本针对性、实用性强,便于查找的工具书。为方便使用,在本书的附录中还列出了与有机保温材料相关的标准名称、标准号以及外墙外保温施工案例。

本书在编写过程中参考了与之相关的书籍、科研论文、科普读物以及网上公开发表的文章和评论等,由于所参考的资料较庞杂,在整理和编写过程中,难免会有许多疏漏,恳请广大读者批评指正。

作 者

2015 年 3 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 有机保温材料的历史	1
1.2 有机保温材料的现状	3
1.3 有机保温材料的发展	4
1.4 各种有机保温材料的特点	6
1.4.1 模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)板	6
1.4.2 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)板	7
1.4.3 硬质聚氨酯泡沫塑料(PUR)板	7
1.4.4 聚乙烯泡沫塑料(PE)板	7
1.4.5 酚醛泡沫塑料(PF)板	8
1.4.6 尿素甲醛现浇泡沫塑料(UF)板	8
第2章 有机保温材料的制备原理及生产工艺	11
2.1 有机保温材料的制备及成型机理	11
2.1.1 气泡核的形成机理	11
2.1.2 气泡的膨胀机理	14
2.1.3 泡体固化定型机理	14
2.2 有机保温材料的生产工艺	15
2.2.1 PS泡沫塑料生产工艺	16
2.2.2 硬质聚氨酯泡沫塑料生产工艺	17
2.2.3 酚醛泡沫塑料生产工艺	21
2.2.4 脲醛泡沫塑料生产工艺	22
第3章 有机保温材料外墙外保温系统	24
3.1 简 介	24
3.2 材 料	24
3.2.1 黏结砂浆	24

3.2.2	抹面胶浆	25
3.2.3	耐碱玻璃纤维网格布	25
3.2.4	热镀锌钢丝网	25
3.2.5	锚栓	26
3.2.6	涂料	28
3.2.7	面砖、面砖黏结砂浆及面砖勾缝料	28
3.2.8	柔性饰面砖	29
3.3	构造	30
3.3.1	一般构造	30
3.3.2	细部构造	37
3.4	外墙外保温系统的性能	42
3.5	各种有机保温材料外墙外保温系统比较	42
第4章	模塑聚苯板	45
4.1	简介	45
4.2	性能及测试	46
4.2.1	性能	46
4.2.2	测试	47
4.3	应用	61
4.3.1	道路工程	61
4.3.2	水利工程	62
4.3.3	EPS板现浇混凝土外墙外保温系统	62
4.3.4	EPS钢丝架板现浇混凝土外墙外保温系统	63
4.3.5	机械固定EPS钢丝网架板外墙外保温系统	64
第5章	挤塑聚苯板	65
5.1	简介	65
5.2	性能及测试	66
5.2.1	性能	66
5.2.2	测试	68
5.3	应用	68
5.3.1	建筑保温领域	69
5.3.2	土工领域	73
5.3.3	冷链物流领域	73

第 6 章 硬质聚氨酯泡沫塑料	76
6.1 简 介	76
6.2 性能及测试	76
6.2.1 性 能	76
6.2.2 测 试	79
6.3 应 用	80
6.3.1 喷涂硬泡聚氨酯外墙外保温体系	80
6.3.2 夹芯板	84
第 7 章 酚醛泡沫塑料	88
7.1 简 介	88
7.2 性能及测试	89
7.2.1 性 能	89
7.2.2 测 试	90
7.3 应 用	91
第 8 章 脲醛泡沫塑料	93
8.1 简 介	93
8.2 性能及测试	93
8.2.1 性 能	93
8.2.2 测 试	95
8.3 应 用	95
附录 1 有机保温材料及应用技术规程一览表	96
附录 2 外墙挤塑板保温施工方案实例	98
参考文献	109

第 1 章 绪 论

1.1 有机保温材料的历史

有机保温材料是以高分子聚合物为主体原料,在催化剂、发泡剂等化学助剂作用下,通过化学反应或物理反应过程而制成的闭孔保温材料。通常将经化学反应过程制成不可逆的保温材料称为热固性保温材料,而通过物理反应过程制成可逆的保温材料称为热塑性保温材料。

我们常见模塑聚苯乙烯泡沫塑料板(EPS板,又简称模塑聚苯板)、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板(XPS板,又简称挤塑聚苯板)和聚乙烯泡沫塑料(PE)为热塑性保温材料;而硬质聚氨酯泡沫塑料(PUR)、酚醛泡沫塑料(PF)和尿素甲醛泡沫塑料(UF,又简称脲醛泡沫)则为热固性保温材料。

有机保温材料具有质量轻、可加工性好、导热系数低、保温隔热效果好和应用方便等特点,但也存在不耐老化、变形系数大、燃烧等级相对低等缺陷。有机保温材料已在各个领域中得到广泛应用,如:石油、化工、电力、食品制药行业,工业设备和管道的隔热保温等;铁路列车、汽车、船舶、飞机等交通运输行业和冷藏的隔热保温,以及吸音和减震材料;建筑行业的写字楼、宾馆、公寓等,民用建筑、公共建筑和工业建筑的屋顶、墙面、集中空调等的保温、门窗密封、吸音、隔音防震材料,以及道路应用;精密仪器包装材料、家庭装饰等轻工业应用以及体育用品、救生用品等。

聚苯板薄抹灰外墙外保温系统是一种常见的外墙保温系统,在法国、瑞典、美国、加拿大等国家已有 30 多年的应用历史。从 20 世纪 80 年代末引入我国,目前已在大中城市形成规模建筑,并取得非常好的社会 and 经济效益,获得了广泛的推广应用。XPS 板是 20 世纪 60 年代研制成功的一种新型绝热材料,是以聚苯乙烯(PS)树脂为原料的连续性闭孔发泡的硬质泡沫塑料板,具有高抗压、吸水率低、防潮、不透气、质轻、耐腐蚀、不降解、导热系数低等优异

性能。XPS 板与 EPS 板相比,其强度、保温、抗水汽渗透等性能有较大提高。我国 XPS 泡沫板生产起步较晚,经过 10 年的发展,我国 XPS 泡沫板行业已经实现了生产设备完全国产化。

聚氨酯(PU)自 20 世纪 30 年代由德国化学家 O. Bayer 发明以来,迅速用于制造泡沫塑料、纤维、弹性体、合成革、涂料、胶黏剂、铺装材料和医用材料等,广泛应用于交通、建筑、轻工、纺织、机电、航空、医疗卫生等领域。在建筑上经常使用的聚氨酯品种有数十种,主要类型有:聚氨酯硬泡、软泡、防水材料、铺装材料、聚氨酯黏合剂、聚氨酯涂料、聚氨酯密封胶等。1943 年,美国洛克希德航空公司(Lockheed Aircraft Co.)和古德伊尔航空公司(Goodyear Aircraft Co.)与杜邦(Dupont)公司、孟山都(Mosado)公司共同研制了硬质聚氨酯泡沫塑料,首先开始用作飞机夹芯结构材料。20 世纪 40 年代末,随着甲苯二异氰酸酯(TDI)的工业化生产,TDI 与聚酯多元醇成为硬质聚氨酯泡沫塑料的基本原料。最初以一步法生产硬质聚氨酯泡沫塑料,但这很难控制发泡过程中大量热量的释放,因此多以二步法(预聚体)成型,使硬质聚氨酯泡沫塑料在技术上取得突破性进展,并在 20 世纪 60 年代大规模应用。

历史上,酚醛泡沫的研制技术虽在聚氨酯硬泡之后,但早在 1940 年,德国首先将其应用在飞机上作为保温隔热层。在 1970 年前,几乎各国对酚醛泡沫研制和应用都没有太大进展,主要是经济原因和不能有效地利用酚醛泡沫的最大特点,即耐温性、难燃性、低发烟性和耐火火焰穿透性。1970 年后,北美、西欧一些国家对其进行深入研究,苏联、美国以及日本等国,将酚醛泡沫作为建筑隔热保温的主体材料。20 世纪 80 年代,英国、美国、苏联、日本和韩国等国,已经具有连续层压酚醛泡沫保温板材生产技术,其中苏联还开发了现场喷涂酚醛泡沫的施工技术。我国从 20 世纪 90 年代初开始研究酚醛泡沫技术,但早期生产的酚醛泡沫存在酸性大、脆性大、残存甲醛味大和闭孔率低等缺点,应用受到一定限制。经过多年努力,酚醛泡沫生产技术逐步提高,酚醛泡沫性能也逐渐得到改善。目前,我国酚醛泡沫板材的生产技术已达到工业化生产水平,无论是间歇式生产技术,还是连续式生产技术都比较成熟,各项技术性能指标达到或接近国际先进水平。特别是近年我国建筑业的节能率和建筑保温防火等级逐渐提高后,酚醛泡沫在建筑业应用得到高度重视,应用市场逐渐扩大,已广泛应用于各类公共建筑和住宅建筑的节能工程中。

1933年德国一家公司首次开发研究“脲醛泡沫塑料”,经过5年的研究于1938年研发成功,1940年后,由联邦德国的巴斯夫公司投产了“脲醛泡沫塑料”。1958年我国开始工业化试生产,初期产品吸水率高,脆性大,主要用于种植业,近年在建筑围护结构保温应用技术研发已有较大进展。

1.2 有机保温材料的现状

有机保温材料主要有两大应用领域,一是建筑维护结构的隔热保温领域,国外发达国家的建筑保温材料用量占保温材料总量的75%~80%,我国建筑保温材料的用量所占比例正逐年增长;二是工业冷热设备、窑炉、管道、交通工具隔热保温。

20世纪60年代,外墙外保温技术在欧洲发源,70年代石油危机以后得到重视和发展。外墙外保温技术在许多国家得到了长足的发展,尤以欧洲的体系比较领先。外墙外保温系统在欧洲的应用,最初是为了弥补墙体裂缝。通过实际应用后发现,当把泡沫塑料板粘贴到建筑墙面以后,不但有效地遮蔽墙体出现的裂缝等问题,又解决了保温问题,还减薄了对力学要求来说过于富足的墙体厚度,减少了土建成本。目前,在欧洲国家广泛应用的外墙外保温系统主要为外贴保温板薄抹灰方式,有阻燃型的膨胀聚苯板和不燃型的岩棉板两种保温材料,均以涂料为外饰层。20世纪70年代,美国根据本国的具体气候条件和建筑体系特点对外墙外保温技术进行了改进和发展。至90年代末,其平均年增长率达到了20%~25%。

欧美在近40余年的应用历史中,对外墙外保温系统进行了大量的基础研究,如薄抹灰外墙外保温系统的耐久性的问题;在寒冷地区中的露点问题;不同类型的系统在不同冲击荷载下的反应;试验室的测试结果与实际工程中性能的相关性等。经过多年的理论研究和工程实践,欧美国家的外墙外保温系统已形成健全的、系统的规范标准体系,如欧盟标准《带有饰面层的外墙外保温系统》(EOTAE-TAG 004)、《膨胀聚苯乙烯外墙外保温复合系统规范》(PrEN13499)、《用于外墙外保温的塑料锚栓技术规程》(EO-TAETAG)、奥地利标准《膨胀聚苯乙烯泡沫塑料与面层组成的外墙组合绝热系统》(B6110)、美国标准《外墙外保温及饰面系统的验收规范》(ICBOAC24)等。此外,还有

与上述标准配套使用的相关组成材料的性能标准和试验方法标准几十个。一批从事外保温技术的龙头企业,如美国专威特、德国巴斯夫、德国申得欧和美国泰富龙等,掌握最先进的外保温技术并在外保温市场中占据相当大的份额。

20 世纪 80 年代中期,国外的外保温企业到我国推广外墙外保温技术。我国冶金建筑研究总院、北京建筑设计研究院等单位在国内最早进行了外保温试点工程,取得了明显的节能效果。

20 世纪 90 年代初期,在建设部推动下,国内一些科研单位及企业开发了多种外保温技术,涌现了多种采用不同材料、不同做法的外墙外保温系统,在一些省市的多项工程中取得了成功应用,并且正在认真地解决裂缝、空鼓等质量问题。

21 世纪以来,在短短的 5~6 年内,国家和地方相继出台了大批外墙外保温技术标准,如《外墙外保温工程技术规程》(JGJ 144)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134)、《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26)、《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》(JGJ 129)、《采暖居住建筑节能检验标准》(JGJ 132)等国家标准,《外墙外保温专用砂浆技术要求》(上海地方标准)(DDB 31/T366)、《北京市外墙外保温施工技术规程》(DBJ/T 01)、《江苏省节能工程现场热工性能检测》(DGJ 32/J23)、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准杭州地区实施细则》(CJS03)、《福建省居住建筑节能工程施工技术规程》(DBJ 13)等地方性标准。这些标准或规程,规范了外墙外保温技术和市场,有利于我国外保温技术在短时间内实现跨越式发展。

目前,国内外墙外保温发展势头强劲,美国专威特、德国 Sto、意大利罗马等一批外保温企业的品牌公司已进入国内市场,促进了中国外墙外保温市场的日益繁荣。

1.3 有机保温材料的发展

目前,我国是世界上最大的建筑市场,保有建筑面积 400 亿 m^2 ,每年新增建筑量 20 亿 m^2 ,而在新建筑中 95% 以上是高能耗建筑。初期以 EPS 板为代表的有机保温材料因其质轻、致密性高、保温隔热性好等特点一直以来都是主

流的建筑保温材料,其中 EPS 板和 XPS 板在建筑保温材料市场的占有率更超过 80%。

随着国家对建筑外保温材料防火性能和节能率要求的提高,促进有机保温材料合成技术进步,不仅技术性能达到国家相关标准的要求,而且保温板材生产类型、施工方法都有创新,如先后开发出复合保温板、饰面复合保温板和防火保温装饰一体化板,引领有机建筑保温行业稳步向前发展。

据有关资料报导,欧美等发达国家建筑保温材料中约有 49% 采用 PUR 材料,但在我国目前还不到 10%。按照中国的建筑市场每年新增建筑面积 20 亿 m^2 ,按 65% 节能标准计算,年需 PUR 保温材料为 100 万 t/a 。对 400 亿 m^2 建筑能耗既有建筑每年也以 20 亿 m^2 节能改造计算,每年也需 100 万 t/a PUR 保温材料。由此可见我国的建筑节能将给我国 PUR 市场带来巨大市场空间。

为改善 PUR 的耐热性和阻燃性,在 PUR 分子链引进阻燃聚醚或阻燃元素,即采用结构反应型进行改性,解决添加阻燃剂不达标的不足,也可采用异氰酸酯 MDI 的三聚体改性制备性能优异的聚异氰脲酸酯泡沫塑料(PIR)。PIR 同 PUR 相比,PIR 的耐热性更高,可以在 140 $^{\circ}\text{C}$ 环境中长期使用,阻燃等级可以达到 B1 级,耐低温性能更优。所以聚异氰脲酸酯泡沫塑料 PIR 是一种理想的有机绝热材料,具有导热系数小、耐候性强,既可预制成型,也可现场浇注成型。PIR 广泛应用于炼油厂、化工厂等管道的深冷绝热工程和建筑业绝热保温以及集中供热供水管道的保温工程等。

建筑外保温材料的应用在建筑节能中发挥重要作用。其中,硬泡聚氨酯、聚苯乙烯泡沫、酚醛树脂泡沫等有机保温材料在建筑外保温领域更具有独特的优势:第一,有机保温材料的导热系数低,保温效果好;第二,有机保温材料企业众多,产量大,能满足我国建筑市场的需要;第三,有机保温材料具有安装简单、机械性能好等优点。

根据建设部建筑节能的总体目标:到 2010 年全国城镇新建建筑实现节能 50%,对既有建筑进行的节能改造大城市完成 25%,中等城市完成 15%,小城市完成 10%。现在新建筑要求节能率 65%,其中上海、北京和天津已要求节能率达到 75%。建筑节能已成为影响我国能源可持续发展战略决策的关键因素,也是我国持久的不可动摇的国策。目前,国家和地方相关法规并未明确禁止 EPS、XPS、PUR 等有机材料的使用。《建筑材料燃烧性能分级方法等

级标准》(GB 8624—2012),虽然提高了外墙保温材料的阻燃性指标,仅指出有机保温材料使用时存在安全隐患,需要防护措施。2009年的央视大楼大火,促使《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》发布执行。该规定提高了建筑保温材料的防火性能要求,对非幕墙类中的居住建筑:高度大于等于100 m的,其保温材料的燃烧性能应为A级;高度大于等于60 m小于100 m的,保温材料燃烧性能不应低于B2级,如果使用B2级材料,每层必须设置水平防火隔离带。对非幕墙类中的其他民用建筑,高度大于等于50 m的,其保温材料的燃烧性能应为A级;高度大于等于24 m小于50 m的,保温材料燃烧性能应为A级或B1级,如果使用B1级材料,每2层应设置水平防火隔离带。

在技术层面,我国对室内装修和建筑防火已经有明确的标准规范要求。必须保证材料满足相关标准规范要求,在此基础上加强施工阶段和日常使用过程中的消防安全管理,加强安全施工技能培训,杜绝违章违法行为。针对相关管理规范和制度,要严格落实执行。

1.4 各种有机保温材料的特点

1.4.1 模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)板

模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)板具有以下特点:

①自身质量轻,且具有一定的抗压、抗拉强度,靠自身强度能支承抹面保护层,不需要拉接件,可避免形成热桥。

②EPS板密度为 $30 \sim 50 \text{ kg/m}^3$,导热系数值最小;在平均温度为 10°C ,密度为 20 kg/m^3 时,导热系数为 $0.033 \sim 0.036 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$;密度小于 15 kg/m^3 时,导热系数随密度的减小而急剧增大;密度为 $15 \sim 22 \text{ kg/m}^3$ 的EPS板适合做外保温。

③用于外墙和屋面保温时,一般不会产生明显的受潮问题。但当EPS板一侧长期处于高温高湿环境,另一侧处于低温环境并且被透水蒸气性不好的材料封闭时;或当屋面防水层失效后,EPS板可能严重受潮,从而导致其保温性能严重降低。

④用于冷库、空调等低温管道保温时,必须在 EPS 板外表面设置隔气层。

1.4.2 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)板

挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)板具有以下特点:

①XPS 板具有特有的微细闭孔蜂窝状结构,与 EPS 板相比,具有密度大、压缩性能高、导热系数小、吸水率低、水蒸气渗透系数小等特点。在长期高湿度或浸水环境下,XPS 板仍能保持其优良的保温性能,在各种常用保温材料中,是目前唯一能在 70% 相对湿度下两年后热阻保留率仍在 80% 以上的保温材料。

②由于 XPS 板长期吸水率低,特别适用于倒置式屋面和空调风管。

③具有很好的耐冻融性能及较好的抗压缩蠕变性能。

1.4.3 硬质聚氨酯泡沫塑料(PUR)板

硬质聚氨酯泡沫塑料(PUR)板具有以下特点:

①使用温度高,一般可达 100 ℃,添加耐温辅料后,使用温度可达 120 ℃。

②硬质聚氨酯泡沫塑料中发泡剂会因扩散作用不断与环境中的空气进行置换,致使导热系数随时间而逐渐增大。为了克服这一缺点,可采用压型钢板等不透气材料做面层将其密封,以限制或减缓这种置换作用。

③现场喷涂聚氨酯泡沫塑料使用温度高,压缩性能高,施工简便,较 EPS 板更适于屋面保温。

④用于管道(尤其是地下直埋管道)和屋面保温时,应采取可靠的防水、防潮措施。同时应考虑导热系数会随时间而增大,尽量采用密封材料作保护层。

⑤由于使用温度较高,多用于供暖管道保温。

⑥发烟温度低,遇火时产生大量浓烟与有毒气体,不宜用作内保温材料。

⑦虽然吸水率较低,但作为保温材料,不能兼做防水材料。

1.4.4 聚乙烯泡沫塑料(PE)板

聚乙烯泡沫塑料(PE)板具有以下特点:

①几乎不吸水(吸水率小于 0.002 g/cm^3)和几乎不透水蒸气,长期在潮

湿环境下使用不会受潮,因而导热系数能够保持不变(EPS、PUR、PF等无法与之相比),并且为软质泡沫塑料,具有很好的柔韧性。

- ②保温性能好,导热系数介于聚苯乙烯与聚氨酯之间。
- ③耐老化性能优,耐热老化性能优于聚苯乙烯,耐候性优于聚氨酯。
- ④压缩性能较差,受压状态下使用时存在压缩蠕变。
- ⑤适用于低温管道和空调风管。

1.4.5 酚醛泡沫塑料(PF)板

酚醛泡沫塑料(PF)板具有以下特点:

①各项性能和价格与聚氨酯相当,只是压缩性能较低;但是由于它的耐温性和防火性能远远优于硬泡聚氨酯,所以特别适用于高温管道和对防火要求严格的场合。

②耐热性、阻燃性远远优于聚氨酯及其他泡沫塑料,长期使用温度可高达200℃,允许间歇温度高达250℃。

③PF氧指数高达50%,烟密度等级(SDR)为4,在空气中不燃,不熔融滴落。按GB 9978—90进行耐火试验时,试件无明显变形,无窜火现象。

1.4.6 尿素甲醛现浇泡沫塑料(UF)板

尿素甲醛现浇泡沫塑料(UF)板具有以下特点:

①耐老化、耐霉菌,干燥后对金属不腐蚀。

②适用于夹心墙体和空心砌块填充保温。

③硬化过程中有水分释放,故其外围材料应有良好的透水蒸气性,以使硬化泡沫充分干燥。如果应用空间长期处于潮湿状态,或者材料不是用于保温而是保冷,则应对潮湿问题特别加以考虑。

④在干燥过程中收缩较大(干燥收缩率不大于4%),材料中有可能产生裂缝,而且在材料与空间的接触面处容易产生松脱现象。

常用有机保温材料的性能比较见表1.1。按现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》(GB 8624—2012)标准规定,建筑材料及制品的燃烧性能等级见表1.2。几种常用有机泡沫防火安全性比较见表1.3。

表 1.1 常用有机保温材料的性能比较

保温材料	燃烧等级(最高氧指数/%)	导热系数 /[W·(m·K) ⁻¹]	表观密度 /(kg·m ⁻³)	耐化学溶剂	最高使用温度/℃	遇火特征
PF 板	>B1(50)	≤0.030	45~65	好	150	碳化、极低烟、不变形
PUR (PIR)板	≤B1(30)	≤0.025	40~55	好	100	碳化、毒烟、不变形
XPS 板	≤B1(30)	≤0.030	32~35	极差	70	熔滴、完全变成空腔
EPS 板(石墨 EPS 板)	≤B1(30)	≤0.041(0.032)	18~22	极差	70	熔滴、完全变成空腔

表 1.2 建筑材料及制品的燃烧性能等级

燃烧性能等级		名 称
A	A1	不燃材料(制品)
	A2	
B1	B	难燃材料(制品)
	C	
B2	D	可燃材料(制品)
	E	
B3	F	易燃材料(制品)