

聚氨酯硬泡 防水保温材料

沈春林 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

聚氨酯硬泡防水保温材料

主编 沈春林

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

内 容 简 介

聚氨酯硬泡防水保温材料是以异氰酸酯、有机多元醇化合物为主要原料加入添加剂而组成的一类具有防水和保温一体化功能的硬质泡沫塑料。应用于建筑物防水保温体系的聚氨酯硬泡按其材料的成型工艺不同,可分为喷涂聚氨酯硬泡、浇注聚氨酯硬泡以及聚氨酯硬泡板材等。本书对其原理、组成材料、配方设计、生产工艺线路、产品应用范围以及其在建筑防水保温工程中所采用的喷涂法、浇注法、干挂法、粘贴法施工工艺作了较为系统、详尽的介绍。本书对从事建筑防水保温材料科研、生产以及建筑防水保温工程的设计和施工人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

聚氨酯硬泡防水保温材料/沈春林编. —北京:中国标准出版社,2014.5
ISBN 978-7-5066-7348-8

I. ①聚… II. ①沈… III. ①聚氨酯-泡沫塑料-建筑材料-防水材料
②聚氨酯-泡沫塑料-建筑材料-保温材料 IV. ①TU57

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 223371 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 16 字数 387 千字
2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月第一次印刷

*

定价 40.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



《聚氨酯硬泡防水保温材料》

编写人员

主 编 沈春林

副 主 编 康杰分 李 芳 苏立荣 褚建军

许锦峰 姚 勇 庄 敬

编写人员 杨炳元 杨乃浩 王玉峰 沈 钢 程文涛

王昌海 徐铭强 陈哲敏 顾何华 郑家玉

吴庆彪 金剑平 金 人 蒋耀坤 赖礼榕

江吉成 王文星

前 言



聚氨酯硬质泡沫塑料防水保温材料简称聚氨酯硬泡防水保温材料,聚氨酯硬泡是由 A、B 二组分按其质量比充分混合后,经过复杂的化学反应、膨胀发泡、固化成型的。其既可以利用聚氨酯硬泡液料采用机械喷涂或浇注的发泡成型工艺施工,又可以先用层压模具按所需板材规格浇注液态基础发泡料,制成裸板、燕尾槽板或带有各种饰面的聚氨酯硬泡保温装饰复合板材,然后按板材的规格和特征选用粘贴、干挂等各种板材铺设的工艺进行施工。聚氨酯硬泡材料在建筑外保温系统(包括外墙外保温和屋面保温二大系统)中作为一类具有防水和保温一体化的功能材料,是建筑工程领域中的一项新技术,已得到了广泛的应用。

由于聚氨酯硬泡体防水保温一体化材料自身所具有的特殊性,其生产、施工等方面有待于广大工程技术人员去了解、认识和实践。为此,笔者根据学习和研究聚氨酯硬泡防水保温材料的新技术及在编制 JC/T 998—2006《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》标准中的体会,在参考了大量国内外文献的基础上编写了《聚氨酯硬泡防水保温材料》一书。本书对聚氨酯硬泡防水保温一体化材料的原理、组成材料、生产配方、工艺线路、施工技术均作了较为系统、详尽的介绍,对从事建筑防水保温材料的科研、生产及施工人员具有一定的参考价值,可从中获得更加丰富、新颖、权威、系统的知识。

在本书的编写过程中,参考了众多专家、学者的著述、论文以及相关的工具书和标准资料,并得到了许多单位和同仁的支持和帮助。在此谨致以诚挚的感谢,并衷心希望能继续得到各位同仁的帮助和指正。由于所掌握的资料和信息不够全面,加之编者水平有限,书中难免存在着一些不足之处,敬请读者批评指正,以便再版时更正。

编 者
2014 年 2 月

目 录



第 1 章 绪论	1
1.1 建筑防水和保温材料	1
1.2 聚氨酯硬泡防水保温材料	3
1.2.1 聚氨酯硬泡防水保温材料的类型	3
1.2.2 聚氨酯硬泡防水保温材料的防水保温机理和技术要求	4
第 2 章 聚氨酯硬泡常用的原料	17
2.1 聚氨酯硬泡的基本组成	17
2.2 聚氨酯硬泡的基本原料	17
2.2.1 异氰酸酯	17
2.2.2 有机多元醇化合物	20
2.3 添加剂	24
2.3.1 催化剂	24
2.3.2 发泡剂	25
2.3.3 泡沫稳定剂	26
2.3.4 阻燃剂	27
2.3.5 开孔剂	28
2.3.6 扩链剂和交联剂	28
2.3.7 填料	29
第 3 章 聚氨酯硬泡防水保温材料的生产	30
3.1 聚氨酯硬泡的合成及基本生产方法	31
3.1.1 聚氨酯硬泡甲、乙组分的制备	31
3.1.2 聚氨酯硬泡的合成工艺	32
3.1.3 浇注成型工艺	34
3.1.4 喷涂成型工艺	35
3.1.5 聚氨酯硬泡板材的生产成型工艺	36
3.2 阻燃型聚氨酯硬质泡沫塑料	37
3.2.1 聚氨酯硬泡采用的阻燃技术	38
3.2.2 聚氨酯硬泡的耐阻燃途径	38
3.2.3 降低聚氨酯硬泡烟密度的方法	40

3.3 聚异氰脲酸酯泡沫塑料	41
3.3.1 聚异氰脲酸酯泡沫塑料的反应机理	41
3.3.2 聚异氰脲酸酯泡沫塑料的制备	42
第4章 聚氨酯硬泡的喷涂设备及使用	43
4.1 聚氨酯喷涂设备	43
4.1.1 物料贮存、配制及恒温系统	43
4.1.2 计量系统	44
4.1.3 混合系统	44
4.1.4 控制系统	45
4.2 常见的喷涂设备及类型	45
4.2.1 美国固瑞克公司的喷涂设备	46
4.2.2 GAMA(卡马)机械公司的喷涂设备	50
4.3 喷涂设备的使用方法	50
4.3.1 部件与性能	50
4.3.2 电器控制系统	52
4.3.3 准备工作	54
4.3.4 起动	58
4.3.5 喷涂	59
4.3.6 停止工作	59
4.3.7 泄压步骤	59
4.3.8 流体循环	60
4.3.9 慢送模式	60
4.3.10 诊断代码	60
4.3.11 维护及冲洗	61
第5章 喷涂聚氨酯硬泡建筑防水保温系统的设计与施工	62
5.1 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的设计与施工	63
5.1.1 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的类型	63
5.1.2 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的材料性能要求	67
5.1.3 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温工程的设计	89
5.1.4 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温工程的施工	110
5.2 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温系统的设计与施工	125
5.2.1 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温系统的类型	125
5.2.2 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温系统的材料性能要求	126
5.2.3 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温工程的设计	138
5.2.4 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温工程的施工	156
5.3 聚氨酯硬泡体防水保温系统防火隔离带构造的施工	166
5.3.1 防火隔离带的技术性能要求	166
5.3.2 防火隔离带构造的设计要点	168
5.3.3 防火隔离带构造的施工	171



5.4 聚氨酯硬泡体防水保温系统施工中的防火要求	172
第6章 浇注聚氨酯硬泡建筑防水保温系统的设计与施工	175
6.1 可拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统	175
6.1.1 可拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的材料性能要求	176
6.1.2 可拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的设计	181
6.1.3 可拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的施工	183
6.2 免拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统	192
6.2.1 免拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的材料性能要求	193
6.2.2 免拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的设计	194
6.2.3 免拆模板浇注聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的施工	194
6.3 瓦材屋面浇注聚氨酯硬泡防水保温系统的施工	196
6.3.1 瓦材屋面浇注聚氨酯硬泡的基本构造	196
6.3.2 瓦材屋面浇注聚氨酯硬泡的施工	196
第7章 聚氨酯硬泡板材建筑防水保温系统的设计与施工	198
7.1 粘贴法聚氨酯硬泡板材外墙防水保温系统	200
7.1.1 外龙骨定位发泡粘结聚氨酯硬泡复合板外墙外保温系统	201
7.1.2 无机浆料粘贴聚氨酯硬泡板材系统	208
7.2 干挂法聚氨酯硬泡板材外墙防水保温系统	218
7.2.1 无龙骨干挂外墙保温系统	219
7.2.2 有龙骨干挂外墙保温系统	220
7.3 聚氨酯硬泡板材屋面防水保温系统	232
7.3.1 聚氨酯硬泡板材屋面系统	232
7.3.2 彩钢夹芯聚氨酯硬泡保温板屋面保温系统	237
参考文献	239

第1章 绪 论

在分子结构主链上含有许多氨基甲酸酯基团(—NHCOO—)的聚合物,国际上将其称之为 Polyurethane,在我国的一些资料上将其译为聚氨基甲酸酯。

聚氨基甲酸酯简称为聚氨酯,是由二元或多元异氰酸酯基(即 —NCO 基)化合物与二元或多元活泼氢的化合物(如含羟基、氨基、酯类等化合物)发生作用而形成的一类高分子化合物的总称。该类高分子化合物的分子结构组成中因含有相当数量的氨酯键,故名聚氨酯。

聚氨酯合成材料是一种新颖、具有独特性能和多方面用途的高分子合成材料。随着聚氨酯基础的研究和应用技术开发的进步,其工业已具有相当规模,成为世界六大具有发展前途的合成材料之一。

聚氨酯材料的迅速发展,得益于自身的特点。聚氨酯材料与聚乙烯、聚氯乙烯等高分子聚合物不同,它不需要先将单体聚合成粒后,方可加工制成品,而是直接将单体原料一次加工成高聚物制品,这就省去了好多中间环节,如聚合、分离、精制、挤出成粒等工序。聚氨酯合成时,可以通过改变原料的化学结构、规格指标、原料品种等手段来调节其配方的组合,制成各种性能和用途的制品,如导电、导磁、耐油、耐磨、耐臭氧、耐高低温、难燃、防水保温、高回弹、低回弹、高密度、低密度等各式各样的制品。

聚氨酯材料的产品形式主要有聚氨酯泡沫塑料、聚氨酯合成革、聚氨酯弹性体、聚氨酯弹性纤维、聚氨酯涂料、聚氨酯胶黏剂等。对于聚氨酯建筑防水材料、聚氨酯铺地材料等众多的制品类型则都是以上产品形式派生出来的具体应用,在这些应用中都有其各自独特的特点,在国民经济和人类生活各个领域中都有一定的影响。

聚氨酯泡沫塑料是聚氨酯合成材料中最主要的品种,其主要特征是多孔性、密度低、比强度高,根据所用原料品种的不同以及配方用量的变化,可以制成不同密度、不同性能的软质、半硬质以及硬质聚氨酯泡沫塑料,用于各种不同的用途。软质泡沫塑料主要做垫材,代替泡沫乳胶,广泛应用于汽车、火车、飞机坐垫、沙发、床垫、地毯衬里、衣服衬里、包装填材。半硬质泡沫塑料由于具有吸收冲击能、缓冲的特性,已应用于各种车辆的防震缓冲材料。硬质泡沫塑料因其质轻、比强度高、绝热性和隔音性优良而大量用作夹心支撑材料、绝热保温材料,特别是其阻燃性的解决及现场发泡新工艺研制成功之后,硬质泡沫在建筑工程中得到更为广泛的应用,如墙板、天花板、门窗以及屋面防水隔热保温等。聚氨酯泡沫塑料的应用范围日益扩大,产量不断增长,尤其近几年来各种新品种和特种泡沫塑料的相继出现,成型工艺日趋完善,其品种不断增多。

1.1 建筑防水和保温材料

建筑物的防水要求和热工要求就建筑质量而言,是十分重要的,且防水和保温两者相互关联,其施工也往往交叉进行。

建筑防水材料是指应用于建筑物和构筑物中起着防潮、防漏、保护及构件不受水浸蚀破

坏作用的一类建筑功能材料。

用于控制室内热量外流的材料称之为保温材料,用于防止室外热量进入室内的材料称之为隔热材料,或者将这两种材料笼统地称之为保温隔热材料。由于保温材料和隔热材料在本质上对热流均具有显著的抗阻性,故亦可将这二种材料统称为绝热材料。保温隔热材料的品种繁多,按其材质的不同,可分为无机保温材料、有机保温材料和金属保温材料;按其形态的不同,可分为纤维状、多孔状(微孔状、气泡状)、层次等多种。各种保温材料的类型参见表 1-1。

表 1-1 建筑保温材料的类型

形 态	材 质		材 料
纤维状	无机	天然	石棉纤维
		人造	矿物纤维(矿渣棉、岩棉、玻璃棉、硅酸铝棉等)
	有机	天然	软质纤维板(木纤维板、草纤维板等)
微孔状	无机	天然	硅藻土
		人造	硅酸钙
气泡状	有机	天然	软木
		人造	聚苯乙烯树脂泡沫、聚氨酯树脂泡沫(冷凝脂泡沫)、酚醛树脂泡沫、氮尿素泡沫、橡胶(塑)泡沫、聚氯乙烯树脂泡沫、聚乙烯树脂泡沫、脲醛树脂泡沫
	无机	人造	膨胀珍珠岩、膨胀蛭石、加气混凝土、泡沫玻璃、泡沫硅玻璃、火山灰微珠、泡沫黏土、泡沫混凝土等
板(块)状	复合	人造	钢丝网架夹芯板、金属面夹芯板、纤维增强水泥板、钙塑绝热板、颗粒胶结板、岩棉板等
膏(浆)状	复合	人造	胶粉聚苯颗粒复合材料、硅酸盐复合保温材料、现浇聚苯复合料等
层状	无机、复合	人造	金属(铝)箔、金属镀膜、绝热纸、反射膜等
砖、砌块	无机	人造	多孔砖、空心砖、轻体混凝土砌块等
片状	无机	人造	中空玻璃、热反射膜玻璃、低辐射与吸热玻璃等
型材	有机	人造	门窗塑料型材、管材
松散状	无机	人造	干铺膨胀珍珠岩、干铺膨胀蛭石等

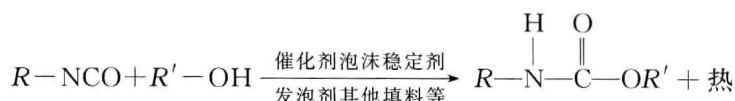
在建筑保温材料施工中,有些保温材料是可以直接应用的,有些保温材料是相互间复合使用的,有时为了使用方便或达到某些功能要求,保温材料还可与其他非节能的功能材料进行复合使用。还有一些保温材料则具有多种功能,如聚氨酯硬质泡沫塑料防水保温材料则具有防水和保温等多种功能。保温材料在节能建筑应用中,一般都采用复合结构,因为仅采用保温材料来建造建筑的外围护结构,是难以同时满足其承重、保温、防水、隔汽、抗老化、装饰等要求的,通过采用复合结构,可把力学性能好的材料用于结构受力,把绝热性能好的材料用于保温隔热,防水、隔汽、抗老化、装饰等功能要求则可根据具体工程、具体使用部位、所



处环境等使用条件的要求进行合理设置。

1.2 聚氨酯硬泡防水保温材料

聚氨酯硬质泡沫塑料防水保温材料简称聚氨酯硬泡防水保温材料。是一类合成高分子材料,主要是由多异氰酸酯(NCO 基团)与多羟基化合物(OH 基团)化学反应而成,为聚氨酯合成材料中最主要的品种之一,是聚氨酯工业的一个重要分支。一般聚氨酯泡沫塑料合成的总反应可以用以下通式来表示:



聚氨酯硬泡材料是由异氰酸酯组分料和树脂组分料在一定条件下混合反应而形成的,其内部含有无数微小泡孔,在一定负荷作用下不发生明显形变,而当负荷过大发生形变后,则不能恢复到初始状态,具有防水和保温隔热一体化功能的一类具有闭孔结构和低密度微孔的弹性体材料。

聚氨酯硬泡防水保温材料的异氰酸酯组分(简称甲组分或 A 组分)俗称黑料,其异氰酸酯可以是芳香族的,也可以是脂肪族的。聚氨酯硬泡防水保温材料的树脂组分(简称乙组分或 B 组分)俗称白料,是由聚醚多元醇、聚酯多元醇及其他含羟基化合物(以聚醚多元醇用量最大,多元醇的结构对生成的聚氨酯硬泡的性能影响很大)和催化剂、发泡剂等添加剂组成的组合料。

1.2.1 聚氨酯硬泡防水保温材料的类型

应用于建筑保温节能和建筑防水的聚氨酯泡沫塑料主要是聚氨酯硬质泡沫塑料。随着聚氨酯工业的发展,聚氨酯硬质泡沫塑料根据不同的用途要求,已逐渐形成两大分支,一是传统的绝热保温材料,主要应用于建筑业和制冷设备(如冰柜、管道、大型贮罐等);二是结构泡沫,其在家具行业、装饰行业、家用电器等领域中已获得了较快的发展。

应用于建筑物墙体防水保温和建筑物屋面防水保温的聚氨酯硬质泡沫塑料,按其所采用的多元醇品种的不同,可分为聚酯型聚氨酯硬质泡沫塑料和聚醚型聚氨酯硬质泡沫塑料等;按其聚氨酯材料发泡方法的不同,又可以分为喷涂型聚氨酯硬质泡沫塑料、浇注型聚氨酯硬质泡沫塑料以及模塑型聚氨酯硬质泡沫塑料等类型。

(1) 喷涂聚氨酯硬质泡沫塑料

喷涂聚氨酯硬质泡沫塑料,可采用喷涂法工艺(采用专用的喷涂设备、使 A 组分料和 B 组分料按一定的比例从喷枪口喷出后瞬间均匀混合并随之迅速发泡)在建筑物基层上形成无缝的一类聚氨酯硬泡体保温层。喷涂聚氨酯用于外墙体保温,可直接喷涂于墙体基层上进行发泡,其可与墙体牢固地黏合并形成保温层无缝的连续壳体,适用于任何形状的结构且改造方便。喷涂聚氨酯应用于屋面防水保温层,结构简单,一般可直接在屋面基层上喷涂一层厚度达到设计要求的泡沫,然后再加置一层保护层即可。喷涂聚氨酯硬质泡沫塑料的施工大都是在室外进行的,环境条件差异大,其生产工艺与产品性能随着环境条件的变化而变化,施工往往难以控制。这就要求在施工过程中必须根据现场情况注意以下几个方面:其一,基层应保持干燥,含水量应小于 8%,表面不应有浮灰和油污;其二,施工现场温度不宜低于 15℃,空气相对湿度宜小于 85%,风力不宜大于 3 级,高空及有风天气施工时,应做好

喷涂泡沫的飞溅漂浮等环保问题;其三,施工作业面应分层喷涂施工,第一层喷涂厚度不宜超过 10 mm,其后每层喷涂厚度则应控制在 20 mm 以内,施工时应在前次喷涂的涂层表面不黏手后方可进行下一层次涂层的喷涂,喷涂的涂层厚度应均匀,并掌握好平整度及解决与表层的黏结问题。喷涂不当则易产生饰面层起鼓脱落开裂。

(2) 浇注聚氨酯硬质泡沫塑料

浇注聚氨酯硬质泡沫塑料保温体系是指采用浇注法工艺(采用专门的浇注设备,将 A 组分料和 B 组分料按一定的配合比,从浇注枪口喷出后所形成的混合料注入已安装于基层的、封闭的模板空腔中,让混合料以一定的速度发泡)在模板空腔中形成饱满连接的一类聚氨酯硬泡体保温层。采用此工艺,在发泡的过程中无飞溅、可达到零损耗和零污染,保温层的厚度和平整度可通过模板得到有效的控制。但由于发泡聚氨酯发泡倍率大,速度快,所形成的外胀力也较大,故如何解决外胀力对模板的结构影响、提高施工效率是此工艺施工的技术难题。施工现场浇注聚氨酯硬质泡沫体的技术问题主要有以下几个方面:其一,正确地选择合适的施工工艺,墙体保温层由于是在主面上进行施工,浇注聚氨酯硬泡体时可采取可拆模板或免拆模板二种不同的施工工艺。可拆模板是在浇注聚氨酯泡沫体后模板可拆除,即模板可作为可重复使用的机具,免拆模板是在浇注聚氨酯泡沫体后不再拆除,即模板已成为聚氨酯保护层或饰面层。此二种不同的施工方式不仅可以完成高平整度的保温层,而且可以在薄模板(厚度 ≤ 4 mm)内正常施工,因此,可以将保温防水装饰一体化的装饰板作为免拆模板,并将此浇注聚氨酯外保温技术应用于高档次的外墙和屋面的饰面工程,将可拆模板技术发展成为涂料饰面,面砖饰面或屋面保温和防水工程。其二,可拆模板浇注聚氨酯技术要解决模板安装定位可靠、简便快捷、拆除简便,不破坏保温层、模板防黏结,浇注时不使模板膨胀变形等技术难题。其三,从聚氨酯的技术配方、浇注工艺参数和环境温湿度的相互影响关系等因素上考虑,做好浇注设备的选择以提高浇注施工质量。

(3) 块状聚氨酯硬质泡沫塑料

聚氨酯硬质泡沫板材其品种有聚氨酯硬泡保温板、保温装饰复合板等多种,其可采用黏结法工艺(采用专用的黏结材料将其粘贴于基层表面)或采用干挂法工艺(采用专门的挂件将其固定于基层表面)而形成建筑物的保温层或保温装饰复合层。此类保温连接系统既可以用于新建筑中,也可以用于旧建筑之中。有专家建议用 100 mm 厚的聚氨酯硬质泡沫塑料板,其传热系数为 $0.30 \text{ W}/(\text{cm}^3 \cdot \text{K})$ 。聚氨酯保温连接系统的特点是结构连接方便,所采用的保温层比较薄,并可使墙面平整美观。

1.2.2 聚氨酯硬泡防水保温材料的防水保温机理和技术要求

(1) 聚氨酯硬泡体的防水保温机理

1) 聚氨酯硬泡体的防水机理

聚氨酯硬泡体是由异氰酸酯和多元醇为基本原料聚合而成的结构细密的微孔泡沫体。其闭孔率高达 90% 以上,在 $0.2 \text{ MPa} \times 24 \text{ h} \times 3 \text{ cm}$ 厚条件下不透水。材料延伸率一般可达 5% 以上,具有一定的弹性,采用现场喷涂成型技术,聚氨酯硬泡层没有拼缝,使雨水无缝可浸入。聚氨酯硬泡层底面,能与基层牢固黏结,顶面能与材料性质相匹配的涂料保护层紧密结合,屋面整体性好,杜绝了雨水沿构造间渗透的可能性。

聚氨酯硬泡具有较低的水蒸汽渗透性和优良的不透水性,一定厚度的泡沫体,沿厚度方



向的众多泡孔,相当于多层膜状材料叠合一起从而具有较高的介质渗透阻力,孔壁膜的厚度确定了渗透阻力和机械强度。

通常所说聚氨酯硬泡制品的闭孔率和吸水率的测试指标,皆是将制品表皮切除后测得性能指标。对于直接喷涂成型,具有完整表皮的聚氨酯硬泡板,可以认为闭孔率接近 100%,吸水率小于 0.5%。

曾试验:①采用具有自然表皮或没有自然表皮的聚氨酯硬泡,做成水盆,盛水 300 mm 深,长期存放不渗、不漏;②割去自然表皮 30 mm 厚的聚氨酯硬泡块,在承受压力为 0.2 MPa 水压作用下,经 20 天试验不渗、不漏,切开观察剖面,水浸入深度 1 mm~2 mm;经分析此深度是因聚氨酯硬泡板表面因刨光切削作用而造成的开孔的深度。

聚氨酯硬泡密度为 33 kg/m^3 时的黏结强度对不同材料分别为:铝板:0.1 MPa;砂石:0.12 MPa;木材:0.12 MPa;钢材:0.12 MPa。它是现代防水、保温、隔热材料中综合性能最好的一种。

2) 聚氨酯硬泡体的保温隔热机理

聚氨酯硬泡是一种新型的高分子合成材料,是由聚氨酯形成封闭性微孔骨架,气孔内充填着导热系数很低的发泡剂蒸汽的泡沫体;具有容重小、导热系数低、不透水和耐腐蚀的优良性能。泡沫在制造过程中,采用无氟产品为发泡剂,发泡时形成均匀致密的封闭泡孔中充满了发泡剂的蒸气,聚氨酯硬泡的导热系数取值 50%~70%由充填气体的导热系数来决定。

聚氨酯硬泡板密度为 33 kg/m^3 左右时,在室温下的导热系数 $0.0174 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$,即使切去表层表皮,长期曝露于空气中,导热系数可以稳定在 $0.024 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 左右,按 GB 50176—1993《民用建筑热工设计规范》中附录四建筑材料热物理性能计算参数选取密度为 $30 \text{ kg/m}^3 \sim 40 \text{ kg/m}^3$ 的硬泡导热系数远远小于 $0.033 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 的规定值。

(2) 聚氨酯硬质泡沫塑料的特点

聚氨酯硬质泡沫塑料的隔热保温性能在目前常用的保温材料中是最佳的,当密度在 $35 \text{ kg/m}^3 \sim 40 \text{ kg/m}^3$ 时,其导热系数仅为 $0.018[\text{W/(m} \cdot \text{K)}] \sim 0.027[\text{W/(m} \cdot \text{K)}]$ 。与聚苯乙烯等其他几种常见的建筑保温材料在相同的隔热保温功能下进行比较时,聚氨酯硬泡在厚度上占有明显优势,并具有很好的防水功能、吸水率低、抗水蒸气渗透性能好、泡沫孔呈独立状态、互不连通、闭孔率可达 95%以上,是结构致密的微孔泡沫材料;与空气接触的表面致密、不易透水,属于憎水性材料。硬泡聚氨酯自身的防水性能和连续无缝的喷涂技术,不仅保证了整个保温体系的防水性能,而且不会因吸潮而增大导热系数,从而克服了以往保温材料不防水、防水材料不保温的局限性,实现了防水保温一体化,同时还具有隔音、吸振等诸多功能。

1) 聚氨酯的发泡固化技术赋予其优越的黏结性能,聚氨酯硬泡体混合料受压力作用,通过喷枪形成的混合物,可直接喷涂于墙体基面发泡成型,液体物料具有流动性、渗透性,可进入到墙面基层的空隙中进行发泡,与基层牢固地黏合并起到密封空隙的作用,其黏结强度超过了聚氨酯硬泡体本身的撕裂强度,从而使硬泡体与墙面基层成为一体,不易发生脱层,可与砌块、砖石、混凝土、木材、金属(钢铝、不锈钢等)等多种材质的建筑物基层进行黏合。在采用喷涂或浇注施工后,其具有良好的黏结强度,施工后表面无缝隙,密封与整体性能良好。

2) 聚氨酯硬质泡沫塑料的闭孔结构含量大于 90%, 封存在泡孔内的气体具有极低的热传导系数, 故用其制备的绝热保温层, 即使在较薄的状况下, 仍然获得很好的绝热保温效果, 是一类热阻值最高的保温材料。

3) 聚氨酯硬质泡沫塑料具有良好的防水、隔气性能, 吸水率低, 能很好地阻断水和水蒸气的渗透, 使建筑物围护结构(外墙、屋面)保持一个良好、稳定的绝热保温和防水的状态, 这是目前其他保温材料很难实现的。喷涂聚氨酯硬泡体外墙外保温体系可使墙体表面无接缝加之对墙体孔洞周边、门窗洞口周围等处的严格密封处理, 从而保证了良好的密闭性能, 避免雨水和其他水质进入其内部, 起到极好的防水防潮作用。

4) 聚氨酯硬质泡沫塑料良好的隔气性能可使墙体不易产生结露。在墙体内部或者在保温层内部出现结露都是有害的, 在新建墙体的干燥过程中或者在冬季环境条件下, 室内温度较高的水蒸气向室外迁移时, 由于受到聚氨酯硬泡体的阻隔, 墙体内则不会产生结露, 同时, 在室内湿度较低以及室内墙面隔湿状况良好时, 又可以避免由于墙内水蒸气湿迁移所产生的结露。

5) 聚氨酯硬泡体系能耐受最严酷的气候及其变化, 不论是高温还是严寒, 都不会使该体系产生不可逆的损害或变形。采用此体系, 若外墙外表面温度发生剧变时(如经长时间曝晒后突然下雨), 对外墙表面都不会造成损害, 从而避免了因温度变化出现变形而使表面产生裂缝。

6) 聚氨酯硬质泡沫塑料本身是一种高分子易燃材料, 在添加阻燃剂后, 成为一种难燃自熄性材料, 能有效地防止火灾蔓延, 离明火后可自熄, 且燃烧时只碳化不滴淌, 碳化层尺寸和外形基本不变, 能有效隔断空气的进入, 防火安全性能良好。

7) 耐久性能好, 孔隙率稳定, 基本上是闭口孔。因此, 聚氨酯硬质泡沫塑料不仅保温性能优良, 而且抗冻融, 吸声和减震性也好, 在其外表皮未被破坏时, 在 $-190^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 下长期使用, 其寿命可达 14 年之久, 用于外墙外保温构造的平均寿命, 在正常使用下能达到 25 年以上, 这充分显示出其优越的耐久性。使用非渗透性饰面材料, 在长期使用过程中, 能始终保持优异的隔热保温效果。

8) 聚氨酯材料是一种柔性变形量较大的材料, 其抵抗外界变形能力强, 在外力和温度变形等作用下, 不易产生裂缝, 可有效地保证整个体系的稳定性和耐久性, 当其所附着主体结构产生正常变形时(如收缩、徐变、膨胀等), 聚氨酯硬泡防水保温体系符合逐层柔性渐变、逐层释放应力的原则, 因而不会产生裂缝或脱开现象。

9) 聚氨酯硬质泡沫塑料具有重量轻、比强度高、尺寸稳定性好的优点。根据其用途、要求的不同, 其泡沫体的密度通常低于 150 kg/m^3 , 其中一般绝热材料所采用的硬泡体其密度约为 $28\text{ kg/m}^3 \sim 60\text{ kg/m}^3$ 。聚氨酯硬泡体是一种比强度高的材料, 作为保温材料其性能优于发泡聚苯、岩棉等材料。聚氨酯硬泡抵抗外力的能力也较强, 能承受正常的人体及搬运物品产生的碰撞, 在经受一般性的碰撞时, 不会对外墙外保温体系造成损害。聚氨酯硬泡的机械强度好, 在低温环境下, 其强度不仅不会下降, 而且还会有所提高, 其在低温下的尺寸稳定性好, 不收缩, 在 -20°C 温度条件下存放 24 h, 硬质泡沫体的线性变化率小于 1%。

10) 聚氨酯硬泡体具有良好的施工性能, 其反应混合物具有良好的流动性, 进行浇注能顺利地充满复杂形状的模腔或空间; 其制备的复合材料重量轻, 易于装配, 经久耐用; 其喷涂



作业采用机械化施工,速度快,效率高,是其他保温系统不可比拟的。聚氨酯施工对建筑物外形适应能力很强,尤其适应建筑物外飘窗、老虎窗、形变缝、管道层、楼梯间等构造节点较为复杂的部位。此外,聚氨酯硬泡体固化速度快,生产原料的反应性高,不仅可以在工厂中实现高效率、大批量生产,而且在现场施工时,20 min 后其涂层即可上人行走。

11) 聚氨酯硬泡整体喷涂施工,完全可消除“热节”和“冷挤”。

12) 应用于防水、保温的聚氨酯硬泡体系是一种化学稳定性较高的材料,具有耐酸、耐碱、耐热等特点。聚氨酯是无溶剂型的,随着氟里昂发泡剂的停止使用,不会产生有害气体,不会对环境造成危害,对周转环境不造成污染,有些全水基发泡的聚氨酯泡沫其环保性能则更佳,不会寄生细菌类或者菌类,也不会滋生寄生虫。

13) 聚氨酯硬泡保温体系的装饰面层维修非常方便,经维修后能使其外观以及功能保持良好状态,具体维护的间隔时间应视所采用的装饰材料及当地环境状况而定。

(3) 聚氨酯硬泡产品标准提出的技术要求

聚氨酯硬泡已发布的产品标准有:

GB/T 20219—2006《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》

GB/T 21558—2008《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》

GB/T 23932—2009《建筑用金属面绝热夹芯板》

JC 936—2004《单组分聚氨酯泡沫填缝剂》

JC/T 998—2006《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》

JC/T 1061—2007《铝箔面硬质聚氨酯泡沫夹心板》

JG/T 314—2012《聚氨酯硬泡复合保温板》

1) GB/T 20219—2006《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》对产品提出的要求

GB/T 20219—2006 适用于建筑物隔热用现场喷涂施工的硬质聚氨酯泡沫塑料,不适用于单组分湿气固化材料。

喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料是由多异氰酸酯和多元醇液体原料及添加剂经化学反应,通过喷涂工艺现场成型的一类闭孔型泡沫塑料产品。产品根据其使用状况,可分为非承载面层和承载面层等两类产品,I类为暴露或不暴露于大气中的无载荷隔热面。例如,墙体隔热、屋顶内面隔热及其仅需要类似自体支撑的用途;II类为仅需承受人员行走的主要暴露于大气的负载隔热面。例如,屋面隔热或其他类似可能遭受温升和需要耐压缩蠕变的用途。

喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料产品的技术要求如下:

① 物理性能。形成产品的聚氨酯喷涂体系其液态组分的每一个包装容器都应清楚地标明是异氰酸酯组分还是多元醇组分。此外,还应标明生产企业名称;产品名称、产品标记、商标或牌号;批号和(或)制造日期;包装单元中的净质量;关于原料的安全处理和使用的安全知识;国家惯例所要求的其他信息等内容。

产品的物理性能应符合表 1-2 的要求。

② 燃烧性能。产品无论是否有涂层或盖面层,都应符合使用场所的防火等级要求。

③ 特殊要求。特殊应用的要求由供需双方协商确定。

表 1-2 喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料的物理性能

项 目		单位	性能指标		
			I 类	II 类	
压缩强度或形变 10% 的压缩应力		≥	kPa	100	200 ^a
初始导热系数	平均温度 10 ℃	≤	W/(m · K)	0.020	0.020
	平均温度 23 ℃	≤	W/(m · K)	0.022	0.022
老化导热系数 ^b	10 ℃ 平均温度, 制造后三至六个月之间	≤	W/(m · K)	0.024	0.024
	23 ℃ 平均温度, 制造后三至六个月之间	≤	W/(m · K)	0.026	0.026
水蒸气透过率	23 ℃, 相对湿度 0~50%	ng/(Pa · m · s)	1.5~4.5	1.5~4.5	
	38 ℃, 相对湿度 0~88.5%	ng/(Pa · m · s)	—	2.0~6.0	
尺寸稳定性	-25 ℃ ± 3 ℃, 48 h	%	-1.5~0	-1.5~0	
	70 ℃ ± 2 ℃, 相对湿度 (90 ± 5) % 48 h	%	± 4	± 4	
	100 ℃ ± 2 ℃, 48 h	%	± 3	± 3	
闭孔率		≥	%	85	90
黏结强度试验		—		泡沫体内部破坏	
80 ℃ 和 20 kPa 压力下 48 h 后压缩蠕变		≤	%	—	5
^a 必要时供需双方可根据涂层性能商定较高的要求值。 ^b 喷涂聚氨酯的绝热性能随发泡剂种类、温度、湿度、厚度和时间的变化而变化。表中所列初始导热系数值是在 GB/T 20219—2006 中 6.5 规定条件下对新喷制样品的要求。该值仅用于制定材料规范, 并不反映建筑物现场条件下的实际保温性能。					

2) JC/T 998—2006《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》对产品提出的要求

JG/T 998—2006 适用于现场喷涂法施工的聚氨酯硬泡体非外露保温材料。

喷涂聚氨酯硬泡体保温材料是以异氰酸酯多元醇(组合聚醚或聚脂)为主要原料加入添加剂组成的双组分, 经现场喷涂施工的具有绝热和防水功能的一类硬质泡沫材料。

产品按其使用部位的不同可分为两种类型, I 型应用于墙体, II 型应用于屋面, 其中又可进一步细分为 II-A、II-B 两小类, II-A 应用于非上人屋面, II-B 应用于上人屋面。喷涂聚氨酯硬泡体保温材料产品的技术要求如下:

- ① 物理力学性能。产品的物理力学性能应符合表 1-3 提出的要求。
- ② 燃烧性能。按照 GB 8624《建筑材料燃烧性能分组方法》分级, 应达到 B₂ 级。

表 1-3 喷涂聚氨酯硬泡体保温材料的物理力学性能

项 次	项 目	指 标		
		I	Ⅱ-A	Ⅱ-B
1	密度/(kg/m ³)	≥30	35	50
2	导热系数/[W/(m·K)]	≤0.024		
3	黏结强度/kPa	≥100		
4	尺寸变化率(70℃×48h)/%	≤1		
5	抗压强度/kPa	≥150	200	300
6	拉伸强度/kPa	≥250	—	—
7	断裂伸长率/%	≥10		
8	闭孔率/%	≥92		95
9	吸水率/%	≤3		
10	水蒸气透过率/[ng/(Pa·m·s)]	≤5		
11	抗渗性/mm(1 000 mm 水柱×24 h 静水压)	≤5		

3) GB/T 21558—2008《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》对产品提出的要求

GB/T 21558—2008 适用于建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料,不适用于喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料和管道用硬质聚氨酯泡沫塑料。

产品按其用途分为三类:Ⅰ类适用于无承载要求的场合;Ⅱ类适用于有一定承载要求,且有抗高温和抗压缩蠕变要求的场合,本类产品也可用于Ⅰ类产品的应用领域;Ⅲ类适用于有更高承载要求,且有抗压、抗压缩蠕变要求的场合,本类产品也可用于Ⅰ类和Ⅱ类产品的应用领域。产品按其燃烧性能根据 GB 8624—2006《建筑材料及制品燃烧性能分级》的规定分为 B、C、D、E、F 级。

板材产品的长度和宽度极限偏差应符合表 1-4 的要求,板材产品的厚度极限偏差应符合表 1-5 的要求,板材产品的外观表面应基本平整,无严重的凹凸不平。

产品的物理力学性能应符合表 1-6 提出的要求。

表 1-4 长度和宽度极限偏差 mm

长度或宽度	极限偏差 ^a	对角线差 ^b
<1 000	±8	≤5
≥1 000	±10	≤5
^a 其他极限偏差要求由供需双方协商。		
^b 是基于板材的长宽面。		

表 1-5 厚度极限偏差 mm

厚 度	极限偏差 ^a
≤50	±2
50~100	±3
>100	供需双方协商
^a 其他极限偏差要求由供需双方协商。	