

喷涂聚氨酯硬泡体 防水保温材料



PENTU JUANZHI YINGPAOTI
FANGSHUI BAOWEN CAILIAO

沈春林 主编



化学工业出版社



喷涂聚氨酯硬泡体 防水保温材料



沈春林 主编

PENTU JUANZHI YINGPAOTI
FANGSHI JIEBAOMEN CAILIAO



化学工业出版社

·北京·

喷涂聚氨酯硬泡体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组成的,经现场喷涂施工而成的一类具有保温和防水功能的硬质泡沫塑料。本书对其原理、组成材料、生产配方、工艺线路、施工技术、应用范围做了较为系统、详尽的介绍。本书对从事防水保温材料的科研、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

喷涂聚氨酯硬泡体防水保温材料/沈春林主编.
北京:化学工业出版社,2013.8
ISBN 978-7-122-17593-9

I. ①喷… II. ①沈… III. ①喷涂-聚氨酯
泡沫保温层-建筑材料 IV. ①TU55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 124027 号

责任编辑:窦臻

责任校对:顾淑云

文字编辑:王琪
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张21¼ 字数431千字 2014年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:45.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编 沈春林

编写人员 沈春林 康杰分 王延林 李 芳 苏立荣
褚建军 许锦峰 姚 勇 庄 敬 王玉峰
杨炳元 杨乃浩 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 FOREWORD

喷涂聚氨酯硬泡体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组成的，在现场喷涂施工反应而成的一类具有防水保温一体化功能的硬质泡沫塑料。喷涂聚氨酯硬泡体防水保温材料是我国建筑工程领域中的一种新材料，已广泛应用于建筑物墙体和屋面的防水和保温工程，其已发布了 GB/T 20219—2006《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》国家标准和 JC/T 998—2006《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》建材行业标准（此标准即由本书主编沈春林起草）。由于喷涂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和认识，为此，笔者根据自己学习研究喷涂聚氨酯硬泡体防水保温材料的新技术及在编制《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》建材行业标准中的体会，在参考了大量国内外文献的基础上编写了《喷涂聚氨酯硬泡体防水保温材料》一书。本书对喷涂聚氨酯硬泡体防水保温一体化材料的原理、组成材料、生产配方、工艺线路、施工技术均做了较为系统、详尽的介绍，对从事建筑防水保温一体化材料的科研、生产及施工技术人员有一定的参考价值，可从中获得更加丰富、新颖、权威、系统的知识。

编者在编写本书的过程中，参考了许多专家、学者的著述、论文以及相关的工具书、标准资料，并得到了许多单位和同人的支持及帮助，在此谨致以诚挚的感谢，并衷心希望能继续得到各位同人的帮助和指正。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。

沈春林

2013 年 8 月

目 录 CONTENTS

第 1 章 概论

Page

	1
1. 1 聚氨酯材料	1
1. 1. 1 聚氨酯材料的产品形式	1
1. 1. 2 聚氨酯泡沫塑料	2
1. 2 聚氨酯硬泡体防水保温材料	4
1. 2. 1 聚氨酯硬泡体的防水保温机理	5
1. 2. 2 喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料防水保温材料的技术性能要求	6
1. 2. 3 聚氨酯硬质泡沫塑料的喷涂工艺	9

第 2 章 喷涂聚氨酯硬泡体的常用原料

Page

	10
2. 1 异氰酸酯	10
2. 1. 1 异氰酸酯的命名、分类和主要品种	11
2. 1. 2 异氰酸酯的合成方法	14
2. 1. 3 异氰酸酯的工业生产	24
2. 1. 4 重要的异氰酸酯单体及其制备	28
2. 1. 5 多异氰酸酯的改性产物	40
2. 1. 6 异氰酸酯的毒理试验数据	44
2. 1. 7 异氰酸酯在聚氨酯硬泡中的应用	44
2. 2 有机多元醇化合物	46
2. 2. 1 聚醚多元醇	47
2. 2. 2 聚酯多元醇	64
2. 2. 3 蓖麻油及其他活泼氢化合物	71
2. 3 添加剂	72
2. 3. 1 催化剂	72
2. 3. 2 发泡剂	83

2.3.3	泡沫稳定剂	90
2.3.4	阻燃剂	92
2.3.5	开孔剂	100
2.3.6	防老剂	100
2.3.7	颜料	101
2.3.8	填料	111
2.3.9	扩链剂和交联剂	111

第3章 喷涂聚氨酯硬泡防水保温材料的生产 Page

3.1	聚氨酯化学	121
3.1.1	聚氨酯泡沫体合成的特点	122
3.1.2	异氰酸酯的反应性	123
3.1.3	聚氨酯合成的基本反应	129
3.1.4	聚氨酯硬质泡沫塑料合成的化学反应	144
3.1.5	聚氨酯泡沫体的形成机理	150
3.1.6	聚氨酯分子结构对性能的影响	154
3.2	喷涂聚氨酯硬泡体的配方及各组分的作用	156
3.2.1	喷涂聚氨酯硬泡体的基本组成及配方举例	156
3.2.2	各原料组分对配方的影响	166
3.3	聚氨酯硬泡的合成及基本生产方法	169
3.3.1	聚氨酯硬泡甲、乙组分的制备	169
3.3.2	聚氨酯硬泡的合成工艺	171
3.3.3	喷涂成型工艺	173
3.4	阻燃型聚氨酯硬质泡沫塑料	174
3.4.1	聚氨酯硬泡采用的阻燃技术	174
3.4.2	聚氨酯硬泡的阻燃途径	176
3.4.3	降低聚氨酯硬泡烟密度的方法	180

第4章 聚氨酯喷涂设备 Page

4.1	喷涂设备的基本构造	181
4.2	喷涂设备的类型	184
4.2.1	美国固瑞克公司的喷涂设备	185
4.2.2	GAMA(卡马)机械公司的喷涂设备	189
4.2.3	北京金科聚氨酯技术有限责任公司的喷涂设备	191

4.2.4 北京京华派克聚合机械设备有限公司的喷涂设备	192
4.3 喷涂设备的使用方法	193

第5章 喷涂聚氨酯硬泡建筑防水保温系统的设计与施工	Page
	206

5.1 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的设计与施工	207
5.1.1 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温系统的类型	207
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	212
5.1.3 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温工程的设计	236
5.1.4 喷涂聚氨酯硬泡外墙防水保温工程的施工	259
5.2 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温系统的设计与施工	275
5.2.1 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温系统的类型	276
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	276
5.2.3 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温工程的设计	289
5.2.4 喷涂聚氨酯硬泡屋面防水保温工程的施工	310
5.3 聚氨酯硬泡体防水保温系统施工中的防火要求	322

附录 喷涂聚氨酯硬泡体保温材料 (JC/T 998—2006)	Page
	326

参考文献	Page
	331

第1章 概论

建筑物的防水要求和热工要求就其建筑物的质量而言是至关重要的，尤其是在建筑物的外墙和屋面等部位。且防水和保温两者具有互相关联的特点，其施工也往往是交叉进行的。

随着科学技术的不断发展，各种新材料、新工艺、新技术、新设备在建筑行业领域中的应用也越来越广泛，其节能和环保现已成为发展的趋势，屋面和外墙部位作为建筑物最为重要的功能部位，正朝着功能的多样化、构造的一体化方向发展。而喷涂聚氨酯硬泡体防水保温材料则适应了这种发展的趋势。

1.1 聚氨酯材料

在 高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、酯基等的化合物）发生作用而生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。

1.1.1 聚氨酯材料的产品形式

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，随着聚氨酯的基础研究和应用技术开发的进步，其工业生产已具有相当规模，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，方可加工成制品，而是直接将单体原料一次加工成高聚物制品，这就省去了很多中间环节，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。至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的特点，在国民经济和人类生活各个领域中都有一定影响的。

1.1.2 聚氨酯泡沫塑料

聚氨酯泡沫塑料是聚氨酯合成材料中的最主要品种，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、不同性能的聚氨酯软质、半硬质以及硬质泡沫塑料，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，广泛应用于汽车坐垫、火车坐垫、飞机坐垫、沙发、床垫、地毯衬里、衣服衬里、包装填充材料。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。硬质泡沫塑料因其重量轻、比强度高、绝热性和隔声性优良而大量用作夹心支撑材料、绝热保温材料，特别是其阻燃性不高的问题得到解决及现场发泡新工艺研制成功之后，硬质泡沫塑料在建筑工程中得到了更为广泛的应用，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，尤其是近几年来各种新品种、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。

1.1.2.1 聚氨酯泡沫塑料的类型

聚氨酯泡沫塑料按其制品的强度可分为聚氨酯硬质泡沫塑料、聚氨酯软质泡沫塑料、聚氨酯半硬质泡沫塑料和聚氨酯特殊泡沫塑料。

应用于建筑物保温节能和建筑物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，已逐渐形成了两大分支：一是传统的绝热保温材料，主要应用于建筑行业 and 制冷设备（如冰柜、管道、大型贮罐等）；二是结构泡沫材料，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。

应用于建筑物墙体保温和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；按其发泡方法的不同，可分为浇注型聚氨酯硬质泡沫塑料、喷涂型聚氨酯硬质泡沫塑料和模塑型聚氨酯硬质泡沫塑料等类型。

1.1.2.2 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 $35\sim 40\text{kg/m}^3$ 时，其热导率仅为 $0.018\sim 0.027\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。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，聚氨酯硬泡体在厚度上要占有明显的优势，同时其还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。聚氨酯硬泡体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热导率,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,实现了防水保温的一体化,同时还具有隔声、吸震等诸多功能。

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,其可与砌块、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,施工后表面无接缝,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,仍能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,加上对墙体孔洞周边、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,避免了雨水等进入其内部,起到了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,墙体内部则不会产生结露,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 聚氨酯硬泡体能耐受最严酷的气候及其变化,不论是酷热还是严寒,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(如经长时间暴晒后突然下雨),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,且燃烧时只炭化不滴淌,炭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,吸声性和减震性也好,在其外表面未被破坏时,在-190~70℃下长期使用,其使用寿命可达14年之久,用于外墙外保温构造的平均使用寿命,在正常使用下能达到25年以上,这充分显示了其优越的耐久性。使用非渗透性饰面材料,在长期使用的过程中,能始终保持优异的隔热保温效果。

⑧ 聚氨酯硬质泡沫塑料是一种柔性变形量较大的材料，其抵抗外界变形能力强，在外力和温度变化等作用下，不易产生裂缝，可有效地保证整个体系的稳定性和耐久性。当其所附着的主体结构产生正常变形时（如收缩、徐变、膨胀等），聚氨酯硬泡体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，其硬泡体的密度通常低于 150kg/m^3 ，其中一般绝热材料所采用的硬泡体的密度为 $28\sim 60\text{kg/m}^3$ 。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。聚氨酯硬泡体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。聚氨酯硬泡体的机械强度高，在低温环境下，其强度不仅不会下降，而且还会有所提高。在低温下的尺寸稳定性好，不收缩，在 -20°C 温度条件下存放 24h，硬泡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形状复杂的模腔或空间。由其为原料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，是其他保温材料不可比拟的。聚氨酯硬泡体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、变形缝、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，喷涂作业 20min 后其涂层即可上人行走。

⑪ 聚氨酯硬泡体整体喷涂施工，完全可消除“热节”和“冷桥”。

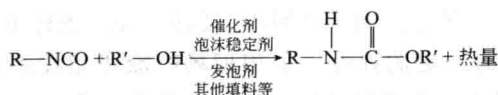
⑫ 应用于防水保温的聚氨酯硬泡体是一种化学稳定性较高的材料，具有耐酸、耐碱、耐热等特点，聚氨酯泡沫体是无溶剂型的，随着氟利昂发泡剂的停止使用，不会产生有害的气体，不会对环境造成危害，对周边环境不造成污染，有些全水基发泡的聚氨酯泡沫体的环保性能则更佳，不会寄生细菌类或者霉菌类，也不会滋生寄生虫。

⑬ 聚氨酯硬泡体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视所采用的装饰材料及当地环境状况而定。

1.2 聚氨酯硬泡体防水保温材料

聚氨酯硬质泡沫塑料防水保温材料简称聚氨酯硬泡体防水保温材料。是一类合成高分子材料，主要由多异氰酸酯（—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：





聚氨酯硬泡体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的泡孔，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，既具有防水保温隔热一体化功能，又具有闭孔结构和低密度微孔的一类弹性体材料。

聚氨酯硬泡体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。聚氨酯硬泡体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体的性能影响很大）和催化剂、发泡剂等添加剂组成的组合料。

聚氨酯硬泡体防水保温材料是一类既具有高效保温隔热功能，又具有良好防水性能的多功能材料。其闭孔率 > 90%，每层自结皮闭孔率则达 100%，保温层内可形成 2~3 层自结皮，吸水率 < 3%，其集防水、保温隔热、隔气、抗老化、装饰等多种功能于一体，传统的保温材料和防水材料往往多存在着性能单一的问题，防水材料不具备保温的性能，同样保温材料也不具备防水的性能。随着聚氨酯硬泡体的开发和在建筑防水和保温领域中的应用，则克服了传统防水层一旦出现渗漏，保温层随之失去保温功能的缺点。其在作为一种高效节能的保温材料的同时，由于其特殊的闭孔结构及施工工艺，使其兼具防水和保温双重功能，成为防水保温一体化材料。聚氨酯硬泡体防水保温材料与仅具单一功能的防水材料或保温材料相比较，其具有构造简单、自重轻、防水保温效果优异、施工工艺简单等明显的优势。

聚氨酯硬质泡沫塑料因具有极低的传热系数，低密度和高的比强度值，良好的黏结性能，在对保温和绝热有严格要求的建筑领域和制冷设备工业深受欢迎。尤其是在阻燃型聚氨酯硬质泡沫塑料的开发和现场发泡工艺的研制成功后，聚氨酯硬质泡沫塑料在建筑行业得到了广泛的应用，如各类建筑物的墙体、顶棚、门窗、屋顶积水池、坡屋面和平屋面的绝热构造层等处的保温隔热材料，其需求量正在不断地增加，应用领域正在不断地拓展。仅就建筑保温和建筑防水领域而言，其以一材多用的特点，已在墙体、屋面的防水保温隔热一体化中逐渐形成了一大分支，成为主导市场的防水保温节能产品之一。聚氨酯硬质泡沫塑料还在制冷设备、冷藏车、冰箱、冷库中用作隔热制冷材料；在化工和热力供暖领域的设备、输送管道、贮罐和集中供热地下直埋管道中用作绝热保温材料；在造船行业用作船体和船内冷冻库的隔热保温以及浮物体；聚氨酯硬泡体还在仿木材、密封、隔声等领域内发挥着重要的作用。

1.2.1 聚氨酯硬泡体的防水保温机理

1.2.1.1 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0.2MPa、24h、3cm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。

聚氨酯硬泡体具有较低的水蒸气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在一起,从而具有较高的介质渗透阻力,孔壁膜的厚度决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,都是将制品表皮切除后测得的性能指标。对于直接喷涂成型,具有完整表皮的聚氨酯硬泡板材,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体,做成水盆,盛水300mm深,长期存放不渗、不漏;②割去自然表皮30mm厚的聚氨酯硬泡块,在承受压力为0.2MPa水压作用下,经20d试验不渗、不漏,切开观察剖面,水浸入深度1~2mm。经分析此深度是因聚氨酯硬泡板材表面因抛光切削作用而造成的开孔的深度。

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

1.2.1.2 聚氨酯硬泡体的保温隔热机理

聚氨酯硬泡体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,气孔内充填着热导率很低的发泡剂蒸气的泡沫体。其具有容重小、热导率低、不透水和耐腐蚀的优良性能,泡沫体在制造过程中,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,聚氨酯硬泡体的热导率取值50%~70%由充填气体的热导率来决定。

聚氨酯硬泡板材密度在 $33\text{kg}/\text{m}^3$ 左右时,在室温下的热导率为 $0.0174\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,即使切去外层表皮,长期暴露于空气中,热导率也可以稳定在 $0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 左右,按《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—1993)中附录四建筑材料热物理性能计算参数选取密度为 $30\sim 40\text{kg}/\text{m}^3$ 的硬泡体,热导率远远小于 $0.033\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的规定值。

1.2.2 喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料防水保温材料的技术性能要求

聚氨酯硬质泡沫塑料防水保温材料现已发布了《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》(GB/T 20219—2006)国家标准和《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》(JC/T 998—2006)建材行业标准等标准。

1.2.2.1 《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》(GB/T 20219—2006)国家标准对产品提出的要求

《喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料》(GB/T 20219—2006)国家标准适用于建筑物隔热

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。产品根据使用状况，可分为非承载面层和承载面层两类产品。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 1-1 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 1-1 喷涂硬质聚氨酯泡沫塑料的物理性能 (GB/T 20219—2006)

项 目		性 能 指 标	
		Ⅰ 类	Ⅱ 类
压缩强度或形变 10% 的压缩应力/kPa		≥100	≥200 ^①
初始热导率 /[W/(m·K)]	平均温度 10℃	≤0.020	≤0.020
	平均温度 23℃	≤0.022	≤0.022
老化热导率 ^② /[W/(m·K)]	10℃ 平均温度，制造后 3~6 个月之间	≤0.024	≤0.024
	23℃ 平均温度，制造后 3~6 个月之间	≤0.026	≤0.026
水蒸气透过率 /[ng/(Pa·m·s)]	23℃，相对湿度 0~50%	1.5~4.5	1.5~4.5
	38℃，相对湿度 0~88.5%	—	2.0~6.0
尺寸稳定性/%	(-25±3)℃，48h	-1.5~0	-1.5~0
	(70±2)℃，相对湿度(90±5)%，48h	±4	±4
	(100±2)℃，48h	±3	±3

项 目	性能指标	
	I 类	II 类
闭孔率/ %	≥85	≥90
黏结强度试验	泡沫体内部破坏	
80℃和 20kPa 压力下 48h 后压缩蠕变/ %	—	≤5

① 必要时供需双方可根据涂层性能商定较高的要求值。

② 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。表中所列初始热导率值是在 GB/T 20219—2006 标准 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（参见标准附录 B）。

1.2.2.2 《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》(JC/T 998—2006) 建材行业标准对产品提出的要求

《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》(JC/T 998—2006) 建材行业标准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和多元醇（组合聚醚或聚酯）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 1-2 提出的要求。

(2) 燃烧性能

按照《建筑材料燃烧性能分级方法》(GB 8624) 分级，应达到 B₂ 级。

表 1-2 喷涂聚氨酯硬泡体保温材料的物理力学性能 (JC/T 998—2006)

项 次	项 目	指 标		
		I	II-A	II-B
1	密度/ (kg/m ³)	≥30	≥35	≥50
2	热导率/ [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



项 次	项 目	指 标		
		I	II-A	II-B
9	吸水率/%	≤ 3		
10	水蒸气透过率/[ng/(Pa·m·s)]	≤ 5		
11	抗渗性(1000mmH ₂ O, 24h 静水压)/mm	≤ 5		

注: 1mmH₂O=9.80665Pa。

1.2.3 聚氨酯硬质泡沫塑料的喷涂工艺

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接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无接缝的连续壳体保温层,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,然后再加上一层保护层即可。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:第一,基层应保持干燥,含水量应小于8%,表面不应有浮灰和油污;第二,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,高处及有风天气施工时,应做好喷涂泡沫的飞溅、飘浮等环保问题;第三,施工作业面应分层喷涂施工,第一层喷涂厚度不宜超过10mm,其后每层喷涂厚度则应控制在20mm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、开裂、脱落。