

聚氨酯硬泡 节能建筑保温系统 应用技术

韩喜林 编著

中国建材工业出版社

聚氨酯硬泡节能建筑 保温系统应用技术

韩喜林 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

聚氨酯硬泡节能建筑保温系统应用技术/韩喜林编著. —北京: 中国建材工业出版社, 2010. 5

ISBN 978-7-80227-742-7

I. ①聚… II. ①韩… III. ①聚氨酯—节能—建筑物—保温—技术
IV. ①TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 059311 号

内 容 简 介

本书从聚氨酯硬泡原料到硬泡制品应用都作了较系统的介绍。在详细介绍聚氨酯硬泡外保温系统性能、原(材)料性能、合成聚氨酯硬泡配方, 以及工程设计和质量控制等内容的同时, 重点介绍聚氨酯硬泡在节能建筑墙体、屋面保温(防水)等系统工程中采用喷涂、浇注、干挂和粘贴等工法的应用技术。

本书具有图文并茂、系统、全面和实用等特点, 可供生产、设计、施工、监理、质检和科研人员参考使用。

聚氨酯硬泡节能建筑保温系统应用技术
韩喜林 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 24.25

字 数: 602 千字

版 次: 2010 年 5 月第 1 版

印 次: 2010 年 5 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-742-7

定 价: 50.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010)88386906

前 言

在节能建筑保温系统工程中，应用保温材料可简单划分为有机类型、无机类型，它们之间或与其他材料进行适当配套复合使用，由此构成多类外保温系统。

聚氨酯硬泡属有机类型泡沫保温材料中的一种，其性能和应用技术与其他保温材料相比具有许多独特优势，它以能耗较低和节能显著而著称，不仅成熟应用在石油化工、热力管道工程、轻工冷藏等诸多行业隔热（冷）节能工程，而且随着我国建筑节能率的逐步提高，已越来越多地应用于节能率为 50% 的公用建筑和 65% 以上的民用建筑节能工程，并初步取得可喜的节能效果。

国家相关部门先后发布了聚氨酯硬泡的产品标准、《聚氨酯硬泡外墙外保温工程技术导则》、《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》和聚氨酯硬泡的《国家建筑标准设计图集》等技术规定，使聚氨酯硬泡在节能建筑工程上应用、设计、施工更加规范化，可推进、扩大聚氨酯硬泡在节能建筑业的广泛使用，甚至可继续提高建筑节能率。为使更多读者能够了解聚氨酯硬泡应用技术，作者尽微薄之力，编写本书。

本书编写主要参照聚氨酯硬泡现行国家、行业和地方相关标准、引用有关单位技术资料，并结合实际经验将其内容具体化，使其更加通俗易懂掌握。

在编写本书过程中，邀请了行业专家赵亚明、陈德龙、刘策、包淑兰、刘钢、沙丰、康玉范、魏毅新、孟令霖和韩硕同志参加部分内容编写，在此，对提供资料的单位及参加编写人员一并表示感谢。由于我们经验和技术水平有限，加之聚氨酯硬泡应用技术仍在不断完善和发展当中，因此本书所编内容存在错误和不足在所难免，恳请读者予以批评指正，以资改进。

作者

2010 年 1 月

目 录

概述	1
第一章 基本知识	5
第一节 材料分类、反应原理、原料及参考配方	6
一、聚氨酯硬泡及复合面材分类	6
二、聚氨酯硬泡简要化学反应原理	7
三、聚氨酯硬泡原料及参考配方	10
第二节 聚氨酯硬泡特点及应用范围	21
一、聚氨酯硬泡特点	21
二、聚氨酯硬泡应用特点及应用范围	26
第三节 工程常用术语、发泡设备	28
一、外保温工程设计与施工常用术语	28
二、聚氨酯硬泡发泡设备	32
第二章 基本规定	35
第一节 聚氨酯硬泡外保温系统性能	35
一、聚氨酯硬泡外墙外保温系统性能要求	35
二、屋面保温系统使用年限	36
第二节 聚氨酯硬泡外保温工程设计要点	36
一、设计基本原则	36
二、设计程序	41
第三节 编制工程施工方案的依据和内容	42
一、编制外保温施工方案的依据和内容	42
二、编制屋面防水（保温）工程施工方案的依据和内容	44
第三章 聚氨酯硬泡外墙外保温系统施工	46
第一节 外墙外保温系统基本优点与常用工法	46
一、聚氨酯硬泡外墙外保温系统基本优点	46
二、聚氨酯硬泡施工常用工法	47
第二节 喷涂聚氨酯硬泡外墙外保温系统施工	51
一、喷涂聚氨酯硬泡复合轻质浆料涂料、面砖饰面系统	52
二、喷涂聚氨酯硬泡涂料、面砖饰面系统	89
三、喷涂聚氨酯硬泡复合防水涂膜稀浆涂料、面砖饰面系统	97

四、喷涂聚氨酯硬泡与外挂板饰面系统·····	101
第三节 模浇聚氨酯硬泡外墙外保温系统施工·····	104
一、可拆模浇聚氨酯硬泡涂料、面砖饰面系统·····	105
二、免拆模浇聚氨酯硬泡一体化系统·····	123
第四节 干挂板材外墙外保温一体化系统施工·····	127
一、干挂聚氨酯硬泡保温装饰复合板系统·····	128
二、干挂饰面板浇注聚氨酯硬泡系统·····	141
三、干挂金属压花面复合保温板系统·····	145
四、在龙骨上固定保温装饰复合板系统·····	156
第五节 粘贴板材外墙外保温系统施工·····	163
一、发泡粘贴聚氨酯硬泡保温装饰复合板一体化系统·····	163
二、无机浆料粘贴聚氨酯硬泡板材涂料、面砖系统·····	170
三、粘贴硬泡聚氨酯水泥层复合板涂料、面砖系统·····	179
四、粘贴锚固硬泡聚氨酯水泥层装饰复合板一体化系统·····	189
五、粘锚聚氨酯硬泡保温装饰复合板一体化系统·····	197
第六节 模板内置板外墙保温系统施工·····	206
一、聚氨酯硬泡板现浇混凝土系统·····	207
二、钢丝网架聚氨酯硬泡板现浇混凝土系统·····	222
第四章 聚氨酯硬泡夹芯复合墙体系统施工·····	225
第一节 砌体夹芯聚氨酯硬泡板复合墙体系统·····	225
一、夹芯复合墙体特点及适用范围·····	225
二、材料要求与设计要点·····	225
三、砖砌体夹芯复合墙体系统施工·····	228
四、混凝土空心砌块夹芯复合墙体系统施工·····	230
五、质量标准·····	232
第二节 空心墙体浇注聚氨酯硬泡复合墙体系统·····	232
一、浇注保温墙体特点及适用范围·····	233
二、空心墙体浇注聚氨酯硬泡现场施工·····	233
三、质量标准·····	236
第五章 聚氨酯硬泡围护结构内保温系统施工·····	237
第一节 喷涂聚氨酯硬泡保温（冷）隔热系统·····	238
一、冷藏库喷涂聚氨酯硬泡系统·····	238
二、大型公共设施喷涂聚氨酯硬泡系统·····	244
第二节 聚氨酯硬泡板安装系统·····	244
一、冷藏库凹凸槽夹芯聚氨酯硬泡板拼装系统·····	244
二、聚氨酯硬泡板材粘结固定保温系统·····	246

第六章 聚氨酯硬泡屋面防水保温系统施工	247
第一节 聚氨酯硬泡屋面保温系统施工.....	248
一、屋面聚氨酯硬泡及配套材料性能.....	248
二、屋面聚氨酯硬泡设计.....	250
三、屋面聚氨酯硬泡施工.....	254
第二节 聚氨酯硬泡屋面复合防水材料施工.....	275
一、保温屋面防水材料性能.....	275
二、聚氨酯硬泡保温屋面防水材料设计.....	284
三、聚氨酯硬泡保温屋面防水材料施工.....	286
第三节 彩钢夹芯聚氨酯硬泡保温板安装.....	294
一、彩钢夹芯板主要特点、适用范围.....	294
二、彩钢夹芯板分类、性能和细部节点.....	295
三、施工要点.....	299
四、质量标准.....	300
第七章 聚氨酯硬泡保温管道系统安装	302
第一节 聚氨酯硬泡热力供暖管道安装.....	302
一、设计要点.....	302
二、管道安装.....	303
三、质量标准.....	306
第二节 聚氨酯硬泡铝箔复合空调风管安装.....	306
一、空调风管性能、应用范围.....	307
二、空调风管性能参数、检验结果.....	308
三、空调风管制作安装.....	309
四、质量标准.....	310
第八章 聚氨酯硬泡系统工程项目管理	311
第一节 工程质量与控制管理.....	311
一、工程材料质量检验.....	311
二、分项工程质量管理.....	313
三、工程出现质量具体缺陷及防治措施.....	323
第二节 施工管理.....	333
一、施工技术管理.....	333
二、工程质量验收记录管理.....	335
第三节 安全技术管理.....	341
一、安全管理.....	342
二、安全与文明施工措施.....	343

第九章 聚氨酯硬泡系统材料及系统性能试验方法	353
第一节 聚氨酯硬泡性能试验方法.....	353
一、喷涂法聚氨酯硬泡材料性能试验方法.....	353
二、浇注法聚氨酯硬泡材料性能试验方法.....	360
三、粘贴法聚氨酯硬泡保温板材料性能试验方法.....	361
四、硬泡聚氨酯不透水性试验方法.....	363
第二节 聚氨酯硬泡配套材料性能试验方法.....	363
一、胶粘剂（抹面胶浆）拉伸粘结强度试验方法.....	363
二、耐碱玻纤网格布耐碱拉伸断裂强力试验方法.....	365
三、免拆模浇注法施工专用模板性能试验方法.....	366
第三节 聚氨酯硬泡外保温系统性能试验方法.....	366
一、抗风荷载性能.....	366
二、抗冲击.....	367
三、吸水量.....	368
四、耐冻融性能.....	368
五、热阻.....	369
六、抹面层不透水性.....	369
七、水蒸气渗透阻.....	369
八、系统耐候性.....	370
附录 1 居住建筑和公共建筑聚氨酯硬泡厚度选用表	371
附录 2 常用材料及施工构造名称缩写	373
附录 3 住房和城乡建设部 公通字 [2009] 46 号《民用建筑外保温系统及外墙装饰 防火暂行规定》	376
主要参考文献.....	379

概 述

一、建筑节能意义重大

建筑节能是指通过采取合理的建筑设计和选用符合节能要求的墙体材料、屋面保温隔热材料、玻璃、门窗、空调等措施，在保证相同的建筑室内热舒适环境的条件下，可以提高电能利用效率，减少建筑能耗。

建筑能耗是指建筑物在使用中的能耗，它是主要的民生能耗。目前，建筑耗能已与工业耗能、交通耗能并称我国“能耗大户”。我国建筑能耗目前已经超过社会能源消耗总量的1/4。建筑能耗已成为中国最大能耗黑洞。

按目前的趋势发展，到2020年我国建筑能耗将达到10.9亿吨标准煤，相当于比三峡电站34年的发电量总和还要多。

我国的建筑能耗总量逐年上升，从单位建筑面积能耗的国际比较，我国单位面积采暖能耗相当于气候条件相近发达国家的2~3倍。我国即便在达到了节能50%的目标以后，与发达国家相比仍有相当大的差距。

随着城市化进程的加快和居民生活质量的改善，预计我国建筑耗能比还将上升至35%左右，假如按此状况继续发展，到2020年，我国建筑能耗将达到1089亿吨标准煤，空调夏季高峰负荷将相当于10个三峡电站满负荷发电能力，由此可见，不解决建筑能耗问题，将直接影响我国经济的可持续发展。

国家有关部门相继公布一系列有关建筑节能政策，从设计到验收的各个环节强制实施建筑节能。

2007年5月，建筑节能被列入“十一五”科技计划重大项目。同年6月，国务院下发《民用建筑节能条例》（2008年10月1日实施）；2007年10月，十届全国人大常委会第三十次会议表决通过了节约能源法《中华人民共和国节约能源法》（2008年4月起施行）。

2008年，住房和城乡建设部有关负责人表示，促进城乡建设节能降耗将作为建设领域的重要任务，其中建筑节能重点推进三项工作：一是加大新建建筑节能工作；二是推进既有建筑节能改造；三是发展新型节能节材建筑材料。

建筑节能作为“十大”节能工程之一，是节能减排的重点领域。

住房和城乡建设部有关负责人表示，从2009年起，各地要全面推进供热计量改革的各项工作，将按热计量收费摆在突出位置，坚决做到“三个同步”：新建建筑工程建设与供热计量设施安装同步；既有居住建筑供热计量改造与节能改造同步；供热计量设施安装与供热计量收费同步。

按照国务院的要求，2010年前完成北方地区既有建筑供热计量节能改造任务1.5亿 m^2 ，并实行按用热量计价收费。其中2009年要完成改造任务6000万 m^2 。相关省份都要分解落实今明两年供热计量改革的目标任务，并与相关责任单位或责任人签订责任状。

2010 年采暖前,所有北方城市新竣工建筑及完成供热计量改造的既有建筑,取消以面积计价收费方式,全面实行按用热量计价收费方式。

2009 年 12 月在丹麦哥本哈根联合国气候变化大会上,世界气象组织报告说,最近 10 年是有记录以来全球最热的 10 年。气温上升会引发极端气候现象,包括飓风、洪水、干旱、暴雨、热浪和寒潮等,直接危及人类生活。

我国将有一系列节能减排目标,发展低碳经济,将为低碳经济立法,制定一系列激励低碳、绿色、循环型的经济政策,各种节能减排指标有望纳入“十二五”规划。

中央制定系列节能目标说明,将要长期实施量化节能目标,在经济增长与能源关系上实现重大转折,即在矿石能源(包括煤、油、气,同时则是 CO_2 排放)较少的情况下,保持经济快速增长;在矿石能源不增长的情况下,实现经济较快增长;在矿石能源减少的情况下,保持经济继续增长。

按《中华人民共和国可再生能源法》(2010 年 4 月 1 日施行)要求,继续开发、利用再生能源(如风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源);城市增加种植屋面、蓄水屋面,发挥城市绿岛作用,不断扩大植树造林面积;在建筑、交通等方面采取更加有利的节能措施,充分利用有限资源,节能减排,防止地球气候变暖,保护人类的生活环境。

节约能源,建筑节能是一个重要的经济目标。节能工作关系到国家兴衰、民族生存,极其重要,应摆在突出位置。

我国实现“十一五”节能目标,是实施节能长期战略的一个序幕,建筑节能迫在眉睫、刻不容缓。

二、建筑外保温材料现状

中国是世界上建筑业发展最快的国家,全国到处都是建筑工地。因此,中国也是目前世界上建筑材料需求最多的国家。

近 10 年保温材料的高速发展,无论是有机类型还是无机类型的保温材料,不少产品从无到有,从单一到多样化、功能化,质量普遍从低到高,已成为品种比较齐全的产业,材料合成技术、生产设备水平也有了很大提高。

在外保温系统中,常用的无机类轻体膏(浆)状保温材料,如胶粉聚苯颗粒浆料、保温砂浆、硅酸盐保温膏、发泡水泥、膨胀珍珠岩板、聚苯颗粒水泥复合板、岩棉板、玻璃棉毡、泡沫玻璃、喷涂矿物棉、喷涂珍珠岩等。

常用的有机类保温材料,如:聚苯乙烯泡沫板(XPS 板、EPS 板)、聚氨酯硬质泡沫塑料板、酚醛树脂泡沫板、现场喷涂(浇注)聚氨酯硬泡、浇注氮脲素泡沫等。

常用的金属压型保温复合板,如岩棉夹芯板、玻璃棉夹芯板、聚氨酯硬泡夹芯板、酚醛树脂泡沫夹芯板以及保温板与多种其他饰面复合保温板、钢丝网架水泥聚苯乙烯夹芯板等。

各类保温材料在外保温施工方面,墙体(屋面)利用保温材料之间的相容性进行复合使用,在保温性能上达到相互补充;墙体外保温的面砖或涂料饰面,在构造上采用热镀锌钢丝网、耐碱玻璃纤维网格布或锚栓的机械固定等方法;保温装饰复合板可采取干挂或粘贴为主与锚栓为辅的安装方式等。

通过几年实践应用和近年建筑节能率的提高,对保温材料的性能和应用,以及施工技术

都有所提高。

如以典型保温材料为例,在节能率为65%的地区的外墙外保温系统应用时,直观认为:

无机类轻体膏(浆)状保温材料,虽然有良好的阻燃性能,但因导热系数高,应用时厚度较大,需多次涂抹才能达到设计厚度,增加了荷载,因此不得用于外墙外保温。特别适用于楼梯间、分户间隔墙、地下室顶棚保温或个别外保温部位的修补。

聚苯乙烯泡沫(XPS板、EPS板)保温材料,价格相对较低,应用厚度大,施工方便,燃烧级别可达B₂级,但泡体受热(>80℃)开始收缩软化,燃烧后形成空腔并有滴落现象。

岩棉板阻燃性极好(燃烧等级为A级),但其吸水率高,涉及保护层处理技术问题,暂时不宜用于普通民用节能建筑。

保温装饰复合保温板采用干挂或粘贴法等各方面综合评价都较好,但普遍认为价格较高,主要用于非民用节能建筑外墙外保温工程。

聚氨酯硬泡有导热系数为众多保温材料中最低,保温层为最薄,且施工方法灵活,广泛适用于全国各地外保温工程。最常用燃烧等级为B₂级,可达B₁级,燃烧后形成碳骨架,空腔小不滴落,与其他类保温材料相比价格偏高。但从节能保温效果、防水、防火、环保、施工、使用寿命、工程造价等全方位综合分析,其综合效果具有很大优势。

目前聚氨酯硬泡构成各类工法,通过保温材料复合、按地区节能率和建筑类别选用材料,基本能适用于全国不同的温度区域和建筑风格。可用于新建、既有的民用建筑和公共建筑。

通过设计深度的增加和施工技术的提高,墙体(屋面)结构采用保温层施工后,能使外保温系统与相邻部位的门窗洞口、穿墙管道、边角、面层装饰等得到适当处理,外围护的保温效能明显增加。

特别是我国建筑节能率提高到65%后,随着聚氨酯硬泡应用市场的扩大,给聚氨酯硬泡原料中聚异氰酸酯供应能力也带来压力,国内市场对聚合MDI的需求还会逐年增加,预计随着国内生产装置进一步扩产,会出现新的转折点。

我国聚醚多元醇和助剂供应主要是国产化产品,相对比聚合MDI供应充足。在生产聚醚多元醇技术水平上,已从减氟硬泡聚醚逐步向无氟硬泡聚醚、难燃硬泡方向发展多种牌号系列产品。

目前,在外保温工程应用聚氨酯硬泡燃烧等级普遍为B₂级,较好的为B₁级,但A级硬泡还不十分成熟,还没有达到工业化批量生产水平,聚氨酯硬泡燃烧性能有待继续提高。

三、外保温工程应用聚氨酯硬泡是历史发展的机遇

聚氨酯硬泡建筑节能施工技术发展很快,在我国寒冷地区、严寒地区和夏热冬冷地区大面积推广应用,已取得可喜的节能效果。

据有关资料介绍,在全世界每年生产的聚氨酯材料中,泡沫材料约占80%,其中约1/3是聚氨酯硬泡。

据美国聚氨酯工业协会统计:在美国众多区域,为了达到节能50%~70%的目的,在美国每年大约修建150万个住宅,将原有玻璃纤维保温材料由聚氨酯硬泡代替,充分利用聚氨酯硬泡在屋面的保温特性和防水性能。

近年来,美国专业人员通过对1600套聚氨酯硬泡屋面保温系统详细调查报告称,该屋

面系统在美国 6 种气候条件下,使用最长时间已超过 26 年,且在被调查的屋面中有 97.6% 没有出现渗漏,93% 有不超过 1% 的退化,55% 没有被维修过。其物理性能没有随着时间的流逝而减少,并通过对超过 800 万平方英尺屋面系统节能计算,证明节能效果显著。

我国聚氨酯工业虽然起步较晚,但发展很快,特别在 20 世纪 80 年代初,我国聚氨酯工业开始出现突飞猛进的发展,在 90 年代开始在节能建筑上逐步开始使用。

根据聚氨酯硬泡性能、节能率和施工经验积累,2006 年 11 月,建设部聚氨酯建筑节能应用推广工作组制定了《聚氨酯硬泡外墙外保温工程技术导则》;2006 年国家编制《外墙外保温建筑构造(三)》(06J 121—3)标准图集;2006 年发布《喷涂聚氨酯硬泡体保温材料》(JC/T 998—2006)标准。

2007 年国家发布《硬泡聚氨酯保温防水工程技术规范》(GB 50404—2007)标准,同年国家又发布《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)标准。另外,《墙体材料应用统一技术规范》(国家标准)、《聚氨酯硬泡保温装饰复合板技术规范》即将发布实施。

为有效防止建筑外保温系统火灾事故,公安部、住房和城乡建设部联合制定了《民用建筑外保温系统及外墙装饰防火暂行规定》([2009] 46 号),于 2009 年 9 月 28 日印发通知。

一系列标准和规范的发布,使聚氨酯硬泡在节能建筑上施工更加规范化和法制化,使设计、施工和验收有了法定依据。

我国 2009 年 1~11 月全国销售新建房 75203 万 m^2 ,中国建筑年竣工面积超过所有发达国家之和。在我国 400 亿 m^2 既有建筑中,超过 95% 以上是高耗能建筑,至少有三分之一既有建筑需要进行节能改造。这 130 多亿平方米的建筑改造费用,如果每平方米是 200 元,从全国范围看,建筑保温行业预计今后将诞生每年近 2000 亿元的市场,相关聚氨酯产业链的生产企业将迎来不可多得的发展良机。

建筑市场需求量较大,暂时障碍是聚氨酯硬泡原料价格,聚氨酯硬泡价格高于传统保温材料,但应用在节能建筑上的综合效益却非常显著,建筑外围护应用聚氨酯硬泡成套建筑节能技术是历史发展的机遇。

第一章 基本知识

聚氨酯的结构为 $\left[-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{R}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}'\text{O}- \right]_n$ ，通称为聚氨基甲酸酯（简称聚氨酯）。它由聚异氰酸酯与聚合物多元醇（如聚醚多元醇或聚酯多元醇）反应而成，在聚

氨基甲酸酯链段（即在主链上）含有许多重复的聚合物结构的 $\left(-\text{R}-\text{NH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}'- \right)$ 单

元。聚氨酯的结构中具有类似酰胺基团 $\left(-\text{NHC}- \right)$ 及酯基团 $\left(-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR} \right)$ 的结构，因此

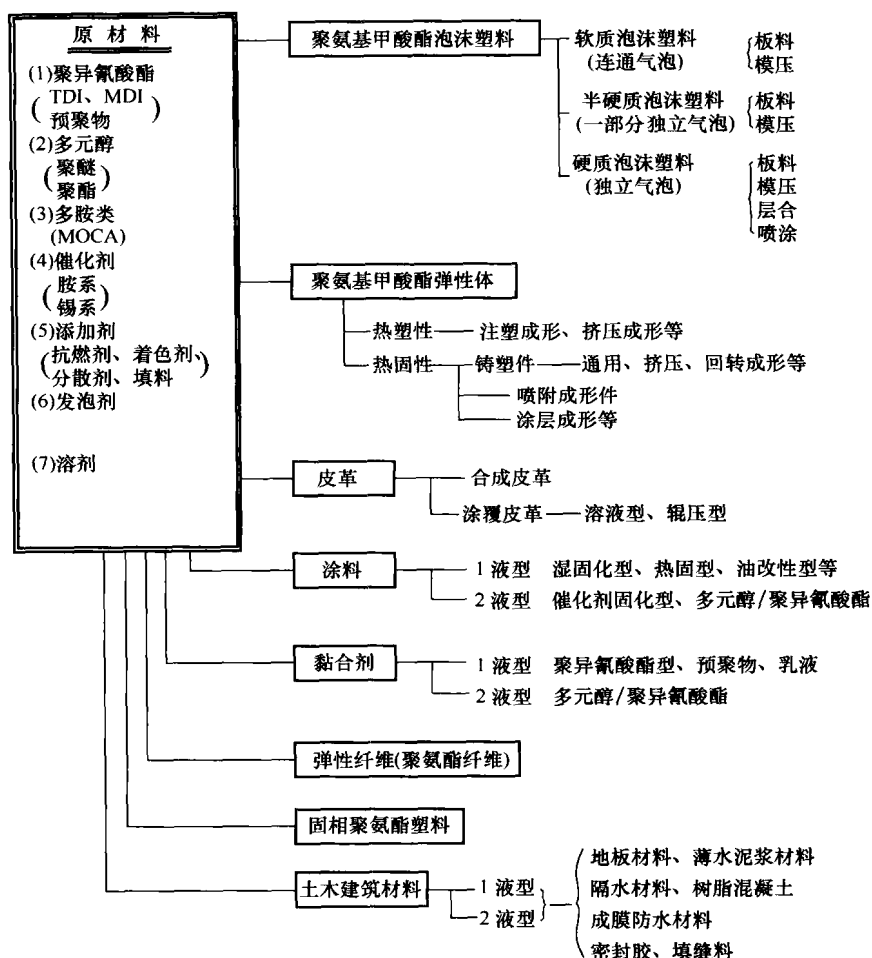


图 1-1 聚氨酯化工合成（生产）产品分类

聚氨酯的化学与物理性质介于聚酰胺和聚酯之间。不同类型的聚异氰酸酯与多羟基的聚合物多元醇反应后，能生产各种结构的聚氨酯，再通过适当化学改性、合成等化学技术可衍生很多同系产品，从而获得不同性质的聚氨酯系列高分子材料。

聚氨酯化工合成系列产品种类繁多，产品性能各异，在我们工作和日常生活当中，它几乎渗透到社会各个应用领域。

聚氨酯化工合成产品常见的有聚氨酯弹性体（俗称聚氨酯橡胶，用于矿山工业耐磨的传送带、煤或矿石用选筛、粉碎机、泥浆泵衬里、汽车配套部件、制鞋底，轻工行业的纺织用耐磨胶辊，机械行业的密封圈和耐磨滑轮、地面铺装，以及高铁、地铁、城市轨道交通和公路用减振枕木、轨枕垫，风能叶片等）、聚氨酯合成皮革（用于仿皮服装面料、箱包面料、鞋面料等）、聚氨酯漆（用于汽车、家具等）、聚氨酯黏合剂、聚氨酯弹性纤维（俗称氨纶，用于纺织行业），以及在建筑业或汽车等行业应用的有聚氨酯基甲酸酯泡沫塑料（简称聚氨酯泡沫，包括硬质、半软半硬和软质泡沫）、聚氨酯密封胶、聚氨酯（脲）防水涂料、聚氨酯灌浆堵漏材料等。聚氨酯化工合成（生产）产品分类如图 1-1 所示。

第一节 材料分类、反应原理、原料及参考配方

一、聚氨酯硬泡及复合面材分类

聚氨酯泡沫（Polyurethane Fome, PUF）根据所用聚合物多元醇及聚异氰酸酯类型，可划分为两大类，即聚醚多元醇（简称聚醚）聚氨酯泡沫和聚酯多元醇（简称聚酯）聚氨酯泡沫。两种类型聚氨酯泡沫又可分别按物理性能划分（如按密度划分及按弹性划分、按阻燃性能划分、按耐温性能划分）、按液料包装划分（单组分、双组分）、按用途划分及按施工方法划分等。

通常将聚氨酯泡沫按强度和用途划分，按强度划分大致划分为聚氨酯（Polyurethane, PU）硬泡（或称硬泡聚氨酯）、聚氨酯半软半硬泡沫（或称半软半硬泡聚氨酯）、聚氨酯软质泡沫（或称软泡聚氨酯）等。

聚酯型聚氨酯硬泡与聚醚型聚氨酯硬泡相对比较，聚酯型聚氨酯硬泡机械性能、耐温性能、耐油性能优于聚醚型聚氨酯硬泡，但聚酯型聚氨酯硬泡所用的原料成本高，而聚醚型聚氨酯硬泡耐水解优于聚酯型聚氨酯硬泡，且配方易调整、应用方便，价格相对低，应用比较普遍，因此，本书介绍所谓聚氨酯硬泡，是指目前在节能建筑保温系统中最常用的聚醚型聚氨酯硬泡应用技术。

（一）聚氨酯硬泡分类及常见用途

聚氨酯硬泡以聚醚多元醇、催化剂、发泡剂、泡沫稳定剂（或称匀泡剂）等混合后为 A 组分，以聚异氰酸酯为 B 组分，根据用途将 A、B 组分按一定配比分别经计量泵送入混合头或喷枪，可直接喷涂于无模任意工件上自然固化成形，或在其模具（或空隙）内浇注固化成形（或与其他材料复合成各种类型的保温板材），聚氨酯硬泡常见用途如图 1-2 所示。

（二）聚氨酯硬泡复合面材材料分类

在粘贴（锚固）或干挂等施工中，为使用方便或提高使用功能，往往在工业化生产线上

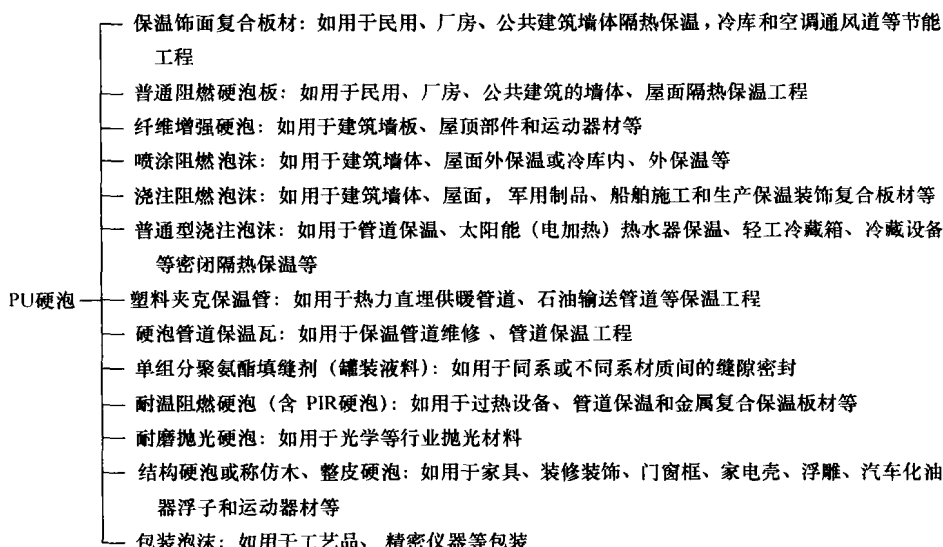


图 1-2 PU 硬泡常见用途

生产聚氨酯硬泡复合板。

聚氨酯硬泡复合板是以聚氨酯硬泡为保温隔热层，在其表面采用单面或双面的软质（或硬质）面材复合，按施工的规格、面材（正面有装饰效果为饰面层，而背面只有增强效果）材质、泡沫厚度等技术要求，通过机械浇（灌）注聚氨酯硬泡混合（A、B 组分）液料，在层压机（或模具）的压力作用下，利用聚氨酯硬泡发泡时的自身粘结性能，将面材与发泡聚氨酯硬泡层压、粘合复合为一整体，也有将预先生产后的聚氨酯硬泡裸板与面材复合。

有装饰作用的（不含现场采用薄抹灰系统施工的涂料饰面层或厚抹灰系统面砖饰面层）复合板称为聚氨酯硬泡保温装饰复合板（或称聚氨酯硬泡复合板材），反之称为聚氨酯硬泡增强复合板或普通聚氨酯硬泡板（裸板）。

聚氨酯硬泡复合板可由多种面材的面板、侧板（边板、边框加强材料）和背板（背覆材料）之间利用聚氨酯硬泡自粘结性能（或采用粘结剂）经特殊技术复合、切割等工序而成。

聚氨酯硬泡复合板的背面板可为耐碱玻璃纤维网格布混合胶浆层，或彩钢板、或高强度界面板、或水泥板、或聚合物水泥纤维增强卷材等构成，而饰面面材类型更多。

根据安装工艺具体要求所决定，不但使聚氨酯硬泡复合板有各自特有安装的板型，还可以在板材内或板材边缘设置预埋件、铝合金增强板，以及安装用的附件锚固措施等。

聚氨酯硬泡复合板不仅具有隔热保温、防水、装饰功能（通常将具有保温、防水和装饰的功能简称为“一体化”）及安装方便等特点，而且可大大提高板材的尺寸稳定性和安全性。当聚氨酯硬泡与无机板（或阻燃饰面材）复合后，还可有效提高板材的阻燃性能。

常见聚氨酯硬泡复合板所用的饰面、背面面材，按软质和硬质划分如图 1-3 所示。

二、聚氨酯硬泡简要化学反应原理

聚氨酯硬泡外保温系统工程质量要达到规定标准，不仅涉及设计和施工（安装）技术，更重要的是系统所用材料质量必须合格。

熟练掌握聚氨酯硬泡发泡（喷涂、浇注或制板材）原料配制，是一项常用和必须掌握的

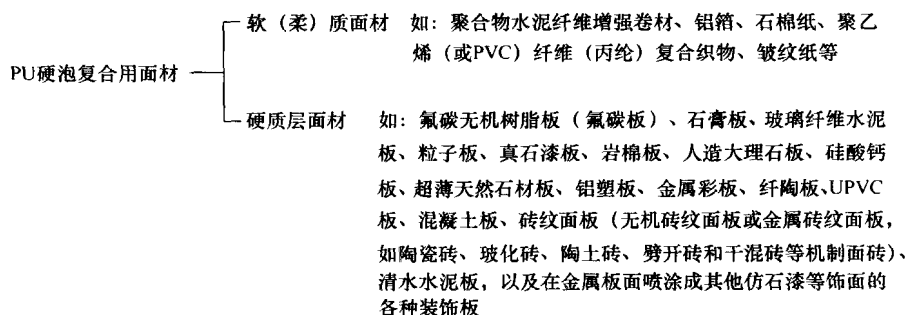


图 1-3 PU 硬泡复合用面材类型

基本技能，当出现组合料（A 组分）原料变化、研制新项目或现场施工环境温度变化及生产板材工艺条件变化等因素时，都需在试验室或施工现场针对具体问题重新试调配。调配好的原料经发泡后，按各项技术性能指标进行测试，合格后再结合原料成本进行评价，通过确认的最佳合格配方来指导工厂生产和现场应用。

聚氨酯硬泡发泡形成过程是非常复杂的化学反应历程，A 组分和 B 组分通过复杂的放热化学反应和物理变化，在反应过程中是多种化学反应在很短时间内同时平衡发生。力的平衡在整个时间内被用来维持气体在乳液中分散的稳定性，例如，乳液体积迅速增加，温度和黏度同时递增，从开始到完成发泡一般在 1~2min。当体积增长停止，液相变成固体，温度在短时间内还可以继续上升，直到泡沫最终冷却至室温。

聚氨酯硬泡发泡过程中的反应都是放热反应，加上制备硬泡用聚醚和聚异氰酸酯又是多官能度，交联密度高，在发泡过程中会出现更高的放热反应，因而称其为热固性塑料，而不属于热塑性。

聚氨酯硬泡通过改变、改性聚合物多元醇，改变助剂（填料）和改变异氰酸酯指数等因素，能分别制成不同密度、硬度、耐温范围、难燃等级和闭孔率大小的硬泡制品。

（一）聚氨酯泡沫发泡法

聚氨酯硬泡（喷涂、浇注或生产聚氨酯硬泡板材）和聚氨酯软泡（含半软半硬泡）的合成有预聚体法和一步发泡法成型，目前最常用的是一步发泡成型法。预聚体法和一步发泡法成型工艺比较如图 1-4 所示。

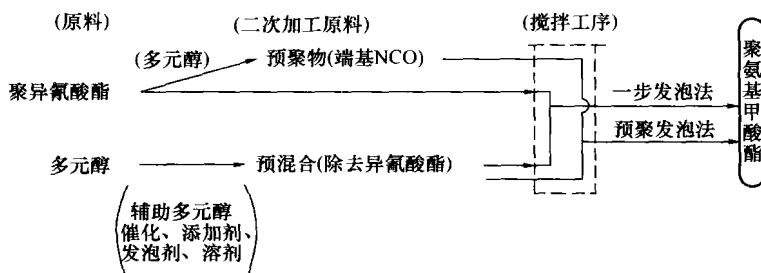
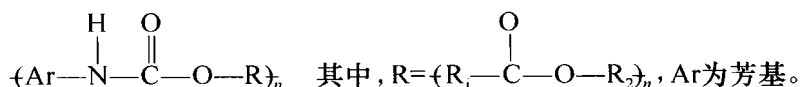


图 1-4 聚氨酯泡沫发泡合成法

（二）通用型聚氨酯硬泡化学反应

聚氨酯硬泡是以含有羟基的聚合物多元醇（如用石油产品为基础的普通聚醚多元醇、聚酯多元醇及天然植物油类多元醇或各个聚合物多元醇适当比例的混合）与助剂共同构

成, 聚合物多元醇组合材料 (A 组分) 与聚异氰酸酯 (B 组分) (如 MDI) 为两大主体材料。将 A、B 两大组分的材料按设定的重量 (或化学当量) 比例, 经机械充分搅拌混合均匀后, 在 A 组分中催化剂、泡沫稳定剂、发泡剂等化学助剂作用下, 各组成化学成分间产生的复杂化学交联反应和物理变化过程完成后, 发泡、固化成型。聚醚型聚氨酯硬泡结构式:

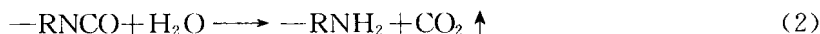


在反应过程中, 主要有聚合物多元醇中所含活性羟基 ($-\text{OH}$) 与异氰酸酯中所含异氰酸酯基团 ($-\text{NCO}$) 的聚合反应, 生成聚氨酯主链, 以及分子链增长、交链、气体膨胀产生泡沫体等反应, 几种化学反应同时发生不可逆的化学反应。

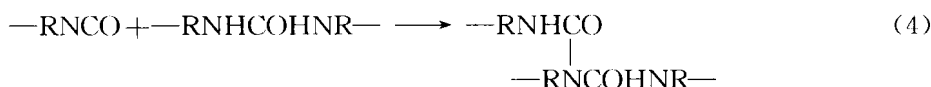
1. 聚醚多元醇与异氰酸酯反应, 生成氨基甲酸酯, 即链增长反应。它既发生在主要原料之间, 也发生在链增长过程中。化学反应通式:



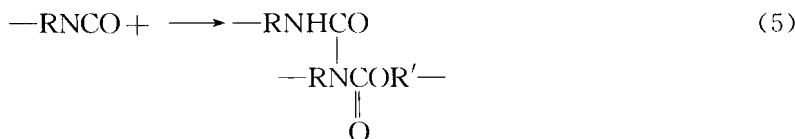
2. 聚异氰酸酯与水 (起内发泡剂作用) 反应, 生成二氧化碳及脲, 即放气反应:



3. 聚异氰酸酯与式 (3) 生成的脲反应, 生成缩二脲, 即交联反应:



4. 聚异氰酸酯与式 (1) 生成的氨基甲酸酯反应, 生成脲基甲酸酯, 即交联反应:



(三) 聚异氰酸酯改性聚氨酯硬泡化学反应

聚异氰脲酸酯 (Polyisocyanurate, PIR) 硬泡同属聚氨酯硬泡一类, 聚异氰脲酸酯硬泡所用的原料与普通聚氨酯硬泡的原料大体相同, 但聚异氰脲酸酯硬泡是在合成普通聚氨酯硬泡基础上, 将聚异氰酸酯指数提高到 3 以上, 并在三聚催化剂作用下生产聚异氰脲酸酯硬泡, 其成型工艺也分为预聚体法和一步法。

聚异氰脲酸酯硬泡预聚体法就是将聚异氰酸酯与聚醚 (或聚酯) 多元醇先反应, 生成主链末端为异氰酸酯的预聚体, 然后再与三聚催化剂、发泡剂等助剂发泡, 三聚硬化成型。

一步法成型工艺是将聚醚 (或聚酯) 多元醇、聚异氰酸酯和发泡剂等助剂与催化剂等一次混合发泡硬化成型。

在聚异氰脲酸酯硬泡成型中, 加入大量的异氰酸酯 (使用的异氰酸酯基仅有 10%~30% 转变为聚氨酯链), 在三聚催化剂作用下, 使催化剂诱导大部分异氰酸酯发生三聚反应, 异氰酸根 ($-\text{NCO}$) 发生环化反应生成异氰脲酸酯类环状化合物, 在生成分子中含异氰脲酸酯类环的泡沫, 聚异氰酸酯改性聚氨酯硬泡生成聚异氰脲酸酯硬泡的简要化学