

方禹声 朱吕民 等编著

聚氨酯泡沫塑料

● 第二版

化学工业出版社

聚氨酯泡沫塑料

第 二 版

方禹声 朱吕民 等编著

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

聚氨酯泡沫塑料

第 二 版

方禹声 朱吕民 等编著

责任编辑: 龚浏澄

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号)

北京市通县京华印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $30\frac{1}{2}$ 字数 696 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月北京第 1 次印刷

印 数 1—8 350

ISBN 7-5025-1201-2/TQ · 694

定 价 30.00 元

前 言

聚氨酯泡沫塑料是现代塑料工业中发展最快的品种之一，其特点是通过改变分子中链节的结构，能较大幅度地进行各种改性，并在改变工艺配方的情况下，可获得从软到硬、不同密度和性能的泡沫塑料制品。加上成型、施工的简便，从而广泛地应用于各种绝热、防震、隔音、轻质结构件和座垫、包装、汽车内装饰件等方面。因此，聚氨酯泡沫塑料在世界塑料工业中占有重要的地位。

近年来，该品种在我国发展较快，其生产和应用范围正在迅速扩大和推广，已在国民经济各个领域的发展中发挥着越来越大的作用。为适应我国聚氨酯工业进一步发展的需要，我们结合自己多年的工作实践，并参照国内外有关文献，于1984年编著了“聚氨酯泡沫塑料”一书。并于1987年9月重印出版，共计发行20300册，仍未能满足国内需求。由于该书内容丰富，理论与实践结合，发行以来深受读者欢迎。从而获得全国“优秀著作奖”。随着聚氨酯科技的日新月异，及国内引进装置需要，这次修订是在原书各个章节基础上进行了必要的增添充实，着重增加了“反应注射成型”、“特殊聚氨酯泡沫塑料”、“聚氨酯化学和工艺中若干计算”和“聚氨酯发泡设备和装置”等4个章节。为帮助读者对国内外主要厂家和产品有所了解，书后列出这些厂家聚氨酯用的系列原料、助剂、以及制造设备的牌号与规格。

本书是从从事聚氨酯泡沫塑料工作近30多年的几位高级工程师集体分工编著。具体分工如下：方禹声（第二、六章）；朱吕

民(第三、四、八、十一、十三以及第九章中第二、三、四节);秦志燕(第五、十四以及第九章中第一节);方秀华(第七章);钱泳源(第一、十二、十五章);另外,特邀金陵石化公司塑料厂浦仁生高级工程师增写第十章。由于钱泳源同志工作变动,所以他在原版本中选写的三章,分别由秦志燕(第一章)、方秀华(第十五章)、沈泽(第十二章)三人进行了部分修订、增补工作。而原版本中非法定计量单位,统一由缪仲夏同志换算、校正。全书仍由方禹声高级工程师(教授级)最后审阅定稿。

由于作者水平所限、内容难免有不当之处,敬请读者给予批评指正。

作者

1992年10月

内 容 提 要

本书对1984年版本进行了必要的增添充实,着重增补了“反应注射成型”、“特殊聚氨酯泡沫塑料”、聚氨酯化学和工艺中若干计算和聚氨酯发泡设备和装置。全书共分15章,主要内容有:基本化学反应与泡沫塑料制造原理;原料的制备;助剂的选择及其作用;制备软质、半硬质、硬质聚氨酯泡沫塑料的配方和成型工艺;反应注射成型工艺及泡沫制品;特种泡沫制品;泡沫塑料生产及加工设备;聚氨酯化学与工艺中的计算;聚氨酯泡沫塑料在运输、包装、纺织品、油田、石油化工、建筑、医药卫生、家庭生活用品、军事等方面的应用;废边料的回收利用;原材料分析及成品性能测试;燃烧及毒性等。最后附有国内外主要生产厂家的原料牌号及规格。

本书可供从事泡沫塑料的生产、科研、应用单位的技术人员和理工科有关大专院校师生参考。

目 录

第一章 绪论	1
一、概况	1
二、历史沿革	2
三、发展趋势	7
第二章 基本化学反应与泡沫塑料制造原理	13
第一节 异氰酸酯的反应特性	13
一、异氰酸酯和 NH 基反应	17
二、异氰酸酯和 OH 基反应	19
三、异氰酸酯和 SH 基反应	25
四、异氰酸酯的二聚反应	25
五、异氰酸酯的三聚反应	27
第二节 聚氨酯泡沫塑料的合成原理	30
一、基本反应	30
二、泡沫体的形成	34
三、泡沫塑料的基本配方及各组份的作用	36
第三节 泡沫形成过程中的胶体化学	44
一、泡沫的形成	46
二、泡沫的稳定	48
三、发泡过程中的粘弹性变化	55
第四节 聚氨酯结构对性能的影响	63
一、基本影响因素	64
二、聚氨酯中各基团对泡沫塑料性能的影响	68
三、交链度的影响	71
第三章 有机多异氰酸酯化合物	80
第一节 概述	80

第二节	有机异氰酸酯的性质	89
第三节	有机异氰酸酯的合成方法	97
一、	光气化法	99
二、	羰基法	104
三、	烯烃-异氰酸合成法	106
四、	卤代物-异氰酸合成法	108
五、	氯代物-氰酸盐合成法	108
第四节	伯胺-光气化法工艺	110
一、	釜式间歇法生产工艺	110
二、	釜式连续化生产工艺	113
三、	高温一步法生产工艺	116
四、	加压法生产工艺	120
五、	塔式连续化生产工艺	123
第五节	重要的有机异氰酸酯的制备	125
一、	甲苯二异氰酸酯的合成	125
二、	二苯基甲烷二异氰酸酯的合成	134
三、	多苯基多次甲基多异氰酸酯的合成	139
四、	甲基环亚己基二异氰酸酯的合成	141
五、	苯二亚甲基二异氰酸酯的合成	143
六、	聚 TDI 的合成	145
七、	液态 MDI 的合成	146
八、	二环己基亚甲基二异氰酸酯的合成	147
九、	聚合物多异氰酸酯的合成	147
第六节	有机异氰酸酯的安全技术措施	148
第四章	有机多元醇化合物	152
第一节	概述	152
第二节	聚醚多元醇树脂	156
一、	反应机理	157
二、	通用聚醚多元醇	162
三、	特种聚醚多元醇	184

四、 制备工艺与影响因素	205
第三节 聚酯多元醇树脂	218
一、 己二酸系聚酯醇	220
二、 醇酸树脂系聚酯醇	223
三、 烯烃单体改性聚酯醇	225
四、 聚己内酯系多元醇	227
五、 聚酯多元醇的制备与影响因素	231
第四节 蓖麻油及其它活性氢化合物	238
一、 蓖麻油及其衍生物	238
二、 木焦油系多元醇	241
三、 烯丙基葡萄糖甙多元醇	244
第五章 助剂	249
第一节 催化剂	249
一、 催化反应的基本概念	249
二、 叔胺类催化剂	251
三、 有机锡类催化剂	265
第二节 泡沫稳定剂	270
一、 泡沫稳定剂的分子结构及其合成方法	271
二、 稳定剂在聚氨酯泡沫制造中的应用	276
三、 泡沫稳定剂的稳定性	278
第三节 阻燃剂	279
一、 阻燃剂的选择	280
二、 阻燃剂的迭加作用	282
三、 重要的阻燃剂	285
第四节 其它助剂	289
一、 防老剂	289
二、 链增长剂	292
三、 发泡剂	293
四、 颜料	294
参考文献	295

第六章 软质聚氨酯泡沫塑料	296
第一节 概述	296
第二节 软质聚氨酯泡沫塑料的制造方法	298
一、预聚体法发泡工艺	299
二、半预聚体法发泡工艺	312
三、一步法发泡工艺	313
第三节 机械发泡工艺	330
一、发泡机械	330
二、块状泡沫制品的生产工艺	333
三、模型发泡工艺	345
四、整皮模塑发泡工艺	351
五、沫状发泡工艺	354
六、喷涂发泡工艺	357
第四节 特种软质聚氨酯泡沫塑料	357
一、高回弹软质泡沫塑料	357
二、阻燃型软质泡沫塑料	368
三、半硬质泡沫塑料	371
四、超柔软泡沫塑料	374
五、高密度泡沫橡胶	376
六、亲水性软质泡沫塑料	379
七、抗静电软质泡沫塑料	380
第七章 硬质聚氨酯泡沫塑料	383
第一节 概述	383
第二节 原料	384
一、异氰酸酯	384
二、多元醇	387
三、其它原料	389
第三节 发泡工艺与成型方法	393
一、发泡方法	393
二、浇注发泡成型	395

三、喷涂发泡成型	402
四、沫状发泡	406
五、复合板材和管道绝热层的加工成型法	410
六、结构泡沫与反应性注射模塑	418
第四节 冰箱用硬质聚氨酯泡沫塑料	426
一、流动性	427
二、脱模性	433
三、冰箱用原液及硬泡性能要求	436
四、高压机械发泡与手工发泡比较	437
第五节 硬质聚氨酯泡沫塑料组合料	438
一、多元醇预混合物不稳定的原因	439
二、稳定化措施	440
三、组合料及泡沫性能	445
第六节 阻燃型硬质聚氨酯泡沫塑料	449
一、阻燃技术概要	449
二、添加型阻燃剂	451
三、反应型阻燃剂	457
四、其它阻燃方法	463
五、抑烟技术	464
第七节 聚异氰脲酸酯泡沫塑料	465
一、制备聚异氰脲酸酯泡沫塑料的技术路线	467
二、聚异氰脲酸酯泡沫塑料的原料	469
三、聚异氰脲酸酯泡沫塑料的改性	474
四、成型工艺和泡沫塑料性能	477
五、聚酯型聚氨酯改性聚异氰脲酸酯泡沫	481
六、应用	493
第八节 单组份硬质聚氨酯泡沫塑料	493
一、单组份硬质聚氨酯泡沫塑料的固化反应	494
二、单组份硬质聚氨酯泡沫塑料的性质	494
三、单组份硬质聚氨酯泡沫塑料的特点	495

第九节 增强硬质聚氨酯泡沫塑料	496
一、玻璃纤维增强硬质聚氨酯泡沫塑料的性质	497
二、玻璃纤维增强硬质聚氨酯泡沫塑料的生产	500
三、玻璃长纤维单向增强泡沫塑料	502
四、玻璃中空小球增强泡沫塑料	503
五、增强聚异氰脲酸酯硬泡	504
六、应用	505
第十节 一氟三氯甲烷代用品发泡技术的进展	505
一、氟氯烃的代用品	507
二、代用品发泡技术的进展	513
第十一节 硬质聚氨酯泡沫塑料的性质	525
一、密度	525
二、强度	526
三、热导率	529
四、尺寸稳定性	536
五、耐化学药品性	538
六、电性能	539
七、吸声性	539
八、使用寿命	541
第八章 反应注射成型工艺及泡沫制品	544
第一节 概述	544
一、RIM工艺发展历史	544
二、RIM工艺特点	545
第二节 RIM工艺和设备	547
一、RIM工艺	547
二、RIM工艺参数及其影响	550
三、RIM设备	552
第三节 RIM用原料及其作用	554
一、异氰酸酯化合物	554
二、多元醇化合物	555

三、 其它助剂	557
第四节 泡沫制品与性能	558
一、 RIM—PV 结构泡沫	558
二、 微孔弹性泡沫体	561
三、 增强 RIM 制品	566
第九章 特种聚氨酯泡沫塑料制品	571
第一节 聚氨酯微孔鞋底	571
一、 发展概况	571
二、 原料	572
三、 生产工艺	574
四、 性能	576
第二节 聚氨酯自结皮泡沫塑料	578
一、 前言	578
二、 制造技术	581
三、 应用与制品性能	587
第三节 沫状聚氨酯泡沫塑料	592
一、 前言	592
二、 施工方法的选择	595
三、 沫状发泡及热沫状发泡工艺	597
四、 机械沫状发泡工艺	600
第四节 包装用聚氨酯泡沫塑料	602
一、 技术路线与典型配方	603
二、 影响因素	605
三、 泡沫性能与成型方法	608
第十章 聚氨酯泡沫生产及加工装备	613
第一节 软质泡沫块料生产机械	613
一、 软质泡沫块料生产线的基本组成	613
二、 水平块料发泡机械	622
三、 垂直块料发泡机械	632
四、 箱式发泡机械	635

五、泡沫块料生产中常见问题及解决方法	638
第二节 软质泡沫切割加工机械	639
一、立式切割机械	640
二、水平切割机械	641
三、旋转切割机械	648
四、旋转靠模切割机械	650
五、仿形切割机械	651
六、三维切割机械	652
七、压型切割机械	653
八、其它加工机械	655
第三节 软质泡沫的复合机械	657
一、熔合机械	657
二、粘合机械	659
三、直接复合机械	661
第四节 模塑生产机械	662
一、模塑生产线的基本组成	662
二、模塑生产线	677
三、反应注射成型(RIM)生产线	682
第五节 硬质泡沫板材生产机械	689
一、连续夹芯板生产机械	689
二、间歇夹芯板生产机械	694
第六节 其它泡沫塑料生产机械	697
一、泡沫管材模塑生产机械	697
二、泡沫塑料的喷灌机械	699
第七节 边废泡沫的粘结复制机械	703
第十一章 聚氨酯化学与工艺中的若干计算	705
第一节 引言	705
第二节 聚氨酯化学方面的公式	707
一、当量值	707
二、异氰酸酯的需要量	708

三、 预聚体的合成	713
四、 分子量与收能度	718
第三节 聚氨酯工艺方面的公式	725
一、 聚氨酯泡沫塑料的收率	725
二、 热导率的校正	726
三、 泡沫厚度的计算	728
第四节 聚氨酯制品的生产线设计依据	734
一、 模具数的确定	734
二、 生产能力的计算	735
第十二章 聚氨酯泡沫塑料的应用	736
第一节 家具	739
一、 沙发和座椅、靠背垫	739
二、 由“合成木材”制造家具	740
第二节 床具	742
一、 床垫	742
二、 枕头	744
三、 被垫	745
第三节 运输	745
一、 飞机	745
二、 汽车	747
三、 铁路车辆	751
四、 船舶	754
第四节 纺织品及地毯	758
一、 纺织品-PUF 复合方法	758
二、 地毯底衬	760
第五节 建筑业	762
一、 房屋建筑	762
二、 灌浆材料	766
三、 防渗隔潮	770
第六节 油田及石油化工中的应用	771

一、油田用	772
二、炼油厂用	774
三、化工管道、设备用	777
四、电力管网	778
第七节 包装	779
第八节 制鞋工业	781
第九节 家庭生活、运动和娱乐用品	782
一、日用品	782
二、运动和娱乐用品	786
第十节 医药卫生	787
第十一节 农林业	788
第十二节 军事应用	793
一、雷达天线罩	793
二、机头罩	794
三、夹层结构件	794
四、减振器材	795
五、深冷绝缘材料	796
六、其它应用	796
第十三节 其它应用	797
一、过滤材料和吸收材料	797
二、三废治理	798
三、填充、密封材料	799
四、壳体材料	800
五、吸声、吸能材料	801
六、功能材料	801
第十三章 聚氨酯泡沫塑料边废料的回收利用	805
第一节 泡沫边废料的状况	805
第二节 泡沫废料的化学回收技术	807
一、热裂解法	807
二、水蒸汽裂解法	810

三、醇解法	811
四、碱解法	812
第三节 各种聚氨酯泡沫塑料的醇解再生工艺	814
一、硬质聚氨酯泡沫塑料的醇解再生	816
二、软泡与半硬泡的醇解再生	818
三、聚异氰脲酸酯泡沫的再生回收	819
第四节 异氰酸酯残渣的回收利用	821
一、直接法	821
二、溶液法	822
三、分解法	824
第十四章 原料分析及成品性能测试	826
第一节 原料和中间体分析	827
一、聚醚(或聚酯)多元醇	827
二、多异氰酸酯和预聚体	836
第二节 成品性能测试	842
主要参考文献	857
第十五章 燃烧和毒性	858
第一节 泡沫塑料的燃烧	858
第二节 聚氨酯泡沫塑料燃烧及分解后的产物	863
一、聚氨酯泡沫塑料的热分解	863
二、软质聚氨酯泡沫塑料的热分解生成物	864
三、硬质聚氨酯泡沫塑料的热分解生成物	866
四、燃烧气中的氰化氢	867
五、一氧化碳等有害气体的释出速度	870
六、燃烧气的毒性	871
七、聚氨酯泡沫塑料的燃烧发烟性	875
第三节 泡沫塑料燃烧性能的测试方法	879
第四节 软泡的自然问题	890
一、软泡自燃的原因	890
二、影响软泡焦化和自燃的因素	891