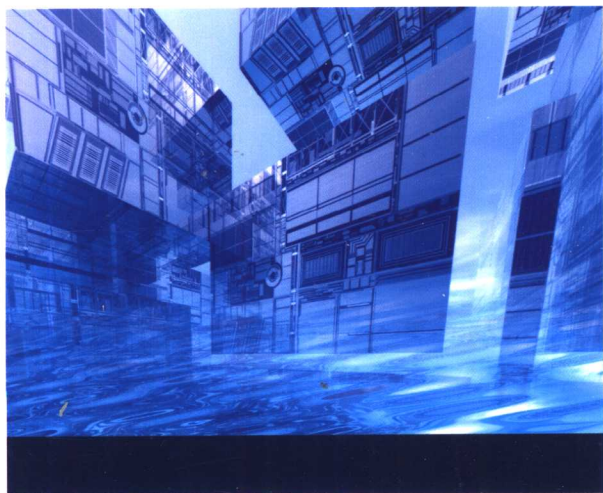


李 荣 孙曼灵 任普亮 编著

聚氨酯防水材料 与施工技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

聚氨酯防水材料与施工技术

李 荣 孙曼灵 任普亮 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

聚氨酯防水材料与施工技术/李荣, 孙曼灵, 任普亮
编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5
ISBN 7-5025-7124-8

I. 聚… II. ①李…②孙…③任… III. 聚氨酯-
建筑材料: 防水材料 IV. TU57

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 050739 号

聚氨酯防水材料与施工技术

李 荣 孙曼灵 任普亮 编著

责任编辑: 李晓文

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 宋 玮

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

http: //www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11¼ 字数 301 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7124-8

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

中国有着悠久历史，传统的防水材料丰富多彩，砖瓦、茅草、石片等至今仍有地方在沿用。随着石油和高分子材料工业的发展，20 世纪 70 年代，各种塑料、橡胶卷材相继问世，80 年代后期各类防水材料、防渗堵漏材料、防水保温材料都有了较大的发展。我国现代防水材料按形态可分为卷材、密封材料和涂料三大系列产品。按化学组成可分为沥青基、改性沥青基和高分子防水材料三大类。以石油沥青纸胎油毡、乳化沥青为代表的沥青基防水材料和含焦油类的防水材料已被国家相关部门明确列入淘汰产品之列，而以 SBS、APP 为代表的改性沥青防水材料和高分子防水材料成为国家推广使用的新型防水材料。

聚氨酯高分子防水材料——涂料、灌浆材料、密封材料以及保温防水材料以其高弹性、耐磨性、黏结性、耐低温性、耐溶剂性、耐老化性及可发泡性等优良性能得到迅猛发展。据粗略统计，聚氨酯高分子防水材料目前占我国防水材料总用量的 30% 以上。随着人类环保意识的增强，不含有机溶剂的水性聚氨酯防水材料必将成为防水行业的新宠。

由于聚氨酯防水材料的发展历史较短，有关这方面的专著很少，并且多是对聚氨酯树脂的理论阐述，而对材料的生产工艺、配方、施工性能等内容介绍较少。鉴于此，本书除介绍聚氨酯树脂的基本原料、合成原理外，着重从实用性角度介绍聚氨酯防水材料的分类、配方设计、生产工艺、施工技术、试验方法及应遵循的相关标准规范，从而有助于读者更好地解决生产和施工中的实际问题。

全书共分十章，其中第四、五、九、十章由李荣编写；第一、二、三章由孙曼灵编写；第六、七、八章及第九章中的保温、密封

材料试验方法部分由任普亮编写。由于时间关系，加之编者水平有限，书中谬误难免，希望读者不吝指正。

编者

2005 年元月

目 录

第一章 绪论	1
一、建筑防水材料及其发展概况	1
二、建筑防水材料的种类	2
三、建筑防水材料应具有的性能	4
四、聚氨酯防水材料的特点、类型和发展趋势	5
五、几个基本语	6
主要参考文献	7
第二章 聚氨酯防水材料的主要原材料	8
第一节 多异氰酸酯	8
一、甲苯二异氰酸酯 (TDI)	9
二、二苯基甲烷二异氰酸酯 (MDI) 和多苯基多亚甲基多 异氰酸酯 (PAPI)	10
三、异氰酸酯其他品种简介	12
第二节 低聚物多元醇	15
一、聚醚多元醇	15
二、其他低聚物多元醇	21
第三节 扩链剂和交联剂	24
一、二元胺	24
二、小分子二元醇和三元醇	25
三、醇胺	27
第四节 催化剂	27
一、概述	27
二、叔胺	29
三、有机锡化合物	31
四、非锡有机金属化合物	33

五、酸类化合物	35
第五节 其他助剂	35
一、溶剂	35
二、填料	39
三、触变剂、防流挂剂、防沉淀剂、增稠剂	40
四、流平剂	42
五、增塑剂	43
六、防老剂	44
七、偶联剂	45
主要参考文献	45
第三章 聚氨酯防水材料应用化学	47
第一节 异氰酸酯的基本化学反应	47
一、异氰酸酯与醇的反应	47
二、异氰酸酯与氨基甲酸酯的反应	48
三、异氰酸酯与胺的反应	48
四、异氰酸酯与脲的反应	48
五、异氰酸酯与水的反应	49
六、异氰酸酯与羧酸的反应	50
七、异氰酸酯与酰胺的反应	50
八、异氰酸酯与酚的反应	51
九、异氰酸酯的自加聚反应	52
十、异氰酸酯的自缩聚反应	53
第二节 影响异氰酸酯反应活性的主要因素	54
一、异氰酸酯基—NCO 的亲核反应机理	54
二、异氰酸酯的结构对—NCO 基反应活性的影响	55
三、活泼氢化合物与异氰酸酯的反应活性	58
四、催化剂对—NCO 基反应活性的影响	63
五、溶剂对—NCO 基反应活性的影响	67
六、温度对—NCO 基反应活性的影响	68
第三节 聚氨酯的化学计算	69
一、术语和化学量计算	69

二、预聚物配比的计算	75
三、半预聚物配比的计算	79
四、成品胶配比的计算	80
主要参考文献	82
第四章 油性聚氨酯防水涂料与施工技术	83
第一节 焦油型聚氨酯防水涂料	83
一、焦油型聚氨酯防水涂料	83
二、焦油型聚氨酯防水材料存在的问题	87
第二节 沥青型聚氨酯防水涂料	87
一、沥青型聚氨酯防水涂料的优点	88
二、主要原料	88
三、制造方法	89
四、配方	89
五、存在问题	90
六、双组分焦油型与双组分沥青型聚氨酯防水涂料的区别	91
第三节 聚醚型聚氨酯防水涂料	92
一、特点	93
二、双组分聚醚型聚氨酯防水涂料	93
三、单组分聚醚型聚氨酯防水涂料	96
第四节 潮湿基层施工用的聚氨酯防水涂料	97
一、概述	97
二、制造	97
三、原料的选择及其影响因素	98
第五节 防水涂料的施工方法、常见缺陷及补救措施	99
一、聚氨酯防水涂料的施工方法	99
二、聚氨酯防水涂料常见缺陷及补救措施	129
第六节 验收标准	130
一、屋面防水等级和设防要求	131
二、涂膜防水屋面工程	131
三、地下工程防水等级标准及防水设防规定	133
主要参考文献	136

第五章 水性聚氨酯防水涂料	138
第一节 概述	138
一、水性聚氨酯防水涂料的特点	138
二、聚氨酯水分散体制备原理	140
第二节 聚氨酯水分散体制备工艺	142
一、剪切力分散法	143
二、丙酮法	143
三、预聚物混合法	144
四、熔融分散法	144
五、固体自分散法	146
六、酮亚胺/酮连氮法	146
七、几种分散方法的比较	150
第三节 原料的选择及实例	150
一、合成预聚体的原料选择	150
二、填料的选择	151
三、助剂的选择	152
四、实例	152
第四节 水性聚氨酯乳液的改性	152
一、用丙烯酸酯的改性	153
二、用环氧树脂的改性	159
第五节 水性聚氨酯涂膜物理性能及其影响因素	160
一、聚合物多元醇的影响	160
二、异氰酸酯种类的影响	161
三、亲水性离子基团的影响	162
四、其他常用扩链剂的影响	162
五、对离子的影响	163
主要参考文献	164
第六章 聚氨酯保温防水材料与施工技术	166
第一节 概述	166
第二节 聚氨酯保温防水材料的原材料	168
一、多元醇	168

二、异氰酸酯	169
三、发泡剂	170
四、表面活性剂	171
五、催化剂	171
六、阻燃剂	172
第三节 聚氨酯泡沫的发泡机理	173
一、基本反应	173
二、泡沫体形成机理	173
第四节 聚氨酯保温防水材料的制备	174
一、聚氨酯硬泡的基本生产方法	174
二、聚氨酯保温防水硬泡的制备	175
三、常见聚氨酯保温防水硬泡制备质量问题分析	178
第五节 聚氨酯保温防水材料的性能	180
一、聚氨酯保温防水材料的特点	180
二、聚氨酯保温防水材料的性能	182
第六节 聚氨酯保温防水材料的施工技术	186
一、施工基本要求	186
二、施工注意事项	186
三、聚氨酯保温防水材料施工	187
主要参考文献	191
第七章 聚氨酯密封材料与施工技术	192
第一节 概述	192
第二节 聚氨酯密封材料的原材料	194
一、低聚物多元醇	194
二、异氰酸酯	195
三、其他助剂	196
第三节 聚氨酯密封材料的制备	197
一、聚氨酯密封胶的分类及反应原理	197
二、单组分聚氨酯密封胶的制备	198
三、双组分聚氨酯密封胶的制备	200
第四节 聚氨酯密封材料的性能	202

一、聚氨酯密封胶的特点和适用范围	202
二、聚氨酯密封胶的性能指标	203
第五节 聚氨酯密封材料施工技术	209
一、施工方法	209
二、注意事项	210
主要参考文献	211
第八章 聚氨酯灌浆材料与施工技术	212
第一节 概述	212
第二节 聚氨酯灌浆材料的种类和反应原理	214
一、油性聚氨酯灌浆材料的反应原理	214
二、水性聚氨酯灌浆材料的反应原理	214
三、聚氨酯灌浆材料的堵水硬化机理	215
第三节 聚氨酯灌浆材料的制备和性能	216
一、聚氨酯灌浆材料的原材料	216
二、油性聚氨酯灌浆材料的制备	219
三、水性聚氨酯灌浆材料的制备	220
四、聚氨酯灌浆材料的性能	221
第四节 聚氨酯灌浆材料的施工	223
一、聚氨酯灌浆材料的应用范围	223
二、聚氨酯灌浆材料的施工	224
主要参考文献	226
第九章 聚氨酯防水材料试验方法的试验方法	227
第一节 化学分析法	227
一、化学分析基本技术	227
二、聚合物多元醇的羟值分析	228
三、聚醚中水分测定	231
四、异氰酸酯纯度分析	234
五、聚氨酯预聚体中异氰酸根含量的测定	235
第二节 仪器分析法	237
一、红外光谱分析技术	237
二、色谱分析技术	247

三、热分析技术	250
四、核磁共振波谱技术	251
第三节 物理力学性能试验方法	253
一、沥青软化点、延度、针入度测定法	253
二、聚氨酯防水涂料试验方法	265
三、聚氨酯保温防水材料试验方法	274
四、聚氨酯密封材料试验方法	282
主要参考文献	305
第十章 聚氨酯防水材料的工业卫生	307
第一节 概述	307
第二节 聚氨酯防水材料生产和施工中的毒性	309
一、异氰酸酯	309
二、聚合物多元醇	314
三、添加剂	315
四、胺类扩链剂的致毒表现	316
五、其他可中毒的因素	317
第三节 聚氨酯防水材料生产和施工中的卫生管理	317
一、制定必要的安全防护法律、法规	318
二、完善工业安全卫生设施	319
三、加强个人防护	321
四、急救措施	322
主要参考文献	323
附录一 对于操作芳香族异氰酸酯之忠告	325
附录二 国内聚氨酯原材料、机械、主要生产、研究单位	337
附录三 聚氨酯防水材料的标准题录	346

第一章 绪 论

一、建筑防水材料及其发展概况

建筑防水材料（简称防水材料）是一类能使建筑物和构筑物具有防渗、防漏功能的材料，是建筑材料的一个重要组成部分。防水材料的防渗作用是指防止地下水、雨水或地基中的盐分等腐蚀性介质渗透到建筑构件或地基基础的内部，防止由此而造成的性能劣化，甚至失效。防漏作用是指防止雨水、雪水、地下水等从屋顶、墙面、地基或混凝土构件的接缝处渗漏到建筑使用空间，蓄水结构或渠道结构内的水向外渗漏或建筑物、构筑物内部相互止水。所以防水材料是能保护建筑物和构筑物及其构件不受水的侵蚀和破坏，保证建筑物和构筑物正常使用的一类不可缺少的功能性材料。目前已广泛应用于工业与民用建筑、市政建筑、地下工程、道路、桥梁、地铁、隧道、涵洞、大坝、渠道护坡、海港工程、国防工事、洞库等领域。正确选择和合理使用建筑防水材料，对保证建筑物和构筑物的质量和使用寿命，延长其使用寿命是至关重要的环节。

传统的防水材料是沥青防水材料，包括石油沥青、煤沥青和煤焦油。如沥青防水卷材（沥青油毡）、沥青溶液（冷底子油）、乳化沥青、沥青胶（沥青玛蹄脂）、沥青砂浆和混凝土、沥青防水涂料、沥青油膏、沥青麻止水填料等。沥青防水材料具有良好的憎水性、黏结性和塑性（延性），能耐酸、碱、盐的腐蚀，抗冲击性能较好，价格便宜，因此得到最广泛的应用。沥青防水材料的缺点是大气稳定性和温度稳定性差，冬天易龟裂，夏天易流淌，强度偏低。所含

组分及含量不固定，随产地及提炼工艺的不同而变化很大。因此其性能不稳定，只能用作对性能要求不高的低档次材料。为了提高沥青防水材料的性能，多年来国内外进行了大量研究工作，开发出大量改性沥青品种。如添加炭黑、石棉等填料改性的沥青材料；氧化、磷化、硫化、磺化、氯化等化学改性沥青材料；后来又发展到用聚合物改性沥青，如苯乙烯-丁二烯-苯乙烯弹性体（SBS 橡胶）、丁苯橡胶（SBR）、氯丁橡胶（CR）、氯磺化聚乙烯（CSM）、氯化聚乙烯（CPE）等橡胶改性沥青；聚乙烯（PE）、无规聚丙烯（APP）、乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）、聚氯乙烯（PVC）、环氧树脂（EP）、聚氨酯（PU）、聚苯乙烯（PS）、乙烯-丙烯酸共聚物（EEA）等树脂改性沥青；以及 CSM-PE、EPM（乙烯-丙烯共聚物）-EVA、SBR-APP 等复合改性沥青，从而大大提高了沥青防水材料的性能。例如性能较好、价格较低的焦油聚氨酯防水涂料、SBS 沥青防水卷材等，得到了广泛的应用。但是焦油中含有苯、蒽、吡啶、苯酚等有毒物质，使用过程中有较大气味，污染环境，危害人体健康。随着人们环保意识的增强和科技的进步，北京、上海等地已相继发文禁止使用焦油型聚氨酯防水涂料。因此，促进了石油沥青聚氨酯防水涂料的开发，尤其是合成高分子防水涂料的发展，如聚氨酯防水涂料、氯磺化聚乙烯防水涂料、氯丁橡胶防水涂料等。为了降低有机溶剂给生态环境带来的危害，含有机溶剂的防水涂料如沥青防水涂料等也呈被淘汰趋势，从而促进了无溶剂防水涂料和水性防水涂料的研究。已开发出的性能较好的水性防水涂料有水性聚氨酯防水涂料、聚合物水泥防水涂料（JS 涂料）等环保型产品。

二、建筑防水材料的种类

建筑防水材料的品种很多，分类的方法也很多，通常可按下列方法分类。

1. 按材料的性质划分

（1）柔性防水材料 又可分为高弹性防水材料——橡胶、柔性

树脂的硫化物（固化物）；塑性（延性）防水材料——非反应性材料，如腻子。

（2）刚性防水材料 如防水砂浆及混凝土、金属板材等。

2. 按材料的外观形态及使用功能划分

（1）防水卷材 适用于平整的大面积施工。施工快捷、防水效果好。但是卷材与基层（底材）的粘接、卷材接缝处及边缘处的防水处理是其薄弱环节。不宜用于像卫生间这样面积小、形状复杂、边缘及接缝密集的部位，易被基层不平处尖角刺穿而失效。

（2）防水涂料 可形成无缝的整体防水层，防水效果好。边缘处防水处理简易，宜用于形状复杂、边缘多的部位。涂层与基层贴合紧密，粘接强度高，提高了耐裂缝及水密性。对基层的平整度要求不高，不会出现被尖角刺穿的现象。采用刷涂施工效率低，劳动强度大。采用喷涂施工可提高工效，但环境污染较大。

（3）防水密封材料 又称嵌缝材料。主要用于建筑物和构筑物中各种接缝或裂缝的嵌填以保持水密性。防水密封材料应具有较大的塑性和黏结性，或具有较大的高弹性，以适应接缝或裂缝拉压等位移变形，保持水密性。防水密封材料可分为定形密封材料，如带状、条状、棒状、卷状等定形产品，包括硫化型和非硫化型两种；不定形密封材料，包括液状和膏状两大类。

（4）防水胶黏剂 它是防水材料的主要配套材料，用于粘接防水卷材，填充基层的微裂缝，填平粗糙的表面，使卷材与基层粘贴密实。它不仅具有较大的粘接强度，还应具有较好耐水性和水密性。

（5）灌浆材料 灌浆材料能减少基础渗漏、改善裂隙岩体的物理力学性质，增加建筑物和构筑物地基的整体稳定性，提高其抗渗性、强度和耐久性。在建筑工程和水利工程中得到广泛应用。灌浆材料可分为三大类。

① 无机灌浆材料。主要是水泥、石灰和黏土类灌浆材料。

② 沥青灌浆材料。

③ 化学灌浆材料。又可分为水玻璃类灌浆材料、木质素类灌

浆材料、环氧树脂类灌浆材料、甲基丙烯酸甲酯类灌浆材料（甲凝灌浆材料）、丙烯酰胺类灌浆材料（丙凝灌浆材料）、聚氨酯类灌浆材料（氰凝灌浆材料）等。

其中以化学灌浆材料的效果最好。

(6) 刚性防水材料 主要是水泥防水砂浆及混凝土、金属板材等。刚性防水材料本身具有很好的水密性，但其接缝处仍需采用柔性防水材料来密封。混凝土性脆，易产生裂缝而漏水。金属板材易锈蚀而失效，而且造价较贵，所以在使用上受到一定限制。

(7) 堵漏止水材料 这是针对建筑物和构筑物由于种种原因形成裂缝或孔洞而产生的渗漏进行修补或抢修用的材料。堵漏止水材料应不溶于水，且具有较好的耐水解性和水密性。自身强度和粘接强度高，能在潮湿面上或水中快速固化、粘接，最好具有较大的高弹性和水胀性。

3. 按基体（母体）材料的类型划分

- ① 无机材料。如水泥等。
- ② 天然有机材料。如石油沥青、煤沥青、煤焦油等。
- ③ 合成高分子材料。如聚氨酯、环氧树脂、氯丁橡胶、有机硅、氯化聚乙烯等。
- ④ 上述两种或多种材料的复合材料。

三、建筑防水材料应具有的性能

建筑防水材料应具有以下的性能：

- ① 具有较高的耐水解性和抵抗水的渗透性（水密性），以及较好的耐酸、碱、盐等介质的腐蚀性；
- ② 有较宽的温度稳定性，在低温下不龟裂，在高温下不流淌；
- ③ 有较大的断裂伸长率和拉伸强度，能承受基层的伸缩、开裂引起的位移变形，本身不开裂、不透水；
- ④ 塑性大，与基层粘接牢固，剥离强度高，或具有较大的高弹性，能与基层形成稳定的不透水整体；

⑤ 具有较好的耐候性，对紫外线、热、氧等有较高的稳定性；

⑥ 工艺性好，施工简易，毒性低，对环境污染小，价格便宜。

四、聚氨酯防水材料的特点、类型和发展趋势

聚氨酯防水材料属聚氨酯弹性体范畴，大多数为浇注型聚氨酯材料（CPU）。聚氨酯防水材料以其优异的性能和适中的价格在众多的合成高分子防水材料中占有重要的地位。其特点是：

① 反应活性大，固化速度快，可在室温、甚至在低温下快速固化；

② 施工工艺简易，流平性较好，可一次摊铺或几次涂抹成型；

③ 为高弹性材料，延伸率和撕裂强度大，耐冲击性好，内聚强度和粘接强度高，耐磨性好；

④ 聚醚型聚氨酯的耐水解性好，抗渗性强，耐稀酸、稀碱及盐水的腐蚀性及耐油性好；

⑤ 耐低温性好，一般耐温范围为 $-50\sim 100^{\circ}\text{C}$ ；

⑥ 耐候性好，用有机硅和丙烯酸酯改性后，或加入抗氧剂、紫外线吸收剂可进一步提高耐老化性能；

⑦ 挥发性和毒性小，对环境的污染小。

聚氨酯防水材料的类型主要有如下几种。

① 聚氨酯防水涂料。这是聚氨酯防水材料中最大的品种。可分为油性聚氨酯防水涂料和水性聚氨酯防水涂料两大类。前者又可分为双组分型、单组分型及湿固化型等品种，或溶剂型和无溶剂型品种；后者又可分为水溶型和水乳型等品种。

② 聚氨酯嵌缝材料（聚氨酯防水密封材料）。可分为腻子、密封条（硫化型和非硫化型）及遇水膨胀橡胶止水条等品种。还可分为一步法成型、双组分两步法成型及单组分湿固化成型等品种。

③ 聚氨酯卷材和聚氨酯胶黏剂。

④ 聚氨酯灌浆材料（氰凝灌浆材料），可分为油性及水性