

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.02.024

硬质聚氨酯泡沫复合改性研究进展^{*}

应宗荣¹, 黄瑞娇¹, 疏芳¹, 顾国东², 骆波²

(1. 南京理工大学高分子材料系, 南京 210094; 2. 无锡捷阳节能科技有限公司, 江苏无锡 214196)

摘要: 综述了微粒复合、纤维复合、混杂复合改性硬质聚氨酯 (PUR-R) 泡沫的最新研究进展, 重点讨论了金属氧化物、碳酸钙、硅酸盐、粉煤灰、有机粉末、玻璃纤维和天然纤维复合改性 PUR-R 的研究现状, 指出了 PUR-R 泡沫复合改性的研究方向。

关键词: 硬质聚氨酯泡沫; 复合改性; 力学性能; 进展

中图分类号: O633.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)02-0111-05

Research Progress on Composite Modification of Rigid Polyurethane Foams

Ying Zongrong¹, Huang Ruijiao¹, Shu Fang¹, Gu Guodong², Luo Bo²

(1. Department of Polymer Materials, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Wuxi Jieyang Energy-Saving Technology Co.Ltd., Wuxi 214196, China)

Abstract: New research progresses on composite modification of rigid polyurethane (PUR-R) foams with particles, fibers, and hybrid particles and fibers were summarized. The present research status of PUR-R foams modified with metallic oxide, calcium carbonate, silicate, fly ash, organic powder, glass fiber and natural fiber were discussed in detail. Future research trend for composite modification of PUR-R foams was pointed out.

Keywords: rigid polyurethane foam; composite modification; mechanical property; progress

硬质聚氨酯 (PUR-R) 泡沫具有质量轻、保温、防潮、隔音、耐热、防震、耐腐蚀、容易与其它材料粘结、燃烧时不产生熔滴等优异性能, 在生产过程中不产生副产物, 因此, 作为绝热保温及隔音减震材料, 广泛用于建筑、冷藏、交通运输、包装等领域^[1]。PUR-R 泡沫最突出的优点是热导率很低。在我国, PUR-R 泡沫主要用于冰箱、冷库行业作为隔热保温材料, 占 PUR-R 泡沫总消费量的 57.5%, 用于石油输送管道、化工贮罐及工业设备的 PUR-R 泡沫隔热保温材料占 15%, 用于建筑的 PUR-R 泡沫隔热保温材料占 10%, 用于交通运输的 PUR-R 泡沫隔热保温材料占 10%, 其它占 7.5%。

对于 PUR-R 泡沫来说, 如何大幅度降低成本, 提高力学性能和尺寸稳定性, 是目前 PUR-R 泡沫的研究热点。笔者综述了微粒复合、纤维复合、混杂复合改性 PUR-R 泡沫的最新进展, 并提出了 PUR-R 泡沫的发展趋势。

1 微粒复合改性

微粒复合改性是 PUR-R 泡沫的重要改性方法。采用的微粒可以是金属氧化物、CaCO₃、硅酸盐、粉煤灰、有机粉、碳化硅和碳微球等。

1.1 金属氧化物

金属氧化物微粒是微粒改性 PUR-R 泡沫的重要一大类, 包括 SiO₂、TiO₂、ZnO 等, 特别是这些氧化物的纳米粒子。

纳米粒子可直接混合或原位产生, 通常采用超声波方法使纳米粒子预分散到异氰酸酯或多元醇中, 然后共混复合发泡。

H. Mahfuz 等^[2] 研究发现, 将平均粒径为 30 nm 的纳米 TiO₂ 均匀复合到 PUR-R 泡沫中, PUR-R 泡沫的弯曲强度和弯曲弹性模量明显增加, 热稳定性明显提高, 当纳米 TiO₂ 的质量分数为 3% 时, 弯曲强度和弯曲弹性模量分别提高 30% 和 62%, 热分解温度从 383℃ 升至 410℃。

M. M. A. Nikje 等^[3] 采用正-(2-乙基)-3-氨基三乙氧基硅烷表面偶联处理纳米 SiO₂, 结果发现, 表面改性纳米 SiO₂ 在 PUR-R 泡沫的泡孔形成过程中成为成核点, 导致 PUR-R 泡沫的密度增加, 泡孔尺寸减小。与未加表面改性纳米 SiO₂ 相比, 当表面改性纳米 SiO₂ 的质量分数为 3% 时, PUR-R 泡沫的拉伸弹性模量提高 92%, 拉伸强度提高 36%, 断裂伸长率基本相同。

陈县萍等^[4] 采用原位聚合法将纳米 ZnO 较均匀地分散到 PUR-R 泡沫中, 纳米 ZnO 与基体有较强的界面作用, 当纳米 ZnO 的质量分数 5% 时, PUR-R 泡沫的压缩强度和压缩弹性模量分别达到 11 MPa 和 16.7 MPa, 比纯 PUR-R 泡

^{*} 无锡市科技成果产业化资金项目 (CYE22C1209)

联系人: 应宗荣

收稿日期: 2012-11-29

沫分别提高40%和14%。

PUR-R泡沫中加入少量纳米金属氧化物微粒,能够提高拉伸强度和压缩强度及其弹性模量,韧性不会有太大降低,但通常会引起体系黏度增加,添加量较高时会导致发泡困难^[5-6]。

1.2 CaCO₃

CaCO₃是聚合物复合改性中经常使用的填料,纳米CaCO₃的工业化产品价格每吨仅1000多元,是目前最价廉的纳米填料,因此其用于聚合物的复合改性具有工业实用意义。

芦艾等^[7-8]研究发现,CaCO₃表面的羟基可与异氰酸酯反应,因此容易以较小微粒稳定均匀地分散在异氰酸酯中,而将CaCO₃预分散在多元醇中却团聚严重,因此前者方式将有利于CaCO₃发挥增强作用。微米CaCO₃的加入使PUR-R泡沫的压缩强度和压缩弹性模量有较大提高,当微米CaCO₃的质量分数为25%时,PUR-R泡沫的压缩强度和压缩弹性模量均提高50%左右,而拉伸强度约降低10%。当微米CaCO₃质量分数为15%~20%时,PUR-R泡沫的冲击强度降低,当微米CaCO₃质量分数超过20%后,PUR-R泡沫的韧性反而有所上升。纳米CaCO₃使PUR-R泡沫的压缩强度、压缩弹性模量和冲击强度均有所提高,当纳米CaCO₃的质量分数为10%时,三者分别提高约30%、20%和50%,拉伸强度基本不变。但是,纳米CaCO₃的加入往往使多次甲基多苯基多异氰酸酯(PAPI)的黏度迅速增加,用量超过10%后导致发泡过程变得困难。

1.3 硅酸盐

加入少量以层状纳米尺度分散的纳米层状硅酸盐,可明显提高PUR-R泡沫的耐热性、强度、模量和气体阻隔性能等,因此包括蒙脱土(MMT)、石榴石、累托石、海泡石、滑石粉等纳米层状硅酸盐对PUR-R泡沫的复合改性受到了很多研究人员的关注^[9]。采用原位聚合并结合超声空化或微波辐照方法,可以使MMT无论在多元醇还是在异氰酸酯中都能很好地分散^[10]。

盛德鲲等^[11]采用原位聚合方法制备了MMT复合改性PUR-R泡沫,研究发现,将甲苯-2,4-二异氰酸酯(TDI)与聚四氢呋喃二醇(PTMG)预聚后再加入MMT,制备的PUR-R泡沫中MMT基本以插层状态存在,仅使MMT片层层间距增大;而首先让MMT与TDI反应完全后再加入PTMG预聚扩链,MMT片层在PUR基体内几乎完全剥离,分散更加均匀。后者促使PUR软硬段两相之间出现更大程度的微相分离,导致PUR-R泡沫的力学性能提高。当MMT的质量分数为2%时,复合改性PUR-R泡沫的拉伸强度和拉伸弹性模量均达到纯PUR-R泡沫的2.5倍。

Xu Zhongbin等^[12]选用3种改性剂十八烷基三甲胺(ODTMA)、十八烷基伯胺(ODPA)和癸二胺(DDA)对MMT进行改性,MMT经ODTMA和ODPA改性后与PUR基体间的相容性提高,MMT片层层间距增大,特别是DDA改性后的MMT在PUR基体中发生片层剥落,改性效果明显,改性后PUR-R泡沫的压缩强度和拉伸强度比改性前分别提高214%和148%。

Ni Ping等^[13]研究了有机改性凹凸棒土改性PUR-R泡沫,有机改性凹凸棒土在PUR基体中可达到纳米级分散,表现出优异的增强作用,当有机改性凹凸棒土的质量分数为3%时,PUR-R泡沫的拉伸强度和断裂伸长率比未改性PUR-R泡沫分别提高220%和155%。

1.4 粉煤灰

粉煤灰是火力发电厂的煤粉经过燃烧之后具有火山灰活性的微细粉末,是煤中无机矿物质灼烧后的氧化物和硅酸盐矿物组成的混合物,其中含有较多的空心玻璃微珠(HGM)。粉煤灰具有粒细、质轻、力学性能高等优点,用于聚合物填充改性,既可使粉煤灰得到利用,同时又降低聚合物制品的成本并提高聚合物的力学性能^[14],特别是与扩链剂和玻璃纤维(GF)等共同使用时改性效果更明显。

姜鑫等^[15]研究发现,HGM表面未改性时与PUR基体的相容性较差,使PUR-R泡沫的压缩强度略有降低,但HGM经偶联剂处理后与PUR基体的界面结合强度提高,能够产生增强效果。当用KH550偶联剂处理的HGM占聚醚多元醇质量的6%时,与纯PUR-R泡沫相比,PUR-R泡沫的压缩强度提高约10%。M. V. Uspenskaya等^[16]采用HGM填充PUR-R泡沫发现,HGM对PUR-R泡沫的增强作用显著,压缩强度大大提高,当HGM的质量分数分别为13%和30%时,PUR-R泡沫的压缩强度从未填充时的0.32 MPa提高到0.60 MPa和0.95 MPa。

1.5 有机粉末

有机聚合物粉末对PUR-R泡沫的力学性能改性同样受到研究人员的关注,特别是成本低廉的天然聚合物粉末,甚至是农业废弃物(比如稻壳等),其与PUR-R泡沫的复合改性受到更多关注。天然聚合物粉末具有生物降解特性,因此其复合改性的PUR-R泡沫成为部分生物降解型泡沫,可以广泛用于交通运输的缓冲包装材料,但是对于要求具有长使用寿命的建筑保温材料来说,不宜采用天然聚合物粉末进行复合改性^[17]。

尹波等^[18]采用尼龙1010粉末对PUR-R泡沫进行填充改性,发现尼龙1010粉末的加入使泡孔直径变小,提高了PUR-R泡沫的拉伸强度和冲击强度,压缩强度略有提高,当尼龙1010粉末的质量分数为5%时,各项力学性能指标达

到最大值,与纯 PUR-R 泡沫相比,拉伸强度和冲击强度分别大约提高 45% 和 10%。

赵婷婷等^[19]研究了淀粉和微晶纤维素粉末两种有机粉末对 PUR-R 泡沫力学性能的影响。研究发现,两者的最大填充量均可高达 80 质量份,当淀粉或微晶纤维素粉末的用量为 40 质量份时,两种 PUR-R 泡沫的压缩弹性模量均达到最大值,压缩弹性模量分别为 25.5 MPa 和 26.3 MPa,比纯 PUR-R 泡沫分别提高 2.24% 和 5.44%,但冲击强度下降。

1.6 其它

碳化硅、碳微球等微粒也被用于 PUR-R 泡沫的力学改性。Zhuang Zhehui 等^[20]通过蔗糖水热分解制得无定形碳结构的胶体碳微球,其表面有大量羟基基团,加入胶体碳微球对 PUR-R 泡沫的黏度影响不明显,却能够明显提高其压缩性能,当胶体碳微球的质量分数为 4.6% 时,与纯 PUR-R 泡沫相比,压缩强度提高 35.5%,压缩弹性模量提高 15.2%。

2 纤维复合改性

纤维复合改性是目前 PUR-R 泡沫采用较多的增强改性手段。以往研究最多的是 GF,近年来天然纤维复合改性成为新的研究热点。

2.1 GF

GF 改性 PUR-R 泡沫拉伸时产生的裂纹扩展如果遇到 GF,GF 可使裂纹扩展终止或发生偏转,破坏时可表现出 GF 拉出、拉断等多种破坏形式。当 GF 含量适当时,GF 大多呈单丝状及小束纤维状分散于 PUR-R 泡沫中,强化泡孔四周支柱的承载,减缓 PUR-R 泡沫的变形及破坏,因此能够大幅度提高其力学性能。但是 GF 含量过高时,纤维聚并较为严重,以大束纤维居多,严重改变泡沫结构并约束树脂泡沫体的形成,力学性能反而下降。

GF 太长时,往往难于与 PUR 体系均匀混合,混合工艺性差,且在 PUR-R 泡沫中容易结团、弯曲,甚至产生穿孔,以致起不到增强作用,因此,对 PUR-R 泡沫增强以往多采用短纤维。王建华等^[21]采用短切玻璃纤维 (SGF) 增强 PUR-R 泡沫,研究发现, PUR-R 泡沫的压缩弹性模量和压缩强度均随 SGF 含量的增加而增大,当 SGF 长度在 3~12 mm 范围内时,压缩弹性模量随 SGF 长度增加而增大。当 SGF 质量分数为 10% 时,与纯 PUR-R 泡沫相比,压缩弹性模量和压缩强度分别提高 32.6% 和 9.7%。S. H. Kim 等^[22]采用 SGF 复合改性 PUR-R 泡沫,加入 SGF 不仅使 PUR-R 泡沫的力学性能有所提高,热导率和玻璃化转变温度也有所提高。对于用作保温泡沫 (比如建筑保温泡沫板) 来说,最佳 GF 用量须兼顾泡沫力学性能和热绝缘性之间的平衡。当 SGF 质量分数为 15% 时,与纯 PUR-R 泡沫相比, PUR-R 泡沫的压缩强度、拉伸强度和拉伸弹性模量分别约提高 31%、160% 和

450%。

长玻璃纤维增强反应注射成型 (LGFI) 是近年发展起来的一种成型新技术,它是将连续 GF 经切碎机切成一定的长度,然后进入混料腔中与 PUR 反应料液混合,接着离开混合头注入模腔的成型过程,其工艺特点是 GF 的用量和长度可调,质量分数可达 50% 以上,长度范围为 12.5~100 mm。周秋明等^[23]采用高压喷灌机开展了长玻璃纤维 (LGF) 增强 PUR-R 泡沫的成型研究,研究发现,随 LGF 用量的增加, PUR-R 泡沫的弯曲弹性模量增大,密度为 0.75 g/cm³ 的 PUR-R 泡沫的弯曲强度减小,而密度为 0.95 g/cm³ 的却增大;当 LGF 质量分数大于 40% 后,弯曲强度开始下降。PUR-R 泡沫在载荷平行于 GF 分布方向的压缩强度和压缩弹性模量明显高于载荷垂直于 GF 分布方向。随着 LGF 用量和长度的增加, PUR-R 泡沫的冲击强度均明显提高。

2.2 天然纤维

剑麻纤维、苎麻纤维、黄麻纤维、甘蔗渣、木纤维、秸秆纤维、木质素等天然纤维是可再生资源,具有完全生物降解性,它们与 PUR 复合改性可以开发可降解 PUR-R 泡沫,并赋予其高的硬度、冲击强度、弹性、柔顺性等特性。天然纤维原料丰富且价格便宜,因此近年来受到广泛关注^[24]。

盖广清等^[25]采用长度为 1~5 mm 的玉米秸秆纤维与 PUR 复合发泡,考察了 PUR-R 泡沫的性能,结果发现,随着玉米秸秆纤维加入量的增多, PUR-R 泡沫的压缩强度先增大后减小,当玉米秸秆纤维质量分数为二苯甲烷二异氰酸酯的 6% 时, PUR-R 泡沫的压缩强度最大,比纯 PUR-R 泡沫提高 23%,而热导率约降低 20%。

M. C. Silva 等^[26]采用漂白纤维素纸浆的工业废弃物——纤维素纤维作为填料复合改性 PUR-R 泡沫,研究发现,纤维素纤维的加入使 PUR-R 泡沫的压缩弹性模量增大,压缩强度略有下降,热导率降低。当纤维素纤维质量分数为聚醚多元醇的 16% 时,与纯 PUR-R 泡沫相比,压缩弹性模量约提高 19%,压缩强度基本不变,热导率约降低 80%。

木质素是造纸工业蒸煮废液的主要组分,来源丰富,木质素的资源化应用对环境污染治理具有重大意义。李燕等^[27]对乙酸制浆法废液中的木质素进行提取和精制并用于 PUR-R 泡沫改性,结果发现,乙酸木质素改善了 PUR-R 泡沫的力学性能,当乙酸木质素质量分数为 5% 时, PUR-R 泡沫的压缩强度达到最大值 (1.325 MPa),比纯 PUR-R 泡沫提高 63%,压缩弹性模量也达到最大值 (0.181 MPa),比纯 PUR-R 泡沫提高 125%。

2.3 其它纤维

聚酯纤维、聚酰胺纤维等有机合成纤维的分子链极性

特别是聚酰胺分子主链上的—NH—能与 PUR 上的—C=O 形成氢键,进一步增大了两者间的作用力,因此其对 PUR-R 泡沫的增强效果更好。

碳纤维是 PUR-R 泡沫的优良增强材料。V. Yakushin 等^[28]研究发现,加入磨碎的碳纤维可提高 PUR-R 泡沫的压缩性能,当长度为 50~150 μm 的碳纤维质量分数为 10% 时, z 方向上的压缩弹性模量提高 30%,压缩强度提高 20%。G. Harikrishnan 等^[29]研究发现, PUR 组分中分散很少量的纳米碳纤维(质量分数为 0.5%), PUR-R 泡沫的泡孔结构将更加均一,泡孔缺陷减少。李东旭等^[30]采用球磨法将碳纳米管分散到聚醚三元醇中,以水为发泡剂,采用一步法原位聚合制备了碳纳米管复合改性 PUR-R 泡沫,结果发现,碳纳米管的少量加入(质量分数为 0.5%),可使 PUR-R 泡沫的压缩强度和拉伸弹性模量比纯 PUR-R 泡沫提高 1 倍左右。

晶须用作填料时可以实现微纤维增强并改善材料表面的光洁度。周秋明等^[31]研究发现,硅钙镁(SCM)晶须能够较好地分散在 PUR-R 泡沫基体中,随 SCM 晶须用量的增加, PUR-R 泡沫的压缩性能逐渐提高,当每 100 g 聚醚中含有 60 g 晶须时, PUR-R 泡沫的压缩强度最高,比纯 PUR-R 泡沫提高 51%,但冲击强度随 SCM 晶须用量的增加明显下降。

近来研究者还开始关注力学性能良好的硅酸盐纤维、碳化硅纤维、硼纤维、金属纤维等无机人造纤维和陶瓷纤维,但是它们的成本高,来源少,因此其应用范围受到限制。

3 混杂复合改性

微粒和纤维对 PUR-R 泡沫的增强效果有所差异。通常微粒对 PUR-R 泡沫的压缩强度、弹性模量、尺寸稳定性和硬度的改善较明显,拉伸强度和冲击强度可能会有所降低。纤维对 PUR-R 泡沫拉伸强度和冲击强度的提高往往比较显著,但尺寸稳定性可能会有所降低。因此,利用微粒和纤维共同对 PUR-R 泡沫进行复合改性成为重要发展趋势。

赵斌等^[32]采用尼龙 66 纤维和 SiO_2 粉末作为增强剂制备了混杂增强 PUR-R 泡沫,结果发现,混杂增强 PUR-R 泡沫的压缩强度、拉伸强度和冲击强度都有明显提高,混杂增强效应明显。当尼龙 66 纤维质量分数为 7%、 SiO_2 质量分数为 20% 时, PUR-R 泡沫的力学性能最佳,与纯 PUR-R 泡沫相比,压缩强度、拉伸强度、拉伸弹性模量和冲击强度分别提高 129%, 81.2%, 13.0% 和 75.8%。

周晓谦等^[33]采用纳米 SiO_2 和玄武岩纤维复合增强 PUR-R 泡沫,研究发现,当异氰酸酯指数为 1.20、纳米 SiO_2 质量分数为 5.0%、长度为 3.0 mm 的玄武岩纤维质量分数为 5.0% 时, PUR-R 泡沫的拉伸强度达到最佳值,拉伸强度、压缩强度和冲击强度分别提高 74.1%, 307% 和 264%。

M. Antunes 等^[34]研究了羊毛-纳米 MMT 混杂复合体

系,结果发现,纳米 MMT 和羊毛的加入有利于 PUR 发泡,形成更细和均匀的蜂窝结构泡沫,可保证发泡过程中泡沫升至最高后 PUR 骨架不致塌陷。

4 结语

PUR-R 泡沫的各项性能指标都优于传统的石棉纤维网、珍珠岩、聚苯乙烯泡沫等,是理想的建筑节能保温材料之一。PUR-R 泡沫在国外主要用于建筑业,占 PUR-R 泡沫总消费量的 50% 以上,目前我国用于建筑隔热保温的 PUR-R 泡沫仅占 PUR-R 泡沫总消费量的 10%。我国建筑市场每年新增建筑面积 20 亿 m^2 , 每年需对 400 亿 m^2 既有建筑节能改造 20 亿 m^2 左右,因此我国 PUR-R 泡沫建筑节能市场具有巨大的发展空间,潜力巨大。针对建筑节能市场,通过复合改性,提高 PUR-R 泡沫的力学性能,降低成本,同时增加泡孔率,保证低的热导率,是 PUR-R 泡沫的重要研究方向,微粒-纤维混杂复合改性是未来 PUR-R 泡沫复合改性的主要方向。

参考文献

- [1] 谈玲华,等. 材料导报,2006,20(9):21-25.
- [2] Tan Linghua, et al. Materials Review, 2006, 20(9):21-25.
- [3] Mahfuz H, et al. Composites, Part A: Applied Science Manufactures, 2004, 35(4):453-460.
- [4] Nikje M M A, et al. Polymer Engineering and Science, 2010, 50(3):468-473.
- [5] 陈县萍,等. 高分子材料科学与工程, 2007, 23(5):156-159.
- [6] Chen Xianping, et al. Polymer Materials Science and Engineering, 2007, 23(5):156-159.
- [7] 庄哲辉,等. 石油化工, 2009, 38(8):911-915.
- [8] Zhuang Zhehui, et al. Petrochemical Technology, 2009, 38(8):911-915.
- [9] 刘丽丽,等. 弹性体, 2012, 22(2):85-88.
- [10] Liu Lili, et al. China Elastomerics, 2012, 22(2):85-88.
- [11] 芦艾,等. 中国塑料, 2001, 15(4):32-35.
- [12] Lu Ai, et al. Journal of China Plastics, 2001, 15(4):32-35.
- [13] 芦艾,等. 中国塑料, 2001, 15(8):28-31.
- [14] Lu Ai, et al. Journal of China Plastics, 2001, 15(8):28-31.
- [15] Jang S Y, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2001, 79(7):1336-1343.
- [16] Kim S H, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 117(4):1992-1997.
- [17] 盛德鲲,等. 工程塑料应用, 2011, 39(11):12-16.
- [18] Sheng Dekun, et al. Engineering Plastics Application, 2011, 39(11):12-16.
- [19] Xu Zhongbin, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 105(5):2988-2995.
- [20] Ni Ping, et al. Journal of Materials Science, 2004, 39(14):4671-4673.

- [14] 何小芳,等. 材料导报,2011,25(23):98-101.
He Xiaofang, et al. Materials Review, 2011, 25(23):98-101.
- [15] 姜鑫,等. 复旦大学学报(自然科学版),2007,46(3):297-301.
Jiang Xin, et al. Journal of Fudan University (Natural Science), 2007, 46(3):297-301.
- [16] Uspenskaya M V, et al. Russian Journal of Applied Chemistry, 2005, 78(5):830-833.
- [17] 秦蓓,等. 化工进展,2003,22(10):1 093-1 094.
Qin Bei, et al. Chemical Industry and Engineering Progress, 2003, 22(10):1 093-1 094.
- [18] 尹波,等. 高分子材料科学与工程,2004,20(5):151-154, 158.
Yin Bo, et al. Polymer Matertails Science and Engineering, 2004, 20(5):151-154, 158.
- [19] 赵婷婷,等. 化工新型材料,2009,37(6):34-36.
Zhao Tingting, et al. New Chemical Materials, 2009, 37(6):34-36.
- [20] Zhuang Zhehui, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 114(6):3 863-3 869.
- [21] 王建华,等. 高分子材料科学与工程,2001,17(3):150-152, 156.
Wang Jianhua, et al. Polymer Matertails Science and Engineering, 2001, 17(3):150-152, 156.
- [22] Kim S H, et al. Journal of Materials Science, 2010, 45(10):2 675-2 680.
- [23] 周秋明,等. 塑料工业,2010,38(12):73-76.
Zhou Qiuming, et al. Chemical Plastics Industry, 2010, 38(12):73-76.
- [24] Joanna P S, et al. Journal of Porous Materials, 2011, 18(5):631-638.
- [25] 盖广清,等. 吉林建筑工程学院学报,2011,28(4):29-31.
Gai Guangqing, et al. Journal of Jilin Institute of Architecture & Civil Engineering, 2011, 28(4):29-31.
- [26] Silva M C, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 117(6):3 665-3 672.
- [27] 李燕,等. 林业科学,2011,47(7):160-165.
Li Yan, et al. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(7):160-165.
- [28] Yakushin V, et al. Mechanics of Composite Materials, 2011, 46(6):679-688.
- [29] Harikrishnan G, et al. Polymer, 2010, 51(15):3 349-3 353.
- [30] 李东旭,等. 高分子材料科学与工程,2011,27(6):158-161.
Li Dongxu, et al. Polymer Matertails Science and Engineering, 2011, 27(6):158-161.
- [31] 周秋明,等. 塑料工业,2006,34(9):42-44, 54.
Zhou Qiuming, et al. China Plastics Industry, 2006, 34(9):42-44, 54.
- [32] 赵斌,等. 高分子材料科学与工程,2005,21(1):188-192.
Zhao Bin, et al. Polymer Matertails Science and Engineering, 2005, 21(1):188-192.
- [33] 周晓谦,等. 改性塑料,2011(5):70-71.
Zhou Xiaolian, et al. Modified Plastics, 2011(5):70-71.
- [34] Antunes M, et al. Industrial Crops and Products, 2011, 34(3): 1 641-1 648.

安徽华塑 PVC 一期工程投产

不久前,安徽华塑股份年产 100 万 t 聚氯乙烯(PVC)项目一期工程第一釜 PVC 产品顺利下线,产品各项指标合格,这标志着华塑股份循环经济产业链全线贯通。

该项目 2005 年 4 月开始立项准备,2010 年 3 月 28 日开工建设。2012 年,该项目主体工程无为矿山、热电厂、机械动力厂、水泥厂、电石厂相继投产。PVC 装置采用国内首次引进的法国阿克玛悬浮聚合技术,其 138 m³ 的聚合釜单釜生产能力在国内首屈一指。(中聚网)

冷热水用耐热聚乙烯管道国家标准 3 月实施

从 3 月 1 日起,冷热水用耐热聚乙烯(PE-RT)管道系统的国家标准将正式实施。

据悉,PE-RT 国标制定时参考了 ISO 的《冷热水用耐热聚乙烯(PE-RT)管道系统》等国际标准和奥地利国家标准的相关部分,并考虑了国内的生产实际情况和技术能力,具有一定的先进性。新标准的实施,对于行业的质量要求和健康发展有积极作用。

据统计,“十二五”期间,中国塑料管道生产量增长速度将保持在 10% 左右,保守估计,到 2015 年,全国塑料管道生产量将接近 1 200 万 t,塑料管道在全国各类管道中的市场占有率将超过 60%。

PE-RT 管道新国标的实施,是对中国 PE-RT 管道产品的一次重要的市场细分,PE-RT I、II 型的市场分类,将使国内市场的 PE-RT 管道产品更加规范,新标准在原来的管道市场划分出高端市场,为管道生产企业开创了新机遇。

(慧聪网)

苏威成功整合罗地亚业务

国际化工巨头苏威不久前宣布,成立一个新的业务部门——功能性聚合物部门,标志着该公司成功整合了 2011 年收购的法国罗地亚公司的相关业务。

罗地亚的聚酰胺业务已与苏威的氯乙烯基产品业务合并为功能性聚合物部门。该部门主要面向建筑及基础设施、汽车和电子电气行业。该业务部门包括特种聚合物、白炭黑、稀土和特种化学品等。(工程塑料网)

齐鲁石化 25 万 t 聚乙烯装置投产

不久前,中国石油化工股份有限公司齐鲁分公司总投资 8.77 亿元新建的 25 万吨/年聚乙烯装置一次投料成功。

据介绍,此装置既能生产高密度聚乙烯专用料产品,也可根据市场需要随时调整生产低密度和中密度树脂产品,从而实现中低多种密度聚乙烯产品生产。这一项目的挤压造粒机组和循环气压缩机组首次实现国产化,填补了国内空白。(慧聪网)