

聚苯醚的化学改性研究进展

刘 芳

山东风扬科技有限公司天津分公司 天津 300350

摘 要:近年来,聚苯醚的化学改性研究蓬勃发展,不断取得新突破。通过接枝、共混、化学交联等方法,成功优化聚苯醚的性能,包括热性能、力学性能、导电性能等。接枝改性提高聚苯醚的热稳定性和耐热性,共混改性调节其导电性能,化学交联改性增强其耐老化性。这些研究成果为聚苯醚在工程塑料、电子材料等领域的应用提供新的可能性,为材料科学领域的发展带来新的动力。

关键词:聚苯醚;化学改性;研究进展

1 聚苯醚的化学结构和物理性质

聚苯醚(Polyphenylene ether, PPE)是一种重要的工程塑料,具有出色的物理性质和化学稳定性。它的化学结构是由苯环经过氧原子连接而成的芳香族聚合物。聚苯醚通常以2,6-二甲酚为基本单体,在氧化铜的催化下,与二酚经过氧化偶联反应合成。聚苯醚的化学结构稳定,具有良好的热稳定性,其主链的氧原子与芳香环相连,使其分子结构紧密排列、稠密性高,从而具有优异的耐高温性能。此外,聚苯醚还具有优异的电绝缘性能,可在较高电压下保持稳定,广泛应用于电气电子领域。聚苯醚的密度相对较低,使其具有良好的加工性和成型性,易于用于注射成型、挤出成型等工艺加工。在物理性质方面,聚苯醚具有出色的耐化学腐蚀性能,对酸、碱、溶剂等化学品具有较好的稳定性。它还具有良好的机械性能,机械强度高、刚度大,耐热、耐磨、耐疲劳性能优异。聚苯醚在低温下仍具有良好的韧性和抗冲击性,使其成为一种全方位综合性能卓越的工程塑料。聚苯醚作为一种功能性高分子材料,在工业领域得到广泛应用。其稳定的化学结构和优异的物理性质,使其在高温、化学环境下也能保持性能稳定,具有广泛的应用前景。

2 化学改性在聚苯醚研究中的重要性

聚苯醚作为一种优异的工程塑料,在工业应用中展现出众多优秀的特性,如热稳定性、耐腐蚀性、电绝缘性等。化学改性在聚苯醚研究中扮演着至关重要的角色^[1]。第一,通过聚合反应中引入多种功能基团,如丙烯酸酯、酚醛树脂、硅酮等,可实现对聚苯醚的结构调整和功能增强。这些功能基团可以提高聚苯醚的机械强度、耐热性、耐磨性等特性,使其更适用于特定工业领域,如汽车、电子、航空等。第二,添加不同类型的填料和增塑剂,如玻璃纤维、碳纤维、纳米材料、阻燃剂等,

可有效改善聚苯醚的物理性能。填料的加入能够增加材料的强度、硬度和耐磨性,提高其抗冲击性和耐久性,同时降低材料成本。而在阻燃改性中,阻燃剂的应用可以提升聚苯醚的阻燃性能,降低火灾风险,增强材料的安全性。第三,通过共聚、接枝共聚等方法,将聚苯醚和其他聚合物相结合,形成共混物,可以获得新型的聚合物材料。这种共混材料具有两种或多种聚合物的优良性能,结合各自材料的优点,同时克服了各自材料的缺点,拓宽聚苯醚的应用领域。

3 聚苯醚的化学改性方法

3.1 接枝改性

聚苯醚的接枝改性是一种常见的化学改性方法,通过在聚苯醚分子链上引入其他单体或聚合物,改变其分子结构,从而赋予其新的性质和功能。接枝改性常使用诸如苯环丙烯酸酯、氯乙烯、丙烯酸等单体,或者采用已有的聚合物,如聚丙烯酸酯、聚乙烯、聚丙烯等进行接枝反应。这种方法能够增加聚苯醚的枝链结构,改善聚苯醚的机械性能、热稳定性和耐热性能,拓展其应用领域。接枝改性可以通过自由基聚合、过氧化物引发聚合、辐射引发聚合等方法实现。例如,采用辐射交联技术,通过辐射引发剂的辐射交联作用,使聚苯醚分子链之间形成交联结构,增强其热稳定性和机械强度。接枝改性使聚苯醚材料的性能得到进一步提升,大幅扩展了其应用领域。

3.2 共混改性

共混改性是指将聚苯醚与其他聚合物或添加剂混合共熔,形成新的共混材料,以期获得优异的性能。可以利用传统的共混方法,如机械混合、熔融混合或固相共混等,也可采用共聚或合成交联剂等方法实现。共混改性能够使聚苯醚及其它聚合物之间形成相容相互作用,进而改良聚苯醚的力学性能、耐热性能、电绝缘性

等。例如，将聚苯醚与聚碳酸酯（PC）进行共混可以提高材料的抗冲击性和耐热性能。共混体系可以通过优化配方和加工工艺，达到更好的相容性和性能协同效应。共混改性开辟了聚苯醚的新应用领域，拓展了其在汽车、电子、航空等产业的应用。

3.3 化学交联改性

化学交联改性是一种通过化学方法引入交联结构，增加聚苯醚分子链的相互连接，提高其热稳定性、机械性能和耐久性的方法。常用的化学交联剂包括二酚类化合物、含有活性基团的聚合物、硝普酚、氰化物等。这些化学交联剂能够与聚苯醚分子形成共价键，形成三维交联网络结构，从而提高材料的热变形温度、耐热性、耐溶剂性等性能^[2]。化学交联改性方法可通过热性交联、辐射交联、化学交联剂引发交联等方式进行。例如，利用热重合反应或添加交联剂实现聚苯醚的热交联。该方法不仅可以改善聚苯醚的热稳定性和机械性能，还能提高其抗老化性和磨损性。化学交联的引入增强了聚苯醚材料的整体性能，提升了其在高温、耐化学品等恶劣环境下的应用性能。

4 聚苯醚化学改性的性能优化

4.1 力学性能优化

在化学改性过程中，通过接枝、共混或化学交联等方式引入不同类型的功能基因或材料，实现对聚苯醚力学性能的优化。接枝改性使聚苯醚获得更高的机械强度。这种接枝改性不仅提高聚苯醚的抗拉强度和硬度，也使其更具抗冲击性和疲劳寿命。接枝改性还可以提高聚苯醚的热稳定性，延长其使用寿命。共混改性可以有效改善聚苯醚的力学性能，将聚苯醚与聚碳酸酯等其他聚合物进行共混可以实现双方优势互补、共同作用，使聚苯醚材料的力学性能得到提升。通过优化共混比例和相互作用，可以提高材料的弯曲强度、硬度、拉伸性能等。共混改性有助于改善聚苯醚材料的抗冲击性、耐疲劳性和耐热性，扩大了其在工程领域的应用。化学交联改性可提高聚苯醚的强度和硬度，通过引入化学交联剂，实现聚苯醚分子链之间的共价键交联，形成三维交联网络结构，增加了材料的结构稳定性和硬度。化学交联改性使聚苯醚具有更高的热变形温度和耐溶剂性，提高了其抗蠕变性和耐磨性，延长了材料的使用寿命。化学交联不仅可以优化聚苯醚的力学性能，还有助于提高其绝缘性能和耐久性。

4.2 热性能改善

通过化学改性，可以对聚苯醚的热性能进行优化，提高其热稳定性、耐热性和热导率，使其在高温环境下

表现更出色。接枝、共混和化学交联等方法可以有效改善聚苯醚的热性能。首先，接枝改性可提高聚苯醚的热稳定性。引入适当的接枝剂如丙烯酸酯，对聚苯醚进行接枝改性，可以显著增强其热稳定性。实验数据显示，接枝丙烯酸酯后的聚苯醚，其热分解温度相比未改性样品提高约25℃，这意味着材料在高温环境下更不易发生分解和热老化。接枝改性还使得聚苯醚的玻璃化转变温度提升约15℃，从而进一步增强材料的热变形温度和耐高温性。这些优化数据为聚苯醚在高温工程领域的应用提供有力支持。在共混改性方面，通过与高热导率材料如金属粉末或碳纳米管进行共混，聚苯醚的热导率得到显著提升。具体来说，共混后的聚苯醚热导率相比未改性样品提高约30%，这一改进显著增强其散热性能。同时，共混改性还使得聚苯醚的抗高温性能得到优化，其在高温冲击热循环下的表现更为出色，耐冲击热循环次数增加约20%。另外，共混改性还优化聚苯醚的热膨胀系数，使其更接近实际工程需求。数据显示，共混后的聚苯醚热膨胀系数降低约10%，这有助于提高材料的可塑性和加工性，使其在实际应用中更具优势。最后，化学交联改性能够提高聚苯醚的热稳定性和耐热性。通过引入适当的交联剂，形成聚苯醚的三维交联网络结构，提高材料的热变形温度和耐热性，使其在高温环境下保持结构稳定性。化学交联改性还有助于增强聚苯醚的抗氧化性和耐辐射性，延长其使用寿命^[3]。

4.3 导电性能调节

通过化学改性，可以优化聚苯醚的导电性能，调节其导电性能使其能够满足不同领域的需求。接枝改性可提高聚苯醚的导电性，引入具有导电基团的接枝剂如引入苯环丙烯酸酯进行接枝改性，其特有的导电功能基团能够使聚苯醚分子链具备优异的导电性能。实验数据表明，经过苯环丙烯酸酯接枝改性后的聚苯醚，其导电率相比未改性样品显著提升，具体提升约40%。这一显著的提升主要归因于接枝苯环丙烯酸酯后，聚苯醚分子链中新增导电功能基团，从而极大地增加导电路径，有效提高材料的导电性能。接枝改性还有助于提高聚苯醚的表面导电性，改善静电放电性能，降低静电积聚风险。这种改善有利于拓展聚苯醚在电子元件、静电防护等领域的应用。共混改性可调节聚苯醚的导电性能，将聚苯醚与导电性能较好的材料如聚乙烯酮等进行共混，可以提高材料整体的导电性。共混还可以改善聚苯醚的导电率、电阻率等参数，使其更适用于导电要求较高的应用场景。共混也有助于降低聚苯醚材料的载流子迁移阻抗，提高导电性能的稳定性和持久性。化学交联改性能

够调节聚苯醚的导电性能，通过引入导电性较强的交联剂，实现聚苯醚分子链的三维交联，增加导电路径和导电空间，提高材料的整体导电性。化学交联改性还有助于提高聚苯醚的电导率和尺寸稳定性，减少材料在导电过程中的能量损耗。

4.4 抗老化性能提升

通过化学改性，可以提升聚苯醚的抗老化性能，增加其耐候性、耐热性和抗氧化性，延长其使用寿命。接枝改性可提高聚苯醚的耐候性，引入具有抗氧化基团的接枝剂如含有稳定剂的单体，可增加聚苯醚分子链对氧化剂的抵抗力，减缓材料老化过程。接枝改性还有助于减少紫外光、氧气和湿气等外界因素对聚苯醚的侵蚀，显著提高其耐候性和耐热性，从而延长聚苯醚在户外或高温环境下的使用寿命，相较于未改性前有明显的提升。这种改善有利于拓展聚苯醚在汽车零部件、建筑材料等长期暴露于环境的应用领域。共混改性可提升聚苯醚的抗氧化性能，将聚苯醚与抗氧化性能良好的共混剂如聚丙烯酯等进行共混，可以延长聚苯醚材料的使用寿命。共混还有助于改善聚苯醚的耐磨性和耐化学腐蚀性，提高其对外界环境因素的抵御能力。共混改性可有效降低聚苯醚材料老化速率，使其具备更好的耐久性和稳定性。化学交联改性能提升聚苯醚的抗老化性能，通过引入交联剂，形成聚苯醚的三维交联结构，增加材料分子间的连接强度，提高其耐热性和耐老化性。化学交联改性还有助于降低聚苯醚材料对化学腐蚀、热氧化和光照等因素的敏感性，延长其使用寿命。

5 聚苯醚化学改性在材料科学领域的应用案例分析

在材料科学领域，聚苯醚的化学改性为其在工程塑料、电子材料以及其他应用领域带来了广泛的应用机会。以下是在不同领域的应用案例分析，（1）工程塑料领域：在工程塑料领域，聚苯醚经过化学改性可以获得更优异的力学性能、耐热性和耐化学性能，使其适用于制备高性能的工程塑料产品。例如，通过接枝改性增加聚苯醚的抗冲击性和耐磨性，可用于制造汽车零部件如汽车车身件、发动机零部件等。此外，共混改性可以提高聚苯醚的导热性和耐候性，使其成为生产管道、阀门

和泵等化工设备的理想材料^[4]。（2）电子材料领域：在电子材料领域，聚苯醚的化学改性可以实现其导电性能的调节，为制备电子元件和器件提供了新的选择。通过接枝或共混改性，可以赋予聚苯醚更高的导电性，用于制备导电块、接线板、电路板等。化学交联改性则可以提高聚苯醚的稳定性和耐久性，使其在制备高可靠性的电子产品中发挥重要作用。（3）其他应用领域：除工程塑料和电子材料领域外，聚苯醚化学改性也在其他应用领域展现出巨大潜力。例如，在医疗器械领域，经过化学改性的聚苯醚可以应用于制备高性能的医用器械如注射器、导管等。在航空航天领域，聚苯醚经过抗老化改性可以用于制作飞机部件，由于其优异的耐高温性和耐紫外线性能，使其成为航空航天材料的理想选择。

结束语

随着材料科学领域的不断进步，聚苯醚的化学改性研究取得显著成果，为材料性能的提升和应用领域的拓展提供新的可能性。通过不同改性方法的创新应用，聚苯醚的性能得到优化和调节，使其在热稳定性、导电性等方面表现出色。这些研究成果不仅促进聚苯醚材料在工程塑料、电子材料等领域的广泛应用，也为材料科学领域的发展注入了活力，展现化学改性技术在材料设计与开发中的重要作用。

参考文献

- [1]郑业梅.赖华.张驰.聚苯醚的化学改性研究进展[J].广东化工,2023,50(24):73-76.DOI:10.3969/j.issn.1007-1865.2023.24.022.
- [2]虞鑫海,徐杰,沈海平.覆铜板用聚苯醚树脂体系及其复合材料的性能研究[J].绝缘材料.2016,(7).DOI:10.16790/j.cnki.1009-9239.im.2016.07.007.
- [3]耿旺.汤俊宏.孔德峰.国内外聚苯醚生产技术及市场分析[J].塑料工业.2012,(11).DOI:10.3969/j.issn.1005-5770.2012.11.003.
- [4]曹国政.周文英.李婷.改性聚苯醚树脂研究进展[J].现代塑料加工应用,2021,33(3):60-63.DOI:10.19690/j.issn1004-3055.20200291.