

# 聚氨酯生产工艺火灾危险性和控制措施

俞斌 邱富贤 叶荣臻 林志丰  
浙江闽锋化学有限公司 浙江 丽水 323000

**摘要:** 聚氨酯生产工艺因其涉及多种易燃、有毒化学物料而具有较高的火灾危险性。为确保生产安全,全面辨识火灾隐患并采取相应的控制措施至关重要。本文深入分析了聚氨酯生产工艺中潜在的火灾危险性,如原料易燃易爆、反应温度高、泄漏风险大等,并针对这些危险性提出了针对性的控制措施,旨在为聚氨酯生产企业提供实用的安全管理参考,以保障生产过程的顺利进行和人员安全。

**关键词:** 聚氨酯; 生产工艺; 火灾危险性; 控制措施

**引言:** 聚氨酯(PU)作为现代工业中不可或缺的高分子材料,其应用范围广泛,覆盖了建筑、汽车制造、家具生产等多个重要领域。然而,聚氨酯的生产过程却潜藏着巨大的安全风险,特别是由于使用了大量易燃、有毒的化学原料,一旦发生火灾或泄漏事故,后果将不堪设想,不仅会造成严重的人员伤亡,还会导致巨大的财产损失。因此,深入分析聚氨酯生产工艺的火灾危险性,并采取切实有效的控制措施,对于确保生产安全、保障人民生命财产安全具有至关重要的意义。

## 1 聚氨酯生产工艺概述

聚氨酯(PU)作为一种重要的高分子材料,因其优良的物理、化学性能,在多个领域得到了广泛的应用,包括泡沫塑料、涂料、弹性体、胶粘剂等。聚氨酯的生产工艺多样,其中预聚体法因其灵活性和高效性而被广泛采用。

### 1.1 原料准备

预聚体法生产聚氨酯的首要步骤是原料的准备。这一环节涉及多种基础化学物质的选用与处理,它们将直接影响最终产品的性能和质量。(1)基础原料:聚氨酯的合成主要依赖于两大类原料——有机多元异氰酸酯和端羟基化合物。有机多元异氰酸酯中最常用的是甲苯二异氰酸酯(TDI)和二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)。这些物质含有活泼的异氰酸酯基团(-NCO),是聚氨酯分子链形成的关键部分。端羟基化合物则主要包括端羟基聚酯和端羟基聚醚,它们提供了聚氨酯分子中的软段部分,影响着产品的柔韧性和回弹性。(2)辅助原料:除了基础原料外,聚氨酯的生产还需要一系列辅助原料,如催化剂、扩链剂、交联剂等。催化剂用于加速聚合反应,提高生产效率;扩链剂用于增加聚氨酯分子的链长,提高其力学性能;交联剂则通过形成交联结构,增强聚氨酯的耐热性和耐溶剂性。(3)原料质量控制:所

有原料在进入生产线前,都必须经过严格的质量控制。这包括原料的纯度、含水量、分子量分布等指标的检测,以确保最终产品的稳定性和一致性。

### 1.2 合成过程

预聚体法生产聚氨酯的合成过程主要分为两个阶段:(1)预聚体的合成:在这一阶段,端羟基化合物与过量的有机多元异氰酸酯在催化剂的作用下进行预聚反应。反应过程中,端羟基化合物中的羟基与异氰酸酯基团发生逐步加成聚合,生成含有异氰酸酯端基的低聚体,即预聚体。预聚体的分子量、异氰酸酯基团含量等参数将直接影响后续聚氨酯的性能。(2)聚氨酯的形成:预聚体合成完成后,接下来是与扩链剂或交联剂的反应,形成聚氨酯。这一步骤通常是在模具中或连续生产线上进行的<sup>[1]</sup>。在加热和搅拌的条件下,预聚体中的异氰酸酯基团与扩链剂或交联剂中的活泼氢原子反应,生成氨基甲酸酯键(-NHCOO-),从而构建出聚氨酯的分子链。此外,体系中可能还存在次级反应,如生成脲基甲酸酯基和缩二脲基的反应,这些反应进一步增强了聚氨酯的交联程度和性能。

### 1.3 工艺特点

预聚体法生产聚氨酯的工艺具有以下几个显著特点:(1)工艺流程长:从原料准备到最终产品的生产,预聚体法涉及多个步骤和反应阶段,因此工艺流程相对较长。这要求生产者对每一步骤都有深入的了解和控制,以确保最终产品的质量和性能。(2)原料和产品种类繁多:聚氨酯的原料种类繁多,包括不同类型的异氰酸酯、端羟基化合物、催化剂等。这些原料的不同组合和配比可以生产出具有不同性能特点的聚氨酯产品,如硬质泡沫、软质泡沫、弹性体等。因此,预聚体法具有很高的灵活性和适应性。(3)投资费用较高:由于预聚体法生产聚氨酯涉及多个复杂步骤和高级设备的使

用(如反应釜、搅拌器、加热冷却系统等),因此投资费用相对较高。此外,为确保生产过程的稳定性和安全性,还需要投入大量的资金用于环保设施和安全防护措施的建设。(4)安全性要求高:在生产过程中,使用的原料如异氰酸酯等具有易燃、易爆、有毒等特性。因此,生产现场必须严格遵守安全操作规程,采取有效的防火、防爆、防毒措施。同时,生产者还需要定期对员工进行安全教育和培训,提高他们的安全意识和应急处理能力。

## 2 聚氨酯生产工艺的火灾危险性

聚氨酯(PU)作为一种高性能的高分子材料,在建筑、汽车、家具等多个领域发挥着重要作用。然而,聚氨酯的生产过程却伴随着一系列火灾危险性,这些危险性不仅威胁着生产人员的生命安全,还可能对环境造成严重的污染。

### 2.1 原料易燃易爆

聚氨酯生产所需的原料,如甲苯、丁酮等,都是典型的易燃易爆物质。这些原料的闪点较低,爆炸极限范围狭窄,一旦遇到明火、高热或电火花等点火源,极易引发燃烧爆炸事故。(1)甲苯是一种无色透明的液体,具有特殊的芳香气味,是聚氨酯生产中的常用溶剂。然而,甲苯的闪点仅为 $4.4^{\circ}\text{C}$ ,爆炸极限范围为 $1.2\% \sim 7.0\%$ 。这意味着在正常的生产环境中,甲苯蒸气很容易达到爆炸极限,一旦遇到点火源,就会发生剧烈的燃烧或爆炸。(2)丁酮同样是一种易燃易爆的液体,其闪点为 $-4^{\circ}\text{C}$ ,爆炸极限范围为 $1.8\% \sim 10.0\%$ 。在聚氨酯生产过程中,丁酮常被用作溶剂或稀释剂,其蒸气同样容易在空气中积聚,形成潜在的爆炸性混合物。(3)聚氨酯生产中的其他原料,如异氰酸酯、聚酯多元醇等,也具有一定的易燃易爆性。这些原料在储存、运输和使用过程中,如果未能得到妥善的管理和防护,同样存在引发火灾或爆炸的风险。

### 2.2 反应温度高

聚氨酯的合成反应是一个中等程度的放热反应,反应过程中会释放出大量的热量。如果反应温度控制不当,或反应物配比不合理,都可能导致反应温度急剧升高,从而引发火灾。在聚氨酯的生产过程中,反应温度通常可达 $220^{\circ}\text{C}$ 左右。如此高的反应温度,不仅增加了火灾发生的可能性,还可能导致反应失控,引发更严重的安全事故<sup>[1]</sup>。此外高温环境下的设备和管道也更容易出现老化、变形等问题,从而增加了泄漏和爆炸的风险。为了降低反应温度带来的火灾危险性,聚氨酯生产企业需要严格控制反应条件,确保反应物配比合理、反应温度

稳定。同时还需要加强设备和管道的维护和保养,确保其能够承受高温环境下的工作压力和温度波动。

### 2.3 泄漏风险大

聚氨酯生产过程中使用的装置通常依靠大量管道连接,这些管道在长期的运行过程中,很容易出现磨损、腐蚀等问题。一旦管道或设备出现故障,原料就容易泄漏到生产环境中,从而引发火灾或中毒事故。泄漏的原料不仅可能直接引发火灾,还可能与空气中的氧气发生反应,形成爆炸性混合物。在密闭或受限空间内,这种爆炸性混合物的浓度更容易达到爆炸极限,从而增加火灾或爆炸的风险。另外泄漏的原料还可能对生产人员造成中毒伤害。部分原料如异氰酸酯等具有强烈的刺激性和毒性,一旦泄漏到空气中,就可能对生产人员的呼吸系统、皮肤等造成严重的损害。为了降低泄漏风险,聚氨酯生产企业需要加强对设备和管道的维护和保养,确保其处于良好的工作状态。并且还需要建立完善的泄漏检测和应急处理机制,一旦发现泄漏情况,能够迅速采取措施进行处置。

### 2.4 有毒气体释放

在聚氨酯的生产过程中,部分原料在燃烧或分解过程中会释放有毒气体。这些有毒气体不仅可能对生产人员造成中毒伤害,还可能对环境造成严重的污染。例如,异氰酸酯在燃烧过程中会释放出一氧化碳、氮氧化物等有毒气体。这些气体在空气中积聚到一定浓度时,就可能对生产人员的呼吸系统造成损害,甚至导致窒息或死亡。此外聚氨酯生产过程中的一些废弃物和副产品也可能含有有毒物质。如果未能得到妥善处理,这些废弃物和副产品就可能对环境和生态系统造成长期的污染和破坏。为了降低有毒气体释放带来的风险,聚氨酯生产企业需要加强对生产过程中的废气、废水和废渣等污染物的治理和排放控制。同时,还需要加强对生产人员的安全防护和应急处理能力的培训和教育,确保他们能够在紧急情况下迅速采取措施进行自我保护。

## 3 聚氨酯生产工艺火灾控制措施

聚氨酯(PU)作为一种广泛应用于多个领域的高分子材料,其生产工艺却因涉及多种易燃易爆原料和高温反应而具有显著的火灾危险性。为了确保生产安全,防止火灾事故的发生,必须采取一系列有效的控制措施。

### 3.1 加强安全教育和技术培训

提高员工的安全意识和操作技能是预防火灾事故的基础。聚氨酯生产企业应定期组织员工参加安全教育和技术培训,确保他们熟悉相关的安全规章制度和操作规程。培训内容包括聚氨酯生产工艺的火灾危险性、防

火措施、应急处理流程等关键知识点。此外，企业还应鼓励员工积极参与安全演练和模拟火灾事故处理，以提高他们的实际操作能力和应急反应速度。

### 3.2 严格施工环境控制

施工环境对聚氨酯生产的安全具有重要影响。企业应严格控制施工环境的温度和湿度，避免在雨天、雪天及风速大于5m/s的露天环境下进行施工。在适宜的环境下进行施工，有助于减少原料的挥发和积聚，降低火灾发生的可能性<sup>[3]</sup>。同时，企业还应确保施工现场有良好的通风环境，以降低易燃气体的浓度，防止因气体积聚而引发爆炸。

### 3.3 防火措施

施工现场应严禁烟火，远离高温、焊接或电火花等可能引发火灾的源头。企业应在施工现场设置明显的禁烟标志，并加强对员工的监管，确保他们严格遵守防火规定。此外，企业还应配备足够的消防器材，如灭火器、消防栓等，并定期检查其完好性和可用性。在聚氨酯生产过程中，还应确保现场有良好的照明设施，以便在紧急情况下迅速发现和及时处理火灾隐患。

### 3.4 设备检查与维护

设备的安全运行是预防火灾事故的关键。聚氨酯生产企业应定期对施工所用设备进行检查和维护，确保其处于良好的工作状态。检查内容应包括设备的清洁度、密封性、电气安全等方面。对于存在故障或隐患的设备，企业应及时进行维修或更换，防止因设备故障而引发火灾事故。同时，企业还应建立设备维护保养档案，记录设备的检查、维修和更换情况，以便追溯和总结经验教训。

### 3.5 原料质量控制

原料的质量对聚氨酯生产的安全具有直接影响。企业应确保进入施工现场的原料具备出厂合格证和质量检验报告，以证明其质量符合要求。在原料使用前，企业还应进行抽样检测，确保其含水量、纯度等指标符合生产要求。对于质量不合格的原料，企业应坚决拒绝使用，防止因原料问题而引发火灾事故。

### 3.6 应急预案制定

制定详细的应急预案是预防和处理火灾事故的重要手段。聚氨酯生产企业应根据自身的生产工艺和火灾危险性，制定包括火灾扑救、人员疏散、中毒救援等措施

在内的应急预案。预案应明确各级人员的职责和应急处理流程，确保在紧急情况下能够迅速有效地进行处理。此外，企业还应定期组织员工进行应急演练，提高他们的应急反应能力和自救互救能力。

### 3.7 采用防火材料和技术

在聚氨酯生产过程中，采用防火性能好的材料和技术是提高生产设备耐火等级的有效途径。企业可以在生产设备上涂抹防火涂料，以增加其耐火时间。同时企业还可以选择使用阻燃剂来降低原料的易燃性<sup>[4]</sup>。此外，企业还可以考虑采用先进的防火技术和设备，如自动喷水灭火系统、气体灭火系统等，以提高生产现场的防火能力。

### 3.8 加强安全监管和检查

建立健全安全监管机制是预防火灾事故的重要保障。聚氨酯生产企业应设立专门的安全管理部门，负责对生产现场进行定期的安全检查和评估。检查内容应包括设备的运行状态、原料的存放和使用情况、员工的操作行为等方面。对于发现的安全隐患和问题，企业应及时进行整改和处理，防止其发展成为火灾事故。同时，企业还应加强对员工的安全教育和培训，提高他们的安全意识和操作技能，确保生产过程的顺利进行和人员的生命安全。

### 结语

聚氨酯生产工艺存在较高的火灾危险性，但通过加强安全教育和技术培训、严格施工环境控制、采取防火措施、设备检查与维护、原料质量控制、应急预案制定以及采用防火材料和技术等措施，可以有效降低火灾发生的可能性，保障生产安全。聚氨酯生产企业应高度重视火灾危险性分析和控制工作，不断完善安全管理措施，确保生产过程的顺利进行。

### 参考文献

- [1]王颖睿.聚氨酯泡沫塑料复合板的生产工艺及其在室内外装饰中的应用[J].合成树脂及塑料,2020,37(3):99-102.
- [2]郭斌.化工装置火灾事故的扑救策略[J].化工工业,2020,47(11):158-159,162.
- [3]李斐.化工企业消防安全问题及防火策略分析[J].化工工业,2020,47(11):160-162.
- [4]顾伟.石油化工企业消防安全问题及防火策略[J].化学工程与装备,2020(06):271-273.