

# 聚丙烯酰胺生产过程中 研磨机结块原因分析及控制措施分析

盛文凯 (中国石油大庆炼化公司, 黑龙江 大庆 163411)

**摘要:** 聚丙烯酰胺生产过程较为复杂, 一旦生产措施不当, 将会导致研磨机出现结块现象, 对生产过程造成影响。基于此, 本文将从引发剂、分散介质、分散剂、聚合温度、醇水比等方面对研磨机结块原因分析及控制措施进行分析, 对结块现象进行深入探究, 使结块问题能够得到充分地解决, 使结块问题得到有效地处理, 提高聚丙烯酰胺的生产质量。

**关键词:** 聚丙烯酰胺; 结块现象; 控制措施

聚丙烯酰胺是常见的工业生产原料, 需要对生产工艺进行严格控制, 避免出现大量的结块现象, 建立良好的反应条件。结块对聚丙烯酰胺的生产质量具有严重的影响, 需要建立完善的生产措施, 提高结块控制方法的有效性, 使结块得到充分地解决。结块问题的影响因素较多, 需要建立完整的分析方案, 进而从根本上对结块问题进行解决。

## 1 聚丙烯酰胺概述

### 1.1 聚丙烯酰胺的分类

聚丙烯酰胺 (PAM) 理化性质较多, 有着多种衍生物, 包括阳离子型、阴离子型等多种结构, 使聚丙烯酰胺的形态更加的丰富。对于阳离子型, 由丙烯酰胺单体与阳离子单体共聚而成, 具有较强的吸附能力, 常用于絮凝剂进行使用。对于阴离子型, 由丙烯酰胺单体与阴离子单体共聚而成, 能够吸收水质的悬浮颗粒, 被广泛用于污水净化中。聚丙烯酰胺具有无毒、无腐蚀等特点, 属于重要的环保型材料, 在污水处理方面具有重要意义, 在制备和生产方面具有较高的要求<sup>[1]</sup>。

### 1.2 聚丙烯酰胺的应用

聚丙烯酰胺具有广泛的应用价值, 如水处理、造纸等, 可以有效地提高生产效率, 使生产过程更加的可靠。在水处理过程中, 聚丙烯酰胺主要作为絮凝剂使用, 可以清除污水中的悬浮颗粒, 对污水具有较强的净化作用, 通过吸附作用使小颗粒物质发生沉淀, 进而实现污水的净化。在造纸过程中, 聚丙烯酰胺主要作为增强剂进行使用, 可以促进纸张中键与键之间的连接, 使纸张具有良好的强度, 保障纸张能够持久耐用。

### 1.3 聚丙烯酰胺生产工艺

聚丙烯酰胺的生产工艺较为复杂, 如图 1 所示, 需要建立严格的生产形式, 使生产效率能够得到保证。主要生产流程包括溶解、聚合、研磨、水解、干燥等, 对生产条件具有较高的要求, 温度在 88℃ 左右, 水量约为 10%, 这样才能顺利地完聚丙烯酰胺的制备。在生产过程中, 聚丙烯酰胺容易发生结块现象, 对生产质量具

有较大的影响, 需要对研磨机结块现象进行严格地分析, 使结块问题能够得到充分地解决, 进而提高聚丙烯酰胺的生产效率。

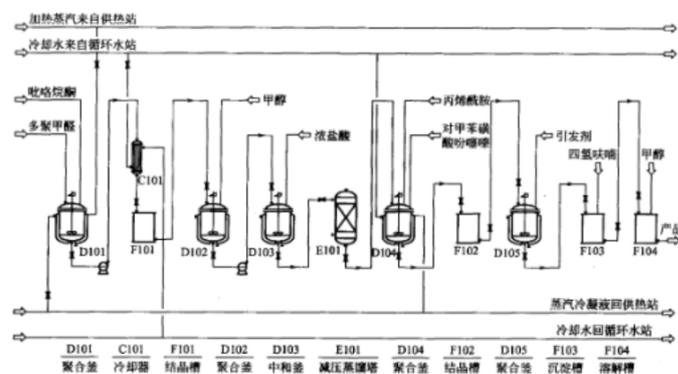


图 1 聚丙烯酰胺生产工艺

## 2 聚丙烯酰胺生产过程中研磨机结块原因分析

### 2.1 不同引发剂的影响

聚丙烯酰胺生产过程中, 需要考虑到不同引发剂的影响, 使结块现象能够得到有效地抑制。常用的引发剂包括 AIBN、ABVN、BPO 等, 有着不同的粒径大小, 在半衰期方面也具有一定的差距。三种引发剂的半衰期顺序如下:  $ABVN < AIBN < BPO$ 。半衰期时间越短, 说明引发剂的活性越强, 不利于凝聚反应的形成, 对反应速率具有较大的影响。对实际反应情况进行对比发现, BPO、AIBN 可以正常参与到聚合反应, 对聚丙烯酰胺的生产具有明显的促进作用。ABVN 在生产过程中, 有时会伴有凝胶现象, 进而导致结块现象出现。ABVN 作为引发剂时, 产生结块现象需要满足一定的条件, 通常发生在温度小于 50℃ 时, 能够促进凝胶的生成。因此, 在聚丙烯酰胺生产过程中, 为了降低引发剂对结块的影响, 需要做好引发剂的选择工作, 提高引发剂使用的合理性。

### 2.2 不同分散剂的影响

聚丙烯酰胺反应属于分散聚合反应, 需要分散剂参与到生产过程中, 因而会受到分散剂的影响。分散剂决

定着聚合反应的稳定性,一旦反应出现不稳定的现象,将会导致结块现象出现,影响对结块现象的控制效果。在分散剂的作用下,可以对微球的粒径进行控制,对其形成稳定的吸附作用,进而建立完善的溶解体系,保障反应体系具有良好的粘度控制。受到分散剂的影响,粒子之间的相对运动将会增大,同时对单体的吸附作用将会明显得到增强。由此可见,粘度对分散过程具有较大的影响,需要做好粘度的控制工作,在反应过程中添加分散剂后,不能使体系的粘度发生变化,这样才能保障微球的分散特性,使聚合反应能够顺利地进行,使分散剂能够充分地发挥作用。

### 2.3 聚合温度的影响

聚合反应对温度控制具有较高的要求,一旦温度过高,将会导致聚合反应过于剧烈,容易造成结块现象出现。温度控制对反应有着较大的影响,随着温度的逐渐升高,聚合反应的效率将会逐渐增强,相对地也会伴随着大量结块的生成,导致聚丙烯酰胺的质量下降。以AIBN作为引发剂、PVP/HAP作为分散体系,不同温度下研磨机结块生成情况见表1所示。从表中数据可以看出,温度对聚合反应具有较大的影响,一旦无法对反应温度进行控制,将会对聚丙烯酰胺的产率造成影响,导致产量出现明显的下降,同时伴有大量的结块生成。而且,温度会促进反应活性的增加,使聚合反应更加的剧烈。由此可见,需要对聚合温度进行严格控制,保障聚合反应能够更好地进行。

表1 不同温度对聚合反应的影响

序号	聚合温度(°C)	产率(%)	是否结块
1	65	72.26	否
2	70	59.51	否
3	75	47.25	较严重
4	80	40.12	剧烈结块

### 2.4 不同醇水比的影响

分散介质由乙醇和水构成,对醇水比具有较高的要求,需要做好醇水比的控制工作,保障聚合反应的稳定性。采用不同比例的醇水比将会影响到分散介质的极性,为此,应构建完善的醇水比条件,使分散介质能够更好地发挥作用,促进聚合反应的顺利进行。醇水比对微球粒径具有较大的影响,在初始阶段,随着醇水比的增加,微球粒径基本保持不变。当醇水比增加到一定程度后,微粒粒径将会发生明显地增加,同时粒径的分布将会变宽,使微粒能够呈现出良好的分布特征。与此同时,随着醇水比的增加,分散介质的极性将会逐渐降低,将会导致聚合反应的链析出较为缓慢,进而导致二次成核现象,促进研磨机结块现象快速出现,影响聚合反应的正常进行。

### 2.5 AIBN加入量的影响

AIBN加入量对研磨机结块具有一定的影响,需要对加入量进行控制,使引发剂能够更好地发挥作用。为

了对引发剂的影响进行探究,需要对不同AIBN比例的引发剂的影响进行探究,使引发剂的质量分数呈现一定程度的变化,确定研磨机的结块情况。引发剂浓度对聚合反应的影响见表2所示。从表中的数据可以看出,对3%~8%浓度的AIBN引发剂进行分析,得到了聚丙烯酰胺的产率以及结块情况。随着引发剂浓度的增加,反应体系将会呈现不稳定的状态,导致大量的活性自由基形成,导致微粒之间出现相互粘连的情况,使得聚合反应无法顺利地进行。当AIBN增加到一定浓度后,将会导致研磨机结块的生成,并且对聚合反应的稳定性造成影响。

表2 引发剂浓度对聚合反应的影响

序号	AIBN浓度(%)	产率(%)	是否结块
1	3	61.10	否
2	4	57.58	否
3	5	70.33	否
4	6	51.54	否
5	7	55.84	否
6	8	59.12	轻微

### 2.6 分散剂比例的影响

分散剂比例及用量对聚合反应具有一定的影响,需要合理对分散剂的比例进行搭配,使结块现象得到有效抑制。以PVP/HAP复合分散剂为例,具体影响见表3所示。当PVP与HAP的比例低于1:2时,研磨机将出现大量的结块,不利于聚丙烯酰胺生产过程的进行,需要做好分散剂比例控制工作,形成完善的比例控制方案;当分散剂的比例大于1:1后,反应速率呈现下降趋势,并且无结块现象产生,说明分散剂存在最佳比例;当PVP与HAP的比例为1:1时,聚丙烯酰胺的产率为80.72%,并且无结块现象出现,因而将分散剂比例控制为1:1较为合适,可以保障聚合反应能够正常进行,同时保障聚丙烯酰胺的生成质量。

表3 引发剂浓度对聚合反应的影响

序号	PVP:HAP(%)	产率(%)	是否结块
1	0:1	50.45	严重结块
2	1:3	52.17	严重结块
3	1:2	72.15	轻微结块
4	1:1	80.72	否
5	2:1	75.45	否
6	3:1	72.33	否
7	1:0	71.42	否

## 3 聚丙烯酰胺生产过程中研磨机结块控制措施

### 3.1 合理使用引发剂

引发剂对研磨机结块具有一定的影响,需要合理对引发剂进行选择,降低引发剂对结块现象的影响,使引发剂能够更好地投入使用。引发剂的选择需要根据聚合反应的程序进行,从AIBN、ABVN、BPO三种引发剂的反应结果来看,AIBN、ABVN作为引发剂的效果要优于BPO,并且可以有效地对凝胶现象进行限制,使聚合反应能够顺利地进行。引发剂的活性与粒径具有一定的关

系, AIBN、ABVN、BPO 的粒径分别为  $2.30\ \mu\text{m}$ 、 $2.52\ \mu\text{m}$ 、 $1.87\ \mu\text{m}$ , ABVN 的粒径明显要优于高于其他两种, 而且具有较短的半衰期, 因而具有较强的活性。在上述因素的影响下, ABVN 将会使聚合反应较为剧烈, 并且在适宜的温度作用下, 将会产生大量的凝胶, 进而导致研磨机结块现象出现。因此, 在引发剂选择方面, 需要以 AIBN、BPO 为主, 若选择 ABVN 作为引发剂, 需要对温度条件进行控制, 温度不能低于  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 否则将会促进结块现象产生<sup>[2]</sup>。

### 3.2 分散剂的选择

分散剂是实现聚合反应的关键, 需要合理对分散剂进行选择, 对聚合反应的稳定性进行控制, 使微球能够更好地进行相对运动。常见的分散剂有 PVP、HAP 等, 可以有效地对微球平均粒径进行控制, 使反应过程更加的合理。在分散剂的作用下, 可以将微粒粒径控制在  $2.3\text{--}2.6\ \mu\text{m}$  之间, 使粒径呈现均匀的分布状态, 提高微粒之间的分散水平。在分散剂选择时, 一般采用复合分散剂的形式, 如 PVP/HAP, 使两者共同构成分散剂, 可以对微球粒径的形成起到促进作用, 形成稳定的粒径体系。在复合分散剂的作用下, 微粒粒径可以达到  $4.85\ \mu\text{m}$ , 并且可以保证分布的均匀性。当微球粒径增加后, 可以对粒径的粘度进行控制, 使聚合反应可以更好地进行, 使聚丙烯酰胺的生产能够顺利地实现<sup>[3]</sup>。

### 3.3 聚合温度控制

聚合反应需要在一定温度条件下进行, 需要对温度进行严格控制, 通常情况下, 将温度控制在  $65\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间, 可以保证反应的平稳性, 避免研磨机结块现象出现。聚合温度对于引发剂、介质溶解度具有多方面的影响, 随着聚合温度的增加, 将会伴随着引发剂的大量分解, 导致引发剂无法得到充分地利用, 使自由基的性能更加地, 进而造成结块情况出现。同时, 反应体系的溶解度将会增加, 使得临界链的长度增加, 使微球的吸附作用增强, 进而使结块现象加剧。当温度在  $65\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$  的条件下, 微粒大小可以得到有效地控制, 使聚合反应能够更好地进行, 提高反应体系的稳定性。一旦出现温度较高的情况, 液面将会产生较大的播种, 对反应状态具有较大的影响, 将会因为反应体系较为剧烈而产生大量的结块, 因而需要做好聚合温度的控制。

### 3.4 醇水比的控制

醇水比控制是建立完善的分散介质体系的关键, 应合理对醇水比进行设计, 提高聚合反应的稳定性。以乙醇和水作为分散介质时, 粒径的分布状况将会变宽, 并且会对分散介质的极性造成影响, 需要对分散介质进行严格控制。在乙醇的作用下, 分散指数的陡增情况可以达到 1.9, 对微粒的分布具有较大的作用区间, 而且随着醇水比的增加, 将会发生极性减弱的现象。为了防止研磨机结块现象出现, 需要将醇水比控制在  $90/10\text{--}95/5$

之间较为适宜, 可以有效地对微粒的分散性进行控制, 使聚合反应能够更好地执行, 保障聚合物链能够有效地形成。乙醇和水是重要的分散介质, 是分散体系的重要组成部分, 需要构建完善的分散形式, 使微球颗粒能够呈现出良好的特征, 提高反应条件的可靠性。

### 3.5 AIBN 加入量的控制

为了保障聚合反应的效率并且降低结块现象出现, 需要对 AIBN 的加入量进行控制, 对引发剂的加入条件的进行控制, 提高引发剂使用的合理性。引发剂主要是引发单体自由基, 对微球粒径具有较大的影响。当浓度低于 5% 时, 粒径的增长不够明显, 因而粒径基本保持不变, 但粒径不符合聚合反应的要求; 当浓度达到 5% 以后, 粒径呈现明显增加的趋势, 微球的粒径逐渐适合聚合反应, 可以明显提高聚丙烯酰胺的生成速率; 当浓度大于 7% 后, 将会伴随结块现象出现, 生成产物的质量明显下降, 说明引发剂的用量过量。因此, 将 AIBN 的用量控制在  $5\%\text{--}7\%$  之间较为适宜, 可以使微球具有良好的粒径, 使引发剂能够得到充分地利用, 使高聚物能够得到有效生成, 保障引发剂投入量的合理性。

### 3.6 分散剂比例控制

做好分散剂比例的控制非常重要, 通常情况化, 一般使用 PVP/HAP 复合分散剂, 对两者的比例控制具有严格的要求, 否则将会造成结块现象出现, 影响聚丙烯酰胺的生成效果。PVP 与 HAP 的比例控制为 1:1 较为适宜, 既可以使聚丙烯酰胺的产率得到保证, 又能够对研磨机结块进行控制, 使研磨机能够充分地发挥效果, 保障聚合反应能够稳定地进行。在 PVP/HAP 复合分散体系中, 随着 PVP 含量的增加, 分散剂的分散效果将会逐渐增强, 当两者比例为 1:1 时将达到临界点, 结块现象将会消失, 使聚丙烯酰胺的产率能够呈现正常状态。此时, 微粒将会呈现良好的分散状态, 使聚丙烯酰胺能够快速生成, 使聚合反应处于最佳反应状态, 保障微粒粒径的均匀性, 实现良好的比例控制效果。

## 4 结论

结块现象对聚丙烯酰胺的影响较为严重, 需要建立完整的分析方案, 对结块现象进行抑制, 提高对结块问题的解决效率。聚丙烯酰胺生产过程中, 需要合理地进行操作, 对反应条件进行严格控制, 使研磨机结块现象能够得到解决, 使生产条件的控制更加的严格。

### 参考文献:

- [1] 周绍洪, 黄良超, 官培君. 乙二醛化聚丙烯酰胺类增强剂在高强牛卡纸生产中的应用研究 [J]. 造纸科学与技术, 2021, 40(03):13-16.
- [2] 吴亚洲. 聚丙烯酰胺装置的节水技术及管理措施 [J]. 化工管理, 2019(21):90-91.
- [3] 刘军. 聚丙烯酰胺生产工艺技术措施探讨 [J]. 化工管理, 2019(21):173-174.