

聚丙烯酰胺主要性质及其对生产成本的影响研究

山 盟 (大庆炼化公司, 黑龙江 大庆 163000)

摘 要: 聚丙烯酰胺作为目前国内造纸行业中最常用的造纸助剂, 多应用于造纸行业中的纸张抄造和废水处理环节, 其使用方式与应用效果会受到材料本身多种性质的影响, 而材料内部结构性质同时也是影响企业生产成本的主要因素, 比如聚丙烯酰胺产品的分子质量、物理形态、电荷密度以及溶解性等性质。基于此, 为明确聚丙烯酰胺类产品主要性质和生产成本之间的联系, 本文首先从聚丙烯酰胺的生产工艺及产品特点入手, 并分析聚丙烯酰胺的主要性质, 并深入探讨聚丙烯酰胺对生产成本产生的各种影响, 以供参考。

关键词: 聚丙烯酰胺; 结构性质; 生产成本

0 引言

PAM 本身属于一种合成聚合物, 可通过材料内部介质合成条件的改变而生产各种性质结构性能的 PAM 系列产品。而在实际应用过程中, 其内部主要性质不仅可以影响材料本身使用性能, 还会在一定程度上影响生产成本。因此, 为提升造纸企业生产质量与生产效率, 必须对内部主要性质展开深入研究。

1 聚丙烯酰胺的生产工艺及产品特点

1.1 生产工艺

造纸行业中, 聚丙烯酰胺主要应用于纸张抄造、废水处理。纸张抄造中, 聚丙烯酰胺能够增强纸张、分散纤维。废水处理中, 聚丙烯酰胺可作为絮凝剂脱除其中污泥, 由此可见, 聚丙烯酰胺在造纸行业中具有较高的应用价值。

聚丙烯酰胺的生产均是在自由基引发剂的影响下, 丙烯酰胺单体和其他单体进行共聚, 产生聚丙烯酰胺。其中常用的“其他单体”有丙烯酸酯钠、甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵等。

聚丙烯酰胺分为阴离子、非离子、阳离子, 可分别用 APAM、NPAM、CPAM 表示, 代表三种不同的带电形式。非离子、阴离子的化学结构大致相同, 但和阳离子的化学结构存在较大差异。非离子聚丙烯酰胺是由丙烯酰胺通过单体共聚制作而成, 制作难度较低。阴离子聚丙烯酰胺则是将丙烯酰胺经过水解工艺后, 将丙烯酰胺和丙烯酸进行共聚制作而成。阳离子聚丙烯酰胺的制作方法可分为改性法和共聚法, 改性法指的是将酰胺进行改性, 形成叔胺型阳离子聚丙烯酰胺。共聚法指的是将丙烯酰胺作为原料, 将其他阳离子作为单体进行共聚, 形成季胺型聚丙烯酰胺。其中的“阳离子单体”常用的便是甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵。

聚丙烯酰胺的实际生产中存在四种物理形态, 分别是干粉形态、分散液形态、胶体形态、乳液形态。聚丙烯酰胺的产品形态由其中加入的其他成分有关, 若在聚丙烯酰胺成品中加入惰性碳氢化合物的载体油中, 则为液体产品, 载体油含量较高, 则为分散液, 含量较少, 则为乳液或胶体。但部分乳液形态聚丙烯酰胺会加入少量轻质矿物油。干粉形态的聚丙烯酰胺分为珠状、粉状, 粉状形态的形成原因为聚丙烯酰胺在水相中合成, 干燥磨碎后为粉状。珠状则是聚丙烯酰胺在有机溶剂中合成, 干燥后不经磨碎, 为珠状。

1.2 产品特点

对于造纸行业而言, 常用的两类聚丙烯酰胺产品为纸张抄造、废水净化, 其中阴离子聚丙烯酰胺和阳离子聚丙烯酰胺 (为方便论述, 下文简称为 APAM 和 CPAM), 从生产应用的角度分析, APAM 相较于 CPAM 的分子总质量较高, 且物理形态多为粉状和乳液。CPAM 自身的电荷密度多在 40% 以下, 20% 以上。此外, 造纸行业中的纸张抄造阶段多用中等或低等的电荷密度产品。上述特点均从生产应用的角度出发, 具有实际应用参考价值。

2 聚丙烯酰胺的主要性质分析

2.1 电性

现阶段, 用于增强与助留的聚丙烯酰胺产品有助于以阳离子为主, 而阴离子类型产品则主要用于分散纤维。在相关企业实施废水处理作业时, 可根据污泥性质或废水成分来综合选择阳离子 PAM、阴离子 PAM 和非离子 PAM 产品。被处理颗粒与 PAM 之间所能产生的化学类型及能否产生化学反应, 则主要取决于 PAM 内部电性性质。故而, 电性性质属于最为基本的聚丙烯酰胺性质, 同时也是 PAM 产品效果得以充分发挥的关键所在。目前, 多数企业主要采用 PCD 电荷

分析仪来测试聚丙烯酰胺电性性质,也可将材料内部已知电性 PAM 产品和未知电性 PAM 产品内部溶液进行混合处理,通过观察内部是否因化学反应而产品混浊物来综合分析产品电性。若反应较为明显,则表示未知产品属于非离子型 PAM 产品。若并无任何化学反应,则表示未知 PAM 产品与已知 PAM 产品中存在相同的电性性质。

2.2 分子质量

分子质量属于材料结构各种聚合物的一种聚合等级,而聚丙烯酰胺产品中存在越多的单体数目,则说明产品分子质量较高。而对线性成分的聚丙烯酰胺而言,分子链长度则完全由分子质量决定。在实际应用过程中,为保障产品达到最佳应用效果,必须根据工程需求来综合选择 PAM 分子质量。通常来讲,对于废水处理、纤维分散及助留助滤等工作而言,通常会选择分子质量较高的 PAM 产品。而对于一些污泥脱水和纸张增强等工作而言,则通产工会选择分子质量较高的 PAM 产品。现阶段,聚丙烯酰胺产品分子质量方面主要运用黏度法来测量。该方法通过对产品结构内部稀溶液实际黏度的测量数据,基于质量分子与黏度之间存在的逻辑关系来测算准确的 PAM 产品分子质量。

2.3 电荷密度

电荷密度主要用来表示 CPAM 和 APAM 电性大小,其主要影响被处理颗粒与 PAM 之间的吸附外形和反应进程,进而对 PAM 产品整体使用效果产生影响。电荷密度通常拥有多种表示方法。而目前主要运用红外光谱或胶体滴定来测试电荷密度,红外光谱主要将 PAM 通过将样品标准谱图与红外谱图实施分析对比,通过吸收峰特征形状和位置来计算实际电荷密度,而胶体滴定主要基于试剂标准消耗量来测算产品中存在电荷的实际密度。

2.4 产品形态

聚丙烯酰胺产品主要包括干粉、乳液、分散液及胶体等几种不同形态,其中胶体类产品中的有效因子含量相对较低,其适用范围和运输半径限制较大,故而无法实施大范围产品销售,而乳液和分散液则拥有 30%~50% 比例的有效含量。只有干粉形态拥有超过 90% 固含量,故而属于相关企业应用频率最高的一种聚丙烯酰胺产品。而上述任何一种产品形态,必须在应用前将水和产品相互融入,使其成为浓度相对较低的产品溶液再投入使用。尽管不同的产品形态并不

会对应用效果造成影响,但在很大程度上影响了 PAM 产品本身的应用模式和制备方法。因此,必须基于企业实际需求来综合确定 PAM 产品形态^[1]。

3 聚丙烯酰胺对生产成本的影响

3.1 影响数据统计

为全面证明 PAM 产品内部主要性质对材料运输、包装及生产等各方面成本的影响,下文将以某企业产品使用情况为例,列举部分产品在各种性质方面的成本系数数据,并通过一系列数据对比分析来综合判断各种性质对于产品生产成本方面的影响,详细测试数据如表 1、表 2 所示(成本费用系数为 1)。

表 1 助留剂 PAM 产品生产成本数据表

编号	产品形态	相对分子质量(10 ⁶)	电荷密度(%)	产品电性	成本系数
1号	粉状固体	12	0	非离子	1.0
2号	粉状固体	12	-4	阴离子	0.90
3号	球状固体	10	7	阳离子	0.97
4号	粉状固体	10	20	阳离子	0.96
5号	粉状固体	11	40	阳离子	1.01
6号	球状固体	8	60	阳离子	1.22

表 2 絮凝剂产品的生产成本数据表

编号	产品形态	相对分子质量(10 ⁶)	电荷密度(%)	产品电性	成本系数
1号	粉状固体	20	0	非离子	1.0
2号	粉状固体	22	-5	阴离子	0.94
3号	粉状固体	23	-10	阴离子	0.97
4号	粉状固体	23	-40	阴离子	0.79
5号	粉状固体	13	5	阳离子	0.96

6号	粉状固体	14	20	阳离子	0.97
7号	粉状固体	14	60	阳离子	1.22
8号	乳液	8	25	阴离子	1.24

3.2 电性及电荷密度影响

现阶段,相关企业主要 CPAM 产品主要为共聚产品,通过丙烯酰胺和阳离子单体共同聚积在 PAM 的酰胺基团后将阳离子基团引入。而单体阳离子价格远高于单体 PAM 价格,故而增加了大量 CPAM 实际生产成本,而从上述表格数据得知,CPAM 系列产品相较于 NPAM 和 APAM 产品较高。电荷密度性质相对于整体成本影响因素主要集中于 CPAM 上。而相对于 APAM 产品而言,电荷密度不会引起任何影响。而 CPAM 中所含有电荷密度比例越高,则单体阳离子成分需求量越高,进而提升整体生产成本。而目前造纸企业通常采用的 CPAM 产品中的电荷密度通常小于 40%。而此期间因电荷密度所增加的生产成本通常不会高于 30%^[2]。

3.3 分子质量及产品形态影响

高分子 PAM 系列产品在生产过程中,通常需要增大大量的单体 PAM 浓度,进而耗费大量丙烯酰胺材料。故而,PAM 系列产品成本会随着分子质量的增高而加大。但是,相比阳电荷密度来说,因增加分子质量所造成的成本上升比例通常较小。

现阶段,液体产品应用最为广泛的便是乳液形态,其通常具有 30%~50% 的有效含量。而相对于粉系列产品而言,乳液形态中含有的有效含量相对较低,整体运输成本与包装成本也会加倍增长。而乳液产品在生产过程中,通常会运用到大量的乳化剂和有机溶剂,这样也在一定程度上增加了大量生产成本。

而在同条件介质情况下,粉状产品与柱状产品的实际使用效果相差无几,其主要区别在于柱状产品所含有的颗粒成本整体溶解性较为均匀,且在实际应用过程中很少会激起大量灰尘。但需要重点注意的是,粉状与珠状产品在实际使用过程中并无太大差异。而珠状产品在实际生产过程中会运用到大量乳化剂和有机溶液,其实际使用成本普遍高于粉状产品使用成本。

3.4 溶解性的影响

聚丙烯酰胺产品的溶解性和纸张抄造阶段的成纸质量存在密切联系,对溶解性的要求相较于絮凝剂而

言较为严格。为提高聚丙烯酰胺相关产品的溶解性,减少其中可溶物的含量,不仅需要严格控制聚丙烯酰胺相关原料的质量和合成条件,还要增加去除产品中不合格物质的占比,所以,从生产要求方面分析,高溶解度,低不可溶物含量的聚丙烯酰胺产品生产成本较高。根据聚丙烯酰胺产品分子质量和溶解性成反比的原理,结合表 1-表 2 中的数据可得知,在相同电荷密度的条件下,分子质量越低,生产系数越高。对于粉状聚丙烯酰胺而言,为去除其中存在的不可溶物,对生产原料的质量控制更为严格,且还需要增加去除不可溶物的工序,所以成本系数将会更高。

从聚丙烯酰胺产品的主要性质出发,不同电荷密度、产品形态以及分子质量、溶解性(溶解速度)的聚丙烯酰胺产品的生产成本各不相同。根据表 1-表 2 的数据,在所有聚丙烯酰胺产品的主要性质中,产品形态、电荷密度是聚丙烯酰胺产品生产成本的主要影响因素。且对于阳离子类产品而言,电荷密度越高,生产成本越高。所以,在实际造纸行业中,阳离子类聚丙烯酰胺产品的应用较少。对于溶解性而言,提高溶解性、降低不可溶物的含量需要从生产管理措施方面入手,增加生产工序,由于此部分数据具有较强的个体性差异,所以无法进行收集,但生产管理的严格、生产工序的增加,必然会带来生产成本的增加。此外,聚丙烯酰胺合成中的单体均从丙烯腈中提取而来,而且制作中的“其他单体”均为石油化工的副产品。所以除去聚丙烯酰胺自身的主要性质外,石油生产原材料“原油”的价格会直接影响到聚丙烯酰胺的生产成本。

4 结论

综上所述,聚丙烯酰胺通常被称之为 PAM,多数用于造纸企业废水处理与纸张抄造工作中,其主要分为 CPAM、APAM 及 NPAM 三种类型。其内部主要性质由溶解性、分子质量、电荷密度及产品形态组成,而经过相关技术人员进行一系列分析研究后,最终确定 PAM 电性性质与产品形态才是影响生产成本的关键所在。

参考文献:

- [1] 许妍.酸化-混凝处理高浓度聚丙烯酰胺生产废水[J].广州化工,2022,50(11):67-69.
- [2] 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.