

聚合氯化铝净水工艺计划书

第一章 聚合氯化铝概述

在水处理领域中，絮凝法净化水是最古老的固液分离方法之一，由于其适用性广、工艺简单、处理成本低等特点，絮凝法目前仍广泛应用于饮用水、生活污水和工业废水处理中。

聚合氯化铝(PAC)是一种优良的无机高分子絮凝剂，它首先在日本研制成功并与20世纪60年代投入工业化生产，是目前技术最为成熟，市场销量最大的絮凝剂。PAC使用时具有絮体形成快、沉淀性能好，水中碱度消耗少，特别是对水温、pH值、浊度和有机物含量变化适应性强等优点。我国从上世纪70年代开始，已对聚合氯化铝进行了研发，近年来随着实验室研究的深入，工业生产得到了快速的发展。以下将会对聚合硫酸铁的物化性质，制备原理和方法，以及研究应用现状和发展趋势等做一些简要的介绍。

1.1 聚合氯化铝的物化性质

聚合氯化铝(Poly Aluminum Chloride)，代号PAC，简称聚氯化铝，碱式氯化铝，其分子式为 $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$ ，式中， $m \geq 10$ ， $1 \leq n \leq 5$ ，分子量在2000左右。通式为 $Al_m(OH)_nCl_{3m-n}$ 和 $xAl(OH)_3 \cdot yAlCl_3$ 表示，分别称为碱式氯化铝和氢氧化铝溶胶。

聚合氯化铝味苦涩，在形态上可分为液体和固体两种，液体颜色为黄色至黄褐色液体，而固体颜色可分为白色，黄色，棕褐色三种。

聚合氯化铝易溶于水并发生水解，同时伴随发生电化学凝聚、吸附和沉淀等物理化学过程。加热到110℃以上时发生分解，放出氯化

氢气体，并分解为氧化铝。与酸作用发生解聚反应，是聚合度和碱度 降低，最终变成为正铝盐。与碱作用时聚合度和碱度提高，最终会生 成氢氧化铝沉淀或铝酸盐。与硫酸铝或其他多价酸盐混合时，易生成 沉淀，一般会降低或完全失之混凝效能。

1.2质量标准

GB/T 22627-2008

指标名称		指标	
		液体	固体
氧化铝（以Al ₂ O ₃ 计）的质量分数/%	N	6.0	28.0
盐基度/%		30~95	
密度（20° C） / （g/cm ₃ ）	N	1.10	
不溶于的质量分数/%	W	0.5	1.5
PH 值（10g/L）		3.5~5.0	
铁（Fe）的质量分数/%	W	2.0	5.0
砷（As）的质量分数/%	W	0.0005	0.0015
铅（Pb）的质量分数/%	W	0.002	0.006

注：表中液体产品所列不溶物、铁、砷和铅的质量分数均指Al₂O₃ 10%的 产品含量，当Al₂O₃含量不等于10%时，应按实际含量折合成Al₂O₃ 10%的 产品比例计算出相应的质量分数。

1.3聚合氯化铝的作用原理

聚合氯化铝是一种无机高分子混凝剂，通过羟基（OH）架桥形成多 核络离子。由于上述络合离子的存在, PAC能够强烈地吸附胶体微粒 和悬浮物表面之上

，通过黏附、架桥、交联，卷扫作用促使微粒絮凝，

同时伴随一系列的物理、化学变化，可中和胶体微粒及悬浮物表面的电荷，降低胶体的Zeta电位，由原来的相斥变成相互吸引，从而破坏胶团的稳定性，使胶团微粒相互碰撞而形成絮状沉淀物，这种絮状沉淀物表面积很大，极具吸附能力，且所形成的絮体密实，沉降速度快，以此来达到净水的目的。其混凝作用表现如下：

- a、对水中胶体颗粒污染物进行电性中和脱稳的凝聚作用；
- b、对已凝聚的次生粗大颗粒进行吸附架桥的絮凝作用；
- c、除去水中有害离子的吸附和络合作用；

1.4应用特点

大量应用实践表明，在水处理中使用聚合氯化铝替代传统铁、铝盐凝聚剂，显著地提高净水效能，减少投药量，降低处理成本，改善出水水质。聚合铝絮凝剂的优良品质主要表现在以下几方面：

1、强烈的凝聚除浊效能：聚合铝比传统硫酸铝，氯化铁具有更强的凝聚除浊效果，在相同处理条件下达到最佳凝聚絮凝作用，聚合铝所需剂量比传统铝盐要减少2/3到1倍，处理成本可节约30-40%。在相同投量条件下，使用聚合氯化铝能够获得比传统铝盐更低的残余浊度，因而可以较低剂量得到最佳处理效果。

2、良好的脱色及去除腐殖物质效果：聚合铝不仅具有强的凝聚除浊效果，而且也具有良好的脱色及去除水中有机腐殖质的效果。同时对有害、有毒有机物及病菌，病毒去除也有较明显提高。

3、广泛的pH适用范围：聚合铝絮凝剂的pH适用范围比传统铝盐要宽得多。一般传统凝聚剂硫酸铝和氯化铁盐在 $\text{pH} > 8.0$ 时，由于生成氢氧化铝沉淀而降低其处理效果，而聚合铝在 $\text{pH} < 10$ 的范围内均

会等到较好的处理效果。

4、较强的水质适用范围：由于聚合铝产品具有较宽的碱化度调整范围（碱化度可从40%调整到90%）和较强的复配作用，因此对于任何给水、废水，通过调整产品的碱化度或复配各种无机或有机化合物都可达到最佳处理效果，尤其对低碱度及高有机污染水质。

5、良好的絮凝沉降效果：聚合铝能够明显提高固液分离效率，改善沉降过滤及污泥脱水性能，从而缩短沉淀池的停留时间，增加产水量。另外，由于絮凝体大而紧密而易于过滤和污泥脱水。

6、较好的低温低浊水处理效果：一般对于低温、低浊水（<5度）以及低碱度水，传统混凝剂如硫酸铝的混凝除浊效能会明显降低并导致出水水质恶化，而使用聚合铝，无论对低温还是低碱度的水，都能获得较好的混凝除浊效果。

7、较小的pH降低：由于硫酸铝或氯化铁，聚合硫酸铁等凝聚剂水溶液酸度较大，因此处理后水质pH值下降明显，尤其在高浊度水质处理过程中，投量增大而导致处理水质pH降低超出正常饮用水水质pH范围（6.5-8.5），因此需再投加碱液提高水pH值。使用聚合铝，由于酸度较小，处理后水质pH降低不明显，因而无需投加碱液来提高水质的pH值。

8、较低残留铝含量：使用传统硫酸铝，处理水中的残留铝含量一般为150--255ug/l，而使用聚合铝絮凝剂，其残留铝含量只有40--55ug/l。

1.5应用范围

聚合铝絮凝剂在给水和废水处理领域具有十分广泛的应用。如在城市、工业给水处理方面，它适用于任何水源水质处理及回用净化过程，尤其在微污染较严重的各种源水的处理，低温低浊低碱度源水的处理，纯净水的预处理以及火力发电厂、钢铁厂等给水净化处理等方面，水质浊度去除率可高达95 — 98%

以上。在工业废水处理方面，一般采用聚合铝与有机高分子絮凝剂配合使用，这不仅可显著降低废水处理费用，而且可明显提高处理效果。它不仅可强烈地去除废水中细微悬浮颗粒物，而且可有效去除水中的各种油份、色度、COD，去除率可达70—90%以上。如目前在油田回注水，炼油厂，机加工厂的含油废水处理，洗煤，印染废水的除浊脱色处理，制药、造纸废水除浊除COD的处理，冶金，制革工业的除浊去除重金属的处理过程中，聚合铝产品都已得到了广泛地应用。此外，目前城市中水、生活污水基本都采用生物处理，但大量运行实践结果表明，仅靠生物法处理城市废水，不仅运行负荷高，处理水质不能达标，而且运行费用也相对较高。目前许多城市污水都在研究采用强化混凝法或在生化前进行强化预处理或生化后进行深度处理，达到减少生化处理负荷，出水回用的目的。因此，聚合铝絮凝剂在城市中水、污水的强化预处理及深度处理中具有十分广泛的应用前景，尤其在城市污水回用，工业节水净

化处理。此外，聚合铝在污泥脱水处理中配合阳离子有机高分子絮凝剂使用，可降低处理成本并提高处理效率。

聚合氯化铝除了广泛应用于各种给水和废水处理、污泥处置过程中，还应用于制药，化妆品及工业催化作为原料或添加剂，尤其在造纸行业，高纯(无铁)聚合铝作为造纸中性施胶剂，目前在国外已得到普遍应用。此外，由于聚合铝絮凝剂无毒，高纯度聚合铝产品在各种食品，糖果，烟酒，饲料产品的固液沉降分离过程中也有不同程度的应用。

1.6 聚合氯化铝的制备原理及方法

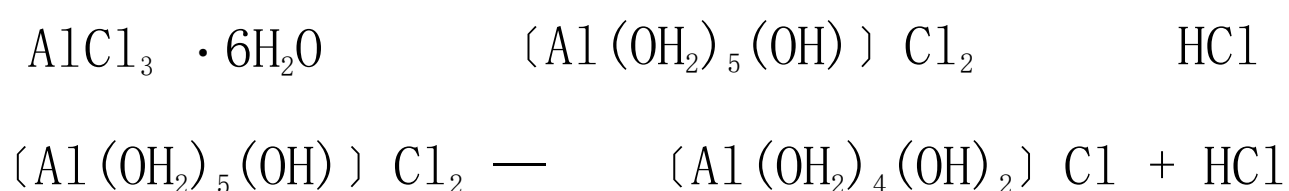
聚合氯化铝的生产就是控制铝、OH、Cl的比例和水解、聚合条件，生产出一系列的电荷中和能力、吸附架桥性能符合特定要求的铝盐混凝剂。在聚合氯化铝的生产中，H₂O参与了反应，提供了OH⁻。在

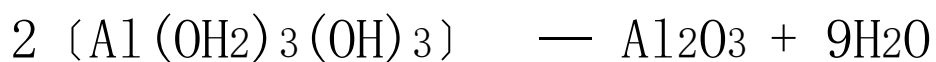
2

稳定熟化后，pH值会有微小下降。因原料不同，聚合氯化铝的生产工艺路线也不同，生产方法很多，但大致可以分为热解法、酸溶法、中和法、电解法和电渗析法五种。目前工业化生产大多是这几种方法的综合应用。

(1) 三氯化铝热分解法：

三氯化铝在加热条件下，发生热分解反应。在400—600℃的温度下，分解反应可以进行到底，生成氧化铝和氯化氢气体。如果控制热分解的进程，就能得到介于三氯化铝和三氧化二铝之间的一系列中间产物。在加热的条件下，反应方程如下：





在热分解法中，有的分解三氯化铝水溶液或低碱化度聚合氯化铝溶液，从而得到液体聚合氯化铝产品。此法分解温度受限制，产品碱化度和分解效率都很低。更多的是直接分解结晶氯化铝。这种方法分解温度不受限制，分解速度快，产品碱化度可以任意控制，适用于大规模生产。

(2) 含铝原料酸溶法。

由于过程简单，原料要求不苛刻，因此，此法是目前液体聚合氯化铝的主要生产方法。根据所用原料不同，可细分为以下几种：

① 金属铝直接溶解法：

一定粒度的铝屑、铝灰与盐酸或三氯化铝反应，调节铝氯当量比，能一次得到所要求的碱化度的聚合氯化铝。主要反应方程式如下：

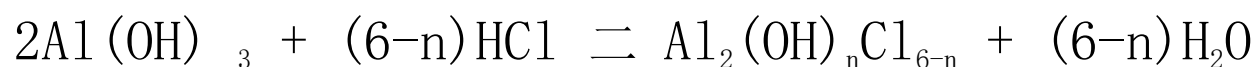


由于金属铝原料昂贵，除实验室制造外，工业生产价值不大。目前有的生产厂以铝灰为原料，采取“铝灰酸溶一步法”，但资源不足，产品质量不稳定，杂质太多，尤其一些重金属杂质的带人，造成净化水二次污染。因此不宜大力推广。

② 氢氧化铝酸溶法：

常压下结晶氢氧化铝在盐酸中的溶解度小，为此，日本大明化学工业公司采取了将结晶氢氧化铝变成无定型的凝胶氢氧化铝，然后酸溶。主要反应如下：





此方法生产条件好，产品质量高，但流程长，成本高。

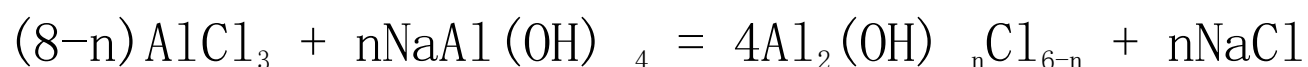
为克服结晶氯化铝常压下难溶的困难，日本住友化学工业公司等采用了加压溶出法，其设备有间断式密封反应釜和连续式高压管道反应器。其结晶氢氧化铝的溶出率可达95%以上。

③ 含铝矿物酸溶法：

一般含铝矿物包括粘土矿、铝钒土矿、煤矸石、高岭土等。这些矿物中的铝一般不能直接为酸所溶出，必须预先经过一系列加工处理。一般是将含铝矿物粉碎成40—60目的颗粒，再经600—800℃温度焙烧后，用盐酸(或硫酸及混合酸)溶出，溶出液经碱化度调整，即为聚合氯化铝成品溶液，或将溶出液浓缩得结晶三氯化铝，再热解制成固体产品。煤矸石酸溶热解工艺即为这一方法。

(3) 三氯化铝水溶液用碱中和法：

氯化铝水溶液用碱中和可以生成聚合氯化铝产品。常用的碱性物质有NaOH、CaCO₃、NaAl(OH)₄、NaHCO₃、NH₄⁺、等等。其作用是提高氢氧根离子的浓度，以促进三氯化铝的不断水解。根据产品碱化度的不同要求，改变碱性物质的加入量。以投加氢氧化钠、石灰石和铝酸钠为例，反应式如下：



从式中可以看出，反应消耗了碱性物质和三氯化铝中的氯离子，生

成了杂质氯化钠和氯化钙。由于消耗碱性物质，而且产品需要分离，因此，从原料消耗、工艺流程以及产品质量等角度看，均不利。

(4) 电解法：

用石墨作为阴极，金属铝板作为阳极，对含铝酸性废水进行电解，可以获得液体聚合氯化铝，电解温度为 60 ± 5 ℃，电流2.5A，电解时间为1小时。另外，电解液也可以是三氯化铝或低碱化度的聚合氯化铝溶液。

(5) 电渗析法：

在离子交换树脂法制聚合氯化铝的基础上，以三氯化铝为原料，进行了电渗法生产聚合氯化铝的研制。电渗析法主要以离子交换膜的选择透过性和水的电解原理为基础。这一方法具有流程短，原材料和能耗较少，盐酸可回收等优点，是一种很有发展前途的制造方法。在国内，由于离子交换膜制造工艺尚在研究，因此，用电渗法大规模工业化地制取聚合氯化铝还不具备条件。

综上所述，目前国内大规模工业化生产聚合氯化铝的方法应该是含铝矿物酸溶法工艺。如制造固体产品，则宜采用沸腾炉热解法。而含铝矿物中煤矸石又是贮量大、分布广、价格低廉、适于综合利用，可变害为宝的最有前途的含铝矿物原料。

1.7发展现状与前景

聚合氯化铝是七十年代初国际投入工业化生产和应用的新型高效无机高分子絮凝剂，由于聚合铝具有用量省，净化效能高，适应性宽等优点，比传统絮凝剂用量可节约 $2/3$ 到一倍以上，成本节约30-40%。同时聚合铝的生产工艺简单。因此，在国内外水处理领域已得到广泛的应用和迅速地发展。目前，世界聚合铝产量约为150万吨/年。其中，日本聚合氯化铝生产量1988年已达40多万吨/年，比60

年代末增长了 30倍，并已超过各种絮凝剂生产总量的50%，正在 逐渐取代传统凝聚剂。日本工艺生产技术和产品质量代表了目前国际 聚合铝净水剂的最高水平。

我国自70年代开始研制生产聚合氯化铝，技术有所改进，产量 不断增长。由于混凝剂属于量大面广的商品，用量逐年激增，但产品 品质差、效能低，是目前我国絮凝剂企业普遍存在的突出问题，产品 质量庞杂且其效能低下，产品品质多呈黄色颗粒状，其水不溶物在5 -30%不等，产品中重金属及杂质含量甚高。多数液体或固体产品品 质达不到国家规定的饮用水净化处理标准，因而不适用于饮用水净化处理。高品质的聚合铝絮凝剂产品在国内外都具有广阔的良好市场前景。

现有的絮凝剂种类有限，而且用途、效果也比较单一，为了满足水 处理领域更高更新的要求，应在了解分子化学结构和物性之间相互关 系的基础上，在制备理论指导下，根据反应体系选择理想的反应设备、 设计最佳聚合工艺路线，以解决现有方法的缺陷，合成出具有特定构 及所需物性的更加具有市场竞争力的絮凝剂产品。因此，利用分子设 计的原理来得到更丰富、复合化、多功能化的改性高分子絮凝剂是今 后水处理领域研究的方向。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/396035233053010110>