

城市给水净化技术经验

城市给水净化技术经验

国家建委建筑科学研究院城市建设研究所

23.1
J
23

中国建筑工业出版社

城市给水净化技术经验

国家建委建筑科学研究院城市建设研究所

• 限 国 内 发 行 •

中国建筑工程出版社

本书总结了近年来我国城市给水净化技术经验,其中包括絮凝、沉淀、澄清、过滤及其它给水净化技术和设备等。主要介绍了几种高分子絮凝剂的性质、机理、投加量及其生产和应用;渠道预沉、辐流式沉淀池处理高浊度水、上向流斜板斜管沉淀池、平流式沉淀池改建经验、机械加速澄清池、水力循环澄清池、脉冲澄清池、悬浮澄清池、水力驱动加速澄清池、水旋澄清池、双层滤料滤池、三层滤料滤池、双层滤料接触滤池、气阀滤池等净水构筑物的使用情况、设计参数、运行经验和指标、技术革新和技术改造成果、有关新技术、存在问题和结论意见等。还介绍了几种其它给水净化技术和设备,如给水综合净化构筑物、水射器在给水工程中的应用、平流式沉淀池与斜板斜管沉淀池的机械排泥等。本书可供从事给水排水的科研、设计和生产管理方面的有关人员参考。

2-4100/31

城市给水净化技术经验

国家建委建筑科学研究院城市建设研究所

·限 国 内 发 行·

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米^{1/16} 印张: 18^{3/4} 字数: 456 千字

1978年2月第一版 1978年2月第一次印刷

印数: 1—12,280 册 定价: 1.35元

统一书号: 15040·3409

前 言

根据国家建委1974~1975年全国工程建设科学技术发展计划(草案)中关于“给水水质净化技术的总结提高”科研项目的要求,由国家建委建筑科学研究院负责,上海市政工程设计院、吉林省给水排水勘察设计院、湖北给水排水设计院、甘肃省建筑勘察设计院、四川省给水排水设计院、国家建委建筑科学研究院城市建设研究所等单位参加,对我国城市给水净化技术共同进行了调查研究,总结了近年来的经验,汇编成册,供从事给水排水的科研、设计和生产管理方面的有关人员参考。

国家建委建筑科学研究院城市建设研究所
一九七七年四月

目 录

一、高分子絮凝剂	1
(一) 聚合氯化铝的生产和应用	1
(二) 聚丙烯酰胺处理高浊度水	6
(三) 骨胶助凝	18
二、沉淀	23
(一) 渠道预沉	23
(二) 辐流式沉淀池处理高浊度水	26
(三) 上向流斜板斜管沉淀池	35
(四) 平流式沉淀池改建经验	59
三、澄清	67
(一) 机械加速澄清池	67
(二) 水力循环澄清池	80
(三) 脉冲澄清池	105
(四) 悬浮澄清池	117
(五) 水力驱动加速澄清池	122
(六) 水旋澄清池	125
(七) 斜板斜管在澄清池中的应用	131
四、过滤	149
(一) 双层滤料滤池	149
(二) 三层滤料滤池	157
(三) 双层滤料接触滤池	175
(四) 气阀滤池	177
(五) 滤池小阻力配水系统	178
(六) 重力式无阀滤池反冲时自动停止进水装置	199
(七) 虹吸滤池自动运行的水力装置	206
五、其它给水净化技术和设备	211
(一) 给水综合净化构筑物	211
(二) 西南地区给水水质净化技术几个问题	226
(三) 平流式沉淀池和几种澄清池药耗、电耗比较	235
(四) 水射器在给水工程中的应用	246
(五) 活性炭过滤除嗅除味	256
(六) 高浊度水净化工艺选择	264
(七) 平流式沉淀池与斜板斜管沉淀池的机械排泥	274

一、高 分 子 絮 凝 剂

(一) 聚合氯化铝的生产和应用

近年来,随着我国给水事业的发展和生产的需要,新型絮凝剂的研究和应用有了很大进展。聚合氯化铝就是一种新型无机高分子絮凝剂。

1964年,哈尔滨市建设局和哈尔滨市自来水公司,对以铝灰研制“碱式络合铝盐”进行过初步试验研究。1973年又会同哈尔滨建筑工程学院,在新阳水厂进行了酸溶铝灰的研制和应用聚合氯化铝的生产试验,并于1974年6月用于该厂生产。

1970年吉林市自来水公司开始试制聚合氯化铝,于1973年用于该市两个水厂生产中。

1971年成都有关单位以酸溶铝灰法试制聚合氯化铝,于1972年成批生产,并用于水厂生产中。

哈尔滨建筑工程学院与长春市自来水公司协作,于1972年进行了碱溶铝灰法研制聚合氯化铝的试验研究,并用于生产,随后,又改为酸溶铝灰法生产。

1973年,兰州试制出含硫酸根的聚合铝,取得了一系列试验成果,后来在生产上采用的是酸溶铝灰生产的聚合氯化铝。同时期,株洲试制出中和法的聚合氯化铝,但后来在生产中亦改为酸溶铝灰法。此外,上海、重庆、武汉等地的许多单位,也都相继试制和采用了这种絮凝剂。

大量的生产实践表明,它是一种很受欢迎而有前途的新型无机高分子絮凝剂。为更好地普及和提高,国家基本建设委员会城市建设局和建筑科学研究院于1973年在成都召开了全国新型絮凝剂的技术座谈会,会议议定对这类絮凝剂统一定名为“聚合氯化铝”,并规定了对产品指标的要求。对这一新型絮凝剂的发展起到了很大的推动作用。

原料

目前,国内一般以铝加工工业的熔炼尾渣——铝灰为原料。铝灰由于来源多种多样,质量极不稳定,这将对聚合氯化铝生产带来很大影响。

吉林所用铝灰质量较好,含氧化铝(Al_2O_3)72.25%、三氧化二铁(Fe_2O_3)2.6%。长春所用铝灰质量较差,一般含氧化铝30%左右,有时低达16.1%。在低温低浊时,长春所产成品絮凝效果不如吉林的产品。哈尔滨所用铝灰有黑白两种:黑铝灰含氧化铝44.6%;白铝灰含氧化铝70.13%。经试验认为白色铝灰较好,但在实际使用中工人反映黑铝灰还较白铝灰为佳。

聚合氯化铝的研制

1. 碱溶法生产

哈尔滨建筑工程学院与长春市自来水公司协作,在长春南岭水厂采用了碱溶铝灰法生产工艺,其工艺流程如图1-1。

所用原料,铝灰含氧化铝40%以上,稀碱液含氢氧化钠(NaOH)10~15%,盐酸浓

度30%，灰:碱=1:2.5。产品虽经分离调剂，但未充分熟化，只能算半精制品。制成品为黄褐色透明液体，含氧化铝5~10%，碱化度60~70%，酸碱度3.0~3.5，比重约1.23，长时间置放不产生沉淀物。

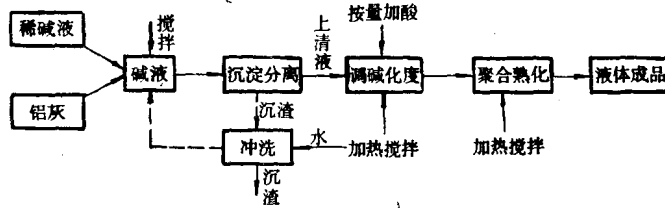


图 1-1 碱溶法生产工艺流程

2. 酸溶法生产

上述碱溶法生产的产品质量虽好些，但由于酸碱耗量较多，并产生多余的盐类，成本稍高，以及设备满足不了工艺过程的要求，长春已于1973年8月停止了碱溶法生产，改为酸溶法生产。目前各地基本上都采用酸溶法生产，其生产工艺过程基本相似。长春市自来水公司酸溶法生产工艺流程如图1-2。

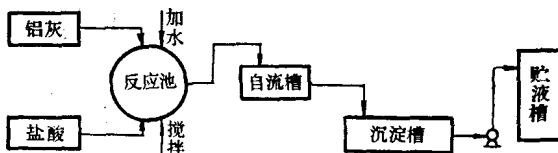


图 1-2 酸溶法生产工艺流程

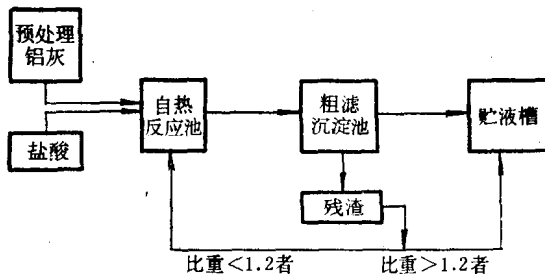


图 1-3 一步酸溶法生产工艺流程

反应池容积为1米³的耐酸缸，

反应3~4小时，原料按重量比，灰:酸:水=1.25:1:1。制成品经自流槽引至两个钢筋混凝土沉淀槽，静止沉淀24小时，然后用泵送至投药室贮液槽，供生产使用。

成都综合化工社一步酸溶法生产工艺流程如图1-3。

反应池为二组各四个贴有瓷砖的混凝土池。每池尺寸为：长×宽×高=1.5×1.5×1.3米，容积为2.925米³。每两池共一排气烟囱，用以排除反应中有毒气体，并使部分氯化氢

气体冷却回流。池上加有活动盖板。生产时，四池交替使用。

沉淀池系涂有耐酸水泥的混凝土池，用以沉淀反应液中的不溶杂质。过滤器用竹筐垫以麻袋代替。

液体成品为灰黑色粘稠液体，含氧化铝10~15%左右，酸碱度pH为4以上，比重为1.2左右，碱化度为80%左右。

各地产品有关指标见表1-1。

一步酸溶法制作工艺简单，成本较低。其缺点是悬浊液杂质较多，难以准确测定参数，产品质量不稳定。据哈尔滨建筑工程学院试验，如果在溶铝时，把用酸量稍加提高，仍是不足量酸溶法，但溶铝原液所得碱化度降至40%左右，可用一般沉淀法分离出透明澄清液，然后再稍加碱调整碱化度，这种操作可称为“两步酸溶法”。虽多了一道工序，但产品质量更有保证，而且便于分析研究，提高效能。

各地聚合氯化铝产品指标

表 1-1

单 位 名 称	灰:酸(碱) (重量比)	氧化 铝 含量(%)	酸 碱 度 (pH)	碱 化 度 (%)	比 重	备 注
长春南岭水厂	1:2.5(碱)	5~10	3.0~3.5	60~70	1.23	碱溶法
哈尔滨新阳水厂	1~1.5:1	4~8	3.5~4.5	60~80	1.1~1.11	酸溶法
吉林一、二水厂	1:1.5	4~5	4~5	50~80	1.07	酸溶法
长春南岭水厂	1.25:1	4.2~4.7		56~68		酸溶法
成都综合化工社	1:1	10.5~14.7	4~4.5	68~87.6	1.18~1.22	酸溶法

3. 生产注意事项

四川省给水排水设计院与成都综合化工社在生产中积累了许多宝贵经验, 他们的经验是:

(1) 注意反应场所通风。铝灰与盐酸反应, 特别是反应的初期, 会放出氯化氢气体和其它有毒气体, 并产生大量氢气和蓝色火焰, 这种现象对反应和操作并不产生妨碍, 随着反应的缓慢会自然熄灭。但要防止点着周围易燃物品, 引起火灾。反应场所若通风不良, 易引起氢气爆炸。

(2) 避免大量跑酸。若盐酸浓度过大或加铝灰过快, 往往使反应过急。大量跑氯化氢, 恶化环境, 并增加盐酸消耗。

(3) 加水量要适当。反应中应补充挥发了的水分, 水加少了, 反应过猛, 氯化氢大量挥发, 并有可能造成干涸、失效。水加太多, 又会使反应温度降低, 酸碱度达不到要求的数值。加水以少量多次为宜。

(4) 酸碱度是产品质量的易于控制的重要指标, 可用范围为3.8~5.4的精密酸碱度试纸测定。酸碱度和比重控制一定, 则产品的碱化度和氧化铝含量就能大致控制住。根据反复试验, 酸碱度在4.0~4.5时(相应比重为1.2), 净水效果较好; 酸碱度大于4.5时, 易生成大量乳白色氢氧化铝; 酸碱度小于4.0时, 净水效果较差。

(5) 加入铝灰不可过急, 否则产品易呈乳白色, 即生成了大量氢氧化铝, 会降低净水效果。

聚合氯化铝的新生产工艺和新原料的研究

随着聚合氯化铝的广泛采用, 铝灰已供不应求, 从长远观点出发, 完全依靠工业废铝灰, 缺乏稳定性和可靠性。据沈阳铝镁设计院介绍, 铝为分布最广的金属元素, 其化学活性很强, 在自然界只以化合状态存在。含铝矿物种类很多, 对本专题具有实际的意义: 一类是氧化铝水合物, 一类是铝硅酸盐。氧化铝水合物在自然界常以三水铝石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、一水软铝石($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、一水硬铝石($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)状态存在。我国的铝土矿绝大部分为一水硬铝石型。如四川、山西、河南、贵州、陕西、辽宁等地都有规模巨大的矿藏。其氧化铝含量大致在60%左右, 铝硅比约在3.5~6.0之间, 三氧化二铁在6~8%左右。铝硅酸盐类矿物具有重要意义的是高岭土、粘土、页岩(包括煤矸石)以及粉煤灰等, 其氧化铝含量常在30~40%之间, 铝硅比约为0.85, 含于其中的铝主要以高岭石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)形态存在。高岭土、明矾岩在我国分布很广。

哈尔滨建筑工业学院结合长春南岭水厂的生产实际, 已开始了以煤矸石为原料制取聚

合氯化铝的试验研究，在东北地区十来个煤矿取了样，其中通化、依兰、南票、北票、抚顺、舒兰的矿样含氧化铝和三氧化二铁总量均在30%以上，料源充足，很有利用价值。试验中对十三种煤矸石样品进行了常压盐酸溶铝试验，以确定其溶铝性能。采取的操作条件是：煤矸石破碎粒度为0.5毫米以下，在温度为摄氏750~800度下熔烧2~3小时，加酸浓度为20%，加酸当量比 N 为1.0和0.65两组。在设冷凝回流设备的烧瓶中溶煮，温度为摄氏105~107度，时间为1小时，氧化铝总量溶出率一般在60%以上，高者可达70~80%以上。试验结果证明，上述操作条件和参数是适宜的。

吉林市自来水公司选择了两种新材料：舒兰粉煤灰和给水处理沉淀污泥。前者含氧化铝25~30%，后者含28.56%。经试验取得了初步成果，目前尚有一些问题，有待进一步解决。

四川省给水排水设计院与成都综合化工社合作，对各种含氧化铝原料，如白粘土、高岭土、煤矸石、粉煤灰、耐火粘土、各种铝土矿等几十个样品，进行了大量的试验研制工作，均制出了聚合氯化铝。最后选定了质量稳定、来源可靠的广元铝土矿（属一水软铝石），以酸溶法制取聚合氯化铝。

该产品杂质少，纯度较高，净化效果好，目前在继续生产性试验。

渡口市自来水厂用二滩铝土矿试制聚合氯化铝获得成功。二滩所产铝土矿属一水硬铝石，含氧化铝59.37%，三氧化二铁2.04%，其结构稳定，其中的 Al_2O_3 很难用酸溶出，因而采用碱法处理。又由于此矿石铝硅比为3.45，其中氧化铝的溶出不宜用拜耳法，只宜用烧结法，其试验流程如图1-4。

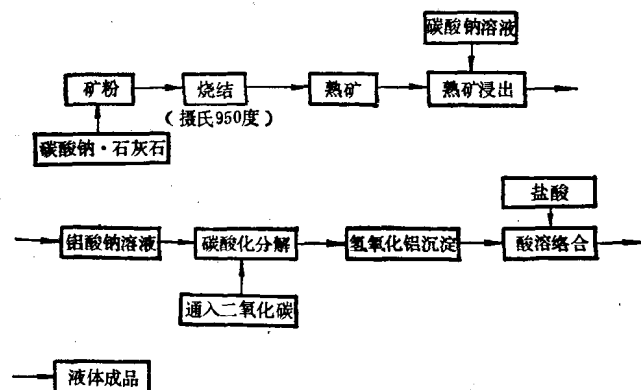


图 1-4 二滩铝土矿试制聚合氯化铝流程

其操作条件及工艺参数是：铝土矿和石灰石分别球磨至100目以下；配料， Na_2CO_3 ： $Al_2O_3 = 2$ ， $CaO:SiO_2 = 1$ ；烧结温度为摄氏950度，时间为40分钟；碳酸钠溶液浓度为48.2克/升（重复使用须调至60克/升以上）；碳酸化分解过程在30~40分钟之内完成；氢氧化铝与盐酸的重量比为10~15:1。在此操作条件下，溶出率为70~80%。产品质量符合国家基本建设委员会在成都召开的城市自来水新型絮凝剂技术座谈会暂定的指标。比重1.15，含氧化铝8~10%，盐基度60%以上，酸碱度3.5以上。

使用情况和净水效果

长春南岭水厂北山系统，在较低温（摄氏5度）低浊水质条件下，半精制聚合氯化铝可代替硫酸铝和活化硅胶单独投加，取得良好沉淀效果，絮凝剂用量按 Al_2O_3 计可降低30%。

吉林市于1973年，在一水厂、二水厂生产中均采用了聚合氯化铝。原水浊度10度左右，水温摄氏5度以下，一水厂平流沉淀池沉淀水浊度5~8度，脉冲澄清池澄清水浊度在5度以下，二水厂平流沉淀池沉淀水浊度经常在5度以下，沉淀效果较硫酸铝好，混凝剂投量也较硫酸铝稍有节省。

哈尔滨新阳水厂, 于1974年正式采用聚合氯化铝, 当原水温度为摄氏13~17度, 原水浊度为200~800度, 酸碱度为7.1, 投聚合氯化铝5~6毫克/升 (按 Al_2O_3 计), 沉淀水浊度为10~12度, 酸碱度为6.8~6.9。

成都自来水公司于1972年、1973年分别在一水厂、二水厂开始采用聚合氯化铝。原水浊度为250~1000度时, 投聚合氯化铝较投三氧化铁的出水浊度低4~13度, 酸碱度高0.2~0.4。

上海南市水厂北部系统, 于1972年采用聚合氯化铝, 较之该厂南部系统使用硫酸亚铁, 沉淀出水浊度 (半年平均值) 低1.3度, 酸碱度高约0.14, 色度低3.4度, 投药量也有明显减少。

此外, 兰州、株洲、重庆、武汉、昆明、贵阳、宜宾、内江、南京、杭州、无锡、南昌、西宁、本溪等地自来水公司及工业企业单位, 也相继在净水工艺中采用了聚合氯化铝, 均获得良好的效果。

使用效果可归纳为以下几点:

1. 凝聚力强, 沉淀效果好, 滤池工作周期长。哈尔滨自来水公司反映, 在原水浊度为200毫克/升时, 聚合氯化铝的净水效能为硫酸铝的1.8倍; 当浊度升至800毫克/升时, 净水效能则上升为硫酸铝的2.8倍。运转中观察到: 投聚合氯化铝, 在反应池末端有大量沉淀, 沉淀池首端和末端积泥深度相差悬殊, 滤池过滤周期约24小时左右; 投硫酸铝时沉淀池首末端积泥则相对地均匀些, 滤池过滤周期仅8小时。

成都自来水公司反映, 原水浊度低时, 聚合氯化铝投量较三氯化铁略高, 随浊度增高 (一般约在100毫克/升以上) 聚合氯化铝投量低于三氯化铁, 浊度愈高, 效果愈显著。

上海自来水公司反映, 在1~2月份低温季节, 以往采用硫酸铝与硫酸亚铁混合使用的办法来克服此时净水效果差的困难, 目前, 单投聚合氯化铝即可获得较为满意的效果。此时, 矾花虽不比投硫酸铝大, 但结实、易于沉淀。

东北地区有些水厂反映, 在低温低浊期, 聚合氯化铝的净水效果不明显, 这可能与产品质量有关。如吉林铝灰质量好, 制成品杂质较少, 即使在低温低浊期, 效果也明显地优于硫酸铝。长春铝灰质量差, 产品杂质多, 冬季效果较硫酸铝并不明显, 尚无法摆脱活化硅胶助凝, 而且滤站工人反映, 使用聚合氯化铝, 滤池工作周期有所缩短。

西北地区采用聚合氯化铝处理高浊度水, 有明显的效果。单投聚合氯化铝, 对高浊度的适应范围, 较单投三氯化铁、硫酸铝为大, 仅次于聚丙烯酰胺。据介绍, 聚合氯化铝与聚丙烯酰胺配合处理高浊度水效果最佳, 浑液面沉速快, 出水浊度低。

2. 普遍反映, 投加聚合氯化铝出厂水酸碱度下降较少。这一点, 哈尔滨最为突出, 当原水浊度为800毫克/升以上, 投聚合氯化铝 (按 Al_2O_3 计) 6毫克/升, 出厂水酸碱度为6.8; 投硫酸铝 (按 Al_2O_3 计) 须增至16.67毫克/升, 出厂水酸碱度下降至4.7左右, 须加石灰碱化。

3. 投剂量, 聚合氯化铝与硫酸铝相比 (均按 Al_2O_3 计), 在低温低浊期相差无几, 在非低温低浊期, 投量较硫酸铝减少1/3~1/4, 甚至更多。成都总结全年的情况结果表明, 投聚合氯化铝较三氯化铁耗量减少1/3~1/4。

4. 产品成本由于原料价格、生产方式的不同而不同。哈尔滨铝灰为5元/吨, 成品成本为40~50元/吨; 长春铝灰为20~50元/吨, 制作承包给五·七工厂, 成品价格为79元/

吨；吉林铝灰为160元/吨，成品成本大约40~50元/吨。从药剂费上，使用聚合氯化铝较硫酸铝降低：长春为43~68.5%；哈尔滨为65%；吉林为75%；成都使用聚合氯化铝较三氯化铁降低约40%。经济效益是明显的。

5. 聚合氯化铝生产工艺简单，易于土法上马，不但解决了硫酸铝货源问题，而且符合变废为利的原则。

6. 在使用上，减轻了投药工人的劳动强度，投加方便，投量易于控制。

今后努力方向

1. 深入研究其分子结构，存在形态及有关参数，如聚合度、碱化度、酸碱度值的控制及其影响因素，从而提高产品质量，统一规格，达到国家基本建设委员会规定的标准。

2. 寻求新的原料，如煤矸石、铝土矿、粉煤灰及其制作聚合氯化铝的生产工艺条件，为推广使用聚合氯化铝扫除障碍。

附：1973年国家基本建设委员会城市自来水新型絮凝剂技术座谈会颁发的液体聚合氯化铝暂定产品指标

序 号	项 目	暂 定 指 标
1	外 观	碱溶法：无色至淡黄褐色透明液体 酸溶法：灰褐色至灰白色液体
2	比 重	1.2以上
3	氧化铝(Al_2O_3 , %)	10.0以上
4	碱化度(%)	50~80
5	酸碱度(原液)	3.5~4.5
6	不溶物(%)	1.0以下

说明：

1. 本指标系指用铝灰作原料制成的聚合氯化铝，过去亦称碱式氯化铝、羟基氯化铝、多聚羟基络合铝。
2. 在处理后的水质完全符合国家颁布的“生活饮用水卫生规程”各项要求的原则下，聚合氯化铝产品中的有害物质含量，其具体指标可由各地卫生监测部门，根据当地的不同情况提出意见，经地方卫生主管机关同意后采用。

(二)聚丙烯酰胺处理高浊度水

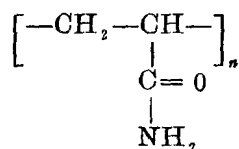
高浊度水处理，在净水工艺上是一个比较困难的问题。西北地区在1966年开始使用聚丙烯酰胺处理黄河水系的高浊度水，有许多单位进行了这方面的工作。尤其是兰州市给水排水公司等单位，在工作中取得了不少经验。黄河沿岸现有20多个给水工程中应用了聚丙烯酰胺。现把使用的情况和科研成果汇总如下。

聚丙烯酰胺的性质和絮凝机理

聚丙烯酰胺是一种有机高分子絮凝剂，亦名3号絮凝剂，是人工合成长链状的高分子聚合物。

商品3号絮凝剂含有效成分8%，是无色、无臭、能溶于水、没有腐蚀性的透明胶体。它在很宽的酸碱度范围内具有很强的絮凝作用。有的资料介绍3号絮凝剂的干燥品是白色粉末，加热后在温度超过200℃时便分解。

其分子结构式为：



上结构式中丙烯酰胺分子量为71.08，聚合度（ n ）为2~9万。因此，3号絮凝剂的分子量很大，一般为200~600万。

由于3号絮凝剂具有 CONH_2 基团， CONH_2 基团易于借氢键作用而在固体表面吸附。高分子聚合物的絮凝特点是链越长，其絮凝作用越好。3号剂分子链很长，可以应用长链，在颗粒之间架桥，形成大颗粒絮凝物，从而大大提高浑液面沉速，达到处理高浊度水的目的。3号絮凝剂与泥砂颗粒形成的吸附和架桥作用，是既吸附又粘合的物理化学过程。泥砂颗粒对3号絮凝剂的吸附，实际上是不可逆的过程。因为3号絮凝剂分子以很多的基团牢固地固着在颗粒表面上，而解吸过程则要求同时断裂很多链，这是很困难的。3号絮凝剂形成的絮凝体，沉降很快，尤其是3号絮凝剂水解体形成的絮凝体，在含砂量为10公斤/米³的静止沉降试验中，沉速可达2~10毫米/秒。

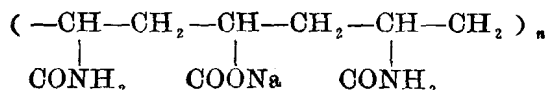
在3号絮凝剂的絮凝过程中，吸附、架桥起着主要作用。静电作用对絮凝的影响是较小的，因为未水解的3号絮凝剂是属于非离子型高分子絮凝剂，在絮凝过程中对 ζ 电位影响较小。因此，3号絮凝剂不但能使带负电的固体颗粒絮凝（如泥土等），而且也可使带正电的固体颗粒絮凝（如金属矿粒等），对这两种不同电荷的颗粒絮凝效果同样显著。

在试验过程中有关单位还进行了3号絮凝剂的絮凝体强度试验。经过高速搅拌对比，发现3号絮凝剂形成的絮凝体比普通絮凝剂形成的絮凝体抗剪能力要大2~3倍，证实了3号絮凝剂具有提高絮凝体强度的作用。3号絮凝剂的这些絮凝特性，对处理高浊度水提供了极其有利的条件。3号絮凝剂的“胶体保护现象”，在处理高浊度水时很不显著。在试验中，把3号絮凝剂的投量提高至正常投量的8倍，发现效果非但没有受到“胶体保护”，而且沉降效果越来越显著。在生产实际使用中也发现了以上的情况。故对此问题，可以初步认为：在正常生产运转中，投加3号絮凝剂不会产生明显的“胶体保护”现象。

对聚丙烯酰胺水解体的研究

在用3号絮凝剂处理高浊度水的试验过程中，发现影响沉淀效果的主要因素是3号絮凝剂的聚合度。一般情况下，聚合度愈大，粘度也愈大，沉降速度和架桥作用也愈显著；两者之间成正比关系变化。但对同一聚合度的3号絮凝剂，影响效果的主要因素是分子链的形态。

3号絮凝剂加入 NaOH 等碱液，则容易水解，反应成3号絮凝剂部分水解物属丙烯酸钠及丙烯酰胺的共聚物类型，其分子结构式为：



由于3号絮凝剂加入 NaOH 水解后，导入了部分羧酸盐，胺基间氢键被切断，使呈蜷曲状的分子张开，增加了吸附面积，为吸附、架桥提供了极为有利的条件，从而增进其絮凝性能。

在3号絮凝剂水解体的试验过程中，发现3号絮凝剂的水解度有个最佳絮凝阶段（即

最佳水解度)，大于或小于这个数值絮凝效果都会有下降。影响3号絮凝剂最佳水解度的主要因素是水解比（即加碱比）、水解时间、溶液的浓度和水解温度等。在生产实用意义上，前二个因素是主要的。这些因素在水解过程中互为影响，当其它因素固定，水解时间较短时，水解比较大的絮凝效果较佳。不同水解比（水解时间均为8小时）的絮凝效果比较，见表1-2。

不同水解比的絮凝效果（水解时间为8小时）

表 1-2

试 验 日 期	3号絮凝剂 水 解 比	3号絮凝剂 投 加 量 (毫克/升)	进 水 泥 砂 量 (公斤/米 ³)	出水浊度 (度)	浑 液 面 沉 降 速 度 (毫米/秒)	备 注
1968年6月6日	—	2.0	32	105	0.94	没有进行水解
1968年6月6日	—	2.4	32	115	1.43	没有进行水解
1968年6月6日	—	3.2	32	>150	1.19	没有进行水解
1968年9月8日	15:1	1.6	32	365	1.31	
1968年9月8日	15:1	2.4	32	384	1.72	
1968年9月8日	15:1	3.2	32	148	3.38	
1968年9月6日	1:1	1.6	32	41	4.16	
1968年9月6日	1:1	2.0	32	34	6.66	
1968年9月6日	1:1	2.4	32	31	8.34	
1968年9月6日	1:2	1.6	32	41	4.54	
1968年9月6日	1:2	2.0	32	31	6.25	
1968年9月6日	1:2	2.4	32	38	9.10	

注：水解比指3号絮凝剂与NaOH重量之比，如15:1，则3号絮凝剂重量为15，NaOH重量为1，其他如此类推。

由于一般加NaOH于常温下进行水解，因此，3号絮凝剂的水解度随水解时间的增加而增加。在一定范围内，水解时间较长的絮凝效果较好，水解时间与絮凝效果的关系见表1-3。

水 解 时 间 与 絮 凝 效 果 关 系

表 1-3

试 验 日 期	3号絮凝剂 水 解 比	3号絮凝剂 投 加 量 (毫克/米 ³)	进 水 泥 砂 量 (公斤/米 ³)	水 解 时 间 (时)	出水浊度 (度)	浑 液 面 沉 降 速 度 (毫米/秒)	备 注
1968年7月13日	1:1	2	48.6	1.5	444	0.67	
1968年7月13日	1:1	2	48.6	2	386	1.06	
1968年7月13日	1:1	2	48.0	2.5	182	1.32	
1968年7月13日	1:1	2	48.0	3.5	115	1.85	
1968年7月13日	1:1	2	48.0	4.5	113	1.87	
1968年7月13日	1:1	2	48.0	6.0	70	2.70	
1968年7月13日	1:1	2	48.0	7.0	92	2.78	
1968年7月13日	1:1	2	57.0	8.0	86	2.94	
1968年7月14日	1:1	2	48.6	24	52	2.86	
1968年7月14日	1:1	2	48.6	25	52	3.82	
1968年7月14日	1:1	2	48.6	25.50	56	4.50	
1968年7月14日	1:1	2	51.0	26	41	4.75	
1968年7月14日	1:1	2	51.0	27	56	5.26	

从上述现象可以看出,当高浊度水来势迅猛,3号絮凝剂要求迅速水解时,可以加大水解比,以获得最佳水解度,但生产上控制比较麻烦。

兰州市给水排水公司根据兰州地区黄河水高浊度的特点和厂内实际情况,采用较长的水解时间和较小水解比方法,来获得最佳的水解度。不同水解比的絮凝效果见图1-5。

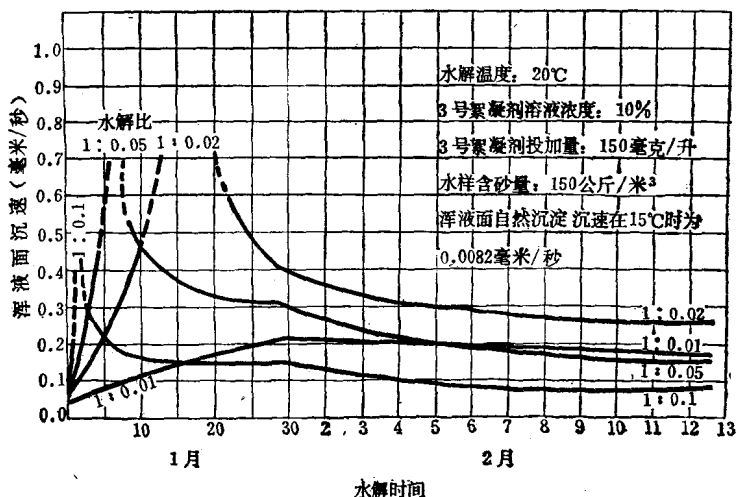


图 1-5 3号絮凝剂的碱化水解

从图1-5可以看出:

1.各水解曲线都有一相同的特性,即随着水解时间的增长絮凝效能迅速提高,随即达到一高峰,此后,絮凝效能逐渐下降。

2.水解比越大,高峰出现时间越早,坡度越陡,高峰持续时间也越短。

3.除了水解比为1:0.01的水解溶液以外,其余各个水解比的水解液,在高峰以后,絮凝效果都出现下降。水解比越大,下降越快。在这个试验中,当水解时间为一年以后,絮凝效果最好的水解比为1:0.02,其次为1:0.01。

水解作用的进程与溶液的浓度和温度也有影响。一般来说浓度和温度越高,水解作用越迅速,越完全。但温度过高,会促使3号絮凝剂解聚,有的资料介绍,当温度超过65°C,就有解聚现象产生。

以上数据说明了3号絮凝剂水解的絮凝效能,不但与3号絮凝剂的分子量大小,分子链形态,即吸附表面积有关,而且与静电斥力,基团与泥砂的亲合力等因素也有关。因为3号絮凝剂的水解过程,实际上就是3号絮凝剂分子内的酰胺基团与羧酸基团的电离过程,由于羧酸基团是阴离子基团,与泥砂亲合力比酰胺基团小,所以在水解过程中,虽然依靠电荷力与分子力作用伸展了絮凝剂的主链,提高了3号絮凝剂的吸附、架桥能力但与此同时对泥砂的静电斥力也相应增高,对絮凝起着阻滞作用。这一对矛盾在水解过程中相互影响,成为决定3号絮凝剂水解体的絮凝效果的主导因素。

由于每条河流浊度组成不同,因此3号絮凝剂最佳水解度也有差异。根据试验资料得出,对黄河兰州段的高浊度水处理,3号絮凝剂的最佳水解度为30%左右。

在1968年6月,白银药剂厂、甘肃省建筑勘察设计院、兰州市给水排水公司、北京有

色金属研究院等单位利用 Na_2CO_3 在常温下不水解的特点, 试验成功聚合水解一步化的3号絮凝剂水解体产品。水解比为0.7~1克分子比, 水解度为30%左右。经过1968年高浊度水期间的生产验证一步化水解体产品, 沉降效果虽然比用 NaOH 水解的3号絮凝剂要差些(3号絮凝剂水解体比未水解的3号絮凝剂沉降效果提高最高达9倍), 但仍比未水解的3号絮凝剂沉降效果提高6倍左右。而且一步化产品最大的优点是水解度稳定, 生产上使用方便, 因此在生产中应用一步化产品仍有很大的意义。

聚丙烯酰胺的投加剂量

3号絮凝剂投加剂量的精确掌握与控制, 是处理高浊度水的重要因素之一。因为投加剂量过小, 达不到处理的目的, 造成出水水质恶化; 若投加剂量过大, 不但浪费了药剂, 而且使大量的泥砂集中在处理构筑物前部, 造成排泥负荷不平衡, 影响正常运行。因此, 对3号絮凝剂的投加规律、影响因素、剂量的控制, 都应严格掌握。

1. 投加剂量与原水水质的关系

影响3号絮凝剂投加量的首要因素是原水水质。由于每条河流原水水质不同, 因此, 投加量也有所变化。在高浊度水净化中, 原水水质影响3号絮凝剂投加量主要的因素是含砂量及泥砂颗粒的组成。含砂量越大, 需要越多的3号絮凝剂与之架桥, 使之絮凝。在黄河高浊度水的沉淀过程中, 粗的泥砂颗粒下沉较快, 当这部分泥砂基本沉淀完毕后, 在上部形成均匀浓度水层。因此, 可以把高浊度水中泥砂颗粒组成为稳定和不安定两部分, 均浓水层主要由稳定部分所组成, 下沉较快颗粒较粗的泥砂由不安定部分所组成。均浓水层的稳定泥砂粒径比较细小, 其平均粒径只有0.0315毫米。兰州市给水排水公司在经过大量的工作后, 证实了影响3号絮凝剂投加剂量主要是稳定泥砂的含量, 不安定泥砂含量对3号絮凝剂投加剂量影响较小。在一般情况下, 稳定泥砂含量越高, 3号絮凝剂投加剂量越大。

2. 投加剂量与浑液面沉速的关系

在高浊度水净化中, 由于大量的泥砂颗粒存在, 3号絮凝剂胶体保护现象很不容易形成。因此, 在一定范围内, 3号絮凝剂投加剂量总是和浑液面的对数值呈正比关系, 投量越大, 沉速越高。

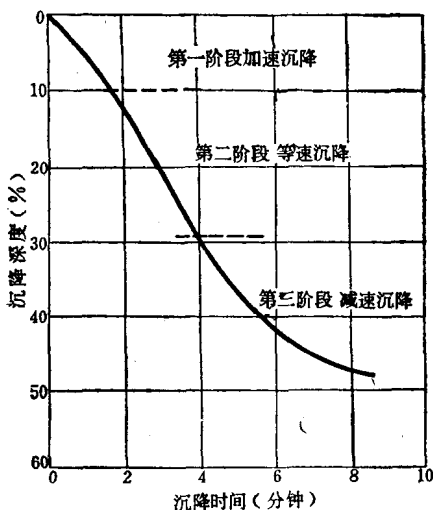


图 1-6 浑液面的沉降过程

兰州市给水排水公司在沉淀试验中, 发现3号絮凝剂投加剂量, 在较小的数值时, 对浑液面沉速无显著的影响。他们把开始起絮凝作用的量暂称之为“混凝起动剂量”。稳定泥砂的含量对混凝起动剂量影响较大, 稳定泥砂含量越高, 需要的混凝起动剂量越大。变化情况如表1-4。

3. 浑液面沉降深度

3号絮凝剂的投加剂量, 除了决定于原水水质与浑液面沉速以外, 还和要求达到沉降深度有密切关系。所以, 在探讨3号絮凝剂投加剂量以前, 必须先研究投加3号絮凝剂以后的浑液面沉降特性。浑液面的沉降过程, 一般可分成三个阶段, 如图1-6所示。投加3号絮凝剂后的浑液面沉降特性,

如图1-7所示。

从图1-7可以看出如下特点：

(1) 投加3号絮凝剂后的浑液面沉降，并不存在明显的加速阶段。这是由于药剂对泥砂颗粒的絮凝作用是在很短的时间内完成的。加速阶段不易观测得到，浑液面似乎从一开始就呈现等速沉降。

(2) 尽管水样的含砂量不同，3号絮凝剂投加量不同（在试验中，当含砂量在50~150公斤/米³之间变化时，3号絮凝剂的投加量[商品浓度]在30~200毫克/升之间），但在试验中发现等速沉降阶段都结束于浑液面沉降深度达到总水深的29%的时候。增加投药量可以增高浑液面沉降速度，但不能增加等速阶段的沉降深度。因此，在确定3号絮凝剂的投加剂量时，不能把等速阶段的沉速来代表浑液面整个沉降过程的沉速，因为若只使等速阶段的沉速符合沉淀池要求的沉速，这就意味着沉淀池的出水量仅为进水量的29%，而排泥水率高达71%。这在生产运行中，显然是行不通的。

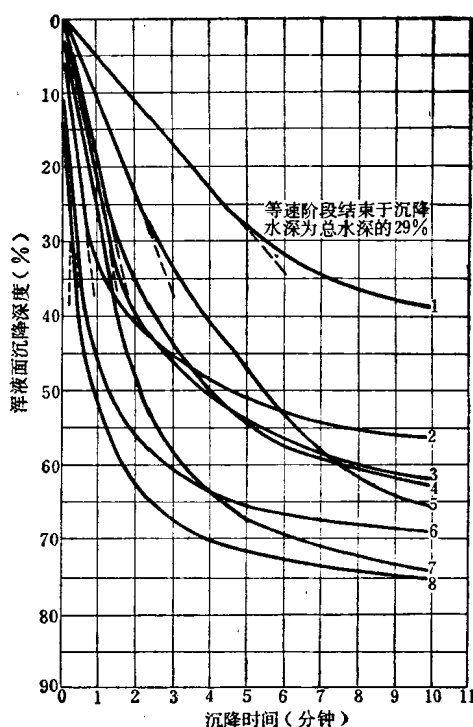


图 1-7 投加3号絮凝剂后浑液面沉降曲线

- 1—原水含砂量为150公斤/米³，投加3号絮凝剂150毫克/升；
- 2—原水含砂量为150公斤/米³，投加3号絮凝剂200毫克/升；
- 3—原水含砂量为100公斤/米³，投加3号絮凝剂80毫克/升；
- 4—原水含砂量为75公斤/米³，投加3号絮凝剂50毫克/升；
- 5—原水含砂量为50公斤/米³，投加3号絮凝剂20毫克/升；
- 6—原水含砂量为100公斤/米³，投加3号絮凝剂100毫克/升；
- 7—原水含砂量为50公斤/米³，投加3号絮凝剂30毫克/升；
- 8—原水含砂量为75公斤/米³，投加3号絮凝剂70毫克/升

分部投药与一次投药比较

表 1-4

投 药 方 式	一 次				分 部			
水样编号	1	2	3	4	1	2	3	4
含砂量(公斤/米 ³)	150	100	75	50	150	100	75	50
稳定泥砂量(公斤/米 ³)	109	72.6	54.5	36.4	109	72.6	54.5	36.4
不稳定泥砂量(公斤/米 ³)	41	27.4	20.5	13.6	41	27.4	20.5	13.6
浑液面自然沉速(毫米/秒)	0.0118	0.0203	0.034	0.0575	0.0118	0.0203	0.034	0.0575
M 值①	256	149	89	53	256	149	89	53
K 值②	65.2	45.0	36.0	26.0	57.0	36.0	29.0	18.5
混凝起剂量(毫克/升)	77	50	35	20	67	44	22	0.5

注：① $M = \frac{C_w}{(F - C_w)V_i} C_w$ 稳定泥砂量公斤/米³， F 原水含砂量公斤/米³， V_i 浑液面自然沉速毫米/秒。

当 $\frac{C_w}{(F - C_w)}$ 相同时，混凝起剂量随 V_i 值增加而减少；当 $\frac{C_w}{(F - C_w)}$ 不同时，混凝起剂量随此值增加而增加。

② K 浑液面沉速增加10倍时所需增加的药量。 $K = \frac{C - C_i}{\log V - \log V_i}$ ， C 投加剂量毫克/升， C_i 混凝起剂量毫克/升， V 投加量为 C 时的浑液面沉速毫米/秒。

所以3号絮凝剂的投加剂量,应结合浑液面要求达到的沉降深度来确定。当3号絮凝剂投加量能使浑液面从水面下沉至要求的沉降深度过程中的平均沉速符合于沉淀池要求的沉速时,应视为恰当的投加剂量。

4. 分部投药与一次投药的比较

所谓分部投药,就是将投加剂量分成两(或更多)部分加入水中,每加入一部分药剂后,使其与水迅速混合,然后立即加入另一部分药剂,再使其与水迅速混合。分部投药这一措施,是为了避免药剂局部浓度过高以致活性基团被封闭而影响絮凝效果。

试验证明,当絮凝效果相同时,分部投药总量较一次投药量为小。分部投药能降低3号絮凝剂用量——主要降低了“混凝起动剂量”。用分部投药的方法来降低投加剂量,在原水中稳定泥砂含量越低,亦即浑液面自然沉速越高的时候,其作用越显著。

分部投药(第一次60%,第二次40%)与一次投药比较见表1-4。

5. 泥渣浓缩

净水构筑物的泥渣浓缩是控制池内泥渣平衡的一个重要因素,也是处理高浊度水的一个关键。因此,采用3号絮凝剂能否提高浓缩能力也是絮凝剂的一个重要指标。在处理高浊度水时,根据几次资料整理,当浓缩时间较短时,3号絮凝剂的初浓浓度要大于普通絮凝剂的初浓浓度。根据兰州市给水排水公司的资料,在浓缩1小时情况下,高浊度水的排泥浓度为380公斤/米³。河南宜阳化肥厂在加速澄清池中,浓缩9小时(只开动刮泥松动,不打开排泥管)排泥浓度为600公斤/米³。

当前,由于这方面工作做得很少,对一些问题的看法,还在进一步摸索之中,今后要加强这方面的测定工作。

聚丙烯酰胺的实用效果

在模型试验的基础上,从1967年开始,甘肃省建筑勘察设计院曾进行了生产性的测定工作。先后对悬浮澄清池、预沉渠道、平流式沉淀池、辐流式沉淀池、脉冲澄清池、加速澄清池等净水构筑物,投加3号絮凝剂处理高浊度水的情况进行探索。经过几年实践,初步总结使用3号絮凝剂有以下几个优点:

1. 节约基建投资

由于使用3号絮凝剂的水解体絮凝成的矾花有较高的沉降速度,并且可以有效的吸附泥渣颗粒,提高处理泥渣浓度。因此在处理含砂量在40公斤/米³以下的高浊度水时,可以把西北地区习惯用的二级沉淀处理中的自然沉淀取消,改为一级沉淀处理(只絮凝沉淀),并提高其出水量。这样可以大大缩小净水构筑物的面积,节约基建投资。现将甘肃建筑勘察设计院设计的某工程和习用的自然沉淀二级处理的工程基建投资比较列于表1-5。

处理40公斤/米³含泥砂量水时基建投资比较

表 1-5

处理3.2万吨/日水量	投 资 (万元)	钢 筋 (吨)	木 材 (立方米)	水 泥 (吨)	占 地 面 积 (平方米)
二级处理	60.70	234	234	634	8000
3号絮凝剂一级处理	18.30	79	70	100	1000
节 约 %	69.8	66.2	70.0	84.2	87.5